



随书附赠光盘

MATLAB

杆系结构分析

.....

丁 星 王清远 © 编著



科学出版社
www.sciencep.com

(TU-0616.0101)

MATLAB

杆系结构分析

ISBN 978-7-03-023264-9



9 787030 232649 >

科学出版社技术分社
<http://www.abook.cn>

定价：48.00 元（含光盘）

MATLAB 杆系结构分析

丁 星 王清远 编著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书介绍杆系结构分析方法及 Matlab 程序的实现。全书共分五章,包括静定结构内力和位移计算程序、平面刚架矩阵位移法及静力分析程序、平面刚架静力分析程序的改进、空间刚架静力分析及刚架动力特性分析与程序设计。本书内容全面详尽,涉及了平面刚架及空间刚架的静力分析和动力分析。各章均配有大量例题、习题和上机编程题目,并在随书光盘中附有书中涉及的所有 Matlab 源程序和例题。

本书可作为高等院校土木工程、工程力学及其他相关专业本科生和研究生产学习结构分析程序设计课程的教材(杆系结构分析部分),也可作为学习 Matlab 程序设计及其应用的教材。使用本书前应具备结构力学和 Matlab 语言的基础知识。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 杆系结构分析/丁星,王清远编著. —北京:科学出版社,2008
ISBN 978-7-03-023264-9

I. M… II. ①丁… ②王… III. 杆件-结构分析-计算机辅助计算-软件包, MATLAB IV. TU323-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 167556 号

责任编辑:童安齐 陈 迅 / 责任校对:赵 燕
责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏立印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 11 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2008 年 11 月第一次印刷 印张:24 3/4

印数:1—2 500 字数:570 000

定价:48.00 元(含光盘)

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62137026(BA08)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

结构分析是力学、土建类专业的必修课程。传统结构分析教材中的分析程序一般以 Fortran 语言撰写居多。随着 Matlab 语言的普及和应用,在结构分析课程中采用基于 Matlab 语言的结构分析教材已成为教学改革的重要方向。同时,目前国内高校土建类专业已相继开设了有关 Matlab 的专业应用课程。根据作者近年来讲授 Matlab 程序设计和应用课程的教学实践,在土建专业中以结构分析作为 Matlab 应用课程的教学内容也是比较适宜的。

本书全面详尽地介绍了平面刚架及空间刚架的静力分析和动力特性分析,在编写时力求详细、清楚地阐述基本概念和基本方法,在内容安排上由浅入深、循序渐进。全书以静定结构内力和位移计算程序为第一章。第一章按照结构力学的传统方法编写程序,基本涵盖了静定结构分析的全部内容,其目的是与结构力学的内容相衔接,同时使读者逐步熟习和掌握 Matlab 程序设计的特点。这一章虽然没有采用矩阵位移法,但在结构的离散和数值化、单元荷载的处理等方面,都直接采用了矩阵位移法的基本方法或者运用了矩阵位移法的基本思想,这些都有助于读者能够更快地进入矩阵位移法的学习。

全书以平面刚架矩阵位移法静力分析为重点,并专设第二、三章予以介绍。其中第二章全面阐述了矩阵位移法的基本原理和基本方法,涉及单元分析和整体分析的全部内容。但在程序设计方面,第二章仅给出平面刚架静力分析的初步程序。第三章是在第二程序设计的基础上,进一步改进和完善平面刚架静力分析程序,包括简化数据录入、结点位移自动编码、考虑杆端刚臂的影响及剪切变形的影响、结构刚度矩阵的一维变带宽存储及线性方程组的求解,以及处理斜支座和弹性约束等内容。这样的内容安排既各有侧重,又使难点分散,同时也使读者看到程序设计是一个逐渐完善、逐步提高的过程。第四章应用矩阵位移法对空间刚架作静力分析。空间刚架静力分析的难点在于杆端位移和内力在各种坐标系之间的坐标变换,而斜支座问题更增加了坐标变换的复杂性。除此之外,它在程序设计上与平面刚架静力分析大同小异。平面刚架的许多分析程序可以直接地或者经过适当修改用于空间刚架。

第五章是刚架的动力特性分析,也就是计算结构的自振频率和振型。本章所采用的分析方法从概念上讲是有限元法,但其计算格式与矩阵位移法基

本相同。因此,静力分析的许多程序可以直接用于动力特性计算。动力特性计算需要考虑质量矩阵,并求解特征值问题,这是与静力分析的不同之处。为此,本章重点介绍了平面刚架及空间刚架的各种质量矩阵以及求解广义特征值问题的数值方法,包括逆幂法、广义雅可比法和子空间迭代法,并给出了平面刚架动力特性分析程序。关于空间刚架动力特性分析程序则作为上机编程题目留给读者完成。

在程序设计上,本书力图充分利用 Matlab 语言的特点和优势,例如使用逻辑数组集成结构刚度矩阵和荷载列阵,采用数组运算计算截面内力和位移等,目的是尽可能减少循环代码,使程序简捷、高效。本书还注重程序的完整性和适应性。以平面刚架和空间刚架静力分析程序为例,在程序设计中考虑了各种荷载和作用,包括荷载、支座移动和温度作用;考虑了各种影响因素,如杆端刚臂及剪切变形、各种刚性和弹性约束以及平面斜支座与空间斜支座等;同时还在刚架的计算程序中兼顾了链杆单元的特点,使其能够同时用于桁架和组合结构计算。本书不仅给出了各类问题完整的计算程序,而且还给出了结构内力图和位移图的绘制方法和绘图程序,这是作者基于 Matlab 的绘图功能独立开发的,也是本书区别于其他同类教材的特色之一。

本书各章均配有大量例题、习题,并在随书光盘中附有书中涉及的所有 Matlab 源程序和例题。在阅读本教材的同时,应该充分利用这些资料以加深对书中内容理解,提高编程能力。为了便于阅读和理解程序代码,本书对所有源程序中的输入、输出参数及重要的语句和段落都进行了大量的注释。仔细阅读这些注释对于理解和掌握源程序大有裨益。此外,先在需要考察的程序语句前设置断点,然后结合例题逐句运行程序,并注意查阅变量的计算值,也是学习程序的一个行之有效的方法。

使用本书应具备结构力学和 Matlab 语言的基础知识。

本书是使用 Matlab 语言编写杆系结构分析教材的初步尝试。限于水平和经验,书中难免存在疏漏之处,希望读者提出批评与指正。

目 录

前言

第一章 静定结构内力和位移计算程序	1
第一节 概述	1
第二节 静定结构数值化	1
一、单元划分及单元与结点编号	2
二、结构坐标系与单元坐标系	2
三、荷载及内力的有关规定	2
四、数组设置及单元长度和位向计算	4
第三节 静定刚架内力的渐进计算	8
一、计算方法	8
二、约束反力	9
三、单元杆端内力	12
第四节 静定刚架内力的联立计算	21
一、计算方法	22
二、结点平衡方程	22
三、结点内力约束条件	25
四、单元坐标系中单元杆端内力的提取与计算	27
五、联立法主函数 SSI	28
第五节 静定桁架和组合结构内力的联立计算	30
一、静定桁架	31
二、组合结构	31
三、函数 SSI 输入参数说明	32
四、算例	33
第六节 静定刚架内力图绘制	35
一、单元计算截面位置向量	35
二、单元计算截面内力向量	35
三、单元截面内力绘图数据的矩阵变换	36
四、静定刚架内力图绘制方法和函数	38
第七节 三铰拱内力计算及内力图绘制	46
一、三铰拱数值化	46
二、结点坐标系中单元杆端内力计算	48
三、三铰拱内力图绘制	50
四、算例	53

第八节 静定结构位移计算	55
一、荷载引起的位移计算公式	55
二、单元位移计算公式和计算函数	56
三、算例	58
习题	59
第二章 平面刚架矩阵位移法及静力分析程序	63
第一节 概述	63
第二节 结点位移及结点位移码	63
一、结点位移及重结点编号	63
二、结点位移码	64
三、单元杆端位移及单元定位向量	65
第三节 主函数构成及基础数据	66
一、主程序 PFM1 的构成	66
二、基础数据文件及数据格式	67
三、基础数据文件读取函数	69
第四节 结点荷载作用下平面刚架的基本体系	74
第五节 单元坐标系中的单元刚度矩阵	76
一、轴向物理方程	76
二、弯曲物理方程	77
三、单元刚度方程和单元刚度矩阵	77
四、单元刚度矩阵计算函数	78
第六节 结构坐标系中的单元刚度矩阵	79
第七节 结构刚度矩阵集成	80
一、结构刚度方程和结构刚度矩阵	80
二、按单元定位向量集成结构刚度矩阵	82
三、结构刚度矩阵集成方法与集成函数	83
第八节 平面刚架基本方程与结点荷载集成	87
一、平面刚架基本方程	87
二、结点荷载集成方法及集成函数	88
第九节 单元等效结点荷载计算与集成	89
一、单元等效结点荷载	89
二、按单元定位向量集成结构等效结点荷载	95
三、结构综合结点荷载列阵计算与集成函数	95
第十节 结构坐标系中结点位移计算	97
第十一节 单元坐标系中单元杆端位移和内力计算	99
一、单元杆端位移计算函数	99
二、单元杆端内力计算函数	100
三、单元杆端位移和内力输出函数	101

第十二节 单元截面内力和位移计算	104
一、单元计算截面位置向量	104
二、单元计算截面内力向量	106
三、单元计算截面位移向量	111
第十三节 单元及结构内力图 and 位移图绘制	117
第十四节 主函数 PFM1 的应用	127
一、支座位移	127
二、温度作用	129
习题	132
第三章 平面刚架静力分析程序的改进	134
第一节 概述	134
第二节 主函数构成及基础数据	134
一、主函数 PFM2 的构成	134
二、基础数据文件及数据格式	136
三、基础数据文件读取函数	140
第三节 结点连接码与结点位移自动编码	153
一、结点连接码	153
二、结点位移自动编码	155
第四节 带刚臂单元的坐标变换	159
一、刚臂的描述	159
二、弹性坐标系与其他坐标系的坐标变换	159
第五节 考虑剪切变形影响的单元刚度矩阵	164
一、弹性坐标系中的单元刚度矩阵	164
二、结构坐标系中的单元刚度矩阵	167
第六节 支座的描述及支座坐标变换	167
一、斜支座及支座坐标系	167
二、支座约束三元组	168
三、支座坐标系中的单元刚度矩阵	170
四、支座坐标系与结构坐标系间的坐标变换函数	171
第七节 结构刚度矩阵的一维变带宽存储及分解	172
一、结构刚度矩阵的一维变带宽存储	172
二、一维变带宽存储结构刚度矩阵的集成	176
三、一维变带宽存储结构刚度矩阵的分解	179
四、结构刚度矩阵集成与分解函数	183
第八节 考虑剪切变形的单元等效结点荷载计算与集成	184
一、考虑剪切变形的单元等效结点荷载	184
二、支座坐标系中的单元等效结点荷载	188
三、结构荷载列阵计算与集成函数	189

第九节 多工况计算	190
第十节 基本方程求解	190
一、基本方程回代求解	190
二、结点位移计算函数	193
第十一节 单元弹性段杆端位移和内力计算	194
一、单元弹性段杆端位移计算函数	194
二、单元弹性段杆端内力计算函数	195
三、单元弹性段杆端位移和内力输出函数	196
第十二节 单元截面内力和位移计算	197
一、单元指定计算截面内力计算	197
二、链杆单元截面位移计算	200
第十三节 支座反力计算	202
第十四节 单元及结构内力图 and 位移图绘制	204
一、含单元刚臂的结构几何简图绘制	205
二、单元及结构内力和位移图绘制函数	205
第十五节 主函数 PFM2 的应用	213
一、不带刚臂或带刚臂的结构	213
二、含斜支座的结构	221
三、含弹性支座的结构	223
四、桁架结构	225
五、组合结构	228
习题	231
第四章 空间刚架静力分析及程序设计	234
第一节 概述	234
第二节 带刚臂单元的坐标变换	234
一、四种空间坐标系	234
二、结点位移、杆端位移和杆端内力的描述	236
三、杆端位移的坐标变换	237
四、杆端内力的坐标变换	243
五、坐标变换矩阵计算函数	244
第三节 考虑剪切变形的单元刚度矩阵	246
一、主惯性坐标系中的单元刚度矩阵	246
二、结构坐标系中的单元刚度矩阵	249
第四节 空间支座的描述及支座坐标变换	250
一、正向支座	250
二、斜支座与支座坐标系	253
第五节 考虑剪切变形的单元等效结点荷载	259
第六节 空间刚架内力图 and 位移图绘制	263

一、绘制空间刚架几何简图	263
二、结构内力图 and 位移图的绘制方法和绘图函数	266
第七节 主函数 SFM 及其应用	281
一、基础数据文件及数据格式	281
二、主函数 SFM 及其调用函数	283
三、函数 SFM 的应用	300
习题	319
第五章 刚架动力特性分析及程序设计	321
第一节 概述	321
第二节 离散结构的运动方程	322
一、单元刚度方程	322
二、单元等效结点荷载	323
三、结构运动方程	325
第三节 单元质量矩阵	326
一、一致质量矩阵	326
二、集中质量矩阵	331
第四节 广义特征值问题及其基本性质	332
一、广义特征值问题基本方程	332
二、特征值问题的基本性质	333
第五节 广义特征值问题的计算方法	334
一、逆迭代法	334
二、广义雅可比法	338
三、子空间迭代法	345
第六节 平面刚架动力特性计算程序	351
一、基础数据文件及数据格式	351
二、主函数 PFVM 及其调用函数	353
三、PFVM 函数的应用	371
习题	384
主要参考文献	385

第一章 静定结构内力和位移计算程序

第一节 概 述

静定结构包括静定梁、静定刚架、桁架、组合结构和三铰拱，其内力可由平衡条件唯一确定。在传统结构力学中，一般是先根据平衡条件确定结构支座反力，进而由截面法求出杆件截面内力。本章按照这种传统的“手算法”编写静定结构内力和位移计算程序。其步骤如下：

(1) 结构数值化，把结构划分为离散的单元，对单元和结点进行编号，并设置必要的坐标系。

(2) 根据结点和单元平衡条件计算单元杆端内力。

(3) 由单元杆端内力计算单元截面内力，将内力数据进行变换并绘制结构内力图。

(4) 根据单位荷载法计算截面位移。

在计算单元杆端内力时，本章先后采用了两种计算方法。

(1) 渐进法。完全按“手算法”进行，即先采用 Matlab 符号代数方程求解函数确定支座反力，然后再根据所求支座反力，结合结点、单元平衡条件逐一求出各单元始端、末端内力。渐进法需要较多的交互过程。

(2) 联立法。根据结点和单元平衡条件列出关于支座反力和单元杆端内力的全部平衡方程，然后利用 Matlab 求解符号代数方程的函数一并联立求解。它避免了矩阵位移法中的集成过程（见第二章）。但因使用符号对象，计算效率较低。

静定结构内力图绘制是利用内力绘图数据的矩阵变换、采用 Matlab 的绘图函数完成的。这一方法同样适用于一般结构（如超静定结构）内力图和位移图的绘制。

本章以典型的三铰刚架为例展开分析计算过程，其计算方法和程序可以直接应用到多跨静定梁、多跨静定刚架。将静定刚架分析程序进行适当修改，又可拓展到桁架、组合结构和三铰拱的计算。

第二节 静定结构数值化

结构数值化就是根据编程计算的需要，首先将结构离散为单元和结点（即结构离散化）。在结构离散化之后进一步将结构数值化，即设置必要的坐标系，对荷载和内力作出必要的约定等。最后将结构的几何数据（如结点坐标、单元结点号）、材料特性数据（如弹性模量）、荷载数据（如结点荷载、单元荷载）等存放于数组。这些数组作为数值化的成果，能够描述结构对象的特性，满足编程计算的需要。

本节介绍静定结构数值化的基本内容，其中所涉及的许多规定也适用于矩阵位移法（见第二章）。

一、单元划分及单元与结点编号

根据编程计算的需要,通常把结构分解为若干易于处理的基本杆件,这些基本杆件就是单元。一般把刚架中的直杆划分为单元,并使用号码①、②、③等标识。例如,图 1-1 (a)的三铰刚架由三根直杆组成,可以划分为三个单元①、②、③[图 1-1 (b)]。单元划分后余下的部分称为结点,用数值 1、2、3 等表示,见图 1-1 (b)中结点 1、2、3、4。其中,结点 1、4 包含支座,称为支座结点(它是边界结点的一种类型,其他的边界结点如结构中的自由端);其余的结点(如结点 2、3)称为内部结点。

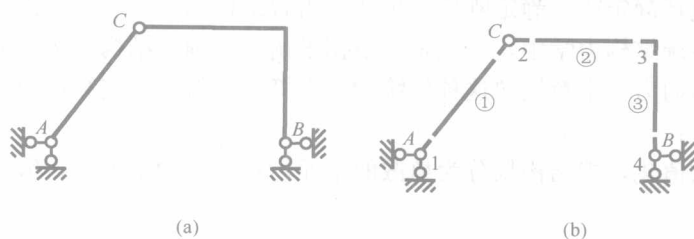


图 1-1

单元和结点的划分还取决于其他的因素,如作用在单元上的荷载类型如何定义等。有关内容将在后续章节中作进一步补充说明。

二、结构坐标系与单元坐标系

(一) 结构坐标系

为了确定结构的几何位置、定义力和位移的方向等,需要设置结构坐标系 $x-y$ (又称为整体坐标系)。结构坐标系横坐标轴 x 水平向右为正,纵坐标轴 y 竖直向下为正(图 1-2)。

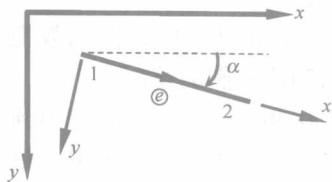


图 1-2

(二) 单元坐标系

为了确定单元的位向及力和位移方向,还需要设置单元坐标系 $\bar{x}-\bar{y}$ 。单元坐标系定义在单元方向的基础上。如果以单元任意一端为始点(编号 1)、另一端为终点(编号 2),则由始点指向终点的方向即为单元的方向。在用图形表示时,单元方向一般用箭头标注在单元轴线的中部。单元坐标系的原点取在单元的始点,横坐标轴 $\bar{x}$ 取单元方向,从 $\bar{x}$ 轴顺时针转动 90° 的方向为纵坐标轴 $\bar{y}$ 的方向。

单元坐标系与结构坐标系之间的关系用转角 α 表示(图 1-2),规定 α 从 x 轴顺时针转到 $\bar{x}$ 轴为正。

三、荷载及内力的有关规定

(一) 结点荷载

结点荷载在结构坐标系中定义为

$$F_P = [F_{Px} \quad F_{Py} \quad M_P]^T \quad (1-1)$$

式中, F_P 为作用在结点的荷载列阵; F_{Px} 、 F_{Py} 分别为沿结构坐标轴 x 、 y 方向的集中力, 与相应坐标轴正向相同者为正; M_P 为弯矩, 以顺时针方向为正。

支座反力可以看成是作用于支座结点的荷载, 故采用与结点荷载相同的定义。

结点荷载在程序中表示为

$$[\text{JointNo}, F_{Px}, F_{Py}, M_P]$$

其中 JointNo 为结点号。

(二) 单元非结点荷载

单元上可能作用多种形式的荷载, 如集中力、分布力等, 这种荷载称为单元非结点荷载 (简称结间荷载或杆上荷载)。为了

简化程序设计, 在静定结构计算中限定单元上作用两种类型的分布荷载: 横向分布荷载 [图 1-3 (a), 类型 1]、轴向分布荷载 [图 1-3 (b), 类型 2], 并约定这两种荷载均作用于整个单元长度上。图 1-3 中 q_1 、 q_2 分别为分布荷载始端和末端集度, 其正负

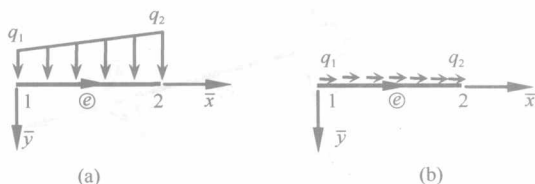


图 1-3

号在单元坐标系中定义, 荷载方向与坐标轴正向相同为正。图 1-3 中荷载符号均为正。

按照上述对于单元荷载的规定, 单元荷载在程序中可以表示为

$$[\text{ElemNo}, \text{LoadNo}, q_1, q_2]$$

其中 ElemNo 为单元号, LoadNo 为荷载类型号, 取数值 1、2。此外, 在进行单元划分时, 为了确保单元上只存在图 1-3 的荷载形式, 分布荷载作用范围的始点、末点, 以及集中荷载 (集中力或力偶) 的作用点都应作为划分单元的结点。

【例 1-1】 将图 1-4 (a) 的三铰刚架离散化, 并设置结构坐标系和单元坐标系。

解 1) 单元划分

结构划分为 4 个单元, 其中单元③作用第 1 类分布荷载。直杆 AC 由于作用有集中荷载, 按前述单元荷载的约定只能划分为 2 个单元, 使集中荷载作用在结点上。这样结构共有 5 个结点, 如图 1-4 (b) 所示。

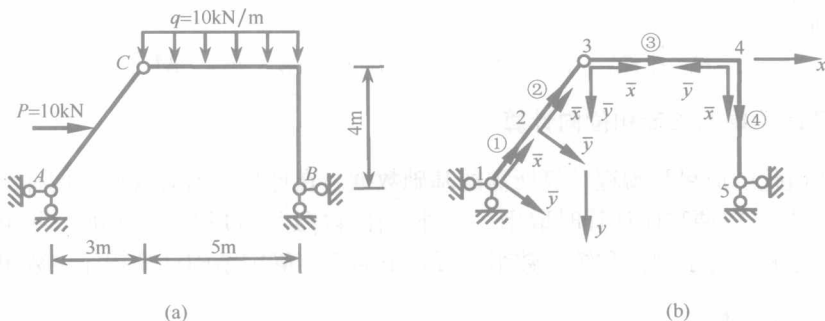


图 1-4

2) 单元方向与单元坐标系

结点坐标系原点在结点 3, 各单元方向和单元坐标系如图 1-4 (b) 所示。

(三) 单元杆端内力

单元杆端内力是指作用于单元杆端截面的内力。单元杆端内力列阵由单元始端、末端内力构成, 在单元坐标系中为

$$\bar{F}^e = [\bar{F}_{x1} \quad \bar{F}_{y1} \quad \bar{M}_1 \quad \bar{F}_{x2} \quad \bar{F}_{y2} \quad \bar{M}_2]^T \quad (1-2a)$$

式中, $\bar{F}_x$ 、 $\bar{F}_y$ 、 $\bar{M}$ 分别为单元坐标系中的杆端内力分量 (带横杆); 下标 1、2 分别表示单元始端、末端 [图 1-5 (a)]。其正负号规定是, $\bar{F}_x$ 、 $\bar{F}_y$ 沿单元坐标轴 $\bar{x}$ 、 $\bar{y}$ 正向为正, $\bar{M}$ 沿顺时针方向为正。

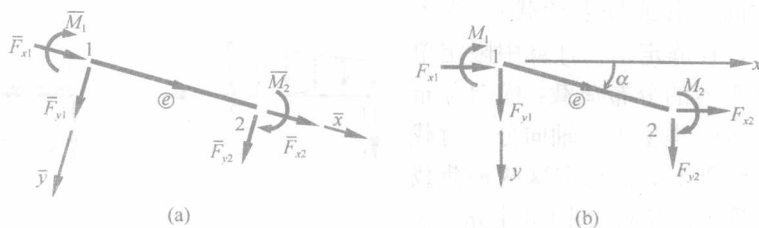


图 1-5

$\bar{F}^e$ 也可写为

$$\bar{F}^e = \begin{bmatrix} \bar{F}_1 \\ \bar{F}_2 \end{bmatrix}^T \quad (1-2b)$$

其中

$$\bar{F}_1 = [\bar{F}_{x1} \quad \bar{F}_{y1} \quad \bar{M}_1]^T, \quad \bar{F}_2 = [\bar{F}_{x2} \quad \bar{F}_{y2} \quad \bar{M}_2]^T \quad (1-3)$$

分别是单元始端、末端内力列阵。

把单元坐标系中单元杆端内力投影到结构坐标系中, 就得到结构坐标系中单元杆端内力列阵 [图 1-5 (b)]

$$F^e = [F_{x1} \quad F_{y1} \quad M_1 \quad F_{x2} \quad F_{y2} \quad M_2]^T \quad (1-4)$$

式中, F_x 、 F_y 、 M 分别为结构坐标系下单元杆端内力; 下标 1、2 分别表示单元的始端和末端。 F_x 、 F_y 沿结构坐标轴 x 、 y 正向为正, M 沿顺时针方向为正。始端、末端内力列阵分别为

$$F_1 = [F_{x1} \quad F_{y1} \quad M_1]^T, \quad F_2 = [F_{x2} \quad F_{y2} \quad M_2]^T \quad (1-5)$$

四、数组设置及单元长度和位向计算

结构数值化的成果是编程计算所需的基础数据。在计算之前需要把它们存放于不同的数组 (或变量), 以便程序计算时取用。此外, 在程序运行过程中产生的一些重要数据也需要用数组存放。为了规范和统一数组设置, 下面介绍静定结构计算程序中数组的约定。

(一) 数组设置

为便于函数调用时参数的传递, 本书采用结构数组 Joint、Elem 分别存放结点和单

元信息。在每个结构数组下，又设置不同的结构域表示不同的信息类别。结构数组 Joint、Elem 各结构域的设置及意义见表 1-1。结构域下所有数据均按矩阵形式存放，见表 1-1 中示例。如果无相关数据则置空阵。例如，Elem.Load= []，表示结构无单元分布荷载作用。

表 1-1 静定结构数组设置及意义

数 组	结 构 域	意 义	示 例
Joint	Coord	结点坐标矩阵	Joint.Coord (i, :)= [xi, yi] i 结点坐标，存放在矩阵第 i 行
	Load	结点荷载矩阵	Joint.Load (j, :)= [i, Px, Py, M] i 结点荷载，存放在矩阵第 j 行
Elem	Def	单元结点号矩阵	Elem.Def (i, :)= [No1, No2] i 单元始端结点号 No1、末端结点号 No2，存放在矩阵第 i 行
	Load	单元分布荷载	Elem.Load (i, :)= [ElemNo, LoadNo, q1, q2] ElemNo 为单元号，LoadNo 为荷载类型号，取值 1、2，q1、q2 是分布荷载始端、末端集度。存放在荷载矩阵第 i 行
	InFL	单元坐标系中单元杆端内力（计算值）	Elem.InFL (i, :)= [SE; TE] SE、TE 分别为单元始端、末端内力列阵。存放在矩阵第 i 行

【例 1-2】 试将图 1-4 三铰刚架离散化后的基础数据用表 1-1 中的数组存放。

```
解
clear
% --- 基础数据输入
% --- 结点坐标
Joint.Coord(1, :)= [-3,4];Joint.Coord(2, :)= [-1.5,2];
Joint.Coord(3, :)= [0,0];Joint.Coord(4, :)= [5,0];Joint.Coord(5, :)= [5,4];
% --- 单元结点号
Elem.Def(1, :)= [1,2];Elem.Def(2, :)= [2,3];
Elem.Def(3, :)= [3,4];Elem.Def(4, :)= [4,5];
% --- 输入荷载
q=10;P=10;
Joint.Load(1, :)= [2,P,0,0]; % 结点荷载
Elem.Load(1, :)= [3,1,q,q]; % 单元非结点荷载

% 显示结点和单元数据
Joint,Elem
Joint =
    Coord: [5x2 double]
    Load: [2 10 0 0]
Elem =
    Def: [4x2 double]
    Load: [3 1 10 10]
```