

美国陆军工程师团工程师手册
EM1110-1-1804(2001)

GEOTECHNICAL INVESTIGATIONS

岩土工程勘察规范

许仙娥 滕 杰 屈志勇 李英海 编译



黄河水利出版社

美国陆军工程师团工程师手册

EM 1110 - 1 - 1804 (2001)

岩土工程勘察规范

(Geotechnical Investigations)

许仙娥 滕 杰 屈志勇 李英海 编译

黄河水利出版社

· 郑 州 ·

内 容 提 要

本书是美国陆军工程师团为其所承担的民用和军用工程各阶段的岩土工程勘察所制定的指导性标准,是概括性的,目的是提供一个总的指导,相关方法详见行业标准和参考资料。原版附件内容篇幅较大,未予以编译收录。本书编译内容分为正篇即上述岩土工程勘察规范手册的正文部分,另外,还在外篇即资料性译文中,收录了4篇由于生产实践需要参考而翻译的文献。

本书可供工程地质勘察工作者及大专院校岩土工程专业的教师、学生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

岩土工程勘察规范:美国陆军工程师团工程师手册:EM 1110-1-1804:2001/许仙娥等编译. —郑州:黄河水利出版社,2015. 1

ISBN 978-7-5509-1010-2

I. ①岩… II. ①许… III. ①岩土工程-地质勘探-手册 IV. ①TU412-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 017602 号

组稿编辑:王路平 电话:0371-66022212 E-mail:hhsllwlp@126.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼14层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhsllcbs@126.com

承印单位:河南承创印务有限公司

开本:890 mm × 1 240 mm 1/32

印张:6.5

字数:190千字

印数:1—2 000

版次:2015年5月第1版

印次:2015年5月第1次印刷

定价:30.00元

编译者序

正如手册第一章绪言中所说,本手册是美国陆军工程师团为其所承担的民用和军用工程各阶段的岩土工程勘察所制定的指导性标准,是岩土工程勘察策划与实施的指导性文件,并不是工程地质理论与勘察方法的标准性范本,亦即在任何情况下,实际勘察工作必须根据各项工程的具体情况来确定。手册第二章是工程不同设计阶段的勘察工作指南,第三章是初期区域性的工程地质调查工作内容,第四章是现场地面勘察工作指南,第五章是地下勘探工作指南,第六章描述了大型生产性试验勘察,第七章描述了确定岩土体物理力学特性的室内试验程序。手册是概括性的,目的是提供一个总的指导,相关方法详见行业标准和参考资料。附件内容较多,包括施工区地质编录细节,平硐、竖井地质编录,钻孔编录实例,采取土样,触探试验等,由于篇幅较大,未予以编译收录。

本书编译内容分为正篇即上述岩土工程勘察规范手册的正文部分,另外,还在外篇即资料性译文中,收录了4篇由于生产实践需要参考而翻译的文献。其中,手册正文主要由许仙娥、滕杰、屈志勇、李英海等翻译,资料性文献主要由苏红瑞、滕杰、屈志勇、李英海等翻译,全书由袁宏利、许仙娥统稿并作序。

编译本书过程中,得到了中水北方勘测设计研究有限责任公司勘察院领导的大力支持、指导和帮助,在此表示感谢!

由于编译者水平有限,书中肯定存在不少谬误之处,恳请读者批评指正(反馈信息请寄至天津市河西区洞庭路60号中水北方勘测设计研究有限责任公司勘察院袁宏利,电子邮箱 tidadzdzd@vip.sina.com)。

编译者

2014年9月

3-3	现有资料的分析	(29)
第二节	图件和遥感资料的分析	(34)
3-4	图件分析	(34)
3-5	遥感方法	(37)
第三节	现场踏勘及考察	(38)
3-6	现场踏勘	(38)
3-7	现场考察	(39)
第四节	资料整理	(47)
3-8	汇总	(47)
第四章	地面勘察	(48)
4-1	概述	(48)
第一节	现场地质测绘	(48)
4-2	区域地质测绘	(48)
4-3	场地测绘	(50)
4-4	施工地质编录	(51)
第二节	浅层地球物理勘探	(52)
4-5	概况	(52)
4-6	方法	(52)
第五章	地下勘探	(65)
5-1	概述	(65)
5-2	勘察布置位置	(65)
5-3	环境保护	(66)
第一节	钻 探	(66)
5-4	主要用途	(66)
5-5	钻进、取样方法	(67)
5-6	填筑体施钻	(74)
第二节	钻孔验收和编录	(75)
5-7	目的	(75)
5-8	土的鉴定和描述	(76)
5-9	取芯	(76)

目 录

编译者序

正篇手册 岩土工程勘察规范

第一章 绪 言	(3)
1-1 目的	(3)
1-2 适用性	(3)
1-3 参考资料	(3)
1-4 背景	(4)
1-5 手册的内容	(5)
第二章 勘察工作的安排	(6)
2-1 概述	(6)
第一节 民用工程	(6)
2-2 踏勘与可行性研究	(6)
2-3 施工前工程设计研究	(12)
2-4 施工阶段	(19)
第二节 军事工程	(24)
2-5 概述	(24)
2-6 预方案设计及选址研究	(24)
2-7 方案设计研究	(25)
2-8 最终设计研究	(26)
2-9 施工期工作	(26)
第三章 区域地质调查和场地踏勘	(27)
3-1 概述	(27)
第一节 资料收集与协作	(28)
3-2 单位间的协作	(28)

5-10	岩芯编录	(77)
5-11	钻孔柱状图的格式和钻孔编录资料管理程序	(81)
第三节	钻孔检查和测试	(82)
5-12	物探测井	(82)
5-13	孔内扫描和摄影	(82)
5-14	钻孔照相机和钻孔观察镜	(82)
5-15	钻孔电视摄影机和声波成像	(83)
5-16	钻孔孔斜测量	(83)
第四节	勘探开挖	(83)
5-17	试坑和探槽	(83)
5-18	大口径钻孔	(84)
第五节	地下水和地基渗透研究	(84)
5-19	总体调查	(84)
5-20	渗透试验	(86)
5-21	压水试验	(88)
第六节	确定岩土工程特性的原位试验	(89)
5-22	原位试验	(89)
5-23	确定抗剪强度的原位试验	(91)
5-24	确定地应力的试验	(95)
5-25	原位变形试验	(97)
5-26	地震波法确定动弹模	(101)
第七节	钻孔回填与试样、岩芯的处理	(101)
5-27	钻孔和勘探开挖工程的回填	(101)
5-28	土样处理	(102)
5-29	岩芯处理	(102)
第六章	大型生产性试验勘察	(104)
6-1	生产性试验项目	(104)
第一节	试验开挖和填筑	(104)
6-2	目的	(104)
6-3	试验开采	(105)

6-4	探洞	(107)
6-5	试验填筑和试验筑坝	(108)
第二节	灌浆试验	(109)
6-6	目的	(109)
6-7	灌浆试验实施	(110)
6-8	灌浆试验布置	(110)
6-9	记录保存	(110)
第三节	打桩调查	(111)
6-10	打桩调查的益处	(111)
6-11	打桩记录	(111)
6-12	加载试验	(111)
第七章	室内试验	(113)
7-1	目的	(113)
第一节	试验方法和试样的选择	(113)
7-2	试验安排所需要的资料	(113)
第二节	指标和分类试验	(116)
7-3	土	(116)
7-4	岩石	(117)
第三节	土的工程特性试验	(118)
7-5	概述	(118)
第四节	岩石的工程特性试验	(120)
7-6	概述	(120)
第五节	页岩和湿敏岩石的工程特性试验	(123)
7-7	指标试验	(123)
7-8	膨胀特性	(124)

外篇 资料性译文

霍克-布朗破坏准则发展简史	(127)
1 介绍	(127)
2 发展历史	(128)

霍克 - 布朗破坏准则 (2002)	(138)
1 引言	(138)
2 一般化的霍克 - 布朗破坏准则	(140)
3 变形模量	(141)
4 莫尔 - 库仑准则	(141)
5 岩体强度	(142)
6 $\sigma'_{3\max}$ 的确定	(143)
7 扰动因数 D 的确定	(144)
8 总结	(145)
9 致谢	(146)
岩体模量的经验估算方法	(149)
1 前言	(149)
2 原位试验方法	(150)
3 新数据库描述	(153)
4 新数据的简化分析	(155)
5 所选数据的详细分析	(157)
6 估算方法的对比	(161)
7 扰动因数 D 的取值建议	(161)
8 结论	(167)
锥体贯入试验 (CPT) 和带孔隙压力的锥体贯入试验 (CPTC)	
国际参考试验规程	(170)
1 前言	(171)
2 定义	(172)
3 方式方法	(177)
4 设备	(178)
5 步骤	(182)
6 试验结果报告	(190)
附录 1 维修、检查和校准	(193)
附录 2 贯入深度校准	(197)

正篇手册

岩土工程勘察规范
(Geotechnical Investigations)

声 明

1. **目的** 本手册为民用和军用工程各阶段的岩土工程勘察确定标准并提供指导性意见。

2. **适用范围** 本手册适用于美国陆军工程师团承担的所有民用和军用工程。

3. **版权声明** 本手册向公众发行,无版权限制。

4. **说明** 一项工程的地质、地震和岩土条件将影响该工程的安全、投资效益、设计和施工。岩土勘察深度不够、对勘察成果的错误解读或对勘察成果解释得不够清楚或难以理解,都会造成高成本的方案变更和施工后的补救处理,甚至有可能造成工程失事,因此岩土勘察及其勘察报告是所有工程施工与设计的一个重要组成部分。

本手册取代 1984 年 2 月 29 日出版的 EM 1110-1-1804 和 1996 年 9 月 30 日出版的 EM 1110-1-1906。

第一章 绪 言

1-1 目的

本手册为民用与军事工程各阶段的岩土工程勘察制定标准并提供指南。本手册是岩土工程勘察策划与实施的指导性文件,并不是工程地质理论与勘察方法的标准性范本。在任何情况下,实际勘察工作必须根据各项工程的具体情况来确定。

1-2 适用性

本手册适用于陆军工程师团所从事的民用和军用工程勘察工作。陆军工程师团出版的工程师手册包含了策划、设计技术指南,为工程师团承担的工程提供重要的技术指导,但是一套工程师手册不可能为设计者提供完成一项工程所必须具备的以下两条:经验与判断力。因此,强烈建议刚参加工作的岩土工程师与地质人员向有经验的同事学习。

1-3 参考资料

本手册所参考的规程、规范和标准列于附录 A,以标注的政府出版物编号或编制单位来区分军用标准(MIL-STD)、陆军规程(AR)、技术手册(TM)、工程师规程(ER)、工程师手册(EM)、工程师小册子(EP)和工程师技术说明(ETL)。其他参考资料列于参考书目中,并在手册中标明了主要作者的姓氏和出版日期。可从互联网工程师团的网页(www.usace.army.mil/inet/usace-docs/)下载这些出版物。

1-4 背景

岩土工程勘察是为了查明拟建工程的地质、地震和岩土条件,这些条件将影响工程的安全、投资效益、设计与施工。勘察深度不够、对勘察成果的错误解读或以含糊不清难以理解的形式表述勘察成果,均有可能导致设计不合理、施工工期拖延、高代价的施工方案的变更、使用的建材不符合标准、场地环境破坏和建成后的修补,甚至可能造成工程失事并引起诉讼。勘察的目的是查明工程区的地质背景,包括:影响场址选择的地质、地震和岩土条件,地基岩土体的特性,对工程安全、设计和施工有影响的工程地质条件,不利的地貌演变过程及建筑材料来源等。地质学与确定工程对环境的影响及减轻这些影响的其他自然科学之间有着密切的联系,岩土工程勘察人员首要任务之一是要对工程的自然条件进行评价。因此,需要由高水平、有经验的人员来策划和指导岩土工程勘察工作。岩土勘察应该由接受过岩土勘察教育,并有一定工作经验的工程地质学家、地质工程师、岩土工程师、地质学家和土木工程师来完成。场地的地质条件对评价环境影响和减弱影响程度方案设计来说是一项重要的影响因素,因此观察和揭露与环境有关的潜在条件是勘察工作的一项基本任务。勘察方法的选择应考虑以下因素:

- a. 地下岩土体组成和水文地质条件;
- b. 拟建或所勘察的建筑物的规模;
- c. 勘察阶段,如可行性研究、初步设计和详细设计阶段;
- d. 勘察目的,例如是已有建筑物的稳定性评估,还是设计一座新的建筑物;
- e. 场地和建筑物的复杂程度;
- f. 地形地貌;
- g. 勘察工作的难度;
- h. 对样品或周边场地的干扰程度;
- i. 经费;
- j. 工期;
- k. 环境需求/结果;

1. 政治因素。

1-5 手册的内容

越来越多的岩土勘察用于评估已有工程运行期的状况,这类勘察所采用的方法往往受勘察环境的限制,设计者必须考虑这些限制条件。

a. 概述

道路和机场的勘察,不包括在本手册讨论范围之内。施工场地勘察过程中有可能会揭露危险、有毒的废弃物,若遇到这种情况,勘察人员应与专家管理中心(Mandatory Center for Expertise)联系,请求帮助。应说明的是,本手册所描述的技术方法和程序适用于具危险、有毒、放射性废弃物(HTRW)场地的勘察工作。HTRW 场地评估的岩土工程技术方面见 EM 1110-1-4000《建筑场地环境调查与整治规程》(初稿, Walker and Borrelli, 1998)。

b. 各章节内容

第二章为工程不同设计阶段勘察工作指南。第三章为初期区域性的工程地质调查,而第四章则提供现场地面勘察工作指南。第五章为地下勘探指南。第六章描述了大型生产性试验勘察(prototype investigations)。第七章描述了确定岩土体物理力学特性的室内试验程序。附件包括:附件 B—施工区地质编录细节;附件 C—平硐、竖井地质编录;附件 D—钻孔编录实例;附件 E—取土样;附件 G 和 H—触探试验;附件 F 为工程师手册在取土样方面的修正版。EM 200-1-3 的附件 C 中也有涉及取土样方面的资料。附件中指明了适用的 EM 中有关土体取样的相关章节。本手册是概括性的,相关方法详见行业标准和参考资料。参考资料中缺欠的内容本手册作了描述。本手册出版的目的是提供一个总的指导,由于各工程师团(COE)之间在岩土勘察方面存在不一致性,因此建议各单位编写自己的现场勘察手册,这种手册应当按照相关机构习惯采用的岩土勘察过程来编写,并与现行的 EM 一致。

第二章 勘察工作的安排

2-1 概述

兴建一项工程,从方案构思到施工,再到运行维修期,都需要安排与该工程开发阶段深度相适应的岩土勘察工作。绝大多数情况下,开始阶段的岩土勘察具总体性,覆盖面广。随着设计阶段的深入,勘察工作范围较前缩小,工作却更详细,多在特定区域进行。对于大型复杂的工程,勘察工作可以包括非常详细的地质测绘工作,如作为建筑物地基的基岩面。勘察工作范围与精度在后面各节中叙述。尽管有些方面列得较详细,但并不要求刻板地、一成不变地执行,按照具体工程的要求和当地的条件制订勘察计划是现场岩土工程勘察技术人员的职责。不过,各设计阶段进行的勘察工作项目都有最低的要求,本手册列出了这些基本要求。所有岩土勘察项目必须由具备岩土工程设计资质的地方单位来完成,没有地方上岩土勘察设计单位的许可,任何岩土工程勘察项目不得外包。

第一节 民用工程

2-2 踏勘与可行性研究

a. 目的

踏勘是为了明确能否找到一条既能满足当地利益,又与管理政策相一致的方法来解决。如果是这样的话,踏勘成果为是否需要下一阶段的研究提供论证资料(ER 1110-2-1150)。可行性研究是确定、评估拟建工程在环境、经济和工程方面的优缺点,该阶

段的工作指南见 ER 1105 - 2 - 100。可行性研究阶段及施工前期规划与工程设计相关的工作内容见 1110 系列出版物。

b. 勘察精度

规划阶段的勘察工作应达到这样的深度:了解各比选场地的岩土工程条件,以满足可行性研究报告中进行方案比选的需要。勘察工作量必须足以能选出区域内自然条件最好的工程场地,明确与场地条件最适宜的建筑物总体布置形式,评估水文地质条件对场地设计与施工的影响,评价对环境的影响,并详细计算各方案的造价,以便在经济上进行评估对比。

c. 勘察步骤

规划阶段的勘察工作一般分两部分进行:区域地质研究和初步现场勘察。先进行区域地质研究,当区域地质研究进行到确定勘察场地的范围时再安排初步现场勘察。

(1) 区域地质研究。评估区域地质需要收集的资料和工作步骤见图 2-1。对区域地质的了解是初步规划和选择工程场地及解释勘探资料的基础。除断层的分析研究外,确定地震活动性和初步选定设计地震烈度等工作,是与研究区域地质联系在一起进行的。阐明区域地质和确定地区地震活动性所需的许多资料是相同的,因此可以结合起来同时开展。工程地震活动性研究要求更深入地研究大地构造史、历史地震活动性及潜在活断层的位置,这是属于区域地质研究工作的合理延伸。地震设计及分析工作方面的要求,包括地质学和地震学研究,均列在 ER 1110 - 2 - 1806 中。

(a) 利用遥感资料来评价场地区域地质可大幅度提高工作效率、节省经费和时间,通常能收集到一系列拍摄于不同时期的遥感图像。用于评估区域地质的遥感图像一般有航片和卫片两种,遥感分析可用于评估地貌特征、地质构造,土壤分区、沉积来源和搬运途径,监测、评估环境影响。Gupta(1991)论述了遥感信息在地质勘察方面的应用,Rinker 等(1991)论述了遥感信息在沙漠地区的应用。遥感图像主要来源于美国地质调查局(USGS)605 - 594 - 6151(或 [edcwww. cr. usgs/content_products. html](http://edcwww.cr.usgs/content_products.html) 网站)和美国农业部农业安全局 801 - 975 - 3503。

民用工程可研阶段区域地质勘察模式

资料收集

单位间的协调与合作

地质、水文和土体资料的来源；
潜在地质灾害和HTRW问题；地震
活动性；建筑材料；前期区域经
验

收集有用资料

收集与上述合作单位类似的资料，有
关岩性、地质状况与地史、已知灾害、
地下水研究方面出版物

图件研究

地层描述及其接触关系，土的类
型及分布，总体构造形迹，断层
位置，地貌形态、水系、边坡及
滑坡，泉水分布及料场位置等

遥感资料研究

地貌形态，水系，线状构造，岩
土界线，露头，泉水，落水洞，
侵蚀特征，植被等

现场踏勘

验证遥感解译成果，露头描述，
场地地貌地形，土的厚度及描述，
泉水，能观察到的构造、层理及
节理

资料分析

各岩类的分布

将按年代划分的地层转为按物理力学
性质归组，定义结构面的量级与分布范围

各类土的分布

将地质、土的调查术语改成工程术语

地质构造

确定各岩类的空间分布，标出主要构
造线，确定更次一级结构面的大致分
布特点

地 史

各岩类的成因及其与物性间的关系，
岩土体沉积过程及地貌历史

地 震

历史地震活动性，潜在活断层的位置
及性质，地区可能的地震震级，各备
选场地的可能地震烈度，各场地地震
参数的初步选择

水文地质

区域地下水水力模型和水位埋深，岩
土的一般水理性质，各方案场地地下
水类型及其渗透条件，初步评价工程
对地下水的影响

建筑材料

区内各料源的位置，圈定可能的土石
料场的范围

确定区域地质条件及岩土条件，初步评价地震活动性及建
筑材料，建立各开发方案场地的假定地质地貌模型，编写
初步环境影响评价报告（EIS），编制有关HTRW报告

HTRW：危险、有毒、具放射性废弃物

图 2-1 区域地质研究步骤示意图