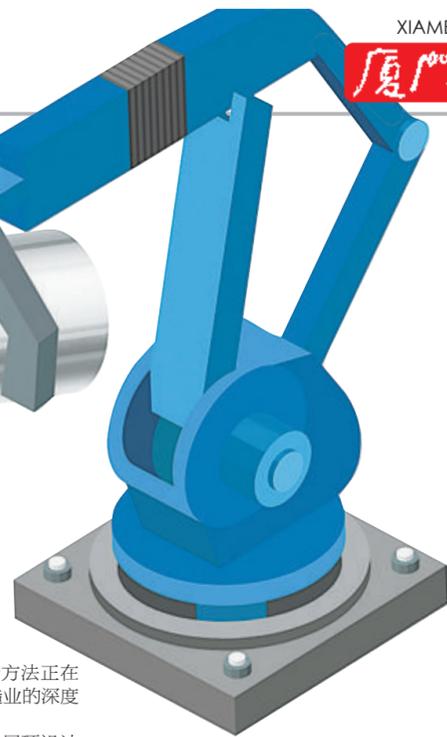


作为全国首批智能建造试点城市
厦门正推动建筑业由“大规模”转向“高质量”

智能建造 加数升级



制图张平原

技术的迭代

像造汽车一样盖房子 先预制“零部件”再到现场组装

“没有成堆的建筑垃圾，也听不到长时间的刺耳作业声。”思明区莲龙小学近期正在扩建，周边的居民发现，这个项目有些不同寻常。

走进工地内部，就能发现答案所在：整个建筑被拆分为21个箱体模块，先在工厂中进行工业化预制生产，把结构、水电、暖通、装饰、幕墙各部件像乐高积木一样基本组装完毕后，再集中运输至现场，通过可靠的连接方式组装为建筑整体——这是我省首个永久性钢结构模块化建筑。

“智能装配建筑生产基地就像汽车生产车间，将建筑的‘零部件’预制成型再到现场组装。”中建科工项目经理袁晓民说，“模块化建造集成了标准化设计、工厂化生产、装配化施工、信息化管理、一体化装修，大幅减少现场建筑垃圾及声光污染，建造质量及效率也有质的提升。”据悉，莲龙小学扩建项目单个箱体制作周期约14天—21天，全部箱体进场至封顶只用时6天。

传统印象中，建筑工地往往是“晴天一身土、雨天两脚泥”，但在厦门，随着装配式、BIM等智能建造与新型建筑工业化方式拓展运用，“灰头土脸”的生产场景逐步

成为过去时，智能建造新技术新方法正在加速新型建筑工业化与高端制造业的深度融合，令建筑产品显著升级。

厦门新会展中心—会议中心屋顶设计为翘角飞檐的闽南古厝风格，从高空俯望恰似白鹭展翅飞扬之身姿。但会展建筑的仿生设计给施工作业带来了巨大的技术难点——钢桁架吊装需要做到一次性跨度突破81米、长度135米，总重量达4200吨。“面对如此庞大的钢结构吊装规模，我们决定向智能建造方式‘借力’，利用BIM技术进行全过程模拟施工。”项目总承包单位中建四局科技与设计管理部总经理陈业伟说，通过对高空散装、累积滑移、整体提升等多个施工方案进行优化比选，并围绕原位拼装、提升、控制等流程反复论证计算，最终确定采用整体提升方式进行81米超大跨度桁架安装，提升高度达34米。“历经令人心跳加速的12小时，我们创下了一项全新纪录：国内场馆类重量最重、面积最大的钢桁架一次性整体提升工程。”

不难看出，在厦门，不断迭代的新技术正重新定义工程新场景、建筑产品新业态，推动建筑业由“大规模”向“高质量”转型升级。

观察

人才短缺是首要难题 解题思路：培养“交叉复合型”人才

在新场景、新业态下，支撑行业升级的人才需求也发生了新变化。但在深入采访我市几大智能建造项目时，多家建筑企业负责人表示，人才队伍短缺是首要难题。

2014年起，特房建工就着手实施BIM工程师队伍的培养和项目实践。该公司BIM中心主任郑志惠说，在实操过程中，BIM工程师与第三方软件技术开发公司程序员沟通常常存在壁垒。“换句话说，有工程专业背景的人，不一定掌握计算机软件编程。”

“智能建造是一个新兴产业，我们正着力解决人才短缺问题。”华侨大学特聘教授、博士生导师王晨介绍，该校土木工程学院从去年9月起，面向土木建筑工程和项目管理专业的学生，把实际教学融入课程当中，希望能培养更多既能掌握建筑智能化施工技术，又可从事施工活动管理等工作的“交叉复合型”人才。

厦门大学教授、博士生导师周红认为，校企合作是培养智能建造人才的必经之路，“一方面要培养智能建造技术研发人才，加大校企合作，推动‘产教研一体化’，这类技术人才既需要掌握传统土木建筑技术和经验，又需要具备建筑工业化、数字化、智能化的思维，能够在全产业链上实施和应用智能建造技术；另一方面要培训智能建造产业工人，企业利用高校师资打造职业培训考核基地，重点培训具备智能生产、智能施工、智能检测监测、智能运维等专业技能的建筑产业工人。”

人才短缺问题已经受到相关部门的重视。据了解，下一步从政策层面，我市将拿出真金白银引进智能建造领军人才。“对符合条件的引进人才将按规定给予住房、子女教育、配偶安置等优惠政策。”市建设局相关负责人表示如是说。



厦门白鹭西塔项目空中造楼机正式投入使用并顺利完成首次顶升作业。(中交集团 供图)

工艺的变革

建筑机器人大显身手 辅助替代“危繁脏重”人工作业

国家统计局曾发布数据，2021年我国农民工平均年龄41.7岁，同比提高0.3岁。其中，50岁以上农民工所占比重为27.3%——从数据走势可以预见，未来建筑行业用工老龄化和人工成本上升将成必然。

“如果再靠传统工人手艺，已无法满足当前建筑业发展需要。”华侨大学特聘教授、博士生导师王晨指出，“未来随着人力成本的不断提高，建筑安装造价也会逐年提升，这让‘机器人代’将成为更优解。”

在我市多个建筑工地，辅助替代“危繁脏重”的人工作业，建筑机器人已经开始大显身手。

地铁2号线“湿地公园”地铁口因其整体造型宛如绽放的三角梅，成为市民争相打卡的网红站点。许多人不知道的是，为了实现错落花瓣造型，项目采用双曲面蜂窝嵌板设计的全钢结构单体，工程设计和施工精度复杂度极高。

“结构设计复杂、异型构件众多，对于传统测量放线而言是个巨大挑战。”施工总承包单位特房建工湿地公园TOD项目总工程师邵信义介绍，项目得以实现智能放样及精确定位，“法宝”是一台仅40厘米高、6公

斤重的放样机器人。

“将图纸及BIM模型导入测绘电子手簿，无须测量员操作仪器，就可实现仪器自动照准及跟踪测量，实现程序放线、精准放线。”邵信义对机器人的表现很满意，“相较于人工放线，机器人的偏差可以控制在2毫米内。”

建造机器人的助力，还让新的技术革命成为可能。在已经建成投用的翔安大桥，为了提升钢结构桥梁面抗疲劳度，首次创造性地应用了热轧12毫米至16毫米变厚U型肋，它可以视作大桥的“钢铁肋骨”。“为了延长桥面耐久度，在预制构件浇筑时我们运用了工业机器人作为协助，实现元件与桥连接处加强筋内外全熔透焊接，使U肋能够紧紧抓住桥面。”厦门路桥建设集团有限公司翔安大桥相关负责人说，“机器人可按设定的焊接速度和焊接电流电压自动行走焊接，焊缝均匀饱满。得益于此，如此大规模的热轧变截面U肋应用才能在国内首次实践成功。”

市建设局相关负责人介绍，未来厦门还将打造更多人机共施施工场景，如厦门新机场项目航站区工程、西亭人才公寓等项目，将通过试水更多不同种类建造机器人，提高施工精细化、集约化水平。



这是一个标准教室箱，在经过后续箱体装修等工序后，将在现场组装为建筑整体。(市建设局 供图)

记者手记

智能建造 将拥抱更大发展空间

在发展智能建造过程中，种种让人眼前一亮的建造场景，是建筑业迭代升级的最佳生动实践。

但是，俗话说“船大难掉头”，从客观层面来说，我国的智能建造水平还处于方兴未艾的阶段，建筑工业化的整体效益还远未发挥出来。业内人士分析，建筑业信息化升级目前仍存在终端数据接口庞杂、数据集成难度大、数据标准不统一等难点亟需突破。建筑机器人等数字化设备的持久性和精准度也有待加强，建筑机器人距离完全市场化还有一定差距。此外，整个行业也还面临着成本高、研发及实操人才匮乏等诸多现实问题。

要真正实现智能建造，建筑行业仍然任重道远，相比之下，智能建造将引发的无数新业态和无限的市场机遇，更让人们对于行业发展前景充满希望。建筑行业与国民经济的大部分行业都有关联，智能建造将给建筑行业的组织方式、管理架构、产品形态带来颠覆性变化，就像当初互联网的出现孕育了众多知名企业一样，智能建造未来或许也将创造很多“不可能”。

我们期待，通过三年试点工作，厦门的智能建造未来将拥抱更大发展空间，更好撬动起产业创新活力，激发建筑业发展新动能。

在厦门的工地，一系列颠覆想象的智能革命正在发生：机器人变“工友”，放样、焊接、喷涂等工序样样在行；无人驾驶压路机在北斗高精度定位系统和障碍物识别系统等智能技术组合成集群的“大脑”指挥下，以厘米级精度自动协同作业；拥有25只“脚”的空中造楼机攀附在超高层建筑顶端，最快四天就能建一层楼……

智能建造正迎来发展蓝海——借力大数据中心、人工智能、云计算、物联网等“新基建”的布局和完善，建筑行业的工业化、数字化、智能化转型升级步伐持续加速。此前，住建部将包括厦门在内的24个城市列为首批智能建造试点城市，在试点方案中，厦门提出要利用三年时间，“探索新一代信息技术和建筑工业化技术协同发展的路径和模式，建立涵盖科研、设计、生产、施工、运维等全产业链融通协同的智能建造产业体系”。

在从“建造”迈向“智造”的全新赛道，如何抢滩布局实现弯道超车？建筑业产业将呈现怎样的变革？作为全国试点“第一梯队”，厦门正在用实践作答。

三年试点 厦门要完成 哪些任务？

根据试点需要，厦门将策划一系列创新项目，扶持企业做强做大，形成竞争优势，提升建筑行业整体规模和质量，更好地促进建筑业产值、建安投资等增长。

《厦门市智能建造试点城市实施方案》明确，到2025年底，厦门市将试点数字化建造项目100个、智能建造项目30个；建成涵盖智能建造管理平台和智能建造产业数据中心的行业综合业务系统；引进培育不少于10家智能建造龙头骨干企业；建成省级以上装配式建筑部品部件生产基地6个；建设智能建造产业链相关产业园区3个；建立装配式建筑实训基地和智能建造实训基地2个至3个；建设建筑产业工人培育基地1个；引进和培养一批高素质复合型管理人才和智能建造产业工人，形成全产业链数字化解决方案能力，基本形成智能建造产业生态。

为何要发展 智能建造？

智能建造专家、中国科学院院士丁烈云说，建筑业是我国的支柱产业，但长期以来，我国建筑业存在能源与资源消耗大、劳动力日益短缺、科技水平不高等问题。为此，促进建筑业转型升级是时代发展必然要求。

智能建造是以人工智能为核心的新一代信息技术与工程建造相融合而形成的一种工程建造技术，它不仅是工程建造技术的创新，还将从经营理念、市场形态、产品形态、建造方式以及行业管理等方面重塑建筑业。发展智能建造，是当前建筑业突破发展瓶颈、增强核心竞争力、实现高质量发展的关键所在。

本版文/本报记者 袁舒琪 蔡绵绵

模式的探索

开启“智造”2.0时代 培育良好上下游产业生态

不久前，厦门邀请智能建造专家、中国科学院院士丁烈云来厦开展智能建造学术报告。在肯定厦门取得显著成效的同时，丁烈云也指出，目前厦门的智能建造应用仅是1.0版本，多为散点式、聚焦某些单一环节的尝试，没有形成系统性全过程智能化。

“智能建造涉及建筑行业的整个过程，从设计、施工到交付、运维，都可以运用数字化手段对传统建造模式进行改造。”丁烈云说，“通过试点工作，厦门所要打造的智能建造2.0版本，就是要将过去散点式应用串点成线，培育良好上下游产业生态，打造成熟的示范样板。”

探索全生命周期BIM应用或许是一个很好的方向，厦门新会展中心项目正在率先尝试。“我们所做的是‘三全’的BIM

应用与管理。”厦门新会展中心BIM专业负责人吴学毅介绍，“三全”即全过程、全专业、全员参与。“各方建立统一运行管理机制紧密联系，共同开展基于BIM的协同设计，在虚拟空间进行充分的技术经济研讨和比选，最大程度囊括所有的观点和意见。”吴学毅说，大家共同的目标就是令建筑产品在各种价值视角下趋近于完美，最终实现智慧运营“数智会展”。

培育产业上下游生态，市建设局还正在推动新EPC模式（设计采购施工工程总承包模式）探索，推动企业以多种形式紧密合作、协同创新，逐步形成以工程总承包企业为核心，相关软件研发、设计咨询、部品部件生产、智慧运维等企业共同参与的开放型产业体系。



放样机器人