TRT发电机组的顶压控制优化*

刘燕峰

(内蒙古包钢钢联股份有限公司炼铁厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 高炉炉顶余压透平发电(TRT)是现代钢铁厂回收能量技术之一,利用透平机的静叶角度控制高炉炉顶压力,同时透平机带动发电机发电,将高温高压煤气的势能转化为电能,将高炉煤气在减压阀组中损失的能量予以回收,此技术环保效益好,经济效益显著。

关键词: TRT; 顶压控制; 减压阀组控制; 控制模式

中图分类号: TM31 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2018)04-0083-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.04.028

Optimization for Top Pressure Control of Top Gas Recovery Turbine Unit

Liu Yan-feng

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

Abstract: The blast furnace top gas recovery turbine unit (TRT) is one of the technologies for energy recovery in modern iron and steel plants. The top pressure of blast furnace is controlled by the angle of stator of turbine and the turbine drives the generator to generate electricity at the same time so that the potential energy of high-temperature and high-pressure gas is converted to electric energy as well as the wasted energy of blast furnace gas in the pressure reducing valves is recovered. This technology is with good environmental protection benefit and remarkable economic benefit.

Key words: TRT; top pressure control; pressure reducing valves control; control mode

能源是社会存在和发展的必需品,也是国民经济运行的物质基础,降低能源浪费、有效的利用二次能源是全世界能源消耗企业的重要课题。高炉炉顶余压透平发电技术利用高炉冶炼的副产品使高炉煤气通过透平膨胀机做功,转化为机械能,从而驱动发电机发电,如何利用此项技术,合理的革新技术,进一步提高发电效率,提高能源利用率也是有效利用二次能源的关键因素[1]。

1 高炉余压发电工艺

高炉煤气余压透平发电装置,是利用高炉炉顶煤气的余压,把煤气导入透平中膨胀做功,驱动发电机发电的能量回收机组。该装置可回收高炉鼓风机所需能量的25%~30%,同时在正常运转时,能代替减压阀组,很好地调节、稳定炉顶压力,且对炉顶压力控制灵敏,控制精度高。

包钢炼铁厂现有高炉为无料钟式炉顶高炉,均已配套了TRT,在TRT投产时相应出现了顶压调节波动大的问题。且是一个困扰很长时间的问题,经过认真的调研,控制原理的优化,解决了以上问题。其工艺流程见图1。

* 收稿日期: 2018-05-30

作者简介: 刘燕峰(1982-),男,内蒙古巴彦淖尔市人,硕士,工程师,现从事电气设备管理工作。

中国知网 https://www.cnki.net

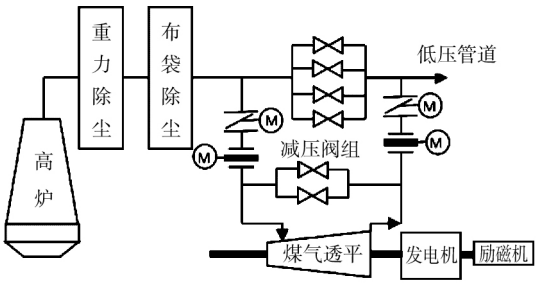


图1 TRT工艺流程

高炉煤气经过干法除尘后分为两路，在不发电时经过减压阀组减压到管网压力，进入煤气主管网。在发电时经过入口电动蝶阀、入口眼镜阀、快切阀、透平机组膨胀作功减压到管网压力，进入工业管网。

2 控制原理及数学模型

自动控制原理是按照被控对象与给定值的偏差进行调节，偏差值是控制的依据，最终控制目的是减小或消除偏差[2]。调节系统自动控制原理见图2。

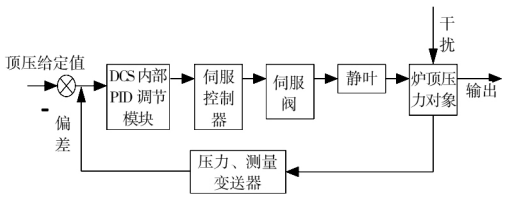


图2 调节系统自动控制原理

3 原因分析

无料钟式高炉上料通过布料器布料，上料比较均匀，但因设备结构形式和上料制度的特点，给高炉煤气全干式除尘及TRT系统带来以下问题：高炉均压时需要的煤气量较大，经过TRT的煤气量会突然减少，要求TRT静叶能够快速关闭；均压完成时，经过TRT的煤气量会突然增加，要求TRT静叶能够快速打开，以实现对高炉炉顶压力的控制精度。每次上料经过四次突变过程均压、均压完成、上料、上料完成，1～8 min内完成。由于上述突变的存在，无料钟式高炉炉顶压力的控制模型和以往有料钟式有区别，无料钟式高炉上料对顶压的干扰大，采用有料钟高炉炉顶压力的控制模型不能适应，达不到高炉炉顶压力控制精度（要求在设定值的±3 kPa）。

TRT和减压阀组均为高炉炉顶压力控制设备，两者并联运行，相互协调不好是顶压调节波动的又一原因，TRT运行时主要由TRT静叶实现高炉炉顶压力控制，不运行时主要由减压阀组实现高炉炉顶压力控制。由于减压阀组的调节精度要求高，灵敏性高，其动作非常灵敏，炉顶压力稍微发生变化，减压阀组的跟踪阀就会跟踪。

如果两者同时控制顶压时，TRT静叶调节速度慢，减压阀组会随时跟踪也会对顶压进行调节，这样的话首先影响高炉炉顶压力的调节精度，进而影响高炉生产，其次影响TRT发电量和发电负荷，因此TRT静叶调节速度必须快于减压阀组调节速度。TRT静叶调节速度不一致，两者调节容易产生重叠，互相争夺高炉炉顶压力的控制权，产生系统振荡和干扰。

TRT启动过程中功率控制与顶压控制未协调好，容易引起高炉顶压波动大，针对这个现象进行分析，查看编程逻辑、控制程序，在TRT并网后，转速调节把控制权交给功率调节，并且兼顾顶压稳定，程序里处理为转速调节的输出与功率调节的输出累加结果与此时顶压调节的输出比较，选择输出值小的赋值给静叶，决定静叶的开度，如果程序中功率切顶压控制未做到无扰切换，就会造成顶压调节波动大。

静叶动作滞后，造成TRT顶压调节波动大，静叶是TRT顶压调节的执行机构，由于TRT本体静翼承缸、叶片、叶柄和动翼叶片的磨损严重，造成TRT静翼调节腔内煤气大量内泄漏，导致静叶动作滞后，即操作信号发出后，静叶持续0.5～2 min不动作（动作滞后），突来的大开度，造成了大的干扰，导致高炉顶压波动大。静叶动作滞后的原因是多方面的，目前存在的情况为静叶动作不是每时每刻都滞后，主要体现在小开度范围内滞后，这主要是静叶机械部分存在问题造成的。

高炉均压采用TRT入口前的净煤气进行均压，均压管道为DN1000。均压时，间接对煤气进行分流，同时料流、下气密箱阀门动作信号来时，顶压调节偏差最大。高炉的上密封阀密封不严对TRT顶压调节造成干扰。在高炉上料过程中，上密封阀密封不严，顶压低，给TRT顶压调节造成干扰。顶压调节PID参数未整定好，造成顶压容易波动。根据高炉的工艺变化，整定顶压调节PID参数；调节系统的执行机构性能变化，更换相关设备，也需要整定调节PID参数。

中国知网 https://www.cnki.net

4　解决措施

引入高炉均压阀信号到无料钟高炉炉顶压力的控制模型，进行炉顶压力的 TRT 静叶开度补偿，在高炉炉顶均压完成信号发出后，TRT 静叶开度在一定时间内进行斜率补偿，到设定时间后自动按照一定的斜率恢复。以 TRT 运行模式为区别，将减压阀组顶压调节的 PID 设置为双 PID 调节参数。当 TRT 运行时，减压阀组跟踪阀自动转入一套 PID 调节参数，此时减压阀组跟踪阀调节和反应速度、调节精度自动降低，基本不参与高炉炉顶压力的调节，只有在高炉炉顶压力实际值高于高炉炉顶压力设定值(如 +3 kPa、+5 kPa)时，才参与高炉炉顶压力的调节；当 TRT 不运行时，减压阀组跟踪阀自动转入另一套 PID 调节参数，此时减压阀组跟踪阀调节和反应速度、调节精度自动增加，进行高炉炉顶压力的调节。

解决无料钟炉顶高炉 TRT 炉顶压调节波动大的措施：升功率过程中，以保高炉顶压调节为优先条件，当炉顶压调节偏差大于 3 kPa 时，静叶保持当前开度，等待；当顶压调节偏差在 3 kPa 以内时，进行升功率调节，增加一个“强制进入顶压控制”按钮，可在紧急情况下强制进入顶压控制，保证高炉正常生产。

解决静叶动作滞后的问题，首先检查静叶伺服控制器，让电信号的各个环节与伺服阀的机械位相对应，如果静叶伺服控制器、伺服阀没有问题，就要检查静叶机械部分、伺服油缸和动力油系统，解决这些环节的问题后就可解决静叶动作滞后的问题，从而让 TRT 控制炉顶压达到理想状态。

整定 PID 调节参数，炉况的变化，对顶压调节这个平衡产生了干扰，因此需通过及时整定顶压调节 PID 参数来提高调节品质，减小 TRT 控制炉顶压力的波动，满足生产需要。

通过研究针对高炉炉顶压力波动大，控制模式及控制精度要求高，加之每座高炉之间上料方式的不同，高炉炉顶压力的控制难度进一步加大。为确保高炉炉顶压力波动范围在设计值内，采取现场不断调整机械设备控制模式、系统参数控制模式优化、增加控制参数逻辑及控制参数优先选择等措施，确保每座高炉之间炉顶压力控制达到高炉炉顶压力生产需求的波动范围。

5　结束语

针对包钢高炉 TRT 炉顶压波动大的问题，进行了一系列技术改进及合理优化，自主研发高炉炉顶压力控制模型，解决了控制系统存在突变和叠加调节的技术难题，实现了高炉炉顶压力的稳定控制，提高了发电量，达到了降本增效的目的。

参　考　文　献

[1]　石薪靖. 高炉 TRT 顶压控制系统的设计与研究[R]. 杭州：浙江工业大学，2011.

[2]　靳忠孝. TRT 顶压控制系统设计与仿真[J]. 工业仪表与自动化装置，2014，(02)：56－57.

中国知网　https://www.cnki.net