

5511  
7/222

688265

现代预应力混凝土  
公路桥梁上部结构  
(设计原理与施工方法)

詹姆斯·R·利 比 著  
诺曼·D·珀金斯  
同济大学桥梁教研室 译

1  
22  
人民交通出版社

现代预应力混凝土

# 公路桥梁上部结构

(设计原理与施工方法)

詹姆斯.R.利比 著  
诺曼.D.珀金斯

同济大学桥梁教研室 译

人民交通出版社

现代预应力混凝土  
公路桥梁上部结构

(设计原理与施工方法)

詹姆斯·R.利比 诺曼·D.珀金斯 著

同济大学桥梁教研室 译

Modern Prestressed Concrete

HIGHWAY BRIDGE SUPERSTRUCTURES

Design Principles and Construction Methods

JAMES R. LIBBY NORMAN D. PERKINS

Published by Grantville Publishing Company,

San Diego, California, U.S.A.

---

本书根据美国Grantville出版公司1976年版本译出

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

北京大兴县印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{32}$  印张：7.75 字数：166千

1982年12月 第1版

1982年12月 第1版 第1次印刷

印数：0001—5,000册 定价：1.20元

## 序 言

本书是以阐明最普遍采用的预应力混凝土桥梁的基本的结构性能为目的而写成的。作者相信，本书的内容对于在预应力混凝土桥梁的设计方面原先几乎没有经验的工程师们，以及有过临时性桥梁的设计实践的技术人员将特别有用。

第一章提供了基本资料，为后续的几章的基础。

第二章专讲梁桥。鉴于在 AASHTO (美国各州公路与运输工作者协会) 出版的“公路桥梁标准规范”中对于钢筋混凝土或预应力混凝土梁未使用“次纵梁 (Stringer)”这一术语，所以本书选用了梁桥这个名称。这类混凝土桥在美国已是最普遍采用的型式。且其应用可预料将继续被广泛传播。这一章里也介绍了多年来在欧洲已经采用梁式桥分析方法，由于在美国的大学里通常不教这些方法，也没有列入美国正规使用的桥梁设计准则中去，因而在美国未被普遍采用。作者强调了设计好横梁或横隔梁对于各个主梁的活载分布具有重大影响。

第三章叙述箱梁桥。这种就地浇筑的重要建筑形式已在美国西部广泛采用，美国其它各地也正在逐渐采用，并可期望于近年内达到一定的数量。在这一章中，说明了箱梁横断面扭转刚度的重要性，及其对活载弯曲应力分布的影响。

第四章中述及一种比较新型的混凝土梁桥，即分段式箱梁或分段式桥梁，详细叙述了这种式样的桥梁建筑中独特的设计构思和施工技术。本章包含的资料对于富有经验的及经验不足的桥梁设计者都将是有价值的。

书中还编入了第五章设计上补充考虑的问题和第六章施工上考虑的问题，以使读者注意在完成整个桥梁设计时应加以考虑的一系列因素。其中有些内容可能并不新鲜或者对于某些读者是很明了的，但另外一些读者将发现这些内容为时常用实用的参考资料。

作者谨对欧洲研究会法国工程公司提供的技术资料和图片表示感谢。特别对简·莫勒尔(Jean Muller)和杰瑞·沙窝加特(Gerard Sauvageot)的帮助表示诚挚的谢意。作者也感谢斯普林格出版社(Springer Verlag)允许本书引用其影响面曲线刊于图 1-2 至 1-5 中，以及加利福尼亚运输局的杰·德克玛(Jacob Dekema)在该局监督下所设计和施工的那些桥梁的优秀图片。

詹姆斯·R·利比(James R·Libby)

诺曼·D·珀金斯(Norman D·Perkins)

1975年9月于加利福尼亚州圣地亚哥城

## 内 容 提 要

本书是根据美国 Grantville 出版公司1976年版本译出的，内容主要介绍现代预应力混凝土梁桥（连续梁、悬臂梁）、箱梁桥、分段式箱梁桥设计原理以及施工上要考虑的问题，可供国内桥梁设计、施工人员以及有关院校师生学习参考。

参加本书翻译的同志：第一章万国宏，第二章胡世德，第三章梁惠娟，第四章印定安，第五章梁惠娟，第六章黄绳武、杨士金；附录、目录与序言由周竞欧负责译出，最后由张士铎教授总校。

# 目 录

序 言	1
第一章 绪论	1
第一节 本书范围	1
第二节 设计准则	2
第三节 设计荷载	3
第四节 设计方法	6
第五节 容许应力	14
第六节 桥型选择	15
第七节 桥型与跨长关系	28
第二章 梁桥	29
第一节 引言	29
第二节 主梁设计	41
第三节 中间横隔板	44
第四节 梁桥桥面	45
第五节 连续梁	48
第六节 悬臂梁	48
第七节 施工细节	50
第三章 箱梁桥	57
第一节 引言	57
第二节 弯曲分析	58
第三节 纵向弯曲设计	66
第四节 箱梁桥桥面	67
第五节 剪力分布	68

第六节	构造细节	73
<b>第四章</b>	<b>分段式箱梁桥</b>	<b>82</b>
第一节	引言	82
第二节	纵向弯曲分析	83
第三节	徐变所引起的弯矩重分布	94
第四节	横向弯曲	98
第五节	确定上部结构尺寸	117
第六节	确定节段的合适尺寸	123
第七节	中间铰	130
第八节	支承细节	132
第九节	施工细节	137
<b>第五章</b>	<b>设计上补充考虑的问题</b>	<b>140</b>
第一节	引言	140
第二节	剪力设计	140
第三节	平面曲线桥	145
第四节	强度分析	146
第五节	橡胶支座	149
第六节	下部结构需考虑的问题	157
第七节	地震力	167
<b>第六章</b>	<b>施工上考虑的若干问题</b>	<b>169</b>
第一节	引言	169
第二节	脚手架	169
第三节	模板	172
第四节	混凝土修整	179
第五节	预制梁的安装	180
第六节	预制节段的安装	182
第七节	上拱度的控制	190
第八节	预应力材料的用量	196



附 录	198
A. 混凝土的长期变形	198
B. 预制梁的标准型式	204
C. 用支承常数法分析超静定结构	207
D. 混凝土桥梁上部结构中的温度应力	225
参考文献	230
索引(略)	

# 第一章 绪 论

## 第一节 本书范围

写本书的主要目的是为叙述在美国流行的各种主要类型预应力混凝土公路桥梁上部结构的设计方法。其次叙述各种桥型的优缺点和扼要讨论不同桥型采用的施工方法。

对钢筋混凝土桥梁上部结构未予考虑。可是，本书讨论的弹性设计基本原理可同样地用于钢筋混凝土和预应力混凝土桥。

只当桥梁下部结构影响桥梁上部结构设计或桥梁总体设计时才考虑桥梁下部结构设计。

对于钢筋混凝土和预应力混凝土结构，作者假定读者有能力设计，所以，本书中没有介绍其设计的基本原理（参考文献1、2）<sup>①</sup>。另外，假定读者熟悉波特兰水泥混凝土的强度、弹性、徐变和收缩等性质，也熟悉普通钢筋的性质（参考文献3）和美国预应力混凝土结构中通用的一些钢材性质（参考文献4、5），最后假定读者熟悉结构分析的基本原理。

本书不包括在美国已经使用和建议使用的所有类型的预应力桥梁上部结构。桥梁上采用的预制构件，曾最初用在房屋建筑上，例如双T梁，单T梁，空心板和实心预制板，这里给与扼要的讨论，但不详细论述。有些独具特色的桥梁使用了特制的每座桥都不一样的预制截面，即使认为这种桥是一种主要的结构，这里也不打算对其进行讨论。虽然如此，

<sup>①</sup>1、2等见本书后面的文献目录。

本书讨论的许多基本原理同样适用于这类结构。

对各种桥型定额资料在此不加讨论，这因为施工费用随着国民经济不断变化而改变，结果是定额资料通常只在一个短时期内是准确的。相对施工费用在整个国家范围内都不一样，因此避免不了用些含糊的通则来说明。

## 第二节 设计准则

在北美最广泛应用的公路桥设计和施工准则载于“公路桥梁标准规范”(参考文献6)，它由美国各州公路与运输工作者协会<sup>①</sup>出版。这些准则在本书中以后算作“AASHTO<sup>②</sup>规范”或简称“AASHTO”。除了在那些地方有其他规定之外，上述准则是设计的基本准则。

在AASHTO规范中，包括有关钢筋混凝土和预应力混凝土的设计准则，在某种程度上是以美国混凝土协会刊物“钢筋混凝土建筑法规要求”(ACI<sup>③</sup>318)(参考文献7)为依据的。这种刊物以后被称作ACI318。在某种情况下，在AASHTO规范中特别涉及这些刊物。ACI刊物在不断评论和经常修正下，反映有关混凝土结构设计方面最先进的思想。

预应力混凝土桥梁设计者应该熟悉AASHTO规范和ACI 318两者的最新版本的规定(包括临时的修改)，其设计应体现这些刊物的条文，这样将得到按预期状态运营的安全结构。

ACI委员会443(混凝土桥设计)已发表的二部分内容，这些内容最后将成为混凝土桥梁设计(参考文献8, 9)完善的

①在1974年以前，这一组织是众所周知的美国各州公路工作者协会。

②译注：AASHTO为美国各州公路与运输工作者协会的英文简写。

③译注：ACI是美国混凝土协会的简写。

建议实施。对混凝土桥梁设计感兴趣者，我们全力推荐阅读这些刊物。

### 第三节 设计荷载

象其他结构一样，桥梁要按作用在桥上的静载和活载进行设计。静载主要由结构的自重和附加静载如桥栏杆，人行道，非结构磨损层和由桥梁支承的各种公用事业设备所组成。在设计时，静载一般可以很精确地估计；在施工时，它也可以很精确地控制并且一般作为永久性荷载来考虑。由于它们多少有些永久性的意义，由混凝土体积变化造成的一些荷载有时归于静荷载一类。

活荷载是由于外界因素作用的那些荷载，它一般带有暂时的性质。活荷载包括那些由车辆和行人过桥时造成的荷载和由风、地震、温度变化造成的力。另一些属于次要性质的活荷载是冲击力。竖向冲击力是由车辆经过结构时造成。水平冲击力由车辆的制动和转弯而产生。作用在结构上的活荷载一般不能够按与静载相同的精度去估计。另外，一旦结构投入运营，设计者往往很少能控制住这些荷载。

设计桥梁结构所用最小活载，一般由设计准则例如AASHTO规范规定。在世界各国，活载设计规范有相当大的差别，这方面论著很多，同样美国所用的准则可能是低得不符合实际情况，而且可能不代表桥梁所受的实际荷载（参考文献10，11）。从这些讨论中，桥梁设计者应当记住二个事实：（1）由AASHTO标准规范规定的活载要求是世界上采用的最轻的荷载；（2）这些活载要求可能低于人们在美国公路上所预料的最大的荷载。

这就是说，AASHTO规范的其他要求，对其中规定的相

对轻的设计活载予以某种程度上的补偿，这可能是非常好的。为了规定较现实的载重汽车荷载和鼓励更完善桥梁设计和分析的方法，有些工程师感到对AASHTO规范作实质性修改的日子已经到来。如果AASHTO规范中设计活载太轻的话，则它们将予以增加，使得弹性分析与实际桥梁上真正发生的荷载相一致而合理。人们不应该依靠经验系数的保守作法来弥补规范荷载的不足，采用强度设计<sup>①</sup>要比应用工作荷载设计方法更特别真实一些。

钢筋混凝土和预应力混凝土设计中所考虑的设计荷载，除了由于体积变化引起的以外，都是一样的。钢筋混凝土中混凝土收缩的影响比预应力混凝土中要少。这是由于下列事实，即在钢筋混凝土杆件中非预应力钢筋有阻止收缩变形的倾向和促进形成细的裂缝。这些细的裂缝减少了混凝土中的收缩应力也缓和了杆件所需的缩短量。混凝土徐变对钢筋混凝土杆件的重要影响是挠度随时间而定的影响。在预应力混凝土中，不会发生有关收缩的裂缝机理，而必须规定可能发生和引起不良影响的总收缩应变。在预应力混凝土中，徐变和收缩二者都影响挠度，这些在设计中应予考虑。在预应力混凝土结构中由于徐变和收缩的缩短是相当显著的，要想得到好的结果，就应该计算它。

虽然有关混凝土徐变和收缩的文献资料相当多，但是，设计者在设计中应加考虑估计徐变和收缩的应变量，在美国并没有推荐为大家采纳的实用估算方法。在文献中（参考文献12，13）提出一些方法，但是它们还未达到可遵守的标准或建议用于实践的情况。为了方便读者，把法国规范（参考文献14）中所用的预计混凝土收缩和徐变的方法附于本书附录A中。

<sup>①</sup>译注：文中强度设计是指极限状态强度设计。

由于AASHTO规范给出的活载标准的复杂性，本书不再重复这些规定。大多数桥梁是按AASHTO HS20—44活载设计的，比HS20—44轻的活载也在AASHTO规范中有规定。较轻的活载原来想用在二级公路上而不用在主要干道上，事实上因为没有现实的方法能保证最大的载重汽车不会在二级公路上出现，故许多部门在所有桥梁设计中采用HS20—44荷载。

AASHTO规范规定，一辆载重汽车或一列车队荷载假定占有宽度10英尺(3.048米)；把每10英尺(3.048米)宽的载重汽车或一列车队荷载放在宽12英尺(3.66米)的设计交通车道上；进一步规定，对于缘石间宽度为20~24英尺(6.10~7.32米)的桥设计交通车道的数目是双车道；对于宽于24英尺(7.32米)的道路，每一设计交通车道假定占有宽度12英尺(3.66米)；把12英尺(3.66米)宽的交通车道放在使所考虑的构件中产生最大应力的位置来设计。对于三个设计车道和多于三个设计车道所设计的桥梁，AASHTO第1.2.9节提供了荷载集度折减系数，这说明全部车道经常同时加载是不大可能的。有关AASHTO规范要求的特殊活载的位置在表1中汇总。

表1 AASHTO 规范中有关活载设计标准中的系数

H 载重汽车和车队荷载，尺寸和荷载	1.2.5 B 节
HS 荷载，尺寸和荷载	1.2.5 C 节
交通车道，数目和宽度	见 1974 AASHTO 暂行规范 桥梁， 暂订 1
禁止利用部分载重汽车和荷载	1.2.8 A 节和 1974 AASHTO 暂行规 范桥梁，暂订 1
载重汽车荷载对车队荷载的应用	1.2.8 B 节
连续梁对车队荷载的修正	1.2.8 C 节
最大应力时的荷载	1.2.8 D 节
荷载集度的折减，多车道结构	1.2.9 节
人行道，缘石和栏杆荷载	1.2.11 节
冲击荷载	1.2.12 节

## 第四节 设计方法

为了确定设计混凝土桥面板的活载弯矩和为了确定活载分布给支承混凝土板的主梁，AASHTO规范中载有经验系数。经验系数的使用不是强制命令的，而是当不用更复杂分析方法时，可以采用这种方法。

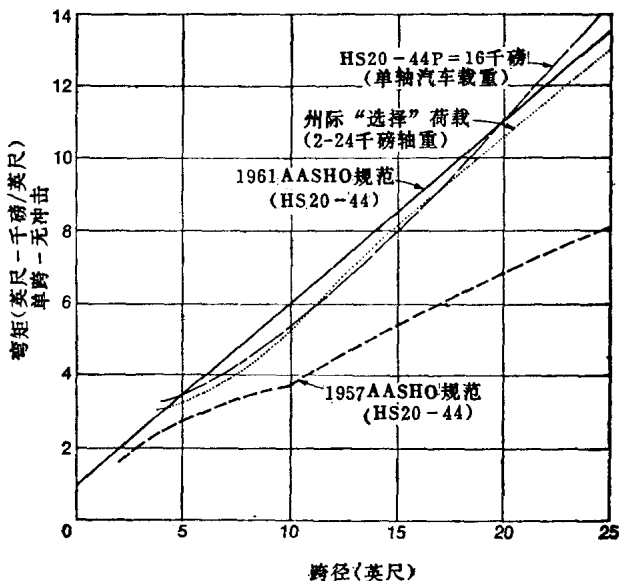
在AASHTO规范1.3.1节中，列有活载横向分布系数，其根据是为了设计和分析起见，假定桥梁可以划分成几片纵梁。当然桥梁是一个三维结构，因之，设计桥梁时就要考虑这个因素。把上部结构作为整体考虑的近似的弹性分析方法，在第2，3和4章中介绍，这种方法用在宽跨比窄的而高宽比高的桥梁上部结构设计中。在实践中大多数情况都可采用近似方法。

分析桥梁结构的一些复杂方法，包括折板法，有限节段法和有限单元法在有关文献(参考文献15)中叙述。这些方法在确定应力和挠度方面比利用熟悉的弯曲理论所得的结果精度要高，在结构研究和特殊结构设计中各有其用处，但是在一般设计中，既不需要也不认为实用的。由于设计荷载和作用在结构物上的实际荷载之间有差别，用上述完善方法确定普通尺寸的桥梁应力，虽然精度略高，但是无足轻重。在多数情况下，使用较完善的方法时，由于设计过程费用贵而不允许使用。

多年来，桥面设计都照AASHTO规范的经验关系式计算的。以H.M.惠斯特加(H.M. Westergaard)的著作(参考文献16)为依据，对主跨垂直于行车方向和主跨平行于行车方向的桥面板给出了经验关系式。

在1957和1961AASHTO暂行规范之间，桥面板的设计经

验关系式做了重要的修正。在HS20—44无冲击荷载作用下，按1957和1961AASHO规范，垂直于行车方向配有主钢筋的筒支板设计要求的对比见图1-1。



注：1英尺=0.305米，1千磅=453.59公斤  
1英尺-千磅/英尺=453.59公斤-米/米

图1-1 按照1957和1961年AASHO●规范，对于垂直行车方向配有主筋的混凝土桥桥面板需要的设计弯矩比较图。该弯矩是对单跨、无冲击两种规定的荷载条件下作弹性分析而求得的

在这些经验关系式中，存在两种设计上的基本缺陷。第一，在等高度和变高度构件中计算正、负弯矩分配之间差别缺少规定。第二，不管桥面板支承处连接的各部构件提供的弹性约束如何，对于连续跨越三支承以上的连续桥面，都规定弯矩连续系数为0.8。

●原文为AASHTO，应改为AASHO，因为1974年才有AASHTO——译者注。



AASHTO 规范的经验关系式，对于支承在抗扭较柔的纵梁上的桥面来说，不管纵梁是否与具有抗弯刚度的横隔板连接在一起，已经证明是令人满意的了；因此，对于所有结构设计，可以认为这些关系式是保守的，对于由抗扭较柔的纵梁与刚度较柔的中间横隔板相联接来支承的桥面板弯矩，或者，由在刚性抗扭体系支承的桥面板弯矩来说，这些经验关系式是过分保守了。另外，经验关系式没有提醒设计者注意这一重要问题，即考虑由腹板抗弯刚性支承而引起活载的桥面板弯矩，因之在这方面经验关系式是不保守的。

鉴于以上所述，对于大多数混凝土桥桥面推荐用弹性设计方法。

影响面图可以想象为与二维影响线相似的，对确定在不同尺寸和边界条件下板的弯矩、剪力和挠度是很方便的（参考文献17，18）。影响面图<sup>①</sup>的示例见图 1-2 到 1-5。使用影响面图是以适当的比例在图上绘制作用于其上的车轮荷载的接触面积，并计算由接触面积和图的纵座标所规定的体积，该体积和其相应的荷载乘积的总和就等于图所制订的弯矩、剪力或挠度系数。由于所制订的影响面图假定桥面板材料的泊桑比等于零，因此，在计算时应该用一个修正系数去修正这一假定，图中也包括说明如何进行修正的指示。影响面图是以弹性分析为依据的，利用该图来计算弯矩和剪力，其单位以板中单位长度来表示（即弯矩或剪力分别为千磅-英尺/英尺或千磅/英尺）。

浦西(Pucher)提出的图只适用于等厚度板，而洪伯爵(Homberg)制订的图包括等厚度与变厚度的板。

使用影响面图时，允许设计者考虑板的厚度变化的影响；另外图是以合理的弹性分析原理为依据的，并允许设计

<sup>①</sup> 斯波林格—浮拉格公司 (Springer-Verlag) 提供。