
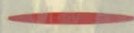




桥梁建筑的
结构构思 
设计技巧

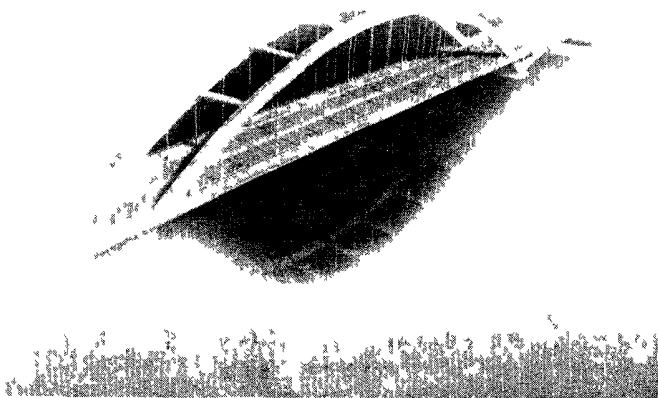
张师定 著

 人民交通出版社

桥梁建筑的结构 构思与设计技巧

STRUCTURE THOUGHT AND DESIGN
PROGRAM OF BRIDGE ARCHITECTURE

张师定 著



人民交通出版社

内 容 提 要

本书作者借鉴建筑学的思想,为桥梁建筑学这一学科体系的建立提出了个人的一些粗浅看法。

本书主要阐述桥式最优设计理论中的 20 条准则、桥式的新分类(15 类)及新评价、桥梁孔跨布置的 20 条准则、桥梁结构构思、桥梁内力粗略分析;方案设计与比较、桥梁景观设计等内容。

希望本书能够对那些热爱桥梁,并投身于桥梁事业的大中专学生、教师、工程技术人员、建设项目管理人员及研究人员有所帮助,对正在酝酿中的大型桥梁工程建设有参考价值。

图书在版编目 (C I P) 数据

桥梁建筑的结构构思与设计技巧 / 张师定著. —北京:
人民交通出版社, 2002.4
ISBN 7 - 114 - 04254 - X

I . 桥... II . 张... III . 桥梁工程—设计
IV . U442

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 024649 号

Qiaoliang Jianzhu De Jiegou Gousi yu Sheji Jiqiao

桥梁建筑的结构构思与设计技巧

张师定 著

正文设计:彭小秋 责任校对:张莹 责任印制:杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

各地新华书店经销

北京凯通印刷厂印刷

开本:850×1168 1/32 印张:6.25 字数:134 千

2002 年 7 月 第 1 版

2002 年 7 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001—5000 册 定价:16.00 元

ISBN 7 - 114 - 04254 - X

TU·00093

正值中国桥梁技术

赶超世界先进行列之际，

笔者谨以此书

献给

致力于桥梁建设事业、

不盲从规范而

具创新精神的

莘莘学子们、

勤劳的工程师们及

如泰山北斗的专家学者们，

也献给母校——西南交通大学

以报答她的培育之恩

—— 笔者

如同当今

世界的两大主题为

和平与发展

一样，

当代建筑学

研究的两大主题

乃是结构与功能

或者说是

技术与艺术。

Just like

Peace and development

are the theme

for the present world,

Structure and function

or

technology and art

are the theme

for the modern architecture.

—— 笔者

美，

不论是造型美，

还是结构美，

既要靠人去创造，

也要靠人去感受。

—— 笔者

从科学出发

做设计，

达到

艺术的目的。”

—— 林同炎

我们能够建成

一座大桥，

但离建成

一座好的大桥

还有距离。”

—— 一位中国桥梁专家

结构与科学技术

有着更密切的关系，

然而，

却也在很大程度上

涉及到艺术，

关系到人们的

感受、

情趣、

适应性，

以及对合宜的结构

造型的欣赏……”

—— M·E·托罗哈

“不懂得结构的

内在含义

而盲目地

去运用结构

是浅薄无知的。

其必然会导致

毫无道理的

形式主义，

从而造成

本来是可以避免的

浪费。”

—— H·W·罗森迟尔

希望本书能够对那些热爱桥梁,并投身于桥梁事业的大中专学生、教师、工程技术人员、建设项目管理人员及研究人员有所帮助,对正在酝酿中的大型桥梁工程建设有参考价值。

前 言

提起对桥梁建筑的研究,可追溯至十几年前,当时我完成了一篇关于模糊综合评判在桥梁初步设计方案比选中应用的文章作为毕业论文,从而对方案构思、孔跨布置、结构选型、施工方法、细部构造、经济分析、美观鉴赏、比较项目等内容进行了初步的研究,汲取了工程产品现代设计法(戚昌滋先生提出的11论方法学)思想的精髓。后来参加工作,深受布正伟先生所著《现代建筑的结构构思与设计技巧》一书的影响,有志将建筑学的思想与桥梁结构联系起来,遂写出《桥梁发展史略》及《超大跨桥式——全索桥》两篇论文。随后,因负责宁通公路泰州引江河大桥的初步设计、施工设计及配合施工等工作,又写出《泰州引江河大桥桥式方案设计构思》、《宁通公路泰州引江河大桥的设计与施工》(合著)及《宁通公路泰州引江河大桥主孔70m跨系杆拱的设计研究》等文章。对我影响较大的另一本书便是《预应力先生林同炎》,概念设计大师林同炎先生不同寻常的结构构思令人叹为观止,发人深思。我在深入分析结构构成规则的基础上,写出论文《桥式最优设计理论研究》及《桥式新分类与新评价》。通过西安—南京铁路线及北京—九龙第

二线部分路段的勘察设计,结合跨越大江、大海桥梁的孔跨布置及互通式立交桥的设计实践等,完成《桥梁孔跨布置定性研究》一文。这些论文的完成,尤其是《桥式最优设计理论研究》一文,以及引江河大桥的成功设计,激发我去写一本书来系统地阐述桥梁建筑设计理念。正在这时,独具慧眼的人民交通出版社孙玺先生从网上看到了我的部分论文,觉得很有新意,遂邀我著书立说。在以后的半年时间内,我殚精竭虑、废寝忘食,终于完成了初稿。

本书主要阐述桥式最优设计理论中的 20 条准则、桥式的新分类(15 类)及新评价、桥梁孔跨布置的 20 条准则、桥梁结构构思、桥梁内力粗略分析、方案设计与比较、桥梁景观设计等内容。

In this book , 20 rules on optional design of bridge shapes , new classification (15 types) and new estimate on bridge shapes , 20 rules on piers/abutments arrangement , thought processes on primary design , rough analyses of structure , design and selection of primary plans , bridge landscape design are presented .

本书对于高等院校《桥梁工程》教材中阐述的有关桥梁建筑设计方面的基础性知识及内容谈得较少,以便突出新内容。鉴于桥梁美学已有多部专著论述,故文中只做简单的介绍。另外,书中给出了部分世界著名桥梁的图片,供读者欣赏;为方便国际交流,书中给出了部分名词及有关句子的中英文对照。

完成本书后,对全书各章准则、公式、照片、绘图及表格数量进行了统计,结果见下表,以便对本书的形式有一个大概的了解。

全书各章准则、公式、照片、绘图及表格数量一览表

| 章号 | 准则 | 公式 | 照片 | 绘图 | 表格 |
|----|----|----|----|----|----|
| 1 | - | - | - | - | - |
| 2 | - | - | 10 | - | 5 |
| 3 | 20 | 49 | 6 | 3 | 5 |
| 4 | - | - | - | 1 | 5 |

续上表

| 章号 | 准则 | 公式 | 照片 | 绘图 | 表格 |
|----|----|----|----|----|----|
| 5 | 7 | 25 | - | 2 | - |
| 6 | 31 | 5 | 5 | - | - |
| 7 | - | 9 | 1 | 8 | 1 |
| 8 | - | - | 2 | 5 | - |
| 合计 | 58 | 88 | 24 | 19 | 16 |

一篇有意义的论文的发表或著作的出版,往往会促进当时科学技术的发展。但要说本书就建立了桥梁建筑学,恐怕还为时尚早。要知道,一个学科体系的建立与完善,是需要经历漫长的分化、生长、发育及成熟的过程的,桥梁建筑学自然也不例外。著名科学史专家 L. N. Magner 指出:“当知识中神秘莫测的部分与经验的部分慢慢分离开来时,我们现在所理解的那种意义上的科学,也就开始逐渐演化了”。应当说,桥梁建筑设计正处在这样一个学科分化和形成的初期阶段,而本书的诞生仅希望对其产生了一个推动力。

本书大部分内容均是我个人的研究观点、结论及设想等,因此,书中内容充满了探索性、动态性及争议性。伟大的科学家和哲学家 F. B. Bacon 有一句名言:“真理是时间的女儿,不是权威的女儿”。因此,本书的思想尚待实践和时间的检验。

希望本书能够对那些热爱桥梁,并投身于桥梁事业的大中专学生、教师、工程技术人员、基础建设项目管理人员及研究人员有所帮助,对正在酝酿中的大型桥梁工程建设有参考价值。

在本书的写作、整理出版过程中,得到了人民交通出版社孙奎先生及陈志敏先生的热情支持,贤内助王艳女士也做了大部分文字工作,在本书出版之际,谨表示衷心的感谢。另外,也对本书参考文献中的作者们表示衷心的感谢,因为正是他们的文章给我以启发与思考,并经我的努力,才完成此书。

尽管做了最大努力,本书仍难免存在差错之处,敬请各位专家、学者、同仁提出宝贵意见或提供相关资料,以便再版时修订。

通信地址:中国兰州城关区铁路西村 87 号 202 室,邮政编码:
730000

E-mail:27goe@fm365.com

联系电话:(0)13099116729

目 录 MULU



第 1 章 绪 论

| | |
|--|----|
| 1.1 桥梁建筑学的现状 | 1 |
| 1.2 桥梁建筑学的特点 | 2 |
| 1.3 桥梁建筑学的内容 | 4 |
| 1.4 建筑师与结构工程师的分工与协作 | 5 |
| 1.5 现代建筑设计原理(Principle of modern architectual design) | 6 |
| 1.6 结构与功能的区分与联系 | 10 |
| 参考文献 | 12 |

第 2 章 桥梁发展概略

| | |
|---------------------------------|----|
| 2.1 桥梁发展动因 | 13 |
| 2.2 桥梁发展要素 | 14 |
| 2.3 桥梁发展阶段划分 | 14 |
| 2.4 桥梁发展主要内容 | 14 |
| 2.4.1 古代桥梁工程 | 15 |
| 2.4.2 近代桥梁工程 | 17 |
| 2.4.3 现代桥梁工程 | 23 |
| 2.5 世界桥梁跨度记录的发展 | 32 |
| 2.6 中国已建或在建的跨度超过 200m 的桥梁 | 33 |
| 2.6.1 斜拉桥 | 33 |
| 2.6.2 悬索桥 | 40 |

| | |
|-------------------|----|
| 2.6.3 拱桥 | 42 |
| 2.6.4 连续刚构桥 | 44 |
| 参考文献 | 46 |

第3章 桥梁结构合理形式所遵循的规律

| | |
|--|----|
| 3.1 引言 | 48 |
| 3.2 桥式最优设计理论(Optional design theory of bridge shapes)研究 | 49 |
| 3.2.1 结构设计概念 | 49 |
| 3.2.2 最优桥式所遵循的一般规律 | 53 |
| 3.3 桥跨主要承重构件的工作效率 | 76 |
| 3.4 悬索桥主缆最优总体设计 | 79 |
| 3.5 斜拉桥轮廓尺寸比例研究 | 83 |
| 参考文献 | 83 |

第4章 桥梁(式)新分类与新评价

| | |
|--|-----|
| 4.1 引言 | 85 |
| 4.2 桥式新分类与受力状态 | 86 |
| 4.3 桥跨体系主要承重构件的横截面形式分类 | 88 |
| 4.4 支承体系(Substructure)分类 | 92 |
| 4.5 特征性构造(Special details)分类 | 93 |
| 4.6 桥式的经济跨度范围(Best span range) | 94 |
| 4.7 桥式与施工方法(Construction method) | 96 |
| 4.8 桥式新评价 | 97 |
| 参考文献 | 100 |

第5章 桥跨主要承重构件内力估算及横截面尺寸拟定

| | |
|--------------|-----|
| 5.1 引言 | 101 |
|--------------|-----|

| | | |
|------|--|-----|
| 5.2 | 预应力钢筋混凝土受弯构件的极限设计 | 102 |
| 5.3 | 预应力钢筋混凝土受弯构件的弹性设计 | 103 |
| 5.4 | 预应力钢筋混凝土连续梁 | 104 |
| 5.5 | 斜拉桥 | 107 |
| 5.6 | 空腹式钢筋混凝土箱拱桥 | 109 |
| 5.7 | 悬索桥 | 110 |
| 5.8 | 桥梁施工、体系转换(Change of system)与 恒载内力计算 | 112 |
| 5.9 | 预应力近似等效均布荷载 | 115 |
| 5.10 | 桩长估算 | 117 |
| | 参考文献 | 118 |

第 6 章 桥式方案设计与比选

| | | |
|-------|--|-----|
| 6.1 | 前言 | 119 |
| 6.2 | 桥渡设计(Design of bridge crossing) | 121 |
| 6.3 | 桥梁孔跨布置(Arrangement of piers/abutments)及 桥式选择(Choice of bridge type) | 123 |
| 6.4 | 试论青藏铁路线上桥涵孔跨布置 | 130 |
| 6.4.1 | 沿线自然特征概略 | 130 |
| 6.4.2 | 桥梁与路基的比较 | 131 |
| 6.4.3 | 沿线桥涵设计原则 | 132 |
| 6.5 | 桥梁横断面设计(Design of bridge cross section) | 133 |
| 6.6 | 桥梁景观设计(Bridge landscape design) | 137 |
| 6.7 | 方案比选的可比性原则 | 142 |
| 6.8 | 方案比较项目 | 142 |
| 6.9 | 桥式方案的综合评判 | 144 |
| | 参考文献 | 145 |

第7章 工程设计例——宁通公路泰州引江河大桥

| | |
|-----------------------------|-----|
| 7.1 宁通公路泰州引江河大桥简介 | 147 |
| 7.2 桥式方案设计与构思 | 149 |
| 7.2.1 方案设计指导思想 | 149 |
| 7.2.2 影响孔跨布置的控制因素 | 149 |
| 7.2.3 构思过程 | 150 |
| 7.2.4 方案比选 | 152 |
| 7.3 主桥系杆拱的构造构思及传力路径组织 | 153 |
| 7.4 系杆拱的稳定性 | 164 |
| 7.5 系杆拱的施工方法及体系转换 | 165 |
| 7.6 系杆拱吊杆(索)的张拉与调整 | 166 |
| 7.7 系杆拱下部结构设计构思 | 167 |
| 参考文献 | 168 |

第8章 桥梁新结构及展望

| | |
|--|-----|
| 8.1 全索桥(All cable bridge) | 170 |
| 8.1.1 全索桥产生的历史背景 | 170 |
| 8.1.2 全索桥特点 | 172 |
| 8.2 斜拉—悬吊混合体系桥(Cable stayed- suspension bridge) | 173 |
| 8.3 悬带桥(Stress ribbon bridge)与筒桥 (Tubular bridge) | 175 |
| 8.4 人类对索桥的探索 | 177 |
| 8.5 桥梁发展方向 | 180 |
| 参考文献 | 182 |
| 结束语 | 183 |

第1章

绪 论



(Introduction)

1.1 桥梁建筑学的现状

目前,作者还未看到其他著作中有称“桥梁建筑学”之说,大概是因为有些著作只谈桥梁美学,或只谈具体的桥梁建筑艺术的缘故吧。就笔者所见教材中的论述,大概只包括:

- ①桥梁发展的非常粗略的描述;
- ②不够系统的桥梁体系的分类;
- ③简单的桥梁孔跨布置原则及横断面设计等;
- ④零散的结构形式及构件横截面形式分类;
- ⑤虽谈及桥梁美学,甚至景观设计,但尚未建立起系统的理论。

而对结构受力优越的研究、力学与美学关系的研究、桥式方案设计构思及比选的理论研究等则寥寥无几。应该说,桥梁建筑学包括桥梁美学,但美学仅仅是其中的一部分,桥梁之美只有通过结构构思与建筑设计才能得以实现,它才是桥梁建筑学的内

核。

在过去,数值计算主要采用计算尺或机械式计算机进行,计算手段非常有限,因而常常需要深入理解结构的受力性能(Structural performance),如传力路径等,在弄清了承重结构体系中哪些是重要构件、哪些是次要构件的前提下,对结构提出简化图式,使其处于当时人类所能达到的数值计算能力之范围内,才能得到满意的结果,有时,往往需要作出其他方面的牺牲,例如,采用静定结构或超静定次数较少的结构等;而在方案比较阶段,还要对不同的结构体系作出选择。客观上讲,这对重视桥梁概念设计有利,但也由于当时计算手段的落后,对于大跨、非线性、复杂体系的桥梁结构受力行为研究不够,从而制约了桥梁的发展。

随着当今科技的发展,电子计算机(Electronic digital computer)的运算速度已很高,容量也很大,且越来越广泛地应用于桥梁领域中,使得工程结构分析成为一件轻而易举的事情,从而使设计师从以前繁重的结构计算中摆脱出来,并能设计出诸如日本明石海峡大桥、丹麦大贝尔特桥、香港汀九大桥及青马大桥等著名桥梁建筑来。但鉴于计算机本身不能对效能差的结构体系做出有利的修改,这将导致其接受不合适的结构体系。因此,当今的设计师不能仅局限于能够使用结构分析软件,分析软件只是一种辅助实现手段,许多创造性的劳动需要设计师本人去做,而只有通过对桥梁建筑技术广泛而深入的研究,才能使自己设计出的桥梁结构优越、技术可行、经济合理、美观协调,以弥补计算机的不足。

科学系统地建立桥梁建筑学是当务之急,这也是桥梁工程由零散、经验型走向系统、科学型的主要要求之一。

1.2 桥梁建筑学的特点

要讲桥梁建筑学的特点,或许只有将其与房屋建筑学进行对

比方可显示出来。笔者以为,桥梁建筑学与房屋建筑学的异同之处也就是桥梁与房屋的异同之处。

房屋结构有如下特点:

- 主要是围护结构;
- 所处地形平坦,或需预先整平;
- 地质变化不大;
- 以受压为主;
- 柱子(筒体或承重墙)等是其主要承重构件;
- 恒载占总荷载的绝大多数;
- 施工往往采用支架由下而上逐层建造。

而桥梁结构有如下特点:

- 主要是跨越结构(外露),其跨度往往是房屋建筑所无法比拟的;
- 往往跨越大河、峡谷,甚至海峡;
- 其跨越的地形、地质均复杂多变;
- 顺桥方向常呈狭长带状;
- 桥跨主要承重构件以受弯剪(梁)、压(拱)或拉(索桥)为主;
- 活载(车辆、行人等)占相当大的比例;
- 施工方法多样,施工历程复杂,并可能发生复杂的体系转换。

这就决定了桥梁不同于房屋建筑的最大特点便是桥梁建筑造型首先必须满足静力平衡的要求,这种以受力为重心的建筑特点正是桥梁建筑学的特点。

作为反面例证,文献[2]中提到的巴黎塞纳河上的“奥斯特利兹阿芒特桥”失败的建筑师设计图令人震惊,依笔者之见,正是由于这些曾经设计过房屋建筑的大名鼎鼎的建筑师对桥梁建筑特点缺乏了解,才酿成此果。

笔者不才,撰文提出桥式设计应遵循的二十条准则、桥梁孔跨