



The technology of installation and operation
for waste incineration power plant

垃圾焚烧发电厂 安装与运行技术

四川电力建设二公司 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

责任编辑：张 敏

联系电话：010-63416217

电子邮箱：zhang_m@cepp.com.cn

内 容 提 要：

本书以四川电力建设二公司在成都洛带垃圾电站施工过程中的技术控制要点为基础，介绍了垃圾焚烧技术与工艺、垃圾焚烧发电处理过程、垃圾焚烧建设与投资、现场管理、垃圾焚烧电厂污染控制技术、施工专题方案等内容，特别说明了引进设备在适应国内垃圾时的改进特点。

本书的出版，填补了国内垃圾焚烧发电厂安装与运行技术的空白，可供垃圾发电相关专业人员使用，也可作为参考书供大家了解目前较为先进的垃圾发电技术。

ISBN 978-7-5083-8614-0



9 787508 386140 >

定价：25.00 元

上架建议：电力工程/新能源发电

垃圾焚烧发电厂 安装与运行技术

四川电力建设二公司 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

图书在版编目 (CIP) 数据

垃圾焚烧发电厂安装与运行技术/四川电力建设二公司编
著. 北京: 中国电力出版社, 2009

ISBN 978-7-5083-8614-0

I. 垃… II. 四… III. ①垃圾焚化—发电机—安装②垃圾焚化—发电厂—电力系统运行 IV. TM619

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 038971 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 4 月第一版 2009 年 4 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12 印张 251 千字

印数 0001—2000 册 定价 25.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

《垃圾焚烧发电厂安装与运行技术》

编辑委员会

主任：廖文兴 杜伟龙 焦学军 吴 晓

副主任：王成福 黄光德 张晋斌 李 武

戚强国 杨洪忠

主 编：简安刚

委 员：冯仲康 黄喜龙 熊孝伟 刘长兴

蒲 实 陈天林 杨火生 刘 波

陈 宏 管光和

参编人员：滕炜琦 李 静 蒋 莉 江利民

张 萍 韩 靖 钱 毅 刘 伟

李 嘉 李 华

能源与环境问题是目前制约我国经济与社会可持续发展中两个重要的问题。积极发展可再生能源，促进能源结构的调整、减轻环境压力，是保障国家能源与环境安全，促进我国经济与社会可持续发展必然的战略选择。预计到2025年，我国将成为世界上最大的能源消费国。我国的常规能源（煤炭、石油、天然气）存在枯竭的危机，而且常规能源在使用过程中造成的环境污染问题也急需得到有效控制。垃圾焚烧发电既能较好的解决环境保护问题，又补充了资源的相对不足，具有明显的经济效益和社会效益。

由于城市规模的不断扩大，生活垃圾的产生已经成为一个日益严重的环境问题。随着经济发展和人口增加，世界各国的城市垃圾正以快于其经济增速几倍以上的平均速度增长，对垃圾处理不当，会对环境造成巨大危害，包括占用土地、污染土壤、污染地下水资源、影响空气质量、污染大气、传播疾病、影响环境卫生和居民健康等。如何无害化处理生活垃圾以及如何对垃圾处理进行有效管理，已经成为许多城市亟待解决的问题。因此，世界各国都在积极研究和开发垃圾处理技术，寻找和推广适合本国、本地区的垃圾处理方法。

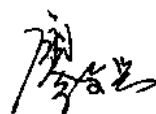
很多城市都在开展垃圾的综合治理，把垃圾用来发电，是垃圾无害化处理的一个最有效、最科学的方式。相对于堆肥、填埋等传统方式，垃圾焚烧发电具有减容明显、消毒彻底、环境影响轻、资源最大限度优化、处理效率高等优点。经过测算，垃圾中含有的二次能源如有机可燃物等含有较高热值，焚烧2t垃圾产生的热量大约相当于1t煤。因此，若将其充分、有效地用于发电，每年将节省大量的化石能源。

作为一个兴利除弊的良性产业，垃圾焚烧发电得到了来自国家产业政策的强大拉动。1996年，国家经贸委等联合下发文件，把垃圾焚烧发电列入了“资源综合利用目录”。1998年，垃圾焚烧发电首次被明确为“一种新能源”。2002年，随着国家计委、财政部、建设部、国家环保总局联合发出《关于实行城市生活垃圾处理收费制度、促进垃圾处理产业化的通知》，这对于我国环卫事业改革发展具有重要意义。生活垃圾收费制度确立，也为推进垃圾处理的产业化、市场化奠定了基础。

垃圾焚烧发电之所以发展较慢，主要是受一些技术或工艺问题的制约，同时，垃圾焚烧发电的成本仍高于传统的火力发电。随着垃圾回收、处理、运输、综合利用等各环节技术不断发展，工艺日益科学、先进，垃圾发电方式很有可能会成为最经济的发电技术之一。从长远效益和综合指标看，垃圾焚烧发电将优于传统的电力生产。我国的垃圾焚烧发电才刚刚起步，但我国具有丰富的垃圾资源，前景乐观，存在极大的潜在效益。

本书凝结了四川电力建设二公司在垃圾焚烧电厂建设施工过程中的经验，填补了国内垃圾焚烧发电厂安装与运行技术的空白。对于从事设计、安装及运行的读者朋友来说，是一本很实用的科技书；对于对垃圾焚烧发电感兴趣的读者来说，通过本书，可以了解目前较为先进的垃圾发电技术。

是为序。

Handwritten signature in black ink, appearing to read '梁汉阳'.

2009.2.25

前 言



垃圾焚烧及利用余热发电技术在国外已经比较成熟，在我国才刚刚起步，国产的垃圾焚烧设备的关键技术还存在一定的缺陷和不足，处于改进完善阶段，有待进一步提高。

本书以四川电力建设二公司在成都洛带垃圾电站的施工过程中的技术控制要点为基础，介绍了垃圾焚烧技术与工艺、垃圾焚烧发电处理过程、垃圾焚烧建设与投资、现场管理、垃圾焚烧电厂污染控制技术、施工方案专题等内容，特别说明了引进设备在适应国内垃圾时的改进特点。同时为了方便读者更详细地了解运行技术，我们根据设备特点，增加了国内外垃圾焚烧发电厂的运行方面的内容，期望对读者有所帮助。

我们不是第一个进行垃圾电站施工建设的企业，但我们是将垃圾焚烧发电安装与运行技术结集成册的先行者。特别是亲历了特大灾害后，我们将更加凝心聚力，自强不息，不断超越；我们将迈步从头越，奋力向前行。我们坚信：只要有信心和梦想，就有成功的希望。在这里，首先要感谢成都市政府率先进行垃圾焚烧处理的示范建设，感谢上海环境集团在垃圾焚烧发电技术中的积极推动作用，感谢四川省电力公司的不懈支持与鼓励，感谢在施工过程中安静、勤奋工作的公司员工，感谢中国电力出版社的编辑们孜孜不倦的努力，才有机会将此书呈现于前。

由于水平有限，加之时间仓促，书中难免存在不足和错误，敬请读者提出意见和建议，以便进一步修订，使之更臻完善。

编 者

2009年3月

序
前言

1 垃圾处理概述	1
1.1 垃圾处理发展概述	1
1.2 垃圾处理方法	3
1.3 政府的垃圾处理政策	4
1.4 垃圾处理设备概况	6
1.5 国内垃圾处理设备特点	7
1.6 垃圾焚烧炉燃烧技术及设备的发展	7
1.7 垃圾焚烧电厂的 BOT 建设	12
2 垃圾的焚烧技术与工艺	19
2.1 垃圾焚烧技术概述	19
2.2 炉排焚烧炉的特点	21
2.3 垃圾焚烧工艺流程	22
3 成都洛带垃圾焚烧发电处理过程	24
3.1 成都洛带垃圾焚烧发电厂的概况	24
3.2 工艺技术流程	25
3.3 垃圾的处理过程	26
3.4 电气技术	30
3.5 自动控制技术	31
3.6 建筑构成	33
3.7 辅助设备	34
3.8 环境与安全	35
4 成都垃圾焚烧建设与投资	37
4.1 投资模式与收益来源	37
4.2 建设与投资	38
4.3 全厂设备参数	41
5 现场管理	45
5.1 文件管理	45
5.2 安全管理	48
5.3 质量管理	51

5.4	技术管理	59
5.5	工期进度管理	63
5.6	安装特点	68
6	垃圾焚烧电厂污染控制技术	72
6.1	垃圾焚烧烟气净化技术	72
6.2	垃圾前期处理技术	77
6.3	二次污染控制技术	80
7	施工方案专题	85
7.1	建筑施工	85
7.2	焚烧炉排的施工方案	95
7.3	炉墙施工	99
7.4	现场控制仪表安装技术	109
7.5	飞灰固化车间施工技术	114
7.6	出渣机安装	116
8	运行技术	122
8.1	自动燃烧控制调整	122
8.2	燃烧运行技术	126
8.3	垃圾吊运行技术	131
8.4	布袋除尘器的结构与运行	136
8.5	电机维护技术	138
8.6	锅炉运行技术	142
8.7	烟气处理	164
	附录	175

1

垃圾处理概述





环保工作者和生产企业来说,了解垃圾焚烧炉燃烧技术及设备的发展趋势,进而学习和掌握先进的垃圾焚烧炉设计和制造技术显得非常迫切和重要。

从 19 世纪下半叶开始,西方发达国家已着手设计和开发垃圾焚烧设备。当时应用垃圾焚烧技术和设备的主要目的是:

- (1) 在高温下进行垃圾的无害化处理,灭除细菌以及病原体。
- (2) 产生可加以利用的灰渣。
- (3) 避免由于燃烧而产生的烟尘和气味。
- (4) 将垃圾中含有的能量转换为蒸汽、电能或者热水加以利用。
- (5) 以尽可能低的成本进行垃圾的焚烧处理,而且设备操作和工作条件合理。
- (6) 焚烧所有无法利用的可燃废弃物。

早期的城市规模小,城市垃圾产量低而且成分简单,容易被环境消纳,生活垃圾对环境的危害并不明显。自从工业革命以后,城市人口和城市数量迅速增加,垃圾的产生大大增加,而随着人们生活方式的改变,垃圾的成分也越来越复杂,由此产生了较为严重的环境问题。通常垃圾以固体废弃物的方式被抛弃,固体废弃物是人类社会在生产、流通和消费过程中产生的不具有原使用价值而被抛弃的固态和准固态物质。固体废弃物有多种分类方法,其中较常用的是按来源分类,如工业废弃物、矿业废弃物、城市生活废弃物、农业废弃物、医疗废弃物和放射性废弃物等。城市生活废弃物又称城市生活垃圾,是指在城市居民日常生活中或为城市日常生活提供服务的活动中产生的固体废弃物,其主要成分包括厨余物、废纸、废塑料、废织物、废金属、玻璃、陶瓷碎片、灰渣,以及废家用什具、庭院废物等。垃圾问题已经给人类生活带来越来越大的影响,关注垃圾问题,对垃圾进行有效的无害化和减量化处理是非常必要的。

世界上第一台固体废弃物焚烧设备诞生在第二次技术革命时期的欧洲。19 世纪下半叶,英国的帕丁顿 (Paddington) 已经发展成为一座人口密集的工业化城市。1870 年,一台垃圾焚烧炉在帕丁顿市投入运行。当时的垃圾水分和灰分均很大,故其发热量低而难以焚烧,因此这台焚烧炉的运行状况不良,不久即停止运营。针对垃圾品质低劣、焚烧困难的问题,先是采用双层炉排(下炉排上为强烈燃烧的煤层),进而在 1884 年试图将垃圾与煤混烧,以改善垃圾燃料的燃烧特性。然而两种尝试均未获得令人满意的结果,而且由于烟囱低矮,使得附近的环境受到刺激性烟气的污染。

为了解决刺激性烟气和黑烟污染的问题,首先采取的措施是将焚烧温度提高到 700°C ,后来又进一步提高到 $800\sim 1100^{\circ}\text{C}$ 。当时人们已经知晓燃烧空气量和投入方式对烟气温度的影响,因此相继采用了加高烟囱、配置送风机和引风机等措施,以增加通风量和满足焚烧过程对燃烧空气量的需求。烟囱加高后,同时也解决了烟气中刺激性有害物质的扩散问题。由于垃圾的种类和成分随着地域和季节的不同而可能发生很大的变化,垃圾焚烧设备必须具有良好的燃料适应性。在这方面,当时所采取的技术措施是在焚烧炉中增设垃圾干燥区以及采用燃烧空气预热。

20 世纪 60~80 年代是发达国家城市生活垃圾高速增长期。1960 年,美国的城市生



活垃圾为 8812 万 t，到 1970 年已经增长到 12 060 万 t，全国共有 12 000 个垃圾堆积场，不少大城市周围都有大量的垃圾堆积。到了 1980 年，美国的城市生活垃圾已经达到了 15 164 万 t，比 1960 年增长了 72.3%，到 1990 年，生活垃圾的总量为 20 521 万 t。进入 20 世纪 90 年代后，随着政府城市固体废弃物管理的加强，以及人们环境意识的提高，垃圾的增长速度有所下降，1995 年、1996 年美国的城市生活垃圾则出现了负增长，但总量是非常大的（1996 年为 20 966 万 t），1996 年美国人日均产生生活垃圾量为 1.96kg。因此，科学地进行垃圾处理非常有必要。

1.2 垃圾处理方法

从世界范围看，目前比较成熟的城市生活垃圾处理方法主要有：卫生填埋、堆肥和焚烧。现在最适用的广泛处理方式是焚烧处理、余热发电。下面简要介绍一下这几种处理方式。

1.2.1 卫生填埋

城市生活垃圾的卫生填埋是应用最早、最为广泛的垃圾处理手段。卫生填埋是从传统的垃圾堆填发展起来的，是对垃圾渗滤液和填埋气体进行控制的垃圾填埋方式，通常首先要进行防渗处理，在填埋场底部采用人工衬层，四周采用防渗幕墙并使之与天然隔水层相连接，使填埋场底下形成一个独立的水系，渗滤液一般通过管道收集后直接处理。垃圾填埋场产生的气体则通过预先埋置好的管道进行收集，收集后的气体可以焚烧或者经过净化处理作为能源回收。

卫生填埋技术比较成熟，操作管理简单，投资和运行费用相对较低，是目前世界多数国家的主要垃圾处理方式。但是这种垃圾处理方式的重要缺点是垃圾减容效果差，需占用大量的土地资源，填埋场地受地理和水文地质条件限制较多，场址选择较为困难。此外，垃圾渗滤液的治理难度较大，处理中不易达到预期的目标。渗滤液对地下水和土质很容易造成污染，特别是建设标准较低的垃圾填埋场所造成的环境污染非常严重；另外一方面，垃圾填埋场产生的沼气的收集和处理的难度也较大，除了对环境产生污染外，还存在爆炸的隐患。垃圾填埋的处理方式已经不再适合人口密集、土地资源紧缺的国家和地区。国外正在逐步减少垃圾直接填埋量，尤其在欧共体各国，已强调垃圾填埋只能是最终处置手段，而且只能是无机物垃圾。

1.2.2 卫生填埋堆肥

垃圾堆肥是利用微生物，有控制地促进城市生活垃圾中可降解有机物转化为稳定的腐殖质的生化过程。按生物发酵方式，堆肥处理可分为厌氧堆肥和好氧堆肥；按垃圾所处的状态，可分为静态堆肥和动态堆肥；按发酵设备形式可分为封闭式堆肥和敞开式堆肥。目前较好的堆肥的方式为动态高温堆肥。

在现代堆肥技术的发展过程中，由于工业化的高速发展将大量的有毒化学物质和高分子塑料带入城市垃圾中，严重影响了堆肥产品的质量，致使垃圾堆肥在进入 20 世纪



70年代后一度出现低谷,进入80年代后,垃圾堆肥处理技术的应用又重新出现回升趋势。垃圾堆肥技术的应用,注意了从源头分拣,避免垃圾中的有害成分进入堆肥中。欧美各国日前采用的堆肥技术强调只能用于庭院修剪物、果品蔬菜加工的废弃物以及养殖场的动物粪便和酿造行业的废弃物。在发酵过程中又采用了生物发酵技术提高了肥料中的氮、磷含量,从而保证堆肥产品质量。

1.2.3 焚烧

垃圾焚烧技术起源于19世纪末,进入20世纪70年代后,由于垃圾可燃物的增加,工业技术水平的不断提高,使得垃圾焚烧技术迅速发展,焚烧处理技术日趋成熟。在近30年内,几乎所有的发达国家、中等发达国家都建设了不同规模、不同数量的垃圾焚烧厂,发展中国家建设的垃圾焚烧厂也不在少数。焚烧处理与其他城市垃圾处理处置方法相比具有以下独特的优点:

(1) 能够使垃圾的无害化处理更为彻底。经过850~1100℃的高温焚烧处理,垃圾中除重金属以外的有害成分充分分解,细菌、病毒能被彻底消灭,各种恶臭气体得到高温分解,尤其是对于可燃性致痛物、病毒性污染物、剧毒有机物几乎是唯一有效的处理方法。

(2) 垃圾减量化效果明显。城市生活垃圾中含有大量的可燃物质,焚烧处理可以使城市垃圾的体积减少90%左右,重量减少80%~85%。焚烧处理是目前所有垃圾处理方式中减量化最为有效的手段。

(3) 可实现垃圾的资源化利用。垃圾焚烧产生的热量可以回收利用,用于供热或者发电,焚烧产生的渣可以作为生产水泥的原材料或者用于制砖。

(4) 对环境的影响较小。现代垃圾焚烧技术进一步强化了对焚烧产生的有害气体的处理,通过采用先进的焚烧技术和严格的烟气处理工艺,能够大大减少垃圾焚烧产生有害气体的排放,垃圾渗沥液可以喷入炉膛内进行高温分解,不会出现污染地下水的情况。

(5) 能够节约大量的土地。焚烧厂占地面积小,建设一座日处理1000t生活垃圾的焚烧厂,只需占地100亩,按运行26年计算,共可处理垃圾832万t。而且可以在靠近市区的地方建厂,可缩短垃圾的运输距离。

鉴于以上原因,垃圾焚烧处理及综合利用是实现垃圾无害化、减量化和资源化最为有效的手段,具有良好的环境效益和社会效益。

1.3 政府的垃圾处理政策

不同的国家对于垃圾处理的政策是不尽相同的,但是都在强调的是控制和减少垃圾的生成量,中国政府在2008年6月宣布,在商业零售场所,不免费提供塑料袋。同时,在部分大中城市,用于食物的禽类动物,不允许活制品进入市区。这些措施,都有效地减少了垃圾中塑料的存在。



1.3.1 强调城市生活垃圾的源削减

源削减是指从废物的产生源头进行预防或避免不必要的废物产生,减少废物的产生量,其主要目的是促进垃圾的减量化,减少垃圾的直接处理量。源削减主要通过完善城市垃圾管理体系和建立用户收费制度来实现。用户收费制度是要求垃圾产生者缴纳一定的费用,以承担自己排放垃圾的社会责任。这种方法被发达国家普遍采用,其收费方式主要有两种,一种是固定费用,从房租或水费中增加一定的比例,或按人口收取;另一种是按产生垃圾的量收取。不过,对分类收集的可回收利用的废弃物一般不收费或收费较少。在成都实行的是按户收取垃圾处理费,每户每月8元。

在美国已有37个州实行按垃圾重量收费制度,促进了废物回收和垃圾减量。如美国西雅图实施此办法后,垃圾重量减少了15%。北卡罗来纳州于1995年实施垃圾收费后,到2000年底废物减量已达到了39%。整体而言,美国的垃圾产生量从1994年开始出现下降。韩国为减少城市产生量,实施了循环使用垃圾法。该法强制实行后,韩国家庭垃圾的产量较过去减少了36%,有效地促进了垃圾减量化。

1.3.2 我国生活垃圾处理现状

随着我国经济水平的发展和社会的不断进步,城市垃圾问题日益突出,传统的垃圾填埋处理方式不但造成了严重的环境污染,而且占用了大量的宝贵土地,焚烧处理方式逐步受到了有关政府部门的重视,并出台了一些相关的政策支持垃圾焚烧技术的应用。

我国第一座工业化垃圾焚烧发电厂1988年建于深圳市,已建成 $3 \times 150\text{t/d}$ 垃圾发电厂,1、2号机系日本进口三菱—马丁式炉排焚烧炉,3号机为采用“杭锅”与三菱合作的 150t/d 马丁式炉排焚烧炉。近几年来,由于国家产业政策的支持及焚烧技术的发展,我国垃圾焚烧厂的建设数量增加很快,1999年珠海建成了日处理垃圾600t的垃圾发电厂。深圳目前已经拥有了三家垃圾焚烧发电厂,计划还要建设五座垃圾电厂,以使深圳的城市生活垃圾全部实现焚烧处理。2008年7月北京高安屯垃圾焚烧发电厂开始试运行,每天可“吃掉”1600t垃圾,相当于消灭北京七分之一的垃圾量。上海已建设了浦东和江桥两座垃圾焚烧发电厂,日处理垃圾能力分别为1000t和1500t,江桥垃圾处理电站正在酝酿扩容,一旦环境影响评价获得通过,扩建后的江桥垃圾焚烧厂可日处理垃圾3500t,可接纳城市垃圾的范围也将由原先的4个区增加到7个。此外,重庆、广州、杭州、郑州、东莞、温州、宁波、南海、绍兴等地均建设了大型垃圾焚烧厂。同时,还有相当数量城市的垃圾焚烧发电厂正在建设或筹建中。垃圾焚烧处理在我国呈现出迅猛增长的势头。

1.3.3 我国的垃圾政策

2006年,国家发展改革委公布《可再生能源发电有关管理规定》,鼓励可再生能源青稞垃圾发电。作为《中国可再生能源法》和《可再生能源发电价格和费用分摊管理试行办法》的配套法规,明确给出了可再生能源发电项目的审批和管理方式。此规定是继鼓励国内各类经济主体参与可再生能源开发利用之后,给企业进入可再生能源发电产业提供了指导方向和实施标准。



中央和地方政府将垃圾发电产业纳入循环经济发展规划，对于上网电价实行优惠电价，垃圾从进厂后给予补贴，同时在税收和财政方面都提供便利条件。各地根据经济发展要求，制定了不同的垃圾处理补贴政策和上网电价标准。

以成都洛带垃圾处理电站为例，上网电价为 0.5 元/kWh，财政补贴垃圾处理费为 71 元/t。以沿海某县城垃圾处理电站为例，上网电价为 0.629 元/kWh，财政补贴垃圾处理费为 52 元/t。

1.4 垃圾处理设备概况

当前，国内外垃圾焚烧处理设备分为三类，以炉排炉焚烧方式最为普遍，而且使用时间最长，设备技术较为成熟。

1.4.1 炉排燃烧技术

为使垃圾燃烧过程稳定，层状燃烧关键是炉排。垃圾在炉排上通过三个区：预热干燥区、主燃区和燃烬区。垃圾在炉排上着火，热量不仅来自上方的辐射和烟气的对流，还来自垃圾层内部。在炉排上已着火的垃圾在炉排的特殊作用下，使垃圾层强烈地翻动和搅动，不断地推动下落，引起垃圾底部也开始着火，连续的翻转和搅动，使垃圾层松动，透气性加强，有助于垃圾的着火和燃烧。炉拱形状设计要考虑烟气流场有利于热烟气对新人垃圾的热辐射预热干燥和燃烬区垃圾的燃烬。配风设计要确保空气在炉排上垃圾层分布最佳，并合理使用一、二次风。这种方式，对于炉排的材料要求较高，在国内使用的焚烧炉排大多为全套引进。

1.4.2 流化床燃烧技术

流化床燃烧技术起步较晚，但发展迅猛，这与国内的流化床锅炉技术的发展是分不开的。该技术主要特点是适用范围宽，热强度高，适宜燃烧发热值低、含水分高的垃圾。同时，由于其炉内蓄热量大，在燃烧垃圾时基本上可以不用助燃。为了保证入炉垃圾的充分流化，对入炉垃圾的尺寸要求较为严格，要求垃圾进行一系列筛选及粉碎等处理，使其尺寸、状况均一化。一般破碎到 $<15\text{cm}$ ，然后送入流化床内燃烧，床层物料为石英砂，布风板通常设计成倒锥体结构，风帽为 L 型。床内燃烧温度控制在 $800\sim 900^{\circ}\text{C}$ ，冷态气流断面流速为 2m/s ，热态为 $3\sim 4\text{m/s}$ 。一次风经由风帽通过布风板送入流化层，二次风由流化层上部送入。采用燃油预热料层，当料层温度达到 600°C 左右时投入垃圾焚烧。该炉启动、燃烧过程特性与普通流化床锅炉相似。

1.4.3 回转窑燃烧技术

回转窑焚烧炉燃烧设备主要是一个缓慢旋转的回转窑，其内壁可采用耐火砖砌筑，也可采用管式水冷壁，用以保护滚筒，回转窑直径为 $4\sim 6\text{m}$ ，长度 $10\sim 20\text{m}$ ，根据焚烧的垃圾量确定，倾斜放置。每台垃圾处理量目前可达到 300t/d （直径 4m ，长 14m ）。回转窑过去主要用于处理有毒有害的医院垃圾和化工废料。它是通过炉本体滚筒缓慢转动，利用内壁耐高温抄板将垃圾由筒体下部在筒体滚动时带到筒体上部，然后靠垃圾自



重落下。由于垃圾在筒内翻滚，可与空气得到充分接触，进行较完全的燃烧。垃圾由滚筒一端送入，热烟气对其进行干燥，在达到着火温度后燃烧，随着筒体滚动，垃圾得到翻滚并下滑，一直到筒体出口排出灰渣。

当垃圾含水量过大时，可在筒体尾部增加一级炉排，用来满足燃烬，滚筒中排出的烟气，通过一垂直的燃烬室（二次燃烧室）。燃烬室内送入二次风，烟气中的可燃成分在此得到充分燃烧。二次燃烧室温度普遍为 1000~1200℃。

回转窑式垃圾燃烧装置费用低，厂用电耗与其他燃烧方式相比也较少，但对热值低于 5000kJ/kg 含水量高的垃圾燃烧有一定的难度。

1.5 国内垃圾处理设备特点

国内的城市生活垃圾没有严格意义上的分类，属于混合收集。垃圾中含有纸布、皮革、塑料、橡胶、竹木、动植物残体、树叶、果皮、厨余等，由有机物和可燃物构成城市生活垃圾的主体。而不可燃垃圾专指各类金属、玻璃、石陶瓷等无机物。我国大中城市垃圾热值均在 800~1500kcal/kg，这些垃圾属于低热量，高含水量。国内较多的是使用炉排炉，主要特点如下。

（一）设备昂贵、初投资过高

利用国外关键技术和设备建设的垃圾电厂的 1t/d 处理能力投资约为 60 万~70 万元，如上海浦东垃圾焚烧发电厂利用法国阿尔斯通公司的设备和技术，项目的总投资为 6 亿元，上海江桥垃圾焚烧发电厂利用西格斯公司的设备，投资也近 7 亿元。这对于中国绝大部分城市是难以承受的。成都洛带垃圾焚烧厂采用的是日立造船设备，投资额约 5 亿元。

（二）垃圾处理效果欠佳

国外发达国家的焚烧技术和焚烧设备都比较成熟，但是，国外的焚烧炉是根据国外的生活垃圾的品质及燃料特性进行设计的，而我国的垃圾品质和燃料特性与国外垃圾存在着很大差异。由于我国目前没有实行垃圾分类制度，城市生活垃圾的品质很低，因而引进焚烧设备尚不能很好地适应中国垃圾的特性，还存在垃圾焚烧不完全、运行不稳定、排放不易全部达标等问题。因此，引进的设备必须有一个国产化的过程，以适宜国内垃圾的特点，真正达到环保的要求。

1.6 垃圾焚烧炉燃烧技术及设备的发展

1.6.1 垃圾焚烧炉的雏形

最早的垃圾焚烧应用出现在欧洲。1876 年，一家垃圾焚烧厂在英国曼彻斯特（Manchester）市投入运行。该厂装有数台箱式垃圾焚烧炉，各炉共用一个排烟通道，炉内采用固定倾斜式阶梯炉排。运行结果表明，这种箱式焚烧炉比较适合于垃圾焚烧。