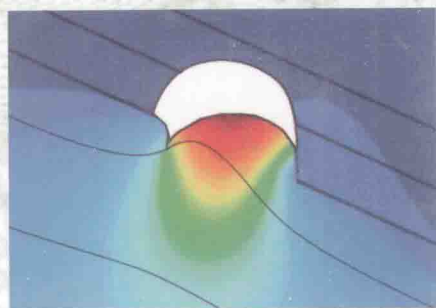



软岩工程大变形力学分析

原理 软件 实例

何满潮 陈 新 周永发 宋彦琦 著



 科学出版社

014057119



中国科学院科学出版基金资助出版

软岩工程大变形力学分析

原理 软件 实例

何满潮 陈 新 周永发 宋彦琦 著



P5
06

科学出版社

北京



北航

C1742061

内 容 简 介

本书系统地论述了软岩工程大变形力学的理论、分析方法及其软件系统。全书分为理论篇、实例篇和操作指南篇。全书的创新性成果:系统地描述了软岩大变形的有限变形理论,包括极分解有限变形理论、和分解有限变形理论;提出了恒阻大变形锚杆(索)的弹塑性大变形本构模型和开挖边界大变形接触模型;提出了区别于小变形力学设计方法的软岩工程大变形力学设计方法。上述三个方面构成了本书的核心价值。

本书可供煤炭、水利、矿山、土木、铁道、人防、国防、交通等系统的广大岩石力学科技工作者及相关专业的高校教师、研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

软岩工程大变形力学分析:原理、软件、实例/何满潮等著. —北京:科学出版社, 2014. 6

ISBN 978-7-03-040517-3

I. ①软… II. ①何… III. ①软岩层-岩石变形-岩石力学-研究
IV. ①P539.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 087714 号

责任编辑:刘宝莉 张晓娟 / 责任校对:赵桂芬
责任印制:肖 兴 / 封面设计:陈 敬

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>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 6 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2014 年 6 月第一次印刷 印张: 27

字数: 544 000

定价: 180.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

谨以此书

敬献恩师陈至达先生

前 言

恩师陈至达教授 1998 年走完了他坎坷而壮丽的一生。恩师在生命的最后十年,以极大的热情关注我国能源开采中的大变形破坏现象及力学描述,指导我和李平等研究生进行软岩大变形力学理论的软件开发工作。他高瞻远瞩地指出:“未来能源开采向纵深发展,大变形破坏研究势在必行。因此从物理上研究适应大变形的控制材料,从力学上研发大变形力学理论的数值方法及其软件系统,具有十分重要的理论意义和应用价值”。正如恩师预测到的那样,随着开采深度的增加,岩爆、瓦斯突出、强流变、底板突水等非线性动力学灾害现象日趋增多,严重影响了深部资源的安全高效开采。深部开采工程中产生的岩石力学问题已经成为目前国内外采矿及岩石力学界研究的焦点。除了要很好地建立符合岩体变形的物理、力学特性本构模型外,还必须采用能正确描述大变形的非线性几何理论,才能得到较为合理的结果。随着非线性几何场论的研究不断取得进展,目前形成了两种有限变形理论:①采用固定坐标系描述方法,以 Green 非线性应变作为应变度量和 Finger 极分解定理得到的转动张量为转动度量的经典有限变形理论;②采用拖带坐标系描述方法,基于应变和转动的和分解定理(additive decomposition theorem,简称 S-R 分解定理)的有限变形理论。Green 非线性应变张量克服了大转动时 Cauchy 应变张量在物体发生有限转动时对变形度量的失真,给出了大变形的确定性度量,因而被许多非线性力学著作采用。而 Green 应变张量没有相应的转动张量与之匹配,对全面研究大变形、大转动问题是一个重大缺陷。极分解定理定义的转动张量虽然在一定程度上弥补了 Green 应变张量没有相匹配的转动张量的缺点,但它包含左、右极分解两个分解式,变形和转动的分解也有先后之分,分解式不唯一,分解得到的伸长张量不适合作为变形的度量。

针对经典有限变形理论的这些问题,恩师陈至达教授经过多年研究,在拖带系描述法、张量分析和微分变换群等数学理论的基础上,于 1979 年提出了应变和转动的和分解定理,完善了 Stokes 在 1945 年提出的固体位移场分解理论,克服了以往大变形理论的缺陷,构成了非线性连续体力学的新体系。十几年来,以拖带系和分解定理为基础,许多学者研究了拖带系中的应变、转动、应力、应力客观率的度量和变分原理,形成了基于和分解的有限变形理论。该理论的应用涉及岩石、混凝土、金属等刚体的大变形、非线性效应、断裂力学、细观力学、生物力学、分形几何、边坡稳定、软岩巷道支护、地质构造大变形、实验力学的激光频谱分析法以及物性方程等诸多领域,取得了令人瞩目的成果。

在深部软岩工程中,由于涉及物理非线性、几何非线性和接触边界非线性等力学问题,因此其理论解的求解在数学上遇到非常大的困难,需要借助于有限元、有限差分 and 离散元等数值方法和软件。目前,商业有限元软件的有限变形力学模型中,无一例外的都是采用 Green 非线性应变和 Finger 极分解定理来度量应变和转动,没有提供基于和分解的有限变形力学模型。在上述情况下,加强和分解有限变形理论的研究和开发相应软件,并把极分解理论与和分解理论的计算结果加以比较、分析、研究,是十分有意义的。显然,这是一项十分浩大而艰苦细致的研究工程,没有强有力的项目支持是不可能完成的。这也是恩师仙逝之前仍未形成软件系统的重要原因。另外,数学上的困难也是不可逾越的障碍。十分幸运的是,2004 年国家自然科学基金委批准了重大项目——深部岩体力学基础研究及应用(No. 50490270),2006 年国家科技部批准了 973 项目——深部煤炭资源赋存环境及其开发的基础研究(No. 2006CB202200)。我担任了这两个项目的首席科学家,这一难得的机遇点燃了我心中那团铭记着完成恩师遗愿的希望之火。为此,我借助了首席科学家的平台,加强了和中国科学院数学与系统科学研究院梁国平先生团队的合作,组织和实施了“深部软岩工程大变形力学分析设计系统”的合作开发工作,包括国家自然科学基金重大项目科学研究合作项目——深部三相三场及深部工程灾害三维数值模拟系统、并行有限元程序自动生成系统 PFEPG5.2 (包括完成三维弹性大变形与渗流场、温度场耦合软件系统)和深部二维软岩大变形分析系统三个项目的研究工作。该软件系统以软岩大变形理论和非线性力学设计方法为理论基础,通过有限元程序自动生成平台 FEPG5.2,建立深部三相(气、液、固)和三场(应力场、渗流场、温度场)耦合作用的数值模拟系统,应用于理论科研与工程实践,这对研究深部资源开采面临的岩石力学问题具有重大现实意义。

本书系统介绍了深部软岩大变形力学分析与设计系统的基础理论、应用和操作方法,也包括在我国多个工程应用实例与研究项目的研究成果。全书共分三大部分:一、理论篇;二、实例篇;三、操作指南篇。其中,理论篇包括:软岩大变形问题基本理论;软岩大变形增量分析有限元方程;深部软岩工程的有限元法;软岩工程非线性大变形力学设计方法;三维和分解弹性全量法基本理论;三维和分解弹性全量法有限元方程。实例篇包括:有限转动与伸长的算例分析;简单剪切的算例分析;小孔问题的算例分析;厚壁圆筒的算例分析;Goodman 单元的算例分析;支护结构单元的算例分析;方形洞室开挖的算例分析;吉林台水电站区域稳定性算例分析;柳海—480m 水平运输大巷开挖算例分析;旗山—1000m 水平北翼轨道联络大巷开挖算例分析;LDEAS^{3D}——立方体的转动与伸长和简单剪切的算例分析;LDEAS^{3D}——顶盖驱动算例分析。操作指南篇包括:系统综述及安装;系统启动及项目管理;前处理系统;参数设置;计算分析步骤;后处理系统;实例体验;剪

切大变形;实例体验:柳海巷道开挖;实例体验:吉林台水电站。本书涵盖了LDEAS系统在理论、应用、操作上的所有内容,全书力求结构严谨、深入浅出,并有大量图表数据,易于阅读和理解。

本书的贡献是将国际上流行的Finger极分解有限变形理论和陈至达和分解有限变形理论进行了系统的阐述,并将两种有限变形理论程序化,便于人们应用和比较分析。在书中还给出了经典力学问题和实际工程问题的算例。本书的创新性贡献是结合软岩大变形特点,给出了控制大变形的对策技术——恒阻大变形支护,并给出了恒阻大变形锚杆(索)的能量本构关系,给出了恒阻大变形支护和围岩相互作用的平衡方程及其解答,为软岩工程大变形控制奠定了坚实基础;本书的另一项贡献是给出了软岩工程大变形力学设计方法,包括软岩工程设计原则、设计内容和设计程序,并论述了与小变形理论设计的不同之处。上述三个方面构成了本书的核心价值。

本书的完成是团队的智慧结晶。首先感谢前辈梁国平先生和他的研究团队,包括钱华山、周永发、成广庆、庄小燕、张向辉等的无私支持,许多数学上和软件上的困难是在他们的帮助下——得到解决。此外,陈至达先生的关门弟子宋彦琦教授以其精湛的数学功底,参与了和分解的理论分析工作。我的博士后陈新副教授负责算法研究、算例理论解分析和程序调试;我的博士生郭宏云参与了理论解推导、软件测试和实例计算;硕士生奚守仲、硕士生赵培和硕士生张春参与了软件测试和实例计算的工作。为此,在本书完成之际,我向他们表示衷心的感谢。并感谢自然科学基金委重大项目(No. 50490270)、重点项目(No. 51134005)和面上项目(No. 40972196、No. 41172263)的支持,感谢国家973项目(No. 2006CB202200)的支持。

由于作者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请读者批评指正。

何满潮

2013年5月于北京

目 录

前言

理 论 篇

第 0 章 软岩工程大变形破坏现象	3
0.1 沉积软岩构造大变形现象	3
0.2 软岩地下工程大变形现象	3
0.3 软岩地面工程大变形现象	6
0.4 软岩实验中大变形现象	8
0.5 软岩工程大变形的力学分类	10
参考文献	11
第 1 章 软岩大变形问题基本理论	12
1.1 固定坐标系与拖带坐标系	12
1.2 经典小变形理论的局限性	14
1.3 Finger 极分解有限变形理论	16
1.3.1 Finger 极分解定理与 Green 应变张量	16
1.3.2 应力的定义和平衡方程	17
1.3.3 应变率、客观应力率和增量型本构关系	18
1.4 陈氏和分解有限变形理论	18
1.4.1 和分解定理与应变的定义	19
1.4.2 拖带坐标系中的应力定义和平衡方程	20
1.4.3 更新拖带系的速度场分解、客观应力率和率型本构关系	21
参考文献	22
第 2 章 软岩大变形增量分析有限元方程	23
2.1 极分解增量分析有限元方程	23
2.1.1 与现时构形平衡方程等效的变分原理	23
2.1.2 更新拉格朗日格式的极分解有限元方程	24
2.2 和分解增量分析有限元方程	25
2.2.1 基于拖带系的变分原理	25
2.2.2 更新拖带坐标法的和分解有限元方程	27
参考文献	29

第3章 深部软岩工程的有限元法	30
3.1 弹塑性大变形问题的应力预测——校正方法	30
3.1.1 屈服函数	30
3.1.2 弹塑性增量本构关系	31
3.1.3 应力预测与校正	32
3.2 开挖与建造过程的模拟方法	34
3.2.1 空单元法模拟开挖	34
3.2.2 反向施加等效节点荷载方法模拟开挖	35
3.3 开挖边界大变形接触问题的模拟方法	36
3.4 节理单元的模拟方法	37
3.5 小变形支护单元的模拟方法	39
3.5.1 普通锚杆、锚索结构	39
3.5.2 刚架(梁)结构	41
3.6 恒阻大变形锚杆(索)	43
3.6.1 恒阻大变形锚杆(索)结构	43
3.6.2 恒阻大变形锚杆的本构描述	45
3.6.3 恒阻大变形锚杆(索)能量本构关系	49
3.6.4 恒阻大变形锚杆巷道围岩稳定性能量平衡方程	50
参考文献	51
第4章 软岩工程非线性大变形力学设计方法	52
4.1 软岩工程支护原则	52
4.1.1 “对症下药”原则	52
4.1.2 过程原则	53
4.1.3 塑性圈原则	53
4.1.4 优化原则	53
4.2 软岩巷道非线性大变形力学设计方法	54
4.2.1 设计的内容和特点	54
4.2.2 设计的基本步序	56
参考文献	58
第5章 三维和分解弹性全量法基本理论	59
5.1 几何关系(位形变换的和分解定理)	59
5.2 应力和运动方程	60
5.3 应力与应变的弹性全量本构关系	60
5.4 能量变分原理	61
参考文献	61

第 6 章 三维和分解弹性全量法有限元方程	62
6.1 基于牛顿迭代法的虚功方程弱解形式	62
6.2 求解位移的弱解方程	65
6.3 求解应力的弱解方程	67

实 例 篇

第 7 章 有限转动与伸长的算例分析	71
7.1 弹性计算理论解	71
7.1.1 全量和分解平面应力	71
7.1.2 全量和分解平面应变	74
7.1.3 全量左、右极分解平面应力	75
7.1.4 全量左、右极分解平面应变	76
7.1.5 弹性增量和分解平面应力	77
7.1.6 弹性增量和分解平面应变	79
7.1.7 弹性增量极分解平面应力	81
7.1.8 弹性增量极分解平面应变	85
7.2 数值解——弹性全量法平面应力	87
7.2.1 弹性全量和分解平面应力	88
7.2.2 弹性全量左极分解平面应力	89
7.2.3 弹性全量右极分解平面应力	91
7.3 数值解——弹性全量法平面应变	92
7.3.1 弹性全量和分解平面应变	92
7.3.2 弹性全量左极分解平面应变	93
7.3.3 弹性全量右极分解平面应变	95
7.4 数值解——弹性增量法平面应力	96
7.4.1 弹性增量和分解平面应力	96
7.4.2 弹性增量极分解平面应力	97
7.5 数值解——弹性增量法平面应变	98
7.5.1 弹性增量和分解平面应变	99
7.5.2 弹性增量极分解平面应变	100
7.6 弹塑性问题增量分析理论解	101
7.6.1 计算参数取值	101
7.6.2 弹塑性计算结果总表	101
7.7 数值解——弹塑性增量法平面应力(理想弹塑性模型)	106
7.7.1 弹塑性增量和分解平面应力	106

7.7.2	弹塑性增量极分解平面应力	108
7.7.3	弹塑性增量小变形平面应力	109
7.8	数值解——弹塑性增量法平面应变(理想弹塑性模型)	110
7.8.1	弹塑性增量和分解平面应变	110
7.8.2	弹塑性增量极分解平面应变	111
7.8.3	弹塑性增量小变形平面应变	113
7.9	数值解——弹塑性增量法平面应力(线性硬化模型)	114
7.9.1	弹塑性增量和分解平面应力	114
7.9.2	弹塑性增量极分解平面应力	116
7.9.3	弹塑性增量小变形平面应力	117
7.10	数值解——弹塑性增量法平面应变(线性硬化模型)	118
7.10.1	弹塑性增量和分解平面应变	118
7.10.2	弹塑性增量极分解平面应变	120
7.10.3	弹塑性增量小变形平面应变	121
	参考文献	122
第8章	简单剪切的算例分析	123
8.1	弹性计算理论解	123
8.1.1	全量和分解平面应力	123
8.1.2	全量和分解平面应变	125
8.1.3	全量左、右极分解平面应力	126
8.1.4	全量左、右极分解平面应变	128
8.1.5	弹性增量和分解平面应力	129
8.1.6	弹性增量和分解平面应变	132
8.1.7	弹性增量极分解平面应力	135
8.1.8	弹性增量极分解平面应变	138
8.1.9	弹性计算结果总表	141
8.2	数值解——弹性全量法平面应力	143
8.2.1	弹性全量和分解平面应力	144
8.2.2	弹性全量左极平面应力	145
8.2.3	弹性全量右极平面应力	146
8.3	数值解——弹性全量法平面应变	147
8.3.1	弹性全量和分解平面应变	147
8.3.2	弹性全量左极平面应变	148
8.3.3	弹性全量右极平面应变	149
8.4	数值解——弹性增量法平面应力	150

8.4.1	弹性增量和分解平面应力	151
8.4.2	弹性增量极分解平面应力	152
8.5	数值解——弹性增量法平面应变	153
8.5.1	弹性增量和分解平面应变	153
8.5.2	弹性增量极分解平面应变	154
8.6	弹塑性问题增量分析理论解	155
8.6.1	弹塑性问题增量分析理论解求解步骤	155
8.6.2	弹塑性计算结果总表	155
8.7	数值解——弹塑性增量法平面应力(理想弹塑性模型)	159
8.7.1	弹塑性增量小变形平面应力	160
8.7.2	弹塑性增量和分解平面应力	161
8.7.3	弹塑性增量极分解平面应力	162
8.8	数值解——弹塑性增量法平面应变(理想弹塑性模型)	163
8.8.1	弹塑性增量小变形平面应变	163
8.8.2	弹塑性增量和分解平面应变	164
8.8.3	弹塑性增量极分解平面应变	165
8.9	数值解——弹塑性增量法平面应力(线性硬化模型)	166
8.9.1	弹塑性增量小变形平面应力	167
8.9.2	弹塑性增量和分解平面应力	168
8.9.3	弹塑性增量极分解平面应力	169
8.10	数值解——弹塑性增量法平面应变(线性硬化模型)	170
8.10.1	弹塑性增量小变形平面应变	170
8.10.2	弹塑性增量和分解平面应变	171
8.10.3	弹塑性增量极分解平面应变	172
	参考文献	173
第9章	小孔问题的算例分析	174
9.1	小孔弹塑性问题理论解	174
9.1.1	均匀弹塑性材料中小孔问题基本方程及理论解	174
9.1.2	数值算例模型及其理论解	175
9.2	预制小孔 LDEAS 算例——弹塑性小变形(平面应变)	176
9.2.1	LDEAS 计算步骤	176
9.2.2	LDEAS 计算结果	176
9.3	小孔开挖 LDEAS 算例——弹塑性小变形(平面应变)	178
9.3.1	LDEAS 计算步骤	178
9.3.2	LDEAS 计算结果	178

第 10 章 厚壁圆筒的算例分析	180
10.1 问题的描述及理论解	180
10.2 计算模型	181
10.3 计算结果	182
10.3.1 加载 490MPa	183
10.3.2 加载 560MPa	183
10.3.3 加载 630MPa	183
10.3.4 加载 700MPa	184
10.4 数值计算结果与理论解对比	184
第 11 章 Goodman 单元的算例分析	186
11.1 计算模型	186
11.2 理论解	188
11.2.1 平面应力问题	188
11.2.2 平面应变问题	190
11.2.3 Goodman 单元数值算例理论解计算结果总表	193
11.3 数值解——弹性全量法和分解平面应变	193
11.3.1 拉	193
11.3.2 压	194
11.3.3 剪	195
11.3.4 两侧加载模拟剪应力	196
11.3.5 压剪组合	197
参考文献	199
第 12 章 支护结构单元的算例分析	200
12.1 小变形弹脆性锚杆的算例分析	200
12.1.1 模型	200
12.1.2 前处理	200
12.1.3 计算结果	201
12.2 小变形锚索的算例分析	202
12.2.1 模型	202
12.2.2 前处理	202
12.2.3 计算结果	203
12.3 小变形梁的算例分析	203
12.3.1 模型	203
12.3.2 前处理	204
12.3.3 计算结果	205
12.4 恒阻大变形锚杆的算例分析	206

12.4.1 模型	206
12.4.2 计算结果	207
第 13 章 方形洞室开挖的算例分析	212
13.1 计算模型	212
13.2 弹性增量和分解平面应变	213
13.3 弹性增量极分解平面应变	217
第 14 章 吉林台水电站区域稳定性算例分析	222
14.1 数值计算模型	222
14.2 计算步骤	223
14.3 工程计算结果	223
14.3.1 安全岛变形场特征	223
14.3.2 安全岛应力场特征	224
第 15 章 柳海—480m 水平运输大巷开挖算例分析	227
15.1 弹性极分解增量分析模块的前后比较	228
15.2 网格对计算模型的影响	229
15.3 极分解与和分解增量分析模块的对比	230
15.4 两个增量分析模块降低底板弹性模量时巷道的最大变形	231
参考文献	232
第 16 章 旗山—1000m 水平北翼轨道联络大巷开挖算例分析	233
16.1 数值计算模型	233
16.2 计算结果	234
参考文献	239
第 17 章 LDEAS^{3D}——立方体的转动与伸长和简单剪切的算例分析	240
17.1 两个算例的理论解	240
17.1.1 立方体有限转动与伸长的理论解	240
17.1.2 立方体简单剪切的理论解	243
17.2 两个算例数值分析结果	246
17.2.1 立方体有限转动与伸长数值分析结果	246
17.2.2 立方体简单剪切数值分析结果	250
第 18 章 LDEAS^{3D}——顶盖驱动算例分析	254
18.1 计算模型	254
18.2 计算结果	254

操作指南篇

第 19 章 系统综述及安装	259
19.1 安装说明	259

19.2	程序组	263
第 20 章	系统启动及项目管理	264
20.1	启动系统	264
20.2	工程项目管理	265
第 21 章	前处理系统	267
21.1	基本使用流程	267
21.2	主界面说明	268
21.2.1	主界面	268
21.2.2	工具条	269
21.2.3	菜单	273
21.3	File 菜单	273
21.3.1	File 主菜单	273
21.3.2	文件操作	273
21.3.3	前后处理切换	274
21.3.4	退出	274
21.4	View 菜单	275
21.4.1	View 主菜单	275
21.4.2	视图调整	275
21.5	Geometry 菜单	278
21.5.1	创建模型	278
21.5.2	删除	287
21.6	Utilities 菜单	288
21.7	Data 菜单	294
21.8	Meshing 菜单	300
21.8.1	单元划分设定	300
21.8.2	单元类型	305
21.8.3	取消删除或者设定网格	306
21.8.4	网格生成功能	307
21.8.5	编辑网格	307
21.9	Calculate 菜单	309
21.10	结构实体组合计算特殊说明	309
21.11	恒阻大变形锚杆(索)施加操作说明	317
21.11.1	脆断锚杆	317
21.11.2	无限力锚杆	318
21.11.3	恒阻锚杆	319

21.11.4	恒阻锚杆模拟脆断锚杆	320
21.11.5	恒阻锚杆模拟无限力锚杆	320
21.11.6	一部分恒阻锚杆一部分全程黏结锚杆	321
第 22 章	参数设置	322
22.1	基本使用流程	322
22.2	线荷载	323
22.3	工程材料	326
22.3.1	线弹性材料	326
22.3.2	弹塑性材料	329
22.4	单元施工步序信息设置	332
22.5	地应力	334
第 23 章	计算分析步骤	337
23.1	计算条件设置	338
23.2	地应力计算	339
23.3	工程计算	340
第 24 章	后处理系统	343
24.1	基本使用流程	343
24.2	主界面说明	345
24.2.1	主界面	345
24.2.2	功能工具条	346
24.2.3	菜单	348
24.3	View Results 菜单	348
24.3.1	选择要查看的结果步数	349
24.3.2	显示云图	350
24.3.3	结果	350
24.3.4	显示等值线图	353
24.3.5	显示最大、最小值	353
24.3.6	显示矢量图	353
24.3.7	绘制曲线结果	354
24.3.8	显示变形图	355
24.4	Windows 菜单	355
24.4.1	View Style	356
24.4.2	View Results	357
24.4.3	Deform Mesh	358
24.4.4	Animate	359

24.4.5	Border Graph	360
24.4.6	Several Results	361
第 25 章	剪切大变形算例的操作步骤	362
25.1	问题说明	362
25.2	启动 LDEAS 系统	362
25.3	建立几何网格模型	363
25.4	造型中设定材料及边界	364
25.5	剖分单元网格	366
25.6	保存退出前处理系统	368
25.7	设置材料库	368
25.8	建立单元材料号与材料库之间的联系	369
25.9	计算平面应变和分解	370
25.10	查看结果	372
25.11	计算其余几种情况下的结果	372
第 26 章	柳海巷道开挖算例操作步骤	374
26.1	问题说明	374
26.2	启动 LDEAS 系统	375
26.3	建立几何网格模型	376
26.4	造型中设定材料号及边界条件	377
26.5	剖分单元网格	381
26.6	保存退出前处理系统	384
26.7	设置上覆岩压	385
26.8	设置材料库	385
26.9	建立单元材料号与材料库之间的联系	387
26.10	设置初始应力场	390
26.11	运行计算	391
26.12	查看结果	393
第 27 章	吉林台水电站算例操作步骤	395
27.1	问题说明	395
27.2	启动 LDEAS 系统	395
27.3	建立几何网格模型	396
27.4	造型中设定材料号及边界条件	397
27.5	剖分单元网格	400
27.6	保存退出前处理系统	403
27.7	设置材料库	403