

# 浅谈绿色建筑的研究与实际运用

文 / 孙超 上海千年城市规划工程设计股份有限公司

**摘要：**随着全球气候变化加剧与可持续发展战略深化，绿色建筑已从理念认知阶段迈向规模化实施阶段。本研究针对当前绿色建筑实践中存在的技术碎片化、效益评估单一化等问题，创新性提出全生命周期视角下的绿色建筑技术集成体系，包含了在设计阶段构建基于BIM的能耗模拟平台，实现建筑形态中能源系统的多目标优化；在建造环节研发模块化低碳施工工法，降低隐含碳排放量；在运营维护阶段建立智慧能源管理系统，通过光伏、空气源热泵等提升可再生能源的利用。

**关键词：**节能；环保；低碳；绿色建筑；可再生能源

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.11.043

## 引言

随着全球气候变化和资源短缺问题的日益严峻，绿色建筑作为一种可持续发展的解决方案受到了广泛关注。然而，现有研究多集中于绿色建筑的设计和施工阶段，对其全生命周期的环境影响评估仍存在较大空白。本研究旨在探讨绿色建筑在全生命周期内的环境影响，特别是在设计与运营阶段的资源利用效率，拆除与再利用的资源分类回收，以填补现有研究的不足。研究结果不仅为绿色建筑的全生命周期评估提供了新的理论框架，还为建筑行业的可持续发展实践提供了科学依据。

本文主要简述了绿色建筑全生命周期的相关概述，随后调研了目前国内外对于绿色建筑的相关政策、现况和发展目标，紧接着通过具体工程案例的研究来解析绿色建筑全生命周期的过程，最后提出了优化绿色建筑的建议。

## 一、绿色建筑的概念

### （一）绿色建筑的概述

绿色建筑的生命周期是指从规划设计、施工建设、运营维护到最终拆除或再利用的整个过程<sup>[1]</sup>。绿色建筑强调在整个生命周期中最大限度地减少对环境的影响<sup>[2]</sup>，提高资源利用效率，并促进人与自然的和谐共生<sup>[3]</sup>。

在规划设计阶段主要包含了选址与环境评估、节能设计、材料选择、水资源管理、生态景观设计等；在施工建设阶段主要包含了绿色施工技术、废弃物管理、能源管理、水资源保护等<sup>[4]</sup>；在运营维护阶段主要包含了节能运营、水资源管理、室内环境质量、定期维护等；在拆除与再利用阶段主要包含了建筑拆除、材料回收、土地再利用等。通过对建筑全生命周期的评估，从最初的项目立项设计到最后老旧危楼拆除各个阶段对环境的影响分析，推算出建筑总体的资源或能源消耗量。

以上述对绿色建筑的描述中也不难发现，从一个建筑最前期的建设用地选址、采用的设计策略、使用的建筑材料、楼内设置的系统等都会影响到后续施工建设、运营维护和拆除再利用的阶段，所以绿色建筑前期规划设计阶段对其整个生命周期有着巨大的影响。

### （二）绿色建筑的核心目标

对绿色建筑的深入了解及研究后，总结出了绿色建筑的几个核心目标，分别是减少碳排放、资源高效利用、提升人居健康和生态保护。

通过节能设计与可再生能源的高效利用，有效降低建筑碳足迹已成为实现国家“双碳”战略目标的重要路径。作为碳排放的主要领域之一，建筑行业亟须在现有技术基础上持续创新，以新技术、新材料和可再生能源为突破口，推动建筑全生命周期的碳排放量稳步下降。同时，通过优化资源利用效率，最大限度地减少对自然资源的消耗，为行业注入可持续发展的动力，形成良性循环，从而进一步促进循环经济的发展。此外，绿色建筑不仅致力于降低环境影响，还注重营造舒适、健康的室内环境，显著提升居住者的生活质量。绿色建筑通过减少对自然生态系统的干扰，积极促进生物多样性的保护与恢复，为构建人与自然和谐共生的可持续发展模式提供了重要支撑<sup>[5]</sup>。

绿色建筑的核心目标与国家战略目标高度契合，是实现可持续发展的重要抓手。从国家宏观战略到地方具体政策，从区域整体规划到建筑微环境优化，通过对目标的层层分解与落实，可以看出，重大战略目标的实现离不开众多细微环节的协同推进。在绿色建筑的后续实施过程中，需精准把控每个环节对建筑环境性能的影响，确保其在设计、施工、运营及拆除全生命周期中均符合绿色建筑标准<sup>[6]</sup>，从而真正实现绿色建筑核心理念与价值。

## 二、国内外绿色建筑现状

### (一) 绿色建筑的政策

#### 1. 国际政策

《巴黎协定》：2015年通过的《巴黎协定》明确了全球应对气候变化的目标，要求各国减少温室气体排放。绿色建筑作为降低碳排放的重要手段，被纳入许多国家的政策框架。

欧盟绿色协议：欧盟提出了“2050年碳中和”目标，并制定了严格的建筑能效标准，要求新建建筑和既有建筑改造均需符合绿色建筑标准。

美国绿色建筑委员会（USGBC）：美国通过LEED（能源与环境设计先锋）认证体系，推动绿色建筑的普及与发展。联邦政府和地方政府也出台了多项激励政策，鼓励绿色建筑的建设。

#### 2. 国内政策

“双碳”目标：中国提出了“2030年碳达峰、2060年碳中和”的“双碳”目标，建筑行业作为碳排放的主要领域之一，被赋予了重要的减排任务。

绿色建筑评价标准：中国自2006年起实施《绿色建筑评价标准》，并不断更新和完善，推动绿色建筑的规范化发展<sup>[7]</sup>。

地方政策：北京、上海、深圳等城市率先出台了绿色建筑的地方性法规和政策，要求新建建筑必须达到绿色建筑标准，并对既有建筑进行绿色改造。

### (二) 绿色建筑的发展目标

#### 1. 国际目标

碳中和目标：许多国家将绿色建筑作为实现碳中和目标的重要手段。例如，欧盟计划到2030年将所有新建建筑建成“近零能耗建筑”。

可持续发展目标（SDGs）：联合国提出的可持续发展目标中，绿色建筑在“可持续城市和社区”（SDG 11）和“气候行动”（SDG 13）中扮演着重要角色。

#### 2. 国内目标

“十四五”规划：中国在“十四五”规划中明确提出，到2025年，城镇新建建筑中绿色建筑的比例要达到70%以上。

技术创新目标：中国计划在绿色建筑领域加大研发投入，推动新材料、新技术、新能源的应用，提升绿色建筑的整体性能。

区域协调发展：通过政策引导和技术支持，推动中西部地区绿色建筑的快速发展，缩小区域差距。

通过上述的对比不难发现，绿色建筑作为实现可持续发展的重要途径，已在全球范围内取得了显著进展。

国内外政府通过政策引导和技术支持，推动绿色建筑的普及与发展。然而，绿色建筑仍面临成本、技术和意识等方面的挑战。未来，通过技术创新、政策优化和公众参与，绿色建筑有望在全球范围内实现更广泛的应用，为应对气候变化、促进资源节约和提升生活质量作出更大贡献。

## 三、绿色建筑工程实例

### (一) 工程概况

项目名称：莘庄商务区地块商务大楼项目，项目地点：上海市闵行区莘庄商务区，本项目具体位于上海市闵行新城MHC10204单元28A街坊-04A地块，东临经五路，西接七莘路，北靠秀文路，用地性质为商务办公用地(C8)。基地呈矩形，南北长约110米，东西宽约100米，建设用地面积为10586.80平方米（约16亩）。

项目自2018年3月完成施工图设计，历经三年半的建设，于2021年8月顺利通过整体工程竣工验收。地块内总建筑面积为49706.72平方米，由一栋17层高层办公楼、一栋单层垃圾房和一座特种设备停车库组成。其中，办公楼总建筑面积为49666.22平方米，地上建筑面积35334.98平方米，地下建筑面积14331.24平方米，建筑总高度77.8米。项目建成后，整栋办公楼将为闵行区行政服务中心，用于政府部门证照办理窗口及日常办公。

### (二) 设计理念

项目整体以“生态、节能、健康、可持续”为核心理念，采用当时的《绿色建筑评价标准》GB/T50378-2014版的要求，对建筑进行绿色建筑二星级的设计，最大化地利用自然光和通风等清洁能源和可再生能源，最大限度地减少对传统能源的依赖。

### (三) 技术应用

本项目在设计阶段通过节地与室外环境、节能与能源利用、节水与水资源利用、节材与材料资源利用和室内环境质量这五方面展开叙述<sup>[8]</sup>，构件绿色建筑的基本框架，从而在设计中全面融入绿色节能理念。

#### 1. 节地与室外环境

本项目的节地设计充分体现了绿色建筑理念，通过地面绿地向社会公众开放和合理开发利用地下空间，实现了土地资源的高效利用。室外场地全面采用透水铺装材料，包括透水沥青路面和透水砖停车位，积极响应国家海绵城市建设政策。在雨天，场地能够有效吸收、收集和蓄存雨水，并通过净化措施将其再利用，实现了自然途径与人工措施的有机结合。这种设计不仅确保了上海排水防涝的安全性，还最大限度地促进了雨水资源的积存、渗透和净化，为生态环境保护作出了积极贡献。

此外，在室外环境的营造中，项目充分考虑了传统玻璃幕墙可能对周边楼宇造成的光污染问题。为此，项目创新性地采用仿玻璃幕墙型式的排窗节点构造专利技术（图 3-2）。这种设计既满足了外窗的基本功能，又赋予了建筑美观时尚的外观，同时有效降低了对周边楼宇的光反射，充分体现了绿色建筑以人为本的设计理念，展现了项目在生态友好与人性化设计方面的综合考量。

### 2. 节能与能源利用

在节能与能源利用方面，本项目通过规整的建筑体型设计，有效降低了整体体形系数，从而提升了围护结构的保温隔热性能，显著优于常规建筑。根据《公共建筑热工设计规范》和《民用建筑建设热工设计规范》，项目通过软件模拟计算优化围护结构热工性能，建筑能耗降低达 10%，节能效果显著。外窗采用中空百叶 Low-E 玻璃三玻两腔构造，不仅满足传热系数要求，东、南、西三个方向的外窗中空百叶还可根据办公人员的实际需求灵活调节，进一步提升节能效果。

在空调系统设计上，项目选用了全空气系统，采用全新风运行模式，在空调管道的进风口处增设 PM2.5 的过滤网，不仅有效改善了空调区域的空气品质，还大幅降低了空气处理所需的能耗。该系统特别适用于空间大、人员密集且对温控精度、噪声控制和洁净度要求较高的环境。尽管空调管道占用了一定空间，对局部房间的吊顶净高产生了一定影响，但通过室内设计阶段的巧妙调整，采用集约化、一体化的吊顶造型设计，成功实现了空间的高效利用。

在电气照明系统设计上，项目充分考虑了节能、定时、分区、感应等多种节能控制措施。例如，屋面导光管设计充分利用了自然光资源，进一步减少了对人工照明的依赖。此外，电梯和自动扶梯采用群控和自动启停技术，合理分配能源使用，有效应对办公楼上下班高峰期与节假日低谷期的不同需求，实现了能源的高效利用。

在生活热水的考虑上选用了太阳能热水 + 空气源热

泵的组合形式，通过在项目主楼屋面设置大面积的太阳能集热器，充分利用清洁无污染的太阳能资源，将光能高效转化为热能，在阴雨天气时便由空气源热泵产出主要热能来加热生活热水，此种组合显著减少了办公楼一次热水加热所需的电能消耗。这一设计不仅降低了对传统能源的依赖，还体现了绿色建筑在可再生能源利用方面的实践与探索。

### 3. 节水与水资源利用

在节水设计方面，本项目采用了高效节水型卫生器具，并引入节水灌溉技术，显著降低了水资源的消耗。同时，项目在地下一层设置了雨水回收机房，通过雨水管道将办公楼主楼屋面的雨水收集至雨水原水池中。经过过滤处理后，雨水被储存并用于绿化灌溉，实现了水资源的循环利用，充分体现了节能减排和绿色环保的设计目标。

此外，项目在整个建筑中设置了分项计量系统，能够精确监测各楼层的每日用水量。通过对数据的精准计量和深入分析，系统可以为使用者提供科学、高效的节水措施建议，进一步优化了水资源的管理与利用。

### 4. 节材与材料资源利用

在节材设计方面，本项目严格遵循上海市相关规范要求，经过精确的计算后，办公楼建筑单体的预制率达到 51.6%，远超 40% 的最低标准（表 3-1）。项目采用钢框架结构体系，施工过程中以预制构件拼装为主，有效避免了现浇混凝土产生的大面积扬尘污染，为绿色施工奠定了基础。钢结构建筑在达到设计的生命周期后，钢材可回收再利用，能给后续减少建筑垃圾提供了有力保障，相较于传统的现浇混凝土建筑，进一步降低了对环境的负面影响。

同时，项目通过土建工程与公共区域装修的一体化设计，有效避免了二次室内装修中的材料浪费。此外，通过使用预拌混凝土和预拌砂浆，进一步减少了施工过程中的扬尘污染，充分体现了绿色建筑在资源节约与环境保护方面的实践与创新。

表 3-1

序号	构件类型	权重系数	预制形式	修正系数	预制构件比例
1	柱 / 斜撑	0.10	免模柱 / 斜撑	0.50	100%
2	梁	0.22	全预制梁	0.90	100%
3	楼板	0.28	免模支撑板	0.60	100%
4	楼梯	0.10	全预制	1.0	100%

$$\text{建筑单体预制率} = (0.10 \times 0.50 + 0.22 \times 0.90 + 0.28 \times 0.60 + 0.1 \times 1) \times 100\% = 51.6\%$$

注：根据《上海市住房和城乡建设管理委员会关于本市装配式建筑单体预制率和装配率计算细则（试行）的通知》（沪建建材 [2016]1601 号）中相关规定

### 5. 室内环境质量

(1) 主要功能房间的构件隔声设计在绿色建筑中是不可缺少的一项内容, 在本项目中主要考虑外墙、外窗、内隔墙、楼板的撞击声隔声性能达到现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》。外墙与内部隔墙的隔声通过查阅国家建筑标准设计图集《建筑隔声与吸声构造》, 选取与本项目外墙构造形式相近的墙体, 得知隔声指数为 46dB。外窗的隔声通过查阅《建筑声学设计手册》, 得知隔声指数为 36dB。楼板的隔声根据《建筑隔声设计——空气声隔声技术》书中, 推荐使用的经验公式:  $R=231gm-9(m \geq 200 \text{ kg/m}^2)$  计算得 52.35dB。

(2) 通过建筑围护结构的构造层次, 在 PKPM 软件中建立模型并进行模拟实验, 经过软件综合模拟测算, 外墙另有保温层, 其空气声计权隔声将大于 46dB; 外窗的空气声计权隔声量经修正后为 32.2dB; 隔墙另有面层等构造做法, 其空气声计权隔声将大于 46dB; 楼板的空气声计权隔声量经修正后为 47.35dB。通过上述数据可知楼板的撞击声隔声性能达到现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》中高要求标准限值的要求。

在改善和优化室内光环境中, 该建筑的设计也有诸多亮点。其一, 主要功能房间能通过外窗看到室外自然景观, 无明显视线干扰, 在防止炫光方面采用了外窗中设置中空百叶的手法, 做成可调节遮阳, 降低夏季太阳辐射得热。其二, 在辅楼屋面上加设了屋面导光筒, 对于辅楼顶层远离外窗的公共餐厅区域进行有效的光源导入, 使得其在白天时, 不用灯光作为主要照明光源, 降低了整栋建筑的能源消耗。整体建筑模型经 PKPM 软件模拟分析后得出, 主要功能空间采光系数达标面积比例达 69.76%。

在地下车库中, 设置与排风风机联动的一氧化碳检测系统, 实时监测空气质量并自动启动排风设备。该系统不仅保障了地下空间的安全性, 还改善了空气流通性, 为办公人员提供了更优质的停车体验。

### (四) 实施过程

绿色建筑在实施过程中, 施工管理和质量控制是实现其绿色建筑的关键环节。通过资源节约管理、环境保护措施和高效施工技术的应用, 绿色建筑施工管理可最大限度地减少资源浪费和环境污染。同时, BIM 技术的引入为绿色建筑施工管理与质量控制提供了强有力的技术支持。

绿色建筑施工管理中施工单位制定了完善的施工计划进度表, 使得资源的高效利用, 这不仅仅是物质资源, 还包括了时间资源和人力资源。通过制定合理的工期、人员的有效分配、各工种的紧凑衔接, 使资源得到了有效利用, 不乏包含材料、能源和水资源的节约。通过采用钢制预制构件、加气混凝土砌块等再生材料和节能设备, 减少传统建设过程中的浪费。同时, 施工管理注重施工效率的提升和技术创新。通过引入 BIM 技术、装配式建筑和智能化施工设备, 优化施工流程, 减少工期和成本, 同时提高施工质量。

在绿色建筑施工过程中, 需对每一道工序进行严格的质量控制<sup>[9]</sup>。通过制定详细的施工方案和工艺流程, 确保施工过程符合绿色建筑标准<sup>[10]</sup>。此外, 采用 BIM 技术进行施工模拟和预拼装, 减少施工误差, 提高施工精度。同时, 本项目采用了钢结构体系, 对在施工过程中会产生扬尘、噪声、建筑垃圾等都有极大的缓解作用。类似于需要采用现浇的地下室结构, 通过使用预拌混凝土、封闭式施工场地和, 降低施工对环境的影响。

### (五) BIM 技术的运用

本项目充分利用 BIM 技术, 在设计阶段与施工阶段实现全程应用, 显著增强了对项目的整体把控能力。在设计阶段, 通过 BIM 精准化建模, 优化了设备管线和桥架的位置及走向, 并精确计算建筑室内吊顶完成面的装修高度, 在保持原有层高不变的前提下, 营造出更加开阔的室内空间感。在施工过程中, BIM 的预拼装技术得到了充分应用, 通过在软件中预先模拟构件间的拼接, 有效减少了施工误差, 极大地提升了施工的精细化水平, 确保了工程的高质量交付。

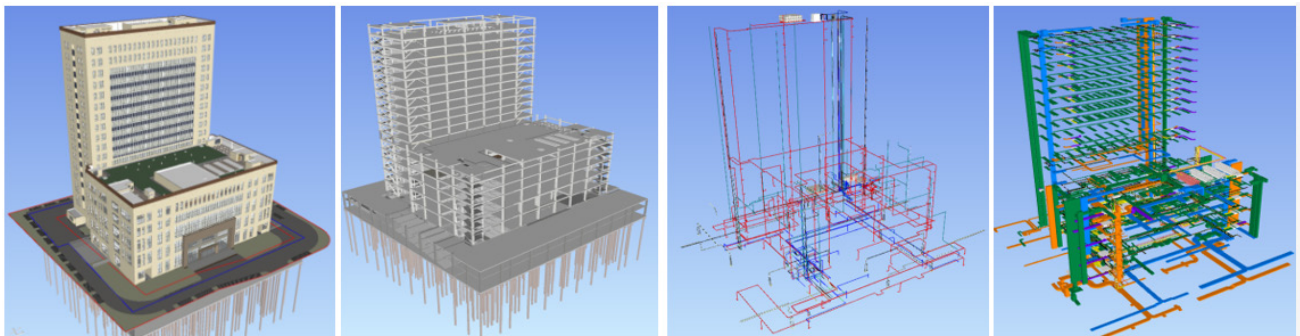


图 3-2 商务办公楼 BIM 模型示意图

## （六）经验与启示

该项目从设计建造到后期竣工投入使用已有3年有余，根据业主的反馈情况，建筑整体运行良好，且得益于前期设计阶段的各项系统设计，使得后续的运维阶段更便捷和简单，通过对水、电等能耗的分项计量，可以统计出该建筑一年四季对于能源消耗的不同当量。

对于实际使用人员而言，这栋绿色建筑给予他们更好的办公体验，无论是从外门窗的密闭性、办公房间的采光性能还是空调的舒适性以及位于主要城市道路边噪声的隔绝性都是一个很好的体验。节能灯具提供的合适照度，等候电梯时电梯联动后的快速响应，从很小的细节就能体现出建筑的人性化、智能化和科学化。

对于物业的维保团队来说，在竣工交付时同步交付的BIM模型，能更好地帮助他们了解整栋楼的构造，各类管线的位置和隐蔽工程的结构等都了然于电脑屏幕前，三维化的输出给了人更直观的体验，带领维保人员从原先的竣工蓝图走进电脑屏幕中的三维模型中，实现了从二维到三维的升级。

绿色建筑的成功实施需要政府、企业、设计单位、施工单位和用户的共同努力和合作。通过上述案例可以看出，绿色建筑的形成主要得益于两套“大系统”，主动系统和被动系统，主动系统包含了整个建筑的设备系统，被动系统包含了建筑自身的围护保温、自遮阳、体型系数等。设备系统的开启与否取决于使用者需求，而被动系统中的保温、遮阳、体型系数等都是随建筑的使用年限一样，一直存在的。在绿色建筑的设计中，更应该多关注一些被动系统形成，使其更好地融入自然，发挥其功效，给人们提供更舒适的体验。

全生命周期的思维贯穿于整个绿色建筑，该建筑目前虽然还正在运营阶段，未到拆除阶段，但是通过前期可回收、再利用的建筑建材来分析，能实实在在地预判到，后续建筑拆除时对周围环境的破坏和建筑废气物的减少。

## 结语

随着人类社会的不断发展，绿色建筑技术已在我国得到广泛推广，政府积极出台新的节能政策，推动新技术的应用，充分体现了国家对提升建筑节能目标的坚定决心。围护结构、采暖空调系统、新能源技术等节能技术将逐步在单体建筑中广泛应用，绿色建筑将在未来建筑行业的发展中占据举足轻重的地位。

然而，绿色建筑的新技术仍有诸多领域尚未深入探讨，这些技术的应用效果仍需通过时间的检验。值得注意的是，某些国外技术可能在其本土建筑中表现优异，

但并不一定适用于我国。我国国土面积辽阔，气候类型多样，季风气候显著，不同地区需要因地制宜地采用相应的绿建技术。目前，国家已针对不同气候区制定了明确的热工分区标准。尽管文中已对夏热冬冷的上海地区工程实例进行了论述，但严寒地区、寒冷地区、夏热冬暖地区和温和地区的相关实例仍有待补充。这五大热工区域必然需要与之相匹配的绿建技术。

2020年9月22日，我国在联合国大会上正式提出了“2030年碳达峰、2060年碳中和”的战略目标。建筑行业的发展必将顺应这一时代潮流和政策导向。未来，随着人们对生活空间需求的不断变化，设计师们将创造出更加符合时代需求的建筑空间。在当前的发展趋势下，能源短缺和环境污染已成为制约国家发展的两大挑战。如何在国家高速发展的过程中，更多地利用可再生能源，设计出无污染、零排放的绿色建筑，已成为现代建筑行业必须思考和努力的方向。

展望未来，绿色建筑的发展将成为推动我国建筑业转型升级的重要动力。我们应当积极探索适合我国国情的绿建技术，为实现可持续发展目标贡献力量。

## 参考文献

- [1] 卢剑华. 基于系统思想的设计管理研究[J]. 上海建设科技, 2010-07-05.
- [2] 薛涛. 绿色建筑设计理念在建筑设计中的应用研究[J]. 砖瓦世界, 2024-07-12.
- [3] 田恒. 环境影响评价在生态城市建设中的实践探讨[J]. 皮革制作与环保科技, 2023-09-30.
- [4] 孔云丹. 有色金属业 ESG 信息披露质量评价研究——以中国铝业为例[D]. 天津工业大学, 2023.
- [5] 朱玉芳. 这块绿地，有看头[N]. 人民日报海外版, 2023-11-27(11版).
- [6] 边靓. 基于多级可拓方法的绿色施工评价[D]. 兰州理工大学, 2016.
- [7] 胡颖铭, 熊定国, 徐庆, 等. 关于我国生态低碳建筑环境评价标准研究的思考[J]. 建设科技, 2015-07-25.
- [8] 杨木旺. 中国高星级绿色住宅溢价的影响因素及其区域异质性——基于 Hedonic 模型的实证研究 - 建筑[EB/OL]. 2022-01-01.
- [9] 艾鹏. 房屋建筑工程施工质量控制标准及方法研究[J]. 中国标准化, 2016-01-01.
- [10] 黄仕勇. 公路施工质量与进度管理策略[J]. 四川建材, 2023-07-25.