

“创新+资本”的硬核升级

杭州湾跨海大桥书写强潮海湾上的“百年答卷”

一根长96米、直径2.2米的钢管桩，在经过近220分钟、3700次锤击后，稳稳扎根于海底。

日前，随着杭州湾跨海大桥B10主墩旁首根钢管桩顺利沉放入海，这座长三角交通大动脉正式进入“防御升级”阶段。后续，4座独立防撞墩建成后，将为大桥筑起一道坚实的“水上防线”，主墩防撞能力从现有5000吨级全面提升至2万吨级。

而就在两个月前，大桥海天一洲匝道桥以全新面貌“回归”——5条蜿蜒入海的桥段完成“强筋健骨”，结构刚度与墩身耐久性双双翻倍，设计寿命从50年提升至100年。

此番系列升级举措，与大桥登陆资本舞台息息相关。作为平安宁波交投REIT基金管理人，平安基金凭借专业资本运作实力与全生命周期资产管理优势，构建“创新+资本”双轮驱动发展新格局，让这座曾创下世界最长跨海大桥纪录的世纪工程再度彰显硬核实力，生动诠释：桥，可以更“长寿”。



爬索机器人在拉索上进行养护作业。



杭州湾跨海大桥B10主墩旁首根钢管桩顺利沉放入海。



杭州湾跨海大桥“海天一洲”。

1 匠心筑就世纪工程

杭州湾是世界三大强潮海湾之一，最大潮差8.96米、最大流速5.3米/秒，年均180天6级以上大风，加之海床松软、台风频发，被称为“建桥禁区”。

18年前通车的杭州湾跨海大桥，是我国跨海桥梁建设的里程碑工程，由数百根有着“世界第一重”之称的箱梁构成，单一梁重达1430吨。

当年，在广阔的杭州湾运输架设如此庞然大物，无先例经验、无技术规范、

无大型运梁设备。大桥建设指挥部毅然选择自主创新，走前人未走之路。

于是，一个个“中国创造”跃然海上——

为了“世界第一架”，浙江大学、同济大学及西南交大数十位专家开展15个课题攻关，刷新世界施工纪录，研制出可将3000吨重物提升50多米的运架船；斥资3亿元自研可在强潮海面施工的一流打桩船；在世界同类地理条件中，首创有控制放气的钻孔灌注桩施工；攻克混

凝土耐海水侵蚀技术难关，填补世界桥梁史空白……9大核心技术、6项关键技术达国际领先水平，直接为工程节约资金10亿元。

如今，这座承载250多项革新技术的跨海大桥，始终坚守长三角互联互通大动脉使命。数据显示，截至今年3月，大桥累计通行车辆2.66亿辆，持续拓展中国桥梁创新增值边界。其中，2025年通行量达2313.63万辆，日均车流量近6.34万辆。

2 精准管护与长效运维

建得好，更要养得好。

2024年12月，杭州湾跨海大桥作为底层资产，以基金的形式发行并上市交易（证券简称：平安宁波交投REIT），发行募资80.88亿元。

早在REIT发行筹备之初，平安基金便提前布局、科学谋划，特邀中交公路规划设计院专业团队，围绕大桥基金存续期内的养护保障需求、技术升级路径及资金统筹安排，开展全方位、精细化评估与精准测算。经研判确定，2024年至2033年4月，杭州湾跨海大桥预计养护总投入达28.16亿元，年均养护支出约3.02亿元。

凭借与生俱来的技术创新底蕴与科学养护理念，大桥登陆资本市场后，持续焕发新机，彰显百年工程的责任与担当。平安基金践行“建养并重、科技护

桥”理念，以常态化、智能化、精准化养护体系，推进主动预防、数据决策、养护试验研究等，借助资本赋能，为大桥提供充足的资金“安全垫”。

回望2008年通车时，大桥已同步投用结构健康与安全监测系统。该系统是当时国内最早、功能最完备、连续运行时间最长的跨海桥梁监测系统之一。目前，588个传感器通过24小时采集温湿度、风荷载、车辆荷载、结构应力、索力振动等15项核心数据，实时捕捉桥梁细微变化，成为桥梁的全天候“健康管家”。

基于此，大桥养护团队以海量数据为基底，建模掌握海洋环境下材料退化与结构演化规律，将斜拉索等关键构件养护从“按期更换”优化为“按需评估、科学更换”，每年节约养护成本超过100万

元，实现了安全保障与资金使用效率的双重提升。这也是平安基金在基础设施资产管理中，“精细化运营、价值化管理”理念的鲜活实践。

不仅如此，大桥现已建成新一代桥梁技术集成应用平台，构建“空-陆-海”一体化智慧运维体系。其中，数字孪生“平行大桥”实现物理实体与虚拟模型实时映射、数据同步，交通流、结构状态、环境参数、应急事件全要素一屏可视；管理团队通过“掌上联勤”APP，一键下达应急指令、闭环处置流程，大幅提升调度精准度与应急效率。

此外，全国首套自主研发的三级智控检修平台已投入应用，以“空中作业舱-地面控制台-云端数据中心”三级联动，破解传统检修封道影响交通、安全风险高的难题。

3 “黑科技天团”持续升级

爬索机器人在拉索上作业，无人机以“数字鹰眼”透视桥梁肌理，四足机器狗在桥面无死角巡逻……如今，智能化技术已渗透大桥“毛细血管”，实现“人海战术”向“人机协同”跨越。

2023年起，大桥管理公司便针对索塔“A”字结构、截面随高度变化等特点，突破悬吊平台伸缩、升降、锁定与智能化技术。

“过去80%高空维保依赖工人在摇晃的吊篮中完成，存在安全隐患大、成本高、影响交通、40%是作业盲区等痛点。”平安基金相关负责人介绍，大桥登陆资本市场后，在更加规范化的运维体系下，

拓宽了深化全国性技术交流面。针对前述情况，大桥技术团队在经过一年多的研发推演后，推出“凌云号1.0”和“凌云号2.0”智能索塔检修平台。

据了解，“凌云号2.0”首次应用当日（3月21日）便修复27处隐患，单日爬高16米，效率较传统吊篮提升25%，现已常态化服务索塔维保。

此外，日常巡检中，大桥“黑科技天团”还各显神通。例如，无人机突破信号盲区，AI视觉自动识别裂缝、锈蚀，成像精度0.15毫米；爬索机器人以10米/分钟速度自主攀爬，360度摄像头捕捉0.2毫米级的缺陷，效率提升5倍以

上；搭载超广角4D激光雷达的机器狗，利用数字化仿生技术无死角巡检围蔽区，弥补肉眼巡视不足……

从建设初期的技术探索拓新，到日常运营中的智慧迭代升级，再到如今不断完善防护体系、延长服役生命周期，杭州湾跨海大桥始终以技术创新为核心驱动力，在强潮海湾之上筑牢安全防线、锻造百年品质。依托深厚专业积淀，平安基金也将持续深耕REITs“投、融、管、退”全生命周期运营，借助资本活水精准滴灌，让更多重点工程实现跨越百年的价值长青。

记者 张恒
本版图片均由受访单位提供