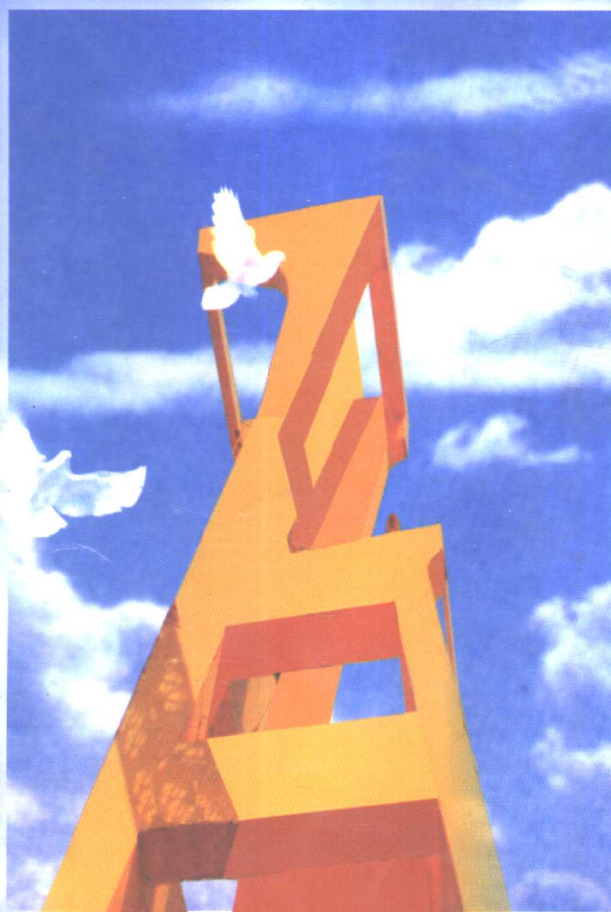


煤炭工业环保安全培训教材

煤矿固体废物 治理与利用



煤炭工业出版社

煤炭工业环保安全培训教材

煤矿固体废物治理与利用

编写 张 策 何绪文
审稿 任守政

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书全面介绍了煤矿固体废物的治理与利用技术, 主要内容包括: 煤矿固体废物的来源、性质、分类以及对环境的危害, 煤矸石、粉煤灰和矿区垃圾等固体废物污染治理的基本原理和技术等。

本书主要作为从事煤矿环保工作人员的培训教材, 也可供有关科技人员和大专院校师生学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

煤矿固体废物治理与利用/张策等编. - 北京:

煤炭工业出版社, 1997

ISBN 7-5020-1539-6

I. 煤… II. 张… III. ①煤矿-固体废物-废物处理

②煤矿-固体废物-废物综合利用 IV. X752.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 24102 号

煤炭工业环保安全培训教材

煤矿固体废物治理与利用

编写 张 策 何绪文

责任编辑: 黄朝阳 高 峰

煤炭工业出版社 出版

(北京市朝阳区霞光里 8 号 100016)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 787×1092mm¹/₁₆ 印张 12³/₄

字数 295 千字 印数 1—2,500

1998 年 7 月第 1 版 1998 年 7 月第 1 次印刷

书号 4308 定价 31.00 元



版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

煤炭工业环保安全培训教材编委会

主 任 王显政

副主任 王乃新 王久明 范世义 陈立良 王邦君
孔 青 高廷耀 崔继宪 戚颖敏

委 员 (以姓氏笔划为序)

小野寺次郎(日) 山口幸夫(日) 王文龙
王金石 刘光荣 刘 洪 任守政 孙福珠
李文林 李中和 李树志 杨 江 宫月华
张长海 张庆杰 张怀新 张 策 胡文容

酒井正和(日) 高岗久美男(日) 晏学民

展良荣 黄福明 廖灿平 戚宜欣

曾我部敬(日) 管延明 藤濑孝(日)

15090/05

序

环境问题已为世人瞩目，能源使用对环境的影响已经超越了国界，成为重大国际性问题。煤炭工业是我国的基础工业，我国连续多年位居世界第一的煤炭生产量和使用量，已经并将继续对我国的环境产生巨大影响。煤炭工业环境保护是我国和全球能源-环境协调发展战略的重要组成部分，也是煤炭工业实施可持续发展战略的必由之路。煤炭工业有责任通过发展洁净煤技术，推行清洁生产、控制污染和保护矿区生态，对全国乃至全球的环境保护作出较大贡献。

安全生产是煤炭工业的生命线，煤炭生产必须坚定不移地贯彻落实“安全第一、预防为主”的方针，坚持“管理、装备、培训并重”的原则，认真抓好安全工作，确保国家财产和人民群众生命的安全，保证经济快速增长，维护社会稳定，保护劳动者的健康，努力实现全国煤矿安全的稳定好转是煤炭工业各级领导的重要职责，是必须认真对待和解决好的头等大事。

长期的实践使我们认识到，通过加强教育，提高全体从业者，特别是各级领导者的环境意识、安全意识和技术素质，是搞好煤矿环保、安全工作的关键之一。

近年来，煤炭工业的环保、安全干部专业培训，已经取得了可喜的成果并产生了积极的作用。中日合作建设的煤炭工业环保安全培训中心，是一个具有90年代先进技术装备和良好教学条件的培训基地，同时也开辟了学习国外，特别是日本煤炭工业环保、安全先进技术与管理经验的窗口。

我高兴地看到，煤炭部环境保护办公室与安全司联合组织行业有关专家、技术人员编写的《煤炭工业环保安全培训教材》，从基础理论、法律法规、管理制度和实用技术等多方面，围绕中国煤炭工业的实际，比较系统地阐述了煤矿环保、安全工作的任务、内容、理论、方法和措施，反映了90年代国内外煤矿环保、安全工作的发展水平。教材内容注重理论联系实际，普及兼顾提高，并吸收了日本方面的先进经验，把科学性、知识性和实用性较好地结合了起来。

我相信，这套教材的出版和使用，对于提高煤矿干部、职工环保安全理论水平和专业技术素质，进而推动煤炭工业环保、安全事业的发展必将起到积极的作用。



1998年2月

前 言

根据中国、日本两国政府间协议，双方合作在山东兖州矿业（集团）有限责任公司建设煤炭工业环保安全培训中心。培训中心是为适应我国煤炭工业环保安全工作的需要而建立的，中心将以我国煤炭工业环保、安全工作的丰富实践为基础，引进日本的先进设备，有针对性地开展继续教育工作。

为做好培训工作，煤炭工业部组织有关专家和专业技术人员编写了这套煤炭工业环保安全培训教材，共计七册。其中环保教材六册，分别为《煤矿环境管理》、《洁净煤技术与矿区大气污染防治》、《煤矿矿井水及废水处理利用技术》、《矿区生态破坏防治技术》、《煤矿固体废物治理与利用》和《煤矿环境监测》；安全教材一册，为《煤矿通风安全技术与管理》。

这套教材的编写指导思想是，坚持科学性、先进性和实用性统一及理论联系实际的原则，突出行业特点，密切结合国情，注意吸收、借鉴日本煤炭工业的成功经验和先进理论与技术，面向基层，为煤矿生产建设和实现可持续发展服务。

教材内容上，在保证必要的基础知识和理论的系统性、完整性的前提下，突出重点，删繁就简，针对不同学员的实际情况，普及与提高并重。

本教材不仅是环保安全培训中心的专用教材，也可以作为各种形式的环保、安全学习班和有关人员自学的教材。

这套教材的编写尚属首次，由于时间和水平所限，教材中在所难免地会存在许多不足之处，希望广大读者多提宝贵意见，以期进一步修改完善。

教材编委会

1998年2月

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 固体废物的定义、分类和特点	(1)
第二节 固体废物的排放与污染现状	(3)
第三节 固体废物的污染治理	(6)
第四节 煤矿固体废物的资源化	(12)
第二章 固体废物的基本处理方法	(19)
第一节 固体废物的预处理	(19)
第二节 物理方法处理技术	(25)
第三节 化学方法处理技术	(36)
第四节 生物方法处理技术	(38)
第五节 焚烧与热解	(39)
第六节 最终处置方法	(43)
第三章 煤矸石的来源、组成及矸石山自燃	(48)
第一节 煤矸石的来源及污染	(48)
第二节 煤矸石的组成	(49)
第三节 煤矸石的性质和分类	(59)
第四节 煤矸石山的自燃与灭火	(67)
第四章 煤矸石的综合利用	(82)
第一节 从煤矸石中回收有用矿物	(82)
第二节 从煤矸石中生产硅铝系合金	(85)
第三节 煤矸石发电与流化床燃烧技术	(87)
第四节 用煤矸石生产化工产品	(91)
第五节 用煤矸石制砖	(96)
第六节 用煤矸石生产水泥	(101)
第七节 煤矸石混凝土及其制品	(109)
第八节 煤矸石用作填筑材料	(115)
第九节 用煤矸石生产农业肥料	(118)
第十节 煤矸石的其它应用	(123)
第五章 粉煤灰的综合利用	(133)
第一节 粉煤灰的来源及其污染	(133)
第二节 粉煤灰的组成、性质和品质指标	(134)
第三节 粉煤灰用于建筑材料	(139)
第四节 粉煤灰在道路工程中的应用	(152)

第五节 粉煤灰用作注浆材料和充填材料	(156)
第六节 粉煤灰的农业利用	(159)
第七节 粉煤灰的其它应用	(163)
第六章 垃圾的处理与利用	(167)
第一节 垃圾的污染与危害	(167)
第二节 垃圾的收集和运输	(172)
第三节 垃圾的处理	(175)
第四节 垃圾处理发展趋势和资源化	(180)
附录	(183)
参考文献	(191)

第一章 概 论

〔提要〕 本章着重介绍固体废物的分类，煤矿固体废物的特点及其排放污染现状，固体废物的管理、治理和资源化的方针政策、技术水平和综合利用途径等，并简要介绍了煤矿固体废物资源化的发展趋势。

第一节 固体废物的定义、分类和特点

一、固体废物的定义

在人类的生产和生活活动过程中，人们从资源或物料中提取了所需的组分后，往往还有一些固体或半固体物质被弃之不用，它们对环境造成了污染，把这些暂时没有被利用的物质叫做固体废物。

固体废物主要有工业固体废物和城市生活垃圾。前者为生产活动中所产生的废物，后者则是人类生活活动中所产生的废物。

1985年召开的“有害废物环境管理指南和规定草案”国际会议，将容器盛装的易燃、易爆、有毒、有腐蚀性的废液、废气，从法律上定为固体有害废物，执行特殊法规，纳入固体废物管理范畴。

从充分利用自然资源的观点来看，“废物”只是一个相对的概念。在某一条件下为废物，在另一条件下却可能成为宝贵的原料，今天被称为“废物”的物质，只是由于技术或经济条件等的限制，暂时还无法加以充分利用而已，明天，可能就会成为有价值的废物资源了。所以，固体废物随时空的变迁而具有相对的涵义。

二、固体废物的分类

由于固体废物来自各种生产和生活过程中，其种类繁多，组成复杂，从不同的角度出发，有不同的分类方法。例如，按形态分类，可分为固体和半固体废物；按化学性质分类，可分为有机废物和无机废物；按来源分类，可依据不同行业，分为煤炭、冶金、化工、电力等工业固体废物；按危害程度分类，可分为危险性废物和非危险性废物等等。

通常，从管理需要出发，采用按来源分类的方法。国外许多国家将固体废物分为工业固体废物、矿业固体废物、城市固体废物、农业固体废物和放射性固体废物等5类，见表1—1。

中国从固体废物管理需要出发，根据《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》确定，将其分为3类进行管理，即工业固体废物、城市生活垃圾和危险废物。

工业固体废物是指在工业、交通等生产活动中产生的固体废物；城市生活垃圾是指在城市日常生活中或者为城市日常生活提供服务的活动中产生的固体废物以及法律、行政法规规定视为城市生活垃圾的固体废物；危险废物是指列入国家危险废物名录或者根据国家规定

的危险废物鉴别标准方法认定的具有危险特性的废物。

表 1—1 固体废物的分类、来源和主要组成物

分类	来源	主要组成物
矿业废物	矿山、选矿	煤矸石、废石、尾矿、废旧设备、建筑废料、废木材等
工业废物	冶金、交通、机械工业	矿渣、金属碎屑、铸造和焊接废料、边角料、橡胶、塑料、废旧设备、绝热绝缘材料
	电力工业	炉渣、粉煤灰
	建材工业	废水泥、粘土、陶瓷、石膏、石棉、砂石、砖瓦
	化学工业	化工废渣、化学石膏、炉渣、化学药剂、废金属、塑料、橡胶、沥青、石棉物
	轻纺、食品工业	废橡胶、废塑料、棉纱、纤维碎布、染料废渣、碎玻璃、炉渣、谷物、果类、蔬菜、烟草
	橡胶、皮革、塑料工业	废橡胶、皮革、塑料、碎布、纤维
城市垃圾	居民生活	食品废物、生活垃圾、燃料灰渣
	商业、机关	食品废物、炉灰、废旧工具、器具、纸张及生活垃圾
	市政维护、管理部门	碎砖瓦、落叶、灰渣、污水、脏土
农业废物	农林	废稻草、秸秆、蔬菜、水果、落叶、树枝、人畜禽粪
	水产、牧业	死禽畜、腐烂鱼、虾、贝壳、水产加工废物
放射性废物	核工业、医疗单位	废金属、放射性废渣、污泥、器具、劳保用品、建筑废料

三、固体废物的特点

各行各业的固体废物，其种类繁多，组成复杂，性质殊异，各具特性。大多数固体废物可以再利用，其再利用资源潜力巨大。

与废水、废气相比固体废物，自身迁移、扩散性小，显示出一定的稳定性和呆滞性。它除直接占用土地和空间外，对人和环境的影响，一般需通过水体、大气或土壤进行传播，所以，长期以来，人们对固体废物的污染和危害认识不足，对其有效的控制，远远落后于废水和废气。

煤炭在开采、洗选和综合利用过程中，以及矿区职工日常生活中产生的固体废物，主要以煤矸石、粉煤灰、煤泥、污泥和矿区生活垃圾等为主，它们的特点有以下几个方面：

1. 产生量大、利用率低

煤炭是中国能源的主体，现年产煤已达近 14 亿 t，产生的煤矸石约 1.5~2.0 亿 t。矸石电厂燃烧的是具有一定热值的煤矸石，灰分高达 60%~70%，目前每年产生 600 多万吨粉煤灰和灰渣。矿区由于大量使用散煤或型煤取暖供热，生活垃圾中有大量的渣土，因而矿区职工的生活垃圾人均达 1.5 kg/d，比全国人均高出近 1 倍。对于矿区的固体废物，限于经济和技术条件，其综合利用率和无害化卫生处置只达到 20%~40% 左右，致使大

量的煤矿固体废物侵占大量的农田、污染矿区环境、破坏生态平衡。

2. 适合作建材和化工原料

煤矸石和粉煤灰渣的化学成分和粘土相似，可用于烧砖、生产水泥、生产混凝土制品、砌筑砂浆材料、生产陶粒等轻骨料；煤矸石中含有多种矿物和化学元素，可以制造氯化铝、聚合氯化铝、橡胶制品填料、硅铝铁合金以及农业肥料等。煤矸石、粉煤灰和粘土的化学成分见表 1—2 所示。

表 1—2 煤矸石、粉煤灰和粘土的化学成分 (%)

化学成分 名 称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	烧失量
粘土	60~70	12~20	0.5~1.5	1~2	4~7	2~3	1~2	3~5
煤矸石	40~65	15~35	1~7	1~4	2~9	1~2.5	<1	2~17
粉煤灰	40~60	20~35	0.8~7	0.5~2.5	2~12	0.5~2	0.2~1	2~15

注：各地成分差别很大，表中数据系指一般属性。

3. 含有一定热值

煤矸石、粉煤灰和炉渣等，都含有一定量的可燃物质，因此，作为低热值燃料，可加以利用。煤矸石发热量在 6.28 MJ/kg 以上，可以作沸腾炉燃料，供矸石电厂发电；发热量在 2.09~6.28 MJ/kg 的煤矸石，可用于烧制全煤矸石内燃砖，做到烧砖不用煤；用于生产水泥，可代替一部分燃料和原料，具有显著的节能效果。一般说来，7~10 t 炉渣用于生产建筑材料可以节约 1 t 标准煤。

第二节 固体废物的排放与污染现状

一、排放现状

随着工农业的发展，城市人口的增加，人民生活水平的提高，人们在生产过程和社会生活活动中所排放的固体废物越来越多。根据中国环境年鉴统计，中国 1985 年工业固体废物的产生量为 4.8 亿 t，1990 年增加至 5.8 亿 t，平均每年增长 3.9%。工业固体废物中，以煤矸石和粉煤灰所占比例最大，以 1995 年为例，全国总共产生工业固体废物 6.5 亿 t，其中：煤矸石占 1.5 亿 t，粉煤灰 1.0 亿 t，两者合计约占总量的 40%。

由于中国工业固体废物的利用率一直很低，到 1990 年，累积堆存量已达 64.8 亿 t，占地 5.4 万 hm²，其中占用农田 0.4 万 hm²。除堆存外，每年都有一部分不经处理直接排入环境中，其中一部分是排入江河湖海。如此大量的固体废物不能得到妥善的处置，因而每年都有严重的污染事故发生，仅 1990 年发生固体废物的污染事故就有 103 起。

从 1986 年到 1990 年工业固体废物综合利用率逐年有所提高，但幅度不大（见表 1—3）。

从 1991 年以后，中国工业固体废物的产生量仍逐年增加，但排放量有逐年减少的趋势，综合利用量和利用率有较明显的增加（见表 1—4）。

1995 年全国工业固体废物产生量（未含乡镇工业）6.5 亿 t，工业固体废物历年累积

堆存量达 66.41 亿 t, 占地 5.5 万 hm^2 ; 全国煤矸石产生量约 1.5 亿 t, 历年累积堆存量达 30 亿 t, 占地 5 500 hm^2 ; 全国电力系统灰渣产生量 9 936 万 t, 历年累积堆存量达 5 亿 t, 占地 3 800 hm^2 , 煤炭系统矸石电厂产生的粉煤灰 630 万 t。全国城市生活垃圾清运量 1.3 亿 t。(见表 1—4、表 1—5 和表 1—6)。

表 1—3 中国工业固体废物产生及利用情况 (万 t)

年 份	1986	1987	1988	1989	1990
产生量	60 364	53 541	56 132	57 173	58 000
排放量	13 306	8 676	8 545	5 263	4 676
综合利用量	14 730	13 712	14 715	16 137	16 943
综合利用率 (%)	24.4	25.6	26.3	28.2	29.2

表 1—4 全国工业固体废物产生、排放及利用情况 (万 t)

年 份	1991	1992	1993	1994	1995
产生量	58 759	61 884	61 780	61 704	64 510
排放量	3 376	2 587	2 152	1 932	2 227
其中: 排入江河湖海	1 181	1 083	737	691	636
综合利用量	22 284	25 554	24 826	26 693	28 589
综合利用率 (%)	36.6	39.6	38.7	41.8	43.0
历年累积堆存量	596 253	591 608	596 576	646 282	664 103

注: 摘自《1995 年中国环境状况公报》。

表 1—5 1995 年全国煤炭、电力系统产矸产灰情况 (万 t)

项 目	产生量	利用量	利用率	累积堆存	累积堆存占地 (hm^2)
煤矸石	15 000	4 700	31	300 000	5 500
粉煤灰 (电力系统)	9 936	4 145	41.7	50 000	3 860
粉煤灰 (煤炭系统)	630	339	53.8		

表 1—6 全国城市生活垃圾清运与处理情况 (万 t)

年 份	1990	1991	1992	1993	1994
清运量	6 766.8	7 636	11 205	12 761	13 007
处理量	155.6	908.7	3 167.5	4 152	4 914
处理率 (%)	2.3	11.9	28.3	32.5	37.8

二、污染现状

中国每年产生的固体废物数量巨大、种类繁多、性质复杂，而处置设施严重不足，处置率低，从而对环境造成了严重的污染和破坏。目前，每年产生的工业固体废物除约40%综合利用外，大部分仍处于简单堆放，任意排放的状况，每年约有600万t直接排入江河湖海，不但污染水体，也使江湖的面积不断缩小。

矿区生活垃圾每年约以10%的速度增长，由于受到技术、资金和管理水平等因素的制约，处理处置水平还比较低，大多数未作无害化处理，只有少数固定堆放场地，大部分自由堆放，有的直接倒进就近河沟，有的就在居住区周围焚烧垃圾，它们对水体、大气的污染更不容忽视。这不但污染了矿区环境，而且也阻碍了矿区城市的发展。

由于固体废物的处置水平低，造成事故频繁，损失很大，环境纠纷时有发生，有些问题很难解决。据不完全统计，全国每年因固体废物污染环境造成的经济损失超过100亿元，每年产生的大量可利用而未利用或者未充分利用的工业固体废物资源，价值损失已超过250亿元。简单堆放不仅占用了大量的土地，而且经雨雪淋湿浸出毒物使土地毒化、酸化、碱化，其污染面积往往超过所占土地面积的数倍，并导致水体受污染。

长期以来，粉煤灰以灰浆泵送到储灰场，每1t灰需用10t水，有的多达20t水，大量消耗水资源。储灰场一旦干涸后，粉煤灰则随风飘扬，污染大气。也曾发生灰坝崩塌，灰水冲决事故，造成严重的污染和经济损失。

煤矸石除了粉尘污染环境外，由于矸石的风化、雨水淋溶，矸石中一些可溶性金属盐类渗入地下，使土壤和地下水遭受到重金属的污染。据汾西矿务局水峪煤矿矸石淋溶试验表明，每1kg矸石淋溶出 $\text{Hg } 2.5 \times 10^{-4} \text{ mg}$ ； $\text{Cd } 1.5 \times 10^{-2} \text{ mg}$ ； $\text{Pb } 2.0 \times 10^{-2} \text{ mg}$ ； $\text{Cr}^{6+} 2.0 \times 10^{-2} \text{ mg}$ ； $\text{As } 3.0 \times 10^{-2} \text{ mg}$ 。由此可见，矸石淋溶水中由于含有一定量的重金属而使水体受到严重污染。

煤矸石中若含有1.5%以上的硫，则容易自燃起火，散发出大量的 SO_2 、CO和 H_2S 等毒气，严重污染大气，危害人类。据铜川矿务局对矸石山周围污染的实测结果， SO_2 和苯并芘超过了国家三级标准。矸石山附近大气质量的严重恶化，在一定条件下引起和加重区域内的酸雨问题，其危害还包括腐蚀金属设备和器材，腐蚀建筑物，土壤酸化，农作物和树木枯萎衰退，不仅造成不可估量的经济损失，而且导致人类赖以生存的环境质量不断恶化。

垃圾的污染问题，因无害化处理率仅为37.8%，目前，已形成垃圾包围城市的严重局面，是中国大、中城市，包括矿区城市的严重环境问题，给人们带来了现实和潜在的污染危害。

在固体废物的污染中，最为严重的是危险废物的污染。易燃、易爆和腐蚀性、剧毒性废物，易造成即时的严重灾害，而具有毒性或潜在毒性的废物则会造成持续性的危害。中国锦州堆存的铬渣，曾使18多平方千米范围内的水质遭到六价铬的污染，使7个自然屯的1800眼井不能饮用，耕牛不能下田。目前，只有一些大、中型企业产生的量大的危险性废物有处置设施，而产生量少以及中小型企业及乡镇工业均无控制地任意排放，或混入垃圾或排入下水道，造成的污染事故不胜枚举。

第三节 固体废物的污染治理

一、固体废物污染防治的有关政策和法规

随着工农业的发展,固体废物的排放量急速增加,而堆放和处理场地却日益减少,固体废物的污染已构成对环境的严重威胁。中国为了防治固体废物对环境的污染,采取了一系列管理措施,制定了一些法律、法规、规章。在立法方面,已公布施行的有《环境保护法》、《海洋环境保护法》、《水污染防治法》、《大气污染防治法》等环境保护法和一些有关自然资源保护管理的法律,如《水法》、《矿产资源法》、《煤炭法》等,都有关于防治固体废物污染环境,合理利用固体废物的规定。此外,国家环境保护局或会同国务院有关部门及部分地方人民政府还制定了一些防治固体废物污染环境的规章,如《防治尾矿污染环境的规定》、《防止含多氯联苯电力装置及其废物污染环境的规定》、《关于防治铬化合物生产建设中环境污染的若干规定》、《关于严格控制境外有害废物转移到我国的通知》、《排放污染物申报登记规定》、《湖南省固体废物管理办法》、《山西省工业固体废物污染防治条例》、《成都市固体废物管理办法》、《辽宁省工业固体废物污染控制标准》等。10余个固体废物污染控制标准。

1994年,国家环保局开始在全国推行固体废物申报登记制度以及许可证的试点。为推动固体废物资源化和无害化,国家环保局开展了废物交换试点和推动废物集中利用、处理、处置。为了对固体废物,特别是危险废物实行“全过程”管理,上海、沈阳、深圳、吉林等城市先后实行了危险废物转移报告单制度。

1988年开始的城市环境综合整治定量考核,把固体废物处置和综合利用作为考核的指标之一,促进了城市固体废物污染的防治。

1995年10月30日,全国人大常委会通过了《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》,全面、系统地规定防治固体废物污染环境的基本原则、制度、政策和措施及监督管理体制、法律责任,将固体废物污染环境防治进一步纳入法制化的轨道。

“八五”期间,煤炭行业的环境管理从单纯依靠行政手段,逐步走上法制化轨道。依照国家颁布的一系列环境保护法律、法规,煤炭部颁布了《煤炭工业环境保护管理暂行办法》,进一步明确了煤炭工业环境保护的方针、原则及任务、措施,使大中型新建、改扩建和技术改造项目环境影响评价和“三同时”制度执行率达到100%,有效地控制了固体废物的污染和新污染源的产生。

二、固体废物的治理

固体废物的治理包括开展综合利用和处理处置2个方面。

(一) 开展综合利用

建国以来,中国即提倡工业废渣的综合利用,已创出了符合国情的技术路子,即以大宗利用为主,兼顾多功能高效能的利用。在取得环境效益和社会效益的同时,注意尽可能收到良好的经济效益。多年来,大力研究和开发了工业废渣耗用量大的水泥、墙体材料、筑路、填方、农用等方面的技术。在固体废物回收利用、循环利用方面开发了多种无废、低废的清洁工艺技术。从固体废物中回收能源也做出了不少成绩。据1995年的不完全统计

计, 占年产生量 43.1% 的固体废物得到了综合利用, 其中利用粉煤灰 4 145 万 t, 煤矸石 4 700 万 t。这些固体废物主要用作工程建设材料等方面。例如, 用煤矸石作原料和燃料, 生产砖瓦、水泥等建筑材料和煤矸石发电; 用粉煤灰作水泥混合材料, 墙体材料和筑路材料。这些综合利用项目, 节省了大量的制砖用粘土, 少占了土地, 节约了煤炭。制成的建材重量轻、性能好、耐用, 收到了良好的环境效益、经济效益和社会效益。煤矸石和粉煤灰用于生产农业肥料, 改良土壤, 也有很大的发展。

1. 煤矸石的利用

煤矸石的利用技术主要有以下几个方面: 一是作为劣质燃料的燃烧技术, 以洗矸的沸腾燃烧技术为主; 二是矿井矸石和沸腾炉渣的利用技术, 以建筑材料利用为主; 三是用于矿井的回填和复垦; 四是高附加值的利用, 如提取稀有元素, 生产农业肥料, 制造氯化铝、聚合铝、水玻璃、白炭黑等。煤矿企业兴办煤矸石电厂、水泥厂、砖厂等综合利用项目, 已经有了比较成熟的经验。

1) 洗矸的沸腾燃烧技术。

早在本世纪 60 年代初期, 中国已将沸腾燃烧技术用于燃用劣质燃料锅炉。目前, 蒸发量为 2~130 t/h 的沸腾锅炉, 全国已有 3 000 多台。1975 年以来四川、江西、云南、河南、安徽、辽宁、黑龙江等省的部分煤矿, 先后建成了 72 座煤矸石电厂, 装机容量达 830 MW。1990 年平顶山矿务局建造了装机容量 12 MW 的煤矸石电站示范厂, 锅炉为新一代的 35 t/h 循环流化床锅炉。

建煤矸石电厂, 既利用了矸石热值, 又保护了环境。今后, 中国将进一步发展煤矸石电厂, 利用循环流化床燃烧技术, 提高锅炉热效率, 减少污染, 并可综合利用活性炉渣。“九五”期间将新建矸石电厂 59 座, 装机容量达 800 MW。

2) 生产建材。

中国利用煤矸石生产水泥已有 20 年的历史, 逐步形成了一整套具有中国特色的理论和技术, 其中包括原料的预均化、煤矸石代粘土、高饱和比配料和掺用复合矿化剂烧结、立窑操作、预湿成球以及沸腾炉燃用煤矸石烘干技术等。目前, 利用煤矸石不仅能生产硅酸盐水泥和火山灰水泥, 而且能生产双快水泥、大坝水泥等特种水泥。煤矸石制水泥的技术不仅适用于立窑, 也适用于回转窑生产。煤炭行业建有煤矸石水泥厂近 60 个, 年生产水泥能力 900 万 t 以上。实践证明, 以煤矸石代粘土, 不但节土, 还可节煤 15%~30%, 水泥成本可大大降低, 若再辅以复合矿化剂煅烧, 用沸腾炉干燥和以沸腾炉渣做混合材料, 则每吨水泥成本比普通水泥还要降低许多。因此, 煤矸石水泥具有较强的竞争力。

发热量在 2.09 MJ/kg~6.28 MJ/kg 的煤矸石可做砖瓦的原料。利用煤矸石制砖, 中国已有近 30 年的历史, 其质量能满足建筑业的要求, 强度和耐酸、碱性还优于普通粘土砖。全国煤炭行业 200 家矸石砖厂总生产能力达 18.5 亿块, 每年利用矸石约 840 万 t, 节约标煤 30 万 t 以上, 节地约 100 hm²。中国是一个人均耕地较少的国家, 用粘土烧砖每年要毁掉大量的土地, 因此, 大力发展工业废渣砖, 以矸石等代替粘土生产砖瓦, 在中国具有重要的意义。煤矸石还可以用于生产加气混凝土、耐火材料、铸造砂等。

此外, 煤矸石还被用于回填矿井和塌陷区; 被用于制造氯化铝、聚合铝、水玻璃和白炭黑等高附加值产品。

2. 粉煤灰利用

粉煤灰是燃煤电厂排出的废物，也是可利用的废物资源，中国火电厂以燃煤为主，随着电力工业的发展，灰渣排放量日益增多。

针对中国人多，耕地少的状况，如何更多地利用粉煤灰，尽量少占土地，一直是我们努力的方向，国家计委把粉煤灰利用列为资源综合利用的 2 个突破口之一。

中国自 50 年代开始利用粉煤灰，经历了几个阶段，至 80 年代进入了发展时期。1980~1995 年，年综合利用量由 367 万 t 增加至 4145 万 t，年平均递增 252 万 t。目前，粉煤灰在建材、建工、道路、农业以及分选提取和加工制取有用材料等方面都有应用。1995 年粉煤灰利用情况见表 1—7。

表 1—7 1995 年粉煤灰综合利用分类表

(万 t)

类别	建材	建工	筑路	回填	农用	资源回收	其它
数量	1244	415	1292	845	208	18	123
比例 (%)	30.0	10.0	31.1	20.4	5.0	0.4	3.0
总利用量	4145						

中国粉煤灰的有效利用从建材开始，利用量也较大，这方面主要用于烧砖和制水泥，部分用于制造陶粒、砌块和加气混凝土。目前粉煤灰砖年产量为 130 万亿块以上，主要是烧结砖，掺灰量在 20%~70% 范围内。粉煤灰烧砖，不但节能，降低成本和提高了成品率，还大大改善了砖的性能，是建材行业及国家推广项目。

在建筑工程用灰中，主要是用作混凝土掺合料。大坝碾压混凝土中粉煤灰的掺入量已达 60% 左右，在几个水电站工程中采用，均收到了施工进度快，工程优质，节约水泥等综合效益。

作为混凝土的掺合料，粉煤灰的一个重要指标是细度，即 45 μm 筛的筛余量小于 20%。对于原状灰，目前采用的是磨细和分选加工工艺，分选法比较经济，年产量 5 万 t 细灰的分选设备已投入运行。磨损快和效率低是分选设备目前存在的两个较突出问题，为此正在不断改进并准备引进国外先进技术和设备。

筑路用灰目前跃居用灰量的首位，是大量用灰的好去处。用于筑路的粉煤灰，没有太多的要求，其在高速公路的路面、基层、底基层和路堤等都有大量的利用。农业用灰，除用作改良粘性土壤和酸性土壤外，大量的还是造地，用粉煤灰回填的塌陷区、洼地、山谷，复土后可用作耕地。经多年试验，取得了在纯灰场上进行直接种植的经验，这对缺土或取土困难的地区具有重要意义。利用灰渣生产肥料，已开发出硅钙钾复合肥和磁性磷氮肥，经大面积农作物试用，增产效果明显。

在资源回收中，从粉煤灰中可以分选出微珠、漂珠、铁和炭。漂珠可做耐火、隔热、隔音材料，橡胶、油漆、玻璃钢中的填料，还可用作防火涂料、油井轻质水泥的生产和化学工业的催化剂载体等。从粉煤灰中还可以提取氧化铝等。粉煤灰的分选是变废为宝的理想途径，应当积极提倡发展。

中国电力工业还要大力发展，2000 年装机容量将达到 240 GW，其中火电要达到 160 GW，排出的粉煤灰量将达 1.5 亿 t。目前，近 60% 的粉煤灰堆放在灰场，贮灰场占地已

达 3 800 hm²。随着环保要求的提高, 征地困难, 建灰场的费用随之增加, 运行费用也越来越高, 从某种意义上看, 粉煤灰的处置问题已成为制约中国电力工业发展的重要问题之一。要解决这个问题, 一方面要依靠科技进步, 降低煤耗, 提高煤质, 减少灰分, 另一方面还要积极开展粉煤灰的综合利用, 大量消化掉粉煤灰。

(二) 妥善存贮, 施行减量化与无害化的处理和处置

近年来, 许多地方和部门以及厂矿企业, 都致力于固体废物的处理和处置技术的研究。1995 年全国约有 60% 的工业固体废物得到适当的处理和处置。38% 的城市垃圾得到了卫生填埋。

煤矸石是煤矿主要的固体废物, 年产生量大, 而利用量少, 造成煤矸石的大量占用土地, 堆存的矸石山大大小小成千上万座, 其中, 国有煤矿有 387 座矸石山发生自燃 (目前已治理灭火的有 262 座)。为了使煤矸石少占土地, 不占耕地, 许多矿区已经开展煤矸石回填塌陷区, 充填矿井采空区的工作, 并设计了各种合理的堆存方式, 使矸石山尽量少占土地和防止矸石山自燃; 矿区城市产生的垃圾, 也尽量采用卫生填埋, 并加以复土造林绿化; 有的矿区进行了焚烧处理和堆肥化, 使煤矿固体废物在减量化和无害化方面取得一定的进展。目前, 从煤矸石中回收碳、硫, 有用矿物和金属, 发展洗选工艺和矸石不出井工艺, 对煤矸石山进行造林绿化, 使煤矿固体废物的治理和生态平衡得到了良性循环。

按现在的情况, 中国每采万吨煤炭, 平均约塌陷土地 0.2 hm², 每年总计约塌陷土地 1.5~2.0 万 hm², 其中 1/3 是耕地。淮北、徐州等矿区利用坑口电厂粉煤灰和矿井煤矸石充填塌陷区造地复田, 并对浅塌陷区挖深垫浅进行综合治理, 取得显著的环境效益。山东新汶矿务局张庄矿用粉煤灰代替多年沿用砂石作填充料, 进行长壁式边采边充填工艺, 解决了充填材料的沉降速度、流失率和在强震动下抗液化等难题, 为粉煤灰的利用和矿井的充填开发了切实可行的新工艺。

三、煤矿固体废物治理技术的发展

煤矿固体废物的治理和综合利用, 是工业固体废物污染治理的重要组成部分。为进一步提高中国工业固体废物的治理和综合利用的水平, 使环境保护与经济发展相协调, 国家有关部门提出了 2000 年以前固体废物污染治理和综合利用的目标。

一般工业固体废物的处理、处置要求到 2000 年达到 100%。从采用简单的填埋和焚烧等设施, 逐步实现采用防止二次污染的现代化设施。

危险废物的处理、处置, 首先要在有条件的地方筹建示范工程, 逐步在全国推广, 到 2000 年应有 40% 的危险废物得到处理和处置。建设一批安全填埋、焚烧、物理—化学—生物处理、固化以及稳定化等现代化设施。

一般工业固体废物综合利用率, 到 2000 年要达到 50%。其中, 煤矸石年利用量达 7 500 万 t, 粉煤灰年利用量 6 500 万 t。为了达到上述目标, 应积极做好如下工作。

(一) 大力推广行之有效的成熟技术

采用行之有效的成熟技术是提高治理水平的关键, 目前, 应着重推广下列技术。

1. 煤矸石的处理和利用技术

根据煤矸石组分不同的特点确定其不同的用途。热值高于 6.28 MJ/kg 的煤矸石, 宜作沸腾炉燃料; 热值在 2.09~6.28 MJ/kg 的煤矸石, 宜作水泥配料、烧结矸石砖、耐火