

高等学校教学参考书

岩心钻探学

Б. И. 沃兹德维任斯基 著
〔苏〕 С. А. 沃尔科夫 А. С. 沃尔科夫



高等学校教学参考书

岩心钻探学

Б.И.沃兹德维任斯基

[苏] С.А.沃尔科夫 著

А.С.沃尔科夫

汤凤林 译 李世忠 校

地质出版社

内 容 提 要

本书系苏联高等学校探矿工程专业教学用书（教材，教学参考书）。

书中讨论了钻探工具和钻探设备，描述了钻进准备工作。对于硬合金钻进、金刚石钻进、绳索取心钻进、冲击回转钻进和水力输送岩心钻进的钻进工艺给予了很大的注意。此外还叙述了水平孔钻进的特点，提供了钻进控制测量仪表和钻探工作综合机械化、自动化方面的资料，简述了事故的预防及其处理。

本教材可供地质勘探高等院校探矿工程专业学生使用，也可作为探矿工程生产技术人员及科学研究人员的参考用书。

Б.И.Воздвиженский

С.А.Волоков

А.С.Волоков

КОЛОНКОВОЕ БУРЕНИЕ

МОСКВА «НЕДРА» 1982

高等学校教学参考书

岩 心 钻 探 学

Б.И.沃兹德维任斯基

〔苏〕С.А.沃尔科夫 著

А.С.沃尔科夫

汤凤林 译 李世忠 校

责任编辑：李源明 杨学涵

地 质 学 社 出 版

（北京西四）

地 质 学 社 印 刷 厂 印 刷

（北京海淀区学院路29号）

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：850×1168¹/₃₂印张：12 字数：305,000

1985年5月北京第一版·1985年5月北京第一次印刷

印数：1—3,065册 定价：2.25元

统一书号：13038·教200

前 言

从地下取出（圆柱形）岩心形式岩样的岩心钻探，是固体矿床普查、勘探和工程地质勘察的基本手段。根据这种岩样，可以最准确地编制地质剖面图、确定矿产产状和计算矿产储量。这就是《探矿工程》专业大学生应该从理论上和实践上深入学习岩心钻探的原因。该专业大学生学完《岩心钻探学》这门重要课程之后，还要进行岩心钻探的教学实习、生产实习，课程设计和毕业设计。

然而，现在没有这门重要课程的最新教材。《岩心钻探教程》是1957年由莫斯科地质勘探学院钻探教研室工作人员编写出版的。从那以后，岩心钻探发生了很大的变化：广泛采用并掌握了高效的金刚石钻进、代替了钻粒钻进；迅速掌握了借助于液动冲击器和部分气动冲击器进行的冲击迴转钻进；钻孔结构急剧地向减小孔径方面变化，而且钻孔结构本身也简化了；钻进速度增加了好几倍。

莫斯科地质勘探学院钻探教研室试图把现有岩心钻探发展方面文献中的广泛材料概括总结起来。同时利用了全苏勘探技术研究所、中央地质勘探科学研究所、专门设计局、莫斯科地质勘探学院钻探教研室及其它教学、生产单位的科研成果。

本教材的各个章节是由下列人员编写的：Б. И. 沃兹德维任斯基——第一章第一节、第五章第七、八节、第八、十一、十四、十五、二十一章；Б. И. 沃兹德维任斯基和 С. А. 沃尔科夫——第一章第二节；Б. И. 沃兹德维任斯基和 Б. А. 诺沃日洛夫——第三章第一、二、三、六节、第七、八章和第十八章；С. А. 沃尔科夫和 А. С. 沃尔科夫——第二章、第三章第四、五节、第四章、第五章第一——第六节、第六、九、十、十二、

十六、十七、十九、二十章。

作者们对技术科学博士、E. Л. 利马诺夫教授和技术科学副博士、B. B. 穆尔扎科夫在评论本书时提出的宝贵意见表示衷心的感谢。

作者们对一切批评意见将是非常感谢的。批评意见请寄：莫斯科，特列季亚科夫大街，1/19，《矿产资源》出版社。

目 录

前 言	V
第一章 概 论	1
§ 1. 岩心钻探的概貌	1
§ 2. 岩心钻探技术和工艺发展历史简况	4
第二章 岩心钻探的分类	13
第三章 岩心钻探用工具	20
§ 1. 岩心钻具	20
§ 2. 钻杆柱	23
§ 3. 迴转钻进时钻杆的工作	30
§ 4. 钻杆合理使用方法和技术手段	32
§ 5. 钻杆质量的操作检查	39
§ 6. 套管及其附属工具	40
第四章 钻机、钻探机组和钻探设备的分类	44
§ 1. 钻机	44
§ 2. 钻探机组	45
§ 3. 钻探设备	45
§ 4. 钻探设备的类别	47
第五章 钻机、钻探机组和钻探设备	51
§ 1. 100米以内钻孔钻进用钻机、钻探机组和钻探设备	51
§ 2. УКБ-200/300С自行式钻探设备	58
§ 3. ЗИФ型钻机和钻探机组	63
§ 4. СКБ-5 钻机	84
§ 5. СКБ-7 钻机	86
§ 6. БА-2000钻探机组	89

II

§ 7. 螺旋差动给进钻机.....	98
§ 8. 带有活动迴转器的钻机.....	100
第六章 钻探水泵.....	103
§ 1. 钻探水泵概述.....	103
§ 2. 水泵的结构.....	105
§ 3. 水泵附件.....	111
§ 4. 钻探水泵参数的选择.....	113
§ 5. 驱动用动力机功率的计算.....	120
第七章 钻探设备的动力驱动装置.....	122
§ 1. 电力驱动装置.....	122
§ 2. 内燃机(ДВС).....	123
§ 3. 岩心钻探用动力机功率的选择.....	123
第八章 钻塔和轻便井架.....	131
§ 1. 钻塔.....	131
§ 2. 移动式钻塔(轻便井架).....	136
§ 3. 计算钻塔用的一般资料.....	139
第九章 钻孔的设计和准备工作.....	144
§ 1. 概述.....	144
§ 2. 钻孔结构设计(ПКС)的制定.....	145
§ 3. 钻探设备、工具的选择和钻进工艺的制定.....	148
§ 4. 地质技术施工书(ГТН)的制定.....	149
第十章 钻进速度.....	152
§ 1. 机械钻速.....	152
§ 2. 回次钻速.....	154
§ 3. 技术钻速.....	156
§ 4. 经济钻速.....	157
§ 5. 循环钻速.....	158
§ 6. 总平均钻速.....	159
§ 7. 钻探设备的利用率.....	160
第十一章 硬合金取心钻进工艺.....	161

§ 1. 取心钻进理论的几个问题·····	161
§ 2. 硬合金钻头迴转钻进·····	164
第十二章 金刚石取心钻进工艺·····	175
§ 1. 天然金刚石及其性质·····	175
§ 2. 人造金刚石及其性质·····	183
§ 3. 金刚石钻头·····	184
§ 4. 金刚石扩孔器·····	192
§ 5. 金刚石钻进工艺规程·····	194
§ 6. 钻具减振的方法和措施·····	201
§ 7. 粉粒金刚石钻头钻进的基本指标·····	204
第十三章 绳索取心钻进·····	207
§ 1. 绳索取心钻进的基本优越性·····	207
§ 2. 绳索取心钻具CCK·····	208
§ 3. 绳索取心钻进用钻杆·····	213
§ 4. 绳索取心钻进用金刚石钻头·····	217
§ 5. 绳索取心钻进用设备安装图·····	219
§ 6. 绳索取心钻进工艺·····	220
§ 7. 普通取心钻进与绳索取心钻进的对比·····	222
第十四章 冲击迴转钻进·····	226
§ 1. 概述·····	226
§ 2. 液动冲击钻进·····	226
§ 3. 压缩空气洗孔迴转钻进和冲击迴转钻进·····	240
§ 4. 气动冲击器钻进·····	244
§ 5. 冲击迴转钻进的进一步发展前景·····	247
第十五章 钻粒钻进·····	251
第十六章 冲洗液流连续取心钻进·····	255
第十七章 水平孔钻进·····	266
§ 1. 水平钻进的应用范围·····	266
§ 2. 水平孔钻进中的升降工序·····	267
§ 3. 水平孔钻进的技术手段·····	270

IV

§ 4. 水平孔钻进工艺	274
§ 5. 水平孔钻进功率消耗的计算	275
第十八章 控制测量仪表和钻进过程综合机械化、自动化 的一些问题	277
§ 1. 岩心钻探用控制测量仪表	277
§ 2. 升降工序的机械化方法和快速方法	287
§ 3. 岩心钻探钻机用的可调电力驱动装置	297
§ 4. 岩心钻探过程自动化的途径	299
第十九章 冲洗液漏失的预防与处理	307
§ 1. 使用专门的冲洗液	308
§ 2. 灌注器的结构	309
§ 3. 堵漏混合物的配方	316
第二十章 提高岩矿心采取率的措施	322
§ 1. C. A. 沃尔科夫岩矿心采取分类表	322
§ 2. 双层岩心管	323
§ 3. 反冲洗钻进	332
§ 4. 矿层钻进	348
§ 5. 岩心和岩屑的采取	350
第二十一章 岩心钻探孔内事故处理	355
§ 1. 事故的预防	355
§ 2. 打捞工具	356
§ 3. 安全接头(处理事故异径接头)	364
§ 4. 孔底振击器	366
§ 5. 事故的处理	367
参考文献	374

第一章 概 论

§ 1. 岩心钻探的概貌

岩心钻探是勘探固体矿床的基本技术手段。

岩心钻探还广泛用于工程地质、水文地质研究和油、气田普查的构造填图及勘查。此外，岩心钻探还用于各种不同的工程目的——钻进大直径钻孔代替打探井，甚至还可代替打竖井。

岩心钻探得到广泛使用的原因如下：

- 1) 可从孔内取出圆柱形岩样——岩心，根据岩心编制地质剖面图和取矿样；
- 2) 可在任何硬度和任何稳定性的岩石中，以各种不同的碎岩工具，钻进与水平面呈各种不同角度的钻孔；
- 3) 可用较轻的钻探设备钻进很深的小直径钻孔。

岩心钻探按如下方式进行。开钻前，在设计钻孔孔位的地点平整场地；挖掘冲洗液容器和地基用坑；安装带有钻机房的钻塔。图1上画出了岩心钻探的概貌图。在钻塔内地基上安装有钻机7，钻探水泵18、驱动钻机和水泵用的电动机19。没有电能时，钻机和水泵通过内燃机（ДВС）的相应的传动机构驱动。钻探设备检查、调整后，按照规定的方向开钻，然后用导向管6加固孔口。同时装备净化泥浆中钻屑（岩屑）用的循环系统。

钻孔按下列次序进行钻进。使用升降机16把钻具下入孔内。钻具由下列部分组成：钻头1、岩心管3、异径接头4、钻杆柱5。钻杆柱长度随钻孔的加深而增加。钻具的所有部件都借助于密封的、高强度螺纹接头彼此连接起来。

上部主动钻杆穿过钻机迴转器立轴8，并卡在卡盘9中。主

根据所钻岩石物理力学性质和钻头直径、类型的不同，使立轴、因而也使钻具以这种或那种转速迴转，并借助于给进调节器给以必要的、不应与钻杆柱重量有关联的钻头轴向载荷。钻头转速根据钻头类型、钻头直径和孔深选用。使用给进调节器可以产生必要的钻头载荷和孔底载荷，而与钻杆柱重量（钻孔深度）无关。钻头迴转并吃入岩石，钻出环状孔底，形成岩心2。随着钻孔的加深，岩心充满岩心管（见图1）。

为了冷却钻头、净化孔底岩屑并将岩屑排到地表上，要冲洗钻孔。水泵通过吸入软管23把冲洗液从接收箱22中吸出、通过高压软管17、钻探提引水龙头10和钻杆柱5送入到孔底。

冲洗液冲洗孔底、冷却钻头切削具，把破碎的岩石颗粒（岩屑）从孔底沿着井筒送到地表上。冲洗液从孔内出来流入沉淀箱21和循环槽20，岩石颗粒在此沉淀；净化的冲洗液流入接收箱22，从接收箱再送入孔内。冲洗液总要产生这样或那样的损失。这种损失量应该适时地加以补充。

如果钻进是在稳定岩石中进行，则可使用清水冲洗钻孔。在不够稳定的岩石中钻孔时，则用泥浆或其它可以保护弱稳定性孔壁的溶液来冲洗钻孔。在相对无水岩石和冻结岩石中钻孔时，可以成功地使用压缩空气或气体来吹洗孔底。

高转速金刚石钻进时，使用有助于降低钻杆柱和孔壁磨擦力的、减少高转速时常常产生钻杆柱振动的稀乳化液溶液。

岩心管充满岩心后，应着手把钻具提高到地表。在硬岩和研磨性岩石中钻进时，有时由于钻头切削具磨钝、钻速大大降低而只好停止钻进并着手提钻；在裂隙岩石中钻进时，常常由于岩心自卡在岩心管内使钻速降低而提钻。开始提钻前，应把岩心牢固地卡在岩心钻具的下部并扭断之。岩心卡住后关掉水泵，借助于升降机16、游动钢绳12、天车13、带有大钩和提引器的游动滑车11把钻具提到地表上，并把钻杆柱卸成单个的立根。立根长度取决于钻塔高度。立根由二根或三根、有时也由四根钻杆拧接而成。立根长度比钻塔高度小3—6米。立根摆放在立根台上。所提

钻杆柱的重量，可借助于指重表24确定。

岩心钻具提到地表以后，卸下钻头，并小心谨慎地从岩心管中取出岩心，以后配好钻具、再下入孔内继续钻进。每一次提钻时，均应检查钻头，在钻头确已磨损时、须用完好的钻头变换之。

冲洗岩心并净化岩心上的泥皮，测量岩心长度，按次序把岩心摆在岩心箱内，标出提取岩心时的钻孔深度和岩心采取率。

如果钻孔穿过甚至需使用专门冲洗液的塌落或膨胀的不稳定岩石时，则可向孔内下一个套管柱以覆盖不稳定岩石，此后用较小直径钻头继续钻进。每钻进50—100米，测量一次钻孔倾角和方向（方位角）。钻孔穿过矿体并进入底板无矿岩石后停止钻进，把钻具提升上来并拧卸后，就可在孔内进行地球物理研究，测量钻孔弯曲度、温度，检查钻孔深度，然后对钻孔进行封孔，注水泥。

§ 2. 岩心钻探技术和工艺发展历史简况

岩心钻探钻进技术的发展

可能在很古的时候就有了岩心钻探。

B. M. 芬杰尔斯 佩特里在其著作《金字塔和基什教堂》（1885年）中指出，古埃及人在建造金字塔时就利用了管状钻头，钻头唇面下面撒有研磨粉（大颗粒石英砂）。

1864年，掘进意大利和法国间谢尼山铁路隧道时，曾使用蒸气机驱动的钻机，这个小蒸气机带动直径43毫米的金刚石钻头迴转，转速为30转/分。

钻头在硬岩（花岗岩）中钻速达25—30厘米/小时。

1867年，M. 布洛克获得了蒸气机驱动的金钢石钻机的专利权。1878年，阿利别尔特 霍尔（沙利文公司）设计出了液压传动钻机。

十九世纪八十年代，瑞典工程师 P. A. 克芮留斯设计出了通过齿筒进行手把给进的钻机，这种钻机是 KAM、ВИТР[●]、特拉乌齐利等型钻机的原型。

1886年成立了瑞典金刚石钻进股份公司，这个公司开始生产手把给进的克芮留斯型钻机。

俄国于上世纪末开始在乌拉尔发展金刚石钻进。设计出金刚石钻进用的新颖钻机、并第一次论证了细粒金刚石钻头具有很大前景的 C. Г. 沃伊斯拉夫教授改进了金刚石钻进（1899年）。

在十九世纪和二十世纪初，俄国矿床勘探钻进发展缓慢。俄国国内没有生产岩心钻探用的钻机和设备，而是从国外购买的。

只是在伟大的十月社会主义革命以后，苏联才大规模地开始发展钻探工作。

早在国内战争时期，就按照 B. И. 列宁的指示，开始用钻探的方法勘探库尔斯克磁力异常区（KMA）的铁矿。

固体矿产的钻探工作，从1926—1927年起开始迅速扩大。它要求有很多的新的岩心钻探用设备，这些设备开始是从国外购买的，而从1928年起伊若尔斯克工厂最先开始生产克芮留斯型钻机、钻杆、套管、岩心管及岩心钻探用的其它工具。

从1929年开始，地质勘探工作开始以对当时来说是较快的速度发展。为了勘探有色金属，乌拉尔、西伯利亚、哈萨克斯坦以极其广泛的规模进行了岩心钻探，迅速发展了黑色金属的勘探（乌拉尔的磁山和高山、克里沃罗格、库尔斯克磁力异常区等）。在庫兹涅茨煤田、卡拉甘达、顿巴斯亦开始了大规模的煤田钻探工作。由于钻探工作增加速度非常迅猛，以致于钻机、管材和磨料严重短缺；钻探技工、技术员和工程师深感不足。

1930年五月，在列宁格勒召开了第一次全苏钻探会议，讨论了发展钻探以便普查和勘探各种不同矿产的问题。会议拟定出第

● 原文为ВИТР，恐系印刷错误——译者注。

一个和第二个五年计划期间发展岩心钻探技术和工艺的基本方向。根据这次会议的决定，大大增加了勘探固体矿产用的钻机、设备和工具的生产。钻探设备和工具的生产，是由斯维尔德洛夫斯克的沃罗夫斯基工厂、旧奥斯科尔市的什格罗夫克机械厂、哈尔科夫的《矿工之光》工厂组织的。开始生产 KA-300 和 KA-500 牌号的岩心钻探用钻机。

伟大的卫国战争期间，钻探工作基本上是在哈萨克斯坦、乌拉尔、戈尔诺绍里亚、库兹涅茨煤田、卡拉甘达、东西伯利亚和远东进行的。

在战争期间，钻探设备的生产几乎是停止了。但从1944年起，已经开始了钻探设备的改装工作；制定了新标准套管、钻杆、岩心管和钻头的技术条件；拟定了勘探固体矿产用岩心钻机的尺寸系列。这个系列包括了深度为75、150、300、600和1200米钻孔的岩心钻探用钻机。

莫斯科地质勘探学院钻探教研室的工作人员积极参加了这些工作。

1945—1947年，对当时勘探固体矿产也是刚刚使用的手把给进钻机进行了改进，并开始生产 KA-2M-300 和 KAM-500 牌号的钻机（后者具有三档钻具转速）。

根据《有色金属勘探》公司的倡议，1945年设计并生产了地下坑道钻进用的ГП-1型钻机。

沃罗夫斯基工厂根据拟定的钻机尺寸系列，于1946—1947年设计出了手把差动综合给进的ЗИБ-75和ЗИБ-150型多速钻机，现在，ЗИБ-75和ЗИБ-150钻机由于效力不高，已从生产上撤了下来。

伏龙芝工厂设计并生产了ЗИФ-300、ЗИФ-650和ЗИФ-1200牌号的液压给进、钻进深度各为300、650和1200米的钻机。

岩心钻探钻进工艺的发展

由于钻具的结构、直接破碎岩石的磨料及其使用条件都在变化并不断地改进，因而能够满足地质勘查全部要求的通用碎岩工具是没有的。然而截止目前已设计出并将随着钻探技术进步和发展，继续设计出运用新磨料的新型式和新结构的碎岩工具。

1862年，瑞士钟表工人格奥尔格列绍设计出了端面上镶嵌有大颗粒金刚石卡帮纳脱（Карбонат）的管状金刚石钻头，该钻头是在掘进阿尔卑斯山蒙-谢尼铁路隧道时，用于钻进取心爆破孔的。

美国、加拿大、瑞典、南非联邦、澳大利亚等国在上世纪开始广泛使用金刚石钻进。为了在硬岩中钻进取心钻孔，使用了每粒重量为0.5—2克拉的大颗粒金刚石卡帮纳脱。这种大颗粒金刚石是用手工镶嵌在钻头端面上的。

在本世纪三十年代，金刚石钻进中发生了技术革命。美国研制成功了镶有包尔兹（BOPT）品级的细粒廉价金刚石的钻头结构和制造工艺。这就可以代替产量逐年减少而价格昂贵的黑色金刚石，组织工厂制造细粒金刚石钻头，使用高转速钻具，提高金刚石钻进效率和降低钻进每米钻孔的成本。并且开始使用粒度为5—10到400粒/克拉的包尔兹金刚石（国际钻探实践中，可用粒度达600粒/克拉的金刚石）。

1936—1937年，苏联中央地质勘探科学研究所矿山钻眼分所（列宁格勒）第一个开始尝试研制细粒金刚石钻头。

1944—1950年，金矿地质勘探科学研究所和全苏矿物原料研究所研制出细粒金刚石钻头的结构及其制造工艺。钻头上镶有细粒（20—120粒/克拉）金刚石包尔兹。然而，苏联在这一时期内没有足够数量的金刚石原料来制造钻头，并将其用于勘探孔钻进中。

1955年，在亚库季亚发现了金刚石矿床，于是开始开采金刚石。从此以后，金刚石钻进开始迅速发展。

苏联从1958年起,开始在全国不同地区使用金刚石钻进勘探孔。

根据全苏矿物原料研究所和金矿地质勘探科学研究所所做的工作,组织了单层细粒金刚石钻头 and 多层(从二到六层)细粒金刚石钻头的生产。然后全苏勘探技术研究所指导了进一步完善钻头结构的工作。现在业已生产出三种类型的金刚石钻头——单层的、多层(三层)的和孕镶的。国外实践中只制造两种类型——单层的和孕镶的钻头。

学院(莫斯科地质勘探学院、斯维尔德洛夫斯克矿业学院、列宁格勒矿业学院、哈萨克斯坦工学院)、科研院所(全苏勘探技术研究所、中央地质勘探科学研究所、全苏天然金刚石和工具科学设计研究院、超硬材料研究所)和许多生产单位参加了金刚石钻进工艺的制定和改进工作。

莫斯科地质勘探学院从1958年开始,在C. A. 沃尔科夫的领导下,对制定和完善金刚石钻进合理工艺规程和金刚石钻头方面进行了研究,并根据在全国不同地区进行的广泛研究成果,同时考虑了岩石性质,确定了一平方厘米钻头工作唇面上的合理单位载荷、合理冲洗规程和合理的钻具转速。

1973年,C. A. 沃尔科夫和B. Д. 加里宁提出了新型孕镶钻头——粉粒金刚石钻头(КАП)。在这种钻头上第一次使用了粒度为500到15,000—20,000粒/克拉的天然金刚石研磨粉,这就在金刚石钻进中开辟了新的方向。

1979年完成了КАП钻头的验收试验工作,并被批准成批生产。

1960年,全苏天然金刚石和工具科学设计研究院根据Д. В. 斯季霍夫的建议,并在其领导下制定了新的技术方案,方案确保金刚石在孕镶金刚石钻头胎体材料中分布均匀、使用指标不变、降低制造成本和制造劳动量。这个原理新颖的方案得名为金刚石的粒化作用。

由于人造金刚石的研制成功,为更加广泛地使用金刚石钻进