



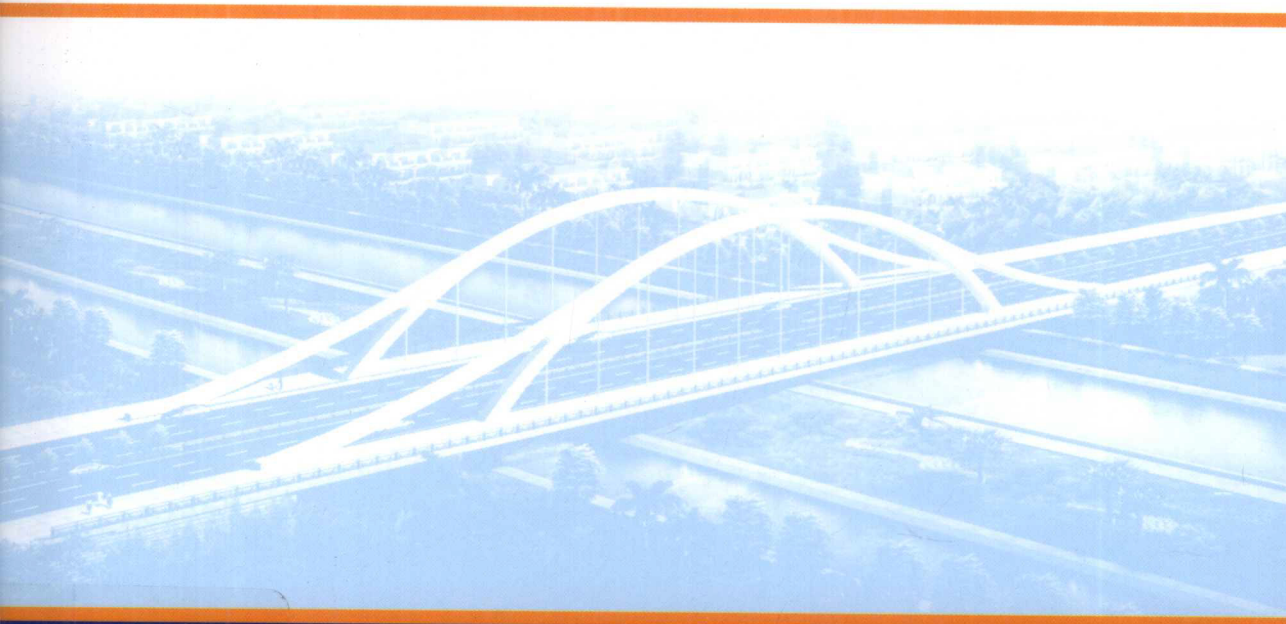
21世纪交通版高等学校教材

# 桥梁结构电算

*Computing for Bridge Structures*

(第二版)

石志源 主编



人民交通出版社  
China Communications Press

21 世纪交通版高等学校教材

Computing for Bridge Structures

# 桥梁结构电算

(第二版)

石志源 主编

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书系统讲述桥梁结构电算中的断面几何特性计算、钢筋混凝土构件计算、梁桥荷载横向分布计算和桥梁结构静力计算程序。每个章节都讲述计算原理、编程框图和两种不同编程语言(RORTRAN 语言和 C 语言)的源程序语句,并给出工程应用示例。

本书可作为高等院校土木工程专业、道路桥梁与渡河工程专业桥梁方向本科生教学用书,也可供相关专业工程技术人员参考应用。

### 图书在版编目(CIP)数据

桥梁结构电算/石志源主编. —2 版. —北京:

人民交通出版社,2010.8

ISBN 978-7-114-07870-5

I. ①桥… II. ①石… III. ①桥梁结构—计算机辅助计算 IV. ①U441-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 043135 号

21 世纪交通版高等学校教材

书 名: 桥梁结构电算(第二版)

著 作 者: 石志源

责任编辑: 曲 乐 王文华

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.cepress.com.cn>

销售电话: (010)59757969,59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京盈盛恒通印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 17.75

字 数: 432 千

版 次: 1987 年 9 月 第 1 版

2010 年 8 月 第 2 版

印 次: 2010 年 8 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-07870-5

定 价: 35.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

## 21 世纪交通版

### 高等学校教材(公路与交通工程)编审委员会

顾问:王秉纲 (长安大学)

主任委员:沙爱民 (长安大学)

副主任委员:(按姓氏笔画排序)

王 炜 (东南大学)

陈艾荣 (同济大学)

徐 岳 (长安大学)

梁乃兴 (重庆交通大学)

韩 敏 (人民交通出版社)

委员:(按姓氏笔画排序)

马松林 (哈尔滨工业大学)

王殿海 (吉林大学)

叶见曙 (东南大学)

石 京 (清华大学)

向中富 (重庆交通大学)

关宏志 (北京工业大学)

何东坡 (东北林业大学)

陈 红 (长安大学)

邵旭东 (湖南大学)

陈宝春 (福州大学)

杨晓光 (同济大学)

吴瑞麟 (华中科技大学)

陈静云 (大连理工大学)

赵明华 (湖南大学)

项贻强 (浙江大学)

郭忠印 (同济大学)

袁剑波 (长沙理工大学)

黄晓明 (东南大学)

符锌砂 (华南理工大学)

裴玉龙 (哈尔滨工业大学)

颜东煌 (长沙理工大学)

秘书长:沈鸿雁 (人民交通出版社)

# 总 序

当今世界,科学技术突飞猛进,全球经济一体化趋势进一步加强,科技对于经济增长的作用日益显著,教育在国家经济与社会发展中所处的地位日益重要。进入新世纪,面对国际国内经济与社会发展所出现的新特点,我国的高等教育迎来了良好的发展机遇,同时也面临着巨大的挑战,高等教育的发展处在一个前所未有的重要时期。其一,加入 WTO,中国经济已融入到世界经济的发展进程之中,国家间的竞争更趋激烈,竞争的焦点已更多地体现在高素质人才的竞争上,因此,高等教育所面临的是全球化条件下的综合竞争。其二,我国正处在由计划经济向社会主义市场经济过渡的重要历史时期,这一时期,我国经济结构调整将进一步深化,对外开放将进一步扩大,改革与实践必将提出许多过去不曾遇到的新问题,高等教育面临加速改革以适应国民经济进一步发展的需要。面对这样的形势与要求,党中央国务院提出扩大高等教育规模,着力提高高等教育的水平与质量。这是为中华民族自立于世界民族之林而采取的极其重大的战略步骤,同时,也是为国家未来的发展提供基础性的保证。

为适应高等教育改革与发展的需要,早在 1998 年 7 月,教育部就对高等学校本科专业目录进行了第四次全面修订。在新的专业目录中,土木工程专业扩大了涵盖面,原先的公路与城市道路工程,桥梁工程,隧道与地下工程等专业均纳入土木工程专业。本科专业目录的调整是为满足培养“宽口径”复合型人才的要求,对原有相关专业本科教学产生了积极的影响。这一调整是着眼于培养 21 世纪社会主义现代化建设人才的需要而进行的,面对新的变化,要求我们对人才的培养规格、培养模式、课程体系和内容都应作出适时调整,以适应要求。

根据形势的变化与高等教育所提出的新的要求,同时,也考虑到近些年来公路交通大发展所引发的需求,人民交通出版社通过对“八五”、“九五”期间的路桥及交通工程专业高校教材体系的分析,提出了组织编写一套 21 世纪的具有鲜明交通特色的高等学校教材的设想。这一设想,得到了原路桥教学指导委员会几乎所有成员学校的广泛响应与支持。2000 年 6 月,由人民交通出版社发起组织全国面向交通办学的 12 所高校的专家学者组成 21 世纪交通版高等学校教材(公路类)编审委员会,并召开第一次会议,会议决定着手组织编写土木工程专业具有交通特色的道路专业方向、桥梁专业方向以及交通工程专业教材。会议经过充分研讨,确定了包括基本知识技能培养层次、知识技能拓宽与提高层次以及教学辅助层次在内的约 130 种教材,范围涵盖本科与研究生用教材。会后,人民交通出版社开始了细致的教材编写组织工作,经过自由申报及专家推荐的方式,近 20 所高校的百余名教授承担约 130 种教材的主编工作。2001 年 6 月,教材编委会召开第二次会议,全面审定了各门教材主编院校提交的教学大纲,之后,编写工作全面展开。

21 世纪交通版高等学校教材编写工作是在本科专业目录调整及交通大发展的背景下展开的。教材编写的基本思路是:(1)顺应高等教育改革的形势,专业基础课教学内容实现与土木工程专业打通,同时保留原专业的主干课程,既顺应向土木工程专业过渡的需要,又保持服务公路交通的特色,适应宽口径复合型人才培养的需要。(2)注重学生基本素质、基本能力的

培养,为学生知识、能力、素质的综合协调发展创造条件。基于这样的考虑,将教材区分为二个主层次与一个辅助层次,即基本知识技能培养层次与知识技能拓宽与提高层次,辅助层次为教学参考用书。工作的着力点放在基本知识技能培养层次教材的编写上。(3)目前,中国的经济发展存在地区间的不平衡,各高校之间的发展也不平衡,因此,教材的编写要充分考虑各校人才培养规格及教学需求多样性的要求,尽可能为各校教学的开展提供一个多层次、系统而全面的教材供给平台。(4)教材的编写在总结“八五”、“九五”工作经验的基础上,注意体现原创性内容,把握好技术发展与教学需要的关系,努力体现教育面向现代化、面向世界、面向未来的要求,着力提高学生的创新思维能力,使所编教材达到先进性与实用性兼备。(5)配合现代化教学手段的发展,积极配套相应的教学辅件,便利教学。

教材建设是教学改革的重要环节之一,全面做好教材建设工作,是提高教学质量的重要保证。本套教材是由人民交通出版社组织,由原全国高等学校路桥与交通工程教学指导委员会成员学校相互协作编写的一套具有交通出版社品牌的教材,教材力求反映交通科技发展的先进水平,力求符合高等教育的基本规律。各门教材的主编均通过自由申报与专家推荐相结合的方式确定,他们都是各校相关学科的骨干,在长期的教学与科研实践中积累了丰富的经验。由他们担纲主编,能够充分体现教材的先进性与实用性。本套教材预计在二年内完全出齐,随后,将根据情况的变化而适时更新。相信这批教材的出版,对于土木工程框架下道路工程、桥梁工程专业方向与交通工程专业教材的建设将起到有力的促进作用,同时,也使各校在教材选用方面具有更大的空间。需要指出的是,该批教材中研究生教材占有较大比例,研究生教材多具有较高的理论水平,因此,该套教材不仅对在校学生,同时对于在职学习人员及工程技术人员也具有很好的参考价值。

21世纪初叶,是我国社会经济发展的重要时期,同时也是我国公路交通从紧张和制约状况实现全面改善的关键时期,公路基础设施的建设仍是今后一项重要而艰巨的任务,希望通过各相关院校及所有参编人员的共同努力,尽快使全套21世纪交通版高等学校教材(公路类)尽早面世,为我国交通事业的发展做出贡献。

21世纪交通版  
高等学校教材(公路类)编审委员会  
人民交通出版社  
2001年12月

# 前 言

在工程结构的计算分析、桥梁的设计科研中,计算机的应用愈来愈普遍,用于计算分析的应用软件也愈来愈多。这些软件中既有大型的通用有限元系统软件,也有适合于桥梁结构设计、计算的专用软件。但一直以来系统地阐述桥梁结构计算,分析软件编制原理、编程方法和技巧的教材较少。1987年同济大学出版社出版了石洞教授编著的《桥梁结构电算》。该书作为桥梁工程专业第一本结构电算教材,深入浅出地讲述了与桥梁工程相关的钢筋混凝土构件计算、影响线加载、梁桥横向分布计算及杆系静力、动力计算程序等,教材还讲述了编程原理及思路、程序框图,并给出了源程序语句。这些程序后来大多被引用和发展,编写成了桥梁综合计算分析程序及一些专门的设计、验算程序。

二十多年来,计算机硬件性能、操作系统及编程技术都发展很快,桥梁结构的设计荷载及构件的设计方法随着设计规范的更新也都有很大的改变,原来的《桥梁结构电算》内容已不能适应今天教学的要求,为此需重新编写出版《桥梁结构电算》(第二版)作为本科生教学用书。原教材修订后全书共四章,保留了断面几何特性计算、钢筋混凝土构件计算、梁桥荷载横向分布计算,将原来的杆系静力计算程序及影响线加载归并为桥梁结构静力计算程序,删除了矩阵运算及线性方程组求解、杆系动力计算程序、计算机绘图及应用等内容。本次修订编程语言除了采用 FORTRAN 语言外,还采用了 C 语言,部分程序采用 VB 语言编写。每一章都给出了应用程序和工程计算实例。

本书第一、三章由石志源编写,第二章由董冰编写,第四章由曾明根编写,研究生孙旭霞、杨素哲协助完成了按比拟正交异性板横向分布计算程序、简单杆系程序的编制和调试。全书由石志源主编,书中应用程序由董冰完成考核测试。读者如需要本书应用程序的源程序,请致电人民交通出版社公路图书出版中心索取,电话 010-85285865。

由于编者水平有限,教材中难免有疏漏和谬误之处,敬请读者批评指正,并将意见径寄上海四平路 1239 号同济大学桥梁工程系钢与组合结构研究室(200092)。

编 者  
2010 年 2 月

# 目 录

第一章 断面几何特性计算	1
第一节 梯形分块法计算截面几何特性	1
一、计算方法	1
二、计算公式	2
三、全断面几何特性源程序	2
四、部分断面几何特性计算	5
五、断面倒转几何特性计算	7
第二节 三角形分块法计算截面特性	9
一、计算方法	9
二、计算公式	10
三、全断面几何特性源程序	11
第三节 薄壁断面几何特性	13
一、计算原理及公式	13
二、断面描述	15
三、辅助计算过程	16
四、程序框图及主要子程序	20
五、箱形薄壁断面几何特性计算子程序	26
第四节 应用程序	31
一、梯形分块法几何特性计算程序	31
二、箱形薄壁截面几何特性计算程序	37
第二章 钢筋混凝土构件计算	40
第一节 任意受力钢筋混凝土构件的承载力计算	40
一、钢筋混凝土构件横截面几何特性计算	40
二、轴心拉压构件承载力计算	41
三、受弯构件的承载力计算	45
四、偏心拉压构件承载力计算	48
五、任意受力的钢筋混凝土构件承载力计算	57
第二节 任意受力钢筋混凝土构件的配筋设计	60
一、轴心拉压构件的配筋设计	60
二、受弯构件的配筋设计	62
三、偏心拉压构件的配筋设计	63
四、配筋设计优化	65
五、任意受力的钢筋混凝土构件配筋设计	69



第三节 任意受力钢筋混凝土构件的应力验算 .....	74
一、轴心受压构件的应力计算 .....	74
二、受弯构件的应力计算 .....	76
三、偏心受力构件的应力计算 .....	79
四、任意受力钢筋混凝土构件应力验算程序 .....	83
五、应力计算表 .....	85
第四节 圆形截面钢筋混凝土构件的计算 .....	88
一、基本公式 .....	88
二、承载力计算 .....	89
三、配筋设计 .....	91
四、圆形截面钢筋混凝土构件计算程序 .....	92
五、偏心受压圆柱计算表 .....	96
第五节 应用程序 .....	105
一、任意截面钢筋混凝土构件承载力计算程序 .....	105
二、任意截面钢筋混凝土构件配筋设计程序 .....	111
三、任意受力钢筋混凝土构件应力验算程序 .....	112
四、圆形截面钢筋混凝土构件承载力计算及配筋设计程序 .....	118
<b>第三章 梁桥荷载横向分布计算</b> .....	120
第一节 按梁系原理计算横向分布 .....	120
一、基本假设 .....	120
二、计算图式及基本公式 .....	121
三、梁桥横向分布程序 .....	125
第二节 横向分布影响线加载 .....	132
一、加载原理 .....	132
二、横向分布系数计算 .....	133
三、横向影响线加载计算 .....	135
第三节 按比拟正交异性板原理计算横向分布 .....	140
一、基本原理及公式 .....	140
二、横向分布影响线 .....	142
三、横向分布系数 .....	146
第四节 应用程序 .....	149
一、梁桥横向分布计算程序 .....	149
二、比拟正交异性板横向分布计算表 .....	153
<b>第四章 桥梁结构静力计算程序</b> .....	157
第一节 简单的杆系程序 .....	157
一、结构的描述 .....	157
二、基本公式 .....	158
三、简单杆系程序的编制 .....	160

四、程序运行示例 .....	166
第二节 桥梁结构计算综合程序 .....	174
一、程序结构 .....	174
二、程序功能 .....	175
三、综合程序的文件系统 .....	175
第三节 静力计算程序 .....	178
一、静力计算程序流程 .....	178
二、结构对称性及主从约束处理 .....	179
三、两端带刚臂单元的处理 .....	182
四、总刚度矩阵的紧缩存储及形成 .....	188
五、荷载列阵形成 .....	194
六、位移方程求解 .....	201
七、截面内力及支座反力计算 .....	207
八、各种荷载工况求解 .....	213
第四节 影响线计算程序 .....	218
一、影响线计算程序流程 .....	218
二、影响线求解 .....	219
三、影响线输出 .....	223
第五节 影响线加载程序 .....	227
一、影响线加载程序流程 .....	227
二、加载原理及编程框图 .....	228
三、源程序 .....	229
第六节 应用程序 .....	239
一、主程序语句 .....	239
二、输入数据及说明 .....	254
三、计算示例 .....	266
参考文献 .....	270

# 第一章 断面几何特性计算

在采用有限元程序计算结构内力和变位时,在计算桥梁横向分布以及对桥梁构件进行承载力计算和应力验算时,都会遇到断面几何特性的计算,对于形状简单的规则断面,可直接采用解析公式计算,编程计算时可用函数过程或直接用赋值语句来执行计算。

但桥梁杆件截面类型很多,形状也较复杂,不易写成解析式,这时宜把截面划分为若干小块,先计算出每个小块的截面特性,然后迭加得到整个截面的几何特性,据此编写计算程序。

划分截面的方法很多,常用的有梯形分块法、三角形分块法及矩形条法等。方法的选择与截面类型及计算要求有很大关系,因为各种形状截面有它自己最方便的方法和相应的计算方法,本章着重讲述梯形分块法、三角形分块法以及用于薄壁断面几何特性计算的分舱板计算法。

本章及以后各章节计算机程序采用的基本编程语言有 C 语言和 FORTRAN 语言两种,有的程序采用了 VB 语言编制了宏命令嵌入电子表格中,书中给出基本公式、编程原理及程序流程图,并给出了可供实际计算应用的源程序及相关计算表格。

## 第一节 梯形分块法计算截面几何特性

### 一、计算方法

钢筋混凝土或预应力混凝土梁桥的截面多数为 T 形、马蹄形及工字形。结构计算分析时总是仅计算截面竖向的几何特性,而横向的几何特性往往不需计算,这时采用梯形分块法计算截面几何特性较为简捷方便。

计算时,把截面分成若干梯形小块,把分割梯形的线称为节线,整个截面的形状可以很方便地用节线数、节线处的宽度及节线到截面顶面的高度来描述。这样,编程计算时,描述截面的信息就取为节线数  $ns$ 、节线宽度数组  $bs[ns]$  和节线处高度数组  $hs[ns]$ 。

如图 1-1 所示的马蹄形截面,截面的信息是:

$ns:7$

$bs:2.2,2.2,1.0,0.2,0.2,0.6,0.6$

$hs:0,0.12,0.24,0.34,1.80,1.95,2.45$

计算方法是用一个循环计算过程逐块计算出梯形分块对该块梯形底边的几何特性量(面

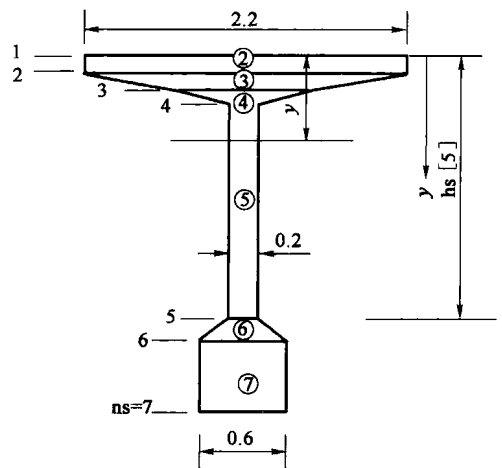


图 1-1 截面的梯形分块(尺寸单位:m)

积、静矩、惯性矩),并随时将前面各块的几何特性量移到该底边迭加上去,在梯形分块单元循环计算结束时得到对断面底边的面积、静矩和惯性矩,然后求出截面形心位置及截面对形心轴的惯性矩和截面模量。

## 二、计算公式

如图 1-2 所示的第  $i$  个梯形小块的面积、对底边的静矩和惯性矩可按式(1-1)计算:

$$\left. \begin{aligned} \text{面积} \quad \Delta A_i &= (bs[i] + bs[i - 1]) \times \frac{d_i}{2} \\ \text{对底边的静矩} \quad \Delta S_i &= \left( bs[i - 1] + \frac{bi}{3} \right) \times \frac{d_i^2}{2} \\ \text{对底边的惯性矩} \quad \Delta I_i &= \left( bs[i - 1] + \frac{bi}{4} \right) \times \frac{d_i^3}{3} \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

其中,

$$\begin{cases} b_i = bs[i] - bs[i - 1] \\ d_i = hs[i] - hs[i - 1] \end{cases}$$

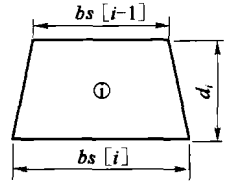


图 1-2 梯形小块尺寸

对  $i$  节线的累计几何量为:

$$\left. \begin{aligned} \text{累计面积: } \sum_{k=1}^i A_k &= \sum_{k=1}^{i-1} A_k + \Delta A_i \\ \text{累计静矩: } \sum_{k=1}^i S_k &= \sum_{k=1}^{i-1} S_k + d_i \times \sum_{k=1}^{i-1} A_k + \Delta S_i \\ \text{累计惯性矩: } \sum_{k=1}^i I_k &= \sum_{k=1}^{i-1} I_k + 2d_i \times \sum_{k=1}^{i-1} S_k + d_i^2 \times \sum_{k=1}^{i-1} A_k + \Delta I_i \\ \text{形心位置: } y_2 &= \sum_{k=1}^{ns} S_k / \sum_{k=1}^{ns} A_k, y_1 = hs[ns] - y_2 \\ \text{对形心轴的惯性矩: } I_0 &= \sum_{k=1}^{ns} I_k - \sum_{k=1}^{ns} A_k \times y_2^2 \\ \text{截面模量: } W_1 &= \frac{I_0}{y_1}, W_2 = \frac{I_0}{y_2} \end{aligned} \right\} \quad (1-2)$$

## 三、全断面几何特性源程序

按照以上梯形分块的计算方法和计算公式,可以用不同的编程语言写出程序语句。

### 1. FORTRAN 语言源程序

为便于调用,用子程序形式给出源程序语句如下:

```
SUBROUTINE FSJ1(NS,BS,HS,FT,JO,Y1,W1,W2)
```

(形式参数中 NS、BS、HS 为用梯形分块法描述断面信息的输入参数,其余为子程序计算结果的输出参数,FT 为断面面积、JO 为对断面形心轴的惯性矩、Y1 为形心到断面上边缘的距离、W1、W2 为截面上下边缘的截面模量)

```

REAL JO,JT
DIMENSION BS(NS),HS(NS)
FT=0.0
ST=0.0
JT=0.0
DO 10 I=2,NS
  B=BS(I)-BS(I-1)
  D=HS(I)-HS(I-1)
  JT=JT+2.0*D*ST+D*D*FT+(BS(I-1)+B/4.0)*D**3/3.0
  ST=ST+D*FT+(BS(I-1)+B/3.0)*D*D/2.0
  FT=FT+D*(BS(I)+BS(I-1))/2.0
10 CONTINUE (算出对断面底边的惯性矩、静矩和面积)
Y2=ST/FT (计算形心到断面下边缘的距离)
Y1=HS(NS)-Y2
JO=JT-FT*Y2*Y2
W1=JO/Y1
W2=JO/Y2
RETURN
END

```

利用上面的子程序可以计算出全截面的几何特性,下面给出调用该子程序的一个程序  
 例句:

```

REAL JO
DIMENSION BS(50),HS(50)
OPEN(5,FILE='FSJ1.DAT') (用文件 FSJ1.DAT 输入计算数据,计算结果输出到数据文件 FSJ1.OUT 中)
OPEN(6,FILE='FSJ1.OUT',STATUS='NEW')
READ(5,*)NS
READ(5,*)(BS(I),HS(I),I=1,NS) (用自由格式输入断面信息 NS,BS,HS)
WRITE(*,102)NS,(BS(I),HS(I),I=1,NS)
WRITE(6,102)NS,(BS(I),HS(I),I=1,NS)
CALL FSJ1(NS,BS,HS,FT,JO,Y1,W1,W2) (调用子程序 FSJ1 计算截面几何特性,各参数意义同前)
WRITE(*,103)FT,JO,Y1,W1,W2 (用屏幕显示和写入数据文件两种方式输出计算结果)
WRITE(6,103)FT,JO,Y1,W1,W2
102 FORMAT(1X,3HNS = ,I2/8X,'BS(1)',10X,'HS(1)'/,(1X,2E15.5))
103 FORMAT(11X,1HF,14X,1HJ,14X,1HY,13X,2HW1,13X,2HW2/1X,5E15.5)
STOP
END

```

## 2. C 语言源程序

用 C 语言编写计算断面几何特性的函数过程与 FORTRAN 语言的子程序类同,因为 C 语言数组是从第 0 号元素开始计数的,因此在梯形分块编号及循环上下界偶上有些区别,编程原理及流程都相同,程序语句如下:

```
void fsj1(int ns,double bs[],double hs[],double *pfA,double *pfl,double *pfY1,
```

```

        double * pfW1 ,double * pfW2)
    {
//以上 ns,hs[],bs[]为截面信息,其余的指针变量用来返回计算结果
double bi,di;
double ai =0,si =0;
double at,st,it =0;
double y2;
for( int i = 1 ;i < ns;i + + )
    {
        bi = bs[ i ] - bs[ i - 1 ] ;
        di = hs[ i ] - hs[ i - 1 ] ;
        at = ai + di * ( bs[ i ] + bs[ i - 1 ] )/2.0 ;
        st = si + di * ai + ( bs[ i - 1 ] + bi/3.0 ) * di * di/2.0 ;
        it = it + 2.0 * di * si + di * di * ai + ( bs[ i - 1 ] + bi/4.0 ) * di * di * di/3.0 ;
        ai = at ;
        si = st ;
    } //至此算出对断面底边的惯性矩、静矩和面积
y2 = st/at; // 计算形心到断面下边缘的距离
* pfA = at ;
* pfY1 = hs[ ns - 1 ] - y2 ;
* pfI = it - at * y2 * y2 ;
* pfW1 = ( * pfI )/( * pfY1 ) ;
* pfW2 = ( * pfI )/( y2 ) ;
if( at == 0 ) ( * pfA ) = ( * pfY1 ) = ( * pfI ) = ( * pfW1 ) = ( * pfW2 ) = 0 ;
    }

```

下面给出调用函数过程计算全截面几何特性的 C 语言程序例句：

```

#include <stdio.h >
void main( )
{
    int ns;
    double bs[ 50 ],hs[ 50 ] ;
    double area,i0,y1,w1,w2;
    scanf( "%d",&ns ) ;
    for( int i = 0 ;i < ns;i + + )
        scanf( "%lf %lf",bs[ i ],hs[ i ] ) ; //输入梯形分块法描述断面的截面信息 ns,bs,hs
    fsj1( ns,bs,hs,&area,&i0,&y1,&w1,&w2 ) //调用函数 fsj1 计算截面几何特性
    printf( "area = %10.3f\n",area ) ;
    //输出计算结果面积、对形心的惯性矩、形心到上边缘距离、截面模量
    printf( "I = %10.3f \n",i0 ) ;
    printf( "y = %10.3f \n",y1 ) ;
}

```

```

printf("w1 = %10.3f\n",w1);
printf("w2 = %10.3f\n",w2);
}

```

#### 四、部分断面几何特性计算

在钢筋混凝土构件截面承载力计算及应力验算时,常常要计算受压区混凝土(高度为 $y$ )对中和轴的静矩 $S_y$ 及惯性矩 $I_y$ 。因为只要计算 $y$ 范围内的几何特性值,所以在进行梯形分块逐块累加的循环时要随时查看节线 $i$ 的高度 $hs[i]$ 是否小于 $y$ 值,如果小于 $y$ 值,则第 $i$ 小块照常迭加,如果 $hs[i] > y$ ,则只能迭加第 $i$ 小块的一部分(图1-3),这一小部分的高度及底宽均可按 $y$ 的高度内插求得,迭加第 $i$ 小块的一部分后即完成部分断面几何特性的计算,跳出循环,结束子程序,转向出口。

图1-4为编程计算部分断面几何特性时的计算框图。

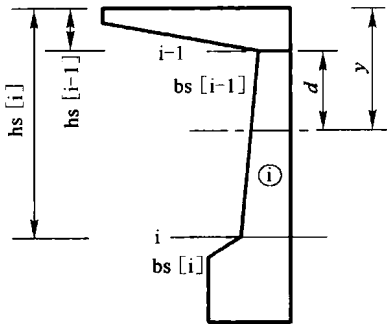


图1-3 部分断面计算信息

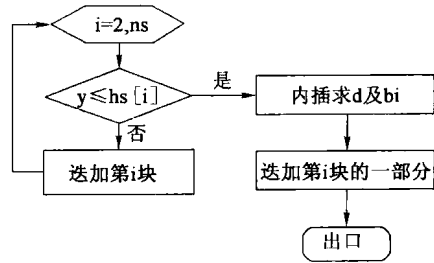


图1-4 部分断面几何特性计算框图

#### 1. FORTRAN 语言源程序

编写部分断面几何特性的子程序 FSJY1 时,因为经常要迭加梯形小块的几何特性,因此需要编写一个迭加梯形小块面积、静矩和惯性矩的子程序 AD,以下给出这两个子程序语句。

```
SUBROUTINE FSJY1(Y,F,S,J,NS,BS,HS)
```

(形式参数:F、S、J为高度Y的部分断面对该Y高度底边的面积、静矩和惯性矩;NS、BS、HS意义同前)

```
REAL J
```

```
F=0.0
```

```
S=0.0
```

```
J=0.0
```

```
DO 20 I=2,NS
```

```
II=I-1
```

```
IF(Y.GT.HS(I))GOTO 10 (当Y>HS(I)时,转到标号10的语句,迭加部分梯形小块的断面几何特性)
```

```
D=Y-HS(I-1)
```

(当 $Y \leq HS(I)$ 时,计算最后一个梯形小块的高,内插计算最后一个梯形小块的底宽,迭加其断面几何特性,完成最后一个梯形小块迭加后返回主程序)

```
BI=BS(I-1)+D*(BS(I)-BS(I-1))/(HS(I)-HS(I-1))
```

```
CALL AD(F,S,J,D,BI,II,BS,NS)
```

```
RETURN
```

```
10 D=HS(I)-HS(I-1)
```

```

BI = BS(I)
CALL AD(F,S,J,D,BI,I1,BS,NS) (迭加第 I 小块断面几何特性)

```

```

20 CONTINUE
RETURN
END

```

迭加梯形小块面积、静矩和惯性矩的子程序 AD 如下:

```

SUBROUTINE AD(F,S,J,D,BI,I1,BS,NS)

```

(形式参数:F、S、J 进入子程序时为对上一小块底边的面积、静矩和惯性矩,返回时是迭加梯形小块后对底边的面积、静矩和惯性矩;D 和 BI 为所迭加梯形小块的高和底边宽;I1 为梯形小块序号-1;BS、NS 意义同前)

```

REAL J
DIMENSION BS(NS)
B = BI - BS(I1)
J = J + 2.0 * D * S + D * D * F + (BS(I1) + B/4.0) * D * * 3/3.0
S = S + D * F * (BS(I1) + B/3.0) * D * D/2.0
F = F + D * (BI + BS(I1))/2.0
RETURN
END

```

## 2. C 语言源程序

用 C 语言编写部分断面几何特性的函数过程 fsjy1 及迭加梯形小块面积、静矩和惯性矩的函数过程 ad 源程序语句如下:

```

void fsjy1(int ns, double hs[], double bs[], double y, double * pfA, double * pfS, double * pfI0)
//以上 ns,hs[],bs[]为截面信息,y 为部分断面(受压区混凝土)高度,其余的指针变量用来返回高度 y 的部分断面
//对该 y 高度底边的面积、静矩和惯性矩
{
    double bi, di;
    * pfA = * pfS = * pfI0 = 0.0;
    for(int i = 1; i < ns; i++)
        if(y <= hs[i])
        { di = y - hs[i - 1];
          bi = bs[i - 1] + di * (bs[i] - bs[i - 1]) / (hs[i] - hs[i - 1]);
          //当 y <= hs[i]时,进行内插计算最后一个梯形小块的底宽
          ad (ns, bs, hs, * pfA, * pfS, * pfI0, di, bi, i);
          //迭加最后一个梯形小块的断面几何特性后返回
          return;
        }
    else
    { bi = bs[i]; //当 y > hs[i]时,取梯形小块的高和底宽,迭加第 i 块的断面几何特性
      di = hs[i] - hs[i - 1];
      ad (ns, bs, hs, * pfA, * pfS, * pfI0, di, bi, i);
    }
}
}

```



```

void ad ( int ns, double bs[ ], double hs[ ], double * pfA, double * pfS, double * pfI0,
         double di, double bi, int i )
//以上 ns,bs[ ],bs[ ]为截面信息,指针变量 * pfA, * pfS, * pfI0 用来返回迭加梯形小块后对底边的面积、静矩
和//惯性矩,di 和 bi 为所迭加梯形小块的高和底边宽;i 为梯形小块序号
{ double b = bi - bs[ i - 1 ];
  double a = * pfA;
  double s = * pfS;
  * pfA += di * ( bi + bs[ i - 1 ] ) / 2.0;
  * pfS += di * a + ( bs[ i - 1 ] + b / 3.0 ) * di * di / 2.0;
  * pfI0 += 2.0 * di * s + di * di * a + ( bs[ i - 1 ] + b / 4.0 ) * di * di * di / 3.0;
  return;
}

```

### 五、断面倒转几何特性计算

钢筋混凝土梁截面承受负弯矩(如连续梁的支点断面)时,受压区在下边,这时部分断面几何特性计算时,梯形分块的节线序号、节线宽和节线高都应该从下边算起。为了便于计算,我们要求梯形分块的节线序号、节线宽和节线高仍然从上往下输入,而在程序中加一个负弯矩倒转的信息,当遇到负弯矩时,就在程序中加若干处理倒转的语句,就等同于把截面的基本计算数据倒过来输入。

下面给出的子程序(在C语言中称函数过程)FSJY具有断面倒转计算部分断面几何特性的功能,程序中增加了考虑断面倒转的逻辑变量(以下FORTRAN语言中的NGO及C语言程序中的bTurn),当截面承受负弯矩时,逻辑变量值取“真”,倒转截面,按图1-5b)计算,否则逻辑变量值取“假”,按图1-5a)计算,计算梯形分块并完成

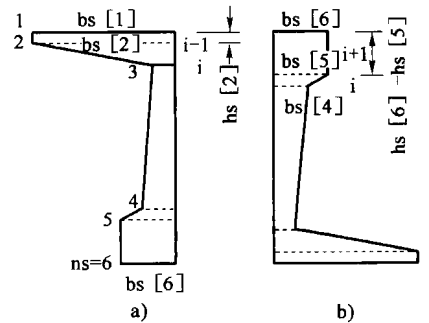


图1-5 断面倒转计算图(尺寸单位:m)

上面各块对该块梯形底边几何特性量的循环计算过程不变,循环上下界偶取  $K = 2, NS$ , 处理断面倒转包括了宽度、高度、迭加梯形小块的范围,如表1-1所示。

断面倒转计算信息处理

表1-1

截面承受弯矩值		正弯矩( $M > 0$ )	负弯矩( $M < 0$ )
逻辑变量取值		“假”(NGO = 'FALSE')	“真”(NGO = 'TRUE')
迭加梯形小块 $K = 2, NS$	宽度	BS(K), $i = k$	BS(NS + 1 - K), $i = NS + 1 - k$
	高度	HS(K)	HS(NS) - HS(1)
	迭加范围	$i - 1 \rightarrow i, il = i - 1$	$i + 1 \rightarrow i, il = i + 1$

#### 1. FORTRAN 语言源程序

部分断面考虑断面倒转的几何特性计算子程序FSJY语句如下:

```

SUBROUTINE FSJY(Y, F, S, J, NS, BS, HS, NGO)

```

(Y, F, S, J, NS, BS, HS 意义均与子程序FSJY1相同, NGO为处理断面倒转的逻辑变量,在调用该子程序前赋值)

```

INTEGER G

```