



项海帆,浙江杭州人,桥梁工程专家,中国工程院院士。我国大跨度桥梁抗风研究的开拓者和我国风工程学科的主要学术带头人,他的工作为中国的桥梁与结构工程界和风工程界在国际上赢得一席之地。现任同济大学土木工程学院荣誉资深教授,国际桥梁与结构工程协会(IABSE)资深会员和名誉会员,中国土木工程学会桥梁与结构工程分会名誉理事长等职。

## 卷首语 Foreword

科技导报 2015, 33(5)

# 21世纪中国桥梁的发展之路

在2014年6月的两院院士大会上,习近平主席讲到:“我国经济规模很大但依然大而不强,我国经济增速很快但依然快而不优。”“……从总体上看,我国科技创新基础还不牢,自主创新特别是原创力还不强,关键领域核心技术受制于人的格局没有从根本上改变。”我们“不能总是指望依赖他人的科技成果来提高自己的科技水平,更不能做其他国家的技术附庸,永远跟在别人的后面亦步亦趋。”这些讲话为科技工作者敲响了警钟。同样,中国离桥梁强国也有不小差距,尤其在质量和耐久性、创新设计理念、高性能材料应用以及工业化施工等方面仍有许多不足。

中国的GDP总量已位居第2,而且十余年后将超越美国成为世界第一经济体。然而,我国的人均GDP仍在世界前80位之外(20年前尚在前100位之外,大约每年上升1位)。因此,在21世纪中叶实现全面小康,进入中等发达国家(前40位之内)是比较合理可行的目标,要进入前20位才是发达国家,而且只有前10位最发达国家才能真正称为被世界公认的“创新型国家”。

21世纪的20—30年代,欧美强国将会迎来新一轮的桥梁建设高潮,因为20世纪30年代建成的大桥已使用了近百年,进入了衰老期,需要更新重建许多大桥。东南亚一些岛国如印度尼西亚、菲律宾、马来西亚等国的经济发展也可能有条件开始兴建跨海连岛工程,以替代不安全的轮渡交通。发达国家中的日、韩、英等岛国也会启动新的跨海连岛工程。目前,发达国家正在为桥梁建设新高潮的到来进行积极准备,如开发现代高性能材料和复合材料用于组合桥梁结构;不断改进分析理论和软件使之更精细化;利用最先进的机电一体化技术发展大型施工装备(建筑机器人),使更大的预制上下部构件都能迅速、准确就位,包括超过60m的深水基础施工。总之,未来的桥梁工程正在向更安全、更经济、更耐久、更环保、更美观的方向前进,并最终为实现21世纪的可持续发展的桥梁工程和征服海峡作出贡献。

在现代桥梁工程近70年(1945—2013)的发展历史中,约60余项创新技术是桥梁强国的品牌公司所发明。中国改革开放三十年来,桥梁建设规模大,跨度已跃居世界前列,但所采用的技术大都是发达国家在20世纪六七十年代所创造的。我们只是做了人家30年前已经做过的事。希望中国桥梁界在今后20年的国内跨海工程(如深中通道、琼州海峡、渤海海峡、舟山新区连岛工程等)建设中鼓励创新,加速高性能材料、超深水基础、大跨度桥梁防灾性能等研发工作,储备好先进技术,克服质量和耐久性方面的不足。如果我们墨守成规、固步自封,中国桥梁界将会在21世纪20—30年代的国际桥梁设计竞赛和施工竞标中落入下风,难以和发达国家相匹敌。建议具体的研发工作可着重在以下6个方面:

1) 提高桥梁的寿命期。应按不同跨度或投资大小确定不同的寿命期。500m跨度以下或50亿投资以下仍保持100年;巨型跨海工程的投资可能超过300亿元,应考虑200年寿命期。相应地,就要开发耐腐蚀耐疲劳的超高性能材料,以适应高寿命期的需求。

2) 跨海工程的水深将达到50~100m,而且航道以外的海域水深也可能超过50m。要研发全预制装配的下部结构和深水基础形式,并保证接合部的耐久性。同时,还要研发相应的大型深水基础施工装备。

3) 为了避免悬索桥的深水锚碇和不可更换的主缆,应进一步拓展斜拉桥的跨越能力。研发跨度1100~1600m斜拉桥的可行性,并克服其技术上的困难。同时,还要研究多孔连续大跨度斜拉桥的合理体系,更好地解决温度效应和伸缩缝布置问题,以及抗风和抗震方面的特殊问题。

4) 在400m以下跨度范围内仍应发挥混凝土桥梁在经济上的优势,建议进一步研发预应力混凝土矮塔斜拉桥(实际上是一种体外索的梁式桥),为跨海工程中的浅水区(水深30m以下)提供多种经济合理的非通航孔桥型选择。

5) 斜拉桥的桥塔也是永久性结构,一般都采用比较经济的混凝土桥塔(塔顶锚固区可能用混合结构)。要进一步研究其合理构造和严格的施工工艺,以避免塔身的早期裂缝,保证其寿命期内的耐久性。

6) 对于水深超过100m,海峡宽度10km以上的世界巨型跨海工程,将不可避免地要采用多跨连续的超大跨度悬索桥及其深水锚碇基础。此时,必须克服许多挑战,中国桥梁界也应对此作好技术储备,以提高国际竞争力。

今后20年将是21世纪中国桥梁发展的关键时期,我们只有通过真正的自主创新才能实现超越。一些国外巨型跨海工程(如欧非直布罗陀海峡、印尼的巽他海峡和巴厘海峡、马六甲海峡、朝鲜海峡、白令海峡等)的前期规划工作都是由发达国家的品牌公司所做的,可以说他们已占得先机,对于面临的挑战已做好了准备。从这个意义上来说,我们已落后了至少20年,这也正是我们和世界桥梁强国之间的差距所在。

近来,发达国家又提出了“工业4.0”的再工业化战略,即继机械化、电气化、电子化之后,工业化的第4个阶段,也可称为第4次工业革命。其主要特征为智能化生产,即大部分生产性活动均由各种机器人完成,部分脑力劳动也由计算机完成。人的作用将集中在创新设计、质量控制与检测、管理与服务等方面。我相信工程建设也会逐步过渡到这一新阶段,即由工程师在指挥部遥控大型建筑机器人优质高效地完成水下和海上各种危险的施工作业。

希望年轻一代桥梁工程师能认清差距,急起直追,重视质量,走出误区;改革体制,加强研发和创新。同时还要积极参加国际会议,参与国际交流和竞争,在国际舞台上发出声音,(同济大学土木工程学院,上海20009)为实现中国从桥梁大国迈向桥梁强国贡献力量。

(责任编辑 李娜)