

现代桥梁结构分析

贾拴海 王青 张翔 魏崇向

陕西人民教育出版社

现代桥梁结构分析

贺栓海
张翔



陕西人民教育出版社

现代桥梁结构分析

贺栓海 李子青 著
张翔 魏崇向

责任编辑:孙守增

陕西人民教育出版社
西安长安南路南段 376 号
西安三环印刷厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 8.600 字数 249.3 千字

1993 年 9 月第 1 版 1993 年 9 月第 1 次印刷

印数 1—1000

ISBN7—5419—4960—4/G·4278 定价:9.00 元

前 言

随着结构分析方法的不断革新,许多学者对桥梁结构的分析做了卓有成效的工作。在近几年的科研教学工作实践中,作者在桥梁结构分析上作了许多大胆的探讨,提出许多个人的见解和简单实用的分析方法,用来解决复杂的结构分析问题。在书中,虽然所用的一些力学原理都是大家所熟悉的,但将其怎样具体应用到桥梁结构分析上,也许读过这本书的人能够从中得到启示。

本书共七章,每章介绍一种分析方法,解决几个实际问题。第一章介绍教科书中所不介绍的几种桥型的荷载横向分配问题,其中包括曲线梁(板)桥,斜交桥和刚架桥。并讨论了泊松比对荷载横向分布的影响及考虑此影响的实用计算方法。第二章介绍桥梁结构分析的能量法,具体讨论能量法在简支梁、连续梁、弯梁桥及预应力设计中的应用,还提出了用能量法分析无梁板桥的方法。第三章介绍结构分析的传递矩阵法,将有限条法和传递矩阵法有机地结合起来,对横向刚接和铰接的梁(板)桥、曲线桥作了具体分析。第四章介绍子结构法,该法适于连续梁、连续刚架、连拱等连续结构,方法概念清晰,便于实用。第五章介绍变形协调法,对系杆拱桥、悬索吊桥、斜拉桥等桥型作了具体分析。第六章介绍混凝土梁桥的非线性分析方法,包括梁(板)桥的几何非线性分析和几何、材料双重非线性承载力分析。第七章介绍拱桥、刚架桥等具有推力的桥梁结构的大变形内力分析方法,推力结构的大变形内力分析还是一个新课题,作者遵循由浅入深的原则,逐步加深读者对这一分析方法的理解决。书中附有大量算例。对混凝土梁桥非线性承载力分析和拱

桥大变形内力分析等需要计算机求解的问题均给出了求解电算程序框图,限于篇幅,源程序没有给出,有需要的读者,可直接与作者联系。

本书是作者近年来从事这方面科学研究的结果,书中的一些章节还保持有科研论文(报告)的风格,使读者耳目一新。

本书第一、二、三章由贺栓海编写,第四章由张翔、李子青合编,第五章由李子青、魏崇向合编,第六章由李子青、王亚君合编,第七章由李子青、贺栓海编写,全书由贺栓海、李子青统筹组写。尽管作者、编辑反复校正,难免还会存在疏漏,甚至可能会有错误,希望读者同志予以指出。

作者 1993年5月于西安

目 录

第一章	桥梁荷载横向分配	(1)
第一节	弯梁桥——刚接梁法.....	(1)
第二节	斜交桥——铰接板(梁)法,刚接梁法.....	(12)
第三节	刚架桥——等代刚度 G—M 法	(20)
第四节	考虑泊松比影响的桥梁荷载横向分布理论 及其实用计算方法	(27)
第二章	能量法及其应用	(38)
第一节	简支梁的级数解法	(38)
第二节	连续梁的级数解法	(40)
第三节	弯梁桥的级数解法	(44)
第四节	能量法在预应力设计中的应用	(50)
第五节	计算程序设计及实例分析	(55)
第六节	无梁板桥分析	(60)
第三章	传递矩阵法	(72)
第一节	结构静力、动力及稳定问题的传递矩阵法.....	(72)
第二节	横向刚性连接的简支梁(板)桥	(80)
第三节	横向铰接的简支梁(板)桥	(94)
第四节	曲桥分析.....	(103)
第五节	分析实例.....	(113)
第四章	子结构法	(117)
第一节	梁式子结构刚度矩阵.....	(117)
第二节	拱式变截面子结构刚度矩阵.....	(122)

第三节	变截面桥墩子结构刚度矩阵.....	(125)
第四节	子结构等效节点力列阵.....	(128)
第五节	整体分析及程序设计.....	(135)
第六节	大跨径桥梁结构分析的数值算法.....	(136)

第五章 变形协调法..... (153)

第一节	系杆拱桥.....	(153)
第二节	悬索吊桥.....	(165)
第三节	斜拉桥.....	(178)

第六章 砗桥的非线性分析..... (184)

第一节	几何非线性的有限条法.....	(184)
第二节	非线性承载力的有限元法.....	(193)
第三节	模型试验简介及数值算例.....	(221)

第七章 推力结构的大变形理论 (229)

第一节	拱桥设计理论的发展.....	(229)
第二节	拱在特定荷载作用下的大变形内力.....	(235)
第三节	$I_x = I/\cos \alpha$ 时拱的大变形内力通解.....	(243)
第四节	抛物线拱的解析解.....	(251)
第五节	拱桥大变形内力分析.....	(259)
第六节	刚架桥大变形内力分析.....	(269)
参考文献.....		(277)

第一章 桥梁荷载横向分配

简支体系梁桥的荷载横向分配问题已有较成熟的分析计算方法。当荷载位于支点附近时,可用杠杆原理法计算;当荷载位于跨中时,可根据桥面板连接的刚度大小和桥梁的宽跨比大小不同而采用偏心压力法,铰接板(梁)法,刚接梁法及比拟正交异性板法($G-M$ 法)来进行计算,且《桥梁工程》教科书中已对荷载横向分配沿桥纵向的变化作了阐述。对于变载面简支梁,悬臂梁和连续梁的荷载横向分配计算可通过等代刚度来转换成同跨径简支梁来分析。本章将主要讨论弯桥、斜桥、刚架桥的荷载横向分配问题,并讨论泊松比对荷载横向分配的影响及考虑此影响时的实用计算方法。

第一节 弯梁桥—刚接梁法

弯梁桥的横向分布计算问题,一直是国内外学者所关心的。本节将从直线梁桥中的刚接梁法原理入手,来寻求这一问题较精确的实用计算方法。

一、基本理论

不考虑截面翘曲影响时,单根曲线梁的基本关系式为:

$$M = EJ \left(\frac{d^2 w}{ds^2} + \frac{\varphi}{R} \right) \quad (1-1-1a)$$

$$T = GJ_T \frac{d\varphi}{ds} \quad (1-1-1b)$$

$$t = -\frac{M}{R} - \frac{dT}{ds} \quad (1-1-1c)$$

$$P = \frac{d^2 M}{ds^2} + \frac{1}{R} \frac{dT}{ds} \quad (1-1-1d)$$

$$\frac{d\varphi}{ds} = \frac{d\varphi}{ds} - \frac{1}{R} \frac{dw}{ds} \quad (1-1-1e)$$

式中: M 、 T 、 t 、 P ——分别为梁的弯矩、扭矩、扭转外力及垂直外力。

EJ, GJ_T, R, S ——分别为梁的抗弯、抗扭刚度、半径及曲线长。

φ, w ——分别为梁的实际扭角及挠度。

由式(1-1-1c,d)得:

$$\frac{d^2 M}{ds^2} + \frac{M}{R^2} = - \left(P + \frac{t}{R} \right) \quad (1-1-1f)$$

将式(1-1-1a)代入(1-1-1f), (1-1-1a,b)代入(1-1-1c)并结合(1-1-1e)式即可求出曲线梁在不计翘曲影响时的平衡微分方程式:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^4 w}{ds^4} + \frac{1}{R^2} \frac{d^2 w}{ds^2} + \frac{1}{R} \frac{d^2 \varphi}{ds^2} + \frac{\varphi}{R^3} &= \frac{1}{GJ} \left(P + \frac{t}{R} \right) \\ \frac{d^2 \varphi}{ds^2} + \frac{k+2}{R^2} \varphi + \frac{k+1}{R} \frac{d^2 w}{ds^2} &= - \frac{t}{GJ_T} \end{aligned} \right\} \quad (1-1-2)$$

式中: $K = - \frac{EJ}{GJ_T}$

单根简支曲线梁在傅里叶正弦级数荷载作用下的计算公式为:

$$\left. \begin{aligned} P(s) &= \sum_{n=1}^{\infty} p_n \sin \frac{n\pi s}{l} \\ t(s) &= \sum_{n=1}^{\infty} t_n \sin \frac{n\pi s}{l} \\ \omega(s) &= \sum_{n=1}^{\infty} \omega_n \sin \frac{n\pi s}{l} \\ \varphi(s) &= \sum_{n=1}^{\infty} \varphi_n \sin \frac{n\pi s}{l} \end{aligned} \right\} \quad (1-1-3a)$$

式中: $p_n, t_n, \omega_n, \varphi_n$ 为傅里叶系数。

将式(1-1-3a)代入(1-1-2)中,联立解得:

$$\left. \begin{aligned} \omega_n &= \frac{1}{(\lambda^2 - 1)^2 EJ} \left[\left(1 + \frac{K}{\lambda^2} \right) p_n R^4 + (1 + K) t_n R^3 \right] \\ \varphi_n &= \frac{1}{(\lambda^2 - 1)^2 EJ} \left[(1 + K) p_n R^3 + (1 + \lambda^2 k) t_n R^2 \right] \end{aligned} \right\} \quad (1-1-3b)$$

式中: $\lambda = n\pi/\beta$, β 为张开角。

如果两端简支的曲线梁上仅作用一个单位半波正弦荷载 $P(s) = 1 \cdot \sin \frac{\pi s}{l}$, 由式(1-1-3a)可知, 梁的挠度 $w(s)$ 及转角 $\varphi_p(s)$ 的表达式也应是半波正弦函数的形式, 即:

$$w(s) = w \sin \frac{\pi s}{l}; \quad \varphi_p(s) = \varphi_p \sin \frac{\pi s}{l};$$

由于此时 $p_n = 1, t_n = 0, n = 1$, 则由式(1-1-3b)可得:

$$\left. \begin{aligned} w &= \frac{1}{(\lambda^2 - 1)^2 EJ} (1 + \frac{K}{\lambda^2}) R^4 \\ \varphi_p &= \frac{1}{(\lambda^2 - 1)^2 EJ} (1 + K) R^3 \end{aligned} \right\} \quad (1-1-4a)$$

同理, 当梁上作用一个单位半波正弦扭转荷载 $t(s) = 1 \cdot \sin \frac{\pi s}{l}$, 则梁所产生的挠度 $w_t(s)$ 及转角 $\varphi(s)$ 可写为:

$$w_t(s) = w_t \sin \frac{\pi s}{l}; \quad \varphi(s) = \varphi \sin \frac{\pi s}{l};$$

由于此时 $p_n = 0, t_n = 1, n = 1$, 则由式(1-1-3b)有:

$$\left. \begin{aligned} w_t &= \frac{1}{(\lambda^2 - 1)^2 EJ} (1 + K) R^3 \\ \varphi &= \frac{1}{(\lambda^2 - 1)^2 EJ} (1 + \lambda^2 K) R^2 \end{aligned} \right\} \quad (1-1-4b)$$

显然有: $\varphi_p = w_t$

在 $s = l/2$ 处(跨中截面), 显然存在下列关系:

$$\left. \begin{aligned} w(l/2) &= w \\ \varphi_p(l/2) &= w_t(l/2) = \varphi_p = w_t \\ \varphi(l/2) &= \varphi \end{aligned} \right\} \quad (1-1-5)$$

二、建立正则方程

(一) 正则方程

取如图 1-1-1a 所示的图式为计算模式, 把翼缘板的连接处切开(如图 1-1-1b 所示), 由于假定为刚接, 故在每个切口处存在二个赘余力, 即竖向剪力和横向弯矩。由结构力学理论可知, 如图 1-1-1b 所示的基本结构的正则方程式为:

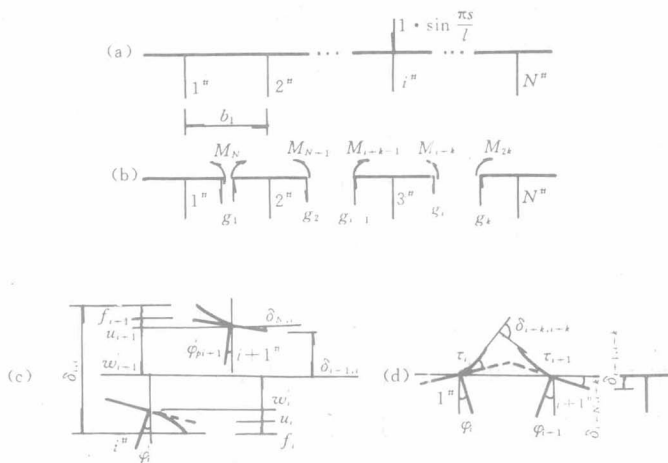


图 1-1-1

$$\begin{bmatrix} [\delta_{11}] & [\delta_{12}] \\ [\delta_{21}] & [\delta_{22}] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{g\} \\ \{M\} \end{Bmatrix} = - \begin{Bmatrix} \{\Delta\}_{gP} \\ \{\Delta\}_{mP} \end{Bmatrix} \quad (1-1-6)$$

式中 $\{g\}$ 、 $\{\Delta\}_{gP}$ 、 $\{\Delta\}_{mP}$ 的物理意义是：

$[\delta]_{11}$ 、 $[\delta]_{22}$ 表示在基本结构中各切口处单位竖向剪力(横向弯矩)在各切口处产生的相对竖向位移(转角)。

$[\delta]_{12}$ 、 $[\delta]_{21}$ 表示在基本结构中各切口处单位横向弯矩(竖向剪力)在各切口处产生的相对竖向位移(转角)。

$\{\Delta\}_{gP}$ 、 $\{\Delta\}_{mP}$ 表示在基本结构中各切口处外荷载在各切口处产生的竖向位移(转角)

图 1-1-1 中：

$$\left. \begin{aligned} k &= N-1, i=1, 2, \dots, k \\ \mu_i &= \frac{b_1}{2}(\varphi_{pi} + \frac{b_1}{2}g_i) \approx \varphi_i \\ W'_i &= W_i + \frac{b_1}{2}W_u \\ \varphi'_{pi} &= \varphi_{pi} + \frac{b_1}{2}\varphi_i \end{aligned} \right\} \quad (1-1-7)$$

$$\delta_{i+k,i} = -\bar{\phi}(w_i + w_{i+1}) + \frac{b_1}{2}(\varphi_i + \varphi_{i+1})$$

(二) 计算 $[\delta]$ 矩阵中的各系数 $-(w_{i+1} - w_i) + \frac{b_1}{2}(\varphi_i - \varphi_{i+1})$

规定位移的方向与力作用的方向相同时为正,反之为负,并设 N 为主梁片数。

1. 由于在同一切口左右两边作用的 M 是对称的,而 g 是反对称的(参看图 1-1-1b),故有:

$$\delta_{i,i+k} = \delta_{i+k,i} = 0 \quad (1-1-8a)$$

式中: $k = N - 1, i = 1, 2, \dots, k$

2. 计算主系数(参看图 1-1-1c, d)。

$$\left. \begin{aligned} \delta_{i,i} &= w_i + w_{i+1} \cdot \frac{b_1}{2} + u_i + f_i \\ &+ w_{i+1} + w_{i+1} \cdot \frac{b_1}{2} + u_{i+1} + f_{i+1} \\ &= w_i + w_{i+1} + b_1(w_i + w_{i+1}) \\ &+ \left(\frac{b_1}{2}\right)^2(\varphi_i + \varphi_{i+1}) + f_i + f_{i+1} \end{aligned} \right\} \quad (1-1-8b)$$

$$\delta_{i+k,i+k} = \varphi_i + \varphi_{i+1} + \tau_i + \tau_{i+1}$$

式中: $k = N - 1, i = 1, 2, \dots, k$

3. 计算不应为零的付系数(参看图 1-1-1c, d)。

$$\left. \begin{aligned} \delta_{i+1,i} &= - \left[w_{i+1} + w_{i+1} \frac{b_1}{2} - \frac{b_1}{2}(\varphi_{i+1} + \frac{b_1}{2}\varphi_{i+1}) \right] \\ &= -w_{i+1} + \left(\frac{b_1}{2}\right)^2\varphi_{i+1} = \delta_{i,i+1} \\ \delta_{i+k,i+1} &= \varphi_{i+1} + \varphi_{i+1} \frac{b_1}{2} = \delta_{i+1,i+k} \\ \delta_{i+N,i+k} &= -\varphi_{i+1} = \delta_{i+k,i+N} \\ \delta_{i+N,i} &= -\delta_{i+k,i+1} \end{aligned} \right\} \quad (1-1-8c)$$

式中: $k = N - 1, i = 1, 2, \dots, k - 1$

4. 其余的付系数均为零,因为对于非相邻梁位,如切口 i 处的超静定内力对切口 $i + 2$ 处不产生变形和转角,反之亦然。

式中: $w_i, \varphi_i, (w_{i+1}, \varphi_{i+1})$ 表示单位剪力(扭矩)作用在第 i 片梁的跨中时所

引起的跨中挠度及扭角。

5. 关于 f_i, τ_i 的计算

f_i 的物理意义是:单位竖向力作用在第 i 片梁的悬臂板端所引起的板端弹性挠度。如图 1-1-2a > 所示。

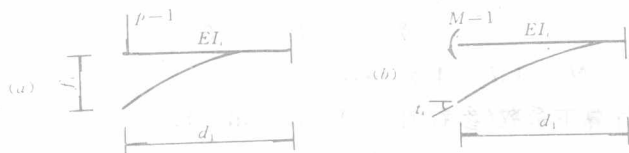


图 1-1-2

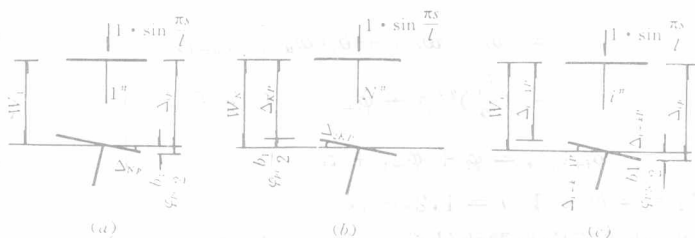


图 1-1-3

其计算公式为:

$$f_i = \frac{d_1^3}{3EI_i} \quad (1-1-9a)$$

式中: I_i ——表示第 i 片梁单位悬臂板宽的抗弯惯矩, 当有横隔梁时, 可用横向的抗弯惯矩除以横梁间距。

d_1 ——表示相邻两片主梁梁肋的净距之半。

τ_i 的物理意义是:单位力偶作用在第 i 片梁的悬臂板端时, 板端所引起的转角。如图 1-1-2b > 所示, 计算公式为:

$$\tau_i = \frac{d_1}{EI_i} \quad (1-1-9b)$$

(二) 计算 $\{\Delta\}_{gP}, \{\Delta\}_{MP}$

当 $P=1$ 分别作用在第一片梁、第 N 片梁及第 i 片梁时,如图 1-1-3 a>, b>, c> 所示:

$$\left. \begin{aligned} 1 \text{ 号梁: } \quad \Delta_{1p} &= w_1 + \varphi_{p1} \frac{b_1}{2} \\ \Delta_{Np} &= -\varphi_{p1} \end{aligned} \right\} \quad (1-1-10a)$$

$$\left. \begin{aligned} N \text{ 号梁: } \quad \Delta_{kp} &= -(w_N - \varphi_{pN} \frac{b_1}{2}) \\ \Delta_{2kp} &= \varphi_{pN} \end{aligned} \right\} \quad (1-1-10b)$$

$$\left. \begin{aligned} i \text{ 号梁: } \quad \Delta_{i-1,p} &= -(w_i - \varphi_{pi} \frac{b_1}{2}) \\ \Delta_{ip} &= w_i + \varphi_{pi} \frac{b_1}{2} \\ \Delta_{i+k-1,p} &= -\varphi_{pi} \\ \Delta_{i+k,p} &= \varphi_{pi} \end{aligned} \right\} \quad (1-1-10c)$$

矩阵 $\{\Delta\}$ 的其余各项均为零。

(三) $[\delta]$, $\{\Delta\}$ 中各系数的具体计算公式

将式(1-1-5), (1-1-9a, b) 代入式 (1-1-8b, c) 及 (1-1-10a, b, c) 中, 则可得:

$$\left. \begin{aligned} \delta_{i,i} &= c \left\{ \left[R_i^2 + b_1 R_i + \frac{b_1^2}{4} + \left(\frac{R_i^2}{\lambda^2} + b_1 R_i + \frac{b_1^2}{4} \lambda^2 \right) k_i \right] A_i \right. \\ &\quad + \left[R_{i+1}^2 + b_1 R_{i+1} + \frac{b_1^2}{4} + \left(\frac{R_{i+1}^2}{\lambda^2} + b_1 R_{i+1} \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{b_1^2}{4} \lambda^2 \right) k_{i+1} \right] A_{i+1} \left. \right\} + \frac{d_1^3}{3} \left(\frac{1}{EI_i} + \frac{1}{EI_{i+1}} \right) \\ \delta_{i+k,i+k} &= c \left[(1 + \lambda^2 k_i) A_i + (1 + \lambda^2 k_{i+1}) A_{i+1} \right] \\ &\quad + d_1 \left(\frac{1}{EI_i} + \frac{1}{EI_{i+1}} \right) \end{aligned} \right\} \quad (1-1-11a)$$

式中: $k = N - 1, i = 1, 2, \dots, k$

$$\left. \begin{aligned} \delta_{i+1,i} &= -c \left[(1 + \frac{k_{i+1}}{\lambda^2}) R_{i+1}^2 - \frac{b_1^2}{4} (1 + \lambda^2 k_{i+1}) \right] A_{i+1} \\ \delta_{i+k,i+1} &= c \left[(1 + k_{i+1}) R_{i+1} + \frac{b_1}{2} (1 + \lambda^2 k_{i+1}) \right] A_{i+1} \\ \delta_{i+N,i+k} &= -c (1 + \lambda^2 k_{i+1}) A_{i+1} \\ \delta_{i+N,i} &= -\delta_{i+k,i+1} \end{aligned} \right\} \quad (1-1-11b)$$

且有 $\delta_{ij} = \delta_{ji}$

式中: $c = \frac{1}{(\lambda^2 - 1)^2}$, $A_i = \frac{R_i^2}{EJ_i}$

$k = N - 1, i = 1, 2, \dots, k - 1$

1号梁: $\left. \begin{aligned} \Delta_{1p} &= c \left[(1 + \frac{k_1}{\lambda^2}) R_1^2 + \frac{b_1}{2} (1 + k_1) R_1 \right] A_1 \\ \Delta_{Np} &= -c [1 + k_1] R_1 A_1 \end{aligned} \right\} \quad (1-1-12a)$

N号梁: $\left. \begin{aligned} \Delta_{kp} &= -c \left[(1 + \frac{k_N}{\lambda^2}) R_N^2 - \frac{b_1}{2} (1 + k_N) R_N \right] A_N \\ \Delta_{2kp} &= c [1 + k_N] R_N A_N \end{aligned} \right\} \quad (1-1-12b)$

i号梁: $\left. \begin{aligned} \Delta_{i-1,p} &= -c \left[(1 + \frac{k_i}{\lambda^2}) R_i^2 - \frac{b_1}{2} (1 + k_i) R_i \right] A_i \\ \Delta_{ip} &= c \left[(1 + \frac{k_i}{\lambda^2}) R_i^2 + \frac{b_1}{2} (1 + k_i) R_i \right] A_i \\ \Delta_{i+k-1,p} &= -c (1 + k_i) R_i A_i \\ \Delta_{i+kp} &= -\Delta_{i+k-1,p} \end{aligned} \right\} \quad (1-1-12c)$

式中: $k = N - 1, i = 1, 2, \dots, k$

(四)、建立矩阵 $[\delta]$ 及 $\{\Delta\}$

将式(1-1-11)代入式(1-1-6)中的左端系数项,其余各项为零,即得如图(1-1-1b)所示的基本结构下的系数矩阵 $[\delta]$,将式(1-1-12a)或(1-1-12b)或(1-1-12c)代入式(1-1-6)中的右端,即得基本结构中荷载系数矩阵 $\{\Delta\}$ 。

三、横向分布影响线

在解方程(1-1-6)式求出 $\{g\}$ 及 $\{M\}$ 后,通过静力平衡关系即可求得各片主梁的竖向力分配值及扭矩分配值。例如当外荷载 $p=1$ 作用在1号梁时,各片主梁所分配到的竖向力及扭矩为:

$$\begin{aligned}\eta_{11} &= 1 + g_1, & \bar{\eta}_{11} &= M_{N+1} \\ \eta_{12} &= g_2 - g_1, & \bar{\eta}_{12} &= M_{N+2} - M_{N+1} \\ \eta_{13} &= g_3 - g_2, & \bar{\eta}_{13} &= M_{N+3} - M_{N+2} \\ \eta_{1i} &= g_i - g_{i-1}, & \bar{\eta}_{1i} &= M_{N+i} - M_{N+i-1} \\ \eta_{1N} &= -g_N, & \bar{\eta}_{1N} &= -M_{2N}\end{aligned}$$

式中: $\bar{\eta}_{ik}, \eta_{ik}$ 分别表示荷载作用在第 i 片梁时,第 k 片梁所分配到的扭矩值及竖向力值。值得注意的是:在曲线梁桥中,由于各片梁的计算跨径不同和弯扭耦合作用,故不存在类似于直线梁桥中由变位互等导出的关系式: $\eta_{ik} = \eta_{ki}$,亦即此时某片主梁的影响线值已不存在叠加性,

即: $\sum_{i=1}^N \eta_{ki} \neq 1$ 。但必有下列关系:

$$\sum_{i=1}^N \eta_{ik} = \eta_{1k} + \eta_{2k} + \cdots + \eta_{nk} = 1 \quad (1-1-13)$$

$$\sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^N \eta_{ki} = \sum_{i=1}^N \eta_{1i} + \sum_{i=1}^N \eta_{2i} + \cdots + \sum_{i=1}^N \eta_{ni} = N \quad (1-1-14)$$

因此,可以利用式(1-1-13)及(1-1-14)对竖向荷载横向分布影响线坐标值进行校核工作。

四、程序设计及计算示例

根据以上所推导的计算公式,可按图1-1-4所示框图编写电算程序,在微机上进行弯梁桥的荷载横向分布计算,以减轻手算工作。

计算如图1-1-5所示的5片等截面预应力混凝土平面曲线简支梁桥的荷载横向分布,有5根横隔梁, $E = 3.5 \times 10^6 t/m^2$, $G = 1.5 \times 10^6 t/m^2$, $J = 0.24015 m^4$, $J_T = 0.432 \times 10^{-2} m^4$, $I = 0.020 m^4$ 。

通过计算,现将结果列入表1-1-1~3中。其中,表1-1-1为跨中挠度横向影响线坐标值,表1-1-2为竖向荷载横向分布影响线坐

标值,表 1-1-3 为扭矩影响线坐标值。

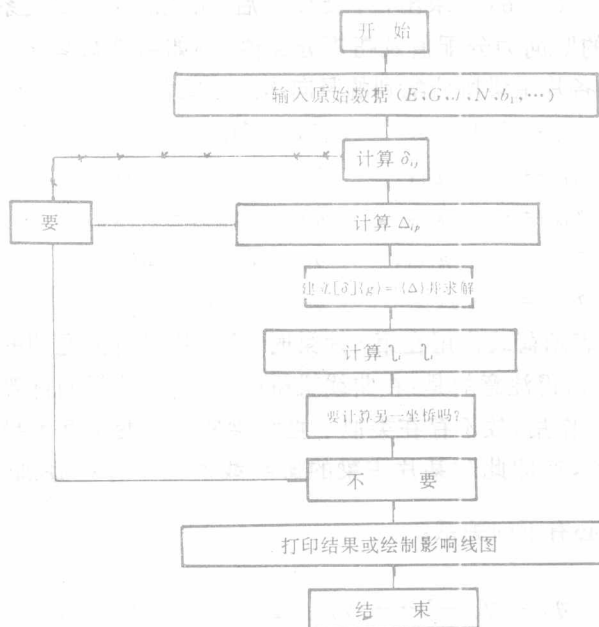


图 1-1-4 程序框图

表 1-1-1 挠度影响线坐标 (w) (mm)

梁 号	载 位				
	1	2	3	4	5
1	1.0788	0.8027	0.5368	0.2712	0.0161
2	0.8027	0.6095	0.4144	0.2317	0.0481
3	0.5368	0.4144	0.3022	0.1905	0.0799
4	0.2712	0.2317	0.1905	0.1523	0.1118
5	0.0169	0.0481	0.0799	0.1118	0.1434