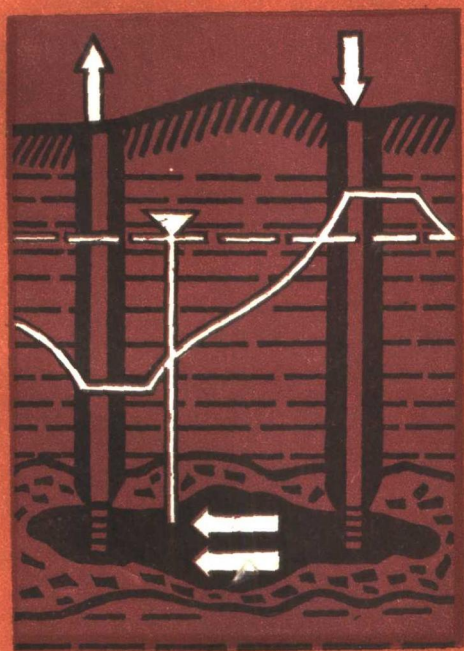


地质工程孔 的钻进与装备

[苏]И.А.谢尔吉延科 等著



地质出版社

地质工程孔的钻进与装备

БУРЕНИЕ И ОБОРУДОВАНИЕ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН

〔苏〕 И.А.谢尔吉延科 等著

李 强 译

汤凤林 校

地 质 出 版 社

内 容 提 要

本书首次总结了地质工程孔的施工经验。叙述了钻进设备与钻进工艺，列举了各种金属矿和盐矿的地下浸析、矿石的水力开采、硫的地下熔化和油页岩的地下气化等地质工程孔的结构；描述了矿层的加固、探查和开采、孔底与孔口的装备；研究了安全技术和环境保护等问题。

本书供地质、化工、煤炭、冶金等部门从事钻探及采矿工作的工程技术人员参考。

书中附有表格52个、插图60幅、参考文献目录31条。

БУРЕНИЕ И ОБОРУДОВАНИЕ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН

И. А. СЕРГИЕНКО и др.
МОСКВА «НЕДРА» 1984

地质工程孔的钻进与装备

〔苏〕 И. А. 谢尔吉延科 等著

李 强 译

杨凤林 校

责任编辑：徐一啸

地质出版社出版

（北京西四）

地质出版社印刷厂印刷

（北京海淀区学院路29号）

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：850×1168 $1/32$ 印张：7 $1/2$ 字数：194,000
1987年10月北京第一版·1987年10月北京第一次印刷

印数：1—1,400册 国内定价：1.80元

ISBN7-116-00062-3P·/053

统一书号：13038·新463

前 言

近来，开始利用钻孔对许多固体矿产作无矿井的开采（地质工程法）。这种采矿方法简单而价廉，可以开采贫矿层和埋藏条件复杂的矿层。用钻孔采矿，建议把这样的钻孔称为地质工程孔。

很久以前，人们就知道用钻孔开采岩盐。苏联学者与专家研究的地下盐矿的溶解工艺，在世界上是先进的。用地下熔化法开采天然硫成绩显著。孔内水力采矿法，对埋深200m以内的矿层，开采效率很高，但处于开发阶段。在铀矿地下浸析法开采的研究及其工业应用方面也进行了大量的工作。

地质工程法开采矿产，可使企业的基本费用有时降低 $\frac{1}{2} \sim \frac{3}{4}$ ，使最终产品的劳动生产率提高，工作人员数目减少。另外，

采用这种采矿法可大大改善劳动条件，减轻环境污染。

苏联专家发表有关地质工程法采矿问题方面的文章很多，其中最能反映这方面现状的有：П. И. Дудко、В. Ж. Арнс、А. М. Гайдин、Б. В. Исмагилов、Д. Н. Шпак等人的专著。

但是，这些著作对地质工程孔的施工工艺谈的很一般。因此，比较广泛地阐述开采工程孔钻进技术、工艺与装备是一个迫切的任务。地质工程孔的施工费用占采矿总费用的很大部分，某些方法达50~60%。所以，研制技术装备和完善开采孔的施工工艺是提高采矿效益的重要手段。

在本书中，作者力图总结地质工程孔施工的现有经验。着重叙述金属地下浸析法和孔内水力采矿法开采孔的施工问题。作者亲身参与了这些问题的解决。

科研和设计部门以及В. А. Мамилов领导的用金属地下浸析

法和孔内水力采矿法开采金属的生产单位，对发展金属地下浸析法、孔内水力采矿法以及研究技术和开采孔的施工工艺都作了很大贡献。

莫斯科地质勘探学院Д. П. Лобанов教授领导的矿物地质工程教研室，对解决孔内水力采矿和金属地下浸析的许多综合性问题进行了有成效的工作。

本书是对开采固体矿产的开采孔钻进技术和钻进工艺方面综合性问题作广泛总结的首次尝试。

第二、三、四、五、六、七、十一章由 И. А. Сергиенко 和 А. Ф. Мосев 共同编写，第十二章由 Э. А. Бочко 编写，第一、八、九、十、十三章由 И. А. Сергиенко、А. Ф. Мосев、М. К. Пименов 共同编写。

作者对 Д. П. Лобанов 教授在本书编写过程中提出的宝贵建议和意见表示衷心感谢，对 Э. К. Смолин 帮助誊写手稿也表示谢意。

目 录

第一章 关于地质工程法采矿及地质工程孔的概述	(1)
§ 1 关于地质工程法采矿的基本概念	(1)
§ 2 关于地质工程孔的基本概念	(4)
§ 3 地质工程孔的分类	(6)
§ 4 岩石的物理力学性质及其对地质工程孔施工效率的影响	(7)
第二章 地质工程孔的钻进工艺	(13)
§ 1 地质工程孔的钻进方法	(13)
§ 2 钻孔的弯曲, 保持工程孔给定方向不变的措施	(16)
§ 3 地质工程孔施工技术经济指标的评价	(18)
第三章 地质工程孔施工用的钻探设备	(21)
§ 1 决定选用钻探机组的基本因素	(21)
§ 2 自行式转盘钻探机组	(22)
§ 3 立轴钻机	(29)
§ 4 地质工程孔专用钻机发展的基本方向	(32)
第四章 地质工程孔的结构	(34)
§ 1 金属地下浸析用工程孔的结构	(34)
§ 2 孔内水力采矿用开采孔的结构	(40)
§ 3 地下溶盐用开采孔的结构	(44)
§ 4 地下熔硫用开采孔的结构	(46)
§ 5 矿产地下气化用工程孔的结构	(49)
§ 6 勘探孔的结构	(50)
第五章 地质工程孔的加固	(52)
§ 1 装备地质工程孔用的套管	(52)

§ 2	开采管柱、套管柱的装配与下放·····	(77)
§ 3	套管的计算·····	(96)
第六章	地质工程孔的灌注水泥及止(隔)水·····	(105)
§ 1	灌注水泥及止(隔)水的作用·····	(105)
§ 2	固孔材料与止(隔)水材料·····	(106)
§ 3	提高水泥石与非金属管子表面粘附力的主要 途径·····	(109)
§ 4	地质工程孔灌注水泥的方法·····	(110)
§ 5	钻孔灌注水泥的技术装备·····	(118)
§ 6	地下浸析工程孔施工中, 工作液和含矿液流 动区止(隔)水的技术装备和工艺·····	(118)
第七章	金属地下浸析时, 矿层的探查与疏导·····	(123)
§ 1	矿层的探查工艺·····	(123)
§ 2	金属地下浸析工程孔的疏导·····	(132)
第八章	工程孔的孔底装置与孔口装置·····	(138)
§ 1	对工程孔过滤器的基本要求·····	(138)
§ 2	过滤器的类型·····	(138)
§ 3	地下浸析工程孔中装备填砾过滤器·····	(145)
§ 4	工程孔的孔口装置·····	(156)
第九章	含矿溶液的提升装置·····	(163)
§ 1	对地质工程孔含矿溶液提升装置的基本要求·····	(163)
§ 2	泵·····	(163)
§ 3	气举提升器·····	(172)
§ 4	水力提升器·····	(181)
第十章	工程孔的测量与采矿参数的检验·····	(184)
§ 1	工程孔的地球物理测量·····	(184)
§ 2	孔内水力采矿工程孔的测量·····	(187)
§ 3	地下溶盐孔的测量·····	(188)
第十一章	提高地质工程孔施工和采矿效率的主要方向 ·····	(190)

§ 1	地质工程孔的孔底扩展·····	(190)
§ 2	起拔套管柱、生产管柱及过滤器的技术手段 与工艺·····	(197)
§ 3	地下浸析工程孔的取样·····	(210)
第十二章	无套管加固地质工程孔的使用前景·····	
	·····	(212)
§ 1	概述·····	(212)
§ 2	无套管固孔使用的固孔液·····	(213)
§ 3	无套管固孔工艺·····	(214)
§ 4	孔壁防护层的强度与稳定性计算·····	
	·····	(219)
§ 5	无套管固孔的孔壁质量与隔离层质量的检测 ·····	(220)
第十三章	环境保护与安全技术·····	(223)
§ 1	地质工程法采矿时, 环境保护的基本原则··	(223)
§ 2	工程孔的封孔·····	(224)
§ 3	工程孔施工及使用时安全技术的基本原则··	(227)
结语	·····	(228)
参考资料	·····	(230)

第一章 关于地质工程法采矿 及地质工程孔的概述

§ 1. 关于地质工程法采矿的基本概念

目前，在地质工程法采矿中用得最广的是地下浸析、孔内水力采矿、硫矿地下熔化、盐矿地下溶解和矿产地下气化等。

矿产地下浸析（*ПВ*）法的实质是通过溶剂在自然产状矿体中的流动，有选择地使有用组分转化为液态或使金属溶解成饱和溶液并将其抽吸到地表。为了达到这个目的，通过从地表向矿层打的钻孔，并向孔内注入化学溶剂，使矿体溶解。溶液经过矿层部分后，通过另外的钻孔抽吸到地表，继而经管道流入容器，以待加工。

金属地下浸析的原理图见图 1。

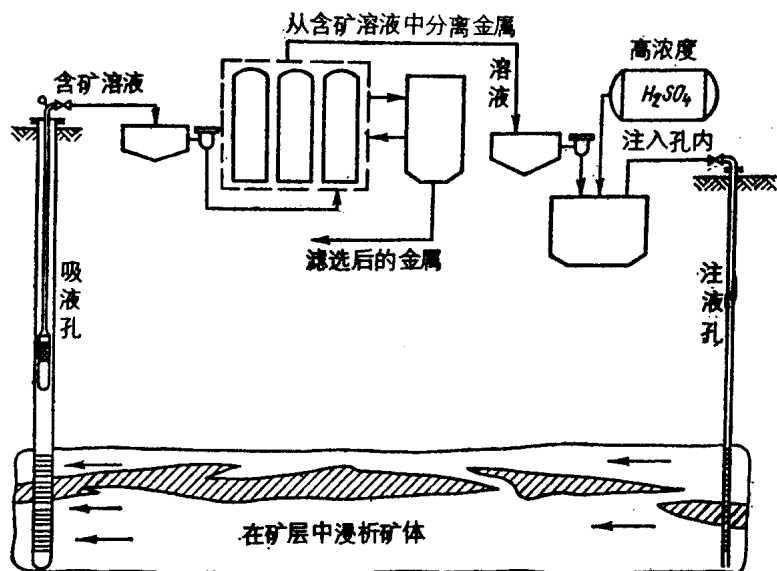


图 1 地下浸析工艺原理图

如果是单一的、非渗透的矿体，则由通过矿层的坑道进行浸析。对用凿岩爆破法破碎了的矿石浇注溶剂，溶剂向下流动溶解矿体。含矿溶液集中到矿层底部，然后抽吸到地表，以待加工。

采用地下浸析法的最重要的自然条件，是在浸析剂水溶液作用下，有用组分及其化合物能变为溶液，而且浸析溶液能透过矿层的岩石。

浸析法所用溶剂的选择取决于矿体的成分。使用最广泛的是 $\text{pH}=0.1\sim 1.5$ 的酸性水溶液（硫酸、盐酸、硝酸）或含 $(2.5\sim 10\% \text{NaHCO}_3)$ 的碱性水溶液。

地下浸析法可用于开采铀矿、有色金属和稀有金属（铜、镍、铅、锌、黄金等）。用于磷钙土、硼酸盐等的开采，需要有条件。

提高地下浸析法采矿效率的重要因素是正确地布置孔位以及孔与孔之间的距离。在采矿实践中，孔位基本上是直线布置。注液孔与吸液孔交错排列。两排之间和每排之中，孔与孔之间的距离在 $15\sim 50\text{m}$ 和更大的范围内变化。最常用的是 $25\times 50\text{m}$ 。

孔内水力采矿（*CPД*）法的原理是用喷射水流在孔底破碎矿层，然后用水力提升器或气举提升器将矿浆从孔底提到地表。孔内水力采矿对于软的、疏松的和弱胶结性的矿体特别有效，在绝大多数情况下指的是砂质泥岩。

目前，孔内水力采矿法用于铀矿、磷钙土矿以及砂层和砾石层等。

为了加快矿层岩石的破碎，可以使用爆破、振动，对胶结物可用化学或微生物分解等方法。

水力冲刷矿穴的半径与含矿层的力学性质、岩石的稳定性以及水力采矿工具的参数等有关。使用现有的采矿工具，冲刷矿穴半径为 $5\sim 7\text{m}$ 。破碎的矿石由于自身滚动或水流推动进入矿浆的提升装置（水力提升器或气举提升器）。

采矿装置一般是由同心地套在一起的两根管子组成，其下端有水力喷射装置和矿浆的提升装置，用以向孔底输送工作液和提升矿浆。采用这种装置时，采矿过程的全部工序都是通过一个孔

筒进行的。

离地表不深的矿层，可以用两个孔开采。此时，在一个孔里破碎矿层，从附近的另一个孔提取矿浆。

水力采矿过程是在地面上操作的。

开采工作的主要步骤是：1) 探查矿层；2) 地球物理研究，以确定矿层的厚度和接触面；3) 采矿设备的安装及准备工作；4) 采矿；5) 采矿设备的拆卸；6) 封孔。

地下熔硫 (*IBC*) 法实质是用热水加热矿体，使矿体温度超过硫的熔点，将硫熔化，再将熔化的硫从孔内抽至地表^[3]。

采矿过程中，三根同心地套在一起的管柱下入套管至含矿层的孔内。这三根管是水、硫、空气（气举提升器）运输管，分别用以注入溶剂并靠气举提升器提取硫。

载热介质连续送入孔内。熔化了的硫在重力作用下流到孔底，从孔底抽吸到地表，继而经管道送去精炼。为了有效的使用此法，必须具备如下的条件：矿层有足够的厚度，含硫量高（15~20%）；矿层岩石的渗透性应能保证水与熔化了的硫透过。

矿体的上、下岩层应该不透水，以避免载热介质漏失。开采矿层的深度和顶板岩石的物理力学性质应保证热水不涌到地表。根据物理地质条件的不同生产1t硫，消耗热水6~40m³。

这种硫矿开采方法是在地表上操作的。

地下熔硫法保证劳动生产率高，基建投资少，成本低，可以开采其它方法不能开采的矿层。

地下熔化法也可用于地沥青和地蜡的开采。

地下溶解盐矿法 (*IPC*)。用钻孔开采盐液早为人们所知。它的原理是用水溶解盐矿层，继而在剩余压力作用下，将形成的盐液提至地表。采用地下溶解盐矿法时，先进行钻孔并将套管下到矿层。

然后在钻孔内下入同心排列的管柱，用以输送溶剂（水）、充填剂（柴油、索拉油、粗柴油、空气等）和提升盐液。为了抽吸工业浓度（305~310g/l）的盐液，在矿穴中自下而上地抽吸。

为防止矿穴顶板溶解，使矿穴保持必要的参数，从管内向矿穴注入充填剂。由于充填剂密度小，在矿穴里总是浮在上面。

从孔内抽吸的盐液经过管道流入标准盐液罐内。开采过程是在地面上操作的。地下溶解法可以用于岩盐、钾盐、水氯镁石、苏打、芒硝等矿种。

地下气化法 (ИГГ)。它是在矿层中对矿物加温分解的工艺方法。用以开采烟煤、褐煤及页岩。煤及页岩的主要气化产品是可燃性气体(动力用和工程用)。用地下燃烧硫产生的二氧化硫来生产硫酸的方法处于推广阶段。

地下气化钻孔的孔间距离为25~30m。其中一些孔用引火药包点燃矿体；另一些孔注入氧化剂、压力为0.3~0.4MPa。氧化剂经矿层的裂隙和气孔进入燃烧孔，维持燃烧。

燃烧产物经主孔道升到地表，并经管道送至用户。

当开采致密的矿层时，必须采用水力压裂或炸药爆破，人为地使矿层相通或钻进联络火眼。开采致密矿层时，有时只用一个孔，向孔内下入供给氧化剂和从孔内提取气化物的管柱。

也可以采用周期换向送风的组合方法。氧化剂可是空气、氧气，以及蒸气、空气混合体。

采气过程是在地面上操作的。

§ 2. 关于地质工程孔的基本概念

用地质工程法采矿，钻孔是主体工程。它不仅用以探查矿层，而且是采矿过程中的重要技术手段。用它提升和下放采矿装置、输送溶剂到矿层、抽吸矿液或气体到地表，完成与采矿过程和监测采矿过程直接有关的全部工序，以及进行维修复原工作。使用钻孔，可检验有用成分的回收充分程度，保护环境免受可能的物理化学的污染。另外，利用钻孔还可以校正地质勘探的数据（矿层的位置、埋藏条件等）以及矿石的物理机械和物理化学性质；形成隔离层（地下浸析法）；进行排水（地下熔硫法）等。

地质工程孔的孔径根据采矿方法进行选择，并取决于采矿设

备的尺寸。水力采矿，靠喷射水流机械破碎矿石，然后将形成的矿液提升到地表，钻孔的孔径还由水枪、水力提升器、气举提升器的尺寸决定。

在地下溶解或熔化层状矿体（如盐或硫等）时，地质工程孔的直径应能保证管柱顺利地地下到孔底，以便输送热水、空气和充填液以及将含盐或含硫的溶液抽吸到地表。为此，在套管柱中装有直径较小的管柱，两管柱之间的环形空间能保证通过充填液（开采盐矿时）或热水（开采硫矿时）。有时环状空间还用来抽吸含矿溶液。

用酸、碱溶液或含菌溶液（例如开采铀矿）浸析地下矿石时，地质工程孔的直径由提升溶液的设备（气举提升器、潜水泵等）的尺寸决定。

根据现有采矿设备结构看，地质工程孔的终孔直径为150~400mm，开采盐矿的终孔直径有时为500mm。孔内水力采矿，终孔直径基本上为300~350mm。地下熔化硫，终孔直径为243~295mm。

应该指出，确定地质工程孔的直径时，应考虑钻进和采矿的费用。

显然，孔径减小，钻探的全部技术经济指标提高：提高了机械钻速和回次钻速；降低了能量消耗和升、降工序的劳动强度；以及降低了每米进尺的钻进费用和设备费用。

另一方面，随着采矿与提升设备尺寸的增大，钻孔的产量和开采效率也得到提高。所以采矿费用是孔径选择的最终准则。在产量相同的情况下，必须力争所选用的开采设备的尺寸小些。这样，可以缩小孔径，降低钻进工作费用，从而降低采矿费用。

地质工程孔的钻进方向根据矿层产状特点进行选取。当矿层产状水平时，钻孔为直孔。当矿层产状倾斜时，钻孔可以是倾斜的，也可以顺着矿层方向的。这可提高单个孔的采矿量。使用多枝孔钻进可以提高单孔的采矿量和降低费用，特别是对埋藏深的矿层来说更是如此。探矿可以使用单孔，也可以使用垂直孔和倾

斜孔连接起来的综合方法。

地质工程孔的深度取决于矿层的埋藏深度，变动范围很大，从几米至1000m以上。

目前，地质工程孔已达到的深度如下：

孔内水力采矿	100m
地下气化	250m
硫矿地下熔化	300m
金属矿地下浸析	500m
盐矿地下溶解	1000~1200m

§ 3. 地质工程孔的分类

根据用途、结构和规模，用来开采固体矿产的钻孔，可分为两大类：开采孔和辅助孔。

开采孔用于直接采矿过程，输送工作液到孔底，抽吸矿浆或含矿溶液到地表。

地下熔化硫矿、地下溶解盐矿、孔内水力采矿时，开采孔可以通过一个下有套管并装备有一系列同心管柱的孔筒完成与采矿有关的全部工序。

用酸溶液或其它溶液进行金属矿地下浸析的开采孔，可分为注液孔和吸液孔。

注液工程孔用来向矿层输送工作溶液。

吸液孔用来抽吸含矿溶液到地表。

矿产的地下气化也是采用两种开采孔。一排开采孔用以点燃矿层和排出燃烧物，另一排开采孔用以向矿层输送氧化剂，压力为0.3~0.4MPa。

辅助孔包括有勘探孔、观察孔、检测孔、阻隔(Барражные)孔、矿层水力压裂用孔、排水孔、锚固孔等。

勘探孔：用以确定矿层的位置、矿层的厚度、产状条件等。只有在矿层的地区进行取心钻进。勘探孔基本上都布置在开采孔的位置上，在完成勘探任务后就作为采矿用。

观察孔：它用以观察和检查含矿溶液形成的情况或采矿区内洞穴形成的情况，观察矿层的水力动态情况、采矿区工作溶液的流动情况以及工作溶液可能流到其上、下层的情况。

检测孔：打在已开采过的矿区里，用以检查有用成分是否开采得充分以及解决其它问题如研究含矿岩石的变化、检查地下水和环境的可能污染等。

阻隔孔：用来形成垂直和水平的水力隔离层，限制浸析溶液流入矿层的开采部分，减少浸析溶液对矿层围岩的浸析。

水力压裂矿层用孔：通过形成人工孔隙的办法用来使溶剂与矿石的接触面增大。地下浸析时，对矿层进行水力压裂，还可用来形成隔离层，使工作液局限于矿层之内，防止溶液流到正在开采的矿层之外。

排水孔：用以排除孔内多余的水，多余水是地下熔硫时注入矿层的。排水孔与现用工程孔相距1km之内。经常用采过硫矿的开采孔，使多余水自动排出，这些孔离现用工程孔200~500m左右。

锚固孔：在孔内水力采矿时，用来加固矿层顶板不稳定的岩石；在地下浸析金属矿时，用于无过滤器孔的施工上。用锚孔加固岩石通常在采矿之前进行。

由于用途不同，地质工程孔在结构上、钻进技术上、钻进工艺上以及装备上的差别很大，对它们的要求也不同。

对开采孔的施工质量要求最高，开采孔对采矿的技术经济指标影响最大。

§ 4. 岩石的物理力学性质及其对地质工程孔施工效率的影响

具备一定的矿山地质、水文地质、工程地质条件时，利用钻孔开采固体矿藏效果最好。其中主要的条件是，坚硬的矿石经过溶解、浸析、燃烧、熔化以及冲刷等作用，能转化为流动状态。

地下溶解盐矿时，盐矿层应以一定速度溶解于水，此速度与

矿层的矿物成分及温度有关。

孔内水力采矿法对沉积岩最有效，高压水流很容易冲毁它。

矿体的孔隙率和渗透性是金属地下浸析和硫的地下熔化的决定因素。通常，孔隙率和渗透性愈高，浸析和熔化过程愈快。

目前，地质工程法采矿，在沉积岩中用得最多。在钻孔的地质剖面中主要为泥质砂岩，碳酸盐岩，泥质岩及其它沉积岩等。

所用冲洗液的质量是提高钻进效率和探查矿层效率的重要因素。使用质量差的钻井液会降低孔壁的稳定性，增加套管柱和开采管柱下放的困难，以及封孔过程中起拔这些管柱的困难。

岩石的各种物理力学性质，其中主要如强度、硬度、孔隙率、裂隙性、渗水性、稳定性等对地质工程孔的施工和采矿过程都有影响。

岩石的强度是在外载（静载或动载）作用下，岩石破碎的应力值。

岩石的强度与许多因素有关，其中主要的是岩石的矿物成分、结构、构造、产状条件和形成条件等。含石英的岩石或密度很高的岩石强度最大。

在钻孔过程中，压缩变形对岩石破碎过程的影响最大。因此评定岩石的强度主要采用普氏（М. М. ПротоДьяконов）强度系数。此系数是岩石单向压缩时强度极限的部分值，即

$$f = \sigma_{c\pi} / 10, \quad (1)$$

式中： $\sigma_{c\pi}$ ——压缩的强度极限，MPa。

岩石的强度系数 f 不仅用于岩石强度或硬度的对比评价，而且用来评价岩石可钻性、稳定性的指标。

岩石的动态强度一般用专门测定仪，以捣碎法求得。

动态强度的指标 F_d 用经验公式计算：

$$F_d = 20n/l \quad (2)$$

式中： n ——重物冲击次数；

l ——破碎岩块柱在体积仪内的高度，mm。

岩石的硬度是岩石表层对于比它硬度大的物体（压头）压入

的阻力。硬度大的物体的变形可以忽略不计。

岩石的集合硬度与岩石矿物成分的硬度不同。为了评价钻进指标，采用集合硬度，求集合硬度常用压模法，即Л. А. Шрейнер法。

其它测定硬度的方法对钻探均无实用价值。

Л. А. Шрейнер法测硬度，是用高强度材料圆柱状压模，对各平面平行的岩样进行压入。压入是在УМГП-3和УМГП-4型硬度计上进行的。岩石的硬度 p_m 由下式求之：

$$p_m = P_{\max} / F \quad (3)$$

式中： $P_{\max}$ ——在压模作用下，岩石破碎时的载荷，N；

F ——压模的支承底面积， mm^2 。

Л. А. Шрейнер法亦可测定岩石的弹性和塑性，以及破碎时的单位表面功和单位体积功。

用Л. А. Шрейнер的方法求出岩石的物理力学性质，可以用来选择钻头的型式和结构特点、钻进规程参数、确定岩石的可钻性等。

孔隙率以孔隙系数 K_n 表示，它是全部孔隙的体积对给定体积岩石中硬的矿物骨架体积之比。

在地质工程孔施工中，岩石的孔隙率和裂隙性对开采孔施工工艺影响很大，尤其是对采用地下浸析法的孔来说更是如此。当没有孔隙或孔隙很小时，溶液无法通过含矿岩石。

活性孔隙愈多，浸析过程愈快。按大小，孔隙可分为超毛细孔隙（孔隙大于0.5mm），毛细孔隙（孔隙为0.0002~0.5mm），亚毛细孔隙（孔隙小于0.0002mm）。

渗水性是岩石中有裂纹、孔隙或其它孔洞存在而透水的能力。渗水性用渗水系数（滤水系数）表示。它在数值上等于水在单位压差下，水透过岩石的速度值。单位为m/昼夜或m/s。

矿石的渗透性在一定压力梯度下，决定溶液的渗透速度。通常，当矿石的组织良好时，渗透性愈高，浸析愈快。但是，浸析情况，不仅受矿石自身渗透性的影响，而且受与其接触的围岩性