

# 我国自主研发 2060 兆帕主缆钢丝“首秀”

## 深中通道伶仃洋大桥首根主缆索股架设成功

5月15日,深中通道伶仃洋大桥完成首根主缆索股架设,标志大桥正式进入主缆施工阶段,这也是我国自主研发的2060兆帕超细钢丝首次大规模应用于桥梁建造。

2060兆帕主缆钢丝“首秀”达国际领先水平

深中通道伶仃洋大桥为主跨1666米的悬索桥,主塔高270米,是目前世界最大跨径海中钢箱梁悬索桥,由中交二航局和保利长大承建。

主缆是悬索桥受力的关键构件之一,也是悬索桥最重要的“生命线”。伶仃洋大桥上下游共设两根主缆,单根主缆由

199根索股组成,每股又由127根高强度钢丝组成,长约3000米、重约90吨,可承担极限拉力高达740吨,是已通车运行的南沙大桥的1.5倍。

“这次我们应用了自主研发制造的6毫米大直径2060兆帕主缆钢丝,这也是这种高强度钢丝在世界上的首次大规模应用。”深中通道管理中心总工程师陈焕勇介绍,伶仃洋大桥主缆长期处于高温、高盐、高湿的海洋环境,还要承受风和汽车交变荷载作用,腐蚀疲劳问题突出,且全寿命周期不能更换。

为了让“悬索桥生命线”更强韧、更耐

久,深中通道对钢丝镀层材料及配比、核心原材料盘条等进行了三年多的平行研究,实现了“中国智造”的再突破,主缆强度由1960兆帕直接提高到2060兆帕,提升了一个等级,其耐久性得到极大提升,达到国际领先水平。“如果主缆钢丝表层发生磕碰破损,新型镀层化合物会流动到损伤区域,生成新保护膜,实现缺口自修复。”陈焕勇进一步介绍,主缆强度及耐久性的提升,意味着悬索桥的跨度可以随之增大。

施工技术全面创新 智能装备强力加持

伶仃洋大桥位于宽阔海面高空环境,风力大、海况复杂,主缆架设将面临定位难、调位难、测量难的问题。

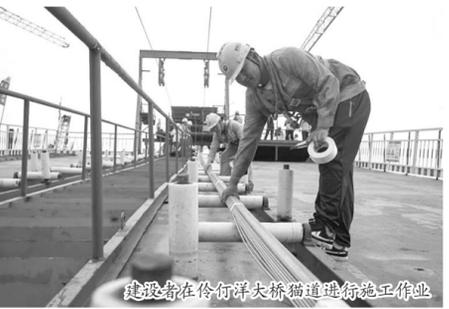
深中通道通过多项智能化装备应用,使得主缆架设更安全高效。“我们采用了超长索股无人跟随架线技术,实现了索股姿态的智能识别及牵引系统的自动启停,降低架线施工风险。”中交二航局深中通道S04项目部总工程师肖文福说。同时,建设团队应用了自主研发的智能标靶等设备,对关键数据实时传输,解决测量难题,提升了大跨径悬索桥主缆架设自动化、信息化水平。

严格控制索股线型精度也是保障主缆架线质量的关键,调索误差上下游相对高差控制在毫米级。“我们运用卷扬机、滑车组及握索器等协同配合,对索股线型精度进行调整,并对施工过程中的生产进度进行动态分析和精益化管理。”保利长大深中通道S05项目部副经理吴育剑介绍。

目前,深中通道东、西人工岛正有序推进建设中,伶仃洋大桥计划今年内完成主缆架线后,转入后期紧缆、索夹及吊索安装;中山大桥正推进箱梁架线及斜拉索挂设施工;沉管隧道已完成25个管节沉放安装。(深中通道发布)



伶仃洋大桥完成首根主缆索股架设



建设者在伶仃洋大桥通道进行施工作业

# 运达股份：技术创新开启除冰新时代

今年年初以来,受强冷空气影响,全国出现了大范围雨雪天气。持续的雨雪天气给南方大部分山地风电场带来了一个棘手问题——叶片覆冰。花山风电场,曾经频繁因低温雨雪天气,导致风机叶片冻结、降低机组发电量,造成高额经济损失;自从引入除冰技术,有效地治愈了这一顽疾,使耸立在山脊间的风机在寒风暴雪中“迎风起舞”,为当地源源不断地输送清洁“绿电”。

运达股份是国内最早从事研究叶片除冰技术的整机厂商之一,拥有多项除冰技术发明专利,先后完成多台双馈式风力发电机除冰系统技术改造和4000米以上超高海拔除冰机组研制。该叶片除冰系统已然成为运达股份抗冰冻型风力发电机的“核心法宝”。目前主要应用于我国华中、西南等区域,特别是在湖南、湖北、贵州等南方易受冰冻灾害的山地风电场,该系统在长期冰冻环境下经受住了考验。

在2021年度浙江机械工业科学技术奖评选中,运达股份主持的“抗冰冻型风力发电机的关键技术及产业化”项目,荣获二等奖。这标志着该公司叶片除冰技术得到社会各界的高度认可与肯定,并逐渐走向成熟产业化。

三大创新 亮出技术金名片

叶片是风力发电机组有效捕获风能的关键部件。在低温、潮湿、高海拔环境下,过冷水滴凝结成冰附着在叶片上,导致改变叶片气动外形、降低发电效率、增加机组动态荷载。这些困扰行

业已久的难题都是运达股份技术人员亟须“啃”下的“硬骨头”。

作为深耕风电创业之路50年的拓荒者,运达股份立志必须拿出解决方案。经过十多年潜心钻研和现场反复试验,叶片覆冰这项世界级难题实现核心突破,为系统性解决该问题迈出了坚实的一步。

运达股份除冰技术团队根据不同风场的结冰机理和运行情况,对项目定制化设计除冰方案,酝酿诞生出运达第二代叶片除冰系统。简单地讲,该除冰系统相当于在叶片内部安装一台“新风循环系统”,在叶片覆冰的情况下,该系统能在较短时间内,达到高效传热、去除叶片表面覆冰的目的。值得一提的是,该系统相较于其他除冰技术,具有防除冰双模式、不影响叶片气动外形,防雷效果好,后期易维护等优点。

除冰系统的发展离不开技术创新,在设计之初,除冰技术团队采用CFD技术强化系统传热,通过模拟加热叶片内的空气并在叶片内部循环,优化热空气在叶片内腔的流动状态,精确控制热气流输送到叶片结冰严重区域,将热量传递到叶片外表面。

“监测加算法预警、采取智能控温科技。”运达股份除冰技术团队介绍,该公司从一开始就致力于打造叶片除冰精品工程,阶段性地推出一系列叶片覆冰解决方案,可根据风场实际冰冻情况灵活选用方案,不同程度降低叶片覆冰对风机发电量的影响,准确切中行业痛点。

叶片覆冰监测一直是困扰行业多年

的技术难点,以机组风速、功率和桨距角等运行数据为基础,除冰技术团队从根源入手开发叶片覆冰检测技术、智能温控技术,提出“光纤振动+大数据分析监测覆冰”“NTC感温探头实时监测温度”的技术方法,成功地突破了除冰系统的技术瓶颈,提高了该技术的核心竞争力。智能温控技术使叶片成为一个“保温箱”,叶片内腔温度稳定在60摄氏度,系统科学控温,平均热效率高达70%以上。

同时无论防冰模式还是除冰模式,叶片结冰区域外壁温度平均均温15摄氏度以上,升温迅速,最快可在半小时内除冰。大数据、“互联网+”“智慧建造”……科技赋能、质量作盾,运达人将智慧大脑安在每台除冰机组上。

一枝独秀 低温寒潮显身手

贡献清洁能源,让千家万户享受绿色风电,始终是运达人铭记的使命。除冰系统的创新型研发,给长期遭受冰冻的风电场带来了实质性变化。

华中A风场地处国家级自然保护区,最高海拔2200多米,是典型的覆冰风电场。每年累计覆冰时间在40天以上,发电量损失将近500万元,这一直是困扰业主的心病。2019年,该项目采用运达除冰系统技改方案,这让机组在冬季全风速段的发电功率和风电转换效率显著提升。与机组历史发电数据对比,技改机组的等效利用小时数提升10%以上,每年每台机组可增加12万元净利润。

通过对方案的持续优化与改进,运

达股份一直努力攀登技术制高点。以鄂北B风场为例,2021年6月该项目完成并网发电,作为当地推动“绿色新能源”建设的重点民生工程,其中的一举一动牵动着周边百姓的心。根据要求,项目设计安装运达股份20台WD147-2500机组,结冰严重机位配备除冰机组。2022年第一季度报表显示,除冰机组每日发电量持续独树一帜,相比其他机组提升发电小时数超150小时,发电量同比增加20万千瓦时,运达抗冰冻机组让当地冬季优越的风资源条件得以更充分地利用。

同样,在我国西南C风场,每年冬季都会出现风机因冰冻导致长时间停机的现象。自从采用运达股份除冰系统后,冬季叶片的覆冰“化”了,机组的日常发电量“稳”了,业主的痛点“解”了。

运达除冰技术,系列化、多层次和易组合的解决方案,为我国华中、西南地区风电场带来了福音。近年来,该公司陆续帮助到不同程度受覆冰困扰的业主单位,这也见证运达人追风逐电的高光时刻,沉淀下绿色低碳发展、饱含深情的国企责任。

目前,为攻克风力发电机组覆冰难题、提升冬季新能源发电的稳定性,该公司推出以机组覆冰安全保护模式和叶片除冰系统为代表的解决方案。运达股份正持续以技术创新让更多“冰冻”的资源得以安全、经济开发利用,为实现我国“双碳”目标贡献可靠的科技力量。(通讯员 徐舟 毛涵韵)

# 历时三天！湖州这座全球最大钢结构球形建筑完成穹顶提升工程



5月13日上午9点,在历经18个小时的间断作业后,一个巨大的蝴蝶状穹顶网壳被缓缓提升到97.4米高空,标志着由中国五冶集团承建的世界最大球形建筑——浙江湖州“太阳酒店·水晶晶广场”项目1号楼顺利完成穹顶提升。

中国五冶“太阳酒店·水晶晶广场”项目位于浙江省湖州市南部新城,东临沈庄漾,规划用地面积约330亩,总建筑面积约22万平方米,分太阳酒店、水晶晶广场两个区块。

太阳酒店是一座五星级综合性酒店,形态为一座19层球体酒店建筑,高98.7米,直径97.2米,项目建成后将成为世界最大的球体建筑,其弧形屋盖为单层球面网壳结构,最大跨度58.8米,受限于电梯井布局和超高的内部悬空空间,既无法分块吊装,也无法在地面拼装后整体提升。该项目团队通过多次技术攻关并组织模拟推演,确定了“原位分块吊装+局部提升”的方案。本次需要提升的穹顶部分重116吨,组成穹顶的箱型构件截面厚度仅8毫米,且整体跨度大,并呈不规则的蝴蝶状,已经达到了该类型结构设计的极限,是目前国内跨度最大的球体网壳结构。

为确保穹顶顺利提升,中国五冶太阳酒店项目团队在“球体”顶部设置6个提升架,使用6台配备了PLC系统软件的牵引器进行提升,保证提升的同步性;并在提升部分上设置7个竖向位移监测点,人工进行竖向位移复测,复核的实时数据再与后台软件提取的实时数据进行对比分析,确保6个提升点在提升过程中误差控制在20毫米以内。同时,在提升钢绞线设置8个压力传感器,用于监测钢绞线的均匀承载力变化,受力复杂部位设置了12个应变计,用于监测结构及提升杆的应力变化。

在此次提升作业期间,项目现场持续遭遇大风和降雨天气,对提升作业带来了一定的挑战。为此,该项目团队始终把施工安全和提升质量作为重中之重,放缓提升的速度,对液压提升设备、钢绞线以及穹顶的空中姿态进行实时监控,并及时对风雨造成的隐患进行有效处置,确保提升的全过程安全,各项技术指标满足要求。

该项目穹顶位于1号楼内部中庭空间上部,为联方-凯威特混合金球面网壳结构,最大直径59米,矢高10米,穹顶总重量260吨。其中采用提升部分的网壳平面投影尺寸为长39.1米,宽27.7米,提升重量约为116吨,提升距离达75.2米。

穹顶提升部分在1号楼内部4层楼面进行整体拼装后,在19层主结构上共设置6个提升架,每个提升架上布设1个提升器进行同步提升,在提升架顶部四角设置缆风绳,与地面夹角在45度~60度,保证提升架的稳定性。在提升过程中,该项目团队采用一台电脑控制两台泵站,每个泵站控制3台牵引器,实现整体同步提升。

本次穹顶顺利提升标志着太阳酒店主体结构钢结构施工基本完成,将全面进入玻璃幕墙施工阶段。在后续的施工过程中,中国五冶项目团队表示:项目部将稳步推进疫情防控和生产经营,抓质量、保安全、促进度,全力以赴加快推进这座世界最大的球体建筑早日呈现。(本报综合报道)

# 隧道全线采用明挖顺筑法施工 国内首个横穿5A级城市湖泊隧道底板全线贯通!

5月10日凌晨5点,经过12个小时的连续奋战,由中铁四局二公司承建的国内首个横穿5A级城市湖泊隧道——苏州金鸡湖隧道工程主线下部最后一块底板顺利浇筑完成,标志着该湖底隧道底板全线贯通,隧道主体结构又一阶段性目标告捷。

工,相继克服隧道底板厚度大、一次性浇筑方量多、交叉施工风险高等困难,在确保全质量可控的前提下,提前完成了全线主体结构底板的封底工程,为后续施工任务的开展提供有力保障。

据悉,苏州金鸡湖隧道计划2022年底通车运营,该项目的建成对完善苏州市环金鸡湖金融贸易区基础设施建设,加快推进与长三角次级商务中心相匹配、区域化、一体化、差异化、集约化的资源节约型综合交通运输系统的建设具有重要的意义。(通讯员:张湘雪 王昊)

本次浇筑的底板设计方量为717立方米,需采用不间断浇筑法一次浇筑成型。为确保浇筑任务顺利完成,中铁四局项目部针对施工特点提前编制技术方案交底及安全质量控制预案,并在现场严格落实施工方案,精心组织施

工,相继克服隧道底板厚度大、一次性浇筑方量多、交叉施工风险高等困难,在确保全质量可控的前提下,提前完成了全线主体结构底板的封底工程,为后续施工任务的开展提供有力保障。

据悉,苏州金鸡湖隧道计划2022年底通车运营,该项目的建成对完善苏州市环金鸡湖金融贸易区基础设施建设,加快推进与长三角次级商务中心相匹配、区域化、一体化、差异化、集约化的资源节约型综合交通运输系统的建设具有重要的意义。(通讯员:张湘雪 王昊)

本次浇筑的底板设计方量为717立方米,需采用不间断浇筑法一次浇筑成型。为确保浇筑任务顺利完成,中铁四局项目部针对施工特点提前编制技术方案交底及安全质量控制预案,并在现场严格落实施工方案,精心组织施

工,相继克服隧道底板厚度大、一次性浇筑方量多、交叉施工风险高等困难,在确保全质量可控的前提下,提前完成了全线主体结构底板的封底工程,为后续施工任务的开展提供有力保障。

据悉,苏州金鸡湖隧道计划2022年底通车运营,该项目的建成对完善苏州市环金鸡湖金融贸易区基础设施建设,加快推进与长三角次级商务中心相匹配、区域化、一体化、差异化、集约化的资源节约型综合交通运输系统的建设具有重要的意义。(通讯员:张湘雪 王昊)

# 创下多项疏浚施工纪录！建设全国最大新能源基地运输“大动脉”！

中国海油盐城“绿能港”位于江苏省盐城市滨海港区,是国家天然气产供储销体系建设及互联互通重点规划项目,也是我国在建的最大液化天然气储备基地,建成后液化天然气年处理能力可达600万吨,将实现减排二氧化碳2850万吨、二氧化硫23.25万吨,相当于植树6000万棵。

“绿能港”的港池、进港航道及主航道作为运输能源的“必由之路”,在整个工程中起着至关重要的作用。疏通这条海上“大动脉”,需要对近82万平方米港池、1168米进港航道、3827米主航道进行疏浚,清淤量超过2000万立方米,相当于三峡大坝混凝土总方量的1.2倍。也只有如此大体量的工程才能让疏浚后的航道承载得起,世界上最大型的27万立方米液化天然气运输船通航。

作为重大民生项目,必须在2022年4月30日完成主体施工,留给中交上航局中港疏浚公司建设者的时间只有短短9个月。在极大的工程量、极短的工期、极高的社会关注度和极大的防疫压力面前,中港疏浚公司迎难而上,在约定的“4·30”节点前中国海油盐城“绿能港”港池、进港航道及主航道疏浚工程主体顺利完工,还创下了多项疏浚施工纪录。

突破国内绞吸船单吹填直排距之“最长”

按照施工安排,第一步就是为绞吸挖泥船铺设吹填管线,而在规划设计中,参与施工的绞吸挖泥船单吹填最大排距达15公里,这在国内尚属首例。要保证施工期间高效吹填作业,前期的管线铺设工作必须万无一失。根据铺设方案,管线沿途要穿越8条道路、4条河流和3处桥梁,甚至途经沼泽、浅滩、发电厂,难度非同小可。

为不耽误后续施工时间,该建设团队“三管齐下”,一方面组织管线路人员昼夜兼



程地铺设首尾两端管线,另一方面积极同政府和相关企业沟通避让事宜,再者就是开展实地考察对管线方案进行缩减优化。最终,历时50天,管线铺设任务顺利完成,并在沿途布设了可视化监控系统,实行全覆盖、无死角式监管,进一步提高了管线的通畅率。在后续绞吸挖泥船首次进港管线路施工后,15公里的陆上纳泥直吹一次成功,顺利打破国内单吹填直排距最长纪录,极大地增强了团队的信心。

突破同等施工领域船舶种类和数量之“最多”

管线铺设完毕后,海上施工作业紧锣密鼓地铺开了。根据工前的工况数据,疏浚区的土质以密实粉砂为主,挖掘、输送难度大。而在施工期内,因防波堤未出水面,没有形成掩护条件,中港疏浚公司绞吸挖泥船“新海豚”轮的施工受到了严重影响,施工进度和工程履约面临严峻挑战。关键时刻,中交上航局将目光锁定在大型绞吸船“吴海龙”轮上,作为我国自主研发的全新一代超大型智能自航绞吸船,其总装机功率、最大绞刀功率、最大排距等重点性能指标均居亚洲之最,是中国疏浚行业多年智慧的结晶。在入场施工

之初,“吴海龙”轮便展现出惊人的施工力量,为工程进度加上了强力助推器。

为加速冲刺“4·30”节点,项目团队统筹调度船舶设备,先后向工程投入8艘大型挖泥船、8套桩间挖泥设备及各类辅助船舶,高峰时段现场各类船舶数达42艘,创下当前同等施工领域里船舶种类和数量之最。同时为降低船舶间干扰,进一步提升施工效率,该建设团队再次优化施工方案,对现场船舶统一指挥、统筹安排、动态预警,并在全船范围内开展节点冲刺立功竞赛,掀起安全高效的抢工期、夺产量热潮。此外,在严峻的疫情防控形势下,每次有新船入场作业,项目部均提前联系当地医护人员上船为全员进行核酸检测,为施工再添一道安全屏障。

突破桩间土疏浚施工之“最难”

除了大体量疏浚“粗活”,码头高桩间的“细活”也让中交建设者们费了一番脑筋。随着使用年数的增加,盐城滨海港高桩码头下方和后方的泥沙积少成多,已开始威胁码头的正常使用。但高桩间空间狭小,传统大型疏浚施工机具无法进入。为此,项目团队针对桩间土施工,在现场试用了长臂挖泥机、挖泥船尾管吹水、高压冲水泵等多种施工装备和施工工艺,形成了一套“射流切割、顺流裹带、顺坡移位、堆积挖运”新型施工工艺,在不影响码头正常运营的情况下,既有效解决桩间土对桩基安全的威胁,也达到了环保降耗的效果,为“绿能港”后续的正常运营提供了全方位的保障。

经过不懈努力,中国海油盐城“绿能

港”疏浚主体工程终于按照施工节点顺利完成。中国海油集团为此特地向中交集团写了一封感谢信,对项目建设团队的拼搏精神和出众水平表示高度认可。当前,疏浚工程的扫尾验收工作正在有序进行,中交上航局建设者们正接续拼搏,为“绿能港”的优质航道铺设完“最后一公里”。(顾明敏)

# 攻克“卡脖子”技术打破国外垄断

## 中冶华天对标国际先进水平加强研发创新结硕果

“从2016年启动到2019年底研发成功,我们呕心沥血3年,在合金钢棒材智能化高精度轧线核心技术及装备领域填补国内空白,达到国际先进水平,实现替代进口技术,打破了国外垄断。”5月16日,中冶华天工程有限公司钢铁院轧钢专业首席专家朱凤泉介绍说。

作为中国钢铁工业建设开拓者和主力军,“冶金建设国家队”棒型材第一梯队,中冶华天有着上百条棒材生产线的经验积累,其中为福建三明钢铁设计的第一条全国产连轧棒材生产线获得国家金奖。为推动中国钢铁工业向更高水平发展,2016年,中冶华天承担了中冶集团“合金钢棒材智能化高精度轧线核心技术及装备”的研发任务。之后,朱凤泉带领团队,开始了对标世界一流水平的研发征程。“2017年4月,马钢新建合金钢棒材生产线,中冶华天是总承包单位。高标准设计、所有设备尽量国产

化……面对挑战,我们迎难而上,没有退缩。”朱凤泉介绍,中冶华天非常重视,公司领导挂帅,引进了3位博士。在研发过程中,公司还组织专家开展国家级评审,集全公司之力为项目研发出谋划策,集思广益。

据了解,合金钢棒材要求+A尺寸寸钢A表面质量好,机械性能均一,合金钢棒材生产“卡脖子”技术,实现产业升级,以国产代替进口,团队把重点放在以智能化提高质量稳定性、开发高精度轧制设备提升产品尺寸精度上,其中智能化主要包含智能排产计划、工艺参数模型化、核心设备在线监测、生产线能源智能管控、备件智能化管理等,高精度设备包括高强度短应力线轧机、预应力轧机、三辊减径机组,还开发出了与之配套的快速换辊轧机装备等。

据介绍,该技术是在边研发边应用的状态下推进的。自2018年9月马钢合

金钢棒材生产线投产,应用该工艺技术和设备的生产线一直运行平稳,达到设计产能。山东永锋钢铁、江苏中天(南通)钢铁采用了部分该技术装备,经济效益和社会效益较好,主要表现在:实现数字化、智能化后,全生产线操作室由4个合并为1个,全产线人员减少30%,产品合格率达98.5%,提高到99.5%;实现了高精度轧制,成品成材率提高了1%;综合吨钢成本约降低96元……

“下一步,我们将在提升智能化、节能减排水平上下功夫,为企业绿色发展、高质量发展夯实基础。”朱凤泉表示。

据悉,经过持续不断的技术创新,中冶华天现有2项成果国际领先、12项成果国际先进、50项成果国内领先、25项成果国内先进。截至目前,该公司维持有效专利1666项,其中发明专利474项(含美国专利1项)。(潘东)



浇筑完成后金鸡湖隧道全景 张湘雪摄