



上海现代服务业联合会
Shanghai Services Federation



荣续智库

公共建筑行业ESG白皮书

摘要

当建筑不再只是“空间容器”，而成为连接生态、社会与价值的纽带，公共建筑的意义便超越了功能本身。从校园的一方教室到场馆的一片看台，从图书馆的一缕书香到博物馆的一抔文脉，公共建筑承载着城市的公共福祉，也肩负着“双碳”时代的绿色使命。这份白皮书剖开公共建筑全生命周期的可持续基因，我们看见的不仅是建筑的低碳转型，更是城市向“人与自然共生”的深度迈进。



PREFACE

前言

公共建筑作为城市基础设施的核心载体，其角色正从“功能提供者”向“价值共创者”转变。它既是城市碳排放的关键领域，也是承载公共服务、传承文化脉络、连接社会群体的公共空间。

公共建筑的可持续转型，从来不是单一维度的技术升级，而是环境、社会与治理的协同共振。从建筑全生命周期的低碳设计，到面向全人群的包容性空间，再到透明化的运营管理，ESG已成为衡量公共建筑“长期价值”的核心标尺，这份白皮书正是对这一转型的系统性梳理。我们先锚定行业基本面，解析公共建筑的发展沿革与碳排放现状；再以 ESG 为脉络，从政策体系、披露实践到核心议题，勾勒行业的可持续框架；继而聚焦细分领域——从教育建筑的全生命周期管理，到体育场馆的低碳运营，从图书馆的绿色空间营造，到博物馆的文化可持续传承，通过典型案例拆解不同场景下的ESG实践路径；最终落脚于行业创新，呈现头部企业的探索样本。

希望这份白皮书不仅是公共建筑 ESG 实践的“全景图鉴”，更能成为行业转型的“行动参考”，让每一栋公共建筑，既是高效节能的“低碳体”，也是普惠包容的“公共空间”，更是连接生态、社会与未来的“价值载体”——这既是公共建筑的责任，也是城市可持续发展的底色。

ANALYST

研究员

栗莉丽 高级注册ESG分析师：25RZQLKC002786A

王美霞 CFA ESG证书：103638418

高级注册ESG分析师：24RZQLKC005200A

赵天娇 CFA ESG证书：201026982

高级注册ESG分析师：25RZQLK004655A

周 炜 CFA ESG证书：166712426

高级注册ESG分析师：25RZQLKC004198A

朱艳露 高级注册ESG分析师：25RZQLKC002422A

杨霁涵 CFA ESG证书：150952552

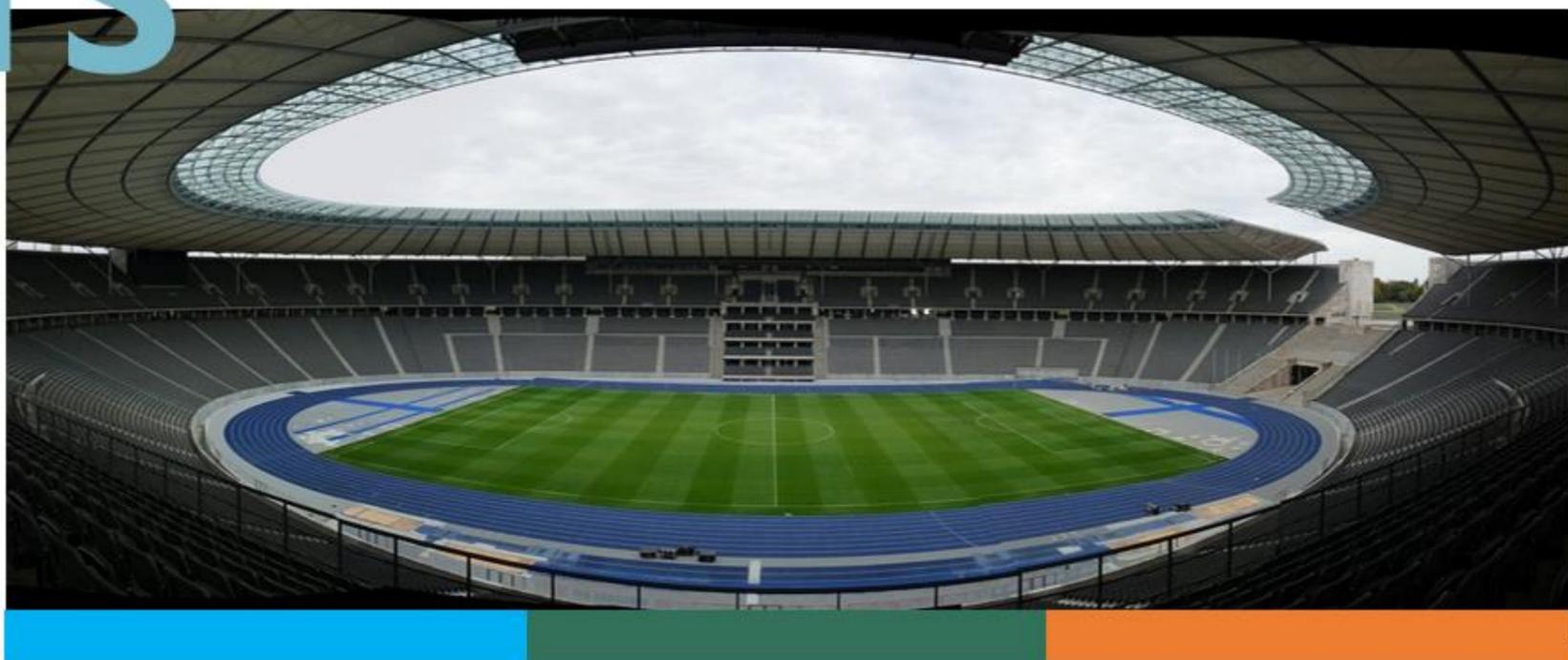
高级注册ESG分析师：24RZQLKC601741A

段璐淳 高级注册ESG分析师：25RZQLKC003373A

碳管理师：CHINAETSCM20250010191

CONTENTS

目录



第一章 公共建筑行业概览

07 行业基本情况

15 公共建筑行业的价值链

第二章 公共建筑行业的ESG发展

23 第一节行业的ESG政策

39 第二节行业ESG披露状况

41 第三节行业核心议题

第三章 公建细分领域的ESG发展

53 学校等科研机构

67 体育场馆

79 图书馆

85 博物馆

87 美术馆

第四章 行业ESG优秀实践

95 中国建筑

99 金隅集团

第一章 公共建筑行业概览

第一节 行业基本情况

公共建筑作为社会公共服务的核心载体与建筑领域碳排放的重点板块，其绿色低碳转型已成为推动城乡建设领域高质量发展的关键抓手。本章立足公共建筑行业发展实际，从行业界定与发展特征切入，系统梳理公共建筑碳排放现状、核心症结与典型场景表现，进而分析行业可持续发展的阶段性成效、现实挑战与未来趋势，为后续 ESG 相关议题的深入探讨奠定行业基础。

一、公共建筑行业界定与发展特征

公共建筑是指以满足社会公共服务需求为核心功能，不具备居住属性的建筑类型，其服务范围覆盖社会公共生活多个关键领域，主要包括教育科研建筑（如学校、科研院所、实验室、图书馆等）与文化娱乐建筑（如博物馆、剧院、体育馆、科技馆等）。此类建筑不仅是知识传播、文化传承与公共活动的核心载体，更因单体规模大、运营周期长、使用强度高、功能系统复杂等特点，成为建筑领域碳排放与能源消耗的重点板块，其绿色低碳转型直接关系到“双碳”目标的实现进程。

近年来，我国公共建筑行业呈现出功能复合化、技术智慧化、资金多元化的发展趋势。功能层面，单一功能定位逐步打破，复合型空间设计成为主流。高校图书馆已从传统借阅空间升级为集学习研讨、咖啡休闲、展览展示于一体的综合性公共空间；大型博物馆普遍配套文创区、学术报告厅等附属功能区，在提升公众体验的同时，大幅提高了建筑空间利用率。技术层面，智慧化系统深度融入运营全流程：教育科研建筑广泛应用智能教室系统、实验室环境精准控制系统及数字化档案馆管理系统；文化娱乐建筑则重点部署专业舞台机械、高清多媒体展示系统及高精度声光调控系统，技术升级虽显著提升了建筑功能品质，但也带来了能耗与碳排放攀升的附加挑战。资金层面，运营资金来源已从传统单一财政拨款，转变为政府投资、社会资本参与、公益捐赠补充的多元化模式，在保障社会效益优先的前提下，进一步强化了经济可持续性导向。

二、公共建筑行业的发展沿革

公共建筑行业的发展历程与我国城镇化进程、政策导向、技术革新深度绑定，从早期的基础配套补位，逐步迈向绿色化、智能化、低碳化的高质量发展阶段。梳理行业发展沿革，剖析不同阶段的政策特征、技术应用、典型实践与核心问题，可为把握行业绿色转型规律、明晰 ESG 发展路径提供重要支撑。本章将公共建筑行业发展划分为四个核心阶段，系统阐述各阶段的发展脉络与关键特征。

一、基础建设期（1990s-2000s）

这一阶段是公共建筑行业的起步阶段，核心任务是填补文体设施空白，政策初步涉足建筑节能领域，技术应用以传统方式为主。1997 年颁布的《中华人民共和国建筑法》具有开创性意义，首次将建筑节能纳入法律条款，为后续工作开展奠定法律基础，推动行业开始关注能源消耗问题；2005 年出台的《民用建筑节能管理规定》进一步细化要求，明确建筑节能设计标准，对新建民用建筑在规划、设计、建造和使用全流程的节能要求作出详细规定，包括推广新型墙体材料、优化围护结构热工性能等，推动建筑节能向规范化方向发展。

技术应用层面，围护结构保温技术率先突破，聚苯板、岩棉板等新型保温材料开始应用于建筑外墙和屋面，有效提升保温隔热性能，减少室内外热量传递，降低建筑能耗；自然采光设计在部分项目中实践，如深圳当代艺术馆通过优化建筑朝向、窗墙比及内部空间布局，充分利用自然光线，既减少人工照明时长、降低能耗，又营造了舒适的室内光环境。

本阶段的突出亮点是补齐了公共文体设施短板，满足了社会基本公共服务需求。复旦大学相辉堂作为典型代表，作为学校核心文化活动中心，承载了学术报告、文艺演出等各类活动，丰富了师生精神文化生活，成为校园文化的重要载体。但同时也存在显著问题，一是能耗居高不下，以体育馆为例，空调能耗占比超 40%，受限于当时技术水平，空调系统能效低且缺乏智能化控制，能源浪费严重；二是技术应用碎片化，各项节能技术缺乏系统性整合，未能形成协同效应，整体节能效果受限。以上海图书馆新馆为例，该馆 1996 年建成开放，设计中注重自然通风优化，通过合理设置通风口与通风路径，过渡季节可实现自然通风减排；外立面采用大面积玻璃幕墙，搭配遮阳百叶降低太阳辐射得热。尽管在自然采光与通风方面积累了早期实践经验，但受技术理念限制，整体能耗控制仍有较大提升空间。

二、规模扩张与绿色萌芽期（2010-2015）

此阶段公共建筑建设规模快速扩大，绿色建筑理念开始萌芽，政策与技术双轮驱动，为行业绿色转型奠定初步基础。政策层面，2006 年发布的《绿色建筑评价标准》（GB/T 50378-2006）作为国内首部绿色建筑国家标准，构建了涵盖节地与室外环境、节能与能源利用、节水与水资源利用、节材与材料资源利用、室内环境质量、运营管理六大维度的评价体系，引导行业向可持续方向发展；2012 年《“十二五”建筑节能专项规划》明确提出公共建筑节能改造任务，设定单位面积能耗下降目标，通过能耗统计、能源审计、能效公示等监管手段，为节能改造提供政策指导与目标导向。

技术层面，LED 照明技术因节能、长寿、高光效的优势逐步普及，大幅降低公共建筑照明能耗；BIM（建筑信息模型）技术初步应用于设计与施工领域，通过三维信息模型实现建筑信息集成共享，提升设计协同效率、减少变更，优化施工流程，提升项目整体质量与管理水平。

这一阶段的典型实践包括高校大规模扩建与大型场馆节能改造。上海交大图书馆新馆在空间布局、功能分区及技术应用上全面升级，为师生提供优质学习研究环境，助力教育资源提升；深圳大运中心通过赛后节能改造，实现年减排二氧化碳 1200 吨，为大型体育场馆赛后运营节能提供了示范。但行业仍面临严峻挑战，公共建筑能耗居高不下，例如大型体育场馆赛后闲置率高，资源浪费问题突出。广州东塔（周大福金融中心）是本阶段新技术应用的典型代表，建设过程中深度应用 BIM 技术，开展虚拟建造与优化设计，施工阶段通过模型实现进度管理与碰撞检查，有效规避施工冲突、缩短工期；同时采用高效空调系统、智能照明控制及高性能围护结构材料，提升建筑整体节能水平，成为超高层公共建筑技术升级的标杆。

三、高质量转型期（2015-2020）

该阶段公共建筑行业全面迈向高质量发展，绿色建筑从自愿性认证转为强制性标准，新技术创新推动行业向节能低碳深度转型。政策层面，2017 年发布的《建筑节能与绿色建筑发展“十三五”规划》强制要求城镇新建建筑全面执行绿色建筑标准，明确规模化发展目标，加速绿色建筑普及；同年出台的《关于促进建筑业持续健康发展的意见》大力推广装配式建筑，从政策层面推动建筑工业化，通过标准化设计、工厂化生产、装配化施工，提升建筑质量效率，减少施工现场污染与资源浪费。

技术层面，超低能耗建筑试点工作全面开展，如雄安“光储直柔”建筑项目，通过整合高效保温隔热材料、高性能门窗、自然通风采光优化设计，搭配光伏系统、储能设备及直流配电、柔性用电技术，探索出建筑能源自给自足与高效利用的新模式；光伏幕墙集成技术持续升级，实现太阳能光伏板与建筑幕墙功能融合，既保障围护结构性能，又可生产清洁能源，为建筑能源结构优化提供支撑。

本阶段的创新实践包括深圳推出“城市文化菜单”，通过整合公共文化场馆资源、统筹安排文化活动，显著提升场馆利用率，促进文化资源共享与普惠。但行业仍存在突出问题，30%的绿色建筑实际运行能耗超出设计值，反映出设计与运营阶段存在严重脱节，缺乏有效的运行阶段能耗监测与精细化管理手段。苏州博物馆新馆是本阶段文化与绿色融合的典范，由贝聿铭设计，建筑风格巧妙融合江南粉墙黛瓦元素与现代技术，营造独特地域文化风貌；节能技术应用上，通过优化建筑布局与采光天窗实现

自然采光最大化，采用地源热泵系统供能，选用环保耐久建筑材料，实现了文化遗产与绿色节能的有机统一。

四、低碳智能化期（2020 至今）

这一阶段公共建筑行业聚焦低碳与智能化双核心，政策明确量化节能降碳目标，前沿技术广泛应用，推动行业向高效、低碳、智能方向跃升。

政策层面，2024 年发布的《加快推动建筑领域节能降碳工作方案》提出，到 2025 年城镇新建建筑 100% 执行绿色建筑标准、可再生能源替代率达 8%，从新建标准、可再生能源应用等方面明确量化要求，推动行业低碳转型；2025 年《北京市科技支撑建筑领域创新发展行动计划（2025-2027）》聚焦 AI 大模型、建筑机器人等前沿技术，为行业智能化发展提供政策支持与技术引导。

技术应用层面，智能建造技术取得突破性进展，砌墙机器人等设备逐步应用于施工现场，提升施工精度与效率，降低人工成本与安全风险；建筑“碳效码”开始规模化应用，如湖州 278 座公共建筑接入该系统，通过碳排放监测、核算与标识，实现精细化碳管理，为节能降碳提供数据支撑。

典型实践中，深圳玉塘文体中心表现突出，集成光伏一体化技术实现建筑自发自用，采用再生骨料混凝土资源化利用建筑废弃物，在低碳材料应用与可再生能源利用方面成效显著。但行业仍面临区域发展不均、改造成本过高等挑战，北方地区公共建筑节能改造成本超 500 元/m²，高额成本制约改造推进；县域绿色建筑认证率不足 20%，反映出城乡、区域间绿色发展差距显著。上海建科中心是低碳智能建筑的标杆项目，设计中充分优化自然通风采光，采用高效保温隔热系统；借助 AI 技术实现建筑设备智能运维，通过实时监测分析设备数据，提前预警故障、优化运行策略，降低运维成本；同时大规模安装光伏板实现部分能源自给，大幅降低能耗与碳排放，清晰展现了行业未来发展方向。

五、公共建筑行业未来趋势

零碳建筑规模化发展。未来公共建筑将加速向零碳化转型，超低能耗建筑技术逐步普及。政策与市场双轮驱动下，地方已明确进阶目标，例如深圳计划新建场馆 100% 达到三星绿建标准，将显著提升公共建筑整体绿色低碳水平。同时，钢结构因强度高、自重轻、施工速度快、可回收利用等绿色优势，其在建筑领域的应用规模将扩至 2 亿吨/年，成为推动行业低碳可持续发展的核心载体。典型实践方面，多个未来城市示范项目正规划大规模采用超低能耗建筑技术与钢结构体系，打造零碳建筑集群，为行业绿色变革提供引领性范本。

智慧化与韧性建设深度融合。公共建筑将通过智慧化升级强化韧性，提升应对各类风险的能力。在文体场馆领域，功能复合化成为重要方向，例如复旦大学相辉堂等场馆将兼作应急避难疏散中心，通过优化内部空间规划，设置应急物资储备区、医疗救助区等功能分区，在突发灾害时为周边居民提供安全庇护，增强应对突发事件的保障能力。在科研院校建筑领域，AI 技术将广泛应用于运维管理，通过分析设备运行数据构建故障预测模型，提前制定维护计划，可降低运维成本 30%；北京相关行动计划已明确推动高校科研建筑智能化运维发展，进一步提升运营管理效率与可靠性。未来，智慧化手段将全面赋能公共建筑，使其更好地应对自然灾害、公共卫生事件等各类风险挑战。

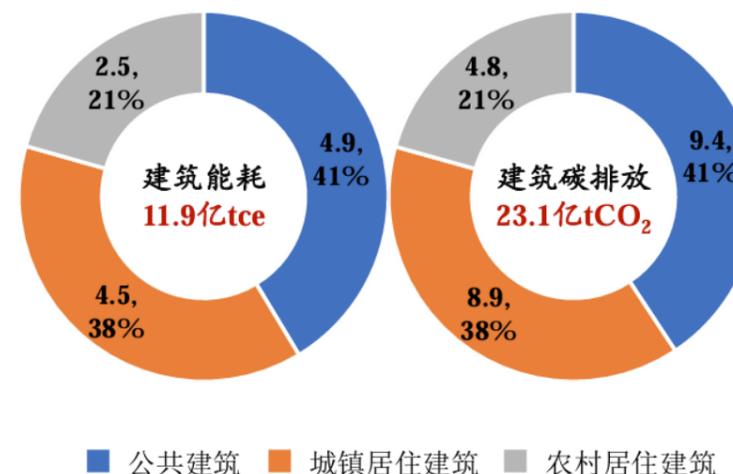
产业协同创新赋能可持续发展。跨领域协同创新将成为公共建筑绿色转型的重要支撑，核心聚焦两大方向：一是“文体+光伏”领域的产业链协同，将形成涵盖光伏材料研发生产、光伏建筑设计施工、后期运维服务的完整 BIPV（光伏建筑一体化）产业链。以深圳玉塘文体中心为标杆，带动上下游企业深度合作，推动光伏技术在文体建筑中的规模化应用。二是绿色金融与建筑行业的融合创新，各类绿色金融工具不断涌现，例如“减碳保”保险等产品，可为建筑节能改造项目提供风险保障。通过金融手段激励企业参与公共建筑节能降碳行动，构建资金支持与风险分担机制，推动建筑行业与金融行业深度融合，为公共建筑可持续发展注入持续动力。

三、公共建筑碳排放现状

公共建筑是城乡建设领域碳排放的关键贡献者，其能耗与碳排放强度显著高于居住建筑。根据中国建筑节能协会与重庆大学于 2025 年 1 月 18 日联合发布的《2024 中国城乡建设领域碳排放研究报告》数据显示：2022 年，全国建筑与建筑业建造能耗总量达 24.2 亿 tce（标准煤），占全国能源消费总量的 44.8%；同期建筑与建筑业建造碳排放总量为 51.3 亿 tCO₂，占全国能源相关碳排放的 48.3%。其中，公共建筑面积虽仅占全国建筑总面积的 21%左右，但其运营阶段的能耗与碳排放量占比均超过 40%，成为建筑领域节能降碳的核心攻坚对象。

从能耗结构来看，大型公共建筑的能源消耗以电力为主，其中空调系统、照明设备、动力装置三类用电设备的能耗占比合计达 80%。值得关注的是，我国公共建筑在采暖、制冷环节的能耗水平显著偏高，为发达国家的 3 至 4 倍，核心症结在于建筑设计与施工环节的系统性节能缺失，具体可归纳为三大方面：一是建筑围护结构节能性能不足，墙体、屋顶等关键部位保温隔热措施缺失或不达标，热工性能较差，导致热桥效应显著；二是建筑造型设计与气候适应性脱节，部分项目过度追求外立面视觉效果，

图 1：公共建筑的建筑运行能耗和碳排放



来源：中国建筑节能协会，《2024 中国城乡建设领域碳排放研究报告》（2022 年数据）

在夏热冬冷、夏热冬暖等气候区盲目采用大面积玻璃幕墙，造成夏季制冷负荷激增、冬季保温效率低下的能源浪费现象；三是施工工艺规范性不足，即便采用中央空调等集中式空调系统，也因保温隔热施工质量不达标，出现冷热损失严重的问题。

更深层次来看，公共建筑高能耗、高排放的根源在于设计阶段的全生命周期节能思维缺失，形成了“重造型轻节能、重后期设备补救轻前期源头控制”的恶性循环。这一技术困境背后，折射出行业深层次的结构性问题：其一，现行建筑节能设计规范中部分指标为柔性要求，导致部分设计单位与人员仅满足最低合规标准，缺乏主动提升节能水平的动力；其二，业主方主导权过强且部分存在“重外观、轻实效”的认知偏差，叠加商业利益驱动，使得玻璃幕墙等非节能构件被符号化滥用；其三，建筑教育体系中绿色节能设计相关课程占比不足，导致从业人员缺乏建筑物理环境调控、全生命周期能耗分析等专业能力，难以将节能理念有效融入设计实践。

不同类型公共建筑的高碳排放特征存在差异，以典型场景为例：教育科研类建筑中，实验室、图书馆等场所因需维持 24 小时连续运行状态，电力负荷高度集中，其单位面积能耗通常为普通住宅的 3-5 倍。为应对这一问题，部分高校已率先开展节能改造实践——清华大学中意清华环境节能楼作为行业标杆项目，通过差异化围护结构设计（南侧采用玻璃幕墙+可调节遮阳系统减少能量损耗，北侧采用密闭性强的蓝色石墙强化保温），集成中水利用、太阳能光伏发电、智能能耗控制系统等多项生态节能技术，实

现了能耗、水耗与废气排放的显著降低。据官方核算，该建筑每年可减少二氧化碳排放 1200 吨、二氧化硫排放 5 吨，与同等规模传统建筑相比，能源消耗节约率达 30%左右，为教育科研建筑节能改造提供了可复制的技术路径。

图 2：清华大学内的中意清华环境节能楼



来源：中意清华环境节能楼 / Mario Cucinella Architects (ArchDaily)

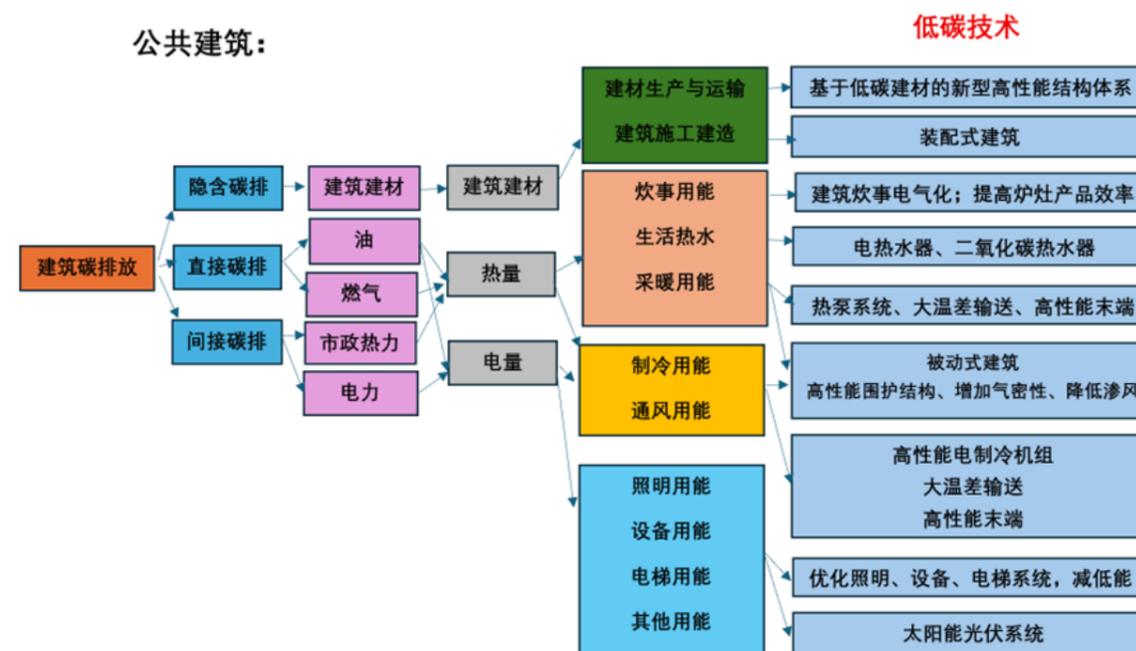
文化娱乐类建筑中，科技馆的高碳排放特征尤为突出。由于科技馆普遍具有人员密集、展厅空间大、新风需求量高的特点，其供暖、空调系统（含恒温恒湿控制系统）的能耗占比超总能耗的 60%，成为节能降碳的关键环节。相关研究数据表明，通过引入绿色建筑评级体系（如绿色建筑二星、三星标准）进行系统性改造，科技馆类建筑可实现最高 29.6%的碳减排潜力，验证了绿色改造技术的可行性与有效性。

四、公共建筑的可持续发展

在“双碳”目标引领与绿色发展政策推动下，我国公共建筑可持续发展已取得阶段性成效。一是新建项目节能标准不断提升，绿色建筑认证覆盖率持续扩大，目前新建公共建筑基本实现绿色建筑二星及以上标准全覆盖，节能设计流程逐步规范化、标准化；二是可再生能源技术规模化应用，高校校园屋

顶光伏电站、体育馆地源热泵系统、公共建筑太阳能光热系统等技术方案日益普及，能源结构绿色化转型加速；三是建筑设计运维模式优化，模块化建造、多功能空间复用等设计理念广泛应用，有效提升了建筑资源利用效率，减少了空间闲置与资源浪费；四是低碳技术体系不断完善，从单一节能技术向“设计-建造-运维”全流程低碳技术集成转变，为行业转型提供了技术支撑。

图 3：碳中和目标下的公共建筑业低碳发展路线图



来源：中国城市房地产开发商协会（清房协）

与此同时，公共建筑可持续发展仍面临多重现实挑战：其一，既有建筑节能改造推进困难，大量老旧公共建筑因建成年代久远、结构形式复杂、改造施工难度大，且节能改造前期投入成本高、投资回报周期长，导致业主方改造意愿不足；其二，智慧化节能系统运维保障不足，部分项目虽配备了智能能耗管理系统，但因后期运维资金短缺、专业运维人员匮乏，出现设备闲置、系统运行效率低下等问题，未能充分发挥节能效益；其三，运营场景与节能需求存在矛盾，大型赛事、展览、演出等活动期间，公共建筑需满足短时间内人流激增带来的空调、照明、动力等系统满负荷运行需求，导致阶段性能耗激增，现有节能技术难以有效平衡“保障运营”与“节能降碳”的双重目标。

展望未来，公共建筑作为建筑节能降碳的核心领域，正朝着多维度、系统性、全周期的可持续发展方向转型，将为“双碳”目标实现提供重要支撑。具体发展趋势可归纳为五大方向：一是绿色建筑标准迭代升级，从“达标式”向“优质化”转变，绿色建筑评级体系将更聚焦碳排放强度指标，推动新建项目向近零碳、零碳建筑标准迈进；二是能耗管理模式革新，从传统的“能耗总量+强度双控”逐步转向“能耗总量与强度、碳排放总量与强度双控”模式，实现节能与降碳的协同推进；三是能源系统重构，节能工作内涵从单一能效提升拓展至用能系统柔性韧性构建，“光储直柔”（光伏+储能+直流配电+柔性用电）一体化能源体系将在建筑、社区、园区层面广泛推广，提升可再生能源就地消纳能力与电网适配性，推动公共建筑深度融入绿色能源转型进程；四是全生命周期管理体系完善，加快建立覆盖设计、建造、运行、运维、拆除再利用全流程的节能低碳管理机制，实现管理制度、技术路径与能源结构的协同优化；五是政策与市场机制协同发力，碳排放基线制度、碳定价机制、绿色金融支持政策等配套体系将日趋完善，同时标杆项目的示范引领作用持续扩大，带动城市建筑群整体向绿色化、低碳化转型。

第二节 公共建筑行业的价值链

公共建筑的价值链，从前至后依次为项目开发（建设方）、项目规划（咨询方）、项目融资（投资方）、项目设计（设计院）、项目施工（承包方、劳务方、设备商、建材商）、项目收尾（监理）、项目运营（运营方）、项目移交（客户）。这八大环节叠加职能模块企业的辅助管理活动，构成工程建设行业价值链。中国建筑行业价值链的绿色转型，既能为国内行业利益相关者创造价值与商机，也能推动全球绿色建筑产品和服务的开发与应用。

一、价值规划

价值规划涵盖项目开发、项目策划和项目融资三大内容，核心是通过技术、经济、环境、社会多维度分析确定项目可持续性，量化绿色技术的经济回报与环境效益。三者存在紧密的逻辑关联：项目开发的可行性结论是策划的核心输入，若开发阶段误判需求，再完善的策划方案也无法落地；项目策划的执行方案是融资的核心依据，若策划目标模糊、流程混乱，将难以获得投资方认可；项目融资的资金保障是开发与策划落地的前提，资金不足则无法将理念转化为实际价值。

碳足迹全链条测算：引入生命周期评估（LCA）工具，对建材生产、运输、施工至运营的全流程碳排放进行量化管控。例如，在政府投资项目中强制要求编制《建筑碳排放专项报告》，明确可再生能源替代率、碳汇抵消方案等关键指标，通过项目开发环节量化全周期碳排放，提前部署针对性管控措施。

多情景经济模型构建：采用基准情景与绿色情景对比分析模式，测算绿色技术的增量成本与长期收益。如新疆乌鲁木齐华源·阜华景源项目通过光伏建筑一体化（BIPV）+ 储能系统方案，测算得出投资回收期缩短至 7 年，年碳减排量达 300 吨。通过在项目策划环节模拟各类不确定性场景，可为决策提供科学支撑。

政策红利精准捕捉：结合地方补贴政策（如广东光伏度电补贴 0.3 元）与绿色金融工具（如碳中和债券）优化资金配置。例如，中国金茂发行 35 亿元碳中和 CMBS 债券，以北京凯晨世贸中心为底层资产，通过绿色改造后的租金溢价与碳资产收益，实现融资成本降低 1.2 个百分点。精准捕捉政策红利可在融资阶段量化政策收益，有效降低投资风险。

图 4：建筑业生产价值链



来源：“红海”摇曳，“价值”生辉——浅谈工程建设价值链整合《建筑前沿》

二、项目设计

项目设计阶段核心是将气候适应性、能源自给与功能优化深度融合，通过设计创新降低全生命周期的能耗。

气候适应性设计：结合地域特征定制差异化技术方案：夏热冬暖地区，如中建四局科创大厦（广州）采用 120 米太阳能烟囱与双层呼吸式幕墙，强化自然通风，使空调负荷降低 35%；高烈度地震区，如四川双河镇学校灾后重建项目采用竹纹清水混凝土框架 + 隔震支座设计，在满足 8 度抗震设防要求的同时，保留地方建筑文脉。

可再生能源系统整合：推广光伏 - 储能 - 微电网一体化设计，如天河体育中心改造项目在屋顶与立面铺设光伏板（装机容量 500kW），搭配智能储能设备，年发电量可覆盖场馆 15% 的能耗需求，同时借助峰谷电价差实现年收益 45 万元。

数字化设计工具应用：推动 BIM 技术与 AI 算法融合优化空间布局：通过三维点云扫描与 BIM 模型比对，设备管道碰撞识别准确率达 96%，效率较人工检测提升 5 倍；在生物质气化炉与除尘系统集成设计中，AI 提前预警烟气回流风险，使施工返工率降低 32%。典型案例为中建四局科创大厦（广州），作为国内首座超高层近零能耗建筑，设计阶段集成光伏遮阳一体化（年发电量 65 万度）、全热蒸发式新风系统（热回收效率 > 75%）及太阳能烟囱自然通风技术，实现综合节能率 61%，获 LEED 金级与绿建三星认证。

三、项目施工

项目施工阶段，技术方案主导物资与设备选型（如深基坑技术方案决定钢板桩采购、挖掘机租赁需求）；分包与劳务协同依赖技术交底（如机电安装分包需按技术要求与土建劳务衔接）；物资与设备的及时供应保障施工进度（如钢筋到位后方可开展绑扎作业）。唯有围绕质量、安全、进度、成本四大核心目标，实现各环节精细化管控与协同，才能保障施工顺利推进，为竣工交付奠定基础。本阶段绿色转型核心是构建绿色建材认证 - 溯源 - 循环闭环，降低隐含碳并提升资源利用效率，同时通过施工工艺革新减少现场污染，实现低排放、低能耗、高工效目标。

区块链技术赋能溯源：南钢集团通过整合产业链上下游生态数据资源，实现数据高效安全流通共享，构建车间级互联、敏捷柔性生产、供应链金融服务等新模式，形成协同设计、协同制造、协同服务能力，提升产业链整体效率与竞争力。相关解决方案实现产业链整体成本下降 3% 以上，为客户降低年检测成本超 5000 万元，每年直接经济效益约 4.1 亿元，高端产品研发周期缩短 30% 以上。

再生材料规模化应用：建立拆除 - 分拣 - 再生完整产业链，如云材公司固废生产线提出“12589”固废处理体系（1 条生产线、2 种核心设备、5 类工作区、8 项工艺流程、9 大关键模块），单条生产线每日最大建筑固废处理量达 100 吨，最大再生砖产量达 1.5 万块，已在中建壹品北京、上海、武汉多个地产开发项目成功试点应用。

低碳建材替代方案：推广生物基建材与低碳水泥应用，如深圳清湖文化产业园等项目采用低碳再生方木材料，通过材料组合与化学合成方法完美替代传统木质方木，实现废弃木模板 100% 再生利用，就地回用于项目结构梁板和临建设施，兼具显著经济与社会效益。

模块化施工技术：采用设计 - 生产 - 装配一体化模式，如龙华区中心医院新门诊楼项目，在确保医疗功能无缝衔接与最高安全标准的前提下，将工期缩短 70% 以上，仅用 96 天完成总体完工，刷新永久性医疗建筑建设速度纪录。该模式可实现建筑重复拆卸组装，大幅降低碳排放的同时，最大化发挥建筑使用价值与经济价值。

智能建造装备应用：部署施工机器人集群提升智能化水平，如杭州 SKP 项目采用“天蝉 3.0”系统，集成无人驾驶布料机、智能振捣设备，实现混凝土施工全流程自动化，主要施工工序智能化率达 80%；中建八局独创“双立柱天蝉自爬升支撑体系”，将“天蝉 3.0”系统用钢量压降至每平米 350kg，较传统整体顶升平台减重 30%-75%。

施工碳排放动态管控：建立碳排放实时监测平台，如中建四局科创大厦通过“双碳管控平台”，对塔吊、混凝土搅拌车等设备的能耗与排放进行分时分区监控，施工阶段碳排放强度较行业平均水平降低 28%。典型案例为天河体育中心改造工程，采用复杂结构自平衡拆解技术，在不影响周边交通的前提下完成老旧楼梯拆除；通过气承式基坑气膜实现施工扬尘控制（防尘效率 > 95%）；利用废弃模板生产再生木塑板材，废料再利用率达 92%。

四、项目运营

项目运营是建筑全生命周期中持续时间最长、能耗与碳排放占比最高的环节，核心目标是通过精细化、智能化运维管理，最大化发挥建筑绿色性能，实现能耗降低、碳排放削减与运营效益提升的协同。本阶段需衔接施工阶段的绿色成果（如低碳建材、智能设备、可再生能源系统），建立“监测 - 分析 - 优化 - 反馈”的闭环管理机制，同时兼顾用户体验与社会责任，推动运营模式从“被动维护”向“主动优化”转型。

智慧能耗监测与精准调控：搭建全维度智慧运营管理平台，整合建筑内空调、照明、给排水、可再生能源系统等核心用能单元的实时数据，通过物联网传感设备实现能耗、碳排放数据的秒级采集与可视化呈现。基于 AI 算法构建能耗预测模型，精准识别能耗异常点并自动触发调控指令——例如，针对公共建筑空调系统能耗占比高的问题，通过监测室内人员密度、室外温湿度等参数，动态调节空调机组运行负荷与送风温度，较传统固定模式可降低空调能耗 15%-20%。以清华大学中意清华环境节能楼为例，其智慧运营平台整合了数千个传感节点，实现对建筑能耗、室内空气质量、实验室环境参数的全面监测，通过 AI 优化调控照明与空调系统运行模式，发挥教育科研建筑的节能示范作用。

可再生能源系统高效运维：针对项目设计与施工阶段部署的光伏、储能、地源热泵等可再生能源系统，建立专业化运维团队与标准化运维流程，保障系统长期稳定高效运行。通过定期巡检、性能检测、故障预警等措施，提升可再生能源利用效率——如光伏组件定期清洁与倾角优化可提升发电效率 5%-8%；储能系统的 SOC (State of Charge) 均衡管理可延长电池寿命 30%以上。典型案例为天河体育中心，其运营阶段针对屋顶与立面铺设光伏系统，建立“智能巡检机器人+云端诊断”运维模式，搭配储能调峰系统，确保稳定的光伏年发电量。同时，通过能源管理平台实现可再生能源与市政电网的柔性互补，平抑赛事活动期间的用电峰值。

绿色运维与资源循环利用：推行绿色运维理念，从物资采购、废弃物处理、水资源利用等多维度降低运营阶段环境影响。物资采购优先选择绿色认证产品（如低 VOC 涂料、节能灯具）；建立建筑废弃物分类回收体系，对装修垃圾、废旧设备等进行拆解再利用或资源化处理，如废旧门窗回收加工为再生骨料用于场地铺装，废弃物资源化利用率不低于 80%。水资源管理方面，推广雨水收集、中水回用系统，通过智能水表监测各区域用水情况，及时发现漏水点，公共建筑中水回用率可提升至 30%以上。例如，故宫博物院运营阶段构建“雨水收集-中水回用-尾水净化”闭环系统，依托园区内多处雨水蓄水池年收集雨水，经处理后的中水主要用于庭院绿化灌溉、地面清洗及卫生间冲水，保护了文化遗产周边水环境。

安全与人文关怀协同保障：运营阶段需平衡节能降碳与安全保障、人文关怀的关系，通过智能化技术提升建筑安全性与用户体验。例如，采用智能消防预警系统，结合烟感、温感传感器与视频监控，实现火灾隐患的早期预警与快速处置；针对公共建筑人流密集特点，通过人员密度监测与智能疏导系统，避免拥堵风险。同时，优化室内物理环境，通过新风系统精准调控温湿度与空气质量（PM2.5 过滤效率 >99%），提升用户舒适度；在教育、医疗等特殊公共建筑中，根据使用人群需求定制运营方案，如

四川双河镇学校灾后重建项目，运营阶段通过智能照明系统根据教室采光强度与人员情况自动调节亮度，搭配高效新风系统保障室内空气质量，既降低了照明与通风能耗，又为学生营造了舒适安全的学习环境；博物馆类建筑则通过恒温恒湿精准控制系统，在保障文物保存环境的前提下，优化能耗运行参数，实现节能与文物保护的有机融合。

第二章 公共建筑行业的 ESG 发展

第一节 行业的 ESG 政策

中国的公共建筑可持续发展政策经历了一个清晰的演进过程。

从“节能”到“绿色”：早期政策核心是节能（如《公共建筑节能设计标准》），随后提升为全面的绿色建筑（涵盖节能、节地、节水、节材和环境保护）。

从“单体”到“全域”：关注点从单栋建筑的节能绿色，扩展到城市群、园区、社区等系统层级（如《关于推动城市高质量发展的意见》）。

从“引导”到“强制”：对政府投资和大型公共建筑，要求从鼓励、引导逐步转变为强制性执行高星级绿色建筑标准。

从“新建”到“存量”：近年来政策高度重视对既有建筑的节能绿色化改造和城市更新（如《关于推动城市高质量发展的意见》中多次提及）。

融入“双碳”战略：近期的政策均紧密围绕国家“碳达峰、碳中和”目标，建筑领域的节能降碳是重中之重。

一、国家政策

我国 ESG 国家政策的发展是顺应全球可持续发展趋势，结合国内经济高质量发展、生态文明建设、社会民生改善等多方面需求而逐步推进的。政策体系围绕环境（E）、社会（S）和公司治理（G）三个核心维度展开，旨在引导企业将 ESG 理念融入战略与运营，提升可持续发展能力，同时促进资本市场健康、绿色、可持续运行。

在国家政策层面，政策体系逐步完善、信息披露要求不断强化，在环境信息披露和 ESG 啊综合信息披露方面均有所提升；监管力度加强，市场机制逐步引导，推进 ESG 政策的落地；企业对 ESG 相关理念的认识逐步增强，开始将 ESG 理念纳入企业战略和日常运营，并在环境、社会和公司治理方面开展了多样化的实践。

1. 综合政策——涉及 ESG 或公共建筑可持续发展的整体性政策

表 1：国家层面与公共建筑领域相关的综合性 ESG 政策

政策名称	发布时间	发布部门	与公共建筑相关的内容
《绿色建筑行动方案》	2013 年 1 月 1 日	国家发展和改革委员会 住房和城乡建设部	提出到 2020 年，绿色建筑占新建建筑比重显著提高，推动公共建筑节能改造，建立绿色建筑标准体系，鼓励采用节能环保技术，促进绿色建筑规模化发展。
《关于在政府投资公益性建筑及大型公共建筑建设中全面推进绿色建筑行动的通知》	2014 年 10 月 15 日	住房和城乡建设部办公厅 国家发展和改革委员会 国家机关事务管理局	强制性要求 国家机关办公建筑、政府投资的公益性建筑及大型公共建筑（>2 万 m ² ）全面执行绿色建筑标准，强化建设各方主体责任和全过程管理。
《关于加快推进生态文明建设的意见》	2015 年 4 月 25 日	中共中央国务院	提出建设美丽中国，强调资源节约、环境保护，为建筑行业可持续发展提供宏观指导。
《关于构建绿色金融体系的指导意见》	2016 年 8 月 31 日	中国人民银行、财政部、 国家发展和改革委员会、 环境保护部、银监会、证监会、 保监会	推动绿色信贷、绿色债券等支持绿色建筑、节能环保项目，为公共建筑可持续发展提供金融支撑，是 ESG 金融政策的重要基础。
《关于推动城乡建设绿色发展的意见》	2021 年 10 月 21 日	中共中央办公厅、国务院 办公厅	提出推动绿色建筑、低碳城市与韧性基础设施建设，特别关注公共建筑的绿色化、智能化和可持续运营。
《企业环境信息依法披露管理办法》	2021 年 12 月 11 日	生态环境部	要求重点排污单位及部分上市公司披露环境信息，为 ESG 中的“环境”维度信息披露提供制度依据，间接影响公共建筑运营主体。
《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》	2022 年 3 月 11 日	住房和城乡建设部	明确“十四五”期间推动绿色建筑高质量发展，提升既有公共建筑能效，推广超低能耗、近零能耗建筑，强化绿色建筑运行管理，推动建筑领域碳达峰。

政策名称	发布时间	发布部门	与公共建筑相关的内容
《加快推动建筑领域节能降碳工作方案》	2024年03月15日	国家发展改革委 住房和城乡建设部	要求公共建筑提升节能标准，推进既有建筑节能改造，推广可再生能源应用，加强运行管理，运用绿色金融等政策推动公共建筑领域节能降碳，助力“双碳”目标实现。
《关于推动城市高质量发展的意见》	2025年8月28日	国务院	明确城市从“增量扩张”转向“存量提质”。大力发展绿色建筑，加快新型建材研发应用，推动超低能耗建筑、低碳建筑规模化发展，加大既有建筑节能改造力度。推进建筑垃圾资源化利用。

《绿色建筑行动方案》

2013年1月，国务院办公厅转发发布，核心目标是转变城乡建设模式，提高资源利用效率，落实节能减排目标。

重点要求：一是强化节能管理，推进能耗统计、审计与公示，安装分项计量装置并建立节能监管平台，严格空调温度控制（夏季不低于26°C、冬季不高于20°C）；二是推动节能改造，“十二五”期间完成1.2亿平方米公共建筑节能改造，创新合同能源管理等市场化改造机制；三是加强公共机构能源管理，建立能源审计、能效公示和能耗定额管理制度。

《关于在政府投资公益性建筑及大型公共建筑建设中全面推进绿色建筑行动的通知》

2014年由住建部、财政部发布，核心目标是推动政府投资公益性建筑及大型公共建筑全面落实绿色建筑标准。

重点要求：一是明确适用范围，涵盖学校、医院、图书馆等政府投资公益性建筑及单体2万平方米以上大型公共建筑，新建项目须全部达标；二是强化全流程管控，前期可行性研究需包含绿色要求，设计文件进行绿色专项审查，施工阶段落实绿色技术措施；三是推进可再生能源应用，鼓励采用太阳能、浅层地能等，强化运营阶段绿色管理制度建设。

《关于加快推进生态文明建设的意见》

2015年4月由中共中央、国务院印发，核心目标是将生态文明融入建设全过程，推进绿色低碳发展。

重点要求：一是优化空间布局，在国土空间规划框架下合理布局公共建筑，促进与周边环境协调；二是强化资源节约，推进公共建筑节能减排，推广节能材料与设备，提高土地、水、原材料利用效率；三是健全制度保障，完善公共建筑绿色法规标准，将生态文明成效纳入考核，强化监管与责任追究；四是发挥教育功能，通过公共建筑传播生态文化，引导绿色生活方式。

《关于构建绿色金融体系的指导意见》

2016年8月由七部委联合印发，核心目标是引导社会资本投入绿色产业，推动经济绿色转型。

重点要求：一是绿色信贷支持，金融机构对公共建筑绿色化改造、新建绿色项目提供优惠贷款，降低融资成本；二是拓展融资渠道，支持发行绿色债券筹集公共建筑绿色项目资金；三是绿色基金赋能，通过PPP模式投资公共建筑绿色技术研发、材料生产等领域；四是完善风险保障，鼓励开展绿色建筑保险、环境污染责任保险，降低公共建筑绿色运营风险。

《关于推动城乡建设绿色发展的意见》

2021年10月由中办、国办印发，核心目标是推进城乡建设绿色转型，落实“双碳”任务。

重点要求：一是提升绿色品质，严格全生命周期绿色标准，推动既有公共建筑绿色化改造，建立绿色运营管理体系；二是强化协同发展，统筹公共建筑与交通、给排水等基础设施布局，提高供应效率；三是引导绿色生活，通过公共建筑设计与运营引导公众节约资源，开展绿色宣传教育活动。

《企业环境信息依法披露管理办法》

2021年12月由生态环境部印发，2022年2月实施，核心目标是规范企业环境信息披露，推动企业落实环保责任。

重点要求：一是明确披露主体，大型公立医院、高校、政府投资大型场馆等符合条件的公共建筑运营主体需依法披露环境信息；二是明确披露内容，涵盖污染物排放、能源消耗与碳排放、生态环境应急等与公共建筑运营相关的信息；三是强化监督管理，通过系统披露与监管检查，倒逼公共建筑运营主体加强污染治理与节能降碳。

《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》

2022年3月由住建部印发，核心目标是到2025年城镇新建建筑全面建成绿色建筑，控制建筑能耗与碳排放增长。

重点要求：一是提升建设质量，鼓励按高品质绿色建筑标准建设，完善绿色运行管理制度；二是提高节能水平，严格执行更高节能标准，推动超低能耗、近零能耗公共建筑示范；三是加快改造升级，重点推进政府机关、商场、酒店等既有公共建筑节能绿色改造；四是优化能源结构，推广太阳能、地热能等可再生能源应用，推进建筑电气化与智能调控。

《加快推动建筑领域节能降碳工作方案》

核心目标是推动建筑领域绿色低碳转型，为全社会碳达峰提供支撑，明确“十四五”“十五五”阶段性目标。

重点要求：一是严控新建增量，新建公共建筑100%执行绿色建筑标准，鼓励建设超低/近零能耗建筑；二是削减既有存量，优先对大型公共建筑、政府机关、高校医院等实施节能降碳改造，涵盖围护结构、用能系统升级等；三是优化用能结构，规模化应用可再生能源，推进电气化与智能能源管理；四是强化政策保障，通过财政补贴、绿色金融、市场化模式创新及考核监管，推动公共建筑主动降碳。

《关于推动城市高质量发展的意见》

核心目标是推动城市从规模扩张转向内涵提升，建成宜居、韧性、绿色、人文的现代化城市。

重点要求：一是优化规划布局，公共建筑布局与人口、产业需求匹配，避免重复建设；二是完善功能供给，补齐老旧城区教育、医疗等公共建筑短板，鼓励多功能复合开发；三是推进绿色转型，新建公共建筑100%执行绿色标准，既有建筑加快节能改造，融入海绵城市理念；四是强化安全韧性，推动公共建筑“平急两用”，提升抗灾与应急保障能力；五是赋能文化与治理，保护历史公共建筑，通过数字化赋能精细化管理，推动公众共建共享。

2. 环境维度的政策

表 2：国家层面与公共建筑领域相关的环境维度 ESG 政策

政策名称	发布时间	发布机构	与公共建筑相关的内容
《公共机构节能条例》	2008年8月1日	国务院	对公共机构（包括政府机关、学校、医院等公共建筑使用单位）的能源使用、节能管理提出具体要求，是公共建筑节能领域的核心法规。
《关于进一步推进公共建筑节能工作的通知》	2011年5月11日	财政部 住房和城乡建设部	加强公共建筑节能管理，推进能耗统计、监测平台建设；实施既有公共建筑节能改造，重点针对高耗能建筑；强化新建公共建筑节能标准执行与监管；运用财政奖励等经济激励政策，鼓励采用节能技术与产品，提升公共建筑能源利用效率，降低运行能耗。
《公共建筑节能设计标准》	2015年10月1日	住房和城乡建设部	提高公共建筑节能设计要求，是各类公共建筑节能改造的基准规范。
《关于深化公共建筑节能提升重点城市建设有关工作的通知》	2017年6月14日	住房和城乡建设部 中国银行业监督管理委员会	选择部分城市开展公共建筑能效提升试点，通过节能改造、智能化管理等手段，降低公共建筑能耗。“十三五”时期各省均需建设重点城市，要求规模化实施节能改造（平均节能率不低于15%），建立能耗限额和用能公示制度。
《绿色建筑评价标准》(GB/T50378)	2019年8月1日	住房和城乡建设部	定义绿色建筑的评价体系，从节地、节能、节水、节材、室内环境质量等方面评估建筑可持续性，广泛应用于公共建筑评级。
《建筑节能与可再生能源利用通用规范》(GB55015-2021)	2021年9月8日	住房和城乡建设部	强制性国家标准，规定新建建筑必须满足节能设计要求，包括供暖、通风、空调、照明等系统的能效，对公共建筑有直接约束力。

《公共机构节能条例》

我国首部专门规范公共机构节能工作的行政法规，2008 年 10 月 1 日起施行，2017 年修订。核心目标是以“降低能源消耗、提高能源利用效率”为核心，形成“政府主导、部门协同、示范带动”的节能工作格局，助力国家节能减排战略落实。适用对象为全部或部分使用财政性资金的国家机关、事业单位和团体组织，重点覆盖公共建筑使用主体。

重点要求：一是用能系统运行管理，安装分项计量装置实时监测能耗，实施定额管理与目标考核，引导行为节能（如规范空调温度设置、推广智能照明）；二是优先对高耗能既有建筑实施围护结构升级、用能设备更新等节能改造，鼓励采用合同能源管理模式；三是新建扩建建筑 100% 执行绿色建筑标准，强化设计、施工、运行全流程管控；四是积极推广太阳能、地热能等可再生能源应用；五是完善能耗统计公示、监督检查与法律责任追究机制。

《关于进一步推进公共建筑节能工作的通知》

2011 年 5 月由住房城乡建设部、财政部联合印发，聚焦公共建筑能耗高、管理薄弱的问题，明确“十二五”期间工作方向。核心目标包括建立全国重点城市大型公共建筑能耗监测平台、完成 4000 万平方米以上既有公共建筑节能改造、新建公共建筑 100% 执行节能标准等。

重点要求：一是加强能耗统计与监测，建立“一建筑一档案”，推进重点城市监测平台建设并公示高能耗建筑；二是优先改造 2000 年前建设的大型公共建筑和政府办公楼，采用围护结构升级、设备更新等技术路径，推广合同能源管理模式；三是严格执行新建建筑节能标准，强化设计审查与竣工节能专项验收；四是推广高效节能设备、可再生能源集成应用，发布技术推广目录；五是通过财政激励、市场化模式创新及考核问责激发节能动力，完善组织、技术、宣传保障措施。

《公共建筑节能设计标准》

公共建筑领域节能设计的核心技术规范，最新版本为 GB50189-2015，由住房和城乡建设部发布。核心目标是通过强制性技术要求，规范设计阶段节能措施，从源头上降低建筑运行能耗，推动建筑绿色低碳发展，适用于各类新建、改建、扩建公共建筑。

重点要求：一是围护结构节能，对不同气候区外墙、屋面、外窗等提出明确热工性能限值；二是优化供暖通风空调系统设计，精准计算负荷，选用高效设备，配备智能控制系统与新风热回收装置；三是限制照明功率密度，推广高效光源与智能控制，优化电气设备能效；四是鼓励结合建筑条件利用太阳

能光伏、热水及地源热泵等可再生能源；五是要求安装分项计量装置，设计阶段需通过能耗模拟验证节能率达标；六是对大型公共建筑和公共机构建筑提出更严格的强化指标，为既有建筑改造提供参考依据。

《关于深化公共建筑能效提升重点城市建设有关工作的通知》

2017 年由住房城乡建设部、银监会联合印发，聚焦公共建筑能效提升重点城市，旨在形成可复制推广经验。核心目标是到 2020 年，重点城市公共建筑单位面积能耗较 2015 年下降 5%-10%，完成一批既有建筑能效提升改造，打造示范项目，推广市场化模式。

重点要求：一是完善政策机制，制定能耗限额标准，加大财政金融支持，简化项目审批流程；二是创新市场模式，大力推广合同能源管理，探索能源费用托管，培育专业市场主体；三是加强技术支撑，开展关键技术研发，建立技术推广目录，通过示范项目引领，依托第三方机构开展能效诊断；四是强化项目管理，建立项目储备库，加强改造质量监督与效果评估，总结推广成功经验；五是落实组织保障与监督考核，加强宣传推广提升社会参与度。

《绿色建筑评价标准》(GB/T50378)

国内绿色建筑领域权威通用标准，2019 年 8 月 1 日起实施的 GB/T50378-2019 版重新构建“安全耐久、健康舒适、生活便利、资源节约、环境宜居”五大维度评价体系，适用于各类民用建筑（含公共建筑）。核心目标是引导建筑行业向绿色低碳可持续发展，提升建筑综合性能，满足人民美好生活需要。

重点要求：一是安全耐久方面，强化结构材料安全、部品设施耐久性及防灾应急安全设计；二是健康舒适方面，严控室内空气质量，优化热湿与声光环境，注重人性化设计；三是生活便利方面，优化交通衔接与停车设施，推广智能化服务，完善配套设施；四是资源节约方面，降低全生命周期能耗、水耗、材耗，提高土地利用效率；五是环境宜居方面，增加绿化面积，调节周边微气候，加强污染防治与生态保护。采用星级分级评价制度，通过控制项、评分项、加分项综合考核。

《建筑节能与可再生能源利用通用规范》(GB55015-2021)

2022 年 4 月 1 日起实施的首部全文强制节能与可再生能源利用国家标准。核心目标是以“双碳”为引领，明确建筑全生命周期节能与可再生能源利用最低要求，推动建筑从“被动节能”向“主动降碳”转变。

重点要求：一是实施更高节能标准与能耗限额，大幅提升围护结构热工性能，强制提升供暖空调与照明系统能效，要求能耗模拟达标并实时监测；二是首次明确新建公共建筑必须配置可再生能源系统，屋顶光伏覆盖率有明确要求，优先采用太阳能热水、地源热泵等技术；三是强化大型公共建筑管控，要求采用高性能材料、智能能源管理系统，提高可再生能源应用比例；四是公共机构建筑需执行更严格标准，发挥示范引领作用；五是强制保障施工质量，要求运行阶段实时监测能耗并定期报送报告。

3. 社会维度的政策

表 3：国家层面与公共建筑领域相关的社会维度 ESG 政策

政策名称	发布时间	发布机构	与公共建筑相关的内容
《无障碍环境建设条例》	2012年6月28日	国务院	公共建筑应进行无障碍设计，包括设置无障碍通道、楼梯、电梯、卫生间等设施，保障残疾人、老年人等社会成员通行和使用便利。新建公共建筑须符合无障碍标准，既有公共建筑要逐步进行无障碍改造，相关部门需加强监督管理，确保公共建筑无障碍设施建设到位。
《健康建筑评价标准》(T/ASC02-2021)	2021年9月1日	中国建筑科学研究院	针对公共建筑，从空气、水、舒适、健身、人文、服务等方面设定评价指标。要求公共建筑保障室内空气质量、用水安全，优化热湿、声光环境，设置健身与人文关怀设施，提供健康管理等，以提升公共建筑健康性能，促进建筑使用者身心健康。
《中华人民共和国无障碍环境建设法》	2023年6月28日	全国人民代表大会常务委员会	公共建筑建设、改造应符合无障碍设施工程建设标准，设置无障碍通道、出入口、电梯、卫生间等，保障残疾人、老年人等平等、便捷使用。既有公共建筑要逐步进行无障碍改造，政府及相关部门要加强监督管理，确保公共建筑无障碍环境建设落实。

《无障碍环境建设条例》

我国首部专门规范无障碍环境建设的行政法规，国务院令第622号，2012年8月1日起施行。核心目标是保障残疾人、老年人等社会成员平等参与社会生活，通过完善无障碍设施、信息交流及服务保障，构建“设施无障碍、信息无障碍、服务无障碍”的全链条环境体系。遵循“以人为本、普惠共享”原则，明确政府、建设单位等各方责任。

重点要求：一是设施建设全覆盖，外部需设置无障碍出入口、连续盲道及专用停车位，内部保障通道畅通，配备无障碍电梯、卫生间及服务窗口，特殊功能区同步配套无障碍设施；二是信息交流多维度支持，标识采用大字体与高对比度颜色并增设盲文，电子屏同步语音播报，提供手语翻译及无障碍数字服务；三是强化人性化服务保障，设立优先通道，免费提供轮椅等设备，工作人员主动引导并完善应急保障；四是明确建设运营全流程监管与法律责任，无障碍设施需与主体工程同步设计、施工、验收，运营单位定期维护，违规者将被责令整改或处罚。

《健康建筑评价标准》(T/ASC02-2021)

由中国建筑科学研究院有限公司等主编、中国建筑学会发布的团体标准，2021年实施。核心目标是响应健康中国战略，引导建筑从关注本身向关注使用者健康转变，营造健康舒适的建筑环境，提升使用者健康水平。适用于各类民用建筑，构建“基本规定+五大健康性能维度+加分项”的评价体系。

重点要求：一是空气健康，严格限制室内污染物浓度，优化通风系统设计，鼓励采用空气净化与实时监测设备；二是水健康，明确生活用水及直饮水水质标准，优化给排水系统避免污染，推广节水器具与中水回用技术；三是舒适健康，规范室内热湿、声、光环境参数，采取隔声降噪措施，合理规划天然采光与人工照明；四是健身健康，按功能配置健身设施与空间，通过标识宣传引导使用者参与健身活动；五是人文健康，营造温馨和谐的室内环境，规划社交空间，鼓励提供心理健康支持服务；六是设置加分项，鼓励采用先进健康技术、实现特定健康目标及开展健康相关活动。

《中华人民共和国无障碍环境建设法》

我国首部专门针对无障碍环境建设的国家法律，2023年9月1日起施行。核心目标是构建“覆盖全面、功能完善、保障有力”的无障碍环境体系，保障有需求者平等便捷参与社会生活，推动社会文明进步与包容性发展。在2012年《无障碍环境建设条例》基础上升级，将无障碍建设纳入法治保障。遵循普惠性、全链条覆盖等原则，明确全主体责任与全领域覆盖要求。

重点要求：一是设施建设强制性标配，外部保障出入口、盲道、停车位无障碍，内部确保通道畅通，配备无障碍电梯、卫生间、服务窗口及特殊功能区配套设施，设置清晰无障碍标识；二是信息交流多维支持，标识兼顾大字体、高对比度与盲文，电子屏同步语音播报，提供手语翻译及无障碍数字服务；三是社会服务主动保障，设立优先通道，免费提供辅助设备，工作人员接受专业培训并完善应急疏散保障；四是全流程监管与严格追责，新建改建扩建项目需同步配套无障碍设施并达标验收，运营单位定期维护，违规者将被责令整改、罚款，造成人身伤害的承担赔偿责任。

4. 治理维度的政策

表 4: 国家层面与公共建筑领域相关的治理维度 ESG 政策

政策名称	发布时间	发布机构	与公共建筑相关的内容
《企业内部控制基本规范》	2008 年 5 月 22 日	财政部会同证监会、审计署、银监会、保监会制定	要求参与公共建筑业务的企业，通过内部环境营造、风险评估、控制活动（如预算、资金管控）、信息沟通及监督，防范项目投标、建设、运营中的各类风险，保障工程质量、资金安全与合规，提升公共建筑项目管理水平与效益。
《中共中央、国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》	2016 年 2 月 6 日	国务院	要求加强城市公共建筑规划与管理，强调塑造城市特色风貌，提升建筑设计和工程质量，推广绿色建筑和建材，强化公共建筑节能环保。注重公共建筑与城市功能、历史文化协调，完善公共服务设施配套，增强公共建筑的安全性、适用性和美观性，推动城市公共建筑高质量发展，提升城市整体形象与宜居水平。
《上市公司治理准则》	2018 年 9 月 30 日	证监会	要求参与公共建筑业务的上市公司完善治理结构，规范关联交易与信息披露，强化中小投资者保护。上市公司需确保公共建筑项目决策科学、招投标合规、工程质量与安全受控，严格披露项目进展、财务及风险信息，防范利益输送与违规行为，推动公共建筑业务在合规、透明、负责的治理框架下稳健运营，维护股东与公众利益。
《中央企业合规管理办法》	2022 年 8 月 23 日	国务院国有资产监督管理委员会	要求央企在公共建筑业务中强化合规管理，规范招投标、合同签订、分包等关键环节，防范合规风险；落实工程质量终身责任制，确保公共建筑安全可靠；加强廉洁合规与环境保护，杜绝商业贿赂与生态破坏；通过合规审查与监督，保障项目依法依规推进，维护国有资产安全与公共利益，提升央企公共建筑业务的合规水平与公信力。
《上市公司治理准则（修订征求意见稿）》	2025 年 7 月 25 日	证监会	要求涉及公共建筑业务的上市公司强化利益相关者权益保护，规范绿色建筑技术应用与信息披露，加强 ESG 责任履行；约束项目决策中的不当行为，保障中小投资者权益；推动公共建筑项目合规建设与运营，提升工程质量与安全水平，促进公共建筑业务可持续发展，维护股东与社会公共利益。

《企业内部控制基本规范》

由财政部等五部委 2008 年 5 月联合发布，2009 年 7 月 1 日起在上市公司施行，鼓励非上市大中型企业执行。核心目标是借鉴国际经验结合我国实际，构建企业内部控制标准体系，防范风险、规范管理、提升效率，保障企业经营合规、资产安全、信息真实，提高经营效率并促进实现发展战略。遵循全面性、重要性等五项原则，设定五大控制目标，核心内容涵盖内部环境、风险评估等七方面。

重点要求：一是搭建适配的内部环境，明确治理结构与权责分配，配备专业人员并培育合规文化；二是精准识别战略、财务等项目关键风险，开展量化评级并制定应对策略；三是落实全流程控制活动，规范不相容职务分离、授权审批等关键措施，强化会计财务、财产保护等控制；四是建立内外部信息沟通机制，保障项目信息透明协同；五是通过内部审计与配合外部监督，保障内控有效性。

《中共中央、国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》

2016 年 2 月印发，核心目标是解决城市规划、建筑特色等问题，实现城市有序建设与高效运行，打造和谐宜居的现代化城市，提出七大核心任务。

重点要求：一是强化设计管理，遵循“适用、经济、绿色、美观”方针，建立大型项目后评估制度，完善招投标决策机制；二是落实工程质量责任，明确五方主体责任，严查违法分包，建立技术风险控制与保险机制；三是推动建筑节能，推广节能技术与绿色建材，制定能耗标准定额并推进节能改造；四是健全公共服务配套，衔接周边设施打造生活圈，推进无障碍建设，推动公共文化场馆免费开放；五是推广装配式等新型建造方式，制定相关规范标准，提升施工质量与效率。

《上市公司治理准则》

中国证监会 2018 年 9 月修订发布，核心目标是构建科学规范的上市公司治理体系，提高上市公司质量，保护投资者权益，促进资本市场健康发展。虽未设公共建筑专项条款，但核心要求对相关上市公司影响深远。

重点要求：一是完善公司治理结构，保障董事会独立性与专业性，强化专门委员会职能，提升项目决策科学性；二是严格信息披露，及时披露重大项目相关信息与关联交易，保障投资者知情权；三是加强中小投资者保护，禁止损害股东利益行为，平衡项目垫资与股东分红回报；四是强化社会责任，落实环保、安全生产与质量保障要求，妥善处理员工权益与社区关系。

《中央企业合规管理办法》

国资委 2022 年 8 月发布，2022 年 10 月 1 日起施行，核心目标是推动中央企业强化合规意识、健全机制、防控风险，保障经营合规，维护国有资产安全，提升核心竞争力。遵循四项基本原则，构建全流程合规管理框架。

重点要求：一是明确合规组织体系，压实党委、董事会等各层级责任，确保责任层层落实；二是建立覆盖全流程的合规制度，规范招标投标采购、合同管理、分包与供应链等环节的合规要求；三是建立风险识别、预警等合规运行机制，强化项目全周期风险管控，严格违规问责整改；四是加强合规文化建设与信息化管理，提升员工合规意识，利用数字化工具提升管理效率。

《上市公司治理准则（修订征求意见稿）》

中国证监会 2025 年 7 月发布，核心目标是推动上市公司治理现代化，服务经济高质量发展，构建更科学透明的治理体系。以四大主线优化补充内容，新增多项专章。

重点要求：一是强化利益相关者权益保护，落实质量终身责任，坚持公共利益优先，建立社区公众沟通机制；二是强化 ESG 信息披露，推动业务绿色低碳转型，披露环境、社会、治理维度关键信息；三是提升信息披露透明度，细化重大项目与关联交易披露要求；四是加强中小投资者保护，约束项目不当决策与风险转嫁，平衡垫资需求与股东回报；五是推进数字化转型治理，鼓励应用智能建造技术，通过数字化工具防控项目风险。

二、地方政策

表 5：地方层面与公共建筑领域相关的 ESG 政策

省市	政策名称	发布时间	发布机构	与公共建筑相关的内容
北京市	《北京市绿色建筑行动实施方案》	2013 年 7 月 11 日	北京市人民政府办公厅	要求政府投资及大型公共建筑执行高星级绿色标准，推进既有公共建筑节能改造，推广绿色技术，强化公共建筑节能监管，提升公共建筑绿色化水平与能源利用效率。
	《北京市碳达峰实施方案》	2022 年 10 月 13 日	北京市人民政府	加强公共建筑节能降碳，严控新建公共建筑能耗与碳排放，推进既有公共建筑节能改造，推广可再生能源应用，强化公共建筑运行管理，助力全市 2030 年碳达峰。

省市	政策名称	发布时间	发布机构	与公共建筑相关的内容
上海市	《上海市绿色建筑管理办法》	2021 年 10 月 13 日	上海市人民政府令	要求公共建筑执行高星级绿色标准，强制应用可再生能源，加强全生命周期绿色管控，提升公共建筑节能、环保与健康性能，推动绿色低碳发展。
	《上海市碳达峰实施方案》	2022 年 7 月 8 日	上海市人民政府	要求公共建筑提升能效与绿色标准，严控新建建筑碳排放，推进既有建筑节能改造，推广可再生能源，强化运行管理，助力全市 2030 年碳达峰。
	《上海市城乡建设领域碳达峰实施方案》	2022 年 11 月 1 日	上海市住房和城乡建设管理委员会	要求公共建筑提升绿色标准，严控新建能耗与碳排放，推进既有建筑节能改造，推广可再生能源应用，强化运行管理，降低城乡建设领域碳排放。
深圳市	《深圳经济特区绿色建筑条例》	2022 年 8 月 17 日	深圳市规划和自然资源局	要求公共建筑执行高星级绿色标准，强制应用可再生能源，加强全生命周期管控。2022 年修正延续该要求，强化公共建筑节能、环保与健康性能，推动绿色技术应用，提升公共建筑绿色低碳水平，发挥示范引领作用。
	《深圳市碳排放权交易管理办法（2024 修正）》	2024 年 6 月 20 日	深圳市生态环境局	将年碳排放达标的公共建筑运营主体纳入重点管控，实施配额分配与履约清缴，强化碳排放数据管理，鼓励通过市场交易减排，推动公共建筑运营主体主动降碳，助力全市碳减排目标实现。

1. 北京市

《北京市绿色建筑行动实施方案》

2013 年由北京市人民政府办公厅印发，核心目标是转变城乡建设模式、提升生态文明水平、促进首都可持续发展，聚焦新建建筑绿色化等重点领域。遵循“强制与激励并重”等原则，明确“十二五”期末阶段性目标。

重点要求：新建公共建筑实行分类分级强制标准，政府投资和大型公共建筑执行二星级及以上标准；推进既有公共建筑节能改造，重点覆盖高能耗及公益性建筑，明确改造内容与市场化实施机制；优先

推广适配公共建筑的节能与可再生能源技术；通过财政补贴、税收优惠等政策激励，结合刚性监管保障落实；打造绿色公共建筑示范项目，强化区域推广与公众参与。

《北京市碳达峰实施方案》

2022年由北京市人民政府印发，目标是全国率先达峰、示范引领转型，明确2025年和2030年关键目标。

将公共建筑列为重点控碳领域，重点要求：强化新建公共建筑全流程低碳标准，全面执行二星级及以上绿色建筑标准，强制安装太阳能光伏系统；推进既有公共建筑节能绿色化改造，明确改造目标、重点内容与多元实施机制；实施用能定额与阶梯价格，建立碳排放监测与信息披露制度，强化精细化运行管理；通过财政、金融激励与监管约束组合政策，保障碳达峰任务落地。

2. 上海市

《上海市绿色建筑管理办法》

2021年由上海市人民政府印发，是上海首部专门规范绿色建筑活动的政府规章，核心目标是提升建筑品质、促进绿色低碳发展。

重点要求：实施分类分级管理，政府投资和大型公共建筑执行更高绿色标准，强化全流程刚性约束；覆盖规划设计至改造的全生命周期绿色管控；明确节能、可再生能源应用、节水及室内健康等关键技术要求；通过财政补贴、绿色金融等激励措施与严格约束机制并重推动落实；打造示范项目，强化信息公开与公众参与。

《上海市碳达峰实施方案》

2022年7月由上海市人民政府印发，目标是全国率先达峰、示范引领转型，明确2025年和2030年关键目标。

将公共建筑列为重点控碳领域，重点要求：强化新建公共建筑源头管控，升级绿色建筑标准，强制应用可再生能源；推进既有公共建筑节能绿色化改造，明确改造目标、重点内容与多元实施机制；实施用能定额管理与阶梯价格，建立智慧化碳排放监测与信息披露体系；通过财政、金融激励与监管约束组合政策，保障碳达峰任务落地。

《上海市城乡建设领域碳达峰实施方案》

2022年1月由上海市住建委、发改委联合印发，聚焦城乡建设领域，核心目标是推动绿色低碳转型、助力全市碳达峰。

重点要求：强化新建公共建筑全流程低碳标准，升级绿色建筑标准，强制应用可再生能源并管控低碳建材；推进既有公共建筑节能绿色化改造，明确改造目标、重点内容与多元实施机制；实施用能定额管理，建立智慧化监测与绿色运营机制；推广关键低碳技术，通过财政、金融激励与监管约束组合政策保障落实。

3. 深圳市

《深圳经济特区绿色建筑条例》

2022年8月升级出台，将绿色建筑要求提升至法定强制，核心目标是推动建筑领域绿色低碳转型，打造“绿色建筑之都”。

重点要求：执行更高强制绿色标准，国家机关办公建筑等须达三星级；压实全链条主体责任，强化建设、设计、运营等环节责任追溯；聚焦能效、室内环境、可再生能源三大核心性能提升；分类推进既有公共建筑绿色改造，明确优先对象与激励监管措施；通过容积率奖励等激励与罚款、信用黑名单等约束机制引导落实。

《深圳市碳排放权交易管理办法（2024修正）》

2024年6月修订发布，核心目标是完善碳交易制度、扩大覆盖范围、服务双碳目标。

将公共建筑纳入重点管控，重点要求：明确年碳排放量达标的公共建筑运营主体纳入重点排放单位，履行报告、核查等义务；优化配额分配机制，实施差异化分配与履约管理，激励主动减排；强化碳排放数据监测、第三方核查与公开，保障数据质量；优化市场交易机制，丰富品种与方式，降低交易成本；加强与绿色建筑政策协同，通过财政金融支持强化激励；明确多部门监管职责与严格法律责任，保障市场有序运行。

第二节 行业 ESG 披露状况

据统计，2024 年《财富》中国 500 强榜单中的工程建筑类企业，ESG 报告发布占比已达 77.3%。这一数据不仅体现出行业对 ESG 理念的认知普遍提升，更意味着建筑业正迈入一场关乎可持续发展的深度变革阶段，ESG 报告发布已成为行业常态，头部企业表现尤为突出。

2024 年中国 500 强企业中的工程与建筑业企业有 17 家发布了 ESG 报告，比例高达 77.3%，接近国际先进水平。从报告类型来看，“ESG 报告”数量最多，占比 47.37%；“社会责任报告”占比 31.58%，反映出企业披露偏好正从传统社会责任向更系统的 ESG 框架转变。值得注意的是，报告发布的连续性表现良好，58.8%的企业发布报告次数达十次及以上，中国交建更是连续 17 年发布报告，展现出对可持续发展承诺的长期坚守；从企业性质看，国有或国有控股企业占比 88.24%，继续发挥示范引领作用；地域分布上，北京企业占比 41.2%，凸显总部经济集聚效应。

在披露质量方面，行业整体提升显著。报告编制规范性上，88.2%的企业采用两种及以上编制依据，其中 GRI 标准（88.2%）、国资委指导意见（58.8%）和上交所指引（47.1%）成为最常用框架；76.5%的企业明确数据来源，94.1%对报告真实性做出承诺。不过，第三方评价仍有提升空间，仅 17.6%的报告披露第三方评价信息，且均未经过独立审验，反映出行业在增强报告可信度方面仍存在不足。

在 ESG 三大维度中，环境议题的披露表现尤为突出，整体披露率处于较高水平。从具体议题来看，废水管理与气候变化应对的披露率领先，达 88.2%；绿色设计与施工、废弃物管理、废气管理及环境管理体系建设等议题紧随其后，披露率均为 82.4%，反映出行业对核心环境管控环节的普遍重视。不过，温室气体排放核算与绿色金融应用的披露率仍有较大提升空间，当前仅为 23.5%，成为环境信息披露中的关键优化方向。

环境议题是公共建筑行业 ESG 披露的重中之重，毕竟公共建筑占全球碳排放的 34%。在绿色设计方面，深圳中国海外大厦在建设中采用了 11 项节能减碳技术，如高效能源系统、可再生能源技术等，实现建筑综合节能率 61%，获国家近零能耗设计认证、健康三星级设计标识、绿建三星级预认证等多项殊荣；原材料获取方面，浙江中医药大学附属第二医院中医药传承创新基地项目应用装配式装修，顶面采用蜂窝铝板、GFK 抗菌板等装配式装修材料，隔墙采用三合一装配式钢板墙体，这些材料具有标准化生

产、环保等特点，降低了墙体自重，提升了承载能力；建造方式方面，杭钱塘工出〔2022〕28 号高创 WORLD 产业园项目采用装配式钢结构和装配式混凝土结构，通过运用 BIM 技术实现预制构件精准吊装，借助钢结构深化设计与物联网应用技术加强现场精细化管理，优化了现场布局，缩短了钢构件现场堆放时间。

公共建筑的社会影响贯穿规划、建设、运营全链条，相关议题披露同样关键。在房地产科技应用上，国家会展中心（上海）系统集成采用了分布式能源系统和冷、热、电“三联供”、太阳能光热光电高效利用、高大展厅全 LED 节能照明等多项首创技术，还采用了建筑信息模型（BIM）设计平台，实现了从设计、建设到运行过程的大幅度节能减排目标，获得了国家绿色建筑三星设计和运营标识“双认证”；物业运营方面，中海物业在深圳中海集团总部大厦的运营中，通过《基于中海集团总部大厦的写字楼近零碳运营模式的研究与应用》课题，利用被动式设计、高效能源系统、可再生能源技术等，实现了建筑综合节能率 61%，此外还推出海博智慧照明解决方案，在佛山、深圳、惠州、上海等地 23 个项目试点论证，相关改造完成后整体可降低 30%-50%以上照明能耗；劳工和社会权益保障方面，苏州北站新时代建筑工人社区为 2700 多名工友提供了良好的生活保障，社区内设有综合服务中心，配备 24 小时卫生服务站、警务工作站、安“薪”驿站、法律服务室等公共服务设施，还设置了“夫妻房”“家庭房”，公共区域有洗衣机、晾晒区等，切实保障了劳工权益，提升了社会福祉。

由于公共建筑常涉及政府投资与公众利益，治理透明度与合规性成为 ESG 披露的核心。在公司治理层面，需披露董事会多样性（如女性董事占比、独立董事比例）、ESG 委员会设立情况，或高管薪酬与 ESG 绩效挂钩比例，同时报告反商业贿赂培训覆盖率、举报渠道有效性，或对招投标违规行为的处罚记录，部分企业还通过区块链技术公开项目进度与资金流向，或设立市民监督委员会参与验收；在风险管理层面，要披露极端天气（如暴雨、高温）对建筑结构的影响评估，或转型风险（如碳税增加导致的运营成本上升）的应对策略，以及施工噪音投诉处理率、历史文化遗产保护措施等内容。

当前，国内公共建筑行业 ESG 披露正从“被动合规”向“主动价值呈现”转型，其重点议题的聚焦与深化，既是行业响应国家“双碳”目标的必然选择，也是提升自身可持续竞争力的核心路径。未来，随着政策标准的完善与市场监督的强化，行业 ESG 披露将更趋规范、透明，最终推动公共建筑从“功能载体”升级为“可持续发展的重要参与者”，为城市生态文明建设与社会福祉提升提供坚实支撑。

第三节 行业核心议题

公共建筑作为承载社会服务与公共活动的核心载体，其 ESG 表现深刻影响着城市的可持续未来与公众福祉。在 ESG 框架下，该行业面临着诸多关键议题。比如在环境（E）层面，核心在于应对建筑全生命周期的巨大环境影响，包括贯穿设计、施工与运营的能源管理与碳足迹控制，以及对水资源、建材资源的高效利用与循环。在社会（S）层面，议题高度聚焦于其公共属性，涵盖保障使用者健康、安全与舒适性的室内环境，确保建筑对所有人群的包容性与可达性，以及对所在地社区产生的广泛社会经济效益。在治理（G）层面，则要求公共建筑项目建立透明、合规的决策与采购流程，实施严格的供应链责任管理，并将可持续理念系统性融入顶层规划与风险管理。

另一方面，公共建筑在 ESG 议题上与普通商业或住宅建筑的核心区别，根植于其固有的公共属性。这一属性使其 ESG 重心从普遍关注的环境效益与运营成本转向社会价值与公共责任。具体而言，公共建筑在社会（S）维度肩负着更高的使命，其核心议题超越了基础的用户健康与安全，更强调服务的公平性与包容性（确保所有公民都能平等享用）、社区凝聚力与公共福祉的提升（作为社区中心促进社会交往），以及作为应急避难所的防灾韧性。在治理（G）维度中，由于建设运营公共建筑的资金来源于公共财政，公共建筑必须接受更严格的公众监督，追求决策全过程的透明度，并利用其可持续采购的示范效应来推动产业链的 ESG 发展。以下举例说明。

一、能源管理与碳足迹

在公共建筑的 ESG 议题中，能源管理与碳足迹为公共建筑绿色转型的核心战场，这不仅是应对气候变化的必然要求，也直接关系到建筑的运营成本与长期环境效益。该议题的核心在于对建筑全生命周期运行能耗与碳排放进行精准的量化和高效的管理，重要性源于公共建筑体量巨大、运营持续、服务人口广泛的特性，其能源消耗与碳排放总量在社会总排放中占有显著比重。

对公共建筑而言，能源管理与碳足迹控制是一个系统性工程。它要求在设计阶段就确立被动式优先、主动式优化的理念；在材料选择阶段考量其全生命周期的环境影响；在建造阶段采用绿色施工方法；在长达数十年的运营阶段，则依赖于持续的技术迭代和智慧化管理。

政策和标准在为公共建筑的能源与碳管理设定清晰的轨道：

- **量化分级成为趋势：**越来越多的地方开始推行基于实际运行数据的能耗与碳排放强度分级管理。例如，湖州市推出《公共建筑运行能耗与碳排放强度限值及分级标准》，建立了针对不同建筑类型的能耗和碳排放强度“引导—基准—约束”三值体系，并据此进行 A 到 D 的分级，为精细化管理提供了模板。同样，湖北省也发布了《大型公共建筑碳排放分级评价标准》的征求意见稿，旨在对省内公共建筑运行阶段的碳排放进行核算与分级。
- **设计标准趋严：**在源头控制方面，新建建筑的节能标准不断提高。山东省于 2025 年 8 月实施的《公共建筑节能设计标准》，能效水平较以往提升 20%以上，并在全国各省市中率先达到节能 78% 的设计要求。该标准还创新性地引入了“能耗与碳排放双控”的设计理念，并鼓励新建公共建筑采用全电气化设计。

在实践层面，通过综合性的技术改造与智慧管理，公共建筑节能降碳的路径日益清晰：

- **系统节能改造：**对既有建筑进行绿色节能改造是见效最快的手段之一。重庆市在推进公共建筑节能改造中，累计完成改造面积 1450 余万平方米，改造后整体节能率可达 22% 以上。
- **可再生能源应用：**利用建筑本体生产绿色电力是降低碳足迹的关键。屋顶光伏是目前应用最广泛的技术之一。2022 年，重庆科技馆启动改造，以可再生能源系统和暖通空调系统为建设导向，完善用水、用电、用气形式升级。项目改造完工后，综合采用江水源热泵空调系统、光伏发电系统，并配套建设室外“光伏发电科普展示平台”，可再生能源利用率达到 72%，年节电量达到 155 万度，年减排二氧化碳达 814 吨，减碳率将达到 33%。
- **智慧能源管控：**单纯的设备升级不足以实现能效最大化，但通过物联网、大数据和人工智能技术等构建成的“能源管家”来实现智慧运维，实现对建筑能耗的实时监测、诊断、预测和优化控制，使能源使用从粗放走向精细，带来显著的能效提升。举例而言，深圳湾体育中心接入了智能控制系统，能动态调节照明、空调、风机等设备的运行。这类系统可以根据人流量、环境温度和室内照度，自动优化设备启停与功率，避免“无人空转”的浪费。
- **创新商业模式：**合同能源管理（尤其是节能效益分享型和能源托管型）有效破解了改造初期的资金和技术难题。这种模式允许用户在不投入前期资金的情况下进行节能改造，用未来的节能收益支付改造费用，已在重庆、南京、宣州等多地成功实践。

图 5：重庆科技馆屋顶光伏实景图



来源：重庆市人民政府

图 6：上海书城



来源：绿建资讯网

尽管技术与路径已很明确，但公共建筑的深度减碳仍面临挑战：

- **从能耗控制到碳足迹管理：**当前的努力正从单纯的节能降耗，转向对建筑全生命周期碳足迹的管理。这要求我们不仅关注运行阶段的电力和燃气消耗，还要将建材生产、运输、建造乃至拆除阶段的碳排放纳入视野。上海书城改造项目中，已开始要求建材提供碳足迹分析报告，并实施全过程用能、用水和碳排放监测。
- **构建完善的碳核算体系：**精准核算是科学管理的前提。广东省发布的《楼宇碳排放核算方法》等系列标准，为楼宇运行阶段的碳排放核算与评价提供了依据。未来，需要建立更统一、透明的碳核算方法论，为碳交易、碳金融等市场机制进入建筑领域铺平道路。
- **探索市场与金融激励：**除了行政手段，经济激励同样重要。湖州市率先搭建公共建筑“碳效码”数字化管理平台，通过碳排放核算、配额管理、交易辅助、减排管理和碳金融等应用场景的拓展，辅助运营方实现碳资产自我管理；并且以“碳效码”为基础，试点推行建筑领域碳交易机制，打造碳交易创效中心，探索“逐年限额管理+5 年碳配额交易”交易模式。此外，湖州市以“碳效”分级评价机制为基础，建立新型电力系统下面向不同“碳效”等级建筑的公共建筑差异化电价机制，设计和推行差异化/阶梯电价，并制定“个人碳积分”激励制度，将其积分汇总后纳入到公共建筑“碳效码”评价考核指标体系中，与相关认证与奖补政策挂钩。这些举措为公共建筑节能降碳提供了长期的内生动力。

总而言之，公共建筑在能源管理与碳足迹控制方面的实践表明，这是一个由政策标准引领、技术创新驱动、市场机制赋能的系统性工程。未来，随着量化核算的普及、数字技术的深度融合以及金融工具的创新，公共建筑在这一核心 ESG 议题上的表现必将迈向新的高度。成功应对这一议题，不仅能为公共机构节省巨额运营开支，更将作为城市低碳发展的示范标杆，发挥巨大的社会引领价值。

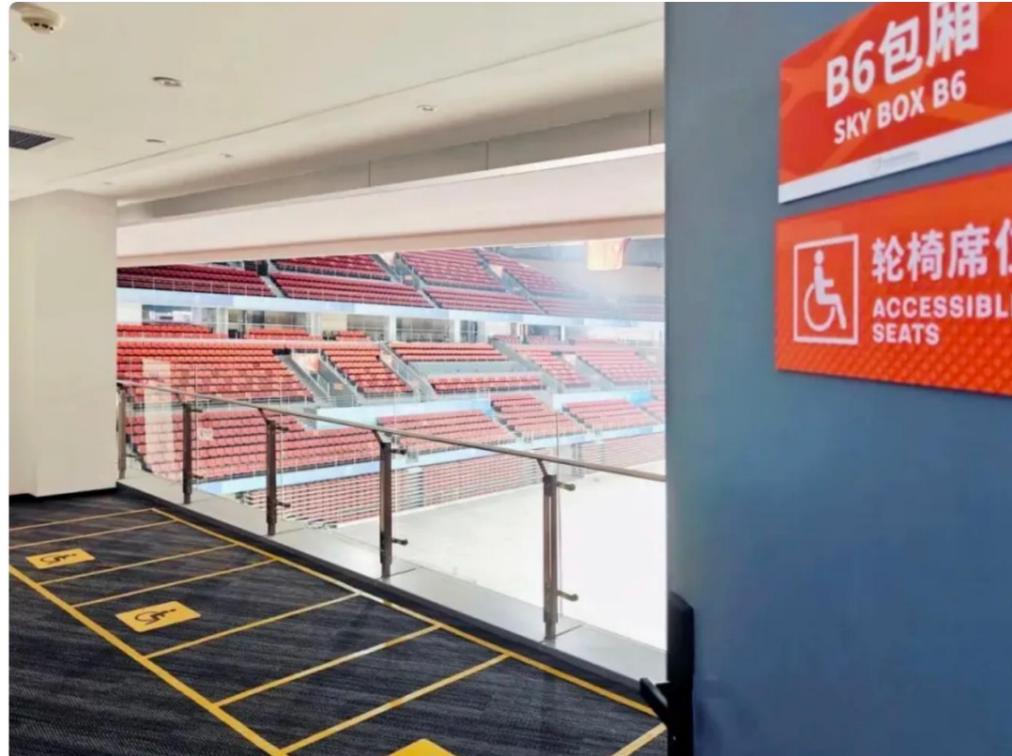
二、服务的公平性与包容性

在我国公共建筑的 ESG 框架中，服务公平性与包容性正从边缘化的软性考量，演进为核心的价值尺度和道德底线。它强调公共建筑作为城市关键的物理节点，必须超越其基本功能，致力于消除基于生理能力、社会经济地位或背景的任何歧视，确保所有社会成员都能平等、有尊严地接入和使用其空间与

服务。特别是文体场馆与科研院校类公共建筑，作为社会公共服务的重要载体，并承载着知识传播的使命，其服务直接影响到市民文化权利的实现程度，其范围是否覆盖所有群体、空间设计是否考虑多元需求，直接关系到城市文明的高度与温度。近年来，中国内地在这些领域的实践呈现出从硬件升级到软件服务、从单一保障到多元包容的明显趋势，同时也面临着资源分配、管理机制与长效运营等方面的挑战。

概括来说，服务公平性与包容性在公共建筑领域的内涵已超越简单的无障碍设施建设，扩展到空间的可达性、使用的平等性以及体验的包容性等多个维度。从空间正义视角来看，公共空间作为一种公共资源，在规划、配置和使用上应充分考虑包括弱势群体在内的所有人群需求。这种理念的演变体现了从“形式平等”到“实质公平”的深化——不仅要求空间在理论上面向所有人开放，更要通过主动的设计优化和管理创新，确保不同背景、年龄、能力的人都能平等享受建筑提供的服务。

图 7：深圳湾体育中心场馆



来源：晶报

国内公共建筑近年来在服务公平性与包容性方面取得显著进步：

- **多元化包容性服务升级：**提供全方位无障碍服务。如浙江省博物馆通过流程再造，推行系列化、场景化的手语教学服务，使一线工作人员及志愿者都掌握博物馆日常用语手语，同时定期提供专业手语讲解，并培养“小小手语党史讲解员”以壮大服务队伍。在硬件方面，该馆以之江馆区建设为契机，系统完善了无障碍电梯、卫生间和服务台等设施，为包容性服务奠定了物理基础。此外，对差异化需求精准响应。良渚博物院发起的“一起：寻找文明之光”计划体现了对特殊群体需求的深度洞察。该机构通过降低陈列高度、提供触摸展品和盲文导览册，设置手语视频、智力障碍儿童互动区以及无光与无声体验区等一系列措施，满足不同障碍类型人群的观展需求。特别值得一提的是，该院还专门为特殊人群提供就业实习机会，实现了从“被动接收”到“主动赋能”的服务理念转变。还有，对神经多样性人群关注。四川大学博物馆的创新实践将包容性服务推向更精细化的维度。该馆提出建设“大脑友好博物馆”的理念，运用认知神经科学研究成果，面向神经多样性人群开发了视觉故事、特殊需求儿童感官抚触包、安静房间等创新项目。这种基于神经科学视角的包容性设计，标志着博物馆服务开始关注不同认知方式人群的深层次需求。
- **管理创新与机制探索：**针对公共建筑中的高校资源（不仅涉及体育场馆，还包括图书馆、教学设施等更多资源类型）的公平开放问题，国内部分高校通过科学规划开放时间，如在寒暑假期间校内人员较少时段适当增加开放时长，平衡校内需求与社会服务。另一种思路是引入专业第三方运营机构，通过公开招标方式选择专业公司对非教学时段的体育场馆实施有偿服务，并由政府规范服务收费标准。这种“管办分离”的模式既减轻了校方管理压力，又提高了服务专业性。在《关于推进学校体育场馆社会开放的实施意见》等政策指引下，高校如何在不影响正常教学科研的前提下，合理适度地向社会开放公共资源，成为衡量其社会责任履行程度的重要指标。

尽管文体场馆和科研院校在服务公平性与包容性方面取得了一定进展，但仍然面临多重挑战，这些挑战制约着公共建筑社会效益的充分发挥。

- **资源分配不均与区域差异：**公共建筑服务的公平性首先受到区域差异和城乡差距的制约。研究表明，体育休闲设施的分布在城区的地域平等性和社会正义性通常优于郊区。这种空间分布的不均衡导致了不同区域居民获取公共服务的成本存在显著差异。在陕西省的体育公共服务调研中，机构协

调不足、居民参与满意度低、设施建设使用效率偏低等问题共同导致了体育公共服务的“非均等化”的状态，城乡差距被逐步放大。

- **高校资源的开放共享与公平挑战：**与中国文体场馆的包容性进展相比，高校类公共建筑在服务公平性方面面临更为复杂的局面。高校体育场馆在全国体育场馆总量中占比高达 66%，理论上具有弥补公共体育设施不足的巨大潜力。然而数据显示，目前中国学校体育场地的对外开放率仅为 30% 左右，与群众的健身需求存在巨大差距。这一数据揭示了高校资源开放共享领域的严峻挑战。同时，多数高校对体育场馆的社会开放设置了诸多条件，如需要校内教师引领、开具准入证明或持有特定健身年卡等。这种现象背后是安全管理、资源分配和运营成本三重压力共同作用的结果。
- **意识滞后与能力不足：**不少公共建筑的管理者仍将无障碍和包容性服务视为附加项而非必选项，导致相关投入不足、推进乏力。例如，甘肃省博物馆作为重要的公共文化场馆，却在无障碍设施建设上存在明显短板。尽管馆内配备了一些服务设施，但其主要入口存在设计缺陷，从街边到院内需跨越数级高台阶，且未设置方便轮椅使用者的无障碍通道，导致乘坐轮椅的观众无法独立进入场馆。这一问题直到 2025 年 7 月经由公众反映后，馆方才在台阶东西两侧加装了无障碍斜坡这种因设计疏忽导致的“制度性排斥”，系统性地将残障人士隔离在公共生活和社会服务之外。又如，在科研院校领域，湖南工业大学科技学院于 2025 年新建的一栋八层女生宿舍楼，在设计和建设过程中未依照国家《住宅建筑设计规范》的强制性要求安装电梯，对全体住宿学生的日常出行造成了不便，特别是对行动不便的学生以及需要搬运重物的学生群体影响更为显著。该案例反映出从规范制定到实际执行之间存在落差，以及监管环节的缺位。
- **智慧化转型衍生的新壁垒：**在公共建筑加速拥抱数字化、智能化的背景下，新的排斥形式开始显现。例如，过度依赖线上预约、手机支付或复杂的自助终端，可能将不熟悉智能技术的老年人或经济困难群体挡在门外。这要求公共建筑的智慧化升级必须与传统服务方式并行，保留足够的“人工窗口”和线下指导，避免出现“数字鸿沟”。
- **长效机制与系统整合：**许多项目往往依赖于短期政策支持或专项经费，缺乏制度化的长效保障。以博物馆为例，虽然出现了不少创新案例，但这些实践能否持续发展并推广普及，仍需观察。此外，包容性设计需要建筑、服务、管理等多系统的协同整合，任何一环的缺失都会影响最终效果。如部分场馆虽然硬件设施完善，但缺乏相应的服务支持，导致无障碍设施利用率低下。

推动公共建筑服务的公平性与包容性迈向新台阶，需要从政策引导、技术赋能、社会协同等多维度着力，构建更加系统、可持续的实施路径。首先，关于政策引导与标准建设，应进一步完善法律法规体系和标准规范指引，为公共建筑的公平性与包容性提供制度保障。2023 年《中华人民共和国无障碍环境建设法》的施行标志着立法层面的重要进展。在此基础上，需要进一步细化各类公共建筑的设计标准与服务规范，将包容性要求贯穿于规划、设计、建设、运营全流程。政策制定应充分考虑地域差异性，为不同发展水平的地区提供分类指导。此外，关于技术创新与数字赋能，发展智慧导览、虚拟现实、人工智能等技术的应用，可以有效弥补物理环境的限制，为不同群体提供多元化体验方式。如浙江博物馆通过扫码收听无障碍语音导览，即是数字技术与包容性服务结合的简单示例。最后，关于社会协同与共建共享，促进公共建筑服务的公平性与包容性需要建立多元主体协同参与的社会机制。通过政府、专业机构、社会组织、使用群体的广泛合作，形成共建共治共享的良好生态。例如，高校体育场馆可探索与社区、企业合作运营的模式，博物馆可与特殊教育学校建立长期合作关系，实现资源互补、互利共赢。

公共建筑的本质属性在于其公共性，而公平性与包容性正是这种公共性的最高体现。文体场馆与科研院校作为知识传播、文化传承与体育推广的重要场所，其服务的公平性与包容性程度直接关系到社会文明的高度。中国内地在这些领域的实践已取得初步成效，但仍有很长的路要走。未来，通过政策完善、技术创新和管理优化，持续推进公共建筑服务的公平性与包容性，将使我们在实现社会可持续发展与人民美好生活向往的道路上迈出更加坚实的步伐。当每一座图书馆、每一个社区中心、每一处公共场馆都能让残障者通行无忧、让老年人感到方便、让儿童安全嬉戏、让不同收入者都能平等享受服务时，公共建筑才能真正成为凝聚社会信任、滋养公民尊严的基石。

三、 透明合规的决策与采购流程

在公共建筑的 ESG 框架中，透明合规的决策与采购流程是治理维度的核心支柱，它直接关系到公共资源的配置效率、廉政风险的防控，以及建筑项目环境与社会效益的最终实现。针对文体场馆和科研院校而言，其决策与采购不仅涉及巨额财政资金，更影响着公共服务的公平可及与科研创新的可持续性。其投资额高、采购链条长、参与主体多，若缺乏透明化与标准化机制，极易滋生资源浪费与责任模糊问题。因此，治理透明度的提升，成为衡量公共建筑 ESG 成熟度的关键标志。这一领域正呈现出数字化监管、标准体系化与治理协同化的前沿趋势，但同时也在标准执行与成本约束方面也面临现实挑战。

前沿趋势包括：

- **数字化与智能化监管：**数字化监督建筑采购数字化，即利用大数据、人工智能等技术，对建筑采购全流程进行电子化管理和智能监控的模式。它通过全流程电子化、“AI+制度”双引擎驱动以及智能预警与穿透式监管，致力于提升采购效率与透明度，从源头上防范腐败并优化营商环境。全流程电子化实现从招标、投标到开标、评标的全程在线操作，促进“阳光交易”。关于制度与科技融合，例如淮安市整合分散政策，形成可量化的智能审查点，并通过 AI 进行自动排查，精准识别和清理招标文件中的隐性壁垒。智能预警与风险防控就是利用大数据平台对异常行为（如围标串标、超合同支付等）进行实时监测和自动预警，构建“标前预警、标中管控、标后溯源”的全流程数字化监管体系。又如，杭州市滨江区通过开设数字化开标直播间“e 见证”，采用开标现场画面同步对外公开直播的形式，实现了从“不见面”到“云见面”。通过“一标一码”管理，实现“掌上看开标，信息全透明，企业降成本”，投标参与者仅需一个项目二维码便可了解开标信息，开标当天还可同步观摩开标现场实况，真正实现交易现场公开接受社会公众监督，开标程序阳光透明。
- **标准化与绩效导向：**国家层面出台了《公共机构绿色场馆评价导则》国家标准，为文体场馆的绿色运营提供了涵盖组织管理、能源与资源节约等维度的评价依据。在高校领域，根据上海体育学院于 2023 年 4 月 28 日发布的《上海体育学院修缮项目管理办法（试行）》，其通过建立“修缮项目库”，对项目进行滚动管理和优先排序，确保了资金流向那些涉及师生安全、影响面广的紧迫工程，提升了决策的科学性。
- **协同治理与模式创新：**协同治理正重塑工程管理的生态。重庆建筑工程职业学院在其新校区项目中，创新采用“EPC 工程总承包+模拟清单+三限价”模式，并建立资金穿透支付机制，确保农民工工资直接到账，从制度上防范了欠薪风险，体现了供应链管理中的社会责任。

尽管趋势向好，但实践中的挑战依然不容忽视：

- **政策执行的“最后一公里”问题：**在 ESG 实践要求更高的领域，如绿色建筑领域，虽存在强制标准，但政策在中小型项目中常因成本约束而执行不到位。这种“梯度执行”现象可能导致文体场馆与科研建筑在绿色采购、低碳材料应用等方面出现落差。

- **数据可信度与碎片化：**此挑战制约了精细化管理。当前，行业层面缺乏统一的 ESG 数据溯源与核验机制，这为决策与采购环节的精准评估和监管带来了困难。各省市虽纷纷建立数字化监管系统，但缺乏统一标准，导致数据难以共享，影响跨区域对比与监管效率。
- **权责模糊与决策短视：**过去一些公共建筑项目的决策，由于前期论证不充分、缺乏透明度和长远规划，导致了资源的巨大浪费和不良的社会影响。这等风险依然存在，这警示我们，清晰的权责划分和长效的问责机制至关重要。

综上所述，对于公共建筑，构建透明合规的决策与采购流程，是一项需要制度、技术与监督协同推进的系统工程。未来的发展方向应致力于推动全流程的数字化穿透式监管，建立全国统一、可比的 ESG 数据平台，对项目资金流、碳绩效、供应链合规度进行量化评估，并在项目规划初期就强化公平性与可持续性的评估权重；结合区块链与 AI 技术，构建可追溯的采购链治理模型，实现合同履行、环保合规与社会责任的同步监管；及完善“阳光工程+社会监督+信用激励”机制，强化媒体与公众对公共建筑决策全过程的动态监督。唯有如此，才能确保公共建筑不仅作为物理空间存在，更能成为践行 ESG 理念、承载社会信任的标杆。

第三章 公建细分领域的 ESG 发展

第一节 学校等科研机构

我国是人口大国，自建国以来，人口数量逐步上涨，对学校的需求也随之扩大，国家大力推动教育普及，学校体系日趋完善，学校发展从建国初期的“数量增长”转向“品质提升”，教育系统层次完整，对教育类建筑的可持续研究已成为建筑行业关注的重点之一。

一、教育建筑全生命周期可持续

1. 设计可持续

在建筑设计中，可通过主动设计和被动设计两种策略提升建筑能源效率、环境舒适性与可持续性，二者核心区别在于是否依赖机械系统实现节能降耗。被动设计依托建筑本身的朝向、布局、材料、构造等，利用阳光、风、热能等自然资源，在不依赖或最小化依赖机械设备的前提下实现室内采光、通风、保温、隔热等目标，比如结合当地气候特征规划建筑布局引导空气流动，在炎热地区设置外窗遮阳板，为图书馆等大体量建筑设置中庭引入自然采光等；主动设计则通过机械设备和智能控制系统主动调节室内环境条件，虽需能源输入，但可通过高效设备与智能管理实现优化，例如夏热冬冷地区采用地源热泵技术，日照充足地区在建筑屋顶和外立面安装太阳能光伏板，结合景观设计设置雨水收集池等。

实际项目中，最大的挑战并非设计手法的应用，而是设计师对可持续设计理念的理解与实践——是单纯为满足技术规范拼凑绿建指标，还是从项目整体可持续角度出发，在创作之初就全面考虑绿色低碳，以可持续理念统筹指导设计，这是当代设计师必须做出的抉择。而教育类建筑不仅塑造物理空间，更定义教育体验，通过融合教学法、可持续性与技术，现代学校已成为终身学习与环境保护的催化剂。

场地可持续

教育类建筑与其他类型建筑在场地需求上差异明显，这源于其使用功能的特殊性。教育建筑强调室内外运动场地及休闲空间，校园氛围需兼顾教学、住宿等基本功能，同时创造灵活、多变、丰富的运动休闲空间，着重关注使用者心理健康与舒适。随着土地使用日益紧张，不同类型教育建筑呈现出差异化发展。

大学建筑体量大、服务人数多，多设置在城市郊区，既规避用地限制，也能通过大学城提升周边人流量与商业氛围，我国大部分大学为综合类院校，学科众多、师生及配套人员过万，规模堪比小型城镇，因此规划常采用轴线结合组团的模式，以 500 米步行半径为组团规模依据，在组业内合理安排教学、

生活、休闲空间，组团间设置图书馆、体育馆等公共服务建筑，同时因地制宜规划运动休闲空间，并预留未来扩张空间，实现水平维度的场地可持续；幼儿园、小学、初中及高中则因服务人群特点，主要布局在城市及县区等基础设施完善、交通便捷、安全性有保障的区域，但也因此面临用地规模限制、后期难以扩建的问题，为此设计师创新出立体校园、集中校园等设计手法，通过立体式规划布局满足功能需求，比如在屋顶设置运动场地，利用架空层及灰空间设置课间活动场所，设计灵活的交通流线，通过立体交通连接不同楼栋，结合转角、平台等空间增加绿地范围，实现竖向维度的场地可持续。

建筑可持续

建筑可持续涵盖空间可持续与功能可持续。空间可持续方面，随着时代发展，教学空间从单一授课教室演变出众多细分类型，授课内容也从面对面传授扩展到多媒体、交互视听、实际操作、现场模拟等多种形式，这对教学空间的灵活性和可变性提出了更高要求，需在设计阶段提前考虑预留。设计师可通过设置教室活动隔断墙调整空间大小，利用灰空间设置可移动桌椅、预留电源点位，借助轻质隔断限定临时区域，利用半室外空间扩展室内空间、鼓励学生接触自然等方式实现空间延伸。功能可持续以空间灵活为基础，在灵活多变的复合空间中，通过合理分配使用功能、从时间维度划分不同时段需求实现可持续，例如学校体育馆可通过智能系统对外开放预约，教学时间面向师生，周末等节假日向周边人群开放，分享体育活动空间，提升片区生活氛围。

景观可持续

景观可持续也是教育类建筑的重要组成部分，景观不仅营造校园氛围，更为使用者提供亲近自然的机会，现代景观设计既带来优美视觉享受，也打造了释放压力、疗愈精神的场所。景观可持续的核心是因地制宜、充分利用场地生态资源，做到不破坏、少伤害，对开发过程中不可避免的生态破坏制定修复计划，确保建设项目与生态环境和谐共处。与其他类型建筑不同，教育类项目在场地规划与调研初期，景观专业就应与建筑专业协同开展调研规划，将生态修复与景观可持续理念深度融入项目，通过设置海绵系统、下沉雨水花园、休闲步道、生态种植园等手段，实现建筑与场地自然生态的有机融合、共生共荣。

服务人群可持续

2022 年我国人口首次出现负增长，这对教育行业产生重大深远影响，教育类建筑作为教育活动的基础设施直面冲击。生源数量减少导致部分学校不得不合并、重组甚至取消，但教育建筑作为固定资产难以随意拆除，盲目拆除既造成资源浪费，也破坏环境。为应对这一挑战，可通过调整服务人群范围延长教育类建筑使用寿命——我国人口出生率下降的同时老龄化加剧，社区内的中小学可顺应人口年龄结构变化，将教学重点转向中老年再教育，既丰富老年人休闲生活，也延续了教育建筑的服务功能。

2. 建造可持续

建造可持续是将前期可持续设计理念与技术通过施工工艺和材料选择落地的关键阶段。

项目管理可持续

建造阶段的可持续实践不再由个别设计师主导，而需完善成熟的领导团队从各方面保障理念落地：领导层需将可持续理念与管理原则、流程相结合，梳理项目可持续设计要求与重难点，提炼关键进度节点；将关键技术节点、建造重难点与整体施工进度匹配，把可持续设计的流程与技术要求融入施工进度计划，严格指导现场施工；在整体进度基础上制定专项计划，包括时间进度、工艺流程、巡检流程、重点巡检清单、问题追踪清单等配套管理文件，从细节把控实施质量。

项目建设可持续

我国作为基建大国，大量建设项目既能带动经济发展，也能提供大量就业岗位、提高居民收入。项目建设过程中，工人是最重要的资源，充足的劳动力保障项目按时交付，高素质工人确保可持续设计与理念完整落地，因此项目建设可持续应重点关注参与者可持续。

建筑材料可持续

建筑材料可持续是控制建设阶段碳足迹的核心，建筑竣工交付前的碳足迹主要集中在建设阶段，而建筑材料是最大碳源。从成本和施工角度看，水泥和钢材作为我国主流建筑材料的地位短期内难以撼动，当前建筑材料行业正积极研发推广绿色建材，但较高的生产成本使其推广存在阻碍。常见的绿色建筑材料包括再生混凝土（利用废弃混凝土、砖块等破碎筛分后作为骨料，减少天然砂石消耗、降低碳排放，可用于景观道路基层、地坪回填等）、气凝胶保温材料（导热系数极低，防火防水耐用，用于建筑

外墙、屋面、管道保温等高端节能建筑）、竹纤维板（利用速生林木材、竹材或回收木料制成，绿色可再生，应用于室内地板、墙板、装饰结构等）、光伏建筑一体化材料（将太阳能光伏组件与幕墙、屋顶瓦片等建筑材料结合，兼具建材功能与发电功能，多用于绿色建筑屋顶、外立面幕墙）、真空玻璃/气凝胶玻璃（传热系数低，保温隔热、隔音效果好，常见于被动式建筑门窗及寒热地区建筑外窗）等。我国新型绿色建筑材料正朝着更环保、高效、智能的方向发展，再生材料、低碳水泥、气凝胶、光伏建材、相变储能材料等创新材料，不仅有助于降低建筑全生命周期碳足迹，也提升了建筑功能性与舒适性，在新建绿色建筑、既有建筑改造、装配式建筑等领域应用前景广阔，是实现“双碳”目标的重要支撑。

建造技术可持续

建造技术可持续是应对传统建造方式弊端的必然要求，我国建筑业能耗占全国总能耗约 40%以上，碳排放占全国总排放约 38%~40%，随着国家对环境问题的重视和双碳目标的提出，传统建造方式在资源浪费、施工污染、能源效率低等方面的问题愈发凸显，亟需升级改进。建造技术的可持续更新可从五方面入手：一是降低建造过程中的能源消耗与碳排放；二是提高资源利用效率，减少建筑垃圾，避免环境污染；三是结合建筑类型选择合适的建造方式，如装配式、标准化、铝膜施工等；四是提高建筑质量，优化施工工艺，提升建筑整体性能，降低后期维护成本；五是加强施工阶段 BIM 与数字化技术应用，利用大数据提前预判问题，实现未施工先解决，降低拆改量。

3. 运营可持续

运营可持续针对学校建筑使用人群密集、功能空间丰富、运行周期长、能耗与维护需求高、更新迭代要求高的特点展开，同时兼顾校园环境氛围营造、师生生理与心理健康保障及使用者性格品质塑造的需求，可从运维管理、能耗、维护、使用四个角度推进。

运维管理可持续

运维管理可持续要求通过科学管理制度、专业团队、系统化评价体系和持续评估优化，确保建筑全生命周期内实现节能环保、资源高效利用和健康舒适的育人环境。具体可通过四方面落实：一是制定绿色校园运营管理制度与配套标准，建立系统化、规范化的绿色运营管理体系，明确各功能区能源使用、水资源管理、废弃物处置等运行标准，编制《绿色校园运营管理手册》，制定绿色行为规范，设立绿色

运维绩效指标与奖惩机制；二是建立校园能源与资源管理专业小组，由学校不同人群组成，群策群力制定年度节能目标与计划，推动措施落地；三是在项目初期引入绿色建筑评价体系，前期以其指导设计植入绿色理念，运营阶段将运维条款纳入管理制度，持续优化绿色系统运行；四是定期组织专业团队开展校园整体能耗管理评估与回测，每年或每学期邀请专业能源管理公司诊断能耗情况，借助智能能耗监测平台采集分析数据，评估节能措施效果。

能耗可持续

能耗可持续需结合教育建筑的使用特征制定策略，初高中及大学等教育建筑因教学计划要求需 24 小时运营，学生活动路径以天为单位呈纺锤形——上课时段集中在教学空间，早晚及夜间集中在宿舍区、运动场等辅助空间，因此不同建筑能耗随时间变化也呈现纺锤形特征。基于此，可通过四方面技术手段降低能耗、提高效率：一是建立智慧能耗管理网络，结合大数据建立立体多维的能耗管理系统，通过相似项目类比制定能源分配预案，结合光伏发电系统调配自产能源与市政能源比例，利用储能设施灵活应对用电峰谷差异；二是开展能耗数据监测与节能优化，部署校园能源管理平台实时监测分析水、电、气等消耗，精准定位能耗“热点”，优化设备运行策略；三是选用节能设备与技术，针对教学楼、实验室、宿舍、图书馆、体育场馆、室外公共区域等不同场景，匹配智能照明、自然通风、高效排风系统、节水器具、智慧路灯等相应策略与技术；四是推进资源循环利用，除采用节水器具、雨水回收系统等技术手段外，还可通过推广电子教材、共享教具、无纸化办公教学，落实固废分类与资源化，加强食堂食材与厨余管理等方式提高日常生活消耗品利用率。

维护可持续

维护可持续的关键是通过信息化手段和智能化技术提高资产与设备管理效率，延长使用寿命，降低资源浪费与能源消耗，实现绿色、低碳、高效的运维模式，主要包括资产信息化和设备网络化两个方向。资产信息化通过资产管理平台、物联网标签、大数据分析等信息化系统，对教学设备、家具、电器等固定资产进行全生命周期管理，实现全生命周期追踪延长使用寿命、智能盘点优化闲置资产管理、数据驱动开展预防性维护；设备网络化则通过物联网、传感器、互联网等技术，将机电设备、照明系统、空调系统等联网，实现远程监控、智能调控与自动化管理，降低能源消耗，提升运维效率，快速响应设备故障。这两种方式常见于绿色智慧校园综合管理平台，二者配合可显著提高校园绿色运维效率，降低运营成本。

使用可持续需要师生共同参与，将绿色理念融入校园生活，形成可持续的校园运行模式，可从三方面入手：一是开展绿色校园文化活动，在重要环保节日组织主题活动与科普讲座，鼓励学生成立绿色活动小组，发起绿色出行倡议，营造绿色氛围；二是日常引导师生绿色行为，通过管理、标识引导、激励机制等督促师生落实垃圾分类、节约用电用水等绿色习惯；三是开展工作人员绿色培训，提升运维团队的绿色意识与专业能力，培训内容涵盖绿色运维理念、设备与能源管理技能、绿色采购、应急与持续改进等。学校建筑运营维护阶段的可持续性，直接关系到建筑能效、成本与寿命，以及师生健康、学习效率与校园环境品质，通过绿色运维策略、节能技术、智能管理手段等的应用，可显著提升运行效率、降低碳排放、优化资源使用。

4. 更新可持续

更新可持续是应对人口出生率下降导致教育建筑空置问题的重要举措，在绿色可持续发展前提下，对空置教育建筑进行合理化更新与再利用，既能节约资源、减少浪费，也能促进城市功能优化与社区活力提升，不同类型教育建筑的更新策略各具针对性。幼儿园与小学建筑规模较小、层数低、功能单一，多位于居民区，便于改造，可转型为老年活动中心、日间照料中心满足老龄化需求，或转型为社区教育中心提供课外兴趣课程与再教育服务；初中与高中建筑规模中等、功能分区明确完善，位于城市或城镇居住区，服务范围广、交通便利、改建潜力大，可转型为职业技术培训学校、青少年科普基地，或发展“教育+社区服务”模式，将部分空间用于成人教育、夜校，向社区开放体育场所；大学校园建筑体量大、功能复杂、占地面积广，多位于城市郊区或新区，有独特校园文化氛围与社会影响力，可通过高校间资源整合缩减校区规模，将部分校区转为科研基地、共享实验室、孵化器，加强校企联合打造高科技创新园区，或引入创意工作室打造文化创意产业集群。

综上，教育建筑作为未来人才的摇篮，其全生命周期的可持续不仅关系到教育资源的合理配置与利用效率，也是国家绿色建筑战略与“双碳”目标的重要组成部分。通过设计、建造、运营、更新四个阶段的可持续策略，推动教育建筑从“一次性建设”向“全生命周期管理”转型，使其成为创建绿色城市、智慧城市、韧性城市的重要组成部分。

二、 案例：佐治亚理工大学

美国佐治亚理工学院（Georgia Institute of Technology）的 Kendeda Building 是全球受瞩目的可持续建筑之一，也是美国东南部首座获得国际未来生活研究所（ILFI）“生命建筑挑战（Living Building Challenge, LBC）¹”完整认证（Full Certification）的建筑项目。表明该建筑在七个花瓣的所有关键领域，均实现了对人类和自然地净正向影响（Net Positive Impact），是“再生建筑（Regenerative Architecture）”理念的卓越实践。

图 8: Kendeda Building



来源：<https://livingbuilding.gatech.edu/>

1. 场地-place

自然是人类生存与发展的根本依托，LBC（生命建筑挑战）中的“场地（Place）”花瓣，核心旨在重塑人类与自然环境的深层联系。传统开发建设常干扰、破坏自然生态系统，而该花瓣倡导通过精心设计、负责的运营管理及社区共建，让建筑项目与所在地的自然生态、地理环境及社会社区重新建立和谐共生关系。

这一花瓣为项目提供了明确的方向与实践指引：一方面鼓励通过建筑与场地的融合设计，修复生态功能、重建生态连接，同时推动形成以步行、骑行为主导的低碳交通方式，减少对化石燃料的依赖；另

一方面倡导在项目中融入屋顶农场、社区菜园等都市农业形式，既提升建筑与自然的互动性，也促进人们对新鲜、当季、本地食材的消费与认知，进而引导更健康、可持续的生活方式与价值观。

以 Kendeda Building 为例，其在场地花瓣的实践颇具代表性，主要体现在三方面：一是科学的选址策略，项目选址于佐治亚理工大学已开发利用的土地上，未侵占自然生态敏感区或森林绿地，有效避免了对原始地貌和栖息地的生态破坏；二是生态修复与融合设计，建筑周边规划了雨水花园、透水铺装、生态种植区，既能高效促进雨水渗透，也为本地植物、昆虫、鸟类等生物提供了生存环境，保障物种多样性，同时该建筑还成为学校师生学习生态建筑、理解建筑与自然共生逻辑的实践基地，凸显建筑在地性；三是深度社区融合，建筑作为区域公共教育空间向全体师生及周边社区开放，还积极组织可持续设计相关讲座与活动，强化人与自然、人与人之间的联系，提升公众的社会责任与生态意识。

2. 水-water

LBC“水花瓣（Water Petal）”的核心目标，是重新定义人类对水资源价值的认知，推动水资源的可持续管理与循环利用。传统水资源利用模式存在诸多突出问题，比如长距离输水过程中的高能源消耗、水处理与输送环节化学品使用带来的污染风险，以及使用后废水的无意义排放，而水花瓣正是旨在破解这些难题，鼓励将“废水”转化为有价值的可再利用资源，通过现场收集、处理与循环使用，赋予水资源新的生命力。

当前全球正面临严峻水危机，受气候变化加剧、极端天气频发、过度抽取地下水、农业与城市用水浪费等不可持续用水方式，以及主要地下含水层水位持续下降等因素影响，许多国家和地区遭遇了水资源短缺、水质恶化、水生态系统退化、用水安全与韧性不足等多重挑战。这些现象充分表明，全球水资源利用模式已不可持续，未来可能引发更严重的社会、经济与环境问题。

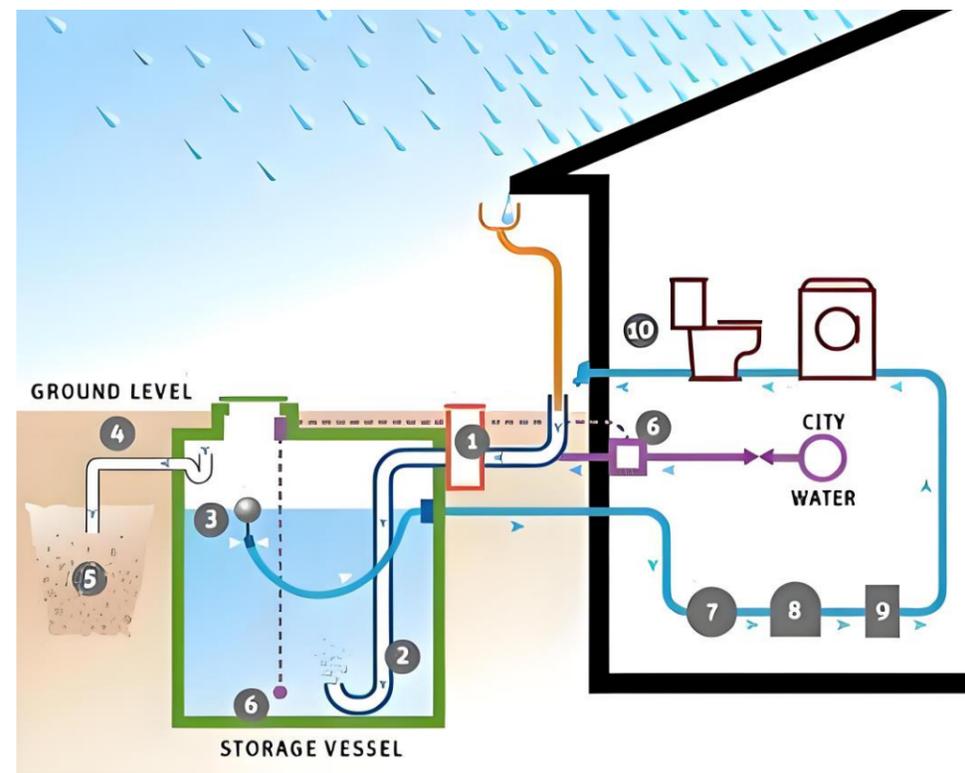
对此，LBC 水花瓣提出了基于场地闭环管理（On-site Closed Loop Water Management）的解决方案：充分利用场地内可获取的雨水、灰水等水资源，通过雨水收集、灰水处理、生态湿地等自然与技

¹ LBC（生命建筑挑战）是国际未来生活研究所（ILFI）2006年提出的全球最严苛前沿绿色建筑认证体系，核心是“再生与共生”理念，要求建筑对人类和自然有益、成为生态系统积极组成部分，被誉为绿色建筑界“诺贝尔奖”或“珠穆朗玛峰”。其核心理念为建筑应现场生产更多能量与水，无害且有益；以场地、水、能源、健康与福祉、材料、平等、美学七大“花瓣”为核心评价维度，项目可按需选择认证等级。

术相结合的净化系统，在现场实现水的循环再利用，减少甚至消除对市政供排水系统的依赖，进而提升建筑与社区在水资源利用方面的韧性（Resilience）与自给能力（Self-sufficiency）。

Kendeda Building 在水花瓣的实践同样极具示范意义，具体举措包括四方面：一是雨水收集及利用，设计师在屋顶设置高效雨水回收系统，收集的雨水经层层过滤后存储于地下蓄水箱，用于卫生间冲洗、灌溉及冷却塔补水；地面雨水则通过雨水花园、渗水区域和透水铺装收集并渗透至地下，减少地表径流的同时促进地下水补给。二是灰水（生活废水）处理，回收洗手池、淋浴间和喷泉产生的灰水，经湿地系统过滤净化后回补地下水。三是堆肥卫生间设置，建筑内部配备 12 个堆肥式厕所和 4 个无水小便器，完全消除黑水（粪便污水）排放，大幅减少用水量的同时，将人体排泄物转化为富含养分的堆肥材料（用于非食用植物施肥）。四是实现全年净正水，该建筑原址为停车场，经生态化改造后绿地覆盖率大幅提升，原有大面积硬质铺地被生态绿植和湿地取代，通过植被回收过滤再利用的总水量，达到建筑一年运营所需水量的 15 倍；建筑全年用水完全依靠现场雨水收集与处理，不依赖城市供水管网，多余水资源则全部回馈至地下水。

图 9: Kendeda Building 的水系统



来源: www.pinterest.com, <https://livingbuilding.gatech.edu/>

3. 能源-energy

LBC “能源花瓣（Energy Petal）”的核心目标，是通过全面采用清洁、可再生能源，推动建筑以无污染、高韧性、可持续的方式运行。该花瓣不仅要求建筑实现能源自给自足，更强调通过优化能源使用、减少浪费，从源头上降低对不可再生资源的依赖，构建更具弹性、低碳且生态友好的建筑能源体系。

其具体要求主要包括三方面：一是 100%使用现场可再生能源，比如太阳能光伏系统、小型风力发电等符合 LBC 标准的本地化清洁可再生能源形式，严禁使用天然气、燃油锅炉等任何化石燃料，且不接受电网“混合电力”作为可再生能源来源，强调能源必须来自项目自身可控的可再生系统；二是降低能耗、减少浪费，鼓励项目通过被动式设计、高效设备与智能管理系统从源头减少能源需求，在满足建筑舒适性、功能性与使用需求的同时，尽可能降低总能耗、提升能源使用效率；三是构建弹性、自给自足的能源系统，通过现场可再生能源的生产与储存，让建筑在能源供应波动或外部电网中断时仍能维持基本运行，形成“闭环式”能源模式，提升能源韧性与系统稳定性、安全性。

Kendeda Building 在能源花瓣的实践极具代表性，具体举措涵盖五方面：一是搭建光伏发电系统，建筑屋顶安装 917 块太阳能光伏板，总面积约 912 平方米，年发电量约 47 兆瓦时（MWh）；二是实现净正能源，光伏系统产生的电力为建筑自身需求的 175%至 225%（发电量随季节波动），除满足自身用电外，剩余电力输送至校园其他建筑使用，成为名副其实的“产能建筑”；三是选用高效设备，整栋建筑能耗较美国同水平大学建筑平均能耗低 75%；四是融合被动式与主动式节能设计，被动节能层面结合场地自然条件合理布置建筑朝向，采用高效建筑围护结构、遮阳设计、自然通风等策略降低冷热能耗负荷并保障舒适度，主动节能层面配备高效热泵系统、LED 照明及智能能源管理系统优化能源使用效率；五是配置应急电力储备，按 LBC 要求设置 111 千瓦时的锂离子电池储能设施，可在紧急情况下提供至少 7 天的应急备用电力。

图 10: Kendeda Building 的电池储能设施



来源: <https://livingbuilding.gatech.edu/>

4. 健康与福祉-health&happiness

LBC “健康与福祉 (Health & Happiness)”花瓣的核心目标，是打造能够促进人类身心健康的空间环境，通过加强人与自然的联系，保障室内空间拥有优质的空气品质和充足的自然采光。

在当今社会，诸多发展趋势已对人们的健康产生负面影响，例如全球超过 50%的职场人群因长期在室内工作，难以日常接触自然阳光。相关研究显示，与自然环境的连接（即“亲生物性”或 Biophilia），对人的生产力、创造力、情绪调节及抗压能力均具有显著的积极影响。因此，该花瓣不仅关注建筑投入使用初期的室内环境质量，更强调通过设计、材料选择和系统管理，持续保障空气清新、光照充足并促进人与自然的互动；同时要求建筑系统具备长期可持续性，即便随着时间推移出现设备老化或环境变化，仍能有效维护使用者的健康与福祉，避免在建筑生命周期中产生健康隐患。

Kendeda Building 在健康与福祉花瓣的实践针对性极强，具体举措包括四方面：一是优化自然采光与视野，通过精心设计建筑空间及室内布局，保证建筑使用时自然采光率>75%，同时减少人工照明需求，提升使用者的心理舒适度；二是配备高效通风系统，以被动节能设计为基础，采用自然通风系统为主、机械通风系统为辅的模式，确保室内二氧化碳浓度处于健康水平，同时在餐饮区、卫生间等异味较大区域配备独立排风系统，避免污染空气再循环，有效隔绝异味与有害气体；三是融入亲生命设计，设计师将室外景观引入室内，同时在室内布置绿植墙，增加使用者与自然的物理连接，再通过开阔的玻璃窗打破视线阻碍，强化使用者与自然景观的心理联系，帮助缓解压力、释放情绪；四是选用可持续材料，考虑到室内装饰装修材料是影响室内环境的关键因素，建筑室内优先选用低 VOC（挥发性有机化合物）材料，选取天然材料作为装饰面层，尽量减少涂料使用，从源头降低室内空气污染的可能性。

5. 材料-materials

LBC “材料花瓣 (Materials Petal)”的核心目标，是推动建筑项目在材料选择与使用上实现无毒、透明、生态友好与负责任的管理，进而构建对人类健康、生态环境和资源利用均更负责任的建筑材料体系。

在建筑全生命周期中，从原材料开采、生产加工到运输与施工，建筑材料的使用往往伴随诸多负面环境影响：一是危害人体健康，可能引发呼吸道疾病、过敏反应等；二是破坏自然栖息地，如非法采矿、森林砍伐等行为对生态的侵扰；三是加剧资源枯竭与能源浪费；四是材料成分不透明，存在潜在毒性或环境危害等问题。

该花瓣的重点关注内容围绕上述问题展开，主要包括四方面：一是消除有害材料，聚焦“红名单”物质，严格避免使用被 LBC 定义为“红名单 (Red List)”的材料与化学物质；二是推动负责任的材料经济，构建绿色可持续的材料供应链；三是强调材料透明度与公开披露，保障使用者对材料信息的知情权；四是减少施工破坏，同步修复材料全周期内产生的生态影响。

Kendeda Building 在材料花瓣的实践全面且深入，具体举措涵盖五方面：一是严格规避红名单物质，建筑材料入场前均需提供严格检测报告，确保不含卤代阻燃剂、甲醛、PVC 等对人类健康和生态系统有潜在危害的“红名单”有害物质；二是推行本地采购及全流程溯源，按 LBC 认证要求优先选用本地或本区域生产的材料，项目超 50%的建筑材料和服务来自 621 英里（约 1000 公里）范围内的本地供

应商，有效降低运输碳排放并带动地方经济，同时实现所有材料采购、运输、施工等全过程可溯源，便于监控项目整体碳排放；三是规范材料认证，主体结构与非结构部分均使用负责任采购的 FSC 认证木材（FSC 认证是国际公认的森林可持续经营标准体系，可确保木材资源的可持续利用），采用低碳配比与补充胶凝材料的混凝土以减少碳足迹，同时大量使用带 Declare 标签的建筑材料（类似“食品营养标签”的环保材料披露系统），公开材料成分与环保性能；四是实现零碳建造，通过选用低碳材料和再生材料、达成 99% 的建筑垃圾回收利用率，并借助一次性碳补偿措施，实现建造阶段的净零碳排放；五是推进废弃物减量，施工过程中产生的废弃物通过专项技术或设计手法实现再利用，同时大量使用再生材料，最终达成“负废弃物”目标。

6. 平等-equity

LBC “平等花瓣（Equity Petal）”的核心目标，是将社会公平与包容性作为建筑项目的核心价值之一，推动项目在设计、建造、运营及社区影响等全阶段，构建公正、开放、包容且人人可参与的环境。

当前，全球范围内普遍存在因基础设施私有化、资源分配不均、贫富差距扩大等因素导致的社会公平问题。这些趋势不仅加剧了不同群体间的机会不平等，也限制了许多人（尤其是弱势群体）充分参与社会与社区生活的能力与权利。在此背景下，建筑作为承载公共生活与集体活动的重要载体，不应只是物理空间的塑造者，更应成为推动社会正义、机会均等与社区凝聚力的积极力量——建筑不仅是物理环境的构件，更是社会价值的体现。

Kendeda Building 在平等花瓣的实践重点突出、举措扎实，具体包括四方面：一是公共开放与共享，通过建筑空间的多元设计，设置公共艺术装置、休憩座椅等设施，鼓励人与人之间的互动，提供优质社区交流场所，为师生、访客及社区成员营造放松、交流与思考的环境，增强人与自然、人与人之间的联系，打造具有归属感与活力的公共空间；二是全面无障碍设计，严格遵循 ADA（美国残疾人法案）与 ABA（建筑障碍法案）的无障碍设计规范，规划流畅的无障碍路线并配备完备的无障碍设施，确保行动不便者、老年人、残疾人等群体可安全、高效、便捷地抵达建筑各个功能区域；三是坚守公平运营与工作准则，项目推进过程中严格落实相关要求，其中核心前提是对“JUST Label（JUST 标签）”的践行——该标签由国际未来生活研究所（ILFI）推出，是衡量组织在多元化、公平性、工作场所安全、员工福利、环境管理责任等关键社会责任领域承诺与表现的透明化评估工具，LBC 要求项目至少有一个核心参与方持有该标签，而 Kendeda Building 的建筑设计事务所 Miller Hull Partnership 和 Lord

Aeck Sargent 均获得 ILFI 颁发的 JUST 标签认证，完全满足相关要求；四是推行公平劳工实践，在建筑施工与运营全阶段，始终强调尊重工人权益，以实际行动推动建筑行业的社会公正建设。

7. 美学-beauty

真正的建筑之美，不仅在于它看起来如何，更在于它如何让我们感受世界、连接自然与彼此。

没血花瓣的核心目标，是唤醒人们对建筑美学价值的重视，同时促进人与自然、人与文化之间更深层次连接与共鸣。

在当今社会，快节奏的发展与功利导向的建设方式，有时会导致建筑环境缺乏情感温度、文化内涵与生态意识，进而对人们的精神世界和自然感知产生负面影响。

美丽花瓣旨在让建筑成为美学、文化与生态的交汇点，通过融入地方特色、尊重自然规律、关注人的情感需求，创造出既具有视觉吸引力，又富含精神内涵的空间。它提醒我们：建筑不仅是居住与工作的场所，更是承载梦想、传递价值、激发灵感的“生活艺术品”。Kendeda Building 在这一花瓣主要包括以下内容。

设计美学与自然共生：Kendeda Building 在建筑设计中充分融入了自然与场所精神，从而激发心灵共鸣。在建筑形态与材料选择上，本项目以佐治亚本地的次然环境与文化特征为设计出发点，将文化与历史通过屋顶的线条、开窗形式与表面材料质感体现出来，使建筑完美的与周边景观、文化相融合。大量使用自然采光、绿植墙、透水庭院与雨水花园，使建筑仿佛从自然中“生长”出来，营造出人与自然共生的氛围，带来宁静与归属感；建筑与场地的关系体现了“尊重场所（Place）”的理念，使人在其中能感受到与土地、气候和生态系统的深层连接。

公共艺术与教育展示：建筑本身作为当地文化的载体，通过具有象征意义和艺术价值的装置与设计元素，使使用者在其中可以充分感受到建筑所传达出来的文化感受；其中的艺术装置不仅是一种装饰，同时，也承载了传达可持续理念、生态伦理与历史文脉的功能，通过视觉感受与空间氛围，可以引导人们重新思考建筑与自然、人区域社区的关系。

Kendeda Building 本身也是一个“活的课堂”，会定期向佐治亚理工大学的师生和周边社区的居民开放，定期组织一些活动与讲座，介绍可持续技术与理念；通过一些展示、导览和互动装置，鼓励参观人员主动了解、探索并参与到可持续发展活动中。

第二节 体育场馆

近年来，体育运动全球普及，体育场馆作为运动训练、比赛及健身锻炼的专业场所，既是体育产业的重要载体，也是城市公共服务体系的关键组成部分，其可持续发展已成为推动我国“双碳”战略与全民健身国家战略落地的重要环节。据中研普华产业研究院数据，截至 2024 年底，全国体育场地总数预计突破 450 万个，人均体育场地面积达 2.8 平方米，较 2020 年增长 40%；2024 年行业市场规模预计达 3200 亿元，2019-2024 年复合增长率为 12.5%，呈现稳健发展态势。在政策、技术与市场需求三重驱动下，行业正经历深刻变革。

近年来，体育运动在全球范围内得到了空前的发展，体育场馆是专为运动训练、比赛及健身锻炼而设计的专业场所。体育场馆既是体育产业的重要载体，更是城市公共服务体系的关键载体，其可持续发展已成为推动我国“双碳”战略落地与全民健身国家战略实施的重要环节。据中研普华产业研究院的《2024-2029 年中国体育馆行业市场深度调研及发展趋势预测报告》显示，截至 2024 年底，全国体育场地总数预计突破 450 万个，人均体育场地面积达 2.8 平方米，较 2020 年增长 40%。同时，2024 年我国体育场馆行业市场规模预计达 3200 亿元，2019-2024 年复合增长率为 12.5%，呈现稳健发展态势¹⁰。在政策、技术与市场需求三重因素驱动下，行业正经历深刻变革。

一、技术创新赋能绿色升级

智慧管理系统普及。物联网、AI 技术与建筑运营深度融合，实现能源动态调控。如杭州亚运会为“亚运核心三馆”打造智慧场馆数字化监管平台，通过物联网、云计算、BIM 等技术提升运营调度效率，保障赛事及后续绿色运营。

新能源技术应用。通过光伏发电、智能储能等系统降低运营能耗与碳排放。以巴西国家体育馆为例，其 9600 块光伏组件装机总量达 2.5 兆瓦，年发电量超 270 万度，可满足约 2000 个家庭日均用电需求。

二、全生命周期低碳设计

体育场馆低碳化转型需构建覆盖规划、建设、运营的全周期技术体系。我国存量体育场地超 450 万个，通过改造优先策略可释放巨大减碳潜力，结合绿色建材与装配式技术创新，形成可持续发展的“中国方案”。

图 11: 巴西国家体育馆



来源：穆点咨询《这些世界杯球场暗藏“玄机”！》

1. 改造优先策略

早期体育场馆普遍存在设施陈旧、能耗过高、功能单一等问题，且受地皮、成本限制，未来大型场馆新建项目将趋少，升级改造成为主流。北京冬奥会是改造优先的典型案列，北京赛区 13 个场馆利用 11 个 2008 年奥运遗产：国家体育场“鸟巢”完成 37 个分项升级，承担开闭幕式；国家游泳中心实现“水冰转换”，变身“冰立方”；五棵松体育中心 6 小时可完成冰球、篮球赛场转换；国家体育馆升级为“冰之帆”作为男子冰球主赛场。

图 12: 国家游泳中心冰立方冰壶场地



来源：新浪网《冬奥遗产如何传承？北京奥促会秘书长解读这四方面内容》

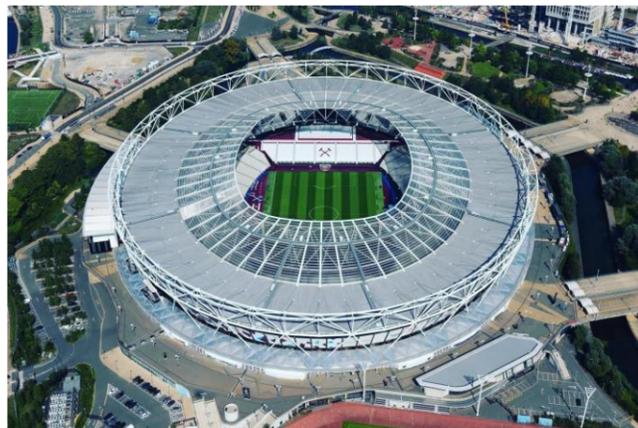
2. 绿色建材应用

绿色建材对体育场馆可持续发展具有显著的促进作用。通过使用可再生、可回收或低碳环保的建筑材料，可大幅降低场馆建设与运营中的能源消耗和碳排放，同时提升室内环境质量。全生命周期视角下，绿色建材的耐久性和可拆卸特性延长了建筑使用寿命，减少资源浪费，使体育场馆在赛事服务、日常运营及后期改造中更好地实现经济、环境与社会效益的平衡，成为城市低碳转型的示范载体。体育场馆常用的绿色建材有以下几种。

ETFE 膜材

ETFE 膜材具有高透光性、轻质化和耐候性，可有效利用自然光照明，其隔热性能可调节室内温度，减少能源消耗。例如英国伦敦的奥运会主体育场“伦敦碗”就采用了 ETFE 膜结构屋顶，不仅为观众提供了开阔的视野，为运动员和观众创造舒适的环境，同时彩色膜材和图案膜材的应用增强了建筑美学效果。

图 13: 伦敦奥林匹克体育场“伦敦碗”



来源: 搜狐网《伦敦体育场导览游: 在“伦敦碗”里回顾奥运盛典》

PTFE 膜材

PTFE 膜材用于大型体育场屋面具有强度高、耐久性好、防火难燃、自洁性能优越、维护成本低、造型多样等优势。巴西亚马逊竞技场是世界上第一座通过美国绿色建筑协会 LEED 标准认证的体育建筑。屋面和外立面由半透明 PTFE 膜材覆盖，表面经过低辐射涂层处理，可通过反射热量达到冷却建筑体的效果。

图 14: 巴西亚马逊竞技场



来源: 百度《为何众多大型体育场都青睐于用 PTFE 膜?》佛兰空间膜结构

可回收人造草坪

重庆奥体中心采用 100%可回收热熔人造草坪，实现从草丝到基材 100%可回收，获“GRS 全球回收标准认证”，退役后可重复利用不焚烧，为重庆奥体中心每年减少约 15 吨固体废弃物。其创新生产工艺实现减排 30%，采用 30%生物基原料，降低产品碳足迹。同时添加纳米银技术持续释放抗菌因子，抑菌率>95%，有效降低流感病毒传播风险，守护运动健康。

图 15: 重庆奥体中心



来源: 知乎《重庆奥体焕新颜, 绿城体育打造低碳运动场》

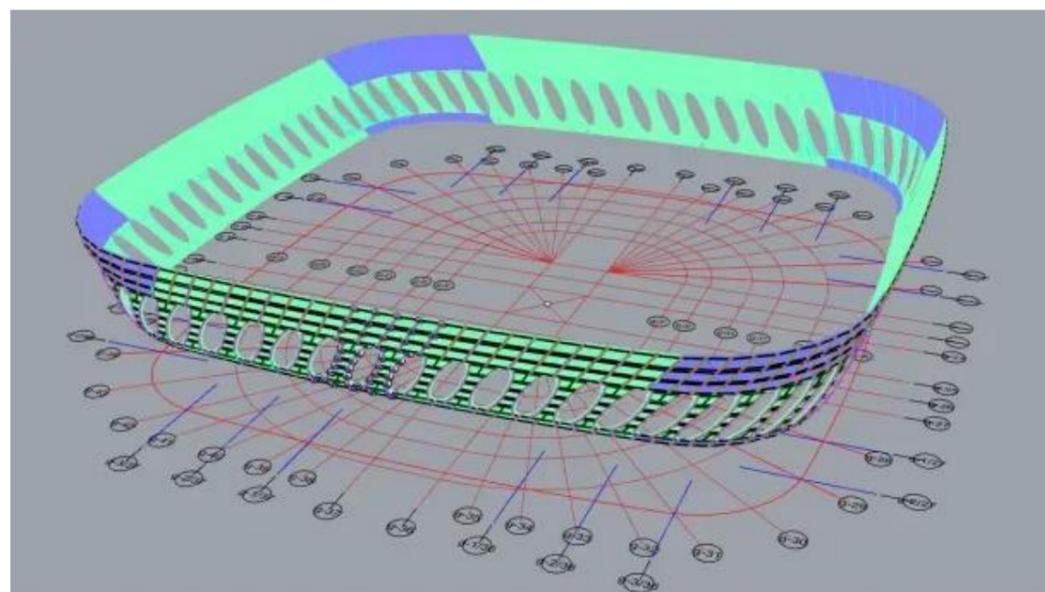
环保塑胶跑道

PVC 运动地胶作为一种专为运动场地设计的高性能材料，其基础原料聚氯乙烯是一种环保无毒的可再生资源，这使得它在生产过程中对环境友好，无污染。同时，这种地胶还具有超轻超薄的特点，更便于运输和安装。此外，它还拥有超强的耐磨性，正常使用下，其寿命可达 6-10 年。而优良的发泡层则进一步增加了地板的缓冲性和恢复性，有效降低地面对人体的冲击伤害。同时，其特殊的防滑性、出色的防火阻燃性能、卓越的防水防潮性能以及吸音防噪功能，使得 PVC 运动地胶成为绿色环保领域的佼佼者。

3. 装配式技术应用

装配式技术在体育场馆建设中具有显著优势，通过工厂预制标准化构件（如钢结构、看台模块、屋顶单元等），现场快速拼装，可缩短工期，提高工程质量，并且易于后期维护与改造。例如深圳市体育中心作为十五运会和残特奥会深圳赛区的竞赛场馆之一，在升级改造中对外立面幕墙采用了模块化思路进行加工安装，70%的工序在工厂完成，降低了施工噪音和粉尘污染，实现现场工作量减少 80%，整体效率提升 30%。

图 16：深圳体育中心异形外立面构造设计——单元划分



来源：《中建科工 | 改造深圳体育中心，都是科技与狠活》，北京钢结构行业协会

一、 环境可持续性创新实践

体育场馆环境绩效优化已从单一设备节能转向全生命周期碳管理，涵盖能源、水资源、废物等核心领域，技术创新与系统集成是深度减排的关键。

1. 能源系统革命性重构

体育场馆能源结构正经历从“高碳依赖”向“新能源主导”的根本性转变。

可再生能源集成

体育场馆能源需求巨大，新建体育场馆更注重能源结构的优化，积极引入太阳能、风能等可再生能源。部分场馆将光伏发电系统从屋顶扩展至停车棚、立面等多元空间，利用太阳能转化为电能，为场馆照明系统、监控设备及物联网终端提供清洁能源供应。光伏系统产生的多余的电力还可并至城市电网，实现能源循环。有些场馆还可建设小型风力发电装置，补充能源供应。这些举措不仅减少了对传统能源的依赖，还降低了碳排放，实现了经济效益与环境保护的双赢。例如美国费城林肯金融体育场与能源公司 NRG 合作，安装了约 11,000 块太阳能板和多台小型风力涡轮，为场馆提供清洁电力。NRG 公司拥有这些设备，并以优惠价格向球场供电，多余电力则并入费城电网。

图 17：林肯金融体育场



来源：<https://www.ovaltool.com/>

智慧能源调控系统

2020 年代以来，物联网与大数据技术的融合催生了体育场馆能源管理革命。

实时监测方面，通过传感器，智慧能源调控系统能够实时监测场馆内各个区域的能耗情况。数据分析方面，通过数据分析技术分析能耗数据的趋势，发现能耗高峰期及低估期，进而制定相应的运营策略，从而有效降低能耗。另外还可以通过历史数据的对比，帮助管理者识别出哪些设备或区域的能耗异常，找出潜在的能耗浪费，从而采取措施进行整改。自动化管理方面，在智慧能源调控系统的支持下，体育场馆还可以实现能耗的自动化管理。例如在赛事之前，系统可以提前调节室内温度，确保比赛时的舒适度，甚至在比赛时根据观众人数动态调整能耗策略，而在活动结束后，系统可以自动关闭不必要的设备，降低能耗。

绿色电力市场化机制

绿色电力市场化机制是通过绿电、绿证交易等市场手段促进可再生能源（风电、光伏、水电等）发电和消费的制度设计，核心是将绿电的环境价值转化为经济收益。国家能源局向社会公开发布《中国绿色电力证书发展报告（2024）》明确，截至 2024 年底，全国累计核发绿证 49.55 亿个，同比增长 21.45 倍，其中可交易绿证 33.79 亿个；全国累计交易绿证 5.53 亿张，同比增长 4.19 倍。领先体育场馆开始探索分布式光伏发电+绿证交易模式。以第九届亚洲冬季运动会为例，自 2024 年 7 月首批绿电交易达成以来，黑龙江电力交易中心有限公司累计组织亚冬会绿电交易 11 次，总交易电量达 5676 万千瓦时，覆盖赛事筹备期及正赛阶段全部用电需求。亚冬会期间，通过“绿电交易+绿证购买”双轨模式，哈尔滨国际会展体育中心、运动员村等 17 个场馆及配套设施实现清洁能源全覆盖。

2. 水资源闭环管理创新

水资源管理从传统“线性消耗”转向“循环再生”。

雨水收集与中水回用系统

大型场馆屋顶集雨面积优势显著，将雨水储存后用于场馆的绿化灌溉和冲厕，可大大降低自来水的用量。部分场馆使用污水处理设施对场馆生活污水进行处理与再利用，可实现水资源的循环利用。例如成都大运会场馆之一新都香城体育中心，在建设之初就融入了海绵城市的设计理念，将雨水收集起来净化后成为场馆的绿化用水、场馆内外的清洁用水、中央空调的补水等，场馆预计全年节水量可达 3000 立方米以上，整个场馆耗水量降低了 20%。

智能化设备及节水器具的使用

智能水表和传感器监测水流情况，及时发现漏水或异常用水，减少浪费。感应式淋浴头、无水小便器等节水器具在运动员更衣室普及，结合用水实时监测平台，可实现“每观众用水量”指标大幅度下降。

3. 废弃物资源化体系

体育场馆在建设、运营及拆除等不同阶段，都会产生大量的废弃物，废弃物资源化技术涵盖全生命周期管理，是实现体育产业绿色转型的重要举措。

材料的循环利用

金属/塑料/纸张分拣回用。通过智能分选设备回收座椅金属支架、饮料瓶、宣传印刷品等，经清洁处理后直接用于新产品制造。如 2025 扬州半程马拉松数据显示，这场约 3 万人参加的比赛共产生 5.98 吨垃圾，其中包括约 6600 个饮料瓶、约 2.3 万个纸杯。5.98 吨赛事垃圾中，90%的可回收物能转化为再生纤维制品，塑料瓶经清洗熔融后，可成为生态步道护栏的原材料。

建筑垃圾再生。拆除产生的混凝土、钢材经破碎筛分后，转化为再生骨料铺路或再生建材，降低原生资源消耗，同时减少填埋量，降低对土壤和水源的污染风险。

文创产品开发。将废弃物转化为文创产品，既能减少废弃物排放，又能创造经济价值，形成“废物—资源—产品”的闭环产业链。例如杭州亚运会期间，亚运村在赛时产生的餐盒和牛奶盒量比较大，就被充分的回收再利用，其中一部分就被制成折扇纪念品，“村民”可凭借日常绿色行为的低碳积分进行兑换。

可降解材料的使用

在现代化体育场馆建设中，可降解材料的应用正成为可持续发展的重要实践。这类材料（如 PLA 餐具、淀粉基包装、竹纤维座椅等）被广泛应用于一次性餐具、临时标识、装饰物等领域，既能满足赛事期间高强度使用需求，又能在废弃后通过堆肥或生物降解方式回归自然，显著减少白色污染。例如 2023 年成都大运会为参赛代表团准备的一万台二手手机，其手机壳采用了可生物降解材料，利用环保印刷工艺制成，彰显了低碳循环理念。深圳十五运会推行“无废全运”政策，全面禁用一次性塑料制品，推广可降解餐具。

图 19：可生物降解定制手机外壳



来源：人民网《“低碳参与”看成都大运会如何绿色低碳办赛》

二、 社会维度与包容性提升

体育场馆的可持续性不仅体现于环境绩效，更需创造普惠包容的社会价值。2025 年行业实践聚焦于无障碍设计革新、健康促进服务和社区资源共享三大维度。

1. 全龄友好型无障碍设计

在全民健身与老龄化社会双重背景下，体育场馆的无障碍设计正从基础功能满足转向全龄友好的系统化升级。通过轮椅观众席的错层布局、视障群体的触觉导引系统、儿童安全防护软包等细节设计，构建覆盖行动障碍者、老年人、孕妇、儿童等全用户群体的包容性运动空间。这种设计理念不仅体现《建筑与市政工程无障碍通用规范》的要求，更通过可调节高度的服务台、智能导航机器人等科技赋能，实现从物理无障碍到信息无障碍的跨越，让体育场馆真正成为全民共享的城市活力节点。

以残特奥会场馆改造为例，广东赛区 36 个比赛场馆，共增设了 2398 个轮椅席位和 305 间无障碍卫生间；轮椅项目拓宽通行坡道；盲人项目增设盲道，布设语音提示系统；使用机器导盲狗帮助视障朋友扫清前行的障碍；聋奥项目增加闪光门铃，安排手语翻译系统等。这些设计打通了残疾人参赛观赛的通行障碍，实现从场馆入口到观赛区的全流程无障碍路径。

2. 健康环境智慧保障

室内环境质量直接关系运动者健康，体育场馆通过实时空气质量监测、智能新风调控和紫外线消毒系统，构建全天候健康运动环境，让每一次呼吸都清新，每一滴汗水都放心。

空气质量监测方面，通过在场馆内安装多种传感器，实时监测 PM2.5、温度、湿度、二氧化碳等空气质量相关参数。并将这些数据传回空气质量管理平台。

空气净化技术方面，鉴于体育场馆具有内部空间密闭、人流集中的特性，可设置高效通风系统，以确保新鲜空气能及时引入，同时保证室内空气有效排出。此外，采用高效空气净化设备，如 HEPA 过滤器和负离子发生器，进一步降低室内空气中的污染物浓度。

智能控制系统方面，通过数据分析，自动调节通风和空气净化设备的运行状态。例如，在人流密集时自动加大通风量，或者在空气质量较差时增加空气净化设备的工作频率等。

3. 功能灵活性与赛后利用

体育场馆作为城市地标以及公共活动的重要承载空间，其赛后利用始终是业界关注的核心焦点。随着人们对文化娱乐需求的持续增长，体育场馆的运营理念突破“赛事中心”局限，逐步拓展成为集体育、演艺、文化、商业等功能于一体的多元共享生态。

可变空间设计。体育场馆的可变空间设计是一种突破传统固定模式的前瞻性设计理念，其核心在于通过灵活可变的建筑结构和设施配置，使单一场馆能够适应多种功能需求，实现空间的高效利用和体验优化。例如台州体育中心主体育场巧妙融合 3.8 万固定座与 5000 伸缩看台，25 度仰角设计优化视野，配合机械延展技术实现足球赛与田径模式自由切换。

赛后功能拓展。体育场馆赛后功能拓展正成为城市更新的重要方向。通过举办群众赛事、文艺演出、展会活动等多元化运营模式，既能提高场馆利用率，又能丰富市民文化生活，实现社会效益与经济效益双赢。

以河北崇礼冬奥场馆为例，为了破解“大型场馆综合利用”难题，实施功能多元转型，由一季向四季转变。国家冬季两项中心和国家越野滑雪中心变身为集登山健身、滑草滑车、崖壁攀岩等功能的山地户外运动公园。云顶滑雪公园对部分冬奥雪道适应性改造后降低难度，面向游客开放，让更多人体验冬奥赛道魅力。“雪如意”成为集赛事、训练、旅游、研学、会议等功能的大型综合体，可举办高端体育赛事、学术论坛、展览等活动，也是游客拍照打卡、举办婚礼的热门地点。打造华侨冰雪博物馆和冬奥展馆两大核心研学旅游基地，围绕历史文化遗产、自然生态感悟、农业资源体验和赛事活动参与等 4 个研学主题，精心设置了 36 个研学点位和 50 条精品研学路线。

2024-2025 年雪季，崇礼接待游客突破 520 万人次，旅游总花费超 60 亿元。“五一”假期接待游客 16.26 万人次，旅游总花费 1.53 亿元，同比分别增长 5.2% 和 4.8%。

三、治理体系升级路径

体育场馆治理体系升级路径需构建“政府引导+市场运作+社会参与”的三维联动机制，通过智慧化管理平台整合设施运维、赛事服务与惠民开放数据，建立动态监管评价体系；引入专业运营团队开发多元化业态，完善特许经营与公益服务并行的收益模式；同时建立公众监督反馈渠道，将场馆利用率、群众满意度等指标纳入绩效考核，实现从单一赛事保障向可持续城市公共服务综合体的转型。

以临沂市全民健身运动中心为例，临沂市全民健身运动中心创新性地运用“国有平台+专业运营”的轻资产模式，对两大场馆（总建筑面积达 3 万平方米）展开统筹运营工作。在 2024 年，营收达到 1760 万元，年均服务市民数量超过 200 万人次，成功摸索出一套可复制的国有场馆轻资产运营解决方案。核心举措包括：创新“政府监管+集团直管+专业运营”三级管理体系；深耕赛事培训主业，推行“普惠价+公益课”模式；强化安全管理与应急保障；制定可持续发展规划，升级智慧平台；优化收入结构，加强抗风险能力建设。

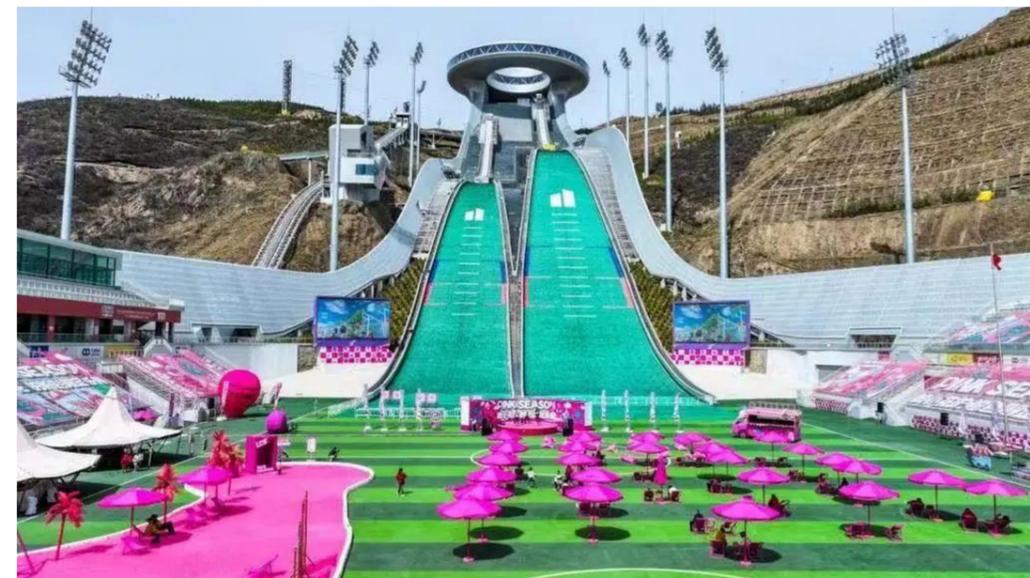
体育场馆的可持续发展转型不仅涉及技术层面的迭代升级，更体现了城市空间价值重构的系统性变革。作为城市基础设施的重要组成部分，现代体育场馆通过整合低碳环保技术、构建普惠性公共服务体系以及实现智能化运营管理，已然成为展示未来城市发展理念的示范性载体。这一转型过程既反映了建筑功能定位的范式转变，也预示着城市空间利用模式的创新方向。展望未来，体育场馆的可持续发展转型将持续深入。随着科技的不断进步和城市发展理念的更新，我们有理由相信，体育场馆将在城市的发展中扮演更加重要的角色，成为城市可持续发展的亮丽名片，引领城市走向更加绿色、和谐、繁荣的未来。

图 20: 台州体育中心主体育场



来源：百度《台州体育中心的空间魔法：4.3 万人如何被科学装进一座建筑？》

图 21: 崇礼冬奥场馆：后奥运时代的华丽转身与持续发展



来源：河北省体育局《河北大型综合场馆多元利用实践：从赛事地标到城市活力引擎》

第三节 图书馆

建设一座绿色、智慧、便民的图书馆，其实践的过程是全周期性的，需要在规划、设计、建设、运营的每一个环节都贯彻“以人为本、绿色低碳、智慧高效”的理念。目标是市民打造一个环境友好、资源节约、服务优质、文化浓厚的公共空间，让图书馆真正成为大家愿意来、喜欢用、离不开的“城市文化客厅”。

一、图书馆的可持续性

图书馆建设项目的不同建设阶段，具体的可持续性策略有不同的侧重点。

项目规划阶段的重点是场馆选址，一方面图书馆要积极融入社区生态景观建设需求；另一方面也要充分考虑公共交通便利性，既让市民能够方便到达，也积极引导绿色出行的生活习惯，让图书馆成为推动低碳生活的一部分。

工程设计阶段要充分践行绿色发展理念，注重空间布局的科学性与人性化，既要合理安排功能区域，提升使用效率与体验感，也要充分利用自然条件（自然光、自然通风）减少人工照明与空调的使用，达到节能减排的效果。同时，新能源系统（风能、太阳能）、资源循环利用系统（雨水回收）的推广和应用也对实现绿色低碳有积极的意义。

工程施工阶段要推广绿色建造技术，包括优先选用环保、低碳、可再生的建筑材料以及采用节能、节材、节水的施工工艺，减少施工过程中的能源消耗和环境污染，实现建造过程的绿色化、低碳化。

项目运营阶段要坚持服务全民、公平开放的原则，为所有市民提供无差别的文化服务，鼓励市民积极参与阅读与公共文化活动，共同提升图书馆的社会价值与影响力。同时要积极引入数字化与智能化管理手段（例如智能图书管理系统、能耗监测系统、安防与照明控制系统等），通过技术赋能提升运营效率、降低管理成本，实现精准服务与绿色低碳运行。

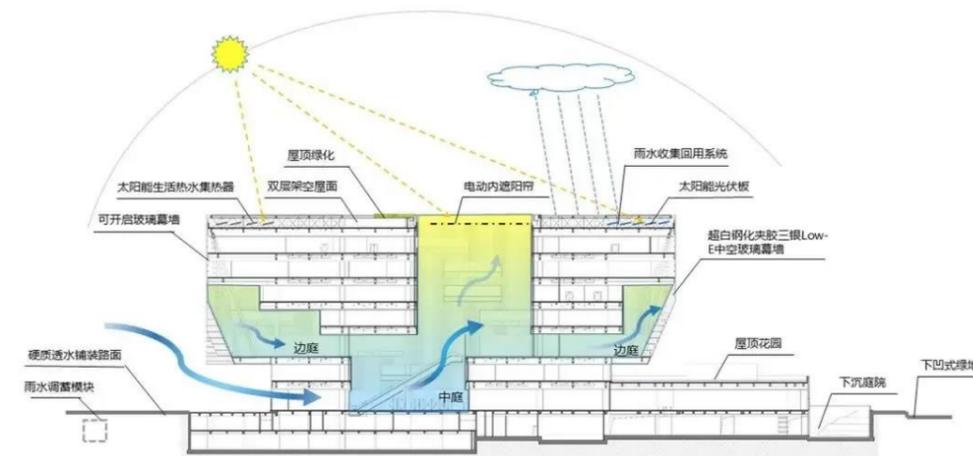
二、案例：上海图书馆东馆

上海图书馆东馆是中国国内单体建筑面积最大的图书馆。开放后可提供座位近 6000 个，满足每年 200 余场讲座、上千场各类学术活动的文化需求，读者年接待量可达 400 万人次。上海图书馆东馆开放 22 个主题阅读服务空间，以及智慧文创区和散布在各楼层的团队研讨室、终身学习室、阅读静音舱，提供全年龄段、普惠均等、同时又兼备精准化个性化的公共文化服务，让这座可阅读的建筑更有温度。

上海图书馆东馆定位“大阅读时代的智慧复合型图书馆”，以绿色建筑设计和智慧建造的方式展示了新时代公共图书馆的发展之路，已成为上海的城市文化地标，并带给读者全新的文化体验。该项目于 2020 年获得上海市三星级绿色建筑设计标识，并荣获多项国内外重大奖项，包括：2022~2023 年度第一批中国建设工程鲁班奖（国家优质工程）、RICS2022 年度可持续发展成就优秀奖、国际图书馆协会联合会（IFLA）2023 年度公共图书馆奖（提名）等。

作为上海市新晋的城市文化名片，上海图书馆东馆全面贯彻可持续发展理念，从设计、建设、运营等多维度结合图书馆功能需求、建设条件、周边环境和三星级绿色建筑目标定位，量身定制了绿色建筑策略和技术措施，运用性能化分析辅助优化设计，为新时代的公共图书馆做出了自己的解答。

图 22：上海图书馆东馆绿色建筑策略示意图



来源：上海图书馆东馆中的绿色低碳技术，搜狐

1. 优化建筑设计布局

建筑设计方案总体以“漂浮在城市公园树冠之上的玉石”为设计概念来塑造一处城市文化地标。在建筑布局方面充分践行绿色低碳的理念。

上海图书馆东馆选址充分考虑了引导市民采用公共出行方式降低出行碳足迹，图书馆地下通道直连地铁 2 号线，步行距离仅 150m。

图书馆室内空间极大限度地使用自然采光。在室内四边各设置了三层通高的边庭，形成建筑形体上的四个大窗，天然光线经过三玻两腔双银玻璃的过滤，室内光线柔和，为读者创造适宜的光环境；建筑

中央区域设置逐层螺旋上升的大型中庭，把天然光线引入室内建筑核心区域，实现室内丰富的空间。同时，设置玻璃幕墙可开启外窗，既可以满足不同使用场景对光环境的不同需求，结合室内高大中庭空间，在过渡季节还可采用自然通风，减少新风系统的运行时间，节约能耗。

图 23: 边厅空间 (左), 室内中庭 (右)



来源: 上海图书馆东馆中的绿色低碳技术, 搜狐

2. 应用绿色建造技术

建筑立面材料选用浅色大理石图案的 3D 打印玻璃，既保持了原设计的景观美感，又大大节约了石材消耗（约节约石材 300t，较最初设计方案减少约 85% 石材用量），实现了建筑技艺的完美结合。

采用高热工性能围护结构减少空调冷热负荷，例如：设计优化了立面窗墙面积比，采用超白钢化夹胶三银 Low-E 中空玻璃，传热系数 $1.9W/(m^2 \cdot K)$ ，遮阳系数 0.36，可见光透射比 0.69，在保证节能的同时，室内光线接近自然亮度，阅读时无需频繁开灯；对屋顶钢桁架节点的保温和热桥进行特殊处理；天窗和受太阳高强度辐射区域玻璃幕墙设电动内遮阳帘；屋面利用屋顶绿化和建筑构件，减少太阳辐射热，实现围护结构空调冷热负荷比标准降低 5% 以上，节约空调电耗。

室内隔墙采用玻璃隔断、轻钢龙骨隔断、家具等灵活隔断材料，方便拆卸重组，减少运营期间不必要的工程改造；架空地坪用于铺设电力电信管线，使得空间能够适应室内功能的灵活变化，减少建材消耗。

室内采用低逸散环保装饰装修材料，提升室内空气品质，保障人员健康。建筑平面设置声闸，采用高标准隔声构造，空调箱、新风机房等采用吸声处理，空调送回风管设置消声器等技术措施，为读者营造安静舒适的阅读环境。

3. 提升能源使用效率

为适应图书馆的复合功能，减少空调运行费用，空调冷源采用冰蓄冷+机载主机供冷系统，利用峰谷电价差，夜间开启制冰蓄冷，日间释冰降低空调制冷负荷。利用智能化能源管理，实现节省空调运行费用。

塔楼屋面设置 $400m^2$ 玻璃-金属真空管 (U 型) 太阳能集热器，供给室内 40% 以上的生活热水热量。多晶硅太阳能光伏板总装机容量 $127.65kWp$ ，占项目总用电负荷的 1.25%，采用自发自用并上网的运行方式，年发电量估计约 11.4 万度绿色电力。

4. 实现资源回收利用

设置雨水回用系统，收集场地雨水，经消毒处理后用于绿化灌溉、道路浇洒和车库地面冲洗。同时，室外绿地设有微灌系统和雨天关闭系统，提升用水效率，并根据室外天气状况调节灌溉模式。雨水回用系统每年可节约市政用水约 $4400m^3$ 。

5. 完善生态景观配套

位于上海图书馆东馆的南侧区域、占地面积 $20546m^2$ 的“悦读森林”既可以完善公共建筑生态景观配套、也可以进一步实现社区绿色低碳生活方式，切实践行了“人民城市”重要理念，成功的为城市居民提供了更多“开放共享、多彩可及”生态空间。

上海图书馆东馆倡导“阅读+绿色+音乐+自然”，这也是取名“悦读森林”的原因。“悦读森林”整体以“林趣悦读”为主题，其设计的初衷是保护、保留植物生长的生命之美。森林采取了整体保留、局部提升的低影响开发的手法，在整体保留森林原貌的基础上，植入“林荫阅读+森氧漫步”的功能。

“悦读森林”充分考虑了公共建筑与公共绿地的社区功能属性，其多个入口分别连通了上海图书馆东馆的南大门、地铁 2 号线上海科技馆站 3 号口，以及世纪大道和锦绣路等人行入口，让不同位置的读者，都能举步可及。主体林道通过“乔木+耐阴地被”的配置方式，打造图书馆外一处静谧的森林休憩绿地，满足了不同人群对放松身心、阅读空间的需求。除必要的雾喷系统、园路、问询厅、灯光、

上水等设施外，森林引入环形的穿林栈道，强化了绿木与上海图书馆东馆的空间联系，并利用现有林窗增加了枕木坐凳等阅读设施，完善服务功能。

6. 搭建智能管理系统

上海图书馆东馆把建造过程中产生的数据“无缝衔接”到运维阶段，集成了楼宇自控、能源监测、视频安防、图书分拣、报修服务等各个系统数据，相当于在电脑里绘制了一个有生命的上海图书馆东馆数字孪生体。上海图书馆东馆是全国首个应用智慧运维平台实现全生命期 BIM 应用的大型综合图书馆。平台被纳入国内首批面向公共建筑智慧建造和运维的工业互联网平台，现已通过上海市经信委验收和 cnas 软件测试认证，并入选成为住建部首批智能建造创新服务典型案例。

上海图书馆东馆利用智慧运维管理平台，极大提高了管理效率，例如分拣系统对图书分拣小车实时监控，工作人员在办公室就可以接收到故障报警和更换书箱的自动提示，维修响应时间从原来的一小时降低到一刻钟，较上海图书馆老馆的管理效率提升了 10 倍；以前每天要做的抄电表工作现在通过智慧平台可以直接“拉清单”获取电表数值，大大减少了人力投入；在无遮挡的开放区域，智能安保系统还能实时监测和管理人流，人数误差仅 5%，在户外平台等危险区域布设的智能识别摄像机，还能识别穿越警戒线、高空坠物等危险行为，以脸搜脸技术可以辅助处理公共建筑中常见的孩童走失问题，把处理响应时间从 30 分钟压缩为 5 分钟。

智慧运维平台的能耗大数据系统可以实时计算图书馆的碳排放情况，辅助开展碳盘查，查看建筑碳排放趋势，分析是否达到绿色运行指标。一旦排放值异常报警，系统会挖掘出异常区域，帮助工作人员进行巡查和解决。在严格“监管”下，图书馆投运以来的碳排总量减少 20%。

图 24：基于数字孪生的上海图书馆东馆智慧运维平台



来源：上海图书馆东馆读者不减碳排减少 20%，全因藏在“一本书”里的数字秘密，上观

7. 创造社会文化价值

“从收藏到联系”是定义现代图书馆发展的一个术语，反映了世界图书馆的现实和许多图书馆员的信仰：一个图书馆是关于人的。图书馆的服务对象是不分年龄和阶层的，是一栋真正意义上的公民建筑，这一基本建筑理念体现了民主、福利、美学、光线、可持续性和社会责任——这些也都是目前中国政府和人民关心的愿景，而且也契合浦东的发展目标。

图书馆主体结构建于两个功能体块之上，其中一个将容纳 1000 席的表演场馆、展览和活动空间，另一个则为儿童专馆。两个馆区均面向一系列的景观庭院。图书馆将提供读者图书阅览坐席近 6000 个、全开架馆藏约 480 万册，满足每年 200 余场讲座、上千场各类学术活动的读者需求，预计读者年接待量可达 400 万人次，极大的丰富了上海市和浦东区的社区文化生活。

图 25：上海图书馆东馆 内部功能空间



来源：上图东馆开馆，它充满了“上海温度”，澎湃新闻

上海图书馆东馆既充满“上海智慧”也充满“上海温度”，在“人民城市”这一理念的指引下，广大市民读者从东馆开工之初就深深参与了它的建成，比如这里的沙发、椅子、桌子，就是市民投票选出来的；开放的 22 个主题阅读服务空间，以及智慧文创区和散布在各楼层的团队研讨室、终身学习室、阅读静音舱，提供全年龄段、普惠均等、同时又兼备精准化个性化的公共文化服务；图书馆一楼设置的无障碍阅览室，配备的设备和布局都非常先进，充分满足了各类民众的实际阅读需求。

图 26: 上海图书馆东馆少儿阅览空间 (左)、无障碍阅览室 (右)



来源: 上图东馆开馆, 它充满了“上海温度”, 澎湃新闻

上海图书馆以约 5700 余万册 (件) 的馆藏量位居全球前列, 然而位于上海市淮海路的本馆只有 20% 的空间开放给读者, 在东馆, 这一比例上升至 80%, 真正成为“为人设计的图书馆”。上海图书馆东馆奉献了一座最美丽的图书馆, 让上海的市民读者既“阅读”东馆的颜值, 更“阅读”东馆的价值——归根到底, 是实现“全民参与阅读, 因阅读感到幸福”的目标。

第四节 博物馆

博物馆的可持续发展已成为构建博物馆高质量发展体系核心理念。如何有效解决博物馆的生存与发展问题, 充分发挥其社会功能, 成为当前博物馆面临的关键议题。

从全球博物馆的发展来看, 美国加州科学院博物馆采用绿色屋顶、太阳能电池板、自然通风系统等设计, 获得白金级奖项认证, 成为全球环保型博物馆的典范之一。新加坡国家博物馆采用雨水收集系统、中水回用系统、节能灯具等措施, 大幅降低了能源与水资源消耗。中国国家博物馆新馆在设计和建设中充分考量节能环保因素, 采用多项绿色建筑技术, 成为国内绿色博物馆的标杆。在国际博物馆积极响应、国内博物馆主动实践的背景下, 博物馆不断发挥自身作用, 持续推动可持续发展。

一、博物馆建筑的可持续性

博物馆建筑的可持续性是当前博物馆发展的重要方向, 涉及环境、社会、经济和文化等多个维度。在环境可持续性方面, 核心举措包括节能设计、材料选择和水资源管理: 节能设计上, 通过太阳能顶棚、绿色屋顶、高效隔热材料等降低能源消耗, 如美国加州科学博物馆凭借太阳能顶棚和绿色屋顶设计减少碳排放, 获得 LEED 白金级认证; 材料选择优先采用可再生、可降解材料或改造废旧建筑材料, 例如

宁波博物馆外墙采用“瓦片墙”和“竹条模板混凝土”, 既节约成本又兼具历史文化意义; 水资源管理则通过建设雨水收集系统和废水处理设施实现循环利用, 怀来湿地博物馆借助雨水花园和人工湿地设计达成污水零排放。

社会可持续性聚焦包容性设计与社区参与, 包容性设计通过设置无障碍设施为残障人士提供平等文化参与机会, 如法国卢浮宫为不同残疾群体提供专项服务; 社区参与则是通过与当地社区合作开展环保教育、文化活动增强公众可持续发展认知, 比如比米什博物馆通过植树造林、气候教育项目引导观众参与环保实践。

经济可持续性主要体现在运营成本优化和多元资金来源两方面, 运营成本优化依靠节能设备和精细化管理实现, 如苏州博物馆通过优化空调系统和设备运行, 预计每年节能收益近 150 万元; 多元资金来源则通过成立基金会、开发文创产品、与企业合作等拓宽渠道, 苏州博物馆便借助理事会制度和基金会吸引社会资源支持发展。

文化可持续性强调保护与传承、教育与传播, 保护与传承依托考古遗址、历史建筑等展示文化遗产, 如虢国博物馆通过遗址公园建设保护和展示西周虢国墓地文化; 教育与传播则通过主题展览、研学活动传播可持续发展理念, 以上海自然博物馆为例, 其通过双重视角展览提升公众对自然和环境的认知。

二、案例: 苏州博物馆的绿色发展实践

苏州博物馆凭借创新的节能减排举措、多元的建设运营方案和高效的治理模式, 成为博物馆可持续发展的重要范例, 其建筑可持续化表现集中在绿色材料应用、节能技术创新、空间设计优化及运营管理升级等方面, 成果已获国际认可并成为行业标杆。在环保材料与本土化应用上, 苏州博物馆主要空间平面呈六边形或八边形, 建筑内外墙转折处用黑色石材线条装饰, 屋顶为空心圆钢管焊接的钢结构, 墙体采用铝合金龙骨基架与高弹涂料饰面的新型复合材料, 以轻型钢架与混凝土替代传统木构减少森林资源消耗, 屋顶选用本地花岗岩传承地域特色并降低运输碳排放; 同时以现代手法演绎苏州“粉墙黛瓦”地域特征, 采用“中国黑”花岗岩石片加工成菱形模块化铺设屋面, 搭配中空节能玻璃采光屋顶和节能复合墙体, 具备显著绿色建筑特征。

在自然光高效利用方面, 馆内设置自然采光玻璃天窗, 既引导人们有序流动、快速定位功能分区, 又让室内光线经漫反射更柔和, 随太阳高度角变化产生的光线变化赋予建筑动态生命力, 同时大幅提高自然采光覆盖率, 显著降低人工照明能耗。空间设计与生态调节上, 馆室外广场通过高密度绿植实现

小气候良性循环，缓解城市热岛效应，水幕墙与荷花池设计可调节馆内温湿度、减少空调负荷；建筑坡顶角度与周边传统民居保持一致，在延续城市肌理的同时优化了通风与能耗。

苏州博物馆不仅从建筑设计改造和运行管理制度层面推动绿色低碳发展，还形成了可复制、可推广的技术指南及节能减排工作标准，为博物馆行业建筑可持续发展提供了有力范例。

第五节 美术馆

案例：深圳美术馆（新馆）

深圳美术馆（新馆）作为深圳市“新时代重大文化设施”建设计划的核心项目，于 2023 年 11 月正式面向公众开放。该项目是深圳市推动文化创新发展、提升城市文化软实力的重要举措，也是实现“双碳”目标在文化建筑领域的具体实践。项目总投资约 15 亿元，总建筑面积 6.6 万平方米，其中展览面积 2 万平方米，公共教育空间 8000 平方米，配套设施 1.2 万平方米。

项目选址于深圳北站商务中心区，该区域是深圳市重点打造的城市门户和商务中心。美术馆与相邻的深圳图书馆北馆共同构成“龙华两馆”文化建筑群，两馆在规划设计上采用统一理念，在空间上相互呼应，形成完整的文化综合体。这种集群化的建设模式不仅实现了资源共享和功能互补，更在可持续建筑技术应用方面形成了规模效应。作为统一规划、设计和建设的项目，“龙华两馆”在可持续技术应用和性能实现上也是一个有机整体。

项目在可持续建筑方面获得了业界高度认可，2024 年 7 月成功获得国家绿色建筑三星级标识认证，这是中国绿色建筑评价体系中的最高级别。该认证是对项目在节能、节水、节材和室内环境质量等方面卓越表现的国家级权威认可。此外，项目还荣获广东省第九届建筑设计奖公建类三等奖（2019 年），体现了其在建筑设计与文化功能融合方面的创新成就。这些奖项共同证明了项目在可持续发展与建筑设计方面的综合实力，为文化类绿色建筑树立了行业标杆。

1. 建筑设计方案解析

深圳美术馆（新馆）由德国 KSP 尤根·恩格尔建筑事务所与筑博设计股份有限公司联合设计，建筑设计以“艺术方舟”为概念，寓意承载艺术、传播文化的现代方舟。建筑外形采用简洁的几何形体，外立面以白色为主色调，通过虚实对比、体量错动等手法，营造出既庄重又现代的建筑形象。

建筑整体形态简洁、大方，有着纯粹清晰的建筑体量感。作为公共建筑，“龙华两馆”与城市充分融合，在设计上通过丰富的现代建筑手法重新诠释中国传统建筑元素（屋顶、基座、大台阶）。空间秩序上，美术馆与图书馆分布于用地内的东侧和西侧，以中国的自然观和仪式感的建筑空间来表达中华文化的博大。

“龙华两馆”在规划设计阶段就将可持续发展理念作为核心指导思想，确立了“绿色、智慧、人文”三位一体的设计原则。这一原则不仅体现在建筑形态和空间组织上，更深入到材料选择、技术应用和运营管理等各个环节。建筑以开放的状态，让艺术与书籍走进大众，让公共建筑和城市空间共同营造自由、包容、积极的城市精神。

美术馆的设计团队特别注重空间与人的互动关系，提出“空间不应只是展品的容器，更应成为社区的共生体”的创新理念。通过设置艺术装置和互动空间，巧妙消解了艺术与生活的边界，让美术馆成为可感知、可参与的城市文化新地标。

2. 建筑可持续性策略

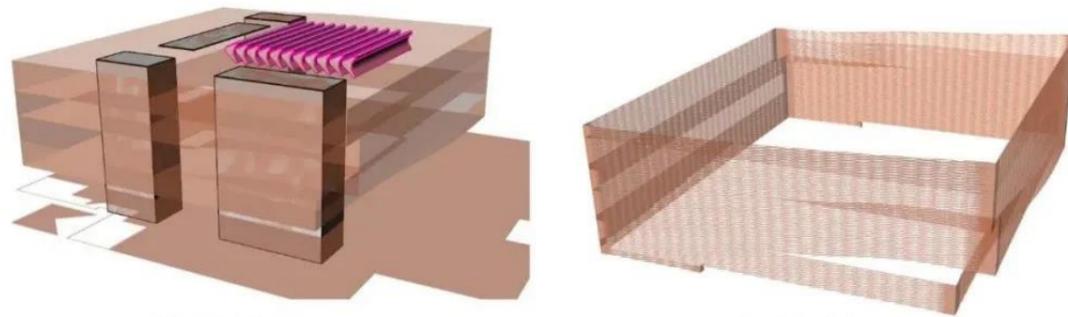
规划理念与设计方案的可持续性考量

面对年均气温 22.4°C、湿度 90% 的亚热带气候挑战，项目创造性地将岭南建筑智慧与现代科技结合，将建筑设计成一个懂得自我调节、能与当地气候和谐共生的有机体。在规划设计阶段，项目就确立了绿色低碳的核心理念，以“满足国家绿色建筑三星级或深圳市金级标准的要求，致力于打造绿色建筑标杆和示范项目，促进绿色建筑发展”为目标。为实现这一目标，项目采用了被动式节能技术体系，其核心思想是：不依赖昂贵的耗能设备，而是优先通过合理优化建筑空间布局，充分利用自然通风、天然采光、遮阳设计、生态绿化等措施，降低建筑冷热负荷需求，就像人通过选择合适的衣服（保暖外套、透气夏装）来适应季节变化一样，建筑也可以通过其外形、朝向、材料和构造，成为一个本身就能收集能量（如阳光、凉风）、保存能量或隔绝不利气候（如高温、寒风）的高效壳体，大幅降低了后期对空调、采暖等“主动式”能源设备的依赖，这是实现建筑低碳目标的关键。

深圳美术馆（新馆）的建筑设计，通过模拟分析日照采光、人工照明、气流组织等优化建筑朝向、自然采光和空气流动，以降低整个建筑物的能源消耗。经精密计算和模拟，项目节能率达到惊人的 68%，远高于常规公共建筑节能标准。

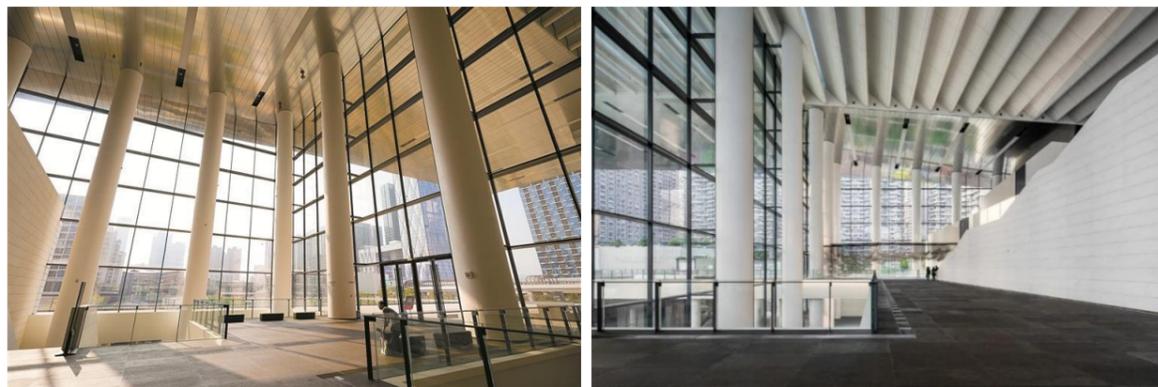
- 通风：建筑采用与当地主导风向平行的布置方式，并设置 24 小时的城市公共通道，从建筑布局上获得较好的自然通风条件，设计了与夏季主导风向平行的通风廊道。设计团队还对公共通道采用室外风环境模拟，通过分析论证优化形态布局，形成最佳的通风效果，不仅在当下可以实现为室内引入凉爽自然风的效果，减少空调依赖，更在未来气温升高时，能有效增强建筑自身的散热能力，缓解室内高温压力，提升应对极端热浪的韧性。
- 采光：设计团队充分利用天窗、玻璃幕墙与外部蜂窝石材遮阳的结合，将自然采光、自然景观和更多的视觉效果引入建筑内部。由异形蜂窝石材与玻璃幕墙构成的双表皮外立面、由玻璃板和月牙金属板组合而成的智能遮阳天花板可以根据阳光角度自动调整，让自然光照以漫反射形式洒向室内，既可以防止室内眩光且大幅减少对人工照明的依赖，还可以有效阻挡室内过度得热。这种设计使美术馆内部能保持光环境舒适恒定，在保护展品的同时降低制冷负荷。

图 27：深圳美术馆（新馆）外立面设计效果图



来源：共生之路：融于环境的绿色建筑实践，深圳市建筑工务署

图 28：深圳美术馆内部



来源：共生之路：融于环境的绿色建筑实践，深圳市建筑工务署

水资源利用

气候变化导致降雨模式更不稳定，暴雨与干旱交替出现。项目的绿色屋顶、雨水花园和雨水回收系统共同构成了一个微观的“海绵城市”系统。它们能有效滞留、渗透和净化雨水，减轻市政排水管网在暴雨时期的压力，适应强降雨天气，将雨水资源储存回用，同时多样植物搭配的绿色植被层也可吸收建筑热量，缓解城市热岛效应。

图 29：深圳美术馆（新馆）水资源循环利用系统示意图



来源：共生之路：融于环境的绿色建筑实践，深圳市建筑工务署

深圳美术馆（新馆）通过上述一系列整合性设计，将应对气候变化的宏观要求，转化为了具体、可感知的技术措施，使建筑不仅节能低碳，更具备了应对未来气候不确定性的长期韧性，为文化建筑的可持续运营提供了坚实保障。

3. 建设施工与建材选择的可持续实践

在施工阶段，深圳美术馆（新馆）项目广泛采用绿色建材和环保施工技术。项目选用高耐久性可回收混凝土、耐候防腐涂料等绿色建材，这些材料不仅安全耐久，而且节能低碳。另外，项目周围的景观由葱郁的当地植物构成，还设有绿色屋顶和雨水花园，这些设计不仅美观，还有助于吸收建筑热量，缓解城市热岛效应。

项目全面推行装配式建造技术，楼板均为楼承板，楼梯均采用钢楼梯、内墙采用轻质隔墙系统，整体装配率达到 75.5%，远高于国家要求的 50% 标准。结构系统采用预制混凝土构件和全钢结构体系，其中预制楼梯、预制外墙板等部品部件均在工厂生产完成，现场进行组装。这种建造方式结合 BIM 技术

进行构件编号和安装模拟，大大提高了施工精度和质量，将施工误差控制在3mm以内，同时减少了项目实现现场作业人数40%，使施工周期较预期缩短45天，为项目整体绿色目标的实现提供了有力保障。

项目主体结构设计使用年限达100年，地上部分的建筑主体结构为全钢结构。美术馆采用钢框架-中心支撑结构，X向采用钢框架中心支撑结构，Y方向采用钢框架结构，不仅能满足建筑大开间灵活分隔的需求且材料可回收率高，节能效果好。

项目采用的全钢结构体系是基于建筑全生命周期评估的慎重决策。虽然钢铁生产过程是能源密集型产业，也是碳排放较高的生产过程，然而综合考虑美术馆的全使用周期来看，钢结构仍然展现出较强的可持续优势：

- 资源可循环性：钢结构材料回收率可达90%以上。建筑达到使用年限后，钢材仍然可以被循环利用，成为新的建筑原料，最大限度地减少了未来建筑的原材料开采和废弃物产生，可以较好的实现从“资源-产品-垃圾”到“资源-产品-再生资源”的循环经济模式。
- 源头减量与施工节能：所有钢构件均在工厂预制完成，进行防腐防火处理后运至现场直接吊装。这种“制造-装配”模式，相比传统现浇结构，施工现场建筑垃圾减少80%，用水和用电量也大幅降低，直接减少了施工阶段的碳排放和环境干扰。
- 轻质高强与材料高效：钢材的强度高，允许构件截面更小，从而节省了建筑材料用量。通过优化设计，“龙华两馆”项目相比常规方案节省钢材约1700t，这在一定程度上抵消了部分初始碳排放。
- 长寿命与耐久性：作为重要的公共文化设施，项目主体结构按照极高的安全性与耐久性标准进行设计，旨在实现远超普通建筑的长久服务寿命。长寿命本身就是最大的节约，避免了因建筑拆改重建而产生的巨大资源消耗和碳排放。

因此，项目采用全钢结构体系是在权衡“前期蕴含碳排放”与“长期循环价值”后做出的科学选择，也说明公共建筑的绿色可持续性策略应着眼于建筑全生命周期的综合环境效益，以实现更深层次的可持续发展为建设导向。

4. 节能管理与智慧运维的持续提升

在设备选型上，项目选用高效节能型设备，包括高效节能型变压器、节能电梯、1级节水器具等。特别是通过采用高效制冷设备并对空调系统进行能耗模拟优化分析，结合屋顶喷雾系统和智能遮阳措施以及LED照明技术的使用有效降低了能源消耗。另外，屋顶上均安装有光伏系统，每年提供约76万千瓦时的电力也提高了建筑的能源使用效率。

深圳美术馆（新馆）采用IBMS智能化集成管理平台，采用世界先进的智能技术，打造集美术展览、艺术收藏、文化交流、人才培养和公共服务于一体的国际美术殿堂。针对美术馆这一特殊功能建筑，项目还考虑了专业环境的可持续性控制。画库区总建筑面积6200m²，按照藏品材质类别划分为8个分库，同时配有藏品消毒室、装裱室、修复室等专业技术用房。画库区功能齐全、设备先进，全库区覆盖恒温恒湿空调系统；库房内按照藏品类别配置相应类型的专业智能典藏柜架。画库除地面外五面均安装调湿板，如遇突发断电空调不可用情况，调湿板可以实现两周时间保持恒湿状态，有效保障藏品安全。

深圳美术馆（新馆）还配备了智能环境监测系统。画库定制开发了库房环境监测应用系统，可实现对库房温湿度、光照、紫外线、CO₂、甲醛等环境指标实时监控、记录和分析，支持环境异常预警，支持通过微信、短信、电话、声光等多种方式预警。这种智能化管理系统不仅保障了藏品安全，也优化了能源使用效率，避免了不必要的能源浪费。

这些可持续性策略的综合应用，使得深圳美术馆（新馆）的建造和运营都实现了高效能源利用，项目建成后建筑能耗约为60.59kWh/m²，比深圳市同类建筑平均水平低约40%；绿色建筑可节约的运行费用初步估算可达到165万元/年，其中空调系统节能贡献最大，占总节能量的约45%，照明系统次之占约25%，其他设备系统占约30%。这些数据充分证明了绿色建筑不仅具有环境效益，更能带来显著的经济回报。

深圳美术馆（新馆）的成功实践为文化类建筑可持续发展提供了重要借鉴。项目的创新实践已经产生广泛影响，建设过程中形成的多项技术标准被纳入深圳市工程建设标准，项目采用的设计、建设、运维管理经验也正在公共建筑建设行业中推广。这些成果表明，深圳美术馆（新馆）不仅是一个文化地标，也是国内建筑行业探索绿色、低碳、实现发展的榜样。

第四章 行业 ESG 优秀实践

第一节 中国建筑

中国建筑集团有限公司（China State Construction Engineering Corporation）正式组建于1982年，是我国专业化发展最久、市场化经营最早、一体化程度最高、全球规模最大的投资建设集团之一，在国际建筑行业中保持着举足轻重的地位。该企业自2006年开始成功进入世界500强，2020年《财富》世界500强排行榜第18名，2021年排名第13位，2022年排名第9位，2023年排名第13位，2025年排名第16位。作为中国建筑业唯一由中央直接管理的国有重要骨干企业，中国建筑隶属于国务院国有资产监督管理委员会，承担着国家重大项目建设和行业技术引领的重要使命。

中国建筑的经营区域覆盖我国各省区市以及海外近百个国家和地区，业务布局涵盖房屋建筑、基础设施、地产开发、勘察设计以及新业务（绿色低碳、数字化等）五大板块，具有设计规划、工程建设、投资开发、运营管理、科技创新、设备制造全产业链优势。在专业领域方面，中国建筑尤其在超高层建筑、大型公共建筑（会展中心/体育场馆/交通枢纽）、基础设施（高速公路/桥梁隧道/轨道交通）、新型城镇化建设等领域保持着国际领先的技术优势。是中国国内仅有一家同时拥有“三特”资质、“1+4”资质和建筑行业工程设计甲级资质的建筑企业。

从1984年创造“三天一层楼”世界纪录的深圳国际贸易中心大厦（国贸大厦），到2018年竣工的中国大陆首座突破500米的超高层建筑——北京中信大厦（中国尊）；从2017年雄安新区设立后首个重大工程项目——雄安市民服务中心（仅用112天建成），到遍布“一带一路”沿线30多个国家的标志性工程（包括马来西亚吉隆坡标志塔、埃及新行政首都中央商务区等），中国建筑始终以科技创新为驱动引擎，持续引领着“中国建造”向“中国智造”的转型升级，不断刷新着“中国速度”与“中国质量”的行业新标杆。在公共建筑领域，中国建筑通过技术创新与全产业链协同，在绿色建筑、智能建造及既有建筑改造方面打造了多个具有行业示范意义的标杆项目。

一、绿色建筑与节能改造

1. 低碳技术应用

中国建筑在低碳技术领域处于行业领先地位，中国建筑旗下中建四局建设的科创大厦，成为全国首座超高层近零能耗建筑、国内首座超高层金级碳中和建筑，获得了LEED金级预认证、绿建三星预评价、WELL预认证等国际权威认证，入选国家首批绿色低碳先进技术示范项目、广东省第一批碳达峰碳中和试点。项目低碳技术运用主要体现在以下三个方面。

- 建筑本体节能方面，采用了太阳能烟囱、冷巷自然通风系统，搭配超白夹胶三银中空玻璃幕墙等高性能围护结构，显著降低建筑能耗需求；

- 主动能效提升方面，采用了高效制冷机房、新风全热回收、二氧化碳检测联动、高效智能照明系统、高效电梯等措施，最大程度提升能源利用效率；

- 可再生能源方面，在屋顶、幕墙装饰翼等部位安装光伏发电系统，配套空气源热泵供应热水。

通过以上措施，建筑碳排放量下降到16.7kgCO₂/(m²·a)，年度节约用电400万kWh，减少碳排放量2090吨，减碳率58.9%。

既有建筑零碳改造示范

中建科技产业园H地块总部办公楼在绿色建筑领域取得三项重要认证：LEED金级、住建部三星绿色建筑标识及中国建筑节能协会零碳建筑称号，成为国内首个大型既有建筑零碳改造示范项目。通过能源结构优化、可再生能源应用和智慧化运营管理，项目实现45%的碳减排，年均减少2200吨碳排放。

在改造过程中，项目团队通过以下七大创新策略实现低碳转型。

首先是储能系统，配置1000kWh储能设备，实现20%的负荷削减与120秒的快速响应，为能源稳定供应提供保障；其次是智能调适，通过新风系统及热回收段变频控制，搭配16部电梯配置的能量回馈装置，形成自适应系统，每年可节电14万度；综合能源站污水源热泵方面，建成华中首套7万吨/日尾水能源化系统，夏季能向尾水释放热量制冷，制冷量达1.44万千瓦，冬季则从尾水中提取热量供暖，制热量达1.57万千瓦；光伏矩阵以2.1MW装机规模运行，年发电量达200万度，同时减少1050吨CO₂排放；幕墙改造环节，在玻璃幕墙和外窗铺设72%隔热膜，不仅实现年节电133万度，还减少约700吨CO₂排放；智慧平台上，自主研发零碳智慧运营平台，助力降低23%能源费用，管理效率提升约40%，运营碳排放减少15%；最后是微电网建设，在园区布置光储充一体站，将光伏产生的电能合理存储并智能分配，构建起完善的智能微电网系统。

2. 光伏一体化创新

中建西南院第二办公区在低碳节能改造中，通过三大光伏技术应用实现了绿色能源转型。

首先是屋顶单晶硅系统，该区域铺设了700m²的高效单晶硅组件，构成了改造项目的核心发电单元；其次是GIPV绿植光伏技术，在连廊东侧创新应用自主设计的GIPV绿植光伏一体化构件，让发电功能与生态效益得以同步实现；最后是碲化镉光伏玻璃的应用，将A座大厅雨棚玻璃替换为弱光发电性能优异的碲化镉光伏玻璃。此外，项目还配套建设了光伏微电网系统，不仅实现了发电量100%就地消纳，更达成了年发电量15.6万度、年减碳量78吨的绿色目标。

图 30: 中建科技产业园



图 31: 中建西南院第二办公区



来源: 中建三局《国内首个!“三局造”零碳改造示范建筑再获殊荣》, 成都住建《分享 | 公共建筑节能改造典型案例①》

二、智能建造

1. BIM+智慧工地系统

中国建筑创新打造的 BIM+智慧工地数据决策系统, 通过物联网传感器与 BIM 模型的深度融合, 构建了具有智能决策能力的数字指挥中枢。该系统实现了三大核心功能: 一是基于实时数据的进度偏差预警机制, 二是动态资源优化调配算法, 三是 AI 驱动的安全隐患智能识别体系。这一技术突破不仅实现了从经验管理向数据驱动的范式转变, 更重新定义了现代化施工管理的标准流程。

在广州黄边村改造项目中, 通过 BIM+数字模型+点云模型的三模融合数据中心, 结合无人机每日扫描, 生成三维实景模型, 与设计模型实时比对, 实现施工进度误差控制在 2% 以内。项目还开发了数字孪生生产线, 使产业园运营效率提升 30% 以上。这种全流程数字化协同模式, 打破了传统建造的碎片化管理, 实现了业务系统与数字系统的深度整合⁴⁰。

2. 智能装备集群

中建三局科创公司用 5G+AI 技术颠覆传统建造, 其关键工序机械化率达 85%, 能耗降低 60%, 为“中国智造”提供了鲜活样本。其中, 测量机器人能在 1.5 分钟内完成单个房间的数据采集; 抹灰机器人每小时可施工 200~300 平方米, 工效达到人工的 2~3 倍, 且平整度偏差能精准控制在 5mm 内; 塔吊远程集控系统依托 5G+AI 技术, 不仅让吊装效率提升 30%, 还彻底消除了高空作业风险; 巡检机器人则可自主完成塔吊垂直度检测与结构件裂纹识别, 全方位提升建造效率与安全性。

3. 装配式建筑

国内首条中间出筋叠合板智能生产线, 来自于位于武汉市汉南区的中建三局科创公司预制构件工厂, 该生产线的机械臂可以精准焊接钢筋, 通过智能布料系统控制混凝土浇筑, 全程无人化作业使生产效率提升 40%。

武汉汉韵公馆项目得益于这类工厂预制, 采用“标准化构件+柔性生产线”模式, 最高装配率达 91%, 单栋工期节约近 2 个月, 能耗降低 60%, 创造了湖北装配式建筑的新纪录⁴⁰。

图 32: 中建三局科创公司的预制构件工厂



来源: 中建三局,《树立“中国智造”的鲜活样本》

三、全产业链协同

1. 纵向一体化整合

中国建筑通过纵向一体化战略, 构建了覆盖投资-设计-建造-运营-服务的全生命周期服务体系。在投资环节, 集团设立专业投资平台, 对重大项目进行全周期财务评估; 设计阶段采用 EPC 总承包模式, 整合旗下甲级设计院资源, 通过 BIM 协同平台实现多专业实时联动; 建造环节依托 8 大工程局形成标准化施工体系; 运营维护阶段则通过智慧运维平台, 对超高层建筑、大型场馆等设施进行能耗监测和预防性维护。这种模式大大降低设计变更率, 施工效率得以大幅度提升。

2. 数字化协同平台

中建五局等建筑企业正通过友空间等数字化平台，构建起覆盖全产业链的智能协作网络，整合 4 万+员工和 9 万+合作伙伴，实现产业链数据实时互通。这种平台化协作使项目进度、质量、成本等关键数据可分钟级更新，管理人员可随时调取最新信息。

3. 标准化质量管控

中国建筑构建了以国家标准为基石、行业规范为支撑、企业标准为特色的三级标准体系，通过数字化协同平台实现设计参数、材料性能与施工工艺的毫米级精度管控。该体系创新性引入区块链存证技术，使施工企业、材料供应商与设计单位形成质量责任追溯闭环，关键工序验收合格率显著提升。

中国建筑集团作为全球建筑行业的领军企业，通过技术创新与全产业链协同，持续推动“中国建造”向“中国智造”转型升级。其在绿色低碳、智能建造、装配式技术等领域的突破性实践，不仅重塑了行业标准，更树立了国际质量管控新标杆。从超高层近零能耗建筑到既有建筑零碳改造，从 BIM+智慧工地到智能装备集群，中国建筑以科创大厦、中建科技产业园等示范项目，验证了全生命周期数字化管理的可行性，为全球建筑业可持续发展提供了中国方案。

第二节 金隅集团

北京金隅集团股份有限公司，作为北京市属的大型国有控股产业集团，同时是 A+H 股整体上市公司，其历史可追溯至 1955 年成立的北京市建筑材料工业局。该集团的核心业务聚焦于新型绿色环保建材的制造、贸易与服务，房地产开发，以及物业投资与管理。金隅集团连续多年荣登《财富》中国 500 强榜单，2024 年排名第 203 位。

金隅集团的主营业务涵盖绿色建材板块，包括水泥及预拌混凝土生产，新型建材的研发与应用，以及循环经济的实践。在水泥及预拌混凝土领域，集团作为全国第三大水泥产业集团，水泥产能约达 1.8 亿吨，预拌混凝土产能为 6200 万立方米，骨料产能达 8600 万吨。新型建材产品包括墙体材料、保温材料、装饰装修材料等，广泛应用于雄安新区等重点项目。在循环经济方面，集团利用工业固废替代原料，原料替代率达 9.3%，碳排放降低 20%。

典型案例金隅智造工场（中关村科学城）项目，属于工业遗存绿色改造项目。该项目将原天坛家具厂老旧厂房改造为低碳科技园区，保留了原有建筑结构，有效减少了拆除重建过程中的碳排放。金隅集团作为材料供应商，为公共建筑提供各类绿色环保建筑材料，如新型墙体材料，这些材料具备轻质、

保温、隔音等特性，有助于减轻建筑物自重，降低能源消耗，并提升建筑整体性能。在生产过程中，注重节能减排，采用先进工艺降低生产能耗与污染物排放，确保公共建筑的可持续性。

在能源利用方面，金隅集团积极推广可再生能源的应用，部分公共建筑项目安装太阳能光伏板，将太阳能转化为电能，用于建筑的日常照明、设备运行等，降低对传统化石能源的依赖，减少碳排放。同时，对公共建筑的暖通空调系统进行优化设计与智能控制，依据室内外环境参数及人员活动情况，精准调节温度、湿度，提高能源利用效率，减少能源浪费。

水资源管理方面，金隅集团通过安装节水器具实现水资源的高效利用，如感应式水龙头、节水型马桶等，减少水资源的无谓浪费。部分项目建设雨水收集系统，将收集的雨水经处理后用于景观灌溉、道路冲洗等，实现水资源的循环利用，提高水资源的利用效率。

室内环境质量方面，金隅集团关注公共建筑室内空气质量，采用环保装修材料，减少甲醛、苯等有害物质的释放，为使用者营造健康舒适的室内环境。在建筑设计上，注重自然通风与采光，合理规划建筑布局和开窗面积，引入自然风与自然光，减少人工照明和空调的使用时长，既降低能源消耗，又提升室内的舒适度。

全生命周期管理方面，金隅集团从公共建筑的规划设计阶段起，融入可持续理念，综合考量建筑在建设、使用、维护及拆除等各阶段对环境的影响。在建设过程中，采用先进施工技术与管理方法，减少施工扬尘、噪声等污染，降低对周边环境的干扰。在建筑使用阶段，建立完善的维护管理体系，定期对建筑设备、设施进行检查维护，确保其高效运行，延长建筑使用寿命。当建筑达到使用年限需拆除时，考虑建筑材料的回收再利用，减少建筑垃圾的产生。

综上所述，金隅集团在公共建筑可持续性领域具备显著优势。金隅智造工场（中关村科学城）项目荣获绿色建筑认证，具体获评 LEED 金级认证以及北京市绿色生态示范区称号，且采用了节能幕墙、光伏发电和雨水回收系统。该项目聚焦于智能制造与节能环保企业，构建了绿色产业生态链。相较于传统建筑，金隅兴发科技园零碳建筑在运行阶段不仅达成了零碳排放，还大幅降低了年运行费用，为建筑行业朝着绿色、低碳、环保、可持续发展方向转型提供了有力的技术支持和示范引领。

参考文件

1. 国务院.强化应对气候变化行动——中国国家自主贡献 [EB/OL] . 2015-06-30.
http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-07/01/content_9999.htm.
2. 国务院办公厅.国务院办公厅关于转发发展改革委住房城乡建设部绿色建筑行动方案的通知 [EB/OL] . 2013-01-06. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2013-01/06/content_4572.htm.
3. 住建部、发改委、国管局.关于在政府投资公益性建筑及大型公共建筑建设中全面推进绿色建筑行动的通知 [EB/OL] . 2014-10-15.
https://fgw.beijing.gov.cn/fgwzgwkg/2024zwcwj/sjbmgfxwj/qtbwwj/202004/t20200421_3728827.htm.
4. 住房城乡建设部.“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划 [EB/OL] . 2022-03-01.
https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-03/12/content_5678698.htm.
5. 国务院.公共机构节能条例（国务院令第 531 号） [EB/OL] . 2008-08-01.
https://www.gov.cn/zhengce/2008-08/11/content_2602516.htm.
6. 财政部、住房城乡建设部.关于进一步推进公共建筑节能工作的通知 [EB/OL] . 2011-05-04.
https://www.gov.cn/gongbao/content/2011/content_2010622.htm.
7. 住房城乡建设部.国家标准《公共建筑节能设计标准》发布公告 [EB/OL] . 2015-10-01.
https://www.mohurd.gov.cn/gongkai/zc/wjk/art/2015/art_17339_224011.html.
8. 住房城乡建设部办公厅、银监会办公厅.深化公共建筑能效提升重点城市建设有关工作的通知 [EB/OL] . 2017-06-14.
https://www.mohurd.gov.cn/gongkai/zc/wjk/art/2017/art_17339_232302.html.
9. 住房城乡建设部.国家标准《绿色建筑评价标准》发布公告 [EB/OL] . 2019-03-13.
https://www.mohurd.gov.cn/gongkai/zc/wjk/art/2019/art_17339_240717.html.
10. 住房城乡建设部.国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》发布公告 [EB/OL] . 2021-09-08. https://www.mohurd.gov.cn/gongkai/zc/wjk/art/2021/art_17339_762460.html.
11. 国务院.无障碍环境建设条例（国务院令第 622 号） [EB/OL] . 2012-06-28.
https://www.gov.cn/zgwkg/2012-07/10/content_2179864.htm.
12. 国家标准化管理委员会.我国首次发布公共机构绿色场馆评价国家标准（GB/T 45840—2025） [EB/OL] .
https://www.sac.gov.cn/xw/bzhdt/art/2025/art_c5a5a267abc2441784abd4f64a64b94b.html
13. 中国政府网.两部门联合批准发布《城市公共体育场 / 体育馆 / 游泳馆建设标准》 [EB/OL] . 2024-08. https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202408/content_6969057.htm.
14. 住房和城乡建设部.加快推动建筑领域节能降碳工作方案（建科〔2024〕15号） [A] . 2024.
15. 北京市住建委.北京市公共建筑能效分级管理办法（京建发〔2024〕32号） [A] . 2024.
16. 北京市政府办公厅.转发市住建委等部门绿色建筑行动实施方案的通知 [EB/OL] . 2013-07-11.
https://www.beijing.gov.cn/zhengce/zfwj/zfwj/bgtwj/201905/t20190523_75399.html.
17. 北京市政府.北京市碳达峰实施方案 [EB/OL] . 2022-10-11.
https://www.beijing.gov.cn/zhengce/zfwj/zfwj2016/szfwj/202210/t20221014_2836026.html.
18. 上海市政府.上海市绿色建筑管理办法 [EB/OL] . 2021-09-30.
https://www.gov.cn/zhengce/2021-09/30/content_5724256.htm.
19. 上海市政府.上海市碳达峰实施方案 [EB/OL] . 2022-07-08.
https://css.sh.gov.cn/zcwj_zcfg/20221010/914a5e04beb4438b8c46af50da94f9a1.html.
20. 上海市住建委.上海市城乡建设领域碳达峰实施方案 [EB/OL] . 2022-11-01.
<https://www.shanghai.gov.cn/gwk/search/content/88f4035ebce8431b955f413b4ce72526>.
21. 深圳市规划和自然资源局.深圳经济特区绿色建筑条例 [EB/OL] . 2022-08-17.
https://pnr.sz.gov.cn/xxgk/ztlz/jyys/wjyjd/ghjs/content/post_11275091.html.
22. 深圳市政府.深圳市碳排放权交易管理办法 [EB/OL] . 2024-05-24.
https://sf.sz.gov.cn/fggzsjcx/content/post_12339150.html.

23. 南方网.广东省《公共体育场地设施配置技术规范》正式实施 [EB/OL] .2025-03-23.
https://news.southcn.com/node_85df7a11ba/d21e722b37.shtml.
24. 中国建筑业协会.中国建筑业发展年度报告（2025） [R] .北京：中国建筑工业出版社,2025:45-48.
25. 肖红军,阳镇,李伟.中国 ESG 发展：“十四五”回顾与“十五五”展望 [J] .改革,2025 (3):112-125.
26. ARCHINA 建筑中国.建筑中国·十大可持续顾问咨询品牌白皮书（2025） [R] .上海：建筑中国研究院,2025.
27. 中国建筑股份有限公司.中国建筑 2024 年度可持续发展报告 [R] .北京,2025.
28. 复旦大学基建处.江湾校区实验室建筑节能改造实践案例 [Z] .上海,2023.
29. 北京中建协认证中心.中国建筑业 ESG 研究报告（2024） [EB/OL] .2025-05-29.<https://www.sgpjbg.com/baogao/710440.html>.
30. 中研网. 2025 年体育馆行业现状及发展趋势分析 [EB/OL] .<https://www.chinairn.com/hyzx/20250509/180021962.shtml>.
31. 中国体育用品业联合会.可持续发展与绿色体育场馆建设分析 [EB/OL] .https://www.csgf.org.cn/xinwen/hyxw/202504/t20250423_11294.html.
32. 舒晓婷.全球绿色建筑价值链市场机遇分析 [EB/OL] .2024-06-26.<https://www.21jingji.com/article/20240626/herald/7fdc64756f36dde77bfb234247c07f40.html>.
33. 王嘉宁,刘宏明,周渝,翟翼.“双碳”目标下 BIM+AI 技术的价值链创新研究 [J] .中国科技信息,2025 (4).
34. 中央纪委国家监委网站.北京冬奥会充分利用 2008 年奥运场馆遗产 [EB/OL] .<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1788510104483368178&wfr=spider&for=pc>.
35. 金鑫膜结构建筑设计院.现代体育场的建筑升级方案 [EB/OL] .<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1830224667583978912&wfr=spider&for=pc>.
36. 佛兰空间膜结构.大型体育场青睐 PTFE 膜的原因 [EB/OL] .<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1788510104483368178&wfr=spider&for=pc>.
37. CGT 绿城人造草.重庆奥体中心低碳运动场打造实践 [EB/OL] .<https://zhuanlan.zhihu.com/p/1904215681714618369>.
38. 半拉南瓜.新型 PVC 运动地胶的绿色优势 [EB/OL] .<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1830224667583978912&wfr=spider&for=pc>.
39. 人民网.第九届亚冬会实现 100% 绿电供应 [EB/OL] .<https://www.people.com.cn/n1/2025/0220/c404176-35847213.html>.
40. 人民网.体育赛事中的绿色低碳实践 [EB/OL] .<https://sports.people.com.cn/n1/2025/0310/c404176-35865421.html>.
41. 广州日报.十五运会和残特奥会场馆无障碍建设标准 [EB/OL] .https://www.gzrb.com.cn/gzrb/content/202508/28/content_1896452.htm.
42. 百度百家号.台州体育中心的可变空间设计实践 [EB/OL] .<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1830224667583978912&wfr=spider&for=pc>.
43. 河北省体育局.崇礼冬奥场馆赛后多元利用实践 [EB/OL] .https://tyj.hebei.gov.cn/xwzx/tyxw/202504/t20250423_1329456.html.
44. 澎湃新闻.上海图书馆东馆开放及绿色低碳设计 [EB/OL] .2022-09-28.https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_20078187.
45. 搜狐网.上海图书馆东馆中的绿色低碳技术应用 [EB/OL] .2024-12-23.https://www.sohu.com/a/840883808_121123910.
46. 上观新闻.上海图书馆东馆“悦读森林”体验及减碳实践 [EB/OL] .<https://sghexport.shobserver.com/html/baijiahao/2023/02/12/960739.html>.
47. 重庆日报.重庆累计改造 1450 余万平方米公共建筑实现绿色升级 [EB/OL] .2025-04-21.https://www.cq.gov.cn/zwgk/zfxxgkml/zdlyxxgk/stbh/hjbh/202504/t20250421_14540708.html.

48. 上游新闻.重庆老楼绿色升级改造实践 [EB/OL] .2025-04-20.<https://cq.ifeng.com/c/8igGRicosl0>.
49. 中国新闻网.高校体育场地开放管理机制完善建议 [EB/OL] .2023-02-23.<https://www.chinanews.com.cn/sh/2023/02-23/9958835.shtml>.
50. 国家市监总局.淮安 AI + 制度驱动招标投标智能化监管实践 [EB/OL] .2025-07-31.https://www.samr.gov.cn:8021/jzxts/sjdt/dfdt/art/2025/art_db14881d298b48ccb0eb0190a6298454.html.
51. 深圳美术馆官网.深圳美术馆概况 [EB/OL] .<https://www.szartm.com/open/introduce>.
52. 深圳晚报.深圳美术馆新馆的设计与实用价值 [EB/OL] .2023-11-07.https://wb.sznews.com/MB/content/202311/07/content_3139478.html.
53. 羊城晚报.深圳绿色建筑新标杆——龙华两馆低碳设计 [EB/OL] .2024-07-17.<https://ep.ycwb.com/epaper/ycwb/resfile/2024-07-17/A06/ycwb20240717A06.pdf>.
54. 香港经济导报.深圳美术馆新馆开馆及人文设计 [EB/OL] .2023-11-07.https://jdonline.com.hk/content_83833.html.
55. 广东省住建厅.中建四局科创大厦近零碳建筑实践 [EB/OL] .https://zfcxjst.gd.gov.cn/ztrl/greenbuilding/content/post_4093607.html.
56. 中建三局.国内首个零碳改造示范建筑获殊荣 [EB/OL] . 百度百家号.<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1840835237965321500&wfr=spider&for=pc>.
57. 中信证券.绿色金融赋能中国金茂碳中和 CMBS 发行 [EB/OL] .2022-04-29.https://www.cs.ecitic.com/newsite/news/202205/t20220519_1167461.html.
58. 中建四局.科创大厦入选新华网双碳科技创新优秀案例 [EB/OL] .2024-07-01.<https://4bzjdcgz.cscec.com/xwzx/gszx/202408/3811052.html>.
59. 土木在线论坛.双河镇九年义务学校灾后重建项目疗愈设计 [EB/OL] .2023-10-26.<https://bbs.co188.com/thread-10472830-1-1.html>.
60. 搜狐.中建三局项目的科技减废与无废密码 [EB/OL] .2025-03-17.https://www.sohu.com/a/872235023_121118713.
61. 中建海龙科技.深圳全国首个可移动模块化医院启用 [EB/OL] .2025-06-11.<https://www.cschl.com.cn/News/Detail/4910>.
62. 市场信息网.“天蝉”施工机器人系统 3.0 落地杭州 SKP 项目 [EB/OL] .2025-08-08.<https://www.scxxb.com.cn/index/index/articleDetail?id=133765&htmltype=b186330a9048f7fe1604d6eb586d2860>.
63. 央广网.苏州相城社区工友服务体系建设实践 [EB/OL] .2025-09-06.<https://news.qq.com/rain/a/20250906A023H500>.
64. 国家会展中心（上海）.国家会展中心（上海）指南 [EB/OL] .2024-11-27.<https://www.necssh.com/cecsh/u/cms/www/202411/2214443396pe.pdf>.
65. 中国土木工程学会.国家会展中心（上海）绿色设计实践 [EB/OL] .2017-03-29.<http://123.57.212.98/topie/portal/content/5300.htm>.
66. 搜狐.联合国环境署呼吁减少建筑碳足迹（占比 34%） [EB/OL] .2025-03-21.https://www.sohu.com/a/873855491_121124542.
67. 深圳写字楼信息网.中国海外大厦绿色建筑信息 [EB/OL] .<https://www.ybzxob.cn/index.html>.

INTRODUCTION



关于上海现代服务业联合会

上海现代服务业联合会，是由本市主要从事服务业的行业协会、学会、商会等社会组织及企事业单位自愿组成的跨行业、跨领域的综合性枢纽型非营利社团组织。拥有会员单位1500余家，其中200余家为行业协会、学会、商会等社会组织，覆盖了金融、信息、科技、商务、生产、公共、专业服务等多个领域，基本囊括上海市服务业的所有行业。

以联合会为主发起设立了上海现代服务业企业促进中心、上海经贸商事调解中心、上海现代服务业发展研究院、上海现代服务业发展基金会、上海现代服务业标准创新发展中心等五个民非实体机构，并牵头成立长三角现代服务业联盟，具有全面服务社会、助推经济发展的综合实力和核心竞争力。

2024年3月，上海市商务委关于印发《加快提升本市涉外企业环境、社会和治理（ESG）能力三年行动方案（2024-2026年）》，明确上海现代服务业联合会承担着“加大对ESG理念的宣传力度”的主要任务。



关于荣续ESG智库研究中心

荣续ESG智库研究中心，致力于推动“绿色共赢”的可持续发展理念，成为企业ESG发展的长期伙伴。我们通过ESG行业研究、优秀案例研究、政策和标准研究、热点和趋势分析等，解决气候变化、环境、社会、公司治理等领域的信息缺乏或信息不对称的问题，为企业提供可落地、可复制、可持续的ESG解决方案，帮助企业践行ESG理念，创造长期价值。

荣续智库研究中心汇聚了各行业的ESG专家和研究员，他们在各自领域拥有丰富经验和卓越能力。这些专家大部分是来自品职教育的ESG持证学员。品职教育拥有超过百万的活跃ESG学习社群，以及超过3万名ESG人才组成的人才库，是荣续智库坚实的人才资源。

荣续智库将继续发挥行业经验，秉持深刻洞察力和强大执行力，帮助企业将ESG有效整合到核心战略中，助力企业在ESG领域实现突破，创造社会和经济双重价值。

ESG白皮书系列

- | | | | | |
|-------------------|--------------------|--------------------|------------------|--|
| 01 纺织服装行业ESG白皮书 | 13 包装印刷行业ESG案例白皮书 | 25 银行绿色金融行业ESG白皮书 | 37 酒旅行业ESG白皮书 | 49 基建行业ESG白皮书 |
| 02 食品饮料行业ESG白皮书 | 14 家电行业ESG白皮书 | 26 跨境电商行业ESG白皮书 | 38 零碳产城融合项目发展白皮书 | 50 气候金融ESG白皮书（基础篇） |
| 03 汽车行业ESG白皮书 | 15 美妆行业ESG白皮书 | 27 光储充行业ESG白皮书 | 39 零碳产城融合项目案例白皮书 | 51 气候金融ESG白皮书（实务篇） |
| 04 化工行业ESG白皮书 | 16 钢铁行业ESG白皮书 | 28 电子元器件分销行业ESG白皮书 | 40 白酒行业ESG白皮书 | 52 新能源汽车行业ESG白皮书（电池类） |
| 05 环保行业ESG白皮书 | 17 物流及航运物流行业ESG白皮书 | 29 建筑材料行业ESG白皮书 | 41 电力行业ESG白皮书 | 53 新能源汽车行业案例白皮书（电池类） |
| 06 新能源行业ESG白皮书 | 18 航空物流行业ESG白皮书 | 30 通信服务行业ESG白皮书 | 42 物业行业ESG白皮书 | 54 新能源汽车行业ESG白皮书（氢能·
甲醇·生物质·天然气·太阳能类） |
| 07 半导体行业ESG白皮书 | 19 建筑行业ESG白皮书 | 31 通信设备行业ESG白皮书 | 43 有色金属行业ESG白皮书 | 55 医养康行业ESG白皮书 |
| 08 医药行业ESG白皮书 | 20 储能行业ESG白皮书 | 32 家居装饰行业ESG白皮书 | 44 零碳物流园区发展白皮书 | 56 公共建筑行业ESG白皮书 |
| 09 财会行业ESG白皮书 | 21 机械储能行业ESG白皮书 | 33 互联网教育行业ESG白皮书 | 45 零碳园区发展白皮书 | 57 智能制造行业ESG白皮书（航空航天） |
| 10 金融“一带一路”ESG白皮书 | 22 电化学储能行业ESG白皮书 | 34 医疗器械行业ESG白皮书 | 46 传媒行业ESG白皮书 | 58 微电网与虚拟电厂行业ESG白皮书 |
| 11 包装行业ESG白皮书 | 23 化学储能行业ESG白皮书 | 35 医疗卫生行业ESG白皮书 | 47 造纸行业ESG白皮书 | 59 中国企业出海ESG白皮书（更新版） |
| 12 印刷行业ESG白皮书 | 24 出海欧盟 行业ESG白皮书 | 36 康复辅具行业ESG白皮书 | 48 煤炭行业ESG白皮书 | 60 零碳园区案例白皮书（系列） |

合作咨询请联系
(扫码添加联系人)



欢迎关注荣续ESG智库研究中心
为您提供最新的ESG资讯
共同探索可持续发展的未来

