



中国石油天然气集团公司统编培训教材

工程建设业务分册

工程勘察

《工程勘察》编委会 编



石油工业出版社

中国石油天然气集团公司统编培训教材

工程建设业务分册

工 程 勘 察

《工程勘察》编委会 编

石油工业出版社

内 容 提 要

本教材论述了工程勘察的基本原理与各种勘察技术方法,内容源于现行国家及石油天然气行业相应的规范、规程及标准;工程案例材料源于近年来长输油气管道工程、大型储罐工程、滩海工程、水封洞库等工程勘察实践工作中的总结,以及西气东输二线管道工程特殊性岩土及地质灾害课题专项研究、中俄原油管道工程多年冻土地区工程地质问题研究等重大科研专项成果。本教材基础资料详实、内容丰富、工程案例典型。

本教材可供岩土工程专业技术人员学习和培训使用。

图书在版编目(CIP)数据

工程勘察/《工程勘察》编委会编.
北京:石油工业出版社,2012.5
(中国石油天然气集团公司统编培训教材)
ISBN 978-7-5021-8364-6

I. 工…
II. 工…
III. 建筑工程-地质勘探-教材
IV. TU19

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 052644 号

出版发行:石油工业出版社
(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)
网 址:www.petropub.com.cn
发行部:(010) 64523620
经 销:全国新华书店
印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2012 年 5 月第 1 版 2012 年 5 月第 1 次印刷
787×960 毫米 开本:1/16 印张:30.5
字数:513 千字

定价:107.00 元
(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)
版权所有,翻印必究

《中国石油天然气集团公司统编培训教材》 编 审 委 员 会

主任委员：李万余

副主任委员：金 华 白泽生

委 员：王志刚 连建家 胡宝顺 马晓峰

卢丽平 杨大新 吴苏江 杨 果

方朝亮 王同良 刘江宁 卢 宏

周国芳 雷 平 马新华 戴 鑑

上官建新 陈健峰 秦文贵 杨时榜

何 京 张 镇

秘 书：张玉文 王子云

《工程勘察》编审人员

主 编：陈情来

副 主 编：亢会明

编写人员：王学武 徐文凯 辜利江 熊玉成 田耀文

审定人员：张维秀 张世林

《工程勘察》编委会

主 任：白玉光

副主任：杨庆前 杨时榜

委 员：于国锋 孙 申 田创举 赵彦龙 辛荣国

刘春贵 朱广杰 李松柏 孟 博 李明华

陈中民 何凤轩 刘晓明 周 平 徐 鹰

陶 涛 王 立

序



企业发展靠人才，人才发展靠培训。当前，集团公司正处在加快转变增长方式，调整产业结构，全面建设综合性国际能源公司的关键时期。做好“发展”、“转变”、“和谐”三件大事，更深更广参与全球竞争，实现全面协调可持续，特别是海外油气作业产量“半壁江山”的目标，人才是根本。培训工作作为影响集团公司人才发展水平和实力的重要因素，肩负着艰巨而繁重的战略任务和历史使命，面临着前所未有的发展机遇。健全和完善员工培训教材体系，是加强培训基础建设，推进培训战略性和国际化转型升级的重要举措，是提升公司人力资源开发整体能力的一项重要基础工作。

集团公司始终高度重视培训教材开发等人力资源开发基础建设工作，明确提出要“由专家制定大纲、按大纲选编教材、按教材开展培训”的目标和要求。2009年以来，由人事部牵头，各部门和专业分公司参与，在分析优化公司现有部分专业培训教材、职业资格培训教材和培训课件的基础上，经反复研究论证，形成了比较系统、科学的教材编审目录、方案和编写计划，全面启动了《中国石油天然气集团公司统编培训教材》（以下简称“统编培训教材”）的开发和编审工作。“统编培训教材”以国内外知名专家学者、集团公司两级专家、现场管理技术骨干等力量为主体，充分发挥地区公司、研究院所、培训机构的作用，瞄准世界前沿及集团公司技术发展的最新进展，突出现场应用和实际操作，精心组织编写，由集团公司“统编培训教材”编审委员会审定，集团公司统一出版和发行。

根据集团公司员工队伍专业构成及业务布局，“统编培训教材”按“综合管理类、专业技术类、操作技能类、国际业务类”四类组织编写。综合管理类侧重中高级综合管理岗位员工的培训，具有石油石化管理特色的教材，以自编方式为主，行业适用或社会通用教材，可从社会选购，作为指定培训教材；专业技术类侧重中高级专业技术岗位员工的培训，是教材编审的主体，

按照《专业培训教材开发目录及编审规划》逐套编审，循序推进，计划编审300余门；操作技能类以国家制定的操作工种技能鉴定培训教材为基础，侧重主体专业（主要工种）骨干岗位的培训；国际业务类侧重海外项目中外员工的培训。

“统编培训教材”具有以下特点：

一是前瞻性。教材充分吸收各业务领域当前及今后一个时期世界前沿理论、先进技术和领先标准，以及集团公司技术发展的最新进展，并将其转化为员工培训的知识和技能要求，具有较强的前瞻性。

二是系统性。教材由“统编培训教材”编审委员会统一编制开发规划，统一确定专业目录，统一组织编写与审定，避免内容交叉重叠，具有较强的系统性、规范性和科学性。

三是实用性。教材内容侧重现场应用和实际操作，既有应用理论，又有实际案例和操作规程要求，具有较高的实用价值。

四是权威性。由集团公司总部组织各个领域的技术和管理权威，集中编写教材，体现了教材的权威性。

五是专业性。不仅教材的组织按照业务领域，根据专业目录进行开发，且教材的内容更加注重专业特色，强调各业务领域自身发展的特色技术、特色经验和做法，也是对公司各业务领域知识和经验的一次集中梳理，符合知识管理的要求和方向。

经过多方共同努力，集团公司首批39门“统编培训教材”已按计划编审出版，与各企事业单位和广大员工见面了，将成为首批集团公司统一组织开发和编审的中高级管理、技术、技能骨干人员培训的基本教材。首批“统编培训教材”的出版发行，对于完善建立起与综合性国际能源公司形象和任务相适应的系列培训教材，推进集团公司培训的标准化、国际化建设，具有划时代意义。希望各企事业单位和广大石油员工用好、用活本套教材，为持续推进人才培训工程，激发员工创新活力和创造智慧，加快建设综合性国际能源公司发挥更大作用。

《中国石油天然气集团公司统编培训教材》

编审委员会

2011年4月18日

前言

2009年5月，中国石油天然气集团公司工程建设分公司员工培训教材编写工作研讨会决定，为工程建设专业编写系列员工培训教材，《工程勘察》即为其中的一本。会上制订了教材编写大纲，确定了参加教材的编写单位和编写人。会后，参加教材编写的人员根据编写大纲和计划进行了分工，随即开始编写工作。

全书内容分为八章，其中前四章内容为“通论”部分，分章论述了工程勘察的基本原理与各种勘察技术方法；后四章内容为“各论”部分，分章论述了石油工程建设、地质灾害专项及特殊性岩土专项勘察要求、勘察方法、综合评价以及勘察实例等。书中尽可能吸取了新的理论及技术方法，对规范规程条文进行了细化和延伸，“各论”中列举了较多的工程实例，力图做到重点突出、内容精练。通过对专项地质灾害勘察、特殊性岩土勘察、石油天然气工程行业岩土工程勘察典型案例分析，总结勘察经验，统一认识，规范现场作业和报告编制的方法，达到本教材主要培训从事岩土工程勘察的中、高级专业技术人员的目的。

本教材由陈情来担任主编，亢会明担任副主编，分工如下：前言、绪论由陈情来、亢会明编写，第一、二、三、四、八章由王学武、徐文凯、熊玉成编写，第五、六章由陈情来、田耀文编写，第七章由亢会明、辜利江、王学武编写。全书由陈情来、亢会明统一修改定稿。

由于水平所限，书中难免存在不足甚至错误之处，恳请读者批评指正。

编者

2011年12月

目 录

绪论	1
第一节 工程勘察的几个基本问题	1
第二节 地质灾害专项勘察	3
第一章 工程勘察概述	7
第一节 工程勘察的目的和任务	7
第二节 勘察等级及勘察阶段的划分	7
第二章 工程地质测绘	10
第一节 工程地质测绘的范围、比例尺和精度	10
第二节 工程地质测绘的内容和方法	11
第三节 工程地质测绘成果	15
第三章 工程勘察的技术方法	16
第一节 勘探和取样	16
第二节 原位测试	35
第三节 室内试验	49
第四节 工程勘察技术方法的选择	55
第四章 地下水勘察	64
第一节 地下水勘察要求与参数测量	64
第二节 水和土的腐蚀性评价	69
第五章 地质灾害工程勘察	75
第一节 岩溶塌陷勘察	75
第二节 滑坡勘察	102
第三节 危岩和崩塌勘察	125
第四节 泥石流勘察	137
第五节 采空区勘察	158
第六节 地面沉降勘察	172
第七节 场地和地基地震效应勘察	187

第八节	活动断裂勘察	198
第六章	特殊性岩土工程勘察	205
第一节	湿陷性黄土勘察	205
第二节	红黏土勘察	237
第三节	软土勘察	246
第四节	混合土勘察	264
第五节	填土勘察	271
第六节	冻土勘察	275
第七节	膨胀岩土勘察	324
第八节	盐渍岩土勘察	344
第九节	风化岩和残积土勘察	354
第十节	污染土勘察	363
第七章	石油天然气工程岩土工程勘察	368
第一节	长输油气管道岩土工程勘察	368
第二节	大型储罐岩土工程勘察	402
第三节	滩海石油岩土工程勘察	412
第四节	水封洞库岩土工程勘察	425
第八章	岩土工程分析评价和成果报告	442
第一节	岩土参数的分析和选定	442
第二节	岩土工程分析评价	456
第三节	成果报告的基本要求	471
参考文献		474

绪 论

第一节 工程勘察的几个基本问题

一、工程勘察的基本任务

工程勘察的基本任务是为工程建设的规划、设计、施工提供地质资料，运用地质和力学知识回答工程上的地质问题，以便使建筑物与地质环境相适应，从地质方面保证建筑物的稳定安全、经济合理、运行正常、使用方便；而且尽可能避免因工程的兴建而恶化地质环境、诱发地质灾害，达到合理利用和保护环境的目的。

二、工程地质条件

勘察报告及本教材中常提到工程地质条件一词，可以理解为与工程建设有关的地质要素之综合，包括地形地貌条件、岩土类型及其工程地质性质、地质结构、水文地质条件、物理地质现象及天然建材等要素，即工程地质条件是一个综合概念，实际上是指上述 6 个要素的总体，而不是任何单一要素。

岩土类型及其工程地质性质是工程地质条件最基本的要素，任何建筑物都脱离不开土体或岩体；地形地貌条件对建筑物场地的选择，特别是对线性建（构）筑物，如长输油气管道工程等线路方案的选择意义重大；地质结构除了包含地质构造之外，还包括岩土单元的关系及各类结构面的性质和空间分布，如管道隧道、水封洞库开挖时，地质结构不搞清楚，往往会给工程带来很大危害；工程建设中经常要考虑水文地质条件，如地下水位、水质对建筑物影响问题及大量抽取地下水引发的地面沉降、地面塌陷、岩溶塌陷等环境工程地质问题；物理地质现象是指对工程建设有影响力的自然地质作用和



现象,地壳表层经常在内动力和外动力地质作用的强烈影响之下,对建筑物造成威胁与破坏,如各种地质灾害给建筑物带来的危害等;天然建材的类型、质量、数量以及开采运输条件往往对建筑物的结构型式选择具有决定性的意义,对于使用天然建筑材料数量较大的建筑物来说,从经济效益着眼,为了减少造价,应当尽可能“就地取材”,即当地哪种天然材料丰富、开采运输方便,就应当尽可能使用该种天然建筑材料进行建筑。

三、工程地质问题

工程地质问题是指工程建设与地质环境相互作用而引起的、对建筑物本身的顺利施工和正常运行或对周围环境可能产生影响的地质问题。

工程地质问题的分析研究,关键在于对工程地质条件的了解,也是工程勘察的中心环节所在,具有指导全局的意义。在分析工程地质问题的过程中,有时会发现工程地质问题变成一个影响建筑物正常使用或安全的问题,即成为地质灾害问题。

四、岩土工程勘察方法及其相互关系

在岩土工程勘察中使用的勘察方法或技术手段,可分为以下几类:

- (1) 工程地质测绘;
- (2) 地球物理勘探及钻探;
- (3) 室内试验;
- (4) 野外(现场或原位)试验;
- (5) 工程地质长期观测;
- (6) 勘察资料的室内整理。

关于这些方法的原理及使用原则等问题,将分章论述。

在各种勘察方法中,工程地质测绘是最根本、最主要的方法,本质是应用地质理论知识,对地质体和地质现象进行观察、描述和测量,以取得地面地质实际资料,了解地质变化规律;工程物探方法的优点是比勘探工作经济而迅速,能够及时解决测绘工作难于推测而又亟待解决的问题,物探工作常以测绘为指导,并用勘探加以验证,物探成果常为勘探工作的布置和进行奠定基础;勘探工作是直接了解地下地质情况的可靠手段,在一般工程地质勘察中是必不可少的。

第二节 地质灾害专项勘察

一、地质灾害概念

地质灾害是指由于自然或人为活动引发的危害人民生命和财产安全的山体崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降等与地质作用有关的灾害。地质灾害在成因上具备自然演化和人为诱发的双重性，它既是自然灾害的组成部分，同时又属于人为灾害的范畴。在某种意义上，地质灾害已经是一个具有社会属性的问题，已经成为制约社会经济发展和人民安居的重要因素。因此，地质灾害防治不仅是指预防、躲避和工程治理，在高层次的社会意识上更表现为努力提高人类自身的素质，通过制定公共政策或政府立法约束公众的行为，自觉地保护地质环境，从而达到避免或减少地质灾害的目的。

地质灾害主要是指崩塌（含危岩体）、滑坡、泥石流、岩溶地面塌陷、采空区地面塌陷等，是公认的因地壳表层地质结构的剧烈变化而产生的，且通常被认为是突发性的。关于各种类型地质灾害分类将分章节论述。

二、地质灾害勘察

地质灾害作为一个概括性的专门名词是近 30 年的事，地质灾害勘察工作经验的理论总结来源于实践，又反过来指导实践，并期望在继续实践中得到逐步完善。地质灾害问题的特殊性决定了其技术要求、规范或指南的不同形式，要突出强调的是地质观念要贯穿始终。

地质灾害勘察包括勘察工作布置的优化要求、最佳勘察工作量的确定原则、现场调整依据、勘察施工工艺、野外编录要求、资料的最佳整理方法，以及地质灾害体运动学与动力学模式、灾害发生机制和监测判据等。

1. 勘察目的

地质灾害勘察不同于一般工程地基的工程地质条件勘察或岩土工程的基坑支护勘察，它的最大特点是把对地质灾害体发育过程及其稳定性的认识置



于首要地位,而不过分强调勘察工作量。

勘察的目的是为了科学地确定地质体的特征、稳定状态和发展趋势,为分析地质灾害发生的危险性,论证地质灾害防治的可行性和比选防治工程方案,最终为确定采取躲避方案或实施防治工程等不同对策提供依据。

2. 基本任务

(1) 查明地质灾害体的特征及其形成的地质环境、自然演化过程或人为诱发因素,即查明勘察的对象是什么的问题;

(2) 分析研究地质灾害体的成因机制,建立其地质概念模型和地质力学模型,即解决为什么的问题;

(3) 预测地质灾害体的发展趋势,评价其对人类社会生存与发展的危险性,即回答未来怎么样的问题。

3. 勘察内容

(1) 灾情调查:主要是查明已经造成的危害,如人员伤亡、直接经济损失、间接经济损失和生态环境破坏状况及其特点;

(2) 区域调查:主要是调查地质灾害形成的区域地形地貌和地质环境,特别是新构造期以来的地球表层动力学作用;

(3) 具体地质灾害体的勘察:采用工程手段和简易监测方法,勘察地质灾害体的形态、结构和主要作用因素及其变化等,采用地质历史分析法综合评价其稳定性;

(4) 室内外试验:根据稳定性评价的需要,有目的地在适当部位开展现场原位试验,采取样品进行室内试验;

(5) 成因机制分析、研究模拟和稳定性评价:综合上述几方面的资料,分析地质体破坏的成因机制,抽象提取正确的地质模型,开展物理模拟和数学模拟,最后进行定性分析和评价;

(6) 进行防治工程可行性论证,提出防治工程规划方案:根据灾情调查和勘察评价结论,作出未来灾害危险性预测,初步提出并论证不需治理、需要治理和必须搬迁躲避或综合治理方案的依据、布置与工程概算。

在以上几个方面中,工作重点是(3)、(4)和(5)三个部分。

4. 勘察特点

地质灾害勘察不同于一般建筑地基的岩土工程勘察,其特点至少包括如下几方面:

(1) 重视区域地质环境条件的调查,并从区域因素中寻找地质灾害体的

形成演化过程和主要作用因素；

(2) 充分认识灾害体的地质结构，从其结构出发研究其稳定性；

(3) 重视变形原因的分析，并把它与外界诱发因素相联系；研究主要诱发因素的作用特点与强度（灵敏度）；

(4) 稳定性评价和防治工程设计参数有较大的不唯一性，常表现为较强的离散性，应根据灾害个体的特点与作用因素综合确定，进行多状态的模拟计算；

(5) 目前尚未研究出具有普遍适用的稳定性计算方法（也许并不存在），现有的方法都有较多的假定条件；

(6) 勘察阶段结束不等于勘察工作结束，后续的工作如监测或施工开挖常常能补充、修改勘察阶段的认识，甚至完全改变以前的结论，因此，地质灾害的勘察有着延续性特点；

(7) 地质灾害勘察方法选择是强调应用经验与技巧，寻求以最少的工作量和最低的投资，获得最佳的勘察效果；

(8) 勘察工作量确定的最基本原则是能够查明地质体的形态结构特征和变形破坏的作用因素，满足稳定性评价对有关参数的需求，而不拘于一般的勘察规程；在此前提下，勘察工作量越少越好，使用的勘察方法越少越好，勘察设备越简单越好，勘察周期越短越好；一般而言，勘察工作量依据地质灾害体的规模、复杂程度和勘察技术方法的效果综合确定；

(9) 勘察队伍是实现勘察目标、选择合理勘察方法和优化勘察工作量的关键，从事地质灾害勘察的工作实体应在地质技术人才、勘察设备和室内分析试验等方面具备条件，并拥有相应的资质证书。

地质灾害勘察工程现场是一个“大试验室”，某种意义上也是一个“原型试验场”。我国多年来多个地质灾害勘察的经验证明，一个优秀的地质人员会取得事半功倍的成效。地质人员在地学方面的较高造诣和丰富的勘察经验可以实现最佳工作量部署和勘察方法的最佳配置，使工作不走或少走弯路。物探、钻探等技术人员的良好素养和技能，可以使勘探工程取得更多更好的实效，不致漏掉，甚至破坏掉关键证据。

5. 勘察方法

勘察方法选择的基本原则是以较低的勘察工作投入，取得较多的有用且好用的资料，实现最好的减灾效益。实际工作中考虑以下原则：

(1) 针对性：根据现场踏勘和前人资料，初步判定地质灾害的性质，有针对性地选用适宜的勘探方法，避免盲目地上手段取得大批无用资料，而需



要的资料却很缺乏；

(2) 实用性：力求以最简单的方法去解决最复杂的问题，避免刻意追求新奇的技术；

(3) 简便高效：尽可能使用操作简便、易于搬运，在地形地质和气象等方面环境适应性强的设备；

(4) 经济合理：在能够满足勘察质量要求的前提下，尽可能降低勘探工作量。

实践证明，勘察方法未必越先进（相应的花费越高）越好。如果工程地质测绘工作较细致、深入，轻型山地工程配合得当，物探工作针对性强，就可以大大降低钻探工程量，不用或少用重型山地工程等。

