迄今世界上建设难度最高的跨海集群工程深中通道实现主线贯通,本报记者多年追踪“桥”见不寻常

上天架“长虹” 入海铸“蛟龙”

11月28日,深中通道在西人工岛举行项目主线贯通暨附属工程动员会,庆祝这一世界级工程主线正式贯通。经过近7年建设,深中通道项目正式进入冲刺通车建设阶段。同时,被称为当前世界上建设难度最高的跨海集群工程也迎来一次建设成果集中亮相的机会。

文/本报记者 何淼
通讯员 粤交集宣 岳路建 沈仲
图/本报记者 缪晓剑 明剑

世界首制沉管浮运安装一体船“一航津安1”正浮运沉管驶往安装海域。

■海底筑长城

建世界首例双向八车道钢壳混凝土沉管隧道

今年6月11日,超级工程深中通道以优异成绩,顺利通过属于自己的“高考”:海底隧道最后一节沉管(E23)及最终接头成功浮运安装,实现关键节点海底隧道合龙。

深中通道海底隧道长约6.8公里,包含沉管段约5公里,由32个管节及1个最终接头组成,为世界首例双向八车道钢壳混凝土沉管隧道。为适应海底隧道超宽、变宽、深埋、大回淤技术特点,深中通道建设团队在国内首次创新性提出了钢壳混凝土沉管隧道新型结构。这种结构在国际上是首次大规模应用,国内更是面临全产业链空白:没有相应的工程经验,没有成熟的设计规范、施工经验、质量验评标准、检测手段和方法。

面对国外对相关建设技术的保护,项目团队决心自主创新,牵头组织20余家一流科研团队从2015年开始进行攻关,攻克了钢壳制造、自密实混凝土制备、管节浇筑、检测及浮运安装等难题,研发了智能制造生产线,拥有平均每月出厂一节165米长、46米宽、10.6米高的巨型钢壳的能力;优异的自密实混凝土新配方、世界首创智能浇筑机器人和控制系统,实现了每月一节的预制速度及100%质量合格率;世界首创的沉管浮运安装一体船,系统革新了巨型管节浮运安装工艺,并将对接精度,由国际公认的厘米级提升到毫米级,创造了浮运安装速度及精度世界纪录。

从此,世界沉管隧道工程的“工具箱”里精度最高的,就是“中国刻度尺”。

■海中生双岛

造人工岛屿衔接桥隧,实现快速交通转换

为实现快速的桥隧交通功能转换,深中通道在海底隧道两侧设置了东、西两座人工岛,其中东人工岛上还有4条匝道设在水下,是国内首个高速公路水下互通立交。

西人工岛设在伶仃洋海中,是实现跨海桥梁和海底隧道转换的关键,岛体采用菱形设计,面积约13.7万平方米,相当于19个足球场那么大,采用大直径钢圆筒快速成岛技术进行筑岛施工。

东人工岛位于深圳宝安国际机场南侧,紧邻福永机场码头,东连在建广深沿江高速深圳段侧接线工程,西接深中通道海底隧道。东人工岛全岛陆域面积34.38万平方米,相当于48个国际标准足球场。为实现东人工岛与广深沿江高速的快速交通转换,岛上有4条匝道隧道处于水下。

2017年12月21日,东人工岛正式开工建设,经过2000多天攻坚克难,建设团队相继攻克了海域深厚软基超深超宽基坑集群工程施工阶段防渗止水及回填均匀控制难题,破解了深基坑施工抵近构造物小变形世界难题。“岛上主线隧道施工下穿广深沿江高速桥下时,需开挖长70余米、宽46米、深约18米的巨大基坑,且最近处离既有桥梁承台仅1.17米,施工安全风险极高。我们创新了工艺工法,采用融合数控液压技术、自动化监测技术的伺服数控系统进行支撑。”中铁隧道局深中通道项目S03合同段常务副经理刘坤介绍,这套系统能实时监控数据,并可自动对不同支撑点施加不同的轴力,确保了基坑施工安全高效。

作为国内首个高速公路水下互通立交,东人工岛与海底沉管隧道相连接,并实现项目与广深沿江高速等路网的高效顺畅衔接。未来经深中通道东人工岛,可东往惠州、深圳龙岗区,西往中山、珠海,北往广州、东莞,南往深圳前海合作区、香港方向。

■海上架天路

建世界最大跨径全离岸海中钢箱梁悬索桥

从空中俯瞰,伶仃洋大桥如长虹卧波;从海上远眺,伶仃洋大桥像是一扇通向幸福之门。

为满足通航需求,深中通道伶仃洋大桥采用主跨1666米的世界最大跨全离岸海中悬索桥方案,桥面高达91米,又处在珠江口开阔水域、强台风频发区,抗风问题突出。

“面对技术挑战,我们组织多所高校和科研机构,采用产、学、研、用四位一体方式,开展了3年多的平行研究,研发出了新型组合气动控制技术,在世界上首次大幅提升大跨径钢箱梁悬索桥抗风性能。”广东交通集团深中通道管理中心工程师陈焕勇介绍,项目将大跨径钢箱梁悬索桥的临界颤振风速,从世界公认的70米/秒,提升到88米/秒,一举打破国外权威论断。

据了解,面对正交异性钢桥面板疲劳耐久性及海中悬索桥主缆防腐当前桥梁领域世界性难题,深中通道建设团队创新性提出了U肋全熔透细节构造及焊接技术,大幅提升了钢桥面板的抗疲劳性能;围绕制约悬索桥主缆耐久性的关键核心技术,团队又在国际上首次研制出6毫米-2060兆帕锌铝多元合金镀层钢丝索股,其耐腐蚀性能达到此前热镀锌铝合金钢丝的2倍。

■全线“精装修”

精雕细琢打造粤港澳大湾区百年地标

深中通道主线贯通,就好比“毛坯房”交付。下一步,建设者们还需要进行“精装修”,为粤港澳大湾区打造一座安全耐久通道工程。

“如果把深中通道看成一个有机生命体,管线就是它的神经中枢系统,集合了深中通道全线的供电、给排水、消防、通讯和智能控制等。”中铁十二局深中通道项目机电一标负责人袁海生说。

保利长大深中通道S15合同段项目部总工程师毛浓平介绍,计划明年初完成桥梁工程的路面铺装,同步开展隧道内路面沥青铺装。同时,桥梁工程路灯、护栏、伸缩缝安装也有序推进。

为沉管隧道助力的5艘“大国重器”

在深中通道海底隧道的建设过程中,有不少世界首创的“大国重器”参建,它们是当之无愧的“建设功臣”。

本报记者 何淼

●“深海邮递员”一航津安1

“一航津安1”是世界首艘沉管运输安装一体船。船长190.4米、船宽75米、型深14.7米。“一航津安1”出色完成海底隧道23个管节及最终接头的浮运安装任务。它破解了8万吨管节长距离复杂航路浮运安全及深水高精度对接世界性技术难题,工效提升4倍。该装备集成了北斗定位、动力定位系统等九大控制系统,创造了大型管节深水条件下毫米级安装精度世界纪录,进一步巩固了我国在沉管隧道施工领域的领先地位。

●“深海3D打印机”一航津平2

“一航津平2”是世界最大最先进的自升平台式碎石整平船,就好像深海基床一台“3D打印机”,铺设碎石的方式与“3D打印”相同。该船采用“回”字形结构,船长88.8米,船宽60.6米,型深7米。它是负责沉管隧道碎石垫层施工专用船舶,铺设碎石垫层相当于在海床上为沉管铺了一层褥子,确保每节沉管更加精准地安放在海底。

“一航津平2”在不移动船身的情况下,其作业范围达到了2500平方米,相当于6个篮球场那么大,它的平整速度最快能够达到每分钟5米,上下的误差不会超过4厘米。

●“深海攻坚锤”金建轮

金建轮是一艘环保凿岩船,针对深中通道槽底硬岩,该船利用35吨凿岩棒,对深埋在海底的花岗岩进行破碎和清理,有效避免了采用传统水下爆破工艺所带来的弊端,如妨碍粤港澳大湾区数条水上交通主干道的正常通航、对生态环境和水生生物造成巨大影响等等。

●“智能化巨手”金雄轮

金雄轮是国内首艘具备定深平挖功能的大型精挖抓斗船,配备了自主开发可视、可控、可测的精挖监测系统,使施工具有程序化、智能化、数字化的特点,且开挖精度严格控制在50厘米以内,解决深海作业“看不见”“控不住”的技术难题。

●“深海吸尘器”捷龙轮

捷龙轮是国内首艘深水深槽专用清淤船,被誉为“深海吸尘器”。针对深中通道项目回淤强度大的特点,捷龙轮进行技术改造,技改后的捷龙轮具有高功率、大挖深、高精度的施工特点,清淤头高程控制误差精确到厘米级。