液密封环冷机跑偏原因分析及调整实践

程明森
(宝山钢铁股份有限公司 宝山基地炼铁厂,上海 201900)

摘要: 针对宝钢700 m^2 液密封环冷机在热负荷生产中出现的严重跑偏现象,本文通过对环冷机框架形状、水平轨标高及圆度、侧轨圆度及标高和驱动部安装位置等方面进行检测,分析得出跑偏的主要原因是台车上部水密封槽断水造成部分台车段回转框架长时间受热变形,以及环冷机驱动部、水平轨、侧轨安装时存在一定的偏差。现场通过采用在侧挡轮与侧挡轨间加装垫片对变形的环冷机框架进行矫正,同时按设计图纸对环冷机驱动部、水平轨、侧轨等进行调整的方法改善环冷机的跑偏,效果明显。

关键词: 液密封环冷机; 跑偏; 回转框架; 变形; 调整
中图分类号: TF3; TF046.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8764(2021)03-0033-06
doi: 10.13403/j.sjqt.2021.03.036

Cause analysis and adjustment practice on deviation of liquid-sealed ring cooler

CHENG Mingsen
(*Baoshan Base Ironmaking Plant, Baoshan Iron & Steel Co., Ltd., Shanghai, 201900, China*)

Abstract: In response to the serious running deviation of Baosteel's 700 m^2 liquid-sealed ring cooler during heat load production, after measurement and analysis, it is concluded that the main reason for the running deviation of the ring cooler is the water-break of water seal groove on the upper part of the trolley causing long-term thermal deformation of the revolving frame of some trolley sections with certain deviations in the installation of the drive unit, horizontal rail, and side rail of the ring cooler, through the inspection of the frame shape, horizontal rail elevation and roundness, side rail roundness and elevation, and the installation position of the drive unit, etc. In order to rectify the deformed frame of the ring cooler, the gasket is added in between the side block wheel and the side block rail. At the same time, the driving part, the horizontal rail and the side rail of the ring cooler are adjusted according to the design drawings. After the implementation, the deviation of the ring cooler has been significantly reduced.

Key words: liquid seal ring cooler; deviation; rotating frame; distortion; adjustment

目前,国内外钢铁行业所用烧结矿冷却装置大部分采用环冷鼓风冷却机,为了改善环冷机的冷却效果、密封性能等,部分环冷机已经由传统的普通橡胶迷宫式密封转为水槽式密封结构。但整个环冷机框架及台车车轮的驱动走行方式并未发生变化,即通过回转框架异形梁首尾衔接构成一个环形体,并利用固定在门形架上的3套传动系统摩擦轮驱动,台车与回转框架之间通过铰链连接,在卸料段打开卸料,在其它部位处于闭合状态,回转框架在卸料处有支撑托辊,防止框架下移、翘曲[1]。由于各种因素共同作用,在环冷机运转过程中不可避免地会出现环冷机台车跑偏的现象。环冷机跑偏主要是指本体回转框架未按照设计圆心作稳定圆周运动,表现为内侧侧轨部分段受力过度甚至吱吱作响、台车车轮啃轨道严重时车轮脱轨等现象[2]。

张超等[3]认为环冷机内外水平环形轨道不

收稿日期: 2020-03-28; 修回日期: 2020-11-17
作者简介: 程明森(1988—),男,工程师,从事炼铁烧结机械设备维护技术研究工作。

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

圆、驱动部摩擦轮与摩擦板接触位置不一致、圆周运动圆心和固定圆心不重合等均是引起环冷机跑偏的原因；张运胜等[4-5]认为环冷机内外水平环形轨道不同心也是造成环冷机台车跑偏的一个重要因素。路伟等[6]分析认为环冷机多驱动部的摩擦轮压紧力配置不合理也会对整个回转框架产生一个不平衡力偶；环冷机台车在曲轨卸料处，由于卸料的反作用力也会产一个不平衡力偶，力偶的不平衡最终会对环冷机的跑偏产生影响；张鹏超等[7-10]认为回转框架变形是造成环冷机跑偏的一个重要因素之一，尤其是环冷机框架的热变形。红热的烧结矿从上游设备落到环冷机台车上，在台车运行的过程中，由于台车从受料区域沿轨道冷却重新运转至卸料区域，温度变化较大，相差600～700 ℃，在长时间交变热应力作用下，钢结构回转框架弹性变形转变为塑性变形，最终使框架变形加剧跑偏[8-9]。以碳钢膨胀系数 a 为 1.1×10^{-5}/℃计算，则台车框架在台车宽度方向延长0.6%，若台车中心宽度为3 m，则延长18 mm，影响较大[10]。同时，如果回转框架出现变形的情况，则可能导致变形区域的台车与未变形区域的台车存在运行轨迹不重合的情况，当其差异较大时，变形区域台车就会对内外轨道平面产生巨大的挤压[11]。

宝钢二烧结环冷机设计采用了新型可实现完全密封的上部水槽密封装置。2019 年 1 月，二烧结刚投产不久，在水槽出现泄漏后系统补水不及时造成水槽受热变形扭曲，引起卡阻而导致环冷机停机。2019 年 2 月，宝钢二烧结环冷机出现严重跑偏，造成本体摩擦板框架梁与相关驱动部主动摩擦轮刮碰，造成主动摩擦轮轮缘轮毂联接螺栓断裂。因此有必要对环冷机跑偏进行原因分析和整改，以保证环冷机设备的稳定运行。本文通过对环冷机水平轨标高及圆度、侧轨圆度及标高、驱动部安装位置等方面进行检测，结合新型液密封环冷机的工作原理及受力特点进行环冷机跑偏的原因分析，以期为避免环冷机跑偏与及时调整提供借鉴。

1 环冷机现场跑偏概况

宝钢二烧结采用了液密封环冷机。该环冷机由双层台车及回转框架、液密封风道系统、鼓风系统、驱动装置、给料装置、卸料装置(含板式给矿机)、水平轨装置、侧轨装置、骨架、环冷罩等组成。环冷机回转框架及台车由 1#～3#驱动装置驱动(图 2)使其在水平轨道上作圆周运动，驱动装置采用摩擦轮驱动摩擦板框架转动。环冷机共有 100 块台车，每块台车有内外 2 只车轮，并分别在内外轨道上运行。此外，环冷机内侧有侧轨用于环冷机径向定位。

为了解决环冷机台车上端与烟罩密封不良、喷料冒灰的问题，宝钢二烧结环冷机设计采用了新型可实现完全密封的上部水槽密封装置。2019 年 1 月，二烧结刚投产不久，由于对新型环冷机的使用经验不足，环冷机上部密封水槽冷却水水位控制不良，在水槽出现泄漏后系统补水不及时造成水槽受热变形扭曲，引起卡阻而导致环冷机停机。

2019 年 2 月，宝钢二烧结环冷机出现严重跑偏，造成本体摩擦板框架梁与 2#驱动部主动摩擦轮刮碰，造成主动摩擦轮轮缘轮毂联接螺栓断裂，具体如图 1 所示。

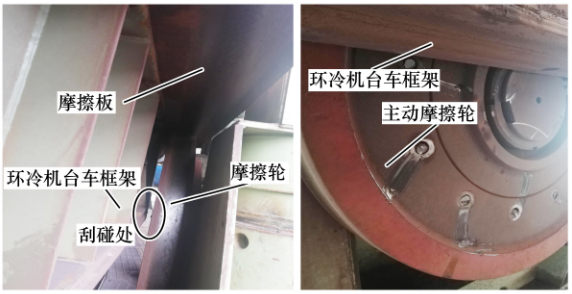


图 1 环冷机跑偏刮碰示意

Fig. 1 Picture of running deviation and scraping of annular cooler

在环冷机运转过程中，通过现场观察，发现环冷机框架整体向 2#驱动部方向偏离，同时框架存在一定的变形，尤其是 1#～9#台车段框架有向外侧凸出的现象(通过摩擦板距离摩擦轮间距观察结果)，如图 4 所示。

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

2　液密封环冷机跑偏原因分析

由于引起环冷机跑偏的因素较多，为了对环冷机整体状况进行调查，分别对环冷机水平轨标高及圆度、侧轨圆度及标高、驱动部安装位置等方面进行检测。

2.1　环冷机框架移动轨迹

环冷机框架凸出段在经过 1#、2#、3#驱动部位摩擦轮时(图 2)，向外侧的偏移量不同，相差 25 mm 左右，外凸最严重 7#台车在 3#驱动部位处向外偏移最小，以此为 0 点，在 2#驱动部位时，向外凸 25 mm；在 1#驱动部位时，向外凸 10 mm。这说明环冷机台车框架旋转中心与驱动部位摩擦轮中心不重合。

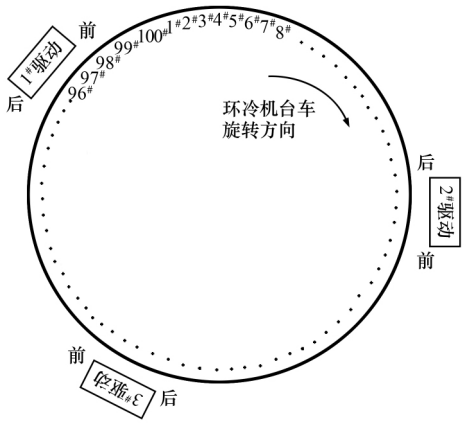


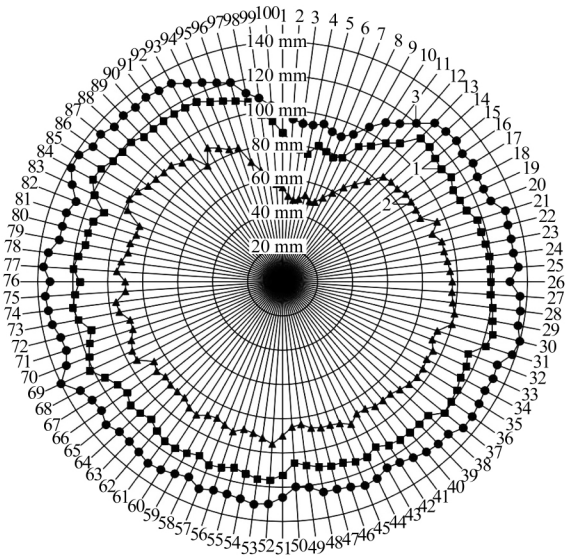
图 2　环冷机驱动部布置示意

Fig. 2　Layout of driving part of annular cooler

通过对 3 个驱动部位某固定竖直端面至摩擦板外缘面间距数据的测量，并对台车跑偏情况进行检测，得出间距数值后进行图形拟合，如图 3 所示。

由图 3 可知：整个环冷机框架呈现梨形变形，台车转至 1#、2#、3#驱动部位时，98# ~ 11#台车向外侧凸出严重(测得台车框架摩擦板边缘与摩擦轮间距较其它部位小)；同时，现场测得环冷机内侧 98# ~ 13#台车段侧挡轮与侧轨间隙大，98#、13#台车段间隙为 15 mm，中间间隙最大处为 6#台车(约 50 mm)。以上说明环冷机台车框架在 98# ~ 13#台车段处可能存在变形。

结合现场情况，环冷机在严重跑偏前的载热矿停机抢修处理经过，环冷机台车框架在满



1—1#驱动；2—2#驱动；3—3#驱动。

图 3　环冷机跑偏拟合圆示意

Fig. 3　Fitting circle diagram of running deviation of the ring cooler

(注：图中 1 - 100 表示台车号，大小圆环 0、20、40…140 mm 表示竖直端面至摩擦板外缘间距，间距小曲线内凹对应此处框架向外凸)

载热矿长时间停机时，由于各部位烧结矿的温度不足，可造成热延伸不同而引起框架变形。

2.2　环冷机侧轨圆心距及标高

经检测发现环冷机侧轨圆心距及标高有偏差，具体如图 4 所示(图中 1 ~ 30 表示立柱号)。由图 4 可知：29#、30#、1#、2#立柱段侧轨圆弧半径偏大，最大偏差为 + 17 mm；侧轨标高也有一定的偏差，最大偏差为 - 9 mm，位于 16#立柱处。

2.3　环冷机驱动部位摩擦轮

利用经纬仪检测 3 个驱动部位主被动摩擦轮与圆心距离是否一致，是否满足安装尺寸 R = (34 480 ± 1) mm。测量摩擦轮水平中心线两端点到圆心距离，用以判断轴线是否过圆心。

通过对主动轮外缘到环冷机中心距离、摆架销轴中心标高，以及驱动部段内外轨标高等数据进行测量，环冷机驱动部结构图如图 5 所示，得到数据如表 1 所示。

对环冷机驱动段内外轨标高进行检测，得到数据如表 2 所示。

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

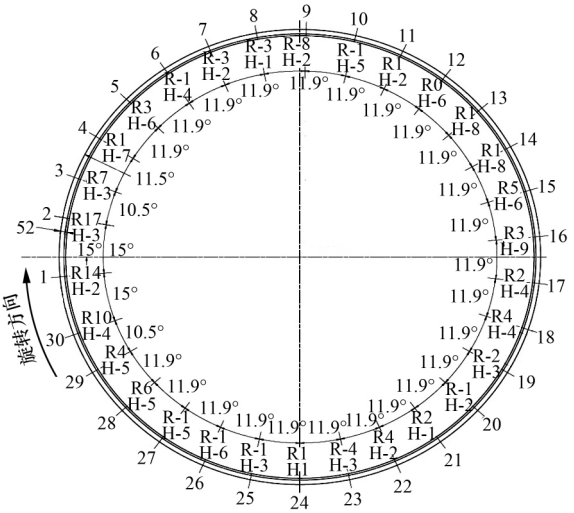


图4 环冷机侧轨调整前的圆心距及标高偏差

Fig. 4 Deviation of center distance and elevation before adjusting

(注:标准值半径为25 902 mm,标高为5 154 mm;图中R、H后数字为偏差值,R17表示半径比标准值大17 mm,H-2表示标高比标准值小2 mm)。

表1 驱动部销轴标高及摩擦轮距圆心距离数据

Table 1 Driving wheel position pin shaft elevation data

测定位置	销轴中心标高(H)/m	摩擦轮边缘中心到圆心的距离(R_0)/m
1#驱动前	5.363	34.475
1#驱动后	5.364	34.478
2#驱动前	5.358	34.471
2#驱动后	5.358	34.470
3#驱动前	5.359	34.468
3#驱动后	5.366	34.468

表2 环冷机驱动段内外轨标高数据

Table 2 Elevation data of inner and outer rails in driving section

测点位置	外侧水平轨标高/m	内侧水平轨标高/m
1#驱动前部	3.829	3.832
1#驱动后部	3.829	3.832
2#驱动前部	3.831	3.833
2#驱动后部	3.830	3.832
3#驱动前部	3.833	3.835
3#驱动后部	3.834	3.834

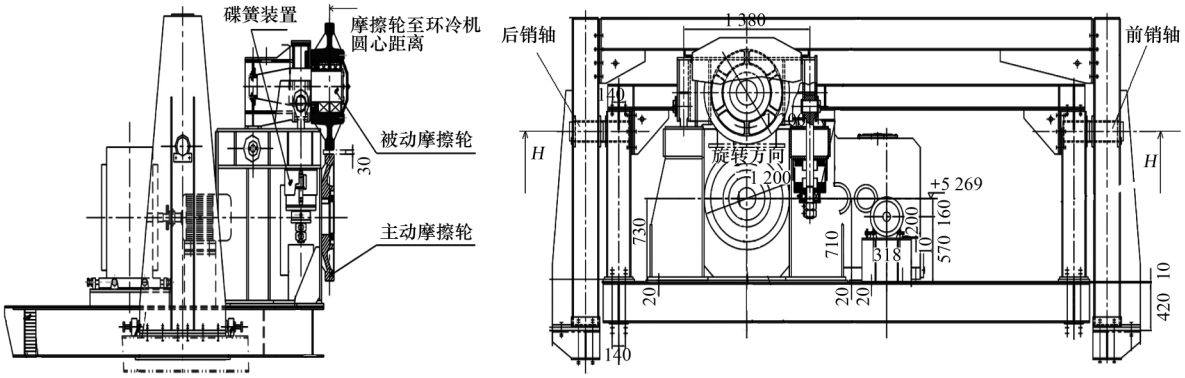


图5 环冷机驱动部示意 mm

Fig. 5 Picture of the driving part of annular cooler

3 跑偏调整措施及效果

3.1 环冷机水平轨及侧轨圆度调整

通过测得的水平轨圆度及标高,根据检测值对侧轨处增加或者减少垫片的厚度来做相应调整,保证侧轨圆弧半径及标高偏差在±1 mm内。调整后复测的侧轨圆度及标高如图6所示。

3.2 环冷机侧挡轮与侧轨间隙调整

环冷机内侧轨圆度及标高调整后,内侧挡轮与侧轨间隙需同步调整,内侧挡轮共计50个,理想状态是与侧轨保持2~3 mm间隙或有少量接触。如果出现偏离,相应位置挡轮与侧轨间将会存在严重挤压,从而加剧挡轮损坏[10]。

解决跑偏最根本的方法是将受热变形段回转框架重新拆装,校正到正常要求后再拼接安装。但受生产进度限制,不允许长时间检修停机,因此可采用调整侧挡轮的方法[12]。统一将侧辊垫片组恢复到22 mm,运行一两个月后再

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

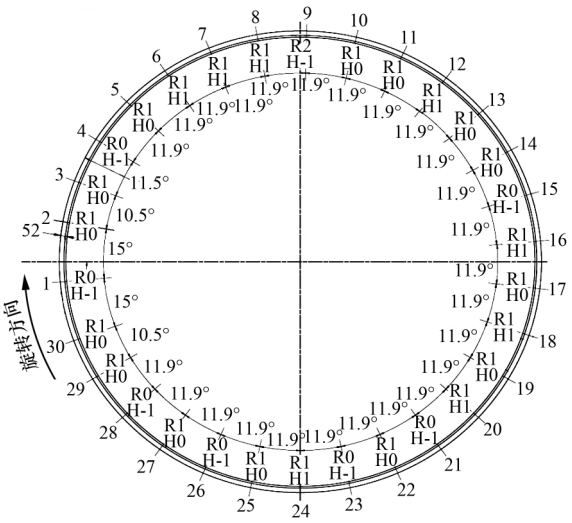


图 6　环冷机侧轨调整后的圆心距及标高偏差

Fig. 6　Deviation of center distance and elevation after adjusting

观察侧辊与侧挡轮之间的间隙并根据实际情况增加或减少垫片组的厚度，此后运行中侧辊依然存在一定的异响，后在侧辊及侧轨间涂抹润滑脂来改善，并调整到侧辊与侧轨间隙均匀且轻轻接触以保证台车运行的圆度。

3.3　对环冷机驱动部的调整

根据以上对环冷机驱动段内外轨检测数据，对环冷机驱动部前后销轴标高、摩擦轮距环冷中心距离进行了调整，调整措施如下。

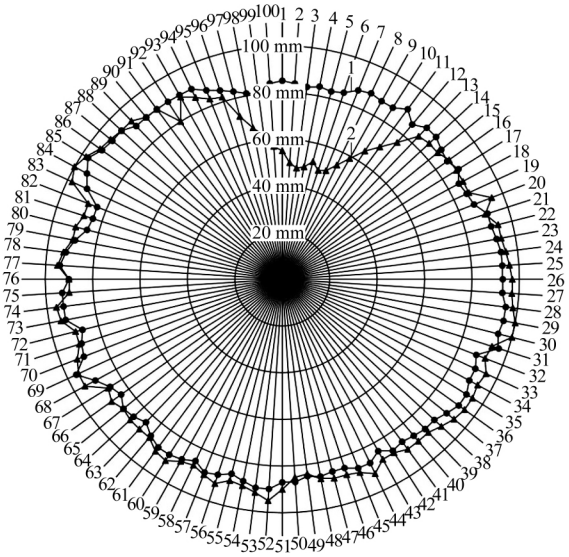
（1）1#驱动部位处理措施：前销轴调低 4 mm，后销轴水平标高降低 5 mm。摩擦轮前端不动，后端调整向环冷机中心方向移动 3 mm；此外，对此段沉降的水平轨框架梁增加垫片，外水平轨增加垫片 3 mm。

（2）2#驱动部处理措施：调整摩擦轮前端向背离环冷机圆心方向移动 4 mm，后端向背离环冷机圆心方向移动 5 mm，并在此段对沉降的水平轨框架梁增加垫片，驱动部段外侧水平轨增加垫片 2 mm。

（3）3#驱动部处理措施：对驱动部摆动框架后销轴标高降低 7 mm，同时调整摩擦轮前后端向背离环冷机圆心方向移动 7 mm；调整方法：松开驱动地脚螺栓，根据测量数据，通过驱动龙门框架两侧的顶丝来调整，直至达到设计要求。此驱动部水平轨标高不做调整。

3.4　环冷机调整后的效果

通过以上测量及调整，环冷机热负荷生产一到两个月后，侧轨及侧挡轮之间的作用力使环冷机回转框架慢慢变圆。同时，环冷机整体跑偏现象得到解决，摩擦板距离驱动部摩擦轮间距恢复，环冷机台车车轮没有出现明显啃轨现象。由 2#驱动部位环冷机框架摩擦板测得的数据拟合曲线如图 7 所示。由图 7 可见，调整后，环冷机回转框架变形情况得到恢复。



1—调整后；2—调整前。

图 7　环冷机调整前后对比图（2#驱动部位）

Fig. 7　Fitting circle diagram of the ring cooler before and after adjusting（2#driving part）

4　结　论

通过对宝钢 700 m^2 环冷机跑偏的原因进行分析，利用绘图工具对环冷机跑偏框架数据进行仿真，得出环冷机框架的变形、驱动部与环冷机圆心角度、标高等因素会对环冷机跑偏造成影响。在日常维护中，要加强环冷机的跑偏状态监测，在环冷机有较小的跑偏、变形趋势时就采取调整措施，及时消除引起跑偏的因素，把故障扼杀在萌芽状态，防止环冷机出现大的跑偏变形，造成严重的故障停机。

参考文献：

[1]　郑法平．环冷机跑偏的原因及解决办法探讨 [J]．机械与

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

设备,2013(7):349 – 354.
ZHENG Faping. Analysis and solution on running deviation of sinter cooler [J]. Machine and Equipment,2013(7):349 – 354.

[2] 邹冬良. 烧结环冷机跑偏原因分析及调整 [J]. 设备管理与维修,2016(7):69 – 70.
ZOU Dongliang. Analysis on running deviation and adjustment of sinter cooler [J]. Plant Maintenance Engineering,2016(7):69 – 70.

[3] 张超,刘霞,朱绍峰,等. 环冷机结构简介及跑偏故障分析 [J]. 冶金设备,2014,4(2):76 – 78.
ZHANG Chao,LIU Xia,ZHU Shaofeng,et al. Brief Introduction of Ring Cooler Structure and Fault Analysis of Trolley Running Deviation [J]. Metallurgy Equipment,2014,4(2):76 – 78.

[4] 张运胜. 安钢烧结厂415 m^2 鼓风环冷机故障的处理 [J]. 烧结球团,2007,32(1):42 – 44.
ZHANG Yunsheng. Treatment of failure in 415 m^2 circular cooler in ANYANG STEEL [J]. Sintering and Pelletizing,2007,32(1):42 – 44.

[5] 吕先平. 环冷机跑偏的原因及解决办法 [J]. 鄂钢科技,2008(3):29 – 31.
LV Xianping. Analysis and solution of running deviation of sinter cooler [J]. Egang Science & Technology,2008(3):29 – 31.

[6] 路伟,娄晶,朱晓峰. 烧结鼓风环式冷却机的跑偏及调整方法 [J]. 天津冶金,2011(5):33 – 35.
LU Wei,LOU Jing,ZHU Xiaofeng. Running deviation and adjustment of sintering circular cooler [J]. Tianjin Metallurgy,2011(5):33 – 35.

[7] 张鹏超,范滢. 从源头控制环冷机跑偏 [J]. 烧结球团,2016,41(3):27 – 30.
ZHANG Pengchao,FAN Ying. Controlling the meandering of circular cooler from the source [J]. Sintering and Pelletizing,2016,41(3):27 – 30.

[8] 张保辰,段建国,唐学农. 邯钢380 m^2 环冷机跑偏的调整 [J]. 矿山机械,2004(11):10 – 11.
ZHANG Baochen,DUAN Jianguo,TANG Xuenong. Adjustment on running deviation of 380 m^2 circular cooler in Han Steel [J]. Mining & Processing Equipment,2004(11):10 – 11.

[9] 王二林,张爱东,刘建刚. 烧结厂环冷机调偏方法 [J]. 河北冶金,2013(4):58 – 60.
WANG Erlin,ZHANG Aidong,LIU Jiangang. How to correct the deviation of circular cooler in sintering plant [J]. Hebei Metallurgy,2013(4):58 – 60.

[10] 邓志宏,高万良,东升,等. 浅谈烧结环冷机的跑偏与调整 [J]. 烧结球团,2016,41(4):20 – 23.
DENG Zhihong,GAO Wanliang,DONG Sheng,et al. Analysis on running deviation and adjustment of sinter cooler [J]. Sintering and Pelletizing,2016,41(4):20 – 23.

[11] 马钢. 浅谈烧结环冷机跑偏原因分析与调整对策 [J]. 科技与创新,2017(5):26 – 27.
MA Gang. Brief analysis and adjustment on running deviation of sinter cooler [J]. Science and Technology & Innovation,2017(5):26 – 27.

[12] 武云峰,唐建祖. 环冷机跑偏原因分析及调整 [J]. 山东冶金,2012,34(5):73 – 75.
WU Yunfeng,TANG Jianzu. Analysis on running deviation and adjustment of sinter cooler [J]. Shandong Metallurgy,2012,34(5):73 – 75.

本刊编辑部版权许可声明

本刊已许可中国学术期刊(光盘版)电子杂志社在中国知网及其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊编辑出版的文章。本刊不收取版面费、专家审稿费,对优质稿件支付稿酬。作者向本刊提交文章发表的行为视为同意上述许可声明。

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