

中国桥梁工程规模和技术水平持续提升

穿山越江又跨海,大桥“上新”黑科技



横跨云贵两省的北盘江大桥。胡攀学摄(影像中国)

①

网友:这段时间看新闻,从贵州花江峡谷大桥到湖北燕矶长江大桥,或通车、或合龙,屡屡刷新世界纪录。我想知道中国造桥为啥这么强?背后“上新”了哪些黑科技?

编辑:“十五五”规划建议提出,完善现代化综合交通运输体系,加强跨区域统筹布局、跨方式一体衔接,强化薄弱地区覆盖和通达保障。经过多年积累和创新,中国桥梁已形成能满足“穿山、越江、跨海”需求的成套技术和装备,无论工程规模还是技术水平都达到世界领先。眼下,多地大桥仍在刷新建设“进度条”,持续书写更多创新、联通、共享的发展故事。

本期“瞰前沿”,我们邀请来自桥梁设计和建造领域的专家,介绍中国桥梁技术的新进展、新趋势。

结构创新

提升跨度、适应环境、优化性能

长江中游,碧波奔涌,一座通体深红的钢结构桥梁屹立于江水之上。2025年11月,湖北燕矶长江大桥正式合龙。

不同于传统悬索桥的双主缆设计,燕矶长江大桥两座低矮主塔间悬垂着4条高低不同的主缆,如同强壮的手臂,将长达5.6万吨的钢梁横挂在江面上。

“大桥通过‘不同垂度四主缆体系悬索桥’结构体系创新,巧妙破解了超大桥跨与航空限高双约束难题。”中交二公院桥梁院设计二部主任李志刚说。

结构体系相当于桥梁的“骨架”。聚焦提升跨度、适应复杂环境及优化受力性能,近年来,各式桥梁结构均有新突破。

先看梁桥。通过将承载效率更高的结构形式融入梁式结构,并对梁式结构进行减重优化,新型梁桥结构不断涌现。

再看拱桥。以快速发展的机具设备和建造技术为基础,传统的拱圈截面及结构型式持续创新改造,不断提升拱桥跨度上限。2024年2月通车的广西天峨龙滩特大桥,将拱圈由单箱三室优化为双箱肋结构,首次将拱桥跨度提高至600米。

2025年9月通车的江苏常泰长江大桥,创新采用了“钢—混”混合结构空间钻石型桥塔,提高结构强度的同时刷新斜拉桥最大跨度世界纪录;悬索桥则对主缆承载体系进行革新重组,刚刚合龙的燕矶长江大桥正是典型。

“人工智能技术驱动下的三维数字孪生模型,成为探索新型结构桥梁的重要手段。”李志刚说,未来桥梁建造将以新结构和新材料为“骨骼与肌肉”,以全生命周期数智化平台和数字孪生为“神经系统”,迈向更智能、更耐久、更环保、更具韧性的未来。

材料创新

探索轻量化、绿色化、更安全

轻量化索鞍,性能提升超30%;高强度索股,防腐又耐久;

绿色混凝土,单方成本降低约30元……一系列材料创新与应用,助力贵州花江峡谷大桥成为“横竖”都是世界第一的山区悬索桥。

“交通流量持续增长,服役环境日益复杂,传统钢材和混凝土难以满足大跨度、超长寿命桥梁的力学与耐久性要求。材料的创新与性能提升十分必要。”贵州省交通规划勘察设计研究院桥梁设计分院院长叶洪平说,轻质高强、绿色低碳成为桥梁材料创新的方向。

轻量化方面,由不同性质的材料通过物理或化学方法复合而成的高性能复合材料,具有良好的韧性和抗冲击性。在建的湖北观音寺长江大桥采用“钢—超高性能混凝土”组合梁,由于材料密度低,组合梁自重减轻20%以上,承压能力显著增强。

绿色化方面,环保节能型材料在生产、使用过程中对环境的影响较小,且能实现资源的高效利用。花江峡谷大桥建设中研发的高性能岩石粉矿物掺合料技术,将石粉磨细改性后用作混凝土掺合料,可替代20%水泥,有效减少碳排放。

“桥梁的本质在运输。”叶洪平说,随着全国统一大市场加快建设,各类货物运输愈加频繁,桥梁的安全性非常重要。建造花江峡谷大桥时,研发团队经过多次材料搭配、试验,选出防火主打材料——玄武岩纤维,即把玄武岩烧化并拉丝,再辅助其他材料,熔点可达1450摄氏度。

装备创新

工业化、智能化、绿色化变革

东南沿海,福建厦门湾内,一座跨海大桥雄姿初现。经过两年多建设,国家重大战略工程厦金大桥主塔已完成封顶。

大桥“拔节生长”的背后,是大国重器的坚实支撑。在隧道段,量身定制的“厦金号”盾构机全速运转,在地下24米破土开进;在桥梁段,“二航卓越”5500吨双臂架起重船现身主航道,保障关键构件的精准吊装。

“现代桥梁工程,本质上比拼的是装备能力。”中交二航局技术中心副总经理潘桂林说,桥梁装备

创新,推动桥梁施工的工业化、智能化和绿色化变革,从而攻克各类施工难题。

在工业化建造领域,传统工地正变身“空中工厂”与“柔性生产线”,实现工厂精益制造、现场高效总装。

比如,一体化智能筑塔机集百吨级低位爬升、钢筋快速安装、混凝土自动布料振捣、智能养护及应急避险等功能于一体,让施工效率从0.6米/天提升至1.2米/天;应用墩梁一体化架桥机,架桥仿佛“搭积木”,预制好的桥墩和桥面模块精准组装,提升施工效率、减少占地面积。

在智能化施工领域,装备创新

为大型工程带来“数字神经”与“智慧大脑”,推动桥梁建造向数据驱动转型。

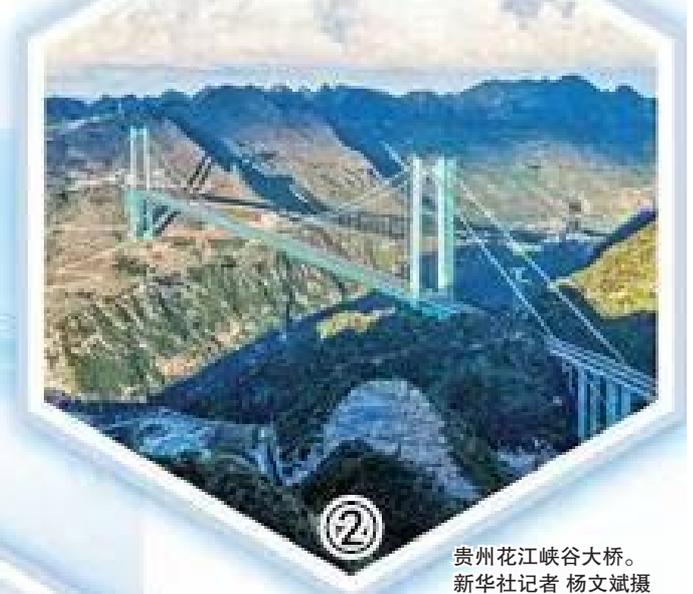
“空中搬运工”QMD-2000型桥面吊机,搭载的自动对位系统能让2000吨级的钢桁梁在空中自动旋转校准,让超大型斜拉桥施工效率提升50%;深水沉井基础下沉集群装备搭载施工全过程智能监控系统,实现沉井施工全过程可测、可视、可控。

在绿色化发展领域,环保理念还贯穿了装备研发与施工的全周期。以“二航卓越”为例,该船集成光伏储能系统,从能源供给源头减少对传统化石燃料的依赖。

“面对跨海连岛、穿山越壑的

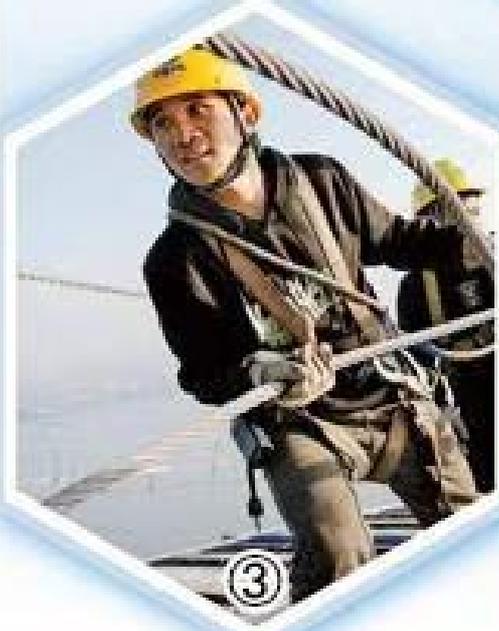
重大工程挑战,桥梁装备创新正迈向系统化升级的新阶段。”潘桂林说,装备技术目前有三大发展趋势:一是持续突破极限能力,研发适应超深水、强台风、超高荷载及高寒高海拔等极端环境的下一代超级装备,支撑未来海峡通道、高原铁路等超级工程;二是深度迈向智能绿色,进一步融合人工智能与物联网技术,实现施工过程的自动化控制与实时监测,将绿色低碳理念贯穿装备创新全周期;三是从单一装备到平台,通过模块化、标准化设计,形成可快速组合、适应多样场景的模块化解决方案,更好提升桥梁建造的响应速度与竞争力。

据《人民日报》



贵州花江峡谷大桥。新华社记者 杨文斌摄

②



工人在湖北燕矶长江大桥上施工。新华社记者 肖艺九摄

③



江苏常泰长江大桥。顾继红摄(新华社发)

④