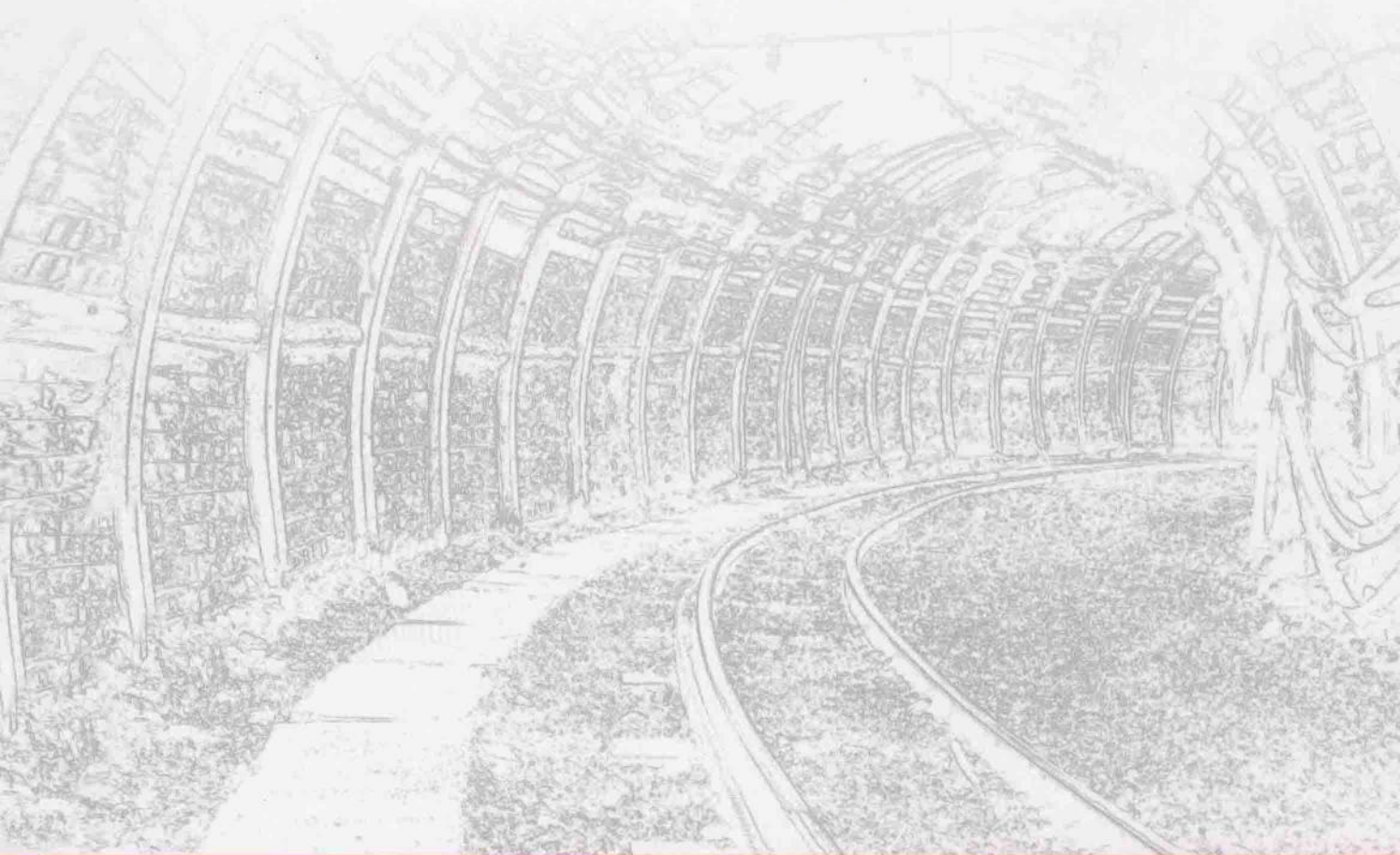




普通高等学校土木工程专业精编系列规划教材

岩石力学

主编 荣传新 汪东林
主审 程 桦



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

普通高等学校土木工程专业精编系列规划教材

岩石力学

主 编 荣传新 汪东林
副主编 王晓健 袁海平
平 琦 郑腾龙
主 审 程 桦

1015-43
17



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP) 数据

岩石力学/荣传新,汪东林主编. —武汉:武汉大学出版社,2014.1
普通高等学校土木工程专业精编系列规划教材
ISBN 978-7-307-12182-9

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 276999 号

责任编辑:余 梦 责任校对:希 文 装帧设计:吴 极

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:whu_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:荆州市鸿盛印务有限公司

开本:850×1168 1/16 印张:10 字数:270 千字

版次:2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-12182-9 定价:20.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

普通高等学校土木工程专业精编系列规划教材

编审委员会

(按姓氏笔画排名)

顾 问:干 洪 朱大勇 任伟新 张伟林 程 桦 颜事龙

主 任 委 员:丁克伟 徐 颖 高 飞

副主任委员:戈海玉 方达宪 孙 强 杨智良 陆 峰 胡晓军

殷和平 黄 伟

委 员:马芹永 王 睿 王长柏 王佐才 韦 璐 方诗圣

白立华 刘运林 关 群 苏少卿 李长花 李栋伟

杨兴荣 杨树萍 肖峻峰 何夕平 何芝仙 沈小璞

张 洵 张 速 张广锋 陈 燕 邵 艳 林 雨

周 安 赵 青 荣传新 姚传勤 姚直书 袁文华

钱德玲 倪修全 郭建营 黄云峰 彭曙光 雷庆关

总责任编辑:曲生伟

秘 书 长:蔡 巍

特别提示

教学实践表明,有效地利用数字化教学资源,对于学生学习能力以及问题意识的培养乃至怀疑精神的塑造具有重要意义。

通过对数字化教学资源的选取与利用,学生的学习从以教师主讲的单向指导的模式而成为一次建设性、发现性的学习,从被动学习而成为主动学习,由教师传播知识而到学生自己重新创造知识。这无疑是锻炼和提高学生的信息素养的大好机会,也是检验其学习能力、学习收获的最佳方式和途径之一。

本系列教材在相关编写人员的配合下,将逐步配备基本数字教学资源,其主要内容包括:

课程教学指导文件

- (1)课程教学大纲;
- (2)课程理论与实践教学时数;
- (3)课程教学日历:授课内容、授课时间、作业布置;
- (4)课程教学讲义、PowerPoint 电子教案。

课程教学延伸学习资源

- (1)课程教学参考案例集:计算例题、设计例题、工程实例等;
- (2)课程教学参考图片集:原理图、外观图、设计图等;
- (3)课程教学试题库:思考题、练习题、模拟试卷及参考解答;
- (4)课程实践教学(实习、实验、试验)指导文件;
- (5)课程设计(大作业)教学指导文件,以及典型设计范例;
- (6)专业培养方向毕业设计教学指导文件,以及典型设计范例;
- (7)相关参考文献:产业政策、技术标准、专利文献、学术论文、研究报告等。

基本数字教学资源网站链接:<http://www.stmpress.cn>

前言

“岩石力学”是高等学校土木工程专业岩土与地下工程、矿山建设工程和道路与桥梁工程等方向的一门重要的专业基础课。本书的主要内容包括岩石的物理性质、岩石的强度性质、岩石的变形性质和岩体应力等理论及应用,还有相关的实验。

为了贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要》提出的“卓越工程师教育培养计划”,配合卓越工程师计划的实施,安徽省各土木工程专业高校联合武汉大学出版社,启动了“安徽省高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划教材建设项目”。本书是根据卓越工程师计划的要求,结合编写组教师的长期教学经验编写而成的。本书注重与其他相关课程的衔接,适当调整一些重复的内容,突出特色内容。在理论上力求简明,着重培养学生的工程计算能力和分析实际问题的能力。

本书由安徽理工大学荣传新、安徽建筑大学汪东林担任主编;安徽理工大学王晓健、平琦和郑腾龙,合肥工业大学袁海平担任副主编。

具体编写分工为:

安徽理工大学,荣传新(前言、第4章的案例1、第5章);

安徽建筑大学,汪东林(第1章);

安徽理工大学,王晓健(第2章);

安徽理工大学,郑腾龙(第3章);

合肥工业大学,袁海平(第4章);

安徽理工大学,平琦(第6章)。

安徽大学程桦教授担任本书主审,并对本书的编写提出了许多宝贵的建议,在此特致谢意。同时,对安徽理工大学徐颖教授在本书的编写过程中给予的关心和帮助表示谢意,对安徽理工大学硕士研究生项德彬同学在本书的编写工作中付出的努力表示感谢。

本书在编写过程中参考了有关书籍,并从中引用了部分例题和习题,在此表示感谢。

书中如有不妥之处,敬请读者提出指正。

编 者

2013年9月

目录

1 绪论	(1)
1.1 岩石和岩体	(2)
1.2 岩体的特征	(2)
1.3 岩石力学的研究内容和研究方法	(4)
1.4 岩石力学的产生及其发展	(5)
1.5 地下工程中岩石力学的特点	(6)
1.6 岩石力学与其他学科的关系	(7)
知识归纳	(7)
独立思考	(7)
参考文献	(8)
2 岩石的物理力学性质	(9)
2.1 岩石的基本物理性质	(10)
2.2 岩石的力学性质	(12)
2.3 岩石的流变性	(24)
2.4 岩石的各向异性	(32)
2.5 岩石的强度理论	(35)
2.6 岩石力学性质的主要影响因素	(38)
知识归纳	(45)
独立思考	(45)
参考文献	(46)
3 岩体力学性质及岩体分类	(47)
3.1 岩体结构面的分析	(48)
3.2 结构面的变形特性	(55)
3.3 结构面的力学效应	(59)
3.4 岩体的结构	(64)
3.5 岩体的强度	(66)
3.6 岩体破坏机理	(68)
3.7 岩体的变形特性	(70)
3.8 工程岩体分类	(74)
知识归纳	(79)
独立思考	(79)
参考文献	(80)
4 岩体初始应力及其测量	(81)
4.1 基本概念	(82)

4.2	重力应力场	(82)
4.3	构造应力场	(84)
4.4	岩体初始应力(原岩应力)分布状态	(86)
4.5	原岩应力测量方法	(90)
	知识归纳	(105)
	独立思考	(105)
	参考文献	(105)
5	岩石力学在地下工程中的应用	(106)
5.1	圆形硐室围岩应力	(107)
5.2	椭圆形硐室的围岩应力弹性理论分析	(119)
5.3	深埋矩形硐室的围岩应力弹性理论分析	(122)
5.4	硐室的围岩压力	(123)
	知识归纳	(135)
	独立思考	(136)
	参考文献	(136)
6	岩石力学实验	(137)
6.1	岩石含水率实验	(138)
6.2	岩石颗粒密度实验	(139)
6.3	岩石块体密度实验	(140)
6.4	岩石单轴抗压强度实验	(143)
6.5	岩石抗拉强度实验	(144)
6.6	岩石剪切实验	(145)
6.7	岩石三轴实验	(146)
6.8	岩石变形实验	(148)
	知识归纳	(149)
	独立思考	(149)
	参考文献	(149)



绪 论

课前导读

▽ 内容提要

本章主要内容包括岩石和岩体的定义、岩体的特征以及岩石力学的发展史等。本章的教学重点是岩石和岩体的基本概念；教学难点是岩体的特征。

▽ 能力要求

通过本章的学习，学生应掌握岩石和岩体的基本概念与特征，了解岩石力学的研究内容和方法。

1.1 岩石和岩体

岩石力学是研究力学性状的一门理论和应用科学,是固体力学的一个分支,是研究岩石在不同物理环境的力场中产生力学效应的学科。岩石和岩体是岩石力学的直接研究对象,因此,学习和研究岩石力学,首先要明白岩石(岩块)和岩体的基本概念。岩石是由矿物或岩屑在地质作用下按一定规律聚集而形成的自然物体。所谓矿物,是指存在于地壳中的、具有一定化学成分和物理性质的自然元素和化合物,其中构成岩石的矿物称为造岩矿物。岩石可由单种矿物组成,例如,纯洁的大理石仅由方解石组成;而多数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。

岩石按其成因可分为岩浆岩、沉积岩、变质岩三大类。

岩浆岩是岩浆冷凝而形成的岩石,具有强度高、均质等特性。

沉积岩是由母岩(岩浆岩、变质岩和更早形成的沉积岩)在地表经风化剥蚀后而产生的物质,通过搬运、沉积和硬结作用而形成的岩石。组成沉积岩的主要物质成分为颗粒和胶状物。其中,颗粒包括各种不同形状和大小的岩屑及某些矿物。胶状物常见的成分为钙质、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,而且与胶状物的性质有很大关系。另外,由于沉积环境的影响,沉积岩具有层理构造,这就使得沉积岩沿不同方向表现出不同的力学性质。

变质岩是由原岩在地壳中受到高温、高压及在化学活动性流体的影响下发生质变而形成的岩石。它的物理性质与原岩的性质、变质作用的性质及变质程度有关。

岩体是一定工程范围内的自然地质体,它的形成与漫长的地质年代有关,经过各种地质运动,内部保留了各种永久变形和各种各样的地质构造。由于岩石力学中的许多研究对象是岩体,所以,岩石力学也称为岩体力学。但随着科学技术的发展,岩石与岩体已有很严格的区分,因此有人认为应将岩石力学改为岩体力学更切合本学科的研究主题。但因岩体力学这一名词沿用已久且使用普遍,所以,一般认为以岩石力学和岩体力学是同一学科。

1.2 岩体的特征

岩体是由岩石结构体和结构面组成的地质体,包括岩石和各种地质构造形迹,如节理、裂隙、褶皱等结构面。岩体就是岩石和这些结构面的统一体。岩石和岩体是既有区别又互相联系的两个概念,岩石是岩体的组成物质,岩体是岩石和结构面的统一体。岩体的显著特征之一是其具有一定的结构。岩体是漫长历史中地质的产物,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,是在地质发展过程中,尤其是地质构造变形中形成的,如断层、节理、层理、片理、裂隙等。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成的、经切割形成的单元体称为结构体。结构面的产状、切割密度、粗糙度、起伏度、延展性和黏结力以及填充物的性质等都是评定岩体强度和稳定性能的重要依据。

结构体也是岩体的重要组成部分。结构体的规模取决于结构面的密度,密度越小,结构体的规模越大。在研究结构体时,首先要弄清楚结构体的岩石类型及其物理力学属性,然后根据结构面的组合确定结构体的几何形态和大小,以及结构体之间的镶嵌组合关系等。结构体的不同形态称为结构体形式,常见的单元结构体有块状体、柱状体、板状体、菱形体、楔形体和锥形体等。

常见的岩体结构类型有块状结构、层状结构、碎裂结构以及散体结构等。当岩体强烈变形破碎时,也可以形成片状、破碎状、鳞片状等形式的结构体。岩体结构类型的划分反映出岩体不连续性和不均匀性的特征。表 1-1 是根据多年的工程实践经验,从岩体结构的角度提出的岩体结构的分类。

表 1-1

岩体结构类型及特征

岩体结构类别		地质背景	结构面特征	结构体特征
块状结构	整体结构	岩性单一,构造变形轻微的巨厚层沉积岩、变质岩和火山熔岩、火成侵入岩	结构面少,一般不超过三组,延续性极差,多成闭合状态,无填充或含少量碎屑	巨型块状
	块状结构	岩性较单一,受轻微构造作用的巨厚层沉积岩和变质岩、火成岩侵入体	结构面一般为 2~3 组,裂隙延续性极差,多成闭合状态,层面有一定结合力	长方体、立方体、菱形块体及多角形块体
层状结构	层状结构	受构造破坏或较轻的中厚层(大于 30 cm)岩体	结构面为 2~3 组,裂隙延续性极差,有时也有软弱夹层或层间错动面,其延续性较好,层间结合力较差	块状、柱状、厚板状
	薄层状结构	厚度小于 30 cm,在构造作用下发生强烈褶曲和层间错动	层理、片理发达,原生软弱夹层、层间错动和小断层不时出现,结构面多为泥膜、碎屑和泥质充填	板状、薄板状
碎裂结构	镶嵌结构	一般发育于脆硬岩层中,结构组数较多,密度较大	以规模不大的结构面为主,但组数多,密度大,延续性差,闭合无填充或充填少量碎屑	形状不规则,但棱角显著
	层状碎裂结构	受构造裂隙切割的层状岩体	以层面、软弱夹层和层间错动面等为主,构造裂隙甚发达	以碎块状、板状、短柱状为主
	碎裂结构	岩性复杂,构造破碎较强烈,断裂发育,也包括弱风化带	延续性差的结构面,密度大,相互交切	碎屑和大小不等的岩块,形状多种且不规则
散体结构	—	一般为断层破碎带、侵入接触破碎带及剧烈风化带	裂隙和节理很发达,无规则	泥、岩粉、碎屑、碎块、碎片等

此外,岩体是非均质各向异性的材料。岩体内存在着原始应力场,主要包括重力和地质构造力,重力应力场以铅垂应力为主,构造应力场通常以水平应力为主。岩体内存在着一个裂隙系统,岩体既是断裂的又是连续的,是断裂与连续的统一体,因此可称之为裂隙介质或准连续介质。当岩体应力超过其强度时,就会使原有断裂进一步扩展,形成新的断裂。而旧断裂的扩展与新断裂的形成,又都会导致岩体内的应力重新分布。岩体既不是理想的弹性体,也不是典型的塑性体;既不是连续介质,又不是松散介质,而是一种特殊的、复杂的地质体,这就造成了研究它的困难性和复杂性。因此,只用一般的固体力学理论尚不能完善解决岩体工程中的所有问题。

1.3 岩石力学的研究内容和研究方法

岩石力学是研究岩石或岩体在外力作用下的应力状态、应变状态和破坏条件等力学特性的学科,是解决岩石工程技术问题的理论基础。目前,国际上有的坝高已超过 300 m,大型地下水电站、隧道和矿山巷道的深度已超过 3000 m,地下洞室的跨度已近百米。这些生产上的高速发展,都对岩石力学的研究提出新的要求和课题。同时,岩石力学毕竟是一门新兴的学科,在许多方面还不够成熟,特别是岩体作为一种自然的地质体,影响其稳定性的各种因素之间的关系纷繁复杂,它们之间的很多规律尚未得到充分认识,所以我们在实践中应该注重总结岩石研究的相关经验,将其提高为理论,再回到工程实践中解决生产中提出的有关岩石工程的问题。

所以,岩石力学的研究领域,大致可以归纳为以下三个方面。

① 基本原理。其包括岩石的破坏、断裂、蠕变及岩石内应力、应变理论等研究。

② 实验室实验和现场(原位)实验。其包括各种静力和动力方法,以测定岩块和岩体在静力和动力荷载下的性状以及岩体中的初始应力。

③ 工程应用。其主要研究以下五个方面:

a. 地上工程建筑物的岩石地基,如研究高坝、高层建筑、核电站以及输电线路塔等地基的稳定、变形及处理的问题;

b. 地表挖掘的岩石工程问题,如研究水库、边坡、高坝、岸坡、渠道、运河、路堑、露天开采坑等天然和人工边坡的稳定、变形及加固问题;

c. 地下洞室,如研究地下电站、水工隧洞、交通隧道、采矿巷道、战备地道、石油产品库等的围岩的稳定和变形问题,地下开挖施工以及围岩的加固(如固结灌浆、锚喷、预应力锚固等)问题;

d. 岩石破碎,如将岩石破碎成各种所要求的规格,以作为有关建筑材料(建筑物面石、土坝护石、堆石坝和防波堤石料、混凝土骨料等);

e. 岩石爆破,如用定向爆破筑坝,巷道掘进和采矿等。

此外,岩石力学还应用于某些地质问题的研究,如分析因开采地下矿体和液体而引起地表下陷的原因、解释地球构造理论、预估地震和控制地震等。

岩石力学作为一门独立的学科至今才 50 多年的历史,这是很短暂的。岩石力学作为一门新兴学科的同时,又是一门重要的交叉学科和边缘学科,是用力学的观点对自然存在的岩石和岩体进行性质测定和理论计算,来为具体的工程建设服务的。所以,岩石力学的研究是采用科学实验、理论分析和工程实践紧密结合的方法。

一方面,我们可以对现场的地质条件和工程环境进行调查分析,掌握工程岩体的组成规律和地质环境,然后进行室内外物理力学性质实验和模型试验,作为建立岩石力学的概念、模型和分析理论的基础。事实证明,每当用新的技术对岩体进行科学实验而获得成功时,我们对岩石性能的认识也就前进了一步。因此,岩石力学的科学实验必须采用最先进的测试手段。

另一方面,我们可以按地质和工程环境的特点分别采用弹性理论、塑性理论、流变理论以及断裂、损伤等力学理论进行分析。需要注意的是,由于理论都是在一定的假设条件下建立的,它与复杂多变的自然岩体之间总是存在一定的差距,理论的适用性总会受到一定的限制。因此,用这些力学理论时,要注意它的适用性。此外,目前有许多岩石力学问题,运用现有的知识和理论仍得不到完善的解答。因此,我们还要紧密地结合工程实际,重视来自于工程实践中的经验,将其发展上升为理论,并充实完善该理论。如今,计算机技术飞速发展,电子计算机也以惊人的速度和处理复杂

数据的能力越来越受到众多学者的青睐。现代的岩石力学研究已经离不开模拟计算,因此采用计算机软件并借助飞速发展的计算机技术,对复杂的岩石力学问题进行模拟计算,是岩石力学研究中十分有用的方法。

1.4 岩石力学的产生及其发展

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新兴学科,其按发展进程可划分四个阶段:① 岩石材料力学阶段;② 争鸣阶段;③ 岩体结构力学阶段;④ 现代发展阶段。

在第二次世界大战以前,即岩石力学形成的早期,人们把岩体看成一种材料,按照评价材料质量优劣的标准,简单测量它的密度、容重、孔隙度、含水率等物理性质及简单测定它的抗压、抗拉、抗切等力学性质,并把材料力学中发展起来的连续介质力学直接用来分析岩石力学问题。当时,人们还没认识到岩体的特殊性和复杂性,将岩石力学等同于材料力学,解决实际工程问题主要依靠经验。而实质上用材料力学的方法研究岩石力学并不好用。但是,人们还是把那时的材料岩石力学贴上一个称为“岩石力学”的标签。

作为一个学科的发展阶段来说,在时间上是很难准确划分的。但是作为过程来说,发展阶段是存在的。岩石力学发展的早期阶段,以岩石材料力学为实质的岩石力学直至 20 世纪 70 年代还保留着。第二次世界大战以后,随着建设工程的发展,科学技术人员已逐渐认识到直接引用材料力学知识解决实际工程的不足,特别是在法国马尔帕塞坝失事等惨痛教训的影响下,人们开始对岩石力学进行进一步的研究。在这一过程中出现了地质力学的岩石力学学派和工程岩石力学学派。

地质力学的岩石力学学派称为奥地利学派(又称为萨尔茨堡学派),是由缪勒和斯蒂尼所开创的。此学派偏重于地质力学方面,认为岩体不是一块岩石所能表征的,岩体是地质体的一部分,是处于一定的地质环境中,在断层、节理等不连续面切割下形成的结构地质体。认识到岩体是结构地质体,这是岩石力学发展史上的一次重大突破。这个学派创立的新奥地利隧道掘进法(新奥法),是为地下工程作出了巨大贡献的一项重要的技术革新,促进了岩石力学的发展。

工程岩石力学学派以法国塔洛布尔为代表,该学派以工程观点来研究岩石力学,偏重于岩石的工程特性方面,注重弹塑性理论方面的研究,将岩体的不均匀性转化为均匀性的连续介质,小岩块试件的力学实验与原位力学测试并举。塔洛布尔在 1951 年按此观点出版的《岩石力学》一书,是一本享誉国际的著作,为连续介质力学理论在岩石力学中的应用和发展奠定了深厚的基础。

在两大学派的争鸣过程中,人们在接受其学说的同时,又感到地质力学过分强调整理、裂隙的作用且过分依赖经验,有碍于现代数学理论和数值计算方法在岩石工程中的应用。而工程岩石力学学派,注重对岩石“材料”的研究,追求准确的“本构关系”。但岩石的复杂结构和多变性注定不太可能将其完全研究清楚,并且仅凭连续介质理论是不能完全解决岩石工程问题的。所以只有两大学派并存、兼容、共同发展才有利于理论指导解决实际问题。在这样的大环境下,岩体结构力学应运而生。

岩体结构力学是讨论岩体结构控制岩体力学性质和力学作用的学科。岩体结构力学的基本原理为:岩体是由一定岩石成分组成,具有一定结构和存在于一定地质环境中经过变形破坏的地质体;岩体在结构面控制下形成自己独特的不连续结构,岩体结构控制岩体变形破坏及其力学性质;岩体结构控制论是基础理论,岩体结构力学效应是力学基础,岩体结构分析方法是基本方法;岩体存在于一定的地质环境中,它可改变岩体结构力学效应和岩石力学性能;岩体具有多种力学介质和

力学模型,从而形成独特的力学体系。

岩体结构力学的一些基本观点可大致概括为:岩体变形由结构体(岩石的实体部分)变形和岩体结构面变形两部分组成,岩体结构面控制着岩体的变形。结构体的变形包括弹性变形和黏塑性变形,结构面变形包括闭合变形和错动变形。岩体结构是建立在结构分析和工程地质分析的基础上的,是上述两大学派的交叉,为完整的岩石力学理论体系的建立作出了重要的贡献。

1962 年之前国际上没有统一的岩石力学学术组织,国际学术交流大都是在国际土力学与基础工程学会(ISSMFE)、国际工程地质与环境协会(IAEG)、国际理论与应用力学联合会(IUTAM)主办的学术会议上进行的。1962 年国际岩石力学学会(International Society for Rock Mechanics, ISRM)成立,每四年举行一次学术会议。我国于 1985 年成立了中国岩石力学与工程学会,为我国岩石力学的学科发展作出了重大贡献。

现代发展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。

1.5 地下工程中岩石力学的特点

地下工程是指深入地面以下为开发利用地下空间资源所建造的地下土木工程,包括地下房屋和地下构筑物、地下铁道、矿山坑道、公路隧道、水工隧道、地下发电站厂房、地下停车场、地下储油库及储气库、地下弹道导弹发射井、地下飞机库及地下核废料密闭储藏库等,它们的共同特点就是在岩体内开挖出具有一定横断面积和尺寸的洞室。

地下工程设计方法从早期的结构分析方法到现代的固体力学方法,始终沿经典力学的道路发展。但是在地下工程中岩体初始应力、岩体受力范围、岩石力学模型和岩石力学参数等无一不是模糊量,建立在经典力学基础上的地下工程发展到一定程度后很难再收到更大成效。

地下工程周围岩体的稳定性决定着地下工程的安全,它的设计与实施更具复杂性。例如,地下水对岩体的影响,最为明显的是通过有效应力原理起作用。承压水会减小岩石的有效应力,因此减小了由于摩擦而可能产生的潜在抗剪力,减小了岩石的最终强度。另一个影响是地下水对特种岩石和矿物的有害作用。例如,泥岩存在地下水时可以软化,降低岩体强度,并增加岩体的变形。地下工程岩体稳定性的影响因素主要有岩土性质、岩体结构与地质构造、地下水、地应力及地形等,尤其是地下水对洞室围岩稳定性的影响是很不利的。其影响主要表现在使岩石软化、泥化、溶解、膨胀等,降低其完整性和强度。另外,当地下水位较高时,地下水以静水压力形式作用于衬砌上,形成一个较高的外水压力,对洞室稳定不利。地下水对地下工程最大的危害莫过于洞室涌水。地下岩溶、导水构造等,往往是地下水富集的场所,一旦在洞室中出露,往往会造成一定规模的涌水、涌砂或者造成碎屑流涌入,轻者影响施工,重者造成人身伤亡事故。因此,地下工程宜选在不穿越地下水涌水及富水区或地下水影响较小的非含水岩层中。此外,还要考虑地下工程的规模等因素。大量工程实例表明,各种不良的工程地质条件是导致地下工程岩体失稳的主要原因。为了保证各种地下工程的安全施工和正常运行,就需要采取一定的工程技术措施去改善围岩的稳定条件。例如,根据围岩压力的大小选择相应的支护与衬砌方法,是维护和改善地下工程岩体稳定条件最常用的手段。

1.6 岩石力学与其他学科的关系

岩石力学是工程地质与工程力学渗透发展起来的边缘学科,这个渗透是工程力学知识渗透到工程地质研究领域;是以工程地质研究为基础,运用工程力学的知识解决地质工程问题。它的理论基础相当广泛,涉及工程地质学、水文地质学、固体力学、流体力学、计算数学、弹塑性力学、构造地质学、地球物理学及建筑结构等学科。因此,要学好岩石力学,必须具备以上学科的基础知识,特别是固体力学和弹塑性力学等力学基础更应牢固掌握。而且,岩石力学还是工程地质和地质工程设计、施工的桥梁,是工程地质量化的手段。岩石力学是应用性很强的科学,没有地质工程也就没有岩石力学;没有工程地质也建立不起来岩石力学基础。从这个意义上来说,岩石力学是工程地质的分支科学,它的理论是建立在工程地质基础之上的。因此岩石力学工作者必须明确,岩石力学首先是地质体力学。

岩石力学涉及两大学科——地质学科和力学学科。

首先利用工程地质学、历史地质学、构造地质学、岩石学、地球物理学等地质学科的理论和方法研究结构面、地应力、水、气等地质作用因素在工程岩体中的分布规律,及其对岩体的力学性质和稳定性的影响;然后对完整致密的或比较完整致密的岩体,利用弹性力学和塑性力学等力学基本理论研究岩石和工程岩体的应力、变形和强度等的力学影响;对完整性较差的裂隙岩体,利用非连续、非均质和各向异性体力学理论来研究岩体的力学影响;对含水、气(有压气体)的裂隙岩体还应考虑多相耦合的力学问题;某些风化严重的岩石,使用土力学理论和方法往往会得到更为接近实际的结果。

此外,岩石力学还有其分支学科,包括工程岩石力学、构造岩石力学、破碎岩石力学。

① 工程岩石力学。它是为各类建筑工程及采矿工程等服务的岩石力学,重点是研究工程活动引起的岩体重分布应力以及在这种应力场作用下工程岩体(如边坡岩体、地基岩体和地下硐室围岩等)的变形和稳定性。

② 构造岩石力学。它是为构造地质学、找矿及地震预报等服务的岩石力学,重点是探索地壳深部岩体的变形与断裂机理,为此需研究高温高压下岩石的变形与破坏规律以及与时间效应有关的流变特征。

③ 破碎岩石力学。它是为掘进、钻井及爆破工程服务的岩石力学,主要研究岩石的切割和破碎理论以及岩体动力学特性。

【知识归纳】

本章介绍了岩石和岩体的定义及区别,详细描述了岩体的特征,并介绍了在学习岩石力学的过程中应该采取的研究方法和研究的重点;详细阐述了岩石力学的产生和发展过程,地下工程岩石力学的特点,岩石力学与其他学科的关系。总之,岩石力学是一门应用性很强的学科,在学习过程中,在准确概念的指导下,应抓住岩体的结构特征,综合研究分析,才能得出符合科学实际的结果。

【独立思考】

- 1-1 何谓岩石力学?谈谈你对岩石力学的认识和看法。
- 1-2 自然界中的岩石按地质成因可分为几大类?各有什么特点?
- 1-3 简要叙述岩体结构的类型与特征。
- 1-4 岩石力学的研究内容和研究方法是什么?

【参考文献】

- [1] 赵明阶. 岩石力学. 北京: 人民交通出版社, 2011.
- [2] 王渭明, 杨更社, 张向东, 等. 岩石力学. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2010.
- [3] 张永兴. 岩石力学, 2 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.
- [4] 赵文. 岩石力学. 长沙: 中南大学出版社, 2010.
- [5] 徐志英. 岩石力学, 3 版. 北京: 中国水利水电出版社, 2007.

岩石的物理力学性质

课前导读

□ 内容提要

本章主要内容包括岩石的基本物理性质和岩石的变形与强度特征，岩石的三种基本力学模型和两种组合模型，岩石的应力、应变特征；基于弹性力学理论岩石的各向异性特征；岩石力学性质的影响因素；常用的岩石强度准则。本章的教学难点是岩石的流变性和强度理论。

□ 能力要求

通过本章的学习，学生应掌握本章的主要内容及难点，了解岩石的普通物理力学性质，熟悉岩石的基本力学模型，掌握岩石的常用强度理论。