

搪瓷热管式烟-风换热器在垃圾焚烧发电锅炉上的应用

梁兆志 (广东生活环境无害化处理中心有限公司, 广东省 广州 510000)

摘要: 热管是一种高效率的传热元件, 它是一种能迅速从一点到另一点传递热能的装置, 由热管元件组成, 根据热管的原理来进行热交换的换热器称为热管换热器。热管式换热器由于其结构简单, 操作方便, 换热效率高, 能耗低等优点, 已越来越受到人们的重视, 成为具有很好应用前景的换热设备。现已广泛用于电力、化工、冶金、电力、计算机等行业。本文重点是介绍一个工程实例中, 对热管式换热器在垃圾焚烧锅炉上的应用和设计进行了讨论。本文在热管换热器的设计过程中, 主要对热管换热器的热力计算、元件参数选择等做了合理的构造, 并根据实际情况设计了空气预热器的基本模型。

关键词: 瓷釉热管; 设计

1 引言

为了使生活垃圾焚烧炉的二噁英达到超低排放和多发电两个进步, 根据化学热力学原理, 更高的炉膛温度, 比如从目前普遍的 1000°C 提高到 1500°C 上下, 可以在短时间内让二噁英彻底分解, 并且提高单位空间的处理能力。但是, 由于生活垃圾的热值很低, 以常温空气燃烧是很难达到 1500°C 的, 必须要预热空气, 热空气的预热有多种方法, 而以烟气余热与空气换热的方式是效益最好的, 又因为垃圾烟气的腐蚀性很强, 所以要采用搪瓷热管式烟-风换热器 (下文简称此换热器), 搪瓷是施加在烟气侧。

此换热器的研发, 目的是为解决垃圾焚烧行业空气预热器耐酸蚀问题开辟新的途径, 这是本研究的意义所在。

根据热管换热器自身的结构特点, 只需要在烟气端表面施加搪瓷层, 就可以达到相当高的使用寿命, 且操作安装方便, 安全可靠, 效益可观。热管单元在热交换器内部中间固定, 两端可自由伸缩, 采用承插式管坐使热管单元易于安装, 更换维护, 运行安全可靠。因为风侧压力高过烟侧, 插管口处的轻微漏气是允许的。

下文对用搪瓷涂层热管式烟-风热交换器进行了理论计算和实验研究。

2 此换热器的应用场合的特点和问题应对方法及推广应用对象

此换热器用于烟气余热回收, 其结构是通过中隔板将冷热流体完全隔离, 单根热管在运行中由于磨损、腐蚀、超温等原因而损坏时, 基本不会影响换热器的正常运转。在易燃、易爆、腐蚀性强的流体换热场合, 热管换热器具有极高的可靠性。热管换热器冷流体和热流体完全分离流动, 可较容易地实现冷流体和热流体的逆流换热。管外带翅片, 由于翅片管的传热系数比光管的要高得多, 用于热能回收品位低的且传热膜系数较低的空气预热场合非常经济, 本场景烟气高含尘强腐蚀, 此换热器通过搪瓷保护、震打除灰等方式来解决其磨损和堵灰问题。

此换热器可大大提高预热空气进入炉内的温度, 降低烟气温度, 从而大大提高锅炉的热效率; 另一方面, 热管气-气换热器运行压降极小, 有时甚至无需增加引风机等设备, 使锅炉的运行费用大大降低, 可以推广到已建成垃圾焚烧电厂锅炉。

3 热管单元结构

热管单元结构如下图:

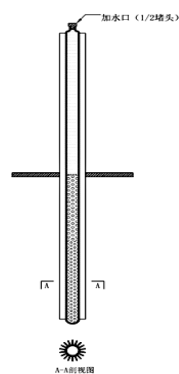


图1 热管结构及工作原理图

每个热管单元是独立的, 密闭的空间内充有工作介质, 根据所传递的冷热流体的温度高低, 可以选择合适的介质, 介质要求化学性质稳定, $100\sim 300^{\circ}\text{C}$ 最好用水。本例所用热管为重力循环式, 无需充装毛细管, 提高可靠性。

每根管于隔板处有密封性管坐, 在此略去。

4 此换热器的结构和计算模型

此换热器的模型如下图:

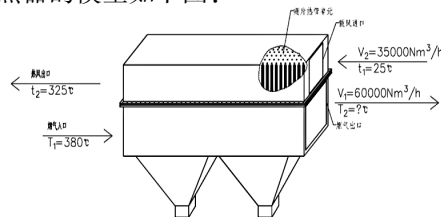


图2 热管式烟风换热器结构示意图

图中箭头标示了烟气和风的流动方向和流量等数据, 漏斗为除灰集灰装置外形, 采用震打除灰方式, 震打装置未作标示。

5 此换热器的计算

5.1 此热管换热器的计算

已知:

烟气流量 $V_1=60000\text{Nm}^3/\text{h}$

烟气进气温度 $T_1=380^{\circ}\text{C}$

烟气的定压比热容 (300°C) $C_{p1}=1.1 \times 10^3\text{J/kg} \cdot \text{K}$

烟气密度 (标况下) $\rho=1.35\text{kg/m}^3$

风量 $V_2=35000\text{Nm}^3/\text{h}$

进风温度 $t_1=25^{\circ}\text{C}$

出风温度 $t_2=325^{\circ}\text{C}$

空气的定压比热容 (175°C) $C_{p2}=1.022 \times 10^3\text{J/kg} \cdot \text{K}$

空气密度 (标况下) $\rho=1.29\text{kg/m}^3$

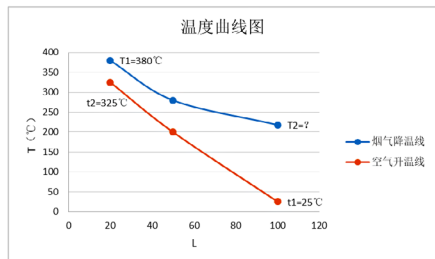
散热损失取 5%

求:

烟气出口温度? 若热管总传热系数 K 取 $139 \text{ W/K} \cdot \text{m}^2$, 需要多大传热面积? 热管中径为 50 mm , 空气侧长 650 mm 时, 需要多少支管?

解:

按如下温度曲线图:



烟气质量流量 $M_1 = \rho_1 \cdot V_1 = 1.35 \times 60000 = 81000 \text{ kg/h}$

空气质量流量 $M_2 = \rho_2 \cdot V_2 = 1.29 \times 35000 = 45150 \text{ kg/h}$

则可算出空气热能需要量:

$$Q = C_{p2} \Delta T M_2$$

$$= 1.022 \times 10^3 \times (325 - 25) \times 45150 \times (1 + 5\%)$$

$$= 1.45 \times 10^{10} \text{ J/h}$$

则:

$$\Delta T = Q / C_{p1} M_1$$

$$= 1.45 \times 10^{10} / 1.1 \times 10^3 \times 81000$$

$$= 163^\circ \text{C}$$

$$T_2 = T_1 - \Delta T = 380 - 163 = 217^\circ \text{C}$$

求此换热器的传热面积 A 。

按传热总方程 $Q = KA \Delta T_m$

$$\text{先计 } \Delta T_m = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}}$$

$$= \frac{192 - 55}{\ln \frac{192}{55}} \approx 110^\circ \text{C}$$

$$A = Q / K \Delta T_m = 1.45 \times 10^{10} / (139 \times 110 \times 3600) = 263 \text{ m}^2$$

传热面积计算:

$$A = Q / K \Delta T_m = (325 - 25) \times 1.022 \times 1000 \times 35000 \times 1.29 / 139 \times 110 \times 3600 = 263 \text{ m}^2$$

管数计算:

$$A = n \rho \pi d$$

$$n = A / \rho \pi d = 263 / 0.65 \times 3.14 \times 0.05 \approx 2580 \text{ 根}$$

5.2 热管单元设计和选型

热管设计主要包括: 热管外壳设计, 工质选择, 吸滤材料选择, 中间密封性设计封口结构设计及相关计算; 这(上接第 107 页)行特点的设备, 为这项新的技术的推广打下了基础。

参考文献:

- [1] 董文博. U-GAS 粉煤气化技术 [J]. 广州化工, 2013, 41(22): 155-157.
- [2] 刘海波, 吴巧梅, 傅卫平, 等. 煤化工用调节阀耐磨涂层工艺技术研究 [J]. 仪器仪表学报, 2012(12): 2825-2832.
- [3] 杨路. 锁斗系统常见故障的判断及处理 [J]. 山东化工, 2013, 42(11): 178-179.

些因素中, 热管直径、热管长度、翅片结构参数决定了翅片效率和翅化比, 对换热器的传热和流阻性能有很大影响, 还涉及到换热器的紧凑程度、投资和运行费用。

对于垃圾焚烧发电锅炉, 由于烟气体量大, 温度高, 发电锅炉对热管的可靠性要求很高, 所以要考虑用搪瓷保护烟气侧, 并且在 280°C 以上高温段使用低熔点金属工质, 这些领域都很少有人涉及, 相当前沿, 需要勇敢尝试。

在热管换热器计算前要先确定其结构尺寸, 如热管直径、翅片高度、翅片厚度、翅片间距、翅片间距、热管长度等。

总结

总而言之, 与传统管壳式换热器相比, 热管式换热器具有较高的传热效能。它的优点主要体现在: 热管换热器可通过中隔板将冷热流体完全分离, 单根热管在运行时由于磨损、腐蚀、超温等原因而损坏时, 基本上不会对换热器造成影响。在易燃、易爆、腐蚀性强的流体换热场合, 热管换热器具有极高的可靠性。热管内冷、热流体完全分离流动, 可较容易实现冷、热流体的逆流换热。冷、热流体都是在管外流动, 由于翅片管的传热系数比光管的要高得多, 用于气-气传热, 回收品位低的场合非常经济。对于高含尘流体, 热管换热器可通过改变结构、扩大受热面等方式来解决其磨损和堵灰问题; 用于腐蚀性烟气余热回收的热管换热器, 可通过调整蒸发段、凝结段的传热面积来调整热管管壁温度, 使热管尽量避免受到最大腐蚀。本论文的创新点包括: 应用计算机编程设计计算和新的热管箱结构。本实用新型用于腐蚀性烟气余热回收时, 可通过调整蒸发段, 冷凝段的传热面积来调整热管的管壁温度, 使热管尽量避免受到最大腐蚀。本论文的创新点包括: 新的热管箱结构, 这一新结构包括不可拆分结构和震打除灰集灰装置; 本文提供了烟-风换热器的简化计算方法并示例计算过程, 并且提供了介质的物理常数, 为提高从业者计算效率提供了参考。

参考文献:

- [1] 张全斌, 杨建国. 超低排放机组烟气换热器搪瓷换热管应用 [J]. 热力发电, 2017, 046(009): 130-134.
- [2] 丁得龙. 燃煤电厂管式烟气换热器的材质选择与设计 [J]. 资源节约与环保, 2017, 000(012): 1-1.
- [3] 潘鹏飞, 蒋伟忠. 超长搪瓷管制造工艺研究 [J]. 玻璃与搪瓷, 2019, v.47(02): 37-39.
- [4] 杨志强, 周志豪. 管式辐射换热器的计算机辅助设计与计算 [J]. 玻璃与搪瓷, 1990(01): 39-46.
- [5] 曲国斌, 邢翰学. 耐腐蚀搪瓷管烟气冷凝换热器 [Z]. 2018.
- [4] 曹辉, 雷磊, 钱威. 高差放空调节阀的故障分析及滑板阀的应用 [J]. 煤化工, 2015, 43(1): 61-63.
- [5] G. A. Ryabov, O. m. Folo meev, D. A. Sankin, D. A. melnikov. Results of Theoretical and Experimental Studies of Hydrodynamics of Circulation Loops in Circulating Fluidized Bed Reactors and Systems with Interconnected Reactors [J]. Thermal engineering, 2015, 62(2): 151-153.
- [6] 程更新. Shell 粉煤气化炉堵渣问题探讨 [J]. 大氮肥, 2013, 36(2): 85-89.