

垃圾焚烧炉用炉排片研究及应用

通过对炉排型焚烧炉用炉排片产品的研究，阐述炉排片工作条件、结构特征、材质特征及其工作原理，从而提出炉排片结构设计、材料应用技术要求。

随着国内城镇化的快速发展，能够节约土地资源、将垃圾处理无害化、减量化和资源化的垃圾处理方式-垃圾焚烧处理应用越来越广。炉排型焚烧炉形式多样，其应用占全世界垃圾焚烧市场总量的80%以上。炉排型焚烧炉具有垃圾预处理要求不高、垃圾热值适应范围广、连续稳定运行时间长、运行及维护简便等优点。

炉排片是炉排型焚烧炉核心部件，属于易损耗部件，炉排片稳定性对焚烧炉的连续稳定性运行起着决定性作用。通过合理的炉排片结构设计和材料应用，设计适合国内垃圾热性的炉排片产品，减少炉排片卡滞、异常磨损、烧损等问题，提高炉排型焚烧炉运行稳定性、可靠性。

1炉排片工作特征

机械炉排炉是以机械式的炉排片构成炉床，可动炉排片与固定炉排片之间的相对运动，使垃圾不断翻动、搅拌并推向前进。往复焚烧炉用炉排片设计需要炉排片有规则的往复运动，从而保证垃圾进入炉内与热空气接触、升温、干燥、着火、燃烬，往复炉排片工作示意如图1所示。

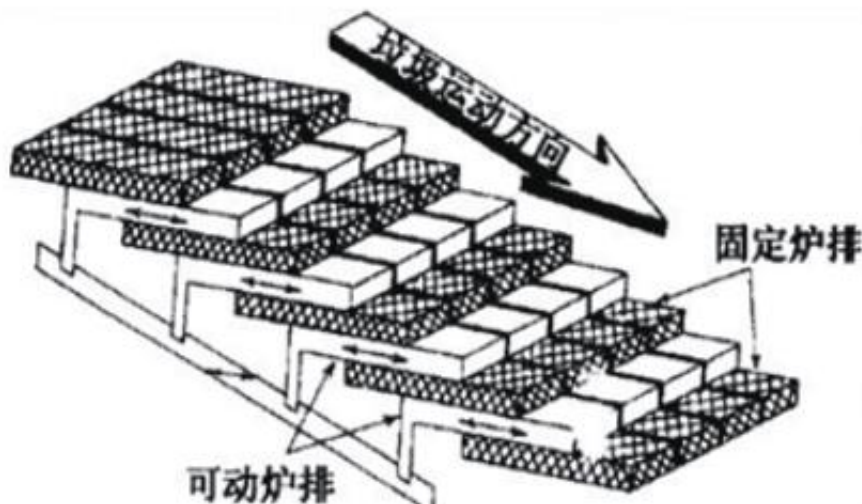


图1往复炉排片示意图

炉排往复运动不仅使垃圾均匀移动，也是对垃圾的一种搅动，使垃圾与已燃垃圾混合，致使往复炉排片垃圾具有下部着火的因素，炉排运动能有效地搅动垃圾。炉排与垃圾的相对运动，可以使燃烧的垃圾松动，增加垃圾的透气性，改善燃烧条件。

为了保证焚烧炉的连续稳定燃烧，炉温维持在950~1050℃，对炉排提出高温抗氧化性要求；垃圾由于分类不完善，进炉垃圾比重较大，炉排片机械负荷较大，对炉排片提出机械磨损需求；垃圾由于成分复杂，通常含有Cl、S等元素，燃烧后形成酸性气体，对炉排片金属材质形成腐蚀性影响。

因此，炉排片工作环境具有如下特性：干燥段垃圾载荷较大，主要承受机械磨损，燃烧段属于环境温度高，主要承受高温磨损，燃烬段不可燃物较多，固体颗粒物容易夹杂到炉排片之间缝隙中，主要承受偏磨等非正常磨损；另外，垃圾焚烧后形成气氛包含高温腐蚀性气体，对炉排片形成腐蚀作用；炉排片磨损后，缝隙变大、漏渣增加，对垃圾热灼减率带来负面影响；炉排片翘起及烧损，如果频率太高，需要停炉检修处理，势必影响焚烧厂运营。

2炉排片设计要求

为了保证焚烧炉的稳定运行，在炉排片设计中，既保证炉排片材质具备高温耐热性、耐腐蚀性、耐磨性，在结构上改善燃烧空气设计要求，减少漏渣率，尽可能避免偏磨及烧损，需要在结构和材质方面进行设计。

2.1 结构设计

(1) 炉排通风率。炉排通风率等于炉排面上通风孔总面积与整个炉排面积之比。炉排片是高温工作部件, 工作条件相当恶劣。尤其是往复炉排片长期工作在高温下, 虽然炉排片与燃烧层间隔着一层“灰渣垫”, 可遮蔽部分热量, 但炉排片表面温度仍可达 $600\sim 700^{\circ}\text{C}$ 以上, 为保证炉排片安全可靠的工作, 必须采取有效的空气冷却; 往复焚烧炉用炉排片保证垃圾是在炉排片上均匀移动燃烧, 空气从炉排片下的风室, 自下而上地穿过炉排片及垃圾层, 为垃圾燃烧提供充足的氧气。

因此, 炉排片上应布有均匀的通风通道, 这就是所谓的通风率要求, 在炉排片设计时, 必须考虑如何控制和减少漏渣, 提高可燃物质的利用率。通常情况下往复炉排片在干燥段通风通道宽度控制在 4mm 以内, 燃烧区域内通风道宽度控制在 3mm 以内, 燃烬段区域内通风宽度稍小, 这样既能够有效地控制漏渣, 同时能够大幅提高燃烧利用率。

很多相关资料中都认为往复炉排片的通风率应在 $3\%\sim 6\%$ 。当然通风率越大, 通风通道截面越大, 空气穿孔速度越小, 流阻越小。受制于漏渣及炉排片强度等因素的影响, 通风率达到 $2\%\sim 4\%$, 属于高压损炉排, 实际使用效果很好。总的来说, 炉排片的进风需要综合考虑通风率、漏渣率、燃烧效率等重要因素。

(2) 炉排冷却度。炉排冷却度等于炉排片肋板总面积与炉排总面积之比。炉排片主要依靠空气对流对炉排片进行冷却, 从而降低炉排片温度。常见的炉排片外形图如图2所示。

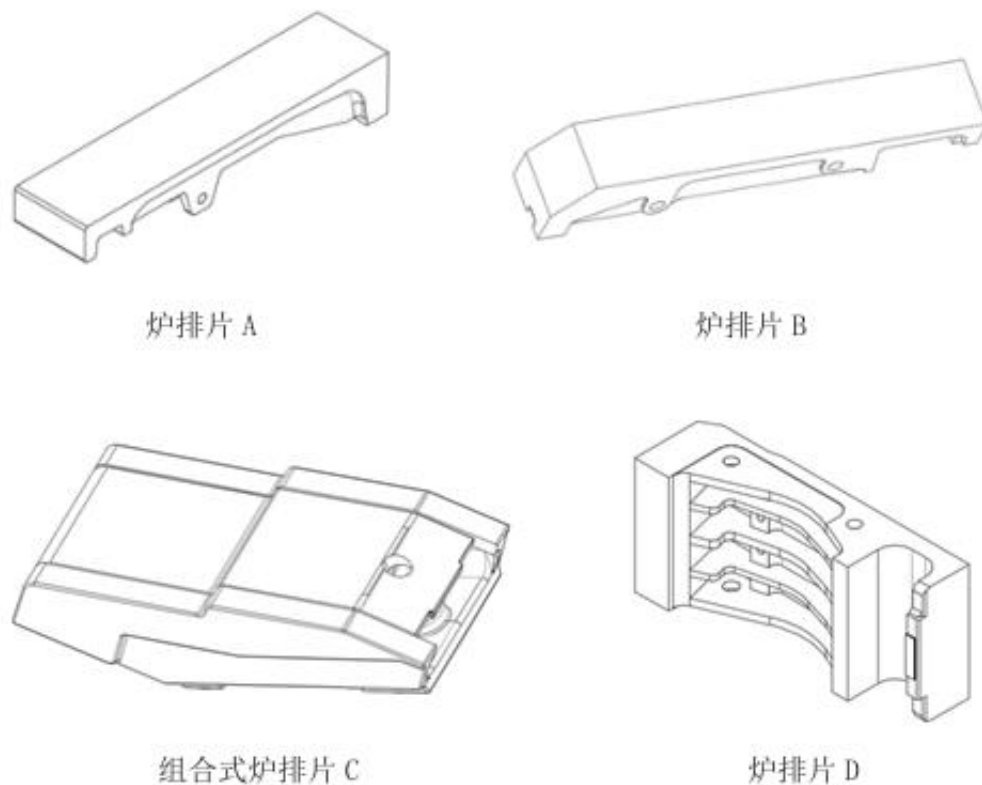


图2 炉排片外形图

炉排片肋板设计既是结构强度的考虑, 同时也是强制冷却的考量。按照目前经验值, 在满足炉排片本身强度设计前提下, 冷却度一般设计大于2。另外, 低位热值超过 8260kJ/kg , 考虑采用水冷炉排, 进一步增强强制冷却效果。

(3) 炉排片固定形式。炉排片安装形式多样, 通常采用尾部固定形式。部分厂家在炉排片底部或者两侧设计螺栓或者拉钩进行固定, 防止炉排片翘起。可动炉排片与可动炉排片, 固定炉排片与固定炉排片的连接形式多样, 常见炉排片之间采用有间隙装配、紧固装配两种, 紧固装配能一定程度上防止炉排片翘起及偏磨, 但是检修拆卸不便, 间隙装配拆卸检修方便, 容易异物卡滞, 间隙变大, 出现偏磨, 导致炉排片提前更换。炉排片固定形式要保证炉排片往复运动不易卡滞, 翘起, 又要预留一定检修维护便利性。

(4) 辅助设计工具。炉排片通常服役时间长, 一般设计寿命大于5年, 新型炉排片的开发设计, 如果采用实炉验证方

式，不仅周期太长，而且对工程应用带来不确定性，不利于产品的开发设计。

因此，在工程应用前，需要采用辅助设计软件进行分析，常见的有计算机辅助工程CAE(Computer Aided Engineering)软件如ANSYS进行热应力分析，优化炉排片的结构强度设计;通过计算流体动力学CFD(computational fluid dynamics)如FLUENT进行流体分析，优化炉排片的通风率，冷却度等参数。

通过CFD类软件如FLUENT进行炉排片侧面或者炉排片本身的通风率模拟计算，实现炉排片压损和流速优化计算，为炉排片的热应力分析提供对流换热边界条件，同时也为垃圾层厚的理论计算提供设计依据。

通过CAE类软件如ANSYS进行炉排片结构分析，在结构强度和传热方面进行仿真计算，通过耦合传热和结构应力分析，避免炉排片局部出现大范围热应力集中，从而为炉排片结构优化提供设计依据。通过辅助设计软件应用，优化炉排片结构形式，减少产品设计周期，提高炉排片的结构稳定性、可靠性，降低产品开发设计成本。

2.2 材质应用

(1)材质要求。炉排片主要工作在高温、腐蚀性气氛中，往复运动中需要保持一定结构强度下，垃圾与炉排片之间，可动炉排片与固定炉排片之间相互磨损，因此对炉排片材质提出了如下要求：

①耐高温：要求燃烧段炉排在650~950℃具有优良的高温强度及组织稳定性;②耐磨损：具有良好的抗高温磨损能力;③抗氧化：要求炉排氧化后，其表面形成的氧化膜连续致密且不易脱落，以保证炉排不因腐蚀损失导致其尺寸性能发生变化而失效;④热膨胀系数适宜，即炉排材质的热膨胀不影响炉排的正常工

作。常见的炉排片都采用含Cr、Ni、Mo等合金元素的耐热、耐蚀、耐磨铸件，使用寿命长。如果炉排片材质的选用和结构设计比较合理，整体使用寿命能达到80000小时。

(2)材质应用发展方面。国外，德国、丹麦和日本等发达国家的城市生活垃圾焚烧技术发展的较早，对炉排材质的研究也比较多。德国的NOELL公司进口的炉排片的炉排片为耐热双相铸钢，专为城市生活垃圾焚烧研发的高温腐蚀环境开发的高性能镍基合金材料，适用于燃烧温度在1000℃以下的垃圾焚烧炉的炉排。丹麦巴威-伟伦公司炉排及日本三菱重工株式会社三菱-马丁逆推炉排等炉排生产商也采用镍基耐热材料，其使用性能好、韧性好，价格昂贵。

我国在炉排相关的领域研究起步较晚，常采用Cr系耐热材料，如3Cr18Mn12Si2N、2Cr20Mn9Ni等。这些材料经热处理后抗拉强度可达490MPa，工艺简单易行，具有一定的优势。Si系耐热铸件如RTSi5、RQTSi4、RQTSi5、RQT2Si4 Mo等属于中硅球墨铸铁，由于其铸造工艺性好，抗氧化性能优异，价格相对较低，耐热温度在800℃左右，因此被广泛用作炉排材料。

目前，一种新型焊接炉排片技术开始在垃圾焚烧炉应用，该炉排片采用复合材质，在燃烧炉内高温层采用高耐磨、耐高温、耐磨材质金属，厚度一般不超过8mm，在进风低温层采用常规碳钢，通过堆焊完成复合要求，肋板采用常规碳钢，炉排片整体焊接成型，不仅降低产品重量，而且提高产品的使用寿命。

(3)材质选择。在材质应用上，国内垃圾焚烧设计单位通常在技术引进技术上进行国产化生产、制造，以适应国内垃圾燃烧特性。目前垃圾焚烧厂大多采用铸件，部分焚烧厂采用焊接炉排片，950~1200℃耐热炉排片常用高镍高铬铸件，主要应用在高温区如燃烧段，在干燥段和燃烬段采用铸铁材质，从而保证整体炉排片性价比。

在炉排片材质的选择上，有研究单位通过成分配比优化设计，在抗氧化性与高温强度好的基体上分布有高温稳定性好且硬度高的硬度相，以获得具有磨损、硬度、抗氧化性、拉伸、韧性等方面优良性能，达到国外产品的化学成分要求和机械性能要求。

2.3 炉排片总体性能

目前，炉排片是垃圾焚烧的核心部件，高温部分多采用合金铸钢材料，不仅承受较热变形和机械磨损，还承受垃圾气氛的腐蚀。虽然我国目前现有运行较多炉排片，但是早期炉排片多采用进口件，因此采用国内采购的合金铸钢件不能达到设计要求，同时满足垃圾焚烧厂的运行维护要求，是保证焚烧厂稳定运行的必要条件。炉排片既要满足炉排片耐温、耐磨要求，同时保证炉排片结构合理，保证其合理的温度分布，防止局部热应力过大。

3 结束语

综上所述，垃圾焚烧炉用炉排片结构合理，材质耐用对焚烧炉稳定运行起到至关重要的作用。在结构设计上，既要保证安装固定可靠，又要保证合理的通风性能，从而避免夹杂异物、异常翘起、偏移磨损。

在材质应用上，区分高温区和低位区，高温区采用高温稳定性、耐腐蚀性、耐磨损、高温氧化性优良的合金金属材料，低温度采取铸铁材质，从而保证炉排系统不仅性价比高，而且性能优异，适合国内垃圾特性的炉排片产品。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/139634.html>