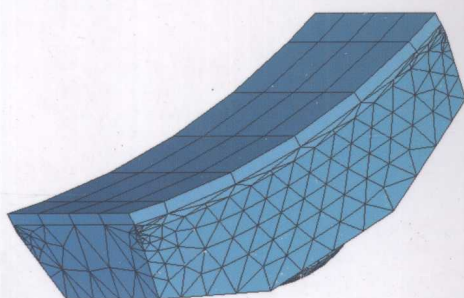
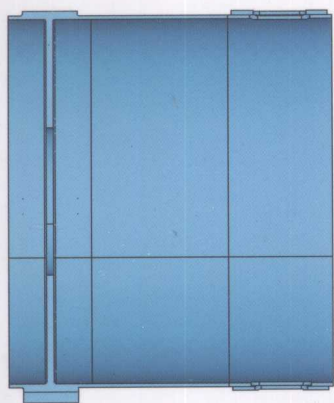
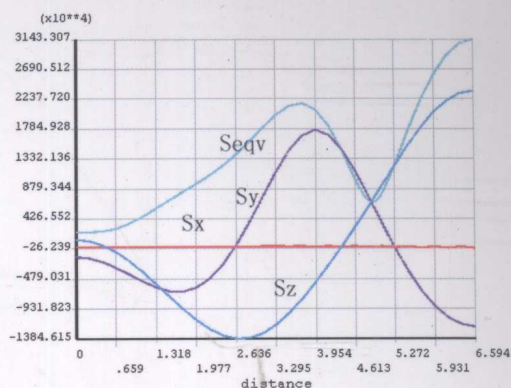


- 用ANSYS进行有限元机械分析
- 步骤清楚明了
- 指导管磨机设计、安装和维护



李建森/编著

G UANMOJI YOUXIANYUAN
JISUAN JI YINGLI FENXI

管磨机有限元计算 及应力分析



含光盘一张

中国建材工业出版社

管磨机有限元计算及应力分析

李建森 编著

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

管磨机有限元计算及应力分析/李建森编著. —北京:
中国建材工业出版社, 2009. 11

ISBN 978-7-80227-615-4

I. 管… II. 李… III. ①管磨机—有限元分析②管磨机—
应力分析 IV. TD453

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 192280 号

内 容 提 要

本书对管磨机(滑履磨和中空轴磨)用 ANSYS 进行有限元机械分析, 按计算分析步骤, 作了详细介绍, 手把手地将初学者带入管磨机有限元分析的大门。此外, 根据计算结果对管磨机的应力分布特点进行了深入探讨, 特别是通过利用参数化设计语言 ALDL 对结构或结构参数进行反复修改的“实验计算”, 总结参数归纳出结构参数对结构应力的影响, 这些规律结论将直接指导管磨机的设计、安装和维护。

本书适用于机械工程专业本科生、研究生, 以及从事设计、科研的工程技术人员。

管磨机有限元计算及应力分析

李建森 编著

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 710mm × 1000mm 1/16

印 张: 8.5

字 数: 154 千字

版 次: 2009 年 11 月第 1 版

印 次: 2009 年 11 月第 1 次

书 号: ISBN 978-7-80227-615-4

定 价: 30.00 元 (含光盘)

本社网址: www.jcbs.com.cn

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。

联系电话: (010) 88386906

前 言

管磨机，作为建材、冶金、非金属、电力等部门的关键设备之一，它的正确的力学分析是其合理设计、制造、安装、维护的基础，直接关系到管磨机本身、粉磨系统，乃至整个生产线的正常运转和经济效益。然而多年来，由于没解决好管磨机的受力分析问题，其设计上有一定的盲目性，使之运转中经常出现一些机械事故，往往使人为之困扰，不得其解。特别是近年来，为最大限度提高生产效率，获得最大的经济效益，设备大型化、一线单机、大型关键设备的重要元部件因价格昂贵没有库存的现象十分常见，一旦因机械故障而导致整条生产线瘫痪，将造成巨大经济损失。所以合理进行管磨机的受力分析，合理设计、制造、安装、维护、保证设备结构的强度、刚度、动态特性等良好的运转状态，成为我们必须接受的挑战。然而，以往作为我们进行机械分析基础的经典材料力学、弹性力学、板壳理论解析法，虽然给出了关于外力、应力应变和位移间关系的微分方程，但只有在构件形状和受力状况都很简单的状况下，才能导出微分方程的解析解，对稍稍复杂一点的实际问题还是无能为力。近年来的有限元技术在解决实际结构分析问题方面取得了划时代的进步，这种技术借助计算机技术和数字化技术的飞速进步得以迅速发展。国际上涌现出了大量通用大型有限元软件，使有限元技术在几乎所有行业中都得到了广泛应用。在国外水泥工业中，有限元技术在机械设备的分析研究和结构优化中早已大量应用，而且已经比较成熟。近年来，我们国内，对水泥机械设备，如管磨机、回转窑、辊压机等，也开始应用有限元技术进行设备的应力应变分析工作，取得了成效，应用范围也不断扩展。有限元分析已经被越来越多的人所接受，越来越多的人想通过应用成熟的有限元软件应用有限元技术。而 ANSYS 是大量的有限元通用分析软件中的先行者和佼佼者。本书旨在介绍我们应用 ANSYS 进行管磨机分析中的经验、体会，帮助大家学习使用 ANSYS，并且全面深入理解管磨机的应力状态和应力分布特点，克服设计上的盲目性，对人们长期为之困惑的争论得出令人折服的结论，使在设备维护中，正确诊断，措施得当。所以本书既是学习使用 ANSYS 进行管磨机有限元计算分析的入门书，又是讨论管磨机设计、制造和维护的参考书。

本书内容安排如下：

第1章针对有限元、ANSYS 的初学者，对有限元法出现的背景、基本思

想和 ANSYS 软件做一些简单介绍。还对应用 ANSYS 分析计算的基本步骤和两种操作模式, 结合实例给出具体解释。通过这些准备知识的介绍, 手把手地把初学者领进用 ANSYS 进行分析计算的大门。

第2章“滑履磨的计算和分析”, 是全书的核心部分, 以 $\phi 4.4\text{m} \times 15\text{m}$ 筒体轮带一体化滑履磨为对象, 按计算分析步骤详细讨论磨机分析计算的总体策划、模型建立、网格划分、边界条件、载荷处理和施加、求解和后处理。这部分内容是应用 ANSYS 分析计算管磨机或其他设备的人应该掌握的。本章的另一重点是对计算结果的分析结论, 它分跨间筒体、支承部分、滑履瓦三部分对这种磨机机械结构应力状态、应力分布特点进行了深入探讨。继之又通过实验计算, 讨论了结构参数对应力的影响。对这部分内容, 无论对有限元有没有兴趣, 掌握它都是重要的。本章还将内容扩展到筒体轮带法兰连接式滑履磨等的计算分析。

第3章“中空轴磨的计算和分析”, 与第2章内容结构类似, 对平端盖中空轴磨和锥形端盖中空轴磨分别进行了计算分析, 并分析了应力状态、应力分布特点和结构参数对结构应力的影响。由于分析计算方滑履磨法与滑履磨基本类似, 所以对中空轴磨, 只重点介绍它们与滑履磨的不同之处。本章还给出了滑履磨与中空轴磨在应力分布特点方面的比较。

另外, 对本书内容、文字做如下说明:

1. 对书中只给出数值, 没给出单位的力、长度和应力, 除特别说明, 它们的单位一律分别为 N (牛), m (米) 和 N/m^2 (牛/米²)。
2. 对类型未加限定说明是“轮带和筒体一体化”还是“轮带和筒体法兰连接”的滑履磨, 一般指前者类型的滑履磨。
3. 书中给出的图形均为黑白版。而 ANSYS 给出的应力云图为彩色, 而且不同的颜色相应于各自的应力水平。另外 ANSYS 给出的应力路径图用不同颜色的应力曲线代表不同的应力。为保持这里的彩色效果, 随书带有显示彩色图形的光盘。

建议有限元计算初学者借助专门资料学习有关运行 ANSYS 的起步知识, 一般读者可跳过有关 ANSYS 有限元计算过程内容, 直接阅读计算结果和对结果的分析, 有关应力状态、应力分布和结构参数影响的讨论等。

由于笔者理论水平低, 实践经验又少, 书中难免存在错误和疏漏之处, 恳切希望读者批评指正。在管磨机计算分析过程中得到了天津水泥设计院磨机专家宁长存、李雄波等同志在粉磨理论和技术方面的指导以及尤小平、詹望等同志在计算机技术方面的热情帮助, 这里表示诚挚的谢意。

作者
2009.6

目 录

第1章 准备知识	1
1.1 弹性力学中应力、应变的基本概念	1
1.1.1 应力	1
1.1.2 位移及应变, 几何方程和物理方程	2
1.2 有限元法与 ANSYS	3
1.2.1 有限元法的发展和 ANSYS 简介	3
1.2.2 有限元的基本思想	4
1.2.3 ANSYS 的两种工作模式	5
1.2.4 用 ANSYS 进行结构计算分析的基本步骤	5
第2章 滑履磨的计算和分析	10
2.1 计算磨结构特点, 计算分析基本构想和计算模型基本数据	10
2.2 基本参数输入	12
2.3 单元类型、材料属性、实常数的设定	13
2.4 几何模型建立和网格划分	14
2.4.1 磨体	14
2.4.2 滑履瓦	17
2.4.3 压力杆 Link10 单元的生成	19
2.5 边界条件	19
2.6 载荷	20
2.6.1 自重载荷和“当量密度”	20
2.6.2 研磨体和物料载荷及其基本参数	20
2.6.3 研磨体和物料载荷的施加	22
2.7 求解	32
2.8 计算结果和分析结论	32
2.8.1 磨体跨间筒体区	32
2.8.2 支承区	43

2.8.3 滑履瓦	50
2.9 轮带、筒体一体化滑履磨结构参数对应力状态的影响	58
2.9.1 $\phi 4.2\text{m} \times 13\text{m}$ 滑履磨计算模型磨基本数据和计算	59
2.9.2 结构参数对应力的影响	67
2.10 轮带和筒体法兰连接滑履磨的计算	71
2.10.1 计算轮带法兰连接滑履磨模型基本数据和计算处理	72
2.10.2 计算结果和分析	72
2.10.3 结构参数对应力的影响	76
2.11 滑履磨人孔处的应力计算	78
2.11.1 基本数据和假设	79
2.11.2 几何模型和网格划分	79
2.11.3 加载	89
2.11.4 计算结果	91
第3章 中空轴磨的计算和分析	93
3.1 平端盖中空轴磨	93
3.1.1 改造的计算平端盖中空轴磨计算模型基本数据和计算	93
3.1.2 平端盖中空轴磨计算结果和分析结论-平端盖磨与滑履磨 应力分布特点比较	95
3.1.3 结构参数对应力的影响	111
3.2 锥形端盖中空轴磨	115
3.2.1 计算锥形端盖磨计算模型基本数据	115
3.2.2 锥形端盖磨计算模型的建立, 载荷和边界条件处理	116
3.2.3 计算结果和应力分布特点	118
3.2.4 结构参数对应力的影响	126
参考文献	128

第 1 章 准备知识

1.1 弹性力学中应力、应变的基本概念

用有限元法,借助有限元通用软件求解工程问题,并不要求必须掌握许多弹性力学理论,但是应力、应变是我们必须打交道的最基本的东西。所以先介绍一下应力、位移和应变的基本概念,应变和位移的关系——几何方程,应力和应变间的关系——物理方程。

1.1.1 应力

应力是反映物体某一点处受力程度的力学量。通过物体内一点做不同方向的截面,得到不同的应力矢量。通过一点各个截面上应力情况的总和,称为一点的应力状态。为描述一点的应力,在该点取一微小平行六面体,它的六个面垂直于坐标轴,如图 1-1 所示。将每个面上的应力分解为分别与三个坐标轴平行的一个正应力和两个剪应力。为表示正应力的作用面和作用方向,可用一个角码表示,例如正应力 S_x 是作用在垂直于 x 轴的面上同时也沿 x 轴方向的应力。剪应力用两个角码:第一个角码字母表示用面垂直于哪个坐标轴,第二个角码表示作用方向沿哪个坐标轴。例如, S_{xy} 表示作用在垂直于 x 轴面上且沿 y 轴方向的应力。

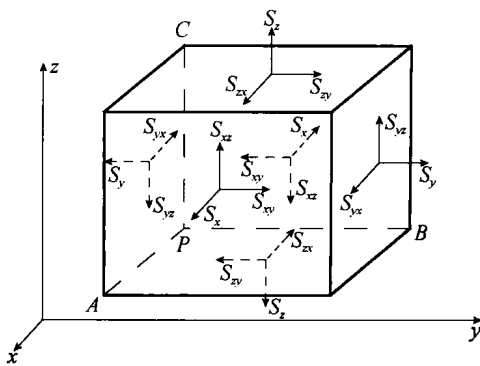


图 1-1 任意点 P 处的应力分量

如果一个面的外法线方向沿坐标轴正向,这个面上的应力就以沿坐标轴正方向为正,沿坐标轴负方向为负。相反,如果一个面上的外法线沿坐标轴负方向,这个面上的应力沿坐标轴负方向的为正,沿坐标轴正方向的为负。图 1-1 中表示的应力都是正的。六个剪应力并不是互不相关的。根据图中微小六面体的平衡条件,可以得到:

$$S_{xy} = S_{yx}, \quad S_{yz} = S_{zy}, \quad S_{zx} = S_{xz}$$

这是剪应力互等定律：作用在两个互相垂直的面上并垂直于该两面交线的剪应力是互等的。因此，剪应力的两个角码可以互换。一般，用 S_{xy} 统一地代表 S_{xy} 和 S_{yx} ，用 S_{yz} 统一地代表 S_{yz} 和 S_{zy} ，用 S_{zx} 统一地代表 S_{zx} 和 S_{xz} 。可以证明，如果知道了 P 点的六个应力， $S_x, S_y, S_z, S_{xy}, S_{yz}, S_{zx}$ ，就可以知道该点任何面上的正应力和剪应力。因此这六个量完全可以确定该点的应力状态。

1.1.2 位移及应变，几何方程和物理方程

弹性体受外力将发生位移和变形，也即发生位置移动和形状的改变。弹性体任一点的位移，用它在坐标轴 x, y, z 上的投影 u, v, w 表示，以沿坐标轴正向为正，沿坐标轴负向为负。

在弹性体内任一点沿坐标轴方向取三个微小线段，弹性体变形后，这三个线段的长度以及线段间的直角都有所改变。线段单位长度的伸缩称为正应变。线段间直角的改变称为剪应变。正应变用 ε 表示。 ε_x 表示 x 方向的正应变，余类推。正应变以伸长为正。剪应变用 γ 表示， γ_{xy} 表示 x, y 两方向线段间直角的改变，余类推。剪应变以直角变小为正。剪应变与剪应力正负号规定相对应。

应变分量与位移分量间有一定的几何关系。只考虑微小的位移和应变，不计它们的二次幂和更高次幂，此种关系可表示为：

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}$$

$$\varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}$$

$$\varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z}$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}$$

$$\gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y}$$

$$\gamma_{zx} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z}$$

假定所论弹性体连续、均匀、完全弹性、各向同性，则应力分量和应变分量有如下关系：

$$\varepsilon_x = \frac{S_x}{E} - \mu \frac{S_y}{E} - \mu \frac{S_z}{E}$$

$$\varepsilon_y = \frac{S_y}{E} - \mu \frac{S_x}{E} - \mu \frac{S_z}{E}$$

$$\varepsilon_z = \frac{S_z}{E} - \mu \frac{S_x}{E} - \mu \frac{S_y}{E}$$

$$\gamma_{xy} = \frac{S_{xy}}{G}$$

$$\gamma_{yz} = \frac{S_{yz}}{G}$$

$$\gamma_{zx} = \frac{S_{zx}}{G}$$

这就是表达应力和应变间关系的物理方程第一种形式。式中 E 是弹性模数, G 是剪切弹性模数, μ 是泊松比。三者有如下关系:

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)}$$

由以上关系, 可以得到物理方程的第二种形式:

$$S_x = \frac{E(1 - \mu)}{(1 + \mu)(1 - 2\mu)} \left(\varepsilon_x + \frac{\mu}{1 - \mu} \varepsilon_y + \frac{\mu}{1 - \mu} \varepsilon_z \right)$$

$$S_y = \frac{E(1 - \mu)}{(1 + \mu)(1 - 2\mu)} \left(\frac{\mu}{1 - \mu} \varepsilon_x + \varepsilon_y + \frac{\mu}{1 - \mu} \varepsilon_z \right)$$

$$S_z = \frac{E(1 - \mu)}{(1 + \mu)(1 - 2\mu)} \left(\frac{\mu}{1 - \mu} \varepsilon_x + \frac{\mu}{1 - \mu} \varepsilon_y + \varepsilon_z \right)$$

$$S_{xy} = \frac{E}{2(1 + \mu)} \gamma_{xy}$$

$$S_{yz} = \frac{E}{2(1 + \mu)} \gamma_{yz}$$

$$S_{zx} = \frac{E}{2(1 + \mu)} \gamma_{zx}$$

1.2 有限元法与 ANSYS

1.2.1 有限元法的发展和 ANSYS 简介

科技领域的大量工程分析问题, 可归结为在给定边界条件下求解控制方程问题。在这些问题中, 能用解析法得出精确解的只是少数性质比较简单的方程, 而且这些问题的几何形状相当规则。对大多数实际工程问题, 由于求解对象的几何形状都比较复杂, 或者是由于问题的非线性性质, 无法得到问题的解析解。要解决这一问题, 一种办法是简化假设, 将方程和几何边界条件简化为能处理的程度。但过多的简化可能导致结果错误。另一个办法是借助计算机技术的发展, 采用数值计算方法求解复杂工程问题, 以获得问题的近似解。目前

在工程技术领域,数值分析方法主要有:有限元法、边界元法和有限差分法等,而有限元法是当今工程问题中应用最广泛的数值计算方法。

有限元法起源于20世纪50年代航空领域飞机结构强度分析。它首先是在结构分析领域中应用和发展起来的,但它还可以解决传热学、流体力学、电磁学和声学等领域的问题。由于有限元法计算精度高、实用有效,所以它已经成为各类工业产品优化设计和性能评估的可靠依据,并且成为工程设计不可缺少的一种重要方法。特别是,科技人员又将有限元理论、数值计算技术和计算机辅助设计计算等技术相结合,开发出一批通用软件,ANSYS是其中的先行者和佼佼者。

ANSYS是融结构、流体、电场、磁场、声场分析于一体的大型通用有限元分析软件,由世界上最大的有限元分析软件公司——美国ANSYS公司开发,具有与Pro/Engineer, NASTRAN, Alogor, I-DEARS, AutoCAD等多种CAD软件相连的数据接口,可实现数据共享和交换。ANSYS软件可广泛应用于机械制造、石油化工、轻工、造船、航空航天、汽车交通、电子、土木工程、水利等诸多工业领域及科学研究。它由前处理模块、分析模块和后处理模块组成,具有强大的几何建模、网格划分、参数设置和与CAD软件无缝集成的强大前处理能力,强大加载求解能力和后处理能力。ANSYS不但功能强大,而且界面友好、操作灵活、易学易懂,所以获得越来越广泛的应用。

1.2.2 有限元的基本思想

有限元法(Finite Element Method, FEM)实质上是把具有无限个自由度的连续系统,近似等效为只有有限个自由度的离散系统,使问题转化为适合于数值求解的数学问题。

从力学上讲,有限元是先把连续体划分为有限个形状规则的小块体,称之为单元。两相邻单元之间通过若干点互相连接,这些连接点称为节点。把作用于各单元上的外载荷,按虚功原理转化为各单元的等效节点载荷向量,用划分后的有限个小单元的集合体,代替原来的连续体。这一步称结构的离散化。然后,以节点位移为基本未知量进行研究,这是工程上广泛采用的位移法。它根据分块逼近整体的构思,选取一个简单多项式函数近似表达各位移分量的分布规律,并把单元内任意点的位移分量写成统一形式的位移插值函数式,实现通过节点位移向量,表达单元内任一点的位移、应变和应力、引入几何方程、物理方程等。同时,还要保证单元在平衡、连续和物理性质等约束条件下,利用变分或虚功原理建立单元节点力向量和节点位移向量间的特性关系。最后,通过节点平衡或协调条件,将各单元的特性关系组集成整体连续体的特性关

系，即建立整体连续体节点载荷和节点位移间的关系，得到一组以节点位移为未知量的多元一次联立方程组，再引入边界条件，就可得到数值解。有限元法的基本步骤为：结构离散化，选择插值函数，建立控制方程，求解节点位移和计算单元中的其他导出量。

1.2.3 ANSYS 的两种工作模式

ANSYS 提供了两种工作模式，即人机交互模式（GUI）和命令流模式。GUI 模式由窗口、菜单、对话框和其他一些组件组成。在这些组件上，用户只要用鼠标单击按钮或在相应位置输入相应值就可完成数据输入或命令执行，直观易懂。但当进行复杂的模型计算或需要对模型反复修改重复计算时，这种模式就显得烦琐、费时。命令流模式，是用 APDL（ANSYS Parametric Design Language）参数化设计语言编写程序，代替 GUI 模式操作，自动完成所需工作。这种参数化设计语言由类似于 FORTRAN77 的程序设计语言和 1000 多条 ANSYS 命令组成，提供参数、数值、矢量和矩阵运算，流程控制，宏及用户子程序等功能。通过 APDL 参数化设计语言，可以实现参数化材料定义，参数化建模，参数化划分网格，参数化加载和边界条件定义，参数化控制求解和参数化的结构后处理。本书在管磨机计算中的大部分分析计算中采用混合模式，即根据具体情况交替采用这两种模式。而在探讨结构和结构参数对结构应力的影响时，需反复改变结构或结构参数，反复进行实验计算，就基本上采用命令流模式，非常便捷。

1.2.4 用 ANSYS 进行结构计算分析的基本步骤

用 ANSYS 进行结构计算分析类型中，静力分析是非常重要的形式，同时又是最简单、最基本的分析形式，是非线性分析、动力学分析等其他分析的基础。本书进行的管磨机有限元分析计算基本属于静力分析。进行有限元分析计算前，首先对计算结构、载荷、支承约束和各环境因素等进行简化处理，突出主要特点，略去次要因素。在简化处理后即可进入有限元分析。在 ANSYS 中进行结构静力有限元结构分析大概分如下几大步骤：

1. 定义参数；
2. 建立几何模型；
3. 划分网格；
4. 施加边界条件约束；
5. 施加载荷；
6. 求解；

7. 后处理, 结果分析。

下面将通过一个计算实例, 以两种模式详细介绍 ANSYS 有限元分析过程, 带领初学读者走入有限元分析的大门。

【实例】

一钢制悬臂梁 (图 1-2), 自由端受集中力 $p = 10000\text{N}$, 梁长度 $\text{length} = 2\text{m}$, 宽度 $\text{width} = 0.05\text{m}$, 高度 $\text{height} = 0.1\text{m}$ 。试得出变形图。

我们在本例计算中约定, 长度单位一律取 m , 力单位取 N 。先用 GUI 模式进行计算:

1. 定义参数。这是建立几何模型, 划分网格前的准备工作。包括指定工程名和分析标题, 定义单元类型, 定义单元实常数, 定义材料参数, 定义模型几何尺寸。

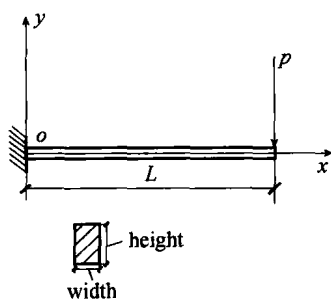


图 1-2 悬臂梁

(1) 指定工程名和分析标题

选择 Utility Menu/File/Change Jobname 命令, 弹出 “Change Jobname” 对话框, 在 “Enter new jobname” 栏中, 输入文件名 “Beam”。

(2) 给出工作标题

选择 Utiliyt Menu/File/Change Title 命令, 弹出 “Change Title” 对话框, 在 “Enter new title” 栏中, 输入标题 “Plot Deformation of Beam”。

(3) 定义单元类型

ANSYS 单元库有 100 多种单元, 适用各种问题。每种单元都有单元编号和类型名。对本例, 操作如下:

选择 Main Menu/Preprocessor/Element Type/Add/Edit/Delete 命令, 弹出对话框 “Element Type”。

单击 Add 按钮, 弹出 “Library of Element Type”, 在其中选择 “Structrural Beam” 然后在对话框右侧选择栏中选择 “2D elastic 3”, 单击 “OK”。

(4) 定义实常数

单元实常数用于描绘某些单元的几何特征。是否需定义实常数, 依单元类型而定。

选择 Main Menu/Preprocessor/Real Constants/Add/edit/Delete 命令, 弹出 “Real Contants” 对话框。在 “Area” 栏中输入梁横截面面积 $0.1 * 0.05$, 在 “IZZ” 中输入梁截面对 Z 轴抗弯截面惯量 $0.05 * \frac{0.1 * 0.1 * 0.1}{12}$, 在 “height” 后输入梁高 0.1, 单击 “OK”。

(5) 定义材料特性

在 ANSYS 的所有分析中都要输入材料特性。在结构分析中必须输入材料的弹性模数和泊松比。如果分析中考虑重力，则还要输入材料密度。

选择 Main Menu/Preprocessor/Material Props/Material Models 命令，弹出“Define Material Model Behavior”窗口。在“Material Models Available”选择栏中选择 Structural/Linear/elastic/Isotropic，弹出“Linear Isotropic Properties for Material Number 1”对话框，在“ex”框中输入 $2e11$ ，在“PRXY”框中输入泊松比 0.3。

2. 建立几何模型

(1) 生成关键点

选择 Main Menu/Preprocessor Modeling/Create/keypoint/In active CS，弹出“create Keypoint in Active Coordinate System”对话框。在“Keypoint number”框中输入“1”，在“Location in active CS”输入模型中梁最左点坐标“0”，“0”，“0”，单击“apply”。再按同样方法生成关键点 2（2，0，0）。

(2) 生成线

选择 Main Menu/Preprocessor Modeling/Create/line/Straight line。在图形窗口拾取关键点 1 和 2，单击“OK”，生成线 L_1 （图 1-3）。

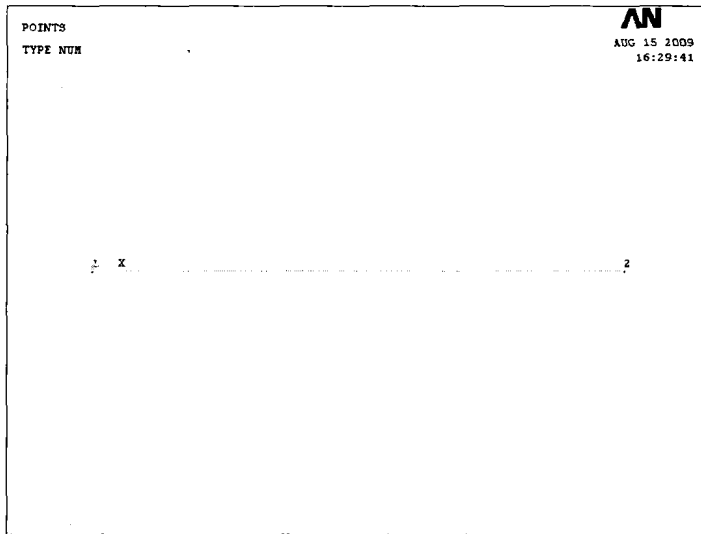


图 1-3 生成直线 L_1

3. 网格划分

选择 Main Menu/Preprocessor Meshing/Size Ctrls/Manual Size/Global/Size，弹出“Global Element Sizes”对话框。在“Size”框中输入“0.2”，单击“OK”。

选择 Main Menu/Preprocessor/Meshing/mesh/lines, 按 “pick all” 按钮, 划分网格。

4. 施加边界条件约束

选择 Main Menu/Solution/Define Loads/Apply/Structural/Displacement/On Nodes 命令, 弹出面板 “Apply U, ROT on Nodes”, 拾取节点 1, 单击 “OK”, 弹出 “Apply U, ROT on Nodes” 对话框。选择 “DOFs to be constrained” 栏中的 “All DOF”, 单击 “OK”。

5. 施加载荷

选择 Main Menu/Solution/Define Loads/Apply/Structural/Force/Moment/On Nodes 命令, 弹出面板 “Apply F/M on Nodes”, 拾取节点 2, 单击 “OK”, 弹出 “Apply F/M on Nodes” 对话框。在 “Lab” 栏中选择 “Fy”, 在 “VALUE” 框中输入 “-10000”, 单击 “OK”。

6. 求解

选择 Main Menu/Solution/Solve/Current LS, 弹出窗口 “STATUS Command” 显示计算模型求解和载荷信息和 “Solve current load step” 对话框, 单击此框中的 “OK”, 程序开始计算, 计算完毕显示 “Solution is done!”。

7. 后处理, 显示变形图

选择 Main Menu/General Postproc/Plot Results/Deformed Shape 命令, 出现 “Plot Deformed Shape” 对话框, 选择单选钮 “Def + undeformed edge”, 单击 “OK”, 出现如图 1-4 所示变形图。

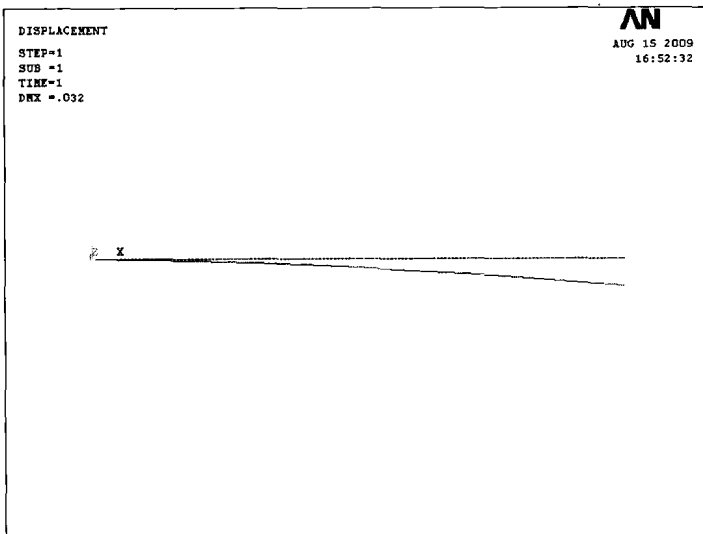


图 1-4 变形图

求解的命令流如下:

/Filename, BEAM! 指定工作文件名

/Title, Plot Deformation of Beam! 指定标题

l = 2

height = 0.1

width = 0.05

sec = width * height

j = width * height * 3/12

/prep7 ! 进入前处理器

Et, 1, beam3 ! 定义单元类型

R, 1, sec, j, height ! 定义实常数

Mp, ex, 1, 2e11 ! 定义材料弹性模数

Mp, prxy, 1, 0.3 ! 定义材料泊松比

K, 1, 0, 0, 0 ! 定义关键点 1

K, 2, 2, 0, 0 ! 定义关键点 2

L, 1, 2 ! 连接关键点 1, 关键点 2 成直线

Esize, 2 ! 设定单元尺寸

Lmesh, 1 ! 对线划分网格成线单元

Finsh ! 结束前处理

/sol ! 进入求解器

D, 1, all ! 在节点 1 处加上全部约束

F, 2, fy, -10000 ! 在节点 2 处加集中载荷 $f_y = -10000\text{N}$

Solve ! 求解

/post1 ! 进入后处理器

Pldisp ! 绘制变形图

第2章 滑履磨的计算和分析

本章将主要以 $\phi 4.4\text{m} \times 15\text{m}$ 轮带筒体一体化滑履磨为计算磨, 进行 ANSYS 有限元计算和分析。我们将混合使用 GUI 模式和命令流模式, 按步骤详细讨论, 带领读者慢慢进入管磨机有限元分析的大门。这部分是全书的重点。因为这里介绍的方法, 不仅适用于滑履磨也适用于中空轴磨。除 ANSYS 有限元计算, 还用计算结果对滑履磨的应力状态, 进行深入的分析探讨。特别是, 还以 $\phi 4.2\text{m} \times 13\text{m}$ 轮带筒体一体化滑履磨为对象, 用 APDL 参数化语言编写命令流计算分析, 讨论了该种磨结构参数对应力的影响, 给出一些规律性的结论, 这将是从事管磨机研究设计、制造、维护的一般技术人员都很感兴趣的。

2.1 计算磨结构特点, 计算分析基本构想和计算模型基本数据

该磨关于过横截面中心铅直纵剖面对称, 但磨体纵向左右并不对称。为简化计算, 保持中间 50mm 加厚段长度不变, 其左右长度不等的 42mm 厚段总长也不变, 但将 42mm 左右两段总长之半分别置于 50mm 段两侧。另外假设两端轮带尺寸相同, 模型中均取卸料端轮带尺寸, 这样就得到轴向左右也对称的结构 (图 2-1)。用对称面 I-I, II-II 切割磨体, 取出 $\frac{1}{4}$ 结构作为计算模型。采用直角坐标, 如图 2-1 所示, 坐标原点为过跨距中点横截面的中心, Z 轴沿磨体轴线方向, Y 轴铅直向上。由于我们最主要追求的是应力分布特点, 这里关

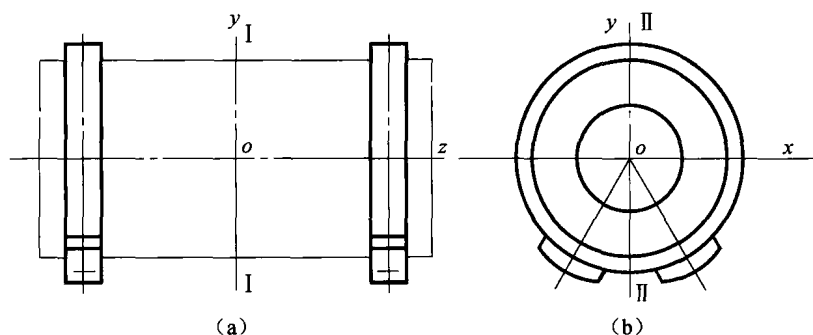


图 2-1 滑履磨简示意图