新建厦门北站智能天窗。 受访单位供图

智能技术让高铁站房“绿”意盎然

◎本报记者 矫 阳 通讯员 袁 鹏 杨富岗

只需45秒，屋面420扇玻璃天窗就能一键开启，并随着光照、风力、降雨及室内外温差自动选择开闭角度。

近日，新建厦门北站公交枢纽站完成主体结构封顶，其建筑面积约1400平方米的天窗也施工调试成功，标志着国内站房面积最大的侧悬式模块化滑移启闭感应智能天窗建成。根据厦门地区以往的天气计算，运用这项智能天窗技术，预计每年可减少约40天的通风系统运转，相当于每年减少14.13吨二氧化碳排放。

党的二十大报告指出，推动能源清洁低碳高效利用，推进工业、建筑、交通等领域清洁低碳转型。“为响应国家‘碳达峰’‘碳中和’的战略目标，在新建厦门高铁站房项目中，我们探索了多项感应式智能天窗、太阳能光纤照明等绿色新技术应用，让高铁站房建设不断变‘绿’”。中铁建设集团有限公司新建厦门北站项目负责人耿彬说。

绿色设计降低站房能耗

新建厦门北站位于既有厦门北站北侧，是国内首条跨海高铁福厦铁路全线技术难度最大的站房，也是福建省内规模最大的换乘中心，建筑面积25万平方米。

新建厦门北站采用了多项绿色设计降低能耗。

正上方屋面采用感应式智能天窗设计。整个天窗呈人字形，高差2.6米，由420个单重180公斤的工厂预制化模块构成。分布在天窗四周的风雨感应器，可根据每天实时监测的光照强度、风力大小、降雨及室内外温差等数据，自动开合天窗及窗帘，为旅客营造舒适换乘环境，同时实现节能降耗。

这块智能天窗十分“聪明”。“不仅能实现传统的联动，还可以自定义调整天窗的开合角度、开合时间及窗帘的覆盖面积。”中铁建设集团有限公司天窗施工负责人潘峰潭说。

得益于预制化技术，施工现场仅用15天就完成了安装，极大地提高了施工效率。

新建厦门北站屋面设计安装的是智能光纤照明系统，面积达7000平方米，居全国之首。

“智能光纤系统宛如向日葵。”耿彬说。原来，整个智能光纤系统的光纤长度超过10万米，并可以通过采光机每天自动精准追踪太阳方位。耿彬介绍说，该系统一次光能利用率最高可达80%，较国外同类型产品提升120%，全年可节约用电约40000千瓦时。

安全监管装上智慧“大脑”

新建厦门北站中轴线正下方，是运营中的厦门地铁1号线。站房基础底部距地铁隧道仅3米，重合长度达250米。地铁1号线每天往返运营达300余次，一旦施工有误，将对地铁运营造成极大的安全隐患。

面对地铁保护、复杂钢构等安全施工难题，建设团队遵循“守底线、补缺陷、除隐患、防风险”的安全专项整治行动目标，全面应用智慧监测手段，确保工程建设安全可控。

“我们在地铁隧道内布置了83个监测点位，实时监测地铁结构位移、沉降等各项参数，保证施工安全。”耿彬说，通过自动地铁监测，团队把看不见的地下情况以数字化的方式直观呈现到地面终端系统，科学指导安全施工。

智慧监测手段无处不在。

新建厦门北站站房钢屋盖南北跨度约267米，东西跨度约143米，由22705根杆件拼接而成，拼接截面约54222个，屋盖最高点与最低点相差24米，总重量7423吨。

“金属杆件看似坚不可摧，但在施工过程中由于受力、温度等条件的变化，杆件内部会自发产生应力形变，凭肉眼难以分辨，存在安全隐患。”耿彬说。

为保证工程复杂钢构时时处于健康状态，项目团队研发了钢结构健康监测系统，对钢结构在安装过程、整体提升和卸载后的受力状态进行全面“体检”。

“安装在钢构件上的136个阵列传感器，可实现每秒30次高频采集，实时感知钢结构施工全过程的应力、挠度、位移和温度变化等状态，并将数据传至电脑、手机等系统终端。”耿彬说，钢结构健康监测系统提供的预警功能，让施工管理人员一目了然。

此外，施工现场还安装了AI全景机器人转动“鹰眼”，对施工现场进行360度巡检，小到不扣安全帽戴等不安全行为都能一一捕捉，全方位确保了安全监管无漏洞。

智能设备助力高效施工

工期紧张，如何构建高效建造体系？“我们通过引进各类智能化生产设备、建立智慧管理平台等多种措施，持续提升施工效率。”耿彬说。

在基础和主体施工阶段，项目部搭建了数控钢筋加工中心。通过引进数控调直弯箍一体机、自动码垛机器人、数控钢筋笼滚焊机、智能锯切套丝机等15种智能钢筋加工设备，每天可加工钢筋300余吨。“只需在系统上输入所需钢筋的参数，便能一键下发指令到对应的智能设备，做到按需定制。”耿彬说，通过智能化、产业化生产，在大幅减少人工投入的同时，日均产能提高30%，钢筋用量也节省了9%。

14.13吨

根据厦门地区以往的天气计算，运用这项智能天窗技术，预计每年可减少约40天的通风系统运转，相当于每年减少14.13吨二氧化碳排放。

混凝土浇筑凝固前的刮平工序，俗称“收面”。项目部摒弃了传统的人工收面，改用自动收面机器人，通过遥控和提前进行AI设定，机器人自动找平收面，从过去的10毫米优化到4毫米内，施工效率提升了2倍。

在钢结构施工中，为保证结构稳定性，焊缝表面绝不能出现裂纹、焊瘤等缺陷。以往，部分超壁厚钢构件，仅焊接一条焊缝就要耗时40小时，需安排多名焊工倒班轮换不停歇工作。项目技术团队探索应用智能焊接机器人替代人工进行焊接。

“焊接机器人自带的摄像头与智能芯片，将焊接深度和焊接路线的调整精确至毫米级别，避免了人工焊接时手抖、注意力不集中等影响焊接质量的问题。”耿彬说，相对比人工焊接，机器人焊接时长缩短了3倍，焊接质量提升了2倍，且焊缝100%一次性通过UT超声无损探伤。

围绕提升现场机械施工工效的问题，项目技术团队建立了机械物联网管理平台。现场上百台大型施工机械均安装了智能监测芯片，每台机械每天的作业情况都被精准传输至该平台进行计算分析，帮助项目管理人员及时调整闲置或工作效率低下的机械。

“智能设备、智能平台的应用，让我们实现了工序的高效推进，最终工程主体结构提前15天封顶，钢结构提前23天合拢，金属屋面提前16天封闭。”耿彬说。

新建厦门北站施工建设已进入最后的百日冲刺关键时期，预计5月底将完成装饰装修工作。新建厦门北站总体规模将达到13台27线，建成运营后，年旅客发送量达5000万人次，将串连起福州、厦门“一小时生活圈”和厦漳泉“半小时交通圈”，形成一条黄金旅游带，进一步促进福建沿海城市群快速发展。

为解决“有没有矿”“哪里有矿”问题提供科学依据

创新运用磁测数据，预测矿产资源潜力

◎本报记者 华 凌

矿产资源潜力评价是重要的国情调查，也是加强矿产资源勘查、管理和调控的一项重要基础工作。而摸清全国铁矿资源潜力，预测铁矿资源已成为掌握基本国情的重要数据之一。

4月7日，记者从中国自然资源航空物探遥感中心获悉，该中心首席科学家熊盛青教授领衔的项目“全国重要矿产资源潜力评价磁测应用关键技术”取得重要突破。

系列成果实现矿产资源快速评价

据了解，2006年以来，熊盛青团队历时11年，系统收集、整理、集成、研究了新中国成立以来积累的海量航空和地面磁测数据。在此基础上，团队开展了大规模的磁测资料应用研究，攻克了矿产资源预测与评价中的磁测资料地质解释模式建立、磁测数据应用模型构建、磁异常定量反演和资源潜力估算等理论与方法问题，创新了磁测数据处理解释技术方法，构建并运行了全国磁测资料大规模应用的规范化、工程化、信息化作业体系，首次实现基于磁测资料的全国范围多尺度、多深度的矿产资源定量预测与快速评价，科学评价全国陆域2000米以浅铁矿资源潜力，支撑完成全国铜、镍、铅、锌等23种战略性矿产资源评价与预测，研究成果达到国际领先水平。

熊盛青表示，为更精准地评价我国重要矿产资源潜力，团队创新了基于磁测资料的矿产资源快速评价理论方法，采取多尺度、定性与定量结合的磁测资料地质解释模式，建立典型矿床地质—地球物理模型、磁测资料应用数据模型，解决成矿地质要素快速提取难题，首次解译全国隐伏断裂构造、侵入岩、火山岩、变质岩及蚀变岩等成矿地质要素，揭示出航磁异常特征与磁铁矿，以及与磁铁矿共生/伴生的铜、镍等有色金属矿种的控矿构造，赋矿地层和成矿岩体等控/示矿要素的空间形态及耦合关系，并编制首套中国陆域航磁—地质构造系列图，为全国铁、铜、镍等战略性矿产资源潜力评价提供了不可或缺的重要信息，为解决成矿规律、矿产预测、找矿靶区优选等“有没有矿”的重大地质问题提供了科学依据。

显著提高预测的精度和深度

那么，这项新成果有何创新亮点？据介绍，研究团队创建了基于磁测资料的矿产资源快速评价技术体系；创新提出定性与定量解释结合、综合解释和重磁联合反演结合的磁测资料解释技术方法，发明基于快速模型剖分的重磁异常场分离技术，解决了重磁异常快速反演深部成矿地质体的技术难题；首次在全国范围内将磁法解释由二维推进到三维，定位预测精度提高约15%，编制矿产资源潜力评价磁测资料应用技术要求，创建了磁测资料大规模应用的规范化、工程化、信息化作业体系，全面规范和指导预测工作区、成矿带、省级，以及全国5个级别范围的矿产资源预测与潜力评价。

业内专家认为，这个项目首次实现全国范围多尺度的深部矿产资源定量预测与快速评价，并解决了全国矿产资源潜力评价中磁测资料应用工程技术难题，显著提高预测的精度和深度。团队编制的中国陆域磁性铁矿资源潜力预测图，预测深度达2000米。

团队在全国共圈定36个铁矿成矿带、1317个铁矿预测区，预测区面积约30万平方公里，极大地缩小了找矿范围，指明了全国铁矿找矿方向，为解决“哪里找矿”问题提供科学指导，并预测全国铁矿资源量为1935亿吨，其中2000米以浅资源潜力为1334亿吨，预测的702个矽卡岩型铁矿预测区，铁矿资源潜力达223亿吨。

在实际应用层面，这个项目整体成果已在全国矿产资源潜力评价专项中全面应用，为支撑国家矿产资源战略规划、全国找矿突破战略行动勘查选区部署发挥重要作用；在指导全国整装勘查区、重要矿集区、老矿山深部及重点勘查区找矿中发挥了关键的定靶作用，跟进勘探发现数十处大型铁、铜多金属矿床，如在山东齐河“洪张庄预测区”发现的大型富铁矿等。未来，该项成果或将在指导新一轮找矿突破勘查选区和勘探中发挥重要作用。

成果播报

煤矸石填充采空区 助推煤炭绿色开采

◎通讯员 张燕娟 本报记者 韩 荣

四月上旬，山西省晋能控股装备制造集团晟泰公司（以下简称晟泰公司）的工作人员通过全自动化可视系统对百米井下注浆情况进行了及时观察，采用煤矸石注浆充填解决了煤矿采空区面临的问题，昔日影响到绿色开采的煤矸石如今变成了降本增效的“金疙瘩”。

煤矸石作为煤炭生产伴生产物，长期堆放不仅污染环境，而且在高温天气下容易自燃，存在巨大安全隐患。晟泰公司运用煤矸石覆岩离层注浆防治地表沉陷技术，同时试验煤矿注浆充填处置矸石工艺，解决了煤矿矸石处理难题。

“通过前期大量的技术攻关和实验，该项技术首次在集团内使用后取得了良好的治理效果。可以说将矸石充分利用后，我们掌握了资源与环境相互协调的开采技术。”晟泰公司党委书记、董事长王飙说，“从长远来看，这项技术是非常具有推广价值的，经济效益和环境效益不可估量。”

“矸石生态治理项目是公司近年来拓展的新型生产服务业务。目前公司已初步形成了一套完善的理论体系与工艺流程，覆岩离层注浆技术和膏体连采连充技术两个核心体系可适用于不同的井下地质条件，达到最佳的治理效果。”晟泰公司总工程师孔宏伟介绍。

据不完全统计，晋能控股装备制造集团所属晋城地区煤矿“三下”压覆煤炭资源总量约为10亿吨，建筑物保护等级在Ⅲ级及以下的资源储量约2亿吨，以年产量120万吨的赵庄二号井为例，仅3号煤压覆资源就达5000万吨左右。为有效释放优质资源，晟泰公司从煤层充填围岩控制理论等基础研究入手，为该矿井率先实施煤矸石注浆填充工艺，并已铺设完成2305、2325两个工作面注浆管路6趟，共计16800米。注浆期间最大沉降仅123.8毫米，达到了最佳治理效果。

“利用煤矸石注浆充填技术，仅两个工作面就消耗矸石7.5万吨。这是一举两得的好事，不仅解决了地表沉降和塌陷问题，节省了修复费用，还解决了困扰多年的煤矸石固废排放难题。”赵庄二号总工程师王全明分析。

煤矸石作为充填材料硬度强，有害成分多，处理时对设备要求高，一般的研磨设备很难对矸石进行充分处理，即使处理完成对机器的磨损也非常大，严重影响其使用寿命。

晟泰公司对湿式溢流型球磨机进行了改造升级，采用可拆换式铸钢中空轴，筒体内增镶耐磨衬板，不仅解决了轴承的寿命及调心问题，还让设备在恶劣环境条件下使用时间更加持久。

“井下采空区环境复杂多变，为了能够满足治理需求，我们采用了智能自动化的配比系统，操作人员可根据注浆浆液的密度变化，自动调整水灰比，使注浆浆液配比达到最佳比例，保证注浆工程质量。”充填开采项目负责人花伟介绍。

据悉，晟泰公司在充填工艺中率先采用了自动配比系统，系统可以根据采空区矿压不同，准确调整配比参数。配比流量、压力自动监测系统，则可通过对注浆孔孔口流量表、注浆压力表进行实时监测，及时发现钻孔、管道压力异常等突发情况并进行应急处理，操作方便、简单。

“目前公司采用的覆岩离层注浆技术和膏体连采连充技术两套体系，可满足不同地质条件下的治理要求。”王飙表示，绿色智能、安全高效已成为矿井可持续发展的时代要求，未来公司将积极探索充填开采新技术新工艺，推动矿井充填开采技术智能化、科技化，以成本和效益为出发点，推动矿井安全、绿色、可持续发展。

省时省力又省地 螺旋锚装备首次用于电力跨越放线

◎本报记者 陈 曦 通讯员 杨培斌 刘文静 王似松

4月6日，在天津一处220千伏变电站重建工程跨越放线施工现场，记者看到，两基铁塔档距达到296米。在被跨越的道路两侧矗立着两座高14米、宽25米的“T”字形黄色铁质跨越架，地面基础部分占地面积仅为10平方米。跨越架架身由10节整体式结构的标准节组装而成，两侧伸展的“大臂”由臂节结构及两侧平台组成。

这是国内首次应用于电力跨越放线作业的新型螺旋锚基础自立式跨越装备。据初步测算，新型螺旋锚基础自立式跨越装备用于跨越高速铁路、公路、河流等施工时，人工投入可减少约75%，占地面积缩减约90%，搭设时间缩短约50%，有效提升了电力工程建设安全水平。

“根据需要跨越障碍物的高度、交叉角度、电压等级、跨越档距等参数，我们进行了载荷计算，确定新型跨越架搭设的地下深度，以保障施工的绝对安全。”国网天津市电力公司（以下简称国网天津电力）施工现场负责人耿捷说。

2022年3月，国网天津电力联合中国电科院根据输电线路架线特殊地形跨越需求，开展新型螺旋锚基础自立式跨越装备研究，经过需求调研、建模分析、荷载计算、图纸加工、真型试验及检测等，最终研制出适用特殊地形跨越需求的螺旋锚基础自立式跨越装备。

据了解，新型螺旋锚基础自立式跨越装备与传统跨越架相比，其基础部分不需要搭设抛撑及拉线，可有效减少占地面积。T形结构大臂与杆身为模块化部件，可标准化生产、循环式利用，能够有效简化搭设工艺，减少组装时间，螺旋锚基础可以重复使用。同时，跨越装备主体部件可用于双平臂抱杆组塔作业，提高设备利用率，节约工程建设造价。

国网天津电力建设部技术经济处副处长唐继朋介绍，以往的跨越作业中，多采用毛竹、钢管等材质的格构式及悬索式跨越架。该类传统跨越架存在占地面积大、搭设时间长、需要拉线固定、受风偏影响大等问题。“以跨越高速铁路放线施工为例，如果搭设传统木质跨越架，至少要投入50人搭设4—5天，占地面积近1000平方米。利用新型跨越装备，只需要投入15人组装2—3天，包含施工占地面积100平方米左右就能完成，工程建设效率和效益可观。”

中国电力科学研究院高级工程师夏拥军表示，新型螺旋锚基础自立式跨越装备在国内的首次成功应用，为后续成果优化及指导批量生产提供了依据，为应用于各电压等级的电网建设提供了宝贵经验。