

地质勘探孔 钻探工程师手册

第一册

[苏] E. A. 科兹洛夫斯基 等著

地质出版社

地质勘探孔钻探工程师手册

第 一 册

〔苏〕 E.A.科兹洛夫斯基 等著

赵国隆 李常茂 周国荣 译
隋宗俊 张祖培
崔福魁 校

地质出版社

内 容 提 要

本书研究了岩石分级及固体矿床钻进的地质技术条件。阐述了岩石破碎的现代方法。论述了钻探设备、地质勘探钻孔测量、检测手段、地质勘探钻进辅助工序机械化设施、钻杆及套管。引用了金刚石及硬质合金碎岩工具及全面钻进钻头的资料。论述了钻孔取样的技术装备。

本书供地质勘探机构中从事固体矿床勘探的工程技术人员以及科研设计机构的工程技术人员使用，亦可供地勘高等院校的学生参考。

作者：E. A. 科兹洛夫斯基，B. Г. 卡尔迪什，B. B. 穆尔扎科夫，Г. A. 布利诺夫，B. M. 皮捷尔斯基

СПРАВОЧНИК

инженера по бурению геолого-разведочных

скважин

Том 1

Под общей редакцией

Проф. Е. А. Козловский

Москва "Недра" 1984

地质勘探孔钻探工程师手册

第一册

[苏] E. A. 科兹洛夫斯基 等著

责任编辑：冯士安

地质出版社出版发行

(北京和平里)

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：850×1168^{1/32} 印张：20,8125 字数：55,0000

1990年10月北京第一版·1990年10月北京第一次印刷

印数：1—1840册 国内定价：14.25元

ISBN 7-116-00658-3/P·561

前 言

苏联共产党和苏联政府在国家发展的各个时期，极其重视扩大苏联的矿产资源基地，在地质勘探工作中推广科学技术成就，提高工作的经济效益。从而保障矿藏勘探者具有更明确的工作方向，提高科学的作用，建立地质勘探工作的研究体系和技术手段。地质勘探工作是一个复杂的科学技术过程，在地质调查工作的不同阶段，每个工种都是有价值的，并起着重要的作用。

近年来，勘探钻进领域日益完善，变化巨大，研制和推广了新型钻机，实现了辅助工序机械化，研制了新型碎岩工具，先进的钻探工艺（金刚石、无岩心、小口径、高转速钻进等）得到广泛应用。

编写本手册是因为需要系统地总结、分析和综合苏联和外国迅速发展的地质勘探工作的科学、技术和管理经验。

手册应阐明钻探工作在解决苏联发展矿产资源基地根本性问题中所起的作用。钻探是矿床普查勘探主要方法之一，其经费在整个地勘工作拨款中占25%以上。

钻探工程科学技术的进步，保障了从根本上改进钻探的技术和工艺，从而提高上交工业储量的质量。这里应该特别强调基础科学研究、原理结构研究、生产单位以及先进生产者的宝贵经验所起的作用。地质勘探工作的科学管理以及工艺过程的控制具有重要意义。这些新的方向包括勘探钻进过程的模拟，建立经济数学模型，基本上能够分析钻进过程，使之目的更加明确，技术上更能成熟。同时建立钻进过程自动控制系统，使整个钻进过程实现完善的科学管理，消除众多易于影响钻探效率和质量的主观因素。

手册中包含了多种结构的资料，其结构和内容考虑了不同的

读者，不仅考虑了当前，而且也考虑了今后完善钻探工作的问题。

手册中涉及的问题广泛，因为现代钻探工作和管理工作要求专家在技术、工艺、管理、地质、经济方面有多种知识，包括计划、预测、地质机构适应社会发展等问题。所有这些有助于造就专家成为博学者，把他们的工作引向科学程序的高度。从这里作者看到了提高钻探效率和质量的主要核心，知识是地质勘探工作极其重要的基础之一。

目 录

前言	1
第一篇 钻探是地质勘探工作的一个工种	3
第一章 钻探的任务	3
§ 1 地质勘探工作的阶段	3
§ 2 钻探基本专业术语及其定义	6
第二章 岩石分级、地质技术条件及固体矿床 钻探方法	10
§ 1 岩石的主要性质	10
§ 2 根据岩石可钻性及物理力学性质划分岩石级别	19
§ 3 根据漏失率进行地层分类	28
§ 4 岩心允许的最小直径和典型钻孔结构分类	34
§ 5 岩石破碎方式	39
第二篇 地质勘探孔钻进的技术装备	46
第三章 钻探设备	46
§ 1 钻机及设备分类	46
§ 2 钻探设备的标准化和统一化	54
§ 3 普查钻探用移动式 and 自行式钻机和设备	63
§ 4 固体矿产钻探用移动式 and 自行式钻机及设备	82
§ 5 水文地质钻探用自行式设备	126
§ 6 钻进爆破孔用自行式机组	149
§ 7 钻探水泵	158
§ 8 钻探胶管	171
第四章 钻进地质勘探孔用的测量和控制设备	173
§ 1 钻进规程参数的检测仪器	173
§ 2 钻探设备和工具的非破坏性的检验器具	190
§ 3 用非破坏性检验法综合检验钻探装置的设备、 工具和起重机械	195

第五章 辅助工序机械化用技术器具	202
§ 1 机械化基本原理	202
§ 2 机械化工具效果的评价	207
§ 3 钻塔和桅杆参数的设计和确定的基本原理	214
§ 4 钻塔和底座	222
§ 5 钻探桅杆	223
§ 6 起重装置	230
§ 7 拧卸钻杆用技术器具	240
§ 8 套管提升装置	247
§ 9 钢丝绳	250
第六章 钻杆和套管	253
§ 1 接头和锁接头连接的钻杆	253
§ 2 钻铤	265
§ 3 岩心管和套管	267
第七章 提高钻杆柱耐久性的措施	271
§ 1 提高钻杆柱耐久性的原则	271
§ 2 钻杆和锁接头感应淬火的工艺和组织	279
§ 3 聚合物涂层防止钻杆锈蚀	282
§ 4 钻杆柱的使用	283
第八章 金刚石岩石破碎工具	300
§ 1 金刚石是钻头破碎岩石的元件	300
§ 2 金刚石钻头的结构特点	305
§ 3 金刚石钻头的技术规格及应用范围	314
§ 4 绳索取心的金刚石岩石破碎工具	326
§ 5 金刚石全面钻头	331
§ 6 金刚石扩孔器	333
§ 7 合成超硬材料	336
§ 8 合成金刚石和超硬材料的破碎岩石工具	338
第九章 硬质合金岩石破碎工具	343
§ 1 硬质合金及其特性	343
§ 2 岩心钻探硬质合金钻头	360
§ 3 液动冲击钻进用硬质合金钻头和工具	373

§ 4	风动冲击钻进用硬质合金钻头	384
§ 5	钻头制造工艺	386
第十章	无岩心钻进用全面钻头	394
§ 1	全面钻头类型和应用范围	394
§ 2	钻头的结构特点	397
第十一章	钻孔取样器具	403
§ 1	对岩心的要求	403
§ 2	根据地质技术条件和取心复杂程度的岩石分类法	408
§ 3	采取岩心的技术器具	416
§ 4	采取岩粉样品	433
§ 5	岩心的贮存	437
第十二章	钻进时排除事故用工具	441
§ 1	打捞工具	441
§ 2	铣刀和切管器	452
§ 3	排除卡钻的工具	456
§ 4	可卸式异径接头	458
第三篇	钻进地质勘探孔用的特种技术工具	460
第十三章	绳索取心和冲洗液循环钻进用技术工具	460
工具		460
§ 1	特殊钻进方法的一般性能	460
§ 2	绳索取心钻进用CCK型钻具	462
§ 3	KCKK-76型绳索取心钻进用技术工具	474
§ 4	水力输送岩心钻进用KTK-100(300)型设备	492
第十四章	孔底液动冲击器钻进用技术工具	503
§ 1	液动冲击钻进方法的特点	503
§ 2	中频液动冲击器	505
§ 3	高频液动冲击器	514
§ 4	液动冲击器的调整	523
第十五章	空气钻进用技术设施	525
§ 1	空气回转钻进	525
§ 2	潜孔风动冲击器钻进	527
第十六章	机械钢绳冲击钻进用工具	533

§ 1 无岩心钻进用工具.....	533
§ 2 套管、辅助工具、固井附属工具.....	538
§ 3 钢绳冲击取心钻进用工具.....	543
第十七章 无清洗介质钻进松软岩层用技术设施	544
§ 1 螺旋钻进用工具.....	544
§ 2 震动钻进用工具	548
第十八章 定向分枝孔钻进技术设施	552
§ 1 基本概念.....	552
§ 2 钻进新孔用的器材.....	554
§ 3 钻孔人工弯曲用器材.....	556
§ 4 偏斜装置定向用仪器.....	566
§ 5 钻孔弯曲的测量仪器.....	578
§ 6 岩心测量的方法和技术.....	587
第四篇 钻探设备的传动和勘探钻孔的动力供应.....	593
第十九章 钻探设备电力传动的类型	593
§ 1 电动机的类型.....	593
§ 2 电力传动的调整	599
§ 3 钻探用电站.....	603
第二十章 电源的选择和评价.....	605
§ 1 电能质量对传动工作的影响.....	605
§ 2 移动式电站供电时电力传动的稳定性.....	606
§ 3 与温度条件有关的电动机允许载荷.....	607
§ 4 高山条件下电气设备的工作性能.....	610
§ 5 地质勘探工作用动力设备功率的确定.....	611
§ 6 空中输电线路的计算和架设.....	614
§ 7 供电的最优化.....	624
第二十一章 内燃机传动和液压传动	635
§ 1 柴油机.....	635
§ 2 汽油机.....	639
§ 3 液力传动的特点.....	640
§ 4 液力传动元件及其生产.....	642
参考文献	655
后记.....	659

前 言

苏联共产党和苏联政府在国家发展的各个时期，极其重视扩大苏联的矿产资源基地，在地质勘探工作中推广科学技术成就，提高工作的经济效益。从而保障矿藏勘探者具有更明确的工作方向，提高科学的作用，建立地质勘探工作的研究体系和技术手段。地质勘探工作是一个复杂的科学技术过程，在地质调查工作的不同阶段，每个工种都是有价值的，并起着重要的作用。

近年来，勘探钻进领域日益完善，变化巨大，研制和推广了新型钻机，实现了辅助工序机械化，研制了新型碎岩工具，先进的钻进工艺（金刚石、无岩心、小口径、高转速钻进等）得到广泛应用。

编写本手册是因为需要系统地总结、分析和综合苏联和外国迅速发展的地质勘探工作的科学、技术和管理经验。

手册应阐明勘探工作在解决苏联发展矿产资源基地根本性问题中所起的作用。勘探是矿床普查勘探主要方法之一，其经费在整个地勘工作拨款中占25%以上。

勘探工程科学技术的进步，保障了从根本上改进勘探的技术和工艺，从而提高上交工业储量的质量。这里应该特别强调基础科学研究、原理结构研究、生产单位以及先进生产者的宝贵经验所起的作用。地质勘探工作的科学管理以及工艺过程的控制具有重要意义。这些新的方向包括勘探钻进过程的模拟，建立经济数学模型，基本上能够分析钻进过程，使之目的更加明确，技术上更能成熟。同时建立钻进过程自动控制系统，使整个钻进过程实现完善的科学管理，消除众多易于影响勘探效率和质量的主观因素。

手册中包含了多种结构的资料，其结构和内容考虑了不同的

读者，不仅考虑了当前，而且也考虑了今后完善钻探工作的问题。

手册中涉及的问题广泛，因为现代钻探工作和管理工作要求专家在技术、工艺、管理、地质、经济方面有多种知识，包括计划、预测、地质机构适应社会发展等问题。所有这些有助于造就专家成为博学者，把他们的工作引向科学程序的高度。从这里作者看到了提高钻探效率和质量的主要核心，知识是地质勘探工作极其重要的基础之一。

第一篇 钻探是地质勘探 工作的一个工种

第一章 钻探的任务

§ 1 地质勘探工作的阶段

地质勘探工作划分为以下阶段：

I—区域地质测量及物探工作；

II—矿床普查；

III—初步勘探；

IV—详细勘探；

V—开采矿山的勘探；

VI—开发勘探。

区域地质测量及物探工作 在大面积的土地上进行，其目的在于阐明地质构造及矿床露头，其工作成果作为布署更加详细工作的依据。区域地质测量及物探工作分为：

I—1 1:200000 (1:100000) 比例尺的区域物探工作；

I—2 1:200000 (1:100000) 比例尺的区域地质测量；

I—3 1:50000 (1:25000) 比例尺的地质测量；

I—4 深部地质填图。

根据独立的区域及局部地质构造特点、矿产资源远景及其研究程度，有些工作阶段可以合并，或者从整个区域地质研究的体系中排除。

固体矿床的普查 有其特性，其目的是发现一定种类的矿

床，但是在实际工作中，调查了所有的伴生有用矿物组分。由于不同类型的矿床其所局限的自然条件不同，所以采用不同的普查方法和技术手段。

1:50000—1:25000比例尺的地质图及矿产资源图是设计普查工作的基础。在图件上划出远景区。当地区的地质构造简单并且很确切地查明了矿床分布的规律性，在某些情况下可以以1:200000（1:100000）比例尺的地质图及矿床成因预测图为依据，进行普查工作。

普查工作分为：

Ⅱ—1 全面普查；

Ⅱ—2 详细普查；

Ⅱ—3 普查评价工作。

初步勘探 的主要任务是阐明地质构造，矿床的产状、埋藏条件、质量、工艺性能以及整个矿床（矿区）储量，矿床开采的矿山技术条件以及地区的经济地理条件，以便对矿床作出初步的地质经济评价。

在矿床初勘阶段，对已进行的普查评价工作进行补充调查，修正矿床地质图（1:10000—1:1000）；挖槽或打一排探井（浅井），以验证矿床分布边界，并在地表找出露头，沿着其走向跟踪探索。

详细勘探 根据矿床初勘资料，作出肯定的评价，并计划在近年内进行工业开采时，进行详细勘探。详勘的目标是整个矿床（矿山或露天矿场）或首先进行工业开采的那部分矿床。矿床详勘结果应求出矿床储量，在规定的期限内能保障矿山开采企业进行开采。

开采矿床的勘探 以及在完成详勘后交付开采的矿床的勘探，是在‘开采’时进行补充地质调查。这个勘探阶段的主要任务是继续查明过去调查工作不足的那部分矿床（侧翼、深部、空间隔离的地段），当矿产品位标准或者矿脉边界改变时，在支脉边界、矿体轮廓调查不足的矿床（煤层）进行调查，以确保开采矿

山的勘探储量。

在这个阶段遵照苏联国家储委提出的关于矿床地质构造补充调查以及在开采过程中矿产质量问题的建议，在求出 C_1 及 C_2 级储量的地段，使之转入A及B级储量，以备后续进行开采。矿区其他部分可能发现新的，以前未被发现的矿层，开始时确定 C_1 及 C_2 级储量，然后转入高级储量。根据矿床开采过程取得的地质资料进行此项工作。

当矿床准备进行开采时，进行开采勘探。先掘进主矿山准备巷道及切割巷道，并且同时进行矿床开采，直到采完。开采勘探的目标是准备开采的地段以及露天矿场进行开采的梯段及矿段。这个阶段勘探的主要任务是尽最大的可能修正矿体的轮廓、质量以及矿山技术开采条件。为了获取所需的信息，应利用在开采地区钻凿的所有的矿山准备、切割、回采巷道，钻孔、探井及专用的勘探巷道资料。

开采勘探应在所有类型的矿床和各种矿物开采时进行。

坑探巷道（除地表）经费最贵，采用的勘探设备笨重。钻探的花费要便宜得多，施工明显加快。物探方法勘探比其他勘探方法便宜得多，而且完成工作的时间要快。在地质勘探工作中，所有这些方法都采用，而且互相配合使用，即用坑探巷道验证钻探资料，钻探则验证物探调查结果（物探的作用愈来愈大），物探还能补充并修正不完整的，甚至是错误的勘探钻孔资料。

在国民经济建设中，钻探用于解决重大的综合性的课题，并用于进行科学试验工作。从建设任何一个现代化的建筑和工程之前的钻取土样开始，直到从海上或滨海钻进深孔及钻进月球取样孔。

根据钻孔的用途，可划分为地质勘探、开采、工程和爆破钻孔。

地质勘探孔 与坑探巷道相比，虽然所获得的矿产资料不很准确，但却被广泛采用，因为钻探的速度快，每米进尺的材料消耗少，在勘探深部矿层时尤为重要。在地质勘探工作中，钻探比

重不断增加。钻探技术明显提高并更加复杂。对于众多的矿产勘探，钻探已成为主要的甚至是唯一的勘探手段。

钻进地质勘探孔的目的是为了在钻孔的整个孔段或大部分孔段获取岩样，编录地质剖面，查明岩石的成分及性质。在钻孔中进行各种物探方法测井，查明岩石的物理及其他特性，扩大和修正对钻孔周围空间的岩石的认识。

无论是固体、液体或者是气体的所有矿产，如不采用钻探，则不能进行勘探。在普查测量工作阶段，钻进地质填图孔或普查孔，以弄清深部岩层的产状，要钻进构造孔或基准孔；在矿床详勘阶段，要钻进勘探、取样、水文地质钻孔。

钻探工程广泛应用于工程地质勘察，钻探目的是为桥梁、道路、水坝、房屋建筑进行土壤试验，亦用于现有工程基础、地基的检验。物探方法获得的有关矿床的资料也用钻探验证。

开采孔 的目的是开采液体和气体矿产：如石油、天然气、盐卤、矿泉水、饮用水和工业用水。

工程孔 用于各种工程目的，如地下巷道的通风、排水、敷设管路、电缆和放料口；用特殊方法掘进巷道并开采矿石（煤、硫等）；在开凿竖井前冻结疏松浮土及含水砂层；在孔隙岩层中压入各种填料（如水泥）；地下制取煤气；排除气体、排水、湿润煤层及其他目的；通过在塑性岩层中以孔内爆破法建造地下油气储库；扑灭地下火灾及油井失火等。

爆破孔 用于地下巷道掘进、从露天矿场及井下巷道开采矿石，也用于地震勘探爆破孔。

§ 2 钻探基本专业术语及其定义

钻孔（图 1-1）地壳中的圆柱状孔，其特点是与长度相比，直径不大。从地表可以钻进垂直孔或倾斜孔，从地下巷道可以钻进水平孔及天井（向上）。

根据钻孔倾角 i 或顶角 θ 及方位角 α ，确定钻孔方向。钻孔倾

角是钻孔轴线与水平面的交角。顶角是钻孔轴线与垂直面的交角。钻孔方位角是钻孔在平面上的投影与正北方向的交角。

孔口 钻孔与地面相交的位置，或在地下钻进时，钻孔与矿山巷道单元相交的位置。

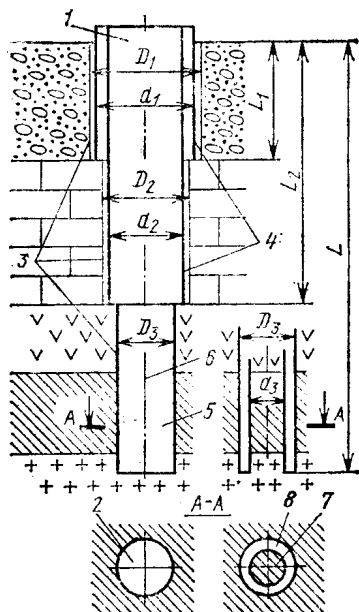


图 1-1 钻孔结构要素

1—孔口；2—全面孔底；3—孔壁；4—套管；5—孔眼（井筒）；6—钻孔轴线；7—岩心；8—环形孔底； D_1, D_2, D_3 —不同孔段孔径； d_1, d_2, d_3 —套管直径； L_1, L_2 —套管加固孔段的深度； L —孔深

岩石在碎岩工具作用下，不断移动着的钻孔底面叫做孔底，而其侧面叫做孔壁。

由于钻进的方法、目的和深度不同，钻孔直径范围从 26mm 到 1m，甚至大于 1m。特殊的钻孔如探井或竖井直径可达 8m。钻孔深度不同，从几 m 到几千 m。世界上最深的钻孔达 12km，还计划钻进更深的钻孔（达 15—18km）。

以两种工作原理作为机械钻进的基础，冲击使孔内岩石破碎，回转使孔内岩石磨损，造成表面的、疲劳的以及体积破碎。根据这些岩石破碎原理，有各种不同的钻进方法：冲击、回转及冲击回转。孔底岩石破碎是钻进的主要工序。目前在钻探中也采用物理方法破碎岩石。

如果不能及时地从孔底清除岩粉——破碎了的岩石微粒，则不可能有正常的钻进。由于钻进方法不同，排除岩粉的方法，可以随着钻孔的加深，同时排粉，或者与钻进交替进行。在钻进过程中，升降工序占用了很长时间。升降工序是为了更换磨损了的钻头和从孔内提取岩心。

在钻进不稳定岩层时，要保护孔壁。在钻进过程中或终孔后要进行各种物探测井以及水文地质试验，有时要封堵漏失层、预防事故、人工造斜等。

根据孔底岩石破碎方式，可以分为岩心钻探及无岩心钻探。在岩心钻探中沿孔底外环形部位破碎岩石，中心部分保留不被破碎的岩柱——岩心，取出地面后，即成为地质研究的实物。在无岩心钻进中，沿着整个钻孔截面破碎岩石。在地质勘探工作中，主要采用岩心钻探。

也可按照破碎岩石工具和研磨材料的特性，区分钻探方法。碎岩工具的种类如下：刮刀钻头、金刚石或硬质合金钻头、钻粒钻头、牙轮钻头、热力钻头等等。

根据驱动碎岩工具的动力机所处的位置不同，钻进方法分为地面动力机钻进及孔底动力机钻进以及地面和孔底同时驱动的动力机钻进，后者如冲击回转钻进。孔底动力机有回转式的—涡轮钻（液动）及电钻；冲击钻具有液动冲击器及风动潜孔锤。

钻进及岩石破碎方法 岩石破碎特性分为体积、表面及疲劳破碎。当体积破碎时，碎岩工具与岩石接触点产生的应力超过岩石的压入硬度，即 $G/F > p_m$ ，式中 G —碎岩工具上的轴向压力， F —碎岩工具与岩石的全部接触面积， p_m —岩石的压入硬度。当 $G/F < p_m$ ，即切削刃未吃入岩石中，发生表面破碎，这种破碎方