

# 智能建造“筑”力超级工程

## ——世界最高双层悬索桥建设背后

日前，世界最高双层悬索桥——狮子洋大桥西索塔T20节段完成浇筑，索塔建设高度突破100米，大桥建设进入新阶段。

狮子洋大桥为狮子洋通道项目关键控制性工程，采用主跨2180米的单跨吊双层钢桁梁悬索桥。建成后将创造双层悬索桥“主跨跨径、索塔塔高、锚固基础、主缆规模、车道数量”五项世界第一。中交二航局负责狮子洋大桥主桥西索塔施工、部分主缆架设、钢桁梁吊装和西高墩区引桥施工等。

大桥设东、西两座索塔，塔高达342米，相当于110层楼高，为钢板-混凝土组合结构，单个索塔自下而上由62个钢壳节段和6道钢横梁构成。按照设计要求，索塔节段安装精度偏差需控制在1毫米内，且钢壳节段内部浇筑C80高性能混凝土，对混凝土的配合比、温度控制等有着更高要求。

面对索塔结构复杂性、施工高精度要求和高性能材料的应用难题，项目团队如何迎接挑战？一起探秘狮子洋大桥建设的背后。

### 超级装备加持 助力索塔施工“稳”“快”“准”

结合索塔钢结构复杂、体量大等特点，大型钢结构智能建造厂进一步转型升级，项目团队通过全自动焊接机器人

集群、BIM数字化预拼装等技术，单个钢壳节段在厂内整体组装成型，再运至施工现场整体吊装，如“搭积木”般层层向上叠加安装。

超高桥塔、超大跨径，狮子洋大桥对安装精度控制有着更为严格的要求。342米高的桥塔，倾斜度不超过1/3000，要求每个节段安装偏差需控制在1毫米内，相当于只有米粒大小。中交二航局T8合同段副总工程师田飞介绍，项目部采用全球最大移动平衡重塔式起重机R20000-720吊装，通过北斗定位系统与云端控制交互技术，能实现实时监测、偏差分析、路径规划决策推送，保障索塔线形精度。

R20000-720起重机属超大型臂塔机，采用主副塔并存的“一塔三机（主塔、副塔、升降机）”构型，主副塔可同时吊装，使用高效快捷。项目团队创新利用高度、重量、角度、变幅和风速等传感器收集大量数据反馈到司机室显示屏，给司操作人员就位预判提供有力支撑，提高了钢壳节段就位速度，减少了钢壳节段在空中滞留时间，降低了安全风险，解决了超大型塔机在强风、高湿、重载等复杂极端工况下作业的多项难题，让R20000-720吊装索塔节段时做到“大”而“稳”的同时，还实现了“快”和“准”。

此外，在每个钢壳节段间的竖向主



钢筋连接上，项目采用国内自主研发的轴向冷挤压套筒新型工艺，即将两根待连接钢筋的端头放入圆形套筒，再利用挤压设备向内收缩套筒，钢筋肋部就能与筒内凹槽紧紧咬合。相较传统焊接方式，“无火”作业的新工艺能在提升工效和质量的同时，大大地降低安全风险。

### C80混凝土首次在组合索塔应用 智能温控体系攻克控裂难题

“作为世界首座超2000米级的双层悬索桥，双层共16车道，大桥桥塔将承受超20万吨的巨大压力。”狮子洋通道项目总工程师张太科介绍，这种外壳是

钢结构、里面填充混凝土的结构型式，相比于传统的混凝土塔，可减少塔身自重，提升整体结构稳定性，这也是在世界范围内首次将该型式应用在双层悬索桥上。

本次浇筑的钢壳节段，高5.4米，重148吨，浇筑量405立方米。大桥钢壳浇筑均采用具备高强、高弹高稳健、低收缩等性能的C80混凝土，在国内首次实现该强度混凝土在组合索塔中成功应用。

在大桥建设前期，C80混凝土应用在钢混组合索塔中业内罕见，面临一系列技术难题，尚无实践经验借鉴。在调研国内外相关资料基础上，项目团队展开全面的理论及试验研究。

通过上千块试验块同质环境下的数据积累分析，项目团队对初始混凝土配合比进行优化，适当减少水泥占比，同时加入一定比例的抗裂剂、流变改性剂。经多次调试，混凝土性能及指标均能达到设计要求。在保证混凝土强度的同时，提高了其抗氯离子扩散系数，增强了自身胶凝度，调配出了高性能、低水化热、密实度更高的混凝土块，确定了满足要求的最优配合比。

“建设方与我们几家施工单位开展联合攻关，从零突破配比、性能等难题，历经1年半时间完成C80专用混凝土的研制。”中交二航局狮子洋T8合同段总工程师曾炜介绍，“为降低开裂风险，我们还使用自动化喷淋系统，且首次在桥梁领域引进风

冷骨料机，确保混凝土出机温度在21度内。”

混凝土采取分层浇筑、分层振捣施工方法，运输、振捣、浇筑同样面临着控温难题。通过联合技术攻关，最终工程师们研发出了塔顶混凝土智能浇筑平台。平台采用塔吊机搭载智能封舱料斗系统，料斗及分料管外壁设置3个温度传感器，可以实时感知温度数据。此外，分料管还设置了流量控制阀和红外测距仪，可根据混凝土液面高度，实时调整分料管中和筒内流量，实现不同倾角分料管的均匀布料，来回往复，直至混凝土浇筑完成。

“混凝土浇筑入模温度均控制在25度以内，C80混凝土的扩展度、温度变化及力学性能等13项指标均满足设计规范要求。”曾炜总结道。

目前，项目正有序推进主桥狮子洋大桥主塔建设，锚碇正进行顶板施工，计划年内实现主塔塔高突破200米、锚碇完成锚体施工70%；引桥工程已转入上部结构施工阶段。

狮子洋通道为连接珠江东西两岸的超大型跨海多层复合公路通道工程，全长约35公里，起于广州市南沙区大岗镇，终于东莞市虎门镇，包含跨江主桥和两岸引线工程，建成后将为粤港澳大湾区融合发展开辟新的重要通道，对推进大湾区一体化高质量发展具有重要意义。

（通讯员 张政 蒋西米）

# 无人机在这里“闯关”飞天

## ——探访全国首个全空间无人体系示范岛

□记者 张高青 葛沁宁



在当今飞速发展的时代，新事物层出不穷，低空经济便悄然走进我们的生活。一架合格的无人机只有经过严格的技术测试、场景应用实验，确保无人机系统的稳定、安全、可控后，才能飞到您身边的。

于去年10月建成启用的、由上海市市政工程设计研究总院（集团）有限公司（以下简称市政总院）规划设计的苏州盛泽湖全空间无人体系示范岛，就是这样“一个为无人机提供‘闯关’飞天的测试场。作为全国首个全空间无人体系示范岛，这个示范岛究竟有什么特别之处？近日，记者来到苏州进行了探访。

### 示范岛究竟长什么样

盛泽湖位于苏州古城北部的阳澄湖畔，拥有5平方公里的水面资源，湖水清澈，景色秀丽。这个全空间无人体系示范岛就建在面积约170亩的盛泽湖湖心岛上。

什么是全空间无人体系？据介绍，该体系指的是对无人机、无人车、无人船、电动垂直起降飞行器（eVTOL）等海陆空多种无人装备及其配套设施一体运行和监管的新型综合应用体系。2022年1月，我国明确提出“统一构建海陆空全空间无人系统准入标准和

开放应用平台”，由此开启了产业发展的全新赛道。

“这里并不是字面意义上的‘无人’，而是指这里‘空-地-水’一体化的配套设施一应俱全，能够满足无人机、无人车、无人船等各类无人装备的综合测试要求。”市政总院低空经济规划设计师朱骏介绍。

记者看到，目前湖心岛上已经建成包含eVTOL测试基地、无人机起降平台、智能网联汽车停车点及测试道路、自动巡逻船码头、直升机起降点、运营和监控中心、公安警航实训基地等7大功能设施。

### 构建一个多功能体验空间

那么，在苏州盛泽湖项目中，市政总院是如何打造这一低空经济新标杆的？

朱骏介绍，在该项目中，市政总院项目团队从苏州相城区全空间无人体系构建出发，结合产业发展、基础设施规划、空间条件等方面开展研究，提出智能网联汽车、自动巡逻船以及无人机为一体，满足全空间无人系统性能测试、游玩体验、教学培训以及行业参观交流等功能的示范岛建设，成功地该项目做了顶层谋划功能定位和空间布局。

在这里，各类无人机和无人车，均采用了多模态人工智能（AI）技术，

能够在复杂环境中，进行自我导航和目标识别，满足综合测试要求。这里不仅是一个测试场，也是一个多功能体验空间，能够进行游玩体验、教学培训及行业交流等多方面的活动。“其优越的环境条件，特别是水质优良、视野开阔，使得这一示范岛成为无人驾驶技术研发的理想场所。”朱骏表示。

### 做低空经济领域的规划设计专家

市政总院是低空经济的先行者，在机场项目深耕多年，在专业技术、业务模式等方面拥有丰富经验，目前已经在低空智慧检测领域总结出了无人机智能化巡检、无人船自动巡航打捞、无人机定期观测调整水体环境变化等十大应用场景。

作为全国首个全空间无人体系示范岛，苏州盛泽湖这里将成为无人驾驶技术企业测试产品的重要平台。而无人驾驶因其多功能性和高度集成化，不仅将推动技术进步，更可能在不久的将来对社会产业格局和人们的生活产生深远影响。朱骏表示：“市政总院以苏州盛泽湖项目为契机，将充分发挥成套技术整合、方案全面专业、人才团队齐全等优势，全力构建‘总体规划-场景规划-实施建设-运营管理’的低空经济全过程一体化综合解决方案，努力做低空经济领域的规划设计专家。”

# 四川安岳石窟数字展示中心项目索网施工完成

近日，由北京建工建研院负责的四川安岳石窟数字展示中心双层正交索网屋盖拉索施工顺利完成。安岳石窟的千年之美即将以全新的数字化手段展现在世人面前。

安岳石窟数字展示中心坐落于四川省资阳市安岳县石桥街道广惠村，是四

川省、资阳市以及资大文旅融合的重点项目。该项目一大亮点是对于安岳石窟的数字化复原及影片拍摄，将建设全国首个直径21米、可同时容纳300人观影的8K 3D球幕影院，影片通过全新的三维技术将安岳石窟产生的原因和发展史高清呈现，创造全新时空体验，让游客

欣赏安岳石窟精美造像的艺术价值。

项目屋面结构采用大跨度双层索网设计，最大跨度约68米，形成独特的月形结构。索网最高处采用钢管空间桁架拱形结构，拉索和节点数量众多，组作工作量庞大且安装次序复杂。北京建工建研院结构所团队通过提升设备将上层

索网提升至一定高度，再安装上层拉索与下层拉索之间的撑杆，最后通过分别张拉上下层索网的承重索使得索网成网就位，这一过程中，团队还严格控制了结构的形状变化，确保了索网的形与力的一致性。

（通讯员 储雪峰 盖炎）

# 强化安全“三举措” 打好开局“第一战”

## ——中煤七十二公司多措并举拧紧首季“安全阀”

今年一季度以来，中煤七十二公司牢固树立“以人为本、生命至上”发展理念，服务中心工作，狠抓责任落实，创新安全管理方式方法，全力以赴拧紧首季“安全阀”，为全年安全生产工作开好局、起好步。

### 重宣教：拧紧“思想阀”

为使安全宣教工作富有成效，该公司先后创新线上+线下安全培训方式。组织开展复工复产安全专题培训、安全大讨论、安监人员业务技能竞赛、安全知识答题、VR体验等活动100余场次，打出一整套“学法规、举案例、亲体验、赛水平、鸣警钟、提意识”组合拳，使职工在寓教于乐中增强安全知识、强化安全意识。

积极开展“每月一学”线上安全培训，线上推送安全知识锦囊100余条，

参与互动人数达1100余人次，提高了职工群众对安全活动的知晓度、参与度，实现安全培训全覆盖。

深入开展“党管安全”活动，领导班子包项目，党员安监员包班组，切实抓好“关键人”，通过谈心、慰问、亲情助安等形式，围绕安全、生产、思想、稳定和学习五个方面，有针对性地进行心理疏导，提高其安全意识及自主保安能力。

### 强管理：扣紧“责任链”

一季度伊始，该公司严格制定“路线图”，明确责任单位、责任人和时间节点，逐级夯实安全管理“责任田”。以抓早、抓小、抓快、抓好的原则落实安全生产责任，全力实现安全责任“零缺口”。

该公司成立一季度专项安全检查

组，忠实履行防范职责，统筹做好“复工复产”和安全风险防控，以安全验收和安全专订为抓手，层层压实责任，严格落实各项安全措施，强化现场安全管理，加大检查监督力度，摸清抓准重大风险、薄弱环节、关键要害，切实提高安全管控能力。

同时，该公司结合“复工复产”及新业务领域拓展要求，根据不同岗位，做细做实职业健康培训；坚持党、政、工、团齐抓共管、凝聚合力，对大型机械设备、安全防护等重点环节、重点部位进行全面“安全体检”，严查安全隐患，抓好动态管理。深化守规矩安全文化建设，充分利用各种宣传载体营造浓厚氛围，全面构筑党管安全责任体系。

### 严预防：筑牢“新防线”

坚持“哪块存在漏洞，就及时跟

进；哪里易出问题，就提前防范”方法，该公司持续加强安全管理。结合一季度安全生产特点，该公司加大数字技术、智能设备在安全生产中的实际应用，助力安全风险管控由事后被动处置向事前主动防范的转变。

该公司大力推广应用皮带机巡检机器人系统、“智能可视化系统”、监控系统、安全VR体验中心、多媒体培训、智能识别、自动报警、大数据分析等安全新技术等，构建了安全管理“智能”堤坝，进一步筑牢安全防线。

该公司依托“智慧党建”平台优势，在安全管理方式上不断探索创新。在危险区域、作业面等布设智能语音提示牌、自动报警系统等，全面实现点、线、面蹲守布控，动态监管，进一步筑牢安全屏障，为全力推进企业高质量发展保驾护航。（通讯员 许亚斌）

## 齐力破解建设难题

### ——重庆江北国际机场T3B航站楼建设侧记



近日，重庆江北国际机场T3B航站楼投入运营，标志着重庆江北国际机场“3座航站楼+1座卫星厅+4条跑道”运行格局形成。

刚投用的T3B航站楼作为“卫星厅”，总建筑面积36.3万平方米，是全球建筑面积最大的单体卫星厅，与T3A航站楼一体化运营，平面呈“X”构型，采用中央大厅和四条指廊布局。旅客从中央大厅到达最远端登机口的步行距离不超过500米，平均步行时间不超过8分钟，到各登机口平均用时约5分钟。

在T3B航站楼建设中，中建二局的建设者们承担着至关重要的四个指廊机电安装工程。这看似普通的任务，实则隐藏着诸多棘手难题。

四个指廊分布在航站楼的四个方位，作业战线长、作业点分散，机电管线错综复杂。指廊共有业务用房347个，风机盘管501台，照明点位约7200盏，组合式空调机组104台。为保证灯光照明、给排水、通风空调等系统正常运行，中建二局项目团队成功克服不停航施工、漂浮物治理以及高峰期6000余人同时作业的管理难题。为呈现更优质的“艺术品”，项目采用BIM全过程全生命周期运用，提前优化管线综合排布，通过BIM模型向作业人员动态展示管线走向和安装细节。同时，采用机电预制化配套技术，使用磁力电焊机、等离子切割机智能化机械设备对配件进行预加工，大大提升了传统工艺质量水平。

让项目团队最头疼的，是四条指廊的小弧度弧形管廊安装难题。“航站楼四个指廊均为小弧度弧形管廊，总长度约1.3公里，管道安装存在一系列技术难题。”中建二局重庆江北国际机场T3B航站楼项目总工程师周明表示，弧形管廊每15米偏移2.5度，共计67个偏移点。如果测量出现细微误差，管道与结构墙就会发生碰撞，影响整体施工。经过无数次的讨论与试验，最终项目创新采用“双红十字定位法”——将BIM应用与传统工艺相结合，利用两个红外线测距仪同时测量夹角，就像给管道安装安上了一双精准的“眼睛”，完美解决了工程建设中由于土建作业的精度小于机电安装工程，施工现场测量误差、施工误差等因素导致的小弧度管道安装难题，为同类项目施工提供宝贵经验借鉴。

据了解，作为全球机场首个采用全自动无人驾驶跨座式单轨交通制式捷运系统，T3B航站楼与T3A航站楼通过2.36公里的旅客捷运系统连接，可根据航班量实现自动灵活编组运行。T3B航站楼投用后，江北国际机场航站楼面积超过百万平方米，东西两组近距跑道构建起以T3航站楼为中心，“近起远落”“双起双落”混合运行模式，保障资源、保障能力和运行效率将进一步提升，为重庆高质量建设国际航空门户枢纽奠定了坚实基础。（通讯员 宋倩）

## 山东省龙口市市民活动中心项目 获绿色建造施工技术竞赛一等奖

近日，中国二十冶集团有限公司承建的山东龙口市市民活动中心项目在2024年度建筑与市政工程绿色建造施工技术竞赛中荣获一等奖。

该项目总建筑面积10.8万平方米，围绕静态和动态两个主题分设东馆和西馆，主要设有青少年宫、老年人活动中心等服务设施，工业展览馆、城市规划展览馆等系列馆区，以及书画创作等综合展区。项目自2021年3月21日正式启动，历经多年精心建设，于2024年12月30日顺利完工，如今已成为龙口市重要的民生工程和城市地标。

在工程施工过程中，中国二十冶项目本着“四节一环保”原则，针对绿色施工及节能环保管理目标，进行了全面细致的策划，将目标层层分解，确保落实到每一个施工环节。项目曾先后获评烟台市建

筑施工安全生产五星级工地、烟台市二星级智慧工地、山东省优质结构工程、山东省安全文明工地等多项荣誉称号。（通讯员 董文文）

## 遗失声明

建筑时报社记者

马丽，记者证号：

311323072907700018，不

慎将新闻记者证遗失，

即日起作废，特此声明。

2025年4月17日