

以垃圾为燃料的锅炉

吴亦三 (杭州余热锅炉研究所)

〔摘要〕 本文着重介绍国外几个工业发达国家利用垃圾焚烧进行余热利用的进展情况。并对几种常用的垃圾焚烧炉和余热锅炉的结构型式作了一些说明。

关键词 焚烧炉 热交换器 结构 经济性

一、引言

在国外焚烧城市垃圾已有一百多年的历史,但从焚烧垃圾回收能量进行发电却始于五十年代中期。其中最早利用垃圾发电的国家是西德和法国,随后是瑞士、美国、日本、英国等工业发达国家。近期在发展中国家,诸如巴西和印度也发展了这一领域的研究和实验。在国内,深圳从日本引进了两套焚烧垃圾的余热发电设备,现已投入运行发电。

目前在欧美和日本,新建的垃圾焚烧厂均实施发电或热电联产。对原有的焚烧炉也经技术改造后进行发电。例如,欧洲已建成的500多座城市垃圾焚烧炉,一般都配置热交换器,以产生供区域采暖和冷凝式发电机组发电用蒸汽。其中英国和瑞士各占19座,联邦德国44座,其中有16座用于余热发电。法国共有垃圾焚烧炉约300座,回收的热量主要供设备加热,住宅采暖或发电。日本自1965年开始研究利用焚烧城市垃圾的余热发电技术以来,发展较快,截止1981年已建成了垃圾余热发电站49座,装机容量125万千瓦。在美国,目前正在运行的垃圾焚烧炉有47座,已投入运行的垃圾余热电站有28座,装机容量为127万千瓦,尚有52座正在设计

建造中。美国的行家认为在今后五年内垃圾发电事业将成为发展最快的行业之一,产值预计可达100亿美元。

二、焚烧炉和热交换器

1. 垃圾焚烧炉

焚烧炉的主要任务是焚烧垃圾和销毁全部会腐蚀的物质以及极易挥发的臭气,并产生高温烟气。目前,常用的焚烧炉是连续式污水废渣焚烧炉和废液焚烧炉。燃烧方式有组合式,旋转式和沸腾床焚烧等。

垃圾焚烧炉的核心是由炉篦组成的燃烧室。典型焚烧炉的炉篦结构见图1所示。燃烧室由耐火砖墙和炉顶板封装。另一种焚烧炉的炉篦结构呈水平布置,采用 $W+E$ 双动作上推式炉篦,它由可活动和固定炉条组成。固定炉条介于可活动炉条之间,而可活动的炉条以相反方向动作。详见图2所示。

焚烧炉炉篦通常由三个区段组成,即干燥区、焚烧区和渣化区。然而,这些区段随垃圾的组成不同而有所变化。例如,湿度大的垃圾应有较大的干燥区,对于有 $4 \times 4\text{cm}$ 废木料的垃圾,应有一个较大的焚烧区。

焚烧炉在焚烧时,燃用的过量空气 $50 \sim 100\%$ 之间,一般为 80% ,大多数焚烧炉的

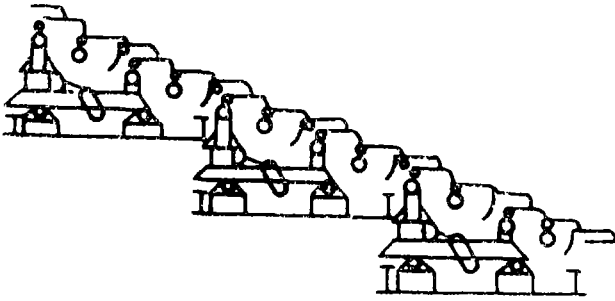


图1 典型炉篦结构

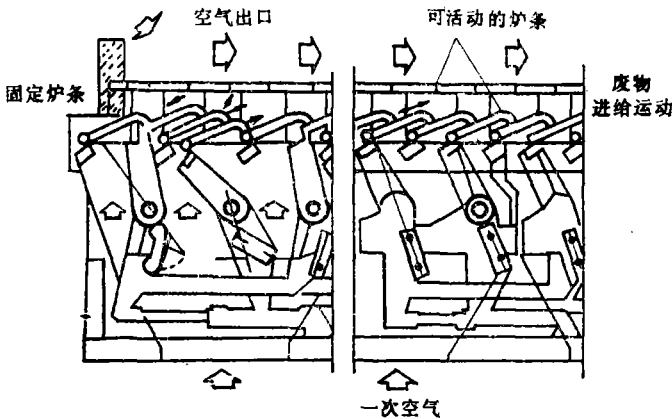


图2a 炉篦设计

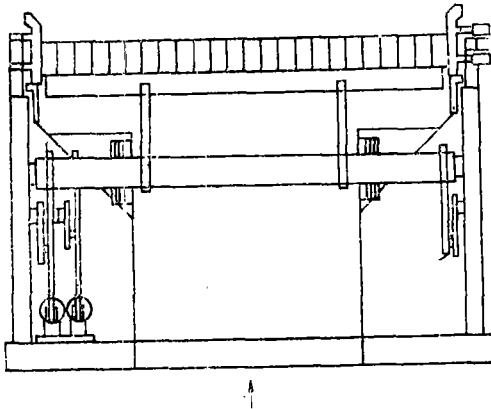


图2b 炉篦截面图

焚烧时间约为20~45分钟。当垃圾的热值高于3349kJ/kg时,可以自然方式直接焚烧。对于无补燃的焚烧炉来说要求垃圾的含水量变化不超过50%,含灰量的变化不超过60%可燃成份的含量不低于25%。

为保证垃圾连续而完全焚烧,金属炉篦

必须具有以下特性:

(1) 必须抗热,在长期连续运行期间不因热应力而变形。炉排片应用特殊的高质量的铬镍合金,并按用途制成特殊形状的铸件。

(2) 应允许燃用空气进入和防止未燃尽的粒子穿过炉篦而漏下。燃用空气应沿炉排片前缘进入,以便炉篦充分冷却而延长使用寿命。

(3) 应具有在整个炉膛内均匀移动燃烧物的能力,以便保证垃圾全部焚烧。

2. 污水残渣焚烧炉

焚烧污水残渣的焚烧炉有多炉膛和沸腾床污水残渣焚烧炉两类。

多炉膛污水残渣焚烧炉由若干耐火砖砌成的垂直串联炉膛和圆柱的钢壳体组成(见图3)。多炉膛炉子还包括装有:活动底仓的污水残渣储存系统,多炉膛密封出口的处理系统,足够容量的引风机;有

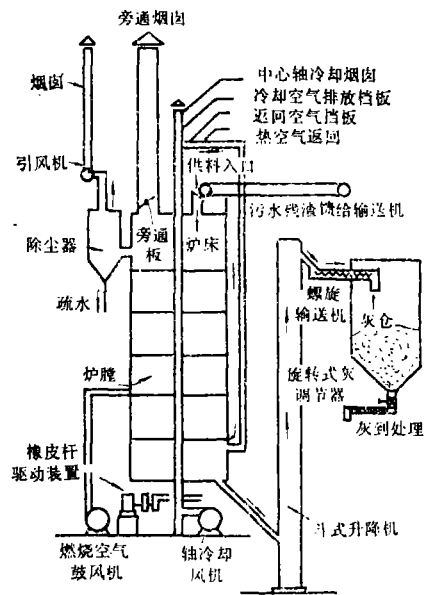


图3 多炉膛焚烧系统简图

中心轴冷却风机和管道,冲击筛盘式的文氏

管除尘器和测量烟气中含氧量、全部炉膛内的温度和顶部炉膛内气流的仪表保证系统。多炉膛焚烧炉的炉膛数量应根据注入的污水残渣特性，炉膛的结构设计和燃烧器系统而定，一般有6~11个炉膛。

经污水处理厂处理而排出的污水渣，通过离心机或真空过滤器脱水，从炉子顶部注入炉膛，在焚烧的同时向下流动，依次流过每一个炉膛，焚烧后的炉渣从底部排出，而烟气从顶部排出。干燥湿式的污水残渣，燃烧挥发物质均在性质不同的垂直叠层炉膛区完成。

焚烧炉的燃烧区温度在 760~980℃ 之间。从炉子排出的烟气温度在540~650℃ 之间。由于排烟温度低于 540℃，有可能未燃烧的碳氢化合物随烟气排出。因此焚烧炉的排烟温度不应低于 540℃。有时，污水残渣从顶部起的第二个炉膛注入，而顶部炉膛作后炉室，以便燃尽所剩余的碳氢化合物。

沸腾床污水残渣焚烧炉是一个衬有耐火材料的垂直圆柱型钢壳体，包括一个砂床、沸腾空气喷嘴以及产生和维持焚烧的辅助燃烧器（见图4）。沸腾床炉子的保证系统应包括污水残渣注入泵或带可调速驱动的螺旋输送机，设有风箱燃烧器和加热燃用空气的沸腾空气入口的外部燃烧室，火焰保护装置和燃料直接注入床的补燃燃料系统，多级叶轮的沸腾鼓风机，冲击筛盘和除雾区的自动可调孔口的文氏管除尘器，以及高压水泵和雾化器的超高温控制系统。

沸腾床污水残渣焚烧炉燃烧温度在 770~820℃ 之间，全部燃烧烟气和灰尘离开床区，并在增压炉膛的顶部排出。从顶部排出的烟气，通常进入湿式除尘器内除去灰尘或进入热交换器部分。

3. 热交换器

热交换器安装在焚烧炉尾部，自焚烧炉排出的高温烟气流经热交换器，经过热交换，尾部烟气一般在 250℃ 左右。从而回收

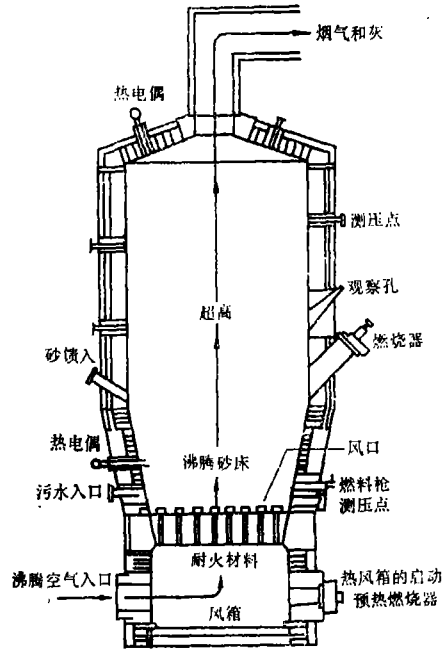


图 4 沸腾床炉焚烧系统简图

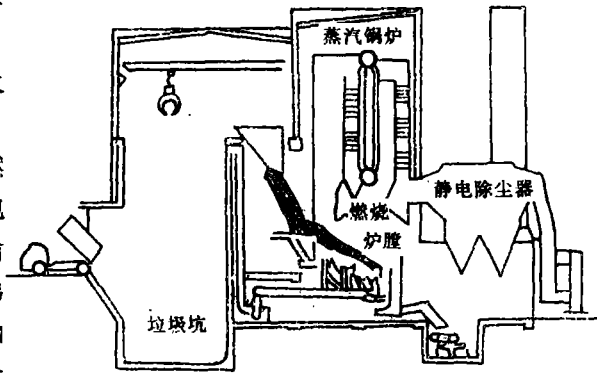


图 5 典型垃圾锅炉系统

了垃圾的能量。它一般由四个区段组成：辐射室，过热器，对流管束和省煤器（见图5）。

辐射室和过热器区域的炉墙由连续焊接在一起的纵向翅片组成，以形成气密燃烧室。过热器位于第二或第三通道，这可使烟气温度降到可接受的低值。省煤器由若干普通管束组成。

垃圾焚烧锅炉必须在关键部位安装有效的吹灰器，以便能吹扫所有的对流受热面。

图6所示为美国采用的典型悬吊式结构

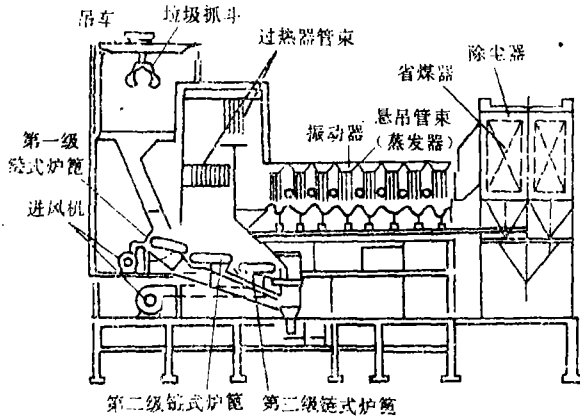


图 6 典型悬吊结构设计的城市垃圾焚烧锅炉

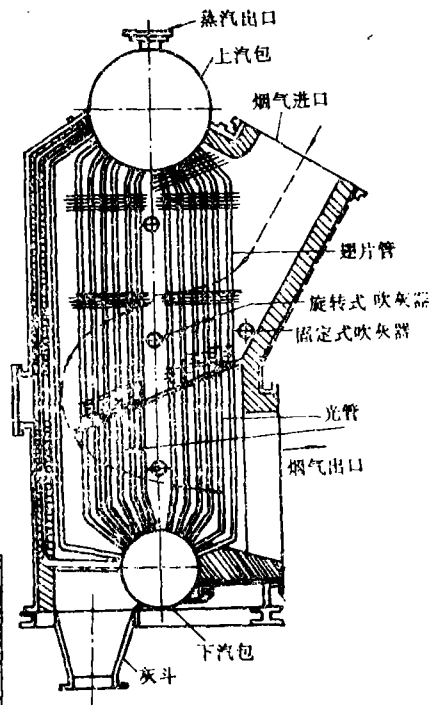


图 7 用于污水废渣焚烧炉的锅炉

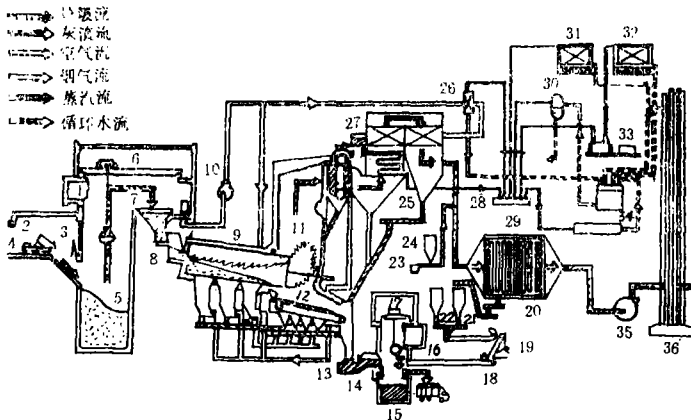


图 8 全连续的水冷却旋转式垃圾焚烧锅炉的发电系统流程图

1. 垃圾吊车操作室 2. 平面模板
3. 垃圾输入槽 4. 垃圾收集车 5. 垃圾坑
6. 垃圾吊车 7. 料斗 8. 给料装置 9. 回转燃烧加料机焚烧炉 10. 鼓风机 11. 热交换器
12. 后燃烧装置 13. 灰排出装置 14. 灰分散机
15. 灰槽 16. 灰吊车操作室 17. 灰吊车
18. 灰尘固化装置 19. 造粒机 20. 灰输运
21. 灰贮藏槽 22. 胶合剂槽 23. 消石灰运输机
24. 消石灰贮藏槽 25. 过热器 26. 蒸汽式空气预热器 27. 烟气式空气预热器 28. 未用蒸汽
29. 电除尘器 30. 除氧器 31. 高压蒸汽复水器 32. 低压蒸汽复水器 33. 透平发电机 34. 复水水箱 35. 引风机 36. 烟囱

燃烧垃圾的锅炉。采用强制循环，管束组件悬挂在弹簧支座上，除在关键部位安装吹灰器外，还在每组悬吊管束组件的顶部安装了振动器，这种振动器周期性振动，以震掉堆积

在管束上的疏松积灰。为防止损坏焊缝接口，管子采用弹性连接

4. 污水残渣焚烧炉的热交换装置

用于城市污水残渣焚烧炉的热交换装置几乎都采用双锅筒自然循环。其管束为垂直布置，烟气从顶部进入，绕过一个倾斜隔板转180°，在同一侧的底部排出（见图7）。

在设计时，应使其具有除去烟气中所含飞灰粒子的能力。因其一般都采用双锅筒自然循环方式，飞灰容易堆积在水平隔板上，因此，不宜采用水平隔板结构，全部隔板必须垂直或倾斜布置。头两排管子采用光管，其余均采用翅片管。管子的翅片高度为19mm，厚度为1.3mm，每19mm管长有锯齿形翅片6片。

三、热量利用方式和经济效益

城市垃圾焚烧后的热量利用型式可分为：

- 垃圾——区域供热
- 垃圾——热电联产
- 垃圾——冷凝式发电

图8为日本全连续水冷却旋转式垃圾焚烧锅炉的发电系统图。目前已研制成焚烧城市固态下水污泥的热力发电系统。每吨固态污泥大约可回收800度电。

在日本，几乎所有可燃的城市垃圾全部作为燃料利用，并在进行热力发电的实践中总结出以下经验：

1. 日焚烧处理垃圾能力小于100吨的设备（城市人口不到10万）由于垃圾不能维持连续供应，因此不适宜进行热力发电和集中供热。
2. 日焚烧处理垃圾在100~300吨的设备（人口10~30万），所发出的电能可自给自足。
3. 日焚烧处理垃圾在300~1000吨的设备（人口30~100万）所发出的电能可向外供电。
4. 日焚烧处理垃圾在1000吨以上的设备（人口多于100万）可进行稳定发电。

利用城市垃圾焚烧后的热量进行发电，其发电量可用下式计算：

$$E = H_i \times R / 3.6 \times 10^3$$

式中：

- E：发电量，kW·h
- H_i：输入热量，kJ/d
- R：能量转换率
- 3.6×10³：换算系数，kW·h/kJ

英国伦敦市大伦敦议会的埃德蒙顿城市垃圾焚烧炉的热力发电设备每年处理的垃圾达40万吨。锅炉的有效利用率达80%，发电所获得的经济效益达220万英镑/年（1981年

的统计数字）

1988年印度在加尔各答郊外的班塔拉投运的首座试验性城市垃圾发电厂，经6个月的运行证明，焚烧炉每焚烧100公斤城市垃圾所产生的热量可发1度电。

除垃圾发电获得的直接经济效益外。还具有显著的社会宏观经济效益。如：可改善城市环境，防止水源和地下水源的污染以及减少填埋垃圾所占用的耕地面积等难以用经济价值来评价的宏观效益。

四、结 论

用焚烧法处理城市垃圾不仅使城市垃圾资源化获得直接经济效益，而且还具有明显的社会效益。

我国随着工商业发展和城市人口的增加，城市垃圾的数量急剧增加，据统计1985年全国300多个城市年产垃圾5000多万吨，且每年还以10%的速度递增。但目前大多数的城市垃圾的不可燃成份比重较大，热值低，对采用焚烧法处理尚有一定的困难。然而，随着生活水平的不断提高和燃气或液化气燃料的比例上升，致使垃圾中的可燃物质增多，发热值相应提高，从而为采用焚烧法和发展热力发电的可行性奠定了基础。因此，如何使垃圾化害为利，变废为宝特别是怎样使垃圾资源化利用应引起国内有关部门的关注。着手制定规划组织技术力量对这一新技术进行开发研究以早日改变现行消极的城市垃圾处理，并使垃圾处理达到节能和环保一体化之目的。

（渠源沥 编辑）

参 考 文 献

- (1) Beckman H, Dragovich Mark G. Mass burning of MSW with energy recovery. Journal of Environmental Engineering, 1986, 112 (3)
- (2) Cogeneration small power production

- show rapid growth. *Power Engineering*, 1986, 90 (10)
- [3] Particulate control devices for municipal refuse-to-energy plants. PB-87-147617, 1986
- [4] Improved design and Operational practices for municipal sludge incinerator. J. WPCF, 1987, 59
- [5] Boyen John L. Thermal Energy recovery Second edition, 1980
- [6] Waste burnt in Warren County with Swiss technology. modern Power Syst, 1987, 7 (2)
- [7] 240t/d都市でみ焼却プラント。石川島播磨技報, 1986, 26(6)
- [8] バイオマスエネルギーの 评价と可能性—第9回でみエネルギーセンター(2)。省エネルギー, 1986, 38(6)
- [9] 都市でみ焼却炉における余热利用とでみ发电 PPM, 1984, 17 (3)
- [10] Heat recovery boiler operate Successfully with dust and difficult gases. modern power syst, 1982, 10

Refuse-fired Boilers

Wu Yisan

(Hangzhou Waste Heat Boiler Research Institute)

Abstract

This paper gives a short presentation on the development of refuse-fired plants in some advanced industrialized countries with some explanations of structural details of certain commonly employed plants being presented.

Key words: *incinerators, heat exchanger, construction, economics*

(上接第33页)

A Preliminary Study of Rolling Bearing No-load Run-in Scoring

Qiu Dacheng

(Harbin Marine Boiler & Turbine Research Institute)

Abstract

In this paper an analytical study is presented of the causes of rolling bearing scoring during no-load run-in by use of the elastohydrodynamic lubrication theory and roller dynamics.

Key words: *rolling bearing, no-load run-in, wear, analysis*