

成都理工大学实验教学系列教材

室内岩石力学试验

付小敏 邓荣贵 编著

SHINEI YANSHI LIXUE SHIYAN



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

成都理工大学实验教学系列教材

室内岩石力学试验

付小敏 邓荣贵 编著

SHINEI YANSHI LIXUE SHIYAN



西南交通大学出版社
· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

室内岩石力学试验 / 付小敏, 邓荣贵编著. —成都:
西南交通大学出版社, 2012.4

成都理工大学实验教学系列教材

ISBN 978-7-5643-1589-4

I. ①室… II. ①付… ②邓… III. ①岩石力学 - 实
验 - 高等学校 - 教材 IV. ①TU45-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 275789 号

成都理工大学实验教学系列教材

室内岩石力学试验

付小敏 邓荣贵 编著

责任编辑	杨 勇
特邀编辑	曾荣兵
封面设计	本格设计
出版发行	西南交通大学出版社 (成都二环路北一段 111 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	成都蓉军广告印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	8.625
字 数	216 千字
版 次	2012 年 4 月第 1 版
印 次	2012 年 4 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-1589-4
定 价	18.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

岩石力学是土木工程、地质工程、勘察技术与工程、水利水电工程、交通工程以及岩土工程等学科的专业基础课。岩石力学试验是这些课程的重要组成部分，是岩石力学理论发展的基础。因此，对学生进行岩石力学试验技能培训，学习常规的岩石力学试验方法具有十分重要的意义。

本书既可作为独立教材，又是与上述专业课程内容密切相关的补充教材，是作者根据上述专业课程的教学内容，结合多年的实验教学经验和积累的大量岩石试验的工程实践所编写的。在编写过程中，力求做到以下几点：

(1) 本书主要作为本、专科生和研究生的实验教学教材，以介绍常规的试验及最基本的方法为主，适当介绍一些岩土工程中经常使用的特殊试验。在内容叙述上力图简明扼要、易于理解、便于掌握。

(2) 岩石力学试验涉及土木工程、水利水电工程、交通工程及矿业工程等众多行业，各行业都有各自的试验规程或规范。这些规程或规范虽大部分试验在内容和规定方面是一致的，但都带有各行业的特点。为了便于各专业学生和各行业人员使用，本书尽量参照国家质量技术监督局和建设部联合发布的中华人民共和国国家标准《工程岩体试验方法标准》(GB/T50266—99)编写。个别目前尚无国家标准的试验，则参照行业规程或相关手册编写。

(3) 岩石力学是应用性很强的学科，在编写本书时，尽量结合工程实际需要，介绍试验中应注意的问题。力图将试验成果与实际工程运用联系起来，同时介绍了试验参数的误差分析以及取值方法，使学生通过本书试验技能的训练，能够满足将来从事岩土工程实践工作的要求。

(4) 随着岩石力学试验测试手段的不断发展和技术的更新，涌现出了许多新方法和新技术。本书力图把握岩石力学试验发展的方向，介绍成熟的、先进的试验方法，并且把理论与实践相结合的理念贯穿全书。

本书共7章：第1章概述了岩石力学试验在岩土工程中的作用、涉及的主要内容，以及试验过程中应注意的问题。第2章介绍了岩石试样的现场采集和室内制备方法。第3、4章分别介绍了岩石的物理性质和水理性质试验。第5章简述了五种常用的岩石力学试验方法。第6章简要介绍了两种岩石力学特殊试验。第7章阐述了岩石力学试验数据统计分析、参数取值以及报告编写。

本书由成都理工大学的付小敏主编，西南交通大学的邓荣贵进行了修改和补充，最后由付小敏对全稿进行了统一整理完善，书中插图由成都理工大学的郑海君绘制，成都理工大学的蔡国军参与了部分编写工作。

本书可供土木工程、地质工程、勘察技术与工程、水利水电工程、交通工程以及岩土工程等相关专业本科生及研究生岩石力学的试验教学用书或参考书，也可供相关专业的科研人员和工程技术人员参考。

本书在编写过程中得到了成都理工大学教务处、环境与土木工程学院等有关部门领导和老师的大力支持，同时参阅了国内、外学者的文献，并选用了其中的部分资料和图表，在此表示衷心感谢。由于编者水平所限，难免存在不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

2011年9月

目 录

第 1 章 概 述	1
1.1 室内岩石力学试验在岩土工程中的作用	1
1.2 室内岩石力学试验内容	1
1.3 正确看待室内岩石力学试验结果	3
第 2 章 试样采集和试件制备	5
2.1 试样采集	5
2.2 试件制备	8
第 3 章 岩石的物理性质试验	13
3.1 含水率试验	13
3.2 块体密度试验	16
第 4 章 岩石的水理性质试验	30
4.1 吸水性试验	30
4.2 膨胀性试验	32
4.3 渗透性试验	39
4.4 耐崩解性试验	45
4.5 冻融试验	48
第 5 章 岩石力学性质试验	51
5.1 概 述	51
5.2 单轴压缩强度和变形试验	51
5.3 三轴压缩强度及变形试验	67
5.4 抗拉强度试验	78
5.5 直剪强度试验	81
5.6 点荷载强度试验	93

第 6 章 岩石力学其他试验	103
6.1 岩石声发射凯塞效应试验	103
6.2 岩石直接剪切蠕变试验	112
第 7 章 试验数据整理及试验报告编写	124
7.1 试验数据的整理	124
7.2 试验报告的编写	129
参考文献	131

第1章 概述

1.1 室内岩石力学试验在岩土工程中的作用

岩石是一种古老而普通的建筑材料,是各种建筑物的天然地基或赋存介质。这些建筑物基础是否安全可靠、经济合理,在很大程度上取决于岩石的工程性质。岩石的工程性质包括岩石的物理性质、水理性质以及在荷载作用下表现出来的强度和变形等力学性质。要科学、合理地确定岩石的工程性质,得到岩石物理性质、水理性质以及力学性质的量化指标,就离不开岩石力学试验。所以,在进行各类工程建设之前,必须对工程项目所在场地的岩石进行试验研究,以充分了解和掌握工程现场岩石的各种物理力学性质,从而为工程设计和施工提供必要的依据。因此,岩石力学试验是各种工程建设必须首先进行的工作。

岩石力学试验根据试验的场所和对象不同,分成现场(原位)试验和室内试验。现场试验主要研究岩体的结构、强度及变形特征,室内试验则主要研究岩石的微观结构、强度及变形特征。由于岩石是特定地质条件下的矿物集合体,而岩体是由岩石块体和宏观结构弱面组成的非连续体,所以现场和室内两种试验方法有所差异。室内岩石力学试验不受现场条件限制,岩石的受力条件容易模拟,同时可以采集大量岩石样品进行试验,通过统计分析试验数据得到工程区不同地质单元岩石的物理力学性质参数最佳值,为工程设计提供合理的物理力学参数。所以,室内岩石力学试验在岩土工程中得到了广泛的应用。

室内岩石力学试验的主要目的是了解岩石本身的物理及力学性质。在岩土工程中,利用试验参数可进行岩体质量分级,工程地质条件与问题评价,岩质边坡、岩质地基和隧道围岩变形及稳定性分析,以及地质灾害防治工程方案论证等,为岩体工程设计与施工提供参数和依据。在岩石力学理论研究方面,通过室内试验,可揭示岩石的变形规律和强度特征及破裂机理,归纳总结其力学特性,探讨岩石与岩体性质之间的相关性等问题,建立其数学力学模型,以便进行岩体工程结构的力学分析。同时,通过岩石力学试验也将进一步促进岩石力学试验工作与试验技术的发展。

1.2 室内岩石力学试验内容

目前常用的室内岩石力学试验可分成三大类:

1. 岩石的物理性质试验

岩石是自然生成的矿物集合体,主要由固体颗粒、水和空气三部分组成,即为固体相、液体相和气体相组成的多项体系。各相之间的联系通常是很复杂的,还会因外界条件的改变而发生变化。岩石中固相组分和三相之间的比例关系及其相互作用,决定了岩石的性质。岩石在受

力作用后，能否破坏或发生多大变形，主要取决于岩石的物质成分、相互关系和相互作用。所以，在研究和分析岩石的力学特性时，必然要牵涉岩石的物理性质指标。工程中常用的岩石物理性质指标有含水率、块体密度、颗粒密度等，它的大小既反映岩石的物质（矿物颗粒）成分，也反映矿物颗粒的相互关系和相互作用特性。这些物理性质指标就是通过岩石的物理性质试验测试的。岩石的物理性质试验主要包括岩石的含水率试验、块体密度试验及颗粒密度试验。

2. 岩石的水理性质试验

岩石的水理性质试验主要包括：吸水性试验、膨胀性试验、崩解性试验和冻融性试验。其目的是了解岩石的吸水性、渗透性以及在水作用下某些岩石出现的膨胀和崩解等性质。

坚硬岩石的吸水性和渗透性，能充分反映其微裂隙的发育程度。岩石的吸水率能间接判断岩石材料的耐冻性能。对于含黏土矿物的岩石，由于黏土矿物的亲水性，会吸水并出现膨胀现象，最终导致岩石崩解。岩石的膨胀量、膨胀压力和耐崩解性等水理性指标可用于岩体分类和工程类比，从而合理确定岩体的工程参数。

3. 岩石的力学性质试验

岩石力学性质试验是测试岩石在不同的受力条件下（即单向压缩、单向拉伸、直接剪切和三向压缩等）的破坏及变形特性参数，了解岩石在不同应力状态下的变形特征和破坏特征，为岩质边坡、公路地基以及洞室围岩等岩体工程稳定性分析提供必要的试验参数。岩石力学性质试验包括岩石单轴压缩变形试验、单轴抗压强度试验、三轴压缩强度试验、抗拉强度试验、直剪强度试验及点荷载强度试验。

室内岩石试验的项目、内容成果及其工程应用如表 1.1 所示。

表 1.1 室内岩石试验汇总表

试验种类	试验项目	试验成果	成果应用
岩石物理性质试验	含水率试验	含水率	分析岩石的含水状态、密实程度，计算岩石的孔隙性指标。判定岩石的风化情况
	块体密度试验	天然密度、饱和密度及烘干密度	
	颗粒密度试验	颗粒密度	
岩石水理性质试验	吸水性试验	自由吸水率、饱和吸收率、饱和系数	了解岩石的吸水性、遇水膨胀的特性、渗透特性、遇水崩解性以及低温下的冻融特性。间接判定岩石的耐冻性能，用于岩石分类和工程类比
	膨胀性试验	自由膨胀系数、膨胀压力	
	渗透性试验	渗透系数	
	耐崩解性试验	崩解性指数	
	冻融性试验	冻融系数	
岩石力学性质试验	单轴压缩变形试验	弹性模量、泊松比	了解岩石的变形特性和强度特征。变形参数（弹性模量和泊松比）可计算和分析岩石地基变形破坏。强度参数（抗压、抗拉强度）可用于计算和分析岩石地基承载力。可进行岩石分类和风化带的划分
	单轴抗压强度试验	单轴抗压强度	
	三轴压缩变形及强度试验	在三轴应力作用下的变形及强度指标	
	抗拉强度试验	抗拉强度	进行边坡稳定性分析与验算
	直剪强度试验	峰值抗剪强度参数、屈服抗剪强度参数及残余抗剪强度参数	
	点荷载强度试验	点荷载强度指数	

1.3 正确看待室内岩石力学试验结果

在使用室内岩石力学试验结果时,应清楚地认识到任何室内试验结果,都是在一定环境条件下的特征值,有一定局限性。在使用试验结果时,一定要综合考虑试验标准、试样状态、应力条件、试件数量以及综合取值等问题。

1. 试验标准

试验标准化是岩石力学试验应该遵循的一个基本准则。只有按照统一的标准进行岩石力学试验,其结果才具有可比性、通用性和实用性。每次试验结果都是一定条件下的特征值。目前常用的标准有国家质量技术监督局和中华人民共和国建设部联合发布的《中华人民共和国国家标准《工程岩体试验方法标准》(GB/T 50266—99)》,中华人民共和国水利部发布的《水利水电工程岩石试验规程》(SL 264—2001)和中华人民共和国交通部发布的《公路工程岩石试验规程》(JTG E41—2005)行业标准等。其中,国家标准是总纲,对常规的岩石力学试验都有规定。行业标准根据行业特点对某些试验有具体的要求。所以,在进行岩石力学试验之前必须根据工程性质,选择相应的行业标准,按照标准要求制订试验计划,进行试验。使用试验结果时,也要清楚试验执行的标准。

2. 试样状态

岩石力学试验结果是试验样品在一定条件下的特征值,试验结果的真实性、合理性和可靠性,很大程度上取决于试验样品采集的真实性和可靠性。所以,应高度重视试样(毛样)采集工作,使采集的试验样品具有足够的代表性,能反映不同工程地质单元或不同风化程度岩石的性质。为了正确选取试样,需要根据试验的目的和要求,事先拟定取样计划,规划好试样采集的地点及数量。按照计划进行试样采集工作,同时采取措施防止试样水分流失和扰动。采样时,若没有做好密封处理,岩石内部的水分就会蒸发,这不仅会影响岩石含水率、吸水率以及块体密度等指标的客观测定,还会降低岩石的力学指标。在长途运输和试样制备过程中,若产生了新的裂纹,不仅会降低岩石的力学性质参数,还会影响岩石的渗透系数、冻融特性等。所以,在试样现场采集、长途运输和室内制备的各个环节,都应尽可能减少对试样的扰动,保持其原始状态。对于软弱岩石和微结构复杂的岩石,这一点尤其重要。

3. 应力条件

室内试验的应力条件是较理想和单一的。例如压缩变形及强度试验,在单轴状态下,只考虑垂直方向的应力;在三轴状态下,一般也只考虑水平方向轴对称即等围压的情况。而实际工程岩体应力条件非常复杂,三个主应力常常各不相等,主应力方向、大小及其顺序都在随空间和时间不断变化。室内岩石力学试验具有明显的局限性。

4. 试件数量

由于岩层在长期形成过程中,受复杂环境条件的影响,使之无论在垂直方向还是在水平延伸方向都存在不均匀性。每类试验采集的试件个数不能完全代表同一地质或地层单元岩石

的结构特征。参与试验的样品总体积与所代表的岩层单元总体积相比较,相差甚远。往往在同一岩层采集的样品,其试验成果都有较大的差异。为了对试验指标进行合理取值,必须严格按照试验规程要求,选取试验样品。在条件允许的情况下应尽可能多取试样进行试验,用数据统计分析的方法得到更接近实际的参数。

为了更好地揭露岩石性质之间的内在联系,阐明物理和化学风化作用对岩石性质的影响,在制订试验计划时,应考虑采用同一试件测定多种物理力学性指标。例如,岩石的块体密度试验、单轴抗压强度试验和单轴压缩变形试验可用同一个试件完成。首先,将试样制备成单轴抗压强度试验要求的标准试件,测量试件的尺寸和质量,通过计算得到岩石的天然容重。再按照单轴压缩变形试验的要求给试件粘贴应变片或使用引伸仪,在给试件施加单轴压缩载荷的同时,测试试件的纵向应变和横向应变,直至试件破坏。利用测试结果即可计算岩石的单轴抗压强度和变形参数弹性模量及泊松比。这样既可以真实反映实际情况,同时又可以减少试件数量。

5. 综合取值

岩石是一种特殊材料,含有大量的微裂隙和微层理,一般具有明显的非均质性和各向异性,在一定程度上还受到现代构造作用的影响,这些因素往往造成试验结果有较大的离散性。因此,在分析试验结果、选取试验参数时,需要根据不同的试验内容,采取不同的方法处理试验结果。例如,在做颗粒密度试验时,需要粉碎试样,破坏试样结构,这类试验结果的处理方法可采用平行误差计算平均值,其他试验结果按照相关规定进行计算和取舍。

综上所述,室内岩石力学试验有一定的局限性,其结果是在某一条件下的特征值。所以在使用试验结果时,应该在室内试验的基础上,结合原位测试,并与同岩层邻近工程岩体性质指标进行类比和反演,合理选取岩体工程建设所需的物理力学性质参数。

第2章 试样采集和试件制备

岩石物理力学性质试验的目的是通过对取至现场的岩石试块进行物理力学试验,获得反映岩石特性的物理力学指标,为岩土工程设计、施工提供相关的物理力学参数。试验结果能否反映岩石的基本特性,不仅与试验人员的技术水平、仪器设备性能、试验环境以及试验方法等有关,而且与试验所用岩样关系尤为密切。试样是试验结果能否正确反映岩石固有特性的关键,所以,试样采集和试件的制备是室内岩石试验工作的第一个质量要素,在试验过程中起着非常重要的作用。为了保证试验成果的真实性、可靠性以及试验数据的可比性,必须统一试样的采集和试件的制备方法。

2.1 试样采集

试样采集是室内岩石试验的第一步工作,一般在勘察现场进行。为了保证试验结果能全面反映勘探区域岩石的基本属性,为勘探和设计工作提供可靠的试验参数,在现场采集试样时:一是要根据试验目的、工程性质周密布置取样点位置;二是正确选取采样方法;三是根据试验内容确定采集试样数量;四是精心包装,选择可靠的运输方式,以确保试样在从野外运到试验室的整个过程中,不会产生新的裂纹,含水状态保持不变。

2.1.1 取样点布置

根据岩土工程的不同勘察设计阶段,参照相关规范以及工程的具体要求布置取样点的位置和密度。取样的位置应重点考虑,若研究某一局部地点岩性,应在研究点附近的具有代表性地点取样。若研究范围较大,应根据岩性的变化情况,分别在几个具有代表性的地点,按照不同的地质单元布置取样点。当沿岩层厚度岩性变化较大时,应分别在上、中、下不同部位取样。取样密度的原则是:工程的主要部位,地质条件复杂、岩性变化大的地点等,取样密度应大些。

同一种岩石的各种物理力学性质之间具有一定关系,同一组试样所提供的各种物理力学参数,必须属于同一采样点,不允许在不同地点和不同部位取样后合并为同一组岩样。钻孔取样时,如果由于岩层太薄或岩芯采取率达不到要求,可在邻近的巷道或钻孔中选择与原指定采样点同一岩层(要求岩性相同)采取补充试样,并在试验委托书上予以说明。

2.1.2 取样方法和要求

为了保持试样原有的结构特征,在采样的过程中,应使其原有的状态(如矿物成分、颗粒大小、结构构造、裂隙节理发育程度、风化程度等)尽可能不受破坏,故最好是取钻孔岩芯样。在探洞中取样时,最好用人工凿掘的方式采取,尽量避免用爆破方式采取;若不得已采用爆破方式时,也不允许用受爆破影响的岩块作为试样。对于不同性质的试样,需采用不同的采集方法。

对于干缩湿胀和易风化的岩石,要设法避免温度和湿度变化对它的影响。在采取这类试样时,应尽量缩短它在空气中暴露的时间。试样取好后,应立即用塑料薄膜包裹好,填好包括编号、取样地点、岩性等试样原始信息的取样标签,并将标签粘贴在包装纸上。

对于松软、易吸水风化的岩石,在包裹一层布料后,立即放入融化后的石蜡容器,使之完全浸泡在石蜡液体里,达到整体密封的目的。存放时,取出蜡封包裹并放在不透风的阴凉环境中储存。

对于裂隙发育,极破碎的岩石,可在现场先用凿岩工具或手工刀仔细削割成近圆柱体,如图 2.1 所示,然后套上热缩管,用热塑焊枪给热缩管加热,使热缩管紧贴试样柱面,避免试样掉块,最后用工具使试样柱体底面脱离岩体,并用多层塑料布包裹,以保持其天然含水状态。

采集含有软弱夹层或其他类型结构面的试样时,应避免软弱夹层及结构面受扰动。具体的做法是:若软弱夹层是厚度大于 2 cm 的黏土时,用凿岩工具把软弱夹层上面的岩石去掉,用环刀取原状土样,并立即浸蜡密封。若软弱夹层是颗粒较大的碎屑岩,就必须将软弱夹层上下两边的岩石一起取下来,并用细铁丝将试样交叉捆紧。然后在试样表面及中间的软弱夹层涂抹 1~2 层油漆,以保持其天然含水量。对于这种试样,一定要小心搬运,避免破坏软弱夹层结构。

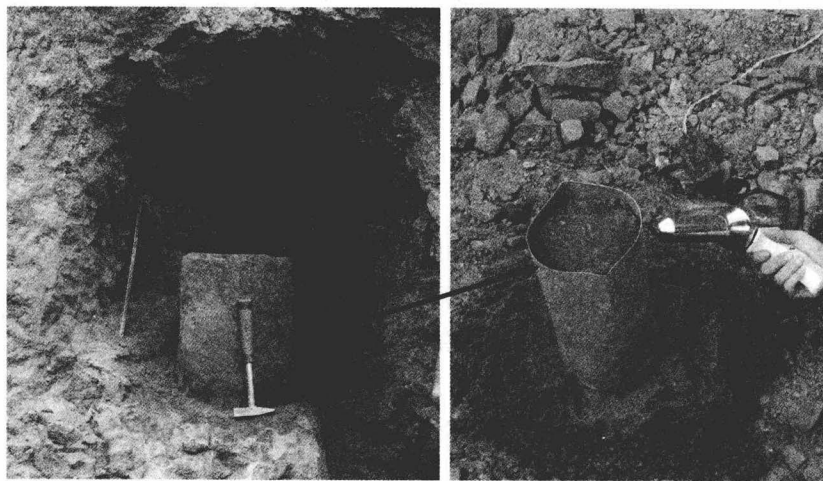


图 2.1 现场取样和封装

2.1.3 取样数量

每组试样数量需满足制备试件的要求,并按照所要测定的项目要求确定。岩石常规物理

力学性质试验的标准试件尺寸和试件数量见表 2.1。在规划采样数量时,可参照此表确定。表 2.1 中所列各项试验,系指试验时只考虑一种状态(如含水状态)或一种受力方向所需试件的数量。如需要考虑多种状态或多种受力方向时,所需试件数量应增加相应的倍数。除此之外,还应考虑试件加工中的损耗,采集数量应适当增多,一般应采取足够的岩样,以满足制备试件数量的要求。对不均质、裂隙发育、有明显层理的岩石以及较难制备的试样(如软岩和煤)还应增加试样的数量。

直剪强度试验所需试样的尺寸和数量,应根据取样现场的具体情况、试验要求和试验设备确定。

表 2.1 室内各项试验的标准试样尺寸和试件数量

试验项目	试件尺寸/mm	试件数量/个	说明
颗粒密度	岩粉	3	用块体密度试验样品粉碎
块体密度、吸水率和饱和吸水率试验	① 圆柱体直径或方柱体边长: 48 ~ 54 mm; ② 含大颗粒岩石的试件直径或边长应大于最大颗粒尺寸的 10 倍; ③ 试件高度与直径或边长之比: 2.0 ~ 2.5; ④ 不规则试件边长为 40 ~ 50 mm 的浑圆形岩块	≥ 3	除黏土质岩石外,试件可继续用于力学性质试验
单轴抗压强度、压缩变形试验	① 圆柱体直径或方柱体边长: 48 ~ 54 mm; ② 含大颗粒岩石的试件直径或边长应大于最大颗粒尺寸的 10 倍; ③ 试件高度与直径或边长之比: 2.0 ~ 2.5	≥ 3	1. 试件数量系指一种含水状态和一种受力方向。 2. 两项试验可用同一组试件
抗拉强度试验(劈裂法)	① 圆柱体直径: 48 ~ 54 mm; ② 试件高度与直径之比: 0.5 ~ 1.0; ③ 试件高度大于最大颗粒尺寸的 10 倍	≥ 3	表列试件数量系指一种含水状态和一种受力方向
三轴压缩强度试验	同单轴抗压强度、压缩变形试验	≥ 5	

2.1.4 取样记录

在现场所取的试样,须用记号笔(遇水不掉,且能长期保持)在试样上表明层位、方向和试样编号,并记录在册。

采集试样时,要绘制取样地点的平面位置图,填写试样送验单。送验单一式两份,一份由取样单位保存,另一份随试样送给试验单位。送验单的格式可参考表 2.2。

采集试样的原始记录,包括取样地点平面位置图、样品登记册和送验单等,须与试验原始记录一并归档,作为技术资料保存。

表 2.2 岩石试验送验单

取样单位：

工程名称			地层时代	
取样地点			岩石名称	
取样点编号			试样编号	
地面高程			取样方法	
岩层高程	层顶		取样数量	
	层底		取样日期	
取样深度			送验日期	
地层岩性描述				
试验目的				
试验要求				

采集人：

送样人：

验收人：

2.1.5 试样运输和管理

现场已取的试样，应妥善装箱，试样与试样之间，须用干草屑、刨花或报纸等物品垫好卡紧，防止碰损。装箱的试样，特别是软弱岩石和含有结构面的试样要迅速送走。在运输过程中应防止猛烈冲撞、振动。

试验单位应根据样品登记本的要求，对送来的试样进行登记。如遇试样有损毁或不符合送验单要求的情况，应及时通知取样单位采取补救措施。试验单位在验收试样后，对于软弱岩石，应尽快组织试验。如及时试验确有困难时，须将试样置于阴凉潮湿的环境中妥善保藏。制样剩余的试样，应在试样结果资料提交委托单位一个月后进行处理。

2.2 试件制备

2.2.1 试件制备方法

根据工程要求编写制样清单，把从现场采集的试样送至岩石制备室，并按照试样组别进行整理、归类。由制样工程师按照试样加工清单的要求，用不同的方法制备试件。对于完整岩石，容易成型，能制备成标准尺寸的试样，直接用金刚石切石机、磨石机和钻石机等机械设备对试样进行切割，钻取及精磨，制备成标准尺寸的试件。对于难以制成规则几何形状的软弱结构面、弱岩（如层面、断层破碎带、裂隙、滑动面、软弱夹层、各类页岩、千枚岩、片岩、蚀变岩、强风化岩石等）和碎石土（如含砾石的黏性土、冰碛砾石等），需采用浇筑的方法制备试件。

1. 标准试件的制备方法

标准圆柱体试件可用岩芯或岩块加工而成。对于钻孔岩芯, 根据岩芯的直径按标准试件的高径比确定试件长度, 直接在切石机上将岩芯切割成圆柱体试件, 再用磨石机精磨圆柱体上、下断面, 直至满足试件端面的精度要求。对于岩块试样, 先用钻石机将岩块钻成直径为 50 mm 的岩芯样, 再按标准试件的高径比确定试件长度, 用切石机切去岩芯两头, 即成标准的圆柱体, 最后用磨石机精磨圆柱体上、下断面, 直至满足试件端面的精度要求。

对于方柱体试件, 可直接在切石机上将钻孔岩芯或岩块切割成所需尺寸的方柱体, 然后在磨石机上精磨方柱体的六面, 直至满足试件的精度要求。

对于遇水崩解(如强风化的泥岩、页岩等)、吸水性强和干缩湿胀的岩石应采用干法制样。即在切割和精磨试件时, 不能加水。用这种方法制备试件时, 一定要注意防尘和环境卫生。

2. 非标准试件的制备方法

对于不易成型的岩石, 只能采用浇铸方法的制备试件。浇铸方法就是利用规则形状的制样盒, 将异性试样放在制样盒的中间, 试样周围用水泥砂浆充填, 待水泥砂浆凝固后, 撤出制样盒, 用包含岩石试件的规则水泥试块进行试验, 从而测试岩石试件的物理力学性质指标。

在用浇铸方法制备试件时, 应该根据试验要求, 试样大小, 确定制样盒的形状和尺寸, 制作制样盒。一般情况, 采用正方体制样盒, 盒体材料最好选取不易变形的薄钢板。

浇铸试样时, 一般情况是将试样分成上、下部分逐次浇铸。首先浇铸试样下半部分, 在制样盒内壁刷一层机油, 并复一张纸, 以便脱模。将试样居中放入制样盒, 随后加入混凝土(混凝土最好采用高强度等级水泥, 其中水泥、干砂和水的比为 1:2:0.5), 边加边捣实, 使其与试样紧贴, 至制样盒填满为止, 见图 2.2 (a)。然后浇铸试样上半部分, 待下半盒的混凝土凝固 24 h 后, 拧松制样盒侧面螺杆, 将制好的下半部分取出。按照浇铸试样下半部分相同的方法在制样盒内刷油复纸, 在制样盒上面左右两端各放一根剪切开缝垫条(垫条厚度由试件尺寸确定), 装少量混凝土, 并捣实。将已浇铸好的半个试件对齐制样盒内壁盖上, 注意一定要对齐。然后从剪切开缝中注入混凝土, 填满制样盒内所有空间, 边填边捣实, 直至与制样盒面平齐。24 h 后, 拆去制样盒, 取出试件, 抽出剪切开缝垫条, 见图 2.2 (b)。经过 7 d 以上的养护, 混凝土试件达到足够强度后, 即可进行试验。

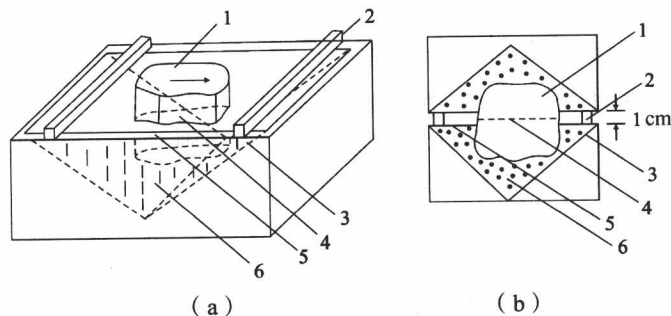


图 2.2 制样示意图

- 1—不规则形状体试样(箭头标示剪切方向); 2—剪切开缝条(1 cm); 3—制样盒内壁板;
4—拟剪切面(高出样盒边框面 0.5 cm); 5—制样盒边框面; 6—混凝土

2.2.2 试件形状及尺寸

按照试验内容和国家试验规范的要求,根据试样的特性可制成圆柱体或立柱体试件进行试验。

圆柱体试件具有轴对称的特点,应力分布比非对称试件均匀,故试件形状应优选圆柱体,对于不易钻取圆柱体的试样,也可采用方柱体等规则形状。对不易成型、易破碎的试样可采用不规则形状。

(1) 规则试件的尺寸应满足下列要求:

① 圆柱体直径或方柱体边长宜为 48 ~ 54 mm。

② 试件的直径或边长应大于岩石最大颗粒尺寸的 10 倍。对含有较大颗粒的试样,试件的直径或边长可大于 48 ~ 54 mm。

③ 为了减少端部效应,而且试件在受轴向荷载作用时不发生弯曲。试件的高度与直径或边长之比应为 2.0 ~ 2.5。

(2) 不规则试件应满足下列要求:

① 边长为 40 ~ 50 mm 的浑圆形岩块。

② 试件质量宜为 150 ~ 200 g。

2.2.3 试件精度要求

试件的制备精度是制样环节的关键一步,在制样过程中,一定要严格把关。其具体要求如下:

(1) 试件高度、直径或边长的允许偏差为 ± 0.3 mm。

(2) 试件两端面必须平行,不平整度最大偏差不超过 ± 0.05 mm。

(3) 试件端面应垂直于试件轴线,最大偏差不超过 $\pm 0.25^\circ$ 。

(4) 方柱体或立方体试件相邻两面应互相垂直,允许偏差不超过 $\pm 0.25^\circ$ 。

试件制备完成后,需对试件进行精度检查。检查的目的是为了获得用于计算试件面积和体积的精确尺寸。检查的内容包括直径误差、端面平行度和轴向偏差。试件量测工具和设备,一般用检查机械零部件尺寸的量测仪器,如测量平板、块规、塞尺、标准 V 形块、测表架、直角尺、千分卡和千分表等。

检查圆柱体试件的制备精度,常用方法是將试件置于 V 形槽内用千分表检测。首先将试件平放在测量平板的标准 V 形槽内,再在试件顶面安装千分表,如图 2.3 (a) 所示;然后将试件沿 V 形槽的长度方向从一端平推到另一端,记录千分表读数,并计算最大、最小读数差值 δ ;最后将试件转动 90° 、 180° 、 270° ,重复上述操作得到 $\Delta 90^\circ$ 、 $\Delta 180^\circ$ 、 $\Delta 270^\circ$ 。如果 4 个误差读数的最大差值不超过 0.3 mm,说明试件的直径满足精度要求。

检测试件两端面平行度和端面与轴线的偏差时,可将千分表安装在紧贴 V 形槽块的端部,如图 2.3 (b) 所示。量测时使千分表架座的一面紧贴 V 形槽块端面水平移动,使千分表测针在试件端部表面径向移动,记录测表读数,计算最大、最小差值 v_1 。将试件旋转 90° ,重复上述操作,记录测表读数并计算 v_2 。用相同的方法,测量试件另一端的差值 v'_1 和 v'_2 。当 v_1 (直径) 和 v'_1 (直径) 小于或等于 0.005 时,则试件满足垂直度精度要求。用上述测表读数绘制曲线,当与径向直线偏差不超过 0.05 mm 时,则满足端面平行度精度要求。