

热电厂热源侧一次网水系统环并研究

许冰, 宋宏飞
(丹东金山热电有限公司, 辽宁 丹东 118000)

摘 要:某热电厂热网一、二期一次网水系统独立运行,热网一、二期回水管路设有联络阀门,供水管路也在多处设有联络门。为实现热网一、二期 9 台热网循环泵互相备用,解决热网二期单台热网加热器超流量运行问题,最大限度发挥热泵与电蓄热装置的性能优势,进行了一、二期一次网水系统环并运行试验。试验数据分析结果显示,有效提高了供热的可靠性、灵活性与经济性。

关键词:热电厂;热网;一次网水系统;环并;热泵;电蓄热装置;热网循环泵

中图分类号:TM 621.4 **文献标志码:**B **文章编号:**1674-1951(2017)06-0047-04

0 引言

某热电厂位于辽东半岛经济开放区东南部鸭绿江与黄海的汇合处,市区地理坐标为东经 124°23′,北纬 40°7′。冬季供暖期 151 d,冬季虽长,但寒冷天气较短,11 月与 3 月平均气温为 -1 ~ 8 ℃,最冷 1 月平均气温为 -12 ~ -3 ℃。热网工程一期老城区供热挂网面积达 1 500 万 m²,实供 1 140 万 m²,二期新城区供热挂网面积达 450 万 m²,实供 165 万 m²,一、二期合计实供面积为 1 305 万 m²。

1 热源侧系统概况

1.1 装机概况

该热电厂装有 2 台 330 MW 亚临界、一次中间再热、单轴、三缸、双排汽、采暖抽汽、凝汽式机组,分别于 2012 年 9 月和 2012 年 12 月投产,并于 2012 年 11 月 1 日对外供热。机组平均采暖抽汽量为 550 t/h,采暖抽汽压力为 0.291 MPa,采暖抽汽温度为 203 ℃。热网首站配有 4 台换热面积为 2 800 m² 的卧式高效汽水热交换器,供热能力为 836.5 MW,设计最大供热面积为 1 780 万 m²。

1.2 热泵概况

为适应城市发展的需要,保证国家节能减排目标顺利达成,该热电厂于 2015 年 8 月新增了 6 台 52.34 MW 吸收式溴化锂热泵来回收机组循环水余热对热网水进行加热,并于 2015 年 11 月 8 日投运。6 台热泵回收机组循环水余热 130 MW,热泵总制热量为 314 MW。经华电电力科学研究院性能考核试验后确认:投运热泵时发电煤耗为 223.70 g/(kW·h),供电煤耗为 248.70 g/(kW·h);不投运热泵时发电煤耗为 246.43

g/(kW·h),供电煤耗为 273.41 g/(kW·h)。通过对比发现,投运热泵后发电煤耗下降 22.73 g/(kW·h),供电煤耗下降 24.71 g/(kW·h),机组经济性明显提高。

1.3 电蓄热装置概况

为加快新能源技术创新,挖掘燃煤机组调峰潜力,全面提高系统调峰和新能源消纳能力,实现热电解耦并提升机组运行灵活性,该热电厂于 2016 年 10 月 20 日开工新建 260 MW 固体电蓄热装置,用于冬季供暖期电厂深度调峰,并于 2017 年 2 月 28 日完成固体电蓄热装置充电试运行。固体电蓄热装置蓄热能力为 260 MW,供热能力为 72 MW,可增加供热面积约 153 万 m²。在电网低谷调峰时段或风力发电的弃风电时段,电网为电蓄热装置供电,电蓄热装置将电能转换为热能供热网水加热。

1.4 供热系统运行方式

该热电厂供热系统设计为热源侧和热网侧。热源侧由供热机组可调节抽汽通过热网首站热网换热器加热热网水,即一次网热水供给热网侧。热网侧则由城区内各个换热站组成,来自一次网的高温水经各换热站内的板式换热器将二次网的水加热后供到各热用户^[1]。根据供热市场形势变化、城市规划调整以及电力市场热电解耦的现实需求情况,该热电厂又安装了热泵和电蓄热装置。由于城区为狭长布局,新、老城区位于热电厂两侧,老城区为规划设计供暖区域,新城区为调整增加的供暖区域,故分别被称为一期和二期热网。热网一、二期一次网水系统分别采用母管式布置方式^[2]。热网一期一次网水系统总循环水量设计为 10 000 t/h,布置 5 台热网循环泵, #1 机组侧安装 3 台, #2 机组侧安装 2 台。分别从 2 台机组厂用 6 kV 母线接引,其中 1A 热网循环泵从 6 kV I A 段接引,1B,1C 热网循环泵从 6 kV

I B 段接引,2A 热网循环泵从 6 kV II A 段接引,2B 热网循环泵从 6 kV II B 段接引,3 运 2 备,泵额定流量为 3 000 t/h,额定扬程为 135 m。热网二期布置 4 台热网循环泵,从热网二期 6 kV 母线接引,热网二期 6 kV A 段从 #1 机组厂用 6 kV I A 段接引,热网二期 6 kV B 段从 #2 机组厂用 6 kV II A 段接引,热网二期 6 kV A、B 段设有联络开关,其中 A、C 热网循环泵从二期 6 kV A 段接引,B、D 热网循环泵从二期 6 kV B 段接引,2 运 2 备,泵额定流量为 3 000 t/h,额定扬程为 135 m。热网一、二期采用除氧软化水定压补水,按系统循环水量的 1.0% 设计,定压值为 0.35 MPa。

正常运行情况下,热网一期运行 3 台热网换热器,即 #1 机组 #1、#2 热网换热器及 #2 机组 #1 热网换热器,当热网一期运行 3 台及以上热网循环泵时,3 台热网换热器均投入运行(热网换热器正常流量为 3 000 t/h,最大流量为 3 300 t/h);稳定运行时,供水流量需 8 600 t/h,供水压力需 1.06 MPa,回水流量为 8 500 t/h,回水压力为 0.32 MPa。热网二期运行 1 台热网换热器,即 #2 机组 #2 热网换热器,运行 2 台热网循环泵;稳定运行时,供水流量需 4 400 t/h,供水压力需 0.84 MPa,回水流量为 4 400 t/h,回水压力为 0.41 MPa。一期供、回水流量计存在误差,回水流量始终比供水流量低 180 ~ 200 t/h,二期供、回水流量偏差在允许范围内。现阶段一次网运行方式

为:热网一期回水先进入热泵加热后回到热网换热器进一步加热外供,热网二期回水先进入 #2 机组 #2 热网换热器加热后再进入电蓄热装置继续加热外供。热网一、二期一次网水系统各自独立运行,如图 1 所示。

2 热网环并试验

2.1 试验目的

供热期热网一期运行 3 台热网循环泵、3 台热网换热器,一次网水流量为 9 000 t/h 左右;热网二期运行 2 台热网循环泵、1 台热网换热器(#2 机组 #2 热网换热器),一次网水流量为 4 700 t/h 左右,热网二期热网换热器超流量运行。该热电厂希望通过此次在线试验实现一、二期 9 台热网循环泵互相备用,解决热网二期单台热网加热器超流量运行问题,最大限度发挥热泵与电蓄热装置的性能优势,提高供热的安全性、可靠性、灵活性与经济性。试验期间工况变化较为频繁,会对热网系统产生影响,事先应与供热调度协调好。

2.2 试验过程

此次试验过程中一期流量通过调节一期热网循环泵液力偶合器开度进行变速调节,二期流量采用二期热网循环泵出口门节流方式进行调节。降低一期热网循环泵出力,调整热网一、二期回水压力平衡,开启热网一、二期回水联络一次门,缓慢开启热

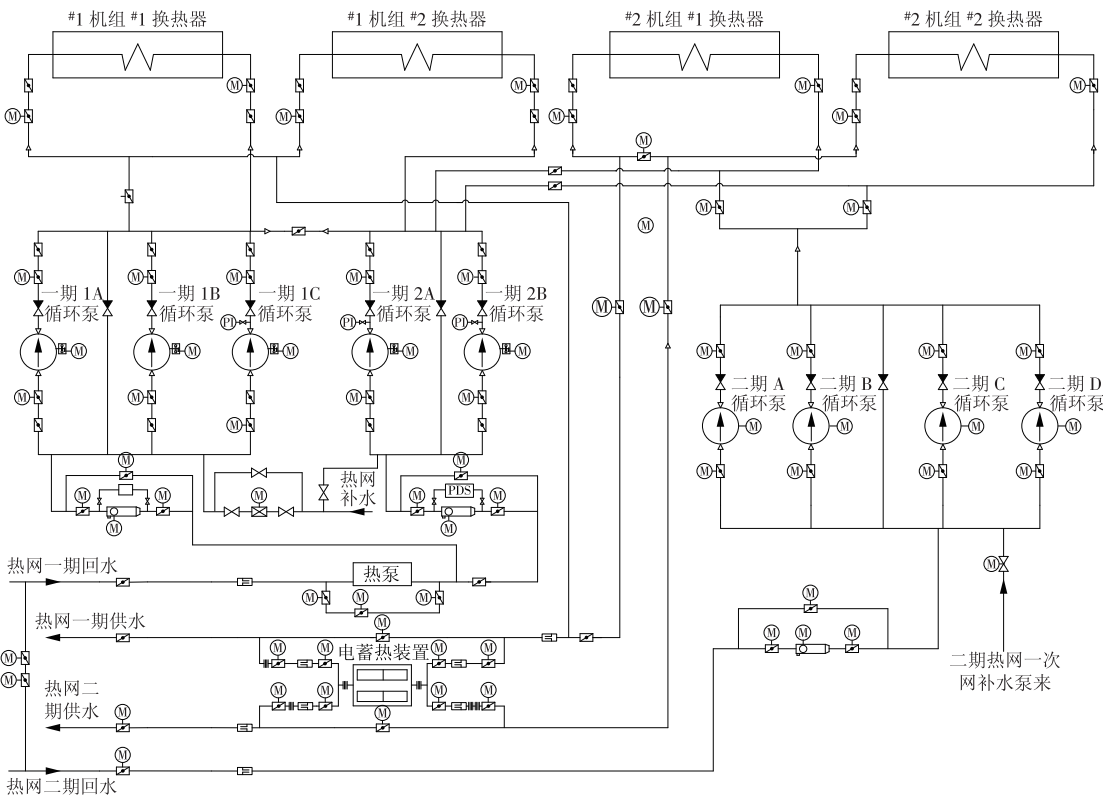


图 1 热网一、二期热源侧一次网系统

网一、二期回水联络二次门,此时热网一、二期回水开始混合。逐渐开启一期热网循环泵出口至 #2 机组 #2 热网换热器入口手动门,开启此门过程中由于热网一期供水压力略大于热网二期供水压力,热网一期供水压力和流量下降,热网二期的供水压力和流量上涨,一、二期供水开始在 #2 机组 #2 热网换热器入口第 1 次混合。逐渐开启热网二期热网循环泵出口至 #2 机组 #1 热网换热器入口电动蝶阀,一、二期供水在 #2 机组 #1 热网换热器入口第 2 次混合。逐渐开启 #2 机组 #1, #2 热网换热器出口联络电动蝶阀,此时热网一期供水通过此蝶阀流向热网二期,热网一期供水压力和流量下降,热网二期供水压力和流量上涨,一、二期热网水压力与温度平衡。环并过程试验数据见表 1。

逐渐关小 #2 机组换热器出口至二期供水电动

蝶阀,限制热网水通向二期的流量后一期流量增加。通过试验数据发现,一期流量增加、二期流量减小,一期压力增加、二期压力减小,一期与二期热网水充分混合。流量调节过程试验数据见表 2。逐渐开启热网一期供、回水至电蓄热装置一、二次门,通过一期至电蓄热装置旁路门调整供水压力平衡,此时热网一期与热网二期彻底环并,试验结束。

2.3 数据分析

试验前,当热网一期与二期独立运行时,所需循环水总流量为一期供水量 8 660 t/h 与二期供水量 4 434 t/h 的总和,即 13 094 t/h,回水总流量为一期 8 479 t/h 和二期 4 463 t/h 的总和,合计 12 942 t/h;经过环并调整前一、二期供水流量分别为 8 112 t/h 和 4 199 t/h,回水流量分别为 8 118 t/h 和 3 937 t/h,即供水总流量为 12 311 t/h,回水总流量为 12 055 t/h。

表 1 环并过程试验数据

项目			未调整前	开回水 联络门		开一期至 #2 机 组 #2 换热器入 口门		开二期至 #2 机 组 #1 换热器入 口门		开 #2 机组 #1, #2 换热器出口 联络门	
				前	后	前	后	前	后	前	后
一期	供水	压力/MPa	1.06	0.87	0.94	0.91	0.84	0.84	0.86	0.86	0.84
		流量/(t·h ⁻¹)	8660	7264	7686	7543	7106	7106	7144	7185	7030
		温度/℃	52.3	54.3	55.5	55.3	56.1	56.1	56.1	52.2	51.8
		泵出口母管压力/MPa	1.07	0.88	0.96	0.93	0.85	0.85	0.87	0.87	0.86
	回水	压力/MPa	0.32	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.34	0.33	0.33
		流量/(t·h ⁻¹)	8479	7090	7599	7451	7092	7092	7344	7435	7399
温度/℃		36.0	36.0	37.7	37.6	37.9	37.9	38.2	38.3	38.5	
二期	供水	压力/MPa	0.74	0.75	0.73	0.73	0.76	0.76	0.78	0.78	0.81
		流量/(t·h ⁻¹)	4434	4457	4430	4444	4630	4630	4746	4738	4912
		温度/℃	51.5	51.0	52.0	52.0	51.4	51.4	52.9	52.4	51.9
		泵出口母管压力/MPa	0.84	0.82	0.87	0.87	0.91	0.91	0.94	0.94	0.93
	回水	压力/MPa	0.41	0.40	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
		流量/(t·h ⁻¹)	4463	4440	4467	4455	4385	4385	4339	4326	4297
		温度/℃	33.1	33.4	33.4	33.4	33.4	33.4	33.5	33.5	33.5

表 2 流量调节过程试验数据

项目		阀门开度/(°)						
		35	30	25	20	17	13	
一期	供水	压力/MPa	0.93	0.94	0.95	0.96	0.99	1.00
		流量/(t·h ⁻¹)	7 675	7 630	7 698	7 842	7 997	8 112
		温度/℃	51.2	51.9	51.8	51.9	52.3	52.4
		泵出口母管压力/MPa	0.97	0.98	0.98	1.00	1.00	1.00
	回水	压力/MPa	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
		流量/(t·h ⁻¹)	8 134	8 232	8 218	8 039	8 348	8 118
		温度/℃	37.1	37.3	39.0	39.1	39.2	39.6

续表

项目		阀门开度/(°)					
		35	30	25	20	17	13
供水	压力/MPa	0.85	0.82	0.78	0.76	0.74	0.72
	流量/(t·h ⁻¹)	5 145	4 979	4 777	4 485	4 427	4 199
	温度/℃	52.1	52.4	51.9	51.9	52.4	52.1
二期	泵出口母管压力/MPa	1.00	1.00	1.00	1.10	1.10	1.10
回水	压力/MPa	0.39	0.39	0.39	0.39	0.40	0.40
	流量/(t·h ⁻¹)	4 138	4 079	4 038	4 037	3 963	3 937
	温度/℃	33.3	33.3	33.4	33.4	33.4	33.4

因二期热网循环泵出口流量采用出口门节流调节,泵出口母管憋压,此次试验不能将试验工况调整到正常运行工况,供水总流量比正常值低 1 593 t/h,这种情况可以在二期热网循环泵变频调节投入运行后得到彻底解决。从一、二期回水流量看,一期回水流量明显增加,二期回水流量明显降低,说明部分(约 420 t/h)热网二期回水与一期回水同时流经热泵吸热,有效地利用了热泵,提高了经济性。

现有的 6×52.34 MW 溴化锂吸收式热泵整体对外制热量为 314 MW,在供热的初、末期按采暖供热指标 26 W/m² 考虑(实际可能更低),可供面积为 1 185 万 m²,不仅能满足一期热网供暖需求,还可以带二期部分供暖负荷。这样便可以充分发挥热泵的效用,提高其利用率和效率,供暖温度不足部分可由电蓄热装置补充。

3 结论

现有 6×52.34 MW 溴化锂吸收式热泵,在供热初、末期不仅能满足一期热网供暖需求,还可以带二期部分供暖负荷。环并后在供热初、末期可以仅通过高效节能的热泵带一期与二期热网运行,电蓄热装置作为一期或者二期热网温度调节的补充,热网换热器作为尖峰补偿,达到节能减排的效果。

因初设时热网一、二期供水系统管径设计流量均为 10 000 t/h,在保证系统不超压且水循环畅通的前提下,最大流量为 12 000 t/h,而正常供暖一、二期需要的总流量为 13 100~14 000 t/h,故需要热网一期和二期均有热网循环泵运行。为了保证一次网水

系统运行的可靠性,建议热网一期运行 3 台热网循环泵,热网二期运行 2 台热网循环泵。环并后热网一期 5 台热网循环泵与二期 4 台热网循环泵可以相互备用,增加了热网循环泵运行的灵活性与可靠性。

此次试验二期热网循环泵出口门调节流量过程中出现泵出口母管憋压的情况,不能将试验工况调整到正常运行工况,后续可通过增加二期热网循环泵变频控制来实现灵活调节。

试验过程中,热力系统中部分热工表计指示与实际值存在偏差,建议该电厂对热网系统的流量计、温度计等进行校验,不但有利于运行监视、调整供水参数,而且有利于供热量的统计、核算。

此次热网环并试验成功,使得一次网系统运行更加灵活可靠,对于供热调整和安全稳定经济运行具有指导意义。

参考文献:

[1]秦绪忠,江亿.多热源并网供热的水利优化调度研究[J].暖通空调,2001,31(1):11-16.
[2]秦冰.浅析惠天热电三部热网双热源联网供热技术[J].区域供热,2015(4):79-84.

(本文责编:刘芳)

作者简介:

许冰(1986—),男,辽宁丹东人,工程师,工学硕士,从事热电厂集控运行工作(E-mail:xb401576441@126.com)。
宋宏飞(1974—),男,辽宁铁岭人,助理工程师,从事热电厂燃料运行工作(E-mail:tlcshf@163.com)。

属氧化物避雷器电位与电场分布的计算[J].高压电器,2011,47(2):39-42.

(本文责编:刘炳锋)

作者简介:

张燕珂(1980—),女,河南洛阳人,工程师,工学硕士,从事电气自动化方向教学及研究工作(E-mail:zhangyanke139@163.com)。

(上接第 46 页)
[4]郭洁,何计谋,李晓峰.750 kV 金属氧化物避雷器电位分布研究[J].中国电力,2006,39(1):15-17.
[5]晋文杰,赵森,汤霖,等.新型 500 kV 金属氧化物避雷器电位分布研究[J].高压电器,2010,46(5):39-41,46.
[6]李国富,樊力.无间隙氧化锌避雷器电阻片电压分布的计算[J].电网技术,1998,22(7):31-34.
[7]陈德兴,张永记,晋文杰,等.紧凑运行方式下 220 kV 金