

灰坝工程

Ash-retention Dam Engineering

南京水利科学研究院

华东电力设计院

中国水利水电科学研究院

酆能惠 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

灰 坝 工 程

Ash-retention Dam Engineering

南京水利科学研究院 华东电力设计院 中国水利水电科学研究院
郦能惠 等 编著

南京水利科学研究院 华东电力设计院 中国水利水电科学研究院
出版基金资助



内 容 提 要

本书是关于燃煤火力发电厂灰渣贮放技术的科技专著，也是火力发电厂灰坝工程的设计手册。全面阐述了灰坝的设计思想、灰渣的工程特性、贮灰场的工程勘测和工程水文计算、灰坝的渗流、稳定和应力变形计算分析方法、筑坝材料和填筑设计、灰坝及其防渗结构和排渗结构、贮灰场排水系统、环境保护和安全监测的设计，介绍了大型电厂8座贮灰场工程实例，不仅反映了我国灰渣贮放技术特别是灰渣筑坝技术的科技成果，也代表了我国火力发电厂灰坝工程的设计水平。

本书可供电力行业勘测、设计、施工、运行、科研和建设管理人员使用，也可供水利水电和土木工程行业的科学研究、教学以及勘测设计施工部门人员参考。

图书在版编目（C I P）数据

灰坝工程 / 邴能惠等编著. -- 北京：中国水利水电出版社, 2012.9
ISBN 978-7-5170-0198-0

I. ①灰… II. ①邴… III. ①火电厂—粉煤灰—废物处理 IV. ①X773

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第232514号

策划编辑：林京 责任编辑：王启

书 名	灰坝工程
作 者	南京水利科学研究院 华东电力设计院 中国水利水电科学研究院 邴能惠 等 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 19印张 451千字
版 次	2012年9月第1版 2012年9月第1次印刷
印 数	0001—1000册
定 价	98.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

谨以此书纪念潘家铮院士

《灰坝工程》编著者

主编：邴能惠

成员：（按姓氏笔画排序）

王振宇	王颖华	严 炜	陈昌斌	张剑峰	邵济仁
姚 鹏	高 玲	储剑峰	温彦峰	蔡 红	戴永志

序

灰坝是指燃煤火力发电为堆存废渣（煤灰）而修建的挡灰坝，是广义的尾矿坝的一种。

我国的电力建设一直是以燃煤火力发电为主，2010年燃煤火电装机容量达7.07亿kW，灰渣年排放量达到3.9亿t，虽然我国粉煤灰的综合利用率较高，但是每年仍有1.2亿t的灰渣需要贮放。贮灰场成为燃煤火力发电厂必不可少的组成部分。

电力行业一直非常重视贮灰场的建设和安全运行，20世纪80年代，当时水利电力部就责成南京水利科学研究院组成专家组，赴全国各电厂检查灰坝安全，提出除险加固对策。同时设立部重点科技项目“灰渣筑坝技术研究”，由南京水利科学研究院负责，在华东电力设计院、谏壁电厂等设计院和电厂的合作下，历时4年，提出了挡灰坝设计新思想和新型挡灰坝型，开发了灰渣筑坝技术，包括振冲加固灰坝技术、排渗加固灰坝技术和水力充填灰渣筑坝技术，根据研究成果，编制了《火力发电厂灰渣筑坝设计规范》（DL/T 5045—2006），获得了国家科技进步奖。水利电力部领导希望课题组能继续努力，编写出一本具有中国特色的《灰渣贮放手册》。

其后，尽管领导机构不断变化，课题组同志没有忘记组织上的期望，他们继续研究，不断进取，在全面总结研究成果和工程实践的基础上，完成了当初编写《手册》的任务，并定名为《灰坝工程》——就是放在读者面前的这本专著。本书的特色是既有先进性，也富有实用性。先进性反映在摒弃沿用挡水坝模式建造挡灰坝的方法，提出充分利用非饱和状态灰渣本身强度来挡灰的新的设计思想；实用性表现在阐述了灰坝工程设计的全部内容，包括：设计标准、岩土工程勘测、水文计算、灰渣特性、灰坝的渗流、稳定和应力变形计算、灰坝的防渗、排渗、排水结构设计、环境保护和安全监测设计，并介绍了工程实例。因此，本书不仅反映了我国灰渣贮放技术特别是灰渣筑坝技术的科技成果，也代表了我国火力发电厂灰坝工程的设计水平。本书的出版填补了煤灰贮放的空白，对我国的电力建设将起到很好的作用。

我在阅读了本书原稿后，还有一些感想。在相当长的时间内，我国的电

源结构仍将以燃煤发电为主，煤灰的排放和堆存仍将是压占土地和污染环境的严峻问题。第一，必须进一步研究扩大煤灰的综合利用，化废为宝，减轻建设贮灰场和灰坝的压力；第二，燃煤电厂的建筑物众多，规划、设计、建设、运行很复杂，灰坝虽说是最后一座较次要的建筑物，然而灰坝如果失事，往往会对下游人民生命财产和生态环境造成严重的次生灾害，国外尾矿坝失事灾害时有所闻，我国也曾发生过这种事故，因此对灰坝的设计、建造和监测绝不能掉以轻心，本书中的经验可起重要的参考作用；第三，随着科技的发展，工程专业和学科有愈分愈细的趋势。其实，有许多问题是跨学科的，需要各专业综合解决。如火电厂的煤灰处理和灰场建设问题就是电厂规划设计、建筑材料研究和坝工设计的交集。当年水利电力部组织水利科研院所和电力设计及运行部门共同攻关，是个正确的决策。我希望今后有关部门和科技人员能继续通力合作，使我国的煤灰利用和灰坝建设技术能再上台阶，为我国电力建设和环境保护做出新的贡献。这些看法谨供作者及广大的读者参考指正。

是为序。

中国科学院院士、中国工程院院士

潘家铮

2011年5月19日于北京医院

前 言

我国电力建设一直是以燃煤火力发电为主，2010 年全国电力装机容量 9.62 亿 kW，年发电量 42280 亿 kW·h，其中燃煤火电装机容量 7.07 亿 kW，燃煤电厂发电量 32490 亿 kW·h。需要燃煤（标准煤）10.9 亿 t，灰渣年排放量达到 3.9 亿 t。我国长期重视粉煤灰的综合利用，2010 年综合利用率可能达到 70%，因此 2010 年约有 1.2 亿 t 的灰渣需要贮放。火电厂主要采用水力除灰系统，2010 年水力输送灰渣的灰渣水排放量约达到 9 亿 t。如此巨量的灰渣和灰渣水都需要贮灰场来贮放和处置。

贮灰场是燃煤火力发电厂必不可少的主要组成部分，贮灰场建设要做到占地少、投资低、无污染、保安全，其重点是做好贮灰场工程的设计与施工。

早期挡灰坝的设计采用的是挡水坝设计理念，虽然可以减轻或避免下游水质污染，但是将水力排放灰渣的水全部都贮存在灰场中是不合理的，往往造成灰坝工程投资偏大，而且风险也较大。20 世纪 80 年代，某电厂灰场运行不当造成灰坝溃决，引起电力行业对灰坝安全的重视。当时水利电力部责成南京水利科学研究院组成水利电力部专家组赴全国各电厂检查贮灰场安全，及时提出除险加固的对策。同时设立部重点科技项目“灰渣筑坝技术研究”，由南京水利科学研究院负责承担，在各单位的大力合作下，该项目研究历时 4 年，结合谏壁、徐州、姚孟、邹县等大型电厂建设，提出了灰坝设计的新思想和具有三维组合排渗系统的新型挡灰坝型。开发了振冲加固灰坝技术、排渗加固灰坝技术和水力冲填灰渣筑坝技术。研究成果得到广泛应用，并陆续列入了 DL/T 5045—1995《火力发电厂灰渣筑坝设计技术规定》和 DL/T 5045—2006《火力发电厂灰渣筑坝设计规范》。

近 10 余年来，灰坝工程建设不断发展，灰坝设计水平不断提高，编写本书的目的不仅是介绍此项研究成果和相关科技成果，而且是系统地阐述灰坝工程设计。本书内容包括灰坝设计标准和设计思想、贮灰场的岩土工程勘测和工程水文计算、灰渣的工程特性、灰坝的渗流、稳定和应力变形计算、筑坝材料和填筑设计、灰坝包括防渗结构和排渗结构的设计、贮灰场的排水系

统、环境保护和安全监测的设计、灰场施工质量控制和运行管理，同时列举了谏壁、锦州等电厂八座灰坝工程实例，以利于对本书的理解和应用。

南京水利科学研究院邴能惠担任本书主编，拟定了编写大纲，负责撰写了第一章、二章、五章、六章、七章、八章、十章，参与撰写了第九章、十一章、十二章、十五章、十七章，负责全书的修改和统稿。华东电力设计院高玲、王振宇组织该院各专业主要技术负责人张剑峰、陈昌斌、姚鹏、戴永志、邵济仁、储剑峰、严炜、王颖华共同撰写了本书。中国水利水电科学研究院温彦峰负责撰写了第十三章，蔡红参与撰写了第六章。各章撰写人分别是：第一章、二章邴能惠、高玲；第三章陈昌斌、张剑峰；第四章姚鹏；第五章邴能惠、陈昌斌；第六章邴能惠、蔡红；第七章邴能惠；第八章邴能惠；第九章王振宇、高玲、邴能惠；第十章邴能惠；第十一章戴永志、邴能惠；第十二章戴永志、高玲、邴能惠；第十三章邵济仁、储剑峰；第十四章温彦峰、高玲；第十五章高玲、邴能惠；第十六章王振宇；第十七章严炜、邴能惠、王颖华。南京水利科学研究院戴丽承担了全书的文字、表格和插图的编排和核对。

本书撰写和出版得到了南京水利科学研究院、华东电力设计院和中国水利水电科学研究院的组织支持及资助，在此向南京水利科学研究院、华东电力设计院和中国水利水电科学研究院致以诚挚的谢意。

20 世纪 80 年代担任水利电力部总工程师的潘家铮院士在当时提出要进行灰渣筑坝技术研究，时隔 20 多年以后在病中仔细审阅本书，亲自作序，对编著者和广大电力科技工作者提出厚望——我国的煤灰利用和灰坝建设技术能再上台阶，为我国电力建设和环境保护做出新的贡献。使我们深受鼓舞，在此向他致以崇高的敬意和衷心的感谢！

东北电力设计院季超俦教授级高级工程师详细审阅了本书，并且提供了东北电力设计院的灰坝工程设计成功经验和翔实的技术资料，对本书的修改提出了宝贵的意见，使撰写者受益匪浅，在此向他致以诚挚的谢意。

在编辑出版过程承蒙中国水利水电出版社林京编审的审阅和支持，在此向她致以诚挚的谢意。

本书撰写过程中参阅了大量的科技文献和技术资料，虽已列出，难免遗漏，特向各位作者表示衷心的感谢。

限于撰写者的水平和工作的局限性，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

编著者

2011 年 3 月 25 日

目 录

序

前言

第一章 贮灰场类型和场址选择	1
一、贮灰场类型	2
二、贮灰场场址选择	3
三、贮灰场容积	3
第二章 灰坝设计标准和设计思想	5
一、湿式贮灰场灰坝设计标准	5
二、干式贮灰场灰坝设计标准	6
三、灰坝设计思想	7
第三章 岩土工程勘测	9
一、概述	9
二、贮灰场勘测	10
三、灰坝勘测	14
四、排水系统勘测	15
五、灰坝加高勘测	17
第四章 工程水文计算	20
一、洪水计算	20
二、调洪演算	29
三、潮位计算	31
四、波浪计算	34
第五章 灰渣特性	44
一、灰渣的工程特性	44
二、灰渣层的工程特性	65
第六章 灰坝渗流计算	68
一、渗流计算方程和计算方法	68
二、灰坝渗流计算工况和计算要点	70
三、考虑渗透系数各向异性的灰坝渗流计算	71

四、设置排渗管灰坝的渗流计算	72
五、具有组合排渗系统灰坝的渗流计算	73
六、渗透变形稳定性评价	77
七、灰坝渗流监测和反馈分析	80
第七章 灰坝抗滑稳定计算	82
一、抗滑稳定计算工况和安全系数	82
二、抗滑稳定计算方法	84
三、灰坝抗滑稳定计算实例	88
第八章 灰坝应力变形计算分析	94
一、静力应力变形计算分析	94
二、动力应力变形计算分析	101
三、灰坝应力变形计算分析实例	108
第九章 灰坝设计	112
一、山谷湿灰场灰坝	112
二、山谷干灰场灰坝	134
三、滩涂灰场灰堤	142
四、平原灰场灰堤	151
第十章 筑坝材料和填筑设计	154
一、筑坝材料的工程特性	154
二、填筑设计	166
第十一章 防渗结构设计	175
一、土质防渗体	176
二、土工膜防渗体	177
三、塑性混凝土防渗墙	182
四、高压喷射灌浆防渗墙	184
第十二章 排渗结构设计	188
一、排渗结构型式和选择	188
二、灰坝坝体排渗结构	188
三、灰坝与贮灰场预先设置的排渗结构	191
四、运行期为灰坝加固设置的排渗结构	196
第十三章 排水系统设计	207
一、湿式贮灰场排水系统	207
二、干式贮灰场排水系统	211
三、排水系统的水力计算	213
四、排水系统工程实例	215

第十四章 环境保护设计	228
一、贮灰场的环境保护要求	228
二、贮灰场地下水环保设计	237
三、贮灰场大气环保设计	243
第十五章 安全监测和巡视	246
一、一般规定	246
二、监测项目	246
三、灰坝渗流监测	247
四、灰坝变形监测	248
五、巡视检查	249
六、灰坝安全监测实例	250
第十六章 施工质量控制和运行管理	254
一、施工质量控制	254
二、湿式贮灰场的运行管理	256
三、干式贮灰场的运行管理	258
四、滩涂灰场的运行管理	260
第十七章 工程实例	262
一、谏壁电厂经山山谷湿灰场	262
二、谏壁电厂真观山山谷湿灰场	269
三、锦州电厂山谷湿灰场	272
四、FY 电厂 QH 河滩湿灰场	274
五、蒲城电厂山谷干灰场	277
六、湄州湾电厂海滩干灰场	278
七、HNYH 电厂海滩干灰场	283
八、GDCZ 电厂河滩干灰场	289
参考文献	290

第一章 贮灰场类型和场址选择

相当长的时期内，我国电力建设一直是以燃煤火力发电为主，灰渣是燃煤电厂排出的废渣。1985 年我国燃煤电厂的灰渣总量为 3768 万 t，1995 年增加到 9936 万 t，2002 年、2005 年和 2006 年分别达到 1.8 亿 t、3.0 亿 t 和 3.5 亿 t。

20 世纪 90 年代在“大力发展水电”和“西电东送、南北互供、全国联网”的电力发展政策指导下，水电装机容量在 2004 年突破 1 亿 kW，2010 年小湾水电站 4 号机组成为我国水电装机容量突破 2 亿 kW 的标志，我国水电装机居世界第一。但是面临着巨大的电力需求，燃煤火力发电仍然占着主要地位。2000 年末，全国电力装机容量 3.19 亿 kW，其中火电装机容量 23751 万 kW，占 74.4%；水电装机容量 7935 万 kW，占 24.8%；核电装机容量 210 万 kW，占 0.7%；风电装机容量 35.85 万 kW，占 0.1%。2009 年 7 月，全国电力装机容量突破 8 亿 kW，其中火电装机容量 5.9 亿 kW，水电装机容量 1.82 亿 kW，核电装机容量 906 万 kW，风电装机容量 1474 万 kW，火电占约 74% 的主要地位。2010 年，全国电力装机容量 9.62 亿 kW，年发电量 42280 亿 kW·h，其中全国燃煤火电厂装机容量 6.50 亿 kW，年发电量 32490 亿 kW·h，说明至今电能仍有 76.8% 依赖燃煤发电，约需要燃煤（标准煤）10.9 亿 t，燃煤电厂灰渣年排放量达到 3.9 亿 t。现有火电厂主要采用水力除灰系统，2010 年水力输送灰渣的灰渣水排放量约达到 9 亿 t。如此巨量的灰渣和灰渣水都需要贮灰场来贮放和处置。

在科学发展观思想指导下，我国为应对全球气候变化，承诺到 2020 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%~45%，通过大力发展再生能源、积极推进核电建设，使 2020 年我国非化石能源占一次能源消费的比重达到 15% 左右。这表明我国燃煤火电厂仍将每年排出约 4 亿 t 的灰渣。

我国长期重视粉煤灰的综合利用，利用率已从 1990 年的 26.5%，1995 年的 41.7%，2005 年的 65%，逐年提高，2010 年可能达到 70%，因此仍将有每年 1.2 亿 t 的灰渣需要贮放。如何贮放和处置如此大量的灰渣和灰渣水，做到占地少、投资低、无污染、保安全，这是我国电力建设必须要解决的问题。

灰渣是燃煤电厂排除的废渣的总称，包括粉煤灰和炉底渣，灰渣的特性与煤的性质及其粉碎或磨细的程度、锅炉类型、燃烧方式以及除尘装置的性能有关。燃煤电厂除灰系统是将炉底渣（slag）和粉煤灰（ash 或 fly ash）收集、输送、贮存的工艺系统。除灰系统一般分为水力、气力和机械除灰系统 3 种，大部分燃煤电厂采用水力除灰系统，其优点是避免灰渣飞扬扩散，运行可靠简便；缺点是耗水量大，不利于灰渣的综合利用。水力除灰系统向高浓度、大容量、远距离输送的方向发展，与水力除灰系统相适应的灰渣贮放方式是建造湿式贮灰场。气力除灰系统是以空气为输送介质和动力，将锅炉各集灰斗的干灰输送到指定地点，输送气流速度高，输送管道和设备易磨损，输送距离受动力设备压力的限

制,但是有利于灰渣的综合利用。机械除灰系统是用汽车、皮带机等运输工具将调湿干灰运至贮灰场。与气力除灰系统和机械除灰系统相适应的灰渣贮放方式是建造干式贮灰场。

一、贮灰场类型

(一) 按贮灰方式分类

燃煤电厂的贮灰方式可分为湿式(或湿法)贮灰场和干式(或干法)贮灰场。

1. 湿式贮灰场

燃煤电厂的灰渣(粉煤灰和炉底渣)通过管道用水力输送的方式运至贮放场,此贮放场地称为湿式贮灰场,简称湿灰场。湿式贮放灰渣的过程是:将锅炉排出的灰渣用水稀释,灰水比一般为 $1:2\sim 1:2.5$,灰浆通过管道用泵压力输送至贮灰场。湿式贮灰场需建造挡灰的堤坝,并保证堤坝的抗滑稳定安全、渗透稳定安全和抗地震液化的安全性以及解决水质污染等问题。

湿式贮灰场运行管理简便,运行费用低,但是耗用水量大,湿灰场可以消纳燃煤电厂的绝大部分废弃排水,为实现电厂废水零排放和节省水处理费用提供了条件。

2. 干式贮灰场

燃煤电厂的灰渣用汽车等运输工具运至贮放场,此贮放场地称为干式贮灰场,简称干灰场。

干式贮放灰渣的过程是:采用干式除灰系统,适当加水搅拌,形成含水率适宜的湿灰,含水率视防止扬尘污染和易于压实的要求而定,用汽车、皮带机等运输工具运至贮灰场,用推土机等摊平,用振动平碾等机械分层压实。干式贮灰场是在电厂运行期间不间断地分块分层加高形成的灰渣压实体,因此要重视灰渣的压实特性和环境保护。

干式贮灰场的水工建筑物相对简单,耗用水量少,甚至不需要设置排水系统。干灰场运行费用较大,并要解决干灰扬尘对周围环境的污染,而且不能消纳电厂的废弃排水。

湿灰场和干灰场的选用应根据工程具体条件、通过全面技术经济比较确定。国内近年来采用干灰场的电厂越来越多,采用干灰场的主要因素有:

(1) 环境保护。

(2) 节水,尤其是在缺水地区。

(3) 经济性,一般干式贮灰场的造价比湿式贮灰场低,特别是平原灰场。

(4) 与厂内干式除灰系统协调。

(5) 若采用湿式贮灰场,当灰渣 CaO 的含量很高时,输灰管会结垢严重,给电厂运行管理带来困难。

(二) 按贮灰场地分类

燃煤发电厂的贮灰场按场地所处地形和位置不同,可分为山谷灰场、滩涂灰场和平原灰场。

1. 山谷灰场

选取电厂附近山谷,在适当位置建造挡灰坝体的灰渣贮存场地为山谷灰场。山谷灰场应考虑调洪容积并设置排水(泄洪)系统。

山谷灰场具有贮灰容积大、筑坝工程量较小以及不占或少占良田的特点,条件适宜时

宜优先选用。据 1993 年统计, 全国已建湿式贮灰场 147 座, 其中山谷灰场 89 座。

2. 滩涂灰场

在海边、江边滩涂上临水面修筑围堤, 一般为三面围堤、一面利用岸堤或防洪堤建设的灰渣贮存场地为滩涂灰场。

滨海电厂宜优先选用滩涂灰场。

3. 平原灰场

在平地上四面围堤建设的灰渣贮存场地为平原灰场。在缺水少雨的平原地区宜采用干式贮灰场, 贮灰场初期工程量小并且不需设置排水系统。

二、贮灰场场址选择

燃煤电厂的灰渣属于一般工业固体废物, 因此贮灰场场址选择要满足环境保护的要求, 符合 GB 18599《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》的规定:

- (1) 所选场址应符合当地城乡建设总体规划要求。
- (2) 应选在工业区和居民集中区主导风向下风侧, 场界距居民集中区 500m 以外。
- (3) 应避开地下水主要补给区和饮用水源含水层。
- (4) 应避开断层, 断层破碎带, 溶洞区, 以及天然滑坡或泥石流影响区。
- (5) 禁止选在江河, 湖泊, 水库最高水位线以下的滩地和洪泛区。
- (6) 禁止选在自然保护区, 风景名胜区和需要特别保护的区域。
- (7) 应优先选用废弃的采矿坑和塌陷区。

贮灰场场址选择同时考虑下列主要因素:

- (1) 贮灰场征地应按国家有关规定和当地的具体情况办理。应遵循节约耕地和保护自然生态环境的原则, 不占、少占或缓占耕地、果园和树林, 尽量避免迁移居民。
- (2) 宜选用山谷、洼地、荒地、河(海)滩地、塌陷区和废矿井等区域。
- (3) 宜选择容积大、洪水量少、坝体工程量小、便于布置排水系统的场址。
- (4) 贮灰场内或附近有足够筑坝材料, 并有提供灰渣贮满后覆盖灰渣层表面的土源。
- (5) 贮灰场的主要建筑物宜具有较好的地质条件, 场区宜具有较好的水文地质条件。
- (6) 贮灰场对周围环境影响必须符合现行国家环境保护法规的有关规定。特别对大气环境、地表水、地下水的污染必须有防治措施, 并应满足当地环境保护要求。
- (7) 宜具备分期分块贮灰或灰渣筑坝的条件。

三、贮灰场容积

贮灰场容积应符合下列规定:

- (1) 规划阶段: 贮灰场的总容积应能存放按电厂规划容量计算的 20 年左右的灰渣量。
- (2) 设计阶段: 贮灰场应分期、分块建设, 初期贮灰场容积宜能存放按本期电厂容量及按设计煤种计算的 10 年左右灰渣量。当灰渣综合利用条件较好时, 灰场计算年限可适当减少。
- (3) 采用分期筑坝或分块建设时, 其初期坝形成的有效容积应能存放电厂本期设计容

量和设计煤种计算的 3~5 年实际的灰渣量。每级子坝加高形成的容积宜能存放 3 年左右实际排入的灰渣量。

(4) 热电联产项目的热电厂应按灰渣综合利用可能中断的最长持续时间内所排出的灰渣量选定周转或事故备用贮灰场, 其容积不宜超过热电厂 6 个月排放的最大灰渣量。在寒冷地区热电厂不宜超过 1 年排放的最大灰渣量。

贮灰场总容积应按式 (1-1) 计算, 即

$$V = V_{ef} + W = (G - U)T/(\rho\eta) + W \quad (1-1)$$

式中 V ——贮灰场总容积, m^3 ;

V_{ef} ——贮灰场有效容积, m^3 ;

W ——汇入贮灰场的洪水调洪容积, m^3 ;

G ——设计煤种的年灰渣量, kg/a ;

U ——每年实际综合利用的灰渣量 (平均值), kg/a ;

T ——贮灰年限, a ;

ρ ——灰渣的干密度, 按贮灰场运行实测资料选取 (无资料时可取 1000kg/m^3), kg/m^3 ;

η ——贮灰场有效容积利用系数。

第二章 灰坝设计标准和设计思想

一、湿式贮灰场灰坝设计标准

贮灰场灰坝的设计标准应根据灰场类型、容积大小、最终坝高和灰坝失事后对附近和下游的危害程度综合考虑确定。

1. 山谷湿灰场

(1) 山谷湿灰场灰坝的设计标准应按表 2-1 采用。

表 2-1 山谷湿灰场灰坝设计标准表

设计 级别	分级指标		洪水重现期 (a)		坝顶安全加高 (m)		抗滑安全系数			
							下游坡		上游坡	
	总容积 V (亿 m ³)	最终坝高 H (m)	设计	校核	设计	校核	正常运行 条件	非常运 行条件	正常运 行条件	非常运 行条件
一	$V > 1$	$H > 70$	100	500	1.0 (1.5)	0.7	1.25 (1.30)	1.05 (1.10)	1.15	1.00
二	$0.1 < V \leq 1$	$50 < H \leq 70$	50	200	0.7 (1.0)	0.5	1.20 (1.25)	1.05	1.15	1.00
三	$V \leq 0.1$	$30 < H \leq 50$	30	100	0.5 (0.7)	0.3 (0.4)	1.15 (1.20)	1.00 (1.05)	1.15	1.00

(2) 灰渣筑坝时，灰场的坝顶安全加高和抗滑稳定安全系数应采用表 2-1 中括号内的数值，见 DL/T 5045—2006《火力发电厂灰渣筑坝设计规范》。

(3) 当灰坝下游有重要工矿企业或居民集中区时，通过论证可提高一级设计标准。

(4) 当最终坝高与总容积分级不同时，一般以高者为准，当级差大于一个级别时，按高者降低一个级别确定。

(5) 对于山谷湿灰场的一级灰坝至少应有 1.5m 的坝顶超高，二级、三级灰坝应有 1.0~1.5m 的坝顶超高。

(6) 最终坝高应按贮灰场的自然地形和地质条件确定，当条件优越时，可按火力发电厂机组设计寿命 30 年的贮灰要求确定。

(7) 当最终坝高远大于本期设计坝高，如按分期建设的设计坝高和容积确定灰坝设计级别时，应进行灰场分期建设直至最终坝高的全面规划，并使各期灰坝的安全性满足设计级别提高后的要求。

2. 滩涂湿灰场

滩涂湿灰场包括江滩、河滩、湖滩和海滩灰场，滩涂湿灰场的灰堤设计标准应与当地堤防工程相协调。灰堤设计应按 GB 50286《堤防工程设计规范》执行，其级别与当地堤

防工程的级别相同。滩涂湿灰场的设计应符合 JTJ 213《海港水文规范》和 JTJ 298《防波堤设计与施工规范》的相关规定。

(1) 滩涂湿灰场灰堤设计标准应按表 2-2 采用。

表 2-2 滩涂湿灰场灰堤设计标准表

设计 级别	总容积 V (亿 m^3)	堤外设计高水位 重现期 (a)		堤外风浪 重现期 (a)		堤内汇入洪水 重现期 (a)		堤顶 (或防浪墙顶) 安全加高 (m)				抗滑稳定安全系数			
								堤外侧		堤内侧		下游坡		上游坡	
		设计	校核	设计	校核	设计	校核	设计	校核	设计	校核	正常运行 条件	非常 运行 条件	正常运行 条件	非常 运行 条件
二	$V > 0.1$	50	100	50	50	50	200	0.4	0.0	0.7 (1.0)	0.5	1.20 (1.25)	1.05	1.15	1.00
三	$V \leq 0.1$	30	100	50	50	30	100	0.4	0.0	0.5 (0.7)	0.3 (0.4)	1.15 (1.20)	1.00 (1.05)	1.15	1.00

注 表中括号内的数值表示灰场的堤顶安全加高和抗滑稳定安全系数。

(2) 灰渣筑坝时, 灰场的堤顶安全加高和抗滑稳定安全系数应采用表 2-2 中括号内的数值, 见 DL/T 5045—2006《火力发电厂灰渣筑坝设计规范》。

(3) 滩涂湿灰场的灰堤顶或防浪墙顶在限制贮灰高程以上至少应有 1.0m 超高。

(4) 当海滩灰场时, 设计波高的累积频率可按下列标准采用: ①确定堤顶高程时取 13%; ②计算护面、护底块体稳定性时取 13%; ③计算胸墙、堤顶方块强度和稳定性时取 1%。

3. 平原湿灰场

平原湿灰场灰堤的设计标准应按表 2-2 执行。堤顶距限制贮灰高程应留有一定的超高值。

二、干式贮灰场灰坝设计标准

灰坝的设计标准应根据灰场类型、容积大小、最终坝高和灰坝失事后对附近和下游的危害程度综合考虑确定。

1. 山谷干灰场

山谷干灰场灰坝的设计标准应按表 2-3 采用。

表 2-3 山谷干灰场灰坝设计标准表

灰场 级别	分级指标		洪水重现期 (a)		坝顶安全加高 (m)		抗滑安全系数		
	总容积 V (亿 m^3)	最终坝高 H (m)	设计	校核	设计	校核	外坡		内坡
							正常运行 条件	非常运 行条件	正常运 行条件
一	$V > 1$	$H > 70$	100	500	1.0	0.7	1.25	1.05	1.15
二	$0.1 < V \leq 1$	$50 < H \leq 70$	50	200	0.7	0.5	1.20	1.05	1.15
三	$0.01 < V \leq 0.1$	$30 < H \leq 50$	30	100	0.5	0.3	1.15	1.00	1.15

注 1. 初期修筑挡灰坝的高度为可贮存一次设计洪水总量确定, 设计洪水标准为 30 年一遇, 其高度应不小于 3.0m。

2. 坝顶高程至少应高于贮灰高程 0.5m。