

含盐焚烧锅炉积灰防治措施

骆 骞*, 胡 涛, 池光辉
(北京航化节能环保技术有限公司, 北京 100176)

摘要:为解决含盐废弃物焚烧锅炉受热面积灰问题,从积灰形成机理、积灰危害以及结构设计上的积灰防范措施3个方面优化含盐焚烧锅炉的设计,并提出了积灰的防治措施。

关键词:含盐废物;锅炉;积灰;优化设计;防治措施

中图分类号:TK09

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2021)03-0227-04

DOI:10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2021.03.046

Prevention and control measures for ash deposition in salt-containing burning boiler

LUO Qian*, HU Tao, CHI Guang-hui

(Beijing Aerospace Petrochemical Energy Conservation and Environmental Protection Technology Corporation Limited, Beijing 100176, China)

Abstract: In order to solve the problem of ash deposition on heating surface of incineration boiler for salt-containing wastes, the design of salt-containing burning boiler is optimized according to the formation mechanism of ash deposition, the harm of ash deposition and the prevention measures of ash deposition in structural design, and the prevention measures of ash deposition are suggested.

Key words: salt-containing wastes; boiler; ash deposition; optimization design; prevention measures

随着国家对环保要求越来越严格,对废弃物焚烧处理的需求量也越来越大,其中含盐废弃物比重也随之增大。在石油、化工等行业,含盐有机废液成分非常复杂,一般含有大量的碱或碱金属盐,如氢氧化钠、硫酸钠或氯化钠等,部分废液还含有许多沸点低、不能降解且有危害的有机物,对于这一类有机废液,目前主要的处理方法是首先采用蒸发^[1]或汽提^[2]的方法分离低沸点有机物,然后将浓缩废液焚烧处理,但这种处理方式易造成二次污染,无法安全有效地处理废液。高温焚烧法^[3]是处理这一类废液的首要技术选择,通过高温焚烧不仅可以使有机物分解成无毒无害的小分子物质,同时还可回收热量和废液中有价值的碱金属盐类。

含盐废热锅炉的难点在于受热面容易积灰,严重时发生“积灰搭桥”,甚至烟道堵塞,最终不得不停炉进行清理,严重影响了整个焚烧系统的长期安全稳定运行,但是,国内外对焚烧锅炉处理含盐废液的研究较少。因此,锅炉积灰问题亟待解决。

1 积灰的形成机理

积灰^[4-5]按照形态可以分为如下几类。①熔融性积灰:主要发生在炉膛以及高温受热面,温度高于

灰熔点,灰分呈现熔融状态,通常与烟气所携带的融化或者黏性灰粒的物理迁移有关。②高温黏接性积灰:主要发生在燃用含有较多升华物质的锅炉高温对流受热面上,烟气中的升华类灰分在对流受热面上被大量捕捉,黏接性很强。如果积灰不能及时清除,超过一定厚度时,外表会形成坚硬外壳,清除比较困难。③低温黏接性积灰:主要发生在空气预热器低温段。管壁温度低于酸露点时,管壁形成酸性露珠,积灰与冷凝在管壁上的酸性露珠形成水泥状硬质灰分,腐蚀受热面且难以清除。④松散性积灰:烟气中携带的灰粒物理沉积在受热面上,质地松散。在烟温低于600℃的尾部烟道,除空预器冷段外,大多均属于松散性积灰。

锅炉积灰是一个复杂的物理化学过程,影响因素很多,如炉内空气动力、受热面布置、结构特性和吹灰器选型布置等。因此在锅炉设计时需充分考虑以上因素,根据不同积灰机理,采取不同的防止锅炉积灰措施。

2 积灰的危害

积灰会给锅炉带来很大的危害^[5]。①降低锅炉受热面传热能力:积灰在受热面上沉积后热阻很

大,导致受热面换热能力降低,排烟温度大幅提升,造成排烟热损失增大,影响锅炉运行的经济性及后系统安全。②导致对流受热面的爆管:积灰严重时,受热面热负荷减小,管内产汽量偏小,循环流速降低。过小的流速不能带走管壁的热量和产生的蒸汽,以致汽体积聚在换热管壁面形成汽膜,传热恶化,换热管壁温升高,当壁温超过换热管极限温度,从而爆管。③致使锅炉堵塞:随着受热面积灰增多,烟道通风面积减小,通风阻力加大,造成引风机出力不足,甚至出现风道震动开裂,以致受热面“搭桥”停炉。因此,有效的积灰防治措施是锅炉安全稳定运行的重要保证。

与传统的燃煤锅炉相比,含碱盐的废液含灰量大且灰熔点低,约 850℃ 甚至更低,且黏接性强,在不同温度区间时,积灰的机理不尽相同,若锅炉设计时对积灰考虑不足,很容易产生积灰“搭桥”现象,严重威胁锅炉的安全稳定运行。因此,应根据不同温度区间的积灰机理,选用合理的设计,使锅炉结构与积灰倾向性相匹配,达到既能处理含盐废液,又能回收碱盐和蒸汽等多重目的,带来良好的环境与经济效益。

3 锅炉的设计及防积灰对策

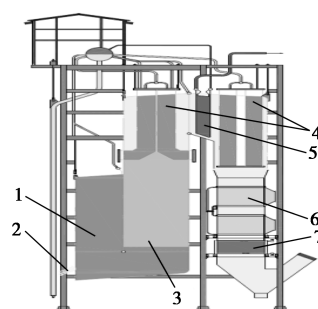
3.1 设计燃料

设计燃料为含盐有机废液与辅助燃料;辅助燃料与有机废液的混合比例根据有机废液的热值与组分确定,保证良好的燃烧组织工况。根据不同废液的物理性质,保证雾化效果,以入炉后能立即燃烧的原则选择适合的废液喷枪,提高辅助燃

料的利用率。

3.2 含盐废液焚烧的锅炉结构设计

针对含盐废液产生黏接性积灰的特性,为满足锅炉长期安全稳定运行的需要,锅炉的各部件采用特殊设计,合理布局锅炉受热面,锅炉结构如图 1 所示。



1—炉膛;2—熔物溜槽;3—辐射冷却室;4—对流受热面;
5—过热器;6—空气预热器;7—省煤器

图 1 含盐废液焚烧锅炉结构

将计算流体力学(CFD)方法应用到炉膛设计中,选取模型做出如下假设。①废液液滴粒径取平均值,假设为 400 μm。②液滴具有一定的黏性,假设一旦接触壁面便被铺集,经历干燥、挥发过程。③在耐火材料模型中,假设锚固钉均匀分布,混有锚固钉的耐火材料各点导热系数相同。

开展锅炉内烟气流通特性、烟气温度分布、炉壁温度以及灰熔融性等方面的研究,用以辅助燃烧系统的设计,合理的燃烧系统设计可保证炉内温度场均匀性,保证熔盐流动性,减少烟气中飞灰含量,降低锅炉对流受热面的积灰风险,计算结果如图 2、图 3 所示。

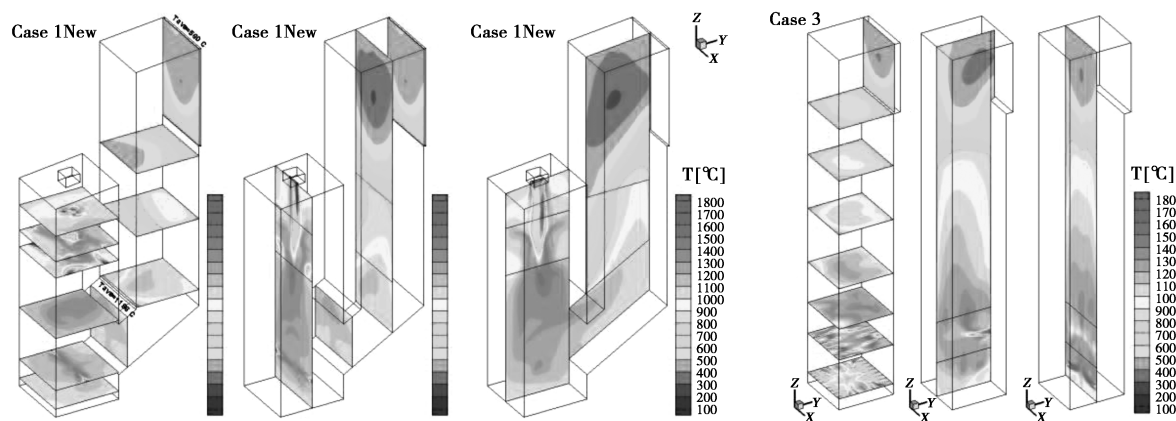


图 2 炉内烟气温度场

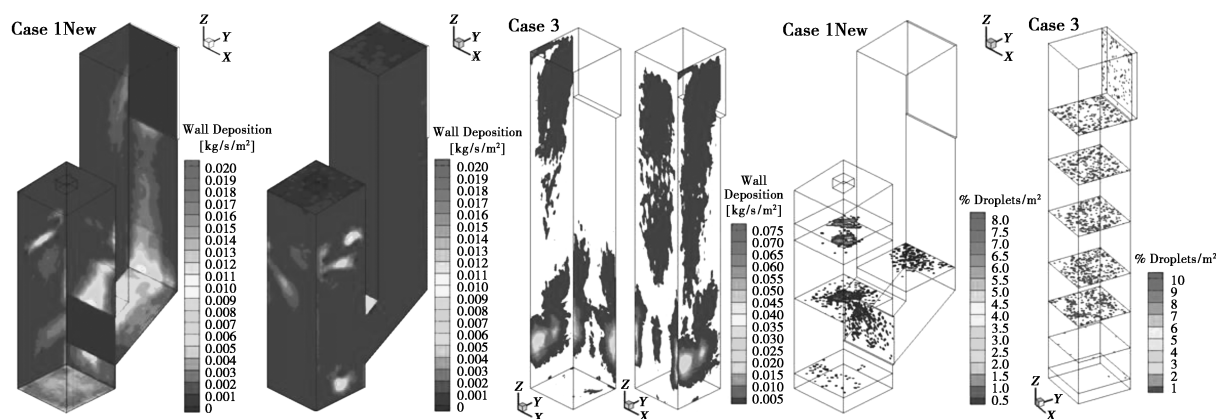


图3 炉内积灰分布场

图2给出了炉内不同断面的温度分布云图。凝渣管前断面烟气温度的加权平均值为 $1\ 186^{\circ}\text{C}$;蒸发器后断面烟气温度的加权平均值为 560°C 。从纵向截面温度分布云图中可以看出温度明显的下降趋势,从横截面温度分布云图中可以看出每个断面温度分布均匀性较好。

图3给出了炉内不同断面的积灰分布图。炉膛出口处积灰分2部分,一部分被烟气携带至后面的受热面,一部分为熔融态通过熔物溜槽排出炉外;从纵向截面积灰分布图中可以看出积灰情况逐步好转。

通过模拟计算可以更加直观地了解炉内的温度分布和积灰分布情况,能够有效指导锅炉受热面设计及布置。下面详细介绍各个受热面的结构和布置形式。

3.2.1 炉膛设计

焚烧锅炉燃烧室为单炉膛结构,由水冷壁前墙、后墙、两侧墙构成,为方型断面,四周由膜式水冷壁构成,合理地设计炉膛界面尺寸和炉膛容积,降低烟气流速、减轻磨损和延长燃烧时间,一般可按容积热负荷 $130\sim 180\ \text{kW}/\text{m}^3$ 进行设计。在炉膛内,焚烧温度高达 $1\ 200^{\circ}\text{C}$,雾化液滴在火焰中心运动,灰在绝热炉膛中心熔化并下行,易于分离,避免直接接触炉壁;废液顶部喷入可以大大降低熔融灰的贴壁比例,有效防止熔融的黏接性积灰在炉壁上附着并进一步形成致密渣层,造成严重的结渣问题或者堵塞下部燃烧器喷口及空气喷口,影响焚烧锅炉正常运行;且铬矿砂浇注料对高温情况下钠盐对膜式壁受热面的腐蚀具有一定的保护作用。在炉膛底部设置熔物溜槽,使熔融态的盐可以从溜槽排出炉膛,减少烟气中灰分的携带量,改善后续受热面

的工作环境。

3.2.2 辐射冷却室设计

辐射冷却室全部布满膜式水冷壁,全膜式水冷壁采用模块结构,由垂直布置的膜式水冷壁管和进出口集箱组成。燃烧室与辐射冷却室下部 $1\ \text{m}$ 以下区域的水冷壁铺设耐火浇注料,其余区域采用光管膜式水冷壁。

采用足够大的“空腔辐射冷却室”:利用烟气中三原子气体和烟尘的有效辐射传热,将高温烟气冷却到烟尘的黏接温度以下,使烟尘变成固体颗粒。烟气流速低,大部分烟尘尚未和管壁接触就被分离沉积下来,即使有一些松散性积灰附着于管壁上,也很容易用机械方法清除。之后,低温少尘的烟气进入对流受热面,合理的对流区结构可以有效地降低受热面被堵塞的风险。在高温烟尘和烟气的冷却过程中,大颗粒烟尘热惰性大,冷却速度缓慢,因而导致烟气和烟尘之间以及烟尘内部和表面之间都有温度差,外表虽然已固结成硬壳但中心还处于熔融状态或者半熔融状态。合理的设计可延长烟尘的降温时间,保证烟尘降温充分。

3.2.3 对流受热面设计(人字屏、蒸发屏、过热器)

对流管受热面布置在辐射冷却室之后、空气预热器之前,采用膜式结构,有限空间内可以布置更多的受热面,合理增大节距,防止屏间积灰搭桥,堵塞烟气通道。合理布置吹灰器,尽量避免“吹灰死角”,保证对流受热面的清洁。

3.2.4 空气预热器的设计

空气预热器的积灰形态为低温黏接性和松散性积灰。

松散性积灰一般认为是由于范德华力、静电力和表面张力的作用形成的,主要是在管子背部形成

楔形积灰, 填在管子后面的漩涡区中并呈现流线型。飞灰微小粒子具有较大的表面积, 当灰粒与管壁接触时, 分子与管壁吸引力大于灰粒本身的重力时, 就会附着在壁面上。但这种引力的作用范围是有限的, 积灰厚度增大到一定程度时, 灰粒自身重力超过引力而脱落, 从而积灰的厚度不再增加。

低温黏接性积灰在空气预热器的冷段形成。在空气预热器低温段, 由于入口温度低, 导致空气预热器壁温低于酸露点温度, 在管壁处形成酸性液滴, 飞灰与冷凝在管壁上的硫酸溶液结合, 由于灰分具有吸湿性, 导致生成水泥状硬质积灰。

在空预器的结构上, 选择板式空气预热器, 其表面粗糙度小, 并且板式结构不会像管式结构那样形成漩涡区, 合适的板距既可以防止积灰“搭桥”发生, 又可以提高烟气流速, 起到烟气的自清灰作用。

用外来热源加热空气预热器入口空气温度到酸露点以上, 降低空气预热器壁温低于酸露点的风险, 从根本上避免产生低温黏接性积灰。

采用可以调节吹灰横向前进速度和旋转速度的长伸缩式吹灰器, 以保证规定覆盖面上良好吹灰效果, 确保空气预热器安全运行。

3.2.5 省煤器的设计

省煤器采用蛇形管膜式结构, 积灰形态为低温黏接性和松散性积灰。烟气在省煤器温度较低, 若省煤器漏风严重则会产生局部低温, 导致烟气在局部降低至酸露点以下, 产生低温黏接性积灰。因此, 结合省煤器的膜式结构, 增大管间距, 且适当提高锅炉给水温度, 将受热面的弯头设置在烟道内, 减少穿墙管, 尽量减少漏风, 保证管壁的温度大于酸露点温度, 防止产生低温黏接性积灰。而且从结构上来讲膜式省煤器可以有效地降低磨损, 与光管省煤器相比, 可以在有限空间布置受热面, 留有足够的检查空间, 可以适当降低烟速, 减轻磨损。

采用单级省煤器模块化设计, 既保证了省煤器的密封质量又减少现场的施工工作量。采用可以长伸缩式吹灰器, 使规定的覆盖面保持良好的吹灰效

果, 确保省煤器受热面清洁度, 既能保证换热效率, 又能保证省煤器长期安全有效运行。

4 结论

综上所述, 针对含碱盐的废液焚烧锅炉的防治积灰可从以下 5 点措施入手。

(1) 液态排渣, 灰分熔点低, 在炉膛内以熔融态存在, 通过底部溜槽排出部分灰, 减少烟气中飞灰机械携带量, 改善后续对流受热面的工作环境。

(2) 烟气在辐射冷却室进行辐射换热, 高温灰分降低至灰熔点以下后进入对流受热面, 改变灰分的积灰倾向性, 降低形成黏接性积灰堵塞烟道的风险。

(3) 大间距膜式对流受热面可以有效防止“积灰搭桥”, 吹灰器可以减少松散性积灰的沉积。

(4) 板式空气预热器提高冷空气入口温度, 防止低温黏接性积灰的形成, 定期吹灰减少灰分沉积。

(5) 模块化膜式省煤器拥有更加更严格的密封结构, 防止低温黏接性积灰。

通过合理的锅炉结构与工艺参数选择, 可以有效地降低锅炉积灰风险。对于各个受热面的松散性积灰, 采用合理的吹灰器布置, 进行有计划的吹扫, 维持受热面清洁度, 保证锅炉安全稳定的长周期运行, 稳定处理废液的同时回收热量及碱金属盐类, 创造良好的环境效益和经济效益。

参考文献

- [1] Evaporation incineration combination lower cost of treating liquid wastes[J]. Chemical Engineering, 2001, 108(6): 23.
- [2] Nittetu Chemical Engineering Ltd. NCE's Submerged Combustion Process: Incineration with air stripping system [EB/OL]. (2004-11-10). <http://www.nce-ltd.co.jp/>.
- [3] 周炳炎, 刘湘. 国内外有害废弃物焚烧技术现状和发展趋势[J]. 上海环境科学, 1992, 11(10): 19-23.
- [4] 王晓路. 电厂锅炉受热面积灰机理及其预防[J]. 山西化工, 2018, 10(5): 115-116.
- [5] 车得福, 庄正宁, 李军, 等. 锅炉[M]. 2 版. 西安: 西安交通大学出版社, 2008. ■

《现代化工》欢迎广大作者踊跃投稿, 投稿系统: <http://www.xdhg.com.cn>