



移动扫码阅读

范常浩,梁娟娟.基于智慧城市的供热系统余热利用优化研究,2020,34(1):77-81.

FAN Changhao, LIANG Juanjuan. Optimization of waste heat utilization in a heating system based on smart cities [J]. Energy Environmental Protection, 2020, 34(1): 77-81.

基于智慧城市的供热系统余热利用优化研究

范常浩¹, 梁娟娟²

(1. 国电科学技术研究院有限公司, 江苏南京 210023; 2. 北京华源热力管网有限公司, 北京 100025)

摘要:针对某 300 MW 直接空冷发电机组进行了低真空循环水供热技术优化改造,省去中间换热站并且直接将热源加热的热网供水送至各用热区域。在供水管路上安装了增压水泵和节流阀,设置了温度、流量和压力测点。引入智慧城市物联网技术对整个供热系统进行全面感知,通过智能控制算法对供热管路上的水泵和节流阀进行快速精确控制。通过优化改造,提高了供热系统的一次换热效率,促使余热利用更加充分并实现节能降耗。

关键词:智慧城市;余热利用;物联网;节能降耗

中图分类号:X706

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2020)01-0077-05

Optimization of waste heat utilization in a heating system based on smart cities

FAN Changhao¹, LIANG Juanjuan²

(1. Guodian Science and Technology Research Institute Co., Ltd., Nanjing 210023, China;

2. Beijing Huayuan Heating Pipelining Co., Ltd., Beijing 100025, China)

Abstract: Low vacuum circulating water heating technology was applied to optimize a 300 MW direct air cooling unit, so the intermediate heat exchange station was eliminated and the hot water supply was sent directly to each heat use area. The booster pumps and throttle valves were installed on the water supply pipe and measurement points was set to detect the temperature, flow rate and pressure. The introduction of smart city and internet of things technology caused a comprehensive perception of the entire heating system. The water pumps and throttle valves on heating pipes were controlled rapidly and accurately through intelligent control algorithm. After the optimization, the primary heat exchange efficiency of the heating system was improved and waste heat was utilized more fully to save energy.

Key Words: Smart city; Surplus heat utilization; The Internet of things; Energy saving

0 引言

随着北方地区城市冬季供热需求的不断增加,使得热网对热源供热能力和供热量的要求也在不断提高。在当前不可再生能源存量日趋紧张的情况下,节能降耗,降低供热成本,提高经济效益成为供热机组当前面临的一项重要任务^[1-3]。同时,快速的城市化建设进程又加剧了集中供热的问题,城市需要在多层面实现可持续、智慧型发

展,以应对多方挑战。因此,深入研究智慧城市的供热机组余热利用尤为重要。汽轮机排汽中的热量靠循环水带到空冷岛进行散热,大量余热白白浪费,其中凝汽器的冷源损失最大,约占总热损失的60%^[4]。本文针对某300 MW直接空冷发电机组进行了低真空循环水供热技术优化改造,并引入智慧城市供热技术,更大程度提高了汽轮机的排汽余热利用效率和经济效益,在满足热网需求的前提下实现节能降耗。

收稿日期:2019-08-26

第一作者简介:范常浩(1991-),男,山西晋城人,工程师,主要从事火电厂节能降耗、自动控制优化等研究。E-mail:mr_fanch@163.com

1 电厂城市供热余热利用技术简述

直接空冷发电机组由于其适应背压范围广泛,最高允许运行背压可达 60 kPa,完全涵盖了

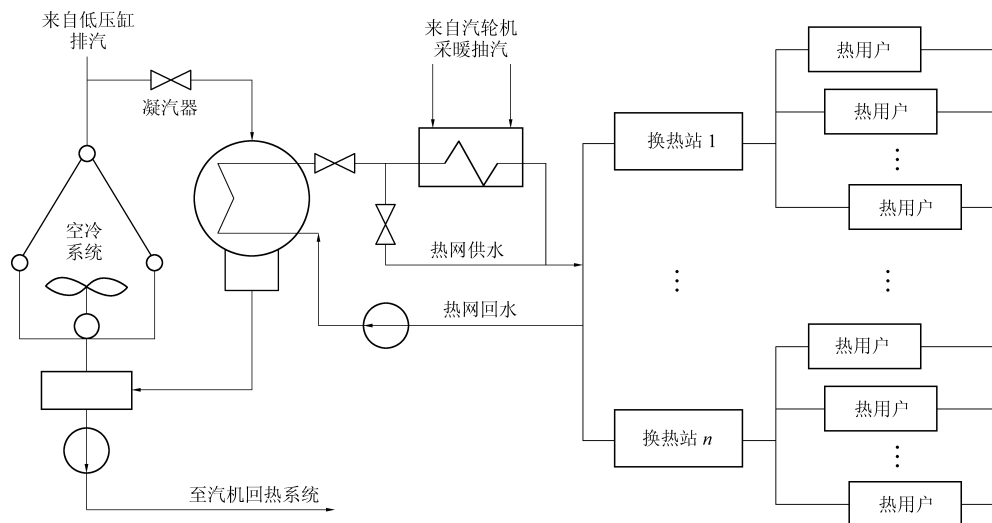


图1 直接空冷发电机组低真空供热系统

汽轮机低真空供热技术就是降低汽轮机凝汽器的真空度来提高汽轮机的排汽温度。在供热初期和末期,热用户所需的供热温度不高,一般供水温度不超过 70 ℃,此时通过汽轮机排出的乏汽对热网循环水进行加热到所需的供热温度,并送至热网完成对外供热。在深冬供热期,外界热负荷增加,所需的供热温度升高,单靠汽轮机排汽的加热温度无法满足热网需求,还须采用采暖抽汽对其进行二次加热,达到外界所需的供热温度,以满足供热要求。目前,采用该技术凝汽式汽轮机组的真空度最低约为 -0.05 MP,排汽温度一般为 80 ℃,该工况下循环水温度为 50~60 ℃,符合供热所需要的温度。在供暖期采用高背压运行的方式,并增设热网循环水管道切换系统。非供暖期将汽轮机低压转子及相应部件更换为纯凝转子,使汽轮机在原设计背压下运行。

2 智慧城市供热系统余热利用优化技术

智慧城市是以信息技术和人工智能应用相结合的城市发展模式,是城市信息化高级阶段的体现^[7]。智慧城市供热系统余热利用优化技术是将智慧城市技术与城市供热系统余热利用相结合,

低真空供热要求的运行背压^[5-6],因此,可以在汽轮机本体不动的情况下进行汽轮机高背压循环水供热。低真空循环水供热系统如图1所示。

实现现代化城市供热系统余热利用高效率、低能耗、智能化发展。但目前对于智慧城市供热系统余热利用方面研究较少,其实现方法和技术等尚未成熟,如何将智慧城市技术与城市供热系统余热利用进行完美融合,以实现智慧城市对城市整体供热系统的全面感知与智能化控制,是当下亟待解决的主要问题。

针对如何将智慧城市技术与城市供热系统余热利用技术相结合,本文提出通过互联网技术把智慧城市供热系统中的供回水温度、供回水压力、流量、室外和室内温度以及热用户各供水管道泵、压力计、流量计和温度表等智能化传感器和变送器连接起来,形成物联网,实现对整个城市供暖系统的全面感知,利用云计算、人工智能等技术对感知信息进行智能处理和分析,并发出指令,对供热系统各个分支上的管道泵及节流阀作出智能化的响应和决策,使城市供热系统变成真正拥有智慧的系统。

2.1 改造后供热方案技术简介

通过对机组及供热系统机理研究^[8-10],将传统供热机组余热利用的供热方式进行优化改造,改造后的供热系统如图2所示。

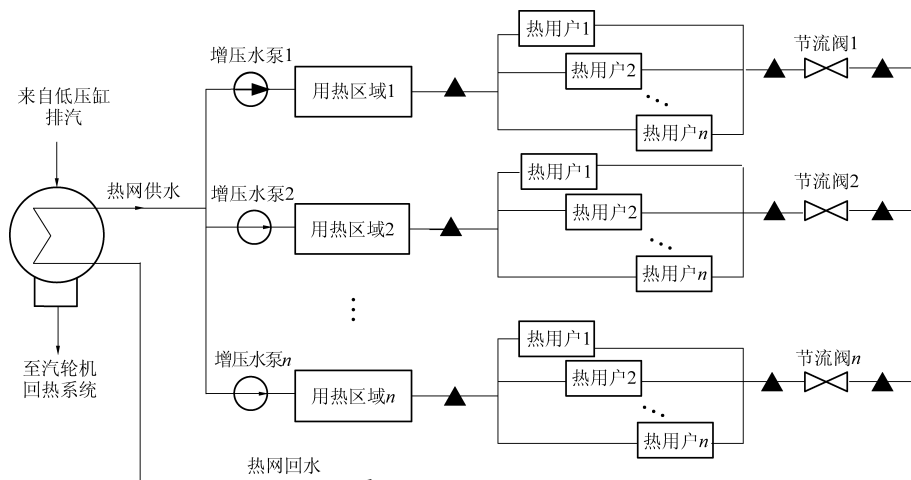


图2 改造后的供热方案

利用汽轮机排汽余热加热的热网水,不经中间各个换热站直接送往各个用热区域及各个热用户,以减少在换热站的热量损失,提高热效率。在各个用热区域和热用户的管路上均安装有智能增压水泵和节流阀,使得热网水能够安全可靠的送达。为了能够更精确地控制到达各个热用户的供热水的温度、流量和压力等,引入智慧城市物联网技术,将各个管道泵、管路上的压力、流量和温度等测点通过物联网送入监控管理中心,使得工作人员可以随时对整个供热系统进行实时监测和控制,做到更快速、更精确地控制,提高一次换热效率,使得余热利用更加充分。

2.2 供热系统智能控制研究

本次供热机组余热优化研究方案的主要创新点是将智慧城市物联网技术即新一代 IT 技术充分运用于汽轮机余热供热自控系统中,把各类智能感应器嵌入和装备到温度表、压力表、流量计、管道泵及节流阀等设备中,然后将“物联网”与现有的互联网相结合,实现智慧城市供热系统智能化控制,其系统结构如图3所示。在这个控制网络中,上位机设置能力超级强大的中心计算机群,实现对供热系统网络内的人员、机器和设备的实时管理与控制,在此基础上,操盘人们可以更加精准的管理供热系统的运行,达到“智慧”状态,提高余热利用率。

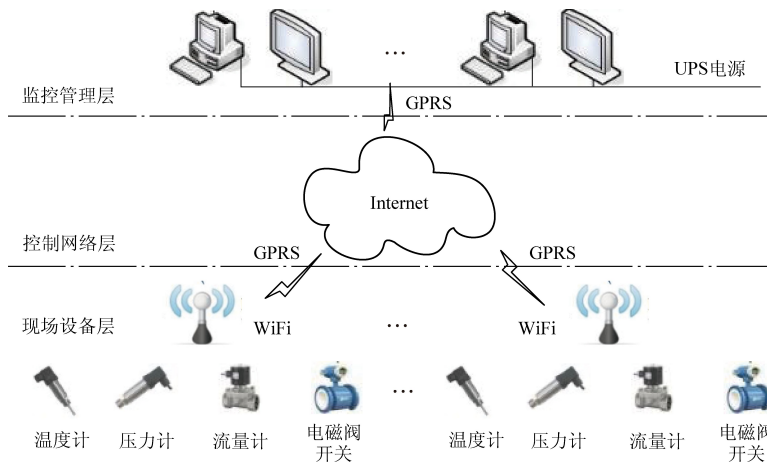


图3 智慧城市物联网智能控制系统

(1)现场设备层。在供热系统的现场设备级中,各分支管路上加装温度、压力、流量等测点,通过温度计、压力表和流量计等进行监测,并将传感

器芯片嵌入这些仪表中,实现与系统网络互连。安装WiFi收发器使得压力表、水流计、温度计、增压水泵及节流阀等均能与智慧城市物联网智能控

制系统通过 Internet 网络实现通讯。

(2)控制网络层。现场设备级和监控管理中心通过控制网络层的 Internet 进行通讯,将供热系统中各检测设备的信号实时输送至监控管理中心,控制系统根据相应的智能控制策略发出调节指令,实现对供热系统各个分支管路上的管路泵和节流阀进行调节。此外,智慧城市物联网系统中的温度感应器能够准确识别外界和室内的环境温度并能快速地反应至监控系统中,控制系统迅速发出调节指令,实现最优控制,使得余热充分利用。

(3)监控管理层。供热控制系统配置有工控机、UPS 电源和显示屏等,在工控机上对整个供热系统进行硬件、软件和监控画面等的配置,编写运行程序并进行调试。所有需要监控的仪表信息均组态至监控画面中,工作人员可以通过监控画面来对各个分支管路上的温度、压力及流量等进行在线实时监控。

(4)故障诊断及安全保护系统。智慧城市供热系统引入 GPRS 全球定位功能,能够准确定位仪表的具体位置,同时供热控制系统中的各个测点均设置有故障诊断信号,如果某一设备故障,监控管理控制中心不仅能够检测到此故障信号,而且能够准确定位到该设备的具体位置,以便快速解决故障,实现供热系统安全、稳定运行。

2.3 供热方案能耗对比

以某 300 MW 直接空冷凝汽式机组,供热面积 700 万 m²为例,当利用高背压排汽作为一级供热,将热网循环水温度由 30 ℃加热到 65 ℃时,传统供热方案与改造后供热方案的能耗计算及对比分析如下。

(1)背压改变后,通过末级的蒸汽流量会发生变化,导致汽轮机做功减少,减小的做功量见下式。

$$\Delta P_i = \frac{[D_p(h_{c1}^0 - h_c^0)\eta_i - D_{fw}\Delta\tau_n\eta'_1]\eta_m\eta_g}{3.6}$$

式中: h_c^0 、 h_{c1}^0 —额定、变工况下的滞止排汽焓; D_{wf} 、 D_p —凝结水、排汽流量; η_i —末级的相对内效率; η_m 、 η_g —汽轮机的机械效率、发电机效率。

(2)背压变化后余速损失的变化量

$$\Delta P_2 = \frac{\omega_{2c}}{2} \left[\left(\frac{\omega_2^2}{\omega_{2c}^2} - 1 \right) - \frac{2}{\omega_{2c}^2} \left(\frac{\omega_2^2}{\omega_{2c}^2} - 1 \right) \mu \cos\beta_2 \right]$$

式中: ω_2 、 ω_{2c} —排汽压力是 8 kPa、35 kPa 时末级动叶片出口相对速度。

(3)背压升高使得利用高背压供热的同时,未被利用的排汽进入空冷凝汽器浪费的能量见下式。

$$\Delta P_3 = D_{pw}(h_g - h_d)/3\ 600$$

式中: D_{pw} —未被利用的排汽量,kg/h;

h_d 、 h_g —正常、高背压下汽轮机排汽焓。

(4)当机组排汽量减少时,空冷风机转速下降,从而带来的结果是风机耗电量下降。由耗电量与风量之间的关系可以求得空冷凝汽器进汽量减少而降低的耗电量。

因此,高背压供热时系统能耗量见下式。

$$\Delta P = \Delta P_1 - \Delta P_2 + \Delta P_3 - \Delta P_4$$

查各个参数对应的焓值和运行数据,并带入式中,经仿真可求得原始供热方案与改进供热方案的总能耗量,并进行对比分析,机组的部分热力参数和能耗计算量如表 1。

表 1 能耗分析

项目名称	单位	原始方案	改进方案
汽轮机排汽压力	kPa	35	35
汽轮机排汽量	t · h ⁻¹	646.6	689.7
汽轮机排汽温度	℃	72.68	76.95
末级抽汽温度	℃	99.43	116.72
末级抽汽压力	MPa	0.083 1	0.109 3
末级抽汽凝结水温度	℃	60.63	64.27
供热回水温度	℃	35	32
供热用排汽量	t · h ⁻¹	268.2	284.6
汽轮机做功减少量	kW	16 390	17 274
余速损失改变量	kW	99.09	99.08
排汽损失能量	kW	18 460.66	11 271.78
风机耗电减少量	kW	68.86	94.73
系统总能耗量	kW	34 682.71	28 351.97

2.4 数据对比及节能原因分析

(1)通过表 1 中各项能量变化及能耗量对比分析可得,经过改造之后供热方案的总能耗量相比传统供热系统的总能耗量减少了 6 330.74 kW。

(2)与传统的供热方案相比较,改进后的供热方案不使用中间的各级换热站,将汽轮机排汽余热加热的热网水直接输送至各个用热区域和热用

户,减少了换热站环节的热量损失,提高了热量利用效率。

(3)取消中间换热站,但在分往各用热区域的各个管路上安装增加水泵、节流阀和压力测点、温度测点和流量测点设备等,能够对其进行实时监测和控制,实现更加快速和准确的调节控制。智慧城市供热技术应用于供热系统中,将增加水泵、压力测点、温度测点和流量测点等均接入物联网中,进行智能处理和分析,提高了供热系统的一次换热效率,使得余热更多的利用。

3 总结

为进一步提高现代化城市集中供热技术的高效率、低耗能、智能化发展水平,本文提出智慧城市供热机组的余热利用优化技术。将智慧城市技术和城市供热机组的余热利用技术相结合:

(1)将传统供热机组余热利用的供热方式进行改造,采用直接由热源加热的热网供水送至各个用热区域的方式,实现城市集中供热;

(2)在传统供热系统改造的基础上,通过智慧城市物联网技术对整个城市供热系统进行全面感知,实现对热网及热用户供热管路上的水泵和节流阀等设备的精准、快速、智能化控制。

智慧城市供热机组余热利用优化有效提高了供热系统的一次换热效率,使得余热利用更加充分,为城市未来集中供热系统智慧型发展和节能

降耗提供了新的思路。

参考文献

- [1] 邹晓辉,徐厚达,张刚,等. 电厂城市供热循环水余热利用技术方案探讨 [J]. 应用能源技术, 2014 (12): 41-45.
- [2] 王朝凤,王岩. 浅谈热电联产电厂烟气余热利用 [J]. 能源环境保护, 2012, 26 (5): 46-49.
- [3] 齐震,陈衡,徐钢,等. 二次再热机组烟气余热利用热力学分析及优化 [J]. 电力科技与环保, 2019, 35 (2): 1-7.
- [4] 乔钰淇. 回收热电厂冷源损失用于区域供热的规划技术研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2013: 18-35.
- [5] 包伟伟,任伟,张启林. 大型空冷机组低真空供热特性分析 [J]. 区域供热, 2015 (4): 73-78+124.
- [6] 郑殿锋. 汽轮机低真空改造原理及凝汽器的优化设计 [J]. 机械工程师, 2014 (4): 264-265.
- [7] Edith Nagi, 滕以宁, 王文东. 欧洲智慧城市中的物联网与参与式感知 [J]. 中兴通讯技术, 2015, 21 (6): 23-26.
- [8] 周崇波,郭栋,任怀民,等. 某电厂300 MW 机组循环水余热利用项目节能效益分析 [J]. 发电与空调, 2014, 35 (1): 21-23+11.
- [9] 张攀,杨涛,杜旭,等. 直接空冷机组高背压供热技术经济性分析 [J]. 汽轮机技术, 2014, 56 (3): 209-212.
- [10] 李斌,王金平,于文圣,等. 350 MW 燃煤机组排烟余热利用系统热经济学分析 [J]. 电力科技与环保, 2017, 33 (5): 52-55.