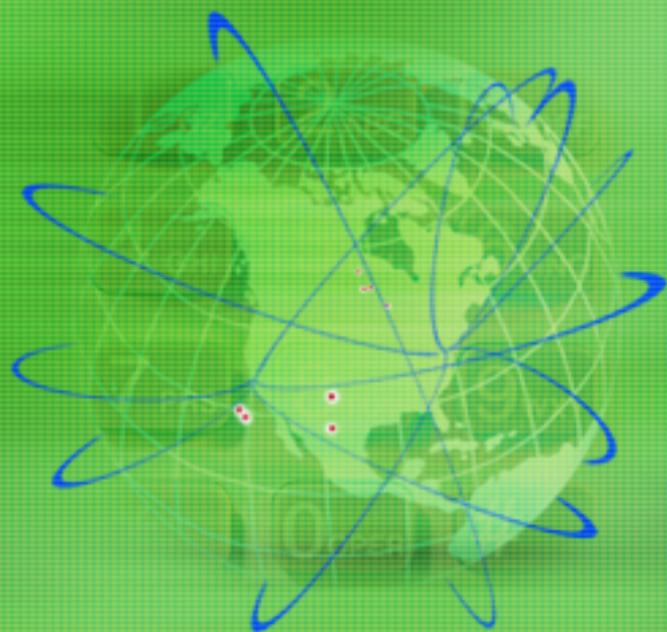


LVSE WEILAI

绿色未来

柏宇



科普教育精选
青苹果电子图书系列

绿色未来

目 录

第一章 环境现状	1
第一节 环境问题概述	1
第二节 酸雨	3
一、酸雨的形成	3
二、酸雨的危害	5
第三节 水体污染	8
一、生活污水	8
二、工业污水	9
三、农业污水	13
四、地表径流污染	15
五、地下水污染	16
第四节 臭氧层破坏	17
一、臭氧层与臭氧空洞	18
二、臭氧层破坏的原因	20
三、臭氧层破坏对人类及环境的影响	20
第五节 全球变暖	22
一、温室效应	22
二、温室气体的来源	23
三、全球变暖产生的影响	25

第六节 固体废物污染	29
一、固体废物的类型	29
二、固体废物中有害成分	31
三、固体废物的危害	33
第七节 解决环境问题的途径	36
第二章 绿色概述	37
第一节 绿色技术	37
一、概述	37
二、主要内容	38
第二节 绿色产品	41
一、概述	41
二、绿色产品的分类	41
三、绿色产品现状及发展趋势	43
第三节 环境标志	46
一、概述	46
二、我国的环境标志	47
第四节 绿色壁垒	55
一、概述	55
二、主要发达国家的绿色技术壁垒状况	57
第五节 清洁生产	61
一、清洁生产的定义	61
二、清洁生产的内容	63
三、清洁生产的评价指标	64
四、煤清洁生产技术	64
五、造纸行业的清洁生产技术	78

六、制革工业的清洁生产技术.....	93
七、炼油行业的清洁生产技术.....	100
第三章 绿色产品.....	105
第一节 绿色食品.....	105
一、概述.....	105
二、生产技术要求.....	112
第二节 绿色汽车.....	115
一、概述.....	115
二、汽车引起的环境问题.....	115
三、绿色汽车.....	118
第三节 绿色能源.....	124
一、概述.....	124
二、常规能源利用对环境的污染.....	125
三、绿色能源的使用.....	128
第四节 绿色电冰箱.....	145
一、概述.....	145
二、绿色电冰箱.....	146
第五节 绿色化学.....	155
一、概述.....	155
二、绿色化学的作用.....	158
三、绿色化学的前景.....	160
四、绿色化学产品.....	161
五、新型绿色农药.....	162
六、绿色环保涂料.....	179
七、环境友善的石油产品.....	187

第六节 绿色食品添加剂	190
一、概述	190
二、天然防腐剂	191
三、抗氧化剂	195
四、发色剂	200
五、呈味剂	205
六、凝固剂	213
七、生物疏松剂	215
八、天然增稠剂	217
九、天然着色剂	222
十、食用乳化剂	223
第七节 绿色新材料	225
一、概述	225
二、工程塑料	226
三、特种陶瓷	230
四、降解塑料	235
五、超微粉末	245
六、智能材料	251
第八节 绿色建筑	253
一、概述	253
二、绿色建筑设计	255
三、绿色建筑	275
第九节 绿色建材	280
一、概述	280
二、绿色建材的实例	284

第四章 绿色认证	300
第一节 ISO14000 简介	300
一、产生背景	300
二、ISO14000 标准的内容	301
三、ISO14000 标准的作用	302
四、ISO14000 标准实施情况	303
第二节 环境管理体系的审核认证	305
一、ISO14001 的基本术语	305
二、环境管理体系中的要素	309
三、环境管理体系审核认证的术语	322
第三节 认证审核	326
一、环境审核	326
二、实施环境审核的基本条件和通用原则	327
三、环境管理体系审核	328
第四节 认证实施程序	330

第一章 环境现状

第一节 环境问题概述

20 世纪 50~60 年代，伦敦烟雾事件、日本米糠油事件等一系列震惊世界的公害使成千上万人罹难，并从此掀起了第一次环境浪潮。20 世纪 70 年代中叶以来，殃及全球的全球增温、臭氧层耗竭、酸雨、生态环境退化等环境问题给人类生存和发展带来了空前的威胁，从而又涌现出第二次环境浪潮。长期以来，一味追求经济产值的发展模式，使我们赖以生存的地球以及建立在资源废墟上的文明正面临着危难。环境问题是伴随着人类社会产生并不断发展起来的，随着生产力的提高，环境问题正由小范围、低程度演变为不容忽视的全球性危害。

广义而论，环境问题是指出自然的或人为的原因引起生态系统破坏，直接或间接影响人类生存和发展的一切现实的或潜在的问题。从狭义上讲，环境问题是指出于人类的生产和生活方式所导致的各种环境污染、资源破坏和生态系统失调。全球环境问题是指出对全球产生直接影响或具有普遍性，并对全球造成危害的环境问题，也是引起全球范围内生态环境退化的问题。

环境问题的实质是社会、经济、环境之间的协调发展问题以及资源的合理开发利用问题。人类在漫长的历史进程中，特别是产业革命以来，取得了辉煌的业绩，创造了前所未有的财富，实现了现代文明；同时，也出现了破坏地球生态系统的日益严峻的环境问题，对人类的生存与发展构成了威胁。从广大发展中国家来看，诸如荒漠化面积扩大、植被锐减、水土流失加剧、灾害频发以及环境质量下降等问题主要是由于发展不足造成的，而人口激增、供应匮乏、资金短缺、技术落后又迫使许多贫困国家不得不过度开发和廉价出卖自己日益枯竭的自然资源。同时，不利的国际经济秩序又使他们处于艰难的发展环境中，进一步加剧了贫困的产生和发展，使其陷入了人口、环境、资源和发展之间的恶性循环。

从发达国家来看，环境问题则主要是由于在其长达200年的工业化过程中，采取了“大量消耗资源、大量排放污染物”的生产方式和高度消费的生活方式，即发展不当造成的。约占世界人口20%的工业化国家，却长期消耗着世界70%以上的能源和资源，从而导致了一系列全球性的环境问题。全球环境问题涉及地球环境各个部分的相互作用和人与自然的相互作用，是物理、化学和生物过程相互作用的结果。因此，必须从整体的、系统的观点出发，进行多学科、特别是交叉学科的综合研究，才能从本质上认识全球环境变化的机理，掌握规律，寻找对策，保护人类生存环境。

环境问题的产生原因一般可分为两类：一类是基于发

展中国家人口的迅速增长，资源开发利用不当；另一类则出自发达国家消费者的需求、畸形的消费模式、大型工业及新产品生产。从引起环境问题的根源考虑，可以分为两类：一类由自然力引起的原生环境问题，称为第一环境问题，主要指地震、洪涝、干旱、滑坡等自然灾害问题；一类是由人类活动引起的次生环境问题，也叫第二环境问题，它又可以分为环境污染和生态环境破坏两类。本章主要介绍环境污染的几个主要方面，即酸雨、水体污染、臭氧层破坏、全球变暖、固体废弃物污染等。

第二节 酸雨

酸雨最初发生于 19 世纪 80 年代，到 20 世纪，欧洲出现因水体酸化鱼类死亡的现象，许多国家相继受到酸雨的危害。在 1972 年召开的“人类环境会议”上，瑞典人贝特博林等向大会做了题为“跨越国境的空气污染——空气和降水中硫对环境的影响”的报告，引起了普遍的重视。20 世纪 80 年代至今，酸雨的危害进一步加剧，世界范围内均出现酸雨危害，欧洲更加严重。酸雨的远距离输送，使得酸雨污染发展成为区域环境问题和跨国污染问题。

一、酸雨的形成

空气污染主要是人类大量燃烧化石燃料造成的，并主要分布在污染源集中的城市地区。在发达国家、特别是大工业区，通过对大气降雨的异常现象研究发现雨水中含有大量的硫酸(H_2SO_4)、硝酸(HNO_3)、碳酸(H_2CO_3)、盐酸(HCl)

等物质。由于能耗量过大，大量的氮和硫的氧化物污染大气，在空中与水分子结合后，生成硫酸和硝酸的稀溶液，此外还有盐酸、有机酸的成分，这时降下的雨水就是酸雨。酸雨也叫酸沉降，是指 pH 小于 5.6 的雨、雪、霜、雹等大气降水，是人为排放的氮氧化物和硫氧化物进入大气后，经扩散、迁移、化学转化后形成的酸性降水。酸雨跟正常雨水的降落过程一样，具有可播性、渗透性、跨国界性和季节性。

二氧化硫和氮氧化物的来源有天然和人为排放两个方面。二氧化硫的自然来源包括微生物活动和火山活动，含盐的海水飞沫也增加了大气中的硫含量。自然排放的硫约占大气中全部二氧化硫的一半，但由于自然循环过程，自然排放的硫基本上是平衡的。

而人为排放的二氧化硫和氮氧化物则是酸雨形成的根本原因。人为排放的硫主要来自贮存在煤炭、石油、天然气等化石燃料中的硫，在燃烧过程中以二氧化硫形态释放出来，另外一部分来自金属冶炼和硫酸的生产过程。随着化石燃料消耗量的不断增长，全世界人为排放的二氧化硫在不断增加，其排放源主要分布在北半球，占全部人为排放的二氧化硫的 90%。

天然源和人为源排放了几乎同样多的氮氧化物。天然来源主要包括闪电、林火、火山活动和土壤中的微生物过程，广泛分布在全球，对某一地区的浓度不发生什么影响。人为排放的氮氧化物主要集中在北半球人口密集的地区。机动车排放和电站燃烧化石燃料差不多占氮氧化物人为排

放量的 75%。全球二氧化硫和氮氧化物的主要来源是工业化国家，特别是欧美地区，如美国，二氧化硫和氮氧化物排放量居全球第一。但近些年来亚太地区经济的迅速增长和能源消耗量的迅速增加，使这一地区的各个国家，特别是中国成为一个主要排放大国。

二、酸雨的危害

酸雨有“空中死神”之称，危害极大，包括湖泊、河流、地表水的酸化以及对鱼类和其他水生生物的危害，还能使森林生产力下降、土壤酸度增加、建筑物被腐蚀等。表现在以下方面：

1. 对水生生态系统的危害

酸性物质进入水体主要两条途径，一是直接沉降到水体表面发生酸化作用；二是经过树冠、土壤之后进入水体。酸沉降可对水生生态系统产生许多现实的和潜在的影响，包括河流和湖泊的酸化、水质下降，抑制微生物的活动，影响水生生态系统中有机物的分解以及水生生态系统的营养和能量循环。从而使水体中生物群落中耐酸种类增加，不耐酸的种类减少；破坏水体中各类生物之间的相对平衡。淡水湖泊和河流的酸度增加，将使水体中的细菌、水藻、无脊椎动物和鱼类数量发生变化。水体酸化还会使土壤和底泥中的有毒物质(如铝、镉、镍)溶解到水中，毒害鱼类，如铝可使鱼鳃堵塞而窒息死亡，还可抑制其生殖腺的正常发育，降低产卵率，杀死鱼苗。河湖酸化会使水中钙的含量降低，损害鱼类的脊椎和骨骼，使其畸形，有害发育。同时，水生生物受损将直接危及许多鸟类和捕食蛙、蝶螈、

蟾蜍的哺乳动物，对陆地生态系统也会产生深远的影响。

加拿大安大略省是受酸雨危害较重的地区，省内湖面超过 1 平方千米的共约 16 万个湖泊中，有 40% 已酸化，其中的 30% 鱼类已全部绝迹。该省有关部门向一个称为“223 号湖”的无名小湖中排放酸，以观察随 pH 下降湖泊的变化。实验结果表明，原本 pH 为 6.8 的湖水逐渐酸化，一旦 pH 降到 5 左右，最初是虾和米脑鱼（鲤鱼科的小鱼）很快消失。在 pH 为 5.9 时，一年内约有 700 万尾糠虾（节足动物的浮游生物）死亡。不久，鱒鱼类鱼苗消失了，这是由于水体中鱼苗饵料的浮游生物灭绝，食物链被截断而引起的。尽管这时湖水的 pH 还未达到酸雨定义的 5.6，但其危害已显露出来，并被人们所察觉。

2. 对陆地生态系统的危害

酸雨最终下降到地面，可改变土壤的化学成分，发生淋溶，使土壤贫瘠；能抑制土壤中有机的分解和氮的固定，淋洗土壤中钙、镁、钾等营养因素，使土壤贫瘠化，进而影响农作物生长。土壤 pH 的降低可使几种重金属（如铜、铅、锌）迁移，被植物根系吸收，重金属的毒性随着 pH 的下降而增大。随着酸度的增加，植物生长所必需的许多生物过程受到妨害，影响土壤中微生物的活性和数量，从而抑制营养物质和矿物质的循环以及有机物的分解（使土壤中的氨化作用、硝化作用和固氮作用下降）。微生物的体积在酸化的土壤中较小，繁殖速率也低。

酸雨对植被有很强的破坏作用，导致各种生态系统退化。目前，由于受酸沉降的影响，北美和欧洲出现大面积

的森林萎缩和减产。从欧美各国的情况来看，欧洲地区土壤缓冲酸性物质的能力弱，酸雨危害的范围比较大，危害程度也大，如欧洲 30% 的林区因酸雨影响而退化。在北欧，由于土壤自然酸度高，水体和土壤酸化都特别严重；在中欧和波罗地海周围的许多国家，森林受害不仅严重，而且迅速增加。

酸沉降对作物危害较大，可使烟草、大麦、小萝卜严重减产。农作物与高酸度的降水接触，可使叶片在短时间内出现可见的症状，最为典型的症状是出现微小点状的白色枯死斑点。酸雨和二氧化硫的复合污染对农作物产量的影响由大到小的顺序为：蔬菜高于经济作物，经济作物高于粮食作物；在蔬菜中，根菜高于叶菜类，叶菜类高于果菜类。pH 越低，对作物影响越大。酸雨还会伤害植物的芽和叶，尤其是新生叶芽，影响植物的生长发育。在受酸雨危害的地区，野生动物被迫吃污染的草和昆虫等，饮用受污染的水，长期积累势必会对其生长产生有害影响。

3.对建筑物和艺术品的危害

酸雨能够通过直接化学腐蚀和电化学腐蚀破坏各种建筑物(包括历史和文化古迹、雕塑)、金属、油漆涂层等各种物料，特别是许多以大理石和石灰石为材料的历史建筑物和艺术品，耐酸性差，容易受酸雨腐蚀和变色。降水酸度愈大腐蚀速度愈快。大气中硫化合物使物料爆皮、起鳞片。由于城区硫化物浓度较高，相同物料在城区的腐蚀速率要远远大于乡村地区。传输管线的腐蚀是一个普遍关注的问题。据统计，美国社区供水管线的 16.5% 处于高度腐

蚀状态,52%处于中度腐蚀,每年要因此损失3.75亿美元。近年来,中东一些海湾地区的城市建筑在迅速破坏,表现为钢筋水泥结构变形、断裂,甚至坍塌,其中重要原因之一是大气污染引起的腐蚀造成的。欧洲的情况更加严重,不少高级建筑受到了严重破坏,如德国每年由于混凝土腐蚀引起的经济损失为190亿马克。中国重庆市江边的元代石刻佛像,曾经完好无损地保存了多少个世纪,如今却因为酸雨而面目全非,成为“回归自然”的石头。

4.对人体健康的影响

酸雨会刺激人的眼睛,使眼睛红肿发炎,酸雨还会造成地表水和地下水体的酸化,使水中重金属含量增高,饮用这类水或食用酸性河水中的鱼,都会对人体健康有所危害。通常,酸化对饮用水的潜在影响又分为:增加地面水供应中重金属的残留物;由于微生物活动的变化使饮用水的味道和气味。

第三节 水体污染

由于人类活动排放大量的污水的原因,使水体感官状况、物理化学性质、化学成分、生物组成以及底质发生变化,即所谓水污染。向水体排放或释放污染物的来源或场所,称之为“水体污染源”。

一、生活污水

生活污水是人们日常生活产生的各种污水的总称。其中包括厨房、洗涤室、浴室等排出的污水和厕所排出的含

粪便污水等。其来源除家庭生活污水外，还有各种集体单位和公用事业等排出的污水。

生活污水中杂质很多，但其总量约占 0.1% ~ 1%。杂质的浓度与用水量多少有关。悬浮杂质有泥沙、矿物肥料和各种有机物(包括有人和牲畜的排泄物、食物和蔬菜残渣等)，胶体和高分子物质(包括有淀粉、糖类、纤维素、脂肪、蛋白质、油类、肥皂及洗涤剂等)；溶解物质则有各种含氮化合物、磷酸盐、硫酸盐、氯化物、尿素和其他有机物分解产物；产生臭味的有硫化物、硫化氢以及特殊的粪臭素。此外，还有大量的各种微生物，如细菌、病毒、原生动物以及病原菌等。生活污水一般呈弱碱性，pH 约为 7.2 ~ 7.8。由此构成的生活污水外观就是一种混浊、黄绿以至黑色、带有腐臭气味的废水。生活污水中多属天然有机物质，容易被生物化学氧化而降解。未经处理的生活污水排入天然水体会造成水体污染。所以，这种水一般不能直接用于农业灌溉，需经处理。随着人口的快速增长和城市化进程加快，生活污水对人体的影响亦随之增加。

随着人口在城市和工业区的集中、城市生活污水的排放量剧增。城市生活污水排放量几乎整整翻了一番，而我国各地生活污水对当地水体化学需氧量和生化需氧量的影响不尽相同。

二、工业污水

1. 工业污水的特点

由于工业的迅速发展，工业废水的水量及水质污染量很大。工业废水的特点是量大，成分复杂，难处理，不易

降解和净化，危害性较大。工业废水是水体污染的最根本来源，与生活污水显著不同。总的说来具有以下特点：

(1) 悬浮物含量高，可达 100 ~ 30000 毫克 / 升。

(2) 生化需氧量高，可达 200 ~ 5000 毫克 / 升。

(3) 酸、碱度变化大，pH 可变化在 5 ~ 11，甚至低至 2，高至 13。

(4) 温度高，可高达 40℃，造成热污染。

(5) 易燃，因常含低沸点的挥发性液体，如汽油、苯、二氧化碳、酮、甲醇、酒精、石油等易燃污染物易着火酿成水面火灾。

(6) 多种多样有毒有害成分，如酚、氰、油、农药、多环芳烃、染料、重金属、放射性等。

2. 工业污水的来源

(1) 采矿及选矿废水。

各种金属矿、非金属矿、煤矿的开采矿坑废水，主要含有各种矿物质悬浮物和有关金属溶解离子。硫化矿床的矿水中含有硫酸及酸们矿水，有较大的污染性。选矿(即尾矿水)或洗煤的废水，除含有大量的悬浮矿物粉末或金属离子外，还含有各类浮选剂。悬浮颗粒物含量每升可达数万以至十余万毫克，经沉淀后的水可重复利用，但酸性废水及含重金属离子的水有污染。

(2) 金属冶炼废水。

钢铁工业的炼铁、炼钢、轧钢等过程的冷却水及冲浇铸件、轧件的水污染性不大；洗涤水是污染物质最多的废水，如除尘、净化烟气的废水常含大量的悬浮物，需经沉

淀后可循环利用,但酸性废水及含重金属离子的水有污染。

(3)炼焦煤气废水。

焦化厂、城市煤气厂等在炼焦与煤气发生过程中产生严重污染的废水,含有大量酚、氨、硫化物、氰化物、焦油等杂质,有多方面的污染效应。

(4)机械加工废水。

包括铸造、机床、涂漆、电镀等多方面排出的废水。主要是含机润滑油、树脂、油漆等杂质,机械加工各种金属制品所排出的废液冲洗废水,其中含有各种金属离子如铬、锌以及氰化物等,他们都剧毒性的。电镀废水的涉及面很广,且污染性大,是重点控制的工废水之一。

(5)石油工业废水。

主要包括石油开采废水、炼油废水和石油化工废水三个方面。油开采出的原油在脱水处理过程中排出含油废水,这种废水中还含有量溶解盐类,其具体成分与含油地层地质条件有关。

炼油厂排出的废水主要是含油废水、含硫废水和含碱废水。含油废是炼油厂最大量的一种废水,主要含石油,并含有一定量的酚、丙酮、烃等;含硫废水具有强烈的恶臭,对设备具有腐蚀性;含碱废水主要氢氧化钠,并常夹带大量油和相当量的酚和硫,pH可达11~14。

石油化工废水成分复杂,包括石油化工生产中石油初级产品进行裂解,产生的中间产品,如乙烯、丙烯、苯、甲苯、乙炔及它们的同系列合物。裂解过程的废水基本上与炼油废水相同,除含油外还可能有某化工中间混入物,

有时还含有氰化物。由于产品种类多且工艺过程各相同，废水成分极为复杂。总的特点是悬浮物少，溶解性或乳油性物质多，常含有油分和有毒物质，有时含硫化物和酚等杂质。

(6) 化工废水。

化学工业包括有机化工和无机化工两大类，化工产品多种多样，成分复杂，排出的废水也多种多样，多数有剧毒，不易净化，对生物有一定的积累作用。在水体中具有明显的耗氧性质，使水质恶化。无机化工废水包括从无机矿物制取酸、碱、盐类基本化工原料的工业，这类生产中主要是冷却用水，排出的废水中含酸、碱和大量的盐类和悬浮物，有时含硫化物和有毒物质。有机化工废水则成分多样，包括合成橡胶、合成塑料、人造纤维、合成染料、油漆涂料、制药等废水。这些废水具有强烈耗氧的性质，毒性较强，多数是人工合成的有机分子化合物，污染性很强，不易分解。

(7) 造纸废水。

造纸工业应用木材、稻草、芦苇、破布等为原料，经高温高压蒸煮而分离出纤维素、制成纸浆。在生产过程中最后排出原料中的非纤维素部分成为造纸黑液。黑液中含有木质素糖类、纤维素、挥发有机酸等。黑液有臭味，污染性很强。

(8) 纺织印染废水。

纺织废水主要是原料蒸煮、漂洗、漂白、上浆等过程产生的含天然杂质、脂肪以及淀粉等有机物的废水。印染

废水是洗染、印花、上浆等多道工序中产生的，含有大量染料、淀粉、纤维素、木质素、洗涤剂有机物，以及碱、硫化物、各类盐类等无机物，污染性很强。

(9)皮毛加工及制革废水。

主要包括皮毛和皮革的平整等加工过程，经浸泡、脱毛、清理等预备工序排出的污水，水中富含丹宁酸和铬盐，有很高的耗氧性，是污染性很强的工业废水之一。

(10)食品工业废水。

食品工业的内容极其复杂，包括制糖、酿造、肉类、乳品加工等生产过程中排出的废水等都含有机物，具有强的耗氧性，且有大量悬浮物随废水排出。动物性食品加工排出的废水要比植物性食品加工废水有高的多的污染性。其中含有动物排泄物、血液、皮毛、油脂，并可能含有病菌，耗氧量也很高，有时有含氮有机物，对水体污染是较强的。

三、农业污水

农业生产用水量大，并且是非重复用水。农业污水包括农作物栽培、牲畜饲养、食品加工等过程排出的污水和液态废物等。在农业生产方面，喷洒农药及施用化肥，一般只有少量附着或施用于农作物上，其余绝大部分残留在土壤和飘浮在大气中，通过降雨、沉降和径流的冲刷而进入地表水或地下水，造成污染。农药是农业污染的主要方面。各种类型农药的施用，它存在于土壤、水体、大气、农作物和水生生物体中，严重时造成污染。近年来，杀虫剂的适用范围也在扩大，导致物种的损失，如鸟类的减少，

并造成一些受保护水体的污染。滥用化肥也是造成承受水体严重污染的一个来源。在各类蔬菜和大田作物的生产中，氮肥的施用不断增加磷肥在农业生产中普遍使用，在土壤中通过地表径流方式将磷化合物带入天然水体，造成水体的富营养化。氮肥的大量使用是水污染的重要来源。尽管我国的化肥使用量与国际标准相比并不特别高，但由于大量使用优质化肥以及氮肥与磷肥、钾肥不成比例的施用，其使用效率较低。特别值得注意的是大量廉价低质的氮肥的使用。这种地方生产的氮肥极易溶解而被冲入水体中造成污染。

畜牧业的集中化，大型饲养场的增加，各种废弃物的排放，无疑会使接受液态废物的天然河溪水体造成污染。牲畜饲养场排出的废物也是水体中生物需氧量和大肠杆菌污染的主要来源。肉类制品(包括鸡猪、牛、羊等)在过去的15年中产量急剧增长，随之而来的是大量的动物粪便直接排入饲养场附近水体。在杭州湾进行的一项研究发现，其水体中化学耗氧量的88%来自农业，化肥和粪便中所含的大量营养物是对该水域自然生态平衡以及内陆地表水和地下水质量的重大威胁用于灌溉的城市污水、工业废水及由城市汇集于城市下游农村的地面径流污水，农业牲畜粪便也是作物、水产及地下水的重要污染源。

总之，农业废水中含有各种的微生物、悬浮物、化肥、农药、不溶解固体和盐分等生物和化学等物质。农业污水是造成水体污染的主要来源之一，它面广、分散、难于收集，难于治理。综合起来看，农业污染具有以下两个显著

特点：一是含有机质、植物营养素及病原微生物高。如中国农村牛圈所排污水生化需氧量可高达 4300 毫克 / 升，猪圈 1200 毫克 / 升以上，是生活污水的几十倍；二是含较高的化肥、农药、施用农药、化肥的 80% ~ 90% 均可进入水体，有机氯农药半衰期约为 15 年，所以参加了水循环、形成全球性污染，一般各类水体中均有其存在。

四、地表径流污染

它是降水淋洗和冲刷地表各种污染物而形成的一种面状污染，是地表和地下水体的二次污染源，由于污染负荷可能很高且难控制，它是目前重要的环境污染问题之一。国际水文规划将具列为重点研究目之一，美国环境科学将其列为典型问题的第一项。

地面径流污染包括：城市、工业、农村、自然径流污染的几种类型，当今重点研究城市地面径流水污染的特征及控制，其他几种类型各有特点，均难控制，不可忽视。由于森林的破坏，草原退化，水土流失严重，化学径流的规模有增无减，不但黄河的泥沙问题难于解决，而且长江泥沙量急剧增长，是造成 1998 年长江上游严重水害的重一因素之一。

地面径流污染的防治是一个相当大的难题，它实际上是一个区域空间污染问题，只有当大气污染得到控制，农药流失得到控制，废水、废渣、垃圾、粪便得到治理，整个城市或国家园林化，变成清洁的“花园”才有可能。将全部地面径流汇集中予以处理几乎是不可能的，所以真正控制地面径流的污染危害，需要一个国家有高度的物质文

明为精神文明。

五、地下水污染

污染物无孔不入，地下水亦难幸免。城市污水除排入河流外，部分还直接渗入地下。渗入有两个途径：一是地下管道的污水渗漏，有人计算大约每 1000 千米长的地下管道年污水渗漏约 1000 万吨；二是渗井，在工厂和居民聚居区，在无法排入城市排污系统时，通过巨大的渗井、化粪池等排污，污水除渗入地下与含水层会合外，别无它途。

据专家称，我国华北地区由于地下水位下降，污染源趁虚而入，浅层水均已受到污染。监测结果表明，北京市的 482 眼水井中，各项有毒物质的超标率达 23%，天津市地下水超标率为 27%，这一百分比正逐年增加，超标曲线不断呈上升状态。上海市的消息更令人担忧，据上海市地矿局测算，1990 年时，清洁的和污染较轻的地下水，占地下水的 32%，现在这一百分比已降至 7.7% 以下。届时人们将难喝到一杯当地的清洁之泉。

在世界上大部分重要的农作物生产区域，现在正频繁发生过分抽取地下水，以至蓄水层枯竭。由于地下水位下降，地下水源变得要么成本太昂贵以至不能继续抽取，要么是含盐量过大以至不能用于灌溉，要么地下水耗尽。

除了水源供应枯竭外，开采地下水也可能导致不可挽回的各种各样后果。在沿海地区，过分抽取地下水能引起盐水渗进淡水区，污染供应水。据报道：在以色列，数十年间抽取地下水，引起海水侵入了国家沿海蓄水层，使关键的淡水资源污染。以色列供水官员预告，20% 的沿海水

井在今后几年间要陆续关闭。

地下水污染已成为全球性污染。在美国将地下水的有毒化学污染问题被环境质量会议列为三种重要的环境污染问题中的一种，95%的农村家庭和全国100个最大城市中的三分之一把地下水作为饮用水和灌溉水的主要来源。地下水一旦被污染，将保持污染达数百年或者更久，而且将污染物清除是十分艰难的事情。农业有一半的灌溉用水是地下水。

地下水是继海洋之后的另一个最大的水的贮藏库。统计资料表明：每年美国联邦政府控制的28~54千万吨危险废物堆入环境，其中大多数以渗透液渗漏入地下水而告终。农业废水、生活污水和有争议的深井填埋都是地下水污染的重要来源。渗漏的地下水箱是另一个主要来源。许多的这种铁水箱埋入地下数年后开始腐蚀和渗漏。

据估计美国在最近的几年里有1/4到1/3的城市以地下水作为饮用水源，而这些地下水都在经受着有毒废物堆放后渗漏作用的玷污。现在每个州都有地下水污染事件。虽然目前只有1%~2%的地下水被严重污染，但他们大多数在人口密集的中心地区。地下水中最常见的四种污染物是：氯、硝酸盐、重金属和碳氢化合物。

第四节 臭氧层破坏

近二三十年来，随着人类物质文明的空前发达，高层大气中的臭氧浓度一直在不断地急剧下降。尤其是当一位

英国科学家宣布南极上空的臭氧层出现了一个空洞后，在国际社会引起了广泛的震动，尽管其成因、影响、与人类活动的关系、发展趋势等问题尚未弄清，但这个发现极大地改变了有关政策的着眼点和内容，提出了紧急行动起来研究控制大规模臭氧层耗竭的紧迫性。

一、臭氧层与臭氧空洞

臭氧(O_3)不同于人类和生物界所呼吸的氧气(O_2)，大气中的含量很少，仅为百万分之一，总重量在 3.0×10^9 吨左右。臭氧在大气中通常分布在两层，即对流层和平流层。环绕在地球表面至高空 8~16 千米范围内的一层大气称为对流层，这一层中的臭氧对人类和生态环境是有害的，它也是形成当前城市大气光化学烟雾污染的主要物质。对流层向上大约 50 千米左右的范围，就是通常所称的平流层。实际上，平流层保存了大气中 90% 的臭氧。太阳向宇宙射出的光线中包含的紫外线，可破坏人体的抗病能力，诱发麻风病、天花、白内障、皮肤癌等疾病。位于平流层的臭氧能有效地吸收对人类健康有害的紫外线，从而保护了地球上的生命。具体地说，在离地面以上 20~30 千米的大气圈的同温层底部，有一个臭氧浓度相对较高的小圈层，厚度在正常压力下约为 8 千米，即为臭氧层。臭氧层中的臭氧吸收了来自太阳 99% 的高强度紫外线，并能限制大气层的温度，保护了地球生物的生存。

上个世纪 80 年代来，人们逐渐认识到平流层大气中的臭氧正在遭受着越来越严重的破坏。1984 年，英国科学家首次公布了南极上空平均臭氧含量减少 50% 左右这一事

实，即南极已形成一个巨大的臭氧空洞；1985年，英国科学家法尔曼等人总结他们在南极哈雷湾观测站的观测结果，发现从1975年以来，每年早春(南极10月份)总臭氧浓度的减少超过30%；同年，美国“雨云7”号气象卫星测到了这个“洞”的面积与美国领土相当，深度相当于珠穆朗玛峰的高度。经多年观测发现，南极的臭氧空洞通常出现在南极的春天，即从9月开始出现臭氧减少，到11月中旬消失。南极臭氧层空洞出现的时间正在延长，并且面积也在增加，在1987年，南极上空的臭氧浓度降到了一半，臭氧洞面积则扩大到足以覆盖整个欧洲大陆，1990年臭氧空洞一直持续到12月，1994年10月17日观测到的臭氧洞曾一度蔓延到了南美洲最南端的上空，1995年观测到的臭氧洞发生期间是77天，到1996年南极平流层的臭氧几乎全部被破坏，臭氧洞发生期间增加到80天。而现在南极臭氧空洞持续时间超过了100天，是南极臭氧空洞发现以来的最长记录，几乎可以相当于三个澳大利亚，或者说相当于南极大陆面积的两倍，当情况严重时，南极紫外线辐射比前几年增大了两倍。臭氧层的损耗不只发生在南极，在北极上空和其他中纬度地区也都出现了不同程度的臭氧层损耗现象。北极地区在1~2月期间，16~20千米高度的臭氧损耗约为正常浓度的10%，北纬 60° ~ 70° 范围的臭氧浓度的破坏约为5%~8%。

根据全球总臭氧的观测结果，除赤道地区外，臭氧浓度的减少在全球范围内发生，臭氧总浓度的减少情况随纬度的不同而有差异，从低纬到高纬臭氧的损耗加剧。

二、臭氧层破坏的原因

臭氧层破坏有很多原因，如森林火灾、极地低温、太阳黑子活动等，但破坏臭氧层的罪魁祸首不是自然界，主要是人类自身。现代工业的发展使大气中更多的氯化物穿透同温层，在太阳光的辐射下，大量的氯原子从氯化物中被分解释放出来。一个氯原子以惊人的破坏力可以分解 10 万个臭氧分子，而且寿命长达 75 ~ 100 年。如此下去，臭氧层变薄，出现空洞，是不言而喻的。一种叫氯氟化碳(氟里昂)的制剂，构成了导致臭氧减少的主要成分。全世界对这种制剂已应用了 60 年之久，现在还在广泛使用，如冰箱和空调的致冷剂、摩丝、空气清新剂、喷雾杀虫剂的雾化剂，化工部门生产泡沫塑料时使用的泡沫剂等等。现在西方有些国家已明确规定在致冷剂上严禁使用氟里昂，寻求新的代用品。在中国，已出现不用氟里昂也能达到制冷目的新型材料和工艺，如无氟冰箱，“绿色”产品越来越多。

三、臭氧层破坏对人类及环境的影响

臭氧浓度降低，臭氧层的破坏，将对地球生命系统产生极大的危害。平流层的臭氧总量减少，到达地面的有害紫外线将会增加。

1. 对人体健康的影响

阳光中紫外线的增加对人类健康有严重的危害作用，如使皮肤癌和白内障患者增加，损坏人的免疫力，使传染病的发病率增加。据估计，臭氧减少 1%，皮肤癌的发病率将提高 2% ~ 4%，白内障患者将增加 0.3% ~ 0.6%，全世界由于白内障而引起失明的人数将增加 10000 ~ 15000

人，如果不对紫外线的增加采取措施，从现在到 2075 年，紫外线辐射的增加将导致人约 1800 万例白内障的发生。人体暴露于紫外线强度增加的环境之下，免疫系统会受到抑制，诱发人类常患的皮肤疾病。据统计，全世界每年死于皮肤癌的约有 10 万人，这与紫外线辐射有关。紫外线照射的另一个副作用是削弱人体通常对疾病的抵抗力，在热带国家中，寄生虫病和传染病可能会由于潮湿的气候和紫外线辐射的增加而增加。长期暴露于强紫外线的辐射下，会导致细胞内的 DNA 改变，人体免疫系统的功能减退，人体抵抗疾病的能力下降。

2.对生态系统的影响

对农作物的研究表明，过量的紫外线辐射会使植物的生长和光合作用受到抑制，使农作物减产。在已研究过的植物品种中，超过 50% 的植物有来自紫外线的负影响，比如豆类、瓜类等作物，另外某些作物如土豆、番茄、甜菜等的质量将会下降。紫外线辐射增加，使植物叶片变小，光合作用减弱，并使植物更易遭受病虫害，使粮食减产，也可能导致某些生物物种的突变。在森林和草地等生态系统中，过多的紫外线对物种的组成、植物的竞争平衡、食草动物、植物致病菌和生物地球化学循环等都有潜在影响，进而改变不同生态系统的生物多样性分布。紫外线辐射时也使处于食物链底层的浮游生物的生产力下降，由于浮游生物是海洋食物链的基础，浮游生物种类和数量的减少还会影响鱼类和贝类生物的产量从而损害整个水生生态系统。

过量的紫外线会加速建筑、喷涂、包装及电线电缆等材料，尤其是使塑料等高分子材料老化和分解，结果又带来光化学大气污染。由这一破坏作用造成的损失全球每年达到数十亿美元。

第五节 全球变暖

全球变暖是指地球表层大气、土壤、水体及植被温度逐年缓慢上升。近些年来，人们统计了约 1 亿个陆地观测数据以及大约 600 万个海洋监测数据，发现全球地面气温在过去 100 年内上升了 $0.3 \sim 0.6$ ，造成全球变暖的主要原因是“温室效应”。

一、温室效应

地球的温度是由太阳辐射热量到地球表面的速率和吸热后的地球将红外线散发到空间的速率决定的。同样地，全球变暖的基本原理可以通过考虑两种辐射能来理解：一种是加热地球表面的来自太阳的辐射，另一种是射向太空的来自地球和大气的热辐射。从长期来看，地球从太阳吸收的能量必须同地球及大气层向外散发的辐射能相平衡。如果这种平衡被破坏，它可以通过地球表面温度升高来恢复。氮气和氧气占大气组成的大部分，它们既不吸收也不发射热辐射。而在大气中以相当小量存在的水蒸气(H_2O)、二氧化碳(CO_2)和其他微量气体，如甲烷(CH_4)、臭氧(O_3)、氟里昂(CFC)等，既可以使太阳的短波辐射几乎无衰减地通过，又可以吸收地球的长波辐射，从而使地表升温。因

此，这类气体像玻璃一样，具有保温作用，被称为“温室气体”。

温室气体吸收长波辐射并将热量反射回地球，从而减少向外层空间的能量净排放，对大气层和地球表面起着保温的作用，这就是“自然温室效应”。将它称为“自然”，是由于所有的大气气体(除氯氟烃外)远在人类出现之前就已经存在了。随着人类的出现以及人类活动范围逐步扩大，也就产生了“增强温室效应”，这种“增强”的效应是人类活动(如化石燃料燃烧和森林破坏)向大气中排放有毒有害气体造成的。在直接受人类活动影响的主要温室气体中，二氧化碳起着重要的作用，对温室效应的贡献率为 55%，甲烷、氟里昂和一氧化二碳也起相当重要的作用。从长期气候数据比较来看，在气温和二氧化碳之间存在显著的相关关系。

二、温室气体的来源

温室气体的增多，有自然原因和人为原因：火山喷发、太阳活动、海水增温等都会对气候的冷暖有所影响，属于自然原因；而矿物燃料的燃烧、砍伐森林、制冷设备及泡沫塑料的使用等，会产生大量的污染气体，改变大气的组成成分，属于人为原因。

据美国里厅国家实验室的报告，大气中二氧化碳的浓度，自工业革命以来，已增长了 30%，甲烷增长了一倍，氮氧化物增长了 15%。二氧化碳剧增的原因有两个方面：一是工业化发展和人口剧增，对矿物燃料的需求量增大，释放的二氧化碳增多。二是森林的大片砍伐，使森林对二

氧化碳的吸收量减少。

目前，矿物能源消耗占全部能源消耗的 90%，而热带森林则正以每年平均 900 ~ 2450 平方千米的速度从地球上消失。现在全球二氧化碳的排放量已超过了 2.2×10^{10} 吨。现在由于替代能源一时还无法做到“替代”，由燃烧石油、煤、汽油等矿物燃料产生的二氧化碳在大气中聚集，而且这种趋势呈上升状态，矿物燃料的使用占一次能量消费量的 87%。到本世纪中叶，大气中的二氧化碳可能比现在增加 60%，比工业化革命前增加一倍。这样，地球将平均升温 2 ~ 3℃，某些地区将上升 8℃ 以上，有的地区甚至更高。

大气中甲烷浓度也在逐年增加，甲烷的来源有两种：一种是自然源，如沼泽和其他湿地中的厌氧腐烂，其排放量不到甲烷总排放量的 25%；另一种是人为源，如水稻种植、家畜饲养、生物物质燃烧、化石燃料生成和使用、垃圾填埋以及北极冻土带的回暖等。在受人类活动影响很少的时代，大气中的甲烷含量大约是 $7.0 \times 10^{11} \sim 7.5 \times 10^{11}$ ，而现在大气中的甲烷含量已超过了 1.72×10^{12} 。据研究，大气中甲烷的含量与世界人口数量密切相关，在过去 600 年中二者的增加是一致的。

氟里昂属氯氟烃类，是人类的工业产品(主要是制冷设备工业)，即在工业化前的大气中是不存在的。它被广泛用作制冷剂、喷雾剂、溶剂和塑料生产的发泡剂。研究表明，氟里昂导致的升温占全球温室效应引起的温度升高部分占了很大比重，如此下去，氟里昂将成为本世纪仅次于二氧化碳的温室气体。大气中一氧化二氮的含量过去一直较稳

定，直到 150 年前才出现了每年 0.2% ~ 0.3% 的增长趋势。目前人类活动产生的一氧化二氮释放源主要有化肥使用、毁林、化石燃料和生物物质的燃烧，以及其他农业活动。通过燃料燃烧和化肥的使用，原来化学性质不活跃的氮化合物可以转变成化学性质活跃的氮氧化物，特别是一氧化二氮。

除了温室气体的直接排放以外，全球的土地利用状况和土地覆盖类型也发生了很大变化，加强了全球变暖的程度。对全球变化而言，最重要的土地覆盖变化是森林转化为农田。人口增长的巨大压力，使大面积森林被砍伐，林地转化为农田用于生产食物。其中热带森林的砍伐尤其严重。

三、全球变暖产生的影响

全球变暖将给地球和人类带来复杂的潜在影响，既有正面的，也有负面的。例如随着温度的升高，副极地地区也许将更适合人类居住；在适当的条件下，较高的二氧化碳浓度能够促进光合作用，从而使植物具有更高的固碳速率，导致植被生长的增加，即二氧化碳的增产效应，这是全球变暖的正面影响。但是与正面影响相比，全球变暖对人类活动的负面影响将更为巨大和深远。

1. 全球变暖对海平面的影响

根据统计资料，近百年来气候增暖 0.6℃，海平面大约上升了 10 ~ 15 厘米。政府间气候变化委员会对未来海平面上升幅度的预测为：如果温室气体排放按目前速度增长，海平面将按每 10 年平均 6 厘米的速度上升，到 2030 年将

上升 20 厘米，2100 年将上升 66 厘米。影响本世纪海平面升高的因子，主要是海水热膨胀，当海洋变暖时，海平面则升高。全球升温会引起地球南北两极的冰山融化，这也是造成海平面上升的主要原因之一。

海平面上升的直接影响主要有以下几个方面：低地被淹、海岸被冲蚀、地表水和地下水盐分增加、地下水位升高。这将影响沿海和岛国居民的生活(占世界人口的 1 / 3)，使之受到各种威胁。如果极地冰冠融化，经济发达、人口稠密的沿海地区会被海水吞没，马尔代夫、塞舌尔等低洼岛国将从地面上消失，上海、威尼斯、香港、里约热内广、东京、曼谷、纽约等海滨大城市以及孟加拉、荷兰、埃及等国也将难逃厄运。

2. 全球变暖引起气候变化

全球变暖引起的气候变化将导致许多地方水分供给的巨大变化，温度增加意味着降落到地上的水将被更多地蒸发，如果有更多的降水来补充蒸发，则不会产生什么影响。然而据科学家模拟实验显示，除了东南亚季风区的降水将增加外，世界上其他一些地区的降水将减少，尤其是在夏季。这就意味着，许多地区对水分短缺的脆弱性将加大，而同时，另一些地方则频繁发生洪涝灾害。在干旱和半干旱地区，降水减少将造成更严重的干旱甚至沙漠化；在大陆地区，夏季降水减少和温度增加将导致土壤水分的大量损失，从而增加了干旱的脆弱性；在亚洲季风区，降水的增加将导致洪水发生机率的增大。此外，洪涝、干旱、高热、高寒等灾害发生的频率及其季节变化、降水的年际变

化和空间分布都会改变(如低纬度地区夏季降水则会减少),热带风暴将频频登陆,一些地区水质也会因干旱而变差,进而影响人类生产和生活。在不正常的大气环境下,寒冷季节将会延长,气候带也将发生移动,中国把冬季 1 月 0 等温线作为副热带北界,目前这一界线处于中国秦岭—淮河一带。研究发现,气温升高会使这一界线北移至黄河以北,徐州、郑州一带冬季气温将与现在杭州、武汉相似。

3.全球变暖对生物多样性的影响

气候是决定生物群落分布的主要因素,气候变化能改变一个地区不同物种的适应性,并能改变生态系统内部不同种群的竞争力。自然界的动植物,尤其是植物群落,可能因无法适应全球变暖的速度而做适应性转移,从而惨遭厄运。以往的气候变化(如冰期)曾使许多物种灭绝,未来的气候将使一些地区的某些物种消失,而有些物种则从气候变暖中得到益处,它们的栖息地可能增加,竞争对手和天敌也可能减少。

4.全球变暖对农业的影响

首先,全球变暖使全球粮食总产量有所下降。一年中温度和降水的分布是决定种植何种作物的主要因素,温度及由温度引起降水的变化将影响到粮食作物的产量和作物的分布类型。气候的变化曾经导致生物带和生物群落空间(纬度)分布的重大变化,如公元 800~1200 年北大西洋地区的平均温度比现在高 1℃,使玉米在挪威种植成为可能,但到了公元 1500~1800 年,西欧出现小冰川期,平均气温

也只比现在低 1~2℃，就造成了挪威一半农场弃耕，冰岛的农业耕种活动则几乎全部停止。

其次，二氧化碳是形成 90% 的植物干物质的主要原料。光合作用强度与二氧化碳浓度的关系很密切，不同作物对二氧化碳的浓度要求是不一样的。世界上 20 种主要粮食作物中，有 16 种(如小麦、水稻)是对二氧化碳敏感的，二氧化碳倍增可能使其增产 10%~50%，有利于农业生产；但有一些作物(如玉米、高粱、甘蔗)对二氧化碳的敏感性很差，二氧化碳浓度倍增只能使其增产 0~10%，同时还要承受因二氧化碳增加而长势更旺的杂草的压力，因而二氧化碳倍增对许多以种植玉米、高粱为主地区(如非洲撒哈拉沙漠南部)的谷物生长不一定有利。此外，由于昆虫是变温动物，受气候的影响特别明显，气候变暖使得分布区边缘的农作物害虫有可能向区外扩展，而且使许多害虫的越冬存活率提高，会导致疾病和病虫害的发生率增大。

5. 全球变暖对人类健康的影响

人类健康取决于良好的生态环境，全球变暖将成为影响本世纪人类健康的一个主要因素。极端高温对人类健康的影响将变得更加频繁、更加普遍，主要体现为发病率和死亡率增加。全球增暖直接影响呼吸器官疾病、过敏和传染病，尤其是疟疾、淋巴腺丝虫病、血吸虫病、钩虫病、霍乱、脑膜炎、黑热病、登革热等传染病将危及热带地区和国家，某些目前主要发生在热带地区的疾病可能随着气候变暖向中纬度地区传播。传染病的各个环节中(病原体、原虫、细菌和寄生虫等；传染媒介蚊、蝇、虱等带

菌宿主),传媒对气候最敏感。温度和降水的微小变化对于传媒的生存时间、生命周期和地理分布都会发生明显影响。

第六节 固体废物污染

固体废物是人类在生产、生活等活动过程中丢弃的固状和泥状物质。现在全球每年新增固体废物约 100 多亿吨,如此大量的固体废物侵占土地,污染环境,现在我国有三分之二的城市有垃圾围城的现象,因此垃圾已成为困扰当今社会的重大环境问题之一。

一、固体废物的类型

从管理角度通常把固体废物分为城市垃圾、工业固体废物、农业固体废物、矿业固体废物、拆除与建筑废物、污水污泥与挖掘泥沙和放射性固体废物等七大类。

1.城市垃圾

城市垃圾是指城市居民生活、商业和市政维护管理中丢弃的固体废物,是由家庭生活废物和来自商店、市场、办公室等具有相似特性的废物组成的,如厨房垃圾、装潢建筑材料、包装材料、废旧器皿、废家用电器、树叶、废纸、塑料、纺织品、玻璃、金属、灰渣、碎砖瓦、废土、城市生活污水处理厂的污泥和居民粪便等。

2.工业固体废物

工业固体废物是指工业上生产、加工及其三废处理过程中排弃的废渣、粉尘、污泥等。主要包括煤渣、发电厂烟道气中收集的粉煤灰、炼铁高炉渣、炼钢钢渣、有色冶

炼渣、炼铝氧化铝渣(赤泥)、制硫酸过程中的硫铁矿烧渣、磷矿石制磷酸过程中的磷石膏等。

3. 农业固体废物

农业固体废物是指种植和饲养业排弃的废物，包括园林与森林残渣、作物枝叶、秸秆、壳屑、家畜的粪便和尸骸等。

4. 矿业固体废物

矿业固体废物是指矿石的开采、洗选过程中产生的废物，是在采取有经济价值的矿物物质过程中产生的废料，主要有矿废石、尾矿、煤矸石等。矿废石是开矿中从主矿上剥落下来的围岩。尾矿是矿石经洗选提取精矿后剩余的尾渣。煤矸石是在煤的开采及洗选过程中分离出来的脉石，实际是含碳岩石和其他岩石的混合物。

5. 拆除与建筑废物

它是市政或小区规划、现有建筑物的拆除或修复以及新的建筑作业的废物，主要包括用过的混凝土以及砖瓦碎片等。

6. 污水污泥与挖掘泥沙

污水污泥是为了减轻污水对河流与湖泊的污染而在工厂中处理家庭及工厂废水的残留物。污水污泥是一种含有大量有机颗粒的泥浆，其化学成分随污水排放源、处理过程的类型与效率而有很大变化。污水污泥含有高浓度的重金属与水溶性有机合成化学品，且含有很多润滑脂、油品与细菌。由于环境与健康的压力，已经强制减少未经处理的污水排入河流及沿海水域，但由污水处理产生的污泥量

在持续增加。据估计，挖掘泥沙有 10% 受到了污染，典型的污染物包括：油品、重金属、营养物与有机氯化学品。这些污染物多来自航运、工业与城市排泄物以及城市与农村的径流。

7. 放射性固体废物

它是一类特殊且危险的废物，放射性固体废物主要来自核工业、核研究所及核医疗单位排出的放射性废物。

二、固体废物中有害成分

大多数固体废物都可以重新利用，所以有人认为固体废物是放错了位置的原料。固体废物中有害成分仅占固体废物的很小一部分，约占 10% ~ 20%，但由于它们分布面广，化学性质复杂，对环境和人体健康危害极大，也是土壤、水体、天气，特别是地下水的重要污染源，因此对固体废物污染防治与治理应引起足够重视。

判定其是否为有害废物，可据其是否具有可燃性、反应性、腐蚀性、浸出毒性、急性毒性、放射性等有害特性来判定。凡具有上述一种或一种以上特性者则认为是属于有害废物。

1. 可燃性

燃点较低的废物，或者经摩擦、或自发反应而易于发热进行剧烈、持续燃烧的废物，便认为具有可燃性。我国规定燃点低于 60 以下的废物属于可燃性有害废物，如甲醇等废非卤化溶剂及其蒸馏回收的剩余残渣就是可燃性有害废物。

2. 反应性

在无引发条件下由于本身不稳定而易发生剧烈变化，如与水形成爆炸性混合物、产生有毒的气体、蒸汽、烟雾或臭气，在受热条件下能爆炸，常温常压下容易发生爆炸，则认为具有反应性。具有反应性的有害废物有含氰废物，含爆炸品废水处理过程产生的废碳等。

3. 腐蚀性

含水废物的浸出液或废物不含水但加入定量水后的浸出液，能使接触物质发生质变，则认为该废物具有腐蚀性，如酸渣、碱渣、盐泥等均有腐蚀性等。

4. 浸出毒性

用规定方法对废物进行浸取，在浸取液中若有一种或一种以上的有害成分，其浓度超过限定标准，就认为该废物具有浸出毒性。目前我国试行的有关限定标准尚不完全，缺少为数众多的废物中有毒有机成分的限定浓度，只有某些重金属及氟标准，其限定标准约为饮用水标准的 50 倍。具有浸出毒性的有害废物有铬渣、镉渣、砷渣、氰渣、铍渣、电镀废水处理后的污泥等。

5. 急性毒性

一次投给试验动物的废物，半致死剂量小于规定值者便具有急性毒性。我国规定急性毒性的废物，是其浸出液经口服引起小鼠在 48h 内死亡半数以上者；并参照有关毒性试验方法测定半致死剂量，评定毒性级别。属于急性毒性的废物有氰渣、砷渣、铬渣等。

6. 放射性

我国规定含有天然放射性核素的废物，为放射性有害

废物，如核废料等。

三、固体废物的危害

废物如果处理和管理不当，其所含的有害成分将通过多种途径进入环境和人体，对生态系统和环境造成多方面的危害。

1.对土壤的污染

固体废物长期露天堆放，其有害成分在地表径流和雨水的淋溶、渗透作用下通过土壤孔隙向四周和纵深的土壤迁移。在迁移过程中，有害成分要经受土壤的吸附和其他作用。通常，由于土壤的吸附能力和吸附容量很大，随着渗滤水的迁移，使有害成分在土壤固相中呈现不同程度的积累，导致土壤成分和结构的改变，植物又是生长在土壤中，间接又对植物产生了污染，有些土地甚至无法耕种。例如，德国某冶金厂附近的土壤被有色冶炼废渣污染，土壤上生长的植物体内含锌量为一般植物的 26~80 倍，铅为 80~260 倍，铜为 30~50 倍，如果人吃了这样的植物，则会引起许多疾病。

2.对大气的污染

废物中的细粒、粉末随风扬散，在废物运输及处理过程中缺少相应的防护和净化设施，释放有害气体和粉尘，堆放和填埋的废物以及渗入土壤的废物，经挥发和反应放出有害气体，都会污染大气并使大气质量下降。例如：焚烧炉运行时会排出颗粒物、酸性气体、未燃尽的废物、重金属与微量有机化合物等。石油化工厂油渣露天堆置，则会有一定数量的多环芳烃生成且挥发进入大气中。填埋在

地下的有机废物分解会产生二氧化碳、甲烷(填埋场气体)等气体进入大气中，如果任其聚集会发生危险，如引发火灾，甚至发生爆炸。例如，美国旧金山南 40 英里处的山景市将海岸圆形剧场建在该城旧垃圾掩埋场上。在一次演唱会中，一名观众用打火机点烟，结果一道 5 英尺长的火焰冲向天空，烧着了附近一位女士的头发，险些酿成火灾。这正是从掩埋场冒出的甲烷气把打火机的星星火苗转变为熊熊大火。

3.对水体的污染

如果将有害废物直接排入江、河、湖、海等地，或是露天堆放的废物被地表径流携带进入水体，或是飘入空中的细小颗粒，通过降雨的冲洗沉积和凝雨沉积以及重力沉降和干沉积而落入地表水系，水体都可溶解出有害成分，毒害生物，造成水体严重缺氧，富营养化，导致鱼类死亡等。

有些未经处理的垃圾填埋场，或是垃圾箱，经雨水的淋滤作用，或废物的生化降解产生的沥滤液，含有高浓度悬浮固态物和各种有机与无机成分。如果这种沥滤液进入地下水或浅蓄水层，问题就变得难以控制。其稀释与清除地下水中的沥滤液比地表水要慢许多，它可以使地下水在不久的将来变得不能饮用，而使一个地区变得不能居住。最著名的例子是美国的洛维运河，起初在该地有大量居民居住，后来居住在这一废物处理场附近的居民健康受到了影响，纷纷逃离此地，而使此地变得毫无生气。

现在，某些先进国家将工业废物、污泥与挖掘泥沙在

海洋进行处置，这对海洋环境引起各种不良影响。在些在海洋倾倒废物的地区已出现了生态体系的破坏，如固定栖息的动物群体数量减少。来自污泥中过量的碳与营养物可能会导致海洋浮游生物大量繁殖、富营养化和缺氧。微生物群落的变化，会影响以微生物群落为食的鱼类的数量减少。从污泥中释放出来的病原体、工业废物释放出的有毒物对海洋中的生物有致毒作用，这些有毒物再经生物积累可以转移到人体中，并最终影响人类健康。

倾入海洋里的塑料对海洋环境危害很大，因为它对海洋生物是最为有害的。海洋哺乳动物、鱼、海鸟以及海龟都会受到撒入海里的废弃鱼网缠绕的危险，有时像幽灵似的捕杀鱼类，如果潜水员被缠住，就会有生命危险。抛弃的鱼网也会危害船只，例如缠绕推进器，造成事故。塑料袋与包装袋也能缠住海洋哺乳动物和鱼类，当动物长大后缠得更紧，限制它们的活动、呼吸与捕食。饮料桶上的塑料圈对鸟类、小鱼会造成同样的危害。海龟、哺乳动物和鸟类也会因吞食塑料盒、塑料膜、包装袋等而窒息死亡。最新研究发现，经检验海鸟食道中，有 25% 含有塑料微粒。此外，塑料也是一种激素类物质，它破坏了生物的繁殖能力等。

4. 对人体的危害

生活在环境中的人，以大气、水、土壤为媒介，可以将环境中的有害废物直接由呼吸道、消化道或皮肤摄入人体，使人致病。一个典型例子就是美国的腊芙运河污染事件，20 世纪 40 年代，美国一家化学公司利用腊芙运河停

挖废弃的河谷，来填埋生产有机氯农药、塑料等残余有害废物 2×10^4 吨。掩埋 10 余年后在该地区陆续发生了一些如井水变臭、婴儿畸形、人患怪病等现象。经化验分析研究当地空气、用作水源的地下水和土壤中都含有六六六、三氯苯、三氯乙烯、二氯苯酚等 82 种有毒化学物质，其中列在美国环保局优先污染清单上的就有 27 种，被怀疑是人类致癌物质的多达 11 种。许多住宅的地下室和周围庭院里渗进了有毒化学浸出液，于是迫使总统在 1978 年宣布该地区处于“卫生紧急状态”，先后两次近千户被迫搬迁，造成了极大的社会问题和经济损失。

第七节 解决环境问题的途径

人类已渐渐认识到全球环境问题的严重性和紧迫性，采取了一定的措施对生态环境加以保护和治理，对减缓生态环境恶化的速度和降低全球环境问题恶化的程度做出了贡献，取得了一定的成就。在解决环境问题的长期探索中，人们渐渐认识到，全球环境问题的解决是一项长期的、严峻的任务，需要全世界每一个国家、每一个地区乃至每一个人的参与。同时，要解决环境问题，仅仅把精力集中在环境污染的治理方面是远远不够的，过去虽然在污染治理方面进行了大量工作，但环境现状仍在继续恶化。我们必须从环境问题发生的源头进行控制，发展清洁生产技术，开发绿色产品。只有这样才能逐步解决环境问题，我们将拥有一个绿色的未来。

第二章 绿色概述

第一节 绿色技术

一、概述

我国是一个发展中国家,正处在经济快速增长的阶段。面临着发展社会生产力、增强综合国力和提高人民生活水平的任务。同时,我国又面临着相当严峻的问题和困难,如庞大的人口基数、有限的人均资源、资源利用效率低、环境污染和生态破坏严重、技术水平低等。

因此,可持续发展将是我国长期的发展模式。其中,经济建设是可持续发展的中心,经济发展又必须与人口、资源、环境相协调。尤其是我国现阶段生态环境日益恶化的趋势尚未得到有效控制的情况下,环境保护将是可持续发展的重要内容。

为了促进可持续发展,我国必须大力发展绿色技术。在国家环保局制定的《中国跨世纪绿色工程规划》中,确定的我国环境保护重点行业有:煤炭、石油天然气、电力、冶金、有色金属、建材、化工、轻工、纺织、医药。这些行业的污染物排放量占全国工业污染物排放总量的 90%

以上,全国 3000 家重点污染源也都集中在上述行业。因此,这些行业是我国发展绿色技术的主要领域。与此对应,绿色技术的主要内容包括:能源技术、材料技术、催化剂技术、分离技术、生物技术、资源回收技术。

二、主要内容

1.绿色技术的覆盖范围

绿色技术的覆盖范围有两层意思。第一层意思指绿色技术的影响广泛,涉及所有领域,如能源、资源、化工、交通、建筑、电子、机械等。第二层意思与产品生命周期的概念相联系。

产品的生命周期的概念:一种产品从采集原材料开始,经过原材料加工、产品制造、包装和运输、消费者使用和维护、最终再循环或作为废弃物处理或处置,整个过程称为产品的生命周期。

理论上,对于某种产品,绿色技术的覆盖范围包括产品的整个生命周期。在实际情况下,往往主要考虑产品生命周期中环境影响最为突出的一个或几个环节:或改变原材料和能源,或改进生产工艺,或强化回收系统,或完善最终处置。

2.绿色技术的理论体系

绿色技术的理论体系包括绿色观念、绿色生产力、绿色设计、绿色生产、绿色化管理、合理处置等一系列相互联系的概念。

绿色观念是绿色技术从理论向实践转换的一个重要环节,它应当体现绿色技术思想,同时,又能对实践产生具

体指导。宏观的绿色观念应该包括以下内容：环境的全球性观念；持续发展的观念；人民群众参与的观念；国情的观念。

在绿色观念的指导下，才可能积极有效地发展绿色生产力。所谓绿色生产力，有人认为：“是指国家和社会，以耗用最少资源的方式来设计、制造与消费可以回收循环再生或再用的产品”的能力或活动的过程。发展绿色生产力，必须在社会生产和生活领域中体现绿色观念。具体内容可以包括以绿色设计为本质，绿色制造为精神，绿色包装为体现，绿色行销为手段，绿色消费为目的，来全面协调和改革生产与消费的传统行为和习性，从根本上解决环境污染问题。

绿色设计是指在设计阶段，对产品的生命周期进行综合考虑。少用材料，尽量选用可再生的原材料，产品生产和使用过程能耗低，不污染环境；产品使用后易于拆解、回收、再利用、使用方便、安全、寿命长，

绿色生产，也称为清洁生产，在产品生产过程中，将综合预防的环境策略持续地用于生产过程和产品中，减少对人类和环境的风险。清洁生产通过改进工艺技术和改变管理态度来实现：清洁生产是绿色技术思想在生产过程中的反映，两者在指导思想上一致的，都体现了在社会经济活动、特别是生产过程中体现环境保护的要求。两者的涉及范围也相当，都涵盖了产品生命周期的各个环节。如果说绿色技术更多地表现为科学发展和环境价值观相结合而形成理论体系，那么清洁生产则是绿色技术理论体系在

产品生产，尤其是在工业生产中的具体落实。

绿色标志，即环境标志，它的作用是表明产品符合环保要求和对生态环境无害，经专家委员会鉴定后由政府部门授予。环境标志是以市场调节实现环境保护目标的举措。公众以购买环境标志产品为时尚，促使企业以生产环境标志产品作为获取经济利益的途径，从而达到预防污染的目的。

绿色标准。近年来，环境管理实践的非官方规范已开始作为企业环境管理中的主要推动力而出现。其中，最有代表性的是由国际标准化组织制定的 ISO14000 体系。全称是：环境管理工具及其体系系列标准。内容包括：环境管理体系标准(EMS)，环境审核标准(EA)，环境标志标准(EL)，环境行为评价标准(EPE)，生命周期评估标准(LCA)，术语和定义，产品标准中的环境指标(EAPS)。

绿色技术可以分为两类：减少废弃物产生的技术称为浅绿色技术，处置废弃物的技术称为深绿色技术。现实情况表明：随着经济发展和人们生活水平的提高，人均废弃物产生量在不断增加。因此，尽管废物减量化工作不断取得进展，废弃物的最终处置(深绿色技术)仍具有重要意义。深绿色技术一般包括两个方面：一是资源回收与再利用技术，二是以合理的方式处理废弃物。

第二节 绿色产品

一、概述

就狭义而言，绿色产品是指不包括任何化学添加剂的纯天然食品或天然植物制成的产品；就广义而言，指生产、使用及处理过程符合环境要求，对环境无害或危害极小，有利于资源再生和回收利用的产品。例如，由自然纤维棉、麻和丝绸等天然作物制作而成的“自然生态服装”，绿色汽车、绿色冰箱、绿色电脑、绿色建筑、可降解塑料等。

简而言之，所谓绿色产品是指在营销过程中具有比目前类似产品更有利于环保性的产品。绿色产品与传统产品一样具有以下三个特征：核心产品成功地符合消费者的主要需求。技术和质量合格，产品满足各种技术及质量标准。产品具有市场竞争力，并且有利于企业实现赢利目标。

但是，与传统产品相比，绿色产品还有一个最重要的基本标准，即符合环境保护要求。二者的根本区别在于绿色产品具有改善环境和社会生活品质的特点。

二、绿色产品的分类

绿色产品可以从不同的角度进行分类，例如可按与原产品区分的程度分为改良型、改进型。也可按其对环境作用的大小，按“绿色”的程度来划分等。“绿色”是一个相对的概念，很难有一个严格的标准和范围界定，它的标准可以由社会习惯形成、社会团体制定或法律规定。但按

国际惯例，一般来说，只有授予绿色标志的才算是正式的绿色产品。由于各国确定的产品类别各不相同，规定的标准也有所差别。

以下以德国为例，对该国的绿色产品分类做一简介。德国是世界上发展绿色产品最早的国家，德国的绿色产品共分为七个基本类型。

1.可回收利用型

包括经过翻新的轮胎、回收的玻璃容器、再生纸、可复用的运输周转箱、可再生塑料、废橡胶生产的产品、用再生玻璃生产的建筑材料、可复用的磁带盒等。

2.低毒低害型

包括不含农药的室内驱虫剂、低污染灭火剂、油漆和涂料、锌空气电池等。

3.低排放型

包括低排放的雾化燃烧炉、燃气焚烧炉、低污染节约型燃气炉等。

4.低噪声型

包括低噪声割草机、摩托车、建筑机械、低噪声低烟尘城市汽车等。

5.节水型

包括节水型清洗槽、水流控制器、清洗机等。

6.节能型

包括太阳能产品，燃气多段锅炉和循环水锅炉。

7.可生物降解型

包括易生物降解的润滑油、润滑脂等。

8.其他例

如用于公共交通有益环境的车票等。

三、绿色产品现状及发展趋势

从以下数据,不难发现绿色产品的发展是十分迅速的:1985 年全球开发出的绿色产品仅占新产品总数的 0.5%,到 1990 年上半年已上升到 9.2%,增长了 18 倍。德国在 1991 年有 3600 多种绿色的标志产品,到 1993 年 9 月绿色产品类别增至 75 个,产品约有 4000 种。现在绿色产品已超过 6000 种,占全国商品种类的 30%以上。日本在 1990 年 11 月底仅有 31 类 850 种绿色产品,现在已超过 3000 种产品。美国的大部分家用产品都是在“绿色旗帜”下推出的。由此可见,进入 20 世纪 90 年代后,绿色产品在发达国家迅速发展,而且发展势头不减。

发达国家的绿色产品主要集中在食品、电器、汽车等领域,中国的绿色产品目前主要集中在绿色食品。下面就主要的绿色产品领域做一简要介绍:

1.绿色食品

绿色食品是遵循可持续发展的原则,按特定的生产方式,经专门机构认定,许可使用绿色食品标志的商品,无污染的安全、优质、营养类食品。绿色食品并非“绿颜色”的食品,而是对“无污染”食品的一种形象描述。

绿色食品是随着严重的环境问题而产生的。20 世纪初,发达国家大量使用农药、化肥,排放工业“三废”,带来了严重的环境问题。从局部地区的区域性环境问题发展到全球性的环境问题,环境污染造成食品安全性的威胁对人

类健康的危害日渐被人们所重视。回归大自然，消费无公害食品，已经成为人类的共同向往。

在国外，开发绿色食品的工作起步较早，规模较大的国家有美国、日本、德国、法国、荷兰、澳大利亚、阿根廷、以色列等国家。我国绿色食品事业 1990 年开始起步，1992 年 11 月中国绿色食品发展中心成立，1993 年底被有机农业运动国际联盟接纳为正式会员。近些年来，我国绿色食品也得到了很大的发展。

发展绿色食品，创造了一个事关人类生存和发展的崇高产业，表明我国政府对人类前途负责的政治态度，维护和优化了我国农业基础生产条件。同时也有利于推动农业产业化进程的进程，推动人类经济活动的文明进步。

2. 绿色能源

绿色能源也称清洁能源，它可分为狭义和广义两种概念。狭义绿色能源是指可再生能源，如水能、生物能、太阳能、风能、地热能和海洋能。这些能源消耗之后可以恢复补充，很少产生污染。广义的绿色能源则包括在能源的生产、及其消费过程中，选用对生态环境低污染或无污染的能源，如天然气、清洁煤(将煤通过化学反应转变成煤气或“煤”油，通过技术严密控制的燃烧转变成电力)和核能等。

中国作为一个发展中国家，经济实力和科技水平有限，要实现可持续发展，今后几十年内仅仅着眼于再生能源的开发利用是不现实的，所以广义的绿色能源概念对中国更有意义。

4. 绿色建筑

绿色建筑是指建筑设计、建造、使用中充分考虑环境保护的要求，把建筑物与种植业、养殖业、能源、环保、美学、高新技术等紧密地结合起来，在有效满足各种使用功能的同时，能够有益于使用者身心健康，并创造出符合环境保护要求的工作和生活空间结构。

绿色建筑的原则包括：资源经济和较低费用原则，全寿命设计原则，宜人性设计原则，灵活性原则，传统特色与现代技术相统一的原则，建筑理论与环境科学相融合的原则。

绿色建筑的指导思想是设计要体现可持续发展的要求，即可持续发展原则在建筑设计中的反映。例如，设计中强调能源使用的集约化，运用建筑热工原理使用能源，利用高技术创造低能耗的环境；结合气候设计，充分考虑建筑如何有利于通风，而不是滥用空调；强调节约资源，减少各种资源和材料的消耗。如所谓的 3R 原则：减少使用、重复使用和循环使用；发展各种生态建筑和生态城市的思想，强调设计与生态相结合，尽量减少对自然界和环境的不良影响等。这些思想逐步深入推动了设计方法的发展，丰富和发展了传统的设计理论和设计实践。

5. 绿色汽车

汽车是重要的污染源之一，因此，汽车的绿色设计也就成了环境保护的重要内容。目前，从日本到美国，世界各大汽车公司都在设计和生产所谓的绿色汽车。此种汽车无论在外形或结构上都充分考虑保持清洁的环境。

绿色汽车要求生产商用安全的材料代替有污染性的材料，用清洁燃料代替冒烟能源。例如，通用汽车公司的双人座电力轿车一次充电可以行驶 110~160 公里，现在这种车在美国的十几个城市投入使用，公路旁也已兴建起补充电源和更换元件的服务设施。为节约能源，减少污染，德国大众汽车公司开发自动熄火的发动机。这种自动关闭的汽车在遇到交通堵塞、红灯、暂停和下坡时会自动停止发动机的工作，使二氧化碳的排放量比普通内燃机低 22%。

第三节 环境标志

一、概述

环境标志是一种印贴在产品或其包装上的某种特定图形，表明该产品和其他类似产品相比，在环境安全方面更加优越。获得环境标志的产品，除了在质量方面符合标准外，其在生产、使用及处置等全过程都符合环境保护要求，如对环境危害极小或无害，可回收再生，使资源循环利用。世界上最早实行环境标志的国家是德国。1987 年德国首次实行了“蓝色天使”计划，对 3600 种产品发放了环境标签。发达国家纷纷仿效，在加拿大叫“环境选择”，在日本叫“生态标志”。美国于 1988 年开始实行环境标志制度，有 36 个州联合立法，在塑料制品、包装袋、容器上使用绿色标志，甚至还率先使用“再生标志”，说明它可重复回收，再生使用。欧共同体于 1993 年 7 月正式推出欧洲环境标志。凡有此标志者，可在欧共同体成员国自由通行，各国可自由申

请。前不久，欧共体委员会就电子、电动产品中电磁污染做出新规定，要求凡是在欧共体市场上出售的电子及电力设备都必须经过电视机、移动无线设备、医药科学仪器、信息技术设备、灯具等，我国深圳此类产品的出口受到很大影响。美国食品与药品管理局也作出规定，凡是出口到美国的鱼类及其制品，都必须贴上有美方证明的来自未污染水域的标签。

环境标志是经济发展与环境优化统一的措施。环境标志提醒企业，要想使产品能占领市场并获利，除重视产品的质量、外观和服务外，产品的环境效益已是不可缺少的条件。谁拥有绿色产品证书，谁就拥有市场份额。环境标志产品本身也是一种很好的广告，能为企业树立良好形象，提高产品在市场上的竞争力。实施环境标志有利于提高人们的环境意识，环境标志的兴起正是人类环境意识全面觉醒的反映。大量的实践表明，环境标志制度是市场经济条件下深化环境管理的一项重要措施，它在政府、企业和消费者之间架起的一座桥梁，传递着保护环境的信息。

二、我国的环境标志

我国完善和发展环境标志制度的对策包括大力推行清洁生产，推广实施 ISO14000 环境管理体系标准，学习国外先进经验，积极参与国际合作，尽量实施国际标准，让中国环境标志产品得到世界的认可。

1. 我国的环境标志图形及寓意

中国环境标志图形由中心的青山、绿水、太阳及周围的十个环组成。图形的中心结构表示人类赖以生存的环境，

外围的十个环紧密结合，环环紧扣，表示公众参与，共同保护环境；同时十个环的“环”字与环境的“环”同字，其寓意为“全民联系起来，共同保护人类赖以生存的环境。”

2. 实施和管理该计划的机构

我国实施和管理该计划的机构是中国环境标志产品认证委员会(CCEL)。国家环保局于1993年7月23日向国家技术监督局申请授权国家环保局组建“中国环境标志产品认证委员会”，1993年9月，国家技术监督局正式批复同意申请。经过半年多的酝酿和筹备，中国环境标志产品认证委员会于1994年5月17日成立，它标志着我国环境标志产品认证工作的正式开始。认证委员会由环保部门、经济综合部门、科研院校、质量监督部门和社会团体等方面的专家组成，是代表国家对环境标志产品实施认证的唯一合法机构，它的成立使我国的环境标志产品认证工作有了组织保证；同时《中国环境标志产品认证委员会章程(试行)》、《环境标志产品认证管理办法(试行)》、《中国环境标志产品认证证书和环境标志使用管理规定(试行)》、《中国环境标志产品认证收费办法(试行)》等一系列工作文件的出台，为环境标志产品的认证奠定了基础。

3. 我国环境标志实施特点

在我国当前法制尚不够健全的形势下，环境标志计划是以政府参与为主体，通过在政府、企业和消费者之间架起这座绿色桥梁，传递有关环境保护的信息。

认证委员会代表国家对绿色产品实施第三方认证，既不属于制造方又不属于使用方，公正客观，在技术和管

理上保持高度的权威性。

认证制度符合市场机制的要求，采取自愿认证的方式，通过市场因素来体现环境产品的优势。

认证工作与国际惯例接轨，便于开展国际间的互认工作。

作为对于促进环境保护和扩大出口的努力的一部分，我国建立了环境标志计划，该计划与在德国实施的环境标志计划类似。

4.我国环境标志实施程序

在第一阶段，组建环境标志评审委员会，根据收集到的企业及其他社会团体的建议，初步筛选出可开展环境标志的产品类别和目录。产品种类筛选是为了确保具有相似服务目的或相近使用功能的产品均能包括在同一种类中，以保证能为消费者提供准确可比的信息。根据筛选的产品种类，邀请行业专家进行技术经济评价，确定开展环境标志对产品的环境行为和价格等的影响。

组建环境标志技术委员会，审查环境标志产品标准。环境标志技术委员会对有关团体提出的标志产品标准进行技术审查，或推荐采用国外有关的环境标志标准。

公布环境标志产品类别、产品目录及其相应的环境行为评价标准。由国家行政部门通过报纸、电台、电视等形式公布技术审查结果，以便于中外企业申请。

在第二阶段，由符合申请认证条件的中外企业向国家指定的认证机构提交书面申请。申请认证条件为：

申请日前一年内，未曾受到环保机关处罚。

在原料取得、生产、使用、销售或废弃物回收、清除、处理过程中符合国家标准，对降低环境污染有成效，或使用时节省能源、资源者。

产品符合国家规定的质量和标志产品标准。在中国市场销售的国外企业生产的产品可由进口商或符合条件的外国企业提出申请。

国家指定的评审机构对提出申请的企业的生产管理质量体系和环境管理、监测系统进行检查，并对企业申请的标志产品进行现场抽样。对企业生产管理质量体系和环境管理系统的检查由国家注册检查人员负责执行，并按有关规定要求签署检查报告，报送评审机构。根据需要确定是否有必要进行产品现场抽样。

样品由国家确认的检验机构进行检验，检验结果报评审机构。样品检验机构可由国家评审机构指定，亦可由企业聘请，但需经国家行政部门认可。

评审机构根据检查和检验结果进行审查，对审查合格的批准审计，颁发环境标志证书，并准许其使用环境标志。

根据环境标志产品特点，评审机构定期对持有环境标志证书的企业实施监督检查。监督检查内容包括企业的质量体系、环境管理系统有无重大改变、产品环境行为有无重大变化、环境标志使用是否得当等。

5. 中国环境标志产品标准的基本框架

我国环境标志产品认证工作起步虽晚，但相对于国际诸发达国家的环境标志计划，我国有自己的特色。总体上来讲，如国际上其它国家的环境标志认证一样，环境标志

产品的技术要求(即标准)制定工作在标志计划实施体系中已确立了龙头导向地位,并直接关系到环境标志认证的顺利实施和认证工作的宏观严肃性,是环境标志认证过程中的关键步骤。早在1994年5月,中国环境标志产品认证委员会成立之初,就同时颁布了7项环境标志产品技术要求,即《低氟氯化碳家用制冷器具》、《无氟氯化碳气溶胶制品(发用摩丝、定型发胶)》、《无铅车用汽油》、《水性涂料》、《卫生纸(厕用)》、《真丝绸类》和《无汞镉铅充电电池》。实践证明,7项环境标志产品技术要求为中国开展环境标志产品认证奠定了基础,为我国环境标志产品的认证提供了科学依据,并基本构筑出了中国环境标志产品技术要求的主体框架。

在经过不断探索、发展的道路之后,我国环境标志产品技术要求已初步形成了一套适应我国国情,具有中国特色的编制模式。以政府颁布、双优特性、全过程管理、环境行为明确、定量检验和国际接轨六个基本要点支撑起总体框架,这将是今后相当长一段时间内我国环境标志产品技术要求的制定方针。

政府颁布。

第一批中国环境标志产品技术要求就确定了“政府颁布”这一特性,我国尚处于社会主义初级阶段,生产力水平还不发达,又处在社会主义市场经济体系建立初期,诸多政策法规并不完备,市场竞争相对混乱,各种假冒伪劣产品充斥市场,同时各种以利益驱动的民间认证更是此消彼长。任何市场经济体系确立的初期,均会经过这样一段

混乱过程，而在这一特殊历史时期，借助政府机构的威信以区别于其它认证机构，提高环境标志的权威性，通过政府职能的介入以保障环境标志计划在中国健康发展，确保其第三方认证的客观性，是在中国发展环境标志认证工作的内在要求。作为政府职能介入环境标志认证的重要手段就是由国家环保总局颁布每一项环境标志产品技术要求，以避免技术要求中的企业行为对技术要求的公正性的影响，使每项技术要求都能客观公正的评价每类产品的环境行为。

双优产品。

环境标志产品技术要求规定获得环境标志的产品必须是质量优、环境行为优的双优产品。由于环境标志一向所倡导的“绿色消费”的核心内容为：在保证消费者利益的前提下，即在相同的质量要求下，引导广大消费者购买对环境有益的绿色产品。因为，环境行为优越的产品，如果质量不合格，就将丧失其使用价值，损害消费者的利益，背离了绿色消费概念的前提；反之，产品质量合格，但加重环境负荷的产品，就丧失了其环境价值，对生态环境造成破坏，违反了绿色消费的主旨。只有具备环境行为优、产品质量优双重特征的产品，才符合环境标志产品技术要求的规定，才有资格成为环境标志产品。在技术要求制定工作的不断发展与完善过程中，产品质量必须符合相应的质量标准已被作为环境标志产品技术要求的基本要求之一，而环境行为优则体现在技术指标中，二者相辅相成，共同决定了环境标志产品双优特性这一基本特征。

全过程环境管理。

国际标准化组织 ISO14000 系列标准的核心问题就是以生命周期评价为基础,对产品实行环境标志认证的同时,对生产产品的企业实行环境管理体系认证。首先针对产品本身而言,从其出生到走向坟墓的综合生命周期评价,是环境标志产品制定技术要求的根本依据。结合中国国情,环境标志产品技术要求先后在若干项标准中规定了对产品的原材料、包装及其本身的回收利用的条款。其次,企业排污必须达标作为技术要求中的另一项基本要求已被确立。生产绿色产品的企业本身对环境造成伤害显然是自相矛盾的现象。根据我国企业整体水平,将清洁生产的概念引入企业,提高其对环境管理体系的认识,并逐步实现对产品的全过程进行环境监控,是环境标志通过市场引导企业绿色理念的根本手段。

环境行为明确。

在每一种产品的环境行为中,除对选料、包装等附属材料环境行为加以限制外,还应在技术要求中规定产品本身的主要环境行为,如低毒、节能、降噪或可降解等。在保障产品质量的基础上,大幅度削减其对环境的影响。有些产品的质量指标本身就反映了其环境行为的表现,例如,噪音是家电空调的主要性能指标之一,低噪声同样是其环境行为优越的表现。因此,环境标志产品技术要求将环境标志产品具有明确的环境行为作为区别一般产品的硬性指标。

定量检验。

认证区别于传统的评奖、评优就在于客观或主观地评定产品的行为。环境标志认证作为认证体系的一种，其客观性体现在对产品环境行为的定量评定，而实现定量评定的唯一科学手段就是检验。技术要求中的每一项技术指标尽可能做到量化，并且配有相应的科学检验方法。每一种申请环境标志的产品，都要按技术要求中规定的检验方法对其环境行为进行定量检测，这为环境标志认证工作的客观性、科学性提供了有力的保障。

国际接轨。

环境标志产品认证的总体发展趋势，是与国际接轨，实现各国间环境标志产品的互认。但是现在看来，影响各国环境标志互认的最大障碍是技术要求中技术指标体系的差异，这是由不同国家、地区，不同的产品结构和技术水平造成的。对我国而言，环境标志产品技术要求的指标体系一方面要考虑适应中国国情，另一方面又要瞄准国际先进水平，尽量缩小差距，早日实现与其它国家在环境标志上的互认。环境标志互认将鼓励企业生产绿色产品，已获得环境标志的企业将从中获得更大的利益。因此，技术要求的标准体系与国际接轨，是环境标志认证的发展方向。

综上所述，以政府颁布、双优为基本特征，以对产品环境行为实施全过程监控为手段，以明确的环境行为为主旨，以定量检验为保障，最终实现与国际接轨，就形成了中国环境标志产品技术要求的整体框架。

6.我国目前优先开展的认证的六类产品 国际履约类。

保证我国如期履约，促进各行业氟利昂替代，保证中国在国际上的声誉。早在 1991 年 6 月，我国签订《蒙特利尔议定书》，意味着我国将要在 2010 年替代氟利昂制品。

可再生、回收类。

节约资源、减少垃圾、降低污染。这类环境标志产品 是各国环境标志产品认证的重点。

改善区域环境质量类。

主要针对消耗性消费品，特别是使用数量巨大，对环境三种介质(水、气、土壤)造成严重威胁的产品。以市场为导向，为改善区域环境质量提供多种途径。

改善居室环境质量类。

保护消费者权益，改善居室环境质量。主要针对居室环境的两个方面：空气环境和噪声指标。

保护人体健康类。

推动我国人民生活质量的提高，引导消费者逐步淘汰对人体有害的传统产品。

提高资源、能源利用率类。

节能降耗，提高产品的资源、能源综合利用率。

第四节 绿色壁垒

一、概述

1.绿色壁垒的定义

所谓绿色壁垒，实质是指以保护人类及动、植物健康或保护生态和环境安全直接或间接目的，而采取的限制甚

至禁止贸易的法律、法规、政策与措施，从而使对外贸易的发展形成了障碍。它是技术性贸易壁垒的一种形式。绿色壁垒的形成主要是出于保护生态环境的要求。生态破坏和环境污染威胁人类的安全，国际社会采取了许多措施，特别是制定了许多国际公约，各国政府和一些团体也制定了一些法律、法规、政策和措施。在这些公约、法规和政策措施中，限制甚至禁止对外经贸已成为实现环境目的的重要手段，这对外贸来说就形成了市场准人的壁垒。绿色壁垒产生和发展的另一重要因素是贸易保护主义，一些国家以保护生态环境为名，行贸易保护主义之实。消费者环境意识的提高和全球绿色消费运动的兴起也促进了绿色壁垒的发展。

2. 绿色壁垒的主要特点

(1) 广泛性。

从产品角度来讲，不但包括初级产品，而且涉及所有的中间产品和工业制成品；从过程角度看，涵盖了研究开发、生产、加工、包装、运输、销售和消费整个产品的生命周期；绿色壁垒措施的表现形式涉及法律、法令、规定、要求、程序等各个方面。

(2) 隐蔽性和双重性。

正常的绿色壁垒是指合理合法地采取贸易措施以达到保护环境的目的非正常的绿色壁垒则以保护环境面目出现，实为保护国内产业和市场。

(3) 歧视性。

由于主要是发达国家实行绿色壁垒措施，发展中国家

较难达到要求，因而常成为牺牲品。

(4)影响深远且扩散性大。

一般来说，一旦绿色壁垒措施影响贸易，其程度较之于关税和一般非关税壁垒的影响大，且较易产生连锁反应，从一个国家扩展到多个国家，甚至全球。

(5)易变性和差异性大。

各国采取的绿色壁垒措施经常变化，且各国差异较大，使得发展中国家的出口厂家难以适从。另外，为了符合各国的要求，出口企业可能需要重复认证，结果大大增加了成本，影响了竞争能力。

(6)争议性大。

由于绿色壁垒涉及面广，有些情况又非常复杂，加之隐蔽性和合法性结合，造成不同国家之间难以协调，易引起争议，解决争议的时间一般都较长。目前绿色壁垒已成为贸易争端的重要领域。

二、主要发达国家的绿色技术壁垒状况

随着人类环境意识的提高，发达国家利用自己的经济、技术优势，假借环保之名，实贸易保护之实，对其他国家特别是发展中国家设置“绿色技术壁垒”。这种壁垒已越来越成为发达国家在国际贸易中所使用的主要技术壁垒，具体体现在如下几个方面：

1. 对商品中的有害物含量制定较高的指标

发达国家假借保护环境，人类动植物的卫生，安全健康之名，对商品中的有害物含量制定较高的指标，从而限制了商品的进口。美国环保署规定，在美国九大城市出售

的汽油中含有的硫、苯等有害物质必须低于一定水平，国内生产商可逐步达到有关标准，但进口汽油必须法规执行时达到，否则禁止进口。美国为保护汽车工业，出台了《防污染法》，要求所有进口汽车必须装有防污染装置，并制定了近乎苛刻的技术标准。上述内外有别，明显带有歧视性的规定引起了其他国家，尤其是发展中国家的强烈反对。委内瑞拉、墨西哥等国为此曾上诉关贸总协定和世界贸易组织，加拿大、欧共体也曾与美国“对簿公堂”。

2.绿色技术标准

发达国家的科技水平较高，处于技术垄断地位。它们在保护环境的名义下，通过立法手段，制定严格的强制性技术标准，限制国外商品进口。这些标准都是根据发达国家生产和技术水平制定的，对于发达国家来说，是可以达到的，但对于发展中国家来说，是很难达到的。这种貌似公正，实则不平等的环保技术标准，势必导致发展中国家产品被排斥在发达国家市场之外。在1995年4月，由发达国家控制的国际标准化组织开始实施《国际环境监查标准制度》，要求产品达到ISO9000系列质量标准体系。欧盟最近也启动一项名为ISO14000的环境管理系统，要求进入欧盟国家的产品从生产前到制造、销售、使用以及最后和处理阶段都要达到规定的技术标准，一般以消费品为主，不含服务业和已有严格环保标准的药品及食品，优先考虑的是纺织品、纸制品、电池、家庭清洁用品、洗衣机、鞋类、建材、洗护发用品、包装材料等26类产品。英国首先完成了洗衣机、洗碗机、灯泡、护发用品、防臭剂、化肥

的环境标准的制定，欧共体已表决通过。目前，美国、德国、日本、加拿大、挪威、瑞典、瑞士、法国、澳大利亚等西方发达国家纷纷制定环保技术标准，并趋向协调一致，相互承认。

3. 绿色环境标志

目前，美国、德国、日本、加拿大、挪威、瑞典、法国、芬兰、澳大利亚等发达国家都已建立了环境标志制度，并趋向于协调一致，相互承认。它犹如无形的层层屏障，使发展中国家产品进入发达国家市场步履维艰，甚至受到巨大冲击。据我国外经贸部门估计，由于发达国家环境标志的广泛使用，将影响我国 40 亿美元的出口。

4. 绿色包装制度

绿色包装指能节约资源，减少废弃物，用后易于回收再用或再生，易于自然分解，不污染环境的包装。它在发达国家市场广泛流行。一种由聚酯、尼龙、铝箔、聚乙烯复合制成的软包装容器在日本和欧洲市场大受青睐，已广泛用于饮料、食品、医药、化妆、清洁剂、工业用品的包装，其使用后的体积仅为传统容器的 3~10%。简化包装，可再生回收再循环包装、多功能包装，以纸代塑料包装为推动“绿色包装”的进一步发展，纷纷制定有关法规。

德国早在 1992 年 6 月公布了《德国包装废弃物处理的法令》。奥地利在 1993 年 10 月就开始实行新包装法规。英国制订了包装材料重新使用的计划，要求使包装废弃物的 50~75% 重新使用。日本也分发布并强制推行《回收条例》、《废弃物清除条件修正案》。美国规定了废弃物处理的减

量、重复利用、再生、焚化填埋 5 项优先顺序指标。这些“绿色包装”法规，虽然有利于环境保护，但却为发达国家制造“绿色壁垒”提供了可能。它们借口其他国家，尤其是发展中国家产品包装不符合其要求而限制进口，由此引起的贸易摩擦不断。例如，丹麦以保护环境为名，要求所有进口的啤酒、矿泉水、软性饮料一律使用可再装的容器，否则拒绝进口。此举受到欧共体其他国家的起诉。最后丹麦虽然胜诉，但欧共体仍指责其违反自由贸易原则。美国担心污染环境，同样拒绝进口加拿大啤酒。

5. 绿色卫生检疫制度

海关的卫生检疫制度一直存在。乌拉圭回合通过的《卫生与动植物卫生措施协议》建议使用国际标准，规定成员国政府有权采取措施，保护人类与动植物的健康，其中确保人畜食物免遭污染物、毒素、添加剂影响，确保人类健康免遭进口动植物携带疾病而造成的伤害。但是，各国有很高的自由度，要求成员国政府以非歧视方式，按科学原则，保证对贸易的限制不超过环保目标所需程度，而且要有高透明度。

实际上，发达国家往往以此作为控制从发展中国家进口的重要工具。它们对食品的安全卫生指标十分敏感，尤其对农药残留、放射性残留、重金属含量的要求日趋严格。例如，在第 24 届联合国农药残留法典委员会上，讨论了 176 种农药在各种商品中的最高残留量、最高再残留量(系指现已禁用的但仍在食品中残留的农药含量)和指导性残留限量。因此，欧共体对在食品中残留的 22 种主要农药制

定了新的最高残留限量，即从严控制其在食物中的残留限量。由于生产条件和水平的限制，发展中国家很多产品达不到标准，其出口到发达国家市场的农产品和食品将受到很大影响。例如，由于日本、韩国对进口水产品的细菌指标已开始逐批化验，河豚鱼逐条检验。我国出口日本、韩国的虾仁、鱿鱼均因细菌超标而被提出退货。

6.绿色补贴

为了保护环境和资源，有必要将环境和资源费用计算在成本之内，使环境和资源成本内在化。发达国家将严重污染环境的产业转移到发展中国家，以降低环境成本。发展中国家的环境成本却因此提高。更为严重的是，发展中国家绝大部分企业本身无力承担治理环境污染的费用，政府为此有时给予一定的环境补贴。发达国家认为发展中国家的“补贴”违反关贸总协定和世界贸易组织的规定，因而以此限制其产品进口。最近，美国就以环境保护补贴为由，对来自巴西的人造橡胶鞋和来自加拿大的速冻猪肉提出了反补贴起诉。这种“绿色补贴”壁垒有日益增加之势。

第五节 清洁生产

一、清洁生产的定义

清洁生产是要从根本上解决工业污染的问题，即在污染前采取防止对策，而不是在污染后采取措施治理，将污染物消除在生产过程之中，实行工业生产全过程控制。这是上个世纪 80 年代以来发展起来的一种新的、创造性的保

护环境的战略措施。美国首先提出其初期思想，这一思想一经出现，便被越来越多的国家接受和实施。近些年来，不少发达国家的政府和各大企业集团(公司)都纷纷研究开发和采用清洁工艺(少废无废技术)，开辟污染预防的新途径，把推行清洁生产作为经济和环境协调发展的一项战略措施。联合国在巴西召开的“环境与发展大会”提出了全球环境与经济协调发展的新战略，中国政府积极响应，提出了“中国 21 世纪议程”，将清洁生产列为“重点项目”之一。

一些国家在提出转变传统的生产发展模式和污染控制战略时，曾采用了不同的提法，如废物最少量化、无废少废工艺、清洁工艺、污染预防等等。但是这些概念不能包容上述多重含义，尤其不能确切表达当代融环境污染防治于生产可持续发展的新战略。为此，联合国环境规划署与环境规划中心综合各种说法，采用了“清洁生产”这一术语，来表征从原料、生产工艺到产品使用全过程的广义的污染防治途径，给出了以下定义：清洁生产是指将综合预防的环境保护策略持续应用于生产过程和产品中，以期减少对人类和环境的风险。

清洁生产的定义包含了两个全过程控制：生产全过程和产品整个生命周期全过程。对生产过程而言，清洁生产包括节约原材料和能源，淘汰有毒有害的原材料，并在全部排放物和废物离开生产过程以前，尽最大可能减少它们的排放量和毒性。对产品而言，清洁生产旨在减少产品整个生命周期过程中从原料的提取到产品的最终处置对人类

和环境的影响。

清洁生产思考方法与前不同之处在于：过去考虑对环境的影响时，把注意力集中在污染物产生之后如何处理，以减小对环境的危害，而清洁生产则是要求把污染物消除在它产生之前。

根据经济可持续发展对资源和环境的要求，清洁生产谋求达到两个目标：

第一，通过资源的综合利用、短缺资源的代用、二次能源的利用，以及节能、降耗、节水、合理利用自然资源、减缓资源的耗竭。

第二，减少废物和污染物的排放，促进工业产品的生产、消耗过程与环境相融，降低工业活动对人类和环境的风险。

二、清洁生产的内容

清洁生产的主要内容包括：

1. 清洁的能源

包括常规能源的清洁利用、可再生能源的利用、新能源的利用和节能技术。

2. 清洁的生产过程

尽量少用、不用有毒有害的原料，尽量不产生无毒、无害的中间产品，减少生产过程中的各种危险因素，使用少废、无废的工艺和高效的设备，使物料能够再循环利用，操作和控制要简便、可靠，管理要完善。

3. 清洁的产品

节约原料和能源，少用昂贵和稀缺的原料，尽量利用

二次资源作原料，要确保产品在使用过程中以及使用后不会危害人体健康和生态环境，最好能使之易于回收、复用和再生，合理包装，使产品具有合理的使用功能和使用寿命，并且易处置、易降解。

三、清洁生产的评价指标

衡量一个企业的清洁生产工作开展的情况，可以通过以下几个方面的指标进行考虑：有毒有害产品淘汰多少；有毒有害原料淘汰多少；落后工艺、技术、设备淘汰多少；更新改造的工艺设备占应更新的工艺设备的多少；原材料、能耗单位产品消耗比上年减少多少；物料回收利用率、损失量比上年减少多少；产品物料流失、损失量比上年减少多少；产品收得率比上年增加多少；锅炉的热效率比上年提高多少；经济效益提高了多少；污染物减少多少。

四、煤清洁生产技术

1. 采煤过程中的粉尘防治技术

磁化水降尘技术。

水是抗磁性物质，当对水施加外磁场时，水就会产生一个附加磁场，其方向与外磁场方向相反，从而不同程度地改变水的基本结构，成为磁化水。由于粘度、表面张力降低，吸附和溶解能力增强，致使雾化程度提高，增加了捕捉粉尘的机率。据测定，普通清水喷雾后，雾粒大多大于150微米，中位径在80~100微米，而用磁化喷嘴后雾粒变细，在切割水流的水压为2.0兆帕时，喷出的水雾的中位径一般为72微米，最小为37.5微米，90%以上的雾粒径小于58.3微米。实际降尘效果：对总粉尘的降尘效果

比清水提高 14.7%，对呼吸性粉尘降尘率比清水提高 14%。

声波雾化降尘技术。

当前常用的喷雾降尘技术普遍存在着降低呼吸性粉尘效果差、耗水量大的缺点，其除尘率一般只有 30% 左右。该项技术是利用声波凝聚、空气雾化的原理，从提高尘粒与尘粒、雾粒与尘粒的凝聚效率以及雾化程度来提高呼吸性粉尘的降尘效果。

原煤层注水抑制粉尘产生的技术。

煤层注水是通过钻孔并利用水的压力，将水注入即将回采的煤层中，增加煤体的水分，使煤体得到预先湿润，降低煤的强度和硬度，以减少煤体产生浮游粉尘的能力。

预荷电高效喷雾降尘技术。

悬游粉尘大多带有电荷，如果让水雾带有极性相反的电荷，就可以使雾粒和尘粒之间产生较强的静电引力。从而提高水雾对粉尘的捕集效果。研究表明：荷电水雾对呼吸性粉尘的降尘效率随着水雾荷质比的提高而呈线性上升，最高可达 75.7%。实现这一目标的关键是研制出耗水量小、雾粒密度大、而且水雾能够荷上足够多电荷的电介喷嘴。

综掘工作面粉尘高效控制技术。

煤矿机械化水平提高的一个重要方面是掘进机用量增多，而且功率不断提高，带来了粉尘产生量剧增的问题。在粉尘浓度高达 3000 ~ 6000 毫克 / 立方米的条件下，仅仅采用低压喷雾方法难以获得理想的降尘效果。为此，在我

国研制成功了以干式布袋除尘器为主体的综掘工作面粉尘控制技术。这套技术的特点是从收尘、降尘、除尘以及通风方式、风流控制方面综合考虑，达到了有效控制综掘工作面粉尘的目的。

采煤机高压喷雾降尘技术。

在综放工作面，由于我国目前大多采用低位放煤，放煤口的采量并不很大，而采煤机割煤才是综放工作面的主要尘源。一般的采煤机外喷雾降尘效果不很理想，而高压喷雾由于其雾化好、射程远等特点，用于采煤机外喷雾能取得较好的降尘效果。

2. 煤炭脱硫技术

煤中硫分在燃烧过程中以二氧化硫的形式释放出来，逸散到大气中，是形成酸雨问题的主要原因。我国煤炭资源丰富，但高含硫量的煤所占比例较高，再加上烟气处理率低，排放出大量二氧化硫，形成范围较广的酸雨区。因此，煤炭脱硫对于改善我国大气质量具有重要意义。

微生物脱硫技术。

煤中硫主要以有机硫和无机硫两种形态存在。无机硫根据其生成的基本条件可分为共生和后生两种。后生的无机硫出现在煤层断面上，具有较大的结晶颗粒，可以通过机械加工，如重介洗选的方法脱除。与煤共生的无机硫用传统方法难以脱除。有机硫与煤中碳原子直接相结合存在于煤中，用传统的脱硫方法也难以脱除。针对有机硫和共生黄铁矿硫的特点，微生物脱硫具有反应器简单，反应可在室温和低压下进行的优点，缺点是处理时间较长。微生

物对无机硫(主要是硫化亚铁)和有机硫的脱除方法是不同的。对硫化亚铁有效的细菌主要为氧化亚铁硫杆菌和氧化铁硫杆菌，它们对硫化亚铁的作用可分为直接氧化和间接氧化。

现阶段较成熟的微生物脱硫方法有堆浸法、反应器法和改良浮选法三种。堆浸法是用含菌水喷淋煤堆，设备与操作都很简单，经济效益较好。反应堆法是在特定的反应器中，煤粒和含均营养液充分混合搅拌，此法可使煤粒和细菌充分接触，并能保证氧气和二氧化碳的供给，反应速度快。改良浮选法是通过吸附于黄铁矿颗粒表面微生物的作用，改变其表面性质，使黄铁矿与煤分离。

深度物理脱灰脱硫工艺。

如果原煤中嵌布粒度很细的无机矿物，要想从中选出较高产率的低灰精煤，甚至选出灰分低于 1% 的超净煤，用常规的物理方法难以实现。中国矿业大学开发出一种深度物理脱灰脱硫工艺，可使我国炼焦煤的灰分降到 6% 以下，对有些煤甚至可降到 1% 以下。硫分由原料煤的 2.99% 降到精煤的 0.51%，脱硫率达 88.19%。

其工艺流程为：原料煤在超细磨机中磨碎至其中的有机可燃体和无机矿物质充分解离，再把磨后的产物用水配成一定浓度的煤浆，并加入絮凝剂，送入絮团发生器。解离出的较纯的煤颗粒在高剪切应力作用下，由于其天然疏水性而得到絮凝剂的进一步强化，克服煤粒之间的静电斥力而结成絮团。为了进一步降低精煤灰分，可加入分散剂以减轻高灰泥物质对煤粒表面的覆盖。为了降低硫分，可

加入黄铁矿抑制剂。含有精煤絮团的矿浆再导入常规的泡沫浮选机，把絮团从高灰原煤中分选出来。选出的精矿可以再经过若干精选环节，以满足不同最终精煤灰分的要求。

3.水煤浆技术

概述。

水煤浆是用一定细度的煤粉与水及添加剂(分散剂、稳定剂)混合而成的均匀混合物。可以在一定时间内不发生沉淀、析水，能够像重油一样输送、储存和燃烧。它比重油闪点高、挥发性差、安全可靠性好。选择灰分小于 8%、硫分小于 0.5%的原料煤配制水煤浆，燃烧时的着火温度可比干燥粉低 100℃，故氮氧化合物生成少。

我国发展水煤浆技术具有重要意义：水煤浆是实现以煤代油的有效途径；水煤浆管道输送可以缓解煤炭运输紧张状况；能提高利用效率，避免运输损耗；有利于实现煤矿电厂和其它用煤大户同步建设；有利于改善煤炭产品结构，提高煤炭质量。

美国德士古公司早在 20 世纪 50 年代初期就开发了水煤浆技术，由于技术问题于 1958 年中断试验。20 世纪 70 年代世界石油危机之后，美、前西德、前苏联等国进行了这方面的研究。经过 20 多年研究开发，技术上已经基本成熟，步入工业化应用阶段。1989 年俄罗斯在西伯利亚建成了世界上第一个大型水煤浆工业化应用系统工程。包括一座年产 500 万吨的水煤浆制备厂，262 千米直径为 530 毫米的输送管线及 6×670 吨 / 小时锅炉的水煤浆燃烧系统。我国从“六五”开始这方面的项目攻关，先后建成了三座

25 万吨 / 年的水煤浆制备厂。山东白洋河电厂率先在 230 吨 / 小时燃煤电站锅炉上成功试烧水煤浆，取得了一系列了成果。

主要技术环节。

原料煤种的选择和精选：选定原料煤种后，为了降低原煤中的灰含量和硫含量，制浆前还要进行精洗选。精洗工艺可采用常规技术工艺，重介选煤或油团聚选煤工艺均可。

水煤浆的制备：精选后的煤经过破碎、研磨(球磨和棒磨)制成平均粒度约为 60 微米的细粉，加入 30% ~ 40% 的水和 1% 左右的添加剂，形成一种粘稠状易于输送、储存和喷燃的均匀混合物。

水煤浆的输送：水煤浆的输送是通过浆泵和管道在封闭系统中实现的。远距离输送用高压活塞泵，近距离输送用离心泵，炉前泵送用螺旋泵。管道埋入地下，根据当地冻土层厚度选择埋深。与管输相配合的还有安全、清洗和计量系统。水煤浆也可用槽车通过公路、铁路运输。

水煤浆的储存和炉前配置：在浆罐底部装有压缩风搅拌系统或在罐体圆周上装有机侧搅拌系统，以防止浆体长时间静置后的沉淀。罐体有加热系统，浆体的温度控制在 1 以上，以保持较好的流动性。低于 0 会冻结，温度过高会造成水分蒸发。

水煤浆在进入炉膛燃烧前必须有一套浆体配置系统，包括搅拌、过滤、加热、送浆、冲洗、压缩风计量控制等。以确保燃烧质量和调节锅炉负荷。整个系统用保温管道连

接。浆体经压缩雾化后在炉膛内燃烧。如果采用炉内脱硫，还需配置石灰石的磨制和配料系统，将石灰石浆粉送入水煤浆系统内再喷入炉膛燃烧。燃烧过程实现脱硫约 50%。燃烧温度控制在 1200 ~ 1250 。

水煤浆的燃烧：对水煤浆燃烧过程和机理的认识有两种观点。一种观点认为首先是水分蒸发过程：当炉膛内温度在 800 ~ 1000 时蒸发时间占燃烧时间的 8%，当温度提高到 1400 时，水分蒸发时间仅为 0.0174 秒，占浆滴总燃烧时间的 1.4%。然后才是炭粒燃烧的化学过程。另一种观点认为水煤浆同油一样，成分中都含有碳、氢、氧，是一种新型燃料，在高温下燃烧是一个直接的化学过程，水参加了化学反应。不论哪一种观点都认为同单烧煤粉相比，炉膛温度降低了 100 ~ 150 。

雾化喷嘴是水煤浆燃烧的关键技术，其性能直接影响水煤浆能否顺利着火和燃烧效率的高低。我国开发的喷嘴有三种：一是低压旋流内混型喷嘴；二是“Y”型混合喷嘴，在北京造纸一厂的 20 吨 / 小时、35 吨 / 小时和 60 吨 / 小时锅炉上应用取得成功；三是多级雾化撞击式喷嘴，试运行已获成功，不易堵塞、雾化良好。

添加剂的研制：添加剂是影响制浆成本的主要因素之一，用于改变煤粒的表面性质，促使颗粒在水中分散，使浆体有良好的流变性和稳定性。还可调节煤浆的 pH 值，消除不利因素的影响。我国已经开发出价格低廉而质量优于进口产品的添加剂，分散剂的主要成分是磺甲基化腐殖酸木质素，稳定剂主要成分是聚羧酸盐。

4.煤的液化技术

煤的液化是将煤转化成清洁的便于运输和使用的液体燃料(汽油、柴油和航空煤油等)或化工原料的一种先进的洁净煤技术。我国是个富煤缺油国家。我国陆上探明剩余石油储量 3 亿吨,人均 2.74 吨,仅为世界水平的 1 / 10。我国煤炭储量中可用于煤液化的资源超过 2000 亿吨,煤液化是解决石油紧缺的重要途径之一。

煤液化的原理。

煤和石油都是由古代生物在特定历史条件下,经过漫长的地质化学演变过程而形成的。煤和石油的区别在于煤的分子结构中含有大量的碳原子,而石油的分子结构中氢原子多而碳原子少。通过加氢,改变煤的分子结构,煤就可以液化变成油。

煤炭液化工艺过程。

煤的液化技术分直接和间接液化两大类,国外在技术上都已成熟。直接液化是煤在适宜的温度、压力条件下催化加氢变成油;间接液化是先把煤气化成煤气,再把煤气中的一氧化碳和氢气催化合成油。直接液化的产油率、热效率比间接液化高。

该工艺是把煤先磨成粉,再和自身产生的液化重油(循环溶剂)配成煤浆,在高温(约 450)和高压(20 ~ 30 兆帕)下直接加氢,将煤转化成汽油、柴油等石油产品,1 吨煤可产 0.5 吨油,加上制氢用煤,约 3 ~ 4 吨原煤可产 1 吨油。

该工艺先把煤全部气化成合成气,然后再催化剂作用下合成为汽油。1 千克煤可产 1.2 ~ 2 立方米左右的合成气,

1 立方米合成气可产 0.1 千克以上汽油，所以约 7~8 吨煤产 1 吨油。

5. 副产品和废弃物的资源化利用技术 矿井水资源化技术。

伴随煤炭生产同时排出大量矿井水，全国煤矿每年外排矿井水约 22 亿立方米，利用率却不到 20%。现有大约 5000 多台主排水设备，年耗电 30 亿千瓦时，有的煤矿吨煤排水费高达 5 元，另需缴纳水资源费。未经处理的矿井水外排，既污染环境、又影响景观，甚至破坏生态平衡。矿井水资源化是解决煤矿缺水和矿井水污染环境的最佳选择，达到社会、环境和经济效益的统一。

含悬浮物的矿井水：矿井水中的悬浮物主要是煤粉和岩石粉，与地面水中泥沙为主的悬浮物有一定差别。矿井水的悬浮物含量波动较大，低的不到 100 毫克/升，高的可达数千毫克/升，混凝剂的亲和能力要比泥沙为弱，即前者需消耗更多的药剂量，才能达到相同的处理效果。

国外 20 世纪 80 年代发展起来的流动电流单因子凝聚投药自控系统新技术，使混凝剂的投加量随矿井水中悬浮物数量的波动而自动调节，既保证出水水质又防止药剂浪费。常用的聚合氯化铝对煤粉亲和力较好，矾花形成较快，优于一般无机混凝剂，但矾花的沉降性能未见改善。有关研究已经表明，含活性硅酸的碱式多核羟基硅酸与金属盐的复合共聚净水剂，例如碱式硅酸硫酸铝，具有很好的净水效果。

高矿化度矿井水：矿井水中钙离子、镁离子、碳酸根

离子、碳酸氢离子、硫酸根离子等离子增多，矿化度大多为 500 ~ 4000 毫克 / 升。

20 世纪 70 年代以来，我国煤矿都采用电渗析技术处理高矿化度水，开发成功的微机自控系统使电压随进水矿化度而变化，可避免极化结垢、节省用电、减轻劳动强度、保证出水水质和提高工效。

酸性矿井水：高硫煤矿矿区往往排出酸性矿井水，pH 值多介于 2 ~ 4，主要含有硫酸根离子，亚铁离子，铁离子及其它离子，且矿化度及硬度高。

处理酸性矿井水通常采用中和法，传统方法是以廉价的石灰石或石灰作中和剂，针对煤矿现有的酸性水处理工艺，并考虑水处理技术的发展趋势，研究重点在采用生物技术与自控技术方面，两者在节省人工和降低处理费用上均有潜在优势。微生物能把亚铁离子氧化成铁离子；石灰乳中和法配备 pH 自控装置，可保持出水 pH 值稳定达标排放，作井下回用水和工业用水，这样既节省石灰投放量，又减轻劳动强度。

粉煤灰综合利用技术。

生产混凝土：粉煤灰可以单独加入到混凝土中，也可以作为波特兰粉煤灰水泥的一种组分随水泥一起加入到混凝土中。不同国家利用粉煤灰水泥和粉煤灰混凝土的相对比例是不同的。在美国，筑路、修堤坝、墙体等应用的粉煤灰混凝土是粉煤灰水泥的两倍。而在荷兰，粉煤灰水泥的用量是粉煤灰混凝土用量的 10 倍左右。

生产水泥：在水泥生产中，粉煤灰土要用来代替热处

理粘土或火山灰矿渣。一般来说，在粉煤灰水泥中，粉煤灰的掺量不宜超过 40%。随粉煤灰掺入量的增加，水泥的强度会有所下降。

生产加气混凝土和发泡混凝土：在生产加气混凝土时粉煤灰用来替代石英粉或粘结料。成分适合的粉煤灰最多可以替代 30% 的石英粉或粘结料，混凝土的性能不会有大的改变。在生产发泡混凝土时，可以用粉煤灰部分或全部取代水泥。

生产砖和陶瓷：一些欧洲国家使用高含水量的粘土烧制建筑用砖。湿度大的粘土不需要太高的压力就可以成型。在这种情况下，掺入粉煤灰的量可高达 40%。还可以把粉煤灰掺入到塑性很高的粘土中，以降低坯料的干缩性。当粉煤灰含碳量较高时，碳可以作为一种燃料。经过挤压成型、干燥和窑炉内烧结，形成多孔砖。

生产其它胶结材料：粉煤灰还可以用来生产其它胶结材料，如砌筑砖墙用的灰泥、特种水泥和灰浆，生产砖、瓦、建筑构件的集料。生产沥青质混凝土。在生产过程中，把粉煤灰、石灰、石膏、少量波特兰粉煤灰水泥，以及炉渣和碱性活化剂等混合起来使用，还要加入集料、填料或调节材料。石膏和石灰的用量与粉煤灰中氢氧化钙及脱硫酸剂的含量有关。

充填建筑路基：许多国家已经把粉煤灰用于道路和桥梁的建设，还利用粉煤灰平整土地。美国粉煤灰协会提出了一套有关用粉煤灰建造路基的方案，以避免在道路工程中随意使用粉煤灰而不考虑长期效果。该方案建议使用火

山灰稳定混合材料建筑路基层，即用粉煤灰、活化剂、集料和水混合后修建道路。以色列开展了一项重大的粉煤灰充填工程，在特拉维夫海滨填海造地，整个项目要使用数百万吨粉煤灰。

提取空心玻璃珠：空心玻璃珠是粉煤灰中的一种利用价值很高的多功能材料。它是煤中的硅酸盐在高温燃烧过程中因膨胀及表面张力的作用形成的中空硅铝酸盐球体。由于空心玻璃珠的比重小，表面活性强，可以做塑料、橡胶、涂料、绝缘材料、耐高温材料、保温材料的原料或填料。美国把空心玻璃珠与金属制成揽合材用于航空与火箭的喷射筒等。

生产流体混合材料和防渗材料：美国混凝土研究院提出一种与可流动的灰浆相似的流体混合材料，定名为“可控制低强度材料”。这种材料的抗压强度与压实的土壤相近，粉煤灰可以作为这种材料的主要原料。可控制低强度材料用于回填、道路建设、沟渠底板建设等。

英国研制出一种用膨胀土、粉煤灰和水泥为原料制成的防渗混合材料，可以有效防止因浸透作用及废气造成的污染。这种混合材料通常呈浆体状态，具有自硬性，原地渗透率小于 1×10^{-9} 米 / 秒。材料的抗压强度在 28 天时不低于 1.5 兆帕。

农业领域的应用：日本在粉煤灰中加入适量氢氧化钾，氢氧化镁后焙烧，生产硅酸钾肥料。还用磷酸溶液与粉煤灰反应，并加入氮、钾等成分生产化肥。一些欧洲国家利用粉煤灰对土壤进行改良，将适量粉煤灰以适当的方式掺

入土壤，以改良土壤的透气、持水等性能。德国在粉煤灰堆场上种植植被，取得了成功。

生产人工集料：在全球范围，建筑工程对天然砂和天然集料的需求与日俱增。大多数人工集料都比天然集料轻，适用于制造轻质混凝土构件及建筑用混凝土。质量较差的集料可以用来修建公路或作为沥青质混凝土的填料。

煤焦油深加工技术。

煤焦油是煤炭于馏时生成的具有刺激性臭味的黑色或黑褐色粘稠状液体，是一种高芳香度的碳氢化合物的复杂混合物，绝大部分为带侧链或不带侧链的多环化合物和含氧、硫、氮的杂环化合物，并含有少量脂肪烃、环烷烃和不饱和烃。经过适当的工艺，可以从煤焦油中提取出很多有用物质。

根据加热终温的不同，分为 500~600 的低温干馏和 900~1100 高温干馏。煤的中温干馏没有太多实用价值。低温焦油可以生产液体燃料及酚类、烷烃和芳烃等有机化学产品，高温焦油主要生产萘、蒽等有机化学产品及沥青、高级碳素制品。

煤矸石的综合利用技术。

煤矸石是一种在煤形成过程中与煤伴生或共生的坚硬岩石，包括洗选厂排出的洗矸、煤炭生产过程的手选矸和岩巷及煤巷中排出的矸石。

煤矸石主要是由粘土矿物(高岭石、伊利石、蒙脱石、勃母石)、石英、方解石、硫铁矿及碳质组成。从化学组成看，除含有碳外，一般以氧化物为主。

制作建筑材料：用煤矸石制砖是煤矸石利用最为普及的一项技术，在很多地区已有相当规模，生产工艺的机械化水平也很高。矸石砖的强度和耐腐蚀性优于粘土砖，且干燥快，收缩率低。用煤矸石烧制水泥是以煤矸石代替部分或全部粘土，利用煤矸石中少量可燃物，既作水泥原料又作燃料煨烧熟料的生产工艺。含铝量高的矸石还可以生产高强度的高铝水泥。煤矸石中含有各种金属氧化物及碳酸钙和硫铁矿等，它们在高温下分解逸出气体使物料在塑性阶段产生膨胀，形成孔隙结构。煨烧形成的轻骨料具有重量轻、强度高、吸水率小等特点。代替砂石配制轻混凝土用作墙体，保温吸湿效果好。也可作为制作陶瓷的掺合剂，提高陶瓷材料强度。还可制成轻质保温材料，具有耐压、强度高和导热系数低等特点。煤矸石中的岩石可大量用于煤矿塌陷区的充填、筑路和矿井充填等。

燃烧发电：煤矸石中除岩巷掘进的矸石外，其它生产排出的矸石都或多或少混杂一些煤，有的甚至高达 20% 以上。用煤矸石等劣质煤发电是随着沸腾炉燃烧技术而发展起来的。目前多采用流化床燃烧技术，使用锅炉的容量从 10 ~ 130 吨 / 小时不等。

制取化工产品：煤矸石中含有硫、铝、铁、钡、钙、钛、锆、镓等多种化学元素，可以作为主要原料生产化工产品。

生产有机肥料：煤矸石中氮、磷、钾和微量元素的含量是一些土壤中的数倍，酸碱度和有害元素的含量很适中。利用煤矸石生产有机肥需破碎筛分以降低矸石的粒度，还

可根据需要加入不同配比的添加剂和活性剂。

制取煤矸石微生物肥料：煤矸石微生物肥料为三层结构的颗粒状肥料。内芯由磷矿粉、面粉、解磷菌、解钾菌等组成；中间为矸石粉、面粉、固氮菌、煤矸石风化菌等；外层为骨胶。煤矸石微生物肥料依靠所含六类微生物的生命活动来完成固氮、解磷、解钾。

田间应用表明：施用煤矸石微生物肥料的作物增产效果明显，且能提高作物品质，改变作物的生长节律、促进作物早熟。还可提高土壤活性、使土质疏松、肥力增加。而且其价格低廉，成本仅相当于化肥的80%。

煤矸石粉体的研究开发：用煤矸石生产功能性粉体填料是煤矸石高值利用的途径之一，能充分反映煤矸石组成元素的特性。煤矸石经过粉碎之后，在粉体表面引入增强、耐磨、阻燃和导电等功能性基团，该粉体能作为高级功能性填料应用于橡胶、塑料等许多材料之中，赋予材料独特的物理化学性能。

矸石山的复垦：矸石山复垦地的肥力研究证明，在矸石山上可栽种多种植物，可根据矸石山的风化程度和粒度情况采用全覆土、半覆土或不覆土植被方式。矸石山复垦还可以把目前没有能力利用的矸石作为资源保护起来，等到技术和经济方面都可行时再进行开发利用。

五、造纸行业的清洁生产技术

1.制浆造纸废水的厂内处理

制浆造纸的工艺流程所产生的废水大致可分为：制浆蒸煮废液，洗涤废水，漂白废水与纸机白水等。蒸煮废水

数量少而浓度高，除悬浮物外，约占总污染负荷的 80%，所以是制浆造纸工业废水控制与治理的关键。此外，这部分废液中的可燃有机物及可供回收利用的化学品含量高。因此，将这部分废液进行回收利用具有较高的经济价值。这既是一个环境保护问题，也是一个工业经济问题，故常常作为整个生产的一部分加以考虑。

硫酸盐木浆厂的厂内处理。

改进纸浆洗涤，提高黑液(碱法纸浆蒸煮废液是制浆厂的主要污染源)提取率，并相应提高碱、硫、纤维和热能回收率。

此系统就是通常所称的“碱回收”系统，它早已成为碱法制浆厂不可分割的组成部分。主要采用高效率的洗浆机如真空洗浆机、扩散洗浆机或压力洗浆机等设备，使化学浆的黑液提取率达到 95%~98%，然后将黑液蒸发浓缩、燃烧，在消除污染的同时，回收热能和化学药品。当前在造纸工业发达的国家，碱回收率已达 90%~95%，能源利用可满足造纸厂所需能源的 45%~55%，制浆排放的有机污染也降低了一个数量级，每吨浆废液中的生物耗氧成分负荷可降至几十千克以内。

最大限度地回用工艺过程用水是有效降低废水量的根本途径，主要有以下五种工艺水可以收集处理和回用：来自原水水道和剥皮机的水；来自液体回收工段的蒸发器冷凝液；漂白车间洗浆机的滤出液；来自造纸机的白水；来自筛选净化过程的清水。其中最大量的可回用水是纸机白水和筛选净化用水。

白水回用系统涉及到空气夹带、残渣积累和化学药品腐蚀等问题的解决,此外在白水系统中添加物的降解(如淀粉和酪素)、电解质的积累和腐浆的生成有可能污染整个浆料或造成生产的困难。因此白水回用仍有一定限度,从而导致废水排放的比例仍较高。

进行技术革新,改造工艺流程,减轻环境污染,首先,采用氧气漂白新工艺。氧气漂白是用氧气部分代替含氯漂白剂的漂白方法。在70年代,氧气漂白方法得到一定发展,在欧美各国和日本的一些工厂已经采用。氧气漂白部分的废水可以进入黑液碱回收系统加以处理,从而大大消除这一污染,尤为重要是可以减少毒性较大的氯化物的产生。最初,氧气漂白法要在高压和高浓度条件下进行,设备投资费高而较难推广,但近年来氧漂技术发展之后,氧漂已得到较快的推广应用。

其次,蒸煮工艺的改进。本色硫酸盐木浆的粗浆得率过去一般为47%左右,近年来已提高到53%,这样有利于减轻排水的污染量。

亚硫酸盐和中性盐木浆厂的厂内回收。

近年来,亚硫酸钙法浆厂多趋向于改用可溶性盐(钠、镁或铵盐),从而对所产生的蒸煮废液进行蒸发、燃烧,以回收化学药品和热能。可溶性盐回收技术虽有较大进展,但回收设备投资较多,生产成本也较高,因此,亚硫酸盐的废液回收应用受到一定限制,发展缓慢。

美国自上半个世纪以来,已有将近二十家亚硫酸盐浆厂停产。瑞典于20世纪70年代制订了全国性政策目标,

逐步减少了酸法浆的生产。中性盐废液回收技术自 20 世纪 50 年代以来虽有较大发展，但由于所含有机物和无机物较少，回收设备腐蚀性大，回收方法又复杂，因此从技术经济上考虑尚存在一定问题。所以，多年来趋向于将废液送硫酸盐浆厂与黑液混合处理，回收药品作为硫酸盐法厂的补充药剂，即所谓“交叉回收”，它可以解决中性盐蒸煮工段的污染问题。真正的交叉回收，应在同一组回收系统中，既能回收硫酸盐法蒸煮药剂，又能回收中性盐法蒸煮药剂。美国现有的 40 多家中性盐浆厂中有 10 多家运用交叉回收法，占总厂数的 43.6%，只有几家拥有自己的回收装置。

碱法草浆厂黑液的碱回收技术。

在国外，制浆造纸的原料有 95% 以上是木材，特别是造纸工业发达的国家很少使用草类原料。因此，在开发草浆黑液的碱回收技术方面，发达国家仅协助一些发展中国家进行了少量的研究，报导较少，进展也较慢。目前，在碱法草浆厂黑液的碱回收技术中存在的主要问题是：草浆黑液粘度大，黑液提取和蒸发比木浆黑液困难；草浆黑液中含硅量较高，使碱回收系统的蒸发燃烧和苛化都受到不利影响，即所谓“硅干扰”。因此，草浆黑液的碱回收，一般设备投资较大，效率较低，由于硅干扰的存在更使从白泥中回收石灰有困难。从黑液中除硅也就成为草浆黑液碱回收的一个重要技术问题。

下面介绍一些碱法草浆黑液的除硅及碱回收技术的研究情况，大致有以下五种方法：

蒸发前用二氧化碳处理黑液：含二氧化碳的气体注入

黑液中与碱逐步中和，随 pH 下降硅酸盐以氧化硅形式沉淀即可除硅，但是如要同时达到较高的热回收率和碱回收率，这种方法还是有局限性的。

用生石灰处理去除硅：此法在蒸发前从稀黑液中除硅的效率是较高的。在温度为 80 或以上时，用生石灰处理黑液同时发生两个反应：硅以硅酸钙形式大部分沉降，少量形成复盐；黑液中的碳酸钠大部分也被苛化。利用镁、铝盐除硅，使废液中的硅酸盐以镁或铝盐形式沉淀。

湿式空气氧化法：本法代替了通常的蒸发、燃烧等步骤，黑液中的有机物完全被氧化，在高温高压下，通入空气，发生这一反应。澳大利亚联合制浆造纸有限公司的伯米造纸厂，日产浆 30 吨，采用这一方法声称碱回收可达到 95% 以上，并得到较高的熟回收率。湿式空气氧化是较彻底地破坏有机物并同时回收碱和热能的技术，问题是此项技术需高温、高压、反应复杂，因此，多年来未见大规模投产的报导。

在稀黑液中保持最佳含量的游离碱：在蔗渣和麦草浆中应用此法，运行效果令人满意。此法不需增添设备或改变工艺。通常漂前洗浆机的麦浆稀黑液含有游离碱 3~4 克/升，而蔗渣浆为 4~6 克/升，在这种含量下，多效蒸发器和直接接触蒸发器中的粘度不易控制，不能有效运转和防止结垢。黑液中的硅含量在麦浆中为 48 克/升，稻草浆中为 16~30 克/升，芦苇浆中为 2~8 克/升。如果能使二氧化硅在黑液中的含量保持在 6~8 克/升，蒸煮时不会产生严重的结垢和腐蚀现象。运转试验表明，游离碱在

稀黑液中最佳含量为 12 克 / 升 ,在此条件下可减少结垢现象 ,也不会影响热的传递。蔗渣粘度低、硅含量小 ,所以最佳游离碱的浓度可以在 8 ~ 10 克 / 升。希腊西沙林制浆造纸厂 ,位于希腊拉里萨附近 ,以碱法生产麦草漂白浆 ,日产 60 吨 ,应用此法 ,碱回收超过 87%。印度的曼达耶国家造纸公司 ,以蔗渣为原料制浆 ,碱回收率达 82%。这个厂装备旋转式燃烧炉和浸析装置回收碱 ,采用此法 ,麦草浆或蔗渣浆厂的碱回收率可以达到 90%。据估计 ,每吨麦草漂白浆的碱用量为 40 ~ 50 千克 ,每吨蔗浆的用碱量为 30 ~ 35 千克。

白液的处理与回收。

由于筛选、漂白产生的中段废水水量大 ,污染物浓度高 ,再净回用的费用很高。因此国内目前最佳处理路线是在利用基础上对中段废水加以二级生物处理 ,达标后排放。由于我国目前草浆黑液提取率偏低 ,大量不可生物降解的木质素进入中段废水 ,致使二级生物处理出流有时难以达到造纸行业废水排放标准 ,必须附加混凝沉淀等物化处理。尽管如此 ,国内学者经调查认为二级生物处理仍优于单纯混凝沉淀的物化处理。主要因为单纯采用物化处理时运行费用高 ,约为 1.5 元 / 吨废水 ,而且产生较多难以处理的化学污泥。絮凝剂虽能有效去除不可降解的大分子有机物 ,对溶解性小分子有机物如糖类和有机酸等却无能为力 ,致使出水生物耗氧成分超标。

对于白水处理 ,国内大部分厂家采用混凝气浮法加以再净回用 ,以实现白水的闭路循环。据报导 ,苏州华盛纸

厂采用射流气浮回收白水。悬浮物质去除率达 90% 以上。过滤也是一种很好的方法。广州造纸厂研制的多盘式白水真空过滤机，以真空过滤回收纤维，具有占地面积少，操作简便等特点，而且回收率达 80% ~ 92%，适合新闻纸等白水纤维的回收。

近年来，在国内外造纸行业，清洁生产工艺发展迅速。据福斯堡等人报导，一个名为密勒斯的纸浆厂通过水回用系统生产用水量仅为相同规模的传统纸浆厂用水量的 1 / 8，排水量因此大大减少，成为世界上第一个成功地实现污水零排放的纸浆厂。我国开发的造纸车间综合排水新工艺，也能实现造纸废水的闭路循环，而且补充水量不到 5 吨，比国际水平少十几吨。河北造纸厂投产此工艺后，不到一年回收效益偿还了用于改造的全部投资。此外，采用封闭式筛选系统，将洗涤与筛选组成一个封闭系统，筛选工段白水用于前一个洗涤段，将减少中段废水的产生。

开发低废、无废技术。

在低废、无废技术的多项内容中，改革生产工艺是最基本的。调整产品结构，例如采用无害或少害原材料必然要进行工艺改革，采用其它措施也常涉及生产工艺的改革。在制浆造纸工业中，近年来，国外有三项工艺改革已取得中间试验的成功，正在准备建立示范工厂。

有机溶剂法：就是用有机溶剂酒精(最好是木醇)加入适量的水和苛性碱作植物原料的溶出剂。植物组分除纤维素外基本被溶解，而所用化学品(包括有机溶剂)几乎可以定量地回收。同时溶出的组分又可较容易地分级分离回收并

加以综合利用。该法的化学品回收较简单，使用降膜蒸发器和蒸馏组合即可。木素和碱可用电化学法回收，半纤维素可用生物工程方法加以综合利用。预期 90% 以上的原料可利用。所得浆料强度可达长纤维硫酸盐浆强度的 90% ~ 95%，而浆的可漂性则可与亚硫酸盐法浆相似。

低污染纸浆漂白：在西德的制浆厂，采用过氧化氢和氧气作为漂白剂，尽量降低氯漂白剂的使用量。采用了最新漂白流程，中间产生的碱性废液可回收而且可消除大部分色度，同时可消除用氯漂白产生的有毒物质——有机氯化物。另一方面，采用 ClO_2 替代部分或大部分氯或次氯酸盐漂白剂，以减少含氯有机物的生成与排放，在造纸工业发达的国家中已成为常规。

2. 制浆造纸废水的厂外处理

“厂外处理”的目的主要是去除废水中的悬浮物、溶解性有机物和无机盐类，以及进行脱色，调节 pH 等。用简单的物理、机械和物理化学的方法去除大部分悬浮物及部分有机物，一般称之为一级处理，其主要方法有格栅、筛滤、重力沉淀、pH 中和、凝聚沉淀、加压气浮和澄清过滤等；进一步以生化法为主去除废水中大部分溶解的有机物称为二级处理，其主要方法有活性污泥法、生物滤池法、生物转盘法、接触氧化法、氧化塘和曝气氧化塘等；如果要求高度净化，去除水中绝大部分残余物质，达到工业用水或生活用水的标准，则称为三级处理或深度处理，其主要方法有活性炭吸附法、反渗透和超滤等膜分离技术。

瑞典造纸工业特别重视废水的厂内处理，并采取了一

些必要的厂外处理。日本的造纸厂几乎都有一级处理设备。日本把单一的物理法或生物法处理都称为一级处理；而把生物法与物理法或其它两种方法串联起来的处理称为二级处理。

目前，国际上厂外理造纸废水应用较多的是单一的凝聚沉淀法、单一的生化处理法或同时用两种方法，这样可以满足一般的排放要求。但在排放标准特别严格或在水源缺乏、废水必须回用的条件下，就有必要作进一步的处理。目前把活性炭吸附法作为二级或三级处理。

此外国外位于城市附近的纸厂，也将经过充分厂内处理后的废水送到城市生活污水处理系统，合并处理。这样可以充分利用城市生活污水中富含的氮和磷，作为生化处理过程中的营养料，还可运用城市生活污水的专业管理力量，使处理效果较有保证。此外，还可能节约人力、物力、土地和投资等。目前，美国全国造纸工业约有 30% 左右的废水直接排入城市生活污水处理系统合并处理。西德不少企业也采取这种方法。

3. 制浆造纸废水处理新技术发展动态

反渗透法。

美国阿普尔顿的纸化学研究所与某公司的中性亚硫酸盐半化学浆厂一起，应用反渗透法共同进行了纸机白水的浓缩实验。溶解的固形物浓度从 1% 浓缩至 10%，处理后水的污染物数量下降到处理前的 1% 以下，水质很好。尚需解决的问题是改进反渗透膜，以便适用于制浆废水；找出防止膜面污染的方法；找出在发生堵塞现象时恢复处理

能力的技术；降低膜的造价。如果解决了这些问题，可期望反渗透法作为造纸废水处理的主要技术。

新型无机吸附剂。

日本研制的一种新型无机吸附剂是使镁或钙与铝酸钠反应生成粉状或浆状的无机物。用此种吸附剂处理半化学浆废水，化学耗氧成分去除率可达 98%，吸附速度快。吸附剂通过五次再生后，吸附效率尚不降低。这种吸附剂制造简单，是一种值得重视的新方法。

电凝聚法。

铁或铝作为电极，利用在电解过程中产生的铁、铝氢氧化物凝聚废水中的有机物，并利用电解过程中所产生的极微小气泡将凝聚物浮选上来。此法处理中性亚硫酸钠半化学浆中段废水，脱色率达 90% ~ 95%，化学耗氧成分去除率达 55% ~ 70%。目前已将 10 立方米 / 小时的中间试验装置安装在日本吉永纸厂进行试验。

生化法的改进。

高速固定膜活性污泥法：高速固定膜活性污泥法是采用便宜和易得的细粒子(如碳酸钙、高岭土、硅藻土、砂子等)加入曝气池，得到具有高沉速和高密度的生物活性污泥。用于处理未漂白的硫酸盐法浆厂的废水试验，水力停留时间为 6.1 ~ 36.7 小时，污泥负荷为 0.78 ~ 3.3 克 / 升 · 天，生物耗氧成分去除率为 98% ~ 99.3%，化学耗氧成分去除率为 50% ~ 61.2%。

上流式厌氧污泥床法：这是非常简单的方法，将废水引入密封容器的底部，让水通过厌氧微生物组成的污泥层，

水由下向上流动，厌氧微生物就将废水中的有机物分解为甲烷和二氧化碳。用上流式厌氧污泥床法处理未漂白硫酸盐法浆厂的废水，水力停留时间 12 小时，生物耗氧成分的去除率 86%，化学耗氧成分去除率 39%，去除每克化学耗氧成分可产生沼气 60 毫升。瑞典阿穆特法处理草浆和硬木半化学浆(只以氢氧化钠为蒸煮剂)废液，其化学耗氧成分进水浓度 15300 毫克 / 升，温度 33℃，pH 为 7.5，厌氧段化学耗氧成分去除率 63%，化学耗氧成分负荷 2~2.5 千克 / 立方米，平均产甲烷气 194 升 / 千克化学耗氧成分。

加拿大采用亚硫酸盐法废液冷冻液(3 份)与酵母废液(1 份)混合厌氧消化，有机负荷达 4 千克化学耗氧成分 / 立方米·天，化学耗氧成分去除率 68%，生物耗氧成分去除率 95%。

日本山阳国策纸浆公司江津厂采用亚硫酸钙盐法溶解浆，产生的黑液与冷凝液混合后进行槽式厌氧发酵，在 51~56℃ 下停留时间不到两天，化学耗氧成分负荷 5 千克 / 立方米·天，化学耗氧成分去除率 80%。

曝气活性炭过滤法：它是采用 4×12 目的颗粒状活性炭代替砂粒放在过滤器上，在底部连续供气来维持过滤器内好氧微生物生长的需要。造纸废水过滤后，出水的色度、悬浮固体、化学耗氧成分都非常低。它是这三种方法中处理效果最好的。改进后的生化法还具有以下优点：产生的污泥量明显减少；比传统方法降低了基建、运行和维修费用；净化后水质好；还可产生沼气能源。这些方法正在进行中间规模试验，在生产上的应用，还需几年的研究时间。

4. 污泥的脱水与处置

一级凝聚沉淀和二级生化处理都会产生大量污泥。这种污泥数量大，脱水也比较困难，对污泥的适当处理是废水处理中尚未很好解决的一个重要问题。一般污泥经过自然沉淀、真空脱水、离心脱水或压滤脱水使污泥干度达 15% ~ 25% 后就用于填充凹地，也可进一步干燥至 30% ~ 40% 浓度后利用转窑或流化床烧掉。

综合利用污泥是污泥处理的最好出路，在这方面已有不少探索研究。如在生化污泥方面：

二级污泥作为农田土壤改良剂，日本目前每年约有三万吨污泥用于这方面。

用于制作建筑材料，如配用作轻型砖瓦，质轻并有较好的隔热性能。

用于制作低级活性炭，但有灰分高的问题。

用于培养蚯蚓处理，日本已有数家工厂采用此法，蚯蚓可作为鱼食，经蚯蚓处理后的污泥作为土壤改良剂。

与炼油工业的油渣混合制作固体熟料。

用作肥料与饲料，日本已有一家大型纸厂正在用此作农肥。

5. 国内造纸废水处理的进展情况

在我国，由于草类纤维原料比重大(约占 60%)，企业规模小，大多数为年产 3000 吨以下的小厂，生产工艺和设备落后，且因企业管理水平较差等原因，原材料和能源的消耗量大，单位产品用水量，致使我国制浆造纸工业的污染格外严重。

据有关统计：我国的制浆造纸工业年排水量为 37×10^9 立方米，仅次于化学工业和钢铁工业，居第三位，约占工业废水总排放量的 $1/10$ ；排放的悬浮物(悬浮物质)负荷每吨产品可达 200 千克，生物耗氧成分的排放负荷每吨产品为 210 千克，年排放生物耗氧成分；为 173×10^4 吨，占全国生物耗氧成分 5 排放量的 $1/4$ 。大部分草浆厂制浆黑液未经处理和利用直接排入江河湖泊，水体遭到严重污染。

我国制浆黑液的碱回收是从无到有，逐步发展起来的。1951 年在北京造纸厂进行了碱回收试验，1957 年由苏联援建的佳木斯造纸厂的碱回收车间投产，当年产碱 6542 吨，这是我国碱回收技术发展的开端。到 1986 年，全国已建成投产的碱回收车间共 47 个，其中木浆 21 个，草浆 26 个，18 个大中型碱法和硫酸盐法木浆厂都已配备碱回收车间，占全国总回收碱量的 72%。1985 年碱回收总生产能力为年产碱 33.05 万吨(以氢氧化钠计)，实际产碱量 28.68 万吨。目前，我国大中型木浆厂的碱回收技术已基本过关，碱回收的生产比较正常，效率也较好，如青州纸厂、佳木斯纸厂的碱回收率已达 90% ~ 95%。木浆碱回收的碱量占总产碱量的 77.5%，平均碱回收率为 75%，平均自给率在 80% 以上。在碱回收的同时，降低了生产成本，在节电和综合能耗方面都有显著效益，并使污染排放负荷大为降低。

在全国第一次轻工业环境保护工作会议以后，造纸工业污染防治工作开始提上议事日程，结合我国造纸工业的特点。经过几十年努力，在治理技术的研究和防治工作方面，取得了具有我国造纸工业特色的、可喜的进展。

碱回收。

碱法草浆煮蒸废液的碱回收经过几年的努力，克服了一系列技术上、设备上的困难，在提取设备、蒸发设备、燃烧炉、苛化设备等方面都有较大的改进。由轻工部造纸研究所、安阳轻工机械设计研究所、西安造纸机械厂和东台造纸厂共同研制的 10 平方米水平真空带式洗浆机，使碱法麦草浆的黑液提取率达 95% 以上。

我国自己设计和研制的碱回收炉，最大能力可适应日产 300 吨浆，也有适用于日产 30 吨左右的小型草浆的碱回收炉。蔗渣浆和芦苇浆的碱回收率高的可达 80% 左右（如镇江纸浆厂），麦草浆碱回收率高的可达 70%（如浙江民丰造纸厂、苏州华盛造纸厂）。随着乡镇制浆造纸企业的迅猛发展，过去不为人们重视的土法碱回收已引起广泛重视，其中四川的中川、贵州的华一造纸厂经十多年的实践已摸索了相当多的经验，但其碱回收率仅为 30% ~ 50%。轻工部造纸研究所从草浆黑液中去除硅的技术研究取得了较好成果。除硅率可达到 83% ~ 88%，动力消耗小于 10 千瓦·小时 / 立方米黑液，稀沉渣可进一步用特制的分离器分出黑液，排出的浓渣干度可达 40%，而总的黑液损失率仅为 1%。此外，降膜式蒸发器、电渗析法回收碱（如河南省环保所）和湿裂解法的小试研究（天津轻工业学院）都已取得一定成果，对碱回收技术的发展都将起到较好作用。

大力开展综合利用。

从硫酸盐浆厂的蒸煮废液中，进行提取木质素的研究工作，开发了各种木质素系列产品。工厂后续合作已在无

锡已建成了每年可从蒸煮废液中提取 300 多吨的木质素的生产车间。

引进酸回收技术和综合利用酸性亚硫酸盐法制浆废液，在现有的六个大型亚硫酸盐法厂中，天津造纸厂已从国外引进一套酸回收装置(与年产 7 万吨纸浆能力配套)，并全部试车投产。其它各厂综合利用酸法蒸煮废液制取粘合剂、香素兰等等，废液利用率以前的 15% 提高到 25% 以上，可减轻污染，化害为利。

此外，北京农业大学和河南省温县杨磊造纸厂等单位也研究了利用亚铵法制浆废水作肥料，并已初步证明可使作物增产，又可改良土壤。

常规治理技术的进展。

推广了气浮法和斜板沉淀法回收白水纤维和纸机白水封闭循环。到目前全国已有将近七百台纸机配有纤维回收及白水循环装置，约占造纸生产能力的四分之一。其中在天津造纸公司所属的 61 台纸机上已普遍推广使用，成效显著。使用这项技术的纸机每吨产品用水量平均降低了 100 吨左右，相应地减少了悬浮物和生物耗氧成分，悬浮物去除率达 84.13%，化学耗氧成分去除率为 42.5%，处理费用为去除每千克生物耗氧成本约 0.30 元。此外，吉林造纸厂已建成 7000 立方米的采用接触氧化法的生产性试验装置，并通过部级鉴定。

对半化学草浆和化学草浆黑液的处理，目前正在积极开展各种治理技术的研究，其中尤以厌氧法的研究最为活跃。

在技术导向上，对于碱法化学浆废液，采取各种形式的酸析，并且对酸析液进行厌氧消化处理。对于半化学浆废液，对高浓度废液(化学耗氧成分为 $4 \times 10^4 \sim 5 \times 10^4$)进行厌氧消化，对中等浓度废液(化学耗氧成分为 $1 \times 10^4 \sim 2 \times 10^4$)进行厌氧处理。对于低碱法半化学浆废液和石灰法废液进行厌氧处理。

从目前情况看，我国制浆造纸工业废水的治理技术问题，特别是大量的小型草浆厂废水的治理技术，正处在探索阶段，大致在三个方面进行探索研究：首先在碱回收方面，现行的黑液提取、黑液蒸发、黑液燃烧、苛化和石灰回收是比较成熟和经济的技术，仍不失为满足日趋严格的环境保护要求的第一道防线。第二，在综合利用方面，对于碱法和硫酸盐法以及亚硫酸法的蒸煮废液，应积极研究和开发有关木质素的系列产品，以不断扩大有实用价值的、长远的、稳定的木质素系列产品的销售市场。同时要解决好木质素酸析后废液的二次污染问题。对于白水回收问题，应进一步巩固和提高筛选率和回用率，全面推广白水技术，扩大经济效益和环境效益。第三，在生化处理方面，采用生化法处理草浆废水，重点研究解决处理费用太高和化学耗氧成分去除率低的方法。可以考虑生化处理与综合利用提取化学药品的方法相结合。也可研究厌氧和好氧法处理相结合，回收部分能源，降低处理成本。

六、制革工业的清洁生产技术

1. 经济代价昂贵的末端治理

传统工业污染的末端治理存在着投入高、费时费力、

与企业经济利益无直接关系的弊病，所以企业缺乏治理污染的积极性。在日本、韩国，仅终端治理的一级处理站投资建设费用就高达 1.5 万元 / 吨，日常运转费用为 14 ~ 20 元 / 吨。据统计，我国制革行业每年排放的废水，若采用终端治理来解决废水污染，那么建立一级废水处理站需投资 10500 亿元人民币，一年的日常运转费用为 9.8 ~ 14.0 亿元人民币。显然走末端治理的道路是我们国家和企业无法承受的。因此，应用绿色化学与技术努力降低自然资源的消耗，把环境保护和资源利用统筹考虑的可持续发展模式取代传统工业模式成为必然选择。

2. 开发绿色皮革化学品

制革工业生产过程使用的化工材料(包括通用的与专用的两类)是造成污染的重要原因之一。最严重的污染源有：原皮防腐保藏用的工业盐，脱毛浸灰用的硫化物、石灰，传统铬鞣工艺排放的含铬废液，染色加脂废液，以及涂饰过程排放的有毒有机溶剂、甲醛等污染物。因此，开发无污染或低污染绿色皮革化学品是减少制革污染的重要途径，也是当今皮革化学材料发展的主导方向。绿色皮革化学品的研制、生产到实际应用的难度较大，甚至需要以绿色化学的基础研究为源头，组织跨学科、跨部门的联合科技攻关。因此近期的主要工作取代或减少使用部分严重污染性皮革化学材料，使用对环境影响小的防腐剂保藏鲜皮，如次氯酸钠、氯化烷胺、异噻唑衍生物等；选用易生物降解的烷氧基聚氧乙烯基醚类为基础的表面活性剂取代非生物降解的脱脂剂、渗透剂等；使用易于生物降解的以

天然产物为基础的加脂剂产品；对氨盐、食盐应尽可能减少使用；对易挥发性有机溶剂、有毒染料等应予禁止。

作为鞣革关键材料的铬鞣剂，尽管它的毒性几乎从它开始用于制革时起就被人们所认识，但因其鞣革性能优越，在目前还不能完全被取代或消除。对于用其他无机鞣剂，如铁盐、铝盐、锆盐、钛盐等代替铬盐鞣制的研究中，发现它们在单独使用时都有其局限性，因而在生产中未得以实际应用。普遍采用改善铬鞣剂性能的手段提高铬的吸收和固定，或应用少铬鞣剂鞣制以达到减轻甚至消除铬污染的目的。

国内在这方面研制成功并普遍应用的材料有四川大学研制成功的 Cr-Zr-Al 异核配合鞣剂，目前是国内外皮革化学行业唯一的商品化异核多金属配合鞣剂，对提高革的丰满性和解决软革松面问题效果很好。可节约代替红矾 60% 以上，废液中铬含量大大降低。四川大学研制成功的蒙圈铬鞣剂、高吸收铬鞣剂和蒙圈高吸收铬鞣剂，是可单独使用的高吸收铬鞣剂，具有良好的缓冲性，铬吸收率高，成革柔软丰满，废液中氧化铬含量降为 0.3 克 / 升左右。

与国外相比，虽然我国的某些皮革化学产品性能优越，甚至是独一无二的，但整体水平较落后，皮革化学材料的系列性、配套性差。因此，无污染或低污染的绿色皮革化学品应该是本世纪制革生产中应用的主要材料。今后主要方向是：

研究开发无毒少毒的防腐剂代替目前使用的工业盐防腐。

研究开发无毒少毒脱毛剂或对皮胶原无损伤的酶制剂代替目前使用的硫化钠，硫氢化钠脱毛，以消除硫化物污染。

研究开发鞣性优良而无毒或少毒的鞣剂和复鞣剂。

研究开发易于生物降解的以天然产物为基础的加脂剂品种。

研究开发水基涂饰材料，完善这类水基材料的使用性能以及普遍存在的水乳液不稳定、难贮存等缺点，消除易挥发有机溶剂的污染。

逐步取消甲醛固定剂。

在部分偶氮染料被禁用后，急需开发一批低污染皮革专用染料，同时，需要开发与之配套的无公害的匀染剂和固色助剂，以提高染料的上染率。

为促使铬鞣剂在革内渗透、分布均匀，以及提高铬的吸收和固定，研究开发助鞣剂和多功能复鞣剂系列产品大有可为。这类材料能有效地提高铬与皮胶原羧基的多点结合率，从而可以减少铬鞣剂用量，并大幅度降低废水中的铬含量。

3.研究和实施清洁工艺技术

制革工业清洁生产首先是指避免产生废物，其次最低限度地使用化学品和能源，使在产品的生产周期中，减少对人类和环境的危害。

脱毛浸灰液循环利用。

灰碱法(石灰—硫化物系统)是制革厂普遍使用的脱毛方法，这一高污染作业占制革厂有机废物量的50%以上。

由于使用硫化物烂毛造成的有毒硫离子污染，以及毛和皮蛋白溶解产生的大量有机废物，造成制革废水化学需氧量值很高、污染很大。脱毛液循环利用技术是采用回收脱毛浸灰液，经沉淀、过滤除去泥渣后，清液补充硫化钠和其他化工辅料，循环使用。该技术应用于脱脂拔毛猪皮的烂毛工艺，废液中硫化钠可回收 60% 以上，废液排放量减少 60%，综合废水中硫离子排放含量达到国家标准。

复灰液循环利用。

制革厂复灰工艺过去是一次性使用复灰液(猪、牛皮)或者分老、中、新灰使用三次(羊皮)，然后就排放掉，污染和浪费都很大。采用循环使用复灰液技术，可节约石灰 60% ~ 80%，废液量减少 80%，且有利于革质量的提高。因为废灰液中溶解的氨基酸、蛋白质与钙离子络合，减缓了钙离子对胶原纤维的作用，皮蛋白水解少，故对边腹部起保护作用，松面率减小。经济和环境效益都很显著。

新型废铬液循环利用。

铬鞣液中铬的消耗一般约占加入量的 65% ~ 75%。未使用的铬若随废水排放出去，不但带来严重的污染，而且造成铬资源的浪费。四川大学研究成功的新型废铬液循环使用技术(即稀土铬鞣液循环利用技术)，是将铬鞣废液用于浸酸、鞣制一套工艺中，反复使用，解决了以前在使用中产生的革颜色变深变暗、粒面变粗、革身变薄等问题。在四川、河南等地制革厂应用表明，该工艺不仅大幅度减少了废液中的铬污染，而且可节约红矾 25% ~ 35%，节约食盐 70% 以上，经济效益显著，被认为是一项少污染、高

效益的清洁工艺技术。

稀土助染助鞣工艺技术。

现在稀土助染助鞣工艺技术，节约红矾 30% ~ 50%，节约染料 15% ~ 50% (依染色品种而异)，鞣液中氧化铬含量由纯铬鞣的 3 ~ 8 克 / 升降为 1 克 / 升左右，废染液的颜色由 1500 降为 100，济效益和环境效益显著。

铝预鞣白湿皮技术。

该技术是为代替铬盐，将裸皮先实施铝预鞣，然后进行片、削操作，退鞣脱铝后再铬鞣的技术。研究表明，该法可节约铬盐用量 40%，废液中铬含量大大降低，且片、削后的废弃物没有铬污染，综合利用价值高。但近年来认为铝盐本身也是一种污染源，因此对退鞣脱下的铝盐的处理或回收利用应予以研究。

二氧化碳脱灰。

该技术是取代传统的氨盐脱灰的一种可行方法。在西欧，环境部门对排放到空气中的氨性氮的限制是低于 4×10^{-5} ；德国对污染水排放口处氨盐浓度的限制标准是 5 ~ 10 毫克 / 升；其他国家对污水中氨盐的限制标准虽然还未提出，但是这种限制肯定会加强。英国皮革协会做了二氧化碳脱灰在工业规模的应用实验，已取得了有意义的进展。

水资源的循环利用。

制革工业是耗水大户，1 吨原料皮制成革大约需消耗 30 ~ 50 吨水。据统计，我国制革工业年排放的废水约占全国工业废水排放量的 0.3%。因此，国际皮革工艺师和化学师协会联合会特别强调制革生产湿操作工序水的循环利

用。尤其在缺水国家，水资源的充分有效利用显得更为可贵。主要湿操作工序，如脱毛、复灰、铬鞣工段，通过废液的循环利用，不仅可以节约用水，而且充分利用了化工材料，减少了污染，经济和环境效益都很显著。此外，一些洗皮废水和清洗地面的废水，耗用量很大，应考虑清浊分流，分别处理，循环利用。

减少或消除电解质污染。

制革中的电解质，除原料皮防腐用的氯化钠外，还有其他盐类物质，如鞣剂、染料、酶制剂中的硫酸盐等。过去，电解质对环境的潜在影响常被人忽略。现在证明，电解质不仅对环境有害，而且不易去除。目前，我国制革厂使用的原料皮绝大部分是盐湿皮或盐干皮。据统计，生皮仓库中的猪皮每张需用 2 千克食盐。盐皮制革使 70% 的氯化钠进入废水，造成氯离子污染、土质变坏，破坏生态环境。现在许多制革厂在盐皮浸水前都有刮肉膜的工序，可以减少一部分盐进入废水，但由于这些废盐中含有较多的油、毛、血、细菌等，还不能直接利用。可考虑经碱洗后回收用于浸酸。

4. 重视制革废弃物回收利用的研究与应用。

皮革废弃物占原皮重的 65% 左右，其中，固体废弃物主要是片、削、修边下来的边脚余料；另外，废液和污泥中含有生皮受酸、碱、酶水解作用产生的氨基酸和蛋白质。这些废弃物可回收用于提取胶原蛋白营养物、化妆品、食品的添加剂和医用及工业用材料。回收利用是降低或消除环境污染，变废为宝，综合开发利用资源的有效途径，并

产生显著经济效益和环境效益。

我国皮革工业的发展将会同发达国家一样，受到越来越严厉的环境保护政策的制约，为了使经济发展与保护环境有机协调，皮革工业也必须主动进行这场全球性的绿色工业革命，走可持续发展之路。制革中的绿色化学与技术的意义在于通过使用少污染或无污染皮革化学品和清洁生产工艺技术，在生产过程中减少或消除大部分污染源；同时由于高吸收材料和循环工艺的使用，化工辅料的用量减少，废液排出量减少。在此基础上，回收利用制革下脚料和废弃物，可最大限度降低污染，提高综合效益。

七、炼油行业的清洁生产技术

1. 采用无毒无害催化剂

石油炼制技术，包括催化裂化、加氢裂化、加氢精制、催化重整、烷基化、轻烃异构化、醚化等均是催化加工过程，其中只有烷基化是采用氟化氢，硫酸作为催化剂，其余均为固体催化剂。所以开发固体酸代替氟化氢，硫酸作为烷基化催化剂，以消除对环境的污染，保障安全和健康已成为石油炼制开发的重点技术之一。目前，正在开发的固体酸催化剂分为两类：一类是液体酸固载化催化剂，即将硫酸等固载在一种合适的载体上，使之不易流失和挥发，从而对环境不造成危害；另一类是固体酸催化剂，集中在研究新的分子筛、固体超强酸、杂多酸上。

有几种新型的固体酸基化催化剂正在从实验室走向中型试验，并达到进行工业示范的阶段。我国对固体酸烷基化催化剂已进行厂多年研究，自近年对其机理有深入认识

后，工作取得较大进展。一般固体酸，如分子筛等，酸强度有一个分布，不像硫酸的酸强度集中，这样就容易引起叠反应，同时固体酸的酸中心数目也不如硫酸多，这就要提高反应温度，但又会加速叠合反应引起失活。近年来，一种酸强度集中的固体酸催化剂已在实验室发现，生成的烷基化油中产品分布与硫酸的烷基化油相当，但其反应温度较高，也比硫酸贵；同时也已找到大大减缓其失活速度的方法，实验室已稳定运转 1100 小时以上。应该说明的是，虽然烷基化油目前在我国汽油成品调配中不占重要位置，但由于其辛烷值高、蒸气压低、又不含芳烃和烯烃，因而是理想的新配方汽油调和组分。展望未来，也会成为我国高辛烷值汽油调配中的重要组分。

除采用无毒无害催化剂外，清洁生产还要求对废催化剂进行处理。在石油炼制过程中，催化裂化和渣油加氢处理卸出的废催化剂数量最大。此外对催化裂化废催化剂已开发出技术，即进行化学法更新，然后加以利用；对渣油加氢及其他加氢工艺的废催化剂正在改进回收其上的钼、钨、镍、钴等金属的技术。将生物工程用于石油炼制的油品脱硫是一种非连续性技术进步。采用微生物作为催化剂就可大大减少固体废催化剂。

2. 减少炼油厂废碱排放

在炼油厂中，苛性碱广泛用于控制设备腐蚀、中和硫化氢、除去环烷酸、汽油脱臭等工艺过程，但同时也带来了大量的废碱液排放。为满足环境保护的要求，国外炼油厂均在研究减少苛性碱的用量，从而减少排放与后处理。

其内容包括：调整操作使每一用碱工序达到最优化，改进后处理方法。这里关键是从炼油厂整体考虑来重复利用碱液，如脱臭抽提碱液用于洗涤脱除硫化氢；在油品精制装置中使用的废碱液，稀释后用于原油蒸馏塔防腐。此外，还可采用可再生的胺抽提系统代替碱液以脱除轻烃中的硫化氢。我国的炼油厂也在考虑全厂碱液综合使用的方案，这样不仅能降低成本，而且能减少环境污染。

为了减少现有油品脱臭过程中产生的废碱，美国已开发了使用氨代替氢氧化钠，采用活化剂和高活性催化剂的汽油和煤油脱臭工艺。采用固体碱的脱臭工艺也正在研究。国内也开发了无碱液汽油脱臭工艺，并已工业化应用。最近，开发了以水滑石为固体碱、负载磺化酞青钴的催化剂，发现其具有良好的喷气燃料脱硫醇初活性，但寿命尚待改进，这仍是连续式技术进步。同时正在探索一种非连续式的喷气燃料脱臭技术，已有进展。随着进口中东含硫原油数量的增加，喷气燃料脱臭、催化裂化汽油脱臭也是我国炼油生产中需要解决的问题。

3. 提高石油炼制工艺的选择性

过去化工生产中化学反应的选择，由于废物可以直接排放，首先考虑的是转化率，其次才是选择性。现在环境保护要求废物处理，需要投资和增加运转费用，所以，近年来从环境保护出发，已把化工工艺的选择性放在首位，这样也同时提高了原料的利用率，增加了经济效益。石油炼制催化工艺的研究，多年来即追求改善工艺的选择性。

根据美国某公司炼油技术交流会资料介绍，在催化裂

化方面，根据积炭后待生催化剂和再生催化剂的混合物具有更好选择性的特点，设计开发了一种新的催化裂化工艺。在转化率不变的条件下，新工艺较原有工艺的催化裂化汽油增收 2.6%。在催化重整方面，由于一种新催化剂的开发，并在三个反应器中装入两类催化剂，将半再生式催化重整的汽油和氢气的产率分别提高了 1.7% 和 10.6%。新一代的加氢裂化催化剂，在进料速率提高 10% 的条件下，柴油和煤油的产率分别提高 2.4% 和 0.4%，石蜡油产率降低 0.6%。

我国在催化裂化、催化重整和加氢裂化领域，始终在不断改进这些技术的选择性，已开发了选择性更好的催化裂化、催化重整和加氢裂化催化剂，并且已工业化，目前还在不断发展。在工艺方面也有改进，如半再生式催化重整早已开发了装填两种催化剂的两段重整新工艺。

综上所述，国外环境保护日益严格的要求已推动催化裂化、催化重整、加氢精制和轻烷烃异构化等技术沿着连续式轨道技术进步，今后还要继续前进。非连续性技术进步已在烷基化和油品精制脱硫这两个领域发生：一是开发固体酸代替硫酸与氟化氢烷基化催化剂；二是利用微生物实现油品的生物脱硫。从历史经验看，在炼油催化技术中要有非连续性技术进步，关键要在新催化材料与新反应工程领域里积累新的科学知识，构筑自己的技术“新式武器”。

在新催化材料领域，由于许多石油炼制催化技术均是采用酸性催化剂，因此，在新型分子筛、超强酸、杂多酸等领域开展导向性基础研究，会有收获。炼油催化的另一

材料基础是加氢和脱氢组分，上面提到的具有“类贵金属”结构的金属氮化物和碳化物、非晶态合金等均是值得研究的新催化材料。在反应工程领域，下行式裂化反应器、超临界反应、非稳态反应和无机膜是值得开展研究的技术。此外，还应重视生物催化等高新技术在石油炼制中的应用。

第三章 绿色产品

第一节 绿色食品

一、概述

1. 绿色食品的定义

绿色食品是指经中国绿色食品发展中心认定，许可使用的绿色食品标志的、无污染的、安全、优质营养食品。它是在绿色食品标准下生长、生产、加工出来的。其标准涵盖了从产地环境质量到生产过程，直至产品包装，即从“土壤到餐桌”的严格质量保证和控制体系。

2. 绿色食品标准

绿色食品标准的内容。

绿色食品标准分为两个技术等级，即 AA 级绿色食品标准和 A 级绿色食品标准。

AA 级绿色食品标准要求，生产地的环境质量符合《绿色食品产地环境质量标准》，生产过程中不使用化学合成的农药、肥料、食品添加剂、饲料添加剂、兽药及有害于环境和人体健康的生产资料，而是通过使用有机肥、种植绿肥、作物轮作、生物或物理方法等技术，培肥土壤、控制

病虫害害、保护或提高产品品质，从而保证产品质量符合绿色食品产品标准要求。

A级绿色食品标准要求，生产地的环境质量符合《绿色食品产地环境质量标准》，生产过程中严格按绿色食品生产资料使用准则和生产操作规程要求，限量使用限定的化学合成生产资料，并积极采用生物学技术和物理方法，保证产品质量符合绿色食品产品标准要求。

绿色食品标准的作用。

绿色食品标准是进行绿色食品质量认证和质量体系认证的依据质量认证指由可以充分信任的第三方证实某一经鉴定的产品或服务符合特定标准或技术规范的活动。

质量体系认证指由可以充分信任的第三方证实某一经鉴定产品的生产的企业，其生产技术和管理水平符合特定的标准的活动。由于绿色食品认证实行产前、产中、产后全过程质量控制，同时包含了质量认证和质量体系认证。因此，无论是绿色食品质量认证还是质量体系认证都必须有适宜的标准依据，否则就不具备开展认证活动的基本条件。

绿色食品标准是进行绿色食品生产活动的技术、行为规范绿色食品标准不仅是对绿色食品产品质量、产地环境质量、生产资料毒负效应的指标规定，更重要的是对绿色食品生产者、管理者的行为的规范，是评价、监督和纠正绿色食品生产者、管理者技术行为的尺度，具有规范绿色食品生产活动的功能。

绿色食品标准是推广先进生产技术，提高绿色食品生

产水平的指导性技术文件绿色食品标准不仅要求产品质量达到绿色食品产品标准，而且为产品达标提供了先进的生产方式和生产技术指标。

绿色食品标准是维护绿色食品生产者和消费者利益的技术和法律依据绿色食品标准作为质量认证依据，对接受认证的生产企业来说，属强制执行标准，企业生产的绿色食品产品和采用的生产技术都必须符合绿色食品标准要求。当消费者对某企业生产的绿色食品提出异议或依法起诉时，绿色食品标准就成为裁决的合法技术依据。同时，国家工商行政管理部门，也将依据绿色食品标准打击假冒绿色食品产品的行为，保护绿色食品生产者和消费者利益。

绿色食品标准是提高我国食品质量，增强我国食品在国际市场竞争力，促进产品出口创汇的技术目标依据绿色食品标准是以我国国家标准为基础，参照国际标准和国外先进标准制定的，既符合我国国情，又具有国际先进水平。对我国大多数食品生产企业来说，要达到绿色食品标准有一定难度，但只要进行技术改造，改善经营管理水平，提高企业素质，许多企业是完全能够达到的，其生产的食品质量也是能够符合国际市场要求的。而目前国际市场对绿色食品的需求远远大于生产，这就为达到绿色食品标准的产品提供了广阔的市场。

3.绿色食品标准的原则

绿色食品标准从发展经济和保护生态环境相结合的角度规范绿色食品生产者的经济行为。在保证食品产量的前提下，最大限度地通过促进生物循环，合理配置和节约资

源,减少经济行为对生态环境对不良影响和提高食品质量,维护和改善人类生存和发展环境。为此,确定了制定“标准”所遵循的原则:

生产优质、营养、对人畜安全的食品和饲料,并保证获得一定产量和经济效益,兼生产者和消费者双方的利益。

保证生产地域内环境质量不断提高,其中包括保持土壤的长期肥料和洁净,有助于水土保持。

保证水、水资源和相关生物不遭受损害。

有利于生物循环和生物多样性的保持。

有利于节省资源,其中包括要求使用可更新资源、可自然降解和回收利用材料。

减少长途运输、避免过度包装等。

有利于先进科技的应用,以保证及时利用最新科技成果为绿色食品发展服务。

有关标准和技术要求能够被验证。有关标准要求采用的检验方法和评价方法必须是国际、国家标准或技术上能够保证重复性的试验方法。

绿色食品标准的综合技术指标不低于国际标准和国外先进标准的水平。同时,生产技术标准有很强的可操作性,易于生产者接受。

在 AA 级绿色食品生产中禁止使用基因工程技术。

4. 绿色食品标准的根据

制定绿色食品标准的主要依据为:

欧共同体关于有机农业及其有关农产品和食品条例。

联合国食品法典委员会标准。

我国国家环境标准。

我国食品质量标准。

我国绿色食品生产技术研究成果。

5. 绿色食品标准构成的体系

绿色食品标准以全程质量控制为核心，由以下六个部分构成：

绿色食品产地环境质量标准。

即《绿色食品产地环境质量标准》制定这项标准的目的，一是强调绿色食品必须产自良好的生态环境地域，以保证绿色食品最终产品的无污染、安全性；二是促进对绿色食品产地环境的保护和改善。绿色食品产地环境质量标准规定了产地的空气质量标准、农田灌溉水质标准、渔业水质标准、畜禽养殖用水标准和土壤环境质量标准的各项指标以及浓度限值、监测和评价方法。提出了绿色食品产地土壤肥力分级和土壤质量综合评价方法。对于一个给定的污染物在全国范围内其标准是统一的，必要时可增设项目，适用于绿色食品（AA级和A级）生产的农田、菜地、果园、牧场、养殖场和加工厂。

绿色食品生产技术标准。

绿色食品生产过程的控制是绿色食品质量控制的关键环节。绿色食品生产技术标准是绿色食品标准体系的核心，它包括绿色食品生产资料使用准则和绿色食品生产技术操作规程两部分。绿色食品生产资料使用准则是对生产绿色食品过程中物质投入的一个原则性规定，它包括生产绿色

食品的农药、肥料、食品添加剂、饲料添加剂、兽药和水产养殖药的使用准则，对允许、限制和禁止使用的生产资料及其使用方法、使用剂量、使用次数和休药期等作出了明确规定。绿色食品生产技术操作规程是以上述准则为依据，按作为种类、畜牧种类和不同农业区域的生产特性分别制定的，用于指导绿色食品生产活动，规范绿色食品生产技术的技术规定，包括农产品种植、畜禽饲养、水产养殖和食品加工等技术操作规程。

绿色食品产品标准。

该标准是衡量绿色食品最终产品质量的指标尺度。它虽然跟普通食品的国家标准一样，规定了食品的外观品质、营养品质和卫生品质等内容，但其卫生品质要求高于国家现行标准，主要表现在对农药残留和重金属的检测项目种类多、指标严。而且，使用的主要原料必须是来自绿色食品产地的、按绿色食品生产技术操作规程生产出来的产品。绿色食品产品标准反映了绿色食品生产、管理和质量控制的先进水平，突出了绿色食品产品无污染、安全的卫生品质。

绿色食品包装标签标准。

该标准规定了进行绿色食品产品包装时应遵循的原则，包装材料选用的范围、种类，包装上的标识内容等。要求产品包装从原料、产品制造、使用、回收和废弃的整个过程都应有利于食品安全和环境保护，包括包装材料的安全、牢固性，节省资源、能源，减少或避免废弃物产生，易回收循环利用，可降解等具体要求和内容。绿色食品产

品标签，除要求符合国家《食品标签通用标准》外，还要求符合《中国绿色食品商标标志设计使用规范手册》规定，该《手册》对绿色食品的标准图形、标准字形、图形和字体的规范组合、标准色、广告用语以及在产品包装标签上的规范应用均作了具体规定。

绿色食品贮藏、运输标准。

该项标准对绿色食品贮运的条件、方法、时间作出规定。以保证绿色食品在贮运过程中不遭受污染、不改变品质，并有利于环保、节能。

绿色食品其它相关标准。

包括“绿色食品生产资料”认定标准、“绿色食品生产基地”认定标准等，这些标准都是促进绿色食品质量控制的辅助标准。以上六项标准对绿色食品产前、产中和产后全过程质量控制技术和指标作了全面的规定，构成了一个科学、完整的标准体系。

6. 绿色食品（果品）对生态环境的要求

绿色食品（果品）生产要求大气环境、土壤环境和农业灌溉水质必须符合相关的质量标准。该标准在中国绿色食品发展中心编著的“绿色标准”中的“绿色食品产地生态环境质量标准”有详细的叙述，其中对大气中二氧化硫、氮氧化物、总悬浮粒、氟含量，对不同类型及不同深度土壤中汞、镉、铅、砷、铬含量，对农田灌溉水中 pH 值、总汞、总铅、氯化物、氟化物、氰化物等含量标准都有严格的限量。

7. 绿色食品（果品）生产基地的选择

绿色食品（果品）生产基地首先要考察其在相当大的范围内有无粉尘、酸雨的侵袭，有无矿山和工厂等污染源，尤其在河流的上游应无污染源。凡在历史上不曾大量使用过六六六并符合生产优质果品的地区都可考虑建立绿色果品生产基地。在选择时应邀请环保部门对周围的大气、土壤和灌溉水的污染状况进行检测。

二、生产技术要求

1.肥料的施用

绿色食品（果品）生产用肥必须符合国家“生产绿色食品肥料使用原则”，生产AA级绿色食品要求使用农家肥和非化学合成商品肥料。

增施有机肥是改良土壤，提高果品质量的基础，而农家肥是有机肥的主要来源。农家肥包括厩肥、堆肥和绿肥等。厩肥主要有人畜粪尿，需要经过腐熟后才能施用；堆肥是以秸秆、杂草、落叶、垃圾及其他有机废物为原料，经过堆制，利用微生物活动使之腐烂分解制成；绿肥通常以种植的新鲜植物翻入土壤中，腐烂后即可作肥料。在果园中适宜种植绿肥有三叶草、毛苕子、小冠花、紫花苜蓿、草木樨等。

非化学合成的商品肥料有生物肥料、腐殖酸和氨基酸复合微肥等。生物肥料有生物菌肥、生物氮肥和生物钾肥。腐殖酸有黄腐酸、棕腐酸、褐腐酸和黑腐酸等组成，是大自然的产物，它对土壤团粒结构的改良，促进土壤中有有机物分解，促进植物体内酶的生理活性，提高植物抗逆性和抗病性具有积极作用；氨基酸复合微肥是利用动物有

机废物（毛、蹄角等）为原料水解成氨基酸，再与微量元素螯合而成的肥料，极易被树体吸收。因氨基酸是树体中合成蛋白质的前体，具有显著的生理活性，与之螯合的微量元素被吸入树体内对促进光合作用，加速植物营养生长和生殖生长均有显著作用。因此腐殖酸和氨基酸类复合肥都具有高效、无毒、无污染的特点，可以大力推广。而化学合成肥料的大量施用，极易引起土壤结构的破坏，降低产品质量，造成环境水质污染。氮肥过量施用，尤其硝态氮的大量施用，常导致果品中硝酸盐的增加，人畜食用后转变成有害的亚硝酸盐，破坏血液吸氧功能，与体内胺类物质结合生成亚硝胺，是癌症的诱发因素之一。

生产 A 级绿色食品（果品）允许限量使用部分化学合成肥料。例如尿素、硫酸钾、磷酸二铵等，但禁用硝态氮肥。施用化肥时，必须与有机肥料混合使用，尿素加入量约为厩肥重量的 2%，用作追肥应在采果前 30 天停用。

2. 农药的使用

在果树生产中，目前由于整个生态环境平衡系统受到严重破坏，病虫害增多，农药施用量不断增加，化学肥料滥用导致环境污染日趋严重。绿色食品（果品）生产要求应尽量不用或少用化学农药；严禁使用剧毒、高毒、高残留和具有致癌、致畸、致突变的化学农药，如福美肿、氟乙酰胺、六六六、久效磷、对硫磷、杀虫脒等；禁止使用植物生长调节剂，如萘乙酸、多效唑、细胞分裂素等。AA 级绿色食品（果品）允许使用生物农药、植物源农药、昆虫生长调节剂。生物农药有核多体病毒、白僵菌、生物杆

菌、多氧酶素、阿维菌素等；植物源药剂有除虫菊素、烟草水、鱼藤根、大蒜、苦楝、芝麻素等；昆虫生长调节剂有信息素和其他动植物源的性引诱剂等。此外，还允许有限度地使用农业抗生素、如抗酶素、井冈酶素、农抗 120、浏阳酶素等。

为了尽量不用或少用化学农药还可利用各种农业综合措施来创造果树最适生长环境，实施科学、系统和规范化的栽培管理措施，对病虫害进行综合防治。这些农业措施主要有：

选用抗病虫品种和无病毒种苗。

改良土壤，重视有机肥施用。配方施肥注重氮、磷、钾及其他微量元素的营养平衡。

推行果园生草制，改善果园生态环境，提高树体抗病性能。

严格执行疏花疏果，保持与树体相适应的负载量，保持健壮树势。

重视整形修剪，保持树体通风透光，及时剪除病虫害为害的叶片、枝条和果实。

喷施植物源膜剂。如高脂膜的施用可在枝干叶上形成分子膜，虽无直接杀虫、杀菌作用，但具有预防空气污染，抑制蒸腾，抑制虫卵孵化、驱避害虫的功能。

实施果实套袋技术，减少病虫害直接对果实的危害。

适时采果，采果后要及时刮除翘皮和清园，将枯枝落叶焚烧或深埋，防止病虫害潜伏越冬。

控制采后处理及流通环节的病虫害污染，应尽量不用

或少用防腐剂或杀菌剂。

第二节 绿色汽车

一、概述

世界汽车工业已经走过了一百多个春秋。百余年中，汽车工业对不少国家的经济腾飞功不可没。如今，汽车工业已成为大多数经济发达国家的支柱产业，发展到了家庭普及汽车的阶段。如美国平均不足两人拥有一辆轿车，日本平均 3 至 4 人拥有一辆。由于汽车运输机动性强，能够迅速、安全、方便地将客、货运送到目的地，随着发达国家交通运输业进一步发展，需要更多汽车投入使用。此外，伴随新型汽车性能的不断提高，存在着巨大的更新需求。在发展中国家，随着经济增长，汽车工业也正在逐步形成，并将快速发展。总之，世界汽车工业将保持庞大的市场需求和生产规模。

目前，汽车的动力装置主要还是传统的往复式活塞式内燃机，即汽油机和柴油机，能源为石油燃料汽油或柴油，并加入一些含重金属化合物的添加剂。我国汽车消耗的燃油占全国汽油消耗的 95.4%，柴油的 27.7%。

二、汽车引起的环境问题

汽车尾气问题同几乎所有大气污染问题相关。随着城市化水平提高和汽车数量增多，氮氧化物为主的汽车尾气污染正超过碳硫型为主的煤烟污染，占居城市大气污染的第一位。如上海市中心区域机动车一氧化碳，非甲烷碳氢和

氮氧化合物的排放量分别约占大气污染物排放总量的 86% , 96%和 56%。

总体上说 ,全球 20%的大气污染和城市 70%的大气污染是由汽车尾气造成的。汽车尾气中的污染物主要有：一氧化碳、非甲烷碳氢、氮氧化合物和二氧化硫和含有炭粒、硫化物和铅化物的微粒等。发达国家五六十年代经历过的光化学烟雾事件已在我国的一些大城市出现。

一氧化碳是燃料不完全燃烧的产物，严重影响人体血液中血红蛋白与氧气的结合，威胁生命，并参与大气中多种化学反应，对形成烟雾和产生甲烷有重要作用。非甲烷碳氢主要是缸壁淬冷、燃油蒸发及不完全燃烧的产物，由 200 多种不同的成分组成。有一些碳氢并不起光化学反应，如甲烷、乙烷、丙烷以及其它不反应碳氢等。因此，从光化学反应观点看，非甲烷碳氢的百分比(总碳氢为 100%，减去甲烷的百分比即为非甲烷碳氢的百分比)越小越好。非甲烷碳氢中的苯被认为是一种致癌物质，吸入气态苯会造成红二球和白血球减少，降低血小板的数量，人暴露在大量的苯中会引起白血病。氮氧化合物是在燃烧室高温高压条件下，由氮和氧化合而成，排放到大气后变成二氧化氮，主要危害是降低能见度，它是形成光化学烟雾的重要媒介。氮氧化合物在大气中发生反应形成悬浮颗粒、过氧酰基硝酸、硝酸、亚硝酸、硝基烃以及高度致癌的亚硝胺，对人类、动植物和环境构成直接危害，同苯并芘反应生成其它致变和致癌物质。二氧化碳是造成地球温室效应的重要原因，全世界每年排放一氧化碳约 300 亿吨，其中，汽车排

放量约占 7%。

硫是石油燃料中的杂质，因此汽车尾气中含有硫分，主要是二氧化硫，硫酸盐以及少量的硫化氢，碳酰硫化物和其它有机硫化物。二氧化硫会对眼睛和呼吸器官造成刺激，并能在大气中进一步氧化形成硫酸，这是形成酸雨的主要原因。

氧化铅是使用含铅汽油所产生的有害物质，其毒性比使用无铅汽油大 100 倍，使人中毒，引起乏力、便秘、失眠、食欲不振、痴呆等病。氧化铅对儿童的影响尤为严重。汽车排放物中还含有分子量较小的醛类和脂肪酮、酚和非碳氧化物。具有挥发性的甲醛对眼睛和呼吸器官有刺激作用，而且是一种潜在的致癌物质。酚具有臭味和刺激性，含量很小，在稳定情况下，酚的含量比醛含量低 100 ~ 1000 倍。汽油车废气中含有非碳氧化物、二甲醇、乙醇、硝基甲烷、甲酸甲脂等，不过与甲醛相比，非碳氧化物并不重要。

除了汽车尾气之外，汽车空调系统的氟氯烃也是一个大气污染问题。氟氯烃逸散到大气中，就会上升到同温层，破坏臭氧层，形成臭氧层空洞，使过量紫外线到达地面。氟氯烃作为汽车空调制冷剂得到广泛使用，由于汽车量大面广，流动性大，所造成的影响也大。全球轿车、载重车和大客车安装的空调系统，每年大约有十几万吨氟氯烃用于新车和维修车的空调系统。氟氯烃对环境的危害已引起了全世界的关注，1987 年 31 个国家签署了《蒙特利尔协议》(此后又有其它国家加入)，一致同意逐步停止生产氟

氯烃。和其它领域一样，新车中将逐步直至完全淘汰氟氯烃。

废旧汽车也是一大环境问题。随着汽车工业的发展，新型车进入市场的速度加快。80年代末，新型车的平均开发周期为60个月，90年代中期降至48个月，目前，新车的平均开发周期仅为24个月，加上汽车持有量的增加，导致报废汽车数量增多。根据位于意大利汽车之城都灵的菲亚特轿车公司的估计，如果按照意大利汽车平均使用寿命12年计，全国每年报废的汽车达140万辆，将其排列起来，长达5000千米，相当于意大利公路网总长的3/4。汽车的主要材料为钢材、生铁、橡胶、油漆、玻璃、铝合金、铜、铅、塑料等，理论上回收率接近100%。目前国外汽车回收厂的平均回收利用率已达70%以上。如果不及时对报废车辆进行分类、处置和回收，废车将占用很大的堆积场地，在风吹雨打作用下，很快失去循环利用的价值，不仅浪费资源，而且形成严重的污染。

此外，与汽车有关的环境问题还有：汽车噪声问题，汽车加油站的汽油味问题，洗车废水问题等等。

三、绿色汽车

针对以上问题，强调合乎环境保护要求的绿色汽车概念应运而生。其特点是：节能、低废、高效、轻质、易于回收利用。绿色汽车体现了环境保护观念对汽车业的影响，是汽车技术不断发展的必然产物。

1. 节能高效

就汽车本身而言，汽车节能就涉及很多因素。这此因

素相互关联制约。因此，汽车节能是一个综合优化的过程。

自汽车诞生之日起，减少能耗就随着汽车的发展而同步发展。以柴油机汽车的发展为例：在功率和速度不断提高的前提下，油耗不断降低。要达到这个目标需要采用的新技术包括：先进的模拟设计方法、先进的高功率电池和能量电池、代用燃料和燃料储存、辅助动力装置，如直喷式和涡轮式、有效的空调系统、电力推进部件、提高能量效率技术、飞轮、燃料电池、燃料裂化装置、低排放技术、减轻质量的新型轻质材料和新结构、超级储能装置。

2.减少尾气排放

如果说汽车节能在很大程度上是汽车生产者自发的行为，那么汽车减废的直接动力在于环境保护的要求。早期著名的一次汽车尾气污染事件是1943年5~10月发生在美国洛杉矶的光化学烟雾事件。这段时间，洛杉矶市大量汽车每天排入大气的碳氢化合物超过1000多吨，大多数居民发生了眼、鼻、喉方面的疾病，引起400多人死亡。

减少尾气取得的进展。

随着环境保护成为全球热点，发达国家开始制定控制汽车尾气排放的法规。首先制定了控制汽油车尾气排放的法规。稍后，又制定了控制柴油车尾气排放的法规。

由于受到排放法规的制约，面对逐渐严格的排放标准，各国不断采取新的技术措施。

代用能源汽车。

正在研制和推广的代用能源汽车有：

液化石油汽车：氮氧化合物、微粒排放量少，非甲烷

碳氢易氧化，可实现稀薄燃烧，便于携带，用预热塞辅助点火和喷射液化石油效果更佳。根据气化系统的不同，已开发出三代液化气汽车：第一代气化系统由电动机械开关控制，第二代气化系统由微电脑控制，第三代气化系统采用电子控制。

天然气汽车：天然气能源在世界能源结构中占 22.91%，与天然气轿车占世界 0.2% 的比例极不相称。天然气汽车尾气无铅、无硫化物污染，产生的一氧化碳仅为汽油车的 4%，氮氧化物及碳氢化物为汽油车的 1/10。冷启动性能好，但动力性能有所降低，需要专用工具进行安全检测，携带不便，制造成本高。

甲醇和乙醇汽车：微粒和氮氧化合物排放量少。甲醇和乙醇可由植物、煤炭或天然气制取，携带方便。但毒性大，冷启动性能稍差。还有火花栓的寿命及喷油嘴的堵塞、磨损，罐体排气阀的腐蚀、润滑油的劣化等问题。

液氢汽车：污染低，不排放一氧化碳和非甲烷碳氢，在极稀薄混合气情况下即可燃烧。有泄漏和气化、储存、爆震、快速燃烧等问题，制造成本有待降低。

纯电动汽车：以蓄电池作动力源，功率变换器把蓄电池的直流电转换成不同的直流电或交流电，通过控制电动机的电压和电流，电动汽车能够以不同的速度行驶。目前需要解决的问题是蓄电池的容量、充电时间、使用寿命和成本。另外，废旧电池对空气和水有污染。

混合动力汽车：由电动机和内燃机组成混合动力。启动、上坡、加速时，电动机产生的扭矩占总扭矩的 70% ~

80%，从而减轻了内燃机的负荷，减少污染，降低噪声。在正常运行途中，内燃机输出的动力占大部分。当汽车急速、下坡和减速时，内燃机带动发电机工作，向蓄电池充电。

燃料电池：通过燃料和氧化剂的电化学反应产生电能。一般而言，无论哪种燃料电池，都以氢为燃料，氧为氧化剂。氢可以储存在车上，或者由电动汽车制备，氧由周围的空气提供。燃料电池的最大优点是其效率为内燃机的两倍，它可以把60%的化学能转变成电能。燃料电池的污染只是水的微滴、水蒸气和热。在制备氢时，同样存在上述污染。目前，燃料电池还存在着结构复杂、体积和质量较大、成本较高等缺陷。

飞轮：以旋转体的形式存储能量，当转速增高时，能量被存储在飞轮中，当从飞轮中取出能量时，其速度下降。飞轮除需要在真空中操作外，还需要一套复杂的电子控制系统纠正陀螺效应的影响。据估计，飞轮技术可以使电动汽车的运行距离延长到965千米，循环寿命达到10万次。

超容量电容器：能存储大量电荷，并且能迅速地充放电；可以把冲击负荷降低到适宜的水平。这样蓄电池只需设计达到平均能量密度和平均循环寿命，而无需达到最大峰值能量密度和循环寿命。蓄电池为电动汽车的正常运行提供能量，而加速和爬坡时则可以由超容量电容器来补充电量。此外，超容量电容器也可以用来存储制动时产生的能量。

3.材料的改进

改进制造车身和内部构件所用的材料，采用满足强度要求的轻质材料代替重质材料，达到节能的目的。汽车自重减少 50 千克，每升燃油的行驶距离可增加 1 千米；汽车自重减轻 10%，燃油经济性提高约 5.5%。同时，汽车制造厂还在积极进行废旧车的回收利用。最早的汽车内外部件几乎全是木制的。1895 年，美国人埃尔伍德海恩斯设计制造了世界上第一辆钢结构汽车。很快，金属材料钢以其高强度、耐用性以及良好的加工性取代了木材，成为制造车身的重要材料。汽车总体上向轻型化发展，今天的家庭轿车比 20 年前轻了 10%。继续减轻车重仍是当前各大汽车公司孜孜以求的目标。用其它轻质材料代替钢材料是最主要的有效途径，轻质材料包括铝、镁等轻金属以及新型复合材料。

铝合金具有高强度、耐锈蚀、热稳定性好、易成型、再生性好等一系列优点，能够满足汽车工业的特殊要求。汽车的许多部件均可使用铝合金材料制造，如发动机的活塞、客车的内外镶板、载货汽车的驾驶室等。铝的比重约为钢的 $1/3$ ，考虑到其它因素，以铝代钢可使汽车质量减轻 40% ~ 50%。从国外汽车的用铝量看，80 年代每辆汽车平均用铝材 55 千克，90 年代每辆车用铝材 130 千克，预计 2000 年每辆车用铝材为 270 千克。

除了铝合金，铝基复合材料也正在得到研制和应用。铝基复合材料的基体一般采用铝硅合金，常用的增强剂有陶瓷纤维、晶须、微粒等。铝基复合材料的弹性模量和硬度均比基体铝合金提高 20% ~ 100%，具有良好的高温强

度，耐疲劳性和优越的耐磨性能，因热膨胀系数较低，所以尺寸稳定性好。80年代开始，铝基复合材料已被广泛用于活塞、发动机连杆、汽缸套、提臂、悬架臂、车轮、驱动轴、制动卡钳、阀盖、凸轮座、气门挺杆等零件。

镁作为轻型材料开始也在汽车中得到运用，一般用于不需要承受较高强度的部位，如燃料箱和行李箱之间的隔板、汽缸盖罩、仪表板支架、座椅、防翻车杠后下部的板件等。镁材料的一个突出优点是适合于压铸工艺，可在压铸时把其它复杂的细小部件铸入镁制板内，这样就减少了制造的复杂性、零件数目和重量。

其它新型复合材料主要指工程塑料。随着高分子合成技术的发展，新材料的性能不断提高，近年来工程塑料在汽车上的用量明显增加，目前每辆普通小客车的塑料用量已达70千克以上。工程塑料既可用于不承受荷载的零件，如仪表外壳、把手、发动机罩等，也可用于承受很大荷载的重要零件，如碳纤维材料制成的叶片弹簧和转动轴等。美国已经生产出外部面板全部采用合成材料的汽车，重量比钢结构车减轻50%。

在汽车材料的回收利用方面，钢材料和上述多种新型材料都具有较好的可回收性。事实，当今每年从汽车上回收的钢材量与汽车制造商们造新车使用的钢材量一样多：其它材料如塑料、橡胶、玻璃、油漆等都可以进行回收。由于回收后的旧材料在经过适当加工后可用于要求较低的使用寿命，因此，废旧汽车的理论可回收率接近100%。目前，发达国家的废旧汽车材料回收率在75%左右，并正在不断

努力，希望达到 85% ~ 90%。

第三节 绿色能源

一、概述

能源是生命和一切物质运动能量的源泉，也是人类社会赖以生存、发展的基础。如果没有能源，我们周围的飞机、汽车等交通工具无法开动；工厂的机器设备就会停止运转；冬季，在没有暖气的情况下我们要忍受寒冷“煎熬”。

所以，在国民经济中，能源关系国家发展的全局，发展工业、农业、国防、科学技术和提高人民生活水平都离不开它。它是衡量一个国家经济、技术发展水平的重要标志。社会生产要发展，人民生活水平要提高，能源供应就必须保持增长。然而，当前能源的紧缺的现象逐渐加大。

世界能源资源统计表明，全世界煤炭探明可采储量为 10316 亿吨，储采比为 230 年；石油探明可采储量为 1407 亿吨，储采比为 44 年；天然气为 141 万亿立方米，储采比为 57 年；32 个国家铀资料探明可采储量为 223 万吨，储采比为 69 年；技术可开发水能资源 14.6 万亿千瓦·时/年。世界人口 1900 年为 16 亿，能源消耗 6.8 亿吨标准煤，1995 年人口为 58 亿，能源消耗 114 亿吨标准煤，预计到本世纪中叶，世界人口将突破 100 亿大关，一次能源需求量为 253 ~ 294 亿吨。随世界人口的增长及经济的发展，能源的需求和供应的矛盾日益突出。

我国是一次能源储量丰富的国家，但从可持续发展观

点看，存在着十分严重的能源问题。人均能源不足，人均能耗低而单位产值能耗高。我国人均煤炭探明储量为世界均值的 $1/2$ ，石油仅为 11.6%。人均商品能源消费量不到世界均值的一半，家庭人均用电量不到美国的 10%；单位产值能耗高于发达国家和发展中国家平均值。一次能源分布不均。煤炭探明储量中，山西、内蒙古及陕西三省占 65.2%；可开发水能资源中，近 67.8%集中在西南地区；松辽、渤海湾、塔里木和准噶尔盆地的石油资源占全国的 52.6%；天然气总储量中， $2/3$ 分布在中西部，而经济发达的东南沿海地区则缺乏能源。

我国又是世界上少数几个以煤为主要一次能源的国家，是世界最大煤炭生产国与消费国。煤炭提供了 70% 的工业燃料和动力，60% 的化工原料、80% 民用商品能源。由于煤炭耗量大，而烟气净化装置又不完善和低效，使得环境污染成为我国经济发展的一大拦路虎。发电用能源占一次能源比重低。由于电是优质、高效、可靠、清洁的二次能源，因此，世界各国电力增长速度始终高于经济增长速度，发电用能源占一次能源比重逐年增大。1988 年统计，这一比重：挪威 59.2%、加拿大 45%、法国 41.9%、西班牙 40.7%、日本 39.6%、巴西 34.9%、美国 34.6%，但我国目前只有 24% 左右。

二、常规能源利用对环境的污染

1. 常规能源对环境的污染

煤炭、石油和天然气是我们当前使用最多的常规矿物能源。由于人类超常规地过多利用了这些矿物能源，使得

利用过程中所产生的二氧化碳、二氧化硫、一氧化氮、粉尘等对大气、水体造成。目前，每天全球由于矿物燃料的燃烧而排放出来的温室气体二氧化碳有 6000 多万吨。这些矿物能源利用后所放出的二氧化碳是产生的“温室效应”的主要原因。

近几百年来，大气中的二氧化碳含量已增加 30%，达到历史的最高峰，而且还以每年 0.5% 的速度继续增加。计算和统计表明，若大气中二氧化碳的浓度每增加 1 倍，则地球气温就会升高 4.5℃。大气中存在大量二氧化碳，会使太阳光的短波辐射进入大气层后，受到二氧化碳“遮蔽”作用，使能量逐渐储存在大气层内。而地球表面的低温长波辐射出不了大气层，造成地球表面的温度逐年升高。在过去的 100 多年内，全球的气温上升了 0.4~0.5℃，极地冬雪覆盖面积缩小，各地的冰川后退和南、北极冰雪融化等现象日益加重，使潮位上升了 100~150 毫米。环境科学家们测算，如果不采取有效措施来限制二氧化碳的排放量，则地球气温可能每 10 年增加 0.3℃。到 2025 年，全球气温将比今天升高 1℃，到本世纪的中、后期，巴基斯坦国土的 1/5、尼罗河三角洲的 1/3、印度洋上的马尔代夫国，都将被海水淹没。

在燃煤时排出大量的二氧化硫，对环境和人体健康都产生很大影响。由于硫化物、氮氧化物的大量排放，大气中所含的水逐步酸化，如降雨，就形成了酸雨。世界目前已有三大酸雨区，而我国华南酸雨区是唯一尚未治理的。酸雨将导致农作物减产、建筑物腐蚀、树木枯萎、鱼类死

亡、湖泊酸化，对生态环境产生难以恢复的破坏。

二氧化硫对人体健康影响很大，如早期发生在英国伦敦的烟雾事件，当时在伦敦上空因气流的原因，近地空气在低压影响下形成逆温层，使地面冷空气不能扩散。城市烟煤产生的二氧化硫和烟尘不断蓄积，二氧化硫的最高浓度达 3.8 毫克 / 立方米，烟尘的最高浓度达 4.5 毫克 / 立方米。由二氧化硫生成相当量的硫酸吸附在烟尘颗粒上或凝聚在雾气中，形成了硫酸烟雾。烟雾引起的病患者，在发病初期表现为胸口窒闷、咳嗽、喉痛、呕吐等。这次烟雾使约 4000 人丧生，约为平时死亡人数的三倍。

2.减少有害气体排放量的措施。

人类在促进社会进步过程中所产生的二氧化碳、二氧化硫、一氧化氮，粉尘的负面效应，正严重威胁着人类本身的发展及生存。各国都在采取积极的措施来减少因燃烧矿物燃料而产生的有害气体的排放量。这些措施包括：

减少煤炭在能源结构中的比重。

提高能源利用率，力求以较低的能源消耗，产生较大的经济效益。

制订和实施有关能源政策(如征收碳税等)，控制温室气体的排放量。

制订有关节能政策，节约能源。

提高环保投资，有效控制和减轻污染等等。

这些措施已经产生积极的效果，今后也必将产生好的效果。但是，这些措施都只是为了减少污染物的排放量，而不是根除污染物的排放，因此，它们是消极的、被动的。

究其原因，这些措施都是以矿物能源(燃料)为基础而制订的。

从人类社会长远发展观点看，积极研究、开发和利用非含碳能源，包括可再生能源及核能等新能源，为解决地球气温上升的难题，才是积极的、主动的、治本的。由于煤炭、石油、天然气等常规能源的有限性和对人类生存环境的污染及各国经济、社会可持续发展的需要，多年来，各国根据自身的主、客观条件，加强对新能源的研究、开发，取得了显著的进步和成就，使人们看到了能源可持续发展的前景。

三、绿色能源的使用

所谓绿色能源，简单来讲就是它们的利用不产生或极少产生对人类生存环境的污染物。但由于马上取消现有大量使用的矿物能源，而完全由“清洁”的能源来代替，从现阶段的情况来看还是不现实的。因此，清洁的能源使用应包含两方面的内容：清洁能源的开发利用、现用矿物能源的高效利用和能源节约利用。在过去的20年中，世界一次能源消费一直以2.3%的速度增长，人类本世纪必须考虑的四大难题是能源、环境、人口和粮食，而能源问题排在首位。节约能源，抑制矿物燃料的过度消耗；保护环境，净化人类生存的有限空间；开发与利用清洁能源与再生能源，带来在环境及价格上均有竞争能力的能源革命。既满足人类当前发展的需要，又不能损害子孙后代满足需求的能力，这一“持续发展”已成为人类当前和未来共同遵循的迫切问题。

清洁能源通常是指水能、风能、太阳能、核能、地热能、生物质能、海洋能等，这里面包括不可再生的(如核裂变能)及可再生的(除核裂变能以外的新能源)能源。

1.水力发电

水电能是不产生任何污染物的清洁能源，只要人们从可持续发展经济角度出发，合理则有效地利用它，可以说，它是取之不尽用之不竭的可再生能源。世界各国利用水能的主要基本形式是用水能来发电。由于水电能的清洁安全性和可再生性，世界各国历来非常重视本国水资源研究、开发。目前为止，全球总发电量中水电已占居第二位，超过了 24000 亿千瓦·时，为全球当年总发电量的 19.4%。全球水电站装机容量最多的国家是美国，超过 10000 万千瓦，而水力发电量最多的国家是加拿大。在这年，全世界水电站的发电量比重占总发电量的 60% 及以上的国家已达 18 个，如巴拉土(99.9%)、挪威(99.6%)、赞比亚(99.5%)、巴西(93.3%)、拉脱维亚(77.3%)、越南(76.6%)、奥地利(72.2%)、新西兰(68.1%)、朝鲜(63.2%)和瑞士(60%)等。

我国是水力资源最丰富的国家，水能的总贮量高达 6.76 亿千瓦，其中经济可开发量达 3.79 亿千瓦。水力资源主要集中在我国的西南、西北和中南地区。我国的水力资源大有开发前途。我国自改革开放以来，在水力资源开发上得到很大发展。近 20 年来，我国已建成或正在建设多座大、中型及特大型水电站，其中不少电站早已并网发电。水电建设成绩卓著，效益巨大，致使在我国发电结构中，

水电的比重由 1978 年的 3.1% 上升到现在的将近 20%，进入全球水电比重较高国家的先进行列(全世界水电比重平均为 19.4%)。就拿举世瞩目的长江三峡工程为例，这是一座特大型的世界第一流的跨世纪的水力发电站，到 2009 年全部建成后，总投资达 2034 亿元，它的总装机容量高达 1820 万千瓦，每年的发电经济效益为 346 亿元。它比目前正在运行发电的世界上最大的巴西依泰普水电站还要大 44%(依泰普水电站总装机容量为 1260 万千瓦)。三峡电站建成发电后，将对我国的中、西部地区，特别是沿江的 10 多个省、市经济建设的发挥起了巨大的作用。它的建成投产后，将进一步改善我国的能源构成，使我国的能源结构向优化方向前进一大步。

2. 风力发电

风力发电所产生的能量是一种可再生能源，而且风力发电早已被人们利用来为生产和生活服务，如用于航船、推磨、抽水和发电等。据测算，地球上的可利用的风能是水能的 10 倍。

风力发电是通过风力发电机把风能转化为电能，供人们使用的。常用的风力发电机是像飞机螺旋桨那样的水平轴风机，由风轮、机头、机尾、轮体、塔架等五部分组成。其中，风轮是把风能转化为机械能的主要部件，它通常由几片叶片组成，安装在机头上，模样与风扇差不多。风轮的直径越大接受的风能就越多，风机的功率就越高。而风能的大小又同风速有关，风能与风速的三次方成正比，也就是说，风速只要增加一倍，风能就增加七倍。同太阳能

相比，风能的能量密度太小，且比太阳能更不规则。因此，如果要建一座 100 万千瓦的风力发电站，就要架起几百台大型风力发电机，需占用的土地面积也较大。

虽然在利用风能时有不少困难，如空气密度小、设备较庞大、风速变化大、不易稳定运行等，但由于风力发电有许多其它发电方式无法与之相比的优势，如风电场建设周期短、占地少、装机容量灵活、无需消耗燃料、不产生任何污染物等，加上常规能源的有限性和经济可持续发展及风电机技术的快速发展和提高，近一二十年来，风力发电在世界有关国家获得很大的发展。据统计材料表明，荷兰、德国、英国、丹麦、印度和美国等六国的风力发电装机容量已达 533.5 万千瓦，约占全世界风力发电容量 600 万千瓦的 89%。

美国是世界上最大的可再生能源生产国，风力发电装机达 166 万千瓦，是全球风力发电容量最多的国家，其中大部分装机在美国的西部地区。印度是个发展中国家，长期以来，一直面临能源短缺、电力供应不足的困境，由于政府的大力提倡和支持，使这个科学技术并不发达的国家，在近二三年间一跃跨入世界可再生能源的先进行列，令世人刮目相看。目前它的风电容量达 81.6 万千瓦，大大超过中国，仅次于美国和德国而居世界风力发电第三位。

德国是欧洲风力发电应用规模最大的国家，现在风电容量已超过 150 万千瓦，其中有 2 台单机容量为 1500 千瓦风力机正在运行，它们是世界上最大的风力机组。

丹麦被世人誉为风电王国，有很丰富的风力电的制造

和运行经验。在该国的可再生能源发展中，风力发展最快。到 1995 年风电容量已达 63.5 万千瓦，风电量约占全国总电量的 5%。目前风电容量已达 84 万千瓦，风力机向国外销售量占世界风力机市场的 45%，该国计划到 2005 年风电容量将达到 150 万千瓦，占全国总电量的 10%。

英国在查明国内可再生能源的基础上，把风电作为最有市场发展的技术领域的首位，可再生能源装机容量提高到 150 万千瓦，其中风电将占相当大的比重。除以上几个国家以外，其它发达国家，也在大力发展风电，如日本、比利时、西班牙等国。估计到现在，经济发达国家的风力发电量将占总发电量的 5% ~ 10%。

我国有着丰富的风能资源，现已查明，我国可开发利用的风能资源达 2.53 亿千瓦。在我国东南沿海、海洋岛屿，以及内蒙古、新疆、甘肃一带的有效风能的密度大于 200 瓦 / 平方米，有效风力出现的时间的百分率均在 70% 以上，可与其它类型的能源资源相提并论。

自改革开放以来，我国政府为解决地处边远及农牧地区群众用电困难，主要研究推广了户用微型风电机，主要有 100 ~ 500 瓦、1 千瓦、5 千瓦等功率的机组，其中 1 千瓦以下的微型风电机的年生产能力达到 3 万台左右。我国的微型风电机的推广量增加了 10 万台。风电机性能先进，运行安全可靠。我国已把风电作为新能源发电的重点，风电的总容量提高到了 100 万千瓦。我国风电正处在大发展的前期。但是，由于多种因素的影响，目前我国风力发电的总规模和技术装备水平与国外水平相比，还有一定差距，

与我国的可开发的风能资源相比，都还有很大潜力。

3.核能发电

核能发电是通过核裂变或核聚变产生大量的热，通过热交换器将热量传给水，水受热变成高温高压的蒸汽，蒸汽就可以推动涡轮发电机进行发电。

自从1954年原苏联建成世界上第一座核电站以来，经过几十年的实践，核能发电技术在全球已得到很大发展。目前，在国际上，尤其在西方发达国家对要不要继续发展核电站的问题有争论，但是，经过近半个世纪的使用实践表明，核电乃是一种十分安全、清洁的能源，是最有发展前途的电能。核电站的造价虽比火电站高1.2~1.5倍，但其电价只是火电的50%~90%。

由于煤炭、石油、天然气等常规能源逐年减少，它们总要耗尽，致使它们的价格上涨，电价也随之上涨。研究表明，若天然气价格上涨4倍，则电价要上涨3倍。而天然铀上涨2000倍，才会使电价上涨3倍。用铀做核电站的原料，在经济上的合理性是显而易见的。由于以上诸多优越性，各国对核电站的建设的积极性有增无减。

到目前为止，全世界正在运行的核电站有443座，装机容量高达3.592亿千瓦。另外，在建的核电站有70多座。全球核电量达2.3万亿千瓦·时，占世界总发电量的17%。据统计，核电在总发电量中所占比例比较高的国家有：立陶宛82.7%、法国78.1%、比利时57.2%、斯洛伐克53.6%、瑞典52.4%、匈牙利48.4%、韩国47.5%、斯洛文尼亚43.3%。另外，核电比例稍低的国家有：德国29.2%、

日本 27.5%、英国 27.3%、美国 19.4%、俄罗斯 12.5%、中国 0.3%。如果没有核电，全球的二氧化碳排放量至少将增加 8%。

我国发展核电还刚刚起步，利用外资及外国核电技术建造的广东大亚湾核电站(200 万千瓦)已并网发电，1991 年末我国自行设计和建造的第一台秦山一期(30 万千瓦)核电站也已投产运行。这两个核电站的总容量和发电量在全国总装机容量及总发电量中所占比例极小，与国外先进水平相比，微不足道，必须急起直追，才能逐步缩小差距。我国计划 2010 年核电容量将达到 2000 万千瓦，包括上海、江苏、浙江、安徽、福建、山东、广东、江西七省一市等东南沿海经济发展最活跃、最迅速而能源资源贫乏的地区。目前，我们的首要任务是逐步掌握 30 万千瓦、60 万千瓦，以及 100 万千瓦全套核电站技术，其中包括核电站的设计、建设、投产、运行及维修等。

4. 太阳能发电

寻找新能源时，人们当然会想到不断地给大地以光和热的太阳。太阳表面温度高达 6000 ，内部不断进行核聚变反应，据推算足以继续进行热核反应达数千亿年。太阳以辐射方式向宇宙空间发射出巨大的能量。照射在地球上的太阳能非常巨大，大约 40 分钟照射在地球上的太阳能，便足以提供全球人类消费一年的能量。据估计，每三天太阳向地球辐射的能量，就相当于地球所有矿物燃料能量的总和。而且它绝对干净，没有污染。所以太阳能堪称是最为理想的清洁能源。壳牌石油公司经过长期研究后得出结

论：“21世纪的主要能源将是太阳能”。

由于现在所用的矿物能源储量有限，而且燃烧时产生大量的二氧化碳，造成地球气温升高，生态环境恶化。因此各国加强了对太阳能发电研究开发，并有了明显地进步。由于太阳能发电是无污染、无噪音、无能耗、运行维护简单、使用寿命长、规模灵活，既能一家一户的分散供电，也可大规模集中供电，故始终受到人们的青睐。

人类利用太阳能有三个途径：

光热转换，光热转换即靠各种集热器把太阳能收集起来，用收集到的热能为人类服务。

光化转换，光化转换即先将太阳能转换成化学能，再转换为电能等其他能量。植物靠叶绿素把光能转化成化学能，实现自身的生长与繁衍，若能揭示光化转换的奥秘，便可实现人造叶绿素发电。

光电转换，光电转换即将太阳能转换成电能。主要分为太阳热发电和太阳光发电两大类。太阳热发电利用太阳辐射产生的热能生产蒸汽来推动汽轮发电机发电。太阳光发电是利用光电池效应原理，将太阳光直接转换成电能，又称光电池发电也称光伏发电。

在工业发达国家，在光伏发电方面发展很快，仅荷兰、德国、美国和印度4国，光伏电容量已达21.3万千瓦以上，约占全球光伏电容量的39%。荷兰目前太阳能电池板总面积达8万平方米。德国已安装的阳光电池的容量超过1.5万千瓦。印度目前的光伏发电容量达到了10万千瓦。

我国国土广阔，太阳能资源非常丰富，全国太阳能辐

射总量达 930 ~ 2330 千瓦·时 / (平方米·年) 的地区占全国总面积的 2 / 3 以上。尤其是我国青藏高原大部分地区辐射量超过 2000 千瓦·时 / (平方米·年), 年日照时数超过 3000 小时, 在世界上属高值区之一, 具有很高的开发利用价值。

我国在光伏发电方面, 经过多年的研究、开发, 已有相当的水平 and 理论、应用基础。我国的单晶硅太阳能电池及组件, 性能稳定, 能量转换效率达 12% 左右, 每峰瓦价格为 45 元左右。已在秦皇岛、昆明、宁波、哈尔滨、开封等地分别建成太阳能电池的专业生产厂, 总设计能力为 4500 千瓦。太阳光电技术已在交通、通讯、电视、气象、石油、国防等领域广泛应用, 另外, 也在解决边远地区和无电地区群众生活用电方面发挥一定作用。光伏电池的发展很快。目前的主要问题是光电池的成本高。我国太阳能电池累计用量已超过 6000 千瓦, 我国的光伏电的使用量约 1200 千瓦, 还在不断增加, 目前光伏电的总容量达 7 万千瓦。

德国研制成功了一种新型太阳能存储器, 为充分利用太阳能发电和供暖创造了条件。其工作原理是先用聚光镜将太阳光聚集起来, 利用太阳光的热量使镁氢化合物分解, 产生作为反应媒介的氢气, 然后将氢气输回到镁床。在这样连续不断地化学反应过程中产生热量。然后根据需要随时释放出热量, 用以发电或供暖。

德国巴符州太阳和氢气研究中心研制的太阳热发电装置, 由一面钢质抛光凹面反射镜和一部发电机组成。反射镜直径 7.5 米, 发电机安装在镜的焦点上。焦点的聚光温

度达 600 ~ 800 。该装置的发电能力为 9 千瓦。以色列发明一种太阳能转换成化学能的发电和取暖装置。它由太阳能采集器和化学反应器构成。当集热器将太阳光聚集成束状并照射在金属钠蒸发器上时，因受热而产生的蒸发物被送入凝结器内凝结。在凝结过程中，释放出来的热量又促使反应器内的甲烷同一氧化碳发生反应，生成氢气和二氧化碳，并通过管道送入采暖器，转换成高温液体，便可作室内发电或取暖用。

日本开发出一种太阳能发电装置，将太阳光照射到密封在玻璃罩中的二氧化氮时，太阳光与二氧化氮发生反应，产生光化学烟雾，使二氧化氮的吸光能力增强，大量吸收紫外线，而自身又分解成一氧化氮和原子态氧，结果玻璃罩内气体越来越高，压力就越来越大，籍此推动装置工作。日本三洋机电公司推出一种家庭用太阳光发电系统，置于屋顶或阳台，由光电池产生的直流电，经逆变器转换成交流电，分成两路。其中一路与家用电器相接；另一路经卖电表和买电表，与电力公司的供电线路相联。当白天光电池所产生的电力，除家用电器消耗外，如有多余，则经卖电表输入供电电网。如遇夜晚或阴雨天，则由供电电网经买电表输入电力。

罗马尼亚一疗养区正在建造一幢装有太阳能取暖、供冷装置的旅馆。在这幢多层楼房的所有敞廓的上部，安装有外形如轻便遮阳棚的太阳能收集器。收集器里晒热了的水能对蓄热器加热，而蓄热器又使空气变热，热空气则循环于各房间的夹墙之间。在夏天，这套装置能供应冷气。

夜里，新鲜空气通过蓄热器使其冷却。白天，外部空气在输送到房间之前，流经这个逐渐冷却的热交换器。这样，房间里将能享受到类似夏日海滨的清新空气。

芬兰发明一种手提式“家用太阳能电站”，在其蓄电器里装有半导体硅光电网路，籍以吸收太阳光并转换成电能，足够电剃须刀、电脑和电视机等使用 3~4 小时，同时还能作为收音机的干电池充电。

美国加州公用局正在同德克萨斯仪器公司联合开发一种太阳光发电装置，拟在加州的阳光地带推广。每个住户在自家的屋顶上安装一台 10 平方英尺的太阳光发电装置，每年可发电 2000 度，相当于每个住房用户平均用电量的 1/3，而装置的价格还不足 3000 美元。

5. 地热发电

地球是一个庞大的热库，除一薄层地壳外，内部温度很高。地球的基部(约 25~50 公里)温度达 200~1000℃，地心(约 6370 公里处)温度高达 4500~5000℃。地球所蕴藏的巨大能量可以说是无限的。在目前科学技术可以达到的限度内(10 公里以下范围内)，人们能开发利用的热量近 1.045×10^{24} 千焦，相当于 3.57 亿亿吨标准煤。随着科学技术的进一步发展，人们还要向地球内部更高温度区进展。能用于直接发电的有开发价值的主要是高温地热，温度在 180~370℃ 之间(蒸汽型)。

地热能是一种由地球内部蕴藏的热，通常指地下热水或地下蒸汽以及用人工方法从干热岩体中获得的热热水与蒸汽所携带的能量。地热资源有热水、干热岩、地压地热和

岩降热 4 种。水热是目前主要的开发利用对象。地热发电成本每千瓦时约为 0.4 ~ 0.6 元人民币，与矿物燃料发电 (0.5 ~ 0.7 元 / 千瓦时) 相比，地热发电有很强的竞争力。世界上已有 23 个国家建有地热电站，其总装机容量达 988 万千瓦，年发电量达 471 多亿千瓦·时，约占全球总发电量的 0.38%，其中利用程度高的国家有美国、意大利、墨西哥、菲律宾、新西兰等国家。

近几年，法国、美国、日本、英国、澳大利亚等国家一直在研究干热岩体。现在研究的第一阶段已经结束，证明可以用它进行发电。澳大利亚研究者的报告估计，在澳大利亚的 3.5 到 4.0 公里深的地方就可以找到温度在 200 ~ 250 的岩体。从这种岩体所取得的能量可以供给澳大利亚用 7500 年之久。

美国在夏威夷岛野外工程试验证明，在地下深处岩降中储有巨大的能量，可以用来发电。经计算，单从一口井得到的蒸汽热就可以建一个 5 兆瓦的电厂。由此估算，美国地下岩浆中储藏的热能就相当于 250 ~ 2500 亿桶石油的能量，比美国全部矿物燃料的蕴藏量还多。

日本东京电力公司所属东京八丈岛地热发电站，1999 年 4 月 25 日第一机组正式并网发电。这台 3300 千瓦的发电机组，可满足这个 1 万多人口的小岛 1 / 3 的电力需求。据有关方面测算，地下两公里以上地热的发电能力可达 2460 万千瓦。丰富的地热资源使地热发电成为日本开发清洁型能源的一个选择。日前，日本已有 19 座地热发电站总装机容量达 53 万千瓦。日本政府计划在 2010 年之前将地

热发电能力提高到 150 万千瓦。

目前，我国有高温地热系统 180 多个，地热发电潜力达 700 多万千瓦，主要分布在藏南、滇西、台湾、福建、广东等地。我国在广东丰顺建立第一座地热试验电站，后来在辽宁、湖南、河北、西藏等地建设了地热电站，除西藏外，都是利用中、低温水电站，容量为 50~300 千瓦不等。其中广东丰顺的 300 千瓦和湖南灰场的 200 千瓦，两个电站已发电 20 年之久，取得较好的经济效益。西藏的羊八井地热电站是我国最大的地热电站，它座落在西藏的当雄县境内。目前，已累计发电量超过了 8000 万千瓦·时，是拉萨骨干电站之一。由于我国的高温地热田主要分布在边远经济不发达地区，缺乏建设资金，同时又远离工业负荷等原因，与发展较快的国家相比还有很大差距。

6. 生物质能发电

所谓生物质能是指从生物质转化产生的能。常用的生物质包括植物 农作物、薪材、草、木、人畜粪便、工农业有机废物、有机废水等。这些生物质能都直接或间接地(经过人和动物的消化或工农业加工)来源于绿色植物，来源于太阳能，因此，它又称“绿色能源”，实质上它是物化的太阳能。据计算，每年全球靠光合作用可产生生物质能 1200 亿吨，其所含能量是当前全球能耗总量的 5 倍。

由于生物质能的数量巨大，同时转化过程中很少或不产生污染物，世界各国都正在开发深度利用高效生物能的转换技术，使生物质成为具有广泛用途的热能、电能和动力用燃料，转化技术有下面两种：

通过液化将生物质转化为酒精。

燃烧 1 公斤酒精，可以放出 29726 千焦的热量，比普通煤的发热量高。而且酒精是液体能源，便于使用、贮存、运输。普通汽车发电机稍加改装，就可以用纯酒精作燃料。如果用汽油和酒精的混合物来开汽车，汽车发电机甚至不需改装就可以使用。1 升酒精可以驱动汽车在公路上行使 16 公里。酒精是用淀粉、糖等有机物经过微生物发酵作用生产出来的。含有淀粉和糖的生物质很多，包括甘蔗、甜菜、玉米、高粱、木薯、马铃薯以及水草藻类等，它们都可以是生产酒精的原料。巴西在这方面获得了巨大的成就，早在 1975 年，巴西就制定了“酒精计划”，逐步用酒精或酒精和汽油的混合物部分替代了石油，解决了交通用能供应的问题，目前巴西有 90% 的小汽车用酒精做燃料。美国目前有 30% 的汽油掺有酒精，酒精的掺入量约为 10% 左右。

通过发酵过程制作以甲烷为主的沼气。

我国每年作为农家燃料烧掉的柴草合标准煤 2 亿吨，占全国总能耗的 15%。但能量的利用效率比较低。利用人畜粪便和秸秆为主要原料发展沼气池，既解决了家用燃料问题，又保持了农田肥力，减少化肥对水的污染。1990 年我国就有 400 多万户使用小沼气池，年产沼气 10 多亿立方米，沼气电站装机 2000 多千瓦，目前我国是户用沼气池最多的国家。

目前我国很多的大型城市污水处理厂，利用处理厂中的固体废物进行沼气发酵，产生的沼气用来发电。在英国

的 5000 多个污水处理厂中，有 1 / 3 是用通过发酵所产生的沼气作为动力的。法国在南部利摩日地区建造了两座垃圾发酵处理站，每年处理垃圾 8.45 万吨，每小时生产沼气 800 立方米，这些沼气已供一些工厂和煤气公司使用。

如过去的 10 多年中，美国已建成生物发电的容量达 400 多万千瓦，主要是采用木材及木制品工业废料气化后的气体燃料发电。国外结合治理城市环境污染，开始进行垃圾发电，技术已经成熟。仅日本就运行约 100 座垃圾电站，并计划把垃圾电站的装机容量发展到 400 万千瓦。因此，利用生物质能发电是当今新能源发电的新趋势之一。

我国是一个农业国，生质能资源非常丰富，年资源量是薪材 3000 万吨，秸秆 4.5 亿吨，稻壳 0.15 亿吨，另外还产生大量的城市排放的生活污水、垃圾、工业废水等。利用生物质能发电在我国目前还是小规模、小范围的利用稻壳转化发电容量只有 5000 瓦，沼气发电装置 140 个左右，总容量也只有 2000 千瓦。另外，我国还引进发电容量为 4000 千瓦的垃圾发电站。

7. 海洋能发电

茫茫大海蕴藏着巨大的能源。自从出现人类以来，人们所利用的能源主要取之于陆地的常规能源，如煤炭、石油、天然气等。至于对海洋里所储存的各种能源(如，石油、天然气等常规能源；尤其是铀、氘、锂、氢等，它们都是用于核裂变和核聚变的主要元素，在海里的储量可以说是取之不尽用之不竭)的研究、开发还有很多路要走。随着世界性的陆地常规能源的日益减少和枯竭，人们的视线越来越

越多地转向大海，要水中取火，向大海要能源。

目前，人们所具备开发海洋能的技术和能力主要是开发海洋动能，海洋动能主要是潮汐能和波浪能。潮汐能是一种从海水面昼夜间上涨和降落中获得的能量。海洋上的潮起潮落的自然现象——潮汐的运动早已被人们所熟悉。潮汐现象的产生主要是由月亮的引力(其次是太阳)和地球自转所产生的离心力的合力作用结果。月球和地球的运动有着很强的周而复始的规律，因此，海洋上的潮汐运动也同样具有很强的周期性，一日之内除地球两极附近所处地区外，世界各地的潮汐都有两次涨、落。人们已利用海水的有规律性的潮汐现象所产生的能量来发电。

波浪能又称海浪能，海水在波动中，水质点以一定的速度运动，故具有动能。水质点的垂直位置相对于它的轨迹中心不断地发生变化，故具有势能。世界上不少濒临海洋的国家都在研究开发潮汐能发电。据能源专家预测，全世界每天可产生海洋潮汐资源约 10 亿千瓦·时以上。在太阳、月球引力作用下，潮汐能量的大小与潮高的平方成正比。在每平方公里的海面上，潮汐在运动中每秒钟可产生 20 万千瓦的能量。如果潮高 3 米，周期为 7 秒，那么跨过 10 公里海面所产生的潮汐能，相当于我国一个新安江水电站的电能。浩淼的海洋聚集了地球 97% 的水量，潮汐能的蕴藏量是目前全球发电总量的 600 倍。

世界上最早利用潮汐发电的是德国 1912 年建成的布苏姆潮汐电站。日本则研制成功世界上第一盏用潮汐发电的航标灯，虽然这台发电机的功率只能供一盏 60 瓦的灯，却

运行良好，多年来未发生过故障。而法国在希列塔尼米岛建成一座最大落差为 13.5 米、坝长 750 米、总装机容量 24 千瓦的朗斯河口潮汐电站，年发电量 5.3 亿千瓦·时。在印度的东海岸线，潮汐发电量约 4 万兆瓦；挪威在岩石窄湾线上，每年有 10 亿兆瓦潜在电能；英国电能的 40% 可由潮汐提供；在日本 10 多万公里长的海岸线上，每年可利用的潮汐能为该国电能的 30 倍。

我国的海域辽阔、海岸线长，大陆海岸线长达 1800 多公里以上，且曲折、多港湾，落差较大，潮汐能储存量约 1.3 亿千瓦，可供利用发电 900 亿千瓦·时，沿海有 500 余处可兴建大大小小的潮汐电站。其中黄海沿岸蕴藏的潮汐能约有 550 万千瓦，而福建、浙江沿海的潮汐能储量更大，可供开发装机容量可达 1924 万千瓦，年发电量 550 亿千瓦·时，相当于长江三峡水电站将来年发电量的 60% 以上。仅在钱塘江口的乍浦坝，装机容量可达 770 万千瓦。

20 世纪 50 年代末，我国就在沿海地区兴建了不少小型的潮汐电站，总装机容量为 5900 多千瓦，所发电量为 1021 万千瓦·时。我国于 1955 年建成了第一座潮汐水轮泵站，首次把潮汐能转化为机械能。接着先后在粤、浙、闽、鲁、琼等地沿海建成了几十处小型潮汐电站，为缓解沿海省份电力紧张状况，起了重要作用。最大的是浙江江厦潮汐电站，建于 1980 年，容量为 3200 千瓦，年发电量约 6000 万千瓦·时。我国利用潮汐发电建成的最大灯船“中水道一号”已成功定点在布满暗礁险滩、水流回旋复杂的琼州海峡东口，并于 1990 年 10 月 1 日正式亮灯，为南来北往

的船只导航引路。

目前，长江口外海域已有 50 多座潮汐发电装置在运行。国家“八五”重点攻关项目的“摆式潮汐试验电站”也在青岛建成，并于 1995 年开始发电，为我国在本世纪大量开发利用潮汐能奠定了坚实的基础。

波浪能也是一种海水动能，可以加以利用。我国对波浪能发电的研究开发始于 20 世纪 70 年代中期。目前已研制生产了约 100 台航标灯浮用微型波力发电装置，已在南海上使用。另外，利用潮流能来发电的研究已经起步，我国正在进行 10 千瓦潮流试验电站的研究开发工作。

此外，海洋潮汐在航运、捕捞、养殖、科研和测量等方面也有着极其广泛的用途。随着现代高新技术的不断发展，人类开发利用潮汐能的前景也越来越广阔。正因为它成本低、经济价值高，与常规发电相比，不消耗燃料，不排放有害气体，对环境无污染，又高效清洁，是本世纪人类理想的、可永久持续利用的清洁新能源。

第四节 绿色电冰箱

一、概述

电冰箱是一种普及型家用电器。随着容量的加大和功能的增加，电冰箱的耗电量越来越大。据统计，美国电冰箱的用电量约占家用电器用电总量的 16%，在欧洲约占 25%。电冰箱的氟利昂(CFC)发泡剂和制冷剂是破坏臭氧层的有害气体。

二、绿色电冰箱

为了节省用电，也为了减轻大气污染，研制绿色冰箱正成为世界各国关注的问题。绿色冰箱主要着眼于解决以下问题：采用各种低氟无氟工艺取代现有氟利昂工艺；研制新型制冷系统；改进冰箱的内部结构，提高制冷效果。

1.改进隔热材料

隔热材料是指冰箱外箱(钢板)和内箱(ABS 树脂)之间箱体夹层的一种保温材料。最常见的是采用隔热性能好的发泡剂制作的泡沫材料。

CFC-11 易于发泡，热传导率小，隔热效果好，作为冰箱隔热材料的发泡剂一直被广泛应用。每台冰箱平均需 1 千克发泡剂 CFC-11。1974 年，科学家们提出了氟利昂中的氯破坏臭氧层的理论，并于 1985 年首次在南极上空观测到臭氧层空洞。大气中的臭氧层受到破坏以后，过量的紫外线到达地面，使人类和动植物受到严重威胁。降低人的免疫力，使传染病的发病率增加，损伤眼睛，引起白内障，使皮肤癌发病率提高，还会毁灭作为海底食物链基础的浮游动植物。大量使用氟利昂物质，破坏大气臭氧层是对全球环境最严重的威胁之一。基于这种原因，全世界发起了对氟利昂的禁用。相继形成了《保护臭氧层公约》(维也纳，1985 年)，《蒙特利尔议定书》(1987 年)，修订的议定书(伦敦，1990 年；哥本哈根，1992 年；维也纳，1995 年)。发达国家已从 1996 年 1 月 1 日起停止使用了 CFC-11，发展中国家也在 2000 年左右停止了使用这种物质。

目前对于 CFC-11 的替代主要有两种方案，即

HCFC-141b 方案和环戊烷方案。HCFC-141b 同 CFC-11 相比，HCFC-141b 的臭氧破坏潜能值小，全球升温潜能值也小。但是，HCFC-141b 中仍含有氯原子，不能够成为 CFC-11 的最终替代物。将于 2020 年在全球停止使用。此外，同 CFC-11 相比，HCFC-141b 的气体热传导率大 10%。对树脂的溶解性也大，对冰箱内胆 ABS 板材有腐蚀，需采用双层拱挤板或改性 ABS 板，这样会增加费用。另外，在泡沫的物理性能方面，HCFC-141b 泡沫的强度低，需要改进原有工艺。

为此，在欧洲，德国首先采用了环戊烷方案，随后意大利、荷兰、英国和北欧的瑞典、丹麦、挪威等国部分采用了环戊烷方案。采用与环戊烷类似的正、异戊烷作为发泡剂的方案也已经开始实施。正、异戊烷的发泡强度和流动性都比较好，资源丰富、成本低。环戊烷和正、异戊烷虽然不属于氟利昂，对臭氧层没有破坏，但导热系数比 HCFC-141b 高，隔热性能略差。美国在这个问题上认为：环戊烷等物质是一种效率比 HCFC 低得多的隔热物质，使用这种物质将使冰箱能耗增加 10% ~ 20%，对全球变暖产生促进作用。而欧洲作为环戊烷类物质的支持者则认为：这种冰箱抗老化性能较好，就整个生命周期而言，隔热效果与 HCFC 大致相同，能耗仅多 2% ~ 4%。

欧洲经过几年实践，对于环戊烷替代 CFC-11，在冰箱的能耗、成本、生产使用安全、维修、生产自动化水平等方面积累了丰富的经验。如德国博士 西门子公司的制冷器具厂年产冰箱 200 万台，原 CFC-11 年消耗 6500 吨，后

改用环戊烷生产中采取了严格的通风、隔离、防爆、防静电、报警等措施，已经顺利生产了 500 万台环戊烷发泡的电冰箱。

对于其它隔热方式的研究正在继续。欧洲的一些冰箱厂开始采用真空隔热技术，真空隔热的原理同保温瓶一样，在塑料或钢板之间抽成真空，通过加入填料可以提高真空板的隔热性能。填料有玻璃纤维、硅藻土、硅石等。采用箱中套箱的方法能够更进一步地提高隔热效果。

2.改进制冷剂

制冷剂在冰箱的制冷回路中循环，通过抽空、充注、蒸发、压缩等工况，完成吸热和放热，实现冰箱制冷。

CFC-12 作为一种安全高效的制冷剂用于电冰箱已有 60 多年历史，是经过多年筛选的最优制冷剂。每台冰箱平均需要制冷剂约 0.2 千克。由于 CFC-12 属于臭氧与耗物质和温室效应气体(CFC-12 的全球升温潜能值为二氧化碳的 7500 倍)，同 CFC-11 一样受到禁用。目前的主要替代物是 CFC-134a，欧洲从 1992 年开始采用 CFC-134a。但是，除了不破坏臭氧层、不可燃、原料生产已具规模的优点外，CFC-134a 也有许多问题。采用 CFC-134a 后冰箱能耗会增加，由于它对矿物油的不溶性，需要改用酯类油作润滑剂，又由于它的吸水性容易在系统中造成冰堵现象，所以生产过程要求严格控制水分和零部件矿物油含量，造成生产麻烦，费用增加。此外，还需要专用的压缩机，采用与 CFC-134a 不溶的辅助材料，使维修成本上升，同 CFC-12 相比，冰箱制冷性能下降 5% ~ 10%，而且 CFC-134a 也是

一种温室效应气体，全球升温潜能值为二氧化碳的 1200 倍。

欧洲一些企业认识到 CFC-134a 方案带来的麻烦，在绿色和平组织的支持下，纷纷转向 R600 替代方案。R600 即异丁烷，作为制冷剂有许多优点：臭氧破坏潜能值和全球升温潜能值均为零；无毒无污染；制冷效率较高，每台冰箱仅需罐注两个打火机的量即可；运行压力低，噪声小，能耗降低 5% ~ 10%；与水不发生化学反应；不腐蚀金属；与 CFC-12 的润滑油完全兼容。异丁烷的主要缺点是它的易燃易爆性，燃点为 462℃，爆炸极限为空气中体积含量百分比 1.8% ~ 8.4%。

德国首先成功地将异丁烷作为制冷剂用于直冷式电冰箱中，其它欧洲国家也已广泛采用。欧洲已经生产和销售了数百万台用 R600 作制冷剂的电冰箱。总之，到目前为止，还没有一种替代方案可以被认为是最终的替代方案。无论在欧洲，还是在美国、日本，都在进一步研究和开发。各种替代方案同 CFC-11 加 CFC-12 相比，在冰箱的生产和使用方面都还存在这样或那样的问题。

3. 提高压缩机运行效率

采用兰金循环的直线式压缩机。

电冰箱一般采用蒸汽—压缩循环，即所谓的兰金循环。系统由一个蒸发器和一个压缩机构成。流体制冷剂在蒸发器内从高压状态向低压状态移动，逐渐变成气体状态，压缩机提高制冷剂的压力和温度，用一个冷凝器释放出热量并使制冷剂回到液体状态。在这个过程中，压缩机通过一

根曲轴和连接杆连到电动机驱动装置。美国正在开发一种兰金循环的直线式压缩机，即采用直线式运动电动机，连接到压缩机的活塞上，不需要采用曲轴和连接杆。这种方法的优点是：运动部件少，不需要油作润滑剂，容易调整制冷能力，简单地改变驱动电压就可以调节活塞的运动幅度，从而改变从制冷剂中释放出来的热量。华盛顿环保局进行的估算表明：这种压缩机在美国电冰箱厂广泛使用之后，每年可使电厂的二氧化碳排放减少 9.1×10^9 千克。

单压缩机 / 双蒸发器的洛伦兹循环。

对于兼有冷藏室和冰冻室的冰箱，一般采用双压缩机系统：一个压缩机用于冷藏室，另一个压缩机用于冷冻室。单压缩机 / 双蒸发器的洛伦兹循环也具有双压缩机的相应优点，它采用具有不同蒸发温度的混合制冷剂。这种系统省电的原因是因为冷藏室在较高的温度下制冷，处于较为有效的工作条件下，只有冷冻室才工作在效率较差的低温条件。美国马里兰大学正在开发一种先进的洛伦兹循环冰箱，将使电耗减少 20% 左右。

采用斯特林循环的制冷装置。

在这种制冷装置中，制冷剂始终保持在气体状态。压缩时变热，膨胀时变冷，气体永远不液化。这种装置采用的电机与直线式压缩机中使用的电机相同，再配以真空隔热，能耗显著降低。据一家欧洲公司称：在具有超级隔热壁的电冰箱中安装的斯特林制冷机，功耗小于 8 瓦，全年耗电不到 70 千瓦时。

变频控制。

日本三菱电机公司的 MR-JF48D, MR-J45R 两款冰箱采用变频式电动机控制压缩机。通常转速为 3000 转 / 分, 夜间或白天无人开门时, 转速降为 2700 转 / 分。当放入食品需急冻或制冷时, 转速升高为 3600 转 / 分。采用变频控制以后, MR-JF48D 冰箱的耗电量由以前的 75 千瓦时 / 月降到 52 千瓦时 / 月; MR-J45R 冰箱耗电量更是由 71 千瓦时 / 月降为 36 千瓦时 / 月。

4. 新型冰箱

光能冰箱。

法国最近研制成功一种不用电的“光能绿色冰箱”。冰箱内设有太阳能电池, 直接利用太阳能制冷。其工作原理是: 在低温时, 活性炭吸附甲醇, 当甲醇蒸发时, 吸收冰箱中的热, 使冰箱中的水温降低, 当降到 0 时, 水就结成冰。白天, 阳光接收器吸收太阳能, 使活性炭温度升高, 释放出甲醇, 甲醇变为液体流回储存器。夜晚, 外界温度降低, 活性炭周围压力减小, 将循环冷却系统的甲醇抽回, 再次被活性炭吸附。

声能冰箱。

采用立体扬声器产生声波, 用声波压缩和膨胀装在塑料板内冷却管中的氦和氩混合气体。作为热交换器的塑料板从压缩的气体吸收热量并将热量沿着内部的管道传到冰箱外。在膨胀阶段气体冷却并从冰箱内吸收较多热量。与此类似, 还有一种变害为利的噪声制冷冰箱, 其外形呈圆筒状, 圆筒外面是玻璃纤维板, 筒内充满无公害的惰性气体。筒的一端被封闭, 另一端则是振动膜片盒。膜片盒与

音圈、导线和磁铁相连。当多种噪声的声波作用于弹性膜片盒时，迫使筒内气体膨胀，产生的热量由玻璃纤维板迅速散失，达到降温制冷目的。

氢氧化物“冰箱”。

俄国劳动保护研究院研制成功一种可带在身上的“冰箱”，适于在高温环境下工作的人员使用。这种“冰箱”只有手掌大，用氢氧化钠溶液配制成制冷剂，制冷剂包在塑料药膜内。“冰箱”每充冷一次，可持续使用 4 小时。

铁电冰箱。

以色列拉脱维亚大学研制出一种不需要压缩机，没有任何机械部件和不耗电的冰箱。这种冰箱是由铁电体构成的薄片系统，铁电体是铅和稀土元素的化合物，能直接在电场作用下升温 and 降温。

磁热冰箱。

美国的科研人员根据磁热效应的制冷原理，研制出“磁热绿色冰箱”。这种冰箱虽然也用电作为电源，但不装压缩机，不用氟利昂。体积小、耐用，效率比现有冰箱提高 1 倍。其工作过程是：用镓等磁性材料制成的小珠填满一个空心圆环，绕轴旋转，转到冰箱外侧的半个环，受到磁场的作用，放出热量；而转至冰箱内侧的半个环，由于失去磁场的作用，从冰箱内吸取热量。磁性材料制成的小珠填满的圆环不断循环，使冰箱保持冷冻的状态。

帕耳帖冰箱。

比利时的研究人员研制出一种应用超导材料的帕耳帖效应制冷的冰箱。冰箱外壳由两层金属板组成，中间夹一

层以镧和钇为主的陶瓷材料，通电后产生帕耳帖效应：冰箱的外层金属面升温，而作为冰箱内壁的金属面冷却，从而达到制冷目的。

蓄氢合金冰箱。

日本三洋电机公司开发出一种蓄氢合金制冷冰箱。这种冰箱的制冷系统利用蓄氢合金吸收和放出氢气时的放热吸热机理设计而成。

电子冰箱。

这种冰箱内装有两种不同的半导体，利用电子冷却方式达到制冷和冷冻的目的，可把水柜内的温度控制在 5℃。冰箱的噪音只有 18 分贝，比普通冰箱小得多。

沼气冰箱。

日本研制出一种用沼气作能源的冰箱。这种冰箱的压缩机用沼气作能源，运行实现自动控制。适合在没有电源的边远农村或牧区使用。

5.运行过程的优化

模糊逻辑控制。

逻辑模糊控制利用温度传感器测得冰箱内室的温度值并算出温度变化，运用神经网络模糊技术推理确定食品的温度，进而控制压缩机运转、风扇运转和风门开闭，达到最佳的运行状态和保鲜效果。在实际运行中，神经网络通过不断学习和记忆用户的调节要求、环境温度、门开启次数、放取食品等使用情况，预置于变频控制程序中，然后自动地通过“专家系统”选择最佳控制方案。完成除霜、强制冷却、除臭、冷量分配等各项操作。松下、东芝、日

立、三洋、夏普、富士通、将军等公司都相继推出了模糊模糊控制的电冰箱。经综合评价：制冷时间比原来缩短 20%，节电 20% ~ 30%。

节能压差阀。

一般使用旋转压缩机的冰箱，在其低压段设有单向阀，以便停机时切断低压段，保持高、低压段的压力差。采用压差阀的制冷系统，在压缩机刚停机时，切断制冷系统的低压与高压的平衡通道，更有效地防止旋转式压缩机停机时的压力平衡，从而减少了采用单向阀的压缩机的再次启动时间和能量消耗，可节电 5% ~ 10%。

内部温区控制。

韩国三星电器公司开发的新型电冰箱采用新的空气循环流动方式，可节省电能近 25%。其显著特点是：内置的电子系统会自动将冷空气输送到所需要的地方。内有一个长长的百叶窗式气槽，不断输出冷空气，另有两个感应器，负责探测冰箱内的温度。假如有人将一碗热的食物放入，内置的微型电脑会收集感应器探测的温度资料，然后发出指令，将冷空气输向热食物所在的位置。百叶窗式气槽除了可向不同位置输送冷空气外，还可使电冰箱内的空气保持循环流动，即使冰箱门被打开，也不会有太多冷空气流失。

抽屉式冰箱。

德国最近研制成功一种双压缩机抽屉式冰箱，其功能等于两台冰箱。这种冰箱和常见的单压缩机冰箱完全不同，它的冷冻可作超冷快速冷冻到 -40℃。使食物的色、香、味

保持不变。此外，冷冻柜采用抽屉式，有 3~6 个相互隔离的拍屉，冷气不容易外泄。抽屉内的温度在外面有显示，需要哪个就开哪个，不会影响别的抽屉。

第五节 绿色化学

一、概述

1. 绿色化学的起源

化学工业的绝大多数工艺是 20 多年前开发的，当时的生产成本主要包括原材料、能耗和劳动力的费用。近年来，由于化学工业向大气、水和土壤等排放了大量有毒、有害物质，人们已经注意到化学物质的生产对人类健康和环境造成的危害，认识到化学物质的使用可能导致意想不到的副作用。因此，有害化学物质的处理和环境保护受到重视，并成为主要的研究方向。

从环保、经济和社会的要求看，化学工业不能再承担使用和产生有毒、有害物质的费用，需要大力研究与开发从源头上减少和消除污染的绿色化学。

美国颁布了污染防治法案，将污染防治确立为美国的国策。所谓污染防治就是使得废物不再产生，不再有废物处理的问题。1995 年 4 月美国副总统戈尔宣布国家环境技术战略，其目标为：至 2020 年地球日时，将废弃物减少 40%~50%，每套装置消耗原材料减少 20%~25%。美国还设立了“总统绿色化学挑战奖”，奖励在利用化学原理从根本上减少化学污染方面卓有成就的个人或企业。所设奖

项包括变更合成路线奖、改变溶剂、反应条件奖、设计更安全化学品奖、小企业奖和学术奖，以表彰他们在绿色化学领域中的杰出成就。这些政府行为都极大地促进了绿色化学的蓬勃发展。

由美国国家实验室、大学和企业联合成立了绿色化学学院，美国化学会成立了“绿色化学研究所”。日本也制定了以环境无害制造技术等绿色化学为内容的“新阳光计划”。欧洲、拉美地区也纷纷制定了绿色化学与技术的科研计划。总之，绿色化学与技术研究已成为国外企业、政府和学术界的重要研究与发展方向。这对我国既是严峻的挑战，也是难得的发展机遇。

在我国，绿色化学的提出已有 7 年的历史。1995 年中国科学院化学部确定了《绿色化学与技术——推进化工生产可持续发展的途径》的院士咨询课题，并“建议国家科技部组织调研，将绿色化学与技术研究工作列入‘九五’基础研究规划”。此后，以绿色化学为主题相继召开了多次学术讨论会，推动了研究工作的进行。

中国科技大学利用信息和人才优势，在朱远清院士的组织领导下，成立了跨系、跨学科的“绿色科技与开发中心”，并在大气污染与控制、可降解高分子材料、仿生化学减轻环境污染等方面取得了较高水平的研究成果。四川大学也成立了“绿色化学与技术研究中心”，并在清洁的制革生产及制革废弃物利用等方面取得了相当的研究成果。

2. 绿色化学的定义

绿色化学又称环境无害化学、环境友好化学、清洁化

学。绿色化学即利用化学的原理、技术和方法减少或消灭对人类健康、社区安全、生态环境有害的原料、催化剂、溶剂、试剂、产物、副产物等的使用和产生。绿色化学的理想在于不再使用有毒、有害的物质，不再产生废物，不再处理废物。它是一门从源头上阻止污染的化学。

3.绿色化学的重要特点

化学可以粗略地看作是研究从一种物质向另一种物质转化的科学。传统的化学虽然可以得到人类需要的新物质，但是在许多场合中却既未有效地利用资源，又产生大量排放物造成严重的环境污染。

绿色化学是更高层次的化学，它的主要特点是“原子经济性”。即在获取新物质的转化过程中充分利用每个原料原子，实现“零排放”，因此既可以充分利用资源，又不产生污染。传统化学向绿色化学的转变可以看作是化学从“粗放型”向“集约型”的转变。绿色化学是一门具有明确的社会需求和科学目标的新兴交叉学科。从科学观点看，绿色化学是对传统化学思维方式的更新和发展；从环境观点看，绿色化学从源头消除污染；从经济观点看，绿色化学合理利用资源和能源、降低生产成本，符合经济可持续发展的要求。因此绿色化学的目的是把现有化学和化工生产的技术路线从“先污染、后治理”改变为“从源头上根除污染”。总之，绿色化学以体现当代最新科学技术的物理学、化学、生物学手段和方法，突出从源头上根除污染，实现化学与生态协调发展的宗旨，研究环境友好的新反应、新过程、新产品。

4. 绿色化学的核心问题

绿色化学的核心问题是研究新反应体系，包括研究新的合成方法和路线，寻求新的化学原料(物质资源)，探索新的反应条件，设计和研制绿色产品等。从理论上讲，绿色化学要求通过对相关化学反应热力学和动力学的研究，探索新兴化学键的形成和断裂的可能性及其选择性的调节与控制，发展新型化学反应，推动化学学科的发展。

二、绿色化学的作用

化学工业在国民经济发展中扮演着非常重要的角色，同时，又是一个污染大户，它每年排放了大量的“废气”、“废水”、“废渣”，危害人类健康和社会的可持续发展。从长远的发展观点看，放弃污染严重的传统化学工业，支持传统化学工业的“绿色化”改造，及早认识绿色化学化工是人类生存和发展的必然趋势，迎接可持续发展的明天。因此，绿色化学将大有可为。

1. 绿色化学与环境治理

绿色化学与环境治理是完全不同的概念。环境治理是对已被污染的环境进行治理，使之恢复到被污染前的面目，而绿色化学则是从源头上阻止污染物的生成的新策略。污染预防，亦即没有污染物的使用、生成和排放，也就没有环境被污染的问题。因此，通过绿色化学途径，从科学研究出发，发展环境友好的化学、化工技术，可以解决环境污染与经济可持续发展的矛盾。

发展绿色化学将吸收和应用许多其他学科，如物理学、生态学等的最新理论、技术和手段，尤其是应用生物技术。

对于生物技术的重视是必要的，但是这并不是说所有涉及生物的都是绿色的。生物原料并非全是对环境无害的绿色原料，生物反应过程并非都是绿色的过程，而生物制品也并非都是绿色产品。

2.可持续发展的绿色化学

绿色化学化工的目标是寻找充分利用原材料和能源，且在各个环节都力求洁净和无污染的反应途径和工艺。过去的化工生产往往需要利用剧毒或有害的化工原料来生产有用的化工产品。如今，通过变更合成路线，即可从无毒、无害的原料中制取同样的产品。

如美国多奥化学公司用二氧化碳代替破坏臭氧层的氯氟烃作为苯乙烯泡沫塑料的发泡剂；美国伊斯曼化学公司以煤为原料生产乙二醇等化学品，废渣用作建筑材料，副产品的二氧化碳经过净化用作饮料，全部原料得到了利用，实现“废气”、“废水”、“废渣”的“零排放”。

美国的能源公司将生物工程用于石油产品的脱硫工艺，通过把专门的微生物放进各种油品进行“生物脱硫”，效果奇佳。这种新工艺比传统工艺投资节省 50%，操作费用减少 20%。

石油化工企业是用水和“废水”排放大户。我国原油企业每加工 1 吨原油，平均耗水 3.41 吨，排放工业废水 2.37 吨。而国外炼油厂每加工 1 吨原油，排放废水不足 0.5 吨。日本千叶炼油厂每加工 1 吨原油，排放废水 0.25 千克，废水基本充分利用。

绿色化学将不仅为传统化学工业带来革命性的变化，

而且必将推进绿色能源及绿色农业的建立和发展。因此绿色化学是更高层次的化学，化学工作者不仅要研究化学生产的可行性和现实用途，还要考虑和设计符合绿色化学要求、不产生或减少污染的化学过程。

化学的绿色革命是一个难题，也是化学工作者面临的一项新挑战。我国的工业企业特别是化工、染料、造纸、皮革等污染较严重行业的中小企业，应从环境保护大局出发，一方面研究和改进工艺流程，采用符合绿色化学要求的化学过程，减少和消除污染；另一方面要重视现有废物的处理，严格控制排放标准，解决“三废”治理问题。我们要从对人类负责和关心的态度出发，保护环境，造福后代。

三、绿色化学的前景

从绿色化学的目标来看有两方面必须重视，一是开发以“原子经济性”为基本原则的新化学反应过程；二是改进现有化学工业，减少和消除污染。

1. 新的化学反应过程研究

新的化学反应过程研究是在原子经济性和可持续发展的基础上，研究合成化学和催化化学的基础问题，即绿色合成和绿色催化问题。如美国蒙托公司不用剧毒的氢氰酸和氨、甲醛为原料，从无毒无害的二乙醇胺出发，开发了催化脱氢安全生产氨基酸钠的技术，从而获得了美国总统绿色化学挑战奖中的“变更合成路线奖”。美国多奥化学公司用二氧化碳代替对生态环境有害的氟氯烃作苯乙烯泡沫塑料的发泡剂，因而得到美国总统绿色化学挑战奖中的“改

变溶剂 / 反应条件奖”。

在有机化学品的生产中，有许多新的化学流程正在研究开发。如以新型钛硅分子筛为催化剂，开发烃类氧化反应；用过氧化氢氧化丙烯制环氧丙烷；用过氧化氢氨氧化环己酮合成环己酮肟；用催化剂的晶格氧化烃类选择性氧化反应，如用晶格氧氧化丁烷制顺酐和用晶格氧氧化邻二甲苯制苯酐等，这些新流程的开发是绿色化学领域中的新进展。

2. 传统化学过程的绿色化学改造

传统化学过程的绿色化学改造，是一个很大的开发领域。如在烯烃的烷基化反应生产乙苯和异丙苯生产过程中需要用酸催化反应，过去用液体酸氟化氢催化剂，而现在可以用固体酸 分子筛催化合成，并配合固定床烷基化工艺，解决了环境污染问题。在异氰酸酯的生产过程，过去一直是用剧毒的光气作为合成原料，而现可用二氧化碳和胺催化合成异氰酸酯，成为环境友好的化学工艺。

四、绿色化学产品

人们对环境问题的普遍关心，如何构筑一个与环境协调的人类社会及产业体系已成为人们讨论的热门话题。现在人们所说的环境问题，大多是由于人类生产活动地不断增强，将大量难分解的物质排放到大气、水、地面而产生的环境污染问题。

为了保护环境，必须将人类活动的生活圈与地球的自然环境圈明确地分离和区分开来，并尽可能的使人类的活动圈成为一个封闭系统，从而减少难分解物质的排放量。

更进一步，则必须将排放到地球环境中的废物转变成易分解性物质，使之成为自然界物质循环的一个组成部分。

化学可以粗略地看作是研究从一种物质向另一种物质转化的科学。传统的化学虽然可以得到人类需要的新物质，但是在许多场合中却既未有效地利用资源，又产生大量排放物造成严重的环境污染。

传统化学向绿色化学的转变可以看作是化学从“粗放型”向“集约型”的转变，以达到既充分利用资源，又不产生污染的目的，绿色化学可以变废为宝，可使经济效益大幅度提高。

五、新型绿色农药

在农业病害流行的年份，其产量损失 20% ~ 50%，甚至更多。传统施用的农药多为高毒且生物效力极低，大部分未发挥作用而残留于植物上、动物上，或随雨水流入河流，或渗入地下水，造成环境污染。向传统农药发起挑战的新型绿色农药，因其对人畜安全、无毒害、不污染环境、效率高而受到关注，目前已开发的商品化的生物农药约 30 多种。

我国农药与世界相比，还存在相当大的差距。表现在新产品开发上，目前我国每年对新农药开发的投入费用只占农药产值的 0.1%，企业生产规模普遍偏小，农药品种不足，且结构不合理，产品质量有待提高。

传统农药破坏环境这已是不争的事实。近几年我国环境状况公报中多次提到，因为农用化学品不合理地使用，造成耕地质量降低、面积减少等等。

本世纪的农药应为生物合理农药或环境和谐农药，以高效、低毒农药逐步替代传统的高毒农药，是绿色化学农药发展的必然趋势。

1. 光活化农药

光活化农药与传统农药相比具有廉价、高效、无污染等优越性。光活化农药的关键是光敏剂，光敏剂效果取决于其单重态氧的量子产率，其分子本身只起催化作用并不介入毒性反应，并且易被降解，因此对环境无污染。由于单重态氧在细胞上的生物化学作用点多，使害虫不易对其产生抗药性。这类绿色农药正在逐步走向实用化，它的发展将会大大改善因长期使用传统农药而造成的危害，对农业发展将会产生巨大的促进作用。

起源。

光活化农药是近几年来发展的一种新型、高效、低毒的农药。其原理是光动力作用，即光敏剂在有氧和光存在的条件下，对细、病毒、生物体的杀伤作用。光敏剂一般是一些在可见光谱区有强吸收的染料。

光活化农药中的光敏剂所起的作用实际上是光敏氧化，可用于农药的光敏剂有黄素类、生物碱、呋喃并香豆素、噻吩类等化合物。

最早研究光对害虫产生的毒性反应的实验始于 1928 年，通过实验观察染料溶液对蚊子幼虫的杀伤作用。此后的 70 多年中有 20 余种昆虫曾被用来做过光动力作用的实验，其中主要是蚊、蝇、蛙虫、蟑螂、洋白菜蝶、玉米耳虫、黑切根虫、苹果蛆虫等。将光敏剂混合于饲料，投于

水中，喷在植物叶面上，甚至撒在蝇类喜吃的粪便上，害虫吃了光敏剂以后经日光或荧光灯、白炽灯照射，在几天内就可以被杀死，现已成功地用于鸡舍内除苍蝇，污水面上除蚊，果林中消灭果蝇等。目前最新的进展是对玉米根虫的防治，害虫吃了含有光敏染料的诱饵以后，经阳光照射，几小时后死亡。

作用机理。

光活化农药的关键是光敏剂，光敏剂是在可见区至红外区为强吸收的有色化合物。光敏剂在光照射下，吸收光子，首先跃迁到单重态，然后系间窜越到三重态和底物发生电子转移或氢原子转移，产生自由基或自由基离子。在氧的存在下，底物被氧化，这种氧化方式称类型 I。处在三重态的光敏剂，通过能量转移使分子氧形成单重态氧，对底物产生氧化作用，或产生从敏化剂到氧的电子转移，给出氧化了的敏化剂和超氧负离子，对底物产生氧化作用，这种氧化方式称类型 II。

染料分子并不介入毒性反应，只是起催化剂的作用。光敏剂从被激发到单重态，最后回到基态，大约 10 毫秒或更快。一个光敏剂分子有可能在每分钟产生成千的氧气，可以破坏成千的靶标分子，而不像一般农药那样，一个有机磷分子仅破坏一个靶标。光敏剂的杀虫效果取决于虫子、光敏剂的浓度、光强和氧的浓度四个因素，即速度平衡式。

光敏剂。

光敏剂在光动力过程中是关键组分，其效率取决于它是否有高的摩尔消光系数，是否有高的三重态量子产率，

三重态的寿命是否足够长或者说是否有高的磷光量子产率。能满足这些要求的光敏剂，在过去近一个世纪的研究中发现了不少。寻其来源，一是天然产物；二是合成产物。

天然的植物组分：现已从高等植物中鉴定出 100 多种光敏剂或光毒剂，它们对植物起保护作用，使植物免受害虫侵蚀。这些化合物来自不同科的 35 种植物，通过 4 种不同的生物化学合成途径在植物体内生成，据植物化学分类有 15 种。至今仍有大量的植物未被分析。搞清这些组分有助于弄清含光毒剂化合物的植物间的类属关系，评估高等植物间光活化防护的普遍性，提供可作为生物控制剂的新型光敏剂。几十年来用作杀虫剂研究的天然光敏剂主要有：香豆素类、呋喃并香豆素类、炔类、联噻吩类、苯乙酮类、稠环醌类等。

合成光敏剂：适于作农药的主要是染料，如荧光素、曙红、藻红、根皮红、玫瑰红。最有效的是其含卤素的化合物，卤原子位于氧原子旁边，容易发生自旋轨道偶合，使激发单重态染料系间窜越到第一激发三重态，卤素原子越大，窜越到三重态的效率就越高，分子的磷光就越强。它们的磷光量子产率依次为：荧光素(0.03)<曙红(0.30)<藻红(0.6)<玫瑰红(0.76)；而荧光量子产率的次序正好相反。它们的吸收光谱在 490~560 纳米之间，阳光的光谱范围和光强足以引起这些染料的激发。人工合成的光敏色素还有次甲基兰、甲苯胺兰等。人们还对卟啉类化合物进行了较深入的研究，这类的光敏剂已成功地用于癌症光动力治疗，并且已有不少实现了商品化，其机制是光敏氧化的类型。

这些化合物由于成本太高，用作农药显然是不行的。

试验举例。

光动力农药对目标害虫有以下作用：体外试验抑制乙酰胆碱酯酶；体内降低血淋巴；还原血细胞；减轻干重和湿重；降低蛋白和脂肪的水平；在成虫羽化后停止生长。

将藻红直接放到粪便上，每周放一次，共5周，家蝇的成虫和幼虫的死亡率达90%。成蝇表现出生殖力降低，卵成活率降低，并且在成长的每一个阶段死亡率都有所增加，可见体内染料在蝇的整个生成过程中都表现出毒性。在暗处将家蝇放到含玫瑰红或藻红的琼脂上，其蛹化和羽化率随染料浓度的增加而降低，即使在幼虫阶段吃了非致死量的染料，在成虫阶段也表现出很强的毒性。对付蚊的幼虫，是将不溶于水的染料喷洒在产卵的水面上，效果比溶于水的染料好。但用表面活性剂将不溶的染料分散于水中，可增加染料的毒性。不溶的无毒的荧光素加到分散的藻红中，会增加毒性。

染料的浓度过大，如琼脂内含1%的染料时，成年的家蝇就拒食。对于果蝇，食饵的基本组分是蛋白和糖，再加上毒剂和其他组分，所有的果蝇对此都敏感。已开发的果蝇引诱剂，是由果糖和蛋白的水解物组成的。如果能让害虫多吃诱饵，无疑效果是明显的，所以开发具有很强诱食作用的食饵是极重要的。

由于光敏染料催化产生的活性氧在细胞上的生物化学作用点多，所以大田害虫对它的抗药性发展很慢。蝇类产生抗药性和蝇的种类有关，实验室的蝇在40代以后具有6

倍抗药性，野生蝇在 32 代以后产生 48 倍的抗药性，即增加食物中藻红的量 48 倍，才可把它杀死。如不往食物里加藻红，抗药性可保持 20 代。

用于杀死蚊蝇的这些染料已被批准用作药物、化妆品、食物的色素，足以表明它们对高等动物是安全的。根皮红在动物体内不代谢，而且排泄快，它们都不是致癌物。美国食品和药物局规定：作为药和化妆品，可接受的根皮红的量是每天 1.25 毫克 / 千克，在此值或此值以下无致癌作用。人对荧光素的可接受的根皮红的量是每天 0.7 毫克 / 千克。如今用于地中海果蝇食饵中的马拉硫磷的量是 10%，而建议使用根皮红的量仅 0.5%。马拉硫磷对皮肤渗透性比根皮红大 87 倍。综合以上 3 个因素(排泄快、不致癌、用量少)，如果仅是皮肤接触含光敏剂的食饵，根皮红对人类的安全性是马拉硫磷的 10 万倍。总之，如用根皮红代替马拉硫磷，对环境的安全性大约增加 1000 倍。

进一步的研究表明，根皮红对哺乳动物的危害极低，给鼠、狗吃 1% 根皮的食物两年，从观察到病理实验，都没发现副作用。每周给鼠皮内注射 1% 根皮红溶液，长时间也无癌变。对鸟、爬行类、两栖类、鱼类都无毒性作用。

光子活化染料产生的氧气同样会引起染料分子的分解。应用时，多余的染料会被冲至水的生态体中，如小河、湖泊、水坑里。根据水流中染料的浓度，照到水流中的光强，染料被光解的速度仅是几分钟到几小时，而非几周到几个月，其半衰期大约为 1 小时，因此对环境不会造成污染。

多少年来科学家们一直在追求对害虫高效、对人畜无毒、对环境无污染的价廉的农药——绿色农药，光动力或称光活化农药似乎在展示这样一种前景。

2. 土壤中农药的生物降解

进入土壤中农药，能以各种方式从土壤中消失，基本过程有：农药自土壤表面挥发进入大气；农药随水分移动淋湿进入水体（地表水和地下水）；农药被土壤吸附暂时保留在土壤中；农药被植物吸收进入植物体内；农药在土壤中发生水解作用而化学降解；农药在土壤中发生生物降解。其中前4个过程属于土壤中农药消失过程，往往会引起二次污染问题，如农药挥发引起大气污染、农药淋溶引起水体污染、土壤吸附后长期保留在土壤中引起土壤生态系统污染、植物吸收引起农产品污染等。后两个过程属于农药降解过程，可最大程度地将农药分解成简单的物质，解除农药污染问题。其中土壤生物降解是从土壤中去除农药的最重要的途径。因此，过去只关心农药从土壤中的消失是不够的，农药从土壤介质转移到另一个环境介质会引起二次污染的环境问题，从环境保护角度应充分考虑农药在土壤中降解作用。

生物降解的概念。

所谓生物降解就是通过生物的作用将污染物分解成小分子化合物的过程。这里生物类型包括各种微生物、高等植物和动物，其中微生物降解是最重要的，这是因为微生物具有氧化还原、脱羧、脱氨、水解、脱水等各种化学作用能力，对能量的利用要比高等生物体更加有效；微生物

具有高速度的繁殖和遗传变异性，使它的酶体系能够以最快的速度适应外界环境的变化；虽然微生物、高等植物和动物能够代谢和降解许多有机污染物，尤其是人工合成的有机化合物，但对一些人工合成的有机污染物，微生物却比高等植物和动物具有将大多数有机化合物降解为无机物质(二氧化碳，水和矿物质)的潜力，或者说，微生物是有机化合物生物降解中的第一因素。因此现在所提到的生物降解是指微生物降解。

众所周知，微生物的一大特点是代谢的多样性。因此，环境中存在的各种天然物质，特别是有机化合物，几乎都可以找到使之生物降解的微生物。

目前，已有大量的证据表明，当人工合成化合物进入环境的初期，自然界中原来的微生物中不一定存在可以作用于它们的酶，但是微生物可以逐步适应大部分人工有机污染物并将其生物降解。这是因为微生物具有种类多、分布广、个体小、繁殖快、比表面积大、容易变异等特点，较之其他生物更容易适应外界环境。当环境中存在新的有机化合物时，有的微生物就能逐步通过各种调节机制适应变化了的环境，它们或通过自然突变形成新的突变种，或可由基因调控产生诱导酶以适应新的环境条件。产生了新酶体系的微生物就具有了新的代谢功能，从而能降解或转化那些原来不能被生物降解的污染物。因此，微生物这种降解或转化有机污染物的巨大潜能被有的学者概括为“微生物的绝对可靠性”和“微生物降解的必然性”理论。

根据有机污染物生物降解的进行程度，可将生物降解

分为三个阶段：初级生物降解阶段是指有机污染物在微生物的作用下，母体化合物的化学结构发生变化，并改变了原污染物分子的完整性，即有机污染物本来的结构发生部分变化。环境允许的生物降解阶段是指可除去有机污染物的毒性或者人们所不希望的特性，例如在表面活性剂的降解过程中那种使表面活性剂失去起泡性能的降解作用，或者是在有毒有机污染物降解过程中使其降低或完全去除对水生生物毒性的降解作用。最终生物降解阶段是指有机污染物通过生物降解，从有机污染物向无机物转化，完全被降解成二氧化碳、水和其他无机物，并被同化为微生物的一部分。

根据有机污染物与微生物相互作用关系可以将有机污染物分为 4 种类型：

第一类是可以立即被微生物利用作为能量和营养来源的。该类污染物包括简单的糖、氨基酸、脂肪酸和一些涉及典型代谢途径的污染物。

第二类是能量逐步被微生物分解利用的。该类污染物包括：一些农药和石油烃类化合物。该类污染物的一个特征是在生物降解时需要一个驯化期，即微生物对有机污染物的适应过程所需要的时间。

实验上一般将微生物从开始接触有机物到有机物被明显分解的这段时间称为驯化期。存在驯化期的原因有：首先，在微生物混合群落中，污染物的加入实际上是在定向地选择那些能够吸收和降解污染物基质的微生物种属。其次，微生物对污染物的适应要通过诱导酶的合成，而且需

要合成必需的辅酶或中间代谢产物。驯化期的长短与微生物的遗传性、菌龄及微生物与有机化合物接触前后的环境条件等因素有关，同时也与不同的有机污染物性质和浓度有关。驯化期是有机化合物生物降解难易程度的一种反映，驯化期的存在标志着有机化合物的可生物降解性。驯化期范围通常在几小时到几天之间，也可能长至几个星期。

第三类是生物降解十分缓慢或根本就不能降解的。该类化合物包括一些天然分子物质(尼龙、塑料等)以及许多人类起源的有机化合物(如有机氯化物)。

第四类可以通过共代谢作用分解的。该类化合物包括，一些含氮或被硝基取代的污染物等，如某些农药、烃类等。该类化合物作为唯一碳源或能源时，不能被微生物所利用，而当存在另外一些微生物能够利用的碳源或能源时，这类化合物也能被同时降解。换句话说，微生物不能从这类化合物的降解中获得碳源和能源。

土壤中农药降解的基本过程。

微生物对农药降解的过程为：农药在土壤中被吸附、固定，在土壤中的存在的微生物和酶对污染物的进行分解；污染物经初级分解后，产物透过活体细胞进入细胞内，活体细胞内酶对污染物的进一步的分解作用，最后产生无害的降解产物。

3.微生物代谢农药的方式和途径

土壤中微生物代谢农药的方式

土壤中微生物能以多种方式代谢农药。而且这种代谢受环境条件的影响，因为环境条件将影响微生物的生理状

况。因此，就同一种微生物和同一种农药来讲，不同的环境条件下，可能会有不同的代谢方式。

研究表明，在微生物降解农药的过程中，共代谢降解方式起着重要的作用。其突出特点是在农药浓度非常低时，微生物也能对其进行降解。所谓共代谢降解是指微生物“生长基质”和“非生长基质”共酶，或是在污染物完全氧化成二氧化碳和水的过程中有许多酶或微生物参与。生长基质是可以被微生物利用作为唯一碳源和能源的物质。生长基质和非生长基质共酶，是指有些污染物(非生长基质)不能作为微生物的唯一碳源和能源，其降解并不导致微生物的生长和能量的产生，它们只是在微生物利用生长基质时，被微生物产生的酶降解或转化成为不完全的氧化产物，这种不完全氧化产物进而可以被别的微生物利用并彻底降解。

共代谢作用可以存在于纯培养、混合培养和自然条件中，但是在纯培养时的共代谢只是一种“截止式转化”，即污染物不能被完全彻底降解，只是转变成不完全的氧化物。然而在混合培养和自然环境条件下，这种转化可以为其他生物降解铺平道路，以共代谢方式使难降解污染物经过一系列微生物的协同作用而得到彻底分解。尽管共代谢的机制还没有完全清楚，但它在实践中已作为一种生化技术在一些难降解化合物的生物降解中得到应用，例如经特定化合物驯化的活性污泥，可共代谢多种结构近似化合物，如经苯胺驯化的活性污泥，可降解除苯胺以外的苯酚及 10 多种含氮有机物。

微生物代谢农药的途径。

有关微生物降解农药途径的研究已有很多，涉及到各种不同化学结构的农药类群，特别是有机氯、有机磷、氨基甲酸酯类杀虫剂及苯氧羧酸类除草剂等。由于农药的生物降解受到环境条件和微生物种类的影响，因而目前还难以预见每种农药的生物降解途径，而只能总结出一些大概的反应过程。归纳起来，有以下几种类型的反应：

氧化：氧化是微生物降解农药的重要酶促反应。其中有多种形式，如：羟基化、脱烷基、脱羧基、醚键开裂、环氧化、氧化偶联、芳环或杂环开裂等。以羟基化来说，微生物降解农药的第一步往往引入羟基到农药分子中，结果这种化合物极性加强，易溶于水，从而容易被生物作用。羟基化过程在芳烃类的生物降解中尤为重要，苯环的羟基化常常是苯环开裂和进一步分解的先决条件。

还原：在氯代烃类农药的生物降解中常是还原性去氯反应。微生物的还原反应还常使带硝基的农药还原成氨基衍生物，如硝基苯还原成苯胺类，这在某些带芳环的有机磷农药代谢中常见。

水解：在氨基甲酸酯、有机磷和苯酰胺一类具有醚、酯或酰胺键的农药类中，水解是常见的。水解酶多为广谱性酶，在不同的 pH 值和温度条件下都稳定，又无需辅助因子，水解产物的毒性大大降低，在环境中的稳定性也低于其母体。因此，水解酶是农药生物降解中实用前景的酶类。

合成：生物降解中的合成反应可分为缩合和接合两类。

如苯酚和苯胺类浓药及其转化产物在微生物的酚氧化酶和过氧化物酶作用下，可与腐殖酸类物质缩合。接合反应常见的有甲基化和酰化反应。

4.有关农药降解的酶学研究

土壤酶及其在农药降解中的作用土壤中的一切生物化学反应，实际上都是在酶的参与下进行的。

土壤中的酶活性决定了土壤中进行的各种生物化学过程的强度和方向，它是土壤的本质属性之一。因此，土壤是由众多被结合的酶(固定化酶)系统构成的实体。土壤酶的重要作用在于参与了土壤中的物质循环和能量代谢，并使作为陆地生态系统的重要组成部分的土壤与该生态系统的其他组分有了功能上的联系和使该生态系统得以生存和发展。

早在 1844 年，人们就发现土壤对某些底物存在酶的催化作用，1899 年，Liebig 第一个报道了土壤中存在着胞外酶。到 1901 年，尽管科学家们没有找到土壤中存在酶的证据，但酶在土壤生物学过程中的重要意义已被认识。从此以后，土壤酶学研究日益扩大和深入。目前，土壤酶学的研究包括：了解土壤中脱离活体的酶的存在状态与特性，研究土壤酶的提取和测定方法及阐明它们在生态系统中的作用；应用土壤酶的知识来解决现代农业问题和环境问题，研究，土壤酶降解累积在土壤中的化学物质，特别是在各种农药及工业废弃物中的作用。

在氧化还原酶类中，氧化酶对农药的转化起着重要的作用。在转移酶类中，谷胱甘肽-硫-环氧化物转移酶，谷

胱甘肽-硫-芳基转移酶,谷胱甘肽-硫-烷基转移酶对农药的解毒起着特别重要的作用。水解酶类能在一定程度上催化水解许多含有磷酸键、酯键或酰胺键的农药,例如,有机磷酸酯、合成除虫菊酯和氨基甲酸酯等杀虫剂、二硫代氨基甲酸酯和二硝基苯酚等灭菌剂,以及尿素同系物除莠剂,它与氧化还原酶类及转移酶类不同之处,是不需要任何辅酶,但有时也需要阳离子予以激活。

土壤酶来自微生物、植物和动物。研究表明,植物根确实能将一些酶分泌到根际土壤。但是由于技术上的原因,难以区别根际土壤中植物和微生物对于土壤酶活性的贡献。土壤动物对土壤中脱离活体的酶含量的贡献,研究得较少,但研究也表明土壤动物确实在某种程度上增添了土壤的酶含量。

土壤酶与农药降解的研究表明,除非施用了大量的或剧毒的农药,一般来说,在农药施入土壤中的最初时间里(几天到几周),土壤酶活性仅有稍许的降低,随着时间的延长,酶活性逐渐恢复到原有的水平,甚至略有提高。这说明,土壤中存在着能降解不同农药的相应酶类。

绝大多数的土壤酶类(特别是水解酶类)均可诱导生成。例如,改善高等植物和土壤生物的营养状况,有助于降解各种农药的相应酶类的新的生成和泌出。适宜的土壤耕作及其他农业技术措施,有助于改变土壤的微环境,从而增强土壤酶活性,这对于参与农药降解的土壤氧化还原酶类尤为重要。需要指出的是,残留农药在土壤中的降解,并不一定意味着它的毒性的完全消失;相反,其降解产物的

毒性有时比母体的更大，这就要求我们对农药降解的系列产物及参与降解的酶系进行深入的研究，以定向地调节农药的降解。

酶工程技术在农药污染治理中的应用。

生物对农药的降解多是在酶的作用下完成的。这些降解酶有的是微生物固有的组成酶，有的是诱导酶。降解酶往往比产生这类酶的微生物菌体更能忍受异常环境条件，且降解效果远胜于微生物本身。特别是对低浓度农药，因为在这种条件下，降解菌将优先利用其他碳源而不能有效地利用农药为碳源。因此，人们设想利用降解酶作为净化农药污染的有效手段。

但利用降解酶净化土壤中的农药污染尚有许多工作要做。首先，要解决降解酶的稳定性问题。降解酶在土壤中易受非生物变性、土壤吸附等作用失活，难以保持长时间的降解活性；其次，酶在土壤中移动性差；再次，就是如何获取大量的降解酶。

5. 根际环境中的农药降解

土壤根际环境的特点。

“根际”是由一位德国土壤生物学家在1904年提出的，以表征近根土壤中微生物大量繁殖的现象。经过90多年的研究，人们已经明确，根际环境实际上是一个复杂的、动态的微型生态系统，该系统具有以下特点：

微型性：它的范围离根仅有数毫米到1厘米。因此，在实践上要区分根际与非根际存在一定的困难，一般用模拟的方法(如根际箱)加以研究。事实上，根际中的土壤性

质，如微生物、养分、pH 等均存在一定的梯度。

特殊性：根际是土壤、植物、水分、大气和微生物等因子综合作用的结果，因而它具有不同于土体的物理、化学和生物学性质。

复杂性：这不仅表现在不同植物和品种有不同的根际效应，即使同一株植物，主、侧根不同部位老化程度不同，它们在吸收和分泌机能方面就不同，因而其根际性质也有明显的差异。同时，由于整个根际环境的物理、化学和生物性质之间的相互作用、相互制约，如根际 pH 的变化将影响微生物繁殖、养分有效性、根系分泌等。

动态性：植物的生长、根系代谢是一个不间断的过程，其作用下的根际性质也处于不断变化之中，如 pH 值。

开放性：根际环境是土壤圈、生物圈和大气圈相互作用的结果，它与这些圈层进行物质和能量的交换，它是水分、养分、有益与有害微生物、有机与无机污染物进入根际的门户，又是根沉积过程作用的场所。根际中微生物过程大大地改变了根际气体组成和含量。

根际环境与农药降解。

根际环境作为一个在植物生长、吸收和分泌以及土壤、水、大气、微生物等综合作用下形成的具有独特物理、化学和生物学性质的微型生态系统，对于污染的产生、迁移转化和归宿有着重要的影响。现已认识到根际微生态系统是土壤圈系统中最有生命力和最活跃的子系统，有人曾做过系统研究，发现在离根表 1~2 毫米土壤中细菌数量可达 1×10^9 个 / 立方厘米，几乎是非根际土的 10~100 倍。典

型微生物群体中，每克根际土约含 10^9 个细菌、 10^7 个放线菌、 10^6 个真菌和 10^3 个原生动物以及 10^3 个藻类。这些微生物可分泌一些胞外酶，对根际环境中的物质形态、转化、迁移以及有效性产生很大影响。研究表明，微生物的根际效应有助于促进有机毒物的分解，例如对硫磷在水稻根际中降解 22.6% 时，非根际中仅降解 5.5%，前者是后者的四倍；水生植物根际好氧、厌氧微生物的大量繁殖和连续分布是其用来处理污水的基础。根际微生态区域实际上成为外源污染物(如重金属、农药)进入食物链的第一个重要屏障。

6. 影响农药生物降解的因素

影响农药生物降解的因素归纳起来有四个方面，即环境因素、农药本身性质、农药间的相互作用及农业措施。

环境因素。

影响农药生物降解的环境因素有：气候条件(温度、降水、风、光照等)；土壤特性(好氧 / 厌氧状态、有机质含量、pH、矿物质等)；生物群落(植物、动物、微生物)。

农药本身性质。

农药的组成成分(包括溶剂、乳化剂、填充剂、增湿剂、吸附剂、缓冲剂、发泡剂、增效剂等)进入土壤后都会对土壤生物及土壤的理化性质产生影响，从而间接影响农药的转化。这些组成成分同样会影响到农药的挥发性和移动性，进而影响到农药的转化和光降解。

农药间的相互作用。

由于同时或先后使用多种农药，有时则是将几种农药

混配在一起使用，就必然存在农药间的相互作用。这种相互作用会产生以下三种影响：增加降解速率、增加持久性、农药间或其残留物间结合形成混合物。

农业措施。

农药的施用方法、栽培技术及农作物本身都可影响到农药在土壤中的持久性。

六、绿色环保涂料

1. 挥发性有机化合物和绿色环境保护

挥发性有机化合物对地球大气环境的影响。

通常对全球大气环境的影响是指气候的变化(全球变暖)，大气中氧化容量和酸度的变化(酸雨)，紫外线强度的变化(臭氧层破坏)。

一般把全球气候变暖主要归因于长周期存在的温室气体(二氧化碳、甲烷、一氧化二氮、氟利昂等)的效应；把大气层氧化容量和酸度变化(导致酸雨)归因于短周期存在的气体(氮氧化物、一氧化碳、二氧化硫、挥发性有机化合物等)；把臭氧层的破坏归因于氟利昂类化合物的积聚。挥发性有机化合物(挥发性有机化合物)包括碳氢化合物、有机卤化物、有机硫化物、羰基化合物、有机酸和有机过氧化物等等，在氮氧化物存在下，还可导致光化学烟雾的产生和污染。

当今世界工业发展引起的环境污染已日益严重，其中挥发性有机化合物的影响更引起人们的重视。虽然人类的生活和生产活动向大气中排放的挥发性有机化合物仅占全球排放量的 15%，但在城镇等人类聚居区域，它对大气污

染的作用是严重的。人类活动导致的挥发性有机化合物主要来自于交通，而涂料的加工和生产则居于第二位，占其中的 20% ~ 25%，因而涂料中释放出来的挥发性有机化合物被视为空气的污染物之一。大量有机挥发物的存在也威胁着工作地点的人员健康和安全，而且施工完成后遗留下来的液态有机物还是有害的废物。这些都对人类的未来带来不利的影响。因此，控制挥发性有机化合物的排放越来越受到世界各国的重视。

各国的挥发性有机化合物排放标准。

1977 年美国环保局制定大气净化法，提出了挥发性有机化合物的排放标准。1990 年对大气净化法又作了进一步限定与修正，对 189 种对空气有害溶剂(包括甲醇、甲苯、二甲苯、丁酮、甲基异丁基酮等涂料常用溶剂)的排放标准作了追加限定。欧洲各国也制定了严格的挥发性有机化合物排放标准，具代表性的为德国的大气清净法，该法从 1992 年起实施。德国又重新修订了汽车工业涂装生产线上挥发性有机化合物的排放管理办法，将由金属漆的 120 克 / 平方米、高固体份涂料的 65 克 / 平方米逐步统一降至 35 克 / 平方米。日本在挥发性有机化合物排放标准的制定方面起步较晚，但也急起直追，因为这关系到出口竞争，否则将失去市场。一些产品是否符合环保要求，在发达国家是有标志的，例如蓝色天使标志或生态标签等等。

挥发性有机化合物限制对涂料发展的影响。

有机溶剂的存在有助于涂料的生产和使用，诸如：溶解并使高分子基质(尤其是多组分情况下)分散均一；调节

涂料粘度；控制涂料流挂性能；提高涂料与被涂物质之间的粘结；控制涂料的干燥成膜速度；减少涂料成膜后的起泡、雾状等。但是在工业密度高的国家和地区，涂料所释放出的有机溶剂对自然生态环境的影响是不容忽视的。

由于绿色环境保护的要求，近 10 多年来，低挥发性有机化合物的涂料品种受到日益重视，并已投入大量人力物力进行研究、开发和完善。这些低挥发性有机化合物品种有：高固体含量溶剂型涂料；水基涂料(水溶型、水分散型、乳胶型)；粉末涂料；液体无溶剂涂料(双液型、能量束固化型)等等。

可见，涂料工业的低挥发性有机化合物品种，近 10 多年来都得到发展，所占比重日益增加。但是，上述低挥发性有机化合物品种的开发，也带来了一些技术问题需要解决，例如，高固体份涂料的低分子量、低粘度带来的抗流挂性要求，水性涂料施工的温、湿敏感性及抗腐蚀性，粉末涂料的施工要求复杂、适用范围窄等。

2. 环保的涂料 低挥发性有机化合物涂料

1950 年以前，几乎所有涂料都是溶剂型的。乳胶漆料开始在涂料中首次引入了水作为溶剂。20 世纪 70 年代以来，由于溶剂的昂贵价格和降低挥发性有机化合物排放量的要求日益严格，越来越多的有机溶剂含量低和不含有有机溶剂的涂料得到了大发展。其中主要包括高固含量溶剂型涂料、粉末涂料、辐射固化型涂料、液体无溶剂涂料，当然还有水基涂料。下面对各种低挥发性有机化合物涂料分别加以介绍。

高固含量溶剂型涂料。

高固含量溶剂型涂料是为适应日益严格的环境保护要求而直接基于普通溶剂型涂料基础上发展起来的。其主要特点是在可利用原有的生产方法、涂装工艺的前提下，降低有机溶剂用量，从而提高固体组分。

通常的低固含量溶剂型涂料固含量为 30% ~ 50%，而高固含量溶剂型涂料要求固含量达到 65% ~ 85%，从而满足日益严格的挥发性有机化合物限制。目前采用的一般方法为降低树脂分子量、极性及其玻璃化转变温度，使树脂更易溶于有机溶剂。这类树脂的分子量分布要窄，以防止低分子量部分降低漆膜性能。另外，需使用催化剂来提高反应活性，使用流变调节剂减少低粘度引起的流挂现象。降低分子量导致了涂料使用时干燥前的流挂和干燥后的低硬度，尽管可以通过选择一些官能团单体和增加适量交联剂来弥补这一缺陷，但同时带来的不足是涂料的长期贮藏稳定性明显差于低固含量溶剂型涂料。

考虑到挥发性有机化合物的限制日益严格，高固含量溶剂型涂料有可能最终被水基涂料和粉末涂料所取代，但目前高固含量溶剂型涂料仍在工业原设备制造及许多有特殊要求(例如战斗机机身涂料)的应用领域里大量使用。现在广泛使用的金属办公室家具漆，以挥发性有机化合物在 220 ~ 340 克 / 升的高固含量溶剂型涂料占据着绝大部分市场，其综合性能远远超过了粉末及水基涂料。而目前大量使用的汽车外部涂料也是溶剂型的，要保证其性能达到使用要求，挥发性有机化合物仍高达 420 ~ 500 克 / 升。不

断降低挥发性有机化合物将是高固含量溶剂型涂料今后发展的主要目标。

对高固含量溶剂型涂料而言，在配方过程中，利用一些不在挥发性有机化合物之列的溶剂作为稀释剂是一种对严格的挥发性有机化合物限制的变通，如 1, 1, 1 三甲基乙烷、丙酮等。尤其是后者，很少量的丙酮即能显著地降低粘度，而且适于继续加水稀释以进一步降低粘度。但由于丙酮挥发太快，会造成潜在的火灾和爆炸的危险，需加以控制。另外，也有利用超临界二氧化碳作为稀释剂的。存在的问题是许多高分子在超临界二氧化碳中的溶解性不好。适当增加高分子中的羟基含量，水也能成为一种有效的稀释剂，其不但可以减少有机溶剂的使用，而且加入 5% ~ 15% 的水可将粘度降低 50%。可能的问题是涂料防水性能的降低。

水基涂料。

水有别于绝大多数有机溶剂的特点在于其无毒、无臭和不燃，将水引进到涂料中，不仅可以降低涂料的使用成本和施工时由于有机溶剂存在而导致的危险性，也大大降低了挥发性有机化合物。因此水基涂料从其开始出现起就得到了长足的发展。事实上，现在水基涂料的使用量已占所有涂料的一半左右。当然，水也有其独特的缺点，比如：水的高气化焓带来了成膜过程中水挥发所需的高能量消耗；水的挥发受相对湿度的影响很大；水的表面张力高于任何有机溶剂，需加乳化剂予以降低，而乳化剂的存在将使涂料的耐水性能下降。尽管水基涂料存在一些不足，但

水的引入可显著降低涂料中的挥发性有机化合物，且在许多应用场合其性能仍能达到要求，因而水基涂料是涂料发展的一大趋势。水基涂料主要有水溶型、水分散型和乳胶型三种类型。

水分散型涂料通过将高分子树脂分散在有机溶剂 / 水混合溶剂中而形成。最主要的水分散型涂料是聚丙烯酸酯类涂料，其中的高分子或含有被低分子量胺中和的羧酸基团，或是含有被低分子量酸：扣和的胺基团。例如，含有铵盐的丙烯酸酯类树脂的有机溶剂溶液可形成高分子聚集体的稳定分散体系，高分子聚集体被水和溶剂均匀溶胀，因而表现透明。除聚丙烯酸酯类以外，其他的水分散型涂料品种还有醇酸树脂、聚酯、环氧树脂和聚氨酯等。

高分子乳胶涂料的优点，首先是挥发性有机化合物很低，这符合日益严格的挥发性有机化合物排放限制；其次，乳胶涂料无毒，没有溶剂的刺激性气味，没有火灾的危险等；另外，由于乳胶的粘度与高分子的分子量没有直接的关系，这样基质高分子的分子量可达到很高，从而保证涂料成膜后的优秀机械性能。

另外一个潜在的改进措施是使用粒径非常小的高分子粒子，纳米级粒子有助于成膜的进行。常规乳液聚合得到的乳胶粒径一般在几百纳米，通过种子乳液聚合法可制备得到小于 50 ~ 100 纳米的粒子，若要进一步降低粒径则需通过微乳液聚合来实现。常规的微乳液聚合需要大量的乳化剂来得到小于 50 纳米尤其是 20 纳米左右的粒子，通常乳化剂 / 高分子含量之比高于 1，且高分子含量通常低于

10% ,这些不利因素事实上限制了微乳液聚合的实际应用。

粉末涂料。

粉末涂料理论上是绝对的零挥发性有机化合物涂料，也许是将来完全摒弃挥发性有机化合物后涂料发展的最主要方向之一。但其应用上的限制亟需更为广泛而深入的研究，例如其制造工艺相对复杂许多，涂料制造成本高(如需要与一般涂料不同的设备)，粉末涂料的烘烤温度较一般涂料高很多，难以得到薄的涂层，涂料配色性差，不规则物体的均匀涂布性差等。

液体无溶剂涂料。

不含有机溶剂的液体无溶剂涂料有双液型(双包装)和能量束固化型等。双液型涂料以涂装前低粘度树脂和硬化剂混合，涂装后固化的类型为代表，其中低粘度树脂可为含羟基的聚酯树脂、丙烯酸酯树脂等，固化剂通常为异氰酸酯，此外还有由改性胺固化的环氧树脂类。贮存时低粘度树脂和固化剂分开包装，使用前混合，涂装时固化。这类涂料理论上不含低分子有机溶剂，可以把挥发性有机化合物降到几乎为零。但实际应用时树脂类型的选择范围较小，并且使用这类涂料时一定要注意其使用期，另外在厚膜涂装及用途上有一定的限制。

能量束固化型涂料的树脂中含有不饱和基团(如双键)或其他反应性基团，在紫外线、电子束的辐射下，可在很短的时间内固化成膜。常用的树脂包括聚酯丙烯酸酯体系、环氧丙烯酸酯体系、聚氨酯丙烯酸酯体系等。一般情况下不使用有机溶剂，而代之以能溶解树脂的反应型稀释剂，

固化时参与交联反应，从而可确保挥发性有机化合物释放量几乎为零。辐射固化后的膜通常在各方面都具有优异的性能。

当然这类涂料也具有一些缺点。首先需要的设备相对较昂贵；其次处理反应型稀释剂较复杂，且其中大多数有毒，并可引起皮肤过敏；还有涂层一般只能很薄，且被涂物件形状要简单(如平面状地板)；再有颜料及其他添加剂受限制，一般不能用于深色涂料。此外，还有单液型液体无溶剂涂料。前面提到的双液型液体无溶剂涂料无论在贮存还是应用上都有很大的限制，这样单组分的液体无溶剂涂料无疑便成为一个全新的研究方向。这就要求进行分子设计，并控制涂料基质的分子量和分布，保证其液态和低粘度。

进一步的研究，需解决的问题同高固体份涂料所遇到的问题相类似，也要解决低粘度涂料基质带来的涂装过程中的流挂性。这就要求研制有良好触变性能的抗流挂剂。除了氧化锑等无机氧化物之外，最适用、最有前途的可能是微凝胶一类的抗流挂剂。

挥发性有机化合物的严格限制使涂料的研究和发展方向越来越明确，就是求挥发性有机化合物不断降低、直至为零的涂料，而且其使用范围要尽可能宽、使用性能优越、设备投资适当等。因而水基涂料、粉末涂料、无溶剂涂料等可能成为将来涂料发展的主要方向，但也不排除一些具有优异性能的溶剂型(尤其是高固含量型)涂料在一定范围内的使用。

七、环境友善的石油产品

近年来，石油炼制技术的发展，除受原油变重、增产中间馏分等市场因素影响外，更受环境保护、保健和安全标准日益严格等因素的推动。环境保护要求石油炼制生产环境友好产品；生产工艺中要尽量提高选择性，减少副产品和废物的排放；还要采用无毒、无害的催化剂、溶剂，实现清洁生产。

回顾石油炼制技术的发展历史，技术进步有两类：一类是在原有技术基础上不断改进，取得渐进式的连续性技术进步；另一类则是独辟蹊径，转移到一个全新的科学技术知识上的非连续性技术进步，而后者往往会带来技术突破。

1. 新配方汽油

为保护环境，要求汽油成为“环境友好”产品，并对其质量制定严格的标准。例如美国清洁空气法(修正案)规定，逐步推广使用新配方汽油，减少由汽车尾气中的一氧化碳以及烃类引发的臭氧和光化学烟雾等对空气的污染。新配方汽油要求限制汽油的蒸气压小于或等于 49.6 帕或 55.8 帕；还将逐步限制芳烃和烯烃含量；还要求在汽油中加入大于或等于 2.0% 的含氧化合物，比如甲基叔丁基醚、甲基叔戊基醚。这种新配方汽油的质量要求已推动厂汽油的有关炼油技术发展。

催化裂化由单一生产高辛烷值汽油，通过开发新催化剂和改进工艺，转向既生产高辛烷值汽油，又生产异丁烯、异戊烯等醚化原。催化重整要降低操作苛刻度，以减少重

整生成油中的芳烃含量，但要增产氢气。异丁烷与丁烯烷基化生产的烷基化油，由于辛烷值高和蒸气压低，并且不含烯烃和芳烃，是理想的新配方汽油组分，需要增产，所以原料烯烃由正丁烯扩大到包括丙烯和戊烯。轻质烷烃异构化的原料从正戊烷、正己烷扩大到正庚烷。同于甲基叔丁基醚，甲基叔戊基醚等含氧化合物已成为汽油的重要组分，已开发了多种这类醚化合物合成工艺，还开发增产醚化原料异丁烯的正丁烯异构化技术，新的含氧化合物的生产技术如从丙烯生产二异丙基醚等已开发成功。为了降低汽油中苯含量，已开发了轻汽油馏分中苯加氢和苯与干气中烯烃烷基化、抽提分离苯等技术。由上可见，由于汽油是石油炼制工业中最重要的产品，其质量的变化已给石油炼制技术带来深刻、广泛的影响，而这些影响将继续推动上述有关炼油技术的连续性技术进步。

在催化裂化中既生成高辛烷值汽油又产异构烯烃的技术是我国开发的 型催化裂解，这是我国技术第一次在《炼油手册》中列名，标志我国炼油技术在世界上已占有一席之地。对醚类合成技术，《炼油手册》列出了 6 种工艺可以生成多种醚类含氧化合物，包括甲基叔丁基醚，甲基叔戊基醚以及轻汽油的醚化合物，但主要的还是甲基叔丁基醚和甲基叔戊基醚。我国在上述这些技术领域里，均取得了卓有成效的研究。除开发了《炼油手册》中报道的生产高辛烷值汽油和异丁烯、异戊烯的 型催化裂解的蜡油催化裂解技术外；还开发有掺炼渣油的催化裂解技术；在生产高辛烷值汽油的同时，也大量增产异丁烯和异戊烯，已进

行工业试验。型催化裂解技术已于1994年8~10月在济南炼油厂150千吨/年催化裂解装置上进行了首次工业试验，积累了开工和操作经验，为工程开发和推广应用积累了大量的数据。

型催化裂解稳定汽油的产率达40.98%，同时也有较高的丙烯、异丁烯和异戊烯的产率，分别为12.52%，4.57%和5.78%，完全满足93号汽油标准。型催化裂解在现有的催化裂解装置上进行适当改造就可以实施，是一条既生产高辛烷值汽油，又提供异丁烯、异戊烯等醚化原料的新工艺。

2. 低硫、低芳烃柴油

柴油是另一重要的石油炼制产品。对环境友好柴油，美国要求硫含量不大于0.05%，芳烃含量不大于20%，同时十六烷值不低于40；瑞典对一些柴油要求更严，其I级柴油含量不大于0.001%，芳烃含量不大于5%。为达到上述目的，一是要有性能优异的深度加氢脱硫催化剂，以脱除难以加氢脱硫的烷基硫茆等；二是要开发低压的深度脱硫/芳烃饱和工艺以节省投资。我国对性能优异的深度加氢脱硫催化剂和抗硫贵属芳烃饱和催化剂均在研究，并已取得进展。

由石油化工科学研究院开发了一种性能优良的低压加氢精制催化剂，目前已投入生产。这种催化剂也可用于高硫直馏瓦斯油生产低硫、低芳烃柴油。关于深度脱硫/芳烃饱和技术，已经开发了一些深度脱硫/芳烃饱和的两段工艺。一般来说，这些工艺在第一段通过苛刻加氢处理，

将硫含量降至极低水平之后，经气提除去硫化氢 / 氨气；在第二段用贵金属催化剂进行芳烃饱和。近年来这些工艺的改进集中在降低所需的压力上(与降低投资费用相关)，其措施是：采用新型、抗硫 / 氮性能更好的贵金属催化剂；采用新的工艺结构以减少硫化氢和氨气的中毒影响。

3. 润滑油

环境友好的润滑油也开始受到人们的重视。从环境友好的角度来评价一种润滑油时，其生物降解性是必须考虑的重要因素。英国专门召开了“润滑剂与环境”的学术讨论会，讨论了润滑剂的生物降解性问题。目前对生物降解性的确切定义还需要进一步研究，还必须考虑到其降解产物是否对环境有害。莫比公司提出应对润滑油生产和使用进行整体考虑，从产品的研究和开发开始，贯穿制造、包装使用、废物的处理和再生等各个阶段。

第六节 绿色食品添加剂

一、概述

1. 食品添加剂的作用

“民以食为天”，食品是维持人类生存和生长的基本物质，人们每天必须摄取一定数量的各种食品以维持自己的生命和身体健康，保证正常生长、发育和从事各项活动。为了满足各层次人群需求的、多样化高品质食品，必须具备充足的食物原料、品种齐全的食品添加剂和相应的食品加工技术，其中尤以食品添加剂最为重要，它起着决定性

作用。在食品生产中，使用食品添加剂可改变食品品质，使其达到色、香、味、形具佳，延长食品保存期，增强食品营养成分，便于食品加工，改进生产工艺和提高生产率。

食品添加剂是指为改善食品品质和色、香、味，以及为防腐和加工工艺的需要而加入食品中的化学合成或者天然物质。

2. 食品添加剂的选用

人们食用的食品品种越来越多，追求的色、香、味、形，以及感官质量越来越高，随食品进入人体的添加剂的数量和种类也越来越多，因此食品添加剂的安全使用极为重要。理想的食品添加剂应是对人身有益无害的物质，但多数食品添加剂是化学合成物质，往往有一定的毒性，所以在选用时要非常小心。选用食品添加剂时首先要充分了解我国政府制定的有关食品添加剂的卫生法规，并严格遵循。此外还要注意下列事项：

食品添加剂对食品的营养素不应有破坏作用，也不得影响食品的质量和风味。

食品添加剂不得用于掩盖食品腐败变质等缺陷。

选用食品添加剂应符合相应的质量指标，用于食品后不得分解产生有毒物质。

食品添加剂加于食品中后能被分析鉴定出来。

选用的食品添加剂价格低廉，使用方便、安全，易于贮存、运输和处理等。

二、天然防腐剂

防腐剂是用于防止食品在贮存、流通过程中主要是由

微生物繁殖引起的变质，提高保存性，延长食用价值而在食品中使用的添加剂。微生物引起食品变质可分为：细菌繁殖造成的食品腐败，霉菌代谢导致的食品霉变和酵母分泌的氧化还原酶促进的食品发酵。微生物繁殖需要有适合的客观条件，即适当的水分、温度、氧、渗透压、pH值和光等。控制食品所处的环境条件或加入防腐剂均可达到食品防腐的目的。

化学合成防腐剂均有一定的毒性，这是困扰人们的重大问题。随着社会、经济的发展，人们对食品的要求越来越高，为满足对食品在品种、品质和数量上的更高要求，除加速开发安全、高效、经济的新型化学合成食品防腐剂外，更应充分利用天然食品防腐剂。天然食品防腐剂一方面在安全卫生性上比较有保证，另一方面还能更好地接近、符合消费者的需要。据一些科学家的预测，从动植物或其代谢物中直接提取食品防腐剂将成为今后食品工业发展的一大趋势。

1. 海藻糖

海藻糖是一种无毒热值低的二糖，存在于蘑菇、蜂蜜、海虾、某些玉米和面包酵母中，其甜度极低，故对食品的风味影响很小。海藻糖具有良好的防腐作用，是由它的抗干燥特性决定的。它是一种非特异性保护剂，几乎对所有的生物分子都具有一定的保护功能。生物体内的蛋白质、碳水化合物、脂肪和其他大分子物质均被一层水膜包围保护着，在干燥过程中，这层水膜逐步消失，导致大分子物质发生不可逆变化，造成食品品质下降。据研究，当蛋白

质的结构水失去时，海藻糖在干燥生物分子的失水部位，以氢键形成连接，构成一层保护膜代替失去的结构水膜。此外，海藻糖还能形成一种类似水晶玻璃的玻璃体，保护冷冻生物分子。因此，添加海藻糖的食品经冷冻、干燥后，不仅能起到良好的防腐作用，而且在品质上也不会发生变化。

2. 甘露聚糖

甘露聚糖是一种无色、无毒、无臭的多糖，广泛地存在于自然界中，是既经济又高效的天然食品防腐剂。以 0.05% ~ 1% 的甘露聚糖水溶液喷雾、浸渍或涂布在生鲜食品表面或掺入某些加工食品中，能显著地延长食品保存期。可用于水果、蔬菜、豆制品、蛋类和豆类等多种食品的贮存保鲜。如，未经处理的新鲜草莓，存放 2 日后表面失去光泽，3 日开始发霉，而用 0.05% 的甘露聚糖水溶液浸渍新鲜草莓 10 秒，取出经风干，贮存 1 周仅表面稍失光泽，3 周也未见长霉。又如，鸡蛋的保存。将新鲜鸡蛋洗净后擦干，浸渍于 0.3% 的甘露聚糖水溶液中，待鸡蛋表面全部沾湿后取出，使鸡蛋表面自然风干，然后置于 7 和相对湿度为 70% 的环境中，存放 21 日鲜度变，30 日以上仍能食用，而未经处理的鲜鸡蛋，在相同的条件下存放 12 日，即已变质发臭。

3. 壳聚糖

壳聚糖即脱乙酰甲壳质，又称几丁质。壳聚糖为含氮多糖类物质，约含氮 7%，化学结构与纤维素相似，是粘多糖类之一。呈白色无定形粉末状，不溶于水，有机溶剂

和碱，溶于盐酸、硝酸、硫酸等强酸。壳聚糖对大肠杆菌、荧光假单孢菌、普通变形杆菌、金黄葡萄球菌、枯草杆菌等有很好的抑制作用，并且还有抑制鲜活食品生理变化的作用。因此，壳聚糖可用作食品，尤其是水果的防腐保鲜剂。

壳聚糖广泛存在于甲壳类虾、蟹、昆虫等动物的外壳和低等植物如菌、藻类的细胞壁中，此外在乌贼、水母和酵母等中亦有存在。由于壳聚糖不溶于水，使用时通常是将其溶于醋中。壳聚糖不适用于含蛋白质的食品，适用于不含蛋白质的酸性食品，如腌菜的调味液，特别是水果的防腐保鲜。用含 2% 改性壳聚糖制剂处理的苹果块，在 30

下贮存 1 周末出现霉斑，而对照苹果块则受微生物侵染出现霉斑。

实验证明，壳聚糖在果实表面能形成一层不易察觉、无色透明的半透膜，能有效地减少氧气进入果实内部，显著地抑制了果实的呼吸作用，再加上其抗菌作用，故可达到推迟生理衰老，防止果实腐败变质的效果。

4. 溶菌酶

溶菌酶为白色结晶，含有 129 个氨基酸。溶菌酶溶于食盐水，遇丙酮、乙醇产生沉淀；在酸性溶液中较稳定，加热至 55℃ 活性无变化；在水溶液中加热至 62.5℃ 并维持 30 分钟则完全失活，而在 15% 的乙醇液中于 62.5℃ 下维持 30 分钟不失活，在 20.5% 的乙醇液中于 62.5℃ 下维持 20 分钟亦不失活。

溶菌酶能溶解许多细菌的细胞膜，使细胞膜的糖蛋白

类多类发生加水分解，而引起溶菌现象。溶菌酶对革兰氏阳性菌、好气性孢子形成菌、枯草杆菌、地衣型芽孢杆菌等均有良好的抗菌能力。溶菌作用的最适条件为：pH 值为 6~7；温度为 50 。

食品中的羟基和硫酸能影响溶菌酶的活性，因此将溶菌酶与其他抗菌物如乙醇、植酸、聚磷酸盐、甘氨酸加以复配使用，效果会更好。目前，溶菌酶已用于面类、水产熟食品、冰淇淋、色拉和鱼子酱等的防腐。

5. 鱼精蛋白

鱼精蛋白是一种分子量小(5000)、结构简单的球形蛋白质，含大量氨基酸，存在于鱼的精子细胞中。它对枯草杆菌、巨大芽孢杆菌、地衣型芽孢杆菌、凝固芽孢杆菌、胚芽乳杆菌、干酪乳杆菌等均有良好的抗菌作用，最小抑菌浓度为 70~400 毫克/毫升。鱼精蛋白在碱性介质中有较高的抗菌能力，在酸性(pH 值小于 6)介质中抗菌能力较低。其热稳定性高，即使在 210 下维持 90 分钟仍有一定的抗菌能力。鱼精蛋白与其他添加剂如甘氨酸等复配，其抗菌效果更好，适用的食品防腐范围也更广。

三、抗氧化剂

食品在贮藏、运输过程中除受微生物的作用而发生腐败变质外，还和空气的氧发生化学作用，引起食品特别是油脂或含油脂食品变质。这不仅降低食品营养，使风味和颜色劣变，而且产生有害物质，危及人体健康。防止食品氧化变质的化学方法是在食品中添加抗氧化剂。抗氧化剂是防止或延缓食品氧化，提高食品的稳定性和延长贮存期

的物质。

1. 抗氧化剂的作用机理

抗氧化剂的种类繁多,抗氧化的作用机理也不尽相同,但均以其还原性为依据。一种是抗氧化剂自身氧化,消耗食品内部和环境中的氧,从而使食品组织不被氧化;另一种是抗氧化剂给出电子或氢原子,阻断食品自动氧化的链式反应,从而保护食品组织不受氧化;再一种方式是抗氧化剂通过抑制氧化酶的活性而防止食品组织氧化变质。

下面以油脂自动氧化酸败和食品酶褐变为例,对抗氧化剂的作用机理加以简要介绍。油脂自动氧化是链式反应,抗氧化剂主要是在链式反应的诱发期即氧化酸败的初期起阻断作用。油脂自动氧化过程如下:

油脂中的不饱和脂肪酸在光、热或金属离子的影响下,脱去氢而生成自由基。

自由基与氧分子结合成过氧化基。

过氧化基从油脂中的不饱和脂肪酸夺取氢生成氢过氧化物,而失去氢的不饱和脂肪酸又形成自由基。如此循环,构成油脂自动氧化的链式反应,直至食品油脂中的全部不饱和脂肪酸被氧化成氢过氧化物,并进一步分解为其他产物为止。

若以抗氧化剂作为氢给体代替不饱和脂肪酸,则油脂自动氧化的链式反应被阻断,而抗氧化剂产生的基因可进一步结合成二聚体和其他产物。

食品的酶褐变是氧化酶类的酶促反应使酚类和单宁物质氧化变为褐色。酚类物质如儿茶酚在酚类氧化酶作用下

生成醌，再经二次羟化作用生成三羟苯化物，并与邻醌作用形成羟醌。羟醌聚合成酶褐变产物黑色素。

防止食品酶褐变的措施主要是破坏或抑制氧化酶活性和排除氧的影响。若食品中添加适量的抗氧化剂，利用其还原性消耗氧和抑制酶活性，阻止酚类变为醌类即可防止食品的酶褐变。我国食品添加剂使用卫生标准 GB2760 86 和 1989 年增补品种允许使用的抗氧化剂有：丁基羟基茴香醚(叔丁基-4-羟基茴香醚)、二丁基羟基甲苯(2, 6-二叔丁基对甲酚)、没食子酸丙酯。

2.天然抗氧化剂

从动植物体或其代谢物中提取的某些物质具有良好的抗氧化能力，且安全无毒，其中一些已用于食品，如我国食品添加剂使用卫生标准(1989 年增补品种)已将维多酚列入食品抗氧化剂。国外使用的天然抗氧化剂有植酸、愈创树脂、正二氢愈创酸、米糠素、生育酚混合浓缩物、胚芽油提取物、栎精、芦丁等等。

维多酚。

维多酚即茶多酚，为一类多酚化合物的总称，主要包括：儿茶素、黄酮、花青素、酚酸 4 类化合物，其中以儿茶素的数量最多，约占茶多酚总量的 60% ~ 80%。因此，在茶多酚中常以儿茶素作为代表。

茶多酚是容易氧化的化合物，有较强的抗氧化活性，它能杀菌消炎，强心降压，还具有与维生素 P 相类似的作用，能增强人体血管的抗压能力。茶多酚对促进人体维生素 C 的积累也有积极作用，对尼古丁、吗啡等有害的生物

碱还有解毒作用。所以常饮茶有益人体健康，可起到推迟衰老、延年益寿的作用。

茶多酚的抗氧化性能优于生育酸混合浓缩物，其抗氧化作用的成分主要是儿茶素。下面 4 种儿茶素抗氧化能力最强，它们是表儿茶素、表没食子儿茶素、表儿茶没食子酸酯和表没食子儿茶素没食子酸酯。

茶多酚与苹果酸、柠檬酸和酒石酸有良好的协同效应，与柠檬酸的协同效应最好。此外，与抗坏血酸、生育酚也有很好的协同效应。茶多酚对猪油脂的抗氧化能力高于生育酚；植物油脂中含有生育酚，故用于植物油脂可显著增强茶多酚的抗氧化能力。

我国食品添加剂使用卫生标准规定，茶多酚可用于油脂、火腿、糕点馅，用量为 0.4 克 / 千克。使用方法是先将其溶于乙醇，加入一定量的柠檬酸配成溶液，然后以喷涂或添加的方式用于食品。

植酸。

植酸亦称肌醇六磷酸，简称 pH。植酸有很强的抗氧化能力，除用作抗氧化剂外，也用作稳定剂和保鲜剂。

根据我国食品添加剂植酸标准，植酸的质量指标为：含量 > 40%，水分 < 50%，灰分 10%，砷 0.0002%，重金属(以铅计) 0.002%。

植酸除用于食品抗氧化外，还可用作食品保鲜剂、螯合剂、水软化剂等。作为抗氧化剂主要用于油脂食品、鱼、肉、蛋、面包、糕点等中。

米糠素。

米糠素又称谷维素，为以三萜(烯)为主体的阿魏酸酯的几种混合物。米糠素为白色或浅黄色粉末或晶体粉末，无臭，溶解于乙醇和丙酮，不溶于水。对油脂有良好的抗氧化作用。米糠素为无毒性物质，除用作油溶性抗氧化剂外，主要用于制药。

生育酚混合浓缩物。

生育酚即维生素 E，作为抗氧化剂使用的生育酚是其 7 种异构体的混合物。生育酚混合浓缩物为黄至褐色透明粘稠液体，可有少量微晶体蜡状物，几乎无臭，对热稳定。生育酚混合浓缩物在空气中及在光照下，会缓慢地氧化变黑。它不溶于水，溶于乙醇，可与丙酮、氯仿、乙醚、植物油混溶。

生育酚抗氧化性能来自苯环上 6 位的羟基。其同分异构体的抗氧化性能以。在一般情况下，生育酚对动物油脂的抗氧化能力较对植物油为大。在较高的温度下，生育酚仍有较好的抗氧化性能。在高温下，尤其是在炸油中，生育酚是非常有效的抗氧化剂。此外，生育酚的耐光、耐紫外光、耐放射线的性能也较强。

生育酚还有防止维生素 A 在 α -射线照射下分解的作用，以及防止 β -胡萝卜素在紫外光照射下分解的作用，还能防止甜饼干和速煮面条在日光照射下的氧化作用。近年来研究结果表明，生育酚还有阻止咸肉中产生致癌物亚硝胺的作用。但生育酚是油溶性的，生成亚酰胺的前身是水溶性的，如将生育酚和盐直接混合，生育酚则在食盐表面凝固，不能发挥作用。为克服此不足，可将生育酚涂

在盐粒表面，以提高其效力。在咸肉中使用亚酰胺盐的目的是抑制肉毒杆菌，添加生育酚并不影响其效用。人每日服 1 克 / 千克，数月无异常现象。无毒。

在我国生育酚还未列入食品添加剂使用卫生标准。以合成法生产的维生素 E，因价格较高，不宜作食品抗氧化剂，主要用于医药、化妆品和强化食品。

在国外生育酚浓缩物广泛用作食品抗氧化剂，很多国家对使用量无限制。它适合婴儿食品、疗效食品和乳制食品的抗氧化剂和营养强化剂使用。对全脂奶粉、奶油和人造奶油等添加量为 0.005% ~ 0.05%，对动物脂肪添加 0.001% ~ 0.05%，对植物油添加 0.03% ~ 0.07%，在香肠中用量为 0.007% ~ 0.01%，在其他农产、水产、畜产制品中用量为 0.01% ~ 0.05%。在焙烤食品用油和油炸食品用油中添加 0.01% ~ 0.1%，即有良好的抗氧化效果；在油炸方便面的猪油中添加 0.05%，抗氧化效果很好。

四、发色剂

在食品生产过程中加入能与食品的某些成分发生作用，使食品呈现喜人色泽的物质称为发色剂。发色剂不只使用于肉制品，在蔬菜和果实里也都使用。食品中使用的发色剂有亚硝酸钠、亚硝酸钾、硝酸钾、烟酰胺、硫酸亚铁等。除单独使用这些发色剂，也往往将它们与发色助剂复配使用，以获得更佳的发色效果。

1. 发色剂的发色原理

原料肉的颜色和色变。

原料肉的红色是肉组织中所含红色色素蛋白质肌红蛋

白和血液中所含红色色素蛋白质血红蛋白呈现出的色泽。在屠宰牲畜时，虽然注意了充分放血，但肉组织内的毛细血管里仍残留一定的血液。因此，肉中血红蛋白约占总色素的 20% ~ 30%，肌红蛋白约占 70% ~ 80%。颜色比较浅的小牛肉和猪肉，肌红蛋白含量为 0.1% ~ 0.3%；色深的成牛肉和马肉中肌红蛋白的含量为 0.5% ~ 1.0%。

肌红蛋白是由蛋白质球蛋白与一分子正铁血红素结合而成的色素蛋白质。血红蛋白是由蛋白质球蛋白与四分子正铁血红素结合而成的蛋白质。因两者均含有正铁血红素，故统称为正铁血红素。正铁血红素的铁处于还原状态时为二价，处于氧化状态时为三价。新鲜肉，肌红蛋白的正铁血红素的铁处于二价还原型，呈暗紫红色，其表面和空氧接触时易与分子氧相结合，而形成充氧肌红蛋白，呈鲜红色，此时其中的铁仍为二价。当肌红蛋白中的铁被氧化成三价时，即形成高铁肌红蛋白，其中的正铁血红素的铁变氧化态，则呈现褐色，继而变为绿色或黄色。正铁血红素中的氧化态铁在还原剂作用下，还可被还原为二价铁，这时高铁肌红蛋白转变为还原型肌红蛋白，这一过程是可逆的。

新鲜肉组织内保持着还原能力，即使从外界补充氧，正铁血红素也能保持还原型。因此，向氧化型转变是一个缓慢过程。此外，正铁血红素由还原型向氧化型转变是在氧的分压低于一定值时发生的，当氧的分压为 0.0013 ~ 0.0262 大气压时，氧化转变速率最大。生肉加热，肌红蛋白的正铁血红素氧化而变性，导致红色生肉急剧地变色，

成为褐色的加热肉。火腿、香肠等肉制品为杀菌，常进行水煮处理。热处理时为使制品不变褐色，须使用发色剂以保持肉的色泽。

发色原理。

为了使肉保持鲜红色，在加工过程中需加入硝酸盐和亚硝酸盐。在肉类腌制过程中加入的硝酸盐和亚硝酸盐是二者的混合物。亚硝酸盐是肉的正铁血红素的强氧化剂，能将蛋白质肌红蛋白和充氧肌红蛋白氧化成褐色的氧化型的肌红蛋白，而氧化型的肌红蛋白在肉组织的还原作用下，或在加入的发色助剂，(如抗坏血酸钠)的还原作用下，还原为蛋白质肌红蛋白。另一方面，亚硝酸盐与肉内糖原分解生成的乳酸相作用形成游离的亚硝酸，后者进一步被还原为一氧化氮。于是上述两过程所生成的蛋白质肌红蛋白和一氧化氮很容易结合成鲜红色的亚硝肌红蛋白，而呈现熟肉色，使肉长期保持鲜艳色泽，提高食品质量。肉组织的还原作用主要是由含烟酰胺的烟酰胺腺嘌呤二核苷酸和烟酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸酯表现出来的。此外，筋肉蛋白质内存在的有还原作用的基团对氧化型的肌红蛋白也起还原作用。

上述这种熟肉色的发色过程进行得比较缓慢，而盐渍牛肉烟熏或水煮加热时，发色过程进行得很快。这是因为蛋白质在加热时发生热性变，具有还原能力的基团处在蛋白质分子的外表上，由于它的还原作用而加速发色作用。

发色助剂的使用和注意事项。

发色助剂是能增强发色效果的添加剂，可用的发色助

剂有二酪蛋白、酪氨酸钠、抗坏血酸、异抗坏血酸和烟酰胺等等。

在单用亚硝酸盐时，它能自然分解生成一氧化氮，同时也产生少量的三氧化氮，而一氧化氮在空气中也可被氧化成亚硝酸，两者均可形成硝酸。硝酸的氧化作用很强，能将部分蛋白质肌红蛋白氧化成高铁肌红蛋白，抗坏血酸和异抗坏血酸能改善上述过程。首先使亚硝酸盐更多地产生一氧化氮，其次发色助剂为还原剂可防止蛋白质肌红蛋白氧化，再次它能将高铁肌红蛋白还原为红色的还原型肌红蛋白，此外它还能防止因氧化而使肉味变质。

但是使用抗坏血酸时，亚硝酸的用量一定要合适，否则会发生不利现象。比如，在不加抗坏血酸时，将蛋白质肌红蛋白加热到 60℃，大部分蛋白质肌红蛋白不凝固，呈溶解状态，正铁血红素不遭受破坏。而加热到 70℃ 时，大部分蛋白质肌红蛋白发生热凝固，成为氧化型的肌红蛋白，沉淀下来，当加入 0.02% 的亚硝酸钠时，正铁血红素仅少量被破坏。增大亚硝酸钠的加入量，蛋白质肌红蛋白热凝固甚微，正铁血红素遭破坏也甚小。当加有抗坏血酸时，在 60℃ 下即使加热 1 小时，蛋白质肌红蛋白的热凝固量也较大；而在亚硝酸钠的加入量多时，蛋白质肌红蛋白的热凝固量减小。

可见，使用抗坏血酸时，亚硝酸钠的加入量少能促进正铁血红素破坏，不但不能发色，反而使卟啉环受到氧化破坏，产生了叶绿素，导致绿变；增加亚硝酸钠的用量可防止绿变。因此，相对与一定量的亚硝酸钠来说，抗坏血

酸的用量比例大，将促进绿变；增加亚硝酸钠的用量，可防止绿变。反之相对于一定量的抗坏血酸来说，亚硝酸钠的添加量比例大，由于亚硝酸钠的氧化作用，可促进发色。烟酰胺能促进发色作用，是因为烟酰胺与蛋白质肌红蛋白能结合成稳定的烟酰胺肌红蛋白，难于被氧化，可防止蛋白质肌红蛋白在亚硝酸生成亚硝基期间被氧化变色。因此，复配使用抗坏血酸和烟酰胺，效果更好。

2. 硫酸亚铁结晶及干燥品

(1) 硫酸亚铁(结晶)。

硫酸亚铁(结晶)为带白绿色的结晶或晶体粉末，无臭，有咸收敛味。在干燥空气中缓慢地被氧化成棕黄色碱式硫酸铁。水溶液呈酸性，加热至 250~300 失去结晶水成为无水物，温度再高成为氧化铁。不溶于乙醇。

硫酸亚铁能与蔬菜中的色素形成稳定的络合物，可防止因有机酸引起的变色。

硫酸亚铁能凝固蛋白质，有防腐作用和收敛作用。大量吸收能引起中枢神经麻痹和肾炎。用作杀菌除臭，杀菌力小。

我国未将硫酸亚铁列入发色剂。按美国食用化学品法典(1983)，硫酸亚铁(结晶)应符合下列质量指标：含量 ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 99.5% ~ 104.5%，砷(以 As 计) 0.0003%，铅 0.001%，汞 0.0003%。

硫酸亚铁用作茄子、黑豆、糖煮蚕豆、海带等的发色剂。豆类含隐色基因素，在还原状态下无色，碱性条件下能氧化成黑色，故利用硫酸亚铁的还原性可保护豆类的颜

色，使用量为 0.02% ~ 0.03%。

(2)硫酸亚铁(干燥品)。

硫酸亚铁为灰白色粉末，味涩，主要成分为无水硫酸亚铁，含有不同数量的 $\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 。较稳定，易保存。水溶液浑浊，逐渐生成棕黄色沉淀，呈酸性。在潮湿空气中吸收水成为 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 。加热至 120 不失水。在水中煮沸可转变为碱式硫酸盐，溶于冷水，26.6 克每 100 毫升(20)，不溶于乙醇，几乎不溶于 50% 的硫酸。

加热硫酸亚铁(结晶)，使之溶于结晶水而液化，缓慢地搅拌下蒸发结晶水。此时加入少量硫酸以防止形成羟基硫酸铁，并进行浓缩，干燥减量限度为 35% ~ 36%，形成细颗粒，制成粉末。

我国未将硫酸亚铁列入发色剂。按美国食用化学品法典(1983)，硫酸亚铁(干燥品)应符合下列质量指标：含量 (FeSO_4)86.0% ~ 89.0%，砷(以 As 计) 0.0003%，不溶性物质 0.05%，铅 0.001%，汞 0.003%。

(3)发色助剂 抗坏血酸。

抗坏血酸可用作抗氧化剂，也是常用的发色助剂，与亚硝酸钠复配使用可提高肉制品的成色效果。肉类制品中异抗坏血酸的添加量为 0.05% ~ 0.08%。

五、呈味剂

食品的风味是由食品的色、香、味、形刺激人的视觉、味觉、嗅觉和触觉等器官，引起人对它的综合印象。食品进入口腔引起人的味觉是判断食品风味的重要标志。味觉包括心理味觉、物理味觉和化学味觉。心理味觉是由食品

的形、色、光泽决定的；物理味觉是由食品的软硬度、粘度、冷热、咀嚼感和口感的反映决定的；而化学味觉则是由呈味物质作用感觉器官的客观反映。

食品的呈味物质溶于唾液或其溶液刺激舌的味道，经味神经纤维传至大脑的味觉中枢，经过大脑分析，才能产生味觉。所以味的强度与呈味物质的水溶性有关。完全不溶于水(包括唾液)的物质实际上不会引起味觉反映，是没有味的，这是因为水中无呈味物质，对味觉神经无刺激的缘故。因此，食品中的呈味物质与舌表面接触，并在其上溶解后，才能产生味觉。不同的呈味物质溶解速度不同，所以产生味觉的时间也就有快有慢，味觉维持的时间也有长有短。例如，蔗糖较易溶解，其产生味觉也较快，味觉消失也较快；而蔗糖较难溶，其产生味觉则较慢，味觉维持时间也较长。味觉受温度影响，最能刺激味觉的温度为 $10\sim 40^{\circ}\text{C}$ ， 30°C 时味觉最敏感，高于、低于此温度时味觉均减弱。

此外，不同的呈味物质对味觉还有协同增强或相消减弱的作用。如味精与核苷酸共存时，味觉鲜味增强；麦芽酚加入糖果，甜味增强；食盐与醋酸混合使咸味减弱。各国对味觉的分类并不一致，我国分为酸、咸、甜、苦、辣、鲜和涩共7味；日本分为咸、酸、甜、苦、辣；欧美分为甜、酸、咸、苦、辣和金属味。在生理学上只有酸、甜、苦、咸4种基本味，而辣味和涩味是由于刺激触觉神经末梢产生的。辣味刺激口腔粘膜引起痛觉，并伴有鼻腔粘膜痛觉；涩味是舌粘膜收敛。但从食品的调味角度来说，辣

味和涩味作为两种独立的味，而鲜味在食品调味上也应为独立的味。

因此，作为食品呈味剂应有咸味剂、酸味剂、甜味剂、辣味剂、鲜味剂以及清凉剂和香料。作为食品呈味剂使用卫生标准中列入的呈味剂有酸味剂、甜味剂、增味剂。

1. 酸味剂

舌粘膜受氢离子刺激即引起酸味感觉，所以在溶液内能离解出氢离子的酸类都具有酸味，并称之为酸味剂。酸味剂能赋予食品酸味，除给人以爽快的刺激，增进食欲，提高食品品质外，还具有使防腐剂、发色剂、抗氧化剂增效的作用；它还有增加焙烤食品的柔软度的功能；与碳酸氢钠复配，可制成疏松剂；用有机酸及其盐可配成食品酸变缓冲剂，稳定 pH 值。酸味的刺激阈值用 pH 值来表示，无机酸的酸味阈值在 3.4~3.5 左右，有机酸的酸味阈值在 3.7~4.9 之间。大多数食品的 pH 值在 5~6.5 之间，虽为酸性，但并无酸味感觉，若 pH 值在 3.0 以下，则酸味感强，难以适口。

酸味除与氢离子有关外，也受酸味剂的阴离子影响。有机酸的阴离子容易吸附在舌粘膜上，中和了舌粘膜中的正电荷，使得氢离子更容易与舌味蕾相接触，而无机酸的阴离子易与口腔粘膜蛋白质相结合，对酸味的感觉有钝化作用，故一般地说，在相同的 pH 值时，有机酸的酸味强度大于无机酸。由于不同有机酸的阴离子在舌粘膜上吸附能力的不同，酸味强度也不同，如对醋酸、甲酸、乳酸、草酸来说，在相同的 pH 值下，其酸味的强度为：醋酸>甲

酸>乳酸>草酸。

酸味剂的阴离子对酸味剂的风味有影响，这主要是由阴离子上有没有羟基、氨基、羧基，它们的数目和所处的位置决定的。如柠檬酸、抗坏血酸和葡萄糖酸等酸味带爽快感；苹果酸的酸味带苦味；乳酸和酒石酸的酸味伴有涩味；醋酸的酸味带有刺激性臭味；谷氨酸的酸味有鲜味等。

酸味剂广泛用于食品加工和生产中。我国食品添加剂使用卫生标准批准使用的酸味剂有：柠檬酸、乳酸、酒石酸、苹果酸、偏酒石酸、磷酸、醋酸、富马酸、己二酸等。

(1)柠檬酸。

柠檬酸也称枸橼酸，柠檬酸有一定水合物和无水物两种，为无色半透明结晶，或白色晶体颗粒或粉末，无溴，有强酸味。含 1 分子结晶水的柠檬酸，相对密度 1.542，熔点 100~133；在空气中放置易风化，失去结晶水；易溶于水 209 克每 100 毫升(25)。无水柠檬酸，相对密度 1.67，熔点 153，在潮湿空气中吸潮能形成水合物。1% 水溶液的 pH 值 2.31。除易溶于水外，它们还易溶于乙醇和乙醚。

柠檬酸是柠檬、柚子、柑橘等存在的天然酸味的主要成分，具有强酸味，酸味柔和爽快，入口即达到最高酸感，后味延缓时间较短。与柠檬酸钠复配使用，酸味更为柔爽。柠檬酸还有良好的防腐性能，能抑制细菌增殖。它还能增强抗氧化剂的抗氧化作用，延缓油脂酸败。柠檬酸含有 3 个羟基，具有很强的螯合金属离子的能力，可用作金属螯合剂。它还可用作色素稳定剂，防止果蔬褐变。

在日本柠檬酸广泛地用作酸味剂、抗氧化剂、pH 值调整剂等。用作酸味剂时，在清凉饮料里添加 0.15% ~ 0.3% (如柠檬碳酸水里加 0.3%，汽水里加 0.2%，乳酸菌饮料里加 0.15%，果实饮料里加 0.15%)，在果汁、果子冻、果子酱、水果糖等食品里加 1% 左右，在咸菜和调味料中也可以使用。用作抗氧化剂，在冷冻水果和水果加工品里添加约 0.5%，在食用油里添加 0.001% ~ 0.05%。在其他特殊用途中，柠檬酸还可用作乳制品品质改良剂，干酪、冰淇淋的稳定剂。柠檬酸与其盐复配可用作乳化剂。无水柠檬酸吸湿也不凝固，故可用于粉末汁液、粉末果冻、粉末发泡汁液和口香糖等食品里。

(2) 乳酸。

乳酸通常是乳酸和乳酰乳酸的混合物，为无色透明或浅黄色糖浆状液体，几乎无臭，或微带脂肪酸臭，味酸。纯乳酸的熔点 16.8℃，沸点 122℃，相对密度 1.249。工业品乳酸为含 50% ~ 90% 乳酸的溶液，有吸湿性，煮沸浓缩时，乳酸缩合成乳酰乳酸和 2-(乳酰羟基)丙酸，加热稀释又转化为乳酸。与水、乙醇、乙醚、丙二醇、甘油、丙酮混溶。它几乎不溶于氯仿、石油醚和二硫化碳。

乳酸存在于腌渍物、果酒、酱油和乳酸菌饮料中。具有特异收敛性酸味，因此应用范围受到一定限制。乳酸还具有较强的杀菌作用，能防止杂菌生长，抑制异常发酵的作用。

在日本，乳酸用作食品酸味剂、防腐剂、风味增强剂和 pH 值调整剂。作为酸味剂用于清凉饮料(用量为 0.05

% ~ 0.2%)、果汁、果子露、水果糖和糖浆等，还能有效地防止浑浊和沉淀。在清酒酿造工业中，用作抑制杂菌，有利于酵母发育，每 18 升水添加 110 ~ 130 毫升乳酸。此外，还可以提高食品的保存性、调味和调整 pH 值，主要用于面包、面条、糖食品、果冻、腌菜、肉类加工品、干酪、果酱、冰淇淋。甜食类调味用量为 2%。还可用作酱油的香味缓冲剂。

(3)醋酸。

浓度为 99% 的醋酸叫做冰醋酸。冰醋酸不能直接使用，稀释后才称为通常所说的醋酸。冰醋酸常温下为无色透明液体，有强刺激性气味，味似醋。100% 的醋酸在 16.78℃ 凝固成冰状结晶，故而得名。其密度 1.049，沸点 118℃，折射率 1.37。醋酸蒸气极易着火，与空气混合的爆炸范围为 4% ~ 5%。它与水、乙醇能混溶，水溶液呈酸性，6% 的水溶液 pH 值 2.4。

醋酸味极酸，在食品中使用受到限制。用大量水稀释仍呈酸性反应。醋酸能除去腥臭味。

在日本，醋酸用于生产合成食醋。将醋酸稀释成 4% ~ 5% 的溶液，再添加调味剂即成与酿造醋味相似的合成食谱。醋酸被适当稀释后，作为酸味剂，用于英国辣酱油、番茄酱、蛋黄酱、玉米糖浆、泡菜、苹果果子露、干酪、糕点、咸菜等中。

2.甜味剂

甜味是甜味剂分子刺激味蕾而产生的一种复杂的物理、化学和生理过程。甜味是易被人们接受且最感兴趣的

一种基本味，不但能满足人们的爱好，还能改进食品的可口性和食品的某些食品性质。

凡是能产生甜味的物质统称甜味物质或甜味剂。甜味剂分两大类，一类是天然甜味剂，如蔗糖、果糖、葡萄糖、麦芽糖等等；另一类是人工合成甜味剂，如糖精等。

甜味的高低称为甜度，它是甜味剂重要质量指标。甜味剂的甜度，现在还不能用物理或化学的方法定量地测定，只能凭人们的味觉感官判断。因此，感官鉴定不但受主观上的影响，而且也受溶液的浓度、湿度、食品中其他成分存在等客观条件的影响，故目前还没有表示甜度绝对值的标准。为比较甜味的甜度，一般是选择一种甜味剂如蔗糖作为标准，其他甜味剂的甜度是与它比较而得出的相对甜度。如蔗糖的甜度为 100。

测定相对甜度有两种方法：一种是将甜味剂配成可被感觉出甜味的最低浓度(即阈值)，即极限浓度，称为极限浓度法；另一种是将甜味剂配成与蔗糖浓度相同的溶液，然后以蔗糖溶液为标准比较该甜味剂的甜度，此法称为相对甜度法。

甜味剂的甜度受多种因素影响，其中主要有浓度、温度和介质。一般来说，甜味剂的浓度越高，甜度越大。但多数甜味剂的甜度随浓度增大的程度并不相同。例如，葡萄糖溶液的甜度随浓度增高的程度大于蔗糖，在较低的浓度，葡萄糖溶液的甜度低于蔗糖；而随浓度增大甜度差别减小。通常所说的葡萄糖的甜度比蔗糖低，系指在低浓度时而言。当浓度达 40% 时，两者的甜度基本相同。多数甜

味剂的甜度受温度影响，通常甜度随温度升高而降低。介质对甜度也有影响，在 40℃ 以下的水溶液中，果糖的甜度高于蔗糖，在柠檬汁中两者甜度大致相等。某些调味剂对甜味剂的甜度也有影响，但无一定规律。不同种类甜味剂有协同效应，即混合甜味剂有互相提高甜度的作用。

3. 苦味剂

单纯的苦味并不可口，但在调味和生理上却有重要作用。苦味若调配得当能起丰富和改进食品的风味，满足人们对特殊风味食品的需求。此外，苦味对味感受器有强烈的刺激作用，对味觉发生衰退的病人，食用苦味物质有恢复味觉的功能。

苦味物质广泛存在于植物性食物中，在龙胆科、菊科和唇形科植物中都含有苦味物质。构成苦味的物质有生物碱类、萜类、甙类等。在四种基本味感中，苦味是最易被感知的，故苦味物质的味觉阈值较酸、碱、盐的要低得多。在苦味物质分子中，必定有分子内氢键存在，即分子中在氢原子授予基和氢原子接受基，且两者之间相距在 1.5×10^{-8} 米以内。形成分子内氢键，使整个分子的疏水性增强，从而产生苦味。我国食品添加剂使用卫生标准未将苦味剂列于标准中，但在食品生产中往往需要加入苦味剂，这里特以啤酒花为例加以介绍。

(1) 性状。

啤酒花含有苦味成分，使啤酒具有独特的苦味风味。啤酒中约含 30 余种苦味物质成分。啤酒花的组成为：水分 6%。17%，精油 0.13% ~ 0.48%，树脂 7% ~ 25%，单宁

7% ~ 11% , 含氮物质 10% ~ 17% , 粗纤维 10% ~ 18% , 灰分 5% ~ 10%。

(2)呈味性能。

-酸又称甲种苦味酸,在鲜啤酒花中约含 2% ~ 8% , 具有强烈的苦味和一定的抗菌能力。在啤酒的苦味物质中, -酸占 85% 以上。 -酸是多种物质混合物。啤酒花与麦芽汁在煮沸过程中, -酸约有 40% ~ 60% 异构化异 -酸, 是构成啤酒的重要苦味物质。异 -酸有顺反 2 种异构体。在 -酸异构化时还产生少量的别异 -酸, 为异 -酸的双键异构体。 -酸包括律草酮、副律草酮等 5 个成分, 每个成分能产生与之相应的 2 个异 -酸, 2 个别异 -酸, 还有 2 个水合异 -酸, 所以有 30 种苦味成分。

当酒花煮沸超过 2 小时, 或在稀碱溶液中煮沸超过 3 分钟, 则异 -酸能水解生成律草酸和异己烯-3-酸, 其苦味可完全消失。啤酒花在贮存期间, -酸可自动氧化生成 3-羟基-3-(3,4-羟基-4-甲基戊酮基)-5-异戊酮基戊烷-1,2,4-三酮, 它是陈啤酒花的正常组分。所以, 用陈啤酒花酿造的啤酒, 虽然 -酸已明显减少, 但苦味降低并不显著, 只是苦味变劣。

六、凝固剂

能够使食物溶胶如果胶、蛋白质等沉淀凝固为不溶性凝胶状物的食品添加剂, 称为凝固剂。凝固剂用于豆制品生产和果蔬深加工, 以及凝胶食品制造等, 如钙盐是果胶、海藻酸钠的凝固剂。在低甲氧基果胶中, 甲氧基的含量低(当低于 7% 时), 甲酯化程度不足以使果胶形成凝胶。

这类果胶含有大量的果胶酸，若加入钙盐凝固剂，由于钙离子是多价螯合剂，便与果酸的羧基生成果胶酸盐，加强果胶分子的交联作用，此时两个多糖分子之间形成许多离子键和氢键交联成双螺旋结构，许多对交联的双螺旋体紧密地结合在一起而形成具有弹性的凝胶固体。在果蔬加工制品中，采用这类凝固剂，形成这样不溶性果胶酸钙而使制品具有一定脆度和硬度。用低甲酯果胶可制成低糖果冻。

盐卤、硫酸钙等均为蛋白质凝固剂。蛋白质为两性化合物，其分子中既有碱性的氨基，又有酸性的羧基。在酸性介质中，蛋白质能形成带正电荷的离子；在碱性介质中，则形成带负电荷的离子。所以在非等电点，蛋白质溶液的质点均带有相同的电荷，电性相同，蛋白质质点彼此相互排斥而不会聚结在一起导致沉降。此外，蛋白质质点的表面有很多亲水基，它们以氢键与水分子结合，形成一层水合膜，在此水合膜的保护下，即使在等电点时，蛋白质质点也不易发生凝聚造成沉降。

蛋白质加热以后，其立体结构发生变化，从而引起蛋白质的物理、化学、生物化学的性质发生变化，这种现象称为蛋白质热变性。大豆蛋白质热变性是：豆浆加热后，随着蛋白质分子内能升高，分子运动加快，在相互撞击下，构成蛋白质的多肽链的侧链断裂开来，变为开链状态，大豆蛋白质分子从原来有秩序的紧密结构变为疏松的无规则状态。这时加入凝固剂，变性的蛋白质分子相互凝聚、相互穿插结结成网状的凝聚体，水被包在网状结构的网眼中，转变成蛋白质凝胶。在生产豆腐过程中，此工艺过程称为

点脑、点卤或点浆。

葡萄糖酸- δ -内酯用作凝固剂，有许多特性。葡萄糖酸- δ -内酯在水中发生离解生成葡萄糖酸，它能使蛋白质溶胶凝结而形成蛋白质凝胶，其效果优于硫酸钙、氯化钙、盐卤和卤片。用葡萄糖酸- δ -内酯作凝固剂生产豆腐，制得的产品质地细腻，滑嫩可口，保水性好；防腐性好，保存期长，一般在夏季放置 2~3 天不变质。

用于制作豆腐时，用量为 2.5~2.6 克每 1000 克豆浆(即 0.25%~0.26%)。将葡萄糖酸- δ -内酯溶于少量水中，溶解后加于豆浆中，及时搅拌；或将加好本品的豆浆装罐，隔水加热至 80 左右，保持 15 分钟，即凝固成豆腐。制作豆腐脑时，每 1000 克黄豆出浆约高于豆腐时的 3 倍，即出豆浆 15~16 千克；每 1000 克豆浆中加葡萄糖酸- δ -内酯 1.2 克，点浆后 15 分钟即成豆腐脑。

按照我国食品添加剂使用卫生标准，生产豆腐时，最大限用量为 3 克/千克。葡萄糖酸- δ -内酯在水中逐渐发生水解，为保持其内酯状态，应不使其受潮。在配制溶液时应尽量保持低温和尽量缩短配制时间。

七、生物疏松剂

疏松剂是以小麦粉为主要原料的糕点、饼干等焙烤食品及膨化食品生产用的添加剂，亦称膨松剂、膨胀剂和面团调节剂。在和面工序中加入疏松剂，在焙烤或油炸过程中它受热而分解，产生气体使面胚起发，体积胀大，内部形成均匀致密海绵状多孔组织，使食品具有酥脆、疏松或柔软等特征。疏松剂亦用于水产品、豆制品、羊奶和代乳

品。

疏松剂可分为碱性疏松剂、酸性疏松剂、复合疏松剂和生物疏松剂。生物疏松剂是指酵母。酵母在发酵过程中由于酶的作用，使糖类发酵生成酒精和二氧化碳，而使面坯起发，体积增大，经焙烤后使食品形成膨松体，并具有一定的弹性。同时在食品中还产生醛类、酮类和酸类等特殊风味物质，此外酵母体也含有蛋白质、糖、脂肪和维生素，使食品的营养价值明显提高。

目前还未将生物疏松剂列入食品添加剂使用卫生标准。市售的酵母有 3 种：

1. 鲜酵母

鲜酵母是将优良酵母菌种经培养、繁殖后，将发酵液进行离心分离，压榨除去大部分水后，压成块状体。每克鲜酵母块约含酵母 50 ~ 100 亿个。其新鲜品易腐败变质，需在低温 0.4℃ 下保存。鲜酵母应有淡黄色或乳白色外观，具有酵母的特殊味，不准有腐败味；它还有不发软、不沾手、无杂质的特性。发酵力要求在 600 毫升以上。

2. 干酵母

将鲜酵母挤压成小颗粒状体，以热空气进行干燥除去水分，温度控制在 32 ~ 33℃。可保持 6 个月。

3. 液体酵母

液体酵母是酵母菌培养后的发酵液。制法如下：取小麦粉 0.5 千克，加开水 1 千克，搅拌成浆糊状，加酵母液 0.5 千克，搅匀，取酒花 50 克、砂糖 50 克加于 2.5 千克水中，煮沸后过滤，冷却后注入淀粉浆内，搅匀，于 25 ~ 28

下培养 24 ~ 30 小时。

八、天然增稠剂

食品增稠剂又称糊料,是一种能改善食品的物理性质,增加食品的粘稠性,赋予食品以柔滑适口性,且具有稳定乳化状态和悬浊状态作用的物质。从上述特性看,食品增稠剂应属胶体性质的物质,分子中应有许多亲水基团,如羟基、羧基、氨基和羧酸根等,能与水发生水化作用。增稠剂经水化后以分子状态分散于水中,形成高粘度的单相均匀分散体系。所以,食品增稠剂为亲水性高分子胶体物质。

增稠剂的种类很多,分天然和化学合成两类。天然增稠剂主要是从海藻和含多糖类粘质的植物中提取的,如海藻酸、淀粉、阿拉伯树胶、瓜尔豆胶、卡拉胶、果胶和琼脂等;其次是从含蛋白质的动植物中制取的,如明胶、酪蛋白及酪蛋白酸钠等;少量的是从微生物中制取的,如黄原胶(汉生胶)等。化学合成增稠剂有羧甲基纤维素钠、海藻酸丙二醇酯(丙二醇藻酸酯)、羧甲基纤维素钙、羧甲基淀粉钠、磷酸淀粉钠、乙醇酸淀粉钠、甲基纤维素和聚丙烯酸钠等。

1. 琼脂

琼脂又称琼胶、冻粉和洋菜,是一种半乳糖的多糖聚合物。分子量 $1.1 \sim 3 \times 10^6$ 。

(1) 性状。

琼脂为无色透明或类白色至淡黄色半透明细长薄片,或为鳞片状无色或淡黄色粉末,无臭,味淡,口感粘滑,

不溶于冷水，溶于沸水。含水时柔软而带韧性，不易折断；干燥后发脆，而易碎。

在冷水中浸泡，缓缓吸水膨润软化，吸水率可达 20 倍。在沸水中极易分散成溶胶，溶胶呈中性反应。食后不被酶分解，几乎无营养价值。0.5% 低浓度的溶胶，冷却后也能形成坚实的凝胶。1% 的琼脂溶胶在 42℃ 固化，其凝胶即使在 94℃ 也不融化，有很强的弹性。琼脂溶胶的凝固温度很高，一般在 35℃ 即可变为凝胶。琼脂的品质以凝胶能力衡量，优质琼脂，0.1% 的溶液即可胶凝；一般品质的，胶凝浓度应低于 0.4%；较差的，浓度在 0.6% 以上才能胶凝。琼脂的主要组成和性质如下：可溶性无氮物 73.5%，粗蛋白质 2.5%，粗脂肪 0.5%，灰分 3.5%，水分 20.0%，凝胶溶点 82~100℃，凝固点 28~40℃，胶凝浓度 0.1%~0.6%，吸水率 9~20 倍，色泽透明无色。

(2) 增稠性能。

琼脂凝胶质硬，用于食品加工可使制品具有明确形状，但其组织粗糙，表皮易收缩起皱，质地发脆。当与卡拉胶复配使用时，可克服这些缺陷，得到柔软、有弹性的制品。琼脂与糊精、蔗糖复配使用时，凝胶的强度升高；而与海藻酸钠、淀粉复配使用，凝胶强度则下降；与明胶复配使用，可轻度降低其凝胶的破裂强度。琼脂耐热，但长时间，特别是在酸性条件下长时间加热，可失去胶凝能力。琼脂的耐酸性高于明胶和淀粉，低于果胶和海藻酸丙二醇酯。

(3) 应用。

琼脂在我国食用较早，主要作凉拌菜使用。在食品工

业中作为增稠剂，用于糖果生产中主要制造琼脂软糖，用量一般为 1.5%。使用时先加水浸泡，以加速其溶解，浸泡时间约 10 小时，生产软糖时用水量为琼脂的 20 倍左右。在果酱生产中，使用琼脂可增加果酱的粘度。如制作柑橘酱时，加入量为 0.6%（已全部橘肉、橘汁计）；制作菠萝酱时，加入量为 0.8%（以碎果肉计）；制作高糖菠萝酱时，加入量为 0.3%（以碎果肉计）。在冰淇淋生产中，使用琼脂可改善冰淇淋的组织状态，提高冰淇淋的粘度和膨胀率，防止冰晶析出，使制品组织细腻，使用量在 0.3% 左右。

由于琼脂凝胶的粘着性、弹性、持水性和保持性，对形成制品的感官质量和理化质量起重要作用。在制作以小豆馅为主的甜食，如羊羹、栗子羹等中添加琼脂，添加量一般为小豆馅的 1% 左右。在制作果冻(喱)时，添加 0.3% ~ 1.8% 的琼脂，可使制品凝胶坚韧。此外，琼脂亦用于西式糕点、羊羹、馅饼、酸奶、清凉饮料、乳制品和低热量保健食品生产中。

2. 食用明胶

食用明胶是由动物的皮、骨、软骨、韧带、肌腱及其他结缔组织的胶原蛋白，经部分水解得到的高分子多肽的高聚合物，具有复杂的化学组成和分子结构。在明胶的化学组成中，蛋白质含量约占 82% 以上，构成其蛋白质的 18 种氨基酸中有 7 种必需氨基酸，仅缺少一种必需的色氨酸。

(4) 性状。

食用明胶为白色或淡黄色透明至半透明带有光泽的脆

性薄片、颗粒或粉末、无臭、无味、不溶于冷水、乙醚、乙醇、氯仿，可溶于热水、甘油、乙酸、水杨酸、苯二甲酸、尿素、硫脲、硫氰酸盐、溴化钾等溶液。相对密度 1.3~1.4，能缓慢地吸收 5~10 倍的冷水而膨胀软化，当它吸收两倍以上的水时加热至 400 便溶化成溶胶，冷却后形成柔软而有弹性的凝胶。依来源不同；明胶的物理性质也有较大的差异，其中以猪皮明胶性质较优，透明度高，且具有可塑性。明胶的凝固点为 20~25 ，30 左右融化。明胶为两性电解质，碱法 B 型明胶的等电点 pH 值在 4.7~5.0 之间；酸法 A 型明胶的等电点少值在 8.0~9.0 之间。在等电点，明胶溶液的粘度最小；而凝胶的熔点最高，渗透压、表面活性、溶解度、透明度和膨胀度等均最小。明胶的粘度与胶凝力和吸水率有关，粘度小，胶凝力小，吸水率低。明胶的色泽与其中所含的某些金属离子，如铁、铜的含量有关，含量增大，使色泽变深。明胶溶液中有氯化物存在时，对凝固点、透明性、吸湿性、粘度和胶凝力有较大影响。

增稠性能。

与琼脂比较，明胶的凝固点较弱，浓度低于 5% 时不发生胶凝，在 10%~15% 时发生胶凝形成胶冻。明胶溶液的胶凝化温度与浓度及共存盐的种类、浓度、溶液的 pH 值等有关。明胶在溶液中能发生水解使分子量变小，粘度和胶凝力也变小。当水解平均分子量降至 10000~15000 时，则失去胶凝能力。当 pH 值在 5~10 范围内时，明胶水解能力降低，胶凝性能变化不大；pH 值小于 3 时，胶凝

性能变差；pH 值为 3 时较为 5 时的胶凝能力下降 10%。明胶溶液长时间(数小时)煮沸，或在强酸、强碱条件下加热，水解加速、加深，导致胶凝力显著下降，甚至不能形成凝胶。明胶溶液中加入大量无机盐，可使明胶从溶液中析出，如三价铝盐可使明胶凝结，从溶液中析出。凝结后的凝胶不能恢复原来的性质，为不可逆凝胶。明胶的凝胶比琼胶柔软，口感好，且富有弹性。此外，明胶为亲水性胶体物质，具有很高的保护胶体性质，可用作疏水胶体的稳定剂、乳化剂。

应用。

明胶的溶化温度低，具有溶于口内的特点，不需咀嚼。此外，明胶胶冻在温热尚未溶化的糖浆中不会结晶，温热的明胶胶冻在凝块被搅碎后仍能重新形成，便于加入到含有水果等的胶冻中，而这种胶冻凝固后即可倒出，具有粘度高不渗入多孔布丁和糕点中的特点。因此食用明胶在食品中应用广泛。

在冷饮食品中，利用明胶的吸附水分的作用，可用作稳定剂。如在冰淇淋中作为稳定剂，能阻止冰淇淋在冻结和硬化过程中冰晶生长，防止油水相分离，提高膨胀率，减慢融化，使冰淇淋具有柔软、疏松和细腻形态。在冰淇淋中的添加量一般为 0.5% 左右。在糖果，特别是软糖、奶糖、蛋白糖、棉花糖和巧克力生产中，使用明胶，可使柔软的糖坯饱满、坚韧而有弹性，提高糖果的物理性能和外观质量。用量一般为砂糖和淀粉糖浆总量的 2.5% ~ 3%。柔软的软糖，明胶用量为 5% 左右；富有弹性的软糖，明

胶用量为 8% 左右；韧性大的软糖，明胶用量在 10% 以上。

在火腿罐头中使用明胶作增稠剂，能使制品形成透明度良好的光滑表面。添加量，每罐 45 克(净重)，加明胶 8~10 克。明胶还用于水果糕、奶油蛋糕上的奶油花、栗子羹，以及辣椒油等的增稠。

在果酒和果汁生产中，明胶可用作澄清剂。明胶与单宁作用生成糊状物，能吸附汁液中杂质微粒，使其形成絮状沉淀而除去，从而改善制品的透明度。在啤酒中使用量为 0.02%；葡萄酒中的用量为 45~100 克/吨。

九、天然着色剂

食品着色剂亦即食品色素，是使食品着成一定颜色的添加剂食品的颜色是最能刺激人们的视觉，是鉴别食品品质优劣，对其作出初步判断的基础。因此，色与食品的香、味、形一样是评价食品感官质量的重要因素。此外，消费者选购食品时，色泽是其取舍的一个重要依据；食品固有的正常颜色刺激人们的视觉，引起条件反射而能增进食欲。因而在食品生产过程中，选用适当的色素加于食品中，则会获得色泽令人满意的食品。

食用天然着色剂是由天然资源获得的食用色素。天然色素种类繁多，它们把自然界打扮得五彩缤纷。从绚丽多彩的花花世界中人们受到启迪，从自然资源中提取各种彩色的精髓——色素，用来生产人们日常生活必须的衣服、食品，以满足特别是对美食日益增长的需求。

食用天然色素按其来源可分为：来自生物界的天然色素，如叶绿素、辣椒红、栀子黄等等。人工合成的天然色

素，如 α -胡萝卜素、核黄素等等。

来自生物界的天然色素又可分为植物色素、动物色素、微生物色素。按化学结构不同，天然色素又分为：四吡咯衍生物(或卟啉类衍生物)，如叶绿素；异戊二烯衍生物，如类胡萝卜素；多酚类衍生物，如花青素、花黄素等；酮类衍生物，如红曲色素、姜黄素等；醌类衍生物，如虫胶色素、胭脂虫红等。此外，按溶解性质的不同，还可分为水溶性色素和脂溶性色素。

为了保持天然色素固有的色泽、产品的稳定性和安全卫生性，生产色素一般都是采用物理方法、生物学方法，而很少采用化学方法。

十、食用乳化剂

食品乳化剂在食品生产和加工过程中占有重要的地位。可以说几乎没有什么食品的生产 and 加工不涉及乳化剂或乳化作用。食品乳化剂能改变各构成相之间的表面张力(界面张力)，使之形成均匀、稳定的分散体或乳化体，从而改善食品的组织结构、口感和外观，使食品的色、香、味、形构成一个协和体，以提高食品的品质和保存性质，防止食品变质。

1. 酪朊酸钠

酪朊酸钠即酪蛋白酸钠。酪朊酸钠为白色至浅黄色片状体、颗粒或粉末，无臭，无味或微有特异香气和口味。易溶于水，水溶液呈中性，其中加酸产生酪蛋白沉淀。酪朊酸钠具有良好的乳化作用和稳定作用，它还能起增粘、粘结、发泡、稳泡等作用，也常用于蛋白质强化。因其为

水溶性乳化剂，应用广泛。

酪蛋白酸钠亲水性强，较酪蛋白应用广泛，可用于肉类及水产肉糜制品、冰淇淋、饼干、面包、面条等谷物制品。在香肠中使用可使脂肪分布均匀，增强肉的粘结性，用于鱼糕可增强弹性，香肠中用量为 0.2% ~ 0.3%。在冰淇淋中使用能使制品中气泡稳定，防止反砂和收缩。在面包中使用可起增强作用。在面包、饼干、面类中用量为 0.2% ~ 0.5%；在西式糕点、炸面圈、巧克力中用量为 0.5% ~ 5.0%；在奶油乳饮料中用量为 0.2% ~ 0.3%。此外还可用于其他乳制品、蛋制品等。

2.硬脂酸乳酸钙

硬脂酸乳酸钙为白色至奶油色粉末或薄片状物，或块状物，具有特殊的焦糖气味。熔点 44 ~ 51℃，难溶于冷水，每 100 毫升 0.5 克(20℃)，微溶于热水，加水并强烈搅拌可分散。2% 水悬浮液的 pH 值为 4.7。溶于乙醇(8.3%，20℃)、植物油、热猪油。在空气中稳定。硬脂酸乳酸钙为亲油性乳化剂，具有 13 个乳酰基的制品在焙烤食品中作用效果最显著，而以平均具有两个乳酰基的为最适用。

硬脂酸乳酸钙具有极好的面团强化作用和很好的组织软化作用。它与面团中蛋白质相互作用，可增强面团的筋力，提高面团的弹性、韧性和机械加工性能，还可以改善气体保持性，又能与直链淀粉相互作用，延缓淀粉老化，保持面包柔软，提高面包贮存期和货架期。如将硬脂酸乳酸钙 40%、甘油单酸酯 20%、蔗糖酯 1.5%、酪氨酸钠 1% 和淀粉 37.5% 加以混合构成的乳化剂，能对面团起很好

的强化作用。其用法是取小麦粉量 0.5% 的此乳化剂，溶于水，然后加于配料中。

第七节 绿色新材料

一、概述

能源、信息和新材料成为现代生活的三大支柱，而新材料技术与电子信息技术、生物技术被视为未来的三大高技术领域，可见材料科学在新技术革命中的地位日趋重要。人类社会的进步与材料的发展紧密相关。各种材料的应用直接推动了社会、经济的进步。材料一直是划分人类进化史的界碑，如我们谈到的石器时代、青铜器时代、铁器时代、合成材料时代等都是以材料作为其时代的主要标志。材料科学的发展推动了人类社会的发展，是人类文明的物质基础。每种材料的问世都会引起人们日常生活的巨大变化。

从历史上看，材料科学经历了四次革命：

第一次材料革命：发生在 1 万年前，人类开始用岩石制作刀具，将树木削成各种形状制成农具。

第二次材料革命：从大约 9000 年前人类焙烧粘土制成各种容器开始到 19 世纪末轻金属材料的大规模工业化生产。

第三次材料革命：以 1907 年贝克兰成功地合成了酚醛树脂为标志。

第四次材料革命：20 世纪 40 年代玻璃纤维的问世，标志着材料进入可设计阶段。这是材料技术史上的一次重大

突破。

即将到来的第五次材料革命：目前科学家们正试图开发能根据环境变化而改变自身特性的材料——智能材料，其先进的设计思想被视为是科学史上的一大飞跃。这种材料一经研制成功投入使用，必将是材料科学的又一次革命。

材料是技术进步的物质基础，因此新材料屡屡引起世界各国政府和科学工作者的重视。新材料的开发已成为以信息为核心的新技术革命成功与否的关键。各国都把新材料的研究与开发看作是高新技术的突破口，放在特殊的地位。谁能最先研究开发出具有特定功能的新材料谁就占领了技术、经济、军事的制高点。另一方面，由于科学技术的进步反过来又促使了新材料的不断涌现，使得材料科学从来没有像今天这样繁荣。

材料的分类方式有几种，这里简单介绍两种。一种是从化学上分，有金属材料、有机高分子材料、无机非金属材料 and 复合材料。另外一种是从用途上分，可分为结构材料和功能材料。结构材料主要利用的是材料的力学性质，功能材料主要利用材料的电学、光学、磁学等性质。

下面从改善环境、节省能源、节约材料使用量、减少使用材料种类等方面对可降解塑料、特种陶瓷、超微粉末、工程塑料、智能材料、绿色建材等予以介绍。

二、工程塑料

1. 概述

工程塑料通常是指具有类似金属性能，可以代替金属用来制造机械零件或工程结构的塑料。美国杜邦公司开发

出号称“金属的挑战者”的聚甲醛，并实现了工业化生产。它采用的是甲醛聚合、乙酸基封端的方法，可以说是最早的工程塑料。聚甲醛和普通塑料有很大的不同，它具有良好的机械性能，抗拉强度大，耐热性能强，耐磨损性优良。自此开始了工程塑料的深入广泛的研究与开发，到目前为止，共有五大类工程塑料，它们分别是聚甲醛、聚酰胺(尼龙)、聚碳酸酯、聚苯醚、聚对苯二甲酸丁二醇酯。这些材料已广泛地用于汽车、电子、家用电器等行业。在呼吁色产品的今天，重量轻、成本低、寿命长、使用量少、用后便于回收处理的工程塑料的应用领域正在不断拓展。

2. 聚甲醛(POM)

聚甲醛高结晶性线形热塑性聚合物，由单体甲醛或三聚甲醛聚合而成，有共聚和均聚两种合成方法。聚甲醛是一种强韧性工程塑料，可用在强度、刚性、外观等方面要求较高的场合。

目前重量轻、造型灵活美观、结构完善、减少车身装配费用是汽车发展的一个方向，汽车中塑料用量的多少已成为衡量汽车制造技术水平高低的重要标志。聚甲醛常用作汽车的把手、曲柄仪表板、输油管、输气管、方向轴等：在电子电气方面可用来制造插头、开关、按钮等，还可以用作各种家用电器的零部件。聚甲醛改性品种层出不穷，新的生产工艺不断出现，使聚甲醛的性能更符合特定的零部件的质量要求。同时，由于聚甲醛的成本越来越低，应用领域将会更为广阔。

3. 聚酰胺(PA)

聚酰胺由二元酸和二元胺缩聚而成，也可以由氨基酸脱水制成己内酰胺再聚合而成。聚酰胺具有良好的抗冲击能力，自润滑性好，耐磨损。目前世界上聚酰胺的基本种类虽只有十几个，但在此基础上的改性品种有上千种，无论是生产能力、产量还是消费量都居五大工程塑料之首。

聚酰胺最大的应用市场是汽车工业，它在汽车制造中的使用比例不断上升。80年代欧洲首先用聚酰胺代替铝铸件制造进气管。目前聚酰胺进气管多采用玻璃纤维增强 PA66。最近又转向 PA6。利用聚酰胺的耐热性可以制造汽车灯罩、点火装置等，利用改性聚酰胺的抗冲击性可以制造汽车的减震系统、电动机装置。在聚酰胺中填充矿物质可提高其刚性，用于汽车门柄、保险装置、外壳等；在纺织机械上，由于聚酰胺的强度高、耐磨性好，可用作轴衬和轴套。

梭织机上的梭子，传统上使用木梭，这需要消耗大量的木材。近年来用聚酰胺纺织梭来代替，使用效果很好；在体育运动器材方面，聚酰胺具有较强的减震性，可用作网球拍的框架材料；在电子电气方面，聚酰胺主要用于电气开关，线圈架内的阻燃。此外，聚酰胺还可以用作包装材料。特别值得一提的是，已开发出了一种新的品种纳米 PA6，纳米 PA6 是指体系的分散相以纳米级均匀地分布于 PA6 中。这种材料有许多优异的性能，如热变形温度大幅度提高，拉伸强度增大，吸水率降低。

4. 聚碳酸酯(PC)

聚碳酸酯是由双酚 A 与碳酸二烷酯进行酯交换或由光

气与双酚 A 在氢氧化钠水溶液中反应而成的。它无色透明，其突出的优点是抗冲击强度和抗蠕变性好。在美国车用塑料各品种用量排名中，聚碳酸酯从第 14 位跃居到第 7，其增长速度在汽车用各种塑料中 fastest。它的用量在五大工程塑料中，排在第二位。在纺织机械方面，丝织纬管由传统的木质管改为聚碳酸酯管后解决了木质管易弯曲变形、表面起毛等缺陷。聚碳酸酯还可以用作照明器具、信号设备罩等电气零件，安全帽、太阳能热水器的集热器罩等。

聚碳酸酯薄膜即聚碳酸酯薄膜在电子工业方面可用作薄膜电容、电声元件。在科研方面可用在探测固体痕迹，经过处理后将 PC 薄膜制成微孔膜，可作为分子筛，用于水处理工程。

5. 聚苯醚(PO)

聚苯醚是由 2,6-二取代苯酚聚合而成，在长期负荷下具有优良的尺寸稳定性和突出的电绝缘性：使用温度范围广，具有优良的耐蒸汽性，可用于电视摄像机的外壳、汽车连接件、高速缓冲寄存器等。

6. 聚对苯二甲酸丁二醇酯(PBT)

聚对苯二甲酸丁二醇酯是对苯二甲酸二甲酯与乙二醇缩聚而成。其突出的优点是高硬度、高强度和优良的耐化学药品性能和电性能。主要用于电子产品和汽车工业。目前已拓展到办公自动化设备市场，利用其耐药性可用于制造泵壳、电控箱等。统计表明，聚对苯二甲酸丁二醇酯在我国的消费量已达 1.3 万吨/年，在亚洲市场(除日本)的年增长率为 10%，可见聚对苯二甲酸丁二醇酯与其它工程塑

料一样产销量逐年上升。

在我国国民经济发展规划中，已把汽车工业列为支柱产业，而汽车工业是一个大的工程塑料市场：汽车整车中应用塑料越多，重量就越轻，据计算，汽车重量每减轻 1 千克，行驶 10 万千米可节约 11 升汽油。汽车大型部件塑料化是汽车工业的发展趋势。

三、特种陶瓷

1. 概述

随着新技术革命的兴起以及基础理论和测试技术的发展，陶瓷材料的发展很快，特别是随着人们对材料结构与性能关系认识的深入，有意识地通过改变材料的化学成分和微观结构研制出具有不同性质的陶瓷材料，使之成为未来前景广阔的高温结构材料和功能材料，并逐渐处于新材料革命的主导地位。陶瓷按照制造所用原料的不同分为普通陶瓷(硅酸盐陶瓷)和特种陶瓷。特种陶瓷按照所用原料的不同又可分为：氧化物陶瓷、非氧化物陶瓷、复合陶瓷、金属陶瓷及纤维增强陶瓷等。另外陶瓷也可以按照使用性能及用途进行分类。如普通陶瓷可分为：建筑陶瓷、日用陶瓷、电瓷(介电强度高，常用于绝缘器件、输配电线路中的元器件)、耐酸陶瓷、过滤陶瓷(具有微孔结构，常用于液体、气体过滤及催化剂载体)。

近年来，随着陶瓷技术的不断发展，出现了越来越多具有优良性能的陶瓷，特别是特种陶瓷的研究和开发更引起了各国科研人员的极大兴趣，从制备特种陶瓷的新材料的研究到新工艺及新的应用领域的不断拓宽，各经济发达

国家都投入了大量的人力、物力、财力。

从产业化角度来看，特种陶瓷的销售额在逐年增加，据一些专家统计，到现在为止，特种陶瓷的国际市场规模已达到 500 亿美元。特种陶瓷在现代工业技术、现代电子技术等高新技术领域的地位将越来越重要。

2. 特种陶瓷材料及其应用的新发展

特种陶瓷大多具有特殊的性质和用途，在一般情况下，获得陶瓷新的功能不是靠开发新材料，而是靠改进和复合现有的材料。

电子陶瓷。

电子陶瓷是指用于制造电子元件和电子系统零部件的功能陶瓷。电子陶瓷技术是在第二次世界大战中随着钛酸钡的发现而发展起来。电子陶瓷按用途可分为铁电陶瓷、电解质陶瓷、半导体陶瓷、电容器陶瓷、压电陶瓷、光电陶瓷、绝缘陶瓷。电子电和传感器的高性能、超小型化、降低元件数、低成本以及对电子器件寿命、耐久性的要求刺激了电子陶瓷的不断发展。电子陶瓷在电子技术中主要用作高频绝缘装置零件、混合集成电路和微波集成电路用的陶瓷基板等。由于陶瓷薄膜和透明陶瓷的发展，电子陶瓷的应用已拓展到微电子和光电子技术领域。

电解质陶瓷：电解质陶瓷常温下对电子的绝缘性良好，在一定温度和电场下，对某些离子又有良好的离子导电性，常用于钠硫电池的隔膜材料、电子手表和高温燃料的电池材料等。

半导体陶瓷：半导体陶瓷对声、光、热磁敏感，常用

于各种敏感元件及半导体电容器。

导电陶瓷：导电陶瓷常用于磁流体发电的电极材料。

电容器陶瓷：电容器陶瓷介电常数大，介电损耗小，电阻率高，强度高，用于电容器的介质。陶瓷电容器是目前高速发展的现代电子技术的基础之一。今后随着集成电路和大规模集成电路发展，电容器向小型化大容量方面发展，多层陶瓷芯片受到广泛关注。

光电陶瓷：光电陶瓷具有电控光散射和双折射效应以及光色散效应，常用于光闸、光阀或电控多色滤色器以及光存贮及显示材料。

压电陶瓷：压电陶瓷在电压作用下，能够伸长或收缩即可以用来做功，将电能转变为机械能，也可以将电能与声能相互转换，常用于各种电声器件，如：扬声器、传声器、水声换能器件、变压器及静电印刷等设备中的高压电源。

装置陶瓷：装置陶瓷介电损耗小，绝缘强度高，导热性能好，常用于高频装置中的绝缘子，电热绝缘器零部件和高压高功率的电容器件。氧化铝瓷还可以用作汽车和航空火花塞，集成电路基板、微波管壳、插座、机械密封圈等。

透明陶瓷：透明陶瓷常用于红外检测窗、钠光灯管、高温透镜、放电灯管。有一种透明陶瓷还可以在通电后数秒内由透明变为不透明，这种材料可制成防护用眼镜和飞机的防护窗。

铁氧磁性陶瓷：铁氧磁性陶瓷涡流损失小，介质损耗

低，导磁率高。常用来做电声器件、高频磁芯如滤波器、变压器、天线的磁芯以及磁带、录音机和录像机磁头、计算机的磁性存贮器等。

热性能优良的陶瓷。

热机的效率随工作温度的提高而增加。为了大幅度提高发动机的热效率，降低燃料的消耗，减少大气污染，发动机的工作温度应在 1200 以上。氮化硅和碳化硅陶瓷材料具有优良的耐高温特性，而且导热系数低，从而提高了能源的利用率，所以可以用来制造发动机。耐热陶瓷还可以用于高温加热炉、高温反应器皿、核反应堆吸收热中子控制棒。高导热性的陶瓷可用作大规模集成电路和超大规模集成电路的散热片。

过滤陶瓷。

过滤陶瓷寿命长，具有良好的耐热、耐蚀性，可用于生活污水、工业废水及废气处理中的过滤分离过程。尤其是高温烟气处理中分离二氧化碳、氮氧化物、二氧化硫、氮气等气体必须使用过滤陶瓷。

高强、耐磨、耐蚀陶瓷。

利用人造金刚石和氮化硼的细微粉末进行成型烧结，可制成性能优良的超硬模具材料。如高强切削刀具、轴承和拔丝模具以及燃气轮机的叶片、涡轮等。

生物陶瓷材料。

生物陶瓷按生化与生理上的功能与作用，分为：

吸收性生物陶瓷：它通过生物的新陈代谢与细胞组织成分互相置换且完全被吸收。

表面活性生物陶瓷：这种陶瓷主要用于口腔或颌部的修补外科手术。

医疗用生物陶瓷：这种陶瓷不是用来植入人体的，是用功能陶瓷制成的医用超声换能器，用于脑和心脏的诊断，还可用来粉碎人体内结石。

生物材料的分支之一是人体植入材料，植入材料要求具有生物相容性和长期稳定性，羟基磷酸钙微晶陶瓷与人体自然骨有很好的相容性。等离子喷涂氧化铝羟基磷酸钙可制成人工牙齿、人工颌面骨、人工关节、脊椎衬板和人工骨骼等。

3. 特种陶瓷的生产工艺

化学法。

铋酸铅具有极高的居里温度和较小的介电常数，因而可作为高温高频场合的压电材料尤其是高频传感器材料。可是用传统法制备该材料时，在冷冻过程中会因热应力而出现微裂纹，为了改善这一状况，可借助化学方法由乙醇草酸溶液制备出钙离子改性的铋酸铅陶瓷，这样可大大降低反应温度，减少热应力。还可以在制备目标材料时一部分用传统方法即水热合成方法合成，一部分用化学方法处理。

等静压法。

金属陶瓷制品成形方法有干压、注浆挤压、等静压、热压等。以前用的较多的是热压法，但该法使烧结材料受力不均匀，生产的陶瓷成品瓷质均匀性差，目前采用的等静压法克服了这一缺点，该法可以使烧结材料受到各向同

性的力，陶瓷成品瓷质均匀，另外等静压法可以极大地提高烧结时的压力，从而实现低温烧结。

陶瓷的超精密加工。

用超高精度的车床和金刚石单晶车刀加工陶瓷，吃刀深度和走刀量都在微米数量级，即可获得 0.1 微米左右的加工精度。这种超精密加工技术吸引了许多国家科学家的兴趣。

4.特种陶瓷的未来发展方向

随着特种陶瓷的快速发展，陶瓷成本的不断下降，其应用领域不断扩大。而应用领域的扩大又为特种陶瓷的开发研究提出了新课题：

特种陶瓷的粉末制备技术和检测技术。

超导陶瓷、多孔陶瓷的研究。

对陶瓷纤维产品须增强金属复合材料的研究。具有代表性的陶瓷颗粒增强轻金属复合材料，不仅密度低、刚度高、各向异性小，而且应用领域广阔，特别是在汽车工业方面可以用于汽车发动机、驱动系统、支撑系统、壳套系统以及刹车系统上，还可以应用于宇航工业等高新技术领域。

纤维增强型陶瓷、纤维增强型金属的研究。

生物陶瓷涂层技术的研究。

四、降解塑料

1.概述

塑料合成工业是 19 世纪后半叶起步的，1869 年美国人海英特制造出赛璐珞标志着塑料的诞生，而酚醛塑料作为

第一个合成高分子材料是 20 世纪初(1907 年)问世的,在当时被喻为“白色革命”。自此以后,塑料便以其特有的、金属和其它材料不可比拟的特殊物化性能而得以迅猛发展,其应用领域也随之不断拓宽。目前,塑料在工程材料总产量中居于第二位,仅次于钢铁材料。

塑料制品已渗透到我们生活的各个方面,我国塑料年总消耗量已达数百万吨。包装材料是塑料的第一大类产品,塑料总产量的 30%用于包装。目前,全世界塑料年产量已超过了 10000 万吨,比 1950 年增加了 70 多倍,正因为塑料产量和用量不断增加,废弃的塑料垃圾也日益增多,给环境带来的污染有日益加剧的趋势,被称为“白色污染”。

白色污染产生的危害大体分为两个方面:一是视觉污染,即散落的废弃塑料制品有损整洁优美的市容。二是潜在危害,这是指废弃的塑料制品进入环境后难以降解,从而潜伏下来形成长期的深层次的环境问题,它包括:

增加了城市生活垃圾处理的复杂性。混有塑料废弃物的垃圾在填埋时垃圾的碾压效果不好,而且不能充分利用填埋空间,破坏了垃圾降解的厌氧条件。另外塑料的焚烧能力低,产生的气体又容易腐蚀设备。

塑料废弃物混在农田中影响农作物正常生长。废弃的农用薄膜进土壤后,难以降解,形成阻隔层,使土壤透气性降低,阻碍农作物对水分、养分的吸收,导致土壤结构恶化,使农作物减产。

若一些动物误食塑料袋则会造动物死亡。自“白色污染”引起社会广泛关注后,可降解塑料(也称分解性塑料)

的研究便成为一个新的热点。

2.可降解塑料的类型

可降解塑料按在环境中的降解方式可分为两大类：生物降解型塑料和光降解型塑料。生物降解型塑料一般指具有一定的机械强度并能在自然环境中全部或部分被微生物如细菌、霉菌和藻类分解而不造成环境污染的新型塑料。生物降解的机理主要由细菌或其水解酶将高分子量的聚合物分解成小分子量的碎片，然后进一步被细菌分解为二氧化碳和水等物质。另外水解也是生物降解的主要因素。

3.生物降解型塑料

微生物发酵型。

利用微生物产生的酶将自然界中易于生物分解的聚合物(如聚酯类物质)解聚水解，再分解吸收合成高分子化合物，这些化合物含有微生物聚酯和微生物多糖等。据报导，应用该原理用真氧产碱菌种在好氧条件下以糖发酵已制成了可完全被生物降解的聚合物聚羟基丁酸戊酯。美国伊丝公司已制成了在有氧和无氧条件下都能自行降解的聚羟基丁酯和聚羟基戊酸酯的共聚物。但这类微生物发酵合成的聚合物因成本太高限制了它的进一步应用。现在的研究方向是改用其它碳源以降低成本。

合成高分子型。

现已开发出许多可生物降解的合成高分子材料，可被微生物降解的高分子有聚乳酸、聚乙烯醇、聚己内酯等聚合物。聚乳酸由乳酸单体聚合而成，乳酸由特殊菌种将淀粉转化生成，聚乳酸价格昂贵，观主要应用在医药上。

脂肪族聚酯。

脂肪族聚酯具有较好的生物降解性，和其它广泛使用的塑料树脂具有良好的相容性，但耐热性和物理强度差，而芳香族聚酯的熔点高，机械强度大，但降解性很差，以无水碳酸锌为催化剂在氮气流下混溶可合成共聚物，通过高分子链间的酯交换所制取的这类共聚物既具有良好的生物降解性又具有较强的耐热性和机械强度。聚乙烯醇具有良好的水溶性，因而广泛地用于纤维表面处理剂等工业产品上。

天然高分子型。

在自然界中有许多天然高分子物质可以作为降解材料如纤维素、淀粉、甲壳素、木质素等。甲壳素又名壳多糖，广泛分布于甲壳动物的外壳，昆虫的体表以及真菌细胞壁，是自然界中生物量仅次于纤维素的多糖类，甲壳素经浓碱液处理，乙酰基可全部除去，变成壳聚糖。

福州大学通过实验将壳聚糖粉碎以一定比例制成的醋酸水溶液、聚乙烯醇水溶液(聚乙烯醇)和甘油混合成粘稠液体在平板模具上流延，经干燥去除溶剂及热处理得到生物降解薄膜。通过对共混薄膜降解性的测试发现，在土壤中三至四个月能发生微生物崩解，在大气中约一年左右可老化发脆，且该共混薄膜的拉伸强度和伸长率均达到一般塑料薄膜的标准。

掺合型。

1973年格里芬首次获得用改性淀粉填充塑料的专利，开创了以淀粉作为填料制造可降解塑料的研究领域，随后

这一领域的研究不断深入和发展。淀粉价格低、来源广、可再生，所以淀粉填充可降解塑料的推广应用具有很大的优势。

淀粉降解塑料是指在不具生物降解性的塑料中掺入一定量淀粉使其获得降解性。淀粉改善了通用的热塑性塑料的降解性能。淀粉的热塑性差，加热淀粉会分解焦化。另外淀粉具有结晶性，极性很强，分子内和分子间都存在氢键，是高亲水性物质，而通用的合成树脂极性很小，为疏水性物质，通常情况下二者很难共混。如何使淀粉与塑料掺混，即如何使淀粉填料更好地在合成树脂中分散，已成为淀粉加工的最大课题。一般采用的方法是淀粉填料表面的物理改性，淀粉分子的化学改性以及热塑性单体接枝淀粉，一般生物降解塑料中使用的淀粉除了接枝淀粉外，还有掺混淀粉、凝胶化淀粉和热塑性淀粉。通过改性的淀粉，其热稳定性热塑性有所提高，亲水性减弱，疏水性增强，可以更好地与塑料掺混，从而增加了生物可降解塑料的机械及力学性能。

4. 光降解塑料

光降解塑料是指一类在日光照射或曝露于其它强光源下时，发生劣化分裂反应，从而失去机械强度并进而分解的塑料材料。只要在高分子材料中加入可促进光降解的结构或基因就可成为光降解塑料。目前光降解塑料的制备有两种方法：共聚法和添加剂法。

共聚法：将适当的光敏感基团如羰基、双键等引入高分子结构的共聚单体中。

添加剂法：在高分子材料中添加光敏剂，如二苯甲酮等化合物，在有光条件下吸收紫外线后夺去聚合物中的氢而产生游离氢，促使高分子材料发生氧化反应达到劣化目的。铁、钴、镍等过渡金属离子是羟基及羧基分解的催化剂。将这些物质添加到塑料中可赋予塑料光降解性。国外在 70 年代就开始了光降解地膜技术的研究工作。1978 年英国伯明翰阿斯登大学的斯哥特教授用含硫的铁络合物盐类作为光敏剂制成光降解塑料，之后斯哥特又与以色列人丹吉尔德合作开发了以铁和镍的络合物盐类配合使用的光降解技术，这就是有名的“斯哥特—丹吉尔德”体系，它解决了以往光降解塑料可控性不足的缺点。至今为止，光降解塑料的研究开发已有 20 多年的历史，技术三较为成熟。目前，国内外研究较多的是生物降解塑料和光 / 生物双降解塑料。

光 / 生物双降解塑料是将生物降解性的淀粉与光降解性的添加剂加入同一种塑料中，就制成了光 / 生物双降解塑料。该材料可在光降解的同时进行生物降解，在光照不足时可照样进行生物降解，从而使塑料的降解更彻底。我国在这方面的技术处于世界领先地位。针对淀粉粒径大，难以制成很薄的地膜(厚度小于 0.008 毫米)，以及淀粉易吸潮的缺点，我国已制成不含淀粉而用含有氮、磷、钾等多种成分的有机化合物作为生物降解体系的双降解地膜。

日本近年来将生物降解性塑料列于金属材料、无机材料、高分子材料之后的“第四类”新材料。可见随着环保意识的增强，可生物降解塑料的开发与利用不断拓展和深

入，成为环保和塑料工业的重要课题。

5.降解塑料地膜

在国内，中国科学院上海有机所、北京市塑料研究所、天津轻工业学院、华南理工大学等于 20 世纪 70 年代开始研究开发光降解、光 / 生物降解塑料地膜。目前，新疆石河子塑料总厂、河北雄县塑料厂等一些单位生产降解塑料地膜。

最近，国内外正在开发生产一种添加碳酸钙填充的聚乙烯地膜，初步试验结果表明有较好的降解效果。总之，目前国内外用于降解塑料地膜的主要是以通用塑料为基础的品种。在国内主要还是添加型降解塑料地膜，因为通用塑料价格低廉，其他品种的降解塑料价格昂贵，尚不能用于降解塑料地膜。

降解塑料地膜的种类和制造。

各种降解塑料都能用来制造塑料地膜，但是，绝大部分全生物降解塑料的价格相当昂贵，无法用来制造农业应用的塑料地膜。目前，用于地膜的降解塑料主要是添加型光降解塑料、添加型生物降解塑料以及添加型光 / 生物降解塑料。其中的基础塑料是最常用的聚乙烯。

添加型光降解塑料地膜降解时间控制较易实现，研究开发较早，应用试验工作做得较完善，但是，埋土部分降解程度较差。添加型生物降解塑料地膜的降解时间较难控制，埋土部分的降解程度较光降解塑料地膜有改善。添加型光 / 生物降解塑料地膜兼有光降解和生物降解的作用，降解时间控制性类似光降解塑料地膜，埋土部分的降解程

度也相对较好，较适合于降解塑料地膜应用。通常，先将聚乙烯与光敏剂、淀粉和其他塑料助剂混合，经双螺杆挤出机挤出造粒制成光 / 生物降解塑料母料。然后，将母料添加于普通聚乙烯中，在普通薄膜成型机中吹塑成膜。添加型光降解塑料地膜和生物降解塑料地膜的制法类似光 / 生降解塑料地膜，只是在原材料上有所不同，前者不添加淀粉，后者不添加光敏剂。另外，光降解塑料地膜因为不添加淀粉，所以在工艺条件控制上较为简单，基本上与普通塑料地膜相同。

降解塑料地膜的评价测试。

降解塑料的统一评价方法尚在建立中，美国材料试验学会于 1994 年 11 月正式颁布了 12 项有关标准；日本也于 1994 年 12 月颁布了有关的日本工业标准。现在，由各国提出的 6 个试验正在国际标准化组织(ISO)中讨论。

我国在降解塑料地膜的评价方面也做了一些工作。评价降解塑料地膜降解性的实验方法有两大类：户外评价试验和实验室评价试验。户外评价实验是将降解塑料地膜在户外模拟实际使用环境条件，或直接在实际使用环境中进行的试验；实验室评价实验是将降解塑料地膜在实验室通过模拟实际使用环境条件进行的一类加速试验。由于降解塑料地膜使用环境的复杂性，塑料地膜降解性的实验室试验数据与户外试验数据之间通常不能用一简单的数学关系来表示。因此，尽管实验室的模拟试验被广泛用作评价降解塑料地膜降解性的方法，但它不能代替降解塑料地膜在实际使用环境下的户外评价试验。表征降解塑料地膜降解

性的测试项目有外观、失重、物性下降、微生物生长程度、耗氧量、二氧化碳或甲烷的发生量、相对分子质量下降和有机碳总量等。

户外评价试验：户外试验是对降解塑料地膜在自然条件下降解性的直接评价方法，试验结果较能反映实际环境条件下的情况，但其试验周期长，试验结果因环境条件多变而重复性差。由于户外试验环境条件的综合性，其结果通常反应光、氧、水、微生物、力等综合环境因素的作用。

户外评价试验具体有：农田覆盖试验、户外曝晒试验和填埋试验。

农田覆盖试验是在种植作物的条件下实际观察地膜降解过程的实验方法。降解结果可用肉眼、显微镜或电子显微镜观察表面形态变化及微生物生长情况，用分析天平测定覆盖后重量的损失，拉力机测试拉伸强度、断裂伸长率的变化，凝胶渗透色谱仪测定相对分子质量、相对分子质量分布的变化，粘度计测定粘度的变化，红外光谱仪测定材料分子链上羰基数的变化，以及测定其残留物和分解产物及其量来表示。

户外曝晒试验是在无遮荫的条件下模拟实际使用环境条件进行的降解试验，其结果更多地反应光的作用，可用于降解塑料地膜降解性的评价。降解结果可用上述的各种物理、力学、化学变化的量来表示。

填埋试验是将被测降解塑料地膜埋设于一定深度的土壤、城市垃圾、堆肥，或浸于河水、海水等环境中观察地膜在一定时期内降解情况的试验方法。由于上述环境中存

在大量微生物，所以，此类试验较多地反映微生物降解的情况。

实验室评价试验：光降解试验常采用实验室加速气候试验，加速气候试验可模拟气候和地理环境条件。将被测试验曝露于各种人工光源及温度、湿度和其他条件下，通过测定试样外观、力学性能、相对分子质量、粘度、试样表面羰基指数等项目指标的变化来确定降解塑料地膜的降解程度。

生物降解试验常通过测定微生物的生长速率来评价。微生物生长速率测定方法大致有两类：一类是以微生物生长和代谢活动的指标为基础，将被测试样作为唯一碳源和能量，观测特定微生物生长的丰度或生物量的测定方法；另一类是以被测试样经微生物作用后，通过测定该试样的物理、力学、化学性能的变化测定方法。此法较户外试验的重复性好，但不能直接反映实际自然环境条件下解性。

降解塑料地膜应用效果和前景。

目前，降解塑料地膜尚处在试验示范阶段，还不能全面推广，主要原因在于不能准确控制降解塑料地膜的降解时间。降解时间不能达到完全可控，是因为降解塑料地膜使用环境条件的复杂性。农田使用的降解塑料面临的气候、地理、土壤作为条件不是单一的，气候有南北纬度的差异、气候类型的差异(海洋性、大陆性、半沙漠)等，因此日照条件就各不相同；地理有平原、山区等的差异，日照、温度等条件就不同；不同的土壤条件，就会有不同的微生物种类、数量等微生物分布的情况，影响降解塑料地膜的生

物降解性的发挥；不同的作物，植物形态不同，对太阳光照射到地面的影响不同，如高植株作物，阳光易通过作物叶茎间的空隙照射到地面，有利于降解塑料地膜的降解，大叶矮植株作物常常会将绝大部分阳光挡住而不能照射到地面，影响降解塑料地膜的降解性。

综上所述，为解决降解塑料地膜的降解性及其可控性，不仅要从塑料成型加工的角度出发，以合适的配方来达到可控的降解时间，而且更为重要的是，应该结合不同地区、不同气候条件、不同土质条件，以及不同作物，生产专用的降解塑料地膜。这在实际操作中往往是较为困难的。

最后，有一个需要澄清的概念，这里介绍的“降解”，并不是从学术上所指的降解，即不是在有限的时间内降解成二氧化碳和水，而是从材料水平进行的考察，即降解塑料地膜强度下降，碎裂成小片，从而不再对所使用环境(土壤，进而对作物)造成危害，达到所谓的无害化。当然，在降解过程中，也有部分材料降解成二氧化碳和水，这主要发生在地膜中的淀粉添加剂，以及发生光氧降解后，分子结构发生变化，生成易微生物降解的含氧基团的聚乙烯部分，尽管这部分的量不大，但是，是确实存在的。这也是降解塑料有可能提高其降解性的希望所在。

五、超微粉末

1. 概述

超微粉末的研究开始于 20 世纪 60 年代，1962 年日本的库帕等人发现小于 10 纳米的金属离子具有强烈的保持电中性的趋向。其比热、磁化和超导性有不同于大尺寸固

体的特性。从此开始了对超微粉末深层次、多侧面的研究。最近几十年研究成果不断涌现，且在某些领域超微粉末已进入工业化应用阶段。

超微粒子是指介于原子、分子与块状物体之间，粒径为 1~100 纳米的细微粒子，而超微粉末是超微粒子的集合体。超微粉末由于其尺度的显微化，具有大尺寸物体所不具备的许多新的性质，其发展潜力巨大，是现代科学技术领域的新材料或新材料的重要原料，其应用前景广阔，是新世纪初期的新型材料。

2. 超微粉末的性质

超微粉末制成的材料其体积由两部分构成。其一是大小为几纳米的离子占有的体积，另一部分是离子间分界面占有的体积，且这部分体积所占的总体积百分数不容忽视，所以有人称之为第三种固体结构状态。在这种情况下，使得超微粉末在形成过程及结构中表现出小尺寸效应、表面效应、量子效应、宏观量子效应等，使超微粉末材料具有特殊性质。当颗粒尺寸变小时其比表面积显著增大，当颗粒尺寸小于或等于光波波长或传导电子德布罗意波长时，其磁性、光学、热阻、化学活性等方面都表现出许多新奇性质。

熔点显著降低。

大尺寸固态物质其熔点是固定的，当把金属由块或粗粒制成超微粉末时其熔点显著降低，例如金的常规熔点为 1337K，当颗粒尺寸减小到 10 纳米时，熔点为 1310K，降低 27K，粒径为 2 纳米时熔点仅为 600K 左右。

超微粉末熔点随其粒径变小而降低的原因是：随着尺寸变小，比表面积增大，表层原子数相对增多，且处于高能量状态，具有很高的活性。超微粉末熔点的下降对粉末冶金大有好处，如超微镍粉可在 573K 下烧结，超微银粉可在 373K 下烧结。在钨颗粒中附加一定比例的超微镍粉，可使烧结温度从 3273K 降低到 1473K，这样就可以在较低温度下获得大功率的半导体管的基片。烧结温度的下降也大大加速陶瓷的烧结过程，降低烧结温度。

高效催化作用。

一般来说，对于直径大于 0.1 微米的颗粒，表面效应可忽略。而尺寸为 10~100 纳米时其比表面积显著增大，超微粉末的高表面活性，使其在空气中极易氧化而燃烧，为防止自燃可有意识地使其缓慢氧化形成一层致密的氧化膜。利用超微粉末的活性可制成高效催化剂，被称为第四代催化剂，如苯加氢反应用粒径为 1 纳米的镍超微粉末做催化剂，它的反应速度是用传统的镍做催化剂时反应速度的数倍。将超微铝粉末按一定比例加入固体火箭燃料中，其等量燃料的燃烧热可增加一倍左右。

特殊的光学性质。

当超微粉末的粒径小于 100 纳米时，绝大部分金属都会失去原来的光泽而呈现出黑色，且随着粒径的减小，颜色越黑。这是由于光完全被金属超微粉末吸收从而对光的反射率很低。利用这一特性可以高效率地将太阳能变为热能、电能，这一特点还可应用于红外、隐身技术及光滤色器、感光剂等方面。

特殊的磁学性质。

随着材料尺寸的变化，其矫顽力变化很大。大块纯铁的矫顽力为 80 埃 / 米，是良好的软磁材料，而颗粒尺寸为 160 埃超微颗粒的矫顽力增加 1000 倍，为 80000 埃 / 米，可作为永磁材料使用。利用这一性质，可制成高密度的磁记录介质，目前已用 20 纳米左右的金属超微磁性颗粒制成了金属磁带、磁盘，其记录密度高达每厘米 400 万至 4000 万个信息单元，且稳定性较好。另一个例子是利用氧化铁，氧化铬和铁超微粉末制成超高密度磁性录音带、录相带和磁鼓，这种强磁性超微颗粒还可以制成磁性信用卡及磁性钥匙等。而当铁的超微颗粒尺寸低于 45 埃时，其矫顽力反而迅速降低为零，呈现出超顺磁性。利用这一性质可制成具有广泛用途的磁性液体。磁性液体是由超细微粒包覆一层长键的有机表面活性剂，高度弥散在一定基液中构成的稳定的具有磁性的液体，它可以解决旋转轴转动部分的动态密封问题，将磁性液体约束于被密封的转动部分，形成“O”形液体环，即可进行各种状况下的动态密封。另外磁性液体还可以提高扬声器音圈的散热率，这是由于液体的导热系数比空气高 5~6 倍。磁性液体的应用领域十分广阔。

特殊的力学性能。

材料中的杂质容易从界面析出，影响材料的力学性能。而超微粉末材料的比表面积很大，使杂质在界面的浓度大大降低，从而在一定程度上改善了材料的力学性能。由超微粉末制成的纳米陶瓷不像普通陶瓷呈低温脆性，而是具

有良好的韧性和延展性,这是由于纳米材料在 1000 以上的温度场缓慢施加荷载时,可实现超塑性。

超微粉末除具有以上一些特性外还具有其它一些特性,如超导性、导电性、热性质等都随材料颗粒的超显微化而表现出特殊性。超微粉末可制成导电材料(如银超微粉末可用作电极等)、超导体和电阻膜等。银超微粉末电极可以增大与液体或气体之间的接触面积而增加电池效率,有利于电池。

在医学上,可采用铁氧体磁性超微颗粒作为药剂的载体在外磁场的引导下定域于病患部位,以便有效地发挥药物的作用。超微颗粒由于其特殊的性质使其应用范围不断扩大,国内外不少科学工作者正在探求生产超微粉末的新方法,试图开发出更多超微粉末的新品种。

3.超微粉末在陶瓷方面的应用

陶瓷分为普通陶瓷和特种陶瓷。普通陶瓷即传统陶瓷,是以粘土为主要原料烧成的制品,其成分中含有硅酸盐。特种陶瓷又称为新型陶瓷和现代陶瓷,是以纯度较高的人工化合物为基本原料,沿用普通陶瓷的制造工艺制成的(即由氧化物、氮化物、硼化物、硅化物、氟化物等非硅酸盐类新型无机材料制成)。

随着超微粉末制备技术的不断发展,超微粉末陶瓷纳米陶瓷成为一种新材料。

纳米陶瓷的制备方法。

制备陶瓷粉末的方法有化学气相沉积法、溶胶 凝胶法、等离子体气相反应法以及蒸发冷凝法。下面对上述方

法作一些简要说明。

化学气相沉积法：该法是把金属蒸气、金属氯化物或金属醇盐等易挥发性金属化合物的蒸气在气相中进行热分解或水解，然后与氧气，氨气或甲烷等气体反应制成超微粉末。该法成为制备优质超细粉末的重要方法。

溶胶凝胶法：该法是将金属氧化物或氢氧化物浓溶胶转变为凝胶再将凝胶干燥后进行煅烧，用来制备高纯超微莫来石、氧化铝等陶瓷超微粉末。

等离子气相法：该法是利用挥发性化合物作原料，使其通过高频低温等离子区，再经过适当热处理以制得纳米级薄膜材料，也可制得纳米级的超细粉末。

蒸发冷凝法：该法是在蒸发源用高频电弧或其它加热法将原料加热使之蒸发气化。同时通入惰性气体将蒸发源附近的超微粒子带到液氮冷却的冷凝器上，使之凝结为超微粉末，将超微粉末刮下后在室温和高压下将粉末压缩成型。

纳米陶瓷的特性。

由于纳米陶瓷是由尺度为纳米数量级的超微粉末制成。超微粉末的小尺度效应使得纳米陶瓷具有很大的比表面积，正如前面所提到的，这就使得陶瓷界面上杂质浓度大大下降从而使纳米陶瓷纯度提高，更加精细致密。

通常的陶瓷材料具有高硬度、耐磨损、抗腐蚀等优点，但其低温脆性和难以加工是较大的缺点。纳米陶瓷具有巨大的颗粒间界面，界面的原子在外力变形的条件下很容易迁移，表现出较好的韧性。可以通过加工处理使陶瓷材料

内部保持韧性而表面保持高硬度、高耐蚀、耐磨性等普通陶瓷的特性。

由于纳米陶瓷具有许多优异性能，目前对它的研究成为工程界、化学界、物理界的一个普遍关注的热点。西方各发达国家都把纳米材料的研制开发列入本国的高技术发展计划之中。我国的“攀登计划”也设立了纳米材料科学组。尤其是纳米陶瓷的研究在世界许多国家都开展得比较广泛。今后还需对其制造、结构与成分、工业化生产及应用等方面进行更深入的研究。

陶瓷材料具有许多优良的物理、化学及力学性能，如抗压强度大、优良的绝缘隔热性等。特种陶瓷还具有电学、磁学、热学等方面的特殊性质，使得陶瓷材料与金属材料、高分子材料一同构成了现代工程材料的三大支柱，所以，有必要就陶瓷材料的一些新的研究情况作一些介绍。

六、智能材料

1. 概述

智能材料是指能够感知环境变化并通过自我判断得出结论并执行相应指令的材料。当它接受到外界诸如声音、压力、温度、电波等变化时，它的性能和状态也随之改变。科学家们预言智能材料的研制成功及大规模应用将引发材料科学史上的又一次重大革命。

2. 利用材料导电性能的智能材料

能导电的复合材料的导电率及其它物理性质具有显著的各向异性，这种复合材料与氧气、氮氧化物、二氧化硫等气体反应时，因导电率的不同而可以制成用于鉴别气

体的仪器。目前正在开发一种变色窗户，只要按动开关就可以轻而易举地改变它的颜色。其原理是在窗户的两块玻璃之间装上一层很薄的胶片——变色材料，当给胶片充电时，它储存的电能增加，颜色变深，而当切断电源时，由于所蓄的电能减少，使胶片颜色变浅。当室外阳光充足时，用户可以把窗户的颜色调暗，而当阳光不足时，又可以通过按钮调亮窗户。据估计，在办使用这种变色玻璃大约可以节电40%。

另外一种智能玻璃是利用了这种导电材料在掺杂过程中吸收光谱会变化的性质。随季节的不同，智能窗颜色的深浅度可任意调节，以便夏季节省空调费用而冬季又有利于取暖。导电材料在可逆性掺杂过程中长度与体积都会发生变化，利用这一性质可以制成微促动器和微调阀。

前面在特种陶瓷的有关介绍中，已经提到过压电陶瓷。将一种弯曲时产生电能、而充电时发生弯曲的压电陶瓷与传感器、人工肌肉(一种将化学能、电能与机械能直接相互转化的系统)结合起来，可以制成一种类似橡胶的具有弹性的陶瓷砖，这种陶瓷砖很坚固。

3. 高分子复合材料

一般来说，生物材料都是智能性复合材料，人工合成的智能材料可广泛应用于建筑、船舶、航空航天等领域。在复合材料中嵌入交错密布的光纤，当飞机机翼受到的压力不同时，光纤传输光就会有各种相应的变化。通过测量这种变化就可知道机翼承受的压力。当机翼所受压力超过额定值时，光纤断裂，同时光传输也停止，从而出现事故

警告信号。

另一种航天领域的智能材料可用于飞机等大型构件的损伤探测。当飞机的某个部位受损时，微型传感器立即会对受损部位的应力变化做出反应并将之传输给微型处理器，然后由微型处理器再将信息传输给中央计算机，由中央计算机做出决策并及时处理。

在船舶设计制造方面。一种随外界压力而改变自身弹性的智能材料已用于潜水艇的设计中，这种潜水艇即使是在深海高压下仍能保持其刚性。

在建筑领域，在建筑物的梁上安装由高分子复合材料制作的感应器，这些梁一旦出现裂缝，感应器就会向其它梁发出信号，以便重新分配荷载，保证整个建筑的稳固性。高分子材料柔软、重量小，而且结构层次丰富，便于分子设计，是一类很有潜力的智能材料。今后这个领域的研究必将会不断地深入。

第八节 绿色建筑

一、概述

1. 绿色建筑的概念

建筑是“人类按照自然形象创造自己天地的第一个表现形式”，建筑的成果即建筑物。在现代社会中，建筑物是人们生活、学习、工作和交际的主要空间，也是物质流、能源流、信息流、技术流发生的主要场所。因而建筑物反映了人和社会环境、自然环境的关系。为了使这些关系融

洽和谐，进而促进人类文明和提升环境效益，有必要发展绿色建筑。绿色建筑是指建筑设计、建造，使用中充分考虑环境保护的要求，把建筑物与种植业、养殖业、能源、环保、美学、高新技术等紧密地结合起来，在有效满足各种使用功能的同时，能够有益于使用者身心健康，并创造符合环境保护要求的工作生活空间结构。

2. 绿色建筑的原则

绿色建筑的原则包括以下几个方面：

资源经济和较低费用原则。

全寿命设计原则。

居室人性设计原则。

灵活性原则。

传统特色与现代技术相统一的原则。

建筑理论与环境科学相融合的原则。

3. 绿色建筑的设计方法

绿色建筑的指导思想是设计体现可持续发展的要求，即可持续发展原则在建筑设计中的反映。例如，设计中强调能源使用的集约化，运用建筑热工原理使用能源，利用高技术创造低能耗的环境；结合气候设计，充分考虑建筑如何有利于通风，而不是滥用空调；强调节约资源，减少各种资源和材料的消耗，如所谓的 3R 原则：减少使用(reduce)、重复使用(reuse)和循环使用(recycle)；发展各种生态建筑和生态城市的思想，强调设计与生态相结合，尽量减少对自然界和环境的不良影响等；这些思想逐步深入推动了设计方法的发展，丰富和发展了传统的设计理论和

设计实践。

二、绿色建筑设计

1. 绿色化

绿化是改善城市小气候的最有效的生态因子。例如，在一个夏季的晴天，每亩草地每天可以蒸发水分达 1500 立方米，即吸收热量 336000 多千卡，相当于 10 间普通房间的空调机每天开动 20 小时所产生的冷却能量。此外，绿化还有美化环境、净化空气等作用。另一方面，实体建筑材料有很强的蓄热能力。可使城区的热量长时间保持不散，在盛夏感觉尤为明显，一般要到很晚人才会感到凉爽些。因此，在建筑设计中，应充分利用绿化这一有利的生态因子，为居民创造出高质量的生活环境。

建筑四周广种绿化

在夏季，地面受到的辐射热约两倍于东、西两墙面所受到的辐射热。因此从室外地面反射到外墙和窗户的热量非常大(约占总热量的一半)。为了降低这部分从地面来的反射热，必须选择好挨近房屋四周室外地面的用材，尽量降低对阳光的反射率。应当注意的另一个问题是材料本身的吸热性能。如沥青地面的热反射率虽比较低，但这种材料吸收的热量多，因此总体上反射的热量还是超过草地或其它材料所反射的热量。所以，宜在建筑物室外种植灌木和草皮，尽量减少反射到房间中的热量。如果有的地方冬季较寒冷，兼顾冬季采暖，可种植一些落叶性植物。

攀缘植物的种类和特性。

适于绿化墙面的植物种类很多，根据它们的不同攀缘

方式需要设置不同的辅助支撑架，如栅架、篱笆、支竿、网格架和拉绳。也有一些植物不需要支撑物，它们本身具有特种攀缘器官，可以从地面一直攀缘到数层高楼的顶部。按照植物的攀援方式可分为：

自行攀缘植物：这类植物的细枝下面长有很小的吸盘。借助于该器官粘附在墙面和类似的建筑物构件表面。它们不需要其它辅助支撑物，但幼小植物的吸盘在它能够牢固地粘附在墙面上之前，需要适当地作牵引嫩枝等辅助工作。

爬蔓植物：这种植物长有线状蔓器官，人们称它为爬蔓器官，依靠这种器官可以稳固地蔓绕在绳索、细竿和铁架上，但它不能直接在光滑的墙面上攀缘。如爬墙虎、野豌豆、葡萄等。

缠绕植物：这类植物在立竿、板条、木栅、棚架或其它支撑物上盘旋生长，而不是靠爬蔓和吸盘器官粘附在支撑物上。常见的有蓼兰、旋花、菜豆等。

枝杈攀援植物：这种植物的枝杈可以攀缘在枝干上。如蔷薇、悬钩子等。

匍匐类植物：如樱桃、猕猴桃等。

吊挂类植物：如铁线莲、野葡萄等。

墙面绿化。

常春藤、野葡萄和绣球花可以用于大面积墙面绿化，这两种植物都属于自行攀缘植物。常春藤攀援得最高，可以一直生长到 30 米高的墙面上沿，这类植物冬季不落叶，对日照条件要求不高，即使种在背阳光的墙面上也会生长繁茂，它的叶子能把建筑物附近的风速控制到很小，不致

引起大风沙，同时也减少热量消耗。

野葡萄可以长到 15 米高左右，适合于 5~6 层的建筑立面。野葡萄喜碱性和含腐殖质较高的土壤，喜阳光，适于绿化西墙，炎热的夏季可以遮住强烈的阳光，而冬季由于落光了叶子，使墙面又可以吸收较多热量。

紫藤铁线莲等可用于绿化局部墙面。它们一般只生长到 10 米以内。绿叶茂密，花色鲜艳，在灰色墙面衬托下更是艳丽动人，装饰味极浓。而且紫藤铁线莲的形态十分特别，利用繁茂的植物点缀建筑物的入口、窗口，便于识别家门，还可以使高大的建筑物更具有特色。

阳台绿化。

阳台是室内与室外自然接触的媒介，阳台绿化不仅能使室内获得良好的景观，而且也丰富了建筑立面造型并美化城市景观。阳台有凹、凸、半凹半凸三种形式，形成不同的日照及通风情况，产生不同的小气候。要根据具体情况选择喜阳还是耐阴，喜潮湿还是抗干旱的不同品种的植物。种植植物的部位有三处：一是阳台板面，选择植株可稍高些，用阔叶植物从室内观看效果更好。二是置于阳台栏板上部，可摆设盆花或设槽栽培，此处不宜植太高的花卉，否则会影响室内通风，遮挡视线，还可能引起安全问题。三是沿阳台板向上一层阳台攀缘种植绿化，或在上一层板下悬吊植物花盆成“空中”绿化，这种绿化无论从室内或室外观看都很有趣味。

屋顶绿化

屋顶绿化给居民的生活环境以绿色情趣的享受。它对

人们心理作用比其它物质享受更为深远。以树木花草等植物组成的自然环境蕴涵着极其丰富的形态美、色彩美、芳香美和风韵美，给人们带来心理方面的一系列享受。绿色植物能调节人的神经系统，使紧张疲劳得到缓和消除，使激动的情绪恢复平静。

绿化屋顶可以蓄水，减少废水排放。资料表明，一般在未经绿化的屋顶，约80%的雨水通过檐沟和落水管排入下水道，而绿化的屋顶只有30%的雨水排入下水道。因此雨水管网可以适当缩小，节约市政设施的投资。

绿化屋顶上的大部分太阳辐射热量消耗在水分蒸发上，因此这部分热量就不会使屋顶结构表面的温度继续升高，室内的温度也不会上升很高。屋顶绿化是防止夏季屋顶温度升高的一项有效措施。在冬季，由于屋顶覆土绿化，大大提高了屋面的热阻，尤其常绿的地被植物，好似给屋顶盖上一层绿毯，起到保温作用。此外，屋顶绿化还具有隔声、创造经济效益等作用。

优先选择耐性好和能在屋顶条件下繁茂生长的植物品种。如观赏植物、低矮的草类植物、观赏草等粗放绿化植物。基质层中的混合物必须是蓄水能力好的材料，如多孔泡沫材料和石棉等。这些材料能够使植物生长层如同海绵一样柔软。会将大量雨水蓄积起来。为了顺利排走过量的雨水，应使屋顶具有一定坡度。

排水材料中掺入蓄水物质的目的是蓄存一部分水，以供植物吸收。植物生长层和排水层之间的滤料层不得妨碍植物毛细管的作用。因此，选择合理的滤料层十分重要，

否则蓄存的水分就到不了植物的根系中。

在屋顶落水口安装可调高度的落水套管，将雨水引至排水层中蓄存，通过调节落水套管可以根据需要控制蓄水层高度，这种方法仅限于在平屋顶采用。如果依靠蓄水供给屋顶植物水分，那么排水需要厚一些，至少应为 10 厘米。这样，一方面蓄水量多，另一方面使蓄水层的水不会进入植物根系，从而避免过分潮湿引起根系腐烂。

在排水层中蓄存最低蓄水量，可以避免植物根系穿损密封层和覆盖层。因为，排水层中的水缺少营养和氧气，植物的根系在这里生长较慢，不会冲破屋顶和密封层。此外，水位和基质层之间要保持一定距离，以保证植物层顺利排水。按照种植植物的方式和结构层的厚度，屋顶绿化分为粗放绿化和强化绿化两种。粗放绿化管理方便、投资少，植物生长层比较薄，在这一层几乎没有排水层和蓄水层。因此只能种一些生长要求条件不高的植物，如低矮和抗旱的植物种类。强化绿化对植物的品种要求严格，需要较厚且肥沃的基质层。植物生长层下面应当设置排水层和蓄水层，它们之间用过滤网隔开。

2. 节约化

结合气候的设计。

建筑物是消耗能量的大户。据统计：全球能量的 50% 消耗于工业、交通及其它行业，45% 用于建筑的采暖制冷与照明，5% 则用于建筑物的建造，所以，与建筑相关的能耗几乎占了全球能量消耗的一半。在这些能耗中，空调耗能又占据了很大部分。因此，为了节约能量。首先应该降

低空调能耗，最有效的办法就是进行结合气候的设计，减少对空调的依赖。例如，美国学者提出：根据美国的气候特征在一般情况下可笼统地将全美划为寒冷区、温和区、干热区和湿热区四个部分。最近，美国新出版的《节能住宅的区域性指导原则》一书中，又将美国分成 13 个气候大区域，这些指导原则对于如何分析特定地区的气候条件，进行结合气候的设计具有指导性的作用。

应注意的是即使在同一个气候大区域中，不同地方的气候也会因地形等条件的不同而变化，甚至可以说，每一个基地都有其特定的小气候特征。因而，必须根据具体的实际条件进行分析，提出切实可行的方案。但不可否认，气候大区域的划分为设计提供了重要的指导原则。

建筑热工的改进。

除了结合气候进行设计之外，节约化原则还涉及到诸如建筑体形系数、建筑保温和气密性等一系列建筑热工的改进问题。由于建筑物内部的热量是通过围护结构散发出去的，因此，传热量就与外表传热面积相关。在其它条件相同时，建筑物的采暖耗热量随体型系数的增大而呈比例升高。

按照我国的研究，住宅建筑体型系数每增长 1%，耗热量指标即增长约 0.0054%。我国《民用建筑节能设计标准》建议建筑物的体型系数宜控制在 0.3 以下。当体型系数达到 0.32 时，耗热量指标将上升 5% 左右；当体型系数达到 0.34 时，耗热量指标将上升 10% 左右；当体型系数达到 0.36 时，耗热量指标将上升 20% 左右。如果体型系

数进一步增大，则耗热量指标将增加得更快。由此可见，为了节约能源，应当合理控制建筑的体型系数。

在采暖建筑中，空气渗透耗热量所占的比重往往高达30%~40%。这部分耗热量主要是由于外门窗气密性不良所引起。其次，管线出入口、烟囱、风道以及一些结构接缝处也是空气渗透的通道。目前，由于建筑门窗质量不佳，冷风渗透严重，改善气密性是建筑节能的重要环节。所以，提高门窗制作和安装精度，选用新型密封性强的门窗材料，采用各种密封措施等都是减少空气渗漏的基本措施。此外，加强建筑保温材料的研究，开发各种新型材料，增强建筑物的保温效果等对于节约能源都具有重要意义。

选用新型透光材料。

推广透明玻璃钢，将会引起采光设计及建筑造型的重大改革，并且有简化施工和降低工程造价等特点。

透明玻璃钢抗冲击性好，不易破碎与透明塑料相比，透明玻璃钢不像透明塑料那样有冷脆现象，能经受冰雹的冲击。透明玻璃钢的这一特点，对工业厂房及大型民用建筑的天窗采光设计十分重要。用它代替玻璃和塑料，可以省去采光窗口上下的防护网，从而提高单位采光面积的透光系数。在火药化学工厂的采光设计中，用自熄性透明玻璃钢代替玻璃，能防止发生爆炸时震碎的玻璃片随冲击气浪伤人的事故发生。

透明玻璃钢具有能承重、易成型的特点，可以设计和制造形状复杂的大尺寸采光制品。与玻璃采光构件比较，可简化连接构件，节省采光构件中的支撑材料(窗框、窗扇

支架等),不需要安全防护网等设施。因此,可大幅度地降低采光天窗的工程造价。据前苏联的报导,单层玻璃钢窗的造价仅为木框玻璃窗的 50%左右。同时,由于采用了工厂生产、现场安装的方式,可以大大缩短施工周期。

眩光和光斑是用普通玻璃采光的一大缺点,也是推广平天窗采光中的一大技术问题。透明玻璃钢能很好地解决这一问题。因为透明玻璃钢有毛玻璃效果,光线透过时,不易出现眩光。透明玻璃钢的散射光可在 25%~65%范围内调节,这对于精加工车间、轻纺工业、车站、体育馆、商场等建筑物的采光设计极为有利,国内很多地区(无锡、北京、唐山、武汉、大连)已在类似工程中使用,效果很好。

透明玻璃钢的透光率与玻璃相近。但是,用透明玻璃钢作采光构件,不需要另加支撑结构(如窗扇等),因而减少了采光构件中的结构遮挡系数,使透光率比同等采光面积的木窗高 30%,比钢窗高 20%。

设置蓄热墙(水墙和托洛姆墙)。

蓄热墙集热装置包括“水墙”和“托洛姆墙”两类。所谓“水墙”,即把水盛在玻璃或金属容器内,放在房间内阳光照射得到的部位,使之充分吸收热量,使水温升高。由于水的储热量比砖和混凝土大得多,当没有阳光时,容器内的水还可在较长时间内保持室温相对稳定。

“托洛姆墙”集热装置,是为纪念 19 世纪首先提出这种集热板设想的法国物理学家托洛姆而命名的。这种集热装置一般是在南墙的外侧装设一个密封玻璃框,框底的上下两端开设两个小孔通入房间,另在框的一侧的上端单独

开一个小孔通向室外。玻璃框的内壁全部涂刷黑漆以利吸收太阳能。当冬季的白天，打开框底通向房间的上、下两个小孔，严密关闭框的一侧上端通向室外的小孔。这样，由于玻璃框受阳光照射而使框内的空气变热，从框上端的小孔流入室内，而室内的冷空气又从框下端的小孔流入玻璃框内。这样，便形成了冷空气出入玻璃框进行自然循环的气流，从而使房间的气温逐步升高。当夏季时，打开框的一侧的上端通向室外的小孔，而把通向房间上端的那个小孔关闭。这样，当太阳照射玻璃框而使玻璃框内的气温上升时，热空气从框侧的小孔排出室外，而室内的空气仍从框的下端的小孔流入玻璃框。此时，室内如另有较凉爽的空气来源，如北窗的室外空气或从地下室抽上来的空气等，便可形成一股新鲜、凉爽的气流在室内循环。

利用阳光产生一个自然环境。

冬天，玻璃墙面吸收日光，热空气上升聚集在屋顶的玻璃集热器中，在集热器中进一步被日照加热，再利用屋顶中的小鼓风机送到底层地面，由小碎石组成的岩石蓄热层积蓄热量；夜间，当室内温度下降时，岩石蓄热层的温度高于室温，热量开始向室内散发，室内温度上升。二层楼面铺设了 40 毫米的混凝土蓄热层，根据同样原理保持室内的温度。当室外温度为 -3°C 时，室内温度昼夜都不低于 12°C 。

利用空气对流、下沉产生空气循环。

在地面下、屋顶中设置开闭换气孔，使其能调节空气的对流。在房间的墙面上装有一种独特的“空气循环板”，

其表面有凹凸孔隙管道。在空气下沉时，凹的部分起到隔热效果，使室内包围着空气的隔热层。其节能效果比一般隔热住宅提高 17.6%。

3. 资源化

重复使用与循环使用。

重复使用在建筑上主要表现为对旧建筑的重复利用以及对某些建筑材料、构配件与设备的重复使用。对旧建筑的重复利用反映在旧城改造以及城市更新等工作中，而绿色建筑则从节约能源与材料消耗的角度出发，希望尽可能实现重复使用，如扩建或加建现有的建筑，使之能适应新的用途。目前，国外在这方面已经取得了不少成功的经验，不但节约了物耗与能耗，而且保持了原有的社会特征与城市特征。

重复使用已拆除的建筑的构配件，也是节约能源与物耗的一种有效方法。对于被拆除的建筑中的木制品、照明设施、管道设施、砖石构件、起填充作用的混凝土、钢构件等都可以重复使用，事实上，建筑中几乎所有的构配件都有被重复使用的可能性。与重复使用相比，循环使用对于稀有和紧缺资源的节约利用，尤其具有重要意义。此外，循环使用还有助于减少废弃物的产生，这对于降低自然生态系统的破坏、减少环境污染都具有重要意义。因此，在生态建筑设计中，选择材料时应该考虑到材料被循环使用的可能性，尽量选用可循环使用的材料。同时，在对建筑的废弃物进行处理时，也要尽量考虑循环使用的可能性。

节约水资源。

建筑物内的节约用水有两条途径。一是加强管理，解决用水器具的跑冒滴漏问题；二是推广废水资源的中水系统，减少淡水用量。

中水是指生活废水经过处理达到规定的水质标准，并在一定范围内重复使用的非饮用水。中水主要用于厕所冲洗、园林灌溉、道路保洁、汽车洗刷及喷水池、冷却补充水等。中水设施主要包括集水、处理、供水以及计量、检测等设施。

例如：北京市规定建筑面积 2 万平方米以上的旅馆、饭店、公寓，建筑面积 3 万平方米以上的机关、科研单位等建筑要配套建设中水设施。目前，北京市已有 93 个单位安装使用中水设施 94 套，总设计日产水量达 1.2 万吨 / 天。虽说少于日本东京 200 多套中水设施的数量，但在水价等条件尚未理顺的条件下，取得这一进展已属非常难能可贵。

如果水龙头关不严，水一滴滴地流，据统计一小时要流出 3.6 升，一个月漏掉 2.6 立方米，约为一个人一个月的用水量。如果水流成线状，一小时可流出 17 升，一个月跑水 12 立方米，相当于三二之家一个月的用水量。据调查，全国抽水马桶漏水率为 26.26%，一年浪费 3 亿立方米淡水，约等于北京怀柔水库的库容量。因此，合理用水具有重要意义。

同一用途的器具，经测定达到同等效果，耗水少，且又不造成其它负效应，才能算是节水器具，如仅节水而还得使用其它能源(如电)则应作综合分析。如果耗水少而可能造成其它后患，如下水道堵塞、噪声大、易损坏、维修

不便等则不宜采用。

以高水箱为例，结构上可分为：提水虹吸式、压水虹吸式、延时自闭式、波纹管式。压水虹吸式水箱有效水量 11 升，比标准水箱少用水 36%，这种水箱零部件少，经久耐用，冲力大，节水约 40% 以上。提水虹吸式水箱密封严，不漏水，可分档排水，节水 40%，适宜家庭使用。波纹管式高位水箱平时波纹管直立，管口露出水面。使用时按下手柄，管口淹没水中，开始排水，松开手柄，波纹管复原。既不漏水，又可分档捧水。

节水淋浴器有两种：一是脚踏式淋浴阀。它是通过杠杆或链簧等力传递构件开启阀门，人离阀闭，达到节水目的。第二种是采用先进的电子技术光电控制开关，节水率达 48%。

内含能量的减少。

内含能量是指建筑材料在开采、运输、制造、装配以及施工等过程中消耗的能量。建筑材料的内含能量与原料的开采、制造过程和方法，运输距离的远近等存在着密切的关系，上述因素的变化将直接影响到该材料内含能量的多少。各国学者都针对各自不同的国情计算了不同建村的内含能量。美国还专门出版了有关材料内含能量的手册，并根据每年的变化情况不断予以修订。除了不同的建筑材料具有不同的内含能量之外，对于一幢建筑物而言，还有建筑物内含能量的问题。这时除了包括在各种建材中的内含能量之外，还将涉及施工时的能耗以及场地处理时的能耗等内容。据研究：美国普通住宅的内含能量为 5023 百万

焦耳 / 平方米，其中施工占 12.50%、场地工作占 9.05%、混凝土占 3.37%、砖石工程占 2.30%、木材占 9.81%、热气流与水气占 20.02%、门占 6.41%、各种面层修饰占 9.26%、空调系统与设备占 27.27%。可见各种材料的内含能量仍然占据了建筑物内含能量的大部分。

内含能量的概念从另一角度告诉人们，不同的建筑物由于使用不同的建筑材料，极可能导致消耗不同数量的能量。一般而言，钢、铝、混凝土等在生产过程中需要耗用大量能量，因此，使用较多钢材与混凝土的建筑一般具有较多的内含能量。此外，材料的运输亦是一项能源消耗，因此，如果能够使用一些天然材料和地方性材料，则将大大减少运输以及制造材料过程中的能耗。一些学者曾在阿根廷对三幢面积相同的单层住宅进行了计算，第一幢住宅用的全部是在工厂生产的材料，有空心砖墙、混凝土梁柱、预应力混凝土体系屋面。第二幢住宅用的部分是在工厂生产的材料，用混凝土块代替了空心砖墙，屋面则用镀锌铁皮，整个结构框架则仍为混凝土。第三幢住宅主要使用本地材料，即土坯墙、木梁柱和镀锌屋面。计算结果表明，第三幢住宅的内含能量大大低于前两幢住宅。

使用模数多孔砖新型墙体建材。

采用系列模数多孔砖砌筑建筑群墙体，与普通砖相比，效益来自两个方面：模数化带来的节约和砖的孔洞节约，总节砖率达 52.4%。

在烧结粘土砖仍是我国建筑物主要墙材的今天，推广使用模数多孔砖可节砖一半以上。引外，还包含了节能、

节土、节约各项建设费用，有利于减轻劳动强度，提高劳动生产率。提高建筑物的质量。墙体自重减轻导致地震影响减小，基础负荷减轻，运输量减少，从而为建筑工程带来多项节约。

模数多孔砖不仅利于墙体保温和隔热，也有利于结构处理，墙节点构造易于标准化、模数化。室内净空统一，有利于建筑构配件、建筑制品、建筑装饰、保温、吸声等建材和建筑设备、设施、家具等通用化、系列化、商品化。有了模数化的厨卫设备、标准装修设备和材料，可减少各种产品规格，提供了建筑平面标准化、多样化布置的可能，易于满足住房对住宅内部设施、不同档次装修、布置的要求。加之砖厂易于改造，一般情况下改造投产后一年即可收回全部贷款。

4. 无害化

人是建筑的主体，是建造活动的服务对象，所以，任何建筑都应该有益于人的健康。作为代表本世纪建筑发展方向之一的绿色建筑自然也要把无害化作为自身的一大特征。

加强通风和污染控制。

室内环境的无害化问题是人们关心已久的问题，在当前国际建筑界，主要关注如何改善室内空气质量的问题。

室内空气质量不佳对人体健康的影响很大，目前，人们讨论较多的主要是大楼综合症，使人患上大楼综合症的建筑物则被称为“病态建筑”。据估计，美国有 $1/5 \sim 1/3$ 的大楼被认为是有“毛病”的，在这里工作的雇员，20

%感到不太舒服。造成室内空气质量不佳的主要原因是室内环境中具有一定数量的一氧化碳、二氧化碳、甲醛、挥发性有机物、颗粒状有机物、微粒、金属纤维、各种病态反应原、氡和各种不良气体。对于这些物质的来源，以及对人体的危害情况等资料，有的已经了解得比较清楚，有的则尚缺乏完整的资料，还存在着很多未知领域，需要作进一步研究。尽管如此，学者们还是提出了一些解决办法。

首先，室内要加强通风。研究发现，在通风情况不佳的房间内，空气质量一般较差。因此，经常利用机械的或自然的通风办法来补充新鲜空气，有助于改善室内空气质量。当然，在室内也可以设置空气过滤器，煤气吸收装置等，以此来增加空气的清洁度。其次是加强对污染源的控制，尽量采用不发生污染的物体和设备或寻找相应的替代物。例如在室内禁止吸烟，不用石棉状的金属物等。对于生产厂商，要改进产品的设计与生产，尽量减少产生污染的可能性。

此外，要向人们宣传相关的知识，提高人们关心室内空气质量的意识和自身保护意识，减少可能对室内空气产生污染的行为。

谨慎选用建筑材料。

室内空气质量与所使用的建筑材料有着密切的关系，不适当的建筑材料会成为室内空气污染的来源。特别是随着化学工业的高速发展，建筑材料发生了很大的变化，传统建筑材料释放已逐渐被各种多彩美观、经济实用的化学品所替代。有些新型建筑材料含有有害物质会释放出来，

危害人体健康。研究结果表明：建筑材料中对人体有害的物质，主要是氡及其衰减产物、石棉、甲醛和有机蒸气。

氡气是一种放射性惰性气体，由放射性铀蜕变而成。氡气再经一系列蜕变，生成多种子代产物，最终变为铅，其半衰期略低于四天。室内氡及其子体的来源，主要是房屋地基和建筑材料。其含量因材料而异，木材最低，含铀、镭的岩石、砖、混凝土等建筑材料中最高。另外，建筑材料中放射出的量还受表面处理的影响，涂漆会减少氡的放射。在大量使用含氡的水或天然气时，也可能会使室内氡的浓度升高。

石棉是一种天然纤维性矿物，具有可纺织、耐热、抗化学作用的特性。以前常在建筑上用作保温、绝缘、耐火和装饰材料。现在的研究已经证明，石棉是对人体有害的产品。因此，很多国家在建筑中已不再使用石棉。

甲醛是一种无色带辛辣味的刺激性气体，在不同的温度、湿度下，它可以和各种胶合板、刨花板等胶粘木制品、绝缘保温填料中释放出来。据丹麦、挪威等国家报道，在一些预制标准件建造的活动房屋内，空气中甲醛浓度可达3.55毫克/立方米。甲醛易溶于水，因此，接触甲醛后，可引起皮肤、眼和口腔粘膜的刺激以及过敏反应。

许多新型建筑材料都是高分子聚合物，一些油料、涂料的释放剂又涉及各和溶酶。如苯、甲苯、乙醇等。因此，种种挥发性的有机物会从家具、油漆、塑料面板、刨花板、胶合板以及一些绝缘保温填料中释放出来，导致室内挥发性有机物浓度提高。美国环保局在一份报告中指出，他们

已在室内鉴定出几十种挥发性有机化合物，其中芬芳香烃类化合物如甲苯、脂肪烃类化合物等最为突出。此外，一些清洁剂、除臭剂、杀虫剂也是室内空气中有有机蒸气的重要来源。

为此，在绿色建筑设计中必须谨慎地选用建筑材料及室内装饰材料。例如在木装修表面处理时，应使用含挥发性有机物少，不含或少含汞、铅、六价铬或镉等金属的油漆或涂料，以此减少对健康的危害。

对于使用地毯亦应持谨慎的态度，地毯会吸收灰尘，且为各种细菌、真菌、螨虫等提供理想的繁殖场所。同时，用以粘合地毯的粘合剂也会产生挥发性有机物。与建筑物的寿命相比，地毯的寿命相当短，一般经过6~10年就要更换。人造地毯是利用石油产品制造的，在生产过程中会产生污染，更新后也难以再循环使用。所以，从无害化的角度看，应该少用地毯。尤其在潮湿与交通流量大的地方更要少用。

再如，很多用于室内的地板、嵌板是用脲甲醛树脂粘合的，这常常是甲醛与其它有毒物质的主要来源，在潮湿的条件下这种情况尤为严重。目前，倾向于使用在化学性能上更为稳定的合成树脂，在生产某些板材的过程中采用加热和加压的方法，以此减少在生产与使用中产生污染的可能性。

在粘合剂、填嵌材料、砂浆和某些连接物质中使用的溶剂，如甲醛、甲苯、苯酚、丙酮、丁酮、二甲苯等都是污染室内空气的物质。以水为主的粘结剂，如砂浆和水泥

薄浆等的情况就较好。比较安全的填嵌材料有人造胶乳、丙烯酸树脂、素硅树脂等。含纤维的保温材料、吸管材料和喷涂材料，常常含有各种纤维，这些纤维会释放出微小的颗粒，对肺造成伤害。这种材料应尽量避免潮湿的环境，因为潮湿会使纤维更多地释放到室内空气中，同时，潮湿温暖的环境还会有利于细菌与真菌等的生长。

在建筑中谨慎地选择材料，在发达国家已开始受到研究人员与设计人员的重视。他们编制出相应的手册与资料，供设计人员参考使用。除了强调在设计中要谨慎选择建筑材料以外，国外还主张如果一定要选用某种不利于室内环境的材料时，在可能的情况下应尽量多用无渗透性的材料进行包装，以减轻因泄漏而造成的危害或减少泄漏的可能性。研究人员还建议，最好不要急于搬入刚装饰完工的新居，在迁入之前，要加强新居的通风，使各种有害气体尽可能地挥发掉。必要时，还可以适当给室内环境加温，使有害气体更快地逸出。这样经过持续一周以上的处理时间，室内空气将得到明显改善。

5. 优美化

典雅、大方、宾至如归的客厅布置。

客厅的布置有很多类型，有人喜欢“舒适型”，有人喜欢“气派型”，还有人偏好“温馨型”。

如果将客厅布置成温馨型，在色彩的搭配方面就要非常柔和，沙发、窗帘、墙面、地毯等等，都应采用温柔的色调及质感来表现。假如客厅也用作餐室，就可放一张餐桌，铺上精美的台布，并专门安装一盏供就餐用

的吊灯，它会在全家共进晚餐时带来一种其乐融融的温暖气氛。

如果选取气派型，色彩的运用可以大胆些，不妨采用对比强烈的壁纸、地毯和摆设饰物。选用造型简洁、式样新颖的组合家具，墙面用大幅油画或摄影作品装饰，配上具有现代感的灯具、组合音响等。

所谓舒适型，是一种更为随意的组合方式，布置的目的不在奢华，而在于实用。它是利用现有条件，通过精心的设计和布置显出别具一格的风格。

温情、休闲的卧室布置。

人的一生中，有 1/3 的时间在睡眠中度过。卧室的环境要使人们在温情、休闲、舒适的氛围养精蓄锐。卧室又是人们最秘密的空间，维护卧室的私密性，是室内设计的一个重要课题。家具形式、色彩配置、光景效果、织物装饰、床的位置、绿化的点缀等等，都要有利于保持卧室空间的稳定性和相对独立性，尽量把来自各方面的干扰减少到最小的限度。

素雅、静谧的书房布置。

书房是工作学习区，应具有书卷气息，以雅为主，雅中求静，落落大方。物品摆设应少而精，色调以冷为宜。陈设品要力求具有知识性和寓意性，能够体现主人的气质、职业特征和理想追求。书房中最基本的“装饰品”就是书籍本身。应按照各种书刊的内容或大小、厚薄、颜色等进行分类，整齐地排列在书架上，美化环境。

书房的布置要能使主人有效地提高工作、学习效率，

书的安排须井井有条之外，桌椅要适于人的伏案写作、阅读。较宽大的桌面可以有摆放文具、一两件艺术品或花草的地方，从而取得高雅的艺术效果。墙上挂几幅优美的山水画或书画条幅，就更富有诗意。

富有情趣的阳台。

阳台不仅在建筑上具有美学功能，而且可成为家庭接触室外空气和阳光的场所，同时可为家庭生活添上一些情趣。夏季，可作为夜晚纳凉之用；若在阳台上养些花草，既可使居室增添大自然气息，也可使生活更加丰富多彩。早晨，老年人还可在阳台上做些轻松的锻炼项目，呼吸新鲜空气，起到健身作用。阳台的装饰用不着什么高档的材料，稍加修饰即会显出一定的美感。普通阳台的外围都是水泥预制板、栏杆结构，靠室内一侧则是砖墙，这些东西都有一种冰凉僵硬的感觉，可用装饰材料改变一下。比较省事的办法是用砂轮将水泥墙面磨光些，涂上外墙涂料或油漆。还可铺贴用于外墙装饰的小块瓷砖，但注意不要改变阳台外侧的颜色，以免使局部与整幢大楼失去和谐。封闭的阳台，就像一个小温室，适于种植各种花卉植物。面积较大的阳台，还可在墙上挂一两幅装饰画，在顶部或墙上装上壁灯，成为一个迷人的小天地。

整洁、明快、方便的厨房。

餐室里的主要设施是餐桌、餐椅。通过桌椅的造型和布置，形成餐室的主体气氛。餐室的色彩基调以暖色为宜。整个餐室环境，要有助于增进食欲，融洽家庭气氛。厨房内的装饰也是不可缺少的。锅碗瓢盆瓶瓶罐罐这些比较杂

乱的东西可贮放于柜中或架上，以求得简洁、美观的厨房视觉效果。还可在墙上挂几只瓷盘、草垫和具有美丽纹样与色彩的餐巾、拿锅的手套，以增添情趣。

清洁、适用的卫生间。

现代住宅的卫生间面积一般都较小，而往往又要兼顾厕所和浴室的功能。一个比较理想的浴室应具备三个要素：一是要有一定的空间。如果空间太窄小，应尽量减少不必要的设备，而且要认真布置，以充分利用空间，并通过颜色、反光等从视觉上加强空间感。二是光线。有不少人要在浴室里梳洗打扮、美容化妆。所以，卫生间应有充足的、位置合理的照明。浴室同样可采用多光源照明，在进行不同活动时点亮不同的灯。三是通风良好。因为浴室内温度比较高。而且气味不好，应保证浴室的通风。例如可在浴室门的下方设计固定的百叶窗式通风口，即使在门关着时，也能起到通风作用，而且不会破坏浴室门的防窥视作用。有条件时还可加装抽风扇。以保证浴室中干燥凉爽。对厕所的具体要求是：卫生。地面、墙面要选用防水、防霉、洁净、易洗的瓷砖、马赛克和防水瓷质塑料贴面材料。地面要在适当部位留有地漏。厕所环境要保持干燥。通风好。小型室内厕所应装置通风换气通道，有条件的可以增装排风扇。尺度合理。卫生用具尺度与人的活动尺度要适应，以保证使用方便。

三、绿色建筑

1. 我国西北地区的窑洞

窑洞是一种具有悠久历史的建筑类型。一般认为原始

人最初常栖息在自然山洞内，后来才渐渐学会在山坡或平地上挖掘横向或竖向洞穴，并以此作为栖住之所。我国的秦汉古籍中已有“凿地为窑”的“窑”字。随着制窑技术不断进步，窑洞发展很快，现陕西省宝鸡市金台观张三丰元代窑洞遗存(距今约 670 余年)是迄今发现的最古老的窑洞。在相当长的时间内，窑洞成为黄土高原地区的一种民居类型，为广大人民群众和上层士绅阶层所运用。窑洞民居因地制宜、结合环境，常常表现出很多符合生态学原则的处理手法。

结合当地条件的处理。

窑洞地处黄土高原，那里有条条沟壑，梁峁层叠的山村，葱郁的梯田和川谷间的红柳，在烈日的沐浴下，常常显得格外雄浑壮美，真可谓“干沟万壑，驼峰拥翠，长城烽火窑洞”。西北黄土地区土质坚实，土壑常常竖直挖下数米而不倒，而且气候也较干燥，地下水位很低，因此十分有利于洞穴的挖掘。同时，挖掘窑洞基本不需要其它材料，成本很低。另外，在窑洞的处理上也充分发挥了土的特性，挖掘后形成的圆拱形空间朴实无华，别具一格。

较为舒适的室内热环境。

我国西北地区大陆性气候的特征较为明显，与东部同纬度省份相比，气温昼夜变化比较大。在不利的的气候条件下，居民们利用当地土层丰富、气候干旱的特点，充分发挥土体隔热和蓄热的双重功能。在炎热的夏季，土体吸收热量而使室内气温低于室外气温，而在寒冷的冬季。又因土体向室内散发热量而使窑洞内的温度高于室外温度。据

调查，夏季窑洞内的温度平均值要比室外温度平均值低3~4℃，而冬季窑洞内的平均温度要比室外的平均温度高出2℃左右。此外，窑洞的室内地坪通常比地表低6~7米，正好可以发挥土体的特性，大大减弱昼夜温差波动对窑洞内气温的影响，保持了窑洞内部温度的相对稳定。因而，在没有任何现代化设备的情况下，居民们正是通过这厚厚的土层而使朴素的窑洞具备了冬暖夏凉的功能，创造了较为舒适的室内热环境。

内外空间的交融。

尽管窑洞是一种穴居空间，带有明显的地下建筑的特征，而且洞穴本身一般较为狭小，但由于采取了各种方法和措施，特别是通过设置下沉式庭院的处理手法，大大消除了沉闷的感觉。这种下沉式庭院是人工与自然、室内与室外相互交融的绝妙场所，居民们在庭院内种植数株落叶乔木，在夏季可以遮挡部分阳光，减少洞内的炎热，冬天则不影响采光，反而能为居民晒衣晾物提供方便。至于院落内的水井、放置的农具、堆置的小谷仓以及悠闲踱步的鸡群等，都为整个环境增添了浓郁的农家特色和勃勃生机，极富自然色彩。

2.加拿大温哥华的一幢试验性生态建筑

位于加拿大温哥华不列颠哥伦比亚大学内的亚洲研究院办公楼由松崎赖特事务所设计，是一幢试验性的生态建筑。它提供了对节能、重复及循环使用、减少对环境的不利影响、关注健康等诸问题的试验性成果，具有很高的参考价值。

节能。

节能是绿色建筑的重要组成部分。该办公楼一反现代西方建筑中常见的完全依赖人工采光的办法，而强调天然采光。使天然光成为主要的照明手段。所有的灯具均有自动控制装置，当工作人员离开时，电灯会自动熄灭，节约大量电能，它的照明用电量不及加拿大一般办公建筑的 $1/3$ 。对于通风，则尽量组织自然通风，所有的窗户均能开启，中庭上部安装的小风扇能帮助加速内外空气的流通。当然，自然通风并不能完全给人提供一个十分满意的室内热环境，但它毕竟能部分摆脱人们对空调的依赖，节约大量能源，减少对臭氧层的破坏，提高室内空气质量。对于目前在北美盛行的完全依赖于人工空调的观念确为一大进步。建筑物中的热水则主要利用蒸汽管道的余热加热自来水而获得。

在选择材料时，亦考虑到内含能量的问题，尽量少用混凝土和铝材，多使用内含能量较小的建筑材料。建筑物还考虑到利用太阳能的可能性，在屋顶部位设置了收集太阳能的弯曲锌板，一旦利用太阳能的技术完全成熟，即可投入使用。

重复使用和循环使用。

办公楼中 50% 左右的建筑材料是重复使用的，同时，亦有 50% 左右的材料以后还能被重复使用与循环使用。例如使用的柱子与梁就利用了该大学内一座废弃的上世纪 30 年代的军械库的大木梁。一些门、窗、不锈钢洗涤槽、盥洗室内的附属装置及金属导线等材料亦重复利用了温哥

华市内一家商业建筑改造过程中废弃的材料。外立面上的红砖也重复使用了市区一家建筑的废旧红砖。对选用的新材料，也考虑了可重复使用和可循环使用的可能性。

减少对环境的不良影响。

整幢大楼的盥洗室相对集中布置，在盥洗室的地下室几个很大的垃圾箱。盥洗室内排泄物通过不锈钢的滑管落在垃圾箱内。在垃圾箱内则放置一定量的红色的虫，在这些虫的作用下，固体排泄物的体积将缩小到原来的 5% 左右，大大减少了对城市基础设施的压力。盥洗室中产生的腐殖质与混合肥料(主要指液体排泄物及污水)则是理想的园艺肥料。混合肥料以 1 : 10 的比例稀释后流入沟渠。沟内有石头与植物，当液体流经时，石头、植物根须以及其中的微生物过滤和分解掉液体中的不洁成分。

对健康的关注。

设计中采用的都是经过检验确认为无毒的建筑材料与装修材料，包括使用无甲醛的地毯、无溶剂的油漆，各种纤维板也必须是不含甲醛的。

设计中还将原有基地上的沥青路面基本改成土壤，以利种植大量树木，改善局部小气候。树种特意选择了善于吸收二氧化碳的银杏。同时，由于强调自然采光，增加了种植室内植物的可能性，进而有助于工作人员的身心健康。

第九节 绿色建材

一、概述

随着环境污染的日益恶化和居住环境质量的降低，人们对生活中涉及到自身健康的环节给予了特别的重视。自二十世纪六七十年代人们发现了“有病建筑综合症”以来，人们开始关注身边的建筑材料及其对健康的影响，并渴望出现一种不影响人类和居住安全的绿色建材。人们对绿色建材的要求也越来越严格，并迫切需要有一套科学的指标体系来评估一种绿色建材的合格程度，这促使不少发达国家先后制定了有关各类绿色建材的评估体系和标准，从而使绿色建材呈现出良好的发展势头。

1. 绿色建材的概念

1992年国际学术界定义绿色建材为“在原料采用，产品制造、使用或者再循环以及废料处理等环节中对地球负荷最小和有利于人类健康的建筑材料”。绿色建材的涵义相当宽，目前还没有一个确切的定义，但总的来说是指资源、能源消耗少，并且有利于健康，可提高人类生活质量且与环境相协调的建筑材料。绿色建材亦称为生态建材、环境调和材料、健康建材等。狭义地讲，它指那些无毒无害、无污染、不影响人和环境安全的建筑材料。而广义的定义则指采用清洁生产技术、少用天然资源和能源、大量使用工业或城市固态废弃物生产的无毒害、无污染、有利于人体健康的建筑材料，即要求绿色建材不仅在使用过程中达

到健康要求，生产、再利用和废弃后的处理过程中都必须满足环保要求和“绿色”标准，从而与其它建材明显区别开来。对于绿色建材的定义，是关系到能否顺利实施绿色建材环境评价体系的关键。没有确切的绿色建材的定义，不制订出切实可行的绿色建材标准，将不利于建筑材料尤其是装修材料的正常发展。对于绿色建材是否要考虑到其生产和施工过程中对环境和人类造成的影响，这涉及到清洁生产、生命周期评价等内容。如果要将建材从生产、施工到消费者使用以及废弃后处理全过程对环境和人的影响都考虑进去，其评价将是一个庞大的生命周期评价体系。在目前绿色建材发展的初期阶段，这一评价实施起来是相当困难的。

2. 绿色建材的特点和类型

绿色建材与传统建材比较具有如下的特征：采用低能耗制造工艺和不污染环境的生产技术；在产品配制或生产过程中，不使用甲醛、卤化物溶剂或芳香族碳氢化合物；产品中不含汞及其化合物，不使用铅、铬、镉及其化合物的颜料和添加剂；产品设计以改善生活环境，提高生活质量为宗旨，不仅不能损害人体健康，还应对人体健康有益，产品应具备多方面的功能，如抗菌、灭菌、防霉、防火、阻燃、除臭、消声、防射、消磁等；产品可循环或回收再利用，没有污染环境的废弃物，对环境的负荷尽量小。

根据绿色建材自身的主要特点，绿色建材可大致分为：节能型、利废环保型、安全舒适型、保健型、特殊环境型等几种类型。

3. 绿色建材是时代发展的必然选择

根据美国国家环保局和消费品委员会联合出版的《室内空气质量指南》手册介绍，大多数人有 90% 的时间都在室内度过，老人和儿童在室内度过的时间还要长。据美国的一项调查显示，室内空气中可以检测出 500 多种挥发性有机物，室内有害气体高出室外数十倍。加拿大的一项调查显示，68% 的疾病源于室内污染。所以减少室内空气污染要比防止室外污染更重要。室内空气污染已成为许多国家极为关注的环境问题之一，对室内空气质量的研究已成为环境科学领域内的一个新的组成部分。

研究表明，室内空气污染的两大重要因素为通风和建筑材料。建筑材料从原材料的开采、选择，到产品的制备、使用以及回收利用的各个环节都与人类的健康息息相关。建筑材料造成的污染现象非常普遍，有的已造成严重的中毒事件。因此，人们对建筑材料及产品的性能和指标开始提出更高的要求、希望使用对人体无害、甚至有益的绿争建材。

20 世纪 80 年代以来，欧美国家开始注意室内建筑材料的污染，1987 年以来曾在瑞典召开了两次“健康材料学术研讨会”。由美国国家公园出版社出版的《可持续发展设计指导原则》中列出了可持续的建筑设计细则，其中提出：树立建筑材料蕴能和循环使用的意识，在最大范围内使用可再生的地方性建筑材料避免使用高蕴能、破坏环境、产生废物以及带有放射性的建筑材料，争取重新利用旧的建筑材料及构件；完善建筑空间使用的灵活性，以便减小

建筑体积，将建设所需的资源降至最少；减少建造过程中对环境的损害，避免破坏环境、浪费资源。国际建协在芝加哥举行了主题为“为了可持续未来的设计”的会议，采纳了这些设计原则。著名的盖娅住区宪章中的设计原则提出：“使用无毒、无污染、可持续和可再生的绿色建材和产品具有较低的蕴能量 较少环境和社会损耗 ,或循环利用”。

4.绿色建材前景广阔

新的消费者观念 ,推动着全球进入一个新的绿色时代 ,在全球环境保护、维护生态浪潮的冲击下 ,本世纪的消费观念更注重保健、强身健体、延年益寿 ,更加崇尚回归自然。据国际经济合作组织统计 ,目前“绿色消费”总量规模至少在 2000 亿美元以上。

近年来 ,世界上许多国家陆续实施了绿色带有环保和绿色标志的产品和厂商日益受到消费者的青睐。据国外研究调查发现 ,67%的荷兰人、80%的德国人在购买物品时考虑环境问题。在欧美国家 ,半数以上的消费者在购物时要考虑商品的“绿色程度” ,并愿为之多支付 30%~100%的费用。许多国家已作出明文规定 ,凡无“绿色标志”的商品 ,在进口时要受到数量和价格方面的限制 ,这就是国际贸易中新兴的“绿色壁垒”。据有关统计资料介绍 ,现在建筑装饰消费水平比 10 年前提高了 15%~20% ,室内装修已经成为新的家庭和公共场所投资的热点 ,装修热将成为一个相当时期潜在的巨大市场 ,这为建材业的发展提供了有利条件。因此 ,谁在绿色建材的研究、开发、生产、经营上先行一步 ,抢先占领国际市场 ,谁就拥有了主动权。

二、绿色建材的实例

1.天然安石粉

天然安石粉就是绿色建材的佼佼者。多次试验、多项检测、多方面评估证明了天然安石粉达到了天然和绿色的标准。经中国国家技术监督和检测机构监视检测，各项技术指标均达到了优于中国国家标准；防火最高级别的不燃性指标成倍优于国际标准；环境卫生的化学品标准监测指标优于美、日、德、瑞典、丹麦、荷兰等国室内环境卫生标准；放射性检测指标优于德、瑞典、前苏联等国放射卫生防护标准；强度、耐水性等涂料测试指标达到或优于美、日涂料技术标准。

天然安石粉产品技术分别被国际最权威学术杂志美国《化学文摘》和国际最权威专利期刊 英国《德温特》刊载，并被收入香港新闻出版社出版的中华优秀专刊技术精选。

原料选择。

天然安石粉所选用的主原料是一种我国传统医学长期采用的清凉解热类药用矿物岩石，曾被 500 多年前明代著名的医药学家李时针撰写的《本草纲目》列入其中，具有清爽宜人安然镇定的特点。天然安石粉优于天然石材，它消除了氡污染危害。根据国家《建材放射卫生防护标准》有关参数计算，天然安石粉放射性核素的含量远低于国家标准。

原料开采。

天然安石粉所用原材为尚未充分发掘、有效利用的特

种矿物资源。最大限度的保证了不破坏自然生态环境。

生产加工。

天然安石粉的生产最大限度的作到了环保、绿色。安石粉的生产只是把矿石粉碎及其它物理加工,无化学变化,最大程度的避免了那些产生工业三废,同时最大限度的保持了原料的天然品性。安石天然石粉饰面成品经由建设部国家化学测试中心以国标进行权威检测所得出的各项技术指标,证实了自己既保持了纯天然品质(天然品率达 97~99%)和无机性能而且仍能具有黏结强度、耐水性、耐洗刷性、颜色及外观等优于国际指标的卓越技术性能。

现场施工。

天然安石粉施工可采取拌涂、滚涂、刷涂、弹涂等多种工艺,不采用有害的有机化学胶。由于产品本身的优点,天然安石粉的施工中省机(器)省电、省工省力、省料省时,而且无噪音、无异味,静悄悄的改变人们的生活。

成品使用。

天然安石粉使用过程之中完全不存在任何物理、化学污染,并充分体现了石材的天然品性:坚固耐用、不燃、耐水、防潮、保温隔热、隔音、不褪色、不老化、无异味、无静电。天然安石粉还具有无脱落的优点。而用安石粉装修的墙体如果要重新换装其他材料时,可以直接以原来的安石饰面作为良好的基底进行装修,这样避免了装修垃圾的产生。天然安石粉使用中不变质,无由于变质而形成的化学污染(无霉菌);无由于变质而引起的放射性污染。

2.纸面石膏板

我国天然石膏储量已探明的达 600 亿吨，华东地区最丰实，占总储量的 70%。主要品种是纤维石膏、雪花石膏、透石膏和硬石膏，多数矿品位较高。随着工业发展，每年还有一定数量的磷石膏、氟石膏、脱硫石膏，所以加强管理、合理开采，合理综合利用，发挥祖国天然资源的作用，是我们应十分重视的重要问题。

我国建筑用石膏工业起步于七十年代，目前已形成纸面石膏板、纤维石膏板、装饰石膏板、石膏砌块、空心条板、粉刷石膏等企业，其中最具有规模的是纸面石膏板企业。据统计，年生产能力达 400 万平方米有 20 条生产线、400 万平方米以下的有 30 条，2000 年，总生产能力为 3.5 ~ 4.0 亿平方米。石膏制品广泛应用于内隔墙，吊顶，几年来，从事开发研究设计的部门很多，石膏开采和应用取得很大了进展，我国石膏制品，特别是纸面石膏板，规模、质量、管理、技术基本上实现了与国际接轨。

现代化的纸面石膏板生产技术。

石膏板的基本原料主要是 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 含量在 65% ~ 90% 的石膏矿石。石膏石送入破碎机，破碎至一定的粒度（例如 50 毫米以下），经自动传送至均化仓后，进干燥粉磨系统烘去表面水分并粉磨至规定的细度，在煅烧系统中，在严格控制的一定温度下，煅烧脱去其中 $3/4$ 的结晶水，成为半水石膏，进入熟石膏仓储存备用。

熟石膏、水和各种添加成分，分别自动精确计量、经连续、自动传送系统进入搅拌机，混合搅拌成均匀浆料，撒布到连续向前移动的石膏板护面纸上，在前进过程中，

经过震动，浆料逐步散开布匀，到达成型站时，与石膏板背面纸复合，通过挤出式成型机，浆料被上下纸板完全包封，并挤压成很规则的平板，该平板在长达 200 ~ 300 米的连续生产线上以严格控制的稳定速度继续向前移动，经过约 4 分钟，石膏浆体中的熟石膏重新水化，结晶成强度较高相互穿插的二水石膏小晶体。此时，已成为有一定强度、形状规则的湿石膏板，经精确自动控制的切断系统，按设定的尺寸精确地切断成单板。单板经程控系统有序排列、翻面，进入干燥机，在严格干燥制度下，蒸发掉板中的吸附水(石膏晶粒中的结晶水不受损失)。板从干燥机出来，在生产线上前进过程中逐步降温。经再次翻面每两张板正面叠合，经端头锯将板的两端切割尺寸规则、外观整齐，以印有固定标记的纸带将板的两端包封好，传送到自动堆垛机，堆垛成整齐规则的成品入库。对于需远距离运输的产品，还要进行严格的防水、防碰撞、便于操作的包装。

纸面石膏板的绿色环保功能。

从产业角度分析，纸面石膏板之所以能在全世界广泛地推广应用，有其固有的内在特点。我国人均资源相对短缺，使用意义更为突出。

我国天然石膏资源极其丰富，适合于建材生产应用的矿床(品位 60% ~ 90%)储量巨大，主要分布在山东、山西、宁夏、甘肃、河北、湖北、湖南、陕西、内蒙古、广东、广西、四川等省份，其中有许多是可露天开采的巨型矿床。石膏的大规模开采无需损害农田耕地。据有关部门提供的数据，我国 1997 年石膏矿开采量约为 780 万吨，1998 年

约为 800 万吨。此外，有许多工业副产物石膏，如燃煤电厂烟气脱硫石膏，磷肥厂的化学石膏等，经适当处理，都可用作石膏板原料。

一条年产 3000 万平方米的石膏板生产线，每年需消耗 30 万吨以上的石膏，其制成的石膏板可满足约 1000 万平方米建筑物的吊顶及隔墙等的需要。工业发达国家纸面石膏板工业中已在大规模利用工业副产物石膏。日本 1955 年就实现了在商业化规模利用副产化学石膏生产石膏制品；在西欧，用烟气脱硫石膏为原料的已占到石膏产品总量的约 1/3；美国已在十几家石膏制品厂使用工业副产品石膏做原料，新建的大规模纸面石膏板生产线全部用脱硫石膏。所以，用纸面石膏板作为新型墙体材料，不仅避免损害耕地，而且可吸纳、利用大批工业副产物，改善生态环境。另外，纸面石膏板护面纸大多利用废纸制成，也有利环保。

在正规的大生产线上，石膏板的总能耗(包括用电)不超过 1.5 千克标煤/平方米。双面单层石膏板隔墙，其生产能耗不超过 3 千克标煤/平方米，而单砖粘土砖墙的生产能耗是 4~12 千克标煤/平方米(取决于不同窑型)。

现代化上规模的纸面石膏板厂，人均年产 10~50 万平方米纸面石膏板(相当于 330 万~1650 万块粘土砖)。

纸面石膏板在高度机械化自动化的流水线上生产，产品质量有保证，工人无繁重体力劳动，无毒害、无危险的操作，对生态环境无明显污染。

总之，纸面石膏板生产，从产业政策角度而言，是适

合中国国情和未来发展战略思想的产业。

纸面石膏板性能优异。

石膏不可燃也不助燃，其固有的结晶水遇火时释放，吸收大量热量，在结晶水完全释放之前，板的温度难以超过 100℃，而且结晶水的释放慢，可在一定时间内有效地阻止火势蔓延，在其护面纸上也不会发生火的快速蔓延，如：墙体耐火极限，采用木龙骨为 45 分钟~2 小时，钢龙骨为 45 分钟~4 小时，隔声指数为 37~57 分贝，防火性能好。火灾条件下石膏板-轻钢龙骨墙体也不会释放出有害物质。

以一个 60 吨车厢所运输的石膏板，够一幢 2000 平方米建筑的吊顶和内隔墙使用，销往全国各地或出口，其最终成本仍在可接受范围之内。用纸面石膏板作墙面，其单位面积质量为 10 千克/平方米左右，双面石膏板隔墙质量仅 25 千克/平方米左右，对于高层建筑可显著节省建筑承重结构和基础费用。以纸面石膏板作墙体和吊顶的框架结构建筑，如遇发生破坏性情况，因石膏板塌落造成的危害也远比选用其它材料的小。

生产、运输、施工过程中都可很好地保持其整体性。正确设计、施工纸面石膏板墙体或吊顶，所有接缝都加固密封，在环境气温和湿度的正常变化范围内，无干裂、虫蛀、霉变问题，不是很严重的冲击和结构变动，都不致引起板面破裂，可长期保持整体性和隔声效果。

石膏板表面平整，尺寸稳定，作为内装修材料，在一年四季的气候化过程中，对于一般住宅的内隔墙，不会发

生影响外观的缩、胀变形，连续墙体长度9米以内可不设防膨胀补偿接口。在其表面可非常方便地进行如粘贴、涂装、抹腻子等装饰，装饰效果远非其它材料能比。

3. 新型建筑砌块

实心粘土砖占我国墙体材料的87%的局面必须尽快扭转。这种状况我国每年不光要毁掉十多万亩农田，还要付了破坏自然生态的代价。混凝土小型空心砌块(以下简称"砌块")则是一种替代粘土砖的优良材料。与砖墙相比，它墙体自重可减轻20%~40%；它因墙体减薄可增大住宅使用面积5%；它每砌筑一平方米墙体可减少取砖挂灰的劳动量90%；它用于城镇还可因地制宜、就地取材、利用工业废渣，从而大大降低产品成本；它生产工艺、设备简单，投资少上马快；它不破坏农田、节约燃料利于城镇生态环境；它产品色泽、肌里美观而富于变化，可以大大丰富城镇住宅的建筑造形手段。

新型砌块成套技术是中国建筑科学研究院发挥其综合技术优势，针对当前国内砌块建筑存在的问题，调动本院建筑设计、建筑热工、建筑材料、建筑机械、电算技术、建筑施工等有关专业技术力量，历时三年开展综合性研究的成果。在充分掌握砌块特性的基础上，推出了一套把建筑功能、结构安全、建筑保温、隔热、防渗漏、建筑造形美观各个方面问题统一综合解决的成套技术。该技术的第一阶段成果可应用于我国寒冷地区和夏热冬冷地区多层民用建筑和小型工业建筑。

新型砌块机。

QT3-15Z 型砌块机于 1997 年 11 月通过部级鉴定。该机可自动生产各种尺寸精确的优质承重砌块和多花色品种的装饰承重砌块、装饰砌块、轻型砌块、彩色铺地砌块等。该机对原材料的适应性广，一般可使用当地产的砂、石稳定生产。机器采用给合式结构，更换工作装置(模具等)快捷，轻巧坚固、运输、安装、使用、维修方便。其独特的组合式供布料系统可自动生产带有彩色装饰面的承重装饰砌块和装饰砌块。此种产品与目前市场上通体彩色原料制作的装饰砌块相比可降低成本 90%。与目前村镇企业广为采用的 QTJ3-3S 型半自动砌块成型机相比，单台年产量增加了 1.2 万立方米。价格按每万立方米计算下降了 3500 元。QT3-15Z 型年产砌块 20000 立方米，投资需 28 万元，生产场地 3 亩，厂房面积约 300~400 平方米，生产人员 10 名，单台机年产砌块可建住宅 5~6 万平方米，是当前适于村镇建设的优良机型。

新型砌块系列。

除标准砌块外还包括“装饰承重砌块”、“装饰砌块”、“保温空心砌块”三大系列。保温空心砌块主要用于屋顶保温、隔热。装饰承重砌块与内保温墙板复合；装饰砌块与保温板与承重普通砌块复合；用于寒冷地区外墙。装饰砌块与承重普通砌块复合应用于夏热冬冷地区外墙。上述砌块通过使用不同色泽的水泥、砂、石的选配，通过劈裂、浮雕等多种表面处理，可生产出数十种风格的砌产品，为建筑师提供了丰富多变的选形条件。此外，装饰砌块还可以作为一种独立的饰面材料与其它类型的墙体材料配合使

用。产品规格齐全。

该产品系列可适合于我国建筑平面网格 3 米和竖向网格 1 米。可满足目前常用建筑平、剖面尺寸。如果当地有条件平面网格采用 2 米则可以减少砌块的产品规格，方便设计和施工。用于城镇住宅高度在 15 米以下时，承重墙厚一律为 190 毫米。通过在墙体转角、相交、开口部位设置芯柱和每层设置圈梁、配筋网片等措施，可以用于抗震设防裂度为 6~8 度地区。采用现浇楼板(如当地生产预制大楼板)最大房间尺寸可做到 6.6 米×5 米。此外可概括地说，在结构方面凡以住砖混住宅可以做到的，砌块住宅均可以做到。

总之，新型砌块成套技术使我国城镇砌块住宅以优良的使用功能、优质的工程质量、优美的建筑造型建造在我国广大城乡的大地上。为我国节能、节地、美化城乡做贡献。

4. 稻草板

稻草板是在第一次世界大战期间首先从瑞典发展起来的一种建筑板材。现已普及到英国、美国、澳大利亚、巴基斯坦、泰国、委内瑞拉等许多国家。这种板材使用植物秸秆、稻草或麦草作原料，不添加粘结剂，不需切割粉碎，直接在成型机内以加热挤压的方式形成板材，并在表面粘上一层“护面纸”而成。

取之不尽的原材料。

由于它的这种结构和成型特点，决定了它的生态优势：其主要原料稻、麦草是取之不尽的一年生可再生资源；它

在生产制造过程中不产生对环境的污染物；它自身不含有害的物质，而且当它完成使用目的而被拆除时，仍可还它本来的面目-稻、麦草而回归大自然。稻草板是不折不扣的生态建材。美国的一家稻草板企业把它的产品名称定为“环保板”，得到主管部门的认同，在社会上很有感召力。这是很有道理的。

迄今为止，建材工业使用的原料仍以矿产品为主，如石灰石、粘土、长石、石英砂、石膏等等。矿产品虽然在理论上也是可再生资源，但其再生的周期以地质年代计，需千百万年或更久，而且有赖于地壳的变动，在人类短促的生命周期内是见不到这种资源的再生的，无法加以利用。因而实际上可认为是不可再生资源。像煤炭、石油那样，过度开采，便致枯竭。今后对矿产品的使用，应是努力提高使用率，如降低料耗，使用劣质原料，综合利用废渣等等；要以最少的原料产生最多的产品，从而力求减少矿产品的开采量，保护自然资源和生态环境。

人类可利用的可再生资源主要是植物，包括木材、竹子、农作物的秸秆等。木材的再生周期在十年以上，竹子的再生周期3~5年，而农作物秸秆的再生周期为一年或不到一年。从利用效率和利用成本来说，以农作物秸秆最为有利。再者，农作物与人类是共存的。人口越多，需求的农作物也越多，相生相息，永不枯竭。这一属性足以表明它巨大的利用价值和在实现人类可持续发展方针中的重要地位。

据统计，我国目前年产稻谷约3亿吨，则秸秆的数量

大体也是 3 亿吨。考虑到收集、存放、运输等种种技术问题和扣除其它方面的用途之后，按 25% 的利用率计，一年约有 7500 万吨，可以生产稻草板约 30 亿平方米。这些稻草板用来作建筑物的墙体，可以满足约 7.5 亿平方米建筑物的需要。相当于目前我国每年城乡所有新建建筑物的 75% 左右。这是一个十分令人振奋的数字，稻草板的生产和应用值得政府部门、企业界和科技界的关注和重视。

稻草板的生产工艺。

稻草板的生产工艺流程为：稻草或麦草以打捆方式进厂。草的适宜长度为 150~1000 毫米，长度小于 150 毫米的短草的数量应少于 25%，不得有草根、石块等杂物。草的含水量控制在 8~18% 之间。不宜过湿或过干。

稻草经人工解捆放到输送机上后，生产即自动进行。输送机将解捆后的稻草输送到步进式松解机，在此处稻草被进一步松解，形成大体上的横向排列并除去稻粒、砂石等杂物，然后均匀地送入喂料斗。喂料斗做成透明的，可以随时观察到稻草下落的情况，以便发现可能出现的堵塞或断料情况。稻草在喂料斗的底部由“人”字形端头的往复式冲头送入“热床”，“热床”的温度为 240（电加热），稻草在“热床”的腔体中同时受到冲头的挤压和床体的加热，形成密实的板坯，进入“冷床”，并同时引入上下层护面纸。护面纸面向稻草的一面预先涂有粘结剂，在“冷床”中紧紧与稻草板趁热粘结固化，出了“冷床”后已是稻草板成品了。

根据需要，稻草板的两侧边可以做成楔形、斜坡形或

直角形的。只须在“热床”和“冷床”中安放不同形式的型铁即可。生产不同厚度的板，需要事先按要求调节“热床”和“冷床”的腔体尺寸。安装型铁和调节腔体尺寸必须停机后进行，操作上比较费事，故而通常只在大批量需求时进行调节才是合理的。

稻草板从“冷床”出来后，继续在输送线上运行，先经过切割站。连续的板坯被随动式无齿砂轮按要求长度切断，砂轮机与板同速运动可保证端面的垂直度。切断的稻草板继续前行，到封端站，由自动封端机将稻草板两端的切断口用预先涂有热熔胶的封端纸牢牢地粘住，这样既可使成品板材外观整齐、美观，又可使端部的稻草不致于松散，影响板材的使用。至此，稻草板的生产流程即告完成。产品码垛后用叉车送至仓库存放。

5. 硬质 PVC 隔音空壁管材(UPVC)

塑料管材与传统的金属、水泥管材等相比重量轻、易着色、耐腐蚀、不生锈、导热系数低、绝缘性好、不结垢、介质流动阻力小，还具有施工安装和维修方便，维护能耗低等优点。在发达国家塑料管材早已成为管材中的最大品种。在我国特别是近几年来，随着国民经济的飞速发展，各种塑料管材的发展也有所加快，塑料管材尤其是聚氯乙烯管材在化工、建筑、通讯、农业、印染、电子、水处理等领域的应用迅速增长，并由于塑料管材的优异性能而取得了显著的经济效益和社会效益。

硬质 PVC 塑料管材作为一种新型材料，近几年来凭借其高性能、低成本、方便快捷等其他传统管道材料所无法

比拟的特性而得到了各设计院，建设施工单位以及用户的普遍青睐。目前在我国市场上的硬质 PVC 塑料管材通常为实壁管和芯层发泡管，而技术经济性能更好的新型结构管材，诸如波纹管，双壁波纹管，径向筋管等应用还较少。

硬质 PVC 塑料隔音空壁管材作为另一种新型结构性管材，国外在九十年代初期就已在大大口径排污管有所应用，这种管材比传统实壁管轻 30% 以上，而强度和刚度几乎不变，所以不仅省料，具有较好的性能价格比，而且隔音性能、绝热性能和排通能力也大为提高，完全能运用于实壁管所应用的各种场合。特别在民用建筑，通讯穿线和冷暖风管道上需求巨大，具有广阔的前景。运用于民用建筑排水上，能有效降低噪声污染；在冷暖通风管的输送上，能降低能量损耗，从而达到节能效果。

6.ZL 聚苯颗粒复合硅酸盐保温材料

ZL 聚苯颗粒复合硅酸盐保温材料是一种新型高效墙体保温绝热材料。于 1997 年度列入北京市科学技术委员会的星火计划，1998 年度列入北京市城乡建设委员会的科技开发项目，1999 年 2 月通过了北京市科技成果鉴定，产品生产的质量控制体系于 1998 年 10 月通过 ISO9002 国际认证。

ZL 聚苯颗粒复合硅酸盐保温材料是在多年保温工程应用过程中，吸收国内外先进技术开发研制的。本材料分为保温绝热层和抗裂罩面层。

保温绝热层是由复合硅酸盐胶粉料与聚苯颗粒轻骨料两部分分别包装组成。复合硅酸盐胶粉料采用预混合干拌

技术，在工厂将复合硅酸盐胶凝材料与各种外加剂均混包装，将回收的废聚苯板粉碎均混按袋分装。使用时将一包净重 35 千克的胶粉与水按 1 : 1 的比例在砂浆搅拌机中搅成胶浆，之后将 200 升(约 2.5 千克)一袋的聚苯颗粒加入搅拌机中，3 分钟后可形成塑性良好的膏状浆料。将该浆料喷抹于墙体上，干燥后可形成保温性能优良的绝热层。

抗裂罩面层是水泥抗裂砂浆复合玻纤网布而成。这种弹性的水泥砂浆有很好的弯曲变型能力，弹性水泥砂浆复合耐碱玻纤网布后能够承受基层产生的变型应力，增强了罩面层的抗裂能力，到目前为止采用该技术施工面积 60 万平方米，施工质量全部被评为优良。

ZL 聚苯颗粒复合硅酸盐保温材料与其它保温材料对比有以下优点：

导热系数较低，容重小。

聚苯颗粒的胶凝材料选用氢氧化钙、粉煤灰及不定型二氧化硅等多种无机材料，避免了水泥容重大，石膏不耐水等问题。

软化系数高，耐水性好。

国内其它类型的保温浆料固化后的软化系数一般在 0.1 以下，有的保温浆料浸水后强度很快就完全丧失。而 ZL 聚苯颗粒复合硅酸盐保温材料固化后的软化系数在 0.7 以上，相当于红机砖的软化系数指标，符合耐水保温材料的要求。

静剪切力强，触变性好。

保温层材料精选加入了美、德等国生产的高分子材料，

采用高分子复合增稠技术，材料的施工性能得到了突破性改善。粘着力及静剪切力强，一次抹灰厚度由普通抹灰 1 厘米左右，提高到一次抹灰 4 厘米以上，不滑坠。同时由于触变性好，抹灰非常省力，易操作，抹灰速度快。保温浆料可操作时间长达 4 天，无明水析出，落地灰可重复使用，有利于工地文明施工管理。

材质稳定，厚度易控制。

采用胶粉预混合干拌技术和轻骨料分装工艺，到施工现场按包装配合比加水搅拌成浆体材料，有效地避免了工地现场称量不准确的问题。采用同种材料作保温层抹灰冲筋，保温效果一致，保温层厚度得到准确控制。

整体性好，剔补量小。

与贴预制保温板的作法相比，具有保温层整体性强，避免了板缝开裂的质量通病，材料利用率高，基层剔补量小，节约人工费用等优点。

干缩率低，干燥快。

其它硅酸盐保温浆料干燥收缩率在 30% 左右，1 厘米厚材料干燥时间在 10 天左右。本材料干燥收缩率仅为 0.08%，终凝 24 小时，干燥时间 72 小时。

水泥砂浆有弹性，可弯曲变型。

本材料的罩面砂浆成功地将弹性乳液及长短纤维均匀地复合在水泥砂浆中，使水泥砂浆取得了弹性变型的特殊功能，同时复合玻纤网布，这种含“软钢筋”的弹性水泥砂浆使墙体不同方向产生的变型应力得到均匀分散释放。

玻纤布耐碱强度保持率高，稳定期长。

选择含锆 14.5% 的耐碱玻纤网布，面层镀 PVC，增强玻纤耐碱能力，使其耐碱强度保持率在 90% 以上，提高防护面层的耐久性与耐冲击性，达到玻纤网布与建筑物设计寿命同步的要求。

材料品种配套，性能指标匹配。

材料体系的保温层、抗裂砂浆、面层腻子及涂料等品种的技术参数均按可变型基层配套设计，所研究的材料自成体系。

资源再生，造价低。

ZL 保温浆料中大量使用废聚苯板粉碎的颗粒作为轻骨料，胶凝材料中又大量使用粉煤灰。该技术的推广使用充分利用了国家的可再生资源，减少城市白色污染，具有良好的社会效益。同时此保温材料具有价格低廉的优势，产品每平方米价格要明显低于传统的保温材料。

ZL 聚苯颗粒复合硅酸盐外墙保温体系适用于新建的工业民用建筑和旧楼改造。外墙保温施工，面层可作涂料，也可粘贴瓷砖、干挂石材等其它装饰。外保温抹灰施工中应采用耐碱涂塑玻纤网布作为面层耐冲击材料，而采用外保温喷涂法施工中需增用镀锌钢丝网作为保温浆料加固材料。一般多层保温采用抹灰法，高层采用喷涂法。

第四章 绿色认证

第一节 ISO14000 简介

一、产生背景

随着科学技术和全球经济的迅猛发展，环境污染和生态破坏日趋严重：人口爆炸、资源匮乏、环境恶化。人类赖以生存的空间环境正惨遭破坏，而人口的过速膨胀使得本已有限的自然资源更显短缺，不同程度地影响和制约了社会的进步和经济的发展。环境问题引起世界各国的关注，并由此而认识到，制定国际统一的环境管理标准在当今具有十分特殊的意义。一些发达国家和国际组织率先制定和推出环境管理的法规和标准，并在本国实施。但是由于环境问题的国际性，一个国家的环境标准并不能满足可持续发展的需求，自 20 世纪 80 年代以来，许多国家和组织都一直试图制定一些国际通用的标准，但是由于种种原因一直未能成功。在联合国环境与发展大会的筹备过程中，这一想法不断被提及并逐渐酝酿成熟。在 1992 年的联合国环境与发展大会上，“可持续发展商务委员会”强调了商业界

和企业界在环境管理方面需要帮助，希望能够制定出可以测量环境行为和加强环境管理的方法。ISO14000 环境管理体系国际标准就是在这样的背景下产生的。

1996 年 9 月，国际标准化组织(ISO)经过充分的筹备，终于推出了 ISO14000 成套标准，这是继 ISO9000 系列标准后推出的又一重要的国际通行的管理标准。其目的是规范全球企业及各种组织的活动、产品和服务的环境行为，节省资源，减少环境污染，改善环境质量，保证经济可持续发展。目前，ISO14000 系列标准已被许多国家所采用，我国等同采用的 GB / T24000 ISO14000 环境管理系列标准已于 1997 年 4 月 1 日开始实施。

二、ISO14000 标准的内容

ISO14000 标准是环境管理体系(EMS)标准的总称，是国际标准化组织(ISO)继 ISO9000 标准之后发布的又一国际性管理系列标准，已被近百个国家和地区采用。对我国而言，ISO14000 标准的实施，既是保护人类生存发展的需要，也是国民经济可持续发展、建立完善社会主义市场经济体制、实现两个根本转变的需要，同时也是为了促进国内外贸，实现环境管理现代化的需要。

ISO14000 是一套一体化的国际标准，包括环境管理体系、环境审核、环境绩效评价、环境标志、产品生命周期评估等。具体内容包括下述几个领域：ISO14001 ~ ISO14009 环境管理体系标准(EMS)；ISO14010 ~ ISO14019 环境审核标准(EA)；ISO14020 ~ ISO14029 环境标志标准(EL)；ISO14030 ~ ISO14039 环境绩效标准(EPE)；

ISO14040 ~ ISO14049 生命周期评估(LCA) ; ISO14050 ~ ISO14059 专业术语和定义(T&O) ; ISO14060 产品标准中的环境指标 ; ISO14060 ~ ISO14100 备用。

ISO14000 体系由 5 个要素组成,即:环境方针、策划、实施和运行、检查和纠正措施、管理评审。体系认证标准为 ISO14001,这是系列标准中的核心部分。其他标准则是其技术支撑文件,以保证环境体系审核、认证活动规范化并与国际接轨。

ISO14000 适用于各类组织,包括(不限于):政府;公益单位,如医院、学校;各类服务机构,如银行、商店;各类企事业单位等。

三、ISO14000 标准的作用

标准的执行应努力消除贸易壁垒,包括在环境状况良好的地区和较差的地区。ISO14000 系列标准可应用于对内对外的审核和注册。ISO14000 系列标准必须避免对改善环境无帮助的任何行政干预。

ISO14000 标准对于提高各类组织的环境管理水平、节约资源、提高效益、降低风险具有全面的推进作用,在全球日益重视环境保护的今天,建立 ISO14000 标准体系,是各类组织提高市场竞争力、进军世界市场特别是欧美市场的绿色通行证,目前已有上千家组织获得认证。企业实施 ISO14000 环境管理体系,可以有优良的回报,包括对活动中的污染源进行有效的控制,实现污染物达标排放,减少对环境的影响;改进产品的环境性能,降低产品在制造或使用中对环境的影响;改革工艺和材料,降低生产过

程中对环境的影响；改造或更新设备，减少对环境的影响；通过对废弃物的分类处理和回收利用，实现污染防治；降低能源和资源的消耗；提高企业形象改进产品性能；降低成本，提高企业竞争力等。

ISO14000 的实施，有利于企业提高整体素质和环境管理水平，由对环境的事后治理转向事前预防与控制，从治标转向治本，从而实现环境优化；有利于企业从生产方式的粗放型管理向效益型管理转变，促使企业行为与经济发展水平同步，提高企业形象和效益。实施 ISO14000 系列标准，走可持续发展的道路，必将选择保护环境作为其重要内容，这是全球的共识。我国是发展中大国，更需要寻求一条人口、经济、社会、环境和资源相互协调的持续发展道路，从传统的偏重数量增长的经济发展模式转向强调改善发展质量的可持续发展模式，以保证在经济稳定增长、综合国力不断提高的同时，保护自然资源和改善生态环境，实现国家长期稳定的发展，加快改革开放的步伐，使我们的家园更清洁、更安静、更舒适。

四、ISO14000 标准实施情况

ISO14000 标准是 1996 年 9 月开始陆续正式公布的。事实上早在 1995 年，还在草案稿阶段，各国已经开始行动，积极推行。据有关资料统计，截至 1997 年底，全世界已有 3000 余家企业获得 ISO14000 的认证，其中日本通过了 600 余家，英国 500 余家，德国 300 多家。从我国已经通过试点认证的企业看，经济效益和环境效益都比较明显，如深圳第一家通过认证的理光复印机公司，试点认证前后同期

比较，节能 32.85%，废物再用率减少 5.5%，金属废弃率减少 4.8%，哈龙替代物增加 30.9%。又如青岛海尔电冰箱厂，认证前后产品直通率由 98.2% 提到 98.5%，废品率从 7% 降到 5.4% 1997 年成功地大规模进入美国市场。

其实，任何生产过程都是物质循环过程，所谓污染物，实质上是未被利用的资源。资源浪费和环境污染是一个问题的两个方面，因此必须提高资源利用率。实行 ISO14000 正是针对这方面提出的一套有效的措施，其特征主要是：企业建立环境管理体系要纳入高层的总体管理；将过去注重“末端”治理转向全过程的污染控制；预防为主，持续改进；讲究文件化和程序化；以法律为依据，重在环境因素的改善。

我国的企业正处在建立现代企业的变革过程中，ISO14000 的导入有助于企业环境管理水平的全面提高，主动承担起环境管理的职责，从内部鼓励职工的环境行为，提高环境意识。为了在我国大力推行 ISO14000 系列标准，国务院批准成立“中国环境管理体系认证指导委员会”，统一组织、部署此项工作，规范认证工作，保护企业利益。到 1997 年度，我国通过 ISO14001 标准认证的试点企业已达到 21 家。

在世贸发展的途径上，环保显得越来越重要，措施也愈加严格，不但制定了一批用于贸易制裁的国际环境公约、法律标准；在原有的一些贸易协定中也增加了有关环保的内容，并且还在不断增加和严格；同时设立有关机构来处理贸易与环保问题。此外，一些发达国家还制定专门的政

策，将那些会造成环境污染的产品，或拒之门外，或课以重税，加以制裁，而他们的一些会造成环境污染的产品和企业，又趁发展中国家环保意识薄弱又急切要发展经济之机，扫销进去，将污染也转移进去，造成当地生态破坏。贸易与环保的关系，时至今日已经十分深入，密不可分。

ISO14000 系列标准的推出，为我们选择了一条开发、生产绿色产品的环保之路，为我们提供了一套以预防为主、减少和消除产品生产过程中对环境污染的管理办法。推行 ISO14000 标准，可提高我国环境管理水平和全民环境保护意识，加强环境法制观念，改善我国的环保现状，实现资源合理利用，减少人类活动对环境的影响，具有重大意义。

第二节 环境管理体系的审核认证

在世纪之门敲响之后，回顾人类的环境史，对未来的生活、生产方式作一个能被世人普遍认可的设计、选择，毫无疑问是可持续发展之路，ISO14000 环境管理体系应运而生。

一、ISO14001 的基本术语

ISO14001 是 ISO14000 系列标准的主体，总目的是支持环境保护和预防污染，并协调其与社会需求和经济需求的关系。

下面介绍的 13 个术语和定义是理解 ISO14001 标准的基础。

1. 组织

具有自身职能和行政管理的公司、集团公司、商行、企业、政府机构或事业单位，或是上述单位的部分或结合体，无论其是否法人团体、国营或私营。对于拥有一个以上运行单位的组织，可以把一个运行单位视为一个组织。

2.环境

组织运行的外部存在，包括空气、水、土地、自然资源、植物、动物、人，以及它们之间的相互关系。在这一意义上，外部存在从组织内延伸到全球系统。

3.环境因素

一个组织的活动、产品或服务中能与环境相互作用的因素。环境因素是影响环境的原因，环境影响是环境因素作用于环境的结果。两者互为因果，就汽车行驶排放尾气污染大气、危害人体健康而言，汽车的使用是活动，尾气中的一氧化碳、一氧化氮等环境因素，空气污染危害人体健康是环境影响。

4.环境影响

全部或部分地由组织的活动、产品或服务给环境造成的任何有害或有益的变化。

5.环境绩效

一个组织基于其环境方针、目标和指标，控制其环境因素所取得的可测量的环境管理体系的成效，也称为环境表现、环境行为。绩效是对环境因素控制及环境管理所取得的成绩、效果的综合评价，是环境管理体系运行的结果与成效。环境绩效是根据环境方针、目标、指标的要求控制环境因素而得的，故可用环境方针、目标、指标的实现

程度描述，也可体现在环境因素的控制上。环境绩效是可测量的，可用于组织内、组织间的比较。

6.相关方

关注组织的环境绩效或受其环境绩效影响的个人或团体。包括：

与组织环境绩效改善有关，可造成其经济或福利的损失者，如邻厂、周围居民、下风向企业、河流。

与组织经营生产活动相关者，如股东、供应方、客户。

间接受到组织环境绩效影响者，如银行、规划、环保部门。

7.环境方针

一个组织对其全部环境绩效的意图与原则的陈述，为建立组织的行为及环境目标和指标提供了一个框架，为组织环境管理体系的建立提供了总的方向，也是该体系制定环境管理目标、指标的依据和出发点，使环境管理工作有良好的行为准则和工作原则，以获得高的成效。

8.环境目标

一个组织依据其环境方针规定自己所要实现的总体环境目的，如可行应予以量化。这是根据环境方针制定的期望实现的总体环境目的。

9.环境指标

直接来自环境目标，是为实现环境目标所需规定并满足的具体的环境绩效要求，它们适用于组织或其局部，如可行应予以量化。一般说来，环境方针要求较为宏观，而

环境目标和指标应是具体的、可量化的。例如，环境方针要求节能减耗，环境目标使水、电、煤等能源控制达到目的，环境指标为达到环境目标而限定消耗的水、电、煤量。

10.环境管理体系

全部管理体系的一个组成部分，包括制定、实施、实现、评审和保持环境方针所需的组织机构、规划活动、职责、惯例、程序、过程和资源。环境管理体系是组织全面管理体系的一部分，要与组织的生产、供销、行政、质量等各项管理有机结合起来，其工作应围绕环境方针展开，确保各项内容顺利实施。

11.环境管理体系审核

客观地获取证据并予以评价，以判断一个组织的环境管理体系是否符合该组织所规定的环境管理体系审核准则的一个系统化、并形成文件的验证过程，包括将这一过程的结果呈报管理者。审核的目的是要验证环境管理体系是否满足 ISO14001 标准及是否符合审核准则要求。审核中应注意组织的重要环境因素的管理、控制情况，审核过程应文件化，按文件程序要求进行，最后要将“审核报告”呈交管理者。

12.持续改进

强化环境管理体系的过程，目的是根据组织的环境方针，改进整体环境绩效。是环境管理体系的强化与完善过程，使组织环境绩效中的某个侧重面不断改进和提高。该过程不必同时发生于活动的各个方面。

13. 污染预防

采用防止、减少或控制污染的各种过程、惯例、材料或产品，可包括再循环、处理、过程更改、控制机制、资源的有效利用和材料替代等。为保护环境和资源而采用管理、技术措施(再循环、工艺改革、资源有效利用、材料替代等)而进行的防止、减少、控制污染的过程。污染预防的潜在利益包括减少有害的环境影响、提高效益和降低成本。

二、环境管理体系中的要素

环境管理体系中的要素是进行 ISO14001 管理体系审核的依据。其在环境方针、规划、实施与运行、检查和纠正措施、管理评审等方面，介绍了 17 个要素，这就要求环境管理体系的建立应满足这 17 个要素的要求，同时强调环境管理体系建立之后应继续按这 17 个要素原则来进行环境管理。17 个要素的内容介绍如下。

1. 环境方针

最高管理者应制定本组织的环境方针并确保它：适合于组织活动、产品或服务的性质、规模与环境影响；包括对持续改进和污染预防的承诺；包括对遵守有关环境法律、法规和组织应遵守的其他要求的承诺；提供建立和评审环境目标和指标的框架；形成文件，付诸实施，予以保持，并传达到全体员工；可为公众所获取。即对组织负有执行职责的最高管理者要制定环境方针，包括实施 ISO14001 基本原则的两个承诺和一个框架，环境方针对目标的建立、评审应具有指导作用并具有公开性，使全体员工了解且相关方在需要时易于获取。

2.环境因素

“组织应建立并保持一个或多个程序，用来确定其活动、产品或服务中它能够控制、或可望对其施加影响的环境因素，从中判定那些对环境具有重大影响、或可能具有重大影响的因素。组织应确保在建立环境目标时，对与这些重大影响有关的因素加以考虑。组织应及时更新这方面的信息。”即要通过程序化来规范组织内已有的环境因素和新的环境因素的识别与重要环境因素的评价，这是环境管理体系的基础，在环境管理体系中，目标的设立、管理方案的制定、运行控制程序内容、监测项目等环境要素，就是在评价出重要环境因素后提出的。

3.法律与其他要求

“组织应建立并保持程序，用来确定适用于其活动、产品或服务中环境因素的法律，以及其他应遵守的要求，并建立获取这些法律和要求的渠道。”这里所说是的法律与其他是与环境因素相关的，法律、法规主要包括国家、地方政府或相关部门制订、颁布的法律、法规、条例、规章、制度等。确定适用于组织环境因素的法律法规应明确其中的要求，以此作为环境管理的依据。组织应建立有效畅通的渠道，通过这些渠道及时获取并掌握最新适用的法律和其他要求，以调整组织的环境管理要求，适应外部变化，保证组织持续地符合有关要求。

4.目标和指标

“组织应针对其内部每一个有关职能和层次，建立并保持环境目标和指标。环境目标与指标应形成文件。组织

在建立与评审环境目标时，应考虑法律与其他要求，它自身的重要环境因素、可选技术方案、财务、运行和经营要求，以及各相关方的观点。目标和指标应符合环境方针，并包括对污染预防的承诺。”即组织建立目标应具体，指标应量化。总目标应逐层细化、分解、落实到相关的职能和层次。在建立评审目标时，应符合法律要求并关注重要环境因素在管理中的连续性，要根据组织内的技术、经济情况作到目标的切实可行及纳入客户及受组织环境效绩影响的相关方的要求。另外，目标、指标要作到节能、降耗、减少污染。

5.环境管理方案

“组织应制定并保持一个或多个旨在实现环境目标和指标的环境管理方案，其中应包括：规定组织的每一有关职能和层次实现环境目标和指标的职责；实现目标和指标的方法和时间表。如果一个项目涉及到新的开发和新的或修改的活动、产品或服务，就应对有关方案进行修订，以确保环境管理与该项目相适应。”组织应制定包括各层次职责、方法、时间安排等及规划、设计、施工、运行等各阶段的环境管理方案，以期实现其目标、指标。

6.组织结构和职责

“为便于环境管理工作的有效开展，应当对作用、职责和权限作出明确规定，形成文件，并予以传达。管理者应为环境管理体系的实施与控制提供必要的资源，其中包括人力资源和专项技能、技术以及财力资源。组织的最高管理者应指定专门的管理者代表，无论他(们)是否还负有

其他方面的责任，应明确规定其作用、职责和权限，以确保按照本标准的规定建立、实施与保持环境管理体系要求；向最高管理者汇报环境管理体系的运行情况以供评审，并为环境管理体系的改进提供依据。”这里应包括上至最高管理者，下至普通员工的职责，特别应明确生产制造、动力、后勤等各部门及管理人員的环境职责，以完成各体系要素所规定的功能。如生产部门对生产活动中各环境因素的管理与控制负有责任；动力部门除了要保障动力供应外，还可负责用电、用水、用汽的统计、核定消耗、制定节能措施等。这些职责不必独立于原有职责之外，而应使其自身的职责与环境管理职责尽可能融合起来。

7.培训意识与能力

“组织应确定培训的需求。应要求其工作可能对环境产生重大影响的所有人员都经过相应的培训。应建立并保持一套程序，使处于每一有关职能与层次的人员都意识到；符合环境方针与程序和符合环境管理体系要求的重要性；他们工作活动中实际或潜在的重大环境影响，以及个人工作的改进所带来的环境效益；他们在执行环境方针与程序、实现环境管理体系要求(包括应急准备与响应要求方面)的作用与职责；偏离规定的运行程序的潜在后果。从事可能产生重大影响的工作的人员应具备适当的教育、培训和(或)工作经验，胜任他所担负的工作。”培训工作应在程序的控制下进行，并达到相应培训效果。不少环境问题的产生是环境意识不高、缺乏严格的规定或不按照程序的规定操作引起的。因此，标准要求每一职能与层次的人员都

认识到：应严格执行环境方针和有关程序要求，本工作岗位的重大环境因素及改进提高带来的环境效益，自身的环境职责，紧急情况的处理与响应要求等。对与重要环境因素相关的岗位，不仅应具有相当的环境意识，还应具备相应的工作能力。应针对不同的管理、技术、操作人员的培训需求，确定不同的培训内容以使其胜任所负担的工作。如对环境管理体系的内审人员应进行有关环境管理体系审核的培训，确保审核过程的客观、有效；污水处理厂的水质监测人员应了解监测的方法与实验操作规定，并具有相应的技能从事分析工作，比较数据，以确保能及时发现问题处理过程中的不合格现象等。

8.信息交流

“组织应建立并保持一套程序，用于有关其环境因素和环境管理体系的：组织内务层次和职能间的内部信息交流；外部相关方联络的接收、文件形成和答复。组织应考虑对涉及重要环境因素的外部信息的处理，并记录其决定。”这里的信息指与环境因素及环境管理体系有关的信息，如环境法律、法规变化信息，外部相关方的环境要求信息，有关化学物质的毒性、安全数据，环境管理代表的任免、监测结果，体系运行的其他信息等。要有效地传递，及时准确地交流，对外部信息要认真处理，予以答复。

9.环境管理体系文件

“组织应以书面或电子形式建立并保持下列信息：对管理体系核心要素及其相互作用的描述；查询相关文件的途径。”这一条款要求以文件的形式描述组织的环境管理体

系，并提供相关文件的查询途径。一般组织应制定一套环境管理文件，全面支持和描述 ISO14001 标准中 17 个体系要素，为组织的内部管理和外部审核提供依据。环境管理体系文件的内容应足够详尽，能充分描述环境管理体系的核心要素以及其相互作用。这里所指的管理体系核心要素可理解为 ISO14001 环境管理体系标准中的 17 个体系要素；也可从管理的基本要素，如组织机构、规划(策划)活动、职责、资源、过程等进行考虑。组织在编写环境管理体系文件时，可参考组织原有的管理体系文件。环境管理体系文件可包括手册、程序及作业指导书、记录表单及其他文件等多种层次和类型。

10.文件控制

“组织应建立并保持一套程序，以控制本标准所要求的所有文件，从而确保文件便于查找；对文件进行定期评审，必要时予以修订并由授权人员确认其适宜性；凡对环境管理体系的有效运行具有关键作用的岗位，都可能得到有关文件的现行版本；迅速将失效文件从所有发放和使用场所撤回，或采取其他措施防止误用；由于法律和(或)保留信息的需要而留存的失效文件予以标识。所有文件均须字迹清楚，注明日期(包括修订日期)，标识明确，妥善保管，并在规定期间内予以留存。应规定并保持有关建立和修改各种类型文件的程序与职责。”文件控制包括对文件的批准、发放、使用、更改、作废、回收等，组织应制定文件化的程序，并依此避行文件管理。环境管理体系文件系统应包括所有与环境管理相关的各类文件，如手册、程序、

作业指导、操作规范、表单、环境法律法规文件等。组织所建立的文件管理程序，应对以下内容加以规定，并按此执行。

应明确文件的存取位置和简便的文件查找方法。

对文件定期进行评审，以确认其有效性和适应性，需修订的文件审批应由授权人员执行。一般由原审批人进行审批，以保证文件制定的连续性。

确保对环境因素控制和管理起关键作用的岗位，都能得到现行有效的文件，以确保操作者按正确文件进行操作。

文件失效后及时将其从原发放部门和使用场所收回，并采取必要的销毁措施，以免继续使用，而导致环境因素的控制失误。

有些法律性文件失效后还有继续保留必要的，或者出于保留知识或信息的要求不能将其销毁的，对这些文件应进行适当标识与其他文件区别开来，这些文件可包括环境影响评价、环保设施验收报告、许可证、法定部门的监测报告、环保设施图纸等。

11. 运行控制

“组织应根据其方针、目标和指标，确定与所标识的重要环境因素有关的运行与活动。应针对这些活动(包括维护工作)制定计划，确保它们在程序规定的条件下进行。程序的建立应符合下述要求：对于缺乏程序指导可能导致偏离环境方针和目标与指标的运行，应建立并保持一套以文件支持的程序；在程序中对运行标准予以规定；对于组织

所使用的产品和服务中可标识的重要环境因素，应建立并保持一套管理程序，并将有关的程序与要求通报供方和承包方。”组织要根据其环境方针和目标指标，确认与重要环境因素有关的运行与活动，针对这些运行与活动进行程序化管理，制定操作要求与运行标准，确保这些重要环境因素得到有效的控制，减少环境影响。运行控制程序的制定应重点考虑：

在没有程序指导时，就可能偏离环境方针、目标与指标的运行与活动，应制定程序预防可能的偏离。

应在程序中规定操作具体要求和运行标准。

若组织使用的产品和服务中存在可标识的重要环境因素，应建立并保持管理程序，并将有关的管理要求和程序通报供方和承包方，使他们的行动符合组织有关要求，例如组织应对为其提供危险品运输服务的公司提出；在运送化学危险品时应使用符合国家规定的专用车辆，并配备应急用品。运行控制是环境管理体系中最具实际工作内容的要素之一，直接控制和改善与重要环境因素相关的运行与活动，保证环境因素的受控，减少环境因素对环境造成的负面影响。一般，运行控制的内容可包括项目建设、产品设计开发、采购、贮存运输、生产过程、设施维护、动力运行、产品服务、废物处理等。其中的某些运行与活动可以由组织的相关方完成的。

12. 应急准备和响应

“组织应建立并保持一套程序，以确定潜在的事故或紧急情况，做出响应，并预防或减少可能伴随的环境影响。

必要时，特别是在事故或紧急情况发生后，组织应对应急响应准备和响应的程序予以评审和修订。可行时，组织还应定期试验上述程序。”标准要求组织建立程序，确定出可能发生的事故和紧急情况(化学品泄漏、环保设备失灵等)，针对潜在的事故和紧急情况做出响应，并规定如何预防事故的发生或减少环境影响；事故发生后应对程序进行必要的评审和修订杜绝事故重现。可行时，应急程序应定期试验、确保应急效果。

13.监测和测量

“组织应建立并保持一套以文件支持的程序，对可能具有重大环境影响的运行与活动的关键特性进行例行监测和测量。其中应包括对环境绩效、有关的运行控制、对组织环境目标和指标符合情况的跟踪信息记录。监测设备应予校准并妥善维护，并根据组织的程序保存校准与维护记录。组织应建立并保持一个以文件支持的程序，以定期评价对有关环境法律、法规的遵循情况。”组织应制定监测程序，对与重大因素有关的运行活动的关键特性进行常规监测，程序应明确监测的方法、频率、内容和标准。一般地，监测的内容可从环境绩效、运行控制和目标指标的实现程度三方面考虑。

组织的环境绩效：针对组织控制重大环境因素的有关结果和成效，如污染预防所取得的成果，节能降耗的具体体现等，监测的结果可用于判断组织环境绩效的提高程度，反映持续改进的效果。

有关的运行控制的监测与测量：如对废水处理站处

理设施的日常检查与维护、排放因子的监测；又如对垃圾分类要求的执行情况的监督，消防设施的点检等，监督与测量的内容与组织所规定运行控制程序密切相关，可与生产现场检查、设备点检与维护、环境卫生检查、能源管理等结合起来。

目标指标实现程序的监控：组织制定的目标指标，可通过环境管理方案或(和)过程控制来实现，一般需要一定时间周期，在这一段时间内应对方案的执行情况和目标指标的实现程度进行例行的监测，并发现执行过程存在的问题和困难，以确保目标、指标的实现。

监测所使用的设备仪器应得到校准和良好维护，保证监测结果的可靠性。监测所使用的方法本身也应符合国家有关监测的规定。仪器校准与维护的频率与方法应在程序中予以规定，并保存校准与维护记录。

标准特别强调要求制定程序，定期评价组织对有关法律、法规的遵循情况。这些法律法规不仅包括需控制的污染排放指标，也应包括组织建设项目、化学危险品管理、有害废弃物处理处置等多个方面。评审的结果应反映组织对法规的符合性，判断自身对方针中有关承诺的遵循情况。

14.不符合、纠正与预防措施

“组织应建立并保持一套程序，用来规定有关的职责和权限，对不符合的情况进行处理与调查，采取措施减少由此产生的影响，采取纠正与预防措施并予完成。任何旨在消除已存在和潜在不符合的原因的纠正或预防措施，应与问题的严重性和伴随的环境影响相适应。对于纠正与预

防措施引起的对程序文件的任何更改，组织均应遵照实施并予以记录。”凡违背了环境管理体系要求的均可称为不符合，例如违反程序及操作规定、引起相关方报怨与投诉，监测结果不符合规定要求等。在体系运行中，出现不符合现象是难免的，重要的是应按程序的规定对不符合产生的原因进行调查并采取纠正与预防措施。在处理不符合时，应针对所出现不符合的实际和潜在的原因，及时采取纠正措施消除影响，纠正措施完成后，还可根据需要验证其效果；组织还应针对潜在的不符合，采取预防措施，增加硬件设施或补充修改管理程序或进行必要的培训等，以防止不符合的发生。组织出现的不符合现象是多种多样的，解决问题的措施也应针对不符合的严重程度和环境影响的大小，规定相应的职责与权限，分级分层次解决；所采取的纠正与预防措施，也应与不符合的严重性和环境影响的程度相一致，组织应注重具有严重后果的不符合事件的处理。纠正与预防措施可能引起文件的修改，组织应按新的规定实施管理并记录。

15. 记录

“组织应建立并保持一套程序，用来标识、保存与处置环境管理的记录。这些记录中还应包括培训记录和审核与评审结果。环境记录应字迹清楚，标识明确，具备对相关的活动、产品或服务的可追溯性。对环境记录的保存和管理应使之便于查阅，避免损坏、变质或遗失。应规定其保存期限并予以记录。组织应保存记录，在对其体系及自身适宜时，用来证明符合本标准的要求。”环境记录为环境管

理体系运行提供有力证据，反映环境管理体系运行的实际情况，和对 ISO14001 的符合程度。组织应制定程序对环境记录进行标识、收集、编目、归档、保存、查阅、处理和处置等方面的管理，反映体系运作的可追溯性。记录管理的重点为实施与运行环境管理体系所需的记录及环境目标和指标实现程度的记录，组织在体系的实施与运行中，应根据各要素及程序的规定进行记录，可包括：有关法律与其他要求的信息；投诉记录；培训记录；过程信息；产品信息；检查、维护与校准记录；有关的供方与承包方信息；事故报告；紧急准备与响应信息；重要环境因素信息；审核结果；管理评审等。

16.环境管理体系审核

“组织应制定并保持用于定期开展环境管理体系审核的一个或多个方案和程序，进行环境管理体系审核的目的是：判定环境管理体系是否符合环境管理工作的预定安排和本标准的要求；是否得到了正确的实施和保持；向管理者报送审核结果。组织的审核方案(包括时间表)的制定，应立足于所涉及活动的环境重要性和以前审核的结果。为全面起见，审核程序中应包括审核的范围、频次和方法，以及实施审核和报告结果的职责与要求。”这里的环境管理体系审核是指组织内部对环境管理体系的审核，是组织的自我检查与评判。内审的过程应有程序控制，定期开展。内审应判断对环境管理体系是否符合预定安排，是否符合 ISO14001 标准要求。环境管理体系是否得到了正确实施和保持，并将审核结果向管理者汇报。审核对象是环境管理

体系，一次完整的内审应全面完整地覆盖组织的所有现场及活动，覆盖 ISO14001 环境管理体系标准所有要素，并包括组织的重要环境因素受控情况、目标指标的实现程度等内容。环境管理体系审核应保证其客观性、系统性和文件化的要求，应按审核程序执行。

内审的程序应对以下内容进行规定：

审核的范围，可包括审核的地理区域、部门或体系要素。

审核的频次，应根据组织自身的管理状况和外部机构要求确定。

审核的方法，一般可包括检查文件及记录，观察现场及操作，与相关人员面谈等。

审核组的要求和职责，如审核组长及组员的能力与职责等。

审核报告及结果的要求和报送办法等。

在开展每次审核前应制定审核计划(方案)，包括人员与时间的安排。审核的内容应立足于所涉及活动的环境重要性和以前审核的结果。

17.管理评审

“组织的最高管理者应按其规定的时间间隔，对环境管理体系进行评审，以确保体系的持续适用性、充分性和有效性。管理评审过程应确保收集必要的信息，供管理者进行评价工作。评审工作应形成文件。管理评审应根据环境管理体系审核的结果、不断变化的客观环境和对持续改进的承诺，指出对方针、目标以及环境管理体系的其他要

素加以修正的可能的需要。'管理评审的内容和范围十分广泛，包括环境管理体系运行的各个方面，这就要求评审之前收集足够的信息。管理评审中应对以下内容进行评审：审核的结果；方针的适宜性；目标指标的实现程度；变化的信息，如法律法规的变化、组织机构、活动、产品或服务的变化等；相关方关注的问题，如市场的要求等。管理评审完成后，应对环境方针、目标指标的适宜性作出判断，是否需进行调整、修改或提高，是否需付其他体系要素加以修正等。管理评审工作形成的结果、结论或决定都应在评审后予以落实，加以实施。评审工作应形成文件或记录。

三、环境管理体系审核认证的术语

环境管理体系认证是环境审核的主要内容之一，而环境审核是一种有效的管理手段，它以系统化、文件化的程序和客观评价方法，对环境管理体系、环境保护设施与技术、清洁生产工艺等定期进行评价，找出问题和可以改进的方法，以促进环境保护工作的顺利开展。下面介绍与环境管理体系认证有关的 20 个专业名词与术语。

1. 环境审核

客观地获取审核证据并予以评价，以判断特定的环境活动、事件、状况、管理体系，或有关上述事项的信息是否符合审核准则的一个系统化、文件化的验证过程，包括将这一过程的结果呈报给委托方。

2. 环境管理体系审核

客观地获取审核证据并予以评价，以判断一个组织的环境管理体系是否符合环境管理体系审核准则的一个系统

化、文件化的验证过程，包括将这一过程的结果呈报给委托方。

3.环境管理体系认证

由获得认可资格的环境管理体系认证机构依据审核准则，对受审核方的环境管理体系通过实施审核及认证评定，确认受审核方的环境管理体系的符合性及有效性，并颁发证书与标志的过程。

4.环境审核员

具有从事环境审核资格的人员。对于从事第三方认证审核的环境审核员，一般应满足注册机构对审核员注册的要求并经其考核与注册。中国认证人员国家注册委员会环境管理专业委员会是由国家授权从事环境审核员注册的国家注册机构，是我国环境认证领域唯一从事环境审核员注册的权威机构。

5.环境管理体系审核员

具有从事环境管理体系审核资格的人员。

6.技术专家

为审核组提供专门知识与技能，但不以审核员身分参加工作的人员。技术专家不能作出审核结论。

7.审核组

受委派承担审核任务的一组或一名审核员，其中可包括技术专家和见习审核员。

8.审核组长

具备主持与从事环境审核资格的人员。审核组长应对审核组工作全面负责，具有一定的审核经验，并有领导、

组织审核组工作的能力。

9.组织

具有自身职能和行政管理的公司、集团公司、商行、企业、政府机构或事业单位，或是上述单位的部分或结合体，无论其是否法人团体、国营或私营。

10.相关方

关注组织的环境绩效或受其环境影响的个人或团体。

11.受审核方

接受审核的组织。

12.委托方

委托进行审核的组织。委托方可以是受审核方，也可以是具有法人或合同权力提出审核委托的其他组织。

13.主题事项

特定的环境活动、事件、状况、管理体系和(或)有关上述事项的信息。对于认证活动而言，主题事项一般可理解为认证的对象，如：在环境管理体系认证活动中，主题事项即受审核方的环境管理体系。

14.审核准则

审核准则是审核员用来同所收集的关于主题事项的审核证据进行比较的方针、惯例、程序或要求。审核准则可包括(但不仅限于)审核所依据的标准、相关的环境法律、法规及组织的要求等。

15.审核证据

关于事实的可验证的信息、记录或陈述。审核证据可以是定性的或定量的，用于供审核员评价主题事项是否符

合审核准则。审核证据主要来自在审核范围内所进行的面谈、文件审阅、对活动与情况的观察的结果、现有的测量与测试的结果或通过其他方法得到的结果。

16.审核发现

将收集的审核证据与审核准则进行比较所得出的评价结果。审核发现是审核得出的评价结果，这种结果是依据审核准则，在审核证据的基础上作出的。审核发现是编写审核报告的基础。

17.审核结论

审核员关于审核主题事项的专业判断或意见，它应基于并仅限于审核员根据审核发现所做的论证。审核结论是在审核发现的基础上作出的，是对于主题事项的结论性意见。

18.认可

由权威机构依据有关的准则与程序，对某一团体或个人具有从事特定任务的能力给予正式承认。

19.认可机构

具有国家授权从事资格认可的权威机构。认可机构依据特定的准则和程序，对认证机构从事特定领域的认证活动的的能力予以评审和认可。中国环境管理体系认证机构认可委员会是由国家授权从事环境管理体系认证机构认可的权威机构，是我国环境管理体系认证领域唯一的国家认可机构。

20.环境管理体系认证机构

认证机构是具备一定的能力和资格、根据颁布的环境

管理体系标准和体系所要求的其他辅助文件对组织的环境管理体系进行认证的第三方机构(即与审核方无任何利益关系的机构)。对认证机构能力与资格的认定由认可机构实施。

第三节 认证审核

在环境管理体系中审核工作包括环境审核和环境管理体系审核两部分。

一、环境审核

1. 环境审核的类型

环境审核在发达国家工商业中已得到广泛应用，基于不同的审核对象与目的，审核分为如下 5 个类型：

环境管理体系审核：依据环境管理体系标准及其他审核准则，对组织环境管理体系的符合性及有效性进行评价，这种审核对组织环境绩效持续改进具有非常重要的作用。

环境标志审核：对产品在生产、使用和处理处置过程是否符合特定的环境保护要求进行分析与评价，产品生命周期分析将成为该审核的主要支持工具。

清洁生产审核：又称清洁生产审计，对正在运行的和计划运行的企业的生产过程等实行的分析与评估活动，意在帮助企业找出高物耗、高能耗、高污染的原因，以便有的放矢地提出对策、方案，最大限度地提高资源、能源利用水平，减少污染。

环境行为符合性审核：是对照国家的环境法律法规及其他要求评价组织环境行为符合性的活动，其审核结果可为组织、制定和实施环境改进计划提供依据。

应负责任审核：主要针对组织的环境责任进行的评审，其目的在于确定污染的最终责任者，可为银行业、保险业提供环境污染与风险的依据，确定在交易等活动中的环境风险和责任。

2.环境审核的主要特点

上述各类环境审核虽然在审核对象、内容与方法上各异，但都具有如下特点：环境审核是一种管理手段，是以保护环境为最终目的的，审核是一个系统化、文件化的评价过程，审核过程中有规范化的准则及审核，具有客观性。

二、实施环境审核的基本条件和通用原则

1.实施审核的基本条件

审核前要界定主题事项及其责任方并形成文件。

审核组长与委托方商榷后，应具备下述条件才可实施审核：主题事项具备充足适用的信息资料；开展审核工作所需资料充足、详实；得到受审核方的很好配合。

2.审核的通用原则

审核的目的与范围：审核目的以委托方的要求为基础，其范围规定了审核的深度和广度，并通报受审核方。

审核要体现公证性与客观性：客观、公证是审核的基本原则，审核全过程应当保持客观，切勿存在偏见和主观臆断。

审核员职业守则：审核员应具备工作知识、技能和

经验，工作过程应认真、娴熟、明断。审核的信息或文件、终审报告不泄露给第三方。

系统化的审核程序：进行环境审核，应遵循ISO14010及针对相应类型环境审核制定的指南。对于第三方认证审核而言，要以认可制度为基准，审核要文件化、规范化，程序化以确保一致性和可靠性。

审核准则、审核证据和审核发现：环境审核首先确定审核准则，该准则应由审核组长与委托方共同认可；审核证据是收集、分析、记录所需信息，在审核评价过程判定其是否符合审核准则；审核发现是审核员参照审核准则对审核证据进行评价，以确定证据的质量和数量是否达到相应的水平。

审核发现与审核结论可靠性：审核过程的设计应使审核发现与结论的可靠性达到委托方和审核员所期望的可信程度；鉴于审核时受到时间和资源的限制，收集到的审核证据仅为所有信息的一部分，故在审核中存在不确定因素，在使用审核结果时应充分注意这种不确定性。此外审核员要认识到审核发现和结论存在不确定性，在实施审核时应考虑这些因素。

审核报告：审核发现和结论以及审核的有关信息，最要形成书面报告报送委托方，将报告副本送受审核方。审核报告发放范围由委托方决定。

三、环境管理体系审核

1.环境管理体系审核的对象与目的

审核对象是组织的环境管理体系，其目的在于通过审

核判断受审核方环境管理体系的符合性和有效性，以便找出差距和不足，使环境管理体系持续改进，实现环境绩效的改善，从而促进环境保护，使环境与经济协调发展。

2.环境管理体系审核准则与方法

审核准则。

环境管理体系审核是一个客观地获取审核证据，并对照审核准则进行判断的过程。审核准则通常有以下3种：ISO14001标准；受审核方建立的环境管理体系文件；适用于受审核方的环境保护的法律、法规及其他要求。

环境管理体系审核方法。

环境管理体系审核特点是具有系统化、文件化和程序化，且具有客观性，因此审核方法亦须按规定的程序和规则进行。

审核的具体内容包括文件和现场审核两部分。文件审核采用查阅文件、调阅记录、与组织的管理者和操作人员面谈、问卷及现场观察等方式进行。现场审核采用抽样方式进行，但抽样一定要有代表性。

3.环境管理体系审核的类型

按审核方与受审核方的关系可分为内部审核和外部审核。内审又称第一方审核，外审又分为第二方审核或第三方审核。

第一方审核。

由组织的成员或其他人员以组织的名义进行的审核为第一方审核。这为组织提供了一种自我检查、自我完善的机制，可为有效的管理评审和采取纠正、预防或改进措施

提供信息。

第二方审核。

在某种合同要求下，由与组织(受审核方)有某种利益关系的相关方(委托方)或由其他人员的相关方的名义实施审核。如，某组织的采购方或组织的总部对该组织环境管理体系进行审核。该审核是为组织的相关方提供信任的证据。

第三方审核。

由独立于受审核方且不受其经济利益制约的第三方机构依据特定的审核准则，按设定的程序和方法对受审核方进行审核。第三方审核是由第三方认证机构依据认可制度的要求实施、以认证为目的的审核，又称认证审核。这种审核旨在为受审核方提供符合性的客观证明和书面保证。

上述三种审核，第三方审核的客观程度最高，因此，认证审核往往被称为具有权威性、公正性、客观性的审核，其可信度更高。

第四节 认证实施程序

环境管理体系认证实施程序具体过程：

1.组织提交书面申请

已经建立并有效地运行了环境管理体系的组织，向认证机构提出环境管理体系认证申请，并了解认证机构的环境管理体系认证程序和相关要求。组织应按认证机构的要求，填写认证申请表格(附有关材料)。

2. 申请评审、合同评审

认证机构接到申请后要作如下两件工作：

申请评审：对申请方提交的申请材料进行初步评审，以确定其是否具备申请认证的条件。

合同评审：认证机构对承担认证项目的能力进行自我评价的工作过程，它包括对申请方的产品、活动、服务进行归类，分析其主要环境因素，确定专业类别，判断认证机构的认可业务是否包含了申请方的专业领域，分析自身具备的审核资源与能力是否满足审核项目的需求。

3. 签订认证合同

通过认证机构申请评审与合同评审，对是否接受认证申请进行确认，若接受申请便可签订认证合同。

4. 任命组长

建立审核组。认证机构任命有能力的审核员担任审核组长，并由该审核组长来组建审核组。

5. 审核

环境管理体系审核的实施分为两个阶段，即第一阶段审核和第二阶段审核，两个阶段审核均由审核组长负责并带领审核组按照预定的审核计划实施。第一阶段审核包括文件审核和现场审核两部分。第二阶段审核是认证工作的核心部分，其目的在于通过审核确认受审核方环境管理体系的符合性及其运行的有效性。

6. 纠正措施和跟踪

对不符合项，审核组应要求受审核方在规定期限内，进行不符合项原因分析，制定合理有效的纠正及预防措施，

并将纠正措施与结果报告审核组，并附相关材料。审核组要对纠正与预防措施进行验证，由审核组长酌情确定“文件验证”或“现场跟踪”之一的验证方式。

7. 审核报告

当完成对纠正与预防措施的验证后，审核组长组织编写审核报告。内容包括审核工作及受审核方环境管理体系总体情况，总结审核发现，作出结论性意见，并提出是否推荐认证的建议。

8. 认证评定及签发证书

认证评定是由认证机构设置的负责认证评定的部门来进行，对审核过程及其结果进行评定，作出认证结论。根据认证评定的结论，由认证机构的最高管理者签发认证证书。

9. 认证后的监督与管理

在认证证书的三年有效期内，认证机构应对获证组织的环境管理体系实施监督审核。审核分为定期审核和不定期抽查。监督审核的频次与深度应视获证方环境因素的复杂性及环境影响程度等因素而定，认证后首次监督审核应在获证后半年内进行，以后至少每年一次。当环境管理体系发生变化，或发生环境污染事件，产生较大影响时，应增加监督审核频次。当证书有效期满时，获证组织需提前至少三个月提出申请，由认证机构进行全面复评，以便重新确认组织的环境管理体系是否持续有效，决定是否再换发认证证书。