

桥梁河道水力学

[美] J. N. 布拉德利 著

郑华谦 译 陆浩 等校



人民交通出版社

桥梁河道水力学

[美]J.N.布拉德利 著

郑华谦 译 陆 浩 等校

人 民 交 通 出 版 社

1980年·北京

桥梁河道水力学
Hydraulics
of Bridge
Waterways

by Joseph N. Bradley
U. S Department of Transportation
Federal Highway Administration

1973

本书根据美国运输部联邦道路管理局

1973年版本译出

郑华谦译 陆浩 等校

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 1/32 印张: 5.75 字数: 113千

1980年10月 第1版

1980年10月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—4,100 册 定价: 0.65元

内 容 提 要

本书依据美国运输部联邦道路管理局 1973 年出版的《桥梁河道水力学》(修订本)一书译出。全书共分十三章,主要论述了桥梁壅水问题和计算方法以及导流坝设施等;书中并附有计算例题和各种计算图表。本书可供桥梁设计工作者和桥梁水文研究人员及有关院校师生参考。

本书译稿由铁道部科学研究院陆浩,交通部科学研究院蒋焕章、陈忠炎,前铁道部科学研究院孙振东等同志分别作了校改和审阅。

前 言

跨越河道的桥梁类似承担上跨或下穿其他公路交通而修建的主体交叉建筑物，其重要的区别是水流不能凭借批准的规章或设立什么标志来控制。如果在桥位上下游某一距离之内能够取得洪水资料，而且这些资料由熟习水力学、水文学和河流特性的工程师进行分析，则在一定范围内，河流的活动情况是能够预测和控制的。

拟定桥梁横跨河道的水力分析中一个重要的考虑就是公路与河流交叉而压缩水流引起的壅水量。壅水本身能够引起在距离公路交叉处上游的泛滥。此外，通过桥孔增大的流速和漫滩水流归槽引起的骚动可能产生足够危及桥梁结构的冲刷。桥梁河道分析中壅水的重要性使人们作了调查研究，《桥梁河道水力学》第一版就是以此为基础写出的。这本出现在广泛地为公路桥梁工程师所采用，并且已经写出了计算机计算程序，以便使桥梁壅水更容易计算。

美国地质测量局在广阔的泛滥滩地和严重压缩过水面积的桥梁所在的河道上进行了测量，结果表明在若干情况下壅水要比本书前一版本所指出的为高，前一版本基本上是以模型试验结果为依据的。现场资料使对第一版进行修正有新依据。第二版包括第一版的修正，并增加了很多新资料，特别是关于导流坝部分淹没桥梁上部结构和压缩断面上通过临界水深水流的资料。

我们荣幸地得到第一版作者布拉德利 (Joseph N. Bra-

dley) 先生担任本书第二版顾问。我们也感谢美国地质测量局，它提供了现场资料，用以校核和补充作为第一版主要依据的模型资料。

工程与管理局桥梁处水力学组组长

L.A. 赫尔 (Lester A. Herr)

序 言

1960年第一版《桥梁河道水力学》中的设计资料基本上以水力模型试验结果为依据，在其应用范围内肯定地是有限制的。十年以来美国地质测量局在洪水期间进行了水力学方面的测量工作并收集了现场资料。检验现场资料以后，认为重新评价模型试验结果是恰当的，以便决定其应用的实际范围。然后利用现场资料来完善设计曲线。

因而本版包括一些设计曲线的修订。大量新材料增加进去，例如关于部分淹没上部结构，桥台处导流坝的配合和桥下急流等章节，并附有例题。还加进去一个附录，用以说明桥梁壅水一般表达式是如何推导的，并解释以前的设计曲线如何，为什么作了改变。现场资料大大增加了本书包含的资料的可靠性。

桥梁处水力组组长赫尔先生请求并监督了“桥梁河道水力学”这一修订版的准备工作。非常感谢赫尔先生和他的工作人员西尔赛 (J.K.Searcy) 先生在本版技术编辑中的及时的有益的建议。桥梁河道研究方案是第一版的基础，它是由当时的公路局水力学研究处处长伊扎德 (Carl F.Izzard) 先生指导进行的。作者作为计划的监督者，非常感激伊扎德先生的天才的指导和及时的建议。

目 录

前 言	1
序 言	3
第一章 绪 论	1
1.1 概述	1
1.2 河道研究	2
1.3 桥梁壅水	3
1.4 桥梁壅水的性质	3
1.5 常见的水流类型	7
1.6 野外验证	9
1.7 符号释义	10
1.8 名词的定义	14
1.9 输水模数	16
1.10 桥孔压缩比	16
1.11 动能系数	17
第二章 壅水计算	18
2.1 壅水表达式	18
2.2 壅水系数	20
2.3 M与桥台形状的影响 (基本曲线)	21
2.4 桥墩的影响 (正交)	22
2.5 桥墩的影响 (斜交)	23
2.6 偏心的影响	25
2.7 斜交的影响	25

第三章 跨越引道路堤的水位差	28
3.1 意义	28
3.2 基本曲线	28
3.3 桥墩的影响	30
3.4 偏心的影响	30
3.5 跨越路堤的水面落差 (正交)	30
3.6 路堤下游一侧的水面 (斜交)	31
第四章 壅水的形状	32
4.1 最大壅水点的距离	32
4.2 正交桥跨	33
4.3 偏心桥跨	34
4.4 斜交桥跨	34
第五章 双 桥	35
5.1 布置	35
5.2 壅水的确定	35
5.3 跨越路堤的水面落差	36
第六章 非常水位—流量状况	38
6.1 定 义	38
6.2 壅水的确定	39
6.3 壅水表达式	39
6.4 跨越路堤的水面落差	41
第七章 冲刷对壅水的影响	42
7.1 概 述	42
7.2 冲刷的性质	43
7.3 壅水的确定	46
7.4 扩大河道	47
第八章 上部结构部分淹没	48
8.1 问 题	48

8.2	上游主梁淹没在水流中 (情况I)	49
8.3	全部主梁同水流接触 (情况II)	52
8.4	桥梁的安全	53
8.5	路面过水	55
8.6	诺托威河桥	58
第九章	导流坝	60
9.1	引言	60
9.2	导流坝的作用及其几何形状	62
9.3	导流坝的长度	63
9.4	其他要考虑的问题	66
第十章	水流通过临界水深 (II型)	68
10.1	引言	68
10.2	壅水系数	69
10.3	水流类型的识别	70
第十一章	现场预测和设计程序	70
11.1	洪水危害的估算	70
11.2	桥址调查提纲	71
11.3	水文分析提纲	72
11.4	洪水等级和频率	73
11.5	水位—流量	75
11.6	河槽糙率	76
11.7	桥梁壅水设计程序	76
第十二章	例题解说	79
12.1	例题1: 正交桥跨	80
12.2	例题2: 双桥	86
12.3	例题3: 斜交桥跨	88
12.4	例题4: 偏心桥跨	93
12.5	例题5: 非正常的水位—流量	101

12·6	例题 6: 有冲刷的壅水	103
12·7	例题 7: 上游主梁淹没	109
12·8	例题 8: 上部结构部分淹没	112
12·9	例题 9: 路堤漫水	113
12·10	例题 10: 导流坝设计	115
12·11	例题 11: 有急流的桥梁壅水	117
第十三章 壅水计算程序的讨论及方法的应用范围		123
13·1	设计方法的回顾	123
13·2	对进一步研究的建议	127
参考文献目录选编		128
附录 A 桥梁壅水表达式的推导		133
A·1	I 型水流(缓流)	134
A·2	II 型水流(水面通过临界水深)	139
A·3	III 型水流(急流)	141
附录 B 修订的依据		141
B·1	壅水系数的基本曲线	141
B·2	最大壅水距离曲线	150
B·3	流速水头修正系数 α_2	150
B·4	双桥	158
附录 C 确定导流坝长度图表的推导		166

第一章 绪 论

1.1 概 述

过去有一段时间，洪水期间桥梁引起的壅水被认为是一种必然的公害，因为：第一，群众呼吁用桥梁代替渡船与过水路面；第二，没有准确的方法确定建桥后产生的壅水总量。随着城市化的发展；随着在全国河流滩地内无限制的 and 无法强行制止的居民和商业房屋的建造；随着新的公路桥梁不断建成；以及随着过去二十年间地价空前飞涨，现在迫切地要把新建桥梁产生的壅水保持在很可以理解的与合理的限度以内。这就要求过去被请教太少的水利工程师创立和发展一个更加科学的桥梁河道问题的方法。结构设计的进步跟上时代了。结构工程师们很熟习经济学，它能够在给定全长与高度的桥梁的选择与设计中得到适宜的类型。水利工程师在确定桥长与竖向净空和桥址方面的作用，主要由于河道水文与水力资料的欠缺，没有很好地被充分理解。

实际上，直到最近，使桥梁长度与净空相称主要是根据粗略计算、个人判断，而且是直觉的。这在某些情况中也许仍然是事实。现在运输量在主要干线上已经变到如此之大，桥梁毁坏或者任一时期中断使用，都会引起严重的经济损失和麻烦；甚至为了修补而封闭公路干线的一条车道也会造成交通混乱。

桥梁不恰当地约束洪水能够引起过分的壅水，结果使上游土地受到淹没，发生水毁诉讼，漫越道路，桥下过分的冲

刷，维修费用昂贵，甚或桥梁毁坏。设计或修建桥梁特别是双车道或多车道的桥梁使长度超过安全需要，会大大地增加基建投资。设计中这两种极端情况都曾有过经验。在这两种极端情况之间的某些地方修建桥梁证明不仅是安全的，而且长期使用中对群众也是最经济的。制定这样的设计对公路局来说是至关重要的，过去十五年中它曾发起有关计划的研究，并进行投资。

近来在洪水量与洪水频率，冲刷实验资料，以及预期壅水的确定等方法中的改进，都是提供更加科学地探讨桥梁河道问题的一个阶梯。在本书第十三章所讨论的范围内，提供了一个桥梁对水流影响的确定方法。它不规定有关允许的壅水量或者设计洪水频率的标准；这些涉及到政策问题，必须考虑公路等级，车辆密度，洪水损害的严重程度，基础条件和其他因素等。

1.2 河道研究

认为需要可靠的水力资料，1954年公路局发起一个与科罗拉多州立大学 (Colorado State University) 协作研究的计划，这项计划在几条河道性质问题的研究中达到最高点。所述计划中包括桥梁壅水¹⁸⁾桥墩与桥台冲刷以及对壅水影响的研究。与此同时，依阿华州公路委员会 (Iowa State Highway Commission) 与公路局在依阿华市依阿华水利研究所 (Iowa Institute of Hydraulic Research)，发起了桥墩冲刷²³⁾与桥台冲刷²⁴⁾的研究。1957年，密西西比州和亚拉巴马州公路局 (State Highway Departments of Mississippi and Alabama) 和公路局协作发起一项研究计划，在科罗拉多州立大学研究用挑水坝 (在桥台上游一端设置椭圆形土坝) 减少桥下冲刷的方法^{19), 25)}。

上述实验室的研究，一直是以水力模型作为主要研究手段实现的。从此以后，美国地质测量局收集了大量的野外资料，用以验证模型试验成果和扩大应用范围。由于野外观测中还有许多问题需要了解，建议这方面的调查研究工作继续进行下去。

1.3 桥梁壅水

由科罗拉多州立大学出版的综合报告中¹⁸⁾，包括了试验程序的说明，基本资料的记录和桥梁壅水研究成果的分析。本书引用该报告中叙述的研究成果，它涉及河道问题部分属于桥梁压缩水流引起的壅水性质与壅水高度。本书是特别为设计人员提供实用的设计图表、程序、算例、以及介绍恰当地运用资料中有限制的主要条文。

1.4 桥梁壅水的性质

在洪水期河流全部泛滥宽度上建桥，很少是经济上可行或必要的。如那里条件允许，引道路堤就延伸到泛滥的河滩，以便降低造价，这样做就是认可在洪水期间路堤压缩水流。只要做得合理，所述做法实际上是可以采用的。

通过河槽压缩水流的压缩形式如图1所示。每两条相邻的流线之间的流量是相同的（1000英尺³/秒）。河槽压缩中靠近河槽中心的流线形状实质上没有变化。可是靠近桥台处流线有明显的改变，因为来自两侧（或者说泛滥河滩）水流的动量必然加速前进中水流的中心部分进入压缩段。离开压缩段后水流逐渐的扩散（每侧5到6度），直到水流的正常条件再次出现。

水流的压缩引起能量的损失，其中较大一部分发生在下游再扩散之中。这种能量损失反映到桥梁上游水面与能线的

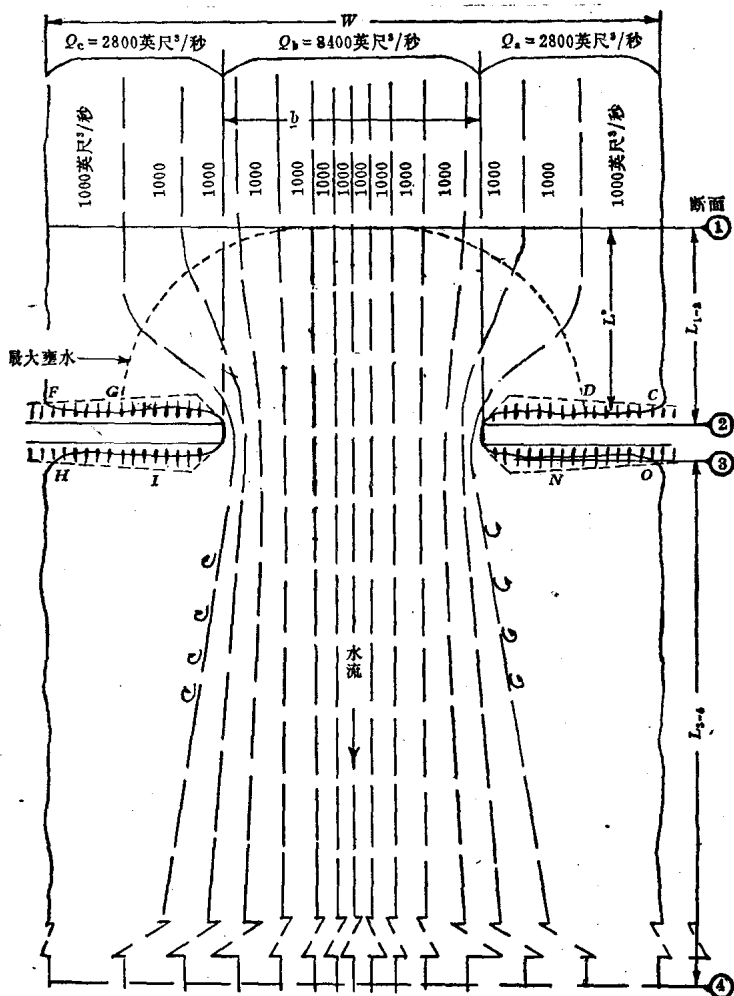


图1 标准正交桥跨的流线

升高。图 2A 与图 3A 所表示的沿水流中心线的剖面是一个最好的说明。河槽压缩以前对于所给流量的正常水位，用标有“正常水面”（图中水面缩写为“W.S.”）以虚线表示。

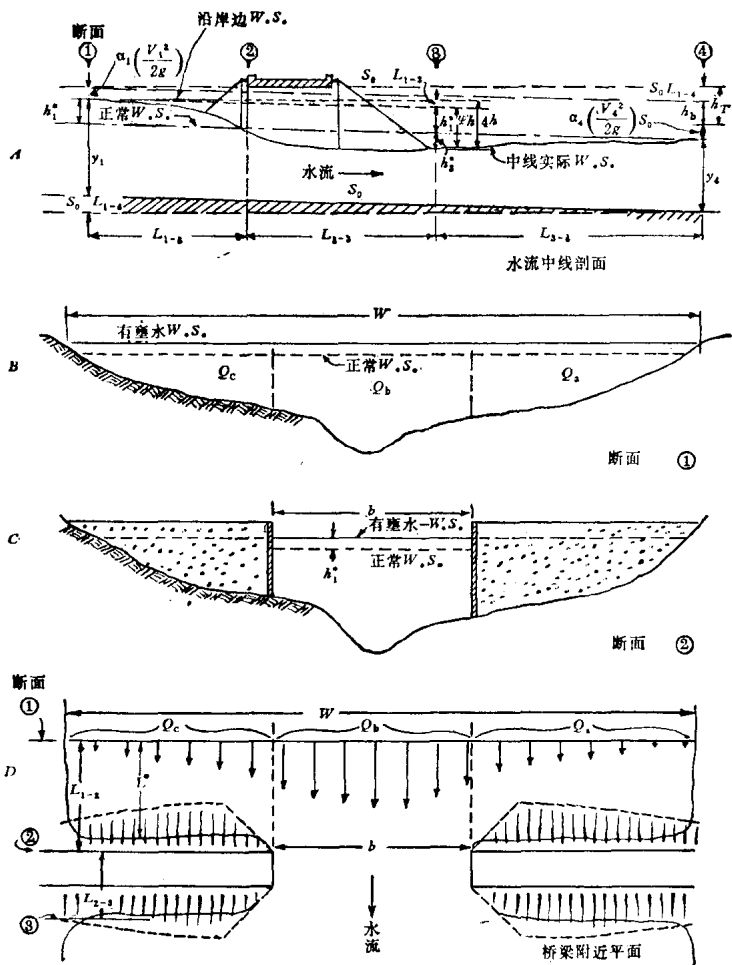


图 2 正交桥跨：翼墙式桥台

河槽压缩以后的水面状态，用实线表示，即“实际水面”。
 要注意：水面从断面 1 正常水位以上开始，紧靠断面 2 通过正常水位，在邻近断面 3 达到最小水深，并在下游相当距离

的断面 4 上回复到正常水位。断面 1 上水面升高的确定，可用符号 h_i 表示，并指定作为桥梁壅水，它是本书主要的研究目标。要注意通常有一种误解，那就是把跨越路堤的水面落差 Δh 当成桥梁引起的壅水。正如图 2A 与图 3A 所表示。这是不正确的。两图中壅水均以符号 h_i 表示，而且它总是小于 Δh 。

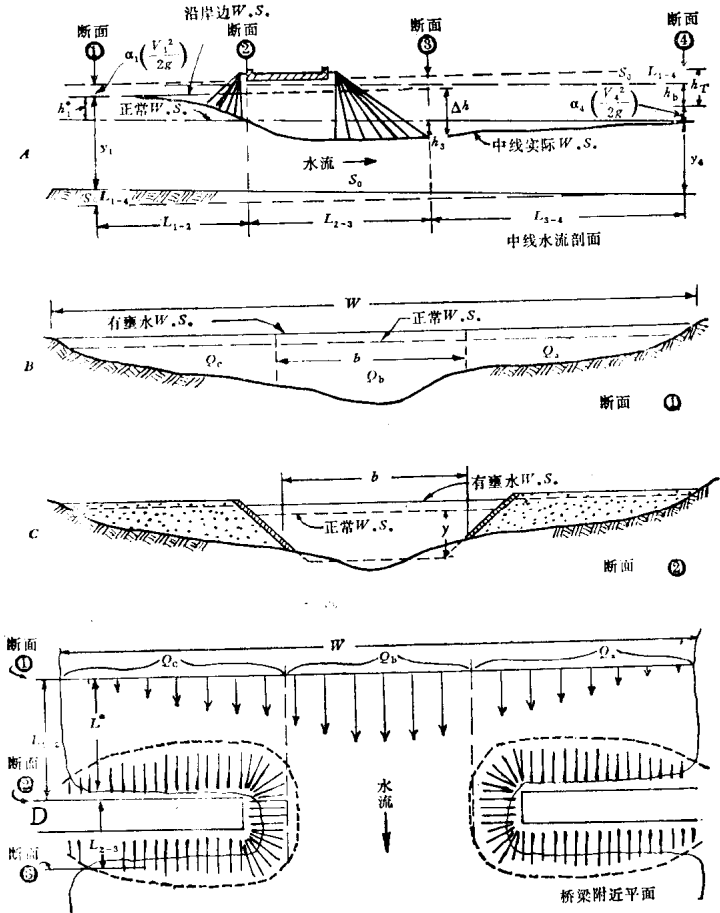


图 3 正交桥跨：锥坡式桥台