

产经观察

探访世界上跨度最大的公铁两用跨海桥甬舟铁路西堠门公铁两用大桥

长虹飞架，高铁将上舟山群岛

本报记者 李心萍

东海之滨，舟山群岛与浙江宁波隔海相望。连接两岸、跨越天堑的甬舟铁路建设如火如荼。

西堠门公铁两用大桥，甬舟铁路的控制性工程，主跨达1488米，是世界上跨度最大的公铁两用跨海桥，也是世界跨度最大的斜拉一悬索协作体系桥梁。通过智能化、信息化、数字化手段提升施工质量，工程稳步推进，高铁“上岛”即将在舟山群岛实现。

探索新结构 兼顾刚度与跨度，创造公铁两用桥跨度纪录

西堠门公铁两用大桥，连接舟山群岛的金塘岛与册子岛，所处海域风大、浪高、水深、流急，须同时满足高铁、汽车通行以及船舶通航要求。

“大桥处在进出宁波舟山港的海上黄金通道，每天过往200多艘3万吨级集装箱轮和多种散货轮，主跨必须超千米。”中铁大桥院总工程师肖海珠说，再结合水下地形特点，主跨需达到1500米级。

主跨1500米级的公铁两用大桥，在中国桥梁建设史上从未有过。我国已建成的最大跨度公铁两用桥为沪苏通长江公铁大桥，主跨为1092米；已合龙的最大跨度公铁两用桥为常泰长江大桥，主跨为1208米。这两座公铁两用桥，均采用斜拉桥体系。“对斜拉桥而言，跨度1200米级已到极限。”中铁大桥院西堠门公铁大桥总工程师王东辉说，随着跨度加大，构件规模、施工风险将呈几何式增长。

“目前，世界上的超大跨度桥梁普遍采用悬索桥体系。不过，大跨度悬索桥刚度较弱，难以满足动车组列车通行要求。”肖海珠告诉记者，为此，西堠门公铁两用大桥创新采用了斜拉一悬索协作体系。这种新的结构体系，兼具斜拉桥刚度大、悬索桥跨越能力强的优点，相较于单一结构桥型，在同等材料工艺的情况下，更能保障施工安全、通行要求。

2017年，西堠门公铁两用大桥进入可行性研究阶段。经初步论证，中铁大桥院设计组提出了主跨1488米斜拉一悬索协作体系桥方案。“彼时，在我国即便是公路桥梁，都不曾有设计并建造过主跨超过300米斜拉一悬索协作体系桥的先例，但我们方案底气十足。”肖海珠说。

底气源自10多年的研究积累。据介绍，中铁大桥院2003年即启动斜拉一悬索协作体系研究，10余年探索，终于成功完成斜拉一悬索协作体系的基础研究，摸清相关技术参数。随后，设计组与业主方积极沟通，经历了十几次研讨会以及三次方案评审会后，终于赢得专家和建设单位的认可。

解决了大跨度难题，西堠门公铁两用大桥还面临大风挑战。

大桥所处的西堠门海峡宽度仅约2700米，较窄的海峡形成狭管效应，再加上其处在沿海大风带，每年6级及以上大风天超过100天。而大风，容易引发桥梁发生颤振现象，导致结构破坏。相关测算显示，西堠门公铁两用大桥须抵御的最大风速应达64米/秒，超过17级台风中心最大风力。

“为此，我们专门设计了三箱分离式钢箱梁结构，中间箱通行高铁，两侧边箱分幅通行公路。”肖海珠说，整个桥面形状就像倒过来的机翼，箱与箱之间的镂空帮助大桥获得良好的气动外形。经风洞试验验证，即使风速达到107米/秒时，主梁也不会出现颤振。



2022年10月31日，西堠门公铁两用大桥正式开工。目前，大桥主桥5号主墩、4号主墩已从海底拔地而起。

研发新装备 主墩在海底岩层中“生根”，稳稳立于大海之上

建桥先要建基础。支撑起跨海大桥的桥墩基础，是桥梁建造成功的“重中之重”，也是支撑桥梁跨越天堑的“定海神针”。

大桥册子岛侧主墩(5号主墩)，所处位置水深达60米，海底地形起伏不平，最大高差可达8米，基岩裸露且海床面倾斜。“大风、急流、裸岩、深水，在这种条件下打桩难度极大。”中铁大桥院西堠门公铁大桥常务副经理李永旗说。经过多轮讨论协商，中铁大桥院与中铁大桥院最终决定：由18根直径6.3米的超大直径钻孔灌注桩来组成主墩桩基。

确定了施工方案，各类智能装备相继进场——

首先登场的是自浮式钢桁架钻孔平台。这是一个重7600吨，相当于31个标准篮球场大小的施工平台。为了将平台运至墩位处，施工单位出动了5艘拖船。

再登场的是大型动力头钻机。要想往海底岩层打桩，离不开“金刚钻”的助力。为此，中铁大桥院联合国内厂家成功研制出了ZJD7000大型动力头钻机。这台“金刚钻”不仅“力大无穷”，还“聪明伶俐”，配备先进智能化、视频监控和远程传输系统，具有无线遥控操作、多点监控、故障报警、远程故障诊断等功能。在一系列智能设备的加持下，大桥5号

主墩18根6.3米钻孔桩顺利完成。另一侧，金塘岛侧主墩(4号主墩)则采用了截然不同的工艺——设置沉井基础。

“这是世界首座嵌入式设置沉井基础，此前从未有过先例。”中铁四局项目部总工程师李勇海介绍，整个沉井重达1万吨，是个外径达58米、内径36米、高37米的“大家伙”。目前，沉井已顺利精准沉放到位，正在紧张有序推进沉井封底混凝土浇筑施工。

采用新技术 让大桥施工“耳聪目明”，更好应对天气影响

风速仪、波浪仪、海流计、潮位计、温湿度计……走进大桥施工现场，一系列监测设备琳琅满目，如同走进了海边气象站。

这一切，都是为了摸清海洋气候，尽量减少风浪对精准施工的影响。“风浪冲击会带来施工误差、安全风险。通过智能系统实时监测风、浪、潮、流等信息，可以提高对风、雨、雾、气温的预报精度和预报效率，以便我们及时针对恶劣天气快速响应。”中铁大桥院研究院技术专家徐有良说。

目前，中铁大桥局技术团队已研发出“复杂海洋环境下风、浪、流实时监测系统”，可精准预测未来7天风速、潮汐、水流速等气象信息。2022年，台风轩岚诺和梅花经过舟山区域，施工区域瞬时实测最大风速34.75米/秒，最大浪高3.04米。“正是得益于这套系统，我们提前组织对设备进行保护、人员有序撤离，极大降低了损失。”徐有良说。

施工过程，既要“耳聪目明”，也要“心中有数”，数字孪生系统发挥了重要作用。

例如，在自浮式钢桁架钻孔平台的安全过程中，施工团队在平台上装配了倾角仪、北斗传感器、锚索计等传感器。这些数据实时传输到后台，在电脑内生成自浮式钢桁架钻孔平台的“数字分身”。

“数字孪生系统真实模拟了现场实景，我们通过‘孪生体’反馈的结构状态和调参指令，对施工平台进行调控，指导平台精准定位。”中铁大桥局桥科院总经理王波说。

再比如，在5号主墩的混凝土浇筑过程中，施工团队利用三维激光扫描仪，获取了钢结构件的“身材数据”，并进行云端“彩排”。

“云端‘彩排’，不占场地资源、省时省力，帮助我们及时了解拼装过程可能出现的问题，及时对误差、位置关系、碰撞等进行调整，保证实际施工高效进行。”中铁大桥局桥科院总工程师彭旭民说。

鸥鹭眠沙，渔樵唱晚，蔚蓝的海域养育了依海而居的人们，施工过程更需践行绿色理念。

这一点，智能系统再次发挥重要作用。在整个大桥施工工地，PM2.5、PM10、风速、温度、噪声等监测设备随处可见，实时采集环境参数。

“系统一旦发现超阈值指标，便会自动预警，拌和站喷淋降尘系统自动开启，砂石料仓喷雾设施也会自动喷雾降尘。”王波说。

放眼舟山群岛，一座座桥梁连通岛屿。作为国家中长期铁路网规划中的重大项目，甬舟铁路建成通车后，将结束舟山群岛不通铁路的历史，为“轨道上的长三角”作出新贡献。

上图：正在施工的甬舟铁路西堠门公铁两用大桥。 郭少山摄

观察台

聚焦战略安全、运行安全、应急安全三方面构建新型能源体系，稳妥推进能源绿色低碳转型，将为经济社会平稳运行持续提供坚强保障

稳妥推进能源绿色低碳转型

李政

能源安全事关经济社会发展全局。当前，我国以煤炭为主的化石能源消费约占八成。同时，我国油气资源短板长期存在，区域性、时段性能源供需紧张问题时有发生，需要我们有效应对能源安全风险挑战。

前不久，中共中央、国务院印发《关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见》，专门对稳妥推进能源绿色低碳转型作出总体部署。稳妥推进能源绿色低碳转型，需要从战略安全、运行安全、应急安全三方面着手，确保低碳转型与能源安全并行不悖。

聚焦关键核心领域，确保能源体系战略安全。以油气为代表的能源资源和支撑新能源产业发展的稀缺金属资源，是当前我国需要提升战略储备能力的重要领域。为此，要提升能源国际竞争能力，巩固和拓展海外能源资源保障水平，主动寻求国际能源科技合作，持续引领绿色低碳能源技术革新，保持我国在国际绿色能源供应链的主导地位。要建立健全稳定可靠的能源资源储备体系，进一步优化石油、天然气等化石能源储运体系建设，扩大储备规模，提升储备能力，为能源绿色低碳转型平稳推进创造安全环境。此外，还要提升以煤制油为代表的战略安全技术储备能力，进一步巩固我国能源体系战略安全。

协调推进多能互补，确保能源体系运行安全。能源转型的“先立后破”，不是简单的化石能源和可再生能源此消彼长、一蹴而就的问题，而是需要两者相互配合。一方面，煤炭等化石能源的功能定位需要逐渐改变。要加快现役煤电机组节能降碳改造、灵活性改造、供热改造“三改联动”，从原有的主要支撑性电源向基础保障性和系统调节性并重转变，在保障能源安全的前提下和经济成本最优的情况下，实现安全可靠有序替代。另一方面，构建以非化石能源为主体的多元能源生产供给体系。非化石能源是我国能源体系的关键组成部分。要从各地资源禀赋出发，科学合理确定新能源发展规模，提升新上项目非化石能源消费比重。同时，要发挥煤炭兜底保障作用，加强煤炭资源精细地质勘查，科学优化煤炭产能，加大油气资源勘探和开发力度，力争国内石油长期稳产，稳步提升天然气产量。

构建新型电力系统，确保能源体系应急安全。增强能源安全风险管控能力，应当坚持清洁低碳、安全充裕、经济高效、供需协同、灵活智能的基本原则，聚焦能源调控关键领域，推进技术攻关，布局构建新型电力系统。一方面，坚持以非化石能源为主体构建新型电力系统。持续优化电源结构，稳步开发水电，稳妥有序发展核电，积极发展风电、光伏，推进应急保障电源建设，逐步提升区域电力应急保障能力。另一方面，优化电力系统调节能力。要攻坚大规模高比例新能源外送技术，发展高质量配电网，建设智慧化调度体系，提升需求侧协同能力，升级改造新一代煤电，以提升电网对非化石能源的消纳、配置与调控能力。

平稳有序推进能源绿色低碳转型，是我国经济社会发展全面绿色转型的重要方面。聚焦战略安全、运行安全、应急安全三方面构建新型能源体系，稳妥推进能源绿色低碳转型，将为经济社会平稳运行持续提供坚强保障。

(作者为清华大学气候变化与可持续发展研究院院长)

资讯速递

“东数西算”八大节点直接投资超435亿元

本报电 记者日前从国家数据局获悉：截至今年6月底，“东数西算”八大国家枢纽节点直接投资超过435亿元，拉动投资超过2000亿元，机架总规模超过195万架，整体上架率达63%左右。东西部枢纽节点间网络时延已基本满足20毫秒要求。新建数据中心PUE(电能利用效率)最低降至1.04。东部算力需求有序向西部迁移，算力集聚效应初步显现。国家数据局局长刘烈宏表示，下一步将组织研究制定“十五五”国家数据基础设施规划，围绕数据要素化、市场化、价值化全生命周期，布局建设以行业、城市数据基础设施为主体，以企业数据基础设施为有益补充的国家数据基础设施体系。(王云杉)

135座非煤矿山应用透明地质技术

本报电 记者从全国非煤矿山智能化建设现场推进会上获悉：截至目前，全国135座非煤矿山应用了透明地质技术，近4000个固定岗位实现了无人值守，地下及露天矿山智能凿岩、爆破、铲装、无人驾驶等技术应用比例大幅提升。推动非煤矿山智能化建设是推动矿山安全治理模式向事前预防转型的重要手段。近年来，全国非煤矿山智能化建设呈现出良好发展势头。国家矿山安全监察局有关负责人表示，接下来将围绕灾害严重、高海拔矿山和发生事故矿山开展智能化建设集中攻坚，具备条件的大型矿山要加快推动全环节全系统智能化。(刘温馨)

新视点

本版责编：王云杉

2024中国企业500强榜单显示——

大企业研发投入持续增长

本报记者 刘志强

企业是创新的主体。前不久，中国企业联合会、中国企业家协会在2024中国500强企业高峰论坛上，发布了中国企业500强、中国制造业企业500强、中国服务业企业500强等榜单。从榜单来看，当前我国大企业在创新方面呈现出研发投入快速增长、专利质量持续提升、产业结构持续优化等特点。

先看投入。500强企业2023年共投入研发费用18137亿元，比上年增加了2350亿元，增幅为14.89%；企业研发投入为39.17亿元，比上年的35.80亿元增长了9.41%；研发投入总额占其营业收入总额的比例为1.90%，较上年提高了0.05个百分点，是2002年以来的最

高值，也是连续第七年提高。

再看专利与标准方面的表现。500强企业2023年持有有效专利总数202.97万件，比上年增长了7.66%，其中持有发明专利88.96万件，比上年增长了19.67%；共申报参与标准制定75252项，较上年申报数增加了142项，企业申报参与标准制定数据实现了6连升。在参与国际标准制定上，企业共申报参与了5267项，比上年增加了275项，其中通信设备制造、电信服务、电网行业为前三位，合计占32.93%。

产业结构也在持续优化。先进制造业和新一代信息技术产业快速增长，在500强

中的地位更加突出。500强企业中，新能源设备制造、动力和储能电池、通信设备及计算机制造、半导体及面板制造、工业机械及设备制造等先进制造业入围企业数量稳中有增。

企业营收是经营状况的重要体现。从2024中国企业500强榜单看，我国大企业呈现出经济效益改善向好的态势。

——实体企业发展加速效益改善。500强企业中，实体企业(不含地产与金融企业)2023年营业收入为91.85万亿元，较上年增长了2.31%；482家非银行企业的收入利润率、净资产利润率分别为2.75%、7.26%，较上