

# “零沉降”下穿明长城

■ 本报通讯员 王田露 韩登伦

“经过监测,明长城遗址本体沉降在2毫米以内,符合零沉降标准。”在一公局集团青海国道227项目尕沟隧道施工现场,项目经理贺涛的通报引起一片欢呼。

尕沟隧道正上方就是西宁市大通县明长城遗址,它是海拔最高、保存最完整的明长城遗址,被誉为“青海八达岭”。经测量发现,尕沟隧道左洞顶距离城墙最短距离仅有58米,施工稍有不慎就容易导致长城墙体破碎、开裂。要实现控制在2毫米以内的“零沉降”标准建设隧道,贺涛感到了巨大压力。

由于尕沟隧道地处青藏高原和黄土高原过渡地带,地质结构复杂,虽然隧道全长只有1588米,却是罕见的全5级围岩隧道,洞内混杂着

软泥、黄土、泥岩、砂岩、富水卵石层等。项目团队小心翼翼地开始隧道施工,但很快就遇到了大麻烦:尕沟隧道上方卧着一条宽达7米的卵石蓄水层,洞顶的结构十分不稳定,塌陷风险极高。

起初,项目团队采用常规的帷幕注浆技术,将混凝土浆液注入岩石缝隙中,形成一道止水帷幕。然而161平方米的大断面开挖给掺水的黄土提供了极大的“活跃”空间,被“激活”的泥水源源不断地冲出,注浆“溃不成军”,止水效果极不理想,原本的技术方案以失败告终。项目团队必须另谋出路,研究新的工艺。

“既然隧道‘怕软不怕硬’,就要想办法给隧道整个‘硬骨头’。”贺涛反向思考,一步步研究如何在隧道内形成更加稳定的支撑。“水量太丰富,注浆在缝隙里还没凝固成形,就

被冲散,那我们何不直接把骨架打进山体里?”确定了破局思路,通过查阅资料,贺涛团队锁定了新的施工工艺——高压水平旋喷桩超前支护技术。该技术通过引入水平旋喷专用钻机,沿着隧道掌子面的边缘,利用高压喷射,紧密地向斜上方打出一排孔洞,并向孔洞内迅速旋喷注浆,再连接顶面钢管,形成刚性结构。为了论证新工艺的可行性和严密性,贺涛团队还邀请了隧道施工专家到现场踏勘,获得了专家的一致肯定。随即,项目团队将高压水平旋喷桩超前支护技术首次应用在青藏高原上。

随着注浆与钢管在尚未开挖的土体里形成一种类似大棚骨架的保护作用,开挖时,洞内产生的沉降变形被吸收,从而完全避免了对长城墙体的损害。有了如此牢固的保护,软泥不再肆意塌落,单日最高掘

进2.4米,新工艺的应用取得了成功。

为了保护明长城,项目团队还上了“双保险”。由于隧道开挖采取挖掘机配合人工的冷开挖方式,难以准确判断地质情况的变化。项目团队还研发了超前探孔技术进行地质预报,并根据围岩软硬变化及时给挖掘机更换不同类型的挖头。在技术团队的不断努力下,15秒就能完成挖头的更换,能够有效应对多变的地质条件,提高了施工效率,减少了围岩暴露时间,建立了全方位施工安全保障。

在今年9月,尕沟隧道顺利贯通,完全满足“零沉降”要求,大家长舒了一口气。在一次团建活动中,项目团队近距离感受到了明长城的历史文化。面对古朴的城墙,贺涛感慨道:“在这里,我们既是建设者,又是历史文物的保护者。”



近日,由天航局疏浚公司承建的唐山港丰南港区河口码头区通用码头工程主体完工。该项目主要建设内容包括4个5000吨级散货泊位、4个5000吨级多用途泊位和2个工作泊位及相应配套设施等。项目建成后,将为丰南港区、丰南临港经济区物流运输提供水运通道,完善丰南港区港口功能。  
岳岩 摄影报道

## 一线传真

### 云南麒师高速正式通车运营

本报讯(通讯员 刘贝 李逸晨) 11月15日,一公局集团、中交路建参建的云南麒麟至师宗高速公路正式通车运营。

麒师高速起于曲靖市麒麟区三宝街道张官营西侧,止于师宗县彩云镇积善村,全长约104公里,主线按双向4车道高速公路标准建设,设计

时速80公里。一公局集团承建该高速起点至妥者隧道出口的立交工程,长约55公里。中交路建承建土建第4标段、路面第2标段,长约47公里。麒师高速的正式通车,从曲靖到广西百色缩短2个多小时车程,进一步促进了云南、广西两省沿线经济社会发展。

### 湖北首个5G学校正式投入使用

本报讯(通讯员 王正峰 朱晓) 近日,二航局承建的湖北首个5G学校——武汉经开外国语学校正式投入使用。

该项目位于武汉市经开区,北临沌口路,东临万家湖路。项目涵盖13个子项,其中新建教学楼、综合楼、宿舍、食堂、风雨操场及看台等11项,改建小学部风雨操场及教职工食堂、初中部教学楼2项,于2020

年7月31日开工。项目团队依托5G信息技术校园智能系统,对小学部、风雨操场及职工食堂、初中部教学楼实行信息整合在一个平台,保证信息共享的流畅度,将实现5G虚拟现实课程教学、视频会议、课堂签到等功能应用。该校区的正式投用,将进一步提升营商环境,激发区域经济活力,促进区域经济更好更快发展。

### 粤港澳大湾区首个5G智慧港口开港

本报讯(通讯员 张宇政) 近日,由三航院设计、四航局承建的粤港澳大湾区首个5G智慧港口——妈湾智慧港正式开港。

妈湾智慧港位于深圳蛇口港,由4个散杂货泊位升级改造成为2个20万吨级的集装箱专用泊位,占地面积约98万平方米,泊位岸线总

长1930米,设计吞吐能力超300万标准箱,可供靠泊世界最大型集装箱船舶。妈湾智慧港的投入使用,每年将减少二氧化碳排放约1350吨,为深圳建设“全球海洋中心枢纽城市”和“交通强国试点城市”提供重要支撑。

### 四川成都简州新城生态整治工程通过交工验收

本报讯(通讯员 付志学) 近日,一航局承建的四川成都简州新城生态整治工程通过交工验收。

该项目位于成都市东部新区境内,以环境整治为主,兼顾场平工程、景观土建、电气、给排水等市政基础设施工程,建设内容包括

7471平方米的地下车库和2106平方米的休息区。另外包含绿化工程约30万平方米、景观工程约8万平方米。项目的建成,便利了简州新城周边居民的生活,进一步完善了当地综合基础设施体系。

### 上海洋山港航道疏浚项目通过交工验收

本报讯(通讯员 杨泽浩) 近日,上航局承建的2021至2022年上海洋山深水港区航道维护疏浚项目通过阶段性交工验收。

该项目主要对洋山深水港区四期回旋及连接水域进行维护疏浚,长约3.6公里,工程量216万立方米。

项目的交工,缓解了船舶日益大型化与港区航道水深不足的矛盾,满足大型船舶的通航水深要求,有助于提升洋山深水港的国际综合竞争力。

### 湖南临连高速张家冲隧道全线贯通

本报讯(通讯员 李尚义) 近日,由中咨集团设计、四航局承建的湖南省临武至连州(湘粤界)高速公路张家冲隧道全线贯通,具备通车条件。

临连高速起于郴州市宜章县黄沙镇,与广连高速衔接,线路全长约5.7公里,采用双向6车道建设标准,设计时速100公里。张家冲隧道全

长2.4公里,三次穿越断层破碎带,地下水丰富,地质情况复杂。项目团队采用TST地震波法、地质雷达、瞬变电磁法等勘测手段,研究并制定合理可行的技术方案,确保隧道顺利贯通。项目建成后,将进一步畅通湘粤通道,构建湖南到粤港澳大湾区的快速通道。

### 湖南青山枢纽船闸开工

本报讯(通讯员 钱琳运) 近日,二航局承建的湖南澧水石门至澧县航道建设工程青山枢纽船闸开工。

湖南澧水石门至澧县航道建设工程按3级航道标准整治常德市石门县至澧县51公里航道,起点为石门兆恒工业园,终点为金鸡滩,建设内容包括新建青山枢纽船闸、12孔泄水闸和新建柞州枢纽2000吨级船

闸、5孔泄水闸等。青山枢纽船闸设计标准为2000吨级,闸室有效长度为200米,设计单向通过能力为1540万吨。

该项目建成后,将补齐湖南省水运基础设施短板,提升澧水航道等级,推进运输结构调整,服务沿江产业布局,融入长江经济带建设。

### 江苏南通通州湾腰沙起步开发项目开工

本报讯(通讯员 吴魏禾) 近日,上航局承建的江苏南通通州湾腰沙起步开发施工基地工程开工。

该项目位于南通市通州湾北部港区,主要将已经建成的腰沙围垦一期南北向通道作为东侧陆域边界,通过新建南侧、西侧、北侧围堤,吹填形成施工基地的建设用地。项目用海总面积约30万平方

米,围堤全线总长1420米,吹填陆域高程3米,吹填工程量约200万立方米。项目建成后,将形成17万平方米的陆域面积,有效缓解当地公路集疏运能力的不足,满足通州港新出海口主港区开发建设物料运输需求,充分发挥南通港通州湾作业区的区位优势 and 港口优势。

## 中交联合体中标湖北监利长江大保护生态环境治理项目

本报讯(通讯员 黄益权) 近日,中国城乡牵头,一航局、东北院、碧水源、北林苑组成的联合体,中标湖北省监利市长江大保护生态环境综合治理一期PPP项目,总投资约16亿元,采用“PPP+可行性缺口补助”模式实施,合作期19年,含建设期4年。

该项目建设内容包括水环境治理工程、城市排水防涝工程、给水改造工程和道路雨水收集系统建设工程四大部分。

项目建成后,将进一步推动长江生态环境保护修复,为长江经济带高质量发展增添环保效应、经济效益和社会效应。

## 中标消息

近日,二航局、一公院组成的联合体中标吉林省长春市中韩(长春)国际合作示范区无人机制产业园建设项目(一期工程),中标金额4.47亿元,工期680日历天。项目建筑面积约7.84万平方米,主要建设内容包括展示中心、加工车间、风动实验室、标准化厂房、新增道路工程等。项目建成后,将丰富长春市现代产业体系,为中韩(长春)国际合作示范区打造吉林对外开放程度最高、经济活力最强平台增添新动能。(刘建军 刘汉卿)

近日,二航院中标湖北三峡通航船舶归旧州河锚地建设工程设计施工总承包项目,中标金额约3.8亿元,工期42个月。该项目位于宜昌市秭归县郭家坝镇,主要建设内容包括8个危化品锚位,以及配套建设电缆接岸栈桥、岸电设施等。项目建成后,可满足28艘5000吨级危化品船待闸靠泊,对缓解三峡库区待闸危险船舶的拥堵,提升通航能力及锚地管理水平具有重要意义。(张思)

近日,天航局中标雄安新区白洋淀生态清淤三期工程施工总承包第1标段,中标金额3.4亿元。该项目位于雄安新区安新县,包括藻荦淀旋流和小白洋淀2个片区,对鱼塘、开阔水面、水道三大类水域开展治理,需要治理鱼塘135个、水道50个、开阔水面7片等。(路文)

■ 本报通讯员 陈灵 潘梓声

“大连湾海底隧道是我国首次采用‘顶进节段法’对接沉管的项目,可实现最后一节沉管由水下对接到陆上对接的全新转变,施工便捷高效。”11月11日,一航局承建的大连湾海底隧道最终接头施工全部完成,一航局三公司海隧主体结构项目总工程师张超兴致勃勃地向记者介绍项目独家的工艺。

大连湾海底隧道是我国北方首条跨海沉管隧道,其最终接头是为了满足最后一节沉管“顶进节段法”对接而设计的施工段,包括现浇顶推支撑架、顶推节段和外部套筒三部分组成。

“如果把最终接头比作一个万吨级‘抽屉’,那么顶推支撑架就是‘抽屉’的滑道,顶推节段就是‘抽屉’的把手,外部套筒就是‘抽屉’的框架。”张超形象地比喻着这项复杂的工艺,“将



近日,由二航局承建的351国道开化段通过交工验收,具备通车条件。该项目起于衢州市龙游县志棠与建德交界处,终于开化县华埠镇,路线全长15.4公里。项目是浙江省迄今为止一次性立项、一次性建设、一次性通车的最长国道,通车后将作为衢州市的环城北路,促进沿线区域经济社会发展。  
黄鑫 摄影报道

## 让架桥机转小弯

■ 本报通讯员 张岱 李潜

“这么小的转弯半径,如此大的纵横坡,架桥机根本无法架设预制梁片。”在四航局广连高速公路花从段施工现场,技术员陈泽森遇到了难题。

广连高速公路花从段起于广州市花都区花东镇竹湖村,终于从化区鳌头镇五丰村,路线全长18.7公里,采用6车道高速公路标准建设。建成后,将增加广州市北出口公路通道,对实现粤北地区和珠三角地区优势互补、支撑粤港澳大湾区发展具有重要意义。

项目全线共有匝道桥梁11座,预制梁1085榀,其中转弯半径小于250米的匝道桥预制梁就有100榀,最小转弯半径甚至只有150米,最大横坡却达到了6%。目前国内大部分公路架桥机仅适宜架设转弯半径大于300米、纵坡与横坡在4%以内的桥梁。架桥机行驶在如此窄而陡的匝道桥梁上架设,在国内几乎没有成熟经验可供借鉴。此外,由于匝道跨越沟谷,地形落差较大,且多条匝道桥上穿设有高速公路,不具备修筑地下运梁通道的条件,也无法实现大型吊车安装预制梁。

“必须啃下架桥机架设匝道桥

预制梁片这块‘硬骨头’。”项目总工程师王志强坚定地说。为了攻克难题,项目团队迅速成立科研攻关小组,对现场施工环境、成本、安全性及技术可行性等多方面展开分析,最终确定了小曲线架桥机架梁的方案。

由于匝道桥弯道过急,桥面较窄,架桥机主梁不宜过长,两主梁之间也不宜过宽,这样才能满足架桥机在弯道上行驶及喂梁工序的要求。为此,在保证架桥机具备原有技术性能的基础上,项目科研攻关小组通过对架桥机在急弯路段架桥施工进行电脑模拟,反复论证对比分析后,将两主梁总长由原来66.2米调整为42.2米,两主梁间距也由7.6米调整为6.8米。通过缩短架桥机整机长度并缩小两主梁之间的距离,大大减小了架桥机的转弯半径,让架桥机从“大货车”变成了“小客车”,可以“从容”过弯桥。

然而半径缩小之后,架桥机转弯时各项工序的安全高效衔接成了新的难题。“如果架桥机可以自由调整姿态,过弯道时的安全性和工序衔接就更有保证了。”在施工讨论会上,王志强的设想为大家提供了新的方向。项目团队通过在架桥机主支腿内增设回转支承,相

当于给架桥机增设了一个可自由旋转的“转盘”,架桥机主梁与主支腿通过这个“转盘”可实现自由转动,以彼此为依托实现姿态调整,架桥机在弯道前行及各道架梁工序得以迅速推进。此外,项目科研攻关小组还将两主梁之间的连接都改装为可旋转式,让“小客车”实现了“加速过弯”。

架桥机完成改制后,确保小曲线过孔可行性及安全性,固化每道工序的作业流程成为关键。在正式架梁施工前,项目团队选取山前枢纽互通匝道进行模拟试验,在匝道地面以1:1的比例按150米曲线半径测量放样设置匝道平面模型,进行了架桥机小弯道前行试验。“从模拟试验的结果来看,架桥机弯道前行的安全可靠及自动化程度都很高,达到了预期设计目标。”王志强兴奋地说。

11月15日至今,改良后的小半径曲线大坡度窄幅匝道架桥机投入施工后,共完成了119幅箱梁安装,实现了最小转弯半径150米、最大横坡6%、最大纵坡3.7%、桥面宽度10.5米的匝道桥预制梁安装,基本实现了架桥机小弯道过孔自动化,具有较高的安全性与推广价值。

为了制作高强度封门,设计团队决定采用混凝土结构,并将封门表面设计为“锯齿状”。

“凹凸不平的‘锯齿’,能够有效分散海水压力。”张超介绍,“锯齿”给钢筋绑扎和模板拼接带来挑战:单根长钢筋被“掰成”上百根短钢筋,单块大模板被分成数十块小模板,然后单独绑扎、拼接,且绑扎精度和拼接平整度都必须控制在毫米级。“说是‘绣花’,一点都不为过,33米长的外部套筒由28名工人历经17个昼夜,钢筋绑扎上万段、模板拼接近百块才最终完成。”张超对此深有体会。最终,“锯齿状”封门钢筋绑扎以间距误差不过5毫米、模板平整度误差小于5毫米的高精度完成,混凝土浇筑水到渠成。

如今,大连湾海底隧道最终接头这个万吨级“抽屉”已经完工,只待E18管节的到来。

## 在海底做了个万吨级“抽屉”

陆上浇筑好的节段暂时顶推至外部套筒内,等到最后一节沉管E18安装到位后,通过逆向顶推将现浇的节段再推出来,与E18紧密对接,从而实现海上沉管段与陆上现浇段的顺利贯通。”

顶推支撑架作为“抽屉”的滑道,是实现顶推节段往返推移和精准对接的基础。为了确保滑道平整顺畅,项目团队需在单根顶推支撑架上安装1厘米厚的钢板即滑板预埋件,安装精度厚控制在1毫米以内。“受热胀冷缩影响,普通钢板焊接平整度都不能保证在1毫米以内,更何况是厚度只有1厘米的超薄钢板。”主办技术员安庆喆认为,完成这项任务不可能完成。

张超联想到混凝土浇筑时为保证表面平整,常采用模板面板和龙骨作支撑,便带领团队借鉴模板结构体系,将钢板作为面板,将双扣蜂巢钢作为龙骨,通过螺栓校紧,打