

# 清水混凝土建筑可持续性设计与环境适应性研究

文 / 崔春刚 烟台市建筑设计研究股份有限公司

**摘要：**本文聚焦清水混凝土建筑可持续性设计与环境适应性，通过文献研究与案例分析，系统阐述其材料特性及发展历程，剖析可持续性设计原则，并提出资源节约、能源高效利用、环保措施及材料结构优化等策略，同时探讨不同气候与地理条件下环境适应策略。研究明确了其在可持续中设计优势与挑战，总结出实用指导方案，为清水混凝土建筑广泛应用与发展提供了理论依据与实践支持。

**关键词：**清水混凝土建筑；可持续性设计；环境适应性；建筑发展

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.12.101

## 引言

近年来，清水混凝土建筑在可持续性设计与环境适应性方面取得了显著进展。在可持续性设计方面，清水混凝土通过优化材料配比、使用低碳水泥和回收骨料，减少了对自然资源消耗和环境影响。结合 BIM 技术和智能监控系统，清水混凝土建筑实现了从设计到施工精细化管理，提高了施工效率和质量。在环境适应性方面，清水混凝土表现出良好耐久性，能够抵御极端气候条件侵蚀，如高温、低温、酸雨和盐雾等。此外，智能监测系统应用进一步提升了清水混凝土在复杂环境下自适应能力。康积源等<sup>[1]</sup>认为，清水混凝土可持续性设计应注重材料绿色化和施工工艺优化，通过使用低碳水泥和回收骨料，减少对自然资源消耗。方如明<sup>[2]</sup>根据清水混凝土在不同气候条件下应用情况，提出了优化混凝土配方和施工工艺观点，强调在极端气候条件下应采取喷雾养护或加热拌合水等措施。李学鹏等<sup>[3]</sup>在分析清水混凝土在市政工程中应用时，发现其具有高强度、高耐久性和施工便捷性等优点，这些特性使其在市政道路桥梁工程中表现出色。本文在总结现有研究成果基础上，进一步探讨了清水混凝土在极端气候条件下耐久性问题，并提出了结合智能混凝土技术创新方向。通过引入智能监测系统和自修复功能，清水混凝土能够在复杂环境下实现自我诊断和修复，从而延长使用寿命并降低维护成本。

## 一、清水混凝土建筑

### （一）清水混凝土特性

清水混凝土，又称装饰混凝土，是一种以混凝土成型后自然表面为饰面特殊建筑材料，由水泥、骨料、外加剂、掺合料和水等基本成分构成。其水泥质量要求高，骨料需强度高、颜色一致且杂质少，外加剂能改善混凝土性能，掺合料如粉煤灰、矿粉等能降低环境污染并提高耐久性。清水混凝土具有高强度、耐久性和出色装饰性。其强度高于普通混凝土，能承受更大荷载，适用于高层建筑等。耐久性体现在抗渗性、抗化学侵蚀性和抗冻性等方面，能在恶劣环境下保持稳定性能<sup>[1]</sup>。装饰性方面，

清水混凝土表面平整光滑，色泽均匀，能营造出简洁高雅建筑氛围，并随光线变化展现出丰富层次感和立体感。此外，其环保性能优越，减少了建筑垃圾和能源消耗，符合可持续发展要求。

### （二）清水混凝土建筑发展历程

清水混凝土建筑起源于 20 世纪初，最初因其可塑性、高强度和耐久性受到建筑师关注，他们开始尝试展现混凝土未经装饰原始质感。法国建筑师勒·柯布西耶 1929 年设计萨伏伊别墅，以其简洁几何形状和白色清水混凝土表面，成为这一时期经典之作，奠定了清水混凝土建筑发展基础。20 世纪 30 年代至 50 年代，清水混凝土在欧洲和美国广泛应用于公共和工业建筑，注重功能与形式统一，营造出简洁大气氛围。随着建筑技术进步和美学要求提高，现代清水混凝土建筑在设计、技术和应用领域取得显著发展，如图 1 所示。日本建筑师安藤忠雄作品，如“水之教堂”，将清水混凝土与自然、光影完美融合，展示了其在营造情感化空间方面能力。技术上，现代清水混凝土建筑采用高精度模板体系、优质原材料和外加剂，以及优化混凝土配合比等先进技术，提高浇筑质量和表面效果，并出现了彩色、装饰清水混凝土等新型技术，清水混凝土建筑已扩展到住宅、商业、文化建筑等各个领域，成为现代建筑发展重要趋势。

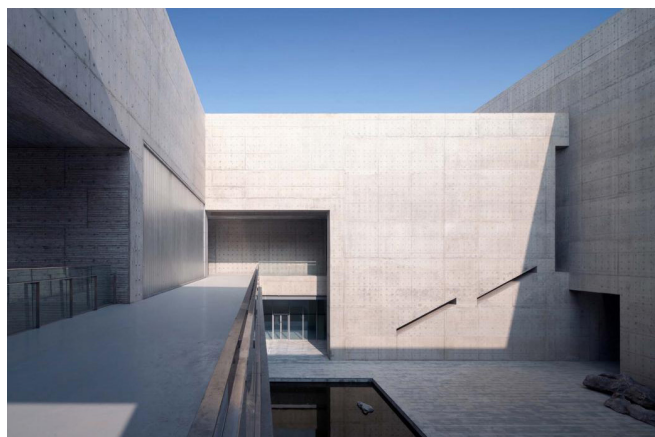


图 1：清水混凝土建筑效果图

## 二、清水混凝土建筑可持续性设计

### (一) 可持续性设计原则

清水混凝土建筑在可持续性设计中展现出显著资源节约、能源效率和环境保护优势。在材料选用上,通过优化混凝土配合比,合理掺加粉煤灰、矿渣等工业废渣,有效降低了水泥用量,改善了混凝土性能,实现了资源节约。施工过程中,采用先进技术和设备,如自动化泵送、高精度模具和可重复使用模板体系,显著提高了材料利用率,减少了资源浪费。在能源效率方面,清水混凝土高热惰性有助于调节室内温度,减少空调使用,降低能耗。通过增加墙体厚度和采用高效隔热材料,炎热地区建筑空调能耗可降低约30%。合理建筑朝向和布局充分利用自然通风和采光,进一步提升了能源效率。在环境保护上,清水混凝土无需额外装饰材料,减少了生产污染。施工过程中废弃物少,拆除时易于回收利用,降低了建筑垃圾对环境的影响。

### (二) 可持续性设计策略

清水混凝土建筑可持续性设计在材料选择与优化、结构设计与优化以及施工工艺与管理方面均展现出显著优势。在材料选择上,优先采用本地生产、低能耗水泥和天然或再生骨料,通过优化混凝土配合比,减少水泥用量,提高耐久性,如某工程中粉煤灰掺量达25%,显著降低碳排放并延长建筑寿命。结构设计与优化方面,根据建筑需求选择合适结构体系,利用先进软件精细化设计,减少材料用量,如某商业综合体通过模拟分析优化结构,材料用量降低15%。考虑建筑可改造性,提高适应性。在施工工艺与管理上,采用预制装配式施工技术减少现场湿作业,精确浇筑设备和工艺降低混凝土浪费,如某住宅项目工期缩短30%,垃圾减少40%。科学施工管理包括详细计划、材料管理和人员培训,提高施工

效率,减少浪费,如某项目材料浪费率降低20%,施工效率提升15%。

### (三) 可持续性设计案例分析

悉尼歌剧院与上海保利大剧院作为清水混凝土建筑杰出代表,在可持续性设计方面各有千秋。悉尼歌剧院选用上乘本地骨料与水泥,展现独特质感,同时采用创新薄壳结构体系,大幅减少混凝土用量,实现材料高效利用。其精心设计朝向与屋顶,充分利用自然采光与通风,减少能源消耗。而上海保利大剧院则优先选用本地材料,通过优化混凝土配合比,合理掺加工业废渣,降低资源消耗与碳排放,同时提升混凝土性能<sup>[2]</sup>。该剧院采用合理框架结构体系,利用先进软件精细化设计,减少材料用量。其布局与开窗设计促进自然通风与采光,大面积玻璃幕墙减少人工照明,节能设备与智能控制系统进一步提高能源效率。

## 三、清水混凝土建筑环境适应性

### (一) 不同环境条件对建筑要求

气候条件与地理条件对清水混凝土建筑设计有着至关重要影响,如表1所示。在寒冷地区,建筑需注重保温防寒,墙体需增厚并采用保温性能良好混凝土材料,门窗则需提高隔热性能。而在炎热地区,隔热与通风是关键,增加墙体厚度、设置遮阳设施、合理设计通风口和通风塔,可有效降低室内温度。对于潮湿地区,防潮与防霉至关重要,外墙需做好防水处理,室内装修选用防潮材料,并加强通风。地理条件方面,山地建筑需顺应地形设计,采用错层、退台等手法,选用强度高、耐久性好材料。平原地区建筑布局灵活,但需注意排水问题,优先选用本地材料。海滨地区建筑则需采用抗侵蚀性能好材料,加强结构耐久性设计,同时注重与海景融合。

表1: 气候条件与地理条件对清水混凝土建筑影响

条件	设计策略	可持续性效益	技术特点	经济效益	环境影响
炎热地区	优化建筑设计,增强通风与隔热效果	降低空调能耗约30%,减少能源消耗	采用高效隔热材料和自然通风系统	降低运营成本	减少温室气体排放
寒冷地区	加强建筑保温性能,减少热量散失	降低供暖能耗,减少对传统能源依赖	选用高性能保温材料 and 节能门窗	提高能源利用效率	降低碳排放
山地地区	顺应地形设计,减少对自然环境破坏	降低建设成本,提高资源利用效率	利用地形高差,减少土方开挖	节省建设费用	保护生态环境
材料选择	采用本地生产材料	减少运输碳排放,提高建筑耐久性和稳定性	本地材料适应性强,减少材料劣化	降低材料成本	减少运输过程中环境影响

### (二) 清水混凝土建筑环境适应策略

清水混凝土建筑设计需充分考虑气候与地理条件。在寒冷地区,保温设计至关重要,通过增加墙体厚度、选用保温材料、优化建筑朝向等措施,减少热量散失,提高室内温度。炎热地区则以隔热与通风为重点,增加

墙体厚度、设置遮阳设施、利用通风塔和合理布局通风口,有效降低室内温度。潮湿地区需解决防潮与防霉问题,采用防水处理、防潮材料和加强通风等措施,控制室内湿度,防止霉菌滋生。在山地地区,建筑应顺应地形设计,采用错层、退台等手法,确保建筑稳定,防止地质灾害<sup>[3]</sup>。

平原地区建筑布局灵活，但需注重排水，优先选用本地材料，降低运输成本。海滨地区建筑需采用抗侵蚀材料，加强结构耐久性设计，同时注重与海景融合，通过大面积玻璃幕墙将海景引入室内。

### （三）环境适应性案例分析

杭州天目里与墨西哥清水混凝土休闲度假小屋是两个应对不同气候与地理条件建筑典范。杭州天目里，位于亚热带季风气候杭州，由普利兹克奖得主设计，是一个集多功能于一体艺术园区。为应对夏季炎热，园区设置多处庭院和天井，引导自然风流通，降低室内温度；建筑外立面采用片状阳极氧化铝板材和电动遮阳系统，有效遮阳。精细排水系统收集雨水用于绿化灌溉，实现水资源有效利用。地理上，天目里利用平坦地势，采用开放式布局，与周边环境融合，营造舒适城市绿洲。而墨西哥小屋，位于炎热潮湿墨西哥太平洋海岸，采用清水混凝土与木制板结合，墙体厚实，利用热惰性调节室内温度；大面积遮阳板与可开启式窗户设计，形成良好通风，引入海风，降低湿度；材料上，清水混凝土经特殊处理增强抗侵蚀性，木制板耐候防腐，结构设计抗风稳固，确保建筑在恶劣环境下稳定性。

## 四、清水混凝土建筑可持续性与环境适应性关系

### （一）相互促进作用机制

清水混凝土建筑可持续性显著受益于良好环境适应性设计。在炎热地区，通过优化通风与遮阳设计，某热带清水混凝土建筑实现了室内温度有效降低，空调能耗相比传统建筑减少了约30%，彰显了能源效率原则。在寒冷地区，加强保温性能，如北方城市采用加厚保温墙体和高效保温门窗，显著降低了供暖能耗，减少了碳排放。山地地区建筑顺应地形设计，如重庆某项目通过错层设计，既减少了对环境破坏，又降低了建设成本，体现了资源节约原则。此外，选用本地材料如水泥和骨料，不仅减少了运输碳排放，还因材料适应当地气候和地质条件，提高了建筑耐久性和稳定性。在结构设计上，优化结构体系，如采用抗震框架结构和加强抗风设计，使建筑更好地适应不同地理环境，增强了抗震、抗风性能。

### （二）平衡与协调重要性

在清水混凝土建筑设计中，平衡可持续性与环境适应性至关重要。片面追求可持续性而忽视环境适应性，导致建筑在实际使用中无法满足使用者需求，如在炎热潮湿地区，若未充分考虑防潮、通风设计，建筑内部潮湿闷热，影响居住舒适度<sup>[4]</sup>。反之，仅关注环境适应性而忽略可持续性，虽短期内满足环境适应需求，但长期对环境造成较大压力，如采用高能耗保温材料虽保证保温性能，却增加资源消耗和碳排放，不符合可持续发展

要求。因此，设计中需将可持续性与环境适应性有机结合，从材料选择、结构设计到施工工艺，综合考虑两者需求。材料既要可持续，如选用本地、可回收材料，又要适应当地气候和地理条件，保证耐久性和稳定性。结构上，在满足功能和安全前提下，优化体系，提高能源效率，增强对不同环境因素抵抗能力。

### （三）案例分析

日本“水之教堂”建筑在可持续性与环境适应性上高度融合。采用本地清水混凝土材料减少碳排放，合理空间布局利用自然光与通风降低能耗，混凝土中掺入工业废渣减少资源消耗并提高耐久性。位于北海道森林中，设计充分考虑气候与地理条件，大面积玻璃幕墙引入自然景观，冬季挡风保暖，夏季通风遮阳，减少对空调依赖。选址与布局避免破坏自然环境，实现建筑与自然和谐共生。

### 结语

本研究深入探讨了清水混凝土建筑在可持续性设计与环境适应性方面特性与策略。在可持续性设计上，清水混凝土建筑通过优化混凝土配合比、合理掺加工业废渣、良好隔热性能和合理结构设计等措施，实现了资源节约、能源效率和环境保护<sup>[5]</sup>。在环境适应性方面，清水混凝土建筑针对不同气候和地理条件采取了相应设计策略。清水混凝土建筑可持续性与环境适应性相互促进，然而，研究仍存在不足，如全生命周期环境影响评估数据获取困难，新型可持续性技术和材料研究不够深入，极端环境条件下适应性研究较少，长期性能监测缺乏。展望未来，应完善评估体系，加强新型技术和材料研发，开展多学科交叉研究，加强极端环境条件下设计策略研究，建立长期监测机制，为构建绿色、环保、宜居建筑环境做出更大贡献。

### 参考文献

- [1] 清水混凝土结构施工技术 [J]. 康积源; 党宗盛; 陈天成; 陈浩. 施工技术, 2023(S4).
- [2] 大面积清水混凝土施工技术研究. 方如明. 混凝土, 2024(10).
- [3] 独立异形高大清水混凝土柱模板体系设计方案比选 [J]. 李学鹏; 张维国; 杨磊; 徐佳. 施工技术, 2023(S1).
- [4] 浅谈施工方案三维可视化技术交底 [J]. 侯春明; 任志平; 杜福祥; 吴开毅; 董欢欢. 施工技术, 2023(S1).
- [5] 大型现浇清水混凝土建筑施工质量控制 [J]. 沈夏磊. 福建建材, 2023(10).

作者简介：崔春刚（1978），男，本科，高级工程师，研究方向：清水混凝土建筑设计与技术研究。