

大宗固体废弃物综合利用丛书



FENMEIHUI

ZONGHE LIYONG

粉煤灰

综合利用



中国资源综合利用协会
山东恒远利废技术发展有限公司

编著

中国建材工业出版社

FENMEIHUI

ZONGHE LIYONG

大宗固体废弃物综合利用丛书

粉煤灰综合利用

中国资源综合利用协会
山东恒远利废技术发展有限公司 编著

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

粉煤灰综合利用 / 中国资源综合利用协会, 山东恒远利
废技术发展有限公司编著. —北京: 中国建材工业出版社,
2013. 6 (2013. 7 重印)

(大宗固体废弃物综合利用丛书)

ISBN 978 - 7 - 5160 - 0452 - 4

I. ①粉… II. ①中…②山… III. ①粉煤灰 - 综合利用
IV. ①X773

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 117630 号

粉煤灰综合利用

中国资源综合利用协会

山东恒远利废技术发展有限公司

编著

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京雁林吉兆印刷有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 31.5

字 数: 780 千字

版 次: 2013 年 6 月第 1 版

印 次: 2013 年 7 月第 2 次

定 价: 98.00 元



本社网址: www.jcbs.com.cn

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 88386906

本书编委会

名 誉 主 任：中国资源综合利用协会 王吉位

名誉副主任：山东恒远利废技术发展有限公司 马连涛

执 行 主 任：中国资源综合利用协会 孟跃辉

策 划 统 筹：马连涛 吴正直

主 编：吴正直

参 编：山东恒远利废技术发展有限公司 陈贤树

山东恒远利废技术发展有限公司 黄福强

山东恒远利废技术发展有限公司 李 林

山东恒远利废技术发展有限公司 胡术刚

前 言

随着我国经济的不断发展，火力发电发展迅速，粉煤灰的排量也随之日益增加，仅 2011 年全国燃煤电厂发电及供热消耗原煤 19.87 亿吨，产生粉煤灰约 5.4 亿吨。粉煤灰堆存占用土地和污染环境，如将其综合利用，既能成为生产建材产品的主要原料，又能广泛用于高等级公路、市政工程建设等领域，因此，粉煤灰的综合利用具有巨大的发展空间和应用潜力。

近年来，党和政府对粉煤灰综合利用高度重视，国务院《“十二五”节能环保产业发展规划》（国发〔2012〕19 号）中首次明确提出“粉煤灰综合利用”是资源循环利用产业的重点领域，并且对粉煤灰综合利用提出明确而具体的要求：“研究完善高铝粉煤灰提取氧化铝技术，推广大掺量工业固体废物生产建材产品。”国家发展改革委也在《“十二五”资源综合利用指导意见》中，提出了“加强大掺量和高附加值产品技术研发和推广应用，继续推进粉煤灰用于建材生产、建筑和道路工程建设、农业应用、有用组分提取等”利用领域。工业和信息化部制定了《大宗工业固体废物综合利用“十二五”规划》，要在“十二五”期间“重点推进内蒙古、山西等粉煤灰产生与堆存集中区域的粉煤灰综合利用，大力发展粉煤灰规模化利用和高值利用。”在国家鼓励政策引导和扶持下，“十二五”期间粉煤灰综合利用面临前所未有的发展机遇，粉煤灰综合利用产业必将迎来一个新的发展高潮。

开展粉煤灰综合利用，使之无害化、减量化、资源化需要有一系列行之有效的技术和手段，并有与之配套的设备和设施。我国目前在这一领域开展了大量研究，并取得了积极进展，因此加强对粉煤灰技术的开发、研究和推广，拓宽粉煤灰资源化利用技术渠道具有重要意义。

为了使政府在粉煤灰综合利用领域的政策措施得以顺利实施，为粉煤灰产生以及粉煤灰综合利用部门和企业获得相关信息与知识，我们组织了几位有丰富学识和工作经验的专家，将他们自己积累的资料以及各方面研发的科研成果和生产实践经验汇集编成本书。本书侧重于实用技术，不是理论教材，供投资者、建设者、科研工作者、生产者、产品供应者以及关心此项事业的各方人士参考，我们希望它对粉煤灰综合利用事业的发展有所帮助。

本书是由中国资源综合利用协会和山东恒远利废技术发展有限公司组织编写的。中国资源综合利用协会是由国务院国资委管理、业务上接受国家发展改革委和工信部指导的全国性社团法人，其宗旨是为推动资源综合利用事业的更大发展提供全方位服务。山东恒远利废技术发展有限公司的业务则是为工业固体废弃物综合利用企业提供包括原材料分析、项目可行性研究、工程设计、成套技术装备制造供应、安装调试以及产品应用在内的全方位技术支持。组织编写这本书是我们的职责，我们希望尽职尽责把这本书编好。但是由于水平所限，错漏也在所难免，敬希见谅，欢迎批评指正。

本书由吴正直策划、统稿，第一章由吴正直编写，第二章由李琳编写，第三、四、五章由陈贤树编写，第六章由陈贤树、胡术刚编写，第七、八章由黄福强编写，其余各章由吴正直编写。

本书的编写参阅和引用了大量文献资料，在此谨向这些文献资料的作者们表示衷心感谢。

中国资源综合利用协会秘书长 王吉位
山东恒远利废技术发展有限公司董事长 马连涛

2013 年 5 月

发展出版传媒 服务经济建设

传播科技进步 满足社会需求

我们提供

图书出版、图书广告宣传、企业定制出版、团体用书、
会议培训、其他深度合作等优质、高效服务。

编辑部
010-68342167

图书广告
010-68361706

出版咨询
010-68343948

图书销售
010-68001605

jccbs@hotmail.com

www.jccbs.com.cn



中国建材工业出版社
China Building Materials Press

(版权专有，盗版必究。未经出版者预先书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。举报电话：010-68343948)

目 录

第一章 综述	1
第一节 粉煤灰的形成与收集	1
第二节 粉煤灰的贮存	3
第三节 粉煤灰的特性	6
第四节 粉煤灰的产生量和利用量	20
第五节 粉煤灰综合利用的现状与前景	23
第六节 国家关于粉煤灰综合利用的规划与政策	28
第二章 粉煤灰中高价值组分的提取	30
第一节 碳的提取	30
第二节 铁的提取	35
第三节 空心微珠的提取	35
第四节 氧化铝的提取	39
第五节 白炭黑的提取	42
第六节 稀有金属的提取	44
第三章 粉煤灰混凝土	46
第一节 概述	46
第二节 粉煤灰对混凝土性能的影响	49
第三节 粉煤灰在混凝土工程中的应用	59
第四章 粉煤灰砂浆	76
第一节 概述	76
第二节 粉煤灰对砂浆的影响	83
第三节 粉煤灰砌筑砂浆	88
第四节 粉煤灰抹灰砂浆	93
第五节 粉煤灰砂浆的生产	96
第五章 粉煤灰在水泥中的应用及粉煤灰的活化	108
第一节 粉煤灰对水泥性能的影响	108
第二节 影响水泥性能的粉煤灰品质指标	111
第三节 提高粉煤灰活性的措施	114
第四节 粉煤灰磨细	117
第五节 粉煤灰的活化	120
第六节 粉煤灰计量	123
第七节 利用粉煤灰生产的专用水泥	134
第六章 粉煤灰在矿山充填中的应用	137
第一节 矿山充填的意义	137

第二节	矿山充填技术的应用概况·····	137
第三节	粉煤灰在矿山胶结充填中的应用·····	141
第四节	粉煤灰膏体泵送充填工艺及设备·····	150
第七章	粉煤灰蒸压加气混凝土·····	155
第一节	粉煤灰蒸压加气混凝土的产品规格、性能和质量标准·····	155
第二节	粉煤灰蒸压加气混凝土的原材料及配方·····	178
第三节	粉煤灰蒸压加气混凝土的生产工艺·····	198
第四节	粉煤灰蒸压加气混凝土生产用的技术装备·····	232
第五节	粉煤灰蒸压加气混凝土的应用·····	257
第六节	粉煤灰蒸压加气混凝土生产厂工程实例·····	268
第八章	蒸压粉煤灰砖·····	272
第一节	蒸压粉煤灰砖的产品规格、性能和质量标准·····	272
第二节	蒸压粉煤灰砖的原材料及配方·····	280
第三节	粉煤灰砖的生产工艺·····	285
第四节	蒸压粉煤灰砖生产用的技术装备·····	301
第五节	蒸压粉煤灰砖的应用·····	317
第六节	蒸压粉煤灰砖生产厂工程实例·····	326
第九章	粉煤灰陶粒·····	329
第一节	质量标准与原材料·····	329
第二节	生产工艺和设备·····	333
第三节	粉煤灰陶粒的应用·····	345
第十章	粉煤灰建筑砌块·····	351
第一节	粉煤灰混凝土小型空心砌块·····	351
第二节	粉煤灰陶粒混凝土小型空心砌块·····	360
第三节	粉煤灰建筑砌块的生产工艺与设备·····	366
第十一章	粉煤灰泡沫混凝土·····	383
第一节	概述·····	383
第二节	泡沫剂的选择和制备·····	385
第三节	现浇粉煤灰泡沫混凝土·····	390
第四节	粉煤灰泡沫混凝土制品·····	394
第十二章	粉煤灰建筑体系·····	405
第一节	粉煤灰建筑体系的类型·····	405
第二节	蒸压粉煤灰砖承重、粉煤灰加气混凝土外墙外保温砌体结构·····	406
第三节	粉煤灰加气混凝土砌块承重砌体结构·····	408
第四节	蒸压粉煤灰砖内墙、粉煤灰加气混凝土外墙的砌体结构·····	411
第五节	开发粉煤灰建筑体系的社会组织·····	413
第十三章	粉煤灰在农业及其他材料生产中的应用·····	415
第一节	粉煤灰在农业中的应用·····	415
第二节	利用粉煤灰处理工业废水·····	427
第三节	粉煤灰防水材料·····	431

第四节 粉煤灰吸声、防火、耐火材料..... 434
 第五节 粉煤灰防腐材料..... 438
 第六节 粉煤灰饰面玻璃..... 442
 第十四章 粉煤灰在筑路及工程填筑中的利用..... 444
 第一节 粉煤灰化学、物理和工程性能..... 445
 第二节 粉煤灰在筑路中的利用..... 456
 第三节 粉煤灰在工程回填中的利用..... 465
 第四节 粉煤灰填筑对地下水质的影响..... 487
 参考文献..... 493

第一章 综 述

粉煤灰是燃煤锅炉在燃烧过程中产生的未燃尽的细小颗粒，随烟气的流动离开炉膛，由除尘系统捕捉收集到的一种无机残渣，英语名称为 flyash，直译为飞灰，习惯称为粉煤灰。其成分因煤而异，除硅、铝、铁、钙、镁、钛、硫、钾、钠和磷等氧化物外，还含有其他一些有价值的组分。

粉煤灰的利用价值主要是：

粉煤灰中含有铝、硅、碳、铁、微珠等高价组分，可以提取氧化铝、铁粉、碳粉、白炭黑、微珠等在国民经济中有重要用途的产品，在有些粉煤灰中，还含有镓、钛、锗等稀有金属元素。

粉煤灰具有火山灰性质，其硅质或硅铝质组分在常温下能与氢氧化钙发生水化反应生成胶凝性的水化产物，可以和水泥一起（代替一部分水泥）作混凝土的胶结料。

粉煤灰以其颗粒的球形形态、极细的细度和火山灰性质在混凝土中产生形态效应、集料效应和火山灰效应，成为混凝土极其宝贵，甚至是不可或缺（如大体积混凝土工程）的成分。

粉煤灰在使用一定的碱性激发剂后，与氢氧化钙反应产生相当高的强度，可以作为胶凝材料代替部分或全部水泥在非加筋的建筑制品或矿山充填等工程中使用。

粉煤灰以其固有的特性可以在改良土壤、净化污水等许多方面发挥作用。

粉煤灰在使用中的经济效益还源于它的细度，使应用过程省去了磨细工序和磨细能耗。

2010 年我国产出粉煤灰 4.8 亿吨，利用率 68%，还有 1.6 亿吨未被利用，加上长期积存的数十亿吨，这是我国一笔巨大的物质财富，然而，如果不加利用，随意堆置，则将对社会造成极大的危害。

第一节 粉煤灰的形成与收集

一、粉煤灰的形成

粉煤灰的形成大致可以分为以下三个阶段：

第一个阶段：煤粉在开始燃烧时，其中气化温度低的组分不断溢出，使煤灰变成多孔性碳粒。此时的煤灰，颗粒状态基本保持原来的不规则碎屑状，但因其多孔性，使其比表面积极大。

第二阶段：伴随着温度的升高，多孔性碳粒中的有机质充分燃烧，其中的矿物质也将脱水、分解、氧化变成无机氧化物，此时的煤粉颗粒变为多孔玻璃体，但比表面积明显小于多孔碳粒。

第三阶段：随着燃烧的进行，多孔玻璃体逐步熔融收缩而形成颗粒，其孔隙率不断降低，圆度不断提高，粒径不断变小，最终由多孔玻璃体转变为密度较高、粒径较小的密实微珠，颗粒比表面积下降为最小。不同粒度和密度的微珠其化学和矿物学特征是不同的，最后形成的粉煤灰是不均匀的复杂的多相物质。

二、粉煤灰的收集

1. 干排灰的收集

当前大中型电厂均采用分级电场静电收尘系统，多为三级电场，甚至四级、五级电场，得到原状干灰，即所谓干排灰。一般来说，四级电场收集的粉煤灰质量相当于国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》（GB/T 1596—2005）和行业标准《水工混凝土掺用粉煤灰技术规范》（DL/T 5055—2007）中Ⅰ级灰的要求，三级电场的灰相当于Ⅱ级灰。单机容量达 600MW 的大功率发电机组，由于其锅炉燃烧充分，在第二或第三电场收集的粉煤灰即可达到Ⅰ级灰的标准，而且质量稳定。

2. 干排灰的处理

通常电收尘所得干排灰通过气力输送运到灰库暂存，或外运予以利用，或用水力排到贮灰场堆存。为了提高灰的品质，有的企业还增加粗灰磨细装置。现将河北邯郸热电股份有限公司的干排灰处理系统介绍如下：邯电位于邯郸市东北部，主要担负着该市冬季集中供热任务，是该市的主力热电厂。12 号炉的机组容量为 200MW，锅炉最大排灰量 40t/h，电除尘为双室四电场，共 16 个灰斗。12 号炉改造前除灰方式为水冲灰，改造后采用负压输送分选干排灰。设计按 40% 的备用系数考虑，系统的最大出力为 56t/h；按贮存 50h 考虑，建 2 座 1500m³ 的钢板灰库。考虑增加细灰的产量，在灰库南侧建 1 套 30t/h 粗灰细磨系统，将分选后的粗灰磨成细灰后输送到细灰库。

负压输送分选系统在电除尘器下直接取材，采用多点给料，除尘灰通过电动锁气器（变频调速）均匀进入负压输送管路，与管内负压气流均匀混合成气固两相流，由高压离心风机吸入分选器进行粗细分离，粗灰经舌板锁气器落入粗灰库，细灰随气流进入高效两级旋风分离器进行气灰分离，细灰经舌板锁气器落入细灰库，含有微量粉尘的尾气通过高压耐磨离心风机大部分经回风管回到输送管道，形成闭式循环；少量经放风管排入细灰库，通过细灰库顶的收尘器净化排空。其系统流程图见图 1-1。

3. 湿排灰的收集与处理

老电厂一般用旋风收尘器和布袋过滤器收集粉煤灰，然后用高压水泵从排灰源将粉煤灰稀

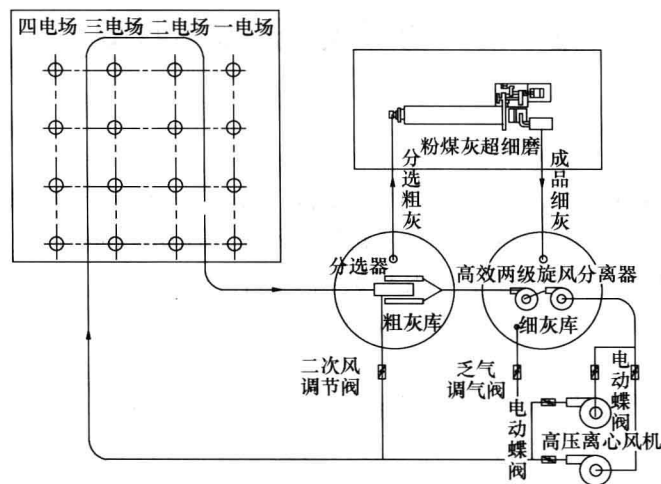


图 1-1 负压输送分选系统流程图

释成流体,经管道送入贮灰地存放,也可直接送到粉煤灰综合利用企业予以利用。这种粉煤灰质量相对较差,只能用于生产墙体材料。武汉青山热电厂的湿排粉煤灰就是用管道将固液比1:(20~40)的悬浮液送到武汉市硅酸盐制品厂生产蒸压粉煤灰砖和粉煤灰加气混凝土。武汉市硅酸盐制品厂设有耙式浓缩机和真空过滤机将1:(20~40)的悬浮液脱水到所需含水率。由于这种粉煤灰的收集和处理方式已经很少采用,本书不作重点介绍。吴正直编著的《粉煤灰房建材料的开发和应用》(中国建材工业出版社)对此作了详细论述,读者可以参阅。

第二节 粉煤灰的贮存

粉煤灰的排出企业与粉煤灰综合利用企业在运转时间上不可能完全一致,例如,在取暖地区的热力企业只在冬天采暖期运转排出大量粉煤灰,而此时正是施工淡季,建筑工程部门对粉煤灰需求量很少;又如,电力企业都是一年四季均衡运营,而用灰部门往往存在季节性。为了解决两者的不平衡,近年来,各地的粉煤灰供应部门相继建设大型粉煤灰贮存钢板库,例如,2010年河南正蓝旗洪江集团就建设了10座单库容量5万 m^3 的粉煤灰钢板仓,单仓直径44.5m,高度35.2m,有效解决了粉煤灰供应的不平衡问题,促进了粉煤灰的综合利用。

一、大型钢板仓应用现状

大型钢板仓一般是指直径大于18m(含18m)以上的钢板仓。我国大型钢板仓的应用是从2007年开始的,当时贮存物料主要是水泥,目前,水泥钢板仓已全面推广使用。从2008年开始逐步应用到粉煤灰存储领域。

粉煤灰大型钢板仓的规格从最初的 $\phi 20\text{m} \times 19.6\text{m}$,单库贮存容量5000 m^3 ,发展到目前 $\phi 60\text{m} \times 45\text{m}$,单库存储容量为11.6万 m^3 的超大型粉煤灰贮库。该大型钢板仓是由北京利达集团投资,山东华建公司承建的,是目前国内、国际单库容量最大的粉煤灰贮存仓。

正蓝旗洪江集团建造的粉煤灰库群,大库有10个单库,单库容量5万 m^3 ,总储量50万 m^3 的粉煤灰贮存项目,是当前国内、国际最大的粉煤灰仓储项目,该项目由山东华建公司承建,并于2010年7月6日获得世界纪录证书。

二、大型钢板仓的标准

粉煤灰大型钢板仓的设计、制造、验收标准可参照商务部2012年8月1日公告的第47号文发布的国内贸易行业标准执行。标准名称《焊接式散装水泥钢板筒仓》,标准编号SB/T 10743—2012,实施日期2012年11月1日。

三、大型钢板仓的结构

大型钢板仓是一种落地式钢板材仓,其结构如图1-2所示。

四、大型钢板仓的入料

大型钢板仓的入料工艺一般有两个方案。第一方案为电厂电收尘器下安装单仓泵直接用气力输送管道送入钢板仓内,当输送距离在1500m以内时,多采用此方案。第二种方案为用粉体散装汽车运输然后用散装汽车泵打入钢板仓内。第一种方案气力输送气源多采用螺杆空压机为输送气源,输送高度可达30m以上。第二种方案用散装车自带空压机为输送气源,当输送高度超过25m时要增加增压助吹输送装置,增压气源为压缩空气。

五、大型钢板仓的卸料

在大型粉煤灰储库底部中心建有一锥形封闭减压锥,在减压锥底部配置物料活化气力装

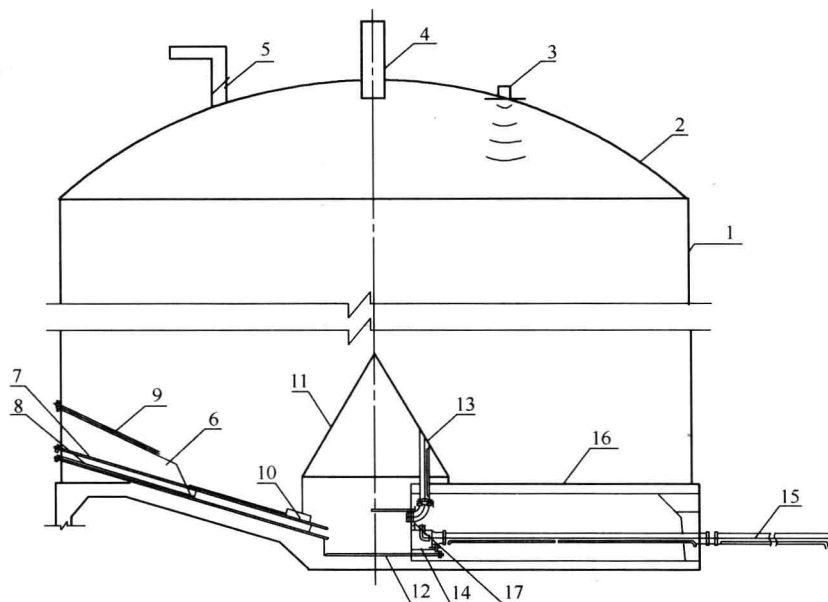


图 1-2 大型粉煤灰钢板仓结构原理图

1—库体；2—库顶；3—料位计；4—入料管；5—安全阀；6—导料锥；7—环形内区流化棒及卸料管；8—环形外区流化棒及卸料管；9—破拱流化棒；10—料封管；11—封闭减压锥（均化室）；12—中心区流化棒；13—垂直下料管；14—发送器；15—出料管道；16—廊道；17—人孔及观察孔

置（带料可抽出流化棒），侧板配置物料发送器，顶部配置垂直卸料管。库底板与水平面呈 17° 的卸料倾角，根据库体直径不同可分为 50 个以上的充气区。卸料充气区分外环充气区和内环充气区，并在外区两相邻导料槽间设置导料锥，构成 V 形卸料单元。当轮流向某一充气区送入罗茨风机气体时，该区物料呈流态化，并通过导料管流入中心区减压锥中，进入减压锥的物料经充气搅拌成为活化物料，具有较好的流动性，经发送器的集料、射流作用，进入输送管道内，完成钢板库的出料。其具体出料过程及原理如下：

1. 出料过程：出料过程分为 3 个过程，即卸料过程、均化过程及输送过程。

（1）卸料过程

将库底板分为内区和外区。利用导料锥和导料槽将外区划分为若干个小的卸料区。利用导料锥将外区物料导入卸料槽内。卸料槽内放置有气化设备流化棒。流化棒是一个多孔棒，外部套有透气布和钢丝网，相当于敞开式充气斜槽的充气箱。内、外区物料通过卸料槽内流化棒充气后，由料封管和导料管卸入均化室内。

（2）均化过程

内外区物料在卸料过程中通过多个出料点的搭配及沿流化棒的线性卸料起到了较好的均化作用。均化室底部安装有均化流化棒，对卸入均化室内的物料进行充气均化。均化室的体积一般在 $30 \sim 50\text{m}^3$ 。均化室内的物料经气体均化后自动喂入射流泵。

（3）输送过程

在射流泵的作用下将均化室内的物料吸入泵体内，同时，通过输料管道将物料输送至出库提升机。输料管道内安装有流化棒，流化棒中的罗茨风机气体经透气层进入输料管中，物料的粒群在输料管中松散开，物料颗粒均被悬浮在气流中，呈现类似流体的特性，具有较好流动性。输送管道上设置有防堵助吹装置。这种管道输送方式的料气比是常规密相输送的 6

倍以上,属于超高密相气力输送。

2. 出料动能: 出料动能有 4 个, 即气力输送压力差、均化室料位势能、射流泵吸送作用及收尘器的负压抽吸。

(1) 气化卸料压力差

内、外区卸料流化棒采用的是 98kPa 的罗茨风机供气, 均化室流化棒及射流泵采用的是 78.4kPa 的罗茨风机供气。在两者压力差的作用下, 物料通过卸料溜槽卸入均化室。

(2) 均化室料位势能

均化室内的物料在流化棒充气的作用下, 物料可以抛起 3~5m 高, 从而产生一定的势能。这时的物料有类似流体的性质, 向压力低的地方流动, 使物料进入射流泵和输送管道。

(3) 射流泵吸送作用

在射流泵喷嘴高速气流作用下, 在射流泵的进口处产生负压区, 将物料吸进射流泵内, 同时, 在气流推进的作用下, 物料随气流在管道内流动, 从而进行物料输送。

(4) 收尘器的负压抽吸

在出库提升机框架下部 3~5m 处安装有收尘器, 收尘器的作用主要是对物料输送涌管内的含尘气体进行收尘, 在收尘器负压作用下, 将输送涌管末端的压力释放, 并对管道内物料进行负压吸送。

六、大型钢板仓的出库输送

大型粉煤灰钢板仓出库输送工艺一般有 2 种形式。

1. 利用提升机垂直运输

用斜槽或气力输送管道将物料送入提升机, 利用斗式提升机进行垂直输送, 物料从提升机出来经斜槽送入散装仓或配料仓进行中间存放, 汽车从散装仓接料, 如图 1-3 所示。

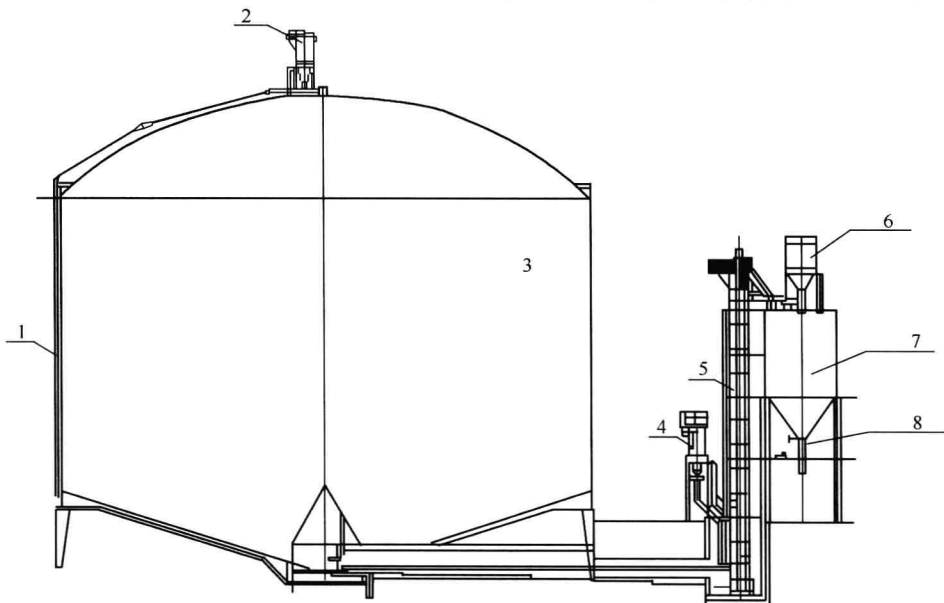


图 1-3 提升机垂直运输工艺图

1—入库送灰管道; 2—库顶收尘器; 3—大型钢板仓; 4—提升机收尘器; 5—出库提升机;
6—散装仓收尘器; 7—散装仓; 8—汽车散装机

2. 气力提升运输

用气力输送管道将物料直接提升到散装仓，如图 1-4 所示。

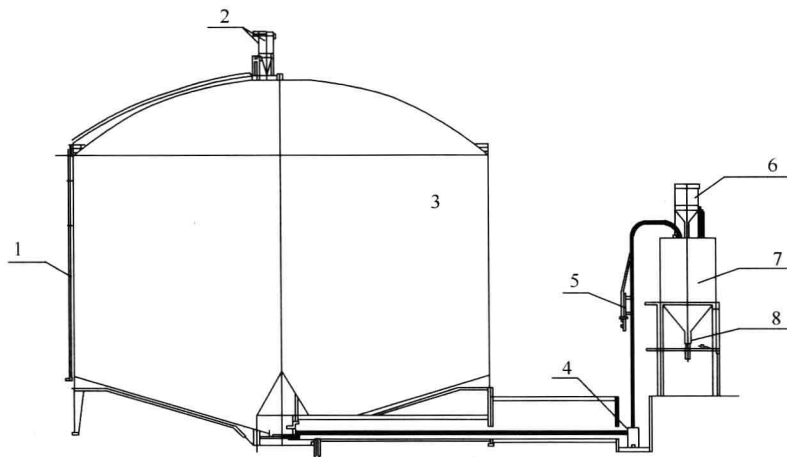


图 1-4 气力提升工艺图

1—入库送灰管道；2—库顶收尘器；3—大型钢板仓；4—提升器；5—增压助吹装置；

6—散装仓收尘器；7—散装仓；8—汽车散装机

（注：本节内容由山东华建仓储装备科技股份有限公司刘栓金编写。）

第三节 粉煤灰的特性

一、化学成分

粉煤灰的化学成分主要是 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 ，三者合计占 70% 以上，除此之外，还有钙、镁、钛、硫、钾、钠和磷的氧化物。

粉煤灰的化学组成很大程度上取决于原煤的无机物组成和燃烧条件，因煤的产地不同而不同，因锅炉形式不同而不同，因燃烧条件的不同而不同。表 1-1 是山东恒远利废技术发展有限公司研发中心对公司客户粉煤灰化学成分的测定数据。由表列数据可知，各地粉煤灰中硅、铝、铁氧化物的总含量都在 70% 以上，但各种组分的分别含量则相差很大，在拟定综合利用方案时，应针对化学成分的特殊性进行科学分析，扬长避短，合理利用。

粉煤灰的含钙量对粉煤灰的利用有很大影响，通常含钙量小于 10% 的粉煤灰称为低钙灰，含钙量 10% ~ 19.9% 的称为中钙灰，大于或等于 20% 的称为高钙灰。

表 1-1 粉煤灰化学分析

序号	产地	化学成分（%）								日期 （年月）
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	细度	LOSS	
1	河南焦作	32.91	25.19	3.92	10.69	0.99		9.48	14.32	09.02
2	河南焦作	48.46	23.35	3.97	8.27	1.23		18.56	11.13	09.02
3	山西孝义	45.72	33.93	4.85	2.59	1.11			10.39	09.03
4	山西阳泉	38.40	24.51	7.36	2.06	0.99			9.77	09.03
5	内蒙古	32.00	45.43	2.69	3.44	1.98			1.63	09.03

第一章 综 述

续表

序号	产地	化学成分 (%)								日期 (年月)
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	细度	LOSS	
6	内蒙古	39.31	35.62	1.96	9.34	2.48			9.74	09.03
7	山东青州	42.06	25.07	7.85	2.41	1.48			19.86	09.03
8	山东茌平	33.83	18.63	5.89	15.51	1.73			17.43	09.03
9	山西孝义	29.03	15.51	4.66	1.03	0.86			46.31	09.03
10	河南驻马店	37.71	24.34	6.19	5.49	0.95			8.44	09.04
11	佳木斯富锦	42.42	24.34	2.69	21.39	0.76	1.09		4.75	09.04
12	甘肃张掖	45.52	23.75	5.39	6.26	5.39			3.42	09.04
13	安徽巢湖	54.92	27.24	6.51	4.35	0.94			4.21	09.04
14	山东临朐	33.59	21.25	5.66	2.46	1.22			30.17	09.05
15	江苏	41.37	30.54	5.39	14.37	3.12			3.54	09.05
16	江苏昆山	41.18	33.97	5.39	2.27	1.49			3.93	09.05
17	山东临朐	39.44	22.65	8.08	4.74	1.63			17.02	09.05
18	山东广饶	33.68	28.29	2.69	20.45	2.85			10.42	09.05
19	江苏昆山	30.77	33.97	4.58	3.79	0.68			10.62	09.05
20	江苏	30.65	27.06	4.58	21.80	3.40			10.61	09.05
21	江苏昆山	45.95	23.66	9.78	8.19	2.97		34.00	6.25	09.06
22	青海西宁	56.35	21.66	5.77	4.58	2.53			7.57	09.06
23	安徽滁州	48.12	22.84	4.02	5.91	1.27		35.40	14.09	09.06
24	新疆阿克苏	53.86	20.42	8.27	10.21	2.15			1.04	09.07
25	山西交城	40.61	27.50	7.52	6.87	1.27		38.00	14.77	09.07
26	山西河津	49.62	29.76	8.27	6.16	0.63			3.41	09.07
27	湖北麻城	53.86	20.42	8.27	10.21	2.15			1.04	09.07
28	宁夏	46.87	30.51	8.03	6.78	2.59			3.74	09.07
29	陕西神木	56.49	21.35	5.58	11.97	2.19		35.70	0.49	09.10
30	陕西神木	55.61	19.58	5.70	8.70	2.81	0.96		5.27	09.10
31	山西万竹	49.10	29.89	6.51	4.35	0.63		35.00	4.42	09.10
32	辽宁营口	47.79	27.90	6.53	5.93	1.88		38.71	6.41	09.10
33	江苏徐州	48.67	19.58	4.65	8.70	1.88		42.00	4.94	09.11
34	安徽中城	48.52	22.80	4.92	10.99	2.30		42.00	7.57	09.12
35	山东高密	34.97	28.09	4.47	9.42	1.15		35.00	13.98	09.12
36	贵州银龙	37.59	16.64	13.07	8.34	4.50		27.44	18.50	09.12
37	河南获嘉	49.39	22.36	5.94	11.26	3.90		27.60	5.59	09.12
38	济宁嘉祥	53.76	22.69	7.15	3.77	2.71		35.38	5.00	09.12
39	山西沁心	35.21	20.57	7.43	8.76	2.99			23.18	09.12
40	山西沁心	35.84	19.39	3.56	7.93	2.39			22.88	09.12

粉煤灰综合利用

续表

序号	产地	化学成分 (%)								日期 (年月)
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	细度	LOSS	
41	河南	45.89	23.47	7.46	6.82	2.40		42.00	4.76	09.12
42	山西三佳	43.27	21.98	7.15	3.83	1.08		33.33	9.88	09.12
43	齐齐哈尔	57.69	19.11	5.36	4.39	1.35		38.99	8.12	10.01
44	山西三佳	41.96	28.99	6.70	5.96	1.35		34.60	8.70	10.01
45	山东邹平	45.01	24.79	6.26	2.51	2.26		39.64	12.82	10.01
46	福建三明	41.52	21.79	8.71	3.14	2.71		39.85	10.72	10.02
47	山西河津	42.83	26.29	5.36	4.39	2.48		38.50	13.85	10.02
48	河南	44.92	22.68	4.87	3.61	2.37		39.86	14.71	10.02
49	河南	51.44	24.79	5.36	5.65	2.71		35.65	6.22	10.02
50	河南	52.66	26.89	4.17	4.23	2.45		37.79	4.23	10.02
51	河南	52.84	26.29	4.32	4.08	2.25		37.91	4.28	10.02
52	湖南岳阳	38.67	25.99	12.96	3.77	1.35		39.52	13.87	10.03
53	山西大同	44.13	16.98	6.26	7.85	2.71		37.65	15.43	10.03
54	齐齐哈尔	47.08	16.68	5.81	2.51	1.13			12.37	10.03
55	山东临朐	47.50	28.39	5.36	3.14	1.67			5.78	10.03
56	巴彦淖尔	45.81	28.37	8.13	3.77	1.17			7.50	10.03
57	黑龙江大庆	56.12	11.87	5.36	4.71	2.23		38.80	5.15	10.03
58	山东济南	25.21	18.18	4.42	6.54	3.59		38.32	40.42	10.03
59	山东邹平	41.19	26.26	8.49	1.26	1.47		48.69	15.56	10.04
60	安徽亳州	47.49	29.42	3.35	4.03	3.14		45.00	10.46	10.04
61	山东临淄	52.54	25.76	5.22	3.36	1.69		42.00	8.28	10.04
62	山东临淄	50.85	27.89	6.18	4.51	2.90		38.10	6.14	10.04
63	江苏宿迁	55.06	26.06	5.75	7.07	3.14		42.13	1.83	10.04
64	宁夏石嘴山	47.07	34.60	5.25	4.07	1.19			3.91	10.04
65	陕西宝鸡	54.22	23.92	7.60	5.97	4.51		42.00	1.33	10.04
66	内蒙阿拉善	45.00	22.10	8.14	11.78	2.66		32.00	2.63	10.05
67	安徽歧阳	53.58	31.49	4.69	3.03	1.94		40.12	3.86	10.05
68	山东广饶	37.29	24.54	2.87	10.76	2.42		32.79	20.38	10.05
69	山东广饶	45.00	25.46	5.75	5.05	2.18		30.51	13.59	10.05
70	黑龙江鹤岗	57.86	18.75	2.85	5.05	2.42			4.52	10.05
71	山西朔州	49.18	26.67	4.31	6.73	2.66			2.68	10.05
72	河北西柏坡	52.29	31.55	5.27	2.86	1.11		41.03	5.32	10.05
73	河北邯郸	41.13	25.75	6.84	4.38	1.08		39.20	13.71	10.07
74	山东寿光	40.76	28.89	5.75	3.02	0.85			12.99	10.07
75	山东广饶	45.00	32.93	4.25	5.73	1.56			4.90	10.07