

# 鄂钢提高高炉TRT发电量改造

李道智 陈 飞 黄继承

宝武集团中南钢铁鄂钢公司炼铁厂 湖北 鄂州 436000

**摘 要：**TRT是高炉煤气余压透平发电装置的简称，是利用高炉冶炼的副产品——高炉顶压煤气具有的压力能和热能，使煤气通过透平机做功，将其转化为机械能，再将机械能转化为电能的工艺。该发电工艺不消耗任何燃料，可以消除噪音污染，是最经济的发电装置。2000年~2010年国内高炉TRT发电量一般是20~40Kw/tFe，2010年至近几年TRT发电技术得到长足发展，先进指标可达50Kw/tFe以上。

TRT一般由透平机和发电机两大部分组成，同时配置控制部分和辅助装置。

**关键词：**TRT；发电量；扩容改造；改造效果

引言：宝武集团鄂城钢铁有限公司2号高炉配套TRT于2013年4月投运，至今已11年多，由于机组根据当初高炉建设时的产能对应的煤气工况进行的设计配套，目前高炉的产能提升，对应煤气参数也相应提升，以至于机组发电能力偏小<sup>[1]</sup>。从而使高炉减压阀组一DN900通径的

阀门长期开度在10%以上，能量浪费严重。目前TRT发电量偏低，有必要对TRT机组进行扩容改造。

## 1 TRT 机组设计及运行参数

### 1.1 原TRT机组设计参数：

项目	单位	设计点	最大点
透平入口煤气流量	万Nm <sup>3</sup> /h	32.5	38.2
透平入口煤气压力	kPa (g)	170	220
透平入口煤气温度	°C	185	220
透平出口煤气压力	kPa (g)	11	11
透平效率	%	86	86
发电机效率	%	97	97
透平轴输出功率	kW	10050	15000
发电机输出功率	kW	9800	14600

### 1.2 TRT机组近期运行情况

参数	单位	2023年4月数据	2023年5月数据
透平入口煤气流量	万Nm <sup>3</sup> /h	38.98	38.98
入口压力	kPa (G)	225	225
入口温度	°C	125.6	125.6
出口压力	kPa (G)	12.6	12.6
静叶开度	%	76.44	80
发电机输出功率	kw	10740	10577

从表1.2可以看出，近期TRT实际运行中透平机入口煤气流量超过设计点和最大点，为了提高发电能力，需对TRT进行扩容改造。

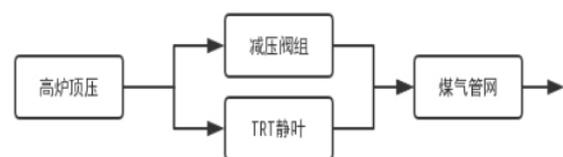
## 2 改造设计及核算

### 2.1 改造后透平机主要技术指标不低于以下指标

注：TRT透平主机改造后须满足TRT煤气参数需要<sup>[2]</sup>。

本透平机对高炉煤气通过流量、压力、温度变化有充分

的适应能力，将充分考虑高炉炉况的波动。透平机在最大点煤气参数工况下，不出现煤气从减压阀组放气的现象<sup>[3]</sup>。（如图：TRT工艺流程图，图1）



项目	透平入口			透平出口煤 气压力	当地 大气压	机械 效率	发电机 效率	透平机 输出功率	发电机 输出功率
	煤气流量	煤气压力	煤气温度						
单位	万Nm <sup>3</sup> /h	kPa (G)	°C	kPa (G)	kPa (G)			kW	kW
核算点1	36	230	127	12.6	101.325	98%	97%	11500	10930
核算点2	37.5	230	127					12120	11520
核算点3	39	230	127					12600	11980
核算点4	40.5	230	127					13240	12590
设计点1	42	230	127					13730	13050
设计点2	43.5	230	127					14220	13520
最大点	48	240	127					15800	15020

## 2.2 系统核算

TRT装置透平主机核算、TRT装置联轴器选型设计、TRT装置润滑油系统核算；TRT装置液压油系统核算；TRT装置自动控制系统核算；TRT装置氮气密封系统核算；发电机组及高压系统核算。TRT机组基础重新核算；

经核算：TRT透平主机整机更换，透平机基础、平台利旧，底座更换。辅助系统（发电机及励磁机；润滑油系统；液压油站；给排水系统；氮气密封系统；高低压发配电系统；大型阀门系统）全部利旧<sup>[4]</sup>。

## 2.3 透平主机主要技术参数

转子旋向：从发电机往透平机方向看顺时针（与原机组保持一致）

透平主机承压能力：最大承压280kPa（G），抗温能力：最高温度250°C

## 2.4 透平机组布置

透平主机及发电机布置在工作平台上，润滑油站、液压油站安装在底层平面，地脚螺栓为基础贯穿式<sup>[5]</sup>。

## 3 主要新技术应用及优化改造内容

3.1 透平机转子：透平机主轴材质为高强度合金钢整体锻件，转子需进行动平衡试验，动平衡精度为G1.0级<sup>[6]</sup>。

3.2 透平机叶片：透平机叶片采用高载荷叶型，叶片使用寿命大于40000小时。

3.3 轴承：支承轴承为四油叶动压滑动轴承。止推轴承采用自位式可倾瓦滑动轴承，轴衬采用巴氏合金。

3.4 内外壳体：透平主机外壳体为焊接结构，进、排气壳体在组合加工完成后将在工厂进行1.5倍水压试验。

3.5 机组控制方式：主机能够实现两级静叶联动可调，结构上采用周向传动的方式。

3.6 自控系统：在自动控制系统、高低压系统正常情况下，能平稳启动、调速、励磁、并网、调炉顶压力和停机。并网后能够实现恒功率因数、恒无功运行，保证炉顶压力稳定<sup>[7]</sup>。

## 4 改造的实施

这次TRT改造除了改造透平机以外，发电机需下线保养，这次TRT改造的实施：

发电机拆除——旧透平机拆除——新透平机安装——发电机安装。

TRT机组平面布置及施工工艺流程如下：

施工准备→TRT设备拆除→基础处理处理放线→垫板安装→底座就位、找水平→下机壳就位、找水平→轴承、转子等就位→粗找轴向距离、粗对中→导向圈、叶片承缸就位→找水平→以发电机基准粗找同轴度→组装配检查扣盖→对中复查→恢复管道和仪表→打点调试→移交试车验收报告

4.1 透平机基础处理：在凿掉二次灌浆层后，对吊脚螺栓周边安装垫板边缘外20~30mm进行处理，采取座浆法安装垫板。

4.2 透平机下壳体就位：平稳地将下壳体吊在底座上方后，先对好底座上前后中心轴向导向键位置，落下少许，再对好固定键，使导向键能推入，然后平稳放下下壳体，检查导向键可以轻松推入即可。

### 1) 下壳体的找平

要求下壳体中分面四个角方位的纵、横向向外扬度值分别相当即可。机壳水平度（相对）参考值：纵向 ≤ 0.04mm/m；横向 ≤ 0.06mm/m

2) 检查下机壳挠度如果大于0.1mm，允许将机壳中部稍稍顶起，消除挠度，直至中分面螺栓最终正式拧紧。

4.3 透平机转子的就位及转子组装间隙检查：专用吊具水平起吊转子落入下定子中，根据拉别令密封片；动、静叶轴向、径向配合确定转子轴向位置，径向位置。选择适合的铅丝，压测拉别令密封片；动、静径向间隙。

4.4 透平机转子正式组装及扣大盖：机器内部自动测试元件已安装完成；导向圈承缸中分面联接螺栓已完成防松工序；机壳中分面，轴承与中分面涂耐油、耐温、耐压密封胶。

4.5 发电机安装：发电机和透平机对中，间隙控制在安装说明要求以内。

4.6 设备试压检漏：待密封胶凝固24小时后，进行管道加压检漏，检查设备和管道是否有漏气情况。

4.7 调试投产：所有系统回装完毕，检查无误，按照启机工艺流程进行试车，试车合格后直接投入运行。

整个改造时间为13天，于2023年底和高炉大修同步实施。TRT于2024年元月投产

### 5 改造后效果及 TRT 发电量统计及发电效率

#### 5.1 TRT投产后的性能：

1) 在自动控制系统、高低压系统正常情况下，平稳启动、调速、励磁、并网、调炉顶压力和停机。并网后能实现恒功率因数、恒无功运行，保证炉顶压力稳定。

2) 轴系振动值达到优级，振动值在40μm以内，轴位移 ≤ ±0.5mm。

3) 在透平甩负荷引起的压力波动控制 ≤ ±5kPa。

4) 在高炉正常生产时，炉顶煤气压力的控制精度应在±3kPa范围内。

#### 5.2 TRT投产后发电量对比大幅度提高：

2号高炉TRT相关数据统计表

2#TRT2023—2024年同比数据				
月份	2023月发电量	2023吨铁发电	2024月发电量	2024吨铁发电
1	6478100	38.606	6747347	39.616
2	6432615	41.175	6414340	40.530
3	6987330	41.053	6377810	40.963
4	7023555	40.909	6941620	41.492
5	6028155	39.631	7458300	42.350
6	6650280	38.864	7503900	47.021
7	6965595	43.334	6845900	41.789
8	7434945	42.398	7789300	45.566
9	6744465	41.898	7192400	44.544
10	5665275	41.215	7409100	43.316
11	6821640	40.337	7608200	44.025
12	6888420	40.507		

根据上面的统计表同比1~8月份数据，2020年较2019年多发电5056262Kwh，按发电费率0.56元/Kwh计算，直接经济效益为3286570.3元。

#### 结束语

本次鄂钢2号TRT扩容改造后，发电量有明显的提升，经济效益明显，高炉减压阀组也可以处于全关状态，能量得到节约，设备也进行了更新，设备故障率降低，可以长周期高效运行。

#### 参考文献

[1]马志.提高TRT发电量技术探索[J].冶金动力,2021(5):21-23,26.

[2]曾军.提高TRT机组发电量的措施[J].建材发展导向

(上),2019,17(10):129.

[3]魏东.提高TRT机组发电量的措施[J].河北冶金,2019(5):77-80.

[4]吴新平.提高高炉TRT发电量的实践应用[J].科技视界,2012(23):331-332.

[5]杜庆平,孔菊,王站.提高高炉干式TRT发电量的创新与实践[J].节能与环保,2010(3):43-45.

[6]谭芳.高炉TRT发电机检修实践[J].南方金属,2022(6):41-43.

[7]周吉华,王俊怡,段斌修.高炉TRT透平发电机组振动故障诊断与处理[J].冶金设备管理与维修,2021,39(3):12-15.