

Visual Basic

在结构分析设计中的应用研究

陶传迁 解国梁 著



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

Visual Basic

在结构分析设计中的应用研究

陶传迁 解国梁 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书共四章，主要内容为 Visual Basic 概述，框架结构程序设计的基本理论，平面框架结构的程序设计及空间杆系结构的程序设计。书中所有程序均采用 Visual Basic 编写。

本书中开发的软件可用于土木工程专业的课程设计、毕业设计以及实际工程的分析设计。

图书在版编目 (C I P) 数据

Visual Basic在结构分析设计中的应用研究 / 陶传
迁, 解国梁著. — 北京 : 中国水利水电出版社, 2011. 8
ISBN 978-7-5084-9161-5

I. ①V… II. ①陶… ②解… III. ①
BASIC语言—程序设计—研究 IV. ①TP312

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第239961号

书 名	Visual Basic 在结构分析设计中的应用研究
作 者	陶传迁 解国梁 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京时代澄宇科技有限公司
印 刷	三河市鑫金马印刷装订有限公司
规 格	175mm×245mm 16开本 10.5印张 194千字
版 次	2011年8月第1版 2011年8月第1次印刷
印 数	0001—1500册
定 价	29.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

| 前言 |

近年来,计算机在土木工程中的应用得到迅速发展,并在土木工程的各分支学科中都有广泛应用。尤其在结构分析设计过程中,从汇集荷载、内力计算、内力组合直到承载力和变形计算,整个过程十分繁冗,工作量十分繁重。而充分利用应用计算机和现代计算技术进行辅助设计成为克服上述困难的一种非常重要的手段。

虽然目前可用于结构分析设计的软件有很多,但几乎毫无例外的都没有公开软件的源代码,这种软件对于用户无疑是一个“黑匣子”,用户只能输入数据、得到相应结果,但不知其中的计算原理、分析过程。本书中作者讨论结构分析设计软件的过程并公开源代码,这对土木工程专业学生和刚参加工作的工程技术人员掌握结构分析设计过程非常有利,并且用户可以根据需要修改源代码,从而改变或完善软件的某些功能,使该软件满足不同用户的需要。

本书中所有程序均采用简单易学的 Visual Basic 编写,便于读者掌握。本书中开发的软件可用于土木工程专业的课程设计、毕业设计以及实际工程的分析设计。

本书的出版得到了高等学校博士学科点专项科研基金资助课题“灌浆钢管作主受力构件的温室结构基本性能研究(20102305120003)”及黑龙江农垦总局科技攻关项目“框架结构分析设计一体化软件的

研制 (HNK10AZD-06)” 的支持，在此深表感谢。

本书由黑龙江八一农垦大学工程学院陶传迁和解国梁合著，其中第一章、第三章由陶传迁执笔，第二章、第四章由解国梁执笔。由于作者水平有限，在内容、结构、文字等方面难免有疏漏不足之处，恳请广大读者提出宝贵意见。

作者

2011 年 8 月

| 目录 |

前言

第一章 Visual Basic 概述 /1

第二章 框架结构程序设计的基本理论 /6

第一节 非节点荷载下单元固端力的推导 /6

第二节 结构内力图的程序设计 /11

第三节 基于 Stodola 法和 Gauss-Jordan 法计算结构自振特性 /27

第三章 平面框架结构的程序设计 /34

第一节 平面框架结构内力计算的程序设计 /34

第二节 平面框架结构荷载（效应）组合的程序设计 /77

第三节 钢筋混凝土平面框架结构配筋计算的程序设计 /108

第四章 空间杆系结构的程序设计 /121

第一节 程序设计原理 /121

第二节 程序设计 /123

后记 /159

参考文献 /161

第一章 Visual Basic 概述

Visual Basic 是一种可视化的、面向对象和采用事件驱动方式的结构化高级程序设计语言，可用于开发 Windows 环境下的各类应用程序。它简单易学，效率高，且功能强大。在 Visual Basic 环境下，利用事件驱动的编程机制、新颖易用的可视化设计工具，可以高效快速地开发出功能完备、图形界面丰富的应用程序。

本章主要介绍 Visual Basic 的基本概念，如对象、控件、事件、数组等，因为这些概念贯穿 Visual Basic 程序设计的全部过程。

一、Visual Basic 中的对象及其分类

对象 (Object) 是 Visual Basic 程序设计语言最基本的概念。可视化编程方法是面向对象的编程技术，通俗地讲就是在一个窗口中制作出“图形”界面，这一个个“图形”即是对象。

在 Visual Basic 中，有相当多的对象是已经设计好的，由系统提供，编程人员可以直接使用和对其进行操作。应用程序的开发过程，实质上就是根据要求在窗体上放置不同对象，并对这些对象所对应的事件分别编写程序代码的过程。



Visual Basic 中有多种不同类型的对象，窗体对象（Form Object）和控件对象（Control Object）是最基本、最常用的两类对象。Visual Basic 还允许用户自己创建对象，它们有自身的属性、事件和方法。

二、控件

控件为对象的一种，利用控件编程使用户能方便快捷地开发出具有良好用户界面的应用程序。启动 Visual Basic 后，在 Visual Basic 屏幕的左侧有一个控件工具箱，如图 1-1 所示。最基本的控件有命令按钮（Command Button）、选择按钮（Option Button）、复选框（Check Box）、图片框（Picture Box）、文本框（Text Box）、标签（Label）、组合框（Combo Box）、水平滚动条（Horizontal Scroll Bar）、垂直滚动条（Vertical Scroll Bar）等。菜单也是控件对象，它不在工具箱中，需要时可用菜单设计编辑器的设计窗口进行创建。

一般情况下，工具箱存放着建立应用程序所需的常用控件。另外，也可以将 Visual Basic 提供的 ActiveX 控件或用户控件添加到工具箱中。

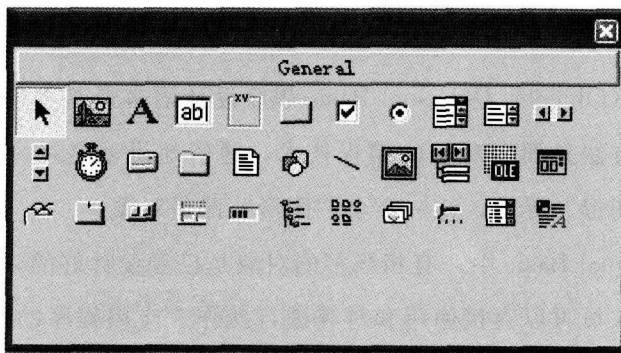


图 1-1 Visual Basic 的基本控件工具箱

三、对象的属性、事件和方法

1. 属性 (Properties)

Visual Basic 中的各种对象（窗体和控件等）都有各自属性，例如对象的名称 (Name)、标题 (Caption) 等。不同的对象有不同的属性，也可能有相同的属性。

2. 事件 (Event)

事件可以理解为能够被不同对象所识别的动作。不同的对象可发生不同的事件，也可发生相同的事件，例如在命令按钮上可发生单击 (Click)、双击 (Double Click) 等事件。Visual Basic 使用事件驱动的编程技术，要求每个事件对应着一个事件程序，即一段程序代码。

3. 方法 (Method)

有些对象具有属于它自身的函数或过程，这种特殊的函数或过程称为方法。例如，比较常用的方法 Print，其作用是在对象上输出信息或数据。Visual Basic 中提供了大量的方法，有些方法可以适用于多种对象，也有一些方法仅适用于少数几个对象，这需要在不断的学习中逐渐地认识。

四、自定义过程

在开发实际的应用程序中，有时在不同的事件中可能要多次用到完成同一功能的程序段，为了减少冗余，增加程序的可读性，可将重复使用的程序段定义成一个过程。Visual Basic 允许用户自己定义用于完成某项功能的自定义过程。自定义过程中的代码不会自动地被系统执行，而是在应用程序需要的地方进行调用。



五、程序结构

当今,各种程序都要求按照结构化程序设计思想和方法进行设计工作,结构化程序是指运用基本控制结构编写的程序。Visual Basic 中基本控制结构有三种:顺序结构、选择结构和循环结构。

1. 顺序结构

一个程序总体上是根据解题的思路,按计算或数据处理的先后次序编写的,从而形成了程序的顺序结构。顺序结构是程序流程中最简单的控制结构。

2. 选择结构

在编程时,常常需要根据某种条件的成立与否,决定如何计算或进行何种数据处理,这样就形成了所谓的选择结构及相关语句。

常用的选择(条件)语句有 If... Then 语句和 Select Case 语句。其中 If... Then 语句又可分为单支结构、双支结构以及多支结构。

3. 循环结构

为了解决某一问题,程序中往往要按某一模式往复操作,这时就要用到循环结构以及相应的循环语句。常用的循环语句有 For-Next 语句、Do-Loop 语句、While-Wend 语句。

六、常量、变量及数组

在程序设计中,不同类型的数据即可以表现为常量形式,也可以表现为变量形式。常量的值在程序执行期间不发生变化;变量代表内存中指定的存储单元,存储单元在程序中可以根据需要赋予不同数值。

另外,在实际应用中,常常要遇到处理相同类型的成批相关数

据的情况，例如矩阵和矩阵的运算。为了处理这类问题，程序引入了数组的概念，即一组相同类型的变量的集合。数组按维数可分为一维数组、二维数组和多维数组，其中一维数组和二维数组是程序设计中最常用的数组形式，例如，一维数组可以存放向量，二维数组可以存放矩阵。

七、绘图功能

在解决某些问题时，如果能以图形的形式表达某些数据则会给用户带来巨大的方便。例如，当求出结构内力后，如果能根据计算结果绘出结构的内力图，那么对以后的分析会有很大益处。因此，在编程时要充分利用 Visual Basic 提供的绘图功能，灵活使用各种绘图方法，从而提高程序的应用效果。Visual Basic 主要提供了以下一些绘图方法，见表 1-1，它们都适应于窗体和图片框。

表 1-1 绘 图 方 法

方法	作 用
Cls	清除所有图形
Pset	画点
Point	返回指定点的颜色值
Line	画线
Circle	画圆、椭圆、圆弧
Paintpicture	在任意位置画图形文件



第二章 框架结构程序设计的基本理论

第一节 非节点荷载下单元固端力的推导

矩阵位移法中荷载分为节点荷载和非节点荷载。非节点荷载的基本类型一般分为 7 种, 见表 2-1 的序号 1~7。考虑到实际应用的方便, 可以把非节点荷载类型进行拓展, 即在前面 7 种荷载的基础上, 新增 5 种荷载类型, 见表 2-1 序号 8~12。在增加非节点荷载的同时, 需要求出相应的固端约束力, 下面简要介绍固端约束力的计算方法, 以及在程序设计中的应用。

对于表 2-1 中 8~12 所示的五种荷载作用下的等截面杆件的固端约束力都可由力法求出, 但计算过程十分繁冗, 限于篇幅, 计算结果直接给出, 详见表 2-1。值得一提的是, 荷载类型代码为 8、9、12 的杆件固端约束力的计算可以采用位移法, 这些结构的特点是荷载位于杆件中部, 因此可以在荷载端部增加节点编号, 进而用位移法求解。下面以跨中均布荷载作用下的杆件为例说明计算过程。

表 2-1
单元固端约束力(局部坐标系)

序号	荷载简图	始端 1	末端 2
1		$M_1 = -qa^2(6 - 8a/l + 3a^2/l^2)/12$ $V_1 = -qa(1 - a^2/l^2 + a^3/2l^3)$ $N_1 = 0$	$M_2 = qa^3(4 - 3a/l)/12l$ $V_2 = -qa^3(1 - a/2l)/l^2$ $N_2 = 0$
2		$M_1 = -qab^2/l$ $V_1 = -qb^2(1 + 2a/l)/l^2$ $N_1 = 0$	$M_2 = qa^2b/l^2$ $V_2 = -qa^2(1 + 2b/l)/l^2$ $N_2 = 0$
3		$M_1 = qb(2 - 3b/l)/l$ $V_1 = 6qab/l^3$ $N_1 = 0$	$M_2 = qa(2 - 3a/l)/l$ $V_2 = -6qab/l^3$ $N_2 = 0$
4		$M_1 = -qa^2(2 - 3a/l + 1.2a^2/l^2)/6$ $V_1 = -qa(2 - 3a^2/l^2 + 1.6a^3/l^3)/4$ $N_1 = 0$	$M_2 = qa^3(1 - 0.8a/l)/4l$ $V_2 = -qa^3(3 - 1.6a/l)/4l^2$ $N_2 = 0$



续表

序号	荷载简图	始端 1	末端 2
5		$M_1 = 0$ $V_1 = 0$ $N_1 = -qa(1 - 0.5a/l)$	$M_2 = 0$ $V_2 = 0$ $N_2 = -0.5qa^2/l$
6		$M_1 = 0$ $V_1 = 0$ $N_1 = -qb/l$	$M_2 = 0$ $V_2 = 0$ $N_2 = -qa/l$
7		$M_1 = -qab^2/l^2$ $V_1 = qa^2(a/l + 3b/l)/l^2$ $N_1 = -qb/l$	$M_2 = qa^2b/l^2$ $V_2 = -qa^2(a/l + 3b/l)/l^2$ $N_2 = -qa/l$
8		$m = qa^3(l - b - a/4)/6 + qa^2b(l - b/2)/2 + qab^2(l - b/3)/2$ $n = qa^3/6 + qa^2b/2 + qab^2/2$ $M_1 = (6/l^2)m - 2n/l - qa(b + a/2)$ $V_1 = -(12/l^3)(-m + ln/2) - qa$	$M_2 = (6/l^2)m - 4n/l$ $V_2 = (12/l^3)(-m + ln/2)$

续表

序号	荷载简图	始端 1	末端 2
9		$m = qa^3(b+0.8a)/24 + qa^2(l-b-a)[b+a+(l-b-a)/2]/6 + (l-b-a)^2qa[a+b+2(l-a-b)/3]/4$ $n = -qa^3/24 + qa^2(l-b-a)/6 + (l-b-a)^2qa/4$ $M_1 = -(6/l^3)m - 4n/l$ $V_1 = -(12/l^3)(m+ln/2)$	$M_2 = -(6/l^3)m - 2n/l + qa(l-b-2a/3)/2$ $V_2 = (12/l^3)(m+ln/2) - qa/2$
10		$s = qa^2/4 \quad c = a/l \quad g = c^2$ $M_1 = -s(2-3c+1.2g)/1.5 - sc(1-0.8c)$ $V_1 = -0.5qa$ $N_1 = 0$	$M_2 = sc(1-0.8c) + s(2-3c+1.2g)/1.5$ $V_2 = -0.5qa$
11		$m = qa^3(l-b-a/4)/6 + qa^2b(l-b/2)/2 + qa^2(l-b/3)/2$ $n = qa^3/6 + qa^2b/2 + qa^2l/2$ $c = b/l \quad g = c^2 \quad s = qb/4$ $M_1 = -s(2-3c+1.2g)/1.5 - sbc(1-0.8c) + (6/l^2)m - 2n/l - qa(b+a/2)$ $V_1 = -s(2-3g+1.6gc) - sg(3-1.6c) - (12/l^3)(-m+ln/2) - qa$	$M_2 = sc(1-0.8c) + s(2-3c+1.2g)/1.5 + (6/l^2) \times m - 4n/l$ $V_2 = -sg(3-1.6c) - s(2-3g+1.6gc) + (12/l^3)(-m+ln/2)$
12		$m = qa^3(b+0.8a)/24 + qa^2(l-b-a)[b+a+(l-b-a)/2]/6 + (l-b-a)^2qa[a+b+2(l-a-b)/3]/4$ $n = -qa^3/24 + qa^2(l-b-a)/6 + (l-b-a)^2qa/4$ $r = qa^2[(l-2a-b)+0.8a]/24 + qa^2[l-(l-2a-b)-a][l-(l-2a-b)-a]/2 + [l-(l-2a-b)]/3/4$ $t = (qa^3/24 + qa^2[l-(l-2a-b)-a]/6 + [l-(l-2a-b)-a]^2qa/4)$ $M_1 = -(6/l^2)m - 4n/l + (6/l^2)r - 2t/l - qa[l-(l-2a-b)-2a/3]/2$ $V_1 = -(12/l^3)(m+ln/2) - (12/l^3)(-r+lt/2) - qa/2$	$M_2 = -(6/l^2)m - 2n/l + qa \times (l-b-2a/3)/2$ $V_2 = (12/l^3)(m+ln/2) - qa/2 + (12/l^3)(-r+lt/2)$

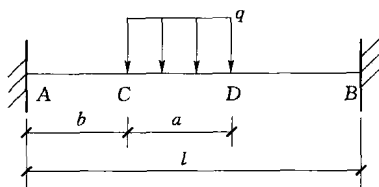


图 2-1 均布荷载作用下等截面杆件 位移分量 θ_C 、 θ_D ，且 $i_{AC} = EI/b$ ， $i_{CD} = EI/a$ ， $i_{DB} = EI/(l-b-a)$ ， EI 为杆件抗弯刚度，则

$$M_{CA} = 4i_{AC}\theta_C$$

$$M_{CD} = 4i_{CD}\theta_C + 2i_{CD}\theta_D - ql^2/12$$

$$M_{DB} = 4i_{DB}\theta_D$$

$$M_{DC} = 2i_{CD}\theta_C + 4i_{CD}\theta_D + ql^2/12$$

由 $\sum M_C = 0$ ， $M_{CA} + M_{CD} = 0$ ； $\sum M_D = 0$ ， $M_{DC} + M_{DB} = 0$ 联立解得 θ_C 和 θ_D ，然后回代得 M_{AC} 、 M_{CA} 分别为：

$$m = qa^3(l-b-a/4)/6 + qa^2b(l-b/2)/2 + qab^2(l-b/3)/2$$

$$n = qa^3/6 + qa^2b/2 + qab^2/2$$

$$M_{AC} = (6/l^2)m - 2n/l - qa(b+a/2)$$

$$M_{CA} = (6/l^2)m - 4n/l$$

由静力平衡条件得：

$$V_{AC} = -(12/l^3)(-m + ln/2) - qa$$

$$V_{CA} = (12/l^3)(-m + ln/2)$$

由表 2-1 的计算公式，就可以求得任意线性荷载作用下的固端约束力。下面，讨论在应用中应注意的几个问题：

(1) 在编程时，需要把荷载信息输入计算机，对于表 2-1 序号 1~7 所示非节点荷载，需要用 4 个参数来表示，且分别为：荷载类型码、荷载所在单元编号、位置参数 a 、荷载数值 q 。而对于表 2-1 序号 8~12 所示荷载类型，则需要 5 个参数来表示：荷载类型码、

荷载所在单元编号、位置参数 (a 、 b)、荷载数值 q 。

(2) 当结构上的三角形荷载分布与表中相反时, 可以改变单元局部坐标系中 x 轴的正方向, 使得荷载分布与表中荷载类型一致。

(3) 对于分布在跨中的非节点荷载, 也可采取增加节点编号的方法, 使其与表中荷载类型一致。

(4) 表 2-1 中的固端约束力均为局部坐标系中的固端约束力。对于弯矩以顺时针转向为正, 剪力和轴力的正方向则与局部坐标系的 x 、 y 轴正向一致。表 2-1 中序号 8~12 固端轴力均为 0。

第二节 结构内力图的程序设计

计算结构内力的“手算”方法有力法、位移法, 相应的“电算”方法有矩阵力法和矩阵位移法。很多结构力学教程都详细介绍了如何应用矩阵位移法求解结构内力, 但目前还没有人系统的提出结构内力图的程序化作图方法。在本节中, 将就该问题展开论述, 说明原理并给出源程序。

一、一般规定

对于结构中的任意杆件单元, 单元的始端不妨用“1”表示, 末端不妨用“2”表示。用矩阵位移法可以求出局部坐标系中的单元杆端力, 端点 1 对应的杆端力为轴力 N_1 、剪力 V_1 、弯矩 M_1 ; 端点 2 对应的杆端力为轴力 N_2 、剪力 V_2 、弯矩 M_2 , 如图 2-2 所示。单元局部坐标系的 X 轴沿着杆轴, 方向从 1 指向 2, Y 轴则由 X 轴顺时针旋转 90° 得到。