

美国内政部垦务局

U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation

工程地质现场手册

Engineering Geology Field Manual

苏红瑞 许仙娥 黄向春 段世委
程汝恩 袁宏利 程向民 陈书文 编译

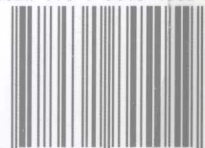


天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

美国内政部垦务局 工程地质现场手册

组稿编辑 高 勇
责任编辑 朱玉红
装帧设计 郭 泉

ISBN 978-7-5618-4505-9



9 787561 845059 >

定价: 58.00 元

美国内政部垦务局

工程地质现场手册

苏红瑞 许仙娥 黄向春 段世委 编译
程汝恩 袁宏利 程向民 陈书文

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

工程地质现场手册/美国内政部垦务局;苏红瑞,
许仙娥等编译. —天津:天津大学出版社,2012. 10
ISBN 978-7-5618-4505-9

I. ①工… II. ①美…②苏…③许… III. ①工程
地质—现场研究—手册 IV. ①P642-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 239485 号

出版发行 天津大学出版社
出 版 人 杨欢
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742
网 址 publish.tju.edu.cn
印 刷 廊坊市长虹印刷有限公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 185mm×260mm
印 张 20.75
字 数 518 千
版 次 2013 年 1 月第 1 版
印 次 2013 年 1 月第 1 次
定 价 58.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

编译组成员

翻 译:苏红瑞 许仙娥 黄向春 段世委
程汝恩 袁宏利 程向民 陈书文
校 译:许仙娥 程汝恩 陈书文 赵国斌
苏红瑞 程向民 施建新
统 稿:袁宏利 许仙娥 边建峰

作者简介

苏红瑞 1969年生,1992年毕业于河海大学水文地质及工程地质专业,获工学学士学位,现天津大学工程硕士(水利水电工程)在读。教授级高级工程师,2008年获得注册土木工程师(水利水电工程)资格。现任中水北方勘测设计研究有限责任公司勘察院地质专业副总工程师、项目负责人、项目经理。主要从事国内、外水利水电工程地质勘察及岩土工程勘察与研究。曾获得水利部优秀工程勘察金质奖1项、天津市“海河杯”优秀工程勘察二等奖1项。

许仙娥 1969年生,1992年毕业于华北水利水电学院水文地质与工程地质专业,获工学学士学位。就职于中水北方勘测设计研究有限责任公司,高级工程师,主要从事国内、外水利水电工程地质勘察及岩土工程勘察与研究。

黄向春 1965年生,1989年毕业于华北水利水电学院工程地质专业,获工学学士学位。高级工程师,2009年获得注册土木工程师(水利水电工程)资格。现任中水北方勘测设计研究有限责任公司勘察院项目负责人。主要从事国内、外水利水电工程地质勘察及岩土工程勘察与研究。

段世委 1970年生,1992年毕业于华北水利水电学院水文地质与工程地质专业,获工学学士学位。高级工程师,2009年获得注册土木工程师(水利水电工程)资格。现任中水北方勘测设计研究有限责任公司勘察院地质总队副队长、项目负责人。主要从事国内、外水利水电工程地质勘察及岩土工程勘察与研究。

程汝恩 1966年生,1987年毕业于河海大学水文地质及工程地质专业,获学士学位。高级工程师,2009年获得注册土木工程师(水利水电工程)资格。现任中水北方勘测设计研究有限责任公司勘察院项目负责人。主要从事水利水电工程地质勘察及岩土工程勘察与研究。

袁宏利 1965年生,1988年毕业于河海大学水文地质及工程地质专业,工学学士,教授级高级工程师,现任中水北方勘测设计研究有限责任公司勘察院地质总队总队长、地质专业总工程师,主要从事水利水电工程地质勘察、岩土工程勘察与研究及技术管理工作。主持完成了数十项勘察研究成果,尤其在水利水电工程特殊工程地质问题、水库浸没、堤防工程、水库水闸安全鉴定及病险水库水闸工程除险加固、引调水工程勘察研究方面做出过具有技术独创性的工作,曾获得全国优秀工程咨询成果三等奖1次、天津市优秀工程咨询成果一等奖1次,参与过水利部科研课题研究工作。发表论文10余篇,出版过2部专著。

程向民 1966年生,1988年毕业于成都地质学院工程地质专业,获工学学士学位。高级工程师,现任中水北方勘测设计研究有限责任公司勘察院地质总队副队长、项目负责人。主要从事国内、外水利水电工程地质勘察及岩土工程勘察与研究。

陈书文 1968年生,1993年毕业于河海大学水文地质及工程地质专业,获学士学位。高级工程师,2009年获得注册土木工程师(水利水电工程)资格。现任中水北方勘测设计研究有限责任公司勘察院项目负责人、项目经理。主要从事国内、外水利水电工程地质勘察及岩土工程勘察与研究。

前 言

伴随着中国改革开放和经济快速发展的步伐,越来越多的中国企业走向了国际市场,参与水利水电工程及其他岩土工程的建设,因此,经常需要参照国外的相关勘测设计标准和手册。其中,美国现行的规程规范和手册作为国际上较为通行的工程勘察标准之一,为许多国家尤其是使用英语作为官方语言的国家所认可和采用。

与国内相关勘察技术规程的编制思路类似,实施国外工程项目勘察,同样要求现场工作执行统一、标准、规范的术语和描述方案,或按照标准规范的流程进行操作,以达到更好地控制勘察成果质量、尤其是准确收集现场地质信息的目的。我们在实际工作过程中,感到美国内政部垦务局 2001 年版的 *Engineering Geology Field Manual*(《工程地质现场手册》)对我们的上述工作有一定的指导作用和参考价值,因此,向美国内政部垦务局发了电子邮件,以请求允许我们将该手册译成中文并出版,能够为中国公司从事国际工程勘察的技术同人提供帮助。幸运的是,对方不久即回信同意了我们的这个请求,并且约定将出版的中文版图书也寄送一册给他们。

本书为 *Engineering Geology Field Manual* 第二版的译文,是有关工程地质基础工作的指南性书籍,为现场工作提供指导,可作为从事工程地质或岩土工程的技术人员的参考书。其中的第一~第六章由苏红瑞、程向民翻译,第七~十二章由段世委、许仙娥翻译,第十三~二十三章由黄向春、袁宏利、程汝恩、陈书文翻译,各章由许仙娥、程汝恩、陈书文、赵国斌、苏红瑞、施建新、程向民校对,全书由袁宏利、许仙娥、边建峰统稿。为方便读者查找和理解,术语均给出了相应的英文,参考文献保留原文。另外书中采用英制和公制两种单位制,两种单位前的数据并非完全符合换算并系,而是以工程应用标准和惯例为准,并与原著保持一致。为减小篇幅,最终编译稿删去了原手册中的“第十九章 爆破设计”、“第二十五章 全球定位系统”、“附录”和钻孔、探井柱状图示例插图等内容,并重新编排了章节。

编译过程中,得到了中水北方勘测设计研究有限责任公司各级领导的大力支持、指导和帮助,从而使这项工作得以顺利进行,在此表示感谢! 由于水平所

限,翻译错误难免,这与美国垦务局的原文无关,敬请读者批评指正。

反馈信息寄至:天津市河西区洞庭路60号,邮编300222,中水北方勘测设计有限责任公司勘察院,许仙娥,电子邮箱:tididzd@vip.sina.com。

译者
2012年10月

目 录

第一章 绪论	1
第二章 地质术语和地质体分类	2
第一节 地质术语的定义依据	2
第二节 地质体的地质分类	2
第三节 地质体的工程分类	3
第四节 标准索引、术语和描述的说明及用法	5
第五节 地质图件和报告所采用的度量单位	6
第六节 参考文献	7
第三章 土的工程分类和描述	8
第一节 概述	8
第二节 土的分类	9
第三节 土的分类代号缩写	16
第四节 土的物理特性描述	17
第五节 叙述性描述和举例	20
第六节 土的分类用于其他非天然土质的辅助鉴别方法	22
第七节 参考文献	23
第四章 岩石分类及其物性描述	25
第一节 概述	25
第二节 岩石分类	25
第三节 岩石的描述	30
第四节 描述举例	41
第五节 参考文献	42
第五章 结构面术语和描述	43
第一节 概述	43
第二节 结构面术语	43
第三节 描述裂隙的指标	48
第四节 裂隙的描述	49
第五节 剪切和剪切带的描述	56
第六节 参考文献	60
第六章 地质填图和编录	61
第一节 工程地质师的职责	61
第二节 基本填图需要	63
第三节 场地填图	67
第四节 推土机式浅探槽编录	69
第五节 反铲式深探槽编录	71
第六节 施工地质编录	72

第七节	大型开挖地质填图	73
第八节	航片地质填图	86
第九节	参考文献	88
第七章	结构面调查	90
第一节	概述	90
第二节	岩体分类的经验方法	90
第三节	资料收集	90
第四节	参考文献	93
第八章	钻探	95
第一节	概述	95
第二节	钻探工作计划	95
第三节	编制钻探技术要求	99
第九章	地下水资料收集方法	101
第一节	概述	101
第二节	观测井和测压仪的设计与安装	101
第三节	地下水位测量方法	104
第四节	估算渗漏点、泉水和小排泄点流量的技术和方法	106
第五节	计算机监测系统	107
第六节	定义	108
第七节	参考文献	108
第十章	岩芯编录指南	110
第一节	概述	110
第二节	最终地质柱状图的格式和内容要求	111
第三节	结构面方位的表述方法	120
第四节	获取的岩芯和损失的岩芯	121
第五节	取样	122
第六节	岩芯照相	122
第七节	现场钻孔编录需要的设施	123
第八节	钻探作业说明、班报填写和常用钻进程序	124
第十一章	土体编录指南	132
第一节	概述	132
第二节	探坑及麻花钻钻孔柱状图格式	133
第三节	冲击、回钻钻进钻孔柱状图文字描述格式	136
第四节	现场编录设备	138
第五节	目测分类加实验室分类	139
第六节	不同土类的描述用词	139
第七节	取样	139
第八节	室内试验资料叙述	139
第九节	USCS(标准化土分类系统)特殊情况	140

第十节	原位密度试验叙述	140
第十一节	参考文献	141
第十二章	危险废弃物场地勘察	142
第一节	概述	142
第二节	常用术语和勘察步骤	142
第三节	规章文件	143
第四节	污染物特性和传染	145
第五节	分类和处理	147
第六节	现场取样规程	148
第七节	样品分析	155
第八节	危险废弃物场地的安全问题	157
第九节	样品质量保证和质量控制	157
第十节	样品管理	158
第十一节	清除污染	161
第十三章	地面物探	162
第一节	概述	162
第二节	地震勘探	163
第三节	电阻率法勘探	166
第四节	电磁传导率勘探	168
第五节	探地雷达	169
第六节	自然电位法勘探	169
第七节	磁法勘探	170
第八节	重力法勘探	170
第九节	术语	171
第十节	参考文献	176
第十四章	钻孔物探和缆式探测	177
第一节	概述	177
第二节	电测井技术	177
第三节	核(辐射)测井	183
第四节	声波/地震测井技术	187
第五节	其他缆式测井系统	194
第六节	参考文献	199
第十五章	遥感技术	200
第一节	概述	200
第二节	摄影系统	200
第三节	热红外摄像系统	201
第四节	多谱扫描成像系统	201
第五节	航空影像光谱学	201
第六节	卫星多谱扫描成像	202

第七节	雷达成像	203
第八节	侧向扫描声呐	203
第九节	单束声呐和多束声呐	203
第十节	工程地质应用	203
第十六章	灌浆压水试验	205
第一节	概述	205
第二节	程序	206
第三节	吸水量与耗浆量的关系	210
第四节	灌浆深度	210
第五节	参考文献	210
第十七章	渗透性试验	211
第一节	概述	211
第二节	钻孔压水试验	215
第三节	重力渗透试验	225
第四节	降水头试验	235
第五节	冲击(瞬息注水或排水)试验	237
第六节	测压管水头试验	240
第七节	参考文献	244
第十八章	护坡块石料	245
第一节	概述	245
第二节	评价	247
第三节	勘察阶段	252
第四节	报告	253
第五节	取样	254
第六节	成材率	255
第十九章	水的控制	257
第一节	概述	257
第二节	勘察计划	259
第三节	设计资料的收集与编制	259
第四节	监测	261
第五节	施工期间的评价	264
第六节	最终报告	264
第七节	参考文献	264
第二十章	地基准备、处理和清基	265
第一节	土坝	265
第二节	混凝土拱坝	271
第三节	混凝土重力坝	273
第四节	清基	274
第五节	参考文献	275

第二十一章 贯入试验	276
第一节 概述.....	276
第二节 发展概况.....	276
第三节 标准贯入试验.....	276
第四节 钻探手段.....	280
第五节 步骤.....	285
第六节 机械设备.....	286
第七节 总结.....	289
第八节 砾类土的 Becker 锤贯入试验	290
第九节 静力触探试验.....	293
第十节 参考文献.....	300
第二十二章 岩样与土样的处理和运输	301
第一节 概述.....	301
第二节 样品保护.....	301
第三节 贮藏容器.....	306
第四节 运输容器.....	306
第五节 岩芯的处理.....	306
第六节 样品标注.....	308
第七节 运输要求和步骤.....	308
第八节 样品直立处理和运输.....	309
第九节 储存环境.....	309
第十节 推荐设备.....	309
第二十三章 岩芯、土和岩样的保管、处理	311
第一节 概述.....	311
第二节 储存区位置选择.....	311
第三节 储存条件.....	312
第四节 储存期限.....	312
第五节 岩芯和样品保留.....	313
第六节 参考文献.....	314
附件:美国内政部垦务局许可函	315

第一章 绪 论

本手册为现场工作提供指导,可作为从事工程地质或岩土工程人员的参考书。这是普通工程地质学方面的书籍,为满足垦务局的工作需要而编写。这本手册着重于运用地质学的方法来解决实际工程问题,而不作为学术或其他地质学院相关专业的教材。本手册为以下方面提供指导:

- 岩体和岩体结构面的地质分类和描述;
- 土体和地表沉积物(surficial deposits)的工程分类和描述;
- 标准索引、描述和术语的运用;
- 地质填图、取样、试验和进行结构面的测量;
- 钻探;
- 岩土体编录;
- 收集和录取地下水资料;
- 基岩钻孔编录;
- 土层钻孔编录;
- 危险废弃物场地的勘察。

虽然本手册中所描述的方法适用于绝大多数情况,但为了满足复杂场地、特殊的地质条件和设计要求,本手册中的建议、规范和标准索引仍需要根据实际情况进行修正或补充。

随着科学技术的发展,本手册中的很多章节所涉及的内容也会不断发生变化,因此需要不断更新。欢迎广大使用者(不仅仅是垦务局)批评指正,尤其是提出建议性的意见。

第二章 地质术语和地质体分类

第一节 地质术语的定义依据

为满足特殊的设计需要或描述工程场地的地质复杂性,某些情况下需要采用本章和随后几章中垦务局所改编的和重新定义的地质术语。

除本章和第三、四、五章所说明的专有名词、定义和术语外,垦务局认可由美国地质协会 (AGI) 1997 年出版的第四版《地质学词汇表》^[1] 中对地质学词汇和术语的定义。

北美地层代号 (NASC)^[2] 是公认的地层单位分类和命名系统,而垦务局的工程地质学主要着重于地质单元的工程特性,而不是正式地层分类的细节。并不是所有的地层名称总与文献中保持一致,不同地方所定的名称可能会不一样,但其工程特性或岩石类型不一定有变化。垦务局文件中使用的地层名称一般采用小写非正式名称(见 NASC 中对正式用法和非正式用法的讨论)。但在讨论地质背景或区域地质时,地层名称采用正式的写法。通常情况下,在报告中第一次使用一个正式名称时,应该说明其出处,即指明定义这一术语的地质图或出版物。

第二节 地质体的地质分类

地质体的下列各项定义完全满足一般的用法,可替代在《地质学词汇表》中的定义。这些定义适合地质体的地质分类,不能与地质体的工程分类相混淆,例如岩石和土,或者岩石开挖和普通开挖。

(1) 基岩 (bedrock)。这是一个概括性的术语,包括所有总体上呈固结或结晶的物质,构成地球的地壳部分。从工程地质角度划分的地层单元,可能含有固结差或非固结的物质,呈层状、透镜体状或夹层展布。这些地层属于软弱的岩组,有的是由黏土、粉土和砂岩组成的夹层(例如软而易碎的 St. Peter 砂岩),有的是 Morrison 组硅质页岩中的黏土层和斑脱土。

(2) 地表沉积物 (surficial deposits)。这是指位于地表或接近地表,覆盖在基岩之上的、地层年代相对较新的物质。主要分为两大类:①来源于母岩,经风、水、冰、重力和人类活动搬运而形成的沉积物;②就地经风化作用而形成的残余沉积物。有的地表沉积物呈层状,有的不呈层状,例如土壤风化剖面、盆地沉积、冲积层、滑坡或山麓堆积。这些物质局部可能已经固结或经硅质、氧化物、炭质或其他化学物质(钙质或灰质壳)胶结。这一定义经常与没有经过严格定义的“覆盖层 (overburden)”一词交替使用。“覆盖层”一词是采矿行业的术语,其意思是在多层物质中覆盖在有用层之上、必须被清除的那部分物质。

即使根据已有的岩层名称,在某些场地,基岩和地表沉积物的界线可能仍难以划清。针对这一场地或研究项目而言,应制定该场地或研究项目的统一划分标准,并在文件中加以说明。

有关收集基岩和地表沉积物资料的方法指导见第六章。

第三节 地质体的工程分类

一、概述

地质体(地表沉积物或基岩)的地质分类并不能满足工程需要。针对工程需要,通常情况下把地表沉积物描述为土(soil),把绝大部分基岩描述为岩石(rock)。也有例外,例如在合同文件中,开挖工程经常根据开挖岩土体的难易程度进行分类。另外还有已建立的针对隧洞围岩的岩体分类系统。

二、按土或岩石分类

在工程应用中,土一般是指基岩经过物理或化学分解作用产生的、未固结的固体颗粒堆积物,其中也可能含有有机质。地表沉积物,例如崩积物、冲积物或残积土,通常情况下根据垦务局规程 USBR—5005《土的统一分类方法(肉眼方法)》^[3] 进行描述。美国试验和材料协会(ASTM)标准 D2487—85《土的工程分类的标准试验方法》和 D2488—84《土的眼描述和鉴别实施标准》是以垦务局规程 USBR—5000 和 USBR—5005^[3] 制定的,也可以作为土的分类标准。土的描述和分类说明见第三章,地质勘探过程中编制土钻孔柱状图的指导方法见第十一章。有些情况下,局部固结的土具有类似岩石的特征,也可以描述为岩石。

针对排水和土地分类以及某些详细的第四系地质研究,如地震构造调查,采用美国农业部(USDA)的《农业土壤分类系统》。

在工程应用中,岩石是指已经岩化或固结的晶体或非晶体物质。对于设计和施工来说,岩石呈整体块状或大块状,这与土是不同的。火成岩、变质岩、沉积岩和火山碎屑岩的现场分类见第四章,其中也包括岩性的描述方式、标准描述符、描述标准以及岩石的工程物理特性。基岩中的非固结物质应该根据第三章中叙述的分类标准和描述进行分类、描述。在土和岩体中都可能遇到不连续结构面,其工程地质分类和描述见第五章所述。

三、按开挖类型分类

无论是按岩石开挖、普通开挖,还是按说明书的岩石定义分类,均应根据开挖对象的物理特性(固结和其他特性)、数量、开挖方法以及设备的局限性和规模,评估、确定每一个合同文件中挖方的工程分类。

四、按隧洞围岩分类

该分类系统用于隧道设计和施工的资料报告、技术标准和施工监测。在满足设计的情况下,可以采用其他的荷载预测和分类系统,例如:挪威岩土工程技术研究所(NGI)提出的 Q 系统、地质力学分类岩体权值系统(RMR)和岩体结构权值系统(RSR)。

建议隧洞围岩分类^[4]使用以下术语。

(1)完整岩体(intact rock)。此类岩体既无节理,也无微裂隙。若岩体发生破裂,破裂面必将穿过完整的岩块。由于爆破造成的岩体损伤,岩块在爆破几小时或几天后可能从顶板掉下来,称之为剥落(spalling)。完整硬岩还可能存在岩爆(popping, rock burst)问题,即岩石呈板状或片状从洞顶或边墙上突然猛烈地分离出来。

(2)层状岩体(stratified rock)。此类岩体由单独的岩层组成,沿层面分离时层面上基本没有分离阻力。有的层面或许受横向节理影响而变软弱,在这种岩体中,剥落是很普遍的现象。

(3)节理中等发育岩体(moderately jointed rock)。此类岩体发育有节理及微裂隙,但节理间岩块相互咬合或紧密镶嵌,能使垂直边墙不需要侧向支护。在这种类型岩体中,可能遇到剥落或岩爆现象。

(4)块状破裂岩体(blocky and seamy rock)。此类岩体由完好或几乎完好的岩块组成,岩块间彼此分离且不完全镶嵌。这类岩体的侧壁需要支护。

(5)未发生化学变化的破碎岩体(crushed but chemically intact rock)。此类岩体具有压碎痕迹特征。如果破碎岩体绝大部分或全部由细如砂粒的碎块组成,且没有发生重胶结,则位于地下水位以下的破碎岩体具有饱和水砂层的性质。

(6)受挤压岩体(squeezing rock)。此类岩体沿隧洞径向缓慢地向隧洞中产生位移,无明显体积增量变化。岩块发生位移是由于在高应力作用下岩体发生塑性破坏造成的,与岩石的膨胀无关。

(7)膨胀岩体(swelling rock)。此类岩体向隧洞中产生位移主要是由于膨胀所致。膨胀性一般与岩石中高膨胀性黏土矿物(如蒙脱石)的含量有关。

虽然对上述术语做了定义,但其间没有明确的界线。据此进行的岩体分类,即使同类岩体,也存在岩体的物理特征和荷载情况变化比较大的情况。根据掘进过程中土洞洞壁的不同特征,对钢支护土洞进行的洞室围岩分类见表 2-1。

表 2-1 钢支护土洞的洞室围岩特征(根据太沙基,1977 年)^[4]

围岩分类	围岩情况
坚硬型(hard)	掘进时洞顶不需支护
较硬型(firm)	洞顶不需支护可稳定数天,围岩没有明显的位移
散落型(raveling)	在围岩发生变形的过程中,洞顶局部会出现掉块
慢速散落型(slow raveling)	在小隧洞中掘进 5 ft 并安装木架支护需要约 6 h。因此,洞体每隔 5 ft 用木架支护或钢支护后的自稳时间超过 6 h,就定义为慢速散落型
快速散落型(fast raveling)	如果自稳时间少于 6 h,钢龙骨间距必须减小到 4 ft、3 ft,甚至 2 ft。如果支护间距已经很小,但自稳时间仍很短,必须考虑内衬钢板。根据隧洞规模,选择是否还要采用筋骨支护
挤压型(squeezing)	围岩缓慢向洞内径向变形,但没有破裂面。围岩的塌陷是由于挤压和地表的沉陷引起的
膨胀型(swelling)	围岩发生径向变形主要与体积膨胀有关,体积膨胀由含水量的增加而引起。在其他各方面,膨胀性围岩具有硬质非挤压型或缓慢挤压型、非膨胀型黏土围岩的特点
塌滑型(running)	撤除洞体的侧壁支护,任何一个大于 34°(与水平方向的夹角)的洞壁上的土颗粒立即发生运动,直至运动形成的斜面大致为 34°。如果洞壁土体有凝聚力,在土颗粒运动之前有一短暂的加速散落过程
很软的挤压型 (very soft squeezing)	围岩呈塑性流动形式,发生快速径向变形
流塑型(flowing)	除非有地下水经过围岩流入或渗入隧洞,否则隧洞围岩就不能属于流塑型。基于此,流塑型围岩仅能在地下水位以下的无压隧洞或洞中的有压气体不足以保持洞底干燥的隧洞中遇到,第二个先决条件是土体具有较低凝聚力。因此,流塑型围岩仅可能出现在无机质粉土、粉细砂、纯砂或砾、含有少量泥膜的砂砾石层中。有机质粉土可能具有流塑型围岩的性状,也可能具有很软的挤压围岩的性状