

文章编号: 1671-6612 (2026) 01-108-08

某办公园区多能互补能源站设计及运行分析

褚 赛¹ 李志峰² 刘启明¹ 牛笑晨¹ 赵 淼¹

(1.北京市勘察设计研究院有限公司 北京 100038;

2.中关村科技园区平谷园管理委员会 北京 101299)

【摘要】 以北京市昌平区某办公园区为例,依据项目所在地政策要求、资源禀赋及场地条件,确定采用埋管地源热泵+冷水机组+市政热力的多能互补系统,介绍了项目负荷测算、岩土热响应试验、地源热泵室外埋管及多能互补能源站房等设计方案,并对系统投产后两个运行周期的运行数据进行分析。结果显示,运行时段内冬夏季典型房间室内温度达到设计要求,冷热源机组运转正常且实际运行工况下制冷/供暖性能系数均较设计选型工况高;此外,地源热泵系统制冷季及供暖季实际运行能效均达到1级水平,能源系统制冷能效达到高效机房2级水平,项目单位面积制冷耗电量及供暖耗热量指标均达到约束值指标,能效水平较好。

【关键词】 多能互补;埋管地源热泵;运行数据;能效;能耗

中图分类号 TK529 文献标志码 A

Design and Operation Analysis of Multi Energy Complementary Energy Station in a Certain Office Building

Chu Sai¹ Li Zhifeng² Liu Qiming¹ Niu Xiaochen¹ Zhao Miao¹

(1.Beijing Geotechnical Institute Co., Ltd, Beijing, 100038;

2.Zhongguancun Science Park Pinggu Park Administrative Committee, Beijing, 101299)

【Abstract】 This article took an office park in Changping District, Beijing as an example. Based on the policy requirements, resource endowment, and site conditions of the project location, it was determined to adopt a multi-energy complementary system consisting of buried ground source heat pumps, chillers, and municipal heating. The article introduced design schemes such as project load calculation, geotechnical thermal response testing, outdoor buried pipes for ground source heat pumps, and multi-energy complementary energy station buildings. Additionally, it analyzed the operating data from two cycles after the system was put into operation. The results showed that during the operating period, the indoor temperature of typical rooms in winter and summer met the design requirements, and the cold and heat source units operated normally. The cooling/heating performance coefficients under actual operating conditions were higher than those under the design selection conditions; In addition, the actual operating energy efficiency of the ground source heat pump system during the cooling and heating seasons has reached level 1, and the energy system's cooling energy efficiency has reached level 2 of the high-efficiency computer room. The project's unit area cooling power consumption and heating heat consumption indicators have reached the constraint value indicators, indicating a good level of energy efficiency consumption.

【Keywords】 Multi-energy complementary; Ground-coupled heat pump; Operating data; Energy efficiency; Energy consumption

0 引言

2020年9月22日,习近平总书记在第七十五

届联合国大会上正式提出我国“3060”双碳目标^[1],

自此国家及地方各级政府高频密集的颁布了一系

作者(通讯作者)简介:褚 赛(1991-),女,硕士研究生,高级工程师,E-mail: 644588049@qq.com

收稿日期: 2025-06-06

列节能降耗、降碳减排政策, 推动能源绿色高效智慧转型, 促进可再生能源高质量发展。在国家大力推进公共建筑节能降碳的背景下, 如何平衡绿色、双碳的根本要求与健康、舒适的环境需求, 是集中空调系统设计与运行管理人员着重考虑的问题^[2]。

本文以北京市昌平区某办公园区能源站为研究对象, 介绍了该项目地埋管地源热泵+冷水机组+市政热力多能互补系统设计方案, 通过对系统投产后的运行数据整理分析, 指出多能互补能源站运行存在的问题并提出改进建议, 以期为类似多能互补能源站建设及运营提供借鉴和参考。

1 项目概况

项目位于北京市昌平区北七家镇, 为包含 7 栋办公楼在内的某园区, 规划总用地面积 11.50 万 m², 总建筑面积 22.48 万 m², 除 1#楼局部地上 11

层及 7#楼地上 6 层外, 其余建筑均为地上 7 层, 地下 2 层, 地上建筑面积 16.04 万 m², 地下建筑面积 6.44 万 m²。建筑主要功能为科研办公室、会议室、配套员工餐厅、厨房、设备用房及车库等。

园区内分设两处能源站, 分别满足 1#楼及 2#~7#楼建筑制冷供暖需求, 本文讨论的多能互补能源站供能范围为 2#~7#楼, 建筑面积为 13.48 万 m²。楼内各功能房间末端形式包括风机盘管+新风系统、一次回风全空气系统及地板辐射采暖系统, 集中能源站夏季空调冷冻水供回水温度 6/13℃; 冬季空调热水供回水温度 50/43℃, 地板辐射采暖供回水温度 48/38℃。经模拟计算, 建筑群夏季空调冷负荷 10656kW, 冬季空调热负荷 7221kW, 冬季地板采暖热负荷 581kW, 各楼栋详细负荷情况如表 1 所示。

表 1 各楼栋建筑负荷一览表

Table 1 List of building loads for each building

楼号	夏季空调冷负荷 /kW	冬季空调热负荷 /kW	夏季空调冷指标 /(W/m ² 空调面积)	冬季空调热指标 /(W/m ² 空调面积)	地板采暖热负荷 /kW
2#	1861	1235	128	81	125
3#	2124	1424	131	82	125
4#	2207	1569	130	82	125
5#	2076	1369	130	82	125
6#	1332	905	116	80	60
7#	1056	719	165	115	21
合计	10656	7221	—	—	581

2 系统设计

2.1 岩土热响应试验

根据《地源热泵系统工程技术规范(2009年版)》(GB 50366-2005)^[3]要求, 项目前期规划设计阶段进行了岩土热响应试验, 报告显示: 120m 深度范围内岩土体初始温度 14.7℃, 综合导热系数 1.74W/(m·K), 综合热扩散率 0.06m²/d, 垂直双 U 型埋管单位孔深排热量 64.3W/m, 单位孔深取热量 29.3W/m。

2.2 地埋孔设计

如图 1 所示, 利用建筑群东侧景观绿地打孔布置垂直双 U 型地埋管换热器, 共设计地埋换热孔 964 个, 分 A、B、C 三区布置, 各区孔数分别为

323 个、324 个、317 个, 孔深 120m, 孔间距 5.0m, 钻孔直径 150~180mm。为保证每个换热孔流量均匀, 水平连接管和连接总管均采用同程式布置, 即地埋管供回水管以集管同程式汇总至水平连接管, 各水平连接管也以集管同程式汇成供回水连接总管, 三个区域共计六路供回水管(三供三回)再接至能源站房内分集水器中, 水平管埋深-1.5m, 图 2 为 A 区水平连接管和连接总管平面布置示意图。

室外地埋换热系统管路均采用高密度聚乙烯管, 垂直换热管为 HDPE100 (SDR11), 公称压力 1.6MPa; 管径≤De63 的水平管为 HDPE100 (SDR13.6), 公称压力 1.25MPa; 管径≥De75 的水平管为 HDPE100 (SDR17), 公称压力 1.0MPa。

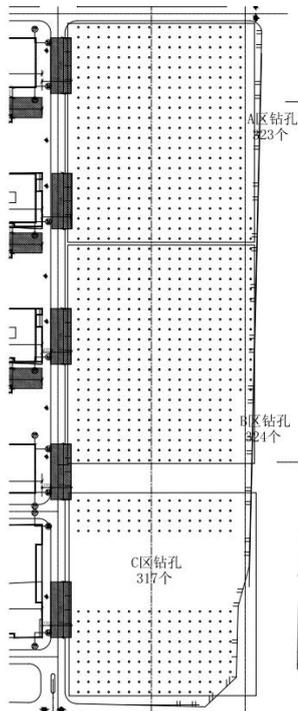


图1 室外地埋换热孔布置平面图

Fig.1 Plan of outdoor buried heat exchange hole layout

2.3 能源站设计

项目以绿色建筑三星级为设计目标，结合建设阶段执行的北京市《关于印发进一步加快热泵系统应用推动清洁供暖实施意见的通知》（京发改规〔2019〕1号）^[4]政策要求，选用地埋管地源热泵系统作为建筑基础冷热源，耦合冷水机组及市政热力作为调峰冷热源，同时兼作调整地下岩土体热平衡措施，构建地埋

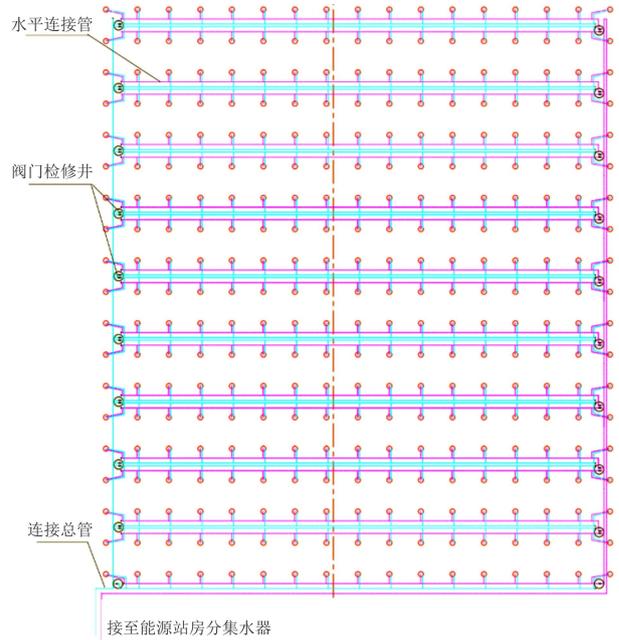


图2 A区室外地埋换热孔连管示意图

Fig.2 Schematic diagram of pipe connection for outdoor buried heat exchange holes in area A

管地源热泵+冷水机组+市政热力的多能互补能源站。

能源系统配置 1 台市政热力板式换热机组，放置于 4#楼地下一层换热站房内；配置 3 台变频螺杆式地源热泵机组及 2 台变频离心式冷水机组，与配套循环水泵、定压补水装置等放置于 4#楼地下一层制冷机房内。能源系统原理如图 3 所示，制冷机房内设备选型配置如表 2 所示。

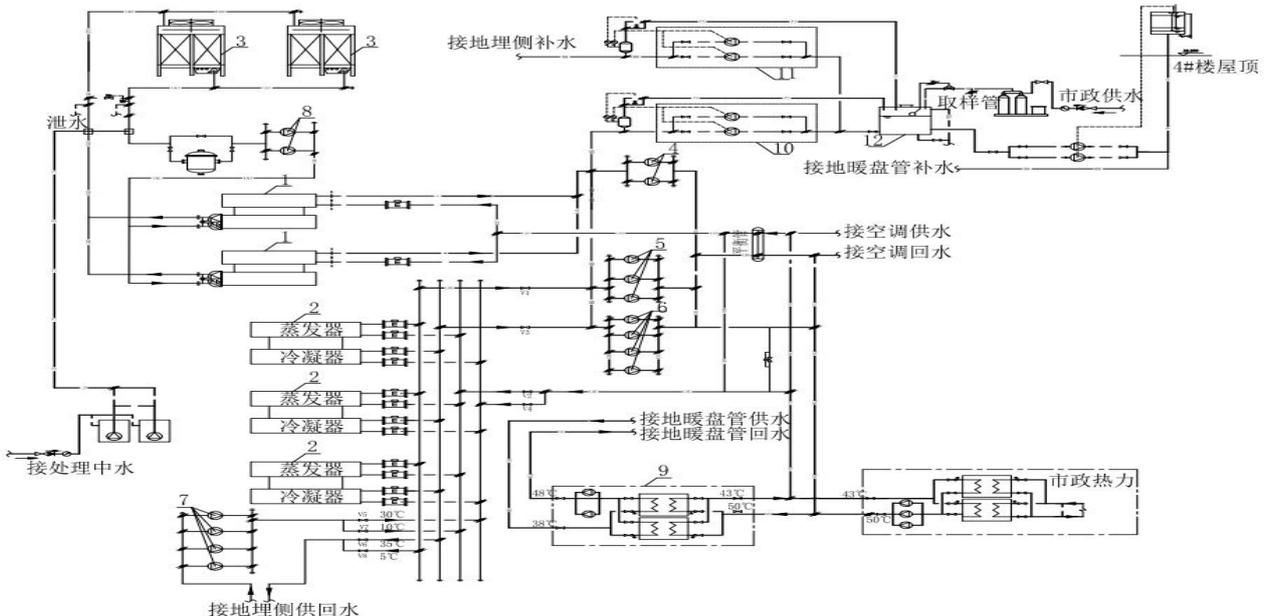


图3 冷热源系统原理图

Fig.3 Schematic diagram of cold and heat source system

表2 能源系统设备配置表

Table 2 Equipment configuration table of energy system

序号	名称	规格及参数	数量	单位
1	变频离心式冷水机组	$Q=2989\text{kW}$; $P=1.0\text{MPa}$; 用电量参数 $N=558\text{kW}/380\text{V}$, 50Hz 冷冻水参数: $T=6\sim 13^\circ\text{C}$; $G=368\text{m}^3/\text{h}$ 冷却水参数: $T=32\sim 37^\circ\text{C}$; $G=610\text{m}^3/\text{h}$	2	台
2	变频螺杆式地源热泵机组	地源热泵制冷工况: $Q=1540\text{kW}$; 用电量参数 $N=280\text{kW}/380\text{V}$, 50Hz 蒸发器参数: $T=6\sim 13^\circ\text{C}$; $G=190\text{m}^3/\text{h}$ 冷凝器参数: $T=30\sim 35^\circ\text{C}$; $G=314\text{m}^3/\text{h}$ 地源热泵制热工况 $Q=1520\text{kW}$; 用电量参数 $N=422\text{kW}/380\text{V}$, 50Hz 冷凝器参数: $T=43\sim 50^\circ\text{C}$; $G=187\text{m}^3/\text{h}$ 蒸发器参数: $T=5\sim 10^\circ\text{C}$; $G=189\text{m}^3/\text{h}$	3	台
3	离心式冷水机组开放式冷却塔	超低噪声横流冷却塔: $N=7.5\text{kW}\times 3/3\times 380\text{V}$, 50Hz; 3模块 冷却水参数: $T=32\sim 37^\circ\text{C}$; $G=723\text{m}^3/\text{h}$; 塔体 $\Delta H\leq 40\text{kPa}$; $t_w=28^\circ\text{C}$	2	台
4	离心冷水机组冷冻水一级循环泵	$G=405\text{m}^3/\text{h}$; $H=180\text{kPa}$; $n=1450\text{rpm}$; $\eta\geq 76\%$; $N=30\text{kW}/3\times 380\text{V}$, 50Hz; $P=1.6\text{MPa}$	2	台
5	热泵机组夏季冷冻水一级循环泵	$G=209\text{m}^3/\text{h}$; $H=180\text{kPa}$; $n=1450\text{rpm}$; $\eta\geq 76\%$; $N=15\text{kW}/3\times 380\text{V}$, 50Hz; $P=1.6\text{MPa}$	3	台
6	热泵机组冬季供暖热水一级循环泵	$G=205\text{m}^3/\text{h}$; $H=340\text{kPa}$; $n=1450\text{rpm}$; $\eta\geq 78\%$; $N=33\text{kW}/3\times 380\text{V}$, 50Hz; $P=1.6\text{MPa}$	4	台
7	地源侧循环泵	$G=345\text{m}^3/\text{h}$; $H=400\text{kPa}$; $n=1450\text{rpm}$; $\eta\geq 76\%$; $N=60\text{kW}/3\times 380\text{V}$, 50Hz; $P=1.0\text{MPa}$	4	台
8	离心式冷水机组冷却水循环泵	$G=670\text{m}^3/\text{h}$; $H=300\text{kPa}$; $n=1450\text{rpm}$; $\eta\geq 76\%$; $N=80\text{kW}/3\times 380\text{V}$, 50Hz; $P=1.0\text{MPa}$	2	台
9	地暖板式换热机组	总 $Q=600\text{kW}$; $P=1.6\text{MPa}$; 负荷系数 $K=1.2$; 设两台板换, 每台担负 70%换热量 一次侧参数: $T=50\sim 43^\circ\text{C}$, $\Delta H\leq 40\text{kPa}$; 二次侧参数: $T=48\sim 38^\circ\text{C}$, $\Delta H\leq 40\text{kPa}$ 二次侧设两台水泵总 $G=55\text{m}^3/\text{h}$; 机外扬程 $H=240\text{kPa}$; $n=1450\text{rpm}$; $\eta\geq 76\%$ 水泵在高效区运行每台泵单独设置变频器: $N=5.0\text{kW}/3\times 380\text{V}$, 50Hz; $P=1.6\text{MPa}$	1	套
10	空调冷热水定压补水装置	定压、膨胀、变频补水机组: 单台水泵 $G=7.0\text{m}^3/\text{h}$; $H=560\text{kPa}$ 气压罐型号 RSN1200 $\Phi 1200\times 2940\text{h}$ 配置 2 台变频立式水泵 $N=3.0\text{kW}\times 2/3\times 380\text{V}$, 50Hz; 系统膨胀水量 $\geq 685\text{L}$; 气压罐计算容积 $\geq 800\text{L}$; 气压罐调节容积 $\geq 130\text{L}$; 启泵 $P_1=475\text{kPa}$; 停泵 $P_2=591\text{kPa}$; 开电磁阀 $P_3=657\text{kPa}$; 开安全阀 $P_4=730\text{kPa}$	1	套
11	地源侧变频定压补水装置	定压、膨胀、变频补水机组: 单台水泵 $G=20\text{m}^3/\text{h}$; $H=180\text{kPa}$ 气压罐型号 RSN1600 $\Phi 1600\times 3360\text{h}$ 配置 2 台变频立式水泵 $N=1.5\times 4\text{kW}/3\times 380\text{V}$, 50Hz; 系统膨胀水量 $\geq 1960\text{L}$; 气压罐计算容积 $\geq 1330\text{L}$; 气压罐调节容积 $\geq 370\text{L}$ 启泵 $P_1=115\text{kPa}$; 停泵 $P_2=203\text{kPa}$; 开电磁阀 $P_3=225\text{kPa}$; 开安全阀 $P_4=250\text{kPa}$	1	套
12	软化水箱	有效容积 5m^3 , 尺寸 $2000\text{mm}\times 2000\text{mm}\times 2000\text{mm}$ 不锈钢材质	1	台

2.4 调度策略制定

冷源系统由 3 台变频螺杆式地源热泵机组及 2 台变频离心式冷水机组组成。制冷季 7 月~8 月地源热泵机组优先开启, 3 台地源热泵机组满负荷运行后, 2 台离心制冷机组作为调峰使用; 除 7 月、8 月以外的其他月份 2 台离心制冷机组优先开启, 冷机满负荷运行后 3 台地源热泵机组作为调峰使用。

热源系统由 3 台变频螺杆式地源热泵机组及 1 台市政热力板换机组组成, 供暖季地源热泵机组优先开启, 满负荷运行后开启市政热力板换机组共同提供空调热源。

上述制冷季分时段控制^[5]的运行策略在充分考虑岩土体热平衡的基础上, 既利用室外干球温度较高时段, 提高冷却塔及冷水机组运行能效, 又利用地源热泵高效环保节能优点, 降低系统运行费用。

3 运行分析

3.1 运行基本情况

项目于 2021 年 10 月建成, 前期仅投产使用 7#楼, 受入住率影响, 2021 年供暖季系统处于部分负荷试运转状态。自入住率达到预期起至今, 系统已正常运行两个周期(包含 2022 年度制冷季及 2022~2023 年度供暖季、2023 年度制冷季及 2023~2024 年度供暖季)。项目供暖季自 10 月 15

日起至来年 3 月 15 日止, 制冷季自 6 月 15 日至 9 月 15 日止; 每日供能时间为早 8:00 至晚 19:00, 共计 11h, 其余时段供暖季系统按 5℃低温防冻运行, 制冷季系统关闭。

冷热源机组与循环水泵一一对应, 采用负荷侧供回水温度反馈及机组电流负载百分比双重条件控制启停及加减载, 避免供回水温度达到加减载要求, 而机组并未完全出力或完全卸载的情况。

3.2 典型房间温度

在典型房间设置温度传感器, 自动采集房间温度。图 4 为空调系统运行时段典型房间室内日平均温度实测值的散点图, 由图可知: 2022 年度制冷季室内日均温度在 25.7~26.3℃波动, 平均值约为 26.0℃; 2023 年度制冷季室内日均温度在 20.2~29.5℃波动, 平均值约为 25.7℃; 均达到 26℃的夏季空调室内设计温度值, 满足设计及使用要求。2022 年度供暖季室内日均温度在 19.5~20.8℃波动, 平均值约为 20.0℃; 2023 年度供暖季室内日均温度在 17.5~21.8℃波动, 平均值约为 19.9℃; 均达到 20℃的冬季空调室内设计温度值, 满足设计及使用要求。

目前建筑内采用控制面板人为设定室内温度, 存在个别房间夏季设定温度偏低、冬季设定温度偏高问题, 后续考虑在满足人员舒适度的情况下, 通过智慧能源管理平台统一设定控制面板温度, 制冷季不低于 26℃、供暖季不高于 20℃, 以利于节能。

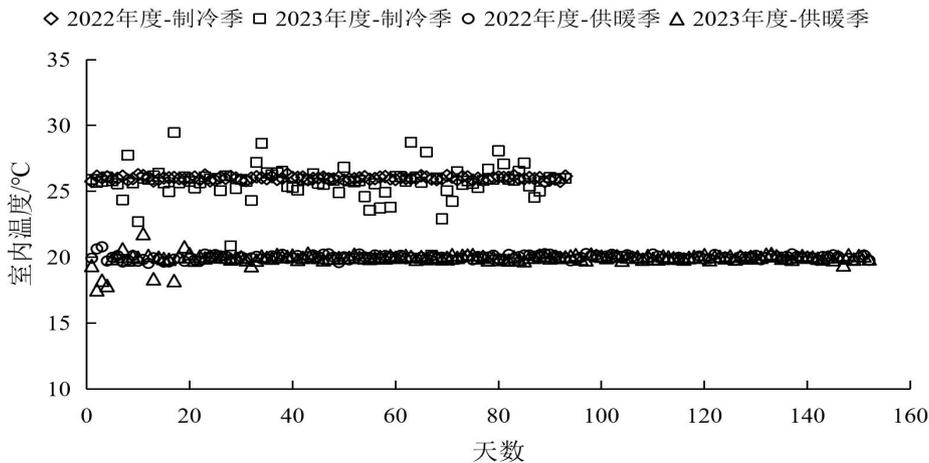


图 4 典型房间室内日平均温度散点图

Fig.4 Scatter plot of daily average indoor temperature in typical rooms

3.3 能耗能效分析

3.3.1 冷热源机组

图 5~图 6 分别给出了两个运行周期内, 冷热

源机组累计供能量及负载率、累计耗电量及性能系数分析图。由图可知, 在制冷季, 地源热泵承担基础冷负荷, 冷水机组承担调峰冷负荷。2022 年度

累计供冷量 5757.92MWh, 其中: 3 台地源热泵机组累计供冷量 3060.40MWh (占比 53.15%), 每台机组平均负载率约为 64%, 性能系数约为 6.0; 2 台冷水机组累计供冷量 2697.52MWh (占比 46.85%), 每台机组平均负载率约为 44%, 性能系数约为 5.5。2023 年度累计供冷量 5777.73MWh, 其中: 3 台地源热泵机组累计供冷量 2525.44MWh (占比 43.71%), 每台机组平均负载率约为 53%, 性能系数约为 6.1; 2 台冷水机组累计供冷量

3252.29MWh (占比 56.29%), 每台机组平均负载率约为 53%, 性能系数约为 5.5。

由图 5、图 6 亦可知, 在供暖季, 地源热泵承担基础热负荷。2022 年度 3 台地源热泵机组累计供热量 8558.45MW, 每台机组平均负载率约为 51%, 性能系数约为 5.1; 2023 年度 3 台地源热泵机组累计供热量 8656.06MWh, 每台机组平均负载率约为 52%, 性能系数亦为 5.1。

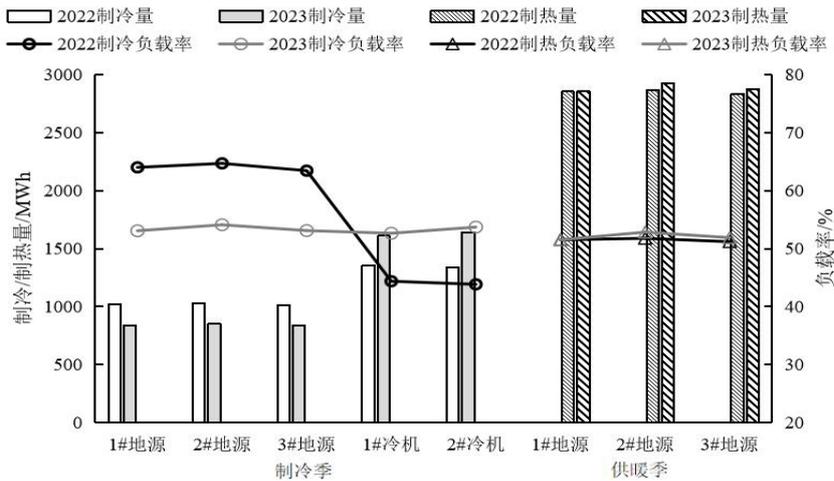


图 5 机组累计供能量及负载率分析图

Fig.5 Analysis chart of cumulative energy supply and load rate of the unit

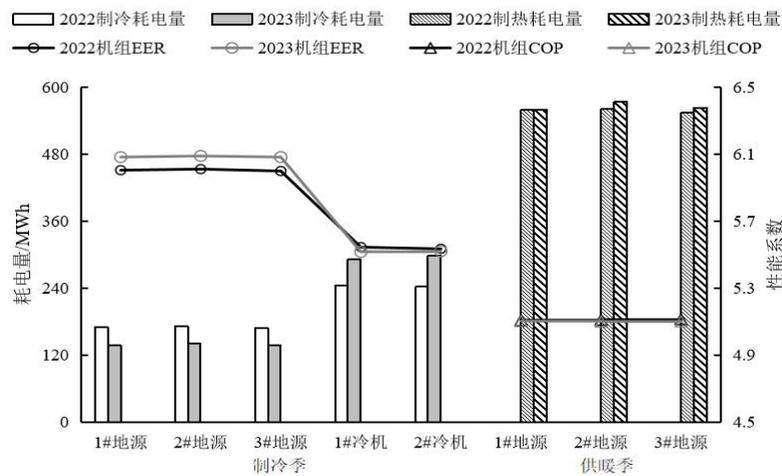


图 6 机组累计耗电量及性能系数分析图

Fig.6 Analysis chart of cumulative power consumption and performance coefficient of the unit

两个运行周期内, 冷热源机组运转正常且实际运行工况下制冷/供暖性能系数均较设计选型工况高, 这是由于实际运行工况下, 机组处于部分负荷运转即负载率在性能系数较高的 40%~60% 区间内^[6]。经测算, 第一个运行周期地源热泵机组累计排热 3570.03MWh, 累计取热 6883.97MWh, 排取

热量比 0.519; 第二个运行周期地源热泵机组累计排热 2940.45MWh, 累计取热 6959.32MWh, 排取热量比 0.423; 两个运行周期排取热量比均远低于《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》(GB 50736-2012)^[7]规定的限定值, 亟需调整能源调度策略, 保证埋管区域岩土体热量平衡, 规避对地源

热泵系统长期运行产生的不利影响。

3.3.2 能源站系统

图 7 给出了考虑配套循环水泵、冷却塔及定压补水、软水装置等辅机设备后的制冷季系统运行数据。由图 7 可知，2022 年度制冷累计电耗 1239.13MWh，其中地源热泵系统电耗 669.44MWh，冷水机组系统电耗 569.69MWh；制冷季综合能效 4.65，其中地源热泵系统能效 4.57，冷水机组系统能效 4.74；项目单位面积制冷耗电量指标 9.19kWh/m²。2023 年度制冷累计电耗 1257.64MWh，其中地源热泵系统电耗 536.68MWh，冷水机组系统电耗 720.97MWh；制冷季综合能效 4.59，其中地源热泵系统能效 4.71，冷水机组系统能效 4.51；项目单位面积制冷耗电量指标 9.33kWh/m²。

图 8 给出了供暖季系统运行数据。由图 8 可知，2022 年度供暖累计电耗 2169.48MWh，其中地源热泵系统电耗 2147.95MWh，市政热力系统电耗 21.54MWh；供暖季综合能效 4.06，其中地源热泵系统能效 3.98（市政热力暂不按能效指标评判）；经统计，市政热力系统累计供热量 240.28MWh，测算项目单位面积供暖耗热量指标 0.235GJ/m²。2023 年度供暖累计电耗 2201.24MWh，其中地源热泵系统电耗 2179.00MWh，市政热力系统电耗 22.24MWh；供暖季综合能效 4.06，其中地源热泵系统能效 3.97；经统计，市政热力系统累计供热量 288.57MWh，测算项目单位面积供暖耗热量指标 0.239GJ/m²。

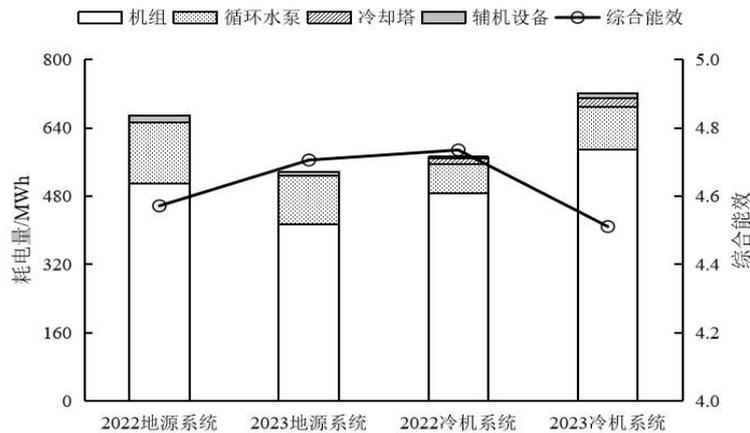


图 7 制冷季各设备能耗及系统综合能效分析图

Fig.7 Analysis chart of energy consumption of each equipment and comprehensive energy efficiency of the system in cooling season

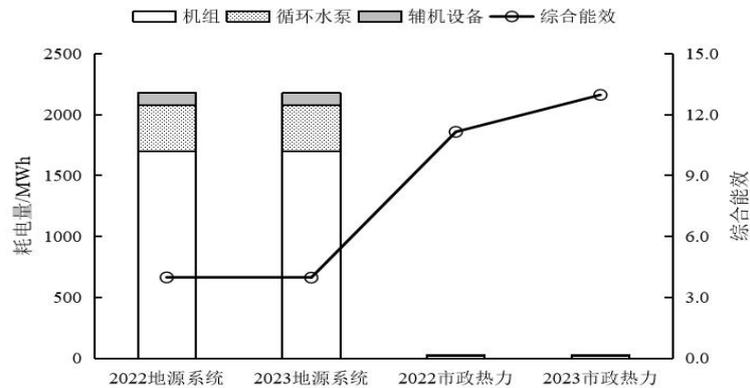


图 8 供暖季各设备能耗及系统综合能效分析图

Fig.8 Analysis chart of energy consumption of each equipment and comprehensive energy efficiency of the system in heating season

综上所述，按《可再生能源建筑应用工程评价标准》（GB/T 50801-2013）^[8]及《地源热泵系统评

价技术规范》（DB11/T 1772-2020）^[9]中规定的地源热泵系统性能分级评价限值，本项目在两个运行

周期内地源热泵系统制冷季及供暖季实际运行能效均达到1级水平;按《集中空调制冷机房系统能效监测及评价标准》(DBJ/T 15-129-2017)^[10]中规定的制冷机房系统能效分级评价限值,本项目在两个运行周期内制冷系统能效均达到2级水平;系统运行效果良好。此外,项目单位面积制冷耗电量及供暖耗热量指标均达到《民用建筑能耗标准》(DB11/T 1413-2023)^[11]规定的约束值指标,能耗水平较好。

3.4 节能减排效益

参照《公共建筑节能设计标准》(DB11/T 687-2024)^[12]给出的能源碳排放因子推荐值,单位热力的碳排放因子为0.396kgCO₂/kWh;参照国家生态环境部发布的《关于做好2023-2025年发电行业企业温室气体排放报告管理有关工作的通知》(环办气候函〔2023〕43号)^[13],全国电网平均碳排放因子为0.5703kgCO₂/kWh。

经测算,本项目埋管地源热泵+冷水机组+市政热力的多能耦合系统年均运行电耗约为3433.75MWh,年均运行热耗约为264.43MWh,相较于常规冷水机组+市政热力系统年均减排CO₂约2213.82t,减排率约为51.76%,节能减排效益显著。

4 结论建议

本文以某大型办公园区能源系统系统为研究对象,构建了地源热泵+冷水机组+市政热力多能互补集成设计方案,制定了兼顾能效提升与岩土体热平衡的能源调度策略,基于实际运行数据分析了系统级与设备级能效情况,主要结论如下:

(1)两个运行周期内,多能互补系统制冷季综合能效均在4.59以上,达到高效机房2级水平;地源热泵系统制冷季综合能效在4.57以上、供暖季综合能效在3.97以上,达到1级水平。冷水机组供冷平均性能系数约为5.5,地源热泵机组供冷平均性能系数约为6.0、供热平均性能系数约为5.1,设备实际性能均优于设计工况。

(2)地源热泵排取热量比显著低于规范限值,揭示了岩土体热失衡风险,亟需通过动态调度策略优化地源热泵与调峰冷热源(冷水机组/市政热力)的负荷分配比例,确保埋管区域岩土体热量平衡,保障系统长期稳定运行。

(3)室内日平均温度达标率100%,但存在局

部区域设定温度不合理现象(夏季偏低/冬季偏高),建议依托智慧能源管理平台统一温控参数,进一步挖掘节能空间。

(4)通过地源热泵做基载,冷水机组及市政热力做调峰,实现了全年能耗指标优化,为寒冷地区大型办公建筑群提供了可复用的低碳能源解决方案。

参考文献:

- [1] 杜芳莉,杨亚萍,申慧渊.“双碳”背景下建环专业综合改革探析[J].制冷与空调,2022,36(5):777-781.
- [2] 王珊,丁艳蕊,刘丽莹,等.某三星级绿色医院埋管地源热泵空调系统设计及初期运行分析[J].暖通空调,2023,53(4):76-83.
- [3] GB 50366-2005,地源热泵系统工程技术规范(2009年版)[S].北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [4] 北京市发展和改革委员会,北京市规划和自然资源委员会,北京市城市管理委员会,等.关于印发进一步加快热泵系统应用推动清洁供暖实施意见的通知[EB/OL].[2024-09-23]. https://fgw.beijing.gov.cn/fgwzwwgk/zcgk/bwgfxfwj/201912/t20191227_1522186.htm.
- [5] 魏俊辉,褚赛,刘启明,等.基于土壤冷热平衡的复合能源系统运行策略研究[J].暖通空调,2021,51(6):82-87.
- [6] 黄新江,刘成刚.基于数据挖掘的地源热泵系统性能测试和分析[J].热能动力工程,2020,35(3):181-186.
- [7] GB 50736-2012,民用建筑供暖通风与空气调节设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [8] GB/T 50801-2013,可再生能源建筑应用工程评价标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2013.
- [9] DB11/T 1772-2020,地源热泵系统评价技术规范[S].北京:北京市市场监督管理局,2020.
- [10] DBJ/T 15-129-2017,集中空调制冷机房系统能效监测及评价标准[S].北京:中国城市出版社,2017.
- [11] DB11/T 1413-2023,民用建筑能耗标准[S].北京:北京市市场监督管理局,2023.
- [12] DB11/T 687-2024,公共建筑节能设计标准[S].北京:北京市市场监督管理局,2024.
- [13] 生态环境部办公厅.关于做好2023-2025年发电行业企业温室气体排放报告管理有关工作的通知[EB/OL].[2024-09-30]. https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk06/202302/t20230207_1015569.html.