



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



荣续智库

# 建筑行业ESG白皮书

EVERY TIME YOU TRY IS A LIMITED EDITION

## 摘要

建筑，是凝固的艺术，更是承载生活与责任的空间载体。在可持续发展的时代旋律中，ESG理念正为建筑行业奏响新章。这本白皮书聚焦建筑行业的ESG实践之路，通过详实案例、深度洞察与前沿探索，助力我们共绘建筑领域可持续发展的美好蓝图。





# ANALYST

## 研究员

张心怡 上海交通大学2022级建筑系硕士研究生

# PREFACE

## 前言

在时代飞速发展的当下，各行各业都在积极探索如何在经济增长的同时，更好地履行环境、社会和公司治理（ESG）责任。而建筑行业，作为与人们生活息息相关且对资源和环境有着深远影响的关键领域，无疑正处在这场变革的前沿阵地。

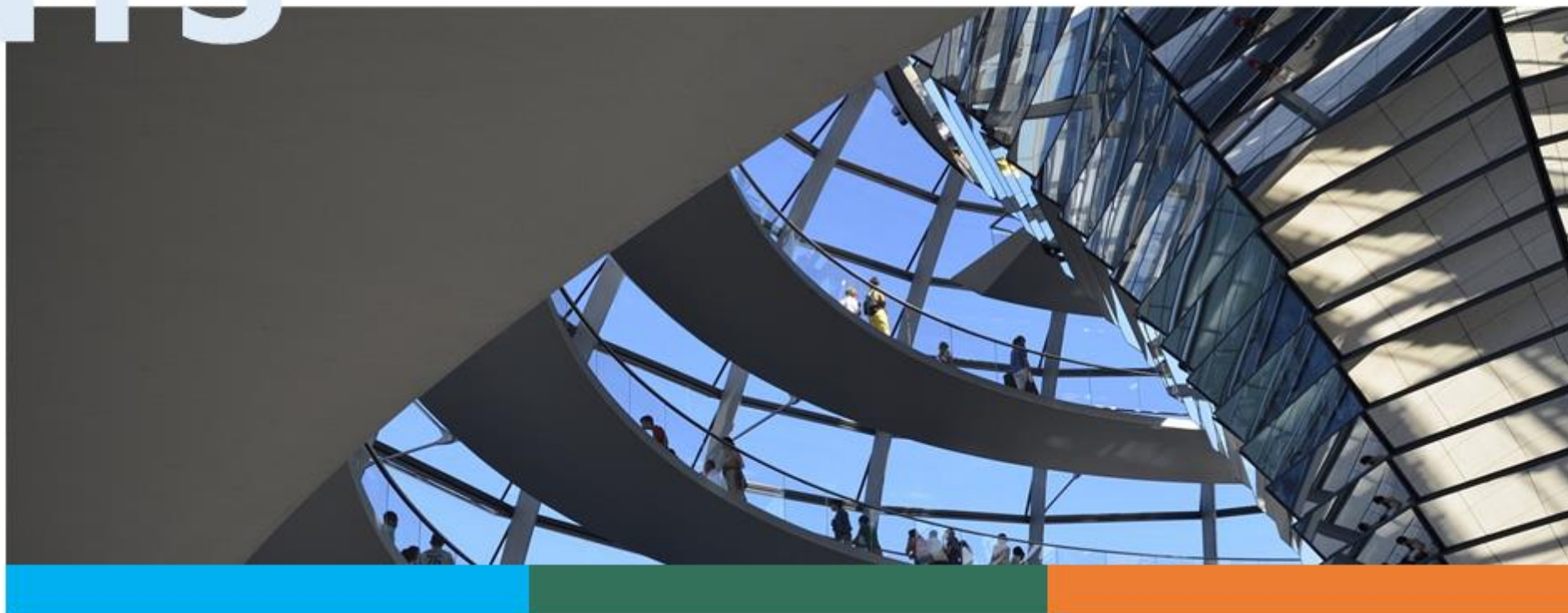
建筑，不仅仅是钢筋混凝土的堆砌，它承载着人们的梦想与生活，更塑造着城市的风貌与生态。从环境维度审视，建筑的建造过程消耗大量的能源与资源，其运营阶段的碳排放也不容小觑，如何实现节能减排、高效利用资源以及推动绿色建筑普及，成为亟待解决的环境课题。在社会层面，建筑关乎着公共安全、社区融合以及人们的居住与工作体验，优质的建筑能够提升社会福祉，促进人文交流与和谐发展。同时，建筑企业内部完善的公司治理结构，是保障项目质量、维护行业健康发展以及赢得市场和社会认可的重要根基。

基于这样的背景，我们编写了这本建筑行业ESG白皮书。它凝聚了众多实践案例的精华以及对建筑行业未来发展的深度思考。我们期望通过系统地梳理建筑ESG的内涵、呈现国内外前沿的实践成果、分析现存的挑战与机遇，为建筑行业的从业者、投资者、监管部门等提供一份全面且具有指导意义的参考资料，引领建筑行业在ESG的大道上笃定前行，共同为构建可持续的建筑生态和美好家园贡献力量。



# CONTENTS

## 目录



### 第一章 建筑行业概览

07 建筑行业的碳排放

09 建筑行业的价值链

### 第二章 建筑行业的ESG发展

19 行业ESG的披露状况

20 行业ESG政策

27 建筑行业的绿色认证

### 第三章 建筑行业ESG核心议题及优秀案例

37 建筑全生命周期的五大环节

38 行业的ESG核心议题

议题一：绿色设计

议题二：原材料获取

议题三：建造方式

议题四：房地产科技 (Prop Tech)

议题五：物业运营

议题六：拆除和改造

议题七：劳工和社会



# 第一章 建筑行业概览

在全球积极迈向碳中和的宏大背景之下，提及温室气体排放相关话题时，传统火电厂、燃油车往往是人们首先联想到的行业。然而，事实上建筑行业才是绿色转型进程中至关重要的一环，是能够为碳中和目标落地提供关键场景的重要领域。

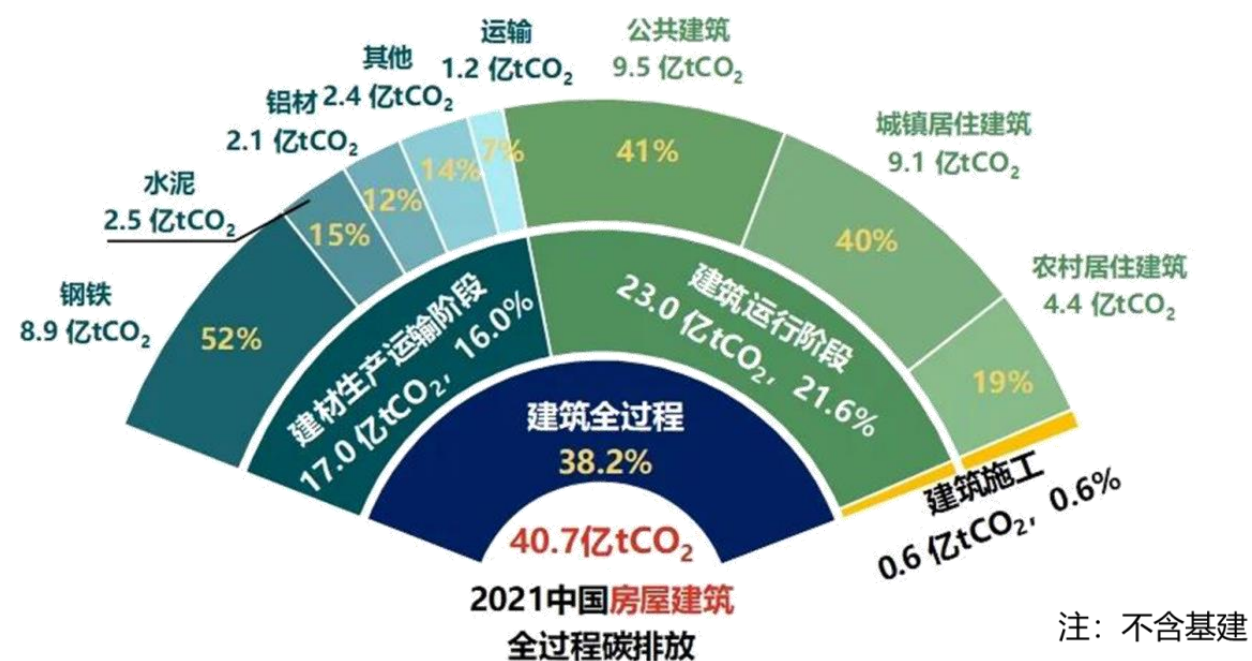


## 第一节 建筑行业的碳排放

从国际层面来看，依据联合国环境规划署（UNEP）发布的报告《建筑材料与气候：构建一个全新的未来》可知，建筑物以及建筑业已然成为全球最大的温室气体排放源，其排放量占全球碳排放总量的 37%。其中，水泥、钢和铝等各类建筑材料在生产与使用过程中，均会产生颇为显著的碳足迹。

再看国内情况，根据中国建筑节能协会和重庆大学联合发布的《2023 中国建筑与城市基础设施碳排放研究报告》，统计数据显示，在我国二氧化碳排放总量里，仅房地产建筑行业（尚不包含基础设施建设部分）所产生的碳排放占比就高达 38.2%。这一统计涵盖了从建筑材料的生产运输，到建筑施工环节，再到建筑投入运营的各个阶段。具体而言，建筑运营阶段所产生的碳排放，在建筑全生命周期碳排放中占比达到 56%；建材生产和运输阶段的碳排放占比为 42%；而建筑施工阶段的碳排放占比则不足 2%。

图 1：中国建筑的碳排放



来源：《2023 中国建筑与城市基础设施碳排放研究报告》，2023 年 12 月 27 日

建筑行业的碳排放主要源自以下三个方面：

- **生产和运输阶段**：此阶段涉及建筑材料从原材料采集、加工制造，再到运往建筑工地这一整个流程中。比如，生产水泥时需要经过高温煅烧等诸多工序，这一过程会消耗大量能源并释放二氧化碳；而建筑材料在长途运输过程中，运输车辆燃烧燃油同样也会产生碳排放，诸多环节共同构成了该阶段碳排放的来源。
- **建筑施工阶段**：在建筑施工期间，各类施工机械设备的运转需要消耗能源，像挖掘机、起重机等设备依靠燃油或电力驱动，其运行过程中不可避免地会产生碳排放。此外，施工现场搭建临时设施、照明等也都涉及能源的消耗，进而产生相应的碳排放。
- **建筑运营阶段**：建筑物投入使用后，在日常运营过程中所消耗的能源成为碳排放的主要来源。例如，为了保证室内舒适的温度、照明等环境条件，暖通空调系统需要持续运行耗电，照明系统、电梯等各类用电设备也会不断消耗电力，而这些能源消耗大多依赖传统的火电等非可再生能源，进而产生大量的碳排放。

为了切实减少房地产建筑行业的碳排放，有必要针对每一个环节精准施策、采取相应有效的措施。例如：

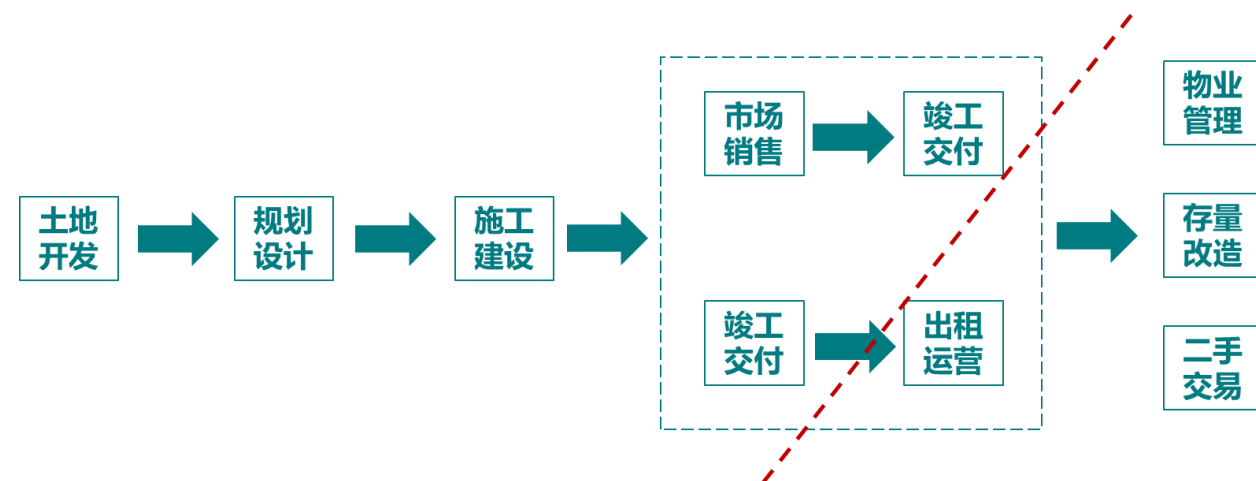
- 在**生产和运输阶段**，可以大力推广使用低碳材料，像一些新型的绿色环保建材，它们在生产过程中所产生的温室气体排放量相对传统材料更低；同时，通过物流规划优化运输路线，减少运输距离、提高运输效率，以此降低运输过程中的能源消耗及碳排放。
- 在**建筑施工阶段**，积极采用绿色施工技术以及环保型施工设备是行之有效的办法。比如，采用节能型的电动施工机械，相较于传统燃油机械，能大幅降低能源消耗及相应的碳排放；运用智能化的施工管理系统，精准控制施工流程，避免不必要的能源浪费，从而实现降低碳排放的目标。
- 在**建筑运营阶段**，重点在于提高建筑的能源利用效率，通过对建筑物进行节能改造，如采用高效的隔热保温材料、优化建筑的围护结构等，减少冬季采暖和夏季制冷的能源需求；同时，采用可再生能源，像在建筑物屋顶安装太阳能光伏发电板，利用太阳能转化为电能，满足部分用电需求，进而显著减少对传统能源的依赖，有效降低碳排放。



## 第二节 建筑行业的价值链

在建筑的全生命周期中，探寻减碳路径以及践行 ESG 理念无疑是至关重要且极具挑战性的任务，而这一过程涉及到建筑业从源头到末端的各个环节，牵一发而动全身。为了更清晰且系统地梳理其中的脉络，我们先来对建筑行业的价值链进行拆解分析，并针对土地开发、规划设计和施工建设三个环节，来探讨建筑价值链环节与可持续发展的关系。

图 2：建筑行业的价值链



### 一、土地开发

土地开发是房地产建筑行业中至关重要的一个环节，其对环境所产生的影响颇为显著。如果能够在这一过程中综合考虑环境保护以及可持续发展等多方面因素，在收获经济效益的同时，对于推动生态平衡以及社会和谐有积极作用。

### 1. 尽职调查

在着手获取项目之前，展开全面且深入的调查工作是十分必要的。对项目周边环境进行详尽的了解，实施全方位的土地瑕疵调查，细致评估其中潜在的各类风险，并提前制定出相应的应对预案。

具体而言，需要着重对土壤、水质、空气质量等诸多环境因素展开专业评估。例如：

- 检测土壤中是否存在重金属超标情况，这关系到后续土地开发过程中是否会因土壤污染问题而影响植被生长以及建筑物基础安全；
- 分析水质状况，判断其是否符合相关环保标准以及能否满足项目后续施工及运营阶段的用水需求，倘若存在水质污染问题，还需提前规划好相应的治理措施；
- 监测空气质量，了解周边是否存在工业污染源等不利因素，这对于确定项目选址是否合理以及后续可能需要采取的空气净化举措都有着重要的参考价值。

通过环境因素评估工作，能够从源头上保障项目的可持续性，避免因前期调查不足而在后续开发阶段遭遇难以解决的环境难题，为整个土地开发项目的顺利推进筑牢基础。

以下案例体现了土地尽职调查的重要性。

2016 年，陆家嘴集团的下属公司以 85 亿元从苏钢集团手中竞得苏州绿岸 95% 的股权，由此获得了苏州绿岸名下 17 块土地的开发权益。

2021 年，在开发过程中，陆家嘴集团发现，部分地块存在严重的土壤污染和地下水污染等环境问题。由于这些被污染的地块中包括住宅用地，项目开发中止。陆家嘴集团认为，苏钢集团在交易过程中存在未如实披露土地污染情况的问题，并要求苏钢集团承担相关责任。苏钢集团则表示，在交易过程中已依法依规披露相关情况，双方各执一词。

该事件不仅使项目开发成本大幅增加，而且引发了社会各界的高度关注，让人们对于工业用地再开发过程中的环境风险管控愈发重视。



## 2. 绿地开发和棕地治理

### 在绿地开发方面：

- 生态保护：进行绿地开发时，将保护原始绿地中的山体与水体生态放在首要位置。秉持谨慎开发的原则，只对那些经过严格绿色认证的资产予以开发，以此最大程度地降低开发过程给生态环境带来的影响，守护自然生态的原真性与完整性，实现开发与生态保护的协调共进。
- 绿色认证：采用绿色建筑标准，并获取相应的绿色认证，是绿地开发项目践行环保理念的重要举措。严格遵循这些标准与认证要求，确保开发项目全方位符合环保要求，达成生态友好的目标，同时为项目的可持续发展筑牢根基，使其在满足当下建设需求的同时，也能兼顾长远的生态效益与社会效益。

### 在棕地治理方面：

- 环境评估：针对那些曾经遭受污染或是已被废弃的棕地，全面且细致的环境评估是开展后续工作的前提。要对棕地的土壤、水体以及周边生态等各个方面进行深入检测与分析，精准掌握其污染状况及环境问题所在。
- 环境治理：在环境评估的基础上，有序地开展前期综合治理与修复工作，投入专业力量与资源，运用科学有效的治理手段，直至土壤、水体等环境质量达到相关标准要求后，再对其进行合理的再利用开发，让这些棕地重焕生机，实现从废弃污染到可持续利用的转变。

## 二、规划设计

在建筑行业的全生命周期中，规划设计环节有着举足轻重的地位，它对建筑物后续的碳排放情况以及所产生的社会影响起着决定性的作用。这一环节涵盖了多个关键部分。

### 1. 原材料的选择

不同的建筑原材料在生产过程中所产生的碳排放量差异明显，选择那些可回收、可再生且生产工艺更为环保的建筑材料，相较于传统高能耗、高污染的材料，能够从源头上有效降低建筑整体的碳排放。同时，绿色环保材料往往具备更好的耐久性等优势，在减少资源浪费以及降低建筑翻新或拆除所带来的环境压力等方面，也有着积极的社会影响。

例如，选用竹材作为部分建筑结构或装饰材料，竹子生长周期短、可再生，相较于传统的木材，能够在满足建筑需求的同时，极大地减少对森林资源的消耗，并且在其加工使用过程中产生的废弃物也相对更少。又如，使用以回收玻璃、塑料等制成的新型建筑材料，不仅实现了对废弃资源的再利用，避免了这些材料被随意丢弃造成的环境压力，还能为建筑增添独特的美学效果。

## 2. 绿色设计

在现代建筑设计领域，绿色建筑设计理念正日益深入人心，它聚焦于运用多种先进技术手段，全方位提升建筑的能源效率以及环境友好程度。

### 节能设计

合理的建筑设计可以充分利用自然采光、自然通风等条件，以此减少对人工照明和机械通风、空调系统的依赖，从而在建筑运营阶段显著降低能源消耗及相应的碳排放。比如，通过空间布局的设计，利用大面积的采光窗户以及合理的通风廊道，让阳光能够更多地照进室内，自然风可以顺畅地在建筑内部流动。

通过优化建筑的围护结构，采用高效的隔热保温材料，像岩棉板、聚苯乙烯泡沫板等，能够有效减少冬季室内热量的散失以及夏季外界热量的传入，降低建筑在采暖和制冷方面的能源消耗。

高效的照明设计也是现代建筑所重视的。LED 照明灯具因其高光效、低能耗、长寿命等优势被广泛运用。在建筑内部，根据不同功能区域的照明需求，布置 LED 灯具，并结合智能调光系统，依据环境光线以及人员活动情况自动调节亮度，既能保证充足且适宜的光照环境，又能避免不必要的能源浪费，进一步提升建筑的能源利用效率。

建筑物运营阶段的可再生能源利用、水资源收集再利用、厨余等固废再利用，同样是设计环节需要考虑的，需要提前布局太阳能热水系统、中水循环利用系统、废物回收系统等。





## 保护生物多样性

建筑项目的全生命周期规划以及具体实施过程中，都涉及到生物多样性的保护。

萤火虫曾经在上海郊区随处可见，但随着城市化进程以及环境污染，这些小生物正逐渐从我们的身边消失。前些年，在上海的奉贤区一个已经动迁的村落（齐贤村）中，随着人类活动影响的逐渐消失，大量萤火虫被发现。于是，该地土块作为萤火虫保护基地，被圈围保护起来。由于这个基地属于奉贤中央公园的规划范围，倘若在其附近贸然开展建设、运营等活动，极有可能破坏萤火虫的生存环境。所以，公园规划部门充分做好评估，在项目布局时与萤火虫基地保持合理距离，守护生物多样性。

## 绿化设计

在建筑屋顶打造屋顶花园，种植各类草本植物、灌木甚至小型乔木，不仅可以起到隔热降温的作用，减少屋顶吸收的太阳辐射热量，降低室内空调的使用频率，还能滞留雨水、净化空气、增加城市生物多样性。

在建筑外墙设置垂直绿化，利用攀援植物或者模块化的绿植种植系统，美化建筑外观的同时，也有助于改善局部微气候。

## 无障碍设计

建筑作为人们生活、工作以及活动的空间载体，要充分考虑到每一个群体的需求，无障碍设计成为了现代建筑设计中不可或缺的一部分。

在建筑入口处，应设置平缓且宽度适宜的无障碍通道；入口处的门采用自动感应门或者平开门，门的开启力度适中；建筑内部，要合理规划无障碍电梯的位置，电梯轿厢尺寸应足够宽敞，方便轮椅能够自由进出；电梯内设置低位控制按钮、语音提示系统以及盲文标识等，方便不同人士独立使用电梯；楼道间设置连续的无障碍扶手，扶手高度、材质及抓握舒适度都要符合人体工程学要求；公共卫生等区域，要配备无障碍专用厕位以及紧急呼叫按钮等设施。通过各种无障碍设计，让建筑空间对所有人都具有友好性和包容性，体现人文关怀与社会公平。

## 智能化系统

随着科技的飞速发展，智能化系统在建筑设计中的应用越来越广泛。

在建筑的能源管理方面，通过安装智能电表、水表以及燃气表等设备，实时采集各类能源的使用数据，并借助大数据分析 with 人工智能算法，精准分析建筑的能源消耗模式，预测能源需求趋势，进而实现对能源系统的自动化精准调控。例如，根据室内人员的实时分布情况以及不同区域的使用时间，自动调节空调的温度、风速，以及照明的亮度等，避免能源的过度浪费，达到节能增效的目的。

在建筑的安防监控领域，利用高清摄像头、红外探测器、门禁系统以及人脸识别技术等，构建起全方位、多层次的安防监控网络。

在智能停车方面，通过停车场内的车位引导传感器、车牌识别装置以及移动支付终端等，实现车辆的快速引导、便捷停放以及无感支付停车费用等功能，提高停车和出行效率。

## 三、施工建设

在传统的建造方式中，施工阶段往往将关注重点聚焦于设备的节能减碳方面。然而，随着时代的发展与进步，如今迈入现代化施工阶段后，施工阶段的重点已然呈现出诸多令人瞩目的新亮点。

## 装配式建造

装配式建造方式下，将建筑作业从传统的工地现场转移至工厂车间，借助标准化设计、规模化生产，不仅有助于削减成本、减少浪费，也能通过工厂化的精准生产流程保证构件质量，进而提升整体建筑质量。

同时，装配式建造能够加快工程进度，减少现场施工时长及复杂工序带来的不确定性。可帮助企业应对诸如供应链中断（工厂预制可提前储备构件，灵活应对供应波动）、劳动力短缺（减少现场人力依赖）、利率上升（加快工程交付，降低资金占用成本）等多方面挑战。由于减少了现场作业量和施工风险，对提升工人安全有积极作用。



## 科技化应用

现代施工中，建筑公司开始利用项目管理信息系统（PMIS）、建筑信息模型（BIM）、高级数据分析、数字孪生、模块化/非现场制造、机器人流程自动化等先进技术，在项目绩效上带来最大提升，比如提升施工效率、优化资源配置等，对环境（减少不必要的资源投入与浪费）、社会（按时交付保障各方利益）、治理（提升项目管理水平与透明度）均有积极意义。

例如，总承包商使用 5D 建筑信息模型（BIM），叠加个性化工作流和内部开发的建造方法，构建“从概念到设计到交付”模式。在数字化工具和系统支持下，实现数据实时更新、协同不同团队间的高效协作，体现了多种先进技术整合应用对项目全流程优化的价值，有助于提升建筑质量、减少资源浪费。

又如，通过结合工厂预制构件建造（PPVC）、钢结构建筑、装配式建筑和 3D 打印等数字化相关技术手段，可大幅减少项目工期；通过管理信息系统（PMIS）集中与服务供应商价格谈判，快速完成主要部件采购，能节省数月的项目实施时间，显著提升项目效率。

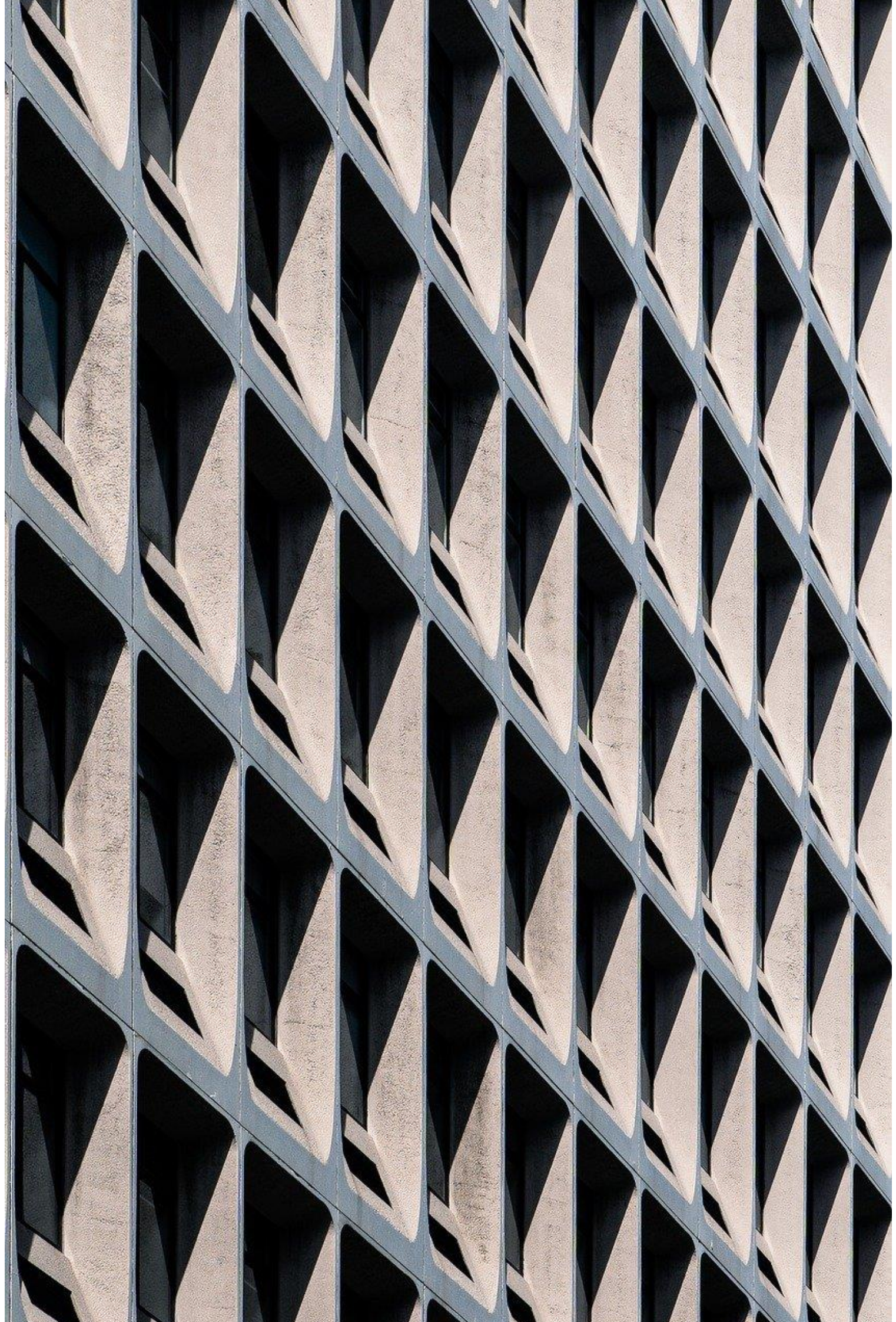
再如，以三维图像展示在建工程实时测量结果，并依据 3D 模型校准设计，在提升施工安全性、保障工程质量方面发挥作用，是保障工人安全、提升建筑品质的创新手段。

## 工人安全与健康

从多方面保障施工现场安全，如合理规划施工场地布局，设置清晰明确的安全警示标识，定期检查和维护施工机械设备等，防止设备故障引发安全事故，构建安全的施工物理环境，是保障工人生命安全的基础。

开展全面且系统的工人健康和安全培训课程，针对不同作业类型（如高处作业、电气作业等）详细讲解安全操作规程、潜在危险识别方法及应急处理措施等内容，增强工人自我保护意识，确保工人在施工过程中的身体健康和生命安全。

利用数据分析预测和预防安全事故，结合装配式建造减少现场工作量，从技术手段角度进一步提升施工安全性，助力建筑行业更好地实现可持续发展与履行社会责任。







## 第二章 建筑行业的ESG发展

从行业ESG发展的不同角度，了解其ESG的发展程度。首先聚焦行业ESG的披露状况，明晰信息透明度现状；接着解读行业ESG政策，把握宏观引导力量；最后探究建筑行业的绿色认证，共同勾勒行业ESG全景。



第一节 行业 ESG 的披露状况

截至 2024 年 6 月，A 股上市公司中，房地产企业的 ESG 报告披露率已达到 50%，比其他行业的平均披露水平高出约 10%。

联洲信评（UCCR）对所披露的 ESG 相关报告进行统计（披露途径为企业官网、巨潮资讯网等来源）。在 58 家上市企业中，结合联洲信评 ESG 评级模型及标准（最高 AAA，最低 C，共 9 个登记），对 A 股房地产行业上市公司的 ESG 绩效进行综合分析。

被评级（联洲信评）的房地产行业的 58 家上市公司中：

- 获得 AAA 级和 AA 级的公司数：0 家；
- 获得 A 级的公司数：6 家，占比为 10%；
- 获得 BBB 级的公司数：20 家，占比为 34.5%；
- 获得 BB 级的公司数：20 家，占比为 34.5%；
- 获得 B 级的公司数：11 家，占比为 19%；
- 获得 CCC 级的公司数：1 家，占比为 2%；
- 获得 CC 级和 C 级的公司数：0 家。

被评级的 58 家房地产行业上市公司中，主要评级集中 BBB 级别和 BB 级别，整体水平较好，ESG 建设相对完善。房地产建筑行业的龙头企业在 ESG 表现上呈现出积极的发展态势，特别是在环境管理和社会责任方面有所作为，但在治理维度上仍有提升空间。随着政策的推动和市场需求，预计房地产建筑行业的 ESG 发展将更加规范和深入。

第二节 行业 ESG 政策

我国已出台一系列建筑业 ESG 相关政策法规，涵盖建筑节能、绿色建筑、绿色建材、碳排放权交易、ESG 信息披露、智能建造和安全生产等多方面。这些政策法规的实施，为建筑行业可持续发展提供了重要制度保障与政策支持。伴随 ESG 理念的普及和实践深入，建筑行业的 ESG 实践也将进一步发展。

表 1：中国建筑行业的 ESG 政策

| 年份   | 政策                        | 主旨                                                                                   |
|------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 2019 | 《绿色建筑行动方案》                | 推动绿色建筑发展，提高建筑能效，促进建筑业可持续发展。                                                          |
| 2020 | 《绿色建筑评价标识管理办法》（更新或修订）     | 修订或更新了绿色建筑评价标识的管理办法，进一步规范了绿色建筑的评价标准和流程。强调建筑在节能减排、环境友好等方面的作用，推动绿色建筑的发展。               |
| 2021 | 《绿色建筑发展“十四五”规划》（草案或征求意见稿） | 提出碳达峰碳中和的目标，强调建筑业在减排方面的责任和贡献。规划绿色建筑的发展目标，包括提升建筑能效、推广绿色建材等。                           |
| 2022 | 《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》（正式版） | 明确到 2025 年，城镇新建建筑全面建成绿色建筑的目标。提出 9 项重点任务，包括提升绿色建筑发展质量、提高新建建筑节能水平等。                    |
| 2023 | 《绿色建材产业高质量发展实施方案》         | 目标是在 2026 年，绿色建材年营业收入超过 3000 亿元，年均增长 10%以上。                                          |
| 2024 | 《上市公司可持续发展报告指引（试行）》       | 引导和规范上市公司发布《可持续发展报告》，其中包含了 ESG 信息的披露要求。标志着国内 ESG 发展进入新的阶段，为建筑业上市公司提供了明确的 ESG 信息披露指导。 |
| 2024 | 《绿色建筑发展规划》                | 规划未来一段时间绿色建筑的发展目标和重点任务。                                                              |
| 2024 | 《关于加强建筑施工质量安全监管的通知》       | 加强建筑施工质量安全监管，确保建筑工程质量安全。                                                             |



这些政策的主要目标集中在以下几个方面。

### 一、减碳要求

2022 年 4 月，中国建筑业迎来首个碳排放强制指标——《建筑节能与可再生能源利用通用规范》（GB 55015-2021），规定自 2022 年 4 月 1 日起，建筑碳排放计算被列为建筑设计的强制要求。

#### 规范的要求

- 建筑碳排放计算从过去的“推荐”“建议”改为“强制”指标。
- 要求新建居住和公共建筑在 2016 年执行的节能设计标准基础上，碳排放强度平均降低 40%，且平均降低  $7\text{kgCO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  以上。也就是说，新建、扩建、改建建筑以及既有建筑节能改造工程，都得开展建筑节能设计，且建筑项目的可行性研究报告、建设方案和初步设计文件中，必须包含建筑能耗、可再生能源利用及建筑碳排放分析报告。“规范要点”强调，建筑碳排放计算为全文强制要求，务必严格执行。
- 新建居住建筑与公共建筑的平均设计能耗水平，要分别在 2016 年标准基础上进一步降低 30%和 20%。具体来看，严寒和寒冷地区居住建筑的平均节能率需达 75%，其他气候区居住建筑平均节能率应为 65%，公共建筑则要达到 72%。
- 新建建筑群以及建筑总体规划要为可再生能源利用积极创造条件，并且明确要求新建建筑需安装太阳能系统。其中，太阳能集热器的设计使用寿命应超过 15 年，太阳能光伏发电系统里的光伏组件设计使用寿命应高于 25 年。

### 建筑减碳的意义

随着 2050 年的临近，世界各国都在逐步践行净零排放承诺。相关数据表明，当下全球现存的大部分建筑直至 2050 年依旧会留存于世。这也就意味着，如果建筑依然维持高能耗、高排放的状态，其碳排放量一旦超出监管所允许的范围，那么届时绝大部分建筑将会被划归为高碳资产，也就是所谓的“搁浅资产”，面临被限制使用甚至淘汰等情况。

从投资视角来分析，近年来建筑能效改进的步伐仍有待加快。据国际能源机构（IEA）统计数据显示，2015 年建筑能效投资总额大约为 1290 亿美元，在当时建筑施工总支出中所占的比例仅为 8%。截至 2020 年，建筑能效方面的投资虽增加了近 40%，估算达到了 1800 亿美元，然而其中大部分的增长主要集中在少数欧洲国家。

综合投资情况、能源消耗占比以及法规要求等多个角度，未来我国建筑行业能否成功实现“减碳”目标，对于我国“3060 目标”能否如期达成有着至关重要的影响。近年来，智能建筑与绿色建筑已然成为行业内重要的发展趋向，其发展态势对于整个建筑行业乃至全社会的低碳转型都意义非凡。

### 二、循环经济

循环经济作为一种独具特色的经济增长模式，其核心聚焦于资源的高效利用与循环利用，秉持“减量化、再利用、资源化”这三项基本原则，致力于达成低消耗、低排放、高效率的发展目标，与可持续发展理念高度契合。

在建筑业中，循环经济的发展具有重要意义。通过采用循环经济原则，可以促进建筑资源的节约和有效利用，推动行业的绿色转型和可持续发展。

#### 法规的要求、文献的记载、实务上的做法

##### “十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划

- 中国政府所出台的这一规划明确规定，至 2025 年，城镇范围内的新建建筑要全面达成绿色建筑标准，同时需着力推动可再生能源在建筑中的应用，积极实施建筑电气化工程，并大力推广新型绿色建造方式等重点任务。

#### 循环经济在建筑业的系统文献综述

- 相关研究表明，建筑业此前大多遵循线性经济模型，不过当下已逐渐开启范式转变，开始采用循环经济模型，其目的在于减少建筑业中废物的产生量，并降低对资源的开采提取，以此实现资源的高效利用与可持续发展。

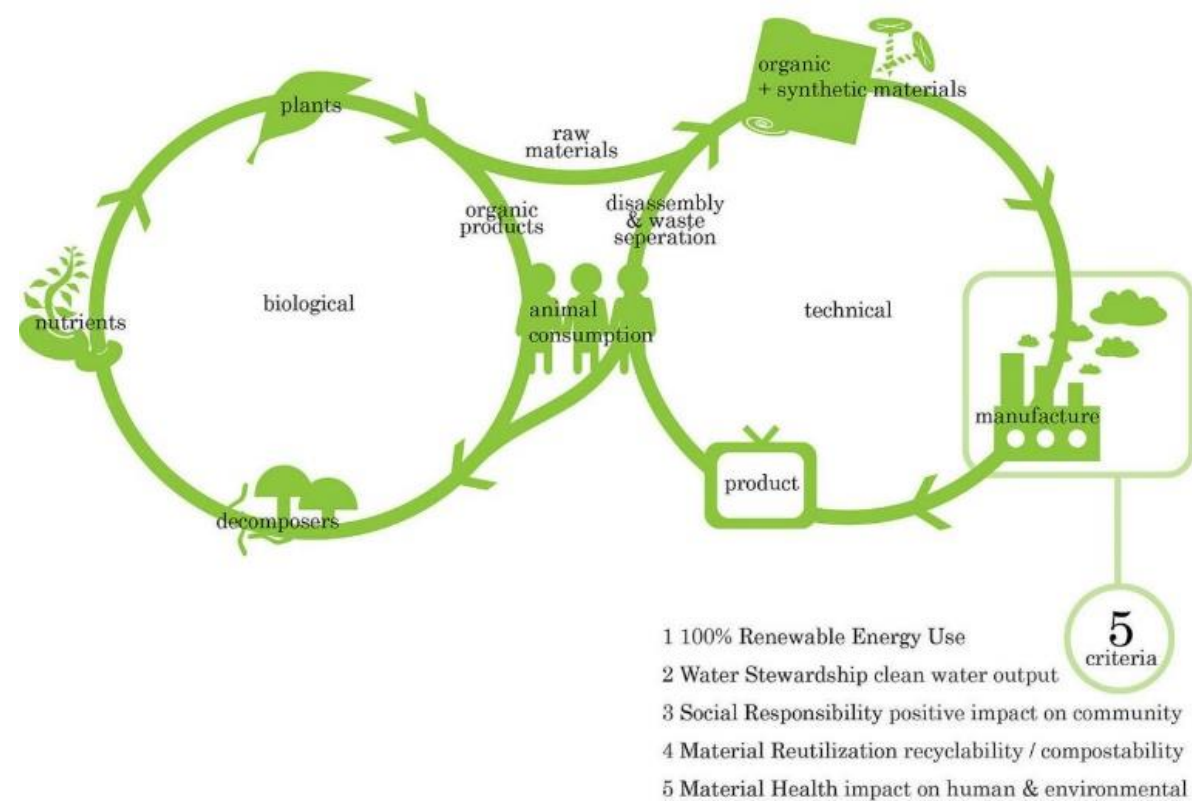


### 经济介入建筑项目

- 建筑单体项目借助多种途径，将循环经济思想融入建筑领域之中。比如，在建筑材料的选用方面，使用诸如玻璃、玻璃棉、再生木材这类可持续材料；在商业模式上，采用照明时长计价、家具租赁服务等创新模式；同时，积极践行循环经济理念，比如运用再制造、从摇篮到摇篮设计、循环建筑、产品护照等方式，通过上述诸多方法的综合运用，致力于实现资源的可持续利用，最大程度地减少浪费现象的发生。

图 3：建筑行业摇篮到摇篮的循环

### Cradle to Cradle



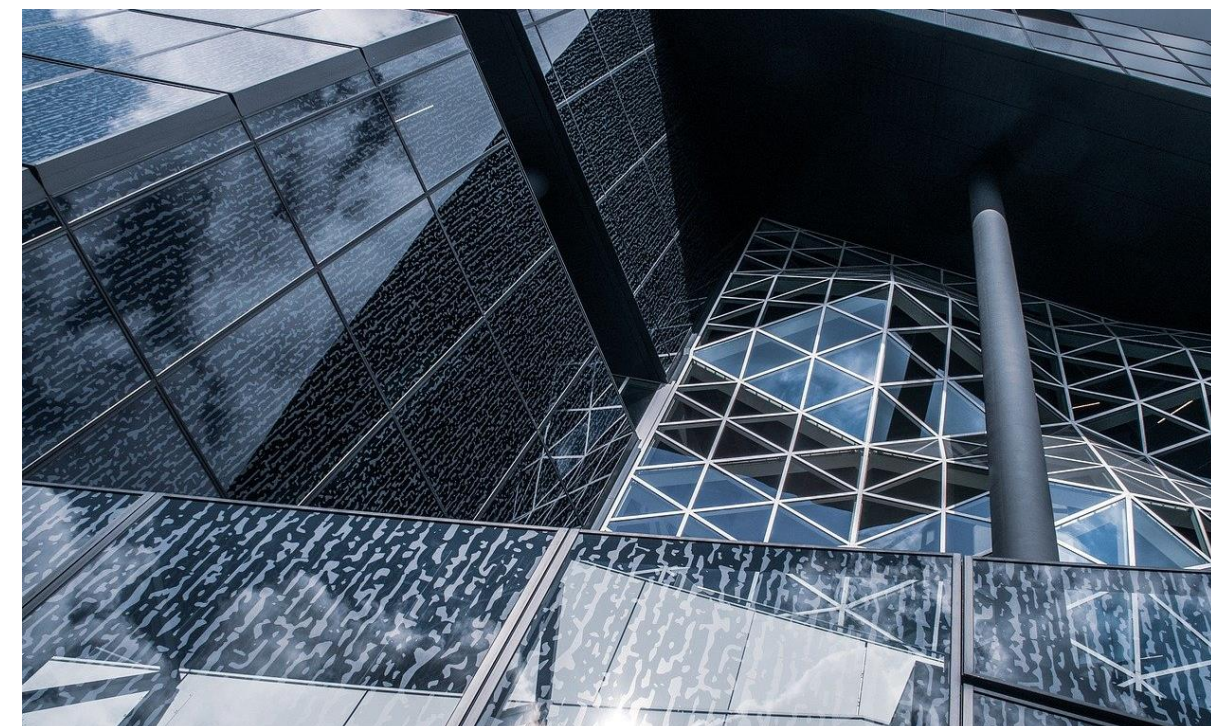
来源：ArchDaily

图中显示了“从摇篮到摇篮（Cradle to Cradle）”的循环经济模式，是一个由多环节组成的循环系统。从左上角的“植物”开始，经过“生物营养素”环节，再到“有机和合成材料”，然后进入“技术营养素”环节，最终生产出“产品”。生产过程中产生的“废弃物”会被循环利用，重新进入系统。

循环经济模式的五个标准分别是：100%可再生能源使用、水管理、社会责任、材料回收和材料健康影响，以确保了整个循环系统的可持续性。

### 循环经济，在更大的时间维度中的设计策略

- 性质可变空间：打造功能可灵活改变的空间，例如，商业建筑空间能按需转换，延长建筑使用年限，提高资源利用率。
- 功能可转换空间：实现空间功能便捷切换，例如，文化场馆可按需快速调整，提升建筑适应性与使用率。
- 可移动建筑：便于整体或拆分移动，如临时建筑可按需迁移，避免资源浪费，实现循环利用，助力城市可持续发展。





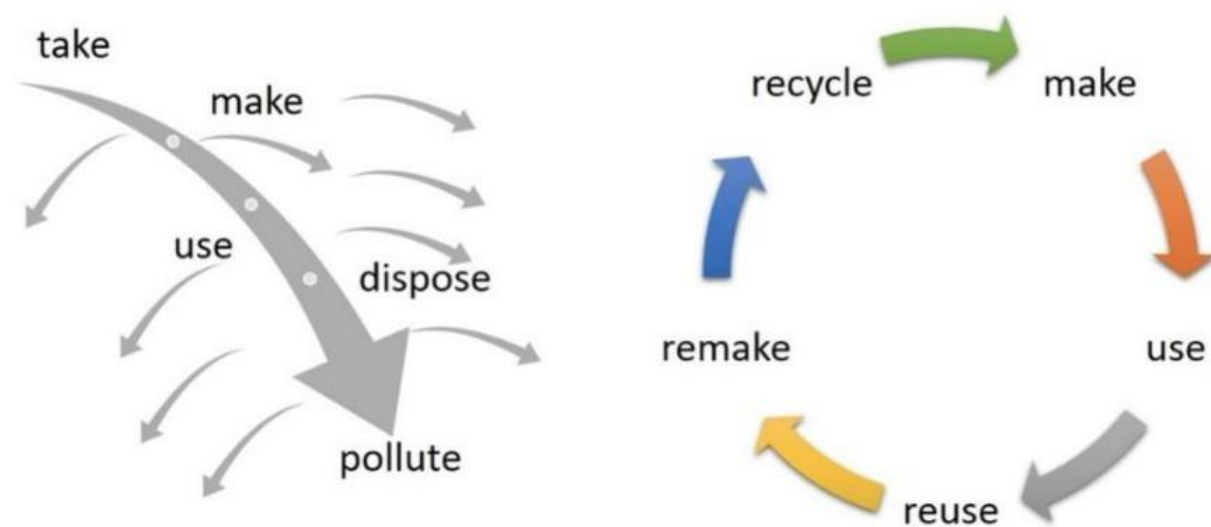
## 循环经济的意义

循环经济着重突出在生产及消费的完整过程里，对传统线性经济模式——那种高度依赖资源消耗来驱动的固有模式进行彻底转变，使之朝着依靠生态型资源循环发展的全新经济模式迈进。通过这样的转型，能够有效削减废物最终的处理规模，同时促使资源产出率以及回收利用率得以显著提升。具体落实到建筑行业当中，循环经济体系有着明确的目标导向，那就是消除废弃物，并实现资源的可持续利用。循环经济模式成功搭建起了经济、自然以及社会资本之间紧密相连的桥梁，为各方面的协同发展奠定了坚实基础。

循环经济基于三个原则：

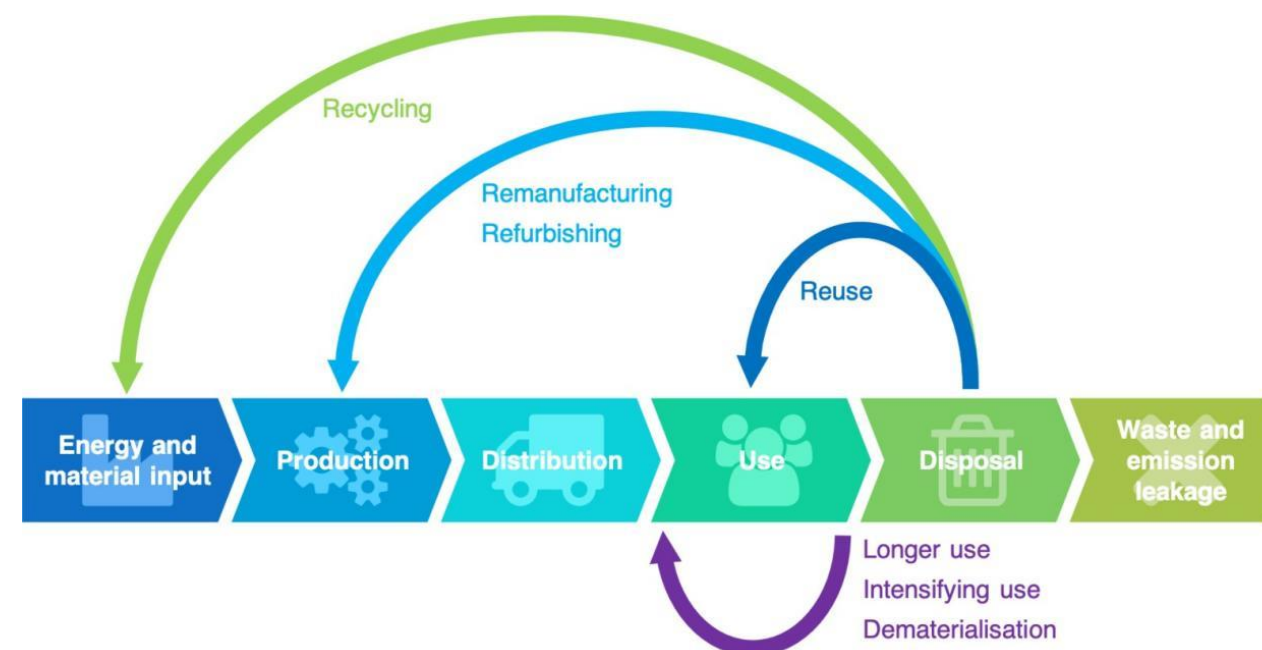
- 设计不产生废弃物和污染；
- 产品和材料充分使用；
- 自然系统再生。

图 4：传统线性经济模式和循环经济模式



来源：CC 3.0 Catherine Weetman 2016

图 5：产品生命周期的循环经济模式



来源：ArchDaily

在产品生命周期的循环经济模式中，各环节依次为能源和材料输入（Energy and material input）、生产（Production）、配送（Distribution）、使用（Use）、废弃物和排放（Waste and emission leakage）。

参与循环的环节包括，废弃物的再利用（Reuse）、再制造和翻新（Remanufacturing Refurbishing）以及回收（Recycling）。

此外，在“使用”和“废弃”之间，产品涉及延长使用（Longer use）、强化使用（Intensifying use）和非物质化<sup>1</sup>（Dematerialisation），这些策略进一步促进了资源的有效利用。

<sup>1</sup> 通过减少产品生产和使用过程中的物质消耗来降低对环境的影响，例如产品设计时，尽量减少材料的使用量；将多种功能集成到一个产品中，减少对多个单一功能产品的需求，等等。



### 三、联合国环境规划署：建筑脱碳途径

联合国环境规划署详细阐述了实现建筑脱碳的三条直接途径。建筑行业生命周期内的各个参与者，包括材料生产商、建筑师、设计师，以及建筑商和房地产运营商，要在每个环节给予积极支持。

#### 1. 回收利用

在着手新建任何建筑项目之前，应优先考虑现有材料，对其进行重建、翻新或是重新利用。环境署大力倡导运用循环经济的理念与方法，以此减少对原材料的开采及生产活动。这一策略着重强调以数据为依托的设计流程，其核心在于尽量减少材料的使用量，并且积极鼓励在条件允许的情况下，对建筑物以及回收材料进行再利用，最大程度地发挥材料的价值，避免资源浪费。

#### 2. 再生

第二条脱碳途径聚焦于向可再生材料使用的过渡，着重强调采用那些遵循道德规范生产的低碳土壤和生物基建筑材料，比如环保砖、木材、竹子以及“农业和森林碎屑”等。

相关报告明确指出，到 20 世纪中叶，城市建设应当主要运用可再生材料，同时要确保旧建筑材料能在新的项目中得以重复使用，从而形成资源循环利用的良好态势，助力建筑行业的可持续发展。

#### 3. 脱碳

第三条途径着重突出了改进的相关方法，力求从根源上对混凝土、钢和铝等传统材料实现脱碳。例如，作为现代建筑业重要支柱的钢铁生产，可转变为仅依靠可再生能源来进行，以此降低生产过程中的碳排放。此外，只有在确实必不可少的情况下，方可使用那些不可再生的碳密集型材料，以此将这类材料对环境所造成的影响控制在最低限度。

### 第三节 建筑行业的绿色认证

在众多行业里，建筑领域当属最早推广 ESG 认证的行业之一。就房地产建筑行业而言，能够获得诸如 LEED（能源与环境设计先锋）、BREEAM（英国建筑研究院环境评估方法）以及 WELL（健康建筑标准）等相关认证，已然成为衡量建筑是否具备可持续性以及是否履行社会责任的重要标志。这些认证在 ESG 的三大关键领域均发挥着重要作用，推动整个产建筑行业朝着可持续发展的方向稳步迈进。

#### 1. LEED 认证

LEED 认证诞生于 2001 年，它是由美国绿色建筑委员会（USGBC）开发的一套认证体系，旨在为建筑行业提供一个科学、系统且具有广泛认可度的衡量标准，助力建筑朝着更加环保、高效的方向发展。

其评估内容较为全面，涵盖了建筑的多个关键维度，包括：

- 建筑整体的可持续性考虑，例如建筑材料的选择是否符合环保及可再生要求等；
- 节能方面，对建筑在能源利用效率上进行严格评估，例如是否采用高效的隔热保温材料、节能设备等来降低能源消耗；
- 水效方面，关注建筑内的用水系统是否具备节水设计及措施，例如雨水收集利用、节水器具的使用等；
- 重视室内环境质量，从通风换气效果、室内空气质量监测到室内采光舒适度等诸多方面都会纳入评估范围。

LEED 认证对于建筑行业来说意义重大，在建筑的设计和运营阶段发挥着积极引导作用，帮助建筑有效减少对环境的负面影响，同时促使建筑资源利用效率得以显著提高，实现环境效益与经济效益的双赢，为打造可持续发展的建筑环境贡献力量。



上海中心大厦是 LEED 认证的铂金奖得主，是一座超高层的地标式大楼，建筑高度达 632 米，总建筑面积近 60 万平方米，集办公、酒店、观光、商业等多功能于一体，是全球范围内绿色可持续建筑的典范之作。

- 从建筑的整体设计理念出发，就融入了诸多可持续发展元素。其外形采用了螺旋式上升的外观，这种造型能够有效减少建筑受到的风荷载，进而在结构材料使用上更为合理高效，降低了对建筑材料资源的总体需求。

图 6：上海中心大厦的螺旋式设计



来源：搜狐网、微博“十间坊”

- 在能源利用方面，大厦的外立面安装了双层玻璃幕墙系统，内外两层幕墙之间形成的空气缓冲层，起到了良好的隔热和隔音效果。夏季，缓冲层内的空气受热上升，通过顶部的通风口排出，带走热量；冬季，关闭通风口可以起到保温作用。两者协同，降低了夏季制冷和冬季采暖方面的能源消耗。大厦顶部配备了风力发电装置，充分利用高空的风能资源，将其转化为电能，为建筑的部分用电需求提供补充，进一步提高了建筑自身的能源自给率，减少对传统能源的依赖。

图 7：上海中心大厦的双层玻璃幕墙系统



来源：搜狐网《城市的礼服—玻璃幕墙建筑几例》，众创幕墙

- 水效管理方面，构建了一套雨水收集和中水回用系统。通过收集屋面及周边场地的雨水，经过专业的处理流程后，可用于大厦内的景观灌溉、道路冲洗以及部分非饮用水设备的补水等环节，提高了水资源的循环利用率，有效节约了市政供水资源。此外，大厦的卫生洁具等用水设备也都选用了高效节水型产品，实现了整体水耗的降低。
- 室内环境质量方面，得益于双层玻璃幕墙系统，自然采光效果得到了优化，大量的自然光线均匀地洒入室内，减少了白天对人工照明的依赖，也为室内营造出舒适、健康的视觉环境。在通风方面，设置了智能化的通风换气系统，能够实时监测室内空气质量，并根据空气质量状况自动调节新风量，确保室内空气始终保持清新。



## 2. BREEAM 认证

BREEAM 认证是世界上最早出现的绿色建筑评估方法之一，它于 1990 年由英国建筑研究院（BRE）开发。彼时，人们已经开始意识到建筑活动对环境及社会可持续发展的重要影响，BREEAM 认证的出现，正是为了满足市场对全面、科学评估建筑绿色程度的需求，开启了绿色建筑评估领域的先河。

BREEAM 认证的评估覆盖建筑全生命周期的各个环节。

- 建筑的管理水平：例如项目施工过程中的管理规范程度、运营阶段的维护管理机制等；
- 健康与福祉：关注建筑内部空间是否有利于使用者的身心健康，例如室内是否有良好的声学环境、舒适的热舒适度等；
- 能源方面：考察建筑的能源消耗及节能措施实施情况；
- 交通方面：建筑周边的公共交通便利性以及内部停车设施是否鼓励绿色出行等；

水、材料、废物、生态和污染等方面也都有相应的详细评估标准，全方位衡量建筑在各个维度的绿色可持续表现。

BREEAM 认证的价值在于它构建起了一个完整且综合性的绿色建筑评估体系，为建筑从业者们提供了清晰明确的发展方向，引导建筑从各个方面践行可持续发展理念，不断优化和改进建筑的性能。

英国布里斯托市的“被动房生活”项目获得了 BREEAM 认证的 outstanding 等级。

“被动房生活”项目位于英国布里斯托市，是一个集住宅、办公及社区配套功能于一体的综合性建筑开发项目，旨在打造一个高度可持续发展、舒适且环保的居住和工作环境。该项目从规划设计到施工建设以及后续运营，其绿色建筑理念成为了全英绿色建筑领域的标杆项目之一。

### - 建筑管理方面：

项目有着一套高效的全生命周期管理体系。

从项目筹备阶段开始，就组建了专业的跨学科团队，涵盖建筑师、工程师、环境专家以及物业管理等多领域专业人才，共同参与规划设计，确保每个环节都充分考虑绿色可持续要求。

施工过程中，严格执行质量管理和环境管理流程，对建筑材料的进场、施工工艺的把控以及施工废弃物的处理等都有详细且严格的规范，最大程度减少施工对周边环境的影响。

建成后的运营阶段，通过智能化的建筑管理系统，实时监测建筑各项性能指标，如能源消耗、室内外环境质量等，并依据数据反馈及时进行优化调整，保障建筑长期处于高效、绿色的运营状态。

### - 健康与福祉方面：

建筑内部通过高性能的保温隔热材料以及高效的通风与热回收系统，能够精准维持室内温度在人体感觉最舒适的区间，无论冬夏都能让使用者感受到宜人的室内环境。室内的声学设计采用吸音材料和合理的空间布局，有效降低了噪音干扰，营造出安静的居住和办公氛围。

在建筑的布局和外立面设计上，充分考虑自然采光，大面积的窗户和合理的朝向安排，使得室内能获得充足且均匀的自然光线，不仅减少了白天对人工照明的依赖，而且让人们可以享受良好的视野，与外界自然环境有更好的视觉连接。

### - 建筑节能方面：

整体建筑采用了被动式设计理念，充分利用自然通风、采光以及建筑自身的热交换原理来调节室内环境，最大限度减少对机械通风、采暖和制冷设备的依赖。比如，建筑的朝向经过优化，能够在冬季最大限度地吸收太阳热量，夏季又能有效阻挡过多的太阳辐射，配合高性能的门窗和外墙保温系统，大大降低了建筑的热传递，减少了能源消耗。

除了被动式节能措施外，项目充分利用可再生能源。在屋顶安装了大面积的太阳能光伏板，所产生的电能不仅能满足建筑自身部分用电需求，在光照充足的时段还有余量可并入电网，实现能源的自给自足与对外输出，。

### - 交通规划方面：

项目周边规划了完善的自行车道网络，与城市的公共自行车租赁系统无缝衔接，方便居民和办公人员选择自行车出行。建筑配套建设了充足的自行车停放设施。

在与公共交通的连接上，距离公交站点和轻轨站点都很近，步行几分钟即可到达，提高了公共交通的可达性，减少私人汽车的使用频率。



#### – 水资源管理方面：

建筑内全面采用了节水型器具，如低流量的水龙头、节水马桶等。同时，设置了雨水收集系统和中水回用系统，有效节约市政供水资源。

#### – 材料选用方面：

优先选用本地生产、环保且可回收的建筑材料，一方面减少了材料运输过程中的碳排放，另一方面也确保材料在使用寿命结束后能够方便地进行回收再利用，从源头上践行绿色可持续原则。例如，建筑的主体结构部分采用了再生钢材，外立面装饰材料选择了可回收的纤维水泥板等。

#### – 废物处理方面：

建筑内设置了垃圾分类回收设施，对于可回收物、有害垃圾、厨余垃圾等都有专门的收集区域和办理流程。定期有专业的回收公司上门收集可回收物，实现循环利用，同时对有害垃圾进行无害化处理，避免对土壤、水体等环境造成污染。

#### – 生态保护方面：

项目在规划时充分考虑了与周边自然生态的融合，保留了原有的部分绿地和树木，并通过种植本地的花草植物，打造了丰富的生态景观，为鸟类、昆虫等野生动物提供了栖息和觅食场所，增加了城市生物多样性，促进了建筑与生态环境的和谐共生。

### 3. WELL 认证

WELL 认证是国际 WELL 建筑研究院（IWBI）于 2014 年发布的。随着人们对生活品质和健康生活环境的关注度不断提升，建筑不仅仅被视为遮风挡雨的空间，其内部环境对人体健康和福祉的影响也越发受到重视，WELL 认证注于从健康视角来评估建筑的品质。

- 空气质量方面，如对室内污染物浓度的严格控制、通风换气的频率及质量等；
- 水质方面，确保饮用水及生活用水符合高标准的健康要求；
- 营养板块，关注建筑内是否提供健康饮食相关的配套设施及引导；
- 光照方面，考虑自然采光与人工照明的合理搭配，是否满足人体生理节律及视觉舒适度需求；
- 健康、舒适和心理健康等方面设有相应的评估指标，例如是否设置了有助于放松身心的空间、室内温湿度是否能让人感觉舒适等，全方位保障建筑使用者的健康体验。

WELL 认证将建筑的关注点从传统的物理结构和功能，进一步拓展到了对居住者和使用者的健康和福祉的影响上，强调了建筑作为人们生活和工作重要场所的健康属性，促使建筑行业在设计、建造及运营过程中更加注重人文关怀，提升建筑的社会责任，为人们打造更健康、舒适的生活和工作空间。

美国纽约的彭博欧洲新总部大楼（Bloomberg's European Headquarters）获得 WELL 认证的铂金级别。

彭博欧洲新总部大楼由著名建筑师福斯特事务所（Foster + Partners）设计，是一座极具创新性和可持续发展理念的现代化办公建筑，旨在为员工及访客提供一个健康、舒适且高效的空间环境，其在建筑设计、内部设施配置以及运营管理等诸多方面都深度融入了 WELL 认证标准。





# 第三章 行业ESG核心议题 及优秀案例

开启一段深度探索之旅。走进建筑全生命周期的各大环节，剖析其各个阶段的关键要点；聚焦行业的 ESG 核心议题，洞察建筑领域在环境、社会与治理方面的重点所在；着眼全生命周期的可持续建筑，探寻如何让建筑可持续发展贯穿始终。

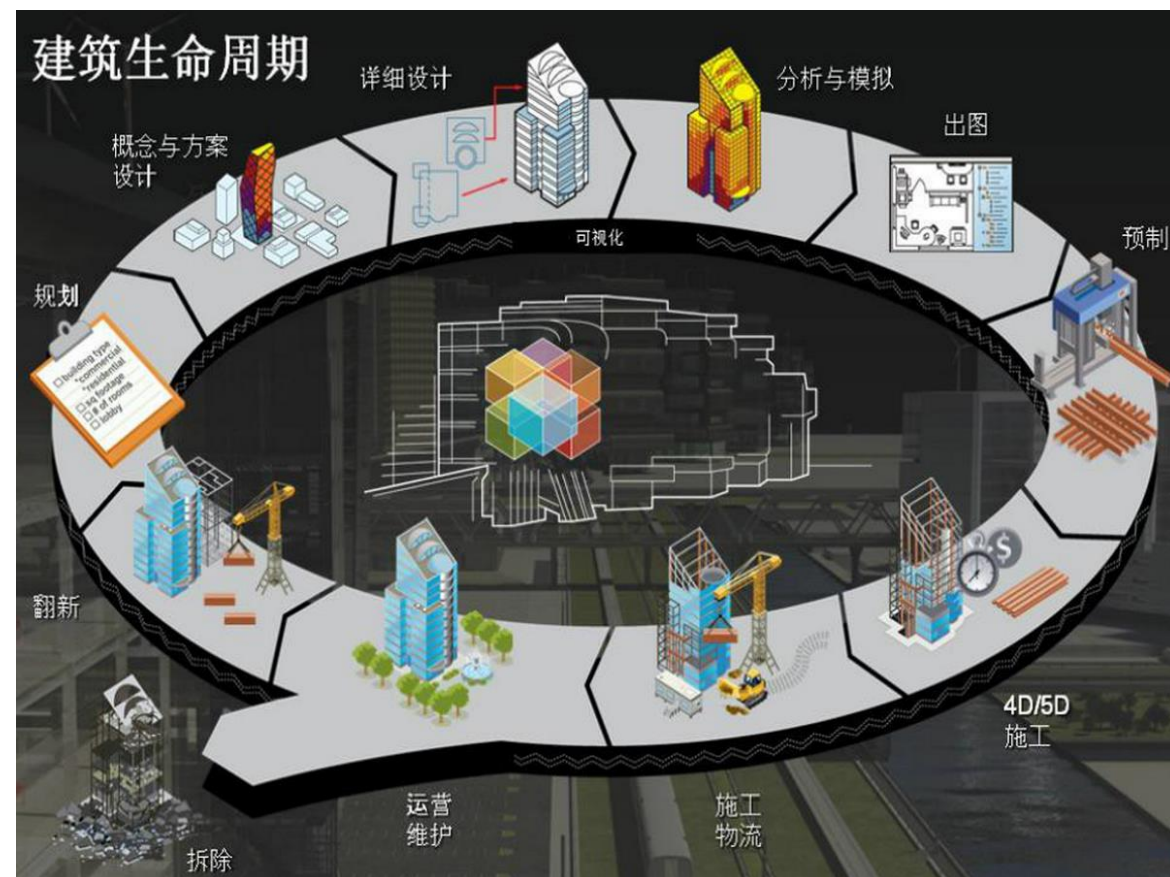


## 第一节 建筑全生命周期的五大环节

随着全球环境保护和资源节约意识的不断增强，建筑行业正积极探寻更为可持续的发展路径，以减轻对环境的不利影响。在此过程中，建筑项目不仅要关注对环境的影响，还应充分考虑对社会产生的作用，例如提供安全、健康且舒适的居住与工作环境，以及推动社区的发展。与此同时，伴随数字化技术的日益进步，建筑行业也在致力于借助数字化手段来提升项目管理的效率与质量。通过实施全生命周期管理，能够更高效地规划和利用资源，降低建筑的总体成本，进而提高投资回报率。

建筑全生命周期的可持续，强调在建筑的全生命周期中，从设计、施工、使用到拆除和回收五大环节，实现材料和资源的最大化利用，减少浪费和环境污染。

图 8：建筑全生命周期



来源：筑龙学社

## 第二节 行业的 ESG 核心议题

### 议题一：绿色设计

在房地产建筑行业领域，能源管理无疑是实现可持续发展的重中之重。借助减少能源需求、提升能源使用效率以及充分运用再生能源这几大关键举措，能够有效地降低建筑的能源消耗，并削减碳排放。

#### 1. 减少能源需求

##### 建筑定向设计

依据自然环境对建筑进行定向规划设计，巧妙地利用太阳能资源。例如，在光照充足的地区，将建筑朝向设置为能最大程度接收阳光照射的角度，以此增加太阳能增益，在冬季助力室内升温，减少供暖需求；而在阳光过于强烈的区域，则通过合理的朝向布局，使建筑有效避开太阳直射，降低夏季制冷的压力，进而从源头上减少建筑整体的能源需求。

##### 隔热和密封

强化墙体、窗户的隔热性能以及做好建筑整体的密封工作，是提升能源效率的重要环节。优质的隔热材料能够有效阻挡热量的传递，比如在墙体中填充高效保温隔热材料、选用双层或多层中空玻璃作为窗户材质等，可极大程度地减少室内与外界之间的热交换，最大限度地降低热损失，让建筑在维持舒适室内温度的同时，避免因热量散失或外界热量传入而过度消耗能源。

#### 2. 高效使用能源

##### 节能机械设备

选用高效能的机械设备来满足建筑的供暖和制冷需求，对于降低能源消耗意义重大。比如采用具有高能效比的空调系统、锅炉等设备，它们凭借先进的技术和优化的运行机制，相较于传统设备，能够在提供同等供暖或制冷效果的前提下，消耗更少的能源，实现能源的高效利用，为建筑运营节约大量能源成本。



### 热交换和热回收

积极引入热交换和热回收技术，可进一步提高能源的利用率。例如，在建筑的通风系统中设置热交换器，当排出室内污浊空气时，热交换器能够将排出空气中的热量（或冷量）传递给即将进入室内的新鲜空气，使进入室内的空气预先进行温度调节，减少后续供暖或制冷设备的能耗；又如在一些工业建筑或大型商业建筑中，对生产过程中产生的废热进行回收再利用，将其用于预热生活用水、辅助供暖等环节，充分挖掘能源的潜在价值，避免能源浪费。

### 节能灯具和电器

推广使用节能灯具和各类节能电器，也是降低电力消耗的有效手段。节能灯具如 LED 灯，相较于传统白炽灯，不仅亮度更高，而且耗电量大幅降低，使用寿命更长；同样，节能冰箱、洗衣机、电脑等电器设备，通过优化内部电路设计、采用先进的节能技术等，在满足正常使用功能的同时，能够显著减少电力消耗。

### 能源监测

建立完善的能源监测体系，实时关注能源使用状况至关重要。通过安装各类能源计量仪表以及智能监测系统，能够精准记录建筑内不同区域、不同设备的能源消耗数据，并借助数据分析及时察觉能源浪费的环节和问题所在。例如，若发现某一时段某区域的照明用电量异常偏高，便可及时排查是灯具故障、人为使用不当还是其他原因导致，进而采取针对性的措施加以解决，确保能源得到合理、高效的使用。

## 3. 使用再生能源

### 可再生能源利用

充分利用风能、太阳能、地热以及生物柴油、垃圾填埋气等可再生能源，能够有效减少建筑对传统化石燃料的依赖，降低碳排放。

在建筑屋顶安装太阳能光伏板，将太阳能转化为电能，为建筑供电；在风力资源丰富的地区，设置小型风力发电机，补充建筑用电需求；利用地热能进行建筑的供暖和制冷，通过地热热泵系统，提取地下浅层的热能用于室内温度调节；对于一些有机废弃物较多的区域，还可收集垃圾填埋产生的气体进行发电，或者将生物柴油应用于建筑内的备用发电设备等，实现能源的多元、可持续供应。

### 储能技术

储能技术是确保再生能源稳定供应、提高能源系统可靠性的关键环节。由于可再生能源存在间歇性和波动性的特点，如太阳能受天气和昼夜影响、风能随风力变化而不稳定等，储能技术就能在能源充足时将多余的能量储存起来，在能源供应不足时释放，保障建筑内的用电、供暖等能源需求持续得到满足。例如，使用锂电池储能系统、蓄热蓄冷设备等，它们能够在不同场景下对电能、热能等进行有效的存储和释放，优化能源配置，让可再生能源更好地服务于建筑运营，推动建筑行业的可持续发展。

## 4. 节约水资源

借助减少能耗、妥善回收利用废水与雨水以及合理运用节水灌溉系统等一系列有效举措，能够达成节约水资源以及能源的双重目标。

同时，采用诸如滴灌、渗灌这类高效灌溉系统，对于减少水资源浪费、提升水的利用率有着显著效果。滴灌系统是通过滴头，将水以缓慢且精准的方式一滴一滴地滴入植物根部附近的土壤中，避免了水在灌溉过程中的蒸发、渗漏以及地表径流等造成的浪费现象；渗灌则是借助理设在地下的渗水管，将水缓慢渗透到植物根系周围的土壤里，同样能够根据植物生长的实际需求进行精确供水。





### 案例：中国美术学院民俗艺术博物馆——让建筑消失

中国美术学院民俗艺术博物馆是由日本著名建筑师隈研吾设计的，其建筑设计理念是“让建筑消失”，意在使建筑与自然环境和谐共融，这座建筑也因此成为了一件艺术品。

图 9：中国美术学院民俗艺术博物馆鸟瞰图

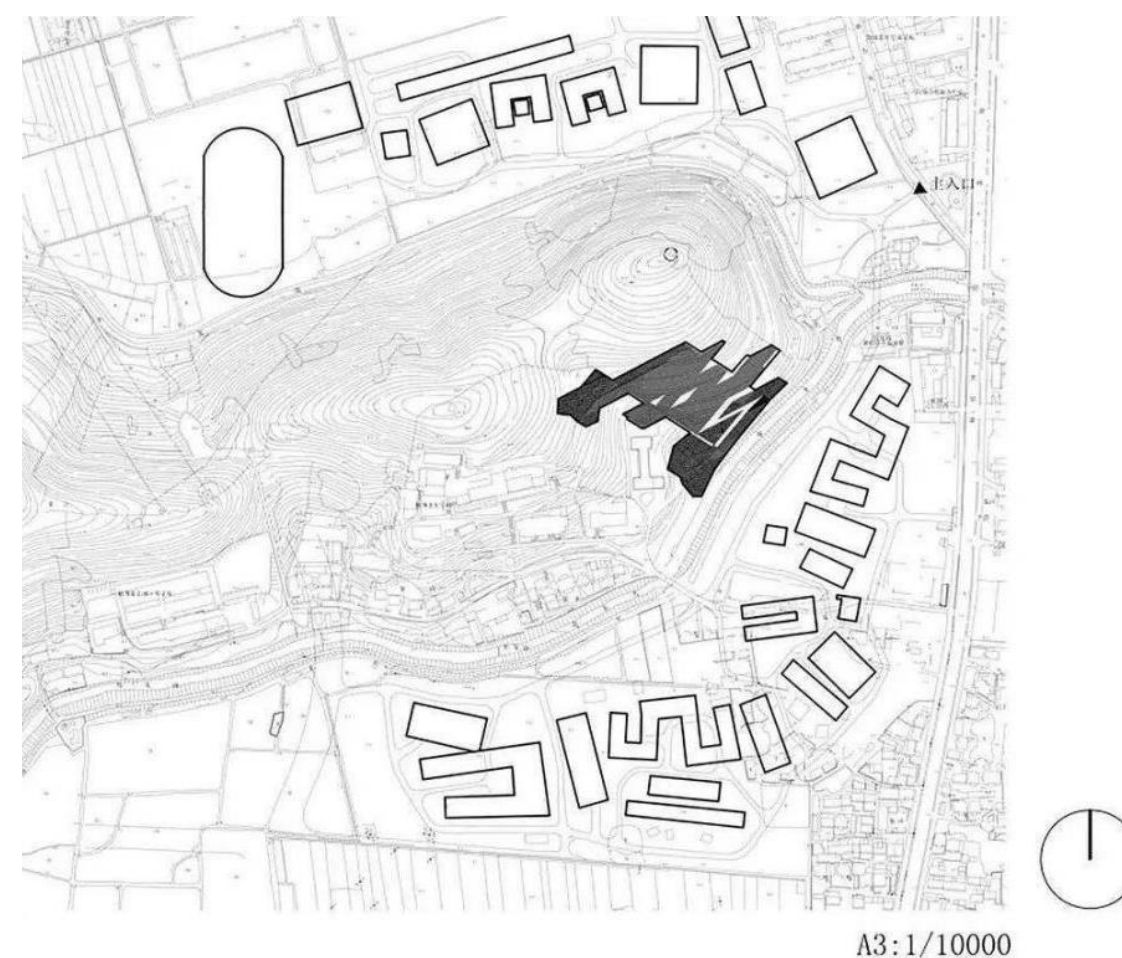


来源：art.china.cn 网站

### 选址与环境融合

民艺馆选址于山坡上茶园的场地，设计初衷便是期望人们身处建筑内部时，能够真切地感知到脚下的这片土地。在规划过程中，充分考量了建筑与周边自然环境的融合问题，减少对原有生态环境造成破坏。就拿建筑楼层的设置来说，沿着坡地的起伏进行布局，使得整个建筑宛如从自然之中自然生长出来一般，与周围的群山、植被等相互呼应，共同构成了和谐统一的整体景观。

图 10：中国美院民艺馆总平面图



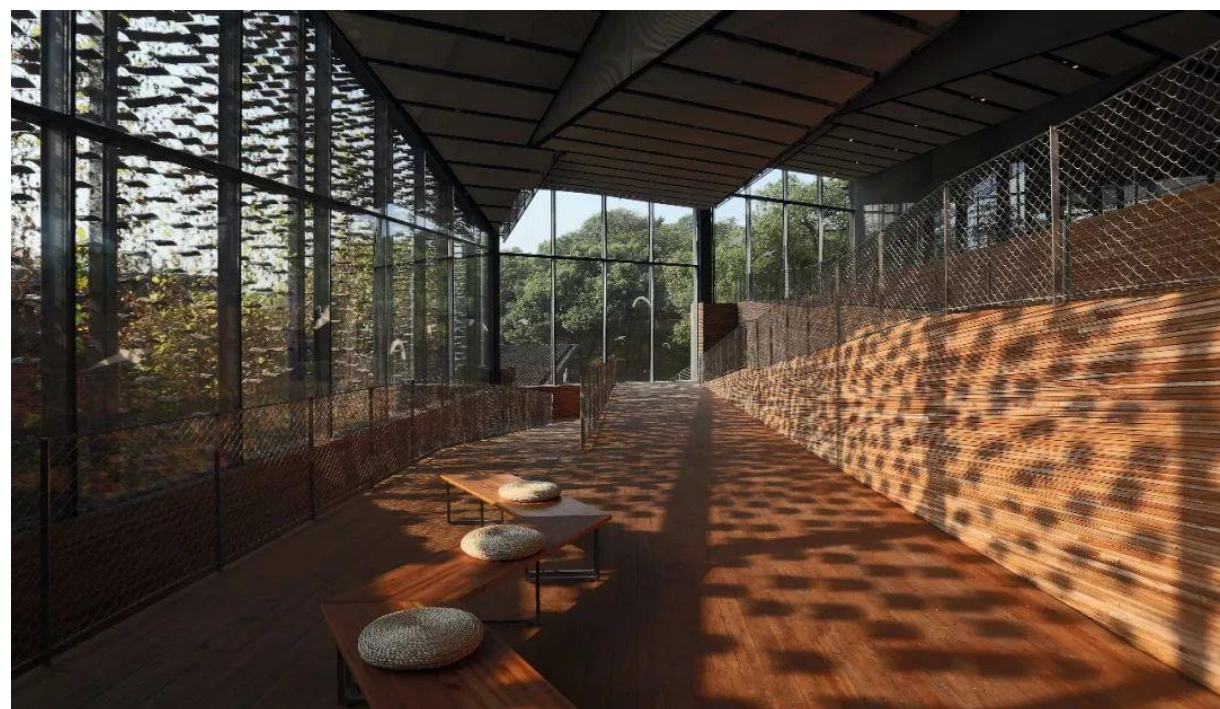
来源：搜狐网《案例分享 | 中国美术学院民俗艺术博物馆》



### 材料选择与利用

- 青瓦屋顶的运用：采用了当地传统民居中常见的青瓦来铺设屋顶，这些瓦片大小并不统一，且均取材于当地。如此一来，它们无论是在颜色还是材料质地，都能够与当地环境融合，同时大大降低了材料在运输过程中的能源消耗以及碳排放。旧瓦片的再利用也减少了对新材料的需求。
- 外表皮的设计：外表皮运用不锈钢索构建网格状平行四边形的形态，并且在内部嵌入瓦片。不锈钢索这种材料具备良好的耐久性，后续维护成本较低；而瓦片采用非连续的嵌入方式，能够起到有效控制光照的作用，营造出丰富多样的光影效果，进而减少了人工照明的需求，降低了能源消耗。

图 11：遮阳体系的构建（钢索 + 挂瓦）



来源：国美民艺博物馆

### 空间设计与节能

- 平面布局与自然条件相适应：平面布局通过几何划分的方式形成平行四边形的单元，以此来契合地形的细微变化。每个单元都配备独立的小屋顶，这种分散式的布局设计十分有利于自然通风和采光。例如，设置了若干三角形中庭，它们在改善室内采光状况的同时，也进一步加强了室内外空间的联系，从而减少了对空调、照明等设备的依赖程度。

图 12：大尺度建筑体量划分



来源：搜狐网《案例分享 | 中国美术学院民俗艺术博物馆》



- 连续坡道的设置：建筑内部设置了连续的坡道，尽管建筑的最高处和最低处存在一定的高差，但整个建筑并未刻意划分楼层，大部分空间都用作展厅，通过室外和室内的坡道相互连接。这样的设计使得空间更具连续性，人们在参观时能够自然流畅地穿梭其中，进而降低了电梯等垂直交通设备的使用频率，减少了能源消耗。

图 13：室内坡道的设计



来源：搜狐网《案例分享 | 中国美术学院民俗艺术博物馆》

### 绿色建筑技术应用

运用了部分绿色建筑技术，比如雨水收集系统，对雨水进行收集与处理后，将其用于灌溉、冲洗等非饮用水用途，节约水资源；在屋顶和墙体处设置了保温隔热层，提升了建筑的保温隔热性能，减少冬季采暖以及夏季制冷所需要消耗的能源。

### 案例：天友·零舍——农宅的近零能耗转型

北京近郊的天友·零舍村庄，是一个针对中国农村原住民流失、乡村空心化等问题的绿色改造项目。它不仅提高居住舒适度、实现能源自给，同时重视保留农宅传统建筑特色，引入创意办公等新功能，实现了功能转换与乡村复兴。

图 14：天友·零舍



来源：archdaily

天友·零舍是国内首座近零能耗建筑，拿到了国标“近零能耗建筑技术标准”的评价标识。它运用被动式设计和主动技术，让能耗水平比国家标准降低了 50% 以上。



图 15: 天友·零舍的设计理念

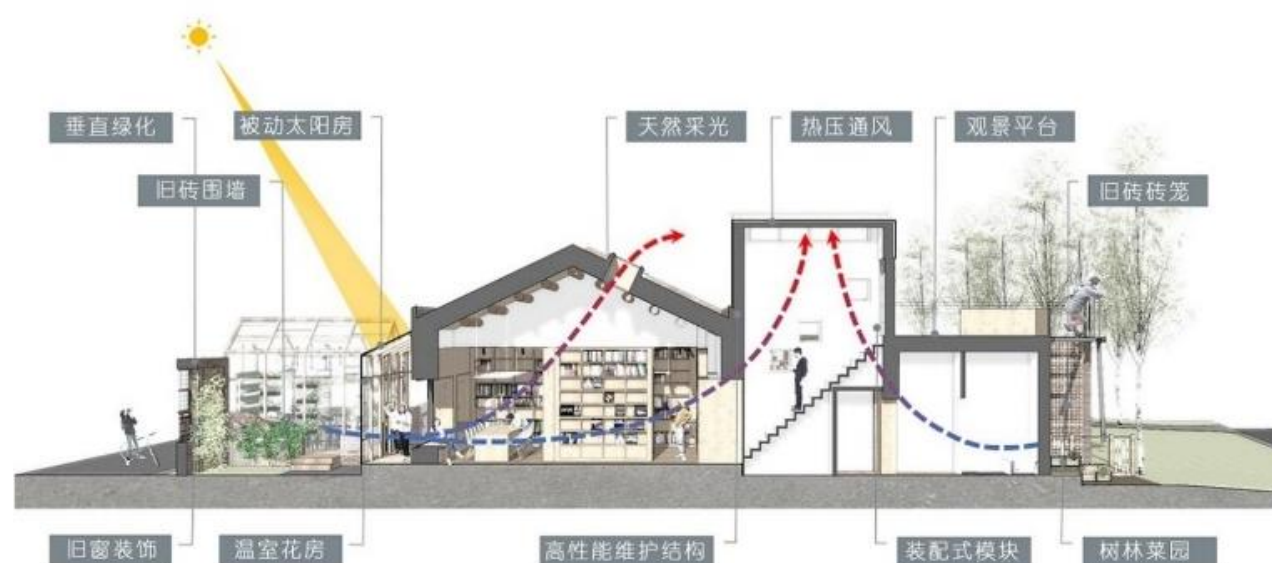
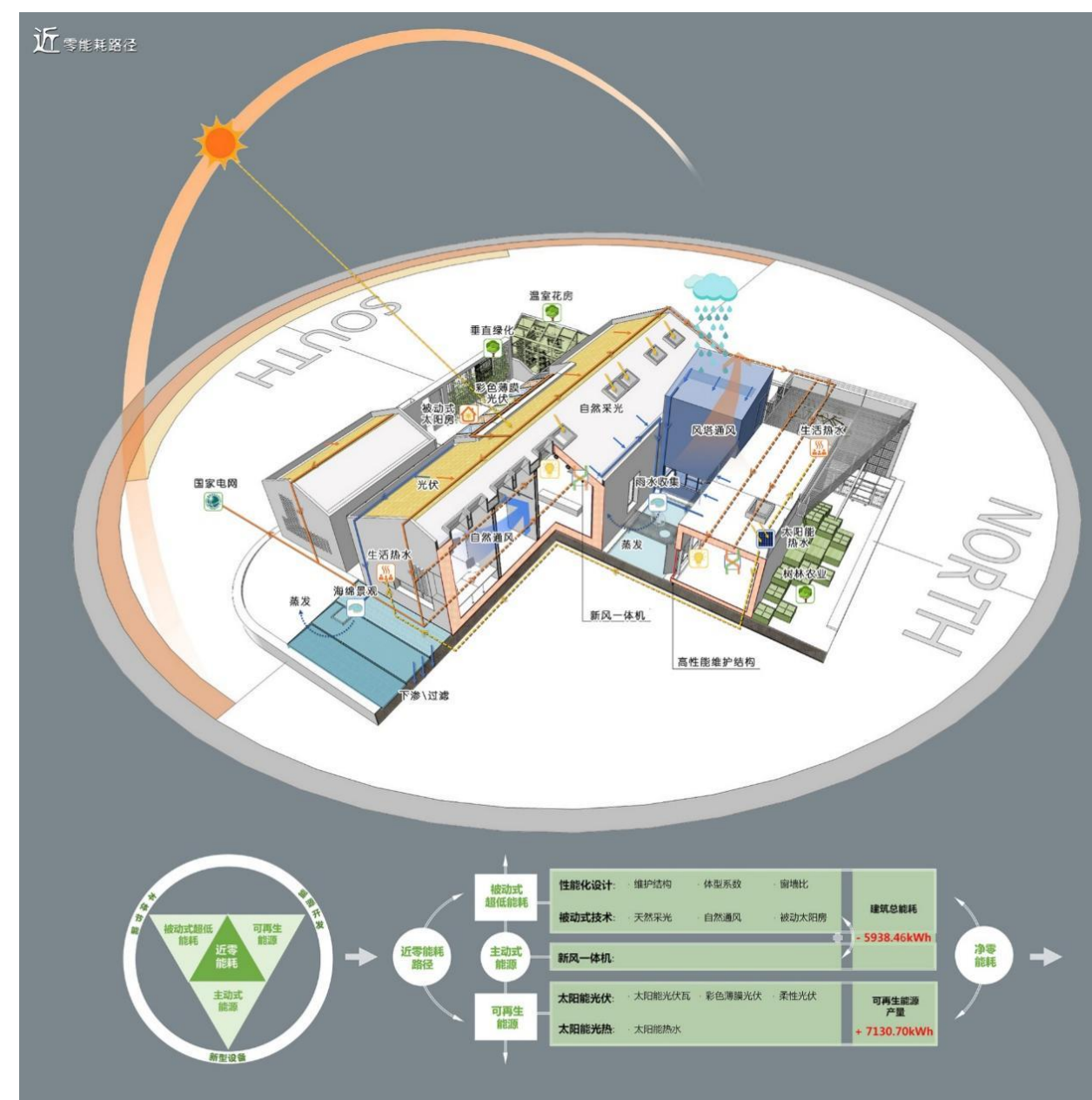


图 16: 天友·零舍的近零能耗路径



来源: archcollege



### 1. 被动式设计

被动式设计是一种高效的建筑设计方法，旨在通过建筑物自身的构造和材料，而不是依赖外部能源输入，来实现室内环境的舒适度。这种设计通常包括优秀的绝热性能、气密结构、高效能源回收系统和利用太阳能等可再生能源。被动式建筑设计优势在于显著降低能耗，提高居住者的生活质量，并对环境友好。

通过增设如被动式阳光房以及楼梯间风塔这类过渡空间，能够有效降低建筑的体型系数<sup>2</sup>。同时，遵循被动房标准来打造围护结构的保温性能，全方位保障建筑的节能效果，最大程度减少能源损耗，使建筑朝着近零能耗的目标迈进。

### 2. 高性能保温隔热

- 按照被动房标准设计围护结构的保温性能，有效锁住室内温度，减少为维持适宜室温所需的能耗。
- 运用夹心保温系统，通过采用轻钢体系与 OSB 板复合的模式，在其内部填充以及外部粘贴两种不同的保温材料，形成夹心保温墙体。这样的墙体结构不仅大幅提高了保温性能，而且在气密性单元以及无热桥设计方面表现出色，能够有效避免热量通过缝隙或者热传导的薄弱环节流失，使得冬季采暖需求得以严格控制在 15 瓦特（W）以下，单位面积总能耗能够达到 14.6 kWh/m<sup>2</sup>.a 的较低水平，为建筑的近零能耗目标提供了有力支撑。

在加建居住部分的施工过程中，运用了装配式模块化的建造方式。这种装配式居住模块有着精巧的构造设计，其采用轻钢体系与 OSB 板相复合的结构模式，并且在内部填充以及外部粘贴保温材料，通过这样的方式，能够对系统的传热系数进行有效稳定，同时极大地增强了整个系统的气密性，确保居住空间在保温隔热方面达到良好的性能。

### 3. 可再生能源的利用

屋面部分选用了非晶硅太阳能光伏瓦，而被动式阳光房的玻璃屋顶则采用彩色薄膜光伏材料，二者共同构成了建筑的光伏发电系统，其总装机容量达到 7.1kWp。通过并网的方式，该光伏发电系统能够稳定地为建筑提供清洁电能，有效减少建筑对传统能源的依赖，助力建筑迈向绿色、可持续发展的道路。

<sup>2</sup> 体型系数是描述建筑物形状和尺寸的一个参数，用于评估建筑物在流体中的阻力，是一个无量纲参数。在建筑领域，体型系数定义为建筑物与室外大气接触的外表面积与其包围体积的比值，即  $S=F_0/V_0$ 。体型系数的大小直接影响建筑物的能源消耗，较小的体型系数意味着建筑对流体的阻力较小，从而更有利于节能。通常居住建筑体型系数控制在 0.3，若体型系数大于 0.3，则需要加强保温措施。

图 17：光伏瓦的坡屋面



来源：archcollege

### 4. 自然采光与通风

为了弥补乡村建筑在天然采光以及自然通风方面存在的不足，特别通过设置天窗和风塔等方式来加以改善。天窗能够巧妙地引入自然光线，让室内空间更加明亮通透；风塔则可以依据自然风的流动规律，合理引导气流在建筑内部循环，调节室内温度与空气清新度，从而营造出冬暖夏凉的舒适人居环境，提升居住者的生活体验。

### 5. 生态景观融合

在庭院以及建筑立面的设计上，集成了诸多绿色技术，打造生态景观与建筑相融合的独特模式。例如，集成水院这一绿色技术能够将雨水进行有效收集，并将收集到的雨水转化为菜园的天然灌溉用水，形成一个自给自足的灌溉系统，充分利用自然资源；零碳花园则利用废弃材料进行精心设计，再辅以各类适宜的植被，共同构建出绿色低碳的生活场景。



## 6. 地域材料与结构体系

采用地域特色材料，并结合砖木结构体系进行建筑构建。通过这样的方式，不仅形成了夹心保温系统以及配备光伏瓦的坡屋面系统，在保证建筑具备良好保温隔热性能与能源自给能力的同时，也展现出传统乡村建筑所特有的风貌韵味，实现了传统建筑文化传承与高效能源利用的有机统一，为乡村建筑的现代化发展提供了优秀范例。

## 7. 艺术化展示

将绿色技术以艺术化的方式呈现，如彩色光影、废弃材料、原始墙绘、垂直绿化等，增强建筑的表现力。

图 18：阳光透过彩色薄膜光伏顶落在阳光房的墙面上



来源：archcollege

## 案例：新展纽顿绿洲办公楼——零能耗翻新改造

2022 年，新加坡星展银行（DBS Bank）着手对新展纽顿绿洲（DBS Newton Green）办公楼展开了全面的翻新改造工作，翻新改造后，从每年耗能约 84 万千瓦时成功降至零，成功斩获了新加坡建设局的 Green Mark 绿色建筑标志白金奖零能耗认证，成为新加坡首座达成净零排放目标的银行建筑。

在众多措施当中，极具特色的一点便是对楼的外墙进行改造。改造后，外墙 50% 的面积被植物所覆盖。杯植物覆盖的外墙不仅具有外保温功能，还为众多鸟类提供了栖息之所。

另外，还使用源自废弃食用油的生物柴油来替换备用发电机中的柴油。这一举措能够有效削减 60% 至 90% 的温室气体排放，从而在很大程度上降低了建筑整体的碳足迹。

图 19：新展纽顿绿洲（DBS Newton Green）的翻新改造



来源：DBS 官网



### 案例：中国海外大厦——近零能耗高层写字楼

位于深圳南山的中国海外大厦是国内首座 5A 级近零能耗高层写字楼。在运行阶段利用绿电和碳交易来中和剩余碳排放，达成了零碳建筑的目标。该大厦分别从能源需求和用能两个角度实施节能与减碳举措，综合节能率达到 61%，可再生能源利用率为 12%。

大厦设计师表示：“要实现建筑的近零能耗，在设计阶段就需进行全面规划。”具体来讲，大厦在通风、照明、热回收等 11 个方面做了优化。

通风方面，大厦是一座能够“自主呼吸”的写字楼，它采用南北贯穿的边庭设计，形成了良好的自然对流风环境。并且设置了可自动开合的外窗，每小时开合五次。经风环境和热环境测算，大厦竖向贯通的中庭设计，每年能够实现约 2300 小时的自然通风，减少二氧化碳排放约 180 吨。

空调是建筑能耗的主要源头。大厦采用了“主动式冷梁空调”技术，实现了对温度和湿度的独立处理与控制，解决了传统空调存在的吹风感强烈、冷热不均、系统能耗高的问题，同时使空调系统节能约 20%。此外，大厦选用了高端的建筑外立面材料，并应用隔热技术，极大地减少了室内外热量交换，从而降低了空调能耗。

在智能照明系统方面，大厦配备了感应式照明设备，能够根据室内光照情况和人员活动状况自动调节亮度，有效地节约了电力资源。

大厦在屋顶等区域铺设了约 500 平方米的光伏组件，年发电量可达 12.5 万度，这相当于 4 层办公楼全年的照明用电量，能够满足大厦地下室空间以及 LED 屏等的照明需求。

虽然近零能耗设计能够削减建筑后期的运维成本，但前期需要额外投入一笔资金。大厦设计方表示，对于层高 100 米左右的大厦，如果采用近零能耗设计，建设成本相比普通设计会高出数千万元，成本的增加和运营期间的节能，一增一减大约需要十年回本，这是一种着眼于长期效益的策略。

### 案例：恒通 AI 科创大厦——智能化写字楼

恒通 AI 科创大厦立足“适用、经济、绿色、美观”的建筑方针，打造绿色、低碳、智慧、健康且舒适的高效办公建筑。它是江苏省内高品质绿色建筑的标杆项目，也是恒通集团的“近零能耗示范点”。

智慧化运维与管理，是大厦的特色。

- 建筑信息模型（BIM）技术应用：在设计、施工、运行全过程采用 BIM 技术，竣工后将完整的竣工 BIM 模型用于项目后期运维，构建可视化运维管理平台。该平台包含所有构件基本信息和空间尺寸，便于在设备、材料和装饰等建筑构件调试、故障和检修时进行空间定位和信息查看。
- 一体化信息平台：结合“智慧地源热泵系统、智慧工地、智慧建筑、大数据信息平台”一体化信息平台，融合能源智慧管理、环境品质健康监测、设备自动化智能化控制、人脸识别与智慧办公、感知展示体验等多个子系统，形成绿色建筑全生命期智慧综合管理体系。例如，通过单体项目的可感知技术，展示大数据，并投射到可视化的三维建筑信息模型中，让使用者直观了解建筑的能源管理模式和绿色低碳效益，形成可复制推广的技术体系及产品。

建筑设计的优化方面，也有可圈可点之处。

- 大厦在楼顶设置大规模太阳能光伏板，为大厦提供部分电力，减少对传统能源的依赖。
- 天窗采用双玻透光率达 30%的光伏发电薄膜系统，装机容量达 82KWp，平均年发电量达 7.5 万 kWh。
- 采用热工性能优异的三玻两腔玻璃幕墙，增强办公空间保温隔热性能。
- 利用风道和自然通风系统，在保证室内空气质量的同时，降低机械通风能耗。



### 案例：新加坡滨海湾花园——膜结构的利用

新加坡滨海湾花园由三座各具特色的花园组成，其占地面积超 100 公顷，已然成为自然爱好者与崭露头角的园艺师们心目中的圣地。

滨海湾花园的“花穹”（Flower Dome）尤为引人注目，它是全球最大的无柱温室，2015 年被载入吉尼斯世界纪录。“花穹”采用膜结构设计，这种设计将生态与自然完美融合，并且能高效利用能源，成功打造出了一座充满自然之美与未来科技感的城市绿洲。

#### 尊重自然地形与地貌

在膜结构建筑设计的初始阶段，设计师便对地形环境展开了充分调研，尊重并巧妙融入周边的自然环境，维持原有生态系统的稳定，让建筑与自然地形、地貌和谐共生，最大程度减少对自然环境的破坏。

在膜结构建筑的周边区域，引入了绿化植被、水景等自然景观元素，营造出宜人的室外环境。在提升建筑生态价值的同时，让建筑与自然环境相互映衬，打造出区域性建筑整体的和谐美感。

#### 利用光照、通风和雨水

- 膜结构具备良好的透光性，能使自然光线充分透入室内，从而降低对照明设备的依赖；
- 膜结构具有良好的保温性能，配合自然通风设计，可有效降低室内温度，减少空调的使用频率；
- 穹顶上的特殊涂层能够反射部分太阳辐射，进一步降低温室内的温度，达成节能减排的目标；
- 膜结构自带自洁性，只需借助简单的雨水冲刷就能保持洁净，同时雨水收集设计也让水资源得到充分利用。

#### 环保材料的使用

- “花穹”所选用的膜结构材料是可回收且可重复利用的，有效减少了建筑对环境造成的影响；
- 膜材料的耐候性与耐久性较强，可以抵御新加坡热带气候造成的高温、高湿以及紫外线辐射，确保建筑能够长期稳定运行。

图 20：花穹的膜结构



来源：服设未来

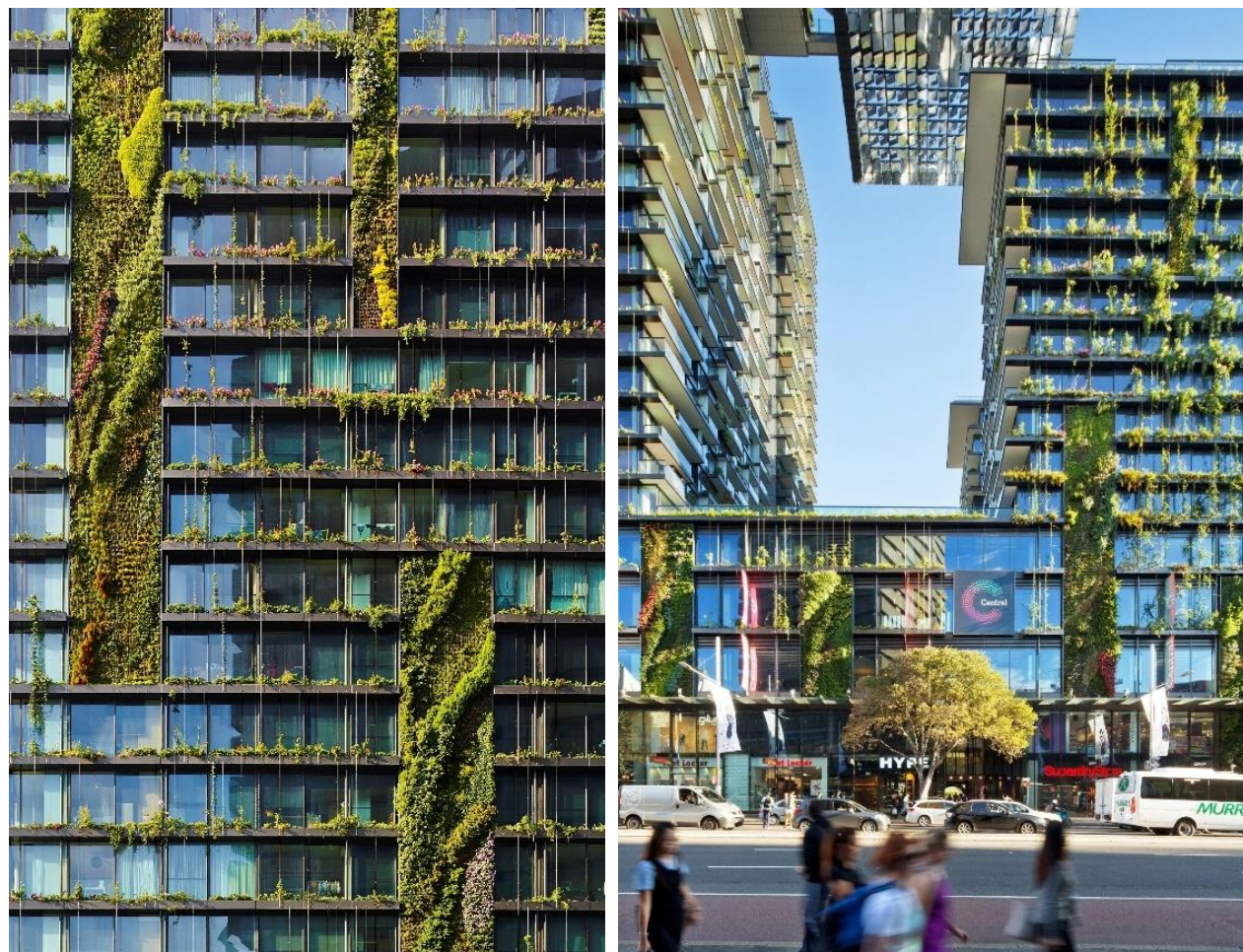


### 案例：悉尼中央公园一号——科技创新的绿建筑代表

中央公园是大悉尼区总体规划的关键构成部分，该总体规划涵盖 11 个街区，涉及住宅、商业、零售以及核心区域的公园设计等内容。其中，中央公园一号由两栋分别为 16 层和 33 层的塔楼组成。

中央公园一号的独特之处在于其全方位的绿化，垂直的绿色景观占据了整个建筑近一半的立面面积，构建起公园与塔楼之间的连贯景致。

图 21：中央公园一号的垂直绿化



来源：三联生活周刊、PTW Architects

中央公园一号的景观艺术家为大厦打造了面积达 1100 平方米的垂直花园，共计采用 450 种、3.52 万棵绿植，其中有 250 种属于澳大利亚本地品种。功能类似遮阳板的线性花槽总长度达 7 公里。此外，还专门开发了一套远程控制的滴流灌溉系统，让浸透矿质水的植物根部附着在网格状毛毡上，使得植物能够脱离土壤，沿着墙壁表面生长。

这些植物会随季节更替而变化，在冬季，它们能够吸纳最多的阳光照射，而到了夏天，则会屏蔽太阳的直射，起到遮荫和降温的作用，使得大厦在炎热夏季可节省 30% 的能耗。

从可持续发展的策略角度来看，中央公园一号不仅坐拥全球最大的垂直花园，还有其他亮点。

它配备了一个独具特色的悬臂式日光反射装置，这个悬臂式结构向外延伸 40 米之远，由 320 个固定且具备机动化功能的红外线镶嵌板组成的。设计目的在于，能够精准地将太阳光折射到区域内任意一处被阴影覆盖的地方，以此巧妙地利用自然光照资源，让建筑整体及周边区域都能获得更充足且合理的采光。

到了晚上，这个装置变成了公共艺术品。LED 灯光不断闪烁，营造出了如梦如幻的独特氛围。

图 22：中央公园一号的日光反射装置



来源：三联生活周刊、PTW Architects



在水资源循环利用方面，中央公园一号自行建设了废水回收再生水厂，能够将收集而来的灰水有序输送至公寓的洗衣房和浴室，满足日常使用需求。并且，这些灰水可以被继续用于浇灌外墙绿植，水资源得以在建筑内部及周边形成良性循环，提高了水资源的整体利用效率。

中央公园一号也建设了低碳三联产（Tri-generation）发电厂。三联产系统供电即冷热电三联产，以天然气等为燃料，先发电，再利用发电余热供热、供冷。在后续长达 25 年的时间里，这座发电厂以低碳运行的模式，预计能够节省 14 万吨的温室气体排放量。

### 案例：北京大兴国际机场——绿色生态机场

北京的大兴国际机场航站楼，堪称是全球规模最大的单体航站楼，也是我国机场站楼的绿色标杆。

#### 低能耗设计，最大限度实现自然采光、自然通风

- 采光顶设计：机场航站楼设有大规模采光顶，选用中置铝网遮阳玻璃，夏季直射光遮挡率 59%、采光系数折减率 37%，达成采光与降辐射平衡，减少室内照明能耗。
- 照明控制：航站楼部分区域对照明有要求，为此机场依二十四节气制定基准照明时间表，连接 405 个照明控制单元，可自动调节亮度，形成“恒照度”。相比固定开关模式节电 35%，全年节电 200 万千瓦时。
- 空调系统节能：采用双层低辐射玻璃反射热能，屋顶设电动、气动天窗实现自然通风，过渡季用全新风，还联动驻场航空公司，实现行李区域空调按人员情况开关，以此节省能耗。
- 地源热泵系统作用：建设大型耦合式地源热泵系统，结合冰蓄冷、电制冷技术，辅以区域燃气锅炉调峰，解决 257 万平方米配套建筑供热制冷问题，2020-2023 年累计提取地热总量相当于节约标准煤 15000 吨，减少碳排放 4 万吨。

图 23：北京大兴国际机场俯视



来源：archcollege

#### 科学用水设计，并增强“海绵机场”调蓄能力

北京大兴国际机场入选 2023 中国节水十大经典案例。

- 在节水器具的选用方面，从卫生间的洗手台，再到混流区的饮水处，全部采用非接触式自动关闭、延时感应开闭的节水器具。自运营以来，机场年均每旅客水耗始终低于 30 升，仅为中国民用航空局“十四五”水耗指标的一半，节水效果显著。
- 航站楼楼顶配备了两个雨水收集池，总容量可达 6000 立方米。经过达标处理后的雨水，可以用作空调循环冷却水、花园的灌溉用水等。机场还运用透水砖，设置下沉绿地以及各类储水设施，使雨水能够加速渗透收集，实现了自然积存、自然渗透、自然净化的可持续水循环系统，每年利用降水量超过 1000 万立方米。
- 雨水收集与机场运行安全息息相关。机场地处永定河泛区，场内硬化路面众多，因而在规划建设伊始，便明确了“海绵机场”的定位。同时，在机场边同步建设了兴旺湖，作为蓄水池，增强机场的调蓄能力。
- 用水末端环节，针对生活污水、清洗油污水以及除冰废液等各类污水，秉持污水“不出场”的原则，全收集、全处理、全回用。特别是冬季的除冰废液，因其化学耗氧量较高，若直接排入河湖会对水质及水生生物造成不良影响。因此，机场构建了机场除冰液再生处理系统，做到除冰废液零流出，保护周边的生态安全。

#### 机场在低碳运营方面的实践还包括：

- 飞行区内新能源车占比近 80%，比《“十四五”民航绿色发展专项规划》中 25%的要求高出不少。
- 针对光伏系统可能带来的跑道安全、飞行员眩光、电磁干扰等问题进行评估后，在飞行区跑道旁等区域建设光伏系统，加上屋顶光伏，年可节约标准煤 1900 吨。
- 采用地井式飞机地面空调系统，降低飞机停靠时燃油消耗，闲置时可降入地下减少廊桥负担。
- 超 50% 出港航班实现“减跑道起飞”，即航空器在满足起飞滑跑距离、确保安全的基础上，使用较短滑行道进入跑道，减少滑行距离，预计全年减少碳排放 6380 吨。



### 案例：石家庄当代府 MOMA

石家庄当代府MOMA是一个被动式低能耗建筑，它并没有采用高新科技，只是把常规技术的各个细节进行严格掌控，做到了精细化设计和精细化施工，从而达到提升建筑能效的目的。

根据石家庄气候特点和周围环境资源条件，通过适应气候特征的高性能围护结构建造技术、高效新风热回收系统等被动式技术的应用，MOMA是项目最大限度地降低建筑用能需求，在建筑全寿命周期内节约资源、保护环境，提升建筑使用寿命，实现舒适的室内环境并与自然和谐共生。

### 外墙节能保温系统

传统外墙由三道外墙结构组成，MOMA项目在传统三道结构的接触上再加一道保温系统（250mm 的石墨聚苯板），使得外墙厚度大于 500mm。传热系数降低至  $0.131\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  以下。

### 节能外窗系统

传统的外窗选用普通玻璃、普通窗框，保温隔热性能较弱，气密性也不高。

MOMA项目选用高性能外窗，对型材、五金件、皮条、毛条配置及搭接口处理都严格把关。外窗配置高透型低辐射（LOW-E）中空玻璃并充氩气，能让阳光能量进室内却阻止热量散发，冬季可将阳光能量留在屋内。采用断桥铝合金节能窗系统，即在内外两层铝合金间夹塑胶型材，构成一种新的隔热型的铝型材。传热系数降低至  $1.0\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  以下。

图 24：传统外墙和节能外墙的比较示意图

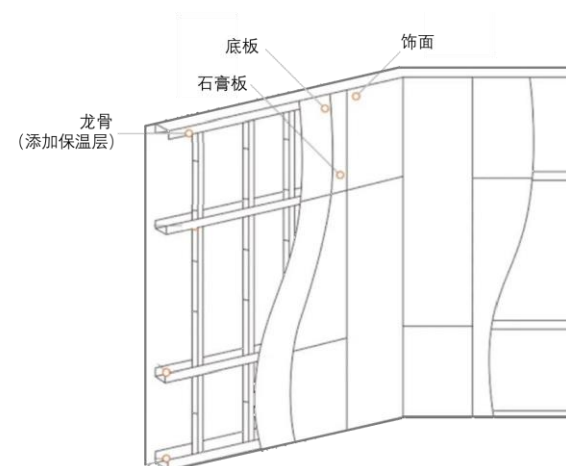


图 25：外墙节能保温系统示意图

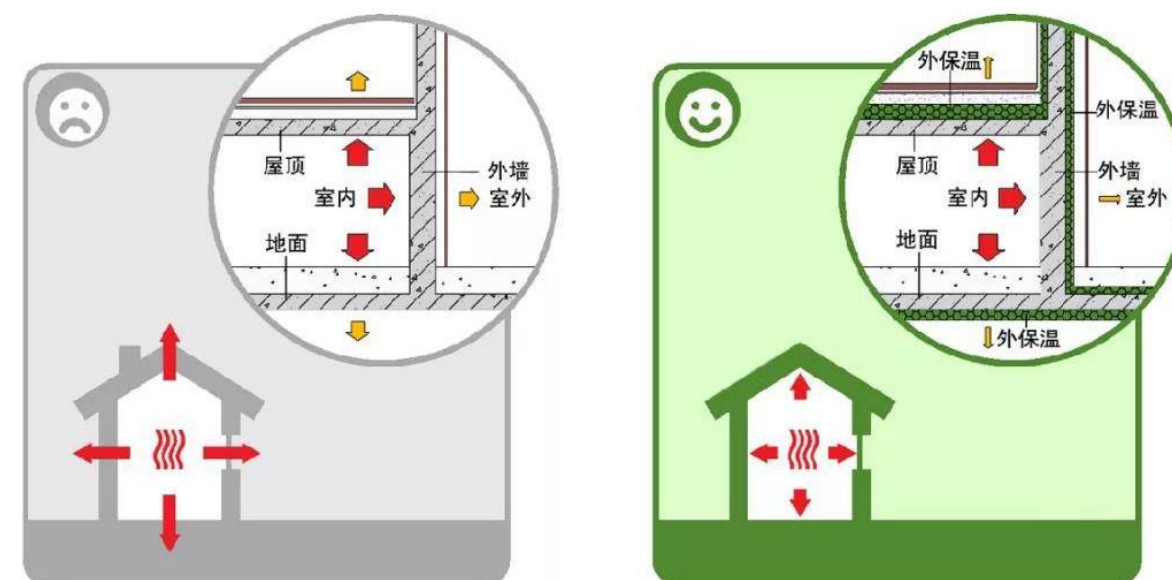
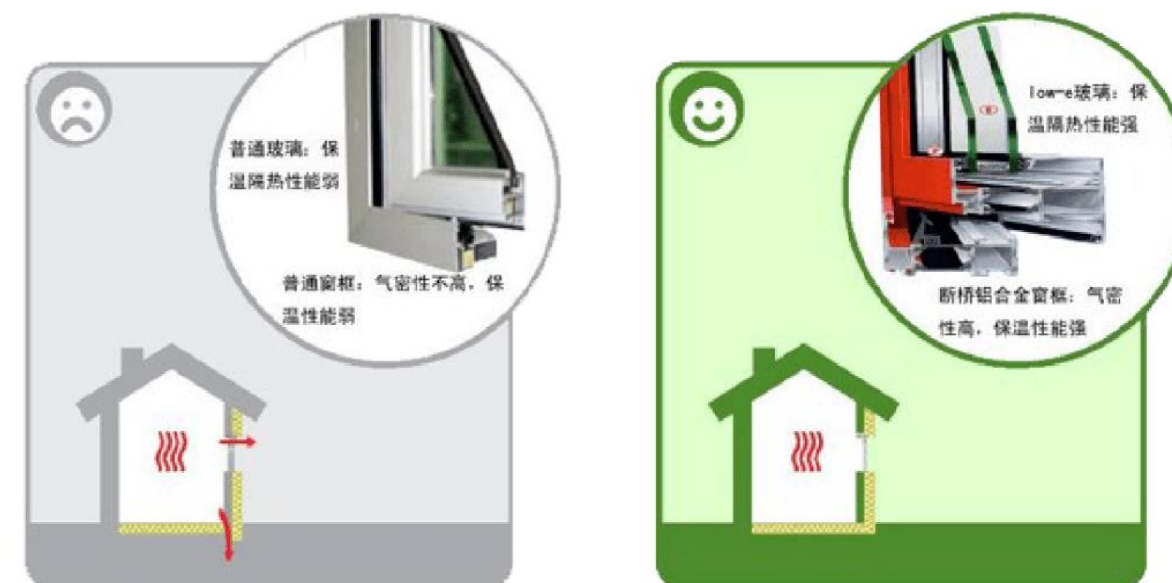


图 26：节能外窗系统示意图



来源：搜狐网《石家庄同福当代府 MOMA项目》



## 高效的外遮阳系统

传统的建筑没有外遮阳设备，夏季的阳光逼进屋内。

MOMA项目安装了外遮阳卷帘，夏季能最大程度地从外部阻挡阳光直射，减少太阳能辐射热能对室内温度的影响，可使室内温度降低约 3~4℃，节省能源并提高居住舒适度。

外遮阳系统还能调节室内光线，让家中的光线充裕而不刺眼。当太阳角度超过 20 度时，能够有效地阻挡 90%-95%的直射光线；在太阳角度较低的情况下也可以阻挡 75%的光线。

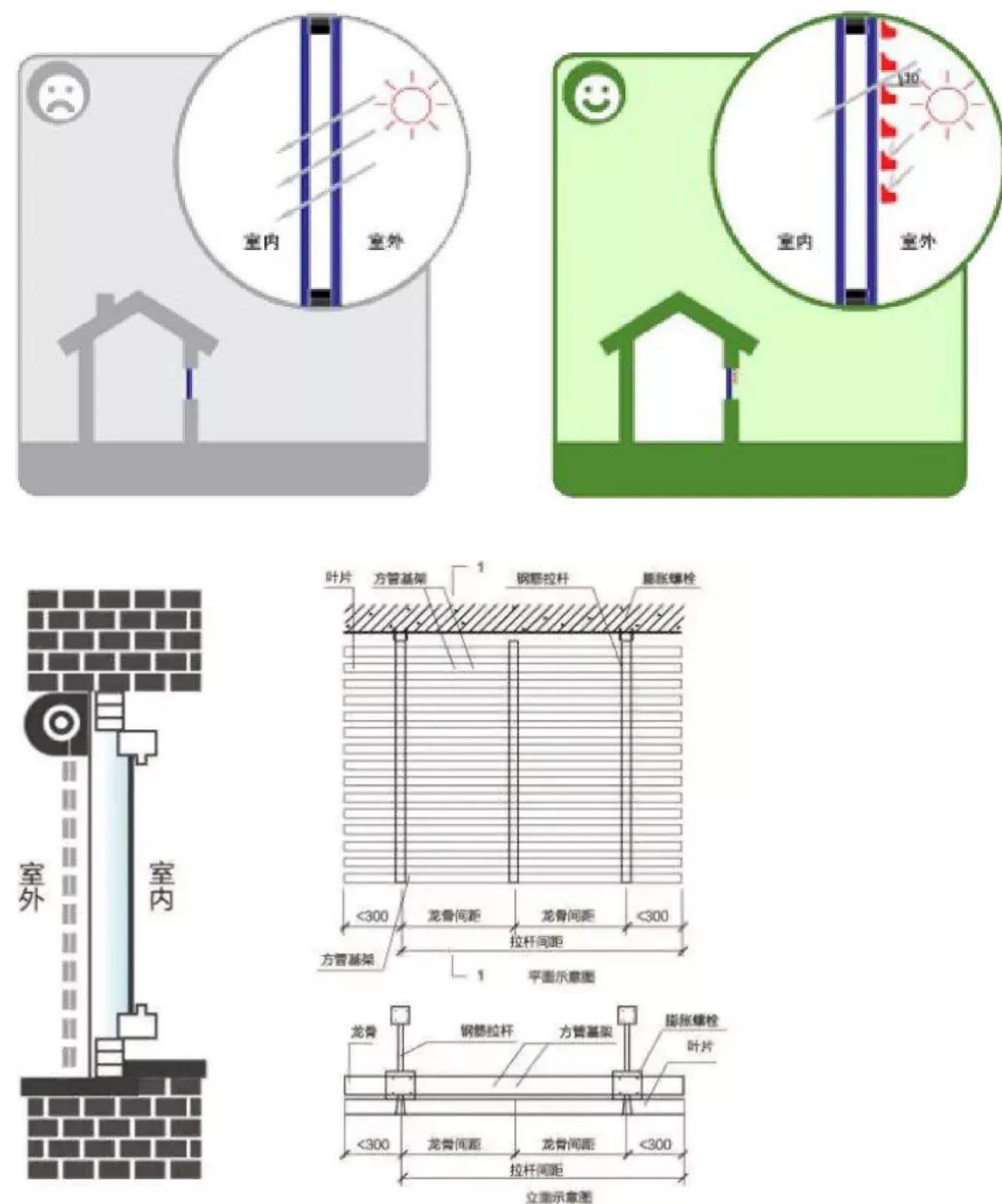
## 议题二：原材料获取

在房地产建筑行业领域，原材料的选择与管理对于环境影响的非常大，起到了关键性的作用。从原材料获取的角度来看，重点在于以下几个方面。

- 可再生材料方面：优先选取具备较短再生周期的可再生材料，以此保障资源的可持续性利用，减轻对自然资源的依赖。如竹子作为一种快速生长的可再生资源，以其强度和多功能性被广泛应用于地板、家具和结构部件中；如再生钢、再生玻璃、再生塑料、再生木材（从旧建筑中回收的木材）、稻草捆（以其优异的隔热和热性能，降低能源使用和排放，是墙壁和屋顶的环保选择）、植物绝缘材料（由回收报纸或牛仔布制成，具有高效的隔热效果，提高室内舒适度，并减少能源消耗）等。
- 回收再利用方面：例如将源于建筑废料加工而成的再生骨料，用以替代天然骨料投入到新混凝土的制作流程当中；针对建筑废钢进行回收处理，使其能够再次应用于新的建筑结构搭建，或是融入钢筋混凝土的制作之中；从各类废弃建筑材料里提取诸如铜、铝等金属元素，将其作为原材料用于制造新的建筑组件，以此实现建筑废料的高效再利用。

关于循环材料成本有时更高的问题确实存在，从废弃物中挑出特定材料的人工成本以及处理加工成本可能会较高。但是随着技术的进步和规模效应的显现，循环材料的成本也在逐渐降低。同时，考虑到资源保护、环境保护等因素，从总账上看，推广使用循环材料具有长远的价值。

图 27：高效的外遮阳系统示意图



来源：搜狐网《石家庄同福当代府 MOMA项目》



- 认证材料方面：优先使用来源受到严格管理且具备相应认证的材料，例如获得 FSC 认证的木材，这类材料在来源合规性及可持续管理方面更具保障。
- 资源丰富的材料方面：倾向于选择资源储备丰富，并且在整个生命周期内对环境影响尽可能小的材料，确保材料选择从源头符合环保要求。
- 低污染材料方面：将目光聚焦在那些制造过程中产生污染较低，二氧化碳排放量也相对较少的材料上，从源头上控制污染和温室气体排放。如低 VOC 油漆和面漆、土砖（在生产、使用以及废弃物清理方面净能耗和净排放为零）、高性能混凝土材料（包括汉麻混凝土、高延性混凝土 HDC 和超高性能混凝土 UHPC）、生物技术材料（如活体建筑材料 LBMs，含有微生物并显示出生物特性）等。
- 耐久性设计方面：注重对材料进行有效使用及耐久性方面的设计考虑，使材料在建筑使用过程中能够发挥更长久作用，减少频繁更换带来的资源消耗和环境压力。
- 本地生产材料方面：尽可能采用本地生产的材料，通过缩短运输距离，有效降低运输环节所产生的碳排放，实现绿色采购。

### 案例：软木橡树材料的应用

软木橡树主要分布于欧洲南部地区，其树皮具备多样化的应用价值，常见应用场景涵盖葡萄酒软木塞制作以及建筑行业，例如在建筑领域可充当隔热材料，或是用于地板、墙面饰面等方面。

软木作为建筑材料，属于天然的隔热材料范畴，具备显著的环保优势。它对人体健康无危害，并且拥有可生物降解的特性，这意味着在其使用周期结束后，不会产生长期难以处理的废弃物，从而有效避免了由此引发的环境问题。

软木橡树树皮的收获遵循特定的时间规律，通常当树木生长至 25 岁时，便可开启首次收获，此后每隔 8 至 15 年可进行下一轮收获。这样的收获方式并不会对树木本身造成实质性损害，而且树木能够在收获后的十年内重新生长出树皮，由此形成一种可持续的资源循环利用模式，保障了软木资源的长期稳定供应。

软木橡树在维持生态平衡以及保护生物多样性方面扮演着重要的角色，对于调节全球气候、平衡温室效应应有着积极的作用。因此，保留软木橡树对于整个地球生态系统的稳定与健康发展意义重大。

软木行业还和诸多社会文化元素关联，对传统工艺传承、当地特色文化、社区稳定发展以及就业形势等多个方面都有积极作用。

### 案例：Hy-Fi 结构的绿色低碳建材

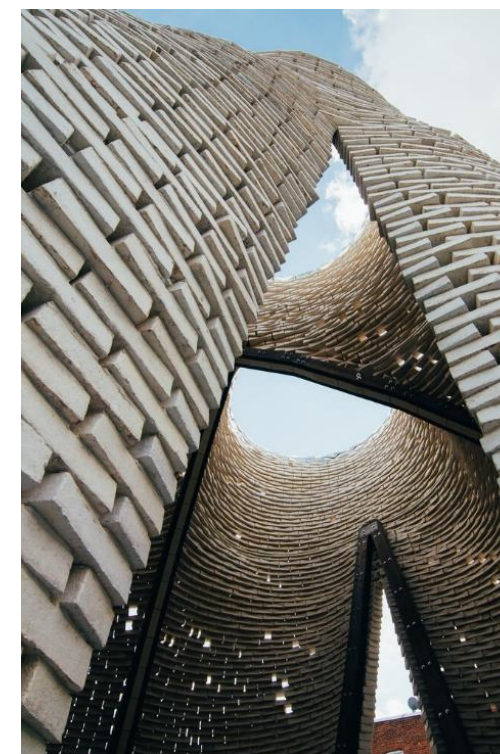
The Living 公司打造了名为 Hy-Fi 的独特结构，它是全球范围内首个运用菌丝体砖块构建而成的生物技术材料所组成的大型结构。这一创举展示了菌丝体在建筑领域作为建筑材料的潜力，为建筑行业的材料创新开辟了新的思路与方向。

Hy-Fi 结构属于生态建筑的范畴，其构建所采用的菌丝体材料主要是通过将玉米秸秆的残渣与菌丝进行混合加工制成。这种菌丝体材料作为一种新型的有机材料具备诸多特性，它不仅具有出色的绝缘性能，而且属于阻燃剂范畴，在使用过程中不会产生有毒气体，同时还拥有生物可降解的特性。

Hy-Fi 结构由纽约的建筑设计公司 The Living 专为青年建筑设计师大赛进行设计，并与生物材料公司 Ecovative 合作完成。其制作过程先是把相应的砖块放置在适宜霉菌生长的环境之中，经过短短五天的时间，原本软质的有机材料便会逐渐生长成为质地坚硬的砖块。这些砖块在历经老化测试后，展现出了令人满意的耐久性，进一步证明了该材料在实际应用中的可靠性。

在美国宇航局的相关研究中发现，基于菌丝体的材料在宇宙建筑领域是一种切实可行的选择。究其原因，在于宇宙探索项目往往需要将运输材料的体积尽可能压缩至最低限度，而菌丝体材料恰好具备能够在现场进行种植培育的优势，这无疑为其在宇宙建筑中的应用提供了得天独厚的条件。

图 28: The Living 公司的 Hy-Fi 结构



来源：archdaily

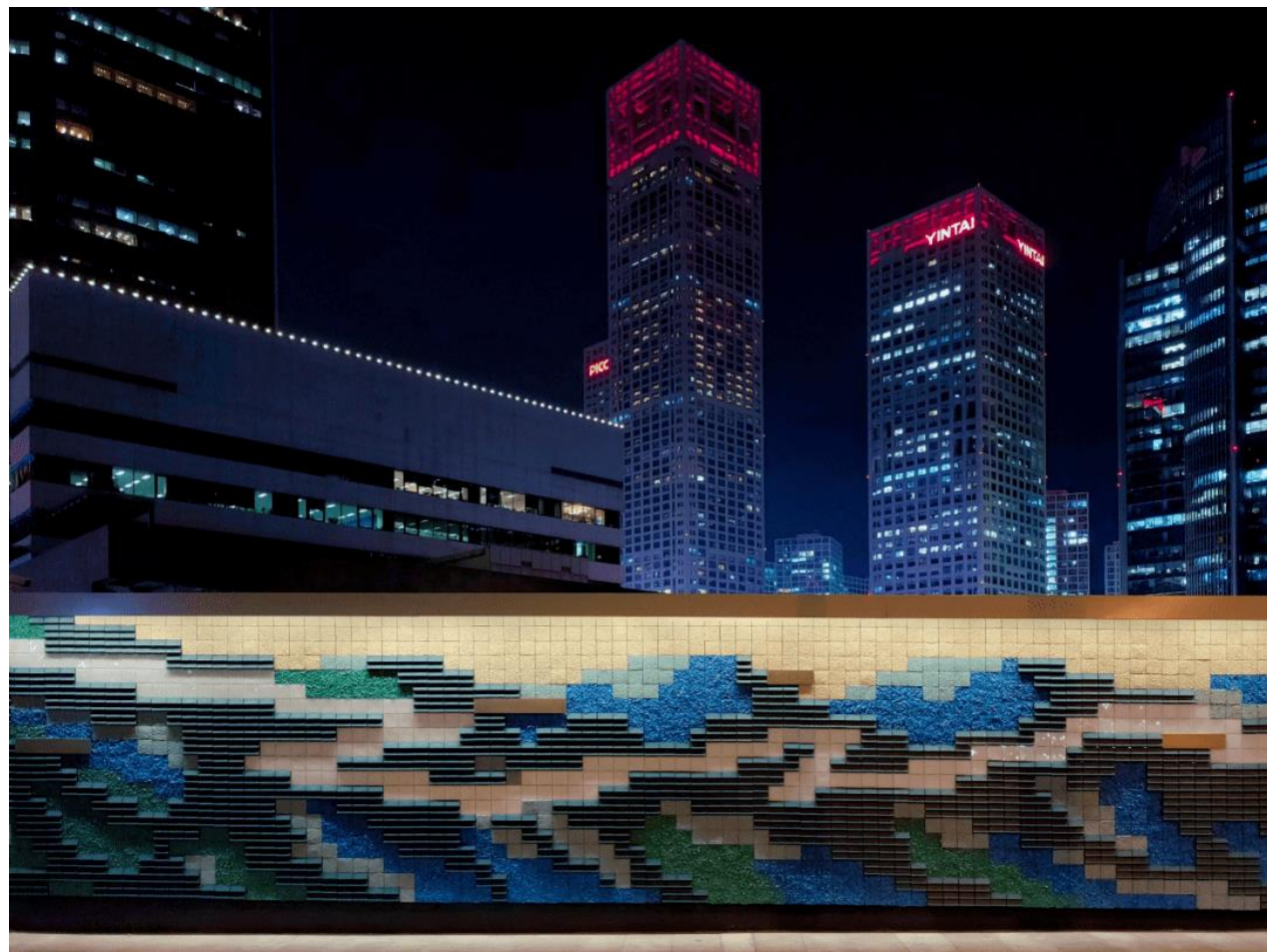


### 案例：北京 CBD 网红艺术长廊《青山万里图》

这幅《青山万里图》位于朝阳区东三环金桐路边。百米长卷中镶嵌了中国现有 56 处世界遗产，有长城、天坛、平遥古城、苏州园林等。

长卷由近 3 万块利用废旧塑料瓶、家电外壳等回收材料粉碎重新注塑成型的环保砖拼接而成，包括塑料瓶及瓶盖（PP）、日用家电外壳（ABS）和高速公路反光牌（PC）等回收塑料的直接粉碎为碎屑、形成再生颗粒及重新注塑成型。

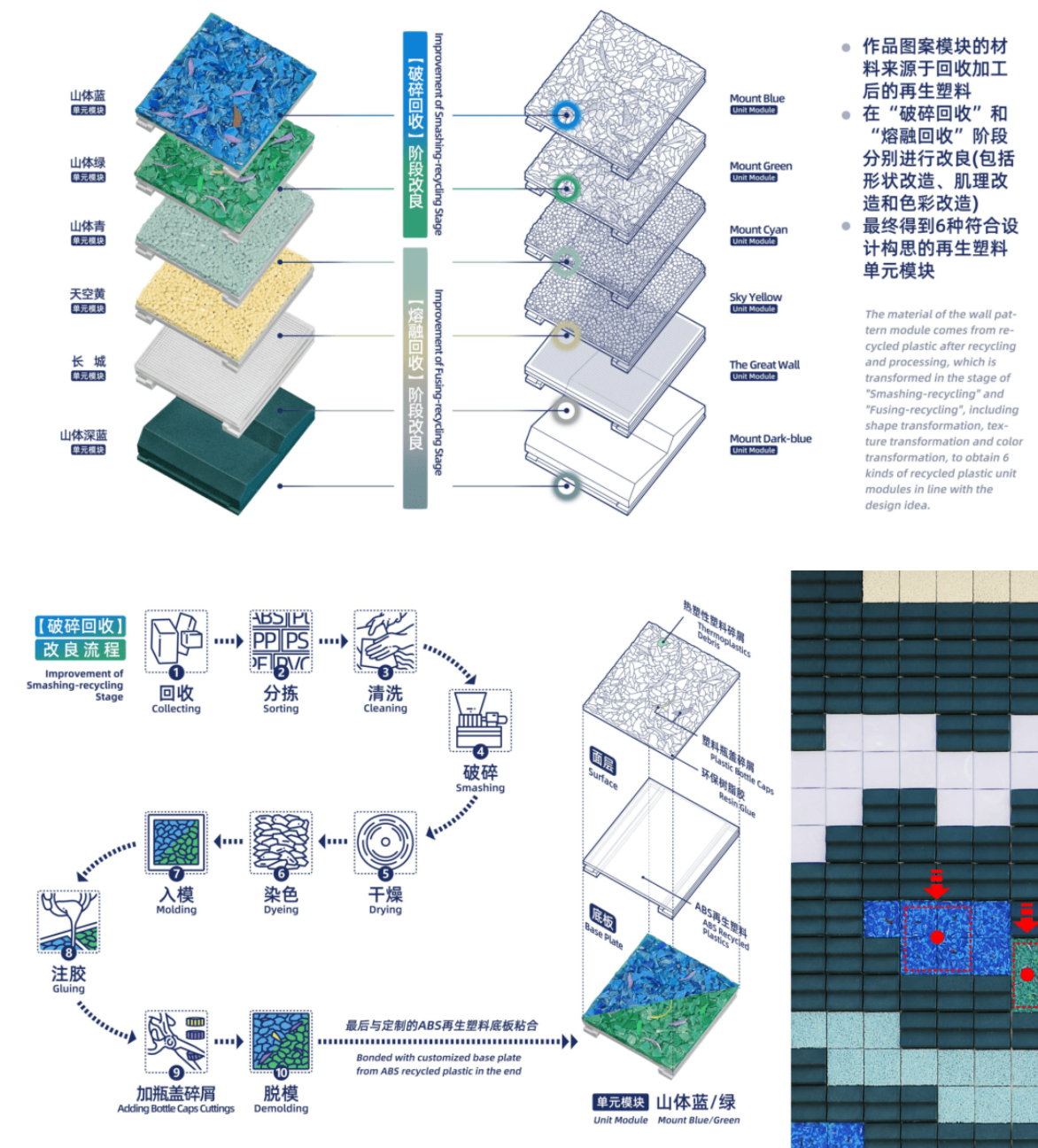
图 29：《青山万里图》



来源：搜狐网《再生塑料砖，废料再生的新篇章》

图 30：材料的重生

### 三 材料设计 / Material Design



来源：搜狐网《再生塑料砖，废料再生的新篇章》



### 议题三：建造方式

建造环节，同样是建筑的重要 ESG 议题。

#### 1. 装配式、预加工等建造方式

装配式建造，就是借助预制部件在建筑工地进行装配，从而搭建起完整建筑的一种方式，它正逐渐成为建筑行业的重要发展方向。万科是国内装配式建筑的鼻祖，引领了装配式主体结构与内装的发展脉络。

深圳市已经制定了明确的发展目标，计划到 2025 年，装配式建筑在新建建筑面积中所占的比例要达到 60% 以上，体现了装配式建筑在城市建设进程中的重要地位。

#### 标准化设计

遵循统一的标准与规范开展设计工作，保证各个预制部件之间具备良好的通用性以及互换性，为后续的工厂生产、现场装配等环节奠定坚实基础，使得整个建筑体系如同标准化的“积木”搭建一般，各部分能够完美契合。

3D 打印建筑作为一种创新的建筑方式，充分发挥了 3D 打印技术的优势。在建筑构建过程中，借助该技术能够精准控制材料的使用量，有效减少因传统建造方式中切割、拼接等环节所产生的材料浪费现象，同时，凭借其独特的成型原理与工艺特点，还可快速且高效地打造出各类复杂的建筑结构，为建筑领域在提升建造效率以及实现多样化设计方面提供了全新的思路与方法。

#### 工厂化生产

把大量原本需要在施工现场进行的作业转移至工厂内完成。工厂凭借高效的生产线以及完善的质量控制体系，不仅能够大幅提高生产效率，而且能严格把控产品质量，生产出规格统一、品质可靠的预制部件。

#### 装配化施工

施工现场通过专业的吊装设备和合理的拼装流程，将预制部件有序组合，快速搭建起建筑的主体结构。相较于传统施工方式，这种方式极大地减少了现场施工所需的时间，能够将工期缩短 20% - 50%。

装配式建筑也展现出了良好的环保性能，电能消耗和用水量能够节约 12%-20%，同时还能减少木材等各类建筑材料的使用量，并降低垃圾排放量。

由于装配式建筑减少了大量的现场作业环节，因而能够有效降低施工过程中产生的噪音、灰尘，缓解交通拥堵状况，使得工地及其周边的环境质量得到明显改善，为施工人员以及周边居民创造了一个更好的环境。

#### 信息化管理

利用信息技术，对从设计、生产到施工的全流程进行细致管理，实时追踪各环节的进展情况，确保各个环节之间能够高效衔接、协同运作，避免出现脱节或延误等问题。

运用精益施工方法，对施工各环节进行精细化管理与优化，从而有效削减各类浪费现象，显著提升材料的使用效率。

#### 智能化应用

引入智能化技术，比如在施工过程中运用自动化设备进行预制部件的精准安装、借助智能监测系统实时把控施工质量等，进一步提高施工的自动化和精细化水平，全方位提升整体施工效率以及工程质量。

部分施工项目借助自动化机器人参与施工操作，凭借机器人所具备的高精度作业能力，实现精确施工，精准把控材料用量，进而最大程度地减少材料消耗。

图 31：装配式建造示意图



来源：《海峡时报》，戴德梁行研究部

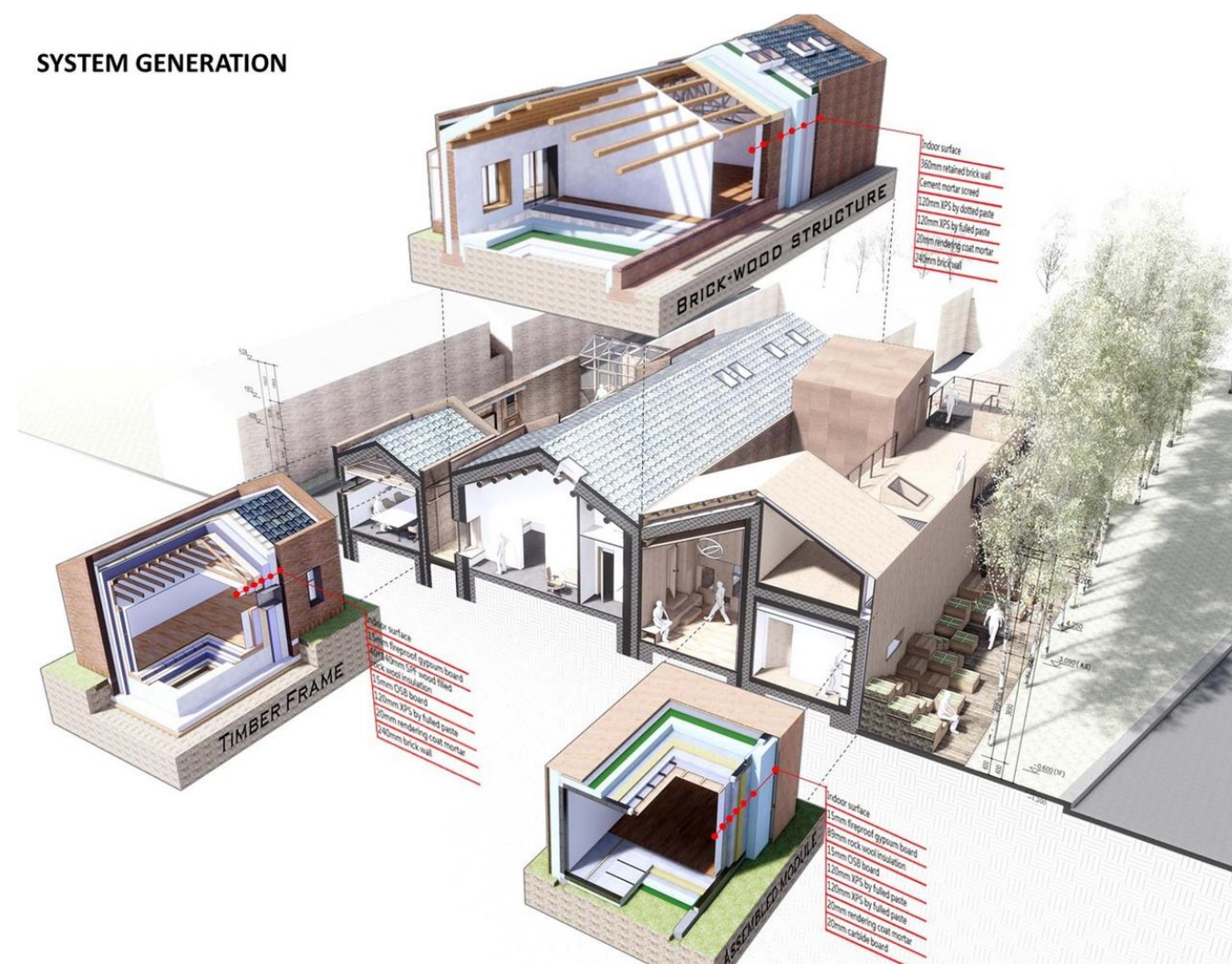


### 案例：天友·零舍——装配式居住

天友·零舍尝试了装配式居住模块。采用轻钢体系与 OSB 板复合的模式，内填外贴两种保温材料，以保证系统的传热系数和气密性，在工厂完成从结构到内装修的标准居住模块，三个模块在现场组合为一套功能完善的居住单元。

图 32：天友·零舍的装配式建造模型

#### SYSTEM GENERATION



来源：archdaily





### 案例：深圳裕璟家园——装配式建造

深圳已将“加快推进建筑工业化，全面推广装配式建筑”作为提升城市建设水平的重要举措之一。

深圳裕璟家园建筑面积约 6.5 万平方米，总造价达 2 亿元，每平米造价约合 3000 元。值得一提的是，该项目成功实现了约 50%的预制率以及 70%以上的装配率，展现出了较高的装配式建筑水准。

在项目的运作过程中，采用了“研发+设计+采购+制造+管理”的装配式建筑 REMPC 管理模式，并且它还是深圳首个运用 EPC 总承包模式的装配式保障房项目，为深圳装配式保障房项目的发展起到了良好的示范作用。

图 33：裕璟家园外观



自设计环节起，裕璟家园项目便开启了标准化建设之路，涵盖户型标准化、预制构件标准化、模具标准化以及现浇节点标准化等多个方面，保障项目的规范性与高质量。

图 34：裕璟家园的装配组合



来源：搜狐网《现阶段我国具有代表性的装配式建筑项目——深圳裕璟幸福家园》

### 预制和装配

该项目采用的是装配整体式剪力墙结构，其预制构件种类丰富，涵盖了预制剪力墙、预制叠合梁、预制叠合楼板、预制阳台、预制楼梯以及预制混凝土内隔墙板等。住宅塔楼里现浇结构部分则通过铝模装配式施工方式来操作。现场施工时，将在工厂中进行标准化、规模化生产的建筑预制构件运输至项目现场，随后采用装配式施工的方式搭建起来，如同搭建积木一般，将各个预制构件按相应规则拼装起来。

针对预制构件，还着重进行了深化设计，重点聚焦在节点设计。在保障结构连接安全性的基础之上，达成建筑的耐久性、保温节能性、防水性以及美观度等多方面的统一。例如，预制剪力墙水平连接节点处，能够借助企口、座浆料、耐候密封胶等多种材料及工艺手段，实现预制构件之间构造防水、结构防水以及材料防水的多重保障，进而可以有效地解决外墙容易出现渗水漏水这一常见问题，让建筑整体的质量和使用体验都得到显著提升。



图 35：预制剪力墙堆放示意图



图 36：叠合楼板和预制楼梯



图 37：预制阳台和叠合梁

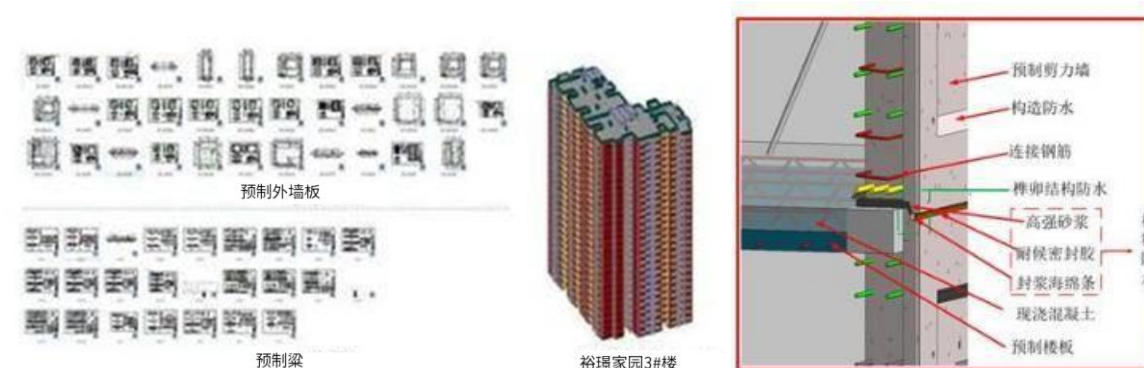


### 建筑信息模型（BIM）为工程建设保驾护航

裕璟家园建立了建筑信息模型（BIM）管理体系。BIM 技术的核心原理在于，它能够运用数字信息对建筑物所具备的真实信息进行仿真模拟，进而完成建筑模型的搭建工作。这一技术具有多方面显著的特征，其中可视化特征让建筑信息以直观形象的模型形式呈现出来，方便各方人员清晰了解建筑全貌及细节；协同性特征则打破了不同专业、不同部门之间的沟通壁垒，促使各参与方能够在同一平台上紧密协作，共同推进项目进展；模拟性特征可以针对建筑施工过程、性能表现等诸多方面进行模拟分析，提前预判可能出现的问题并加以解决；连贯性特征确保了从建筑设计到施工再到运维整个生命周期内，信息的持续传递与有效衔接，避免出现信息断层的情况。

裕璟家园通过 BIM 管理体系对各参建单位的工作内容进行辅助协调，管理项目的全生命周期。这一过程中，各式各样的相关信息都会被整合到三维模型数据库内，依托这个数据库，在项目的设计、生产、施工阶段以及后续的管理阶段，有效提高了生产效率，使得建筑项目在各个环节能够更高效地运转；同时，还节约了施工成本，帮助企业在保证建筑质量的前提下，实现资源的优化配置与成本控制；并且能缩短了施工周期，让建筑能够更快地交付使用。

图 38：BIM 管理体系的界面举例



来源：搜狐网《现阶段我国具有代表性的装配式建筑项目——深圳裕璟幸福家园》

- 在设计阶段，各部门依托自建的一体化平台来构建模型，展开拼装协同工作。借助这一平台，能够针对 BIM 模型实施多方面的操作，诸如进行深入分析、开展构件拆分、完成工程量提取等工作，进而输出相应的 BIM 成果。与此同时，将生产与施工环节的信息需求以及各类要求提前融入到设计之中，进行前置规划，为后续工作提供保障。



- 进入生产阶段后，设计阶段所形成的 BIM 模型信息开始发挥重要作用，指导工厂开展构件模板设计、材料分析以及构件预留预埋等工作，通过精准的信息引导，工厂构件生产的效率得到了显著提升。
- 现场施工装配阶段，借助 BIM 模型完成施工场地三维平面布置、优化构件吊装路线、分析施工工况、剖析构件吊装方案、管理施工工期、排查管线碰撞、模拟施工设备以及复核孔洞预留预埋等诸多工作。通过这些细致且全面的操作，合理安排施工现场人、材、机等资源，保障各道工序的实施。
- 施工项目完成后，相关人员会进一步完善模型信息，建立竣工模型，并传给运维方，最终配合运维阶段的各项需求，实现 BIM 模型完整且有效的交付应用，让 BIM 技术贯穿项目全生命周期，持续发挥其价值。

另外，项目采用远程视频监控系统、大型设备工况监测、人员实名制管理、人员定位、二维码信息全过程追溯系统等信息化技术，辅助现场的管理和施工。

### 局部成本省

- 采购成本省。EPC 模式下，裕璟家园项目各环节深度融合、有序交叉。设计阶段确定了建造全程的物料、部品件和分供应商，精准规划采购内容与数量，把传统无序、临时的采购变为集中采购，减少了应急成本、库存成本及间接成本，降低了整体采购成本。
- 材料及运输费省。设计时因地制宜选材料，优先用当地材料，节省材料和运输费用。
- 劳动力成本省。工人平均年龄约 35 岁，技能比传统劳务工更全面，人数减少，节省劳动力，降低劳务成本。
- 资源投入省。EPC 模式中，通过协调管控，统一各参建方目标至项目整体目标，以整体成本最低为导向，优化各方资源配置，整合设计、制造、装配资源，突破传统模式下各方利益局限，节省资源，降低成本。

### 建筑质量好

- 高精度：预制构件加工制作更专业，严格管控质量，减少误差，做到精益求精。
- 免抹灰：用标准化定型钢模板生产预制构件，平整度控制在 3mm 以内，结合现浇部分定型铝模工艺，内外墙体可免抹灰，杜绝常规抹灰空鼓开裂问题。
- 防渗漏：门窗提前预埋在预制构件内，有效解决窗框渗漏问题。

- 免剔凿：各专业机电管线及施工所需洞口、埋件都在工厂精准预留预埋，避免开凿墙体，保证主体结构质量。
- 高质量：预制构件在工厂浇筑制作并养护，提高混凝土成型质量，避免蜂窝麻面等质量通病。

图 39：预制飘窗安装模拟



图 40：预制楼梯安装模拟



来源：搜狐网《现阶段我国具有代表性的装配式建筑项目——深圳裕璟幸福家园》



#### 议题四：房地产科技（Prop Tech）

地产科技，即 Property Technology（Prop Tech），也被称作 Real Estate Technology，核心目标在于借助各类技术与信息手段，对房地产的交易、管理等进行变革与重塑。

地产科技（Prop Tech）的覆盖范围极为广泛，贯穿房地产领域的各个环节，像开发、建设、管理、交易、租赁以及投资等均囊括在内。同时，它的应用场景也十分多样，涵盖智能楼宇、共享办公、在线中介、虚拟现实、区块链等诸多方面。

早在 2017 年，牛津大学发起的“房地产未来计划”便指出，地产科技代表着房地产行业未来的发展方向。

诸如财产清单、物业管理软件、物业交易平台、智能合同、租赁服务、抵押贷款申请、贸易市场、AR/VR 建模、物联网家用设备等，还有像 Airbnb、WeWork、自如这类平台或企业，它们都是地产科技在现实应用中的例证。这些实例在交易、房屋搜索、查看、租赁流程以及数据整合等环节不断推陈出新，推动了房地产行业发生深刻变革，为整个行业注入了新的活力与发展动力。

#### 房地产科技（Prop Tech）实现可持续的途径

房地产科技（Prop Tech）通过多种方式促进建筑行业的可持续发展。

##### 1. 数智化能源管理

房地产科技（Prop Tech）通过智能化能源管理系统的应用，如“光储直柔”<sup>3</sup>技术和虚拟电厂<sup>4</sup>，帮助建筑实现用电的自主调节和优化。

<sup>3</sup> 光储直柔技术集成了光伏发电、储能、直流配电和柔性用电的系统，旨在构建一个高效、清洁、灵活和智能的能源生态系统。这一技术通过将太阳能转化为直流电，直接供应给建筑内的直流负载，或者通过储能系统存储起来，在需要时释放能量，以满足不同的用电需求。

<sup>4</sup> 虚拟电厂是一种新型的电源协调管理系统，通过信息技术和软件系统，将分布式电源、储能设备、可调负荷等多种分布式资源聚合起来，实现协同优化。这种系统既可以向电网供电调峰，也可以作为通过增加负荷消纳来配合电网填谷，从而促进电网供需平衡。

这些技术能够通过柔性用电管理系统，实现建筑用电的自主调节和优化，降低能源消耗和碳排放。例如，虚拟电厂技术通过聚合分布式能源，帮助建筑用电端实现用电控制与分配，有利于直接消纳风电和光电。这些技术的应用为实现建筑近零排放和打造弹性建筑提供了有效手段。

#### 案例：芮城县陌南镇“零碳庄上村”

芮城县陌南镇庄上村通过发展“光储直柔”技术，实现了全面电气化的零排放，为“双碳”战略的实现做出了贡献。“光储直柔”技术包括光伏发电、储能、直流配电和柔性用电四大部分，这一系统在庄上村的应用，不仅改变了传统的能源消费模式，还促进了乡村振兴和乡村产业的发展。

庄上村的“光储直柔”新型配电系统由南京国臣直流配电科技有限公司与清华大学江亿院士团队共同支持，通过利用分布式太阳能光伏发电、分布式储能、低压直流配电系统和柔性接入技术，实现了光伏电能的自发自用、余电上网。这使得庄上村的屋顶变成了“绿色能源工厂”，不仅满足了村民的日常用电需求，还实现了清洁取暖、炊事、交通等全电气化，真正实现了“做饭不用炭、农机不冒烟、屋顶能发电、多余还卖钱”的愿景。

庄上村的“光储直柔”项目总装机 2 兆瓦，储能 717 千瓦时，于 2022 年初成功并网，建立了“屋顶光伏+储能+直流配电+柔性用电”的新型电力系统。据测算，该项目全容量并网后，每年可节省标煤 800 吨，节水 7700 吨，减少二氧化碳排放 2450 吨，减少烟尘排放 4.46 吨。

此外，庄上村的“光储直柔”新型配电系统在第 28 届联合国气候变化大会上荣获“能源转型变革者”奖项，成为全球 28 个入选项目之一，是中国 5 个入选项目之一。这一荣誉不仅是对庄上村绿色发展的肯定，也为其他农村地区提供了可借鉴的经验和模式。



图 41：庄上村的光伏屋顶



来源：搜狐《“中国零碳村镇示范村”在芮城庄上村挂牌 全国首个！》

## 2. 建筑机器人的应用

建筑机器人在施工和运维阶段的应用，不仅可以提高施工效率和质量，还能降低人工操作的风险和成本。建筑机器人通过精确的传感器和算法控制，可以实现比传统工人更高的施工精度和质量。此外，建筑机器人可以连续工作，不受精力和时间限制，从而提高施工效率。在建筑运维阶段，机器人可以用于前期施工运维和后期物业运维，如设备监控和任务管控，降低人工操作的风险和成本。

### 案例：碧桂园的博智林机器人

2021 年 2 月，住房和城乡建设部明确在上海、重庆、佛山、深圳的 7 个项目开展智能建造试点工作。2022 年 1 月，住建部《“十四五”建筑业发展规划》明确加快智能建造与新型建筑工业化协同发展：完善智能建造政策和产业体系；夯实标准化和数字化基础；推广数字化协同设计；大力发展装配式建筑；打造建筑产业互联网平台；加快建筑机器人研发和应用；推广绿色建造方式。

作为智能建造的先行者，博智林已经有多款建筑机器人投入商业化应用，如智能随动式布料机、地面整平机器人、地面抹平机器人及地库抹光机器人等，这些机器人已在多个项目中得到应用，显著提升了施工效率和质量，同时降低了人力成本和安全风险。

图 42：爬升式乳胶漆外墙喷涂机器人



来源：腾讯网《打造碧桂园“新名片” 建筑机器人为智能建造与新型建筑提速赋能》

## 3. 智慧办公解决方案

借助智慧化租户端解决方案，聚焦设施管理、空间管理以及能耗管理等多方面存在的问题，充分运用物联网、数据接口、算法以及数据看板等先进技术作为有力支撑，有效提升了空间资源的利用效率。

此类智慧办公解决方案带来的益处是多方面的。一方面，切实提升了员工的办公体验，让员工能够在更加便捷、舒适且智能化的办公环境中开展工作；另一方面，有力地协助企业达成更为高效的空间和能源管理目标，助力企业优化办公资源配置，提升整体运营效率。



### 案例：霍尼韦尔智能建筑能源管理系统

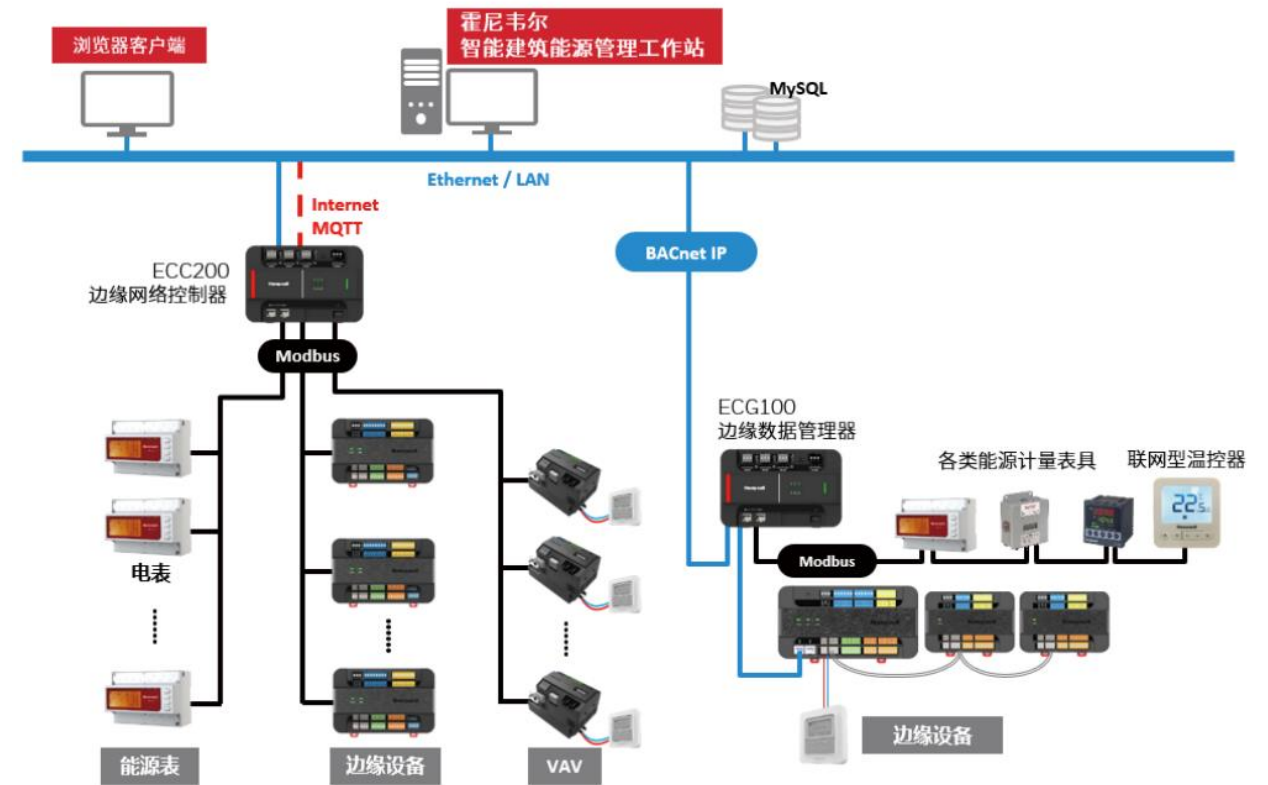
霍尼韦尔智能建筑能源管理系统（Honeywell Building Energy Management Suite，简称 Honeywell BeMS）是以能源管理与节能措施相结合的一套面向未来的智能建筑人居环境管理系统。它不仅继承了智能楼宇自控的舒适性控制，同时从建筑节能运营的视角，对建筑内的暖通空调、照明、给排水、变配电、电梯等高能耗设备进行状态监测、设备保护及故障监测、运行管理。

结合能耗数据的评估分析与楼宇自控系统形成闭环，实现全系统的柔性控制，并通过大数据分析及智能算法的赋能，为低碳舒适运营提供决策支持，实现提高能源效率的目标，同时也是新建楼宇能耗达标及老旧建筑物适时改造得力助手。

图 43：绿色建筑能源管理的应用需求与场景

|                                                                         |                                                                    |                |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------|
| <b>楼宇自控系统</b><br>通过传感器、执行器等现场设备实现自动化系统控制，统筹暖通空调、照明、电梯等系统，以提高能源利用效率、降低能耗 | <b>提升建筑内的精细化用能监控</b> ，赋能与其他应用场景集成，以实现更全面的绿色建筑可持续运营                 | <b>智能物联网设备</b> |
| 收集、分析和处理建筑能耗数据，实现能源的综合管理和优化调度，为绿色建筑提供更加精准和高效的能源服务                       | <b>能碳专业评估</b><br>利用数据分析和预测模型等技术，对绿色建筑的能耗与碳排放情况进行准确的分析和预测           |                |
| 在短时间内提供尖峰负载电力或跟随负载的发电，提供更高的电力调度效率和更大的灵活性                                | <b>能源 / 碳交易辅助</b><br>为绿色建筑运营提供能碳交易相关的辅助服务，为能源采购、市场分析、风险管理等行动提供决策支持 |                |
| <b>用户侧储能</b><br>用户侧储能与微电网连接，实现对清洁能源储存和使用的灵活管理                           | 将光伏系统等用户侧发电系统或技术应用于绿色建筑，提供可再生能源                                    | <b>新能源系统</b>   |

图 44：霍尼韦尔的系统架构



来源：霍尼韦尔官网





## 议题五：物业运营

在房地产建筑行业的全生命周期里，运营阶段的可持续发展占据着举足轻重的地位，它关乎着整个行业能否实现长期、健康且绿色的发展路径，对于资源的合理利用、环境的有效保护以及社会经济效益的综合提升等诸多方面都有着深远影响。

以下为大家介绍香港倡导租户可持续发展的两个颇具代表性的案例，它们分别是 K11 ATELIER King's Road 以及 The Henderson，这两个案例在推动租户践行可持续发展理念方面有着诸多值得借鉴之处。

### 案例：K11 ATELIER King's Road

K11 ATELIER King's Road 堪称绿色建筑领域的典范之作，它在全球范围内率先成为同时斩获 WELL、LEED 和 BEAMPlus 三重铂金级认证的绿色建筑之一。这座建筑不仅自身具备卓越的绿色环保特质，还积极投身于倡导租户参与可持续发展的实践之中，大力推行“创造共享价值租赁”计划，致力于在整个建筑生态圈内营造可持续发展的良好氛围。

#### — 鼓励租户践行减碳与参与可持续发展活动

该计划积极鼓励租户为达成减碳目标贡献自身力量，同时踊跃参与各类推动可持续发展的活动，旨在凝聚租户力量，共同为环境保护与可持续发展添砖加瓦。

活动内容例如废物回收和健康工作坊，通过组织开展废物回收和健康工作坊这类活动，向租户传授关于如何进行有效废物回收利用的知识与技能，同时普及健康生活理念，提升租户在环保与健康方面的意识和实践能力。

又如定期举办交流活动，在活动中为租户及时分享最新的可持续发展资讯以及行业趋势，确保租户能够紧跟可持续发展的时代步伐，不断更新理念、调整实践方向，更好地融入并推动可持续发展工作。

#### — 设置激励机制

为了进一步激发租户参与可持续发展活动的积极性，该计划设立了激励机制。当租户成功达到预先设定的可持续发展指标时，便能够获得 KDollar 奖励，这些奖励可在办公楼配套的商场中消费，这一举措不仅鼓励了租户积极践行可持续发展行动，还巧妙地促进了商场生态圈内的消费循环，实现了可持续发展与商业运营的有机结合。

### 案例：The Henderson

The Henderson 在推动可持续发展方面同样表现卓越，其积极致力于评估租户及其员工在“碳中和”“身心健康”“同心协力”以及“文化共融”这四个重要范畴所展现出的 ESG 行动以及所做出的贡献，以此来全方位、多维度地促进整个建筑生态环境朝着更加绿色、和谐且可持续的方向发展。

#### — 大数据智慧管理平台

记录功能：该平台的核心功能之一便是用于详细记录租户及其员工的 ESG 表现情况，将租户与员工在可持续发展方面的每一项行动、每一份贡献都清晰地留存下来，为后续的评估与管理提供了详实的数据支撑。

便捷追踪与管理方式：租户和员工可以借助便捷的“智慧办公室”程序，轻松实现一站式的追踪和管理操作。通过这一程序，他们能够随时随地查看自己在 ESG 方面的表现数据，清晰了解自身在各个范畴的进展情况，同时也便于根据实际情况及时调整自身行为，更好地朝着可持续发展目标迈进。

#### — 激励机制

为了充分调动租户和员工参与可持续发展的积极性，The Henderson 设立了行之有效的激励机制。当租户和员工在上述提及的“碳中和”“身心健康”“同心协力”以及“文化共融”等范畴达到特定的可持续发展目标时，便能获得“HENDCOINS”积分。而这些积分可直接用于兑换各类奖赏。

#### — 信息化技术应用

智能管理系统引入：The Henderson 引入智能管理系统，在建筑从规划建设到投入使用，直至后续运维的整个生命周期中，建立起完整且精确的信息模型，为实现精细化管理提供基础。

实时监控与节能增效：借助先进的数据分析以及智能技术手段，对建筑的各种数据进行实时监控，无论是能耗情况、设备运行状态，还是室内环境参数等，都尽在掌握。通过对这些海量数据的深度分析以及精准预测，进而可以提前发现能耗异常等问题，并采取针对性的措施加以优化调整，最终达到节能降耗以及提高建筑整体运营效率的目的。



## 议题六：拆除和改造

建筑的拆除和改造，从 ESG 角度来看，一般要遵循以下原则：

### 改造优先原则

建筑倘若其具备改造的可行性，那么应当将改造作为首要选择，而非直接采取拆除重建的方式。这样做的目的在于最大程度地减少资源的浪费，使既有建筑资源能够得到充分且合理的利用，延续其使用价值。

### 拆解技术运用

优先考虑采用拆解的方式来替代爆破拆除手段。实施拆除工作之前，规划好完善的拆除方案，考虑如何在拆除过程中尽可能多地保留那些能够再次被利用的材料。

例如，丹麦哥本哈根的 Lendager Group 在创新性的 Resource Rows 项目中，运用了拆迁基地上的再生材料来打造住宅区。该项目里所使用的砖块，都是从诸如嘉士伯啤酒厂等地方回收而来的。通过对这些回收砖块进行切片以及再加工处理，使其变成了建筑的新立面。

### 材料分类回收举措

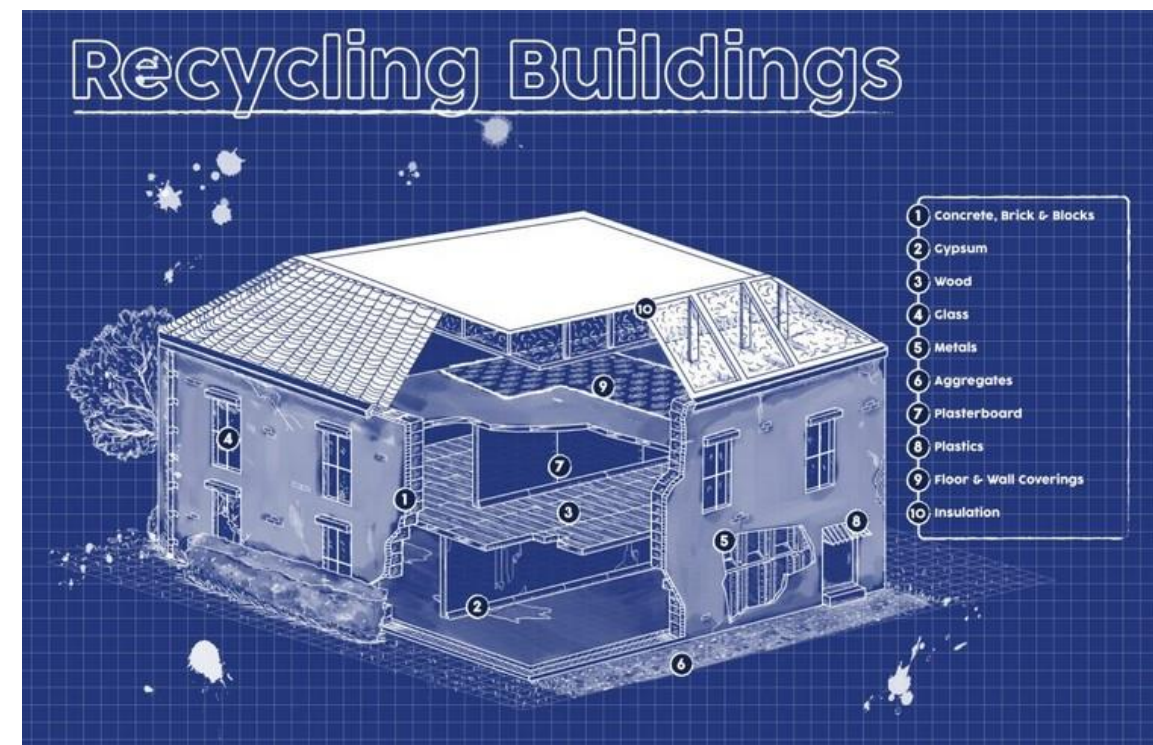
在建筑拆除的过程中，对各类材料进行分类，最大可能地回收利用那些建筑材料以及建筑构件，在后续的建设项目或者其他领域中重新发挥作用。

### 建筑废料再生利用

探索将建筑废料转化为全新建筑材料的有效途径，比如通过专业的技术手段和加工工艺，把建筑废料制作成再生砖、再生混凝土等材料。如此一来，既解决了建筑废料的处置难题，又能为建筑行业提供可持续的材料来源，实现资源的循环利用，推动建筑领域的绿色发展。

建筑中可以回收的材料包括混凝土、砖和砌块，柏木，木材，玻璃，金属，骨料，石膏板，塑料，地板和墙面覆盖物，绝缘材料等。

图 45：建筑中可以回收的材料



来源：lendager.com 网站

建筑材料的拆除与回收，已经有了成熟的技术。例如同济大学的建筑固废资源化技术，通过“先筛、再分、后破”工艺，有效分离和破碎建筑废料，转化为能够产业化应用的环境友好型再生料。

图 46：建筑固废资源化处置工艺流程



来源：同济大学新闻网



以下介绍了建筑固废资源化的实际案例。

### Sargablocks: 海藻混合建筑废沙的创新材料

Sargablocks 是一种通过将海藻与其他建筑废沙进行混合加工而成的创新建筑材料。独特之处在于，它具备高热惰性，能够在白天吸收并积聚热量，夜晚将储存的热量释放出来。传统建筑中，应用新砂石材料实现这个功能，Sargablocks 在一定程度上替代传统材料，降低建筑行业对新砂石材料的需求，进而减少对自然资源的开采，同时也为解决海藻过度堆积问题提供了一种可持续的途径。

图 47: Sargablock 示意图



来源: fortomorrow.org 网站

### 根特废砖 (Gent Waste Brick): 低含碳的回收废料砖

根特废砖是一种由破碎的混凝土和玻璃废料精心制成的新型建筑材料。它被应用于根特设计博物馆的外墙建设，其含碳量仅为传统砖块的三分之一。生产过程中，砖块的制作利用了回收的市政废料，如混凝土和玻璃，这些废料经过筛选、粉碎等处理后，与石灰等材料混合，采用特殊的固化工艺而非传统的烧制方法，在保持材料强度的同时，降低了碳排放，成为可持续建筑材料领域的一个范例。

图 48: 根特废砖 (Gent Waste Brick) 及其砌筑效果示意图



来源: stirpad.com 网站



### K-BRIQ®：低碳环保的回收骨料砖

K-BRIQ® 是由 Kenoteq 公司生产的一种创新型砖块，由爱丁堡赫瑞瓦特大学（Edinburgh's Heriot-Watt University）的工程学教授 Gabriela Medero 发明。这种砖块 90%的成分来源于由经认证的惰性回收建筑废料和拆除骨料(包含旧砖、旧瓦砾、旧砂浆等)。作为传统砌体的低碳替代方案，K-BRIQ® 最大的优势在于其生产过程无需经过烧制环节，降低了能源消耗，减少温室气体排放。

图 49：K-BRIQ 砖块



来源：scottishconstructionnow.com 网站

### 犀牛砖（Rhino Bricks）：速成型工业废料砖

犀牛砖是一种利用工业废料生产的砖块，其成分主要由 75% 的铸造粉尘和 25% 的回收塑料组成。这种材料组合赋予了犀牛砖高强度与轻重量的特性。不仅如此，犀牛砖的生产速度极快，在生产完成后的短短 30 分钟内即可投入使用，大大提高了施工效率。这种高效生产和优良性能的结合，使得犀牛砖成为一种理想的建筑材料，尤其适用于对时间要求较高的工程项目，同时也为工业废料的回收利用提供了创新的解决方案。

图 50：犀牛砖示意图



来源：mad4india.com 网站



### Gjenge Makers: 废弃塑料转化的高性能生态砖

Gjenge Makers 是肯尼亚的一家创新型公司，专注于将废弃塑料转化为生态砖。这种塑料砖具有高耐磨性，强度比混凝土高出七倍，同时重量相对更轻，因此在建筑应用中具备优势。然而，其普及程度和成本效益需要进一步的市场验证。

图 51: Gjenge Makers recycled plastic bricks

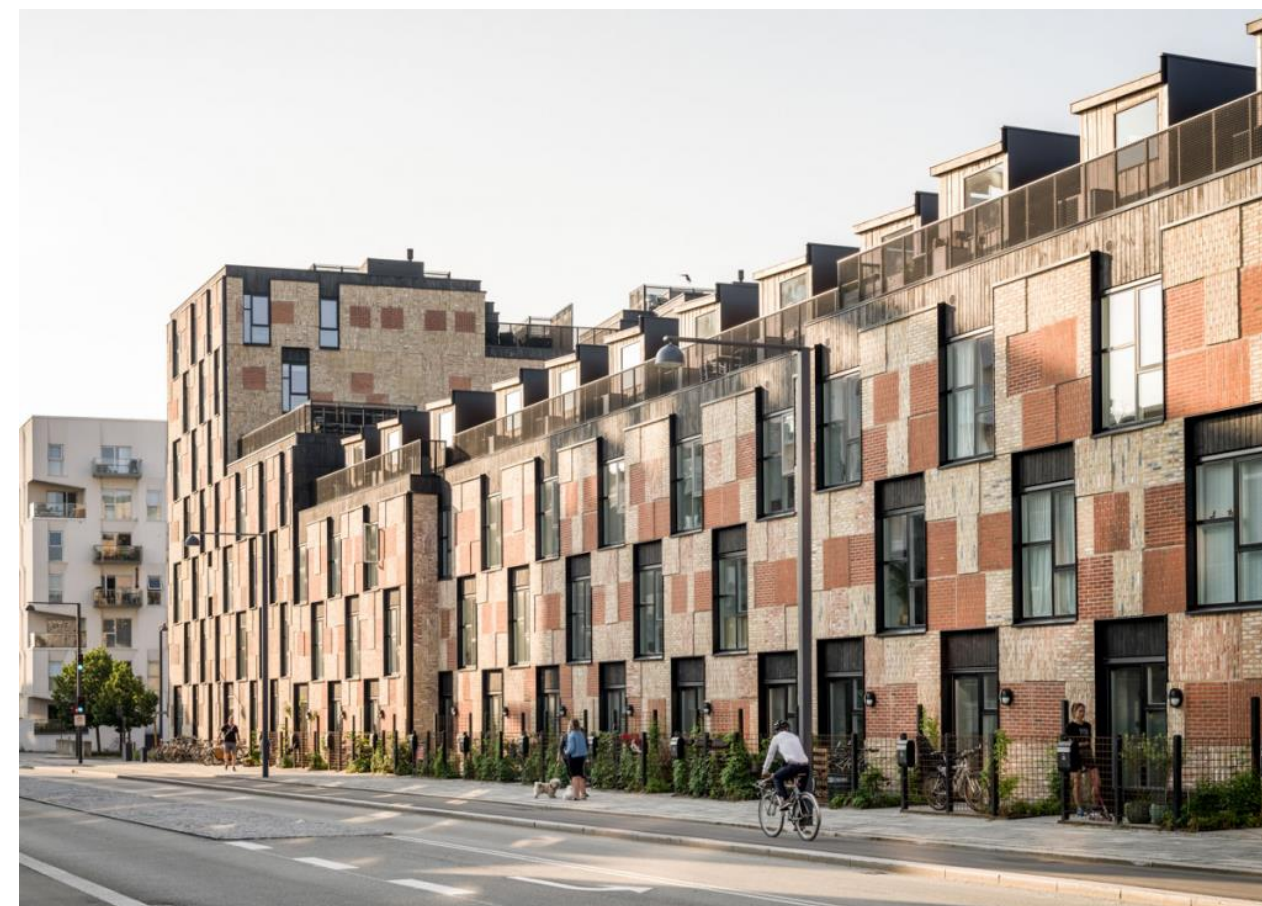


来源: designboom.com 网站

### 案例: Resource Rows 项目——回收材料再利用

Lendager Group 的 Resource Rows 项目是一个展示建筑全生命周期可持续性的优秀案例。该项目通过使用回收材料，实现了在建筑施工过程中降低二氧化碳排放的显著效果。

图 52: Resource Rows 项目效果图



来源: lendager.com 网站

在项目实施过程中，采用了源自被拆除建筑的回收材料，这些回收材料重新成为建筑的不同部分。项目中露台和屋顶花园的木材，还使用了用于运输混凝土构件的废弃木箱。通过材料的再利用，该项目实现了建筑层面上 29% 的碳减排，节省了 463 吨废物。



图 53：来自被拆除建筑的回收废料



来源：lendager.com 网站

## 议题七：劳工和社会

### 1. 劳工权益保障

高度重视并切实保障建筑工人所享有的合法权益，致力于为其提供合理且具竞争力的工资待遇、完善的福利保障以及安全舒适的工作条件。同时，不断加强对工人的培训与教育工作，全方位提升工人的专业技能与综合素质，使其能够更好地适应建筑行业的发展需求，在安全、有序且公平的环境中开展工作。

### 2. 社区关系维护

在建筑项目的规划以及具体实施阶段，充分考虑周边社区的实际需求和切身利益，积极主动地加强与社区之间的沟通交流工作。通过定期举办座谈会、信息公开会等多种形式，及时向社区居民反馈项目进展情况，认真倾听居民的意见和建议，并据此对项目方案做出合理优化调整，致力于建立起和谐融洽、相互信任的社区关系，实现建筑项目与周边社区的协同发展。

### 3. 社会福祉提升与保障住房供给

密切关注社会保障住房这一关乎社会公平与民生福祉的重要问题，积极履行社会责任，努力提供更多价格合理、居民能够负担得起的住房资源。通过增加保障性住房的供给量，切实缓解住房困难群体的居住压力，进一步提升整个社会的福祉水平，助力居民生活质量得到实质性的改善，让更多人能够安居乐业。



# 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   | 11 包装行业ESG白皮书      | 21 机械储能行业ESG白皮书    | 31 通信设备行业ESG白皮书  | 41 电力行业ESG白皮书   |
| 02 食品饮料行业ESG白皮书   | 12 印刷行业ESG白皮书      | 22 电化学储能行业ESG白皮书   | 32 家居装饰行业ESG白皮书  | 42 物业行业ESG白皮书   |
| 03 汽车行业ESG白皮书     | 13 包装印刷行业ESG案例白皮书  | 23 化学储能行业ESG白皮书    | 33 互联网教育行业ESG白皮书 | 43 有色金属行业ESG白皮书 |
| 04 化工行业ESG白皮书     | 14 家电行业ESG白皮书      | 24 出海欧盟 行业ESG白皮书   | 34 医疗器械行业ESG白皮书  | 44 零碳物流园区发展白皮书  |
| 05 环保行业ESG白皮书     | 15 美妆行业ESG白皮书      | 25 银行绿色金融行业ESG白皮书  | 35 医疗卫生行业ESG白皮书  | 45 零碳园区发展白皮书    |
| 06 新能源行业ESG白皮书    | 16 钢铁行业ESG白皮书      | 26 跨境电商行业ESG白皮书    | 36 康复辅具行业ESG白皮书  | 46 传媒行业ESG白皮书   |
| 07 半导体行业ESG白皮书    | 17 物流及航运物流行业ESG白皮书 | 27 光储充行业ESG白皮书     | 37 酒旅行业ESG白皮书    | 47 造纸行业ESG白皮书   |
| 08 医药行业ESG白皮书     | 18 航空物流行业ESG白皮书    | 28 电子元器件分销行业ESG白皮书 | 38 零碳产城融合项目发展白皮书 | 48 煤炭行业ESG白皮书   |
| 09 财会行业ESG白皮书     | 19 建筑行业ESG白皮书      | 29 建筑材料行业ESG白皮书    | 39 零碳产城融合项目案例白皮书 | 49 基建行业ESG白皮书   |
| 10 金融“一带一路”ESG白皮书 | 20 储能行业ESG白皮书      | 30 通信服务行业ESG白皮书    | 40 白酒行业ESG白皮书    | 50 气候金融ESG白皮书   |

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

