

目 录 CONTENTS

文科大学生自然科学知识读本(下)

天文学	1
一、宇宙	3
二、星系	8
三、恒星	14
四、太阳系	19
地学	25
一、地球	27
二、地壳运动	38
三、资源	46
四、环境	57
五、海洋	64
六、大气	70
工学	85
一、信息、通信技术	87
二、现代建筑技术	100
三、新材料技术	111
四、新能源技术	121
五、交通	137
六、机械电子	148
七、环保技术	156
八、航空航天技术	165
九、新军事技术	175
十、生活电器	185
附录	192
江苏省首届文科大学生自然科学知识竞赛试卷参考答案	192
参考文献	193

一 宇宙

(一) 宇宙观

1. 宇宙的基本概念

宇宙是指包括地球及其他一切天体的无限空间。具体一点讲,宇宙是指广袤空间和其中存在的各种天体以及弥漫物质的总称。哲学上又叫世界,指一切物质及其存在形式的总体。“宇”指无限空间,“宙”指无限时间。

宇宙是物质世界,它处于不断的运动和发展中。宇宙是多样而又统一的,它的多样性在于物质的表现形态,它的统一性在于其物质性。

人类对宇宙的认识,是从太阳到银河系,再扩展到河外星系、星系团、总星系,是不断发展的。人们的视野已达到 137 亿光年的宇宙深处。有人把总星系称为“观测到的宇宙”、“我们的宇宙”,也有人把总星系称为宇宙。宇宙天体呈现出多种多样的形态:有密集的星体状态,有松散的星云状态,还有辐射场的连续状态。各种星体千差万别,它们的大小、质量、密度、光度、温度、颜色、年龄、寿命也各不相同。

宇宙天体的运动形式多种多样,例如自转、各自的空间运动、绕系统中心的公转以及参与整个天体系统的运动等。如月球一方面自转,一方面围绕地球运转,同时又跟随地球一起围绕太阳运转。太阳一方面自转,一方面又向着武仙座方向以 20 千米/秒的速度运动,同时又带着整个太阳系以 250 千米/秒的速度绕银河系中心运转,运转 1 周约需 2.2 亿年。银河系也在自转,同时也有相对于邻近星系的运动。

2. 宇宙观的演进

宇宙观通常又称为世界观,是关于宇宙的整体图景及其一般性质的观点。宇宙观的内容主要包括两个方面:一是宇宙的一般图景,即宇宙的本质或物质基础;一是宇宙的发展及其一般规律,即宇宙的演化过程以及贯穿于这个过程中的一般规律。

科学的宇宙观是以人类实践和相关科学为基础,又对人类实践和相关科学的研究具有指导作用,这就是我们经常讲的科学的宇宙观是我们认识世界和改造世界的最一般的思想、方法。

人类的宇宙观有其发展的历史,概括起来有两条主线,一是宇宙结构观念的发展,一是宇宙演化观念的发展。

(1) 宇宙结构观念的发展。远古时代,人们对宇宙结构的认识处于十分幼稚的状态,他们通常按照自己的生活环境和生活经验对宇宙的构造进行推测。

中国古代的宇宙观主要有:盖天说、浑天说、宣夜说、昕天说、穹天说、安天说等。

公元前 7 世纪,巴比伦人认为,天和地都是拱形的,大地被海洋所环绕,而其中央则是高山。古埃及人把宇宙想象成以天为盒盖、大地为盒底的大盒子,大地的中央则是尼罗河。公元前 7 世纪末,古希腊的泰勒斯认为,大地是浮在水面上的巨大圆盘,上面笼罩着拱形的天穹。

最早认识到大地是球形的是古希腊人。公元前6世纪,毕达哥拉斯从美学观念出发,认为一切立体图形中最美的是球形,主张天体和我们所居住的大地都是球形的。这一观念为后来许多古希腊学者所继承,但直到1519~1522年,葡萄牙的麦哲伦率领探险队完成了第一次环球航行后,地球是球形的观念才最终被证实。

公元2世纪,托勒密提出了一个完整的地心说(图1)。这一学说认为地球在宇宙的中央安然不动,月亮、太阳和诸行星以及最外层的恒星天体都在以不同的速度绕着地球旋转。地心说曾在欧洲流传了1000多年。1543年,哥白尼提出近代的日心说(图2),认为太阳位于宇宙中心,而地球则是一颗沿圆形轨道绕太阳公转的普通行星。1609年,开普勒揭示了地球和诸行星都在椭圆轨道上绕太阳公转,发展了哥白尼的日心说。同年,伽利略则率先用望远镜观测天空,用大量观测事实证实了日心说的正确性。1687年,牛顿提出了万有引力定律,深刻揭示了行星绕太阳运动的力学原理,使日心说有了牢固的力学基础。在这以后,人们逐渐建立起了科学的太阳系概念。

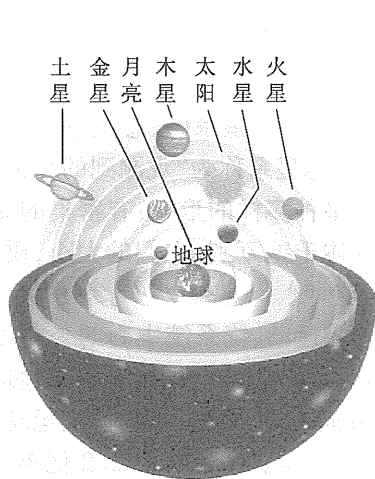


图1 地心宇宙模型

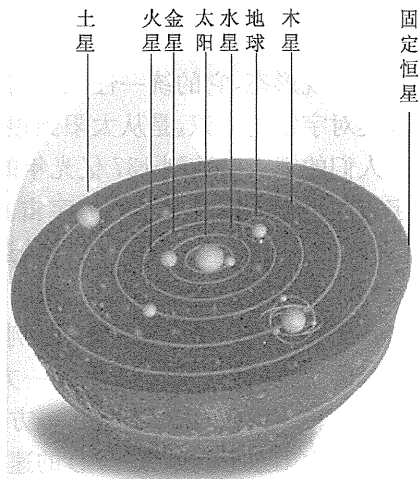


图2 日心宇宙模型

18世纪中叶,康德等人还提出,在整个宇宙中,存在着无数像我们的天体系统(指银河系)那样的天体系统,而当时看上去呈云雾状的“星云”很可能正是这样的天体系统。1924年,哈勃用造父视差法测仙女座大星云等的距离,确认了河外星系的存在。

近半个世纪,人们通过对河外星系的研究,不仅发现了星系团、超星系团等更高层次的天体系统,而且也使我们的视野扩展到远达100亿光年的宇宙深处。

(2) 宇宙演化观念的发展。在中国,早在西汉时期,《淮南子》指出:“有始者,有未始有始者,有未始有夫未始有始者。”认为世界有它的开辟之时,有它的开辟以前的时期,也有它的开辟以前的以前的时期。《淮南子·天文训》中还具体勾画了世界从无形的物质状态到混沌状态再到天地万物生成演变的过程。

在古希腊,也存在着类似的见解。例如留基伯就提出,由于原子在空虚的空间中做漩涡运动,结果轻的物质逃逸到外部的虚空,而其余的物质则构成了球形的天体,从而形成了我们的世界。

太阳系概念确立以后,人们开始从科学的角度来探讨太阳系的起源。1644年,笛卡儿提出了太阳系起源的漩涡说;1745年,布丰提出了一个因大彗星与太阳掠碰导致形成行星

系统的太阳系起源说；1755年和1796年，康德和拉普拉斯则各自提出了太阳系起源的星云说。现代探讨太阳系起源的新星云说正是在康德拉普拉斯星云说的基础上发展起来的。

随着天文学的不断发展，人们已逐步建立了科学的宇宙观，对人类所处的位置及所起的作用有了更清楚的认识。

（二）宇宙模型

1. 宇宙模型的概念

宇宙模型是指对观测可及的大尺度时空结构和物质演化的统一的理论描述。现代宇宙模型主要有：牛顿无限、静止宇宙模型；爱因斯坦静态模型；弗里德曼宇宙模型；稳恒态宇宙模型和大爆炸宇宙模型。宇宙模型都是建立在一些简化了的假设之上的。这些假设在大尺度范围内是否正确，要看这一宇宙模型能否解释观测到的事实，能否经受住新发现的考验。

以牛顿引力理论和欧氏几何学为基础的宇宙模型，由于星系红移、奥伯斯（光度）佯谬现象的挑战，早在20世纪20年代已被新一代的宇宙模型所取代。目前最流行的两大宇宙模型是有演化的弗里德曼宇宙模型和无演化的稳恒态宇宙模型。两者都以哈勃定律为前提，但前者的理论基础是宇宙学原理和爱因斯坦引力场方程。一般认为，演化宇宙模型能较好地说明一系列观测事实，如微波背景辐射、射电源计数等。

2. 有限无边的静态宇宙模型

1692年，牛顿根据他的万有引力理论，提出了“无限均匀的宇宙模型”，第一次在自然科学的基础上描绘了宇宙图景：空间平直无限，时间无始无终，天体无数且均匀分布。牛顿开辟了以力学方法研究宇宙的途径，建立了经典宇宙学。至今，牛顿的宇宙模型在一般人的心目中仍然有着重要地位。

但是，牛顿的这种宇宙模型与他自己的理论体系产生了矛盾。根据牛顿力学原理计算，无限大的空间均匀地分布着无限多的天体，那么宇宙的每一点的引力强度就会变得无限大，这就是说宇宙的任何物体都会受到无限多恒星的无限大引力的作用，产生无限大的加速度，比如我们地球就会受到如太阳般无限多恒星的吸引，以超过光速的极大速度飞离现在的轨道，这显然与事实不符。另外，按照牛顿的宇宙理论，我们在任何方向上都应当看到无限多个像太阳那样灿烂夺目的恒星，即使在夜晚，夜空中没有了太阳，但还是有数不清的星星在闪耀，就会出现黑夜与白天一样亮的情况。然而实际生活中绝不会此种情况。这些问题和看法是德国物理学家西利格尔和奥伯斯提出的，通常称作“西利格尔（引力）佯谬”和“奥伯斯（光度）佯谬”，他们指出了牛顿宇宙论的缺陷和不足。

1917年，爱因斯坦在《普鲁士科学院会议报告》上，发表了《根据广义相对论对宇宙学所作的考查》一文，提出了一个“有限无边静态宇宙模型”。爱因斯坦首先针对牛顿宇宙模型的困难，作出了两个基本假定，一个是各向同性的假定，即宇宙从大尺度上来看，在任何假定时刻，对各个方向所观测的结果都是一样的；另一个是均匀性假定，即宇宙从大尺度上来看，天体的分布是均匀的，星系的平均密度、光度和相互间的距离都是一样的。这两个假定也称为宇宙学原理。

爱因斯坦通过计算，得出宇宙空间应弯曲成一个封闭的区域（图3），它有一定的直径，也有一定的体积，但是没有边界。所谓静态，是说宇宙在小范围内有运动，但从大范围来看则是静止的。根据这个图景，在宇宙任何一点上发出一道光线，将约在100亿年后返回它的出发点。换句话说，如果我们有一架可以看到任意远处的望远镜，我们最终看到的是自己的后脑勺。

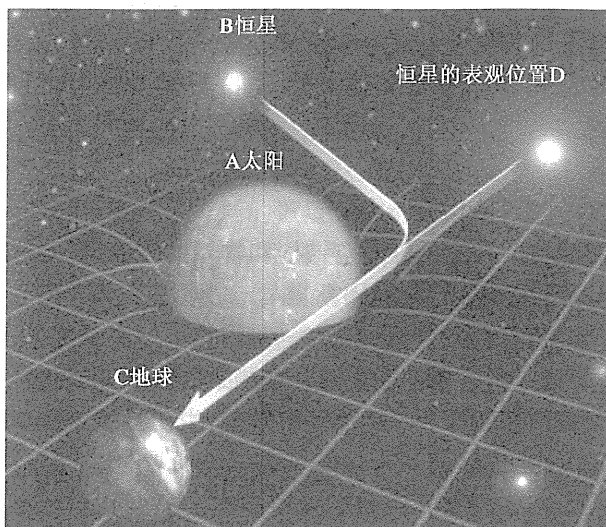


图3 空间弯曲

爱因斯坦《根据广义相对论对宇宙学所作的考查》一文的发表,开创了现代宇宙学研究的先河。爱因斯坦坚持广义相对论,认为物质分布决定空间的几何性质,进而决定天体的运动,这显然比牛顿的理论前进了一步。

然而爱因斯坦的宇宙理论也包含着矛盾。宇宙是否有限有待研究,静态的观点显然是错误的,至于等效原理(引力效应与加速度效应相同)只有在均匀引力场的条件下才能成立。可是天体周围的引力场并不是均匀的,如地球上重物下落的方向并不是完全平行的,所以建立在等效原理基础上的空间弯曲的理论就必然有它的局限性。

3. 动态的膨胀宇宙模型

按照爱因斯坦原先建立的关于宇宙时空的场方程,是不可能得到一个静态的解的。也就是说,我们宇宙的大小是变化的。但爱因斯坦认为,这样的宇宙是不和谐的、不完善的。为了得到静态的解,爱因斯坦在他的引力方程里插入一个所谓的“宇宙项”,并明确指出,之所以需要这个宇宙项,只是为了使物质的准静态分布成为可能。1929年,发现哈勃定律后,爱因斯坦很后悔加进了这个宇宙项。

1917年,荷兰天文学家德西特在他的论文《爱因斯坦的引力理论及其天文学影响》中也提出了一个静态的宇宙模型,认为宇宙的空间并不随时间变化而变化,这与爱因斯坦的观点是一致的,不同的是,他又认为宇宙的物质有运动,不过物质的平均密度趋近于零。德西特认为,在这种宇宙内存在着某种斥力,河外星系在此斥力作用下普遍退行,产生星系光谱的红移现象。哈勃认为,德西特模型促使天文学家注意到红移与距离的关系。但是,如果说爱因斯坦的宇宙模型是一个只有物质没有运动的模型,那么德西特的宇宙模型是一个有运动而无物质的空虚宇宙模型。

1922年,俄国科学家弗里德曼放弃了爱因斯坦人为插入的宇宙项,重新采用原来的广义相对论的引力方程,求得了均匀的、各项同性的宇宙的动态时空度规。这个解反映了宇宙的膨胀特性。同时,弗里德曼认为,宇宙物质平均密度不为零。如果宇宙物质的平均密度小于某个临界值,宇宙将在空间上永远而无限地膨胀下去;如果宇宙物质的平均密度大于某个临界值,物质产生的引力场使宇宙收缩、弯曲,甚至回到原来的地方,形成一个无边有限的动

态宇宙——弗里德曼宇宙模型。弗里德曼等人还预言,宇宙的膨胀会表现为天体间的一种离散运动,离散的速度与离散的距离成正比。后来,这一预言被哈勃等人的发现证实了。

1914年,美国天文学家斯莱弗在对光谱作了多年研究后,发现星系谱线的红移现象,即光谱向长波方向——红端移动。1929年,美国天文学家哈勃进一步分析研究了新的观测结果,确定了星系红移和距离之间的线性关系。哈勃指出,一个星系的退行速度同这个星系离我们的距离成正比,呈现有规律的增长。也就是说,离我们越远的星系,远离我们的速度越快。这个规律被称作哈勃定律。

斯莱弗和哈勃的发现反映了宇宙的膨胀图像,而且正好同膨胀宇宙模型的预言相符合。膨胀的动态宇宙模型逐步为天文学家们所接受。在这种情况下,爱因斯坦不得不放弃了他的宇宙项和静态模型,承认弗里德曼的工作是正确的。后来每当谈起此事,爱因斯坦总是深感懊悔,甚至说这是他一生中“最大的失误”。但不管怎么说,动态的宇宙模型还是建立在爱因斯坦引力方程基础上的,爱因斯坦对现代宇宙学的贡献是谁都不能否认的。

(三) 大爆炸宇宙学说

1. 大爆炸宇宙学说的提出(图4)

当宇宙是膨胀的观点逐渐被人们接受的时候,又出现了新的问题:宇宙为什么会膨胀?宇宙是如何膨胀的?宇宙膨胀的结果是什么?这样就又有宇宙的一个起源问题。最容易而且顺理成章的解释是:宇宙膨胀是最初一次爆炸的结果。这样,大爆炸宇宙学说就被提了出来。

最早对大爆炸宇宙学说做出贡献的是英国天文学家爱丁顿,他把哈勃的发现与宇宙膨胀理论联系起来,提出了大量的观测数据。1932年,比利时天文学家勒梅特在爱丁顿工作的基础上,探讨了宇宙起源问题,提出一个宇宙起源于“原始原子”的假说。

1948年,美籍奥地利物理学家伽莫夫把基本粒子同宇宙学联系起来,提出热宇宙大爆炸学说。他把勒梅特的“原始原子”改为“原始火球”,认为宇宙起始于高温高密状态的“原始火球”,物质以基本粒子形态出现,在基本粒子的相互作用下,“原始火球”发生爆炸,并向四面八方膨胀。

根据大爆炸宇宙模型的基本观点,宇宙大爆炸的整个过程是:在宇宙的早期,温度极高,大约在100亿摄氏度以上,物质密度也相当大,宇宙间只有光子、中微子、电子、极少量的质

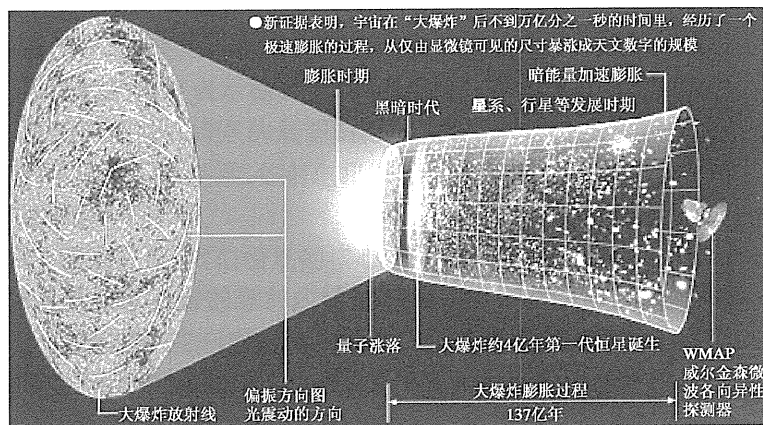


图4 宇宙大爆炸示意图

子、中子以及它们的反粒子等形态的物质。随着整个体系的不断膨胀,温度很快下降。当温度降到 10 亿摄氏度左右时,中子开始失去存在的条件,它要么发生衰变,要么与质子结合成氢、氦等元素。化学元素就是从这一时期开始形成的。温度进一步下降到 100 万摄氏度后,早期形成化学元素的过程结束。宇宙的物质主要是质子、电子、光子和一些比较轻的原子核。当温度降到几千摄氏度的时候,辐射减退,宇宙间主要是气态的物质。气体逐渐聚集成气体云,再进一步形成各种各样的恒星体系,成为我们今天看到的宇宙。

2. 宇宙形成学说的困难和发展

从大爆炸宇宙模型提出以来,已经有了一套比较完整的理论体系。与其他宇宙模型相比,它能够较好地解释诸如宇宙的年龄、星系红移、氦丰度、微波背景辐射等观测事实,甚至一些定量的描述也与观测数据符合得较好。因此大爆炸学说成为现代宇宙学中最有影响的一种学说,在宇宙学乃至整个科学界产生了“爆炸性”的影响,并将现代宇宙学向前推进了一大步。

但是,在 20 世纪 70 年代后期,大爆炸宇宙模型就表现出并不总是能够称心如意地解释宇宙的某些现象了。这些难题包括人们常常提及的宇宙视界问题、宇宙平直性问题以及奇点问题等。

针对大爆炸宇宙模型的困难,一些科学家提出了“暴胀宇宙论”。这种暴胀宇宙模型认为,宇宙是从 100 亿~150 亿年前的一个密度极大和温度极高的“原始火球”开始的,从那时起便一直在膨胀和冷却,在宇宙 10^{-30} 秒后的所有时间内,暴胀宇宙模型与大爆炸宇宙模型的描述是完全一致的,而在开始的 10^{-30} 秒的瞬间却存在极大的差异。按照暴胀宇宙模型,宇宙有过一个急剧膨胀的短暂时期,在此期间宇宙直径的增大比过去认为的要大 10^{50} 倍以上,宇宙中所有的物质和能量可能就是在这惊人的暴胀过程中从虚无中产生的。如果暴胀宇宙模型是正确的话,那么我们现在观察到的宇宙便仅仅是整个宇宙非常小的一部分。

科学史上,人类的认识从太阳系宇宙扩展到星系宇宙,再扩展到大尺度宇宙。今天的科学又正在努力把人类的认识进一步向某种探索中的“暴胀宇宙”、“无规则的混沌宇宙”推移。我们的宇宙不是唯一的宇宙,而是某种更大的物质体系的一部分,大爆炸不是整个宇宙自身的爆炸,而是那个更大物质体系的一部分的爆炸。因此,有必要区分哲学和自然科学两个不同层次的宇宙概念。哲学宇宙概念所反映的是无限多样、永恒发展的物质世界;自然科学宇宙概念所涉及的则是人类在一定时代观测所及的最大天体系统。两种宇宙概念之间的关系是一般和个别的关系。

二 星系

(一) 星系的形态与结构

1. 星系、河外星系、总星系

(1) 星系。每当人们遥望星空时,横贯天际、蔚为壮观的银河总能让人欣然神往,思绪万千。如果仔细观察的话,我们能够看出银河实际上是由许许多多颗星星组成的。

在天文学中,把这种由几十亿颗甚至几千亿颗恒星以及星际气体和尘埃物质等构成,占据几千光年至几十万光年的空间天体系统称作星系。

自 17 世纪望远镜发明以后,人们陆续观测到一些云雾状的天体,称之为星云。18 世纪,德国的康德、瑞典的斯维登堡和英国的赖特都曾猜想这些云雾状天体是像银河系一样由星

群构成的宇宙岛(即把宇宙比作海洋,星系比作岛屿),只是因为太遥远,而不能分辨出一颗一颗的星来。但是它们到底有多远,直到 20 世纪才找到线索。

1917 年,美国天文学家里奇在威尔逊山天文台所拍摄星云 NGC6946 的照片中发现了一颗新星。随后柯蒂斯也有类似的发现。因为这些新星极其暗弱,他们认为星云应该极其遥远,是银河系以外的天体。

(2) 河外星系。银河系外还有没有天体?这在很长一段时间内是人们争论不休的一个问题。

1924 年,美国天文学家哈勃用威尔逊山天文台的 2.5 米大望远镜清晰地把仙女星云的边缘分解为单个的恒星,并利用标准量天尺——造父变星,计算出了仙女星云的距离为 80 万光年(现在的数据为 220 万光年),终于肯定了它们是银河系以外的天体系统,于是称它们为河外星系,简称星系。

目前,用光学望远镜能观测到的星系约 10 亿个,而整个宇宙拥有的星系大概为数千亿个。不过,由于距离太遥远,它们看起来远不如银河那么壮丽。借助望远镜,它们看起来还只是像朦胧的云雾。离咱们银河系最近的星系——大麦哲伦星云和小麦哲伦星云,距离银河系也有十几万光年。可见,银河系不过是宇宙中一个普通的星系。

(3) 总星系。目前,天文学上把我们观测所及的宇宙部分称为总星系。总星系并不是一个具体的星系,也不是像本星系群、本超星系团那样的天体系统,而是指用现有的观测手段和方法,能够被人们观测和探测到的全部宇宙范围。也有人认为,总星系是一个比星系更高一级的天体层次,它的尺度可能小于、等于或大于观测所及的宇宙部分。

总星系的典型尺度约 100 亿光年,年龄为 100 亿年量级。通过星系计数和微波背景辐射测量证明,总星系的物质和运动的分布在统计上是均匀和各向同性的,不存在任何特殊的位置和方向。总星系物质含量最多的是氢,其次是氦。从 1914 年以来,发现星系谱线有系统的红移。如果把它解释为天体退行的结果,那就表示总星系在均匀地膨胀着。

2. 星系的形态与结构

宇宙中的星系数目浩繁,外形和结构形形色色,更涉及巨大的时空尺度,要对其逐一分析和研究几乎是不可能的。因此分类就显得尤为必要,因为它可以使研究领域趋于条理化,有助于发现其中的规律性。

1926 年,哈勃按星系的形态进行分类,把星系分为椭圆星系、漩涡星系和不规则星系 3 类,后来又细分为椭圆、透镜、漩涡、棒旋和不规则 5 个类型。椭圆星系的外形近似椭圆,记为 E 型,后面标以阿拉伯数字表示椭圆的扁度,从 0~7,数字越大,椭圆越扁。在椭圆星系中比 E7 更扁并开始出现漩涡特点的星系归为透镜型。

后来,又发现了许多特殊星系,如射电星系、N 型星系、塞佛特星系、蝎虎座 BL 天体、马卡良星系、致密星系、类星体等。

有些星系具有很高光度,类似恒星的核心,周围有暗弱星云,称为 N 型星系。

有些漩涡星系具有十分明亮的中心区,光谱中有强而宽的发射线,称为塞佛特星系。

还有一类星系,看起来完全像恒星,只有在光谱中才显示其星系的性质,称为致密星系。

有的星系,不仅在外形上显示出爆发形成的喷射纤维,而且喷射物还在以 1000 千米/秒的速度运动,这种星系称为爆发星系。

也有人把类星体归入星系。类星体是 20 世纪 60 年代天文学四大发现(星际有机分子、类星体、微波背景辐射和脉冲星)之一。当时,天文学家在茫茫星海中发现了一种奇特的天

体,从照片看来像恒星但肯定不是恒星,光谱似行星状星云但又不是星云,外形像星团但又不是星团,发出的射电(即无线电波)像星系但又不是星系,因此称它为“类星体”。类星体的显著特点是具有很大的红移,表示它正以飞快的速度远离我们而去。类星体离我们很远,大约在几十亿光年以外,可能是目前所发现的最遥远的天体。类星体是一个能发出超级亮光的星状物体,其亮度为银河系平均亮度的100倍。对能量如此大的物体,类星体却不可思议的小,天文学家认为类星体的光亮,可能来自类星体中心的超大黑洞。类星体是一个难解的天体,它的一些奇特现象,如红移之谜、超光速的移动、它的能量来自哪里,一再挑战人类的既有物理观念,而这些奇特现象的解决,有可能使我们对自然规律的认识向前跨上一大步。由于类星体的复杂性和重要性,有人主张应该把它作为一种特殊的天体看待。

(二) 星系的起源与演化

1. 星系的分布与运动

(1) 星系的分布。从大尺度来看,星系在各个方向上都是一样的,星系的空間分布也是近于均匀的。但从较小的尺度来看,星系的空間分布是不均匀的。星系一般很少单独存在,有成群、成团的倾向。星系在自成独立系统的同时,往往又以一个成员的身份参加星系团的活动。超过100个星系的天体系统称作“星系团”,100个以下的称为“星系群”。

银河系便属于一个以它为中心的星系群,称本星系群,它包括仙女星系、麦哲伦星云和三角星系等约40个星系。星系团还可构成更高级的成团结构——超星系团。本星系群即是以室女星系团为中心的包括50个左右星系团和星系群组成的本超星系团的一个成员。

天文学家通过X射线卫星的观测发现,星系团中还聚集了大量的高温气体,也就是所谓的星系际介质。这些气体的质量相当于(甚至超过了)星系团中所有星系质量的总和。它们发出的X射线是宇宙中主要的弥漫X射线源。

通过光学和X射线的观测,使我们了解了星系团的许多性质。天文学家通过对团内星系运动状态和气体温度的分析,可以用力学的方法测定整个星系团的质量(用这种方法测得的质量也叫位力质量)。结果发现,星系团的位力质量比团中的星系和星系际气体的质量总和还要大得多,多达5~10倍。那么,这些质量到底来源于什么物质呢?因为这些物质除了引力效应之外,没有其他任何信息可以被我们直接探测到,天文学上称之为暗物质。暗物质的构成至今还是一个谜。

(2) 星系的运动。如同地球、太阳有自转也有公转一样,星系内部的恒星在运动,而星系作为一个整体也在运动。恒星在星系内部的运动有两种,一种是围绕星系核心的旋转运动,另一种是弥散运动。成扁平状的星系都有旋转运动,弥散运动是叠加在旋转运动上的随机运动。星系整体也有各种运动。成对出现的星系(即双重星系,又名星系对)彼此围绕公共质心转动。在星系团中,星系间有随机的相对运动。

据统计,从椭圆星系到漩涡星系再到不规则星系,似乎有质量递减、气体含量增加、老年恒星减少的趋势。其中漩涡星系本身随着漩涡由紧到松,也有相应的序列变化。

2. 星系的起源

历史上一度曾把星系形态的序列当成演化的序列,即认为星系从椭圆形开始,再逐渐发展成透镜型、漩涡型、棒旋型,最后变成不规则型,也有人认为是沿着相反的途径演化的。

现在越来越多的人认为星系分类的序列并不是演化的序列,而只是初始条件的反映。密度较大的原云,角动量密度较小,因而恒星形成率高,自转较慢,成为星多气体少的椭圆星系;密度低而角动量密度高的原云,恒星形成率低,未形成恒星的气体多,在快速自转中变为

扁盘形,从中产生旋臂,并不断产生新的恒星。

星系的起源和演化与宇宙诞生早期的演化密切相关。一般看法认为:当宇宙从猛烈的爆发中产生时,大量的物质被抛射到空间中,形成“气体云”。这些气体云本身处在平衡之中,但是在某种作用下,平衡被打破,物质聚集在一起,质量高达今天太阳质量的上千亿倍!这些物质团后来在运动中分裂开,并最终形成无数颗恒星。这样,原始的星系就形成了。一般认为星系形成的时期约在 100 亿年前。

关于星系前物质,有人认为是弥漫物质,也有人主张是超密物质。关于原星系的诞生有两种见解,一种是引力不稳定假说,另一种是宇宙湍流假说。

3. 星系的演化

原始星系在收缩过程中出现第一代恒星,在原星系的中心区,收缩快、密度高,恒星的形成率也高,形成漩涡星系的星系核或漩涡星系整体。星系的自转离心力阻止赤道面上的进一步收缩,并造成不同的扁率。气体的随机运动和恒星辐射加热等因素又使部分气体未聚成星胚,并因碰撞作用而沉向赤道面,形成漩涡星系和不规则星系。此后百亿年中,星系的演变十分缓慢,星系的结构也无大的变化。

对于椭圆星系而言,可能由于初始密度和初始速度弥散度都较大,恒星形成率一开始就非常高,气体几乎全部用来形成恒星。星系中的恒星是无碰撞的,所以椭圆星系形成后形态基本不变。漩涡星系的第一代恒星诞生率较低,所以有部分气体保留下来。

不规则星系的恒星诞生率更低,至今尚有较多气体遗留下来。

(三) 银河系

1. 银河系的组成

银河系是指包括太阳在内的大约一两千亿颗恒星组成的庞大的天体系统,因其呈乳白色亮带——银河而得名。

银河系是一个透镜型的系统,直径为 25000~30000 秒差距,厚为 1000~2000 秒差距。它的主体称为银盘,高光度星、银河星团和银河星云组成漩涡结构叠加在银盘上。银河系中心为一大质量核球。整个银河系为直径约 30 千秒差距的银晕所笼罩。银晕中最亮的成员为球状星团。银河系的质量是 1.4×10^{11} 太阳质量,其中恒星约占 90%,气体和尘埃组成的星际物质约占 10%。银河系是一个 Sb 或 Sc 型漩涡星系,拥有一两千亿颗恒星,为本星系群中除仙女星系外最大的巨星系。

18 世纪中叶,人们意识到,除行星、月球等太阳系天体外,满天星斗都是远方的“太阳”。赖特、康德和朗伯特最先认为,很可能是全部恒星集合成了一个空间上有限的巨大系统。第一个通过观测研究恒星系统本原的是 F. W. 赫歇耳。

1785 年,他根据恒星计数的统计研究,绘制了一幅扁而平、轮廓参差、太阳居中心的银河系结构图。F. W. 赫歇耳去世后,其子 J. F. 赫歇耳继承父业,将恒星计数工作扩展到南半天。19 世纪中叶,他开始测定恒星的距离,并编制全天星图。

银河系物质的约 90%集中在恒星内。1905 年,赫茨普龙发现恒星有巨星和矮星之分。1913 年赫罗图问世后,按照光谱型和光度两个参数,得出除主序星外,还有超巨星、巨星、亚巨星、亚矮星和白矮星 5 个分支。

恒星成双、成群、成团是普遍现象。迄今已观测到球状星团 132 个、银河星团 1000 多个,还有为数不少的星协(天文学上把比星团稀疏得多的恒星群称为星协)。据统计推论,应该有 1500 个银河星团和 500 个球状星团。20 世纪初,巴纳德通过照相观测,发现了大量的

亮星云和暗星云。1905年,恒星光谱中的电离钙谱线的发现,揭示出星际物质的存在。随后的分光 and 偏振研究,证认出星云中的气体和尘埃成分。1963年,用射电天文方法观测到星际分子 OH,这是自从 1937~1941 年间,在光学波段证认出 CH、CN、CH⁺ 以来的重大突破。到 1979 年底,发现的星际分子已超过 50 种。

2. 银河系的结构

对银河系结构的研究已有近 200 年历史,这是近代和现代天文学的活跃领域之一。1785 年,F. W. 赫歇耳第一个研究了银河系结构,他用恒星计数方法得出银河系恒星分布为扁盘状,太阳位于盘面中心的结论。

1912 年,美国女天文学家勒维特发现小麦哲伦云内有许多造父变星,并提出了造父变星的周光关系,即光变周期愈长其光度也愈大的关系。1918 年,沙普利研究球状星团的空间分布,得出银河系内球状星团系统的直径为 30 千秒差距,并提出了“不对称的银河系”模型。他认为,银河系的中心在人马座方向,太阳离这个中心约 5 万光年。沙普利的理论否定了自赫歇耳以来把太阳当做银河系中心的说法,为建立银河系的正确图像跨出了最重要的一步。

1926 年,瑞典天文学家林德布拉德为了解释银河系中恒星速度分布的不对称性,指出是银河系的自转引起了这种不对称,自转的中心在人马座方向。第二年,荷兰天文学家奥尔特通过恒星视向速度的分析,证实了银河系有自转。奥尔特还求出了太阳系离银河系中心的距离为 3 万光年,更正了沙普利提出的 5 万光年的结论。后来,瑞士天文学家特朗普勒又推算出银河系直径为 10 万光年以下。

银河系总体结构大致如下:银河系的物质(主要是恒星)密集部分组成一个圆盘,形状有点像体育运动用的铁饼,叫做银盘。银盘的中心平面叫做银盘面。银盘中心隆起的球形部分叫银河系核球。核球中心有一个很小的致密区,叫做银核。银盘外面是一个范围广大、近似球状分布的系统,叫做银晕。其中的物质密度比银盘中的低得多。银晕外面还有银冕,也大致呈球形。

包围着银盘的银晕,直径约 30 千秒差距,密度比银盘小,主要由晕星族组成,有亚矮星、贫金属星、红巨星、长周期 RR 型变星和球状星团等。在恒星分布区之外,还存在一个巨大的大致呈球形的射电辐射区,称为银冕。

银河系有一两千亿颗恒星,其相当大一部分是成群成团分布的,它们组成了双星、聚星、星协和星团。银河系内,除恒星外还存在大量弥漫物质,即气体和尘埃。恒星与星际物质间进行物质交换。各类不稳定的星体通过爆发把物质抛射到星际空间。星际云在一定条件下可以凝聚成恒星,星际物质也能被恒星吸积。星际物质的化学成分与恒星大气相近,主要是氢。尘埃的质量约为气体的 1/10。

现在人们知道,银河系为漩涡式结构,银盘主要是由 4 条巨大的旋臂环绕组成,而旋臂则是由无数的恒星组成。太阳位于人马座臂和英仙座臂之间的猎户座臂上,距离银心 28000 光年或者 8.5 千秒差距。

银河系不仅有自转,还作为一个整体在空间以 200 多千米/秒的速度朝着麒麟座的方向运动着。

1964 年,美籍华裔科学家林家翘用密度波理论解释了银河系漩涡结构及其维持机制。林家翘密度波理论的一个重要特点是,旋臂中的星不是一成不变的,恒星有进有出,川流不息,旋臂图案保持不变。

3. 银河系的起源和演化

1962年,帕萨丁那(美国加州)的3位天文学家综合了20世纪50年代的许多发现,研究了221颗近邻恒星的运动和金属性,提出了银河系形成的气云凝聚假说。

气云凝聚假说因其引发了天文学界激烈的争论而著名,天文学家称它为ELS,是用模型的3位倡导者的姓氏——Eggen(艾根)、Lynden Bell(林登贝尔)、Sandage(桑德奇)的首个字母组成的。

1978年,帕萨丁那的卡内基天文台台长西尔勒和金恩在研究了外银晕中距离我们大于25000光年的19个球状星团中的177颗红巨星的化学成分后,发现它们的年龄相差很大,于是提出了银河系混沌诞生假说。这一假说认为,银河系是由许多气云互相碰撞而形成的。

在银河系周围至少存在着10个伴星系,其中以大麦哲伦云和小麦哲伦云最为著名,它们全都绕银河系公转,就像卫星绕行星运动一样。这些星系因含有恒星数量较少,光度很低,因而称其为矮星系。可以推断,在银河系形成之初,这些伴星系曾受到过银河系强大的引力吸引,星系中的恒星和气体云被银河系剥离,最终演化成矮星系。

银河系形成初期,星系间存在相互作用,伴星系中的物质大量被银河系吞食。不难发现,这种观点与混沌诞生假说极其相似。作为观测上的证据,天文学家发现了一个以75千米/秒速度离我们远去的移动星群,该星群在南天船帆座古老星团NGC3201的方向,但不是此星团的成员,距离我们2万~4万光年,星群中被观测到的18颗星在空间延伸达几百光年。这些天象的一个合理解释是:它们是银河系不久以前从星际空间俘获的小星系的残骸。

可见,在银河系的形成问题上,应该兼顾两方面观点。银盘是通过气云凝聚假说的独立星云发展而成,应作为银河系演化的主流;而银晕则掺杂了大量的混沌诞生假说的成分,是银河系演化过程中的插曲。这就像学术界评论的那样,气云凝聚假说和混沌诞生假说都在不同程度上掌握着真理。

4. 银河系的归宿

漩涡状银河系只是星系演化过程中一个阶段的形态。那么,未来银河系将如何演化呢?

再过几十亿年,银河系的旋臂将越缠越紧,最终将捆绑在星系核上,形成一个硕大的核球。由于核球集结了旋臂的物质,质量增大,所以核球中心将发生大规模的极限效应,释放出大量的能量。这时的核球将发生膨胀,且变得炽热明亮。与此同时,由于旋臂物质把角动量传输给了核球,核球的自转角速度急剧增大,因而将导致膨胀的核球发生分裂,变成两个或多个星系核,形似一个椭球体。这时的银河系就进入了棒旋星系演化阶段。目前,天文学家通过哈勃望远镜已经在仙女座大星云中找到了核球分裂的证据。观测发现,仙女座大星云(M31)有两个星系核,相距5光年,各自都含有几百万颗恒星,一种合理的解释是核球发生了分裂。

棒旋星系是处在分裂状态的漩涡星系,核球被拉长呈椭球状,由于旋转,在椭球体长轴两端抛射出两股物质流,形成了棒旋星系的旋臂。虽然棒旋星系比漩涡星系的年龄大,但棒旋星系旋臂的出现时间却是最晚的,所以在棒旋星系旋臂内产生的恒星也是最年轻的。

总结上述过程可以预测,未来银河系在4条旋臂缠紧核球之后,将演化为无旋臂的漩涡星系,形似仙女座大星云;再过几十亿年,将渐渐演化为携有两条年轻旋臂的棒旋星系;最后棒旋星系分裂,形成两个或多个矮星系,渐渐地在宇宙中失去光辉。之后,与其他星系残骸一起坠向宇宙中心,转化为能量,这就是银河系的最终归宿。

三 恒星

(一) 恒星世界的图景

1. 恒星

恒星是由炽热气体组成的、能自己发光的球状或类球状天体。离地球最近的恒星是太阳,其次是半人马座比邻星,它发出的光到达地球需要 4.22 年。

在晴朗无月的夜晚,人们用肉眼一般能看到 3000 多颗恒星,借助于望远镜则可以看到几十万颗乃至几百万颗。恒星并非不动,而是因为离我们实在太远,不借助于特殊工具和特殊方法,很难发现它们位置的变化,因此古代人把它们叫做恒星。

描述恒星物理特性的基本参量主要有:距离、亮度、光度、大小、质量、压力和化学组成等。

2. 变星

观察发现,有些恒星的光度、光谱和磁场等物理特性都随时间的推移发生周期的、半规则的或无规则的变化,这种恒星叫做变星。变星分为两大类,一类是由几个天体间的几何位置发生变化或恒星自身的几何形状特殊等原因造成的几何变星;另一类是由于恒星自身内部的物理过程而造成的物理变星。

几何变星中,最为人们熟悉的是两颗恒星相互绕转(有时还有气环或气盘参与)而发生变光现象的食变星(即食双星)。根据光强度随时间改变的“光变曲线”,可将它们分为大陵 5 型、天琴座 β (渐台二)型和大熊座 W 型 3 种。几何变星中还包括椭圆变星、星云变星等。

物理变星,主要分为脉动变星和爆发变星两类。脉动变星的变光原因是:恒星在经过漫长的主星序阶段以后,自身的大气层发生周期性的或非周期性的膨胀和收缩,从而引起脉动性的光度变化。理论计算表明,脉动周期与恒星密度的平方根成反比。周期在 1~50 天之间的经典造父变星和周期在 0.05~1.5 天之间的天琴座 RR 型变星(又叫星团变星),是两种最重要的脉动变星。

爆发变星按爆发规模可分为超新星、新星、矮新星、类新星和耀星等几类。超新星的亮度会在很短时间内增大数亿倍,然后在数月一到两年内变得非常暗弱。目前多数人认为这是恒星演化到晚期的现象。超新星的外部壳层以数千千米每秒乃至上万千米每秒的速度向外膨胀,形成一个逐渐扩大而稀薄的星云;内部则因极度压缩而形成中子星之类的天体。最著名的银河超新星是中国宋代(1054 年)在金牛座发现的“天关客星”,现在可在该处看到著名的蟹状星云,其中心有一颗周期约 33 毫秒的脉冲星。一般认为,脉冲星就是快速自转的中子星。

新星在可见光波段的光度在几天内会突然增强大约 9 个星等或更多,然后在若干年内逐渐恢复原状。1975 年 8 月在天鹅座发现的新星是迄今已知的光变幅度最大的一颗。一般认为,新星爆发只是壳层的爆发,质量损失仅占总质量的千分之一左右,因此不足以使恒星发生质变。有些爆发变星会再次做相当规模的爆发,称为再发新星。

矮新星和类新星变星的光度变化情况与新星类似,但变幅仅为 2~6 个星等,发亮周期也短得多。它们多是双星中的子星之一,因而不少人的看法倾向于这类星的爆发是由双星中的某种物质的吸积过程引起的。耀星是一些光度在数秒到数分钟间突然增量而又很快恢复原状的很不规则的快变星,它们被认为是一些低温的主序前星。

随着观测技术的发展和观测波段的扩大,还发现了射电波段有变化的射电变星和 X 射线辐射流量变化的 X 射线变星。

3. 赫罗图

赫罗图是指恒星光谱型和光度的关系图,由于其创制人分别是丹麦天文学家赫茨普龙和美国天文学家罗素,因此简称赫罗图(图 5)。

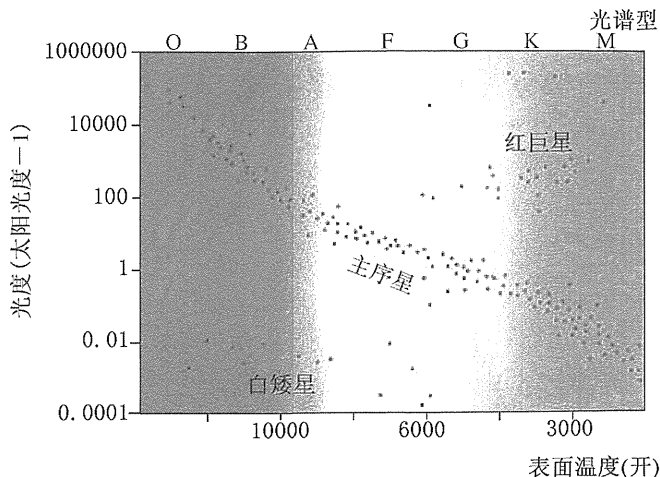


图 5 赫罗图

20 世纪初,丹麦天文学家赫茨普龙和美国天文学家罗素各自独立地提出了恒星的光度和光谱关系,即恒星在以光度为纵坐标、光谱为横坐标的坐标图上的分布规律。赫罗图是对天文学家最有用的关系图之一,是恒星天文学最重要的基础。

银河系中有千亿颗恒星,它们的特性千差万别。恒星的光度是表现它们特性的一个重要物理量。恒星的光度即恒星的真实亮度,是恒星每秒钟辐射出的总能量,以尔格/秒为单位。恒星的光度与它的体积有关,天文学家把光度大的恒星叫做巨星,光度小的恒星叫做矮星。

绝对星等可以显示出恒星的真实光度。绝对星等就是设想把恒星都放在 32.6 光年(10 秒差距)的地方所得出的亮度。织女星的绝对星等是 0.5 等,它的光度是太阳的 50 倍;超巨星“天津四”的绝对星等大约是一 7.2 等,其光度比太阳强 5 万多倍;赫罗图的横坐标有时用恒星的表面温度表示,有时用恒星的光谱型表示,因为光谱型和表面温度之间存在着对应的关系。

恒星表面的高温使之发射类似黑体辐射一样的光谱,光谱曲线的峰值和形状由物体的温度决定。不同频率的光,其颜色不同,从恒星的温度就可以判断出它们的温度。表面温度在 30000 开以上的恒星发蓝光,温度在 10000~30000 开的恒星颜色蓝白,温度在 7500~10000 开的恒星颜色纯白,6000~7500 开的恒星呈黄白色,温度在 5000~6000 开时恒星的温度发黄,温度在 3500~5000 开时恒星的温度为红橙,温度在 2000~3500 开时恒星的温度发红。

恒星的光谱除了连续谱以外,还有两种线状谱,分别是发射线和吸收线。它们是叠加在连续谱上的亮线和暗线。

测量这些谱线,可以得到恒星的化学成分信息。

天文学家根据恒星的吸收线光谱特征来进行分类。最著名的分类法是由哈佛大学天文学家提出的,称为哈佛分类法。他们根据 240000 颗恒星的吸收光谱资料,把恒星分为 7 类: O 型、B 型、A 型、F 型、G 型、K 型和 M 型;在 G 型和 K 型中,又有 3 个子型,即 R 型、N 型和 S 型。

赫罗图中的恒星分布不是平均分布,而是有一定的规律性,形成一定的序列。因为光度和表面温度之间存在着内在的关系,因而只要在某一质量范围内存在着光度和温度的关系,在赫罗图上就会出现相应的序列。

从赫罗图上可以看出,恒星主要集中在 4 个区域。第一个区域为主星序区:银河系中 90% 以上的恒星都分布在从左上到右下的这一条带子上,我们熟悉的太阳、牛郎、织女等都是主序星。

第二个区域在主星序右上方,这些恒星的温度和某些主序星的一样,但光度却高得多,因此称之为巨星或超巨星,像北极星(小熊座 α)、大角(牧夫座 α)属于巨星,心宿二(天蝎座 α)则为著名的超巨星。

第三个区域在主星序左下方,是一些温度高而光度低的白矮星,以及其他低光度恒星。如宁静新星和行星状星云的核(已经公认为白矮星),天狼 B(即天狼星的伴星)就是最亮的白矮星。

第四个区域位于赫罗图上一个很右的位置,温度非常冰冷的星际云,当星际云收缩时,它会变得越来越热,在赫罗图上的位置亦会向左移动。赫罗图是由恒星的光学观测数据构成的,因此中子星和黑洞不能在赫罗图上显现。在赫茨普龙和罗素最初给出的赫罗图中,没有第三和第四个区域,因为那时还没有发现白矮星,也没有讨论恒星的形成。

赫罗图在恒星演化的研究中十分重要。赫罗图中的主序星、巨星、矮星等既是恒星的不同种类,也是恒星演化不同阶段的表现。由于恒星内部能源的不断消耗,恒星要发生演变,光度和温度都要发生变化,这导致在赫罗图上的位置发生变化。

根据赫罗图,罗素提出了恒星演化的收缩假说。他认为恒星是由左上方向右下方演化的,即从光度大、温度高的恒星演化成光度小、温度低的恒星,他把光谱型 O、B、A 型的恒星称为早型星,把 K、M 型恒星称为晚型星,F、G 型恒星则属于过渡的类型。

但是,后来人们发现只用收缩来解释恒星的演化,还不能说明演化过程中能量和质量的巨大变化,一直到人们了解了热核反应和恒星的能源之后,才建立起现代恒星演化的理论。

(二) 恒星演化理论

1. 恒星的演化

不同质量恒星的演化过程是根据恒星内部结构理论推算出来的,这项理论主要是以流体静力平衡和热核反应供给能量为基础的。在流体静力平衡的条件下,一般恒星的中心温度与恒星的质量成正比。

爱因斯坦在 20 世纪初提出了质量和能量之间的关系,即著名的质能关系式。1929 年,科学家最后认定太阳内部的氦聚变反应是其能量来源之后,许多人都在寻找氢聚变为氦的产能过程。1938 年,美国的汉斯·贝克和德国的冯·魏茨泽克首先找到了被称为“碳循环”的氢聚合为氦的过程,并以此来说明恒星的巨大能量来源。一个氢核(质子)与一个碳核(^{12}C)相撞,生成一个放射性氮核(^{13}N)并放出能量;随后 ^{13}N 衰变为同位素 ^{13}C 并放出一个正电子和一个中微子; ^{13}C 再与一个氢核相撞生成一个氮同位素 ^{14}N ,并放出能量; ^{14}N 再与一个氢核相撞生成一个氧的放射性同位素 ^{15}O ,并放出能量;随后 ^{15}O 衰变为 ^{15}N 并放出一个正

电子和一个中微子； ^{15}N 再与一个氢核相撞，生成一个氦核和一个 ^{12}C ，如此完成一个碳循环。在这个循环中，共有4个氢核聚合成成了一个氦核 ^4He 。不仅太阳，其他恒星的产能过程也是这样的。

20世纪40年代，德国天文学家史瓦西首先把碳循环应用到太阳内部结构的计算中，获得太阳内部温度、密度和压力的分布以及氢、氦成分并得出太阳的年龄，从此开始进行主星序上不同质量恒星的结构和演化的计算工作。

1950年，史瓦西提出，恒星从主序星到红巨星的转变可以用两种模型来解释：一是氢壳层的燃烧，一是核心引力收缩。他把恒星能源和恒星结构的演化进程结合起来，大致描绘了恒星一生的发展历程。

(1) 恒星的幼年期，即原恒星阶段。这个时期的恒星是由稀薄的弥散物质逐步向密度大的物质演化而成。按照史瓦西的假说，极冷的、密度很小的星际弥漫物质在引力作用下发生收缩，这种引力收缩由快转慢，逐渐与向外的压力处于准平衡，于是形成了一种似云非云、似星非星的原恒星。

(2) 恒星的中年期，即主序星阶段。这时引力能转变为热能，使星云的温度升高，发射出红外线，成为红星，接着红星继续收缩，温度升高几百万 $^{\circ}\text{C}$ ，形成热核反应，并辐射出大量热能。同时，辐射压力和强大的气体压力同引力势能相平衡，于是恒星的演化进入中年时期，即主序星阶段，这是恒星一生中最稳定最旺盛的阶段。

(3) 恒星的晚年期，即红巨星阶段。在主序星末期，恒星内部温度很高，但由于氢核聚变的能量日益减少，造成外部温度很低，向外的辐射压力顶不住引力，于是核心开始收缩，形成了高温和高密度，这又给另一方式的核反应创造了条件，即3个氦核聚变成一个碳核。这时，恒星的平衡被破坏，外壳急骤地膨胀，变成体积大、密度小、表面温度低而光度很大的红巨星，在赫罗图上表现为离开主星序向右端变化。

(4) 恒星的衰亡期，即白矮星或中子星阶段。当氦燃烧完以后，碳核不断收缩，外壳继续膨胀，使其与恒星的中心体脱离，成为行星状星云。中心体继续收缩，形成密度很大、光度很低的白矮星。当白矮星内部能源完全枯竭后，只靠余热发光，便变成红矮星，直至变为黑矮星，成了恒星的残骸。

2. 恒星的末态

恒星的末态，即它们的归宿应该是在赫罗图上主星序的左面。从主星序右方红巨星、超红巨星演变到它们的末态，一般要抛失质量，甚至要像新星、超新星那样大爆发。因此，恒星的末态取决于其能量耗尽后所剩物质的质量。理论分析表明，在恒星演化末期将出现3类天体：白矮星、中子星和黑洞。

(1) 白矮星。当恒星核能耗尽后，所剩物质的质量小于1.44个太阳质量，便将成为一颗白矮星。没有核能后，它靠引力收缩供能。等收缩到原来半径的几分之一到几百分之一时，中心密度已经很高，电子形成简并态，即原子核和自由电子混合在一起，这种状态称为“简并电子气”。当电子气体的压力足以抵挡住引力收缩时，便达到新的平衡。这时，恒星不再收缩，只靠它的剩余热量发光，称为白矮星。随着它的余热逐渐消失，表面温度逐渐降低，慢慢成为红矮星、黑矮星，就无法观测到了。已观测到并确认为白矮星的恒星只有千余颗，由于它们的光度很小，不容易观测到，估计它们的数目实际应相当多，占恒星总数的1/10左右。

(2) 中子星。若恒星核能耗尽后，所剩物质的质量在1.44~2个太阳质量时，经过一次

爆发则变为中子星。这个过程叫做新星或超新星爆发。按照平衡态理论,在形成中子星之前,恒星内部是由简并态电子气和铁核构成的。随着引力收缩,压力和密度增加,电子的费米能量愈来愈大,终于打进铁核,在其中形成更多的中子。等到电子的费米能量超过 25 兆电子伏时,中子就脱离重核的束缚而放射出来,积累成为简并中子气体,整个恒星可以看做是由中子构成的。

中子之间强大的斥力足以抵挡住引力,使恒星不再收缩,从而成为稳定态的中子星。

不少天文学家认为中子星的形成是超新星爆发的结果,外部的物质爆炸出去,形成星云状物质,内部坍缩,形成中子星。中子星的体积比白矮星还小,其半径只有 10 千米。但中心密度要比白矮星大得多,核心温度高达 60 亿摄氏度,表面温度达 1000 万摄氏度,磁场强度达 10000 亿~200000 亿高斯。20 世纪 60 年代发现的脉冲星就是中子星,到 1978 年已发现了 300 颗以上。

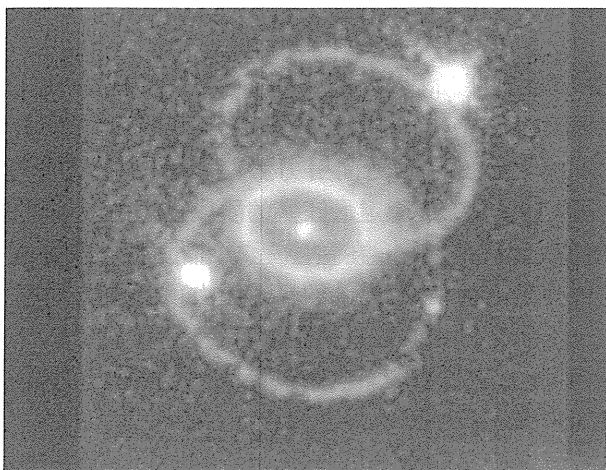


图 6 两颗旋转的脉冲星

(3) 黑洞。如果恒星核能耗尽后,所剩物质的质量大于 2 个太阳质量时,则平衡态不再存在,星体将无限制地收缩。虽然目前还没有密度大于 10^{15} 克/厘米³ 的物质的实验数据,无法推测星体的具体结构,但根据理论可以推断,星体的半径将愈来愈小,密度将愈来愈大,终于达到临界点。

即由于恒星内部已没有任何力量能阻挡强大的收缩引力,以致一切物质和辐射都不能外逸,连光都跑不出来,因而称为“黑洞”。黑洞对天文观测确实是一个极大的挑战。天文学家认为,可以通过其对周围物体产生的影响得知它的存在。近年来,有人提出质量介于 2~3.2 个太阳质量之间的恒星有可能成为反常中子星或层子星等。

3. 恒星演化与元素起源

(1) 元素丰度。元素丰度即元素的相对含量。研究结果表明,绝大多数恒星的元素丰度基本相同,氢最丰富,按质量计约占 71%;氦次之,约占 27%;其余元素约占 2%。这称为正常丰度。有少数恒星的元素丰度与正常丰度不同,一般来说,这与恒星的年龄有关。

元素丰度可以用列表法或作图法给出。在列表或作图时,通常都把硅(Si)的丰度值取为 10,其他核素的丰度值按比例确定。

自从 1889 年克拉克发表元素在地壳中平均含量的资料以来,人们已经积累了大量有关

陨石、太阳、恒星、星云等各种天体中元素及其同位素分布的资料。1937年,戈尔德施米特首次绘制出太阳系的元素丰度曲线。1956年,修斯和尤里根据地球、陨石和太阳的资料绘制出更详细、更准确的元素丰度曲线。1957年,伯比奇夫妇、福勒和霍伊尔就是以该丰度曲线为基础,提出他们的核合成假说的。20世纪40年代,人们只知道大多数恒星的化学组成与太阳的很相似,因而就认为分布在宇宙的元素丰度可能是一样的。但是,后来的研究发现,在不同类型的恒星上,元素的分布有很大的差异。

(2) 元素合成理论。元素合成理论是阐明宇宙中各种元素及其同位素形成过程的学说。

元素丰度曲线是相当复杂而又有一定规律的。元素及其同位素的分布规律,一方面反映原子核结构的规律性,另一方面与元素的起源和演化史密切相关。关于元素的起源或合成的任何一种假说,都必须解释这一分布规律性。早期提出的假说有:平衡过程假说、中子俘获假说、聚中子裂变假说等。它们都试图用单一过程解释全部元素的成因,结果是顾此失彼,难以自圆其说。

1957年,伯比奇夫妇、福勒、霍伊尔等人提出了元素在恒星中合成的假说,通常简称为 B^2FH 理论。他们摒弃了全部元素都是通过单一过程一次形成的想法,提出了与恒星不同演化阶段相应的元素形成的过程,即氢燃烧、氦燃烧等。

B^2FH 理论发表后,不断得到原子核物理学、天体物理学和宇宙化学方面新成就的补充和修正。其主要进展有:提出了一些新的过程,如碳燃烧、氧燃烧和硅燃烧等,碳燃烧、氧燃烧和硅燃烧分别发生在 $T \geq 6 \times 10^8 \text{ K}$ 、 $T \geq 10^9 \text{ K}$ 和 $T > 3 \times 10^9 \text{ K}$ 或 $4 \times 10^9 \text{ K}$ 的条件下。近年来的研究发现,爆发性碳燃烧可以说明Ne到Si的观测丰度,爆发性氧燃烧可以说明Si到Ca的观测丰度,准平衡的硅燃烧可以说明铁峰元素的观测丰度。

现代天体物理学的最大成就之一就是基本说明了恒星演化和元素演化两个重要问题。

四 太阳系

(一) 太阳系的构成

1. 太阳系的结构特征

综合迄今为止的观测资料,得到太阳系的主要特征如下:

特征一:在太阳系中,太阳的质量占太阳系总质量的绝大部分,约为99.8%。太阳的引力控制着整个太阳系,使其他天体绕太阳公转。除了太阳之外,太阳系的主要成员是九大行星,即水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星及冥王星,但根据2006年8月24日国际天文学联合会大会的决议,冥王星被视为是太阳系的“矮行星”,不再被视为行星,从而确认太阳系只有八大行星。

冥王星被“踢出”经典行星行列的原因,主要是由于冥王星的体积和质量都太小,与其他行星相距甚远等;还有就是如果以冥王星的标准可以列为行星的话,那么太阳系可以拥有更

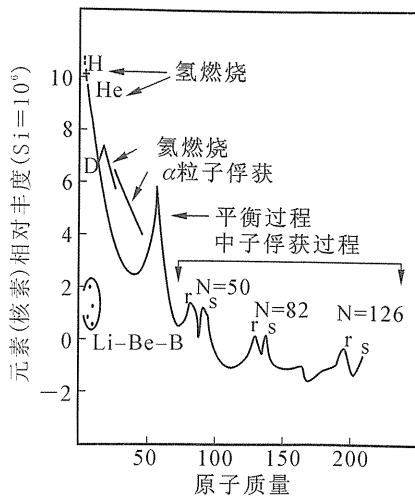


图7 宇宙元素丰度
宇宙的元素(核素)丰度随质量数的变化关系
(以 $Si=10^6$ 为标准)

图7 宇宙元素丰度

多的其他行星,所以它被取消了行星地位。

太阳系是一个“行星系”。太阳是自己能发光、发热的恒星,其他天体都不能自己发光、发热(巨行星有红外辐射),主要被太阳光照射而发亮。

特征二:八大行星都在接近同一平面的圆形轨道上,朝着同一方向绕太阳公转,这就是行星轨道运动的共面性、近圆性和同向性。但各行星轨道并不是完全共面的,而是对不变平面有不大的倾角。轨道也不是正圆,而都是偏心率不大的椭圆,其中水星的倾角和偏心率较大。太阳也朝同一方向自转,太阳赤道面对不变平面倾角为 $5^{\circ}56'$ 。

特征三:三类行星密度分布特点是:类地行星最大,远日行星次之,巨行星最小。行星的大小和质量分布特点是:巨行星大,类地行星和远日行星小。

特征四:行星距太阳的距离具有规律性,符合提丢斯波得定则。

特征五:地球、火星、木星、土星、天王星和海王星的自转周期为几小时到1天左右。但水星、金星的自转周期很长,分别是58.65天、243天。多数行星自转方向与公转方向相同,但金星则相反。而天王星的自转轴与轨道面的交角很小,呈现侧向自转。

特征六:在太阳系中,质量占99.8%以上的太阳的角动量只占1%左右,而质量不到0.2%的其他天体的角动量总和却占99%左右,这就是太阳系角动量的特殊分布问题。

角动量是描述物体转动状态的物理量。一个绕某轴转动的质点的角动量,其大小等于它的质量、转动速度和它到转动轴距离的连乘积。

特征七:除了水星和金星外,其他行星都有卫星绕转,构成卫星系。这些卫星分为“规则卫星”和“不规则卫星”两类。此外,还发现木星、土星和天王星有环,即“行星环”。

太阳系的这些特征,是研究太阳系起源的依据和出发点。

2. 太阳系的主要成员(图8)

太阳系的成员首先是作为太阳系核心和主宰的太阳;然后是围绕太阳旋转的八大行星,即水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星和海王星;“行星卫士”的卫星;“独来独往”的彗星;为数众多的小行星;转瞬即逝的流星等。行星际还有稀疏的微尘粒和气体,集中于黄道面附近,产生黄道光。太阳不断地向行星际抛出等离子体,构成太阳风,它们耦合成磁场。有时这种抛射很猛烈,对行星、卫星和彗星等有相当大的影响。

(二) 太阳系的起源

1. 太阳系起源的假说

1644年,笛卡儿在他的《哲学原理》一书中提出了第一个太阳系起源的学说,他认为太阳、行星和卫星是在宇宙物质涡流式的运动中形成的不同大小的漩涡里形成的。1个世纪之后,布丰于1745年在《一般和特殊的自然史》中提出第二个学说,认为一个巨量的物体,假定是彗星,曾与太阳碰撞,使太阳的物质分裂为碎块而飞散到太空中,形成了地球和行星。

在布丰之后的200年间,人们又提出了许多学说,这些学说基本倾向于笛卡儿的“一元论”,即太阳和行星由同一原始气体云凝缩而成。也有持“二元论”观点的,即认为行星物质是从太阳中分离出来的。1755年,著名德国古典哲学创始人康德提出“星云假说”。1796年,法国著名数学和天文学家拉普拉斯在他的《宇宙体系论》一书中,独立地提出了另一种太阳系起源的星云假说。由于拉普拉斯和康德的学说在基本论点上是一致的,所以后人称两者的学说为“康德拉普拉斯学说”。整个19世纪,这种学说在天文学中一直占有统治的地位。

到20世纪初,由于康德拉普拉斯学说不能对太阳系越来越多的观测事实作出令人满意

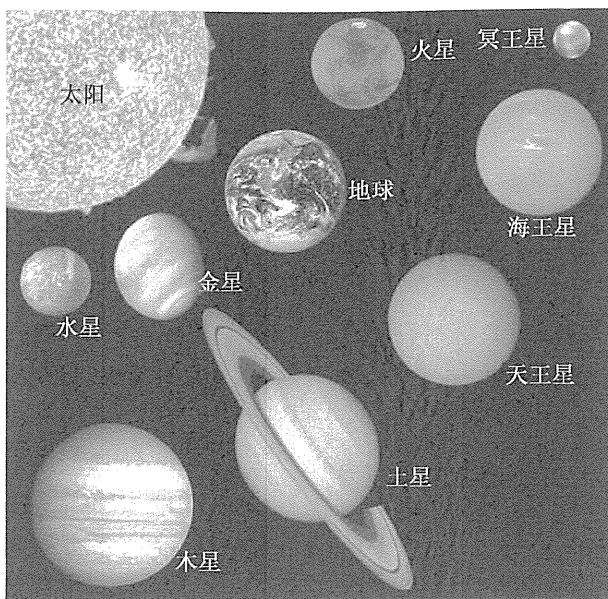


图8 太阳系的主要成员

的解释,致使“二元论”学说再度流行起来。1900年,美国地质学家张伯伦提出了一种太阳系起源的学说,称为“星子学说”;同年,摩尔顿发展了这个学说,他认为曾经有一颗恒星运动到离太阳很近的距离,使太阳的正面和背面产生了巨大的潮汐,从而抛出大量物质,逐渐凝聚成了许多固体团块或质点,称为星子,进一步聚合成为行星和卫星。

现代的研究表明,由于宇宙中恒星之间相距甚远,相互碰撞的可能性极小,因此摩尔顿的学说不能使人信服。

20世纪60年代,英国天文学家霍伊尔和德国天文学家沙兹曼从电磁作用机制提出新的假说。他们认为,原始太阳系是温度不高、转动不快的一团凝缩的星云,随着收缩的加剧,转动速度加快,当收缩到一定的程度时,两极渐扁,赤道突出并抛出物质,逐渐形成一个圆盘。此后,中心体继续收缩,最后形成太阳。由于星际空间存在着很强的磁场,太阳的热核反应发出磁辐射,使周围的气体圆盘成为等离子体在磁场内转动,当太阳与圆盘脱离时,其相互间就发生了磁流体力学作用,从而产生一种磁力矩,使太阳的角动量转移到圆盘上,并使圆盘向外扩展。由于太阳风的作用,轻物质远离太阳聚集成类木行星,较重的物质便在太阳附近聚集成类地行星。

2. 不断完善的太阳系起源理论

中国天文学家戴文赛先生于1979年提出了一种新的太阳系起源学说——戴文赛星云说。戴文赛认为,57亿年前,有一个比太阳系大几千倍的星际云,因收缩内部产生漩涡流,并破裂成上千个星云团,其中一个形成太阳系的原始星云。由于该星云团是在涡流中形成的,所以其一开始就自转,而且角动量很大,并且因自吸引而收缩。在收缩过程中,由于角动量守恒,转速加快,星云渐扁,并释放大量能量使温度逐渐增高。原始星云收缩到大致为今天海王星轨道大小时,其赤道处的离心力等于吸引力,赤道处物质便不再收缩。但是星云内部的收缩还在继续,于是便形成了边缘较厚、中心较薄的双凹镜形的星云盘。盘心部分收缩密度较大而形成太阳,其余物质的固体微粒通过相互碰撞和引力吸积作用,逐渐聚成行星。

总的来说,关于太阳系起源的学说已有 40 多种。20 世纪初期迅速流行起来的灾变说,是对康德拉普拉斯星云说的挑战;20 世纪中期兴起的新的星云说,是在康德拉普拉斯学说基础上建立起来的更加完善的解释太阳系起源的学说。人们对太阳系起源的认识总是在这种曲折的发展过程中得以深化的。

(三) 我们的太阳

几千年来,人们一直在对太阳进行着不懈的探索。“太阳为什么会发光发热”、“它那燃烧不竭的能源到底是什么”等是人们不断发问和思考的问题之一。

1. 太阳的物质构成

20 世纪,大型光学望远镜的研制极大地改善和增强了天文学家的“望远”能力。观测手段的不断发展和完善,结合数学、物理和化学先进的理论和方法,天文学家对包括太阳在内的恒星、星系以及河外星系的研究有了突破性的进展。

1666 年,牛顿用三棱镜把太阳光分解为各种颜色的光,并且把由白光分解成的各种单色光所排列成的光带称为“光谱”。后来英国的物理学家梅耳维尔把几种金属盐放在酒精灯上烧,发现光谱中有明亮的线。以后人们又发现,每种化学元素都有自己特殊的谱线。因此,通过光谱分析可以检验各种元素的存在。根据太阳光谱线就可以确定太阳是由哪些元素组成,还可以测定太阳的温度、压力、磁场等。随着光谱分析技术的发展,人们认识到太阳是一个由氢、氦等元素构成的、炽热的气体球。按质量计,氢约占 71%,氦约占 27%,其他元素如碳、钠、钙、铁等约占 2%。

2. 太阳的圈层构造

太阳是我们唯一能观测到表面细节的恒星。我们直接观测到的是太阳的大气圈,它从里向外分为光球层、色球层和日冕 3 层。

(1) 光球层。光球层是太阳大气圈最下面的一层,即一般观测到的太阳白色表面,其厚度约 500 千米,我们接收到的太阳能量基本上是从光球层发出的。因此,太阳的光谱实际上就是光球层的光谱。光球层上经常出没的黑暗斑点,叫太阳黑子,是太阳活动的基本标志。

(2) 色球层。色球层是太阳大气的中间一层,位于光球层之上。平时,由于地球大气中的分子及尘埃粒子散射了强烈的太阳辐射而形成“蓝天”,色球和日冕完全淹没在“蓝天”之中。只有在日全食的短暂时刻内,才能观测到太阳表面周围这一层非常美丽的玫瑰红色的辉光。色球层是一个充满磁场的等离子层,由于磁场的不稳定性,常常产生剧烈的耀斑爆发。

(3) 日冕。日冕是太阳大气的最外层,从色球边缘向外延伸到几个太阳半径处,甚至更远。日冕由很稀薄的完全电离的等离子体组成,其中主要是质子、高度电离的离子和高速运动的自由电子。日冕的波段范围很广,从 X 射线、可见光到波长很长的射电波。因此,必须采用不同的观测仪器,并且在日全食时进行观测,才能有较好的观测效果。

3. 太阳的起源和演化

关于太阳或太阳系起源和演化的学说有很多。其中最著名的、最具说服力的是康德拉普拉斯的星云假说。他们把太阳和太阳系的起源看做是同一个过程的不同部分。虽然他们从自然界自身的基本矛盾——吸引和排斥宏观地说明了太阳系的起源和演化。但是,对太阳起源和演化的深入研究,特别是对太阳发光、发热做出科学的解释,则是 20 世纪以后的事。

随着 20 世纪天体物理学的发展,现在已经能够大体了解太阳的起源和演化。

大约在 50 亿年前,太阳的前身是银河系里的一团尘埃,也就是气体云,由于引力收缩,在几亿年中集聚成发光的“星前天体”,随即形成了太阳系的雏形。星前天体在继续收缩时,它的中心部分温度愈来愈高,当温度升到 700 万 $^{\circ}\text{C}$ 以上时,便产生核聚变,即氢聚变为氦,同时释放出巨大能量,使太阳内部的辐射压力和气体压力抵挡住进一步的引力收缩。这时,太阳便进入较为稳定的平衡时期。太阳所含的氢足够它燃烧 100 亿年。现在太阳的年龄已近 50 亿“岁”,正处在“中年”时期。

假设太阳继续演化下去,到了氢燃烧末期,太阳的核心部分主要是聚变的产物——氦,但外壳部分仍以氢为主。由氦构成的核心由于引力作用,愈缩愈密,氢包壳则在继续燃烧中膨胀,使太阳变成表面温度较低而体积很大的红巨星。红巨星的氦核心继续收缩,直到中心温度达到 1 亿 $^{\circ}\text{C}$ 时,开始内部的“氦燃烧”,也就是氦聚变成碳的过程。到了氦燃烧末期,由碳构成的核心不断收缩,而其外壳可能很快膨胀成为与中心脱离的行星状星云,中心体在太阳原始质量的条件下不足以引起“碳燃烧”,它就继续收缩,直到形成密度非常大、亮度很低的白矮星。

(四) 行星与卫星

1. 新的行星定义

行星是自身不发光、环绕着恒星的天体。一般来说行星需要具有一定的质量,而且质量要足够大,使它的形状大约是圆球状,质量不够的被称为小行星。因此,新的行星定义包括以下 3 点:一是必须是围绕恒星运转的天体;二是质量必须足够大,它自身的吸引力必须和自转速度平衡,使其形状呈圆球;三是不受轨道周围其他物体的影响。一般来说,行星的直径必须在 800 千米以上,质量必须在 50 亿亿吨以上。

除了新的行星定义外,行星定义委员会还确定了一个新的次级定义——“类冥王星”,这是指轨道在海王星之外、围绕太阳运转周期在 200 年以上的行星。

天文学家认为,“类冥王星”的轨道通常不是规则的圆形,而是偏心率较大的椭圆形。这类行星的来源,很可能与太阳系内其他行星不同。随着观测手段的进步,天文学家还有可能在太阳系边缘发现更多大天体。

2. 行星家族

从行星起源于不同形态的物质出发,可以把八大行星分为 3 类。

(1) 类地行星。指水星、金星、地球、火星。顾名思义,类地行星的许多特性与地球相接近,它们离太阳相对较近,质量和半径都较小,平均密度则较大。类地行星的表面都有一层硅酸盐类岩石组成的坚硬壳层,有着类似地球和月球的各种地貌特征。对于没有大气的星球(如水星),其外貌类似于月球,密布着环形山和沟纹;而对于有浓密大气的金星,其表面地形则更像地球。

(2) 巨行星。木星和土星是行星世界的巨人,称为巨行星。它们拥有浓密的大气层,在大气之下却没有坚实的表面,而是一片沸腾着的由氢组成的“汪洋大海”,所以它们实质上是液态行星。

(3) 远日行星。天王星、海王星这 2 颗遥远的行星称为远日行星,是在望远镜发明以后才被发现的。它们拥有主要由分子氢组成的大气,通常有一层非常厚的甲烷冰、氨冰之类的冰物质覆盖在其表面上,再其下是坚硬的岩核。

曾经位居太阳系行星末席 70 多年的冥王星,自发现之日起地位就备受争议。经过天文学界多年的争论以及 2006 年国际天文学联合会大会上数天的争吵,冥王星终于“惨遭降

级”，被驱逐出了行星家族。从此之后，这个游走在太阳系边缘的天体将只能与其他一些差不多大的“兄弟姐妹”一道被称为“矮行星”。

3. “忠于职守”的卫星

卫星是指在围绕行星轨道上运行的天然天体或人造天体，月球就是最典型的天然卫星的例子。在太阳系里，除水星和金星外，其他行星都有天然卫星。太阳系已知的天然卫星总数(不算构成行星环的碎块)至少有 40 颗。

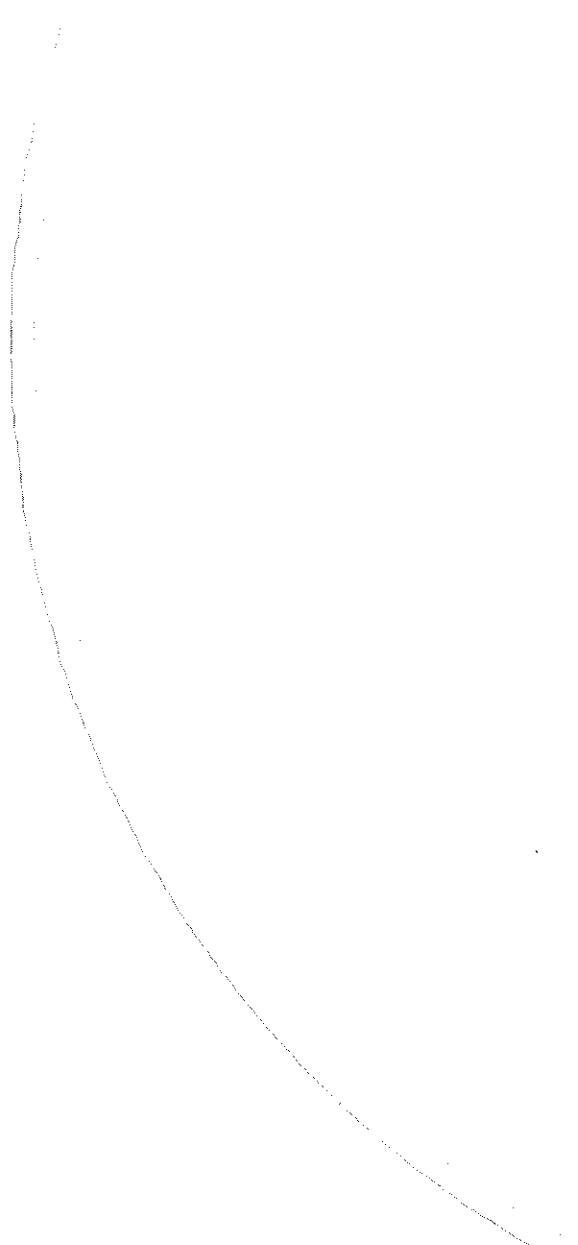
土星的天然卫星最多，其中 17 颗已得到确认，至少还有 5 颗尚待证实。天然卫星的大小不一，彼此差别很大。其中一些直径只有几千米大，例如，火星的两个小“月亮”，还有木星外围的一些小卫星；但还有几颗却比水星还大，例如土卫六、木卫三和木卫四，它们的直径都超过 5200 千米。

卫星反射太阳光，但除了月球以外，其他卫星的反射光都非常微弱。卫星在大小和质量方面相差悬殊，它们的运动特性也很不一致。

随着现代科技的不断发展，人类研制出了各种人造卫星，这些人造卫星和天然卫星一样，也绕着行星(大部分是地球)运转。

在一些行星的周围，存在围绕行星运转的物质环，由大量小块物体(如岩石、冰块等)构成，因反射太阳光而发亮，称为行星环。20 世纪 70 年代之前，人们一直以为惟独土星有光环，以后相继发现天王星和木星也有光环，这为研究太阳系起源和演化提供了新的信息。

地 学



一 地球

(一) 行星地球

1. 地球的形状

(1) 地球是一个球体。地球是球形这一概念最先是公元前 5~前 6 世纪的古希腊哲学家毕达哥拉斯提出的。但是他的这种信念仅是因为他认为圆球在所有几何形体中最完美,而不是根据任何客观事实得出的。以后,亚里士多德根据月食时月面出现的地影是圆形的,给出了地球是球形的第一个科学证据。公元前 3 世纪,古希腊天文学家埃拉托斯特尼根据正午射向地球的太阳光和两观测地的距离,第一次算出地球的周长。

地球是圆的这个概念在中国古代也已模糊地存在了,中国古代对天地的认识有所谓浑天说。公元 726 年,我国唐代天文学家一行主持了全国天文大地测量,利用北极高度和夏日日长计算出了子午线一度之长和地球的周长。

1622 年,葡萄牙航海家麦哲伦领导的环球航行证明了地球确实是球形的。

(2) 地球是一个扁球体。17 世纪中叶以前,人们一直把地球看做是正球形体,通过科学实践,对这一看法才获得进一步的修订、提高。精确的地形测量只是到了牛顿发现万有引力定律之后才有可能。17 世纪末,牛顿研究了地球自转对地球形态的影响,认为地球应是一个赤道略为隆起、两极略为扁平的椭球体。

所谓旋转椭球体,是由经线圈绕地轴回转而成的。所有经线圈都是相等的椭圆,而赤道和所有纬线圈都是正圆。测量上为了处理大地测量的结果,采用与地球大小形状接近的旋转椭球体并确定它和大地原点的关系,称为参考椭球体。19 世纪,经过精密的重力测量和大地测量,进一步发现赤道并非正圆,而是一个椭圆,直径的长短也有差异。这样,从地心到地表就有 3 根不等长的轴,所以测量学上又用三轴椭球体来表示地球的形状。

(3) 地球是一个不规则的扁球体。进一步的研究又发现,地球的南北两半球不对称,南极较北极离地心要近一些,在北极凸出 18.9 米,在南极凹进 25.8 米;又在北纬 45°地区凹陷,在南纬 45°隆起。这一形状和参考椭球体对比,地球又有点像梨子的样子,于是测量学中又出现“梨形地球”这一名称。

总之,地球的形状很不规则,不能用简单的几何形状来表示。更确切地说,地球具有独特的地球形体。

其实,地球的不规则部分对地球来说是微不足道的。从人造卫星拍摄的地球照片来看,它更像是一个标准的圆球。

从上面叙述可以看出,人类对地球形状的认识是随着科学技术的发展而逐步提高的。正圆球体、旋转椭球体、三轴椭球体以及地球形体等,对于地球的真实形状而言,可以说都是近似的。反过来,人们在生产实践和科学探索中,也需要对地球的形状加以不

同程度的简化。例如在制造地球仪或绘制全球性地图时,就必须把地球当做正圆球体来看待;当测绘大比例尺地形图时,就必须把地球作为有规则的参考椭球体来处理;而在发射人造天体及其轨道计算时,则需要把赤道的扁率以及各地对参考椭球体的偏离更精确地计算进去。

地球内部质量的不均匀分布和地球自转所产生的离心力的共同影响,使地球表面极为复杂。所以,人们通常把平均海平面及其向陆地延伸的部分所构成的大地水准面,作为地球形状的模式,称作地球形体。

2. 地球的运动

(1) 地球的公转。按离太阳由近及远的顺序,地球是第三颗行星,它与太阳的平均距离是 1.496 亿千米,这个距离叫做一个天文单位(AU)。

地球绕太阳公转,公转轨道是椭圆形,其轨道半径为 1.496 亿千米,轨道偏心率为 0.0167。轨道近日点为 1.471 亿千米,远日点为 1.521 亿千米,平均为 1.496 亿千米。地球公转一周需要 365.25 个平均太阳日,平均公转速度是 29.79 千米/秒。

(2) 地球的自转。地球不仅绕着太阳公转,而且还绕着自己的地轴转动——自转。地轴是通过地心和地球的南极与北极的假想轴,它与地球的赤道面相垂直。

地球自西向东自转。因此,人们在地球上看到太阳东升西落。地球自转一周需要 23 小时 56 分 4.09 秒平均太阳时,自转轴与公转轨道面之间的夹角为 23.45° 。由于地球转动的相对稳定性,人类生活历来都利用它作为计时的标准。简单地说,地球绕太阳公转一周的时间叫做一年,地球自转一周的时间叫做一日。然而由于地球外部和内部的原因,地球的转动其实是很复杂的。地球自转的复杂性表现在自转轴方向的变化和自转速率即日长的变化。

自转轴方向的变化中,最主要的是自转轴在空间绕黄道轴缓慢旋进,造成春分点每年向西移动 $50.256''$ 的岁差。这是日、月对地球赤道突出部分吸引的结果,其次是地球自转轴相对于地球本身的位置变化,造成了地面各点的纬度变化。

转速的变化造成日长的变化,主要有 3 类:长期变化是减速的,使日长每百年增加 1~2 毫秒,是潮汐摩擦的结果;季节性变化最大可使日长变化 0.6 毫秒,是气象因素引起的;不规则的短期变化,最大可使日长变化 4 毫秒,是地球内部变化的结果。

(二) 地球的物理特征

1. 地球的质量和密度

任何物体的质量就是整个物体的物质总量。一种物体的质量和它与其他物体之间的距离决定着物体之间的引力状况,这是万有引力定律的基本含义。

地球对于生活在它上面的人类来说是个很大的星球,人们无法直接测量它的质量,只能借助间接推算的方法求出它的质量。英国物理学家卡文迪许就是通过万有引力定律,首先求出地球质量的,这种方法一直沿用到今天。经计算,地球的总质量约为 60 万亿亿吨。

依据地球的质量和体积,又可计算出它的密度为 5.52 克/厘米³。

因为这个密度是用地球的平均半径和地球表面平均重力求得的,所以是地球整体的平均密度。实际上,在地壳的岩石中,花岗岩的密度为 2.7 克/厘米³,玄武岩的密度为 2.8 克/厘米³,由此可以推断地球深处的物质密度一定大于这个平均值(5.52 克/厘米³)。但是,地球内部的密度不能直接测定。目前主要是依据我们前面所介绍的地球结构模式,对不同深

度的圈层进行密度推算的。地震学家布伦于 1970 年提出地球内部结构模式和推算出的各层密度,如表 1 所示。该表所要求的条件是:第一,地球内部各圈层必须是规则的同心球层;第二,地球内部物质是稳定均一的,随着深度的增加,压力和密度由地表到地心呈均匀变化;第三,地核被看做是铁陨石一样的铁质球核。

表 1 地球内部密度

层次	上限—下限深度/千米	下限密度/(克/厘米 ³)
地壳	0~15	2.83
地幔	15~2878	3.31~5.62
外核	2878~5161	9.89~12.7
内核	5161~6371	12.7~13.0

上述情况表明,地球内部的密度随深度的增加而递增。这主要是组成地球的物质受地球自身的重力作用而产生上下分异的结果,即密度大的物质下沉,密度小的物质被迫上升所造成的。当然,随着深度的增加,地下物质承受上层物质的压力也会加大,而压力增大,物质的密度也要增加。

2. 地球的重力和压力

地球的质量直接决定着地球的引力,而地球的引力又是地面上一切物体重力的重要因素。地球重力是指作用于 1 克质量的地球引力与地球自转产生的离心力的合力,用字母 g 表示。重力以自由落体的加速度或重力加速度来度量。地球内部的重力值 g 随深度而增加,至地核界面开始直线下降,直达地心为零。17 世纪,意大利物理学家伽利略第一个研究和测定了重力加速度。

地球重力作用的空间称为地球的重力场。作用在地球表面上的重力是地球质量产生的引力和地球自转产生的惯性离心力共同作用的结果。地球自转所引起的离心力对重力的影响在赤道上最强,并随纬度的不同而呈有规律的变化,即地球表面重力随纬度增加而增加,随高度增加而减少。

同时,由于地球不同部位的密度分布不均一,也引起重力的变化和异常。因此,重力异常可以提供地球不同部分密度变化的信息。利用在地表附近(包括空中、地下和海面)测得的重力加速度随地点不同的变化来寻找矿体和地质构造等,并确定它们的形态、大小、空间位置及其分布情况,这就是地质勘探中常用的重力勘探法。

物体受到重力,因而有重量,其重量就会对下面的物体施加压力。地面上的物体受大气的压力,地下的物体受其上部地层和大气的双重压力,由于大气压力与地层的压力比较相差甚远,平时讲地内压力是指地层压力而言。但是计算压力的单位,一般仍以地表标准大气压为单位。

地球内部的压力决定于地层的厚度、平均密度和平均重力 3 个因素。这样,从地表到地心的压力,一直随深度的增加而增加。这一点与重力的分布不完全一样,但压力增加的速度也因深度而有所不同。总的规律是:接近地表和接近地心的层次,压力增加比较缓慢,而在中间的层次,压力增加得很快。这是因为地表以下浅部位的岩层密度小而重力大,接近地心时物质的密度大而重力小,只有两者之间的层次(地幔)才是密度和重力同时增加。

3. 地球的磁性

对磁针或运动电荷有作用力的空间称为磁场。地球具有一个强有力的、犹如一个位于地心的磁棒(磁偶极子)所产生的磁场,这个从地心至磁层边界的空间范围内的磁场称为地磁场。

人类对于地磁场存在的早期认识,来源于天然磁石和磁针的指极性。磁针的指极性是由于地球的北磁极(磁性为S极)吸引着磁针的N极,地球的南磁极(磁性为N极)吸引着磁针的S极。这个解释最初是英国的吉尔伯特于1600年提出的。

地磁场并不指向正南,地磁偏角随地而异,真正地磁场的形态是很复杂的。磁场的强度和方向不仅随地而异,也因时间不同而有变化。在地质历史期间,磁极经常逆转,并且磁极围绕地理的极点旋转。地球磁场的起源和它在地质历史期间的变化,与地核的结构和物质的相对运动所产生的电流有关。

地磁场是一个向量场,描述空间某一点地磁场的强度和方向,需要三个独立的地磁要素,即磁倾角、磁偏角和磁场强度,它们又被称作地磁三要素。

地磁场是非常弱的磁场,但却延伸到很远的空间,并能阻挡宇宙射线和来自太阳的高能带电粒子,保护着地球上的生物和人类,使之免受宇宙辐射的侵害。因此,可以说,地磁场是地球上生物体的天然保护伞。

地磁场图记录了地球表面各点地磁场的基本数据和它们的变化规律,它是航海、航空、军事以及地质工作不可缺少的工具。船舶和飞机航行时,用磁罗盘测得的是地磁方位角,因此只有知道了当时当地的磁偏角数值,才能确定地理方位和航行路线。

一般来说,地磁要素的变化是很小的,但是与太阳活动有密切联系的磁暴现象却发生得十分突然。磁暴是全球同时发生的强烈磁扰,持续时间为1~3天。其他几种干扰变化主要分布在地球的极光区内。这是因为太阳黑子活动剧烈时,放出的能量相当于几十万颗氢弹爆炸的威力,同时喷射出大量带电粒子。这些带电粒子射到地球上形成强大的磁场叠加到地磁场上,使正常情况下的地磁要素发生急剧变化,引起“磁暴”。发生磁暴时,地球上会发生许多奇异的现象,如在漆黑的北极上空会出现美丽的极光,指南针会摇摆不定,无线电短波广播突然中断,依靠地磁场“导航”的鸽子也会迷失方向,四处乱飞。

地球上某些地区的岩石和矿物具有磁性,地磁场在这些埋藏矿物的区域会发生剧变,利用这种地磁异常可探测矿藏,寻找铁、镍、铬、金以及石油等地下资源。

在发生强烈地震之前,地磁的三要素也都会发生改变,造成地磁局部异常的“震磁效应”。这是由于地壳中的岩石有许多是具有磁性的,当这些岩石受力变形时,它们的磁性也要跟着变化,从而可以较正确地作出“震前预报”。

4. 地球的热量

地球内部储存着巨大的热能,这就是常说的地热。地球表层的热量主要来自太阳辐射热,热量大小随纬度高低、海陆分布、季节变化、昼夜更替、植被覆盖程度而异,然而影响程度很小,平均15米左右,称为太阳辐射热带。这一层以下,为温度常年不变层,称常温层。常温层以下几十千米的地壳,热量主要来自地球内部,称增温层,其温度随深度而变化,称为地热梯度或地热增温率,通常以每深100米温度升高的度数($^{\circ}\text{C}/100$ 米)表示。地热梯度的平均值是 $3^{\circ}\text{C}/100$ 米。接近平均地热增温率的地区称正常增温区,地热增温率明显提高的地区称为地热异常区。

地球内部热能主要来源于放射性元素的衰变,也有一部分热能可能是由构造运动的机

械能、化学能、重力能和地球旋转能等转化而来。

地球内部的热能可以通过不同的形式进行释放。如火山作用、热水活动以及构造运动等都是消耗地热的形式,而地热经常的消耗主要表现在地球深部向表面的热传导,称为热流或大地热流。整个地球表面在一年中的放热总量可以达到 8.368×10^{20} 焦,相当于燃烧 300 多亿吨煤放出的热量,可见地球是一个十分庞大的热库。

(三) 地球的构造

地球作为一个整体,呈现出同心圈层的构造,不论是地球表面还是地球内部都是如此。

人们经常以“比登天还难”来形容某件事的困难程度,但是,今天的现实是“登天难,入地更难”。当今的宇宙探测器可以遨游太阳系外层空间,但对人类脚下的地球内部却鞭长莫及。目前世界上最深的钻孔也不过 12 千米,连地壳都没有穿透。科学家只能通过研究地震波、地磁波和火山爆发等间接方式来揭示地球内部的秘密。

1. 外部圈层

(1) 大气圈。大气圈是地球外围的大气层,上限距地面 3000 千米,下限达地面以下 60~100 千米,质量为 5.2×10^{15} 千克。人们常称大气圈是地球的外衣,作为地球环境要素之一的大气,是各种生命不可缺少的东西。

从成分上说,大气是一种混合物。它由不同成分、具有不同性质和功能的物质以适当比例相配备,为有机世界的生存和发展提供了有利的条件。大气圈主要由 N_2 、 O_2 、Ar 和 CO_2 等组成,它们占干燥空气的 99.99%。除气体外,大气中还悬浮着水滴、冰晶和固体微粒。地球内部的去气作用过程,大气圈水圈岩石圈的相互作用,气体向宇宙空间的逸散,太阳风、宇宙线辐射和地外物质的陨落,生物和人类活动等都不断地改变着大气圈的化学组成,但大气圈的主要成分基本上是恒定的。

大气圈在结构上,自下而上依次可分为对流层、平流层、中间层、热层和外层。

(2) 水圈。水圈是地球表面和接近地球表面的各种形态的水的总称。它包括海洋、河流、湖泊、沼泽、冰川以及土壤和岩石孔隙中的地下水、岩浆水、聚合水,生物圈中的体液、细胞内液、生物聚合水化物等。

地球上的总水量约为 1.36×10^9 千米³,其中海洋占 97.2%,覆盖了地球表面积的 71%。地表水约为 2.3×10^5 千米³,其中淡水只有一半,约占地球总水量的万分之一。地下水总量为 8.40×10^6 千米³,大气中水量为 1.3×10^4 千米³。自然界的水经常处于流动和循环状态。地表水蒸发进入大气,又在适当条件下转为雨雪落到地面和海洋。

陆地降水一部分汇集于江河湖泊,另一部分渗入地下,最后都流入海洋,构成了水的循环,为生物生长提供了适宜的供水条件。水循环是地球上最重要的物质能量循环之一。只有在水循环的作用下,才能把各个特征不同的水体联系起来形成水圈,它是生物生存必要的环境条件之一,也引起许多表生地质作用,对地壳起着巨大的改造和建设作用。

(3) 生物圈。生物圈是地球上凡是出现并感受到生命活动影响的地区,是地球特有的圈层,它也是人类诞生和生存的空间。

生物圈的概念是由奥地利地质学家休斯在 1375 年首次提出的,是指地球上生命活动的领域及其居住环境的整体。它在地面以上达到大致 23 千米的高度,在地面以下延伸至 12

千米的深处,其中包括平流层的下层、整个对流层以及沉积岩圈和水圈。但是,大部分生物都集中在地表以上 100 米到水下 100 米的大气圈、水圈、岩石圈、土壤圈等圈层的交界处,这里是生物圈的核心。

生物圈主要由生命物质、生物生成性物质和生物惰性物质三部分组成。生命物质又称活质,是生物有机体的总和;生物生成性物质是由生命物质所组成的有机矿物质相互作用的生成物,如煤、石油、泥炭和土壤腐殖质等;生物惰性物质是指大气低层的气体、沉积岩、黏土、矿物和水。

由此可见,生物圈是一个复杂的、全球性的开放系统,是一个生命物质与非生命物质的自我调节系统。它的形成是生物界与水圈、大气圈及岩石圈(土圈)长期相互作用的结果。

总之,地球上生命存在的地方均属生物圈。生物的生命活动促进了能量流动和物质循环,并导致生物的生命活动发生变化。生物要从环境中取得必需的能量和物质,就得适应环境,环境发生了变化,又反过来推动生物的适应性,这种反作用促进整个生物界持续不断地发生变化。

2. 内部圈层

(1) 地壳。地壳是地球固体圈层的最外层,岩石圈的重要组成部分,其底界为莫霍洛维奇不连续面(莫霍面)。假如把地球比作鸡蛋的话,那么,地壳就相当于鸡蛋的蛋壳,其质量只占全球的 0.2%。

地壳分陆壳和洋壳,两者有明显的差别。一般陆壳分两层:硅铝层和硅镁层。硅铝层由较轻的矿物质组成,硅镁层由较重的矿物质组成,两者没有截然的界限。洋壳由玄武质的岩石构成,较陆壳位置低且相对密度大,当两者发生碰撞时,洋壳折冲至陆壳之下。

地壳由各种岩石组成,除地表覆盖一层薄薄的沉积岩、风化土和海水外,上部主要由花岗岩类的岩石组成,由于富含硅和铝,称为硅铝层,硅铝层的厚度并不到处一样,在大洋深处有的地方甚至没有硅铝层;下部主要由玄武岩或辉长岩类的岩石组成,由于富含硅和镁,称为硅镁层,除大洋底部有硅镁层直接露出外,其余的都埋在硅铝层之下。地壳的平均厚度为 33 千米,大陆所在的地方比较厚一些,海洋所在的地方比较薄,最薄的地方 10 千米都不到。如我国青藏高原下面的地壳厚度在 65 千米以上,海洋下面的地壳厚度只有 5~8 千米。

在地壳表面还有一层风化壳,上面“发育”了一层薄薄的土壤。地壳同我们人类生产和生活的关系最密切,里面含有大量的矿产,可供我们开采利用。

地壳中已发现的化学元素有 92 种,即元素周期表中 1~92 号元素。含量最高的 3 种元素氧、硅、铝的总量占地壳元素总量的 84.6%,若加上含量大于 1% 的元素铁、钙、钠、钾、镁,总量达 98%,剩余的 84 种元素的质量百分含量之和仅为 2%。总体上,元素的原子丰度随元素的原子序数增大而降低,偶数原子序数的元素比相邻的奇数原子序数的元素丰度值高,惰性元素丰度偏低。

(2) 地幔。地壳往下的那一层叫做地幔,又称“中间层”,介于地壳和地核之间,是固体层,厚度为 2900 千米左右。

地幔可分为上下两层。上地幔深度 35~1000 千米,上地幔最靠地壳的一层是由橄榄岩一类的物质组成,这种物质非常坚硬。地幔的物质可能是固态的,也可能像黏胶一样处在半流动状态,当它受到外力作用时,能够变形而不致破裂。如果地壳的某个地方发生了裂缝,

地幔上部的物质就会喷出地表,变成熔融赤热的熔岩,这就是火山喷发。下地幔离地面1000~2900千米,可能比上地幔含有更多的铁。地幔体积占地球总体积的83%,质量占整个地球的66%。

(3) 地核。地幔再往里就是地核,它的半径约为3500千米。地核可分为外地核和内地核两层。处在地表以下2900~4980千米的部分叫外地核,是液体状态。4980~5120千米深处,是一个过渡带,从5120千米直到地心则为内地核,是固体状态。地核的成分主要是铁,另外还有一些镍和碳元素。内地核的半径约为1300千米,因为地核离开地面太深,很少有“信息”传来,所以我们至今对它了解得很少。

(四) 地球的年龄

1. 地球的年龄

地球的年龄有多大?地球究竟高寿几何呢?很早以前就有人想回答这个问题。

人们想到了海水。海水是咸的,其中的盐被设想是从大陆上送去的,现在河流还在不断把大量盐分带进海中。那么我们用每年全世界河流带进海中的盐分的数量,去除以海中现有盐分的总量,可得到地球的年龄。计算的结果表明大约已有1亿年,这个数字显然不是地球的真实年龄,因为在海洋出现之前,地球早已经出世了。

人们又在海洋里找到了另一种计时器,这就是海洋中的沉积物。随着岁月的增长,沉积物愈来愈厚,而且大量变成了岩石——沉积岩。据估计,每3000~10000年可以造成1米厚的沉积岩。地球上各个地质时期形成的沉积岩,加在一起总共有多厚呢?约有100千米。算起来形成这些沉积岩共用了3亿~10亿年的时间。不过这个数字仍不等于地球的年龄,因为在有沉积作用以前,地球也是早就形成了。

看来需要有一种稳定可靠的天然计时器才能算出地球的年龄。这样的计时器已经找到了,那就是地球内的放射性元素和它蜕变生成的同位素。

1896年,铀具有天然的放射性被法国物理学家贝克勒尔发现,随后英国物理学家卢瑟福提出并证实放射性元素的原子会蜕变,即自行分裂为另外的原子。

人们还发现这些放射性元素蜕变的速度不受外界的影响,铀238是45.1亿年蜕变掉一半,这个时间被称为铀238的半衰期。

放射性元素在地球上分布很广,像铀在许多岩石中都有,它蜕变产生的氦是气体,容易散失,铅则留了下来。因此根据一块岩石中含有多少铀及从这些铀分裂出来的铅,就能够算出这块岩石的年龄。现在已知的最古老的岩石是1973年在格陵兰发现的,年龄有38亿年;1983年,又在澳大利亚找到几粒年龄有41亿~42亿年的矿物颗粒。这表明距今40亿年前后,地壳已开始形成。

不过在地壳出现以前,地球已经存在了一段时间,因此这个数字还不等于地球的年龄。这该怎么办呢?按照地球与太阳系其他天体都来自同一星云的理论,不妨借用铁陨石来推算。

这样计算的结果是地球的年龄约有46亿年。

当然这仍不够确切,计算的结果常出入很大,但我们对地球有多大年纪,终究有了接近真实的认识。

2. 地质年代

就像人类历史划分朝代一样,地球自形成以来也可以划分为5个“代”,从古到今是:太古代、元古代、古生代、中生代和新生代。有些代还进一步划分为若干“纪”,如古生代从远到

近划分为寒武纪、奥陶纪、志留纪、泥盆纪、石炭纪和二叠纪；中生代划分为三叠纪、侏罗纪和白垩纪；新生代划分为第三纪和第四纪。这就是地球历史时期最粗略的划分，我们称之为“地质年代”，不同的地质年代有不同的特征。

(1) 划分地质年代的依据。人们是如何划分地质年代的呢？

① 岩石。岩石既不是从来就有，也不会永远不变。在一定的时间和空间中形成的岩石，代表了地壳发展的特定年代。任何岩石都忠实地记录了它本身所经历过的那一段地质历史，从而为人类提供了地壳历史演变的“史料”。

② 地壳运动。地壳运动也叫构造运动或大地构造运动，它是地壳受地球内力作用的影响而产生的变动或变形的运动。地壳运动是改变地球面貌的一种积极因素，它的“一举一动”都给地球面貌的变化以深刻的影响。虽然地壳形成以来的历史演变过程几乎都是人类从未经历过的，但地壳既然是运动的、变化的，就不能不留下各式各样的“痕迹”，这些“痕迹”被清楚地保留在岩石和由岩石组成的地层中，等于是大自然给人们留下了一部地壳演化的“史书”，人们能够通过“阅读”这部“史书”弄清地壳历史演变的过程。

③ 古生物化石。在研究地壳历史演变时，古生物学帮了大忙。18世纪末，被后人誉为“英国地质学之父”的土地测量员史密斯在长期的工作实践中，发现英国的各种不同岩层可以根据其所含的不同化石来区分。这种根据地层中的化石来划分地层先后顺序的方法，称为“化石层序律”，它的提出为人们弄清地壳变动历史奠定了基础。其后，法国的布朗维尔进一步提出了用“标准化石”来确立地层顺序。而法国生物学家居维叶提出的“器官相关律”——器官相互关联和主次隶属的规律，则使人们可以根据那些零星而破碎的化石推断出它们属于什么动物，进而分清含这些破碎化石的地层顺序。

生物地层法的创立和发展，揭开了地层发展之谜。在此基础上，地质学家结合运用岩层接触关系、沉积旋回和岩性变性分析等方法，对大单位的地层进行划分和命名工作，形成了地质年代。

地质年代是根据地层先后顺序划分的，组成地壳的全部地层（指从最古老的到最新的）所代表的时代称为地质年代。

地质年代的划分有宙、代、纪、世、期等五级单位，与五级地质时代单位相对应的地层单位称宇、界、系、统、层。按照时代顺序把地质年代进行编年列制成表，就是地质年代表（表2），由于地质年代表中各地质年代单位所代表的时间只是反映了早晚顺序和先后阶段，所以又称相对地质年代。

④ 放射性同位素。20世纪以来，根据岩层中放射性同位素衰变产物的含量来测定岩层形成距今的具体年龄，使人们弄清了各地质年代开始的时间和持续的时间。同位素地质年龄的测定，对地质年代的划分起了很重要的作用。在地质年代表中以同位素年龄来反映各地质年代单位所代表的时间，称为绝对地质年代。

(2) 地质年代的划分。距今24亿年以前的太古代，地球表面已经形成了原始的岩石圈、水圈和大气圈。但那时地壳很不稳定，火山活动频繁，岩浆四处横溢，海洋面积广大，陆地上尽是些秃山。这时是铁矿形成的重要时代，最低等的原始生命开始产生。

距今24亿~6亿年的元古代，这时地球上大部分仍然被海洋掩盖着。到了晚期，地球上出现了大片陆地。“元古代”的意思就是原始生物的时代，这时出现了海生藻类和海洋无脊椎动物。

表 2 地质年代表及生物演化简表

地质年代			距今年龄值 /百万年	生物演化	
宙	代	纪			
显生宙	新生代	第三纪	第四纪	16.4	人类出现
			晚第三纪	23.3	近代哺乳动物出现
			早第三纪		
	中生代	白垩纪		65	被子植物出现
		侏罗纪		135	鸟类、哺乳动物出现
		三叠纪		208	
	古生代	二叠纪		250	裸子植物、爬行动物出现
		石炭纪		290	
		泥盆纪		362	节蕨植物、鱼类出现
		志留纪		409	裸蕨植物出现
		奥陶纪		439	无颌类出现
		寒武纪		510	硬壳动物出现
		震旦纪		570	裸露动物出现
	元古宙	新元古代			800
			1000	真核细胞生物出现	
中元古代				1800	
	古元古代			2500	
太古宙				早期生命出现、叠层石出现	
冥古宙			3850		

距今 6 亿~2.5 亿年是古生代。“古生代”的意思是古老生命的时代。这时,海洋中出现了几千种动物,海洋无脊椎动物空前繁盛。以后出现了鱼形动物,鱼类大批繁殖起来。一种用鳍爬行的鱼出现了,并登上陆地,成为陆上脊椎动物的祖先。两栖类也出现了。北半球陆地上出现了蕨类植物,有的高达 30 多米。这些高大茂密的森林,后来变成大片的煤田。

距今 2.5 亿~0.7 亿年的中生代,历时约 1.8 亿年。这是爬行动物的时代,恐龙曾经称霸一时,这时也出现了原始的哺乳动物和鸟类。蕨类植物日趋衰落,被裸子植物所取代。中生代繁茂的植物和巨大的动物,后来就变成了许多巨大的煤田和油田。中生代还形成了许多金属矿藏。

新生代是地球历史上最新的一个阶段,时间最短,距今只有7000万年左右。这时,地球的面貌已同今天的状况基本相似了。被子植物大发展,各种食草、食肉的哺乳动物空前繁盛。自然界生物的大发展,最终导致人类的出现,古猿逐渐演化成现代人,一般认为,人类是第四纪出现的,距今约有240万年的历史。

对地层和地质年代的研究,可以使人们了解地壳的变动过程。在地壳的历史演变中,通常是急剧变动时期与相对平静时期交替出现。地壳的运动形式既有大幅度的垂直升降,也有远距离的水平移动和海陆分布的变更。不同的地质年代,地质变动的状况和形式是不同的。

进入显生宙以来,大规模的、急剧的地壳变动有:4亿年前志留纪与泥盆纪交界时的加里东运动;2.7亿~2.25亿年前古生代后期至中生代初的华力西运动;1.8亿~0.7亿年前中生代中后期的太平洋运动;0.4亿年新生代后期的阿尔卑斯喜马拉雅运动。具有全球性的地壳构造运动也是地质历史中“代”的分界线,加里东运动是上下古生代的分界,华力西运动是古生代和中生代的分界。而次一级的构造运动可作为“纪”的分界,例如在中国,喜马拉雅运动是第三纪和第四纪的分界。一般说来,地壳运动经过短期的急剧变动后,进入比较平静的发展时期,经历了较长的平静地质发展时期,然后又开始下一次大规模的地壳急剧构造运动。

人类居住的地球就是这样一步一步地一直演化到现在,逐渐形成了今天的面貌。而且,地球自形成以来始终在演化着,它过去在演化、发展着,现在仍在演化着,未来也必定继续演化、发展着。

(五) 地球的起源

1. 地球的起源

在古代中国,人们用“盘古开天辟地”的神话传说来解释天地的形成。在古代西方,人们也曾探讨过包括地球在内的天地万物的形成问题。在此期间,逐渐形成了关于天地万物起源的“创世说”,其中流传最广的要算是《圣经》中的创世说。

地球的起源和演化问题实际上也就是太阳系的起源和演化问题。早期的假说主要分两大派:以康德和拉普拉斯为代表的渐变派和以布丰为代表的灾变派。渐变派认为太阳系是由星云逐渐演变成的;灾变派主张太阳系是由2个或3个恒星发生碰撞或近距离吸引而产生的。

现在,较为大家所接受的是康德拉普拉斯星云假说,并在此基础上不断修正和完善了对地球起源的看法。

形成原始地球的物质主要是上述星云盘的原始物质,其组成主要是氢和氦,它们约占总质量的98%。此外,还有固体尘埃和太阳早期收缩演化阶段抛出的物质。在地球的形成过程中,由于物质的分化作用,不断有轻物质随氢和氦等挥发性物质分离出来,并被太阳光压和太阳抛出的物质带到太阳系的外部。因此,只有重物质或土物质凝聚起来逐渐形成了原始的地球,并演化成为今天的地球。

至于原始的地球到底是高温的还是低温的,科学家们也有不同的说法。从古老的地球起源学说出发,大多数人曾相信地球起初是一个熔融体,经过几十亿年的地质演化历程,至今地球仍保持着它的热量。

2. 地球圈层的形成

关于地球圈层构造的形成有两种不同的说法。

一种观点认为,是地球自太阳星云盘内吸收聚积化学元素的分馏与顺序凝聚的结果。也就是说,组成原始地球的尘埃是按它们的密度和熔点的高低依次聚集的。熔点高、密度大的铁、镍尘埃首先聚积,形成地球中心的地核;其次,铁镁硅酸盐尘粒聚积,包围在地核的外层,成为地幔;最后,熔点低、密度小的硅酸盐尘粒聚积,又包围在地幔的外层,成为地壳。

另一种观点认为,地球形成以后,其初始物质发生部分熔融分异作用,形成圈层构造。占地球体积 84% 的地幔部分熔融以后导致分异,终于形成地核与地壳。

分异作用是地球内部最重要的作用,它导致了地球各层次之间物质构成的不同。分异作用又分为极性分异和重力分异。

极性分异是指地球岩浆中不同极性的分子相互分离。我们知道,当将一些极性液体和非极性液体混合在一起时,一旦静置,这些组成之间就将遵循“同性相溶”的规则而分层。在地球岩浆中也是如此。

重力分异是指不同相对密度的物质在岩浆中的上浮和下沉。在液态的岩浆中,金属组分的相对密度较大,而硅酸盐组分的相对密度较小,相对密度大的组分,主要是铁、镍化合物,向地球的深部进军,相对密度小的组分,主要是硅氧化合物,向地球的表层运动。经过长时间的分异后,金属化合物逐渐汇合到地球的内层,在这里集中而成为地核,而硅酸盐则逐渐地被淘汰到地球的外部,冷却而成为地壳。

地球的原始大气圈几乎是与原始地壳在同一过程中形成的。众所周知,太阳系起源于一个主要是气体组成的原始太阳星云,地球虽然主要是由星云盘中称为“土物质”的硅酸盐质点碰撞吸积而成,但它的内部也包含着大量的气体。在地球胎形成时,其外围的原始大气(即第一代大气)已逃逸殆尽,不存在包围在外的大气层。后来,伴随着地球内部物质的分离和重新组合,原先禁锢在地球内部的各种气体随岩浆一起被喷出地面。在地球引力作用下,陆续被喷出的大量气体聚集在地球周围形成了第二代大气,它的成分主要是 CO_2 、 CO 、 CH_4 、 N_2 等。那时还没有 O_2 ,只有在大气圈上层的水蒸气被高能紫外线辐射分解后,才产生了少量的氧。

水圈是在大气圈的基础上形成的。放射性衰变放热等因素使地球内部温度升高,地球内部的结晶水也随之汽化。火山喷出的气体中有 60%~90% 是水蒸气。原始地球中的水蒸气随同其他气体上升到地面后,成了原始大气圈的组成部分。后来由于地表温度逐步降低,飘忽在大气中的水蒸气渐渐凝结成水滴,以降雨的形式落到地面。经过降落、蒸发、再降落这样反反复复的过程,地表温度进一步降低,空气中的水蒸气愈来愈少,地面上的液态水愈来愈多。降落在地面上的液态水,一部分渗透到岩石里成为地下水;一部分汇集在大大小小的隙谷中,形成潺潺溪流和滔滔江河,更多的则随着地壳的变动蓄积在由它所造成的洼地中,成为地球上最早的巨大水体——原始海洋,它们共同构成了地球上的原始水圈。水圈刚刚形成时,由于氯化氢被溶解在水中,因此,当时的海水不是咸的,而是酸性很强的水体。后来由于各个圈层的相互作用,溶在水中的酸逐渐被中和,各种盐类(如氯化钠、氯化钾、氯化镁以及碳酸盐类等)不断增加,才使海水渐渐具有今天的特征。从地球胎形成伊始到内部圈层结构的初步形成,以及原始大气圈和水圈的产生,前后花费了 10 亿年左右的时间,这段时间一般称之为地球演化的“天文时期”。地球在经历了“天文时期”的急剧变动后,开始进入了相对稳定的“地质时期”,这个发展时期一直延续至今尚未结束。

地球内部圈层的分化,特别是原始大气圈和原始水圈的先后形成,为生命的产生创造了先决条件。在此基础上,地球上原先仅有的无机物通过化学演化的途径,经过漫长的曲折的

演化过程,终于在30多亿年前孕育诞生出了原始生命。之后,原始生命又在与外界环境长期的相互作用过程中,不断繁衍进化,形成了繁荣的生物圈。从而使地球在太阳系中甚至在整个银河系中处于一种独特的地位。

综上所述,由于地球内部物质的重新组合和分化,形成了复杂的圈层结构。各个圈层形成后,又相互制约、相互渗透、相互作用,不断发展变化,终于形成了今天这样绚丽多彩的情景。

二 地壳运动

(一) 海陆的起源

1. 地球上的海陆分布

地球的表面形态是极为复杂的,有绵亘的高山,有广袤的海盆,还有各种尺度的大地构造。在地球总表面积 5.1×10^8 千米²中,大陆面积约为 1.48×10^8 千米²,约占29%;海洋面积约为 3.62×10^8 千米²,约占71%。大陆上最高的山峰是珠穆朗玛峰,海拔达8848米,最低点为死海,达-397米,海底最深处的马里亚纳海沟,深度达到11022米。

地球表面的大陆与大洋的分布是不均匀的。大陆多聚集于地球的北部——北半球,如北美大陆、欧洲大陆、亚洲大陆、非洲大陆等,这些陆地相当于地球陆地的80%以上。而在地球的南部——南半球,则广布着浩瀚的海洋如印度洋、太平洋和大西洋等。单是上述情形就能够说明,地球上海陆的分布并不是杂乱无章的,在这样的布局里面一定有着某种规律。

如果我们注意观察,并将美洲大陆的东海岸线的形状与欧洲大陆及非洲大陆的西海岸线的形状进行比较,可以很容易地发现它们之间的相似性。如果我们有心要把隔着大西洋遥遥相对的这两条弯曲的海岸线拼到一起,我们会发现,巴西的向外鼓起的部分同非洲的几内亚湾缩进去的部分恰好能够吻合,其余的部分也都能紧凑地拼合到一起。

这是偶然的吗?大陆的形状说明了什么?海陆的现代格局是怎样形成的?地壳运动的规律是怎样的?这些问题无一不是神秘、深奥的问题。

在“大陆漂移说”提出之前,以“地槽台地说”为代表的“海陆固定论”在大地构造学中一直占主导地位。这种理论主张,地壳上的海洋和大陆自形成以来,位置和布局是固定不变的,地壳的运动以垂直升降运动为主,如凹陷沉降、褶皱隆起等。但是,当“大陆漂移说”被提出来以后,人们的观念发生了巨大的改变。

2. 魏格纳提出“大陆漂移说”

1912年,德国科学家阿尔弗雷德·魏格纳提出了“大陆漂移说”,在《大陆和海洋的形成》一书中,他详细阐述了大陆漂移的思想。他认为,距今约3.5亿年前,全世界的大陆是一个连接在一起的、统一的超级大陆——“泛大陆”或联合古陆,世界的海洋是一个连续的整体——“泛大洋”。由于潮汐力和地球自转离心力的作用,从距今2亿年前的中生代,大陆开始破裂成几块,它们就像漂浮在水面上的冰山一样彼此逐渐分离,经过漫长的地质年代,这些大陆块发生了巨大的水平运动,有的还伴有旋转运动,这才形成现今世界上各大洲、各大洋的位置,而且这种水平运动目前还在继续。

魏格纳还认为,山脉也是大陆漂移的产物,大陆漂移过程中遇到洋底的阻碍,前端产生挤压和褶皱,以致形成了山脉,例如欧亚大陆块向赤道漂移、冲撞,产生了巨大的褶皱带,以致形成像喜马拉雅山、阿尔卑斯山和阿特拉斯山等。

魏格纳的“大陆漂移说”以其思路新颖、观点鲜明、学说富于革命性，在大地构造、地质学乃至整个自然科学领域产生了强烈的反响。魏格纳的“大陆漂移说”在地质学中树起了“活动论”的大旗，与传统的观点——“固定论”针锋相对，因而遭到了习惯势力和反对派的攻击。有人以魏格纳不是地理或地质方面的专家为由，攻击他的学说定量不够、定性不当，应当加以摒弃；有人称它为“魏格纳幻想曲”，是一种堆积木的儿童游戏。

魏格纳没有在攻击和指责面前屈服，通过广泛地收集资料，对“大陆漂移学说”不断进行缜密而详细的论证，并将这个领域的研究推到了一个高峰。1930年，魏格纳为了进一步论证大陆的漂移，在他50岁时，又一次去了位于北极圈内的格陵兰岛，可是，冰盖上的严寒无情地夺去了这位科学家的生命。

20世纪50年代末期，古地磁研究为“大陆漂移说”提出了第一个直接和独立的证明。此后，利用计算机对大陆架轮廓的拼接也与魏格纳的说法出奇地相符，很多自然科学的分支学科取得的研究结果和数据，特别是在定量地测定大陆漂移速度和漂移路线后取得的成果进一步论证了大陆漂移的客观性。“大陆漂移说”以其惊人的生命力“复活”了。

（二）海底扩张

1. 海底三大发现

在传统的地质学概念中，海底是一片地势平坦的盆地，魏格纳的大陆漂移学说也把海底看做是平坦的。19世纪末，美英两国在大西洋底铺设海底电缆，意外地发现大洋底并不平坦。1917年，超声波使地质观测技术有了突飞猛进的发展，从而揭开了大洋底的神秘面纱。人们发现，海底其实像陆地一样，既有隆起的山脉，也有低洼的深谷，起伏不平，有沟有岭。

20世纪以来，由于使用地球物理的方法对海底进行勘探与研究，取得了一系列重要的发现，包括中央海岭、海沟和岛弧等。但是，对于海底地壳运动规律的研究来讲，最重要的发现有3个方面：

（1）全球裂谷系及海底大断裂。裂谷是由于地壳断裂作用所产生的地壳下陷区。裂谷一词首先是英国人格雷格里于1894年用来描述东非肯尼亚陆壳下沉的构造火山凹陷的术语，后来，人们常从大地构造含义上来使用裂谷一词，主要指有火山活动和地震活动的全球裂谷系。

大洋中脊上的裂谷又称中央裂谷，是沿洋中脊轴部延伸的巨大的断裂谷。其特点是，沿着大洋中脊有浅源地震带和高热流值带的分布。例如大西洋洋中脊上的洋中谷，就像一条中线一样，把洋中脊从顶峰沿轴线划为两半，而且各大洋的洋中脊无一例外地都有这样的断裂谷，所以地质学家们称之为“全球性大断裂谷”。

有一定生成联系的裂谷组合称为裂谷系，根据其在地球上的分布特点可以分为3类：大洋裂谷系、大陆裂谷系和陆间裂谷系。世界上一些主要裂谷系常常相互联系而构成全球裂谷系。不同类型的裂谷系代表不同的裂谷发育阶段，地壳分裂最初阶段发育大陆裂谷系，以后出现陆间裂谷系，最终形成大洋裂谷系。

另外，洋中脊虽然长达65000余千米，但是它和它顶端的大断裂谷都不是延续不断的，它们多处被截断。这些洋中脊的截段彼此错开，并不在一条直线上，很少有截段能连续不断地延伸达数百千米。

（2）海底地磁异常与磁条带。各个地质时代的岩石中，常常有一定的磁性，指示岩石生成时期的地磁极方向，这叫做古地磁或自然剩磁。在岩浆岩中带磁性矿物所表示的磁性，称为热剩磁；在沉积岩中带磁性物质所表示的磁性，称为沉积剩磁或化石剩磁。

岩石的磁性标志了岩石形成时的地磁场方向。一个地区的古地磁,在经过一段历史时期之后,常常倒转 180° ,即指示相反的方向,这种现象称之为地磁倒转(转向)。根据在大西洋、太平洋及印度洋地区的洋底岩石古地磁测算,在大约8000万年以来的时期,地磁极倒转(转向)已达170多次,可以用以对比地质年代。

磁北极变成了磁南极,磁南极变成了磁北极,地球磁场的方向会有 180° 的倒转,好像有点古怪。实际上天文学家早就发现其他一些星球的磁场也是会转向的,近年来还发现太阳的磁场也有转向的现象。如果认为地磁场起因于地球内部的大磁铁,磁极转向就不容易理解。现在既然认为地磁场是由地球外核的带电流体对流所引起,这样,地磁场的转向就不是不可思议的。

1961年,勒夫发表“热点”假说,他认为海底玄武岩原是热的,发生磁化后就形成磁条带。后来,勒夫又推断,由于磁条带与洋脊平行,故两者必有联系。

1962年,各国科学家乘英国的“欧文”号在印度洋的卡尔斯堡脊上进行磁测,事后将测量结果交给剑桥大学的马修斯的研究生瓦因进行分析。瓦因推论,沿中脊喷发的岩浆冷却后被打上了地磁的印记,岩浆涌出而形成新地壳的过程重复发生,从而形成磁条带。这就是著名的“瓦因马修斯假说”。

1965年,在剑桥大学的一次聚会上,瓦因、马修斯、布拉德、赫斯和加拿大的威尔逊进行了充分的交流。赫斯在1960年产生的海底扩张的思想与瓦因的假说十分合拍,同时他从“莫霍钻”计划中获得的深海钻资料也与瓦因的假说一致。经过一番讨论,大家得出了一致的看法,如果岩浆从中脊裂谷侵入并不断向两边推移,那么两边磁带的年龄应当保持对称;如果磁化方向用黑白表示正逆,那么中脊两边就像两条黑白相间的传送带。瓦因和威尔逊尝试分析已有的几个剖面,以求得各洋脊的扩张率,结论是中脊两边的扩张率大约为每年2厘米。

此后,出现了洋底地磁测量的热潮,在太平洋、大西洋、印度洋以及大洋洲、南极和北极海域都发现了类似的磁条带。到了1968年,全球洋底一半面积的磁条带已被记录下来,从而为新学说提供了重要材料。

(3) 海底热流异常。1671年,波义耳最早指出地下温度随深度而增高。17~18世纪,矿工们提供了不少感性材料。19世纪,通过对火山的研究,建立起地热流的概念。在第二次世界大战中,剑桥大学年轻的地球物理学家布拉德曾考虑,海底宜于进行地热测量,因为那里没有季节变化,温度稳定,不必钻很深的孔。

考察船“地平线”号在太平洋洋底测得第一批热流数据,它比人们预想的热流量高得多。因此,马克斯威等人推断,或是洋壳下有一很高的放射源,或是有热物质从地幔向上涌。

20世纪60年代,世界各国进行了大量地热测量,公布了近3000个数据,表明大陆和大洋热流几乎相同。热流与大地构造单元有一定关系,一般是寒武纪地盾和海沟处地热流最低,海岭、洋脊和大陆边缘热流最高,年轻造山带比年老造山带热流量高。

全球裂谷系、海底磁条带、海地热流异常被称为20世纪海底三大发现。

除此之外的其他海底相关发现还有:中央海岭、岛弧与海沟、海底火山和移动中的夏威夷群岛、海底沉积异常、环太平洋断层、贝尼奥夫带等,都为海底扩张说提供了相关依据。

2. 地幔对流说

地幔对流说是一种说明地球内部物质运动和解释地壳或岩石圈运动机制的假说(图9)。

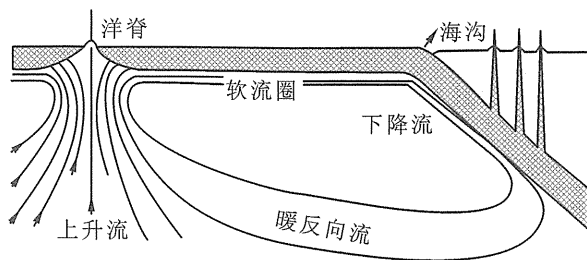


图 9 地幔对流示意图

大陆漂移学说的困难是对漂移机制的解释。要使人们相信这一学说,关键是要找到漂移的驱动力。一些坚持这一学说的地质学家都在极力寻找大陆漂移的驱动力。其中,最有影响的是爱丁堡大学的霍姆斯在 1928 年提出的“地幔对流说”。

霍姆斯认为,地球深处的固体地幔可以发生热对流。地幔流上升时遇到大陆屏障而向两边流去,它的引张力将陆块扯开、分裂,然后随地幔漂移,裂谷就这样形成了。当两股地幔流相向流动汇合起来向下流动时,它们的挤压力以及向下运动的拉力造成海啸和地槽,这样地幔就成了携带大陆块的传送带了(图 10)。但是,这一学说在当时并没有引起人们的注意。

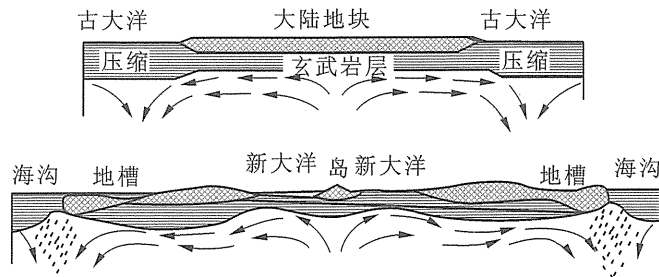


图 10 地幔对流导致的地壳运动

当 1928 年霍姆斯提出地幔对流的猜想时,德国著名的重力学家威宁·曼尼兹正在乘美国海军潜艇游弋于东印度,在那里发现了长 8000 千米、宽 100 千米的负重异常带。这项工作一直持续了将近 30 年,到了 20 世纪 50 年代,海沟和负重异常带的一致性成为地球表面最明显的特征,它被解释为有一种比重力更强大的力将地壳拉向地球深部,这是对霍姆斯猜想的一种支持。

20 世纪 50 年代对地热流的测定,又使科学家们注意起地幔对流说。地热流就是从地球内部流向地表,并扩散到空间的热量。

到了 60 年代,世界各国都进行了大量的地热测量,公布了数千个数据。结果发现,洋底的热流值是不平衡的,洋脊顶部热流值特别高,比正常值高出几倍,海沟处数值很低,为地面平均值的 1/2。因此,人们断定,有热物质从地幔中流出来。看来,地幔对流说并不是毫无根据的臆想。

地球岩石圈下的软流圈有 10% 的熔融体。岩石圈以下的固体地幔因高温高压而表现为像黏滞液体一样的韧性,并能产生流动,以便达到最低位能的稳定状态,这就是地幔对流。地幔对流的速度非常慢,其上升流可持续几千万年到几亿年。

摩根在 20 世纪 70 年代提出了一种单轴羽状地幔对流模式,对流体以每年几厘米的速度从地幔底升起,达到岩石圈底又向下进入外围的地幔,形成以升流为轴心、降流在外的圆

筒状对流体。升流所对着的地壳区域就是热点。

深部地幔热对流运动中一股上升的、圆柱状的、固态物质的热塑性流,从软流圈或下地幔涌起并穿透岩石圈而成的热地幔物质柱状体,称为地幔柱。它在地表或洋底出露时就表现为热点。热点上的热流值大大高于周围广大地区,甚至会形成孤立的火山,如夏威夷火山区。

3. “海底扩张说”

海底扩张说是关于海底地壳运动规律的学说。它认为地幔物质在大洋中脊裂缝带下因软流圈内的热对流导致岩浆上涌、侵入和喷出而形成新的洋壳,进而把原已形成的洋底地壳自大洋中脊向两侧推移扩张,致使洋底地壳不断新生和更新。

一个多世纪以来,特别是第二次世界大战后,对于洋底的大规模地质和地球物理考察发现,洋底沉积层相当薄,时代也相当年轻,而最重要的一点则是发现了环绕全球的高热流的大洋中脊和裂谷体系。这些发现使人不由得回想起霍姆斯、万宁·曼尼兹当年提出过的地幔对流说,加上20世纪50年代末期古地磁学的研究,使大陆漂移说重新兴起,地球科学理论上的一场重大革新已成熟了。

美国地质学家赫斯和迪茨差不多同时于20世纪60年代初提出了海底扩张说。

赫斯从洋底存在全球洋中脊和断裂谷体系,以及海底比大陆年轻这两个基本事实出发,认为洋中脊是海底生成的地方。在地幔对流的过程中,热的地幔物质从洋中脊的断裂谷涌出,冷凝成新的海底,并推动先形成的海底逐渐向洋中脊的两侧对称扩张,逐步远离洋中脊而去。海底移动扩张的速度每年约为几厘米。这样,随着新海底的不断生长、扩张,两侧大陆缓慢地漂移开来。如大西洋这样宽的海洋,只要2亿年左右的时间就可逐步形成。赫斯推断,大洋底每3亿~4亿年更新一次。

在此后短短5年内,由于海底磁异常以及其他一些方面研究的进展,海底扩张说实际上已被证实。

可以说,洋中脊和它顶端的断裂谷系,不仅是海底生成的摇篮,也是大陆漂移的发源地。当年,魏格纳认为,在漂移着的大陆的后方,新的海底不断形成,这与新学说的观点是相近的。只是,海底扩张说进一步认为新的海底是在洋中脊顶部形成的。还有,就是扩张着的海底到达海沟处便向下俯冲,重新返回地幔深处。这样,海底不断地生成和“消灭”,更新一次约需2亿年的时间。所以,海底的岩石比大陆岩石年轻得多,海水是古老的,洋底是年轻的。

1961年,迪茨在英国《自然》杂志上发表了《用海底扩张论大陆和洋盆的演化》一文,提出了与赫斯相似的观点。迪茨在文章中明确地把大陆、洋盆等地壳的演化称为“海底扩张”,后来人们就把这一学说叫做海底扩张学说。

1963年,加拿大物理学家、地质学家威尔逊又对这一学说做了进一步的阐述。他认为,在原来的古大陆下面,上升的地幔对流把它撕裂,形成欧洲、非洲和南北美洲。地幔对流像一种传送带,把裂开的大陆块带走,使各大洲逐步分开,再由上升的地幔物质填补,这样就形成了各大洋,而地幔的涌出口就形成了洋中脊。因为地幔深处往外溢出的物质温度很高,在洋中脊顶部的热流值就较高,而两侧的物质温度逐步降低,先后变成熔岩、火山和洋壳,以后又逐渐被分向两边的对流体所带走。如果遇到对面来的下降的对流体时,它就停止移动,并在轻的地壳前沿褶皱起来,形成山岳,同时洋底受下降对流体的拖曳,形成了海沟。

(三) 板块构造

1. 威尔逊提出转换断层的概念

转换断层与洋底磁异常、深海钻探被并列为验证海底扩张说的三大论据。

1932年,以长期研究太平洋地质著称的美国海洋地质学家、美国地质调查所所长孟纳德以及迪茨在北加利福尼亚沿岸外的东北太平洋上发现了大洋中的第一条断裂带——门多西诺断裂带,以后的海底调查陆续发现在各大洋中都有这类横断中脊的断裂带。

这种横向断裂带看上去很像是平移断层,人们在初期并没有注意到它们和扩张着的洋中脊有着怎样的联系。但是,威尔逊却独具慧眼看出这里面大有文章可做。他在1965年指出,这种大洋中脊的横向断裂带并不是平移断层,沿着断裂带发生的不是一般的水平错动,而是由于自洋中脊轴部向两侧的海底扩张引起的相对运动。他创立了“转换断层”这一术语,用来表示这种新型的断层。

关于断层,地质工作者曾提出过正断层、逆断层、平移断层及它们之间的过渡类型,而威尔逊提出的转换断层却有着不同一般的地方。

如图11所示,上图为平移断层,下图为转换断层。如果是平移断层,则随着时间的推移,断层面两侧的地块沿着整条断裂带发生相向错动。至于转换断层,相向错动仅发生在这两段中脊轴之间的BB'段上。在BB'段以外的断裂带上,断裂带两侧的地块运动与海底扩张方向是一致的,也就是说,两侧海底携手并行,而不是相对错动。作为转换断层,BB'段上的错动方向恰好和平移断层把中脊错开的方向相反。如图11所示,平移断层的错动方向为左旋,而转换断层则为右旋(假设自己站在断层面的一侧看另一侧的运动方向,向左运动即为左旋,向右运动即为右旋)。威尔逊特别强调,这一点是转换断层和平移断层之间的根本区别。

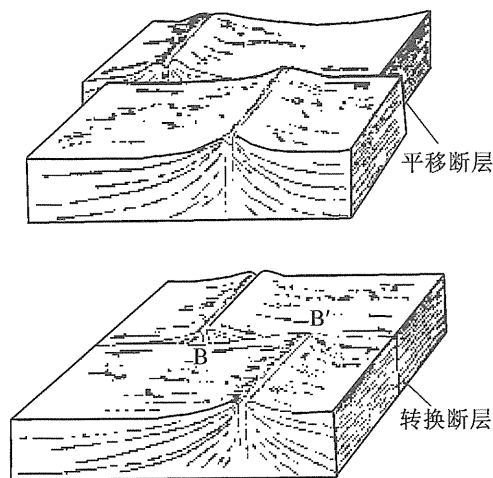


图 11 平移断层与转换断层

转换断层是由海底扩张引起的,转换断层的错动方向也就是海底扩张的方向。转换断层概念的确立,不仅仅标志了海底扩张学说已经获得广泛的承认,而且为板块构造学说的建立提供了合理的解释。

威尔逊还进一步从火山岛的年龄排列等方面出发,在热点假说的研究上做了很多工作。这位学识超群的地质学家提出了大洋张开和闭合的发展阶段,有人特地把这种大洋发展旋

回誉为“威尔逊旋回”。

1967年,威尔逊在题为《地球科学的革命》一文中宣布,海底扩张学说的崛起是当代地学发展中的一场科学革命,实际上,海底扩张学说的确立不过是这场革命的重要一步。次年,出现了板块构造学说。

2. 板块构造学说的提出

(1) 地壳并非铁板一块。过去,人们一直认为,地球的表层是一个完整的壳体。可是,大量的地质调查和大地构造研究,特别是深海调查的一系列发现,使得人们逐渐认识到,地球的壳体已不再是完整的了。不仅大陆是可以拼接的,大洋也可以分为好几块。

当年,魏格纳创立大陆漂移学说时曾提出,根据大西洋两岸轮廓上的相似,可以把欧洲和北美洲拼接起来。1965年,英国剑桥大学的布拉德根据最新的海深图,运用最新的电子计算机技术,对大西洋两岸进行拼接。如果拼接的依据不是海岸线,而是大陆架外缘以下约1000米的等深线的话,则可以使得拼接几乎是完美无缺。海岸线并不是陆块和洋块的真正分界线,它在地质历史中随着海面升降和侵蚀堆积作用发生过很大的变迁,整个大陆地块实际上一直延伸到海面以下的大陆架和大陆坡的范围,大陆坡才是大陆的真正边缘。按照大陆坡某一深度线作大陆间的拼接,显然要比沿海岸线拼接合理得多,效果也好得多。

在对大陆拼接时,地质学家还发现一个意外的现象,一种海鸟每年春天从南极洲向北极圈飞行,令人费解的是,海鸟飞行的路线弯弯曲曲,很不规则。为什么它们目标明确,又要走那么多弯路呢?对大陆进行拼接后人们才解开了这个谜。原来在联合古陆上它的飞行路线正是一条从南到北的直线,虽然大陆漂移了,飞行的线路由直线变成了曲线,但是飞鸟世代遗传的特性没有改变,所以它要走那么多弯路。

现在,除了可以用电子计算机对大陆进行拼接以外,人们还通过卫星观察来研究大陆的漂移。20世纪70年代初,美国国家航空航天局通过高空的一颗特殊卫星观察发现,欧洲与北美洲仍在相互漂移,夏威夷与南美洲越来越靠近,西加利福尼亚将成为一个岛。观测的结果是大西洋每年扩大1.02厘米,夏威夷岛每年向南美洲靠近5厘米,澳大利亚和南美洲每年分离1.02厘米。

(2) 板块构造学说应运而生。板块构造学说是由美国学者摩根、英国学者麦肯齐、法国学者勒皮雄等人共同提出的关于大地构造及地壳运动的新理论。这一理论虽创立于20世纪60年代末,但却经历了长达60年(1910~1970年)的坎坷历程。它发端于魏格纳的大陆漂移学说(1912年),奠基于赫斯和迪茨的海底扩张学说(1962年),再加上瓦因马修斯模型(1963年)和威尔逊的转换断层理论(1965年),因此,可以说板块构造学说是上述学说的延伸、拓展和综合。

板块这个术语首先是由加拿大物理学家、地质学家威尔逊在创立转换断层概念时提出来的。他认为连绵不断的活动带网络将地球表层划分为若干个有限的刚性板块。板块的全称是岩石圈板块。岩石圈不仅包括地壳,还包括上地幔的一部分。板块构造则是地球表面岩石圈板块破裂成若干块体,彼此之间相互移动、相互作用所形成的构造,也就是一般所说的活动构造。

1967年,英国剑桥大学的麦肯齐和帕克、美国普林斯顿大学的摩根、法国拉蒙特地质观测台的勒皮雄等人对板块的结构和板块的运动进行了系统的探索,提出了新的全球构造学说,即板块构造学说。他们认为大陆的漂移是坚硬的板块运动,海底扩张实际是一对板块沿海岭轴向两侧拉开。根据这一学说,岩石圈的基本构造单元是板块,而划分板块的边界是洋

中脊、转换断层和海沟以及俯冲带。由于地幔对流发生在岩石板块下的软流圈,并以每年几厘米的速度做对流循环运动,因此,板块在洋中脊分离、扩张,在海沟和俯冲带潜没、消减。

(3) 板块的划分。现代地球板块的轮廓,最早是由勒皮雄勾画的。勒皮雄是法国地质学家,他曾于20世纪70年代乘深潜器潜入大西洋中脊亲眼察看火山景观。勒皮雄把全球岩石圈系统地划分为六大板块,它们是太平洋板块、欧亚板块、非洲板块、美洲板块、印澳(印度)板块和南极(洲)板块。随后,学者们又将美洲板块分解为北美和南美板块,将印澳板块分解为印度(洋)和澳洲板块。

八大板块为一级板块,它们既包括陆地也包括海洋。例如,太平洋板块基本上包括太平洋水域,但还包括北美圣安的列斯断层以西的陆地和加利福尼亚半岛;南美洲板块既包括南美洲大陆,也包括大西洋中脊以西半个大西洋南部;北美板块既包括北美大陆,也包括大西洋中脊以西半个大西洋北部,以及西伯利亚最东端的楚科奇半岛等。

中小板块是次一级的板块,板块面积为 $10^5 \sim 10^6$ 千米²或更小。中小板块的作用虽不及大板块大,但相对于相邻板块的运动还是相当显著的,它们在全球板块运动中仍具有不可忽视的作用。

(4) 板块构造学说的应用。板块构造学说的提出,对我们人类有什么作用呢?

① 利用板块构造学说来研究、预报火山喷发和地震。海底扩张学说的创始人之一迪茨曾作过一个生动的比喻,他说,北美板块运移的速度大致相当于一个人手指甲的生长速度,也就是0.1毫米/天或3.65厘米/年。如此微缓的漂移运动,对于人类能产生什么影响呢?这就要考虑时间了。时间是个很了不起的因素!板块漂移历时10万年,其行程就是数千米,1亿多年却可以新生或消灭一个大西洋那么庞大的大洋,这是不能等闲视之的。

然而,漂移的两大板块在交界处相互错动,在有些地壳强度很大的地段却不是呈缓慢的蠕动方式,而是相互锁住一段时间不动,然后当积累的应力超过地壳强度时发生突然破裂,于是激发出给人类带来巨大灾难的地震。

由于板块构造学说的问世,人类在对地震、火山本质的认识以及地震、火山爆发的预测方面,已经前进了一大步。板块构造学说可以为人类预报地震和火山爆发等灾害性事件提供重要的理论指导。

② 板块构造为我们带来丰富的金属矿藏。按照板块构造学说,在海底的洋中脊顶部会形成金属含量非常高的沉积物,它们随着海底扩张不断向两侧推移,所以在海底扩张的中心附近是许多金属元素的高度富集区。人们只要摸清了洋中脊和海底扩张中心,就可以进行海底重要金属的勘探和开发。

③ 根据板块构造学说的理论和方法寻找石油和天然气。石油的生成首先需要巨厚的富含有机物质的沉积地层。从这一点看来,大陆边缘无疑是最有利的场所。因为,大陆边缘地带,一方面地势相对较低,没于海面以下;另一方面濒临大陆,从大陆搬运来的巨量物质首先沉积在这里。据统计,大陆边缘的沉积速度一般是大洋盆地沉积速度的几十倍。

在这个沉积区,不但接受了从大陆输送来的大量有机物质,大陆边缘地区本身也有丰富的生物繁殖。大量的生物物质被快速沉积的泥沙迅速掩埋,天长日久,就有可能转化成为石油。所以,大陆边缘地区确实称得上是石油的巨大酿造缸。

在2亿多年前,全世界只有一块大陆,既没有大西洋,也没有印度洋。在那时大陆边缘的总面积自然要比今天小得多。多亏板块活动把这个联合古陆撕得四分五裂,结果使大西洋和印度洋逐渐张开,从而新产生了大西洋和印度洋周围的大陆边缘。在大洋初生时堆积

下来的大量有机质和蒸发盐,现在就埋藏在这些大洋的边缘,这对石油的生成和储集提供了很有利的条件(蒸发盐往往造成可以储油的盐丘构造)。新生的大西洋型大陆边缘约占全球大陆边缘总面积的一半以上,在这个额外得到的新酿造缸里已“酿制”出许多石油。单这一点,板块活动就大约给人类多带来了上千亿吨的石油。

我国著名地质学家李四光就曾利用板块构造学说成功地找到了油田。早在1926年,李四光就发表过《地球表面形象变迁的主因》的论文,满腔热情地肯定和支持了大陆漂移学说。后来,他又首创了与板块构造学说相近的地质力学。根据地质力学,李四光坚定地表示:传统地质理论认为“陆相”地层不生油,我认为不管是“陆相”还是“海相”地层,只要有适合于生成和储藏石油的条件,都可以有丰富的油藏。他指着地图,应用地质力学解释说,从东北的松辽平原到华北平原和江汉平原,这是属于新华夏构造体系的一个沉降带,是我国很有希望的储油构造带,我们应该到那里去打井找油。根据这一理论和推断,20世纪50年代末60年代初,我国的石油勘探大军开始了战略转移,从西北来到了东北大荒原,克服了种种困难,经过几年奋战,终于拿下了举世闻名的大庆油田,摘掉了中国贫油的帽子。

三 资源

(一) 资源概述

1. 资源的概念

资源在《现代汉语词典》中的解释是:“生产资料或生活资料的天然来源。”在《现代汉语规范词典》中的解释是:“一是生产资料或生活资料的天然来源,如土地、江河、矿藏、动植物等。二是一国或一定地区内拥有的物力、财力、人力等要素的统称,分为自然资源和社会资源两类。”在《辞海》中的解释是:“资财的来源,一般指天然的财源。”联合国环境规划署对资源的定义是:“所谓资源,特别是自然资源是指在一定时期、地点条件下能够产生经济价值,以提高人类当前和将来福利的自然因素和条件。”

可见,资源的来源及组成,不仅是自然资源,而且还包括社会、经济、技术等因素,也包括人力、人才、智力(信息、知识)等资源。据此,所谓资源指的是一切可被人类开发和利用的物质、能量和信息的总称,它广泛地存在于自然界和人类社会,是一种自然存在物或能够给人类带来财富的财富。或者说,资源就是指自然界和人类社会一种可以用以创造物质财富和精神财富的、具有一定的积累的客观存在形态,如土地资源、矿产资源、森林资源、海洋资源、石油资源、人力资源、信息资源等。

2. 新的资源观

在知识经济条件下对某种资源利用的时候,必须充分利用科学技术知识来考虑利用资源的层次问题,在对不同种类的资源进行不同层次利用的时候,又必须考虑地区配置和综合利用问题。这就是“新资源观”,是在知识经济条件下解决资源问题的认识基础。

(1) 资源系统观。资源系统观是资源观中最核心的观点。只有当人类充分认识到自己是人与自然大系统的一部分的时候,才可能真正实施与自然的协调发展。而且,也只有当人类把各种资源都看成人与自然这个大系统中的一个子系统,并正确处理这个资源子系统与其他子系统之间的关系时,人类才能高效地利用这种资源。

(2) 资源辩证观。以辩证的观点看待资源问题时,我们应当正确处理资源的几种矛盾关系:一是资源的有限性与无限性问题。自然资源就其物质性而言是有限的,其中有许多是

不可再生与耗竭性的。然而,人类认识、利用资源的潜在能力是无限的。片面的悲观和盲目乐观都是不正确的。二是资源大国与资源小国问题。要清醒地认识到,虽然我国有广袤的国土和辽阔的海域,从资源总量看属于资源大国,然而因为人口过多,就人均水平而言又处于资源相对短缺状况。三是资源的有用性与有害性问题。资源只有在一定技术、经济条件下进入人类和生活利用的环节之中,才是有用的。污染物(如垃圾)分类处理利用后也是资源;资源遭到抛弃,或不为人所利用,则为垃圾(污染物)。

(3) 资源层次观。资源是相对于人类认识和利用的水平来区分层次的,材料能源信息是现实世界 3 项可供利用的宝贵资源。

人类社会的发展是由生产力和生产关系的矛盾运动发展决定的。人类从学会利用材料资源到能量资源再到信息资源,推动了人类社会从农业时代向工业时代再向信息时代的不断迈进,材料能源信息“三位一体”成为现代社会不可或缺的宝贵资源,只有全面地开发和综合利用三大资源,才能不断地推动社会进步和发展。

(4) 资源开放观。知识经济是世界一体化的经济,资源开放观是从地区到全球、从微观到宏观、从局部到整体,在不同层次上都要确立的一种基本观点。我国地区差别很大,资源组合错位,地区间的资源具有很强的互补性和动态交流的必然性。以资源开放观为指导,就是要打破地区经济封锁以实现产业结构动态优化,合理配置资源。

(5) 资源价值观。资源是有价值的。在传统的观念中,自然资源被视作可以取之不尽、用之不竭的东西,资源的价值观受到忽视,资源的开发和使用都是无偿的,企业对资源破坏浪费的行为无法通过价格来约束。

(6) 资源发展观。在整个人类与自然系统或者说经济、社会资源和环境体系中,人口与资源这对矛盾成为发展的内因。在不同历史时期,这对矛盾关系的发展构成我们在资源问题上的发展观。在过去漫长的农业时代,从刀耕火种到自给自足,自然资源不显匮乏。但发展到现代,我国面临庞大的人口基数和资源相对紧缺的严峻局面,以水、土为中心的农业资源将接近或达到承载力的临界状况,相当多的矿产已开始出现短缺。因此,我们必须实事求是,从历史的角度来看待资源问题,这要求我们对人力资源与自然资源加以优化组合,实施“开源与节流并重”的战略。只有以正确的资源发展观为指导,才能实实在在地把节约型的国民经济体系建立起来,适度消费并建立合理的消费结构。

(二) 大气资源

1. 大气的组成

地球大气的主要成分是氮和氧,这种大气的化学组成在太阳系的八大行星中非常特殊。

在组成地球大气的多种气体中,包括稳定组分和不稳定组分。氮、氧、氩、氦、氩、甲烷、氢、氙等是大气中的稳定组分,这一组分的比例,从地球表面至 90 千米的高度范围内都是稳定的。而二氧化碳、二氧化硫、硫化氢、臭氧、水汽等是地球大气中的不稳定组分。

另外,地球大气中还含有一些固体和液体的杂质,主要来源于自然界的火山爆发、地震、岩石风化、森林火灾等和人类活动产生的煤烟、尘、硫氧化物和氮氧化物等,这也是地球大气中的不稳定组分。

大气圈以其巨大的体积与质量,更由于存在着反馈机制,要想改变其组成的百分之一、千分之一乃至万分之一并非易事。然而,人类以其巨大的数量和今日高度发展的科学技术,却确实在对大气圈发生着一定的影响。

2. 大气的结构

整个大气层随高度不同表现出不同的特点,分为对流层、平流层、中间层、热层和外逸层,再上面就是星际空间了。

(1) 对流层。大气圈的最低一层,其平均厚度约为 12 千米。对流层是大气中最活跃的一层,存在着强烈的垂直对流作用,同时也存在着较大的水平运动。对流层里水汽、尘埃较多,雨、雪、云、雾、雹、霜、雷、电等主要的天气现象与过程都发生在这一层里。

(2) 平流层。从对流层顶到大约 50 千米的高度叫平流层,也叫同温层。平流层的下部有一很明显的稳定层,温度不随高度变化或变化很小,近似等温。然后随高度增加而温度上升。这主要是由于地表辐射影响的减少和氧及臭氧对太阳辐射吸收加热,使大气温度随高度增加而上升。这种温度结构抑制了大气垂直运动的发展,大气只有水平方向的运动。

(3) 中间层。平流层顶到大约 80 千米的一层大气叫做中间层。在这一层的温度随高度增加而下降。在中间层顶,气温达到极低值,是大气中最冷的一层。

(4) 热层。在中间层顶之上的大气层称为热层,也称作增温层或电离层。在热层中大气温度随高度增加而急剧上升。到大约 1000 千米高空,白天气温可达 1250~1750 开。在热层中由于太阳和其他星球辐射的各种射线的作用,该层中大部分空气分子发生电离,成为原子、离子和自由电子,所以这一层也叫电离层。美丽的极光就出现在电离层中。

(5) 外逸层。在热层之上的大气层称为外逸层,由带电粒子所组成,也称外大气层。它是大气圈的最外层,在 800 千米以上。在这层,大气极为稀薄,地心引力微弱,大气质点之间很难相互碰撞。有些运动速度较快的中性粒子有可能完全摆脱地球引力而进入星际空间。它是大气层向星际空间过渡的区域,没有什么明显的边界。它像一道挡风的钢铁长城,保护地球生物免受太阳风的致命打击。

3. 作为资源的大气

人们习惯上说的大气资源,是指地球大气圈中可以被人所利用的物质及其能量和占有的空间,包括空气、水、尘埃和在其中传播的电磁波,人们常称它是地球的外衣。谁都知道,作为地球环境要素之一的大气,是各种生命不可缺少的东西。

大气资源是一种与生物的繁衍和人类生活都密切相关、无形而又无处不在的自然资源。人类很早就懂得利用大气运动产生的能量,例如从帆船到近代的风力发电。大气中电离层的存在是传播无线电短波所必需的物质环境,因此,近地空间也成为分配电磁波频道的重要资源。电磁波在大气中传播而产生的光和热,水在大气中表现出的云、雾、雨、雪、雷、电,都具有资源的意义,而且已被人们广泛利用。

(三) 土地资源

1. 土地资源概述

土地资源是指土地总量中现在和可预见的将来能为人类所利用,并在一定的条件下能够产生经济价值的土地。

土地是最基本的自然资源,是农业的根本生产资料,是矿物质的储存场所,也是人类生活和生产活动的场所以及野生动物和家畜等的栖息场所。总之,土地是陆地上一切可更新资源赖以存在或繁衍的场所,因此,土地资源的合理利用就成为各种可更新资源的保护中心。

中国的农业问题或者说粮食问题实际上就是土地问题,我国人均粮食产量是加拿大的 1/5,人均棉花产量是美国的 1/3,人均肉类产量是加拿大的 1/4。

由于土地具有一定的自我恢复能力,因此,土地资源是可以再生或循环使用的。但是,

如土地负担超过其自然恢复能力,那么土地就会发生退化,退化强度分为轻度、中度与重度退化3种。

土地一旦发生严重退化,短期内自然恢复的可能性很小,所以从这个意义上讲,土地又是不可再生的资源。

2. 土地资源的分类

根据土地的各种性状和特点,将一个国家或地区的全部土地资源划分成若干类型。土地分类的目的,主要是为了掌握土地资源状况,识别土地资源的特性、功能和用途,以便合理地利用土地资源。地球上的土地,由于本身的组成因素、所处地理位置和环境条件不同,以及由于受自然条件和人为因素不断变化的影响,在形态、颜色、物质组成和构造、覆盖、肥力、温度、生产能力等方面存在种种差异。

土地资源调查中比较常用的土地分类标志和方法主要有:

(1) 按土地的自然属性分类。这种分类把土地视为一个自然历史综合体,把土地类型理解为在一定气候条件下地貌土壤植被的共同体。例如,依据地貌特征可分为山地、高原、盆地、丘陵、平原等类;依据土壤质地可分为黏土、壤土、沙土等类;依据盐碱状况可分为盐土、碱土、非盐碱土等类。这种土地分类系统比较重视温度、降水、地质发育等因素的作用,强调土地的自然属性,较多应用于土地资源的综合考察。

(2) 按土地的社会经济因素分类。可分为耕地、林地、牧地等类。其中,耕地按作物类型还可分为粮食作物用地、经济作物用地、蔬菜用地等,按产量高低可分为丰产地、低产地等,按灌溉条件可分为水田、水浇地、旱地等,林地可分为用材林地、防护林地、薪炭林地、水土保持林地和苗圃等类,牧地按草地类型可分为天然放牧地、天然割草地、改良草地、人工草地和未利用草地等类。

(四) 矿产资源

1. 矿产资源的种类

矿产资源是指埋藏于地下或分布于地表的、由地质作用而形成的有用矿物或元素,其含量达到具有工业利用价值的矿产。

矿产资源属于非可再生资源,其储量是有限的。

根据《矿产资源法实施细则》第二条规定,所谓矿产资源是指由地质作用形成的,具有利用价值的,呈固态、液态、气态的自然资源。

目前世界已知的矿产有160多种,其中80多种应用较广泛。按其特点和用途,通常分为金属矿产、非金属矿产和能源矿产三大类。

2. 矿产资源的特点

从地学的角度来看,矿产资源具有如下一些特点。

(1) 矿物资源的数量是有限的。矿床是地球演化的几十亿年中经过各种地质作用富集而成的。但是,这些成矿过程用人类历史的标准来衡量是如此之慢,其自然补充的速度与人类消费的速度相比又是差之甚远。这些矿床在短期内是不可能得到更新的,所以在数量上是有限的。尤其是那些优质、易探、易采的矿床,目前在世界上已是屈指可数了。如果我们探明了某种矿物资源的储量,便可预测出其使用的年限。

(2) 矿物资源的分布是不平衡的。由于地壳内物质分布的不均一性和各地质历史时期有利于成矿作用的范围不同,因此各种有意义的矿床都是在一定的时空范围内出现,在独特的条件下发生,在特殊的地质作用中形成,具有一定的分布规律。例如,在岩浆岩和前寒武

纪的结晶岩体中,不可能指望生成油田和煤田;在没有岩浆侵入体的地区也不可能有岩浆作用生成的矿床。所以,一个国家或地区不可能所有矿物资源都很丰富,达到品种齐全和自给自足。

(3) 矿物资源产出条件复杂。从地壳的物质组成、构造和演变过程的复杂性可知,自然界不存在各方面都完全一样的矿床,局部条件的差异性很大。因此,对它的发现、勘测以至开采都必须进行不断的探索和研究,而且总是存在不同程度的风险。尤其在目前品位高和易探、易采的矿床越来越少的情况下,风险程度将不断增加,投资也愈来愈大。

(4) 矿物资源通常具有多种组分共生或伴生的特点。在自然界纯一组分的矿床是没有的,都是多种组分构成的集合体。如方铅矿和闪锌矿共生,辉锑矿和辰砂共生等。因此要使有限的资源达到物尽其用,就必须注意综合利用。如果只取其主要的一种而丢掉其他,就会造成资源的严重浪费。

3. 矿产资源的开采、利用及保护

(1) 矿产资源的开发利用。在现代工业高度发达的社会中,对矿产资源的消耗量是很大的。据估计,美国在近 30 年中所消费的金属总量约等于整个历史时期所使用量的总和。从全球来看,占世界 1/4 人口的工业化国家消费了全世界非燃料矿物总产量的 3/4。燃料矿物(石油、煤、天然气和放射性矿物)的消费量,发达的工业化国家所占的比重就更大了。随着生产力的提高和世界人口的增长,人们对矿产资源的需求量和消费量将不断增加,因此目前已知矿产储量的使用年限也将会缩短,某些矿产资源在较短时间内可能会出现短缺。按已知储量估计,煤的使用年限能维持 200 年,石油能维持在 100 年之内。天然气和放射性矿物能源的开采利用近来有大量增加,虽然它们的储量和开采情况没有公布或难以统计,但与其他矿产资源一样,也是不可再生的有限资源。

(2) 矿产资源保护的涵义。矿产资源与生物资源的区别是其再生的速度很慢或不能再生,因而必须珍惜和保护矿产资源。矿产资源保护就是要做到以下几点:

- ① 合理开发利用矿产资源,优化资源配置,实现矿产资源的最优消耗。
- ② 限制或禁止不合理的乱采滥挖,防止矿产资源的损失、浪费或破坏。
- ③ 对矿产资源的开发利用进行全过程控制,将环境代价减小到最低限度。
- ④ 保护矿区生态环境,防止矿山寿命终结时沦为荒芜不毛之地。

(3) 矿产资源的保护性开发。要防止矿产资源开发利用中存在的问题,首先,要认真执行国家的矿产资源法,对矿产资源一定要有计划地勘探,合理开发,综合利用。其次,要做好矿区的环境保护工作,对开采后的矿区地表要进行树木复植或复垦。

(五) 水资源

1. “生命之水”

2003 年,联合国第 58 届大会通过决议,宣布 2005~2015 年为生命之水国际行动 10 年,主题是“生命之水”,从 2005 年 3 月 22 日的“世界水日”起正式实施。生命之水国际行动 10 年的目标是敦促各国更加关注与水相关的问题,开展多层次合作,以实现《联合国千年宣言》、《约翰内斯堡实施计划》和《21 世纪行动议程》中与水相关的目标。

地球上的水资源,从广义上来说是指水圈内水量的总体。海水是咸水,不能直接利用,所以通常所说的水资源主要是指陆地上的淡水资源,如河流水、淡水湖泊水、地下水和冰川等。

陆地上的淡水资源只占地球水体总量的 2.53%,其中大部分(近 70%)是固体冰川,即

分布在两极地区和中低纬度地区的高山冰川,也很难加以利用。目前人类比较容易利用的淡水资源,主要是河流水、淡水湖泊水以及浅层地下水,储量约占全球淡水总储量的 0.3%,只占全球总储水量的十万分之七。据联合国公布的统计数据,全球目前有 11 亿人面临生活缺水,26 亿人缺乏基本的卫生设施。

同时,水污染也进一步蚕食着大量可供消费的水资源,并危害人类的健康。联合国的调查显示,全世界每年排放的污水达 4000 多亿吨,造成 5 万多亿吨水体被污染,致使数百万人死于饮水不洁所引起的疾病。

1993 年 1 月 18 日,第 47 届联合国大会根据联合国环境与发展大会制定的《21 世纪行动议程》中提出的建议,通过了第 193 号决议,并确定自 1993 年起,将每年的 3 月 22 日定为“世界水日”,旨在推动对水资源进行综合性的统筹规划和管理,加强水资源保护,以解决日益严峻的缺水问题。同时,通过开展广泛的宣传教育活动,增强公众对开发和保护水资源的意识。

2. 珍惜水资源,保护水环境

随着人类文明的进步,对水资源的需要量越来越大,但可供人类使用的水资源却不会增加,甚至会因人为的污染等因素而使其质量变差,可利用数量减少。加之世界淡水资源的分布极不均匀,人们居住的地理位置与水的分布又不相称,使水资源的供应与需求之间的矛盾很大,尤其是在工业和人口集中的城市,这个矛盾更加突出。

随着人口的增长,城市化、工业化以及灌溉对水的需求日益增加,21 世纪将出现许多用水紧缺问题。在可供淡水有限的情况下,应积极采取措施保护宝贵的资源。

珍惜水资源,保护水环境,我们可以这样做:懂得如何科学用水;从每个家庭做起,建设节水型家庭;大力加强节水型社会建设,坚持开源与节流并重、节流优先的原则,提高水资源的利用效率和效益,实现水资源可持续利用;控制污水及污染物排放,建设污水处理系统,加强水环境监测,强化法律意识,依法管理水资源、水环境。

(六) 能源资源

1. 能源的分类

(1) 按其形成和来源分类。

- ① 来自太阳辐射的能量。如太阳能、煤、石油、天然气、水能、风能、生物质能等。
- ② 来自地球内部的能量。如核能、地热能。
- ③ 天体引力能。如潮汐能。

(2) 按开发利用状况分类。

- ① 常规能源。如煤、石油、天然气、水能、生物质能。
- ② 新能源。如核能、地热能、海洋能、太阳能、风能。

(3) 按属性分类。

- ① 可再生能源。如太阳能、地热能、水能、风能、生物质能、海洋能。
- ② 非可再生能源。如煤、石油、天然气、核能。

能源是现代社会赖以生存和发展的基础。人类能源消费的剧增、化石燃料的匮乏以及生态环境的日趋恶化,迫使人们不得不思考人类社会的能源问题。国民经济的可持续发展,依仗能源的可持续供给,这就必须研究开发新能源和可再生能源。

2. 能源状况

(1) 世界能源状况。

第一,受经济发展和人口增长的影响,世界一次能源消费量不断增加;第二,世界能源消

费呈现不同的增长模式,发达国家增长速率明显低于发展中国家;第三,世界能源消费结构趋向优质化,但地区差异仍然很大。

自19世纪70年代的产业革命以来,化石燃料的消费量急剧增长。石油于20世纪60年代首次超过煤炭,跃居一次能源的主导地位。虽然20世纪70年代世界经历了两次石油危机,但世界石油消费量却没有丝毫减少的趋势。同时,核能、风能、水力、地热等其他形式的新能源逐渐被开发和利用,形成了目前以化石燃料为主和可再生能源、新能源并存的能源结构格局。

(2) 中国能源状况。

第一,人均能源资源相对不足,资源质量较差。我国常规能源资源的总储量就其绝对量而言是较为丰富的。1997年全国第三次煤炭资源评价:2000米内煤炭资源总量55700亿吨,1000米内煤炭资源总量28600亿吨,探明储量6044亿吨,可采储量1145亿吨。专家预测可采资源量:石油为130亿~150亿吨,天然气为70000亿~100000亿米³。煤层气:2000米内测算资源量300000亿~350000亿米³。水能蕴藏量为6.76亿千瓦,可开发量为3.79亿千瓦。有关专家估计,若按目前的开采水平,我国石油资源和东部的煤炭资源将在2030年耗尽,水力资源的开发也将达到极限。

第二,能源资源的地域分布不平衡。煤炭资源分布的面较广,全国90%的储量分布在秦岭淮河以北地区,尤其是晋、陕、内蒙古三省区,占到全国总量的63.5%。从东西方向看,煤炭85%分布于中西部地区,沿海地区仅占15%。水能资源的分布主要在西部和中南部,在全国技术可开发资源量(3.7亿千瓦)中合计占到93.2%,其中西南占67.8%。与燃料资源主要分布在北方相比,水能资源与之在空间上有较强的区域互补性。

第三,能源资源的生产与消耗不平衡。全国能源资源结构是以煤为主(占75.2%),水力居次(占22.4%),油气为辅(占2.4%)。各地区呈现明显的差异。就省区而言,北方大多数省份以煤炭为主,而南方一些省份则以水力资源为主。

第四,能源资源分布同消费分布脱节。无论从每一个能源种类或能源总体看,其分布与消费区的分布都很不一致。如华东区三省一市,能源资源只占全国的5.4%,而能源消费量却要占到全国的11.4%。华南区的情况同样突出,能源资源、生产与消费量分别占全国的2.3%、2.6%和7.0%。华中区的能源消费量也超过生产量。以上三区合计要消费全国能源的1/3,其供需缺口主要靠华北甚至东北(供油)解决。

3. 节能降耗

当前,无论南方还是北方,无论厂矿还是家庭,“节能”两个字前所未有地影响着社会生活的方方面面,也成为影响未来中国经济发展走向的最新热点。

(1) 粗放型增长方式走到尽头。30多年经济的快速发展,加上所拥有的世界上最庞大的消费人口,中国目前已经成为世界第二大能源消费国。由此引发能源建设规模日趋庞大,电力投资热、煤炭投资热等热潮不断。2001~2004年,中国能源消费年均增速高达9.89%。尽管如此,中国仍然存在能源短缺问题。一方面能源需求巨大,另一方面资源并非取之不尽、用之不竭。巨大的矛盾迫使我们走节约能源的道路,大幅度提高能源利用效率,加快建设节约型社会。

但是粗放型的经济增长方式并没有从根本上转变,经济增长仍然是依赖资源的高投入来实现的。据国家发改委有关人士介绍,按现行汇率计算,2003年我国GDP约占世界的4%,但重要资源消耗占世界的比重,石油为7.4%、原煤为31%、钢铁为27%、氧化铝为

25%、水泥为40%。钢铁、有色、电力、化工等8个高耗能行业单位产品能耗比世界先进水平平均高40%以上,单位建筑面积采暖能耗相当于气候条件相近的发达国家的2~3倍,工业用水重复利用率比国外先进水平低15~25个百分点,矿产资源总回收率比国外先进水平低20个百分点。

资源的高消耗造成环境的高污染,工业污染日趋复杂,农业面临水源污染严重,环境突发事件增多,给人民群众健康带来严重危害。

实践证明,传统的高投入、高消耗、高排放、低效率的粗放型增长方式已经走到了尽头。

(2) 节约能源潜力巨大。从长远来看,在我国实现现代化的过程中,增加资源消费量是难以避免的,但如果继续按照传统的发展模式以大量消耗资源来实现工业化,我国的资源需求量将接近世界其他国家资源消费量的总和,这是难以想象的。走节约能源的道路是中国经济发展的唯一选择。

4. 开发新能源

“开源”、“节流”是能源战略的“两个轮子”。“节流”就是节能降耗,提高能源利用效率;而“开源”就是开发新能源,拓展人类的能源资源范围和种类。

(1) 太阳能。太阳能一般指太阳光的辐射能量。广义上的太阳能是地球上许多能量的来源,如风能、化学能、水的势能等。

太阳能是各种可再生能源中最重要的基本能源,也是人类可利用的最丰富的能源,可以说它是“取之不尽,用之不竭”的能源。但如何合理利用太阳能,降低开发和转化的成本,是新能源开发中面临的重要问题。太阳能的利用有被动式利用(光热转换)和光电转换两种方式。

(2) 核能。核能是通过转化其质量从原子核释放的能量,核能可通过以下3种核反应方式释放:核裂变——打开原子核的结合力;核聚变,原子的粒子熔合在一起;核衰变,自然的慢得多的裂变形式。

(3) 风能。风能是太阳辐射下流动所形成的。与其他能源相比,风能具有明显的优势,它蕴藏量大,是水能的10倍,分布广泛,永不枯竭,对交通不便、远离主干电网的岛屿及边远地区尤为重要。

(4) 海洋能。海洋能通常指蕴藏于海洋中的可再生能源,主要包括潮汐能、波浪能、海流能、海水温差能、海水盐差能等。海洋能蕴藏丰富,分布广,清洁无污染,但能量密度低,地域性强,因而开发困难并有一定的局限,是一项亟待开发利用的具有战略意义的新能源。其开发利用的方式主要是发电,其中潮汐发电和小型波浪发电技术已经实用化。

(5) 生物质能。生物质能来源于生物质,也是太阳能以化学能形式储存于生物中的一种能量形式,它直接或间接地来源于植物的光合作用。生物质能是储存的太阳能,更是一种唯一可再生的碳源,可转化成常规的固态、液态或气态的燃料。地球上的生物质能资源较为丰富,而且是一种无害的能源。地球每年经光合作用产生的物质有1730亿吨,其中蕴含的能量相当于全世界能源消耗总量的10~20倍,但目前的利用率不到3%。

(6) 地热能。地热能是指来自地下的热能资源。我们生活的地球是一个巨大的地热库,仅地下10千米厚的一层,储热量就达 1.05×10^{26} 焦耳,相当于 9.95×10^{15} 吨标准煤所释放的热量。地热能在世界很多地区应用相当广泛。

(7) 氢能。在众多新能源中,氢能以其重量轻、无污染、热值高、应用面广等独特优点脱颖而出,将成为21世纪的理想能源。氢能可以作飞机、汽车的燃料,还可以用作推动火箭的动力。

(七) 海洋资源

1. 海洋——生命的摇篮

从太空看地球是蓝色的,这是因为我们生活的地球上海洋占 $2/3$ 的面积。海洋是地球上最大的水环境,她不仅孕育了生命,孕育了地球文明,还是地球上的气候调节器,为包括人类在内的各种生物的生存提供了多种条件。

大海给予人类生命,人类更应该了解大海、利用大海,更好地爱护大海、回报大海。目前人类对海洋的了解、利用与开发还远远不够,甚至对海洋的资源储备情况还未掌握。

2. 海洋——资源的宝库

世界海洋中有 2.5 亿千米² 公海和国际海底区域,其中有着丰富的共有海洋资源。

随着陆地战略资源的日益短缺,沿海各国不断加大向海洋索取资源的力度,重视对海洋“蓝色国土”的开发利用和保护。人类社会的可持续发展必然越来越多地依赖海洋,开发利用海洋资源对于人类的长远发展具有十分重大的战略意义。

(1) 海洋资源种类繁多。海洋是蓝色的资源聚宝盆。这里有海洋矿物资源,如油气田、锰结核、海底热液矿、海滨沙矿等;有海洋生物资源,如海洋食物、海洋药物等;有海洋化学资源,如镁、溴、铀、钾等元素;有海洋能源资源,如潮汐能、波浪能、洋流能等;还有海洋淡水资源、空间资源等。这些资源将为人类解决资源短缺问题提供巨大的物质支撑力。

海洋资源既有生物资源,也有非生物资源,有的溶存或生活在海水中,有的储藏在海底或海底之下,也有的是通过水体运动而发生等。

(2) 海洋资源潜力巨大。海洋资源作为自然资源的重要组成部分,不仅与其他资源一起,在整个资源大系统中发挥着不可替代的作用,而且正在显示出越来越重要的经济、社会价值。因为随着许多陆地资源的日益减少,人类对海洋资源的依赖性将日益增大。各种海洋资源在开发活动中所形成的不同的海洋产业,已成为沿海经济的重要内容之一,有的甚至作为支柱产业带动了区域经济的发展。

通过有计划、有方向的海洋开发活动,可逐步解决沿海地区社会、经济发展中的重大制约问题,诸如空间紧张、水资源短缺和食物数量与质量等问题;缓解沿海地区人口、资源、环境的矛盾,促进其社会与经济的可持续发展。

3. 我国的海洋资源态势

我国跨越热带、亚热带和温带,东南濒临渤海、黄海、东海和南海,海岸线漫长,港湾众多,海域辽阔,广袤的海洋蕴藏着极其丰富的海洋资源。

我国海洋资源的基本特点是:

(1) 海岸线漫长,海域辽阔。我国大陆位于西北太平洋沿岸,大陆海岸线长达 18000 多千米,海洋渔场面积 200 多万千米²,大陆架面积 130 多万千米²,拥有丰富的资源。

我国还可以方便地进入世界大洋,开发利用公海和国际海底区域的海洋资源。

(2) 开发海洋形成了多产业组成的海洋经济体系。我国有悠久的海洋开发历史和丰富经验,逐步形成了多产业组成的海洋经济体系。改革开放以来,我国海洋经济发展迅速,全国海洋产业总产值从 1978 年的 60 亿元增加到 2000 年的 4133.5 亿元,海洋开发已成为新的经济增长点。

(3) 海洋资源开发保护中尚存在较多的问题。

① 海洋资源平均值低于世界平均水平。我国人均占有海域面积位居世界第 122 位,低于世界平均水平;我国海域面积与陆地国土面积的比值为 $0.31:1$,排在第 108 位;我国海岸

线与陆地面积之比的系数仅为 0.0018,排在第 94 位。

② 重要海洋资源优势不足。中国在近海和外海的海洋渔业可捕量每年约 350 万吨,仅占世界海洋渔业总可捕量的 1.16%~1.75%;中国海区的生物生产力也不是世界上最好的,近海鱼类生产力平均为 3.18 吨/(千米²·年),而南太平洋沿海为 18.2 吨/(千米²·年);世界海洋中的生物共约 20 万种,中国海域中有 20278 种;世界海洋中年产量在 10 万~100 万吨之间的品种有 60~62 种,中国近海历史上年产量超过 1 万吨的有 40 种左右,没有年产量超过 100 万吨的大宗品种。

在世界海洋油气资源丰富的沉积盆地中,中国近海不占优势。据预测,中国近海的石油可采储量仅占世界储量的 3%~12%。

③ 与海洋资源相关的海洋环境问题日益严重。近几年来,我国沿海地区海洋开发活动的深度和广度与日俱增。在开发利用过程中产生了一系列的生态环境问题,海洋自然和生态破坏情况在各海区均有不同程度的发生。

近海劣于二类海水水质标准的面积超过 20 万千米²;不合理的围海、砍伐、挖礁、挖沙,致使 80%的珊瑚礁遭到破坏,80%的红树林被砍伐,70%的沙质海岸受到侵蚀。同时,部分海岸、海滩侵蚀后退,海水渗透倒灌,环境灾害不断,甚至危及人民生活和生产。

④ 海洋权益和海洋资源争端尖锐复杂。海洋权益是国家利益的重要组成部分,海洋权益争端的实质就是海洋资源争夺,是经济利益的争夺。目前,我国面临的海洋资源和海洋权益争端尖锐复杂。

东海是中、日、韩三国渔民共同作业的渔场,渔业矛盾很多。除此之外,东海丰富的油气资源也存在着争议。目前,南海也面临着同样的问题。

海洋资源勘探开发还处于初始阶段,人类详细调查勘探过的海域不超过海洋总面积的 10%,许多已经发现的海洋资源还难以开发利用。海洋资源问题是长远战略问题,需要统筹规划。

(八) 生物资源

1. 生物——地球的造化

地球是迄今已知唯一具有生物的天体,而生物的产生又使地球的特性和演化与其他天体有了很大的不同。

1992 年,联合国环境发展大会《生物多样性公约》指出:“生物资源指对人类具有实际或潜在用途或价值的遗传资源,生物体或其部分、生物群体或生态系统中任何其他生物组成部分。”“最好在遗传资源原产国建立和维持移地保护及研究植物、动物和微生物设施。”

生物资源是指地球上对人类具有现实或潜在价值的基因、物种和生态系统的总称。按照生物的自然属性,可将生物资源分为植物资源、动物资源和微生物资源 3 类。生物资源是自然界中的有机组成部分,是自然历史的产物,包括各种农作物、林木、牧草、家畜、家禽、水生生物、微生物和各种野生动物以及由它们组成的各种群体(种群、群落、生态系统)。

2. 生物资源的特点

(1) 生物资源的系统性。任何生物物种在自然界中都不是单独存在的,而是形成一种系统关系,即个体离不开种群,种群离不开群落,群落离不开生态系统,生物资源具有结构上的等级性。

在自然界中,各种事物之间存在着相互联系、相互制约、相互依存的关系。自然界由各

种各样的生态系统组成,每一个生态系统又包括各个组成部分,它们之间又有着错综复杂的关系,改变其中的某一个组分,必将会对系统内的其他组分产生影响,以致影响系统性。因此,我们在利用生物资源时,必须坚持从整体出发,坚持全局的观点,进行综合评价、综合治理及综合利用。

(2) 生物资源的可更新性(再生性)。生物资源可以不断地更新,即通过繁殖而使其数量和质量恢复到原有的状态。因此,生物资源属于可更新资源。

生物资源的更新都有一定的周期,其时间因物种而异,如松鼠、狐等中小型哺乳类的更新周期为3~4年;豺狼等的更新周期为9~11年;池塘生态系统中的浮游植物在代谢最旺盛时,更新周期仅为1天;草本植物的更新周期约100天;而乔木的更新周期可达几十年甚至上百年。因此,我们利用生物资源的强度不能超过资源的更新能力。

(3) 生物资源的地域性。生物和非生物不同,它们不能离开特定的生态环境综合体而生存,生物与其生态环境综合体具有辩证统一的关系。一定的生态环境综合体又是在特定的空间范围内形成和发展起来的。由于地球表面所处的纬度和海陆位置的差异,致使地球形成了各种各样的环境条件,如森林、灌丛、草原、荒漠、湿地等,使生物资源在区域分布上形成了明显的地域性。

(4) 生物资源的有限性。生物资源虽属于可更新资源,但其更新的能力有一定限度,并不能无限制地增长下去,这就是生物资源的有限性。如果人类开发利用生物资源超过了其所能负荷的极限,可能会导致整个资源因消耗过度而枯竭,破坏自然界的生态平衡。

3. 主要的生物资源

生物群落与它的无机环境相互作用而形成统一的整体——生态系统。地球上的生态系统可以分为森林生态系统、草原生态系统、农田生态系统、海洋生态系统、淡水生态系统等,这些构成了生物资源的多样性。

(1) 森林资源。森林是陆地上最大的生态系统。森林在地球上的分布范围广阔,生物多样性丰富,不仅能够为人类提供大量的林业产品,而且在维持生物圈的稳态方面发挥着重要作用。目前世界森林面积约28亿公顷,覆盖率22%。

森林是人类的资源宝库。森林除了能够提供大量木材外,还能生产松香、樟脑、桐油、橡胶等具有很大经济价值的产品。森林中既有大量的食用植物,又有很多油料植物,还有丰富的药材资源。森林中有极其丰富的物种资源。地球上90%以上的陆生植物和绝大多数动物都生活在森林中,仅热带雨林中的物种就占地球上全部物种的50%。

由于森林生态系统面积广阔、结构复杂、光合效率高,因此,它是地球上生产力最高的生态系统,是生物圈的能量基地。地球大气中二氧化碳和氧含量的平衡,主要也是由森林生态系统维持的。

森林在改善生态环境方面起着巨大作用。我们知道,森林能够涵养水源,保持水土。森林能够降低风速,稳定流沙。森林具有防风固沙的作用,防止沙漠化的有效措施之一就是植树造林。森林植物强大的蒸腾作用能够增加空气湿度,同时,由于在蒸腾作用中,水变成水蒸气需要吸收热量,因此在大面积森林的上空,空气湿润,气温较低,容易形成降雨,可见森林还有调节气候的作用。

森林能够净化空气,消除污染。例如,1公顷柳杉林每年能吸收二氧化硫720千克。森林植物巨大的表面积能够滞留空气中的灰尘。许多植物能够分泌抗生素,直接杀死空气中的细菌。在城市里,闹市区空气中的含菌量要比绿化区(如公园)高数倍至上百倍。此外,森

林还是宝贵的旅游资源。

(2) 草地资源。草原生态系统分布在干旱地区,年降雨量较少。与森林生态系统相比,草原生态系统的动植物种类要少得多,群落结构也不如前者复杂。在不同的季节或年份,降雨量很不均匀,因此,种群密度和群落结构也常常发生剧烈变化。草原上的植物以草本植物为主,也有少量的灌丛。与草原上的生活相适应,那里的动物大都具有挖洞或快速奔跑的行为特点。草原生态的作用主要有:经济效应和生态效应。

(3) 农作物资源。农田生态系统是人工建立的生态系统,其主要特点是人的作用非常突出,人们种植的各种农作物是这一类生态系统的主要成员。农田中的动植物种类较少,群落结构单一。人们必须不断地从事播种、施肥、灌溉、除草和治虫等活动,才能使农田生态系统朝着对人有利的方面发展。因此,可以说农田生态系统在一定程度上是受人工控制的生态系统。一旦人的作用消失,农田生态系统就会很快退化,占优势地位的作物就会被杂草和其他植物所取代。

农作物资源的特点:生物种类少,食物网结构简单,稳定性差,受人为因素的控制较多。

农作物资源的作用:为人类提供粮食、蔬菜等。

(4) 动物资源。从进化的历史看,各类动物都比人类出现得早,人类是动物进化的最高级阶段,从这个意义上说,没有动物就不可能有人类。同时,人类生活所需要的一切都直接或间接地与动物有关,离开了动物,人类就无法很好地生存。

动物资源的作用:动物为人类生活提供了丰富的物质资源、人类健康与动物的关系、动物为人类提供了丰富多彩的衣着原料、动物是传播花粉的使者等。

(5) 微生物资源。微生物资源是在目前的社会经济技术条件下,人类可以利用与可能利用的、以菌类为主的微生物所提供的物质,在人类生活和工业、农业、医药诸方面能发挥特殊的作用。

微生物是包括细菌、病毒、真菌以及一些小型的原生动物等在内的一大类生物群体,它们个体微小,却与人类生活密切相关。微生物在自然界中可谓“无处不在,无处不有”,涵盖了有益有害的众多种类。

工业微生物涉及食品、制药、冶金、采矿、石油、皮革、轻化工等多种行业。通过农业微生物基因组研究能够抑制作物病害,提高作物产量。生物除污在环境污染治理中潜力巨大,微生物参与治理是生物除污的主流。通过环境微生物基因组研究已找到降解不同污染物的关键基因,微生物可降解塑料、甲苯等有机物;还能处理工业废水中的磷酸盐、含硫废气以及改良土壤等。微生物能够分解纤维素等物质,并促进资源的再生利用。

四 环境

(一) 自然环境

1. 环境

环境总是相对于某一中心事物而言的,环境因中心事物的不同而不同,随中心事物的变化而变化。我们通常所称的环境就是指人类的环境。

环境是人类生活在其间的、同人们的生活与生产劳动密切相关的各种物质与作用的总和。人类改造自然、创造自然的活动都是在环境中进行的,当然,也必然会对环境产生直接

或间接的影响。

人类环境分为自然环境、经济环境和社会环境。

(1) 自然环境。自然环境就是指人类生存和发展所依赖的各种自然条件的总和,它是由岩石、地貌、土壤、水、气候、生物等自然要素构成的自然综合体。自然环境是人类赖以生存和发展的物质基础。在自然地理学上,通常把这些构成自然环境总体的因素,分别划分为大气圈、水圈、生物圈、土圈和岩石圈等5个自然圈。

人类是自然的产物,而人类的活动又影响着自然环境。根据所受人类社会的影响程度的差别,自然环境又可分为天然环境和人为环境。天然环境(原生自然环境)指只受到人类间接或轻微影响而原有自然面貌未发生明显变化的地方,如极地、高山、大荒漠、大沼泽、热带雨林、某些自然保护区以及人类活动较少的海域等。人为环境(次生自然环境)指受到人类直接影响和长期作用而使自然面貌发生重大变化的地方,如农田、工矿、城镇等地。放牧的草场和采育的林地,虽然它们仍能保留草原和森林的外貌,但其原有的条件和状态已发生了较大的变化,也属于人为环境。

(2) 经济环境。经济环境是在自然环境的基础上由人类社会形成的一种环境,主要指自然条件和自然资源经人类开发利用后形成的地域生产综合体的经济结构,包括工业、农业、交通和城乡居民点等各种生产力实体的地域配置条件和结构状态。换句话讲,经济环境主要是指一个国家或地区的社会经济制度、经济发展水平、产业结构、劳动力结构、物资资源状况、消费状况等。

(3) 社会环境。社会环境是指人类在自然环境的基础上,为不断提高物质和精神生活水平,通过长期有意识的社会劳动,由加工和改造了的自然物质、创造的物质生产体系、积累的物质文化等所形成的环境体系,是与自然环境相对的概念。社会环境包括人口、社会、国家、民族、语言、文化和民俗等方面的地域分布特征和组织结构关系,而且涉及社会各种人群对周围事物的心理感应和相应的社会行为。社会环境的发展和演替受自然规律、经济规律以及社会规律的支配和制约。

《中华人民共和国环境保护法》从法学的角度对环境概念进行了阐述:“本法所称环境是指影响人类生存和发展的各种天然的和经过人工改造的自然因素的总体,包括大气、水、海洋、土地、矿藏、森林、草原、野生生物、自然遗迹、人文遗迹、风景名胜区、自然保护区、城市和乡村等。”

2. 自然环境

自然环境亦称地理环境,是指环绕于人类周围的自然界。自然环境既是一个空间、物质的集合,也是一个能量的集合。它位于地球表层,即岩石圈、水圈、土壤圈、大气圈和生物圈相互作用的交错带上,其厚度为10~30千米,具体包括岩石、土壤、水、大气、生物等自然因素。

自然环境具有3个特点:

① 具有来自地球内部的内能和主要来自太阳的外部能量,并在此相互作用。

② 它具有构成人类活动舞台和基地的三大条件,即常温常压的物理条件、适当的化学条件和繁茂的生物条件。

③ 这一环境与人类的生产和生活密切相关,直接影响着人类的饮食、呼吸、衣着、住行。

由于地理位置不同,地表的组成物质和形态不同,水、热条件不同,自然环境的结构具有明显的地带性或区域性特点。

(二) 自然灾害

人类生存在地球上,就不可避免地受到地表环境的影响和制约。这种影响是随着地球的长期演化逐渐形成的,演化的动力来源于地球外部的太阳辐射能,以及地球内部的内能、重力势能等。由于内外两方面力的交互作用,地表环境的各个要素始终处在不停的运动变化之中。当这种“推动”力一旦超出了人类的承受能力,它就会以一种不可抗拒的异己力量作用于人类,从而形成危害人类的各种自然灾害。

突发性自然灾害的形成主要是由两方面因素决定的。一是“天”,太阳能辐射与地表环境诸因素错综复杂的相互作用,造成了诸如飓风、洪涝、干旱等灾害性天气;二是“地”,地热能、重力势能等的巨大作用,造成了地震、火山爆发和山崩等。

1. 自然灾害的特点

(1) 危害性。自然灾害给人类带来了各种难以想象的灾难性后果,从而酿成社会、经济 and 环境的重大损失,以至直接威胁到人类的生存和发展。这是自然灾害最主要的特点。

(2) 意外性。某些自然灾害具有不确定性、突发性和隐蔽性,往往是令人猝不及防。特别是人们如忽视了对灾害的预防,造成的损失更加惨重。

(3) 并发性。任何事物都是互相联系、互相影响的,当某种自然灾害发生后,往往会诱发其他灾害的发生。例如,发生了大地震后,除了造成房屋倒塌、火灾、人畜伤亡等直接损失外,还会诱发火山喷发、海啸和瘟疫等灾害。

(4) 区域性。自然灾害的种类和发生的频率往往有一定的区域性,某些特定的自然灾害往往发生在特定的地区,如海啸常常发生在沿海地区。而特定的地区往往决定特定的自然灾害,如日本处在环太平洋火山、地震带上,所以是一个多地震的国家。

2. 自然灾害的分类

按照发生的空间领域进行划分,自然灾害包括:

(1) 气象灾害。发生在大气圈,包括台风、干旱、寒潮、暴雨洪涝、强对流天气、干热风等。

(2) 地质灾害。发生在岩石圈,包括地震、火山喷发、岩崩、滑坡、泥石流、塌陷、地裂缝等。

(3) 海洋灾害。海啸、风暴潮、灾害性海浪、海冰、赤潮、咸潮等。

(4) 生物灾害。生物入侵、蝗灾、鼠害、病虫害蔓延等。

(5) 宇宙灾害。宇宙射线侵害、小天体撞击、陨石雨等。

3. 典型的自然灾害

(1) 火山、地震。地壳深处的岩浆在巨大的压力作用下,沿着地壳裂隙上升,岩浆中含大量的挥发分,加之上覆岩层的围压,使这些挥发分溶解在岩浆中无法逸出,当岩浆上升靠近地壳比较薄的部位或者地壳裂缝距地面较近处,压力减小,挥发分被急剧地释放出来,形成火山喷发。火山喷发是一种奇特的地质现象,是地壳运动的一种表现形式,也是地球内部热能在地表的一种最强烈的显示。

火山喷发带来了地壳内部深处的物质和重要的信息,但强烈的火山喷发却是灾害性的。火山碎屑喷发或蒸气爆炸(或蒸气猛烈爆发)喷出的大量火山灰和暴雨结合形成的泥石流能冲毁道路、桥梁,淹没附近的乡村和城市。泥土、岩石碎屑形成的泥浆可像洪水一般淹没整座城市,造成人员的重大伤亡。

地震是指地球内部某些部分在力的作用下,突然急剧运动而破裂,产生地震波,从而引

起一定范围内的地面震动的现象。

强烈地震能给大自然以极大影响,在陆地、水中和大气中引起各种现象。大地震时,地面产生强烈震动。震动幅度有时可达数米,能在几分钟甚至几秒钟内改变地貌,使城市建筑变成废墟,造成严重灾害。1923年日本关东地震,东京有73%的房屋被毁,横滨被毁房屋达96%,死伤人数达14.3万人之多。

强烈的地震会在地势陡峭的山区、坡地触发大规模的山崩、滑坡和泥石流等现象。水灾和火灾是地震引起的最严重的次生灾害。强烈的地震会造成水坝和河堤溃决,酿成水灾。地震常引起煤气泄漏和供电线路及设备的破坏,引起火灾。1906年,美国旧金山地震引起的大火烧了3天,造成的损失比地震本身的损失大10倍。

海底发生大地震时,大范围的海底突然隆起或下沉,能扰动海水而触发海啸。海浪传至岸边或海湾时,能急剧增高至20多米,把沿岸建筑洗劫一空。如2004年12月26日在印度尼西亚海域发生了里氏9级地震并引发海啸,这场突如其来的灾难给印尼、斯里兰卡、泰国、印度、马尔代夫等国造成了巨大的人员伤亡和财产损失,有20余万人丧生,200多万人沦为灾民。

(2) 台风。台风或飓风又称热带风暴。这种风暴一般形成于南、北纬 $5^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 的热带洋面上,这一海域常年处于 27°C 以上高温,储存着巨大的能量。空气下层变暖造成了大气的不稳定,加之高空东风波扰动性强,从而导致气流形成了能量巨大、破坏性极强的台风。一般出现在西北太平洋和我国南海的强烈热带气旋被称为“台风”;发生在大西洋、加勒比海和北太平洋东部的则称“飓风”。台风或飓风都是指风速达到33米/秒以上的热带气旋。

台风和飓风的登陆常常对于民生、农业、经济等造成极大的冲击,严重威胁人们生命财产的安全。

(3) 水旱灾害。洪水往往是因暴雨促使河水上涨和河流决堤造成的,所以降水是形成洪涝灾害最主要的和最直接的原因。我国暴雨的发生无论是在空间上还是在时间上都有着一定的规律,这主要与影响我国降水量的副热带高压带有关。副热带高压带进退的快慢,又往往与太阳活动、火山爆发等因素有关,这些因素是形成特大洪涝灾害的深层原因,也是造成气候异常的根本原因。

旱灾是指土壤水分不足,不能满足农作物和牧草生长的需要,造成较大的减产或绝产的危害。旱灾是普遍性的自然灾害,不仅农业受灾,严重的还会影响到工业生产、城市供水和生态环境。中国通常将农作物生长期中因缺水而影响正常生长称为受旱,受旱减产三成以上称为成灾,经常发生旱灾的地区称为易旱地区。

旱灾的形成主要取决于气候。通常将年降水量少于250毫米的地区称为干旱地区,年降水量为250~500毫米的地区称为半干旱地区。世界上干旱地区约占全球陆地面积的25%,大部分集中在非洲撒哈拉沙漠边缘、中东和西亚、北美西部、澳洲的大部和中国的西北部。

(4) 生物灾害。蝗灾是最常见、影响又极为广泛的生物灾害之一。

人们很早就注意到严重的蝗灾往往和严重的旱灾相伴而生,我国古书上就有“旱极而蝗”的记载。近几年来非洲几次大蝗灾也都与当地的严重干旱相联系。

生物入侵是指某种生物从外地自然传入或人为引种后成为野生状态,并对本地生态系统造成一定危害的现象。

外来生物在其原产地有许多防止其种群恶性膨胀的限制因子,其中捕食和寄生性天敌

的作用十分关键,它们能将其种群密度控制在一定数量之下。

但是一旦它们侵入新的地区,失去了原有天敌的控制,其种群密度则会迅速增长并蔓延成灾。

被喻为“紫色恶魔”的凤眼莲(即中国人俗称的“水葫芦”)的肆虐繁殖即是外来物种入侵最典型的一个例子。

为防治外来物种入侵,目前已通过了 40 多项国际公约、协议和指南,而且有许多协议正在制定中。国际自然资源保护联盟、国际海事组织(IMO)等国际组织已制定了关于如何引进外来物种,如何预防、消除、控制外来物种入侵等各方面的技术性文件。

4. 灾害的减防

灾害不可避免,但是可以减轻和防范。减灾就是增产,它是一种负向增值;减灾是社会稳定的前提,国家安全的保障,城市现代化管理的需要。

对于自然灾害,以人类当今的科学技术水平固然还不可能完全控制,也难以抵御自然界施加给地球和人类的巨大破坏力,但并不是束手无策,人类还是可以监测它的动态,研究它的运动变化规律,探索预警防范的对策与方法。

人们可以利用现代科学技术,发挥社会整体功能,做好对各类灾害的测(预测)、报(正确的预警、预报)、防(必要的工程措施和非工程措施)、治(治理失衡生态环境,消除致灾因素)、救(灾害救援)的工作,达到防灾减灾、改变灾害发生频率、缩小灾害范围、降低灾害破坏程度、减少生命财产损失的目的。

(三) 环境问题

环境的演化存在着不以人的意志为转移的客观规律,不能盲目地用人的主观意志改造环境。人类与环境的关系,是相互依存又相互影响、相互制约的对立统一的辩证关系。人类的任何行为都会对环境产生影响,反之,环境的任何改变也直接影响到人类的生存与发展。

地球把自然界结合成一个不可分割的整体,同时也把地球上所有人类及其生产、生活活动联系成一个休戚相关、共存共荣的整体。我们必须谨慎地开发和利用资源,规划工农业的发展,科学地处理废弃物,控制人口的自然增长,慎重地对待科学技术的利用。拯救地球,也是拯救人类自身。

1. 全球性的环境问题

(1) 大气污染。大气污染指有害物质排入大气,破坏生态系统和人类正常生活条件,对人和物造成危害的现象。凡是能使空气质量变坏的物质都是大气污染物。大气污染物目前已知有 100 多种,按其存在状态可分为两大类:一类是气溶胶状态污染物;另一类是气体状态污染物。气溶胶状态污染物主要有粉尘、烟液滴、雾、降尘、飘尘、悬浮物等;气体状态污染物主要有以二氧化硫为主的硫氧化物,以二氧化氮为主的氮氧化物,以二氧化碳为主的碳氧化物以及碳、氢结合的碳氢化合物等。

大气污染有自然因素(如森林火灾、火山爆发等)和人为因素(如工业废气、生活燃煤、汽车尾气、核爆炸等)两种,且以后者为主。

大气污染对人体的危害主要表现为呼吸道疾病;对植物可使其生理机制受压抑,生长不良,抗病虫能力减弱,甚至死亡。大气污染还能对气候产生不良影响,如降低能见度、减少太阳辐射而导致佝偻发病率增加等。

(2) 水污染。水体因某种物质的介入,而导致其化学、物理、生物等方面特征的改变,从而影响水的有效利用,危害人体健康或者破坏生态环境,造成水质恶化的现象称为水污染。

水污染有两类:一类是自然污染;另一类是人为污染。当前对水体危害较大的是人为污染。人类的活动会使大量的工业、农业和生活废弃物排入水中,使水受到污染。

水污染直接危害人的健康,影响工农业生产。水被污染后,通过饮水或食物链,污染物进入人体,使人急性或慢性中毒;重金属污染还可诱发癌症;被寄生虫、病毒或其他致病菌污染的水,会引起多种传染病和寄生虫病,如1953~1956年的日本水俣病事件。

(3) 温室效应(或全球变暖)。太阳短波辐射可以透过大气射入地面,而地面增温后放出的长波辐射却被大气中的二氧化碳等物质所吸收,从而产生大气变暖的效应称之为温室效应。大气中的二氧化碳就像一层厚厚的玻璃,使地球变成了一个大暖房。

近几十年来,由于人口急剧增加,工业迅猛发展,呼吸产生的二氧化碳及煤炭、石油、天然气燃烧产生的二氧化碳,远远超过了过去的水平;同时,由于对森林乱砍滥伐,在大量农田上建设城市和工厂,破坏了植被,减少了将二氧化碳转化为有机物的条件;再加上地表水域逐渐缩小,降水量大大降低,减少了吸收溶解二氧化碳的条件,破坏了二氧化碳生成与转化的动态平衡,致使大气中的二氧化碳含量逐年增加,地球气温随之发生了改变。

形成温室效应的气体,除二氧化碳外还有其他气体,其中二氧化碳约占75%、氯氟代烷占15%~20%,此外还有甲烷、一氧化氮等30多种气体。

最令人担忧的是,如果地球表面温度的升高按现在的速度继续发展,到2050年全球温度将上升2~4℃,南北极地冰山将大幅度融化,导致海平面大大上升,一些岛屿国家和沿海城市将淹没于水中,其中包括几个著名的国际大城市纽约、上海、东京和悉尼。

温室效应和全球气候变暖已经引起了世界各国的普遍关注,目前正在制定国际气候变化公约,减少二氧化碳的排放。

(4) 臭氧层破坏。臭氧(O₃)是一种具有刺激性气味、略呈淡蓝色的气体,是氧气(O₂)的一种异构体,于1849年首次被人类发现。大气中的臭氧含量仅为一亿分之一,但在离地面20~30千米的平流层中存在着臭氧层,其中臭氧的含量占这一高度空气总量的十万分之一。臭氧层中的臭氧含量虽然极少,却具有非常强烈的吸收紫外线的功能,可以吸收太阳光紫外线中对生物有害的部分。由于臭氧层有效地挡住了来自太阳紫外线的侵袭,才使得人类和地球上的各种生命能够存在、繁衍和发展。

1985年,英国科学家观测到南极上空出现臭氧层空洞,并证实其与氟利昂分解产生的氯原子有直接关系。在联合国环境规划署的推动下,最早使用氟利昂(CFC)的24个发达国家制定、签署了《保护臭氧层维也纳公约》。1987年,联合国环境规划署组织制定了《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》,对8种破坏臭氧层的物质(简称受控物质)提出了削减使用的时间要求。1995年1月23日,联合国大会通过决议,把每年的9月16日定为“国际保护臭氧层日”。

(5) 土地沙漠化。沙漠化指原由植物覆盖的土地变成不毛之地的自然灾害现象。沙漠化现象可能是自然的,作为自然现象的沙漠化是因为地球干燥带移动所产生的气候变化导致的。不过,今日世界各地沙漠化的原因,多数归咎于人为原因:人口急速增长,土地被过度放牧、过度垦殖、过度樵采和不合理地利用水资源等。地球上的沙漠正以每年60万千米²,也就是每分钟1千米²的速度侵蚀土地。

沙漠化的危害是破坏土地资源,使可供农牧的土地面积减少,土地贫瘠,植物量减少,土地载畜能力下降,作物的单位面积产量降低。沙漠化已给许多国家和地区的农业、牧业和人民生活财产造成严重损失。

(6) 物种灭绝。物种是指个体间能相互交配而产生可育后代的自然群体。已经灭绝的物种是指在过去的 50 年里在野外没有被肯定地发现的物种。大灭绝不单是一个物种灭绝,而是很多物种在相对比较短的地质历史时期,即几十万年或者是几百万年里被灭绝了。

自工业革命以来,地球上已有冰岛大海雀、北美旅鸽、南非斑驴、印尼巴厘虎、澳洲袋狼、直隶猕猴、高鼻羚羊、台湾云豹等物种不复存在。世界自然保护联盟发布的《受威胁物种红色名录》表明,目前世界上还有 1/4 的哺乳动物、1200 多种鸟类以及 3 万多种植物面临灭绝的危险。

(7) 淡水短缺。地球上的水资源,从广义来说是指水圈内水量的总体。但海水是咸水,不能直接利用,所以通常所说的水资源主要是指陆地上的淡水资源,如河流水、淡水湖泊水、地下水 and 冰川等。陆地上的淡水资源只占地球上水体总量的 2.53%,其中大部分(近 70%)是固体冰川,即分布在两极地区和中、低纬度地区的高山冰川,还很难加以利用。目前人类比较容易利用的淡水资源,主要是河流水、淡水湖泊水,以及浅层地下水。据联合国公布的统计数据,全球目前有 11 亿人生活缺水,缺水是全世界城市面临的首要问题,对于水资源稀少的地区来说,水已经超出生活资源的范围而成为战略资源,由于水资源的稀有性,水战争爆发的可能性越来越高。

同时,水污染也进一步蚕食着大量可供消费的水资源,并危害人类的健康。

(8) 水土流失。地球上人类赖以生存的基本条件就是土壤和水分。在山区、丘陵区和风沙区,由于不利的自然因素和人类不合理的经济活动,造成地面的水和土离开原来的位置,流失到较低的地方,再经过坡面、沟壑,汇集到江河河道内去,这种现象称为水土流失。

水土流失是不利的自然条件与人类不合理的经济活动互相交织作用产生的。不利的自然条件主要是:地面坡度陡峭,土体的性质松软易蚀,高强度暴雨,地面没有林草等植被覆盖;人类不合理的经济活动,诸如:毁林毁草,陡坡开荒,草原过度放牧,开矿、修路等生产建设破坏地表植被后不及时恢复,随意倾倒废土弃石等。

(9) 垃圾成灾。随着经济的发展、城市化进程的加快和人民生活水平的提高,垃圾的排放量迅速增加。每年新增垃圾 100 亿吨,包括工业垃圾和生活垃圾。目前与日俱增的垃圾,已经成为世界各国都感到棘手的难题。现在我国有 2/3 的城市都陷入了垃圾重围。

对垃圾泛滥成灾的现实,世界各国的视线已不再仅仅停留在如何控制和销毁垃圾这一老问题上,而是采取积极的态度和有力的措施,着手科学地处理、利用垃圾,将垃圾列为维持经济可持续发展的“第二资源”,向垃圾要资源、要能源、要效益。

2. 环境问题产生的主要原因

(1) 人口压力。每掀开一张日历,就有 20 多万婴儿降生在地球上。1999 年 10 月 12 日,世界第 60 亿个公民在波黑呱呱落地。60 余亿人口——这是目前人类的总和,而与此相对照,空气、水、森林、耕地、矿藏……几乎所有生存资源的平均数都在因分母的不断膨胀而日益缩小。

世界人口的迅猛增长,主要是发展中国家和地区人口增长过快,对物质资料需求的增长超出了环境供给资源和消化废物的能力,进而出现种种资源和环境问题。

(2) 资源的不合理利用。人口的持续增长和经济的迅速发展超过了自然资源补给、再生和增殖的周期,加剧了资源的耗竭速度。掠夺式开发,如盲目扩大耕地面积、毁林开荒、过度放牧等导致生态系统被破坏,自然生产力下降,进而导致恶性循环。

(3) 片面追求经济的增长。传统发展模式只关注经济本身,目标是产值和利润的增长,

甚至先污染后治理,以损害环境效益追求经济效益。

3. 提高环保意识,促进可持续发展

1962年,美国女科学家雷切尔·卡逊的名著《寂静的春天》出版,书中警告化学杀虫剂对环境造成的污染,震惊世界。1969年,美国民主党参议员盖洛德·尼尔森提议,在美国各校园内举办有关环境问题的讲习会,并将次年的4月22日作为“地球日”。1970年4月22日,美国首次举行了声势浩大的“地球日”活动,各地约2000万人参加,这被誉为第二次世界大战以来美国规模最大的社会活动。

1972年,联合国在瑞典的斯德哥尔摩召开了有113个国家参加的联合国人类环境会议,会议讨论了保护全球环境的行动计划,通过了《人类环境宣言》。会议建议联合国大会将这次会议开幕的6月5日定为“世界环境保护日”,联合国根据当年的世界主要环境问题及环境热点,有针对性地制定每年的“世界环境日”的主题。同年10月,联合国大会第27届会议接受并通过了这一建议。

1992年,联合国环境与发展大会在巴西里约热内卢召开,通过了《里约热内卢环境与发展宣言》和《21世纪议程——可持续环境与发展行动计划》,通过了《森林原则声明》、《气候变化框架公约》、《生物多样性公约》,出席会议的非政府环保组织通过了《消费和生活方式公约》。

2002年,联合国可持续发展世界首脑会议在南非约翰内斯堡召开,《约翰内斯堡可持续发展承诺》和《执行计划》两个文件终于获得通过。各国承诺将不遗余力地执行可持续发展的战略,把世界建成一个以人为本、人类与自然协调发展的美好社会。

近年来,世界各国的许多环境学家和伦理学家都发出了“我们自己不要灭自己的种”的警告。

五 海洋

海洋是生命的摇篮,在这浩瀚而幽深的神秘世界里,至今还生活着众多奇异的海洋生物,海洋中蕴藏着远比陆地丰富得多的自然资源。

海洋是全球生命支持系统的一个重要组成部分,也是人类社会可持续发展的宝贵财富。当前,随着陆地资源短缺、人口膨胀、环境恶化等问题的日益严峻,各沿海国家纷纷把目光投向海洋,加快了对海洋的研究开发和利用,一场以开发海洋为标志的“蓝色革命”正在世界范围内兴起。

海洋技术也叫海洋工程,是以海洋资源勘查和开发为核心的新兴技术,它主要包括各类海洋现象的研究、海洋矿物的开采、海洋生物的捕捞和养殖、海水化学资源的提取、海洋空间的利用等(图12)。

(一) 海洋矿产资源开发技术

在海洋矿产资源中,以海底油气资源、海底锰结核及海滨复合型沙矿经济意义最大。

1. 海底石油、天然气

在当代,石油在能源中发挥着第一位的作用。但是,由于比较容易开采的陆地上的一些大油田,有的业已告罄,有的濒于枯竭。为此,近20~30年来,世界上不少国家正在花大力气来发展海洋石油工业。

海底石油、天然气多“栖身”在海洋中的“大陆架”和“大陆坡”底下。海上采油量,成功

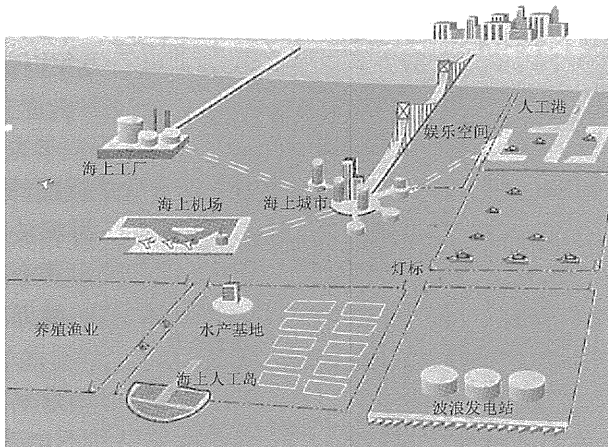


图 12 海洋技术

率高。有的一口海上油井的开采储量比一口陆上油井的储量大好几倍。而且海底石油质量好,含硫率低,大多是低硫的轻质油,所以发展海上石油有极高的价值。

中国有浅海大陆架近 200 万千米²。通过海底油田地质调查,先后发现了渤海、南黄海、东海、珠江口、北部湾、莺歌海以及台湾浅滩等 7 个大型盆地。其中东海海底蕴藏量之丰富,堪与欧洲的北海油田相媲美。

2. 大洋锰结核

锰结核又叫锰矿瘤或锰团块,是一种海底稀有金属矿源。黄褐色的锰结核,外形像土豆,切开来看,一层层的又像葱头。这种结核体往往是以贝壳、珊瑚、鱼牙、鱼骨为核心,把其他物质聚集在周围。锰结核是一种经济价值很高的矿产,其中各种金属成分的含量大约是:锰 25%,铁 14%,镍 1.9%,铜 0.5%,钴 0.4%。铜、钴、镍是陆地上紧缺的矿产资源,因此,开采海底锰结核获取这些金属显得尤为必要。

调查表明,锰结核广泛分布于 4000~5000 米的深海底部,它们是未来可利用的最大的金属矿资源。令人感兴趣的是,锰结核是一种可再生的多金属矿物。它每年以约 1000 万吨的速率不断地增长着,成为一种取之不尽、用之不竭的矿产。

世界上各大洋锰结核的总储藏量约为 30000 亿吨,其中包括锰 4000 亿吨、铜 88 亿吨、镍 164 亿吨、钴 48 亿吨,分别为陆地储藏量的几十倍乃至几千倍。以当今的消费水平估算,这些锰可供全世界用 33000 年,镍用 253000 年,钴用 21500 年,铜用 980 年。

3. 海底热液矿藏

20 世纪 60 年代中期,美国海洋调查船在红海首先发现了深海热液矿藏。而后,一些国家又陆续在大洋底部张裂的地带发现了 30 多处由海底溢出物质而形成的矿藏——海底热液矿藏。

热液矿藏又称“重金属泥”,由于裂谷不断扩张,地幔的熔岩流出来,加热了沿裂缝下渗的海水,大量的矿物质和溶解盐类,也趁机溶进海水。在这些热的海水里面,含有丰富的铁、锰、锌和铅等多金属矿物。这些矿物能像植物一样,以每周几厘米的速度飞快地增长。当海水在高压下受热与岩石发生反应时,海水的化学组成就改变了。许多金属离子自岩石中溶蚀出来,使海水的成分大为改变,形成所谓的“热液”。这些含有金属离子的高温溶液自岩石

的孔隙中流出,混入上面的海水中,溶液中主要的金属离子铁和锰很快地沉淀于海水中,并沉积于孔隙附近,形成一种很特殊的泥状“富含金属的沉积物”。这些沉积物与陆地上富含金属的矿藏相似,在陆地上人们开采的许多重要矿床,也是几百万年以前在海底经同样的化学过程形成的。

4. 海滨沙矿

在沙质海岸带的岸边和 underwater 堆积着大量的海沙,它本身就是重要的建筑原料,同时在堆积过程中,不同比重的沙粒又被分选富集起来,形成海滨沙矿。海滨沙矿中含有钛、锆、铈、镧、钍等,是制造核反应堆的重要原料。从海滨沙矿中还能筛选出黄金、石英、金刚石,以及含有大量稀有元素的金红石、锆石、金刚石等,它们是半导体工业、航天工业、核电工业等所必需的单晶硅、金属钛、核燃料钍等的重要原料。

海滨沙矿是在海水波浪和近岸流作用下使重沙矿物在滨海地带聚集而成的,其特征是矿物分选较好,重矿物集中,沙粒圆度高,颗粒少,含矿沙粒层和不含矿沙粒层常相互交错成层。

从矿带分布的特征上可以看出,金和锡石等比重大的矿物的分布离海岸较近;锆石、独居石、钛铁矿、磷钇矿、金红石等比重较小,沉积的地点较远;而耐磨性很强却又较轻的金刚石则被搬运到几百千米远的地方,然后沉积成矿。

海滨沙矿种类繁多、分布广泛、储量丰富,它们埋藏在沙堤、沙滩和海湾之中。显然,对沙矿的勘探和开采要比原生矿省事得多。开采时不必像开采原生矿那样要在坚硬的岩石中开凿坑道,一般只需要一种特殊的挖沙船就可以了。

海滨沙矿广泛分布于沿海国家的滨海地带和大陆架。世界上已探明的海滨沙矿达数十种,主要包含金、铂、锡、钍、钛、锆、金刚石等金属和非金属。现在有 30 多个国家从事沙矿的勘探和开采。中国已探明的具有工业开采价值的沙矿达 13 种,主要有钛铁矿、锆石、独居石、金红石等。

(二) 海洋生物资源开发技术

海洋生物资源即海洋水产资源。海洋里虽然不能种植水稻和小麦,但是,海洋中的鱼和贝类却能够为人类提供滋味鲜美、营养丰富的蛋白食物。

仅位于近海水域自然生长的海藻,年产量已相当于目前世界年产小麦总量的 15 倍以上,如果把这些藻类加工成食品,能为人们提供充足的蛋白质、多种维生素以及人体所需的矿物质。海洋中还有众多的鱼虾,真是人类未来的粮仓。

海洋生物资源目前的开发趋势是:捕鱼业向深海发展,增养殖向农牧化发展,海洋药物研究也得到重视。

1. 海洋食物开发

(1) 深海远洋捕捞。在不破坏生态平衡的情况下,海洋每年可向人类提供 300 亿人食用的水产品。

在众多的海洋水产资源中,无论是从种类和储量上看,还是从捕捞量和用途来看,皆首推鱼类资源。从营养学角度来看,鱼肉非常适合现代人对饮食的严格要求。鱼肉含蛋白质为 10%~30%,其中包括人体所必需的 8 种氨基酸。此外,鱼类还含有大量易被人体吸收的脂肪和钙、磷等重要物质及 B 族维生素。

目前海洋渔业总捕获量的 92% 来自仅占海洋 8% 的大陆架水域,特别是温带沿岸的海域,更是世界渔业发展的集中地。但是,过度捕捞和自然变异已导致近海浅海渔业资源的枯

竭,为了缓和这个危机,捕渔业必须向深海远洋发展。

(2) 海洋增养殖。众所周知,蛋白质是构成生物体最重要的物质,它是生命的基础。现在人类消耗的蛋白质中,由海洋提供的不过 5%~10%。令人焦虑的是,20 世纪 70 年代以来,世界各国的传统渔业资源大部分捕捞过度,有不少品种已经呈现枯竭现象。

科学家们根据多年的研究观察,提出了一个利用现有资源开展增养殖的计划。海洋增养殖,就是人为地创造海洋经济生物生长所需要的环境条件,同时对这些生物进行必要的改造,提高它们的质量和产量,即“海洋水产农牧化”。海洋水产农业化是指把海洋(包括海滩)围起来搞池养、围养和定生养,实现工厂化生产,建立综合海产品养殖场。海洋水产牧业化是指把鱼苗放进大海或人工海洋牧场,通过放养和其他技术措施让鱼苗定期洄游,然后捕捞,以充分利用海洋的自然生产能力。

许多发达国家利用浅海水域和滩涂开辟“海洋农场”和“海洋牧场”,配备现代化电子设备系统,应用先进技术手段(水下电视遥测、电子计算机管理等),人工礁养鱼、密集养鱼、人工放养鱼,以及人工养殖海藻、紫菜、裙带菜等,效益显著。

2. 海洋药物开发

海洋中的生物为了生存繁衍,在自然竞争中取胜,便形成了各自独特的结构和奇妙的生理功能,体内生成各种各样的化合物。

随着科学技术的发展,人们研究发现,这些化合物在治疗各种疾病方面具有不可替代的作用。

因此,许多科学家为寻找防治多发病、常见病、疑难病症,特别是肿瘤、心脑血管疾病的特效药,已将注意力集中到开发海洋生物药物。

由于海洋环境的光照、营养等特殊条件,很多海洋生物都能产生或带有杀真菌、抗癌、抗病毒、抗凝血、镇痛、生长抑制等活性物质。海洋生物是人类巨大的医药宝库:鲍鱼可平血压,治头晕目眩症;海蜇可治妇女性劳损、积血带下;海马和海龙补肾壮阳、镇静安神、止咳平喘;用龟血和龟油可治哮喘、气管炎;用海藻可治疗喉咙疼痛;珍珠粉可止血、消炎、解毒、生肌,人们常用它滋阴养颜;用鳕鱼肝制成的鱼肝油,可治疗维生素 A、维生素 D 缺乏症;墨鱼骨可止血等。另外,人们还从海洋生物中提取出了一些治疗白血病、高血压、肠道溃疡和某些癌症以及迅速愈合骨折的有效药物。

美国一位海洋问题专家形象地说:“海洋生物犹如一个可提供有关健康问题解决办法的咨询中心。”科学家们预言,海洋将成为 21 世纪的药库。

(三) 海洋化学资源开发技术

海水既不是纯净水,也不是单纯的食盐水,而是一种溶解着许多物质的复杂的矿物溶液。海水中溶解的盐类,平均浓度可达 3.5%,也就是说,1 千米³ 的海水中,含有约 3500 万吨无机盐类物质。因此,可以说海洋水体是地球上最大的连续矿体。

据分析,地球上 109 种元素中,在海水中已发现有 70 多种。有人计算过,如果将 1 千米³ 海水中溶解的物质全部提取出来,除了 9.94 亿吨淡水以外,还可生产食盐 3052 万吨、镁 236.9 万吨、石膏 244.2 万吨、钾 82.5 万吨、溴 6.7 万吨,以及碘、铀、金、银等,即使是某些微量元素,如锂、铷、碘、铀、钴等,在海水中的总藏量也都要分别以亿吨、百亿吨甚至千亿吨计算。由此可见,海水资源的价值是无比巨大的。

(四) 海洋淡水资源开发技术

地球表面虽然覆盖着 71% 的水,但总储水量的 97.2% 是海水。

海水淡化是开发新水源、解决沿海地区淡水资源紧缺的重要途径。

海水淡化,是指从海水中获取淡水的技术。海洋中最重要的资源,首先是水本身,向海洋要淡水已成必然趋势。淡水资源奇缺的中东地区,数十年前就把海水淡化作为获取淡水资源的有效途径。美国正在积极建造海水淡化厂,以满足人们目前与将来对淡水的需求。全世界共有近 8000 座海水淡化厂,每天生产的淡水超过 60 亿米³。

现在海水淡化已经成了一个如何进行大规模生产的经济问题。海水淡化技术目前有多种,但主要有蒸馏法、反渗透法和电渗析法。

另外,在那苦涩的海洋里有没有天然淡水资源呢?还真有,浮在海上的大冰山就是淡水。海洋中有 93% 的冰山是从南极冰盖上分裂出来的。每年漂浮在海上的冰山,其储水量相当于世界上全部江河的流量。

如何把巨大的冰山从海中拖到干旱地区的海岸目前仍然是一个问题。国外有人计算过将体积 1.8 亿米³ 的冰山,以 1.94 千米/时的速度运往沙特阿拉伯,需要牵引力为 5.625×10^6 焦/秒的驳船 5~6 艘。运输期间为了防热,应将冰山用塑料材料保护好,使冰山在途中的损失量不超过原体积的 1/5。还有人设计用秘鲁寒流作航线将冰山运往美国的加利福尼亚海岸,这样取得的淡水每吨价值为 0.5 美元。

(五) 海洋能源资源开发技术

波涛汹涌的海水永不停息地运动着,它蕴藏着巨大的能量。

海洋能是以动能、位能、热能、物理化学能的形态,通过海水自身所呈现的自然资源,是波浪能、潮汐能、洋流能、盐度差能等的总称。海洋能源资源开发技术是把各种海洋能转换成电能或其他各种形式的能量的技术。

海洋能源资源具有独特的开发意义。首先,海洋能可再生,可保证人类长期稳定的能源供应;其次,海洋能开发对环境无污染,能保护大气,防止气候和生态恶化。

1. 海洋潮汐能

潮汐是由于月亮和太阳的引力以及地球自转的共同作用而产生的海水的规律性活动。海洋潮汐能是潮汐运动时产生的能量,是人类利用最早的海洋动力资源。中国在唐朝时沿海地区就出现了利用潮汐来推磨的小作坊。

潮汐发电站有许多优点。它不需要占用额外的土地,发电量稳定,能准确估算出功率大小,而且使用寿命长达 75~100 年。潮汐发电原理与一般水力发电站大同小异。所不同的是,由于潮水有涨有落,因而潮汐发电站不能像一般水电站那样连续发电。20 世纪 60 年代发明的双向贯流式水轮发电机,实现了涨潮和落潮时连续发电,比单向发电量提高了 20%~40%。

一些专家断言,未来无污染的廉价能源是永恒的潮汐,而另一些专家则着眼于普遍存在的浮泛在全球潮汐之上的波浪。

2. 海洋波浪能

海洋波浪能主要是由风的作用引起的海水沿水平方向周期性运动而产生的能量。波浪能是巨大的,一个巨浪就可以把 13 吨重的岩石抛出 20 米高;一个波高 5 米、波长 100 米的海浪,在 1 米长的波峰片上就具有 3120 千瓦的能量,由此可以想象整个海洋的波浪所具有的能量该是多么惊人。据计算,全球海洋的波浪能达 700 亿千瓦,可供开发利用的为 20 亿~30 亿千瓦。

目前,部分导航的浮标、灯塔和遥测浮标的工作电源可以通过海浪发电而自给自足。日

本研制成功的“海明”号海浪发电浮船是目前世界上最大的海浪发电装置,装机容量达 2000 千瓦。还有许多国家正在研制大型海浪发电装置,日、英、美等国正在积极研制功率在 5000 千瓦以上的大型海浪发电装置。

3. 海水温差能

海水温差能是一种热能,因低纬度海面水温高而深层水温低而产生的显著的温度差,可产生热交换。温差能利用是将热能转变为机械能,再转变为电能。据统计,全球海水中仅热带海洋水温下降 1°C ,就能释放出 1200 亿千瓦的能量。

在热带,表层海水吸收太阳的辐射热,温度一般可达 $26\sim 30^{\circ}\text{C}$,而 $60\sim 100$ 米的深层海水很少对流,仍保持温度在 $4\sim 6^{\circ}\text{C}$ 。海水温差能发电,就是利用表层热水和深层冷水的温差来发电。具体过程如下:先采用热力循环法,其流程有闭路循环和开路循环两种,把热能转换为机械能,再用发电机把机械能转换为电能。

海水温差发电能量大,发电稳定,不受时间限制,但成本高,自身耗电多,净剩电少,发电效率受地区限制。我国南海的面积为 360 万千米²,表层海水年平均温度在 27°C 以上,宜于海水温差能发电。

(六) 海洋空间资源开发技术

随着人口的膨胀、陆地资源与空间的枯竭,海洋空间的开发和利用问题越来越令人关注。

海洋空间是指从海面到海底的广阔领域。海洋空间的开发和利用,是指为了发展生产和改善生活的需要,把海上、海中、海底的空间用作交通、生产、贮藏、军事、居住和娱乐场所的活动。利用海洋空间的最大优点就是不占用陆地,隐蔽性好,而且还可以减轻环境污染。随着人类逐步向海洋挺进,海洋将成为人类活动的广阔空间,“海上城市”、“海上机场”、“海底村庄”等都是有可能实现的梦想。

1. 滩涂资源

滩涂是海岸带上大潮时在高潮线以下、低潮时在低潮线以上的地带。因为海岸带地形不同,所以滩涂的宽窄也是不一样的。

有些地方的山丘直通海岸,滩涂可能只有几十米、几米宽,而在另外一些平原、大河河口,滩涂宽阔低平,宽度可达几百米甚至 $10\sim 20$ 千米。

2. 海上设施

海上设施是指建在海面上的各种机场、油库、工厂、城市等。

(1) 海上机场。世界上最早的海上机场是日本于 1975 年建造的长崎海上机场,该机场一部分地基利用自然岛屿,一部分填海造成。

海上机场有 3 种类型:第一种是填平浅海造人工岛,在岛上建的机场称为填筑式机场。例如 1995 年 11 月建成的澳门国际机场,该项工程共移山 61 千米³,填海 1.15 千米²。中国的珠海机场也是填海兴建的,上海浦东国际新机场也建在海边滩涂上。第二种是在海底打入钢柱,在钢柱上建造桥墩,在桥墩上建的海上机场,称为栈桥式机场,如美国的拉瓜迪亚机场。第三种是半潜式巨大钢制浮体支撑的机场,称为浮动式机场,如日本的关西机场。

(2) 海上油库。海上油库也叫海上油罐,主要有漂浮式和着底式两种。漂浮式油库最大的是美国设在迪拜的圆柱式储油库,可储油 8 万米³。着底式油库最大的在挪威,储油量可达 16 万米³,顶部还设有起重机和直升飞机场。

(3) 海上工厂。海上工厂是一些国家为了充分利用海洋资源而在海上设立的工厂和电站,不少都建在大型平底船上。如美国新泽西州附近的海上核电站。

(4) 海上城市。海上城市是随着海上各种设施的日渐增多而出现的。日本自第二次世界大战后 50 多年来,已向海洋夺取土地 200 千米²,相当于 26 个香港岛的面积,日本建造的神户人工岛就是一座海上城市。该岛位于神户市南 3 千米、水深 13 米的海面上,建于 1966~1981 年,耗资 5300 亿日元。这个小岛面积为 4363 米²,有大桥与神户市相连。岛上居民为 2 万人,各种设施齐全,有国际饭店、旅馆、商店、博物馆、游泳场、医院、学校及 3 个公园,还有休闲娱乐场和 600 套住宅,是个名副其实的海上城市。

3. 海底设施

许多科学家预言,21 世纪人类将“回归”海洋,在大量围海造地、建造人工岛和海上城市的同时,人们还将开拓海底世界。

海底设施是指海底隧道、海底管道、海底军事基地和海底工厂、海底城市等。

(1) 海底隧道。海底隧道用于沟通港湾和海峡两岸的交通,可克服水面轮渡费时和易受天气影响的困难。海底隧道多数是陆地铁路交通的组成部分。美国纽约的曼哈顿岛和长岛、新泽西州之间,开挖了 5 条海底隧道,供汽车通行;荷兰的鹿特丹先后修建了 3 条海底隧道;香港的港岛和九龙之间修建了一条长 1400 米的海底隧道,使港岛与九龙之间的交通大大改观。世界上已建成的最长的海底隧道是日本的青函海底隧道,全长约 54 千米,铺设两条铁路线;1986 年开始兴建的日韩海底隧道,全长 250 千米,将成为世界上最长的海底隧道。

(2) 海底管道。海底管道主要用于输送石油、石油制品和天然气,如英国北海布伦油田到苏格兰的输气管道,全长 451.8 千米。

(3) 海底军事基地。主要是指建立海底潜艇基地,布置海底导弹,建立海底反潜警报系统。由于海底是人造卫星的盲区,所以海底军事基地能摆脱军事侦察卫星的跟踪。

(4) 海底电缆。利用海底空间铺设电缆已有 100 多年的历史。在传统海底电缆的生产、铺设和维修的技术基础上,海底光缆应运而生。光纤传递信号具有品质高、可靠性强、抗电磁干扰、耐海水腐蚀等优点。1988 年,世界上第一条横跨大西洋,连接北美洲与欧洲的海底光缆投入使用。

未来,随着各种海洋资源的大力开发,很多海底采矿区、海底工厂、海底仓库和海底城市将出现,那时海底交通问题将变得日益重要。科学家们正在研制一种可以在陆地上和海底连通的轨道上行驶的两栖列车,并计划在几年以内投入使用。到那时,人们乘坐这种密封的列车潜入海底,通过玻璃窗,可以尽情地欣赏水下世界的诱人景色。

六 大气

(一) 大气运动

大气又称大气圈,大气层,是指包围地球的空气层,或围绕地球的空气总体。大气科学是研究大气的结构、组成、物理现象、化学反应、运动规律,以及如何运用这些规律为人类服务的一门学科。大气科学是地球科学的一个组成部分,研究对象主要是覆盖地球的大气圈,以及太阳系其他行星的大气。大气科学的分支学科主要有大气探测、气象学、气候学、天文学、大气物理学、大气化学、人工影响天气、应用气象学等。

1. 大气的构成

大气是地球上一切生命赖以生存的重要物质条件之一。与海洋、陆地共同构成地球体系。是地球体系中动量、热量与物质循环的关键。大气总质量约 5.3×10^{18} 千克(其中 50% 集中在 6 千米以下, 99.9% 集中在 48 千米以下), 约占地球总质量的百万分之一。低层大气由氮、氧、水汽、臭氧、二氧化碳等组成。密度随距离地面高度的增加而下降并趋于稀薄, 一般将大气上界定为距地面 1000 千米处。

2000 千米高度以上, 大气极其稀薄, 逐渐向星际空间过渡, 无明显上界。大气本身的可压缩性、太阳辐射、地球的形状和它的重力、地球的公转和自转、地球表面的海陆分布和地形起伏、地球的演化和地球生态系统等是造成地球大气特定组分、特定结构和特定运动状态的主要自然条件。人类活动及其对生态因素所起的作用, 是影响大气组分、大气结构和大气运动的人为条件。

地球大气的组分以氮、氧、氩为主, 它们占大气总体积的 99.96%。其他气体含量甚微, 有二氧化碳、氦、氟、氩、甲烷、氢、一氧化碳、氙、臭氧、氖、水汽等。大气中还悬浮着水滴、冰晶、尘埃、孢子、花粉等液态、固态微粒。地球大气中的氧气是人类赖以生存的物质基础, 氧气的出现及其含量的变化, 同地球的形成过程和生物的演化过程密切相关。

地球大气的密度、温度、压力、组分和电磁特性等都随高度而变化, 具有多层次的结构特征。大气的密度和压力一般随高度按指数律递减; 温度、组分和电磁特性随高度的变化不同, 按各自的变化特征可分为若干层次。

2. 大气环流(图 13)

地球大气的运动非常复杂。地球的公转和自转, 产生了地球的昼夜交替、四季变化以及赤道热、两极冷的规律。海陆和地貌的不均匀分布, 导致地表温度的不均匀差异。大气的温度、压力和密度之间有密切的关系。大气压力的不均匀会导致大气的运动。大气通过多种运动形式进行水平和垂直方向的物质和能量传输和转换。由于影响大气运动的自然因素和人为因素的许多不确定性, 导致大气运动呈现出既有规律性又有随机性的特征。

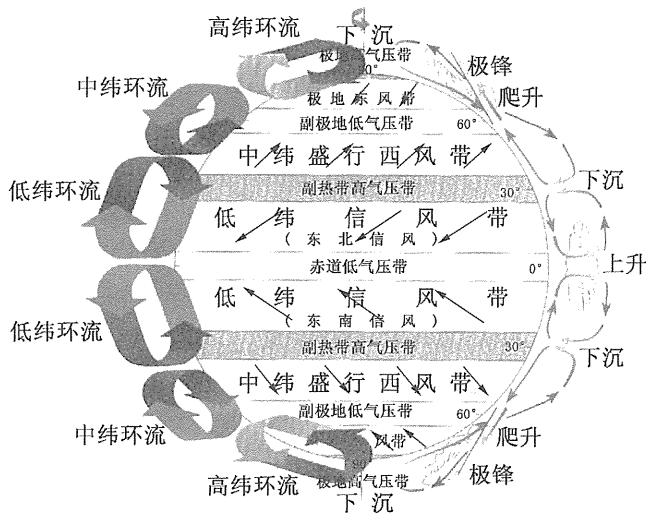


图 13 大气环流

大气环流是地球大气层内气流沿着一定的路线进行不同规模循环运动的总称。有纬向环流、经向环流、垂直环流等。是大气中热量、动量、水汽等输送、交换的重要方式,是各地各种天气、气候形成的主要因素。掌握大气环流形势的演变,是作出天气预报的重要依据。

地球上的风带和湍流由三个对流环流(三圈环流)所推动:低纬度环流、中纬度环流以及极地环流。有时候同一种环流(譬如低纬度)可以在同一纬度(如赤道)有数个同时存在,随机地随时间移动、互相合并与分裂。

大气的各种现象及其变化过程,既可带来雨泽和温暖,造福人类;也可造成酷暑严寒,以至旱涝风雹等灾害,直接影响人类的生产和安全。人类在生产和生活的过程中,也不断地影响着自然环境(包括大气)。如何认识大气中的各种现象,如何及时而又正确地预报未来的天气、气候,并对不利的天气、气候条件进行人工调节和防御,是人类自古以来一直不断探索的领域。随着科学技术和生产的迅速发展,大气科学在国民经济和社会生活中的巨大作用日益显著,其研究领域已经越出通常所称的气象学的范围。

(二) 气象要素

气象是指大气中的各种物理状态和物理现象的统称。如大气温度的变化、大气压力的高低、空气湿度的大小、大气的运动、大气中的水汽凝结及由此而产生的云、雾、雨、雪、霜等。

1. 气象观测

气象学是研究大气的各种物理、化学的性质、现象及其变化规律的科学。气象学研究的内容广泛,有许多分支。按研究对象、方法,可分为天气学、气候学、大气物理学、动力气象学、高空气象学等;按专业应用,可分为农业气象学、水文气象学、海洋气象学、航空气象学等。

气象学研究的对象是大气层内各层大气运动的规律、对流层内发生的天气现象和地面上旱涝冷暖的分布等。它的研究范围是地球表面的大气层,厚约 3000 千米,自下而上可分为对流层、平流层、中间层、电离层和散逸层。

气象观测是观察、测量和研究地球大气的物理和化学特性以及大气现象的方法和手段。观察和测量的内容主要有大气气体成分浓度、气溶胶、温度、湿度、压力、风、大气湍流、蒸发、云、降水、辐射、大气能见度、大气电场、大气电导率以及雷电、虹、晕等。从学科上分,气象观测属于大气科学的一个分支。它包括地面气象观测、高空气象观测、大气遥感探测和气象卫星探测等,有时统称为大气探测。由各种手段组成的气象观测系统(见彩图),能观测从地面到高层,从局地到全球的大气状态及其变化。

气象台是指对大气进行观测、研究并预报天气的科学机构。规模较小的还有气象站、气象哨等。每天的任何时候,世界各地的气象台都会收到来自气象站的各种天气记录资料。这些记录汇总成巨大的数据库,气象学家从中获取信息。使这些资料得以大规模交流的机构是全球通讯系统(GTS)。当数据被输入功能强大的计算机后,气象学家就可以绘制天气图。在作出天气预报以前,他们非常仔细地研究天气图,并和以往的图像进行比较。未来几天的天气预报,准确率甚至可达 85%,但如果要预测未来一周以上的天气,那就困难多了。

2. 基本的气象要素

气象要素是指表明大气状态的基本物理量和基本天气现象。主要有:气温、气压、湿度、风向和风速、能见度、云、降水、雷暴、雾、辐射、蒸发、日照等。

大气的压力,它是在任何表面的单位面积上,空气分子运动所产的压力。

大气的温度,表示大气冷热程度的量。它是空气分子运动的平均动能。

大气湿度(简称湿度),它是表示空气中水汽含量或潮湿的程度,可以由比湿(g)、绝对湿度(pv)、水气压(e)、露点、相对湿度等物理量表示。

风,是指空气相对于地面的运动。气象上常指空气的水平运动,并用风向、风速来表示。

云,是指悬浮在空气中的大量水滴和冰晶组成的可见聚合物。在常规气象观测中要测定云状、云高和云量。

降水,是指从云中降落的液态水和固态水,如雨、雪、冰雹等。

蒸发,是指液体表面的气化现象。气象上指水由液体变成气体的过程。

辐射,是指能量或物质微粒从辐射体向空间各方向发送的过程。气象上通常称太阳辐射为短波辐射,地球表面辐射和大气辐射为长波辐射。

日照,是指表示太阳照射时间的量。气象上通常提供的是观测到的实照时数。

能见度,是指人的正常视力所能看到的目标物的最大距离。

(三) 气候类型

气候是长时间内气象要素和天气现象的平均或统计状态,时间尺度为月、季、年、数年到数百年以上。气候以冷、暖、干、湿这些特征来衡量,通常由某一时期的均值、极值和概率表征。

气候与人类社会有密切关系,许多国家很早就有关于气候现象的记载。中国春秋时代用圭表测日影以确定季节,秦汉时期就有二十四节气、七十二候的完整记载。气候一词源自古希腊文,意为倾斜,指各地气候的冷暖同太阳光线的倾斜程度有关。

由于生态系统和人类社会已经适应今天以及最近过去的气候,如果气候变化太快人们将很难应付这些变化。对于许多发展中国家,这可能会对基本的人类生活标准(居住、食物、饮水、健康)产生非常有害的影响。对于所有的国家,极端天气气候事件发生频率的增加将会增大天气灾害的风险。气候变化对经济社会的影响有正面的,也有负面的影响,其中一些变化实际上是不可逆转的,因此我们更要关注的是负面影响。

1. 多样的气候类型

由于太阳辐射在地球表面分布的差异,以及海、陆、山脉、森林等不同性质的下垫面在到达地表的太阳辐射的作用下所产生的物理过程不同,使气候除具有温度大致按纬度分布的特征外,还具有明显的地域性特征。按水平尺度大小,气候可分为大气候、中气候与小气候。大气候是指全球性和大区域的气候,如:热带雨林气候、地中海型气候、极地气候、高原气候等;中气候是指较小自然区域的气候,如:森林气候、城市气候、山地气候以及湖泊气候等;小气候是指更小范围的气候,如:贴地气层和小范围特殊地形下的气候(如一个山头或一个谷地)。

在纬度位置、海陆分布、大气环流、地形、洋流等因素的影响下,世界气候大致分为以下几种类型。

(1) 低纬度气候。主要受赤道气团和热带气团控制,全年辐射差额为正值,最冷月均温在 $15\sim 18^{\circ}\text{C}$ 以上。可分为五种气候类型:

赤道多雨气候:位于赤道及两侧,延伸到纬度 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 左右,主要分布在非洲扎伊尔河流域、南美亚马孙河流域和亚洲到大洋洲间的从苏门答腊岛到伊里安岛一带。年均温 26°C 左

右,全年多雨,降水量在 2000 毫米以上,适于赤道雨林生长。

热带海洋性气候:位于南北纬 $10^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 信风带大陆东岸及热带海洋中的若干岛屿上,如加勒比海沿岸及诸岛、巴西高原东侧沿海、马达加斯加东岸、夏威夷群岛等。全年盛行热带海洋气团,最热月均温 28°C 左右,最冷月均温 $18\sim 25^{\circ}\text{C}$ 之间,年降水 1000 毫米以上(5~10 月较集中),无明显干季。

热带干湿季风气候:位于中美、南美和非洲的纬度 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 之间(个别延伸至 25° 左右)。当太阳高度角大时,受赤道气流辐射带影响,为雨季;当太阳高度角小时,受热带大陆气团控制,为干季。年降水 750~1600 毫米左右,但变率大。

热带季风气候:位于纬度 10° 到回归线附近的亚洲大陆东南部,如我国台湾南部、雷州半岛和海南岛、中南半岛、印度半岛大部、菲律宾、澳大利亚北部沿海等地。热带季风发达,年均温在 20°C 以上,气温年较差在 $3\sim 10^{\circ}\text{C}$ 左右,当热带大陆气团控制时降水稀少,当赤道海洋气团控制时降水丰沛,年降水量 1500~2000 毫米,集中在 6~10 月,春秋极短。

热带干旱与半干旱气候:以回归线为中心向南北延伸(平均位置约在 $15\sim 25^{\circ}\text{C}$ 间)的副热带及信风带的大陆中心及大陆西岸。内部及西岸高温干旱,外缘有一短暂雨季(一般雨量在 250~750 毫米左右)。

(2) 中纬度气候。属于热带气团和极地气团相互角逐的地带,辐射差额变化大,四季分明,最冷月均温在 $15\sim 18^{\circ}\text{C}$ 以下,有 4~12 个月均温在 10°C 以上。可分为八种气候类型:

副热带干旱与半干旱气候:位于 $25^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 的大陆西岸和内陆地区(热带干旱气候的高纬一侧),终年少降水,但与热带干旱与半干旱气候相比气温年较差大,且凉季有少量降水。

副热带季风气候:以 10°N 为中心向南北延伸 5° 左右的亚欧大陆东岸,典型台站:上海。最热月均温 22°C 以上,最冷月均温 $0\sim 15^{\circ}\text{C}$ 之间,冬季陆风夏季海风,四季分明,降水量在 750~1000 毫米以上且集中在夏季,但无明显干季。以常绿阔叶林为主。

副热带湿润气候:位于南北美洲、非洲和澳大利亚大陆的副热带东岸。由于陆地面积小未形成季风气候,为此温差较小降水分配均匀。以常绿阔叶林为主。

副热带夏干气候(地中海气候):位于 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 之间的大陆西岸,包括地中海沿岸、美国加利福尼亚州沿岸、南非和澳大利亚南端。夏季副高或其东缘控制干旱少雨,冬季温和且锋面气旋频繁活动带来大量降水,全年降水量在 300~1000 毫米左右,最冷月均温 $4\sim 10^{\circ}\text{C}$ 左右。以常绿硬叶灌木林为主。

温带海洋性气候:位于 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 的大陆西岸,包括欧洲西部、阿拉斯加南部、加拿大的哥伦比亚、美国华盛顿和俄勒冈两州、南美洲西岸、澳大利亚东南角、塔斯马尼亚岛和新西兰等地。终年盛行西风,温带海洋气团控制,冬暖夏凉,气温年较差小,最冷月均温在 0°C 以上,全年湿润,降水在 750~1000 毫米。

温带季风气候:位于 $35^{\circ}\sim 55^{\circ}$ 的亚欧大陆东岸,包括中国的华北和东北、朝鲜大部、日本北部和俄罗斯远东部分地区,典型台站:北京。夏季盛行偏北风寒冷干燥,最冷月均温在 0°C 以下,夏季盛行东南风,温暖湿润,最热月均温在 20°C 以上,降水集中于夏季且自南向北、自沿海向内陆减少,冬季常有寒潮爆发。

温带大陆性湿润气候:位于亚欧大陆温带海洋性气候区东侧和北美 100°W 以东地区,

典型台站:莫斯科。冬季寒冷有少量降水;夏季降水稍多但不像季风区那样集中。

温带干旱与半干旱气候:位于 $35^{\circ}\sim 55^{\circ}$ 的亚洲和北美大陆中心部分以及南美洲安第斯山脉东侧。终年大陆气团控制气候干旱。

(3) 高纬度气候。盛行极地气团和冰洋气团,辐射差额为负值,无真正夏季。虽降水少但蒸发弱无干旱。可分为三种气候类型:

副极地大陆性气候:位于 $50^{\circ}\text{N}(55^{\circ}\text{N})\sim 65^{\circ}\text{N}$ 地区,包括亚欧大陆的斯堪的纳维亚半岛(南部除外)、芬兰和前苏联大部以及北美从阿拉斯加经加拿大到拉布拉多和纽芬兰的大部。冬季漫长而寒冷,一年中有九个月为冬季,夏季白昼时间长,7月均温在 15°C 以上,气温年较差特大。适宜针叶林生长,又称雪林气候。

极地长寒气候(苔原气候):位于北美洲和亚欧大陆北部边缘、格陵兰沿海的一部分、北冰洋中若干岛屿和南极洲附近的马尔维纳斯群岛、南设得兰群岛和南奥克尼群岛等地。全年皆冬,一年中只有1~4个月均温在 $0\sim 10^{\circ}\text{C}$ 左右,有极昼极夜现象,自然植被只有地衣、苔藓及小灌木等,构成苔原景观。

极地冰原气候:位于格陵兰、南极大陆和北冰洋的若干岛屿上。这里是冰洋气团和南极气团的源地,全年严寒,各月均温皆在 0°C 以下,一年中有长时期的极昼和极夜现象,常年寒风夹雪,能见度恶劣。

除以上气候类型外,在高大的高原和高山地区还会出现独特的高山气候。其气候特征是:山地随着海拔高度的增加,一方面空气逐渐稀薄,气温与气压下降,风力增大,日照增强,大气中的二氧化碳、水汽和微粒含量逐渐减少;另一方面由于地形影响,迎风坡上降水逐渐增多,达到最大降水高度后向上又逐渐减少。从而导致具有明显垂直带状变化,并出现植被在垂直方向上的带状变化。

(4) 地方小气候。小气候是指在较大范围气候类型的基础上,由于下垫面性质不均而导致近地面(1.5~2米以下的气层)热量、水分状况的差异而构成的。它并不改变大气候带的特征,只是个别气候要素和个别天气现象出现差异。主要的小气候类型有坡地小气候、盆地(谷地)小气候、森林小气候、草地小气候、水域小气候、城市小气候等。

2. 气候变化

1973年,竺可桢提出了中国历史时期气候周期性波动变化的基本状况。他认为近2000年中,汉代是温暖时期,三国开始后不久,气候变冷,并一直推迟到唐代开始。唐末以后,气候再次变冷,至15世纪渐入小冰期,呈两峰三谷结构,直至20世纪初气候回暖,小冰期结束。汉代、唐代是年均温度高于现代约 2°C 的温暖时期。该研究成果已为气候学界和历史地理学界广泛采用。

历史时期的气候不仅在气温上有周期性波动,引起冷暖的变化,而且在湿度方面也存在一定的变化。总的说来,暖期与湿期、冷期与干期是相互对应的,但每个冷暖期内部又有干湿波动,不可一概而论。朱士光等研究认为,气温的变化要快于降水量的变化,而降水量的变化幅度又大于气温变化的幅度。在历史时期,气候冷暖波动与干湿波动有明显的相关性,但不完全同步。

目前,气候变化,不是某一个国家、某一地区的问题,应该是全球的问题,我们应该从下面四方面统一认识:

第一,气候变化是全球性问题,需要全世界携手合作,共同保护我们的家园。发达国家应该率先减排,并履行对发展中国家的技术转让和资金支持承诺。

第二,气候变化从根本上说是发展问题。应该经济增长、社会发展、环境保护统筹协调起来,建立适应可持续发展要求的生产方式和消费方式。应对气候变化的努力应该促进而不是阻碍各国尤其是发展中国家发展经济、消除贫困。

第三,技术进步对减缓和适应气候变化具有决定性作用。国际社会要增加资金投入,扩大信息交流,在技术创新、推广和利用方面加强合作,提高共同应对气候变化的能力。

第四,气候变化是发展中国家最为关心的问题,是应对气候变化挑战的重要组成部分。发达国家应积极帮助发展中国家提高应变能力,增强应对气候灾害的能力。

3. 气候决定论

气候决定论是地理学中曾经流行过的一种论点。认为气候是广泛存在的、强有力的环境因子,对于塑造自然系统和社会系统,起着决定的作用。因其过于夸大气候的作用,故遭到许多学者的批判。但对于推动气候学发展,仍有一定贡献。如唤醒人们的气候意识,对若干历史事件的评价,开拓了新的思路等。此外,气候决定论亦指气候可预报性的一种理论,认为包括大气圈、水圈、岩石圈、冰雪圈和生物圈在内的气候系统的运行状态,可由有关变量依一定的规律确切地表达出来。

人的容貌、性格和行为,并非完全能由人类自己主宰,这个“权力”有时还握在大自然的“手心”。人的高矮胖瘦以及容貌的黄黑白,不仅与人的遗传有关,而且与气候也有一定的关系。

例如,在欧亚大陆,生活在赤道附近热带地区的人,由于光照强烈,气温又高,人的皮肤颜色黑黝黝的。为了抵御酷热的气候,他们的脖子很短,头明显偏小,而鼻子较阔,这样有利于散发体内热量。在寒带、温带的高纬度地区,常年太阳不能直射,光照强度较弱,气温很低,严寒期又长,这里大多为白种人。为了抵御严寒,他们往往生有一个比住在温、热带地区的人更钩的鼻子。鼻梁较高,鼻内孔道较长。就头型而言,寒带和温带居民头大、头型圆,脸部比较平,这很有利于保温,减少散热量。

(四) 天气现象

天气可以理解为天气现象和天气过程的统称,是指一定时间和空间内不断变化着的大气状态。即某一时间内大气中各种气象要素(如气温、气压、湿度、风、云、雾、雨、雪、霜、雷、雹等)空间分布和变化过程。

1. 天气系统

天气系统通常是指引起天气变化和分布的高压、低压和高压脊、低压槽等具有典型特征的大气运动系统。各种天气系统都具有一定的空间尺度和时间尺度,而且各种尺度系统间相互交织、相互作用。许多天气系统的组合,构成大范围的天气形势,构成半球甚至全球的大气环流。

天气系统总是处在不断新生、发展和消亡过程中,在不同发展阶段有其相对应的天气现象分布。因而一个地区的天气和天气变化是同天气系统及其发展阶段相联系的,是大气的动力过程和热力过程的综合结果。

各类天气系统都是在一定的大气环流和地理环境中形成、发展和演变着,都反映着一定地区的环境特性。比如极区及其周围终年覆盖着冰雪,空气严寒、干燥,这一特有的地理环境成为极区低空冷高压和高空极涡、低槽形成、发展的背景条件。赤道和低纬地区终年高温、潮湿,大气处于不稳定状态,是对流性天气系统产生、发展的必要条件。中高纬度是冷、

暖气流经常交绥地带,不仅冷暖气团你来我往交替频繁,而且其斜压不稳定,是锋面、气旋系统得以形成、发展的重要基础。

天气系统的形成和活动反过来又会给地理环境的结构和演变以深刻影响。因而认识和掌握天气系统的形成、结构、运动变化规律以及同地理环境间的相互关系,对于了解天气、气候的形成、特征、变化和预测地理环境的演变都是十分重要的。

天气预报是人类预报天气的发展的科学。从谚语开始到今天使用计算机进行纳维-斯托克斯方程式等等的运算,数值预报这门科学的历史长久。今天的天气预报可以对一星期内的天气做比较准确的预报。现在天气预报大都播报最高、最低气温;降雨机率,雨量的大小;晴天,阴天和紫外线指数,寒冷指数等。

2. 多变的天气现象

(1) 风。风是空气分子的定向运动,形成风的直接原因,是气压在水平方向分布的不均匀导致的。风受大气环流、地形、水域等不同因素的综合影响。风的表现形式多种多样,如季风、地方性的海陆风、山谷风、焚风等。

①“捕风捉影”。要理解风的成因,先要弄清两个关键的概念:空气和气压。空气的构成包括:氮分子(占空气总体积的78%)、氧分子(约占21%)、水蒸气和其他微量成分。所有空气分子以很快的速度移动着,彼此之间迅速碰撞,并和地平线上任何物体发生碰撞。气压可以定义为:在一个给定区域内,空气分子在该区域施加的压力大小。一般而言,在某个区域空气分子存在越多,这个区域的气压就越大。相应来说,风是气压梯度力作用的结果。而气压的变化,是地表受热不均引起的。

海陆差异对气流运动的影响显著,在冬季,大陆比海洋冷,大陆气压比海洋高,风从大陆吹向海洋。夏季相反,大陆比海洋热,风从海洋吹向内陆。这种随季节转换的风,我们称为季风。所谓的海陆风是指白昼时,大陆上的气流受热膨胀上升至高空流向海洋,到海洋上空冷却下沉,在近地层海洋上的气流吹向大陆,补偿大陆的上升气流,低层风从海洋吹向大陆称为海风,夜间(冬季)时,情况相反,低层风从大陆吹向海洋,称为陆风。

在山区由于热力原因引起的白天由谷地吹向平原或山坡,夜间由平原或山坡吹向山谷,前者称谷风,后者称为山风。这是由于白天山坡受热快,温度高于山谷上方同高度的空气温度,坡地上的暖空气从山坡流向谷地上方,谷地的空气则沿着山坡向上补充流失的空气,这时由山谷吹向山坡的风,称为谷风。夜间,山坡因辐射冷却,其降温速度比同高度的空气较快,冷空气沿坡地向下流入山谷,称为山风。

②“风行草从”。风是农业生产的环境因子之一。中国盛行季风,对作物生长有利。风速适度对改善农田环境条件起着重要作用。近地层热量交换、农田蒸散和空气中的二氧化碳、氧气等输送过程随着风速的增大而加快或加强。风可传播植物花粉、种子,风帮助植物授粉和繁殖。我国民间有很多关于风雨的农谚,来帮助人们观风识雨。如“春南夏北,有风必雨”;“大风见星光,来朝风更狂”;“南风暖,东风潮,北风过来没处逃”等。

风对农业也会产生消极作用。它能传播病原体,蔓延植物病害。高空风是粘虫、稻飞虱、稻纵卷叶螟、飞蝗等害虫长距离迁飞的气象条件。大风使叶片机机械擦伤、作物倒伏、树木断折、落花落果而影响产量。大风还造成土壤风蚀、沙丘移动,而毁坏农田。在干旱地区盲目垦荒,风将导致土地沙漠化。牧区的大风和暴风雪可吹散畜群,加重冻害。地方性风的某些特殊性质,也常造成风害。由海上吹来含盐分较多的海潮风,高温低温的焚风和干热风,都严重影响果树的开花、坐果和谷类作物的灌浆。防御风害,多采用培育矮化、抗倒伏、耐摩

擦的抗风品种。营造防风林,设置风障等更是有效的防风方法。

③“风云变幻”。太阳的辐射造成地球表面受热不均,引起大气层中压力分布不均,空气沿水平方向运动形成风。风的形成乃是空气流动的结果。在赤道和低纬度地区,太阳高度角大,日照时间长,太阳辐射强度强,地面和大气接受的热量多、温度较高;再高纬度地区太阳高度角小,日照时间短,地面和大气接受的热量小,温度低。这种高纬度与低纬度之间的温度差异,形成了南北之间的气压梯度,使空气作水平运动,风应沿水平气压梯度方向吹,即垂直于等压线从高压向低压吹。地球在自转,使空气水平运动发生偏向的力,称为地转偏向力,这种力使北半球气流向右偏转,南半球向右偏转,所以地球大气运动除受气压梯度力外,还要受地转偏向力的影响。大气真实运动是这两力综合影响的结果。

实际上,地面风不仅受这两个力的支配,而且在很大程度上受海洋、地形的影响,山隘和海峡能改变气流运动的方向,还能使风速增大,而丘陵、山地却摩擦大使风速减少,孤立山峰却因海拔高使风速增大。因此,风向和风速的时空分布较为复杂。

风速是指空气在单位时间内流动的水平距离。根据风对地上物体所引起的现象将风的大小分为13个等级,称为风力等级,简称风级。以0~12等级数字记载。民间有很多关于风力等级的歌谣,如0级烟柱直冲天;1级轻烟随风偏;2级轻风拂脸面;3级叶动红旗展;4级风吹飞纸片;5级小树随风摇;6级举伞有困难;7级迎风走不便;8级风吹树枝断;9级屋顶飞瓦片;10级拔树又倒屋;11、12级陆上很少见!

(2)云。大气中的水蒸气,凝聚而成小水滴或水粒,或与雨共存时肉眼可见的集合体,叫做云。天空中,时而碧空无云,时而白云朵朵,时而乌云密布。正是云的这种隐现、变化,让人们感到天空变化莫测、天气变化无常。为什么天上有时有云,有时又无云呢?云究竟是怎样形成的呢?它又是 by 什么组成的?

①“雾起云涌”。从地面向上十几千米的大气中,越靠近地面,温度越高,空气也越稠密;越往高空,温度越低,空气也越稀薄。另一方面,江河湖海的水面,以及土壤和动、植物的水分,随时蒸发到空中变成水汽。水汽进入大气后,成云致雨,或凝聚为霜露,然后又返回地面,渗入土壤或流入江河湖海。以后又再蒸发(汽化),再凝结(凝华)下降。周而复始,循环不已。

水汽从蒸发表面进入低层大气后,这里的温度高,所容纳的水汽较多,如果这些湿热的空气被抬升,温度就会逐渐降低,到了一定高度,空气中的水汽就会达到饱和。如果空气继续被抬升,就会有多余的水汽析出。如果那里的温度高于 0°C ,则多余的水汽就凝结成小水滴;如果温度低于 0°C ,则多余的水汽就凝化为小冰晶。在这些小水滴和小冰晶逐渐增多并达到人眼能辨认的程度时,就是云了。

云的形成过程是空气中的水汽经由各种原因达到饱和或过饱和状态而发生凝结的过程。按云的成因分类,主要有:锋面云,锋面上暖气团抬升成云;地形云,当空气沿着正地形上升时;平流云,当气团经过一个较冷的下垫面时,例如一个冷的水体;对流的云,因为空气对流运动而产生的云;气旋云,因为气旋中心气流上升而产生的云。

②风云变幻。云的形态分类。简单来说,云主要有三种形态:一大团的积云、一大片的层云和纤维状的卷云。而科学上云的分类最早是由法国博物学家尚·拉马克于1801年提出的。1929年,国际气象组织以英国科学家卢克·霍华德1803年制定的分类法为基础,按云的形状、组成、形成原因等把云分为十大云属。而这十大云属则可按其云底高度把它们划入三个云族:高云族、中云族、低云族,详见下表。

表 3 云的分类

云族	云属		云类	
	学名	简写	学名	简写
低云	积云	Cu	淡积云 碎积云 浓积云	Cu hum Fc Cu cong
	积雨云	Cb	秃积雨云 鬃积雨云	Cb calv Cb cap
	层积云	Sc	透光层积云 蔽光层积云 积云性层积云 堡状层积云 荚状层积云	Sc tra Sc op Sc cug Sc cast Sc lent
	层云	St	层云 碎层云	St Fs
	雨层云	Ns	雨层云 碎雨云	Ns Fn
中云	高层云	As	透光高层云 蔽光高层云	As tra As op
	高积云	Ac	透光高积云 蔽光高积云 荚状高积云 积云性高积云 絮状高积云 堡状高积云	Ac tra Ac op Ac lent Ac cug Ac flo Ac cast
高云	卷云	Ci	毛卷云 密卷云 伪卷云 钩卷云	Ci fil Ci dens Ci not Ci unc
	卷层云	Cs	毛卷层云 薄幕卷层云	Cs fil Cs nebu
	卷积云	Cc	卷积云	Cc

另外,凝结尾迹是指当喷射飞机在高空划过时所形成的细长而稀薄的云。夜光云非常罕见,它形成于大气层的中间层,只能在高纬度地区看到。每一种云都有它的特殊性,但不是一成不变的。在一定条件下,这一种云可以转变为那一种云,那一种云又可以转变为另一种云。例如淡积云可以发展成浓积云,再发展成积雨云;积雨云顶部脱离成为伪卷夜光云等。

③ 观云识天。民间早就认识到可以通过观云来预测天气变化。那最轻盈、站得最高的云,叫卷云。这种云很薄,阳光可以透过云层照到地面,房屋和树木的光与影依然很清晰。

卷云丝丝缕缕地飘浮着,有时像一片白色的羽毛,有时像一块洁白的绫纱。如果卷云成群成行地排列在空中,好像微风吹过水面引起的鳞波,这就成了卷积云。卷云和卷积云都很高,那里水分少,它们一般不会带来雨雪。还有一种像棉花团似的白云,叫积云。它们常在两千米左右的天空,一朵朵分散着,映着灿烂的阳光,云块四周散发出金黄的光辉。在晴天,我们还会偶见一种高积云。高积云是成群的扁球状的云块,排列很匀称,云块间露出碧蓝的天幕,远远望去,就像草原上雪白的羊群。

当那连绵的雨雪将要来临的时候,卷云在聚集着,天空渐渐出现一层薄云,仿佛蒙上了白色的绸幕,这种云叫卷层云。卷层云慢慢地向前推进,天气就将转阴。接着,云层越来越低,越来越厚,隔了云看太阳或月亮,就像隔了一层毛玻璃,朦胧不清。这时卷层云已经改名换姓,该叫它高层云了。出现了高层云,往往在几个钟头内便要下雨或者下雪。最后,云压得更低,变得更厚,太阳和月亮都躲藏了起来,天空被暗灰色的云块密密层层地布满了,这种云叫雨层云。雨层云一形成,连绵不断的雨雪也就降临了。夏天,雷雨到来之前,在天空先会看到积云。积云如果迅速地向上凸起,形成高大的云山,群峰争奇,耸入天顶,就变成了积雨云。积雨云越长越高,云底慢慢变黑,云峰渐渐模糊,不一会,整座云山崩塌了,乌云弥漫了天空,顷刻间,雷声隆隆,电光闪闪,马上就会哗啦哗啦地下起暴雨,有时竟会带来冰雹或者龙卷风。

我们还可以根据云上的光彩现象,推测天气的情况。在太阳和月亮的周围,有时会出现一种美丽的七彩光圈,里层是红色的,外层是紫色的,这种光圈叫做晕。日晕和月晕常常产生在卷层云上,卷层云后面的大片高层云和雨层云,是大风雨的征兆。所以有“日晕三更雨,月晕午时风”的说法。说明出现卷层云,并且伴有晕,天气就会变坏。另有一种比晕小的彩色光环,叫做“华”。颜色的排列是里紫外红,跟晕刚好相反。日华和月华大多产生在高积云的边缘部分。华环由小变大,天气趋向晴好。华环由大变小,天气可能转为阴雨。夏天,雨过天晴,太阳对面的云幕上,常会挂上一条彩色的圆弧,这就是虹。人们常说:“东虹轰隆西虹雨。”意思是说,虹在东方,就有雷无雨;虹在西方,将有大雨。还有一种云彩常出现在清晨或傍晚。太阳照到天空,使云层变成红色,这种云彩叫做霞。朝霞在西,表明阴雨天气在向我们进袭;晚霞在东,表示最近几天里天气晴朗。所以有“朝霞不出门,晚霞行千里”的谚语。

(3) 雾。雾是指接近地面的空气中的水蒸气。由于接触较冷的地表,因而凝结成小水滴或冰晶,使能见度不足1千米,就叫做“雾”,与云的区别只是雾较贴近地面;有时区别于雾的是不太透明。有大雾、浓雾、雾岑(云雾缭绕的山峰)等有雾的天气。雾形成的条件一是冷却,二是加湿,三是有凝结核。一般来讲,具备这些条件的往往是深秋初冬,尤其是深秋初冬的早晨。

城市中的烟雾是另一种原因所造成的,那就是人类的活动。早晨和晚上正是供暖锅炉的高峰期,大量排放的烟尘悬浮物和汽车尾气等污染物在低气压、风小的条件下,不易扩散,与低层空气中的水汽相结合,比较容易形成烟尘(雾),而这种烟尘(雾)持续时间往往较长。

雾消散的原因,一是由于下垫面的增温,雾滴蒸发;二是风速增大,将雾吹散或抬升成云;再有就是湍流混合,水汽上传,热量下递,近地层雾滴蒸发。

雾的持续时间长短,主要和当地气候干湿有关。一般来说,干旱地区多短雾,多在1小时以内消散,潮湿地区则以长雾最多见,可持续6小时左右。

雾与未来天气的变化有着密切的关系。自古以来,我国劳动人民就认识这个道理了,并反映在许多民间谚语里。如:“黄梅有雾,摇船不问路。”这是说春夏之交的雾是雨的先兆,故

民间又有“夏雾雨”的说法。又如：“雾大不见人，大胆洗衣裳。”这是说冬雾兆晴，秋雾也如此。

准确的看雾知天，还必须看雾持续的时间。辐射雾是由于天气受冷，水气凝结而成，所以白天温度一升高，就烟消云散，天气晴好；反之，“雾不散就是雨”。雾若到白天还不散，第二天就可能是阴雨天了，因此民谚说：“大雾不过晌，过晌听雨响。”

秋冬季节，北方的冷空气南下后，随着天气转晴和太阳的照射，空气中的水分的含量逐渐增多，容易形成辐射雾，因此秋冬的雾便往往能预报明天的好天气。

春夏季节的雾便不同了，它大多来自海上的暖湿空气流，碰到较冷的地面，下层空气也变冷，水气就凝结成雾了，这种雾叫平流雾。它是海上的暖湿空气侵入大陆，突然遇冷而形成的。这些暖湿气流与大陆的干冷空气相遇，自然就阴雨绵绵了。所以春夏雾预示着天气阴雨。

(4) 雨。雨是从云中降落的水滴。陆地和海洋表面的水蒸发变成水蒸气，水蒸气上升到一定高度后遇冷变成小水滴，这些小水滴组成了云，它们在云里互相碰撞，合并成大水滴，当它大到空气托不住的时候，就从云中落了下来，形成了雨。雨的成因多种多样，它的表现形态也各具特色，有毛毛细雨，有连绵不断的阴雨，还有倾盆而下的阵雨。雨水是人类生活中最重要的淡水资源，植物也要靠雨露的滋润而茁壮成长。但暴雨造成的洪水也会给人类带来巨大的灾难。

①“翻云覆雨”。地球上的水受到太阳的照射后，就变成水蒸气被蒸发到空气中去了。水汽在高空遇到冷空气便凝聚成小水滴。这些小水滴都很小，直径只有 0.01~0.02 毫米，最大也只有 0.2 毫米。它们又小又轻，被空气中的上升气流托在空中，就是这些小水滴在空中聚成了云。这些小水滴要变成雨滴降到地面，它的体积大约要增大 100 多万倍。

这些小水滴是怎样使自己的体积增长到 100 多万倍的呢？它主要依靠两个手段，其一是凝结和凝华增大。其二是依靠云滴的碰并增大。在雨滴形成的初期，云滴主要依靠不断吸收云体四周的水气来使自己凝结和凝华。如果云体内的水气能源源不断得到供应和补充，使云滴表面经常处于过饱和状态，那么，这种凝结过程将会继续下去，使云滴不断增大，成为雨滴。如果云内出现水滴和冰晶共存的情况，那么，这种凝结和凝华增大过程将大大加快。当云中的云滴增大到一定程度时，由于大云滴的体积和重量不断增加，它们在下降过程中不仅能赶上那些速度较慢的小云滴，而且还会“吞并”更多的小云滴而使自己壮大起来。当大云滴越长越大，最后大到空气再也托不住它时，便从云中直落到地面，成为我们常见的雨水。

②“风调雨顺”。雨的种类很多，除了酸雨，有颜色的雨外，还有许多有趣的雨，比如蛙雨，铁雨，金雨，甚至钱雨，它们都是龙卷风的杰作。

按照降水的成因分：有对流雨、锋面雨、地形雨、台风雨(气旋雨)；

按照降水量的大小：有小雨、中雨、大雨、暴雨；

按照降水的形式：有降雪、降雨、冰雹……。

雨量等级划分标准是：日降水量在 0~10 毫米之间为小雨；在 10~25 毫米之间为中雨；在 25~50 毫米之间为大雨；在 50~100 毫米之间为暴雨；100~200 毫米之间为大暴雨；大于 200 毫米的为特大暴雨。

(5) 雪。雪是指天空中飘落的白色结晶体，多为六角形，是天空中的水蒸气冷至摄氏零

度以下凝结而成。

①“万里雪飘”。“千里冰封,万里雪飘”是伟人毛泽东的著名诗句,形容冰雪天气的壮观、神奇。在天空中运动的水汽怎样才能形成降雪呢?是不是温度低于零度就可以了?不是的,水汽想要结晶,形成降雪必须具备两个条件。一个条件是水汽饱和,即空气在某一个温度下所能包含的最大水汽量,叫做饱和水汽量。空气达到饱和时的温度,叫做露点。饱和的空气冷却到露点以下的温度时,空气里就有多余的水汽变成水滴或冰晶。因为冰面饱和水汽含量比水面要低,所以冰晶生长所要求的水汽饱和程度比水滴要低。也就是说,水滴必须在相对湿度(相对湿度是指空气中的实际水汽压与同温度下空气的饱和水汽压的比值)不小于100%时才能增长;而冰晶呢,往往相对湿度不足100%时也能增长。例如,空气温度为-20℃时,相对湿度只有80%,冰晶就能增长了。气温越低,冰晶增长所需要的湿度越小。因此,在高空低温环境里,冰晶比水滴更容易产生。

另一个条件是空气里必须有凝结核。有人做过试验,如果没有凝结核,空气里的水汽,过饱和到相对湿度500%以上的程度,才有可能凝聚成水滴。但这样大的过饱和现象在自然大气里是不会存在的。所以没有凝结核的话,我们地球上就很难能见到雨雪。凝结核是一些悬浮在空中的很微小的固体微粒。最理想的凝结核是那些吸收水分最强的物质微粒。比如说海盐、硫酸、氮和其他一些化学物质的微粒。所以我们有时才会见到天空中有云,却不见降雪,在这种情况下人们往往采用人工降雪。

②瑞雪兆丰年。“瑞雪兆丰年”是我国广为流传的农谚。在北方,一层厚厚而疏松的积雪,像给小麦盖了一床御寒的棉被。雪中所含的氮素,易被农作物吸收利用。雪水温度低,能冻死地表层越冬的害虫,也给农业生产带来好处。所以又有一句农谚“冬天麦盖三层被,来年枕着馒头睡。”

因雪的导热本领很差,土壤表面盖上一层雪被,可以减少土壤热量的外传,阻挡雪面上寒气的侵入,所以,受雪保护的庄稼可安全越冬。积雪还能为农作物储蓄水分。此外,雪还能增强土壤肥力。据测定,每1升雪水里,约含氮化物7.5克。雪水渗入土壤,就等于施了一次氮肥。用雪水喂养家畜家禽、灌溉庄稼都可收到明显的效益。

③雪融春汛。春暖时节积雪融化成水而汇流成的汛期,叫做春汛。不少人都有这样的感觉,融雪天比下雪天冷,这主要是因为积雪的消融需要消耗大量的热。雪的融化潜热比较大,把1克零度的雪融化成为零度的水,需要热量79.67卡。换句话说,这些热量可以把同样重量的零度的水,升温到79.67℃。由于融雪需要消耗一定的热量,因此,在春汛期间,大地上的气温还不能升高,将出现一段春寒时期。

在一些高山地区,山顶常年存在积雪,但是这些积雪在一定高度以上常年不化,这个高度叫做雪线,只有在雪线以下的积雪春天才会融化。我国内陆河大多流经干旱区,水量少。但是在春汛期间河水来得特别猛烈集中,也要进行抗洪,所以在沙漠地区发生洪水也不是天方夜谭。

④疾速雪崩。人类短跑的世界冠军,不过每秒钟跑11米;动物界的短跑冠军猎豹在追捕猎物时出现的闪电般的速度,不过每秒钟跑30.5米;十二级的强大台风,不过每秒钟跑32.5米。但是雪崩却能够达到每秒钟97米的惊人程度。如,1970年秘鲁的大雪崩,雪崩在不到3分钟时间里飞跑了14.5千米路程。也就是说,每秒钟平均达到近90米的速度。

第一次世界大战的时候,意大利和奥地利在阿尔卑斯山的特罗尔地区打仗,双方死于雪崩的人数不少于四万。双方经常有意用大炮轰击积雪的山坡,制造人工雪崩来杀伤敌人。

后来有个奥地利军官在回忆录里感叹地说,“冬天的阿尔卑斯山,是比意大利军队更危险的敌人。”

(6) 霜。霜,露所凝也。在寒冷季节的清晨,草叶上、土块上常常会覆盖着一层霜的结晶。它们在初升起的阳光照耀下闪闪发光,待太阳升高后就融化了。人们常常把这种现象叫“下霜”。翻翻日历,每年10月下旬,总有“霜降”这个节气。我们看到过降雪,也看到过降雨,可是谁也没有看到过降霜。其实,霜不是从天空降下来的,而是在近地面层的空气里形成的。

①“冷若冰霜”。霜是一种白色的冰晶,多形成于夜间。少数情况下,在日落以前太阳斜照的时候也能开始形成。通常,日出后不久霜就融化了。但是在天气严寒的时候或者在背阴的地方,霜也能终日不消。

霜的形成不仅和当时的天气条件有关,而且与所附着的物体的属性也有关。当物体表面的温度很低,而物体表面附近的空气温度却比较高,那么在空气和物体表面之间有一个温度差,如果物体表面与空气之间的温度差主要是由物体表面辐射冷却造成的,则在较暖的空气和较冷的物体表面相接触时空气就会冷却,达到水汽过饱和的时候多余的水汽就会析出。如果温度在 0°C 以下,则多余的水汽就在物体表面上凝华为冰晶,这就是霜。因此霜总是在有利于物体表面辐射冷却的天气条件下形成。

另外,云对地面物体夜间的辐射冷却是有妨碍的,天空有云不利于霜的形成,因此,霜大都出现在晴朗的夜晚,也就是地面辐射冷却强烈的时候。

此外,风对于霜的形成也有影响。有微风的时候,空气缓慢地流过冷物体表面,不断地供应着水汽,有利于霜的形成。但是,风大的时候,由于空气流动得很快,接触冷物体表面的时间太短,同时风大的时候,上下层的空气容易互相混合,不利于温度降低,从而也会妨碍霜的形成。大致说来,当风速达到3级或3级以上时,霜就不容易形成了。因此,霜一般形成在寒冷季节里晴朗、微风或无风的夜晚。

②“晨霜晓露”。霜的消失有两种方式:一是升华为水汽,一是融化成水。最常见的是日出以后因温度升高而融化消失。霜所融化的水,对农作物有一定好处。霜的出现,说明当地夜间天气晴朗并寒冷,大气稳定,地面辐射降温强烈。这种情况一般出现于有冷气团控制的时候,所以往往会维持几天好天气。我国民间有“霜重见晴天”的谚语,道理就在这里。

(7) 冰雹。冰雹,人们常称为雹。冰雹是在对流云中形成,当水汽随气流上升遇冷会凝结成小水滴,若随着高度增加温度继续降低,达到 0°C 以下时,水滴就凝结成冰粒,在它上升运动过程中,并会吸附其周围小冰粒或水滴而长大,直到其重量无法为上升气流所承载时即往下降,当其降落至较高温度区时,其表面会融解成水,同时亦会吸附周围之小水滴,此时若又遇强大之上升气流再被抬升,其表面则又凝结成冰,如此反复进行如滚雪球般其体积越来越大,直到它的重量大于空气之浮力,即往下降落,若达地面时未融解成水仍呈固态冰粒者称为冰雹,如融解成水就是我们平常所见的雨。冰雹和雨、雪一样都是从云里掉下来的。不过下冰雹的云是一种发展十分强盛的积雨云,而且只有发展特别旺盛的积雨云才可能降冰雹。

冰雹灾害是由强对流天气系统引起的一种剧烈的气象灾害,它出现的范围虽然较小,时间也比较短促,但来势猛、强度大,并常常伴随着狂风、强降水、急剧降温等阵发性灾害性天气过程。中国是冰雹灾害频繁发生的国家,冰雹每年都给农业、建筑、通讯、电力、交通以及

人民生命财产带来巨大损失。据有关资料统计,中国每年因冰雹所造成的经济损失达几亿元甚至几十亿元。

冰雹是春夏季节一种对农业生产危害较大的灾害性天气。冰雹出现时,常常伴有大风、剧烈的降温和强雷电现象。一场冰雹袭击,轻者减产,重者绝收。那么如何预测冰雹和预防冰雹呢?气象台站根据天气图、卫星云图分析和雷达监测,虽能提前作出预报,但准确率仍然不够理想。民间经过长期的实践,积累了比较丰富的预测冰雹的经验,如下雹季节的早晨凉,湿度大,中午太阳辐射强烈,造成空气对流旺盛,则易发展成积雨云而形成冰雹。故有“早晨凉飕飕,午后打破头”的说法,又有“恶云见风长,冰雹随风落”的说法,还有“黑云尾、黄云头,冰雹打死羊和牛”等。

中国是世界上人工防雹较早的国家之一。由于雹灾严重,所以防雹工作得到了政府的重视和支持。目前,已有许多省建立了长期试验点,并进行了严谨的试验,取得了不少有价值的科研成果。开展人工防雹,使其向人们期望的方向发展,达到减轻灾害的目的。目前常用的方法有:①用火箭、高炮或飞机直接把碘化银、碘化铅、干冰等催化剂送到云里去;②在地面上把碘化银、碘化铅、干冰等催化剂在积雨云形成以前送到自由大气里,让这些物质在雹云里起雹胚作用,使雹胚增多,冰雹变小;③在地面上向雹云放火箭打高炮,或在飞机上对雹云放火箭、投炸弹,以破坏对雹云的水分输送;④用火箭、高炮向暖云部分撒凝结核,使云形成降水,以减少云中的水分;在冷云部分撒冰核,以抑制雹胚增长。

工 学

一 信息、通信技术

(一) 信息技术

1. 信息技术革命

(1) 第一次信息技术革命——语言的使用。语言的产生,是历史上最伟大的信息革命,其意义不亚于人类开始制造工具和人工取火,不仅标志着人类信息活动的范围和效率的飞跃性提高,也表明人类自身信息活动的能力(接受能力、传递能力、加工处理能力、存储能力)得到极大的加强,使人类的信息活动第一次从具体走向抽象。

(2) 第二次信息技术革命——文字的使用。信息的符号化,虽然并没有使人类的信息处理发生实质性的变化,却使人类的信息传递和存储发生了革命性的改变,第一次超越人类自身的生理局限和时间、空间、地域的限制。以前仅靠转述或图腾记录方式流传的故事,现在可以用文字准确地记录下来,传至永远。用信函可以在超越人们以前所难以想象的距离上传递信息。这样,随着文字的出现,人类的信息活动范围更广、质量更好、效果更佳。

(3) 第三次信息技术革命——印刷术的使用。11世纪(北宋年间),我国的毕昇发明了活字印刷术,完成了人类历史上的第三次信息技术革命,极大地推动了人类社会的进步。人类信息(特别是文字和图画信息)传递的速度和范围急剧地扩展,使人类信息的存储能力进一步加强,并初步实现了广泛的信息共享。这项技术的成熟是信息技术的一大突破。

除此以外,在古代人们还广泛地使用了其他手段,如漂流瓶、信号标等进行信息的传递,用壁画、图形等来储存有关信息。

(4) 第四次信息技术革命——电技术。拉开近代信息技术发展序幕的是美国科学家莫尔斯。1837年,经过10年的努力,莫尔斯终于成功地发明了有线电报和莫尔斯电码。于是,“电”这一陌生的主角开始步入信息领域,人类的信息活动也终于步入一个崭新的里程。

19世纪中叶,在电子学和电子技术的推动下,有线通信、无线通信、卫星通信、图像通信等新的信息传输方式不断涌现,电报、广播、传真、电视等新的信息传输工具的发明和使用又导致了人类历史上最伟大的一次信息技术变革。在这场以电信革命为先导的信息革命中,除了信息处理之外,人类信息活动的一切方面都发生了根本性的变化,实现了不同环境和远近距离下实时信息交流,使人与人之间的信息交流能以听得到、看得见的直接形式进行。电信革命的出现和发展,不仅使人类的信息活动更加丰富、复杂和深入,而且使人类开始了对信息及其规律的探索和认识。

(5) 第五次信息技术革命——计算机与通信技术的结合。20世纪中叶以来,电子技术以及微电子技术成了这一时期信息技术的最主要技术,直到20世纪80年代以前,整个信息技术几乎是电子信息技术的独家天下,电子感测技术、电子通信技术、电子计算机技术以及电子化控制技术日渐成熟,并且获得了广泛的应用。

电子学的发展,特别是半导体技术、微电子技术、集成电路技术等现代科学技术领域的重大突破,又使信息技术产生了革命性的发展,真正成为了一种适应现代信息社会需要的高新技术。

自从20世纪60年代第一个激光器问世以来,激光信息技术的发展非常迅速,形成了对电子信息技术的补偿和强有力的挑战。这是因为激光信号不受电磁干扰(包括核辐射)的影响,因此吸引人们去大力开发。到目前为止,激光感测技术、激光通信技术和激光控制技术都已经取得了突破性的进展,并有大量产品投放市场,进入了实用阶段。即使在激光计算机技术方面,也取得了重大的进展:作为大容量的激光光盘和全息储存早已问世,光集成技术也日臻成熟,现在人们正在致力于研制光计算机整机(即所谓光脑)。当然,激光计算机完全进入实用阶段尚需时日。在通信技术领域,形势更加明朗,光通信不仅已经赶上而且已经超过了电通信的地位,特别在主干线上,光通信将迅速取代电通信系统;电子计算机或许将与激光计算机在一段时间内互补共存,而在精密控制方面电子计算机系统恐怕要逐渐让位于激光控制系统。

2. 计算机技术的发展与更新换代

(1) 第一代电子管计算机。第一代电子管计算机ENIAC每秒可以进行5000次加法运算,用它来计算弹道参数时,对60秒钟的射程弹道计算,由以前的20分钟一下子就缩短到30秒,许多难题用“ENIAC”计算都迎刃而解。这个神秘的精灵为世界第一颗原子弹的早日问世立下了汗马功劳。到1955年10月2日,“ENIAC”光荣退休,共运行了80223个小时。

(2) 第二代晶体管计算机。1954年,美国贝尔实验室的3名科学家巴丁、肖克利和布拉顿合作发明了晶体管。晶体管不仅能实现电子管的功能,而且具有尺寸小、重量轻、寿命长、效率高、发热少、能耗低等优点。使用了晶体管以后,电子线路的结构大大改观,制造高速电子计算机的设想也就更容易实现了。

1954年,美国贝尔实验室研制成功第一台使用晶体管线路的计算机,取名“崔迪克(TRADIC)”,装有800个晶体管。1955年,美国在阿塔拉斯洲际导弹上装备了以晶体管为主要元件的小型计算机。10年以后,在美国生产的同一型号的导弹中,由于改用集成电路元件,重量只有原来的1/100,体积与功耗减少到原来的1/300。

(3) 第三代集成电路计算机。1958年,世界上第一个集成电路诞生时,只包括一个晶体管、两个电阻和一个电阻电容网络。后来集成电路工艺日趋完善,集成电路所包含的元件数量以每1~2年翻一番的速度增长着。到20世纪70年代初期,大部分电路元件都以集成电路的形式出现。甚至,在大拇指那样约1平方厘米的芯片上,就可以集成上百万个电子元件。

1964年4月7日,美国IBM公司宣告,世界上第一个采用集成电路的通用计算机系列IBM360系统研制成功,研制开发经费高达50亿美元,是研制第一颗原子弹的曼哈顿计划的2.5倍。

(4) 第四代大规模和超大规模集成电路计算机。20世纪60年代后,微电子技术发展迅猛。在1967年和1977年,分别出现了大规模集成电路和超大规模集成电路,并立即在电子计算机上得到了应用。由大规模和超大规模集成电路组成的计算机,就被称为第四代计算机。

(5) 第五代智能计算机。第五代计算机是智能型的,它是一种有知识、会学习、能推理的计算机,具有能理解自然语言、声音、文字和图像的能力,并且具有说话的能力,使人机能

够用自然语言直接对话;它还可以利用已有的和不断学习知识,进行思维、联想、推理,并得出结论,能解决复杂问题,具有汇集、记忆、检索有关知识的能力。1991年,美国加州理工学院推出了一种大容量并行处理系统,用528台处理器并行进行工作,其运算速度可达每秒320亿次浮点运算。

(6) 第六代“人性化”计算机的构想。专家们认为第六代计算机是能够模仿人大脑的判断能力和适应能力,并具有可并行处理多种数据功能的神经网络计算机。

与以逻辑处理为主的第五代计算机不同,它本身可以判断对象的性质与状态,并能采取相应的行动,而且它可同时并行处理实时变化的大量数据,并引出结论。以往的信息处理系统只能处理条理清晰、经络分明的数据,而第六代电子计算机将“模拟”人脑的智慧和灵活性。

3. 微电子技术

(1) 微电子技术的兴起。微电子技术是微小型电子元件和电路的研制、生产以及用它们实现电子系统功能的高技术领域。在这个领域中最主要的就是集成电路技术。它是计算机技术的核心技术。

微电子技术和传统的电子技术的差别在于,微电子技术不仅使电子设备和系统的微型化成为可能,更重要的是它引起了电子设备和系统的设计、工艺、封装等的巨大变革。所有的传统元器件,如晶体管、电阻、连线等都将在硅片内以整体的形式互相连接,设计的出发点不再是单个元器件,而是整个系统或设备。

在高新技术产品元件中所使用的硅不是那些粗糙的硅,而是极其纯净、几乎没有任何缺陷的硅单晶。作为微电子元件的硅材料如果有缺陷,就像隐藏在人的心脏中的“杀手”一样,迟早会造成整个系统瘫痪、报废。

在生产硅元件的过程中,首先要提炼纯净的硅,其次要把多晶硅拉制成单晶硅,半导体表面状况对半导体器件的性能影响颇大,特别是关系到半导体器件的稳定性和可靠性。因此,提高半导体的表面加工技术,同晶体本身的提纯、拉制一样,是提高微电子元件稳定可靠性的基础。

(2) 微电子技术的发展。自第二次世界大战结束以来,微电子技术发展经历了五代,即半导体技术、集成电路技术、大规模集成电路技术、超大规模集成电路技术、超大规模智能化集成电路技术。美国著名半导体专家戈登·莫尔曾提出一条著名的“定律”:半导体芯片上的电路数量以每年翻一番的速度增加,芯片的合格率不断上升,而成本持续下降。

集成电路技术是现代微电子技术的代表。可以采用特定的工艺,把一个或一个整套电路中所需要的晶体管、二极管和阻容、电感等元件,制作在硅片或陶瓷基片上,再用适当的方法连接,然后封装在一个管壳内,成为具有系统功能的微结构。这种整体化电路不仅使电路的尺寸、重量大大减小,而且省去了很多引出线和焊接点,为电子元件的微型化、低功耗和高可靠性提供了开创性的设计思路。集成电路技术的发展取决于硅片表面氧化技术、光刻技术、电路设计技术、计算机软件等多领域技术创新。

(3) 集成电路技术创新。20世纪80年代,一些新的芯片制作技术相继问世,这些更精密的加工技术可以在一块芯片上集成几十万甚至百万个以上的元件。这些新技术包括:一是电子束制版技术。二是聚焦离子束技术。三是X光和激光制版技术。

用户购买了标准化芯片后,可以根据自己的用途对元件适当做些组合、连接工作,形成自己所需要的电路,硅编辑或标准单元技术在此基础上做了进一步改进。它把经设计、测试

好的整个电路各部分储存在电子库中,然后,计算机根据用户的特定设计要求把上述储存的标准单元进行最佳组合,以设计出新的芯片。这些设计制作工艺无疑可以提高新型芯片的设计制作速度,降低成本,并提高对市场变化的适应性。

4. 人工智能技术和虚拟现实技术

(1) 人工智能技术。

① 人工智能的研究对象。包括逻辑推理演算,计算机模式识别、智能计算机等。

学习本身不是简单的重复,它包含着创造和进步的含义。智能计算机可以自动积累知识,根据执行情况修改计划,甚至通过分析大量数据发现自然规律。

② 人工智能的分类。

微观人工智能。1943年,McCulloch和Pitts建成了第一个神经网络的数学模型。神经网络的理论来自我们的大脑。也就是说,他们通过数学的方法,找到了一种数学模型,可以模拟人类大脑的神经系统某些方面的功能,这种研究称之为微观人工智能,即通过模拟人脑来实现智能的研究。

宏观人工智能。另外一些科学家,试图通过研究人类的心理活动,来实现人工智能。他们认为,人的心理活动可以通过信息的形式加以研究,并且可以在此基础上提出描述人的各种心理活动的数学模型。如果可以提出数学模型,当然就可以运用计算机处理。这种研究称之为宏观人工智能。

人工神经网络。人工神经网络的特点和优越性,主要表现在3个方面:

第一,自学习功能。例如实现图像识别时,只要先把许多不同的图像样板和对应的应识别的结果输入人工神经网络,网络就会通过自学习功能慢慢学会识别类似的图像。自学习功能对于预测有特别重要的意义,预期未来的人工神经网络计算机将为人类提供经济预测、市场预测、效益预测,其前途是很远大的。

第二,联想存储功能。人的大脑是具有联想功能的,用人工神经网络的反馈网络就可以实现联想。

第三,高速寻找优化解能力。寻找一个复杂问题的优化解,往往需要很大的计算量,利用一个针对某个问题而设计的反馈型人工神经网络,发挥计算机的高速运算能力,可以很快找到优化解。

(2) 虚拟现实技术。

① 虚拟现实的概念。又称虚拟实在,简称VR,是指运用计算机和其他软件所造成的一种数字化、智能化的现实场景,或一种人工媒体空间。它是由高性能计算机、硬件和各类先进传感器所创造的一种特殊的信息环境,这种特殊信息环境与人的视觉、听觉、触觉及味觉等相结合,在计算机世界中组成一个逼真的感观世界。

虚拟现实是用电子、信息手段对现实世界的模拟,它作用于使用者的感官,使他们相信模拟的虚拟环境是真实的。这种技术的核心是沉浸、交互、构想,即3I技术,虚拟现实的特征是仿真性、交互性、人工性、沉浸感、电子现场、网络化通信。与以往计算机屏幕所显示的平面信息相比,虚拟现实是一个可以作用于人的多种感官的三维世界,并且是人能适时参与其中并与之交往、互动的交互世界。它突破了平面信息空间的限制,使人不仅从外部观察信息,而且从内部观察、体验信息,通过视觉、听觉、触觉、嗅觉等方式在虚拟现实情景中拓展出一个多维的信息空间,产生身临其境的感觉。

② 虚拟现实技术的基本原理。虚拟现实技术是人与高性能计算机组成的人机系统具

有互感、互动能力。计算机必须具有对人的感知、识别能力,如计算机识别人的指纹、声音、气息、情感等。麻省理工学院多媒体实验室已经研制出能识读人不同表情的计算机,因为人在平静、紧张、恐惧、愉快等不同情感经历中,其呼吸、心律、体温、血压和面部肌肉都会出现相应的变化,可以通过传感器在计算机中记录相应的变化曲线,从而作为识读人的内心情感参数。计算机可以代替人脑发出指令,完成人所想做的工作,如开关电灯、调节电视频道等。

虚拟现实视觉技术。这种技术是让人的眼睛感受到和真情实景相同的信息,这种三维全息形象可随视角的变化而改变,极具有现场动感。当人戴上头盔后,有两个护目镜般的显示器,每只眼睛只接收一个显示器中的图像,因而,两个显示器中的图像有所不同。计算机可以跟踪人的动作,使显示的图像做空间运动,产生动感。

虚拟现实听觉技术。要求所接收到的声音同虚拟环境高度一致。这种立体声必须从语言波段的参数出发,经过数字化处理和运算还原成数字化的语言信号,然后再通过数字模拟转换而输出语言。这种转换避免了平面传输的单调性,并与虚拟物体的位置、运动状态相协调。

虚拟现实触觉原理。这是电脑凭借一定媒体,使人感受到虚拟对象对人的皮肤、肌肉、筋腱和关节上作用的力,并产生相应的触觉反馈和反应。麻省理工学院的研究人员齐默尔曼通过一副传感手套,不用键盘就弹奏出一首乐曲。这副手套上的光敏传感元件与计算机相连,可以认为,他在“弹”一个不存在的虚拟电子合成器。后来又研制出装有阻抗式传感器或机械式传感器的手套。北卡罗莱纳大学的布鲁克斯研制出“可触磁”的有6个自由度的虚拟环境:你可以用桌子上的钳子去操作虚拟的“积木”,当“积木”与桌子、钳子相碰撞时可以听到“咔嚓”的声音;当你碰到一面虚拟的“墙壁”时,它会让你碰壁而返,而不可能穿墙而过。

③ 虚拟现实技术的应用。虚拟现实技术与经济。虚拟现实技术正在使汽车制造行业发生革命性的变化,由于应用虚拟工程学压缩了开发新产品所用的时间,从根本上影响了企业的方方面面,如成本降低、安全性提高等。用虚拟现实技术设计出新式的三维虚拟新产品,可以全面地对其进行模拟、试验、修改,波音777飞机就是用瑞典虚拟现实设计软件开发出来的。虚拟现实技术在经济上大显身手还形成了很时髦的“虚拟企业”、“虚拟经济”等新概念。

虚拟现实技术与教育。比如,美国公立学校雇用大约600万教职工,成千上万名教师在教类似的课程,而且教学水平良莠不齐。采用虚拟现实遥作技术,就可以使任何装备了虚拟现实接收设备的学生都可以接受最好的课堂教学。虚拟技术可以使幼儿教育、中小学教育更具有生动性、趣味性、娱乐性。教学与游戏相结合,不仅可以更好地集中学生的注意力,而且可激发学生的学习情感和丰富想象力,启迪他们的思维。如果是科学馆采用虚拟现实软件,操作者可以体验驾驶太空飞船,历经地震、火山喷发、恐龙迎面奔来等奇幻的景观。

5. 网络技术

(1) 网络技术的发展。综观互联网的历史及展望未来,可分为四大阶段:

① 电子邮件阶段。这个阶段从20世纪70年代开始,平均的通信量以每年几倍的速度增长。

② 信息发布阶段。从1995年起,以Web技术为代表的信息发布系统爆炸式地成长起来,成为互联网的主要应用手段。

③ 电子商务阶段。电子商务是一个划时代的产物,电子商务应用于国际贸易是 21 世纪不可抗拒的历史潮流,是全球贸易和世界经济中不以人的意志为转移的客观规律,互联网将成为人类信息社会的神经系统。

④ 通信、学习、办公、网络互动一体化及物联网阶段。

4 个阶段的应用正在以惊人的速度高速扩张。电子邮件已经在很大程度上取代了过去的信件,一定程度上取代了电话和传真。信息发布功能已经取代了一部分的报纸、电台、电视台的新闻发布功能,几乎所有重要的报纸都有了免费的电子版本以供查阅。许多日常工作,尤其是信息的收集,通过鼠标短时间内就可以完成,出差、长途电话、传真、邮寄等过去必需的行为正逐渐退出舞台,互联网的飞速发展已经给人类带来了不可估量的社会效益和经济效益。

(2) 互联网的功能。互联网的最基本功能是由 TCP/IP 协议提供的 3 种业务:电子邮件、远程登录和电子商务。

电子邮件(E-mail)。是互联网最重要的服务功能之一。实际上,电子邮件就是传统邮政业务的电子化。通过电子邮件服务,用户可以通过互联网将电子信件传送给网络中的其他用户,并且允许用户自由阅读、答复以及转发所收到的电子邮件。

远程登录(Telnet)。是指在 TCP/IP 协议的支持下,用户将连在互联网的一台计算机登录到远程的另一台主机上,并暂时作为这台主机的终端,可以直接使用远程计算机的软、硬件和数据资源。在远程计算机上运行程序,将相应的屏幕显示传送到本地计算机,并将本地的输入送给远程计算机,这称为远程对话或虚拟终端对话。Telnet 能实现虚拟终端功能,用户可以登录到远程计算机上,并且使用该计算机的资源与服务。操作远程计算机的感觉就如同在当地操作一样,只是速度显得稍慢一些。

电子商务。互联网实际上只是一种大大降低沟通成本的工具。互联网可以从根本上改变那些以信息为主的产业或行为方式,比如在金融业,互联网的应用极其成功,还有娱乐业、医疗卫生、政府和教育等其他信息密集型产业。

(3) 网络技术的开发。

网上购物。在网络技术迅速发展的今天,互联网作为一种方便的浏览方式,它不仅使人们足不出户就可以看到商品的具体型号、规格、售价,达到亲自到商场里购物的效果,并且可以减少路途的劳累和商场的拥挤。

网上娱乐。又叫梦幻娱乐公园。通过互联网,可以视听各种文艺节目,好像现在看电视、听广播一样。还可以任选音乐、戏剧、舞蹈、电影、绘画、书法等,不受节目表的限制,不受频道和时间的限制。在屏幕上阅读著作犹如读书一样,只要信息库中有的,不受个人藏书限制,也不用到图书馆。也就是说,不出家门就可以访问电子戏院、电子影院、电子演奏厅,还有电子图书馆、电子博物馆等。

网络教育。远程教育和现在的广播教学、电视教学将是大不相同的。首先是交互式的,即学生可以与教师对话,学生可以提问,“系统”按事先预定的方案答复,甚至以人工智能的方法自编答复。没有呆板的课程时间表,学生学习的时间可以有很大的灵活程度,并且同一课程有时还安排不同的教师,使学生有自主选择的余地。

远程医疗。信息高速公路开通后,“远距离医疗”变成了现实。如果你居住在远离大医院的郊区,你可以通过电视电话请北京或伦敦的著名医疗专家为你诊治疾病。你用不着走远路,只需到当地诊所就行了。

物联网技术。是新一代信息技术的重要组成部分。其英文名称是“The Internet of

Things”。由此,顾名思义,“物联网就是物物相连的互联网”。这有两层意思:第一,物联网的核心和基础仍然是互联网,是在互联网基础上的延伸和扩展的网络;第二,其用户端延伸和扩展到了任何物品与物品之间,进行信息交换和通信。因此,物联网的定义是通过射频识别(RFID)、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备,按约定的协议,把任何物品与互联网相连接,进行信息交换和通信,以实现物品的智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络,在农业、制造业、交通运输、服务等领域有广泛应用前景。

6. 多媒体技术

多媒体技术是使用计算机综合处理图片、图像、声音、动画、视频图像等多种不同类型媒体信息的技术。其技术特点包括运行的实时性、并行性及人机交互的灵活性等。

(1) 多媒体计算机的关键技术。

A. 数字音频和视频技术。解决音频和视频信息的数字化及压缩、解压缩问题,以便对音频、视频信息做到实时处理。

B. 多媒体软件平台技术。主要有多媒体操作系统、多媒体著作工具等。多媒体操作系统是指控制多媒体设备,处理多媒体信息的计算机操作系统和视窗软件环境,它通常应具有实时的多任务处理能力;支持多媒体数据格式;支持对互联网音频、视频的实时处理和同步控制以及具有对设备的相对独立性和可扩展性。多媒体著作工具是指一种高级的多媒体程序开发平台,它支持应用人员方便地创作多媒体应用系统(或软件)。

C. 多媒体通信技术。指实现多媒体信息的传输和交换技术,解决文本、声音、图像等媒体信息的实时表示、实时交换、多路混合以及媒体的最后表示形式等问题。

D. 多媒体数据技术。由于多媒体数据具有复合性、分散性、时序性等特点,因此,多媒体数据技术除包括一般数据库技术,还要解决图形、图像、声音、动态视频、文字等多种媒体类型等问题。

(2) 多媒体技术的应用。多媒体计算机技术被人们称作是继纸张、印刷术、电报电话、广播电视、计算机之后,人类应用信息技术的又一大飞跃。它的发展极大地改变了人们的生活方式,推动了许多相关产业的发展和调整,在不远的将来将介入目前使用的计算机、电视机、摄像机、音响、电话机、电传机的领地,最终形成一个庞大而完整的多媒体产业。多媒体计算机技术也使计算机系统朝着人类接收和处理信息的最自然的方式发展,极大地提高了人机界面的友善程度,其应用也就自然渗透到人类生活的各个方面,与通信、家用电器等产品的相结合,如交互式电视、电子出版物、视频光盘(VCD)、虚拟博物馆等,呈现出十分广阔的应用前景。

7. 信息安全技术

(1) 国家信息安全对策。

A. 制定政策,建立管理机构,将信息安全纳入国家战略。各国都认识到信息安全事关国家全局,不单是一个技术问题、产业问题、经济问题,而且是涉及各行业、各层面的综合性社会问题,国家必须从战略高度来制定相关政策,并成立专门的机构来负责信息安全问题。

B. 制定法律法规,为信息安全提供良好的法律环境。国家的法律法规是信息安全的基石。鉴于信息犯罪是信息网络发展带来的新问题,原有的法律和制度难以有效打击这类新的犯罪行为,为此需要制定与信息安全相关的法律和法规,加大执法力度,使非法分子慑于法律的威力而不敢轻举妄动,从而为信息安全提供必要的法律保证。目前,世界各国有关信息安全的立法基本上是从两个方面入手的。一方面,完善和修订现行法律。各国在进行信

息安全立法时,都十分重视对现行法律适用于网络环境下的相应条款进行确认,并针对新出现的问题,对现行法律中的相关专利法、版权法、反不正当竞争法等进行了修改和补充,使之适用于惩罚信息犯罪。另一方面,制定专门法律和法规。世界各国在肯定现行法律框架的前提下,陆续出台了一些新的法律和法规,以解决基础设施保护、打击网络犯罪、保护隐私权、规范网上信息发布和传播等社会信息化过程中出现的新问题,维护网络信息安全。如计算机犯罪法,就是为打击利用计算机系统或网络进行诈骗、盗窃、蓄意破坏等犯罪行为而专门制定的;而反病毒法规,就是为了严格控制计算机病毒的研究、开发,防止、惩罚计算机病毒的制造和传播,以保护计算机网络资产及其运行安全而专门制定的。

C. 加强信息安全的国际合作,共同打击网络犯罪。信息网络违法犯罪具有超地域性与全球化趋势,这种跨国界、跨地区的作案隐蔽性强,不易破获,危害极大。而且,互联网打破了信息交流时间、空间的限制,具有共同犯罪兴趣、动机的人,无论身处何地,都能方便地进行联络,结成盟友。网络犯罪这种不分国界的特性,要求加强国际间执法合作。目前,世界上许多国家的网络警察之间建立了十分密切的联系,并在一定的国际法规框架下相互协作。

(2) 发展自主信息安全技术,为信息安全提供坚固屏障。信息安全保障从根本上来说是一个信息技术发展水平与开发能力的问题,要有效地打击网络犯罪,最终还得依靠不断发展和完善信息安全技术。为有效克服信息系统的安全弱点,美国多年来一直将信息安全技术列为国防重点项目,并走在世界各国的前列。美国公司在 2002 年应用最广泛的 5 种安全技术是:反病毒软件;防火墙技术;物理设施安全保护;密码控制;反入侵管理。当前,国际上信息安全技术研究的重点有公开密钥基础设施和计算机犯罪取证技术。公开密钥基础设施,是一个由计算机硬件、软件、数据库、网络、安全过程和合法规范共同组成的基础设施。计算机犯罪的取证研究主要集中在:入侵者入侵路径跟踪;入侵行为再现;证据的保存、恢复;操作系统指纹等方面。

8. 产业信息化

(1) 传统产业信息化。信息化对传统产业的作用非常明显。

A. 加快了传统农业向现代农业的转变。信息技术使农业资源的利用更为合理。要想合理利用农业资源就必须掌握它们的分布、性质及其变化,这用常规技术是无法实现的。英国曾经动用 6000 名教师调查全国土地利用情况,花了 6 年时间。运用包括卫星遥感技术等现代信息技术,10 个人只要 3 个多月就可以大功告成。以信息技术为核心的农业生产自动化系统,可以将农作物在生长过程中所需要的一切因素自动加以控制和处理,从而能保证农业生产的稳定、高产。

B. 提高传统工业的自动化、智能化水平。传统工业是劳动密集型产业,能耗高、效率低。到了 20 世纪 80 年代,信息技术广泛地应用于传统工业,对传统工业的生产、产品性能都产生了深刻的影响。首先,促进了传统工业生产过程的自动化,大大提高了设计效率。其次,在生产过程中,数控机床的充分运用无疑是一场技术的革命。20 世纪 90 年代以来,一种最先进的生产方式——计算机集成制造系统(CIMS)开始推广运用。CIMS 是一种高度集成的制造系统,企业中各个部门、环节,包括产品的开发设计、加工和决策,由计算机统一管理,在更高层次上实现了新产品的开发快、质量好、成本低和服务好的特点,对企业提高市场的应变能力和竞争能力具有巨大作用。再次,促进了传统工业产品的智能化。信息技术的运用,将产品在工作过程中需要处理的信息集中在一个芯片上,用微电子装置取代机械信息结构,犹如给产品装上一个“大脑”,产品各部件的联系由电路代替机械装置,信息传递由单向

变为并行,能自动及时反馈各运动单元的信息,从而使产品呈现智能化的特点。如目前市场上流行的智能化空调,可以根据需要自动调节室内温度、湿度,自动杀菌、交换新鲜空气。

C. 促使第三产业发生了革命。信息技术也广泛地渗透到金融业、服务业、保险业、医疗、交通等第三产业,对其发展产生了重要影响。

D. 企业管理方式的变革。生产过程信息化必然带来企业管理的信息化。在信息技术迅猛发展的现代社会,企业作为社会的基本经济组织在经营管理、组织管理、办公管理等方面都发生了根本性的变化。

经营管理信息化——虚拟企业出现。虚拟企业有3种形式,第一种虚拟企业属于外包加工的形式,中心专攻附加值高的设计及行销,生产则由低人工成本的新兴国家代为进行。如我国台湾弘崧创造了旅行休闲鞋的品牌,却没有自己的生产线。第二种虚拟企业的形式是共生,几个同行公司共同组成一个作业中心,共同负担成本,如银行并不擅长信息管理,既不想外包,又不愿意独自负担培养专业人员的成本,于是可由几家银行成立专门处理计算机信息的部门或公司,负责这几家银行的信息业务。第三种虚拟的形式是“策略联盟”,即几家公司拥有不同的关键资源,而彼此的市场有一定程度的分割,为了彼此的利益实行策略联盟,交换彼此资源以创造竞争优势。如世界知名的康柏公司,为迅速打入不熟悉的个人计算机市场,一开始便与十几家知名的软、硬件公司结成技术策略联盟。

组织管理信息化——扁平化网络企业组织。扁平化的实质就是减少管理的层次,使企业结构由金字塔形转向大森林式,使决策传递路径简化,扩大了最高决策层的管理幅度,也减少了因层级过多而导致决策信息传递的失真。

网络化与扁平化在本质上是一致的。网络化的节点不管是企业、部门还是个人,地位都是平等的,通过平等的互助,达到互利和合作。

办公管理信息化——企业内部网络的使用。企业内部网是由企业内部网络系统与企业管理信息系统组成,由互相连接的工作站、服务器、软件和电缆构成,它从根本上改变了企业的管理办公模式。企业内部网的核心是建立企业内部信息中心。企业的信息部门可以充分采集各个部门的信息将其数字化,建立起企业内部信息中心,供企业内部各部门使用,从而使各部门办公更加便捷。

E. 就业结构的改变。产业信息化对就业的方式和结构产生了根本性的影响。

国际化倾向。20世纪90年代,世界经济一体化已经形成,对信息人才的争夺也变成全球性的。在美国的硅谷,有近3000家软件企业是中国人创办的,接近企业总数的17%;日本每年也从中国高薪聘请工程师7000多人,几乎全是IT人才。

第三产业就业比例增加。我国的第三产业就业人口比例也有极大发展,发达国家的发展经验表明,第三产业的人数越多,经济增长越快。

就业学历结构和知识更新的变化。信息劳动者包括:一是脑力劳动和智能创造性的劳动者,劳动的成果是综合型信息产品,从事这类劳动的主要是科技人员、政府和管理决策人员;二是技术较强的体力、脑力混合型劳动者,劳动成果为物质产品。从事这类劳动的主要是技术工人;三是信息流通领域的劳动者,如书店、图书馆、金融及咨询单位的工作人员,他们的劳动成果是信息服务。现实的就业环境,要求就业者学历不断提高,不断进行知识更新。信息产业所需要的人才必须是学习型人才。

(2) 信息产业成为新的发展动力和产业增长极。自20世纪60年代以来,发达国家以计算机、微电子、数字通信、光纤通信、人工智能、生产及办公自动化等为代表的信息产业

讯速兴起,进而超过传统的农业、工业和服务业。目前,有些国家的信息产业产值所占经济总量的比例仍在不断提高,以计算机产业、软件产业、网络业、微电子及现代通信产业、人工智能产业、多媒体及自动化产业等为代表的新信息产业依然是最强劲的经济增长极,它标志着一个国家的现代化水平,影响着国家和地区的全球竞争力。

9. 网络经济

(1) 网上银行。网上银行是银行业务在网络上的延伸,是在互联网上的虚拟银行工作平台。网上银行的出现,拉近了客户与银行之间的距离,网上银行也降低了银行的成本。使得包括顾客、商户、行政机构在内的多种交易对象都可以在家办公而足不出户。

(2) 网上营销。网络经济改变了传统的营销模式和理念,它开辟了一个全新的途径。建立企业网站。它是一种新的经营技术或手段,企业可以建立自己的网站,在网络上打出自己的品牌,宣传自己的产品,打造自己的形象。网上市场调研。具有高效、低成本的特点。可以在网上发布调查信息,通过留言簿、E-mail 等手段收集各种信息,为企业提供决策依据。网上商务活动。网络一经建立,商务活动立即开始。互联网销售没有空间限制,没有地理封锁,商品选择灵活方便,效率高、成本低、交易快捷,开辟了一个崭新的商贸空间。

(3) 网上证券业。网上投资不再受时空限制,在线交易成本维持在低水平,也不存在区域概念。

(4) 网上支付。网上支付主要包括信用卡类、电子支票类、电子现金类。

(二) 通信技术

1. 通信系统

通信系统的构成。包括信息的编制、发送、传输、译码、储存和接收等技术。一个通信系统必须由信源、编码器、信道、译码器、信宿等子系统组成。对于双向互通的通信系统,每一信源同时又是信箱,每一信箱同时又是信源;编码器同时又是译码器。复杂的通信系统中包含多级编码器、译码器和多段信道。

2. 卫星通信技术

(1) 频段的划分。卫星通信工作频段的选择和划分,直接影响卫星通信系统的通信容量、质量、可靠性、设备复杂程度和成本,也可影响到与其他通信系统的协调。具体来说要求频带足够宽,电波传播损耗和外部噪声尽可能小,与其他微波通信设备间的干扰尽可能小等。

大部分国际通信卫星均可采用 4 频段:C 频段、Ku 频段、Ka 频段、L 频段。

(2) 通信卫星的主要设备。主要有如下几种。

天线系统。是卫星收发无线电信号的出入口。根据通信需要,天线有全球波束天线、区域波束天线、国内波束天线和点波束天线等多种。

空间转发器系统。是卫星的主体,用于放大、变频进而转发天线收到的无线电信号。

位置控制和姿态系统。用于保持和控制卫星在轨道上的正确位置和姿态。

遥测指令系统。用于将卫星工作情况及时通知地面测控站,并接收地面测控站发出的指令,使卫星上的设备按指令动作。

电源系统。用于提供卫星上设备工作所需要的电能,包括太阳能电池阵、蓄电池组等。

以上这些设备,都安装在用耐高温的、轻金属材料做成的外壳内。

(3) 通信卫星的种类。

A. 同步轨道通信卫星。在地球赤道上空约 36000 千米绕地球的圆形轨道称为同步轨

道,这样卫星相对于地球上的某一区域就像是静止不动一样,这样的卫星又叫同步卫星或静止卫星。

一颗距离地球表面 36000 千米(距地心 42000 千米)远的同步通信卫星,其天线波束覆盖地域(即对地面的视区)超过地球表面的 42.4%,只需要把 3 颗相隔 120° 的同步卫星送上天,就可以实现除南北极之外的全球通信。

B. 中、低轨道(MEO/LEO)非同步卫星。中、低轨道卫星系统提供局部、区域和全球通信,且有与之对应的网络结构。非同步中、低轨道卫星的优点是:传播时延短,路径损耗低,能更有效地占用频率,卫星研制周期短,能多星发射,多星组网可实现真正意义上的全球覆盖。

C. 宽带卫星通信。1990 年至今,卫星通信领域进入一个重要的发展新时期,中、低轨道卫星、同步轨道卫星和混合式轨道卫星通信系统开始广泛应用于全球电信网,以满足宽带和移动用户的各种需求。已出台的多媒体卫星系统主要有低轨大数量卫星群、同步轨道大功率卫星和中轨卫星群 3 种方案。它们针对不同的区域和用户,采用不同的轨道,各有特点。同步轨道卫星的多点广播特性和低轨道卫星的实时性和灵活性结合起来,可以很好地满足高速交互式业务和广播业务的需求。

3. 卫星定位技术

卫星定位技术又称 GPS(全球卫星定位系统),是由通信卫星和地面站网络构成的全球性实时精确定位系统。如北京一家公司的经理驾车去上海开会,车在上海附近出现了事故,偌大的上海市,他人生地不熟。幸运的是,他车上安装了卫星定位系统。他按下求救按钮,定位网络 10 秒内便查到他的具体位置,并提供了最近的加油站、医院、救援中心及维修点的位置。

北斗卫星导航系统是中国自行研制开发的区域性有源三维卫星定位与通信系统(CNSS),是除美国的全球定位系统(GPS)、俄罗斯的 GLONASS 之后第三个成熟的卫星导航系统。北斗卫星导航系统致力于向全球用户提供高质量的定位、导航和授时服务,其建设与发展则遵循开放性、自主性、兼容性、渐进性这 4 项原则。2011 年 4 月 10 日 4 时 47 分,我国在西昌卫星发射中心用长征三号甲运载火箭,成功将第八颗北斗卫星送入太空预定转移轨道。2011 年 7 月 27 日 5 时 44 分,我国在西昌卫星发射中心用“长征三号甲”运载火箭,成功将第九颗北斗卫星送入预定转移轨道。

4. 数字通信技术

数字化概念于 1997 年首先在美国提出,而后很快风靡全世界。狭义的数字化是指各类信息转变为可以被计算机识别的流信流(比特流);广义的数字化则是指全社会的信息化,包括生产产品数字化、服务业数字化、农业数字化以及报刊、图书、情报、音像、科技文化资料等信息的数字化。

数字化的发展经历了由低到高、由局部到全球的过程。单位计算机的批量化、标准化、专业化,使数字产品呈现批量化和多样化;可编程控制器和嵌入式操作系统使数字产品的功能更复杂,软硬件结合更紧密;计算机图形学使数字产品广泛进入人们的生活,典型的数字化产品如数字电视、电子辞典、掌上电脑、数字移动电话等,使信息传播和处理更便捷。服务业数字化包括网络服务与远程服务,如电子商务、网站服务、远程教育等,文化传播娱乐的数字化包括计算机模拟和动画、电子新闻、电子报刊、数字化电影音像节目等。

农业数字化是指综合利用 GPS(全球定位系统)、GIS(地理信息系统)、ES(专家系统)、

自动控制和计算机技术,从而做到精确栽培和灌溉。

5. 无线移动通信

移动体之间或移动体与固定体之间的无线电信息传输与交换,称为无线移动通信。

1978年以来,美国、日本和瑞典等国先后开发出一种同频复用、大容量小区制的移动电话系统,它的作用频段是900兆赫,能在全地域自动接入公共电话交换网。

20世纪80年代又研制出数字式蜂窝移动通信系统。数字移动电话能大大提高频道的容量,不仅通信质量好,而且保密性好,还可以兼容多种通信业务,并具有国际漫游等功能。

环球电话系统所用的通信卫星,是距离地面只有几百千米的“低轨道”卫星。由于袖珍移动电话发出的信号微弱,为了使卫星收到信号,因此选用低轨道。但由于轨道“低”,卫星与地球就不同步,因此必须使用多颗卫星,这样就能使地球任一地方,在任何时刻都能通过这个系统中的至少一颗卫星同任何其他用户通信。环球电话系统与地面的移动通信系统相结合,形成了一个全世界范围内的立体化移动电话通信网——“全球数字移动个人通信”卫星系统。环球通信系统除了提供语音通信外,还可以用于传真及数据传输等多种通信服务。

无线通信。将多种通信能力融入移动通信肯定能吸引大批消费者的兴趣。现在,制作主页及纯文本的系统已经植入了手机中。随着手机接入多媒体及网络服务,将使其信息量爆炸性增长。总的趋势是向万能通信器发展,即用一个器件就可进行从声音到图像的数字传输。这种集成的器件可用做可视电话、传真机、计算机、智能卡模块,直至拥有所需信息的数据库。

有线和无线通信公司、电缆通信、电视广播、卫星系统,甚至无线电及微波和一大批其他载体/传输服务公司都竞相投资开发建立更大的通道。

随着信息技术的融合,数字传输必须在各类通信间实现无缝连接。用通用的数字语言将通信功能与用途融合,使计算机、消费电子产品、信息—教育—娱乐部门都连入一个无缝网中。信息与通信的融合造就新的权力——电信权,它将改变世界。促成社会进步的各种个人信息系统—手机、可视电话、AM和FM收音机、全球定位系统等都在发展,并将集成到一个无线通信网中,使一个人一生只用一个代码便可随时随地上网使用。

6. 光纤通信与信息高速公路

(1) 光纤通信的发端。1966年7月,英国标准电信研究所的英籍华人高锟博士和霍克哈姆就光纤传输的前景发表了重大历史意义的论文。论文分析了玻璃纤维损耗的主要原因。大胆地预言,只要能设法降低玻璃纤维的杂质,就有可能使光纤的损耗从每千米1000分贝降低到20分贝,从而应用于通信领域。

光纤通信具有传输容量大、中继距离长、传输损耗小等特点。自问世30多年来,光纤通信已逐渐成为现代传输的主体。现在,世界上大约有60%通信业务经光纤传输。不久将达到85%。1999年底累计的全世界光纤用量已经达到3亿千米。在信息社会,骨干传输网的容量几乎每九个月就要翻一番。大容量、宽带以及全光网络技术的应用是未来光通信的发展方向。2000年以来,光纤通信已成为世界上发展最快的领域之一,它也是我国与国际先进水平差距最小的领域之一。同时光纤通信对于Internet及其相关软硬产品的未来发展具有不同寻常的意义。

(2) 光通信技术的优势。光纤为光导纤维的简称。光纤一般由两层组成,里面一层为内芯,直径一般为几十微米或几微米,比一根头发丝还要细;外面一层为包层,为了保护光

纤,包层外还往往覆盖一层塑料加以保护。

光纤的抗拉强度大,但在实际使用时,通常把千百根光纤组合在一起并加以增强处理,制成像通常电缆一样的光缆,这样既提高了光纤的强度,又使光纤系统的通信容量大大增加。

光纤透明、纤细,虽比头发还细,却具有把光封闭在其中并沿轴向进行传播的导波结构。光纤通信就是因为光的这种神奇结构而发展起来的以光波为载频,光导纤维为传输介质的一种通信方式。

用光缆取代通信电缆,不仅能节省大量的金属资源,而且光缆寿命长、结构紧、体积小、性能比通信电缆要好得多。它的线路损耗低、传送距离远、重量轻、绝缘性能好、保密性强、成本低。光纤能传送由声音或图像等转换的大量数字信号,因此是建立综合业务数字网不可缺少的技术手段。

光纤的突出特点,是它可以在同一条通路上进行双向传输,利用这一特征,用户可以通过交互信息系统与对方“对话”。光纤不仅可以在陆地上使用,而且已广泛用于海洋。光纤是数字通信网中理想的传输介质,如今光缆已成为世界通信网的骨干。在通信干线领域,光纤是信息传输的“超高速公路”,在局域网和用户网领域,光纤已成为数据库以及与干线支连接的宽带通道与入口。

(3) 21 世纪——光通信的世纪。通信技术正在从电路交换向包交换的方向转移。随着时间的推移,包交换也受到处理器打包速率等瓶颈的限制,光交换技术将逐步上场。未来通信网络的核心层可能会首先采用光交换,而接入层仍将采用以 ATM 或 IP 路由器为主的包交换方式。

当前,通信业务特别是 IP 业务的爆炸式增长,使国际通信业正在发生前所未有的重大变革。这场变革几乎遍及通信的每个领域,对光通信的影响更为重大。通信业务膨胀的直接后果就是对通信速率和带宽需求的膨胀,而且通信变革的总体趋势是向着“多业务、多速率接入、一体化”的方向发展,光通信领域各种新技术层出不穷、光交叉连接等。在 21 世纪,光通信将面临前所未有的发展契机,同时也将面临巨大的技术挑战。

光电子技术将继续微电子技术之后再次推动人类科学技术的革命。如果说微电子技术推动了以计算机、互联网、光纤通信等为代表的信息技术的高速发展,改变了人们的生活方式,使得知识经济初见端倪,那么随着信息技术的发展,大容量光纤通信网络的建设和光电技术在信息传输上将起到越来越重要的作用。巨大的市场需求驱动了光通信产业的高速发展,世纪之交通领域发生的最大变革就是从电子向光子的转移。

未来通信技术的发展趋势。未来,通信产业将出现更大技术变化。其中影响最大的是以下五项关键技术:光传输、卫星通信、无线移动通信产品、宽带数字技术、互联网资源。这几项增强通信能力的技术创造着巨大的商机,给消费者带来快速、优质、方便、廉价的服务。

使用光传输技术,今天的通信速度是每秒 1 万亿比特,时间已不是人类交流的障碍。

7. 未来通信技术发展趋势

量子信息通信研发计划。目前的通信技术是通过电和光波来传输信息的,而量子通信是运用量子力学的三大基本特性:现在的通信是在信息基本单位比特“0”和“1”中必读取之一,而量子信息的基本单位是库比特,可同时读取“1”和“0”两个值,量子计算机就是运用量子力学的这一特性。

量子状态干扰(观测投影)。所谓“观测投影”,就是观测处于量子重合状态的库比特时,

原来同时读取“0”和“1”两方值的状态变成了只读取“0”或“1”的状态,利用这种性能判断出在通信过程是否被“窃听”,从而可用其设定量子密码。

量子纠缠。当有两个以上库比特出现时,它们就能“相互关联”,发出信息者和接受信息者可共享“相互关联”的库比特结合体,利用这一特性可实现远距离大容量输送信息量的量子移动通信。

当今,通信世界的种类令人眼花缭乱,固定电话、IP电话、手机、网络等各种种类繁多、精彩纷呈,让人们在满足沟通需求外,更能享受通信快乐。随着科技的进步,生活中的电话机也在发生变革,微型化、多功能化、声控化、录音化、智能化、自动翻译、可视化已成为电话机发展的趋势,而且越来越丰富多彩的功能,也不断改变着我们的生活。

二 现代建筑技术

(一) 现代建筑技术概述

1. 建筑技术与艺术

建筑学是研究建筑及其环境的学科。它更多的是指与建筑设计和建造相关的技术与艺术的综合。因此,建筑学是一门横跨工程技术和人文艺术的学科。建筑学所涉及的建筑艺术和建筑技术、以及作为实用艺术的建筑艺术包括美学的一面和实用的一面,它们虽有明确的不同但又密切联系。

建筑设计是建筑学的核心。指导建筑设计创作是建筑学的最终目的。建筑设计是一种技艺。有关建筑设计的学科内容大致可分为两类。一类是总结各种建筑的设计经验,按照各种建筑的内容、特性、使用功能等,通过范例,阐述设计时应注意的问题以及解决这些问题的方式方法。另一类是探讨建筑设计的一般规律,包括平面布局、空间组合交通安排,以及有关建筑艺术效果的美学规律等等。后者称为建筑设计原理。室内设计是从建筑设计中分化出来的,它主要研究室内的艺术处理、空间利用、装修技术及家具等问题。

建筑构造是研究建筑物的构成、各组成部分的组合原理和构造方法的学科,主要任务是根据建筑物的使用功能、技术经济和艺术造型要求提供合理的构造方案,指导建筑细部设计和施工,作为建筑设计的依据。

建筑物理是研究物理学知识在建筑中的应用。建筑设计应用这些知识,为建筑物创造适合使用者要求的声学、光学、热工学的环境。建筑设备研究使用现代机电设备来满足建筑功能要求,建筑设计者应具备这些相关学科的知识。

建筑艺术和建筑技术,其分量随具体情况和建筑物的不同而大不相同。在某一建筑物中可能某些因素很强而其余因素很弱,但在其他建筑物中情况则可能迥异。事实上,作为专用词的“建筑学”所研究的对象不仅是建筑物本身,更主要的是研究人们对建筑物的要求及其如何满足、研究建筑物实体从无到有的产生过程中分别对应的策划、设计、实施。

建筑艺术是指按照美的规律,运用建筑艺术独特的艺术语言,使建筑形象具有文化价值和审美价值,具有象征性和形式美,体现出民族性和时代感。以其功能性特点为标准,建筑艺术可分为纪念性建筑、宫殿陵墓建筑、宗教建筑、住宅建筑、园林建筑、生产建筑等类型。从总体来说,建筑艺术与工艺美术一样,也是一种实用性与审美性相结合的艺术。建筑的本质是人类建造以供居住和活动的场所,所以,实用性是建筑的首要功能;只是随着人类实践的发展,物质技术的进步,建筑越来越具有审美价值。

2. 建筑技术内涵

建筑技术是根据建筑学原理和建筑目的实施建筑活动的手段和方法,包括建筑设计技术、建筑结构技术、建筑材料技术、建筑施工技术、建筑环境技术、建筑基础技术等众多技术领域,是一门综合性很强的技术学科。高新技术发展对于建筑技术的变革起了重大作用,现代建筑技术与高新技术融合为一体,使建筑技术发展到一个新的阶段。

建筑设计技术是建筑技术的核心。它指建筑物在建造之前,设计者按照建设任务,把施工过程和使用过程中所存在的或可能发生的问题,事先作好通盘的设想,拟定好解决这些问题的办法、方案,用图纸和文件表达出来的相关手段和方法。作为备料、施工组织工作和各工种在制作、建造工作中互相配合协作的共同依据。便于整个工程得以在预定的投资限额范围内,按照周密考虑的预定方案,统一步调,顺利进行,并使建成的建筑物充分满足使用者和社会所期望的各种要求。

建筑结构技术是构成建筑物并为使用功能提供空间环境支承体的相关技术手段,是建筑技术的基础。建筑结构承担着建筑物的重力、风力、撞击、振动等作用下所产生的各种荷载;同时又是影响建筑构造、建筑经济和建筑整体造型的基本因素。为此,就要研究建筑物的结构体系和构造形式的选择;影响建筑刚度、强度、稳定性和耐久性的因素;结构与各组成部分的构造关系等。建筑结构体系的类型基本可分为:木结构建筑、砖混结构建筑和骨架结构建筑(以上为传统结构体系建筑),装配式建筑和工具式模板建筑(以上为现代工业化施工的结构体系建筑),筒体结构建筑、悬挂结构建筑、薄膜建筑和大跨度结构建筑(以上为特种结构体系建筑)等。

建筑材料技术是研究、设计制造和使用建筑工程使用的相关材料的技术手段。在建筑物中使用的材料统称为建筑材料。因为土木建筑工程成本的30%~50%是材料,任一工程要想降低工程造价必须要使用新材料,很多工程质量问题无一不与材料有关,因此工程质量的提高也必须从材料入手。更新、更好的建筑物的关键也在于传统建筑材料的突破,由于土木建筑工程对材料的巨大需求量,建筑材料的生产与使用不仅要考虑建筑材料本身消耗的资源、能源越少,对环境的影响越小,而且还要担负起吸纳固体废弃物的环境治理的任务,虽然还有很多问题要深入研究,但从目前的情况来看这将成为固体废弃物治理的重要和根本途径之一。

建筑施工技术是实现建筑设计方案、达到建筑设计目标的相关工程技术手段。建筑施工是工程建设实施阶段的生产活动,是各类建筑物的建造过程,也可以说是把设计图纸上的各种线条,在指定的地点变成实物的过程。它包括基础工程施工、主体结构施工、屋面工程施工、装饰工程施工等。施工作业场所称为“建筑施工现场”或叫“施工现场”,也叫工地。

与建筑技术直接有关的还有城市规划与设计技术。城市规划与设计研究城市的未来发展、城市的合理布局 and 综合安排城市各项工程建设的综合部署,是一定时期内城市发展的蓝图,是城市管理的重要组成部分,是城市建设和管理的依据,建筑设计和施工技术都离不开城市总体设计与规划的要求,其方案必须与城市的总体规划设计相协调。

建筑室内设计与施工技术直接关系着建筑用户的切身利益,也是实现建筑目标的重要环节,必须体现以人为本理念。室内设计要根据建筑物的使用性质、所处环境和相应标准,运用物质技术手段和建筑设计原理,创造功能合理、舒适优美、满足人们物质和精神生活需要的室内环境。这一空间环境既具有使用价值,满足相应的功能要求,同时也反映了历史文脉、建筑风格、环境气氛等精神因素。明确地把“创造满足人们物质和精神生活需要的室内

环境”作为室内设计的目的,现代室内设计是综合的室内环境设计,它包括视觉环境和工程技术方面的问题,也包括声、光、热等物理环境以及氛围、意境等心理环境和文化内涵等内容。

环境工程技术是研究和从事防治环境污染和提高环境质量的科学技术。环境工程同生物学中的生态学、医学中的环境卫生学和环境医学,以及环境物理学和环境化学有关。由于环境工程处在初创阶段,学科领域还在发展,但其核心是环境污染源的治理。

岩土工程技术是研究和实现建筑物的地质基础和基础结构相关技术的学科,它的任务是实现地基基础与地基处理,必须掌握岩土的物理力学性质、强度变形计算、稳定性分析、挡土墙及基坑围护的设计与计算、地基承载力等岩土力学基本理论与方法,从而能够应用这些基本理论与基本原理,结合有关交通土建、建筑工程、土木工程理论和施工知识,分析和解决岩体工程及地基技术问题。

给排水工程技术是用于控制和调配自然界的地表水和地下水,达到除害兴利目的而修建的工程技术手段。水是人类生产和生活必不可少的宝贵资源,但其自然存在的状态并不完全符合人类的需要。特别是在城市生产和生活区域,给排水工程起了生命线的作用,只有修建良好给排水系统,才能正常保证生活和生产用水的供给与调控,使城市生产与生活污水得到有效处理,保证城市生态良好,防止洪涝灾害,并进行水量的调节和分配,以满足人民生活和生产对水资源的需要。

3. 建筑技术发展

建筑历史研究建筑、建筑学发展的过程及其演变的规律,研究人类建筑历史上遗留下来有代表性的建筑实例,从中了解前人的有益经验,为建筑设计汲取营养。

传统建筑学理念强调建筑形式的形态特征、技术和材料。注重建筑的功能意图与艺术性主题合并。建筑技术史往往也是建筑艺术史,它聚焦在设计建筑物和城市的原则和样式的历史演变。

现代建筑理念呈现多元化趋势(图 14)。一方面各种建筑学说流派纷呈,另一方面又呈现相互融合和借鉴的综合化趋势。建筑与生态环境相协调,建筑为提高人类生活质量服务,建筑技术的人本化、自然化、节能化、高技术化发展是基本趋势。

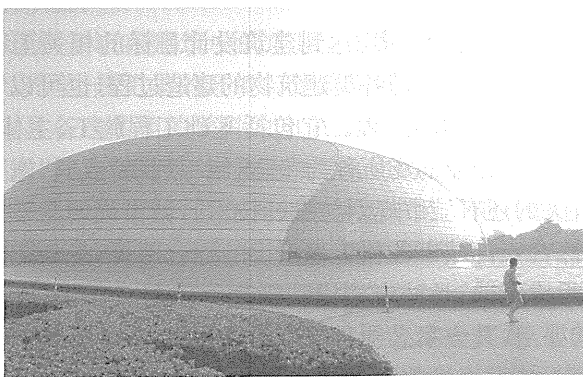


图 14 中国国家大剧院的建筑理念是天、地、人和谐

现代建筑同其他各种有关科学技术的关系更加密切,建筑技术的进展日新月异。新的结构理论、新材料和新设备的运用,高层建筑和大跨度建筑的发展,体现了新技术的威力。建筑工业化体系的运用,加速了大量性建筑的发展。电子计算机技术进入建筑设计领域所

引起的设计方法论的研究势必深刻地影响建筑学的发展。社会的发展,人口的密集,城市化进程的加快,产业结构的变化,使城市规划和环境问题十分突出,成为当代建筑师、规划师和园林设计师面临的共同课题,同时也为建筑学开拓出一个前所未有的广阔天地。

(二) 高科技与绿色建筑技术

1. 什么是绿色建筑

所谓“绿色建筑”的“绿色”,并不是指一般意义有立体绿化、屋顶花园,而是代表一种概念或象征,指建筑对环境无害,能充分利用自然环境资源,并且在不破坏生态平衡条件下建造一种建筑,又可称为可持续发展建筑、生态建筑、回归大自然建筑、节能环保建筑等。绿色建筑是指在设计与建造过程中,充分考虑建筑物与周围环境的协调,利用光能、风能等自然界中的能源,最大限度地减少能源的消耗以及对环境的污染。绿色建筑的室内布局十分合理,尽量减少使用合成材料,充分利用阳光,节省能源,为居住者创造一种接近自然的感觉。以人、建筑和自然环境的协调发展为目标,在利用天然条件和人工手段创造良好、健康的居住环境的同时,尽可能地控制和减少对自然环境的破坏,充分体现向大自然的索取和回报之间的平衡。

绿色建筑的重要核心思想是舒适、健康、高效。绿色建筑首先应当以提高人的居住和工作环境为目标。它不仅关系到室内外环境质量,而且还是人们户外活动的空间,更是全球空间的一部分。所以,良好的建筑外部空间也是绿色不可缺少的一部分。

对绿色建筑的理解主要是:绿色建筑首先考虑的是健康、舒适和安全,即保证人们最佳工作和生活环境的建筑。绿色建筑作为一种理念,并不指特定的建筑类型,它适用于所有的建筑;绿色建筑是在全寿命周期中实现高效率地利用资源(能源、土地、水资源、材料)的建筑物;绿色建筑是对环境影响最小的建筑;绿色建筑就是生态建筑和可持续建筑。

绿色建筑作为人类先进乃至未来建筑理念应遵循全球人居可持续发展战略,实施国际上公认的三大主题:即以人为本、呵护健康舒适;资源的节约和再利用;与周围生态环境相协调和融合。

2. 绿色建筑的发展原则及控制指标体系

绿色建筑应坚持“可持续发展”的建筑理念。理性的设计思维方式和科学程序的把握,是提高绿色建筑环境效益、社会效益和经济效益的基本保证。绿色建筑除满足传统建筑的一般要求外,尚应遵循以下基本原则。

(1) 关注建筑的寿命周期。关注建筑的生命周期,意味着不仅在规划设计阶段充分考虑和利用环境因素,而且确保施工过程中对环境的影响最低。运营管理阶段能为人们提供健康、舒适、无害的环境,使环境危害降到最低,并使拆除材料尽可能再循环利用。

(2) 适应自然条件、保护自然环境。

A. 充分利用建筑场地周边的自然条件,尽量保留和合理利用现有适宜的地形、地貌、植被和自然水系。

B. 在建筑的选址、朝阳、布局、形态等方面,充分考虑当地气候特征和生态环境、建筑风格与规模和周围环境保持协调,保持历史文化与景观的连续性。

C. 尽可能减少对自然环境的负面影响,如减少有害气体和废弃物的排放,减少对生态环境的破坏。

(3) 创建适用与健康的环境。绿色建筑应优先考虑使用者的适度需求,努力创造优美和谐的环境;保障使用安全,降低环境污染,改善室内外环境质量;满足人们生理和心理的需

求,同时为人们提高工作效率创造条件。

加强资源节约与综合利用,减轻环境负荷。通过优良的设计和管理,优化生产工艺,采用适用技术、材料和产品;合理利用和优化资源配置,改变消费方式,减少对资源的占有和消耗;因地制宜,最大限度利用本地材料与资源;最大限度地提高资源的利用效率,积极促进资源的综合循环利用;增强耐久性能及适应性,延长建筑物的整体使用寿命;尽可能使用可再生性、清洁的资源和能源。

3. 绿色建筑环境设计

(1) 绿色建筑环境要求。

A. 优化建筑外围护结构的热工性能,防止因外围护结构内表面温度过高或过低、透过玻璃进入室内的太阳辐射热等引起的不舒适感。

B. 设置室内温度和湿度调控系统,使室内的热舒适度能得到有效的调控,建筑物内的加湿和除湿系统能得到有效调节。

C. 根据使用要求合理设计温度可调区域的大小,满足不同个体对热舒适性的要求。室内空气温度根据我国国情,推荐室内空气温度为:夏季,26~28℃,高级建筑及停留时间较长的建筑取低值,一般及停留时间较短的建筑应取消高值;冬季,18~22℃,高级建筑及停留较长时间的建筑可取高值,一般及短暂停留的建筑取低值。室内空气相对湿度空气中所含水蒸气的压力称水蒸气分压力。空气平均流速室内空气流动的速度是影响人体对流散热和水份蒸发散热的主要因素之一。我国室内平均风速的计算值为:夏季:0.2~0.5米/秒,冬季:0.15~0.3米/秒。

室内平均辐射温度近似地等于室内各表面温度的平均值,它决定人体辐射散热的强度,进而影响人体的冷热感。冬季,保证内表面最低温度不低于室内空气的露点温度,即保证内表面不结露;夏季,要保证内表面最高温度不高于室外空气计算温度的最高值。

(2) 绿色建筑的室内空气品质控制要求。人员经常停留的工作和居住空间应能自然通风,可结合建筑设计提高自然通风效率。如采用可开启窗扇自然通风、利用穿堂风、竖向拔风作用通风等。合理设置风口位置,有效组织气流。采取有效措施防止串气、乏味,采用全部和局部换气相结合,避免厨房、卫生间、吸烟室等处的受污染空气循环使用。内装饰、装修材料对空气质量的影响应符合《民用建筑室内环境污染控制规范》GB50325的要求。采用满足室内空气质量要求的新型环保装饰装修材料。设置中央空调系统的建筑,宜设置室内空气质量监测系统,维护用户的健康和舒适。采取有效措施防止结露和滋生霉菌。

对建筑内部采取有效措施并充分结合自然风改善室内空气品质、采用健康环保的室内装饰装修材料等措施是绿色建筑室内空气品质的基本要求。

(3) 建筑材料和装修材料的选择对室内空气质量起到重大作用。在设计、装修、使用生态楼的过程中,主要考虑楼内建筑材料的来源鉴定;采用清洁无害的绿色建材,适度装修,慎重装修,装修保证一次到位。

(4) 热湿分离的健康空调系统。在目前建筑中,空调系统普遍使用表冷器换热,通过降湿将空气中的水分冷凝下来,以达到降温的目的。潮湿的表冷器表面,是滋生大量霉菌的最好环境,同时也能造成其他病菌和病毒的聚集和滋生。特别是在空调箱停机期间,在空调箱的密闭空间内,细菌浓度能骤然提升几十万倍。这些微生物通过送风系统大量进入室内,会对室内的空气品质造成严重的影响。为了避免问题,生态楼建筑中采用了热湿分离空调系统。

(5) 室内绿化。许多绿色植物对化学复合物的吸收能力很强,如芦荟、常青藤等可吸收苯,龙舌兰、吊兰可吸收空气中的甲醛等,在生态楼内可放置一些能吸收有害物质的植物。引入的品种根据室内主要污染物类别的不同来选择室内绿化植物。

(6) 绿色建筑的声环境控制要求。采取动静分区的原则进行建筑的平面布置和空间划分,如办公、居住空间不与空调机房、电梯间等设备用房相邻,减少对有安静要求房间的噪声干扰;合理选用建筑围护结构构件,采取有效的隔声、减噪措施,保证室内噪声级和隔声性能符合《民用建筑隔声设计规范》,综合控制机电系统和设备的运行噪声。

(7) 公共建筑环境要求。场地建设不破坏当地文物、自然水系、湿地、基本农田、森林和其他保护区。建筑场地选址无洪灾、泥石流及含氡土壤的威胁,建筑场地安全范围内无电磁辐射危害和火、爆、有毒物质等危险源。不对周边建筑物带来光污染,不影响周围居住建筑的日照要求。场地内无排放超标污染物。施工过程中制定并实施保护环境的具体措施。

(8) 居住建筑环境要求。强调建筑本身对室外环境的不破坏性,即所建筑不能破坏当地的自然环境和相关社会环境,即对自然水系、湿地、森林植被及农田文物等不产生破坏。强调人均居住用指标、住区绿化率、采光、通风和室内外日照和人工植被的要求。住区绿化率不低于30%,人均公共绿地面积不低于1米²。室外透水地面积比:居住建筑不低于45%,公共建筑不低于40%。

4. 绿色建筑材料技术

建筑围护结构是指建筑物及房间各面的围挡物,如墙体、门窗、屋顶、地面等,其中直接与外界空气环境接触的围护结构称为外围结构,如外墙、外窗、屋顶等;反之即为内围护结构,如内墙、楼地面等。降低采暖和空调能耗前提是满足的居住适度,主要措施就是尽量保持室内的温度、减少室内热量或冷量又通过围护结构散失,因此高建筑围护结构保温隔热性能是建筑节能工作的重要措施。

(1) 墙体。我国大部分既有建筑以实心黏土砖为墙体材料,其热工性绝大部分不能满足设计标准。若采用高效保温隔热的墙体或结构,可大大提高墙体的热工程性能。我国传统的外墙承重结构为普通黏土砖,普通黏土砖是建筑工程中应用最广、数量最大的墙体材料。但黏土砖制砖毁地、耗能,且用普通黏土砖砌筑的房屋存在自重、隔热性能差的缺点,无法达到建筑节能的要求,造成资源的严重浪费,因此改革普通黏土砖,推广新型墙体材料的墙体改革势在必行。

A. 加气混凝土砌块。是采用钙质材料(水泥或石灰)、硅质材料(砂或粉煤灰等)和发气剂(通常采用铝粉)经加水在高温蒸养条件下进行化学反应,生成硅酸盐托勃莫莱石等,形成具有均匀气孔分布的轻质整体,孔隙率高达70%~80%。高孔隙率使用材料的容重大大降低,仅为黏土实心砖的1/3,从而大大降低了建筑物的自重。传热系数小,保温性能好。厚度200毫米的加气混凝土砌块墙体保温效果相当于490毫米厚的实心砖墙。墙体容量小,抗震性能好。由于建筑物的重量大大减轻,从而减小震害。施工方便。加气混凝土砌块有搬运方便、易于切割的优点,可以制成各种规格、形状,大大提高砌筑,缩短工程工期。良好的耐火性能。由于导热系数小,是理想的防火材料。具有较高的吸声性能,是一种较好的隔音材料。有较高的强度、有利于保护生态环境。节省大量的黏土资源和能源。

B. 混凝土多孔砖。是以水泥和石屑等矿业废渣为原料,以砌墙砖尺寸为基础规格而制成的一种新型墙体材料。可以直接代替黏土多孔砖,用于一般民用和工业建筑。混凝土空心砌块是由混凝土、粉煤灰或其他工业废渣为主要原材料制造而成,具有块大空心壁、轻

质高强、施工工效高等特点。

C. 蒸压粉煤灰砖。是以粉煤灰、石灰(电石渣)、石膏为主要原料,掺加适量集料和其他掺和料,经坯制备、压制成型、高压蒸汽养护等工艺过程制成的实心砖。蒸压粉煤灰砖具有高强、高耐久性的特点。

D. 灰砂砖。是砂与石灰等主要原料经坯料制成后,将坯料入模,对砖大面施压成型,再经高压蒸汽养护而成。

E. 建筑板材。由于板材规格尺寸工整,易于成型,便于机械化生产,生产效率高,加上板材尺寸规模大、整体性好,可以装配式安装,施工效率高,可做到生产工业化、产品标准化、规格尺寸模数化、施工装备化,易于控制产品质量和工程质量。它同样可以利用废渣作原料,而且可以减薄墙体厚度、扩大使用面积、减轻房屋自重,降低基础造价,具有明显的综合经济效益。

F. 复合墙体。我国的外墙保温做法多种。为了降低造价,一些建筑师选择了内保温、外墙夹芯保温等做法。外墙保温结构分别包括外墙、外墙夹芯保温和外墙外保温等三种构造。外墙内保温是外墙内表面进行保温隔热施工。外墙夹芯保温是外墙夹芯保温层(岩棉板、聚苯板、玻璃棉板等)夹在墙体中间,可现场施工或预制复合板材,并用联合钢筋拉结和防锈处理。

(2) 门窗。门窗是外围护结构中绝热性能最薄弱的部位,过去采用空腹薄木门,现多填充以聚苯板或棉板使门户具有保温、防盗、隔音等功能。阳台下部加贴绝热材料,使其传热系数大大降低。改善门窗的保温性能需解决嵌材料和窗框扇型材两部分。如增加玻璃层数,可大大提高窗户的保温性能;采用钢塑型、钢木型、木塑型等复合型窗扇,可增加窗户的框扇型材部分的保温。

(3) 屋顶。目前屋顶应用较多的是加气混凝土保温材料,此外一些高效保温材料已开始应用于屋顶,正铺法聚苯板保温屋顶面,在结构层上铺设 50 毫米厚聚苯板做保温层,最上层为防水层;再如倒置型保温屋面,把聚苯板设在防水层以上,使防水层不直接受太阳辐射,其表面温度升降幅度大为减小,延缓了防水层老化进程。

5. 建筑节能技术

(1) 建筑门窗节能技术。玻璃材料的厚度较其他墙体材料薄,传热系统也比较高,容易传递热能。因此,为了提高玻璃的节能性能,就需要控制降低玻璃及其制品的传热系统,隔离建筑物内外的热传递。

通常一些具有节能效果的玻璃产品有以下几类。

A. 吸热玻璃。是一种能够吸收太阳能的平板玻璃,它是利用玻璃中的金属离子对太阳能进行选择性吸收,同时呈现不同的颜色。一般使用吸热玻璃后可以将进入室内的太阳热能减少 20%~30%,降低空调负荷,比较常见的是浅绿色玻璃。

B. 热反射玻璃。热反射玻璃是对太阳能具有反射作用的镀膜玻璃、非金属及其氧化物等各种薄膜,这些膜层可以对太阳能产生一定的反射效果。反射率可达到 20%~40%,甚至更高。

C. 低辐射玻璃。对远红外线有较高反射能力,在冬季可以反射室内暖气辐射的红外热能,将热能保护在室内。

D. 中空玻璃。中空玻璃是将两片或多片玻璃以有效支撑均匀隔开并对周边粘接密封,使玻璃层间形成有干燥气体空间的制品。具有较好的隔热能力。与普通玻璃相比,其传热

系统至少可以降低 40%，是目前最实用的隔热玻璃产品。

E. 真空玻璃。真空玻璃的空腔内气体非常稀薄，近乎真空。几乎可以隔断热量的对流和传导，因此传热系数更低。同种材料真空玻璃的传热系数至少比中空玻璃低 15%。

(2) 其他节能途径。屋面常见隔热措施：采用浅色外饰，减少当量温度。增大热阻与热惰性，通风隔热屋顶，蓄水隔热屋顶。种植隔热屋顶。

6. 建筑利用太阳能技术

(1) 太阳能光热利用技术。从目前国内外发展情况来看，太阳能在建筑中的应用模式主要有以下几种：

A. 主动式太阳能建筑。通过高效集热装置来收集获取太阳能，然后由热媒将热送入建筑物内。这类建筑的采暖降温系统由太阳集热器、风机、泵、散热器及储热器等组成，可以用空气、水作为热媒。根据热媒不同可分为：① 热风集热式供热系统。即在屋顶布置太阳空气集热器，被加热的空气通过储热层后由风机送入房间；② 热水集热式地板辐射采暖兼生活热水供应系统。另外，主动式太阳能建筑还有太阳能空调系统，太阳能热泵供冷、供暖系统，地下蓄热式供冷暖系统形式。

B. 零能耗一体化建筑。这种建筑是指建筑物所需的全部能源均来自太阳能，常规能源消耗为零。这种房间向阳的墙面、屋面等均设置太阳能电池板或者光热集热装置，并与建筑物电网并网和建筑物冷热源供应系统集成，产生的电能除满足用户的照明、电器等需要外，还可以作为建筑供暖、空调供电及供热需求。由于目前太阳能电池价格较高，普及推广“零能耗建筑”还有困难。

C. 被动式太阳能建筑。是通过方位的合理布置和建筑构件的恰当处理，以自然热交换的方式获得太阳能。这种建筑构造简单、造价低，不需要任何辅助能源。

直接受益式。阳光通过较大面积的南向玻璃，直接照射至室内的地面墙壁和家具上，使其吸收大部分热量，因而温度升高。

蓄热墙式。这种太阳能建筑主要利用南向垂直集热蓄热墙吸收穿过玻璃采光面的阳光，通过导热、对流及辐射，把热量送至室内。

屋顶池式。它用装满水的密封塑料袋作为储热体，置于屋顶棚上，其上设置可水平推拉开闭的保温盖板。冬季白天把保温盖板敞开，让水袋充分吸收太阳辐射热，水袋所储热量通过辐射和对流至下面房间；夜晚则关闭保温盖板，阻止热损失。

(2) 太阳能与自然通风的融合。太阳能绿色建筑复合通风结构是将太阳能空气集热器与建筑围护结构有机结合，从而建筑围护结构与通风、被动式采暖以及被动式冷却相结合，在改善室内热环境方面起到积极的作用。其工作原理是：利用太阳辐射能量产生热压，诱导空气流动，将热能转化为空气运动的动能。太阳能通风结构的主要形式包括：太阳能集热墙体、太阳能集热窗和太阳能集热屋面。在太阳辐射的作用下，将会诱导热压作用下的自然通风，从而实现房间的被动式采暖与降温。

利用太阳能加热空气，它是利用太阳能进行采暖和空调的节能环保型生态建筑，冬天取暖，夏天降温。通常情况下，太阳能采暖均以玻璃作为集热器，实墙、石床、水体、相变材料等蓄热体，利用合理、巧妙的建筑设计手法创造适宜的室内空间和环境。太阳墙则是太阳能热利用中的一种新型采暖技术。

(3) 阳光入室装置的研究进展。阳光入室产品的主要功能就是将阳光中的可见光同红外线和紫外线分离后，将可见光高效率地传输到室内并用作照明。分离后的红外线可以利

用转换装置转化为电能或热能,进入室内光谱主要分布在 500~1000 纳米区间。滤除红外线,可以进入室内的光不含热能,不会提高室内温度;保留部分紫外线,是由于适量的紫外线是人体所必需的。通过对光谱的控制,使进入室内的光柔和、舒适,适合办公以及居住。

阳光入室装置有两个重要的好处:一是可以节约大量照明用电负荷,根据美国 2000 年有官方统计计算:美国一天用于照明的电力费为 0.1 亿美元,占整个电力消耗的 25%,其中 40% 的消耗是在外界阳光非常充沛的时候,也就是说,当外界阳光普照的时候,美国人每天还要花费 400 万美元在室内采用人造光源照明。如果所有建筑都采用日光进行日间照明,每天可以节省能源费用 280 万美元。二是对人体的健康有益。众所周知,阳光对于人体健康是非常重要的,它可以促进人体钙质吸收、提高人体免疫机能、杀灭室内有害细菌、促进人体新陈代谢,适当地接触阳光,还可以延缓人体老化过程。

根据我国建筑的普遍特点,目前已经开发出两大类产品:光纤类和反射类。

光纤产品利用光导纤维将汇聚后的太阳可见光传输到室内任何需要照明的场所。光纤入室产品的特点:光传输效率高达 90%,而且光纤由于其柔软性可以方便在室内布置;光通过发散装置进行发散,发散装置可以按照美观需求制成多种形式,此类产品可以满足多种建筑形式的需求,对建筑形式没有特殊要求,适应范围广泛。由于没有电力,所以安全性非常高,这类产品还非常适合于地下建筑如地铁、地下商场等场所使用。

反射类产品:这类产品利用光学器件通过反射和折射原理将光以固定角度传输至室内。反射类产品的形式较多,安装灵活方便,易于维护,同时价格相对低廉。

7. 屋面绿化技术

屋面绿化在我国的一些经济发达地区发展很快,它为提高城市的绿化覆盖率,改善城市生态环境所起的作用,已经越来越受到人们的重视。目前,我国对屋面绿化分为两大类:植被屋面和花园屋面。花园屋面类似于密集型绿化屋面,种植植物包括地被、灌木和乔木等,基质厚度为 20~100 厘米,要求屋面荷载大于 250 千克/米²。植被屋面适于开敞型绿化屋面和半密集型绿化屋面的综合,即以景天类、耐旱的草类植物、宿根花卉以及低矮灌木等各种地被植物为主进行的绿化。基质层厚为 10~25 厘米,要求屋面荷载大于 100 千克/米²,实现粗放型管理,一年只需要进行 3~4 次维护管理。

绿化屋面种植区构造主要由防水层、保护层、排(蓄)水层、过滤层、基质层及植被层组成。基质层的材料使用自然表层土有时也称田园土。过滤层使用稻草、椰壳纤维等有机材料,粗麻布、塑料编织材料,无纺布。蓄排水层的材料使用松散材料比较适合的,其他排水材料种类也很丰富,如板材包括用热粘法或用沥青黏沫板,异型硬质板,泡沫塑料板、排/蓄水板等专为屋面绿化研制的排水板材,也包括原本用作它途,但是也适合于屋面绿化的排水材料,如各种植草格、渗排龙、蓄/排水板等。保护层的材料使用水泥砂浆刚性保护层。防穿刺层的材料也使用水泥砂浆。隔离层材料常用的是聚乙烯薄膜和无纺布。防水层的材料传统刚性防水层使用混凝土、沥青柔性防水层,现代常使用复合防水层,即在普通卷材或者涂膜防水层之上空铺或者点粘一道具有足够根系穿刺能力材料的各种复合型防水层。

8. 蒸发隔热屋面技术及应用

建筑屋面的隔热方式有多种,按隔热机理基本上可以分为两类:一是靠围护结构表面附加特殊性能材料来隔热降温;二是利用表面材料中的水分蒸发带走热量,即利用被动蒸发隔热达到降温目的。所谓蒸发隔热屋面就是让水作为主导参与其物化过程,利用自然的方法从建筑物中移走热量,通过对流、蒸发和辐射或者通过相邻部分传导和对流的方式来降低建

筑物的冷负荷。

蒸发隔热屋面技术的新发展。科研工作者对传统的被动冷却技术进行了大量的实验研究,在原有的基础上对其不足之处进行了大量的完善工作。出现了多种改善后的应用方式,如蓄水屋面、带有可移动隔热板的屋面水池、蒸发反射屋面、屋面设置空气隔热层等。此类蒸发冷却采用在建筑物面上铺设一层多孔材料,如松散的砂层或加气混凝土层等。此层材料依靠淋水或天然降水来补充含湿层水分,受太阳辐射和大气对流及天空长波辐射换热的影响,内部水分通过热湿迁移机理的作用至表面并在此蒸发。

9. 建筑水循环利用技术

(1) 绿色建筑水资源利用控制指标:在方案、规划阶段制定水系统规划方案,统筹、综合利用各种水资源。设置合理、完善的供水、排水系统。采取有效措施避免管网漏损。建筑内卫生器具合理选用节水器具。使用非传统水源时,采取用水安全保障措施,且不对人体健康和周围环境产生不良影响。

(2) 绿色建筑水资源利用一般项指标。通过技术经济比较,合理确定雨水积蓄、处理和利用方案。绿化、景观、洗车等用水采用非传统水源,绿化灌溉采用喷灌、微灌等高效节水灌溉方式。非饮用水采用再生水时,利用附近集中再生水厂的再生水,或者通过技术经济比较,合理选择其他生水水源和处理技术。按用途设置用水计量水表。办公楼、商场类建筑非传统水源利用率不低于 20%,旅馆类建筑不低于 15%。

(3) 结合屋面绿化的雨水回用设计。屋面绿化对涵养水土、增加空气湿度、隔声、抗污染、清新空气,形成生物气候缓冲层以及对地面绿化的延伸等方面,都发挥着重要的作用。其中一个重点,应为生态作用,即屋面绿化对雨水的净化作用,通过屋面绿化层截留。吸纳部分天然雨水,并逐渐利用植物和人工种植土层中微生物的作用,降解污染物质;利用土壤渗透过程净化天然雨水中有部分污染物质。物质绿化本身就需要用水,可以通过种植层与蓄排水层而达到蓄存部分雨水的功能。在屋面设置一个调蓄池,贮存经过土壤净化预处理的雨水,作为屋面绿化的浇灌与园路等冲洗之用。对于过多的雨水,可以通过设置溢水管而通往地面排出。

在建筑下层建设适合本地区强降雨的蓄水池;经过屋面绿化的水,从排水管存在蓄水池中,当降雨强度过大时,可以通过蓄水池池壁上的溢水管,把雨水排放,同时在蓄水池边设置泵房,通过泵房,把蓄水池收集到的雨水进行两部分利用:一部分是上提到屋面,存入调蓄池,供屋面绿化和屋面冲洗;另一部分是利用蓄水池中的多余雨水,输送到水景设施处,以供水景用水。

(4) 空调冷凝水回用系统。夏季空调系统在运行中,末端装置进行热交换时,当湿空气流过表面式冷凝器时,冷凝器表面温度低于空气的露点温度,则空气中含有的水蒸气就会在换热表面上冷凝产生大量的冷凝水,空气中含越高,产生的冷凝水量越多。根据本建筑空调系统的末端装置安置安装方式及特点,利用重力流将其收集至集水池,建议收集一至六层空调冷凝水作为回收。冷凝水回收系统是将空调机组凝结的冷凝水集中,经水过滤槽过滤后流至集水池内,经过消毒即可利用水泵从集水池输送到各用水点。

(三) 高层建筑技术

1. 安全的基础

如其他所有建筑一样,摩天大厦首先要建地基:第一步是挖土,即在计划建造成的楼房下挖或爆破去一层泥土。地基坑的四周用板支撑,再用钢桩固定。基础坑要挖到能承载整

幢楼的重量土或岩层,通常还必须用液压杆将很粗的桩压入土层里,深入到坚实的土层。有时泥土很松软,不得不用化学剂来粘结泥土,如纽约的世界贸易中心双塔楼就是采用这种方法加固地基土层的。

桩通常与混凝土基础板连接在一起。摩天大厦的垂直柱锚固在基础板块上,桩与混凝土基础板块共同承担大厦的重量,而且还要承受侧向的风载。摩天大厦的基础要足够坚固,芝加哥南威克大街 311 号的 288 米高的大厦基础就是由 2.4 米厚的混凝土板和 100 根 91 厘米至 2.74 米粗、34 米长的桩构成。

2. 新技术使楼越建越高(图 15)

早期的摩天大厦都是简单的梁柱结构,建筑框架是由横梁连接起来的钢桩构成。这种方法限制楼高最多建到 20 层,超过这个高度,为承受大楼的震动,其梁和柱就必须很粗,这样就不经济了。采用剪力墙结构可建到 30~40 层,这种结构使大楼有一个刚性核心,通常由相互交错的钢筋混凝土墙构成,这个核心能承受用于大楼的剪力以及大楼全部或部分重量。同时它也是电梯、管道从下往上的通道,每一层都排列悬挂在这个核心四周,建筑师设计悬挂部分时自由度很大。

随着称之为“框架—管柱—建筑物”的出现,摩天大楼建造技术又向前发展了很重要的一步,其原理与“剪力墙结构”正好相反,所有承重部分全部移到外延,这样就形成了一个巨大的刚性管道,它承受大厦的重量和剪力,最现代化的摩天大厦就是按此方法建造的。这种建筑典型的是外墙是密集的承重结构,有无数通过横梁相互连接的桩或柱。建筑师有大面积的空间进行自由室内设计。

大楼高度的增加迫使工程师(设计师)采用新技术去预防地震。总体上有两类抗震建筑:一类是在地震时由计算机控制的移动系统运动楼顶上的重混凝土块来抵消地面的震动;另一类是高楼基础中的巨大“缓冲器”,使整幢建筑与地震一起运动,来最低限度地减少建筑物的损伤。

(四) 绿色建筑技术的发展展望

20 世纪 90 年代,我国建筑行业首次引入绿色建筑的概念。随着社会能源和资源的日益紧缺,环境压力的日益增加,人类对健康生活理念的追求,作为耗能大户的建筑业首当其冲迎来了一场节能、节地、节水、节材、减少污染的革命,绿色建筑设计理念逐渐成为我国建筑业的主流。

21 世纪以来,国家相关部门相继制定和推出了一系列绿色建筑方面的规范、文件,如《绿色生态住宅技术评估手册》、《国家康居示范住宅小区建设要点与技术导则》等。北京、上海、广州、深圳等地正在积极开展适合自己的绿色建筑关键技术体系的研究和应用。上海世博会世博中心、深圳市华侨体育中心扩建工程,上海市建筑科学研究院绿色建筑过程中心办公楼、水立方等绿色建筑示范项目将成为我国绿色技术展示、后续研发的平台。



图 15 阿联酋建设的迪拜塔高 160 层,总高 828 米

绿色建筑作为一个新兴的、动态的和发展中的概念,它随着技术与社会有进步而逐步充实其意义。目前,我国正处于城市化的进程中,如何在高速城市化进程中结合中国实际实现社会的可持续发展,积极推行绿色建筑是当前面临的重大挑战。可以预言,绿色建筑将成为人类运用科技手段寻求与自然和谐共存,持续发展的理想建筑模式。积极吸取中国传统民居中蕴含的零耗能绿色建筑精髓并加以提炼,形成适合我国国情的低能耗、无污染绿色建筑是现阶段建筑业的工作重心。随着社会进步和科技发展,绿色建筑的内涵与设计理念将不断完善、丰富。

三 新材料技术

新材料指 20 世纪后半叶以来,人类利用现代科学原理开发出的不同于传统材料的新型物质材料,是现代高新技术革命的物质基础。在人类历史上每一种重要的新的物质材料被发现和广泛应用,都有把人类利用、适应、支配自然的能力提高到一个新水平,广泛而深刻的影响社会生产和人类生活。当代有代表性的新材料主要是纳米材料、高分子材料、新型金属材料、超导材料、半导体材料、新型陶瓷材料等。

(一) 纳米材料

1. 纳米材料概述

所谓纳米材料是由纳米颗粒构成的固体材料,其中纳米颗粒的尺寸最多不超过 100 纳米,在通常情况下,应不超过 10 纳米。大家都知道,原子的半径在 10^{-10} 米这一量级,而 1 纳米等于 10^{-9} 米,因此在纳米量级内,物质颗粒的尺寸已经很接近原子的大小。这时候,量子效应就已经开始影响到物质的性能和结构。

纳米材料与普通材料相比,在机械强度、磁、光、声、热等方面都有很大的不同。例如,纳米铜(晶粒尺寸为 8 纳米)的自扩散系数比晶格扩散系数增大 $10\sim 19$ 倍,膨胀系数比普通铜成倍增大,强度比普通铜高 5 倍;纳米硅的光吸收系数比普通单硅增大几十倍。由于这些不同,我们便有可能制造出性能优良的各种特殊材料。纳米材料无与伦比的特性,使它在无数领域有着良好的应用前景。

2. 纳米材料的发展

纳米材料被誉为 21 世纪的新材料,其概念在 20 世纪中叶被科学界提出后得到广泛重视和深入研究。

1959 年诺贝尔奖获得者理查·费曼在一次演讲中提出,人类能够用宏观的机器制造比其体积小机器,而这较小的机器又可制造更小的机器,这样一步步达到分子尺度,即逐级缩小生产装置,以致最后直接按人的意愿排列原子,制造产品。人工纳米微粒是 20 世纪 60 年代初期由日本科学家首先在实验室制备成功的。纳米金属则是德国科学家 Geiter 在 1984 年用惰性气体蒸发原位加压法制出的。到目前为止,已用这种方法制备的纳米材料达上百种。1990 年 7 月,在美国巴尔的摩召开了国际第一届纳米科学技术学术会议,正式把纳米材料列为材料科学的一个崭新的分支,这标志着纳米材料学作为一个相对比较独立学科的诞生。

综观纳米材料发展的历史,大致可以划分为 3 个阶段。第一阶段(1990 年以前),主要是在实验室探索用各种手段制备各种纳米颗粒粉体,合成块体(包括薄膜),研究评估表征的方法,探索纳米材料不同于常规材料的特殊性能。第二阶段(1990~1994 年),人们关注的热

点是如何利用纳米材料已挖掘出来的奇特物理、化学和力学性能,设计纳米复合材料。第三阶段(1994年到现在),纳米组装体系、人工组装合成的纳米结构材料体系越来越受到人们的关注。

3. 纳米材料的结构与性质

(1) 纳米材料的结构。构成纳米结构的块体、薄膜、多层膜和纳米结构的单元有团簇、纳米微粒、碳纳米管、纳米棒、纳米丝和纳米线。

团簇。是一类新发现的化学物种,是20世纪80年代才出现的。原子团簇,简称团簇,是指几个至几百个原子的聚集体。团簇的尺寸范围一般在1~100纳米之间。它们尚未形成规整的晶体,除了惰性气体外,它们都是以化学键紧密结合的聚集体。

纳米微粒。是指颗粒尺寸为纳米量级的超细微粒,它的尺度大于团簇,小于微粉。纳米微粒与微细颗粒和原子团簇的区别不仅反映在尺寸方面,更重要的是在物理与化学性质方面。

碳纳米管。是一种纳米尺度的、具有完整分子结构的新型材料。它是由碳原子形成的石墨片卷曲而成的无缝、中空的管体。石墨片不同的卷曲方向和角度将会得到不同类型的碳纳米管。卷曲成碳纳米管的石墨片的片层可以是一层的或多层的。由一层石墨片卷成的碳纳米管称为单壁碳纳米管,由多层石墨片卷曲成的碳纳米管称为多壁碳纳米管。根据碳纳米管截面的边缘形状,单壁碳纳米管又分为单壁纳米管、锯齿形纳米管和手性纳米管。

碳纳米管具备十分奇特的化学、物理、电子及力学性能,它的应用十分广泛。目前,单壁碳纳米管最长可达20微米,定向多壁碳纳米管的长度也可达几毫米,所以碳纳米管可作导线、开关和记忆元件。利用碳纳米管的量子效应,在分子水平上对其进行设计和操作,可以推动传统器件的微型化。金属/半导体型碳纳米管具有二极管的特性,可以作为最小的半导体装置。碳纳米管的端部曲率半径小,在电场中具有很强的局部增强效应,可以用作场发射材料。由于碳纳米管的体积可以小到 10^{-5} 立方毫米,医生可以向人体血液里注射碳纳米管潜艇式机器人,用于治疗心脏病等等。

纳米棒、纳米丝和纳米线。一般把长度小于1微米的纳米丝称为纳米棒,长度大于1微米的称为纳米丝或纳米线。半导体和金属纳米线通常称为量子线,常见的纳米线有半导体硫化物纳米线、发光硅纳米线、单金属纳米线、金属合金纳米线、 C_{60} 纳米线以及有机聚合物纳米线等。

(2) 纳米材料的性质。纳米材料的性质是由所组成的微粒尺寸、相组成和界面这3个因素的相互作用决定的。可归纳为4种基本性质。

A. 表面效应。表面效应是指纳米微粒的表面原子与总原子之比随着纳米微粒尺寸的减小而大幅度增加,粒子表面结合能随之增加,从而引起纳米微粒性质变化的现象。例如,金属的纳米粒子在空气中会燃烧,无机材料的纳米粒子暴露在空气中会吸附气体,并与气体进行反应。

B. 小尺寸效应。当超细微粒的尺寸与光波波长、德布罗意波长以及超导态的相干长度或透射深度等物理特征尺寸相当或更小时,晶体周期性的边界条件将被破坏;非晶态纳米微粒的颗粒表面层附近原子密度减小,导致声、光、电磁、热力学等物性呈现新的小尺寸效应。例如,光吸收显著增加并产生吸收峰的等离子共振频移;磁有序态向磁无序态转变;超导相向正常相的转变;小尺寸效应还使纳米微粒的熔点发生改变,如普通金属金的熔点是1337开,当金的颗粒尺寸减小到2纳米时,金微粒的熔点降到600开。

C. 量子尺寸效应。量子尺寸效应会导致纳米微粒在磁、光、电、声、热以及超导电性等特性与块体材料的显著不同。例如纳米微粒具有高的光学非线性及特异的催化性能。

D. 宏观量子隧道效应。微观粒子具有贯穿势垒的能力称为隧道效应。近年来,人们发现一些宏观量,如微颗粒的磁化强度、量子相干器件中的磁通量等亦显示出隧道效应,称为宏观的量子隧道效应。这种效应和量子尺寸效应一起,将是未来微电子器件的基础,它们确定了微电子器件进一步微型化的极限。

(3) 纳米复合材料。纳米复合材料是20世纪80年代出现的一种新材料,由两种或两种以上的固相至少在一维以纳米级大小(1~100纳米)尺度上复合而成。这些固相可以是非晶质、半晶质、晶质或者兼而有之,而且可以是无机物、有机物或两种兼有。纳米复合材料也可以是指分散相尺寸有一维小于100纳米的复合材料。分散相的组成可以是无机化合物,也可以是有机化合物,无机化合物通常是指陶瓷、金属等,有机化合物通常是指有机高分子材料。

纳米复合材料的特点是:第一,纳米复合材料可以综合发挥各种组分的协同效能,这是其他任何一种材料都不具备的多种性能。第二,纳米复合材料性能的可设计性,可以针对纳米复合材料的性能需求进行材料的设计与制造。第三,纳米复合材料可以按需要加工材料的形状,避免多次加工和重复加工。应用较多的纳米复合材料主要是:

A. 纳米复合涂料。纳米复合涂料是指将纳米粉体用于涂料中所得的一类具有抗辐射、耐老化与剥离强度高或具有某些特殊功能的涂料。利用纳米微粒的某些功能对现有涂料进行改性,提高涂料的性能,这种涂料称为纳米改性涂料。纳米结构涂料是指使用某些特殊工艺制备的涂料,其中某种特别组分的细度在纳米级。

B. 纳米功能性涂料。包括抗菌防污涂料、抗菌保健涂料、紫外线防护涂料、纳米隐身涂料,重点是抗菌防污涂料和纳米隐身涂料。

C. 纳米塑料。是指金属、非金属和有机填充物以纳米尺寸分散于树脂基体中形成的树脂纳米复合材料。纳米塑料的种类有:金属及无机非金属纳米塑料和有机的纳米塑料。

D. 纳米复合纤维。将纳米材料应用到合成纤维中制备而成的纤维称为纳米复合纤维。用纳米复合纤维开发的面料,通过纳米技术处理织物,在保持原有织物性能不变的同时,提高了织物防水、防油污的功能,也使织物具有杀菌、防霉和防辐射等特殊效果。

4. 纳米材料的应用

纳米材料在不同的领域有着不同的应用。

(1) 开发新型材料。纳米材料可用于开发热电转换材料、高效太阳能转换材料、二次电池材料;功能涂料;电子和电力工业材料、新一代电子封装材料、厚膜电路用基板材料;新型大屏幕平板显示的发光材料、磁性材料;用于环境的光催化有机降解材料、保洁抗涂层材料、生态建筑材料、纳米陶瓷材料和纳米复合生物材料等。这些新材料可用于高科技领域、国防工业及传统产业中开发新产品。

(2) 在化工产品中的应用。在化工产品中利用纳米超微粒子高比表面积与高活性能,能显著地增进催化效率,如在火箭发射的固体燃料推进剂中添加约1%的超细钛或镍微粒,每克燃料的燃烧热可增加1倍。

(3) 在医学生物领域的应用。利用一些纳米材料可以制成生物陶瓷,制成具有生物活性的人造牙齿、人造骨、人造器官等。采用纳米颗粒复合制备的磷酸钙骨水泥,与机体亲和性好,能被新生骨逐步吸收。纳米生物材料不仅在硬组织修补和替换方面有作用,而且在药

物缓释材料、疾病检测等医学领域都能发挥巨大的作用。

纳米机器人将会给人类医学科技带来深刻的革命,使许多疑难病症得到解决。这些纳米机器人按医师预先编制程序进行全身健康检查,疏通脑血管中的血栓,清除心脏动脉脂肪沉积物,吞噬病毒和组织破碎细胞,杀死癌细胞,监视体内的病变等。纳米机器人还可以用来进行人体器官修复工作,做整容手术,进行基因装配工作等。

生物细胞分离是生物细胞学研究中一种十分重要的技术,它关系到研究所需要的细胞标本能不能快速获得的关键问题。过去常常采用价格昂贵并对人身有害的技术,但用纳米微粒很容易将细胞分离出来。癌症的早期诊断一直是医学界亟待解决的难题。美国科学家利贝蒂指出,利用纳米微粒进行细胞分离的技术很可能在肿瘤早期的血液中检查出癌细胞,实现癌症的早期诊断和治疗。

细胞内部的染色对用光学显微镜和电子显微镜研究细胞内各种组织是十分重要的一种技术。未加染色的细胞很难用光学显微镜和电子显微镜进行观察,为了解决这一问题,物理学家已经发展了几种染色技术,如荧光抗体法、铁蛋白抗体法和过氧化物酶染色法等,纳米微粒的出现,为建立新的染色技术提供了新的途径。

(4) 用纳米材料改造传统产业。纳米材料不仅在高科技尖端工业中有重要的应用前景,而且在机械、冶金、石油化工、建筑材料、纺织、轻工等工业领域也有重要的应用价值。用纳米材料改造传统产业,利用比较成熟的纳米材料与技术,使传统产品提高质量、赋予新的功能和使产品更新换代。

(二) 新型高分子材料

1. 高分子材料概述

高分子是有机化合物,即碳元素的化合物。高分子之所以称为高分子,是因为其分子量高,至少在1万以上,高的可达到几百万至上千万,这不是一般小分子有机化合物所能达到的。分子量高所带来的性质上的变化,主要是使高分子化合物具有一定的力学强度。这样,高分子化合物就不同于一般有机化合物,而可以作为材料使用。

高分子化合物一般具有长链的结构,形象化地说,每个分子像一根长线团。各个分子间的结合力远远超过单个分子的结合力,这就赋予高分子以强度。现在高分子、大分子、聚合物、高聚合物这几个名词是可以互相通用的。高分子材料科学发展的主要趋势是高性能化、高功能化、复合化、精细化和智能化。

2. 高性能高分子材料的类型

(1) 工程塑料。1958年,美国杜邦公司以“向钢铁挑战”为题,报道了聚甲醛,并开始使用“工程塑料”这一名称。工程塑料一般是指工业用的高性能热塑性塑料,而区别于用来制作日常生活用品和包装材料的通用塑料。与通用塑料相比,工程塑料具有耐热性优良,抗拉、抗弯和冲击强度高,电气绝缘性能优良,耐磨、减摩性能好,吸振、消声性能优异,耐化学药品腐蚀,成型加工方便和成本较低等特点。

工程塑料可广泛应用于汽车、家用电器、电子设备以及飞机、导弹等产品,产生了较大的经济效益和社会效益。如小轿车使用高分子材料减轻车重100千克,则每升汽油至少可多行0.2千米,这不仅能节约能源,而且可以减少大气污染。此外,由于工程塑料减振性能好,还能降低噪声。

(2) 工程塑料合金。工程塑料合金是指一种表现均一的多组分工程聚合物体系,是两种或多种不同结构单元的均聚物或共聚物的混合物,且其中任一组分的比例必须大于5%。

工程塑料合金是 20 世纪 60 年代随工程塑料问世接踵而至的新材料。20 世纪 70 年代中期,开始转向以提高材料的韧性为重要目标,一系列超韧产品应运而生。庞大的汽车工业成为工程塑料合金争夺的最好市场。同时,电子信息技术的飞速发展,促使高模量、易流动的工程塑料合金在其设备壳体上的用量剧增。目前已形成商品的工程塑料合金种类很多,其主要品种有几十种。

(3) 功能高分子材料。有如下几种:

A. 导电高分子材料。绝大多数塑料和普通有机化合物之所以是电的不良导体或绝缘体,是由于它们分子中所含的电子被紧紧束缚住,处于不能自由迁移的状态。若能使这些电子自由移动,塑料也就能导电了。

世界上第一种有应用前景的结构型导电有机高分子材料聚乙炔于 1977 年由美、日科学家合作制成。1979 年美国学者又率先研制成采用聚乙炔作电极的实验二次电池,并在纽约召开的第一次学术会议上当众做了演示,从而引起了人们对导电高分子的极大关注,引发了研究聚乙炔的世界性热潮。到目前为止,已先后开发出以聚苯胺、聚噻吩、聚吡咯为代表的一系列导电高分子新品种,在改进稳定性、提高电导率和解决可溶性等方面都取得了显著的进展。近 20 年来,人们已合成出数百种不同结构和类型的导电高分子化合物。

B. 磁性高分子材料。高分子磁性材料主要分为两大类:即结构型和复合型。所谓结构型是指并不添加无机类磁粉而高分子材料本身即具有强磁性;复合型是指添加铁氧体或稀土类弱粉于高分子中制成的磁性体,目前具有实用价值的主要是这一类。若将磁粉涂布于高分子带基上,便制造出录音录像带。

C. 光功能高分子材料。光功能高分子材料是指能够对光透射、吸收、储存、转换的一类高分子材料。随着通信技术的发展,利用高分子材料的光曲线传播特性,开发出了非线性光元件,即塑料光导纤维。随着激光技术的发展和超大容量、高信息密度储存(记录)材料的需求,开发出先进的信息储存元件(光盘)。利用高分子材料的光化学反应,开发出在电子工业和印刷工业上得到广泛使用的感光树脂、光固化涂料及黏合剂。利用高分子材料的能量转换特性,人们制成了光导电材料和光致变色材料。

(4) 生物医用高分子材料。所谓生物医用高分子材料,是指用来制造人工器官、医疗器械和药物剂型的高分子材料,能促使人体组织修复或再生的高分子材料,用于培养、分离、提纯、固定生物活性的高分子材料和仿生高分子材料。医用高分子材料不仅要有足够好的物理化学性能,而且应具有良好的生物学性能。例如,作为人体内的高分子材料,与人体组织的相容性要好,体内组织液不会受其影响而发生变化,异物反应要尽可能小,等等。

目前典型的生物医用高分子材料主要包括:

A. 人工器官用高分子材料。目前已用于临床的人工器官用高分子材料有:硅橡胶、聚氨酯、聚四氟乙烯、聚碳酸酯、聚甲醛、聚乙烯、聚丙烯、硅烷共聚物和离子交换树脂等几十种。用这些高分子材料能制造出各种人工器官和组织,如人工心脏、人工肾、人工喉、人工骨、人工眼球、人工皮、人造血浆和血液等。

B. 控制药物释放的高分子材料。控制药物释放的最简单办法是将药物包埋在膜里,通过采用不同材料的膜和改变膜的性质,就能控制药物向膜外释放的速度。开发这种技术的关键是开发无害而易分解的高分子材料作为药物赋形剂。

控制药物释放的另一个办法是以高分子为载体,联接上小分子药物,即所谓药物的高分子化。药物经高分子化后,就有可能降低毒性,提高疗效,并能做到缓释、长效。

C. 仿生高分子材料。对生物大分子进行结构分析,并弄清楚结构与性能的关系后,通过分子设计和模拟,可以制得具有一定生物学功能的高分子材料,即仿生高分子材料。通过高分子仿生学研究,可以开发人工酶、人工生物膜、“导弹”药物、高分子生物活性材料和其他特殊功能材料。例如,蓝色贻贝通过分泌出的液体将贝体牢固地粘在岩石上。美国有关专家研究了这种分泌液的分子结构,并合成了一种模拟蓝色贻贝分泌液的超级胶粘剂,这种超级胶粘剂能快速固化,不受盐水侵蚀,可用来补牙、接骨和作船底涂料。

(三) 新型金属材料

1. 新型金属材料的种类

主要包括形状记忆合金、超塑性合金、非晶态合金、金属多孔材料、磁性材料以及作为新能源材料之一的贮氢合金材料等。

新型金属材料都属于复合材料,是 21 世纪复合材料开发应用的三大方向之一(其余两个是高分子复合材料、新型陶瓷材料),除了具有金属材料的高强度、高刚性、高韧性、高耐磨、高耐热特点之外,还定向强化了许多特异的物理化学功能。

(1) 形状记忆合金。1962 年,美国海军军械实验室在钛镍(TiNi)合金中发现了“形状记忆效应”。所谓“形状记忆效应”,是指在一种状态下形成的合金,如果在另一种状态下(通常是指另一种温度区间)给予没有弹性恢复力的形变,使其具有另一种形状,当其再回到第一种状态(温度)时,合金能自动恢复到原先具有的形状;换句话说,合金在返回到原先的状态时,它能“记得”自己原先所具有的形状,因而人们就把这种合金称之为形状记忆合金。例如,如果我们把一根形状记忆合金丝在较高的温度区间里绕成一个圆环,然后将该圆环冷却到另一个温度下并将其拉直,使之成为稳定的直线形,这个被拉直了的合金丝只要一旦返回到较高的温度区间,它就能立即自动卷绕起来,变回原来的圆环形状。

由于形状记忆合金是一种无疲劳的材料,即“回忆”——“变形”的本领可以反复使用 500 万次而不产生疲劳断裂,而且恢复原状几乎可以达到 100%,因此用途极为广泛。首先,形状记忆合金开创了一种新型的工程连接法,大量应用于工程领域的管接头和紧固件上。

用形状记忆合金制造人造卫星的天线,可在到达太空后再自动展开。其次,形状记忆合金的形状记忆效应和超弹性还可以广泛用于医学领域,如制造血栓过滤器、脊柱矫形棒、牙齿矫形弓丝、人工关节等。此外,形状记忆合金是一种集感知和驱动双重功能于一体的新型材料,可广泛用于各种自动调控装置。尽管迄今发现的具有形状记忆效应的合金种类已有好几十种,但已经实用化的主要还是钛镍基合金和铜基合金两大类,前者性能较好,后者价格较低。

(2) 超塑性合金。金属合金在特定的情况下可以像麦芽糖一样在外力作用下发生黏滞性变形,达到非常大的变形量而不破裂,这就是所谓金属合金的超塑性现象。处于超塑性状态的合金,其变形抵抗力较小,而延伸率则很高,可以达到百分之几千(普通的结构钢延伸率仅能达到百分之几十)。目前已在 100 多种金属合金中观察到超塑性现象,包括纯的铅(Pb)、铝(Al)、铜(Cu)、铍(Be)及以铝(Al)、钛(Ti)、锌(Zn)、铁(Fe)、镍(Ni)为基的合金,对钢和铁的超塑性现象也有报道。

超塑性现象主要应用于金属合金形变加工。首先,超塑性现象的应用大大减轻了压力加工设备的重量,简化了工序,节省了能源。其次,超塑性成型,使得许多形状复杂、难以成型的材料及低塑性甚至脆性材料的变形成为可能。此外,在超塑状态下变形时,金属的流动性极好,可获得尺寸精密、公差准确的产品。此外,由于材料的超塑性状态是一种强烈激

活状态,金属合金原子处于非常活泼的状态中,因此可以利用超塑性状态来实现固态下金属合金的接合。在超塑状态下使用固相材料接合时,可以大大降低压接难度,提高压接质量。超塑性合金也可能发展成为一种减振材料。有关这些方面的研究,目前都在继续进行。

(3) 非晶态合金。在通常情况下,固态的金属合金中的原子总是按照某种规律堆砌排列的,从而形成特定的晶体结构。然而,1960年,美国人P. 杜维茨等首先发现,当某些液态贵金属合金(如金硅合金)以 1×10^7 °C/秒的冷却速度急剧冷却时,却可以获得一种被称为“金属玻璃”的非晶态合金。这种新型材料具有许多不寻常的性能。一是强韧兼备的力学性能,其强度和硬度能高达4000牛/毫米²,超过了超高强度的工具钢,非晶态合金薄带可以反复弯曲180°而不断。二是高电阻、低温度系数的电学性能。通常的晶态金属合金的电阻率是随温度升高而升高的,即其电阻温度系数大于零。而非晶态合金的电阻温度系数可以由正到负在很大的范围内变化,因此有望用非晶态合金制备出具有高电阻率和低电阻率温度系数的材料。三是高导磁、低铁损的软磁特性。铁基非晶态合金具有比较高的饱和磁化强度,其矫顽力和损耗都比一般晶态的铁基材料低,可代替变压器中的硅钢片,性能极为优越。四是耐强酸、强碱腐蚀的化学特性。许多非晶态合金的耐腐蚀性能比最好的不锈钢还要高出100倍。

目前非晶态合金产品多半是薄带形或粉末状产品,薄带用于代替硅钢片制造变压器是可以的,但当需要使用大块材料时,困难就比较大;另外,由于非晶状态是一种亚稳定状态,它具有一种自发向稳定状态(即金属原有的结晶状态)转化的趋势,很多非晶态合金在温度超过500°C,原子具有足够的活动能力时,就会发生结晶化过程,因此使这种材料的工作温度受到了限制;最后,非晶态合金材料的制备成本比较高,这也是有待解决的问题。

(4) 金属多孔材料。出于某种特殊的性能要求和使用要求,可以有意识地制备出充满分散的小孔洞的金属合金,这就是多孔金属。多孔金属除具有本体金属的强度、导电、导热、耐腐蚀等性能外,还具有质轻等特点,因而具有多方面值得重视和开发应用的特性。首先是用作过滤器材料,用来进行液体和气体的净化;多孔金属具有高阻尼特性,可用来制造缓冲器或吸振器;它还有良好的消声特性,可有效地用于发动机排气消声装置;可用作保温隔热材料,火箭高温喷嘴材料等。

(5) 磁性材料。磁性材料的主要特点是自发磁化,即由材料内部自身的力量使磁畴(磁介质的基本组成单位)的全部原子、离子的磁矩平行或反平行排列,在有外加磁场时,材料会迅速表现出强磁性。目前应用较广的磁性材料是:

A. 软磁合金材料:主要应用为发电机、变压器、扼流圈中使用的铁芯,以电工软铁、硅钢、高磁导率铁镍合金形式使用。除做铁芯外,还广泛用于做各种电器和电子设备磁路元件。

B. 永磁材料:又称为硬磁材料,主要用于制永久磁铁,作为电能转换装置中的磁场源,用于扬声器、电动机、仪表、磁控管等。

C. 磁记录材料:用于记录各种信息,记录的准确性高、可靠性强、容量大,是传统记录形式难以比拟的,可以大大节省人力和物力,广泛用于磁卡、磁盘生产。

D. 磁光记录材料:磁光记录的特点是光记录的容量大,可重写。同样面积的磁光盘,其记录容量可相当于软盘的500倍,可擦写次数达100万倍以上。

E. 磁性流体:其主要特点是不仅有强磁性,而且有液体的流动性,可用于制造光传感器和精密仪器,用于扬声器、磁密封、温度传感器、磁性流体制动装置、磁性流体药物等。

(四) 半导体材料

1. 半导体的导电现象

早在 1873 年,英国科学家史密斯发现了半导体材料硒晶体在光的照射下发生电阻减小的光导放电效应,这种现象称为内光电效应,是半导体材料特有的性质。在光的照射下半导体中的电子吸收光子的能量,可以引起电子状态的跃迁,使其导电性能增加,降低电阻。

在半导体物理学中,存在于材料内部的带电粒子在电场作用下做定向运动,形成电流,通常称它们为载流子。半导体中的载流子是电子和空穴,它的数目可以随外界条件的变化而显著增加或减少。光照、加热、外加电场等均可以显著改变半导体的导电率。通过光照的激发作用产生的自由载流子称为光生载流子。

19 世纪物理学家还发现,像硅、锗以及某些化合物,它们的电阻率介于金属和绝缘体之间。在高纯或温度极低的情况下几乎不导电,但当温度升高或掺入少量杂质时,导电性会发生明显变化。德国的西门子利用这种材料制成发光导电管。

2. 半导体材料的类型

(1) 本征半导体。半导体材料首先可根据是否掺有杂质来区分。不含杂质而结构完整的半导体单晶,称为本征半导体。这一类半导体中,电子和空穴数目相等。当温度很低时,这一类半导体电阻率大,很难导电,但温度升高时,电阻率迅速减小。技术上的本征半导体指杂质很少的材料。当根据需要掺入杂质时即成为杂质半导体。利用不同的杂质掺入,可以制成整流器、半导体二极管、半导体三极管和集成电路等。

(2) 化合物半导体。指由两种或两种以上的元素化合物组成的半导体材料,实际上是指具有半导体性质的无机化合物,如砷化镓、硫化镉等。化合物成分复杂,制备单晶困难,但目前已有很多品种的化合物半导体用来制造发光二极管、红外探测器、光电器件、热敏电阻等。

(3) 有机半导体。指具备半导体性质的有机化合物或分子络合物。如聚丙烯等有机化合物,又称为塑料半导体。

(4) 玻璃半导体。指具有玻璃状态结构的半导体材料,在常态下,它们是绝缘体,但在一定的电场、压力、温度或光照作用下,可呈现半导体特征。目前,应用的玻璃半导体包括氧化物玻璃半导体和非氧化物玻璃半导体。这类材料具有记忆特征和开关特征,可制作记忆和开关元件。

3. 半导体材料的生产与加工技术

(1) 提炼硅晶体。半导体生产和科研主要使用单晶材料。所谓单晶,指在整块材料中原子都按统一的晶格排列。多晶硅则是同一块材料中由多种晶格阵列方式构成,它们方向错杂、排列无序,这样的硅晶体无法加工成理想的硅器件。因此,在生产硅元件的过程中,首先要提炼出纯净的硅,其次要把多晶硅拉制成单晶硅。正如世界上得不到 100% 的纯金一样,无一斑点的单晶硅也是得不到的。

(2) 拉制单晶硅。提取纯净硅的方法通常用“区域熔炼法”。把含杂质的硅材料放在坩埚中,用高频电流使其加热到一端熔化,这时被加热的部分所含的杂质会按比重大小不同或者上浮,或者下沉,然后根据杂质的特点把熔区逐步向上或向下推进。在熔区缓慢移动的过程中,已经熔化的硅会重新凝固,杂质会随着熔区的推移逐渐向一端集中,而其余的部分就成了比较纯净的硅材料。如果一次熔炼没有达到所要求的纯度,可以多次采用上述方法反复冶炼。

硅材料的纯度用百分含量表示。如纯度为 99.9999% 的硅晶体,也可用 6 个“9”表示它的纯度。如果硅中的杂质在 10^{-9} 以下,即表示硅的纯度在 9 个“9”以上,这是用于生产半导体元件的多晶硅在拉制成单晶硅之前必须达到的起码要求。采用区域熔炼法可以使硅中杂质的含量降低到万亿分之一(10^{-12}),完全可以满足微电子元件对硅材料的要求。

纯净的多晶硅,要在单晶炉中拉制成单晶硅。先让纯净的多晶硅在炉中熔化,把小块的单晶硅作为“子晶”,与熔体表面接触,然后慢慢提升子晶,同它接触的熔体就会逐渐凝固,发展成大的单晶体。用这种方法,不仅可以拉制单晶硅,还可以拉制单晶锗和某些金属化合物的单晶。

(3) 硅片加工。把单晶棒切割成晶片时,应沿与晶面垂直的方向横断切割。切割成的硅单晶片还要进一步加工才能用于制造二极管、晶体管和集成电路。传统加工技术中最主要的是杂质扩散法。在高温下把少量的 3 价或 5 价元素由硅片表面向内部渗透,使硅片表面及内层的杂质浓度分布和导电类型按需要生成,主要是形成 PN 结。

后来,科学家又发明了“离子注入法”,把杂质的离子在真空中加速到一定的程度后,打到硅晶片上,离子以高速度穿透晶体表面进入晶体内部,经过不断与硅晶体原子的碰撞,速度逐渐减慢,因而只能达到一定的深度。这种掺杂的方法,可以在较低温度下进行,而且可以较为精确地控制杂质的分布。

随着微电子技术的开发利用,硅片的加工技术也在向精细化、复杂化的方向发展。硅元件以 PN 结这一基本结构为基础的制作加工技术已远远不够用了,从而使半导体表面加工技术成为重要的专门技术。

(4) 硅片技术发展趋势。硅片生产与加工技术的发展趋势是:一方面,对单晶硅的纯度要求越来越高;另一方面,杂质渗透、镀膜技术要求越来越先进和精细化。最后,提高硅片质量还要注意防止“层错”。“层错”是硅晶体中的面的缺陷。这种缺陷一般集中在硅片的表层。防止层错的办法是:避免硅片的机械损伤,提高抛光技术,减少硅材料中的“微缺陷”,或用腐蚀法适当除去硅表面的损伤。此外,适当地热处理也可以减少层错。

(五) 新型陶瓷材料

陶瓷材料是人类最早利用的材料,有着悠久的历史。陶瓷研究的发展经历了 3 次飞跃,其中,从传统陶瓷到先进陶瓷,是陶瓷发展史上的第二次重大飞跃。如今,陶瓷材料发展,又开始了第三次飞跃,即从先进陶瓷发展到纳米陶瓷。

先进陶瓷按其使用性能来看,大体可以分为先进结构陶瓷和先进功能陶瓷两大类。

1. 先进结构陶瓷

陶瓷材料的固有优点是强度、硬度和耐磨、耐热能力都非常好。从这些方面来看,金属和高分子材料是很难和陶瓷竞争的。陶瓷的主要缺点是韧性不好,目前已找到许多使陶瓷增韧的方法,可使结构陶瓷的断裂韧性逐步提高。结构陶瓷由于其脆性问题没有得到彻底解决,加之成本较高,目前主要用在刀具、模具等领域。

2. 先进功能陶瓷

功能陶瓷主要是指利用材料的电、磁、声、光、热、弹性等方面直接的或耦合的效应以实现某种使用功能的陶瓷。先进功能陶瓷习惯上是按使用功能进行分类的,其特点是品种繁多、丰富多彩。所谓的“功能”,在很多情况下都与电子技术有着某种联系,大体上包括装置陶瓷、电容器陶瓷、铁电陶瓷、压电陶瓷、电致伸缩陶瓷、热释电陶瓷、磁性陶瓷、半导体陶瓷、导电与超导陶瓷、光学陶瓷以及敏感陶瓷与陶瓷集成等。

我国目前发展新型陶瓷材料的当务之急是：一方面要大力引进先进装备及检测手段，购买新材料配方和技术专利，来提高我国陶瓷材料的研究、开发、生产的起点水平；另一方面又要在消化、吸收国外技术的基础上，立即投入有创造性的研究开发工作，摆脱国外专利垄断市场的局面。

(六) 超导材料

1. 超导现象概述

超导又称超导电性，是指某些材料被冷却到一定温度后，对其通以电流，这些材料出现零电阻率，也就是失去电阻的现象。相应的，具有这种性质的材料称超导材料。超导材料在电阻消失前的状态称为常导状态，电阻消失后的状态称为超导状态。

超导现象首先是由荷兰物理学家卡末林·昂内斯于1911年在研究水银低温电阻时发现的。他的实验表明，当温度降低到4.2开时，水银导线的电阻突然下降到零，后来又陆续发现其他一些物质也具有这种现象。超导材料的出现将人们带进了一个前景十分广阔的新技术领域，超导现象的应用，给能源、交通的飞跃发展提供了可能性，并将对科技、经济、军事乃至社会发展产生难以估量的深远影响。

2. 超导材料的特征

(1) 完全导电性。完全导电性是指当温度下降至某一数值或以下时，超导材料的电阻突然变为零的现象，也叫零电阻效应。

(2) 完全抗磁性。完全抗磁性是指只要超导体进入超导态，超导体内的磁力线将全部被排出体外，磁感应强度等于零的特性。完全抗磁性是由德国科学家迈斯纳和奥森菲尔德在1933年对锡单晶球超导体做磁场分布测量时发现的，所以又称为迈斯纳效应。

3. 超导材料的应用

(1) 强电应用。包括以下几种。

一是超导输电线路。超导的最直接、最诱人的应用是用超导体制造输电电线。

目前高压输电线的能量损耗高达10%以上，如果用超导导线替代它们，电力几乎无损耗地输送给用户。用超导材料可制造高效率、大容量的动力电缆和变压器，可减少导体的材料需求量，节约大量有色金属。

二是超导发电机。在现有大型发电机或电动机中，用超导体代替铜材有望实现电阻损耗极小的大功率输出。这不仅对大规模电力工程很重要，而且对于各种船舶、飞机特别理想。目前，超导单极直流电动机和同步发电机是主要的研究对象。

三是超导贮能。超导材料具有高载流能力和零电阻的特性，在其回路中通入电流，电流可永不减弱，因此可长时间无损耗地贮存大量电能。

四是核磁共振成像。由于核磁共振仪需在一个大空间内有一个高均匀度和高稳定性磁场，而超导体不仅能满足这一要求，且磁场强度比常规磁体有明显优势。目前生产的超导磁体有70%~80%用于核磁共振领域。

(2) 弱电应用。包括超导探测器、超导微波器件、超导计算机。

超导探测器。利用超导器件对磁场和电磁辐射进行测量，灵敏度非常高，使微弱的电磁信号都能被采集、处理和传递，实现高精度的测量和对比。利用超导器件还可以制成超导红外线毫米波探测器，其探测范围几乎覆盖整个电磁波频谱，填补了电器波谱中远红外到毫米波段的空白。它不但灵敏度高、频带宽，而且还具有高集成密度、低功率、高成品、低价格等优点。

超导微波器件。高温超导系统在移动通信系统中有重要作用,它所带来的好处是:提高了基站接收机的抗干扰能力;可充分利用频率资源,扩大基站能量;减少输入信号的损耗,提高基站系统的灵敏度;改善通话质量,提高数据传输度。

超导计算机。超导计算机中的超大规模集成电路的元件的连线是用接近零电阻和超微发热的超导器件制成的,不存在散热问题,可使超导计算机具有许多优点;器件的开关速度比现有开关导体器件快2~3个数量级,比普通半导体硅集成电路快1000倍左右;功率很低,只有半导体器件的千分之一左右,散热问题很易解决;输出电压在毫伏数量级,而输出电流大于控制线内的电流,信号检测方便;体积更小,成本更低;因超导抗磁效应,电路布线干扰完全消除,信号准确无畸变。

(3) 抗磁性应用。有如下几种。

磁悬浮列车。利用超导材料的抗磁性,将超导材料放在永磁体的上方,磁体和超导体之间会产生排斥力,超导体悬浮在磁体上方。利用这种磁悬效应可以制造高速超导磁悬浮列车,时速可达几百千米而且运行平稳,无废气污染,但制造和运行成本较高。

磁封闭体。利用超导体产生的强磁场,可以制成热核聚变反应中的磁封闭体,将其中的超高温等离子体包围、约束起来,再缓慢地释放,从而控制核聚变能源。

实现超导材料的实用化还有不少技术难题,如何提高其临界转变温度、临界电流密度和改良其加工性能一直是科研探索的难题,超导材料的开发和利用还有待进一步研究。

四 新能源技术

(一) 能源的分类

1. 广义的能源分类。可以从能量的根本蕴藏方式来区分,大致可分为3类:一是地球以外的太阳能,包括直接使用和间接蕴藏的太阳辐射能,如石油、煤炭、天然气等是史前绿色植物光合作用生成的有机物以及食用它们的动物的遗骸,在漫长的地质变迁中转化成的。生物质能、水流感、风能、海洋能、雷电能等也是太阳能的转化形式。二是地球自身蕴藏的能量,主要包括地热资源及原子能燃料,还包括地震、火山能等。三是地外其他天体引力相互作用的蕴藏能,如潮汐能。

2. 应用性能源分类。当今能源科学技术一般从能源革命和能源利用方式上进行分类。

(1) 一次性能源与二次性能源。天然存在于自然界直接取用又不改变基本形态的能源称为一次性能源,如煤炭、石油、天然气、风能、地热等。由一次性能源经加工转化成另一种形态的能源,再加以利用的能源产品称为二次性能源,如电力、煤气、蒸汽、石油加工制品、液化石油气等。大部分一次性能源都要转换成容易输送、分配和使用的二次性能源。

(2) 可再生能源与不可再生能源。在自然界中可以不断再生并有规律地得到补充的能源称为可再生能源,如太阳能以及由太阳能转换成的水流感、风能、生物质能等。它们可以循环再生,不会因长期使用而减少。经过亿万年形成的、短期内无法恢复的能源,称为不可再生能源,如煤炭、石油、天然气、核燃料等。它们随着被大量开发利用,储量越来越少,终有枯竭的一天。

(3) 常规能源与新能源。常规能源指在过去和现在相当长时期内科学技术水平可以开发并被人广泛利用的能源。那些新近被发现,要采用创新科学技术才能充分开发和广泛利用的能源称为新能源。

(二) 传统能源与能源危机

1. 传统能源开发与利用的特点

木炭、煤炭、石油和水力等传统能源的开发利用带来了人类社会的巨大进步,但传统能源的固有特点及其开发利用的技术水平又决定了不可避免的能源问题,最终导致能源危机。传统能源有以下特点:

(1) 储蓄的有限性及消费量迅速增长的矛盾。人类在农业经济发展到比较成熟阶段,已经遭受到一次“能源危机”,这就是由于农田过分扩张毁灭了大片原始森林、草原过度放牧造成草原的沙漠化造成的。在古老文明国家,当初那些先进农业文明的发源地如尼罗河流域、黄河中上游、印度河流域周围大片的沙漠和黄土暴露的高原,几千年前曾是诱人的绿地,野兽出入的森林、草原。从积极的方面说,正是能源危机的压力促使人们去寻求开发新一代能源。正是木柴的匮乏激发了欧洲人开发煤炭和石油的热情。

(2) 能源价值潜力和粗放式开发利用的矛盾。无论是生物能源,还是石油、煤炭,都是高分子有机物,其开发和综合利用的潜力是很大的,但是,在很长的历史年代中,它们主要作为燃料使用。古代人们使用的木柴基本上是露天燃烧或在热利用率很低的炉灶里燃烧的,浪费很大。近代对煤炭的使用,90%以上是在热利用效率很低的小煤炉或小锅炉中燃烧的,大量没有充分燃烧的煤粉、烟尘、一氧化碳、二氧化碳、硫化氢等,不仅带走了大量的热能,而且污染了空气和环境。石油产品,如果经过深度开发,其价值可以成倍增长,但直到20世纪上半叶,石油的开发利用大都仅限于初级产品。由于受技术水平限制,人类对能源开发利用中的浪费现象是惊人的。大自然经过亿万年的作用储备起来的太阳能,一半以上又白白逸散到大自然中。不能循环利用是传统能源的特点之一。

(3) 开发成本上升与消费大众化的矛盾。一般说来,一种能源开发利用技术愈成熟,使用的效率就愈高,这就促使用户乐于使用这种能源,使消费大众化。随着浅层的、近距离的能源枯竭,人类必须寻找远距离或更难开发的深层能源,能源的开发费用迅速上升,先进的技术也需要巨大的开发成本,这就进一步加深了供求矛盾。据估算,世界能量消耗,1950年约为27亿吨标准煤,1975年即达到90亿吨标准煤,20世纪末已经超过200亿吨标准煤,在50年内增长近8倍。这样一来,预测目前已掌握的一次性能源储量至多能维持人类100~300年的需求,有人甚至估计,地球石油资源再过50年就面临枯竭。

上述矛盾发展的结果,必然造成能源危机。

2. 能源危机

所谓能源危机是指传统能源的供应不足、开发利用方式的粗放性与人类需求迅速扩大的矛盾日益尖锐化。如世界石油资源的开采量1950年为5.39亿吨,1960年达到10.89亿吨,1967年为18亿吨。石油输出国组织为了表达石油资源的稀缺性,于20世纪70年代把原油价格一下子提高了1倍,即从每桶17美元提高到35美元。以后国际市场原油价格总体上呈上升趋势,一度达到每桶80美元。

从传统能源的开发与利用来看,现实的挑战来自这样一些问题:

一是新能源基地的发现、勘探、开发、建设愈来愈困难,可采储量增长缓慢。

二是世界经济发展速度加快,广大发展中国家仍处于现代化前期,工业化过程无法摆脱对能源和资源的依赖。

在基本生活需求满足之后,作为生活现代化标志的耐用消费品使用大众化进一步加深了能源供求矛盾,如汽车、拖拉机、电器、机械化生产设备等都是高耗能用品,工业社会中人

均能源消费将会比不发达状态下的人均能源消费高出很多倍,美国的能源消费量占世界总消费量的40%,而人口只占全球人口的5.5%,其人均能源消费量是世界平均水平的7倍多。

三是传统增长模式不合理。能源、资源、环境、人口问题是紧密联系的问题,必须从人与自然和谐关系、人与自然协调发展的系统观念出发设计优化的发展模式,才能摆脱危机的阴影。

同世界性的能源形势普遍紧张状况比较,中国当代能源局面又有如下几个突出特点:

一是从能源结构上看,我国能源以煤为主,多种能源互补。20世纪末,石油在我国能源结构中约占24%,水电占6.2%,核电占1%,其余60%以上依靠煤。

二是从动态发展看,我国能源生产和消费呈现稳步、持续、较快增长。我国煤炭产量1949年为3200万吨,2006年超过30亿吨,居世界第一位。我国能源消费总量已居世界前列。我国已从石油出口国变为石油进口国,石油进口量居世界前列。但按人均能源消费量计算仍是最低的,约为世界平均值的一半。

三是能源供应不足,但单位产值能耗高。按20世纪末的能耗值计算,我国万元GDP消耗3.97吨标准煤,约为世界平均水平的2倍,是日本的7倍,美国的4倍,印度的1.5倍。能源利用率如此低,有三大因素:一是生产中节能意识差;二是技术水平落后,生产手段粗放;三是经济体制和劳动者素质存在问题。国家在第十一个五年计划的管理指标中,要求5年内年平均能耗水平下降4%,5年降耗20%,但从执行情况看,这一指标落实的难度大。

四是环境污染和运输压力越来越大。我国生产和生活用能源75%依靠煤炭。煤炭运输占全国铁路总运输量40%以上。煤炭用作生产、生活燃料燃烧程度低,灰渣量大,对空气、土壤和水源污染严重。

3. 解决能源危机的出路

一是强化通过科技创新、制度创新节约能源、循环利用能源的意识,提高能源利用效率。

二是提高能源使用规模化、集约化、管理科学化、信息化的程度,把小型高耗能企业关停,推广节能技术。

三是优化能源结构,完善开放型、多元化的能源开发、输送、储备体系,增加天然气、石油、水电、核电和其他干净新能源的比重。

四是加大对新能源研发的投入,构建自主型的新能源科技自主研发、多元协作体系。

(三) 新能源的开发与利用技术

1. 太阳能

(1) 太阳能的工作原理。科学家们认为,太阳能是未来人类社会最合适、最安全、最环保的理想替代能源。一是能量开发潜力巨大。太阳每分钟向地球辐射的能量相当于人类一天耗用的总能量之和,相当于500多万吨标准煤的燃烧值。一年内太阳能辐射量相当于170万亿吨标准煤的热量,目前全世界每年所耗能量还不到它的万分之一。到达地表的太阳能,被植物吸收的仅千分之一二,其余的大部分转化为热,散发到太空中去了。

(2) 太阳辐射与大气吸收。每年到达地球大气外层的太阳总能量为 1.5×10^{15} 千瓦,其中,30%以短波形式被反射回太空,4%被大气、地表、海洋所吸收,23%参与地球上的水循环。太阳能谱分布主要在0.2~100微米的紫外线到红外光范围,其中0.3~2.6微米的辐射能占95%以上。

地球大气层单位面积时间内接收的太阳能辐射密度用太阳常数 I_{sc} 描述,选取地球到太阳的平均距离为 1.495×10^8 千米,地球大气层外侧上界面单位面积、单位时间内垂直于太

阳平均距离为 1.495×10^8 千米,地球大气层外侧上界面单位面积、单位时间内垂直于太阳方向上接收太阳能的辐射能之和。目前普遍采用的权威值是

$$I_{sc}=1.940 \text{ 卡}/(\text{厘米}^2 \cdot \text{秒}) \text{ 或 } I_{sc}=1353 \text{ 瓦}/\text{米}^2。$$

太阳常数可随季节变化,但变化不大,对利用太阳能没有根本影响。

太阳总辐射强度受一系列因素的影响:一是观测地点的纬度,二是太阳高度(日地距离),三是地表海拔高度,四是云量,五是大气浑浊度。此外观测地点周围的太阳光反射条件等也有影响。

(3) 我国的太阳能资源。我国地面接收的太阳能资源非常丰富,主要分布在我国的西北、华北以及云南中部和西南部、广东东南部、福建东南部、海南岛东部和台湾西南部等地区。太阳能高值中心(青藏高原)和低值中心(四川盆地)都处在北纬 $22^\circ \sim 35^\circ$ 这一条带中。

和地球上其他能源特别是传统的化石能源相比,太阳能的特点是覆盖面广、无害性、取之不尽;缺点是能量密度较低、分散、受地理位置和气候影响、存在随机性,且只有白天有。但是,随着化石资源的不断减少,大量使用化石资源带来的环境污染等给我们开发利用太阳能资源带来了机会。当然,基于上述分析,如何实现经济、大规模地利用太阳能依然是一项挑战。

(4) 太阳能的利用技术。太阳能的利用越来越被重视,开发出许多产品。

A. 平板型集热器。太阳能集热器应用比较普遍的是平板型集热器。典型的平板型集热器主要由集热板、隔热层、盖板和外壳组成。

集热板的作用是吸收阳光,并把它转化成热能,通过流管传递给集热介质。它也是一种热交换器,其关键部件是平板吸热部件。平板吸热部件要求对阳光吸收率高、热辐射低;结构设计合理;具有长期的耐候性和耐热性能。集热板吸热层一般采用涂层材料,涂层材料分为选择性吸收涂层和非选择性吸收涂层,选择性吸收涂层具有尽量高的光谱吸收系数,低的热辐射率;非选择性吸收涂层的热辐射率也较高。从集热器的发展趋势看来,为了提高集热器的效率,提高温度是一个重要途径,因此利用选择性吸收材料是一个发展方向。

吸收涂层的表面性质和厚度也很重要,研究表明,适当降低涂层厚度能够降低涂层的热辐射率。

隔热层的作用是降低热损失、提高集热效率,要求材料具有较好的绝热性能,较低的导热系数。隔热层材料要求能够承受高于 200°C 的温度,可用作隔热层的材料包括玻璃纤维、石棉以及硬质泡沫塑料等。

透明盖板的作用是为了和集热板之间形成一定高度的空气夹层,减少集热板通过与环境的对流、向环境的辐射造成的热损失,保护集热板和其他部件不受环境的侵袭。

外壳的作用是为了保护集热板和隔热层不受外界环境的影响,同时作为各个部件集成的骨架,要求具有较好的力学强度、良好的水密性、耐候性和耐腐蚀性。

B. 聚光型集热器。聚光型太阳能集热器就是利用对太阳光线的反射,将较大面积的太阳辐射聚集到较小面积的吸热层上,以提高对太阳能的接收率。

聚光型太阳能集热器的关键部件是聚光镜。

具体聚光系统的选择是系统光学和热性能的折中。吸热层面积应该尽量大,以接收大量的太阳辐射,但是由于聚光集热器吸热层温度较高,按照温度的 4 次方辐射损失,因此

又希望吸热层面积尽量小,以减少热损失。因此,为了降低热辐射损失,采用真空管集热器是一个好的选择。

聚光器的类型按照对太阳光的聚集方式分为反射式和折射式。反射式聚光器通过一系列反射镜片将太阳辐射汇聚到吸收面,而折射式则是将入射太阳光通过特殊的透镜汇聚到吸收面。

此外,还有将透射与反射结合的聚光方式。聚光集热器的聚光器部分可以设置太阳跟踪系统,调整其方向来获取最大的太阳辐射,也可以调整吸收器的位置,达到系统最优化集热效果。

C. 太阳能热利用系统。太阳能热利用系统主要包括太阳能热水装置、太阳能干燥装置和太阳能采暖和制冷系统。太阳能热水装置是目前应用最广的太阳能热利用系统。

太阳能热水装置。主要由集热器、储水箱和提供冷水和热水的管道组成。按照水流动方式,又可以分为循环式、直流式和整体式。

太阳能采暖。利用太阳能集热器在冬季采暖是太阳能热利用的一种重要形式。太阳能暖房系统利用太阳能做冬天暖房之用。大多数太阳能暖房使用热水系统,也有的使用热空气系统。太阳能暖房系统是由太阳能收集器、热储存装置、辅助能源系统及室内暖房风扇系统组成。

太阳能制冷。是太阳能集热器收集的热的一种利用形式。因此,不同的太阳能制冷系统的主要区别在于制冷循环的不同。有的利用太阳能集热器加热水产生水蒸气,驱动汽轮对外制冷;有的利用集热器产生热水通过热交换加热产生高压水蒸气,参与制冷循环,等等。

太阳炉。实际上是太阳能聚光器的一种特殊应用。它是利用太阳能聚光器对太阳聚光产生高温,并用来加热熔化材料,进行材料科学研究的一种方式。一般采用抛物线型太阳能聚光器。

太阳炉分为直接入射型和定日镜型。直接入射型是将聚光器直接朝向太阳,定日镜型则是借助可转动的反射镜或者定日镜将太阳光反射到固定的聚光器上。太阳炉输出功率可以达到几十至上千千瓦,获得的高温可达 $3000\sim 4000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。用太阳炉加热熔化材料具有清洁无污染的优点。当然,比起一般的高温炉,造价要高。

太阳热动力。太阳热动力系统是利用太阳能热能驱动汽轮机、斯特林发动机或者螺杆膨胀机等发电。从原理上讲,它和普通热电厂的不同在于太阳能热发电系统有太阳集热系统、蓄热系统和热交换系统。太阳集热系统可以是平板型集热器,也可以是聚光型集热器。它们得到的传热工质温度不同。传热工质可以是水、空气或者是有机液体、无机盐、碱和金属钠,它们分别适用于不同的温度范围。传热工质通过温度变化、相变化(蒸发/冷凝)等过程来实现太阳热能到电能的转化。

太阳能电池。主要包括硅太阳能电池、带状晶体太阳能电池、硅薄膜太阳能电池、III V 族化合物太阳能电池、II VI 族化合物太阳能电池以及其他太阳能电池。即使是晶体硅太阳能电池,也有不同的结构,对应的制造方法也有所不同。目前实际应用的太阳能电池主要是硅太阳能电池。太阳能电池的研究目标之一是降低成本,因此采用薄膜太阳能电池是太阳能电池发展的一个方向。

太阳池。是利用对太阳辐射吸收储能的一种方式。太阳池一般是深度约 1 米的盐水池,水池的底部为黑色,池中的盐水从表面到池底浓度逐渐升高,经过太阳的照射,池底的热

量就会逐渐积蓄,造成池底温度的升高,可达 90°C 以上,再通过热交换器,可以将池底热能导出利用。太阳池的池水可以利用海水,经浓缩可以得到不同盐浓度的盐水,产生的热能又可以用来制盐。总之,太阳池可能是一种利用太阳能提供中小规模热能的简便、经济的方式。

海水淡化。利用太阳能淡化海水是利用太阳能蒸发海水中的水,并凝结得到淡水。海水淡化的基本原理是:太阳光通过透明盖板照射到装有海水的池中,池底是黑色吸热层,底部有绝热层。黑色吸热层吸收太阳辐射后升温,并加热海水产生水蒸气,产生的水蒸气凝结聚集在透明盖板的内侧,并顺着盖板朝下流入集水沟。

2. 风能开发利用技术

(1) 风能的特点。风能属于可再生能源,不会随着其本身的转化和人类的利用而日趋减少。与天然气、石油相比,风能不受价格的影响,也不存在枯竭的威胁;与煤相比,风能没有污染,是清洁能源;最重要的是风能发电可以减少二氧化碳等有害排放物。

相关技术的进步使其成本不断降低,风能已成为世界上发展速度最快的新型能源。据全球风能委员会(GWEC)统计,2004 年全球风力发电机组安装总容量达到 797.6 万千瓦,较前一年增长了 20%。

风能又是一种过程性能源,不能直接储存起来,只有转化成其他形式的能量后才能储存。风能的供应具有随机性,因此,利用风能必须考虑储能或与其他能源相互配合,才能获得稳定的能源供应,这就增加了技术上的复杂性;风能的能量密度低,因此,风能利用装置体积大,耗用的材料多,投资也高,这也是风能利用必须克服的制约因素。

(2) 风能资源。风能资源是存在于地球表面大气流动形成的动能资源。地球上某一地区风能资源的潜力是以该地区的风能密度及可利用小时数来表示的。在风能利用中,风速及风向是两个重要因素。风速与风向每日、每年都有一定的周期性变化。

根据中国气象局估算,中国风能资源潜力约为每年 1.6×10^9 千瓦,其中约 1/10 可开发利用,我国风能资源的分布与天气气候背景有着非常密切的关系,风能资源丰富和较丰富的地区主要分布在两大地带:沿海及其岛屿地区带和“三北”(东北、华北、西北)地区。

(3) 风力发电(图 16)。风力发电就是通过风力机带动发电机发电,发出的交流电供给负载。

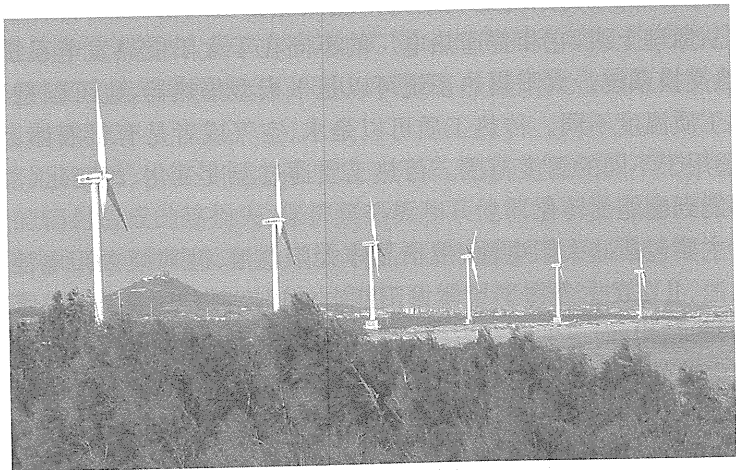


图 16 我国风力发电已处于世界领先地位

发电机是风力发电机组的重要组成部分之一,分为同步发电机和异步发电机两种。以前小型风力发电机用的直流发电机,由于其结构复杂、维修量大,逐步被交流发电机代替。机组发出的电有两种供给方式:独立供电与并网供电。

(4) 风力提水。我国适合风力提水的区域辽阔,提水设备的制造和应用技术也非常成熟。我国东南沿海、内蒙古、青海、甘肃和新疆北部等地区,风能资源丰富,地表水源也丰富,是我国可发展风力提水的较好区域。风力提水是弥补当前农村、牧区能源不足的有效途径之一,具有较好的经济、生态与社会效益,发展潜力巨大。

3. 生物质能源技术

(1) 生物质能源工作原理。广义地讲,生物质是一切直接或间接利用绿色植物进行光合作用而形成的有机物质,它包括世界上所有的动物、植物和微生物,以及由这些生物产生的排泄物和代谢物。狭义地说,生物质是指来源于草本植物、树木和农作物等的有机物质。地球上生物质资源相当丰富,按原料的化学性质主要分为糖类、淀粉和木质纤维素物质。按原料划分,主要包括以下几类:一是农业生产废弃物,主要为作物秸秆等;二是薪柴、枝杈柴和柴草;三是农林加工废弃物,木屑、谷壳、果壳等;四是人畜粪便和生活有机垃圾等;五是工业有机废弃物、有机废水和废渣;六是能源植物,包括作为能源用的农作物、林木和水生植物等。

生物质具有以下特点:一是生物质利用过程中二氧化碳的零排放特性;二是生物质是一种清洁的低碳燃料,其含硫和含氮都较低,同时灰分含量也很小;三是生物质资源分布广、产量大,转化方式多种多样;四是生物质单位质量热值较低,而且一般生物质中水分含量大,从而影响了生物质的燃烧和热裂解特性;五是生物质的分布比较分散,收集运输和预处理的成本较高;六是可再生性。

(2) 生物质转化利用技术。生物质的转化利用途径主要包括物理转化、化学转化、生物转化等,可以转化为二次性能源,分别为热能或电力、固体燃料、液体燃料和气体燃料等。

A. 物理转化。生物质的物理转化是指生物质的固化,将生物质粉碎至一定的平均粒径,不添加黏结剂,在高压条件下,挤压成一定形状。物理转化解决了生物质形状各异、堆积密度小且较松散、运输和储存使用不方便等问题,提高了生物质的使用效率。

B. 化学转化。生物质化学转化主要包括直接燃烧、液化、汽化、热解、酯交换等。

利用生物质原料生产热能的传统办法是直接燃烧。燃烧过程中产生的能量可被用来产生电能或供热。芬兰 1970 年开始开发流化床锅炉技术,现在这项技术已经成熟,并成为燃烧供热电工艺的基本技术。欧美一些国家基本都使用热电联产技术来解决燃烧物质原料用于单一供电或供热在经济上不合算的问题。

生物质的热解是在无氧条件下加热或在缺氧条件下不完全燃烧,最终转化成高能量密度的气体、液体和固体产物。由于液体产品容易运输和储存,近来国际上很重视这类技术。最近国外又开发了快速热解技术,液化油产率以干物质计,可在 70% 以上,该法是一种很有开发前景的生物质应用技术。

生物质的汽化是以氧气(空气、富氧或纯氧)、水蒸气或氢气作为汽化剂,在高温下通过热化学反应将生物质的可燃部分转化为可燃气(主要为一氧化碳、氢气、甲烷以及富氢化合物的混合物,还含有少量的二氧化碳和氮气)。通过汽化,原先的固体生物质被转化为更便于使用的气体燃料,可用来供热、加热水蒸气或直接供给燃汽机以产生电能,并且能量转换效率比固态生物质的直接燃烧有较大的提高。

生物质的液化是一个在高温高压条件下进行的热化学过程,其目的在于将生物质转化成高热值的液体产物。根据化学加工过程的不同技术路线,液化又可以分为直接液化和间接液化,直接液化通常是把固体生物质在高压和一定温度下与氢气发生加成反应(加氢);间接液化是指将生物质汽化得到的合成气(一氧化碳和氢气),经催化合成为液体燃料(甲醇或二甲醚等)。

生物柴油是将动植物油脂与甲醇或乙醇等低碳醇在催化剂或者超临界甲醇状态下进行酯交换反应生成的脂肪酸甲酯(生物柴油),并获得副产物甘油。生物柴油可以单独使用以替代柴油,也可以一定的比例与柴油混合使用。

C. 生物转化。生物质的生物转化是利用生物化学过程将生物质原料转变为气态和液态燃料的过程,通常分为发酵生产乙醇工艺和厌氧消化技术。

(3) 生物质燃烧新技术开发。生物质的直接燃烧技术即将生物质如木柴直接送入燃烧室内燃烧,燃烧产生的能量主要用于发电或集中供热。利用生物质直接燃烧,只需对原料进行简单的处理,可减少项目投资,同时,燃烧产生的灰可用作肥料。20世纪40年代开始了生物质的成型技术研究开发:日本在20世纪50年代,研制出棒状燃料成型机及相关的燃烧设备;美国在1976年开发了生物质颗粒及成型燃烧设备;西欧一些国家在70年代已有了冲压式成型机、颗粒成型机及配套的燃烧设备;亚洲一些国家在80年代已建了不少生物质固化、碳化专业生产厂,并研制出相关的燃烧设备。日本、美国及欧洲一些国家生物质成型燃料设备已经定型,并形成了产业化,在加热、供暖、干燥、发电等领域推广应用。

我国在20世纪80年代引进开发了螺旋推进式秸秆成型机,近几年形成了一定的生产规模,在国内已形成产业化。但国产成型加工设备在引进及设计制造过程中,都不同程度地存在着技术及工艺方面的问题,有待于深入研究。

生物质和煤的混合燃烧。对于生物质来说,近期有前景的应用是现有电厂利用木柴或农作物的残余物与煤的混合燃烧。利用此技术,除了显而易见的废物利用的好处外,另一个益处是燃煤电厂可降低氧化氮的排放。许多电厂的运行经验证明,在煤中混入少量木柴(1%~8%)没有任何运行问题;当木柴的混入量上升至15%时,需对燃烧器和给料系统进行一定程度的改造。

生物质燃烧直接发电。生物质转化为电力主要有直接燃烧后用蒸汽进行发电和生物质汽化发电两种。生物质直接燃烧发电的技术已进入推广应用阶段。从环境效益的角度考虑,生物质汽化发电是更洁净的利用方式,它几乎不排放任何有害气体,小规模生物质汽化发电比较适合生物质的分散利用,投资较少,发电成本也低,适合于发展中国家应用。大规模的生物质汽化发电一般采用生物质联合循环发电技术(IGCC),适合于大规模开发利用生物质资源,能源效率高,是今后生物质工业化应用的主要方式,目前已进入工业示范阶段。

目前生物柴油在柴油机上应用的技术已非常成熟,世界上有十几个国家和地区生产销售生物柴油。发达国家用于规模生产生物柴油的原料有大豆(美国)、油菜籽(欧盟)、棕榈油(东南亚)。现已对40种不同植物在内燃机上进行了短期评价试验,包括豆油、花生油、棉籽油、葵花籽油、油菜籽油、棕榈油和蓖麻籽油。日本、爱尔兰等国用植物油下脚料及食用回收油作原料生产生物柴油,成本较石化柴油低。

生物质的汽化燃烧。生物质燃料要广泛、经济地应用于动力电厂,其应用技术必须能在中等规模的电站提供较高的热效率和相对低的投资费用,生物质汽化技术使人们向这一目标迈进。生物质汽化是在高温条件下,利用部分氧化法,使有机物转化成可燃气体的过程。

产生的气体可直接作为燃料,用于发动机、锅炉、民用等。

(4) 沼气技术。沼气是由有机物质(粪便、杂草、作物、秸秆、污泥、废水、垃圾等)在适宜的温度、湿度、酸碱度和厌氧的情况下,经过微生物发酵分解作用产生的一种可燃性气体。沼气的主要成分是甲烷和二氧化碳,还有少量的氢气、氮气、一氧化碳、硫化氢和氨气等。通常情况下,沼气中含有甲烷 50%~70%,其次是二氧化碳,含量为 30%~40%,其他气体含量较少。

沼气燃烧时放出大量热量,热值为 21520 千焦/米³,约相当于 1.45 米³ 煤气或 0.69 米³ 天然气的热值。因此,沼气是一种燃烧值很高、很有应用价值和发展前景的可再生能源。

近年来,沼气发酵技术已经广泛应用于处理农业、工业及人类生活中的各种有机废弃物,为人类生产和生活提供了丰富的可再生能源。沼气作为新型优质可再生能源,已经广泛应用于生活生产和工业生产领域及航天航空领域,而且还可应用于农业生产,如沼气二氧化碳施肥、沼气供热孵鸡和沼气加温养蚕等。

4. 新型核能技术

(1) 核电开发技术。核能的利用从第二次世界大战期间发展核武器开始,到核电的第一次大规模发展仅用了不到 30 年的时间。世界核电技术,经历了 20 世纪 50 年代早期普选各种可能的核电原型堆技术研发阶段,到逐步形成以轻水堆为主、气冷堆和重水堆为辅的商用核电技术的第一核纪元的历史演变,至今为人类经济发展提供了约 17% 的电力。

从目前的技术可能性看,人类获取核能的手段仍然是重核裂变和轻核聚变。在重核裂变和轻核聚变的物理过程中,中子扮演了重要的角色。

反应堆燃料组件中的易裂变核吸收一个中子发生裂变,裂变又产生中子,中子又引起裂变,形成链式反应。

在纯铀 235 体系中,如体积或质量太小,不会达到维持链式裂变的条件;体积太大,大部分中子会引起裂变,链式反应过于剧烈或引起核爆,所以裂变反应堆都不采用纯易裂变材料建造。按国际原子能机构的规定,民用核反应堆燃料中的纯易裂变材料的富集度(燃料中易裂变材料与重金属材料的质量分数)都不允许超过 20%,所以商用核电反应堆在任何情况下都不会发生核爆。核电厂采用能实现可控制链式反应的核反应堆把核能转换成热能,再通过冷却剂把热能载到能量转换系统转换成电能。热中子引起裂变的反应堆,称热中子堆;快中子引起裂变的反应堆,称快中子堆。目前全世界仍在运行的商用核电反应堆都是热中子堆。

(2) 核能利用的特点。

A. 核燃料能量高度集中。1 千克铀 235 全部裂变释放出的能量相当于 2500~2700 吨标准煤或 200 吨石油的热量。在实际使用中,铀核不可能全部裂变,1 千克铀只相当于 30~40 吨标准煤。

B. 对环境污染小。燃烧煤或石油的火电厂向大气中排放的有害废气,占工业造成大气污染总量的 12.5%~14.5%。一座 60 万千瓦的火电厂每天燃烧 5000 吨煤,向大气中排放 100 多吨二氧化碳等烟气和粉尘,此外还含有致癌物质。核电站排放的废气、废液很少,即使是人们担心的放射性物质排放量,也仅为同级火电厂的 1/3。

C. 经济性比较好。核电站的基本建设投资一般是同等火电厂的 1.5~2 倍,虽然核电站的造价比火电厂高,但由于核燃料价格比较稳定,并且运行维修费用也比火电厂少,因此核电站的发电成本一般比燃煤电厂低,比燃油电厂更低。核电站经过近 50 年的研究、改进

和发展,电站的单机容量越来越大,发电效率越来越高,从而使核电发电成本不断降低。此外,核电站由于不需要氧气助燃,还可以建在高山、地下、海底以及宇宙空间。

D. 燃料储藏丰富。随着人口大量增长和经济的迅速发展,能源需求量越来越大,而地球上煤炭、石油、天然气等有机燃料储量有限,但自然界核燃料储量丰富,目前已探明的天然铀可利用的能量,相当于 55500 亿~76800 亿吨煤的能量。核聚变的基本燃料氘和氚可以从海水中提取,每米³海水中约有氘 30 克,能得到约 300 万千瓦·时电的能量。因此,核聚变燃料可以说是取之不尽的。

E. 实现综合利用。核电站不仅可以发电和供热,同时还能生产核燃料和各种放射性同位素。以反应堆为中子源制取的各种放射性同位素,广泛应用于工业生产过程中的测量、分析、催化,农业上的辐射育种、食品储存、防治害虫,医学上的诊断、治疗,以及做示踪原子、同位素电池等。

(3) 核电技术的发展趋势。核电技术的先进性,主要看一些特点性技术的工作方式。一是反应堆中中子的工作方式,热中子速度慢,易于控制,但对于核燃料的利用率仅为 1% 左右,占铀燃料 99% 的铀 238 不能利用,又不舍得丢弃,目前核电站一般采用密封贮存,等待将来开发利用。新一代核能技术寄希望于快中子作为铀裂变链式反应的“子弹”。二是减速剂和传热介质的工作方式。最初原子反应堆用石墨做减速剂,重水做传热介质,目前这两项技术已经多样化。第二代核电技术采用较多的压水堆就是用加压的轻水做慢化剂和冷却剂。三是看防护及安全系统的工作方式。首先设法使工作燃料的富集程度适当,不可能引发剧烈的链式反应。其次是对中子产生的数量可以根据介质温度变化做自动调节。再次是安全系数大的外层防护,保证放射性物质不外泄。

自 20 世纪 50 年代以来,在半个多世纪的探索中,商业用核电技术正从第三代迈向第四代。

第一代:建于 20 世纪 50 年代末到 60 年代初的第一批原型核电站,均有实验性质,功率比较小。

第二代:建于 20 世纪 70 年代,这一时期核电站在西方国家、前苏联大量建设,单机容量达到 60 万~148 万千瓦。这是目前世界上正在运行的核电站的主要类型。

第三代:20 世纪 80 年代开始发展,90 年代开始投入市场的使用压水堆、沸水堆的核电站,单机容量 100 万千瓦以上。

第四代:简称 Gen IV,是 1999 年 6 月在美国核学年会上提出的,随后进入研讨的新一代核技术,以快中子堆为主,有气冷却、铅合金冷却、熔盐冷却、钠冷却和水冷却等多种工作介质方式,核燃料可以循环使用。为避免燃料密集度过大,采用包覆颗粒方式使燃料弥散地装在直径仅 6 厘米的燃料球内,堆内由几十万个这样的燃料球在一个压力容器中堆成,容器用石墨做内壁,以吸收放射性中子。预计 2030 年投入商业运行。

中国的核电始于 20 世纪 80 年代,在世界核电国家中起步比较晚,其优势是起点高,可以借鉴国际上已有的经验,避免重复失败的研发投入,选择适合中国的可持续发展的技术路线。中国在开始投建商业核电厂的同时,也进行了中长期核电技术的研发,制定了从压水堆—快堆—聚变堆的核电发展路线和研发高温气冷堆的计划。

(4) 人们对核安全问题的关注。2011 年 3 月 11 日,日本于当地时间 14 时 46 分发生里氏 9.0 级地震,震中位于宫城县以东太平洋海域,地震引发大海啸,仙台新港等太平洋沿岸各地出现了 10 米高的大海啸。造成重大人员伤亡,并引发日本福岛核电站发生核泄漏事

故,引起社会严重关注。3月12日下午3时30分左右,福岛第一核电站一号机组内发生氢气爆炸后,一号机组报废。三号机组冷却系统也突然失灵。另外,第二核电站丧失了冷却功能,机组被迫释放蒸汽减压。

日本福岛受核辐射者人数达190人。日本政府初步确定此次核泄漏事故为4级,即造成“局部性危害”。这一核事故被国际社会认为是继上个世纪乌克兰切尔诺贝利核电站爆炸事故后又一严重核泄漏事故,还有人认为福岛第一核电站事故严重性超过了切尔诺贝利核电站爆炸事故。由此引起人们对核安全问题的严重关切,特别是受害的日本公众,对日本发展核电做法深表怀疑。一些西欧国家也在考虑调整自己发展核电计划。总之,核安全问题再度成为国家能源政策必须慎重考虑的重要问题之一。

目前,我国沿海建设的核电站为第三代 AP1000 核电技术。这种技术采用的是“非能动”安全系统,在反应堆上顶多个千吨级水箱。一旦遭遇意外紧急情况,不需要交流电源和应急发电机,仅利用地球引力、物质重力等自然现象就可驱动核电厂的安全系统、巧妙地冷却反应堆芯,带走堆芯余热,并对安全壳外部实施喷淋,从而恢复核电站的安全状态。这样的系统,遇到地震等意外情况,水自上而下进入反应堆,不需要任何能源动力,因而,安全是有保证的。

5. 氢能

(1) 氢能概述。所谓氢能是指氢气所含有的能量,实质上氢是一种二次性能源,是一次性能源的转换形式。也可以说,它只是能量的一种储存形式。氢能在进行能量转换时,其产物是水,可实现真正零污染排放。氢能作为二次性能源,除了具有资源丰富、热值高、燃烧性能好等特点外,还有以下主要特点:

A. 用途广泛。氢可以气态、液态或固态的金属氢化物使用,能适应储运及许多应用环境的不同要求,既可直接作为燃料,又可作为化学原料和其他合成燃料的原料。

B. 环保性能好。与其他燃料相比,氢燃烧时清洁,不会对环境排放温室气体。

C. 潜在的经济效益高。目前,氢的主要来源是石油产品的提炼、煤的气化和水的分解等,成本还比较高。今后通过利用太阳能等能源大量制氢,制氢成本会进一步降低,使制氢的价格与化石燃料的价格相匹配。

近年来,随着质子交换膜燃料电池技术的突破,已出现可达到零排放的高效氢燃料电池动力源用于燃料电池汽车。虽然氢能目前还未能大规模地利用,但随着制氢技术的发展和化石能源的缺少,氢能利用迟早会进入我们日常生活中。

(2) 氢燃料来源。

A. 天然气制氢。天然气的主要成分是甲烷。甲烷制氢主要有4种方法,甲烷水蒸气重整法、甲烷催化部分氧化法、甲烷自热重整法和甲烷绝热转化法。甲烷水蒸气重整是目前工业上天然气制氢应用最广泛的方法。由于在重整制氢过程中,反应需要吸收大量的热,使制氢过程的能耗很高,仅燃料成本就占总生产成本的50%以上,而且反应需要在耐高温不锈钢制作的反应器内进行。此外,水蒸气重整反应速度慢,该过程单位体积的制氢能力较低,通常需要建造大规模装置,投资较高。

B. 煤制氢。煤制氢的核心是煤气化技术,分为地面汽化和地下汽化两种。煤炭地下汽化,就是将地下处于自然状态下的煤进行有控制的燃烧,通过对煤的热作用及化学作用产生可燃气体。所谓地面煤气化是指煤与汽化剂在一定的温度、压力等条件下发生化学反应而转化为煤气煤的工艺过程,包括汽化、除尘、脱硫、甲烷化、一氧化碳变换反应、酸性气体脱

除等。

C. 水电解制氢。水电解制氢技术早在 18 世纪初就已开发,是获得高纯度氢的传统方法。其工作原理是:将增加水导电性的酸性或碱性电解质溶入水中,让电流通过水,在阴极和阳极上分别得到氢和氧。电解水所需要的能量由外加电能提供。由于电解水的效率不高,且消耗大量的电能,不合算。

D. 生物法制氢。生物法制氢是利用微生物在常温常压下进行酶催化反应制氢气的方法。生物法制氢可分为厌氧发酵有机物制氢和光合微生物制氢两类。

光合微生物制氢是指微生物(细菌或藻类)通过光合作用将底物分解产生氢气的方法。在藻类光合制氢中,首先是藻类通过光合作用分解水,产生质子和电子并释放氧气,然后藻类通过特有的产氢酶系的电子还原质子释放氢气。在微生物光合产氢的过程中,水的分解在产氢的同时也产生氧气,但在有氧的环境下,固氮酶和可逆产氢酶的活性都受到抑制,产氢能力下降甚至停止。因此,利用光合细菌制氢,提高光能转化效率是未来研究的一个重要方向。

厌氧发酵有机物制氢是在厌氧条件下,通过厌氧微生物(细菌)利用多种底物,在氮化酶或氢化酶的作用下将其分解制取氢气的过程。这些微生物又被称为化学转化细菌,这些底物广泛存在于工农业生产的污水和废弃物之中。厌氧发酵细菌生物制氢的产率一般较低,为提高氢气的产率,除选育优良的耐氧菌种外,还必须开发先进的培养技术。

E. 太阳能制氢。利用太阳能制氢主要有以下几种方法:太阳能光解水制氢、太阳能光化学制氢、太阳能电解水制氢、太阳能热化学制氢、太阳能热水解制氢、光合作用制氢及太阳能光电化学制氢等。

预计在不久的将来,人们就能够把用太阳能直接电解水的方法,推广到大规模生产上来。

(3) 氢的利用:燃料电池。经过科技人员的不断探索,开发出不同类型的燃料电池。

A. 氢燃料电池技术。氢燃料电池是氢能利用的最理想方式,它是电解水制氢的逆反应。

自 1839 年英国科学家格罗夫发表世界上第一篇有关燃料电池的研究报告至今,已有 160 多年了。格罗夫首次成功地进行了燃料电池的实验,他在稀硫酸溶液中放入两个铂箔作电极,一边供给氧气,另一边供给氢气。直流电通过水进行电解水反应,产生氢气和氧气,消耗掉氢气和氧气产生水的同时得到电。

B. 碱性燃料电池。碱性燃料电池是采用氢氧化钾等碱性溶液作电解液,在 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下工作的电池。燃料气体采用纯氢,氧化剂气体采用氧或者空气,是一种利用氢氧离子的燃料电池。

C. 磷酸盐燃料电池。磷酸盐燃料电池是以磷酸为电解质,在 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右温度下工作的燃料电池。

D. 熔融碳酸盐燃料电池。熔融碳酸盐燃料电池通常采用锂和钾或者锂、钠混合碳酸盐作为电解质,工作温度为 $600\sim 700\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

E. 固体氧化物燃料电池。固体氧化物燃料电池是一种采用氧化钇、稳定的氧化锆等氧化物作为固体电解质的高温燃料电池,工作温度在 $800\sim 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内。

F. 质子交换膜燃料电池。质子交换膜燃料电池又称固体高分子型燃料电池,其电解质是能导质子的固体高分子膜,工作温度为 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(4) 氢内燃机。氢内燃机是一种以氢作为燃料的发动机。目前有两种氢内燃机,一种是全烧氢发动机,另一种是氢气与汽油混烧的发动机。

(5) 氢能安全。氢的各种内在特性,决定了氢能系统有不同于常规能源系统的危险特征。与常规能源相比,氢有很多特性:宽的着火范围、低的着火能、高的火焰传播速度、大的扩散系数和浮力。

A. 泄漏性。氢是最轻的元素,比液体燃料和其他气体燃料更容易泄漏。在燃料电池汽车(FCV)中,它的泄漏程度因储气罐的大小和位置的不同而不同。氢气会从高压储气罐中大量泄漏,泄漏速度达到声速,泄漏得非常快。

B. 爆炸性。氢气是一种最不容易形成可爆炸气雾的燃料,但一旦达到爆炸下限,氢气最容易发生爆燃、爆炸。氢气火焰几乎看不到,在可见光范围内,燃烧的氢放出的能量也很少。因此,接近氢气火焰的人可能感受不到火焰的存在。

C. 扩散性。发生泄漏时,氢气会迅速扩散。与汽油、丙烷相比,氢气具有更大的浮力和更大的扩散性。氢的密度仅为空气的7%,所以即使在没有风或不通风的情况下,它们也会上升,在空气中可以向各个方向快速扩散,迅速降低浓度。

D. 可燃性。氢的燃烧范围很宽,着火能很低,而其他燃料的着火范围要窄得多,着火能也要高得多,因为氢的浮力和扩散性很好,可以说氢是最安全的燃料。

(6) 氢能应用前景。氢能是二次性能源,它的普及应用必然涉及到原料来源、储运和市场。我国目前使用的氢绝大部分由化石燃料而来,制造技术与工艺成熟。但制取过程成本大,能量转化效率低,同时向大气排放温室气体,污染环境。随着化石燃料的枯竭,太阳能制氢、生物质制氢、核能制氢等应该是化石燃料制氢的有效补充。除了开发满足能量密度大、比重小、反应速度快、常温低压下操作性好等要求的储氢材料外,还应该提高现存的高压氢气和液氢商业化技术,不断降低成本,满足制造业者和终端用户的要求。

氢燃料电池在无污染、节省能源及燃料的多样化方面与以前的发电方式相比有许多优越性。各种燃料电池的技术特点不同,其技术水平也不同,但在走向实用化上有许多相同点,经济性也是共同的重要课题。为了进一步实现以保护环境为目的,降低有害气体和温室气体的排出量,国家政策性经济援助制度积极地推动燃料电池的市场开发,这是很有效的。

6. 其他新能源

(1) 地热能。地热资源集热、矿、水为一体,除可以用于地热发电以外,还可以直接用于供暖、洗浴、医疗保健、休闲疗养、养殖、纺织印染、食品加工等。此外,地热资源的开发利用可带动地热资源勘查、地热井施工、地面开发利用工程设计施工、地热装备生产、水处理、环境工程及旅游度假等产业的发展,是一个新兴产业。因此,世界上有地热资源的国家均将其作为优先开发的新能源,培植各具特色的地热产业。我国地热资源丰富,开发地热这种新的清洁能源刻不容缓。

人类很早以前就开始利用地热能,但进行较大规模的开发利用却始于20世纪中叶。现在许多国家为了提高地热利用率,而采用梯级开发和综合利用的办法,如热电联产联供,热、电、冷三联产,先供暖后养殖等。地热能的利用可分为地热发电和直接利用两大类,对于不同温度的地热流体可利用的范围如下:

200~400℃,直接发电及综合利用。

150~200℃,可用于双循环发电、供暖、制冷、工业干燥、工业加热等。

100~150℃,可用于双循环发电、供暖、制冷、工业干燥、工业加热、脱水加工、回收盐

类、制作罐头食品等。

50~100℃,可用于供暖、温室、家庭用热水、工业干燥。

20~50℃,可用于沐浴、水产养殖、饲养牲畜、土壤加温、脱水加工等。

我国中低温地热资源(热储温度 25~150℃)几乎遍及全国,中低温地热的直接利用在我国非常广泛,已利用的地热点有 1300 多处,地热采暖面积达 800 多万平方米²,地热温室、地热养殖和温泉浴疗也有了很大的发展。

地热水从地热中抽出直接供热,设备简单,基建、运行费用少,但地热水不断被废弃,当大量开采时会使得水位由于补给不足而逐年下降,深井越打越深,还会造成地面沉降的严重后果,所以直接使用地热水有诸多弊端。研究成果表明,地热水直接利用系统的水量利用率只有 34%,而热量利用率只有 18%,排入水体的地热会造成热污染和其他污染。为了保护水资源和节约能源,保护生态环境,解决合理开采利用地热水问题刻不容缓。

采用有热泵回灌的新系统,综合利用地热水的热能,可以有效解决这一问题。

A. 地源热泵。地源热泵具有下面一些特点:

第一,节能效率高。地能或地表浅层地热资源的温度一年四季相对稳定,冬季比环境空气温度高,夏季比环境空气温度低,是很好的热泵热源和空调冷源。这种温度特性使得地源热泵比传统空调系统运行效率高出 40%,因此达到了节能和节省运行费用的目的。

第二,可再生循环。地源热泵是利用地球表面浅层地热源(通常小于 400 米深)作为冷热源而进行能量转换的供暖空调系统。地表浅层地热资源可以称之为地能,是指地表土壤、地下水或河流湖泊吸收太阳能、地热能而蕴藏的低温位热能,它不受地域、资源等限制,量大面广,无处不在。

第三,应用范围广泛。热泵系统可用于采暖、空调,还可供生活热水,一机多用,一套系统可以替换原来的锅炉加空调两套装置或系统。该系统可应用于宾馆、商场、办公楼、学校等建筑,更适用于别墅住宅的采暖、空调。

B. 地热发电。世界上最早利用地热发电的国家是意大利。1812 年意大利就开始利用地热温泉提取硼砂,并于 1904 年建成了世界上第一座 80 千瓦的小型地热试验电站。到目前为止,世界上约有 32 个国家先后建立了地热发电站,总容量已超过 800 万千瓦,其中美国有 281.7 万千瓦,意大利有 151.8 万千瓦,日本有 89.5 万千瓦,新西兰有 75.5 万千瓦,中国有 3.08 万千瓦。单机容量最大的是美国盖伊塞地热站的 11 号机,为 10.60 万千瓦。

(2) 海洋能。海洋能指海水本身含有的动能、势能和热能,包括海洋潮汐能、海洋波浪能、海洋温差、海流能、海水盐度差能和海洋生物能等可再生的自然能源。根据联合国教科文组织的估计数据,全世界理论上可再生的海洋能总量为 766 亿千瓦,技术允许利用功率为 64 亿千瓦,其中潮汐能为 10 亿千瓦,海洋波浪能为 10 亿千瓦,海流能(潮流)为 3 亿千瓦,海洋热能为 20 亿千瓦,海洋盐度差能为 30 亿千瓦。

开发利用海洋能即是对海洋中的自然能量直接或间接地加以利用,将海洋能转换成其他形式的能。目前有应用前景的是潮汐能、波浪能和潮流能。

潮汐能是指海水潮涨和潮落形成的水的势能,其利用原理和水力发电相似。但潮汐能的能量密度很低,世界上潮差的较大值为 13~15 米,我国的最大值(杭州湾澈浦)为 8.9 米。一般来说,平均潮差在 3 米以上就有实际应用价值。我国的潮汐能理论估计为 108 千瓦量级。只有潮汐能量大且适合于潮汐电站建造的地方,潮汐能才有开发价值,因此其实际可利用数很小,中国沿海可开发的潮汐电站坝址为 424 个,总装机容量约为 2.2×10^7 千瓦。浙

江、福建和广东沿海为潮汐能较丰富地区。

波浪能是指海洋表面波浪所具有的动能和势能,是海洋能源中能量最不稳定的一种能源。

其中浙江、福建、广东和台湾沿海为波浪能丰富的地区。

潮流能指海水流动的动能,主要是指海底水道和海峡中较为稳定的流动。一般来说,最大流速在 2 米/秒以上的水道,其潮流能均有实际开发价值。中国沿海潮流能的年平均功率理论值约为 1.4×10^7 千瓦。其中辽宁、山东、浙江、福建和台湾沿海的潮流能较为丰富,不少水道的能量密度为 $15 \sim 30$ 千瓦/米²,具有良好的开发价值。值得指出的是,中国的潮流能属于世界上功率密度最大的地区之一,特别是浙江的舟山群岛的金塘、龟山和西候门水道,平均功率密度在 20 千瓦/米² 以上,开发环境和条件很好。

海洋盐度差能也可以开发利用。因流入海洋的河水与海水之间形成含盐浓度之差,在它们接触面上产生的一种物理化学能。此能量通常通过半透膜以渗透压的形式表现出来。在水温 20℃,海水盐度为 35 时,通过半透膜在淡水和盐水之间可形成 24.8 个大气压的渗透压。

据科学家分析,全世界海洋盐差能的理论估算为 1010 千瓦量级,我国的盐差能估计为 10×10^8 千瓦,主要集中在各大江河的出海处。同时,我国青海省等地还有不少内陆盐湖可以利用。

美国于 1939 年最早提出利用海水和河水靠渗透压或电位差发电的设想。1954 年建造并试验了一套根据电位差原理运行的装置,最大输出功率为 15 毫瓦,1973 年发表了第一份利用渗透压差发电的报告。目前,日本、美国、以色列、瑞典等国均有人进行研究,总的来说,盐度差能发电目前处于初期原理研究和实验阶段。

(3) 可燃冰。可燃冰的全称为天然气水合物,又称天然气干冰、气体水合物、固体瓦斯等。作为一种新型烃类资源,它是由天然气和水分子在高压与低温条件下合成的一种固态结晶物质,透明无色,成分以甲烷为主,占 99%,主要来源于生物成气、热成气和非生物成气 3 种。生物成气主要由微生物在缺氧环境中分解有机物产生的;热成气的方式与石油的形成相似,深层有机质发生热解作用,其长链有机化合物断裂,分解形成天然气;非生物成气系指地球内部迄今仍保存的地球原始烃类气体或地壳内部经无机化学过程的烃类气体。从化学结构来看,可燃冰是由水分子搭成像笼子一样的多面体格架,以甲烷为主的气体被包含在笼子格架中。从物理性质来看,可燃冰的密度接近并稍低于冰的密度,剪切系数、电介常数和传热导率都低于冰。在标准温压条件下,1 米³ 可燃冰可以释放出 160~180 标准米³ 天然气的能量,其能源密度是煤和黑色页岩的 10 倍、天然气的 2~5 倍。

可燃冰的形成原因与海底石油、天然气的形成过程相仿。据专家估计,全球可燃冰中的总能量大约相当于地球上所有化石燃料(包括煤、石油和天然气)总能量的 2~3 倍。科学家们的调查发现,可燃冰存在于低温高压的沉积岩层中,主要存在于水深大于 300 米的海底沉积物中和寒冷的高山及高纬度地区的永冻层中。据估计,20.7% 的陆地和 90% 的海底具有生成可燃冰的条件。现有调查表明,世界上可燃冰的矿藏面积可以达到海洋面积的 30% 以上。

目前,全球至少已经在 116 个地区发现了可燃冰,其中海洋中已发现的有 78 处。地球海底天然可燃冰的储藏量约为 5×10^{18} 米³,可供人类使用 1000 年。美国地质调查局官员曾表示,其发现的可燃冰资源可以使用 600 年以上。1995 年,美国在布莱克海峡钻探

了4口井,据估算,仅此一处的可燃冰资源就可供美国使用100年。2000年1月下旬,日本在静冈县御前崎近海发现可燃冰,据推测可开采的甲烷体积为7.4万亿米³,可供日本使用140年。

中国对可燃冰的调查与研究始于20世纪90年代。1997年,中国在完成“西太平洋气体水合物找矿前景与方法”课题中,认定西太平洋边缘海域,包括我国南海和东海海域,具有蕴藏这种矿藏的地质条件。1999年10月,广州地质调查中心在南海西沙海槽开展了可燃冰的前期调查,并取得可喜的成果,至少在130千米地震剖面上识别出可燃冰矿藏的显示标志,矿层厚度为80~300米。这一发现拉开了我国海洋可燃冰调查的序幕,填补了该领域调查研究的空白。

目前,全世界开发和利用可燃冰资源的技术还不成熟,仅处于试验阶段,大量开采还需要一段时间。

有3种开采可燃冰的方案,均处于研发和验证阶段。第一个是热解法。利用可燃冰在加温时分解的特征,使其由固态分解出甲烷蒸气。这个方法的难点是不好收集,因为海底的多孔介质不是集中在一片,也不是一大块岩石,如何布置管道进行高效收集是需解决的问题。第二个是降解法。有人提出将核废料埋入地底,利用核辐射效应使其分解。但此法也面临着布置管道并高效收集的问题。第三个是置换法。研究证实,将二氧化碳液化,注入1500米以下的海洋中(不一定非要到海底),就会生成二氧化碳水合物,它的比重比海水大,会沉到海底,如果将二氧化碳注入到海底的甲烷水合物贮层,就会将甲烷水合物中的甲烷分子“挤出”,从而将其置换出来。这3种开采方案都有其技术合理性,但都面临巨大的挑战和困难。

可燃冰以固体状态存在于海底,往往混杂于泥沙中,其开发技术十分复杂,如果钻采技术措施不当,水合物大量分解,势必影响沉积物的强度,有可能诱发海底滑坡等地质灾害,开发它会带来比开采海底石油更大的危险。海底天然气大量泄漏,会极大地影响全球的温室效应,引起全球变暖,将对人类生存环境造成永久性影响。

因此,必须研制有效的采掘技术和装备。

可喜的是,我国在这方面的研究已经取得一定进展。2005年,中科院广州能源所成功研制出了具有国际领先水平的可燃冰(天然气水合物)开采实验模拟系统。该系统的研制成功,将为我国可燃冰开采技术的研究提供先进手段。

(四) 第三能源——节能技术

能源利用效率低,是我国制造业、服务业和居民生活中能源消费的头号问题,我国能源利用效率只要普遍提高1%就相当于多生产几千万吨标准煤,而且对减少环境污染的作用也是很显著的。我国只要将能源利用效率达到发达国家的平均水平,那么我们就有可能实现在不增加能源消耗的条件下实现经济的持续快速增长。因此,大力推广节能技术,就是最好的新能源开发。

1. 余热回收利用技术

余热是指在某一热工过程中未被利用而排到周围环境中的热能。据统计,我国各行业余热占其燃料消耗总量的17%~67%,其中约有60%可以回收。为了回收利用余热,可利用以下技术。

(1) 热电联产技术。即同时生产电与热的工艺,利用余热产生蒸汽来驱动汽轮机发电,余热再用来供热。

(2) 热管技术。即通过利用封闭在热管壳内的工作液体的相变(沸腾或凝结)来传递热量,广泛用于工业、空间技术和工业余热回收。

2. 高效低污染工业锅炉

我国 1991 年使用的工业锅炉约 43 万台,产生蒸汽为 98 万吨/时,平均热效率为 65%,耗煤 3 亿吨,造成严重的环境污染。因此,发展高效工业锅炉意义重大。

3. 电子控制节电技术

电子控制节电技术是节能的利器。例如,风机、水泵的阀门调节变为交流调速控制,可节电 30%~40%;直传动改为可关断晶体管变频传动,可节电 1/3 以上;采用电子变频器 and 新型荧光粉的高效荧光灯,节电率可达 80%。

4. 高效加热技术

电热膜是一种导电薄膜,它是按一定配比,把非金属半导体材料与另一种在高温条件下起粘接作用的粉状物调和均匀,涂在各种加热体的底部和周围,再经烧结而成,可用于电热杯、电淋浴器、电吹风、电暖气等电热器具。由于将电子电热膜直接制作在被加热体的表面上,当通电加热时,热量会很快传给被加热体,因此,电热膜加热效率达 85%,而普通电热丝加热效率仅为 40%。

五 交通

现代社会生产、生活日益社会化,市场国际化,高效快节奏化,人际交往、物流流信息流剧增,加上人口快速增长,人们的物质文化需求快速膨胀,城乡交通日益繁忙紧张。城市人口占全球人口 60%以上,发达国家则达到 80%以上,许多大城市出现了“现代城市病”,交通拥挤,物流不畅,安全事故增多是一个重要表现。与此同时,交通在人们生活中的地位却更加重要,因为人际交往成为当代社会生活的重要内涵,以物流、人流、信息流为内容的流通是社会生产必不可少的关键环节和重要内容,现代交通革命势在必行。

(一) 现代交通技术发展的特点

现代交通模式和交通技术呈现新的特点和发展:

1. 高速化

以机动交通取代过去的人力、畜力交通,虽然在一些发展中国家还可以看到马车、人力车,但那已经是古代交通的遗迹,现代交通工具主体是以内燃机、电力、新能源为动力的汽车、火车(包括轻轨、地铁)和飞机、船舶。在发达国家甚至很少看到摩托车,自行车作为一种绿色交通工具有某种程度的恢复增长,但由于速度限制,不可能大量取代机械交通工具。高速公路及城市快速干道,车辆时速可达 100 千米;高速铁路运行速度可达每小时 400 千米以上。航空运输发展速度更快,内河及海洋运输空前繁忙,港口建设和吞吐量快速增长。

2. 立体化(图 17)

交通网络纵横交错,为了保证安全和速度,必须打破传统平面交通格局,采用立体交叉设计,使快速干线实现全封闭。为了有效利用空间、节约土地资源,改善城市生态,传统的地面交通网发展为多层立体交通。西方工业化国家从 19 世纪末,开始在交通拥挤的大城市修建地铁网,现在国际化大都市,如纽约、伦敦、巴黎、莫斯科等都有比较完善的地铁系统。国际间的客运的主角由过去海运、陆上运输转变为国际航空运输。太空交通运输

已初现端倪。

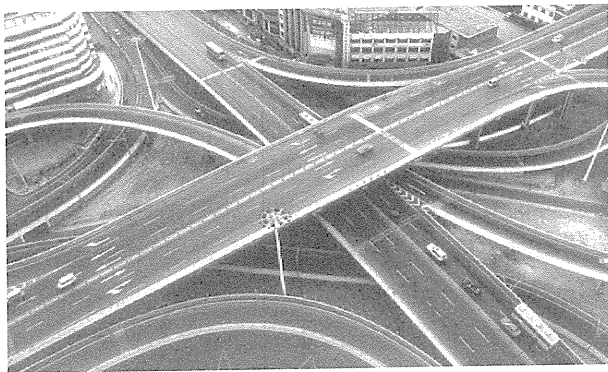


图 17 城市立交工程有效缓解了交通拥堵现象

3. 智能化、信息化

人流、物流高度繁忙,交通网络交错、复杂,加上对速度和效率的追求,如果没有高科技的管理、调度,就会失去安全、快速、高效的目标,因而,智能化、信息化成为现代交通规划设计和运行管理的核心。

智能交通系统(ITS)是将先进的信息、电子通信、自动控制、传感器技术、运筹学、人工智能、计算机及网络技术等有效、综合地运用于整个交通服务、管理与控制,建立一种大范围、全方位发挥作用的实时、准确、高效的运输综合管理系统和控制系统,以解决日趋恶化的道路交通拥挤、交通事故和环境污染。它主要包括:先进的交通信息服务系统(ATIS)、先进的交通管理系统(ATMS)、先进的公共交通系统(APTS)、电子收费系统(ETC)、紧急救援系统(EMS)、货运管理系统、先进的车辆控制系统(AVCS)等。智能交通运输系统可以增强交通系统运行的效率,提高交通系统的可靠性和安全性,并减少能源消耗和对自然界的污染。

4. 人性化、绿色化

随着生活质量提升和对生命意义的反思,现代人对安全、舒服和幸福感的追求逐渐超越了对速度、效率的追求。正是这种现代交通理念推动着汽车、火车、船舶、客运飞机技术的创新升级,各种保证安全的技术措施应运而生。特别是旅游、休闲业的发展,交通工具成了“第三住所”,对安全舒服性、准确性、温馨服务的要求更高。同时,节能环保要求是时代潮流,在交通建设、维护、材料、动力、服务等方面都有把绿色指标做为刚性的要求。

5. 网络化

网络化的含义是指现代交通系统的层次性、完备性、系统性特征。完备的交通网络应连续延伸到城乡每一户居民家,沟通每一个单位、学校、商店、医院、工作站点和旅游景点。包括荒原、海上、深山等旅游区、交通线的灾难救助,均应有完善的交通通讯设施。从交通管理上看,必须依靠信息网络系统,如卫星定位、物联网、远程移动通信等才能有效实施。

(二) 高速公路和汽车技术

1. 中国高速公路发展

(1) 发展建设概况。中国发展高速公路,始于改革开放以后,经过 30 多年的建设,至 2010 年底,中国高速公路的通车里程已达 74000 千米,居世界第二,仅次于美国。20 世纪 90

年代开始,采用市场化营运机制,中国进入了公路建设快速发展的时期,尤其是1998年中国实施积极的财政政策以来,中国公路建设投资数量之大、开工项目之多举世瞩目。交通部规划到2020年中国高速公路将达7万千米。交通部提出了8.1万千米国家重点公路建设规划,计划到2020年完成,并与目前的国道主干线共同构成国家骨架公路网。

中国地域辽阔,地形地貌差别极大,给高速公路的建设带来很大的挑战性。高速公路的建设从经济发达同时修建难度比较小的地区开始建设,随着国家主干道计划(“五纵七横”规划及中国国家高速公路网“7918网”)的逐步实施,为实现成网的要求,建设重点也向地形复杂的地区转移,长大隧道及高跨、长跨桥梁占的比例也越来越大,同时高速公路的平均造价也大幅度提高。

五纵是:

同三高速公路:黑龙江同江—海南三亚

京福高速公路:北京—福建福州

京珠高速公路:北京—广东珠海

二河高速公路:内蒙古二连浩特—云南河口

渝湛高速公路:重庆—广东湛江

七横是:

绥满高速公路:绥芬河—满洲里

丹拉高速公路:丹东—拉萨

青银高速公路:青岛—银川

连霍高速公路:连云港—霍尔果斯

沪蓉高速公路:上海—成都

沪瑞高速公路:上海—瑞丽

衡昆高速公路:衡阳—昆明

(2) 中国高速公路技术进步和技术创新。从质量来看,中国建成高速公路路况良好。从2001年全国高速公路养护管理工作检查结果看,目前全国各高速公路的整体路况水平较好,达到了路面平整、清洁、构造物无破损、绿化管护到位、排水设施良好的标准,基本上能够满足高速公路舒适、快速、安全运输的需求。具体表现是:路面行驶质量指数和路面状况指数合格率高。桥涵及防护构造物使用状况良好,路桥衔接平顺。高速公路沿线绿化种植、管护状况良好。各地能够结合地形,进行多树种、多层次绿化,宜林路段绿化率达100%。高速公路沿线的绿化实现了景观化和园林化。

A. 沙漠高速公路建设技术。榆林至靖边高速公路2003年8月20日完工,22日正式通车,项目建设里程全长134.174千米,是中国第一条沙漠高速公路。大部分路段穿越毛乌素沙漠(即不毛之地)。正线设计标准为全封闭、全立交、双向四车道高速公路,榆靖高速公路的建设,填补了我国沙漠高速公路建设的空白。工程科技人员历时两年,研究出了路基填筑全部采用风积沙的办法:即只需将沙漠表层上的草皮扒去,高削低填,用特殊的压路机压实。同时根据沙漠冬夏温差较大,路面易造成冰害的特点,为防止破损,采取防沙治沙措施。建设者为我国沙漠高速公路的修筑和养护提供了第一手技术资料,积累了宝贵的经验。公路两旁已基本建成全线绿化、防护林带,这条沙漠公路将成为一条“绿色长廊”。

B. 高寒冻土地区高速公路建设技术。青藏公路是世界上海拔最高的公路之一。世界的“第三极”——西藏是一个神奇而美丽的地方,一直以来都是许多人向往的佛教圣地。然

而,因为地势险峻、高山大川阻隔了它与外界的联系。1950年初,中国人民解放军挺进西藏,历经艰险,修通了全长4360余千米的川藏和青藏两条公路,最大行车速度60千米/小时。1975年对青藏公路进行改建。铺设了黑色路面,1985年8月青藏公路工程基本竣工,大大提高了运输效率。

2. 现代汽车技术发展趋势

(1) 智能化趋势。随着汽车电子技术的发展,汽车智能化技术正在逐步得到应用,这种技术使汽车的操纵越来越简单,动力性和经济性越来越高,行驶安全性越来越好,因此,智能化是未来汽车发展的趋势。

未来城市交通面临的挑战主要来自三个方面:能源消耗、尾气排放、安全及拥堵。针对这些挑战,对汽车技术的研究也将发生变化,从传统的以石油为能源进行内燃机的研究转变为以电和氢为能源的汽车电气化、智能化的研究。今后汽车社会将步入“车联网”时代。“车联网”实际是把互联网和以车为主体的物联网结合在一起的新网络。“车联网”时代的智能汽车具有以下特点:第一,车与车之间能够保持相对固定的距离,可以实现零碰撞;第二,车与车之间的组队是随机进行的,根据车主的目的地,通过GPS定位和车辆之间的自动沟通,车与车之间可以临时组队或离队,提高交通效率。

(2) 绿色化趋势。发展新能源汽车,减少汽车尾气排放;使用更环保的新型材料,引入汽车生产的节能环保工艺,是汽车技术绿色化的主要内容。目前的发展重点:一是混合动力汽车技术,混合动力电动汽车具备了良好的动力性能、良好的燃油经济性、清洁环保、经济实用。为达到提高车辆的动力性、经济性和环保性,需要采用当代最先进的内燃机技术。混合动力电动汽车推广应用的主要难点是成本过高,这是因为混合动力汽车除了以往的动力装置外,至少还必须安装电池,因此,混合动力汽车技术发展的首要难题是降低成本,特别是必须降低动力电池、电机驱动系统、电子控制系统等的成本。提高汽车行驶过程中的能量再生利用效率,从汽车制造阶段着手,设计改进汽车动力系统,满足汽车再生制动回收要求,加强混合动力电动汽车的可靠性,解决动力电池的使用寿命和可靠性问题,是混合动力电动汽车推广应用的前提,二是使用电能、天然气、酒精等更干净能源的汽车技术,三是加快研究开发使用太阳能、生物能和氢能驱动的汽车技术。

(3) 汽车再生技术。我国对汽车再生技术的研究和运用起步比较晚。2006年国家发展改革委发布了《汽车产品回收利用技术政策》,提出要加强汽车生产者责任的管理,在汽车生产、使用、报废回收等环节建立起以汽车生产企业为主导的完善的管理体系。在《汽车产品回收利用技术政策》中规定“在我国销售的汽车产品在设计生产时,汽车企业需充分考虑产品报废后的可拆解和易拆解性,遵循易于利用不同种类材料的原则。要优先采用资源利用率高、污染物产生量少,以及有利于产品废弃后回收利用的技术和工艺”、“拆卸及报废汽车产品零部件,要分类收集存放,妥善保管,在政策允许的前提下,鼓励合格的拆卸零部件重新进入流通,作为零部件装车使用”。第一阶段目标:2010年起,所有国产及进口的M2类和M3类、N2类和N3类车辆的可回收利用率要达到85%左右,其中材料的再利用率不低于80%;所有国产及进口的M1类、N1类车辆的可回收利用率要达到80%,其中材料的再利用率不低于75%;自2008年起,汽车生产企业或销售企业要开始进行汽车的可回收利用率的登记备案工作,为实施阶段性目标作准备。第二阶段目标:2012年起,所有国产及进口汽车的可回收利用率要达到90%左右,其中材料的再利用率不低于80%。第三阶段目标:2017年起,所有国产及进口汽车的可回收利用率要达到95%左右,其中材料的再利用

率不低于 85%。

(4) 人性化趋势。汽车的设计、制造、销售和维修服务更多的考虑用户的安全、舒适、经济和使用方便。

(三) 高速铁路技术

1. 世界高铁技术发展

(1) 第一阶段(1964~1990年)。1959年4月5日,世界上第一条真正意义上的高速铁路东海道新干线在日本破土动工,经过5年建设,于1964年3月全线完成铺轨,同年7月竣工,1964年10月1日正式通车。东海道新干线从东京起始,途经名古屋,京都等地终至大阪,全长515.4千米,运营速度高达210千米/小时,它的建成通车标志着世界高速铁路新纪元的到来。随后法国、意大利、德国纷纷修建高速铁路。1972年继东海道新干线之后,日本又修建了山阳、东北和上越新干线;法国修建了东南TGV线、大西洋TGV线;意大利修建了罗马至佛罗伦萨线。以日本为首的第一代高速铁路的建成,大力推动了沿线地区经济的均衡发展,促进了房地产、工业机械、钢铁等相关产业的发展,降低了交通运输对环境的影响程度,铁路市场份额大幅度回升,企业经济效益明显好转。

(2) 第二阶段(1990年至90年代中期)。法国、德国、意大利、西班牙、比利时、荷兰、瑞典、英国等欧洲大部分发达国家,大规模修建本国或跨国界高速铁路,逐步形成了欧洲高速铁路网络。这次高速铁路的建设高潮,不仅仅是铁路提高内部企业效益的需要,更多的是国家能源、环境、交通政策的需要。

(3) 第三阶段(从20世纪90年代中期至今)。在亚洲(韩国、中国台湾、中国)、北美洲(美国)、澳洲(澳大利亚)世界范围内掀起了建设高速铁路的热潮。主要体现在:一是修建高速铁路得到了各国政府的大力支持,一般都有了全国性的整体修建规划,并按照规划逐步实施;二是修建高速铁路的企业经济效益和社会效益,得到了更广层面的共识,特别是修建高速铁路能够节约能源、减少土地使用面积、减少环境污染、交通安全等方面的社会效益显著,以及能够促进沿线地区经济发展、加快产业结构的调整等等。

20世纪90年代,法国高速铁路(简称TGV)有了较大发展,2007年创下的574.8千米/小时的最高运行速度,加来至马赛TGV的平均时速超过300千米,表现也非常稳定。它的最大优势在于传统轮轨领域的技术领先。1996年,欧盟各国的国有铁路公司经联合协商后确定采用法国技术作为全欧高速火车的技术标准。因此TGV技术被出口至韩国、西班牙和澳大利亚等国,是被运用最广泛的高速轮轨技术。

德国高铁(简称ICE)是目前高速铁路中起步最晚的项目。ICE(InterCity-Express的简称)的研究开始于1979年,其内部制造原理和制式与法国TGV有很大相似之处,目前的最高时速是1988年创下的409千米。德国人在高速轮轨和磁悬浮的两线作战。由于磁悬浮在设计理念上的先天优势(没有固态摩擦),德国的常导高速磁悬浮一直是其铁路方面科研的重点。

在认识建造高速铁路的优势后,美国在引进TGV技术的基础上,研制了具有美国特色的高速列车,连接了波士顿、纽约、费城、华盛顿,是美国唯一一条高速铁路。

1971年最早的TR1型磁悬浮面世之后,至今已经有八个型号。上海磁悬浮采用的就是最新的TR8型。日本磁悬浮研究成功是在新干线正式运行10年之后的1972年,而且研究方向是与德国完全不同的超导方式。目前日本磁悬浮已经在试验中得到552千米/小时的最高速度。但是曾经实地考察过两国线路的朱镕基总理评价日本磁悬浮的噪音和晃动都大

于德国磁悬浮。

高速轮轨和磁悬浮虽然在设计方法上有天壤之别,却还有一点是共通的,那就是关注于改变列车和轨道的接触状况以提高速度。到目前为止,磁悬浮能够达到的设计运行最高时速为450千米(德国),试验最高时速552千米(日本)。与目前最高时速的高速轮轨TGV相比,磁悬浮的纯速度领先还并不明显,但它有明显的速度潜力和能耗比、噪音低等。与此大相径庭的是近年在兴起的,关注于改进机车牵引系统的摆式列车,很有可能是此后地面交通工具提高速度的另一个有益尝试。

2. 高速铁路的主要优势

(1) 输送能力大,载客量高。虽然高速铁路的速度比不上飞机,但在距离稍短的旅程(650千米以下),高速铁路因为无需到通常较远的机场登机,也不需要行李托运和安检,故仍较省时。由于高速铁路的班次安排可较为频密,其总载客量亦远高于民航。目前各国高速铁路几乎都能满足最小行车间隔时间4分钟及其以下,每天可开行的旅客列车约为280对;如每列车平均乘坐800人,年均单向输送能力将达到8200万人;如果采用双联列车或改用双层客车,载客高达1.65亿人。

(2) 速度快。法国、日本、德国、西班牙和意大利高速列车的最高运行时速分别达到了300千米、280千米、270千米和250千米。如果作进一步改善,运行时速可以达到350~400千米。除最高运行速度外,旅客更关心的是旅行时间,而旅行时间是由旅行速度决定的。以北京至上海为例,在正常天气情况下,乘飞机的旅行全程时间(含市区至机场、候检等全部时间)为5小时左右,如果乘高速铁路的直达列车,全程旅行时间则为5~6小时,与飞机相当。

(3) 安全性好。高速铁路由于在全封闭环境中自动化运行,又有一系列完善的安全保障系统,所以其安全程度是任何交通工具无法比拟的。高速铁路问世35年以来,日、德、法三国共运送了50亿人次旅客。除德国1998年6月3日的ICE884高速列车行驶在改建线上发生事故外,各国高速铁路都未发生过重大行车事故,也没有因事故而引起人员伤亡。这是各种现代交通运输方式所罕见的。几个主要高速铁路国家,一天要发出上千对的高速列车,即使计入德国发生的事故,其事故率及人员伤亡率也远远低于其他现代交通运输方式。因此,高速铁路被认为是最安全的。与此成对比的是,据统计,全世界由于公路交通伤亡事故每年约死亡25万~30万人。

(4) 正点率高。高速铁路全部采用自动化控制,可以全天候运营,除非发生地震。据日本新干线风速限制的规范,若装设挡风墙,即使在大风情况下,高速列车也只要减速行驶,比如风速达到每秒25~30米,列车限速在160千米/小时;风速达到每秒30~35米(类似11、12级大风),列车限速在70千米/小时,而无须停运。飞机机场和高速公路等,在浓雾、暴雨和冰雪等恶劣天气情况下,则必须关闭停运。

正点率高也是高速铁路深受旅客欢迎的原因之一。由于高速铁路系统设备的可靠性和较高的运输组织水平,可以做到旅客列车极高的正点率。西班牙规定高速列车晚点超过5分钟就要退还旅客的全额车票费;日本规定到发超过1分钟就算晚点。

(5) 舒适方便。高速铁路一般每4分钟发出一列车,日本在旅客高峰时每3分半钟发出一列客车,旅客基本上可以做到随到随走,不需要候车。为方便旅客乘车,高速列车运行规律化,站台按车次固定化等。这是其他任何一种交通工具无法比拟的。高速铁路列车车内布置非常豪华,工作、生活设施齐全,座席宽敞舒适,走行性能好,运行非常平稳。减震、隔

音,车内很安静。乘坐高速列车旅行几乎无不便之感,无异于愉快的享受。

(6) 能耗低,环境影响轻。如果以“人/千米”单位能耗来进行比较的话。高速铁路为 1,则小轿车为 5,大客车为 2,飞机为 7。高速列车利用电力牵引,不消耗宝贵的石油等液体燃料,可利用多种形式的能源。当今,发达国家对新一代交通工具选择的着眼点是对环境影响小。高速铁路符合这种要求,明显优于汽车和飞机。

3. 中国高铁技术发展

中国高铁技术发展始于改革开放以后,1979 年邓小平访问日本期间,日方安排他乘坐了 1964 年开通运营的新干线高速列车,这是世界上第一条载客运营的高铁系统,最高时速 200 千米,邓小平留下了深刻印象。

在过去几十年间,中国铁路运输一直面临“买票难”的紧张和压力,发展速度更快、技术更先进、运输量更大、更舒适安全的现代铁路,是一项迫切任务。当时中国铁路总长 5.2 万千米,同十多亿人口的运输需求量是不相称的,发展高铁势在必行。1990 年,铁道部提出了《京沪高速铁路线路构想报告》,公布后,在社会上引起热烈反响和讨论。

首先,中国高铁采用什么样的技术?

20 世纪 80 年代,发达国家已经开发的高铁技术有两种:一是以日本东京至大阪新干线为代表的轮轨技术,这种铁路系统用电力驱动,时速可达 200 千米以上,对铁路线路铺设要求较高,需要建设高速铁路专线。二是以磁悬浮高速铁路为代表的高铁技术。还有人借鉴法国铁路电气化改造经验,提出一种中国式的铁路电气化改造方案,并在广州至深圳的铁路进行了技改尝试。1998 年 6 月广深铁路电气化改造完成,最高时速 200 千米,被认为是通过既有铁路线路改造实现高速化的开端。与此同时,上海浦东陆家咀到浦东国际机场之间引进吸收磁悬浮技术建设了一条试验高铁并于 2002 年 12 月底通车,但由于建设成本高等原因引起争议。

2003 年,铁道部对中国高铁技术引进与消化吸收再创新问题进行了深入的讨论。2004 年国务院召开两次关于铁路建设的重要会议,提出了《中长期铁路网规划》和《研究铁路机车车辆有关会议纲要》,此后,高铁技术进入快速跨越式发展阶段。我国通过与日本、德国、法国、加拿大等开展高铁技术合作,立足于自主创新,逐步开成具有自主知识产权的成套高铁技术体系,总体居世界先进水平。

再者,中国高铁坚持什么样的理念? 正确的理念是安全、舒适与速度、效益的统一。从速度上看,2003 年以后,中国高铁的建设速度和列车试验运行速度提升都是史无前例的。2004 年~2010 年间,中国高铁里程 8358 千米,在建和规划建设 1.3 万千米;20 世纪末中国开始引进消化时速 200 千米的动车,2002 年,中国自主研发的动车组试验时速达 321.5 千米。2010 年 12 月,京沪高铁试验运行中,和谐号动车组运行最高时速 486.1 千米。

我国企业和研究单位已基本掌握动车组和大功率机速等系列核心技术和主要配套技术,在国际上处于先进水平。中国高铁技术发展不仅使中国铁路运输和交通系统格局发生了重大变革,而且将是出国门,在国外高铁市场争取一席之地。

4. 高铁安全问题

铁路客运一直被认为是最安全的客运交通工具之一。实际上,即使是在使用蒸汽机、内燃机动力的时代,铁路安全事故也不少见,只是发生的概率较汽车或航空运输低一些。自 20 世纪 60 年代高铁投入营运以来,各国高速铁路都程度不同的发生过技术故障,如 2011 年 5

月16日德国维尔茨堡至法兰克福的城际快车因车顶电源开关短路引发火灾,400名旅客被困。2011年3月3日,法国有15列高速列车因停电事故而陷入瘫痪。日本高铁也多次因台风、地震、信号延误等原因而晚点或停运,但相对中国2011年7月23日发生在温州境内的高铁追尾事故比较,国外高铁故障没有造成重大人员伤亡,损失较小,因此,中国发展高铁怎样进一步重视安全,加强安全保障建设,引起社会关注。

高铁故障和安全事故发生的原因不外以下几种:一是列车保护和自动控制系统缺陷;二是监测报警系统和应急管理系统功能缺陷;三是人为疏忽或技术操控不当;四是突发性自然灾害造成事故。针对上述问题,日法德高铁生产管理系统采取了相应的应对措施。

一是延长高铁系统的运行磨合期,通过实际运行发现技术缺陷,逐一消除隐患,解决技术难题,提高和完善技术管理水平。如法国高铁试运行期间,采取了长达数月的空载磨合运行,解决了大量设计中意想不到的技术问题。

二是提高应急管理水平。日本地震多,为应对随时可能发生的地震灾害,是安全营运必须解决的问题。日本新干线都装备了紧急地震监测报警系统,在发现超常地震波,危及安全运行时立即切断电源,同时列车紧急停车,反应时间为1~2秒。2011年3月11日大地震时,运行时速为270千米的东京至青森,福岛,岩手间的25趟列车全部停运。

三是采取多重技术保障。法国高速铁路采用自动安全信号系统,司机可通过轨道传导的低频电流探测前方道路情况,驾驶室和控制中心之间有一套不间断的无线电通信系统,保障高速列车安全。车内还有旅客报警系统,有防范司机打瞌睡的监视器和火灾路险报警系统等。日本新干线已普及自动控制装置,能根据列车与前列车的间距及铁路线路状况,自动限制列车速度,保持安全车距。新干线还有独到的防范脱轨技术,车厢的转向架中央设置了防逃逸装置,万一出现脱轨,列车不会大幅度远离轨道。

四是依法维护旅客权益的社会保障机制,提升铁路系统的服务理念。如因晚点,停运造成旅客的损失给予相应的经济补偿等。

(四) 海洋运输

1. 海洋运输概况

海洋运输又称“国际海洋货物运输”,是国际物流中最主要的运输方式。它是指使用船舶通过海上航道在不同国家和地区的港口之间运送货物的一种方式,在国际货物运输中使用最广泛。目前,国际贸易总运量中的2/3以上,中国进出口货运总量的约90%都是利用海上运输。

(1) 现代海洋运输的发展。20世纪50~60年代,伴随着高新技术革命,港口工业迅速兴起,出口加工工业、自由贸易工业不断借助港口优势在港区内建设起来,将港口与城市发展、港口与出口加工工业等有机地结合起来,使港口成为集运输中心、贸易中心、金融中心和工业中心为一体的综合性准政府区域。港口采取完全商业化的发展态势,逐渐发展成为国际贸易的运输中心与物流平台,主要业务范围从货物装卸、仓储和船舶靠泊服务,到货物的加工、换装及与船舶有关的工商业服务,扩大到货物从码头到港口后方陆域的配送一体化服务。港口逐步成为统一的,集运输与贸易一体化的经济共同体。

(2) 现代海洋运输的特点。一是天然航道。海洋运输借助天然航道进行,不受道路、轨道的限制,通过能力更强。随着政治、经贸环境以及自然条件的变化,可随时调整和改变航线完成运输任务。二是载运量大。随着国际航运业的发展,现代化的造船技术日益精湛,船舶日趋大型化。超巨型油轮已达60多万吨,第五代集装箱船的载箱能力已超过5000TEU。

三是运费低廉。海上运输航道为天然形成,港口设施一般为政府所建,经营海运业务的公司可以大量节省用于基础设施的投资。船舶运载量大、使用时间长、运输里程远,单位运输成本较低,为低值大宗货物的运输提供了有利条件。

(3) 海洋运输经营方式。主要是班轮运输、租船运输、集装箱运输。

2. 中国海洋运输的发展(图 18)

随着中国经济的快速发展,中国已经成为世界上最重要的海运大国之一。全球目前有 19% 的大宗海运货物运往中国,有 20% 的集装箱运输来自中国;而新增的大宗货物海洋运输之中,有 60%~70% 是运往中国的。中国的港口货物吞吐量和集装箱吞吐量均已居世界第一位;世界集装箱吞吐量前 5 大港口中,中国占了 3 个。随着中国经济影响力的不断扩大,世界航运中心正在逐步从西方转移到东方,中国海运业已经进入世界海运竞争舞台的前列。



图 18 我国港口货物吞吐量、海洋货物运输量、造船能力均居世界第一位

我国海岸线长约 18000 千米,沿海有许多优良的不冻港口,具有发展海运的有利条件。在我国港口与世界各国主要港口之间已开辟了许多定期或不定期的海上航线,所以海洋运输在我国对外经济贸易中起着越来越重要的作用。特别是集装箱运输在我国发展势头迅猛,这是因为它具有装卸效率高、船舶周转快、货损货差少、包装费用节省、劳动强度低和手续简便等优点。到目前为止,我国各大港口已形成了到达世界主要港口的国际集装箱运输网。

改革开放以后,为了适应形式的发展,1993 年又成立了中国远洋运输集团总公司(简称中远)。目前中远拥有各种远洋船舶 600 多艘,1700 多万载重吨位。其中干散货船有 200 多艘,1100 多万载重吨位,居世界首位。20 世纪 90 年代末,我国拥有集装箱船约 130 艘,载箱能力为 21 万 TEU,居世界第四位。

3. 中国造船技术快速发展

改革开放以来,从仅能修造沿江、沿海中小型船舶,到设计建造液化天然气运输船,3000 米水深海上钻井平台等世界船舶工业顶尖产品;从占国际市场份额如九牛之一毛,到

造船完工量位列世界第一。新世纪以来随着中国经济发展节节攀升,中国造船业迅速崛起。

2002年8月31日,大连船舶重工为伊朗国家油船公司建造五艘VLCC(超大型油船的英文缩写)中的第一艘“伊朗·德尔瓦”号在世界惊叹的目光中签字交工。30万载重吨的VLCC是当今世界最大的通用原油远洋运输船型。其设计建造技术一直被发达国家的造船国家特别是日本、韩国所垄断。

从VLCC到液化天然气运输船,从“好望角”型散货船到3000米半潜式海上钻井平台,一大批代表世界船舶工业顶级水平的中国船舶和海洋工程产品驶出国门,驰骋蔚蓝海洋。2005年中国造船完工量突破1000万吨,两年后突破2000万吨。从2007年到2009年,以每年1000万吨的速度增长。2010年一年增长了2000万吨。“十一五”期间,中国船舶完工量以年均43%的速度增长。

经过充分调研,2006年9月,国务院常务会议并通过了《船舶工业中长期发展规划(2006~2015年)》把发展船舶工业作为战略产业予以培育、扶持,把中国建设成世界造船大国、强国。《规划》明确提出,“十一五”期间,中国将重点建设环渤海湾、长江口、珠江口区域三个现代化大型造船基地。2008年国家及时出台了《船舶工业调整和振兴规划》,对船舶工业的发展目标进行上调,对船舶配套、海洋工程提出了更具体的要求。技术创新上中国造船业赢得了前所未有的世界地位,从以前的甲板机械、螺旋桨、大型曲轴等基础设备都要依靠进口到目前船用发电机和曲轴实现国产化,一批船用设备还拥有自己的品牌,实现了批量出口。

如今,中国自主开发、设计、建造的17.5万吨“好望角”型散货船在国际市场上广受欢迎,在这种船型上我国已拥有了定价权和话语权。如今,中国即将建造第七艘LNG船,这艘船完全由中国自主设计,出口方是世界知名能源公司。

环顾世界,造船格局深刻变革,科技较量更加凸显。欧美国家虽然造船业日益衰微却牢牢控制着设计和技术的龙头,日本启动了以“低碳船舶”为核心的新一轮船型优化工程,韩国正强化高新技术船舶优势,巴西、俄罗斯等国通过国轮国造措施加入到竞争行列。我们要以科学发展为指针,适应国内外航运和海洋经济发展的新变化,顺应世界绿色造船发展的新趋势,以转方式,调整结构为主线,更加注重创新驱动,更加注重技术和品牌优势,更加注重质量、效益和效率,努力实现由造船大国向造船强国的转变。

(五) 民用航空

1. 航空技术发展趋势

(1) 进一步开发绿色航空发动机。航油约占航空公司运营成本1/5以上,因此燃油效率已成为下一代客机推出的关键因素。更直接的原因是对污染物排放削减的要求以及全球气候的变化。民航污染排放约占大气污染量的3%,但它的增长很快,到2050年将增到15%。

改进现有航空发动机技术有多种途径,包括渐改性的,即依靠在现有发动机中采用先进的气动力学、燃烧室、电子控制以及非排气式的附件,同时采用新材料及涂层来提高工作温度及压比。二是采用齿轮传动风扇发动机,可省油12%,降噪31dB,但仍存在设计上的难点,包括散热、复杂性以及维修成本高等。三是应用桨扇或无涵道风扇发动机。目前仍有很多技术问题尚待解决。

(2) 研发复合材料飞机。应用新型复合材料是提高飞机性能的重要途径,由于生产成本的降低以及高油价的推动,它已进入了技术成熟期。在上世纪80年代A320和波音777

上,复合材料还只是占结构重量的 10%~15%,目前的波音 787 已上升到 50%。

(3) 提高电子技术系统的功能。用电子功能系统代替液压、气动及机械系统,如气动启动机逐渐让位给电气启动机。全电飞机仍有一定距离才能实现,但多电飞机已取得大的进展。A380 上的多电飞行控制器可以让 3 条液压管路中的一条用一系列电气流体静压驱动器代替从而减重 450 千克。在大型民机中首创数字电气刹车技术,用电马达及阀门对外部空气进行增压的环控系统而不采用从发动机引气,采用电子防冰系统代替气动式系统。

(4) 提高诊断及状态监控管理技术水平。新兴的诊断及健康监控管理(PHM)系统可望改变依靠猜测、直觉及试凑来进行航空维修的传统。更重要的是将使维修更有主动性而不是反应性,其实际结果是提高飞机的可用性。今天,过半数的运输机的发动机队在状态监控中。通用电气公司监控 9000 多台航行中的发动机,新一代的高信息量的全权数字控制器,配以改进的传感器和算法可望将发动机的 PHM 推向更高的水平。

(5) 开发综合化技术方案。即向“系统集成化”的生产模式转变。这一模式是 90 年代汽车制造商首创的,现已推广到航空。例如已由巴西航空工业公司用于 EMB170/180 系列,该公司由于占有的工业资源及开发资金有限,将供应商从 380 家削减到 38 家,提高了合作伙伴中风险共担供应商的数目,即从 4 家提高到 16 家这一做法迫使一级供应商提升其系统集成能力,并提高商业风险水平。波音公司近年采用类似的供应链策略来开发波音 787,现在空客公司也紧随其后,宣称其 A350XWB 生产的 50%外包并增加能承担风险的一级供应商数目。

(6) 采用透明的供应链。提高供应链的透明度。航空供应商在过去 10 年,其企业的重点放在“瘦身”,供应链的透明度对售后服务市场效率的提升也是重要的。另外,将维修活动外包的航空公司现在也在寻求维修合同成本上的透明度,要了解供应商如何为他们的利益服务以及如何管理成本的。

(7) 融入电子商务服务系统。实质就是降低成本,提升服务,目前公司开始加大网站直销和电话直销的力度,大大降低了成本,另外售后服务的支持也逐步提升,未来还将为不同客户定制个性化的全流程服务。未来国内各航空公司的电子商务发展应该在各个接触点上为客户提供差异化的服务,具体说就是在寻找信息、接触客户、形成交易、提供服务和持续关怀五个层面来为客户进行服务。

2. 中国大飞机工程

我国把 150 座以上的客机称为大客机,研制大型飞机是党中央、国务院在新世纪之初作出的一个重大战略决策,也是建设创新型国家的一个标志性工程。大型飞机工程已被列入国家中长期科学和技术发展规划纲要和“十一五”规划纲要。2008 年 5 月 26 日,随着中国商用飞机有限责任公司(下称“中国商飞公司”)的挂牌,我国大飞机项目正式上马。初步预算,未来中国对 C919 这一级别的飞机需求量有 2300~2700 架,这一测算是根据我国人民预期的生活水平,出行的增多等来得出的,而全球这一级别飞机的需求量达 2 万多架。

我国拥有完全自主知识产权的 ARJ-21 支线飞机于 2009 年底投入运营,这必将为我国设计制造大飞机提供全面的技术支持和市场营销经验。如果各项工作进展顺利,预计到 2014 年,我国自行研发、有独立知识产权的大型民航客机 C-919 将试飞成功,2016 年可获取国际适航认证。我国将成为又一个民用航空技术大国。

六 机械电子

(一) 机械电子技术概述

1. 从传统机械技术到现代机械技术

谈到机械技术,人们可能还会停留在传统的车、钳、刨、电、铆、焊那样的操作技术。其实,这一类机械工艺技术已经不能代表现代机械技术,它们虽然在一些小作坊的生产企业或个体生产、维修者那里还能看到,但已经退居次要地位,机械技术的主流是与高科技手段融合的现代化机械制造技术。这个发展过程大致经历3步:一是用机器代替手工,从作坊生产到工厂生产,这个转变在西方工业化国家总体上完成于19世纪末到20世纪初。二是从单件生产方式发展到大量标准件生产方式,这个转变过程伴随着大工业体系的成熟,到20世纪中叶已经完成。三是自20世纪80年代以来,随着高科技、信息化的兴起,柔性化、集成化、智能化、网络化的现代机械制造技术发展并成为主流。

2. 现代机械制造技术内涵

现代机械制造技术是不断吸收信息技术和现代管理技术成果,并将其综合应用于机械产品设计、加工、检测、管理、销售、使用、服务乃至回收过程,以实现优质、高效、低耗、清洁、灵活、人性化生产,提高对动态多变的市场适应能力和竞争能力的机械制造技术的总称。

现代机械制造技术包括以下4个方面的技术:

(1) 现代机械设计技术。包括计算机辅助设计技术、高性能设计基础技术、全寿命周期设计技术、绿色设计技术、设计试验技术等。

(2) 现代机械制造工艺技术。包括精密、超精密加工技术、精密成形制造技术、特种加工技术等,最细密的可到纳米级水平。

(3) 机械制造自动化技术。如数控控制技术、工业机器人技术、柔性制造系统、自助控制及信号识别系统等。

(4) 先进机械制造模式与管理技术。如集成制造、集成管理技术。

3. 现代机械制造技术的特点

(1) 动态发展性。它不断吸收日新月异的高科技成果,将其渗透到产品从设计制造到销售使用的全过程和全市场领域,并实现人本化、可持续生产,如优质、高效、低耗、清洁、灵活生产。

(2) 继承性。既面向未来又吸收、包含传统的机械技术。它的目标是提高机械产品的综合效益和总体竞争力,对传统技术改造、吸收,特别是用现代技术研究传统工艺的成形原理,建立相应的数学模型,并利用优化设计技术进行传统工艺方法的优化。

(3) 系统集成性。现代机械制造技术不限于制造过程,它涉及市场调研、产品设计、工艺设计、加工制造、售前售后服务等产品生命周期全过程的所有内容,并将它们结合成一个有机整体。因而,它并不是某一项具体技术,而是运用系统工程把各种相关技术集成为技术系统。它强调相关技术学科之间的渗透、融合、淡化并最终消除传统技术分解的界线。

(4) 人体性。强调人的主体作用,即技术是由人掌握、使用并最终为人服务的,人、技术和管理三位一体,强调环境保护,要求生产“绿色产品”,采用“绿色生产过程”。

(二) 精密机械加工和超精密加工技术

1. 精密加工和超精密加工的概念

(1) 一般加工。一般加工精度在 10 微米左右,相当于 IT7~IT5 级精度,表面粗糙度 R_a 为 0.8~0.2 微米的加工方法,如车、铣、刨、磨、铰等。一般加工适用于汽车、拖拉机制造等工业。

(2) 精密加工。指精度在 10~0.1 微米,相当于 IT5 级及以上精度,表面粗糙 R_a 为 0.3~0.03 微米的加工方法,如金刚车、金刚镗、研磨、超精研、砂带磨、镜面磨削和冷压加工等。精密蜗轮、精密导轨、精密滚动轴承和气动轴承等。

(3) 超精密加工。超精密加工是指被加工零件的尺寸公差为 0.1~0.01 微米,表面粗糙度 R_a 为 0.03~0.005 微米的加工方法。加工中所使用设备的分辨率和重复精度应为 0.01 微米数量级。目前,超精密加工的精度正从微米工艺向纳米工艺提高。

2. 精密加工和超精密加工的工艺特点

(1) 精密加工和超精密元件为加工对象,是随精密元件应用而发展起来的。平板、直角尺、齿轮、丝杠、蜗轮副、分度板和球等都是典型的精密元件。

(2) 精密加工和超精度加工不仅要保证很高的精度和表面质量,同时要求有很高的稳定性或保持性,要求不受外界条件变化的干扰。因此,精密加工和超精密加工有其独特的要求。

A. 工件材料本身的均匀性和性能有一致性。不允许存在内部或外部的微观缺陷,甚至对材料组织的纤维化也有一定的要求。

B. 要有严格的加工环境。精密加工和超精密加工大多在恒温室、净化间中进行,同时要有防振地基及其他防振设施。

C. 精密加工设备本身要求有很高的精度。

D. 要合理安排热处理工艺。精密加工和热处理工艺有密切的关系,时效、冰冷处理等是使工件精度保持稳定的有效措施。

(3) 精密测量是精密加工的必要条件。

(4) 现代精密加工常常与微细加工结合在一起。要求有与精度相适应的微量切削,因此出现了一系列精密加工和微细加工的方法,如金刚石精密车削、精密抛光、机械化学加工等。

(5) 现代精密加工和超精密加工常常和自动控制联系在一起。以避免手工操作引起的随机误差,以提高加工质量。

(6) 现代精密加工和超精密加工常常采用复合加工技术,以达到更理想的效果。

3. 精密加工和超精密加工的类型

(1) 精密切削加工。精密、超精密切削加工主要是利用立方氮化硼(CBN)、人造(聚晶)金刚石和单晶金刚石刀具进行切削加工。根据加工表面及加工工具的特点,精密、超精密切削加工可分为四类:精密、超精密车削,精密、超精密铣削,精密、超精密镗削,微孔加工。

(2) 精密磨削加工。现代高精度磨削技术的发展,使磨削尺寸精度达到了 0.3~0.1 微米,磨削表面变质层和残留应力均较小,明显提高了加工零件的质量,并且加工效率在一般情况下比切削加工高。

(3) 超精密砂轮磨削。超硬磨料是指采用金刚石砂轮或立方氮化硼砂轮进行磨削。在正确使用时可以得到很高的磨削表面质量;磨削高速钢和轴承钢时,可使零件表面的耐磨性

提高 20%~40%。

(4) 砂带磨削。砂带磨削是用粘满砂粒的带状砂布(即砂带)作为切削工具的一种方法,根据工作的形状,用与之相应的接触方式,利用高速运动砂带上的磨粒对工件加工表面进行高效磨削的一种新工艺。目前发达国家约有 1/3 的砂轮磨削被砂带磨削所取代。其加工精度与同类型砂轮磨床,所能达到的精度相接近,尺寸精度可达 3 微米。

(5) 珩磨。珩磨是利用珩磨工具对工件表面施加一定的压力,珩磨工具同时做相对旋转和直线往复运动,切除工件上极小余量的一种光整加工方法。珩磨后工件圆度和圆柱度一般可控制在 0.005~0.003 微米。

(6) 超精研。超精研是一种降低零件表面粗糙度、延长零件使用寿命的高生产率光整加工方法。特别是加工镜面粗糙度时,前述的超精密磨削和珩磨在很多情况下往往不及超精研效率高,故汽车零件、轴承、内燃机零件和精密量具等的一些低粗糙表面常用超精研加工。超大型精研不仅能用于轴类零件的加工,而且还能加工平面、锥面、孔和球面。

(7) 研磨。研磨是一种简便可靠的光整加工方法,研磨后表面的尺寸误差和几何形状误差,在研具精度足够高的情况下可以小到 0.3~0.1 微米。在现代工业中往往采用研磨作为加工精密和光洁零件的终加工方法。用磨研法可以制造精密块规、精密量规、钢球、轧辊、喷油嘴、滑阀、柱塞油泵、精密齿轮等精密零件。在光学仪器制造业中,研磨成为精加工透镜镜头、棱镜、光学平镜等光学仪器零件的主要方法。在电子工业中,用磨研法精加工石英晶体、半导体晶体和陶瓷元件的精密表面。

(8) 超精密磨料加工。用单晶金刚石刀具对钢、铁、玻璃及陶瓷等材料进行精密切削是不合适的,因为对这些材料进行微量切削时的切应力很大,临界剪切能量密度也很大,切削刃口的高应力与高温将使刀具很快发生机械磨损。对于像钢铁这一类的铁碳合金来说,在精密切削所造成的局部高温下,金刚石刀具中的碳原子很容易扩散到铁素体中而造成扩散磨损,故对上述材料多采用超精密磨料加工。它具有两方面的作用:砂轮磨削和研磨、抛光和研磨。

4. 特种加工技术

(1) 什么是特种加工技术? 特种加工是较传统的切削加工(指用金属刀具或模具依靠机械能对工件进行切削加工)而言的。它是将电、磁、声、光、化学等能量或其组合施加在工件的被加工部位上,从而实现材料去除、变形、性能改变等的非传统加工方法。主要用于:难切削材料的加工。特种加工能对高硬度、高强度、高韧性脆性、高熔点等用于一般金属刀具难于切削的金属及非金属材料进行加工淬硬钢、硬质合金、钛合金、耐热不锈钢、金刚石、宝石、石英和陶瓷等金属及非金属材料加工。精密及形状复杂零件的加工。有特殊技术要求的零件加工。适宜加工表面质量和加工精度要求高、刚性差、难装夹的零件,如航天航空陀螺仪、伺服阀以及细长轴、薄性元件等低刚度零件的加工。

(2) 特种加工的特点。

A. “以柔克刚”,特种加工的工具与被加工的零件基本不接触,加工时主要用电、化学、电化学、声、光、热等能量去除多余材料,而不是主要靠机械能量切除多余材料,因此,加工不受工件的强度和硬度的制约,故可加工超硬、脆材料和精密微细零件,甚至工具材料的硬度可低于工件材料的硬度。

B. 加工机理不同于一般金属切削加工,不产生宏观切屑,不产生强烈的弹、塑性变形,故可加工尺寸微小的孔或狭缝,能够获得很低的表面粗糙度,而且其热应力、残余应力、冷作

硬化等均比较小,尺寸稳定性好。

C. 加工能量易于控制和转换,加工范围广,适应强。两种或两种以上的不同类型的能量可相互组合形成新的复合加工。

总之,特种加工可以加工任何硬度、强度、韧性、脆性的金属或非金属材料,且专长于加工复杂、微细表面和低刚度零件。同时,有些地方还可以进行超精加工、镜面光整加工和纳米级加工。

(3) 电火花加工。是基于工具电极与工件电极(正极与负极)之间脉冲性火花放电时的电腐蚀现象来对工件进行加工,以达到一定形状、尺寸和表面粗糙度要求。电火花加工的应用:

A. 电火花穿孔加工。用于型孔(圆孔、方孔、多边孔、异型孔)、深孔、斜孔、弯孔以及小孔和微孔加工。

B. 电火花型腔加工。主要用于三维型腔加工,如锻模、挤压模、压铸模等,此外还包括型面加工和电火花表面雕刻。

C. 电火花线切割加工。根据电极丝的运行速度,电火花线切割机床通常分为两大类:一类是高速走丝电火花线切割机床。另一类是低速走丝电火花线切割机床。

(4) 电化学加工。是指通过电化学反应从工件上去除或在工件上镀覆金属材料的特种加工方法。目前已广泛应用于兵器、航空、医疗器材、汽车等制造工业和模具制造行业。包括通过电化学反应从工件表面去金属的电解加工和在工件表面沉积金属材料的电镀、涂覆加工等。

(5) 电解加工。是利用金属在电解液中产生阳极熔化的原理来除去工件材料的加工方法。电解加工的应用,如深孔扩孔加工,孔型加工,型腔加工,套料加工,倒棱去毛刺等。

(6) 电铸加工。与电解加工相反,则是利用阴极电解沉积原理,实现电化学附着加工,用沉积层本身作为产品的独特加工方法。电铸加工主要用于:复制精细的表面轮廓花纹。如唱片模、工艺美术品模、纸币、证券、邮票的印刷版。复制注塑用的模具、电火花型加工用的电极工具。制造复杂、高精度的空心零件和薄壁零件,如波导管。制造表面粗糙度标准样块、反光镜、表盘、异形孔喷嘴等特殊零件。

(7) 超声加工。超声加工是利用工具端面做超声振动,使工作液中的悬浮磨粒对工件表面产生冲击、抛磨、液压冲击及由此产生的汽蚀作用来去除材料、实现加工的。如成型加工、切割加工、焊接加工、超声清洗。

(8) 激光加工。是利用激光器发射出来具有高方向和高亮度的激光束通过光学系统把激光束聚焦成一个极小的光斑(直径仅有几微米或几十微米),使光斑获得极高的能量密度,达到上万℃高温,从而能在很短的时间内使各种物质熔化和汽化,达到蚀除工件材料的目的。激光加工应用于:激光打孔、激光切割、激光焊接、激光的表面热处理。

与激光加工类似的还有电子束和离子束加工。

5. 复合加工

从加工的可能性、方便性、经济性等因素综合考虑,探索研究将多种单一的加工方法(包括传统的加工方法和特种加工方法)进行组合,形成新的加工方法。其投入少,容易实施,可获得事半功倍的效果,具有很大的开发潜力和应用前景。

(三) 快速成形技术

(1) 什么是快速成形技术? 快速成形制造技术诞生于20世纪90年代后期,它综合了机

械工程、CAD、数控技术、激光技术、材料科学技术和自动控制技术等多门学科的先进成果,利用光能、热能等能量形式,对材料进行烧结、固化、黏结或熔融,将已具有数学几何模型的设计,快速、自动地转化为具有一定结构和功能的原型或零件。从而可以对产品设计进行快速评估、修改及功能试验,大大缩短了产品的研制周期,极大地提高了企业对市场的快速响应能力。

(2) 快速成型特点:高度柔性,技术的高度集成,设计制造一体化,快速性,自由形状制造,材料的广泛性。

(3) 快速成形技术的应用。

A. 在新产品开发中的作用:包括新产品开发过程中的设计验证与功能验证,可制造性、可装配性检验和供货询价、市场宣传。单件、小批量和特殊复杂零件的直接生产。快速模具制造。

B. 快速成形技术的应用领域:包括制造业领域如汽车、摩托车业;外形及内饰件的设计、改型、装配试验、发动机、汽缸头试制、轻工业;各种产品的设计、验证、装配,市场宣传,玩具、鞋类模具的快速制造等;航天航空领域;医疗领域;军事领域;文物、考古、美学等领域。

(四) 计算机辅助设计与制造技术(CAD/CAM)

1. 计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)的兴起

随着计算机硬、软件技术和其他科学技术的进步与发展,CAD/CAM技术日趋完善,它的应用范围也不断扩大。已广泛应用于电子、机械、造船、航空、汽车、建筑、纺织、轻工及工程建设行业的数值计算、工程绘图、工程信息管理、生产控制等设计和生产的全过程中,CAD/CAM技术的发展与应用,彻底改变了传统的设计与制造方式,将现代工业中的设计和制造技术带到了一个崭新的阶段。

2. CAD/CAM系统

(1) CAD/CAM的概念。CAD是指工程技术人员以计算机为辅助工具,完成产品设计构思和论证,产品总体设计、技术设计、零部件设计,有关零件的强度、刚度、热、电、磁的分析计算和绘画等工作,高效化、高精度化地生成和处理各种数字信息与图形信号,实现设计自动化。它表示了在产品开发和开发时直接或间接使用计算机的活动总和。广义的CAD包括设计和分析两个方面。设计是指构造零件的几何形状、选择零件的材料,以及为保证整个设计的统一性而对零件提出的功能要求和技术等。

(2) CAD/CAM的系统应用。从传统制造过程来看,产品从市场需求分析开始,经过产品设计、工艺设计、生产加工等环节,最后形成用户所需要的产品,在产品设计阶段,如果借助计算机来完成该阶段的任务,就称为计算机辅助设计;在工艺设计阶段,如果借助计算机来完成文书阶段的任务,就称为计算机辅助工艺设计,在生产加工阶段,如果借助计算机来完成该阶段的任务,就称为计算机辅助制造。如果使用计算机信息集成技术,为CAD/CAM提供一个集成的工作环境,将CAD/CAM提供一个集成的工作环境,将CAD、CAPP、CAM有机地联系起来,则称为CAD/CAM集成技术。

3. CAPP系统

工艺规程是指规定工艺过程、工作内容及操作要求等,用以指导实际生成的文件。

长期以来,工艺过程设计都是依靠工艺设计人员个人积累的经验,由人工操作完成的。应用CAPP技术,可以使工艺人员从繁琐重复的事务工作中解脱出来,迅速编制出完整而且详尽的工艺文件,缩短生产准备周期,提高产品制造质量,进而缩短整个产品开发周期。

4. 数控加工技术

数控技术是指用数字化信号对设备运行及其加工过程进行控制的一种自动化技术,也是机械、电子、自动控制、计算机和检测技术密切结合的机电一体化高新技术。

数控机床(图 19)就是采用了数控技术的机床,它是一种装有程序控制的自动化机床。该控制系统能够逻辑地处理具有控制编码或其他符号指令规定的程序,并将其译码,从而控制机床动作并加工零件。数控机床采用计算机利用数字信号进行控制,以实现高效、自动化加工,其加工过程被“程序”严格控制。当被加工零件或加工作业改变时,只需要改变控制其加工过程的“程序”即可。可见数控机床是一种灵活性很强、技术密集度及自动化程度很高的机电一体化加工设备。目前按照工艺用途的不同,数控机床有数控车床、数控铣床、数控磨床、加工中心、数控火焰切割机、数控线切割机、数控激光加工机床类别。

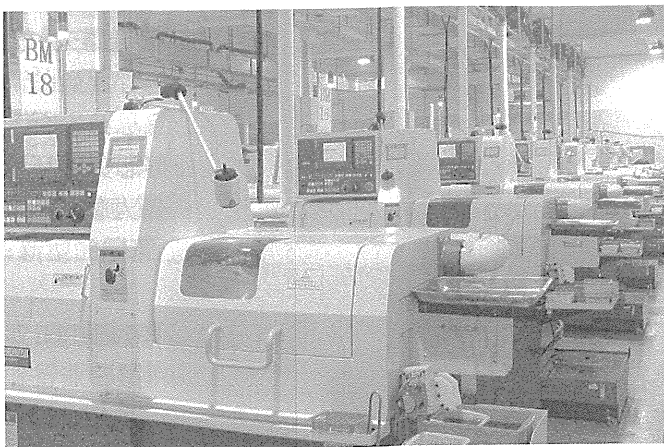


图 19 我国数控机床技术先进,出口到世界几十个国家

(五) 柔性机械制造系统(FMS)

1. 柔性制造系统的概念

柔性,是相对“刚性”而言的。刚性自动化生产系统或生产线进行大批量生产具有效率高、成本低、质量稳定、程序固定等优点,对生产水平的提高起到了很大的作用。其加工的零件形状和尺寸是固定的,产品转产或换型后调整困难,甚至无法调整。柔性制造系统,即 FMS,这是由计算机控制的自动化制造系统,在它上面可同时加工形状相近的一组或一类产品。FMS 是一种广义上的可编程的控制系统,它具有处理高层次分布数据的能力,具有自动的物流,从而实现小批量、多品种、高效率的制造,以适应不同产品周期的动态变化。

柔性制造系统是至少由两台机床、一套物料运储系统(从装载到卸载具有高度自动化)和一套计算机控制系统所组成的制造系统,它通过简单地改变软件的方法便能制造出多种零件。

2. 柔性制造系统的功能

柔性制造系统在计算机系统的控制下,协调一致、连续地、有序的运行,一般具有:自动制造功能;自动交换工件的刀具的功能;自动输送工件和刀具的功能;自动保管毛坯、工件、半成品、工夹具、模具的功能;自动监视(即刀具磨损、破损的监测)、自动补偿、自诊断等功能;作业计划与调度。

3. 柔性制造系统的优点

FMS具有良好的柔性;主要设备利用率高、投资少;减少直接劳动力;提高劳动生产率;在制品数量少,对市场的反应能力高;产品质量高;加工费用低。

4. 工业机器人

机器人是技术系统的一种类别,人类研制机器人的最终目标是为了创造一种能够综合人的所有动作和智能特征,延伸人的活动范围,具有通用性、柔性和灵活性自动控制机械。

一个机器人系统一般由机械手(执行机构)、控制器、作业对象和环境四部分组成。

工业机器人的分类:

(1) 按系统功能分类:专用机器人;通用机器人;示教再现机器人;智能机器人。

(2) 按驱动方式分类:液压式机器人;气动式机器人;电力式机器人。

(3) 按手臂动作形态分类:直角坐标型机器人;圆柱坐标型机器人;球坐标型机器人;关节型机器人。

工业机器人的应用:

(1) 恶劣的工作环境。可在危险、有害、有毒、高温、高压等恶劣的环境中代替人工作。

(2) 重复工作环境。如工作循环的运动和顺序适用于机器人替代人获得比人高的重复精度和一致性,或可以达到高的生产率时,应考虑采用工业机器人。

(3) 难以装卸的场合。

(4) 多班次作业。为了快速回流资金要求开二、三班,可考虑用工业机器人代替人工作业。

(5) 生产批量和操作工位多变的生产场合。

(六) 先进机械制造模式与先进管理技术

随着市场全球化、经济一体化进程的加快,竞争战略不断更迭,制造理念和制造模式不断创新,先后出现了集成制造、敏捷制造、智能制造以及其他各种先进制造理念和模式。

1. 计算机集成制造系统(CIMS)

CIMS是一种基于企业资源的先进制造模式。CIMS是当代生产自动化领域的前沿学科,是以企业内部资源为基础,以企业的运行总体最优化为目标的生产组织管理思想为指导,集多种高新技术为一体的现代化制造体系。

CIMS不是一种具体的制造技术,只是组织、管理生产的一种概念和哲理。它借助于计算机软硬件,综合运用制造技术、管理技术、信息技术、自动化技术等,将企业从市场分析、经营决策、产品设计、工艺设计、制造过程各环节直到销售和售后服务整个制造生产中的信息进行统一控制和管理,以优化企业生产经营活动。

CIMS的一个重要概念就是集成。CIMS是以企业的生产经营活动作为一个整体,对企业各种信息进行加工处理,借助于计算机进行集成、生产、管理。这种集成决不仅是物(设备)的集成,而更主要的是以信息集成为特征的技术集成和功能。

2. 并行工程

并行工程又称同步工程或并行设计,是对产品及其相关过程(包括制造过程和支持过程)进行并行、一体化设计的一种系统化的工作模式。这种工作模式力图使开发者从一开始就考虑到产品全生命周期中的所有因素,包括质量、成本、进度与用户需求。

长期以来,产品开发工作一直采用“概念设计→详细设计→过程设计→加工制造→试验验证→设计修改”的顺序工作方法。即串行工程。由于不能在设计阶段及早考虑工艺设计与制造过程的质量保证问题,从而会造成前后脱节、设计改动量大、产品开发周期长、产品成本高等问题。与此相反,并行工程改变了串行工程的产品开发流程,它将传统模式中相对独立、按照顺序段开发的流程,变成相互关联、并行或搭接进行,即产品开发和生产的全过程中涉及的各种各样的工程行为被集成在一起,并且尽可能并行起来统筹考虑和实施,从而缩短产品开发周期,加快产品投入市场的速度。

并行工程是一种工作模式,而不是具体的工作方法;并行工程着重于从产品设计一开始就对产品的关键因素进行全面考虑,以保证产品设计一次成功。

3. 敏捷制造

敏捷技术是将先进制造技术、熟练掌握生产技能、有知识的劳动力,以及企业内部和企业之间的灵活管理技术三者集成起来,对千变万化的市场机会做出快速反应,最大限度地满足顾客需求的一种新的经营管理模式。

敏捷制造包含了许多新思想,如可重构的、不断改变的生产系统;以信息为主和与批量无关的制造系统;充分调动人的积极因素和发挥人的创造性;向基层下放权力,简化领导层次和组织机构;利用信息高速公路,建立全国乃至全球工厂网络;独立自主的、模块化的、分布式的制造单元等;新型的管理体制、先进的制造技术和有知识的员工是构成敏捷制造的三大基石。

敏捷制造的组成:敏捷制造是全球范围内企业的市场的集成,目标是将企业、商业、学校、行政部门、金融等行业都用网络进行连通,形成一个与生活、制造、服务等密切相关的网络,实现面向网络的设计、制造、销售和服务。在这个网络上,存在有制造资源目录、产品目录、网上 CAD/CAM 等,一切可以上网的系统都将上网。在这种环境下的制造企业,将不再拘泥于某一固定形式,而是一种以高度灵活方式组织的企业。当出现某种机遇时,以若干个具有核心资格的组织者,迅速联合可能的参加者形成一个新型公司,从中获得最大的利润。当市场消失后,能够迅速解散,参加新的重组,迎接新的机遇。

4. 智能制造系统

智能制造系统 IMS 是一种由智能机器人和人类专家共同组成的人机一体化系统。突出了在各个制造环节中,以一种高度柔性集成的方式,借助计算机模拟人类专家的智能活动进行分析、判断、推理、构思和决策,取代或延伸制造环境中人的部分脑力劳动,同时收集、存储、完善、共享、继承和发展人类专家的制造智能。由于这种制造模式,突出了知识在制造活动中的地位,而知识经济又是继工业经济后的主体经济形式,所以智能制造是影响未来经济发展过程的制造业的重要生产模式。

智能制造系统的功能具体表现为:智能设计、智能加工、智能机器人操作、智能控制、智能工艺规划、智能调度与管理、智能装备、智能测量与诊断等。智能制造技术和智能制造系统的研究开发对于提高生产效率与产品质量、降低成本,提高制造业市场应变能力、国家经济实力和国民生活水准,具有重要意义。

5. 成组技术

一种用于解决多品种、中小批量零件生产机械化和自动化问题的生产组织和管理技术应用而生。在制造业中,每年生产的产品种类成千上万,且每种零件都具有不同的形状、尺寸和功能,但是仔细观察,就会发现零件之间存在一定的相似性。利用这种相似,可以将零

件集中在一起,以扩大零件进行分类并归并成组,将各个产品中工艺上相似的零件集中在一起,以扩大进化零件的批量,使大批量生产中行之有效的高效率工艺方法和设备,用到中、小批生产中去,以提高经济效益。关键是零件分类编码系统。零件分类组成方法包括:生产流程分析法;编码分类法。

成组技术的应用:

(1) 应用于制造工艺中:设计和使用成组工艺过程;设计和制造成组夹具;建立组成加工系统。

(2) 应用于产品设计:就是通过对企业中设计和制造过的零件编码和分组,建立起设计图纸和资料的检索系统。当设计一个新零件时,设计人员将设计零件的构思转化成相应的分类代码,按此代码对其所属零件组的零件设计图纸和进行资料检索,从中选出可直接采用或稍加修改便可采用的原有零件图。只有当原有零件图不能利用时,才设计新的零件图。据统计,设计一种新产品时,往往有 3/4 以上的零件可直接利用或经局部修改便可利用已有产品的零件图。

(3) 应用于生产组织与管理。

(七) 现代机械制造技术的发展趋势

现代制造技术正在向精密化、柔性化、网络化、虚拟化、智能化、清洁化、集成化、全球化的方向发展。

- ① 多学科集合形成完整的制造体系。
- ② 信息技术对现代制造技术的发展起着越来越重要的作用。
- ③ 设计技术不断现代化。
- ④ 成形及改性制造技术向精密、精确、少能耗、无污染方向发展。
- ⑤ 加工制造技术向超精密、超高速以及新一代制造装备技术发展。
- ⑥ 制造过程的集成化。
- ⑦ 绿色制造将成为制造业的重要特征。
- ⑧ 虚拟现实技术在制造业中获得越来越多的应用。
- ⑨ 制造全球化趋势。

七 环保技术

(一) 环境生态系统、生态平衡及生态破坏

1. 环境生态系统及其构成

(1) 生态系统的概念。生态系统就是在一定时间和空间范围内,生物群落与非生物环境通过能量流动和物质循环所形成的一个相互影响、相互作用并具有自我调节功能的自然整体。生态系统=非生态环境+生物群落。

(2) 生态系统的组成。生态系统的基本组成可概括为非生物和生物两大部分或非生物环境、生产者、消费者和分解者四种基本成分。

非生物环境是生态系统的生命保障系统,是生物生活的场所,具备生物生存所必需的物质条件,也是生物能量的源泉。它包括气候因子,如光照、水分、温度、空气及其他物理因素;无机物质,如 C、N、H、O、P 及矿物质盐类等,它们参加生态系统的物质循环;有机物质,如蛋白质、糖类、脂类、腐殖物等。

生产者是指能用简单的无机物制造有机物的自养生物,包括所有的绿色植物和一些化学能合成细菌。这些生物利用无机物合成有机物,并把环境中的能量以生物化学能的形式第一次固定到生物有机体中。

消费者是指不能利用无机物质制造有机物质的生物。它们不能直接利用太阳能来生产食物,只能直接或间接地依赖于生产者所制造的有机物质。消费者可分为草食动物、肉食动物和杂食动物等。分解者都是异养生物,主要有细菌、真菌、放线菌、原生动物和一些小型无脊椎动物。它们的主要功能是把动植物的有机残体分解为简单的无机物,归还到环境中,再被生产者利用。因此,这些异养生物也称为还原者。

上述三种生物成分与非生物环境联系在一起,共同组成一个生态学的功能单位——生态系统。

2. 环境生态平衡及其特征

(1) 生态平衡的概念。生态平衡是指生态系统通过发育和调节所达到的一种稳定状态,它包括结构上的稳定、功能上的稳定和能量输入、输出上的稳定。生态平衡是一种动态平衡,因为能量流动和物质循环总在不间断地进行,生物个体也在不断地进行更新。在自然条件下,生态系统总是按照一定规律朝着种类多样化、结构复杂化和功能完善化的方向发展,直到使生态系统达到成熟的最稳定状态为止。

(2) 生态系统平衡的特征。营养物质循环特征:物质循环功能上的特征差异是,成熟期生态系统的营养物质循环更趋于“闭环式”,即系统内部自我循环能力强,这是系统自身结构复杂化的必然结果。

(3) 生物群落的结构特征。平衡时期的生态系统,生物群落结构多样性增大,包括物种多样性、有机物的多样性和垂直分层导致的小生境多样化等。其中物种多样性—均匀性是基础,它是物种数量增多的结果,同时又为其他物种的迁入创造了条件。

(4) 稳定平衡时期的生态系统。自身调节能力很强。系统内部生物的种内和种间关系复杂,共生关系发达。抵抗干扰能力强,信息量多,熵值低。这是平衡的生态系统在结构和功能上高度发展与协调的结果。

(5) 选择能力。当生态系统达到平衡、生态条件比较稳定时,不利用高生殖潜力的 r -选择者,相反,却有利于高竞争力的 k -选择者。

3. 环境生态破坏

引起生态平衡破坏的因素有自然因素和人为因素两类。

自然因素,主要是指自然界发生的异常变化或自然界本来就存在的对人类和生物的危害因素,如地壳变动、海陆变迁、冰川活动、火山爆发、地震、海啸、泥石流、雷击火烧、气候变化等。这些因素可使生态系统在短时间内受到破坏甚至毁灭。自然因素对生态系统的破坏和影响所出现的频率不高,而且分布上有一定的局限性。生态平衡破坏的人为因素是指人类的干扰对生态系统造成的影响甚至灾难性的危害,例如环境污染、过度利用自然资源、修建大型工程、人为引入或消灭某些生物等。当前,世界范围内广泛存在的水土流失、土地沙漠化、草原退化、森林面积缩小等都是人类不合理利用自然资源引起生态平衡破坏的表现。20世纪以来,工农业生产中有意或无意地使大量污染物进入环境,从而改变了生态系统的环境因素,影响整个生态系统。由此造成的空气污染、水污染、土壤污染、固体废弃物污染等是生态破坏的另一重要原因。

(二) 水污染控制技术

1. 水污染控制的基本措施

水污染控制的主要任务是控制各种污染源排放的废水对环境的污染,防止水资源的破坏和环境质量的下降,做好水污染控制工作应坚持以防为主,防治结合,多管齐下。

(1) 推行清洁生产,发展节水减污型工业。我国每吨钢耗水时为 23~56 米³,在美国、日本仅需 6 米³;我国每吨纸耗水量至少为 450 米³,而工业化国家不到 200 米³。由此可见,发展节水型工业是节约水资源、减少排污量、控制水污染的重要途径。例如,采用无水印染工艺代替有水印染工艺,可消除印染废水排放;采用无氰电镀工艺代替有氰电镀工艺,可使废水中不再含剧毒物质腈。

(2) 清污分流与污水资源化。清污分流在一个组织内,是指将过程中产生的净水排放和废水排放分开加以收集,净水组织内部再利用,废水加以处理,污水资源化,使污水再生利用,还可以作为区域、流域水污染控制系统的一个污染控制环节来设计。一般来讲,污水资源再生利用可以起到节水减污的作用。把污水资源化和自然净化结合起来,又起到了直接削减污染负荷的作用。

(3) 完善水污染防治法规,依法加强监督管理。

(4) 加快城市污水处理,综合防止面源污染。

2. 污水处理基本方法与流程

(1) 物理法。利用物理作用分离污水中呈悬浮状态的固体污染物质。方法有筛滤法、沉淀法、上浮法、气浮法和过滤法等。

(2) 化学法。利用化学反应的作用,净化污水中处于各种形态的污染物质(包括悬浮的、溶解的、胶体的等)。主要方法有中和、混凝、电解、氧化还原法等。化学处理多用于处理工业废水。

(3) 物理化学法。利用物理化学反应的作用分离、回收污水的污染物。主要方法有吸附、离子交换萃取、吹脱和膜分离等,物理化学法多用于处理工业废水。

(4) 生物法。利用微生物的代谢作用,使污水中呈现溶解、胶体状态的有机污染物转化为稳定的无害物质。主要方法可分为两大类,即利用好氧微生物作用的好氧法(好氧氧化法)和利用厌氧法(厌氧还原法)。前者广泛用于处理城市污水及有机性生产污水,其中有活性污泥法和生物膜两种;后者多用于处理高浓度有机污水与污水过程中产生的污泥,现在也开始处理城市污水与低浓度有机污水。

3. 城市污水与工业废水处理

城市污水与工业废水中的污染物是多种多样的,往往需要采用几种方法的组合。现代污水处理技术按处理程度划分,可分为一级处理、二级处理和三级处理。

(1) 一级处理。要去除污水中呈悬浮状的固体污染物质。物理处理法大部分只能去除 30%左右的污染物,达不到 BOD 排放标准。是二级处理的预处理。

(2) 二级处理。要去除污水中呈胶体和溶解状态的有机污染物(即 BOD、COD 物质),去除率可达 90%以上,污水经二级处理后,通常可使有机污染物达到排放标准。

(3) 三级处理。在一级、二级处理后,进一步处理难降解的有机物、磷和氮等能够导致水体富营养化的可溶性无机物等。主要方法有生物脱氮除磷法、混凝沉淀法、砂滤法、活性炭吸附法、离子交换法和电渗析法等。

(三) 大气污染防治技术

1. 大气污染技术防治措施

(1) 改变用能方式和能源结构, 提倡城市集中供热, 减轻分散、低效率的小型锅炉对大气的严重污染。集中供热比分散供热可节约煤 30%~35%; 提高常规能源中石油、天然气、水能等比例, 将有助于减轻大气污染。同时开发可再生、无污染的清洁能源。

(2) 采用先进的清洁煤技术。包括燃烧前的选煤、型煤、气化、液化、水煤浆和燃料电池等技术, 燃烧中的循环流化床脱硫、低氮氧化物燃烧、煤气化联合循环发电和热电联产等技术。要积极研究和开发节能的高效清洁新型锅炉, 其中包括型煤锅炉, 改进工业炉窑泛燃烧技术, 淘汰和报废除旧式锅炉和工业锅炉。

(3) 改进产品和生产工艺, 严格操作过程。

(4) 烟气除尘、脱硫、脱氮和其他各种废气净化技术。

(5) 构建绿色生态系统。

绿色植物是区域生态环境中不可缺少的重要组成部分, 绿化造林不仅能美化环境, 调节空气温湿度或城市小气候, 保持水土, 防治风沙, 而且在净化空气(吸收二氧化碳、有害气体、颗粒物、杀菌)和降低噪声方面皆会起到显著作用。

2. 治理大气污染的技术

(1) 烟尘治理技术。去除烟尘采用的是除尘装置。烟尘的粒径及其分布对除尘过程的机制、除尘器的设计及其运行效果都有很大影响, 除尘器大致可分为机械除尘、静电除尘器、湿式洗涤除尘器和过滤式除尘器等。它们性能各异, 使用时应根据实际需要加以选择或配合使用, 主要考虑因素为尘粒的浓度、直径、腐蚀性、排放标准和经济成本。

(2) 二氧化硫治理技术。包括燃料脱硫和烟气脱硫。对于没有烟气脱硫能力的中小工厂, 通常采用燃料脱硫。它通过加氢催化, 使重油中有机硫化物的 C—S 键断裂, 硫变成简单的气体或固体化合物, 从重油中分离出来; 大型工业企业则要求安装烟气脱硫设施。烟气脱硫可分为湿法和干法两种: 湿法是把烟气中的 SO_2 和 SO_3 转化为液体或固体化合物, 从而把它们从烟气中分离出来。具体方法包括碱液吸收法和石灰吸收法等。干法脱硫是指采用固体粉末或非水液体作为吸收剂或催化剂进行烟气脱硫, 它分为吸附法、吸收法和催化氧化法等。

(3) 氮氧化物的治理技术。氮氧化物是形成光化学烟雾的主要一次污染物, 其来源是以汽车排放的废气为主, 炼油业等工业也在氮氧化物污染中占有较大的比重。工业企业排放的氮氧化物主要通过以下方法去除。

A. 吸收法。根据所使用的吸收剂, 可分为碱吸收法、熔融吸收法和硫酸吸收法。

B. 非选择催化还原法。应用金属铂等作为催化剂, 以 H_2 或 CH_4 等还原性气体作为还原剂, 将烟气中的氮氧化物还原为 N_2 。

C. 选择性催化还原法。以金属铂的氧化剂, 以氨、硫化氢和一氧化碳等为还原剂, 选择最佳脱硝反应温度, 让还原剂仅与烟气的氮氧化物发生反应, 使之转变为无害的 N_2 。

(四) 固体废物污染的控制、处理技术

1. 固体废物分类

把固体废物分为工业固体废物(废渣)、城市生活垃圾和危险废物三类。

(1) 城市生活垃圾和危险废物。主要包括居民生活垃圾、商业垃圾、建筑垃圾, 它的特点是成分复杂, 有机物含量高。

(2) 工业固体废物。工业固体废物是指工业、交通等生产中产生的固体废物,又称工业废渣或工业垃圾。

(3) 危险废物。是被列入国家危险废物名录或者被国家危险废物鉴定标准和鉴定方法认定的具有危险性的废物。具有腐蚀性、毒性、易燃性、反应性或者感染性等一种或者几种危险特性的以及不排除具有危险特征,可能对环境或者人体健康造成有害影响,需要按照危险废物进行管理的。

2. 固体废物处理技术

(1) 物理处理技术。

A. 压实技术。如汽车、易拉罐、塑料瓶等通常首先采用压实处理,通过对废物实行减容化、降低运输成本、延长填埋场寿命。

B. 破碎技术。为了便于压缩、运输、贮同密度填埋;提高焚烧、热解、熔烧及压缩等处理过程的稳定性和处理效率;预先必须对固体废弃物进行破碎处理。在填埋过程中更容易压实。

C. 分选技术。分选的基本原理是利用物料的某些性质方面的差异,将其分先开,例如利用废弃物中的磁性和非磁性差别进行分离;利用粒径尺寸差别进行分离,利用密度差别进行分离等。针对不同性质,可以选择不同的方法对固体废弃物进行分选。如手工检选、筛选、重力分选、磁力分选、涡电流分选、光学分选等。

D. 固化处理技术。固化技术是通过向废弃物中添加固化基材,使有害固体废弃物固定或包容在惰性固化基材中的一种无害化处理过程。固化处理根据固化基材的不同可分为水泥固化、沥青固化、玻璃固化、自胶质固化等。

(2) 化学处理。化学处理是采用化学方法破坏固体废物中的有害成分从而使其达到无害化。包括氧化、还原、中和、化学沉淀和化学溶出等。

(3) 生物处理。

A. 生物转化技术。生物转化技术是利用微生物对有机固体废物的分解作用使其无害化。这种技术可以使有机固体废物转化为能源、食品、饲料和肥料,还可以用来从废品和废渣中提取金属。

B. 堆肥化。

(4) 焚烧、热解和湿式氧化技术。

A. 焚烧法。焚烧厂多设在 10 万人口以上的大城市,并设有能量回收系统可以供居民取暖,用于维持温室室温等。目前日本及瑞士每年把超过 65% 的都市废料进行焚烧而使能源再生。

B. 热解。热解是将有机物在无氧或缺氧条件下高温(500~1000℃)加热使之分解为气、液、固三类产物。城市固体废物、污泥、工业废物(如塑料、树脂、橡胶)以及农业废物、人畜粪便等具有潜在能量的各种固体废物都可以采用热解方法,从中回收燃料。

C. 湿式氧化处理法。是有机物质在水的存在下在温度为 120~380℃、操作压力在 10~200 atm(1 atm=101325 帕斯卡)快速氧化。

(五) 物理性污染控制与治理

1. 噪声污染控制、治理技术

(1) 噪声产生的原因。发生噪声污染必须有 3 个要素:噪声源、传播途径和接受者。噪声控制既要研究每一个要素,又作系统综合考虑,使控制措施在技术、经济可行的前提下达

到降低噪声的要求。

(2) 噪声控制技术。降低声源本身的噪声是治本的方法,比如用液压代替冲压,用斜齿轮代替直齿轮,用焊接代替铆接,在国外还在研究低噪声的发动机等。还需要在传播的途径和个人防护上来考虑,常用的办法就是吸声、隔声、消声、消振、阻尼、耳塞和耳罩等。

合理安排建筑的场所和位置,将居民区、文化区与商业区、工业区尽量分隔开,增设有效的噪声防护措施,以及在规划中对交通干线进行科学、合理的布局,加强对交通噪声的管理。

2. 电磁辐射及其防护措施

(1) 电磁辐射污染的来源及其危害。现在环境中的电磁辐射主要来源于人工辐射,天然辐射的水平比起人工的“贡献”可以忽略不计,调频广播和电视发射台及手机等辐射为电磁污染的主要因素。

电磁辐射危害人体的机理主要是热效应、非热效应和累积效应等。各国科学家经过长期研究表明:长期接受电磁辐射会造成人体免疫力下降、新陈代谢紊乱、提前衰老、心律失常、视力下降、血压异常、皮肤产生斑痘、皮肤粗糙,甚至导致各类癌症等;妇女易患不育症、流产、畸胎。

(2) 电磁辐射的防护措施。政府应针对无线电管理工作面临的新情况和新问题,及时修订和完善有关无线电管理法规,还应加强对频率资源和各类台站的审批管理,加强对研制、生产进口、销售无线电通信设备的源头管理,规范执法行为。治理“电磁污染”,就个人而言,要有自我保护意识,尽量少接触高辐射的东西。

3. 放射性污染与防治

(1) 放射性污染源。医用射线及放射性同位素产生的射线主要是通过外照射线危害人体,对此应加以防护。而在核工业生产过程中排出的放射性废物,也会通过不同途径危害人体,对这些放射性废物必须加以处理与处置。

(2) 放射性污染防治方法。注意外照射防护。为了尽量减少射线对人体的照射,应使人体远离辐射源,并减少受照时间。同时还需要采取相应屏蔽,即在放射源与人之间放置一种合适的屏蔽材料,利用屏蔽材料对放射线的吸收降低外照剂量。

(3) 放射性废物的科学处理与处置。对放射性废物中的放射性物质,现在还没有有效的办法将其破坏,以使其放射性消失。因此,目前只是利用放射性自然衰减的特性,采用在较长的时间内将其封闭,使放射强度逐渐减弱的方法,达到消除放射污染的目的。

4. 光、热污染防治技术

(1) 光污染的防治。建筑物装修要服从都市环境保护要求,尽量不用玻璃大理石、铝合金等材料,涂料也要选择反射系数低的。欧美一些国家早在 20 世纪 80 年代末,就开始限制在建筑外部装修使用玻璃幕墙,不少发达国家或地区也明文限制使用釉面砖和马赛克装饰外墙。

室内装修要合理布置灯光,不单亮度、位置、角度的合理性,还包括颜色格调、光源类型、配光方式等一系列问题,营造环保、健康、节能和精美舒适的“绿色环境”。

(2) 热污染控制措施。应尽快制定环境热污染的控制标准,采取行之有效的措施防治热污染。尽可能性减少以煤为主矿物燃料,努力开发利用天然气和沼气资源,对废热进行综合利用,发展温排水冷却技术,大力植树种草,搞好城市绿化工作,努力减少二氧化碳排放、减少温室效应,对有效防治热污染会起到一定作用。

(六) 清洁生产技术

1. 清洁生产的基本概念

清洁生产,是指不断改进设计、使用清洁的能源和原料、采用先进的工艺技术与设备、改善管理、综合利用等措施,从源头削减污染,提高资源利用效率,减少或者避免生产、服务和产品使用过程中的污染物的产生和排放,以减轻或者消除对人类健康和环境的危害。

清洁生产主要包括三个方面的内容。

(1) 自然资源的合理利用。包括最大限度地节约能源材料、利用可再生能源或者清洁能源、利用无毒无害材料、减少使用稀有原材料、循环利用物料等措施。

(2) 经济效益最大化。通过节约资源、降低损耗、提高生产效益和产品质量,达到降低生产成本,提高企业的竞争力的目的。

(3) 对人类健康和环境的危害最小化。通过最大限度地减少有毒有害的使用、采用无废或者少废技术和工艺、减少生产过程中的各种危险因素、废物的回收和循环利用、采用可降解材料生产产品和包装、合理包装以及改善产品功能等措施,实现对人类健康和环境的危害最小化。

2. 实施清洁生产的途径

(1) 探求资源的综合利用。

(2) 改革工艺和设备。

一是简化流程。减少工序和设备是削减污染排放的有效措施;二是变间歇操作为连续操作;三是装置大型化;四是适当改变工艺条件;五是改变原料,利用可再生原料,改变原料配方,保证原料质量,采用精料。对原料进行适当干预处理;利用废料作为原料;六是配备自动控制装置,实现过程的优化控制;换用高效设备,改善设备布局和管线;七是开发利用最新科技成果的全新工艺。

(3) 组织厂内的物料循环。在这里强调的是企业层次上的物料再循环;一是将流失的物料回收作为原料返回原工序中;二是将生产过程中生成的废料经过适当处理后作为原料或原料替代物返回原生产流程中;三是将生产过程中生成的废料经过适当的处理后作为原料返用于本厂其他生产过程中。

(4) 加强管理。

(5) 改革产品体系。有些产品使用后废弃、分散在环境之中,也会造成始料不及的危害,例如,低效率的工业锅炉,在使用过程中不但浪费燃料,还排出大量的烟尘,本身就是一个污染源。不少电器产品用作绝缘材料的多氯联苯,虽然具有优良的电器性能,但是属于强致癌物质,对人体健康会造成严重的威胁。作为冷冻剂、喷雾剂和清洁剂,氟氯是破坏臭氧层的主要人造物质之一,已被“蒙特利尔协定书”所限制生产和限期禁用。

(6) 必要的末端处理。

(七) 生态城市、生态园区建设

1. 生态城市建设的内容、举措

(1) 什么是生态城市(图 20)? 所谓生态城市建设,是遵循自然规律和社会经济发展现状,从区域实际出发,调动社会各方面的力量,围绕生态环境面临的突出矛盾和问题,以保护和改善生态环境,实现环境资源合理开发利用和可持续发展的目标所进行的城市建设活动。一是追求社会—经济—自然和谐发展。二是追求城市自维持、自修复、自组织、自发展。三是追求城市与区域的协调发展。四是追求节能、节水、节地和使用新能源。

(2) 生态城市建设的主要内容。包括城市生态环境工程建设:城市绿化工程建设;城市环境污染治理工程建设;城市江河水体整治、生态恢复和河岸绿化工程建设;城市生态住宅建设;城市郊区农村生态环境建设;城市自然保护区建设和生态景观保护;生态文明建设;生态城市管理机制建设;生态消费建设等。

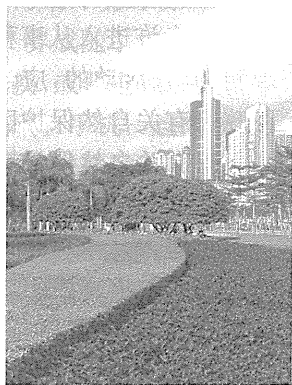


图 20 深圳被誉为花园城市

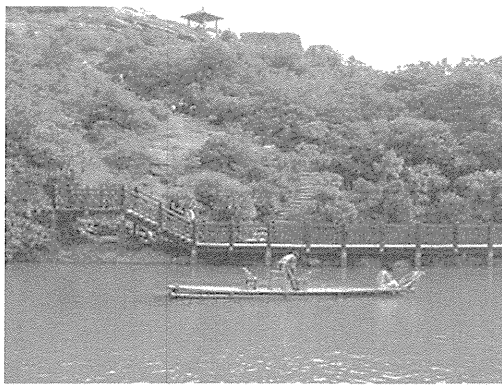


图 21 苏州马涧生态园区

2. 生态园区与循环经济

(1) 生态园区(图 21)。生态园区是循环经济在工业领域的重要实现形式,是根据循环经济理论和工业生态学原理建立的一种与生态环境和谐共存的新型工业园区,在园区内企业为减少废物排放,废物相互利用的企业链将一企业生产的副产品用作另一个企业的原料,形成物质的不断循环,实现价值的增值,并减少最终废物的排放量,尽量减少对环境的破坏。

(2) 循环经济实现模式。

A. 企业层面(小循环)。根据生态效率的理念,推行清洁生产,减少产品的服务中物质和能量的消耗,从而实现污染物排放的最小化。减少产品和服务的物料使用量;减少产品和服务的能源使用量;减少有毒物质的使用量和排放量;加强物质的循环使用能力;最大限度地、可持续地利用可再生资源;提高产品的耐用性;提高产品与服务的强度。

B. 区域层面(中循环)。根据工业生态学的原理,通过企业间的物质集成、能量集成和信息集成等,形成企业间的工业代谢和共生关系,建立生态工业园区。发展生态工业链,使生态工业链在更大的范围内实施循环经济的法则,把不同的工厂连接起来形成共享资源和交换副产品的产业共生组合。这种循环经济的生态链可以扩大到包括工业、农业和畜牧业。

C. 社会层面(大循环)。通过废旧物资的循环利用,实现消费过程中和消费过程后物质和能量的闭环流动。发展绿色消费市场和资源回收产业,绿色消费和资源回收必须与上述两个层面形成链接,只有这样才能在社会范围内形成“资源—产品—再生资源”的循环经济环路。

(八) 自然保护区建设

1. 自然保护区的概念

自然保护区是指对有代表性的自然生态系统、珍稀濒危野生动植物物种的天然集中分布区、有特殊意义的自然遗迹等保护对象所在地、陆地、水体或者海域,依法划出一定面积,

予以特殊保护和管理的区域。按照保护对象的不同分为生态系统类型保护区、生物物种保护区和自然遗迹保护区三大类。

2. 自然保护区的功能分区及保护措施

我国将保护区分为核心区、缓冲区和实验区,分别实施相应的保护措施。

(1) 核心区:自然保护区内保存完好的天然的生态系统以及珍稀、濒危植物的集中分布地。对于核心区实施严格的保护措施,禁止任何单位和个人进入,也不允许进入从事科学研究活动。如因科学研究的需要,必须进入核心区从事科学研究观测、调查活动的,应当事先向自然保护区管理机构提交申请和活动计划,并经省级以上人民政府有关自然保护区行政主管部门批准;其中,进入国家级自然保护区核心区的,必须经国务院有关自然保护区行政主管部门批准。

(2) 缓冲区:核心区外围可以划定一定面积作为缓冲区,该区只准进入从事科学研究观测活动。缓冲区内禁止开展旅游和生产经营活动。

(3) 实验区:在缓冲区外围划为实验区,实验区可以进入从事科学试验、教学实习、参观考察、旅游以及驯化和繁殖珍稀、濒危野生动植物等活动。

(4) 外围保护地带:可以根据自然保护区实际情况在实验区外围划定一定面积的外围保护地带,通过限制区内居民生活、生产活动达到保护目的。

3. 自然保护区的基本功能

(1) 保护。自然保护区的首要任务是实施保护,保护对象包括生物多样性、自然和文化资源等,通过设置保护区,禁止、限制人类在区内的破坏性活动,并对保护区内生态环境和物种进行监测研究,是保护物种、基因、生态系统最好的途径。

(2) 科学研究。保护区由多种多样的天然和人工生态系统组成,具有进行科学研究的最好条件。通过对自然保护区的研究、监测,可以帮助人类更好地研究物种种群完整性特征,帮助人类科学建立人与自然的相互协调关系。

(3) 宣传环保知识。自然保护区原生态的自然风光,不仅可以陶冶人的情操,而且能够让参观者接受生动的环境教育,吸引更多的人来关心、支持和帮助自然保护区的保护、管理和建设工作。

(九) 提倡“低碳生活”

1. 什么是低碳生活

“低碳生活”,就是指生活作息时所耗用的能量要尽力减少,从而减低碳,特别是二氧化碳的排放量,减少对大气的污染,减缓生态恶化,主要是从节电节气和回收三个环节来改变生活细节。

低碳,意指较低(更低)的温室气体(二氧化碳为主)的排放。“低碳生活”作为一种生活方式可以理解为低能耗、低消耗、低开支的生活方式。低碳生活代表着更健康、更自然、更安全,返璞归真的去进行人与自然的互动。

2. 怎样过低碳生活

(1) 增强个人环保意识。人类意识到生产和消费过程中出现的过量碳排放是形成气候问题的重要因素之一,因而要减少碳排放就要相应优化和约束某些消费和生产活动。尽管仍有学者对气候变化原因有不同的看法,但“低碳生活”理念至少顺应了人类“未雨绸缪”的谨慎原则和追求完美的心理与理想,“低碳生活”理念也就渐渐被世界各国所接受。低碳生活的出现不仅告诉人们,你可以为减碳做些什么,还告诉人们,你可以怎么做。在这种生活

方式逐渐兴起的时候,大家开始关心,我今天有没有为减碳做些什么呢?

(2) 养成低碳生活习惯。

A. 每天的淘米水可以用来洗去含油污的餐具、擦家具、浇花等,干净卫生,天然滋润;将废旧报纸铺垫在衣橱的最底层,不仅可以吸潮,还能吸收衣柜中的异味;还可以擦洗玻璃,减少使用污染环境的玻璃清洁剂。

B. 养成随手关闭电器电源的习惯,避免浪费;夏天开空调前,应先打开窗户让室内空气自然更换,或开电风扇让室内先降温,开空调后调至室温 25~26℃之间,用小风,这样既省电也低碳。手机一旦充电完成,立即拔掉手机充电插头。

C. 在午休和下班后关掉电脑电源。

D. 选择晾晒衣物,避免使用烘干机;用在公园等适合跑步的空气清新的地方中慢跑取代在跑步机上锻炼。

E. 学会利用废旧物品,如喝过的茶叶渣,把它晒干,做一个茶叶枕头。出门购物,尽量自己带环保袋,无论是免费或者收费的塑料袋,都减少使用;出门自带喝水杯,减少使用一次性杯子,多用永久性的筷子、饭盒,尽量自带餐具,避免使用一次性的餐具。

F. 少坐飞机,飞机从停机坪上升到空中所排出的二氧化碳等于 3600 台汽车的排放量。出门办事尽量少开汽车,而乘坐公交或地铁比开私家车更符合低碳要求。如有可能可骑自行车或步行。

G. 少买不必要的衣服。服装在生产、加工和运输过程中,要消耗大量的能源,同时产生废气、废水等污染物。

H. 旅游时,自带清洁用品。

八 航空航天技术

航天技术又称航天工程或空间技术,是探索、开发和利用太空以及地球以外天体的综合性工程技术,它主要包括各种航天飞行器的设计、制造、发射、控制和应用等。它是建立在千百年来人类在数学、物理学、化学、天文学、生物学、医学以及工程技术等方面成就的基础上的新兴技术。航天技术对人类生存空间的开拓有着尤为重要而深远的意义。

严格地讲,航天技术主要包括:喷气推进技术、火箭制造技术、火箭制导和控制技术、航天器制造技术、航天器试验及发射技术等。

(一) 火箭与人造卫星

1. 火箭

(1) 人类怎样飞向太空? 主要依靠火箭的发明,火箭是靠火箭发动机喷射工作介质产生的反作用力向前推进的飞行器。由于自带推进剂,火箭不仅能在大气层内,也可以在大气层以外飞行。火箭是实现航天飞行的运载工具。

人类要想进入太空,至少必须解决四大难题。

一是克服地球引力。根据牛顿万有引力定律,地面上任何物体都要受到地球引力的束缚。只有当物体达到第一宇宙速度即 7.9 千米/秒时,才能飞出大气层,成为地球的卫星;当物体达到第二宇宙速度即 11.2 千米/秒时,才能完全摆脱地球引力,像火星、水星等一样成为太阳的一颗新行星;而只有当物体达到第三宇宙速度即 16.7 千米/秒时,才会飞出太阳系,进入星际世界。

二是克服真空。大家知道,地面上一个标准大气压是 101325.02 帕,在这种气压下每立方厘米有 24 亿亿个分子。由气体分子随重力变化的分布规律得知,大气压强及分子数密度随着距地面高度增加而减少。目前地球实验室能得到的最高真空度(即最小的压强)为 1333.224~1599.8688 帕,这时的分子数密度为每立方厘米约有 32000 个分子,相当于离地面 1500 千米高度处的真空度。但星际空间的分子数密度还要小,每立方厘米还不到 1000 个。装有一般发动机的飞机,其上升高度不能超过 27 千米,由此可见要想在太空飞行,必须克服真空。

三是适应剧烈变化的温度环境。在地球上最热的地方约为 40℃,最冷的地方也不过 -40℃。而在太空,情况就大不一样了。在离地球不远处,向阳面的温度可高达 200℃;而背离太阳面的温度可到 -100℃;至于远离恒星的空间,温度则接近绝对零度(-273℃)。

四是防辐射。由于大气层的作用,许多对人类和生物有危害的强电磁辐射、高能宇宙射线被阻挡住了,只有可见光及几个无线电波段的电磁波才能穿过大气层。而到了太空,情况就不同了,在那里有跨越近 20 个数量级的各种波长的电磁辐射,还有许多宇宙射线及高能粒子流,对人体有很大的危害。人类要想在空间活动,必须采取严格的防护措施。

人类飞向太空的愿望是随着火箭的发明、应用才一步步地成为现实的。

(2) 火箭发展的历史。1000 多年前,我国劳动人民就把特制的爆竹捆扎在弓箭上,利用火药喷气推进的原理,制成了最早的用于战争的火箭。这种用黑火药制成的火箭实际上就是最早的固体火箭雏形。

1903 年,俄国科学家齐奥尔科夫斯基在《利用喷气仪器研究宇宙空间》的论文中,讨论了使用什么工具才能探索宇宙空间的问题。通过数学计算,他否定了气球和大炮,提出使用多级火箭以及制造液体火箭发动机的设想。他还推导出火箭飞行的速度公式,并对航天中一些理论和技术问题作了阐述,他的研究成果对火箭技术的发展有着深远的影响。

第一个把液体火箭发射上天的是美国科学家戈达德。1926 年 3 月,他成功地发射了第一枚液体火箭。1935 年,试验的火箭已经可以超音速飞行,最大射程达到 20 千米。戈达德在火箭技术方面共取得 212 项专利,他的主要著作是《液体推进剂火箭的发展》。

德国科学家奥伯特也进行了航天问题的研究。1923 年,他出版了《深入星际太空的火箭》一书,用数学方法证明了利用火箭推动飞入太空的可能性。1927 年,德国成立了太空飞行协会,著名的火箭专家冯·布劳恩就是这个协会的活跃人物。第二次世界大战期间,在布劳恩的主持下,德国研制成功了用于实战的液体火箭导弹——V2 飞弹,它的射程可达 300 千米,能携带 900 千克重的弹头,并装有制导系统,飞行高度达 85 千米,战后 V2 飞弹成了各国火箭发展的蓝本。

1954 年,苏联研制了 RD107 型和 RD108 型火箭。1957 年 3 月 3 日,苏联第一枚洲际导弹 SS6 就是用它送上天的。1957 年 10 月 4 日,苏联又利用这个装置发射了世界上第一颗人造卫星。

20 世纪 60 年代,美国制造了最大的运载火箭“土星”5 号,它由三级组成。1967 年 11 月,在世界各地参观者的注视下,“土星”5 号火箭首次试飞成功,2 年以后,它把“阿波罗”载人飞船送上了月球。

(3) 火箭的种类。火箭的应用范围广泛,主要包括民用和军用两大方面。

火箭按用途分类主要有:

A. 无控火箭弹(炮)。为近程无控单级火箭,带有弹头。通常设计简单,无制导系统,命

中精度较差,但可多发齐射,覆盖面较大,弥补精度之不足。可车载或机载发射,机动性较好,比火炮使用方便,破坏威力较大。

B. 导弹。是带战斗部的有控火箭。近程战术导弹可由高精度制导系统控制,在攻击距离、命中精度和破坏威力方面远远超过火炮。远程地地导弹、防空导弹和反弹道导弹通常采用2级或3级火箭。这种导弹射程可达数千至上万千米,可带核弹头,命中精度较高,可用于破坏敌方的军事要地、政治中心和交通枢纽等战略目标。

C. 运载火箭。通常由多级火箭组成,能将人造地球卫星、载人或无人飞船和空间探测器等航天器送入预定轨道。因为着重于提高运载能力,因而一般采用高性能的低温推进剂——液氧和液氢。

现代火箭的结构日益庞大,系统越来越复杂,精度不断提高,并将进一步向可靠性高、经济性好和多次使用的方向发展。化学火箭仍将占有重要的地位,电子火箭将进入实用阶段,太阳能火箭和光子火箭也有可能取得新的进展。

2. 人造卫星

(1) 人造卫星技术发展。人造卫星又称人造地球卫星,是指环绕地球在空间轨道上运行(至少一圈)的无人航天器。卫星工程系统通常由人造卫星、运载器、航天器发射场、航天控制和数据采集网以及用户台(站、网)组成。人造卫星和用户台(站、网)组成卫星应用系统,如卫星通信系统、卫星导航系统和卫星空间探测系统等。

1957年10月4日,世界上第一颗人造卫星由苏联发射成功。这个卫星在离地面900千米的高空运行。它是一个球形体,直径58厘米,重83.6千克,它在轨道上运行3个月后就坠入大气层烧毁。苏联第一颗人造卫星的发射成功,揭开了人类向太空进军的序幕,大大激发了世界各国研制和发射卫星的热情。

1958年1月31日,美国的第一颗人造卫星——“探险者”1号上天。该卫星重8.22千克,锥顶圆柱形,高203.2厘米,直径15.2厘米,沿近地点360.4千米、远地点2531千米的椭圆轨道绕地球运行。

1958年3月,美国第二颗卫星首次使用太阳能电池,而且发现地球并不是扁平的椭圆形的球体,而是一个不规则的梨形体。1958年,美国通过了国家航空和宇航法,并明确宣布美国要保持空间科学技术的领先地位。同年,美国成立了国家航空航天局,到了1964年,该局已有雇员3万多人,年预算达54亿美元。

1959年1月,苏联发射了“月球”1号卫星。1959年9月12日,苏联发射了“月球”2号卫星,人类首次把物体送上月球。1961年4月12日,苏联又发射了重约4.73吨的“东方”1号飞船,第一次把宇航员加加林送入地球轨道,运行了108分钟,从而开辟了人类航天的新纪元,确立了苏联当时在空间领域的优势。

1958年,美国宣布实行“水星”计划,准备在1961年发射载人宇宙飞船。1959年3月3日,美国把“先驱者”号卫星送上了以太阳为中心的轨道上。1961年5月5日,就在加加林上天以后不到1个月,美国第一艘载人飞船“水星”号也上了天。

法国于1965年11月26日成功发射了第一颗“试验卫星”1(A1)号人造卫星。该卫星重约42千克,沿近地点526.24千米、远地点1808.85千米的椭圆轨道运行。

日本于1970年2月11日成功发射了第一颗人造卫星“大隅”号。该卫星重约9.4千克,沿近地点339千米、远地点5138千米的轨道运行。

(2) 中国的人造卫星技术。1956年,我国建立了第一个专业化空间科学研究机构,经历

了30多年的艰苦创业,至今已建立起独立的、比较完整的科研及生产体系,并取得了举世瞩目的成就。

1964年6月,我国自行设计、制造的第一枚运载火箭发射成功。1970年4月24日,继苏、美、法、日之后,我国成功地发射了第一颗人造卫星,使我国的航天技术步入世界前列。我国自行设计、制造的第一颗人造卫星“东方红”1号由“长征”1号运载火箭一次发射成功。

1975年1月26日,我国发射“返回型遥感卫星”1号成功,3天后回收卫星成功,成为世界上第三个能回收卫星的国家。1980年5月,我国开始向太平洋海域发射大型运载火箭。1981年9月,我国成功实现了“一箭多星”的发射。1982年9月,实现用潜艇水下发射运载火箭。1984年,成功发射并准确定点了一颗试验通信卫星。1986年和1988年,两颗地球同步轨道通信卫星发射成功并投入使用。1988年,成功发射“风云”1号气象卫星。

1985年10月,我国正式宣布“长征”2号和“长征”3号火箭投入国际市场,以优惠条件承揽各国用户的卫星发射业务。1990年4月7日,中国为美国休斯公司成功地发射了“亚洲”1号卫星,举世轰动。目前,我国正在研制具有大运载能力的“长征”4号、“长征”3号A和“长征”2号E火箭,以增强在国际市场上的竞争能力。国际上普遍认为,中国的航天技术已进入世界先进行列。

中国目前的主流卫星有:

A. “东方红”4号大平台/“鑫诺”2号卫星。“鑫诺”2号卫星的主要服务对象是我国大陆、港澳台地区的通信广播用户。

B. “北斗”导航试验卫星。“北斗”导航试验卫星由CAST研制,并将自行建立第一代卫星导航定位系统——“北斗导航系统”。“北斗导航系统”是全天候、全天时提供卫星导航信息的区域导航系统。这个系统建成后,主要为公路交通、铁路运输、海上作业等领域提供导航服务,对我国国民经济建设将起到积极的推动作用。

C. “中星”22号。“中星”22号为实用型地球同步通信卫星,是“东方红”3号的后续星,主要用于地面通信业务,由中国通信广播卫星公司经营。

D. “风云”1号、2号(FY1、FY2)。“风云”1号气象卫星是中国的极轨气象卫星系列,共发射了3颗,分别于1988年9月和1990年9月发射,是试验型气象卫星。卫星获取的遥感数据主要用于天气预报和植被、冰雪覆盖、洪水、森林火灾等环境监测。“风云”2号可获取有关可见光云图、昼夜红外和水汽云图;播发展宽数字图像、低分辨率云图和S波段天气图;获取气象、海洋、水文数据收集平台的观测数据;收集空间环境监测数据。

E. “东方红”号卫星(DFH)。1970年4月24日21时35分,“东方红”1号卫星在甘肃酒泉东风靶场一举发射成功,由此开创了我国航天史的新纪元,使中国成为继苏、美、法、日之后世界上第五个独立研制并发射人造卫星的国家。“东方红”2号卫星于1984年4月8日首次发射成功,开始了我国用自己的通信卫星进行卫星通信的历史。“东方红”3号卫星是中国新一代通信卫星,主要用于电视传输、电话、电报、传真、广播和数据传输等业务。

F. “实践”1号卫星(SJ1)。“实践”1号卫星是科学探测和技术试验卫星,于1977年3月3日发射入轨,1979年5月11日卫星轨道寿命结束。“实践”1号卫星是一颗自旋稳定的卫星,只经历不到10个月的时间就成功发射升空。

G. “资源”卫星(ZY1)。“资源”1号卫星是我国第一代传输型地球资源卫星。主要用来监测国土资源变化;估计森林蓄积量,农作物长势,快速查清洪涝、地震的估计损失,提出对策;对沿海经济开发、滩涂利用、水产养殖、环境污染等提供动态情报;同时勘探地下资源,使

之合理开发、使用等。1988年中国和巴西两国政府联合签定议定书,决定在“资源”1号卫星的基础上,由中巴双方共同投资,联合研制、发射“中巴地球资源卫星”(CBERS)。

(3) 人造卫星的类型。人造卫星按用途可以分为科学卫星、技术试验卫星和应用卫星。

A. 科学卫星。用于科学探测和研究的卫星,主要包括空间物理探测卫星和天文卫星。科学卫星使用的仪器包括望远镜、光谱仪、盖革计数器、电离计、压力测量器和磁强仪等,借助这些仪器可研究高层大气、地球辐射带、地球磁层、宇宙线、太阳辐射和极光,观测太阳和其他天体。

B. 技术试验卫星。进行新技术试验或为应用卫星进行试验的卫星。航天技术中的新原理、新技术、新方案、新仪器设备和新材料往往需要在轨道上进行试验,试验成功后才能投入使用。

C. 应用卫星。直接为国民经济和军事服务的卫星。在所有人造卫星中其种类最多、发射数量也最多。应用卫星按用途可分为气象卫星、通信卫星、侦察卫星、导航卫星、测地卫星、地球资源卫星、截击卫星和多用途卫星。

据不完全统计,从1957年到2005年,世界各国总共成功发射了近6000个航天器,其中前苏联和俄罗斯3121个,美国1802个,其他国家、地区和组织为764个(其中日本109个,中国88个,法国46个,印度38个等)。其中通信卫星1671颗,遥感卫星2107颗,导航卫星384颗,科学卫星和试验卫星1049颗,空间探测器140个。目前环绕地球飞行的共有近800颗各类卫星,其中413颗属于美国。能够研制各种人造天体的国家和地区扩展到美国、俄罗斯、中国、英国、法国、日本、印度、德国、意大利、加拿大等十几个国家及国际组织,但是能够自己发射人造天体的只有美、俄、中、英、日、法等少数几个国家,其他的国家和地区是用美、俄、中的运载工具发射上天的。

(二) 宇宙飞船与航天飞机

1. 宇宙飞船

宇宙飞船是指能保障航天员在外层空间生活和工作,以执行航天任务并返回地面的航天器,又称载人飞船。目前,载人的宇宙飞船分为两类,一是环绕地球轨道飞行的飞船,二是脱离地球轨道、以载人登月为目标的“阿波罗”登月飞船。

载人飞船具有多种用途:一是进行近地轨道飞行,试验各种载人航天技术;二是考察轨道失重和空间辐射等因素对人体的影响,发展航天医学;三是进行载人登月飞行;四是空间站接送人员和运送物资;五是进行军事侦察和地球资源卫星勘测;六是进行临时性的天文观测。

1961年4月至1963年6月,苏联发射的“东方”1号飞船首次载人遨游太空。接着,苏联又相继发射了“东方”2号、3号、4号、5号、6号飞船。继“东方”号系列之后,苏联又发射了“上升”号、“联盟”号载人飞船。

美国最先发射的载人宇宙飞船是“水星”号飞船。从1958年10月制定计划开始到1963年5月,历时4年多,其间进行了6次不载人飞行(其中3次失败),2次载动物飞行,6次载人飞行。飞行的目的是考察人在宇宙空间环境中的适应性,并试验飞船上各种工程设备系统的工作性能。美国第二代宇宙飞船是“双子座”飞船,它所肩负的使命是探索、解决两个飞行器的轨道交会、对接,航天员舱外活动和变轨飞行等问题,为“阿波罗”飞船载人登月做好技术上的准备。“双子座”计划从1961年11月开始到1966年11月结束,历时5年,共进行了14次飞行试验,其中3次无人飞行,11次载人飞行,除2次失败以外,其余全部飞行

成功。

人类不仅漫游了太空,还在1969年7月21日首次登上了月球,这就是举世震惊的“阿波罗”登月计划。“阿波罗”飞船高约25米,直径10米,重约50吨,它由指令舱、服务舱和登月舱三部分组成,载有3名航天员,先用三级液体燃料火箭“土星”5号把它送上绕地球运行的轨道,再加速到第二宇宙速度11.2千米/秒,使飞船奔向月球,然后飞船与火箭脱离,依靠惯性飞行,逐步进入绕月飞行的轨道。在月球轨道上,2名航天员爬进登月舱,使它与指令舱分离,并用制动火箭使其减速,最后用自动控制降落器控制降落。1969年7月21日格林尼治时间3时51分,“阿波罗”11号的指令长尼尔·阿姆斯特朗爬出舱门,于4时零7分双脚站在了月面上,实现了人类千百年来登月的梦想。从1969年7月到1972年12月,先后有6次共12名航天员乘坐“阿波罗”飞船登上月球。整个“阿波罗”计划先后动员了120所大学、2万家企业,耗资250亿美元,历时11年半,这一计划被认为是现代科学的重要典范。

2. 航天飞机

航天飞机是一种有人驾驶的、可以重复使用的航天飞行器。航天飞机综合运用了火箭、航天器和飞机技术,形成一种新型的航天飞行器。其火箭技术特点主要表现在由起飞到入轨的上升飞行段;航天器技术特点主要表现在轨道飞行段;而飞机技术特点主要表现在再入大气层的滑翔飞行和水平飞行着陆段。

与其他空间飞行器相比,航天飞机运载量大,可以载负各种卫星、飞船、实验室和较多的航天员、科研人员;它缩短了空间发射的地面准备时间,可以多次重复使用;它可以在轨道上发射卫星,又可回收和维修卫星,并能让非职业航天员进入太空工作。航天飞机的出现是航天技术的新突破,是航天史上的一个重要里程碑。

早在20世纪20年代,维也纳的工程师森格尔就提出了航天飞机的初步构思。

1969年4月,美国航空航天局正式成立了“航天飞机工作组”,1977年8月12日,美国用改装的波音747飞机背负着“企业”号轨道飞行器,进行了载人滑翔着陆试验。1981年4月12日,美国航天飞机“哥伦比亚”号载着2名航天员首次试飞,经过52个半小时的飞行,绕地球36周后于14日安全着陆。1982年11月11日,“哥伦比亚”号航天飞机作第五次飞行,也是首次商业性飞行,4名航天员把两颗供国内通信使用的地球同步卫星分别送入太空轨道。1983年11月28日,“哥伦比亚”号作第六次飞行,6名航天员中大部分是各学科科学家,其中一位是联邦德国的物理学家。这次飞行带着欧洲航天局研制的太空实验室,共飞行10天,完成了14个国家提出的73项科学实验项目,收集的资料是1973年美国发射的“天空实验室”所得资料的50倍。

1983年4月4日,“挑战者”号航天飞机载着4名航天员作首次飞行,2名航天员依靠与飞机相连的15米长的安全带,先后在太空行走了3.5小时。1983年6月18日“挑战者”号的第二次飞行中,把一名“嫦娥”——女航天员赖德和一名医生送上太空。1983年8月30日和1984年2月3日,“挑战者”号作第三次和第四次太空飞行,两名航天员首次不系安全带,先后自由地在太空散步,变成了同航天飞机一样高速绕地球运行的人体卫星。1984年4月6日,“挑战者”号作第五次飞行,航天员操纵机械手把11吨重的有一辆公共汽车大小的失灵的卫星收回货舱,维修好后再放回太空继续工作。

美国自1972年开始,先后研制了4架航天飞机。1986年1月28日,“挑战者”号进行第25次飞行时,发生了空中爆炸,7名航天员丧命。这是人类为征服太空所付出的又一个代价,同时,也暴露出航天飞机技术上存在的一些问题。

2011年7月21日,美国“阿特兰蒂斯”号航天飞机于美国东部时间5时57分在佛罗里达州肯尼迪航天中心安全着陆,结束其“谢幕之旅”,这寓意着美国30年航天飞机时代宣告终结。当地时间7月8日,“阿特兰蒂斯”号从美国佛罗里达州肯尼迪航天中心升空,执行美国航天飞机项目第135次也是最后一次飞行,历时12天,4名宇航员参与。它将与率先退役的美国另两艘航天飞机“发现号”、“奋进号”一样,被送进博物馆供人参观瞻仰。此后,在私营企业开发出运送宇航员前往空间站的商业化宇航载具之前,美国至少有3到4年的时间必须仰赖像俄罗斯“联盟号”飞船之类的载具将美国宇航员送上国际空间站。由于通货膨胀,2014年至2016年,每名美国宇航员乘坐俄飞船往返空间站的平均票价将上涨到6275万美元,目前的票价为5100万美元。

(三) 宇宙空间站与星际探测器

1. 宇宙空间站

(1) 宇宙空间站技术的发展。空间站是指建立在宇宙空间、适合人类长期生活和工作的基地,也称航天站。

这种空间站一般重达数十吨,体积数百米³,可居住。空间站通常由对接舱、气闸舱、轨道舱、生活舱、服务舱、专用设备舱和太阳能电池翼等几个部分组成。

宇宙空间站在科学研究、国民经济和军事上都有重大价值。它有下列用途:一是天文观测;二是地球资源勘测;三是医学和生物学研究;四是发展新工艺与新技术;五是大地测量、军事侦察以及试验和发射航天武器或航天器等。六是为人们在太空长期居住、开展航天活动和开发太空资源提供场所。

1971年苏联发射了世界上第一个空间站——“礼炮”1号空间站;1973年美国发射了“天空实验室”空间站;1983年11月28日欧洲航天局的“空间实验室”进入轨道,在进行了70多项试验后,于同年的12月8日返回地球。

美国的“天空实验室”是在“阿波罗”登月计划结束后,利用剩余的运载工具和设备以及所积累的技术成果发展起来的,“天空实验室”共长36米,重82吨,工作容积800米³,从1973年5月14日入轨起,运行了6年多,先后接待了共9名航天员。他们在实验室里总共工作和生活了172天,用各种仪器进行了一系列科学实验,拍摄了大量的太阳活动照片和地面照片。

苏联的空间站——“礼炮”号,到1983年共发射了7个空间站,其中,“礼炮”6号长度达19米,直径4.5米,重19吨,为7个空间站中最大的一个。在空间站入轨后,苏联分期分批发射载人的“联盟”号飞船与“礼炮”号对接,将航天员送上空间站进行实验、考察,并将上一批航天员接回地面。

“空间实验室”是由联邦德国、比利时、英国、法国等10个国家参加的欧洲航天局设计、制造的,它费时10年,耗资17亿美元。1983年11月28日到12月8日,“空间实验室”1号由美国航天飞机运载,成功地实现了首航。它可乘坐4名航天员,设计使用寿命10年,可重复利用100次。

2001年3月23日,俄罗斯的“和平”号空间站走完15年光辉而又坎坷的历程。“和平”号空间站是前苏联在总结其第一代、第二代空间站经验的基础上建造并发射升空的第三代空间站,也是历史上第九座空间站。“和平”号空间站是迄今为止体积最大、应用技术最先进、设施最完善、太空飞行时间最长、科研成果最丰富的空间站。

在“和平”号空间站上,俄罗斯航天员玻利亚科夫创造了人类在太空连续生活和工作438

天的世界纪录,阿夫杰耶夫创造了太空飞行累计时间达 748 天的世界纪录,美国航天员露西德创造了 188 天女子太空飞行的世界纪录。在“和平”号空间站上,通过研究在微重力环境下长时间工作对航天员的身体和心理所产生的影响以及返回地面后对重力环境的再适应性研究,已经解决或部分解决了长期太空飞行中出现的心脏体积增大、骨组织失钙和肌肉退化等问题,对今后进行太空旅行或太空资源开发等提供了必要的医学保障;航天员成功地在太空培育出了小麦等 100 多种植物;制造出了直径 5 厘米的高纯度砷化镓晶体及一些新的合金材料;生产出了纯度比地面生产的高 100 倍的干扰素及抗流感制剂等药物;拍摄了各种恒星、行星的照片,大大拓展了人类对茫茫宇宙的认识。

在告别“和平”号空间站的同时,由美国主导的多国大型计划“阿尔法”国际空间站已经初具规模,并开始太空构建又一个空间基地。

(2) 中国的宇宙空间站计划。“天宫一号”(图 22)是中国首个空间实验室的名称,担负着建立第一个中国空间实验室的重任。于 2011 年 9 月 29 日 21 时 16 分 3 秒在酒泉卫星发射中心发射,开始实施载人飞船与空间目标飞行器的交会对接试验,第一步是发射“天宫一号”目标飞行器,之后发射神舟八号飞船,进行第一次无人交会对接试验。目前,目标飞行器、神舟飞船及运载火箭改进研制中的一些关键技术均已取得突破,进展顺利。此外,我国还计划于 2012 年发射神舟九号、神舟十号飞船。之后还将发射空间实验室,解决有一定规模的、短期有人照料的空间应用问题;未来还将建造空间站,解决有较大规模的、长期有人照料的空间应用问题。

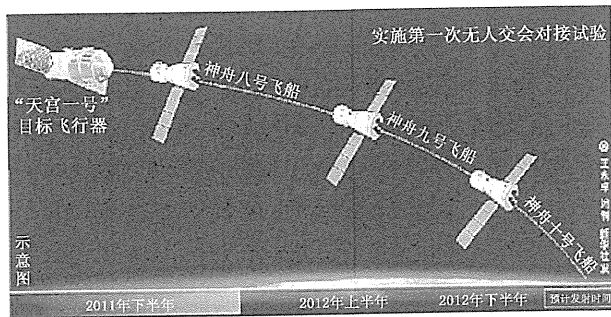


图 22 天宫一号

2. 星际探测器

所谓星际探测器是对月球和月球以远的天体和空间进行探测的无人航天器,又称空间探测器或深空探测器。

美、苏两国都曾经多次发射过星际探测器。美国发射的探测器主要有“水手”、“海盗”、“旅行者”和“先驱者”4种,苏联发射的探测器有“金星”和“火星”两种。苏联的“金星”7号、8号、9号、10号、11号、12号都曾在金星表面软着陆,从传回来的照片上发现,金星是遍布剥蚀、尖利的花岗石的荒凉球体。1971年12月,苏联的“火星”3号首次在火星表面实现软着陆,发回了许多探测资料,从资料中可以看出火星空气稀薄、气候严寒,没有任何生命迹象。

美国最初飞往水星、金星和火星的飞行器是“水手”号,但是,没有在这些行星上着陆。1976年,“海盗”号在火星表面软着陆成功,立即向地球发回火星表面照片和其他测量数据,从中可知火星表面像沙漠一样干旱,到处是沙丘和岩石,没有动植物,连简单的有机分子也没有。1977年,美国发射了“旅行者”号探测器,一年半后飞抵木星,拍回了几千张木星及其

5 个月月亮的彩色照片,输回了有关数据。“旅行者”号带有一套“地球之音”唱片,里面录制了 35 种自然界声音、60 种语言的问候语和 27 种音乐,还带有 100 余张照片,其中有中国的长城照片和古琴曲《高山流水》以及 4 种中国方言。1979 年 1 月,美国向土星发射了“先驱者”11 号探测器,拍摄了大量的土星照片,从发回的资料看,绚丽多彩的土星环是由一些岩石和冰块构成的。

1972 年,美国还发射了飞出太阳系、飞向宇宙深处的“先驱者”10 号探测器。原来预计使用寿命只有 21 个月,可是它已飞行了十多年,飞过了木星、土星、天王星、海王星和冥王星,已进入了银河系,这期间它从地球上接收到 10 万次指挥信号,向地球发回 1000 多亿个信息单位的科学资料。它的上面还带有一面雕刻着地球上的一男一女人像的镀金铝片,上面刻有地球和太阳系的图形,并刻上宇宙间最多的化学元素氢的符号,这是希望有朝一日外太空的高级智慧生物截获得到后,能设法同地球上的人类取得联系。

1984 年,美国科学家罗伯特·富华德设计了一种“星束”号飞船,它有一个金属网做成的六角帆,帆直径 1 千米,上有 10 万亿个微电子线路。它的推进系统包括一个地球轨道上的太阳能卫星,可以发出 200 亿瓦的微波束,飞船本身在火星轨道外侧空间组装。太阳能卫星上发出的微波束通过一个巨大透镜聚焦后照在飞船上,使飞船以 155 倍于地球重力加速度前进,一个星期内达到 $1/5$ 光速。约 20 年后,“星束”号飞船即可到达离太阳系最近的恒星——半人马座的比邻星。科学家们还据此设想建造超级恒星际飞船,载着探险者亲赴比邻星,并在有生之年返回地球。

(四) 航空航天技术的特点及应用

1. 航空航天技术的特点

航天技术是当代高科技的核心技术之一,涉及的是遥远的外层空间,利用的是其丰富的空间资源,如高真空、高洁净、微重力、超低温等环境资源;太阳能以及其他天体的物质资源等。因此,航天技术具有许多不同于其他技术的特点:

(1) 高度复杂性和特殊性。人类要进入外层空间,进行空间活动,需面临极端的空间环境条件和极其复杂的技术要求,如为了冲破地球引力的束缚及空气阻力,需要特殊的火箭推进技术;为避免真空条件下航天器材和器件的粘结、老化、侵蚀等效应,克服高能粒子及电磁辐射,就必须发展特殊的航天材料技术;为实现航天器的回收,就需要特殊的脱轨控制技术、精确的自动控制技术以及软着陆技术;而载人飞船,又必须具有特殊的生命保障技术等。

(2) 高度综合性。它以基础科学和技术科学为基础,集中应用了 20 世纪的一系列工程技术新成就,除了航天学的理论及航天器的设计、制造、发射、返回等技术,还涉及力学、热力学、材料学、医学、电子技术、计算机技术、真空技术、低温技术等。

(3) 高度创新性和信息化。古代人类只能通过地表获取小范围、近距离的信息;有了热气球及飞机后,人类可以在万米的高空进行大面积的观测;今天航天技术的大力发展,使得人们能在遥远的空间对整个地球进行观测,卫星的发射使得人们大大缩短了获取地球信息的时空间距。

(4) 高度系统性和精确性。它包括航天器、航天运输系统、航天器发射场、航天测控系统、航天器回收系统、航天器运行跟踪及信息处理系统及其他保障系统。而每一系统又由许多子系统及许多装置组成。

(5) 国际化、全球性。首先,空间资源是全人类的共同财富。1966 年签署的《关于各国探索和利用包括月球和其他天体在内的外层空间活动原则的条约》规定:各国有权探索和利

用外层空间,但不得据为己有。1975年订立的《关于各国在月球和其他天体上活动的协定》规定:月球和其他天体及其自然资源为人类的共同财富,应为所有缔约国公平分享。其次,航天技术的应用具有全球范围和全球目的,如利用空间卫星实现全球通信、全球导航、全球定位、全球气象预报、全球资源考察等。第三,空间活动的国际合作及全球计划。

2. 航天技术的应用

航天技术是社会发展到一定阶段的产物。它一旦产生出来,反过来就会对社会发展产生巨大的推动作用。

(1) 卫星通信。早在20世纪40年代中期,就有人设想利用人造卫星来实现远距离通信,而在人造卫星上天后不到10年,这个愿望就实现了,从此人类步入了信息时代。

卫星通信的基础思想是利用卫星转发或反射无线电波,以达到在两个或多个地面站之间的通信。卫星通信除了不受地形、地貌的限制外,还有许多优点:一是实现远距离通信只需一个中继站;二是卫星通信具有多址联系的特点,通信灵活性大,不管在哪里都可以进行;三是通信容量大;四是通信质量高;五是通信费用低。

(2) 卫星对地观测。利用卫星对地观测是航天技术的又一重要应用。军事侦察、气象观测、海洋观测、陆地环境状态和资源勘测等已成为许多卫星的主要使命。卫星对地观测可提供大气学、地质学、生物学、植物学、海洋学和生态学等大量信息,从而为人类对地球资源的开发和管理、对自然灾害的预防与监控提供极为有效的手段。

(3) 卫星导航。传统的导航方法主要有:一是天文导航,通过观测天体的位置来确定舰船的位置和方向;二是无线电导航,通过接收地面导航电台发出的无线电波来确定舰船的位置和航向;三是惯性导航,用陀螺仪等惯性元件来指出方向,经计算再确定航位。这些导航方法曾经起过很大作用,但其不足之处是:导航精度不高,易受气象条件的限制,仅适用短时间、小范围的导航任务。现在有了导航卫星,情况就大不相同了,地面物体通过无线电和卫星沟通进行测距或测速,计算出自己在地球上的位置,知道自己的位置坐标及其变化的信息后,就可以知道自己的航向。卫星导航定位具有大范围、全球性、高精度及快速定位等特点。

(4) 军用卫星。军用卫星在应用卫星的世界里占有非常重要的一席。军用卫星占应用卫星总数的2/3以上。20世纪50年代末,人造卫星开始用于军事目的,60年代开始投入使用,到70年代,军用卫星得到很大发展,已成为一些国家现代作战指挥系统和战略武器系统的重要组成部分。

军用卫星按用途一般可分为侦察卫星、军用气象卫星、军用通信卫星、军用导航卫星、军用测地卫星和截击卫星,侦察卫星又分为照相侦察卫星、电子侦察卫星、海洋监视卫星、导弹预警卫星、核爆炸监视卫星等。军用通信卫星与一般同类卫星相比,具有灵活机动、抗干扰、保密性强等优点。

(5) 卫星科学探测。大气层作为天然屏障阻挡了对地球生物有害的辐射,使地球成为人类及其他生命的理想居所,但大气层也限制了人们对太阳、行星、宇宙奥秘的认识。航天技术发展后,利用科学探测卫星就可以完全避开大气对天文观测的影响,使人类的观测手段、获取天体信息的途径得到大大的改善。

(6) 载人宇宙飞行。1961年4月12日,苏联宇航员加加林乘“东方”号飞船,在地球表面附近的轨道上绕行1周,运行100分钟后安全返回地面,这标志着人类飞上太空的成功开始。自此以后的30多年,仅美国和苏联就已完成了150多次载人航天活动。目前使用的载人飞行器主要有3种:宇宙飞船、航天飞机、空间站。

宇宙空间作为人类的第四环境,有着许多地球上不具有的优越条件,蕴藏着极为丰富的空间资源。同时,地球上人口的增长、能源的短缺、环境污染的日益严重等问题,迫切需要寻找解决的办法,人类把目光转向了空间的开发。21世纪在太空工业、空间发电站、开发月球及太空城方面将会取得更加丰硕的成果。

九 新军事技术

(一) 当代军事高新技术变革

1. 当代军事高新技术的特点

高新技术在军事上的应用被称为军事高新技术,它是建立在现代科学技术成就的基础上,处于当代科技前沿,对军人武器装备发展起重大推动作用的高技术领域、分支的总称,主要包括军事信息技术,军用新材料、新能源技术,军事生物技术,军事太空、海洋开发技术等。由于军事高新技术的广泛应用,引发当代军事理论、军事技术装备、军队体制编制、军队指挥管理、军事人才等方面系统而深刻的变革,称为新军事变革。其特点是:

(1) 高创新性,更新换代快。从20世纪70年代开始的信息化军事装备开创了高新技术应用于军事的新时期,平均每10~15年就有新一代装备出现。21世纪初,战场上已经使用了被称为“第四代”的高技术兵器,如美军F-22(猛禽)战斗机,具有隐身、防空能力的作战舰艇等。融入更多前沿新技术的第5代军事装备正在研制中。我军已经独立开发、研制出一批达到并局部超过西方第3代的高技术军事装备,如歼-10作战飞机、隐身巡航导弹、信息化指挥平台等,大大缩短了我军和国际先进水平的差距。

当代高技术的创新性成为首要特点。战争双方都试图抢先掌握对方所没有的“杀手锏”,作为争夺中制胜的关键。如在1991年的海湾战争和2003年的伊拉克战争中,美军都首先破坏伊方的指挥通信设施,施放电磁干扰,使伊方成为“瞎子”,无法获得美军行动的信息,造成信息高度不对称性,夺取信息优势就是战场制胜的关键。

(2) 高智能化。提高军队装备和作战自动化水平的关键是智能化。如军队指挥自动化(C⁴ISR)系统采用以电子计算机为核心的技术装备与指挥人员相结合,对部队和武器实施指挥与控制,实现人机一体化,指挥、控制、通信和情报处理一体化,极大地提高了战场信息的获取、处理,部队的指挥、控制、各部分之间的协同配合等方面的能力,对于提高指挥效能,增强部队整体战斗力起“神经中枢”作用。如由微机操纵、具有自动寻找和广角度搜索能力的导弹,具有自动驾驶、自动识别、自动搜索情报、自动绘制地图和自动射击功能的无人驾驶坦克以及其他完全依靠人工智能操纵的巡航导弹和智能飞机等。

(3) 高效能性。提高武器装备作战效能的基本途径,是采用精确制导技术提高武器的命中率;同时,也可以通过武器弹头的毁伤能力提高打击效能。目前使用的新一代精确制导武器通常采用非核弹头,可以达到圆概率误差为零的精度。

将高科技应用于军事,使武器的打击能力大大提高,如导弹采用多弹头分导,炸弹、炮弹采用集束式(子母弹)技术,可以成倍地提高它们的爆炸力和打击力。12管火箭炮采用子母弹技术,每个弹头可装644个子弹头,每个子弹头的爆炸力相当于一枚手榴弹,总的覆盖面积达6万米²,相当于6个足球场大小,足以消灭一个炮兵连。

(4) 高机动性。现代兵器的机动能力和机动速度比过去有了一个质的飞跃。远程导弹的平均速度达到每秒4000米以上,发射到1万千米以外的目标只需要30多分钟。陆军装

备直升机和远程运输机后,机动速度可达到每小时 150 千米以上,使远程奔袭作战成为现实,近中距离突防作战立体化。

现代军事技术的高机动性还可以通过提高自身的隐蔽能力而得到加强。导弹发射装置由固定改为机动化后,其生存能力大大提高。

(5) 高知识性。21 世纪是知识军事时代,知识成为军队战斗力的重要组成要素,也成为夺取战场胜利的主要力量。首先,通过战争主体—军人的高知识化。其次是军事装备和作战手段知识化。

(6) 高度综合化、多元化。高技术战争是天、地、海、空、水下一体的多维战争,高科技的应用是多领域、多元化、综合性的。一方面,军事高技术创造了一些全新的武器装备,如核武器、航天兵器、激光武器、智能武器等;质的飞跃,另一方面,高技术渗透到常规武器技术中,使传统武器装备发生了质的飞跃,实现了军用技术的多代交错和多元构成。

(二) 军事高新技术的核心领域

1. 军事微电子技术——新军事技术革命的动力核心

军事微电子技术具有把军事装备成百上千倍地缩小的魔力。它把坦克、飞机、军舰、导弹、卫星等武器装备自身的电子设备系统体积变小,重量变轻。更重要的是,它使大大缩小了体积、减轻了重量的高效能的电子计算机得以安装到飞机、导弹、卫星甚至炸弹上,使这些武器具有自动处理信息的能力,成为信息化弹药。军事微电子技术是武器装备小型化的主要技术途径,同时也是计算机技术、光电子技术、航天技术得以综合运用,或改造旧的武器装备,或研制新型武器装备,以提高武器性能的技术基础。

2. 军事计算机、数字通信和网络技术——新军事技术革命在武器装备应用中的“神经系统”

目前,计算机的运算速度已达到每秒 10 万亿次以上,信息存储达到 562 M 字节。光电子技术同计算机技术的结合,可望研制出光电子计算机,运算速度可以几何级数的量级继续不断得到提高。

计算机的这种极强的运算能力,能够使其在计算机软件程序的设定下,对纷繁复杂的情况,迅速做出准确地判断和最佳的处理,因而成为指挥、作战自动化和智能化装备的核心部件。单独的计算机孤掌难鸣,其作用难以发挥到极致,因此,现代计算机的应用通常是联网工作。

数字通信技术不但解决了与计算机的连接问题,而且还具有传输快、容量大、距离远、失真小、抗干扰能力强、保密性能好,不同形式的信息(音、像、图、文)可以按相同的数字信号传输等多方面的优点,导致了通信技术的革命。

网络是计算机之间交换信息和交互工作的通路。网络技术使同时工作的成千上万台计算机之间能够方便地交换信息、交互工作。网络化意味着在任意地点、任意种类和任意数量的计算机上的运行程序。能在任意时刻进行交互运行,从而大大扩展了计算机施展作用空间。计算机、通信和网络是互相依存、三位一体的技术。

数据链是网络技术的扩展。数据链越来越成为重要的内容。数据链最初用于海军,随着电子技术的发展,数据链不断被赋予新的内涵。从广义上讲,数据链是指链接现代战场各作战单元和武器平台的数据信息传输、处理、交换和分发的系统,也可以理解为是一种系统集成。

3. 军事光电子技术

这是新军事技术革命在武器装备应用中的“外周系统”。

光电子技术是电子技术同光学技术相结合形成的一门新技术。它利用光进行信息的发送、探测、传输、交换、存储、处理和重视,主要包括激光技术、红外技术、光纤技术、光计算技术等等。

光电子技术在探测、夜视、预警和研制新型武器装备方面也已经取得重大突破。包括光电探测器是对光(可见光、红外光等等)敏感的器件,当前主要有可见光照相机、多光谱照相机、激光扫描像机、红外扫描装置、电视摄像机、合成孔径雷达、预警雷达等等,将它们放置在飞机或卫星上,它们就能够将敏感的光辐射转为电信号,提供目标成像。

红外技术可以将物体自身发出的热或反射的夜天自然光转化为电信号,将经增幅处理的电信号送达荧光屏等成像显示装置,即可使人在全黑或激光条件下看清物体。常用的夜视技术装备有微光视仪、红外热成像仪、红外激光成像雷达等,已广泛地用于飞机间导航。这些技术性能,远未达到其探测能力的极限,还有很大的发展空间。

红外热成像技术代表着夜视技术的尖端,使传统的夜战概念转化为24小时全天候作战的新概念。每个像素覆盖1千米²地面,可对地球1/2地区进行实时监视,从理论上讲,只需要2颗卫星即可建立全球预警系统。

与光电探测技术成对立形态发展的是军事隐身技术。由于现代战场上主要有雷达、红外、可见光、电子和声波等侦察探测系统,因此,隐身技术也相应的表现为反雷达、反红外、反可见光、反电子和反声波探测等形式。目前,反雷达、反红外隐身技术在隐身技术中居于主导地位,主要用于轰炸机、巡航导弹等进攻性武器的突防上。

光电子技术同纳米技术结合将导致大量微型间谍武器的产生。纳米技术就在微电子技术的极限之外,在军事装备微型化方面取得了重大突破。目前,运用纳米技术美国俄亥俄州的科学家已研制出了体积只有1/200立方厘米的微型发动机。这种体积极小的发动机为制造各种微型可运动的间谍武器奠定了基础。

4. 军事航天技术——新军事技术革命在武器装备应用中的“骨骼系统”

航天技术应用于军事领域,可以在太空部署各种人造卫星、载人航天器及武器系统,实行空间监视、侦察、预警、通信、导航定位以及反卫星、反弹道导弹等项军事任务。

(三) 当代新军事技术变革发展趋势

当代新军事变革有加速发展的趋势,也是迄今人类历史上影响最广泛,最深刻的一次,这一变革的总体趋势和鲜明的特征有如下几点。

1. 信息化武器装备成为军队作战能力的关键因素

无论是陆军,海军还是空军,无论是主战装备还是保障装备,都朝着信息化方向发展,各种主要作战平台都具有信息获取、处理、横向组网、信息攻防能力,能够发射后自动跟踪并精确打击目标;作战指挥通过C⁴ISR系统实现了自动化;已经发展出专门用于电子战、网络战等信息战的武器装备和技术手段。到2020年前后,美军的主战武器装备将全部实现信息化,其他发达国家在这一方面也会达到相当高的水平。

信息战的目的不再是“消灭敌人有生力量”或占领对方土地,而是迫使敌人屈服,尽量减少伤亡。如运用高科技手段,实行信息化威慑和空中精确打击,使敌方电力中断,交通阻断,经济瘫痪,战争能力严重削弱,军队没有还手之力,只能认输。

信息战的效能大大高于传统常规战争,以网络中心战为主的新的信息战方式牢牢控制了战争的“五权”:一是地域控制权,二是时向控制权,三是电磁控制权,四是天空控制权。

信息战的焦点是争夺控制信息权。主要依靠信息的收集、整理、传递、控制和使用,重点

打击对方的信息系统,夺取对网络和电磁频谱的控制权,是控制战争全局的关键。

2. 作战思想发生重大变革

首先,战争进程“一体化”。传统战争中战略、战役、战术层次已经趋向重叠,战斗(战术)、战役的结局很可能就是战争的结局。

其次,破坏敌作战系统结构成为主要作战目标。在信息战中,战争系统的“大脑”和“心脏”是 C⁴ISR 系统,它是各种作战要素结合成的整体,当其中的某一关节遭到破坏时,虽然其他作战要素还在,但整个作战系统却丧失了功能。

再次,集中兵力首先是集中信息和火力,实行海空天地一体联合作战。

3. 作战行动出现了新样式

一是非对称作战。由于各国军队之间存在技术代差,综合国力有很大差别,掌握信息优势的国家掌握着战争主动权,信息劣势国家难以与之正面对抗,从而构成双方的不对称态势。

二是非接触作战。大量使用精确制导武器,可以利用隐性的网络作战平台,以空中、太空中的侦察、指挥设置引导对目标攻击,使用信息化弹药实施超视距攻击,从而可以不接触敌人而进行战争。在一般性冲突中,这种战法主要用于实施定点性的“外科手术式打击”,其优点是:不受作战方向限制,作战效能高,附带损失小,可减少己方人员伤亡,速战速决。

三是非线式作战。信息化战争中,进攻和防御都是全纵深同时作战,把地面、空中和海上的远程火力和信息战力量联合起来,从陆、空、天、电、磁多维战场上,对敌方全纵深的重要目标同时不停顿、全天候突击。这种战法改变了传统战场前后方的概念,战争更具有全局性、整体性。

四是全频谱行动。这里所说的“频谱”不是物理学中的电磁频率谱系;“全频谱”引申为军队的全部系列、全部范围协同动作。可能综合运用不同类型的进攻、防御、稳定和支援行动。在一定任务区内,一支部队可能实施进攻行动,而另一支部队在进行稳定和支援行动。在执行抗震救灾这样的非战争行动中,不仅有后勤人员出动,而且指挥作战人员,运输、通信、心理战部队投入。

五是网络中心战。是把军队中所有的侦察探测系统、通信联络系统、指挥控制系统和武器系统通过互连网络组成一个以计算机为中心的信息系统。各级作战人员均通过网络体系了解战场趋势、交流作战信息、指挥与实施作战行动的作战样式。这个网络体系由“无缝隙”的数据链连接成探测网络、交战网络和通信网络,组成战场神经网络,使各部队共享信息、协调行动,最有效地把信息优势转变为作战行动优势。

(四) 当代高新技术兵器的热点与代表

1. 陆军最新武器装备代表

(1) 主战坦克。

A. 美军 M1 坦克。全称“艾布拉姆斯”主战坦克,20 世纪 70 年代由美国通用动力公司地面系统部门为响应美国陆军的 MBA-70 计划而设计,1978 年第一辆 M1 坦克从装配线上下来。1985 年 8 月,第一辆经过改进的 M1A1 坦克交给陆军。1999 年,陆军开始将 M1 型坦克升级为 M1A2 系统增进计划构造,根据系统增进计划,为“艾布拉姆斯”坦克的电子系统增加数字化能力,而不必增加电子附加设备。

最初的 M1 坦克使陆军战斗能力得到了革命性的提高,标志着美国坦克发展的一个转折点。它给人印象最新的特点是它的特种装甲,由钢和其他复合材料组成“三明治”式结构,

可以抵御具有动能穿透力的破甲弹的袭击。M1A2 坦克比以前的坦克更快、更具有机动性,但侧面影象更低更小。它不像早期的坦克那样用装甲铸造法制造装甲外壳,而是用扁平的装甲部件焊接而成。

M1A2 坦克的另一个革命性的特点是它的涡轮发动机,替代了 M48 和 M60 系列坦克的柴油发动机。发动机的改变不仅节省了燃料的耗费,更主要的是降低了噪声,可以进行更安静的作战。主要武器:1 门 120 毫米滑膛炮,动力为 1 台 1500 马力涡轮燃气轮机,作战行驶中每 35 小时需停车换空气和添加燃料一次。炮塔加装了贫铀装甲,提高了防护能力。全车实现了电子化全自动控制,装有独立热成像观测仪、激光测距仪、敌我识别装置、数字化战场管理系统,能独立捕捉跟踪目标射击。战斗全重 57.2 吨,最大公路时速 66.8 千米。

B. 俄罗斯 T90 坦克。是 T-72、T-80 的一种改进型。战斗全重 50 吨,乘员 3 人,发动机功率 840 千瓦,最大公路行驶速度 60 千米/小时,最大行程 650 千米。

T-90 的火力和防护系统都有不少改进。火力系统的改进表现在火控系统上。T-90 的火控系统改进项目包括:弹道计算机、炮长测距/瞄准镜、火炮稳定器等。T-90 坦克的火炮为 1 门 125 毫米滑膛炮,但弹药做了改进,采用新型破甲弹和杀伤爆破弹,提高了对付反应装甲的破甲能力。另外,T-90 配有 4 枚 9M119 型激光制导反坦克导弹,由 125 毫米滑膛炮发射,可用车内的自动装填机装填,最大有效射程 5000 米,最大穿甲厚度约 750 毫米,可使该坦克在敌坦克、车载反坦克制导武器和攻击直升机攻击 T-90 之前将其消灭。

防护系统的改进主要是两个方面,一是炮塔的改进,二是加装了光电干扰系统,激光报警探测器受到激光的照射时能向乘员发出报警,光电干扰系统可以自动方式工作,发射烟幕弹,使激光测距仪或激光指示器失效;也可以半自动方式工作,由车长决定是否发射烟幕弹。这套光电干扰系统能连续工作 6 小时,能有效地对付诸如美国“陶”式、“龙”式、“海尔法”、“小牛”等导弹和激光制导炮弹,使西方国家大多数反坦克导弹的命中概率降低 75%~80%。

性能数据:乘员:3 人,车长 9.53 米,车体长 6.86 米,车宽 3.78 米,车高(至炮塔顶) 2.226 米,战斗全重 46500 千克,涉水深 1.2 米,攀垂直墙高 0.85 米,越壕宽 2.8 米,爬坡度 30%。

C. 中国 99 式坦克。中国 99 式坦克装甲采用由钻石、玻璃钢和其他成分构成的复合材料,两层之间是钢板。坦克炮塔采用由不同厚度防弹板组成的焊接结构。后期生产的 99 式主战坦克样品正面投影装甲防护能力有所加强,主要是主装甲上面加挂了主动防护模块(反应装甲)。坦克后部同样加强防护,增加反应装甲。通过多层防护,保证坦克不会被敌方次口径穿甲弹或聚合弹药轻易击毁。

武器配备。主要火力是一门 125 毫米口径滑膛炮,该炮性能指标不仅比前苏联同类产品提高 45%,而且还比德国“豹 2A5”和美国“艾布拉姆斯 M1A1”坦克使用的 120 毫米炮高出 30%。对抗敌方坦克的主要手段是使用贫铀弹芯的次口径穿甲弹,初速度 1700 米/秒,穿甲能力达到 600 毫米。目前中国工程师还在研制新型次口径穿甲弹,其性能大幅优于现在的同类产品,新炮弹的初速度 1780 米/秒,穿甲能力可达 850 毫米,能对所有现役坦克造成致命威胁,包括美国“艾布拉姆斯 M1A2”和俄罗斯的 T-90。

辅助武器为双联装 7.62 毫米机枪位于坦克炮的右侧,弹药基数 2000 发,可自动发射。还有 1 挺 12.7 毫米高射机枪,在车长舱口上面,弹药基数 300 发。炮塔两侧各装一套 5 管烟幕弹发射器。

中国 99 式主战坦克独一无二的特色是使用 JD-3 主动激光防护系统,由 LRW 激光束预警系统和 LSDW 激光自卫武器组成。在收到敌方激光束照射到坦克的信号之后,该系统能保证坦克炮塔向辐射源方向转弯,随即启动低功率激光束,确定敌方目标的精确位置,在计算出目标后激光束功率将会增大到极限水平,瘫痪敌方操纵员的光学设备或使其失明。这种系统对敌方光学设备和人眼视力的有效破坏距离为 2~3 千米,如果使用放大器,其有效作用距离可增至 5 千米,即使是在 10 千米以内也能导致敌方人员暂时失明。除了战斗功能之外,它还能保障己方坦克之间的激光通信。

火控系统。99 式坦克火控系统由车长和炮长独立观瞄装置组成,车长使用环视瞄准仪,还有数字弹道计算器、各种传感器、多功能彩色车长控制面板、卫星和惯性导航系统。弹道计算器、激光测距机和传感器系统的使用能保证坦克炮的射击精度,火炮本身两面固定,从而可以确保行进时仍有较高的射击效率。最大射速每分钟 8 发,不用自动装弹器每分钟 2 发。

发动机和传动带。99 式坦克使用涡轮增压水冷柴油发动机,输出功率 1500 马力,它能保证重达 54 吨的坦克的公路最大时速达到 80 千米,越野最大时速达到 60 千米,单位功率每吨 27.78 马力,能在 12 秒内从原地加速到 32 千米/小时。

(2) 武装直升机。

A. 美国阿帕奇武装直升机。AH-64 是双座攻击直升机,目前主要服役于美国陆军的次型包括 AH-64A(预备役部队)与 AH-64D。引擎是两具通用电气 T700 涡轮轴发动机,驾驶员座位的装甲可以承受俄制 ZSU-23 机炮的射击。固定武装为一门 30 毫米 M230 链炮。两侧的短翼上有四处武器挂载点,可搭载不同的火箭/飞弹。AH-64 乘员可使用整合于头盔中的夜视系统,在夜间与恶劣气候下作战。同时配备了先进的航空电子设备,包括目标识别瞄准系统/飞行员夜视系统(TADS/PNVS),以及被动式的雷达与红外线反制装置和 GPS 等。

固定武装为一门 30 毫米 M230 链炮。两侧的短翼上有四处武器挂载点,可搭载雷射导引的 AGM-114 地狱火反战车飞弹,Hydra 70 毫米火箭,或自卫用的 AIM-92 刺针对空飞弹。AH-64C 为改进了武器系统的改良型,之后加装了毫米波雷达而改称 AH-64D。使得 AH-64D 可以藏匿于掩蔽物(如高地、树木、建筑物等)的后方进行侦测与攻击,也可借内建的调制解调器与其他没有观测到目标的 AH-64D 交换攻击目标信息。因此只要一架 AH-64D 露出雷达观测目标,就可以与多架 AH-64D 协同进行攻击,大幅增加了攻击的效率与安全性。而毫米波雷达也可拆卸并安装于其他同型直升机上,即使是未配备毫米波雷达,但仍搭载了先进武器系统的 AH-64,也同样称为 AH-64D 长弓。

B. 俄罗斯卡-52 武装直升机。双旋翼共轴式布局,两台涡轴发动机安装在机身两侧的短翼上方。采用可收放的前三点式起落架。机身两侧的短翼下可挂各种武器。双旋翼直升机布局有助于缩小直升机的外廓尺寸,使机体结构更为紧凑。两台 TB3-117BM 涡轴发动机,每台功率为 1660 千瓦(2225 轴马力)。进气口装有防沙尘装置。排气口装有红外抑制器,可降低发动机的红外辐射水平。

卡-52 采用并列双座,其优点是两人可共用某些仪表、设备,减少重复,并有利于协调操纵直升机和使用武器。卡-52 采用火箭一降落伞一弹射救生座椅救生系统。卡-52 除驾驶舱以外,机体大量采用了复合材料,其重量约占全机重量的 35%。复合材料能吸收雷达回

波,可降低被对方雷达发现的概率。

卡-52除装有卡-50直升机上的各种必需的系统和设备外,还增装了保证直升机在夜间和在复杂气象条件下作战的设备。

武器系统为短翼翼尖挂电子干扰舱,翼下4个挂架可挂4个B-8火箭发射巢,最多80枚S-8型火箭,或最多12枚AT-12激光制导空面导弹,射程8~10千米,可穿透900毫米装甲。机身右侧装单管30毫米2A42机炮,备弹量280发。可换装的其他武器包括23毫米机炮、AA-8“蚜虫”或AA-11“射手”空空导弹,VB-32-57火箭发射巢,FAB-50炸弹。

卡-52旋翼直径:14.43米,机长(旋翼旋转)15.96米,机高4.93米,正常起飞重量10400千克。最大速度(小角度俯冲)350千米/小时,最大平飞速度310千米/小时,垂直爬升率(2500米高度)8米/秒,悬停高度(无地效):3600米,转场航程:1200千米,续航时间:1小时40分钟。

C. 中国直-10武装直升机。直-10(WZ-10)主要由哈尔滨飞机制造总公司负责研制,WZ-10为发展自Z-9B的中型专职武装直升机,全机净重约5543千克。其主要任务为树梢高度战场遮断,消灭包括敌地面固定和机动的有生力量,并兼具一定的空战能力。WZ-10未来配合设有顶置瞄具的Z-11轻型直升机取得目标,可完全在接敌隐蔽处发动进攻,故战场生存能力极强。该机除部分光电瞄准系统具有有限复杂天气和夜间作战的能力。

直升机全长约14.15米(旋叶转动时),高约3.84米,最宽处(注:包括短机翼)约4.35米,采用国际流行的纵列式座舱布局,窄机身,后3点式防冲撞起落架;基本继承了Z-9式的涵道式尾桨和飞行传动系统。主桨由4片全复合材料桨叶构成,直径约为12米,尾桨为11片弹性玻璃纤维宽叶。采用传统布局的WZ-10同美制RAH-66相比,不具备雷达隐身的气动结构,而是通过大量采用吸收雷达波长的复合材料和涂装来缩短被敌人发现的距离,同时也达到减轻飞机重量的目的。动力装置采用两台欧洲MTR出品的MTR390涡轴发动机,航电设备采用国产和法制数字化系统。导航系统为3轴。座舱内前后都有平显(HUD)和3具多功能低头数显(MFD)。

WZ-10最大武器外挂约1500千克,机身两侧的短翼约长4.32米,可挂载包括57.0毫米多管火箭,23毫米机炮夹舱,红箭-8反装甲导弹等对地武装,对空自卫有PL-5和TY-90两种空空导弹。同时,配合激光制导半主动反装甲导弹。火控系统为数字一体化设计。后座武控官可利用国产头盔瞄准具,结合机鼻球形FLIR,为机头下方的30毫米机炮和外挂武器标定目标。

2. 海军武器装备

(1) 航空母舰。

A. 美国CVN级航空母舰。共11艘,分别是:企业级企业号CVN-65 1961年核动力;尼米兹级尼米兹号CVN-67 1975年核动力;德怀特·艾森豪威尔号CVN-69 1977年核动力;卡尔·文森号CVN-70 1982年核动力;西奥多·罗斯福号CVN-71 1986年核动力;亚伯拉罕·林肯号CVN-72 1989年核动力;乔治·华盛顿号CVN-73 1992年核动力;约翰·斯坦尼斯号CVN-74 1995年核动力;哈里·杜鲁门号CVN-75 1998年核动力;罗纳德里根号CVN-76 2004年核动力。

CVN65“企业”号为美国海军第一艘核动力多用途航空母舰,1958年至1960年建造,当时造价为4.5亿美元,该舰标准排水量73570吨,满载排水量93970吨,全舰长342.5米,飞

行甲板宽 76.88 米,载机约 90 架,由 8 台 A2W 型核反应堆为 4 台齿轮传动式汽轮机提供蒸汽,航速 33 节,更换一次核燃料可连续航行 20 万海里。现隶属于大西洋舰队,执行任务时搭载第 3 舰载航空联队,装备各型舰载机 78 架。

CVN68“尼米兹”是继“企业”号之后的第二艘核动力超级航空母舰,以二战时期美国海军太平洋舰队司令尼米兹上将命名,1968 年动工,1972 年下水,1975 年 5 月加入大西洋舰队服役,1987 年转入太平洋舰队。该舰标准排水量 74042 吨,满载排水量 91487 吨,总长 333 米,飞行甲板宽 76.8 米,由 2 座 A4W 型压水式核反应堆提供动力,28 万马力,航速 30 节以上,更换一次核燃料可连续运行 13 年,续航力达 80~100 万海里,可载各型舰载机 90~100 架,编制舰员 5930 人。该舰 2002 年经过技术升级,其主要性能指标如下:满载排水量:96556 吨;总长:317.1 米;垂线间长:305 米;舰宽:40.5 米;吃水:12.2 米;型深:30.6 米;航程:12000 海里(航速 20 节时);最大航速:29.5 节。

B. 法国戴高乐号航空母舰。法国核动力航空母舰,是法国目前正在操作中的唯一一艘航空母舰,也是法国海军的旗舰,于 2001 年 5 月 18 日正式入役。戴高乐号是史上第一艘在设计时加入了隐身性能考虑的航空母舰。排水量标准 25000 吨;满载 38000 吨;船体:长 261.5 米,宽 31.4 米;吃水深度 8.5 米。

飞行甲板:长 261.5 米,宽 64.3 米。飞机库:长 97.5 米,宽 64.3 米。武器装备:8 座 20 毫米对空武器系统;2 座 16 联装蜂窝式导弹垂直发射装置;舰对空反导弹发射装置;2 座防空导弹发射系统;预警、防空、导航及搜索雷达系统;自动作战火力控制系统。舰载飞机 40 架,动力装置为 2 座 K-15 加压水冷却反应堆,续航能力 5 年,推进功率 84000 马力,航速 27 节以上。

C. 中国海军航母计划。改装瓦良格号。瓦良格号航母是 1983 年前苏联军方开建的库兹涅佐夫级的二号舰,该舰最初名为“里加”号,1990 年更名为“瓦良格”号。1985 年 12 月 4 日开工,1988 年 11 月下水,由于苏联解体,其后期的建造工程被迫中断,并且被划归为乌克兰所拥有。1998 年,澳门创律旅游娱乐公司通过竞标,以 2000 万美元的代价买下瓦良格号。2011 年 7 月 27 日,中国国防部首次证实利用该艘废旧航空母舰平台进行改造,用于科研试验和训练。

“瓦良格”号是一艘大型常规动力航空母舰。原有设计除舰载机外,还配有强大的反舰、防空、反潜武器。以 4 台蒸汽轮机与 4 台蒸气式锅炉为动力,4 轴 4 桨双舵推进。舰首使用滑跃式起飞甲板,舰中部设有 4 道飞机降落阻拦索及 1 道应急阻拦网。舰桥岛式建筑位于飞行甲板右侧,前后各有一台甲板/机库升降机。“瓦良格”号将会成为中国人民海军第一艘搭载固定翼作战飞机的航空母舰。

改装后舰长 304 米、水线 281 米;舰宽 70.5 米、吃水 11 米;飞行甲板:长 300 米、宽 70 米;排水量:57000 吨(标准)、65000 吨(满载);结构改装:取消舰首 12 单元反舰导弹发射筒,将士兵住仓前移合并,以获得更大机库空间;武器装备:国产 FL-3000N18 联装近程舰对空导弹;国产 AK-1030 型 10 管近防炮,理论射速 9000~10000 发/分钟;国产 10 管反潜火箭深弹发射器;舰载机大于 50 架,包括国产海歼-15 舰载战斗机,国产海直-9 舰载反潜/多用途直升机,卡-27 反潜直升机;卡-31 预警直升机;搜索雷达:与 052C 驱逐舰相同的有源相控阵雷达,备用雷达为“顶板”雷达系统,安装在主桅顶端。

D. 089 型航母计划。中国计划到本世纪 20 年代建造 4 艘航母,届时,中国航母数量将会超过世界上大多数蓝水海军。

(2) 驱逐舰。

A. DDG-51“阿利·伯克”级导弹驱逐舰。是世界上第一艘装备“宙斯盾”系统并全面采用隐形设计的驱逐舰,武器装备、电子装备高度智能化,具有对陆、对海、对空和反潜的全面作战能力,代表了美国海军驱逐舰的最高水平。该级首舰“阿利·伯克”号于1988年12月开工,1991年7月正式服役。DDG-51-71型共建21艘,DDG-51Ⅱ型共建7艘,DDG-51ⅡA型建造10艘,首舰DDG-79“奥斯汀”号已于2000年服役。未来可能还将会新的型别。它们都具有相同的舰体和动力装置,不同之处主要表现在武器装备的改进和更多高新技术的应用。

舰长153.8米,(ⅡA型为155.3米),宽20.4米,吃水6.3米,满载排水量8422吨(Ⅱ型为9033吨、ⅡA型为9217吨)。主机为4台LM-2500燃气轮机,总功率10.5万马力,最大航速32节,续航力4400海里/20节。舰员编制303人(ⅡA型380人),它也是美国海军按隐身要求设计的第一型水面舰艇。舰体和上层建筑均为倾斜面,在烟囱的排烟管末段安装红外抑制装置,以降低红外辐射量。在机舱段的舰体外表装设“气幕降噪”管路,以降低辐射噪声。自动防空系统:由MK-41系统垂直发射的“标准Ⅱ”防空导弹系统。

B. 俄罗斯现代级驱逐舰。中国人民解放军海军共引进4艘现代级驱逐舰。1号舰舰名为“杭州”号;级名也定为杭州级。该舰长156.5米,舰宽17.2米,吃水5.99米,标准排水量6500吨,满载排水量7940吨,最大航速32.7节,巡航速度18节,续航能力为全速时2164千米、18节时7242千米,自持力30天,舰员编制:296名(军官25名)。动力装置:2台蒸气轮机,功率99500马力。武器系统:舰炮:2座AK130-MR184型舰炮;4座AK630型近防炮,舰空导弹:2座9K90型单臂舰空导弹发射装置,备48枚SA-N-7(9M38/9M38MI)“牛虻”(Gadfly)舰空导弹,反舰导弹:2座KT-190型四联装反舰导弹发射装置,装SS-N-22(3M80)“日炙”(Moskit/Sunburn)反舰导弹,鱼雷:2座双联装533毫米鱼雷发射管,发射TEST-71M线导反潜鱼雷,反潜深弹:2座RBU1000型反潜火箭深弹发射装置,备48枚深弹,水雷:40枚。另有自动搜索雷达、火控雷达系统,声呐系统,电子对抗系统数据控制系统。舰载直升机为1架Ka-27型反潜直升机。

C. 日本高波级驱逐舰。日本海军引进美国阿利·伯克级驱逐舰技术建造的最先进的驱逐舰,共建造8艘。

首舰长151.0米,舰宽17.4米,舷高10.9米,吃水5.3米,排水量:4650吨(标准)/5300吨(满载),升级后的舰型排水量超过9000吨。航速:30节,续航力:6000海里/20节,舰员编制:170名,动力装置:全燃联合动力方式(COGAG),2台“斯贝”SM1C型燃气轮机,功率41630马力;2台LM2500型燃气轮机,功率43000马力;双轴;2具可调螺距螺旋桨。武器系统包括:舰炮、舰空导弹、反舰导弹、反潜导弹、鱼雷。装备具有自动防空能力(宙斯盾系统)的雷达系统、电子战系统、作战指挥系统。

声呐系统、舰载直升机:1架SH-60J型“海鹰”反潜直升机。

3. 空军军事装备

(1) F-22战斗机(猛禽)。是由美国洛克希德·马丁、波音和通用动力公司联合设计的新一代重型隐形战斗机,也是专家们所指的“第四代战斗机”。主要任务为取得和保持战区制空权,作为F-15的后继型号,是美国21世纪初期的主力重型战斗机,它配备了可以不发射电磁波,用敌机雷达波探测敌机的无源相控阵雷达和探测范围极远的有源相控阵雷达,(响尾蛇)近程格斗空对空导弹、高级中程空对空导弹、推重比接近10。

动力装置加力式涡扇发动机,单台静推力 105 千牛,加力推力 155.7 千牛,带有全权数字式控制系统。主要机载设备:电子扫描相控雷达,通用集成处理器、雷达告警接受机、通讯/导航/识别(CNI)系统、电子光学传感器系统(EOSS)、电子战子系统,最大起飞重量 27216 千克。最大平飞速度(超音速巡航)M1.82,升限 15240 米。



图 23 F-35 战斗机

(2) 美军 F-35 战斗机(图 23)。F-35 联合打击战斗机将成为美军以对地攻击为主的多用途战斗机,具有全天时、全天候地攻击陆海空任何目标的能力,可与 F-22“猛禽”战斗机联手,形成类似 F-15 与 F-16 的高低搭配。F-35 可携带导弹对分散的地面目标实施全天候精确打击。F-35 具有隐形能力,可像 F-117 战斗机那样隐形突防。这种飞机机动性、敏捷性优于 F-16C 和 F/A-18C,作战半径为 1000~1300 千米。F35 型联合攻击机可以垂直起降。装备了更为先进的机载多功能雷达,综合高效的数字化电子战系

统,综合完善的通信、导航、识别(CNI)系统,高度可靠的飞机管理系统。F-35 共有三种型号:一种可以从海军的航空母舰上起飞的航母型(CV);另一种是为空军设计的,可以在陆地机场上起降的常规型(CTOL);第三种是为海军陆战队设计的,用于快速飞临热点地区的短距起飞/垂直降落型(STOVL)。总之,作为第四代战机,F-35 综合了美军先进战机的多种功能,包括隐形,超音速,多功能,有联合协同作战能力,有 F-16/F-18 的速度和性能,有先进的航空电子设备和资料数据链,有先进的反制措施系统,有强大的续航能力,内藏燃料箱和武器,只需较小的后勤保养支援。高度综合化的电子战系统。F-35 计划已被一推再推。主要的原因有设计的重量超重问题,成本过高,被称为最昂贵的战机。

(3) 俄罗斯 T-50 战机。由苏霍伊设计局设计,是在米格-31 基础上升级的俄罗斯空军第四(五)代战斗机,具有第四代战机的一般性能,如超声速巡航、隐身性、电子战等,突出截击能力兼顾空优与突防,具有远程高速拦截功能。T-50 动力推动比 9,雷达反射面 0.4 平方米,全长是 21 米、翼展约 14 米,T-50 是一型多用途战机,还会考虑到与 F-35、欧洲“双凤”争夺国际市场出口创汇的需要。

(4) 中国空军歼 10(图 24)。歼 10 战斗机是中国自行研制的具有完全独立知识产权的第三代战斗机。作为新一代多用途战斗机,该机突破了以先进气动布局、数字式电传飞控系统、高度综合化航空电子系统和计算机辅助设计为代表的一系列航空关键技术,实现了国产军用飞机从第二代向第三代的历史性跨越,适应现代空战需要。歼 10 具备良好的超音速性能,能够快速飞并迅速抵达战区拦截目标。装备了完善的航空电子设备,可以全天候遂行作战任务。

(5) 歼 20(图 25)。2011 年 1 月 11 日歼 20 首次试飞成功,中国的第四代战斗机具备了超音速巡航、超机动、超视距打击、超隐身性等最先进战机的基本要求。实现超音速巡航的核心技术是发动机的推重比达到 8~10。超机动性,要求飞机既能高速飞行,又能低速机动,更大地利用阻力和升力比值,使飞机获得更大的升力,最终实施完美的空中动作。具有超隐身性能,发动机尾喷流射出前要采取红外冷却装置,歼 20 使用了先进的红外隐身技术,在炽热喷流飞出尾喷口前就得到了降温,因而红外特征显著降低。



图 24 歼 10 雄姿

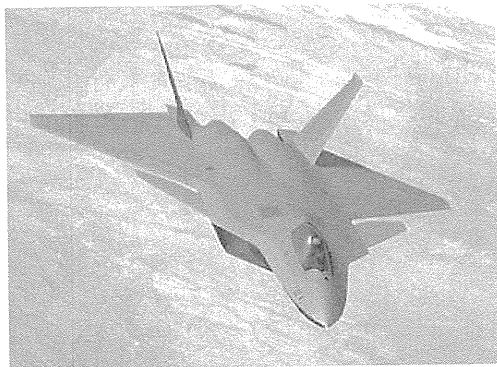


图 25 试飞中的歼 20

十 生活电器

我们的工作和生活都离不开电,正确使用电器是大学生理科知识的具体应用。我们购买合格电器时都附有一份使用说明书,正确使用有关电器可参阅说明书或相关教材。了解一些生活中常遇到的生活电器的基本原理、使用技术和安全的常识,认识它并掌握它,我们的安全问题就有了保证。

(一) 用电安全知识

家庭用电的安全问题,主要应注意两个方面:一是防止人身触电,二是防止发生电气火灾。为了确保人身安全和环境安全,家庭用电特别注意以下几点。

(1) 要仔细阅读说明书,向技术人员询问自己不了解的家电知识和使用技能,进一步熟悉家用电器的性能、用法、特点和规定的使用要点。

(2) 室内电线、开关、保险丝盒和插座盒等的绝缘外层或盒盖要确保完整无破损。室内临时拉线,要特别注意外皮的绝缘性能和机械强度,用完后要立即拆除。室内电源电线的高度要在离地面约 3 米处,穿墙电线要装绝缘管。

(3) 杜绝购买和使用劣质的电线、插座、开关和各类电器。金属外壳的家用电器设备,必须用三眼插座,外壳必须妥善连接在接地保护线上。揩擦电器时,必须先断电,拔掉电源插头,然后再做清洁工作,切忌带电擦洗。

(4) 拆修家用电器时,必须切断电源总开关,并把电器的电源插头拔下,使用小型电钻等电器时,人应站在可靠的绝缘垫板上。避免雨天修理室外电线。

(5) 定期检查,经常注意电器和电线的绝缘是否良好,发现磨损,要立即用绝缘胶布包扎好。严禁在电线上悬挂衣物,严禁用钉子直接固定电线。

(6) 白炽灯、日光灯镇流器、电源变压器等发热电器要远离易燃物品。要注意电视机、收音机等电器的用电情况和通风情况,以免机内某些元件的电源电压高、机内通风不良产生高温引起燃烧。

(7) 当家里增添家用电器而需加引电源线和电源插座时,要尽量请专业技术人员操作。即使是自己熟悉电的知识和操作技术,也要特别注意接线安全。一是要在断掉电源总闸的情况下接线;二是千万注意不要接错线;三是自己不懂电时,就不要自己安装,要请电工或有安装经验的人安装,确保人身和电器安全并使安装线路符合规范。严禁小孩子玩弄家用电

器,使用在床上夹卡式的灯时要特别注意用电安全。

(8) 使用电炉、空调、电热水器、电热水壶时,如遇停电,一定要随即拔掉电源插头,防止家人离开时忘记拔掉,来电后家中无人而引起火灾。

(9) 农村广播线应单独立杆架设,不可借用电源电线杆和电源线平设。也不可在电源电线上方交叉通过。

(二) 常用家电知识

1. 电视机

(1) 对电视机类别的认识。电视机按显像管的对角尺寸分类,根据个人选购的需要和爱好,可选购:25英寸、34英寸等不同型号。按频道数量分类可分单频段和全频段。

(2) 质量选择。视其图像是否清晰、稳定、逼真、色调柔和好看,图像是否有足够的亮度、适当的对比度,层次分明,中间色调丰富。将音量电位器调到最大时没有强烈干扰噪声,图像不应随伴音大小而产生抖动干扰,将音量电位器调到中间适宜位置时声音清晰,层次丰富,高音明亮,低音深厚,失真小。

(3) 正确使用电视机。周围应干燥、通风、清洁,阳光不直接照射。一般应选择好观看距离,高度以屏幕中心高度略低于眼睛平视高度为宜。在一次使用中,尽量减少开关机次数。炎热天气由于气温炎热,电视机不可开机过长,关机后不要立即用电视机罩捂盖电视机,以免机内热量散发不出。雷雨天不能开电视机。非专业人员不可打开电视机后盖。不能用湿手插、拔电源插头及开、关电视机。搬运挪动电视机时,要轻拿、轻放、轻转,防止碰撞后盖和荧光屏,引起显像管爆裂。电视机要安放在相应坚固、牢稳、耐用、木质柜上。使用电压是220伏电压,千万不要插错。

应请维修人员清除机内灰尘。不常用的电视机反而容易损坏,经常开一开电视机,利用内部散热来驱除机内潮气是非常必要的。发现故障应联系定点专业维修人员进行维修。

2. 洗衣机使用知识

(1) 对洗衣机类别的认识。按洗涤工作方式,可分波轮式、滚筒式和搅拌式。波轮式按自动化程度可分为普通波轮式洗衣机、半自动波轮洗衣机和全自动波轮洗衣机。

(2) 正确选购。一是看型号是否适合自己家用,二是质量选择。除检查外观是否完好无损外,还要注意它的电机、定时器、排水开关、箱体质量、振动噪音等,购买时最好加电试运转。

(3) 合理使用。洗衣机应放在通风、干燥之处,切忌放在靠近热源、煤气灶、洗澡盆旁边,室内使用三项插头将地线接好,首次使用最好用测电笔检查外壳露金属部分是否带电,可先对洗衣机进行空转试验检查运转情况,噪音大小及有无其他异常杂音或撞击声音,不可将超过55℃以上的热水先倒入洗衣机桶内,以免塑料变形。保养前切断电源,用软布擦去机箱、控制板标牌等水渍、污物,清洗桶内的排水过滤板,避免堵塞,用完洗衣机随时将水放掉,以免损坏零件,洗衣机的波轮轴采用轴承结构,应半年或一年内加注润滑油或润滑脂延长洗衣机的寿命。

3. 电冰箱使用知识

(1) 对电冰箱类别的认识:按电冰箱门数分类有单门、双门、三门及多门等。电冰箱外形分类有卧式、立式、台式、壁式、手提式等。按电冰箱内的有效容积分类有130升、160升、185升、200升等。按箱内冷却方式分类有冷气强制循环式和冷气自然对流式,按制冷方式分类有蒸发沸腾制冷的机械压缩式电冰箱、吸收扩散制冷的吸收式电冰箱,半导体制冷的半

导体电冰箱等。

(2) 选购型式。家用电冰箱以电机压缩式为好,立式,双门。容量一般 3 口人的家庭购买 160 升左右容积为宜,4~5 口人家,180 升左右容积的为宜。质量要求是造型美观、噪声小、耗电量低、制冷性能好、安全可靠、寿命长、维修方便。

(3) 怎样正确使用。冰箱的位置应选择通风良好的地方,冰箱后面的冷凝器距离墙壁不应少于 10 厘米,箱顶不要放置笨重的物品,室内热源或热的物品不要靠近冰箱。不可在冰箱四周放置易燃喷漆,不能将乙醚、苯等挥发性物品放入冰箱,不可将盛有液体的玻璃器皿放入冷冻室内。热的食物应先自然冷却后再放入箱内,不可把热水和热物直接放入冷冻层。贮藏水果、生菜应洗干净并擦干水放入果菜盒里,电冰箱越靠近蒸发器的部位,温度越低,因而要按食物对冷藏温度要求,放在不同的部位。

保养一般二、三个月清洗一次,清洗方法是先拔下电源插头,打开上、下门,将食物全部取出,把箱内的搁架附件全部取出用温水洗净、擦干。然后将室内外擦干净,冰箱背面的冷凝器和压缩机不能用湿布擦,应用鸡毛帚或毛刷轻轻地掸清,不要过分用力。箱体外用软湿布擦,避免留下划痕。

4. 电饭煲

电饭煲,又称作电锅、电饭锅。是利用电能转变为内能的炊具,使用方便,清洁卫生,还具有对食品进行蒸、煮、炖、煨等多种操作功能。常见的电饭锅分为保温自动式、定时保温式以及新型的微电脑控制式三类。普通电饭煲主要由发热盘、限温器、保温开关、杠杆开关、限流电阻、指示灯、插座等组成。

电饭煲的选购。首先,要根据自己的经济实力来选择一些优秀品牌的产品,其次,可以选择集多种功能于一身的电饭煲,电饭煲不光有煮饭的功能,煮粥、炖汤样样精通,而且还可以做蛋糕,还有一些压力煲可以无水煲鸡。同时还应该考虑它的耗电功率。

选择电饭煲最重要的莫过于安全问题,在购买时一定要检查产品是否有 3C 标志,再查看产品说明书,正规的说明书上面应该印有产品名称、商标、型号、额定电压、频率、功率、制造商或销售商,说明书印刷清楚,生产厂家、地址、电话、维修事项都应清楚标明,还应配有保修卡、装箱配件单、出厂合格证等。除此之外还要检查电源线是否为双层绝缘,线芯是否大于等于 0.75 毫米²。

挑选自己满意的电饭煲,主要看外观无划伤、变形等,各零部件的接合处光滑,内胆的涂层均匀,最后接通电源,按下功能选择按钮,看一下指示灯是否发亮,用手摸发热盘,感觉其是否发热。

怎样让电饭锅省电?

(1) 做米饭时最好将米淘净在清水中浸泡 15 分钟左右,然后再下锅,这样可以大大缩短煮饭的时间,且煮出的米饭特别香。

(2) 充分利用电热盘的余热。当电饭锅中的米饭汤沸腾时,可关闭电源开关 8~10 分钟,充分利用电热盘的余热后再通电。当电饭锅的红灯灭、黄灯亮时米饭已熟,这时可关闭电源开关,利用电热盘的余热保温 10 分钟左右。

(3) 错峰用电是最好的节电方法。同样功率的电饭锅,当电压低于其额定值 10% 时,则需延长用电时间 12% 左右,用电高峰时最好别用或者少用。

(4) 保持内锅外锅清洁,内锅底与电热盘、内锅及锅盖均应保持最佳接触。若内锅变形,即内凹或外凸,均会影响内锅底部的良好接触,应及时矫正才好。

5. 手机

(1) 手机技术的发展升级。

1973年4月,美国摩托罗拉公司工程技术人员马丁·库帕发明了世界上第一部民用的手机,马丁·库帕被称为“现代手机之父”。

第一代手机(1G)是指模拟的移动电话,也就是在20世纪八九十年代的大哥大。

第二代手机(2G)也是最常见的手机。3G,是英文3rd Generation的缩写,指第三代移动通信技术。相对第一代模拟制式手机(1G)和第二代GSM、CDMA等数字手机(2G),第三代手机是指将无线通信与国际互联网等多媒体通信结合的新一代移动通信系统。它能够处理图像、音乐、视频流等多种媒体形式,提供包括网页浏览、电话会议、电子商务等多种信息服务。

(2) 手机从性能上可分为智能手机和非智能手机。它们外观上一般都应该包括有一个液晶显示屏和一套按键(部分采用触摸屏的手机减少了按键)。部分手机除了典型的电话功能外,还包含了PDA、游戏机、MP3、照相、录音、摄像、定位等更多的功能,有向带有手机功能的Pocket PC发展的趋势。

学习手机是在手机的基础上增加学习功能,以手机为辅,“学习”为主;学习手机,主要是适用于初中、高中、大学以及留学生使用的专用手机。所拥有的功能必须是集教材、实用教科书学习为一体的全能化教学工具,以“教学”为目标。对学习有着明显的辅助效果;可以随身携带,随时进入到学习状态,包括教材资料;词汇学习;语法库;听力、阅读训练;视频学习;辞典功能;口语教练。

(3) 手机日常维护注意事项:

A. 手机电池不要等到没电才充电。

B. 当手机正在充电时,请勿接电话!

原因是手机在充电时,来电接听有触电危险。另外充电时通话,释放的电磁辐射也最大。如果一定要接,最好佩戴长江防辐射耳机,能有效地防止手机辐射!

C. 注意识别各种形式的手机诈骗和陷阱,如骗取话费、汇款和其他个人机密。

6. 微波炉

微波炉是一种用微波加热食品的现代化烹调灶具。微波是一种电磁波,是指波长为0.001~1米的无线电波,其对应的频率为30000兆赫到300兆赫。微波炉由电源、磁控管、控制电路和烹调腔等部分组成。电源向磁控管提供大约4000伏高压,磁控管在电源激励下,连续产生微波,再经过波导系统,耦合到烹调腔内。在烹调腔的进口处附近,有一个可旋转的搅拌器,因为搅拌器是风扇状的金属,旋转起来以后对微波具有各个方向的反射,所以能够把微波能量均匀地分布在烹调腔内。微波炉的功率范围一般为500~1000瓦。

使用微波炉注意事项:

(1) 哪些容器不能放在微波炉中加热? 微波一碰到金属就发生反射,金属根本没有办法吸收或传导它,所以忌用金属容器加热食物。微波可以穿过玻璃、陶瓷、塑料等绝缘材料,但不会消耗能量;而含有水分的食物,微波不但能透过,其能量被吸收,使食物得以加热、煮熟。忌用普通塑料容器,因为热的食物会使塑料容器变形,普通塑料加热后会放出有毒物质,污染食物,危害人体健康。忌使用封闭容器,加热液体时应使用广口容器,忌用瓶颈窄小的瓶装食物,忌用半满开了盖的瓶装婴儿食物或原瓶放入炉内加热,以免瓶子破裂。凡竹器、漆器等不耐热的容器,有凹凸状的玻璃制品,均不宜在微波炉中使用。瓷制碗碟不能镶

有金、银花边。使用专门的微波炉器皿盛装食物放入微波炉中加热。

(2) 忌超时加热:微波炉的加热时间要视材料及用量而定,还和食物新鲜程度、含水量有关。由于各种食物加热时间不一,故在不能肯定食物所需加热时间时,应以较短时间为宜。

(3) 忌将肉类加热至半熟后再用微波炉加热,因为在半熟的食品中细菌仍会生长,第二次再用微波炉加热时,由于时间短,不可能将细菌全杀死。冰冻肉类食品须先在微波炉中解冻,然后再加热为熟食。

(4) 忌将微波炉置于卧室,同时应注意不要用物品覆盖微波炉上的散热窗栅。

(5) 忌长时间在微波炉前工作:开启微波炉后,人应远离微波炉或人距离微波炉至少在1米之外。

(6) 忌与其他电器共用同一插座,要用单一电源而且装接了地线的插座。

(7) 忌用微波炉暖婴儿的牛奶,因为牛奶热得不均匀时,容易灼伤婴儿。另外会使牛奶的营养成分破坏。

(8) 忌用微波炉去烘干衣服或者把硬化的指甲油煮软,以防起火。

(9) 忌徒手去移出微波炉内的食物。盛器及盖子加热后往往积聚了蒸气,又会吸收食物的热气,而变得十分烫手,应该用防热手套或垫子,以防灼伤。

(10) 不允许无含水食物放置微波炉内而使微波炉工作,这样会导致微波炉损坏。

变频微波炉。利用自动调整、连续输出的微波能量,能满足不同食物对不同火力的要求,真正实现从强火到弱火的自动调控。不仅使食物的口感和色泽得到保证,还充分保留住食物的营养成分。而且长时间低功率烹调时,食品表面或边缘也不会出现烧过的现象。在烹饪速度上,变频微波炉采用变频器替代了高压变压器和高压电容等,降低了电源转换部分的损耗,热效率提高5%以上,使有效功率提升近10%。在相同条件下,烹饪时间就缩短了10%。节能方面,能效高达64%左右,高出国标一级能耗标准62%。

7. 电热水壶

指一种用于饭店客房内供客人自助烧开水的电开水器,一般有分体式电源底座,水沸自动开关,有水位指示标准和电源指示灯、干燥保护等安全装置,一般技术指标为950瓦左右,水容量从0.5到2公升均有,电压220~240伏。国外有使用110伏电压,中国也有很多厂家生产。

使用和维护注意事项:

(1) 电热水壶的额定功率一般都较大,电源插头、插座、电源线的容量应选择适当,一般宜选用10A规格,另外这些插座应独立使用。电热水壶的插头通常都带有接地极,应与带接地插口的插座连接。使用时,电源插头应该完全插入插座中。要经常保持电热水壶的电源插头、插座、电源线和自动开关装置等的干燥和清洁。

(2) 忌干烧,应先装水再接通电源,否则容易烧坏发热器或因此引起危险事故。使用电热水壶时应有人照看,对装有能自动复位温控器的电水壶,由于反复加热也会把水烧干,如果这时超温保护功能又失效,就会导致火灾事故的发生。

(3) 使用电热水壶时,注意不要让小孩触及壶体或触碰电源线,以免造成烫伤等事故。为避免沸水烫伤,应先把插头拔下,切断电源再取用开水,以保安全。

(4) 电热水壶使用时间长了,电热管表面有水垢。水垢不仅影响热效率,而且还会使管内热量急骤增加,损坏电热管。因此应定时检查并按说明书清理。

(5) 不要自行维修电热水壶。在使用过程中,如果器具损坏,不能正常工作,不要自行拆开外壳进行维修,应送维修店或该产品的生产厂进行维修。

8. 电热水器

(1) 怎样选购电热水器。以电作为能源进行加热的热水器通常称为电热水器。是与燃气热水器、太阳能热水器相并列的三大热水器之一。电热水器按储水方式可分为即热式和容积式(又称储水式或储热式)、速热式(又称半储水式)三种;容积式是电热水器的主要形式,按安装方式的不同,可进一步区分为立式、横式及落地式,按承压与否,又可区分为简易式(敞开式)和承压式(封闭式),按容积大小又可区分为大容积与小容积式分类。

即热式电热水器一般需 20、甚至 30 安培以上的电流,即开即热,水温恒定,制热效率高,安装空间小。功率较高的产品安装在浴室,即能用于淋浴,也能用于洗漱,即热式电热水器又进一步分化为淋浴型和厨用型(多称为小厨宝)。

速热式电热水器是区别于储水式和即热式的一种独立品种的电热水器产品。

储水式电热水器可自动恒温保温,停电时可照样供应热水。目前国内市场上的电热水器主要是封闭储水式电热水器,它不必分室安装,不产生有害气体,干净卫生,且可方便地调温。

封闭储水式电热水器的工作原理非常简单,它们使用一根电加热管,通电之后给水提供热量。内胆储存热水并承载压力 0.6 兆帕(约 6 千克/厘米²),外壳保温。能设定所需温度并保持内胆中的水温恒定,且在 40~75℃ 范围内可调。

(2) 使用电热水器注意事项:

A. 室内布线应可靠接地,且接地电阻值不得大于 4 欧姆。电热水器配备的插座,应为带地线的固定专用插座,不能使用移动式电源接线板。插座的结构、容量和插孔尺寸应与电热水器电源插头相匹配。在使用电热水器时,不得通过插座上的开关关断电源,因为关断插座电源后漏电保护插头不能工作,一旦发生地线带电等故障时无法提供保护。

B. 定期(一般每周)检查按动漏电保护插头的“试验”键,确认漏电保护插头能正常工作。

C. 保养清洁电热水器外部,应先切断电源,不要用水喷淋,要软布擦拭。

D. 如果电源线损坏,为避免危险,必须使用有厂家提供的专用电源线,并由维修部或类似部门的专业人员更换。

E. 电热水器的使用寿命不应超过 6 年,如超过年限还继续使用,就会存在安全隐患,需要及时更换。

9. 空调

即空气调节器,挂式空调是一种用于给空间区域(一般为密闭)提供处理空气温度变化的机组。它的功能是对该房间(或封闭空间、区域)内空气的温度、湿度、洁净度和空气流速等参数进行调节,以满足人体舒适或工艺过程的要求。

(1) 使用空调注意事项:

A. 使用前一定要先清洗空调过滤网的积尘。用消毒液将过滤网浸泡消毒,有条件的最好在使用前用吸尘器进行室内风机除尘。每天开机的同时先开窗通风一刻钟,第一次使用的时候应该多通风一些时间,让空调里面积存的细菌、霉菌和螨虫尽量散发。

经常对空调过滤网进行消毒。

B. 夏季居民用电量,在用电高峰,如果把空调在习惯温度的基础上调高 1℃,可节约

10%的电力负荷;使用空调的睡眠功能可以节电 20%。人体感觉舒适的室内温度,夏季在 24~28℃,冬季在 18~22℃。而在空气相对湿度 50%、温度 25℃时,人体感觉是最舒适的。可供调节空调温度参考。

C. 严禁在房间吸烟。空调在运转时,不要对着它喷洒杀虫剂或挥发性液体,以免漏电流酿成事故。

D. 尽量选择低碳空调减低碳排放,实行低碳环保,保护地球。

(2) 空调选购安装。一看品牌,要选那些企业实力强,品牌知名度高,售后服务完善的产品。二挑好商家。要选择那些实力雄厚,在当地有影响的大商家,因为这些商家经营品种多、销售多,一般都有专业安装、调试队伍,其安装、调试质量有保障,售后服务也较完善,可退换。三是量房购买。应根据商家专业人员咨询意见,参照下列公式灵活购买:制冷量房间面积×140瓦至180瓦;制热量房间面积×180瓦至240瓦。四是选择能耗指标低的绿色空调。最后是巧选购买时机,一般是淡季空调价格比较优惠,从上一年的10月份到下一年的3月底,是淡季;而从4月到9月则是旺季,旺季和淡季的价差在7%~10%左右,一台空调可便宜几百乃至上千元。

江苏省首届文科大学生自然科学知识竞赛试卷参考答案

1. A 2. A 3. A 4. A 5. B 6. A 7. A 8. B 9. A 10. A
 11. B 12. B 13. B 14. B 15. B 16. A 17. A 18. B 19. A 20. B
 21. B 22. B 23. A 24. A 25. A 26. B 27. A 28. A 29. B 30. B
 31. A 32. B 33. B 34. A 35. A 36. A 37. A 38. A 39. B 40. B
 41. A 42. B 43. A 44. A 45. B 46. A 47. B 48. B 49. A 50. A
 51. B 52. A 53. B 54. A 55. A 56. A 57. B 58. A 59. B 60. A
 61. B 62. C 63. A 64. B 65. D 66. D 67. C 68. B 69. D 70. B
 71. D 72. C 73. C 74. C 75. B 76. A 77. B 78. C 79. D 80. B
 81. D 82. B 83. C 84. B 85. C 86. D 87. B 88. B 89. B 90. D
 91. D 92. D 93. B 94. C 95. B 96. B 97. C 98. C 99. D 100. D
 101. C 102. C 103. D 104. A 105. C 106. C 107. C 108. D 109. C
 110. A 111. C 112. D 113. A 114. C 115. B 116. C 117. C 118. A
 119. A 120. D 121. CDE 122. BCD 123. ADE 124. ABCDE 125. ABCD
 126. ACD 127. ABCDE 128. BCD 129. ABD 130. ABCDE
 131. AB 132. ABD 133. BCDE 134. AB 135. ABCD
 136. BCDE 137. DE 138. AB 139. ACD 140. ABC
 141. BCE 142. CD 143. BDE 144. ABC 145. ABCE
 146. CDE 147. BCE 148. BC 149. ABC 150. BC
 151. BCDE 152. BD 153. AD 154. BC 155. CDE
 156. BCDE 157. BCE 158. ABDE 159. BCE 160. BD
 161. CD 162. ACE 163. ABCD 164. ABCE 165. ACD
 166. BDE 167. BCE 168. ABD 169. ACD 170. ABCD
 171. ADE 172. ABDE 173. ACD 174. ABD 175. ACE
 176. BE 177. ACDE 178. ABE 179. ABD 180. BC
 181. BDE 182. ABE 183. AE 184. BD 185. ADE
 186. CD 187. ACE 188. BCD 189. CDE 190. ABC
 191. ABCD 192. ACD 193. BCDE 194. ABCD 195. ABCD
 196. ABC 197. ABCDE 198. ABDE 199. ACDE 200. ABCDE