

给道路“做CT”

——分布式光纤传感技术高效排查空洞隐患

◎本报记者 金凤

借助运营商的光纤接入光纤调制解调设备,继而优化算法,监测道路空洞……近日,东南大学智慧建造与运维国家地方联合工程中心(以下简称中心)的科研人员穿梭在南京街头和光纤接入机房,运用分布式光纤传感技术,为道路“做CT”,以防道路塌陷。

近年来,城市道路塌陷灾害在部分地区发生。自2022年起,中心开始研发分布式光纤传感技术,通过既有光纤接入光纤调制解调设备,接收、分析通过光纤散射光还原的振动信号,从而为排除道路隐患提供技术支撑。

“我们希望,通过一根光纤,就能够全天候监测道路地下空洞。”中心主任助理吴栋在接受科技日报记者采访时说。

光纤传感叠加算法,把脉道路不同“病症”

“当前,探地雷达是探测地下空洞的主要手段。这种方法能够精确探知地下空洞的位置、深度和尺寸。但在实际使用过程中,该方法采购费用和服务费用均较高,探测速度较慢,且受地下水影响,难以大面积推广。”吴栋介绍,目前急需寻找一种能够扩大传感器监测范围,降低传感器布设成本,实时、准确、动态感知城市基础设施振动、温度、应变的监测感知网络。

而光纤是中心科研人员的首选。光在光纤中传播时,受光纤状态及光纤周边环境影响而发生变化。利用光瑞利散射、布里渊散射等

原理,可以对光纤周边的振动、应变、温度进行测量、分析和定位。

“具体来说,就是将光纤接入光纤调制解调设备。由于光纤材料的密度、折射率等光学性质存在微观不均匀性,光在光纤中传播时会发生散射。”吴栋介绍,当环境温度变化或光纤产生形变时,光纤中的散射光相位会随之变化。

“光信号散射回光纤调制解调设备后,会被还原成振动信号。这些振动信号各有特点。我们为这些特定场景构建了‘声纹库’,当道路发生空洞、遭遇破坏性施工或者雨污管线发生结构性破坏时,光纤的振动、应变、温度信号都会有差异。后台的计算机算法通过‘声纹库’比对,就能知道道路出了什么问题。”吴栋举例,当车辆通过道路时,光纤每个采样点可采集到车辆通过的振动信号,而地下空洞点位的信号与正常点位信号相比存在更大衰减,因此通过光纤振动信号分析可有效监测道路空洞。

目前,该团队研发的光纤振动分析算法能识别的作业行为主要有挖掘机砸地、风炮作业、切割机作业、夯机作业、顶管机作业等。

开展道路实验验证,监测准确率达85%

为验证监测方案的可行性和科学性,2023年,科研团队选取了南京市御道街一条2公里的道路进行实验测试验证,结果发现道路两侧外侧车道有密集分布的小规模空洞,最小空洞直径为1米左右,预计总数量超过30处。

“我们将测试结果数据与市政道路养护数据对比后发现,监测总体准确率达85%。当然,空洞主要为市政窨井。南京并不是道路空洞高发的城市。”

吴栋说。

施工监测的验证结果,也让科研团队倍感振奋。2022年11月2日,分布式光纤感知监测到,13时36分至13时42分,南京德基广场二期东侧停车场入口附近有工程机械破碎作业。项目组成员随即赶到停车场入口现场确认,发现在围挡中确有挖掘机作业。

若要感知道路隐患,选取的监测点越密集越好。吴栋介绍,分布式光纤感知技术目前可以实现40公里连续的感知信息获取,风险定位误差在米级以内。如今,团队对于光纤常规监测点的间隔距离设定为10米,一旦发现信号异常,还可以加密监测点,以便更精准地找到道路隐患点。

“更重要的是,运用分布式光纤感知技术,无需破除施工,只需将运营商已有的通讯光缆中的光纤接入感知设备,就可以进行监测。一般3至5年内根据需要进行布设在机房中的硬件设备即可,非常便于维护。”吴栋说,目前,团队已经在无锡、苏州昆山、宿迁等地布设分布式光纤传感设备、调试算法。下一步,他们将进行区域示范,力求不断提升道路空洞等不良事件的识别精度,同时降低使用成本。

除了城市道路,分布式光纤声波传感系统在其他场景中也能“施展拳脚”。吴栋介绍,城市雨水管、污水管经常发生一些结构性破坏,现有技术一般需要管道排空、冲洗干净,由管道机器人进入拍摄,再由人工判断是否存在“病害”,效率低、成本高。

而依托分布式光纤声波传感系统,通过管道光纤,接收沿管道传播的振动信号,遇到脱节、虚接、错口等结构性缺陷,振动特征会发生变化。因此,通过提取振动特征,就能发现“病害”所在。

“未来,分布式光纤声波传感系统可搭载施工作业及设备类型识别、道路空洞监测、雨污管线检测等多重算法,满足城市基础设施安全运行监测的多场景业务需求,为城市安全保驾护航。”吴栋说。

成果播报

这个“造楼机”5天能造1层楼

◎本报记者 宋迎迎
通讯员 牟俊辉

近日,在位于山东青岛胶州市黄埠岭片区棚户区改造项目现场,3号住宅楼正“拔地而起”。让人意外的是,这栋楼施工工人比其他楼栋明显要少,作业效率却很高。

“我们自主研发的‘天蝉’住宅施工机器人系统发挥了大作用。”项目承建方中建八局技术负责人黄运昌告诉记者,“天蝉”住宅施工机器人系统传统的建筑工序集成整合,大大提高了建筑施工效率和安全性。

黄运昌介绍,“天蝉”是针对所建楼栋的施工一体化集成系统。在系统内部,不同分工的自动化机器人悬挂在空间顶部的精密轨道上运行,工人则在底部辅助作业。人机协同完成放线、钢筋绑扎、支模、浇筑、振捣、养护等各项施工工序,实现流水化作业。

在项目施工现场,记者远远地就看到一顶蓝色的“帽子”盖在楼顶。“那就是‘天蝉’系统。它可以覆盖整个施工作业面,并实现自动爬行。”黄运昌指着楼顶的“帽子”告诉记者,随着施工进度推进,“天蝉”已经攀爬到了23米的高度。

“待本层施工任务完成,‘天蝉’系统仅用1小时即可准确爬升至更高一层。与传统建造方式相比,这个系统将用工数量缩减50%以上,工期

缩短约30%,施工速度最快可达5天1层楼。”黄运昌说。

“天蝉”系统的高质高效运行,得益于它的“智慧大脑”和“灵活四肢”,即由BIM、虚拟现实、物联网等技术形成的智能控制系统和机器人集群。该系统在主要工序中的装备智能化率超过60%。“‘天蝉’首创的分布式智能施工系统,将混凝土振捣机器人、整平机器人、覆膜机器人、凿毛机器人等智能设备,整合在标准化集成底座上。在智能控制系统的统一调配下,机器人集群与智能布料系统、高精度放线系统、自动喷淋系统、物料提升系统、智能监控系统相配合,高效协同完成建设目标。”黄运昌说。

为提升高空作业的安全性,“天蝉”系统采用挂架与围护体系。面对恶劣天气时,系统顶部的折叠天幕可覆盖整个作业面,为工人提供舒适的作业空间。此外,该系统还采用了标准化构件设计与模块化拼装模式,可像积木一样轻松实现安装、拆卸,以便周转利用,助力资源节约与环境保护。

“‘天蝉’系统的应用,是我们搭建数智工地应用技术体系的重要实践。”中建八局四公司负责人丁灏说。

据悉,此次运用了“天蝉”系统的黄埠岭片区棚户区改造项目,规划建筑面积20.31万平方米。项目用地将主要建设住宅楼、服务用房、停车场等公共设施以及给排水等配套设施。



“天蝉”住宅施工机器人系统在青岛胶州市黄埠岭片区棚户区改造项目中投入使用。
李源摄

高速铁路接触网吊弦实现智能安装

科技日报(实习记者薛岩)记者6月14日获悉,由中国铁建电气化局集团承担的“高速铁路接触网智能安装机器人装备研制及应用”项目近日通过成果评价。这标志着我国高速铁路接触网吊弦现场安装关键技术攻关和装备研制取得突破。该成果将作为高速铁路智能建造体系的重要组成部分。

项目团队负责人介绍,作为中国铁建重大课题“高速铁路接触网智能建造关键技术研究及成套装备研制”的关键项目,接触网工程建造劳动强度高、安全隐患多、工艺要求高。吊弦安装工序全部依赖作业梯车人工操作的问题亟待解决。

高空作业是整个接触网上部工程中人工占比最高的工序,工人的劳

动强度大、危险性高。为降低风险、提升效率,项目团队对安装工艺和工况环境信息进行研究,先后攻克了基于北斗定位与“编码器+激光雷达”双重校验的吊弦安装位置测量技术、基于视觉交互的承导线空间位置信息捕捉技术等一系列关键技术难题。项目成果使得各项安装参数精度提高20%左右,工艺质量水平大幅度提高,有效降低了高空作业频率。

目前,项目共获得5项发明专利、17项实用新型专利,构建了完整的知识产权群。

据悉,该成果已在沪宁沿江高铁进行试验及应用,解决了传统人工操作带来的工艺问题,降低安全风险,并有效提升了高速铁路接触网智能建造的技术水平。

杏鲍菇菌渣高效转化成栽培原料

科技日报(实习记者李昭宇通讯员孙嘉隆 盛丽君)记者6月14日从扬州工业职业技术学院了解到,该校大学生科研团队成功将杏鲍菇菌渣“转换”成杏鲍菇栽培培养基质,实现了杏鲍菇菌渣的废物再利用。

据了解,全国生产杏鲍菇的厂家超过700家,年产量超过200万吨。杏鲍菇采摘后剩余的菌渣,过去多数被作为废弃物丢弃,或通过简单还田等方式处理,造成了环境污染和资源浪费。

2022年,扬州工业职业技术学院学生孙慧玲与几名同学组建了“杏鲍菇菌渣可持续高质利用”团队研究再利用杏鲍菇菌渣。

两年来,孙慧玲和团队成员先后走访调研了“中国菌都”连云港20多家杏鲍菇生产企业,研究了杏鲍菇菌渣的成分、利用率以及使用用途,并采集相关企业生产数据。通

过试验分析,他们发现杏鲍菇采摘后剩余的菌渣营养成分丰富且符合杏鲍菇培养基料行业标准,具有作为菌包主原料进行二次利用的可行性。经过多次试验,研究团队成功优化了菌渣与基质的配比技术,构建了配比数据库,研发出菌渣高效无害自适应优化技术。

“我们的技术能够精准筛选无病害菌渣,与传统方法相比筛选效率提升5倍,杂菌识别准确率99.7%,基质替代率超35%。利用该技术制作的菌包,成本低、产量高、品质优。经检测机构检验,各项指标均达行业标准。”孙慧玲说。

目前,孙慧玲团队已申请8项专利,并成立企业进行回购菌渣、委托加工、销售菌包的商业运营。仅半年时间,团队已签约7家食用菌企业,销售2820万袋菌包、处理2.57万吨菌渣。

时速600公里常导高速磁浮建造技术迈向工程应用

科技日报(记者吴纯新 通讯员张启山)“我们已基本掌握时速600公里常导高速磁浮交通工程建造关键技术。”近日,中铁第四勘察设计院(以下简称铁四院)副总工程师文望青告诉记者,该院牵头承担的中国铁建科研重大专项顺利结题。专项形成了常导高速磁浮建造关键技术方面系列自主知识产权和指导性设计原则,向工程化应用迈进一大步。

磁浮交通是传统铁路交通发展100年后诞生的新技术。该技术以无接触方式重构列车与线路的相互关系,突破了传统地面交通工具的速度极限。

自密实混凝土为深中通道锻造坚实“肌肉”

◎本报记者 龙跃梅
通讯员 陈晓雨 于方 高松

6月16日,地处粤港澳大湾区核心区域的超级工程——深中通道通过竣工验收。

深中通道是集“桥、岛、隧、水下互通”为一体,当前世界上综合建设难度最高的跨海集群工程,全长约24公里。其中海底隧道的沉管段长5035米,采用钢壳混凝土新型组合结构建造,由32个管节加一个最终接头组成。

作为深中通道海底隧道工程重要参建方之一,建筑央企中交四航局所属中交四航工程研究院有限公司(以下简称中交四航研究院)承担钢壳沉管混凝土的研制工作。

“面对困难挑战,中交四航研究院

磁浮技术基于“同性相斥、异性相吸”的电磁悬浮原理,以磁铁对抗地心引力使车辆悬浮,再利用电磁力引导,推动列车前行。自20世纪60年代始,德国、日本等主要发达国家相继开展大规模磁浮交通研究。

磁浮交通的技术路线可分为常导高速磁浮和超导高速磁浮。文望青介绍,常导高速磁浮可利用电磁吸力实现悬浮。具体来说,它采用电磁铁与良导磁材料之间的电磁吸力,通过自动闭环控制实现列车与轨道之间的无接触悬浮。超导高速磁浮则利用超导体的抗磁性实现磁悬浮。超导磁体在低温下产生强大磁场,与轨

道上的线圈相互作用,产生电动斥力将列车悬起。

20世纪90年代,我国开始同步研究京沪高铁磁浮及轮轨技术方案。铁四院桥梁院副总工程师曾敏说,此次时速600公里常导高速磁浮建造关键技术研究,弥补了现有常导高速磁浮在自主知识产权、系统产业链、可工程化应用等领域的不足。

项目组以建设常导高速磁浮长大干线为应用场景,围绕桥梁建造、隧道建造、站场主要技术标准研究、长定子牵引网建造关键技术、牵引供电及运行控制系统关键技术、道岔系统关键技术等7方面进行系统研究,并针对性地对

时速600公里常导高速磁浮建造技术专利进行分析与布局。

历时4年,项目组圆满完成各阶段研究任务。项目总计形成专利70项,产品4项、工法3项、工艺2项、技术条件5本、软件著作权1项。

同时,项目组还发明了适用于桥隧全覆盖的功能件轨道梁一体化结构,研发了高精度多向无级可调支座保证施工及运维的精度要求,创新设计了适用于常导高速磁浮施工及运维的专用设备,以提升施工效率、减少运维难度。

曾敏介绍,目前,该项目研究相关成果已成功应用于部分工程。

自2015年开始,历时4年艰辛探索,进行了缩尺模型、浮态浇筑、足尺模型和模拟浇筑等试验,最终在2019年配制成钢壳沉管浇筑工艺的自密实混凝土“超级配方”,有力保障了深中通道钢壳混凝土沉管的顺利浇筑,为深中通道如期通车打下坚实基础。”中交四航研究院建材所总工程师邓春林介绍说。

钢壳搭建起沉管“筋骨”

记者了解到,深中通道海底隧道是国内首座采用钢壳混凝土组合结构建造的海底隧道。钢壳沉管采用自密实混凝土,无需振捣即可均匀填充钢壳仓格,形成三明治形钢混组合结构。与传统钢筋混凝土沉管结构相比,这种结构具有承载能力强、抗震适应性强和防水

性能好等优点。

记者查阅资料发现,国内外均没有大型钢壳沉管参考案例。深中通道隧道沉管采用内外双层钢壳,中间浇筑混凝土的三明治结构,建筑团队用钢壳给沉管搭建起“筋骨”,并在内部填充混凝土作为沉管的“肌肉”。

“深中通道每节钢壳混凝土标准沉管内部被分成了2255个仓格,每个仓格之间都是不连通的。为了加强结构的整体性,我们要在每个仓格内灌注一种高流动性混凝土,即自密实混凝土。”中交四航研究院建材所副总工于方介绍,“一直以来,大家对混凝土的印象是拿点水泥、沙子、石子再加水搅拌一下,就可用来建造各种工程。但是要将混凝土配制成高流动性的流体,并非易事。”

自密实混凝土比较“娇气”。它的自流平性能和稳定性受原材料、出机时间、泵送距离和环境温度等影响较大。为此,中交四航研究院建材所团队在项目前期开展了大量自密实混凝土室内试验。

室内实验成功还远远不够,要想真正检验性能还需要开展自密实混凝土足尺模型浇筑试验。早在2016年1月,中交四航研究院科研团队就在江门新会预制场开始了深中通道自密实混凝土沉管海上足尺模型浇筑试验。在团队成员的密切配合下,混凝土顺利浇筑成功。

动态控制混凝土性能质量

与传统的混凝土沉管浇筑方式不同,深中通道钢壳沉管是采用超长混凝土泵设备进行混凝土浇筑,即将混凝



图为深中通道沉管智慧预制厂。受访单位供图