

深圳市公共建筑 能耗监测情况报告 (2023 年度)

深圳市住房和建设局

2024 年 7 月

深圳市住房和建设局委托管理单位
深圳市建设科技促进中心

深圳市公共建筑能耗监测数据中心运维单位
深圳市建筑科学研究院股份有限公司

深圳市公共建筑能耗监测设备运维单位
深圳市紫衡技术有限公司

共同编制

前言

随着城市化进程的加速，公共建筑的节能降耗与可持续发展管理已成为实现绿色低碳发展的关键。为打造绿色发展先锋城市，深圳于2022年3月28日发布了《深圳经济特区绿色建筑条例》，对能耗超标、超限额用电的既有公共建筑作出明确管理要求，进一步强化了建筑运行阶段的绿色管理。

2024年4月，国家发展改革委办公厅《关于深入开展重点用能单位能效诊断》的通知中，强调加强重点用能单位能耗在线监测系统建设运行，提高数据时效性和准确性，强化对能效诊断的支撑保障。积极开展以电力数据为基础的能耗监测分析，拓宽用能数据来源，丰富能效诊断方式。在“双碳”背景下，政府、企业及公众对公共建筑的运行能耗情况关注度越来越高，逐年开展深圳市公共建筑能耗监测情况分析工作的价值日益凸显，可通过实时掌握公共建筑的能耗动态，评估节能效果，优化能源配置，推动节能减排技术的创新和应用，进而促进建筑业可持续发展。

本报告对全市接入能耗监测平台的公共建筑2023年度电耗数据进行了全面梳理与深入分析，以期为政府部门、建筑设计人员、运营管理者等提供一个详实的数据基础和参考依据。一是为各区政府节能主管部门了解辖区内公共建筑电耗现状，开展建筑用能监管工作提供参考依

据；二是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；三是供建筑业主、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，为推动深圳建筑领域实现“双碳”目标作出积极贡献。

报告共分为四个章节，第一个章节主要介绍全市已监测的公共建筑总体情况，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，分别对新接入建筑情况、基本电价策略、可再生能源应用示范项目运行数据等专题进行分析；第四个章节是对 2016 年至 2022 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。

为应对当前电力供应日益紧张的形势，智能微电网、“光储直柔”、蓄冷蓄热、负荷灵活调节、虚拟电厂等节能技术被大力推广应用，与此同时对建筑能耗数据的应用也提出了更高要求。为更好地提供数据支撑，本报告在 2022 年报告的基础上拓展了深度和广度，运用统计学方法和数据挖掘技术揭示了能耗变化趋势、异常消耗点以及节能潜力，同时新增了基本电价策略、可再生能源应用示范项目运行数据等专题分析，并更新了历年报告中具有普

适意义的分析结论，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

第一章 总体情况	1
一、能耗监测平台建设情况	1
(一) 全市公共建筑接入情况	1
(二) 各区公共建筑接入情况	3
二、全市公共建筑用电指标	6
(一) 总用电指标	6
(二) 分项用电指标	6
(三) 逐月用电指标	8
第二章 各类建筑用电情况	9
一、国家机关办公建筑用电分析	9
(一) 总体情况	9
(二) 分项用电情况	10
二、商业办公建筑用电分析	12
(一) 总体情况	12
(二) 分项用电情况	13
三、商场建筑用电分析	15
(一) 总体情况	15
(二) 分项用电情况	16
四、宾馆饭店建筑用电分析	18
(一) 总体情况	18
(二) 分项用电情况	19

第三章 专题分析	22
一、新接入建筑情况分析	22
(一) 新接入建筑功能分布	22
(二) 新接入建筑区域分布	22
(三) 新接入建筑规模分布	23
二、基本电价策略分析	24
三、可再生能源应用示范项目运行数据分析	28
第四章 历年分析结论	31
一、典型类型建筑全年用电特征曲线	31
二、历年用电趋势分析	32
(一) 监测公共建筑用电强度分析	32
(二) 监测主要类型建筑用电强度分析	33
三、冷源装机容量设计及实际运行情况	34
(一) 冷源装机容量设计指标	34
(二) 冷源运行峰值负载率	36
(三) 单台冷水机组运行负载特性	38
四、变压器设计及实际运行情况	39
(一) 变压器设计容量指标	40
(二) 变压器运行峰值负载率	41
(三) 单台变压器运行负载率分布	44
五、典型日分项负荷曲线特性分析	45
六、常见运行问题	47
(一) 空调水系统运行异常现象	47

(二) 水泵常年定频运行	48
(三) 设备夜间能耗浪费	49
(四) 典型建筑变压器分析	49
(五) 典型建筑冷机运行分析	52
(六) 总结与建议	54
结 语	56

第一章 总体情况

一、能耗监测平台建设情况

(一) 全市公共建筑接入情况

截至 2023 年底，深圳市接入能耗监测平台的公共建筑累计 1217 栋，监测建筑总面积约 8220 万 m²。2023 年新增监测建筑共 197 栋，新增监测建筑面积约 1635 万 m²。

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。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	130	308	3.7
2	商业办公建筑	312	2555	31.1
3	商场建筑	144	656	8.0
4	宾馆饭店建筑	74	328	4.0
5	文化教育建筑	237	1175	14.3
6	综合建筑	242	2676	32.5

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。

序号	建筑类型	数量 (栋)	建筑面积 (万 m ²)	面积比例 (%)
7	医疗卫生建筑	28	202	2.5
8	体育建筑	12	64	0.8
9	其他建筑	38	256	3.1
合计	—	1217	8220	100

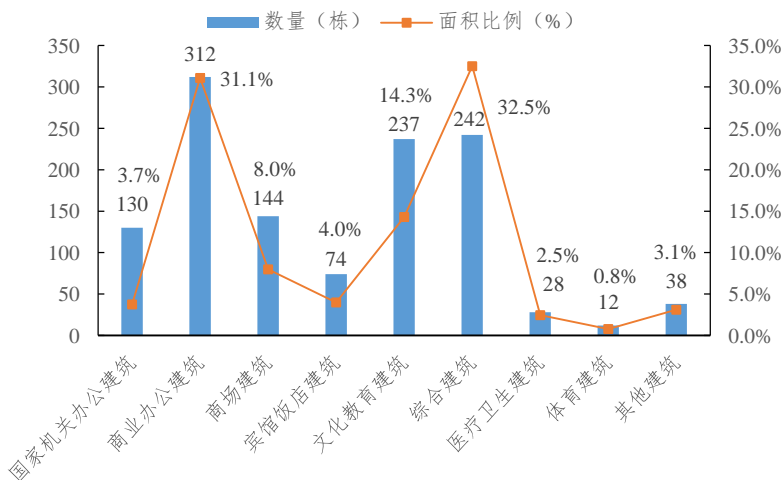


图 1-1 接入能耗监测平台各类公共建筑数量与面积比例

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 m² 以上的建筑数量占比为 96.7%。其中，分布在 2~5 万 m² 之间的建筑数量最多，为 436 栋，面积占比 17.5%；10 万 m² 以上的建筑为 238 栋，面积占比 51.0%。接入能耗监测平台公共建筑面积分布情况如图 1-2 所示。

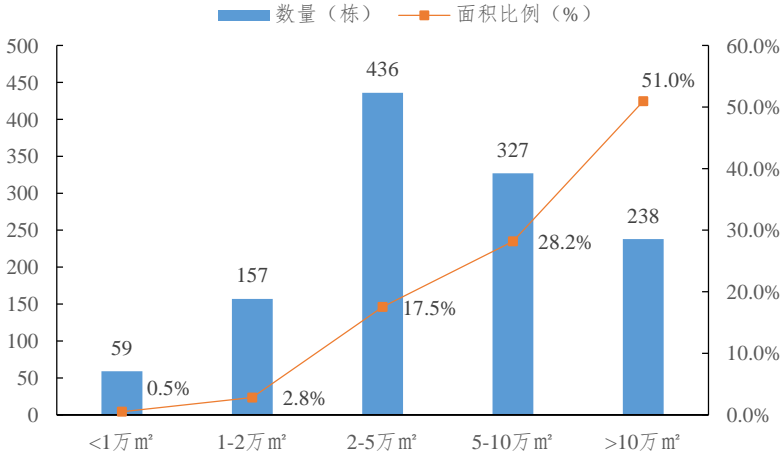


图 1-2 接入能耗监测平台公共建筑面积分布情况

(二) 各区公共建筑接入情况

1. 各区接入的公共建筑情况

2023 年深圳市接入能耗监测平台的公共建筑涵盖了 11 个区，新增监测建筑面积为 1635 万 m²，占全市接入市级平台公共建筑总面积约 19.9%。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	南山区	269	1934	23.5
2	福田区	247	1521	18.5
3	龙岗区	171	1276	15.5

序号	行政区	总数量 (栋)	总建筑面积 (万 m ²)	面积占比 (%)
4	宝安区	163	1205	14.7
5	罗湖区	140	784	9.5
6	龙华区	81	552	6.7
7	光明区	50	409	5.0
8	盐田区	43	190	2.3
9	坪山区	34	229	2.8
10	大鹏新区	18	109	1.3
11	深汕特别合作区	1	11	0.2
合计	——	1217	8220	100

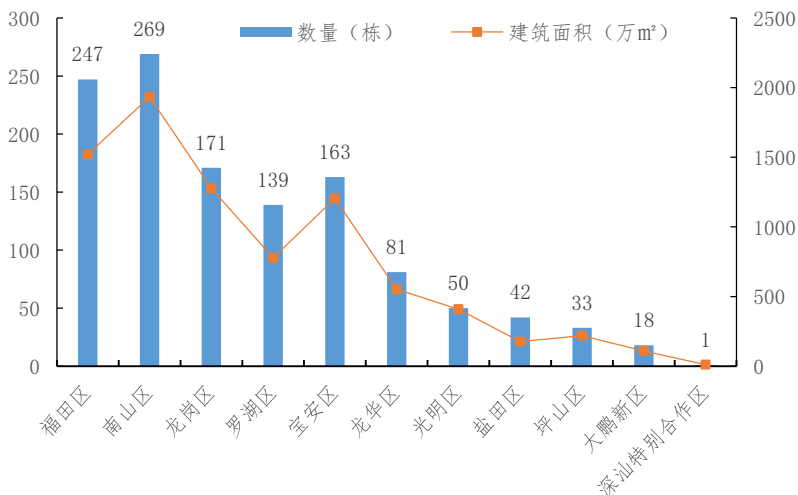


图 1-3 各区接入能耗监测平台公共建筑数量

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 74%；龙岗区主要接入的公共建筑类型为商业办公建筑、商场建筑和文化教育建筑，共计占 56%。

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	37	79	21	14	25	56	15
南山区	16	88	24	20	67	44	10
龙岗区	24	31	28	9	37	28	14
罗湖区	16	31	18	17	8	45	5
宝安区	15	33	35	6	26	34	14
龙华区	3	18	10	2	23	15	10
光明区	3	17	3	0	21	5	1
盐田区	10	9	2	3	8	7	4
坪山区	4	4	3	0	14	5	4
大鹏新区	2	2	0	3	7	3	1
深汕特别合作区	0	0	0	0	1	0	0

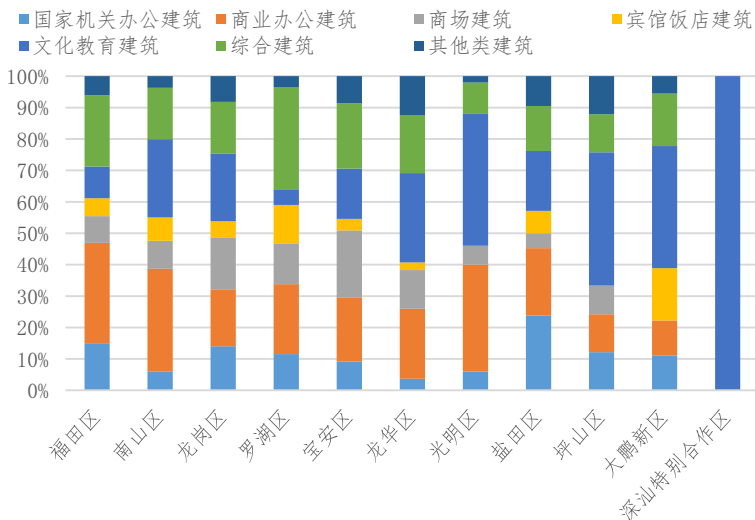


图 1-4 各区接入能耗监测平台不同功能公共建筑分布情况

二、全市公共建筑用电指标

(一) 总用电指标

2023 年深圳市全市监测公共建筑单位面积用电指标²为 98.1kWh/m²，相比 2022 年的 95.8kWh/m² 上升了约 2.5%。

2022 年深圳市室外平均温度为 23.2℃，2023 年为 23.9℃，初步判断 2023 年能耗上升的原因包括平均气温上升及疫情影响降低等因素。

(二) 分项用电指标

2023 年深圳市全市监测公共建筑分项用电³指标中，

² 建筑单位面积用电指标采用建筑全年电耗量/建筑总面积。

³ 根据《国家机关办公建筑和大型公共建筑能耗监测系统分项能耗数据采集技术导则》。

照明与插座用电指标最大，为 $60.2\text{kWh}/\text{m}^2$ ，占总用电量比例的 61.3%；其次为空调用电，单位面积用电指标为 $27.8\text{kWh}/\text{m}^2$ ，占总用电量比例的 28.3%。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。

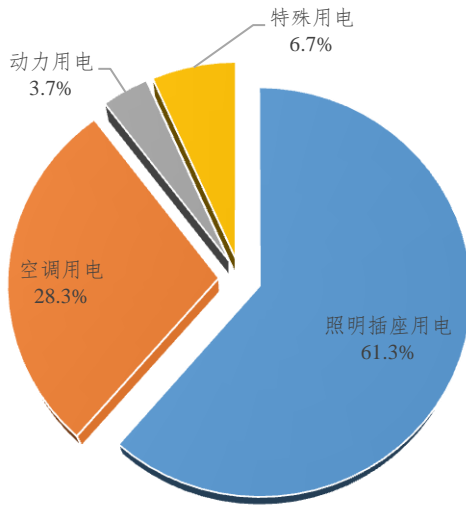


图 1-5 全市监测公共建筑分项用电比例

分项能耗中，照明插座用电是指建筑物主要功能区域的照明、插座等室内设备用电的总称；空调用电是为建筑物提供空调、采暖服务的设备用电的统称；动力用电是指提供各种动力服务（包括电梯、非空调区域通风、生活热水、自来水加压、排污等）的设备（不包括空调采暖系统设备）用电的统称；特殊用电是指不属于建筑物常规功能的用电设备的耗电量，特殊用电的特点是能耗密度高、占总电耗比重大的用电区域及设备，特殊用电包括信息中心、洗衣房、厨房餐厅、游泳池、健身房或其他特殊用电。

(三) 逐月用电指标

各月用电指标中，7月份用电指标最高，为 $11.7\text{kWh}/\text{m}^2$ ，1月份用电指标最低，为 $5.0\text{kWh}/\text{m}^2$ 。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1月份因春节假期及气温影响，建筑使用强度最低，为最高月的42.7%。

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，2023年监测公共建筑全年逐月用电指标如图1-6所示。

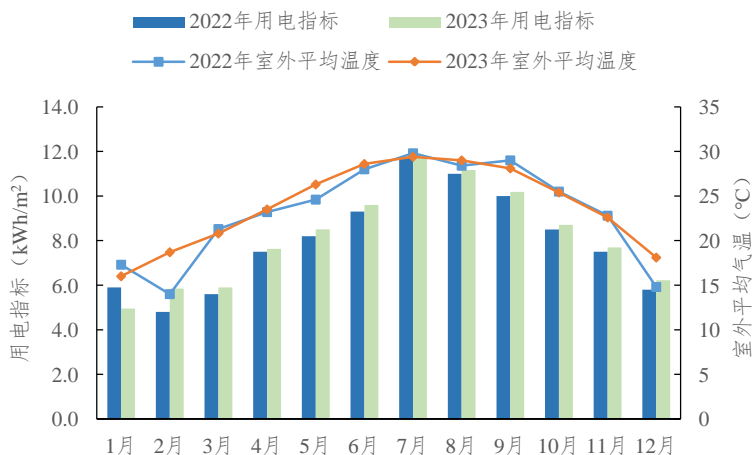


图 1-6 监测公共建筑全年逐月用电指标

第二章 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，2023 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 98.1kWh/m²，其中商场建筑单位面积用电指标最高，为 167.2kWh/m²，体育建筑单位面积用电指标最低，为 64.6kWh/m²。

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	96.3
2	商业办公建筑	88.5
3	商场建筑	167.2
4	宾馆饭店建筑	127.2
5	文化教育建筑	66.3
6	医疗卫生建筑	135.6
7	体育建筑	64.6
平均值	—	98.1

一、国家机关办公建筑用电分析

(一) 总体情况

2023 年，监测国家机关办公建筑单位面积用电指标为 96.3kWh/m²。经分析，主要为建筑使用强度增加所致。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 $11.8\text{kWh}/\text{m}^2$ ；1 月用电指标最低，为 $4.7\text{kWh}/\text{m}^2$ 。

国家机关办公建筑逐月用电指标如图 2-1 所示。

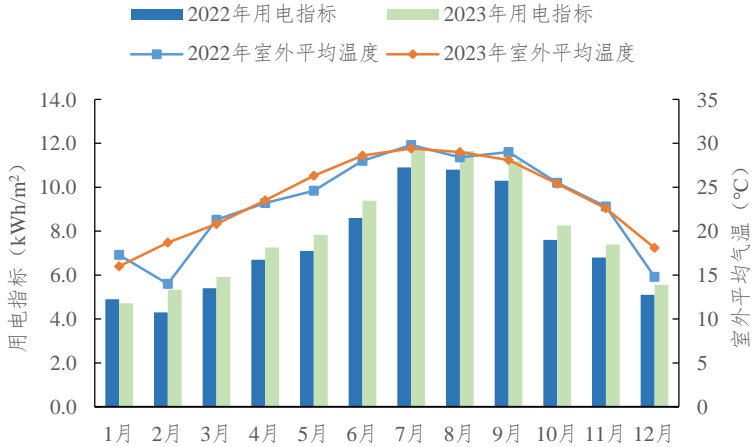


图 2-1 国家机关办公建筑逐月用电指标

(二) 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的 56.8%；其次为空调用电，占 31.7%；动力和特殊分项用电分别占 4.0%和 7.5%。

国家机关办公建筑分项用电构成如图 2-2 所示。

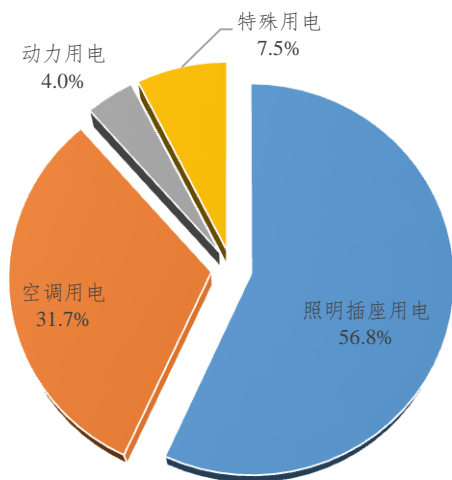


图 2-2 国家机关办公建筑分项用电构成

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 9.6%~42.6%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 47.9%~76.4%、3.5%~4.7%与 5.8%~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。

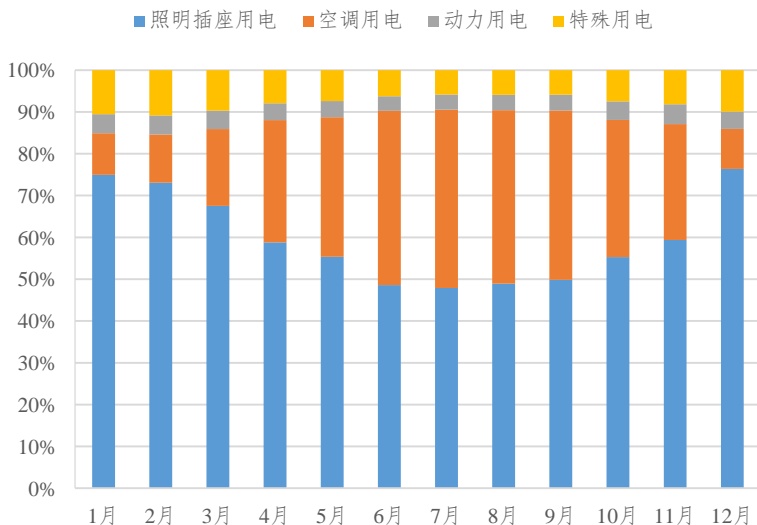


图 2-3 国家机关办公建筑逐月分项用电构成

二、商业办公建筑用电分析

(一) 总体情况

2023 年，监测商业办公建筑单位面积用电指标为 $88.5\text{kWh}/\text{m}^2$ ，与 2022 年相近。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 $10.9\text{kWh}/\text{m}^2$ ；1 月用电指标最低，为 $3.9\text{kWh}/\text{m}^2$ 。

商业办公建筑逐月用电指标如图 2-4 所示。

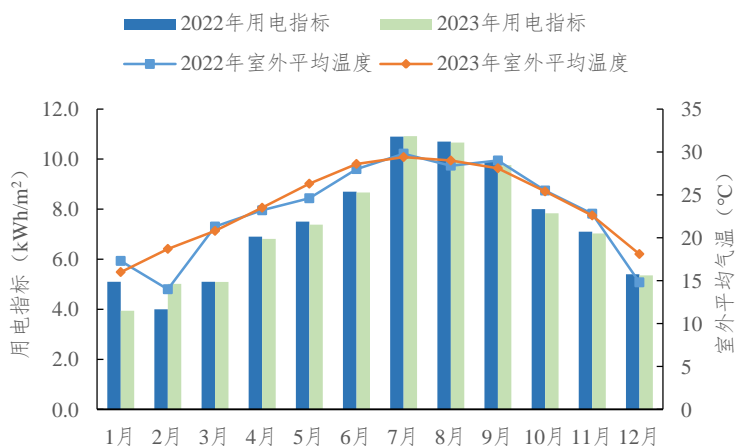


图 2-4 商业办公建筑逐月用电指标

(二) 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的 61.4%；其次为空调用电，占 29.8%；动力和特殊分项用电分别占 4.6%和 4.2%。

商业办公建筑分项用电构成如图 2-5 所示。

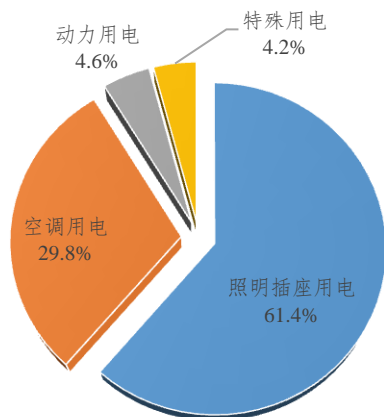


图 2-5 商业办公建筑分项用电构成

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 13.1%~39.2%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 53.3%~75.5%、4.0%~5.9%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。

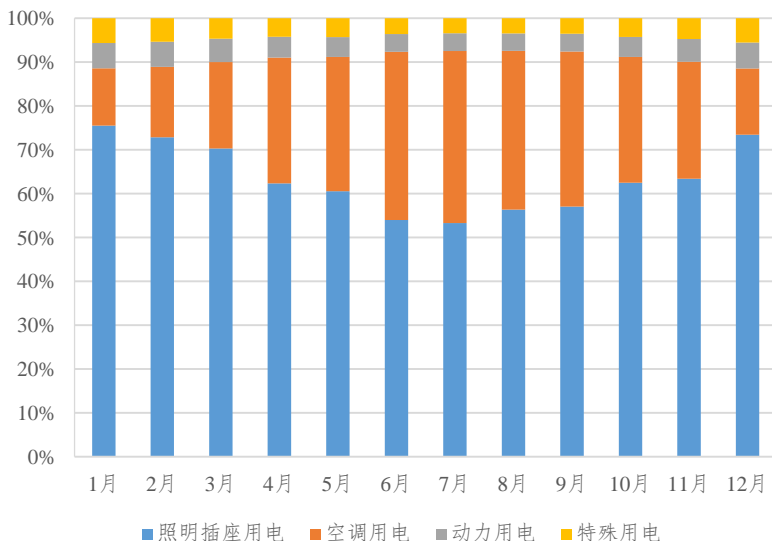


图 2-6 商业办公建筑逐月分项用电构成

三、商场建筑用电分析

(一) 总体情况

2023 年，监测商场建筑单位面积用电指标为 $167.2\text{kWh}/\text{m}^2$ ，较 2022 年上升 2.0%。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 $18.8\text{kWh}/\text{m}^2$ ；1 月用电指标最低，为 $9.6\text{kWh}/\text{m}^2$ 。

商场建筑逐月用电指标如图 2-7 所示。

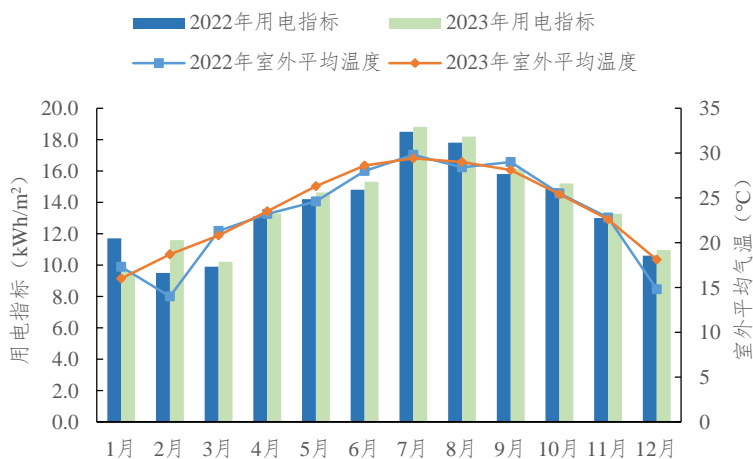


图 2-7 商场建筑逐月用电指标

(二) 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 63.1%，其次为空调分项用电，占 25.9%，动力和特殊分项用电分别占 2.2%和 8.8%。

商场建筑分项用电构成如图 2-8 所示。

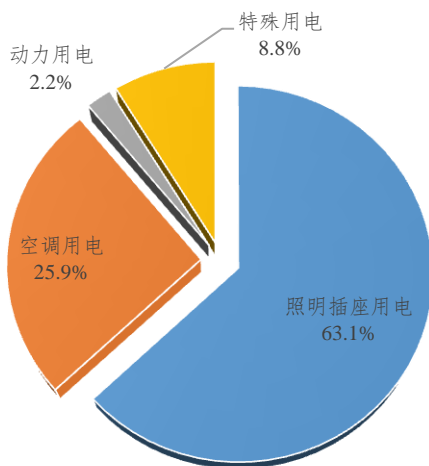


图 2-8 商场建筑全年分项用电构成

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 13.0%~32.4%之间。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 57.7%~74.3%之间，动力用电在 2.1%~2.4%之间，特殊用电在 7.7%~10.8%之间。

商场建筑逐月分项用电构成如图 2-9 所示。

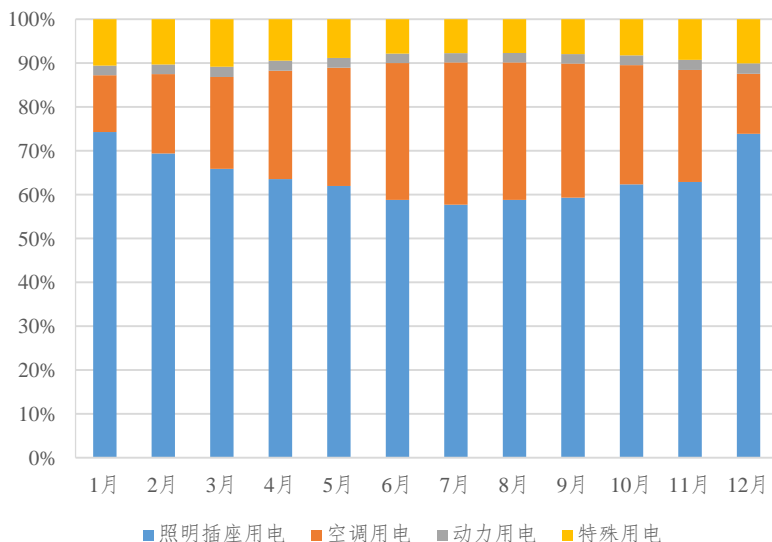


图 2-9 商场建筑逐月分项用电构成

四、宾馆饭店建筑用电分析

(一) 总体情况

2023 年，监测宾馆饭店建筑单位面积用电指标为 $127.2\text{kWh}/\text{m}^2$ ，较 2022 年上升 9.1%。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 $15.3\text{kWh}/\text{m}^2$ ；1 月用电指标最低，为 $6.8\text{kWh}/\text{m}^2$ 。

宾馆饭店建筑逐月用电指标如图 2-10 所示。

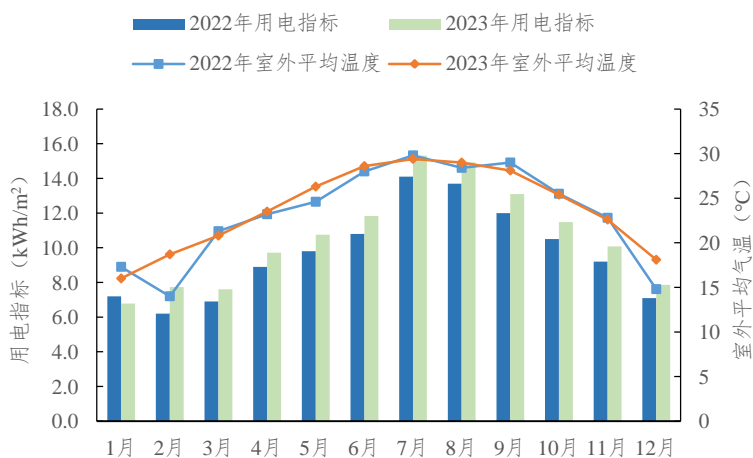


图 2-10 宾馆饭店建筑逐月用电指标

(二) 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 52.1%，空调用电次之，为 32.4%，动力用电占 3.8%，特殊用电占 11.7%。宾馆饭店建筑由于存在洗衣房、游泳池、厨房等特殊用电，特殊用电占相对其他类型公共建筑偏大，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。

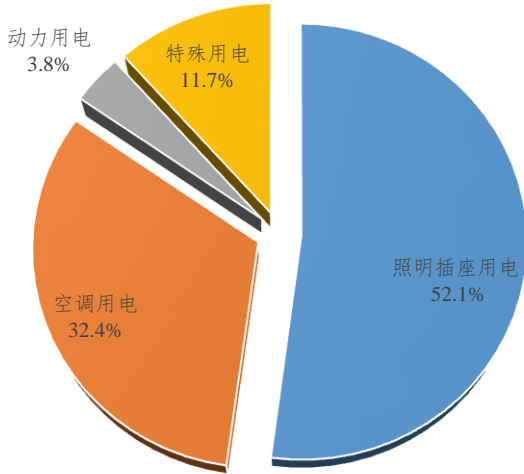


图 2-11 宾馆饭店建筑全年分项用电构成

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 13.6%~41.0%之间，照明插座用电在 46.2%~65.7%之间，动力用电在 3.2%~4.7%之间，特殊用电在 9.1%~16.6%之间。

监测宾馆饭店建筑逐月分项用电构成如图 2-12 所示。

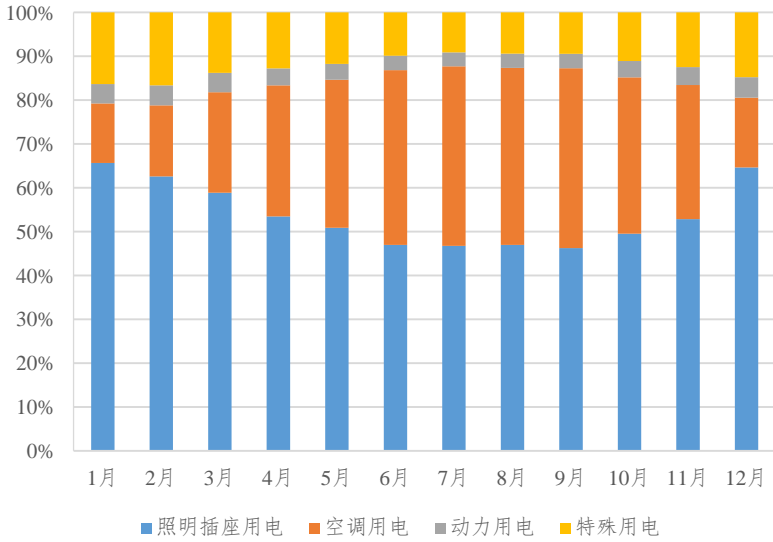


图 2-12 宾馆饭店建筑逐月分项用电构成

第三章 专题分析

一、新接入建筑情况分析

(一) 新接入建筑功能分布

2023 年，平台新接入的建筑数量为 197 栋，面积合计 1635 万 m²，占平台监测总面积 19.9%。其中，文化教育建筑接入的数量最多，共 73 栋，占总接入数量的 37.1%；综合建筑接入的面积最大，约 527.8 万 m²，占总接入面积的 32.3%。

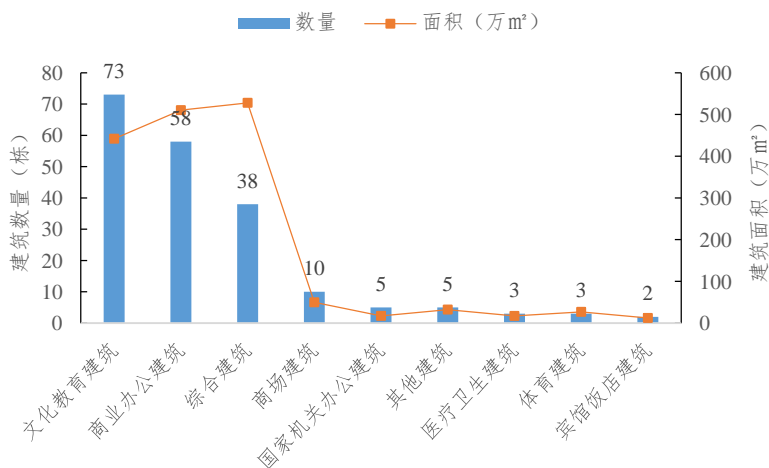


图 3-1 新接入建筑功能分布

(二) 新接入建筑区域分布

2023 年，平台新接入的 197 栋建筑中，宝安区新接入共 37 栋，其中文化教育建筑和综合建筑分别为 11 栋和

10 栋；南山区新接入建筑 30 栋，其中商业办公建筑和文化教育建筑分别为 11 栋和 9 栋；龙岗区新接入建筑 30 栋。各区新接入建筑分布详见图 3-2。

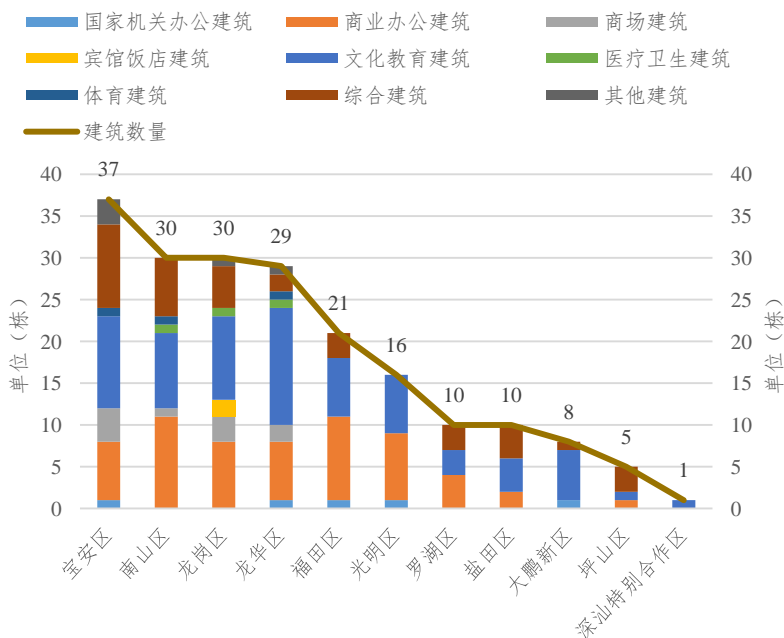


图 3-2 新接入建筑行政区分布

（三）新接入建筑规模分布

2023 年，平台新接入的建筑规模主要在 2 万 m^2 以上，新接入建筑的平均面积约 8.3 万 m^2 ；其中文化教育建筑规模在 2~10 万 m^2 的建筑占比达 77%；76% 的商业办公建筑面积超过 5 万 m^2 ，超过 10 万 m^2 的建筑占比 33%；95% 的综合建筑面积超过 5 万 m^2 ，超过 10 万 m^2 的建筑占比 68%。新接入建筑规模分布详见图 3-3。

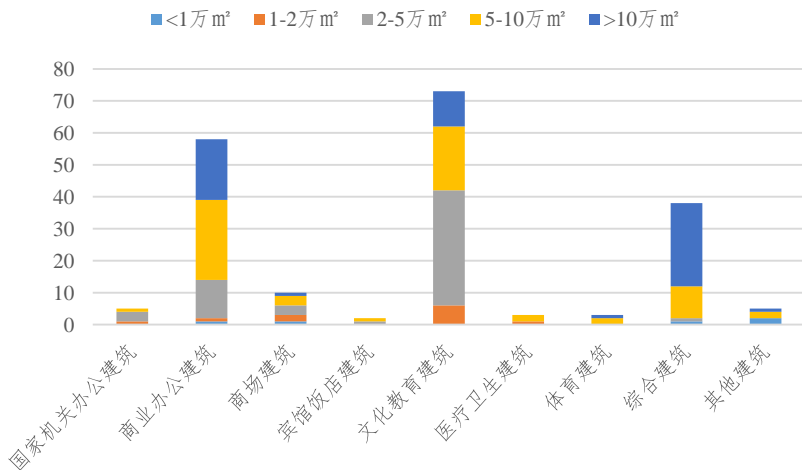


图 3-3 新接入建筑规模分布

二、基本电价策略分析

工商业用户的输配电价由电量电价和基本电价（即容量电价或需量电价）构成，电量电费是指按用户计费表所计量电量按分时电价计算的电费，基本电价可选择按容量电价或需量电价计费。容量电费即按变压器的容量计费，需量电费即按照用户最大需量进行计费，两种方式可由用户根据用电情况选择使用。

变压器设计额定容量配置时，一般情况下会考虑备用、安全冗余设计，造成建筑变压器额定容量普遍偏高，大部分建筑峰值负载率低于 50%，如按变压器容量电价作为基本电价计费方式时相对费用较高。本文以典型办公建筑为案例，进行两种方式的基础电价分析比较，以指导用

户合理根据各建筑用能特征，选择适合本建筑且更为经济的基本电价策略计费方式，从而节省基本电费。

1. 项目现状

A 建筑为某办公类建筑，总建筑面积为 5.6 万 m²，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。该建筑配置 4 台 1250kVA 变压器，共计容量为 5000kVA，变压器设计容量指标为 89.3 VA/m²。A 建筑 2023 年单位面积电耗指标为 83.0kWh/m²，低于深圳市办公建筑能耗约束值 95.0kWh/（m²·年）。

表 3-1 变压器运行负载率分布情况

年份	变压器运行负载率时间分布占比				负载率 峰值
	(0, 25%)	[25%, 50%)	[50%, 75%)	[75%, 100%)	
2019	91.4%	8.6%	0.0%	0.0%	39.0%
2020	90.2%	9.8%	0.0%	0.0%	37.6%
2021	93.1%	6.9%	0.0%	0.0%	37.7%
2022	91.7%	8.3%	0.0%	0.0%	39.0%
2023	91.1%	8.9%	0.0%	0.0%	36.0%

从变压器运行负载率时间分布占比来看，变压器运行综合用电峰值负载率不超过 40%。

依据《低压电气装置 第 8-1 部分：功能方面能效》（IEC 60364-8-1-2019），变压器的负荷率在 40%到 65%之间时，变压器的利用效率最高，能够有效地减少电能浪费。本项目变压器运行负荷率未运行在高效点，具有优化空间。

2. 基本电价计费对比

结合建筑自身各台变压器运行数据分析，统计可知：

①按容量电价方式计算，建筑年度基本电费为 132.0 万元，②按需量电价方式计算，建筑年度基本电费是 92.5 万元。需量计价比容量计价每年累计节约费用 39.5 万元，详见表 3-2、图 3-4。

表 3-2 各变压器需量及容量电费情况（单位：万元）

月份	1#变压器		2#变压器		3#变压器		4#变压器	
	需量	节费	需量	节费	需量	节费	需量	节费
1月	2.3	-0.4	0.8	-2.0	1.2	-1.6	1.0	-1.7
2月	2.8	0.1	1.3	-1.4	1.2	-1.5	1.6	-1.1
3月	2.4	-0.3	1.1	-1.6	1.6	-1.1	1.5	-1.2
4月	2.1	-0.6	1.0	-1.7	1.9	-0.9	2.0	-0.8
5月	2.9	0.1	1.1	-1.6	3.4	0.7	2.6	-0.2
6月	2.1	-0.7	1.7	-1.1	3.1	0.3	2.9	0.1
7月	2.7	0.0	2.0	-0.7	3.1	0.4	2.7	0.0
8月	2.8	0.1	1.7	-1.1	2.9	0.1	3.1	0.3
9月	1.9	-0.8	1.5	-1.3	2.0	-0.7	2.1	-0.6
10月	1.7	-1.0	1.2	-1.6	1.6	-1.2	1.7	-1.1
11月	1.8	-1.0	1.2	-1.6	1.9	-0.8	1.7	-1.1
12月	1.7	-1.0	1.0	-1.7	1.4	-1.3	1.3	-1.4
合计	27.4	-5.6	15.6	-17.4	25.3	-7.7	24.2	-8.8

备注：计算参考深圳市供电局代理购电用户价格表，电压等级 1~10（20）千伏，2023 年需量电价（1~5 月 54 元/千瓦·月，6~12 月 48 元/千瓦·月）、容量电价（22 元/千伏安·月）；节约费用 = 变压器容量 × 基本电费（按容计费单价）与有功最大需量 × 基本电费（按需计费单价）之差。

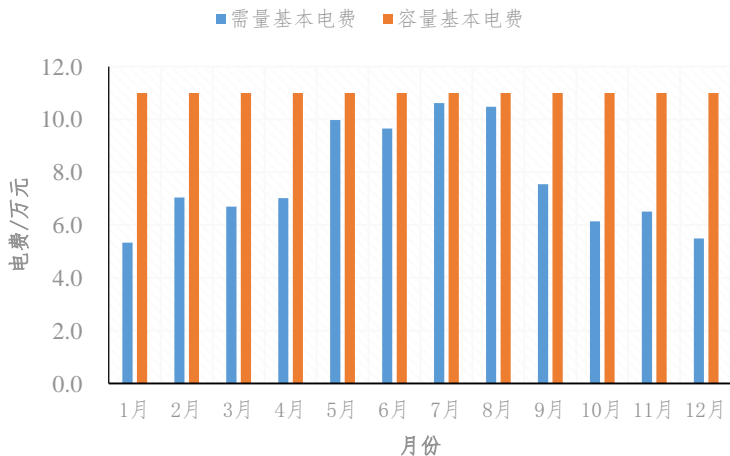
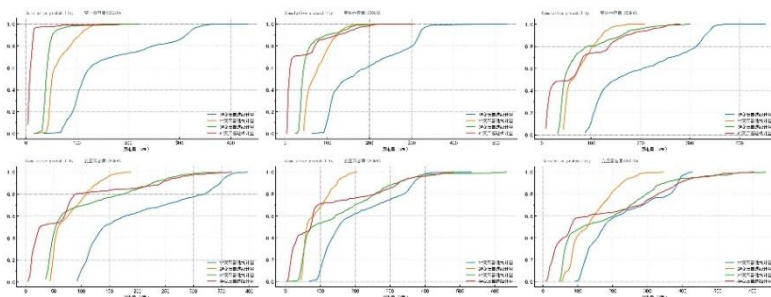


图 3-4 逐月需量及容量电费情况对比

3. 变压器管理建议

利用监测平台逐时用电负荷数据（平均有功功率）对变压器的负荷情况进行统计，分别绘制功率分布曲线进行分析。1#变压器全年运行功率较高，4#变压器全年运行功率相对较低，5~9月4台变压器处于较高功率水平运行。



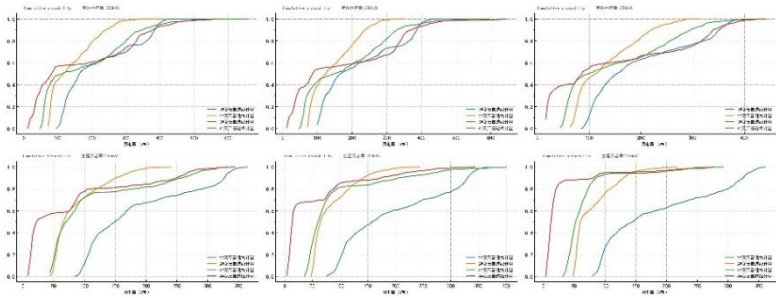


图 3-5 变压器逐月功率分布曲线

按照现场实际情况，以《低压电气装置 第 8-1 部分：功能方面能效》IEC 60364-8-1-2019 中经济运行上限负载率 65%为阈值，条件许可的情况下 1#变压器和 4#变压器、2#变压器和 3#变压器可在 1~4 月及 10~12 月分别进行联络运行，联络月份停用两台变压器，并选择按容量电价计费，其他月份按需量电价计费，全年可节费 58.4 万元。

以上分析供各建筑业主参考，建议建筑业主根据自身用电运行特征及用电安全保障等级要求，合理的选择基本电价计费模式，也可进一步配套储能设施，作为需量管理用电安全运行的保障措施。

三、可再生能源应用示范项目运行数据分析

根据国际能源机构（IEA）的数据，工商业光伏在全球建筑用电量中所占比例正在不断增加。随着太阳能技术的不断进步、成本的降低及政策的支持，越来越多的企业和机构选择在其建筑物上安装光伏系统，以减少能源成

本、降低碳排放并践行可持续发展理念。

影响光伏发电系统输出的因素主要有气象因素如天气类型、辐照强度、日照时长、气温以及组件发电效率变化。

案例分析：B1 办公类建筑光伏应用示范项目建筑面积 7.4 万 m²，定位为绿色建筑三星级和 LEED 金级建筑，屋顶光电系统装机容量 116.6kWp，采用多晶硅组件，安装面积 737.4m²，单位面积光伏安装功率 158W/m²，发电自用，光伏电站已投入运行近五年。（逆变器 1 于 2019 年 3 月并网，逆变器 2 于 2021 年 9 月并网，故选取 2022 年和 2023 年运行数据分析）

2022 年全年光伏发电量 11.4 万 kWh，2023 年全年光伏发电量 10.9 万 kWh，同比下降 4.1%。光伏板年发电量 0.9kWh/W。

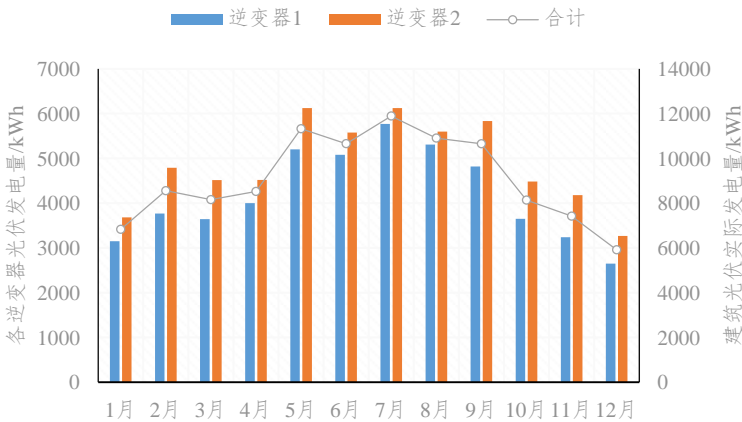


图 3-6 建筑光伏逐月发电量

2023 年建筑全年用电量 699 万 kWh，单位面积用电指标为 94.5kWh/m²，全年电费 646.8 万元，光伏发电占比 1.6%，电网峰/平/谷分时段用电量占比分别为 45%/40%/15%，光伏峰/平/谷分时段发电量占比分别为 56%/42%/2%；如表 3-3 所示，根据对分时电价测算，光伏发电相当于每年节约电费 10.8 万元，光伏发电部分当量平均电价为 0.99 元/kWh，约为上网电价的 2.5 倍。

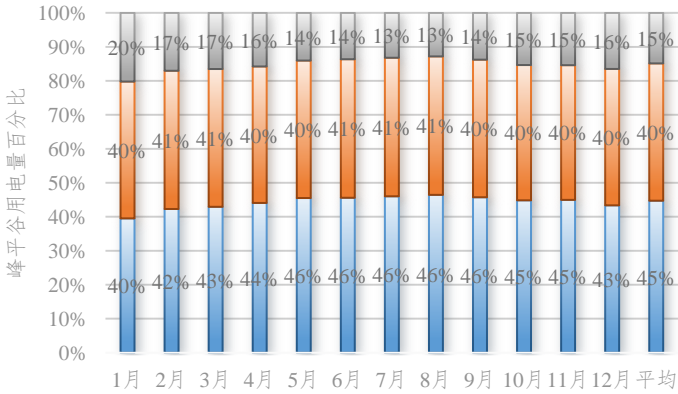


图 3-7 B1 建筑峰平谷逐月用电量占比

表 3-3 分时电价电费测算

时段	电网电价 (元/kWh)	光伏发电量 (万 kWh)	节约电费 (万元)
高峰时段	1.1767	6.1	7.2
平时段	0.7749	4.6	3.5
低谷时段	0.2683	0.2	0.1
合计	0.9898	10.9	10.8

备注：按分时段能量和输配电价（2023 年）计算，未考虑容量电费、尖峰电价及高温电价影响，光伏发电占比=全年光伏发电量/建筑用电。

第四章 历年分析结论

深圳市公共建筑监测情况报告至今已发布 2016~2022 共七个年份的报告，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。

一、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⁴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 9 点~11 点左右，高谷值出现在 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，高谷值不明显，出现在 14 点；宾馆饭店建筑的用电峰值出现在 10 点~13 点及 17 点~20 点之间，高谷值出现在 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 23 点~2 点仍然存在较高比例基础用电；各类型建筑的用电低谷值均在 3 点~5 点之间。

⁴ 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。

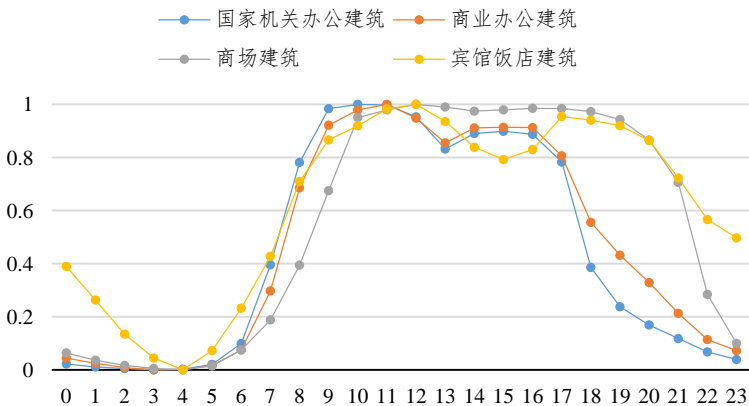


图 4-1 各类型建筑全年归一化逐时用电曲线

二、历年用电趋势分析

本章对平台监测建筑近七年的监测数据用电趋势进行综合分析。

(一) 监测公共建筑用电强度分析

如图 4-2 所示，深圳近七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。2023 年监测建筑面积较 2019 年增加 206%；历年联网监测公共建筑单位面积电耗呈现下降趋势，2023 年公共建筑单位面积年平均用电量为 $98.1\text{kWh}/\text{m}^2$ ，总体用电强度呈下降趋势。

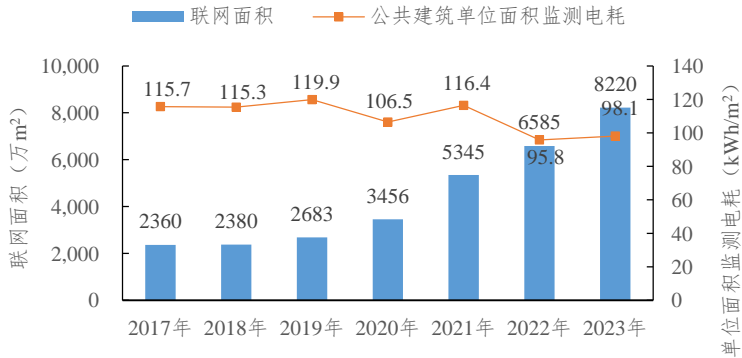


图 4-2 2017-2023 年监测公共建筑用电情况分析

(二) 监测主要类型建筑用电强度分析

经统计，近七年国家机关办公建筑、商业办公建筑、商场建筑、宾馆饭店建筑这 4 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、宾馆饭店建筑单位面积电耗呈下降趋势，国家机关办公建筑单位面积电耗呈上升趋势。

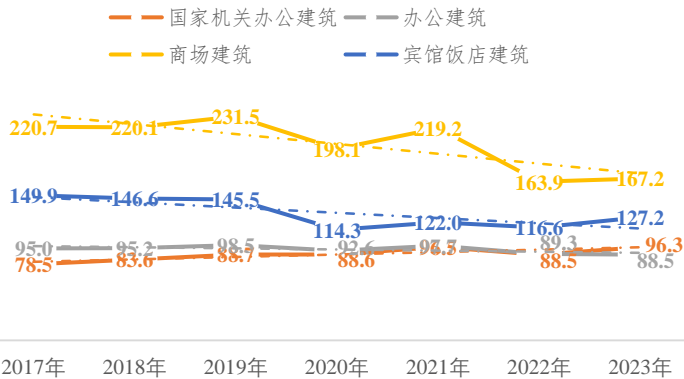


图 4-3 2017-2023 年主要监测类型建筑单位面积电耗走势

三、冷源装机容量设计及实际运行情况

(一) 冷源装机容量设计指标

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。各类公共建筑的冷源装机容量设计指标如图 4-4 所示，结论如下：

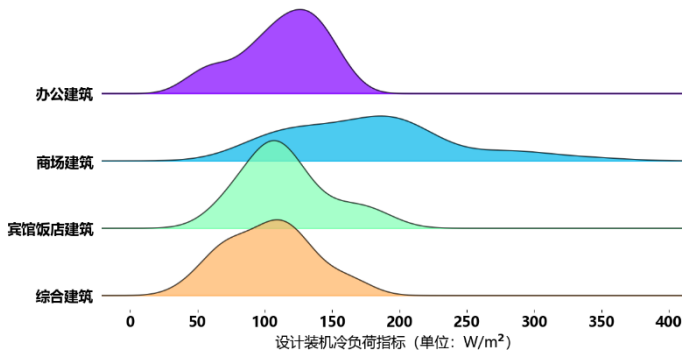


图 4-4 各类建筑冷源装机冷负荷设计指标分布

从各类建筑冷源装机冷负荷设计容量统计和分布来看，商场建筑冷源装机负荷设计容量指标较为分散，个体建筑之间设计指标选取差异明显。

(1) 办公建筑的冷源装机容量设计指标中位数为 $117\text{W}/\text{m}^2$ ，25%~75%分位数范围为 $91\sim 137\text{W}/\text{m}^2$ ，59%的办公建筑冷源装机容量指标超出设计措施估算指标上限值。

(2) 商场建筑的冷源装机容量设计指标中位数为 $176\text{W}/\text{m}^2$ ，25%~75%分位数范围为 $135\sim 205\text{W}/\text{m}^2$ ，64%的商场建筑冷源装机容量指标远超出设计措施估算指标上限值。

(3) 宾馆饭店建筑的冷源装机容量设计指标中位数为 $109\text{W}/\text{m}^2$ ，25%~75%分位数范围为 $98\sim 130\text{W}/\text{m}^2$ ，16%的宾馆饭店建筑冷源装机容量指标超出设计措施估算指标上限值。

(4) 综合建筑的冷源装机容量设计指标中位数为 $106\text{W}/\text{m}^2$ ，25%~75%分位数范围为 $78\sim 122\text{W}/\text{m}^2$ 。

表 4-2 各类建筑空调主机装机容量指标范围（分位数方法⁵）

建筑类别	平均 容量指标 (W/m^2)	25%~75% 分位范围 (W/m^2)	10%~90% 分位范围 (W/m^2)	偏度系数
办公建筑	112	91~137	63~149	-0.5
商场建筑	179	135~205	108~268	0.7
宾馆饭店建筑	116	98~130	83~166	0.8
综合建筑	103	78~122	65~147	0.2

⁵ 分位数 (Quartile): 指一个随机变量的概率分布范围分为几个等份的数值点。

(二) 冷源运行峰值负载率

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 4-5 所示，主要结论如下：

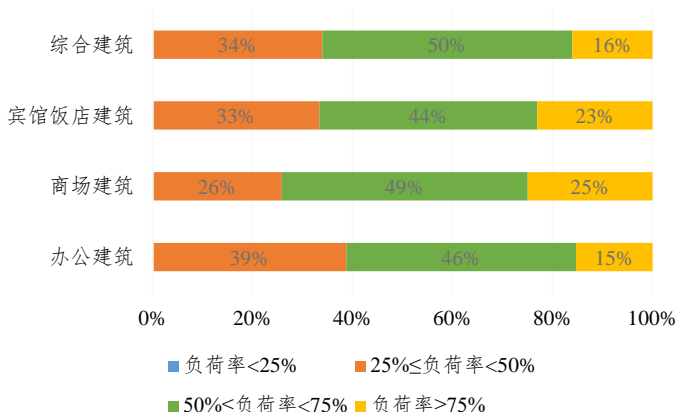


图 4-5 各类建筑冷源峰值负荷率建筑数量占比统计

从图 4-5 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%，25%~75% 用电运行功率分位数范围为 10~15W/m²。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 62%，25%~75%用电运行功率分位数范围为 16~26W/m²。49%的商场建筑峰值负

荷率处于[50%，75)区间，存在25%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%，25%~75%用电运行功率分位数范围为10~14W/m²。44%的宾馆饭店峰值负荷率不大于50%，23%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%，25%~75%用电运行功率分位数范围为8~22W/m²。34%的综合建筑峰值负荷率不大于50%，16%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，85%的办公建筑、75%的商场建筑、77%的宾馆饭店建筑及84%的综合建筑冷源实际运行峰值冷负荷率均低于设计冷负荷的75%，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情况，合理设计空调主机容量，优化空调主机配置和运行模式。

表 4-3 各类建筑空调主机运行用电指标范围

建筑类别	平均 用电指标 (W/m ²)	25%~75% 分位范围 (W/m ²)	10%~90% 分位范围 (W/m ²)	偏度系数
办公建筑	13	10~15	6~21	2.6
商场建筑	22	16~26	12~29	2.6
宾馆饭店建筑	13	10~14	9~18	1.3
综合建筑	15	8~22	5~29	0.6

(三) 单台冷水机组运行负载特性

冷水机组运行负载特性指单台空调主机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。

统计分析启用空调主机的逐时运行负载数据，如图 4-6 所示，相关结论如下：

(1) 办公建筑运行的空调主机中，全年约 65%时间的负载大于 50%，约 35%时间的运行负载小于 50%。

(2) 商场建筑运行的空调主机中，约 75%时间的负载大于 50%，约 25%时间的运行负载小于 50%。

(3) 宾馆饭店建筑运行的空调主机中，约 74%时间的负载大于 50%，约 26%时间的运行负载小于 50%。

(4) 综合建筑运行的空调主机中，约 61%时间的负载大于 50%，约 39%时间的运行负载小于 50%。

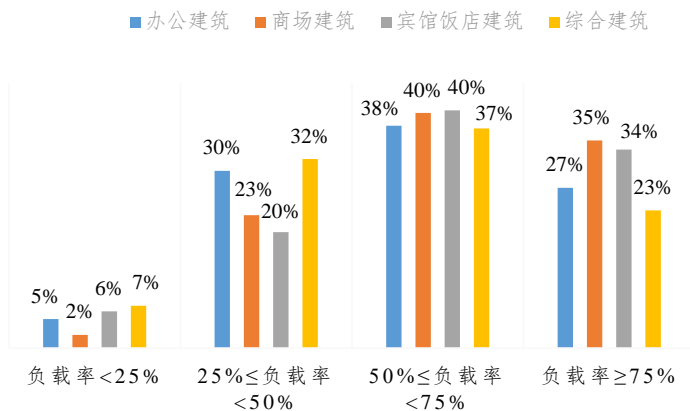


图 4-6 各类建筑启用冷机逐时运行负载率分布时间占比

从以上对负载率分段统计时间来看，各类建筑空调主机的运行负载率主要分布在[50%，75%)区间；各类建筑空调主机的低负载率(<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、宾馆饭店的空调主机运行在50%负载率区间以上的时间占比分别为65%、75%和74%，各类建筑的空调主机运行模式控制合理。

四、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。

住房和城乡建设部2019年发布了《民用建筑电气设计标准》(GB51348-2019)，其建筑电气节能章节中列举了各类建筑物的变压器容量指标的参考数值，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/m²，如表4-4所示。

表 4-4 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。

（一）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情况如图 4-7 所示，结论如下：

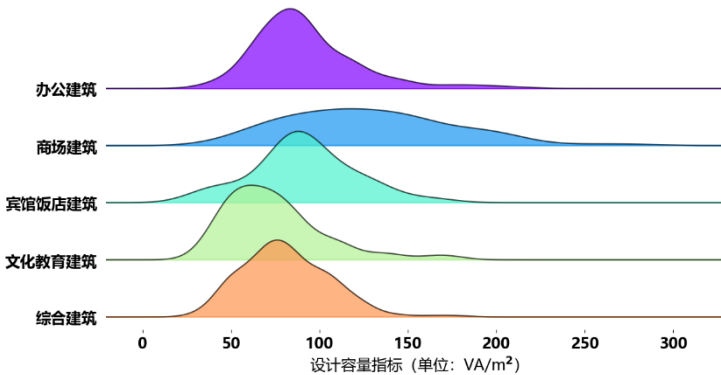


图 4-7 各类建筑变压器设计容量指标

从各类建筑变压器设计容量统计和分布来看，实际各类建筑变压器设计均存在一些建筑按偏大容量指标设计的情况，尤其是办公和文化教育类建筑，其中商场建筑设计容量指标较为分散，个体建筑之间设计指标选取差异明显。

办公建筑实际设计容量中位数为 $87\text{VA}/\text{m}^2$ ，25%~75%分位数范围为 $74\sim 104\text{VA}/\text{m}^2$ ；其中，21%的办公建筑小于节能值 $70\text{VA}/\text{m}^2$ ，22%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中位数为 $125\text{VA}/\text{m}^2$ ，25%~75%分位数范围为 $95\sim 154\text{VA}/\text{m}^2$ ；其中，38%的商场建筑小于节能值 $110\text{VA}/\text{m}^2$ ，17%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中位数为 $88\text{VA}/\text{m}^2$ ，25%~75%分位数范围为 $79\sim 107\text{VA}/\text{m}^2$ ；其中，32%的宾馆饭店建筑小于节能值 $80\text{VA}/\text{m}^2$ ，12%的宾馆饭店建筑大于限定值 $125\text{VA}/\text{m}^2$ 。

综合建筑实际设计容量中位数为 $79\text{VA}/\text{m}^2$ ，25%~75%分位数范围为 $64\sim 98\text{VA}/\text{m}^2$ 。

文化教育建筑实际设计容量中位数为 $70\text{VA}/\text{m}^2$ ，25%~75%分位数范围为 $55\sim 88\text{VA}/\text{m}^2$ 。

表 4-5 各类建筑变压器容量指标范围

建筑类别	平均容量指标 (VA/m^2)	25%~75%分位范围 (VA/m^2)	10%~90%分位范围 (VA/m^2)	偏度系数
办公建筑	92	74~104	62~130	1.3
商场建筑	128	95~154	73~192	0.6
宾馆饭店建筑	91	79~107	52~128	0.2
综合建筑	81	64~98	49~111	0.6
文化教育建筑	75	55~88	45~109	1.3

(二) 变压器运行峰值负载率

各类建筑的变压器运行峰值负载率，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，统计结果如图 4-8 所示。

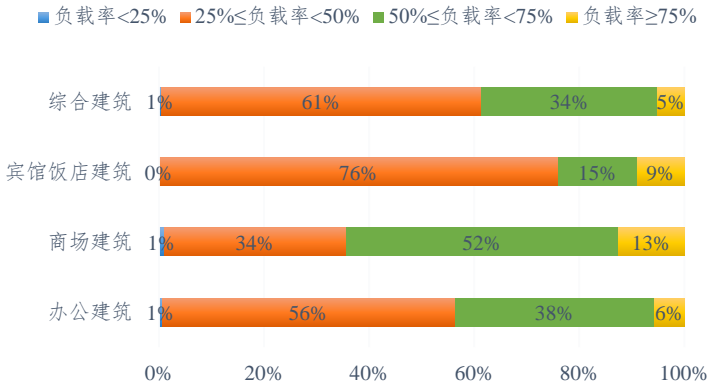


图 4-8 各类建筑全年峰值负载率数量占比统计

从图 4-8 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 50%，25%~75%用电运行功率分位数范围为 30~46W/m²，75%的建筑变压器按容量 60~68VA/m² 设计即可满足实际用电需求。56%的办公建筑变压器峰值负载率主要集中在 [25%，50%) 区间，有 38%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 56%，25%~75%用电运行功率分位数范围为 53~79W/m²，75%的建筑变压器按容量 103~117VA/m² 设计即可满足实际用电需求。52%的商场建筑变压器峰值负载率主要集中在 [50%，

75%) 区间, 有 34% 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 45%, 25%~75% 用电运行功率分位数范围为 27~33W/m², 75% 的建筑变压器按容量 43~49VA/m² 设计即可满足实际用电需求。76% 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 15% 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 47%, 25%~75% 用电运行功率分位数范围为 26~41W/m², 75% 的建筑变压器按容量 54~61VA/m² 设计即可满足实际用电需求。61% 的综合建筑变压器峰值负载率主要集中在 [25%, 50%) 区间, 有 34% 的综合建筑变压器峰值负载率处于 [50%, 75%) 区间。

表 4-6 各类建筑变压器运行功率指标范围

建筑类别	平均 用电指标 (W/m ²)	25%~75% 分位范围 (W /m ²)	10%~90% 分位范围 (W /m ²)	偏度系数
办公建筑	40	30~46	25~61	1.4
商场建筑	68	53~79	42~96	0.8
宾馆饭店建筑	36	27~33	21~52	1.9
综合建筑	35	26~41	23~51	1

综上, 建筑变压器的运行负载率偏低, 仅商场建筑平均峰值负载率超过 50%。根据实际用电需求, 90% 左右的

建筑变压器负载率低于 75%，因此建议未来新建建筑变压器容量设计可参考《民用建筑电气设计标准》（GB51348-2019）的节能值进行设计，不宜超过限定值，合理地降低变压器设计容量。

（三）单台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/T13462-2008），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，对各台变压器近五年的运行负载率分析。如图 4-9 所示，结论如下：

（1）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%。

（2）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（ $\geq 75\%$ ）区间运行。

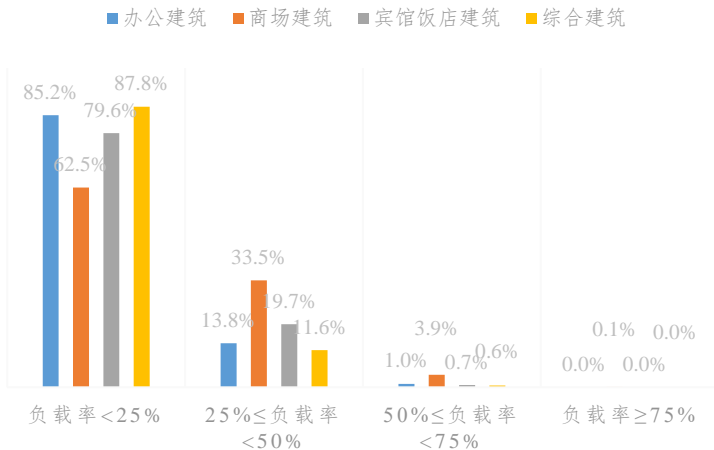


图 4-9 各类建筑变压器各负载率区间运行时间占比

根据数据显示，各类建筑变压器全部开启的情况较多，而大部分变压器在峰值用电时负载率小于 50%，除降低变压器设计容量外，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。

五、典型日分项负荷曲线特性分析

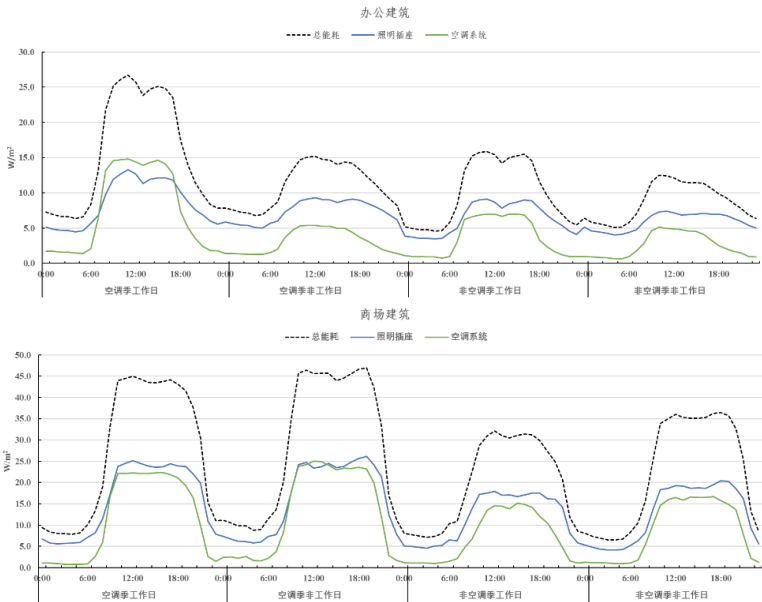
为深入分析建筑柔性用电潜力，基于 2022 年典型建筑全年分项逐时能耗数据分析，针对不同类型建筑，聚类提取空调季工作日和非工作日、非空调季工作日和非工作日典型日的负荷曲线形态，为建筑用电负荷需求预测和设备节能运行管理提供数据参考，如图 4-10 所示。

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。



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

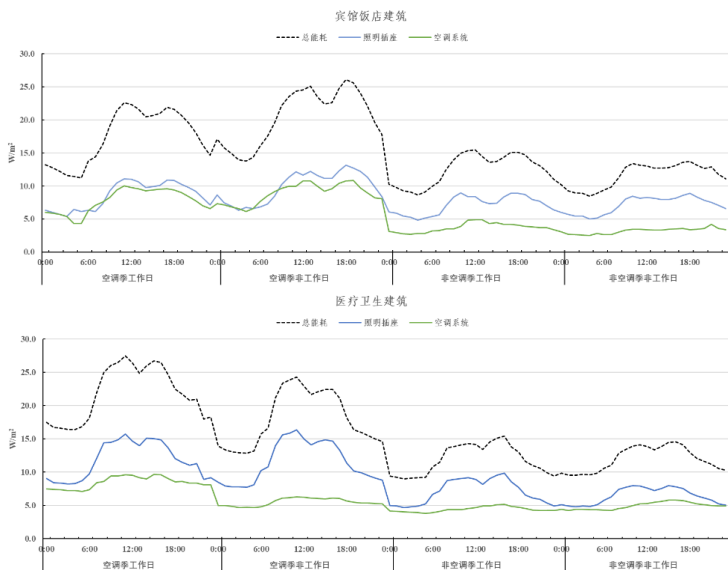


图 4-10 深圳市各类建筑典型日能耗强度特征曲线

六、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。

(一) 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 4-11 所示。

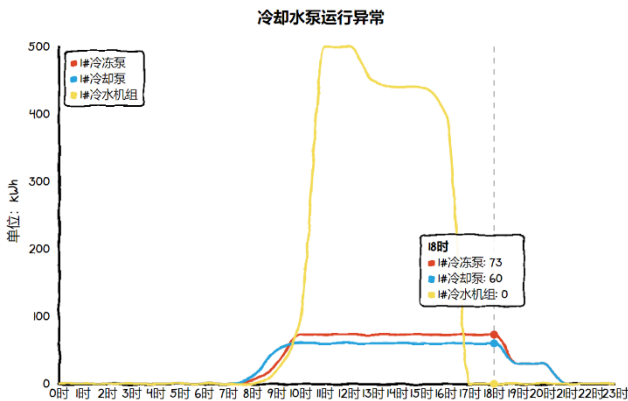


图 4-11 某建筑空调冷却水泵运行异常现象示意图

(二) 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 4-12 所示。

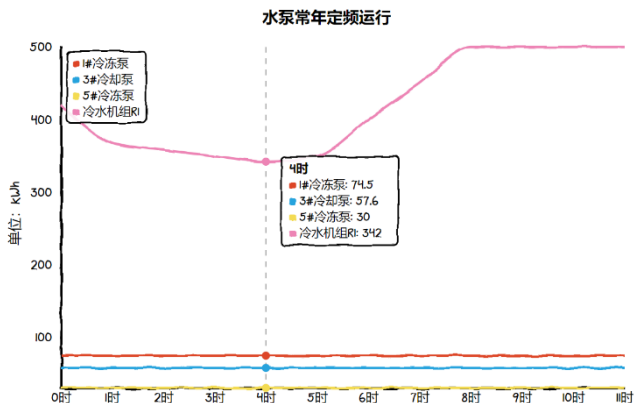


图 4-12 某建筑空调水系统逐时监测用电情况示意图

(三) 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 4-13 所示。

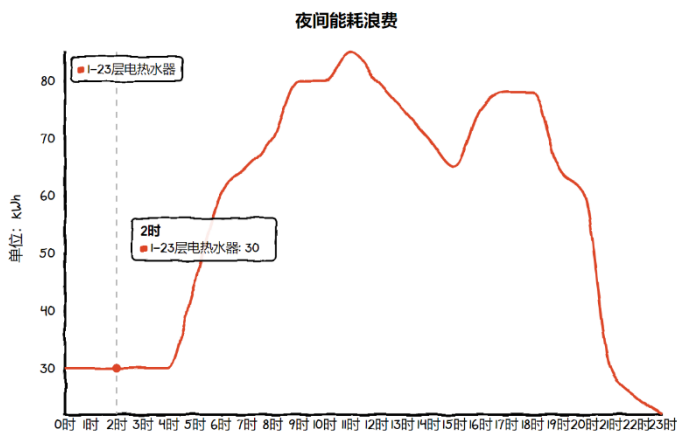


图 4-13 某商业办公建筑饮水热水器逐时监测用电情况示意图

(四) 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 260.7kWh/m²，高于全市同类限额值及平均水平，变压器设计容量指标为 132VA/m²。其全年变压器实际用电运行曲线分布如图 4-14 所示。

利用 CDF⁷（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%。

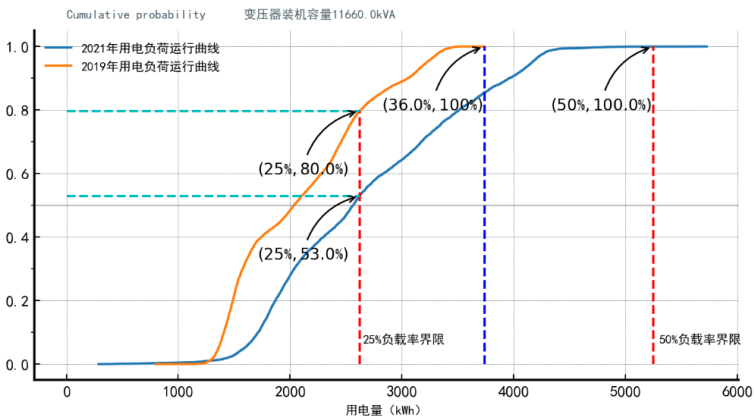


图 4-14 A 建筑变压器实际总用电运行曲线分布情况（2021 年与 2019 年）

⁷ 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： $F(x) = P(X \leq x)$ 。

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，如图 4-15 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。

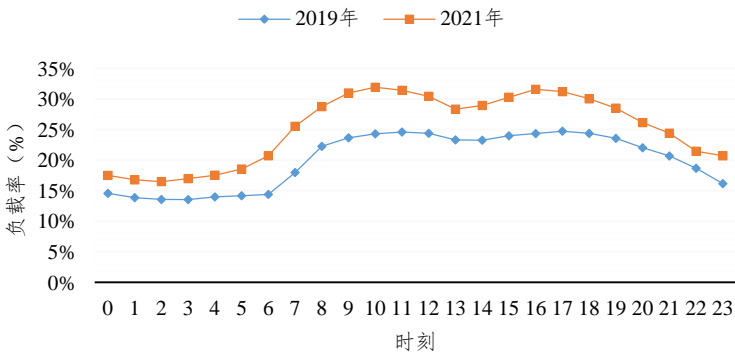


图 4-15 A 建筑变压器各时刻平均负载率分布

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。

(五) 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 m^2 ，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 $139\text{W}/\text{m}^2$ 。

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 4-16 所示。

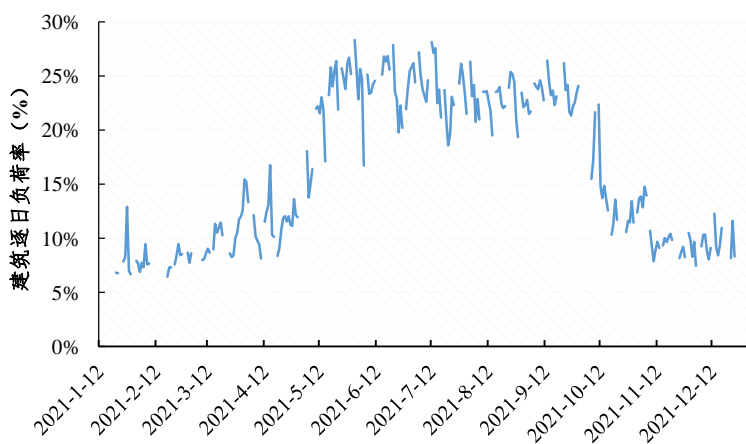
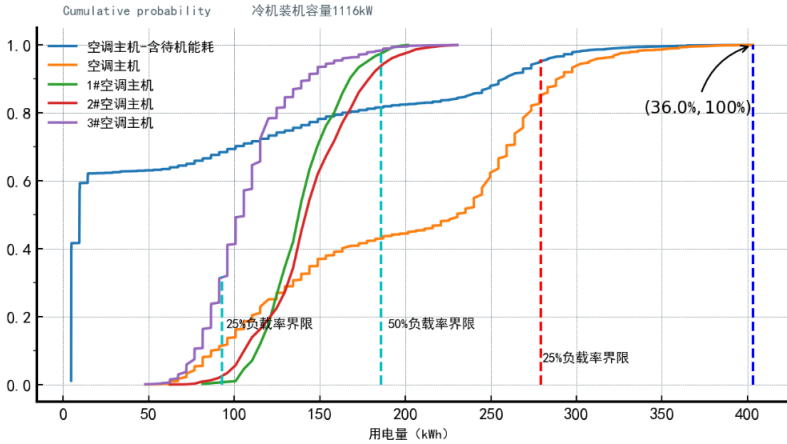


图 4-16 D 大厦全年逐日平均负荷率

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 月~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 台空调主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 4-17 所示。（由于空调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=按空调主机非待机用电运行天数/365。）

从图 4-17 中可知：从单台空调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%；从空调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，三台空调主机运行负载率低于 50%，考虑到空调主机设备使用超过 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，并进行高效空调主机改造提高空调主机运行能效。



(备注：实际运行时间=时间折算系数 × 365)

图 4-17 D大厦空调主机全年逐时实际用能运行曲线

(六) 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. 变压器容量设计及运行策略优化方面。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，参考设计规范的节能值设计，不宜超过限定值，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。进一步可以根据建筑自身负载情况，评估选择基本电价策略按容量或按需量计费方式，从而可以节省基本电费。

5. 空调运行优化方面。基于建筑空调主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空调主机运行负载率低于50%，建议检测空调主机的实际运行 COP，并进行高效空调主机改造提高空调主机运行能效。

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，深圳市大型公建能耗监测平台从 2016 年开始已连续 8 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。小程序包括管理端和物业端，供市区级政府管理人员、建筑业主、物业免费使用，其二维码图片分别如下所示：



联系方式：

监测报告、政策标准：

深圳市建设科技促进中心，0755-83782196；

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”。

