

空调废热回用耦合系统在小浪底水利枢纽管理区的应用

杜建伟¹ 肖艺甜² 谭浩瑜¹ 郭珂慧¹

(1. 城乡建设规划设计研究院; 2. 郑州大学建筑学院)

[摘要] 针对小浪底水利枢纽管理区消防站及配套设施项目的能源和建设条件,设计中采用了夏季空调废热回用耦合系统即空调与生活热水组合应用的可再生能源利用模式,系统运行费用低,节能环保,为类似水利枢纽管理区空调及生活热水系统的设计提供了参考。

[关键词] 空调废热回用耦合系统 全热回收空调 生活热水 水利枢纽管理区

1 项目背景

小浪底水利枢纽管理区是小浪底枢纽工程正常运转的重要后勤服务保障基地,分为办公区、工程管理部、旅游管理部、武警营地等四个区域,主要包括办公楼、宾馆、食堂、宿舍区及消防站等功能建筑。

本项目所建设的消防站及配套设施位于工程管理区的西南角,总占地面积约为 8400 m²,总建筑面积约为 2980 m²。本项目由于建设内容为消防站及公安局办案大厅,主要为解决消防战士和公安干警 24 小时值班及工作所需,因此在配置常规空调的基础上还应考虑常年的生活热水问题。

但该项目距离办公区核心位置约 1.8 km,距离工程管理部核心位置约 0.8 km。在办公区桥沟两岸东西区已建设有水冷机组+电锅炉的冷热源中心,负责供应办公区域内冬夏空调用冷热水及常年的生活热水;而在工程管理部已建设常规的风冷热泵冷热源,负责供应工程管理部内各建筑的空调用水,无生活热水水源。

鉴于项目所在地周边无合适的能源中心,且该地块内场地有限,无法单独建设独立的设备房,因此本次项目的总体规划中针对能源应用的特点创新性地提出了夏季空调废热回用耦合系统即空调与生活热水组合应用的可再生能源利用模式。该系统的应用可有效解决项目的水热热源问题,可降低建筑耗能量及碳排放量,并在经济效益、社会效益和环境效益三方面都取得良好的收益。

2 技术原理

夏季空调废热回用耦合系统就是改变传统的将空调热直接排入大气的作法,系统中充分使用冷凝热回收系统,将空调冷凝热回收用于制取生活热水,既可大幅降低整个空调系统的运行费用,又能够满足绿色、节能、低碳及环保的要求。

在系统中为增强生活热水供应的稳定性,在配置全热回收空调机组的同时设计风冷热泵热水机组。全热回收空调机组、风冷热泵热水机组两者通过耦合实现全年度生活热水的稳定供应。废热回用耦合系统图 1 如下所示:

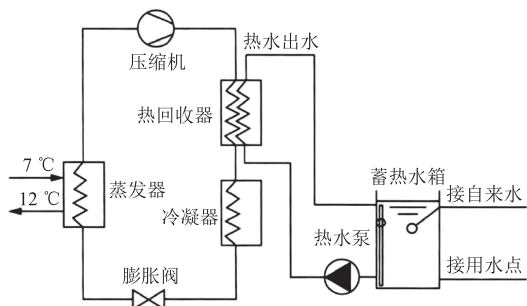


图 1 废热回用耦合系统

该系统是依据逆卡诺循环对夏季空调废热的二次利用以制取生活热水。所有需要被排出的过热量与冷凝热,制冷剂处于过热蒸汽状态与气液混合状态。系统中在机组设置 1 个热回收冷凝器,可完全

替代常规冷凝器,可回收冷凝过程中所有的热量,交换热量的一侧为热水温度,另一侧为制冷剂的冷凝温度。

如蓄热水箱的水温仅通过全热回收空调机组的废热回收无法满足要求时,则耦合自控启动风冷热泵热水机组。

泵热水机组。

3 设计方案

(1)空调冷热负荷及冷热源配置

序号	单体建筑物名称	建筑面积(m ²)	夏季空调冷负荷(kW)	冬季空调热负荷(kW)
1	消防站	1297	77.8	66.2
2	公安局办案大厅	458	56.8	45.4
3	车队	1225	95.6	76.5
4	合计	2980	230.2	188.1

空调冷热源采用模块式全热回收机组。工程中在仓库西侧设置4台制冷量为65 kW、热回收量为75 kW、制热量为68 kW的全热回收风冷模块机组,

夏季制冷进/出水温度12/7℃;冬季制热进/出水温度40/45℃。夏季制冷时采用热回收模式。

全热回收空调机组现场安装详见图2、图3。



图2 全热回收空调机组



图3 空调机组配套装置

(2)生活热水耗热量及热源配置

序号	单体建筑物名称	用水位置	小时耗热量(kJ/h)	热负荷(kW)	备注
1	消防站	公共浴室 / 6个淋浴头	263781	73.3	定时供应
2	车队	车队宿舍 / 54个床位	253230	70.3	全日供应
3	合计		517011	143.6	

生活热水热源采用模块式热水机组。考虑到机组在室外低温时供热能力下降,因此在配置机组时根据室外空调计算温度、融霜频率、室外空气相对湿度进行了修正。经计算共设置4台制热量为68 kW的全热回收风冷模块机组,夏季制冷进/出水温度12/7℃;冬季制热进/出水温度40/45℃。

模块式热水机组现场安装详见图4、图5。

(3)夏季空调废热回用耦合性分析

空调机组在制冷运行的过程实际上是通过消耗一定的电能把热量从室内转移到室外的过程,而该部分废热可充分应用在生活热水的使用中。

根据热力学的逆卡诺循环,可用于生活热水的空调废热量如下所示:

$$Q_{\text{废热}} = Q_{\text{制冷量}} + P_{\text{压缩机功率}} \quad (1)$$

式中 $Q_{\text{废热}}$ 为空调废热量,kW; $Q_{\text{制冷量}}$ 为空调机组制冷量,kW; $P_{\text{压缩机功率}}$ 为空调机组输入功率。

小浪底水利枢纽管理区消防站生活热水小时

总耗热量为517011 kJ/h,总热负荷需求合计约为143.6 kW。

夏季空调冷负荷为230.2 kW,则其空调废热按照逆卡诺循环总量约为299.3 kW,即使考虑三栋建筑各房间使用的同时系数,亦可满足生活热水的要求。

空调负荷与热水负荷具有明显的不同步性,空调负荷峰值通常出现在13:00~15:00时,生活热水负荷峰值出现在6:00~7:00时和19:00~20:00时,为了解决负荷不平衡问题,把高峰空调冷凝热储蓄起来,在生活水负荷高峰值期间释放出来,使冷凝热回收热泵系统安全高效地运行,设计中将蓄热装置的概念引入到空调和热水供应系统设计中,平衡空调冷凝热负荷与热水供应负荷之间日逐时的波动特性,延长空调冷凝热的利用时间,从而达到最佳的综合节能效果。热回收蓄热水箱兼热水供应水箱设计总容量为10 m³。

(下转第35页)

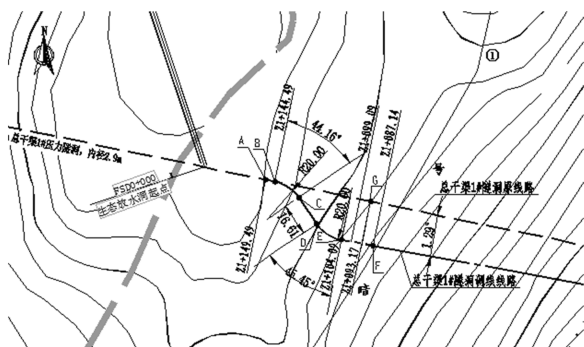


图 12 调线方案平面布置图

6 结论

云南柴石滩水库灌区工程隧洞开挖揭露了规模较大的岩溶空腔、暗河,通过分析隧洞区工程及水文地质条件,调查隧洞周边及洞内的岩溶暗河地质发育特征,采用三维激光扫描仪与地质雷达对岩溶暗河进行联合探测,基本查明了岩溶空腔、暗河的空间形态及隔层岩体的地质特征,为处理方案的设计提

供了可靠的地质信息,有针对性地提出了洞线向右偏移的处理对策。经开挖实施,揭露的地质情况与联合探测成果基本一致,并安全、顺利的通过了岩溶暗河区。该联合探测方法具有较好安全性、经济性、便捷性、有效性,可在类似工程中推广应用。

参考文献

- [1] 王剑. 隧道岩溶地质的处理与施工技术的研究进展[J]. 科学技术创新, 2018(015): 142-143.
- [2] 王耀军,等. 云南省昆明市柴石滩水库灌区工程初步设计阶段工程地质勘察报告[R]. 郑州:黄河勘测规划设计研究院有限公司, 2015.
- [3] 马先超. 岩溶地段隧道处理措施探讨[J]. 湖南交通科技, 2009, 35(1): 122-124.
- [4] 曹飞. 三维激光扫描测量技术及其应用[J]. 内蒙古煤炭经济, 2017(13): 35-67.
- [5] 王莫. 三维激光扫描技术在故宫古建筑测绘中的应用研究[J]. 故宫博物院院刊, 2011(6): 143-156.
- [6] 吕宝雄,等. 三维激光扫描技术在水电大比例尺地形测量中的应用研究[J]. 西北水电, 2011(1): 14-16.

(上接第 28 页)

如在夏季阴冷天、深春季、深秋季和冬季等不需



图 4 模块式热水机组



图 5 热回收蓄热水箱兼热水供应水箱

4 应用前景

小浪底水利枢纽管理区消防站项目中应用的夏季空调废热回用耦合系统一机多用,夏季能为用户供冷,冬季能为用户供暖,全年能为用户供热水,与传统组合系统相比安装方便,运行费用低,节能环保,具有很好的应用前景,特别适用于类似无市政供热的水利枢纽管理区。

空调废热回用因其节能性、环保性将成为生活热水供应最有发展前途的制备系统之一。在未来的几十年中,中国也将面临着巨大的能源压力。一方面,中国的经济要保持较高速度的增长,另一方面,又必须考虑绿色环保和碳中和问题。所以要求提高能源利用效率

要空调开启的时候,则自动耦合切换至专门生活热水机组供应。

和进行能源结构调整。为了适应市场要求和参加国际竞争,必须加快废热回用的产业化研究开发,进一步加大可再生能源利用技术在建筑中的应用。

参考文献

- [1] GB50736-2012,民用建筑供暖通风与空气调节设计规范[S]. 北京:中华人民共和国住房和城乡建设部等, 2012.
- [2] GB50015-2003(2009年版),建筑给水排水设计规范[S]. 北京:中华人民共和国住房和城乡建设部等, 2010.
- [3] JGJ/T229-2010,民用建筑绿色设计规范[S]. 北京:中华人民共和国住房和城乡建设部, 2010.
- [4] 沈维道主编. 工程热力学(第四版)[M]. 北京:高等教育出版社, 2007, 76-95.