

虚拟工具帮助我们更好更快地造房子

Carlo Ratti¹, Landry Signe² 和 Izuru Takewaki^{3,4*}

¹麻省理工学院, 城市技术 (美国, 马萨诸塞州, 坎布里奇)

²亚利桑那州立大学, 雷鸟全球管理学院 (美国, 亚利桑那州, 坦佩)

³京都美术工艺大学 (日本, 京都)

⁴京都大学, 建筑工程系 (日本, 京都)

少年审稿人



ADHITYA

年龄: 10



PRATHISH

年龄: 11

沉浸式设计工具正在改变建筑项目的规划与建造方式。这类计算机技术能让建造师先在虚拟世界中测试构想、解决问题并优化设计, 避免浪费真实材料和时间。例如, 建筑师可通过数字蓝图提前发现设计缺陷, 施工人员佩戴特殊眼镜即可现场查看虚拟指引, 从而减少操作失误。城建部门也能借助此技术规划地铁系统等大型项目。此外, 沉浸式设计工具还能在逼真的数字环境中培训建筑工人, 让他们安全高效地掌握新技能。尽管虚拟技术能显著提升建造效率, 但其高昂成本、隐私风险以及对传统建筑岗位的冲击等问题仍需解决。在创造力的持续推动下, 这类工具将让建筑业变得更高效、更安全、更环保, 改变人类塑造生活、工作与娱乐空间的方式。

建造方式需要改良

从住宅、学校到摩天大楼, 建筑无处不在, 我们的生活离不开它! 建筑业是全球规模最大的行业之一, 塑造了人类的生活、工作和娱乐空间。然而, 该行业也对地球造成了巨大影响, 占全球二氧化碳排放量的

沉浸式技术 (Immersive Technologies)

融合现实与数字世界的工具,让人们在数字空间中获得身临其境的真实交互体验。

虚拟现实 (VR) (Virtual Reality (VR))

可借助头戴式显示器等专用设备进行探索并互动的数字世界。

增强现实 (AR) (Augmented Reality (AR))

借助眼镜或显示屏等设备向真实世界添加虚拟指引等数字信息的技术。

数字孪生 (Digital Twins)

真实物体、系统或空间的虚拟副本,可实时更新数据,以帮助人们测试想法并解决问题。

生成式 AI (Generative AI)

一种能根据简单指令创造新事物(如 3D 建筑设计或艺术作品)的人工智能 (AI) 技术。

40%[1]。为什么建筑业对环境如此不友好?大量排放来自水泥、钢材和玻璃等建筑材料的生产与运输环节,而制造这些材料需要消耗大量能源。此外,还存在废料问题:剩余材料以及施工失误和低效流程产生的大量残渣大多会被填埋处理。

施工过程本身通常也效率低、成本高且易出错。例如,若设计不清晰或错误未能及早发现,施工方就会被迫返工,浪费时间和材料。这些低效问题会推高成本并延误工期。与此同时,如今的建筑业劳动力数量不足,更难按时交付并保证质量。建筑从业者需要更高效的工具,在提升效率的同时减少对地球的影响。这些挑战呼唤更智能的解决方案,以优化建造流程并提高可持续性。我们亟需一种能提升施工效率同时减少浪费的办法。

前沿技术: 沉浸式数字工具

沉浸式技术融合现实与数字世界,让人们在数字空间中获得身临其境的真实交互体验。此类工具将彻底改变建筑业的项目规划与实施方式,相关例子包括**虚拟现实 (VR)**、**增强现实 (AR)**、**数字孪生**及**生成式 AI**。

你一定玩过 VR 电子游戏——戴上特制头戴式显示器就能“踏入”数字世界尽情探索。这项技术同样能帮助建筑师在数字蓝图中“穿行”,测试想法或提前发现设计缺陷或安全隐患。AR 则不同,它像《宝可梦 GO》那样将数字信息叠加到现实场景:戴上 AR 眼镜的建筑工人能在真实施工现场看到虚拟指引(比如墙体定位或管线铺设),确保每道工序按计划精准执行。

数字孪生技术更进一步,能够创建真实物体/系统/空间的虚拟副本。从医学(人体数字孪生辅助诊疗)到建筑工程(项目进度追踪,还可通过地球的数字孪生体来预测洪水,详见**此篇文章**),此项技术的应用领域十分广泛。这些动态更新的数字模型能帮助人们了解、改良并管理复杂系统。例如,桥梁的数字孪生体可同步更新真实传感器的实时数据,既能监控施工进度又可识别结构弱点,让工程师防患于未然。这种虚拟检验与排查方式可大幅节省时间、材料和成本。

生成式 AI 也在改变建筑设计方式 [2]。我们熟知的 ChatGPT 便是典型的生成式 AI 工具,可生成图片、故事或计算机代码。在建筑领域,此种 AI 工具能根据简单的文字描述生成详细 3D 模型:输入“设计一栋屋顶装有太阳能板的 10 层办公楼”,它就能输出一套包含施工细节与安全设计的完整方案。与刚才介绍的其他数字工具一样,生成式 AI 让团队在零资源消耗的状态下验证想法,可显著提升设计效率,特别适合资源有限的中小型项目或团队 [3]。

基础设施 (Infrastructure)

维持社区或城市运转的基础系统, 包括道路、桥梁、建筑等公共设施。

技术改良建筑设计方式

沉浸式技术已在建筑业的实际应用中展现出价值, 帮助节约材料与时间 (图 1)。城市规划者正运用数字孪生技术, 在动工前检测大型基建项目的可行性。例如, 通过虚拟模型预判地铁系统在客流高峰或极端天气下的运营状况; 摩天大楼的数字孪生体则可显示材料浪费点与潜在延误环节, 以便工程师据此优化方案, 确保项目按期推进并降低成本。

工程检测是沉浸式技术的另一大应用领域。传统检测需要工作人员长途跋涉至多个工地, 耗时耗力。据日本某家建筑公司估算, 每年其员工花在检测差旅上的时间就高达大约一百万小时! 沉浸式技术可实现远程检测, 节省时间, 让专家专注于其他重要工作。

图 1

沉浸式技术可为建筑业解决众多难题: (A) 建筑安全检测太耗时间, 远程检测可大幅提速; (B) 数字孪生帮助工程师预判问题, 修改方案, 节约资源和时间; (C) AR 眼镜可显示现场管线铺设等施工指引; (D) VR 模拟培训使工人在上岗前熟练操作工具与设备, 提升培训效率和安全系数。

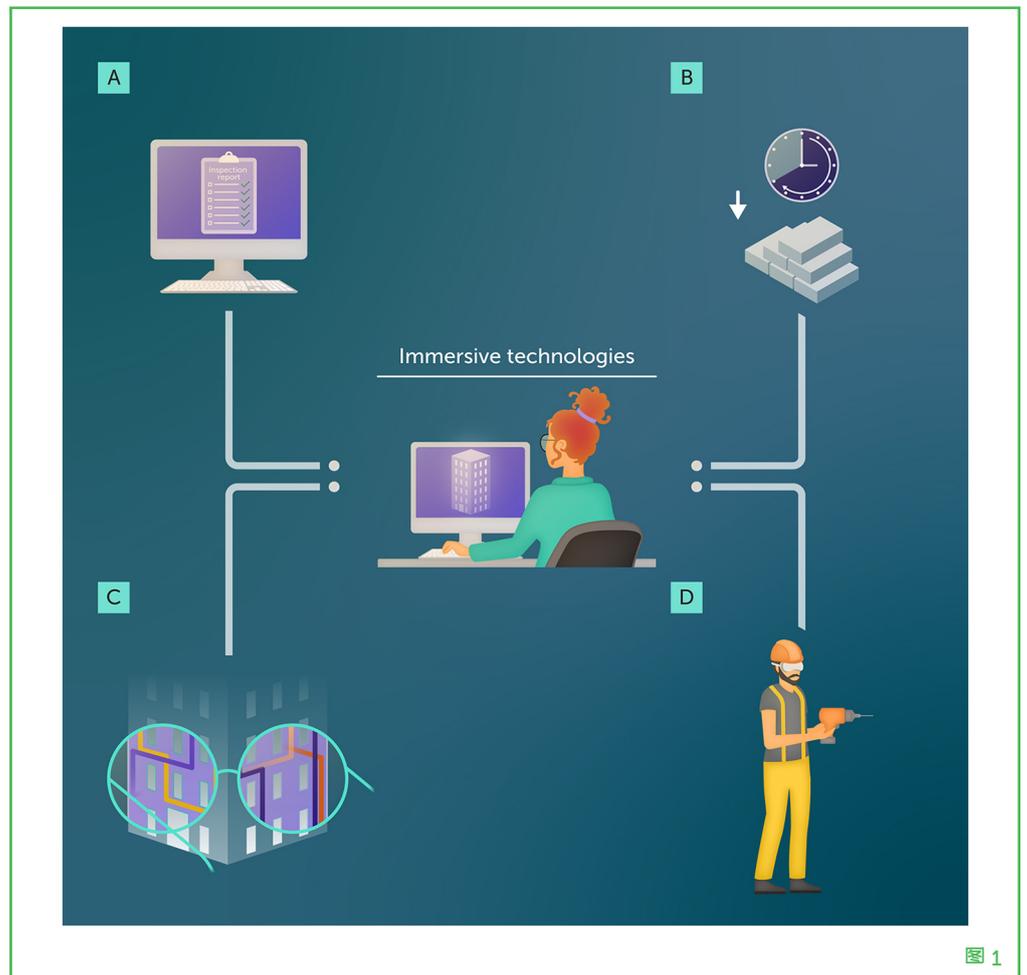


图 1

建筑业还面临劳动力短缺, 无法满足日益增加的新建建筑和基建项目需求。未来数年, 仅美国就需要新增数十万名技术工人来满足建设需求 [4]。劳动力不足会拉高成本, 并阻碍项目顺利完工。沉浸式技术可革新工人培训方式, 通过 VR 模拟让他们在逼真的数字环境中提前掌握电线安装或重型机械操作等技能, 既缩短培训周期, 又提升作业安全性, 帮助工人游刃有余地应对工作中的挑战。

重大挑战与更大机遇

尽管沉浸式建筑技术前景广阔,但在推广应用上仍面临多重挑战。成本便是一大问题:高昂的技术投入可能使中小型建筑企业和发展中国家望而却步。隐私风险同样不容忽视:当数字孪生技术用于现实建筑监测时,可能会收集安防系统配置、人员活动轨迹等敏感数据,必须建立严格的数据保护机制,这需要专家们制定相关的技术应用伦理规范。

另一大挑战在于沉浸式技术对传统建筑岗位的冲击。部分专业技能可能会被自动化取代,建筑从业者需要掌握新技术以保持竞争力。职业培训将变得更加重要,以帮助从业者适应变革、把握沉浸式技术带来的新机遇。

尽管存在这些挑战,沉浸式技术仍将推动建筑业朝着更加高效且可持续的方向转变——规避施工失误、减少资源浪费、提升效率,并降低专业培训门槛。在持续创新与多方协作下,这些工具有助于开创更绿色、更智能的行业未来。

致谢

由 SJD Consulting, LLC. 科学撰稿人/编辑、毕业于美国马萨诸塞大学陈氏医学院晨兴生物医学研究生院的 Susan Debad 博士参与撰写和编辑。图表制作方为 Somersault18:24。

AI 人工智能工具使用声明

本文中所有图表附带的替代文本 (alt text) 均由 Frontiers 出版社在人工智能支持下生成。我们已采取合理措施确保其准确性,包括在可行情况下经由作者审核。如发现任何问题,请随时联系我们。

原文

Ratti, C.、Signe, L. 和竹脇出, 2024. Immersive technology for the built world. Laying new foundations for construction and maintenance. 2024 年十大新兴技术报告,世界经济论坛。链接: <https://www.weforum.org/publications/top-10-emerging-technologies-2024/>

参考文献

1. United Nations Environmental Programme 2023. *Building Materials and The Climate: Constructing A New Future*. Available online at: <https://www.unep.org/>

- resources/report/building-materials-and-climate-constructing-new-future (accessed May 13, 2025).
2. Babalola, A., Musa, S., Akinlolu, M. T., and Haupt, T. C. 2023. A bibliometric review of advances in building information modeling (BIM) research. *J. Eng. Des. Technol.* 21:690–710. doi: 10.1108/JEDT-01-2021-0013
 3. Digital Twin Consortium 2023. *Why Sustainability for Buildings?* Available online at: <https://www.digitaltwinconsortium.org/the-why-and-the-what-of-digital-twin-building-performance-and-sustainability-an-owners-perspective-form> (accessed May 13, 2025).
 4. Associated Builders and Contractors 2024. *ABC: 2024 Construction Workforce Shortage Tops Half a Million.* Available online at: <https://www.abc.org/News-Media/News-Releases/abc-2024-construction-workforce-shortage-tops-half-a-million> (accessed May 13, 2025).

线上发布: 2025 年 9 月 30 日

编辑: Idan Segev

科学导师: Vennila Kailasam Natesan

引用: Ratti C, Signe L 和 Takewaki I (2025) 虚拟工具帮助我们更好更快地造房子. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2025.1572275-zh

英文原文: Ratti C, Signe L and Takewaki I (2025) Building Better With Virtual Tools. *Front. Young Minds* 13:1572275. doi: 10.3389/frym.2025.1572275

利益冲突声明: 作者声明本研究不涉及任何潜在商业或财务关系。

版权 © 2025 © 2025 Ratti, Signe 和 Takewaki. 这是一篇依据 [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](#) 条款发布的开放获取文章。根据公认的学术惯例, 在注明原作者和版权所有者, 及在标明本刊为原始出处的前提下, 允许使用、传播、复制至其他平台。如违反以上条款, 则不得使用、传播或复制文章内容。

少年审稿人

ADHITYA, 年龄: 10

我是个 10 岁的科学迷, 脑子里装满了疯狂的实验创意, 心里惦记着电子游戏! 当我忙于破解宇宙奥秘时, 你准会发现我在打 BOSS、搭建游戏世界, 或者抛出成堆的“万一…会怎样”问题。温馨提示: 我可能会不小心又把我的房间变成迷你实验室!



PRATHISH, 年龄: 11

Prathish 今年 11 岁, 热爱科学与幻想。富有创意的他总能用新想法启发他人, 尤其痴迷于新发明背后的故事。相比在家, 他觉得上学更好玩。板球和羽毛球是他最爱的运动。虽然偶尔懒散, 却心怀远大理想, 在同学中堪称“人气王”。



作者



CARLO RATTI

Carlo Ratti 是麻省理工学院 (MIT) 教授, 专注于研究科技如何让城市变得更美好。他带领团队设计智能方案, 提升建筑、道路和公共空间的实用性、环保性和趣味性。从感应式街道到互动式建筑, 他的项目足迹遍布全球。他还意大利开设了一家设计工作室, 并经常在国际活动中分享关于未来城市的构想。闲暇时, Carlo 喜欢思索如何用数字工具提升城市生活品质。



LANDRY SIGNE

Landry Signé 现任亚利桑那州立大学教授, 主要从事关于领导力、创新及国家与企业智慧公平发展模式的教学与研究。他任职于雷鸟全球管理学院, 致力于向全球人才讲解如何通过新理念和新技术构建更美好的未来。Landry Signé 曾作为总统顾问与国际项目负责人, 撰写多部专著, 探讨如何推动积极变革。他尤其热衷于帮助非洲及其他地区的社区建设更强健的经济体系并拥抱数字工具。在讲学与演说之余, 他乐于分享前沿理念, 启迪新生代领导者。



IZURU TAKEWAKI

竹脇出现任日本京都美术工艺大学校长, 倡导创意与科学的融合。他曾担任京都大学建筑工程学教授, 专攻安全环保建筑设计, 其研究成果显著提升了众多建筑物的抗震与抗灾能力。他乐于探索如何融合艺术思维与工程知识, 以革新建筑设计。如今, 他依然乐于分享自己的研究心得, 帮助年轻的建筑师和工程师打造更安全、更美好的居所。

*takewaki-i@g.kyobi.ac.jp

中文翻译由下列单位提供
Chinese version provided by

