

目 录

前 言

第一章 有限元法程序设计方法及内容

§ 1-1 有限元法程序设计的基本要求	2
§ 1-2 有限元法算法	5
§ 1-3 有限元法程序的基本内容	8
§ 1-4 标识符的命名规则	11

第二章 数据信息及输入

§ 2-1 控制数据	17
§ 2-2 单元结点信息	20
§ 2-3 结点坐标数据及边中结点坐标数据生成	21
§ 2-4 支承条件信息	24
§ 2-5 单元类型及材料数据	25
§ 2-6 结点荷载数据	26
§ 2-7 单元面力荷载数据	27
§ 2-8 Gauss 点坐标及权系数	28
§ 2-9 数据输入与回送子程序	29

第三章 等带宽存贮及带消元法

§ 3-1 程序结构及数据准备	35
§ 3-2 单元刚度矩阵 $[k]^e$ 计算	39
§ 3-3 整体刚度矩阵集合——等带宽二维存贮	45
§ 3-4 等效结点荷载向量的形成	52
§ 3-5 支承条件的引入	53
§ 3-6 带消元法	57

§ 3-7	支座反力计算	67
§ 3-8	应力计算	69
§ 3-9	简单程序实例	77
第四章 变带宽存贮及LDL^T法		
§ 4-1	概述	78
§ 4-2	理论基础及算法结构	80
§ 4-3	数据输入	85
§ 4-4	单元刚度矩阵	86
§ 4-5	整体刚度矩阵集合及变带宽一维存贮	100
§ 4-6	等效结点荷载向量的形成	115
§ 4-7	LDL ^T 法	127
§ 4-8	应力计算	139
§ 4-9	程序及计算实例	144
第五章 压缩存贮及迭代法		
§ 5-1	压缩存贮的概念及方法	149
§ 5-2	指示矩阵与整刚集合	151
§ 5-3	超松驰因子迭代法	156
第六章 分块存贮及波前法		
§ 6-1	波前法的一般概念	167
§ 6-2	波前法原理和方法	172
§ 6-3	预波前	177
§ 6-4	集合与消元	180
§ 6-5	回代	188
§ 6-6	指定位移约束条件的处理	190
§ 6-7	波前法主程序结构	196
第七章 有限元法信息处理技术		
§ 7-1	网格自动生成	199
§ 7-2	应力计算平滑方法	211

§ 7-3 数据校对及差错诊断.....	215
第八章 有限元法软件技术的进展	222
§ 8-1 前后处理技术	222
§ 8-2 有限元法分析与 CAD / CAE	225
§ 8-3 有限元法软件概要	228
§ 8-4 有限元法软件的发展趋势	246
附录 1: 二维三角形单元简单程序及计算实例.....	249
附录 2: 二维 8 结点曲边四边形等参元程序及计算实例.....	270
参考文献	278

第一章 有限元法程序设计方法 及内容

有限元法为求解各类场问题提供了一种统一的数值计算方法。在弹性力学问题中，它已成为解决工程技术问题的通用手段。随着电子计算机的发展及推广，有限元法已成为计算力学的一个重要组成部分，它不仅仍是力学工作者的研究对象，而且是计算机应用软件开发的一个重要领域，并广泛应用于工程计算之中。不言而喻，如果没有电子计算机的应用与普及，没有有限元程序的研制及完善，有限元法的发展就不会出现象目前这样生机勃勃的局面。

懂得有限元法的计算理论并熟练地掌握算法语言，与在实际应用中编制有限元法程序之间，仍有很大的距离。要全面掌握和应用有限元方法，应该具备以下的知识和能力：

具有矩阵代数、计算方法、线性代数、变分法等方面的数学基础知识；

具有本学科领域内有限元法的理论知识；

具有必要的计算机硬件、操作系统、数据结构等方面的知识，熟练地掌握 1-2 种算法语言并具有一定的程序设计实践及上机操作的能力；

具有有限元法程序设计的能力，能阅读、移植、修改、编写有限元法程序；

具有应用有限元法程序解决工程实际问题的能力，即能从工程观点及具体要求出发，建立有限元法计算模型并为设计提供计算成果。

〈有限元法程序设计，作为一门实践性很强的应用科学，其任务就在于实现由理论到应用的转变，从而使有限元法程序成为计算机的应用软件，直接为生产实践服务〉

本书的主要目的，是给已经学过弹性力学、FORTRAN 算法语言和有限元法理论的大学生、研究生及工程技术人员，提供“从理论到程序”的基本知识、方法和设计技巧，为他们完成某一特定的课题奠定有限元法程序设计的必要基础。

§ 1-1 有限元法程序设计的基本要求

〈电子计算机的出现，在力学领域里引起了变革。以有限元方法为主要内容的计算力学的出现，就是这一变革的标志。各种高级算法语言的相继问世，直接存贮磁盘的应用，大型高速新一代计算机及其辅助硬件设备的平行发展，操作服务系统软件的日臻完善，都为有限元法的发展及应用提供了条件及保证。〉

所谓有限元法程序设计，就是用算法语言对有限元算法的描述及实现。一般包括以下几个方面的内容。

1. 算法描述 针对所选单元的几何及物理特性，对形函数及其导数、坐标变换、几何矩阵、物理矩阵、应力矩阵、单元刚度矩阵、Gauss 积分公式、等效结点荷载向量、约束条件的引入方式等所需的全部计算公式，进行系统的整理、校核；确定整体刚度矩阵的存贮方式及集合规则，选择求解带状、对称、稀疏大型代数方程的解法。

2. 框图设计 按照计算步骤编制计算流程图；应用结构化程序设计的方法建立程序的模块方案，根据主、子程序结合及接口的要求，画出程序主框图；确定各个模块之间的逻辑关系；建立数据结构及信息系统；设计输入/输出系统及程序诊断、查错、检查系统；程序模块、数组、变量名表。

3. 程序设计 根据硬件资源条件及支持能力, 选择语言, 编写程序, 进行静态检查。

4. 调试考核 上机动态检查, 消除语法、语意及由于疏漏引起的各种错误; 应用有解析解的考题进行考核计算, 对收敛性及成果的可靠性作出分析、论证。

5. 编写说明 编制程序使用说明书, 一般应包括: 数据内容、格式及输入方式; 操作注意事项; 变量名说明; 成果内容、格式及使用方法; 计算实例等。

由上所述可见, 程序设计的结果, 是一个计算机应用软件产品。其作用不仅是完成或实现一个特定结构的力学分析, 而且也是计算机软件资源的开发。一般来说, 它都具有一定的实用性及通用性。

一个好的有限元法程序, 是在实践中不断完善、充实、修改、提高、应用、推广的过程中逐步完成的。一般应具备以下几点要求:

✓ 应具有较齐全的功能 有限元法程序的功能, 是根据实际问题的计算要求确定的。有限元法的一个主要优点就是统一了各类工程问题的求解方法, 因此, 从整体的经济性出发, 应适当增加功能以扩大程序的使用范围。譬如, 对于弹性力学问题, 可以兼顾平面问题及空间问题; 对平面问题, 可以兼有处理平面应力问题及平面应变问题的功能; 可以处理分区均质或分区各向同性的不均匀介质问题; 可以同时完成荷载及温度应力的计算等。其基本功能, 应符合物理及工程假设, 满足应用要求。程序设计包括: 单元类型的选择、计算荷载的确定、边界条件处理、材料性质、精度标准、成果表达及整理等方面。

✎ 应具有较强的通用性 即公用于不同机型的可移植性。随着高级算法语言的普及和操作系统系统的完善, 这一点是通过选择通用的算法语言(目前几乎所有的大型有限元法软件都采用

FORTRAN 语言)及公用的操作、编译系统及统一的 I/O 模块实现的。

3. <应具有较好的可修改性 程序要便于修正、删除或增补。任何一个完整的、功能齐全的有限元程序，都是在一个基本的程序块上经过修改和补充而逐步完成的> 例如：目前在结构动、静力分析中广泛应用的 SAP 程序系列 (Structure Analysis Program)，它在 1970 年 9 月发表的第一个文本 SAP-I，是以 E.L. Wilson 1965 年所写的二维有限元法程序为基础编写的；继 1971 年发表的 SAP-II，1972 年发表的 SAP-III，1973 年发表的 SAP-IV 之后，1974 年发展成为 SAP-V，直至 80 年代初期出现的应用于微机系统的 SAP-VI，其后一个文本都是在前一个文本基础上增加了单元类型或计算功能、或改进了计算方法而完成的。可见，一个有限元法程序的完善过程，也就是不断修改的过程。采用结构化的程序设计方法，为程序的可修改性提供了保证；模块化方案及拼装、接口的合理性，是程序便于增、删的基础。

4. <应具有较完善的可读性 有限元法程序的可读性，主要表现在软件结构清晰，易于理解；文件资料说明规格统一、详尽。一个有限元法程序，往往要涉及数百个模块、数组、变量及下标的名称(标识符)，它们的作用域及从属、结合方式直接关系到程序结构的合理性。为了便于移植及减少出错的可能性，在一个程序中必须有统一的逻辑结构、规范化的书写方法及格式、符合工程技术惯例的科学定义的命名规则、合理而必要的注释及说明，使得程序便于阅读及理解。这不仅是程序设计的需要，而且也是程序推广和普及的前提。

不难看出，为了达到上述要求，盲目地追求程序本身形式上的完美并不一定总是恰当的。从总的程序设计效率出发，宁可采用较简明的书写方式，简单的程序结构，简单的逻辑系统，明确

的命名规则，即使增加了程序长度或多占用了存贮空间，从整体看来或许是更合理的。

5. 应具有足够的可靠性 有限元法程序的可靠性包含正确性及健壮性两方面的含义。正确性是指正确无误地实现了计算公式；健壮性是指软件对原始数据的纠错能力和当支持环境发生小的故障时的自恢复能力。实际运行资料表明，几乎所有的通用大型有限元软件在运行之后都会发现一些错误或疏漏。对于一个程序设计人员来讲，编写一个含有几千条语句的大型程序，不出现疏漏及差错是罕见的。因此，只有经过大量实际题目的考验，才能确保它的可靠性。

6. 应具有良好的自适应性 一个大、中型有限元程序，一般都由数十甚至数百个模块组成。对于每个具体问题，并非系统的每个模块都参与运行，如果要求用户根据自己的问题去选择系统的哪些模块参与运行，无疑将要求用户了解系统结构的许多细节，这不仅增加了用户负担，而且也很难确保系统非常有效地运行。系统的自适应性，就是指系统自动选择某些模块去最有效的求解一个具体问题的能力，它表现在花费的计算量最小，获得的结果精度最高。

含有上述内容的有限元法程序，既是科研成果，也是工程结构分析应用软件，它们在大、中型科技计算应用软件中占有相当大的比重。

§ 1-2 有限元法算法

30年来，有限元的方法模式和形态，除经典的基于最小势能原理的位移有限元模式(位移法)外，还发展了基于余能原理的应力平衡模式(应力法)；基于广义势能原理的位移杂交模式(位移杂交法)；基于广义余能原理的应力杂交模式(应力杂交法)；

基于 H-W 混合变分原理(Hu-Washizu Variational Principle)的混合有限元模式(混合法)等。同时,还发展了一些特殊的方法形态,如有限条带法;无限元;半解析有限元;边界元等,从而大大提高了有限元法解决实际问题的能力。后者,由于稳定性、精度或收敛性等问题,一般尚未引入到通用的有限元软件中,但由它们所建立的一些专用软件,在解决一些特殊问题时,可大大提高计算效率及精度,其中以边界元法及其软件应用最广、发展最快,日益受到工程技术界的重视。

本书中所谓的“有限元法”,是指基于最小势能原理的有限元法位移解法。对于弹性力学平衡问题,以位移(u, v, w)为基本未知数。设任一弹性体在一定外力作用下处于平衡状态,则由能量守恒定律可导得最小势能原理:在给定的外力作用下,在满足位移边界条件的所有各种位移中,实际存在的位移应使总势能取极小值。即在给定的外力作用下,实际存在的位移应使总势能的变分为零:

$$\delta \Pi = \delta(U + V) = 0 \quad (1-1)$$

式中: Π 是弹性体的总势能; U 是弹性体的形变能; V 是外力的势能,等于外力在实际位移上所做的功冠以负号。弹性体的总势能 Π 可导得为:

$$\Pi = \frac{1}{2} \int_V \{\sigma\}^T \{\epsilon\} dv - \int_V \{\delta\}^T \{p\} dv - \int_S \{\delta\}^T \{q\} ds \quad (1-2)$$

式中 $\{\sigma\}$ 、 $\{\epsilon\}$ 、 $\{\delta\}$ 分别为弹性体内任一点的应力向量、应变向量、位移向量; $\{p\}$ 、 $\{q\}$ 分别为体积力向量及面力向量; 积分分别在弹性体的体积 V 及受面力作用的表面 S 上。

在任何连续介质问题中,自由度是无限的。用各种数值方法所求得的近似解,都假定连续体的应力、应变、位移(或其他场变量如温度、流速势、电压等)特性可用有限个未知量来描述。有限元法把连续介质离散化(通常称为单元剖分),就是把连续体

划分成有限个单元(子域)并由有限个结点联结成集合体,从而把无限自由度问题,转化为有限自由度问题。

有限元法是求变分问题近似解的一种方法,其关键在于:如果给出的待求函数 U 的分片近似函数(插值函数)满足某些连续性条件和协调条件,则泛函 $I(U)$ 可写成由集合体所有单元定义的各个泛函之和。对弹性力学问题,可表示为结构的总势能是各单元势能之和:

$$\Pi(\delta) = \sum_{e=1}^M \Pi^e(\delta^e) \quad (1-3)$$

式中 M 为离散模型的单元总数; δ 及 δ^e 分别表示结构(或整体)及单元的结点位移向量。

在有限元位移法中,结点位移为基本未知数,单元 e 内的位移值是以插值函数通过结点位移来描述的,即

$$\{f\} = [N] \{\delta\}^e \quad (1-4)$$

式中 N 为描述结点位移变化规律的形函数或插值函数组。单元内的应变可用单元结点位移向量表示为

$$\{\varepsilon\} = [B] \{\delta\}^e \quad (1-5)$$

式中 $[B]$ 是由形函数的导数构成的应变(几何)矩阵。单元内的应力可由弹性矩阵 $[D]$ 与应变或结点位移向量相联系

$$\{\sigma\} = [D] \{\varepsilon\} = [D] [B] \{\delta\}^e = [S] \{\delta\}^e \quad (1-6)$$

式中单元应力矩阵

$$[S] = [D] [B] \quad (1-7)$$

单元 e 的势能可由(1-2)式写成

$$\begin{aligned} \Pi^e(\delta^e) = & \frac{1}{2} \int_{V_e} \{\delta\}^{eT} [B]^T [D] [B] \{\delta\}^e dV \\ & - \int_{V_e} \{\delta\}^{eT} [N]^T \{p\} dV \end{aligned}$$

$$-\int_{S_e} \{\delta\}^e{}^T [N]^T \{q\} dS \quad (1-8)$$

式中 V_e 是单元 e 的体积; S_e 是单元 e 受有面力时的表面面积。

(1-8)式即函数 δ^e 的泛函 Π^e 的表达式。由最小势能原理, 将 Π^e 对结点位移 δ^e 取极小值, 可得:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pi^e}{\partial \delta^e} &= \int_{V_e} ([B]^T [D] [B]) \{\delta\}^e dV - \int_{V_e} [N]^T \{p\} dV \\ &\quad - \int_{S_e} [N]^T \{q\} dS \\ &= [K]^e \{\delta\}^e - \{R\}^e \end{aligned} \quad (1-9)$$

式中:

$$\{R\}^e = \int_{V_e} [N]^e \{p\} dV + \int_{S_e} [N]^e \{q\} dS \quad (1-10)$$

为体力 $\{p\}$ 及面力 $\{q\}$ 在单元 e 上的等效结点荷载向量。

而

$$[k]^e = \int_{V_e} [B]^T [D] [B] dV \quad (1-11)$$

为单元 e 的刚度矩阵的一般表达式。应用(1-1)、(1-3)式, 将(1-9)式代入, 经整理归并后, 就得到结构的平衡方程组

$$[K] \{\delta\} = \{R\} \quad (1-12)$$

对于不同类型单元和荷载, 有关 $[K]^e$ 及 $\{R\}^e$ 的具体计算, 可参阅文献[1]—[4]。

§ 1-3 有限元法程序的基本内容

有限元法程序, 是把有限元法理论和方法用计算机实施计算

过程的组带。为了充分利用计算机资源实现有限元法的算法，在程序设计中大多运用结构化程序设计的技术。把整个程序分为若干个相对独立的程序段构成一些功能模块，每个模块又可以由若干个子程序构成，用若干个只有一个入口和一个出口的控制结构编写。这种分析思路清晰、逻辑关系简单、完全模块化了的程序结构，具有良好的可读性，便于修改、维护、增删和移植。一个单一功能线性静力分析有限元法程序结构的实例如图 1-1 所示。其中数据输入、单元分析、整刚集合、方程求解、应力计算、成果输出等 6 个主模块反映了任何一类问题(如静力或动力问题，线性或非线性问题等)的有限元法程序所包含的内容及过程，每一个主模块又包括许多子模块，各个子模块又可包括许多下一层次子模块或子程序。这些程序模块用数据文件联系，组成一个逻辑上的完整程序，由一个主控程序调用。根据工程实际问题的性质、计算要求及内存配置等条件，选用不同类型单元、存贮方式、求解方

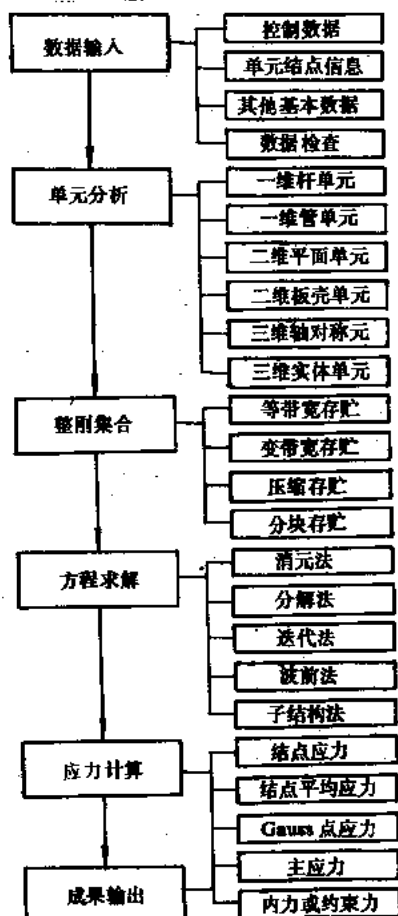


图 1-1 有限元法程序的一般内容及结构举例

法、应力计算成果的输出内容。其内容及可供选择的方法，如图 1-1 举例中右边各小框所示。

为了得到一个以结点位移为未知数的有限元法解答，对任何一类工程实际问题，其计算步骤可归纳为：

(1) 建立有限元力学模型。针对实际问题的性质及计算精度的要求，选择单元形态，将实际问题剖分为有限个单元；根据已知的边界位移情况，引入结点约束条件；给出已知材料的力学及物理常数；确定所受荷载的位置大小及方向(包括体力、面力及集中力)等。

(2) 根据单元类型计算单元刚度矩阵及单元的等效结点荷载向量。

(3) 根据所采用的存贮方式及方程求解方法，将单元刚度矩阵及荷载项集成整体刚度矩阵及整体等效结点荷载向量，并引入支承条件。

(4) 求解有限元基本方程，得出整体结点位移向量。

(5) 对每个单元建立单元结点位移向量，计算单元内指定点的应变和应力分量。

有关输入、输出的格式等问题，将在第二章里介绍。下面简要说明一下有限元算法结构中的两个关键问题：

1. 单元选择 单元形态是有限元分析的核心，它包括了有限元法离散化的全部精华，并描述了单元几何特征、内部逼近函数的形式和精度，这是用有限元法求解实际问题时应首先予以关注的。结构有限元法分析中一般可供选用的单元有：一维杆(或管)单元、二维平面单元、二维平板弯曲元、二维薄壳单元、三维轴对称单元、断裂单元、接触单元、三维厚壳单元及三维实体单元等。这些单元是目前一些大、中型有限元法应用软件的单元库中一般所包含的内容。单元类型的选择，一般应按以下原则：对结构类型及计算要求的适应性；对结构几何形状的适应性；单

元逼近精度；计算工作量；单元分析的复杂性等。作为一个通用的有限元法软件，建立覆盖面广、装配计算量小、精度高、适应性强、稳定可靠的单元库，是一件十分重要的工作。

2. 存贮及求解 在进行线性有限元法静力分析时，主要计算工作量是求解线性代数方程组，其次是计算单元刚度矩阵并集合整体刚度矩阵，后者约为求解方程所需时间的 20~30%。因此，选择与存贮方式密切相关的求解方法，是提高有限元法软件计算效率的关键。在线性静力分析问题中，常用的存贮方式及求解方程的方法有以下几种：

(1) 直接法：按等带宽或变带宽二维存贮的 Gauss 消元法；按变带宽一维存贮的 Gauss-Choleski 分解法；按波前区变带宽一维存贮的波前解法；按子结构变带宽一维存贮的子结构法或多重子结构法等；

(2) 迭代法：按一维压缩存贮的 Seider 迭代法(SSOR)、投影松弛(BSOR)及超松弛因子迭代法(PCGM)等。

同一般的线性代数方程组相比较，线性有限元法方程的系数矩阵具有对称正定性、高稀疏性，且非零元素一般都沿对角线呈带状分布。其阶数可达几百甚至几千阶，满阵元素的个数可达几十万至几百万，其中零元素约占 70~95%左右(阶数愈高，零元素所占比例愈大)。如全部存贮这些元素并按一般的线性代数方程求解，既无必要也不可能。充分利用上述系数矩阵的特点，选择适当的解法，使所存贮的元素个数最少且求解方程的速度快、精度高，乃是体现有限元法程序设计特色的关键问题。常用的存贮方式是：半带型等带宽二维存贮；半带型变带宽一维存贮；半带型或全带型一维压缩存贮等。这些内容，将分别在本书的第三、四、五、六章中介绍。

§ 1-4 标识符的命名规则

程序中所用的子程序、数组、变量等标识符的规范化命名,可大大提高程序的易读性,减少出错的机会。一般可根据字义(汉语拼音或英文单词)、物理意义、工程习惯符号采用 1~6 个字母序列来表示,可遵循以下 4 个规则:

1. 公共根部原则 用一个字母作为前缀(即该标识符的第一个字母),表示习惯上的特定含义。规定:

- (1) I, J: 表示 DO 循环变量或指定的某整型数;
- (2) K: 表示计数器计数;
- (3) M(Maximum): 表示某数组或变量的最大值;
- (4) N(Number): 表示某数组或变量的指定数。

2. 附加后缀原则 用一个整数或字母作为后缀(即该标识符的最后一个字符),以区别同一性质名的不同类型。规定:

- (1) 01, 02, 03 分别表示一维、二维、三维问题。
- (2) E(Element): 表示单元;
- (3) N(Node): 表示结点;
- (4) P(Point): 表示单元内某点;
- (5) S(Structure): 表示结构,即整个有限元离散模型;
- (6) 1, 2, 3, 4.....等正整数,表示该单元上结点的局部编码(见第二章图 2-1)。

3. 物理性命名原则 根据有限元法中使用的物理量符号,结合附加后缀原则命名的专用术语。规定:

- (1) BMATE([B]^T MATrix of Element): 单元几何矩阵;
- (2) DMATE([D]^T MATrix of Element): 单元物理矩阵(弹性矩阵);
- (3) KMATE([K]^T MATrix of Element): 单元刚度矩阵(本书

中亦简称为单刚);

(4) RVECE({R} VECtor of Element): 单元等效结点荷载向量;

(5) SMATE({S} MATrix of Element): 单元应力矩阵;

(6) KMATS([K] MATrix of Structure): 整体(结构)刚度矩阵(本书中亦简称为整刚);

(7) RVECS({R} VECtor of Structure): 整体(结构)等效结点荷载向量;

(8) E 、 u 、 γ 、 α 、 t 等见第二章所述。

4. 工程术语描述性原则 按照工程术语的英文单词,取其中几个字母(一般取首字母)变成一个缩写的专用工程名词作为该标识符的主体,然后再用公共根部原则及附加后缀原则予以说明或区别,构成一个完整的标识符。它可用来命名任何一个子程序、数组或变量,这在有限元法程序设计中使用的最多,将在以后各章分别介绍和引用。现举例说明如下:

MNODS(Maximum number of NODes in the Structure): 结构的结点最大数,即结点的最大编号,表示离散模型的结点总数;

NDOFN(Number of Degree Of Freedom per Nodal point): 结点自由度数;

TYPEE(TYPE of Element): 单元类型数组名;

CORMN(COoRdinate of Middle Nodes): 边中结点坐标子程序名;

GAUSS (SUBROUTINE GAUSS): 确定 Gauss 数值积分时 Gauss 点坐标及权系数值的子程序名;

CLOAN(Centralize-LOADs of Nodes): 结点集中荷载数组名;

.....等。

根据该原则, 规定以下几个整型变量为具有特定含义的专用变量:

NEL(Number of ELement): 指定的某单元编号;

NOD(Number of NODes): 指定的某结点编号;

NLO(Number of LOade): 指定的某结点集中荷载编号;

NTY(Number of TYpe): 指定的某单元类型号;

NGP(Number of Gauss Point): 指定的某 Gauss 点编号;

NSP(Number of Support Point): 指定的某支承点编号.

NIC1、NIC2、NIC3、NIC4、... (Number of Integral Combination of 1、2、3、4、.....): 与指定单元的结点局部编码 1、2、3、4、.....对应的整体联结的结点编码.

MHBW(Maximum Half Band Width): 最大半带宽.

不言而喻, 上述原则并不是完全合理或必须遵循的, 读者完全可以按照算法语言规定的标识符组成规则建立自己的命名系统. 以上介绍的命名原则, 是参考了国际流行的某些大型结构分析通用程序的命名方式加以整理而在本书中采用的, 使用这种统一规定的原则, 将会大大提高程序的可读性.