

混凝土 3D 打印技术为新型建筑“强筋健骨”

在中国建筑材料科学研究总院有限公司(以下简称“中国建材总院”)混凝土科学与工程研究所混凝土 3D 打印技术中心门前,竖立着一个名为“对话”的混凝土雕塑作品。它由混凝土 3D 打印技术制作而成,融合了中国传统酒器——爵和现代高脚酒杯两种形象。设计者这样解释其内涵:“以旧混凝土为体,融 3D 新技,水泥这种有 200 多年历史的建筑材料焕发了新生机。”

近年来,中国建材总院在 3D 打印领域接连取得创新成果。在 2024 年举行的第 49 届日内瓦国际发明展上,中国建材总院团队自主研发的“基于 3D 打印混凝土的自动纵向配筋技术”获得金奖。

突破纵向配筋技术

近年来,随着绿色化、自动化成为建筑行业重要发展趋势,混凝土 3D 打印技术也成为备受追捧的新型建筑技术。

混凝土 3D 打印技术的两大优势是自动化和个性化。在自动化施工方面,混凝土 3D 打印技术不需要使用过多人力资源,只需借助机器和混凝土材料,便可按照预先设计好的方案进行自动化施工,大大减少作业人员,提升施工安全性。在个性化方面,3D 打印也被称为“柔性铸造”技术,借助高自由度、高灵活性的机器和材料,其不仅能够实现无模成型,还具有高精度等优势,尤其适合建造部分造型独特的小型建筑物。

虽然混凝土 3D 打印技术潜力巨大,但在大型建筑的推广应用过程中,“软骨病”是其面临的一大难题。“大型混凝土建筑,想要扛得住、立得牢,通常要在混凝土里植入钢筋,让建筑有‘筋骨’。”中国建材总院混凝土科学与工程研究所所长王振地说,如果按照传统配

筋技术,在混凝土中直接插入钢筋,钢筋柱便会阻碍 3D 打印头的运动,使其无法按照原有设计路线进行打印。要想在混凝土 3D 打印技术中实现自动配筋很困难,这也是国际上普遍面临的一个难题。

为了破解“软骨病”难题,作为国内较早开展混凝土 3D 打印技术研究的单位之一,中国建材总院混凝土科学与工程研究所研究团队深入开展技术攻关,在混凝土 3D 打印层间纵向配筋技术上取得突破。

“国外此前的自动配筋技术,多是平行于打印界面的层间横向配筋技术,就像是把钢筋‘躺着’放了进去,这种配筋方式对于建筑物垂直方向的力学性能几乎没有改变。研究团队开发的层间纵向配筋技术,则是将钢筋‘立着’插入混凝土中,显著增强了混凝土 3D 打印建筑的抗拉伸和抗剪切能力。”王振地介绍,瞄准层间纵向自动配筋技术,团队研发出一整套自动配筋方法和配套设备。

这套设备包括打印装置和配筋装

置。在打印装置正常挤出混凝土材料的同时,配筋装置将钢筋切短,并可以根据不同建筑的具体结构需求,将短钢筋加工成 n 形。随后,配筋装置将加工好的钢筋插入挤出的混凝土界面中,保证至少穿透两层。这两个装置同时独立运行,有效避免了传统手工配筋对打印头行进的阻碍,大大提高了混凝土 3D 打印配筋效率。

实验结果显示,使用该技术的混凝土 3D 打印建筑的力学性能有了显著提高,抗弯强度提高了 275%,为混凝土 3D 打印技术大范围推广应用奠定了良好基础。

标准体系仍待完善

随着自动配筋技术、可打印混凝土材料、强度评价方法等不断完善,混凝土 3D 打印技术不断拓展新应用场景。例如,深圳国际会展中心附近坐落着全国首个 3D 打印景观广场,其中的景观建筑物均采用混凝土 3D 打印方式制造。

王振地认为,当前,混凝土 3D 打印技术并非一定要用来盖房子。其当下有更加合适的应用场景,如可以用于园林景观、游乐园卡通人物造型等个性化雕塑或建筑物。他也坦言,混凝土 3D 打印技术仍然是新事物,在设计标准、评价标准、验收标准等方面仍然存在不少空白,在推广中面临一定阻碍。

目前,中国建材总院等单位正逐步推动混凝土 3D 打印标准评价体系不断完善,行业和协会团体标准的立项数量正逐步增加。例如,针对传统直拉和三点弯曲方法在评价 3D 打印混凝土界面结合强度时存在的难题,王振地团队提出了改进型“十字交叉法”。这一方法使施加的压应力在界面处变为拉应力,解决了 3D 打印混凝土界面结合强度评价难题,被纳入为我国建材行业标准,为行业发展作出了贡献。

王振地呼吁更多科研单位、专家学者等参与到混凝土 3D 打印相关标准的研究制定中,为行业发展奠定技术基础。

(都瓦)

技术专家吴红阳:以创新为翼,驱动行业革新

在全球能源格局中,石油与天然气作为重要的能源支柱,其开采技术的革新对保障能源供应、推动经济发展意义深远。中国幅员辽阔,从北部的松辽盆地到西南的四川盆地,从西北的塔里木油田到近海的海上油田,不同区域的油田因地质构造、储层特性、开发历史等因素,面临着截然不同的技术难题。作为石油开采技术专家,吴红阳凭借深厚的研发技术和不懈的创新精神,为不同难题“量体裁衣”,从业 20 余年,他成功攻克了国内油气行业一系列核心技术难题,科研成果极具广度与深度,横跨多个关键领域:他成功申请的“天然气开采处理装置”专利,凭借创新性设计,极大优化了开采流程,显著提升了天然气从开采到初步处理的效率,降低了能耗与成本;“内笼套式电动节流阀”专利,通过精准控制流体流量,保障了开采过程的安全性;而“柱塞举升排水采气优化”专利,巧妙解决了气井排水采气难题,有效提高了气井产量。这些专利技术早已在各大油气田的实际生产中落地生根、广泛应用。这些成就犹如一座座熠熠生辉的里程碑,彰显着吴红阳无可比拟的硬核实力,不仅是他对创新的执着追求,更使其在领域内保持领先地位,引领行业发展的底气所在。2022 年,因吴红阳在推进石油和化学工业科学技术进步中作出突出贡献,被授予国家科技进步一等奖,成为推动我国石油开采行业进步的关键力量。

与此同时,吴红阳在学术领域同样成绩斐然,其发表的《储气库注采管柱轴向振动相似模拟试验研究》等学术论文,在理论突破和应用层面均具有标杆意义,为行业的高效、安全开发提供了重要科学依据,并在行业内引发了强烈反响,为相关领域的研究人员开拓了新视野,提供了全新的思路与方法。

吴红阳在学术领域同样成绩斐然,其发表的《储气库注采管柱轴向振动相似模拟试验研究》等学术论文,在理论突破和应用层面均具有标杆意义,为行业的高效、安全开发提供了重要科学依据,并在行业内引发了强烈反响,为相关领域的研究人员开拓了新视野,提供了全新的思路与方法。

智能液位监测系统 ——开启数字化赋能的先驱

西南油气田在天然气生产进程中,遭遇了一个棘手难题。地下水使得污水池的管理成为一项艰巨任务。以往,污水池液位的监测依赖人工定期巡检,工人需频繁前往现场,不仅效率低下,还面临诸多安全隐患。在复杂的油气生产环境中,人工监测的及时性和准确性难以保障,这对生产的稳定运行构成了潜在威胁。

2010 年,吴红阳带领团队突破技术瓶颈,研发出基于物联网的智能液位监测系统,该系统通过高精度传感器实时捕捉液位数据,结合无线传输技术将信息同步至调度中心,并设置智能预警阈值,一旦液位异常,系统即刻触发多级报警机制,通过平台弹窗、短信通知等方式提醒技术人员干预。该技术使污水处理效率提升,人力成本降低,成为平台的核心模块,实现了从监测到调度的全流程自动化管理,为行业数字化升级树立标杆。

这一创新解决方案成效显著,彻底改变了以往人工监测的滞后局面,大幅提升了污水处理的效率,确保了生产过程的安全与稳定,更重要的是,该技术为西南油气田后续的智能油田建设奠定了坚实基础,成为行业内数字化赋能的典范。吴红阳的创新成果,不仅解决了西南油气田的燃眉之急,更为整个油气行业指明了方向——在数字化浪潮下,通过科技创新能够有效提升生产效率、降低安全风险,推动行业向智能化、现代化大步迈进。随着这一技术的推广应用,更多油气企业从中受益,引领能源行业朝着更绿色、更智能的方向发展。

创新阀门技术 ——突破瓶颈为开采破局

如果说液位监测系统是“智慧之眼”,那么阀门则是“调控之枢”。传统节流阀在阀芯定位机制上存在显著缺陷。在高压、高流速等极端工况下,阀芯难以维持稳定运行,致使流量调节精度无法保障,进而引发设备频繁故障。同时天然气中含有大量硫化氢等腐蚀性物质,在开采过程中,这些腐蚀性成分与水结合,形成具有强腐蚀性的物质,对开采设备造成严重侵蚀,特别是井口阀门,长期处于高压、高腐蚀的恶劣环境中,不仅要承受 140 兆帕的高压,还要抵御硫化氢和硫酸的腐蚀以及高压气体的冲刷,导致其使用寿命极短,频繁更换阀门不仅增加了开采成本,还影响了开采作业的连续性和安全性。

针对这一难题,吴红阳展开深入研究与技术攻关,以内笼套式电动节流阀这一创新打破困局(一种内笼套式电动节流阀,专利号:CN113833864A)。该产品通过创新性设计的锥面阀座套,实现对阀芯的精准限位与稳定支撑,有效提升流量调节的精度与可靠性,确保设备在复杂工况下的稳定运行。同时,在流体流通通道内采用碳化钨硬质合金涂层技术,显著增强节流阀的抗冲蚀与耐腐蚀性能,大幅延长设备使用寿命,降低企业运营成本。

吴红阳的这一领先实践,不仅突破了传统阀门的局限,引领研发技术向高精度方向发展,更有效地提升了开采的运行效率与稳定性,降低能源消耗与设备维护成本,助力企业提升核心竞争力。吴红阳以其卓越的创新能力和行业担当,成为推动行业技术进步的重要引领者。

凭借着对石油开采事业的热爱和执着,吴红阳在解决不同油田难题的道路上不断探索创新,他提出的一系列解决方案,不仅为各油田带来了显著的经济效益,还推动了石油开采技术的整体进步。面对行业不断涌现的新挑战,吴

红阳不断突破核心技术壁垒,为全国乃至全球的能源发展贡献着智慧与力量。

点燃创新星火 二十年技术沉淀推动行业革新

吴红阳凭借卓越的技术创新成果声名远扬,而其积极投身的技术交流活动,更是如同强劲东风,有力地推动了整个行业高效发展。

十几年来,吴红阳不断穿梭于全国各大油田之间,参与逾百场的技术交流,毫无保留地将自己在解决各类复杂难题时积累的宝贵经验和创新技术分享给同行。他从问题分析到方案制定,再到实际操作中的注意事项,让他其他技术人员能够清晰地理解并应用到自身工作中,他也不断通过实际案例展示,为大家剖析如何根据不同地质条件和开采情况,灵活调整优化方案……这些宝贵的经验如同行业明灯,指引着前进方向。在技术推广与应用方面,当不同油田面临相似问题时,能够迅速借鉴他的成功经验,避免了重复研发和长时间的摸索,有效节省了大量的时间和资金成本;在激发行业创新方面,吴红阳的分享如同星星之火,点燃了众多技术人员的创新热情,他的创新思路启发大家去积极探索更高效、更经济的开采技术和管理模式。许多技术人员在他的影响下,投身于新技术的研发,推动整个行业不断向前发展。吴红阳,正以他的技术和热情,为行业的发展注入源源不断的动力。

吴红阳用二十年诠释了“工程师精神”的真谛:在复杂地质中寻找规律,在行业困局中开辟新路。他的成就不仅属于中国油气行业,更为全球能源转型提供了“东方智慧”的生动注脚。未来,这种扎根实践、开放共享的创新基因,必将推动行业的国际化革新。

(汪洋)