

基于创新理念的产业园建筑设计探究

何天一

中南建筑设计院股份有限公司 湖北 武汉 430071

摘要：在“双碳”战略以及新质生产力的背景下，产业园建筑设计正经历着从传统模式向创新模式的转变。本研究聚焦于绿色共生、智慧生长、生态融合、产城人文结合以及循环经济这五大创新维度，深入剖析了被动式设计、模块化空间、数字孪生等先进技术在产业园建筑中的应用。通过对国内外2多个典型案例的分析，总结出创新设计能够使产业园的能耗降低40%，空间利用率提高50%，碳排放强度下降60%。同时，针对技术集成、成本控制等方面的难题，提出了相应的解决办法，为智慧园区的建设提供了理论依据和实践范例。

关键词：创新理念；产业园；建筑设计；绿色智慧；可持续发展

1 引言

随着全球产业的转型以及“双碳”目标的推进，传统产业面临着诸多挑战，如能耗过高、空间灵活性不足、生态功能缺失等。创新理念下的产业园建筑设计，旨在通过技术创新和空间重构，打造具备可持续发展能力、高效生产效率和生态友好特性的新型产业空间^[1]。本研究结合最新的技术发展趋势和实际项目经验，对产业园建筑设计的创新路径进行了系统的探讨。

2 创新设计的核心维度

2.1 绿色共生建筑体系，构建与自然协同演进的智慧空间

在全球气候变化与资源约束加剧的背景下，绿色共生建筑体系突破了传统建筑的单向索取模式，通过系统性技术集成实现建筑与自然环境能量交换、物质循环与生态共生。雄安新区启动区，采用“被动房+地源热泵”模式，建筑能耗仅为常规建筑的1/4，可再生能源占比超60%。该体系以被动式设计为基底，叠加近零能耗技术集群，最终形成具备自调节、自修复能力的生态建筑系统。以下从技术路径、系统集成与实践成效三个层面展开论述

2.1.1 被动式技术

被动式技术通过建筑本体的形态优化与材料革新，最大限度减少对主动能源系统的依赖。其核心在于建立建筑与气候的动态响应机制。深圳湾科技生态园，通过被动式设计+BIPV技术，年节约电费1200万元，碳减排量相当于种植1.2万棵树。

(1) 气候数据驱动的空间布局

基于当地气象数据（如日照强度、主导风向、温湿度曲线），采用参数化设计工具生成建筑最佳朝向与形体。例如，深圳某科技园区通过Ladybug + Honeybee气候

分析平台，模拟出正南偏东15°的最优布局，使建筑获得均匀日照的同时，减少夏季西晒热负荷。结合建筑间距优化（满足1.2H日照间距），建筑群整体遮阳效率提升45%。

(2) 高性能围护结构的能量屏障

采用“三明治”复合墙体结构，外层为低辐射Low - E玻璃幕墙（遮阳系数0.25），中层填充真空绝热板（导热系数 $\leq 0.004\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ），内层选用相变材料（PCM）墙板。实测数据显示，该结构使建筑热惰性指标D值提升至8.2，冬季室内温度波动范围缩小至 $\pm 2^\circ\text{C}$ ，减少采暖能耗30%。

(3) 自然通风与采光的协同设计

运用CFD模拟技术优化建筑开口位置与尺寸，形成“进风-导流-排风”的完整气流路径。上海某智慧工厂通过屋顶风塔与建筑腔体的耦合设计，在过渡季实现100%自然通风，降低机械通风能耗60%。同时，采用导光管（采光效率75%）与反光板系统，使地下空间照度达到300lux以上，满足办公需求。

2.1.2 近零能耗技术集群，能源闭环的系统构建

在被动式设计基础上，通过可再生能源系统、智能微网与储能技术的集成，实现建筑能源的自给自足

(1) 光伏建筑一体化（BIPV）的场景创新

光伏幕墙，采用单玻柔性薄膜组件（转换效率18.5%），在保证透光率60%的前提下，年发电量达150kWh/m²。光伏屋面，结合雨水收集系统，采用架空式安装（间距300mm），既发电又隔热，使屋面温度降低8-10℃。在园区主干道铺设光伏地砖（抗压强度 $\geq 200\text{MPa}$ ），年发电量满足园区照明需求的35%。

(2) 地源热泵与空气源热泵的耦合系统

北京某新能源产业园采用“地源热泵+空气源热泵”双模式运行：冬季利用地下100m深井水（恒温14℃）提供

热源, COP值达4.2; 夏季切换为空气源模式, 通过蒸发冷却技术COP提升至3.8。系统全年综合能效比传统空调系统高55%, 年减排CO₂ 2.3万吨。

(3) 智能微网与储能系统的动态调控

集成风光储一体化系统, 光伏阵列峰值功率5MW, 储能系统容量8MWh。通过AI算法预测负荷曲线, 在电价谷段充电、峰段放电, 实现能源成本降低30%。实测数据显示, 系统自平衡率达82%, 极端天气下仍可维持72小时持续供电。绿色共生建筑体系通过“被动优先、主动优化”的技术路径, 实现了建筑从耗能终端向能源生产节点的角色转变。数据表明, 该体系可使建筑全生命周期碳排放降低75%, 运营成本下降40%。未来需进一步突破多能互补系统的效率瓶颈(当前系统效率约78%), 开发基于数字孪生的动态调控算法, 最终构建“建筑即生态”的可持续发展范式。

2.2 智慧生长空间系统, 打造高效、可持续的未来空间

在当今数字化时代, 智慧生长空间系统正以其创新的设计和先进的技术, 为人们带来更加高效、灵活和可持续的空间解决方案。智慧生长空间系统的核心之一是模块化设计。该系统采用 9m×9m 的标准化柱网和智能隔墙系统, 这种设计具有极高的灵活性和可扩展性。通过标准化的模块组件, 可以快速地搭建和重组空间结构, 满足不同的功能需求。在实际应用中, 德国工业 4.0 示范园区成功地运用了这一设计理念。能够在短短 72小时内完成空间功能的转换, 大大提高了生产线的调整效率, 相比传统方式, 效率提升了80%。这种快速响应市场变化和生产需求的能力, 为企业赢得了竞争优势, 也为产业的创新发展提供了有力支持^[2]。

另一个重要组成部分是数字孪生管理。利用 BIM+IoT 技术, 对建筑的全生命周期进行数字化建模和实时监控。通过传感器收集建筑内部的各种数据, 如温度、湿度、能耗等, 并将其与虚拟模型进行对比和分析, 实现对建筑性能的精准评估和优化。上海某智慧园区就是这一技术的成功应用案例。该园区通过 AI优化空调系统运行, 根据实际需求智能调节温度和风量, 成功降低了能耗 18%。同时, 设备故障预警准确率达到95%, 有效减少了设备维修成本和停机时间, 提高了园区的运营效率和可靠性。智慧生长空间系统的优势不仅体现在提高空间利用率和运营效率上, 还在于其对可持续发展的贡献。通过智能化的能源管理和资源调配, 能够显著降低建筑的能耗和碳排放, 实现绿色环保的目标。此外, 模块化设计还减少了建筑材料的浪费, 降低了对环境的影响。

智慧生长空间系统是未来建筑和空间发展的重要方向。它将模块化设计和数字孪生管理相结合, 为人们创造了更加智能、高效和可持续的空间环境。随着技术的不断进步和应用的不断推广, 相信这一系统将在更多领域发挥重要作用, 推动城市和产业的高质量发展。

2.3 生态网络融合模式, 构建可持续的生态系统

该模式涵盖了海绵园区建设、生物多样性保护以及生态廊道构建三个方面, 通过相互融合和协同作用, 打造一个充满活力和韧性的生态网络。海绵园区建设通过提高透水铺装率, 如将透水铺装率提高至70%, 可以有效减少地表径流, 增加雨水的自然渗透, 补充地下水资源。同时, 构建雨水花园等雨水收集和利用设施, 能够对雨水进行净化和储存, 用于园区的绿化灌溉和景观用水, 实现水资源的循环利用。以苏州工业园金鸡湖片区为例, 其通过生态驳岸与湿地系统的建设, 不仅美化了水岸景观, 还显著提高了水体的自净能力, 使面源污染削减率达到65%, 有效改善了水环境质量。生物多样性是生态系统的重要基础, 保护生物多样性对于维护生态平衡和生态系统的稳定性具有重要意义。在 3生态网络融合模式中, 建设“乔木-灌木-地被”复合植被带是保护生物多样性的重要措施之一。这种复合植被带能够为不同的生物提供多样化的栖息和生存环境, 连通周边的生态斑块, 形成一个连续的生态廊道, 促进生物的迁徙和基因交流。成都天府软件园通过鸟类迁徙通道的设计, 为鸟类提供了安全的迁徙路径, 园区鸟类种类从 12 种增加到 38种, 生物多样性得到了显著提升。生态廊道是连接各个生态斑块的重要通道, 能够促进生态系统的物质循环和能量流动, 增强生态系统的连通性和稳定性。通过建设生态廊道, 可以将分散的绿地、湿地、森林等生态斑块连接起来, 形成一个完整的生态网络。生态廊道可以包括河流、绿道、林带等多种形式, 在城市规划和建设中, 应充分考虑生态廊道的布局和建设, 将其与城市的发展有机结合起来, 实现城市与自然的融合发展。

2.4 产城人文融合路径

产城人文融合是推动城市可持续发展的重要路径, 以下通过两个方面来探讨其实现方式。一方面, 打造垂直城市综合体, 实现空间的高效整合。以“生产层+服务层+生态层”的立体布局为理念, 将研发、中试、办公、生活等空间有机融合。例如, 某生物医药产业园通过建设空中连廊系统, 不仅优化了空间利用, 还使通勤效率提高了 40%。这种模式提高了土地利用效率, 减少了交通拥堵, 为产业发展和居民生活提供了便利。另一方面, 注重文化基因的植入, 传承和创新地域文化。景

德镇陶溪川文创园是一个成功的范例，它保留了工业遗产的肌理，将地域文化符号进行现代转译。通过这种方式，陶溪川文创园不仅成为了文化传承的重要载体，还吸引了大量游客，年接待游客超过500万人次，进而形成了文化创意产业集群。这不仅促进了经济的发展，还提升了城市的文化品质和吸引力。产城人文融合需要在空间布局和文化传承方面进行创新和探索。垂直城市综合体的建设和文化基因的植入是实现产城人文融合的有效途径，有助于打造富有活力和特色的城市空间，推动城市的高质量发展^[3]。

2.5 循环经济运营模式，推动可持续发展的创新实践

资源闭环管理是循环经济的核心环节。通过建立废弃物分类、回收和再生体系，实现资源的最大化利用和废弃物的最小化排放。例如，某电子信息产业园通过实施资源闭环管理，实现了废塑料回收率高达92%，工业用水循环利用率达到85%。这不仅减少了对自然资源的依赖，降低了企业的生产成本，还减少了废弃物对环境的污染，实现了经济效益和环境效益的双赢。共享服务平台是循环经济的重要支撑。通过共享实验室、检测中心等公共技术平台，以及制造设备等资源，降低了中小企业的研发成本和生产运营成本，提高了资源的利用效率。杭州未来科技城的共享制造平台就是一个成功的案例，该平台使设备利用率提升至85%，为中小企业提供了更加便捷、高效的生产服务，促进了产业的协同发展。

3 未来展望

随着科技的不断进步和人们对可持续发展的追求，未来产业园建筑设计将呈现出多元化的发展趋势。

3.1 零碳园区标准体系构建

为应对全球气候变化，实现碳中和目标，制定统一的零碳园区标准成为当务之急。这一标准将涵盖能源利用、碳排放管理、资源循环等多个方面，规范产业园的建设和运营。通过采用清洁能源、提高能源效率、加强碳捕获与封存等措施，实现园区的零碳排放。零碳园区标准体系的构建将推动产业园向绿色、低碳、可持续发展的方向发展，为全球生态环境做出贡献。

3.2 数字孪生技术深化应用

数字孪生技术作为一种新兴的技术手段，将在未来产业园建筑设计中得到进一步深化应用。通过在虚拟空间中创建物理实体的数字模型，实现对建筑设计、施工和运维全过程的模拟和优化。在设计阶段，数字孪生技术可以帮助设计师更好地理解建筑的性能和需求，优化设计方案；在施工阶段，能够实现施工过程的可视化管理，提高施工质量和效率；在运维阶段，可对建筑的设备运行、能源消耗等进行实时监测和分析，实现智能化的运维管理。数字孪生技术的深化应用将提高产业园建筑的整体性能和管理水平，降低运营成本。

3.3 空间自修复材料研发

建筑材料的耐久性和维护成本是产业园建筑设计中需要考虑的重要问题。研发具有自修复功能的建筑材料将成为未来的一个重要发展方向。这种材料能够在受到损伤后自动进行修复，延长建筑的使用寿命。例如，一些新型的聚合物材料可以在受到裂缝或磨损时，通过内部的化学反应自动修复损伤部位。空间自修复材料的研发将减少建筑的维护成本，提高建筑的安全性和可靠性，为产业园的长期稳定运行提供保障。

4 总结

创新理念下的产业园建筑设计通过多维度的技术创新和空间重构，实现了经济效益、社会效益和生态效益的有机统一。未来，随着技术的不断发展和应用，产业园将向“能碳自平衡、空间自组织、服务自优化”的第四代智慧园区迈进，为城市的可持续发展提供有力支撑。

参考文献

- [1]宋斐.产业园区设计中绿色建筑理念的运用[J].中国建筑金属结构.2023,22(4).DOI:10.20080/j.cnki.ISSN1671-3362.2023.04.044.
- [2]杨茹.通用型科技产业园的规划与建筑设计实践——以北京某科技产业园项目为例[J].江西建材.2022,(7).DOI:10.3969/j.issn.1006-2890.2022.07.046.
- [3]丁文书.新型多功能复合式产业园建筑设计研究——以深圳为例[D].2020.