

转炉副枪升降移动导向辊机构分析及设计优化

蒙建文, 郑龙捷, 侯士榜, 曾伟业, 林汝华

宝钢湛江钢铁有限公司炼钢厂, 广东 湛江

Email: 686246@baosteel.com

收稿日期: 2021年7月5日; 录用日期: 2021年8月5日; 发布日期: 2021年8月12日

摘要

本文针对现场副枪升降移动导向辊常见的问题进行分析, 根据副枪各机构, 作图模拟副枪本体在移动导向辊内可能出现的运行轨迹, 并结合现场实际情况, 分析发生故障的薄弱点。通过轨迹模拟分析可知: 原有的设计理论上并不会出现副枪本体过度偏移至某一方位, 导致在安装副枪探头下降时副枪接插件偏离在导向斗之外, 从而导致探头安装失败, 甚至出现撞坏副枪等问题。同时发现由于导向盘原设计结构存在缺陷, 有可能导致副枪本体出现异常磨损情况。在得出结论后, 在原有设计基础大体不变的条件下, 对薄弱环节进行设计优化, 加强现场设备运行稳定性。

关键词

副枪, 移动导向辊, 轨迹分析, 设计优化

Failure Analysis and Design Optimization of Auxiliary Gun Lifting and Moving Guide Roller

Jianwen Meng, Longjie Zheng, Shibang Hou, Weiye Zeng, Ruhua Lin

Baoshan Iron & Steel, Steel Plant of Zhanjiang Iron & Steel, Zhanjiang Guangdong

Email: 686246@baosteel.com

Received: Jul. 5th, 2021; accepted: Aug. 5th, 2021; published: Aug. 12th, 2021

Abstract

This paper analyzes the common failures of the auxiliary gun lifting and moving guide roller on site. According to the mechanisms of the auxiliary gun, it simulates the possible running track of the auxiliary gun body in the moving guide roller, and analyzes the weak points of the failures based on the actual situation on site. Through trajectory simulation analysis, it can be seen that in the original design theory, the auxiliary gun body will not be excessively shifted to a certain direction, which will cause the auxiliary gun connector to deviate from the guide bucket when the auxiliary gun probe is lowered, resulting in the probe installation failure, or even the auxiliary gun is damaged. At the same time, it is found that the original design structure of the guide plate has defects, which may lead to abnormal wear of the auxiliary gun body. After the conclusion is drawn, under the condition that the original design basis is basically unchanged, the optimization scheme is designed for the weak link to strengthen the operation stability of the field equipment.

Keywords

Auxiliary Gun, Moving Guide Roller, Track Analysis, Design Optimization

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

副枪设备是转炉的重要冶炼检测装置，在吹氧末期和吹氧完成之后，副枪对转炉内钢水温度、成份进行测量，并兼有检测钢水液面高度的功能，为下一炉副枪下降高度的确定及当前炉内耐火材料的侵蚀程度的判断提供数据[1]。其工作流程为：

探头安装机构选择好探头并将探头送至副枪入炉的中心线位置——副枪低速下枪安装好探头——探头安装机构返回——密封门打开——副枪继续下降入炉检测——检测完毕后提枪——探头拆卸装置夹紧探头，随着副枪的提升，入炉与探头回收切换闸板切换至探头回收位，探头与探头接插件脱离，副枪上升至上工作位——密封门关闭，探头拆卸装置松开探头，探头滑落沿着探头回收溜管落到探头回收处，闸板复位[2]。副枪升降移动导向辊吊挂在副枪升降小车上，与升降小车共用轨道、同步升降，其主要的的作用是对副枪的升降起导向作用，限制副枪在升降过程中出现偏离入炉的中心线位置。

2. 存在问题

2.1. 副枪偏离入炉中心

根据现场多次发生的故障情况来看，副枪本体偏离入炉中心线可以分为两种情况：

①副枪过于偏东、南、西或北侧四个方向，导致在下降安装探头的过程中，副枪探头接插件在导向斗外，未能顺着导向斗下降插到探头内。如操作人员未能及时发现，甚至还会撞坏副枪或副枪起倒架上的各机构，见图1。

②副枪在下降安装探头过程中，总是位于导向斗内但偏向炉前侧(西侧)，导向斗机构主要由两个半圆

锥组成，副枪安装探头时闭环形成一个导向斗，引导接插件插到探头内。由于导向斗的闭合面处于东、西两侧，见图 2(a)，且西侧(炉前侧)并没有相关支撑的机构，承受冲击载荷能力较差，在副枪下降过程中，频繁受到接插件的撞击，导向斗容易变形，西侧的闭合面会逐渐变宽，见图 2(b)，当闭合面变粗到差不多有接插件直径大小时，副枪下降时接插件会直接从缝隙内插出，副枪直接撞上起倒架，损坏设备，见图 2(c)。

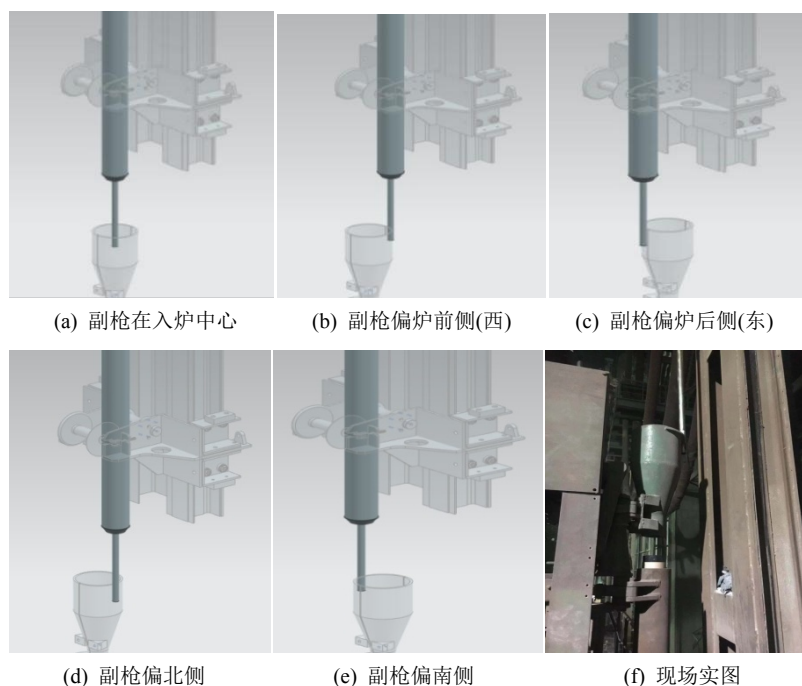


Figure 1. Schematic diagram of several cases of sub lance deviating from the center of charging furnace

图 1. 副枪偏离入炉中心的几种情况示意图

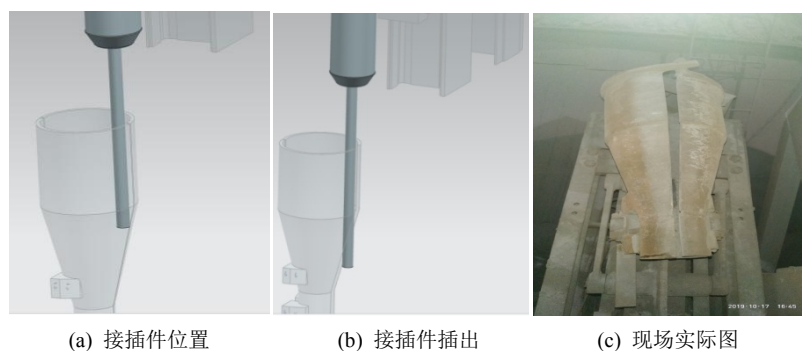


Figure 2. Insertion and withdrawal process of auxiliary gun in guide bucket

图 2. 副枪在导向斗内的插出过程

2.2. 副枪本体刮伤、异常磨损

现场副枪使用一段时间后，南或北侧的枪体上总会发生异常磨损的情况，甚至会出现磨损漏水、断裂的情况。现场观察后发现是由于副枪升降过程中会经常刮到导向盘的支撑架上，导致异常磨损，如图 3、图 4 所示。

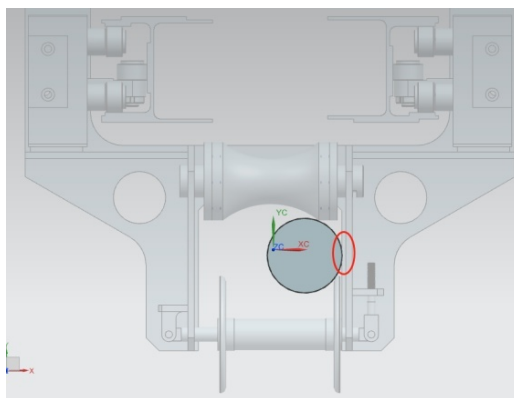


Figure 3. Scraping parts
图 3. 刮碰位置

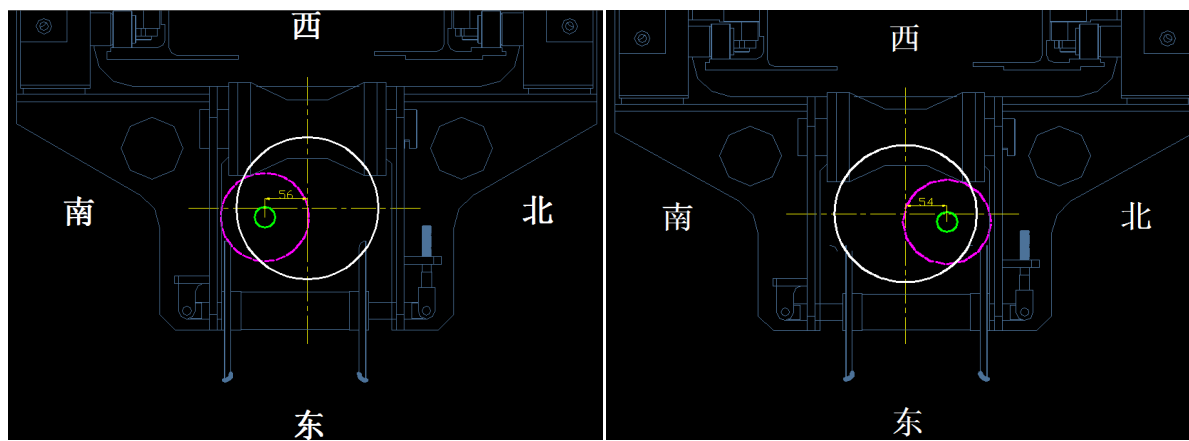


Figure 4. Actual scene
图 4. 现场实际图

3. 故障原因分析

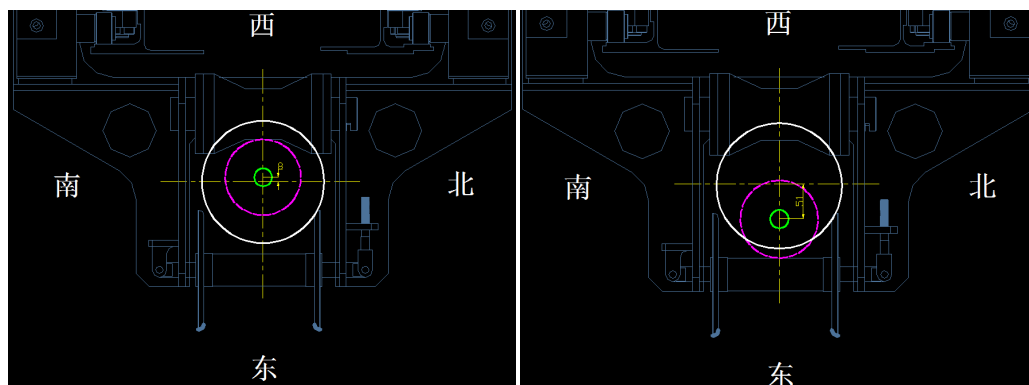
3.1. 理论轨迹分析

结合上述问题，首先试图从导向辊的结构设计上分析查找原因，通过做副枪在导向辊内的运行轨迹图[3]去分析发现问题，见图 5。



(a) 副枪在导向辊内最南侧位置轨迹示意图

(b) 副枪在导向辊内最北侧位置轨迹示意图



(c) 副枪在导向辊内最南侧位置示图

(d) 副枪在导向辊内最北侧位置示图

注 1: 图 5 中的白色圆(大)表示导向斗的张口直径, 红色圆(中)表示副枪直径, 绿色圆(小)表示接插件直径。

Figure 5. Schematic diagram of the motion simulation track of auxiliary gun and connector in guide roller and guide bucket

图 5. 副枪及接插件在导向辊、导向斗内的运动模拟轨迹示意图

从图中可以看到, 副枪枪体在导向辊内的摆动范围较大, 首先会在一定程度上导致副枪晃动较大, 其次, 副枪升降过程可以直接碰到导向盘两侧的支架, 见图 5, 而支架的边角处都是菱角, 从而导致副枪异常磨损、刮伤。但通过分析副枪在导向辊内的运行轨迹可知, 见图 5, 理论上原有的设计并不会发生副枪在安装探头下降过程中, 接插件偏离在导向斗以外的情况, 在这里单通过理论分析找不到问题的根本。

3.2. 现场分析

由于理论设计上不存在问题的直接原因, 猜测是由于各零部件、机构的安装存在误差[4], 也就是副枪本体升降的中心线与副枪起倒架上导向斗的中心线、副枪平台上入炉中心的开孔存在不一致(副枪夹套孔)。通过现场实际的测量验证了这一猜测, 3 座转炉皆存在这个问题, 最大处(东西侧)误差超过 68 mm, 见图 6, 导致副枪在晃动较大或者墙体变形的情况下, 会在安装探头下降过程中发生接插件在导向斗以外的情况。

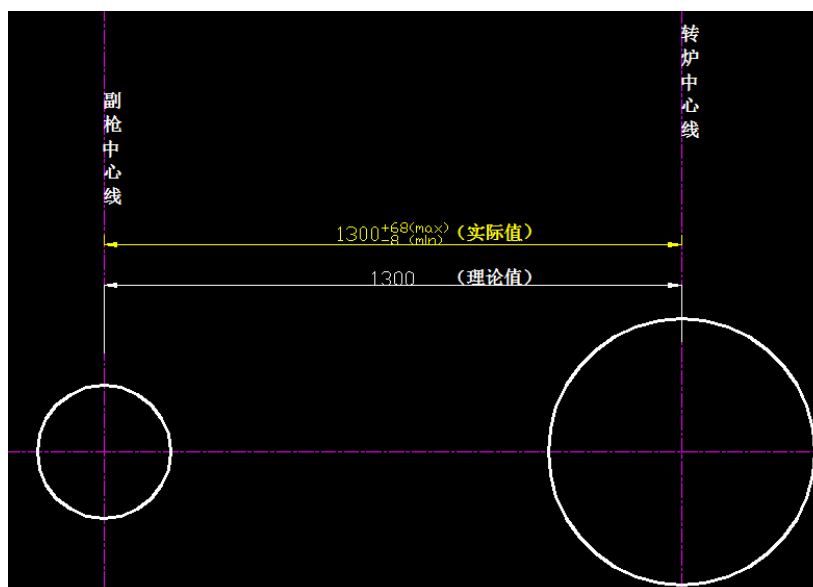


Figure 6. Comparison between the actual value and the theoretical value of the distance between the center line of converter and the center line of sublance

图 6. 转炉中心线与副枪中心线距离实际值与理论中对比

3.3. 结论

通过上述分析, 得出问题所在的 3 个原因:

- 1) 副枪本体在导向辊内能晃动的范围过大, 会刮到导向盘两侧支架, 导致异常磨损;
- 2) 副枪本体升降的中心与入炉中心存在误差, 再加上导向辊内较大的晃动范围, 有可能会发生副枪在安装探头下降过程中出现接插件在导向斗以外的情况;
- 3) 为提高导向斗的使用寿命和设备的稳定性, 副枪安装探头下降过程中应尽量靠中间或中间稍偏炉后侧(东侧), 减少对导向斗炉前侧闭合面的冲击。

4. 优化设计方案

4.1. 结构设计改进

针对上述问题, 结合原有设计思路, 对导向辊进行 3 个方面的优化设计:

- 1) 导向盘两侧加定位套筒, 防止南北两侧窜动, 从而避免副枪本体刮到导向盘两侧的支架, 见图 7;

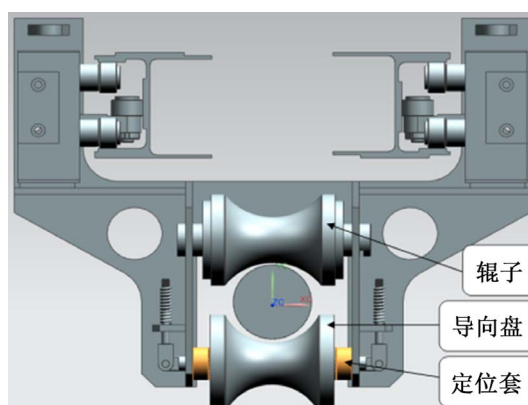


Figure 7. Schematic diagram of positioning sleeve
图 7. 定位套示意图

- 2) 对辊子、导向盘结构重新设计[5] (零件图见附一、附二), 实现对副枪本体更大的包裹面, 避免副枪晃动过大, 见图 8;

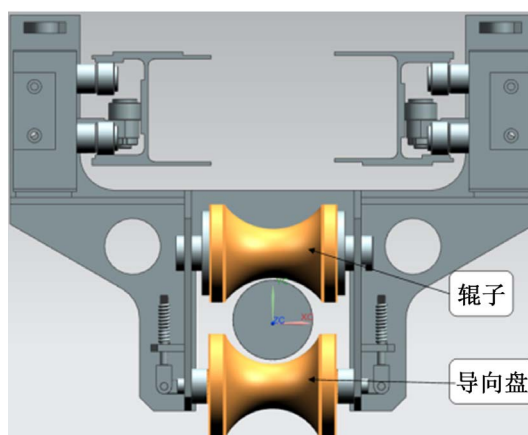


Figure 8. Roller diagram
图 8. 辊子示意图

3) 根据现场已存在的安装偏差值和轨迹模拟结果,把辊子(炉前侧)的安装位置向炉后侧移动 35 mm,确保副枪安装探头下降过程中尽可能靠中间或中间稍偏炉后侧,见图 9。

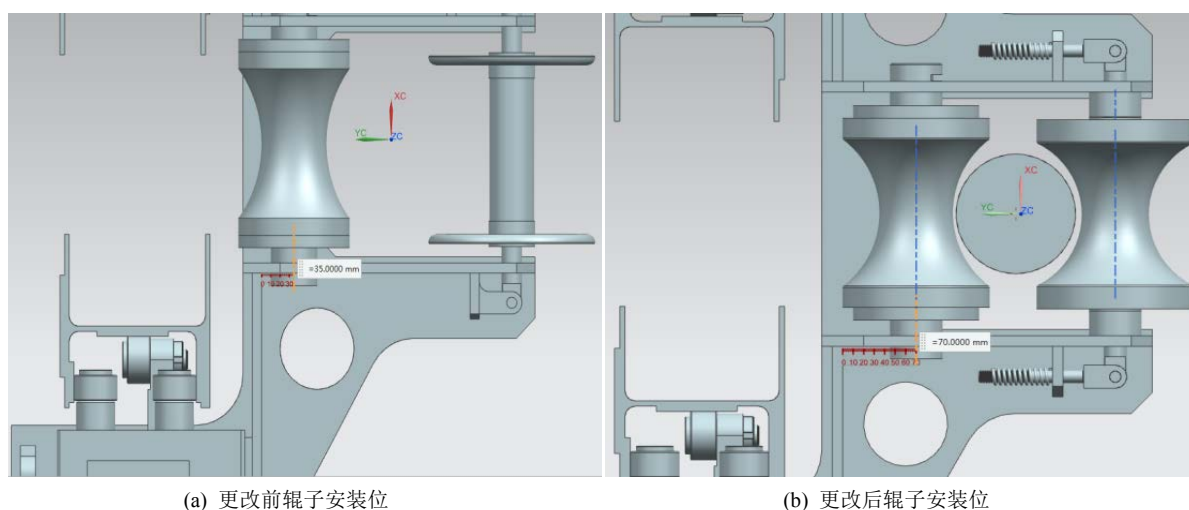


Figure 9. Adjustment diagram of roller installation position
图 9. 辊子安装位调整示意图

4.2. 新结构可能会出现的问题及优化

4.2.1. 新的问题

上文又提到副枪在导向辊内摆动范围较大,从而导致副枪会出现偏离入炉中心,但从此设计正是考虑到副枪测温后提枪时表面可能会粘附冷钢、炉渣等情况,较大的活动空间使得副枪提枪时不容易出现卡阻情况。根据图 9(a)、图 9(b)对比可以知,重新设计后的导向辊结构几乎不存在副枪前后摆动量和只有较小的左右摆动量,在副枪粘附冷钢、炉渣时,容易出现卡阻的新问题。

4.2.2. 优化方案

考虑到现场实际上几乎没有出现过副枪测温后表面粘附冷钢、渣子的情況,左右较小的摆动量已满足副枪正常工作时所需的条件。为避免副枪测温后提枪时出现粘附冷钢、渣子和副枪轻微变形弯曲时提枪过程由于没有对应允许的摆动量,导致发生卡阻等异常情况,把导向盘的固定方式改为轴两侧穿铰链螺栓,并在螺栓紧固端加装压缩弹簧[6],见图 10。正常情况下,导向盘通过螺母压缩弹簧,产生一定预



Figure 10. Schematic diagram of outer roller spring
图 10. 外侧辊子弹簧示意图

紧力[7]压住副枪本体，避免晃动，当出现异常情况(副枪表面粘附冷钢、渣子、副枪轻微变形弯曲)需产生波动时，副枪本体压向导向盘，导向盘受到压力，弹簧进一步压缩，得到一个弹簧压缩量的摆动量[8]，但最高不超过 44 mm，避免导向盘脱槽掉落，造成其它故障。

5. 设计验证

5.1. 运动轨迹验证法

引入工程安装误差等修正系数，再次进行运动轨迹模仿分析，见图 11，表明优化设计后的副枪导向辊能全方位限制住副枪在合理的摆动范围内，避免出现本文开头所述的问题，同时也提高了设备运行的稳定性。

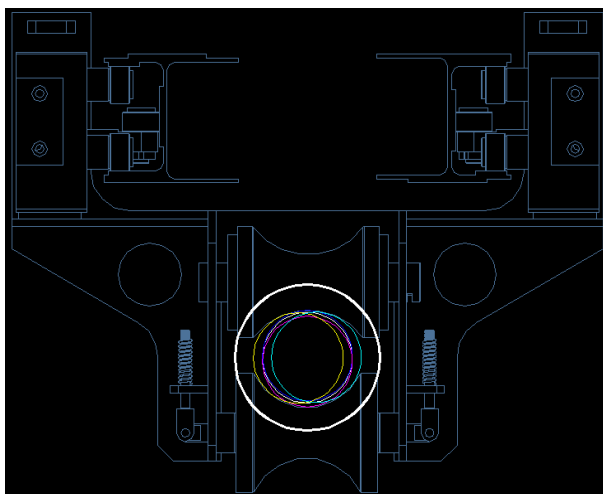


Figure 11. Schematic diagram of motion track of secondary gun in guide roll

图 11. 复证副枪在导向辊内的运动轨迹示意图

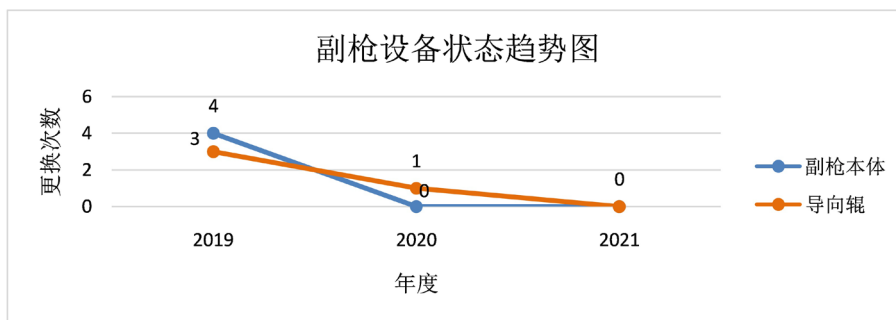


Figure 12.3 Statistics of the status of LD auxiliary gun equipment

图 12. 3#LD 副枪设备状态统计

5.2. 结论

通过一系列的分析，从发现问题到找出原因，再到针对性的优化设计，最后的重复验证，说明此次优化方案可行，具备现场推广验证使用的条件。优化后的导向辊方案有效降低了副枪相关设备的故障率，见图 12，降低故障停机时间，提升了副枪的使用寿命以及使用过程中的稳定性。转炉冶炼过程副枪测成率得到提升，为生产质量稳定提供了保证，优化效果显著。

参考文献

- [1] 王洪. 转炉副枪导向装置的设计与应用[J]. 冶金设备管理与维修, 2007, 25(132): 31-32.
- [2] 俞文燕. 转炉氧副枪同侧布置的副枪设备设计创新[J]. 山西冶金, 2016, 39(3): 80-81
- [3] 刘小年, 刘振魁. 机械制图[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [4] 李柱, 徐振高, 蒋向前. 互换性与测量技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [5] 成大先, 王德夫, 李长顺, 等. 机械设计手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [6] 杨黎明, 杨志勤. 机械零部件选用与设计[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [7] 濮良贵, 陈国定, 吴立言. 机械设计[M]. 第九版. 北京: 高等教育出版社, 2013.
- [8] 孙桓, 陈作模, 葛文杰. 机械原理[M]. 第八版. 北京: 高等教育出版社, 2013.