

粉煤灰利用手册

第二版

王福元 吴正严 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

粉煤灰利用手册

第二版

王福元 吴正严 主编

中国电力出版社
www.cepp.com.cn



本手册是在《粉煤灰利用手册》第一版的基础上,应广大读者的要求,适应新技术、新工艺的发展而编写的,全书总结了作者几十年来粉煤灰利用较成熟的成果和经验,内容主要包括:概述、粉煤灰的形成过程及其收集和处理、粉煤灰的基本性能、粉煤灰在混凝土及砂浆中的应用、粉煤灰在筑路及工程填筑中的利用、非烧制粉煤灰建筑制品、粉煤灰在陶质材料中的利用、粉煤灰在农业方面的应用、粉煤灰的精细利用、粉煤灰贮放建筑和利用、脱硫灰渣的性能和应用前景等。

本手册内容涉及面广,结合了当前新技术的应用,书中搜集了大量的通过试验和经生产检验的数据,特别是附有大量粉煤灰及其制品的性能、配合比、生产工艺、设备选型等资料,可供查阅,实用性很强。

本手册可供电力、土建、环保和资源利用等专业的生产、设计、科研人员使用,也可供大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

粉煤灰利用手册第二版/王福元,吴正严主编.北京:中国电力出版社,2004

ISBN 7-5083-1900-1

I. 粉… II. ①王…②吴… III. 粉煤灰-废物综合利用-技术手册 IV. X773.05-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 122220 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河) 100044 www.cepp.com.cn

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经销

1997年7月第一版

2004年10月第二版 2004年10月北京第三次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 43.5印张 1071千字

印数 4691—7690册 定价 78.00元

版权专有 翻印必究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

序

粉煤灰综合利用在我国开展较早，在各级领导的倡导和支持下，很多专家学者和从业人员辛勤劳动，为粉煤灰利用技术积累了丰富的经验，粉煤灰利用的重要意义也逐渐深入人心。根据 1993 年统计，我国粉煤灰利用率达到 34.8%，在世界排灰量最大的三个国家（中国、前苏联和美国）中占首位，综合利用技术也达到了较高的水平。

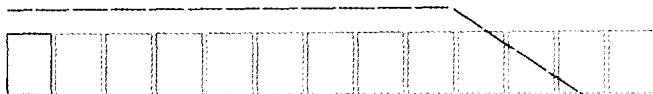
这本手册是在总结我国粉煤灰利用技术的成熟经验的基础上编写的，它内容丰富，数据翔实，有很强的实用性。它不仅收集了大量科研、生产、建设中长期积累的数据，可在工作中直接采用，还涉及粉煤灰用于水泥与混凝土、道路与工程填筑、烧制与非烧制品、农业以及精细产品。同时，对于粉煤灰及其产品的性能、配比、生产工艺、设备选型等也作了较详细的介绍。所以本手册与国内外同类著作相比较，具有一定的广度和深度。

粉煤灰作为一种资源，具有很高的使用价值，并为某些建筑材料和制品所不可缺少。这些事实，已被愈来愈多的人所认同。我国煤炭资源十分丰富，在相当长的时期内燃煤发电还将作为我国的主要能源，粉煤灰产量将会持续地大幅度增加。因此，大力发展粉煤灰资源的综合利用是我国经济持续发展的必然要求。相信本手册的出版将对我国经济与环保事业起到有利作用。

吴中伟

（中国工程院院士）

1996.10



第二版前言

《粉煤灰利用手册》第一版系1997年出版，但正式编写始于1991年5月。由于这些年来我国粉煤灰利用工作又有了较大的进展，主要表现在利用数量在不断扩大、利用途径在向纵深发展、利用技术水平也在日益提高，确实需要把新研究开发的成果和新的大量应用实践反映进来，同时出版社有关同志也有感于此，因此我们在2002年1月至2003年4月对《粉煤灰手册》作了修订，以期跟上粉煤灰利用技术的不断发展并使其更臻完善。

这次修订工作的构思：考虑到原手册章节框架是按利用途径划分，这几年粉煤灰利用技术虽有很大发展，但仍然在这个大框架内，因此原有章节基本未动，大量增添内容仍容纳其中，仅少数内容另列两个新的章节。

修订工作主要增加的内容有：正在施工的长江三峡大坝大量采用Ⅰ级粉煤灰的利用技术；大掺量绿色高性能混凝土的应用技术；粉煤灰商品砂浆（包括预拌和干砂浆）的应用技术；高钙粉煤灰作混凝土掺合料和在填筑工程中的应用技术；粉煤灰在桩基工程中的利用技术；煤粉灰空心小砌块的材料、性能和应用技术；对各地已建和正在建造的大掺量粉煤灰烧结多孔砖和烧结普通砖生产线，从技术角度进行分析比较，按目前技术成熟程度，推荐发展大掺量粉煤灰烧结普通砖较为稳妥；粉煤灰磁化复合肥的应用技术；在粉煤灰的精细利用即提高粉煤灰的利用附加值的研究方面这几年有长足进步，新增了用作耐酸材料、防水材料、微晶玻璃、反光材料、合成沸石、人造大理石及处理废水等。

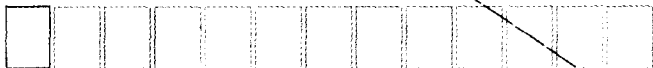
另外，还新增两章，一章是为粉煤灰储放和利用，即利用粉煤灰筑灰坝，这项技术在国内的一些地区，如中西部应用较为广泛，其利用量较大。这次从灰的应用性质、灰坝的结构、构造设计、建设和运行管理方面做了较全面的介绍。另一章是脱硫灰渣的性能和应用前景，随着国家环境保护要求的不断提高，各地燃煤电厂增设脱硫装置将是环境保护要求发展的必然，因而热电厂将日益增加脱硫灰渣的排放，对脱硫灰渣应用技术的研究、开发亦将是电厂粉煤灰利用中的一个重要方面。

这次修订工作主要除由上次手册《前言》中各章节编写人员进行外，新增有吴超寰、董维佳参加第四章的修订（撰写粉煤灰在水工混凝土中的利用）；唐福俭、李恒参加第五章的修订（李恒撰写粉煤灰在桩基工程中的利用），新增的第十章由张忆则编写，第十一章由徐强编写。

这次修订，承各方热情支持，增加、补充资料尚丰，特此对所有参加编写的作者和提供资料的同志一并致谢！但就修订的本手册而言，由于粉煤灰利用技术发展迅速，挂一漏万，欢迎广大读者不吝指正，以便再版时修正，谢谢。

编 者

2004年3月



第一版前言

综合利用粉煤灰，变废为宝，既是利在当代、功在千秋的大事，又是兴利除弊，具有经济、环境和社会综合效益的好事。1983年以来，国家把资源综合利用作为经济建设中一项重大的技术经济政策，把粉煤灰作为资源综合利用的突破口，并制定了一些具体政策和措施，使粉煤灰利用工作得到了蓬勃的发展。但随着国民经济和电力工业的发展，粉煤灰排放量将进一步增大，因此搞好粉煤灰综合利用工作，仍然是一项非常艰巨而紧迫的任务。

受电力工业部的委托，为了总结国内粉煤灰利用技术的成熟经验，进一步推动和指导粉煤灰利用工作，由中国城乡建设粉煤灰利用技术开发中心、上海市建筑科学研究院组织编写了《粉煤灰利用手册》(以下简称《手册》)。建国40多年来，粉煤灰利用技术有了很大的进步和发展，取得了很多成果，但至今仍没有一本系统和完整的资料。本《手册》的编写将填补此项空白。

编写本《手册》的指导思想是：总结我国粉煤灰利用技术中的成熟经验，尽可能充分地反映我国在粉煤灰利用中新的科技成果和在生产、工程中已应用的实践经验。在介绍的利用技术中，以国内的为主体；对一些国外较成熟的但目前在国内尚未开展或还未完全掌握，而对我国又有一定现实意义的利用技术，书中也作了适量介绍。

为使用方便，本《手册》内容力求多用表格、图解、资料和数字表示；为给人们以较具体的概念，便于有关人员学习技术理论，本《手册》的内容还包括一些用较多文字叙述的基本知识和有关问题的背景材料。

本《手册》第一章由王福元、吴正严编写，王卓昆审稿；第二章由王卓昆、孙建兴、陆善后编写，胡健民、方志康审稿；第三章由谷章昭编写，吴学礼审稿；第四章由沈旦申、吴正严编写，沈琨审稿；第五章由王福元、顾金山编写，黄鉴麟审稿；第六章由沈琨编写，黄士元审稿；第七章由侯承英、吴正严编写，王根元审稿；第八章由张永泉、周宗权、郁克明编写，薛继澄审稿；第九章由吴正严编写，吕梁审稿。全书由王福元、吴正严主编。本《手册》除由出版社专门聘请专家审阅外，为更广泛地听取国内同行专家的意见，我们还把书稿分章送请31位同志征求意见，在此一并表示衷心的感谢！

由于水平有限，经验不足，《手册》中难免有缺点和不足，恳请读者批评指正。

编 者

1996年10月

目 录

序

第二版前言

第一版前言

第一章 概述

1

第一节 粉煤灰综合利用的重要意义 1

第二节 我国粉煤灰综合利用概况 2

第三节 我国粉煤灰综合利用技术简述 6

第四节 世界各国粉煤灰综合利用动态 10

第二章 粉煤灰的形成过程及其收集和处理

14

第一节 煤炭及电厂燃煤锅炉 14

一、煤的形成、组成和分类 14

二、锅炉的类型及特性 18

第二节 粉煤灰的收集 20

一、除尘器的类型 20

二、除尘过程及各类除尘器的比较 20

三、除尘装置的选用 21

四、几种常用的除尘器 23

第三节 除灰系统 29

一、除灰系统的类型 30

二、气力除灰系统 30

三、埋刮板输送机 and 螺旋输送机 35

四、水力除灰系统 35

第四节 粉煤灰的优化加工 37

一、粉煤灰磨细加工 37

二、粉煤灰干法分级 42

三、湿排粉煤灰的过滤、干燥和分级 56

参考文献 62

第三章 粉煤灰的基本性能

63

第一节 粉煤灰的分类与理化性能 63

一、粉煤灰的分类 63

二、粉煤灰的化学组成 64

三、粉煤灰的矿物组成 64

四、粉煤灰的物理性能 65

五、粉煤灰的颗粒特性 66

第二节 粉煤灰的品质参数 70

一、粉煤灰的品质参数 71

二、细度与其他品质参数的关系 78

三、细度对混凝土性能的影响 80

四、粉煤灰在不同使用场合的强度贡献 83

第三节 高钙粉煤灰的特性 88

一、高钙粉煤灰的物理化学性能 88

二、高钙粉煤灰掺入混凝土对几个使用

性能的影响 91

三、高钙粉煤灰的土工性能 95

四、上海高钙粉煤灰的性能 96

第四节 粉煤灰标准 99

一、粉煤灰标准的功能 99

二、国外粉煤灰标准 99

三、美国粉煤灰标准的沿革 104

四、中国粉煤灰标准 106

第五节 粉煤灰对人体健康与安

全的影响 109

一、粉煤灰的放射性 109

二、粉煤灰中的微量元素 110

三、粉煤灰的含尘量 112

参考文献 112

第一节 概述	113	七、粉煤灰混凝土配合比直接设计 法的研究	163
一、涵义、目的和应用范围	113	第七节 粉煤灰混凝土的施工、工 业化生产及其他	168
二、历史回顾和国内外发展状况	113	一、粉煤灰混凝土施工的规定	168
三、粉煤灰混凝土的优越性	115	二、预拌粉煤灰混凝土的生产	169
四、粉煤灰混凝土技术的发展前景	116	三、粉煤灰混凝土预制品的生产	171
第二节 粉煤灰原材料	117	四、连续浇筑大体积粉煤灰混凝土基础	171
一、粉煤灰的化学成分、矿物组分和 颗粒组成	117	五、粉煤灰碾压混凝土	172
二、粉煤灰的主要性状和技术特征	119	六、粉煤灰混凝土路面	172
三、影响粉煤灰混凝土性能的粉煤灰质量 的变异性	121	七、粉煤灰混凝土在大桥和电视塔工程 中的应用	173
四、粉煤灰质量的有序化研究	122	八、粉煤灰混凝土在冷天和热天的施工	176
第三节 粉煤灰效应	124	九、粉煤灰钢筋混凝土对地铁杂散 电流的抑制	176
一、粉煤灰效应及其效率	125	十、对部分粉煤灰混凝土的碳化及钢筋 锈蚀的调研	180
二、粉煤灰三类基本效应的特点	128	第八节 粉煤灰在水工混凝土中 的应用	183
三、粉煤灰减水系数和强度效率系数	131	一、粉煤灰与水工混凝土	183
四、粉煤灰免疫效应	132	二、粉煤灰的需水量比与水工混凝土 的用水量	184
第四节 粉煤灰对混凝土性能 的影响	135	三、粉煤灰在水工混凝土中的最大掺量	186
一、粉煤灰混凝土的性能	135	四、掺粉煤灰混凝土的长期性能	190
二、上海高钙粉煤灰混凝土性能	136	五、关于粉煤灰的水化度	191
三、粉煤灰对新拌混凝土性能的影响	138	六、掺粉煤灰的水工碾压混凝土	192
四、粉煤灰对硬化中混凝土性能的影响	140	七、掺粉煤灰的水工抗冲磨防空蚀 (简称抗磨蚀)混凝土	193
五、粉煤灰对硬化混凝土性能的影响	141	八、粉煤灰与水泥水化热和混凝土的 绝热温升	195
第五节 粉煤灰水泥	145	九、粉煤灰与混凝土的碱—集料反应	196
一、粉煤灰硅酸盐水泥产品	145	十、熟料—矿渣—粉煤灰三元胶凝材料	198
二、水泥产品中粉煤灰的质量和掺量	147	十一、大型水利水电工程粉煤灰的 质量管理	201
三、粉煤灰水泥的生产	148	第九节 进一步走可持续发展的绿色 混凝土道路	202
四、特种粉煤灰水泥的研制和开发	149	一、发展绿色高性能混凝土	202
第六节 粉煤灰混凝土配合比设计	150	二、高效减水剂与矿物掺合料的 超叠效应	208
一、我国粉煤灰混凝土配合比设计技术 的发展	150	三、高性能混凝土用粉煤灰优质掺合料和 专用辅料	210
二、规定强度法	151		
三、GBJ146—1990《粉煤灰混凝土应用技术 规范》等规定的粉煤灰混凝土配 合比设计方法	153		
四、粉煤灰混凝土配合比设计的原 则和规定	153		
五、粉煤灰混凝土配合比计算方法	155		
六、粉煤灰混凝土配合比设计中的 注意事项	161		

四、大掺量粉煤灰高性能混凝土	212	五、“中灰”在粉煤灰砂浆中的应用	243
五、100MPa 粉煤灰高性能混凝土	217	六、“粗灰”在粉煤灰砂浆中的应用	248
六、绿色高性能芯柱混凝土 (GHPG)	220	七、粉煤灰—石灰磨细双灰粉砂浆	249
七、增钙粉煤灰混凝土的基本性能	225	八、粉煤灰砌筑水泥及砂浆	250
八、掺聚丙烯纤维粉煤灰抗裂混凝土	231	九、粉煤灰复合保温砂浆	251
九、矿渣微粉混凝土的基本性能		十、粉煤灰灌浆材料 (填充砂浆)	253
及其应用	235	十一、粉煤灰商品砂浆	256
第十节 粉煤灰砂浆	239	十二、粉煤灰砂浆与水泥的强度关系及	
一、粉煤灰砂浆的原材料	240	其有关特性	261
二、粉煤灰砂浆的分类及标号	241	十三、提高和保证粉煤灰砂浆质量	
三、粉煤灰砂浆几项工艺参数的确定	242	的措施	262
四、“细灰”在粉煤灰砂浆中的应用	242	参考文献	263
第五章 粉煤灰在筑路及工程填筑中的利用	264		
第一节 概述	264	基层中的应用	328
第二节 粉煤灰化学、物理和工		六、粉煤灰充填塌陷区造地复田	336
程性能	265	第四节 粉煤灰填筑对地下水质	
一、粉煤灰的化学成分	265	的影响	342
二、粉煤灰的物理和工程性能	266	一、上海港务局关港作业区粉煤灰填	
第三节 粉煤灰利用方式	283	筑后的检测	342
一、粉煤灰在高等级道路路堤中的利用	283	二、上海宝山钢铁总厂粉煤灰填筑后	
二、粉煤灰在工程回填中的利用	295	的检测	344
三、高钙粉煤灰在工程回填中的利用	301	三、加拿大粉煤灰填筑工程水质检测	347
四、粉煤灰在桩基工程中的利用	305	参考文献	350
五、粉煤灰石灰类混合料在路面与道面			
第六章 非烧制粉煤灰建筑制品	351		
第一节 蒸压粉煤灰加气混凝土砌		一、概述	393
块和板	352	二、粉煤灰硅酸盐砌块的原材料	394
一、概述	352	三、粉煤灰硅酸盐砌块的配合比	395
二、粉煤灰加气混凝土的原材料	354	四、粉煤灰硅酸盐砌块的生产工艺	396
三、粉煤灰加气混凝土生产工艺和设备	357	五、粉煤灰硅酸盐砌块的产品标准	
四、加气混凝土产品标准及粉煤灰加气		和性能	400
混凝土材料性能	363	六、粉煤灰硅酸盐砌块的应用	404
五、加气混凝土的应用技术	373	第四节 粉煤灰混凝土彩瓦	405
第二节 蒸压粉煤灰砖	376	一、概述	405
一、概述	376	二、粉煤灰混凝土彩瓦的生产	406
二、蒸压粉煤灰砖原材料和配合比	377	三、产品性能和检验	407
三、蒸压粉煤灰砖生产工艺和设备	380	四、应用	411
四、蒸压粉煤灰砖产品标准和性能	387	第五节 粉煤灰小型空心砌块	412
五、蒸压粉煤灰砖的应用	392	一、概述	412
第三节 蒸养粉煤灰硅酸盐砌块	393	二、粉煤灰小型空心砌块的原材料	413

三、粉煤灰小型空心砌块的配合比	413	三、免烧粉煤灰砖生产	425
四、粉煤灰小型空心砌块的生产	415	四、免烧粉煤灰砖的性能和应用	427
五、粉煤灰小型空心砌块产品标准 和性能	417	第七节 粉煤灰彩色地面砖	428
六、粉煤灰小型空心砌块的应用	421	一、概述	428
第六节 免烧粉煤灰砖	423	二、粉煤灰彩色地面砖的生产	429
一、概述	423	三、性能和使用	430
二、免烧粉煤灰砖的原材料和配合比	423	参考文献	432
第七章 粉煤灰在陶质材料中的利用	433		
第一节 概述	433	二、高掺量粉煤灰烧结普通砖	458
一、历史和现状	433	第四节 粉煤灰墙地砖	462
二、品种规格	435	一、粉煤灰面砖	463
三、发展趋势	438	二、粉煤灰地砖	464
第二节 陶质材料的生产工艺	439	三、烧结缸砖	466
一、陶质材料的原料与种类	439	四、粉煤灰烟卤砖	467
二、对建筑用砖瓦原料的技术要求	440	第五节 粉煤灰陶粒	468
三、陶质材料的处理、加工及其设备	441	一、粉煤灰页岩膨胀型陶粒	468
四、建筑陶瓷的鉴定	448	二、粉煤灰烧结型陶粒	472
第三节 粉煤灰烧结砖	448	参考文献	478
一、低掺量粉煤灰烧结砖	449		
第八章 粉煤灰在农业方面的应用	479		
第一节 粉煤灰持水性能	479	产效果	509
一、粉煤灰的持水性能	479	一、粉煤灰改良土壤效果	509
二、粉煤灰的颗粒组成与持水性能 的关系	479	二、粉煤灰适宜施用量	509
三、粉煤灰持水性能对种植作物的影响	480	三、粉煤灰对土壤理化性质的影响	509
第二节 在灰场纯灰上种植作物	482	四、砂质土壤施用不同量粉煤 灰的效果	510
一、灰场纯灰上种植蔬菜	482	五、粘质土壤施用不同量粉煤灰 的效果	510
二、灰场纯灰上种植粮食、油料作物	492	六、轻度盐化粘质土壤上施用粉 煤灰的效果	513
三、灰场纯灰上种植西瓜、葡萄	494	第五节 粉煤灰覆盖越冬作物的效果	514
四、灰场纯灰上种植小冠花	496	一、农田试验小区和大田种植 小麦产量	514
五、灰场纯灰上种植树木、牧草	498	二、农田覆灰后地温变化状况	514
六、不同施肥量对作物产量的影响及 灰田培肥	503	三、农田覆灰后田间含水量变化状况	515
第三节 灰场覆土种植作物	507	四、农田覆盖粉煤灰要点	515
一、灰场上不同厚度覆土种植作物情况	507	第六节 粉煤灰制作肥料	515
二、灰场上覆土、纯灰、对照土壤区本 底养分状况	508	一、粉煤灰硅钙肥的研制	516
三、各种作物施肥情况	508	二、粉煤灰磁化复合肥在农业上的应用	520
第四节 粉煤灰改良土壤及其增			

第七节 粉煤灰中有害物质对农作物的影响	522	二、粉煤灰中苯丙苈对农作物 的影响	527
一、粉煤灰中五种有害元素对农作物的影响	522	参考文献	529
第九章 粉煤灰的精细利用	530		
第一节 概况	530	第四节 填料	574
第二节 粉煤灰颗粒分类及铁、铝、 碳产物	530	一、沉珠作塑料填料	574
一、粉煤灰颗粒分类和特性	530	二、粉煤灰作涂料填料	579
二、富铁玻璃微珠的分选和利用	532	第五节 处理废水	582
三、提取氧化铝(氢氧化铝)、铝盐 及其他	537	一、活化漂珠处理废水	582
四、碳粒的分选与利用	545	二、粉煤灰处理含镍废水	586
第三节 油井水泥、沸石、微晶玻璃、 反光材料等	552	三、粉煤灰处理含油废水	589
一、漂珠在低密度油井水泥中的利用	552	第六节 防护材料	591
二、粉煤灰合成沸石	559	一、漂珠在轻质保温耐火砖中的应用	591
三、粉煤灰微晶玻璃	561	二、粉煤灰纤维棉及其制品	598
四、标牌用粉煤灰反光材料	563	三、漂珠在保温帽口套中的应用	601
五、粉煤灰人造大理石	567	四、粉煤灰防水材料—粉煤灰 防水隔热粉	603
六、粉煤灰菱镁加气制品	570	五、粉煤灰基无机阻火堵料	605
七、粉煤灰陶瓷餐具	572	六、粉煤灰防腐蚀材料	608
		七、粉煤灰废泡沫绝热材料	612
第十章 粉煤灰贮放建筑和利用	616		
第一节 粉煤灰贮放概述和利用	616	三、粉煤灰子坝建筑和防洪	641
一、综合概述	616	四、计算粉煤灰坝抗震稳定性	646
二、山谷水力贮灰场概述和利用	616	五、降低灰坝浸润线措施	652
三、平地水力贮灰场概述和利用	617	第四节 平地水力贮灰场建筑	655
四、山谷干贮灰场概述和利用	618	一、围堤建筑	655
五、其他	618	二、斜槽型排水建筑	656
第二节 粉煤灰应用性质	618	三、弯管型排水建筑	658
一、水力贮灰场粉煤灰沉积规律	618	第五节 干贮灰场建筑	660
二、粉煤灰静力性质	619	一、建筑特点	660
三、粉煤灰动力应用性质	621	二、堆筑粉煤灰体	661
第三节 山谷水力贮灰场建筑	622	三、调洪和防洪	662
一、初期坝建筑	622	参考文献	664
二、计算排水系统结构内力	627		
第十一章 脱硫灰渣的性能和应用前景	665		
第一节 二氧化硫大气污染的危害 与现状	665	一、二氧化硫的理化特征	665
		二、酸雨形成机制	666

三、我国二氧化硫大气污染现状	666	一、脱硫石膏的基本性能	675
四、二氧化硫大气污染对经济发展 的影响	668	二、国外脱硫石膏利用概况	676
五、二氧化硫污染治理的重大举措	668	三、我国脱硫石膏利用前景	676
第二节 脱硫的方法与典型工艺	669	第四节 LIFAC 脱硫灰的性能与应用	677
一、二氧化硫脱除的方法原理	669	一、LIFAC 脱硫灰的物理化学性能	677
二、火电厂烟气脱硫的典型工艺	671	二、LIFAC 脱硫灰的应用开发	679
三、我国火电厂烟气脱硫试点工程	673	第五节 其他脱硫灰渣的应用探索	681
第三节 湿法脱硫石膏的基本特性 和利用	675	一、循环流化床脱硫灰渣	681
		二、SDA 半干法脱硫灰	682
		参考文献	682

第一章

概述

第一节 粉煤灰综合利用的重要意义

电力工业是国民经济的基础产业，发展电力工业，保障能源供给，在经济建设中具有十分重要的地位和作用。

我国有丰富的煤炭资源，近期电力工业的发展，仍然是以燃煤的火力发电为主。由于燃煤机组的不断增长，电厂规模的不断扩大，导致了粉煤灰排放量的急剧增长。1985 年火电厂排灰渣总量为 3768 万 t，到 1995 年增加到 9936 万 t，平均每年增加 560 万 t。按目前的煤种，以全国平均计，每增加 10MW 装机容量每年约增加近万吨粉煤灰的排放量。到 2000 年粉煤灰排放量已达到 1.2 亿 t。按目前的排灰状况和利用水平，冲灰用水量和贮灰场占地将要增加 1 倍，分别达到 10 多亿吨和 40 多万亩。对我们这个水资源缺乏，可耕地人均占有率很低的国家来说，如何做好粉煤灰的利用和处置确实是一个十分重要的问题。

诚然，全部利用这样大量的粉煤灰目前还有困难，因此合理地进行贮灰场的建设仍是必要的。但贮灰场的建设，在一定程度上已成为制约我国电力工业发展的一个重要问题。因为在火电厂的建设中，特别是靠近大城市、沿海的地区，人多耕地少，确实难以找到一个合适的贮灰场地，即使有了地，代价也是很大的。根据早期的资料，一些电厂的大型灰场建设费用都在 1 亿元左右，如陡河电厂、石景山电厂、谏壁电厂等。事实证明，积极推动粉煤灰的综合利用，可以取得非常巨大的社会效益和经济效益。

以上海市为例，按 1978 ~ 2001 年的统计，全市共排放粉煤灰 5512.2 万 t，累计利用量为 4822.6 万 t，按每处置 1t 灰包括贮灰场基本建设和运行费用 15 元计，则为国家共节约资金 7.23 亿元，而且减少贮灰场占地约 1 万亩，其中有的利用途径还具有明显的经济效益。如在混凝土中掺加磨细的粉煤灰，1995 年前上海共利用约 120 万 t 粉煤灰，节约水泥 80 万 t，为国家创利约 9600 万元；用粉煤灰制作水泥混合材共 320.2 万 t，按 1t 粉煤灰替代 1t 矿渣节约 9.2 元计，共节约资金 2945.8 万元。上海曾利用粉煤灰生产粉煤灰密实砌块 400 多万 m³，建造多层住宅 1500 多万 m²，处理粉煤灰等工业废渣 500 多万 t，因少用粘土砖而节约土地 3000 多亩。1995 年全市在道路建设中共用灰 179.9 万 t，节约土地约 1350 亩。再以全国粉煤灰利用工作较先进的江苏省南通市为例，1991 ~ 1995 年共排放粉煤灰 292 万 t，利用量为 301 万 t，利用率为大于 100%，取得了十分明显的社会、经济和环境效益：首先电厂周围的环境得到了改善，原天生港电厂 300 多亩灰场，严重影响附近地区 2 万余居民生活、工作环境，每逢刮风天气，居民衣服不能晒，窗户不能开，现在环境已彻底改善。其次，节省了土

地资源,利用粉煤灰可减少灰场占地 1800 亩,还替代制砖粘土节省耕地 1500 亩。再次,电厂降低了成本,延长了灰场储灰年限,节约了运灰费用。最后,带动了一批建材企业,其中有 8 家企业年产粉煤灰长江淤泥烧砖 12.5 亿块,有 2 家企业年产粉煤灰加气块 19 万 m^3 。又如全国资源综合利用先进单位望亭电厂,按 1988 年统计,利用粉煤灰 30 万 t,其中生产粉煤灰密实砌块 9 万 m^3 ,产值 344 万元,利润 100 万元,每年相当于节约农田 20 亩,粉煤灰利用后,贮灰场的大部分改为渔场,年成鱼 10 万 kg 多。利用粉煤灰进行产品运输、装卸工作,每年为附近农村相应增加收入约 50 万元。几年来还为农村 900 多人提供了就业机会。

粉煤灰在高速公路中应用,其社会效益、环境效益、经济效益更为可观。如 1990 年浙江杭州钱江二桥北岸公路接线工程用粉煤灰填筑路堤 1.7km,路堤平均高度 4.2m,路面四车道宽 26m,共计用灰 21 万 t,节约建灰场用土地 160 亩,节约征地费 300 万元。1992 年完成的山东济南—青岛高速公路粉煤灰路堤试点工程,采用纯粉煤灰筑路堤近 4km,填方平均高度 2.7m,利用粉煤灰 40 万 t,节省电厂排污费 32.5 万元,节省灰场和原筑路取土场面积 338 亩。前几年组织施工的京深高速公路石家庄到安阳段及石太高速公路石家庄到申后段。经河北省经贸委牵头协调,在国家经贸委、电力工业部、交通部支持下,两条高速公路到 1996 年年底用灰已达 1000 万 t。这两条高速公路利用粉煤灰做路堤,可用掉石家庄、邯郸等地四个电厂 1000 万 t 灰,其中两个电厂的四个灰场全部腾空,节省再建灰场投资和筑路取土费用近 10 亿元。

粉煤灰综合利用使许多老电厂摆脱了生产困境。武汉青山热电厂装机容量 674MW,在 20 世纪 80 年代末期是湖北电网的主力电厂,灰场地处市区且已贮满,灰坝多次加高,已成空中灰场,虽几经加固,但灰堤倒塌和堤坝渗水等事故隐患严重威胁着电厂和武钢的安全。电厂周围选址建设新灰场困难很多,甚至根本没有条件。老灰场必须发挥作用,出路只有搞综合利用,挖灰外运、腾出库容、继续贮灰。他们在当地政府的协调下,在环保、市政、交通、环卫等部门的大力支持下,开拓了用灰渠道。几年来,不仅吃掉当年全部出灰,还利用以往存灰几十万吨,使灰场平均高度下降了 2m。洛阳热电厂是已运行了 35 年的老厂,灰场已贮灰 520 万 t,有的地方已成为“灰山”。电厂从 1990 年开展综合利用以来,已利用粉煤灰 173 万 t,其中挖掉“灰山”128 万 t。开封电厂年排灰近 40 万 t,至 1990 年,运行的两个灰场均已贮满。由于积极开展综合利用,灰场使用寿命延长了两年。至今,修路已用灰近 50 万 t;利用粉煤灰充填附近坑塘,造田 80 多亩,在新造地上盖起了小学,并开辟了住宅基地,翻修了附近农村的土路,为当地农民行路提供了方便。

所以,在有条件的地方,千方百计抓好粉煤灰综合利用,可以充分利用资源,减少贮灰场的建设或延长其使用年限,节约宝贵的土地资源和建设资金,大大减少对环境的污染,这对电厂、对社会都具有十分重要的意义。

第二节 我国粉煤灰综合利用概况

我国粉煤灰的综合利用工作,长期以来一直受到国家的高度重视。早在 20 世纪 50 年代已开始在建筑工程中用作混凝土、砂浆的掺合料,在建材工业中用来生产砖,在道路工程中作路面基层材料等,尤其在水电建设大坝工程中使用最多;但总的利用量较少。20 世纪 60

年代开始粉煤灰利用重点转向墙体材料,研制生产粉煤灰密实砌块、墙板、粉煤灰烧结陶粒和粉煤灰粘土烧结砖等,先后在上海、北京、天津、吉林建成示范性工厂,同时引进前苏联、东欧国家利用粉煤灰生产蒸养(压)建筑材料技术(包括砖、砌块、墙板和加气混凝土)。一直到20世纪70年代,国家为建材工业中利用粉煤灰投资5.7亿元,总设计用灰量为1064.89万t,设计生产线261条。但由于种种原因,到1982年统计,投入正常生产的只有176条,在建的还有21条,已经关、停、并、转的64条。而正在生产的176条生产线仅利用粉煤灰445.6万t。1980年粉煤灰利用率仅14%。投资不少,而灰的利用问题没有解决好。针对这些问题,国家主管部门经研究后指出:电厂灰渣综合利用,应当积极提倡,要因地制宜,广开门路,采用多种途径,讲究经济效益。

到20世纪80年代,随着我国改革开放政策的深入发展,国家把资源综合利用作为经济建设中的一项重大经济技术政策。1985年9月,国务院批转的原国家经委《关于开展资源综合利用若干问题的暂行规定》中,对资源综合利用(包括粉煤灰在内)提出了一系列鼓励措施和优惠政策。1987年9月在芜湖召开的第二次全国资源综合利用工作会议上,确定把粉煤灰作为全国资源综合利用突破口。1987年11月原水利电力部在江苏连云港市召开全国粉煤灰综合利用工作会议,在电力系统动员各方面力量,总结经验,制定管理办法,积极推动粉煤灰综合利用。粉煤灰的处置和利用在指导思想上不断发展深化,从“以储为主”改为“储用结合,积极利用”,再进一步明确为“以用为主”,使粉煤灰综合利用得到蓬勃的发展。在利用途径上除继续在建材墙体和水泥、混凝土方面外,还积极开拓了多种大用量的利用途径,如在道路工程中作基层材料和填筑路堤的利用、在工程回填中的利用、在农业中的利用,等等。同时也逐渐注意了粉煤灰利用向深度发展,力求高附加值的技术开发,使粉煤灰综合利用进入一个新阶段。特别到“八五”期间,全国粉煤灰利用量每年以近400万t的速

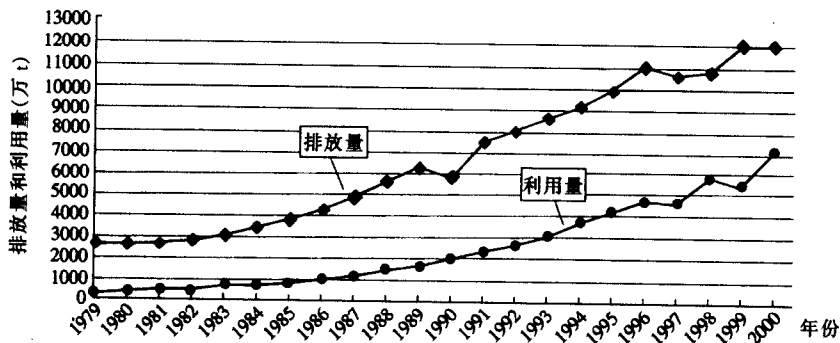


图 1-1 1979~2000 年我国粉煤灰排放量及利用量

度增加,综合利用率已摆脱多年徘徊在20%的局面,1995年已经达到41.7%。2000年已达到58%,20多年来,我国粉煤灰排放和利用情况分别见图1-1和表1-1。

表 1-1

1979—2000 年我国粉煤灰的产量和主要利用途径的统计

(万 t)

项目 \ 年份	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
灰排放量	2675.2	2591.2	2658.9	2745.1	3018.7	3390.8	3768.6	4226.7	4809.2	5549.4	6215.4
灰利用量	279.8	367	498.2	457.1	719.9	686.4	781.5	958.8	1127.8	1420.6	1600.0
利用率 (%)	10.5	14.2	18.7	16.7	23.8	20.2	20.7	22.7	23.5	25.6	25.7

续表

项目	年份	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
利用方面	建 材					414.9	449.2	515.1	518.8	504.8	594.1	635.0
	利用率 (%)					57.6	65.4	65.1	54.1	44.8	41.8	39.7
	建 工						29.1	66.1	48.3	84.9	65.8	115.0
	利用率 (%)						4.2	8.5	5	7.5	4.7	7.2
	筑 路					62	55.4	56	96.7	163.9	215.2	245.0
	利用率 (%)					8.6	8.1	7.2	10.1	14.5	15.1	15.3
	回 填					14.6	86.5	80.1	231.8	206.1	426.2	455.0
	利用率 (%)					2	12.6	10.3	24.2	18.3	30	28.4
	农 业					222.1	50.7	18.4	52.6	107.6	61.4	1000.0
	利用率 (%)					30.9	7.4	2.3	5.5	9.6	4.4	6.3
	其 他					63	15.5	45.8	10.6	60.5	57.9	50.0
	利用率 (%)					0.9	2.3	5.8	1.1	5.4	4.1	3.1
项目	年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
灰排放量		5779.0	7483.0	7982.0	8600.0	9114.0	9936.0	11010.0	10606.8	10745	12000	12000
灰利用量		1975.0	2321.0	2547.0	2993.0	3700.0	4145.0	4624.0	4584.4	5700	5400	6960
利用率 (%)		29.1	31	31.9	34.8	40.6	41.7	42	43.2	53.0	45	58
利用方面	建 材	661.0	723.6	892.0	1042.0	1080.0	1244.0	1298.0	1264.6			
	利用率 (%)	33.5	31.1	35	34.8	29.2	30	28.1	27.6			
	建 工	125.0	201.7	229.0	338.6	297.0	415.0	477.0	463.6			
	利用率 (%)	6.3	9.03	11.3	8	10	10.3		10.1			
	筑 路	233.0	321.4	556.6	703.4	1047	1292	2006	1750.5			
	利用率 (%)	11.8	13.8	21.85	24.8	28.3	31.1	43.4	38.2			
	回 填	418.0	784.5	485.0	462.3	804.0	845.0	421.0	715.0			
	利用率 (%)	21.1	33.8	19.04	15.4	21.7	20.4	9.1	15.6			
	农 业	183.0	190.3	243.0	105.4	182.0	2080	202.0	187.9			
	利用率 (%)	9.2	8.19	9.55	3.5	4.9	5	4.4	4.1			
	其 他		99.4	300.2	290.0	141.0	2200	217.0	202.8			
	利用率 (%)		4.28	5.6	10	7.8	3.4	4.7	4.4			

上海市从改革、开放以来, 由于城市基础设施建设的飞速发展, 对建筑材料的需求日

益增长,从客观上不断增加了对粉煤灰的需求。在上海市政府和上海市建设委员会、上海市经济委员会、上海市电力局等有关部委的领导、支持下,坚决依靠科技进步和各部门的协同配合,上海市粉煤灰综合利用工作从利用途径、数量、技术水平、经济、社会效益等方面都取得了十分显著的进步。上海市的利用情况,也从一个方面反映了我国粉煤灰利用的概貌。20多年来,上海市粉煤灰的排放量、主要利用途径、利用率见表1-2和图1-2~图1-4。

表 1-2 1978~2001年上海市粉煤灰排放量、利用量及主要利用途径统计 (万 t)

年 份	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
项 目												
排放总量	54	71.8	70	80.1	97.6	102.4	124.4	132.9	156.9	174.7	187.7	199.3
利用总量	18	30.4	46	53.5	65.5	64.9	84.1	95.8	116.7	119	134.9	136.9
其中:(1)墙体材料	14	18	20.7	24	23.8	20.3	22.9	21.4	22.6	23	19.4	18.4
(2a)水泥混合材		7	13.2	15.9	17.8	14.8	17.4	21.9	21.9	23.7	23.7	26
(2b)混凝土和砂浆			0.2	1.3	3	5.9	6.8	9.1	11.4	14.1	19.9	21.9
(3)筑路		4.2	10	7.5	16.4	17.6	22.3	34.3	36.6	33.9	37.3	39.4
(4)回填	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(5)其他(含郊区)	4	1.2	1.9	4.8	4.5	6.3	14.7	9.1	24.4	24.3	34.6	31.2
利用率(%)	33.3	42.3	65.7	66.8	67.1	63.4	67.6	72.1	74.5	68.1	71.9	68.7
年 份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
项 目												
排放总量	252.4	275.7	284.3	291.4	326.8	386.1	434.7	370.7	327.82	328	372.5	409.99
利用总量	116.3	161.1	210.4	284.5	307.8	377.6	430.5	393.2	344.31	366.5	413.26	451.46
其中:(1)墙体材料	15.3	16.3	17.7	21.7	10	18.3	41.4	13.1	14.26	14.1	13.32	6.7
(2a)水泥混合材	25.5	27.3	28.8	35.3	35.2	47.5	38.3	59.9	67.49	58.5	87.07	90.7
(2b)混凝土砂浆	17.6	19.4	24.5	33.4	40.4	45.7	67.3	69.9	59.2	75.1	101.33	143.5
(3)筑路	32.5	40.3	84.1	133.9	136.7	179.9	188.4	179.1	189	197.9	173.64	202.3
(4)回填	—	28.8	24.8	42.3	67.2	53.7	48.2	61.1	0.21	6.7	4.14	3.7
(5)其他(含郊区)	18.4	29	30.5	18.1	18.2	32.4	46.7	10.2	14.09	20.9	33.8	4.7
利用率(%)	46.1	58.4	74	97.6	94.2	97.8	99	106.1	105.03	111.7	111	110.14