

首钢型无料钟炉顶布料装置技术创新

苏维 张建

(北京首钢国际工程技术有限公司 北京 100043)

摘要: 本文介绍了首钢无料钟炉顶的发展和现状,分析了国内布料装置常见问题,详细阐述了首钢无料钟炉顶布料装置的技术创新点,包括布料溜槽锁紧装置研制、新型水冷齿轮箱结构设计开发、长寿命耐磨衬板研究及这些创新技术的应用情况。新一代首钢III型无料钟炉顶布料装置经过生产实践验证,技术性能达到国际领先水平,实现了高炉关键装备自主创新的重大突破。

关键词: 高炉 无料钟炉顶 布料装置 技术创新

Technical Innovation of Shougang Type Bell-less Top Burden Distribution Equipment

Su Wei, Zhang Jian

(Beijing Shougang International Engineering Technology Co.,Ltd, Zip code: 100043)

Abstract: This paper introduces development and status of Shougang type bell-less top equipment for blast furnace, analyzes frequent issues of charging device at home. This paper expatiates of the technical innovations in detail of Shougang bell-less top burden distribution equipment, including research of burden distribution chute locking device, structural design and development of newly water cooling gear box, research of long life wear-resisting lining and application status of these innovation. The new generation of Shougang III type bell-less top burden distribution device has proven by production practice that technical performance has been attained to international leadership level, and important breakthrough of independent innovation in BF critical equipment has been realized.

Keywords: blast furnace, bell-less top, burden distributing device, technical innovation

1 概述

随着冶金装备技术的发展,当代大中型高炉炉顶装料系统均采用无料钟炉顶装料设备,以实现高炉高压操作和对上部调剂的要求。并罐式无料钟炉顶装料设备正式用于高炉生产是在1972年,从此以后全世界有几百座高炉使用了这种炉顶装料设备。首钢1979年依靠自己的科研、设计及制造力量在国内首先研制开发成功高炉无料钟炉顶技术,并于当年12月成功用于炉容为1327m³的首钢2号高炉,开创了国内无料钟炉顶技术的先河。无料钟炉顶核心设备布料装置(齿轮箱)采用氮气冷却,正常情况下的用氮量是5500

新一代可循环钢铁流程工艺技术(2006BAE03A01)

苏维,男,学士,教授级高工,冶金工程设计与研究, suwei@bsiet.com, 联系电话 010-88298504

m^3/h - $6000\text{m}^3/\text{h}$, 事故状态(炉顶温度过高)为 $8000\text{m}^3/\text{h}$ - $10000\text{m}^3/\text{h}$ 。后结合生产实践中不断的完善, 形成首钢 I 型无料钟炉顶装备技术。

首钢设计院 1998 年开发设计出第一台水冷齿轮箱, 并成功用于唐钢 2560m^3 高炉。采用水冷齿轮箱的目的就是用水替代冷却齿轮箱的氮气从而降低布料溜槽的能耗, 降低氮气对高炉煤气的贫化, 提高高炉煤气热值, 提高设备运行可靠性。1999 年首钢设计院根据总公司平衡全厂氮气用量的指示, 为炼铁厂 4 高炉设计制造了第一台水冷齿轮箱, 之后又在 1 高炉、3 高炉使用了相同的水冷齿轮箱, 目的是大幅度降低首钢各高炉的氮气耗量, 缓解总公司氮气用量紧张的局面。形成首钢 II 型无料钟炉顶装备技术。

2001 年首钢设计院针对国内外各式无料钟炉顶设备在生产中暴露出的问题进行研究, 组织技术团队进行全面的公关和创新, 开发出镶嵌硬质合金耐磨衬板、磁力油封式行星差动减速器、布料溜槽锁紧装置、水冷齿轮箱回水流量检测装置、新型水冷齿轮箱装置等一大批在生产中使用非常有效的技术诀窍, 成功应用到首钢迁钢高炉上, 经过生产实践验证技术水平达到国际领先, 形成首钢 III 型无料钟炉顶装备技术。

在首钢京唐 5500m^3 特大型高炉上, 经过优化和完善的首钢型无料钟炉顶装备拥有完全自主知识产权, 实现了高炉关键装备自主创新的重大突破。

2 问题调研

生产实践证实, 三十年来首钢 I、II 型无料钟炉顶设备能满足高炉生产的各种操作要求, 如高压操作, 多环布料等, 经历了炉顶恶劣工况条件的考验。但不可否认在使用中也出现过一些故障, 有的对高炉生产造成了较大影响, 典型故障表现为布料溜槽脱落、水冷齿轮箱漏水、耐磨衬板使用寿命短。

国内其它钢铁厂的无料钟炉顶布料器在使用中也发生过比较严重的故障, 故障类型与首钢的类似。表 1 列出几次典型故障及对故障原因的分析:

无料钟炉顶布料器典型故障及原因^{[1]-[4]}

表 1

序号	高炉	炉容 m^3	布料器 产地	故障类型	发生故障时 间	故障原因
1	W 厂 5 号高炉	3200	进口	顶温达到 250°C 布料溜槽停转	2004.5	顶温较高, 水冷系统冷却效率低
2	A 厂 10、11、7 号高炉	2580	进口	齿轮箱内上下水槽漏水	1992 至今	齿轮箱内冷却板水管堵死
3	P 厂 4 号高炉	1360	国产	布料溜槽停转, 冷却水漏进高炉, 氮气体量高达 $10000\text{m}^3/\text{h}$	2005.11- 2006.4	顶温高, 冷板水管堵死
4	W 厂 6 座高炉	2500- 3200	进口 国产	冷却水漏进高炉	1994.5- 2004.7	冷却水板烧裂、冷却水管被堵死
5	H 厂高炉	1080	国产	冷却水漏进高炉	2002.8	下水槽被 润滑脂堵死

据了解, B 厂 2800m^3 高炉的进口布料器因为下水槽开裂而不能继续使用, 若要修复费用十分昂贵; X 厂 2003 年投产的 4 号高炉 (1800m^3) 使用国产布料器, 开炉仅 20 多天布料溜槽倾动减速机就卡死不转,

不得已只能更换布料器。其缺陷和问题主要表现为抗高温能力差，冷却板水管易堵等。

W厂进口布料器1991年11月投产到1994年7月才两年半时间，水冷板几乎全部堵死，必须在检修时定期更换水冷板才能维持布料器的正常运行。如果用无重要零部件更换情况下的使用时间来定义设备的使用寿命，这台经常要更换关键零件的布料器器的使用寿命应是两年半。

3 首钢型无料钟炉顶布料装置技术创新

结合过去的经验，瞄准国际先进技术水平，我们在首钢Ⅲ型无料钟炉顶装备技术的设计开发中对设备的结构、使用方法、使用条件等进行了全面改进，开发出一大批在生产中使用非常有效的技术诀窍，如镶嵌硬质合金耐磨衬板、磁力油封式行星差动减速器、水冷齿轮箱回水流量检测装置、布料溜槽锁紧装置、新型水冷齿轮箱等，大大提高了设备运行的可靠性。

3.1 布料溜槽锁紧装置研制

首钢型（Ⅰ、Ⅱ型）无料钟炉顶布料溜槽以非常简单的方式与驱动它的驱动臂连接，布料溜槽靠其自身重力产生的力矩即可卡在驱动臂内侧卡块和驱动臂下部的布料溜槽支承轴之间，与PW型布料溜槽采用鹅颈头加销轴形式相比，首钢型溜槽的安装和拆卸都很方便。但首钢型溜槽与动臂之间的连接存在两个自由度，一旦发生高炉悬料或崩料情况，布料溜槽将受到向上的托举力而抵消重力，会容易脱离驱动臂和支承轴掉入炉内。

为防止布料溜槽脱落，我们发明了一种锁紧装置，在布料溜槽底部沿布料溜槽的纵向安装一个圆柱形顶杆。该顶杆一端制成楔形，另一端有一个开有螺孔的固定板，该固定板可将顶杆固定在布料溜槽上；在布料溜槽底部设置一个中心开有孔的导向板，该导向板是一个只允许顶杆沿布料溜槽纵向移动的滑动支承。顶杆穿过导向板其楔形端顶住布料溜槽支承轴的一侧，其另一端的固定板与布料溜槽固定，顶杆的楔形端约束了布料溜槽沿其纵向的一个方向的运动；布料溜槽支承轴的另一侧是已经预埋在布料溜槽底部的弧面挡块，该弧面挡块约束布料溜槽沿其纵向的另一个方向的运动；此外上述弧面挡块与顶杆楔形端之间有一缺口，该缺口的间距小于布料溜槽支承轴直径，布料溜槽支承轴无法从二者之间脱出。这样布料溜槽在布料溜槽支承轴圆周上的任意方向都无法与布料溜槽支承轴脱离。而布料溜槽工作时绕支撑轴回转自由度得以保留，以保证事故发生时布料装置设备不损坏。同时又可以很方便地拆下顶杆实现布料溜槽的安装和拆卸，结构简单、投资极低。^[5]

3.2 新型水冷齿轮箱设计开发

首钢Ⅱ型（第一代水冷）齿轮箱采用了首钢Ⅰ型齿轮箱盘管式水冷板技术，具体方法是将盘管式水冷板安装到齿轮箱内的转动部件上以增加冷却面积。但盘管式水冷板有两个缺陷，第一是齿轮箱内冷却板过水能力低，在有少量密封氮气通入齿轮箱的情况下通水能力只有 $6\text{ m}^3/\text{h}$ ，如果大量氮气（超过 $3000\text{ m}^3/\text{h}$ ）进入齿轮箱，则通水能力只有 $3\text{ m}^3/\text{h}$ ；第二是冷却效率低，特别是在炉顶温度比较高时只用水冷却很难控制住齿轮箱内的温度，不得已只能多加氮气帮助冷却，氮气加多了又影响通水能力形成恶性循环。这两个缺点与水冷齿轮箱内冷却板结构形式有直接关系，下面通过图1加以说明：

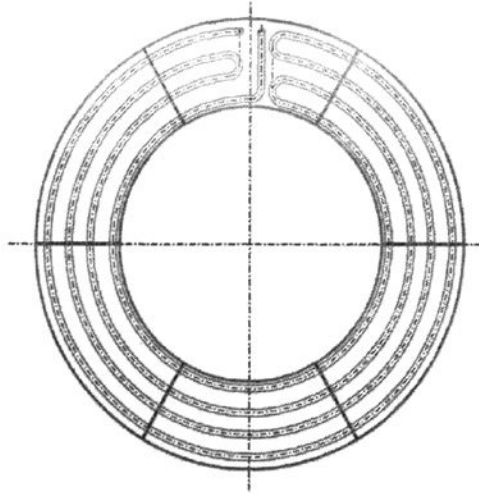


图1 水冷齿轮箱内冷却板结构

齿轮箱内共有若干块水冷板分别铺设在受热件的水平面和垂直面上，水冷板是由钢管煨制的蛇形管及在管与管之间填充的导热材料组成。不难看出这种蛇形管结构由于管路长弯头多流体阻力非常大，如果有氮气进入管内流体阻力会更大，因此限制了冷却水的通过能力；同样不难看出由于蛇形管管与管之间有很大间隙，间隙面积占了受热件受热面积的50%以上，这部分受热面上的热量一部分通过管与管间填充的导热材料传给管内冷却水，一部分直接进入齿轮箱内，冷却水只有部分冷却作用，因此蛇形管式水冷板的冷却效率不高，冷却水的控温能力有限。

为改变这种状况我们对第一代水冷齿轮箱的冷却结构进行了彻底改造，开发出水膜式新型水冷板。下面通过图2对新型冷却板的技术创新点加以说明：

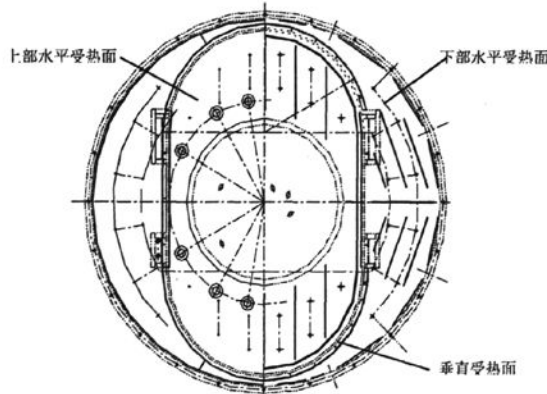


图2 水冷齿轮箱受热面的分布情况

新型水冷板有水平式和垂直式两种，分别安装在齿轮箱的水平受热面和垂直受热面上；几个冷却板相互贯通，冷却水由冷却板上部流入，从冷却板下部流出，水在流动过程中冷却齿轮箱受热面并将吸收的热量排出齿轮箱。新型水冷板的技术创新有四点：

- 1) 冷却水对受热面直接冷却；

新型水冷齿轮箱的开发成功,使布料装置抗高温能力大大提高。迁钢一高炉炉顶十字测温中心温度达到 800°C ,布料溜槽也没有发生停转。这个温度已大大超过国外炉顶短时最高温度不超过 600°C 的限定条件。同时新型齿轮箱成功解决了漏水、布料溜槽脱落、卡阻等问题;通过选用高质量的润滑脂和合理的润滑制度大大提高了齿轮箱国产回转轴承的使用寿命,从而也提高了齿轮箱的使用寿命;通过改善冷却水水质,提高了齿轮箱水冷系统的运行可靠性。首钢III型齿轮箱的过水能力经过5年生产运行没有任何降低,也未进行过任何更换和修理,使用性能非常好,仍可长期使用,其使用寿命已达到国际领先水平。

2.3.3 长寿命耐磨衬板研究

2650m^3 大型高炉每日通过炉顶设备装入炉内的原燃料高达1.3万吨以上,其中以琢磨性很强的烧结矿和焦炭为主,将对设备造成极大得冲刷和磨损。在炉顶设备物料受料点和料流冲磨处采用长寿命耐磨材料衬板,减少设备检修时间是业内研究的关键。

无料钟炉顶设备中主要承受物料冲刷磨损的部位有:换向溜槽、料罐底部、八角溜槽、料流调节阀、中心喉管、布料溜槽等。在这些部位必须加装耐磨衬板,衬板的耐磨性直接关系到炉顶设备的可靠性,影响高炉稳定生产周期。目前国内外普遍采用的炉顶耐磨衬板主要有:高锰铸钢衬板、高铬铸铁衬板、堆焊硬质合金衬板、镶嵌硬质合金衬板等。总体上看,高炉炉顶设备中耐磨衬板的使用寿命是炉顶设备正常使用的一个关键因素。以上衬板在 2500m^3 级高炉上使用寿命约3~6月,即使进口昂贵的耐磨衬板,寿命也就8~10月。

我们研制了硬质合金整体钎焊衬板:接触物料内表面钎焊环状分布的硬质合金块,基体采用韧性材料使衬套具备抗冲击能力,硬质合金块硬度高达HRA87~90,这种衬板具有耐高温、抗冲击、高强度、高硬度、高耐磨的特点。迁钢高炉布料溜槽衬板的使用寿命从10个月提高到22个月,过料量超过600万吨,达到国际领先水平。

硬质合金整体钎焊衬板只能制作成圆弧形,用于换向溜槽、中心喉管、布料溜槽上取得了很好的效果。但料罐、调节阀等处非圆柱形异形衬板还需采用其它方式处理。我们研制了铸造硬质合金嵌铸衬板:均匀分布的硬质合金块直接镶嵌铸造在基体材料内,硬质合金的覆盖率高达80%;精心调配的基体材料具有硬度和韧性的最佳搭配;合金块与基体之间连接浑然一体。铸造硬质合金嵌铸衬板同样具有耐高温、抗冲击、高强度、高硬度、高耐磨的特点,与硬质合金整体钎焊衬板配合使用,使首钢III型无料钟炉顶设备易磨损部位的寿命得以大幅度提高。

4 结语

新一代首钢III型无料钟炉顶装备技术是北京首钢国际工程技术有限公司(原北京首钢设计院)的技术人员自主开发的新技术。经过生产实践验证,首钢III型无料钟炉顶布料溜槽传动齿轮箱高效水冷技术、长寿命耐磨材料技术达到国际领先水平,对迁钢高炉稳定高效生产创造了很好条件,并取得了显著的经济效益、社会效益和环境效益。

首钢III型无料钟炉顶装备技术的成功应用实践,为研制特大型高炉无料钟装备打下了坚实的基础,实现了高炉关键装备自主创新的重大突破,为我国高炉炼铁技术的可持续发展,有着十分重要的作用。

参考文献

- 1 董志勇. 海鑫高炉串罐式无料钟炉顶设备的故障分析与维护[J]. 炼铁, 2004, 5: 13~16
- 2 潘幼清 姜文革. 高炉炉顶齿轮箱冷却系统故障的诊断及处理[J]. 炼铁, 2005, 4: 44~46
- 3 张庆喜 刘超志. 武钢5号高炉炉况失常的分析与处理[J]. 炼铁. 2006, 1: 33~35
- 4 蔡 飞. 齿轮箱冷却水循环系统补水快的原因分析[J]. 炼铁. 2006, 2: 44~45
- 5 首钢总公司. 高炉无料钟炉顶布料溜槽锁紧装置[P]. 中国 200420049546. 8, 2005. 05. 11