

文章编号: 1673-2049(2008)04-0001-05

# 中国铁路钢桥的发展历程及展望

方秦汉<sup>1</sup>, 高宗余<sup>1</sup>, 李加武<sup>2</sup>

(1. 中铁大桥勘测设计院有限公司, 湖北 武汉 430050; 2. 长安大学 公路学院, 陕西 西安 710064)

**摘要:** 针对中国不同时期建造的铁路钢桥及相应的设计、建造背景, 阐述了中国铁路桥梁发展的辛酸历程, 提出了铁路钢桥仍需解决钢材高强、车桥耦合共振、大跨度带来的一系列振动等关键技术问题。最后, 指出建造铁路钢桥的核心问题是钢材料品质、建造技术及相应的机械设备。实践证明, 中国铁路桥梁建设已经取得了巨大的成就, 但要成为世界桥梁设计、建设的领头羊仍需加倍努力。

**关键词:** 铁路钢桥; 设计; 钢材; 施工

**中图分类号:** U448.12 **文献标志码:** A

## Development Course and Prospect of Steel Railway Bridges in China

FANG Qin-han<sup>1</sup>, GAO Zong-yu<sup>1</sup>, LI Jia-wu<sup>2</sup>

(1. China Zhongtie Major Bridge Reconnaissance and Design Institute Ltd, Wuhan 430050, Hubei, China;  
2. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

**Abstract:** According to the construction background, design details of the typical steel railway bridges at different ages, the development bitter course of steel railway bridge in China was introduced, and some key techniques including high strength material, coupled vibration among bridges and vehicles as well as other difficulties caused by long-span were presented. Finally, it was pointed out that the quality of steel, construction technique, and the mechanical equipments were the main problems in the construction of steel railway bridges. Practice proves that steel railway bridge construction in China has made great achievements. However, it needs more efforts to be a pioneer in bridge design in the world.

**Key words:** steel railway bridge; design; steel; construction

## 0 引言

在中国的铁路发展史中, 钢桥是铁路桥梁的主要形式<sup>[1-2]</sup>。旧中国的铁路钢桥受制于人, 铁路桥梁的用料靠进口, 设计靠西方, 铁路桥梁的施工技术及施工机械还是靠洋人。铁路桥梁的发展谈不上自主, 何谈创新。新中国成立后, 中国铁路桥梁取得快速发展, 但是建国初期的 2 座大型跨长江的铁路桥梁——武汉长江大桥和南京长江大桥仍然有国外援助的成分。随着中国经济的发展, 尤其是改革开放

后, 经过中国无数工程技术人员的努力, 中国铁路桥梁逐渐摆脱了西方人的拐杖, 开始从桥梁钢材、设计技术、施工技术、施工机械等方面加以革新, 并取得了巨大成就。本文中拟通过对不同时期典型铁路桥梁的介绍, 揭示中国铁路桥梁发展的辛酸历程。

## 1 建国前的典型铁路钢桥

在旧中国, 跨越黄河的铁路仅有 2 条, 长江上无桥, 靠轮渡过江, 那时有一定规模的桥梁寥寥无几。图 1 为郑州黄河铁路桥。郑州黄河铁路桥是当时中

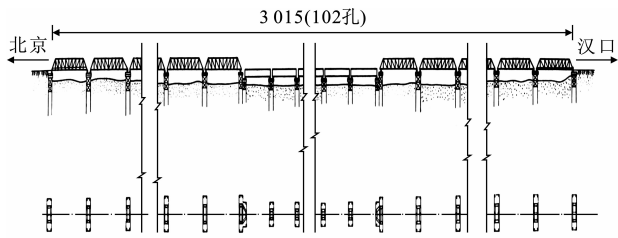


图 1 郑州黄河铁路桥(单位:m)

Fig. 1 Zhengzhou Yellow River Railway Bridge (Unit:m)

国最长的一座铁路桥,全长 3 015 m,共 102 孔,由 26 孔跨度为 31.5 m 的下承钢桁梁与 52 孔跨度为 21.5 m 的上承钢板梁组成,设计载重约合 E-35 级,由法比公司承建,技术负责人沙多,1905 年 11 月竣工。1949 年郑州解放时,该桥只能运行小机车,限速  $5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。1960 年新桥建成通车,老桥转为备用。

图 2 为涿口黄河桥,解放前最大跨度的铁路桥,全长 1 255.2 m,共 12 孔,主跨为  $128.1 \text{ m} + 164.7 \text{ m} + 128.1 \text{ m}$  的悬臂梁。8 孔跨度为 91.5 m 的下承钢桁梁,设计载重相当于 E-35 级,由德国公司设计和监造,1912 年 11 月 29 日竣工。

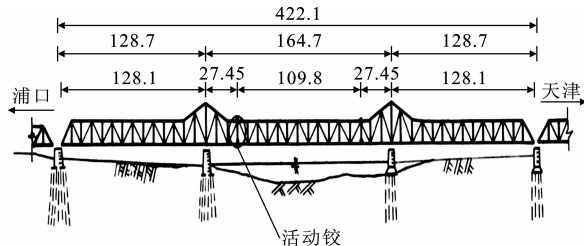


图 2 涿口黄河桥(单位:m)

Fig. 2 Luokou Yellow River Bridge (Unit:m)

图 3 为钱塘江大桥。钱塘江大桥是中国自行设计建成的一座现代化桥梁,正桥全长 1 072 m,由 16 孔跨度为 65.84 m 及 2 孔跨度为 14.63 m 的上承钢板梁组成。茅以升先生任钱塘江大桥桥工处处长,罗英先生任总工程师,但各主要工程还是由各洋行承包。在半封建、半殖民地条件下,茅以升先生主持了钱塘江大桥的修建,是中国人民的骄傲。1937 年 7 月,抗日战争爆发,该桥加速施工,1937 年 9 月及 10 月,铁路、公路相继通车,同年底战局恶化,于 12 月 23 日该桥被炸毁。

图 4 为丹东鸭绿江桥。丹东鸭绿江桥全长 944.2 m,共 12 孔,94.2 m 及 62.5 m 三等跨连续梁各二联,设计载重 L-27 级,1943 年建成通车,由日



图 3 钱塘江大桥

Fig. 3 Qiantangjiang Bridge



图 4 丹东鸭绿江桥

Fig. 4 Dandong Yalujiang Bridge

本工程主持修建。

## 2 建国后的典型铁路钢桥

新中国成立后,中国被封锁禁运,中国铁路桥梁建设的成就均是在独立自主、自力更生的方针指引下取得的,用现代语言来表达,这些成就均属于自主创新。

### 2.1 已建成的大跨度公路铁路两用桥

新中国成立后,建设面貌为之一新,各项建设蓬勃发展,桥梁事业亦不例外,对推动中国铁路钢桥发展起决定性作用的有武汉、南京、九江、芜湖 4 座长江上的桥梁<sup>[3]</sup>。这 4 座大桥都是公路铁路两用桥,铁路为双线,公路为 4 车道。

图 5 为武汉长江大桥,1950 年即着手兴建,正桥长 1 156 m,三联三等跨 128 m 的连续钢桁梁,公路铁路两用桥。钢梁的钢材是进口前苏联的 CT3M (三号桥梁钢,屈服强度 240 MPa)。虽有前苏联专家的帮助,但主要还是中国自己设计和建造,是自力更生建设现代化桥梁的开端。

图 6 为南京长江大桥。该桥 1958 年规划兴建,1968 年建成通车。正桥全长 1 576 m,共 10 孔,三联  $3 \times 160 \text{ m}$  连续钢桁梁加 1 孔 128 m 简支梁,钢材为中国产的屈服强度为 350 MPa 低合金钢。当时中国钢铁企业的底子薄弱,为该桥开发了屈服强度

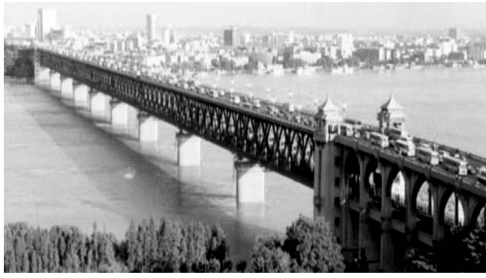


图5 武汉长江大桥

Fig. 5 Wuhan Changjiang River Bridge



图6 南京长江大桥

Fig. 6 Nanjing Changjiang River Bridge

为 350 MPa 的 16 锰桥梁钢(16Mnq),的确是个重大的成就。推动中国钢桥可持续发展,有影响的、可谓锦上添花的几项成就包括:轻质钢筋混凝土公路行车道板;试用焊接公路板梁;铁路纵横梁试用高栓联结;长效钢梁防腐涂装。

武汉、南京两桥钢梁均是铆接的。中国栓焊钢梁在 20 世纪 50 年代开始研制。1961 年湘桂线雒容江桥换梁时,用了 1 孔 41.62 m 的栓焊梁。在 20 世纪 60~70 年代三线建设时大量推广应用,跨度大多在 40 m 以下,最大跨度 112 m。当时的 16 锰桥梁钢用在铆接梁是可以的,但用在栓焊梁则材质是欠缺的。中国栓焊梁的跨度长期停留在双线铁路桥 80 m,单线铁路桥 112 m,是少焊多栓的栓焊梁。九江大桥是双线铁路,4 车道公路,要求跨度大于 200 m 的栓焊梁,钢材成了最大的问题。

图 7 为九江大桥。该桥正桥全长 1 806.7 m,主跨为 180 m+216 m+180 m 的刚性梁柔性拱,专门开发了 15 锰钒氮桥梁钢(15MnVNq),焊接构件最大板厚度达 56 mm 及材质 35 VB 的大直径高强度螺栓,建成了双线铁路、4 车道公路的最大跨度达 216 m 的栓焊梁,也是少焊多栓,从此铆接钢桥退出了新建铁路钢桥的历史舞台。

芜湖长江大桥为正桥全长 2 193.7 m,主跨为 180 m+312 m+180 m 的矮塔斜拉桥,加劲梁为钢筋混凝土板与钢桁梁结合共同受力的结合钢桁梁,

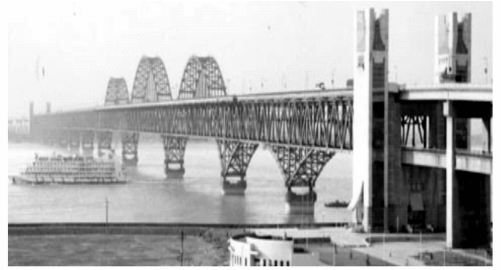


图7 九江大桥

Fig. 7 Jiujiang Bridge

开发了综合性能优异的 14 锰铌桥梁钢(14MnNbq),实现了厚板(50 mm)焊接整体节点的栓焊梁,达到了多焊少栓的焊接桥梁,为全焊无栓的铁路桥梁打下了基础<sup>[4]</sup>。塔顶、轨底、梁底标高受制于飞行净空,编组站高程、通航净空、孔跨布置要顾及水文地质等因素。几座大跨铁路钢桥的具体参数见表 1。

表1 几座大跨铁路钢桥的具体参数

Tab. 1 Parameters of Some Long-span Steel Railway Bridges

桥名	武汉大桥	南京大桥	九江大桥	芜湖大桥	评述	
最大跨度/m	128	160	216	312	跨度逐渐增大了	
钢材	型号	进口, CT3M	中国产, 16Mnq	中国产, 15MnVNq	中国产, 14MnNbq	中国产桥梁钢达到系列化
	屈服强度/MPa	240	350	450	350	
构造形式	铆接	铆接	栓焊梁(节点栓接)	栓焊梁(焊接整体节点)	焊接技术提高了	
桁式	平弦连续梁	曲弦连续梁	刚性梁, 柔性拱	矮塔斜拉桥	引进斜拉桥体系,为增大跨度留有空间	

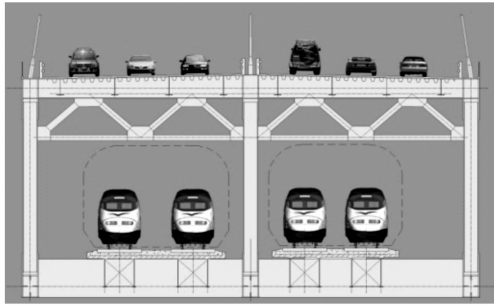
柔性体系的公路斜拉桥要移植到铁路桥必须经过一番改造,这是设计中的又一难点。如果变矮塔为高塔,跨度可以增大,为铁路钢桥增大跨度留有很大空间。在封锁禁运,独立自主,自力更生条件下,中国桥梁工程师奋斗了几十年,初步实现了 20 世纪 70 年代初期制定的铁路桥梁发展目标“高强、轻型、整体、大跨度、新结构”的技术政策。

## 2.2 建设中的大跨度公路铁路两用桥

材料、设计、制造、架设是相互因果,相互制约,其中材料是基础,设计是龙头,制造、架设是保证。

### 2.2.1 武汉天兴洲大桥

图 8 为武汉天兴洲大桥。该桥跨度为 98 m+108 m+504 m+108 m+98 m,桁宽 30 m,桁高 15.2 m,3 片主桁,塔高约 140 m(上弦中心至塔顶),车道为铁路 4 线(2 线客运,2 线货运),公路 6



(a) 结构



(b) 全景

图8 武汉天兴洲大桥

Fig. 8 Wuhan Tianxingzhou Bridge

车道。在铁路桥或公路铁路两用桥中,该桥的动荷载及跨度均属世界首位。

#### 2.2.2 郑州黄河大桥

图9为郑州黄河大桥。该桥为石郑铁路客运专线及河南省中原黄河公路大桥跨越黄河的共用桥梁。主跨为 $121.05\text{ m}+5\times 168\text{ m}+121.05\text{ m}$ 的斜拉桥,3片主桁,单索面。荷载标准:客运专线,2线ZK活载;公路为一级6车道。



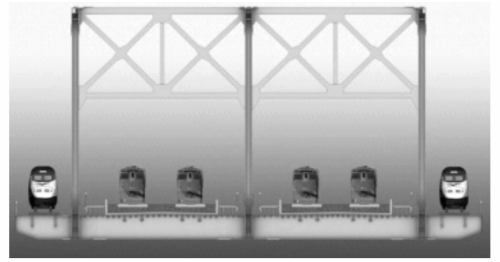
图9 郑州黄河大桥

Fig. 9 Zhengzhou Yellow River Bridge

### 2.3 其他在建及拟建的铁路钢桥

#### 2.3.1 南京大胜关长江大桥

京沪高速铁路线上,在建的诸多桥梁中,规模最大的首推南京大胜关长江大桥(图10)。该桥跨度为 $108\text{ m}+192\text{ m}+336\text{ m}+336\text{ m}+192\text{ m}+108\text{ m}$ ,桁宽 $30\text{ m}$ ,桁外两侧悬臂各 $5.5\text{ m}$ ,拱矢高 $84\text{ m}$ ,3片主桁,铁路4线(高速2线,货运2线),城市轨道交通2线。材质为低碳贝氏体钢,是一种新型钢种。设计的最大难点是将适用于公路的系杆拱改造



(a) 结构



(b) 全景

图10 南京大胜关长江大桥

Fig. 10 Nanjing Dashengguan Changjiang River Bridge

成适用铁路的系杆拱。

#### 2.3.2 安庆长江大桥

图11为安庆长江大桥。该桥主跨的推荐方案为孔跨布置,跨度为 $72.5\text{ m}+217.5\text{ m}+580\text{ m}+217.5\text{ m}+72.5\text{ m}$ 。设计荷载:双线,ZK荷载设计,中-荷载核算。该桥设计的最大难点是如何确定经济合理的桁宽(横向刚度)。



图11 安庆长江大桥

Fig. 11 Anqing Changjiang River Bridge

#### 2.3.3 沪通铁路公路两用长江大桥

图12为沪通铁路公路两用长江大桥,推荐方案为公路铁路两用的五塔斜拉桥,孔跨布置,跨度为 $140\text{ m}+266\text{ m}+4\times 588\text{ m}+266\text{ m}+140\text{ m}$ ,车道为铁路双线,公路6车道。

## 3 铁路钢桥展望

中国确定的铁路桥梁发展的技术政策是:“桥梁应向高强、轻型、整体、大跨度、新结构发展;提高桥梁耐久性,高速铁路和快速铁路的桥梁设计应进行



图 12 沪通铁路公路两用长江大桥

Fig. 12 Shanghai-Nantong Highway-railway Double-duty Changjiang River Bridge

列车-线路-桥梁整体动力特性分析。”

### 3.1 高强

桥梁高强即采用高性能的钢材。不需要像 20 世纪一样,桥梁工程师亲自参与桥梁钢的开发,一方面中国钢材质量上去了,开发新型钢种不那么困难了;另一方面也可考虑适量进口,根据不同的结构,不同的使用条件,选择合适的钢材,这是结构工程师的职责。

### 3.2 整体

芜湖长江大桥虽然实现了厚板焊接全封闭整体节点,但要建成大跨度全焊铁路钢桥,还有相当长的路要走,理论、技术、管理要全面跟进。只要大家齐心协力,是可以实现的。

### 3.3 大跨度

铁路的动荷载大,动力作用也大,要建造经济合理的大跨度铁路桥,不是轻而易举就能达到的。各国实践证明,柔性的斜拉桥可以改造成适合铁路的大跨度斜拉桥,那么变革悬索桥体系或悬索桥与斜拉桥的组合体系构成的大跨度铁路新型桥梁的可能性是存在的。

### 3.4 车振

车桥动力响应涉及诸多问题,桥建成通车后,根据实测值,做评估的依据是可以的。虽然中国车桥

动力响应的仿真计算有相当高的水平,但用来指导设计,条件还不够成熟。

## 4 结语

中国铁路钢桥经过了近百年发展,由依靠外援到建国后我们逐步自主设计、建造,到如今的自主研发、创新,铁路桥梁已取得了巨大成就,这是几代工程技术人员艰苦创业的结果,也是中国经济发展的真实写照。但是我们要成为世界桥梁设计、建设的领头羊还需加倍努力,相信此目标已为时不远。

### 参考文献:

#### References:

- [1] 《中国铁路桥梁史》编辑委员会. 中国铁路桥梁史[M]. 北京:中国铁道出版社,1987.  
Editorial Committee of China Railway Bridge History. China Railway Bridge History[M]. Beijing:China Railway Publishing House,1987.
- [2] 李国豪. 中国桥梁工程[C]//宋 健. 中国科学技术前沿. 北京:高等教育出版社,1998:99-105.  
LI Guo-hao. China Bridge Engineering [C]//SONG Jian. Science and Technology at the Frontier in China. Beijing: Higher Education Press,1998:99-105.
- [3] 刘曾达. 长江上的铁路桥梁[C]//联合国亚太开发署. 联合国亚太开发署铁路新线建设讨论会论文. 北京:中国铁道出版社,1981:25-38.  
LIU Zeng-da. Railway Bridge on Changjiang River [C]//United Nations Development Programme for Asia and the Pacific. Conference of United Nations Development Programme for Asia and the Pacific on Newly Built Railway Construction. Beijing: China Railway Publishing House,1981:25-38.
- [4] 方秦汉. 芜湖长江大桥的技术创新[J]. 铁道建筑技术, 2002(4):1-6.  
FANG Qin-han. Technology Innovation of Wuhu Changjiang River Bridge [J]. Railway Construction Technology,2002(4):1-6.

## 《建筑科学与工程学报》被美国《化学文摘》、《剑桥科学文摘》等国际权威检索系统收录

《建筑科学与工程学报》由于学术质量及国际影响力大幅度提高,已被美国《化学文摘》、《剑桥科学文摘》以及波兰《哥白尼索引》收录。美国《化学文摘》(Chemical Abstracts,CA)创刊于 1907 年,由美国化学文摘服务社(CAS)编辑出版,是涉及学科领域最广、收集文献类型最全、提供检索途径最多、部卷也最为庞大的一部著名的世界性检索工具。美国《剑桥科学文摘》(Cambridge Scientific Abstracts,CSA)是基于网络服务的文献信息检索系统,包括 60 多个数据库,覆盖的学科范围包括:生命科学、水科学与海洋学、环境科学、计算机科学、材料科学以及社会科学,检索结果为文献的题录文摘信息。