



港珠澳大桥雄姿。

# 圆梦桥·同心桥·自信桥·复兴桥

## ——总工程师“解码”港珠澳大桥

苏权科

2018年10月23日，现代桥梁和交通发展迎来历史性时刻：当今世界上总体跨度最长、钢结构桥体最长、海底公路沉管隧道最长的跨海通道——港珠澳大桥通车仪式举行。习近平总书记出席仪式并宣布大桥正式开通。在仪式后巡览大桥时，习近平总书记指出，港珠澳大桥是一座“圆梦桥、同心桥、自信桥、复兴桥”，是“国家工程、国之重器”。

港珠澳大桥总长约55公里，工程设计使用寿命120年，总投资超1200亿元。通车后，香港、广东珠海、澳门间的交通效率大

幅提升：珠海至香港国际机场的车程由约4小时缩短至约45分钟，至香港葵涌货柜码头的车程由约3.5小时缩短至约75分钟。

港珠澳大桥是世界公路建设史上技术最复杂、施工难度最大、工程规模最庞大的跨海工程。广大建设者怀着高度使命感、责任感，弘扬创新精神、工匠精神、奉献精神，以逢山开路、遇水搭桥的气魄，用心、用情，实现了管理机制、建设理念、工程技术、科研模式等一系列创新，把不可能变为可能，把平凡的工作做到极致，成就了这一让国人自豪、让世界惊叹的超级工程。

### 依托国家科技支撑计划，以全面创新应对挑战

港珠澳大桥工程涉及水文泥沙、地形地质、海洋生物保护、防洪防台、航运海事、航空限高等复杂建设环境；同时，工程建设面临无标准、无技术、无装备、无经验等一系列挑战。

具体来说，这些挑战主要包括以下几个方面：一是建设条件极其不利，桥位区地质复杂，回淤量大；面临深水深槽、气象水文海事等引起的一系列困难。二是施工难度极大，海底隧道密水性要求高，重达8万吨的巨型管节要在45米水下实现高精度对接，难度极大。三是高标准要求给建设和运营提出了新课题，特别是生态环保、节能减排、120年超长使用寿命等“必答题”给工程团队带来了巨大压力。同时，长达6公里的海底沉管隧道的安全运营也是块“硬骨头”。此外，由粤港澳三地共建共管，不同的政治社会体制赋予了工程管理新的内涵，也平添了协调难度。

为应对上述挑战，实现“建设世界级跨海通道，为用户提供优质服务，成为地标性建筑”的目标，我们工程团队开创性地提出了四大建设理念：全寿命周期规划，需求引导设计；大型化，标准化，工厂化，装配化；绿色环保，可持续发展；立足自主创新，整合全球资源，推行伙伴关系。

工业化建造模式是超大体量现代交通基础设施建设的主流趋势，是交通强国建设的重要支撑。建设过程中，我们以工程技术、材料装备、寿命保障、工程管理、安全运营及绿色环保等一系列问题的攻关成果为依托，构建了跨海集群工程工业化建造技术体系，主要包括工业化建造模式下的目标决策体系、技术管理体系、创新生态体系以及品质保障体系等。

通过对该技术体系的探索与实践，我们实现了对质量安全、生态环保与工程建设、项目运营之间关系的进一步平衡，推动我国超大体量现代交通基础设施建设技术水平与工程品质的提升。

我们坚持“问题来源于工程、研究依托于工程、成果应用于工程”的原则，注重科研与生产的紧密结合，开展了300多项协同攻关、集成应用课题研究，形成了海上人工岛、深埋沉管隧道、装配化桥梁、120年耐久性和跨境工程建设运营5大创新技术群及60余项标准规范。全面实现跨海集群工程工业化建造和钢桥面铺装的准工业化建造，桥岛隧工程3000吨至8万吨级超大型构件的水上、水下拼装，促进了桥隧工程产业链的升级换代。

### 整合全球资源，实现高效率、高质量建设

吸收人类工程科技文明成果，形成融合开放的建设理念、管理技术是建成世界级的跨海集群工程的前提条件和必然选择。我们港珠澳大桥工程团队向日本、德国学习现场管理，向汽车行业学习工厂化制造，向核能行业学习信息化管理，向海洋石化行业学习健康、安全和环境管理，向香港学习维护保养设备、环保管理。此外，工程团队还高度集成了国内外大型项目管理经验，建立了高端咨询机制。

为了保障海洋腐蚀环境下结构耐久性，工程团队借助相似环境长期暴露数据，研究提出了混凝土耐久性定量设计新方法，创造了百万方大体积混凝土不开裂的纪录，该设计分析理论被国际同行称为“港珠澳模型”。

面对深埋沉管隧道的技术禁区，我们首创了深埋沉管设计理论和方法，解决了隧道变形和接头安全等难题，创新性提出“半刚性”新型沉管结构。

面对关键施工设备主要依赖国外进口的局面，我们研发建造了具有自主知识产权的水下高精度碎石平整船、挤密砂桩船等数十台套专用装备，其中包括用于隧道精准安装的核心装置即沉管水下对接调整系统。在航天、海洋、气象等多部门协同配合下，我们最终实现突破，形成自主技术，完成了33个管节海底对接。

借助我国自主研制的、世界最大（1.2万吨）的全回转起重船，我们创新采用风险更小、工期更短的主动止水最终接头新工法，为世界沉管隧道贡献了“中国方案”。特别值得一提的是，我们集成创新了八轴联动深插式大圆筒快速成岛技术，大大提高了施工效率，保证了岛体稳定性要求，节约了近两年工期。

此外，我们研发建成了国内首条自动化钢梁单元生产流水线，把传统在露天和

实时监测、隧道逃生疏散、隧道智能监控等设施及系统进行全面、系统的综合性试验。利用该平台，我们完成了港珠澳大桥沉管隧道火源设计与场景设置、火灾规模标定试验、隧道火灾场景试验、隧道通风与排烟试验，系统分析了不同工况下的火源规模标定方法、火灾温度与烟雾场景时空分布规律、不同通风排烟口组合的排烟效率，并将试验研究成果纳入《港珠澳大桥沉管隧道通风、消防设计咨询报告》，为隧道通风、消防系统设计提供了技术支持。

百年工程，质量第一，我们矢志不渝打造经得起历史和实践检验的经典工程。为此，我们积极借鉴制造业质量管理体系，建立了过硬的质量管理体系；引进了香港、澳门和内地高铁建设对混凝土生产推行的产品认证制度，实行首制件工程认可制；引进质量管理顾问、试验检测中心、测控中心，充实法人质量管理力量。

### 坚持生态优先，保持功能、景观、环境协调统一

20世纪末，曾有专家预言，150年后，伶仃洋将变成伶仃河。由于410平方公里的伶仃洋水动力很弱，潮差很小，难以带走冲刷下来的泥沙。如果不加克制地在洋区修建建筑物，将增大阻水面积，加速淤



苏权科在港珠澳大桥留影。

海上施工的桥墩、钢梁，在工厂制造；与香港品质保证局和澳门土木工程试验室合作，对混凝土施工开展独立第三方质量认证，聚三方优势，创一流品质。高品质的建设确保了大桥在建设期经受住了包括“天鸽”“山竹”等超强台风在内的38次台风考验。

### 创新技术试验验证，打造科学、严格的质量管理体系

新研制的装备和新开发的技术必须经过严格试验验证，才能保障工程建设安全高效推进，实现长期安全运营目标。这一点对于设计使用寿命长达120年的港珠澳大桥来说尤其重要。针对一系列创新装备和技术的应用问题，我们在全国十几个地点，组织开展了30多项大型足尺或缩尺模型试验，其中包括港珠澳大桥沉管隧道1:1全尺寸隧道综合防灾试验平台。

该试验平台由我们自行设计、建造，全长150米，3车道，可对隧道火灾场景、结构防火、通风与排烟、消防救援、火灾

积。为了最大限度减少大桥工程对水流的阻碍，我们分别联合广东珠江水利科学研究院、江苏南京水利科学研究院、天津水运科学研究院，同时开展相关试验。不仅如此，我们还加速模拟10年后、30年后的状况，探索长期演变的规律……我们最终得出结论，大桥全线的整体阻力比必须控制在10%以内。

尽量减少施工范围和强度、降低对环境的扰动是“绿色”施工的一大原则。基于此，我们优化隧道基槽开挖边坡比，减少挖泥量约2000万立方；把东、西人工岛长度从1300米缩短到625米；加大桥梁跨径，浅水区从50米加到85米，深水区从70米加到110米；把所有非通航孔桥梁承台置于海床面以下；化水上施工为陆地施工，化工地现浇为工厂预制……

我们以全球视野、长远眼光，统筹谋划港珠澳大桥工程，追求“绿色”、人本、景观文化和高品质发展的高度统一。为此，我们引进海洋石油化工行业职业健康、安全与环境一体化管理体系，组建跨境



苏权科肖像画。

本版画家 张武昌绘

环保联络小组，构建近程远程相结合、24小时全覆盖的海上通航安全监管网，为水上大型拖带及大规模吊装作业提供专业通航保障服务，实现了9年建设过程安全生产“零”事故和中华白海豚“零”死亡的记录。

港珠澳大桥成为伶仃洋上一道亮丽的风景：海上桥塔的“扬帆远航”“海豚出水”“中国结”造型灵动飘逸，人工岛和隧道建筑质朴大气，数十公里的钢结构桥梁气势恢弘。

生态优先、尊重自然环境是粤港澳共同追求。三地相关机构成立了跨境环保联合工作组，对珠江口的水质监测技术和标准进行联合攻关，定期交换水质、空气、噪声等实测数据并接受公众咨询。为了保护珠江口的中华白海豚，我们联合有关方面经过300多次出海调查，首次绘制了它们的行为谱，研究了声学驱赶保护技术，兑现了“大桥建成、白海豚不搬家”的承诺。

### 推动智能化运维，继续贡献“中国方案”“中国标准”

经过15年筹备和建设，港珠澳大桥终于巍然挺立在伶仃洋上，成为新时代标志性工程，取得现代桥梁建设系列重大成就并形成了“港珠澳标准”，为国际业界广泛认可和推广。

据统计，港珠澳大桥工程团队共创新工法31项、创新软件13项、创新装备31项、创新产品3项，获得专利454项；出版专著37本、论文649篇。作为现代桥梁的经典之作，港珠澳大桥获得了诸多国际荣誉，其中包括国际隧道协会2018年重大工程奖、英国土木工程师学会核心期刊NCE2018年度隧道工程奖、国际桥梁与结构工程协会杰出结构奖、国际桥梁大会超级工程奖和国际咨询工程师联合会大奖，获评《美国工程新闻纪录》(ENR)“全球最佳桥隧项目”。

目前，港珠澳大桥智能化运营维护技术装备和智联平台开发工作正在紧锣密鼓推进中，旨在突破跨海交通工程安全高效运行技术瓶颈，形成易推广的智能化运维成套技术及标准体系，为落实标准化纲要，推动交通行业新基建和大湾区基础设施数字化与互联互通，实现交通强国战略目标提供支撑。

雄关漫道真如铁，而今迈步从头越。中国桥梁人将牢记习近平总书记的嘱托，逐梦前行，继续努力把港珠澳大桥打造成为香港、澳门和内地协同创新、融合发展的样板工程，打造成为中国桥梁“走出去”的亮丽名片，在世界桥梁建设工业化、智能化征途上探索新的“中国方案”，贡献更多“中国标准”。

【作者苏权科为全国政协委员、港珠澳大桥工程总工程师，香港科技大学（广州）教授】



中国科协科学技术传播中心、科学出版社与本报合作推出

## 工信部发布智能手机摄像头防抖通信行业标准

本报电 近日，工业和信息化部发布国内首部《移动终端图像及视频防抖性能技术要求和测试方法》，适用全球品牌手机制造商在中国销售的所有手机和移动终端设备。

这一标准由中国信息通信研究院和爱佩仪光电技术有限公司联合华为、OPPO、VIVO、三星等手机制造商历时4年制定。

物体运动、拍摄者手抖等因素往往导致手机拍照模糊。国内公司开发的光学防抖及快速自动对焦技术能在6毫秒内锁定和聚焦拍摄对象，大幅提升图像质量。

多摄多防抖摄像头的磁干扰是5G时代手机器件内部堆叠的技术挑战之一。根据5G标准，不同频段的内置天线数量较多，手机多个摄像头组合往往占手机整体面积较大，再加上多频磁场干扰等问题，对手机内部部件的整体布局和堆叠形成极大考验。中国企业开发的防抖技术较好地解决5G天线和多摄像头产生的干扰问题，实现清晰画质。（文心）

## 河北

### “十四五”将培养培训高技能人才超10万

本报石家庄电（记者邵玉姿）记者近日获悉，“十四五”时期，河北将加快推进技工院校改革，确保全省技工院校在校生规模保持在15万人以上，毕业生就业率保持在98%以上，累计培养培训高技能人才达到10万人以上，开展职业技能培训73万人次以上。

为推进技工院校改革，河北将着力夯实技工院校发展基础，支持产业和人口集中度较高地区建设技师学院、人口规模30万以上的县（市、区）建设技工院校，实施优质技工院校建设、技工教育强基等5个行动计划，在全省遴选15所左右优质技工院校、25个左右优质专业，提升技能人才培养能力。

河北将加强校企合作，全面实施企业新型学徒制培养计划，按规定给予培训补贴，鼓励校企“零距离”融合，促进技工院校与企业专业建设、课程设置、师资培养等方面深度合作。

河北着力畅通技工院校师资选聘渠道，明确支持技工院校将15%的编制员额面向社会和企业聘用专业技术人员、高技能人才担任兼职教师。对符合条件的高技能人才可直接通过考察的方式，公开招聘到技工院校相关岗位任教。

## 福建

### 每年将扶持4000名农村困难残疾人就业创业

本报福州电（记者刘晓宇）记者从福建省残联获悉，近日，省残联与省财政厅联合印发《扶持农村困难残疾人就业创业项目实施方案》的通知。通知表示，在2022年至2025年期间，福建省每年将扶持不少于4000名农村困难残疾人开展各类自主创业或从事种植业、养殖业、服务业、加工业等个体就业和经营活动，实现带动更多农村困难残疾人就业创业增收的目的。

项目扶持对象就业创业的类型包括创办生产、经营、服务实体，并办理了《企业法人营业执照》《个体工商户营业执照》等证照；依托当地各类经营主体（产业基地、龙头企业、专业合作社等）以订单收购、产品加工、股份合作等形式参加优势特色产业发展；经相应培训，从事直播带货、云客服、开办网店、网约配送、快递收寄等新就业形态实现居家就业、就近就业；由党员干部或“能人”“大户”结对帮带开展特色种植业、养殖业、手工业和服务业。

项目扶持标准根据残疾人就业创业类型，按每人每年不超过5000元且累计扶持资金不超过个人须投入资金的原则确定。符合条件的残疾人向户籍所在地村民委员会提出申请。

## 广西

### 千里支教大苗山



近年来，广东省廉江市和广西融水苗族自治县教育部门深化校校结对帮扶。廉江定期为融水基础教育教师开展跟岗培训，并每年选派一批优秀教师到该地支教。图为来自廉江的支教老师李赛近日在融水苗族自治县思源实验学校上课。新华社发