

生活垃圾焚烧发电燃烧优化 与烟气净化协同控制技术

环境工程与能源利用关键技术研究

栾振宇 著

图书在版编目—建议数据

生活垃圾焚烧发电燃烧优化与烟气净化协同控制技术 / 栾振宇 著. —澳门:

澳门科学出版社, 2026.07

ISBN 978-99996-49-61-2

I. ①生… II. ①栾… III. ①城市生活废弃物处理与综合利用

IV. ① X705

依据《中国图书馆分类法》提供分类参考数据。

生活垃圾焚烧发电燃烧优化与烟气净化协同控制技术

栾振宇 著

ISBN 978-99996-49-61-2

责任编辑: 彭 俊

责任校对: 何幸宜

装帧设计: 何幸祉

出版发行: 澳门科学出版社

地 址: 澳门南湾大马路恒昌大厦 11 楼 F 座

网 址: <https://www.mospbs.com>, <https://moaj.mospbs.com>

总 机: +853-62961666

印装公司: 澳門翰林出版集團有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印 张: 14.25

字 数: 261 千字 印 数: 1~3000

版 次: 2026 年 07 月第 1 版

印 次: 2026 年 07 月第 1 次印刷

如有缺损质量问题, 请联系本社销售中心。

版权所有, 违者必究

作者介绍

栾振宇

工学学士。任职于鞍山市三峰环保发电有限公司。从事垃圾焚烧发电行业。参与鞍山市生活垃圾焚烧发电项目建设与运营工作,负责项目建设以及运营组织与管理工作。参与澳门焚化中心和危废站运营管理工作,筹备运营团队,优化提升运营水平。

前言

生活垃圾焚烧发电是城市生活垃圾减量化、资源化和无害化处理的重要方式之一。随着城市生活垃圾产生量持续增加,焚烧发电厂不只承担生活垃圾处理任务,也承担能源回收和污染控制任务。对运行单位来说,稳定燃烧、可靠发电、烟气达标排放和运行成本控制,已经成为日常生产管理中的核心问题。生活垃圾并不是性质稳定的燃料。它的成分、含水率、灰分和低位热值会随地区、季节、居民生活方式和垃圾分类水平而变化。这种波动会直接影响炉排燃烧、锅炉负荷、蒸汽参数、烟气成分和污染物排放。

从工程实践看,生活垃圾焚烧发电系统的运行难点,不在于单一设备能否正常启动,而在于多个环节能否形成稳定配合。入炉垃圾波动会引起燃烧火线移动。炉排速度、给料量、垃圾层厚度和一次风分配会改变炉内燃烧状态。二次风、炉膛温度和烟气含氧量会影响一氧化碳、氮氧化物和二噁英等污染物的生成。半干法脱酸、干法脱酸、活性炭喷注和布袋除尘也不是彼此孤立的末端设备。它们的运行效果会受到烟气温度、烟气湿度、污染物浓度、飞灰特性和药剂投加方式的共同影响。因此,生活垃圾焚烧发电厂需要把燃烧控制、能量利用和烟气净化放在同一个运行体系中进行分析。

本书以《生活垃圾焚烧发电燃烧优化与烟气净化协同控制技术》为题,重点讨论焚烧发电运行中的参数调控和协同优化问题。全书没有按照生活垃圾焚烧厂建设流程展开,也没有把垃圾接收、土建布置、渗滤液处理、灰渣处置等内容作为主要对象。本书把研究重点放在入炉垃圾波动识别、炉排焚烧调控、风量与氧量优化、蒸汽参数稳定、污染物源头控制、烟气净化系统协同运行和达标排放诊断等方面。这样的处理可以使内容更加集中,也可以更好地对应热能与动力工程专业的知识基础。

全书首先分析生活垃圾焚烧发电的运行特征和控制边界,说明垃圾性质波动对燃烧稳定性、锅炉负荷和烟气排放的影响。随后,书中围绕入炉垃圾识别和焚烧工况判断展开讨论,重点说明高水分垃圾、低热值垃圾、高热值垃圾、垃圾层过厚和火线偏移等典型状态的运行表现。在此基础上,书中进一步阐述炉排速度、给料量、垃圾层厚度、一次风、二次风、炉膛负压、过量空气系数和烟气含氧量等参数的调节思路。

在能量利用方面,本书关注蒸汽压力、蒸汽温度、蒸汽流量和排烟温度等指标的稳定控制。生活垃圾焚烧锅炉的负荷变化常常来自入炉热量的波动。运行人员需要在燃烧侧、锅炉侧和汽机侧之间建立协调关系。书中将蒸汽参数稳定与节能降耗联系起来,讨论排烟热损失控制、受热面积灰影响、风机和水泵能耗控制、辅助燃料消耗控制等问题。这样的安排有助于把燃烧优化从“炉内稳定”延伸到“热能高效利用”。

在污染控制方面,本书强调源头控制与末端净化的结合。炉内燃烧状态会影响一氧化碳、氮氧化物、二噁英、颗粒物和酸性气体的生成。烟气净化系统则需要根据污染物变化及时调节半干法脱酸、干法脱酸、活性炭喷注和布袋除尘等环节。本书对石灰浆制备、反应塔出口温度、消石灰喷射、活性炭投加、滤袋压差、清灰周期和飞灰捕集等内容进行说明,重点不是单纯介绍设备结构,而是解释这些参数如何影响净化效率、药剂消耗和排放稳定性。

本书还设置了达标排放数据判断、异常诊断和典型工况调控内容。烟气连续排放监测数据不仅是环保管理依据,也可以反映燃烧状态和净化系统运行状态。氯化氢、二氧化硫、一氧化碳、氮氧化物、颗粒物等指标发生波动时,运行人员需要判断原因来自燃烧侧、净化侧、仪表侧还是多因素叠加。书中通过典型工况分析,说明低热值垃圾连续入炉、高水分垃圾集中入炉、高热值垃圾入炉、酸性气体快速升高、布袋除尘压差异常、启停炉和低负荷运行等场景下的协同调节方法。

本书适合生活垃圾焚烧发电厂运行、检修、环保、热控和生产管理人员阅读,也可供热能与动力工程、能源与环境工程、环境工程等相关专业师生参考。书中内容力求兼顾理论性和实用性。理论部分主要解释燃烧、传热、污染物生成和烟气净化的基本关系。实践部分则强调运行参数判断、异常工况识别和调整路径。由于不同

焚烧发电厂的炉型、垃圾性质、烟气净化工艺和运行管理模式存在差异,读者在具体应用时还需要结合本厂设备条件和当地环保要求进行分析。

本书在编写过程中力求突出问题导向。每一章都围绕运行中容易出现的矛盾展开,例如稳定燃烧与低氮控制之间的关系,炉膛温度控制与辅助燃料消耗之间的关系,脱酸效率与药剂消耗之间的关系,布袋除尘安全运行与烟气温湿度控制之间的关系。通过这些问题的梳理,本书希望帮助读者建立“燃烧—传热—净化—排放—能耗”一体化的运行思维。

生活垃圾焚烧发电技术仍在不断发展。智能燃烧控制、排放风险预测、药剂投加自动优化和运行数据深度分析,正在成为行业提升运行水平的重要方向。本书所述内容主要立足当前工程运行实践。由于编写水平有限,书中难免存在不足之处,恳请读者在使用过程中提出宝贵意见,以便今后进一步修订和完善。

目录

第 1 章 生活垃圾焚烧发电运行特征与控制边界

1.1	生活垃圾焚烧发电的运行对象	1
1.2	生活垃圾焚烧发电运行中的主要控制目标	4
1.3	燃烧系统与烟气净化系统的耦合关系	8
1.4	本书研究范围与技术主线	11
1.5	本章小结	13

第 2 章 入炉垃圾波动与焚烧工况识别

2.1	入炉垃圾特性变化规律	15
2.2	垃圾仓发酵与混合调配	19
2.3	焚烧工况识别方法	23
2.4	典型不稳定工况分析	27

第 3 章 炉排焚烧过程调控技术

3.1	炉排焚烧的分区控制逻辑	32
3.2	给料量与垃圾层厚度控制	36

3.3	炉排速度调节	40
3.4	炉膛温度控制	44
3.5	炉渣燃尽质量控制	48
第 4 章	风量、氧量与燃烧空气组织优化	
4.1	一次风控制技术	53
4.2	二次风控制技术	57
4.3	过量空气系数与含氧量控制	61
4.4	炉膛负压与烟气量控制	65
4.5	空气组织优化案例	68
第 5 章	蒸汽参数稳定与能量利用优化	
5.1	焚烧负荷与蒸汽参数波动	73
5.2	主蒸汽压力控制	77
5.3	主蒸汽温度控制	81
5.4	排烟热损失控制	85
5.5	厂用电与辅助能耗优化	88
第 6 章	烟气污染物生成与炉内源头控制	
6.1	酸性气体生成与影响因素	94
6.2	一氧化碳生成与控制	98
6.3	氮氧化物生成与低氮控制	101
6.4	二噁英生成与过程控制	104
6.5	重金属与颗粒物控制基础	108

第 7 章	半干法、干法与活性炭喷注协同净化技术	
7.1	烟气净化组合工艺的运行逻辑	113
7.2	石灰半干法脱酸控制	117
7.3	干法脱酸运行优化	121
7.4	活性炭喷注控制	125
7.5	脱酸、吸附与除尘的协同优化	129
第 8 章	布袋除尘与飞灰捕集运行控制	
8.1	布袋除尘器运行机理	134
8.2	压差控制与清灰优化	137
8.3	8.3 滤袋安全运行	142
8.4	8.4 飞灰捕集与排灰控制	145
8.5	8.5 布袋除尘系统常见问题	149
第 9 章	达标排放数据判断与异常诊断	
9.1	烟气排放指标与运行含义	153
9.2	CEMS 数据与运行状态判断	157
9.3	酸性气体超标风险诊断	161
9.4	一氧化碳与氮氧化物异常诊断	165
9.5	颗粒物、二噁英与重金属风险诊断	169
第 10 章	典型工况下的协同调控案例	
10.1	低热值垃圾连续入炉工况	174
10.2	高水分垃圾集中入炉工况	178

10.3	高热值垃圾入炉工况	181
10.4	酸性气体快速升高工况	184
10.5	布袋除尘压差异常工况	187
10.6	启停炉与低负荷运行工况	191

第 11 章 运行指标评价与低耗稳定运行体系

11.1	燃烧运行评价指标	196
11.2	烟气净化评价指标	200
11.3	能耗与药耗评价指标	204
11.4	稳定达标运行管理	209
11.5	智能化运行与优化方向	213

第1章 生活垃圾焚烧发电运行特征与控制边界

生活垃圾焚烧发电不是单一的燃烧过程，也不是单纯的末端环保处理过程。它把垃圾处置、热能释放、余热利用、蒸汽发电和污染物控制放在同一套连续运行系统中。运行人员在现场看到的温度、压力、氧量、一氧化碳浓度和药剂投加量，往往不是孤立数据。这些数据背后反映的是入炉垃圾性质、炉排运动、空气组织、锅炉换热和烟气净化负荷之间的连锁变化。

1.1 生活垃圾焚烧发电的运行对象

1.1.1 生活垃圾焚烧发电的基本运行特点

生活垃圾焚烧发电的运行对象首先是“非均质燃料”。煤、生物质颗粒和天然气等能源在进入燃烧装置前通常能够进行较稳定的质量控制。生活垃圾不同。生活垃圾由厨余、纸类、塑料、织物、木竹、橡胶、金属、玻璃、灰土等多类物质混合而成。不同组分的含水率、挥发分、灰分和发热量差异很大。垃圾进入焚烧炉后，炉排上同一断面内也可能同时存在高水分物料、高热值物料和难燃物料。

这种燃料属性决定了生活垃圾焚烧发电厂的运行控制不能照搬常规电站锅炉的思路。常规电站锅炉更强调燃料量、风量和负荷之间的快速对应。生活垃圾焚烧炉需要先处理垃圾层在炉排上的空间分布问题。运行人员需要关注垃圾是否铺料均匀，垃圾层是否过厚，干燥段是否形成稳定着火条件，燃烧段火线是否处在合理位置，燃

2019

历史机遇 · 打造交流合作基地

Historic Opportunity · Build Communication And Cooperation Bases

· 粤港澳大湾区 · 发展规划纲要

解读2019年新发布《粤港澳大湾区发展规划纲要》

★★★★

大湾区规划 · Introduction

《粤港澳大湾区发展规划纲要》明确了澳门“一个中心、一个平台、一个基地”的三个定位，即：建设世界旅游休闲中心、中国与葡语国家商贸合作服务平台，**打造以中华文化为主流、多元文化共存的交流合作基地。**

It further clarified the three orientations of "one center, one platform and one base" of Macao, namely, to build a world tourism and leisure center, a business and trade cooperation service platform between China and Portuguese-speaking countries, and to build an exchange and cooperation base with Chinese culture as the mainstream and multicultural coexistence.

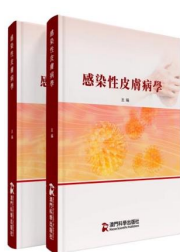


全球发行 · Publishing worldwide



由于国内自费书没有实际销售，出版社不会实际发行，属于非正式出版物，因此国内自费书绝大部分是属于非正式出版物。国际出版即便在没有销售市场的情况下也可以在海外发行上架。世界上其他地方（包括中国）的读者可以通过海外电商平台进行订购和销售。

Since there is no market for self-funded books in mainland China, mainland publishing houses will not actually issue them, so most of self-funded books in the Mainland are informal publications.



- 呼吸系統基本基礎與臨床 Fundamentals and clinic of respiratory diseases
- 臨床腫瘤護理學 Clinical oncology nursing
- 感染性皮膚病學 Infectious dermatology
- 內分泌系統疾病 Endocrine system disease



- 實用小兒內科學 Practical pediatric internal medicine
- 消化系統疾病診療學 Diagnosis and treatment of digestive system diseases
- 現代中醫診斷學 Modern diagnostics of traditional chinese medicine
- 皮膚修復與再生 Skin repair and regeneration

出版流程 · Publishing Process

出版流程快速简便，在填写基本信息、签订合同并支付费用后，IBPC将原始内容进行校对、排版及封面设计；在经过多次校对后，提交申请国际书号；可根据实际需求进行印刷和馆藏存档，最后上架发行。全程专人沟通指导，以极高性价比的方式出版属于自己的作品。

The publishing process is simple and convenient, after filling in the basic information, signing the contract and paying the fee, IBPC will conduct proofreading, typesetting and cover design. After multiple proofreading, submit the ISBN application. According to the actual needs, we will arrange printing and collection archiving, and finally put on the shelves and issued.

检索服务 · Retrieval Service

IBPC的检索服务可提供出版物国际注册文件及出版物所在地的图书馆检索证明，为作者提供证明文件支撑。同时，优秀图书将推荐至国际数据库中收录，提升出版物的认可度。

IBPC can provide retrieval service including the registration documents and the library search certificate. Meanwhile, excellent books will be recommended for inclusion in authoritative databases to enhance the recognition of publications.

销售协议 · Sales Agreement

作者签订销售合作协议后，IBPC可提供多种上架渠道，包括官网、京东、天猫、亚马逊、当当网等平台，可销售纸质印本与电子图书等形式，并按照合作协议进行利润分成。

After the author signs the sales agreement, IBPC can provide a variety of sales channels, such as the official website, JD & T-mall overseas Purchase, Amazon and other platforms, printed paper and electronic books are available, and the authors share the profits according to the sales agreement.



填写信息
Information Filling



签订合同
Contract Signing



支付费用
Payment



提交书稿
Submitting



内容校对
Proofreading
内容排版
Content Layout
封面设计
Cover Design



申请书号
ISBN Apply



印刷出版
Printing



馆藏存档
Archives



上架发行
Publication

澳门科学出版社 MOSP

“以服务青少年及青年科学才俊为己任，
打造国际性的科学技术交流平台”

正规国际出版，首选澳科出版

- 学术著作/个人作品 - 优质
- 中华“强国文化”输出战略 - 翻译后国际出版
- 数字教材 - 教材出书 & 数字化媒体上线

所有优质内容，均可申请出版减免资助。

所有澳门本土内容，均可申请出版减免资助；

澳门总部

电话：0853-62961666（澳门）

邮件：book@mospbs.com

地址：中国澳门南湾大马路恒昌大厦F座11楼

网址：www.mospbs.com（英文）| moaj.mospbs.com（中文）

**特别提醒：MOSP所有业务均有出版社的正规盖章合同，
若有任何疑问，可联系出版社编辑确认。**