

Handbook of Hydropower Engineering Geology

国家“十二五”重点出版图书

水力发电工程 地质手册

主 编 彭士标

副主编 袁建新 王惠明



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

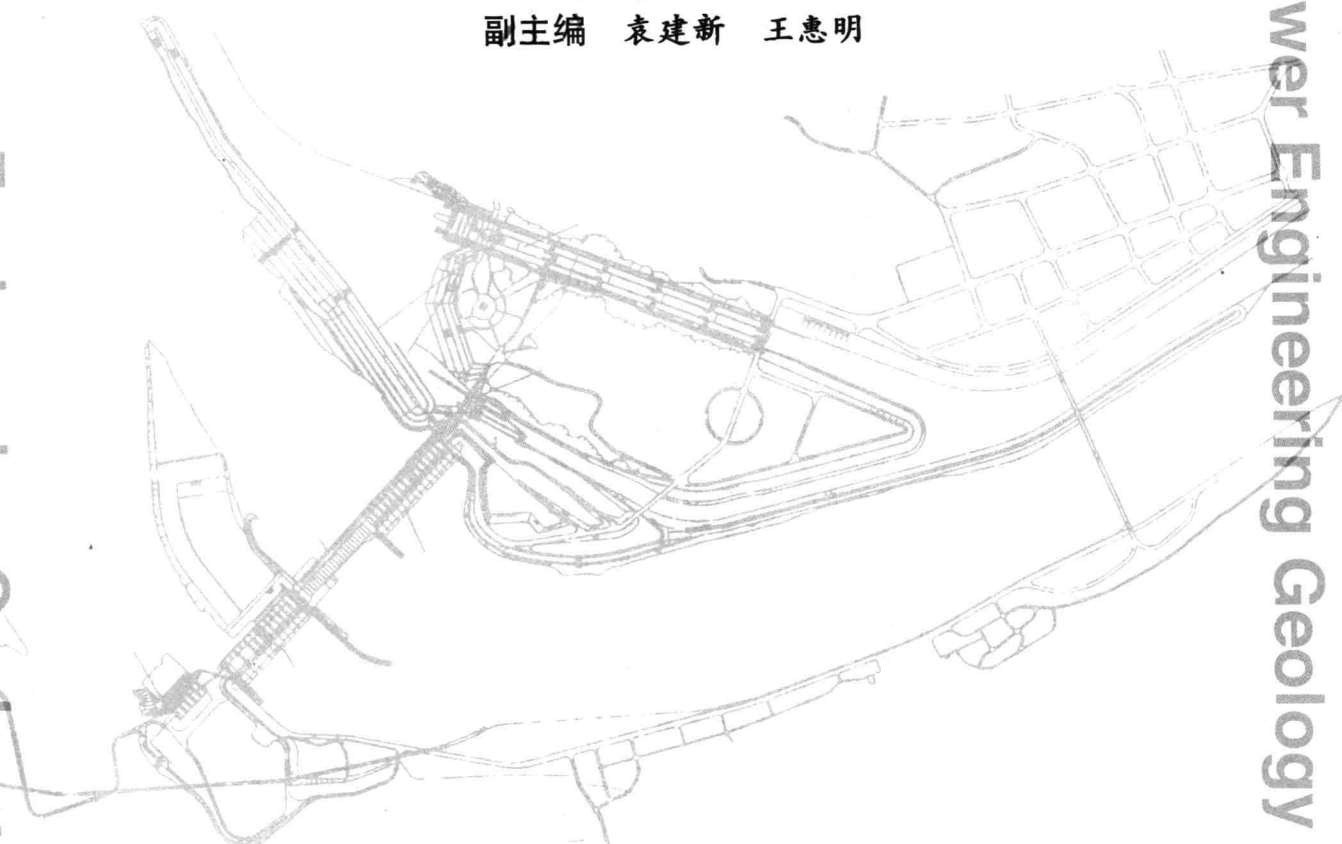
Handbook of Hydropower Engineering Geology

国家“十二五”重点出版图书

水力发电工程 地质手册

主 编 彭土标
副主编 袁建新 王惠明

Handbook of Hydropower Engineering Geology



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本手册由 12 篇 77 章组成，内容包括有关工程地质的基础地质理论和基本概念，水电工程地质勘察的各种方法及其使用条件，岩土体物理力学参数及其测试方法，以及水电工程建设中主要工程地质问题的勘察与评价方法等。着重论述了大中型水电工程的区域构造稳定性评价，库区各主要工程地质问题的勘察与评价，大坝的覆盖层地基和岩石地基的工程地质勘察与评价，地下洞室和边坡的工程地质勘察与评价，岩溶水文地质和工程地质的勘察与评价，抽水蓄能电站的工程地质勘察与评价，天然建筑材料的工程地质勘察与评价，以及针对有关工程地质问题所需采取的工程处理措施等内容。不仅对水电工程所涉及的主要工程地质问题的勘察和研究作了全面系统的总结和阐述，还附有一定数量的工程实例，是一部全面、系统而又实用的水电工程地质专业工具书。

主要供从事一线工作的水电工程地质专业技术人员和有关院校相关专业的师生参考；对水利行业的工程地质人员也有参考作用。

图书在版编目 (C I P) 数据

水力发电工程地质手册 / 彭士标主编. -- 北京 :
中国水利水电出版社, 2011. 12
ISBN 978-7-5084-9219-3

I. ①水… II. ①彭… III. ①水力发电工程—工程地
质—手册 IV. ①P642-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第253003号

审图号: GS (2011) 1005 号

书 名	水力发电工程地质手册
作 者	主编 彭士标 副主编 袁建新 王惠明
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京佳信达欣艺术印刷有限公司
规 格	210mm×285mm 16 开本 39.75 印张 1923 千字
版 次	2011 年 12 月第 1 版 2012 年 7 月第 2 次印刷
印 数	3001—5000 册
定 价	230.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

《水力发电工程地质手册》

编纂委员会

主任 王 斌

副主任 (以姓氏笔画为序)

付 胜 何 伟 吕保定 宋胜武 张春生
封云亚 高 明

委 员 (以姓氏笔画为序)

万宗礼 王元生 王惠明 王文远 米应中
杨 建 杨益才 张东升 单治钢 周志芳
胡大可 袁建新 彭土标

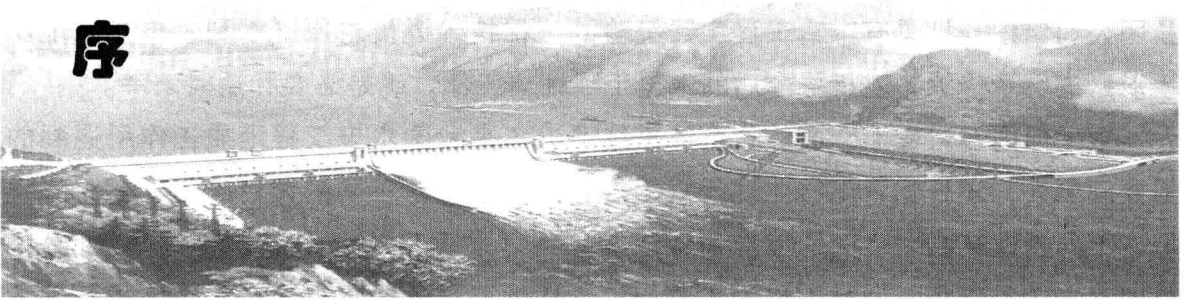
主 编 彭土标

副主编 袁建新 王惠明

各篇编写及统稿人员

篇 序	编 写 人	统 稿 人
第一篇	周志芳 王锦国 张发明 黄 勇	彭土标
第二篇	单治钢 石安池 叶志平 孟永旭 周会信 周光辉 张明林 黄世强 金忠良 王恕林 王敬勇 宋肖冰 王国光 田华兵 王 刚 刘仕勇	袁建新
第三篇	李文纲 廖明亮 贺如平 崔长武 邓忠文 李小泉 曾纪全 王建洪 张伯骥 杨静熙 费大军	张东升
第四篇	张东升 范俊喜 郭义华	彭土标
第五篇	胡大可 邹文志 王良太 曾如意 李尚高 刘谢伶 夏宏良 陈卫红 熊建平 金云弼	王元生
第六篇	杨 建 张世殊 彭仕雄 汪荣大 余学明 张伯骥 沙 椿 李文慧 徐 键 王蓉川 胡建忠 蔡德文 陈绪高 丁陈奉 陈 波 裴 琳 张光西	张东升
第七篇	王文远 王 昆 张 瑞 陈卫东 汤献良 李开德 张世殊 魏植生	王惠明
第八篇	李学政 单治钢 李 跃 段伟锋 胡梦蛟 周春宏 曾祥喜 李孙权 杨建宏 侯 靖 冯建明	袁建新
第九篇	杨益才 肖万春 郭维祥 余 波 张国富 邹 林	王元生
第十篇	万宗礼 王志硕 胡向阳 钟建平 赵 成 刘 军	王惠明
第十一篇	米应中 贾煜星 宫海灵 王少川 高茂华	张东升
第十二篇	王文远 徐柏林 王 昆 李开德	王元生
附录一	王锦国 黄 勇	彭土标
附录二	王自高 王 昆	彭土标

序



改革开放以来，我国的水电建设事业蓬勃发展，三峡、二滩、龙滩、小湾、拉西瓦、瀑布沟、天荒坪、十三陵等大型、特大型水电站和抽水蓄能电站相继建成发电。正在建设的溪洛渡、向家坝、观音岩、鲁地拉、锦屏一级和二级、官地、糯扎渡、大岗山、长河坝等一批水电站，使我国在 21 世纪初迅速成为水电开发的大国和强国。目前，我国水电站总装机容量超过 2 亿 kW，居世界第一。

伴随着水电工程建设所取得的成就，我国水电行业的工程地质勘察手段和方法、水库和枢纽工程地质条件的评价和问题分析水平等也得到了很大的提高。在工程地质勘察手段和方法方面，MS 植物胶冲洗液技术广泛应用于复杂地层钻进后，大幅度提高了原状岩芯的采取率，地震波和电磁波层析成像（CT）等物探技术、遥感和数码摄影技术以及计算机技术和信息技术等的广泛应用，大幅度提高了水电工程地质的勘察精度和工作效率。在工程地质条件评价和问题分析方面，从大岗山水电站的区域构造稳定性研究，到东风、索风营水电站的水库岩溶渗漏评价，以及岩滩水电站库区岩溶内涝评价和处理；从龙羊峡、李家峡等水电站的库岸边坡稳定性评价，到龙滩、小湾等水电站水库地震的预测；从二滩、溪洛渡、锦屏一级等水电站高拱坝坝基岩体质量分类，到混凝土坝坝基利用弱风化岩体以及软岩的研究；从三峡、龙滩、溪洛渡等水电站大跨度地下厂房洞室群围岩稳定性研究，到高地应力条件下的小湾坝基和锦屏一级地下厂房围岩稳定性评价；从锦屏二级水电站深埋长隧洞的高地应力岩爆、高压和大流量岩溶涌水，到锦屏一级坝址左岸深卸荷以及龙滩、小湾、大岗山水电站坝肩边坡的稳定性评价和处理；从大渡河流域瀑布沟等电站深厚覆盖层上建坝所进行的工程地质和水文地质特征研究，到自一里等电站气垫式调压井的勘察评价，以及高拱坝、高心墙堆石坝对筑坝材料的研究评价等。对上述问题的勘察研究和分析评价代表了我国水电行业工程地质的最新水平，表明我国水电行业工程地质界已跻身于世界前沿。

为系统总结我国改革开放 30 多年来水电工程地质专业所取得的成就、经验和教

训，推广和应用工程地质领域的一些新理论、新技术和新方法，中国水电工程顾问集团公司组织一批具有丰富工程实践经验的工程技术人员对原《水利水电工程地质手册》进行了修编，以指导今后的水电工程地质工作，确是必要和适时之举。

本手册内容丰富而全面。除系统总结了近年来我国水电工程地质工作所遇到的重要问题外，还根据水电行业现行规程规范的要求，对不同的设计阶段、不同的坝型、不同的建筑物、不同的地基条件以及工程地质勘察中所遇到的不同地质问题，从勘察方法的选择、勘察工作的布置原则、基础资料的收集，到对工程地质条件和问题的分析评价以及处理措施建议等内容，具有很强的指导性和操作性。同时，在各章节中还针对不同的工程地质问题附有相关工程实例进行深度的剖析，便于相关工程技术人员参考使用，对广大一线的工程地质人员更具有现实的指导意义。

我国水能资源丰富，虽然我国的水电装机容量已位居世界第一，但与西欧等发达国家相比，我国水电开发的程度还较低。随着我国节能减排、保护生态环境以及国家清洁和可再生能源战略的实施，我国的水电开发面临着新的发展机遇和严峻挑战，工程地质工作还大有可为。相信本手册的出版将更有利于广大水电工程地质工作者今后的工作，将为我国的水电建设事业和能源安全作出新的贡献。同时，她的问世也将充实工程地质学的文献宝库，对我国工程地质工作整体水平的提高起到积极的推动作用。

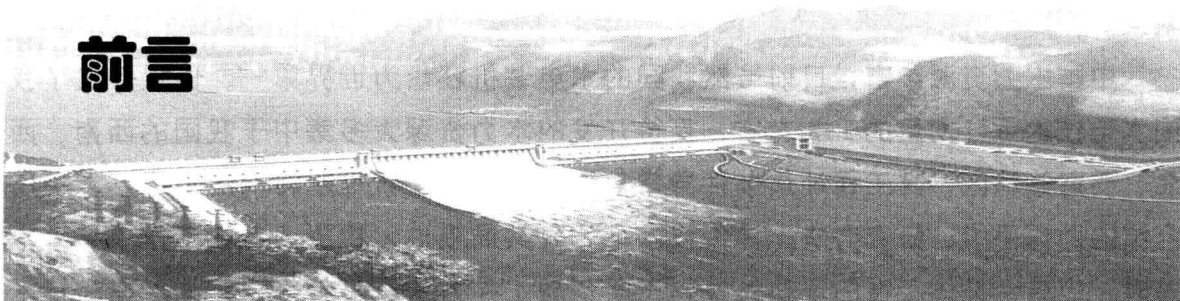
欣然作序，向广大读者推荐。

中国工程院院士
原国际工程地质与环境学会理事长

王思敬

2011年11月

前言



原水利电力部水利水电规划设计院于 1978 年组织编写了《水利水电工程地质手册》，并由水利电力出版社于 1985 年正式出版。该书初步总结了 1949 年以后近 30 年我国水利水电工程地质工作的经验及教训，是一本很实用的工具书，对广大水利水电工程地质工作者，特别是对青年技术人员的成长和进步起到了十分重要的作用。改革开放 30 多年来，我国的水电开发事业发展迅猛，一大批大型、特大型水电站和抽水蓄能电站相继建成，使我国在 21 世纪初迅速成为水电开发的大国，水电装机容量超过 2 亿 kW，稳居世界第一。在这一过程中，通过我国水电工程地质勘察界的不懈努力，不断吸取世界各国工程地质勘探的先进技术和经验，在水电工程勘探技术和工程地质评价等方面均取得了长足的进步，积累了丰富的经验。同时，为适应我国水电建设形势的要求，水电前期勘测设计阶段也作了必要的调整，相继颁布了一大批新的工程地质勘察、设计方面的规程和规范，工程设计、施工、水库等相关专业也对工程地质勘察提出了新的要求。为此，在原《水利水电工程地质手册》的基础上，我们策划组织编写了《水力发电工程地质手册》。

本手册共计 12 篇 77 章。第一篇为工程地质基础，概述了基础地质理论和相关基本概念；第二篇为工程地质勘察方法，介绍了水电工程勘察设计的阶段划分、勘察任务及内容和勘探工作布置，具体对工程地质测绘、钻探、坑探、物探、遥感及计算机技术等勘探手段的使用和适用条件作了阐述；第三篇为岩土体物理力学性质和测试，介绍了岩土体的物理力学性质的基本概念、测试方法，并对参数整理和最终取值做了全面的论述；第四至第十二篇为水电工程主要工程地质问题的勘察与评价方法，分别从区域构造稳定性研究、水库工程地质勘察与评价、覆盖层地基工程地质勘察与评价、岩石地基工程地质勘察与评价、地下洞室工程地质勘察与评价、岩溶工程地质勘察与评价、边坡工程地质勘察与评价、抽水蓄能电站工程地质勘察与评价、天然建筑材料工程地质勘察与评价等方面，对水电工程所涉及到的主要工程地质问题的勘察与研究做了全面系统的总结和阐述，并附有一些工程实例供参考。

最后将工程地质常用数值方法及水电工程地质灾害危险性评估技术要求作为本书的附录。

中国水力资源丰富，目前虽然我国的水电装机容量为世界第一，但仅开发了我国水电技术可开发量的 1/3 左右，且待开发的水力资源大多集中于我国的西南、西北、西藏等地区，其工程地质条件异常复杂，新问题、新难题将不断出现。本书所介绍的勘探手段、研究方法、评价技术不免有其局限性，希望读者在工作中参考本书时，应结合具体工程的地质条件，不断创新工作方法、更新知识结构、提高技术水平，也为我们将来对手册的修编提供依据。

本书由中国水电工程顾问集团公司组织策划，历经 3 年编写完成。参加本书编写工作的单位有：中国水电顾问集团北京勘测设计研究院，华东勘测设计研究院，西北勘测设计研究院，中南勘测设计研究院，成都勘测设计研究院，贵阳勘测设计研究院，昆明勘测设计研究院，河海大学，广西电力工业勘察设计院等。

在本书编写过程中，参考、引用了许多单位的技术文献和资料，除部分主要文献列于书末外，大量未经刊印出版的资料均未一一列出，敬请鉴谅。

衷心感谢王思敬院士在百忙中为本书作序。感谢郭义华、杜佰辉、蒋作范、谢树庸、汪泽斌、富宝鑫等老专家对本书的修改提出了许多宝贵的意见。在稿件的汇总、编排、图纸整理等过程中，范俊喜博士、杨健博士、郭德存高工、王晓岚女士等也多有贡献，在此一并表示感谢。

由于我们的水平有限，时间仓促，手册不妥或错误之处在所难免，恳请读者批评指正，以便修编时更正。

编者

2011 年 11 月

目 录

序
前言

第一篇 工程地质基础

第一章 地形地貌	1
第一节 地形	1
一、地形的分类	1
二、中国地形的主要特征	1
三、中国的地形种类	1
第二节 地貌类型的划分	2
第三节 常见地貌类型	4
一、河流地貌	4
二、暂时性流水地貌	5
三、冰川地貌	5
四、岩溶地貌	6
五、黄土地貌	7
六、风成地貌	7
七、海岸地貌	8
第二章 地层及岩性	9
第一节 地质年代	9
一、相对地质年代	9
二、绝对地质年代	9
三、地层单位及地质年代表	10
四、地质作用及地壳运动	12
五、中国侵入岩分期	13
第二节 矿物	14
一、矿物分类	14
二、常见造岩矿物的特征	14
第三节 岩浆岩	22
一、岩浆岩的一般特征	22
二、岩浆岩的分类和定名	22
三、常见岩浆岩的鉴定特征	22
四、火山碎屑岩	24
第四节 沉积岩	24
一、沉积岩的一般特征	24
二、沉积岩的分类与定名	25
第五节 变质岩	26
一、变质岩的一般特征	26
二、变质岩的分类与定名	27
三、常见变质岩的鉴定特征	29
第六节 第四纪地层	29
第三章 构造地质与大地构造学派	31
第一节 构造地质	31
一、水平构造与倾斜构造	31
二、褶皱构造	31
三、断裂构造	32

第二节 地槽地台学说	36
第三节 板块构造学说	36
一、大陆漂移学说	36
二、海底扩张学说	36
三、板块构造学说	36
第四节 中国几个大地构造学说	37
一、地质力学学说	37
二、多旋回构造学说	37
三、断块构造学说	37
四、地洼学说	37
五、波浪镶嵌构造学说	37
第五节 中国大地构造基本特征	38
一、地质构造的单元划分	38
二、中国地质构造的基本格局	38
三、中国地质构造的发展演化史	39
第四章 水文地质	40
第一节 地下水分类	40
一、地下水的主要类型	40
二、泉的主要类型	40
第二节 渗流基本理论	41
一、层流和紊流	41
二、弹性释(贮)水和重力排水	41
三、渗透率、渗透系数和渗透系数张量	41
四、渗流基本定律	41
五、地下水流	41
六、地下水井流模型	41
第三节 水文地质现场试验及参数确定	42
一、抽(注)水试验	42
二、压水试验	47
三、微水试验	48
四、示踪试验	48
五、渗透变形试验	48
六、渗透系数张量计算	50
七、给水度	51
八、影响半径计算	51
第四节 地下水水质	52
一、地下水的物理性质	52
二、地下水的化学成分	52
三、水质分析	52
四、水质评价	54
第五节 同位素水文地质	56
一、基本概念	56
二、氢氧稳定同位素	57
三、碳硫稳定同位素	58
四、氟和碳 ¹⁴ C放射性同位素	58
五、同位素测定地下水年龄	58

六、地下水活动环境同位素分析	59	二、实测地质剖面	76
第五章 物理地质现象	60	三、地质界线在地质图上表示特征	77
第一节 风化作用	60	四、综合地层柱状图编制	77
一、风化作用的类型	60	第四节 工程地质测绘内容	78
二、岩石风化带的划分	60	一、地貌调查	78
三、古风化壳	60	二、地层岩性调查	78
第二节 卸荷作用	61	三、地质构造调查	78
一、岩体卸荷作用的机制	61	四、水文地质调查	79
二、岩体卸荷裂隙的分布特征	61	五、岩溶调查	79
三、岩体卸荷带的划分	61	六、物理地质现象调查	79
第三节 崩塌	61	第五节 工程地质测绘资料整理	80
一、崩塌及其类型	61	一、原始资料的检查和整理	80
二、发生崩塌的地质条件	61	二、工程地质测绘的成果	80
第四节 滑坡	61	三、工程地质测绘成果的验收	80
一、滑坡要素及滑坡形态特征	61	第三章 工程地质勘探工作布置原则	81
二、滑坡主要类型	62	第一节 勘探布置基本原则	81
第五节 蠕变	62	一、勘探工作内容	81
一、蠕变概念	62	二、勘探工作布置基本原则	81
二、蠕变发育阶段及其特征	62	第二节 各阶段勘探布置原则	81
三、岩体蠕变基本类型	62	一、规划阶段勘探布置原则	81
四、岩体蠕变破坏模式	62	二、预可行性研究阶段勘探布置原则	82
第六节 泥石流	63	三、可行性研究阶段勘探布置原则	85
一、泥石流的形成条件	63	四、招标设计阶段勘探布置原则	89
二、泥石流的分类	63	五、施工详图阶段勘探布置原则	90
第七节 冰川作用	64	第四章 工程地质钻探	91
一、冰川及其作用	64	第一节 主要钻探机具及适用范围	91
二、山岳冰川及其堆积物	64	一、钻机	91
三、大陆冰川及其特征	64	二、水泵	91
		三、钻具	92
		四、取样器	92
		第二节 工程地质钻探方法及技术要求	93
		一、岩芯钻探岩石可钻性分级	93
		二、钻进方法选择	94
		三、常规地层钻探技术	95
		四、冲洗液和护壁堵漏	95
		第三节 钻孔测试技术	97
		一、钻孔测斜仪类型及技术参数	97
		二、钻孔水位观测	97
		三、钻孔漏失量及涌水量测量	98
		四、钻孔压水试验	98
		五、注水试验	99
		六、钻孔抽水试验	100
		七、动力触探试验	102
		八、十字板剪切试验 (VST)	103
		九、旁压试验	103
		十、岩体应力测试	104
		第四节 特殊工程地质钻探技术	104
		一、水上钻探	104
		二、大口径钻探	104
		三、定向取心钻探	104
		四、滑坡体钻探	105
		五、岩溶地层钻探	105
		六、深厚覆盖层钻探	105
		七、破碎地层钻探	105
		第五节 钻孔编录、验收与质量评定	105
第二篇 工程地质勘察方法			
第一章 工程地质勘察基本要求	65		
第一节 工程地质勘察阶段划分及勘察任务	65		
第二节 工程地质勘察内容及要求	65		
第三节 工程地质勘察程序	69		
一、一般程序	69		
二、基本要求	70		
第四节 工程地质勘察成果	70		
一、成果形式	70		
二、主要图件的编制内容及要求	70		
三、各阶段工程地质勘察报告的内容及要求	71		
四、主要工程地质问题的专题研究报告及要求	73		
五、各阶段工程地质勘察报告的附件附图要求	73		
第二章 工程地质测绘	74		
第一节 一般要求	74		
一、工程地质测绘范围及测绘比例尺	74		
二、工程地质测绘精度要求	75		
三、工程地质测绘填图单位	75		
四、野外记录要求	75		
第二节 工程地质测绘准备工作	75		
一、资料搜集	75		
二、现场踏勘	75		
三、工程地质测绘计划编制	75		
第三节 工程地质测绘方法	76		
一、工程地质测绘基本方法	76		

一、钻孔编录	105	二、遥感技术原理与特点	126
二、钻孔竣工验收	105	三、遥感分类及应用	126
三、钻孔质量评定	105	四、遥感技术在工程地质中的应用	127
第五章 工程地质坑探	107	第二节 遥感影像工程地质解译	128
第一节 工程地质坑探种类及用途	107	一、遥感影像解译的概念和解译标志	128
第二节 坑探技术要求	107	二、遥感影像解译的工作内容和方法	129
一、平洞施工	107	第三节 数码摄影地质编录技术	130
二、竖井、斜井、河底平洞施工	108	一、基本概念	130
三、探坑、浅井、探槽施工	108	二、技术原理	130
第三节 坑探常用设备	108	三、仪器设备	130
一、小型凿岩设备	108	四、操作步骤	130
二、小型装运设备	108	五、工程地质应用	131
三、支护设备	109	六、技术应用特点	131
四、提升设备	109	第四节 三维激光扫描技术	131
五、通风、供风、供水、排水设备及供电系统	109	一、基本概念	131
第四节 坑探工程编录、验收与质量评定	109	二、技术原理与特点	131
一、地质编录	109	三、仪器设备	132
二、坑探验收与质量评定	109	四、工程地质应用	132
第六章 工程地质物探	110	五、技术应用特点	132
第一节 常用物探方法及应用范围	110	第八章 计算机及信息技术应用	133
第二节 电法勘探	111	第一节 概述	133
一、电阻率法	111	一、工程地质计算机技术应用的发展过程	133
二、充电法	113	二、工程地质计算机技术应用的发展方向	133
三、自然电位法	113	第二节 地理信息系统 (GIS) 及应用	134
四、激发极化法	113	一、基本概念	134
第三节 地震勘探	114	二、地理信息系统 (GIS) 的发展趋势	134
一、地震波直达波法	114	三、地理信息系统 (GIS) 的组成	134
二、地震反射波法	115	四、地理信息系统 (GIS) 的特点	134
三、地震折射波法	115	五、地理信息系统软件	135
四、瑞雷波法	116	六、地理信息系统 (GIS) 在工程地质中的应用	135
五、地震波 CT	116	第三节 工程地质数据库系统	135
第四节 电磁法勘探	117	一、基本概念	135
一、频率电磁测深法	117	二、工程地质数据库系统组成	136
二、瞬变电磁法	117	三、工程地质数据库设计	136
三、可控音频大地电磁测深法	117	四、工程地质数据库系统的主要功能及操作要求	136
四、探地雷达	118	第四节 工程地质计算机制图	137
五、电磁波 CT	118	一、计算机制图基本要求	137
第五节 声波探测	119	二、工程地质主要图件编制原则	137
一、基本原理	119	第五节 工程地质三维建模及分析	138
二、方法分类	119	一、GeoEngine 工程地质三维建模	138
三、工程应用	119	二、GoCAD 工程地质三维建模	139
第六节 放射性探测	120	三、Auto CAD 工程地质三维建模	141
一、基本原理	120	第六节 常用专业软件	142
二、探测方法	120	第三篇 岩土体物理力学性质和测试	
三、工程应用	120	第一章 岩土力学的基本概念	143
第七节 综合测井	120	第一节 岩石力学概述	143
一、电测井	121	一、研究内容	143
二、声波测井	121	二、研究方法	145
三、放射性测井	121	第二节 土力学概述	146
四、其他测井	121	一、研究内容	146
第八节 物探方法的综合应用	122	二、研究方法	148
第七章 遥感技术应用	126	第二章 岩石和岩体的工程性质	149
第一节 遥感类型及适用范围	126	第一节 岩石的物理性质	149
一、基本概念	126		

第二节 岩石和岩体的力学性质	150	第二节 围岩二次应力	192
一、岩石(体)的变形性质	150	一、围岩二次应力的确定方法	192
二、岩石(体)的强度性质	150	二、影响围岩二次应力的因素	193
三、岩石(体)的流变性质	150	第三节 地应力研究的工程意义	194
第三节 岩石(体)的弹性波速	151	第四节 地应力的研究与测试方法	194
一、地应力的研究方法	194	二、常用岩体地应力测试方法	194
三、地应力测试研究工程实例	195	三、地应力测试研究工程实例	195
第三章 土的工程性质	153	第四篇 区域构造稳定性研究	
第一节 土的工程分类	153	第一章 概述	197
一、国家标准对土的分类(GB 50021—2001, 2009年版)	153	第一节 区域构造稳定性及研究范围	197
二、电力行业标准对土的分类(DL/T 5355—2006)	153	第二节 区域构造稳定性研究的基本要求和工 程序	197
三、北京市标准对细粒土的分类(DBJ 11—501—2009)	155	一、国家和地方法规的要求	197
第二节 土的物理水理性质	155	二、水电水利勘察设计规范和规程的要求	197
一、土的基本物理性质	155	第二章 区域构造稳定性研究的主要内容和方 法	198
二、黏性土的水理性质	155	第一节 地震	198
三、无黏性土的相对密度	157	一、地震成因与分类	198
四、毛细管水的上升高度	157	二、地震波	198
第三节 土的力学性质	157	三、地震震级	198
一、土的压缩性质	157	四、地震烈度	199
二、土的强度性质	157	第二节 地震活动研究	201
三、土的渗透性质	158	一、中国地震活动特征	201
四、土的膨胀性质	158	二、水电工程地震活动研究	204
第四节 特殊土的工程性质	159	第三节 地震构造研究	205
一、黄土	159	一、中国新构造运动的特征	205
二、软土	159	二、水电工程地震构造的研究	206
三、膨胀土(岩)	160	第四节 断裂活动性评价	209
四、红黏土	161	一、活动断层的判别标志	209
五、冻土	161	二、活动断裂的研究方法	209
六、盐渍土(岩)	162	三、断裂活动形式及其活动强度	210
第四章 常用的岩(土)体物理力学试验方法及 其适用范围	164	四、能动断层	211
第一节 常用的岩石和岩体试验方法及其适用范围	164	五、断层活动监测	211
一、岩石试验	164	六、断层活动性综合评价	211
二、岩体试验	164	第三章 地震安全性评价	212
第二节 常用的土工试验方法及其适用范围	164	第一节 确定性方法	212
一、室内土工试验	164	一、地震构造法	212
二、现场土工试验	166	二、历史地震法	213
三、钻孔土工试验	166	三、地震动参数综合评定	213
第三节 岩土化学分析试验及其适用范围	166	四、最大可信地震(MCE)	213
第五章 常用岩土体的物理力学参数	167	第二节 概率分析法	214
第一节 岩石和岩体物理力学参数	167	一、地震区、带划分与活动性参数	214
一、岩体工程地质特性	167	二、潜在震源区划分及其地震活动性参数评定	214
二、岩石(体)物理力学参数取值原则与方法	167	三、地震危险性分析计算	214
三、岩石(体)物理力学参数经验值	168	四、结果表述	215
四、工程实例	172	第四章 地震地质灾害	216
第二节 土体物理力学参数	177	第一节 地震地质灾害类型及影响因素	216
一、土体的工程地质特性	177	一、地震地质灾害的类型	216
二、土体的物理力学参数取值原则与方法	179	二、影响地震地质灾害的主要因素	216
三、土体的物理力学参数经验值	181	第二节 水电工程区地震地质灾害评价	217
四、工程实例	187	第五章 区域构造稳定性评价	218
第六章 地应力及测试	190	第一节 区域构造稳定条件	218
第一节 地应力的组成与分布	190		
一、地应力的基本组成	190		
二、影响地应力状态的自然因素	190		
三、地应力场的分布和变化规律	190		
四、岩体初始地应力的分级	191		

第二节 区域稳定性分级评价	218	一、防治原则	239
第三节 区域构造稳定性综合评价	218	二、防治措施	240
一、区域构造稳定研究成果	218	第五节 岩溶浸没性内涝	240
二、区域构造稳定与水电建设的关系	218	一、岩溶浸没性内涝分类	240
		二、岩溶浸没性内涝工程勘察	240
		三、岩溶浸没性内涝可能性判定	240
		四、岩溶浸没性内涝的预测	241
		五、岩溶浸没性内涝的治理措施	241
第五篇 水库工程地质勘察与评价		第五章 水库诱发地震	242
第一章 概述	219	第一节 概述	242
第一节 水库工程地质问题	219	第二节 水库诱发地震分类与特征	244
第二节 水库工程地质勘察	219	第三节 水库诱发地震分析预测	244
第二章 水库渗漏	222	一、水库诱发地震分析预测的任务和要求	244
第一节 水库渗漏类型与特点	222	二、水库诱发地震的地质环境条件分析	244
第二节 水库渗漏工程地质勘察	222	三、水库诱发地震的预测与评价	245
一、水库渗漏一般性工程地质勘察	222	四、水库诱发地震的监测	247
二、水库渗漏工程地质专门性勘察	222	第六章 泥石流	248
三、水库渗漏勘察主要方法	223	第一节 泥石流的发生条件与分类	248
第三节 水库渗漏分析与评价	223	一、泥石流发生的条件	248
一、水库渗漏条件分析	223	二、泥石流发生的模式	248
二、水库渗漏量估算	224	三、泥石流的分类	248
第四节 水库防渗处理	225	第二节 泥石流调查和勘察	249
一、防渗处理原则	225	一、泥石流调查	249
二、防渗处理措施与方法	225	二、泥石流勘察	250
第三章 库岸稳定	227	第三节 泥石流分析与评价	250
第一节 水库岸坡变形及破坏类型	227	一、泥石流有关指标的测定和计算	250
一、塌岸	227	二、泥石流的评价	251
二、崩塌	227	第四节 泥石流防治措施	253
三、滑坡	227	一、泥石流防治工作的基本原则	253
四、其他变形	228	二、减轻或避免泥石流的主要工程措施	253
第二节 勘察内容与方法	228	第七章 移民集中安置区和防护区	254
一、地质勘察深度要求	228	第一节 综述	254
二、库岸稳定地质勘察内容	228	第二节 移民集中安置区和防护区工程地质勘察内容	254
三、库岸稳定地质勘察主要方法	229	一、移民集中安置区工程地质勘察的主要内容和精度	254
四、水库岸坡变形观测主要内容	230	二、防护区工程地质勘察的主要内容和精度	254
第三节 水库塌岸预测方法	230	第三节 移民集中安置区和防护区工程地质勘察	
一、水库塌岸影响因素	230	方法	255
二、塌岸预测方法	230	一、工程地质测绘	255
第四节 库岸稳定性评价	233	二、勘探	255
一、定性评价	233	三、原位测试	255
二、定量评价	234	四、取样与室内试验	255
第四章 水库浸没	235	五、水和土的腐蚀性评价	255
第一节 浸没及其分类	235	六、现场检验和监测	255
一、浸没及其成因	235	第四节 移民集中安置区和防护区工程地质评价	255
二、浸没的分类	235	一、场地稳定性评价	255
第二节 浸没勘察内容与方法	235	二、场地建设适宜性评价	255
一、勘察内容	235	三、移民集中安置区和防护区工程地质评价	255
二、勘察方法	236	第八章 压覆矿产资源调查与评估	257
第三节 浸没分析与评价	236	第一节 综述	257
一、浸没分析与评价的内容	236	一、压覆矿产资源的含义	257
二、浸没初判与复判	236	二、水电工程压覆矿产资源的形成	257
三、浸没指标及其确定	237	三、压覆矿产资源调查与评估的相关要求	257
四、库岸潜水回水的计算	238	第二节 压覆矿产资源调查与评估	257
五、具有双层水文地质结构且上部为黏土层的浸没影响		一、调查与评估的范围	257
分析	239		
第四节 浸没防治	239		

二、调查与评估的内容	257	第三节 抗滑稳定性评价	278
三、调查与评估的方法	257	一、抗滑稳定性定性评价	278
四、压覆矿产资源的审批	257	二、地基抗滑稳定验算	278
第三节 压覆矿产资源分析与评价	258	第四节 渗漏与渗透稳定性评价	281
一、淹没压覆	258	一、渗透变形概念与类型	281
二、浸没压覆	258	二、渗流计算	281
三、岸坡失稳压覆	258	三、渗透稳定性评价	282
第四节 压覆矿产资源防护	259	四、渗流控制	284
一、防护的原则	259	第五节 砂土液化评价	284
二、防护的措施	259	一、砂土液化概念	284
第六篇 覆盖层地基工程地质勘察与评价		二、砂土液化影响因素	284
第一章 概述	261	三、砂土液化初判	284
第一节 覆盖层概念和分布特征	261	四、砂土液化复判	285
一、覆盖层分布	261	五、液化指数和液化等级划分	286
二、覆盖层主要特征	261	六、砂土液化判别时应注意的几个问题	286
第二节 覆盖层成因类型	262	第六节 软土震陷	287
第三节 覆盖层地基主要工程地质问题和研究内容	262	一、软土与软土震陷的概念	287
一、覆盖层地基的主要工程地质问题	262	二、软土震陷可能性的评价	287
二、覆盖层研究的主要内容	263	三、软土震陷量的估算	288
第二章 覆盖层地基工程地质勘察和试验	264	四、软土的抗震陷措施	288
第一节 地基工程地质勘察的内容、原则和方法	264	第五章 水电工程常用地基处理措施	289
第二节 覆盖层分布范围和成因类型的勘察方法	264	第一节 地基加固处理	289
一、地质测绘和地面调查	264	一、换土垫层法	289
二、河漫滩与阶地的调查	264	二、振冲法	289
三、成因分析	264	三、高压喷射注浆法	289
四、土体测龄	264	四、固结灌浆法	290
第三节 覆盖层厚度、层次结构常用的勘察方法	265	五、强夯和强夯置换法	290
一、钻探	265	六、预压法	290
二、物探	265	七、加筋土法	290
三、坑探	266	八、桩基础法	291
第四节 覆盖层土体物理力学性质的研究方法	266	第二节 地基防渗处理	291
第五节 覆盖层水文地质勘察的内容和方法	266	一、混凝土防渗墙	291
一、覆盖层的水文地质条件研究	266	二、帷幕灌浆	293
二、覆盖层的水文地质勘察方法	266	三、水平铺盖	294
第三章 覆盖层地基工程地质特性	267	四、其他方法	295
第一节 覆盖层物质组成结构	267	第六章 监测与资料分析	297
一、厚度特征	267	第一节 监测概述	297
二、物质组成	267	第二节 覆盖层地基变形监测	297
三、结构特征	267	一、监测布置及监测手段	297
四、构造特征	267	二、监测施工技术	297
五、工程岩组划分	267	第三节 渗流监测	297
第二节 覆盖层物理力学特性	267	一、监测布置	297
一、物理、水理性质	267	二、监测施工技术	297
二、强度特性	269	第四节 流量监测及水质分析	298
三、压缩特性	269	一、观测点的布置	298
四、动力特性	270	二、流量的量测	298
五、渗透特性	270	三、水质分析	298
第三节 土体力学和渗透参数的选取	270	第五节 观测分析	299
第四章 覆盖层地基适宜性评价	272	一、观测	299
第一节 不同水工建筑物对地基的要求	272	二、资料分析	299
第二节 地基变形稳定	272	第七篇 岩石地基工程地质勘察与评价	
一、地基稳定条件及破坏类型	272	第一章 概述	301
二、地基变形稳定评价	274	第一节 坝址坝型选择	301
三、厂房、闸门等水工建筑物变形稳定评价	276		

第二节 岩石坝基主要工程地质问题及评价要求	301	三、地质力学模型试验法	330
一、坝基承载强度及变形稳定	301	第五章 坝基岩体变形问题	332
二、坝基抗滑稳定	302	第一节 坝基(肩)岩体变形特性	332
三、坝基渗漏及渗透变形	302	第二节 坝基(肩)岩体变形影响因素	333
四、冲刷及雾化问题	302	一、岩体结构特征	333
第三节 各种坝型对工程地质条件的要求	302	二、赋存条件	333
一、当地材料坝	302	三、受力状态	333
二、重力坝	303	四、加载速率及时间效应	333
三、拱坝	303	五、工程因素	333
四、支墩坝	304	第三节 坝基(肩)岩体变形参数研究与选择	334
第二章 坝址工程地质勘察概述	305	一、坝基岩体承载力	334
第一节 坝址工程地质勘察的原则和方法	305	二、变形模量	335
一、坝址工程地质勘察的原则	305	三、泊松比	335
二、各勘察阶段勘察工作的深度要求	305	四、岩体纵波速度	336
三、坝址勘察研究的常用方法	305	第四节 坝基(肩)岩体变形和承载稳定性评价	336
第二节 坝址工程地质勘探和试验工作布置	305	一、评价方法	336
一、勘探、试验布置原则	305	二、安全控制指标	336
二、勘探、试验布置	306	第五节 坝基建基面研究	336
第三章 岩基工程地质条件	308	一、坝基建基面选择原则	336
第一节 岩体的工程地质特征	308	二、建基面岩体质量研究	336
一、岩体结构基本性质和研究的内容	308	三、高混凝土坝建基面选择实例	337
二、影响坝基岩体工程地质特性的因素	308	第六章 坝基渗漏与渗透稳定性问题	341
三、岩体结构	308	第一节 坝基渗漏	341
四、岩体力学特性	309	一、岩体渗透特性	341
第二节 结构面及软弱夹层的工程地质特性	311	二、坝基岩体透水性勘察	341
一、结构面的主要类型	311	三、坝基渗漏评价	341
二、结构面的分级	311	四、坝基(肩)渗漏量估算	342
三、结构面的自然特征及其定量描述方法	311	五、坝基防渗处理	343
四、结构面的强度	313	第二节 坝基渗透变形	343
五、软弱夹层的工程地质研究	315	一、渗透变形类型及判别	343
第三节 岩体表生改造	318	二、渗透变形评价	344
一、岩体的风化研究	318	三、渗透变形试验	345
二、岩体的卸荷研究	321	四、渗透变形防治措施	346
第四节 坝基岩体质量工程地质分类	321	第三节 坝基扬压力	346
一、坝基岩体质量工程地质分类的意义、目的和原则	321	第七章 下游冲刷区勘察与评价	348
二、影响坝基岩体质量的主要工程地质因素	321	第一节 冲刷产生的主要工程地质问题	348
三、坝基岩体质量的分类方法	322	第二节 影响冲刷的地质因素	348
四、各类坝基岩体的建坝适应性	324	一、岩性及岩石强度	348
第四章 坝基抗滑稳定问题	325	二、岩体风化、卸荷程度	348
第一节 坝基、坝肩抗力体滑移模式	325	三、岩体完整性	348
一、坝基滑移模式	325	四、结构面特征	348
二、坝肩抗力体部位	326	第三节 冲刷区工程地质勘察与评价	349
第二节 坝基、坝肩抗力体滑移边界条件	326	一、冲刷区的工程地质勘察	349
一、滑移边界组合	326	二、冲刷坑的工程地质评价	349
二、结构面连通率	327	三、岩体的抗冲流速	351
三、抗力体	327	第四节 雾化区勘察与评价	351
第三节 坝基、坝肩岩体抗滑稳定分析参数研究	327	一、泄洪雾化机理及分区	351
一、抗剪(断)强度试验与抗剪(断)强度试验的成果	327	二、雾化区的工程地质勘察	352
二、抗剪(断)强度试验标准值的选取	327	三、雾化区的工程地质评价	353
三、抗剪(断)强度设计计算的采用值	328	第八章 其他水工建筑物岩石地基的工程地质勘察与评价	354
第四节 坝基、坝肩岩体抗滑稳定计算和稳定性评价	328	第一节 概述	354
一、刚体极限平衡法	328	一、其他主要建筑物类型	354
二、有限元分析法	330	二、各类建筑物岩基主要工程地质问题	354

第二节 工程地质勘察与评价	354	一、水电工程地下洞室的类型	369
一、地面厂房系统	355	二、水电工程地下洞室的主要特点	370
二、溢洪道	355	第二节 地下洞室主要工程地质问题	370
三、主要临时建筑物	356	一、围岩稳定问题	370
第九章 岩石地基处理	358	二、高地应力与岩爆问题	370
第一节 开挖	358	三、涌水、突泥问题	370
一、开挖深度	358	四、高地温问题	370
二、开挖坡度	358	五、有害气体及辐射问题	370
三、表面处理	358	第二章 地下洞室工程地质勘察	371
四、基坑边坡	358	第一节 地下洞室工程地质勘察的基本要求	371
五、开挖方法	358	第二节 地下洞室工程地质勘察的内容	371
六、软弱岩带清除	358	一、地下厂房系统勘察	371
第二节 固结灌浆	358	二、长引水隧洞勘察	372
一、固结灌浆范围	358	三、深埋洞室勘察	372
二、孔深	358	第三节 地下洞室工程地质勘察方法	372
三、孔距、排距	358	一、地下洞室勘察常用方法	372
四、压力	359	二、深埋洞室工程地质勘察	373
第三节 帷幕灌浆	359	三、地下洞室勘察新技术及其应用	374
一、防渗帷幕的范围	359	第三章 地下洞室位置选择	375
二、防渗帷幕的厚度	359	第一节 洞室位置及轴向选择	375
三、防渗帷幕的孔距	359	一、洞室位置选择的一般原则	375
四、钻孔的方向	359	二、隧洞轴向选择的一般要求	375
五、帷幕灌浆的压力	359	第二节 隧洞进出口选择	376
第四节 化学灌浆	359	一、地形条件	376
一、化学灌浆的类型	360	二、地质条件	376
二、常见的化学灌浆材料及用途	360	三、水文条件	376
第五节 排水	360	四、施工条件	376
第六节 断层破碎带及软弱夹层的专门处理	360	第三节 洞室群布置方案选择	376
一、软弱带处理的基本要求	361	一、洞室上覆岩体厚度的选择	376
二、软弱带处理方法	361	二、平行洞室的最小间距	378
三、重力坝深层稳定处理措施	363	三、交叉段的位置选择	380
四、拱坝抗力岩体处理措施	363	第四节 隧洞断面形状的选择	380
第七节 岸坡坝基的专门处理	364	第四章 围岩工程地质分类	382
第十章 岩石地基的监测与检测	365	第一节 概述	382
第一节 概述	365	一、围岩分类的影响因素	382
第二节 岩石地基工程监测设计	365	二、国内外围岩分类的概况	382
一、监测设计的原则	365	第二节 水电围岩工程地质分类	382
二、岩石坝基监测的项目	365	一、水电围岩工程地质分类方法	382
三、监测设计需要的基本资料	365	二、现行水电围岩分类方法的适用范围	385
四、监测仪器的选型	365	三、围岩分类的工作方法及分类参数取值原则	385
第三节 常用岩石地基监测方法	365	第三节 深埋地下洞室围岩工程地质分类	386
一、巡视检查	365	第四节 软岩洞室围岩工程地质分类	387
二、位移及变形监测	366	一、《水力发电工程地质勘察规范》(GB 50287—2006)	
三、岩石地基应力应变监测	366	分类	387
四、水文地质及渗流监测	366	二、总参工程兵四所软岩围岩分类	387
五、坝基岩体质量监测	367	三、中国水电顾问集团华东勘测设计研究院软岩围岩	
六、基岩温度监测	367	分类	388
七、振动监测	367	第五节 其他常用围岩分类方法	388
八、环境量监测	368	一、Q系统分类	388
第四节 监测资料整理与分析	368	二、RMR分类	389
第八篇 地下洞室工程地质勘察与评价		三、国标BQ方法	391
第一章 概述	369	四、公路隧道围岩分级	392
第一节 水电工程地下洞室类型和特点	369	五、铁路隧道围岩分级	393
		六、冶金系统隧道围岩分级	393