

DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.2014.01.031

李小乐, 韩春胜, 孙皆宜. 选煤厂中矸仓下加热装置的设计与计算[J]. 洁净煤技术 2014, 20(1): 122-124.

# 选煤厂中矸仓下加热装置的设计与计算

李小乐<sup>1</sup>, 韩春胜<sup>1</sup>, 孙皆宜<sup>2</sup>

(1. 中国煤炭科工集团 唐山研究院有限公司选煤装备中心, 河北 唐山 063000;

2. 唐山学院 基础教学部, 河北 唐山 063000)

**摘要:** 在重介选煤工艺设计中, 中煤和矸石通过脱介筛后不再进一步脱水, 直接进入中煤仓和矸石仓, 这样中矸仓下的扇形闸门处存在一定量积水。在冬季会由于结冰而导致闸门不能正常打开, 为生产带来不便。针对此问题提出了简单实用的加热装置设计方案, 根据传热学理论对加热装置的散热功率进行计算, 从而确定该装置的加热功率。实践证明, 加热装置在现场应用取得了良好效果。

**关键词:** 加热装置; 传热系数; 功率

中图分类号: TD463

文献标识码: B

文章编号: 1006-6772(2014)01-0122-03

## Design and calculation of heating device under middlings bunker and gangue bunker of coal preparation plant

LI Xiaole<sup>1</sup>, HAN Chunsheng<sup>1</sup>, SUN Jieyi<sup>2</sup>

(1. Tangshan Research Institute, China Coal Technology & Engineering Group, Tangshan 063000, China;

2. Ministry of Basic Teaching, Tangshan College, Tangshan 063000, China)

**Abstract:** In dense-medium separation process, after treated by spraying screen, the middlings and gangue is stored directly in middlings bunker and gangue bunker without dehydration. The consequence is that there is water at the sector gates of middlings bunker and gangue bunker, the water would freeze in the winter and cause the sector gates fail to open. To resolve this problem, provide a simple and practical heating equipment design method. Calculate the cooling power of the heating device according to the heat transmission theory. The application effects of the heating equipment is great.

**Key words:** heating equipment; heat transfer coefficient; power

## 0 引 言

目前一些重介选煤厂将中煤仓和矸石仓设在厂房外, 而工艺设计上中煤和矸石经过脱介筛后一

般不再进一步脱水, 这样就导致中矸仓下的扇形闸门处有一定量积水<sup>[1-3]</sup>。在冬季尤其是气温降到-20℃以下时, 积水会在几分钟之内结冰, 导致闸门不能打开, 为生产带来诸多不便。为了避免闸门

收稿日期: 2013-10-15 责任编辑: 孙淑君

作者简介: 李小乐(1974—)男, 河北沧州人, 高级工程师, 主要研究方向为选煤工艺和选煤设备。

不能正常打开而影响生产,设计了简单的闸门加热装置。

## 1 加热装置设计方案

中矸仓下扇形闸门如图1所示。该扇形闸门采用电液组合驱动闸板开阖,结冰位置主要在闸板和仓底的接触部分。通常闸门加热的办法是在闸板底面粘贴加热片,但是由于加热片固定困难,而且中煤和矸石的积水为选煤厂生产的循环水,含有一定量的有机溶剂<sup>[4]</sup>,对硅胶加热片和粘贴剂有一定腐蚀作用。因此需要寻找一种持久耐用、可靠性高且价格低廉的加热方案尤为重要。

经过研究,选煤厂决定采用紧贴扇形闸门下边闸板焊制加热油箱的方法给闸门加热,如图1所示。要求加热油箱长期维持在一个相对稳定的温度范围,使其与室外环境近似处于热平衡状态<sup>[5]</sup>。加热油箱的热源采用性能稳定、可靠性高的加热棒,加热棒的加热功率应与油箱的散热功率相等,因此需要通过计算加热油箱的散热功率来确定加热棒功率。

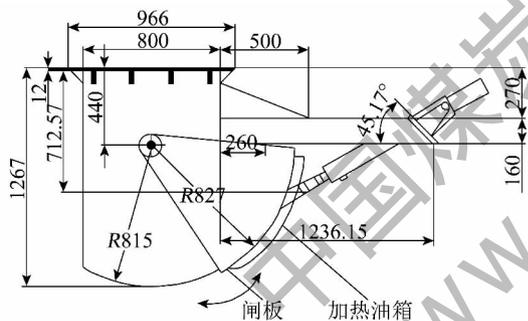


图1 中矸仓扇形闸门

## 2 加热棒功率的计算

热传递有3种形式:热传导、热对流和热辐射<sup>[6]</sup>。加热油箱利用中矸仓下扇形闸门的闸板作为顶部,闸板与中煤、矸石和积水直接接触。冬季厂房内的循环水温度在15℃左右,为了减少加热油箱通过闸板与中煤、矸石和积水进行热传递而造成不必要的功率浪费<sup>[7]</sup>,可以将加热油箱的温度设定为15℃。在估算散热功率过程中不考虑加热油箱与中煤、矸石和积水之间的热传递,只计算油箱与室外环境的热交换。

热量从油箱内部传递到室外环境中包括3个环节,如图2,①油箱内导热油→壁面高温侧;②壁面高温侧→壁面低温侧;③壁面低温侧→室外冷空气。

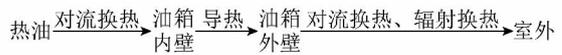


图2 油箱散热过程

加热油箱的长度和宽度远大于钢板厚度,平壁两侧保持均匀边界条件的稳态导热,因而热量通过油箱壁的传递可以归纳为一维稳态导热问题<sup>[8]</sup>。热传递稳态过程通过串联环节的热流量相同<sup>[9]</sup>,如图3所示。

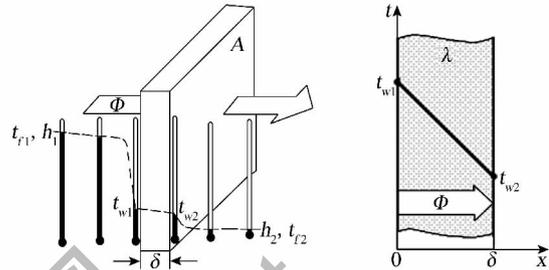


图3 散热过程剖析

各环节热流量的表达式如下

$$\Phi = Ah_1(t_{f1} - t_{w1}) \quad (1)$$

$$\Phi = \frac{A\lambda}{\delta}(t_{w1} - t_{w2}) \quad (2)$$

$$\Phi = Ah_2(t_{w2} - t_{f2}) \quad (3)$$

式中, $\Phi$ 为稳态过程中热传递的总热量功率,W; $h_1$ 为油箱内壁与导热油的换热系数, $W/(m^2 \cdot K)$ ; $h_2$ 为油箱外壁与室外空气的换热系数, $W/(m^2 \cdot K)$ ; $\delta$ 为油箱壁钢板厚度,m; $\lambda$ 为Q235的热传导系数, $W/(m \cdot K)$ ; $A$ 为油箱热传递面积, $m^2$ ; $t_{f1}$ 为油箱内导热油温度,K; $t_{w1}$ 为油箱内壁表面温度,K; $t_{w2}$ 为油箱外壁表面温度,K; $t_{f2}$ 为室外环境温度,K。

将式(1)、(2)、(3)改写成温差的形式

$$t_{f1} - t_{w1} = \frac{\Phi}{Ah_1} \quad (4)$$

$$t_{w1} - t_{w2} = \frac{\Phi}{\lambda A/\delta} \quad (5)$$

$$t_{w2} - t_{f2} = \frac{\Phi}{Ah_2} \quad (6)$$

三式相加,整理可得:

$$\Phi = \frac{A(t_{f1} - t_{f2})}{\frac{1}{h_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{h_2}} \quad (7)$$

也可以表示成:

$$\Phi = Ak(t_{f1} - t_{f2}) = Ak\Delta t \quad (8)$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{h_2}} \quad (9)$$

式中  $k$  为换热系数,  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

油箱内导热油与油箱内壁呈自然对流换热, 由文献[10]可得, 油箱内壁和导热油的换热系数取  $h_1 = 1500 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。油箱外壁与室外环境的热传递包含了对流和辐射, 实际换热系数可以表示为  $H_2 = h_k + h_s$ ,  $h_k$  是对流中的换热系数,  $h_s$  是辐射中的换热系数<sup>[11]</sup>。当物体与周围环境温度处于热平衡时, 辐射换热量为零<sup>[12]</sup>。空气与钢板的实际换热系数大致在  $10 \sim 30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , 考虑刮风等强制对流条件, 油箱与室外空气的换热系数取  $h_2 = 30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。油箱壁钢板厚度  $\delta = 0.004 \text{ m}$ , Q235 的热传导系数取  $\lambda = 60 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ , 则油箱散热的传热系数为

$$k = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{h_2}} = 29.35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \quad (10)$$

扇形闸门的半径  $R = 827 \text{ mm}$ , 其宽度  $b = 800 \text{ mm}$ , 闸门弧度的中心角  $\alpha = 60^\circ$ , 则闸板的面积  $A_1 = R\alpha b = 0.692 \text{ m}^2$ , 油箱侧面宽度定为  $50 \text{ mm}$ , 则加热油箱四边面积  $A_2 = 0.170 \text{ m}^2$ , 于是得到加热油箱散热面积  $A = A_1 + A_2 = 0.862 \text{ m}^2$ 。选煤厂冬季最寒冷的时候气温可降到  $-25 \text{ }^\circ\text{C}$ , 因此加热油箱内部与室外环境的温差  $\Delta t = 40 \text{ K}$ 。则加热油箱散热功率为

$$\phi = Ak\Delta t = 1012 \text{ W}$$

即所选取的加热棒功率为  $1012 \text{ W}$ 。经查询产品规格发现, 功率为  $1 \text{ kW}$  的加热棒为常规型号, 性能稳定, 可靠性高, 所以加热棒功率最终确定为  $1 \text{ kW}$ 。

### 3 结 语

加热油箱投入使用后, 现场环境温度已下降到

(上接第 58 页)

- [7] 卢立宁, 李素芬, 沈胜强, 等. 固体氧化物燃料电池与燃气轮机联合发电系统模拟研究[J]. 热能动力工程, 2004, 19(4): 358-362.
- [8] 沙兴中, 周中一. 高温煤气净化研究[J]. 煤气与热力, 2002, 22(1): 54-59.
- [9] 戢绪国, 张翠清, 徐春霞, 等.  $\text{CO}_2$  (或部分替代水蒸气) 作气化剂的应用与技术研究[J]. 洁净煤技术, 2007, 13(2): 52-54.
- [10] 汪洋, 代正华, 于广锁, 等. 运用 Gibbs 自由能最小化方法模拟气流床煤气化炉[J]. 煤炭转化, 2004, 27(4): 27-33.

$-10 \text{ }^\circ\text{C}$  左右, 中煤和矸石仓下油箱内部温度显示分别为  $26 \text{ }^\circ\text{C}$  和  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ , 与计算基本吻合。该加热装置价格低廉, 性能稳定, 排除了重介选煤工艺设计中闸门由于结冰而无法打开的难题。

参考文献:

- [1] 霍延新. 平岗洗煤厂降低介耗的途径[J]. 洁净煤技术, 2008, 14(5): 109-111.
- [2] 王新文, 孙海洋, 余训天, 等. 中国选煤厂脱介筛的应用现状[J]. 洁净煤技术, 2013, 19(3): 10-13.
- [3] 严明霞, 刘立, 石博强. 上开式扇形闸门箕斗卸载曲轨的动态受力分析[J]. 煤炭学报, 2006, 31(3): 391-395.
- [4] 高伟, 刘磊, 乔鹏, 等. 泉店选煤厂工艺系统的改造[J]. 洁净煤技术, 2013, 19(3): 34-37.
- [5] 谢浩, 张忠孝, 李振中, 等. IGCC 常规岛系统优化设计研究[J]. 洁净煤技术, 2011, 17(6): 30-31.
- [6] 王丽俐, 何伯述, 魏国强. 煤加氢气化的化学热力学模型预测[J]. 洁净煤技术, 2007, 13(6): 45-48.
- [7] 杨扬, 宁哲, 谢克强, 等. 湿法冶金提纯废弃焦粉的热力学研究[J]. 洁净煤技术, 2011, 17(4): 85-87.
- [8] 孙晋涛. 硅酸盐工业热工基础[M]. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2003.
- [9] 吴树森. 材料加工冶金传输原理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011: 6-10.
- [10] 关涛, 刘晓燕, 彭志刚. 导热油管内强制对流换热系数的计算[J]. 工业锅炉, 2002(6): 9-11.
- [11] 李旭红. 高承载能力减速器温度场及散热系数的研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2003: 20-22.
- [12] 杨世铭. 传热学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1987.
- [11] 林良生, 赵长遂. 天然焦- $\text{H}_2\text{O}$  气化反应 Aspen Plus 模拟研究[J]. 热能动力工程, 2012, 27(3): 355-360.
- [12] 代正华, 龚欣, 王辅臣, 等. 气流床粉煤气化的 Gibbs 自由能最小化模拟[J]. 燃料化学学报, 2005, 33(2): 129-133.
- [13] 宋志春, 鲍卫仁, 常丽萍, 等. 气流床粉煤气化性能模拟分析[J]. 洁净煤技术, 2010, 16(3): 39-43.
- [14] 张小桃, 黄明华, 王爱军, 等. 玉米秸秆气化特性研究[J]. 华北水利水电学院学报, 2011, 32(1): 46-49.
- [15] 张宗飞, 汤连英, 吕庆元, 等. 基于 Aspen Plus 的粉煤气化模拟[J]. 化肥设计, 2008, 46(3): 14-18, 26.