稀土钢炼铁厂喷吹系统生产实践*

李明亮，渠世平，王存喜，杨玉龙，刘民禹

（内蒙古包钢钢联股份有限公司稀土钢炼铁厂，内蒙古 包头 014010）

摘 要： 稀土钢炼铁厂7#、8#高炉的喷煤系统采取三罐并列、单管路加三分配器，出料采用旋转给料机的直接喷吹模式。自2014年投产以来，先后遇到了小煤量无法喷吹、喷吹罐加压组件连续破损，清理过滤器篦子过程中堵塞喷枪、两座高炉无法实现互补等问题，通过对喷吹自动化系统的改进，对设备磨损进行优化攻关，逐步改进完善。

关键词： 仓体变形；罐压操作；加压组件；支管磨损

中图分类号： TF538.6+3 **文献标识码：** B **文章编号：** 1009－5438(2020)01－0018－04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.01.005

Production Practice of Injection System in Rare Earth Steel Iron－making Plant

Li Ming－liang, Qu Shi－ping, Wang Cun－xi, Yang Yu－long, Liu Min－yu

(*Rare Earth Steel Iron－making Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: The coal injection system of 7# and 8# blast furnaces in Rare Earth Steel Iron－making Plant is with three coal injecting tanks, single pipeline and three distributors as well as the discharging is with the direct injection mode of rotary feeder. Since it was put into operation in 2014, there have been such problems as the failure of injection because of small amount of coal, the continuous damages of pressurizing group of coal injecting tank, the blockage of spray gun in the process of cleaning filter grate and the failure of complementation of two blast furnaces. They are gradually improved through improving the automatic coal injection system and optimizing the equipment wear.

Key words: deformation of capsule; tank pressure operation; pressurizing group; wear of branch pipe

包钢稀土钢炼铁厂制粉喷吹系统，其功能是满足7#、8#两座4 150 m^3 高炉75～92 t/h的喷煤量。与包钢原有的喷煤工艺相比较，制粉工艺延续了其成熟工艺，喷吹工艺变化较大，采用三罐并列、单总管、三个分配器的新喷吹形式，具备炉身喷煤条件。为了精确控制瞬时喷吹量，并保证整个连续喷吹过程的稳定性，使用了国内先进的旋转给料机给料模式，具有喷吹精确、操作简单、自动化程度高等优点。但由于新设备投产，在设备使用及维护方面没有过多的经验，设备故障频发，运行参数掌握不准确，影响高炉正常生产。

1 喷吹系统概况

包钢稀土钢炼铁厂喷吹系统始建于2012年2月、2014年5月、2015年10月，7#、8#高炉先后投产，其喷吹系统也相应运行。生产过程中，制粉系统磨制出的合格煤粉通过星型给料机进入煤粉仓。高炉喷吹时，煤粉经过气动蝶阀、入口圆顶阀，通过自

* 收稿日期：2019－03－14

作者简介：李明亮(1976－)，男，内蒙古包头市人，工程师，主要从事炼铁生产技术管理工作。

中国知网 https://www.cnki.net

重落入喷吹罐。喷吹罐装到设定值重量后，喷吹罐加压到规定值，出口圆顶阀开启，旋转给料机启动，煤粉按照给定量通过喷吹主管到达分配器，均匀分配到每一个风口。煤量由旋转给料机的转速通过计算机控制，喷吹量误差不大于 ±1%，工艺简图见图 1。

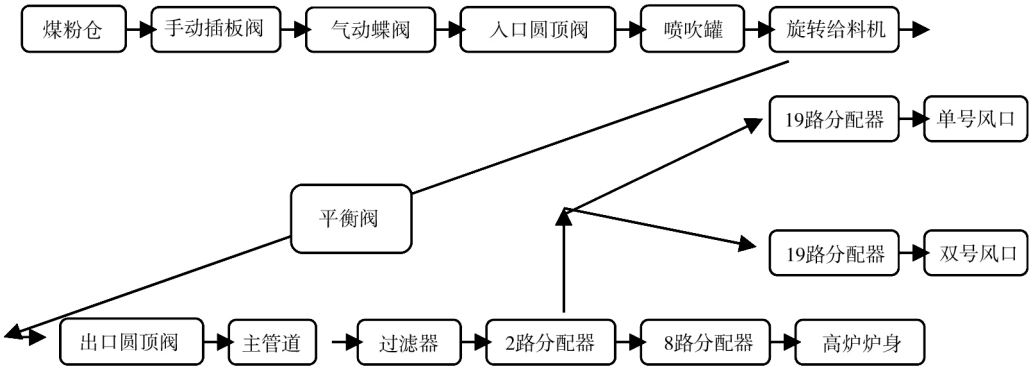


图 1　喷吹系统工艺流程图

2　制约煤粉喷吹的因素及改进措施

2.1　小煤量喷吹难题及改进措施

生产初期，制约生产的主要因素是高炉接受煤粉能力差，喷吹量经常在 15 t/h 左右，而这套喷吹工艺的最小喷吹量是 20 t/h，操作上根本无法实现高炉喷煤。针对这一问题，经过多番论证，大胆修改了原厂家的喷吹控制程序，解决了问题。

小煤量喷吹后，耗气量非常大，喷吹支管在生产一周后出现磨漏，一个月后，喷吹支管大面积出现磨漏。通过多方面排查，初步判断可能是因为管路风限流孔板喷嘴不匹配，喷煤量小，风量大，流速快等原因造成支管、喷枪软连接快速磨损。经过多次调整两个限流孔板喷嘴，从 Φ5 mm、Φ7.5 mm 到 Φ10 mm的喷嘴中不断调试过程中，最终将 Φ50 mm 管路风管道的喷嘴盘上增加一个 Φ10 mm 的喷嘴，取得了正常喷吹时无需使用 Φ100 mm 管路风 ，直接使用 Φ50 mm 管路风喷吹即可。此次改进，喷吹耗气量从 9 600 Nm^3/h 左右降到 7 600 Nm^3/h 左右。

由于该套喷吹工艺的控制模式采用厂家给定流量控制模式，这种模式适合大煤量喷吹，用于小煤量喷吹相当勉强，耗气量大，煤量很难调控，无法实现浓相喷吹。经过进一步摸索，大胆借鉴包钢老喷煤的罐压控制模式，增加了罐压控制模式，在小煤量喷吹时，采用罐压控制模式，耗气量进一步降低到 5 800 Nm^3/h。与此同时，对分配器出口短节以及支管弯头进行了改进，采用支管外弯增加套管，两管之间填充耐磨材质，对分配器出口短节进行包盒子处理，问题得以解决。后期采用了弯头内部喷涂耐磨陶瓷材料，取得了更好的效果。改进前后数据对比见表 1。

表 1　小煤量喷吹改进前后参数表

改进前后对比	改进前	改进后
喷枪软连接月损耗/根	50	25
氮气消耗量/($Nm^3 \cdot h^{-1}$)	9 600	5 800

2.2　喷吹罐加压流化系统故障及处理

2016 年 8 月，喷吹半焦试验，由于半焦的供货单位多，质量存在一定问题，设备磨损极为严重，原本到了使用周期的加压组件，因过滤网的破损，造成煤粉进入加压管道冲刷加压组件的弯头与逆止阀，导致加压组件软连接、弯头接二连三地破损，煤粉泄漏严重，生产存在重大安全隐患。

喷吹罐加压属于间歇式加压，加压阀组在罐压加到一定压力后，停止加压，此时罐压高于加压调节阀与加压组件之间管道的压力，喷吹罐内煤粉通过有间隙的逆止阀，或弹簧无法复位的逆止阀逆行，通过软连接进入加压管网前端。再次加压时，加压管网内的气体携带回流煤粉冲刷所有逆止阀。携带煤粉气流对设备损害极其大。

喷吹罐共装有 44 套加压组件，上半部分 16 套为一单元，下半部分 28 套为一单元，两部分供气源分立。多次拆卸喷吹罐加压组件上的逆止阀，发现

中国知网　https://www.cnki.net

喷吹罐上部集中在7.8 m平台上两环16套逆止阀破损频繁且严重，大多数的磨漏点也集中在两环，喷吹罐下半部7.8 m平台至0 m的28个逆止阀基本完好。另外观察到0 m以上的28个加压组件中有60%已经堵塞，但并未影响到喷吹罐的正常喷吹。

经过细致计算，决定封堵喷吹罐下半部分三环28套加压组件，上部两环16套加压组件的逆止阀全部更换。投入使用后，喷吹罐的加压速度、喷吹精度，完全能够满足生产，陆续将剩余的5个喷吹罐陆续改造。改进后，2018年全年效果见表2。

表2 加压流化系统改进前后月消耗量

项目	软连接/根	弯头/个	逆止阀/个	检修时间/h
改进前	12	6	14	18
改进后	1	0	1.3	4

2.3 高炉互补缺陷及改造

7#、8#高炉喷煤系统共有四个制粉系列，一、二制粉系列所生产的煤粉进入一个煤粉仓，供7#高炉，三、四系列所生产的煤粉进入另一个煤粉仓，供8#高炉。喷吹系统在原设计中，两座高炉喷吹系统具备相互补充的工艺，采取独立的倒粉管道通过仓顶除尘器实现相互倒粉。由于设计原因，仓顶除尘器的能力和选型都存在问题，生产初期变形严重，几乎无法投产。先后改进仓顶除尘器的泄爆孔，在仓顶除尘器侧面增加一条排风管道并对箱体进行了加固。同时在操作上增加了喷吹罐放散阀渐进开启的方式，才勉强满足了高炉的生产，但由于先天缺陷，两座高炉的互补功能无法实现。

随着高炉生产对煤粉需求的日益增大，制粉单系列运转根本无法保证高炉正常的喷煤量。由于无法实现原设计中互补功能，单台磨机又无法满足生产，造成磨机没有中修时间，连续运转。长时间运转，制粉原煤仓下锥段的耐磨衬板磨损严重，四处漏煤。为了维持生产，只能在原有的基础上不断地打补丁，存在重大安全隐患。

针对上述问题，提出利用跨接7#、8#高炉管道的方式，在喷吹系统实现相互喷吹，给喷煤制粉系统创造了中修时间，解决制约困扰生产的瓶颈。针对现场喷吹罐与管道布置实际情况，采取了两种模式：当7#高炉给8#高炉喷煤时，使用7#高炉的1#喷吹罐代替8#高炉的3#喷吹罐，采取支管连支管的模式；当8#高炉给7#高炉喷煤时，使用8#高炉的2#喷吹罐直接跨接7#高炉喷吹主管。由于跨接主管的部位在原主管的快速切断阀之后，出于安全生产的角度考虑，在跨接点之后再增加一个快速切断阀。

2018年2月份，7#、8#高炉互喷项目先后实施、试喷，一举获得成功。

2.4 主管道过滤器系统缺陷及解决办法

喷煤原设计中，喷吹主管道上没有设计过滤器以及旁通阀组，7#高炉投产前期，考虑到生产后煤粉中的杂物会堵塞喷枪。与设计院多次交涉，对此处设计进行了变更，在主管道上增加了过滤器以及旁通阀组。操作中发现喷煤主管道中杂物多，需要清理过滤器时，开旁通阀，关闭主管道过滤器前后阀。此时管道中的粉气顺着旁通管道绕道前行，通过分配器进入高炉。过滤器前后阀切断后，形成一个密闭空间，打开过滤器上盖，卸掉密闭空间内的余压，进行清理，清理完毕后，开过滤器前后手动阀，确认正常后，关闭旁通阀。

2018年2月份，原煤质量逐步变差，杂物越来越多，之前一周只需清理2次过滤器篦子，变成了每班1次，到了后期，每班需要清理2次。在清理篦子开旁通的过程中，部分杂物顺着旁通管道进入分配器，继而堵塞喷吹支管和喷枪。2018年6月份，高炉平均每天堵塞2支喷枪。

喷枪堵塞处理难度不大，但喷吹支管堵塞就非常难处理了，遇到堵塞严重，正吹倒拉都无法疏通时，只能在支管上开孔处理，逐段处理，有时处理一根支管需要一天的时间。支管所处位置是高炉煤气区域，处理时存在安全隐患。

为了解决这个生产上的难题，决定在旁通管道上增加一套过滤器以及配套阀组。2018年10月7日，7#高炉定修，改造得以实施，10月10日，改造完成。重新投用后，取得了良好的效果。2019年10月16日，8#高炉定修，喷吹主管道也加装了旁路过滤器，再未发生过因清理过滤器而堵塞喷枪及喷吹支管的故障。

2.5 喷吹罐装粉落料系统优化

7#、8#高炉的喷吹系统共有6个喷吹罐，每个喷吹罐的出入口阀使用圆顶阀。其入口圆顶阀直径400 mm，出口圆顶阀直径150 mm。圆顶阀属于半球阀，半球全开全关只需转动90°，其密封采用密封圈充气密封，气密性好，因球面与阀体不直接接触，大大减少了磨损，具备开关100万次无故障等诸多优点。

实际使用过程中并非如此，圆顶阀结构复杂，气

中国知网 https://www.cnki.net

控系统繁琐，价格昂贵，连续开关不到 1 万次，先后出现问题。随机备品很快消耗完毕，后续进的几台备品也很快消耗掉。由于圆顶阀的采购价非常高，直径 400 mm 的圆顶阀的采购价 30 多万元，直径 150 mm 的圆顶阀的采购价 14 万元。与包钢炼铁厂喷煤使用的气动球阀相比较，圆顶阀的使用寿命、性能与其相差无几，但其价格是气动球阀的 10 倍。另外，更换圆顶阀也远比更换气动球阀繁琐，耗时长。

2018 年 10 月份提出将圆顶阀改为气动球阀，2018 年 11 月 7 日与自动化部沟通修改控制程序，由于不能影响高炉的正常喷吹，只能离线修改程序，此项工作尚未完成，7#高炉 1#、2#喷吹罐圆顶阀先后出现问题。因无备品，只得将改造提前实施。

2018 年 12 月 10 日，将 7#高炉 1#喷吹罐的出口圆顶阀改为气动双控球阀，随后投入试用，效果良好。运行一周后，又将 7#高炉带病作业的 2#喷吹罐出口圆顶阀改为气动双控球阀。此项改进，大大减少了设备的故障率与检修时间，也降低了设备制造成本。直径 150 mm 的圆顶阀价格是 14 万元，气动双控球阀的采购价 2.2 万元，单阀降低成本 11.8 万元。

3　改进效果

包钢稀土钢炼铁厂喷吹系统投产 5 年来，对于这个全新工艺经历过艰难的摸索阶段和逐步成熟改进阶段，秉承着边生产边改进，优化设备工艺改近 20 多项。喷吹罐封堵部分加压组件的设备工艺改进，年节省 30 万元；高炉喷吹降低氮气消耗量的设备改进与操作改进，年节省 80 多万元；圆顶阀改气动球阀，降低备件费用 23 万多元；7#、8#高炉实现互喷后，补上了生产的短板，也为两座高炉的制粉系统中修创造了条件。

4　结束语

制约煤粉喷吹的因素有很多，一部分问题凭借经验可以解决，但是一些新的问题还需要在经验的积累，工作中的摸索，通过持续技术攻关，寻找出一个最适合的解决方案，是一个不断实践的过程，同时秉着降本增效的原则，为高炉的稳产、高产奠定基础。

参　考　文　献

[1]　刘克显，王玉涛，魏颖，等. 高炉煤粉喷吹控制系统论述[J]. 东北大学学报(自然科学版)，2001，22(3)：253－256.

[2]　王国雄，王铁，沈峰满. 现代高炉煤粉喷吹[M]. 北京：冶金工业出版社，1997.

中国知网　https://www.cnki.net