

Energy-saving Renovation of the Air Conditioning System-system of an Office Building in Chongqing, China

Yichao Xu Fan Lu

Chongqing Zhongyuan Lvlan Energy Technology Co., Ltd., Chongqing, 400000, China

Abstract

In order to improve the safety and stability of the use of the air conditioning system in an office building in Chongqing and reduce the energy consumption of the air conditioning system, two feasible energy-saving suggestions and optimization schemes are proposed. The first scheme is: the original machine room refrigeration system is replaced by an efficient refrigeration system, and the electric control valve is added to each floor at the end to achieve hierarchical control, and the intelligent control system is added, and the rust pipe and insulation are replaced, and the energy saving rate is 48.18%. Scheme two: optimize the operation status of the cold water host, the secondary pump is changed to a first-stage inverter pump, the end of each layer to increase the electric control valve to achieve hierarchical control, increase the intelligent control system, replace the rust pipe and damage insulation and other measures, the energy saving rate is 14.14%. After the system transformation, the safety and stability of the HVAC system are improved, the risk of system burst pipes is reduced, the energy consumption of the system is reduced, and the heat loss of the pipeline is reduced. At the same time, it can realize the functional requirements of intelligent management and hierarchical control of air conditioning system.

Keywords

air conditioning system; energy saving; intelligent control

中国重庆某办公楼空调系统节能改造

徐一超 卢帆

重庆中源绿蓝能源科技有限公司, 中国·重庆 400000

摘要

为提高重庆某办公楼空调系统使用的安全性和稳定性,并降低空调系统使用能耗,提出两种可行的节能建议优化方案,方案一:原机房制冷系统替换为高效制冷系统,末端每层增加电动调节阀实现分层控制,增加智慧控制系统,更换锈蚀管道及保温等措施,节能率为48.18%。方案二:优化冷水主机的运行状态,二级泵改为一级变频泵,末端每层增加电动调节阀实现分层控制,增加智慧控制系统,更换锈蚀管道及损坏保温等措施,节能率为14.14%。系统改造后,提高暖通系统的安全性及稳定性,降低系统爆管风险,降低系统运行能耗,减少管道散热损失。同时,可实现空调系统智慧化管理及分层控制的功能需求。

关键词

空调系统;节能;智慧控制

1 工程概况

该办公楼建筑面积约为 76844m²。该办公楼空调系统采用两台额定制冷量为 2813kW 的离心式冷水机组和 1 台额定制冷量为 1392kW 的螺杆式冷水机组,机组总制冷量为 7018kW。

2 系统现状

2.1 能耗高

该办公楼空调系统日常运行配备了专职暖通、水电工

程师,在规定的时间内如实上报本单位空调能源、资源消费状况。因疫情原因,后面连续几年,能耗波动不稳定,因此选取疫情前 2017—2019 年能耗数据进行分析。其中 2017 年空调系统总耗电量 6253080kWh,燃气耗量 119884Nm³/h;其中 2018 年空调系统总耗电量 6559680kWh,燃气耗量 1334682Nm³/h;其中 2019 年空调系统总耗电量 6514680kWh,燃气耗量 118302Nm³/h。2017 年折算空调系统能耗指标 86 kWh/m²,2018 年折算空调系统能耗指标 91kWh/m²,2019 年折算空调系统能耗指标 90 kWh/m²。因此,根据 GB/T 51161—2016《民用建筑能耗标准》,办公楼能耗约束值为 70 kWh/m²,引导值为 55kWh/m²,实际该办公楼能耗约为 90 kWh/m²,能耗较高。

【作者简介】徐一超(1989—),男,中国重庆人,本科,工程师,从事综合能源研究。

2.2 主机运行

主机典型日运行记录如表 1 所示。

根据负荷占比约等于电流百分比得知,该办公楼最大负荷为: $2813 \times 2 \times 0.8 = 4500 \text{ kW}$,而主机额定制冷量为 7018 kW ,主机实际配置有较大余量,但是由于 1# 螺杆式冷水机组和 3# 离心式冷水机组配电问题,导致系统当实际需求负荷较高时,主机开启组合仅为 1# 螺杆机和 2# 离心机或者 2# 离心机和 3# 离心机。由于主机运行已经超过 12 年,一旦 2# 离心式冷水机组出现故障,势必会影响该办公楼夏季空调的使用。根据现场实际的运行情况,进行测算,主机运行情况如表 2 所示。

根据主机铭牌,离心式水冷机组 COP 为 5.35,螺杆式冷水机组 COP 为 4.65。主机实际运行能效与铭牌值相差较远,实际运行能效较低,衰减明显。

2.3 水泵运行

根据运行记录,水泵定频运行,冷冻水的供回水温差为 $2.7 \sim 3.4 \text{ }^\circ\text{C}$,冷却水的供回水温差为 $3 \sim 4 \text{ }^\circ\text{C}$,冷冻水系统和冷却水系统均为大流量小温差运行,水泵的运行能耗较高。

冷冻水泵因二级泵无法变频,现运行形式为简单的水泵串联,并未实现一级泵定频运行保证主机流量稳定,二级泵变频调节以满足末端需求的设计目的。

2.4 管路系统

根据对系统实际设计情况,对系统进行重新进行水力计算得到,第一层支管管路的阻力为 121939.16 Pa ,第十七

层支管管路的阻力为 632 Pa ,末端阻力和机房阻力之和约为 $23 \text{ mH}_2\text{O}$,因此一层管路和十七层管路之间的水力不平衡率为 32.6% 。因此,空调水系统超过了《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》中并联管路之间压力损失相对差额小于 15% 的规定,水力失调严重。

管路保温老化,管道外壁出现冷凝水,水汽进入保温层,进一步造成保温层破坏,难以起到保温的作用,管道散热损失严重,系统能耗增加。

2.5 控制系统

中央空调系统配有集中控制系统,但由于控制系统硬件设备及软件系统未完善,导致中央空调控制系统无法运行,运行过程中由专业运行管理人员根据运行经验进行手动控制调节。该运行方式存在以下问题:

①整个系统的运行、优化及数据均由人工执行,无法做到系统精细化调节,且系统数据无法自动采集及分析,运行数据不能得到有效利用。没有专业的节能控制模型及数据库支撑,无法达到中央空调系统的优化控制使系统运行最优。

②主机台数由运行人员根据系统负荷手动控制,不能根据主机的特性自动调节高效区间运行,冷冻水出水温度设定值手动设置,不能根据室外天气情况,自动调节冷冻水温度,影响主机制冷能效。

③冷冻水泵工频运行,不能根据末端设备对冷冻水的需求情况动态调节流量,导致部分负荷情况下降低系统运行效率。

表 1 主机典型日运行记录

月份	五月	六月	七月	八月	九月
主机开启	1# 螺杆机	3# 离心机	2#、3# 离心机	1# 螺杆机、2# 离心机	1# 螺杆机、2# 离心机
冷冻供水平均温度 ($^\circ\text{C}$)	9.3	7.2	7.4	7	8.6
冷冻回水平均温度 ($^\circ\text{C}$)	12.7	9.9	10.6	10.2	12.2
冷却供水平均温度 ($^\circ\text{C}$)	28.7	28.9	28.7	29.6	26.4
冷却回水温度 ($^\circ\text{C}$)	32.8	32.1	32.2	32.4	30.4
冷冻供回水温差 ($^\circ\text{C}$)	3.4	2.7	3.2	3.2	3.6
冷却供回水温差 ($^\circ\text{C}$)	4.1	3.2	3.5	2.8	4.0
平均运行电流百分比 (%)	79%	77%	80%	65%	71%

表 2 主机实际运行情况测算表

月份	五月	六月	七月	八月	九月
实际供冷量 (kW)	748	1170	1440	1170	711
实际运行功率 (kW)	236.2	404.3	420	341.2	212.29
主机实际运行能效 (COP)	3.2	2.89	3.42	3.43	3.35

④冷却水泵工频运行,不能根据制冷主机冷凝情况和冷却水供回水温度动态调节流量,过度季节冷却水存在大流量小温差现象,水泵能效低。

⑤冷却塔风机工频运行,无法基于系统冷却能效最佳控制,人工开启冷却塔风机台数,散热效率不高。

⑥原配置温度计和机械式压力表有部分损坏情况,且精度不高,系统暂未配置相关高精度传感器进行自动采集。

3 改造措施及能效提升

为实现系统的安全高效运行,空调系统改造应包括机房配电、主机、水泵、管道及控制系统。重点关注系统在部分负荷情况下的运行能效,充分利用主机负荷调节能力提升主机能效,减少输配系统能耗占比。

3.1 改造方案一

3.1.1 主机及配电改造

根据实际主机运行情况,主机实际运行负荷为4500kW,考虑极端天气的情况,建议留出1.1倍的余量,因此改造后主机的容量为4950kW,选用一台制冷量2637kW变频离心冷水机组+一台制冷量2637kW磁悬浮冷水机组。

根据主机的运行能效和主机实际运行情况,主机节能率约为90%~100%。

3.1.2 管道系统改造

每层水平干管回水管上增加电动调节阀,调节水力失调,实现分层控制;替换管道破损保温材料;大规模更换锈蚀的管道。预计管道系统改造后,系统节约的能耗约为10%~20%。

3.1.3 增设自动控制系统

根据实际主机运行情况,主机实际运行制冷量为4500kW,末端风机盘管和新风机组的负荷为9830kW,末端容量远大于主机容量,因此在中低负荷段时,建议主机可适当提高冷水机组的出水温度,根据负荷占比,在低负荷时段时,主机设定出水温度可调高至9℃,根据冷冻水温度提到1℃,主机能效提高1%~2%,因此主机的能效可以提高3%左右。原设计冷却水量为2000m³/h,设计冷却水量大于实际冷却水量,提高实际运行时冷却水量,降低冷却水进水温度。冷却水温预计降低1℃,冷却进水降低1℃,主机能效提高2%~3%,因此预计主机能效可以提高3%左右。综上,提高蒸发温度和降低冷凝温度,主机能效提高约5%~6%。

根据水泵流量,扬程,功率与水泵转速的关系,考虑水泵的实际运行情况,设定冷冻水供回水温差为6℃,控制冷冻水泵转速,冷却水供回水温差4.5℃,控制冷却水泵转速。预计水泵节能率约为40%。

根据湿球温度结合冷却塔的逼近度控制风机数量和转速,控制冷却塔出水温度,智慧控制最终目标:系统能耗最

低, $P_{\min}=P_{\text{主机}}+P_{\text{水泵}}+P_{\text{冷却塔}}$ 。

3.1.4 改造方案一系统节能率

按照推荐方案一改造完成后,预计节约电量63.19万kWh,折合折算标煤77.66万tce,按电费0.64元/kW进行计算,得到每年节约费用约40.44万元,节能率48.18%。

3.2 改造方案二

3.2.1 主机改造

影响冷水机组的运行性能的因素包括内部因素和外部因素,内部因素包括压缩机的能效,主机制造水平,制冷剂的选择及充装量等,内部因素一般主机确定后,其运行能效已经确定。外部影响因素是指冷凝温度和蒸发温度,根据逆卡诺循环, $COP=T_c/(T_c-T_e)$ 可知,提高蒸发温度 T_e ,降低冷凝温度 T_c ,有助于提高主机能效。

3.2.2 水泵改造

将冷冻水泵二级泵系统改为一级泵且增加水泵变频,同时按照主机流量最大值设置电动旁通阀改造后,冷冻水泵的离心机对应水泵功率从90kW减少75kW,螺杆机对应水泵功率从60kW减少到37kW。运行水泵总功率减少约25%,节约水泵能耗。

3.2.3 改造方案二系统节能率

按照推荐方案二改造完成后,预计节约电量18.55kWh,折合折算标煤22.80tce,按电费0.64元/kW进行计算,得到每年节约费用约11.87万元,节能率14.14%。

4 结语

论文对某办公楼暖通空调系统节能改造过程中遇到的问题进行了分析和总结,并针对性地给出了解决方案。论文建议了两种改造方案,第一种改造方案主要通过高效机组替换原机组,并对机房系统、水系统及调试等进行全面改造,第二种主要通过增加自控系统、水系统、合调试优化控制策略等进行改造,使整体暖通空调系统能自动、稳定、节能低碳运行。

参考文献

- [1] GB 50189—2015 公共建筑节能设计标准[S].
- [2] DB 33/1092—2016 绿色建筑设计与标准[S].
- [3] 涂惠慧.建筑节能现状及建筑节能新技术[J].绿色环保建材,2018(4):64.
- [4] 江亿.我国建筑节能战略研究[J].中国工程科学,2011,13(6):30-38.
- [5] 邓志坚,汪霄,王伟.基于合同能源管理的公共建筑节能改造的激励机制分析[J].工程管理学报,2011,25(1):37-40.