



正在合龙的安海湾大桥 中国铁建铁四院供图

98秒跨越大海 无砟轨道助高铁跨海不减速

◎本报记者 矫阳

近日,福厦高铁安海湾大桥合龙。这是世界首座无砟轨道跨海大跨斜拉桥,全长9.5

公里,主跨300米,预计2023年通车后,动车以时速350公里,只需98秒就可风驰电掣跨越大海。

这是继泉州湾、湄洲湾两座跨海大桥后,福厦高铁又一座合龙的跨海大桥。

98秒

福厦高铁安海湾大桥是世界首座无砟轨道跨海大跨斜拉桥,全长9.5公里,主跨300米,预计2023年通车后,动车以时速350公里,只需98秒就可风驰电掣跨越大海。

钢混组合梁,有砟换无砟

福厦高铁先后跨越湄洲湾、泉州湾、安海湾三个海湾。其中,位于泉州晋江的安海湾大桥,不仅是福厦高铁跨海桥梁的“封箱之作”,也是世界首座无砟轨道跨海大跨“跨海”的“开山之作”。

为什么要在跨海大桥设计无砟轨道? “跨度300米及以上的大跨高铁桥,多采用斜拉桥等柔性结构。受自然环境影响,桥面高程会随气温升降而变化,影响轨道的平顺度。”中国铁建铁四院(以下简称铁四院)副总工程师严爱国告诉科技日报记者,保持桥面平顺,是满足高铁高速通过大桥的前提。

由于有砟轨道维修技术相对成熟,此前,我国设计的满足时速350公里要求的高铁桥,其桥梁轨道均为有砟。

不过,有砟轨道最大的问题,是列车高速通过时,道砟(用来铺公路或铁路路基的粗沙砾或碎石)容易被火车吸起,也容易击打列车底盘,并由此产生一系列问题。因此,我国铁路部门曾规定,高铁通过有砟轨道,以时速250公里为限。这意味着动车行驶在设计时速350公里的高铁上,通过大桥时就要降速。而我国高铁线路,因安全性、节约土地资源、降低成本、保护生态环境及防止中长在沉降等原因,在设计时多采用高架桥。

钢加镍防腐,流线箱造型抗风

和普通桥梁相比,跨海大桥还面临着另一项考验,就是海风海水腐蚀,这是世界各国海洋工程建设面临的共同问题。

在潮湿的空气中,钢铁表面形成的水膜,会溶解大气中的二氧化碳、二氧化硫、硫化氢等气体,使水膜中含有一定量的氢离子,形成含有电解质溶液的薄膜,恰与钢铁中的铁和少量的碳构成原电池。

“而海气中弥散的大量盐,又促使电子在溶液中快速移动,这种导电作用,加快了钢铁的腐蚀速度。”铁四院福厦高铁桥梁设计负责人曾甲华说。

高铁工程结构的抗腐蚀标准是百年抗腐,针

用高架桥。

采用无砟轨道则可避免道砟飞溅,其平顺性、稳定性好,但这种轨道对施工工艺要求高,对沉降控制要求苛刻。

如何在大幅度桥梁铺设无砟轨道,成为一个难以攻克的技术问题。

2017年,国铁集团设立“大幅度桥梁铺设无砟轨道技术深化研究”项目,铁四院牵头主持了项目课题,并依托主跨300米的昌赣铁路赣江特大桥,获取了工程经验。

相比江河,海上的风浪使大跨斜拉桥的稳定性面临更高挑战。

“在大跨度跨海桥梁上,铺设无砟轨道并通行高速列车,对桥梁结构刚度、徐变变形、动力性能等要求极高。”严爱国说,斜拉桥结构本身易变形,在大风频繁的海上环境,如何保证跨度又兼顾刚度,是设计的关键。

经过无数次模拟试验,设计团队找到了适应大海大跨环境的钢混组合梁结构参数,破解了难题。

“钢混组合梁由混凝土桥面板与槽形钢梁组成。钢梁自重轻、适应大跨度桥梁建设,混凝土桥面板则提升了桥梁刚度,两者结合满足了列车高速通过的要求。”严爱国说。

对钢结构的主要防腐方法,均是选用耐用的重防腐涂层。

“在沿海地区高盐高湿的气候条件下,依靠在钢梁表面刷漆的传统防腐方式,很难达到这一标准。”曾甲华说,为保证大桥的寿命长久,福厦高铁安海湾跨海大桥的索塔钢锚梁和支座采用了耐海洋大气腐蚀钢,填补了我国的钢种空白。

所谓耐海洋大气腐蚀钢,是世界超级钢技术前沿水平的系列钢种之一,通过往钢材里加入微量镍元素,让钢材自身生成致密稳定的钝化锈层,阻止海水中氯离子的渗透,实现了“以锈制锈”的长效防腐效果。

由于跨海大桥位于沿海高风速带,海上多风,海风又会产生冲击,因此必须通过结构创新

保证路面刚度,否则桥梁会因风产生严重的横向晃动和涡振现象。

如何设计出能抗风的结构,使大跨度跨海大桥避免了异常涡振,从而稳稳地立在大海上?

为保证桥梁在大风中稳固,保持动车高速运行的连续性,铁四院技术团队设计福厦高铁跨海大桥时,采用了大量新结构和新技术。

技术团队对桥梁主塔造型进行了创新设

主跨300米跨海桥,首创无砟轨道现浇

在主跨超300米的安海湾跨海大桥上铺设无砟轨道,国内外没有先例。

无砟轨道主要为钢筋混凝土结构,相比有砟轨道列车运行时速更高。目前国内无砟轨道主要分为两种。一是在工厂预制好轨道板运至现场施工,即预制板式无砟轨道;二是在现场组装好轨排再进行道床板浇筑施工,即现浇双块式无砟轨道。

“此前我国建设的大跨度的跨江桥梁,采用过预制板式无砟轨道。而在大幅度跨海桥梁上,采用现浇双块式无砟轨道并通行高铁,这对轨道结构变形协调能力、线形控制等要求极高,是一项全新的高难度技术挑战。”铁四院线站轨道工程实验室技术研发部部长朱彬说。

由于福厦高铁全线采用现浇双块式无砟轨道,为统一施工工艺,降低成本,针对大跨跨海桥梁采用现浇双块式无砟轨道结构,需要进行创新研究。

“要承载动车以时速350公里通过大跨度桥梁,无砟轨道需要承受列车活载、温度荷载及桥梁变形等多因素耦合作用。”铁四院轨道设计负责人葛海娟说。

由于复杂的受力和变形协调要求,需要设计出相适应的无砟轨道结构。

设计人员表示,相比陆地或跨江河桥梁,如何解决大跨度跨海大桥因风力、腐蚀等复杂环境

条件产生的轨道与桥梁变形协调问题,是无砟轨道设计的难点。

要解决这个关键技术,就需要改变此前在陆地或一般跨度桥上采用的无砟轨道结构。通过无数次方案研究、理论分析、计算机模拟及模型实验验证,设计人员找到了一种方案,即在钢筋混凝土底座与钢筋混凝土道床之间,设置隔离缓冲垫层,替代传统设计采用土工布(一种纤维织物)的方案。课题组同时研究形成了大跨度桥上无砟轨道线型控制技术和轨道平顺性验收标准。

“设置隔离缓冲垫层,不仅起到钢筋混凝土底座与钢筋混凝土道床之间的隔离作用,还实现了变形协调功能,也便于运营期道床损坏时整治维修。”朱彬说。

“创新研发的现浇双块式无砟轨道,解决了大跨桥上铺设无砟轨道的难题,首次实现了在时速350公里高铁,跨度300米级的大跨度跨海桥上铺设现浇双块式无砟轨道。”铁四院副总工程师李秋义说。

“福厦高铁跨海过江,正线全长277.42公里,设计时速350公里,上跨多条高等级公路和既有铁路,正线新建桥梁170座,长度共计181公里,占比65.3%。”铁四院桥梁院福厦高铁主管工程师王德志说,全线复杂桥梁“一桥一策”,设计人员画了四万张图纸,涵盖了多项先进工艺和工法。

成果播报

连收三封感谢信 奥运版复兴号有何绝招

◎通讯员 金万宝 本报记者 杨仑

北京冬奥会和冬残奥会已经圆满落下帷幕,为它们量身定制的北京冬奥列车圆满完成了运营任务。

近日,列车的研制单位中车长客股份公司收到了北京冬奥组委、中国铁路北京局集团有限公司以及中央广播电视总台发来的三封感谢信,分别从赛事交通服务、车辆运营维护保障以及车辆技术创新等方面赞扬了该公司在赛事期间展现出的高度责任感和专业精神,为公司在北京冬奥会和冬残奥会中付出的巨大努力表示感谢。

赛场之外的明星

1月6日,由中车长客股份公司研制的北京冬奥列车正式亮相。列车在世界上首次实现时速350公里的无人驾驶,首次应用我国自主研发的北斗卫星导航系统,具备车站自动发车、区间自动运行、到站自动停车、车门自动控制等先进功能。同时列车还具有智能服务功能,车内温度、灯光,甚至是进入隧道时的压力波都能够自动调节,为乘客带来智能舒适的乘车体验,被众多网友誉为“国货之光”。

北京冬奥列车联通北京、延庆、崇礼三大赛区,10组专门服务北京冬奥会及冬残奥会的列车全部由中车长客股份公司研制,以“瑞雪迎春”为外观主题的新型奥运版复兴号智能动车组成为各大媒体关注的焦点。媒体工作人员在车上直播,运动员在往返赛场期间与列车合影,来自各地的乘客也纷纷在社交媒体上为列车点赞,使列车也成为赛场之外的明星。

高铁与高清的强强联合

为了更好地服务冬奥盛会,来自中车长客股份公司的设计和制造团队在较短时间攻克多项难关,在时速350公里的高铁列车上打造了世界首个5G直播演播室。通过车内千兆网络、5G通信模块、和车载5G天线,将直播视频实时回传地面,实现移动演播室的超高清直播,以更多元化的视角,为全球观众带去更快、更丰富的观赛体验。

团队还成功完成了车厢内演播区的搭建、动力系统、切换台、景观摄像机、游戏机、舞美、灯光等设备的安装等工作,高铁5G超高清演播室采用全IP技术构建,实现了嘉宾访谈、全车厢移动直播报道等功能。赛事期间,伴随着列车运行,直播间里迎来了运动员、媒体记者等各界嘉宾,他们对赛事进行解读并向全球分享参加冬奥盛会的感受,为讲好北京冬奥故事,讲好中国故事做出了应有贡献。

全程保障的执着与坚守

为了保障列车在赛事期间的平稳运营,中车长客股份公司为冬奥列车制定了详细的运营保障方案,派出超过300人的技术、保障和添乘团队,全体人员24小时待命,全力以赴投入到列车的运营维护工作中,实现了列车在赛事期间的“零故障”运行。

保障团队坚守北京北站站场,全力做好冬奥列车的地面检修及运营保障工作;技术团队为其他团队提供技术支持,对列车状态进行预测和分析;添乘团队随车维护列车状态,为每列列车建立了行车档案。

2008年,为服务北京夏季奥运会,中车长客股份公司为北京市5条线路研制了各具特色的城市轨道交通列车914辆,约占北京全部奥运地铁和城市轨道车辆总数的90%,所有列车在赛事期间全部实现准点运营。2022年,中车长客股份公司累计开行冬奥列车1664列,运送旅客9.2万人,运送各国贵宾、政府官员、运动员、工作人员4066人,受到各国乘客的一致好评,成为成功服务冬奥的轨道交通装备企业。

“云顶一号”盾构机顺利始发 将挑战马来西亚复杂地质

科技日报讯(记者张晔 通讯员张凤华)近日,中国出口海外直径最大、代表着世界先进水平的敞开式TBM盾构机经中交天和建设者历时3个月完成组装和调试,在马来西亚东海岸铁路项目顺利始发,这标志着这项“一带一路”重点交通工程即将进入快速施工阶段。

TBM是整个盾构机家族的重要成员。该TBM刀盘直径达8.98米,总装机容量9000千瓦、总重2500吨、长270米,是名副其实的地下“巨无霸”。

马东铁路云顶隧道施工所需的两台TBM均由中交天和研制,此次始发的是孪生哥哥“云顶一号”,预计它的孪生兄弟也将于同年7月份始发。云顶隧道处于马东铁路的腹地,单条隧道全长16.39公里,建成后将成为东南亚第一长隧道,是该项目的控制性工程。相比传统钻爆法开挖,TBM施工效率可以提高2至3倍,对于整个项目起着至关重要的作用。

云顶隧道施工区域的地质极其复杂,地层花岗岩占比较高,岩石坚硬(部分达到200兆帕),对TBM在硬岩环境下的高效破岩能力和刀盘结构可靠性是一项重大考验;岩石石英含量高,尤其是片岩,石英含量占比超过70%,其次粗粒花岗岩石英占比46%以上,磨蚀性大,对刀盘的耐磨性提出极高要求;存在大量断层及蚀变带,易产生掌子面不稳、坍塌,成洞不稳等施工难题,这对设备超前探测能力提出更高的要求。

中交天和针对复杂地质条件,为该装备配备了应对一切难题的“工具箱”,应用了包括L1区锚、网、拱架、喷联合强支护,多类型超前地质探测、多功能钻机超前支护、隧道环境降温制冷、自动消防灭火、长时效安全避险系统等多项世界先进技术和首创技术。其中刀盘结构按照在最恶劣的受力条件下5倍的安全系数进行了有限元校核,刀盘表面覆盖了耐磨性更好的XGG1800碳化铬钢板,可以更有效的保护刀盘,满足长距离硬岩隧道的掘进;配备超前地质探测系统,能够对刀盘前方100米的地质进行有效探测,便于提前做好不良地质的应对措施,以快速通过不良地层等。

加氢站的这颗国产“心脏” 成本低又动力足

◎本报记者 王健高 通讯员 陈蔚

“别看这款加氢站用压缩机体积不大,只有传统加氢站用压缩机的一半,但它的排量却翻了一番,具有单级压缩比低、排放温度低、压缩效率高等特点,目前已在全国近20个城市广泛投入使用。”近日,青岛康普锐斯能源科技有限公司(以下简称康普锐斯)董事长尹智在接受科技日报记者采访时表示,在科技部发布的“可再生能源与氢能技术”重点专项中,《加氢站用加压加注关键设备(共性关键技术)》中提到对氢气压缩机的参数要求:87.5兆帕(Mpa)的排气压力,200公斤/天的排量,而他们自主研发的加氢站用压缩机产品排气压力为90Mpa,排量为1000公斤/天。

“作为唯一具有自主知识产权的液驱氢气压缩机研发生产制造商,我们成功打破国外进口设备在这个领域对国内技术市场的垄断。”尹智说,这得益于青岛西海岸新区在规模化制氢、氢能化工、氢能设备制造等领域,集聚了一批具有核心竞争力、氢能企业,不断延伸氢能产业链条带来的成果。

打破国外技术垄断

尹智指着车间中整齐排列的“铁房子”告诉

记者,这就是他们公司自主研发的加氢站用压缩机,是目前国内唯一的全部国产化且具有自主知识产权的液驱式加氢站用压缩机。这款设备不仅主机价格下降,配套的相关工艺也大大减少了加氢站的建设成本。目前,建设一座加氢站的费用仅需要800万元。

成本打折,质量不打折。在新区中广能源加氢站,记者看到,66路氢燃料电池公交车正有序驶进加氢站加氢。工作人员打开加氢口,夹上静电表,然后将加注枪对准加氢口,一插一按,氢燃料电池公交车便开始了充电。“吧嗒”,4分钟后,随着加注枪跳枪,压缩机自动停机,这辆长达近10米的“大家伙”已经完成充氢。

据悉,目前全国10个省份、近20个城市的加氢站选择康普锐斯研制的加氢站用压缩机。

7个月完成自主研发

众所周知,氢能具有清洁环保、能量密度高等优势,在汽车燃料领域发展潜力巨大。然而由于国外技术的长期垄断,加氢站用压缩机的造价一直居高不下。国内没有相关产品的实际应用,尹智只能通过查阅氢能书籍、氢能产业论文了解行业动态,直到2019年最终确定研发加氢站用压缩机。

在确定产品参数的时候,尹智带领研发团队决定挑战高难度目标——研究90Mpa、1000公斤

在确定产品参数的时候,研发团队决定挑战高难度目标——研究90兆帕、1000公斤的加氢站用压缩机,而在当时加氢站使用较多的是45兆帕、500公斤的压缩机。参数翻一倍,难度却成几倍增加。这意味着团队要克服超高压、大排量等困难。

的加氢站用压缩机,而在当时加氢站使用较多的是45Mpa、500公斤的压缩机。参数翻一倍,难度却成几倍增加。团队不仅要克服超高压、大排量的困难,解决核心零部件和高压临氢材料的问题,同时还要解决在前期走访调研中了解到的加氢站用压缩机都有的排气量小、排气温度高、卸车率低等通病。

功夫不负有心人。7个月后,康普锐斯加氢

站在2019年12月31日用压缩机开机测试,压力、排量均达到了设计目标值。“那一年,我度过了一个终生难忘的跨年夜。”尹智说。

助力碳达峰碳中和

2020年4月,青岛市工信局发布消息,康普锐斯加氢站用压缩机通过了合肥通用机电产品检测院有限公司(国家压缩机制冷设备质量监督检验中心)的第三方检测认证,这让加氢站用压缩机得到认可。

技术难关攻克以后,就要考虑产业化。“考虑到市场需求和个性化定制,目前研发生产的加氢站用压缩机为45Mpa和90Mpa两种。”尹智说,加氢站用压缩机排量则可以根据客户需求定制。

为实现“双碳”目标,康普锐斯正在着手规划建设零碳产业园,其中最重要的部分就是“绿氢”加氢站。

“所谓‘绿氢’就是在氢气从生产到最后使用的整个生命周期中没有碳排放。”尹智说,为此,康普锐斯将在产业园中铺设近3万平方米的光伏屋顶用于发电,除供厂区自用外,剩余电力用电解水的方式制成氢气,通过自研自产的充装压缩机储存在加氢站,再通过加氢站用压缩机给氢燃料电池车加注,为青岛市乃至全国调整能源结构,缩小用氢成本、实现“双碳”目标贡献一份力量。