

成都双流国际机场航站楼空调系统用能状况分析与节能诊断

成都航空职业技术学院 杨 婉[☆]

成都双流国际机场股份公司机电设备中心 石德勋 邹玉容

摘要 根据调查统计数据 and 实际测试结果,分析了该航站楼实际能耗状况及用能特点,结合分析结果,对空调系统存在的问题进行了节能诊断和分析,提出了节能策略和改进方法,并对结果进行了监测与分析。

关键词 能耗分析 空调系统 节能措施 耗电量

Energy consumption status and energy efficiency diagnosis for air conditioning system in air terminal building of Chengdu Shuangliu International Airport

By Yang Wan[★], Shi Dexun and Zou Yurong

Abstract Based on the survey data and testing result of energy consumption and system operation, analyses the energy consumption status and characteristics in the air terminal building. With the analysis results, diagnoses and analyses the problems existing in the air conditioning system, and puts forward the energy saving measures and improving methods. Monitors and analyses the air conditioning system operating efficiency.

Keywords energy consumption analysis, air conditioning system, energy saving measure, power consumption

[★] Chengdu Aeronautic Vocational & Technical College, Chengdu, China

①

0 引言

我国建筑用能已超过全国能源消耗总量的 1/4,并将随着人民生活水平的提高逐步增加。以四川地区为例,调查显示,公共建筑中照明、电梯、设备系统能耗比例约为 40%~60%,其中,空调系统的能耗比例约为 40%~60%^[1]。平均而言,公共建筑能耗是居住建筑的 10~20 倍^[2],因此,公共建筑节能潜力巨大。目前,有关公共建筑用能状况分析与节能改造的研究主要集中在医院^[3]、商场^[4]等,而对于作为城市进出口岸的机场航站楼则研究较少。本文对成都双流国际机场 T1 航站楼工程能耗现状进行了测试和统计,并依据实际测试和统计数据及结果进行能耗分析,提出了节能策略和措施。

1 建筑及设备系统概况

成都双流国际机场 T1 航站楼位于成都市西南郊,距市中心 16 km,始建于 1999 年,2001 年投入运行,是中国中西部地区最繁忙的民用机场,也是西南地区的航空枢纽和重要客货集散地。机场拥有两座航站楼,目前投入使用的 T1 航站楼面积 13.8 万 m²,设有登机廊桥 28 条,安检通道 29 条,值机柜台 87 个,其中国际值机柜台 26 个,具有国

①[☆] 杨婉,女,1969 年 3 月生,硕士,副教授

610021 成都市二环路南一段 20 号成都航空职业技术学院
建筑工程系

(0) 13688178722

E-mail: yangwan_han@yahoo.com.cn

收稿日期:2011-08-22

修回日期:2011-10-06

际、国内中转服务和贵宾休息、银行、餐饮、购物、休闲等配套服务功能。T1 航站楼共 2 层,1 层为进港服务层,布置有行李提取大厅、办公室、管理室、控制中心和特种车库及多间贵宾候机室。2 层为出港旅客服务层,设有候机大厅、办票厅、安检和商业服务场所等。整个建筑空间完全封闭,四季均需提供空调。

空调冷负荷 23 920 kW,热负荷 6 885 kW。空调冷源主机采用 6 台 ABTF-850 蒸汽型溴化锂吸收式制冷机,单台制冷量为 2 990 kW,功率为 98 kW;2 台 CVHG780 型水冷离心式制冷机,单台制冷量为 2 990 kW,功率为 514 kW。空调系统主要设备及参数见表 1。

表 1 空调系统主要设备及参数

	额定功率/ kW	额定流量/ (m ³ /h)	额定扬程/ m	数量/ 台
冷(热)水泵	160	500	68	7
	160	550	63	2
冷却水泵	90	400	28	12
	75	500	28	2
冷却塔	30	900		7
组合式空调机组	7.5~130	16 000~100 000		58

制冷站设于大厅地下室内,空调冷水设计供/回水温度 7℃/12℃,系统运行工况切换通过手动或自动启闭水阀实现。空调冷水系统流程图如图 1 所示。

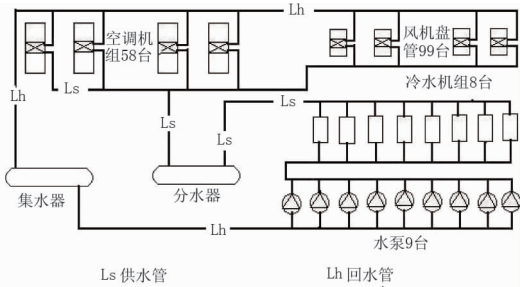


图 1 空调冷水系统流程图

蒸汽由设在航站楼外约 1 km 处的锅炉房提供。锅炉房内布置 3 台蒸发量为 12.5 t/台的油、气两用锅炉和水处理设备,产生的蒸汽经地沟管道送入航站楼使用。

58 台组合式空调机组为变风量机组,分别设置在 15 个空调机房中,总风量为 330.3 万 m³/h。此外还设有 99 台风机盘管。计算机房和楼宇控制中心等房间采用恒温恒湿机组或空气源热泵机组。风量的调节由变频器改变回风机和送风机的转速来实现。

2 能耗统计及分析^[5]

2.1 总能耗

根据航站楼机电管理部门提供的数据,整理得到航站楼 2009 年度总耗电量为 3 234 万 kW·h,单位空调面积的实际年耗电量为 234.3 kW·h/(m²·a),单位面积总能耗折合成标准煤为 86.8 kg/(m²·a),CO₂ 排放量为 227.4 kg/(m²·a)(标准煤的发电量取 2 700 kW·h/t,二氧化碳产生量为 2.62 t/t),远高于成都市公共建筑单位空调面积平均用电量 84.51 kW·h/(m²·a)的调查值^[1],也高于同气候地区其他类似建筑的能耗水平,具有一定的节能空间。

结合现有主要设备的实际运行功率和运行记录,笔者对航站楼各种设备的全年实际能耗量进行了统计,结果见图 2。从图 2 可以看出,照明系统

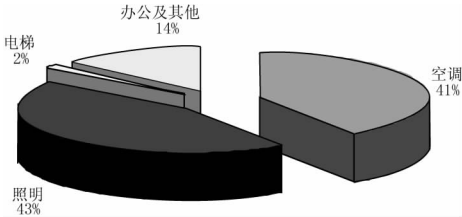


图 2 航站楼各种设备年能耗比例

为能耗最大的系统,占总能耗的比例约为 43%;其次是空调系统,占总能耗的比例约为 41%,图 2 的分析结果与文献[6-7]的结论一致。这是由于航站楼空间大,室内照明不可能采用自然采光,照明灯具需全天开启,室内发热源多。空调系统和照明系统的用电量约占航站楼总用电量的 84%,应作为节能改造的主要对象。

同时,笔者对航站楼 2009 年逐月总能耗进行了统计,结果见图 3。全年建筑总能耗 8 月最高,达 396.9 万 kW·h;3 月最低,为 161.5 万 kW·h,前者比后者多出的能耗主要为空调系统的能耗。

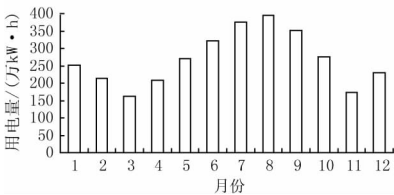


图 3 航站楼 2009 年逐月总能耗统计

以上统计结果表明,该航站楼的总体能耗偏

高,其中空调系统所占能耗比例较大,笔者对航站楼空调系统能耗作了进一步的细化分析。

2.2 空调系统能耗拆分

首先,笔者对航站楼空调系统逐月能耗进行了统计,图4为统计结果。从图4可见,空调系统能耗8月最高,为221.9万kW·h;3月最低,为17.9万kW·h。

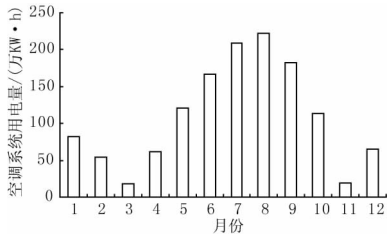


图4 航站楼2009年空调系统逐月用电量统计

同时,依据航站楼运行记录分析空调系统各种设备的年能耗比例,结果如图5所示。由图5可见,空调系统能耗中,组合式空调机组能耗所占比例最大,占37%,冷(热)水泵占31%,制冷主机占22%,其余为冷却水泵和冷却塔能耗。因此,应对组合式空调机组进行仔细分析和研究,挖掘节能潜力。

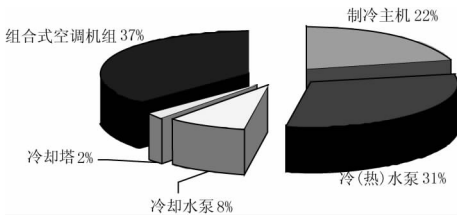


图5 空调系统各种设备能耗比例

该航站楼修建时间较早,关于其空调系统设计情况,笔者曾撰文分析^[8]。经过10年的运行,该航站楼空调系统的运行情况如何?笔者进行了跟踪调查。

3 空调系统诊断分析

根据能耗分析结果,笔者着重对组合式空调机组、制冷主机供水系统、制冷主机进行实测,以发现系统存在的问题。

3.1 组合式空调机组能耗大

从图5可知,组合式空调机组能耗占空调系统总能耗比例较大,远高于类似公共建筑该分项能耗占空调系统总能耗的比例^[6-7],究其原因,除了建筑本身的使用功能特点外,主要还有以下三点:

1) 控制分区过大。组合式空调实行分区控制

运行,其启停、运行调节主要由楼宇控制系统完成。组合式空调机组调节受控于航班状态,按进、出港区域进行分区控制,由于控制分区过大,无法对其精确调节。尤其对于国际航班区,每天航班量不大,航班与航班之间的时间间隔很长。若空调系统一直开启,势必会造成设备的无效运行,增加电能消耗。

2) 组合式空调机组存在无效运行。组合式空调采用进、出港整体控制,当航班将要结束时,候机楼内会出现局部区域无旅客现象。以国内航班为例,国内出港区分为国内值机厅和国内候机厅,在航班刚开始时,旅客首先进入国内值机厅进行登机手续的办理,办理完登机手续后通过安检进入国内候机厅等候登机,这一过程大约需要20min,这样就造成了国内候机区在航班开始时为无旅客状态。在航班快要结束时旅客在国内值机厅办理完登机手续后进入国内候机厅等待登机,国内值机厅将提前进入无旅客状态。

2009年2月国内出港区空调日平均有效服务时间和电能浪费情况统计如表2所示,表2表明,对组合式空调机组运行时间可以作进一步优化,减少电能消耗。

表2 2009年2月国内出港区空调日平均有效服务时间和电能浪费情况统计

区域	空调开启时间/h	空调有效服务时间/h	空调无效运行时间/h	无效运行时间百分比/%	浪费电能/(kW·h)
国内值机厅	18.3	17.85	0.45	2.5	85.4
国内候机厅	18.3	17.92	0.38	2.1	76.0

3) 组合式空调机组冷量输送效率偏低。对于运行中的系统,可用送回风温差来评估冷量输送效率,送回风温差越小,说明输送同样的冷量需要的风量越大,风机电耗越高,测试统计结果见图6。

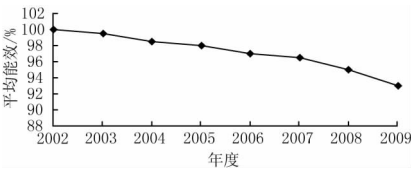


图6 组合式空调平均能效统计

组合式空调机组能效降低的原因主要是设备老化,组合式空调设备投入使用至今已近10年时间,很多设备已经接近设计工作年限,设备能效降低,增加了电能消耗。

3.2 溴化锂制冷主机能效偏低

1#,2# 机组为 2 台离心式制冷机,实测冷量与额定制冷量基本相当。而溴化锂制冷机则能效偏低,以 3# 机组为例,额定制冷量为 2 990 kW,而实测冷量约为 1 734 kW,由于测试期间冷水供回水温差不变而水温上升,因此可以认为机组已达到最大制冷能力,即实测制冷量约为额定制冷量的 58%。测试可知,溴化锂制冷机能效平均下降近 28%,分析其原因,可能是:1) 机组长年使用,生成水垢等沉淀物导致锅炉和溴化锂装置内换热部件的换热效率下降;2) 溴化锂机组真空度不够,管件内漏等问题导致机组制冷效率降低^[9];3) 制冷主机冷凝器侧有水垢或垃圾沉淀,增加了阻力;4) 蒸发盘管内有水垢或垃圾沉淀,增加了阻力。

实测可知,水系统供回水总管处供回水温差为 3.9~4.8℃,由此可以判断,该航站楼冷水系统基本上不存在大流量、小温差现象。

4 空调系统节能措施分析

4.1 组合式空调机组节能降耗措施

1) 加强对航班动态信息的掌握,制定航班信息表和组合空调启停时间表,对延误、备降航班加强巡视力度,实现组合式空调的启停与有无航班一致。

2) 组合式空调机组分区控制改进措施:将候机楼集中空调控制区域由以前的整体控制改变为分区域独立运行控制,将候机楼由原来的 4 个大区细分为 17 个小区。对于多个空调机组服务一个大空间的情况,在控制上统一规划,避免出现各空调机组相互影响的情况。同时,根据航班实时情况对应启停每个小区域的组合式空调机组。

实施方法:在楼宇智能控制系统上增加相应的控制点和程序来实现。

3) 在过渡季节,当室外温度介于 13~22℃ 时,打开候机楼天窗,用自然通风辅助组合式空调通风换气,达到候机楼空气质量要求,使组合式空调、主机、冷水泵等相关设备的运行时间缩短,运行台数减少,达到降低电耗的目的。

4.2 优化运行管理^[10]

1) 掌握正确的开机程序。开机前将不运行机组蒸发器上的进、出水阀门关闭,避免一部分冷水经不运行机组的蒸发器流走,影响运行机组的制冷效果,增加水泵流量,造成不必要的浪费。

2) 若水泵启动后出现进、出水压力表指针摆动过大的情况,说明冷水系统内有空气,需排气待

压力表指示正常后再进行下一步操作。

3) 科学地选择制冷主机运行策略。尽量合理搭配负荷,避免机组在低效区运行,在空调负荷较小时,制冷设备的负载降低(一个重要标志是冷水供回水温差变小),此时应适当提高冷水供水温度以降低制冷机组能耗。实践证明,适当提高夏季冷水出口温度,降低冬季热水出口温度,并根据环境温度的变化及时调整机组运行参数,可保证空调负荷变化时制冷机组始终在高效区(70%负载率以上)运行。条件允许的话,增设 1 台螺杆式冷水机组,在部分负荷工况下启动该机组,与 1#~8# 机组配合使用,可降低机组整体运行能耗。

4) 定期对空调设备作换季保养。每年 4、5 月对空调设备作全面保养。定期对机组抽真空,保证机组运行时良好的真空状态。定期清洗冷凝器、蒸发器盘管,末端换热盘管,使系统保持良好的换热效果,以降低整个空调系统的能耗,同时系统维护工作量也会随之减小。

5 空调系统节能措施效益分析

根据以上分析,对空调系统实施行为节能改进措施(未包括制冷主机改造)。由于优化运行管理的效果不易界定,本研究主要监测了组合式空调机组节能降耗措施的节能效果。监测结果表明,组合式空调机组节能降耗措施起到了较好的节能效果。

5.1 经济效益分析

表 3 显示,组合式空调机组实施行为节能措施后,过渡季节综合能耗下降 9.6%,夏、冬季节综合能耗下降 2.5%。综合考虑冬、夏两季及过渡季节,全年降低能耗 16.13 万 kW·h,全年节约电费总计约 19.35 万元。

表 3 组合式空调平均节电量

	日均耗电量/ (kW·h)		日均减少 耗电量/ (kW·h)	累计减少 耗电量/ (kW·h)	合计/ (kW·h)
	改进前	改进后			
过渡季节	5 165	4 669	496	59 520	161 280
夏、冬季节	16 803	16 379	424	101 760	

注:组合式空调机组过渡季运行期取 120 d,夏、冬季运行期取 240 d。

5.2 环境效益分析

降低电耗就意味着降低了电厂使用燃料所产生的 CO₂, SO₂, NO_x, 烟尘和煤渣的排放量,对于国家节能减排的意义非常显著,组合式空调机组实施行为节能措施后的环境效益如表 4 所示。

表 4 组合式空调机组实施行为节能措施后的环境效益

t/a					
年节省标准煤	年减排CO ₂ 量	年减排SO ₂ 量	年减排NO _x 量	年减少烟尘	年减少煤渣
85.00	222.70	0.72	0.63	0.26	27.88

注:每 t 标准煤的发电量取 2 700 kW·h,1 t 标准煤产生二氧化碳 2.62 t、二氧化硫 0.008 5 t、氮氧化物 0.007 4 t、烟尘 0.003 t 和煤渣 0.328 t。

对成都双流国际机场 T1 航站楼空调系统实施的行为节能运行措施取得了较好的经济和环境效益。对组合式空调机组实施节能降耗措施后的监测与分析表明,改进后减少建筑年能耗费用 19.35 万元,节能效果明显,具有非常显著的节能减排效益和社会意义,若在此基础上继续实施制冷主机、建筑围护结构、照明系统等的改造,预计效果将更加明显。

6 结论

通过能耗调研、现场诊断及负荷分析,掌握所研究的大型公共建筑用能的具体特点,在分析建筑实际能耗数据的基础上,发现建筑存在的主要问题,提出适合的节能运行措施和改造方案,并予以实施和评价,可能是未来公共建筑开展节能化运行和改造的正确方法。成都双流国际机场 T1 航站楼的节能措施可对其他类似大型公共建筑的节能运行起到一定的参考和借鉴作用。

7 致谢

本研究在实施过程中得到了成都双流国际机

场股份公司机电设备中心部门的大力支持,在此表示感谢。

参考文献:

[1] 苏华,向勇,郑澍奎,等. 成都市民用建筑能耗调查分析[J]. 四川建筑科学研究,2010,36(4):291-294

[2] 刘俊跃,顾群,魏庆芄. 深圳大型公共建筑能耗调查与节能改造案例分析[J]. 建筑科学,2007,23(10):112-115

[3] 路宾,曹勇,宋业辉,等. 上海医院建筑用能状况分析与节能诊断[J]. 暖通空调,2009,39(4):61-64

[4] 常晟,魏庆芄,蔡宏武,等. 空调系统节能优化运行与改造案例研究(2):冷水系统[J]. 暖通空调,2010,40(8):37-40,56

[5] 叶倩,周聪,朱伟峰,等. 上海 JK 大厦空调系统节能改造[J]. 暖通空调,2010,40(8):29-32

[6] 周孝清,刘芳,陈伟青,等. 广州公共建筑能耗调查及研究[J]. 建筑科学,2007,23(12):76-80

[7] 薛志峰,江亿. 北京市大型公共建筑用能现状与节能潜力分析[J]. 暖通空调,2004,34(9):8-10,24

[8] 韩华刚,杨婉. 成都双流国际机场航站楼空调设计刍议[J]. 制冷与空调,2002,2(6):51-54

[9] 蒋靖. 两级蒸汽吸收深冷装置的典型故障分析及改进[J]. 民航科技,2006(3):65-67

[10] 刘桂恒,文开宁,陈德明,等. 某大厦集中空调系统节能运行探讨[J]. 暖通空调,2010,40(3):126-128