

工程地质钻探手册

[苏] Б·М·列勃里克 著

地 质 出 版 社

工程地质钻探手册

[苏]Б·М·列勃里克 著

杨惠民 译

李敦宝 校

地 质 出 版 社

内 容 提 要

本书主要侧重于工程地质勘察中钻探工程的技术、工艺、信息、劳动组织和经济效果。分析了钻孔结构，提出了钻孔结构设计的建议，叙述了钻探设备和工具，提出了关于钻进规程设计的建议和钻探设备选择方面的论证。本书还特别注意钻孔的地质编录，不同钻进方法的信息，取样技术和工艺。叙述了安全技术知识和援引了工具和材料消耗定额。

本书可供从事工程地质勘察和地质勘探工作的工程技术人员和科学工作者参考。

Справочник

по бурению инженерно-геологических скважин

Б·М·Ребрик

Москва «Недра» 1983

工程地质钻探手册

[苏]Б·М·列勃里克 著

杨惠民 译

李敦宝 校

*

责任编辑：冯士安

地质出版社出版发行

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

*

开本：850×1168¹/₃₂ 印张：12.0625 字数：318,000

1988年12月北京第一版·1988年12月北京第一次印刷

印数：1—4005册 国内定价：4.65元

ISBN 7-116-00344-4/P·300

前 言

建筑业中工程勘察的一种基本形式是钻探。钻探费用在勘察施工总费用中所占的比例高达25%。勘察钻孔和钻探工作的作用和意义由下列因素决定：

1. 钻孔是直接获取关于所研究领域内岩层（土壤）的特性和物理力学性质的工程地质和水文地质资料的最重要的来源。

2. 钻孔也可以采用其他方法（地球物理方法、野外试验、实验方法等）获取上述资料。

3. 钻孔广泛应用于完成辅助工作（地下水开采，地震研究等）。

4. 钻探工作对于勘察部门的机械修配基地，它的材料技术供应和辅助设施的职能有决定性的影响。

因此对于钻探工作的发展和现代化应该给予重视和愈来愈多的注意。

本手册是对于进行勘探工作的勘察施工和勘察设计部门的工作人员所必须的参考数据进行选择和系统化的第一次尝试。在苏联，类似的手册以前还未出版过。

在编制本手册时，广泛利用现行定额规范文件（СНиП*、标准、准则、技术条件、指令和建议），决算与预算资料等众多的出版物。

在编制手册之前，对手册明确其方向、结构和内容方面，进行了大量的工作。许多单位和个人提出了近一百条建议。尽管由于手册的有限篇幅，不可能全部做到，但作者仍尽可能考虑全部建议。

* СНиП—Строительные нормы и правила

在准备手册时，利用了许多单位的材料和建议。没有众多的专家参加其准备工作，本手册的编写是不可能的。

Е. А. 科兹洛夫斯基，В. Ф. 罗戈夫，Г. П. 诺维科夫，Л. Г. 格拉布恰克，В. Г. 卡尔德什等，提供了有价值的指导和建议，对作者给以经常的帮助和支持。

作者对于所有在材料收集，书写和准备图表方面作出帮助的同 志，表示深切的感谢。

目 录

前言	
第一章 土壤及其物理-力学性质	(1)
§ 1 土壤的一般性质	(1)
§ 2 土壤的物理性质	(9)
§ 3 土壤的命名方法	(9)
§ 4 土壤和岩石的力学性质	(24)
§ 5 土壤的可钻性	(31)
§ 6 岩石的其它分类方法	(39)
第二章 工程地质钻孔及其特点	(53)
§ 1 钻探工作的用途	(53)
§ 2 工程地质钻孔的典型孔身结构	(55)
§ 3 钻孔的分类方法	(59)
第三章 工程地质钻孔的钻进方法	(66)
§ 1 工程地质钻孔的钻进方法分类	(66)
§ 2 各种钻进方法的特点及其应用范围	(66)
§ 3 合理应用各种钻进方法的建议	(81)
第四章 钻机	(87)
§ 1 钻机标准	(87)
§ 2 浅孔触探钻进用钻机	(92)
§ 3 深度从 5 m到30m的勘探孔钻进用钻机	(98)
§ 4 深度在30m以上的勘探孔钻进用钻机.....	(117)
§ 5 钻机选择方面的建议.....	(152)
§ 6 坑探浅井钻进用钻机.....	(158)
第五章 钻探用起重设备、泵、动力设备和压风机 设备	(162)

§ 1	钻探用起重设备	(162)
§ 2	钻孔冲洗用泵	(167)
§ 3	压风机	(168)
§ 4	发电机和发电站	(168)
§ 5	电动机	(171)
§ 6	内燃发动机	(174)
第六章	孔底机具和破岩工具	(175)
§ 1	液动冲击器	(175)
§ 2	风动潜孔锤	(176)
§ 3	风镐	(176)
§ 4	岩芯钻进用破岩工具	(178)
§ 5	液动冲击器钻进用工具	(179)
§ 6	风动潜孔锤和风镐钻进用工具	(181)
§ 7	环状孔底钢绳冲击钻进用钻具	(186)
§ 8	冲击振动钻进用钻具	(188)
§ 9	振动回转钻进用钻具	(190)
§ 10	螺旋钻进和慢转速回转钻进用钻具	(191)
§ 11	在软和松软岩层中大口径钻进用工具	(196)
第七章	钻杆、岩芯管和套管及其联接方式和附件	(198)
§ 1	钻杆	(198)
§ 2	岩芯管和套管	(199)
§ 3	异径接头	(218)
§ 4	钳子和夹持器	(221)
第八章	钻孔的钻进过程和钻进工艺	(222)
§ 1	硬合金岩芯钻进	(222)
§ 2	金刚石岩芯钻进	(226)
§ 3	慢转速回转钻进	(228)
§ 4	螺旋钻进	(228)
§ 5	环状孔底钢绳冲击钻进	(230)

§ 6	振动钻进	(231)
§ 7	振动回转钻进	(236)
§ 8	潜孔风镐钻进	(237)
§ 9	坑探浅井钻进工艺	(238)
§ 10	套管沉潜和起拔的方法与技术手段	(241)
§ 11	水域工程地质钻探的特点	(247)
第九章 工程地质钻探计算		(252)
§ 1	一般原则	(252)
§ 2	钻探基本指标	(252)
§ 3	钻具在孔内运动速度的计算	(254)
§ 4	啄击式冲击钻进参数的计算	(255)
§ 5	击砧式冲击钻进参数的计算	(257)
§ 6	全面孔底钢绳冲击钻进参数的计算	(260)
§ 7	冲击振动钻进参数计算	(262)
§ 8	离心振动激发器(振动器)的参数计算	(267)
§ 9	无弹簧式振动锤参数计算	(268)
§ 10	弹簧式振动锤参数计算	(271)
§ 11	慢转速回转钻进参数计算	(271)
§ 12	螺旋钻进某些参数的计算	(272)
§ 13	振动回转钻进参数的相互关系	(274)
§ 14	冻土层干钻取芯钻进规范的计算	(275)
§ 15	沉潜套管时回转和转摆机构的参数计算	(275)
§ 16	砂质地层套管起拔所需的力的计算	(278)
第十章 地质编录与取样		(280)
§ 1	概念	(280)
§ 2	岩层的随钻工程地质描述	(281)
§ 3	钻进方法的信息性	(292)
§ 4	结构被破坏的土样和原状土样的采取	(294)
§ 5	取土器	(295)
§ 6	根据孔内取出的原状土样对地层物理力学	

性质评价的准确性.....	(311)
§ 7 钻孔的孔眼质量.....	(313)
第十一章 孔内试验工作.....	(315)
§ 1 勘察试验工作的种类和工作量.....	(315)
§ 2 在孔内和坑探浅井内的压模试验.....	(318)
§ 3 翼轮探头剪切试验.....	(323)
§ 4 旁压测试.....	(324)
§ 5 静力触探.....	(330)
§ 6 动力触探.....	(338)
§ 7 冲击振动触探.....	(344)
§ 8 其它试验工作.....	(346)
§ 9 钻探和试验综合设备.....	(348)
第十二章 组织-技术措施.....	(355)
§ 1 工程地质勘察的组织方法.....	(355)
§ 2 事故的预防和处理.....	(356)
§ 3 安全技术.....	(358)
§ 4 钻探工具和材料的消耗(磨损)定额.....	(358)
参考文献.....	(367)
附录一 缩略语词表.....	(368)
附录二 某些技术语译名及俄文对照表.....	(372)

第一章 土壤及其物理-力学性质

在工程地质钻探中，土壤是作用对象和研究对象。钻探技术和工艺的选择，很大程度上决定于土壤的成分及其物理-力学性质。为便于应用，在表1—1中列出有关土壤参考数据的表格号。

§ 1 土壤的一般性质

在现代技术文献中，《土壤》这条术语有两重含义：广义的和狭义的。广义的土壤定义为：建筑构筑物时作为构筑物的基础、介质和材料的岩层。苏联国家建筑委员会现行的定额规范文件中所述的就是这种土壤定义。

狭义的土壤定义：是指地球岩石圈风化带的松散岩层。这些岩层是非粘结的（松散的），或者虽是粘结的，但其粘结强度比矿物颗粒本身强度小得多。作为自然物体的土壤，其显著特点是破碎性和分散性，这是与石质的（硬的和坚硬的）岩层的根本区别。狭义土壤是许多专门学科，其中包括土质学和土质力学的研究对象。

本手册采用广义的土壤术语，包括用于建筑目的的天然的和非天然的土壤。可是，在研究钻探过程时，经常还要使用土质力学和土质学的方法、模式和术语，因而必要时作为研究对象，也采用狭义的土壤术语。

在建筑工业土质力学中，要解决土壤的承载能力的确定和评价以及其它诸如建筑物基础、介质材料等问题。本手册中将从几个不同的角度分析土壤：第一，作为在钻进过程中受到破碎的介质；第二，作为必须从其中取出结构不受破坏的样品，以确定其物理-力学性质的介质；第三，作为在向土壤中压入各种元件（例

表 1—1 土壤参考数据表格

类 别	表 格 号
土壤按成分和其它质和量的特征分类	1—2、1—3、1—4、1—5、1—6、1—7、1—11、1—12、1—13、1—14、1—15、1—16、1—17、1—18、1—19、1—21、1—22、1—23、1—36
各种土壤的物 理-力学性质数据	1—9、1—10、1—25、1—26、1—27、1—28、1—29、1—30、1—31、1—33、1—34、1—35、1—37、1—38、1—41
岩石按可钻性分类	1—39、1—40、1—42、1—43、1—44、1—45
岩石按孔壁稳定性及取样完整性分类	1—46、1—47、1—48
土壤诸性质的计算公式	1—8、1—32
土壤的力学性质分类	1—29
土壤的模式	1—48

如锥体)过程中(也就是破碎过程)能够显示出建筑方面性能的介质;最后,第四,作为以一定方式对压入土壤的元件(例如钻头)起作用的介质和在很大程度上决定元件运动规律及其磨损的介质。

在天然土壤成份中的组份有三组:1.固体矿物颗粒;2.不同种类和状态的水;3.气态包体。此外,在某些土壤中还含有有机物和有机矿物成份。因此,土壤是三种组份的复合系统,它的性质决定于它的成因、成份、状态、岩化程度及其它因素。对自然形成的土壤的特性,应该注意它的性质不是不变的,而是随时间而变化的性质(例如在饱和水的过程中的变化)。

土壤中的固体矿物颗粒,是一个形状、成份和尺寸不同的固体矿物颗粒系统。其尺寸从几cm的粗粒碎屑等级,到极小的胶体级微粒,即小于 μm 的分散粘土。在苏联,一般公认的对组成

沉积岩（土壤）的颗粒，按其颗粒度分为：断面尺寸为2—0.05mm的砂粒，0.05—0.005mm的粉砂和0.005mm以下的粘土质颗粒（表1—2）。

表1—3为土壤的颗粒度分类表。

按И.М.戈里科娃根据不同大小颗粒的规律组合，土壤可分为下列各组：

I—海相（或湖相）成因的和粘土颗粒含量超过50%的不同矿物成分的高分散（粘土质）岩石；

II—陆相（水成）或海岸成因的从粘土到粉砂岩过渡性岩石；

III—陆相（主要为风积和飘移）成因的粉砂岩，粉砂含量在50%以上；

IV—主要为陆架沉积的砂质岩石，砂粒含量超过50%。

表 1—2 土壤颗粒及其尺寸

颗粒名称	尺寸, mm
砂粒（砂）	
甚粗颗粒	2—1
粗颗粒	1—0.5
中颗粒	0.5—0.25
小颗粒	0.25—0.1
细 粒	0.1—0.05
粉砂、颗粒	
粗 粒	0.05—0.01
细 粒	0.01—0.005
粘土颗粒	
粗 粒	0.005—0.001
细 粒	0.001 及以下

土壤中的水，可以处于自由状态和结合状态。А.Ф.列别捷夫把自由水分为重力水（它在压差作用下运动）和毛细管水（在毛细管张力作用下从地下水位到某一高度）。

结合水是包围着土壤矿物颗粒的薄膜水。薄膜水又分两层：牢固结合的吸附水层和弱结合水层。

粘土质土壤的强度，主要决定于颗粒之间胶结的结构类型。按И.М.戈里科娃，分为几种不同的结构类型：稳定型、凝聚型、塑凝聚型（包括凝结型）、凝聚-凝结混合型或凝聚-结晶型（凝聚-凝结型）。

结晶结合——呈脆性，强度最大，在其破坏后不再恢复。凝结和凝聚结合——较软，呈塑性，在其破坏后可以在不同程度上恢复。

表 1—3 B.B.奥霍京土壤颗粒度分类表

土壤名称	颗粒含量	
	粘土质颗粒的重量百分比，%	粉砂质与砂质颗粒比例
重粘土	>60	—
粘土	60—30	砂质含量大于粉砂质
粉砂质粘土	>30	粉砂质含量大于其余两种组分颗粒的每一组含量
重垆母	30—20	砂质大于粉砂质含量
重粉砂垆母	30—20	粉砂质大于砂质含量
中垆母	20—15	砂质大于粉砂质含量
中粉垆母	20—15	粉砂质大于砂质含量
轻垆母	15—10	砂质大于粉砂质含量
轻粉垆母	15—10	粉砂质大于砂质含量
重砂垆母	10—6	砂质大于粉砂质含量
重粉砂垆母	10—6	粉砂质大于砂质含量
轻垆母	6—3	砂质大于粉砂质含量
轻粉砂垆母	6—3	粉砂质大于砂质含量
砂	<3	粉砂质颗粒少于20%
粉砂	<3	粉砂质颗粒占20—25%
粉尘	<3	粉砂质颗粒含量大于50%

为了评价土壤的建筑性质，最重要的是它的构造，也就是土壤颗粒及其组份的空间分布和相互排列。这种分布和排列表征岩层中土壤的不均一性。天然粘土的构造类型分为：1.层状（薄层

表 1—4 C. П. 阿勃拉莫夫土壤总分类表

组	亚组	类型	种	变种
不同成因的 刚性胶结的 坚固(石质 的)土壤	岩浆岩	侵入岩(深成的)和 喷发岩(喷出的)	按岩石成分分类	按强度分类
	变质岩	区域变质岩 接触变质岩 动力变质岩	同上	同上
	沉积岩	不可溶的、可溶的	同上	同上
刚性胶结强度 较低的半 石质沉积土 壤	化学的和 生物化学 的	可溶的、可软化的	同上	同上
	碎屑的	可软化的、不可软化的	同上	同上
非刚性胶结 的、非石质 沉积土壤	粗粒碎屑 的	按粗粒碎屑尺寸及其 与充填物的比例关系 分类	按充填物成分分 类	按充填物状态 分类
	砂质的	按颗粒度组分分类	按构造密度分类	按含水饱和度 分类
	粘土质的	按沉陷度、膨胀性、 盐渍度、有机物质含 量分类	按塑性系数分类	按稠度分类
	生物成因 的	按有机物质成分分类	按有机物质分布 情况分类	按灰分度分类
非天然土壤	淤填土、 堆积土、 人类活动 遗迹土	按原始材料成分分类	按构造密度分类	按含水饱和度、稠度及其 其他特征分类

状和厚层状、带状、斜层状、页岩状等)；2.融合状(块状和隐层状)；3.复合状(斑状、蜂窝状、多粗孔状等)。

表1—4是土壤的总分类表。

表 1—5 岩浆岩和变质岩的基本种类及其特征

亚组	类	种	特 征
1	2	3	4
岩 浆 岩	侵 入 岩	花 岗 岩	酸性岩石,由长石(65—70%),石英(15—40%)和深色矿物(15—10%)组成。浅色,均质颗粒结构,有时呈斑岩状结构或伟晶结构,块状构造
		闪 长 岩	酸性岩石,由长石-斜长石(达75%)和深色矿物(达35%)组成。灰色,有时深色。均质颗粒结构或斑岩状结构,块状构造
		正 长 岩	中性岩石,由碱性长石(正长石,微斜长石达75—85%)和深色矿物(15—35%)组成。深色,均质颗粒结构,有时呈斑岩状结构,块状构造
		辉 长 岩	碱性岩石,由长石-碱性长石(达75%)和深色矿物组成。深色到黑色,均质颗粒结构,斑岩状结构,块状构造
	喷 出 岩	流 纹 岩	按矿物成分与花岗岩相似。浅色,当含有大量玻璃质时为深色。斑状结构,有时呈流纹状结构
		安 山 岩 (玢岩)	致密微晶质岩石,按矿物成分与闪长岩相似。灰色,绿灰色。基质结构——闪长斑岩状,当空隙有玻璃质充填时——间片结构,当玻璃质为主时——玻晶交织结构
		粗 面 岩 (正长斑岩)	多孔的微晶岩石,矿物成分与正长岩相似。浅色(白色,灰色,浅黄色,浅红色),正长斑岩为灰绿色。流纹结构,泡状结构
		玄 武 岩 (辉绿岩)	全晶质岩石,其矿物成分与辉长岩相似。灰色到黑色。均质颗粒结构,有时呈斑状结构。块状构造

续表

亚组	类	种	特 征
1	2	3	4
变 质 岩	区 域 变 质 岩	片麻岩	结晶岩石，由长石、石英和深色矿物组成，浅色，颗粒尺寸不定，一般呈明显的片状结构，有时为薄片状、带状或条带状构造
		石英岩	结晶岩石，主要由石英组成，颜色多样，主要为浅色，花岗变晶状结构，条带状、片状构造
		结晶片岩	不同矿物成分的全晶质岩石，颜色多种多样变晶质结构，片状构造
		千枚岩	全晶质岩石，由石英、绢云母、黑云母和钠长石混合物的绿泥石组成，浅绿色，变晶质结构，片状构造，沿片理面有丝状光泽
		泥质页岩	细粒结晶岩石，由石英、石英薄片、绢云母和绿泥石薄片以及粘土质颗粒组成。一般为浅绿色，当有炭质颗粒时为黑色，薄片状构造在水中不膨胀
	接 触 变 质 岩	角岩	不同矿物组成的显晶质岩石，深色到黑色，矿物颗粒有不规则的等轴轮廓，角岩状结构或圆石状结构，原生岩的片理一般不明显
		矽卡岩	结晶岩石，由花岗石，辉石和其它灰质铁硅酸盐矿物组成
		大理岩	全晶质碳酸盐岩石，其颜色决定于杂质的成分，花岗变晶状结构，大多是块状构造，少数为层状构造
	动力 变质岩	糜棱岩	经旋动压碎的岩石，致密，类角岩状，全变晶结构或糜棱状结构，球状构造

表 1—6 沉积成因的石质土壤基本种类及其特征

种 类	特 征
角砾岩	胶结坚固的岩石，由块度大于2mm的不同成分的非圆滑碎块组成
砾 岩	由砾石坚固胶结而成
砂 岩	由不同矿物成分组成的砂经坚固胶结而成，胶结物一般为硅质
白云岩	碳酸盐岩石，由白云石组成，一般含有方解石，由致密泥岩状结构到粗粒全晶质结构，对盐酸有弱的起泡现象
石灰岩	碳酸盐岩石，主要由方解石组成，从泥岩状结构到粗粒全晶质结构。对盐酸大量起泡

表 1—7 半石质土壤的基本种类及其特征

种	特 征
泥灰岩	灰质-泥质岩石，有多种颜色，似白垩状结构，有时为致密泥土状结构，个别为鲕状结构，板状节理，与盐酸起泡
白 垩	碳酸盐岩石，几乎全部由方解石组成，白色，手触留痕，与盐酸强烈起泡
石灰岩-介壳灰岩	石灰岩，主要由整体的或破碎的软体动物介壳组成
鲕状灰岩	有鲕状结构的灰岩
蛋白土	硅质岩石，由蛋白石混杂有各种硅质生物残留物，细小的石英碎块和长石碎块，海绿石和粘土组成，灰色
硅藻土	硅质岩石，硅藻类鳞片，少量放射虫和海绵骨针，以及粘土、石英和海绿石组成
类硅藻土	硅质岩石，与硅藻土相似，但几乎没有生物残留物
砂 岩	弱胶结的砂，胶结物为泥质、泥灰质、灰质和铁质
粉砂岩	胶结的粉砂，颗粒度为0.1—0.01mm
泥板岩	石状粘土质岩石，微细层状构造