

地质科技资料选编(七十五)

国外探矿工程资料选编

(二)

地质部情报研究所

一九八一年十二月

前 言

工业发达国家在钻探工程中，采用绳索取心、反循环连续取心钻进，冲击回转钻进，以及金刚石压块钻头的应用等都获得了很好的技术经济效益，并且已是成功的技术方法。为了加速发展我国的钻探工程技术，学习国外的先进经验，本着洋为中用的精神，我们编译了有关这方面的钻探技术资料 18 篇，其主要内容有：

（1）国外绳索取心钻进技术的现状、有效的应用范围、钻进工艺水平和技术经济效益；西方国家和苏联使用反循环连续取心钻进的设备、收集岩心和岩粉的技术工艺及采用这种钻进方法的部分技术经济指标；钻进时岩心破碎机理和海洋取心器等。

（2）苏联液动冲击回转钻进技术的发展概况，该项钻进技术的合理使用范围，钻进工艺的进展和技术经济效益；在石油天然气井中采用振动技术及机械冲击器等。

（3）介绍美国专利中关于制造金刚石压块切削具以及用这种切削具制造钻头的一些方法；美国长年公司研制不提钻换钻头的新进展和苏联一种防泥包钻头的使用情况等。

本选编可供从事钻探工程的生产、科研和教学人员参考。由于水平有限，错误之处，请读者批评指正。

方法室探矿工程组

1981 年 12 月

目 录

一、国外绳索取心钻进工艺.....	(1)
二、反循环连续取心钻进技术与工艺.....	(25)
三、完善水力输送岩心钻进方法.....	(51)
四、均质和裂隙岩层钻进时岩心破碎的机理.....	(54)
五、用于 KCCK 和 CCK 绳索取心配套的可拆式气体收集器.....	(59)
六、AII—6000 型自动操纵海底取样器	(60)
七、论水介质对海洋取样器的振动冲击器工作的影响.....	(63)
八、液动岩心劈分器.....	(66)
九、苏联液动冲击回转钻进技术的进展.....	(67)
十、高频液动冲击钻进的最优化.....	(73)
十一、液动冲击反循环喷射钻具.....	(76)
十二、由回转钻杆柱传动的机械冲击器.....	(82)
十三、在钻进过程中和开发井中采用振动技术方法.....	(84)
十四、回转钻进钻头和复合压块切削具的制造方法.....	(86)
十五、用丝扣连接压块的切削钻头.....	(92)
十六、切削头、钻头及同类钻具.....	(96)
十七、不提钻换钻头研制工作的新进展.....	(103)
十八、防泥包结构的取心钻头的使用.....	(105)

国外绳索取心钻进工艺

作者：N·M·肯兹布尔格等

简介：本文综合报导了1957年—1979年间，在国外的科技文献中所发表的关于采用绳索取心钻进的结果。研究了金刚石钻头，钻进规程参数，冲洗液的选择问题，列举了钻进地质——技术条件和已达到的技术经济指标，提出计算绳索取心钻进经济效果的方法。本文指出，现在绳索取心已是常规的技术方法，广泛用于地质勘探钻井。在使用的同时还继续改进绳索取心钻具的各个部件，绳索取心的有效使用范围更加明确，在具体条件下的钻进工艺日臻完善。还指出，尽管用绳索取心钻进已有丰富的经验，但是这种钻进方法仍有较大的未被利用的潜力，其中只要采取组织上的措施和提高钻井人员的技能就有可能实现。

前 言

绳索取心钻具（CCK）是一种先进的和高效率的技术工具。采用绳索取心可以大大提高岩心钻探效率，减少金刚石消耗和改善矿床的取心质量。

在地质勘探生产中广泛采用绳索取心钻具是技术装备部门的最重要的任务之一。为了顺利地完成任务，不仅必须组织好技术工具的生产，而且要不断地使它完善，培养技术熟练的干部，拟定合理的钻进工艺。为保证成批生产和有效地使用成套的绳索取心钻具需要大量的材料消耗，因此，确定绳索取心钻进的经济效果和合理的使用范围具有重要的意义。

为此，研究国外采用绳索取心钻进的经验，首先是指在发达的资本主义国家中（美国、加拿大、英国等）多年积累的实践经验，有很大的意义。

虽然，国外绳索取心钻进的工作量很大，但是，有关这种钻进方法发表的文献资料并不多。国外发表的许多文献具有明显的广告性质，往往只包括有关钻进效率、钻头进尺和金刚石消耗的一般性资料（况且有时连这种资料也没有）。有关岩石描述极为笼统，甚至往往对所采用的钻进规程不做说明，钻进工艺的建议不具体，而且是属于一般性质的。

一、绳索取心钻具的使用范围

美国长年公司设计了一套用于固体矿床勘探岩心钻进的绳索取心钻具，该公司在1946年着手研究工作，在1953年开始工业生产，尔后开始生产这种钻具的其它国外公司有：包利斯公司、矿业钻井公司、阿特拉斯·柯普科公司、迪阿蒙特包尔特公司、克里斯坦森金刚石制品公司等。

现在，绳索取心钻进在全世界许多国家应用：美国、加拿大、英国、法国、西德、澳大利亚、瑞典、日本、挪威、印度等。由于没有统计资料不可能提供用这种钻具钻进的准确的工作量，但很明显，这些国家的应用极为广泛。根据美国长年公司的资料，在美国和南美一些国家采用绳索取心的头几年就钻进 60 余万米，而现在长年公司仅仅在美国和加拿大每年勘探钻进 80 多万米的工作量，90%是用绳索取心钻进完成的。根据加拿大金刚石钻进协会偶尔公布的资料，参加该协会的公司的钻井活动（1978 年 2 月和 1979 年 8 月）以数字形式列于表 1。因此，在加拿大金刚石钻进协会岩心钻进总工作量中用绳索取心钻进要大于 80%。

表 1

时 间	开动钻机数		钻 进 工 作 量 米 / %				
	(台)		总 计	地 表 钻		坑 道 钻	
	地表 钻	坑道 钻		普遍金刚石钻进 用钻具	绳索取心 钻 具	普遍金刚石 钻进用钻具	绳索取心 钻 具
二 月	129	67	$\frac{103820}{100}$	$\frac{5380}{5.2}$	$\frac{76760}{74.0}$	$\frac{12100}{11.6}$	$\frac{9580}{9.2}$
八 月	181	83	$\frac{137770}{100}$	$\frac{4260}{3.2}$	$\frac{110595}{80.0}$	$\frac{13175}{9.7}$	$\frac{9740}{7.1}$

在苏联，首次成批生产的绳索取心钻具已在 1973 年使用，这批钻具是全苏勘探技术研究所设计的 CCK—59 型钻具，而《地质技术》全苏生产联合专业设计局设计的是 KCCK—76 型钻具，在 1975 年完成了 CCK—76 型钻具的鉴定性试验，在 1977 年全苏勘探技术研究所设计了 CCK—46 型钻具。现在，苏联地质部所属许多地质勘探队，在各种地质——技术条件下钻进时成功地使用绳索取心钻具，他们在勘探铜矿、多金属矿、煤矿、金矿、铁矿等矿产时已钻进了 150 万米。

东欧各国也都采用了绳索取心钻进，既采用进口的设备，也采用本国生产的钻具，苏联与他们在研制绳索取心钻具方面进行合作。

国外采用绳索取心很广泛，他们无论是在沉积岩和变质岩（石灰岩、页岩、含煤岩层、泥质板岩、白云岩、砂岩、含铁岩、塔科夫石、片麻岩）中还是在岩浆岩（花岗岩、花岗闪长岩、闪长岩、辉长岩、玢岩、石英斑岩、凝灰岩、玄武岩等）中都采用绳索取心。勘探煤矿、铜矿、多金属矿、铁矿、金矿、镍矿和盐岩矿等矿床时都采用绳索取心钻进。

大多数情况下，在中等硬强的岩石，能成功地和有效地用绳索取心钻进，它们相当于按苏联可钻性分级的Ⅷ—Ⅸ级岩石。钻进按可钻性为Ⅹ和Ⅺ级的较硬的岩石（塔科夫石、石英岩、闪长岩等）的情况仅占 10%。通常，国外公司不主张在硬的和极硬的岩石中采用绳索取心（由于金刚石钻头的寿命不长）。人们认为，如果钻头进尺与普通岩心管钻进时的回次长度相比不超过 2 倍，采用绳索取心钻进不能得到经济效益。J·卡明提出，绳索取心最小的钻头进尺应为 7 米，在这种情况下，提升——下降钻具工序时间的减少并不能补偿金刚石消

耗，以及较低的机械钻速和较高的每米钻进成本。按照这个原则，在斯堪的纳维亚和澳大利亚采用绳索取心的实践证明是不成功的。

在钻进 100—1500 米深的钻孔时采用绳索取心钻具，多数情况下（大约 75%）钻孔深度不超过 800 米，而在 20% 的情况下钻孔深度大于 1000 米，采用直径 76 和 59 毫米（N 和 B 型尺寸）的钻具。

用绳索取心钻具钻进的极限深度受钻杆柱强度的限制，首先是受内接壁厚不大于 5 毫米的管子丝扣连接形式的限制。钻进达到的深度接近于现在钻杆结构所允许的最大深度。研制的焊接钻杆（CQ）可以增加绳索取心钻进的极限深度，新的钻杆柱设计钻进深度 2000—3000 米，由于采用薄壁管，由优质钢制造，丝扣连接较强，在南非利用 CQ 钻杆钻进钻孔深度达 2134 米。而用长年公司的 BQ（59 毫米）钻具钻进大约是 1521 米，该孔预计孔深达 3000 米。据报导，长年公司设计了钻进孔深达 3500 米的绳索取心钻杆，管端加厚并设计了锥度为 2° 的加长丝扣。钻孔直径 76 毫米时，得到的岩心直径是 44 毫米。

根据国外资料，绳索取心钻具广泛用于坑道钻进。可以看出，采用绳索取心能保证矿床取心质量，可以大大减少坑道的数量，并较快和较经济地决定矿产储量。钻进垂直的和倾斜的坑道钻孔用普通设备，而钻进水平孔和仰孔则用专门改型的绳索取心钻具（长年公司）的 BQ—U 钻具，迪阿蒙特包尔公司的 GS 钻具），这种钻具可以实现液压送入岩心容纳管和打捞器。

绳索取心钻进水平钻孔的深度可以很大，据报导，在英国的钾盐矿床上，NQ 绳索取心钻具钻进坑道水平钻孔深度达 1082 米。

根据加拿大金刚石钻进协会的资料，坑道钻占绳索取心钻进总工作量的 10—12%。它占同期坑道钻总工作量的 40% 稍多，大大低于地表钻用绳索取心的比例，这种情况解释为大多数坑道钻孔深度相对不大，特别是用于水平孔和仰孔钻进的绳索取心钻具较复杂和成本较高，用绳索取心钻进，经济上效果不好。

国外勘探固体矿产实际用直径 46、59、76 和 92 毫米（相当于 A、B、N 和 H 尺寸钻具）的绳索取心钻具，勘探煤矿时用直径 76 和 92 毫米的钻具，B 尺寸的钻具很少使用。

日本的研究者们推荐，勘探煤矿时采用直径不小于 76 毫米的钻具，最好是直径为 93 毫米的钻具，它可以保证较高的岩心采取率（95.4%，用 76 毫米钻具时为 82.1%）并可以用泥浆冲洗液。

在勘探金矿、铜矿、多金属矿、铁矿等矿床时（除煤矿外）采用 A、B、N 尺寸的钻具，其中统计用 A 尺寸钻具接近 15%，B 尺寸钻具占 50%，N 尺寸钻具占 35%。根据 Ю. П. 布卡柯夫的资料，在美国长年公司利用 A、B、N 和 H 尺寸的绳索取心钻具相应是 9—10%、40—45%、40—45% 和 5%。计算的所有矿床包括煤矿（由于它使用大直径钻具增多）的资料，实际上完全是文献资料分析的综合。

根据在长年公司见习的波兰专家 S. 莫伦斯克的资料，主要采用 76 毫米直径的绳索取心钻具，而 B 尺寸的钻具是备用的，在 S. 莫伦斯克的报告中没有报导关于直径 46 毫米绳索取心钻具的情况。

在许多情况下限制采用绳索取心的重要原因之一是孔斜，很明显，用绳索取心时孔斜强度比用传统的金刚石钻进时高，在奥地利的纽卡斯特尼煤矿用 AX、BX 钻具钻进证明。孔斜

有增大的趋势，以及钻进缓倾斜煤层时部分有螺旋状孔斜。在罗德西亚用绳索取心钻进时孔斜也明显，在那里钻深 460 米时钻孔偏离达 150 米。在德克萨斯州的锡尔韦—斯帕尔矿床，在强裂隙岩层中用 BX 钻具钻进时，钻孔偏离强度达 $12-16^{\circ}/100$ 米。在瑞典的一些矿床，拒绝采用绳索取心钻进的原因之一是钻孔的孔斜大。

随着采用钻具的直径减小孔斜增大，在美国的芒特普莱曾特矿床，采用 B 尺寸钻具比采用 A 尺寸钻具孔斜减少，岩心采取率提高和提高整个钻进效果，在奥地利的布罗肯希尔矿床，用 NX 钻具钻进时，钻孔偏离和普通的金刚石钻进一样。

采用绳索取心钻具钻进时，保持和普通金刚石钻进时一样的孔斜规律，它由技术的、工艺的和地质的原因所决定。绳索取心钻进的孔斜强度的增加是必然的，原因是金刚石钻头上承受的轴向载荷高（与普通金刚石钻头比较，端部面积大）。高的轴向载荷可以引起钻杆弯曲，它产生作用在钻头上的侧向推力并促使孔斜。很明显，为了消除这些困难，改进金刚石钻头和扩孔器的质量与结构，以及提高调节钻头上压力的精度是重要的因素。用绳索取心钻具钻进时防止孔斜的最有效方法是提高全套钻杆柱的刚性。为此，在奥地利的布罗肯希尔矿床采用代有对中肋的钻杆。

在国外的文献中没有报导关于采用绳索取心钻进时的定向钻进的任何技术方法，因此，这说明在钻孔强烈弯曲的地区，绳索取心钻杆柱的工作不令人满意。只记载了一种情况，在英国，钻进水平孔时用 NQ 钻具借助于固定的偏斜器从主井筒钻进了四个辅助井筒。

在复杂的地质——技术条件（表现为孔壁不稳定和冲洗液漏失）下采用绳索取心钻进遇到了严重的困难。孔壁坍塌，在钻杆和岩心管的内外壁形成堵塞，在外通道和岩心钻具中有高的液压阻力，在提升下降钻杆柱和岩心容纳管时产生“活塞效应”，有可能大大降低采用绳索取心的效果。

为了克服这些复杂的情况，日本的阿克玛公司设计了一套带有 VAS—2 系列的绳索取心的岩心钻具，其中不只是增大孔壁与钻杆之间的间隙（达 5—6 毫米）而且增大外岩心管与内管之间的间隙（达 3—4 毫米）。两端有外锥形螺纹的 AK 钻杆用增大外径的接头连接，接头通水截面等于钻杆内径。根据该公司的资料，采用上述钻具可以在软的不稳定地层中有效地钻进深度超过 1000 米的钻孔。

二、绳索取心钻进工艺

对于一定的岩层采用合理的金刚石钻头类型的条件下，钻进参数（钻具转速，钻头上轴向压力和供给孔底的冲洗液量）的最优配合是决定机械钻速、钻头进尺、金刚石单位消耗和其它的钻进技术经济指标的主要因素。

选择有一定工艺和化学性能的冲洗液，以及在钻进过程中保持足够小的和稳定的流量是比较重要的和本质上的钻进工艺参数。

主要的钻进工艺参数之间相互依赖，它们之中一个变化，例如增加载荷就引起其它的参数冲洗液量、钻具转速变化。

在国外的科学技术文献里，拟定绳索取心钻进工艺规程的问题实际上没有阐明。在许多文献里进行了关于采用的钻进规程参数的报导，并引起重视的是最优规程的选择相应地决定

于具体的钻进条件，钻探机长亲身的经验和它的主观因素（技术上可能具备的设备，保证工作的材料和技术等）。通常列出了绳索取心钻进规程参数最一般的建议，例如在波兰拟定的绳索取心钻具使用须知中推荐的下列各参数的边界值（表2）。

表 2

钻具直径,毫米	轴向载荷,公斤	转速,转/分	冲洗液量,升/分
46	600—1200	700—1500	10—20
59	600—1600	500—1500	15—40
76	600—2000	250—750	25—60
93	600—2500	120—600	45—120

1. 绳索取心用金刚石钻头的选择

在很多地方，绳索取心钻进效果取决于正确地选择金刚石钻头，存在不同的钻进技术条件就有多种金刚石钻头类型，在一定程度上选择金刚石钻头是困难的。同时多年的钻井实践可以遵循一般的原则，根据它可以选择对于具体钻进条件的最多进尺的金刚石钻头。根据此情况说明国外认为是乎不是钻头的具体结构类型，而是钻头功能性的和结构单元的某些（适合钻进条件）特征：尺寸、金刚石品级、胎体中金刚石的浓度、胎体硬度、钻头端部形式等。

被各公司推荐的这些选择金刚石钻头的一般原则，在很多地方是符合的。首先钻进效率取决于金刚石颗粒的质量和强度。钻进最硬和研磨性岩石时必须采用在晶体结构的比例形状和表面状态方面能满足最高要求的金刚石。在这些岩层中预先处理的金刚石（进行破碎和抛光处理）能很好地工作。在不太硬的和研磨性的岩层中，成功地使用按其表面光洁度次于上述提到的金刚石以及没有进行处理的金剛石。在中等硬度、软的和小研磨性的岩层中采用最便宜的金剛石，按其质量大大逊于前两个品级的金刚石。通常，从事于制造表镶钻头的公司，推荐采用前两个品级的金刚石，尽管它有相当高的成本但可以得到钻进一米的最低成本。

根据岩石的性质，钻头镶焊这种或那种粒度的金刚石，岩石越硬，金刚石应越细粒。

例如，瑞典的阿特拉斯—柯普科公司对于镶焊表镶钻头采用具有下列指标的 X、F 和 D 三种品级的金刚石。

X——西非金刚石——园形、晶体无裂纹，在形状比例和表面光洁度方面满足最高要求。

F——西非金刚石——好的外形及晶体结构，但在表面光洁度方面次于 X 级。

D——按其形状，晶体结构和表面光洁度特征比 X 和 F 级差的西非金刚石。

X 和 F 级金刚石的粒度为 15—25、40—60 和 70—100 粒/克拉；而 D 级金刚石粒度为 15—25 和 40—60 粒/克拉，在孕镶钻头中采用的两个品级：S 级金刚石，粒度为 200—300 粒/克拉，P 级金刚石，粘度为 30—50 筛号。

胎体硬度是金刚石钻头的重要特性，它应适应于岩石的研磨性以及回转速度；钻进研磨性最大的岩石时采用最硬胎体的钻头，反之，采用越硬的胎体则转速越低。通常，在钻进一种和相同的石岩时，孕镶钻头的胎体硬度比表镶钻头低。各公司钻头胎体硬度的阶梯数是不

同的：美国克利斯坦森公司对于制造表镶金刚石钻头采用了三种硬度值的胎体，瑞典阿特拉斯·柯普科公司的表镶钻头采用两种硬度的胎体，而孕镶钻头则采用四种硬度的胎体。

表 3 列出推荐用于孕镶钻头的胎体硬度，金刚石品级和石岩种类的料资。

表 3

胎体的代号（硬度）	金刚石品级	岩 石 种 类
H5（软的）	P	极硬，细粒的岩石
H5（软的）	S	极硬，粗粒的岩石
H3（中等硬度）	P	（极）硬，研磨性小的岩石
H3（中等硬度）	S	（极）硬，粗粒的，研磨性小的石岩
H0（硬的）	P	硬，研磨性小的岩石
HB（非常硬的）	S	硬、中硬，研磨性小的岩石

在阿特拉斯·柯普科的表镶钻头里，H 级硬度的胎体是标准的，用于钻进大范围的研磨性小的岩层；EH 级硬度的胎体，用于钻进研磨性的和强裂隙的岩层。

根据冲洗系统的结构，制造两种类型的金刚石钻头：

① 冲洗液通过钻头壁上的内外水槽和钻头底部径向方向的水口。

② 冲洗液槽分布在钻头体里并冲洗液从钻头端部流出。

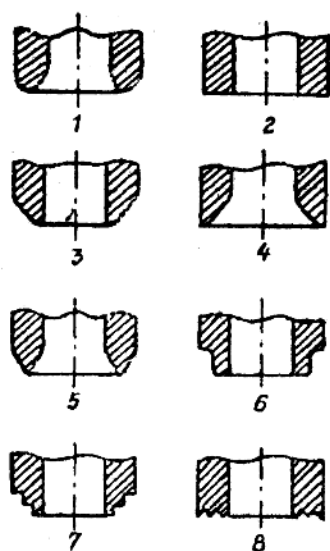


图 1 金刚石钻头端部形状

1——园弧形 2——平底形 3——外锥形
4——内锥形 5——内外锥形 6——双
阶梯 7——多阶梯形 8——底槽（梳子
状）形

第一种钻头水路不仅用于表镶钻头，而且用于孕镶钻头，水槽的深度对于孕镶钻头则较大，根据阿特拉斯·柯普科公司的资料，新钻头的水槽深应是 2.3 毫米（含金刚石层的总厚度较小）。这样的水槽深度在钻进裂隙岩层时保证钻头承受冲击载荷的能力。根据胎体的磨损，水口应该加深，即它的深度在任何时间等于新钻头水口的深度，这将有助于有效地反回水。

第二种钻头水路主要用于钻进不稳定岩层，有助于冲洗液直接冲洗孔底。

绳索取心钻进时大量的各式各样的钻头端部形状影响到对于一定钻进条件的金刚石钻头的选择。国外公司制造各种端部形状的钻头（图 1）：园弧形，平底形，外锥形，内锥形，双锥形，代有两个园形平底的双阶梯形（保证在两个阶梯上破碎岩石），具有大于两个的园形平底的多阶梯形，在切削面上分布有园形槽（梳子状）的底槽形。

《梳子状》端部的钻头，虽然增加切削表面，但在单位载荷相对不大的情况下可以提高机械钻速，这是由于在钻头端部各梳齿之间沿孔底形成岩石的环状阶梯所致。孔底阶梯顶部破坏，形成的岩屑比普通孕镶钻头钻进的粗。园弧形端部的钻头，一般镶焊碎裂的金刚石，而平底和《梳子

状》底槽形钻头即孕镶钻头则镶焊粉末金刚石。双阶梯和多阶梯钻头主要镶焊第一组品级的金刚石，而且中间阶梯不镶焊侧刃金刚石，在阶梯上的金刚石分布倾斜于钻头侧面表面某一角度（4—8°），美国克利斯坦森公司建议根据岩石选择钻头端部形状。

——钻进软岩石用双阶梯钻头；

——钻进中硬岩石用双阶梯和圆弧形端部钻头；

——钻进硬岩石用多阶梯钻头。

这些形状推荐用于下列情况，当有孔斜的趋势时采用双锥形端部的钻头，在这同时，长年公司提出，为了与孔斜作斗争，采用内锥形钻头。在软硬交变的岩石中以及裂隙岩石中采用多阶梯形的钻头。

除上述各种端部形状的钻头外，各公司还研制新型钻头。在使用底槽形孕镶钻头的过程中，已经发现它的根本缺点——钻头内径磨损加快，导致镶焊的金刚石过早失去工作能力。为了克服这个缺点，克利斯坦森公司已经设计了内径有阶梯的《梳子状》端部结构的钻头，在阶梯上有粗颗粒的金刚石（图2）。用粗粒金刚石破碎岩石时形成的岩屑有助于改善金刚石层的暴露。用这种结构的钻头进行工业试验，钻头进尺较高，比表镶钻头的金刚石消耗少。这种钻头的优点是在轴向载荷相对不高时有可能进行工作，它有助于钻孔保持垂直性。

长年公司研究制造《梳子状》孕镶钻头的新工艺，钻头镶焊人造金刚石粒度为30—40目。新的工艺可以使金刚石在胎体中均匀分布，首先保证均匀磨损。根据这两家公司用梳子状钻头的进尺，在硬岩中比表镶钻头提高9倍。

基于上述，可以得出结论，在选购金刚石岩石破碎工具时，国外公司的推荐指出的不是任何具体的钻头类型，而是钻头单个组件的技术特性，它是按照钻进地质——技术条件选择这些组件方面的现有建议作为基础。为了容易选择金刚石钻头的技术特性，国外公司拟定了各种类型的表格，利用它可以决定钻头结构单元的特性，而且在选择金刚石岩石破碎工具时，主要的注意力转向岩石的物理——机械性质，像可钻性那样抽象的性质不存在，岩石特性是一系列其它的指标，例如像硬度、研磨性、强度、构造等等，以克利斯坦森公司和阿特拉斯—柯普科公司选择表镶金刚石钻头表作为实例（见表4和表5）。

2. 绳索取心钻进的工艺特征及钻进

规程参数的选择

绳索取心钻进工艺，由于采用设备及工具（钻杆柱、岩心钻具、金刚石钻头）的专门结构特征，在很多方面，根本上不同于传统的金刚石钻进工艺。因此，从前制订的和使用的许多原则和标准不可能自动地挪用于新的钻进方法。

绳索取心钻进用金刚石钻头，与用于传统的金刚石钻进的钻头相比，胎体有相当大的宽度；根据钻具类型规格，钻头端部面积增大30—60%。同时钻杆柱是用

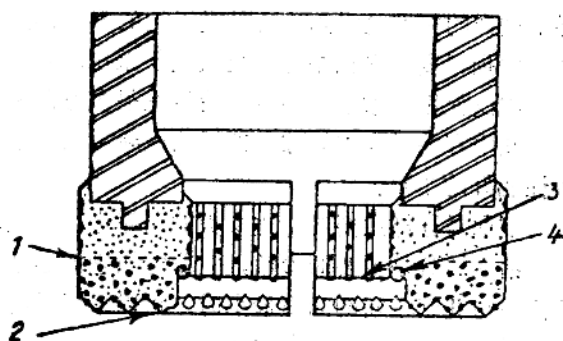


图2 《梳子状》底槽形金刚石钻头

1——含金刚石层的边界 2——同心圆槽 3——内阶梯
4——粗粒金刚石。

丝扣连接的内平管，不允许相应地增加钻头上的载荷。还有限制提高轴向载荷的同样因素是必须与孔斜作斗争。在某些情况下，特别是钻进高硬度的岩石时，在钻头上有可能达到最大载荷，可能使破碎岩石效果不好，导致机械钻速降低和金刚石抛光。大多数绳索取心钻头端部为阶梯形式，在一定程度上补偿轴向载荷的不足。金刚石数量和轴向载荷相同时，与其它形式的钻头（平底形、圆弧形等）比较，阶梯钻头保证孔底最大单位压力和岩石破碎过程的最小体积功，阶梯破碎时大大增大岩屑尺寸和改善冲出岩屑和冷却钻头的条件。

根据外国研究者的资料采用阶梯钻头可以提高机械钻速30%，提高钻头进尺80%，和降低金刚石消耗50%，但是，为了保证绳索取心钻头的工作能力和在长时间内维持在足够的水平，应特别注意正确地选择钻进规程。

选择绳索取心钻进规程时在一定条件下必须满足最优机械钻速和钻头进尺。如果，传统的金刚石钻进时，钻头进尺数不直接影响钻进效率，而仅仅决定钻进1米的成本（当钻头进尺少于回次长度时除外，这只有钻进最坚硬的岩石的地方才存在）。那么，用绳索取心钻进时，钻头进尺决定于回次长度，即消耗于辅助工序的时间值。因此，绳索取心钻进的钻头进尺和机械钻速一样直接决定钻进效率。高的机械钻速时，钻头进尺不高，相反，机械钻速不高时，有较高的钻头进尺，它可能得到比某种上述参数平均最优值要低的生产效率，而且这个最优的比值不是常数，而根据地质——技术条件和钻进深度而变化，有时按这个或那个因素可以求得确定值。

因此，绳索取心钻进时可以正确地决定最适宜的回次终止时间（更换钻头的的时间），过早提升钻头导致增加消耗于起下钻的时间，延迟更换钻头导致机械钻速和回次钻速降低。

适时地更换金刚石钻头有较大的意义，不仅从提高钻进效率的观点，而且为了降低金刚石消耗。为了达到所要求的钻头寿命，通常镶焊高质量的金金刚石。昂贵金刚石的回收率高实际上可以降低钻进一米的成本。绳索取心钻头与传统的金刚石钻进的钻头不同，它通常工作一回次后不提升到地表。如果普通金刚石钻头的磨损在提升到地表期间可以周期地进行评价或测量，这就提供了在发现初次反常磨损的征兆时就更换金刚石钻头的可能性，并避免金刚石的事事故损耗。在钻进过程中不能用肉眼和工具评价绳索取心钻头的磨损程度，因此，应利用其它的标准，它可以足够精确地评价绳索取心钻头的磨损程度和决定最适宜的更换期限，寻求这样的标准是绳索取心钻进工艺的重要部分，因为，如何可靠地选择指标将反映金刚石钻头磨损程度，在很多地方它决定于采用绳索取心的效果。

广泛使用绳索取心钻具，使得在很多方面考虑冲洗液的问题，岩心钻具的结构特性，和在钻孔中存在最少的间隙，造成液压阻力大大增加，它要求提高冲洗液的质量及流变性和采用性能好的水泵。

下面对选择主要的钻进参数的问题进行某些较详细的研究。

钻具转数是主要的参数，它决定绳索取心钻进的机械钻速。使用好的均匀的钻杆柱，在钻杆柱与孔壁之间的间隙最小时，可以采用最高转速钻进（受钻杆传递功率限制）。在国外，用直径46和59毫米的绳索取心钻具钻进时，实际的钻具转速是900—1300转/分。而钻具直径是76毫米和更大时则是300—800转/分。Ю. П. 布卡柯夫等人记载用BQ规格钻具，采用900转/分钻进的情况，但这是在钻孔深度不大时（约100米）采用。

国外专家们不认为提高转速与岩心采取率有关，相反，他们认为有产生振动的可能性。

否定对岩心的完整性影响，它常常是在低转速时造成的。指出，在美国和加拿大普遍使用绳索取心钻具以后，转速有些降低，是300—800转/分，较少是1000—1200转/分，按其原因是回转钻杆柱所必须的扭矩大大增加（高转速时），以及由于钻孔环空阻力增加使其压力增加，和在离心力的作用下岩粉沉积在钻杆的内表面。

钻具转速的最大限度在什么范围内，有可能用限制最大的轴向载荷来决定，因为提高转速不相应的增加在钻头上的载荷有可能导致金刚石抛光。

钻头上的载荷值也是重要因素之一，它决定于达到最优的回次长度和机械钻速，钻头上轴向载荷的变化范围，取决于钻孔直径，岩石的物理机械性质和其它的因素，根据国外资料变化范围是500—2000公斤。

绳索取心钻进时，客观上存在在金刚石钻头承受较大轴向载荷的必要性，因为它比普通钻头的端面积大。载荷增加必然导致孔斜强度增大，超过允许极限并较多地使钻具损坏。

保持最优轴向载荷的可能性受钻杆柱承载能力的限制，这注定要不断地进行提高钻杆质量和改进结构方面的研究。例如，长年公司，最近25年研制出三种结构的钻杆：XWL、Q、CQ。最后一种结构的钻杆提供钻进勘探孔深度超过3000米。这些管子（类似CQ管子结构）有由合金钢制造的接头和接箍，并焊接到薄壁的冷拔无缝钢管上，接头和接箍进行热处理，它的壁厚比标准管子的大一倍，这种结构可以增大管柱的连接强度，以及增加其使用寿命，在起下钻工序中缩短拧卸时间。新钻杆柱的主要优点是由于增大钻杆内径与岩心容纳管外径之间的间隙，则减少提升下降岩心容纳管的时间10%。

由于保持最优轴向载荷不可能，在一定程度上利用特殊的端部形式的金刚石钻头来补偿。

冲洗规程也是影响钻进效率的重要因素之一。在管外通道的液流速度应是0.5—1.0米/秒范围内。绳索取心钻杆柱与孔壁之间的间隙不大，在冲洗液流量不大时就可以得到这样的流速，根据钻具直径，流量是10—30升/分，并在保证均匀供给的情况下能完全满足钻头的冷却。采用泥浆作为冲洗介质，由于孔内液压阻力大则限制冲洗液性能，仅仅在保证孔壁稳定的情况下钻进时主要采用清水作冲洗介质。

3. 绳索取心钻进用冲洗液

根据地质——技术条件配制和正确选择有一定工艺和化学性能的冲洗液并在钻进过程中保持稳定的最小流量是绳索取心钻进工艺的重要部分之一。

采用绳索取心特别要求提高冲洗液的质量和冲洗液的净化。冲洗液应有下列质量要求：

- 实际上不含有悬浮的固相。但同时具有触变性能；
- 有高的润滑性；
- 它的流变性应该保证低的液压阻力；
- 能很好地控制失水量。对钻进岩石有抑制性。

为了满足上述要求，首先研究专门的化学处理粘土和膨润土冲洗液，可以降低固相含量。严格地控制如像比重、粘度、失水量、产生胶状的能力等参数。为此目的，主要采用的处理剂有木素——木质素磺酸盐，铬木质素磺酸盐，铁铬木质素磺酸盐。这些处理剂在许多国家都生产。

在日本，绳索取心钻进时，采用膨润土含量为5—7%的泥浆，用2.5—3%的铬木质

表 4

岩	石	1	胎体硬度		HRC		金刚石粒度 粒/克拉										金刚石品级			
			20—30		30—40		40—50		50—60		60—70		70—80		80—90		90—100		100—120	
			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	+	+					
软的, 无研磨性的, 粗粒, 低强度块状构造 (泥灰岩)			+																	+
中等硬度, 无研磨性, 层状构造 (石灰岩)			+																	+
中等硬度和研磨性, 细粒, 层状构造 (粘土质页岩)			+																	+
中等硬度, 无研磨性, 粗粒 (大理岩)			+																	+
中等硬度和研磨性, 粒状, 块状或层状构造 (灰质砂岩)			+																	+
硬的, 中等研磨性, 破碎的 (白云岩)																				+
硬的, 研磨性的, 细粒的 (结晶片岩)																				+
硬的, 研磨性的, 磨状构造 (云母页岩)																				+
坚硬的, 研磨性的, 细粒的, 脆性的 (石英砂岩)																				+
坚硬的, 研磨性很大的, 粒状的, 脆性的 (破碎的片麻岩)																				+
坚硬的, 研磨性很大的, 细粒的 (致密的片麻岩)																				+
坚硬的, 研磨性很大的, 粒状的 (致密花岗岩)																				+
极硬的, 无研磨性的, 细粒的 (致密的石英岩)																				+
硬的, 研磨性很大的, 粒状的, 脆性的 (破碎石英岩)																				+

表 5

硬 度 组	岩 石	表			钻 头			孕 镶			钻 头							
		假定胎体 硬 度		金刚石粒度 粒/克拉	金 刚 石 品 级			假定胎体硬度										
		EH	H		20	50	90	X	F	D	HB ^x	HB	Ho	Ha	Hs	P	S	
3	中等硬度, 无研磨性的; 软砂岩、砂质页岩、页岩、泥质板岩、砂质灰岩		+	+					+									+
4	中等硬度, 研磨性的; 砂岩、粉砂岩、淤积层、方解石、石灰岩、页岩		+	+					+		+							+
5	硬的, 弱研磨性; 砂质石灰岩、脉状石灰岩、白云岩、石灰岩、含有白云岩的石灰岩、结晶片岩、蛇纹岩		+	+			+		+		+							+
6	硬的, 无研磨性的; 结晶片岩、云母页岩、硅质灰岩、白云岩、大理岩、蛇纹岩、橄榄岩、安山岩、伟晶岩、赤铁矿、磁铁矿		+	+			+		+		+		+		+			+
7	坚硬的; 变质页岩、片麻岩、角闪岩、花岗岩、长英变粒岩、玄武岩、闪长岩、辉长岩、玢岩、流纹岩、粗面岩		+			+	+		+				+		+			+
8	研磨性很大的; 砾岩、硬砂岩、石英岩、英石岩、含有浸染黄铁矿的岩石、刚玉	+			+	+	+	+		+								+

X 镶有硬质合金的冲头槽

索磺酸盐, 0.2%的碳酸钠, 0.1—0.2%的甲基纤维素 (KMI) 进行处理。为了改善润滑性能, 加入“A”油。这样的泥浆密度为 1.03—1.05克/厘米³、粘度 25 秒、失水量 5—7 厘米³, 泥皮厚 0.5 毫米。结构粘度 6 厘泊。通过 1 和 10 分钟后的静切力相应为 0.49 和 4.9~24.5 毫克/厘米²。用这样的泥浆可以采用成批生产的 VAS—2 型绳索取心钻具和 AK 钻杆钻进粘土和凝灰岩。这套取心器不仅增大孔壁与钻杆之间的间隙, 而且外管与岩心容纳管之间的间隙也增大。

为了增加冲洗液对粘土岩石的抑制作用, 其中加入钙盐。这种泥浆叫氯化钙泥浆, 高钙泥浆等等。处于自由状态的钙离子相互作用时, 膨胀的分散的粘土最终转变成钙粘土, 它在水中膨胀和分散性大大降低。为了控制高钙泥浆和与其相类似的低固相泥浆的流变性, 采用木质素磺酸盐, 和基于多聚糖的处理剂。其出售的各种商品名称 (译音—译者注) 有: 德里斯科札、采列克斯、克瓦列克斯、采洛法克、弗拉谢尔、季洛札、尼门采尔、肯尔科扎、波利菲布兰、KMI。

在钻进过程中要求不断地测量它的参数, 化学处理、净化和控制固相含量消耗大量的辅助时间是上述泥浆的缺点。

与此有关, 今后采用固相含量低的, 添加人造高分子聚合物水溶液的稳定性泥浆作为绳索取心钻进用冲洗液, 即聚合物冲洗液, 在专利文献中, 美国首先报导关于采用人造高分子材料作为絮凝剂的可能性, 并于 1951 年发表。

P. W. 菲亚彻, J. F. 库克 (美国专利 NO2552775) 建议采用碱金属盐或聚丙烯酸铵盐作为这种处理剂, 它的相对分子量从 5000 到 50000, 加入泥浆总重量的 0.5—5%。

W. N. 奥尔登 (美国专利 NO2718497) 建议为了稳定低固相粘土泥浆, 采用各种方法生产的聚乙烯聚合物 (相对分子量为 180000 的聚乙烯酸), 聚丙烯酸可以用皂化的聚丙烯晴, 聚丙烯和苯乙烯、皂化的丙烯晴和醋酸乙烯酯、苯乙烯和顺丁烯二酐、顺丁烯二酐和异丁烯的共聚物代替。

为了降低泥浆的失水量, 稳定其粘度和调节固相含量。采用聚丙烯和丙烯酸盐是美国塞纳米公司的专利方法 (美国专利 NO275557)。

美国泛美石油公司建议在低固相泥浆中添加聚乙烯化合物, 它是由乙烯基和顺丁烯二酐组成的化合物 (美国专利 3070543)。

在许多其它的专利中, 为了稳定低固相泥浆, 建议采用乙烯醇和丙烯酸碱金属盐的共聚物, 聚乙烯, 水解聚丙烯 (美国专利 NO 3272749、NO 3525688、NO 3434970) 与 KMI 形成综合的化合物。配制 1 米³的冲洗液时, 加入 10 公斤 KMI 和 3 公斤的 IP—12。上述泥浆的特点是流变性好, 失水量不大和稳定性好, 耐温达 140℃, 在沉淀时能有效地清除岩粉。

钻进一米的处理剂消耗是: KMI 是 1.0 公斤, IP—12 是 0.25 公斤。

采用这种冲洗液可以增加机械钻速, 预防和消除冲洗液损耗, 减少配制时间消耗, 以及降低成本, 保证孔壁坚固。其中一个钻孔钻进时, 在这种成分的冲洗液中加入黄原酸盐。采用这种冲洗液时也得到好的结果。

在波兰绳索取心钻进时冲洗孔认为最适宜的冲洗液是含量 2—4% 的膨润土用 KMI 或聚丙烯酰胺处理。

在膨润土——格利科采尔(译音)泥浆(用KMI处理)中物质含量:匈牙利膨润土4%,低粘度的格利科采尔(KMI) TASW—30—0.5%。格利科采尔可以用2—4%的罗托查尔(译音)罗托索尔(译音)的淀粉配料代替。这种冲洗液的技术性能:密度—1.025克/厘米³,失水量—11厘米³/30分,表观粘度—13.5厘泊,塑性粘度—9厘泊,屈服值—65牛顿/厘米²,结构强度—15/68毫克/厘米²。

在膨润土——吉吉塔尔(译音)泥浆中(用聚丙烯酰胺处理)的物质含量:匈牙利的膨润土3%,吉吉塔尔(译音)或罗克里索尔(译音)0.05%。工艺性能如下:密度1.01克/厘米³,失水量30分钟11厘米³,表观粘度8.5厘泊,塑性粘度3厘泊,屈服值5.3牛顿/厘米²,结构强度59/78毫克/厘米²。这种泥浆的失水量可以加入格利采尔处理剂来控制。

基于提供的泥浆可以用加入机器油和乳化剂的方法得到乳化泥浆,以及加入2%的石膏稳定液的方法得到抑制性冲洗液。

一系列研究证明,在水中加入少量的生物聚合物可以得到流变性好的冲洗液,用细菌处理多糖物质得到生物聚合物,美国的凯尔科公司生产XC(Xanthomonas Campestris)生物聚合物。

法国的梅勒。贝佐斯公司研制了生产阴离子型杂多糖化合物(XB—23)的生产工艺,XB—23产品是在美洲的通用梅勒公司的产品。

加入生物聚合物(XC和XB—23)的泥浆特点是在冲洗液循环过程中根据其剪切速率可大大改变表现粘度值,因而在冲洗液流量相同时,使用生物聚合物泥浆的压力损失比使用清水要低50%。

在保加利亚也进行生物聚合物(XPS)的研究,它是东德凯尔坎公司生产的。由0.3%的XPS(凯尔坎),0.1%CrCl₃·6H₂O,10.1%NaOH和99.5%的水组成的溶液具有最好的流变性能。生物聚合物XPS无论是在淡水中还是盐水中都有效地起作用。由于添加生物聚合物,CrCl₃保证在其含量最少的情况下大大增加表现粘度。为了配制冲洗液需要4公斤生物聚合物。

添加含铬的水化物(CrCl₃·6H₂O),KCr(SO₄)₂·12H₂O和有机铬多聚电解质改善生物聚合物质点的空间分布和它的“碰撞”。首先提高生物聚合物泥浆的结构强度和表现粘度。加入含铬物质(CrCl₃·6H₂O)的含量不应超过加入泥浆中生物聚合物含量的10~40%,因为加入大量的含铬物质会起相反的作用。

生物聚合物溶液有比较高的失水量——大于10厘米³/30分钟,它可以添加一定数量的膨润土,KMI或淀粉的方法降低。

生物聚合物处理剂的缺点(如像淀粉)是在使用过程中要发酵(腐烂)。为了防止这种现象,在生物聚合物溶液中必须加入杀菌剂(三聚甲醛等)。为了保持pH值在8~10的水平,在加有铬盐的生物聚合物泥浆中加入苛性钠。生物聚合物泥浆的主要优点是配制它的原料消耗不多,并可以大大减少。

1957年J. 约翰·帕德伯里(加拿大专利NO535786)建议用醋酸乙烯酯和马来酐的共聚物处理低固相泥浆。许多研究者为此建议利用聚乙烯的化合物:聚丙烯酰胺,含有丙烯酸的丙烯酰胺与含有甲基丙烯酸的丙烯酰胺的共胶物。

为了提高粘度,降低失水量和改善低固相泥浆的悬浮能力,A. 帕克(美国专利NO3081260)提出加入水解的聚丙烯酰胺和KMI的混合物,或者加入聚丙烯酰胺和羟基乙基纤维素

的混合物。

为了提高低固相泥浆的减摩性能，建议（美国专利NO3472769）加入聚乙化合物与糊精（ $C_6H_{10}O_5$ ） n 的混合物。

在实际钻井中为了配制低固相泥浆，采用醋酸乙烯酯与马来酐的共聚物（BAMA）和水解的聚丙烯酰胺（ППАА）。

为了配制低固相泥浆最广泛使用水解的聚丙烯酰胺，而非水解的用于聚合物冲洗液（ПАА水溶液）。对ПАА的技术评价由它的相对分子量来决定。许多国家公司生产的聚丙烯酰胺有不同的商品名称（译音）：谢帕兰，什托卡波尔С 3813聚合物，什托卡波尔聚丙烯酰胺，帕拉布洛格，德日格塔尔，罗克里索尔等等。

绳索取心钻进时采用的聚合物膨润土低固相泥浆的膨润土含量约3%（按重量），水解的聚丙烯酰胺（ППАА）0.05%（按重量），这种泥浆的密度是1.015克/厘米³，失水量21.5厘米³，表现粘度8.5厘泊，塑性粘度3.0厘泊。

加有非水解聚合物溶液（ПАА）的聚合物膨润土泥浆的失水量可以用KМII处理剂控制，用加入油和乳化剂的方法可以得到乳化泥浆，以及用加入石膏，食盐的方法得到抑制性泥浆。

在保加利亚用直径76毫米的绳索取心钻具钻进时，采用基于人工合成的高分子化合物（它是丙烯酰胺和丙烯酸共随物）配制冲洗液解决了钻孔冲洗问题。这种处理剂很好地溶于水，并在浓度小的情况下形成粘性溶液。这种泥浆的分子结构决定它对岩屑和孔壁有强的吸附能力。因此，孔底清除岩粉非常好并随之在沉淀池中沉淀。

采用这种泥浆也保证孔壁稳固，和岩心完整，消除形成泥包和孔壁坍塌。它有好的润滑性能，但是在一个月期限内保持效能。为了配制冲洗液，这种共聚物的消耗最少，配制类似的泥浆，水解的聚丙烯酰胺的耗量也较少。

保加利亚在复杂的地质—技术条件下钻进时采用基于AP—30型聚合物（0.1~0.2%的谢帕兰“译音”溶液）配制的冲洗液得到好的结果。现在，在保加利亚大约85%的钻孔用这种聚合物泥浆钻进。它比粘土泥浆有下列优点：运输原材料的费用最少；由于配制工艺简单并有可能在工地完成配制工序，故配制泥浆的时间消耗减少，岩粉从泥浆中很好沉淀，减少钻进设备及工具的磨损；提高润滑及防震性能；有较低的粘度（按СНБ—5型仪器测定18~20秒），这首先有助于提高机械钻速、钻头进尺，提高岩心采取率大约2~4%。

在匈牙利采用绳索取心钻进的最初阶段，采用由活化膨润土和用KМII和水玻璃配制的泥浆。用这种泥浆钻进时，取心器常常有可能提升不到地表，因为，在高转速的情况下，钻杆柱的内壁形成泥包，为了提出取心器要求相当大的力。

现在为了绳索取心钻进配制无固相冲洗液，它是KМII和ИР—12的水溶液。化合物ИР—12是有机的铬电解质，在远离供应基地的地区钻井时运输费用大，为了配制生物聚合物冲洗液，采用的原料并不污染周围介质。

采用生物聚合物泥浆可以大大增加机械钻速，降低水力阻力，保证很好地携带出岩粉并在循环槽里消除它，生物聚合物泥浆有助于提高孔壁稳定性，在孔壁上形成吸附膜。

在致密的，均质岩层中用绳索取心钻进时采用乳化冲洗液，在东德采用的乳化液是用乳化剂“哈普兰诺尔（译音）”和“库普兰诺尔（译音）”配制的。许多国家采用巴罗德公司的