

公共建筑运行阶段碳排放及减碳研究--以长沙地区某国家机关办公建筑为例

马琦

长沙市城市建设科学研究院 湖南 长沙 410000

【摘要】本文以长沙市能耗监测平台监测数据为支撑,对长沙地区某国家机关办公建筑运行阶段碳排放强度进行了统计与分析,并通过用能漏洞诊断,提出了更换新型节能变压器、合理控制空调运行时段等节能技术措施,为节能减碳工作的开展提供了参考。

【关键词】能耗监测平台;国家机关办公建筑;建筑碳排放;节能减碳

引言

2020年,中国向世界作出庄严承诺,力争2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和。2021年6月,国管局、发展改革委发布了《“十四五”公共机构节约能源资源工作规划》将单位建筑面积能耗、人均综合能耗、单位建筑面积碳排放列为约束性指标,要求到2025年,三项指标分别同比2020年下降5%、6%、7%^[1]。《中国建筑能耗与碳排放研究报告(2022)》显示,2020年我国建筑与建造碳排放总量为50.8亿tCO₂,占全国建筑碳排放总量的50.9%。据统计,公共建筑单位建筑面积能耗是普通住宅的3-5倍,大型公共建筑甚至达到5-10倍^[2],李静、刘燕等^[3]通过运用碳排放因子方法计算建筑物全生命周期算二氧化碳排放量,结果表明发现使用阶段的碳排放量可占总碳排放量的91%之多,说明如何有效控制公共建筑运营阶段的碳排放量,是建筑节能和低碳发展的重点。国家发展改革委、国家统计局、生态环境部发布《关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案》,提出以2023年和2025年为时间节点,逐步完善碳排放统计核算体系^[4]。陈永江^[5]通过电力能耗计算方法的分析,对电力碳排放计算具体方法进行梳理。蔡伟光等^[6]基于建筑能耗拆分模型和排放因子法,建立了全国建筑碳排放分步计算模型。钱骁、冯涛等^[7]通过对建筑生命周期不同阶段的模型碳排放计算,给出了具体计算公式。崔莹对重庆地区某办公建筑和综合类建筑运行阶段的碳排放特征进行了分析,得出两建筑各系统间碳排放量差异很大,其中暖通空调系统占比均为最大。本文以长沙市能耗监测平台监测数据为支撑,选取了长沙地区某国家机关办公建筑为研究对象,统计和分析了建筑运行阶段碳排放强度节能降碳潜力。

1.建筑基本情况

本次选取的建筑A为岳麓区国家机关办公建筑,该建筑层数为地上9层,地下2层,总建筑面积33468m²,能源消耗类型为电力,2016年安装建筑能耗监测系统,

主要用能系统包含了照明系统、空调系统、动力系统等,建筑空调系统采用集中式中央空调,共有3台变压器(其中3#变压器专供中央空调系统用电),每台变压器容量均为1000KVA。

2.典型建筑用能及碳排放情况

2.1.近三年建筑用能情况

该建筑用能类型为电力,根据长沙市能耗监测平台统计出了近3年该建筑的单位面积年电耗值,如图2.1所示。

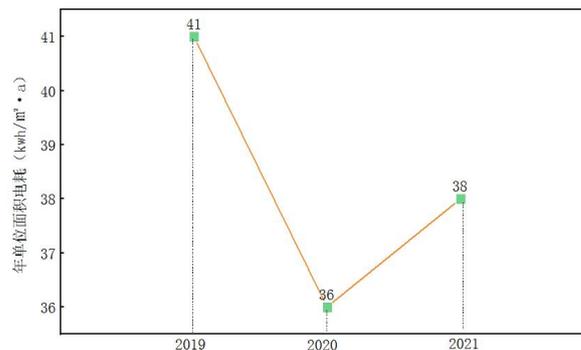


图 2.1 2019-2021 年建筑单位面积电耗趋势

由图 2.1 可知,该建筑 2019 年-2021 年建筑单位面积能耗分别为 41kwh/m²·a、36kwh/m²·a 和 38kwh/m²·a,均高于《党政机关能耗定额》(DB43/T613-2021)中的引导值 14kwh/m²·a 要求,说明该建筑的能耗较高,存在较大的节能减碳潜力。

2.2.建筑碳排放计算

根据 GB/T 51366-2019《建筑碳排放计算标准》中的碳排放计算公式,本文将该建筑 2021 年运行阶段单位建筑面积的总碳排放量(CM)按下列公式进行了计算。

$$C_M = \frac{\left[\sum_{i=1}^n (E_i EF_i) - C_p \right] y}{A} \quad (1)$$

$$E_i = \sum_{j=1}^n (E_{i,j} - ER_{i,j}) \quad (2)$$

式中： C_M —— 建筑运行阶段单位建筑面积碳排放量， kgCO_2/m^2 ；
 E_i —— 建筑第 i 类能源年消耗量，单位 / a；
 EF_i —— 第 i 类能源的碳排放因子；
 $E_{i,j}$ —— j 类系统的第 i 类能源消耗量，单位 / a；
 $ER_{i,j}$ —— j 类系统消耗由可再生能源系统提供的第 i 类能源量，单位 / a；
 i —— 建筑消耗终端能源类型，包括电力、燃气、石油、市政热力等；
 j —— 建筑用能系统类型，包括供暖空调、照明、生活热水系统等；
 C_p —— 建筑绿地碳汇系统年减碳量， kgCO_2/a ；
 y —— 建筑设计寿命，a；
 A —— 建筑面积， m^2 。

根据上述公示计算得出该建筑 2021 年建筑运行阶段各系统产生的碳排放量，计算结果见表 2-1。

表 2-1 运行阶段各系统产生的碳排放量

系统类型	总碳排放量 (tCO_2/a)	碳排放强度 ($\text{kgCO}_2/\text{m}^2\cdot\text{a}$)	占比 (%)
照明系统	165.52	4.95	22.4
空调系统	223.89	6.69	30.3
动力系统	191.38	5.72	25.9
其它	158.13	4.72	21.4
总计	738.91	22.08	100

由表 2-1 可以看出，该建筑 2021 年建筑运行阶段各系统产生的碳排放量为 $738.91\text{tCO}_2/\text{a}$ ，碳排放强度为 $22.08\text{kgCO}_2/\text{m}^2\cdot\text{a}$ ，其中空调系统的碳排放占比最高，达到运行阶段总碳排放量的 30.3%。

3.建筑用能漏洞

通过 2.1 小节可知，该建筑存在较大的节能空间，为进一步了解建筑的用能情况，挖掘建筑的用能漏洞，提出节能降碳措施，本文进一步统计和分析了该建筑 2021 年每月用电情况、典型季白天和夜间用电情况和变压器用电情况。

3.1.逐月建筑用能情况

该建筑 2021 年逐月建筑用电情况如图 3.1 所示。

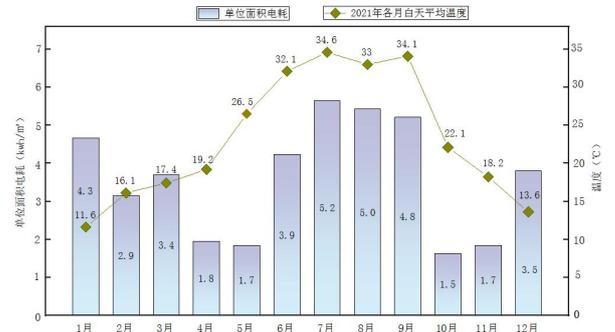


图 3.1 2021 年建筑逐月单位面积电耗趋势

由图 3.1 可知，该建筑单位面积能耗在制冷季（6~9 月）和供热季（12~3 月）较过渡季（4~5 月和 10~11 月）高，主要是空调制冷和供热需求较大，体现了该建筑用电的周期性。

3.2.白天和夜间电耗情况

为进一步摸查建筑全天建筑用能情况，本文选取 2021 年供热季（1 月 18 日-1 月 24 日）、过渡季（4 月 19 日-4 月 25 日）和制冷季（7 月 19 日-7 月 25 日）中用电周进行能耗分析，根据长沙市建筑能耗监测平台监控数据，统计出了各季节中的用电周的分项设备的逐时用能情况，如图 3.2、图 3.3 和图 3.4 所示。

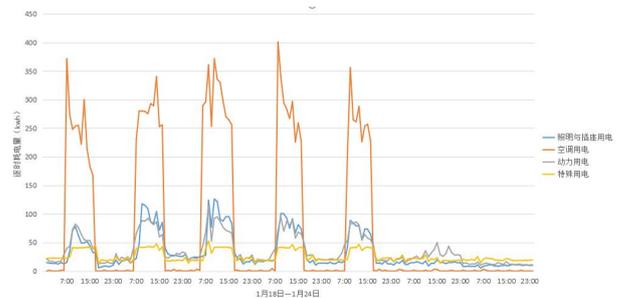


图 3.2 供热季（1 月 18-24 日）分项逐时用电情况

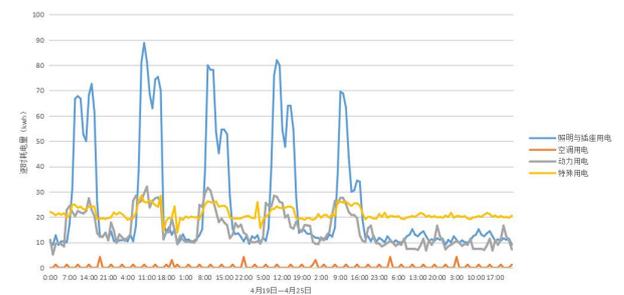


图 3.3 过渡季（4 月 19-25 日）分项逐时用电情况

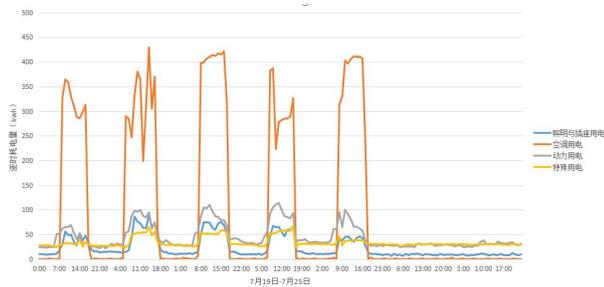


图 3.4 制冷剂（7月19日-25日）分项逐时用电情况

由图 3.2、图 3.3 和图 3.4 可知，该建筑在供热季、过渡季和供冷季典型工作日中央空调系统开启时段为 7 时—17 时，每天工作时长 11 个小时。但是该单位正常上班时段夏季（7 月 1 日—9 月 30 日）为 9 时—17:30 时，冬季（10 月 1 日—次年 6 月 30 日）为 9 时—17 时，每天有 2 小时左右空调系统处于低负荷运转状态，能源浪费现象比较严重。其余三项用电在夜间仍存在用电情况，说明夜间用电存在一定的漏洞。

3.3. 变压器用电情况

本文对 1#~3# 变压器在供热季（1 月 15 日）、过渡季（4 月 15 日）和制冷季（7 月 15 日）的耗电情况进行了统计，如图 3.5、图 3.6 和图 3.7 所示。

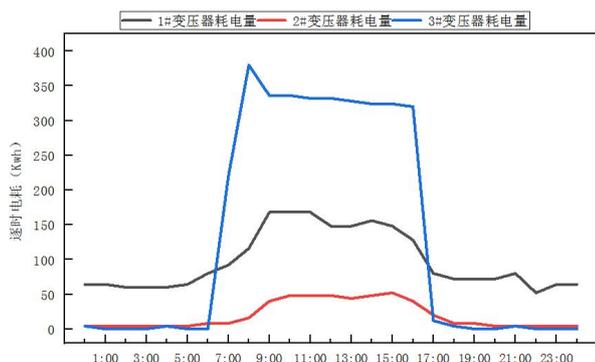


图 3.5 供热季（1月15日）变压器逐时耗电量

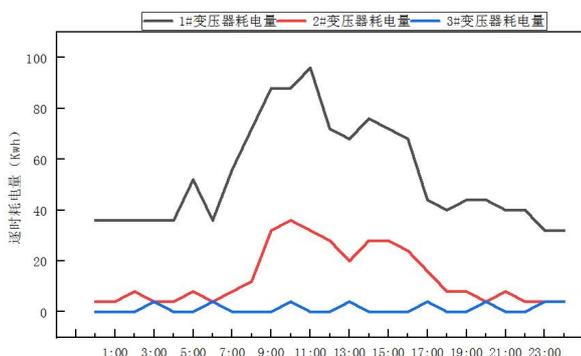


图 3.6 过渡季（4月15日）变压器逐时耗电量

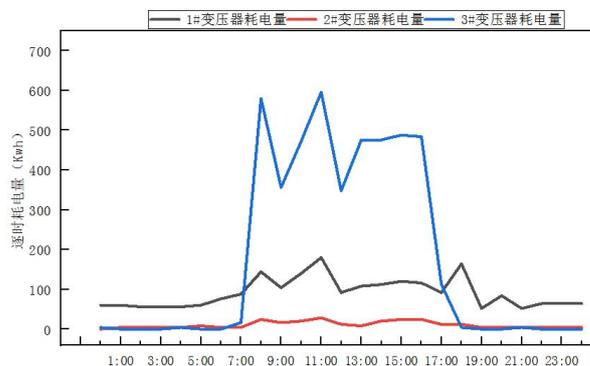


图 3.7 制冷季（7月15日）变压器逐时耗电量

由图 3.5、图 3.6 和图 3.7 可知，在供热季、过渡季和制冷季典型工作日，该建筑 1# 变压器平均负荷率分别约为 0.1、0.05 和 0.09；2# 变压器平均负荷率约为 0.02、0.01 和 0.01；3# 变压器运行时段平均负荷率分别为 0.32、0 和 0.43，2# 变压器平均负荷率约为 0.01，3# 变压器运行时段平均负荷率约为 0.33。根据《电力变压器经济运行》GB/T13462 规定，额定容量 1000kVA 变压器最佳经济运行负载区间为 0.46~0.75，因此，三个变压器均未达到经济运行的要求。

3.4. 典型建筑节能降碳建议

通过典型建筑的节能分析，本项目在变压器、空调、照明等方面存在一定的用电漏洞，建议采取以下节能措施：

3.4.1. 更换新型节能变压器，调整变压器的运行策略

将 1#、2# 配电变压器更换为额定容量为 500kVA 的新型 SCB13 系列配电变压器，正常运行时段关闭其中一台变压器，经估算每年可节约电量约 2.3 万 kWh、减少 13.4tCO₂ 排放。

3.4.2. 合理控制空调运行时段，降低不合理用能

结合上下班工作时段，合理控制空调的启动和停止时间，减少空调低负荷运行时长，降低空调不合理用能，估计每年节约用电 9 万 kWh，减少 52.3tCO₂ 排放。

3.4.3. 加大节能宣传力度，提高节能意识

通过节能宣传教育，提高办公人员节能意识，降低上下班时间非必要用能设备的开启，如打印机、电脑、照明等。

4. 总结

本文通过对长沙地区某国家机关办公建筑运行阶段碳排放强度的统计与分析，得出该建筑的空调系统运行阶段碳排放量最高，并通过用能漏洞诊断，提出了更

换新型节能变压器、合理控制空调运行时段等节能降碳技术措施,在不更换空调、照明、动力等设备的情况下,能有效减少 65.7tCO₂ 排放,为节能减碳工作的开展提供了参考。

【参考文献】

[1]时流.《“十四五”公共机构节约能源资源工作规划》提出绿色化改造行动重点任务[J].建筑节能(中英文),2021,49(07):44.

[2]刘珊.精准调适、智慧运维—“碳达峰碳中和”目标引领下公共建筑节能的挑战、机遇和建议[J].城乡建设.2020(20):73-75.

[3]李静.刘燕.基于全生命周期的建筑工程碳排放计算模型[J].工程管理学报,2015,29(04):12-16.

[4]国家发展改革委、国家统计局、生态环境部联合印发《关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案》[J].船舶标准化工程师,2022,55(05):3.

[5]陈永江.电力碳排放计算[J].建筑电气,2023,42(01):9-12.

[6]蔡伟光.蔡彦鹏.全国建筑碳排放计算方法研究与数据分析[J].建设管理研究,2020(01):61-76.

[7]钱骁.冯涛.马瑶瑶等.深圳地区既有公共建筑改造碳排放计算方法[J].施工技术,2018,47(S3):93-96.