



N央视 新华

6月30日,历时7年建设的深中通道正式通车运营。东起深圳,西至中山,全长24公里,两地之间的车程由此前的约2小时缩短至约30分钟。

深中通道地处粤港澳大湾区核心区域,集“桥、岛、隧、水下互通”为一体,是当前世界上综合建设难度最高的跨海集群工程。深中通道为什么这么“牛”?沿线还隐藏着哪些特别的“黑科技”?



2023年6月20日拍摄的建设中的深中通道西人工岛(新华/图)

桥

克服多个世界级难题

深中大桥(原名伶仃洋大桥)长度虽然不到三千米,却是全线关键控制性工程之一。建造这座大桥需要克服多个难题。

世界最高通航净空的海中大桥

首先,需要满足繁忙的通航需求。

这座大桥的上游,是华南地区最大的集装箱干线港口——广州港。它的国际集装箱航线多达130多条,日均4000多艘次船舶在桥面下航行,未来还要满足30万吨散货轮和3万标箱集装箱船的通航需求。

因此,深中大桥采用了1666米超大跨径桥梁,是世界最大跨径全离岸海中钢箱梁悬索桥。

并且,深中大桥通航净高是76.5米,这是什么概念?

它比世界主航运通道——苏伊士运河和巴拿马运河上的桥梁通航净高高出10米左右。这是目前世界最高通航净空的海中大桥,距离海面26层楼的高度,足够容纳两艘上下叠置的泰坦尼克号。

要实现这样的通航净高,就要在伶仃洋上建造两座更高的大桥主塔。中国工程师自主研发的一体化智能筑塔机,此时大显身手。7400吨预制成型的钢筋,5万立方米的混凝土,48次的浇筑,仅用一年的时间,这座90层楼高的主塔便拔“地”而起。

有世界上最大海中锚碇

其次,需要承受得住重量。

深中大桥钢结构用钢量约8.5万吨,相当于两座国家体育场“鸟巢”的用钢量。要拉起如此重的桥梁,就需要拉力更大的主缆。

主缆直径为1.06米,由25000多根直径6毫米的钢丝组成,钢丝的强度为2060兆帕,每根小小的钢丝都足以吊起3辆家用小轿车,两根主缆的总缆力将近30万吨。

顺着主缆望去,在两座高主塔的两边,有两个钻石模样的巨大锚碇,这是大跨径悬索桥最重要的受力结构。

但在淤泥层较厚、地质复杂的海中建设巨型锚碇结构,全世界都鲜有经验可循。

深中大桥单个锚碇重约100万吨,面积相当于17个国际标准篮球场,是当前世界上最大海中锚碇。它就像两个大大的“秤砣”,用自己的体重“压住”了整个桥梁和日后行驶在桥上所有车辆的重量。

深中通道 牛在哪?



抗风的玻璃墙

有能抗17级强台风的“玻璃”

深中大桥面临的挑战是风。

因为处在珠江口强台风频发区,曾有欧洲著名桥梁公司断定:整体钢箱梁悬索桥方案无法满足抗风安全要求。

为了解决这一问题,工程师宋神友牵头组织了3年多的平行研究,经过300多组气动外形设计及风洞试验,大桥主梁优化采用了“水平导流板+上中央稳定板+高透风率栏杆”的综合气动措施,将大桥发生颤振和涡振的风险降至最低。

在深中大桥的桥面中心位置,隐藏着一道玻璃墙,它们就是抗风的“秘密武器”。“这个就是我们的中央稳定板,主要目的就是提高深中大桥抗风的稳定性。阻碍在强风作用下涡旋的发展,从而提高颤振的稳定性。”深中通道管理中心总工程师陈焕勇介绍,施工团队在世界上首次将超大跨整体钢箱梁悬索桥颤振临界风速提高至88米/秒,能抵御17级台风。

深中大桥一举打破了国外权威的论断,为我国未来跨海工程积累了技术储备。

岛

四个半月刷新快速成岛世界纪录

在全长24公里的深中通道行驶,车辆怎样从海面上几十米高的桥上,安全顺利地开进海底隧道呢?深中通道西人工岛就解决了这个问题。

从空中俯瞰,西人工岛就像一只鲲鹏,展翅在伶仃洋海面上。

西人工岛面积约13.7万平方米,相当于19个足球场,是深中通道建设在伶仃洋上落下的第一子,其重要的功能就是要实现桥隧转换。

茫茫大海上如何“无中生有”,在四个半月快速筑起一座人工岛?关键就在于这57个钢圆筒,每个钢圆筒直径28米、高35~40米,重达650吨。

深中通道西人工岛处于采砂区内,地层复杂,建设团队研发了钢圆筒基础预处理核心技术,在不平整、不均匀的施工海域地基上“磨豆腐”,降低硬质地层强度。

通过自主研发的12锤联动锤组同频震动,成功将一个巨型钢圆筒精准牢固地打入海底岩层中,创造了西人工岛四个半月快速成岛的世界纪录。

西人工岛上最核心的区域,就是深中通道隧道的出入口。同时在其上方还有很多横梁组成的减光带,在进出隧道时可以更好地来适应光线的变化,让行车更加安全和舒适。

这座“海上鲲鹏”造型的人工岛,已经成为伶仃洋上的新地标。



智能巡检机器人

隧道

“海底穿针” 一次性精准安装到位

深中通道海底隧道全长6845米,是世界上最长、最宽的海底钢壳混凝土沉管隧道。

沉管隧道由32个重约8万吨的管节和一个最终接头连接而成。如何确保这些管节能在海底一次性精准安装到位?

两个核心装备助力深中通道“海底穿针”。世界首创的沉管浮运安装一体船“一航津安1”,主要任务就是浮运安装深中通道海底隧道的沉管以及最终接头。

船上有一个特殊的装置,黄色塔架的顶端就是北斗导航系统的主机天线盘,它的作用就是接收卫星定位信号传输给智慧施工系统,来指挥沉管在海底的精准对接。

在看不见的水下,5厘米的安装误差量,对于长160多米、宽46米,还有10米高的沉管来说可以说是“穿针绣花”。

为引入北斗的力量,团队在陆上、海上、沉管上反复做了上千次试验验证,最终形成方案,由船上的北斗卫星天线和附近的参考基准站配合,对沉管进行差分定位,精度可达毫米级。

隧道里面还有哪些高科技?

智能照明系统:隧道内的照明智能控制器,能够根据检测到的洞内外光线、色温数据、交通量变化以及白天、黑夜等情况,自动控制调节灯光亮度。同时,在隧道行车洞的两侧,可智能调节的全彩景观灯带也在不断变换着颜色。它可以根据环境温度、车流状况变换灯光色彩,或分段显示不同的灯光颜色,减少行驶过程中的单调感。有车辆发生追尾或者是抛锚的时候,它会显示红色的报警,如果隧道里面发生重大事故的时候,整个隧道两边都会亮起红色的景观灯带,起到一个警醒的作用。

北斗卫星定位:隧道内实现了北斗卫星定位信号的全面覆盖,不仅可以实时导航,还能随时保持通信联络,即便是在40米深的海底隧道,也能“5G”冲浪上网。

智能巡检机器人:隧道内一共有14台智能巡检机器人。南、北行车洞平均每1.2公里就布有一台。这些机器人可以在应急情况下,接受控制中心远程指令赶赴现场,还可以通过自带扬声器疏导交通。

智慧交通管控系统:为了保证隧道行车的安全,深中通道研发了智慧交通管控系统,通过安装在隧道内的各种传感器,能够主动、快速发现事故。如果发生火灾,可以在控制室远程一键开启隧道顶部的高压水雾、泡沫灭火系统,为人员逃生争取更多的时间。

安全运营的“中枢神经”:传递这些信息的“神经网络”,就设在隧道的中管廊内。管廊分为上中下三层,最下面一层是全线电缆、光缆、给排水、消防管道的铺设位置,可以说是深中通道安全运营的“中枢神经”。

中间一层是横向联络道,最上面这一层是排烟通道,在发生交通事故、火灾的情况下,人员可以通过横向联络道逃向对面的车道。