



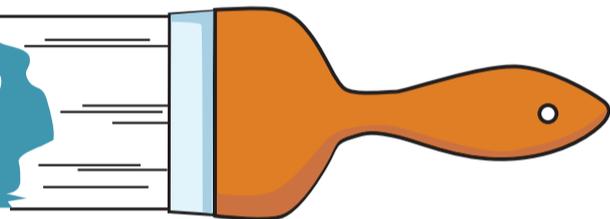
泉州湾跨海高铁大桥 谢明飞/摄

编前:上期《新知》,我们介绍了泉州世界遗产在宋元时代的“黑科技”,其中介绍了工匠在洛阳桥桥下养殖大量牡蛎,利用牡蛎附着力强、繁殖速度快的特点,把桥基和桥墩胶结成一个牢固整体,给桥基穿上了一件脱不掉的“金钟罩”,这种把生物学与桥梁建筑学相结合的固桥技术,在世界上是首创的。

洛阳桥是我国现存年代最早的跨海梁式大石桥,今天要介绍的则是世界首座跨海高铁大桥——福厦高铁泉州湾跨海大桥(以下简称泉州湾跨海高铁大桥)的“黑科技”。这座将于8月6日合龙的大桥,采用了自主创新的“石墨烯重防腐涂装体系”,将实现30年超长防腐寿命的突破,与目前国内已建成的其他桥梁相比,可谓驻颜延年有术。(一醉)

泉州湾跨海高铁大桥

用了“驻颜延年丹”



采用新型石墨烯重防腐涂料,将跨海桥钢梁防护寿命延至30年

借航空石墨烯技术 研制重防腐涂装

百年只需涂装4次 节约近5000万元

若用国外知名涂料 寿命不过25年

解决海洋对大桥的腐蚀问题,是设计跨海大桥遇到的一大难题。

“在海洋环境中,多种因素导致工程设备更易受腐蚀损伤。”中国铁建第四勘察设计院集团有限公司(以下简称铁四院)桥梁院总工程师严爱国说。

原来,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。”铁四院泉州湾跨海高铁大桥设计负责人曾甲华说。

钢结构的主要防腐方法是选用耐用的重防腐涂层。

根据我国铁路和公路桥梁钢结构防腐涂装的现行标准,基于传统涂层材料和涂装体系,即使采用国外知名涂料公司的材料或通过增加涂膜厚度的方法,已建成的钢结构桥梁,最好的设计防护寿命一般也不超过25年。

泉州湾跨海高铁大桥钢梁全长800米,涂装面积约10万平方米。“采用目前世界最好的涂料和施工方法,15年左右就要进入维护阶段。”曾甲华告诉记者,他们的计算结果表明,按造价150元/平方米计算,100年内大桥需涂装7次(含通车后复涂6次),合计费用1.05亿元。

设计团队意识到,泉州湾跨海高铁大桥设计标准为100年,必须找到一种新材料,实现桥梁耐久防腐和减少维护的目标。

正在建设的福厦高速铁路线路全长300.483公里,设计行车速度350公里/小时。“桥梁的长度占线路总长的三分之一,其中跨海大桥3座,从福州往厦门方向,依次为湄洲湾、泉州湾、安海湾。”铁四院福厦高铁指挥长李平卓表示,其中泉州湾跨海高铁大桥全长20.3公里,主跨400米,为全线规模最大、难度最高的关键控制性工程。

业内统计显示,由于国内桥梁主体钢结构防腐涂装体系防腐年限一般在15年以内,部分附属结构钢构件在3~5年内即会出现涂装起泡剥落现象而需重新涂装。

“铁路干线及高速铁路具有运量大、高速列车行车密集、天窗时间短等特点,钢结构涂装维护(修补、清除、重涂)操作困难、成本高昂。”严爱国说,因此在设计时需要考虑减少对高铁桥梁的维护次数。

泉州湾跨海高铁大桥设计标准为100年,什么材料能达到钢结构高防腐要求?通过多方调研,设计团队把目光瞄向了石墨烯。

“由于纳米级石墨烯的片层结构层层叠加、交错排列,用石墨烯改性防腐涂料,可在涂层中形成‘迷宫式’屏蔽结构,构成一道屏蔽阻隔。”严爱国说,这种屏蔽结构能够有效抑制腐蚀介质的浸润、渗透和扩散,提高涂层的物理阻隔性。同时,还可延长腐蚀介质的渗透扩散路径,从而提高涂层的抗渗透性和使用寿命。

近年来,中国航空发动机集团北京航空材料研究院通过创新工艺,将石墨烯材料与热塑性特种工程树脂复合,研制出一系列复合材料。铁四院依托北京航材院等多家单位的研究成果,立项“石墨烯重防腐涂装体系”,研究其在福厦高铁跨海大桥钢结构防腐技术方案和工程的应用可行性。

“‘石墨烯重防腐涂装体系’研究历时两年多,开展了材料组分设计和系列腐蚀试验(耐盐雾性、耐人工加速老化性)等大量研究工作。”严爱国说。



泉州湾跨海高铁大桥 谢明飞/摄

石墨烯

石墨烯是一种由碳原子组成的六角形呈蜂巢晶格的平面薄膜,石墨烯是一种由碳原子构成的单层片状结构新材料,它轻如空气,又坚比钢铁,以其优异的导电性、透光性和强韧度,在电子、能源、环境等多个领域发挥非常大的应用潜力,被称为“改变未来世界的革命性材料”。如果说20世纪是硅的世纪,神奇的石墨烯则是21世纪新材料中的“宠儿”。

设计团队充分利用石墨烯材料,对传统涂装体系进行改性,利用片状锌粉、石墨烯、片状云母的鳞片型涂层结构,大幅提升了涂装体系的防腐防护性能。

这个“石墨烯重防腐涂装体系”的真容是什么?是石墨烯纳米材料改性鳞片型醇溶无机富锌底漆和超耐候氟碳面漆。”严爱国解释道,耐盐雾性能检测试验报告表明,70微米底漆涂层的耐盐雾性能达到1万小时以上,耐盐雾性为现有技术标准的5倍以上,耐人工加速老化性可达现有技术的3倍以上。

仿真计算及试验表明,创新研究的“石墨烯重防腐涂装体系”可实现钢结构在海洋腐蚀大气环境下30年及以上的超长寿命耐久目标。

“石墨烯重防腐涂装体系”将为跨海大桥建设带来显著效益。以泉州湾跨海高铁大桥为例,曾甲华说,采用“石墨烯重防腐涂装体系”,按照30年的设计涂装寿命,100年内只需涂装4次,可节约投资45%以上,即近5000万元。

专家认为,“石墨烯重防腐涂装体系”实现了各类大气环境下长效防腐和功能性、轻量化及环保性的统一,较传统重防腐涂料防腐性能提高3倍以上,是我国自主知识产权的新一代重防腐涂料的发展方向,并有助于打破国外诸多涂料巨头对我国80%重防腐涂料市场的垄断。目前,该涂装体系拟推广应用到广州至湛江高速铁路的桥梁钢结构。

(本版稿件综合科技日报、新华社等)