高炉热风管道拉紧装置设计*

赵惠敏[1],邢 铭[1],隋 阳[2]

(1. 包钢集团设计研究院,内蒙古 包头 014010;
2. 包钢(集团)公司铁捷物流公司,内蒙古 包头 0140100)

摘 要: 文章分析了包钢7#、8#高炉投产之后热风管系补偿器破损情况及原因,提出了增加热风支管大拉杆的设计方案。拉杆采用4根Φ150 mm实心圆钢分段式安装于热风支管,以延长热风管系中波纹补偿器的使用寿命。

关键词: 高炉;热风炉;管道大拉杆

中图分类号: TF321.8 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2019)05-0086-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2019.05.024

Design for Tension Device of Warm-air Pipe for Blast Furnace

Zhao Hui-min[1], *Xing Ming*[1], *Sui Yang*[2]

(1. *Design and Research Institute of Baotou Iron & Steel (Group) Corp., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Tiejie Logistics Co. of Baotou Iron & Steel (Group) Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the paper, it is analyzed the damages of compensator in warm-air pipe system and their causes since the 7# and 8# blast furnaces of Baotou Steel were put into operation as well as proposed the design scheme of incresing the large pull rod of warm-air branch pipe. The pull rod is with four sticks of solid round steel with Φ150 mm and installed to warm-air branch pipe with sectional type in order to prolong the service life of ripple compensator in warm-air pipe system.

Key words: blast furnace; air heating furnace; large pull rod of pipe

包钢7#、8#高炉分别于2014年5月和2015年10月投产,设计有效容积为4 150 m^3,高炉主体工程包括矿焦槽系统、炉顶系统、粗煤气系统、炉体系统、热风炉系统、炉渣处理系统、煤粉制备喷吹系统等。其中热风炉系统由卡卢金公司进行设计,每座高炉配置4座卡卢金顶燃式热风炉,以“卡式热风管道设计理念”进行管道路由设计及设备配置,采用两烧两送交错并联基本工作制度,实现送风温度不低于1 250 ℃。

1 波纹补偿器破损状况及原因

在7#高炉投产半个月后,热风管道上的波纹补偿器便开始破损,投产两年半的时间内全部破损,8#高炉投产后也出现相应波纹补偿器破损问题。为此,对两座高炉热风炉系统的波纹补偿器进行了现场处理,采取了打水降温、包盒子加固和调整补偿器结构的方式予以解决破损情况。

* 收稿日期:2019-04-22
作者简介:赵惠敏(1990-),女,内蒙古乌兰察布市人,助理工程师,现从事炼铁专业相关设计工作。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

卡卢金热风炉热风管系原设计为: 热风管道共设计 15 台波纹补偿器,波纹补偿器采用套筒迷宫式无加强箍结构,其中热风主管直段安装 6 台轴向型补偿器(K1) ,主管斜段安装 1 台大拉杆横向型补偿器以调节高差(K4) ,热风支管分别安装 1 台复式大拉杆横向型补偿器(K2) ,及 1 台更换热风阀用大拉杆轴向型补偿器(K3) 。热风主管设置两段整体式大拉杆,一段为热风炉部分,全长63. 422 m,内串 4 台补偿器(K1) ,另一段通往高炉部分全长 38. 34 m,内串 2 台补偿器(K1) 。热风支管段未设置大拉杆[1] 。

根据对现场情况的勘察,并对卡卢金热风管道设计方案的分析,发现其波纹补偿器结构设计存在缺陷,同时缺乏热风支管拉紧装置,使热风主管与热风炉相对位置无法固定,容易产生相对位移,造成支管内砖衬出现开裂、窜风。同时,正常生产中热风管道内压力约 0. 42 MPa,产生约 3 200 kN 盲板力并长期作用在 K2 和 K3 补偿器上,使其一直处于拉紧状态,增加了破损几率。为此,笔者提出了增加热风支管段大拉杆的设计改造方案。

2　拉紧装置设计方案

2. 1　拉紧装置形式选择

拉紧装置主要部件是拉杆,热风管道两端在拉杆的约束下,管道的长度保持不变。

热风管道拉杆主要有分段和整体两种安装形式。分段安装方式是在每个波纹补偿器处都安装拉杆,其优点是安装简单,工作可靠性高,缺点是对拉杆连接点以外的管道不能补偿,一般在无径向补偿的热风管道上使用; 整体安装方式是每个拉杆内包含多个串联波纹补偿器,将多个补偿器的同轴向管段作为整体进行约束,其优点是可以吸收热风管道的径向移动。

鉴于本次增加的拉杆设计安装位置为热风支管,管道两端头距离较近,满足分段安装条件,故选择分段式拉杆设计形式,沿支管轴向设置 4 根拉杆,连接热风炉本体及热风主管。

2. 2　拉紧装置受力分析

高炉热风管道是高温、高压管道。其受力情况较为复杂,既有温度膨胀力和温差应力,又有鼓风压力和耐火材料之间的摩擦力; 既有集中负荷,又有均布载荷,以及周期性的胀缩疲劳应力。热风支管与热风炉壳体之间的联接均为刚性连接(焊接) ,且一般均为垂直连接,其危险处是热风出口和三岔口处,就其受力形式而言,既有弯曲应力和拉伸应力,又受剪切应力。其受力方向既有轴向,又有径向。任何一方的轴向变形所产生的轴向力作用于与之连接的另一方均成为径向力。分析其受力情况,管道接口处的破坏一般应以弯曲应力为主,拉伸应力为辅。

在这些力的作用下,热风管道会产生变形,进而使热风炉系统发生损坏,因此,设计中采用波纹补偿器对管道热胀冷缩的变形量进行补偿。为保证热风管道和波纹补偿器的正常使用,在管道上设置约束构件限制各段管道的尺寸变化和位置移动[2] 。实际设计中,以盲板力为主进行拉杆的选型设计。

2. 3　相关参数的计算

2. 3. 1　盲板力计算

盲板力的大小确定[3] :

$$H = \frac{\pi}{d} PD^2$$

式中: H—— 盲板力, $\times 9.8$ N;

P—— 流体内的压力, $\times 10^{-1}$ MPa;

D—— 管道的钢壳内直径, $\times 10^{-2}$ m。

热风支管外径为 Φ3 160 mm,壁厚为 25 mm,管道内壳直径为 3 110 mm,设计热风输送压力为 0. 45 MPa,经计算,热风支管盲板力 3 416 kN。

2. 3. 2　拉杆直径计算

等截面拉杆,强度条件[4] 需满足:

$$\sigma_{max} = \frac{F_N}{A} \leqslant [\sigma]$$

按强度条件设计构件所需的横截面需满足:

$$A \geqslant \frac{F_N}{[\sigma]}$$

式中: σ_{max}—— 最大工作应力,MPa;

$[\sigma]$—— 材料许用应力,MPa;

F_N—— 拉杆横截面上的轴力,kN;

A—— 拉杆危险截面的横截面积,mm^2, $A = \frac{\pi d^2}{4}$;

d—— 拉杆直径,mm。

热风支管方向设计 4 根拉杆,拉杆材质为 45 钢,经查相关标准本材质的许用应力 $[\sigma]$ = 600 MPa[4] ,单根拉杆横截面上承受的轴力为盲板力的1 /4,即 854 kN,计算结果拉杆直径 $d \geqslant 43$ mm。

热风主管上拉杆采用直径 150 mm 的拉杆,为保持统一性,热风支管拉杆设计采用直径 150 mm 的 45 钢制作。

2. 3. 3　拉杆伸长量的计算

根据胡克定律确定拉杆受到盲板力引起的伸长[5] :

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

$$\Delta l = \frac{F_N L}{EA}$$

式中：Δl—— 盲板力引起的拉杆伸长量，mm；

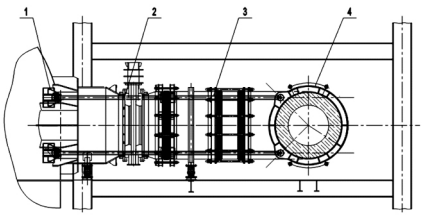
E—— 材料弹性模量，210 GPa；

L—— 拉杆固定点之间的距离，m。

单根拉杆长度设计为 5 220 mm，经计算 Δl = 1.2 mm，拉杆的变形量与原长度相比甚小，为小变形，确保了杆件安装的可靠安全性。

3 拉紧装置的布置

根据计算结果，热风支管拉杆采用 4 根 Φ150 mm实心圆钢，结构形式为整体焊接的双头螺栓。拉杆分两段布置，一端与热风炉炉体支座相连，另外一端与热风主管包箍相连，连接方式为销连接，分段的拉杆连接方式为双向螺母连接，见图1。



1－热风炉体端杆座；2－热风支管拉杆1；
3－热风支管拉杆2；4－热风主管端连接箱

图1 热风支管大拉杆安装示意图

4 结束语

通过热风支管段大拉杆的设置，有效补偿管壳热膨胀产生的位移，使其整个热风管系成为刚性。减轻了管道最薄弱部位热风出口处所承受的温度缩涨力，保证管道内耐火材料砌体的完整性和严密性，实现热风管系正常稳定工作。

参 考 文 献

[1] 郝志忠，贾西明，李公平，等. 包钢4 150 m^3 高炉热风管道波纹补偿器破损状况分析[J]. 中国钢铁业，2016，(12)：29－30.

[2] 唐耀，赵瑞海，罗志红，等. 高风温热风炉热风管系设计理念的探讨[J]. 炼铁，2016，35(4)：30－33.

[3] 唐永进. 压力管道应力分析[M]. 北京：中国石化出版社，2009.

[4] 成大先. 机械设计手册(第一卷)[M]. 北京：化学工业出版社，2007.

[5] 方治华. 工程力学[M]. 呼和浩特：内蒙古大学出版社，2007.

(上接第29页)

工艺，主要包括改善冷却壁的尺寸和材质、水管的形状和材质、燕尾槽的尺寸、镶砖材质等提高铜冷却壁渣皮稳定性。

(3) 严把冷却壁制造质量，确保各项技术指标符合设计要求。由于冷却壁每段之间进出水管道采用刚性连接方式，因而容易在较大热应力下被剪断，致使冷却壁破损。建议炉腹以上冷却壁段与段之间连接管采用软连接。

(4) 一密冷却系统“一窜到顶”直冷方式，水量分段不能控制和调节，11－15段冷却壁进出水管之间没有安装阀门，冷却壁漏水查漏困难，工作量较大，时间长。

5 结论

(1) 冷却水水质及稳定性，对冷却设备的传热效果及高炉长寿起着重要的作用，稳定软水水质是维护冷却壁的基本条件。

(2) 完善高炉操作管理制度，调整气流分布，提高铜冷却壁渣皮稳定性，在冷却参数确定的情况下，使铜冷却壁温度小于150 ℃，水温差不大于6 ℃。

(3) 高炉生产实践证明，高炉长寿离不开冷却设备和冷却水的管理。在生产中选择合理的冷却参数，是延长冷却设备使用寿命的重要措施之一。

参 考 文 献

[1] 席军，梁荣利，姬跃峰. 包钢6#铁口冷却壁修复技术[J]. 包钢科技，2008，34(5)：23－25.

[2] 陈令坤，宋木森. 武钢4#高炉冷却壁破损的原因[J]. 炼铁，2008，27(5)：13－16.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net