

基 础 工 程 手 册

[美] H·F·温特科恩 主编
方 晓 阳

钱鸿缙 叶书麟 等 译校

中 国 建 筑 工 业 出 版 社

本书译校者

(按译校章节顺序排列)

钱 鸿 缙 (兼总校)

叶 书 麟 (总校)

史 佩 栋

曹 佑 裕

李 文 源

孙 天 德

陈 铮

邵 秋 芬

钱 纪 菁

吴 仁 培

曾 盛 奎

于 吉 求

樊 超 然

许 志 家

熊 剑

张 式 深

刘 嘉 材

陈 光 华

何 名 任

孔 宪 立

殷 永 安

钱 宇 平

杨 位 洸

俞 调 梅

赵 如 骝

李 伯 宁

余 绍 襄

朱 象 清

本书比较系统全面地叙述了地基与基础的勘察、设计、施工以及土力学的基本理论,内容丰富,取材新颖,反映了基础工程各有关领域的当代水平。全书由七个国家的二十七位知名专家、学者编写,是一部有份量的参考性工具书。

全书共二十三章,主要内容有地基勘探、土质学和土的工程特性、浅基础的承载力、应力分布和沉降、侧土压力、排水和降水、压实填土、土的加固、灌浆、土坡稳定、滑坡、挡土墙、板桩、格形结构物和支撑开挖、扩展式基础、联合基础和特殊基础、片筏基础、浮基础、桩基础、钻孔墩、气压沉箱、托换工程、埋入式结构等。

本书可供建筑、水利、交通、海洋工程等部门的勘察、设计、施工技术人员及土建、水利、交通等院校师生参考。

Foundation Engineering Handbook

Hans F. Winterkorn

Hsai-Yang Fang

Van Nostrand Reinhold Company

1975

* * *

基础工程手册

H·F·温特科恩

[美] 方 晓 阳 主编

钱 鸿 缙

叶 书 麟 等 译校

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

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: 60½ 插页: 1 字数: 1472 千字

1983年4月第一版 1986年10月第二次印刷

印数: 24,601—39,900册 定价: 11.70元

统一书号: 15040·4301(精)

译 校 者 的 话

本书是由美国普林斯顿大学土木工程与地球物理学名誉教授 H·F·温特科恩 (Hans F. Winterkorn) 和利哈伊大学土木工程教授方晓阳主编, 邀请七个国家的二十七位岩土工程界著名专家和学者分别编写而成。全书共二十五章, 分属勘察、土力学和基础工程三大部分。虽然撰稿人较多, 而全书却考虑了内容的前后连贯性和符号的一致性, 同时又尽可能保持了各位作者的基本观点和文风。

本书名为《基础工程手册》, 实则与我们一般对“手册”的理解有所不同, 它不是一本表格化的工具书, 而是对基本理论和设计参数作了较深刻的阐述和探讨, 以便读者能灵活掌握设计和分析方法的一部工具书。

本书比较系统地介绍了地基基础设计和施工的新技术、新理论, 各章基本上反映了各有关领域的当代水平和新成就, 如双层地基的承载力系数, 砂井设计, 具有两种不同坡度 (顶部较平缓) 的边坡的稳定分析, 土与桩的相互作用以及桩基的荷载传递机理, 在片筏基础中提出了以有限单元法把弹性地基上板的问题变为使用电算进行结构矩阵分析的方法等; 有些内容如钻孔墩、托换工程等介绍了一些成功的经验, 可供借鉴, 浮基础的设计原理可开拓设计思路, 指导更多的设计方案; 同时, 也收集了很多有用的图表和数据, 如各主要国家所采用的筛号和孔径、静止土压力系数 K_0 、承载力系数、应力感应图等; 并附有很多算例, 使读者应用时有所准绳, 丰富了理论联系实际的内容。但另一方面, 本书也存在一些可议之处, 如对地基处理的某些新方法, 如地锚、强夯法、地下连续墙等介绍得较少或根本未予提及, 个别章节出现了文字叙述与附图不符以及错误等。但总的说来, 本书内容丰富, 取材新颖, 是目前比较系统全面地论述土力学与地基基础的一本有影响的著作。不仅可供建筑、水利、交通、海洋工程界参考, 而且也是一本很好的教学参考书。

原书第 24 章“基础振动” (作者: Frank E. Richart, Jr.)、第 25 章“地基-基础体系的地震效应” (作者: H. Bolton Seed), 因前者的基本内容散见于同一作者的《土与基础的振动》一书 (徐攸在、徐国彬、曾国熙、胡定译, 钱鸿缙校, 中国建筑工业出版社 1976 年出版), 而后者也已节译刊出 (见《地基的地震效应和砂土液化译文选辑》, 科学技术文献出版社 1978 年出版), 根据出版社的意见决定从中译本删去, 不另行译出。

正当本书译校时, 恰逢本书主编方晓阳教授在我国讲学和协作搞科研, 蒙方教授将原版 (1975 年版) 中的刊误部分寄来, 保证了翻译的质量, 特此致谢。

本书译稿由出版社组织了不少同志参加, 全部译稿最后由我们分别就土力学及基础工程两部分进行了总校。限于水平, 错误在所难免, 敬请读者批评指正。

钱鸿缙 叶书麟

1981 年 10 月

序 言

手册应当是其持有人和使用人的一种有用而可靠的服务工具。要起到这一作用，不同领域的手册必须按照它所涉及的内容的复杂程度和已被认识、业已阐明并且形成为可靠的理论结构的范围（从定性到定量）的基本参数，而有所不同。基础工程的手册必须为双重目的的服务，即第一、提供有关结构物基础的地基土和类似的天然和人工体系的本质与性能的尽可能最完善的知识；第二、提供有关各类基础的分析、设计与施工，包括不良地基的处理等方面的最新资料，并且指明关于基础设计的理论与技术可作合理预测的发展趋势。

本书仅限于论述建造在土和性状类似的软而未胶结的岩石上的基础，不包括硬质岩石上的基础，因后者提出了基本不同的问题。本书使用人必须记住：土工数据不象其他在物理上、化学上有明确定义的数据那样，具有相同的普遍正确性。土的性质往往比较复杂，不仅取决于其组成成分，而且取决于这些成分的相互关系，而这本身又与其过去的历史有关。由于这个缘故，土质的数值指标在很大程度上取决于测定时所采用的方法，而且实际上正是按所采用的方法，而不是按所赋予的名称来确定的。为此，制订标准测定方法具有重要意义，对其一切规定的细节，必须一一遵守，倘因某种原因以致发生偏差时，应当特别注意。

在已定的范围内，本书作者们力求简明清楚地来介绍每一专题的基本原理和土工参数，并用实例来说明这些原理在土工参数所设定的范围内的工程应用。鉴于从来没有什么论著能把一切问题都写得详尽无遗，故本书对各个专题根据其内在重要性作了慎重选择，对不能作详细讨论的题目则在有关专题中就所能阐明的程度作了适当安排。然后，对所选专题分别约请工业、政府或教育界中公认的权威担任写作。他们都为编写本手册贡献了自己的学识和经验。本书虽作者人数较多，仍力求保持逻辑顺序和符号标志的一致。对各位作者的文风，则尽可能分别予以保留。

为了使使用人能判断数学公式和分析、设计方法的适用范围，本书特别强调对所采用的理论概念的要点和进行数学处理所必需的简化假设作出清楚的叙述。

本手册的最初宗旨是为从事实际工作的工程师们服务。但书中的理论和土工参数的范围与论述，对于工科师生应当也是有价值的。他们不仅将从本手册找到实用参考数据和分析、设计方法，而且必将发现本手册不但相当于一本比较完备的应用土力学教科书，同时又是交通与海洋工程学、水力资源系统、水利和土质改良（以上仅略举一、二）等重要领域的比较完备的教科书。

编者谨向在本手册编纂过程中惠予指导和鼓励的所有人士一并表示谢意。编者尤其要感谢作者们的热忱与合作，以及出版者的帮助与支持，才使本书得以完成。

承 Eleanor Nothelfer 小姐和 Phyllis Raudenbush 小姐协助准备原稿和索引，也于此表示谢意。

Hans F. Winterkorn

Hsai-Yang Fang

（史佩栋 译）

目 录

译校者的话

序 言

第1章 地基勘探与取样	1
1-1 引言	1
1-2 勘探方案的设计	2
1-3 踏勘调查	3
1-4 初步设计阶段的勘探	9
1-5 技术设计阶段的勘探	11
1-6 地球物理勘探	12
1-7 测探与触探	16
1-8 钻探方法	19
1-9 坑探法	36
1-10 地下水调查	37
1-11 灌浆试验	45
1-12 有代表性的而非原状土的取土器	45
1-13 原状土取土器	52
1-14 岩心钻进	61
1-15 特殊的勘探技术	69
1-16 土样的包装、运送和贮存	71
1-17 地基勘探记录单	74
1-18 勘探计划的承包和管理	78
1-19 地基勘探报告	80
第2章 土质学和土的工程性质	84
2-1 土的定义	84
2-2 土的鉴别	84
2-3 岩石及其分类	89
2-4 用于土的工程分类中的 物理性质	94
2-5 土的分类法	101
2-6 土按沉积作用或其它特征 分类	113
2-7 用于无粘性土结构上的一般 几何关系	119
2-8 粘性土的结构以及其物理化 学的或分子的基本原理	125
2-9 毛细管作用和传导现象	136
2-10 温度对土的工程性质的	

影响	145
2-11 压实作用	147
2-12 固结作用	148
2-13 抗剪强度	152
第3章 浅基础的承载力	161
3-1 引言	161
3-2 破坏模式	162
3-3 极限荷载的判别标准	166
3-4 极限荷载的计算	168
3-5 基础形状的影响	172
3-6 荷载倾斜和偏心的影响	174
3-7 基底倾斜和地面倾斜的 影响	178
3-8 覆盖层抗剪强度的影响	180
3-9 土压缩性影响和比例影响	181
3-10 基础底面粗糙度的影响	187
3-11 基底竖向剖面形状的影响	187
3-12 相邻基础的影响	188
3-13 地下水位的的影响	189
3-14 非均质土的情况	190
3-15 加荷速率的影响	196
3-16 安全系数的选择	197
3-17 按建筑法规确定的承载力	200
第4章 应力分布与沉降量	203
4-1 引言	203
4-2 用弹性理论计算土体内应力 和位移的适用性	204
4-3 初始畸变沉降量的计算	205
4-4 应力分布的计算	218
4-5 固结沉降量	243
4-6 次压缩沉降量	266
第5章 侧土压力	270
5-1 基本概念	270
5-2 半空间内的应力状态	273
5-3 无重量介质在塑性状态时 的应力	280
5-4 理想塑性土中的侧应力	282

5-5	作用在挡墙上的主动土压力 和被动土压力.....283	10-1	引言482
5-6	考虑成拱作用的土压力.....297	10-2	影响边坡稳定分析的因素483
5-7	特殊效应对作用在刚性挡墙上 土压力的影响.....303	10-3	安全系数484
第6章	排水与降水307	10-4	极限平衡法484
6-1	用排水以控制渗流和 地下水.....307	10-5	Taylor法486
6-2	反滤层和排水沟的设计.....311	10-6	Bishop法488
6-3	砂井的实用情况.....320	10-7	Bishop和Morgenstern法490
6-4	人工降低地下水位.....325	10-8	Morgenstern法.....492
6-5	渗流分析的方法.....334	10-9	Spencer法494
第7章	压实填土343	10-10	Hunter和Schuster法.....496
7-1	引言.....343	10-11	其他方法.....497
7-2	土的压实.....343	10-12	极限分析解.....498
7-3	压实设备.....375	第11章	滑坡508
7-4	压实控制.....396	11-1	引言508
7-5	压实的各种问题.....418	11-2	滑坡的整体运动509
第8章	土的加固428	11-3	滑坡的成因513
8-1	引言.....428	11-4	滑坡的后果517
8-2	土的加固技术与科学.....429	11-5	滑坡的分类518
8-3	具有粒状支承骨架的土.....429	11-6	滑坡的分析527
8-4	配制人工粒状骨架.....431	11-7	滑坡的调查535
8-5	天然土胶结料的改善 和置换.....433	11-8	滑坡的量测仪器536
8-6	无粒状骨架的粘性土的 加固.....433	11-9	滑坡的治理方法539
8-7	加固土体系和加固方法的 常用术语.....435	第12章	挡土墙547
8-8	粒度成分与用于路面基层和 面层的相应加固方法.....436	12-1	引言547
8-9	常用的土的加固方法.....436	12-2	土的性质548
8-10	施工.....455	12-3	土压力550
第9章	灌浆461	12-4	基底压力559
9-1	灌浆的目的——优点和 缺点.....461	12-5	挡土墙的稳定性559
9-2	灌浆工程计划.....462	12-6	挡土墙的排水设施561
9-3	地基土的可灌性.....466	12-7	挡土墙上的荷载563
9-4	灌浆方法.....468	第13章	板桩结构物571
9-5	灌浆控制和灌浆作业.....476	13-1	板桩结构物571
9-6	灌浆应用举例.....477	13-2	钢板桩的用途和结构物的 类型574
第10章	土坡稳定482	13-3	锚定式板桩墙的设计原理577
		13-4	土压力和水压力581
		13-5	常用的设计方法586
		13-6	悬臂式挡土墙591
		13-7	减压平台式挡土墙593
		13-8	板桩挡土墙的锚座594
		13-9	锚定式挡土墙的钢横梁、 拉杆和细部构造598

13-10 锚定式板桩墙的其他 设计方法.....600	15-15 墙基.....683
13-11 钢板桩结构物的寿命.....604	第16章 联合基础及特殊基础686
13-12 施工问题.....605	16-1 一般原理686
第14章 格形结构物与支撑	16-2 地基的容许承载力687
开挖608	16-3 矩形联合基础(刚性基础 设计)688
14-1 格形结构物608	16-4 梯形基础697
14-2 格形结构物设计与施工 所需要的资料609	16-5 地梁式或悬臂式基础698
14-3 设计步骤611	16-6 偏心受荷的刚性基础700
14-4 内部稳定性612	16-7 有孔洞或缺口的基础704
14-5 锁口和连接处的力616	16-8 基床系数705
14-6 基底的稳定性与滑动619	16-9 连续基础的刚度709
14-7 板桩的上升或拔出621	16-10 弹性地基上的连续 基础梁.....710
14-8 倾覆622	16-11 用有限差分法解弹性 地基上的梁.....714
14-9 格仓设计举例623	16-12 圆形或环形基础.....719
14-10 现场的施工方法与问题.....631	第17章 片筏基础725
14-11 防腐蚀.....633	17-1 片筏基础的用途725
14-12 格形结构物的一般说明.....633	17-2 片筏基础的一般型式725
14-13 支撑开挖.....633	17-3 片筏基础的稳定性和沉降726
14-14 侧压力.....635	17-4 设计方法726
14-15 隆起与管涌.....638	17-5 刚性方法727
14-16 墙和墙支撑的设计.....640	17-6 弹性板方法729
14-17 对支撑开挖的一般说明.....644	17-7 有限差分法730
14-18 板桩与工字形桩.....645	17-8 有限单元法732
第15章 扩展式基础652	17-9 圆形结构的片筏基础733
15-1 引言652	17-10 设计片筏基础时一般 原理.....735
15-2 地基的承载力与基础沉降653	17-11 片筏基础的施工.....736
15-3 基底的总压力与净压力657	第18章 浮基础737
15-4 按沉降相等的要求按比例 确定基础尺寸658	18-1 浮基础的历史737
15-5 基础的位置662	18-2 浮基础的定义739
15-6 基础的接触压力666	18-3 设计中应考虑的问题741
15-7 偏心受荷的基础668	18-4 浮基础的设计和施工步骤745
15-8 受倾斜荷载作用的基础669	18-5 实例748
15-9 斜坡上的基础669	第19章 桩基础760
15-10 分层土上的基础.....671	19-1 桩的定义及分类760
15-11 承受上拔力的基础(受 拉的基础).....672	19-2 单桩的工作性能763
15-12 扩展式基础的设计要点.....673	19-3 群桩的承载力805
15-13 矩形基础.....681	19-4 桩的动力学809
15-14 柱座和垫板.....681	19-5 桩基础的设计814

第20章 钻孔墩	825	22-7 特种托换方法	879
20-1 定义	825	22-8 结构物的迁移	881
20-2 历史进展	825	22-9 其它问题	883
20-3 钻孔墩的类型	826	第23章 埋入式结构	885
20-4 钻孔墩的应用	827	23-1 引言	885
20-5 设计中的总体考虑	828	23-2 液态土中埋入式结构的 设计	885
20-6 荷载传递机理与沉降	829	23-3 压缩性土中埋入式结构的 设计	891
20-7 容许使用荷载的确定	832	23-4 埋入式圆形涵管上的 土荷载	892
20-8 对施工的总体考虑	839	23-5 活载	892
20-9 施工中的问题	840	23-6 恒载	893
20-10 检查与质量控制	843	23-7 组合荷载	894
第21章 气压沉箱	845	23-8 刚性涵管上的荷载	894
21-1 引言	845	23-9 刚性涵管的设计	896
21-2 气压沉箱的类型	846	23-10 柔性涵管上的荷载	897
21-3 沉箱设计	848	23-11 柔性涵管的设计	898
21-4 气压沉箱特殊考虑	850	23-12 埋入式柔性压力涵管的 设计	905
21-5 金属附件	851	23-13 涵管的最小覆土厚度	909
21-6 设备	852	23-14 开挖平行于涵管的槽坑 时环的稳定性	910
21-7 下沉及控制	854	23-15 非圆形的筒体结构	913
21-8 工班和减压	856	英汉名词索引	919
第22章 托换工程	858	附录 换算系数	958
22-1 引言	858		
22-2 托换的理由	859		
22-3 坑式托换	863		
22-4 桩式托换	866		
22-5 打入式托换桩	870		
22-6 支撑	875		

第1章 地基勘探与取样

作者: John Lowelll 美国纽约Tippetts-Abbett-McCarthy-Stratton公司;
Philip F. Zaccheo 美国纽约 Tippetts-Abbett-McCarthy-Stratton 公司

译者^①: 曹佑裕 (北京市勘察处)
李文源 (第三机械工业部勘测公司)

校者: 孙天德 陈 铮 (北京市勘察处)

1-1 引 言

【1】^② 要设计好一个土木工程构筑物, 必须充分了解建筑场地的地基状况。当构筑物是用土、石料作为回填材料时, 对建筑材料的可能取料场地也必须充分了解其地下情况。此类构筑物可以分为三种类型。

1. 基本问题属于构筑物和场地的相互作用的那类构筑物, 包括基础、挡土墙、堤岸、隧道和地下管道等。对这类构筑物, 关心的主要是接触面处的荷载变形特性。

2. 由土、石料建造的构筑物, 如公路的回填层、土石坝、路基和下垫层以及挡土墙背面的回填土体等。除土方构筑物与场地土的相互作用外, 还需要了解建筑材料的性质, 以确定土方构筑物本身的性能。

3. 以天然土和岩石筑成的构筑物, 如天然斜坡和挖方斜坡等。此时要求了解天然状况的土和岩石的性质。

为了妥善地进行设计工作, 设计人员必须很好地了解在地基勘探中涉及的各种问题和可用于地基勘探的种种工具。应当有岩土工程和(或)地质学方面的专家来计划、指导和监督地基勘探工作。

设计所需的地基资料包括有(但并不仅限于)下列几种:

1. 由构筑物的大小和类型所决定的一定深度内的所有能够区别出的土层的区域范围、深度和厚度, 连同诸如砂类土的密实度和粘性土的坚硬度方面的描述。

2. 基岩顶面的埋深和岩石的性质, 包括下列等项目: 岩性; 每层的区域范围、深度和厚度; 走向、倾角、节理间距和层理面; 断裂区域的存在; 风化或分解的程度。

3. 地下水的部位或深浅, 承压水的存在和压力的大小。

4. 土和(或)岩石的原位工程性能, 例如渗透性、压缩性和抗剪强度等。

取得地基土资料的方法可分为间接的和直接的两大类。间接方法包括: 地质测绘、航空摄影和地形图的判读, 以及利用已有的地质报告、地质图和土的勘察资料。

① 译者注: 第1-1节~1-7节由曹佑裕译, 孙天德、陈铮校; 1-8节~1-15节由李文源译; 1-16节~1-19节由曹佑裕译, 孙天德校。

② 编辑注: 本数字为原书页码号。读者在查阅书后的“英汉名词索引”时可按此页码号查找。

直接方法包括下列几种:

1. 现场踏勘, 包括诸如河岸、悬崖、公路和铁路的挖方切面、采石坑和已有的井穴、隧道等天然及人工出露面上的原位土料的检验。
2. 各种探测和触探。
3. 作钻孔、探坑、探沟、竖井和平峒, 以取得现场土料的扰动的和(或)原状的代表性土样。
4. 现场简易试验, 如标准贯入试验(SPT)和静力尖锥触探试验, 其成果已由一般的依据并与土的工程性能建立了相关关系。
5. 诸如十字板剪切试验、渗漏和水压试验、压板载荷试验、CBR^①试验和压桩试验等各种现场试验, 据以直接地测得原位土的各种工程性能。

本章的目的是提供地基勘察全部领域内的基本知识, 包括勘探方案的设计、间接的勘察方法、钻探设备和技术、取样设备和技术、现场试验方法以及有关编写地基勘察报告的建议等方面的叙述。本章之末列有参考文献目录。

1-2 勘探方案的设计

1. 勘探的目的和执行阶段的划分

勘探方案的基本目的是为工程师提供工程项目所在场地的地基状况的资料。一般情况下, 勘探工作要为既安全又经济的工程设计提供必要的资料, 并使施工工程师知道在现场将会遇到的何种土质和情况。有时, 勘探还可用来取得分析构筑物事故的资料。

【2】 勘探工作通常是按下列阶段顺序完成的:

1. 踏勘调查。
2. 初步设计阶段的勘探。
3. 技术设计阶段的勘探。
4. 施工期间的勘探。

勘探的每一阶段连同该阶段完成的工作, 都揭示出下一阶段需要作进一步调查的问题。并非所有的工程都要经过这几个阶段; 第四阶段一般是不必要的。

勘探点的数量、类型、位置、规模和深度都取决于工程的性质和大小, 也取决于地基条件的复杂程度及其关键性的性质。地基勘探的费用估计约为工程建造费用的0.5%至1%。对于大的工程和地基条件不太复杂的工程, 其费用的百分比较低; 对于较小的工程和地基条件不良的工程, 其百分比较高。初步设计阶段的勘探大约要花此费用的一半, 技术设计阶段约花另一半。踏勘调查阶段的费用只占极少量。施工期间的勘探费用无法用经验来估计。这种勘探是用来调查施工期间可能出现的特殊问题, 或者是为了更好地描述承包商施工计划中的取土区或采石坑处的土料。这种勘探一般不需要; 但当需要时, 其费用随工程的不同而变动极大。

地基勘探的设计、勘探工作的监督管理、实验室试验以及成果报告等的总费用, 通常同勘探费用差不多。一般地说, 在勘探上与有关的试验和工作上增加费用是合理的, 只要

^① 译者注: CBR系California Bearing Ratio(加州承载比)的缩写。

这些资料能使建设费用节省下的资金显著地大于勘探及有关工作的费用。

对于给定大小和类型的建筑物，地区性建筑规范经常规定必需的最少的钻孔数量。对于地基条件比较均一的场地上的轻型建筑物，这个最少数量通常是可以满足需要的，并可在一次勘探计划中即完成全部钻孔工作。

有时候因为工程的完工期限的限制，不能根据完整和恰当的勘探方案及时地为设计提出资料，因而引起争议要删减勘探方案。这种情况下，最好的方法是以已有的地基资料所能作出的最好假定作为进行工作的依据，同时仍按完整和恰当的勘探和试验方案继续工作。这样，所获得的资料或者证实了所作的假定，使工程如期完成；或者揭示出设计假定中那些地方必须加以修改。由这种完整勘探方案揭示出的任何必要的修改，经常可以及时做到并且不会有太多的困难。

完成勘探的先后顺序经常由钻探承包商自己斟酌决定。在这种情况下，勘探顺序将由操作方便而定，使钻机在钻孔间的搬运工作量最小。这样会出现场地的一个地段的钻孔全部钻完，而另一地段则还未开始。然而由工程技术人员来指定勘探顺序，经常不仅是有利的，而且是很重要的。例如，如果要钻的钻孔是用来填补根据以前的钻探所绘制的地质剖面图中的空白时，则根据一个钻孔的资料就可能不必再钻原计划中的一个或更多的其他钻孔。如果设计的时间短促，也可以由时间的期限来决定钻探的次序。勘探工作同工程设计及实验室试验同时进行也是常见的。在这种情况下，为了能够及时进行试验，首先应在指定的地段里取得土样。例如，根据初步勘探已经选定了用于筑坝的料场，要求取得作详细试验的土样。这时，为取得料场土样的勘探，就得与地基的补充勘探同时或提前进行。

2. 钻机的类型和数量

采用的钻机类型主要取决于：勘探的种类、规模和深度；勘探地点，即在陆上还是在近海中；进入勘探场地的远近和难易；该地区适用的钻机类型；以及地形或者关于海的情况等。下面有一节将讨论用于勘探作业的各种钻机类型及它们在各种条件下的适用性。完成一项勘探方案所需要的最少的钻机数量取决于执行该方案的时间要求，所选用钻机的钻进速度和勘探作业的顺序。估计的进尺速度应包括拆卸设备所需要的时间、钻机挪位的时间和由于气候造成的停工等。

3. 取样设备的类型

采用的取样设备取决于所要求的资料的种类和所取的土的特性。如果只要求做土层的分类，取扰动土样就可满足要求，此时可采用分裂式管形打入取样器之类的设备。另一方面，如果最终目的是由实验室试验来确定土的工程性质，则需要用较为复杂的设备，如薄壁管和活塞取样器。取样器的类型和大小还取决于下列因素，例如：有没有卵石；所取土样的最大粒径；要取样的土的种类，即砂类土还是粘性土；砂类土的密度；粘性土的坚硬程度；以及相对于地下水位而言的所取土样的深度。在取样器和取样技术两节里，将详细讨论各种取样器的种类和使用每种取样器的特定条件。

1-3 踏 勘 调 查

1. 目的和范围

【3】踏勘调查是为场地可行性的研究以及下一阶段即初步设计阶段勘探的布置提供资

料。对局限于一小范围内的工程,如在预先选定的场地上建造一幢建筑物,这阶段所涉及的范围将多少是有限的。但是,当所考虑的是个坝或公路时,必须考虑几个供选择的场地或者路线。在本阶段所取得的资料将有助于选择供进一步调查的待选场地或路线。这一阶段的大部分工作属于研究性的范畴。它也包括地质师和地基工程师的现场踏勘,并有象地球物理勘探和钻孔那类不可缺少的工作。

2. 研究

任何调查工作开始时都应彻底搜集能够阐明场地地基条件的全部已有资料,包括老的和新的地形图、地质图、航测照片、政府机构和私营公司的地质和地基勘探报告和记载、大学刊物以及工程和地质杂志中的文章。这些内容的来源在国与国之间,甚至在一个国家的省、区部门之间都有所不同。美国大陆内的地质和地形资料的主要来源之一是“美国地质调查局”(USGS)^①。下面将详述可由美国地质调查局得到的资料种类,亦将列出资料的其他来源和每个来源提供的项目的概略说明,并对每种资料及其用途加以讨论。

3. 地形图

对于勘探方案的设计,各种类型的图件都是有用的。地形图可提供进入工作场地难易程度的资料和地形,这两点对采用钻机的类型都有很大的影响。地形图还可以起到类似于航测照片的作用。地貌学的知识经常可使受过训练的判读人员根据地形图所示的地形和水系类型来推测出更多的有关场地的地质情况。地形图没有航测照片那样详尽,因此判读人员能做的是有限的。但是,在完全缺乏航测照片的地方或者作为第一步工作时,地形图还是值得利用的。从这种图中能引出的资料的数量也取决于它涉及的范围和详细程度。地形通常可展现出土和(或)岩石的一般特性。土的各种地貌形态,例如沿海和泛滥平原、三角洲、冲积扇、阶地、风积沙丘、蛇形丘、鼓丘和其它特征是容易识别的。沼泽区通常是直接标志在图上的,水系类型则可显示出土的颗粒大小及其坚硬程度。岩石地区的构造经常可由河道的流向或山丘的坡度这类细节显示出来。在特殊的情况下,还可能确定象倾斜角和走向、褶皱、断裂和相对坚硬度之类的构造特征。

美国的地形图的主要提供者是美国地质调查局。此机构出版一系列称为“国家地形图系列”的方格图^②,它的范围包括美国的领土及属地。每一方格图由经度和纬度作为边线。美国大陆部分的图件面积是纬度经度各7.5分用1:24000和1:31680的比例绘制。波多黎各及维尔京群岛(Virgin Islands)部分的图件的划分和面积同大陆一样,但前者的比例尺为1:20000和1:30000,后者为1:24000。美国大陆另有经纬度各为15分的地形图,其比例尺为1:62500;还有30分的地形图,比例尺为1:25000,而1度的图,比例尺为1:250000。阿拉斯加地形图的纬度为15分,经度为20至30分,比例尺为1:63360,另外还有1:250000及1:1000000的图件。夏威夷的部分地区有1:62500和1:24000比例尺的系列图件。美国地质调查局还出版一些用明暗表示地形起伏的图件和大城市的区域图。它还有美国地质调查局的全部图件的完整目录(1965),并有每月出版的补充刊物。

美国的地形图也有由陆军地图服务处(Army Map Service)以及美国海岸和大地测量局(USC & GS)^③印制。前者以美国军用地图的坐标方格为基础,7.5分的方格图用1:

① 译者注:USGS是United States Geologic Survey的缩写。

② 译者注:原文为quadrangle,指美国国家地质测量机构颁布的标准地形图上的一方格,通常为南北17英里,东西11至15英里。

③ 译者注:USC & GS为United States Coast and Geodetic Survey的缩写。

25000的比例尺;15分的方格图用1:50000;30分的用1:250000。较大面积的图则用1:250000和1:500000的比例尺绘制。美国海岸和大地测量局出版航测和海岸线的图件。前者是小比例尺图件,主要用于美国地质调查局还没有测绘出大比例尺图的美国及其领地的那些地区。用1:10000至1:80000的比例尺绘制的海岸线图适用于近海工作。

美国地形资料的其他来源还有美国陆军工程兵部队(U.S. Army Corps of Engineers),它出版某些河流和近海地区及北美五大湖地区及其航道的地形图。还有出版森林储量图的美国林业服务处(U.S. Forest Service)和出版航海及航空图的海军部水文办事处(Hydrographic Office of the Department of the Navy)。

国外工作用图有多处来源。一般资料的两个极好的来源是包括南美和中美大部分地区的美国地理学会(American Geographic Society)的图和英国海军部(British Admiralty)的图表。

4. 地质图

美国国内的地质图和资料的主要来源是美国地质调查局。它从1879年起就出版了各种形式的书籍、图件和图表。这些出版物中最有用的书籍之一是“美国地质图索引”。这套索引包括每个州的一张地图。图上标明已经出版的地质图的范围,用颜色标志指出每张图的大致比例尺。图上的说明还给出每幅地质图的出版来源、比例尺、日期和作者,以及这个州的地质调查局报告书的全部目录。由美国地质调查局发行的图件还有比例尺为1:2500000的美国地质图和几种其它图集,其中最著名和最广泛应用的图件有:(1)对开本的美国地质图集;(2)美国地质方格图;(3)矿产资源图和表。在1945年以前,每份对开本图件包括有所涉及范围的地质史的说明,和几张表示这个地区的地形、地质、地下构造和矿床的方格图。1945年以后,改用了单独的方格图以替代对开本的图。这些图经常包括构造剖面、柱状图、其它图示的地质资料和说明材料。矿产资源图包括诸如一个州的砂卵石沉积层、建筑材料、一定范围的地质资料和防冲乱石可能来源的地点等这类详细项目。

【4】美国地质调查局出版的书刊可分为两大类。第一类包括各种公报、通告、矿物资源刊物、专题文章和对一定范围内的详细的地质研究专业论文等书刊文章。第二类包括供水论文,内容也是多种的,其中有某些区域的地表及地下水流量的详细研究。这些文章还经常带有涉及地区的详细地质说明和图件。

除上述几项外,美国地质调查局还发行某些州的地质图和一种名为“北美地质学摘要”(Abstract of North American Geology)的季刊,刊载该季度内发表的最重要的论文摘要。

还可以从州和地方政府的办事机构、美国地质学会(Geological Society of America)和各大学索取到地质资料。大多数州设有地质勘测或相应的机构,负责搜集和发送地质资料。这些资料可能是结合各州的公路建设而做的地质图、地质报告和勘探记录等形式。州和地方当局也经常保管在它管辖范围内的全部钻井记录。1958年的“公路研究委员会公报,180”(Highway Research Board Bulletin 180)载有州的地质学家的住址和姓名表。

美国地质学会还出版地质图,以及论述地区性的具体地质专题的月刊和专集。前者包括有北美和南美的一般地质图、“美国冰川图”和“美国黄土沉积或风积土图”。在期刊的论文和专集里也经常可见到局部地区的详细地质图。

地方学院和大学的图书馆经常存大量的论文形式的详细地质资料。这些图书馆也经常是许多已绝版的地质刊物的来源。

5. 土壤调查

由各种政府办事机构经办的土壤调查也是工程技术人员设计地基勘探方案的有用的资料来源。在很广阔土地上的地表和表层土壤测绘调查图,有农业用和工程用两种类型。因为这两种通常都涉及整个郡,因此,出于需要,资料内容是一般化的。这种以文章和图件形式发表的资料,对诸如公路等工程特别有用。

美国的农业土壤调查从1900年代初期起就由农业部与州的办事机构一起进行工作。调查成果以报告书和图件的形式发表。它们涉及的通常是整个郡,但并不总是那样。报告书一般包括区域范围、自然地理、地势、水系类型、气候、植物,以及涉及地区的沉积土等等的说明。对土壤的描述是按照土壤学的方法作出的。图件表明各种沉积物的范围和成因。在这些报告和图件的出版期间,编制工作的标准变动很大。早期的报告完全是针对农业目的的关于土的利用,并且绘制的准确程度也有明显的变化。但不管怎样,一些州的公路机构把农业部的报告和图件中土的分类和观察到的路基材料的性能联系了起来,在工程上成功地利用了这种资料。密执安州(1960)就是对工程特性与土壤学分类的关系进行广泛利用的各州之一。现今发表的报告则包括有适用于工程的章节。这部分是由市政道路局(Bureau of Public Roads)与土壤维护处(Soil Reservation Service)共同编制的,后者是负责领导这种调查和出版报告及图件的机构。此外,在一些州里已有地方当局编制的农业调查报告在工程方面的增刊。这些增刊提供了土质的排水特性和有关工程问题的资料。1957年的“公路研究委员会会刊22-R”(Highway Research Board Bulletin 22-R)中,刊有截止到付印时所发表的土壤调查报告的目录,并且是根据土壤图所用资料的详细程度排列的。

另外还有少量工程用的土质调查。一个极好的例子是“新泽西州的工程土质调查”(Rogers, 1950)。此调查报告是由一个综合册和州里每个郡的一个单独分册所组成的。综合册叙述州的气候、自然地理、地质和土壤、制图和土质试验的方法,以及各种土壤所用的符号。每个郡的分册包括正文和地质图。正文叙述该区域内的自然地理、地表排水、地质情况,以及关于在该区域内的主要土质的详细资料。该资料包括地质分类和原始地层的一般特性、下卧地层的性质、地形、按一般分类法确定的土的种类、土的工程分类、排水特性和关于土在工程方面的论述。与报告配套的土质图用符号表示出各种土类的区域范围。这种符号基本上是一种三部分组成的代号系统,它用字母和数字的组合来表示土的地质形成的类型,并按照AASHO^① M145-59规定,对土壤予以分类定名,并指出占优势的或者平均的地下排水条件。

6. 航测照片

地基勘探方案的设计者能利用的最有用的资料来源之一是场地及其周围的一系列航测照片。在早先只做过很少的或者没有做过什么工作的地区和例如灌溉系统的建设等涉及很大范围的工程,或者例如公路等具有很长的纵向范围的工程等情况下,航测照片更为有用。航测照片在第二次世界大战之前就开始应用。在战争期间,正是由于武装部队对这种

① 译者注: AASHO为American Association of State Highway Officials的缩写。

照片的使用,推动了在战后年代里把这种照片多方面地应用于民用工程上。航测照片的主要用途中有地形图的绘制、地质图的绘制和土壤调查等方面。下面简短地介绍关于后两种目的的应用。对于这个课题,已经出版了大量的科技论文和教科书,其中有“美国摄影测量协会”(American Society of Photogrammetry)(1960),Lueder(1959)和Ray(1960)的著作等,见本章之末。读者可以参阅这些文件或关于这一课题的详细论述的类似刊物。

【5】 用于地质和土质工作方面的航测照片几乎都是垂直摄影。它们可以是黑白的或者彩色的。黑白片虽也有其它尺寸,但常用的是9英寸见方;彩色透明照片一般是4.5或9英寸见方。一般宜用彩色照片,这是因为:(a)当物体显示出它们的天然颜色时,就比较容易辨认;(b)以相同的尺寸而言,彩色照片比黑白照片能更明确地区别出细微的细节和小的物体;(c)更容易确定色调变化的原因。但是,彩色片的费用高,多少限制了它的应用。今天,在大多数工程上仍然采用黑白片。

航测照片是由飞机在规定高度上,沿预先确定的路线来摄制的。拍摄高度取决于要求的照片比例尺和所用的仪器。在地质摄影工作中,比例尺的大小取决于所要求的精度,通常情况下介于1:6000和1:40000之间。飞行路线的安排要做到能与邻旁路线上的照片相重迭,还要使沿每条飞行路线上拍的照片也有一定的重迭范围。每张照片的重迭范围大约是前一张照片的百分之六十。这样就可以给判读人员提供成对的照片,在使用立体镜进行观察时,可以呈现出对于地表进行恰当判读时必不可少的立体图象。美国的大部分地区已照有这类照片,有些照片可以从与航空测量工作有关的政府各机构和私人公司买到。美国地质调查局出版的称为“美国航空摄影状况”的图件,标有美国已用航空摄影测绘的地区并附有可以买到这种照片的政府机构和私人公司的名单。还可以买到名为“美国航空照片镶嵌图的状况”的类似图件。此外,美国地质调查局的图件资料办事处保管有全部已报导的航测照片的范围,包括照片的比例和所用仪器的记录资料。

在一个经过良好训练和富有经验的专家手中,航测照片能以极其准确的程度揭示出各种地下情况。在充分了解工程所在地区总的地质情况和掌握有关地质学、地貌学、土壤学、地下水水文学以及地基工程的广泛知识的基础上,经过推理和归纳的论证过程,就可以从航测照片中获得地质资料。从任何一组照片中判读人员得出的资料的数量和质量取决于若干因素,其中主要的是照片的比例尺和质量、植被的密度、地面的起伏程度以及判读人员的能力和經驗。如果所有其它条件都相同,在把航空照片连同可以用来检验和修正判读的现场和实验室的研究一起进行分析时,就可以得出大量的资料。从航测照片可得到的资料包括,但不仅限于下列几方面:基岩的类型;例如节理形式、层理平面、褶皱和断层等岩石的构造特性;覆盖层的类型和厚度;地表和地下排水的特性;地下水的埋深以及砂和卵石的相对百分比。

判读人员对照片分析的依据是基于这样一个事实,即地表特征是受地面下地质条件和覆盖层成份所支配的,因而在一组特定的条件下将展现出某种典型的型式。所利用的主要特征有地形、排水、侵蚀、植物和照片的色调。应特别注意的是,单靠这些特征中的某一个是不够的,重要的是由每一特征综合起来的资料,这样才能作出恰当的分析。

辨别了如风积沙丘、阶地沉积物、洪积扇、蛇形丘、冰渍层或其它沉积类型的地形,经常可以在给定的范围内确定其地层的类型,从而就可得出场地的初步鉴定。在大面积或

长距离范围内进行制图时,这种辨别工作是极为重要的,而在一个小的场地里,经常只有单一的地形。水系类型可以帮助鉴别土的类型和下卧基岩的构造特性。只要地形条件有利于排水,高渗透性的土能很好地把水排掉。在这种情况下,排水沟一般间隔很远;也就是说,水系类型是粗纹理的,在某些情况下甚至可能没有排水沟。在非渗透性地层的地区,排水沟的分布是密集的;也即是水系类型属细纹理的。大量不带有河流的湖泊或池塘也是非渗透性地层的象征。在抗风化侵蚀能力比较均匀的基岩地区,可见到呈现树枝状的水系类型。在出现格状的、环状的、平行的或其它型式的水系时,通常表明水流受到构造的控制,因而表示存在有褶皱和断层。基岩地区内的比较直的水道可能是断层的象征,或者是倾斜重迭基岩上具有不同抗风化侵蚀能力的沉积物的象征。

冲沟形侵蚀的横向和纵向剖面都可以进一步确定土类。颗粒状土中的冲沟一般是V形的,并具有陡峭的梯度。在没有多少或者根本没有颗粒成分的粘性土里,冲沟的特点是宽而圆的V形,并具有均匀的平缓的梯度。在黄土和具有大量细颗粒的粘性土里,冲沟是U形的,并具有平缓的梯度。

虽然植物是比较难以评定的特征之一,但它经常可表明地下的情况。沿阶地边缘生长的树可能表明有水从沉积物里渗出,果园则通常出现在排水通畅的地区。此外,某些种类的植物本身还可表明环境条件。例如,柳树和铁杉需要充足的水分,而杨树和栎灌木则出现在低湿度的地区。另一方面,白杨能够在多种多样的土类里及土的环境条件下兴旺生长,因此判读时就有困难。有经验的专家在确定出现植物的意义时,如有的话,总是谨慎地权衡植物的种类、土的类型及其含水量、地形以及其它有关因素之间的关系。

就照片的色调而论,明亮的色调通常是,但并不总是,排水性良好的土质的迹象,而暗淡的色调表示排水性差的土质。但是对植物而言,判读工作则应谨慎,因为色调受到多种因素的影响,所以必须考虑所有的因素。例如,由于地形位置使它呈现暗色,就可能否定了其本来是自由排水的地层。

7. 场地踏勘

【6】 在查阅了上述研究所得出的有用资料以后和进行任何勘探钻孔之前,应由地质师和(或)地基工程师对拟用的场地进行彻底的调查。踏勘的首要目的是在不钻勘查孔或不挖探坑的情况下,获得尽可能多的地表和地下资料。应取得的资料种类包括进入场地的难易程度、地形、地层剖面、基岩的岩性和构造、地表和地下的排水条件。在确定土和基岩的资料时,要最大限度地利用天然的和施工造成的出露。河岸、天然的悬岩、采石坑、公路和铁路的挖方都是有关土层的性质和厚度、基岩的岩性和构造等这类资料的许多来源的一部分。通过出现的小泉或泉水,它们还可以展示出所在地区地下水流量的资料。得到的地质资料应标志在草图上。

不可忽视的第二个资料来源是邻旁地产的所有者。就城市和城郊区的建筑物来讲,邻旁地产的所有者可能提供在他们的建筑物设计前所完成的钻探和土工试验的成果,采用的基础类型,以及基础应用效果的记录。至于远离市区的工程,居民经常可能提供地下水情况和建筑材料来源的资料。

8. 踏勘阶段的勘探

踏勘调查和勘探阶段的的目的之一是为场地的勘察费用作出粗略估计提供资料。根据本阶段的调研部分中得到的资料的性质和数量,可以看出为了检验调研结果,有必要布置少