

“滴答、滴答，请注意，正在作业……”11月15日，在广东省东莞市松湖明珠项目工地上，粉色的地坪研磨机器人正一边播报语音安全提示，一边穿梭作业着。

松湖明珠项目总经理刘宇明告诉记者，与传统人工作业模式相比，机器人的工作效率更高，带来的扬尘污染更小，有效保障了施工人员的健康安全。

近年来，在数字技术驱动的新浪潮下，诸如地坪研磨机器人等数字化设备层出不穷。通过与人工智能、5G、大数据等新一代信息技术的深度融合与创新应用，数字建筑已成为产业转型升级的核心引擎。在政策、技术、产业等多重因素驱动下，建筑业数字化正快速迈向一个全新发展阶段。



11月15日，中建三局二公司工人在湖北武汉绿地中心项目建设现场近500米的高空施工。新华社记者 肖艺九摄

从“满面灰尘”作业到“机器人上阵造房子”——

中国建筑业加快数字化转型

本报记者 刘乐艺

前沿技术助力 智能应用显身手

何为数字建筑？《数字建筑白皮书2021》指出，所谓数字建筑，是基于数字孪生理念，全面运用5G、BIM（建筑信息模型）、物联网等前沿技术，实现建筑的全过程、全要素、全参与方的数字化、智能化，从而构建项目、企业和产业的平台生态新体系。

建筑行业作为国民经济支柱产业，在推动经济社会发展过程中持续发挥重要作用。但一直以来，中国建筑业都面临着产品性能欠佳、资源浪费等问题，因此，在产业数字化背景下，智能应用研发渐成行业共识。

据了解，松湖明珠项目中所使用的机器人均由广东博智林机器人有限公司生产制造。依据产品线划分，该公司研制的建筑机器人已有近50款，且大多为解决行业痛点而生，其中18款已投入商业化应用。

“以往墙面油漆喷涂环节只能依靠人工，像腻子打磨、油漆喷涂都会弥漫浓重的粉尘和有害气体。”博智林助理总裁王克成举例介绍，使用室内喷涂机器人，可实现底漆、面漆等水性材料的全自动喷涂。仅需半天培训，工作人员就能快速上手，远程操控完成作业。

事实上，博智林研发的机器人不仅将建筑工人从繁重的工作中解脱出来，还极大提升了施工质量与效率。

例如，测量机器人工效为人工的2.5倍以上，测量精度在1毫米内；通过机械臂，地砖铺贴机器人能够精准实现地砖的抓取和放置，保证地砖平整度达0.5毫米；楼层清洁机器人可清扫石头、碎块及灰尘，清洁覆盖率达90%……

除了硬件的高科技，不少智能建筑软件也在建筑业数字化转型中大显身手。

位于侏罗纪世界努布拉岛的假山瀑布，是北京环球影城度假区的标志性景观之一，这一令人震撼的场景便是中建二局安装公司大量的使用BIM技术搭建而成的。

只见于BIM工程师宁焕昌的电脑屏幕上，桥架、风管、电缆等设备变身一条条“丝线”，按照1比1尺寸比例嵌入软件。面对盘蛇卧龙的管线布局、纵横交错的框架搭建，工程师们只得以亚毫米的精度“抽丝剥茧”，将一根根线缆连接到设备终端，最终成功将实际误差缩小在3厘米以内，实现了灯光、音响、设备的精准安装。

“BIM技术之于机电施工，就好比X光之于外科医生，利用BIM技术可以形成可视化模型，就像给建筑‘拍片子’。”宁焕昌对记者说，“在我看来，数字化赋能，确实让我成为一个更懂建筑的工程师。”

全周期可视化 安全管理好保障

工程项目建设不仅标准繁多、要求严格，而且参与人员数量规模较大，现场管理难度极高。实现高效率施工作业，大多依赖于项目管理人员的组织管理能力。

然而，人为管理能力再强，也常有鞭长莫及之处，更难免有百密一疏之时。以数字赋能全生命周期管控的智慧工地系统适时出现，使得管理者更加“耳聪目明”，成为破题利器。走进安徽碳鑫科技有限公司焦炉煤气综合利用项目部办公室大厅，迎面是一块综合看板大屏，包括现场人数、工种统计等实时管理数据，一目了然。

“安全生产始终是项目建设最重要的目标，智慧工地最重要的作用就是实现了在线安全管理。”项目经理聂磊说，该系统能够快速准确地对数据进行处理识别，并可进行全天候、全流程、全方位的监管，极大减少人

力投入。

比如，当施工人员进出工地时，智慧工地系统都会自动“刷脸”智能核验人员身份信息。对于连续长期未进场人员，系统将自动予以冻结，注销其入场权限，再入场时需重新进行入场安全培训。

“我们将视频AI算法与工地监控相结合，提供安全帽、反光衣、非施工人员越线等多种智能识别算法，可实现对工地上‘人的不安全行为’的自动化、智能化监控。”项目部信息化实施人员说，“若有工人未佩戴安全帽，系统后台会自动抓拍并实时报警，管理人员通过手机等设备就能进行管理。”

为工程项目锁上“数字安全锁”，安全帽智能化升级亦不可或缺。在中交四航局南沙横沥项目现场，工人们佩戴的智能安全帽格外引人注目。

“智能安全帽的后方安装有感应装置，当工人们戴上它进入施工区域时，我们管理人员能实时掌握工人的动向。”项目部党支部书记林乌殿介绍称，智能安全帽还具备实时语音对讲功能，发生紧急事故时，施工人员可长按安全帽上的SOS一键求救按钮，相关人员收到求救信息后可锁定该工人位置，实施快速救援。

除了“人的不安全行为”，“物的不安全状态”也是导致意外伤害事故的重要原因。

近年来，背靠专业化的技术团队，数字建造技术和产品提供商品茗股份在塔机安全辅助技术等核心技术研发上取得突破，拥有多项发明专利。其中，塔机安全监控系统尤其得到用户认可。

“由于塔机结构庞大、稳定性较差，且伴有高空作业，一旦发生意外，极有可能造成重大损失，因此安全管理不容忽视。”茗茗股份硬件产品总工程师康凯说，当塔吊超载、风速过大、倾角异常时，监控系统会自动采用智能防撞技术，通过降档、降速等措施保证塔吊安全，并第一时间将隐患信息推送给相关负责人，以

此将安全事故遏制在萌芽状态。

据介绍，茗茗塔机安全监控系统目前已应用于超过85000台塔机，在北京大兴国际机场、中国西部科技创新港、科威特国际机场等项目中均有落地应用。

强化绿色导向 瞄准“双碳”未来

根据中国建筑节能协会统计，作为碳排放“大户”，中国建筑全过程碳排放量占全国碳排放量的比重超半数，其中建筑材料占比28.3%，施工阶段占比1%。

“建筑运行每年还要排放20亿吨以上的二氧化碳，因此大力减少建筑领域碳排放，需要大幅改变目前建筑业各环节的理念与方法。”中国工程院院士江亿指出，能否更快更好推进建筑数字化，直接影响着“双碳”目标实现进程。

由中建八局承建的吉林北山四季越野滑雪场，是国内首个大体量人防洞室改扩建而成的四季越野滑雪隧道，也是数字化低碳建筑的“新名片”。

“人防洞无完整图纸资料，给我们施工带来不小阻碍，像洞内截面变径就多达52处，扩挖过程中也存在坍塌和涌水情况。”中建八局技术工程师郭海岩在接受本报采访时表示，为解决这一问题，施工团队专门使用三维激光扫描仪，确定需要爆破的具体位置，精确洞室开挖运出量，并将爆破的18万立方米花岗岩作为回填材料，极大减少项目建设和使用所带来的能源消耗。

不仅如此，为尽量少占用原有自然景观，施工团队利用数字化模型设计，从山体中“凿”出众多使用空间，并将钢构件加工区、拌合料加工区等设置在室内，节约用地超1500平方米。

同时，施工团队还利用BIM技术将室外雪道与实际山地地形融合，借助模型演示，将24种2400余颗苗

木移栽至植被覆盖区域。据统计，项目利用BIM技术，共完成对复杂洞室的设计优化方案200多项，解决4215处碰撞问题，减少钢材浪费约56吨。

随着城市建筑更新加快，许多工业用地和设施在二次利用过程中，往往需要进行环境风险评估和污染治理。借助数字技术，提高风险评估与修复技术的智能化水平，为施工用地污染治理提供了解决方案。

“怎么才能把现场数据前后链接起来，像一个自动化工厂一样？”带着这个问题，2019年，北京建工修复公司成立“智慧修复职工创新工作室”，致力于构建大数据平台，以求实现环境智能修复。

据介绍，大数据平台的“生态环境数据管理系统”利用物联网技术，通过传感器、摄像头、手机等终端设备，实现对项目全过程的实时监控、智能感知与数据采集。透过中控室大屏幕，整个项目的运行情况一览无余，覆盖修复工程的全生命周期，真正满足全链条技术要求。

“技术要适应需求，更要超越需求，实现修复技术的数字化、可视化、智能化，这是我们未来攻关的重要方向。”北京建工修复公司副总经理李书鹏说，“我相信，不久的将来，会有更多的智慧化成果应用在环境修复的不同场景，依靠数字技术为产业发展赋能。”

数字蓝图绘就 产业转型正当时

“当前，中国正加快部署推进新基建，培育壮大数字经济新动能，中国建筑业迎来战略发展机遇期。”中国社会科学院“一带一路”国际智库专家委员会主席赵白鸽表示，“在此背景下，如何抓住数字化转型的发展机遇，在新技术、新制造、新基建和新业态等方面取得突破，

成为建筑业抢占未来发展制高点的必然选择。”

鼓励建筑业数字化转型，营造“产业+数字”的安全健康新生态是关键。目前，多地已提出具体举措，力求产业转型行稳致远。

例如，江苏省提出要加快推进BIM技术在规划、勘察、设计、施工和运营维护全过程的集成应用，实现工程建设项目全生命周期数据共享和信息化管理；广东省提出要加强“机器人”等应用场景建设，企业购置、使用智能建筑专用设备符合条件的，可按规定享受投资抵免企业所得税政策；浙江省进一步强化数字化引领，提出要加强物联网、大数据、云计算、人工智能、区块链、城市信息模型（CIM）和5G等在建筑领域的集成应用……

数字化时代，客户需求个性化、信息化和工业化深度融合，也对建筑企业的角色定位提出新的要求。

“推动建筑产业数字化，要以客户个性化需求为出发点和归结点，因为客户体验决定了未来产业发展趋势。”复旦大学特聘教授黄奇帆预测，由于产业发展逻辑由零和竞争向生态共赢转变，数字建筑服务商等新角色将成为产业核心。

中关村智慧建筑产业绿色发展联盟理事长刁志中分析，未来，建筑企业一方面可向运营服务商转型，另一方面可转型为代建服务商，为有土地资源的企业不仅提供物理实体建造服务，同时还提供数字虚拟建造服务。

与此同时，建筑产业数字化转型离不开数字化专业人才培养，需要加强人才培养和储备。

近日，上海城建职业学院土木与交通工程学院已正式更名为数字建造学院，这是上海同类院校中第一家以“数字建造”命名的学院。“未来企业需要的是复合型人才，从学校角度说，需要培养更多适合当前大环境、能灵活应用数字建造技术的学生。”院长刘亚龙介绍，去年学院已尝试开设建筑工程技术专业（智能建造方向），学习内容涉及云计算、物联网、区块链等，受到不少学生家长欢迎。

中国职业技术教育学会会长鲁昕认为，教育部印发的《职业教育专业目录（2021年）》涉及19个专业大类，覆盖了数字建筑所有场景。“从微观层面来讲，新版职业教育专业将致力于服务数字智能建筑、智慧城市管理与智慧城市人才培养。”



▼11月9日，广东佛山顺德的在建住宅项目凤桐花园，测量机器人（右）和混凝土天花板打磨机器人（左）正在工作。
新华社记者 毛思倩摄

▲6月23日，四川省巴中市通江县境内的镇广高速王坪至通江段，无人自动化摊压设备在施工作业。
程 聪摄（人民视觉）

▲11月13日，中国铁建大桥工程局集团有限公司施工人员在山西临猗黄河大桥及引线工程项目工地施工。
薛 俊摄（人民视觉）