

# 现代工业建筑形态塑造新趋势的相关研究

文 / 王伟桥 中国启源工程设计研究院有限公司

**摘要：**在工业 4.0 与碳中和目标的双重驱动下，现代工业建筑形态塑造呈现出一系列新趋势。本研究综合运用多种方法，梳理工业建筑形态塑造的理论演进，从数字化技术应用、可持续设计融合、功能空间重构等几个维度剖析新趋势，对比了发达国家与发展中国家的实践差异，探讨现存问题、未来趋势以及研究局限与后续方向。研究发现，新技术的应用推动了工业建筑的创新发展，但也面临技术应用成本、文化冲突等挑战。本研究为工业建筑设计、建造及相关领域的进一步研究提供了理论与实践参考。

**关键词：**现代工业建筑；形态塑造；新趋势；可持续设计；数字化技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.17.044

## 引言

在工业 4.0 与碳中和目标驱动下，传统“盒子式”工业建筑功能单一、能耗高，已难满足现代化生产需求，在采光、通风等方面与现代生产冲突明显<sup>[1]</sup>。经被动式设计、绿色材料应用等形态塑造，可提升工业建筑可持续性，如上海旧工厂改造文创空间。研究聚焦 2010 年至今全球实践，对比发达国家与发展中国家路径，采用多种方法，探索工业建筑形态塑造新趋势，现如下。

### 一、工业建筑形态塑造的理论演进

#### （一）传统工业建筑形态特征

福特制生产方式对传统工业建筑的影响很大，其主要特征是以“盒子式”结构为主。在该模型中，生产过程高度标准化和专业化，为了最大限度地提高产能，建筑空间布置在一条固定的生产线上，结构形式较为规整、单一，缺乏柔性。比如最早的一家汽车制造厂，其车间内的空间都有很清晰的划分，从原料区到装配区，最后到成品检验区，每一个区域都有清晰的分区，而建筑物的外形多为简洁的长方体，以满足大批量、重复生产的需要。

而包豪斯学派的设计思想则是以功能和形式相结合、建筑结构逻辑与功能表现为主要特征的结构表现。在这种形式下，钢筋混凝土框架、梁柱等结构构件都能很好地展现其产业特性与科技特色。但是，从某种意义上来说，这样的设计忽略了建筑与周围环境之间的联系，是一个典型的“忽略环境”的设计。其能耗高，墙体保温效果差，主要依靠人工采光、机械通风，天然能利用率低；另外，其功能较为单一，主要是以生产性为主，缺少与周围社区的交流，缺少文化娱乐等功能。

#### （二）现代工业建筑转型的理论基础

近代工业建筑变革，具备多元化、时代性理论根基，在 1987 年的《布伦特兰报告》中，提出“可持续发展”这一理念，推动工业建筑从能源密集型和高污染型向“绿色型”转变；需要在设计过程中，考虑能源高效利用，减少废弃物排放，分析和周围的生态环境相结合；可以经设计自然通风、照明，使用可循环利用建材等。BIM 可以从设计、施工到运行维护等各个环节进行高效管理，让所有参与方，能够统一平台协作，提高工作效率，降低误差。参数化设计，利用算法来产生各种类型的建筑物，以适应各种用途与美学需要，经参数的变化来迅速地调

整建筑物的空间分布与外形。“城市催化剂”理论指出，作为城市不可或缺的一部分的工业建筑，是一种“触媒”，可以激活城市的活力。对工业建筑进行科学的空间布局，使之与城市公共空间和交通体系相衔接，可以有效地带动周围地区的发展，促进产业的融合与社会交往<sup>[2]</sup>。

2003 年颁布的《下塔吉尔宪章》为保护和更新工业遗产提供了重要的理论基础。该理念突出了工业遗产的历史、技术与文化价值，通过对其进行改造，使其成为创意产业园区、文化博物馆等，在保存历史记忆的同时，赋予其新的功能，达到可持续发展的目的。

### 二、现代工业建筑形态塑造的六大维度

#### （一）数字化技术驱动的形态创新

数字技术和工业建筑融合，促进建筑形式形成。以 BIM 为核心基础的工业建筑，从设计理念到建设，到运行维护，围绕着 BIM 展开。设计中，使用 BIM3D 建模，可实现对建筑空间布局、光照、通风模拟，及早发现、解决隐患，实现优化。建设中，参与方 BIM 平台协作，完成实时信息共享，规避建设冲突，提高效率。运营中，连接各种传感器，对建筑设备的运行情况实时采集，实现故障报警，落实维修管理。

Grasshopper 等参数化设计、产生式算法，对工业建筑设计，带来弹性以及创新。设计人员设置相应参数、逻辑法则，生成不同类型建筑物造型，令其符合功能要求，也符合审美。针对大型仓储中心，根据货物流、路径等因素，实现空间布置与造型设计，提升空间利用率、运作效率。

智能运维系统经传感网、AI 故障诊断等技术，实现 24 小时全天候监控，经 AI 技术，准确定位故障点，给出方案，确保工业建筑平稳运营，减少费用。

#### （二）可持续设计策略的深度融合

当代工业建筑的发展中，可持续设计理念，深入造型设计中，已成为重要发展方向。被动设计，利用自然环境，减少对机械设备依赖。在日照较多的区域，建筑南侧，采用大面积高透光、低辐射玻璃；冬季，将太阳能导入室，降低采暖能耗。经合理的通风走廊和可调式通气孔；在夏季，经自然风压推动气流流动，达到自然冷却的目的，创造良好生产环境。可持续发展的一个重要表现就是采用绿色材料。以回收钢、竹纤维为主要原料的环保建筑材料正逐步成为新的发展方向。回收钢与

原生钢相比,其制造工艺能源消耗大大降低,可有效降低碳排放;竹纤维复合材料因其高强、质轻、可再生等优点,可应用于建筑物的围护或室内装修中,既可减轻建筑物重量,又可表现出其特有的天然纹理。

全寿命周期评价(LCA)、循环经济思想,推动中国工业建筑由“建设-使用-报废”线性发展模式转向可再生型。对建筑寿命期能耗、环境影响加以评价;设计阶段,就要充分考虑到建材的回收、再使用。工业建筑中,经模块化可拆解设计,于服役期满后易于拆解、回收以及再用,取得资源有效回收,降低建筑废弃物排放量,提高工业建筑可持续发展。

### (三) 功能与空间的重构

现代工业建筑在功能和空间上都在进行着一种深度的重建。为了满足多样化的需要,多功能的组合方式已是大势所趋。越来越多的工业建筑从原来单一的生产功能,向生产、研发、展示和社区服务一体化的方向发展。例如,一个高新技术产业基地,大楼内不但配备有一条先进的生产线,而且设有研究开发的实验室,使企业可以随时改进自己的产品;设立产品展销专区,供企业对外宣传、进行技术交流使用;并在此基础上,设计了员工休闲区、社区图书馆等公共服务场所,为员工交流与社区的发展提供便利<sup>[3]</sup>。

柔性设计对空间弹性分割,满足各规模、类型生产需要,让建筑能够迅速适应各种生产变化的过程;改建技术保证当生产要求发生变化时,建筑物能在最短时间内完成改建,缩短停工周期。产业的“社区化”改造,进一步扩展了工业建筑的功能界限。连云港大浦产业聚集区作为集工业生产、居住、商业、教育于一体的新型社区,以提升地区活力,促进资源共享与协同发展为目标。

### (四) 文化与地域的融合表达

现代工业建筑创作时,文化、地域相结合表现方式,属于创造具有特色的建筑形式重要趋向。工业遗产保护、更新,是相关发展趋势重要表现。当前,诸多城市都把废旧工业厂房、仓库改造成具有历史意义文化创意空间、公共服务设施。以上海杨浦“生命长廊”为案例:该地将老旧的工业船坞、工厂加以改造,形成艺术展示空间、创作工作室、滨水娱乐步道等。在保持原有历史风貌,赋予新文化功能,成为继承、创新城市文化载体。

对地域材料和技艺的现代表现,也赋予建筑魅力。苏州工业园区在建筑设计中,利用地方特色青砖,采用新颖砌筑技术,体现现代简约风格、江南水乡人文气息,将地方特征融入到现代设计中做法,提高建筑物和周边环境和谐度,增强建筑物文化认同感。

企业标志和品牌叙述一样,对工业建筑的造型也起着举足轻重的作用。奉贤上美工业园以瓶状大楼为载体,充分体现了公司的化妆品产业属性,并以其独特的建筑形态传达了公司的品牌形象及企业文化。建筑不仅是企业对外展示的“名片”,更是传递品牌理念、塑造品牌形象的重要媒介。

### (五) 模块化与预制化建造

模块化、预制化建造,现代工业建筑中,正逐渐兴起,带来新变革。钢结构模块化被广泛应用。深圳樟坑

径保障房MiC体系,在工厂将钢结构部件,预先加工成为模块单元,运输到施工现场后,进行组装,就此缩短施工周期,减少现场湿作业,降低施工对周边环境影响,确保建筑质量、结构稳定性。荷兰MX3D桥梁项目,利用3D打印技术,在现场打印出桥梁结构,突破传统建造工艺限制,实现更个性化、复杂建筑造型,为建筑设计、建造,提供更多可能。在工厂中,按照统一标准,生产预制混凝土构件,运输到工地进行组装,减少现场施工误差,提升建筑整体性能。日本大成建设“超级工厂”预制技术高度自动化,从原材料加工,到成品构件生产一并完成,推动工业建筑建造的工业化、高效化发展<sup>[4]</sup>。

### (六) 适应性改造与再生设计

适应更新,为现代工业建筑发展重要方向,能够为老工业建筑注入新活力。碳纤维布是新型增强材料,有轻质、高强等优点,在建筑工程中得到广泛的应用。该材料,能够与建筑物的外表紧密贴合,不增加额外自重,提高结构承载力。在建筑物的关键节点上安装传感器,对结构的变形和应力进行实时监测,及时发现异常情况并及时报警,保证建筑物的安全。

“功能替代”的策略是对老工业建筑进行改造的新路径。很多工厂被改造成了办公室和展览场所。例如上海静安800秀,原本是一座纺织厂,经过改建之后,成了时装、创意行业的办公地点,同时也是一个艺术展示的空间。改造时,在保留厂房高空大跨空间特点的基础上,依据新的功能需求,对厂房进行了合理的分区,并对室内进行了装修装饰,既节省了新建的投资,又保留了建筑物的历史和文化价值。

开展旧城改造时,活化工业遗产至关重要。德国鲁尔工业区将旧的工业区,转变为工业遗址公园。对废弃的高炉、厂房等工业设施改造,变成景观小品、展示场馆,和绿地、休闲步道等结合,为市民、游人提供既具有文化体验功能、又具备休闲娱乐功能空间,实现从废弃到重生转变,推动地区可持续发展。

## 三、地域差异与典型案例分析

### (一) 发达国家——技术引领与精细化改造

“透明化”为德国工业4.0显著特征,西门子安贝格工厂将传感技术、智能监测技术应用于生产设备、建筑空间等各个环节,对生产过程及建筑运行状态进行可视化呈现,作业人员能把握生产进度、设备运行状况,及时检测、处理问题。美国硅谷园区,打造“无边界”空间,谷歌公司的园区建设就是其中代表。其突破传统功能分区的局限,将多种功能空间有机融合,借助开放式、灵活的布局,便于工作人员交流协作,激发创新灵感,进而推动科技产业发展。

### (二) 发展中国家——快速工业化中的创新路径

在迅速工业化的过程中,发展中国家摸索出了一条独具特色的工业建筑创新之路。中国正在积极推进“新基建”战略,华为的松山湖基地便是其中一个典型的例子。在5G、人工智能等新技术的助力下,工厂的生产过程实现了高度的自动化与智能化,不仅提升了企业的生产效率,还提高了产品的品质。同时,该基地将自然元素融入建筑形态,营造出绿色、生态的办公环境。印度的工

业化建设则侧重于低成本的可持续设计。以塔塔钢铁为例，其以当地资源丰富、价格低廉的材料为基础，借助合理的遮阳、通风等被动设计手段，在保障工业生产的前提下，降低建造及运营成本，实现经济效益和环境保护的均衡发展<sup>[5]</sup>。

### （三）典型案例对比分析

从技术的运用上来说，德国和美国等发达国家的BIM普及率已经达到很高的水平，比如西门子安贝格工厂，就是通过BIM对全流程进行设计和管理，实现了对各个阶段的精确把控。然而，在发展中国家的部分地区，传统建造方式仍占据较大比重，新技术应用存在一定滞后性。不过，发展中国家正加快追赶步伐，

中国一些新建的智能工厂也在持续深入开展BIM技术的应用研究。

北欧各国打造“零碳”建筑，采用高效隔热材料和先进的可再生能源系统，达成节能减排目标。东南亚地区建筑，着重遮阳体系设计，经百叶窗、绿植，减少太阳辐射，实现节能降耗，依据地域气候的差异，采取不相同生态策略。欧盟碳排放权交易体系以市场机制为驱动，激励企业降低自身碳排放量，推动向绿色化方向发展。中国“双碳”目标，自国家战略层为起点，对工业建筑节能减排工作加以指引，各地政府也相继出台政策，促进工业建筑可持续发展<sup>[6]</sup>。各地区工业建筑可再生能源利用情况详见图1。

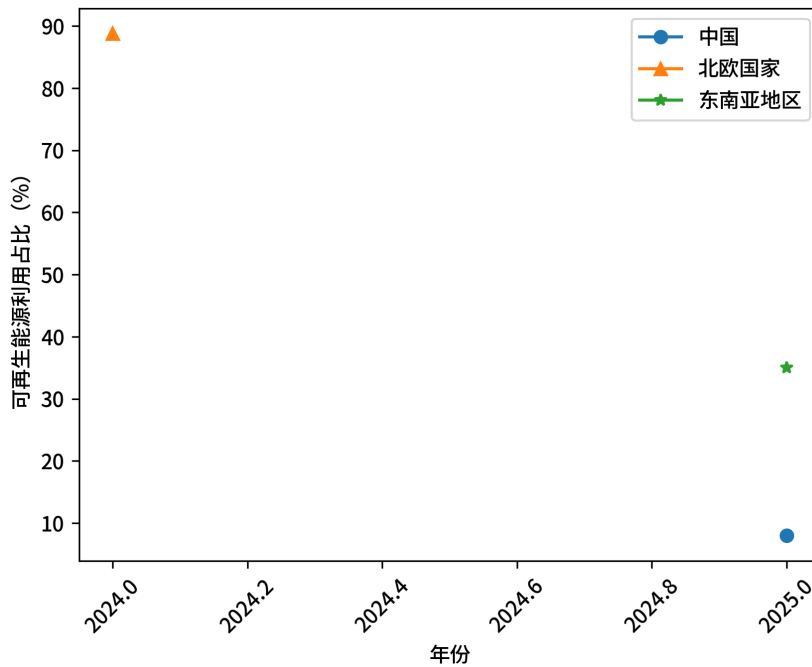


图1 不同地区工业建筑可再生能源利用情况

中国、北欧国家和东南亚地区在2020-2025年工业建筑可再生能源利用占比情况。中国2025年目标为8%；北欧国家2024年丹麦等占比突出，丹麦达88.8%；东南亚地区2025年预计达35%。

### 结语

现代工业建筑的造型设计在其发展历程中遇到了许多难题。在技术应用方面，发展中国家面临着经济壁垒，先进的数字化和绿色技术成本较高，这极大地制约了这些技术的普及。文化继承和现代性之间的矛盾日益凸显，人们在追求现代设计和功能时，常常忽视了对地方文化特征的保存与传承。同时，标准化和个性化难以平衡的问题也较为突出，标准化虽然有助于提升建造效率、降低成本，但容易导致建筑物出现“趋同化”现象；而过度追求个性化，则会增加建设成本与施工难度，进而阻碍工业化建造的进程。

在未来，人工智能将在工业建筑设计中发挥更为重要的作用，通过人工智能的产生式设计，能够快速针对复杂的需求生成多元化的解决方案，从而提高设计的效率与创新能力。学科间的合作会愈发紧密，建筑学与材料科学、计算机等学科的交叉融合，将有力推动新型建

材和智能建筑系统的研究。在政策层面，国家将持续发力，中国积极开展“智能建造”试点工作，从标准制定、资金支持等多个维度，推动行业朝着绿色、智能、高效发展的新方向不断迈进。

### 参考文献

- [1] 丁学贵, 王谷一心, 张馨月, 等. 历史建筑保护与低碳再生设计研究热点及趋势分析 [J]. 建筑节能 (中英文), 2024, 52 (4): 127-133.
- [2] 靳飞. 我国绿色工业建筑被动式设计策略探析——以某标准化通用冷加工工业厂房为例 [J]. 华中建筑, 2021, 39 (9): 55-60.
- [3] 张宝, 张尧东. 当前经济模式下我国工业设计发展趋势探讨 [J]. 设计, 2022, 35 (5): 11-13.
- [4] 王晓阳. 绿色建筑理念下建筑设计发展趋势 [J]. 陶瓷, 2022 (6): 130-132.
- [5] 齐奕, 郑相壹. 全球视域下当代木构建筑发展趋势分析 [J]. 建筑学报, 2023 (9): 1-10.
- [6] 范文兵. 互联网时代的建筑设计: 演变趋势与新的可能 [J]. 人民论坛·学术前沿, 2021 (10): 120-131.