

商业综合体绿色建筑技术应用研究

特华博士后科研工作站 夏春海[☆]

深圳市建筑科学研究院有限公司 刘 鹏

摘要 对获得国家二星级绿色建筑标识认证的某商业综合体进行了研究,该项目采用了性能模拟验证、屋顶绿化、透水地面、排风热回收、自然通风、自然采光、CO₂ 浓度监测等绿色建筑技术。针对商业综合体体量大、功能多、能耗高的特点,提出采用被动式节能措施、立体景观设计、优化空调系统设计、实施能耗监测等对策。

关键词 绿色建筑 商业综合体 被动式节能技术 能耗监测 系统优化设计

Green building technique application to a commercial complex

By Xia Chunhai[★] and Liu Peng

Abstract Studies the object building which was awarded China's two-star green building design certification. The complex involves some green building techniques such as performance simulation verification, roof greening, water permeable pavement, extract air heat recovery, natural ventilation, daylighting, CO₂ gas concentration monitoring, etc. According to the characteristics of commercial complex such as large volume, multi-function and high energy consumption, proposes adopting passive energy-saving measures, designing stereoscopic landscape, optimizing HVAC system design, energy consumption monitoring.

Keywords green building, commercial complex, passive energy saving technique, energy consumption monitoring, system optimization design

★ TEHUA Postdoctoral Programme, Beijing, China

①

0 引言

商业综合体是“将城市活动中的多种不同的功能空间(商业、办公、居住、展览、餐饮、会议、文娱)有机组合,通过一组建筑来完成,并与城市交通相协调,同时不同功能之间建立一种空间依存,价值互补的能动关系,从而成为一个功能复合的、高效率的、复杂而统一的整体”^[1],商业综合体以其土地利用最大化、建筑功能集成化的特点,成为当前城市建设的一抹亮色,甚至很多城市都出现了地标性的商业综合体。

商业综合体容积率高、高度高、人流量大、功能复杂,往往成为资源消耗大户和室内环境关注的焦点。由于商业综合体与办公建筑和居住建筑区别较大,利用绿色技术有其自身特点,本文以获得国家绿色建筑二星级标识的某商业综合体为例,研究适合商业综合体的绿色建筑技术措施。

1 项目概况

项目位于苏州市,总用地面积为 30 257 m²,总

建筑面积为 272 020.01 m²,其中地上建筑面积 199 170.2 m²,地下建筑面积 72 849.81 m²,容积率 6.49,绿地率 31%,建筑密度 61.9%。地上 1~3 层为购物中心,面积为 57 820 m²,购物中心上“插”两栋酒店式公寓和一栋商务办公楼;酒店式公寓共有 29 层,面积 57 620 m²,高 100 m;商务办公楼为 33 层,面积 80 735 m²,高 140 m。图 1 为项目效果图,图 2 为项目的平面示意图。

项目集综合性商业、餐饮、办公、酒店式公寓等功能于一体,在建筑体形设计上营造空中花园、屋顶绿植、山地岩壁、瀑布露台、生态坡地公园式景观物业,提供独具魅力的自然生态式体验生活方式。

2 项目技术策略

项目所在地苏州属于夏热冬冷地区,年平均气

①[☆] 夏春海,男,1980 年 2 月生,工学博士,工程师
100029 北京市朝阳区北辰西路 69 号峻峰华亭 C 座 1511 室
(010) 58772880
E-mail: xia_chunhai@qq.com
收稿日期:2012-04-11

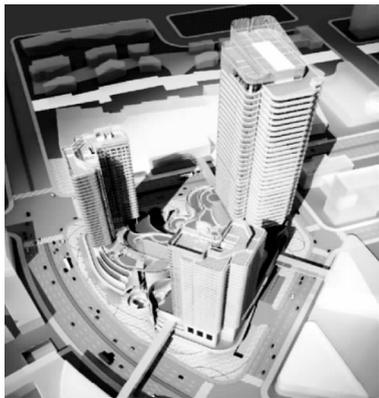


图1 项目效果图



图2 项目平面示意图

温为 $15.7\text{ }^{\circ}\text{C}$,最热月平均气温 $28.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,最冷月平均气温 $3.0\text{ }^{\circ}\text{C}$;气候潮湿,年平均相对湿度在 76% 以上,最高相对湿度 98%,最低相对湿度 46%;属于太阳能资源一般区(Ⅲ类区域),太阳年辐射总量为 $4\ 651.1\ \text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,常年平均日照时间为 $1\ 965.0\ \text{h}$;水资源状况呈现“降水量较为充沛但时空分布不均、水资源总量较丰富但人均水资源缺乏”的特点,多年平均总降水量为 $1\ 086.3\ \text{mm}$,雨量主要集中在 7—8 月,降雨最少月份为 12 月和 1 月。

本项目融合多种功能于一体,具有建筑体量大、功能多样、平面进深大、内部发热量大、为超高层建筑、系统复杂、运营成本高、周边交通流量大、建筑形态注重室外景观打造等特点。

基于对项目自然资源和气候资源的分析,结合建筑功能、使用者需求、建筑设计和经济水平的特点,本项目绿色建筑技术策略为:1) 以绿色建筑二星级为设计目标^[2];2) 重点打造购物中心轻松、舒适、高效、富有情趣的购物环境,通过新风供冷、自然通风、天然采光、节能灯具等手段降低运营成本;3) 重点关注高层商务办公楼办公人群对隔

声、遮阳、采光、保温、空气质量的需求,注重空调系统优化设计;4) 酒店式公寓楼以围护结构节能为主,关注户型设计对建筑品质的影响;5) 结合建筑形态的特点,重点打造室外立体景观和舒适的微环境;6) 设计能耗监测系统,不同功能区域、不同设备进行分项计量,实现绿色运营管理,降低运营费用。

3 绿色建筑技术体系

本项目采用的主要绿色建筑技术见表 1。

在“节地与室外环境”方面,重点针对项目建筑形态设计特点,采用屋顶绿化技术,营造城市生态公园,并通过对室外微气候的模拟预测和平面布局优化设计,实现舒适、宜人的室外步行购物环境。

在“节能与能源利用”方面,针对不同朝向设计对应类型的外遮阳,同时在购物中心设计中庭,采用自然通风和天然采光改善中庭热环境和光环境,并重点通过空调供暖系统和照明系统性能优化实现节能 60% 的目标。

在“节水和水资源利用”方面,考虑到苏州水资源和项目用地紧张的现实情况,重点对雨水进行收集回用。

在“节材与材料资源利用”方面,针对超高层建筑结构耗材量大的特点,从结构体系优化设计入手,办公楼采用钢框架-混凝土核心筒结构体系,商业裙楼之间采用钢结构连廊连接,商业裙楼采用钢筋混凝土框架结构,实现节材目的。

在“室内环境质量”方面,通过模拟对室外通风、噪声、采光进行优化设计,并设置室内空气监测系统,根据室内空气质量按需提供新风量。

在“运营管理”方面,针对商业综合体功能多样、系统复杂的特点,重点应用能耗监测系统,实现基于分项计量和数据监测的绿色运营管理。

为达到绿色建筑二星级的要求,重点采用的优选项技术包括:室外透水地面面积比大于 40%、节能率达到 60%、照明功率密度值不高于标准的目标值、采用资源消耗和环境影响小的结构体系、设置室内空气质量监控系统、地下空间实现自然采光。

4 主要技术方案

本章对几项重要的绿色建筑技术措施进行详细分析,重点介绍如何针对项目特点,通过精细化设计、系统化分析、多方案比较实现绿色建筑的目标。

表 1 采用的主要绿色建筑技术

绿色建筑技术	
节地与室外环境	<p>地下空间利用:地下总建筑面积为 72 849.81 m²,主要功能为停车库,占总建筑面积的 26.8%</p> <p>屋顶绿化:商业和公寓屋顶设计屋顶绿化,共计约 5 060 m²,超过可绿化总面积的 30%</p> <p>将室外场地均设计成透水地面(包括透水环楼车道),约 10 500 m²</p> <p>基于模拟预测的室外微环境控制</p>
节能与能源利用	<p>东、西立面设计竖直百叶遮阳构件,南立面设计水平遮阳板</p> <p>外墙和屋面采用保温措施,外窗采用高性能节能玻璃及外遮阳构件,采用节能空调系统和照明系统等措施实现建筑节能 61.4% 的目标</p> <p>对于商业建筑全空气系统采用排风热回收装置,回收排风能量;办公建筑设置排风热回收装置</p> <p>购物中心通过中庭实现自然通风和天然采光</p> <p>照明采用节能灯具和控制方式,照明功率密度达到目标值要求</p> <p>利用市政热网蒸汽凝结水余热提供建筑所需生活热水</p>
节水与水资源利用	<p>收集场地和屋面雨水及蒸汽凝结水用于地下车库冲洗、道路及广场浇洒及室外绿地浇洒</p> <p>绿化灌溉采用喷灌、微灌等高效节水灌溉方式</p> <p>采用节水器具</p> <p>按用途设置用水计量水表</p>
节材与材料资源利用	<p>建筑结构材料合理采用高性能混凝土、高强度钢</p> <p>可再循环材料使用质量占所用建筑材料总质量的 10% 以上</p> <p>室内采用灵活隔断</p> <p>采用资源消耗和环境影响小的建筑结构体系:办公主塔楼最大高度 157 m,采用了钢框架-混凝土核心筒结构体系;另两塔楼为 28 层公寓,高度 99.6 m,采用钢筋混凝土框架-剪力墙结构;商业裙楼采用钢筋混凝土框架结构,商业裙楼之间采用钢结构连廊连接;结构体系选择合理</p>
室内环境质量	<p>室内采光、隔声、通风优化设计</p> <p>空调系统采用能独立开启和进行温湿度调节的空调末端</p> <p>为满足高端用户需求,进行空气质量监控系统专项设计;CO₂ 浓度监测与新风量自动控制;自然通风状态与空调状态自动转换控制系统</p>
运营管理	<p>垃圾分类回收和处理</p> <p>建筑设备智能化控制系统,保证系统高效运行</p> <p>物业管理部必须通过 ISO 14001 环境管理体系认证,同时采取节约型物业管理方法</p> <p>商业综合体和商务办公楼空调通风系统、照明系统、其他动力用能系统设置用能分项计量监测系统</p>

4.1 室外风环境模拟预测

本项目购物中心设计“生态峡谷”,作为主要的休闲、娱乐、交通、步行空间。冬季应避免管道效应导致冷风进入“生态峡谷”后风速过大;夏季则应避免因风速过小导致热堆积。借助 Phoenics 模拟计算软件对冬季和夏季主导风向向下室外风环境进行模拟预测,结果表明场地大部分区域风速低于 5 m/s,基本不影响室外活动,夏季“峡谷”内风速小于 1 m/s,容易引起热量和污染物的堆积。根据模拟计算结果,在东侧台地(首层)部分增加一条 1 层高的通风走廊(如图 3a 中矩形所示),既改善“峡谷”内夏季自然通风效果、提高此区域的热舒适性,又提高人流组织的灵活性,增加人员活动的趣味性。

4.2 外遮阳设计

根据苏州地区不同朝向太阳高度角的特点,利用 Radiance 软件综合比较外遮阳构件对遮阳系数和室内采光系数的影响。图 4 为遮阳效果模拟图。办公楼东、西立面设计挑出宽度为 400 mm、间距为 800

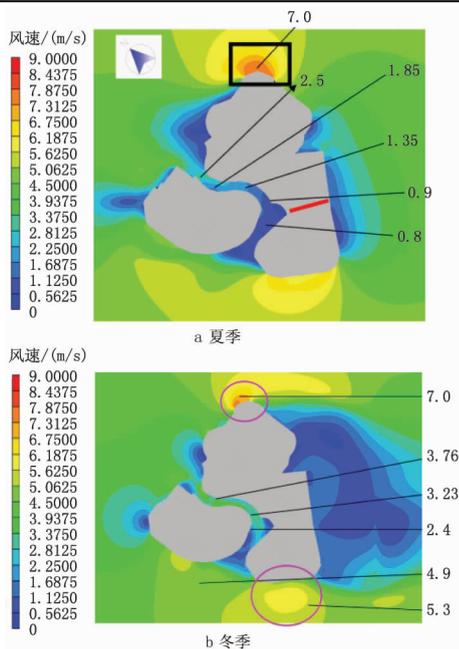


图 3 人员活动高度风速云图

mm 的竖直百叶遮阳构件,南立面设计挑出 800 mm 的水平遮阳板,见图 5。按此设计,东、西立面外遮

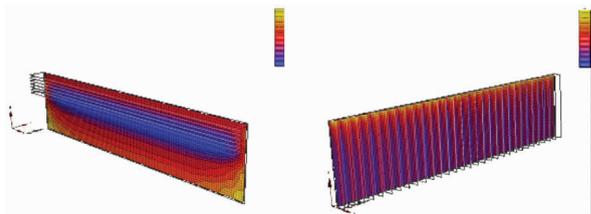


图4 遮阳效果模拟图

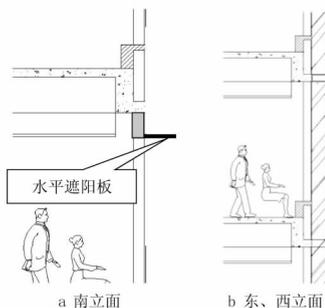


图5 人员活动高度遮阳构件

阳系数为 0.81,南立面外遮阳系数为 0.67。

4.3 购物中心自然通风设计

购物中心内部发热量大,本项目设计 4 个中庭,利用建筑室内外温差形成的热压驱动力实现自然通风。借助自然通风模拟计算软件 CONTAMW 对不同的开口方案进行比较后,设计外窗可开启面积为 376.8 m^2 ,外门开启面积为 175.8 m^2 ,则在室外温度低于 24°C 的时间段内(约 6 个月,不含冬季 3 个月)可通过自然通风保证室内空气温度不超过 28°C ,自然通风年节约电量约 15.2 万 kW。图 6 为自然通风路径及开口示意图。

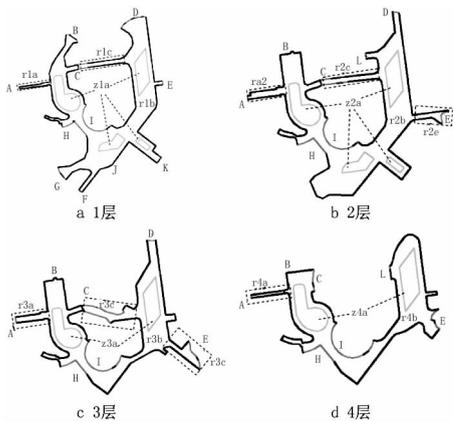


图6 自然通风路径及开口示意图

4.4 节能 60%的技术方案

1) 围护结构方案

借助 PKPM 模拟计算软件,对多种外墙、外窗

和屋顶的组合方案进行比较后,确定的围护结构参数如下:

① 屋顶均采用 50 mm XPS 保温板,传热系数 $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

② 公寓外墙填充墙部分采用 200 mm 加气混凝土+50 mm 挤塑聚苯板保温措施,传热系数 $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;购物中心采用 200 mm 加气混凝土+50 mm 玻璃棉毡保温,传热系数 $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;办公楼为钢梁结构,主要为不透明幕墙空气间层+50 mm 玻璃棉毡,传热系数 $0.74 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

③ 公寓塔楼和办公塔楼玻璃幕墙、购物中心外窗和屋顶天窗均选用传热系数 $K \leq 2.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,遮阳系数 $S_c \leq 0.35$ 的中空 Low-e 玻璃幕墙,可见光透射比大于 0.5,考虑外遮阳系数后的幕墙综合遮阳系数小于 0.3。图 7 为能耗计算模型。

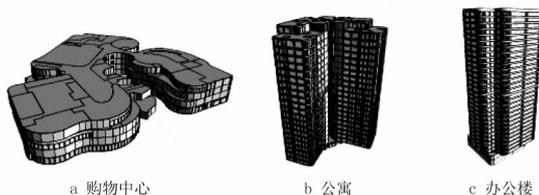


图7 能耗计算模型

2) 空调供暖系统

① 购物中心空调冷热源为 COP 大于 5.6 的离心式冷水机组+蒸汽型溴化锂吸收式制冷机+空气源热泵机组(供应电影院冷热)+市政蒸汽供热;商业配套综合楼的大堂、银行、餐厅、商场、电影院等大空间区域设置定风量全空气空调系统;管理用房、咖啡厅、茶吧、小餐厅及特色商店均采用风机盘管加新风系统,冷水泵、冷却水泵选用效率 85% 的节能水泵。

② 办公楼空调冷热源为 COP 大于 5.1 的离心式冷水机组+蒸汽型溴化锂吸收式制冷机+市政蒸汽供热;典型办公层采用单风道变风量系统,办公楼 1,2 层设置定风量全空气空调系统;冷水泵、冷却水泵选用效率 85% 的节能水泵。

③ 公寓楼采用户式变制冷剂流量多联式空调系统,机组选用能效比 3.2 以上的产品。

3) 照明系统

采用节能灯具使得购物中心商场的照明功率密度设计值由 $16 \text{ W}/\text{m}^2$ 降低为 $14 \text{ W}/\text{m}^2$,办公空

间的照明功率密度设计值由 14 W/m^2 降低为 12 W/m^2 ; 公寓楼卧室照明功率密度设计值由 10 W/m^2 降低为 6 W/m^2 , 楼梯间和走廊照明功率密度设计值由 5 W/m^2 降低为 4 W/m^2 。

4) 节能率

如表 2 所示, 本项目的平均综合节能率达到 61.41%。其中, 围护结构对公寓、购物中心的影响大于办公楼。考虑设备系统的影响后, 公寓的节能率最高(公寓南楼甚至达到 67.46%), 办公楼的节能率最低。这与办公楼内部发热量大, 选取的离心机 COP 为 5.1 有关。

表 2 建筑节能率 %

	建筑负荷节省率	综合节能率
公寓南楼	52.21	67.46
公寓北楼	52.61	64.82
办公楼	51.00	57.85
购物中心	52.37	62.92
商业综合体		61.41

注: 1) 建筑负荷节省率是指设计建筑相对于基准建筑的建筑负荷降低比例, 并认为基准建筑负荷为满足国家标准围护结构参数要求的参考建筑负荷的 2 倍;

2) 为比较方便, 表 2 中建筑负荷为空调负荷和供暖负荷的直接累加, 该值间接反映了围护结构对节能的贡献;

3) 综合节能率是考虑建筑围护结构、照明系统、空调系统、供暖系统影响后设计建筑与参考建筑的能耗对比情况, 并认为满足国家标准的参考建筑综合节能率为 50%。

5 讨论与总结

5.1 建筑体量大, 功能多样, 绿色建筑技术策略应有针对性

本项目总建筑面积超过 27 万 m^2 , 包含办公、公寓、购物功能, 不同的功能需要采取不同的绿色建筑技术策略。由于建筑体量较大, 使得总运营成本较高, 而多种功能融于一体则增加了运营难度。购物中心作为持有型物业, 需要高度关注对消费群体的吸引力, 从光线、声音、空间等方面营造让消费者满意的购物环境, 降低电耗、水耗等运营成本, 提高销售竞争力。办公楼拟出售或者出租给知名企业, 室内环境质量和服务水平是吸引客户的关键因素之一。公寓楼则以出售为主, 户型通风、采光、隔声、保温性能是提升公寓品质的重要元素。

5.2 进深较大, 内部发热量大, 需结合建筑空间设计考虑被动式节能措施

购物中心进深较大, 获得天然采光的难度大, 且人员密度较高, 室内灯光发热量大; 办公楼室内人员、灯光、设备发热量也较大。对于室内发热量较大的建筑, 建筑需要供冷的时间长, 而苏州又属

于夏热冬冷地区, 春秋季节室外空气宜人, 全年约有 23% 的时间可利用自然通风(室外温度低于 $25 \text{ }^\circ\text{C}$, 且建筑有供冷需求)。购物中心往往注重室内流线设计, 购物环境对光线的要求也较高, 而对于超高层办公建筑, 则因为高度的限制给自然通风应用带来难度。

因此, 在购物中心内引入中庭不仅使得空间更有情趣, 还能强化自然通风和天然采光, 降低运营费用。办公建筑则因为建筑层数的原因, 可考虑每 3 层设计边庭。

5.3 注重立体景观打造

商业综合体往往容积率较高、用地紧张, 绿地面积相对较少, 因此结合裙楼屋顶、室外广场打造立体绿化景观是商业综合体绿色建筑应用的重要创新。立体绿化景观可在有限的空间内增加绿地面积, 在人流密度大区域降低热岛效应, 同时, 立体景观还能喧嚣的购物环境增添清新气息, 引导消费者在商业综合体内部休闲、娱乐和购物。在立体景观设计中, 要注意根据日照模拟计算的结果, 在日照充足的地方种植喜阳植物, 在日照不足的地方种植喜阴植物, 并有组织地引导雨水进入绿地中, 补充植物所需水分。

5.4 系统优化设计是节能的关键

本项目办公楼和公寓均为超高层建筑, 限制了太阳能热水和太阳能光伏发电技术的应用, 而室内发热量较大、空调系统复杂、围护结构对商业综合体的节能贡献相对较小的特点使得对传统空调系统的优化设计成为商业综合体节能设计的重点。

5.5 能耗监测系统有助于提升运营管理水平

商业综合体往往体量大, 能源消耗总量高, 运营费用对商业综合体的长期经营影响较大。为了提高运营管理水平, 合理控制运营成本, 能耗监测系统应该成为商业综合体的必选技术。通过对建筑各项设备的性能监测和能源消耗监测, 有助于帮助物业管理人时了解建筑运行性能, 并及时采取最佳的运行方式, 最大程度地发挥建筑功能。

参考文献:

- [1] 龙固新. 大型都市综合体开发研究与实践[M]. 南京: 东南大学出版社, 2001
- [2] 中国建筑科学研究院, 上海市建筑科学研究院, 中国城市规划设计研究院, 等. GB/T 50378—2006 绿色建筑评价标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006