

# 现代 混凝土 公路桥 设计

[美] C.P. 汉斯 R.A. 劳里 著  
万国朝 等译 苏善根 校

人民交通出版社

Xiandai Hunningtu Gongluqiao Sheji

# 现代混凝土公路桥设计

[美]C.P.汉斯、R.A.劳里 著

万国朝 等译

苏善根 校

人民交通出版社

## 现代混凝土公路桥设计

[美]C.P.汉斯、R.A.劳里 著

万国朝 等译

苏善根 校

人民交通出版社出版发行

(北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

开本：850×1168 $\frac{1}{32}$  印张：22.75 插页：4 字数：516千

1990年2月 第1版

1990年2月 第1版 第1次印刷

印数：0001—3000册 定价：15.90元

## 内 容 提 要

本书是系统论述现代中小型混凝土和预应力混凝土公路桥设计的一本专著。全书共十章，内容包括发展史、设计原理、材料性能、桥梁荷载，以及桥梁上、下部设计计算与示例。最后附录了有关常用计算图表资料，具有实用价值。

本书可供公路、城市道路桥梁设计人员以及有关院校师生参考。

## 序 言

近十年来,由于种种因素已使混凝土桥在全世界变为最流行的公路桥梁的形式。除了由于较高强度的混凝土和较高屈服强度的钢筋发展之外,经济和美观也是形成这种趋势的两个主要因素。此外,由于预应力混凝土桥在施工方法、材料和设备等方面的种种改进,已在许多跨径范围变得更加具有竞争力。

各种咨询公司、公路部门、政府机构对设计方法的研究指出,桥梁设计者会遇到许多找不出适当设计方法的领域。在这些领域往往要求设计者对复杂的问题提出自己的见解和合理的近似方法。我们写这部书的主要目的之一,就是为那些提出见解和近似方法的设计者提供指导,在这方面,书中列举了许多设计示例和解法,从而设计者可以学到用这些设计示例如何处理工作中遇到的类似问题。对于各种情况,在举例之前,对设计技巧、设计方法及当今的AASHTO规范的应用,做了详尽的解释。

许多书籍对结构设计分析问题都有详细的解法,但大量的工作则是要求在桥梁设计时利用这些方法。因此,本书的第二个主要目的则是为设计者提供一些说明和示例,以便能直接用于可能遇到的设计问题。

人们往往把注意力集中在那些重要的桥梁工程上,而忽视那些大量的不太重要的结构。由于常规桥梁的设计方法也是需要的,所以,我们为提供各种桥型设计示例做了种种努力。书中包括小跨径板桥、T梁桥、大跨径后张预应力桥及分段桥梁设计。

全书以《AASHTO公路桥标准规范》(1977年第12版)和《暂行规范》(1978~1980年)作为设计准则,并对如何应用这些设计规范做了正确的说明。有时在实践中涉及到准则的修正,但还是尽力遵循它的宗旨。由于AASHTO规范和美国目前桥梁工业采用英制,所以,书中也采用了英制单位。为了便于使用国际单位制(SI),在书的前面列出了英制和国际单位制相互换算表。

最后，应该说，我们已尽力根据在设计各种桥型中取得的经验和知识，以一种切实可行的形式阐述了设计方法。

弗吉尼亚州，亚里山德里亚，

马里兰，帕克学院

康拉德·P·汉斯

理查德·A·劳里

1983.8

## 译校者的话

中小型混凝土和预应力混凝土桥是我国公路桥梁修建最多的形式之一。目前国内设计这类桥梁以静定的简支结构居多，有关超静定如连续梁和刚架式结构设计的较少，缺乏系统地介绍。

本书译自 C·P 汉斯 (Conrad P. Heins) 和 R·A 劳里 (Richard A. Lawrie) 合著的《Design of Modern Concrete Highway Bridges》一书，该书系统地阐述了各种混凝土和后张预应力混凝土常用桥型断面的构造与设计原理，以及如何运用 AASHTO 公路桥标准规范进行设计。此外，还引入了详尽的有关超静定结构桥梁的计算示例，以便于从事桥梁工程设计人员参考。由于各例题的计量单位均系英制，为了和国际制单位取得一致，除书前附有单位换算表外，在各例题中，我们还用括号表示转换成国际单位的数值。

书中的计算例题有不少错误的地方，译校时大部分已作了更正，小部分因涉及修改量较大，未予更正，这种情况均加注作了说明。

本书由万国朝、魏红一、陶国清等译，全书由苏善根校。限于译校者的水平。错译之处在所难免，敬请读者批评指正。

译校者

计量单位换算表

	英制换国际单位制	国际单位制换英制
长	1英寸 = 25.40毫米 (1in. = 25.40mm) 1英尺 = 0.3048米 (1ft = 0.3048m) 1英寸 = 0.0254米 (1in. = 0.0254m) 1链 = 20.117米 (1chain = 20.117m) 1英里 = 1.609公里 (1mile = 1.609km)	1毫米 = 0.0394英寸 (1mm = 0.0394in.) 1米 = 3.281英尺 (1m = 3.281ft) 1米 = 39.37英寸 (1m = 39.37in.) 1米 = 0.0497链 (1m = 0.0497chains) 1公里 = 0.622英里 (1km = 0.622mile)
面 积	1英寸 <sup>2</sup> = 645.2毫米 <sup>2</sup> (1in. <sup>2</sup> = 645.2mm <sup>2</sup> ) 1英尺 <sup>2</sup> = 0.0929米 <sup>2</sup> (1ft <sup>2</sup> = 0.0929m <sup>2</sup> ) 1码 <sup>2</sup> = 0.835米 <sup>2</sup> (1yd <sup>2</sup> = 0.835m <sup>2</sup> )	1厘米 <sup>2</sup> = 0.00155英寸 <sup>2</sup> (1cm <sup>2</sup> = 0.00155in. <sup>2</sup> ) 1米 <sup>2</sup> = 10.76英尺 <sup>2</sup> (1m <sup>2</sup> = 10.76ft <sup>2</sup> ) 1米 <sup>2</sup> = 1.196码 <sup>2</sup> (1m <sup>2</sup> = 1.196yd <sup>2</sup> )
体 积	1英寸 <sup>3</sup> = 16.387毫米 <sup>3</sup> (1in. <sup>3</sup> = 16.387mm <sup>3</sup> ) 1英尺 <sup>3</sup> = 0.0283米 <sup>3</sup> (1ft <sup>3</sup> = 0.0283m <sup>3</sup> ) 1码 <sup>3</sup> = 0.765米 <sup>3</sup> (1yd <sup>3</sup> = 0.765m <sup>3</sup> )	1厘米 <sup>3</sup> = 0.0610英寸 <sup>3</sup> (1cm <sup>3</sup> = 0.0610in. <sup>3</sup> ) 1米 <sup>3</sup> = 35.31英尺 <sup>3</sup> (1m <sup>3</sup> = 35.31ft <sup>3</sup> ) 1米 <sup>3</sup> = 1.564码 <sup>3</sup> (1m <sup>3</sup> = 1.564yd <sup>3</sup> )



	英制 国际单位制	国际单位制 英制
惯性矩 1英寸 <sup>4</sup> = 41.62厘米 <sup>4</sup> (1in. <sup>4</sup> = 41.62cm <sup>4</sup> = 416,200mm <sup>4</sup> ) = 0.4162 × 10 <sup>-6</sup> m <sup>4</sup> = 416,200毫米 <sup>4</sup> = 0.4162 × 10 <sup>-6</sup> 米 <sup>4</sup>	1毫米 <sup>4</sup> = 2.40 × 10 <sup>-8</sup> 英寸 <sup>4</sup> (1mm <sup>4</sup> = 2.40 × 10 <sup>-8</sup> in. <sup>4</sup> ) 1米 <sup>4</sup> = 2.40 × 10 <sup>8</sup> 英寸 <sup>4</sup> (1m <sup>4</sup> = 2.40 × 10 <sup>8</sup> in. <sup>4</sup> )	
质 量 1磅 = 0.454千克 (1lb = 0.454kg) 1吨(2000磅) = 907.2千克(1ton(2000lb) = 907.2kg) 1吨(米制) = 1.102吨(美) [1t(metric) = 1.102t(2000lb)]	1千克 = 2.205磅(1kg = 2.205lb) 1兆克 = 1.102吨(2000磅) [1Mg = 1.102ton(2000lb)]	
力 1磅 = 4.448牛(1lb = 4.448N) 1千磅 = 4.448千牛(1kip(k) = 4.448kN)	1牛 = 0.2248磅(1N = 0.2248lb)	
应 力 1磅/英寸 <sup>2</sup> = 6.895千帕(千牛/米 <sup>2</sup> ) [1psi = 6.895kPa(kN/m <sup>2</sup> )] 1千磅/英寸 <sup>2</sup> = 6.895兆牛/米 <sup>2</sup> [1ksi = 6.895MN/m <sup>2</sup> ]	1兆帕 = 145.0磅/英寸 <sup>2</sup> (1MPa = 145.0psi) 1牛/毫米 <sup>2</sup> = 145.0千磅/英寸 <sup>2</sup> (1N/mm <sup>2</sup> = 145.0ksi) 1兆牛/米 <sup>2</sup> = 145.0千磅/英寸 <sup>2</sup> (1MN/m <sup>2</sup> = 145.0ksi)	

# 目 录

计量单位换算表	1
第一章 概论	1
1.1 历史的发展	1
1.2 桥型	2
第二章 材料及其性能	8
2.1 抗压强度	8
2.2 抗拉强度	9
2.3 弹性模量	10
2.4 徐变和收缩	11
2.5 钢筋	13
2.6 容许应力	14
第三章 桥梁荷载	17
3.1 恒载	17
3.2 活载	18
3.3 车辆的动力作用	21
3.4 纵向力	22
3.5 离心力	23
3.6 风荷载	24
3.7 地震力	26
3.8 水流压力	30
3.9 浮冰压力	32
3.10 其它荷载	33
3.11 荷载组合	33
3.12 设计示例	34
第四章 桥面板设计	56

4.1	纵向布筋的桥面板 .....	56
4.2	横向布筋的桥面板 .....	137
<b>第五章</b>	<b>钢筋混凝土T梁桥设计</b> .....	<b>153</b>
5.1	设计方法 .....	153
5.2	设计示例 .....	155
<b>第六章</b>	<b>钢筋混凝土箱梁桥设计</b> .....	<b>238</b>
6.1	设计准则和方法 .....	239
6.2	设计示例 .....	240
<b>第七章</b>	<b>后张预应力混凝土箱梁桥设计</b> .....	<b>334</b>
7.1	设计准则和方法 .....	334
7.2	设计示例 .....	335
<b>第八章</b>	<b>标准预制预应力混凝土桥</b> .....	<b>427</b>
8.1	设计准则 .....	428
8.2	设计示例 .....	429
8.3	多梁式桥 .....	482
<b>第九章</b>	<b>分段拼装箱梁桥</b> .....	<b>495</b>
9.1	历史 .....	495
9.2	预制块断面 .....	498
9.3	设计标准 .....	506
9.4	设计示例 .....	512
<b>第十章</b>	<b>下部结构设计</b> .....	<b>547</b>
10.1	基础调查 .....	554
10.2	支座 .....	554
10.3	桥墩设计 .....	568
10.4	桥台 .....	665
<b>附录</b>	.....	<b>668</b>
A.	单筋(矩形截面)用 $k$ 和 $j$ 值 .....	668
B.	T梁的 $k$ 和 $j$ 值 .....	671
C.	钢筋最小间距 .....	672
D.	钢筋拉伸发展长度 .....	672

E.	搭接长度 .....	673
F.	弯钩等效长度和埋入长度.....	674
G.	ACI标准弯钩 .....	675
H.	钢筋特性 .....	677
I.	混凝土弹性模量 .....	677
J.	抛物线加腋梁和板用框架常数和固定端弯矩.....	678
K.	不同长度的抛物线和直线加腋梁的框架常数和 固端弯矩.....	692
L.	等截面加腋构件的框架常数和固端弯矩 .....	插页
M.	中间带铰的抛物线加腋梁框架常数和固端弯矩 .....	插页
N.	10等分点简支跨弯矩 .....	706
O.	等截面 I 梁固端弯矩 .....	708
P.	等惯性矩梁在不同荷载下的固端弯矩 .....	709
Q.	跨径小于55英尺时, 公路桥用的标准预应力混 凝土板.....	插页
R.	跨径小于103英尺时, 公路桥用的标准预应力混 凝土箱梁.....	插页
S.	跨径为30~140英尺时, 公路桥用的标准预应力 混凝土 I 形梁 .....	713

# 第一章 概 论

## 1.1 历史的发展

几千年来，桥梁设计的传统形式为穹形或拱。这种结构由于其本身固有的外形，作为其材料，一直采用砖石砌筑。

但是，混凝土作为建筑材料的应用，直到19世纪末期才开始考虑。一般来说，人们认为是蒙尼尔（Monier）于1867年最早的实际应用钢筋混凝土。1866年德国的韦斯（Wayss）和克南（Koenen）对钢筋混凝土梁作了一系列的试验，后来在1891~1894年，德国的默勒（Moeller）、匈牙利的温斯契（Wunsch）、澳大利亚的梅兰（Melan）和法国的海涅比克（Hennebique）在这个领域作了广泛的研究。

钢筋混凝土在桥梁结构上的最早应用的开拓者是海涅比克，1905年，他完成了一座著名的工程，这座工程是一座55m的单跨桥梁，它位于比利时的列日（Liège），横跨乌尔特（Durthe）河。

瑞士的R·梅拉特（Robert Maillart）在钢筋混凝土桥的设计和施工方面也卓有成就。1901年，梅拉特在瑞士塔瓦那斯（Tavanas）的莱茵河上建造了一座具有实心拱肩的三铰箱形拱桥，这座桥梁在以后的40年中成了这种类似结构的模式。

除了海涅比克和梅拉特之外，法国的弗莱西奈（Freyssinet）也建造了许多大跨径钢筋混凝土拱桥，其中，1930年修建的跨越埃洛姆（Elom）河的普卢加斯泰勒（Plougastel）桥具有划时代的意义，本桥跨长为178m。

与此同时，杰克逊（Jackson）和多哈瑞（Doehring）（分别于1886年和1888年）一直在系统地研究预应力混凝土的原理。

但是，由于混凝土的收缩和徐变造成的预应力损失很高，他们的应用并不成功。直到1926~1928年，当弗莱西奈利用高强钢筋能够控制这种预应力损失时，预应力才被认为是实际可行的。

1930~1940年间，钢筋混凝土桥是由实心桥跨〔最大40英尺（12m）〕或板和梁（T梁）（ $d/L=12$ ）组合〔跨径100英尺（30m）〕而成的。

战后，由于钢材的短缺，大跨径桥梁结构选用预应力混凝土变的更加普遍了。

今天，后张预应力钢筋混凝土结构已经成功地用在一些主要预制拼装桥梁中（即分段拼装）。这种技术的设计原理以及其它一些惯用的方法，将在本书内详细阐述。

## 1.2 桥 型

桥梁采用混凝土的主要优点是能够塑造出各式各样形状的桥型。然而，这种灵活性并不能使它独霸一切主要桥梁。由于象恒载与活载之比、梁高限制、材料来源的难易、劳力费用等等因素，可能钢结构效益最好，因此，它必须作为一种可能的比较方案予以考虑。今天（1983年），许多主要桥梁工程都包括带有适当投标工程图纸的比较设计（钢结构和混凝土结构）。

表1.1<sup>(1, 2)</sup>给出了各种桥型使用跨径范围，正如表中所示，对许多桥型来说，钢和混凝土均可使用。

普通钢筋混凝土桥可由板梁、T梁或箱梁组成（图1.1）。这些形式的组合和这些构件的预制可以提高它们的通用性。混凝土断面可由以下各种形式组成（图1.2）：

组合悬臂箱

组合箱

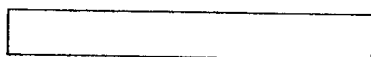
AASHTO-PCI（美国各州公路工作者协会-预应力混凝土协会）组合标准断面：

I型 适于30~45英尺（9~13.5m）的跨径

各种桥型的跨长

表1.1

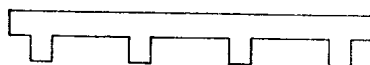
桥型	材料	跨径范围		建成的最大跨径 (m)	计划中的 跨径(m)
		(m)	英尺		
板桥 梁式桥	混凝土	0~12	0~40	本多夫桥208 里约-尼特罗伊桥 300	
	混凝土	12~210	40~700		
	钢	30~300	100~860		
桁架桥 肋拱桥	钢	90~550	300~1800	魁北克桥549	
	混凝土	90~130	300~1000	格莱兹维尔桥305	
桁架拱桥 斜拉桥	钢	120~370	400~1200	弗里蒙特桥382	
	钢	240~520	800~1700	贝荣桥504	
斜拉桥	混凝土	90~270	300~800	瓦尔桥267	
	钢	90~350	300~1100	杜伊斯堡桥350	
吊桥	钢	300~1400	1000~4500	维拉机诺桥1298	大贝尔特桥 600 哈姆本桥 1400



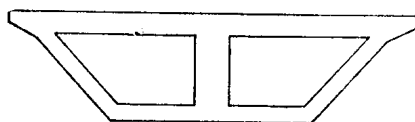
等厚度



空心板



混凝土T形梁



混凝土箱形梁

图1.1 各种混凝土桥型

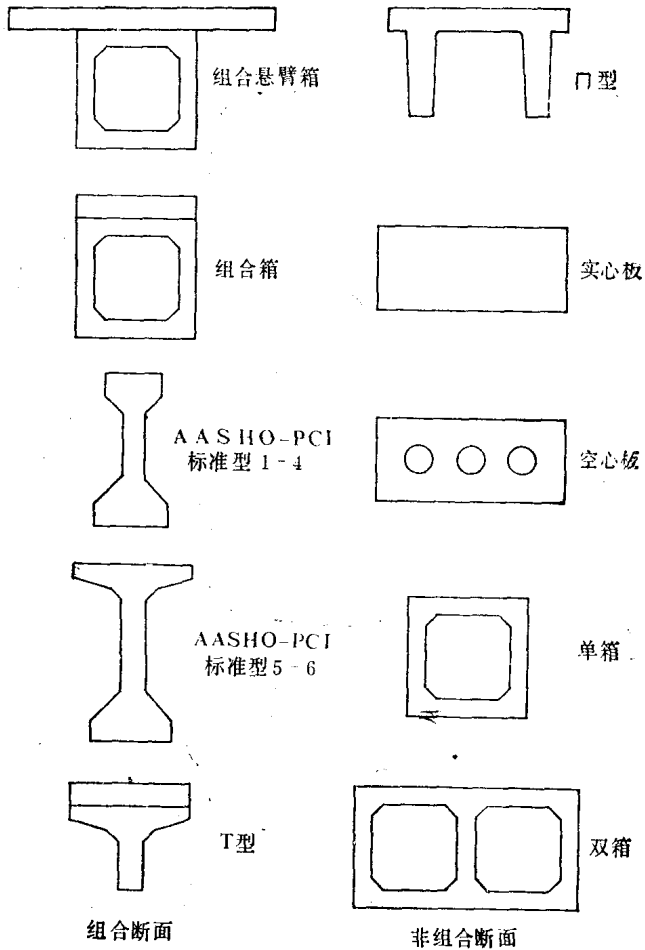


图1.2 混凝土断面形式

- II型 适于40~60英尺 (12~18m) 的跨径
- III型 适于50~80英尺 (16.5~24m) 的跨径
- IV型 适于70~160英尺 (21~48m) 的跨径
- V型 适于90~120英尺 (27~36m) 的跨径
- VI型 适于110~140英尺 (33~42m) 的跨径



组合T梁 适于40~60英尺(12~18m)的跨径

槽型梁 适于20~40英尺(6~12m)的跨径

实心板

空心板

单箱

双箱

虽然这些构件均已标准化,但工程师可以修改其形状,以适应于所设计的桥梁。图1.3~1.7列出了几座不同外形现代桥梁的范例(经林同炎同意)。

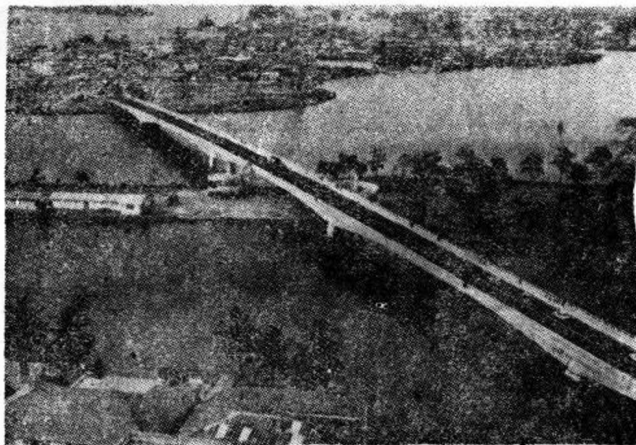


图1.3 利比亚的约翰斯顿大街 (Johnston Street) 桥

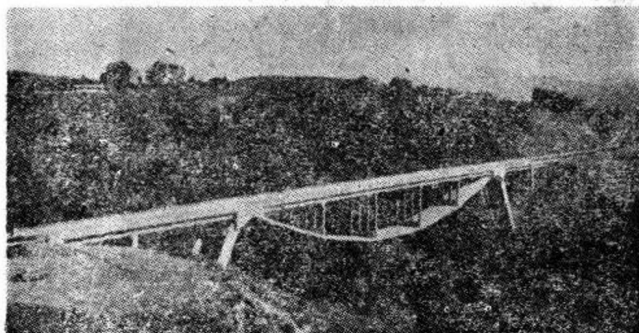


图1.4 哥斯达黎加的里奥·科罗拉多 (Rio Colorado) 桥