

公路桥梁荷载横向分布计算

同济大学路桥教研组 编

人民交通出版社

公路桥梁荷载横向分布计算

同济大学路桥教研组 编

人 民 交 通 出 版 社

1 9 7 7 · 北 京

公路桥梁荷载横向分布计算

同济大学路桥教研组 编

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 毫米 印张: 13.75 字数: 310 千

1977年12月 第1版

1977年12月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—11,900册 定价(科二): 0.95元

前 言

公路桥梁的荷载横向分布计算，是桥梁建筑设计工作中的一个重要问题。多年来，我们深感在这方面缺乏实用、简要而又能比较系统阐明这类问题的书籍。在无产阶级文化大革命的推动下，我们以阶级斗争为纲，在教育革命和参加生产实践的过程中，初步学习和总结了国内外这方面的经验，并作了一些试验研究和理论分析。现在尝试写出本书，以适应当前我国公路桥梁建设和教学工作的需要。

在编写本书过程中，我们认真贯彻毛主席有关正确处理普及与提高，理论与实践，继承与创新等关系的指示。但是做得还很不够。

无产阶级文化大革命以来，我国公路桥梁建设队伍中的建桥工人及涌现出的一大批以工农兵为主体的新生力量，他们迫切要求迅速掌握有关的现代科学技术，为多快好省发展我国桥梁建设事业作出贡献。为此，本书首先注意向工农兵普及，着重为公路建桥人员解决一个荷载横向分布的应用问题，然后在普及的基础上加以提高。在开始的第一部分先安排公路桥梁荷载横向分布计算示例，通过最常用的典型桥梁的实际数例来说明计算方法。这一部分易懂，读了就能用。在第二部分阐述计算理论，供读者根据需要去学习，以便进一步在理论上加以提高。

目前，在公路桥梁荷载横向分布方面，有些问题还需要进一步探讨。例如关于荷载横向分布的性质，主梁剪力计算，内横梁的工作和计算等。对此，我们首先学习国内工程

8143103

实践的经验，并进行现场桥梁测试和系统的桥梁模型试验，然后上升到理论来加以阐述，力求从感性认识而能动地发展到理性认识，按照“实践、认识、再实践、再认识”的辩证唯物论的认识论来进行工作并安排本书各个章节。

“在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。”流行的用正交异性板模型计算桥梁荷载横向分布的方法，原理繁复，计算麻烦，而且不适用多梁式箱梁桥。我们在编写本书的过程中，遵照毛主席关于“打破洋框框，走自己工业发展道路”的教导，在书中建立了按梁系计算铰接和刚接板、梁桥的一套方法，并用电算编制了一套相应的结合我国实际的实用计算图表。所述的计算方法，原理简单，适用范围广（包括多梁式箱梁桥），而实用计算图表又为其方便应用创造了条件。

由于我们的水平和能力有限，本书一定还存在许多问题，而且难免有疏忽和错误之处。希望读者批评指正。

我们在编写过程中，承交通部和各省市的桥梁设计和研究单位以及兄弟院校热情帮助。谨在此表示深切谢意。

同济大学路桥教研组

1975年9月

目 录

第一部分 公路桥梁荷载横向分布

计算方法说明和示例

第一章 荷载横向分布计算方法概要	1
第一节 常用的公路梁式桥结构形式.....	1
第二节 荷载横向分布影响线和荷载横向分布 系数.....	3
第三节 关于主梁内力的计算.....	10
第二章 铰接板、梁桥荷载横向分布计算方法	12
第一节 铰接板桥荷载横向分布计算示例.....	13
第二节 铰接板、梁桥荷载横向分布计算图表 简介.....	19
第三章 刚接板、梁桥荷载横向分布计算方法	20
第一节 刚接T梁桥荷载横向分布计算示例.....	20
第二节 刚接箱梁桥荷载横向分布计算示例.....	32
第三节 整体式板桥荷载横向分布计算示例.....	39
第四节 刚接板、梁桥荷载横向分布计算图表 简介.....	42
第四章 荷载横向分布的近似计算	44
第一节 板桥和箱梁桥荷载横向分布近似计算.....	44
第二节 铰接T梁桥荷载横向分布近似计算.....	46
第三节 关于按刚性横梁的荷载横向分布近似 计算.....	47

第二部分 桥梁荷载横向分布计算原理

第五章 梁桥荷载横向分布模型试验结果简介	50
第一节 梁桥模型试验简况	50
第二节 主梁弯矩分布	51
第三节 主梁挠度分布	56
第四节 主梁支承反力分布	60
第五节 关于荷载横向分布计算方法的模型试验 小结	61
第六章 荷载横向分布计算原理概述	68
第一节 荷载横向分布的性质	68
第二节 求荷载横向分布影响线的方法	73
第三节 关于荷载横向分布计算方法的误差和适用性	75
第七章 梁的挠曲和扭转分析简要	77
第一节 梁的挠曲基本方程	77
第二节 用正弦级数计算简支梁挠曲的方法	80
第三节 梁的扭转基本方程和扭转变形计算	87
第四节 扭转剪应力和抗扭惯矩的计算	90
第八章 铰接板、梁桥荷载横向分布计算原理	95
第一节 基本假设和荷载横向分布影响线计算 原理	96
第二节 铰接力的正则方程	99
第三节 铰接力和荷载横向分布影响线的计算	102
第九章 刚接板、梁桥荷载横向分布按梁系计算 原理	104
第一节 超静定内力计算的正则方程	105

第二节	荷载横向分布的实用计算.....	109
第三节	关于内横梁化成等刚度桥面板的分析.....	111
第四节	整体式板桥按梁系计算的依据.....	114
第五节	边梁和内梁刚度不等的荷载横向分布 计算.....	116
第六节	具有大边梁桥的荷载横向分布影响线计算 示例.....	125
第七节	橡胶支座对荷载横向分布影响的分析.....	130
第十章	刚接板、梁桥荷载横向分布按板计算原理.....	136
第一节	各向同性板的挠曲微分方程.....	136
第二节	刚接梁桥化作正交异性板的挠曲微分 方程.....	144
第三节	板的挠度计算方法.....	147
第四节	荷载横向分布的计算.....	150
第五节	按板和按梁系计算方法之间的关系.....	152
第十一章	内横梁弯矩的计算.....	155
第一节	内横梁跨中弯矩影响面模型试验结果.....	155
第二节	中横梁弯矩按梁系计算方法.....	160
第三节	中横梁弯矩计算示例.....	166
第十二章	各种体系的变截面的梁桥荷载横向分布近 似计算.....	169
第一节	主梁为变截面的简支梁桥.....	170
第二节	变截面悬臂梁桥.....	171
第三节	变截面连续梁桥.....	176
第四节	变截面框架桥.....	179
附录1.	简支梁桥横向影响线及分布系数计算 程序	181
附录2.	荷载横向分布系数和影响线表	196

一、铰接板、梁桥荷载横向分布系数 (Jm_c) 表	198
二、铰接板、梁桥荷载横向分布影响线 ($J\eta$) 表	207
三、刚接板、梁桥荷载横向分布系数 (Gm_c) 表	224
四、刚接板、梁桥按比拟板法计算的荷载横向分布系数 (Bm_c) 表	242
五、刚接板、梁桥荷载横向分布影响线 ($G\eta$) 表	250
六、刚接板、梁桥横向弯矩影响线 ($M\eta$) 表	385

第一部分 公路桥梁荷载横向分布 计算方法说明和示例

第一章 荷载横向分布计算方法概要

在这一章里，我们将结合我国实际首先介绍本书中作为分析对象的几种公路桥梁和城市道路桥梁的结构形式，主要是钢筋混凝土和预应力混凝土梁式桥。然后说明荷载横向分布、荷载横向分布影响线和荷载横向分布系数的意义。最后简述利用荷载横向分布系数来计算主梁活载内力的方法。

第一节 常用的公路梁式桥结构形式

常用的公路钢筋混凝土梁式桥，在桥孔方向的结构体系最多的是简支梁，其次是三孔式悬臂梁，再其次是连续梁。本书的论述主要针对简支梁桥，最后引伸于悬臂梁桥和连续梁桥，以及框架桥，见图 1-1。

桥孔结构，在小跨度例如10米以下通常采用板桥：由预制的实心或空心板（宽度1.0~1.5米）纵向铰接而成，称铰接板桥，或为现浇的整体式板桥。

跨度较大时，一般采用梁式桥，由主梁来支承桥面板。主梁的中心距离常为1.5~2.5米。它的截面形式为T形、I形或箱形，见图1-2。各个主梁截面多是相同的，但也有边梁不同的情形。在小跨度桥，主梁截面通常是沿桥不变的，在

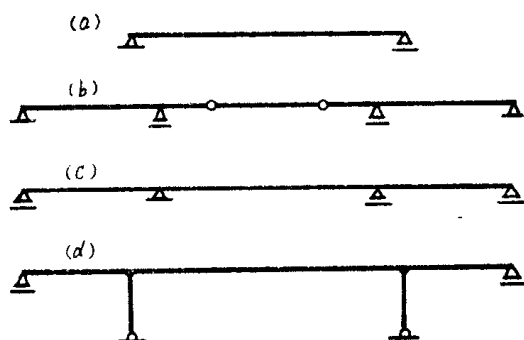


图1-1 (a)简支梁；(b)悬臂梁；(c)连续梁；(d)框架

大跨度桥则多是变化的，例如梁高、腹板厚度或翼缘板厚度有变化。书中的分析以主梁等截面和常截面的为基础，引伸于边梁不同和沿桥跨变截面的情况。

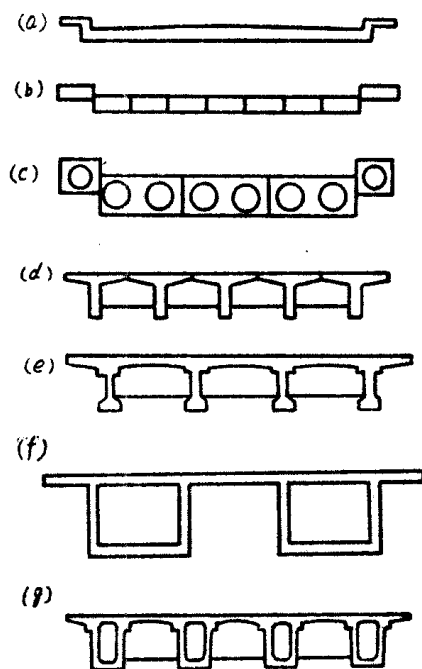


图1-2 (a)整体式板桥；(b)铰接实心板桥；(c)铰接空心板桥；(d)T梁桥；(e)工梁桥；(f)、(g)箱梁桥

桥道板结构有两种常用形式。在铰接T梁桥，相邻的预制T梁的翼缘是铰接的，桥面板为铰接悬臂板。另一种形式是与主梁刚接的沿桥宽为多跨的连续板。

梁桥中常在两端和跨间设置横梁，又称横隔梁或横隔板，用以加强桥孔结构的整体性，见图1-3。但为了施工方便，也有不设内横梁，甚至在小跨度梁桥不设端横梁的情形。

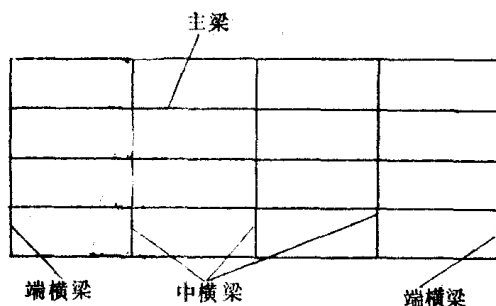


图 1-3

上述各种桥孔结构形式，在荷载横向分布计算中可以分成两大类：(1)铰接板桥和无内横梁的铰接梁桥。(2)整体式板桥和刚接板梁桥，其中桥面板和主梁、横梁都是刚接的，有内横梁的铰接梁桥也属于此。本书中将按照这个分类来阐述两种计算方法，并以后者为重点。

第二节 荷载横向分布影响线和荷载横向分布系数

在桥孔结构的设计计算中，例如简支梁桥，主要的内容是计算车辆荷载和人群荷载对主梁产生的弯矩 M 和剪力 Q ，前者是在桥跨中央截面处最大，后者则在靠桥端截面处最大。由于主梁一般地不是只有一根或两根，而是根数较多，并且和桥面板及横梁刚接起来了，要精确计算这种活载弯矩和活载剪力比较困难。所以在实际设计中采用了较为简便的

近似方法，即所谓荷载横向分布法。下面举两个例子来说明这个方法。

例一 一座跨度 $l=6.0$ 米，净宽 2.7 米的人行道桥，由两根预制钢筋混凝土梁上铺设预制钢筋混凝土板构成，截面如图 1-4 所示。人群荷载为 $p=300$ 公斤/平方米。现在来说明，按照荷载横向分布法怎样求主梁所受的人群荷载。

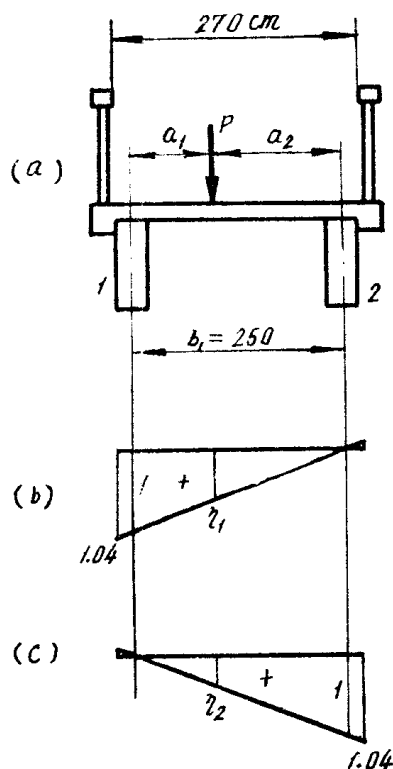


图 1-4

设桥上有一个行人荷载 P ，它与左边 1 号梁梁轴的距离为 $a_1=1.0$ 米、与右边 2 号梁梁轴距离为 $a_2=1.5$ 米，见图 1-4。 P 通过桥面板传递到主梁 1 和 2。主梁所承受的就是两

端为简支的桥面板的支承力:

$$R_1 = \frac{a_2}{b_1} P = \frac{1.5}{2.5} P = 0.6 P$$

$$R_2 = \frac{a_1}{b_1} P = \frac{1.0}{2.5} P = 0.4 P$$

这就是最简单的荷载横向分布: 桥面板把荷载沿桥的横向分布传递给主梁, 因为桥面板是两端简单支承于主梁上的, 所以是按杠杆原理进行分布。

设想 $P = 1$ 公斤或吨依次作用在不同的位置, 例如 $a_1 = 0, 1.0, 2.5$ 米, 则得到 1 号梁受的荷载 $R_1 = 1, 0.6, 0$ 公斤或吨。把这些 R_1 作为竖坐标分别绘在各该 a_1 位置下面, 并连接起来, 便形成 R_1 的亦即主梁 1 的荷载横向分布影响线, 这是一根直线, 如图 1-4 (b) 所示。同样得到 R_2 的影响线如图 1-4 (c)。本书将用 η 表示影响线的竖坐标。利用影响线可求得任意荷载 P 对主梁的横向分布

$$R_1 = \eta_1 P \quad R_2 = \eta_2 P$$

现在来求 1 号梁可能受到的最大人群荷载。它出现于当荷载横向分布影响线 R_1 为正号的桥宽上布满人群的时候, 其大小等于人群荷载强度乘荷载下的影响线面积 A_1 , 即

$$\max R_1 = A_1 p = \frac{1}{2} \cdot 1.04 \cdot 2.6 p$$

$$= 1.352 p = 1.352 \times 300 = 406 \text{ 公斤/米}$$

上式表示, 主梁可能受到的最大人群荷载 (1、2 号梁相同) 等于一米桥宽的人群荷载的 1.352 倍。这个倍数 1.352 就叫做人群荷载横向分布系数, 以后将用 m 来表示。

例二 一座简支的钢筋混凝土梁桥, 跨度 $l = 14.0$ 米, 桥宽为净-7, 有五根相同的常截面 T 形主梁、两根端横梁和三根内横梁。桥的截面见图 1-5 (a)。我们以汽车荷载为

例，说明它的车辆荷载横向分布。

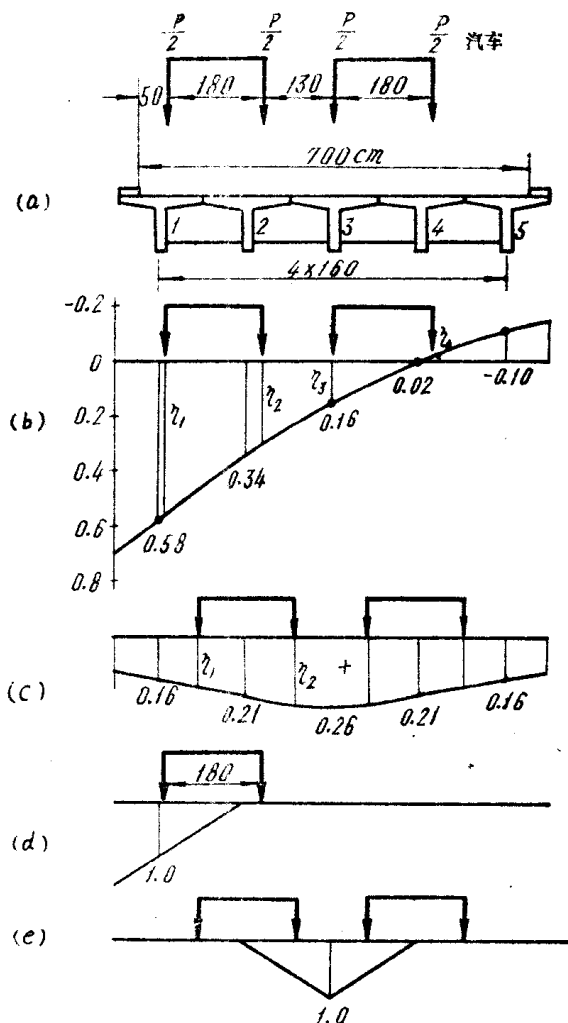


图 1-5

这里，桥面板和横梁把五根主梁刚接成了一个整体的桥孔结构。桥上车辆荷载不论在桥宽上什么位置，总是多少不等地使五根主梁受到影响，简单和形象的说法就是出现荷载

横向分布。科学试验和理论分析都表明，横向分布的大小与各主梁间的联接方式（铰接或刚接）有关，与断面的抗弯刚度及抗扭刚度有关，这些关系将在第二部分详细讨论；此外，在这种桥上，车辆荷载位于桥跨中央时的横向分布不同于它靠桥端时的情形。或者说，荷载横向分布是随着荷载沿桥跨的位置而有所不同的。下面就分别说明跨中荷载横向分布和桥端荷载横向分布，以及它沿桥跨的变化。

一、跨中荷载横向分布影响线和横向分布系数

我们以1号边梁和3号中梁为例。这里不象前一个例子，主梁的跨中荷载横向分布影响线不能按杠杆原理，而是要用以后另行介绍的方法来求得。我们把1号梁和3号梁的跨中荷载横向分布影响线绘于图1-5(b)和(c)。其中数字表示在1, 2, …… 5号梁轴下的影响线竖坐标值，例如1号边梁的0.58, 0.34, …… -0.10。这些数字即为单位荷载 $P = 1$ 吨分别作用在这些梁轴上时分布给1号梁的荷载吨数，其中最后一个具有负号，它表示1号梁受到的荷载不是向下（正）而是向上（负）的。中梁的荷载横向分布影响线则完全是正号而没有负号。这两个荷载横向分布影响线具有公路T梁桥的边梁和中梁的荷载横向分布影响线的一般特征。可以看出，二者的差别是很大的。

利用主梁的荷载横向分布影响线，可以求得由于车辆荷载和人群荷载，主梁可能受到的最大活载。以汽车荷载为例。设一辆汽车的轴压（前轴或后轴）为 P ，则轮压为 $P/2$ 。图1-5(a)上面表示出两列汽车荷载在桥孔中央时使1号主梁受到最大荷载时的位置（当最靠桥的左边时）。这时1号梁所受的荷载按图1-5(b)为 $\frac{P}{2}$ 乘其下的影响线竖坐标 $\eta_1, \dots$

η_4 之和:

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{P}{2}(\eta_1 + \eta_2 + \eta_3 + \eta_4) \\ &= \frac{1}{2}(0.56 + 0.31 + 0.16 - 0.01)P \\ &= 0.51 P \end{aligned}$$

对于 3 号中梁, 最不利的跨中汽车荷载位置则如图 1-5 (c) 所表示, 它是左右对称的。这时 3 号梁受到的最大汽车荷载为:

$$R_3 = \frac{P}{2} \cdot 2(0.18 + 0.24) = 0.42 P$$

上列计算表明, 主梁所受的最大车辆荷载可以用一列车辆的荷载乘一个系数来表示。这个系数就叫做车辆荷载横向分布系数 m 。以后将 m_c 表示荷载在跨中的情况, 并加用汽车、挂车、履带车、人群的第一个拼音字母 q 、 g 、 l 、 r 作用脚号, 以区别荷载的种类。这里是

$$1 \text{ 号梁的} \quad m_{cq} = 0.51$$

$$3 \text{ 号梁的} \quad m_{cq} = 0.42$$

二者不相等, 而且差别不小。

根据本例和前例对于车辆和人群荷载横向分布系数计算的介绍, 我们可以写出下列计算公式:

$$\text{汽车或履带车} \quad m_q = \frac{1}{2} \Sigma \eta_l \quad m_l = \frac{1}{2} \Sigma \eta$$

$$\text{挂车} \quad m_g = \frac{1}{4} \Sigma \eta \quad (1-1)$$

$$\text{人群} \quad m_r = A_\eta$$

其中 $\Sigma \eta$ 表示所有轮压下的荷载横向分布影响线之和, A_η 表示人群荷载下的影响线面积。挂车的轴压分成四个轮