

水利水电工程质量检测人员
从业资格考核培训系列教材

岩土工程类

(岩石、土工、土工合成材料)

中国水利工程协会 主编
丁 凯 曹征齐

黄河水利出版社
· 郑州 ·

水利水电工程质量检测人员
从业资格考核培训系列教材

岩土工程类(岩石、 土工、土工合成材料)

编写单位及人员

主持单位 中国水利工程协会
编写单位 北京海天恒信水利工程检测评价有限公司
长江水利委员会长江科学研究院
中国科学院武汉岩土力学研究所
南京水利科学研究院
黄河水利委员会黄河水利科学研究院
黑龙江省水利科学研究院
北京工业大学
上海勘测设计研究院

主 编 丁 凯 曹征齐
编 写 (以姓氏笔画为序)

丁 凯	王正宏	王 芳	白世伟
李 杰	李 迪	邬爱清	迟景魁
何沛田	陈守义	张 滨	周火明
郭宝霞	钟作武	赵寿刚	陶秀珍
徐 平	聂运均	龚壁卫	

统 稿 周火明 王正宏 陶秀珍 郭宝霞 窦宝松
工作人员 王龙照 江 威 王宪玉 刘 倩

序

水利水电工程的质量关系到人民生命财产的安危,关系到国民经济的发展和社会稳定,关系到工程寿命和效益的发挥,确保水利水电工程建设质量意义重大。

工程质量检测是水利水电工程质量保证体系中的关键技术环节,是质量监督和监理的重要手段,检测成果是质量改进的依据,是工程质量评定、工程安全评价与鉴定、工程验收的依据,也是质量纠纷评判、质量事故处理的依据。尤其在急难险重工程的评价、鉴定和应急处理中,工程质量检测工作更起着不可替代的重要作用。如近年来在全国范围内开展的病险水库除险加固中对工程病险等级和加固质量的正确评价,在今年汶川特大地震水利抗震救灾中对震损水工程应急处置及时得当,都得益于工程质量检测提供了重要的检测数据和科学评价意见。实际工作中,工程质量检测为有效提高水工程安全运行保证率,最大限度地保护人民群众生命财产安全,起到了关键作用,功不可没!

工程质量检测具有科学性、公正性、时效性和执法性。

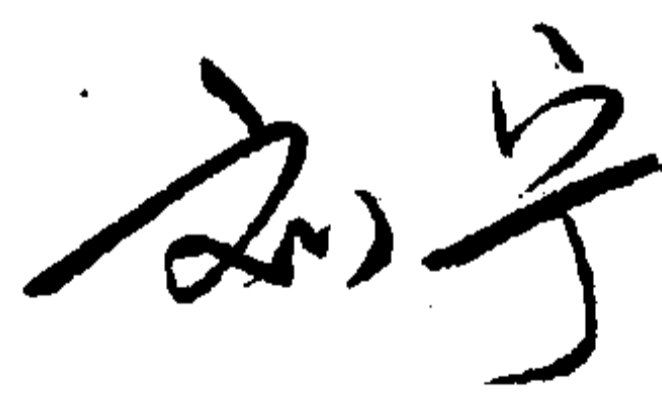
检测机构对检测成果负有法律责任。检测人员是检测的主体,其理论基础、技术水平、职业道德和法律意识直接关系到检测成果的客观公正。因此,检测人员的素质是保证检测质量的前提条件,也是检测机构业务水平的重要体现。

为了规范水利水电工程质量检测工作,水利部于2008年11月颁发了经过修订的《水利工程质量检测管理规定》。为加强水利水电工程质量检测人员管理,中国水利工程协会根据《水利工程质量

检测管理规定》制定了《水利工程质量检测员管理办法》，明确要求从事水利水电工程质量检测的人员必须经过相应的培训、考核、注册，持证上岗。

为切实做好水利水电工程质量检测人员的考核培训工作，由中国水利工程协会主持，北京海天恒信水利工程检测评价有限公司组织一批国内多年从事检测、试验工作经验丰富的专家、学者，克服诸多困难，在水利水电行业中率先编写成了这一套系列教材。这是一项重要举措，是水利水电行业贯彻落实科学发展观，以人为本，安全至上，质量第一的具体行动。本书集成提出的检测方法、评价标准、培训要求等具有较强的针对性和实用性，符合工程建设管理要求和社会实际需求；该教材内容系统、翔实，为开展质量检测人员从业资格考核培训工作奠定了坚实的基础。

我坚信，随着质量检测人员考核培训的广泛、有序开展，广大水利水电工程质量检测从业人员的能力与素质将不断提高，水利水电工程质量检测工作必将更加规范、健康地推进和发展，从而为保证水利水电工程质量、建设更多的优质工程、促进行业技术进步发挥巨大的作用。故乐为之序，以求证作者和读者。



2008年11月28日

前 言

随着我国水利水电事业的蓬勃发展、众多水利水电工程的兴建,工程的质量与安全问题越来越受到国家和社会的广泛关注,质量检测工作也日益得到重视。水利水电工程的质量检测工作是保证工程质量与安全的重要措施,是工程建设、运行过程中的重要环节,而水利水电工程质量检测人员的职业道德和业务素质则是保证质量检测工作科学和公正性的前提条件。为加强水利水电工程质量检测管理,规范质量检测行为,2008年11月水利部第36号令颁布了《水利工程质量检测管理规定》(以下简称《规定》),自2009年1月1日起施行。中国水利工程协会随即颁发了《水利工程质量检测员管理办法》(以下简称《办法》)也将同步施行。

《规定》中明确要求从事水利工程质量检测的单位,应当按照本规定取得相应资质,并在资质等级许可的范围内承担质量检测业务。水利工程质量检测单位资质分为岩土工程、混凝土工程、金属结构、机械电气和量测共5个类别,每个类别分为甲级、乙级2个等级。《规定》和《办法》中还明确要求从事水利水电工程质量检测的专业技术人员,应当具备相应的质量检测知识和能力,按照行业自律管理的要求,必须经过中国水利工程协会统一组织的从业资格考核考试合格、注册,持证上岗。

为了使质量检测人员系统地掌握相关专业知识和能力,由中国水利工程协会主持,北京海天恒信水利工程检测评价有限公司组织国内多年从事工程质量检测试验工作的一批专家学者,编写了《水利水电工程质量检测人员从业资格考核培训系列教材》,作为水利水电工程质量检测人员从业资格注册的考核培训专用教材,也可作为大专院校相关专业的教材或参考书。

本系列教材的编写历经三年多的时间,部分类别教材,如混凝土工程类、岩土工程类(岩石、土工、土工合成材料)及量测类等,已经过实际试讲与反复修改,是诸位专家学者结合自己多年的实践经

验,在相应的规程规范基础上编写而成的。教材全面介绍了相应专业类别的各种检测试验方法,并指出了质量检测过程中的重点、难点、关键点,与相应的规程规范配合使用,是从事水利水电工程质量检测试验人员指导实际工作的工具书。教材部分内容还前瞻性的涉及某些专业领域质量检测方法技术的研究前沿和发展方向。

本系列教材按检测单位资质的分类,并考虑到内容与篇幅,将分类分册陆续编写出版,暂分为以下各册:质量检测工作基础知识、混凝土工程类、岩土工程类(岩石、土工、土工合成材料)、岩土工程类(地基与基础)、量测类、金属结构类(制造与安装)、金属结构类(无损检测)、机械电气类。

本系列教材在编写过程中,得到了水利水电行业有关部门领导和单位的重视与关怀,尤其是得到了编写人员所在单位的支持与帮助,在此一并表示感谢!

受编写人员水平所限,教材中难免存在疏漏之处,敬请读者批评指正,以便改进。

编者

2008年11月28日

目 录

序
前 言

刘宁

第一篇 岩 石

第一章 岩石概述	(3)
第一节 基本概念	(3)
第二节 工程岩体分类	(4)
第三节 相关规程规范	(5)
第四节 水利工程岩石试验基本规定	(6)
第二章 岩石物理性质试验	(8)
第一节 岩石含水率试验	(8)
第二节 岩石吸水性试验	(11)
第三节 岩石颗粒密度试验	(16)
第四节 岩石块体密度试验	(20)
第五节 岩石膨胀性试验	(23)
第六节 岩石耐崩解性试验	(26)
第七节 岩石抗冻性试验	(28)
第三章 岩石力学性质试验	(30)
第一节 岩石单轴压缩变形试验	(31)
第二节 岩石单轴抗压强度试验	(34)
第三节 岩石三轴压缩试验	(40)
第四节 岩石抗拉强度试验	(42)
第五节 岩石直剪试验	(45)
第六节 岩石点荷载强度试验	(46)
第七节 岩石断裂韧度试验	(48)
第四章 岩体变形试验	(51)
第一节 承压板法试验	(52)
第二节 狭缝法试验	(69)
第三节 单(双)轴压缩法试验	(70)
第四节 钻孔径向加压法试验	(71)
第五节 隧洞径向加压法试验	(73)
第六节 隧洞水压法岩体变形试验	(78)
第五章 岩体强度试验	(81)
第一节 混凝土与岩体接触面直剪试验	(81)

第二节	结构面直剪试验	(89)
第三节	结构面直剪蠕变试验	(93)
第四节	岩体直剪试验	(95)
第五节	岩体三轴强度试验	(96)
第六节	岩体载荷试验	(101)
第六章	岩体应力测试	(103)
第一节	孔壁应变法测试	(107)
第二节	孔底应变法测试	(119)
第三节	孔径变形法测试	(123)
第四节	水压致裂法测试	(129)
第五节	表面应变法测试	(134)
第六节	工程实例	(138)
第七章	岩体声波测试	(149)
第一节	岩块声波测试	(149)
第二节	岩体声波测试	(152)
第八章	工程岩体观测	(159)
第一节	洞室收敛观测	(161)
第二节	钻孔岩体轴向位移观测	(168)
第三节	钻孔岩体横向位移观测(测斜仪法)	(173)
第四节	岩体表面倾斜观测	(181)
第五节	岩体应变观测	(185)
第六节	岩体压力观测(液压应力计法)	(196)
第七节	岩体锚固载荷观测	(201)
第八节	岩体锚杆应力观测	(206)
第九节	岩体渗压观测	(209)
第十节	岩体声波观测	(215)

第二篇 土 工

第九章	土工概述	(221)
第一节	土工测试的作用和局限性	(221)
第二节	室内土工试验项目	(222)
第十章	土的工程性质的相关知识	(224)
第一节	土的基本物理性质与工程分类	(224)
第二节	土的渗透性	(234)
第三节	土的压缩性	(241)
第四节	土的抗剪强度	(255)
第五节	特殊土的工程性质	(269)
第十一章	土样取样和制备	(282)

第一节	土样的取样和管理	(282)
第二节	土样和试样的制备	(286)
第三节	试样饱和	(289)
第十二章	土的物理、化学性质指标及其室内测定	(292)
第一节	土的密度试验	(292)
第二节	土的含水率试验	(294)
第三节	土粒比重试验	(297)
第四节	土的颗粒分析试验	(299)
第五节	土的界限含水率试验	(302)
第六节	土的击实试验	(306)
第七节	土的相对密度试验	(308)
第八节	土的湿化试验	(310)
第九节	毛管水上升高度试验	(311)
第十节	土的化学试验	(312)
第十三章	特殊土的性质指标及其室内测定	(328)
第一节	湿陷性黄土有关试验	(328)
第二节	膨胀性土的室内测定	(338)
第三节	冻土有关试验	(342)
第四节	分散性土鉴定试验步骤和计算	(345)
第十四章	土的力学性质指标及其室内测定	(348)
第一节	渗透试验	(348)
第二节	固结试验	(349)
第三节	土的直剪试验	(350)
第四节	三轴压缩试验	(351)
第五节	土的振动三轴试验	(353)
第六节	反滤料试验	(357)
第七节	其他力学性质试验	(357)

第三篇 土工合成材料

第十五章	土工合成材料的技术发展和现状	(367)
第一节	发展简史	(367)
第二节	我国土工合成材料技术的进程与现状	(368)
第三节	发展前景和存在问题	(371)
第十六章	土工合成材料的原材料和常用产品	(372)
第一节	土工合成材料名称由来	(372)
第二节	产品原材料	(372)
第三节	产品分类	(372)
第四节	产品概述	(374)

第十七章	土工合成材料的基本功能和工程应用	(375)
第一节	基本功能	(375)
第二节	工程应用举例	(377)
第十八章	土工合成材料的性能测试综述	(379)
第一节	测试目的和内容	(379)
第二节	测试方法和标准	(380)
第三节	取样和试样制备	(380)
第四节	试验成果整理	(381)
第五节	测试指标、合格指标和容许指标	(381)
第六节	几个专用单位	(383)
第十九章	材料的各项性能试验	(384)
第一节	材料的物理性指标测试	(384)
第二节	材料的力学性能指标测试	(386)
第三节	材料的水力学性能指标测试	(392)
第四节	材料的耐久性能指标测试	(400)
第五节	特种土工合成材料的性能指标测试	(404)
附录 1	土工合成材料常用名词术语中英文对照	(410)
附录 2	国内外有关土工合成材料机构	(414)

第一篇 岩石

第一章 岩石概述

第一节 基本概念

一、岩石和岩体

岩石是一种自然造物,其形成受地质作用支配,这是岩石与其他人工制造的材料和结构物根本不同之处。由于岩石是地质历史的产物,在漫长的地质历史中,建造之后又经历了多次改造,形成了各种地质构造形迹,如断层、节理、裂隙等。我们把结构面和结构体的组合称为岩体,而把不包含结构面的结构体称为岩块,显然这种划分具有相对性,从宏观上看,不包含结构面的岩块内部,仍然有微观结构的存在。

由于岩块相对完整,因此可以近似作为一种均质材料,即具有连续性、均匀性、各向同性。而岩体由于包含了结构面,不是一种均质材料,因此岩体的基本属性是非连续、非均匀、各向异性的。另外,岩体赋存于地应力和地下水环境中,这也是岩体不同于一般材料的重要特征。

二、岩体基本力学性质

岩体基本力学性质是岩体在简单载荷(应力)条件下的变形、强度和破坏特性,所谓简单载荷条件指的是单轴压缩或拉伸、剪切(包括压剪和拉剪)以及等围压下的压缩加载。对岩体力学性质的研究可分成岩块、结构面的力学性质研究以及岩(岩块和结构面的结构体)的力学性质研究。一般来说,结构面的强度最低,完整岩块的强度最高,包含结构面的岩体强度在两者之间。

岩体基本力学性质包括:岩体的变形性质——岩体在载荷作用下的应力应变(变形)关系,表现为施加载荷时的应力(压力)—应变(位移)关系曲线;岩体的强度性质——岩体对应于各种载荷条件下的承载能力;岩体的破坏特性——岩体超过承载能力后发生大变形或破坏的形式。

描述岩体变形特征的力学参数主要有弹性模量(变形模量)和泊松比,其分别表示在轴向应力作用下的轴向变形响应和横向变形响应。描述岩体强度特征的力学参数有单轴抗压强度、单轴抗拉强度、三轴抗压强度和抗剪强度,通常用黏聚力 c 和摩擦角 ϕ (或摩擦系数 f) 表达剪切强度参数。由于工程岩体强度较高,岩体的破坏形式主要为拉破坏和剪破坏,因此抗拉强度和剪切强度是测试的重点。由于结构面的存在,工程岩体的破坏在很多情况下表现为沿软弱结构面的剪切破坏,因此对结构面的剪切强度的测试又是研究工作的重点。

三、水对岩体力学性质的影响

水对岩体的物理化学作用包括风化、软化、泥化、崩解、膨胀和溶蚀等,在水利工程建设中,由于岩体长期处于泡水状态,岩体强度和变形模量降低。水对岩浆岩、变质岩的软化影响较小,而对沉积年代较新、成岩程度较差、含黏土成分较多的黏土岩、黏土质粉砂岩,尤其对软岩和具有充填的软弱结构面软化影响较大。岩石中蒙脱石成分较多时,遇水膨胀并产生膨胀力,引起变形增加,这些都会使岩体的力学性质产生很大变化。

第二节 工程岩体分类

岩石工程影响范围内的岩体称为工程岩体。对于水利工程,比较常用的工程岩体分类方法主要有《水利水电工程地质勘察规范》(GB 50287—99)“坝基岩体工程地质分类”以及《工程岩体分级标准》(GB 50218—94)。

岩体基本质量是指岩体所固有的、影响工程岩体稳定性的最基本属性,由岩石的坚硬程度和岩体的完整程度所决定。《工程岩体分级标准》采用分两步走的方法进行工程岩体分级,先对岩体进行基本质量分级,再根据岩体的具体工程条件做出修正,对各类型工程岩体作详细定级。岩体基本质量分级主要考虑岩石的坚硬程度和岩体的完整程度两个分级因素,采用定性与定量相结合、经验判断与测试计算相结合的方法进行。

岩石的坚硬程度分类。岩石的坚硬程度是岩体最基本的性质之一,表征为岩石在外部载荷作用下,抵抗变形直至破坏的能力,它与岩石的矿物成分、结构、致密程度、风化程度以及软化程度有关。表征岩石坚硬程度的定量指标有岩石单轴抗压强度、弹性(变形)模量等。在这些力学指标中,单轴抗压强度容易测得,剪代表性强,使用最广,与其他强度指标相关密切,同时又能反映出岩石遇水软化的性质。所以一般采用岩石单轴饱和抗压强度作为岩石的坚硬程度分类的定量指标,见表 1-1。现场鉴别岩石的坚硬程度可根据岩石的锤击难易程度、回弹程度、手触感觉和吸水反映来为岩石的坚硬程度做定性鉴定。

表 1-1 岩石的坚硬程度分类

岩石的坚硬程度	硬质岩		软质岩		
	硬质岩	较硬质岩	较软岩	软岩	极软岩
岩石单轴饱和抗压强度 R_c (MPa)	>60	60 ~ 30	30 ~ 15	15 ~ 5	<5

岩体的完整程度分类。在岩性相同的条件下,岩体完整性系数 K_v 值既反映了岩体结构面的发育程度,又反映了结构面的性状,是一项能较全面地从量上反映岩体完整程度的指标。分级标准将 K_v 值作为反映岩体完整程度的定量指标,按表 1-2 作定量划分。

表 1-2 岩体的完整程度分类

岩体的完整程度	完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎
完整性系数 K_v	>0.75	0.75 ~ 0.55	0.55 ~ 0.35	0.35 ~ 0.15	<0.15

岩体基本质量分级。岩体基本质量指标(BQ)采用岩石的坚硬程度和岩体的完整程度两个定量指标确定。以两个分级因素的定量指标 R_c 及 K_v 为参数,按公式(1-1)计算 BQ 值,根据 BQ 值进行岩体基本质量分级。

$$BQ = 90 + 3R_c + 250K_v \quad (1-1)$$

当 $R_c > 90K_v + 30$ 时,以 $R_c = 90K_v + 30$ 和 K_v 代入上式计算 BQ 值;当 $K_v > 0.04R_c + 0.4$ 时,以 $K_v = 0.04R_c + 0.4$ 和 R_c 代入上式计算 BQ 值。

根据岩石坚硬程度、岩体完整程度以及 BQ 值,按表 1-3 可分别得到岩体基本质量的定性和定量级别。定性分级与定量分级相互验证,可以获得较准确的岩体基本质量定级。

表 1-3 岩体基本质量分级标准

基本质量级别	岩体基本质量的定性特征	岩体基本质量指标(BQ)
I	坚硬岩,岩体完整	> 550
II	坚硬岩,岩体较完整;较坚硬岩,岩体完整	550 ~ 451
III	坚硬岩,岩体较破碎;较坚硬岩或软硬岩互层,岩体较完整;较软岩,岩体完整	450 ~ 351
IV	坚硬岩,岩体破碎;较坚硬岩,岩体较破碎—破碎;较软岩或软硬岩互层,且以软岩为主,岩体较完整—较破碎;软岩,岩体完整—较完整	350 ~ 251
V	较软岩,岩体破碎;软岩,岩体较破碎—破碎;全部极软岩及全部极破碎岩	≤250

第三节 相关规程规范

为了统一岩石试验方法和技术标准,我国从 20 世纪 50 年代开始制订适合我国国情的岩石试验规程。1950 年,中国水利水电科学研究院等单位编制了《岩石试验操作规程(试行本)》;1981 年,原电力部和水利部行业标准《水利水电工程岩石试验规程》(DLJ 204—81、SLJ 2—81)(试行)颁布施行;1992 年,《水利水电工程岩石试验规程(补充部分)》(DL 5006—92)颁布施行。1999 年 5 月,国家标准《工程岩体试验方法标准》(GB/T 50266—99)由国家质量技术监督局、中华人民共和国建设部作为国家标准联合发布实施,该标准总结了我国自 20 世纪 50 年代起 40 多年岩石试验经验,统一了我国岩石试验方法。

2001 年 4 月,为统一水利水电工程岩石试验方法,提高试验成果质量及其可比性,水利部颁布实施了水利水电行业标准《水利水电工程岩石试验规程》(SL 264—2001),其内容包括岩石物理力学性质、岩体强度和变形特性、地应力测试、工程岩体观测以及岩体声波测试等,适用于水利水电工程的岩石试验工作。

相关规程规范及参考书目如下:

[1] 水利水电工程岩石试验规程(SL 264—2001)[S]. 北京:中国水利水电出版社, 2001.

- [2] 工程岩体试验方法标准(GB/T 50266—99)[S]. 北京:中国计划出版社,1999.
- [3] 水利水电工程地质勘察规范(GB 50287—99)[S]. 北京:中国计划出版社,1999.
- [4] 工程岩体分级标准(GB 50218—94)[S]. 北京:中国计划出版社,1995.
- [5] 董学晟. 水工岩石力学[M]. 北京:中国水利水电出版社,2004.
- [6] 蔡美峰. 岩石力学与工程[M]. 北京:科学出版社,2002.
- [7] 沈明荣. 岩体力学[M]. 上海:同济大学出版社,1999.
- [8] 陈德基. 中国水利百科全书——水利工程勘测分册[M]. 北京:中国水利水电出版社,2004.
- [9] 刘允芳. 岩体地应力与工程建设[M]. 武汉:湖北科技出版社,2000.
- [10] 李迪. 岩体变形试验与分层弹模计算[M]. 武汉:湖北科学技术出版社,2005.

第四节 水利工程岩石试验基本规定

水利工程岩石试验包括岩石物理力学性质试验、岩体强度和变形试验、岩体应力测试、岩石声波测试以及工程岩体观测等内容。岩石试验工作应在详细了解工程规模、工程地质条件、设计意图、建筑物特点和施工方法的基础上进行,试验内容、试验方法、试验数量等应与工程建设的各个勘察设计阶段的深度相适应,并应符合下列规定:

(1)规划阶段应充分利用与建筑物地段工程地质条件相类似工程的岩石试验成果。根据实际情况,可布置少量室内岩块试验。对近期开发工程,可布置少量现场点荷载试验及声波测试。

(2)可行性研究阶段应根据划分的工程地质单元布置室内岩块试验和现场岩体声波测试。对坝址和其他建筑物方案选择起重要作用的主要岩石力学问题,应布置现场岩体试验项目。

(3)初步设计阶段应根据工程岩体条件及建筑物特点,拟定出关键的岩石力学问题,采取岩块和岩体试验相结合的原则,并满足试验数量的要求,进行深入的试验研究。

(4)技施设计阶段应根据初步设计审查后新发现的工程地质问题和新提出的岩石力学问题以及建筑物基础加固与处理的需要,进行专门性岩石试验。

(5)工程施工和运行期间,应对主要建筑物部位的工程岩体进行工程岩体原位观测。在开展岩石试验工作之前,应收集和分析工程地质资料,结合设计方案和勘察工作编制岩石试验大纲,在执行过程中可根据地质条件和设计情况的变化适当进行调整修改。岩石试验大纲应包括下列内容:

- (1)工程概况及地质条件;
- (2)水工建筑物特点和主要岩石力学问题;
- (3)试验目的、试验内容和技术要求;
- (4)试验布置;
- (5)仪器设备和人员安排;
- (6)计划进度;

(7) 提交的试验成果。

岩块试验的试件可在钻孔、平洞、竖井、坑槽中或岩石露头处采取,同组试件的岩性应基本相同。取样位置和数量应根据地质条件、工程特点和试验要求由试验人员和地质人员共同研究确定。

岩体现场试验应当布置在建筑物所在位置或附近的具有代表性的岩体中,宜在试验洞中进行,并进行试点和试验洞段的地质描述。岩体本身和结构面直剪试验应根据建筑物特点,在分析研究影响抗滑稳定主要因素和可能破坏形式的基础上进行布置;混凝土与岩体接触面的直剪试验应布置在与建筑物直接接触或与其岩层、岩性相同的岩体上;岩体应力测试应根据工程的区域地质构造、构造应力场分析、建筑物类型和设计要求进行布置,并选择试验方法。试验工作完成后对试验成果进行整理和综合分析,并编制和提交试验成果报告。报告正文内容应包括工程概况、工程地质条件、主要岩石力学问题、试验目的、试验内容、试验布置、试验方法、试验数量、试验成果整理与分析、提供的试验值及主要结论等。报告附图包括地质图、试验洞(坑、槽)或露头的展示图、钻孔柱状图、试件或试点(体)地质描述图、试验布置图、试验安装图、各项试验曲线等。

岩石试验成果整理和综合分析要在充分了解水工建筑物布置方案、工程建筑类型、持力方向、载荷大小以及地基、边坡和地下洞室岩体工程地质条件与设计技术要求基础上,对试验资料进行逐项检查和核对,分析试验成果的代表性、规律性和合理性,并按岩体类别、工程地质单元、区段或层位进行归类、数理统计和综合分析,提出试验成果标准值。

(1) 岩石的密度、单轴抗压强度、抗拉强度、点荷载强度、波速等物理力学参数采用试验成果的算术平均值作为标准值。

(2) 岩体变形模量采用原位变形试验成果的算术平均值作为标准值。

(3) 软岩的容许承载力采用载荷试验极限承载力的 $1/3$ 与比例极限二者中的较小值作为标准值;无载荷试验成果时,可按岩石单轴饱和抗压强度的 $1/5 \sim 1/10$ 取值,或通过三轴压缩试验确定。坚硬岩、半坚硬岩可按岩石单轴饱和抗压强度折减后取值:坚硬岩取岩石单轴饱和抗压强度的 $1/20 \sim 1/25$,中硬岩取岩石单轴饱和抗压强度的 $1/10 \sim 1/20$ 。

(4) 混凝土坝基础底面与基岩间抗剪断强度参数可采用峰值强度参数的平均值作为标准值,抗剪断强度参数采用残余强度参数与比例极限强度参数二者中的较小值作为标准值。

(5) 岩体抗剪断强度参数采用峰值强度参数的平均值作为标准值。岩体抗剪断强度参数取值:对于脆性破坏岩体采用残余强度参数与比例极限强度参数二者中的较小值作为标准值,对于塑性破坏岩体采用屈服强度参数作为标准值。

(6) 硬性结构面抗剪断强度参数采用峰值强度参数的平均值作为标准值,抗剪断强度参数的采用残余强度参数的平均值作为标准值。

(7) 软弱结构面抗剪断强度参数采用峰值强度参数小值的平均值作为标准值,抗剪断强度参数的采用屈服强度参数的平均值作为标准值。