

文章编号: 1004-2954(2015)01-0118-04

空调负荷率对地埋管水冷多联机空调系统性能的影响

张文军

(中铁路第一勘察设计院集团有限公司, 西安 710043)

摘要: 埋管式水冷多联机空调系统具有很好的节能、环保效益,是一种新型水冷多联机系统,但由于其系统运行特性相关资料缺乏,严重影响其在实际工程中的应用。为了解埋管式水冷多联机系统运行特性,以某建筑埋管式水冷多联机系统为研究对象,采用试验方法对其性能进行测试,测试结果表明:系统负荷率越大,水冷多联机组进出水温度越高;机组耗电量和制冷量随系统负荷率增大而增大,系统负荷率对机组性能系数的影响较小;该系统与常规风冷多联空调系统相比,其在部分负荷运行时调节性能好、运行费用低、节能性好。

关键词: 空调系统; 水冷多联机; 试验测试; 地埋管换热器

中图分类号: U270.38⁺3 文献标识码: A DOI: 10.13238/j.issn.1004-2954.2015.01.030

Impact of Air Conditioning Load on the Performance of Buried-tube Water-cooled Variable Multi System

ZHANG Wen-jun

(China Railway First Survey and Design Institute Group Ltd., Xi'an 710043, China)

Abstract: As an air conditioning system, the Buried-tube Water-cooled Variable Multi System is of energy saving and environmental protection. Due to the lack of relevant information for system operational characteristics, its application is restricted in practical engineering. In order to understand the

收稿日期: 2014-04-04; 修回日期: 2014-05-12

作者简介: 张文军(1959—),男,工程师, E-mail: 624247359@qq.com。

度控制中心,从而能够较为快速地找到并排除专用线内的故障。综上所述,距离长且比较繁忙的专用线,宜采用具有自动切除故障功能的开关站^[12]。

5 结语

随着工业企业的不断增加,国家铁路网上的铁路专用线项目也越来越多,如何结合既有接触网情况来制定合理的技术标准与方案,如何在满足技术先进性的同时又兼顾经济性以实现优化设计,提高接触网供电的安全性及可靠性是设计者关注的重点。上述观点是在多条专用线接触网设计过程中遇到的相关问题的思考以及解决方法的探讨,笔者从设计角度提出了上述看法,以供接触网设计人员参考与借鉴。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国铁道部. TB10009—2005 铁路电力牵引供电设计规范[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2005.
- [2] 吉鹏宵, 张桂林. 电气化铁路接触网[M]. 2版. 北京: 化学工业出版社, 2011.

- [3] KieBling, Puschmann, Schmieder. 电气化铁道接触网[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.
- [4] [德]基布岭. 电气化铁道接触网[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.
- [5] 中华人民共和国铁道部. TB10007—2006 铁路信号设计规范[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2006.
- [6] 铁道部电气化工程局电气化勘测设计院. 电气化铁道设计手册·牵引供电系统[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1988.
- [7] 于万聚. 高速电气化铁路接触网[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2003: 163-164.
- [8] 谭秀炳, 刘向阳. 交流电气化铁道牵引供电系统[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2002.
- [9] 中华人民共和国铁道部. 铁道部令第29号 铁路技术管理规程[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2006.
- [10] 张兴昭. 对电气化铁路分区所作用的分析[J]. 铁道标准设计, 2006(6): 115-117.
- [11] 王佩雷, 陈宇. 接触网无线运动隔离开关研究[J]. 铁道标准设计, 2009(8): 106-110.
- [12] 陈兴强, 崔桂玉. 柱上开关式分区所及接触网故障判别方案的研究[J]. 铁道标准设计, 2003(11): 55-56.

performances of Buried-tube Water-cooled Variable Multi System, the performances are tested with reference to a construction site. The relationship between the system load rate and system performance is analyzed. The results show that the water temperature rises at the import and export as the system load increases. The system power consumption and refrigerating capacity grow with system load rate, but the impact of system load rate is small on system performance coefficient. Compared with conventional air conditioning systems, the Buried-tube Water-cooled Variable Multi System is low in operation cost and good in energy saving.

Key words: Air conditioning system, Water digital-scroll variable multi, Test, Buried tube heat exchanger

多联式空调系统从诞生到现在,一直受到广泛关注^[1]。对于埋管式水冷多联机空调系统,其克服了风冷多联机空调系统冬季工况除霜能耗过高、供热量衰减等缺点,拓展了水冷多联机空调系统冷热源范围^[2],是一种新型热泵系统。

目前,对于埋管式多联机空调系统运行性能研究较少,大部分研究主要集中在单纯多联机空调系统。如文献[1]研究了变流量多联机空调系统控制方式,分析了系统各热力参数的变化规律,在此基础上分析了室内温度对各室内机的影响规律。文献[3]搭建了多联式空调系统试验台,对多联机夏季工况能耗特性进行试验和理论分析,得出了夏季工况时多联机室内机制冷量和压缩机输入功率的变化。同时,文献[4]对风冷多联机空调系统部分负荷运行特性进行试验,分析了室内温度、开机率对机组的小时能效比和小时供热性能系数的影响规律。文献[5]提出了埋管式多联机系统,针对其在实际工程中的发展及应用前景进行了分析。上述文献综述表明,将多联机系统与土壤源热泵系统结合组成新的系统形式,具有良好的节能环保效益,其发展前景广阔;同时由于其部分负荷运行时能耗低,全年运行费用低以及节省建筑空间等优点,将其应用于小型办公楼具有很好的节能价值,但是目前尚无对相关系统性能的试验研究数据。

本文将对埋管式水冷多联机空调系统原理进行分析,并以某建筑埋管式水冷多联机空调系统为测试对象,对其夏季工况进行性能测试,基于试验数据分析了系统负荷率对水冷多联机机组进出水温度、机组耗电量以及其性能系数的影响规律。

1 系统运行原理

埋管式水冷多联机空调系统是一种新式的热泵耦合系统,其将水冷多联机空调系统与土壤源热泵水系统相结合^[6],克服了风冷多联机系统室内外落差大和配管长度的问题^[7],具有土壤源热泵系统与多联机空调系统共同优点。其主要由埋管式换热器^[8]构成的

闭式循环水系统和多联式空调系统组成。多联机空调系统由水冷多联机、制冷剂输送管道和室内机组成。其中水冷多联机由压缩机组、板式换热器(冷凝器)、四通换向阀、气液分离器等组成^[9];由埋管式换热器构成的闭式循环水系统主要由定压水箱、水泵、分集水器和双 U 形埋管换热器组成^[10,11]。水冷多联机的压缩机将制冷剂气体压缩并使其在制冷剂管路系统循环,制冷剂气体沿气管流经冷凝器,将其冷凝后输送到各个房间室内机;制冷剂消除房间负荷使制冷剂汽化,气相制冷剂沿管路系统回到水冷多联机的板式换热器,在板式换热器内换热,把制冷剂从室内吸收的热量传递给埋管式闭式循环水系统,然后制冷剂再沿各自支管回到房间,开始新一轮制冷循环。水冷多联机内板式换热器的水流将制冷剂的热量(来自空调房间)吸收后沿多联机出水管流入埋管式循环水系统分水器,然后进入埋管式换热器进行换热,被冷却的水沿埋管式换热器回水管流回水系统集水器,最后再沿水系统主干管流经水泵,并进入水冷多联机板式换热器与制冷剂气体进行换热,其原理如图 1 所示。

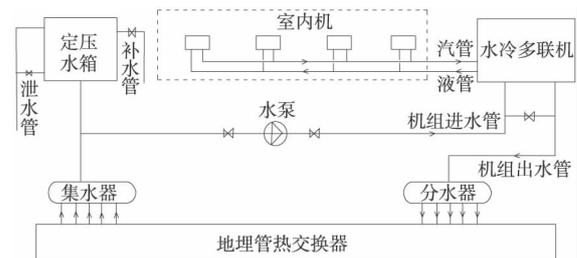


图 1 埋管式多联机空调系统原理

2 系统性能测试

以某建筑埋管式水冷多联机空调系统为测试对象进行性能试验,该建筑共 3 层,其中地下一层,地上两层,总建筑面积为 960 m²。地下室建筑面积 340 m²,设 5 个房间;首层建筑面积为 310 m²,层高 3 m,共 4 个房间;二层建筑面积为 310 m²,共 4 个房间。该建筑埋管式水冷多联机空调系统中室内机参数见表 1~表 3。

表 1 地下室室内机参数

位置	额定制冷量/kW	额定制热量/kW	额定风量/(m ³ /h)	额定功率/W
房间 1	4.4	5.4	880	80
房间 2	6.1	5	1 090	80
房间 3	5.6	6.4	1 040	80
房间 4	9.4	10.2	1 200	80

表 2 首层室内机参数

位置	额定制冷量/kW	额定制热量/kW	额定风量/(m ³ /h)	额定功率/W
房间 1	5.6	5.2	1 040	80
	5.6	5.2	1 040	80
	10.3	10.1	1 890	100
房间 2	5.6	5.2	600	80
房间 3	5.6	5.4	1 040	80
房间 4	5	5.8	960	80

表 3 二层室内机参数

位置	额定制冷量/kW	额定制热量/kW	额定风量/(m ³ /h)	额定功率/W
房间 1	8	8.6	1 020	90
房间 2	10.2	12.8	1 830	120
房间 3	8.6	8.4	1 440	100
房间 4	9	9.4	1 260	90

该系统性能测试中,通过三相四线制电流表测量水泵电流来间接实现对水泵功率的测量,其精度 $\pm 1\%$;室内机耗电通过单相电能表进行间接测量,其精度为 1 级;多联机电流采用三相电子式电能表测量,其精度为 1 级;水系统流量采用电磁流量计测量,其精度 $\pm 0.1\%$;多联机组进出水温度采用 JWB/PT100 型一体化温度变送器测量,其量程为 0~50℃,精度为 $\pm 0.1\%$ 。

3 水冷多联机系统性能评价方法

对于埋管式水冷多联机空调系统,系统负荷率是表征其实际运行状态的主要参数。所以本文研究了系统负荷率对水冷多联机系统性能的影响。其中,系统负荷率是指在实际室内外热湿条件下各室内机实际制冷量之和与各室内机最大制冷量之和之比,即

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{\sum_{i=1}^n q_{\max,i}} \quad (1)$$

式中 q_i 为第 i 台室内机实际制冷量 kW; $q_{\max,i}$ 为第 i 台室内机该时刻最大制冷量 kW。

系统负荷率主要由室内热湿负荷和室外气象参数的影响,当室外温度相对稳定时,系统负荷率主要受室内热湿负荷影响,室温与开机率是决定房间热湿负荷的主要因素。在保持室内温度恒定时,可依据室外温

度的变化规律通过调节室内机开机率来调节系统的负荷率,所以通过调节开机率从而调节系统负荷率,来研究系统负荷率对水冷多联机系统运行特性的影响。开机率定义为开启室内机额定制冷量之和与全部室内机额定制冷量之和之比,即

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n q_{ei}}{Q} \quad (2)$$

式中 q_{ei} 为定 i 台室内机额定制冷量 kW; n 为开启室内机的台数; Q 为全部室内机额定制冷量之和。

4 结果分析

4.1 开机率与系统负荷率的关系

本文将通过调节室内机开机率来调节系统负荷率,从而研究系统负荷率对系统性能的影响规律,为了测试过程中便于通过调节室内机开机率来调节系统负荷率的变化,本文所有测试时的室温维持在 18℃。通过试验测试了系统负荷率与室内机开机率的变化关系,图 2 结果表明,开机率越大,系统负荷率越大,并且其近似成线性关系,所以在水冷多联机系统运行过程中,完全可以通过调节室内机的开机率来实现对系统负荷率的调节。

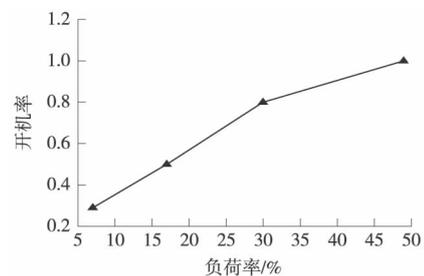


图 2 负荷率与开机率的关系

4.2 系统负荷率对机组进出水温度的影响

对于水冷多联机机组空调系统,机组进出水温度是影响机组以及系统性能的主要参数,图 3 为室内温度为 18℃时,机组进出水温度随系统负荷率的变化规律。结果表明,由于系统负荷率越大,系统制冷量越大,从而使室内向水冷多联机水系统排放热量增多,从而导致机组出水温度随系统负荷率增大而升高。同时,系统负荷率越大,系统制冷量越大,多联机空调水系统通过埋管换热器向土壤排放热量越多,使埋管换热器热交换层逐渐向土壤深处延伸,从而降低了埋管式换热器换热能力;同时由于埋管式换热器周围土壤的热惰性,短时间内不能使热量在土壤内散失掉,从而使埋管式换热器出水温度升高,最终导致机组进水温度升高,所以随系统负荷率增大,水冷多联机机组进出水温度都升高。同时图 3 表明系统负荷率由 17% 调高

到 30% 机组的进出水温度分别升高了 1.08 °C、1.48 °C;系统负荷率由 30% 调到 49% 机组进出水温度分别才升高了 0.31 °C、0.23 °C,说明系统负荷率越低时,机组进出水温度随系统负荷率增大而升高越快。

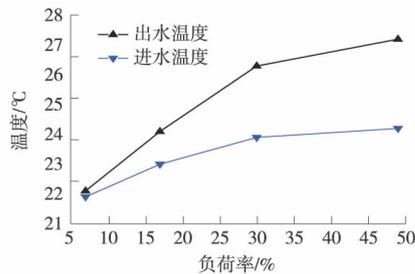


图 3 系统负荷率对机组进出水温度的影响

4.3 系统负荷率对机组耗电量和制冷量的影响

水冷多联机的能耗对埋管式水冷多联机系统能耗产生很大影响,图 4 是室内温度为 18 °C 时机组耗电量和制冷量随系统负荷率的变化规律,结果表明埋管式水冷多联机的机组耗电量和制冷量随系统负荷率升高而增加;并且机组制冷量随系统负荷率变化斜率大于机组耗电量变化曲线斜率,说明系统负荷率对制冷量影响较明显,对机组耗电量的影响较小,该系统应用于空调系统负荷波动大的建筑其节能性能好。

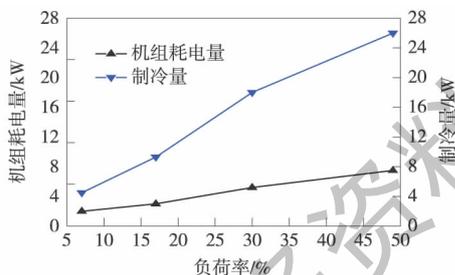


图 4 系统负荷率对机组耗电量和制冷量的影响

4.4 系统负荷率对机组性能的影响

水冷多联机机组性能是影响埋管式水冷多联机空调系统性能的主要因素之一,图 5 是室温 18 °C 时系统负荷率对机组性能的影响规律。在室温为 18 °C 时,机组性能系数随系统负荷率的增加而增大,但增幅较小,其机组性能系数在 3.0 以上,系统负荷率都比较低(系统负荷率变化范围为 8% ~ 47%),所以机组性能系数不算很低;所以该系统应用于空调系统负荷随机性大的建筑,其系统运行费用低。

5 结论

本文介绍了埋管式水冷多联机空调系统的基本原理,并以某建筑埋管式水冷多联机空调系统为测试对象,对其性能进行测试,基于测试数据分析了系统负荷

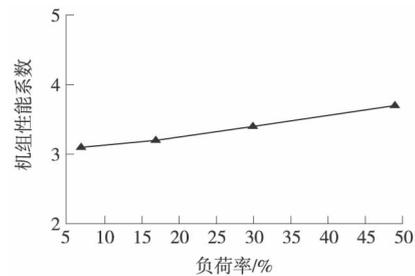


图 5 系统负荷率对机组性能的影响

率对其系统性能的影响规律,结论如下。

(1) 随着系统负荷率增大,水冷多联机进出水温度均呈增大趋势,其是由于系统负荷率不同,系统制冷量不同,从而导致埋管式换热器换热性能不同所致;同时系统负荷率越低时,机组进出水温度随系统负荷率增大而升高的越快。

(2) 水冷多联机机组耗电量和制冷量越大,系统负荷率越大;但系统负荷率对机组制冷量的影响明显,所以该系统应用于空调系统负荷随机性大的建筑,具有较好的节能性。

(3) 系统负荷率对水冷多联机机组性能系数的影响较小,因此与常规的风冷多联空调系统相比,该系统在部分负荷时具有调节性能好、运行费用低以及节能性好等特点。

参考文献:

- [1] 张东亮,张旭,冯玉伟. 数码涡旋多联式空调系统制冷运行部分负荷特性实验[J]. 太阳能学报, 2010(10): 1275-1280.
- [2] 龚明启,冀兆良. 当前地源热泵应用中的若干问题探讨[J]. 制冷与空调(四川), 2005(2): 68-74.
- [3] 朱乐琪,张旭,杨洁. 数码涡旋多联式空调系统冬季运行特性实测[J]. 暖通空调, 2006(12): 100-103.
- [4] 杨刚,张旭,杨洁. 数码涡旋与变频多联式空调系统夏季运行特性的比较[J]. 制冷空调与电力机械, 2005(6): 19-22, 35.
- [5] 杨筱静. 蒸汽型双效溴化锂吸收式热泵机组性能及优化研究[D]. 天津: 天津大学, 2012.
- [6] 赵伟. 多联式空调系统部分负荷特性分析[D]. 北京: 清华大学, 2009.
- [7] 陈清波. 广佛地铁夏南车辆段空调方案比选及冰蓄冷运用于该项目的设想[J]. 铁道标准设计, 2008(S1): 20-22.
- [8] 林昶隆. 武昌站地源热泵系统室外土壤换热器设计[J]. 铁道标准设计, 2008(S1): 80-87.
- [9] 杨俊. 浅谈数码涡旋技术在多联式中央空调的应用[J]. 钢铁技术, 2007(1): 43-46.
- [10] 刘宪英. 地源热泵地下垂直埋管换热器的试验研究[J]. 重庆建筑大学学报, 1999(5): 21-26.
- [11] 袁艳平. 地源热泵埋管换热器传热研究(1): 综述[J]. 暖通空调, 2008(4): 25-32.