

深圳市大型公共建筑 能耗监测情况报告 (2022 年度)

委托编制单位:

深圳市建设科技促进中心

深圳市建筑科学研究院股份有限公司

2023 年 8 月

前言

本报告着重对全市接入能耗监测平台的国家机关办公建筑和大型公共建筑 2022 年度电耗数据进行了总结、分析，并面向社会予以公开。报告旨在为各区政府节能主管部门了解辖区内及其他行政区国家机关办公建筑和大型公共建筑电耗现状，开展建筑用能监管工作提供参考依据；供建筑设计人员了解建筑运行电耗情况，进一步优化系统设计及设备选型；供建筑业主、物业管理单位、社会节能服务公司等进行横向比较对标，了解自身建筑电耗水平，以便有针对性地优化节能管理，尤其是推动高能耗的建筑业主或物业管理单位依据监测数据进行深度能源审计，采取有效措施切实降低建筑运行能耗。

报告共分为四个章节，第一个章节主要介绍全市已监测的国家机关办公建筑和大型公共建筑总体情况，包括接入情况和总用电指标；第二个章节是各类建筑的用电指标分析，分别对主要类型的公共建筑用电指标进行分析说明；第三个章节是专题分析，分别进行了新接入建筑情况、建筑分项用电负荷曲线、建筑峰谷用电、典型建筑变压器实际运行数据分析、典型建筑尖峰负荷分布曲线等专题分析；

第四个章节是对 2016 年至 2021 年报告中逐年变化趋势均保持一致的分析内容进行数据更新和提炼总结，形成具有普适性的分析结论，供读者参考。

面对城乡建设领域碳达峰目标任务和当前电力供应紧张的形势，智能微电网、“光储直柔”、蓄冷蓄热、负荷灵活调节、虚拟电厂等技术正在大力推广应用，而新技术也对建筑能耗数据的应用提出了更高要求，为了更好的提供数据支撑，本报告在 2021 年报告的基础上拓展了深度和广度。新增了建筑分项用电负荷曲线分析、典型建筑变压器实际运行数据分析及典型建筑尖峰负荷分布曲线等专题分析，并更新了历年报告中的具有普适性的分析结论，以便社会各界更直接、清晰地获得深圳市公共建筑能耗监测平台的数据价值成果。

由于接入能耗监测平台的各类公共建筑监测数量、地区分布等均存在较大的差异，报告分析结果存在一定的局限性，欢迎大家积极提出宝贵意见。

目 录

| | |
|---------------------------|----|
| 前 言 | I |
| 一、总体情况 | 1 |
| 1.1 能耗监测平台建设情况 | 1 |
| 1.1.1 全市公共建筑接入情况 | 1 |
| 1.1.2 各区公共建筑接入情况 | 3 |
| 1.2 全市公共建筑用电指标 | 6 |
| 1.2.1 总用电指标 | 6 |
| 1.2.2 分项用电指标 | 6 |
| 1.2.3 逐月用电指标 | 7 |
| 二、各类建筑用电情况 | 9 |
| 2.1 国家机关办公建筑用电分析 | 9 |
| 2.1.1 总体情况 | 9 |
| 2.1.2 分项用电情况 | 10 |
| 2.2 商业办公建筑用电分析 | 12 |
| 2.2.1 总体情况 | 12 |
| 2.2.2 分项用电情况 | 13 |
| 2.3 商场建筑用电分析 | 15 |
| 2.3.1 总体情况 | 15 |
| 2.3.2 分项用电情况 | 16 |
| 2.4 宾馆饭店建筑用电分析 | 18 |
| 2.4.1 总体情况 | 18 |
| 2.4.2 分项用电情况 | 19 |
| 三、专题分析 | 22 |
| 3.1 新接入建筑情况分析 | 22 |
| 3.2 典型日分项负荷曲线特性分析 | 24 |
| 3.3 峰谷用电情况分析 | 26 |
| 3.4 典型建筑变压器实际运行数据分析 | 28 |

| | |
|---------------------------|----|
| 3.5 建筑尖峰负荷分布曲线..... | 29 |
| 四、历年分析结论 | 30 |
| 4.1 典型类型建筑全年用电特征曲线..... | 30 |
| 4.2 历年用电趋势分析 | 31 |
| 4.2.1 监测公共建筑用电强度分析..... | 31 |
| 4.2.2 监测主要类型建筑用电强度分析..... | 32 |
| 4.3 冷源装机容量设计及实际运行情况..... | 33 |
| 4.3.1 冷源装机容量设计指标..... | 33 |
| 4.3.2 冷源装机台数及峰值负载率..... | 35 |
| 4.3.3 冷水机组运行负载特性..... | 38 |
| 4.4 变压器设计及实际运行情况..... | 39 |
| 4.4.1 变压器设计容量指标..... | 40 |
| 4.4.2 变压器盈余台数及峰值负载率..... | 42 |
| 4.4.3 变压器运行负载率分布..... | 45 |
| 4.5 常见运行问题 | 47 |
| 4.5.1 空调水系统运行异常现象..... | 47 |
| 4.5.2 水泵常年定频运行..... | 48 |
| 4.5.3 设备夜间能耗浪费..... | 49 |
| 4.5.4 典型建筑变压器分析..... | 50 |
| 4.5.5 典型建筑冷机运行分析..... | 53 |
| 4.5.6 总结与建议 | 55 |
| 结 语..... | 57 |

一、总体情况

1.1 能耗监测平台建设情况

1.1.1 全市公共建筑接入情况

截至 2022 年底，深圳市接入能耗监测平台的国家机关办公建筑和大型公共建筑累计 1020 栋，监测建筑总面积约 6585 万平方米。2022 年新增监测建筑共 134 栋，新增监测建筑面积约 1240 万平方米。

(1) 建筑类型分布

建筑类型涵盖了国家机关办公建筑、商业办公建筑、商场建筑、宾馆饭店建筑、文化教育建筑、医疗卫生建筑、体育建筑以及多功能混合的综合建筑¹等。由于医疗卫生建筑、体育建筑以及其他建筑数量较少，本报告后续分析中将其统一归为其他类建筑进行统计。接入能耗监测平台的各类公共建筑分布情况如表 1-1 与图 1-1 所示。

表 1-1 监测建筑的类型分布情况

| 序号 | 建筑类型 | 数量 (栋) | 建筑面积 (万 m ²) | 面积比例 (%) |
|----|----------|-----------|-----------------------------|-------------|
| 1 | 国家机关办公建筑 | 125 | 291 | 4.42% |
| 2 | 商业办公建筑 | 253 | 2040 | 30.98% |
| 3 | 商场建筑 | 134 | 606 | 9.21% |
| 4 | 宾馆饭店建筑 | 72 | 316 | 4.80% |
| 5 | 文化教育建筑 | 164 | 734 | 11.14% |
| 6 | 综合建筑 | 204 | 2148 | 32.62% |

¹ 综合建筑指同时具有两种或两种以上使用功能，且各功能面积占比均超过 10% 的综合性建筑。

| | | | | |
|----|--------|------|------|-------|
| 7 | 医疗卫生建筑 | 25 | 185 | 2.81% |
| 8 | 体育建筑 | 9 | 37 | 0.57% |
| 9 | 其他建筑 | 33 | 223 | 3.39% |
| 合计 | — | 1020 | 6585 | 100% |

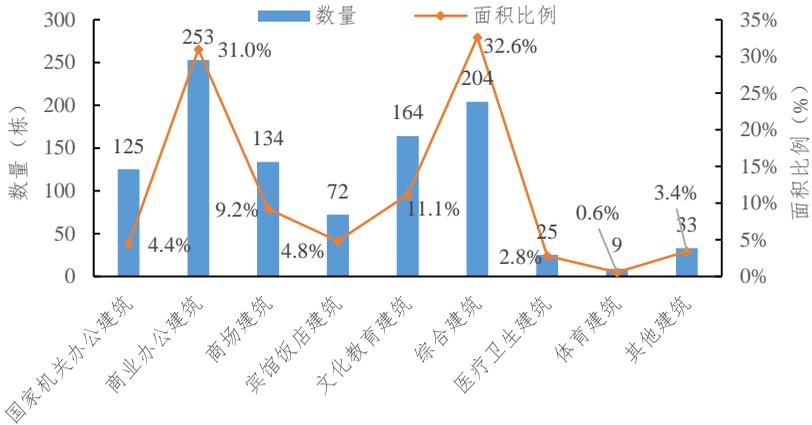


图 1-1 接入能耗监测平台各类公共建筑数量与面积比例

(2) 建筑规模分布

在单栋建筑面积分布方面，接入能耗监测平台公共建筑面积在 2 万平方米以上的建筑数量占比为 80.4%，在 2 万平方米以下的建筑数量占比为 19.6%。其中，分布在 2~5 万平方米之间的建筑数量最多，为 380 栋，面积占比 18.9%；10 万平方米以上的建筑为 179 栋，面积占比 49.1%。接入能耗监测平台公共建筑面积分布情况如图 1-2 所示。

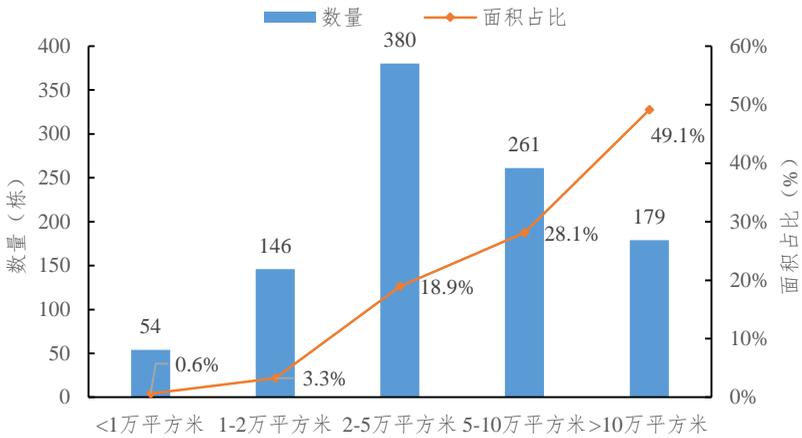


图 1-2 接入能耗监测平台公共建筑面积分布情况

1.1.2 各区公共建筑接入情况

(1) 各区接入的公共建筑情况

2022 年深圳市接入能耗监测平台的公共建筑涵盖了 10 个区，新增监测建筑面积为 1554 万平方米，占全市接入市级平台公共建筑总面积约 23.6%。各区接入能耗监测平台公共建筑分布情况如表 1-2 与图 1-3 所示。

表 1-2 各区接入能耗监测平台的公共建筑情况

| 序号 | 行政区 | 总数量 (栋) | 总建筑面积 (万 m ²) | 面积占比 (%) |
|----|-----|------------|------------------------------|-------------|
| 1 | 福田区 | 226 | 1378 | 20.9% |
| 2 | 南山区 | 239 | 1554 | 23.6% |
| 3 | 龙岗区 | 141 | 1021 | 15.5% |
| 4 | 罗湖区 | 130 | 697 | 10.6% |
| 5 | 宝安区 | 126 | 944 | 14.3% |
| 6 | 龙华区 | 52 | 378 | 5.7% |
| 7 | 光明区 | 34 | 261 | 4.0% |
| 8 | 盐田区 | 33 | 127 | 1.9% |
| 9 | 坪山区 | 29 | 163 | 2.5% |

| 序号 | 行政区 | 总数量 (栋) | 总建筑面积 (万 m ²) | 面积占比 (%) |
|----|------|------------|------------------------------|-------------|
| 10 | 大鹏新区 | 10 | 63 | 1.0% |
| 合计 | 全市 | 1020 | 6585 | 100% |



图 1-3 各区接入能耗监测平台公共建筑数量

(2) 各区接入的公共建筑功能分布

各区接入能耗监测平台的各类建筑数量分布如表 1-3 与图 1-4 所示。从各类公共建筑分布比例来看，福田区主要接入的公共建筑类型为商业办公建筑、综合建筑和国家机关办公建筑，共计占全区接入公共建筑数量的 70%；南山区接入平台的公共建筑主要为商业办公建筑、文化教育建筑和综合建筑，占全区接入公共建筑数量的 72%；龙岗区主要接入的公共建筑类型为国家机关办公建筑、商场建筑和文化教育建筑，共计占 54%。

表 1-3 各区接入能耗监测平台的各类建筑数量分布（单位：栋）

| 行政区 | 国家机关办公建筑 | 商业办公建筑 | 商场建筑 | 宾馆饭店建筑 | 文化教育建筑 | 综合建筑 | 其他类建筑 |
|------|----------|--------|------|--------|--------|------|-------|
| 福田区 | 36 | 69 | 21 | 14 | 18 | 53 | 15 |
| 南山区 | 16 | 77 | 23 | 20 | 58 | 37 | 8 |
| 龙岗区 | 24 | 23 | 25 | 7 | 27 | 23 | 12 |
| 罗湖区 | 16 | 27 | 18 | 17 | 5 | 42 | 5 |
| 宝安区 | 14 | 25 | 31 | 6 | 15 | 24 | 11 |
| 龙华区 | 2 | 11 | 8 | 2 | 9 | 13 | 7 |
| 光明区 | 2 | 9 | 3 | 0 | 14 | 5 | 1 |
| 盐田区 | 10 | 7 | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| 坪山区 | 4 | 3 | 3 | 0 | 13 | 2 | 4 |
| 大鹏新区 | 1 | 2 | 0 | 3 | 1 | 2 | 1 |

注：因盐田区、龙华区、光明区、坪山区、大鹏新区目前接入平台的监测公共建筑数量较少，用电指标分析不具有代表性，故未纳入下文各区公共建筑用电指标分析中。

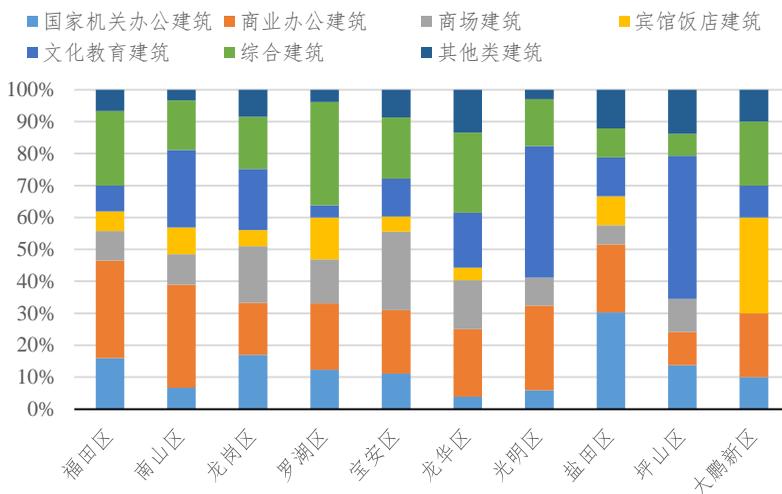


图 1-4 各区接入能耗监测平台不同功能公共建筑分布情况

1.2 全市公共建筑用电指标

1.2.1 总用电指标

2022 年深圳市全市监测公共建筑单位面积用电指标为 $95.8\text{kWh}/\text{m}^2$ ，相比 2021 年的 $112.6\text{kWh}/\text{m}^2$ 降低了约 15.0%，相比于 2020 年的 $96.5\text{kWh}/\text{m}^2$ 能耗指标降低了约 0.7%。初步判断 2022 年能耗下降的原因包括气温下降、疫情影响、空置率上升及新接入建筑用能偏低等。

1.2.2 分项用电指标

2022 年深圳市全市监测公共建筑分项用电指标中，照明与插座用电指标最大，为 $54.2\text{kWh}/\text{m}^2$ ，占总用电量比例的 62.9%；其次为空调用电，单位面积用电指标为 $25.6\text{kWh}/\text{m}^2$ ，占总用电量比例的 26.7%。部分建筑的照明插座用电包括了未计量的空调末端用电、动力用电及特殊用电，因此占比偏高。

监测公共建筑的分项用电指标如图 1-5 所示。

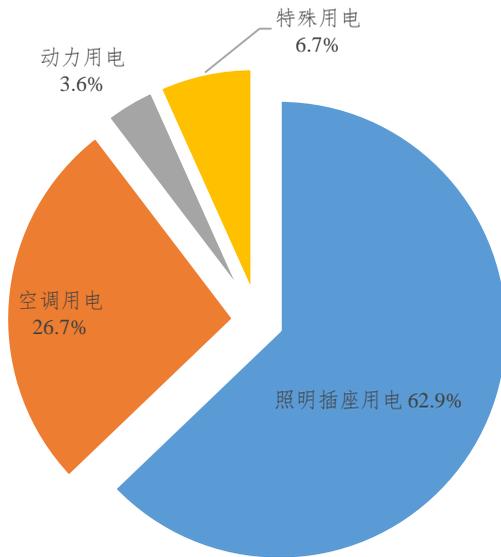


图 1-5 全市监测公共建筑分项用电比例

1.2.3 逐月用电指标

各月用电指标中，7 月份用电指标最高，为 $11.7\text{kWh}/\text{m}^2$ ，2 月份用电指标最低，为 $4.8\text{kWh}/\text{m}^2$ 。这是由于 7 月份室外平均气温最高，空调用电量最大，月度用电量最高，而 2 月份因春节假期影响，建筑使用强度最低，为最高月的 41.1%，3~6 月受气温²及疫情影响降幅较大。

² 依据《2022 年深圳市气候公报》，2022 年深圳国家基本气象站年平均气温 23.2°C ，较 2021 年 (24.0°C) 降低 0.8°C ，其中 2~6 月平均气温降幅达 8.9%。

从逐月用电指标变化趋势来看，逐月用电量的变化趋势与深圳市室外平均温度基本一致，2022年监测公共建筑全年逐月用电指标如图 1-6 所示。

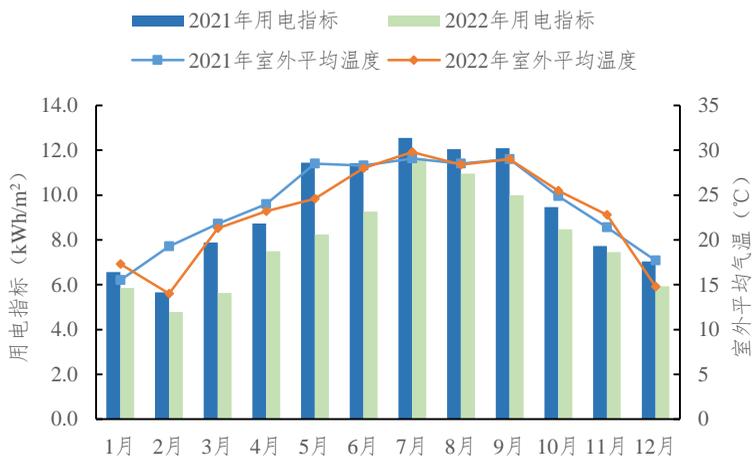


图 1-6 监测公共建筑全年逐月用电指标

二、各类建筑用电情况

通过对能耗监测平台公共建筑监测数据梳理、总结和对比分析，2022年深圳市各类监测公共建筑的用电指标如表 2-1 所示，全市平均用电指标为 95.8kWh/m²，其中商场建筑单位面积用电指标最高，为 163.9kWh/m²，体育建筑单位面积用电指标最低，为 58.0kWh/m²。因文化教育建筑、医疗卫生建筑和体育建筑的建筑数量较少，用电情况不做单独分析。

表 2-1 各类监测公共建筑用电指标情况

| 序号 | 建筑类型 | 指标 (kWh/m ²) |
|-----|----------|--------------------------|
| 1 | 国家机关办公建筑 | 88.5 |
| 2 | 商业办公建筑 | 89.3 |
| 3 | 商场建筑 | 163.9 |
| 4 | 宾馆饭店建筑 | 116.6 |
| 5 | 文化教育建筑 | 59.6 |
| 6 | 医疗卫生建筑 | 141.1 |
| 7 | 体育建筑 | 58.0 |
| 平均值 | —— | 95.8 |

注：随着每年细分类建筑面积占比不同，单位建筑面积用电指标也会有所变化，尤其是文化教育建筑中 2022 年新接入大量的中小学建筑。

2.1 国家机关办公建筑用电分析

2.1.1 总体情况

2022 年，监测国家机关办公建筑单位面积用电指标为 88.5kWh/m²，较 2021 年下降 4.3%。其中，7 月份为室外月平均气温最高的空调季，当月用电指标最高，为

10.9kWh/m²；2月用电指标最低，为4.3kWh/m²；其中5月用电指标下降明显，初步判断受气温及疫情影响较大。

国家机关办公建筑逐月用电指标如图 2-1 所示。

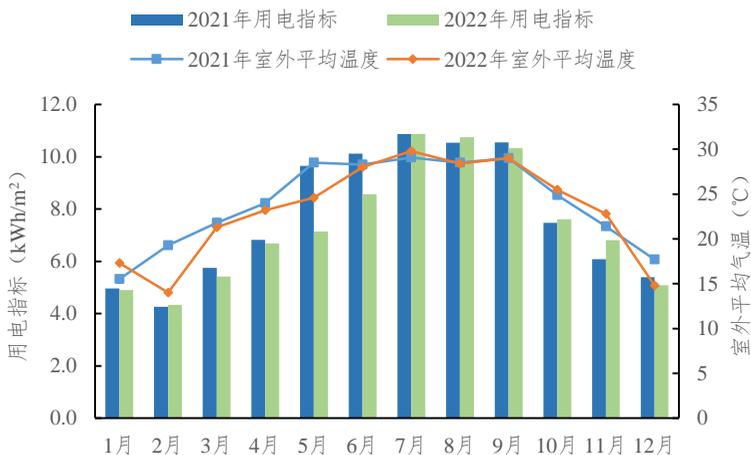


图 2-1 国家机关办公建筑逐月用电指标

2.1.2 分项用电情况

从国家机关办公建筑分项用电构成情况分析，照明插座用电为国家机关办公建筑最大的用能分项，主要包括照明、插座、不能独立计量的其他用电等，用电量占国家机关办公建筑总用电量约为 59.2%；其次为空调用电，占 29.5%；动力和特殊分项用电分别占 3.9%和 7.4%。

国家机关办公建筑分项用电构成如图 2-2 所示。

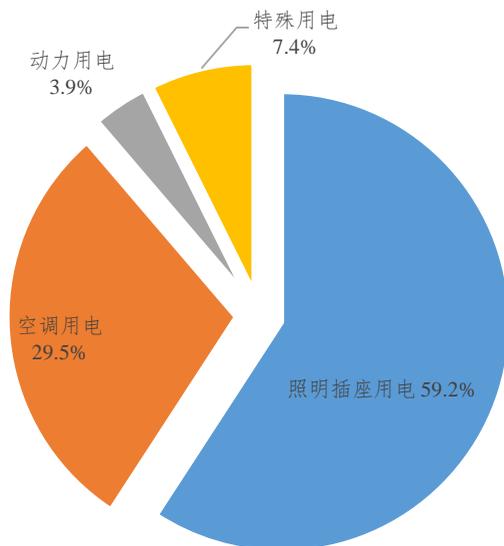


图 2-2 国家机关办公建筑分项用电构成

在逐月分项电耗构成中，空调分项用电呈现较为明显的季节变化趋势，逐月用电量比例变化范围为 8.9% ~ 39.6% 之间，其中 7 月份空调系统用电比例最高。由于照明插座、动力与特殊分项用电量受季节影响较小，逐月用电量相对较为稳定，用电比例变化范围分别为 51.1% ~ 77.2%、3.4% ~ 4.6% 与 5.7% ~ 10.8% 之间。

国家机关办公建筑逐月分项用电构成如图 2-3 所示。

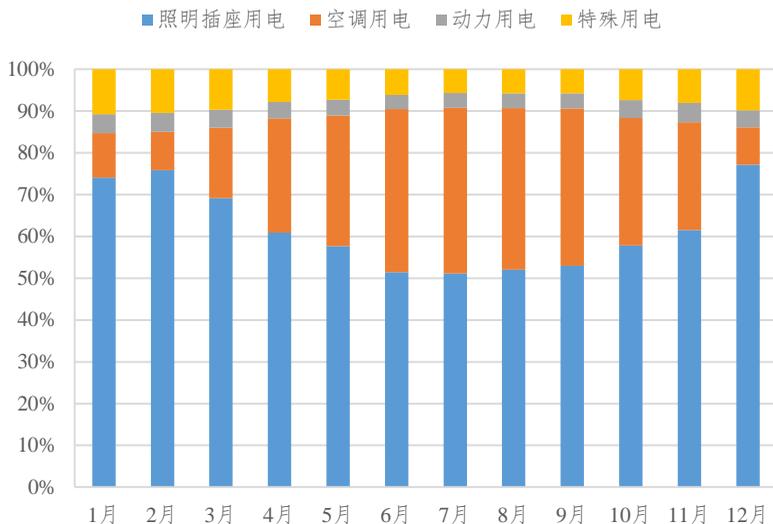


图 2-3 国家机关办公建筑逐月分项用电构成

2.2 商业办公建筑用电分析

2.2.1 总体情况

2022 年，监测商业办公建筑单位面积用电指标为 89.3 kWh/m²，较 2021 年下降 8.3%。其中，7 月份为室外月平均气温最高的空调季，当月用电指标最高，为 10.9kWh/m²；2 月用电指标最低，为 4.0kWh/m²；初步判断 3~6 月受物业空置率上升³和气温下降等因素影响，导致各月用电指标均有降低。

商业办公建筑逐月用电指标如图 2-4 所示。

³ 依据第一太平戴维斯发布的《深圳房地产市场 2022 年回顾与 2023 年展望》报告，截至 2022 年末，深圳写字楼空置率同比上升 2.2 个百分点。

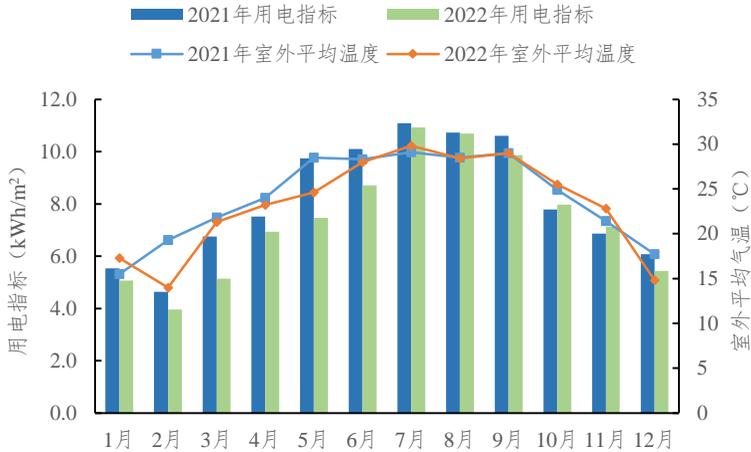


图 2-4 商业办公建筑逐月用电指标

2.2.2 分项用电情况

从商业办公建筑的分项用电构成情况分析，照明插座分项用电为办公建筑最大的用能分项，主要包括照明、插座、不能独立计量的其他用电等，用电量占办公建筑总用电量为 64.1%；其次为空调用电，占 27.2%；动力和特殊分项用电分别占 4.5%和 4.2%。

商业办公建筑分项用电构成如图 2-5 所示。

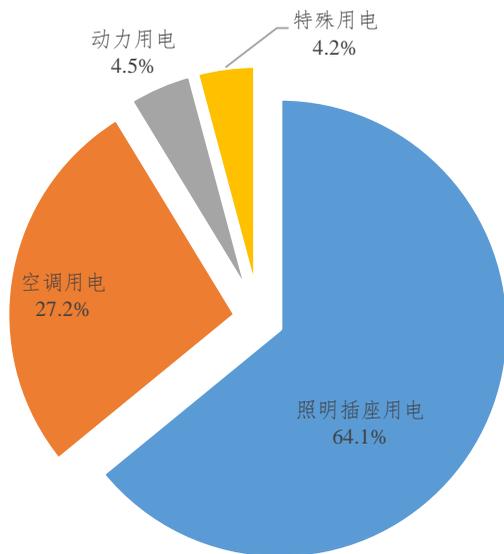


图 2-5 商业办公建筑分项用电构成

在逐月分项电耗构成中，空调用电呈现较为明显的季节变化趋势，逐月用电量比例变化范围为 11.9%~35.5%之间，其中 7 月份空调分项用电比例最高。由于照明插座、动力与特殊分项用电量受季节影响较小，逐月用电量相对较为稳定，照明插座用电、动力用电与特殊用电比例变化范围分别为 57.0%~76.9%、3.9%~5.8%与 3.4%~5.6%之间。

商业办公建筑逐月分项用电构成如图 2-6 所示。

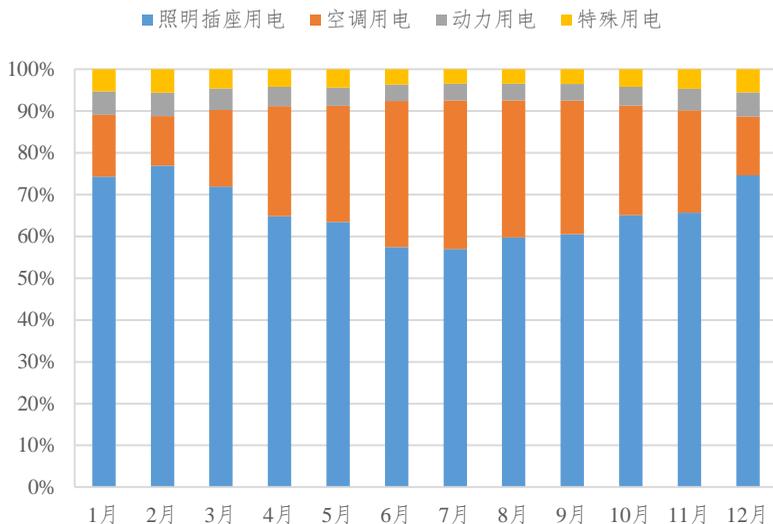


图 2-6 商业办公建筑逐月分项用电构成

2.3 商场建筑用电分析

2.3.1 总体情况

2022 年，监测商场建筑单位面积用电指标为 163.9kWh/m²，较 2021 年下降 16.4%。其中，7 月份为室外月平均气温最高的空调季，当月用电指标最高，为 18.5kWh/m²；2 月用电指标最低，为 9.5kWh/m²；初步判断受疫情、零售物业空置率上升⁴及气温下降等因素影响，降幅较大。

商场建筑逐月用电指标如图 2-7 所示。

⁴ 依据第一太平戴维斯发布的《深圳房地产市场 2022 年回顾与 2023 年展望》报告，深圳市零售物业 2022 年第四季度全市空置率同比上升 0.8 个百分点。

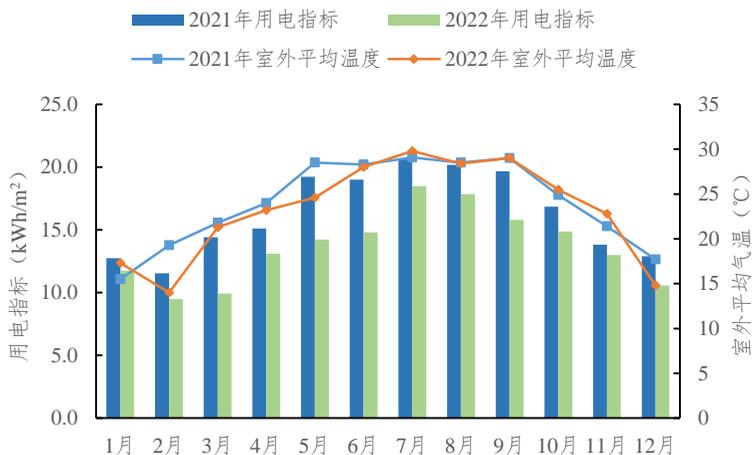


图 2-7 商场建筑逐月用电指标

2.3.2 分项用电情况

从商场建筑分项用电构成情况分析，照明插座分项用电占比最大，为 64.6%，其次为空调分项用电，占 24.1%，动力和特殊分项用电分别占 2.1%和 9.2%。

商场建筑分项用电构成如图 2-8 所示。

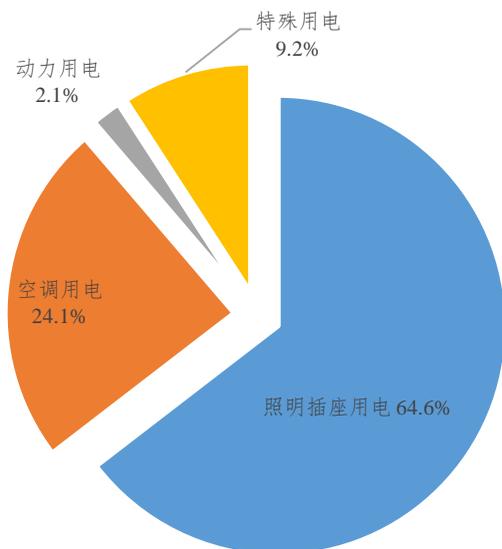


图 2-8 商场建筑全年分项用电构成

从逐月分项用电构成分析，商场建筑空调分项逐月用电量体现了较强的季节性，空调季逐月用电量明显高于非空调季，商场建筑空调用电逐月占比在 10.9%~30.8%之间。同时，由于商场建筑人流量较大，空调系统需要全年开启以保障室内新风供应，非空调季商场建筑的空调分项仍存在较大的用电量。由于照明插座、动力与特殊分项用电受季节影响较小，逐月用电量相对较为稳定，照明插座用电在 59.2%~76.0%之间，动力用电在 2.0%~2.3%之间，特殊用电在 7.9%~11.5%之间。

商场建筑逐月分项用电构成如图 2-9 所示。

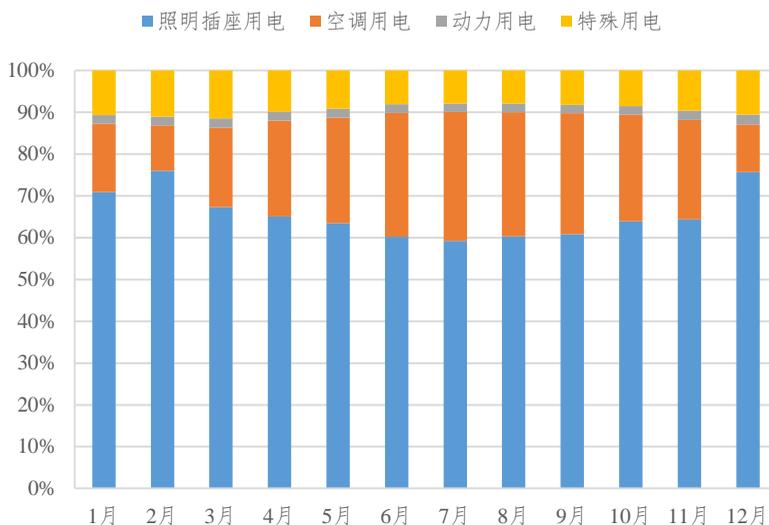


图 2-9 商场建筑逐月分项用电构成

2.4 宾馆饭店建筑用电分析

2.4.1 总体情况

2022 年，监测宾馆饭店建筑单位面积用电指标为 116.6kWh/m²，较 2021 年下降 12.5%。其中，7 月份为室外月平均气温最高的空调季，当月用电指标最高，为 14.1kWh/m²；2 月用电指标最低，为 6.2kWh/m²。初步判断受开房率降低⁵及气温下降等因素影响，能耗偏低。

宾馆饭店建筑逐月用电指标如图 2-10 所示。

⁵ 依据《深圳市 2022 年国民经济和社会发展统计公报》，2022 年深圳市全年接待入境过夜游客比上年下降 58.1%，国内过夜游客下降 22.3%，宾馆、酒店、度假村开房率比上年下降 7.0 个百分点。

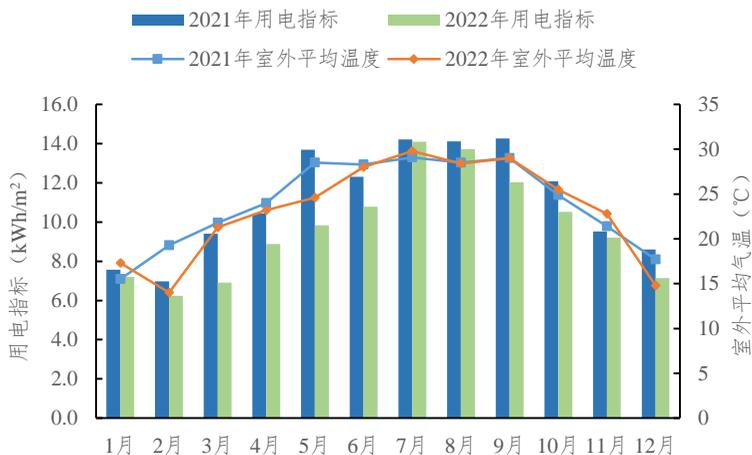


图 2-10 宾馆饭店建筑逐月用电指标

2.4.2 分项用电情况

从宾馆饭店建筑分项用电构成分析，照明插座用电占比最大，为 53.9%，空调用电次之，为 30.4%，动力用电占 3.8%，特殊用电占 11.9%。宾馆饭店建筑由于存在全天空调，洗衣房、游泳池、厨房等特殊用电，特殊用电占比较其他类型公共建筑相对较大，照明插座用电占比相对其他建筑类型偏小。

宾馆饭店建筑分项用电构成如图 2-11 所示。

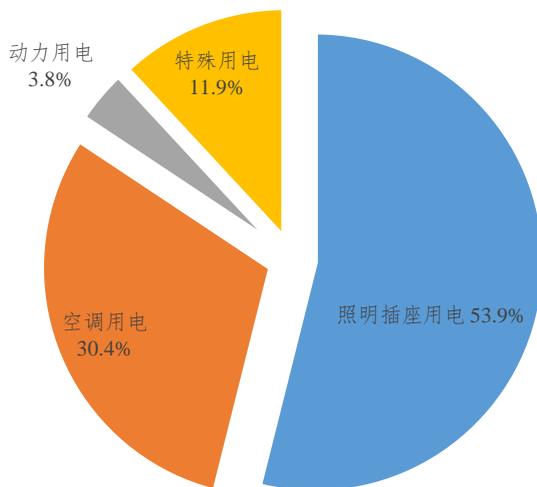


图 2-11 宾馆饭店建筑全年分项用电构成

从宾馆饭店建筑逐月分项用电构成分析，空调用电构成比例在 12.2%~38.6%之间，照明插座用电在 48.5%~66.6%之间，动力用电在 3.2%~4.7%之间，特殊用电在 9.3%~16.9%之间。

监测宾馆饭店建筑逐月分项用电构成如图 2-12 所示。

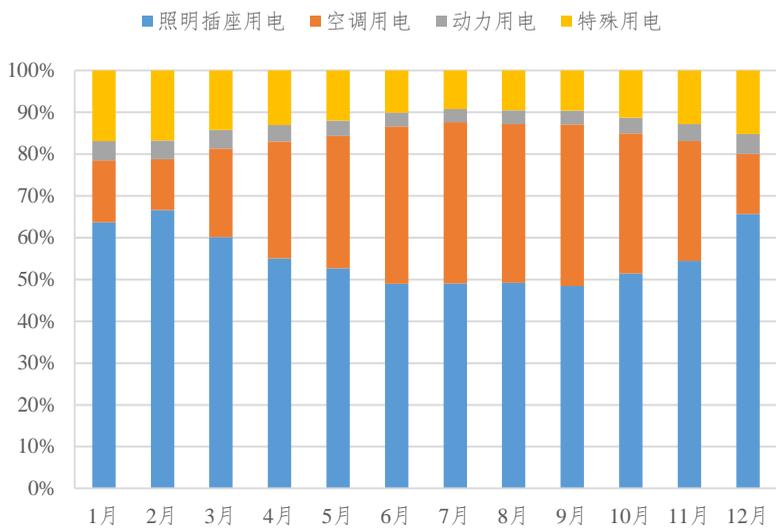


图 2-12 宾馆饭店建筑逐月分项用电构成

三、专题分析

3.1 新接入建筑情况分析

3.1.1 新接入建筑功能分布

2022年，平台新接入的建筑数量为134栋，面积合计1240万平方米，占平台监测总面积18.8%。其中，文化教育建筑接入的数量最多，共39栋，占总接入数量的29.1%；综合建筑接入的面积最大，约476.3万平方米，占总接入面积的38.4%。

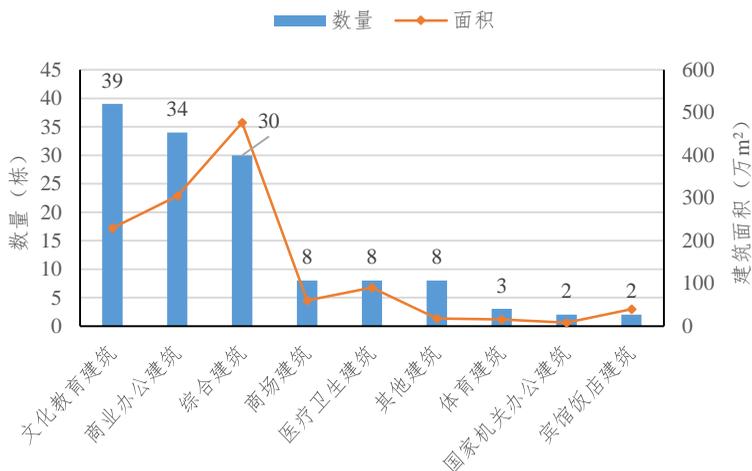


图 3-1 新接入建筑功能分布

3.1.2 新接入建筑区域分布

2022年，平台新接入的134栋建筑中，南山区新接入共26栋，其中文化教育建筑和商业办公建筑分别为11栋

和 7 栋；宝安区新接入建筑 25 栋，其中商业办公建筑和综合建筑分别为 8 栋和 6 栋；龙岗区新接入建筑 23 栋。各区新接入建筑分布详见图 3-2。

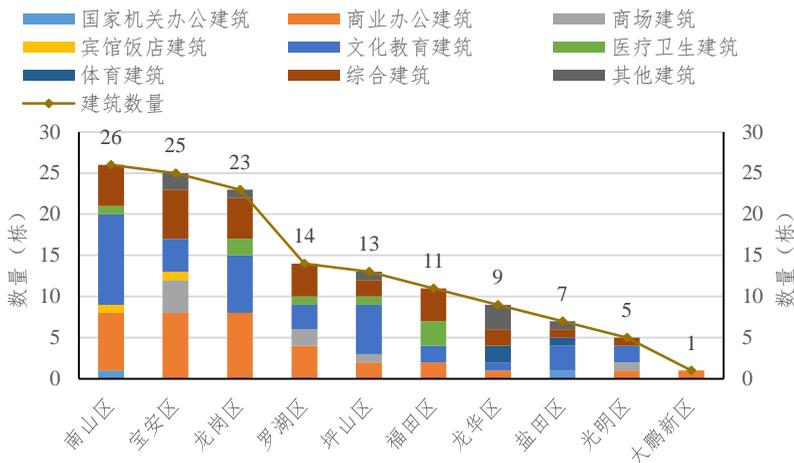


图 3-2 新接入建筑行政区分布

3.1.3 新接入建筑规模分布

2022 年，平台新接入的 134 栋建筑总面积约 1240 万平方米，规模主要在 2 万平方米以上，新接入建筑的平均面积约 9.3 万平方米；其中文化教育建筑主要集中在 2-10 万平方米的规模，商业办公建筑有 76% 超过 5 万平方米，29% 超过 10 万平方米；文化教育建筑有 49% 超过 5 万平方米，21% 超过 10 万平方米；综合建筑有 90% 超过 5 万平方米，50% 超过 10 万平方米。新接入建筑规模分布详见图 3-3。

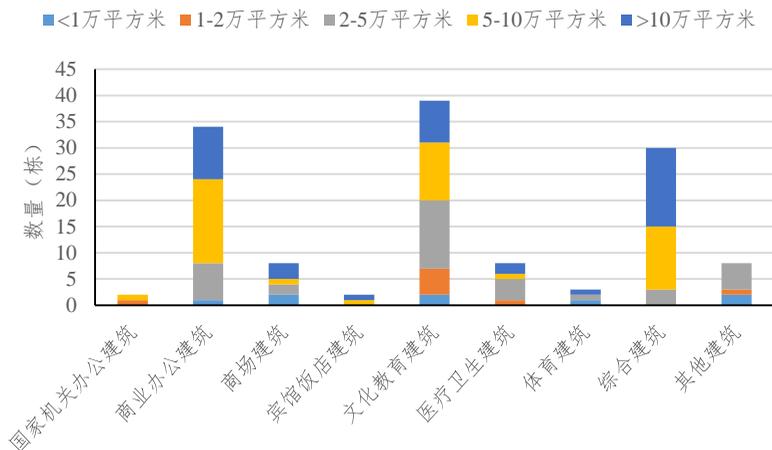


图 3-3 新接入建筑规模分布

3.2 典型日分项负荷曲线特性分析

为深入分析建筑柔性用电潜力，基于 2022 年典型建筑全年分项逐时能耗数据分析，针对不同类型建筑，聚类提取空调季工作日和非工作日、非空调季工作日和非工作日典型日的负荷曲线形态，为建筑用电负荷需求预测和设备节能运行管理提供数据参考，如图 3-4 所示。

办公建筑工作日小时峰值用电强度大于非工作日，尤其是空调季差异较大，日用电差异率⁶达 42%，办公类建筑的用电具有一定周期性。

商场建筑、宾馆饭店建筑工作日与非工作日峰值小时

⁶ 日用电差异率 = (工作日 - 非工作日) / 非工作日 (备注: 日用电量)

用电强度差异较小。空调季非工作小时峰值用电量略多于工作日，其中空调用电差异较小，日用电差异率为 12%，体现出商业建筑连续营业特征。

医疗卫生建筑工作日小时峰值用电强度略多于非工作日，且在不同季节差异率明显较小，反映了医疗卫生类建筑运营的特殊性。

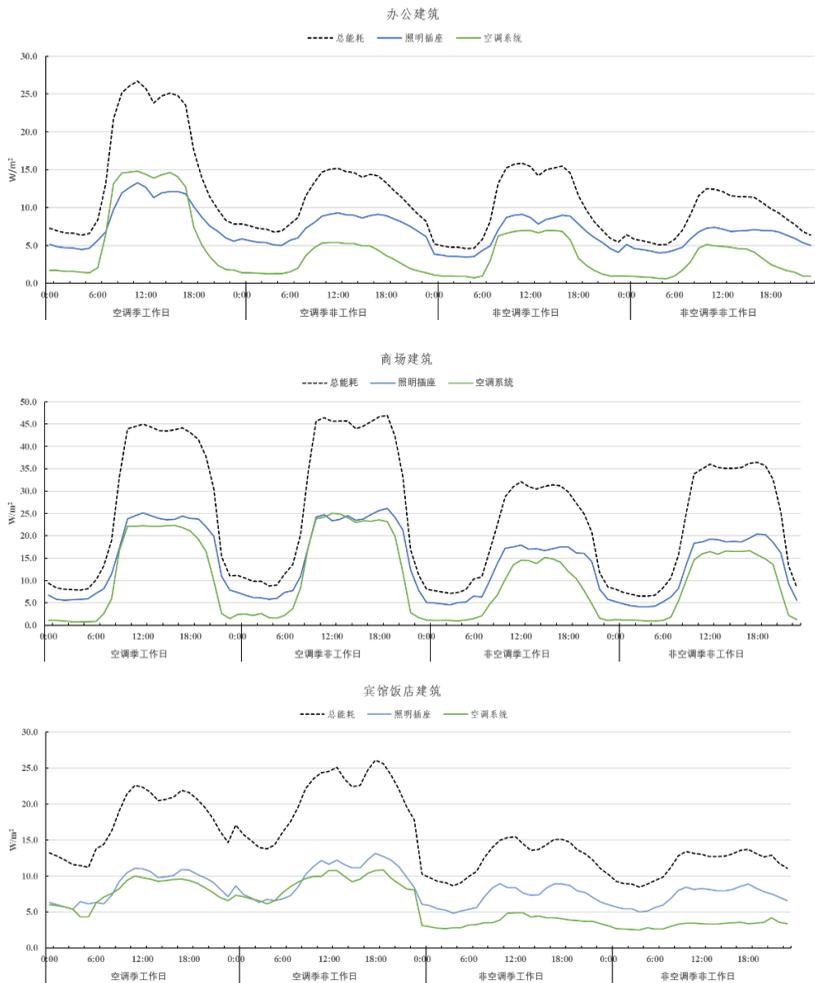




图 3-4 深圳市各类建筑典型日能耗强度特征曲线

3.3 峰谷用电情况分析

根据深圳市供电局公开数据，深圳电网用电负荷再创新高，2022 年深圳最高用电负荷达 2142 万千瓦，出现在 7 月 25 日 13 时 47 分。较历史最高负荷（2038 万千瓦）净增 104 万千瓦，增幅达 5%。

结合监测平台监测数据，选取 5% 尖峰负荷日逐时用电数据进行峰谷用电情况分析，计算典型公共建筑峰时段用电总量与谷时段用电量比值。其中峰时段与谷时段分别按照最新深圳市工商业用电峰谷分时电价政策时段计算。各类建筑峰谷比如表 3-1 所示。商场建筑、国家机关办公建筑、商业办公建筑的峰谷比相对较大，低谷时段负载较低，削峰潜力大于其他类型建筑；宾馆饭店建筑、医疗卫生建筑因其 24 小时连续运行，谷时段用电需求超过其他类型建筑，导致峰谷比较小。

表 3-1 2022 年 5%尖峰负荷日的监测建筑峰谷比情况

| 序号 | 建筑类型 | 峰、谷、平占比 | 平均峰谷比 |
|----|----------|-----------|-------|
| 1 | 国家机关办公建筑 | 2.4:1:2.1 | 2.4 |
| 2 | 商业办公建筑 | 3.0:1:2.6 | 3.0 |
| 3 | 商场建筑 | 3.7:1:3.5 | 3.7 |
| 4 | 宾馆饭店建筑 | 1.4:1:1.7 | 1.4 |
| 5 | 医疗卫生建筑 | 1.2:1:1.3 | 1.2 |
| 6 | 全市监测建筑 | / | 2.8 |

注：1、峰谷比=峰时段用电总量/谷时段用电总量；
2、高峰时段：10:00~12:00、14:00~19:00；低谷时段：0:00~8:00，其余时间为平段；峰、平、谷时长分别 7h、9h、8h。

典型类型建筑 5%尖峰负荷日峰谷平段用电量分布统计如下图 3-5 所示。从图可知：宾馆饭店建筑、医疗卫生建筑谷时段用电量占比分别约为 1/4、1/3，商场谷时段仅占 12%。商场、办公建筑的峰时用电量与平时用电量基本持平，峰谷比值分别达到 4 倍、3 倍。因此，可通过蓄电、蓄冷等储能措施和建筑需求响应等调节技术将日间高峰用电需求消减或转移至夜间，实现削峰填谷效果。其中商场和办公建筑调节潜力最大，应重点关注。

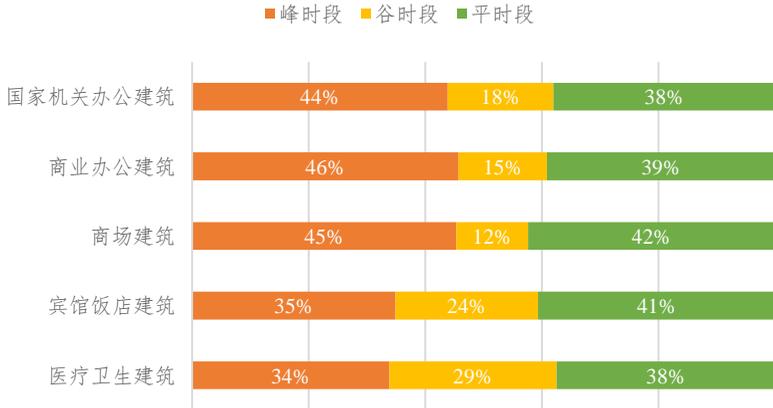


图 3-5 2022 年 5%尖峰负荷日主要类型建筑峰谷平用电量占比分布

3.4 典型建筑变压器实际运行数据分析

本节选取典型类型建筑实际小时用电负荷数据（2019 年~2022 年），统计分析各类建筑运行小时峰值用电负荷指标数据，从而直观得出各类建筑配电设计参考指标与实际运行用能指标偏离程度。

基于典型类型建筑变压器实际监测运行数据统计得出变压器设计容量指标、变压器实际运行峰值用电指标值及运行峰值负载率范围，供设计参考，如表 3-2 所示。

表 3-2 建筑变压器实际运行数据

| 建筑类型 | 变压器设计容量指标 (VA/m ²) | 变压器实际运行峰值用电值 (W/m ²) | 2019 年~2022 年平均长期运行峰值负载率 |
|----------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| 国家机关办公建筑 | 81~99 | 39~45 | 45%~49% |
| 商业办公建筑 | 80~89 | 37~40 | 47%~51% |
| 商场建筑 | 110~128 | 63~69 | 55%~59% |
| 宾馆饭店建筑 | 76~98 | 35~45 | 41%~50% |

注：①变压器负载率=有功功率/(变压器容量×功率因数)，功率因数取 0.9。

②运行峰值负载率指在该类建筑正常营运时间段中，运行时间占比 95% 以上的运行负载率区间的上限峰值。

3.5 建筑尖峰负荷分布曲线

根据监测平台公共建筑面积数据 6585 万 m^2 ，测算峰值负荷达 1700MW，90%以上负荷运行小时数 99h，占全年时间 1%。如图 3-6 所示。尖峰负荷特征明显，建筑峰值负荷用电小时数占比较小，可通过建筑需求响应降低峰值负荷，减少电厂初投资规模，优化电网运行效率。

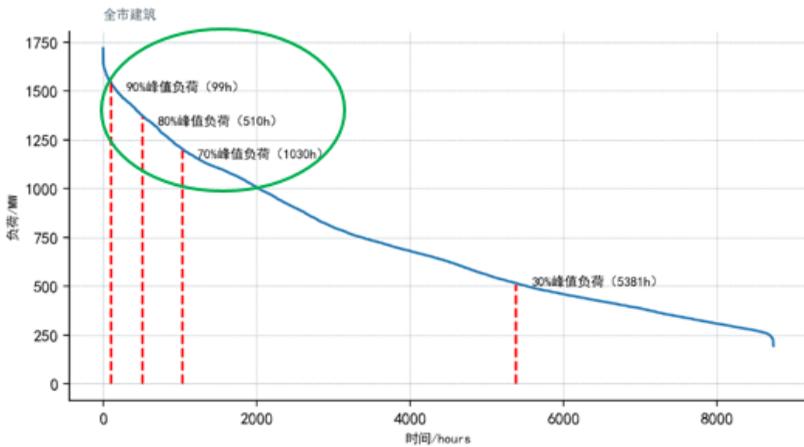


图 3-6 联网建筑用电负荷分布曲线

四、历年分析结论

深圳市大型公共建筑监测情况报告至今已发布2016~2021共六个年份的报告，本节将历年各类具有普适性的结论或经验进行总结，供政府管理部门、运行管理人员、行业设计人员参考。

4.1 典型类型建筑全年用电特征曲线

选取典型类型样本建筑全年数据归一化⁷逐时用电曲线进行分析，各类建筑日常运行时间不一致，主要差异体现在关停时间不同；各类型建筑典型日逐时用电曲线呈现明显双峰特征，但峰值时刻位置不同。各类建筑典型日逐时标准化用电曲线如图4-1所示。

国家机关办公建筑和商业办公建筑的工作日用电峰值出现在上午9点-11点左右，谷值出现在13点；商场建筑的用电高峰段持续时间较长，出现在10点-20点，谷值不明显，出现在14点；宾馆饭店建筑的用电峰值出现在10-13点及17-20点之间，谷值出现在15点；商场建筑和宾馆饭店建筑均具有明显的夜间用电特征，其中宾馆饭店建筑凌晨23点~2点夜间仍然存在较高比例基础用电；各类型建筑的用电谷值均在凌晨3-5点之间。

⁷归一化：无量纲化数据，将数据缩放到一个特定范围（通常0到1之间），使不同特征和量级数据具有可比性。

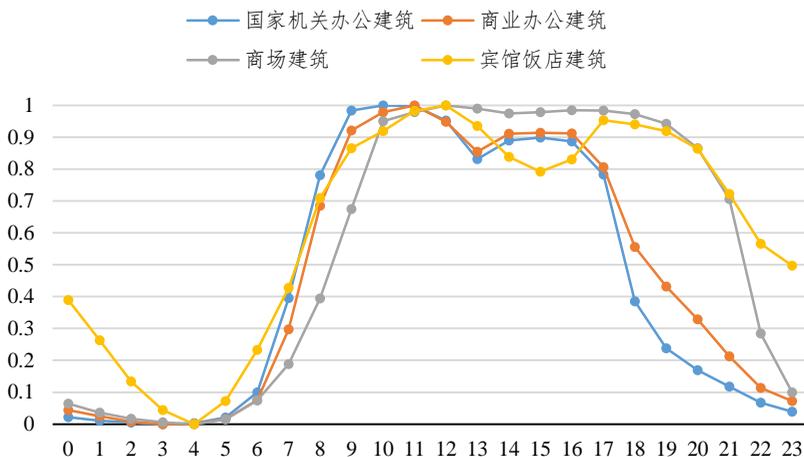


图 4-1 各类型建筑全年归一化逐时用电曲线

4.2 历年用电趋势分析

本章对平台监测建筑近六年的监测数据用电趋势进行综合分析。

4.2.1 监测公共建筑用电强度分析

如图 4-2 所示，深圳近六年联网的公共建筑数量逐年递增，尤其 2019 年 8 月深圳市住房和建设局发布了《深圳市住房和建设局关于明确公共建筑分项能耗数据传入深圳市建筑能耗数据中心有关事项的通知》，自 2019 年 10 月 1 日起，要求新、改、扩建公共建筑均应按照要求由建设单位将分项能耗数据传输至数据中心。2022 年监测建筑面积较 2019 年增加 145%；历年联网监测公共建筑单位面积电耗呈现下降趋势，2022 年公共建筑单位面积年平均用电量

为 95.8kWh/m²，整体用电强度相比较往年平均用电强度有所下降。



图 4-2 2017-2022 年监测公共建筑用电情况分析

4.2.2 监测主要类型建筑用电强度分析

经统计，近六年国家机关办公建筑、商业办公建筑、商场建筑、宾馆饭店建筑和综合建筑这 5 类监测主要类型建筑的单位面积电耗走势如图 4-3 所示。其中商业办公建筑、商场建筑、宾馆饭店建筑呈下降趋势，国家机关办公建筑呈平稳趋势。

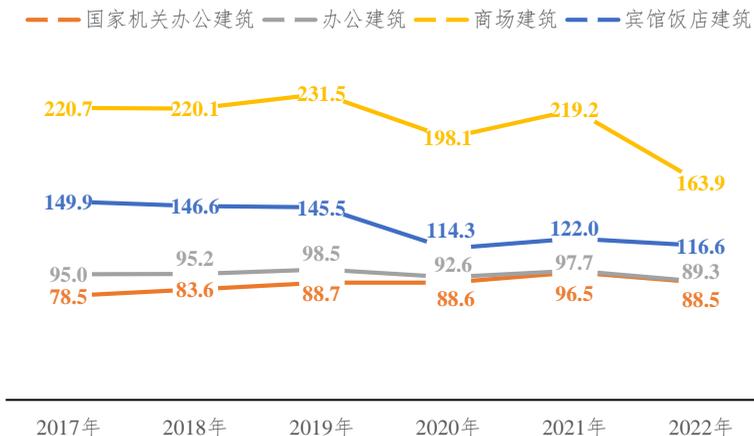


图 4-3 2017-2022 年主要监测类型建筑单位面积电耗走势

4.3 冷源装机容量设计及实际运行情况

4.3.1 冷源装机容量设计指标

国家住房和城乡建设部发布的《全国民用建筑工程设计技术措施-暖通空调动力-2022》中提供了按照总建筑面积估算的民用建筑夏季冷负荷指标（下文简称“设计措施估算指标”），考虑此部分指标作为估算使用，故本报告结论中的相关指标数据仅供参考。如表 4-1 所示。

表 4-1 各类建筑物单位建筑面积冷负荷指标

| 建筑类别 | 冷负荷指标 (W/m ²) |
|--------|------------------------------|
| 办公建筑 | 90~110 |
| 商场建筑 | 110~150 |
| 宾馆饭店建筑 | 80~100 |

本节所指的冷源装机容量设计指标为建筑所有空调主

机的制冷量除以总建筑面积，通过统计空调主机设备信息，得到的单位建筑面积设计指标。按照 25%~75%的四分位进行统计，各类公共建筑的冷源装机容量设计指标如箱型图 4-4 所示，结论如下：

(1) 办公建筑的冷源装机容量设计指标平均值为 112 W/m^2 ，95%CI⁸值范围为 $106\sim 118 \text{ W/m}^2$ ，办公建筑冷源装机容量指标超出设计措施估算指标建议范围。

(2) 商场建筑的冷源装机容量设计指标平均值为 179 W/m^2 ，95%CI 值范围为 $164\sim 196 \text{ W/m}^2$ ，商场建筑冷源装机容量指标远超出设计措施估算指标建议范围。

(3) 宾馆饭店建筑的冷源装机容量设计指标平均值为 116 W/m^2 ，95%CI 值范围为 $102\sim 130 \text{ W/m}^2$ ，宾馆饭店建筑冷源装机容量指标超出设计措施估算指标建议范围。

(4) 综合建筑的冷源装机容量设计指标平均值为 103 W/m^2 ，95%CI 值范围为 $94\sim 114 \text{ W/m}^2$ 。

⁸ 95%置信区间 (CI) 是指由样本统计量所构造的总体参数的估计区间，用来估计参数取值范围的方法。

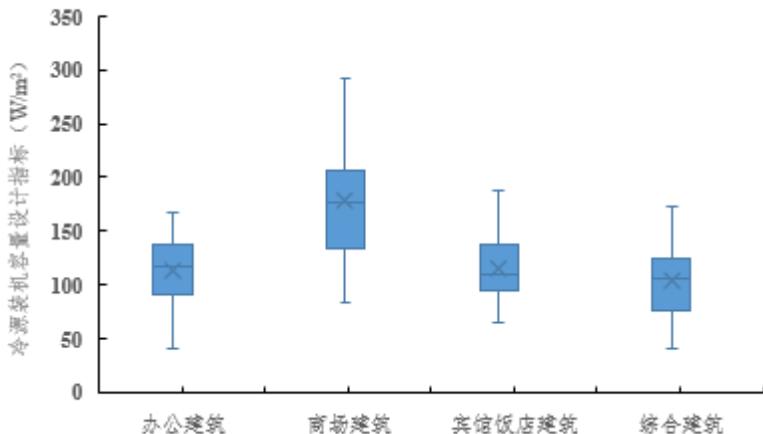


图 4-4 各类建筑冷源装机容量设计指标

4.3.2 冷源装机台数及峰值负载率

(1) 冷水机组运行台数分析

在建筑空调系统的设计过程中，通常会进行逐时冷负荷计算，空调主机的装机容量一般会参考最大冷负荷，并根据冷负荷全年的分布情况等因素确定空调主机数量和规格。

定义冷高峰盈余台数百分比为在用冷高峰时，未开启空调主机数量与空调主机总数量之比。经过统计分析，建筑的冷源主机盈余台数如图 4-5 所示。

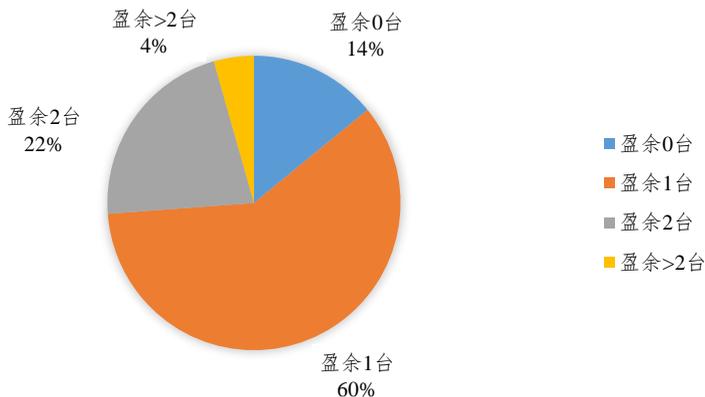


图 4-5 建筑峰值用电时刻的冷机盈余台数情况

从图中可知，超 85% 以上的建筑冷源在用电最大时刻仍然存在一定程度盈余台数设计。其中一半以上建筑的平均盈余水平为 1 台，22% 的建筑冷源设计盈余 2 台，甚至存在 4% 的建筑冷源设计盈余 2 台以上。

(2) 冷源峰值负荷率

本节所指的冷源运行峰值负荷率为全年建筑空调冷源系统运行最大冷负荷除以该建筑冷源装机容量，计算未考虑无法拆分计量的分体空调、VRV 等设备负荷。如图 4-6 所示，主要结论如下：

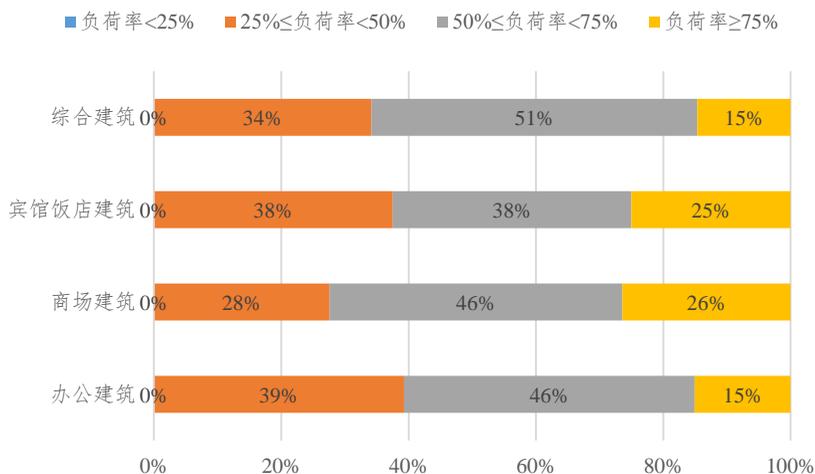


图 4-6 各类建筑冷源峰值负荷率建筑数量占比统计

从图 4-6 中可知，各类建筑的冷源峰值负荷率均大于 25%，其中：

办公建筑的冷源峰值负荷率平均值为 56%，95%CI 值范围为 54%~59%。39%的办公建筑峰值负荷率不大于 50%，仅 15%的办公建筑峰值冷负荷达到设计冷负荷的 75%以上；

商场冷源峰值负荷率平均值为 61%，95%CI 值范围为 54%~57%。46%的商场建筑峰值负荷率处于[50%，75]区间，存在 26%的商场建筑峰值冷负荷达到设计冷负荷的 75%以上；

宾馆饭店冷源峰值负荷率平均值为 60%，95%CI 值范围为 54%~66%。38%的宾馆饭店峰值负荷率不大于 50%，25%的宾馆饭店峰值冷负荷可达到设计冷负荷的 75%以上；

综合建筑冷源峰值负荷率平均值为 59%，95%CI 值范围为 53%~63%。34%的综合建筑峰值负荷率不大于 50%，15%的综合建筑峰值冷负荷可达到设计冷负荷的 75%以上；

从以上统计结果来看，办公建筑、商场建筑、宾馆饭店建筑及综合建筑的冷源实际运行峰值冷负荷率均低于设计冷负荷，最大峰值平均负荷率均在 60%左右。建议新建建筑空调冷负荷计算结合实际建筑冷源峰值负荷率及入住率情况，合理地优化冷机配置和运行模式。

4.3.3 冷水机组运行负载特性

冷水机组运行负载特性指单台冷水机组在全年运行小时的负载率分布情况，本节将负载率按 IPLV 的 25%、50%、75%、100%进行区间划分。

统计分析启用冷机的逐时运行负载数据，如图 4-7 所示，相关结论如下：

- (1) 办公建筑运行的冷机中，全年约 66%时间的负载大于 50%，约 34%时间的运行负载达不到 50%。
- (2) 商场建筑运行的冷机中，约 75%时间的负载大于 50%，约 25%时间的运行负载达不到 50%。
- (3) 宾馆饭店建筑运行的冷机中，约 76%时间的负载大于 50%，约 24%时间的运行负载达不到 50%。
- (4) 综合建筑运行的冷机中，约 59%时间的负载大于 50%，约 41%时间的运行负载达不到 50%。

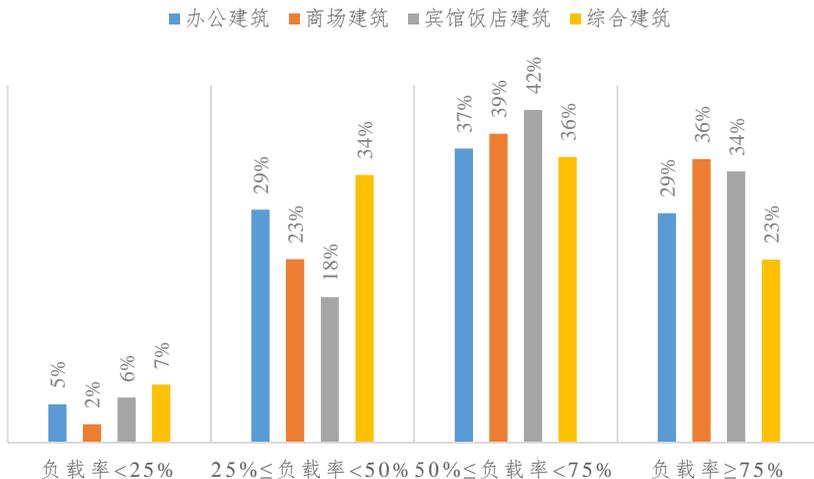


图 4-7 各类建筑启用冷机逐时运行负载率分布时间占比

从以上对负载率分段统计时间来看，各类建筑冷机的运行负载率主要分布在（50%，75%]区间；各类建筑冷机的低负载率（≤25%）运行时间占比小于 7%，其中商场建筑低负载率区间运行时间最少，其次是办公建筑，综合建筑最长；办公建筑、商场建筑、宾馆饭店的冷机运行在 50% 负载率区间以下的时间占比分别为 34%、25%和 24%，各类建筑的冷机运行模式控制合理。

4.4 变压器设计及实际运行情况

变压器是从发电、供电到建筑需求侧用电的重要设备，公共建筑通常会配置多个变压器，富余总容量较大。变压器运行会存在能源损耗，所以在配电系统中，变压器运行

分析对公共建筑节能运行具有重要意义。

国家住房和城乡建设部 2019 年发布的《民用建筑电气设计标准》(GB51348-2019) 建筑电气节能章节规定中对各类建筑物的变压器容量指标提供了参考数值, 包括限定值和节能值, 变压器容量指标对应单位建筑面积最大视在功率即建筑内变压器总安装容量与建筑面积的比值, 单位为 VA/m^2 , 如表 4-2 所示。

表 4-2 各类建筑物变压器容量指标

| 建筑类型 | 限定值 (VA/m^2) | 节能值 (VA/m^2) | 备注 |
|------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| 办公 | 110 | 70 | 对应一类和二类办公建筑 |
| 商业 | 170 | 110 | 对应大型商场建筑 |
| 旅馆 | 125 | 80 | 对应三星级及以上宾馆 |

本报告以办公建筑、商场建筑、宾馆饭店建筑、综合建筑、文化教育建筑为例, 相关分析数据供建筑设计人员和运维人员参考, 希望对未来的设计、运营有所帮助。

4.4.1 变压器设计容量指标

结合监测建筑的变压器数量、铭牌信息, 将监测建筑的变压器设计容量指标按办公建筑、商场建筑、宾馆饭店建筑、综合建筑及文化教育建筑进行统计分析。各类型建筑变压器容量设计指标分布如图 4-8 所示。结论如下:

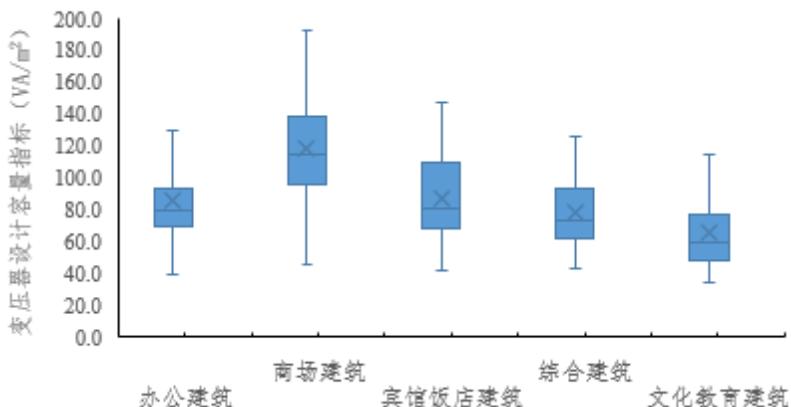


图 4-8 各类建筑变压器设计容量指标

办公建筑实际设计容量平均值为 $85\text{VA}/\text{m}^2$ ；其中，41%的办公建筑小于节能值 $70\text{VA}/\text{m}^2$ ，13%的办公建筑大于限定值 $110\text{VA}/\text{m}^2$ 。

商场建筑实际设计容量平均值为 $119\text{VA}/\text{m}^2$ ；其中，15%的商场建筑小于节能值 $110\text{VA}/\text{m}^2$ ，12%的商场建筑大于限定值 $170\text{VA}/\text{m}^2$ 。

宾馆饭店建筑实际设计容量平均值为 $86\text{VA}/\text{m}^2$ ；其中，9%的宾馆饭店建筑小于节能值 $80\text{VA}/\text{m}^2$ ，9%的宾馆饭店建筑大于限定值 $125\text{VA}/\text{m}^2$ 。

表 4-3 各类建筑变压器容量指标范围

| 建筑类别 | 95%置信区间 (VA/m ²) | 置信区间取整 (VA/m ²) |
|--------|---------------------------------|--------------------------------|
| 办公建筑 | 81.3~89.5 | 81~89 |
| 商场建筑 | 110.2~128.0 | 110~128 |
| 宾馆饭店建筑 | 76.0~97.7 | 76~98 |
| 综合建筑 | 72.5~82.9 | 73~83 |
| 文化教育建筑 | 60.5~70.8 | 61~71 |

总体来说，商场建筑和宾馆饭店建筑的实际设计容量大部分都超过设计规范的参考节能值，41%的办公建筑实际设计容量在设计节能指标范围内；至少9%的办公、商场及宾馆饭店建筑设计容量超出设计标准限定值。利用 Bootstrap 法⁹分析：办公建筑变压器容量指标为 81~89VA/m²；商场建筑变压器容量指标为 110~128 VA/m²；宾馆饭店建筑变压器容量指标为 76~98 VA/m²；综合建筑变压器容量指标为 73~83 VA/m²；文化教育建筑变压器容量指标为 61~71 VA/m²。

4.4.2 变压器盈余台数及峰值负载率

(1) 变压器盈余台数分析

在建筑配电变压器容量的设计过程中，变压器容量不宜过大，以免增加投资，合理确定变压器容量规格和数量能提高运行效率，减少电能耗损，节约运行费用。

定义变压器盈余台数百分比为在建筑全年最大用电量的时刻，统计建筑变压器未开启数量与装机总台数，分析变压器盈余台数情况。经过统计分析，建筑变压器台数盈余百分比分布如图 4-9 所示。

⁹ Bootstrap 法：统计学习中一种重采样（Resampling）技术，对给定数据集进行有放回的重抽样以创建多个模拟数据集，生成一系列待检验统计量的经验分布，可以计算标准误差、构置信区间。

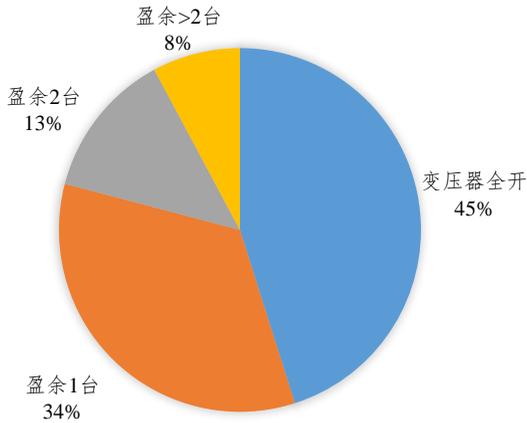


图 4-9 建筑峰值用电时刻的变压器盈余台数情况

从图中可知，45%的建筑变压器设计未冗余设计，34%的建筑变压器盈余 1 台，13%的建筑变压器盈余 2 台，8%的建筑变压器盈余超过 2 台。

综上，建筑的变压器在用电最大时超过一半的建筑变压器存在一定的盈余设计。

（2）变压器运行峰值负载率

各类建筑的变压器峰值负载率，用每栋建筑全年最大小时的用电量除以变压器设计容量来计算，计算剔除少量极值、非空调季异常峰值点，统计结果如图 4-10 所示。

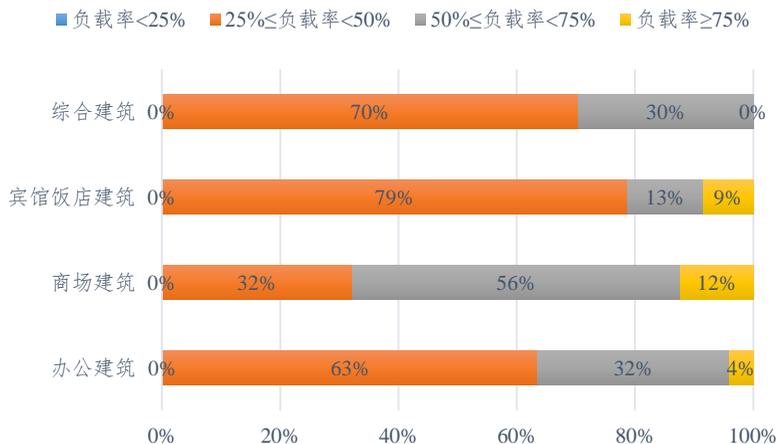


图 4-10 各类建筑全年峰值负载率数量占比统计

从图 4-10 可知，除商场建筑外，其他各类建筑的峰值负载率主要集中在[25%,50%)区间，其中：

办公建筑的变压器峰值负载率平均值为 48%，95%CI 值范围为 47%~50%。63%的办公建筑变压器峰值负载率主要集中在[25%,50%)区间，有 32%的办公建筑变压器峰值负载率处于[50%,75%)区间。

商场建筑的变压器峰值负载率平均值为 57%，95%CI 值范围为 55%~59%。56%的商场建筑变压器峰值负载率主要集中在[50%,75%) 区间，有 32%的商场建筑变压器峰值负载率处于[25%,50%)区间。

宾馆饭店建筑的变压器峰值负载率平均值为 46%，95%CI 值范围为 41%~50%。79%的宾馆饭店建筑变压器峰值负载率主要集中在[25%,50%)区间，有 13%的宾馆饭店

建筑变压器峰值负载率处于[50%,75%)区间。

综合建筑的变压器峰值负载率平均值为 44%，95%CI 值范围为 40%~48%。70%的综合建筑变压器峰值负载率主要集中在[25%,50%)区间，有 30%的综合建筑变压器峰值负载率处于[50%,75%)区间。

综上，既有建筑的变压器容量通常按设计规范的上限值进行设计。而实际变压器的运行负载率偏低。63%的办公建筑、79%的宾馆饭店建筑、70%的综合建筑及 32%的商场建筑变压器全年峰值负载率小于 50%；仅商场建筑平均峰值负载率超过 50%。建议未来新建建筑变压器容量设计参考本文实际用电分析数据，合理地降低变压器设计容量。

综上，各类建筑变压器在峰值用电时，大部分负载率小于 50%，而此时变压器全部开启的情况较多，建议结合变压器经济运行的负载率区间和现场变压器联络送电进行调节，提升变压器经济运行减少变压器基础电费。

4.4.3 变压器运行负载率分布

民用建筑的配电变压器均为双绕组变压器，据许多学者研究，双绕组变压器负载率通常运行在 50%左右。双绕组变压器的经济运行与变压器的综合功率损耗有关，根据标准《电力变压器经济运行》GB/T 13462-2008，综合功率损耗与变压器实际运行负载率存在非线性关系，负载率过

高和过低均会导致变压器损耗增加。

取 25%、50%、75% 作为负载率分界点，结合监测建筑的变压器全年逐时运行电耗和变压器容量、功率因数信息，对各台变压器近四年的运行负载率分析。如图 4-11 所示，结论如下：

(1) 办公建筑变压器平均 14.5% (95%CI 值范围为 14%~15%) 的时间运行负载率在[25%,50%)区间。

(2) 商场建筑变压器平均 36.9% (95%CI 值范围为 35%~39%) 的时间运行负载率在[25%,50%)区间。

(3) 宾馆饭店建筑变压器平均 20.6% (95%CI 值范围为 16%~25%) 的时间运行负载率在[25%,50%)区间。

(4) 综合建筑变压器平均 12.6% (95%CI 值范围为 10%~15%) 的时间运行负载率在[25%,50%)区间。

(5) 以上各类建筑变压器运行负载率大部分时间处于 50% 以下区间运行；较少时间处于高负载率 (>75%) 区间运行。

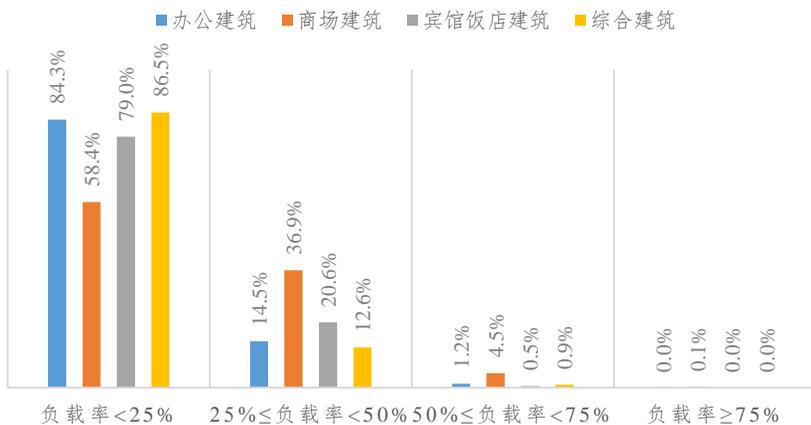


图 4-11 各类建筑变压器各负载率区间运行时间占比

从以上对负载率分段统计时间来看，办公建筑和综合建筑处于低负载率（<25%）运行的时间占比最长，均超过了 80%，其次为宾馆饭店建筑，接近 80%。因绝大部分时间变压器运行负载率达不到 50%，既有建筑可在运行时考虑优化供配电模式，新建建筑可在设计时考虑合理降低变压器容量。

4.5 常见运行问题

本节基于监测系统服务中建筑自身能耗运行数据，对建筑重点用能设备如变压器、空调、水泵等运行过程中存在的一系列的典型问题排查诊断分析方法总结，以帮助企业通过监测系统加强建筑节能运行管理。

4.5.1 空调水系统运行异常现象

水泵一般与主机开启时间对应，有时候为节能运行也会适当延长冷冻水泵的运行时间，但主机与冷却水泵的关停时间通常保持一致。从个别建筑中会发现在主机关停时，冷却水泵仍保持运行状态，导致能源浪费，如图 4-12 所示。

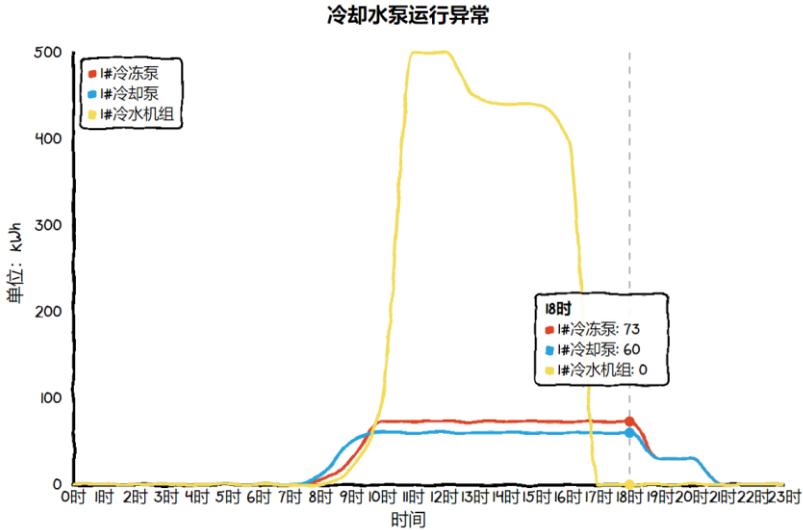


图 4-12 某建筑空调冷却水泵运行异常现象示意图 (单位: kWh)

4.5.2 水泵常年定频运行

冷水机组负载率下降时即表明当前时间冷负荷需求下降，空调水泵具备变频节能的潜力。物业单位或使用单位后续可进一步对空调冷冻泵和冷却泵开展变频改造，监测主机与水泵的相关性，通过楼宇智能控制系统实现水泵变频控制，达到最优节能运行，如图 4-13 所示。

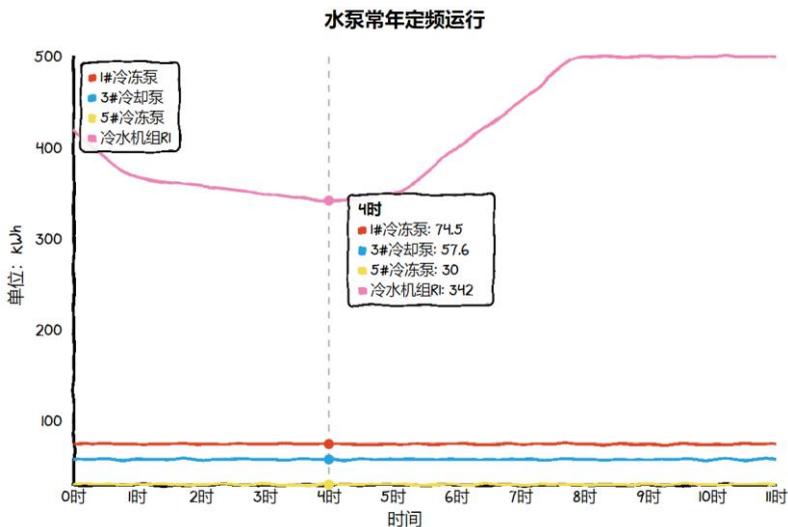


图 4-13 某建筑空调水系统逐时监测用电情况示意图 (单位: kWh)

4.5.3 设备夜间能耗浪费

夜间属于建筑用电低谷时段, 除医院、酒店等 24 小时运营的建筑, 办公、商场等建筑的非特殊用能设备应处于关闭或待机状态。通过设定参考阈值统计分析计算, 从监测系统上仍能发现部分建筑的设备存在夜间能耗浪费现象。通过加强物业单位或使用单位的节能管理培训, 充分利用能耗监测数据, 实现节能运行管理的精细化, 如图 4-14 所示。

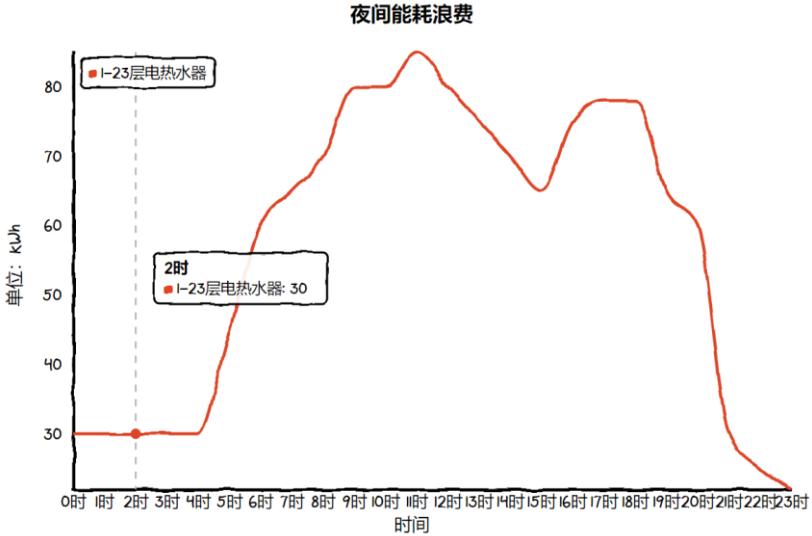


图 4-14 某商业办公建筑饮水热水器逐时监测用电情况示意图 (单位: kWh)

4.5.4 典型建筑变压器分析

A 建筑为某商业办公建筑，于 2009 年建成，总建筑面积为 8.8 万 m^2 ，空调系统形式为中央空调，系统冷源为水冷式冷水机组，末端为风机盘管加新风系统。依据设计图纸资料，该建筑配置变压器容量为 11660kVA，设计负载率约为 80%。

A 建筑 2021 年单位面积电耗指标为 $260.7 \text{ kWh}/\text{m}^2$ ，高于全市同类限额值及平均水平，变压器设计容量指标为 $132 \text{ VA}/\text{m}^2$ 。其全年变压器实际用电运行曲线分布如图 4-15 所示。

利用 CDF¹⁰（概率累积分布函数）分析数据集分布情况，累计分段概率值就是所有比给定 x （这里指用电量）小的数在数据集中所占的比例。对比不同年份建筑变压器运行数据分布特征曲线。从图中可知：A 建筑变压器 2019 年总运行负载率 100% 的时间未超过 50%，峰值负载率为 36%，有 80% 的时间在低负载率区间（ $<25%$ ）运行；2021 年总运行负载率接近 100% 的时间运行负载率未超过 50%，峰值负载率为 55%，相比 2019 年低负载率区间运行时间减少 27%。

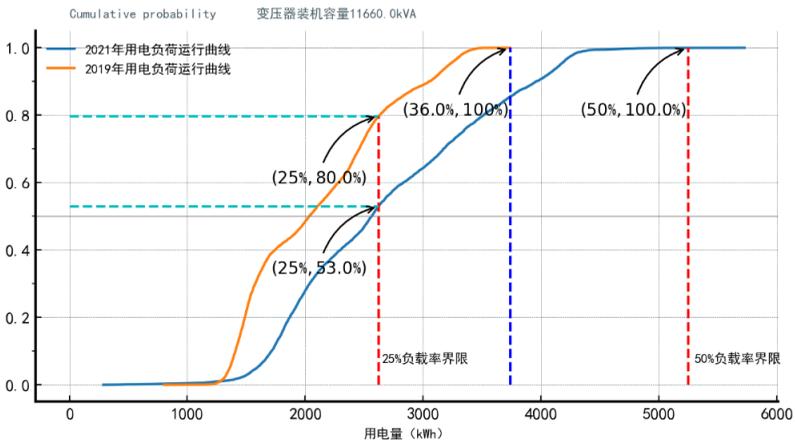


图 4-15 A 建筑变压器实际总用电运行曲线分布情况（2021 年与 2019 年）

将全年逐时平均负载率按时刻统计，横坐标表示 0 时~23 时二十四个时刻，纵坐标表示在各时刻的平均负载率，

¹⁰ 能完整描述一个实数随机变量 x 的概率分布，是概率密度函数的积分。随机变量小于或者等于某个数值的概率 $P(X \leq x)$ 即： $F(x) = P(X \leq x)$ 。

如图 4-16 所示。

从图中可知：A 建筑变压器总负载率 2019 年最大平均负载率低于 25%，2021 年最大平均负载率 32% 左右，高负载区间主要发生在 7 点至 22 点，属于此楼正常办公和夜间加班时间。

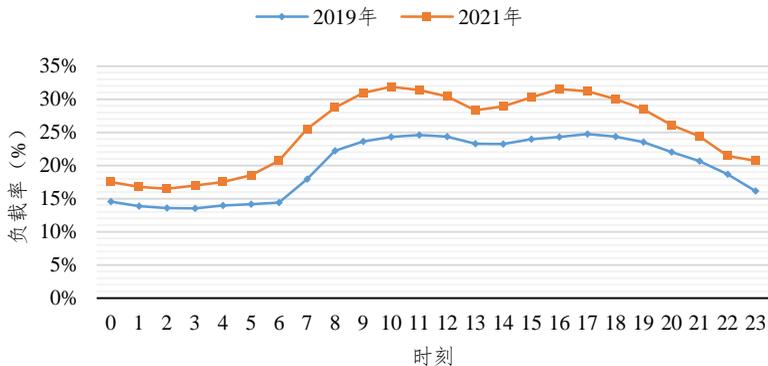


图 4-16 A 建筑变压器各时刻平均负载率分布

以此商业办公建筑为例，变压器设计负载率约 80%，2019 年实际运行负载率 80% 时间处于 25% 以下，峰值负载率为 36%，2021 年用能水平相比 2019 年增长 25%，峰值负载率为 55%，低负载率区间运行时间相应减少 27%。设计值超过实际最大值 1.5 倍。建议设计人员合理地降低变压器设计容量，减少工程造价的同时也提高变压器的实际运行负载率，促进变压器经济运行。

4.5.5 典型建筑冷机运行分析

D大厦为某商业办公建筑，于1993年建成，总建筑面积3.0万平方米，地上二十六层，地下一层，空调系统形式为中央空调，末端为风机盘管加新风系统。根据现场设备铭牌及资料，该建筑配有3台制冷量为400RT的离心机，冷源装机容量指标为139W/m²。

根据监测数据发现，该建筑空调季用冷高峰同时开启2台离心机，除湿季一般开启1台离心机，通风季开启1台离心机。结合监测数据进行统计，该建筑全年逐日最大负荷率不超过30%，最大负荷率发生在6月21日，该日开启的2台离心机负载率分别为43%和45%。D大厦全年逐日平均负荷率如图4-17所示。

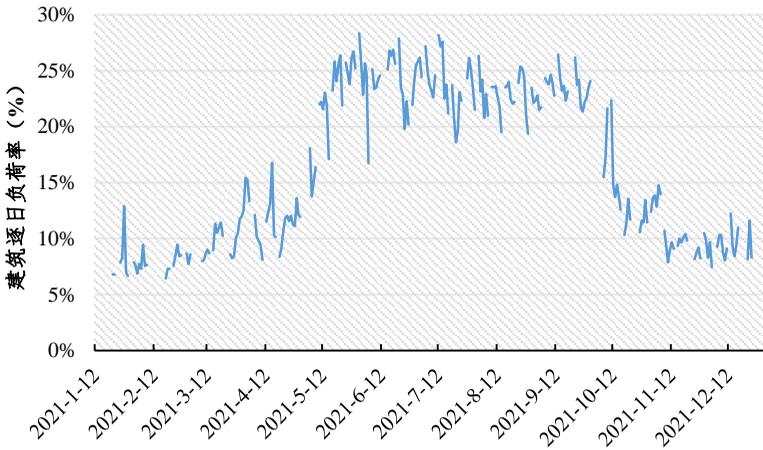
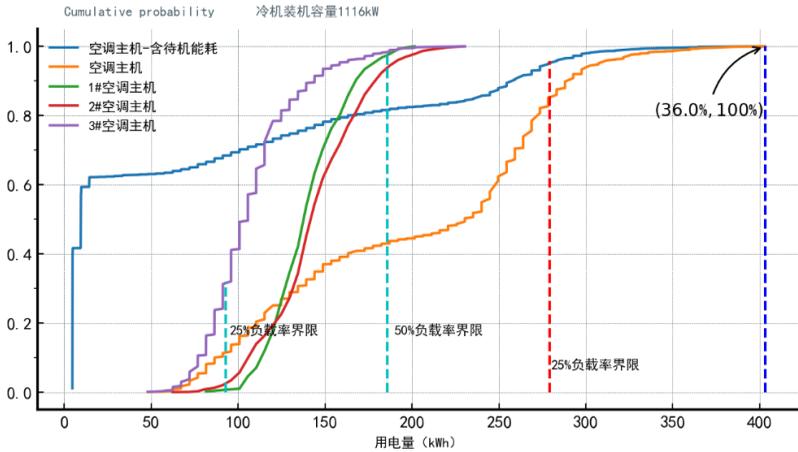


图 4-17 D大厦全年逐日平均负荷率

从能耗监测数据来看，1#空调主机仅6月高峰期启用，

与另外一台离心机同时运行；2#空调主机为主要制冷主机，同时开启辅机，5月~11月运行；3#空调主机在1月~4月、12月单独运行，7~10月与另外一台离心机同时运行；剔除待机能耗和未满1小时的冷机监测数据后，结合冷机铭牌参数获得D大厦3台冷机的全年逐时运行数据，其中对比分析空调主机包含待机能耗运行曲线差异，如图4-19所示。（由于主机全年运行时间不同，这里定义运行时间折算系数以对实际运行时间进行估算。运行时间折算系数=按主机非待机用电运行天数/365。）

从图4-18中可知：从单台主机运行负载情况来看，3#空调主机相对1#、2#空调主机处于低负载率时间更长，基本处于50%负载以下区间运行，最大峰值负载率为62%；从主机整体性能情况来看，总的最大峰值负载率为36%，80%以上的时间空调主机负载率低于25%；对比实际包含待机能耗情况可知，存在较长时间待机能耗，平均基础待机功率在40kW以下，经测算年待机用电量约为3.2万kWh左右。整体来说，三台主机运行负载率低于50%，考虑到冷水机组设备使用超过25年，额定COP为3.8，低于现行标准，且待机能耗较高，建议检测3台冷机的实际运行COP，并进行高效冷机改造提高冷机运行能效。



(备注：实际运行时间=时间折算系数×365)

图 4-18 D 大厦冷水机组全年逐时实际用能运行曲线

4.5.6 总结与建议

1、空调系统运行策略优化方面。空调水系统运行过程应重点关注冷却水泵运行异常现象，建议物业管理单位从监测数据及时发现空调主机与冷却水泵的关停时间不一致的情况，避免冷却水泵延时关闭导致能源浪费。

2、空调系统节能改造优化方面。空调水泵常年定频运行情况，具备一定变频改造优化空间，建议物业管理单位从监测数据监测主机与水泵用能的相关性，及时发现楼宇智能控制系统水泵变频控制的有效性，保持空调主机与水泵达到最优节能运行。

3、设备节能运行管理提升方面。由于管理不到位，设备夜间可能存在能耗浪费现象，建议物业管理单位开展节

能管理培训，充分利用能耗监测数据，统计对标夜间用能基准能耗水平，提升数字化节能运行管理水平。

4、变压器运行优化方面。基于建筑变压器实际监测运行数据分析，峰值负载率远低于设计负载率，建议设计过程中合理地考虑降低变压器设计容量，减少工程造价的同时也提高变压器的实际运行负载率，促进变压器经济运行。

5、空调运行优化方面。基于建筑冷机的全年逐时运行数据，对比分析空调主机能耗运行曲线差异，空调主机存在较长时间待机能耗且主机运行负载率低于 50%，建议检测冷机的实际运行 COP，并进行高效冷机改造提高冷机运行能效。

结 语

深圳市接入联网的监测建筑数量逐年增加，在逐年研究分析全市监测数据的基础上，为进一步拓展数据广度和发挥数据价值，在深圳市住房和建设局指导下，深圳市大型公建能耗监测平台从 2016 年开始已连续 7 年发布监测情况报告，报告在业内广为传播，得到行业的认可。

同时，为增强平台的使用便捷性，提升政府、企业的建筑节能管理及公众的能耗管理体验，推出了平台的手机小程序，可实时掌上查看及管理建筑能耗。小程序包括管理端、物业端、用户端三个不同角色版本，供市区级政府管理人员、建筑业主物业和建筑租户用户免费使用，其二维码图片分别如下所示：



2019 年 8 月深圳市住房和建设局发布了《深圳市住房和建设局关于明确公共建筑分项能耗数据传入深圳市建筑能耗数据中心有关事项的通知》，自 2019 年 10 月 1 日起，

要求新、改、扩建公共建筑均应按照要求由建设单位将分项能耗数据传输至数据中心。（建筑接入申请网址：<https://www.ibronline.cn/>）

由于监测数量有限，建筑功能、地区分布不均，报告分析结果存在一定的局限性，欢迎大家对监测报告、政策标准、平台使用提出宝贵意见。

联系方式：

监测报告、政策标准：深圳市住房和建设局，0755-83786612；

平台接入、小程序使用：深圳市建筑能耗数据中心，0755-23931845；欢迎关注平台微信公众号：“建筑能耗管理系统”。

