

# 化工行业蒸汽余热余压回收利用的 节能改造

江姗姗\*

(广州能源检测研究院, 广东 广州 511447)

**摘要:**研究了化工行业蒸汽余热余压回收利用技术改造的节能效果,结果表明,提高蒸汽压力达到 1.32 MPa 时,发电效率提高 25% 左右,机组总的发电效率达到机组的设计目标。每年可节约 406.91 万 kWh 电量,可节约 1 281.78 t 标准煤,具有良好的节能效果。

**关键词:**化工行业;蒸汽余热余压;节能改造;发电量;节能量

**中图分类号:**S210.4

**文献标志码:**A

**文章编号:**0253-4320(2018)05-0191-03

**DOI:**10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2018.05.043

## Recovery and utilization of residual heat and pressure of steam in chemical industry

JIANG Shan-shan\*

(Guangzhou Institute of Energy Testing, Guangzhou 511447, China)

**Abstract:** This paper studies the energy saving effect of the technical transformation for recovery and utilization of residual heat and pressure of steam in the chemical industry. The results show that the power generation efficiency increases about 25% when the steam pressure is increased to 1.32 MPa, representing that the total power generation efficiency of the power unit reaches the design goal. This technology can save 4.069 1 million kWh of electricity per year, corresponding to 1 281.78 tons of standard coal, which shows a good energy saving effect.

**Key words:** chemical industry; residual heat and pressure of steam; transformation for energy saving; power generation; energy saved

能源利用效率低已成为我国能源供需紧张的重要原因之一。我国每吨标准煤的产出效率仅相当于日本的 10.3%、美国的 28.6%。在工业用能中,有 60%~65% 的能源转化成为余热资源,若对其合理利用可大幅提高能源利用效率。目前美国是余热利用最多的国家,利用率达 60%,欧洲的利用率是 50%,我国只有 30%。所以,我国在余热余能利用领域仍有很大的发展空间<sup>[1]</sup>。蒸汽作为热源,广泛应用于能源、石油、化工、轻纺、发电厂等工业领域中<sup>[2]</sup>。为了有效利用工质的做功能力,避免高品质能源的浪费,将一次蒸汽先通入背压式汽轮机发电,再将排汽供工艺设备使用,即余压发电。余压发电可使热能得到充分利用,提高能源利用率,是一项有效的节能措施。

我国目前较多热电厂为了保证蒸汽系统的有效运行,通过减温减压器使上一级高品位蒸汽转化为低参数蒸汽,以满足对不同参数需求的工业用汽<sup>[3]</sup>。温小萍等<sup>[4]</sup>研究余热余压利用现状和现有技术,并结合水泥厂和炭素厂现场实例,提出了余热

余压利用的实用性途径。雷慧杰等<sup>[5]</sup>论述了棒材加热炉利用蒸汽余热发电的必要性,分析了加热炉余热发电热力循环系统的运行方式,设计了螺杆膨胀发电机组电气控制系统。实际应用表明,加热炉蒸汽余热发电技术提高了热能利用效率,利于环境保护,具有较高的经济和环境效益。张健等<sup>[6]</sup>介绍了某热电厂将高品质蒸汽直接通过减温减压器,降低参数后用以提供低温低压工业用汽。对其进行改造,提出用背压式汽轮机来代替减温减压器的改造方案,可以有效利用高品位热能进行发电,然后用背压机排汽供工业用汽,达到节能降耗的目的。

目前,国内关于蒸汽余热余压回收应用的研究主要集中在电力行业,其他行业的研究较少。本文中结合化工行业现场实例,通过理论计算和实际改造,分析蒸汽余热余压回收利用的节能改造的节能潜力。

## 1 节能技术措施

### 1.1 技术原理或工艺特点

广东省某化工厂工艺所需蒸汽通过外购获得,

收稿日期:2017-10-27

基金项目:广东省低碳发展专项资金项目(2017-39000-42060292)

作者简介:江姗姗(1983-),女,硕士,工程师,从事能源低碳检测、评估及审计项目服务,通讯联系人,jiangshanshan22@163.com。

外购蒸汽的进汽压力在 1.32 MPa(表压)左右,生产工艺需要的蒸汽为 0.4 MPa(表压)左右,因此通过气动调节阀将 1.32 MPa 左右高压蒸汽降到 0.4 MPa 左右,明显降低了蒸汽的品质,存在较大的能量损失。蒸汽具体参数如表 1。

表 1 蒸汽参数

蒸汽源	进汽 温度/°C	进汽 压力/MPa	排汽 温度/°C	进汽 压力/MPa	流量/ (t·h <sup>-1</sup> )	时长/ (h·a <sup>-1</sup> )
外购	250	1.32	170	0.4	50	8000

蒸汽温度随时间的变化有一定的波动,进气和排气的平均温度差在 80°C 左右,压力差约为 0.92 MPa,蒸汽流量为 50 t/h 的时间为每月 23 天,蒸汽流量为 32 t/h 的时间为每月 7 天。目前蒸汽均通过调压阀实现蒸汽压力的调节,由于在调节过程中,蒸汽的温度和压力明显下降,蒸汽做功能力有明显的损失,因此,将在该过程损失的做功能力进行发电,是对蒸汽有效利用的一种重要方式。

本项目将蒸汽从原调压阀前引出进动力机做功,驱动发电机发电,排汽经管网供给后续工艺使用,当动力机需检修或紧急停机时,动力机快关阀立即关闭,蒸汽经原减压阀供给后续工艺,不影响后续工艺正常生产。具体工艺如图 1。

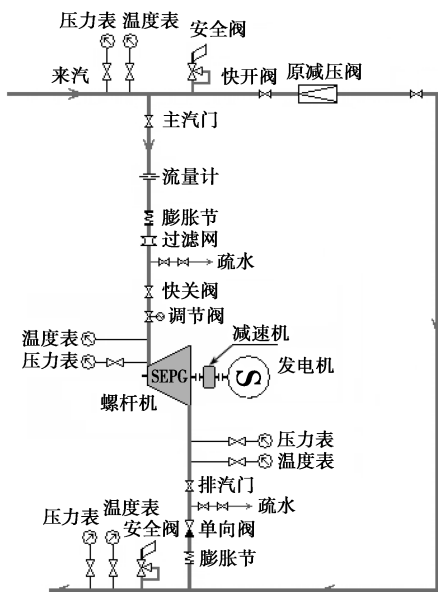


图 1 项目工艺图

根据工艺流程图可知,在原有蒸汽减压阀之前开一个旁路,蒸汽接入背压式汽轮机,利用蒸汽压差发电后,蒸汽压力降到生产工艺所需的压力,并入原有蒸汽管网。如果机组需要检修,可以迅速切换到

原有带减压阀的蒸汽管道,经减压后供工艺使用。因此本工艺简单可靠。

本项目建设内容为蒸汽管网改造、汽轮机发电机组、并网系统、辅助系统以及土建安装工程。项目边界如图 2 所示。

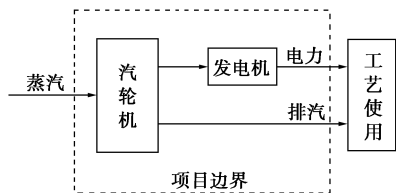


图 2 项目边界图

### 1.2 技术指标

考虑到蒸汽系统是公司重要的公用工程,蒸汽稳定供应关系到全厂生产的稳定运行,因此,本项目的运行策略是逐步提高蒸汽流量和参数,以确保蒸汽供应的稳定和工程运行的稳定。蒸汽量供应:并 1 条生产线—并 2 条生产线—并 3 条生产线—全部蒸汽并入。蒸汽参数供应:1.0 MPa 蒸汽—1.42 MPa 蒸汽。最终达到设计的蒸汽供应量和蒸汽供应参数,达到机组的额定功率。基于此运行策略,项目改造后运行情况如表 2。

表 2 蒸汽运行情况

蒸汽流量/(t·h <sup>-1</sup> )	14	28	42
发电功率/kW	446	912	1525

达到稳定后,全部蒸汽并入可提高 16.7% 的发电量,因此,机组在 1.0 MPa 蒸汽供应的情形下发电功率达到 1 779.17 kW。提高蒸汽压力达到 1.32 MPa 时,发电效率提高 25% 左右,机组总的发电效率达到 2 223.96 kW,达到机组的设计目标。

### 1.3 改造后设备图

项目重点用能工艺设备为汽轮机发电机组及蒸汽管道,具体设备见图 3、图 4。



图 3 汽轮机发电机组



图4 蒸汽管道

## 2 实际年节能量

### 2.1 确定方法选用

项目改造实施时间为2015年11月—2016年7月,项目的改造不影响设备的用能结构。企业主要消耗的能源种类为热力、电力和其他石油制品,产品为热塑性丁苯橡胶。企业现有3条生产线,全部蒸汽并入工艺使用;根据企业提供的2015年、2016年1—11月能源统计报表中的能源消耗量和产品产量均由现有3条生产线消耗和生产,具体见表3。

表3 能源数据统计表

时间	综合能源 消费量/tce	产品 产量/t	单位产品综合 能耗/(tce·t <sup>-1</sup> )
2015年	93813.13	171617.72	0.5466
2016年1月—11月	94582.38	178177.39	0.5308

由表3可知项目实施前后单位产品综合能耗逐年下降,其中2016年1月—11月单位产品综合能耗比2015年度单位产品综合能耗下降2.89%。

项目改造后节能量核定根据企业的日常统计数据来计算项目改造前后的蒸汽用量和项目改造后的发电量<sup>[7-10]</sup>。企业2015年1月—11月蒸汽用量为 $1.261\ 573 \times 10^{15}$  J,企业2016年1月—11月蒸汽用量为 $1.364\ 596 \times 10^{15}$  J。企业2016年8月开始统计发电量,因此计算时采用2016年8月—12月的数据,剔除系统调试及设备维修的时段。

### 2.2 节能量确定

根据生产统计报表中发电量统计表,2016年8月—12月期间剔除系统调试及设备维修的时段,稳定发电时间为63 d,发电量为1 934 590 kWh,平均每天发电量为30 707.78 kWh,设备运行时间为每天24 h,则发电功率为1 279.49 kW。

截至2017年1月16日,根据《中电经纬研究报告》最新版本“2016年1—11月各省份火电装机和利用小时数排名情况”得到广东省2016年1—11月火电利用小时数为3 153 h,折算成广东省2016年

火电利用小时数为3 440 h。

$$\text{项目年发电量} = \text{发电功率} \times$$

$$\text{广东省2016年火电利用小时数} = 4\ 401\ 446\ \text{kWh}$$

由于2015年、2016年产品产量的变化而影响蒸汽消耗量的变化,根据数据的可溯源性,蒸汽属于外部结算的能源物质,因此选用蒸汽用量计算出影响系数。

$$\text{影响系数} = \frac{\text{2015年1—11月蒸汽用量}}{\text{2016年1—11月蒸汽用量}} = 0.924\ 5$$

$$\text{项目年节电量} = \text{影响系数} \times \text{年发电量} = 406.91\ \text{万 kWh}$$

$$\text{电力折标系数为} 3.15\ \text{tce/万 kWh}。$$

$$\text{项目年节能量} =$$

$$406.91\ \text{万 kWh} \times 3.15\ \text{tce/万 kWh} = 1\ 281.78\ \text{tce}$$

## 3 结论

项目通过回收利用高压蒸汽系统的能量用于发电,在保证后续蒸汽参数的情况下确保能量的高效合理利用;建设内容为蒸汽管网改造、汽轮机发电机组、并网系统、辅助系统以及土建安装工程。系统达到稳定后,全部蒸汽并入可提高16.7%的发电量,因此,机组在1.0 MPa蒸汽供应的情形下发电功率达到1 779.17 kW。提高蒸汽压力达到1.32 MPa时,发电效率提高25%左右,机组总的发电功率达到2 223.96 kW,达到机组的设计目标。通过论证,蒸汽余热余压回收利用工程每年可节约406.91万 kWh电量,可节约1 281.78 t标准煤,具有巨大的社会效益和企业收益。

### 参考文献

- [1] 崔鹤松.基于小型发电设备开展余热废气利用的技术分析[J].电器工业,2014(3):68-70.
- [2] 刘洋.浅谈蒸汽冷凝水回收利用[J].科学观察,2013,(6):76-77.
- [3] 王卓峰.工业汽轮机的经济出力分界点[J].化工学报,2012,63(11):3579-3584.
- [4] 温小萍,张素梅.余热余压利用在企业节能减排中的应用[J].中小企业管理与科技,2008,(9):133-133.
- [5] 雷慧杰,张艳伟.蒸汽余热发电技术在棒材加热炉上的应用[J].安阳工学院学报,2015,14(4):10-12.
- [6] 张健,赵翠莲,张桂英,等.高品位热能利用汽轮机选型及节能效应[J].能源研究与管理,2016,(4):121-124.
- [7] GB 17167—2006.用能单位能源计量器具配备和管理通则[S].北京:中国标准出版社,2006.
- [8] GB/T 2589—2008.综合能耗计算通则[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [9] 国家发展改革委,财政部.发改环资[2008]704号—节能项目节能量审核指南[Z].
- [10] GB/T 15316—2009.节能监测技术通则[S].北京:中国标准出版社,2009.■