

基于双碳背景下某建筑空调系统节能减排研究

丁兆勇

中城院(北京)环境科技股份有限公司 北京 100120

摘要: 为了降低某科研基地内办公建筑的制热、制冷等能耗,实现建筑的节能减排,通过采用 eQUEST 等软件模拟计算手段,对该建筑空调系统进行了节能降耗的研究并进行了采用地源热泵和空气源热泵制热与制冷的改造。本文基于改造前后的节能降耗与碳排放量核算分析,得出该建筑通过空调系统优化改造后年降低能耗约 10.15 万 kWh,年减少 CO₂ 排放约 57.88 t。结果表明,采用节能减排的空调技术代替传统的电能空调,能够大幅度降低建筑物的能耗、减少 CO₂ 的排放量。

关键词: 双碳; 空调系统; 节能; 减排

该建筑位于河北省燕郊空港物流国际产业基地,建筑面积约 4360 m²,占地面积约 2000 m²。建筑现状为物流工业用房,拟改造成为实验办公综合楼。该建筑原设计为工业建筑,作为库房使用。建筑内冬季采用简单的市政供暖系统,夏季无制冷系统,因此不能满足改造后实验室的使用要求和河北公共建筑的节能要求。

基于以上使用功能的变化要求,需要根据现状、当地应该满足的建筑节能标准和后续应用低碳实验办公综合楼的要求,对现建筑的空调系统进行研究优化,并改造。

建筑所在地气候属温带半湿润半干旱季风气候。年极端最高气温一般在 35 ~ 40 °C 之间。年极端最低气温一般在 -14 ~ -20 °C 之间,1966 年曾低到 -27.4 °C(大兴东黑堡);高山区低于 -30 °C。7 月最热,月平均气温,平原地区为 26 °C 左右;海拔 800 米以下的山区为 21 ~ 25 °C。1 月最冷,月平均气温,平原地区为 -4 ~ -5 °C;海拔 800 米以下山区为 -6 ~ -10 °C。气温年较差为 30 ~ 32 °C。年降水量空间分布不均匀,东北部和西南部山前迎风坡地区为相对降水中心,在 600 ~ 700 毫米之间,西北部和北部深山区少于 500 毫米,平原及部分山区在 500 ~ 600 毫米之间。

一、优化研究

本文主要研究空调系统应该如何优化改造才能达到相关标准和节能减排的要求,主要参照河北省发布的《公共建筑节能设计标准》^[1]和住建部与国家市场监督管理总局联合发布的《绿色建筑评价标准》^[2]。

1. 空调系统标准要求

《公共建筑节能设计标准》明确要求公共建筑在设计

阶段要重视节能,且“供暖通风与空气调节”章节中明确“在技术经济合理的情况下,冷、热源宜利用浅层地能、太阳能、风能等可再生能源。”。

《绿色建筑评价标准》的评价指标评分分配中,将“资源节约”单项的设置分数最高,如表 1 所示。并且在“资源节约”章节中明确“建筑供暖空调负荷降低 5%,得 5 分;降低 10%,得 10 分;降低 15%,得 15 分。”。可见该标准对供暖空调是否节能以及节能程度的重视。

表 1 绿色建筑评价分值

	控制项 基础分值	评价指标评分项满分值					提高与创新加分项 满分值
		安全 耐久	健康 舒适	生活 便利	资源 节约	环境 宜居	
预评价分值	400	100	100	70	200	100	100
评价分值	400	100	100	100	200	100	100

2. 研究内容与方法

本建筑需要空调系统来夏季制冷和冬季制热,需要考虑实验设备散热、人员散热和外墙、窗户传热等因素。行业内研究建筑内制冷和制热负荷的比较实用的方法是采取 eQUEST 软件模拟计算,通常的研究方法是需要模拟本建筑当前的制冷和制热情况以及本建筑改造成办公实验办公综合楼后需要达到的制冷与制热效果。

eQUEST 是一款基于 DOE-2 基础上开发的建筑能耗分析软件,它允许设计者进行多种类型的建筑能耗模拟。eQUEST 模拟流程图与操作界面如图 1 所示。

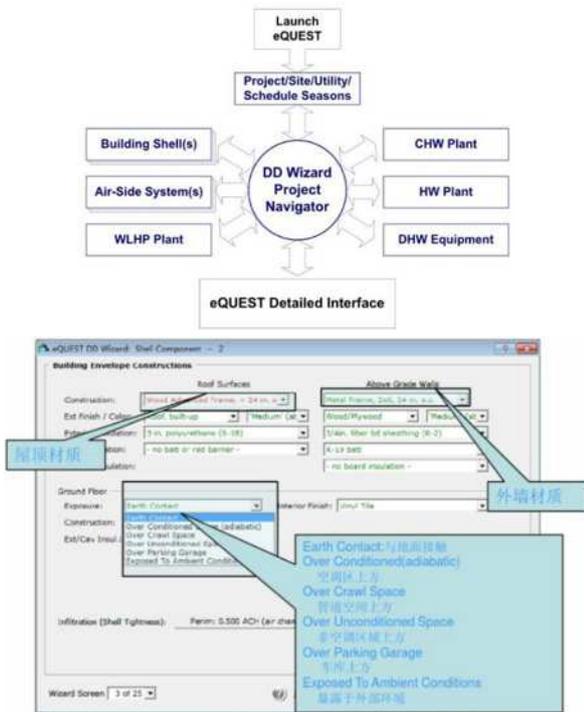


图 1 eQUEST 模拟流程图与操作界面

按照河北省《公共建筑节能设计标准》和节能低碳的要求，该建筑空调系统的冷、热源确定采用地源热泵和空气源热泵提供。地源热泵作为正常运转供热、制冷空调系统，空气源热泵作为备用系统。

二、结果与讨论

1. 实施方案

本优化改造采用地源热泵中央空调 + 空气源热泵相结合的系统，解决该建筑冬季采暖、夏季制冷。地埋管热交换系统在冬季采集浅层地下土壤中的低位热能，为地源热泵机组持续提供热源；在夏季将浅层地下土壤层作为冷源，把建筑物内的热量传递到地下土壤中，满足建筑物的供冷需求。

2. 改造实施

地源热泵作为正常运转供热制冷空调系统，空气源热泵作为备用系统。

在供暖初期，由于采用了季节性储热技术，在室外温度较高的情况下，采暖负荷小，经过太阳能加热后的供水温度 T_g 较高。若温度大于 $55\text{ }^\circ\text{C}$ ，则利用太阳能直接采暖；若温度低于 $50\text{ }^\circ\text{C}$ 高于 $40\text{ }^\circ\text{C}$ ，则太阳能和热泵串联运行，即经过太阳能加热的水在经过热泵主机进行加热，达到温度后供给末端使用；若温度低于 $40\text{ }^\circ\text{C}$ 高于 $20\text{ }^\circ\text{C}$ ，直接接入地源热泵地下换热器，给土壤进行加热，同时提高热泵机组的蒸发

器进水温度，以提高机组的效率。若供水温度低于 $20\text{ }^\circ\text{C}$ ，则太阳能系统直接接入热泵系统的蒸发器侧。

采用两台环保冷媒的地源热泵机组，自动根据主机运行时间开启运行时间短的主机，平衡主机运行时间。

(1) 地源热泵

根据以上研究，确定选用两台 YSSR-150A 地源热泵机组满足建筑冬季供暖和夏季制冷的需求。具体优化改造选用的地源热泵参数如图 2 铭牌所示。

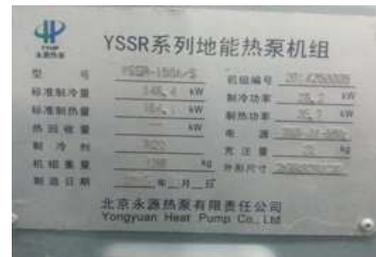


图 2 地源热泵铭牌

单台 YSSR-150A 热泵机组在标准状况下的性能参数：

制冷量：148.4 kW，制冷功率：28.2 kW

制热量：164.1 kW，制热功率：35.7 kW

制冷工况：蒸发器进出水 $12/7\text{ }^\circ\text{C}$ ，冷凝器进出水 $25/30\text{ }^\circ\text{C}$

制热工况：蒸发器进出水 $10/5\text{ }^\circ\text{C}$ ，冷凝器进出水 $50/55\text{ }^\circ\text{C}$

本工程地埋管系统采用深度 120 m 、直径为 150 mm 的垂直地埋管，每个竖孔中安装单根长度 120 m 的 HDPE 管 4 根，组成双 U 型管结构形式，实际打孔 120 个。

夏季提供 $7\sim 12\text{ }^\circ\text{C}$ 冷水，冬季热泵机组提供 $40\sim 45\text{ }^\circ\text{C}$ 的热水供末端夏季制冷、冬季供热使用。

(2) 空气源热泵

根据以上研究，确定选用 5 台 YSSR-60AKM 空气源热泵机组满足建筑冬季供暖和夏季制冷的备用需求。具体优化改造选用的空气源热泵参数如图 3 铭牌所示。



图 3 空气源热泵铭牌

单台 YSSR-60AKM 热泵机组在标准状况下的性能参数:

制冷量: 58 kW, 制冷功率: 18.8 kW

制热量: 62 kW, 制热功率: 18.6 kW

该建筑使用面积, 一、二和三层共 4300 m², 夹层 1761 m² (包括一楼挑空), 总共计 6000 m², 平均单位面积制冷或供热约 50 W/m²。

3. 改造前后能耗分析

建筑物全生命周期通常可分解为五个过程: (1) 建材生产; (2) 建材运输; (3) 建造施工; (4) 建筑运营与维护; (5) 建筑拆除处置。各个阶段都有相应的能源消耗和二氧化碳排放, 本研究仅考虑建筑物在运行过程中空调系统的碳排放情况。

地源热泵运行耗电分析如下表:

地源热泵单台制冷功率 28.2W, 制冷量 148.4 kW, 所以地源热泵制冷 COP 为 5.26。地源热泵单台制热功率 35.7 kW, 制热量 164.1 kW, 所以地源热泵制热 COP 为 4.60。

采用电力空调系统, 制冷 COP 一般为 3.43, 制热 COP 一般为 1.6。

夏季采用电力空调制冷耗电量为:

$$115698 \text{ kWh} \div 3.43 = 33730 \text{ kWh}$$

冬季采用电力空调制热耗电量为:

$$287219 \text{ kWh} \div 1.6 = 179512 \text{ kWh}$$

因此, 采用地源热泵空调系统与采用电力空调系统相比, 节电:

$$33730 \text{ kWh} + 179512 \text{ kWh} - 111765 \text{ kWh} = 101487 \text{ kWh}$$

$$\text{减二氧化碳排: } 101487 \text{ kWh} * 0.5703 \text{ kg/kWh} = 57.88 \text{ t}$$

三、结论

本建筑通过采取地源热泵 + 空气源热泵的空调系统节能减排措施, 实现年节能 101487 kWh, 减二氧化碳排 57.88 t。研究表明, 通过地源热泵或空气源热泵代替电力制冷、制热的优化改造方式是可行的, 该改造可以扩展到其他建筑尤其是地源或空气源更加有优势的建筑, 比如采用生活垃圾焚烧厂产生的热水, 采用厂房内的热空气。

参考文献:

- [1]. DB13 (J) 81-2016, 《公共建筑节能设计标准》.
- [2]. GBT 50378-2019 《绿色建筑评价标准》.
- [3]. 北京市生态环境局关于做好 2023 年全国碳排放权交易相关工作的通告 (通告 [2023] 9 号)。http://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/index/xxgk69/zfxxgk43/fdzdgknr2/zcfb/hbjfw/326071951/326075463/index.html?eqid=cf4d74490000c2c6000000026445f16c.

表 2 地源热泵运行耗电计算

项目			结果		
夏季	地源热泵机组夏季功率 28.2 kW *2 负荷率 75% 天数 负荷率 50% 天数 负荷率 25% 天数	负荷率 100% 天数	5	2256 kWh	
		30	10152 kWh		
		30	6768 kWh		
		25	2820 kWh		
	合计耗电量 kWh			21996 kWh	
空调水泵耗电			7330 kWh		
夏季总耗电			29326 kWh		
全年制冷量			115698 kWh		
冬季	地源热泵冬季制热功率 35.7 kW *2	负荷率 100% 天数	30	21420 kWh	
		负荷率 75% 天数	60	32128 kWh	
		负荷率 50% 天数	20	7140 kWh	
		负荷率 25% 天数	10	1751 kWh	
	机组耗电量			62439 kWh	
	空调水泵耗电			20000 kWh	
冬季总耗电量			82439 kWh		
全年制热量			287219 kWh		
全年	全年总耗电量			111765 kWh	

注: 夏季制冷 90 天, 每天 8 小时, 冬季制热 120 天, 每天 10 小时。