

第十八届  
全国桥梁学术会议  
论文集

上册  
2008.天津

中国土木工程学会桥梁及结构工程分会 编



人民交通出版社  
China Communications

# 第十八届全国桥梁学术会议 论文集

(上册)

2008. 天津

中国土木工程学会桥梁及结构工程分会 编



人民交通出版社

# 第十八届全国桥梁学术会议论文集

## 图书在版编目(CIP)数据

第十八届全国桥梁学术会议论文集/中国土木工程学会桥梁及结构工程分会编. —北京:人民交通出版社, 2008. 4

ISBN 978-7-114-07093-8

I. 第… II. 中… III. 桥梁工程—学术会议—文集  
IV. U44-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 049789 号

Dishibajie Quanguo Qiaoliang Xueshu Huiyi Lunwenji(Shangce)

书 名:第十八届全国桥梁学术会议论文集(上册)

著 者:中国土木工程学会桥梁及结构工程分会

责任编辑:刘 涛 栗光华

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)85285656,85285838,85285995

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京市密东印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:44

插 页:4

字 数:1123 千

版 次:2008 年 4 月第 1 版

印 次:2008 年 4 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-07093-8

印 数:0001~1500 册

定 价:180.00 元(上、下册)

(如有印刷、装订质量问题,由本社负责调换)

# 第十八届全国桥梁学术会议

## 学术委员会

名誉主任 范立础  
主任 项海帆  
委员 周世忠 陈明宪 孟凡超 秦顺全 牛斌  
赵基达 陈艾荣 邵长宇 葛耀君 韩振勇

## 组织委员会

名誉主任 熊建平  
主任 李全喜  
副主任 肖汝诚 张连选 窦华港 王周喜 孙增印  
委员 孟庆旺 李凯建 李爱国 王江 陈福明  
王文贵 刘瑞光 魏宏云 从月宾 李国民 郑力 刘旭锴  
李春津 韩利民 孙树礼 邱照宝 金正桥 张振学 郝学华  
王起 吴秉军 魏连雨 刘景樑 黄大健 韩冠华 李忠献  
孙斌 华彦常 朱劲松

## 主办单位

中国土木工程学会桥梁及结构工程分会  
天津市建设管理委员会

## 承办单位

天津市土木工程学会  
天津市城市基础设施建设投资集团有限公司  
天津市市政公路管理局  
天津城建集团有限公司  
天津市政建设集团有限公司

## 协办单位

天津市市政工程研究院  
天津城建设计院有限公司  
中铁十八局集团有限公司  
天津市公路管理处  
市政华北设计院  
天津城建滨海路桥有限公司  
天津大学建筑工程学院

天津市市政工程设计研究院  
铁道第三勘察设计院集团有限公司  
天津市滨海市政建设发展有限公司  
天津市天正基础设施建设有限公司  
天津市道桥管理处  
天津市环境建设投资有限公司  
河北工业大学

## 目 录(上册)

### 一、大会发言

1. 浅谈城市桥梁创新..... 邓文中(3)
2. 现代桥梁工程六十年 ..... 项海帆 肖汝诚(12)
3. 天津市海河桥梁建设综述 ..... 严定中 韩振勇(19)
4. 香港城市桥梁 ..... 韦志成(31)
5. 从凤凰堤溪大桥事故谈石拱桥 ..... 陈明宪(39)
6. 高速铁路大跨度桥梁 ..... 秦顺全(51)
7. 上海长江大桥的技术探索与经验 ..... 邵长宇(58)
8. 中国高速铁路桥梁综述 ..... 牛 斌(66)
9. 我国北方海域第一座超大型跨海大桥——青岛海湾大桥设计  
..... 孟凡超 杨晓滨 王 麒 邵新鹏(77)
10. 大跨度桥梁的空气动力学挑战..... 葛耀君 项海帆(94)
11. 泰州长江大桥设计与中塔基础施工 ..... 吉 林 韩大章(112)

### 二、设计与施工

12. 天津海河新建城市桥梁理念及技术创新 ..... 韩振勇(125)
13. 现代桥梁工程工业化技术——理念与实践 ..... 孙峻岭 Ph. D, PE(131)
14. 我国城市桥梁建设的创新与发展 ..... 穆祥纯(138)
15. 全预制混凝土桥梁技术概论 ..... 李国平(146)
16. 组合结构桥梁——国际发展与国内展望 ..... 邵长宇(150)

17. 现代城市景观桥梁的实践和探索	徐利平 戴利民 李春凯 唐嘉琳 励晓峰 王文斌(159)
18. 桥梁美学设计与环境亲和相融	闫燕红 雷俊卿(169)
19. 从“中国桥都”看桥梁景观的发展	杨航卓(174)
20. 组合结构在斜拉桥中的应用发展	赵晨 刘玉擎 张喜刚(181)
21. 在城区环境设计及建造高架行车道的挑战	黄重生(187)
22. 钢腹板—混凝土箱形拱新桥型试设计研究	陈宝春(193)
23. 混凝土桥梁全寿命成本优化设计	邵旭东 彭建新 晏班夫 刘新华(198)
24. 混凝土桥梁结构耐久性设计	贾界峰 周泳涛 鲍卫刚 涂金平(206)
25. 跨海混凝土桥梁的耐久性分析与设计	许树壮 李国平 陈艾荣(213)
26. 大跨径上承式钢管混凝土拱桥的结构选型	常英 乐云祥(218)
27. 天津市桥梁建设与技术的发展	黄大健(224)
28. 天津海河开启桥的修复与开启桥的发展趋势	张显杰 韩振勇 张振学(234)
29. 新型开启桥为城市景观添彩——国内首座四点提升式开启桥	
	王丽荣 白繁义 管学敏(241)
30. V形山谷桁式拱桥的思考与革新	胡常福 徐海燕 龚汉清 上官兴(245)
31. 大跨度桥梁结构的主动设计	刘安双(252)
32. 中国无缝桥梁技术的改进与创新	金晓勤 邵旭东(257)
33. 超千米斜拉桥设计技术	蒋维刚 徐利平(263)
34. ECC材料在桥梁工程中的应用	丁一 陈小兵 李荣(270)
35. 天津海河国泰桥主桥结构设计与受力分析	
	肖汝诚 庄冬利 贾丽君 滕小竹 孙斌(276)
36. 滨海新区跨海河通道建设方案分析	刘旭凯 宋广君 杨亮(284)
37. 天津海河蚌埠桥设计构思及结构特点	张振学 汤洪雁 周凤先(291)
38. 天津海河蚌埠桥结构与特殊构造	汤洪雁 周凤先 井润胜(299)
39. 天津海河上的航母——光华桥	马慧兰 李正印 林茂(304)
40. 日月星辰——海河上的大光明桥景观造型	吴忠庆 马慧兰 张振学 韩振勇(307)
41. 天津海河赤峰桥设计构思及结构特点	韩振勇 崔志刚 洪全(312)
42. 天津海河奉化桥设计构思及结构特点	井润胜 汤洪雁 周凤先 洪全(317)
43. 天津海河富民桥空间缆索体系设计	韩振勇 张振学 井润胜 汤洪雁(323)
44. 天津海河富民桥设计构思及结构特点	韩振勇 汤洪雁 孙建勋(328)
45. 天津海河吉兆桥设计构思与结构特点	韩振勇 晏乐群 汤洪雁(333)
46. 新三条石桥桥型景观及结构设计	张显杰 杨江国 杨冬云 李会东(338)
47. 响螺湾海河开启桥结构耐久性设计	杨洁 曹景(346)
48. 津滨轻轨50m钢混结合梁设计与施工简述	孙宗磊(350)
49. 永和大桥维修工程设计与施工	王江(356)
50. 舟山连岛工程跨海大桥建设中的技术集成创新	沈旺(363)
51. 来自强潮海湾的挑战	方明山(371)
52. 宁波市东外环甬江大桥设计	马 磊 葛竞辉 吴 忠 龚建峰 颜海(383)
53. 上虞市三环曹娥江大桥设计	马 磊 葛竞辉 吴 忠(388)

54. 杭州钱塘江江东大桥总体设计 ..... 张剑英 郝维索 戴建国 沈 洋(393)
55. 滇藏高原一座有特色的悬索桥设计 ..... 郭晓东 朱栓来(401)
56. 三塔悬索桥中塔结构选型研究 ..... 阮 静 吉 林(408)
57. 三汊矶湘江大桥设计构思及施工工艺 ..... 宋旭明 戴公连 方淑君(415)
58. 长春市伊通河桥设计 ..... 胡 江 丁雪松(421)
59. 东风立交 35m+60m+40m 结合梁的设计与研究 ..... 陈明贵 刘文江 冯克岩(429)
60. 拱、梁与索结合的新创意——福建省三明市台江大桥设计  
..... 史建三 任国雷 刘安双 陈祖生 黄 刚(436)
61. 东莞水道特大桥矮墩连续刚构设计 ..... 潘可明 杨文忠(442)
62. 北京市地铁工程穿越城市桥梁安全保护研究 ..... 潘可明 陈 立(449)
63. 组合箱梁桥连接件受力分析与设计建议 ..... 邵长宇(456)
64. 开孔板连接件在钢—混凝土结合部中的应用 ..... 徐国平 刘 高 吴文明(460)
65. 浅析桥梁结构防腐涂装色彩的选择 ..... 周小焱 马如进 陈艾荣(466)
66. 跨海大桥通航孔主墩防撞设计探讨 ..... 邓青儿(470)
67. 公轨双层斜拉桥—闵浦二桥索力优化原则、方法与结果的研究  
..... 闫兴非 彭 俊 周 良(476)
68. V 形连续刚构—拱组合桥设计研究 ..... 罗世东 瞿国钊(483)
69. 佛开高速混凝土连续刚构桥横向拼接方案比选 ..... 石雪飞 应天益(488)
70. 体外预应力体系在 75m 跨节段式箱梁预制拼装桥梁的应用 ..... 刘未来 韦福堂(494)
71. 跨中转联器在双塔部分斜拉桥中的应用研究 ... 惠 斌 李盼到 郑君长 毕 强(499)
72. 钢筋混凝土箱形拱桥拱轴系数的优化 ..... 曹发辉 牟廷敏 兰 宇(505)
73. 新型基础——根式基础的施工工艺及试验  
..... 殷永高 孙敦华 张立奎 章 征 朱福春(510)
74. 拉索式万能杆件挂篮与 0 号、1 号块托架一体化设计 ..... 魏河广 杨寿忠(516)
75. 斜拉索的换索施工技术 ..... 谢永红 张春晖(523)
76. 大跨度混凝土自锚式悬索桥主梁施工工艺浅析 ..... 韩振勇 田永灵 郑 力(529)
77. 自锚式悬索桥吊索安装张拉方案研究 ..... 朱建甫 沈锐利 唐茂林(535)
78. 大跨度悬索桥加劲梁悬臂架设施工分析 ..... 门永斌 沈锐利 唐茂林(543)
79. 钢筋混凝土箱形拱桥施工技术新突破 ..... 陶建山(550)
80. 悬臂浇筑拱桥新工艺的研究 ..... 曹 瑞 裴宾嘉 聂 东 刘祖胜 赵 丹(556)
81. 空间扭曲箱形钢拱加工制作研究——天津海河综合开发基础设施建设蚌埠桥工程  
..... 张友为 唐建军 张俊青(563)
82. 特殊地形条件下大跨度预制 T 梁架设施工技术 ..... 刘志华(568)
83. 大跨径桥梁挠度测量新方法研究 ..... 余加勇 朱建军 邹峥嵘 张 坤(573)
84. 钻孔桩实用沉降计算曲线 ..... 上官兴 蒋 伟(579)
85. 桥梁深水岩层基础异形双壁钢围堰施工技术研究  
..... 孟新奇 刘云清 贾明浩 赵银鑫(590)
86. 西部山区桥梁深水基础钻孔平台施工 ..... 田 炜 陈 战(596)
87. 建设中的昂船洲大桥 ..... 黄剑波 邱文珊 许志豪(601)
88. 苏通大桥索塔钢锚箱制造几何控制 ..... 陈 鸣 张永涛 朱从明(607)

89. 苏通大桥主桥大块梁段吊索具设计与使用 .....	张 鸿 陈 鸣 罗承斌 周汉发(613)
90. 宁波惊驾路甬江大桥施工方案设计 .....	李艳哲(619)
91. 自锚悬索桥钢箱梁安装施工工艺研究——西河桥工程 .....	刘华东 钱林玉(623)
92. 朝天门长江大桥主桥边跨钢梁半伸臂安装技术 .....	徐元孝 姚 笛(628)
93. 重庆朝天门大桥钢梁移动调整施工技术 .....	罗锦刚 刘小勇 王天广(636)
94. 朝天门长江大桥钢梁架设辅助墩脱空时机探析 .....	王天广 余 勇 罗锦刚 刘广涛(643)
95. 重庆朝天门长江大桥高强螺栓施拧质量控制 .....	余潭秋 左 亮(649)
96. 回管沟特大桥边跨现浇段及合龙段施工技术 .....	詹 文 吴春其 王 勇(652)
97. 南京大胜关长江大桥主桥3号墩钢套箱围堰施工技术 .....	潘 军(660)
98. 伞形内模及翻板底模在杭州湾大桥墩身预制中的应用 .....	刘忠友(666)
99. 78m下承式钢桁架桥顶推施工设计与研究 .....	康 焯 金 波 曹 景(671)
100. 重庆嘉悦大桥基础施工 .....	李勇超 陈明华 秦晓锋 梁 川 朱建中(679)
101. 钢管桩高支架在50m双层现浇箱梁中的应用及控制 .....	余 勇 蔡汝一 段志强(684)
102. 解放桥下桥传动机构施工技术研究——天津海河综合 开发基础设施建设解放桥改建工程 .....	刘伯军 张友为 黄建军(692)



# 一、大会发言

---



# 1. 浅谈城市桥梁创新

邓文中

(林同炎国际公司)

**摘要:**创新可以简单地定义为“有意义的改进”。有意义必须是价值的增加。只是为了“不同”而改变,那是没有意义的,不能算得上“创新”。一座成功的桥梁必须“安全、实用、经济和美观”。如果一个新的理念,能增加这四项要求的价值的总和,就是创新。

**关键词:**桥梁 城市桥梁 创新

## 1 引言

我对“创新”没有很深刻的研究,所以,只能浅谈!把我个人对创新的想法,提供给大家参考。

“今天不创新,明天便落后,后天就被淘汰!”我在一家中国工厂里看到这个标语。它让我有很深的感触。近来,创新是全中国都在讨论的一个话题,几乎每一个单位都在提倡创新。国家也设立了许多鼓励创新的奖项,颁给对创新有贡献的单位。显然,大家对创新很重视。

事实上,人类的生活环境在过去几千年里不停地改善,都是不断创新的结果。也可以说,人类的文明,基本上就是创新的累积。假如没有创新的话,我们今天应该还住在树上,没有衣服!

从这个简单的观察,我们可以把创新说为“有意义的改进”。创新必须是有意义的。只是为了“不同”而改变,那是没有意义的,不能算得上“创新”。那怎样才算是有意义?有意义必须是价值的增加。在这里,价值是广义的价值。是对社区甚至整个社会的价值。这个价值可以是结构寿命的延伸,建造成本的降低,施工期的缩短,环境的改良,或者人们生活质量的提高等等。这样,我们就可以把创新定义为“以新的理念去创造价值”。

一座成功的桥梁必须“安全、实用、经济和美观”。如果一个新的理念,在这四项大前提下的任何一项得到改进而不影响到其他三项的话,就可以被定义为创新。但如果只是影响到其他任何一项或多项,而总结起来还是有利的,也可以定义为创新。第一种情况比较简单,第二种情况就比较复杂了。因为每一项的得与失,包含了许多主观的考虑。那就是说,每一个人都可能有不同的看法。最简单的例子,假如增加了美观却同时提高了造价,这得与失的比重如何评判,就可能因人因地而不同了。

创新不一定要在每一项工程上单独评价。一个创新的理念可能在第一项工程上并没有好处。但从长远来看,对以后的工程却会有帮助,这个理念对社会整体仍然是有价值的,所以这

还是可以被视为创新。其实,这样的例子可能更多。

## 2 创新的形式

创新有多种表现方式。虽然发明也是创新的一个特例,但创新不只是发明。创新是发展和改良,延伸传统的概念和方法使之更好,或是用同等的成本获得更多的价值。而增加的价值就体现在改善功能、降低生产成本、增强其耐久性和美观效果上。<sup>[3]</sup>

罗马人和中国古代的拱桥,是创新的例子。石块能承受很高的压力,但只能受很少的张力。用石块造成相当大跨度的拱的理念是一个极有价值的创新。把钢筋放进混凝土里而发展成钢筋混凝土是很重要的创新,它使许多结构变为可能。节段施工方法也是极有价值的创新,它使大跨度桥梁变为可能。预铸拼装的方法加快了建桥的速度,减低施工时间和成本,当然也是创新(图1)。还有体外预应力,它可以避免许多体内预应力的问题,同时加快施工速度。

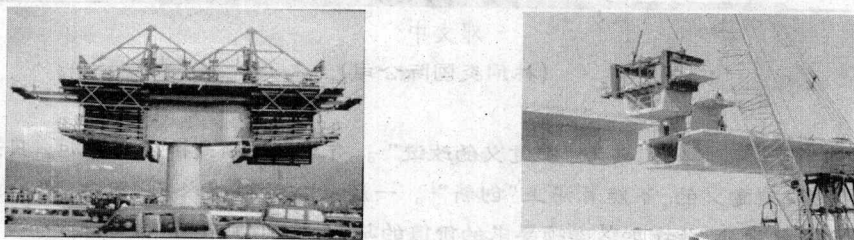


图1 节段桥梁和预铸拼装工法

## 3 桥梁的创新

既然,一座成功的桥梁必须满足“安全、实用、经济和美观”的四项要求,我们可以从这四点着手<sup>[1]</sup>。

一座桥梁的安全性(Safety)是不可以妥协的。一座桥梁必须能安全地承载所有设计中要求的合理的荷载,包括车辆、行人、土压、温度、风、地震、水流、船舶撞击等等。如果一座桥不安全,它等于是无用的。

实用(Functionality)是我们建一座桥梁的目的。对这个要求我们基本上不应该妥协。如果设计要求的六车道,那如果建好的桥只有四个车道可以使用,虽然也可以起一定的作用,但它并不满足设计的要求,还是不恰当的。此外,实用还包括行车的安全和舒适。例如桥面的平稳度和抗滑性能、视野的距离、排水、弧度、车道的宽度等等。如果一座桥不能满足基本的要求,这一座桥梁还不能算是合理。对于实用的基本要求,工程法规里有相当详细的规定、例如车道的宽度、视野的长度、栏杆的防撞能力、桥面的抗滑系数等,都可以根据法规去确定。但法规里的要求是最低限度的要求,并不一定最适当。

经济(Economy)是一个相当复杂的项目。因为经济影响的范围很广阔。虽然在许多桥梁经济分析中,大家只着眼于建造的价格。但是,一座桥梁的实际经济效益,应当同时考虑桥梁的寿命、维修的频率和价格、维修对周边环境的影响以及这一座桥梁对社区的经济效益。近年,全寿命价格(Life Cycle Cost)的研究渐渐完善,对经济效益的考虑有很大的帮助。

美观(Aesthetics)是常常被桥梁工程师忽略的一点。事实上,美观是一座桥梁的灵魂。一座难看的桥梁对一个城市的生活质量有很大的影响。虽然美的评价是很主观的,但是城里的一座桥,是否能使市民们看了觉得舒服,是否能吸引游客,还是可以作客观的评判的。桥梁

的美观对我们的生活有很大的影响。因为它是我们生活环境的一部分。从另一个角度观察,衣、食、住、行是人生的四个基本要求。每一个里面都存在着美的要求。假如我们忽略了美的存在,那人生就变得枯燥无味了,那我们生活的质量(Quality of Life)也就大大地降低了。

除了安全不能妥协外,实用,经济和美观这三个基本要求在每一座桥梁的设计和建造上都常常会有一定的妥协。3.75m 的车道比较舒适,但有时候为了节省费用,把部分车道宽度减少到 3.50m,甚至 3.00m 也会被接受。而美观和经济的妥协则更是常见。

#### 4 桥梁类型

今日世界上的桥梁可以归纳成四类基本的型式:梁桥、拱桥、斜拉桥和悬索桥。有些桥型也可以是这些基本桥型的组合,例如,矮塔斜拉桥(Extradosed Bridge)就是斜拉桥和梁桥的混合体(图 2)。

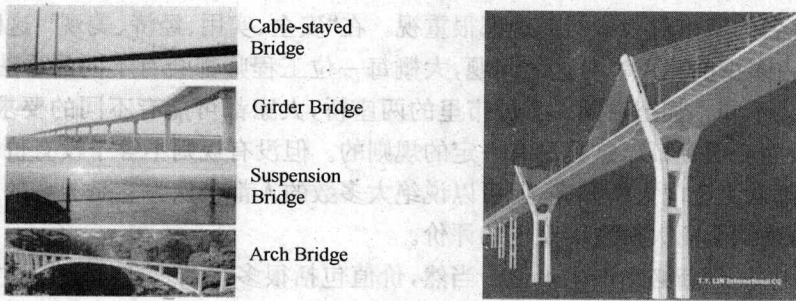


图 2 四类桥型和矮塔斜拉桥

但几千年来,人们还只是发展了这四类基本桥型。大概在最近的将来也不会有新的桥型出现。所以,桥梁的创新可以说是把一座桥造得更安全,更实用,更经济,或者更美观,而不是创造出任何新的桥型。

#### 5 城市桥梁

一座桥无论是在城市里面,抑或在城市外面,安全、实用、经济、美观这四项基本要求是相同的。但城市桥梁因为是在市区,所以大都跨度比较小。但于是在许多人聚散的地方,美观的要求会比较重要。现在,许多城市的商业建筑物对美观都很重视,都愿意在美观上投入很大的资源。这是因为漂亮的建筑的价值,通常都可以得到大大的提高。这样看来,如果投资商都长期愿意花钱去美化他们的建筑,这样的投资回报显见是值得的。城市桥梁就在这些漂亮的建筑物旁边,自然也应该在美观上达到一定的标准。

从世界上各个有名的城市可以看到,大家对城市桥梁的美观都比较注重。巴黎的旧桥和新桥都很漂亮(图 3),伦敦对城市里桥梁的美观也很重视。其他城市,例如西班牙的索维(Seville)、比泊(Bilbao),意大利的佛罗伦斯(Florence)等等也都一样。比较老的城市桥梁都有相当程度的装饰。巴黎的亚历山大三世桥是其中比较受注重的桥梁,整体是洛可可(Rococo)的装饰,也是几乎所有介绍巴黎的书本里都有提及的一座桥梁,几乎和巴黎铁塔齐名。新建的几座桥梁也都是很漂亮的桥梁。但巴黎新一代的桥梁比较注重结构本身的美,纯装饰少一些。

对城市桥梁加上装饰并不是坏事情。正如穿衣服一样,假如有些衣服穿起来让大家更能适合当前的环境,我们不应该反对。但是,装饰只能是辅助性的,桥梁的创新不应该包含装饰。

中国的城市现在也要建造许多桥梁,这些桥梁的美观也是很重要的。

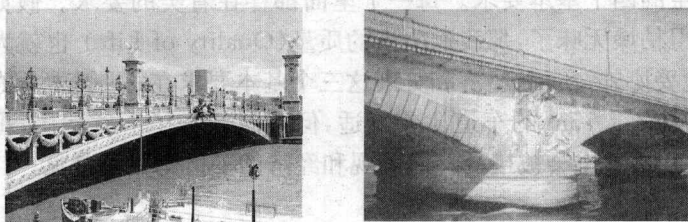


图3 巴黎的旧桥

## 6 美观与造价

当我们研究城市桥梁创新的时候,我们必须先了解每一个桥梁方案的边界条件。上面提及,世界许多有名的城市对桥梁的美观都很重视。在“安全、实用、经济、美观”这四个要求上,美观究竟应该占多少的比重?对这个问题,大概每一位工程师都会有不同的看法,而且,每一座桥的情况也会不同。甚至在同个城市里的两座桥,大家都可能有不同的要求。常常会因时、因地和因人而变更,所以,这是没有一定的规则的。但没有规则不等于没有价值。例如,绝不是每一个人都认为金门大桥漂亮,但可以说绝大多数的人都会认为它是漂亮的,所以我们可以下一个结论,确认金门大桥在美观上的评价。

上面已经说过,创新必须产生价值。当然,价值包括很多东西。造价、美观、实用、工期等等,都有其本身的价值。但只为了不同而造的更改没有价值。只为了不同而又怪异的桥梁更会减低一座桥梁的价值。虽然美的评价比较主观,很多怪异的东西还是会令大部分人反感的。我曾经建议过,一座好看的桥应该是“自然、简洁、原创和协调”。怪异的结构不可能满足这些要求,而且看起来会令人觉得不合理。

## 7 创新

上面谈及,创新必须是对现行的工作方式有所改进。那就是说,创新必须产生利益或者增加价值。如果只是变更,却没有带来任何益处,那么这样的变更是多余的,没有意义的。

每一个工程都要经过许多不同的阶段:从桥位选择,方案设计,施工设计到施工和监控等。在每一个阶段中工程师们都可以选择不同的方法解决问题。工程师的职责就是选择或者创造最合适的方法来解决这些问题。在解决问题的过程中,工程师可以通过改良现有的构思和方法,达到增加安全、降低成本、改善使用功能和美化结构的目的。这也包括引用新的材料、新的结构形式和新的机械,简化施工过程、缩短工期等。

所以,创新的机会和可能性很多。在这里,我们把重点放在桥梁的结构和美观上。一座桥的结构造型和美观是不能分开的,结构本身的美是桥梁最基本的美。当然,在研发一个新的桥梁结构时,新材料的应用、施工方法等等都必须加以考虑。

## 8 桥梁结构

虽然,世界上基本的桥型只有梁桥、拱桥、斜拉桥和悬索桥四类,但每一类都有许多不同的造型。首先,每一类桥梁都可以用木、混凝土、钢等不同的材料建造。梁桥可以是箱梁、板梁或者桁架;拱桥可以是上承式、中承式或者下承式;可以是有推力拱或者系杆拱;拱肋可以是混

土、钢箱或者钢管；吊杆可以用钢丝绳、平行钢丝或者钢绞线；斜拉桥的拉索可以有不同的安排和构造；塔可以有各式各样的造型等等，有极多变化和组合的可能。我们可以利用这些不同的组合，来创造出新的造型。当然，要满足创新的定义，这些新的造型必须是改进，增加这座桥梁的价值。

桥梁创新一般有两个比较常见的方式：一个是把原有的造型优化，而增加其价值，例如使之更美观，更容易施工，或者更耐用等；另一个是发展出新的结构形式，把当前普遍认为不可能的、还没有人做过的变为可能。

但是，创造一个世界纪录不一定是创新。把跨度增加几米成为世界纪录并没有什么新意，并没有提供任何新的理念，只是多用一些材料，把结构增大而已。其实，花钱去争这些世界纪录是很无聊的事情。世界纪录一般保持不了多久。一个被打破的世界纪录没有什么价值。而以新理念设计一座大家认为很不可能的跨度的桥，才是创新。因为在这样一项工程，这些新理念把当时认为不可能的变成可能，从而创造了一定的价值，而且它也为未来同类桥梁提供了可能性。例如重庆的石板坡大桥复线桥(图4)，钢箱梁和混凝土梁组合的理念使在当时大家认为不大可能的330m跨度的梁式大桥变成可能。

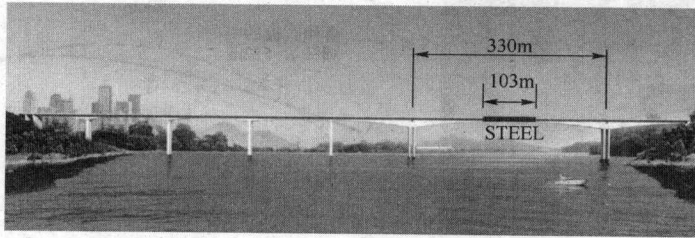


图4 重庆石板坡大桥复线桥

当然，石板坡大桥复线桥能够被定义为创新，是因为这座复线桥在美观上必须是一座梁桥，才能与现有的梁桥协调，达到美观的要求。而长江上的航运又要求这样一个大跨度。如果没有这些要求，而贸然只是为了一个世界纪录而建造这样一个大跨度桥梁，那它就没有意义了。但从另外一个角度看，如果我们国家为了要发展这样跨度的梁桥，而石板坡大桥复线桥的钢混组合的理念使它成为可能，它仍然是很有价值的创新。它的创新价值不是因为它是一个世界纪录，而是因为它为将来的桥梁提供了一个新的可能。

下面是几个我觉得可以被评为城市桥梁创新的例子。

**美丽岛行人桥 (Belle Island Pedestrian Bridge)**(图5)

这座桥位于美国弗吉尼亚州里士满市(Richmond, Virginia)的市中心，跨过当地的詹姆斯河(James River)。这座桥位于城中心的绿化区。绿化区周边有很多高层的商业楼。这绿化区等于是城中心的休闲地带，尤其是商业中心的工作人员休闲的去处。

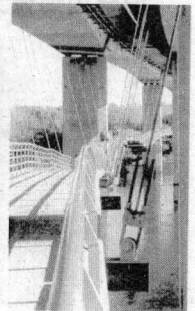
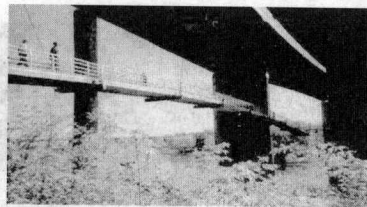


图5 美丽岛行人桥

在这里已经建造了一座高层的公路桥，也横跨詹姆斯河。但因为这公路桥太高，所以不设人行道。但为了连接两岸，需要建一座人行桥。这里的景观很漂亮，对人行桥的美观有很高的要求。

人行桥的宽度不大,只有 3.0m。因为已经有一座大桥,为了避免该地区看起来太混乱,业主要求人行桥要建在大桥下面,同时希望不增加桥墩。公路大桥的跨度 90m,人行桥的跨度也就一样约 90m。最直截的桥型自然是一座连续梁桥。但这样的一座连续梁桥梁的厚度应该是 4.5m 上下,看起来太粗重了。而且在大桥的桥墩处再加上人行桥的桥墩,也不好看。

为了满足这些要求,同时给漂亮的绿化区增添一些景色,就把人行桥吊在大桥上,把桥面稍微向上弯曲,与大桥的形状配合。同时,设计还提供了一个很简单的施工方案。用一个小钢架,吊在吊杆上,作为模板,从桥的一端开始,一段一段地前进,直到另一端。结果是一座很有特色的小桥。娇小玲珑,极受当地居民的喜爱。也有很多外地游客,特地来参观。

这不是一座很大的桥梁,但很有特色。以一个新的结构理念,增加了美观的价值。

#### 香港大埔干线桥(Truck Road Bridge, Taipo, Hong Kong)(图 6)

这座桥是在新界大埔墟干线上同时施工的五座桥之一。其他四座基本是直的,只有这一座是弯的。其他四座都是用顶推的方法施工。为了节省费用,施工单位要求这座桥也应用顶推法施工,这样,所有工具都可以重复使用。

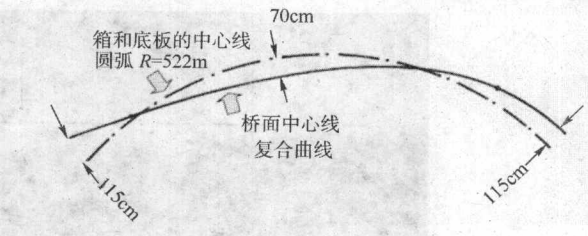
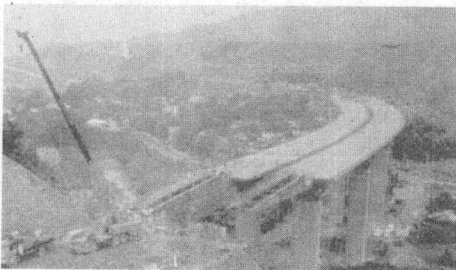


图 6 复合曲线桥梁的顶推

但是,这座桥的平面是一条复合曲线:包括一段直线、一段圆弧和一段过渡曲线。这样的复合曲线的桥本来是不能用顶推法施工的。但如果这座桥改用其他方法施工,将要另外添置一套新的施工工具,造价就会大大地提高。

为了让这样的一座桥能够使用顶推法施工,我们变更了桥的截面。把梁的单箱做成圆弧,但桥面仍然保持原来的复合曲线。虽然横截面的构造比较复杂,但可以成功地用顶推法施工,节省了不少费用。

#### 旧金山海湾大桥主桥(Main Spans of the San Francisco-Oakland Bay Bridge)(图 7)

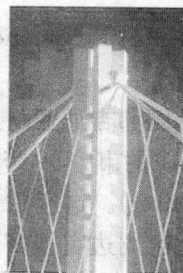
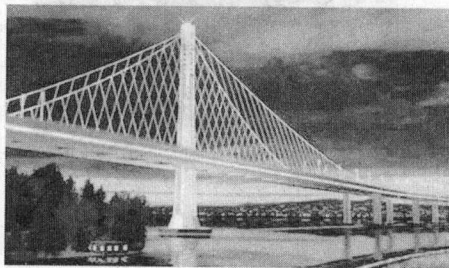


图 7 美国旧金山奥克兰海湾桥

旧金山海湾是地震高发区,湾区的地质条件很差。地基表面有厚厚一层黏软的泥土覆盖层。在这样的条件下,地震时桥梁的稳定性就成为必须仔细研究的问题。工程师们都普遍认



为,修建悬索桥,如果采用单柱式桥塔,用这样非超静定结构作为主要的承重结构,在湾区这样的地震高发区是不合适的。

但在奥克兰海湾桥的桥式方案讨论中,湾区的居民都不希望再建造另一座门式的桥塔,而独钟情于单柱式桥塔的方案。同时,业主更要求大桥在地震后能立即恢复交通,要求大桥上由于地震造成的损害在不需要中断交通的情况下可以进行修复。在当时已有的结构形式中,这个要求基本是不可能满足的。

最后,工程师们经反复研究,突破了既存观念,提出了剪力链的构思。其实,这个构思是门式桥塔的一个变体。原理就是把门式塔的两个塔柱紧密地排在一起。塔上的梁很短,就成了剪力链。又因为两个塔柱的距离很短,多加几根剪力链也没有问题,增加了塔的冗余度,加强了桥梁的安全,增加了美观。同时,更进一步改进,将塔柱分成四条腿,用剪力链把它们连起来,使得塔的外观看来是单柱塔式,同时又具备出色的抗震能力并满足设计要求。实际上,这个设计的受力特性优于传统的门式桥塔。在经受剧烈的地震时,桥塔的大变形使部分剪力链发生屈服而散发大量的由地震引起的能量,但塔腿仍然处于弹性状态。剪力链用栓接的方式与塔腿联结,因此可以很容易在不干扰交通的情况下进行更换。

剪力链的设计思路是一大创新。同时,根据这个创新的思路作出的桥梁设计又是十分稳妥的——既安全,又耐久。其设计寿命是150年。

这座桥的主缆的布置在美观方面也极富创意。

**天津大沽桥(Dagu Bridge, Tianjin)(图8)**

天津大沽桥是典型的城市桥梁。它位于海河开发区的中心,也是天津市市区的中心。业主要求设计一座特别漂亮的、足以作为天津标志的桥梁。在这座桥的位置上看,这样的要求是很合理的。

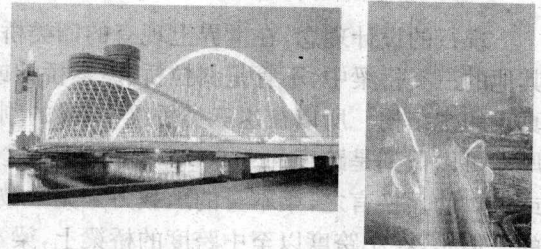


图8 天津大沽桥

在这里,海河的宽度大约是90m,河里不设墩,所以桥跨选择为106m。由于桥两端的路面

高程都已经确定,所以,桥面的高程也基本确定。天津市希望将来海河上行走观光游船,桥底下必需保留足够的通航净空。这样一来,桥梁的厚度就只有1.8m,再减去横向2.0%的坡度,在梁的两边就只有1.30m。这样的梁厚不能满足梁桥的要求。斜拉桥、悬索桥和拱桥都可以。但是,斜拉桥的桥塔太高,不适合当地的环境。所以最初的方案研究,都集中在悬索桥和拱桥上。

除了几何问题外,抗震也是这座桥的设计难点。天津离唐山很近,1976年的唐山大地震记忆犹新,对大沽桥的设计影响较大。而且海河两岸的地质较差,桥墩需要桩基,水平力不容易承受。所以,如果用拱桥,应该是系杆拱。如果是悬索桥,应该是自锚式悬索桥。所有的方案都是根据这个理念进行的。同时,由于地震的原因,也建议采用钢结构,减轻桥的重量。

最后选择了拱桥的方案,采用有两条拱肋的下承式拱桥。

设计要求六个车道,加上两边的行人道,桥面的宽度最小要30m。但梁的厚度只有1.3m,要把拱肋放在梁的外边,横向的结构刚度不够。所以把两个拱肋向内移,放在车道与人行道之间,间距大约24m,这样横向的刚度就大大增加了。但是,这是一个很普通的方案,绝对不能满足业主对美观的要求。

两个拱肋如果用横撑连接,由于这座桥的跨度不大,看起来会很局促。如果不用横撑,要保证它们的横向稳定,两个拱肋的宽度就会很大、很粗、很难看。如何能够把拱肋造得窈窕好