

Engineering Geology and Geotechnics

工程地质与岩土工程

〔英〕 F·G·贝尔 著

汪时敏 姚天强 李宗祥 译
郭映忠 徐菊娥

石 振 华 校



工程地质与岩土工程

[英] F.G. 贝 尔 著

汪时敏 姚天强 李宗祥 译
郭映忠 徐菊娥

石 振 华 校

中国建筑工业出版社

本书内容包括：建筑场地勘察，地球物理勘探，边坡与明挖，地下开挖，建筑物地基，水库，坝和坝址，水文地质与地下水供水，河流工程，滨海工程，工程地震，建筑材料等。取材新颖，书中引用英国、美国和世界著名的工程资料和实例，有较大的参考价值。

本书可供从事土木建筑工程、水利工程，矿业工程和城市建设工程的勘察、设计、科研的技术人员参考，也可供大专院校师生参考。

3.53/16

F.G.Bell
ENGINEERING GEOLOGY AND GEOTECHNICS
First Published 1980
Butterworth & Co (Publishers)Ltd, London

工程地质与岩土工程

汪时敏 姚天强 李宗祥 译
郭映忠 徐菊娥
石 振 华 校

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)
新华书店经销
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

开本：787×1092毫米 1/16 印张：23 字数：555 千字

1990年10月第一版 1990年10月第一次印刷

印数：1—2,420册 定价：16.00 元

ISBN7—112—00547—7/P·3

(5690)

前 言

由于土木工程和采矿工程所涉及的工作范围是在地表或是地下，所以对于开始从事这两个专业的人员来说，地质学是一门重要的学科。因而工程地质学和岩土工程学这两门学科都已成为土木工程师和采矿工程师以及地质学家的必修科目。本书试图说明如何把地质科学的有关内容应用于工程实际。显然，地质条件将影响工程建筑的选址、设计、施工和建成后的维护。

在最近二十年里，工程地质学和岩土工程学已取得了重要的进展。遗憾的是，这种进展已不可避免地加大了研究人员与学生和专业人员之间的差距。在这样的情况下，提供这方面总的概况的教科书是非常必要的，它将为缩小这种差距提供所必需的桥梁。本书试图提供一个包括有这方面最新进展情况的综述。不过要认识到，尽管作者努力去这样做，但仍有可能某些题目的最新资料被遗漏，而有些又太简略。因此，建议读者从现有的有关方面的许多杂志中去取得补充资料。这些资料的标题可在本书后面的参考文献里查到。

本教材认为读者已获得大学一年级学生所学的地质学基本知识，同时也假定读者具有一定的岩石力学和土力学知识。就学生来说，本教材的主要服务对象是工程地质、土木工程或采矿工程等专业最后两年大学课程的学生。然而，作者还希望对其他有关专业如建筑和规划专业的人员也有所帮助。

由于地基条件所产生的各种问题的解决办法或多或少是独一无二的，所以各个工程实例的研究显然是重要的。但是，由于篇幅所限，书中叙述的工程实例不能象读者所希望的那样广泛。这种缺陷在某种程度上将被列在本书后面的各章的广泛的参考文献目录所弥补。

许多关心本书的个人和团体为本书提供了材料（特别是插图），书中已作了相应的感谢，但作者在这里还要对所有本书的关心者表示感谢。如果书中遗漏了任何个人或团体，作者表示歉意。作者尤其要对罗伯特·莱恩（Robert Lane）先生热心相助致谢，他审阅了第十一章并提出了一些有益的建议。作者也感谢柯尔撒德（J.M.Coulthard）博士对本书的校稿。

贝尔（F.G.Bell）

校译者的话

英国著名的工程地质学家F.G.贝尔博士写了好几本工程地质与岩土工程方面的书，其中较有影响的有《工程地质与岩土工程》(Engineering Geology and Geotechnics, 1980)、《工程地质学基础》(Fundamentals of Engineering Geology, 1983)、《岩土工程性质》(Engineering Properties of Soil and Rocks, 1979)、《复杂地基中的基础工程》(Foundation Engineering in Difficult Ground, 1978)等书。我们选择了《工程地质与岩土工程》一书，推荐给中国建筑业出版社出版。

本书内容丰富、系统，取材新颖，文字简洁，图表清晰，书中引用了英国、美国和一些世界上著名的工程资料和实例，特别是有些章节如地下开挖、河流工程、滨海工程、建筑材料等有关内容对我国工程建设，尤其是沿海城市的开发和建设有参考价值。当然，本书作为我国有关专业大学生和研究生的教学参考书也是非常适用的。

全书共12章，译校者分工如下：汪时敏译前言、第1、3、5章及索引；李宗祥译第2章(施耀祖初校)；郭映忠译第4、6、7章(汪时敏初校)；姚天强译第8、11章(徐菊斌初校)；徐菊斌译第9、10、12章(姚天强和汪时敏初校)。全书由石排华总校。

原书各章末附有参考文献，为制版方便，集中排在本书书末，另外索引条目用英汉对照排列，页码均按中译本页码由石排华重新编出，以便利读者查阅。

在译校过程中发现原文有多处刊误，译文作了更正，并在页下加译注说明。这里要感谢全国地质图书馆和国家机械工业委员会综合勘察院王志智给我们提供了原版书，从而提高了图件的制版质量。

限于校译者的水平，译文中难免有错误和不确切之处，敬请专家和广大读者批评指正。

目 录

校译者的话

前言

第1章 场地勘察.....	1
第2章 地球物理勘探.....	41
第3章 边坡与明挖.....	60
第4章 地下开挖.....	92
第5章 建筑物地基.....	127
第6章 水库.....	162
第7章 坝和坝址.....	180
第8章 水文地质与地下水供水.....	213
第9章 河流工程.....	239
第10章 滨海工程	262
第11章 工程地震	283
第12章 建筑材料	308
各章参考文献	329
索引	353

第1章 场地勘察

1.1 引言

场地勘察包括地表和地下地基条件的勘测，它是工程建筑及土方工程成功和经济的设计的先决条件。有关地基特征的不充分或不适当的资料能导致不满意的设计，这种设计以后能引起有关建筑物的严重损坏或甚至破坏。任何试图对一项勘察采用低的预算来节省费用的作法，要是在施工阶段以前未曾发现不良地基条件的话，都将引起额外的支出。事实上场地勘察的费用是比较低的，它通常低于整个工程总造价的1%。对安全来说，经济上的考虑应该被认为是次要的问题。

场地勘察总的目的在于评价场地对拟建建筑的适宜性。场地勘察也应试图预见并提供在施工阶段由于地基与(或)其他局部条件可能引起的需要克服的困难。实际上施工开始后勘察也不应该终止。施工进行时，对构成基本设计假定的预测地基条件进行校核是必不可少的，而且如果探明的条件与那些预测的条件不符，应相应地修改设计。

通常，场地勘察包括图件和文献研究，场地踏勘以及其后的场地勘探程序，见图1.1（参看CP2001^①，1975^[1]，Fooks, 1967^[2]）。

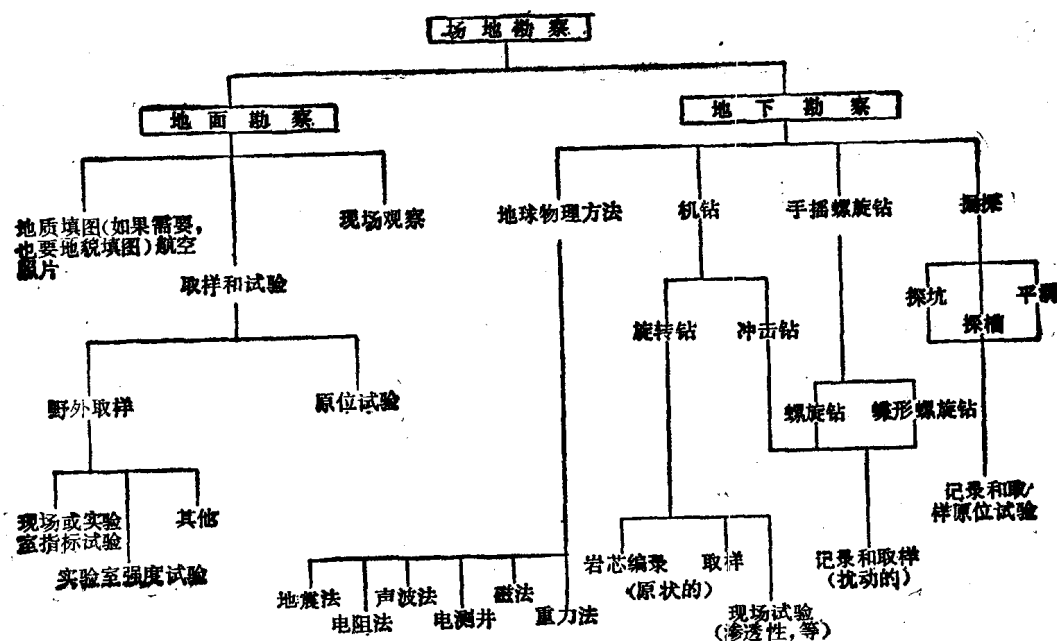


图 1.1 场地勘察的构成（据Fookes, 1967）^[2]

① 译者注：场地勘察实施法规，英国标准研究所。

[1] 译者注：参考文献编号，下同。

对于一项重要的建筑, 场地勘察需要对所有可能受到建筑荷载较大影响的地层进行勘探和取样。地下水条件, 岩石的风化程度和重新暴露后的耐久性以及岩石内的结构面^①型式等有关资料, 都会影响可能被搬移物质的难易程度和挖方壁的稳定性。对于土压力和地基岩石承载力来说, 它们也是重要的控制因素。

在某些地区存在特殊的问题, 例如许多矿区的潜在塌陷问题(参看Bell, 1975)^[3]。许多矿区旧的地形图和平面图也许证明是有用的, 因为它们能指明在同一地区最新版本图上找不到的老矿山巷道。不同版本图之间的地形变化可能预示: 如果地面变高, 有填土存在; 反过来如果地面降低, 则可能发生了塌陷。再有, 浅的老矿山巷道的存在往往会改变地下排水状况。在已有建筑的地区, 勘察也必须考虑拟建建筑对已建建筑的影响。某些场地勘察还要包括对合适的建筑材料的调查。

1.2 文献与图件研究 踏勘

在任何一项资料搜集和文献评阅中所耗费的力量决定于计划设计项目的大小和复杂程度, 而且也决定于预计的地基条件的性质。对资料的详细搜集可能很费时间, 同时对于小型设计在地基条件比较简单或情况比较了解的场地, 这样做也许是不合算的。在这类情况下, 研究有关的地形和地质图与论文集, 以及可能得到的航空照片也许就够了。在大型设计中, 文献和图件研究也要节约时间, 从而减少场地勘察的费用。

场地勘察的资料来源概括于表1.1, 它是由Dumbleton和West (1971)^[5]提供的。经这方面搜集所得到的资料应帮助制订以后的场地勘探计划和避免重复工作。世界上的某些地区, 仅有少量文献甚至没有文献, 或者图件是没有用的。但是, 在英国不存在这种情况, 因为在类似的场地上已经建设了工程, 故表中详细资料是可以得到的。

在英国, 测绘局供给地形、地质和土壤图(表1.1)。地质图是提供一个地区综合地质条件的图件, 但一般图上的地层界线和构造特征(特别是断层)的位置是插入的。因此, 它们的精度不总是可靠的。幸而地质图论文集附有许多1:63360的图件, 而这些图件提供所研究地区地质情况的详细勘测资料。

由航空照片上所能获得有用资料的数量, 因地形的天然状态、航空照片的种类和质量以及解释者的能力而有所不同。一般说来, 这种方法在可行性研究阶段, 即场地选择和勘察规划阶段将是最有用的。它是对大区域的初步评价提供资料的一种廉价的方法, 而且航空照片有时能揭露自地面不易察觉的特征。对任何地区都能迅速地摄取航空照片, 而且它在地面地形复杂因而难以进入的地区已证明是特别重要的。在英国有几个航空照片的收集单位(参看Dunbleton和West, 1970^[6]及表1.1)。对于大多数工程任务, 1:10000的比例尺是合适的。在地表被植物覆盖的地区, 彩色航空照片可能证明是有用的。在这种情况下, 用红外颜色的效果会更好, 而且这种照片还能用来勾画水体的轮廓。航空照片的立体镜检验提供被观察地体的特征, 而且如果需要的话, 还能由这类照片绘出等高线图。航空照片也能用来研究水系型式及河流开发, 滑坡区域, 海岸特征, 土与岩石的界线, 地质构造, 塌陷区域及建筑材料的位置等(参看表1.2)。其实, 地质图可由航空照片绘制,

① 原文为discontinuity, 也可译为不连续面。——译注

在英国勘察资料的初步来源 (据Chaplow, 1975)

表 1.1

资 料 来 源	资 料 所 含 的 内 容	资 料 存 放 地 点	附 注
现代地形图和平面图 (a) 小比例尺图: 1:50000 (1 英寸等于 1 英里) 1:25000 (2 1/2 英寸等于 1 英里) 1:10000 (6 英寸等于 1 英里) (b) 大比例尺平面图: 1:2500 (约 25 英寸等于 1 英里) 1:1250 (c) 其 他: 大量其他比例尺图件也可利用。	所有地形图都能对以下易变形的资料加以说明: 地形, 尤其是特别有害的地形如滑坡, 陡坡, 采矿巷道等。 地质: 地形的解释得出有关一个地区地质条件的间接资料。 获得有关场地入口及其邻近建筑物位置的补充资料。	大不列颠测绘局出版的小比例图和平面图。资料和目录由下列单位获得: 英格兰和威尔士: 测绘局(Romsey Road Maybush, Southampton SO9 4DH)。 苏格兰: (43 Rose Street, Edinburgh 2)。 北爱尔兰: (Ladas Drive, Belfast BT6 9FJ)。 已出版的图件可从有执照的商人那里购得。	测绘局将提供近期测量控制数据资料, 有关图件的缩微片、磁带或透明材料制品, 以及其放大和缩小。 在批准保留版权的情况下材料可复制供业务使用。
(d) 地形图和平面图	有关以前的土地利用及地基条件变化的资料, 即塌陷、侵蚀、沉积、已前的采矿巷道、再发展的地区, 水源变化、开始不稳定的地区。	测绘局早期版本的全套图件可在以下单位查阅: 不列颠博物馆图书馆(Bloomsbury, London WC1)。 威尔士国立图书馆(Aberystwyth)。 苏格兰国立图书馆(Edinburgh)。 地方性资料收集可从下列单位得到: 郡图书馆 郡档案机关 郡工程师局	“1 英寸”测绘局图件日期返回到 1805~1840。初始的 1:10560 图件(6 英寸等于 1 英里)发行于 1840~1895。初始的 1:2500 图件(25 英寸等于 1 英里)发行于 1842~1875。
土壤图 英国大部分地区为以下比例尺图覆盖: 1:63360 1:25000 有些论文集也可利用。	有关地质、地形、水系、土壤的化学和物理性质的有限资料。较老的地质图有关冰碛层性质的资料有限, 许多土壤图可作为这种图的好补充。	已出版资料的目录、查询, 以及对 1:10560 底图的咨询: 英格兰和威尔士: 英格兰和威尔士的土壤调查局 Rothamstead 试验站(Harpenden, Herts)。 苏格兰: 苏格兰土壤调查局 Macaulay 土壤研究所(Craigiebuckler, Aberdeen AB9 2QJ)。 测绘局出版的目录。	

续表

资 料 来 源	资 料 所 含 的 内 容	资 料 存 放 地 点	附 注
地质图和论文集 (a)地质科学研究所可以以下比例尺图件: 1:10560/1:63360^①, 这类图覆盖英国大部分地区。 1:25000, 有限数目的图可用, 某些图有说明书。 1:253440/1:625000/1:1000000的图可供区域规划使用。 (b)其他来源: 杂志和文章中的各类图件可能有用。	有关区域地质构造的资料。岩性及表层沉积厚度的资料可能很有限。在较新的图上, 地层不稳定的地区可能作了填绘。 论文集描述了各幅图的地质情况。	已出版的图件和目录: 地质科学研究所 (Exhibition Road, London SW7, HMSO Bookshops)。 已出版的资料和底稿可在 London, Leeds, Exeter, Edinburgh and Belfast 等城市地质科学研究所查阅	许多煤田、伦敦及少数其他矿区已出版 1:10560的地质图。 英国许多地区出版了 1:63360地质图。重要的未出版的资料可在地质科学研究所查询。 其他有用的地质科学研究所出版物包括论文集, 以及皇家文书局出版的供水论文集和本井目录丛书。查询有关地下水问题可写信给: 地质科学研究所水文地质局 (London SW7)。
土地利用图 已出版的 1:25000的图覆盖英国的许多地区。	现有的土地利用	已出版的图件、目录、查询及对 1:10560图件底稿的咨询: 主编: 皇家学院土地利用调查所 (Strand, London WC2) 出版图件单位: E Stanford 有限公司 (12/14 Long Acre, London WC2)。 苏格兰的底图咨询: 苏格兰国立图书馆 (Edinburgh)。	
矿山及矿床档案	有关现在的和老的矿山巷道两者的可能存在及巷道的性质的资料 (也可参看有关老的图、计划和航空照片的使用说明)。	资料可从以下单位获得: 煤矿: 矿山所在地的、地区国家煤炭局的计划档案局。 有关综合资料: 可与国家煤炭局 (Hobart House, Grosvenor Place, London SW1) 联系。 有关露天矿的资料: 国家煤炭局露天开采执行委员会 (Harrow, Middlesex)。 有关油页岩的资料: 计划档案局 (Edinburgh)。 所有其他矿 (除 Cornwall 矿外) 的资料: 计划档案局, 安全健康委员会 (Thames House, North Millbank, London SW1)。 关于 Cornish 矿区: 郡档案局 (Truro)。 更进一步的资料可从以下方面获得: 矿业公司, 矿产代理商, 国内税收区域矿产估价者及地方信息提供者。	许多采矿巷道的老档案是不完全的, 而且在以前采矿区的任何场地缺少档案不应该认为不存在巷道。 有关现在的采矿巷道资料刊登在以下年鉴出版物中: 煤田手册, 由矿山卫报 (17/19 John Adam Street, London SW1) 出版, 提供有关煤、页岩, 层状铁岩和耐火粘土矿。 《采石场和矿坑指南》由采石场管理者杂志 (62/64 Baker Street, London W1) 出版, 提供正在开采的采石场的详细资料。 对于非煤田矿产, 能源部 (Thames House, Millbank, London SW1) 出版有《大不列颠综合矿产》。

① 原注: 正在被 1:50000 的图代替。

续表

资 料 来 源	资 料 所 含 的 内 容	资 料 存 放 地 点	附 注
水文与水道测量资料	英国河流月排泄量 有关水下剖面、潮汐的资料及关于适航航道和海域的有关数据。 气象资料	英国地表水年鉴, 由皇家文书局出版 出版的资料、目录、英国海图、潮汐表及有关的资料; 海军部水道局(Taunton, Somerset)海军水道测量家。 气象局出版的资料。书刊目录登在“政府出版物, 37分册目录”中, 可从皇家文书局得到。查询和索取资料可向: 气象局(London Road, Bracknell, Berks RG12 2SZ)。	地方河道局咨询, 可提供更详细的资料
航空照片 可以得到不同比例尺的新近和较早版本的照片。一般仅为黑白的, 但某些地区也可能得到彩色的或假彩色的照片。	航空地质解释将提供以下资料: 地貌, 特别是存在岩土灾害的地貌; 地质条件; 水系型式; 过去的土地利用。 较老的航空照片以类似于老图件的使用方式使用。	有关某特定地区的覆盖层资料和照片来源细目可从以下单位、人员得到: 英格兰和威尔士: 环境事务部(Whitehall, London SW1), 航空照片储存中心航空摄影工作人员。 苏格兰: 苏格兰发展部(York Buildings, Queens Street, Edinburgh EH2 1HY), 航空照片储存中心航空摄影工作人员。 北爱尔兰: 北爱尔兰国家档案局(Law Courts Building, May Street, Belfast), 档案助理保管员。 BKS 航测有限公司(Cleve Road, Leatherhead, Surrey), Hunting测量有限公司(6 Elstree Way, Way, Boreham Wood, Herts)。 Meridian 航空图片公司(Commerce Way, Lancing, Sussex)。Failey 测量有限公司(Riform Road, Maidenhead, Berks)。Kemps 航测有限公司(Southampton Airport, Hampshire)。J A Story & Partners公司(8 Lawrence Pountney Hill, Cannon Street, London EC4)。	航空照片将提供有关邻近建筑物的位置和类别以及场地入口的详细资料, 而且也能提供有关埋藏建筑如矿山巷道、浅洞和考古遗迹等的位置资料。航空照片对野外填图提供一种有用的底图。

续表

资 料 来 源	资 料 所 含 的 内 容	资 料 存 放 地 点	附 注
原有公共设施平面图	埋设的公共设施包括水、气管道, 邮政设备及电缆的位置。	资料来自: 地方当局 相关的公共施工业单位。	所提供的资料也许不准确或不完整, 特别是如果公共设施年代较老。
场地勘察报告	提供邻近场地的详细钻孔柱状图和其他岩土技术数据。	对于公路和干道的有关勘察报告可在以下单位查询: 英格兰和威尔士: 运输与道路研究试验所 (Old Wokingham Road, Crowthorne, Berks RG11 6AU)。 苏格兰: 运输与道路研究试验所苏格兰分所 (Livingstone, West Lothian)。 这类报告和其他报告的副本在伦敦地质科学研究所也可查询。 许多报告通过商谈也能从别的地方当局和顾问那里得到。	以前的场地勘察报告的存在不排除新的场地需要进一步勘察。由于过去采用的取样和试验技术现在认为是不满意的, 所以较老的勘察报告可能具有有限的可靠性。

摄影地质调查的某些典型内容 (据地质学会, 1972) [13]

表 1.2

研究的领域	
土的调查	确定主要土的类型的边界, 相对渗透性及粘结性, 冰缘的研究。
稳定性	查明活动断层, 边坡不稳定性, 流动性粘土, 黄土, 泥炭, 流砂, 软弱地层, 含洞穴的地层, 老的塌陷及岩崩地区。
水系	流域面积的圈定, 地下水系的面积, 易受洪水淹没的地区。描绘沼泽地、常流河或季节性河流, 以及干河谷。堤与河曲游荡。防洪的研究。预测拟建障碍物的影响。迳流特征。浅滩、浅水, 河流的比降及宽度。
材料	砂和砾石、粘土、乱石堆、取土坑的位置及采石场的入口路线。
侵蚀	风蚀、片蚀和沟蚀的区域, 过度砍伐, 露天开采工程的剥离, 海岸侵蚀。
地下水	含水层的露头 and 构造。含水的砂层和砾石层。渗流和泉, 可能富水的破碎带。污染源。可能回灌的场地。
水库和坝址	水库地质条件, 包括地表渗透性分类。可能的渗漏问题。洪水淹没界限及被淹没陆地的粗糙相对值。基岩冲沟, 断层和局部断裂型式。墩座岩石特征。可能的导流路线。需要清除的地层。适合灌溉的区域。
路线	主要障碍和昂贵土地的回避。最佳的坡度选择和地基条件。桥位。管线和输电线路踏勘。通过城区的最佳路线。

尽管这种图需要在现场证实。至于土工填图, 由航空照片制作的摄影测量平面图通常提供一种工作底图, 这种图优于测绘局的图件, 因为后者等高线采用高程点之间的内插值。对于有关航空照片地质解释的详细资料可阅读Allum (1966) [7] 或Miller和Miller

(1961)^[6]所写的文章。

在某些情况下可能需要某种专门的资料,它可从有关的机构获得,如象区域河流与水利管理局,国家煤炭局地区办事机构,气象局和海军部(表1.1)。此外,地质科学研究所保存有许多钻孔记录的详细资料。地方当局也能供给场地附近的地下公共设施的详细资料。

踏勘涉及步行整个场地,如果可能的话,记录现有土与岩石类型的分布,地形特征,地表水系及有关的特征,现实的和可能的滑坡地区,地面覆盖及障碍物,较早的场地利用如象倾卸场或地下巷道的证据,等等。这种观察不应仅限于场地范围,同时还应研究相邻的地区,以了解它们对场地有何种影响,或者因场地的修建它们将受到何种影响。

踏勘的重要性在于,它应评估场地对拟建工程的适宜性;如果是适宜的,它将进一步构成制订场地勘探计划的基础。踏勘也要求对在文献研究中得出的每一个结论进行校核。

1.3 场地勘探

场地勘探的目的是试图确定并由此而了解场地及其周围的地基条件的性质。本阶段场地勘察所进行的范围在一定程度上决定于被修建建筑的大小和重要性。其实,如果是一个小型设计,那么在踏勘阶段就常能收集到足够的资料。场地勘探必须作出结论,用勘察报告的形式使研究结果具体化,这样的报告就能用于设计的目的。报告要求包括附有剖面的场地地质平面图,因此可转绘地下地层的立体图。在这种情况下,如果地质条件不太复杂,有可能绘制一种有孔展示板(Peg-board)式的图件,即在场地平面图的各个钻孔位置上作展示孔,每个孔都是钻孔柱状图的比例图,或者绘成一种投影立体图(图1.2)。在整个勘探作业期现场工作人员和设计人员应彼此密切接触,使初步设计在此期间得以进行。

填图的比例尺将决定于工程的要求,地质的复杂性以及工作人员和有效工作时间。例如,对于一项大型设计,地质填图常要求大的和详细的比例尺。这种填图应该从岩土工程的角度来完成(图1.3)。换句话说,象粘土带这样一类薄的但有疑问的层,就应该象要求记录岩石风化程度(表1.3)那样被记录下来。结构面的倾斜和几何形态在岩体特性中是一个极其重要的因素,因此也应记录。

岩石和土的种类应根据它们的岩性来作图,而且如果可能的话,根据推定的物理性质也就是依据它们的工程分类而不是年代来作图。地貌条件、水文地质条件、滑坡、塌陷、钻孔和野外试验等所有资料都被记录在岩土工程图(geotechnical map)上。地表沉

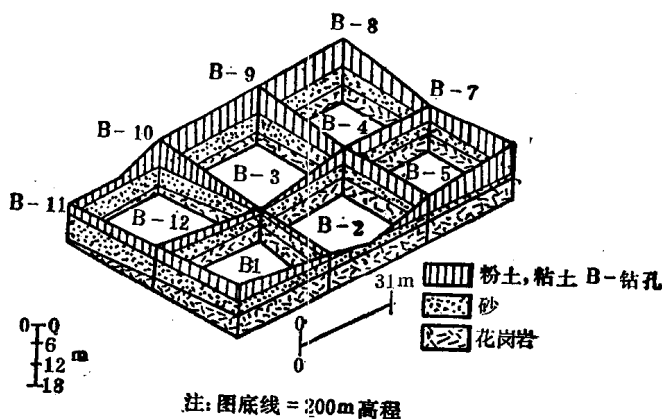


图 1.2 以三维空间显示场地条件的立体投影图

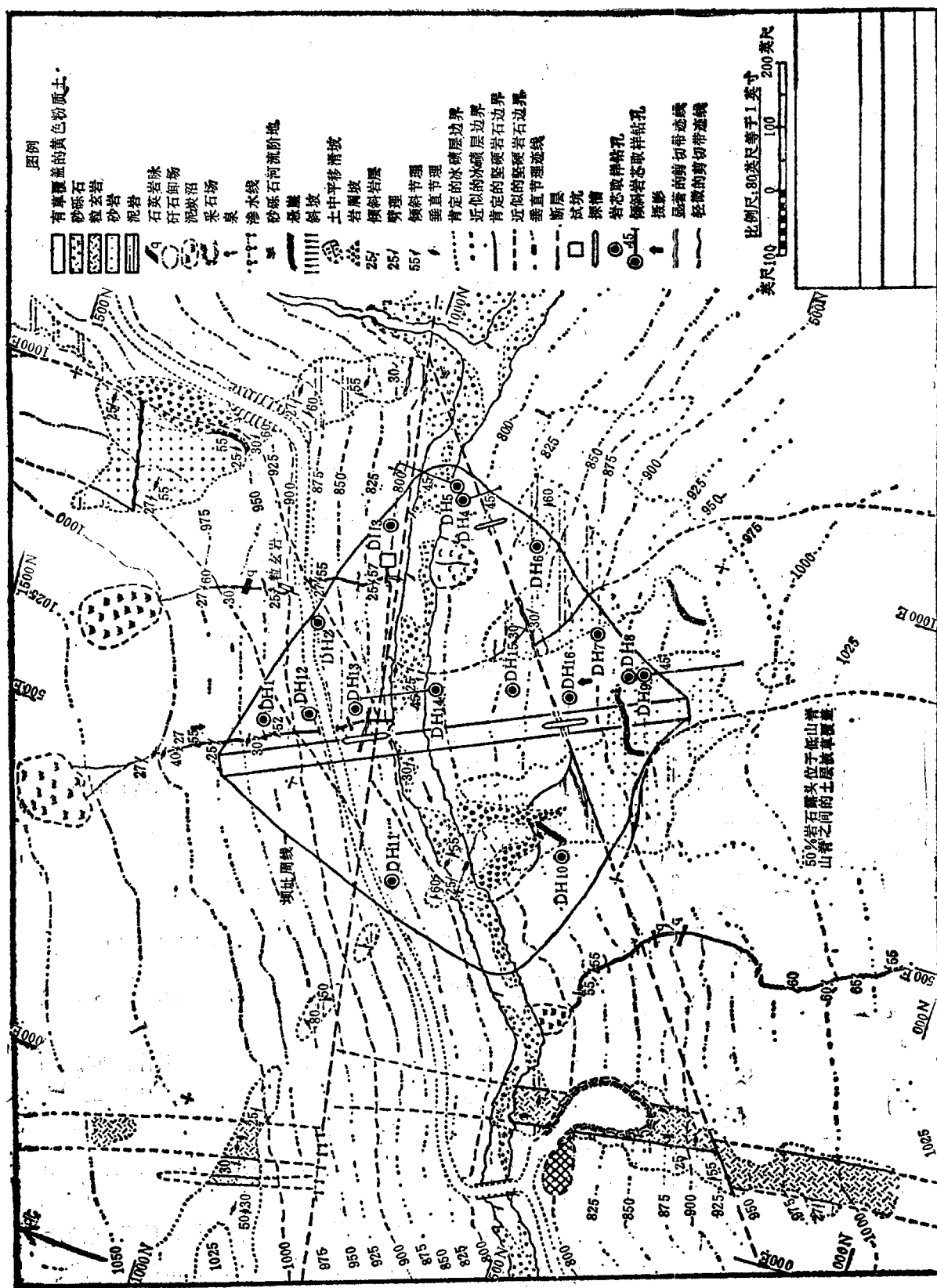


图 1.3 场地勘察平面图 表明详细地质资料的坝址平面图, 资料来源于初始的步行勘测和场地勘察使用的钻孔、探槽及探坑

风化岩石的工程分类 (据Fookes等, 1972) [10]

表 1.3

等 级	风 化 程 度	野外鉴别(据Fookes和Horswill, 1969) [10]		工 程 性 质	
		土(即软质岩石)	岩石(即硬质岩石)	据Little(1969) [11]	据Hobbs(1975) [12]
VI	土	原始土完全变成一种新结构的土, 而且成分符合于所在地的地表条件	岩石变色, 并完全变成一种原有岩石组构完全破坏的土。有大的体积变化	作为重要的地基是不稳定的。 当植被破坏时, 位于边坡上的是不稳定的, 除非有硬壳存在, 否则易被侵蚀。在用作填土之前需要选择	在完全风化的岩石和残积土中, 可能获得好质量的取样, 这决定于母岩的类型和风化产物的稠度。一般这种试样将比取自强化状态的同类岩石的试样扰动低。在这类极端的风化状态下, 岩石的承载力和沉降特征能用常规试验土的方法来评定
V	完全风化的	土被变色, 原有构造蚀变得不留痕迹	岩石变色并被全部分解, 而且是易碎的, 但原有的组构大部分保存。这种岩体的性质部分地取决于母岩的性质	不使用炸药用手工工具或挖土机械能开挖, 不适宜作混凝土坝和大型建筑物地基。可能适宜于作土坝的地基和用作填土。陡坡角的高挖方不稳定。新的节理型式可能已产生。要求采取防护侵蚀的措施	
IV	① 强风化的	这种土大部分被蚀变, 偶尔夹有原土的小块残余物。几乎没有原有构造的痕迹	岩石变色, 结构面可能张开并有变色面, 靠近结构面的原有岩石组构已蚀变。蚀变作用更深地侵入内部, 但岩石核仍然存在。部分岩体易破碎	与V相类似, 不适宜作混凝土坝基。大块石无规律的存在使其对大型建筑物成为不可靠的地基	在强风化的岩石中获取试验用的原状试样一般将碰到困难。如果取得了试样, 强度和模量一般都被估计过低, 即使得到表现的未扰动试样, 也常常使用大的安全系数。在这类岩石中确定承载力或沉降特性的原位试验, 应采用Menard旁压仪或承压板法。在强风化岩石中确定承载力和沉降可能碰到很大的困难, 因为岩石中的组构变得越发分散, 或变得更加可塑
III	① 中等风化的	土由被蚀变物分隔的、大都变色的原土残余物组成。蚀变作用从结构面的表面向内侵入	岩石变色, 结构面可能张开, 同时随着蚀变作用向内侵入表面将有较大的变色。在作现场鉴定时, 与新鲜岩石相比, 完整岩石已显著地变弱。岩体不易破碎	岩石开挖不使用炸药有困难。在推土机轮迹下岩石大部分被压碎。适合作小型混凝土构筑物 and 堆石坝的地基, 也适合作半渗透性的填料。挖方的稳定性取决于构造特征, 特别是节理的状态	中等风化岩石中, 完整系数以及强度与新鲜岩石相比可能低得多, 因此节理糙度值(J-value) 将比新鲜状态的高, 除非节理和裂隙受侵蚀已被张开, 或因风化物堆积而变软。完整系数和强度能在实验室测定, 承载力按新鲜岩石同样的方法评定。三轴试验比单轴试验更恰当, 而且采用谨慎的安全系数可能是得当的

续表

等级	风化程度	野外鉴别(据Fookes和Horswill, 1969) ^①		工程性质	
		土(即软质岩石)	岩石(即硬质岩石)	据Little(1969) ^{①①}	据Hobbs(1975) ^{①②}
II	弱风化的	物质由新鲜土的角砾状的块体组成,它可能变色,也可能未变色。某些蚀变物质开始从分开块体的结构面向内侵入	岩石可能微变色,特别是靠近结构面(可能被张开)的部分,同时结构面表面有微变色。完整岩石较新鲜岩石没有明显地变弱	开挖需要爆破。适合于作混凝土坝的地基。通过开口节理有强的渗透。常较上、下带有更大的渗透。用作混凝土骨料不可靠	轻微风化或弱风化的岩石中,仅由于风化作用侵入的结果节理的平直度会减小,可能出现节理糙度值比同类新鲜状态岩石的值明显降低。完整系数数据其定义未受到风化作用侵入的影响。因此,安全承载力不受轻微风化的影响,而仅略受弱风化的影响
I	新鲜岩石	原土不会由于风化作用显示出变色、强度损失或其他的影响	母岩不会由于风化作用显示出变色、强度损失或任何其他的影响	水沿节理渗透显示着色;因爆破或应力释放个别岩块可能松动,这时在隧道或竖井中可能需要支护	

① 原注: 如有可能, 应估计原始土或原岩石与蚀变物质的比值。

积的性质以及变动过的土层存在地点应给予特别注意。关于工程地质图和平面向整理的一项报告已由地质学会出版(1972)^{①③}。

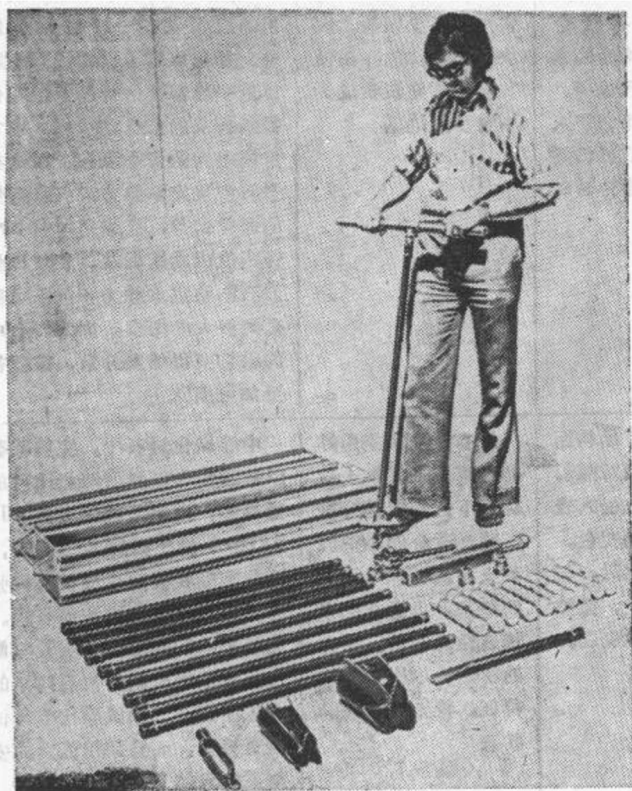


图 1.4 手摇螺旋钻设备(工程实验设备有限公司)

1.3.1 螺旋钻

手摇螺旋钻是在土层中获取有关地下情况资料的最简单的方法(图1.4)。两种最常用的螺旋钻类型是大型螺旋挖孔钻和螺旋钻。这类螺旋钻主要用于粘性土层。虽然许多专用的钻头可用于砾石层,但它们的效果一般都不太满意。

用螺旋钻获得的土样是严重扰动的,而且总是发生一定数量多种土的混杂物。因而地层状态的临界变化不可能准确定位。即使是在软土层中,用手摇螺旋钻也很难钻至7米以下。“Mackintosh探头”和“Lang 勘探

者”是较专用的手摇钻设备。

动力螺旋钻是有效的，因为实心杆钻头或空心杆钻头两者都有一个外连续式螺旋叶片。空心杆螺旋钻用于那些不要保持开孔的土层。它的底端能联接柱塞封闭，取土时将切削头取下。空心杆螺旋钻能用于要求确定覆盖层下基岩位置的探查。实心杆螺旋钻用于不需要下套管的硬粘土层，但是如果取原状土样，也必须将钻头取下。从螺旋钻孔中得到的扰动土样常是不可靠的。在有利的地层条件下，如象密实与坚硬一类均匀的粘土层中，螺旋钻机则有高的生产效率。

1.3.2 探坑、探槽和平洞

尽管探坑、探槽和平洞在勘探深度方面是有限的，但在土层和强风化的岩层中可以直接观察到地基的情况（图1.6）。深度约5米的探槽可提供一种适应性强、快速和经济取得资料的方法。地下水与侧壁的稳定性显然会影响它们能否被开挖，而且必须随时注意安全情况，有时还需要临时支撑侧壁。探坑和平洞很贵，只有当初步地下勘测已发现是特别困难的地区，才考虑采用这种方法。探坑和探槽中土的状态也可进行摄影，原状的以及扰动的试样都可以采取。这类挖方也可用来确定滑坡滑动面的位置。

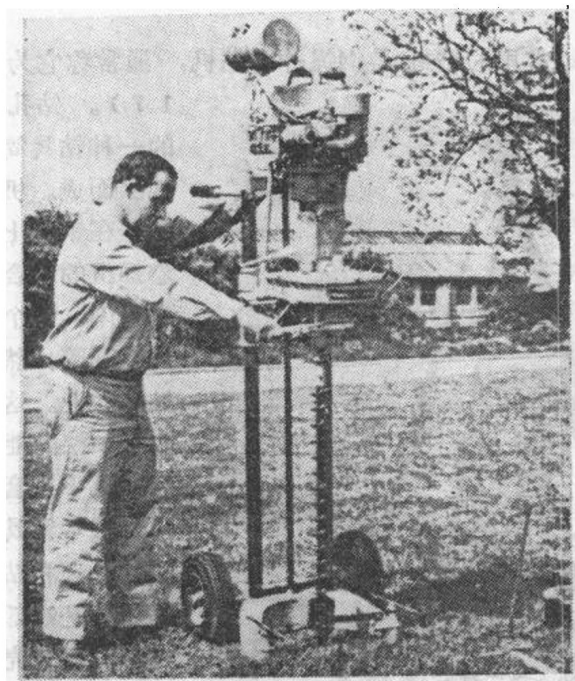


图 1.5 附加有轻便Minuteman钻的多用途螺旋钻（Craelius有限公司）

大型土螺旋钻和专利的打桩系统的发展，已能比上述方法更经济地在土层中凿1 m直径的钻孔。地基条件能直接从这类钻孔中观察。这类钻孔可以不加衬护，可以衬以金属网或下金属套管，这将取决于地层条件。在下套管的情况下，为了便于观察和取样，间隔一定的高程留有观察窗。