苏权科

建一座伶仃洋上的“争气桥”

苏权科(1962 年 5 月—),桥梁专家,长期从事桥梁隧道工程的勘察设计、科研、施工、技术咨询、建设管理等工作,现任港珠澳大桥管理局总工程师。作为技术总负责人,全程主持了港珠澳大桥技术和科研攻关。主持国家科技支撑计划“港珠澳大桥跨海集群工程关键技术研究与示范”和国家重点研发计划“港珠澳大桥智能化运维技术集成应用”研究项目,荣获 2017 年度全国科技创新人物、2018 年国际桥梁维护与安全协会杰出贡献奖。

“700 多年前,文天祥在《过零丁洋》写下‘留取丹心照汗青’,充满了悲壮与无奈。1840 年鸦片战争,英国人就是从伶仃洋口打进来的。所以在这里建桥,一定要建一座为中国人争气的桥,一座在世界上拿得出手的世界一流的桥!”苏权科说。作为港珠澳大桥主体工程的技术总负责人,他已在大桥坚守 16 年,从年富力强走到两鬓泛白,终于完成了这个梦想。

情定南粤,与桥结缘

1985 年,苏权科结束了高中物理老师的生涯,进入西安公路学院成为桥梁与隧道专业的一名研究生。怀揣修桥铺路的梦想,毕业后苏权科来到了广东省交通科学研究所,开始进行桥梁结构的设计、检测及科学研究。一年半后,广东省成立公路工程质量监督站(现为省交通工程质监站),不满 28 岁的苏权科被任命为副站长,分管全省桥梁工程质量监督、检测管理工作,“从此以后我就能够深入接触全省的桥梁,了解每一座在建桥梁的建设水平和存在的问题了”。

1991 年年底,汕头海湾大桥上马,苏权科出任驻地监理工程师、计划合同部主任。该桥是我国第一座自主设计、建造的现代悬索桥,其混凝土加劲梁的结构在同类桥型中是世界第一。当时国家尚没有相应的建设标准,设计规范、施工规范及成熟的检测检验方法、规程都没有,基本上是凭经验及参考一般路桥建设的做法。苏权科查阅了大量国外同类型桥梁建设的资料,结合工程实际情况,制定了自己的质量标准和监理流程,并将英文版的《霍朴桥的设计与施工》整本翻译成中文,在最短的时间里编制了一部针对悬索桥设计施工总承包模式的监理管理办法,起草了国内第一部悬索桥的《监理细则》。建设之初,混凝土防海水腐蚀还仅是水运工程领域的概念,国内桥梁建设领域尚无防腐蚀的规定和做法。苏权科找到水运工程界老前辈潘德强寻求帮助,改变了设计文件中参考苏联经验,采用抗硫酸盐水泥的不当做法,引进了混凝土防海水腐蚀的保护层厚度规定、表面涂装和钢结构阴极保护的设计施工理念,成为我国较早在公路行业采用防海水腐蚀的跨海大桥,与国内同时期修建没有做防海水腐蚀处理的跨海大桥相比,效果显著不同。从此,苏权科与桥梁耐久性结缘。

1996 年，在担任广东台山镇海湾大桥总监代表期间，苏权科继续与潘德强团队合作，探索实践提高钢筋混凝土防海水腐蚀性能的原材料、配合比和施工工艺。

1997 年 7 月，苏权科辗转到另一座里程碑式的桥梁——亚洲第一座特大型三跨连续全漂浮钢箱梁悬索桥——厦门海沧大桥。他持续思考和探索跨海桥梁的耐久性和建造品质问题，认真学习和实践城市桥梁的景观设计和精细化施工技术。作为总监副代表，苏权科率先推行了监理工作标准化、规范化运作。随后，他系统总结了 3 座桥的实践经验，相继完成了《桥梁施工违规纠正手册》《交通工程设施监理指南》《桥梁施工监理方法与要点》，这些作品成为相关专业莘莘学子和监理工程师们案头必备的书目。

从陕南的汉江大桥、广东汕头海湾大桥、台山镇海湾大桥，到厦门海沧大桥，苏权科亲历了多座桥梁工程的建设。“技术力量相对薄弱，尤其是在装备和材料方面与发达国家还有较大的差距，建筑理念上譬如耐久性的概念、景观概念也有差异，技术标准滞后，在设计施工阶段，对桥梁的运营和维护也缺乏周密的预先布局。”苏权科对国内桥梁建设水平同国外先进国家的差距有着清醒的认识。作为一名桥梁人，“建设世界一流桥梁”一直是他的梦想。

十五年逐梦伶仃，港珠澳铸就奇迹

“建一座在国际一流桥梁中能占一席之地的桥”，苏权科把梦想寄托在了跨越伶仃洋的港珠澳大桥上。2003 年，国务院批准开展港珠澳大桥项目前期工作，苏权科就是最初参与大桥筹建的 13 人之一。

港珠澳大桥是当今世界总体跨度最长、钢结构桥梁最长、海底沉管隧道最长的跨海大桥，也是公路建设史上技术最复杂、施工难度最大、工程规模最庞大的桥梁，被外媒誉为“现代世界七大奇迹”之一。要在台风、航运、海事安全、环保、景观、航空管制等诸多因素约束的伶仃洋上，建一座涵盖了交通行业内路、桥、隧、岛等各项工程，设计寿命 120 年的跨海大桥，同时满足内地、香港、澳门不同的技术标准及法律法规，还要克服三地不同制度、语言、货币、观念的差异，这在世界范围内都极具挑战。“回头想想，我之前参与的每个项目，似乎都是在为港珠澳大桥的建设做准备。”

要建一座世界级的大桥，得先想清楚它“长什么样”。苏权科很喜欢时任交通运输部副部长、港珠澳大桥技术专家组组长冯正霖讲的那句话：“业主的境界和眼光决定了工程的建设水准。”对苏权科和他的同事们来说，要逐梦伶仃，首先就得拿出一个有境界有眼光的建设方案和标准。为了编制出适合的技术标准体系、科研规划纲要、设计咨询管理办法、质量管理方案，苏权科飞赴世界各地拜访世界级领军人物，观摩了上百座名桥；组织审查了几十万张图纸，反复论证修改了几百本设计施工方案。为见证这一举世瞩目的超级工程，苏权科初任港珠澳大桥总工程师时，还将海沧大桥建成后剃掉的胡须，又蓄了起来，以明建桥之志。

为达到高品质目标，苏权科和同事们经过深思熟虑，大胆采用了先进的装配化施工，把原来土木工程粗放的施工改成精细的制造及精准的海上安装。“大型化、工厂化、标准化、装配化建造，把桥梁建设往工业化层面大大迈进了一步，”苏权科说，“先在工厂里把钢管桩、桥墩、桥

面箱梁、隧道管节等生产出来，等到伶仃洋风浪流等窗口条件具备时再通过大型装备运输到海上，像‘搭积木’一样‘组装’超级工程。”研究、测试、演练大部分都是在深夜进行，他和团队历经艰辛，研发建立了国内首条钢箱梁板单元制造自动化生产线，在世界上首次采用多工法、不对称、多塔斜拉桥的施工控制技术，完成 3100 吨巨型钢索塔整体一次吊装到位。

如何确保恶劣条件下的耐久性，是工程建设品质的关键所在。伶仃洋海域气温高、湿度大、海水含盐度高，受海水、海风、盐雾、潮汐、干湿循环等众多因素影响，工程主体的钢筋混凝土构件极易因氯离子侵蚀、化学介质侵蚀破坏等产生锈蚀，从而导致结构性能退化，危及安全和寿命。在苏权科的带领下，联合中交四航工程研究院与清华大学组成耐久性研究团队，与潘德强的继任者王胜年、陈肇元院士团队的李克菲等人，数年探索，采用相似环境长期暴露试验数据与工程调查数据，提出了基于可靠度理论的混凝土结构耐久性设计新方法，建立了基于近似概率的质量与寿命定量关系模型，解决了 120 年耐久性设计施工难题，被国际同行称为“港珠澳模型”。

同常规跨海通道相比，港珠澳大桥集桥、岛、隧于一体，结构复杂、构件类型多、运营环境各异，特别是海底沉管隧道对混凝土结构裂缝要求极高。港珠澳大桥的海底隧道长约 6.7 千米，由 33 节沉管组成，一个标准管节长 180 米，重约 8 万吨。如何确保这些沉入伶仃洋底的 33 个“航母”，在最深达 43 米的海底，120 年设计使用寿命期内不漏水呢？苏权科与科研、施工单位一起，基于温度应力仿真和智能控制技术，研究制定了混凝土防裂技术规程。沉管预制厂试验室主任张宝兰和年轻的团队，坚守荒岛，埋头苦干，光试验就用坏了 5 个搅拌机，创造了沉管预制百万方混凝土无裂缝的奇迹。

港珠澳大桥从 2003 年前期工作开始到建成，共开展科研专题约 300 项，累计投入近 5 亿元。2010 年，由科技部支持立项的国家科技支撑计划“港珠澳大桥跨海集群工程建设关键技术研究与示范”项目正式启动实施，苏权科担任总负责人。他既要兼顾设计、科研、施工等各个方面，带领团队解决技术难题；又要组织协调，听取各方面意见制定方案，让研究者了解一线实际，让建设者跟踪科研进展，推动科研与生产一线的沟通交流；还要给团队工程师加油打气，凝聚人心。经过 14 年的探索与努力，苏权科终于和团队一起，攻破了海洋环境下深埋（大回淤）沉管隧道设计与施工、无掩护海域桥隧转换人工岛设计与施工、海上装配化桥梁建设、混凝土结构 120 年使用寿命保障、跨境交通运营管理及桥—岛—隧集群工程防灾减灾及节能环保等一系列技术难题，构建了跨海集群工程建设关键技术的体系。这些研究成果解决了工程推进中的重点难题，有力支撑了工程建设，也对我国大型跨海通道工程技术进步发挥了重要推动作用。

重整行装再出发，用好管好大桥

2018 年 10 月 23 日，习近平总书记宣布：“港珠澳大桥正式开通！”随后总书记乘车巡览大桥，并在蓝海豚岛接见了 20 名建设者代表，苏权科就是其中之一。习近平总书记指出，港珠澳大桥是国家工程、国之重器，它的建设创下多项世界之最，非常了不起，体现了一个国家逢山开

路、遇水架桥的奋斗精神，体现了我国综合国力、自主创新能力，体现了勇创世界一流的民族志气。这是一座圆梦桥、同心桥、自信桥、复兴桥，要用好管好大桥，为粤港澳大湾区建设发挥重要作用。苏权科说，听到习近平总书记的评价以后，他想起中国几代桥梁人艰难的追求，才真正理解了港珠澳大桥光荣的使命。能在伶仃洋上建一座“争气桥”，自己是最幸运的工程师，也最应感谢这个伟大的时代。

韩正副总理在开通仪式上提出，港珠澳大桥作为世界范围内规模最大、建设条件最复杂、技术要求最高的跨海集群工程，技术含量高，大桥在建设过程中积累形成了数百项发明专利和一系列科技成果，构建了跨海集群工程建设关键技术的体系，如何将这些实践中获得的宝贵经验和财富尽快转化为行业标准和规范，使中国桥梁建设技术走出国门，为构建“一带一路”做出新的贡献？苏权科如今想做的，就是把港珠澳大桥的经验和标准推向全国乃至全球。“20 世纪 80 年代，日本为建造本（州）—四（国）联络桥，提前 10 多年组织研究，制定了‘本四标准’。几十年来，全世界修建跨海大桥的工程师都把这个标准作为首选的参照”，他希望，“‘港珠澳标准’能够跟‘本四标准’相媲美，得到更多国家的认可，代表中国标准走向世界。”为此，苏权科和同事们正在努力工作，将港珠澳大桥项目标准转化为中国公路学会团体标准以及相关行业和地方标准。

2019 年 11 月 16 日，“粤港澳大湾区交通建设智能维养与安全运营工程技术研究中心”在珠海揭牌并正式启动，苏权科担任主任，由大桥管理局联合香港理工大学、澳门大学、中交四航工程研究院有限公司、澳门土木工程实验室、香港大学和珠海交通集团共同成立，将着力解决港珠澳大桥营运维护技术难题。2019 年年底前后，国家重点研发计划“港珠澳大桥智能化运维技术集成应用”和广东省重点领域研发计划“重大跨海交通集群工程智能安全监测与应急管控”项目相继启动，在 5G、北斗、大数据、三维数字化模型等新技术与结构安全监测系统、应急管控系统集成及融合等方面开展研究，希望形成新一代安全监测系统和应急管控系统，更好地保障港珠澳大桥及粤港澳大湾区重大交通集群工程的安全运营，开创湾区科技创新协同发展的新局面。

港珠澳大桥通车时，苏权科没有把胡须全部剃完，他说：“以前，港珠澳大桥是世界一流的物理大桥。未来，我们要把港珠澳大桥建设成世界一流的数字化大桥。”新型基础设施建设得到国家的大力支持，其中 5G 基站建设、大数据中心、人工智能、工业互联网等领域与大桥的数字化建设息息相关。“我们正在做的事情，正好符合新基建的要求。”他还和港区全国政协委员一起，建议在港珠澳大桥上进行无人驾驶的试验。在未来交通发展中，无人驾驶的意义深远，如 2019 年年底暴发的新型冠状病毒肺炎疫情中，用无人驾驶就能解决疫区物资运输问题。苏权科说，“我的使命还没有完成，所以还在继续为把这个桥管好、用好、维护好，再做很多技术创新方面的努力。”

（撰稿：港珠澳大桥管理局）