

# 鄂钢1号TRT大修纪实

陈 飞

宝武集团中南钢铁鄂钢公司炼铁厂 湖北 鄂州 436000

**摘 要：**鄂钢1号高炉（有效容积2600m<sup>3</sup>），2010年1月22日点火开炉，安全生产4700天，2022年12月25日累计产生铁2606.012万吨，单位炉容产铁量超过10000t/m<sup>3</sup>。这标志着此高炉进入全国“长寿”高炉先进行高炉炼铁生产成本占整个钢铁联合企业生产成本约50%以上，炼铁工序能源消耗占整个钢铁制造流程能源消耗约70%。延长高炉寿命已成为现代高炉技术进步的主要标志，高炉长寿高效远行，可以有效提高高炉生产效率，显著增加产量，大幅度降低大修投资，产生可观的经济效益。十多年来，炼铁厂通过系统谋划、科学施策和创新集成，积极探索固化高炉“长寿”的管理经验、技术标准和操作应对之法。本文主要介绍鄂钢1号TRT大修整个实施过程，本次大修主要解决主止推轴承温度高的隐患，大修后主止推轴承温度恢复正常。

**关键词：**TRT；透平机；大修；实施过程；主止推轴承

## 引言

鄂钢1号TRT是1号高炉配套项目，于2010年1月投入使用发电，该透平机主止推轴承安装在煤气出口端。随着近年来高炉的强化冶炼及顶温的升高，煤气量、煤气温度的升高，主止推轴承温度也随之上涨，该止推轴承温度有A、B两个测点，两个测点温度长期在75℃-92℃之间徘徊，主止推轴承温度80℃报警，95℃调机，机组长期带隐患运行，随时面临着跳机的风险。

## 1 鄂钢简介

鄂钢始建于1958年，其前身是湖北省地方钢铁骨干企业——鄂城钢铁厂，是新中国成立后建设的18家地方钢铁骨干企业之一。2004年11月经国务院国资委批准与武钢联合重组，成为武钢集团控股子公司。2014年成为武钢集团全资子公司。2018年1月纳入中国宝武一级子公司直接管理。2020年5月更名为宝武集团鄂城钢铁有限公司。鄂钢是中国宝武在华中地区最大的建筑用钢材生产基地、重要的工业用钢基地和新兴的高端板材生产基地，具备从冶炼到轧材及产品深加工等全流程的钢铁生产能力。

## 2 TRT 相关专业知

TRT——（Blast Furnace Top Gas Recovery Turbine Unit，以下简称TRT）高炉煤气余压透平发电装置（即TRT）是利用高炉冶炼的副产品——高炉炉顶煤气具有的压力能及热能，使煤气通过透平膨胀机做功，将其转化为机械能，再将机械能转化为电能<sup>[1]</sup>。

### 2.1 TRT的优点

能量回收，原本的高炉煤气通过洗涤和除尘，再经过减压阀组，将220KPa左右的压力减弱到合适水平送至

用户，这个过程使高炉煤气余压白白消耗掉了。通过TRT透平机组，可以将煤气余压转换成电能，然后再送至最终用户，把原本没有用的余压转换成了电能，可以获得一定的经济效益。更好的控制顶压，一般来说，通过TRT透平机组的静叶来调整高炉顶压，比减压阀组控制得更好，这样可以带来更稳定的高炉顶压，而稳定的顶压可以使高炉更加易于控制，对产量有着积极的作用。降低噪音，由于减压阀组全部关闭，煤气由透平通过，噪音和振动以作功的形式转化为电能，因此可以有效的减低减压阀组的噪音<sup>[2]</sup>。

### 2.2 1号高炉TRT八大系统简介

#### 2.2.1 主机系统（包括透平机和发电机）

1号高炉出来的煤气经重力除尘器、干法除尘器后，进入二级干式轴流反动式透平机膨胀做功，透平机带动发电机发电，自透平机出来的煤气，进入低压管网，与煤气系统中减压阀组并联；发电机出线断路器，接于10KV系统母线上，经当地变电所与电网相连，当TRT运行时，发电机向电网送电，当高炉短期休风时，发电机不解列作电动运行<sup>[3]</sup>。

#### 2.2.2 大型阀门系统

由DN2000入口蝶阀、入口插板阀、DN800启动阀、DN2000快速切断阀、DN2800出口插板阀、出口蝶阀、双DN800旁通快开阀组成。

#### 2.2.3 自动控制系统

采用施耐德公司的PLC控制系统和远程诊断系统，完成过程检测及参数的数据处理和报警处理。

#### 2.2.4 高低压发配电系统

高压系统，发电机出线端经断路器接到10kV发电机

母线上,通过并网断路器与系统并网。

站内380V低压由两路电源供电,一路引自站内变压器,二路引自能源动力厂三空高压配电室,经站内另一台变压器变为380V,配电形式为单母线分段。

#### 2.2.5 润滑油系统

由两台主油泵、过滤器、高位油箱组成,给透平机、发电机、励磁机提供润滑油,起润滑、冷却、降温、防锈、清洁的作用。

#### 2.2.6 液压油系统

通过油泵、过滤器、蓄能器、电磁换向阀、电液伺服阀等液压元件为旁通快开阀、紧急切断阀、静叶、液压盘车装置提供液压动力。

#### 2.2.7 氮气系统

从公司低压氮气管道引入,用于透平机轴封、静叶可调腔密封、液压盘车腔密封、煤气置换等。

#### 2.2.8 给排水系统

引自1号高炉工业净循环水泵房:为发电机、励磁机、润滑油站、液压油站冷却,使用后回工业净循环水泵房循环利用。

### 3 本次1号TRT大修的起因

1号TRT主止推轴承A点温度在2022年3月14日夜班时出现异常,温度显示在10℃以下,最低时显示为0℃,主止推轴承B点温度基本在75-92℃之间,主止推轴承A、B两温度测点为同一双芯测温探头的信号<sup>[4]</sup>。初步判定主止推轴承A温度异常,在机组运行状态下检查确认处理有误停机的风险,为防止该点突然异常,数值突然增大,超过95℃(跳机值),导致机组跳机,安排电工对A点进行屏蔽,只用B点进行连锁,待高炉休风停机时进行处理,车间密切关注机组运行状态,并做好了应急预案。当主推瓦温达到88℃时,1号TRT操作工通知高炉开减压阀组DN500阀(具体开度根据现场实际情况调整,便于高炉顶压调节),待温度降低到80℃以下时稳定时再关闭减压阀组DN500阀;如遇高炉联系不畅通时,1号TRT操作工可以直接开启旁通A阀或B阀(具体开度根据现场实际情况调整,防止高炉顶压升降过快,影响高炉正常操作),待温度降低到80℃以下时稳定时再关闭旁通A阀或B阀。在主止推轴承A点屏蔽后的一天温度数值就直接显示410℃,这也应证了我们的判断是正确的,主止推轴承A点已彻底损坏。该主止推轴承安装在TRT透平机组的末端,也是煤气出口的方向,由于高炉进入TRT透平机组的温度长期在150℃左右,煤气出口温度经常在100℃以上,导致主止推轴承A、B点温度长期在75℃-92℃之间徘徊。在这次A点出现故障后,为解决这一制约TRT透平正

常运转的设备隐患,我们将现场的情况反馈给TRT透平机组制造厂家,希望尽快拿出解决方案。通过与厂家的多次沟通及交流,拿出了一套可行的解决方案。该主止推轴承由6片瓦块组成,改造后由8块瓦片组成,主要调整了瓦块的长宽比例,使瓦块的尺寸比例更加合适,瓦块圆周方向的长度减短,使润滑油带走热量的路径比原瓦块短了很多,提高了润滑油带走热量的效率,从而使瓦温降低。在4月初的时候我们申报了备件计划,在等待备件的过程中2022年5月5日夜班主止推轴承B点温度也出现了异常,显示在50-66℃之间,正常温度基本在75-92℃之间,初步判定主止推轴承B温度存在失真现象,后经过对线路检查处理,数值显示在80℃-90℃之间,恢复正常使用。鉴于主止推轴承A、B两点温度均出现异常,静叶在调节的过程中有卡滞现象、透平机轴端油封漏油等隐患,为保证1号TRT透平长期稳定顺行,决定安排1号TRT进行大修,待主止推轴承回货后与高炉计划检修同步进行<sup>[5]</sup>

#### 4 1号TRT大修的实施过程

1号TRT不仅是高炉配套发电项目,也是创效项目,目前的大型高炉都配备了TRT,而且TRT控制高炉顶压相对于人工操作减压阀组控制高炉顶压更为稳定,有利于高炉的操作及稳定顺行。为此,我们根据TRT透平机组大修项目按专业和项目内容安排好施工单位、车间的投入人力,实施检修人力资源整合,争取人员数量、工种配置、技术能力满足检修项目要求。

本次大修的主要内容有:透平机揭大盖检查、主止推轴承更换一套、静叶铜套检查更换、静叶片及承缸清灰、轴颈密封更换一套、前气封更换一套,后气封拆安、油封环更换一套、透平机一级、二级静叶联动装置检查、执行机构检查,各轴瓦检查及间隙调整、透平机与发电机联轴器检查、透平机与发电机找中心等。施工单位24小时进行作业,停人不停工,每道工序精确到小时,为尽量压缩检修时间,我们对检修项目、方案、安装数据要求等与施工单位多次开会研究、讨论,将原来正常大修7天时间压缩到了96小时。本次大修对施工单位和我们都是一种挑战,大修项目多、时间紧、任务重,为保证施工质量、进度,每班安排专人进行旁站式管理,不仅负责安全管理还负责协调沟通,凡是遇到的问题都有人及时跟踪、协调及处理,施工单位安排2班倒24小时停人不停工进行施工,各工序能同步进行的同步进行,从根本上缩短检修工期。每天下午5点我们与施工单位主要负责人开一次简短的碰头会,主要对当天的工作内容进行总结,有无协调事宜,方案是否需要调整、优化及对明天的工作进行合理安排。本次大修从8月30日

06:00开始至9月2日23:35分并网结束，总耗时89.58小时，比计划提前6.42小时，是鄂钢炼铁厂有史以来TRT透平机组耗时最短的一次大修，也可以说创造了一个新的记录。在检修的同时，为保证检修质量及机组能顺利开机并网发电，我们还与施工单位一起对各项安装数据进行了记录，数据合格才允许进行下一道工序，为试车成功奠定了坚实的基础。

## 5 本次大修还进行了两项优化。

### 5.1 主止推轴承瓦块测温点优化

本次TRT透平机组大修更换的主止推轴承瓦块原设计是2个热电阻安装孔，1个热电阻接1个测温点，形成A、B两个测温点，并接入到电脑画面中进行实时监控。在以往的设备运行过程中，从未出现过A、B两个测温点都出现异常的情况。针对这一异常状况，在本次大修我们不仅对主止推轴承瓦块进行了改造，由6块瓦块改成了8块瓦块，热电阻线也进行了一个小创新，热电阻线由单芯线改双芯线，即1个热电阻就有两个测温点，2个热电阻就有4个测温点，各测温点之间的温度均可以相互印证，这样优化后即使同时出现A、B各有一个温度点出现异常也不会影响正常使用，避免了因为测温点故障就需要开盖检修的情况，可以保障机组长期稳定顺行，高效发电。

### 5.2 透平机轴端油封优化

透平机轴端在机组前期运行过程中一直有渗油的现象，不符合目前的精益6S管理要求，也对我们造成了一定的困扰。由于TRT透平机组正常运行时无法解决这个问题，为避免汽轮机油留至地面及其它部位，影响周边环境，我们不得不在下方做了节油槽，进行引流及收集，废油再进行集中处理。在本次TRT透平机组大修中，我们也进行了一个小创新，原油封集油槽排油通道仅设计了一个孔（见图4），油通道进、出口的孔径只有6mm，通道能力不足，回油不畅，导致了油封处长期漏油，不仅影响现场环境，还造成了资源浪费。在这次TRT透平机大修中我们对其进行了优化，将该回油孔的两侧分别增加2个8mm的孔，优化后回油孔变成了5个（见图5），增加

了4个排油通道后，在检修完毕开机后观察，已无漏油现象，现场环境也得到了明显改善。



图1 透平机轴端油封优化前



图2 透平机轴端油封优化

## 结束语

本次1号TRT大修后主止推轴承温度由原来的长期在80°C以上降低到了60°C以下，改造效果还是挺好的，而且静叶卡滞现象及透平机轴端油封漏油的问题也在这次大修中得到了解决，总而言之整个大修还是比较成功的。

## 参考文献

- [1]蒋友源.湘钢阳春2号高炉大修停炉操作实践[J].金属材料与冶金工程,2013,41(01):22-25.
- [2]高海潮,黄发元,等编著.马钢炼铁技术与管理[M].冶金工业出版社,2018,(1):12-13.
- [3]陈海龙.三钢5号高炉大修开炉快速达产实践[J].福建冶金,2020,49(04):23-27.
- [4]孙力.达钢5号高炉大修开炉实践[J].钢铁研究,2017,45(06):19-22.
- [5]王建良,刘昕,吴敏民,葛永业,潘北生.苏钢5号高炉大修开炉实践[J].炼铁,1998(03):46-48.