



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材

高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材
(经典精品系列教材)

岩石力学

(第三版)

重庆大学 张永兴 许明 主编
中国矿业大学 贺永年 主审

中国建筑工业出版社

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材

高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材
(经典精品系列教材)

岩石力学

(第三版)

重 庆 大 学 张 永 兴 许 明 主 编
中 国 矿 业 大 学 贺 永 年 主 审

中 国 建 筑 工 业 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

岩石力学/张永兴,许明主编. —3版. —北京:中国建筑工业出版社,2015.4

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材. 普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材. 高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材(经典精品系列教材)

ISBN 978-7-112-18011-0

I. ①岩… II. ①张… ②许… III. ①岩石力学—高等学校—教材 IV. ①TU45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 069893 号

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材
高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材
(经典精品系列教材)

岩石力学

(第三版)

重庆大学 张永兴 许明 主编
中国矿业大学 贺永年 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 16 $\frac{3}{4}$ 字数: 347 千字

2015 年 8 月第三版 2015 年 8 月第十六次印刷

定价: 32.00 元

ISBN 978-7-112-18011-0

(27251)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书在 2008 年出版的第二版基础上根据 2011 年颁布的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》修订而成。内容包括：绪论、岩石的物理力学性质、岩体的力学特性、岩体地应力及其测量方法、岩石地下工程、岩石边坡工程、岩石地基工程、岩石力学研究新进展等。每章后附有复习思考题。

本书可作为土木工程、水利工程、矿业工程、石油工程、地质工程、交通运输工程等专业本科生教材，也可供相关专业教师及工程技术人员参考。

* * *

责任编辑：王 跃 吉万旺

责任设计：张 虹

责任校对：张 颖 党 蕾

出版说明

1998年教育部颁布普通高等学校本科专业目录，将原建筑工程、交通土木工程等多个专业合并为土木工程专业。为适应大土木的教学需要，高等学校土木工程学科专业指导委员会编制出版了《高等学校土木工程专业本科教育培养目标和培养方案及课程教学大纲》，并组织我国土木工程专业教育领域的优秀专家编写了《高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材》。该系列教材2002年起陆续出版，共40余册，十余年来多次修订，在土木工程专业教学中起到了积极的指导作用。

本系列教材从宽口径、大土木的概念出发，根据教育部有关高等教育土木工程专业课程设置的教學要求编写，经过多年的建设和发展，逐步形成了自己的特色。本系列教材投入使用之后，学生、教师以及教育和行业行政主管部门对教材给予了很高评价。本系列教材曾被教育部评为面向21世纪课程教材，其中大多数曾被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材和普通高等教育土建学科专业“十五”、“十一五”、“十二五”规划教材，并有11种入选教育部普通高等教育精品教材。2012年，本系列教材全部入选第一批“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。

2011年，高等学校土木工程学科专业指导委员会根据国家教育行政主管部门的要求以及新时期我国土木工程专业教学现状，编制了《高等学校土木工程本科指导性专业规范》。在此基础上，高等学校土木工程学科专业指导委员会及时规划出版了高等学校土木工程本科指导性专业规范配套教材。为区分两套教材，特在原系列教材丛书名《高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材》后加上经典精品系列教材。各位主编将根据教育部《关于印发第一批“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材书目的通知》要求，及时对教材进行修订完善，补充反映土木工程学科及行业发展的最新知识和技术内容，与时俱进。

高等学校土木工程学科专业指导委员会

中国建筑工业出版社

2013年2月

第三版前言

本书第一版于2004年由中国建筑工业出版社出版，张永兴任主编、阴可任副主编，是普通高等教育土建学科专业“十五”规划教材、高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材。2008年对第一版教材进行修订，出版了《岩石力学》(第二版)。该教材被评为普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材。2012年，《岩石力学》教材入选第一批“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。2014年，根据我国高等学校土木工程学科专业指导委员会制定的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》，结合长期教学与工程实践的经验，开展本教材第三版的修订工作。

本次修订参考了国内外诸多教材建设经验及相关院校国家与省部级精品课程、重点建设课程的教学经验，遵循强调岩石力学基本概念、基本原理和基本设计方法、扩大专业知识面的原则，调整了一些传统教材的内容，适当反映我国有关规范编制建设的成果和岩石力学学科发展新方向，以使教学适应我国工程建设发展的新趋势。

本次修订由重庆大学许明任主编，负责全书统筹及校订，各章节修订人员如下：第1章 绪论，刘先珊；第2章 岩石的物理力学性质，阴可；第3章 岩体的力学特性，文海家；第4章 岩体地应力及其测量方法，谢强；第5章 岩石地下工程，王桂林；第6章 岩石边坡工程，吴曙光；第7章 岩石地基工程，陈建功；第8章 岩石力学研究新进展，杨海清。相关章节电子课件可参考重庆大学精品课程网站。

限于编者的水平，本书不当之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

2014年11月

第二版前言

为适应岩石力学课程多学时及实验教学的需要，对岩石力学第一版教材进行了修订。主要修订的内容如下：

1. 第一版教材中各章的勘误；
2. 根据《公路隧道设计规范》JTG D70—2004 对第 5 章岩石地下工程作了较大的修改；
3. 增加了第 8 章岩石力学研究新进展；
4. 对复习思考题均作了较大的修改；
5. 增加了岩石力学实验指导书及实验报告。

本次修订由重庆大学许明编写，张永兴、阴可审阅。

本教材出版后，得到了广大读者的厚爱和支持。经过申报和评审，建设部已批准我们承担普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材《岩石力学》的编写任务。我们衷心欢迎广大读者和同行们提出宝贵意见。

编者
2007 年 12 月

第一版前言

本书是依据全国高等学校土木工程专业指导委员会推荐的土木工程专业地下、岩土、矿山类专业课群组核心课程《岩石力学》教学大纲编写的。

本书内容主要分三大部分。第一部分重点介绍了岩石与岩体的基本概念、岩石的基本物理力学性能（第1、2章）；第二部分重点介绍了结构面、岩体的基本力学性能及地应力（第3、4章）；第三部分突出介绍了岩石力学基本理论在岩石地下工程、岩石边坡工程及岩石地基工程稳定分析及设计中的应用（第5、6、7章）。每章附有复习思考题供练习巩固用。

本书可作为土木工程、水利工程、矿业工程、石油工程、地质工程、交通运输工程等专业的本科生教材。也可作为高等学校相关专业的教师、科研院所和工程部门的科研人员、工程技术人员的技术参考书。

本书由重庆大学张永兴教授任主编，阴可副教授任副主编。参加编写工作的还有王桂林、文海家、刘新荣、靳晓光、张波、吴曙光、曾鼎华等。胡居义、谢强、宋静等参加了资料整理并绘制插图。

中国矿业大学贺永年教授、重庆大学周小平博士后仔细审阅了全书并提出了宝贵修改意见，在此表示衷心感谢。

限于水平，难免有欠妥之处，敬请读者指正。

编者

2004年7月

目 录

第 1 章 绪论	1
§ 1.1 岩石与岩体的基本概念	3
1.1.1 岩石和岩体	3
1.1.2 岩体结构	4
§ 1.2 岩石力学的应用范围	6
§ 1.3 岩石力学的基本内容与研究方法	8
1.3.1 岩石力学的基本内容	8
1.3.2 岩石力学的研究方法	9
复习思考题	10
第 2 章 岩石的物理力学性质	11
§ 2.1 岩石的结构和构造	11
§ 2.2 岩石的基本物理性质	11
2.2.1 重度和密度	11
2.2.2 相对密度	12
2.2.3 孔隙率和孔隙比	12
2.2.4 含水率、吸水率和饱和吸水率	13
2.2.5 岩石的渗透性	14
2.2.6 岩石的膨胀性	14
2.2.7 岩石的崩解性	14
2.2.8 岩石的软化性	14
2.2.9 岩石的抗冻性	15
§ 2.3 岩石的强度	15
2.3.1 岩石抗压强度	15
2.3.2 岩石抗剪强度	17
2.3.3 岩石抗拉强度	19
2.3.4 岩石强度准则	21
§ 2.4 岩石的变形	25
§ 2.5 岩石的流变	32
2.5.1 岩石的蠕变性质	32
2.5.2 岩石的松弛性质	37
2.5.3 岩石的长期强度	37

复习思考题·····	39
第3章 岩体的力学特性 ·····	41
§ 3.1 岩体中的结构面·····	41
3.1.1 结构面的类型·····	41
3.1.2 结构面的自然特征·····	48
3.1.3 结构面的力学性质·····	53
§ 3.2 工程岩体分类·····	59
3.2.1 简易分类·····	59
3.2.2 岩石质量指标 (RQD) 分类·····	59
3.2.3 岩体地质力学分类 (CSIR 分类)·····	60
3.2.4 巴顿岩体质量分类 (Q 分类)·····	62
3.2.5 岩体 BQ 分类·····	62
§ 3.3 岩体的强度·····	65
3.3.1 节理岩体强度分析·····	65
3.3.2 结构面对岩体强度的影响分析·····	68
3.3.3 岩体强度的确定方法·····	71
§ 3.4 岩体的变形·····	76
3.4.1 岩体变形试验·····	76
3.4.2 岩体变形参数估算·····	81
3.4.3 岩体变形曲线·····	84
3.4.4 岩体动力变形特性·····	86
3.4.5 影响岩体变形特性的主要因素·····	89
§ 3.5 岩体的水力学性质·····	90
3.5.1 裂隙岩体的水力特性·····	90
3.5.2 应力对岩体渗透性能的影响·····	92
3.5.3 渗流应力·····	93
复习思考题·····	94
第4章 岩体地应力及其测量方法 ·····	96
§ 4.1 概述·····	96
4.1.1 地应力的基本概念·····	96
4.1.2 地应力的成因、组成成分和影响因素·····	96
§ 4.2 地应力场的分布规律·····	101
§ 4.3 高地应力区特征·····	105
4.3.1 高地应力判别准则和高地应力现象·····	105
4.3.2 岩爆及其防治措施·····	107
§ 4.4 地应力测量方法·····	112

4.4.1	地应力测量的基本原理	112
4.4.2	水压致裂法	114
4.4.3	应力解除法	115
4.4.4	应力恢复法	118
4.4.5	声发射法	120
	复习思考题	122
第5章	岩石地下工程	124
§ 5.1	概述	124
§ 5.2	地下工程类型及围岩分类	125
5.2.1	地下工程类型	125
5.2.2	地下工程围岩分类	126
§ 5.3	地下工程围岩应力	129
5.3.1	圆形地下工程围岩应力	130
5.3.2	非圆形地下工程围岩应力	137
§ 5.4	地下工程围岩的破坏机理	140
5.4.1	拉伸破坏机理	140
5.4.2	剪切破坏机理	140
§ 5.5	地下工程支护设计	141
5.5.1	概述	141
5.5.2	地下工程围岩压力计算	142
5.5.3	地下工程支护设计	149
	复习思考题	155
第6章	岩石边坡工程	157
§ 6.1	概述	157
§ 6.2	岩石边坡破坏类型及影响因素	158
6.2.1	岩石边坡的破坏类型	158
6.2.2	边坡稳定的影响因素	159
§ 6.3	岩石边坡稳定性分析	161
6.3.1	圆弧法岩坡稳定性分析	161
6.3.2	平面滑动岩坡稳定性分析	164
6.3.3	双平面滑动岩坡稳定性分析	167
6.3.4	力多边形法岩坡稳定性分析	168
6.3.5	力的代数叠加法岩坡稳定分析	169
6.3.6	楔形滑动岩坡稳定性分析	170
6.3.7	倾倒破坏岩坡稳定性分析	172
§ 6.4	岩石边坡加固	175

6.4.1	注浆加固	175
6.4.2	锚杆或预应力锚索加固	176
6.4.3	混凝土挡墙或支墩加固	176
6.4.4	挡墙与锚杆相结合的加固	177
§ 6.5	岩石边坡加固实例	178
	复习思考题	179
第7章	岩石地基工程	181
§ 7.1	概述	181
§ 7.2	岩石地基的变形和沉降	183
7.2.1	岩石地基中的应力分布	183
7.2.2	岩石地基的沉降	186
§ 7.3	岩石地基的承载力	191
7.3.1	规范方法	191
7.3.2	破碎岩体的地基承载力	192
7.3.3	具有埋深的基础	194
7.3.4	承载力系数	194
7.3.5	边坡岩石地基	195
7.3.6	缓倾结构面岩石地基的承载力	196
7.3.7	双层岩石地基承载力	197
7.3.8	岩溶地基承载力	199
§ 7.4	岩石地基的稳定性	200
7.4.1	岩基的抗滑稳定	200
7.4.2	岩基的加固措施	203
	复习思考题	204
第8章	岩石力学研究新进展	206
§ 8.1	概述	206
§ 8.2	数值分析在岩石力学中的应用	206
8.2.1	数值分析方法的分类	206
8.2.2	有限单元法原理及其应用要点	207
8.2.3	岩石力学问题的其他数值分析方法	208
§ 8.3	岩石细观力学特性研究	211
8.3.1	基本概念	211
8.3.2	岩石细观力学特性研究方法	212
8.3.3	基于CT的岩石细观力学研究	215
§ 8.4	岩石断裂力学与损伤力学概论	218
8.4.1	岩石断裂力学概述	218

8.4.2 岩石损伤力学概述	221
§ 8.5 岩石力学中的多场耦合分析	225
8.5.1 岩体的渗透定理	226
8.5.2 岩体渗流场、温度场与应力场耦合模型	228
§ 8.6 深部岩体力学问题	229
8.6.1 深部岩体的特点	229
8.6.2 深部岩体工程力学特性	230
8.6.3 深部岩体工程施工设计特点	232
§ 8.7 新的数学方法和非线性科学在岩石力学中的应用	232
8.7.1 分形几何及其在岩石力学中的应用	233
8.7.2 非线性科学方法在岩石力学与工程中的应用	234
8.7.3 人工智能与专家系统在岩石力学中的应用	235
§ 8.8 其他	236
附录 岩石力学实验指导书及实验报告	238
参考文献	253

第 1 章 绪 论

早在远古时代，人们就开始使用岩石制作工具，利用天然岩洞或挖掘岩洞作居室。在约 4700 年前，古埃及就开采岩石建造金字塔，其最大高度达到了 146.5m；公元 1600 年，火药传入欧洲用以采矿和开挖隧道；19 世纪铁路的大发展，要求限制铁道的坡度，导致隧道技术的快速发展；20 世纪大型水电工程的建设对岩石基础、边坡、地下洞室和隧道工程提出了更高的要求。20 世纪 50 年代末法国 Malpasset 拱坝的失事和 60 年代初意大利 Vajont 大坝水库高边坡的崩溃，促成了国际岩石力学学会在 1962 年成立，将岩石力学从土力学的领域中分离出来而成为一门专门学科。

岩石力学是固体力学的一个新的分支，用以研究岩石材料的力学性能和岩石工程的特殊设计方法。岩石材料不同于一般的人工制造的固体材料，岩石经历了漫长的地质构造作用，内部产生了很大的内应力，具有各种规模的不连续面和孔洞，而且还可能含有液相和气相，岩石远不是均匀的、各向同性的弹性连续体，这就决定了必须开发出与之适应的原理、装置和方法。

岩石力学是伴随着采矿、土木、水利、交通等岩石工程的建设 and 数学力学等学科的进步而逐步发展形成的一门学科，按其发展进程可划分四个阶段：

(1) 初始阶段 (19 世纪末~20 世纪初)

这是岩石力学的萌芽时期，产生了初步理论以解决岩体开挖的力学计算问题。例如，假定地应力是一种静水压力状态，作用在地下岩石工程上的垂直压力和水平压力相等，均等于单位面积上覆盖岩层的重量。由于当时地下岩石工程埋深不大，因而一度认为这些理论是正确的。但随着开挖深度的增加，越来越多的人认识到上述理论是不准确的。

(2) 经验理论阶段 (20 世纪初~20 世纪 30 年代)

该阶段出现了根据生产经验提出的地压理论，并开始用材料力学和结构力学的方法分析地下工程的支护问题。最有代表性的理论就是自然平衡拱学说，即普氏理论。该理论认为，围岩开挖后自然塌落成抛物线拱形，作用在支护结构上的压力等于冒落拱内岩石的重量，仅是上覆岩石重量的一部分。普氏理论是相应于当时的支护形式和施工水平发展起来的。由于当时的掘进和支护所需的时间较长，支护和围岩不能及时紧密相贴，致使围岩最终往往有一部分破坏、塌落。但事实上，围岩的塌落并不是形成围岩压力的唯一来源，也不是所有的地下空间都存在塌落拱。进一步地说，围岩和支护之间并不完全是荷载和结构的关系问题，在很多情况下围岩和支护形成一个共同承载系统，而且维持岩石工程的稳定最根

本的还是要发挥围岩的作用。因此，靠假定的松散地层压力来进行支护设计是不合实际的。尽管如此，上述理论在一定历史时期和一定条件下还是发挥了一定作用的。

(3) 经典理论阶段（20世纪30年代~20世纪60年代）

这是岩石力学学科形成的重要阶段，弹性力学和塑性力学被引入岩石力学，确立了一些经典计算公式，形成围岩和支护共同作用的理论。结构面对岩体力学性质的影响受到重视，岩石力学文献和专著的出版，实验方法的完善，岩体工程技术问题的解决，这些都说明岩石力学发展到该阶段已经成为一门独立的学科。

在经典理论发展阶段，形成了“连续介质理论”和“地质力学理论”两大学派。连续介质理论是以固体力学作为基础，从材料的基本力学性质出发来认识岩石工程的稳定问题，这是认识方法上的重要进展，抓住了岩石工程计算的本质性问题。但是，连续介质理论的计算方法只适用于圆形巷道等个别情况，对普通的开挖空间却无能为力，因为没有现成的弹性或弹塑性理论解析解可供应用。早期的连续介质理论忽视了对地应力作用的正确认识，忽视了开挖的概念和施工因素的影响。地应力是一种内应力，由于开挖形成的“释放荷载”才是引起围岩变形和破坏的根本作用力。而传统连续介质理论采用固体力学或结构力学的外边界加载方式，往往得出远离开挖体处的位移大，而开挖体内边缘位移小的计算结果，这显然与事实不符。此外，传统连续介质理论过分注重对岩石“材料”的研究，追求准而又准的“本构关系”。但是，由于岩体组成和结构的复杂性和多变性，要想把岩石的材料性质和本构关系完全弄准确是不可能的。

地质力学理论注重研究地层结构和力学性质与岩石工程稳定性的关系，该理论反对把岩体当作连续介质简单地利用固体力学的原理进行岩石力学特性的分析；强调研究工程围岩的稳定性必须了解原岩应力和开挖后岩体的力学强度变化，重视对岩体节理、裂隙的研究，提出岩体结构面对岩石工程稳定性具有控制作用。该理论同时重视岩石工程施工过程中应力、位移和稳定性状态的监测，这是现代信息岩石力学的雏形。该学派重视支护与围岩的共同作用，特别重视利用围岩自身的强度维持岩石工程的稳定性。在岩石工程施工方面，提出了著名的“新奥法”，该方法特别符合现代岩石力学理论，至今仍被国内外广泛应用。该理论的缺陷是过分强调整理、裂隙的作用，过分依赖经验，而忽视理论的指导作用。该理论完全反对把岩体作为连续介质看待，也是不正确和有害的。因为这种认识阻碍了现代数学力学理论在岩石工程中的应用。虽然岩体中存在这样那样的节理、裂隙，但从大范围、大尺度看仍可将其作为连续介质对待。对节理、裂隙的作用，对连续性和不连续性的划分，均需由具体研究的工程和处理问题的方法而确定，没有绝对的一致模式和标准。

(4) 现代发展阶段（20世纪60年代~现在）

此阶段是岩石力学理论和实践的新进展阶段，其主要特点是，用更为复杂的

多种多样的力学模型来分析岩石力学问题，把力学、物理学、系统工程、现代数理科学、现代信息技术等的最新成果引入了岩石力学。而电子计算机的广泛应用为流变学、断裂力学、非连续介质力学、数值方法、灰色理论、人工智能、非线性理论等在岩石力学与工程中的应用提供了可能。

从总体上来讲，现代岩石力学理论认为：由于岩石和岩体结构及其赋存状态、赋存条件的复杂性和多变性，岩石力学既不能完全套用传统的连续介质理论，也不能完全依靠以节理、裂隙和结构面分析为特征的传统地质力学理论，而必须把岩石工程看成是一个“人—地”系统，用系统论的方法来进行岩石力学与工程的研究。用系统概念来表征“岩体”，可使岩体的“复杂性”得到全面、科学的表述。从系统来讲，岩体的组成、结构、性能、赋存状态及边界条件构成其力学行为和工程功能的基础，岩石力学研究的目的是认识和控制岩石系统的力学行为和工程功能。时至今日，岩石工程力学问题已被当作一种系统工程来解决。系统论强调复杂事物的层次性、多因素性及相互关联和相互作用特征，并认为人类认识是多源的，是多源知识的综合集成，这些为岩石力学理论和岩石工程实践的结合提供了依据。可以说，从“材料”概念到“不连续介质概念”是现代岩石力学的第一步突破；进入计算力学阶段是第二步突破；而非线性理论、不确定性理论和系统科学理论进入实用阶段，则是岩石力学理论研究及工程应用的第三步意义更为重大的突破。

§ 1.1 岩石与岩体的基本概念

1.1.1 岩石和岩体

岩石和岩体是岩石力学的直接研究对象。要学习和研究岩石力学，首先要建立岩石（或岩块）和岩体的基本概念。岩石是组成地壳的基本物质，它是由矿物或岩屑在地质作用下按一定规律凝聚而成的自然地质体。例如，我们通常所见到的花岗岩、石灰岩、片麻岩，都是指具有一定成因、一定矿物成分及结构构造的岩石。岩石可由单种矿物所组成，例如，纯洁的大理岩由方解石组成，而多数的岩石则是由两种以上的矿物组成，例如，花岗岩主要由石英、长石、云母三种矿物所组成。按照成因，岩石可分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类。

岩浆岩是岩浆冷凝而形成的岩石。绝大多数的岩浆岩是由结晶矿物所组成，由非结晶矿物组成的岩石是很少的。由于组成岩浆岩的各种矿物的化学成分和物理性质较为稳定，它们之间的连接是牢固的，因此岩浆岩通常具有较高的力学强度和均质性。

沉积岩是由母岩（岩浆岩、变质岩和早已形成的沉积岩）在地表经风化剥蚀而产生的物质，通过搬运、沉积和固结作用而形成的岩石。沉积岩由颗粒和胶结

物组成，各有不同的成分。颗粒包括各种不同形状和大小的岩屑及不同矿物，胶结物常见的有钙质、硅质、铁质以及泥质等。沉积岩的物理力学特性不仅与矿物和岩屑的成分有关，而且与胶结物的性质有很大的关系，例如，硅质、钙质胶结的沉积岩的强度一般较高，而泥质胶结的和带有一些黏土胶结的沉积岩，其强度就较低。另外，由于沉积环境的影响，沉积岩具有层理构造，这就使沉积岩沿不同方向表现出不同的力学性能。

变质岩是由岩浆岩、沉积岩甚至变质岩在地壳中受到高温、高压及化学活动性流体的影响下发生变质而形成的岩石。它在矿物成分、结构构造上具有变质过程中所产生的特征，也常常残存有原岩的某些特点。因此，它的物理力学性质不仅与原岩的性质有关，而且与变质作用的性质和变质程度有关。

岩石的物理力学指标是在实验室内用一定规格的试件进行实验而测定的。这种岩石试件是由钻孔中获取的岩芯，或在工程范围内用爆破以及其他方法获得的岩石碎块经加工而制成的，这样采集的标本或岩芯仅仅是在自然地质体中的岩石小块，称为岩块。我们平时所称的岩石，在一定程度上都是指岩块，所以我们在这里就不把自然地质体的岩石（岩体）和岩块这两个概念严格加以区分了。因为岩块是不包含有显著弱面的较均质的岩石块体，所以通常把它作为连续介质及均质体来看待。

岩体是指一定工程范围内的自然地质体，它经历了漫长的自然历史过程，经受了各种地质作用，并在地应力的长期作用下，在其内部保留了各种永久变形和各种各样的地质构造形迹，例如不整合、褶皱、断层、层理、节理、劈理等不连续面。岩石与岩体的重要区别就是岩体包含若干不连续面。由于不连续面的存在，岩体的强度远低于岩石强度。因而对于设置在岩体上或岩体中的各种工程所关心的岩体稳定问题来说，起决定作用的是岩体强度，而不是岩石强度。

1.1.2 岩 体 结 构

岩体是地质历史的产物，在长期的成岩及变形过程中形成了它们特有的结构。岩体结构包括两个基本要素，结构面和结构体。结构面即岩体内具有一定方向、延展较大、厚度较小的面状地质界面，包括物质的分界面和不连续面，它是在地质发展历史中，尤其是地质构造变形过程中形成的。被结构面分割而形成的岩块，四周均被结构面所包围，这种由不同产状的结构面组合切割而形成的单元体称为结构体。

结构面是岩体的重要组成单元，岩体质量的好坏与结构面的性质密切相关。

有关结构面的成因及分类在第3章中将详细讨论。结构面的强度取决于它的特性，即它的粗糙度及充填物的性质。其中，结构面对岩体结构类型的划分常起着主导作用。在研究结构面时，一方面要注意结构面的强度、密度及其延展性，另一方面还需注意结构面的规模大小和它们之间的组合关系。