张立明 主编

Algor、Ansys
在桥梁工程中的应用方法与实例

人民交通出版社
China Communications Press

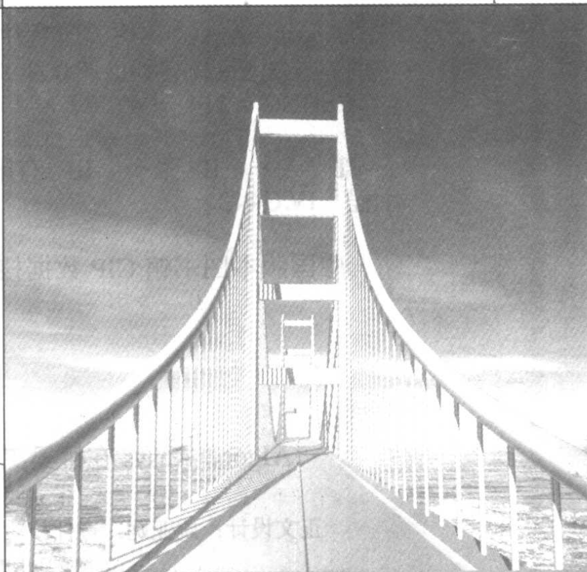
Algor、Ansys

Zai Qiaoliang Gongcheng Zhong

De Yingyong Fangfa Yu Shili

Algor、Ansys 在桥梁工程中的应用方法与实例

◉ 张立明　主编



人民交通出版社

内 容 摘 要

本书结合 Ansys 和 Algor 有限元建模分析理论，深入浅出的介绍了桥梁工程中几种常见桥梁的建模及分析机理，阐述了关于桥梁静力、动力计算的基本原理及有限元程序分析方法。本书分析的桥梁有简支梁、连续梁、拱桥、刚构桥、斜拉桥、钢管混凝土拱桥，介绍了一些最基本的有限元理论，这些对从事桥梁设计与研究的工程师和广大在校学生有实际的参考价值。

图书在版编目（CIP）数据

AIgor、Ansys 在桥梁工程中的应用 / 张立明编．—北京：人民交通出版社，2003.9
ISBN 7-114-04756-8

Ⅰ.A… Ⅱ.张… Ⅲ.有限元分析—应用—桥梁工程 Ⅳ.U442

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2003）第 058841 号

AIgor、Ansys 在桥梁工程中的应用方法与实例
张立明 主编
正文设计：姚亚妮 责任校对：戴瑞平 责任印制：张 恺
人民交通出版社出版发行
（100013 北京和平里东街 10 号 010—64216602）
各地新华书店经销
北京明十三陵印刷厂印刷
开本：787×980 1/16 印张：20.5 字数：323 千字
2003 年 9 月 第 1 版
2003 年 9 月 第 1 版 第 1 次印刷
印数：0001～4000 册 定价：30.00 元
ISBN7-114-04756-8

序

很高兴看到张立明的《Algor、Ansys在桥梁工程中的应用方法与实例》一书书稿，并获悉即将出版。

通用程序在我国桥梁界的应用已有三十年左右的历史，阅读此书仿佛又见到当年SAP5程序推广时的场景。欣慰的是，近些年来，各种通用程序和专业程序已得到广泛地应用，程序的功能和规模远远超过当年。

多年的教学和科研工作中，我深感目前通用程序应用方面的书籍偏少，需要大量的书籍来满足各类读者的需求。本书的出版是对本领域书籍的一个较好补充。

本书着重于基本应用，实例广泛，内容详实，通俗易懂，不失为一本好书。既有利于初学者的入门，也为需要提高的人士提供一定的参考。

在读这本书时，我想有些话是一定要讲的。通用程序的使用有两个重要方面：一方面是对程序的解读和熟练操作，另一方面是对结构的正确认知。而后一方面更为重要。对结构的正确认知，包括结构自身的特性、边界条件的确定、各类参数的取值、对结构形成过程的理解等等，这是做好结构分析的基本保证。

通用程序的解题能力是强大的，无疑为使用者提供了一个解决各种结构问题的试验平台。但使用者应该切记，只有程序的强大功能与对结构正确的认识和模拟相结合，才能保证分析结果的正确。

希望有更多人，尤其是更多的年轻人能够更好地应用程序、用好程序。

徐贺文

二○○三年四月

于北京工业大学

前 言

Algor 和 Ansys 大型通用程序是广泛用于桥梁工程、结构工程、岩土工程、水利工程、机械领域的有限元分析软件，如何把它们作为一种辅助手段进行优化设计，是广大设计工作者与工程技术人员以及广大高校在读学生面对或正要面对的问题。目前国内鲜有类似的图书，作者结合所掌握的构造模型技术、有限元分析理论以及以往的工程设计经验，由浅入深地把桥梁工程中几乎所有桥型的有限元分析技术及分析要点进行了细致的讲述，希望能对广大读者提供借鉴或帮助。

本书的成书是由多位同志共同努力的结果，北京工业大学徐贺文教授亲自对本书进行了审校，交通部公路研究所杨昀研究员对本书的许多内容提出了中肯的意见，他主持开发的有限元软件 BridgeKF(桥梁三维预应力空间分析系统)带给作者许多借鉴和参考。北方交通大学外语系王小寒女士参与翻译了 Ansys 的资料并负责进行文字的编排，北京工业大学研究生何欢(第 5 章及其他部分章节)、北方交通大学研究生赵敏(第 10 章)参与了本书部分章节的写作，全书由张立明主编，徐贺文主审。

本书的完成也得益于多年来国内外同行的广泛学术交流与探讨，以及北京工业大学建工学院道桥部教师和研究生们热烈而深入的讨论。

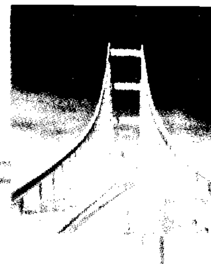
由于写作时间仓促以及作者的理论水平有限，本书中难免有诸多不足之处，敬请各位读者批评指正，交流切磋。

张立明

2003 年 4 月 16 日

于北京工业大学

目录



第一章　有限元概论

第一节　有限元概述

有限元法是大型复杂结构或多自由度体系分析的有力工具,近 20 年来已广泛地用于工程结构、传热、流体运动、电磁等连续介质的力学分析中,并在气象、地球物理、医学等领域得到应用和发展。电子计算机的出现和发展,使有限元法在许多实际问题中的应用变成现实,并且有广阔的前景。

自然界中不论是生物、地质还是力学的每一现象,实际上都可借助于物理定理,按照与各种主要量相联系的代数方程、微分方程或积分方程来描述。如研究新型构件的安全度,模拟地震的机理并分析它们对桥梁等重要建筑物的影响及破坏程度,这些都是许多重要实际问题中的几个例子。推导这些问题的控制方程虽然不是十分的困难,但要用精确分析方法对它们求解却是一个棘手的任务。这时,我们可采用有限差分法和变分法,诸如 Ritz 法和 Galerkin 法来进行分析。

在一个差分方程的有限差分近似式中,以差商来代替方程中的导数,该差商包含了在域中各个网格点上解得的值。引入边界条件后解这些方程,可得各网点处的数值。有限差分法在概念上虽然简单,但它有一些缺点。最明显的缺点是近似解的导数不准确、沿非线性边界难于引入边界条件,而且不适用于非均匀和非矩形的网格。

在微分方程的变分解中,将微分方程换成一个等效的变分式,然后假定其近似解为已知的近似函数 Φ_j 的组合($\sum C_j\Phi_j$),参数 C_j 按实际确定。变分法的缺点是对于具有任意域的问题难以建立近似函数。

有限元法由于提供了推导近似因数的系统步骤,因此它克服了变分法的困难。这个方法优于其他方法,它具有两个基本特点:

(1)以一批几何上简单的子域(称为有限元)表示一个几何上复杂的域。

(2)对每一个有限元运用基本的概念推导近似因数。

第二节　有限元理论的历史

用一些离散的单元代表一个给定的域，并不是有限元法的新概念。人们发现古代数学家将一个内接于圆的多边形逼近圆的周长来逼近真实值。将圆看作一个有限个边长的多边形，预测的周长值几乎精确到40位数字。在现代，该想法存在于航空结构的分析中，例如机翼和机身都看作是许多纵梁、壳和板的组合。1941年Hremkoff提出了所谓网格法，它将平面弹性体看成是一批杆件和梁。在一个子域上采用逐段连续函数来确定接近未知函数的是在Comfam(1943)的著作中最先提到的。从1906年以来，时而有研究人员建议用“栅格相似”来求解连续介质问题。当时连续介质是与用弹性杆件组成的规则网格近似的，该方法试图采用熟知的框架结构分析的方法。柯朗(Courant)在1941年的数学讲稿中(该讲稿于1943年发表)，曾建议在三角形子区域内用分段多项式内插法作为近似数值解的方法。他把这种方法称为变分问题的瑞利-里兹(Rayleigh-Ritz)解法，这就是我们今天所称作的有限单元法。后来柯朗的工作被遗忘了，直到工程师们独立发展了这一方法后才重新被提起。

由于没有计算机来作这样的计算，所以上述工作在当时没有一个实际应用。直至1953年，工程师们才将刚度方程用矩阵符号表示，并利用数字计算机解这些方程。1956年由特纳(Turner)、克拉夫(Clough)、马丁(Martin)和道浦(Topp)发表了经典性的论文，正是由于这些论文的发表，才开始了工程领域中有限单元法的突破性发展。1960年创造了“有限单元”这个名词。1963年，这种用法被认为是有严格依据的，并成为学者们研究的一个值得重视的领域。1967年以前，工程师和数学家们显然是在互不了解地进行有限单元法的研究。今天，两个阵营彼此认识到对方的存在，但数学家对工程问题不太感兴趣，而工程师也很少能理解数学家的工作。20世纪50年代中期至60年代末，有限元法出现并迅猛发展，由于当时理论尚处于初级阶段，计算机的硬件及软件也无法满足需求，有限元法和有限元程序无法在工程上普及。20世纪60年代末70年代初出现了大型通用有限元程序，它们以功能强、用户使用方便、计算结果可靠和效率高而逐渐形成新的技术商品，成为结构工程强有力的分析工具。目前，有限元法在现代结构力学、热力学、流体力学和电磁学等许多领域都发挥着重要作用。当前，在我国工程

界比较流行、被广泛使用的大型有限元分析软件有 MSC/Nastran、Ansys、Abaqus、Marc、Adina 和 Algor 等。现在有许多杂志致力于促进有限元法理论的发展和应用。读者若想掌握有限元法的基本理论,可以找到专门致力于有限元法介绍和应用的很多教科书。

第三节 有限元分析基本概念

一、位移法简介

力法和位移法是分析超静定结构的两种基本方法。力法在 19 世纪末就已经应用于各种超静定结构的分析,随后由于钢筋混凝土的问世,出现了大量的高次超静定结构,如果仍用力法计算将十分烦琐,于是 20 世纪初人们又在力法的基础上建立了位移法。

对于几何不变结构体系来说,在一定外因的作用下,其内力和位移之间恒有一定的关系,确定的内力只与确定的位移相对应。从这一点出发,在分析超静定结构时,先设法求出内力,然后再计算出相应的位移,便是力法;反过来,先确定位移,再据此推求内力,便是位移法。力法是以多余未知力作为基本未知数,位移法是以某些结点位移作为基本未知数,这就是二者最根本的区别。

位移法的基本思路:根据结构的几何条件(包括支承条件和变形连续条件),确定某些结点为基本未知数;把每根杆件都看成单跨超静定梁并建立其内力与所求结点位移之间的关系式;然后根据结点平衡条件求解结点位移;最后求出结构的内力。

在位移法中需要解决的问题有:

(1)用力法算出单跨超静定梁在杆端发生位移时以及荷载等因素作用下的内力变化情况。

(2)确定结构上的哪些结点位移作为基本未知数。

(3)如何建立求解含有这些基本未知数的方程。

二、位移法的典型方程和计算步骤

现在我们以图 1-1 所示刚架为例,来说明在位移法中将如何建立求解含有基本未知数的方程及具体的计算步骤。

此刚架有一个独立的结点角位移 Z_1 和一个独立的结点线位移 Z_2，共两个基本未知位移。下面进行位移法的简化处理，在结点 1 处加一刚臂，在结点 2 处加一水平支承链杆，便得到如图 1-1b)所示基本结构。

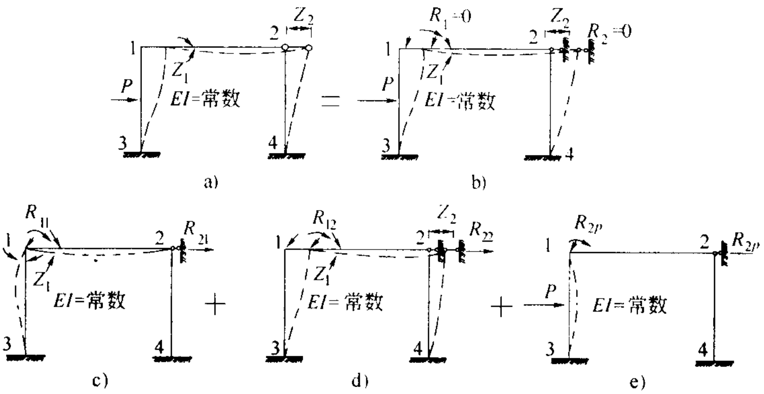


图 1-1　位移法示意图

为了计算中能够用基本结构代替原结构，应该使二者具有完全相同的内力和位移。从位移方面看，基本结构由于加入了附加刚臂和附加链杆，便阻止了结点 1 的转角和结点 1、2 的线位移，而原结构在这些结点上是有转角和线位移的，因此基本结构除了承受荷载 P 外，还应令其附加刚臂发生和原结构相同的转角 Z_1，同时令附加链杆发生与原结构相同的线位移 Z_2，这样两者的位移就完全一致了。从受力方面看，基本结构由于加入了附加刚臂和附加链杆，刚臂上便会产生附加反力矩，链杆上就会产生附加反力，但原结构并没有这些附加联系，当然也就不存在这些附加反力和反力矩。现在基本结构的位移既然和原结构完全一致，其受力也就完全相同。因此可知，基本结构的结点位移 Z_1、Z_2 和荷载 P 的共同作用下，刚臂上的附加反力矩 R_1 和链杆上的附加反力 R_2 都应等于零。设由 Z_1、Z_2 和荷载 P 所引起的刚臂上的反力矩分别为 R_{11}、R_{12}和 R_{1P}，所引起的链杆上的反力分别为 R_{21}、R_{22}和 R_{2P}(图 1-1c、d 和 e)，则根据叠加原理，上述条件可写为

$$\left.\begin{aligned} R_1 &= R_{11} + R_{12} + R_{1P} = 0 \\ R_2 &= R_{21} + R_{22} + R_{2P} = 0 \end{aligned}\right\} \tag{1-1}$$

设以 r_{11}、r_{12}分别表示由单位位移$\overline{Z_1} = 1$ 和$\overline{Z_2} = 1$ 所引起的刚臂上的反力矩，以 r_{21}、r_{22}分别表示由单位位移$\overline{Z_1} = 1$ 和$\overline{Z_2} = 1$ 所引起的链杆上的反力，

则上式可写为

$$\left.\begin{aligned} r_{11}Z_1 + r_{12}Z_2 + R_{1\mathrm{p}} &= 0 \\ r_{21}Z_1 + r_{22}Z_2 + R_{2\mathrm{p}} &= 0 \end{aligned}\right\} \tag{1-2}$$

这就是求解 Z_1、Z_2 的方程，称为位移法的典型方程。

对于具有 n 个独立结点位移的刚架，相应的在基本结构中需要加入 n 个附加约束，根据每个附加约束的附加反力矩和附加反力均应等于零的平衡条件，同样可建立 n 个方程如公式(1-3)所示：

$$\left.\begin{aligned} r_{11}Z_1 + \cdots + r_{1i}Z_i + \cdots + r_{1n}Z_n &= 0 \\ &\cdots\cdots \\ r_{i1}Z_1 + \cdots + r_{ii}Z_i + \cdots + r_{in}Z_n &= 0 \\ &\cdots\cdots \\ r_{n1}Z_1 + \cdots + r_{ni}Z_i + \cdots + r_{nn}Z_n &= 0 \end{aligned}\right\} \tag{1-3}$$

这就是我们通常所说的 n 个独立结点的位移法的典型方程。

由于位移法典型方程中，每个系数都是单位位移所引起的附加约束的反力，显然结构刚度越大，这些反力的数字也愈大，故这些系数又称为结构的刚度系数，位移法典型方程又称为结构的刚度方程。

在求出了结构的结点位移之后，就可以运用叠加原理来绘制结构的弯矩图。结构各个结点的弯矩为

$$M = \bar{M}_1 Z_1 + \bar{M}_2 Z_2 + M_p \tag{1-4}$$

三、重要方阵和矩阵

现在，我们把单元的节点位移和转动定义为节点自由度，那么对于 n 个节点自由度的单元，可以列出如下方程组：

$$\left.\begin{aligned} k_{11}d_1 + k_{12}d_2 + \cdots + k_{1i}d_i + \cdots + k_{1n}d_n &= \overline{R_1} \\ k_{21}d_1 + k_{22}d_2 + \cdots + k_{2i}d_i + \cdots + k_{2n}d_n &= \overline{R_2} \\ &\cdots\cdots \\ k_{n1}d_1 + k_{n2}d_2 + \cdots + k_{ni}d_i + \cdots + k_{nn}d_n &= \overline{R_n} \end{aligned}\right\} \tag{1-5}$$

式中，d_i 为第 i 个自由度，$\overline{R_i}$是作用于单元上相应的力和力矩，k_{ij}为刚度系数。

如果方程合并成矩阵形式，则方程变为

$$[\boldsymbol{K}]\{\boldsymbol{D}\} = \{\overline{\boldsymbol{R}}\} \tag{1-6}$$

式中，$[\boldsymbol{K}]$为单元刚度矩阵，$\{\boldsymbol{D}\}$为单元节点位移向量，$\{\overline{\boldsymbol{R}}\}$为单元节点荷载向量。其实该方程就是前面所讲的位移法方程的矩阵表达式。

为了阐明$[\boldsymbol{K}]$的意义，下面我们根据图 1-2，可以改写出式(1-7)所示的矩阵方程：

$$[\boldsymbol{K}]\{\omega_1、\theta_1、\omega_2、\theta_2\} = \{\overline{\boldsymbol{R}}\} \tag{1-7}$$

如果除了第 j 个自由度 $d_j = 1$ 之外，其余所有自由度都等于零，那么可见$[\boldsymbol{k}_{ij}] = \{\overline{\boldsymbol{R}}\}$是$[\boldsymbol{K}]$的 j 列。简而言之，$[\boldsymbol{K}]$的第 j 列是为了使 $d_j = 1$、而其余的 d_i 自由度为零，且使单元保持静力平衡而必须加在单元上的力。这一解释适用于任何的单元刚度矩阵。图 1-2b)、图 1-2c)给出了梁模式中的四个可能的 $d_j = 1$ 时的刚度系数情况，图 1-2b)显示了前两个 $d_j = 1$ 的变形情况和刚度系数 k_{ij}分布情况。k_{ij}是在假定其为正的意义下表示出来的，即和图 1-2a)中的自由度取同一个方向。根据力的互等定理，显然有 k_{31}和 k_{42}一定为负数。对于这种简单的梁单元模式，由梁理论可得到用 L 和弯曲刚度 EI 表示的 k_{ij}。

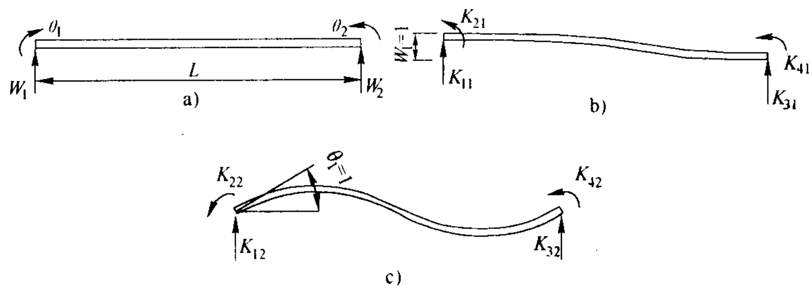


图 1-2　简化的梁单元模式

a)标准梁单元自由度$\{\boldsymbol{D}\}$；b)变形模式为$\{\boldsymbol{D}\} = \{1,0,0,0\}$和要求的力 k_{i1}；c)变形模式$\{\boldsymbol{D}\} = \{0,1,0,0\}$和要求的力 k_{i2}。

在图 1-2c)中单元节点都用数字编号，我们也可以用字母编号。无论哪种编号都只是虚的标记，当拼接成结构后，就都没有意义了。

对$[\boldsymbol{K}]$的每列元素所作的解释也适用于结构这一级。在图 1-3a)中，依次对每个节点指定一个单位位移，每次都将必须的力写成 4×4 的矩阵中的

一列,这样得到

$$\begin{bmatrix} k_1 & (-k_1+0) & 0 & 0 \\ -k_1 & (k_1+k_2) & (-k_2+0) & 0 \\ 0 & (0-k_2) & (k_2+k_3) & -k_3 \\ 0 & 0 & (0-k_3) & k_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -P \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \tag{1-8}$$

在矩阵中对角线上的各项、各相互对应项相互叠加,这一点可以从图 1-3b)中令 $u_i=1$,然后再令 $u_{i+1}=1$ 看出其组合方式。相对于矩阵中的这样排列提示我们,结构矩阵可以由单元矩阵以叠加方式建立。图 1-3a)中节点 4 是固定不动的,即 $u_4=0$。因此可将动自由度联系起来的方程为

$$\begin{bmatrix} k_1 & -k_1 & \\ -k_1 & k_1+k_2 & -k_2 \\ & -k_2 & k_2+k_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -P \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \tag{1-9}$$

或

$$[\boldsymbol{K}]\{\boldsymbol{D}\} = \{\boldsymbol{R}\} \tag{1-10}$$

矩阵方程(1-10)采用与矩阵方程(1-7)中的矩阵相同的术语来命名,只是用“结构”或“全局”来代替“单元”。

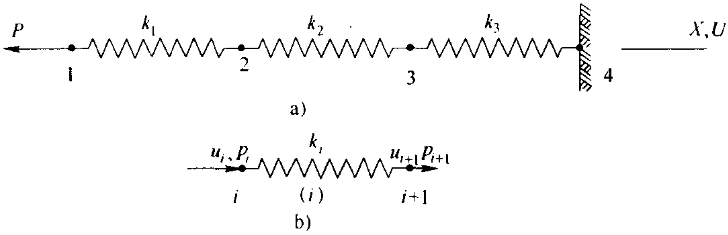


图 1-3 三自由度结构

图 1-3a)具有三个可动自由度(u_1,u_2,u_3)的一个结构,它的“有限单元”是三个刚度为 k_1,k_2 和 k_3 的线性弹簧;图 1-3b)为典型单元 I 的节点自由度和节点力。

可以从矩阵(1-10)中解出$\{\boldsymbol{D}\}$,由于$\{\boldsymbol{D}\}$中包含了每个单元的单元节点位移,因此,所有单元的变形也就自然的获得了。根据此变形,就可以利用力与变形的关系计算应力,这样整个解就求出来了。这一过程是普遍适用的,即并不限于弹簧元或杆单元。

四、有限单元的解题步骤

1．单元剖分和插值函数的确定

根据构件的几何性质、荷载情况及所要求的变形点，建立由各种单元所组成的计算模型。按单元的性质和精度要求，写出单元内任意点的位移函数 $u(x,y,z)$，$v(x,y,z)$，$w(x,y,z)$或 $d=s(x,y,z)a$。利用节点处的边界条件，写出以 a 表示的节点位移

$$q^{e}=[u_1\ v_1\ w_1\ u_2\ v_2\ w_2\cdots]^{\mathrm{T}} \tag{1-11}$$

并写成 $q^e=Ca$ 求 C^{-1}及 $a=C^{-1}q^e$，并代入 $d=sa$，得 $d=sC^{-1}q^e=Nq^e$，它是用节点位移表示单元体内任意点位移的插值函数式。

2．单元特性分析

根据位移插值函数，由弹性力学给出的应变和位移关系，可计算出应变为 $\varepsilon=\boldsymbol{B}q^e$，式中 $\boldsymbol{B}$ 为应变矩阵。相应的变分为 $\delta\varepsilon=\boldsymbol{B}\delta q^e$，自物理关系，得应变与应力的关系式为 $\sigma=\boldsymbol{D}\varepsilon=\boldsymbol{DB}q^e$，式中 $\boldsymbol{D}$ 为弹性矩阵。

自虚位移原理 $\int_{\mathrm{v}}\delta\varepsilon^{\mathrm{T}}\sigma dV=\delta q^{e^{\mathrm{T}}}f^e$，可得单元节点力和位移之间的关系式为 $f^e=K^eq^e$，式中，$\boldsymbol{K}^e$ 是单元特性，即刚度矩阵，并可写成 $\boldsymbol{K}^e=\int_v\boldsymbol{B}^{\mathrm{T}}\boldsymbol{DB}\mathrm{d}V$。

3．单元组集

把各单元按节点组集成与原结构相似的整体结构，得到整体结构的节点力与节点位移的关系，即整体结构平衡方程组 $f=\boldsymbol{K}q$，式中 $\boldsymbol{K}$ 为整体结构的刚度矩阵，$\boldsymbol{q}$ 为整体结构所有节点的位移列阵，$\boldsymbol{f}$ 为总的荷载列阵。

对于结构静力分析荷载列阵 $\boldsymbol{f}$，$\boldsymbol{f}=\boldsymbol{f}_{\mathrm{T}}+\boldsymbol{f}_{\mathrm{m}}+\boldsymbol{f}_{\mathrm{p}}$，式中 $\boldsymbol{f}_{\mathrm{T}}=\int_{\mathrm{v}}\boldsymbol{N}^{\mathrm{T}}p_{\mathrm{v}}\mathrm{dV}$（体积力转移）；$\boldsymbol{f}_{\mathrm{m}}=\int_{s}N^{\mathrm{T}}p_s\mathrm{d}s$（表面力转移）；$\boldsymbol{f}_{\mathrm{p}}=N^{\mathrm{T}}p$（集中力转移）。

4．解有限元方程

可采用不同的计算方法解有限元方程，得出各节点的位移。在解题之前，必须对结构平衡方程组进行边界条件处理，然后再解出节点位移 q。

5．计算应力

若要求计算应力，则在计算出各单元的节点位移 q^e 后，自 $\boldsymbol{\varepsilon}=\boldsymbol{B}\boldsymbol{q}^e$ 和 $\boldsymbol{\sigma}=\boldsymbol{D}\boldsymbol{\varepsilon}=\boldsymbol{DB}\boldsymbol{q}^e$ 即可求出相应的节点应力。

第二章　Algor、Ansys 软件的基本介绍

第一节　Algor 有限元软件介绍

目前,我国有限元结构分析软件市场主要以 MSC/Nastran、MSC/Patran、Ansys、Abquas 和 Marc 等国外公司的大型商业有限元分析软件为主。这些大型软件尽管功能强大,但是价格昂贵,对计算机硬件要求高。美国 Algor 公司针对微机平台而开发的有限元分析软件 Algor 以其分析功能齐全、使用操作简便和对硬件要求低等优点,在从事结构分析的科技工作者中享有盛誉。

Algor 软件是在我国工程界十分熟悉的有限元分析软件 SAP5 和 Adina 基础上发展起来的。它的第一个版本运行于微机 DOS 操作系统,而 Algor 在 1995 年就已推出了 Windows95 环境下运行的 Algor95。1998 年又推出了全新的基于 Windows95/98 和 WindowsNT 操作系统的全 32 位有限元分析软件 Algor98。目前该软件可以运行于从 DOS 到 Windows95/98 和 WindowsNT 操作系统的微机平台。

现就 Algor 软件的分析功能、结构和初步使用作一简要的介绍。

一、Algor 软件的分析功能

1. 线性应力分析

主要功能:线性应力分析;复合材料线性应力分析;间隙单元线性应力分析;复合材料和间隙单元线性应力分析;线性稳定性分析。

2. 线性动力学分析

主要功能:线性模态分析;时间历程分析;响应谱分析;线性瞬态应力分析;频率响应分析;随机振动分析;荷载作用下的模态分析。

3. 非线性动力分析

主要功能:非线性模态分析;非线性动力和应力分析。