

中国桥梁产业的现状及其发展之路

项海帆

(同济大学 上海 200092)

1 前言

进入21世纪以后,中国桥梁建设又迎来一个新高潮。上海东海大桥建设拉开了中国建设跨海长桥的序幕,苏通大桥和上海卢浦大桥给中国桥梁界冲击超千米斜拉桥和拱桥的纪录提供了机会。

上海崇明隧桥工程中的亮点是成功地采用连续结合梁以避免钢箱梁桥面铺装的耐久性问题,而舟山连岛工程的西堠门大桥则面临着抗风的难题。然而,在中国大桥建设快速发展的过程中也日益暴露出作为技术支撑的桥梁产业发展的滞后和弱点,对中国桥梁的耐久性、技术水平和创新条件造成了不利影响,在一定程度上成了中国桥梁前进的障碍以及创新和质量不足的重要原因。

2 什么是桥梁产业

广义地说,已经企业化的中国设计公司 and 施工集团也都是一种产业,但本文主要讨论作为桥梁建设技术支撑的工业产业(Industry),大致有以下几类:

(1) 材料工业:如钢材、水泥、商品混凝土以及防水防腐材料等。

(2) 桥梁主体结构制造业:如各类钢结构部件、混凝土预制构件以及斜拉索和悬索桥主缆索股等。

(3) 大型施工装备业:如各类吊机(桥面吊、塔吊、浮吊)、钻机、造桥机、架桥机、运梁车、挂蓝、移动模架、顶推设备、支架模板等。

(4) 设计软件业:如静动力、非线性和稳定分析、设计优化、制图和管理等功能软件。

(5) 桥梁附属部件制造业:如预应力钢索、锚夹具、张拉工具、紧固件、支座、伸缩缝、桥面铺装等

(6) 监测、管养、加固和减振产品制造业:如传感仪器、检查车、加固材料及其工艺设备、减振阻尼器、缓冲装置等。

发达国家都有专业化很强的桥梁产业,且历

史悠久,经验丰富。一个桥梁工地中往往有十多家产业共同分包完成各项工作,或用租赁方式提供装备支撑,施工结束后由各家公司拆除运回整理后再继续使用。而且通过研发不断改进,使产品升级换代,形成著名品牌,具有很高的声誉和国际竞争力。如英国Dorman Lang(道门朗)公司的吊机,意大利Deal公司的架桥机和运梁车,德国Peri公司的支架、模板,美国Hillman公司的顶推设备;预应力技术的三巨头:瑞士VSL,德国DSI和法国Freysinett;软件业:美国LARSA和SAP2000,英国SAM和LUSAS,德国SOFISTIK,奥地利TDV和韩国MIDAS等。以上的国际著名公司在世界各国都设有分公司,占据了全球大部分市场。中国的大桥建设中也引进了他们的先进装备,得到了这些品牌公司产品和技术支撑,发挥了重要作用。

3 中国桥梁产业的现状和差距

1980年前,中国的桥梁产业除了铁道部制造钢梁的山海关、宝鸡桥梁厂和生产预应力混凝土梁的丰台、株州等桥梁厂供应预制产品外,大部分工程都由施工单位在工地用大量人力现场制作,并没有专业化的桥梁产业支撑。改革开放以来,我们引进了一些国外先进技术,逐步建立了一些专业化的桥梁产业,如柳州欧维姆(OVM)公司、上海浦江缆索公司、武桥重工、柳工、三一重工和振华重工等与桥梁建设密切相关的产业,并开发了自主的产品,成为中国一些主要施工企业:如二航,中铁大桥,二公;以及各省路桥建设企业的重要技术合作单位,这是十分可喜的进步。然而,我们也要清醒地看到,中国年轻的桥梁产业和国外知名产业在技术上存在的差距。由于在材料、工艺和生产装备上的落后,我们的一些关键部件在质量、耐久性和可靠性上尚达不到国际标准,致使一些重大工程仍不得不花巨资从国外公司引进先进设备,才能保证施工安全、质量和工期。国外公司都有百年以上的技术

积累,我们起步晚了,要赶超他们尚需时日。

目前,中国生产的施工装备中有些关键核心部件:如液压系统、控制系统、行走系统等常常不得不引进外国的成熟产品进行组装。即使有一些仿制成功了,但质量和耐久性仍没有过关,寿命期较短,需要频繁修理和更换,这是最主要的差距,也是中国工业化水平落后于发达国家的反映,需要我们努力通过自主的研发,克服瓶颈,逐步缩小差距。任何盲目自满,不讲实话和浮夸宣传只会阻碍进步,拉大差距。

4 中国桥梁产业的发展之路

古语云“工欲善其事,必先利其器”,这个器就是装备。中国工业化的起步比西方晚了二百年,解放后的五十年代,在前苏联的帮助下迅速建立起近代工业体系。遗憾的是,由于政治运动连续不断,完全错过了二次大战后工业现代化发展高潮的重要契机。欧美发达国家到1970年已经完成了第一次工业现代化,进入了以信息化和网络化为标志的第二次现代化的新阶段。中国预计到2020年才能完成第一次现代化,晚了50年。虽然我国在改革开放的三十年间,通过引进先进技术,也开始实施信息化和网络化,取得了高速的发展和进步。但由于基础薄弱,研发力量不足,缺少核心技术,基本上处于产业链的低端。在材料、装备和软件各方面都还有约10~30年(平均20年,2~3代)的差距。可以说,正是中国材料和装备工业的整体性落后造成了中国桥梁产业的发展瓶颈,我们只有加强自主研发的投入,才能逐步改变这一局面,取得实质性的进展。为此提出以下建议:

(1) 首先要提高材料的性能。

材料是工业的基础,材料的进步是一切产业发展的推动力。中国桥梁基本上都是采用C50~60的混凝土和S345q钢材,铁路桥梁上开发了少量的S420q,而国外的钢桥60%以上都采用S460(欧)、S480(美)和S500(日)的高性能钢材,在高应力区还采用了少量S580、S690的更高性能钢材。混凝土桥梁则普遍采用了C80,少量的试验桥和人行桥已采用S1100钢和C110混凝土的超高性能材料。材料性能的差距是根本性的,它使国外桥梁能在造型上做得轻巧、纤细、更富于美感,也更耐久。而反观中国桥梁则显得粗

笨、肥胖,每平方米桥面的材料用量大,寿命又短,其结果是全寿命的经济性也较差。中国的材料工业必须加强研发,努力缩小差距,供应更多高性能材料。

(2) 中国要在开发自己的专业软件上下功夫。

中国设计院所采用的主要软件是已进入中国市场的MIDAS、TDV和AutoCAD。国内自主开发的一些软件尚有差距,因而难当重任,这是需要尽快改变的不利局面。软件和规范都是代表国家水平的标志,决不能拱手让人。

中国设计软件业的现状堪忧,许多大桥的设计工作都是采用MIDAS软件来完成。从专业水平看,前面提到的欧美强国的其他软件功能更好,只是因为没有进行汉化和结合中国规范,因而难以被中国设计单位所接受。一些国际知名设计公司还有一些自己开发的水平更高、功能更强的“内部使用软件”,这是他们的核心竞争力所在,因而密不示人。在国际设计竞争中,这些“内部软件”实际成为他们创新设计的重要技术支撑和制胜法宝。中国要成为桥梁强国,一定要加强软件的开发,并且尽快和先进的新一代基于性能的设计规范(Performance-Based Design)结合起来。

(3) 加快装备制造业的发展。

装备制造业是各行业产品的基础工业,新一代的机电产品需要新一代的装备和流水线才能完成。我国的汽车、高铁动车、飞机、芯片等的生产流水线大都依赖进口,有的还是已淘汰的二手装备,由此造成产品也会落后2~3代。在一定意义上说,工业产品的落后源于生产装备的落后,发达国家也不会把最先进的装备卖给中国。根据他们的国家政策,只能转让和出售已解密的10年前技术和相应的装备,或者供应密封的核心部件,还要加付专利费。因此,我们的唯一出路是在仿制基础上加强自主研发,建设真正自主的装备制造业,为各行各业提供新一代的先进装备。对于桥梁行业来说,各家重工企业一定要努力克服瓶颈,为施工企业提供高性能,耐久的各类大型施工机械以及各类预制构件,在工地上进行整体安装,尽量减少对人工的依赖,用先进装备保证桥梁的质量,安全施工和耐久性。

(下转第27页)

表30 钢管复合桩内壁涂层无溶剂液体环氧涂层性能指标

序号	测试项目	单位	技术性能指标	执行标准
1	外观	/	平整、色泽均匀、无气泡。	目测
2	抗 1.5J 冲击性 (-30℃)	/	无裂纹	SY/T 0315
3	耐磨性 (Ca10 砂轮, 1kg, 1000r)	mg	≤40	GB/T 1768
4	附着力 (撬剥法, 95℃, 15 天)	级	1~2	SY/T 0315
5	粘结强度 (拉开法, 5 个样品的平均值)	MPa	≥35	GB/T 6329
6	阴极剥离 (65℃, -1.5V, 48h)	mm	≤6.5	SY/T 0315
7	电气强度	MV/m	≥35	GB/T 1408.1
8	体积电阻率	Ω.m	≥1 × 10 ¹³	GB/T 1410
9	蒸馏水增重率 (60℃, 浸泡 15 天)	%	≤3	ASTM D570

表31 防撞钢套筒表面防护方案

防撞钢套筒	二次表处喷砂	清洁度 Sa2.5 级、粗糙度 Rz20~40 μm	
	环氧富锌底漆	2 道	2 × 30 μm
厚浆型环氧云铁中间漆	2 道	2 × 150 μm	
脂肪族丙烯酸聚氨酯面漆	2 道	2 × 35 μm	

6 结束语

港珠澳大桥工程处于伶仃洋海域, 受海水、海风、盐雾、潮汐、高温、干湿循环等众多恶劣环境因素影响, 要保证港珠澳大桥主体混凝土结构的120年设计年限, 就设计而言, 我们必需采

用能够确保工程品质与先进的施工方法——即大型化、工厂化、标准化、装配化, 采用安全、合理的结构构造与材料, 采用必要的附加耐久性防护措施才能实现其长寿命目标。

(上接第10页)

(4) 提高专业化水平, 加快附属部件和养护监测设备制造业的发展。

前面提到的各种桥梁附属部件和管养监测设备虽然不是大型装备, 但却是现代桥梁不可缺少的组成部分, 特别是在全寿命可持续发展的新理念和设计原则下, 发达国家正在大力发展这类企业, 而且专业化水平日益提高, 分工更为精细。21世纪的中国大桥建设必须也拥有这样的中小型设备制造产业, 提供产品和服务, 而不能由施工企业包揽一切, 采用落后的设备, 工具, 通过人海战术, 日夜三班倒的方式去完成。目前, 很多中国企业仍须采购一些国外先进部件组装在产品中, 即使买断了专利, 不存在知识产权纠纷, 还不能称为“完全自主知识产权”, 而且引进的部件还可能只是十年前的技术, 并不是最先进的。还有一些企业实际上只是外国产品的代理商和安装施工队。

5 结束语

经过30年改革开放政策下的大规模建设, 中国桥梁界已经走出了一条自主建设大桥的成功道路,

许多大桥在规模和跨度上已名列前茅。但我们仍不能盲目自满, 要看到在工业现代化进程中的差距。中国产品数量多而质量差, 中国桥梁跨度大而耐久性差是我们的软肋, 今后30年我们一定要在质量和耐久性上狠下功夫, 赶超世界先进水平。中国的桥梁产业任重道远, 每一家企业只有建设好高水平的研发队伍和技术中心, 才能完成这一重任, 这也是中国桥梁从大国走向强国的必由之路。换句话说, 中国桥梁强国之梦的实现在很大程度上将取决于桥梁产业(包括设计公司和施工产业)研发技术中心的水平和自主创造力。当然, 中国大学是否能通过教育改革解答“钱学森之问”, 培养出具有创造力的领军人才, 也是十分关键的。最后, 衷心期待年轻一代的桥梁工作者不辱使命, 为国争光。

参考文献

- [1] 中国现代化战略研究课题组, 中科院中国现代化研究中心: 中国现代化报告2010—世界现代化纵览, 北京大学出版社, 2010
- [2] 项海帆、范立础: 桥梁工程学科的现状 & 前沿发展方向, 土木工程发展现状及前沿发展方向研究, 中国工程院, 2010
- [3] 项海帆等: 中国桥梁史纲, 同济大学出版社, 2009