

热 电

低压饱和蒸汽发电技术在冶金企业的应用

周玉磊

(北京首钢国际工程技术有限公司,北京 100043)

【摘 要】通过首钢迁钢低压饱和蒸汽发电工程的介绍,探讨了在冶金企业中对余热蒸汽利用的有效方式和所能达到的良好的经济效益。

【关键词】低压; 饱和蒸汽; 发电

【中图分类号】TM61

【文献标识码】B

【文章编号】1006-6764(2009)01-0032-03

Application of Low-pressure Saturated Steam Generation Technology in Metallurgic Enterprises

ZHOU Yu-lei

(Beijing Shougang International Engineering Technology Co., Ltd., Beijing 100043)

【Abstract】The low-pressure saturated steam generation engineering of Shougang Qian'an Iron & Steel Co was presented. Effective modes of utilizing residual steam of metallurgic enterprises and better economic benefit were discussed.

【Key words】low-pressure; saturated steam; generation

1 概述

在钢铁厂中,蒸汽主要用于工艺过程的加热、伴热、保温以及煤气管道的吹扫等。随着我国对节能减排的重视,以及《中华人民共和国节约能源法》的实施,各行各业对余热余能的利用也越来越高。钢铁行业是耗能的大户,其生产过程中将产生大量的余热。因此各企业都在积极落实余热利用问题。在蒸汽回收方面,就有很多具体的节能措施,比如干熄焦余热锅炉、转炉汽化冷却、烧结环冷机余热锅炉、轧钢加热炉汽化冷却等等。

由于各工艺过程回收的蒸汽不断增加,利用余热所回收的蒸汽不但能满足正常情况下的使用,有时还会出现放散现象,这在南方的钢厂及北方钢厂的采暖季节尤其明显。这不但造成了能源(包括热能及水)的极大浪费,同时对环境也造成了一定的污染。因此,如何充分利用这部分蒸汽日渐成为当前各冶金企业需要解决的问题之一。

由于钢铁厂所回收的蒸汽多为 0.8~1.27 MPa 的饱和蒸汽,可以有多种利用方式。比如采用蒸汽泵代替电动泵、采用低压蒸汽螺杆发电技术、低压饱和蒸汽汽轮发电技术等。各种方式在使用中存在着投资、规模、效率、安全性、灵活性等各方面的差别。

综合各种因素后,首钢迁安钢铁厂采用了饱和蒸汽汽轮发电的技术,下面对其进行简要的介绍。

2 首钢迁钢余热蒸汽现状

首钢迁安钢铁厂全厂余热回收的主要设施有:干熄焦(CDQ)余热锅炉、烧结余热锅炉、转炉汽化冷却装置、2160mm 热轧加热炉汽化冷却装置等。

其中 CDQ 的余热锅炉所产蒸汽为高温高压蒸汽,配置了抽凝式汽轮发电机组,所抽蒸汽用于焦化全厂工艺及公辅系统用汽,使蒸汽得以有效利用。而其余的余热设施所产蒸汽均为 1.0 MPa 的饱和蒸汽,总量约为 210 t/h。而钢厂总的平均耗汽量如下:春秋季 130 t/h、夏季 143 t/h,冬季 238 t/h。在冬季用汽不足时,可由钢厂的自备电站抽汽进行补充,但夏季富裕 67 t/h,春秋季富裕 80 t/h,只能进行放散。为了回收这部份能源,决定新建一座饱和蒸汽发电站,内设发电量为 6 MW 的纯凝发电机组 2 台,及配套辅机设备。

3 技术方案的选择及特点

由于钢铁厂余热所产蒸汽多为饱和蒸汽,其不同于过热蒸汽。目前利于这种低压饱和蒸汽发电的技术有几种。一种是采用螺杆膨胀动力机技术,其基本构造是由一对螺旋转子和机壳组成的动力机。

工作原理是流体进入螺杆齿槽,压力推动螺杆转动,齿槽容积增加,流体降压膨胀做功,实现能量转换。既可以用于发电,也可以用于驱动泵、压缩机、风机等,是近几年新研制的新技术,其特点如下:

(1)适用热源广泛:同时适合过热蒸汽、饱和蒸汽、汽水混合物、热水、易结垢污染热源、石化热工质等;

(2)热源参数波动:允许热源的压力、流量、温度有较大的波动,机组能安全平稳运行;

(3)操作简单:机组运行可以不暖机车、不盘车、不飞车;长期无大修、维修简单;设备不易损坏,可手动和自动操作,不会出现安全事故;

(4)安装投运方便:机组占地小,基础简单、现场安装方便,可以整机快装、移动,通用性强。

螺杆膨胀动力机的主要技术参数指标如下:

(1)机组承压: $< 3.5 \text{ MPa}$;

(2)介质温度: $< 300 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

(3)进出口膨胀压差: $< 1.0 \text{ MPa}$;

(4)热水热液温度: $> 145 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

(5)内效率:75%~80%;

(6)额定转速:1 500~3 000 r/min;

(7)单机输出功率:100~1 500 kW;

(8)润滑油要求:根据环境选择 N42、N68 汽轮机油;

(9)冷却水:水量 $< 4 \text{ t/h}$;水温 $< 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$;水压 $> 0.05 \text{ MPa}$ 。

总之,螺杆膨胀动力机能够简单、方便地回收部份余热,但由于受其结构所限,也有一些不足之处。

首先,螺杆膨胀动力机是利用流体的压差来做功,其最大压差不超过 1.0 MPa ,如果入口压力较高,必将剩余较高的背压不能充分利用,而不能解决多余蒸汽问题,只是降低了蒸汽的压力。其次,由于采用的是螺杆,螺杆直径无法制作太大,因此单机功率较小,如果蒸汽量较多,所建机组数量太多。另外,与汽轮发电机相比,其转换效率还是较低。

因此,根据首钢迁钢饱和蒸汽的特点,决定采用汽轮机发电技术。但常规的汽轮发电机组的进汽均为过热蒸汽,为防止蒸汽带水对汽轮机叶片造成损坏,需采取一些措施。如在进汽口前增设旋流式带蒸汽过滤网汽水分离器,通流部份各压力级前设置疏水槽沟,末三级隔板设置除湿疏水环形槽,末一、二级叶片等进汽边硬化处理。

4 主要设计内容

4.1 发电站机组选型

根据低压饱和蒸汽富裕量,最终选用了杭州中能汽轮动力有限公司2台6.5 MW凝汽式汽轮发电机组。发电站在非采暖期运行,可根据全厂蒸汽富裕情况来确定机组运行台数及负荷,采暖期进行设备的检修。所回收的凝结水全部送入厂区凝结水管网,作为各余热利用设施的补水,实现能源的完全回收利用。

4.2 汽轮发电机组的主要配置及技术参数

(1)汽轮机型式:单缸、冲动、凝汽式汽轮发电机
型号:N6.5-1.0

额定工况参数如下:

进汽压力: $1.0 \pm 0.2 \text{ MPa (A)}$

进汽温度:饱和温度

排汽压力: 0.01 MPa (A)

进汽流量:45 t/h

循环水温度: $33 \text{ }^{\circ}\text{C}$

冷却水清洁系数:0.8

汽耗:6.928 kg/kW.h

热耗:17 957 kJ/kW.h

循环水量:3 400 t/h

发电机功率:6 495 kW

(2)发电机:2台

型号:QF-W6-2

有功功率:6 MW

定子电压:10.5 kV

额定转速:3 000 r/min

频率:50 Hz

功率因素:0.8(滞后)

相数:3

绝缘等级:F

励磁方式:无刷励磁

冷却方式:空气冷却

4.3 调节系统

采用美国WOODWARD公司505数字式电液调速器+引进西门子技术制造的液压执行系统,并能实现蒸汽压力前压调节,调节油系统有滤油器。根据进汽过程,由前压系统输出电信号通过“505”对汽轮机进汽阀进行调节,从而控制汽轮机的进汽流量,保证进汽压力范围的稳定。

4.4 主要热力系统

发电站为纯凝式发电厂。主蒸汽管道、凝结水管道采用母管制系统。

每套机组凝结水系统机组各设二台100 %容量的凝结水泵,凝结水经

(下转第36页)

将改造前、后掺烧或不掺烧煤气时的运行工况进行相比,主要经济指标都在受控范围内。综合分析,无论是从实际运行情况,还是指标,改造是成功的。

5 经济效益

5.1 节煤效益

机组全年按 300 天运行、煤气掺烧 30%按 200 天计算,全年掺烧煤气节省原煤费用:原煤价 \times 节煤量/小时 \times 每天 \times 全年

即: $450 \times (64.52 - 47.36) \times 24 \times 200 = 3\ 706.66$ 万元

全年掺烧煤气费用:

煤气价格 \times (高、焦炉煤气量/小时) \times 每天 \times 全年 \times 热值

即: $7 \times (130 + 5) \times 24 \times 200 \times 3.7 = 1\ 678.32$ 万元

全年节省原煤费用:

$3\ 706.66 - 1\ 678.32 = 2\ 028.34$ 万元

5.2 节油效益

由于 135 MW 机组汽机振动等原因,开机和停机时间较长,每年按机组起停各一次、耗油量按 40 t/h 计算,即 0.45 万元 $\times 40 = 18$ 万元

5.3 节约厂用电效益

投用 30%高炉煤气时,制粉系统磨煤机少运行一台,节省厂用电费用:

电价 $\times 1.732 \times$ 电流 \times 额定电压 \times 功率因数
即: $0.3 \times 1.732 \times 22 \times 10\ 000 \times 0.859.72$ 万元

以上三项共节约资金:

$2\ 028.34 + 18 + 9.72 = 2\ 056.06$ 万元。

此外:增烧高炉煤气后,通过减少高炉煤气放散,同时具有较好的环保效益和社会效益。

收稿日期:2008-09-18

作者简介:顾厚淳(1971-),男,大学本科,工程师,现从事热力系统生产运行管理工作。

(上接第 33 页) 凝结水泵送至厂区凝结水管网,最终作为各余热设施的补水。

汽轮机凝汽器、油冷却器、发电机空气冷却器及各辅机的轴封冷却水由循环冷却水系统提供。为保证电站安全,在发电站室外设有地下事故排油箱。

4.5 汽机主厂房布置

汽轮发电机组采用纵向布置,以利于底层采光和通风及维护检修方便。

汽机间跨度 18 m,长度 54 m,柱距 6 m,操作层标高 7.00 m,汽机操作室及配电室布置在电站偏跨的辅助间内;底层布置汽轮机辅助设备:凝结水泵、胶球清洗装置等。汽机间内设有电动双梁桥式起重(20 t/5 t,跨距 13.5 m,轻级工作制)一台,供设备检修用,吊车轨顶标高 14.5 m。

5 经济效益分析

由于迁钢饱和蒸汽发电在非采暖季运行,其年

运行小时数按 5 000 h 考虑。汽机的负荷受富裕蒸汽量的影响,蒸汽量平均按 64 t/h 计算,汽机平均负荷按 70%,则年回收蒸汽 32 万 t,年发电 4 550 万 kWh。如果电价按 0.45 元/kWh 计算,则每年可节约电费约 2 000 万元,工程总投资约 4 000 万元,两年则可回收全部成本。此外,每年回收的蒸汽可折约 4 万吨标煤,年减少 CO₂ 排放约 8 万 t,经济效益和环保效益十分可观,是非常值得推广的技术。

6 结论

为了充分利用能源,应根据不同的蒸汽特点,选择相适应的技术方案及设施,才能使能源得到最合理的利用。首钢迁安钢铁厂采用的饱和蒸汽发电技术,具有很好的经济及环保效益。

收稿日期:2008-07-30

作者简介:周玉磊(1970-),男,大学本科,高级工程师,现从事热能动力技术工作。