260 t转炉施工主烟道下口保护棚设计

赵庆凯

(包钢西北创业建设有限公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 主烟道下口保护棚是转炉中修施工必不可少的安全技术措施之一,文章从其功能定位、结构形式设计、受力形式建模、分析验算等一系列过程进行详细论述,目的是使其承载能力直观量化,便于操作者把握,为今后同类工程开创一个标准化作业范例,对提高转炉中修作业效率,提高安全防护水平具有重要意义。

关键词: 转炉; 烟道; 保护棚; 结构; 建模; 分析验算

中图分类号: TF341.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2018)06-0083-05

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.06.023

Design of Protective Shed at Bottom Floss Hole of Flue Collector in Construction of 260 t Converter

Zhao Qing-kai

(*Construction Co., Ltd. of Northwest Pioneer Co., Ltd. of Baotou Iron & Steel(Group) Corp., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: The protective shed at bottom floss hole of flue collector is one of the necessary safety technical measures in the construction of medium repair of converter. In this paper, such series of process as its functional orientation, design of structural style, modeling of wear-stress as well as analysis and checking calculation is discussed in detail. The purpose is to make its carrying capacity visual and quantitative as well as easy to be mastered for operators so as to create an example of standardized operations for the similar projects in future, which is of great significance for improving the operating efficiency of converter in medium repair and the level of safety protection.

Key words: converter; flue; protective shed; structure; model; analysis and checking calculation

鉴于2017年9月12日包钢稀土钢板材公司3#转炉中修主烟道下口保护棚被烟道内脱落的灰渣冲垮,发生较大事故,2018年3月,1#转炉中修,此保护棚重新设计,其详细设计说明如下。

1 功能定位

1.1 2009年以前设计形式及功能

2009年以前包钢炉窑公司没有并入西创建设公司之前,主烟道下口保护棚由炉窑公司在砌炉前自行搭设,骨架为Φ48 mm×3.5 mm架管,上面满铺竹跳板,跳板上铺一层防水布,主要功能是防止烟道内灰尘落入炉内,影响碳砖砌筑质量,另外,其对烟道内壁较小的颗粒状附着物的高空坠落有一定的防护能力。

1.2 2009年以后设计形式及功能

2009年炉窑公司并入西创建设公司之后,为发

收稿日期: 2018-03-01

作者简介: 赵庆凯(1970-),男,辽宁省庄河县人,高级工程师,现从事机械设备检修工作。

中国知网 https://www.cnki.net

挥建设公司机械检修分公司在钢结构制作安装专业上的优势，从薄板厂二炼钢车间两座210 t转炉中修开始，主烟道下口保护棚由机械检修分公司进行设计制作，其结构形式为轻钢结构，主梁为16 mm槽钢，铺板为δ = 3 mm钢板，铺板接缝要求满焊，以达到防水的要求。此保护棚功能与原炉窑公司保护棚功能类似，但其承载能力有所增强。

1.3 国内其它钢厂设计形式及功能介绍

参考国内其它钢厂转炉施工方案，转炉主烟道保护棚也并不按重载设计，因为承载能力增大，意味着保护棚结构截面就要加大，这样其重量和外形尺寸都将增大，在转炉狭小的施工区域内非常不便于拆安，甚至无法安装，无法保证工期，另外，从安全角度也不允许人员在重载下方作业。通常做法是转炉中修施工期间，烟道横移车打走后，应将主烟道内积灰清理干净，然后再在主烟道下口搭设保护棚，其功能主要用于保护下方人员作业安全，防止烟道内残余的灰和水落入炉内，污染石墨碳砖，保证砌筑质量。

例如《镔鑫特钢炼钢厂转炉烟道拆除安装施工方案》中要求“停炉后，甲方应把烟道内积渣吹扫干净，经施工方确认后方可作业”[1]；另如《山东石横特钢集团有限公司2011年炼钢车间检修施工方案》中要求“汽化系统清灰必须清理干净，内部不允许有大量积灰存在”[2]；另外《余热锅炉安装使用说明书》[3]中也要求“锅炉在运行过程中要及时进行清灰”，转炉汽化烟道本身就是一种余热锅炉。

1.4 用价值工程方法对其功能进行分析定位

所谓价值工程[4]，指的是通过集体智慧和有组织的活动对产品或服务进行功能分析，使目标以最低的总成本(寿命周期成本)，可靠地实现产品或服务的必要功能，从而提高产品或服务的价值。价值工程主要思想是通过对选定研究对象的功能及费用分析，提高对象的价值。这里的价值，指的是反映费用支出与获得之间的比例，用数学比例式表达如下：价值=功能/成本(即：$V = F/C$)。

价值分析的核心是对产品进行功能分析。在项目施工时，要在对工程结构、施工条件等进行分析的同时，还要对项目施工方案及其功能进行分析，以确定实现施工方案及其功能的最低成本计划。如何实现价值工程对施工项目成本的控制应从以下三方面着手：

(1)对工程设计进行价值分析。由于价值工程扩大了成本控制的工作范围，涉及到控制项目的寿命周期费用，所以要对工程设计技术经济的合理性、科学性及工程价值进行仔细地分析、研究，探索各施工阶段有无改进可能，分析功能与成本的关系，提高项目的价值指数；同时通过价值分析来发现并消除工程设计中不必要的功能，达到降低成本、降低投资的目的。

(2)在保证产品质量前提下节约材料和设备投资。我国长期以来，从学校教育开始，就把质量管理和成本管理分成两学科，把提高质量看成是技术部门职责，降低成本则看成是财务部门职责。在实际工作中，技术部门为提高质量往往不惜工本，而财务部门为降低成本又很少考虑保证质量需要。但价值工程就要在有组织的活动中首先保证产品的质量，在此基础上充分应用成本控制的节约原则，节约人力、物力、财力的消耗，在各施工段的施工过程中减少材料的消耗，降低设备的投资，以达到降低施工项目成本的目的。这一步是建立在功能分析的基础上的，只有这样才能把握好保证质量与材料节约的“度”，使产量与质量、质量与成本的矛盾得到完美的统一。

(3)提高组织及管理人员的素质，改善内部组织管理。价值工程是一项有组织的活动，管理人员素质很重要。价值工程的全过程，每一个环节都是由人来实施和控制的，所以必须有一个高素质的组织系统，这个系统要由各种高水平的不同专业人员，如施工技术、质量安全、施工、材料供应、财务成本等方面人员组成，发挥集体力量，利用集体智慧来进行，把质量管理融合于价值工程管理中，方能达到预定目标。没有一个高素质的管理机构就不能自如地应用价值工程来控制项目成本；无论哪一层管理不到位，都可能会使某部分成本失控，也就实现不了价值工程对项目成本的控制。

综上所述，主烟道下口保护棚搭设应放在烟道清灰结束后进行，这样就可以不考虑重载，只按少量灰载以及人员操作产生的活载进行设计，可大量节约成本，提高作业效率，保证工期，保证安全。

2 保护棚结构形式设计

2.1 结构形式

转炉中修工期较短，为便于快速安装，保护棚采用轻型钢结构型式。如图1所示。

中国知网 https://www.cnki.net

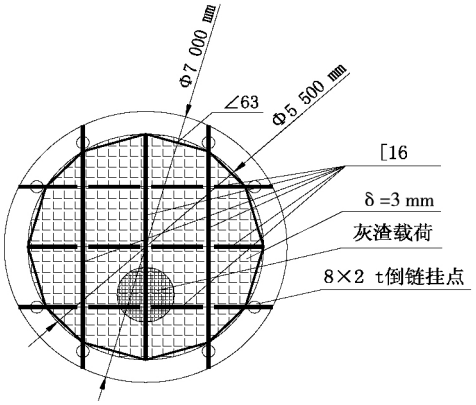


图 1　主烟道下口保护棚结构示意图

2.2　保护棚安装

保护棚用 8 台 2 t 倒链悬挂于主烟道下口位置，上挂点在烟道的水管联箱上，下挂点在保护棚的悬伸梁上开孔，如图 2 所示。

3　建立受力模型

由于烟道是倾斜的，保护棚上载荷并不均匀，偏于其下部位置，如图 1 中阴影部分所示，根据保护棚功能设计，假设可能出现的载荷情况，按 1 t 静载（p），均布在 Φ1 200 mm 范围内（q_1、q_2）进行设计。

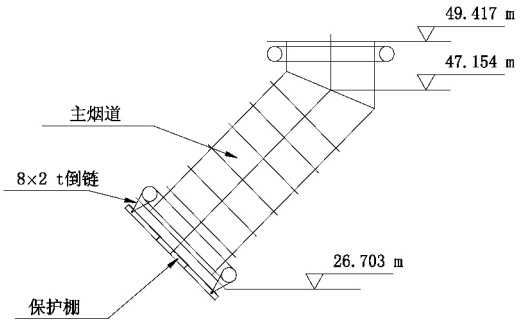


图 2　主烟道下口保护棚安装示意图

4　分析验算

见利用 Detail（钢结构细部设计）软件进行分析验算，见图 3、图 4。

4.1　主梁受力模型及验算

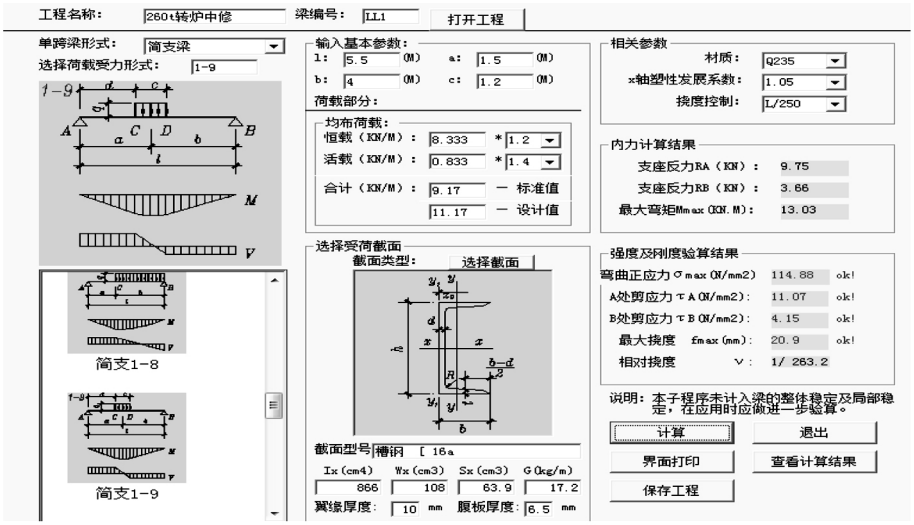


图 3　主梁受力模型及验算

中国知网　https://www.cnki.net

4.2 次梁受力模型及验算

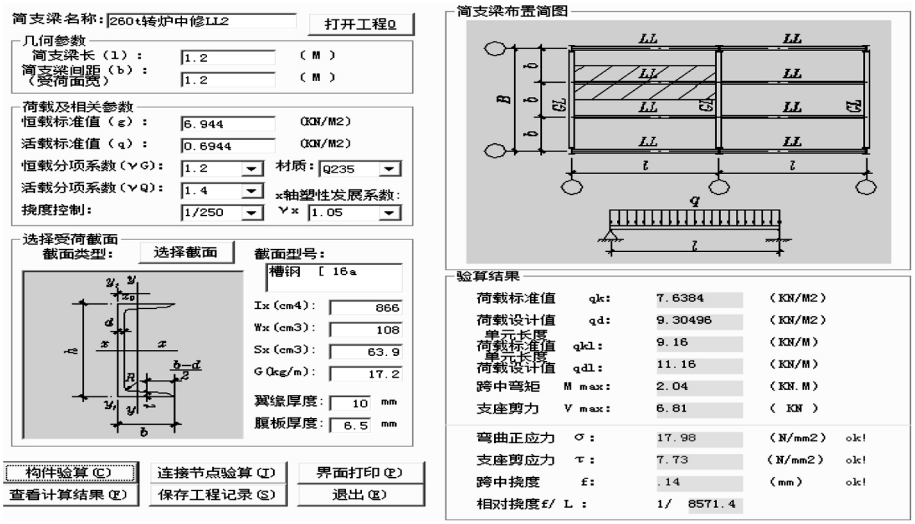


图4 次梁受力模型及验算

4.3 铺板强度验算

按钢板抗剪强度进行计算:

$$\tau = F/A = F/(\pi D\delta) = 1.25 \times 10^{-4}\ \mathrm{N/mm^2}$$

其中,F 为渣堆截面积;A 为钢板受力截面积;D 为渣堆底面直径;δ 为钢板厚度。

4.4 抗冲击载荷能力验算

灰载冲击载荷模型如图5所示。

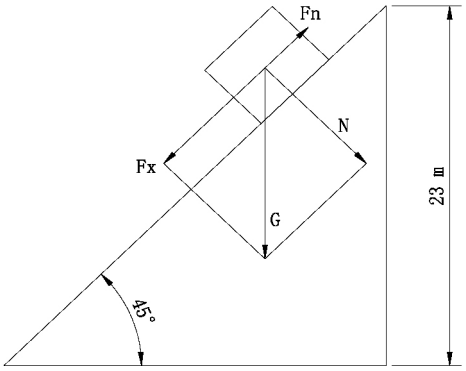


图5 灰载冲击载荷模型

考虑到烟道高度较高,如果积灰脱落,冲量非常大。假设有重量为 G 的物体从主烟道上口掉落到下口进行分析如下:

$$F_{合} = F_x - F_n = G \cdot \sin45° - \mu \cdot G \cdot \cos45° = 0.495G \quad (1)$$

$$a = F_{合}/\mathrm{m} = 0.495g = 4.851\ \mathrm{m/s^2} \quad (2)$$

$$t = \sqrt{(2S/a)} = \sqrt{(2 \times 23/4.851)} = 3.079\ \mathrm{s} \quad (3)$$

$$v = at = 4.851 \times 3.079 = 14.938\ \mathrm{m/s} \quad (4)$$

其中,$F_{合}$ 为灰渣滑落过程的合外力;F_x 为重力产生的平行于斜面的分力;F_n 为摩擦力;G 为重力;μ 为滚动摩擦系数,取 $\mu = 0.3$;N 为重力产生的垂直于斜面的分力;a 为加速度;t 为下落时间;v 为末端速度。

根据动量定理(冲量 = 动量),接触时间 T 按0.1 s计算:

$$F = mv/T = Gv/gT = (G \times 14.938)/(9.8 \times 0.1) = 15.243G \quad (5)$$

其中,F 为冲击力;mv 是动量;T 为接触时间。

由此可知,由于冲量的作用,重量为 G 的物体经过约23 m高的倾斜烟道下滑过程,产生的冲击力比自身重量大(约15倍),本设计允许烟道承受1 t静载,反算过来,烟道上部最大块积灰重量如下式计算:

$$G = F/15.243 = 1\ \mathrm{t}/15.243 = 0.066\ \mathrm{t}$$

(本公式中将重量单位转换为质量单位,以与实际使用习惯相符)

将重量单位换算成体积,烟道内积灰主要成分为 Fe_2O_3,相对密度5.24 $\mathrm{t/m^3}$,灰块最大体积为:

$$V = m/\rho \quad (6)$$

中国知网 https://www.cnki.net

$= 0.066/5.24 = 0.013\ m^3$

其中，V 为体积；m 为质量；ρ 为密度。

以上冲击载荷验算也可看出，如果烟道内有大灰块坠落，对保护棚的冲击力是巨大的，保护棚仅靠增大构件截面尺寸也无法保证安全，况且烟道是用吊杆悬挂在转炉高跨钢结构上的，烟道壁是由较软的 20 钢材质的 Φ48 mm × 5.5 mm 锅炉管集束焊接而成的，假设保护棚能承受载荷，锅炉管和顶部吊杆等也会受到损伤。

5　结束语

从上所述计算和分析可以得出结论：主烟道下口保护棚宜采用轻钢结构。此保护棚可以承受 1 t 静载，保护棚在安装前烟道应清灰，烟道内不得有体积超过 0.013 m^3（约一个枕头大小）凝结成大块的灰渣，在使用过程中应定期检查、及时清灰。9.12 保护棚坍塌事故主要原因就是保护棚安装前烟道内没有清灰，造成大量积灰突然塌落，超过保护棚承载能力，另外，现场施工人员减小了保护棚骨架结构的型钢截面，并且为便于安装将应焊接成整体的铺板分成两半制作，降低了保护棚的整体稳定性，通过这次教训，对同类工程归纳总结，进行模块化设计。包钢有 14 座转炉，只要严格按照设计施工，做好安全技术交底（包括与甲方的沟通，比如要求清灰），是完全可以避免事故发生的。

参　考　文　献

[1] 异客 zlq. 转炉烟道拆除安装方案 [EB/OL]. https://wenku.baidu.com/view/e80f3d142e3f5727a5e96294.html. 2014 - 07 - 31.

[2] 朱宏 . 2011 年炼钢车间检修施工方案 [EB/OL]. https://wenku.baidu.com/view/564d580690c69ec3d5bb75f1.html. 2011 - 10 - 15.

[3] zblqp2006 . 余热锅炉安装使用说明书 [EB/OL]. https://wenku.baidu.com/view/bb14d18302d276a200292e2c.html. 2011 - 05 - 17.

[4] 韩涛. 工程项目成本控制的价值工程应用 [J]. 价值工程，2004，(3)：48 - 49.

（上接第 57 页）

检定系统各个组成部分。通过实现工控机与三菱 PLC 的串口通讯，完成检定系统对力标准机砝码位置的实时采集和砝码托盘电机的控制。通过工控机与 2000 数字表的通讯，完成检定系统对被检数据的自动读取；在软件方面，基于 LabVIEW 平台的图形化语言对检定系统的各任务进行模块化编程。可实现检定系统功能包括系统登录，参数设定，被检数据读取、处理、显示和储存，砝码自动加/卸载，系统报警等，保证了计量工作的可靠性和安全性。

参　考　文　献

[1] 张智敏. 全自动 1MN 静重式力标准机 [J]. 计量学报，2008，(01)：65 - 68.

[2] 张力，王盈. LabVIEW 与三菱 PLC 串口通信的实现 [J]. 微型机与应用，2013，(12)：51 - 53.

中国知网　https://www.cnki.net