

大型水源热泵机组技术特征及工程应用实例

朱璇 陈山

(武汉纺织大学环境与城建学院 武汉 430000)

摘要:本文介绍了大型水源热泵机组的种类,机组制冷/制热时不同的冷热源。讲述了带全热回收螺杆式水源热泵机组的技术特征:从机组的系统配置、性能系数、带热回收的热泵机组运行模式等作了详细说明。结合工程应用实例,对机组的各项性能参数的设计,应针对不同地区的不同气候条件,综合考虑当地实际水量、水温、水质和供水稳定性等因素的影响,确保机组到位安装后稳定高效的运行。通过水源热泵机组的性能分析,可得出水源热泵不仅是环保型的空调系统,还能节省空调系统安装运行的总投资,具有很好的节能效益。

关键词:水源热泵 技术特征 工程应用

0 水源热泵概述

水源热泵机组是以水为热源的可进行制冷/制热的一种整体式热泵机组,通常是水/空气或水/水两种水源热泵机组。水源热泵机组在制热时以水为热源,而在制冷时以水为冷源。目前常用的水源热泵机组有两类:一是小型的水/空气热泵机组和水/水热泵机组,这类机组通常通过四通换向阀的功能转换,来实现制冷、制热功能的转换;二是可用于集中供热、供冷的水/水热泵机组,它以地下水、地表水、城市污水为热源,该类机组无四通换向阀,其制冷、制热工况的转换是通过阀门转换来实现的,换热器的热力循环功能不变。顿汉布什全封闭螺杆水源热泵机组则属于第二类水源热泵,本文以该机组为例介绍其技术特征及工程应用。

1 螺杆式水源热泵的技术特征

1.1 先进的系统配置

机组采用全封闭螺杆压缩机,全封闭结构杜绝油、气泄漏。立式结构体积小,适合多机头布置;采用排气冷却电机,能效比高;应用高效内置立式油分离器,分油效率达99.7%;此外运动部件数量少,运行可靠。

机组采用无级能量调节,单压缩机机组均可在25%~100%范围内无级调节,双压缩机机组均可在12.5%~100%范围内无级调节,三压缩机机组均可在8.5%~100%范围内无级调节。多压缩机共用一个制冷回路,在部分负荷时整个冷凝器和蒸发器均处在运行状态,制冷效率更高。

机组采用全热回收冷凝器,机组基本回收了压缩机排放的全部热量,只有微少热量通过压缩机壳体和排气管路散失到外界环境当中。冷凝器采用低肋片高效换热管,冷凝器上设置双安全阀,特殊的排气挡板设计,增加系统可靠性。此外,机组采用环保工质R134a,能减少对温室效应的影响。

机组采用满液式蒸发器,可实现冷冻水和热水出口温度与制冷剂的饱和蒸发温度较小温差,从而提高机组效率,与干式蒸发器相比换热效率高,提高了能效比(COP值),比采用干式机组运行费用要节省15~25%左右。吸气压降小,压缩机耗电少;可拆卸式水室,方便换热管的清洗,水侧维护简单。

水源热泵机组拥有功能强大、操作简单的控制系统。采用先进的可编程控制器,专门为制冷空调场合

作者简介:朱璇 硕士研究生

收稿日期:2012年5月

设计,通过模拟量和数字量的输入输出,可以对机组进行精确控制和完善保护。机组微电脑具有完整的RS485通讯接口和开放的MODBUS协议。用户在增加相关软硬件后即可对机组进行远程控制,或对多台机组进行群控及远程控制,也可以与用户原有的监控提供相连接,实现智能楼宇集中管理与控制。

1.2 机组的性能参数

(1) 水源热泵性能曲线图

通常水源热泵机组制造厂商提供的机组性能规格一般都是名义工况下的性能参数。在实际使用时,水源热泵机组的运行大多会偏离名义工况。水源的水量、水温、水质和供水稳定性是影响水源热泵系统运行效果的重要因素。不同地区、不同气候环境都会使机组的设计参数发生变动。

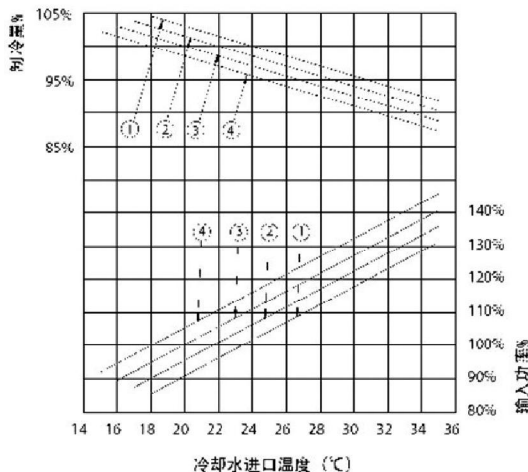


图1 水源热泵制冷工况性能曲线

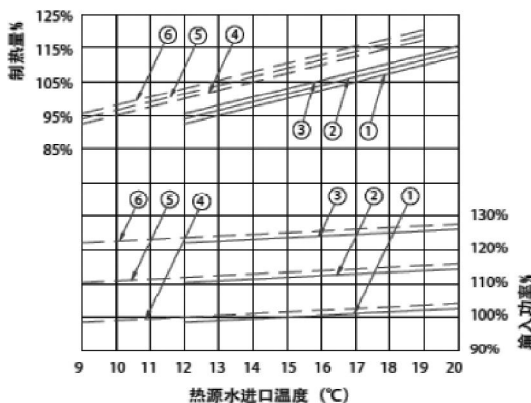


图2 水源热泵制热工况性能曲线

图1中:1—冷却水进出水温差5℃,2—冷却水进出水温差7℃,3—冷却水进出水温差9℃,4—冷却水进出水温差11℃。从图3可以看出,在输入功率相同的情况下,冷却水进出水温度温差越大,制冷量越大。由图可知性能系数为100%时工况为:冷却水进出水温度18/29℃,冷水进出水温度为12/7℃。图2中:1—热水出水温度45℃,热源水进出水温差8℃,2—热水出水温度50℃,热源水进出水温差8℃,3—热水出水温度55℃,热源水进出水温差8℃,4—热水出水温度45℃,热源水进出水温差5℃,5—热水出水温度50℃,热源水进出水温差5℃,6—热水出水温度55℃,热源水进出水温差5℃。从图4可以看出,在热水出水温度相同的条件下,热源水进出水温差越大,制热量越大。而在进出水温差相同的条件下,随着热水出水温度的升高,制热量越大。由图可知性能系数为100%时工况为:热水进出水温度40/45℃,热源水进出水温度15/7℃。

(2) 优越的部分负荷性能

螺杆压缩机滑阀无级调节装置,该系统通过滑阀移动,形成一个与吸气口相连的旁通口,减少螺杆工作长度,实现冷量调节。旁通口内的气体不压缩,不耗电。由上、下卸载电磁阀控制加载与卸载。利用控制系统控制滑阀加载与卸载的速度。单台压缩机可在25%-100%间连续无级调节,多台压缩机可在8%-100%间连续无级调节,部分负荷性能优异。

该水源热泵机组在制冷工况下的综合部分负荷性能系数(IPLV)可按式计算:

$$IPLV=0.01 \times A+0.42 \times B+0.45 \times C+0.12 \times D$$

A-100%负荷时的性能系数(W/W),冷却水进水温度30℃;

B-75%负荷时的性能系数(W/W),冷却水进水温度26℃;

C-50%负荷时的性能系数(W/W),冷却水进水温度23℃;

D-25%负荷时的性能系数(W/W),冷却水进水温度19℃;

通过比较综合部分负荷性能系数的大小,可判断

水源热泵机能的最优运行情况,对机组的性能改进提供参考。

1.3 热泵机组的运行模式

(1) 空凋制冷模式

低温低压的制冷剂气体被压缩机吸入后加压变成高温高压的制冷剂气体,高温高压的制冷剂气体通过冷凝器冷凝变成中温高压的液体,中温高压的液体再经过节流部件节流降压后变为低温低压的液体,低温低压的液体制冷剂在蒸发器中吸热蒸发后变为低温低压的气体(室内空气经过换热器表面被冷却降温,达到使室内温度下降的目的),低温低压的制冷剂气体再被压缩机吸入,如此循环。

(2) 空凋制热模式

低温低压的制冷剂气体被压缩机吸入后加压变成高温高压的制冷剂气体,高温高压的制冷剂气体在室内换热器中放热变成中温高压的液体(室内空气经过换热器表面被加热,达到使室内温度升高的目的),中温高压的液体再经过节流部件节流降压后变为低温低压的液体,低温低压的液体在换热器中吸热蒸发后变为低温低压的气体(室外空气经过换热器表面被冷却降温),低温低压的气体再被压缩机吸入,如此循环。

(3) 空凋制冷兼热回收模式

机组处于制冷运行状态时,检测热回收水箱内水温,如该温度低于水温设定下限值,开启热回收水泵,开启热回收功能,随着热回收的进行,水箱内水温不断升高,当该温度高于水温设定上限值,首先停机,关闭热回收水泵,关闭热回收功能;待达到停机间隔时间后,开启冷凝器侧水泵,然后再重新开机,投入常规制冷运行,随着水箱内热水的消耗,水箱内水温不断降低,当该温度低于水温设定下限值,首先停机,关闭冷凝器侧水泵;待达到停机间隔时间后,开启热回收水泵,然后再重新开机,投入热回收运行;如此反复循环,实现常规制冷和热回收的切换控制。

(4) 优先热回收兼顾空凋制热模式

机组将优先满足热回收的需求,当生活热水制备完成后,再满足空凋制热的需求。即机组将首先检测

热回收水箱内的水温,如果水箱内水温低于水温设定下限值,开启热回收水泵,开启热回收功能,水箱内水温不断升高,当该温度高于水温设定上限值,首先停机,关闭热回收水泵,关闭热回收功能;待达到停机间隔时间后,开启冷凝器侧水泵,然后再重新开机,投入常规制热运行,随着水箱内热水的消耗,水箱内水温不断降低,当该温度低于水温设定下限值,首先停机,关闭冷凝器侧水泵;待达到停机间隔时间后,开启热回收水泵,然后再重新开机,投入热回收运行;如此反复循环,实现热回收和常规制热的切换控制。

(5) 热回收模式

与常规制热模式控制相同,所不同的是它采用热回收水箱内水温作为控制机组启停和增减载的依据。

2 成功的工程应用实例

2.1 广州亚运城能源站概况

广州亚运城位于广州南部番禺区石楼镇,莲花山以南,莲花山水道、砺江河和小浮莲山以西,京珠高速公路及地铁四号线以东区域。规划总用地面积约 274 万 m^2 。赛时总建设量:计入容积率的建筑面积约为 104 万 m^2 ,总建筑面积约 148 万 m^2 (含地下室和架空层面积)。结合亚运城的使用功能,分为运动员村、媒体村、技术官员村、后勤服务区、国际区、媒体中心、亚运城医院、体育馆区及亚运公园九大部分。

本项目分成 3 个能源站,1 号能源站为技术官员村 6 号楼和亚运医院医技楼提供空凋冷水,空凋设计冷负荷为 3600kW,冬季设计最大制热量 5114kW,采用 3 台环保冷媒并具热回收功能的双冷凝器水源热泵机组,单台机组在热回收工况的制冷量为 1282kW,制热量为 1741kW。

2 号能源站为国际区提供空凋冷水,空凋设计冷负荷为 3948KW,冬季设计最大制热量 5800kW,采用 4 台环保冷媒并具热回收功能的双冷凝器水源热泵机组,单台机组在热回收工况的制冷量为 1185kW,制热量为 1556kW。

3 号能源站为体操馆附属用房及综合馆附属用房

提供空调冷水,空调设计冷负荷为 2807kW,冬季设计最大制热量 4680kW,采用 3 台环保冷媒并具热回收功能的双冷凝器水源热泵机组,单台机组在热回收工况的制冷量为 1228kW,制热量为 1623kW。

2.2 水源取水方式及水处理

(1)水温条件。根据相关资料提供的水温状况,确定砺江河、莲花湾夏季取水水温为 30℃,冬季取水水温取 15℃。

(2)水质状况。砺江河水属Ⅴ类水质。由于缺乏砺江河泥沙含量资料,参照珠江泥沙含量数据,汛期 4~9 月含沙量为 0.14kg/m³~0.53kg/m³,非汛期的含沙量为 0.02kg/m³~0.07kg/m³。非汛期有海水倒灌现象。

(3)水处理。采用三级水处理方式,保障主机等设备的安全运行。一级处理在取水口前设置斜板过滤器;二级过滤处理加装二级机械旋流除砂器,可以有效去除水中的砂子等颗粒;三级过滤处理采用自动反冲洗功能的机械过滤器,保证系统的连续性。

(4)地表水使用方式与地表水循环系统形式。鉴于水源条件本项目采用热交换器隔绝地表水与热泵主机冷却/补热水系统,地表水经过换热器吸热/放热后退还至砺江河。

(5)热交换器。鉴于水源水质条件,为提高系统可靠性,采用流道较大、易于维护的壳管式热交换器。热交换器内接触江水/湖水的水道采用防海水腐蚀材料制作或进行防腐处理。为防止微生物在热交换器内壁繁殖造成换热器结垢和加剧腐蚀作用,进而导致热交换器传热效率降低、使用寿命缩短,采用胶球自动清洗设备,使热交换器保持良好的性能。

2.3 热泵机组的调试和运行

(1)机组主要设备的调试:包括机组电器安全测试;机组的气密性、真空、液压测试;机组开机,测试压力,电流,电压,冷冻水冷却水进出水温度,吸排气压力;机组 48 小时开机运行状态,调整各个参数,保证机组的最佳状况运行。

(2)机组设计工况调试:制冷量测试;机组进出水温测试;机组电器安全测试(温度、绝缘、启动、过载等);水压降、水阻力测试,配合通风空调系统及集中供冷系统的联合调试;实现机组在最优工况下运行。

(3)最终验收测试:在调试和测试成功完成后,合同设备需要经受 48 小时连续运行测试。测试项目包括:制冷性能、振动、振动或噪声指标、机械性能、电气性能。

(4)机组定期进行分析运行性能:机组在质保期内,每半年对设备复调一次,质保期满时,再进行一次测试。内容一般包括检查制冷剂是否需要补充;检查油加热器运行是否正常;通过数据记录检查蒸发器,冷凝器的结垢情况;检查传感器显示值;检查油加热器运行是否正常;通过数据记录检查蒸发器,冷凝器的结垢情况;检查传感器显示值。

3 小结

水源热泵系统是一种利用地球表面浅层水源(如地下水、地表水、河流和湖泊)和人工再生水源(工业废水、地热水等)吸收的太阳能和地热能,进行能量转换的热泵空调系统。水源热泵系统作为环保型的空调系统,具有高效节能、运行费用低的特点,据美国环保署 EPA 估计,设计安装良好的水源热泵系统可节约用户 30%~40%的运行费用。由于水源热泵机组安装在室内,不受外界气候条件影响,运行更可靠、稳定,保证了机组运行的高效性和经济性。此外,水源热泵系统一机多用,分户计量,既可供暖、制冷,还可供生活热水,无需室外管网,从空调系统和设备的总投资上来看,采用水源热泵系统是节省初投资的有效手段。

参考文献

- [1] 张昌,热泵技术与应用[M].北京:机械工业出版社,2008.
- [2] 刘雪玲、朱家玲,天津地矿宾馆热泵供暖空调系统研究[J],建筑环境&设备,2011年第5期.
- [3] 李爱彦、左绍良、董霞霞、陈山,全封闭螺杆式全热回收水源热泵机组在广州亚运城的成功应用[J],暖通空调标准与质检,2010年第六期.
- [4] 顿汉布什(烟台)工业有限公司产品样本.