

新钢 8 号烧结机自动控制系统改造及应用研究

熊桂华

(新余钢铁集团公司 江西 新余 338001)

摘要: 结合新钢 8 号烧结机生产实践及生产过程中经常遇到的问题, 针对水分控制难、料层厚度波动较大、烧结成品矿小粒度比例高、过度冷却及欠冷现象较频繁等问题, 提出构想并实现烧结生产过程中混合加水、料层厚度、成品料流、环式冷却的自动化控制。实践证明, 自动控制系统投用后, 混合料水分波动幅度、料层厚度控制、烧结终点返矿率、环冷出矿温度等均有较大改善。这不仅保证了烧结生产过程的稳定, 而且对于改善烧结矿质量、降低生产成本等方面均有显著效果。

关键词: 烧结机; 自动控制系统; 混合加水; 烧结层厚; 成品矿流; 环冷

0 引言

随着高炉炉缸大型化、原料精细化, 对入炉原、燃料的要求越来越高, 尤其是作为主要含铁料的烧结矿质量更是提出了高标准、高要求。但是烧结的原料来源渠道多, 烧结过程反应较复杂, 烧结系统设备不确定性等因素, 决定了较难对烧结生产自动控制进行建模。虽然全球工业过程装备智能控制技术在高速发展, 但将这些智能控制技术应用于烧结设备系统, 实现混合料水分自动控制、烧结料层厚度自动控制的完整案例不多。本文综合了新钢烧结生产的现状及困难, 针对 8 号烧结机, 通过自动控制、闭环控制等技术进行建模和实践应用, 重点是混合料水分控制及烧结过程控制, 保证了烧结矿产、质量的有效提升, 为高炉稳产顺行提供保障。

1 新钢 8 号烧结机工艺流程

新钢 8 号烧结系统是依托目前业内广泛应用、成熟的烧结工艺系统建造的, 工艺流程较长, 工艺布局较复杂, 新钢 8 号烧结系统工艺流程图如图 1 所示。根据前期调研收集的重点、难点、工艺关键点, 自动控制建模主要从以下四个方面入手:

- (1) 混合料水分经常会随着上料量的变化呈现较大波动, 且很难掌握波动规律, 对烧结终点效果影响较大;
- (2) 布料系统难以精准控制烧结料层厚度的波动, 使烧结料层内部燃烧、反应不可控, 烧结过程不稳定;
- (3) 成品矿流波动大, 造成筛分不充分, 导致高炉入炉烧结矿小粒径比例, 甚至含粉率过高, 不利于高炉顺行;
- (4) 成品矿流的波动使环冷冷却效果受影响, 过度

冷却、冷却过快粉化或出红矿的情况时有发生, 对烧结矿质量和机后设备损害较大。

综合以上原因, 针对烧结工艺过程相应的自动化控制建模主要按混合加水、烧结料层厚度、成品矿流量及环式冷却自动控制进行优化。

2 自动控制建模及应用

2.1 混合加水自动控制

在烧结矿生产工艺中, 水分的作用是造球、润滑、

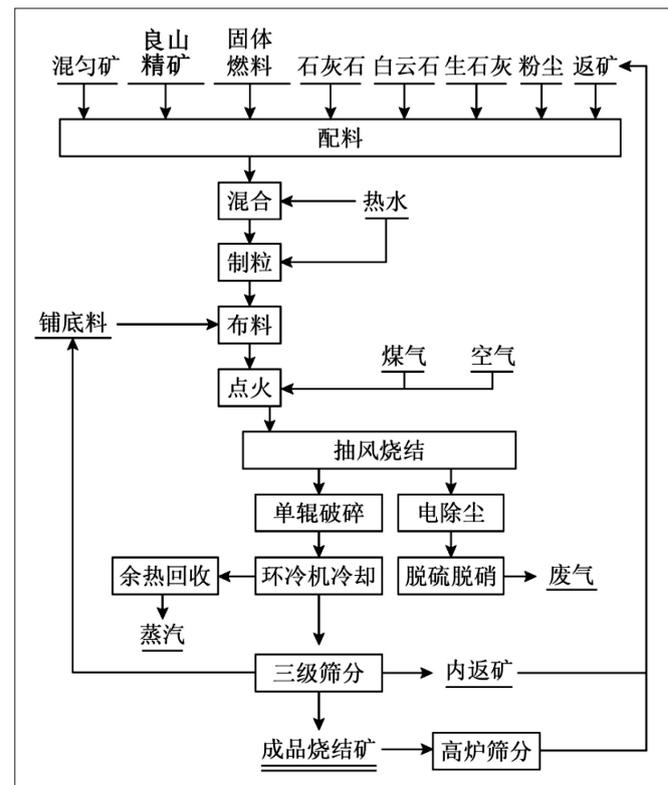


图 1 新钢 8 号烧结系统工艺流程图

导热、助燃。水分的控制是否精确，是烧结生产工艺过程中至关重要的一环，有利于提高烧结矿成品产量、质量，并能节省成本，减少有害物质排放。新钢前期已经投用了微波水分仪，并自主研发了基于专家系统的自动控制装置，对混合料的原始透气性帮助较大，转鼓指数、FeO 稳定率，利用系数都取得了明显提高。本次改造项目将微波水分仪纳入自动控制闭环系统，进一步发掘其使用价值。

新钢 8 号烧结系统混合料水分波动主要表现在以下方面：

- (1) 铁精矿粉等原料采用露天堆放，四季气候的变化，尤其是南方春夏雨季期含水量波动较大；
- (2) 因生产需要，内返矿使用量的调整较频繁，而返矿完全不含水，对混合料的水分的稳定造成很大不利；
- (3) 由于资源的限制，使用的生石灰产地和质量差异大，混合过程中对水分的需求有较大差别。

混合加水自动控制模型的建立需时刻掌握物料水分含量，混合加水自动控制模型结构图如 2 所示。根据 L2 上各物料的水分检测值、生石灰的活性度及原始料的用量，以一次混合工序水分含量设定值为基准，控制模型计算出所需加水量，通过 PID 控制一次混合工序加水泵工作，同时微波水分仪测试一次混合工序后的水分含量，利用加水量修正模型计算出需要调整的实际加水量。根据一次混合工序后的测量数据和二次混合工序水分含量设定值，计算出二次混合工序实际所需加水量。混合加水自动控制模型对一次混合工序、二次混合工序的水分含量反馈值进行连锁控制，混合

料水分含量自动控制系统的稳定性得以保证。

2.2 烧结料层厚度自动控制

烧结料层厚度稳定是保证料层内有效通风量、料面上点火均匀的基本条件，避免发生点火不足或燃烧过快等异常工艺现象，使烧结工艺过程及烧结矿的产量、质量稳定。烧结机台车速度、布料器圆辊转速、混合料的水分含量及造球效果和混合料仓料位等情况对烧结料层厚度的影响较大。新钢 8 号烧结机采用雷达料位计进行料层厚度在线测量，在九辊布料器和点火炉之间横向设置 6 个雷达料位计测量点，负责测量原始料层的厚度，烧结料层厚度测量示意图如图 3 所示。一般通过调整烧结机机速、布料器圆辊

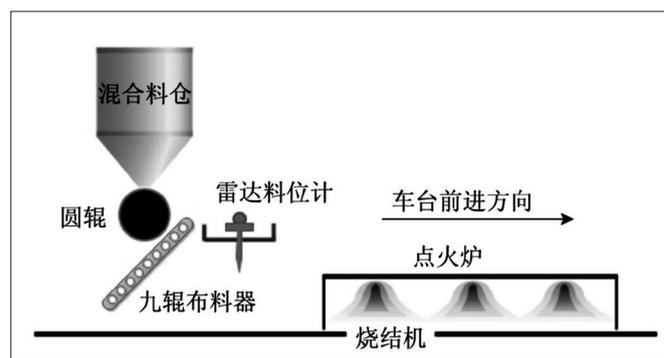


图 3 烧结料层厚度测量示意图

转速、下料主闸门开度实现烧结料层纵向控制，通过调整相应位置活页门的开度实现烧结料层横向控制。根据烧结机台车速度和料层厚度的设定值计算出主闸门的开度作粗调，通过调节圆辊转速实现微调，布料器圆辊与混合料槽料位的闭环控制，料层厚度雷达检测和活页门调整相结合，实现烧结料层厚度的自动控制及料层厚度稳定。

2.3 成品矿流量自动控制

烧结环冷机是由多节台车组成的环形装置，其卸料一定是间断性的，不可避免地造成成品系统出现类似“浪涌”的情形，瞬时料流波动大，造成的不利影响是料流“浪涌”情形超过矿筛工艺能力，造成烧结矿含粉率高且波动较大，整粒系统设备因负荷大幅波动造成故障率高。

成品料流自动控制模型是以控制卸矿槽的料位实现的，而卸矿槽的料位

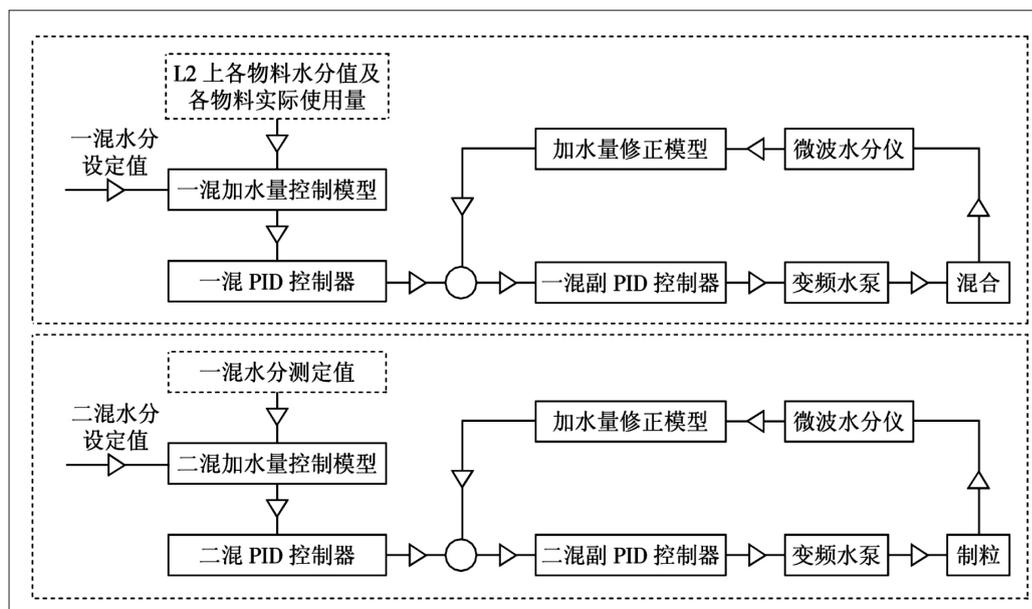


图 2 混合加水自动控制模型结构图

又是通过调节板式给料机的运行速度来调节的。卸矿槽上安装有称重计，能实时检测料位，系统不断校正卸矿槽料位的实际值与设定值，通过PID把目标变频值传输至板式给料机的控制系统，控制板式给料机的运行速度，使板式给料机达到均匀给料的状态，从而保持卸矿槽稳定在设定的料位。当卸矿槽料位高于设定值时，增大板式给料机的运行速度，卸矿槽的料位一直趋于设定值，卸矿槽料位的稳定能保证成品系统料流稳定。实践发现，卸矿槽料位测量数值较难稳住，最后摸索前30个采集数据加权平均较接近卸矿槽的实际料位，以该数据作为控制值，降低了测定误差。

2.4 环冷冷却终点自动控制

环冷过程冷却效果较难判断和调控，过度冷却浪费电能，且冷却过快增大成品矿粉化，冷却不足则容易造成红矿现象，对余热蒸汽回收、胶带输送机安全、冷却工序能耗均不利。针对这些问题，我们根据各环冷机风机对应位置温度波动，采用模糊控制原理，自动调节鼓风机变频转速设定值，或开、停来实现鼓风量的控制，使烧结矿环冷末端温度保持在 115°C 以下。实践表明，1号鼓风机工作面的烧结矿温度约 $300\sim 360^{\circ}\text{C}$ ，1号及2号鼓风机需保持常开状态，3号鼓风机等采用PLC自动控制，当检测到相应位置矿温高于 230°C 时，该鼓风机自动启动，并按初始变频值运行；当检测到矿温高于 240°C ，该鼓风机变频值往上相应调整；如矿温上升到 250°C ，鼓风机转速最大，环冷终点温度自动调节控制模型如图4所示。4号、5号鼓风机也采用类似的控制模型，自动投用矿温分别设定为 185°C 、 145°C 。

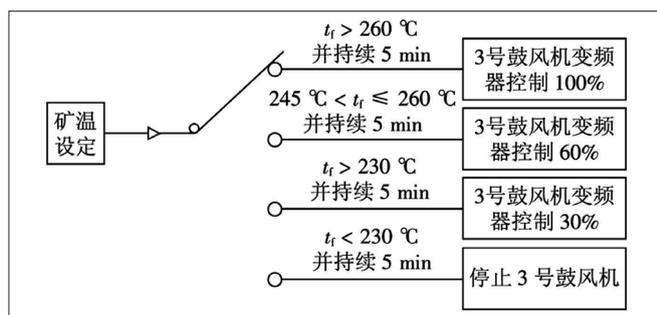


图4 环冷终点温度自动调节控制模型

环冷冷却效果自动控制模型可以根据环冷各阶段温度情况进行风机风门开度及自动启停控制。实践证明，投用后风机使用数量减少，不但能耗明显减少，而且足够保证环冷出矿温度符合工艺要求。

3 自动控制模型的应用效果

对自动控制系统升级以后，烧结过程更稳定，成

品质量明显提高，员工劳动强度大幅降低。据统计，2020年和2021年新钢8号烧结系统的工艺指标见表1；2021年相对2020年相关岗位精简人员情况见表2。

表1 2020年、2021年新钢8号烧结系统主要工艺技术指标

年份	2020	2021
转鼓指数 /%	82.63	83.26
一级品率 /%	93.66	95.14
内返矿率 /%	21.11	20.33
固体燃耗 / (kg/t)	46.97	46.56
过程电耗 / (kW·h/t)	5.33	4.92

表2 新钢8号烧结系统改造项目相关的岗位劳动力节约情况

年份	2020年 / 人	2021年 / 人	精员 / 人	精员率 / %
烧结 看火工	8	4	4	50
烧结 主控工	4	4	0	0
混合 放水工	12	8	4	33.33
整粒岗位员工	12	8	4	33.33
其他相关岗位员工	32	24	8	25
合计	68	48	20	29

从表1和表2可知，新钢8号烧结机自动控制系统改造后：烧结矿的质量及各项系统指标均有显著改善，其中一级品率提高了1.48个百分点，证明工艺过程中水分、料层厚度的自动控制，稳定了成品烧结矿的质量；内返矿率降低了0.78个百分点，证明成品矿料流自动控制对烧结成品质量的改善效果不错。

自动控制系统改造项目应用后，相比2020年相关岗位定员减少了20人，员工精简率29%，按新钢烧结厂相应岗位员工年收入80000元计（含五险一金），节约人力资源费用支出160万元/年，直接效益相当显著。

4 结语

混合加水自动控制能够对一次混合、二次混合工序后水分进行较精准控制，实际误差较小。烧结过程固体燃耗由 46.97kg/t 降至 46.56kg/t ，起到了较显著的降本效果。

烧结层厚控制能够稳定烧结生产过程，提高成品质量。

成品环冷矿料物流自动控制器的应用，使环冷矿机卸料在矿槽中的料位较为稳定，成品料流可控，高炉入炉烧结矿粒度、质量得以改善，烧结过程的内返矿率明显下降。

环冷冷却控制使烧结矿平均出矿温度在 120°C 以

（下转第45页）

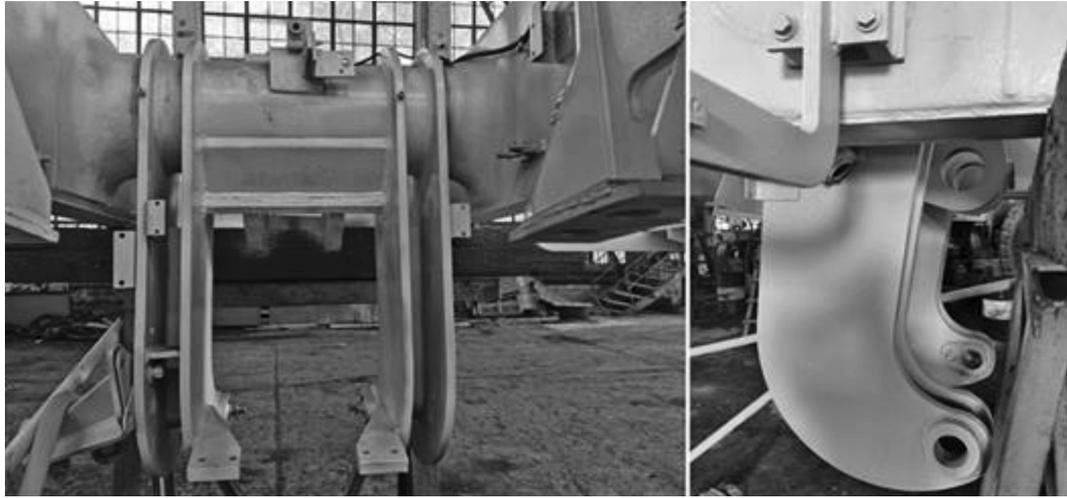


图6 牵引座总成修复改进效果

引架位置的使用要求，又保证了整体性能，并且已经应用至矿用汽车同类产品上。

矿用载重汽车的牵引座结构、工作原理大同小异。

TR100A的牵引座修复工艺、工装和应用，实现生产加工和修复的产品均达到使用标准，具有通用性和借鉴意义。经过生产使用检验，操作便捷、安全可靠、制作成本较低，为技术创新提供了新思路。

参考文献：

[1]《机械工程师手册（第二版）》编写委员会. 机械工程师手册（第

二版）[M]. 北京：机械工业出版社，2000.

[2] 闻邦椿. 机械设计手册 [M]. 北京：机械工业出版社，2010.

（上接第41页）

下，烧结生产电耗由 $5.33\text{kW}\cdot\text{h/t}$ 降至 $4.92\text{kW}\cdot\text{h/t}$ ，降本增效明显。

混合加水、烧结料层厚度、成品环冷矿流及环冷冷却自动控制等关键设备升级改造后，极大地降低了相关岗位的劳动强度，为后期新钢人力资源配置优化创造了条件，实际初步就达到了员工精简率29%，每年单人力资源费用支出就节约了180万元，直接效益相当显著，也为新钢全工序链人力资源优化提供了很好的范例。

新钢8号烧结机自动控制系统改造项目的应用，为我们提供了一个范例，同时证明工业自动控制在实践中的应用前景，深度发掘和不断推广非常必要。这不仅仅能够提高工业产品产量、改善质量，还能够大幅提高生产力，节约人力资源成本，提升企业的竞

争力。

参考文献：

[1] Nicolae Avram, Predescu Cristian, Matei Ecaterina Stoica, etc. 烧结造块粉状物料的造球机理 [J]. 世界钢铁, 2012, 12(1): 5-7+14.

[2] 聂绍昌. 微波水分检测自动控制系统在新钢烧结生产中的应用 [J]. 江西冶金, 2018, 38(5): 17-21.

[3] 杨墨涵. 烧结机布料器的改进优化 [J]. 山东冶金, 2019, 41(5): 75+77.

作者简介：熊桂华（1973.07-），男，汉族，江西新余人，本科，工程师，研究方向：工业电气自动化。