

水利水电工程钻探 与工程施工治理技术

SHUILI SHUIDIAN GONGCHENG ZUANTAN
YU GONGCHENG SHIGONG ZHILI JISHU

马 明 范子福 主编
曾立新 张 辉 等编
肖冬顺 许泽进



中国地质大学出版社

ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

水利水电工程钻探

Shuili Shuidian Gongcheng Zuantan

与工程施工治理技术

yu Gongcheng Shigong Zhili Jishu

马 明	范子福	主 编
曾立新	张 辉	等 编
肖冬顺	许泽进	

中国地质大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

水利水电工程钻探与工程施工治理技术/马明等主编. —武汉: 中国地质大学出版社, 2009. 8

ISBN 978-7-5625-2410-6

I. 水…

II. 马…

III. ①水利工程-钻探②水力发电工程-钻探③水利工程-工程施工④水力发电工程-工程施工

IV. TV5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 153549 号

水利水电工程钻探与工程施工治理技术

Shuili Shuidian Gongcheng Zuantan yu Gongcheng Shigong Zhili Jishu

马 明 范子福 主编

曾立新 张 辉 等编

肖冬顺 许泽进

责任编辑: 方 菊 湛福兴 策划组稿: 方 菊 张晓红 责任校对: 戴 莹

出版发行: 中国地质大学出版社 (武汉市洪山区鲁磨路 388 号) 邮编: 430074

电 话: (027) 67883511 传真: (027) 67883580 E-mail: cbb @ cug. edu. cn

经 销: 全国新华书店

[http: //www. cugp. cn](http://www.cugp.cn)

开本: 787 毫米×1092 毫米 1/16

字数: 300 千字 印张: 11.75

版次: 2009 年 8 月第 1 版

印次: 2009 年 8 月第 1 次印刷

印刷: 武汉市教文印刷厂

印数: 1—500 册

ISBN 978-7-5625-2410-6

定价: 38.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

随着我国国民经济的快速发展,水利水电工程项目蒸蒸日上。水利水电工程钻探技术的迅速进步,为获取准确的地质资料提供了重要手段。及时总结并在总结中提高水利水电工程技术水平,就变得尤为重要。

水利水电工程钻探与找矿、采煤钻探、石油勘探及其他类型的钻探均有所不同,在勘探目的、要求及钻进工艺和特点等方面都不一样。水利水电钻探的目的从定性方面来讲,要正确揭露水利枢纽建筑物下的岩性及产状,准确划分层位,评价其稳定性;从定量方面讲,要采取不同层位的原状样进行物理力学试验和水文地质试验,评价地层的承载力、区域稳定性和地层渗透性。从而准确评定大坝设计的合理性、稳定性、安全性和工程造价的可行性。

《水利水电工程钻探与工程施工治理技术》一书,是长江水利委员会钻探技术人员总结了葛洲坝、三峡、南水北调等多个大型水利工程勘探经验的基础上,同时收集了国内外同行的有关资料编写而成。在此对被引用的单位和个人表示衷心感谢!

本书在编写过程中得到众多专家、学者、工程技术人员的帮助,中国地质大学出版社及其他有关人员也为该书的出版花费了大量心血,谨此,向他们表示深深的谢意!全书共分四篇21章,编写分工如下:第一篇的第1章、第5章、第9章由马明、许泽进编写;第一篇的第2章,第四篇的第18章、第20章由范子福编写;第一篇的第3章、第7章、第8章,第二篇的第12章、第14章由曾立新编写;第一篇的第10章,第二篇的第15章,第四篇的第21章由张辉编写;第一篇的第11章,第二篇的第13章,第三篇的第17章,第四篇的第19章由肖冬顺编写;第一篇的第4章、第6章,第三篇的第16章由祝德生编写。

由于作者水平有限,书中不足和错误之处在所难免。敬请读者批评指正。

作者

2009年7月3日

目 录

第一篇 水利水电工程钻探技术篇	(1)
第1章 硬质合金钻进技术	(1)
1 硬质合金钻头结构	(1)
2 硬质合金钻头的选择	(2)
3 钻进技术参数	(2)
第2章 金刚石钻进技术	(4)
1 金刚石钻头的选择	(4)
2 金刚石钻头系列品种	(5)
3 金刚石绳索取心钻进技术	(8)
第3章 冲击回转钻进技术	(11)
1 冲击器	(11)
2 液动冲击器的选择	(12)
3 液动冲击器的调试与组装	(13)
4 绳索取心冲击回转钻进	(14)
第4章 覆盖层钻进技术	(15)
1 概述	(15)
2 覆盖层钻进特点	(15)
3 砂卵石层的钻进及取样	(15)
第5章 堤防钻探及封孔技术	(21)
1 堤防钻探	(21)
2 封孔技术	(24)
第6章 倒垂孔钻进技术	(28)
1 概述	(28)
2 倒垂孔钻进设备及器具选择	(28)
3 倒垂孔防斜	(29)
4 倒垂孔测斜	(30)
5 倒垂孔纠斜	(31)
6 倒垂孔保护管的安装	(32)
第7章 潜孔锤钻进技术	(34)
1 概述	(34)
2 潜孔锤偏心跟管钻进系统及工作原理	(34)
3 SP系列偏心跟管钻具特点	(36)
4 潜孔锤偏心跟管钻进技术应用	(37)

5 潜孔锤偏心跟管钻进技术应用实例·····	(39)
第 8 章 绳索取心钻进技术 ·····	(48)
1 概述·····	(48)
2 绳索取心钻具简介·····	(48)
3 绳索取心钻进参数及报信机构·····	(49)
4 绳索取心的应用·····	(50)
第 9 章 水上钻探 ·····	(56)
1 水上钻探的特点·····	(56)
2 施工前应收集的资料·····	(56)
3 现场查勘与安全措施·····	(57)
4 水上钻场的类型·····	(57)
5 水上钻场的抛锚定位·····	(57)
第 10 章 水文水井钻探 ·····	(59)
1 回转钻进·····	(59)
2 反循环钻进·····	(62)
3 气动冲击器(潜孔锤)钻进·····	(62)
4 成井工艺·····	(64)
第 11 章 钻孔冲洗液及护壁堵漏 ·····	(66)
1 钻孔冲洗·····	(66)
2 钻孔护壁与堵漏·····	(69)
第二篇 施工技术篇 ·····	(72)
第 12 章 高压喷射注浆技术 ·····	(72)
1 高压喷射注浆产生的背景·····	(72)
2 概念与定义·····	(72)
3 高压喷射注浆加固机理·····	(75)
4 高压喷射注浆应用·····	(77)
5 高压喷射注浆施工·····	(78)
6 高喷注浆主要质量要求·····	(82)
7 高压喷射注浆质量检验·····	(84)
第 13 章 坝基岩石灌浆技术 ·····	(85)
1 概述·····	(85)
2 灌浆材料、设备和制浆·····	(87)
3 灌浆试验·····	(89)
4 坝基岩体灌浆·····	(90)
5 隧洞灌浆·····	(97)
6 混凝土坝接缝灌浆·····	(99)
7 GIN 法灌浆 ·····	(104)
8 灌浆资料整理与工程验收 ·····	(105)

第 14 章 锚固技术	(107)
1 概述	(107)
2 预应力锚索技术	(107)
第 15 章 钻孔灌注桩技术	(115)
1 概述	(115)
2 钻孔灌注桩	(115)
第三篇 原位测试与水文地质试验篇	(123)
第 16 章 原位测试技术	(123)
1 概述	(123)
2 动力触探试验	(123)
3 旁压试验	(125)
4 十字板剪切试验	(125)
第 17 章 水文地质试验与观测	(127)
1 概述	(127)
2 压水试验	(127)
3 抽水试验	(131)
4 注水试验	(149)
第四篇 质量、安全、管理篇	(150)
第 18 章 钻探工程质量	(150)
1 概述	(150)
2 岩心采取率与岩心整理	(151)
3 钻孔弯曲度及测量	(153)
4 其他四项指标	(156)
第 19 章 钻探机台管理	(158)
1 机台管理概述	(158)
2 机台施工作业计划管理	(160)
3 机台技术管理	(162)
4 机台质量管理	(163)
5 机台劳动管理	(164)
6 机台设备管理	(165)
7 机台成本管理	(165)
8 机台安全生产管理	(167)
第 20 章 安全生产和常见事故的预防与处理	(168)
1 概述	(168)
2 人身事故及其预防	(168)
3 钻探机械事故的预防	(170)
4 孔内事故的预防与处理	(170)

第 21 章 机台常用计算	(172)
1 钻机功率计算	(172)
2 钻进计算	(173)
3 质量部分有关计算	(175)
4 泥浆计算	(177)
5 水泥浆液灌注计算	(178)
6 机台技术经济指标计算	(179)

第一篇 水利水电工程钻探技术篇

第 1 章 硬质合金钻进技术

1 硬质合金钻头结构

合金钻头结构要素有：钻头体、合金数目及排列方式、合金出刃、合金的镶焊角、钻头水口及水槽等。一般在用硬质合金钻进时，必须根据不同地层，选用不同结构形式的钻头。

1.1 钻头体

钻头体是由 D35 或 D45 无缝钢管车制而成，壁厚 6.5~7.5mm，高度一般为 85mm。上端内壁有一内圆锥度，便于卡取岩心和保证冲洗液的畅通。

1.2 切削具数目

在确定切削具数目时，要考虑岩石性质、钻头直径、设备能力、岩粉的排除及合金冷却等条件。

1.3 切削具出刃

切削具的出刃分为底出刃和内外出刃。底出刃又分为平底出刃和阶梯出刃。阶梯出刃在切削破碎岩石时能形成较多自由面，提高碎岩效果。阶梯出刃钻头适用于钻进中硬岩石。平底出刃一般适用钻进软岩石。内外出刃主要造成钻头体与岩心、钻头体与孔壁之间环状间隙。加大内外出刃，会使破碎岩石面积增大，钻头回转阻力增大，切削具易崩刃折断，功能消耗增多。但较大内外出刃，会使冲洗液流通阻力减小，有利于岩粉排除和减少岩心堵塞的机会。

1.4 切削具排列方式

- (1) 单环排列，适用于钻进较软地层。
- (2) 多环排列，适用于钻进中硬以下，研磨性不大地层。
- (3) 密集式排列，适用于钻进岩石较硬和研磨性较强的岩石。

1.5 切削具镶焊角

镶焊有如下三种方式。

- (1) 正前角斜镶，一般正前角为 $5^{\circ}\sim 13^{\circ}$ ，适用于钻进较软的塑性地层。
- (2) 负前角斜镶，一般负前角为 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ ，适用于钻进较硬的岩石，有裂隙地层、软硬

不均或研磨性较强的地层。

(3) 直角正镶, 一般适用于钻进软到中硬岩层。

1.6 钻头水口水槽

钻头体上开有水口、水槽, 其作用是满足冲洗液的畅通, 充分冷却钻头和携带孔底岩粉。

2 硬质合金钻头的选择

在硬质合金钻进中, 必须针对各类地层特点, 选择相适应的钻头和优化钻进技术参数, 以提高钻进效率。

第一类松软至较软岩石 (1~4 级), 如黄土、粘土等第四纪地层及泥炭、砂藻土、泥岩、泥页岩、页岩、白云岩等。钻进该类地层的特点: 破碎岩石容易, 岩石研磨性小, 钻进效率高; 相应的孔内岩粉多, 岩粉颗粒大, 孔底漏水及孔壁坍塌的可能性大。这类地层大都是塑性岩层, 有粘性, 钻进时易产生糊钻、蹩水、缩径等现象。钻进时要解决的关键问题是蹩水、糊钻以及保持孔内清洁和保护孔壁等。针对地层特点和关键问题, 钻进时最好选用内外肋骨或薄片式合金钻头, 螺旋肋骨钻头、阶梯肋骨钻头和普通式硬质合金钻头等。应选用高转速、大泵量和较小钻压的钻进技术参数。钻进中要选用失水量小的优质泥浆护壁。采心时提钻动作要快, 以免造成孔内事故。

第二类中硬岩石 (5~6 级), 如钙质砂岩、蛇纹岩、橄榄岩、细大理岩等。钻进特点是, 钻进效率不高, 岩石有一定的研磨性, 孔壁较完整, 钻进时的关键问题是如何提高钻进效率。应尽量选择分别破碎及掏槽破碎岩石作用机理。选用各种阶梯式钻头和各种小切削具钻头, 如品字形钻头, 三八式钻头等。钻进时采用“两大一快”(钻压大, 泵量大, 转速快) 的钻进技术参数。

第三类为硬岩 (7 级及部分 8 级), 如辉长岩、玄武岩、角闪岩等。地层特点是岩石硬、有研磨性、合金磨损较严重、钻进效率低。钻进时要解决的关键问题是如何在延长钻头寿命的情况下提高效率。钻进时应选用大八角、负前角、针状硬质合金钻头等。钻进技术参数为: 大钻压、中转速、中泵量。对于裂隙及研磨性岩石, 钻进特点是合金崩刃和磨损严重。在裂隙地层应选用较低钻压、中等转速和中等泵量, 在研磨性大的地层钻进, 应选用较大钻压、较大泵量和适当小转速。

3 钻进技术参数

硬质合金钻进技术参数指钻压、转速、冲洗液量等。它们对钻进效率、钻孔质量、材料消耗、施工安全等有直接影响。因此, 在操作过程中应根据岩石性质、钻头结构、钻探设备能力、钻具强度和钻孔质量要求等条件合理确定。

3.1 钻压

钻压大小对钻进效率和钻头寿命都有很大影响, 在其他条件不变情况下, 在一定范围内, 钻速和钻头寿命都将随钻压增大而增加。从实验得出: 切削具作用在岩石上的单位压力必须大于岩石抗压强度, 才能以体积破碎方式进行工作, 从而获得较高钻速和减少切削具磨

损。但过大压力会使合金崩刃。造成钻孔弯曲,影响钻孔质量。钻头的总轴向压力可用下式计算,即

$$\text{轴向压力} = \text{切削具数目} \times \text{每颗切削具所需钻压}$$

3.2 转速

生产实践表明,在一定的条件和范围内,增加钻头转速即增加了合金切削具破碎岩石的次数,钻速随转速增加而增高。但转速增加有最优极限值,超过此值后,钻速反而会下降。不同岩石最优转速极限值不同,软岩转速最优极限值高,硬岩低。一般情况下,在钻进软岩石或利用小口径钻进时,可用高转速;当钻进硬的、研磨性大的岩石、非均质和裂隙发育岩石,深孔及大口径钻进时,应适当降低转速。

3.3 冲洗液量

合理的冲洗液量应根据岩石性质、钻头直径、单位时间内产生的岩粉量等因素确定。冲洗液量的理论计算公式为

$$Q = 6F \cdot v \text{ (L/min)}$$

式中: Q ——冲洗液量, L/min;

F ——钻具与孔壁之间的环状间隙面积, cm^2 ;

v ——钻具与孔壁间环状间隙的水流速度,一般取 $0.3 \sim 0.45 \text{ cm/s}$ 。

经验计算公式为

$$Q = K \cdot D \text{ (L/min)}$$

式中: Q ——冲洗液量, L/min;

K ——送水系数,一般为 $6 \sim 15 \text{ L/(cm} \cdot \text{min)}$;

D ——钻头直径, cm。

第2章 金刚石钻进技术

1 金刚石钻头的选择

合理选择金刚石钻头类型,是提高金刚石钻进效率,延长钻头寿命的关键。金刚石钻头的选择,应根据钻进地层的岩石特性和钻头的技术性能、结构、经济效益,全面平衡,合理选用。

(1) 金刚石品级选择。主要根据岩石硬度和研磨性进行选择。岩石愈硬研磨性愈强,应选用品级较好的优质级或特级金刚石。

(2) 金刚石浓度选择。试验证明,金刚石浓度为70%~120%时破碎岩石效果最好。钻头直径大,克取岩石面积大,所需金刚石数量多;反之,则少些。同径同结构钻头,钻进强研磨性地层时,金刚石含量应大些,以减少单粒金刚石负担,维持钻头较长时间工作。钻进弱研磨性岩层,金刚石含量应少些,以利金刚石出刃。表镶钻头胎体上金刚石分布密度对钻进地层有影响,一般低密度适用于软地层,中密度适用于中硬至硬地层,高密度适用于坚硬强研磨性地层。

(3) 金刚石粒度选择。金刚石粒度的特点是颗粒越细其强度越大,一般越硬、越致密的岩石,研磨性越强,则选择金刚石粒度应越小;反之,粗粒适用于钻进软岩。

(4) 金刚石出刃选择。一般软岩层选择出刃大,硬岩层和研磨性岩层采用出刃小的钻头。

(5) 钻头保径层选择。表镶钻头一般用2~3排质量较次金刚石作侧刃。孕镶钻头保径有三种形式:用一排人造聚晶或钨钴硬质合金保径,用两排天然金刚石保径,用人造单晶加固内外径。

(6) 胎体性能选择。要求胎体有足够的强度和耐磨性。孕镶钻头胎体要求非常严格,即选择胎体硬度和耐磨性要与所钻岩层相适应。钻头胎体分为6个等级。表镶钻头胎体要求不太严格,常用中等硬度胎体和硬胎体,一般在Ⅲ~Ⅴ之间(HRC35~45)。

(7) 唇面形状选择。

- 1) 平底形唇面,适用于中硬和中等研磨性地层。
- 2) 圆弧形唇面,适用于中硬中研磨性岩层。
- 3) 半圆形唇面,适用于坚硬研磨性强的地层。
- 4) 单阶梯形唇面,适用于中硬岩层,垂直孔中有良好稳定性。
- 5) 多阶梯形唇面,适用于较软和中硬岩层,厚壁用于绳索取心钻具。

- 6) 锥形唇面, 用于中硬地层, 厚壁用于绳索取心钻具。
 - 7) 锯齿形唇面, 用于坚硬、致密的“打滑”地层。
 - 8) 单双块形和交错块形唇面, 用于坚硬、致密易“打滑”地层。
 - 9) 薄壁形唇面, 用于坚硬完整岩层。接单层岩心管。
 - 10) 阶梯形底喷式, 用于复杂、岩心采取率低的岩层。
 - 11) 喇叭形唇面, 用于套取岩心。
- (8) 水槽与水口。软岩层钻进水口面积要求大, 反之则小。钻头水口有直槽水口、螺旋水口、底喷水口等。

2 金刚石钻头系列品种

2.1 取心钻头品种代号

为区别钻头品种和便于用户对钻头类型的选择, 采用六个字母及数字表示钻头品种的特征, 其含义以实例表示如下:



如 PRYP33 表示人造金刚石孕镶普通双管平底形钻头, 金刚石浓度为 75%, 属于中等耐磨性胎体 (相当 HRC35~40 热压胎体)。但在下述品种中第五、第六位数字一般不标出, 由用户根据岩层性质和钻进条件, 向制造厂提出。

各字母代号的具体说明如下。

(1) 第一个字母表示不同钻进方法钻头。

- | | | |
|-----------|------------------|----------|
| P: 普通双管钻头 | C: 冲击回转 (液动锤) 钻头 | W: 全面钻头 |
| S: 绳索取心钻头 | G: 底喷式钻头 | Z: 造斜钻头 |
| K: 空气钻进钻头 | D: 单管钻头 | F: 反循环钻头 |
| B: 不提钻换钻头 | | |

(2) 第二个字母表示金刚石类型。

- | | | |
|------------|----------|----------|
| R: 人造金刚石单晶 | Y: 圆片聚晶 | d: 多角形聚晶 |
| F: 复合片 | T: 天然金刚石 | K: 勘探奈特 |
| S: 三角形聚晶 | Z: 柱状聚晶 | |

(3) 第三个字母表示金刚石镶嵌方式。

- | | | |
|-------|-------|-------|
| B: 表镶 | Y: 孕镶 | D: 电镀 |
|-------|-------|-------|

(4) 第四个字母表示钻头唇面结构, 代表唇面结构形式。

(5) 第五个是数字, 代表胎体的耐磨性或硬度等级。

(6) 第六个也是数字, 代表孕镶钻头金刚石浓度或表镶钻头金刚石分布的密度等级。

2.2 单管金刚石钻头

(1) 单管金刚石钻头适合于下列地层或工作条件。

- 1) 钻进各种硬度和研磨性完整地层。
- 2) 在裂隙发育而采用双管亦出现岩心堵塞严重的地层。
- 3) 在上述情况下岩心不易被冲洗液冲蚀的岩层。
- 4) 在坑道钻探水平孔和垂直孔。
- 5) 用于取样钻机钻探。
- 6) 小直径浅表钻孔。

(2) 天然金刚石表镶钻头适用条件。按岩层硬度, 分别选用粒度 15~100 粒/ct 的表镶钻头, 可适用于中硬 (4~6 级)、硬 (7~9 级) 的弱—强研磨性完整岩层。

(3) 人造金刚石孕镶单管钻头, 适用于中硬、硬和坚硬及弱至强研磨性岩层。

(4) 加固型单管钻头, 钢体表面有长条形铸造碳化钨堆积层, 保护钢体免遭磨损, 胎体后方有硬质合金补强, 防止水口冲蚀, 保护胎体。唇面天然金刚石密布, 钻头耐磨性高。适用于强研磨性中硬—硬地层。

2.3 普通双管金刚石钻头

(1) 天然金刚石表镶普通双管钻头使用条件如下。

1) 可用于中硬 (4~6 级)、硬 (7~9 级) 并具有各种研磨性完整岩层。

2) 不仅适用于高转速、低钻压的钻进条件, 而且较低转速条件下, 也能取得较高钻速。在深孔钻进中具有明显的优越性。

3) 采用优质细粒天然金刚石双管钻头钻进坚硬 (10~12 级) 岩层, 特别是深孔“打滑”岩层, 也可取得较好钻进效果。

(2) 孕镶普通双管钻头。金刚石孕镶钻头包括天然金刚石孕镶和人造金刚石孕镶以及新型金刚石超硬材料和复合材料孕镶三大类。它属于自锐式钻头, 并且孕镶金刚石受到胎体的良好保护; 转速调节幅度宽, 容易操作, 是目前使用最广泛的钻头。因此, 行家们把金刚石孕镶钻头称之为“广谱钻头”或恒钻速钻头。适用岩层范围如下。

1) 广泛用于钻进各种硬度和研磨性岩层, 特别在钻进中硬、中硬—硬岩层具有良好钻进效果。在钻进破碎岩层时, 是一种最主要钻头品种, 如平底唇面修改半圆形, 其圆弧半径为 0.8~1.2 倍胎体壁厚时, 钻进破碎岩石时具有良好适应性。

2) 在钻进坚硬岩层时, 平底唇面钻头效率低, 在此条件下应改为唇面结构具有掏槽和挤压碎岩作用钻头。

3) 钻进深度, 当钻头圆周线速度小于 1m/s 时, 钻头钻速低, 磨损大, 应改用表镶或具有切削作用钻头。

(3) 人造金刚石尖齿孕镶双管钻头, 适用岩层如下。

1) 可用于中硬、硬和坚硬的弱—中等研磨性岩层, 适用范围较广, 所以也称之为“广谱钻头”, 特别在硬、坚硬的弱研磨性岩层和弱—中等研磨性互层及塑性岩层有很好的适应性, 钻进速度快。不适用于强研磨性、裂隙和硬脆碎地层。

2) 对钻孔易弯曲地层, 有较好防斜作用, 故在一定意义上是一种防斜钻头。

(4) 人造金刚石电镀普通双管钻头, 适用于钻进弱—中等研磨性的中硬、硬岩层。在钻

进坚硬“打滑”岩层时效果不错。

镍锰胎体具有较高耐磨性,在稍高研磨性地层也有一定效果。

(5) 人造金刚石聚晶普通双管钻头。水口及水槽过水面积大,胎体表面镶嵌的聚晶数量少,胎体硬度低,聚晶规格为 $\Phi 2\sim 4\text{mm}$,适用于软—中硬、弱和中等研磨性岩层。

2.4 金刚石绳索取心钻头

(1) 绳索取心钻探对绳索取心钻头提出特殊要求如下。

1) 钻头必须具有较长的寿命。

2) 钻头必须具有良好适应性,特别是在钻进硬岩层时要求钻头不出现“打滑”。

3) 钻头应具有低压特性,它的重要性在于:钻头胎体与底唇比普通双管钻头要厚;其次,为防止绳索取心钻杆弯曲,不允许其承受过大压力。

(2) 天然金刚石表镶绳索取心钻头,适用于钻进较完整的软—中硬、中硬—硬的各种研磨性岩层和互层,但不宜钻破碎岩层。

(3) 天然金刚石表镶多阶梯绳索取心钻头,适用于钻进完整的中硬、中硬—硬岩层。既能在高转速下具有高钻速,而且在较低转速下仍有较好的钻进效果,因而在深孔转速低时,可以弥补孕镶钻头的不足,但该钻头不能在破碎地层中使用。

(4) 人造金刚石孕镶平底绳索取心钻头,适合于钻进中硬、硬岩层、完整的或破碎的岩层;强研磨性岩层或中等研磨性岩层,特别地,是一种较适应于硬脆碎岩层钻进的钻头。但在坚硬的弱研磨性岩层不宜选用。在深孔低转速条件下效果不好。

(5) 人造金刚石孕镶单阶梯绳索取心钻头。

1) 适用于各种弱—中等研磨性的中硬、硬岩层,并具有较好稳定性。

2) 由于钻头超前唇面的掏槽作用并增加碎岩的自由面,钻头既有磨削,又有挤压碎岩作用,具有较粗岩粉,有利于保持钻头的出刃状态。对于钻进打滑岩层有一定效果,并对裂隙性岩层仍有较好的适应性。

(6) 电镀人造金刚石绳索取心钻头,适用于弱—中等研磨性的中硬、硬地层,但不太适用于强研磨性地层。如采用尖齿等唇面结构具有掏槽作用的电镀钻头,也适用于钻进坚硬岩层,但同时需要加强钻头的保径性能。

(7) 尖齿金刚石孕镶绳索取心钻头,适用条件:

1) 适用于完整的弱至中等研磨性的中硬、硬和坚硬地层;

2) 具有低钻压特性,特别对胎体壁厚的绳索取心钻探效果更好;

3) 具有防止钻孔弯曲作用。

但该类钻头不宜用于强研磨性地层、裂隙发育地层和硬脆碎地层,因为容易使尖齿剧烈磨损和损坏,导致钻头寿命太短。

(8) 唇面交错孕镶块绳索取心钻头,主要用于绳索取心硬岩层钻进,但不能用于钻进破碎岩层,是一种低钻压特性钻头。

2.5 底喷式金刚石钻头

(1) 当在煤层、软硬互层取心时,可采用表镶底喷式钻头和孕镶尖齿底喷式钻头。

(2) 当钻进粉状岩矿层,遇水粉化和遇水膨胀地层取心时,可采用表镶圆弧底喷钻头、表镶底喷钻头、尖齿孕镶底喷式钻头等。

(3) 当钻进硬脆碎地层取心时,可采用平底孕镶底喷式钻头。

- (4) 当钻进易糊钻的岩矿层时,可采用超前底唇的阶梯底喷钻头,避免水眼被堵。
- (5) 当钻进煤层及粉状矿层取心时,还可采用复合片或聚晶底喷式钻头。

2.6 金刚石全面钻头适应岩层

- (1) 天然金刚石表镶双锥形全面钻头适用于较完整、弱—中等研磨性的软—中硬岩层。
- (2) 聚晶或复合片双锥形全面钻头适用于较完整中等研磨性的软—中硬岩层。

2.7 水力反循环金刚石钻头适用岩层

- (1) 天然金刚石表镶反循环钻头适应性较广,适用于不同研磨性中硬、中硬—硬地层,钻速较快,钻头寿命较长。
- (2) 人造金刚石孕镶尖齿反循环钻头适用于完整的弱—中等研磨性硬岩层和塑性岩层,可以取得较高钻速。
- (3) 复合片反循环钻头适用于弱—中等研磨性,软—中硬岩层、塑性岩层,具有较高的钻速。聚晶反循环钻头在中硬以上研磨性的中硬岩层中,也具有较高钻速。

2.8 新型金刚石切磨材料钻头

- (1) 金刚石复合片钻头,适用较完整的弱—中等研磨性的软—中硬岩层,钻速高,寿命长。钻进塑性岩层,有较高的钻速。
- (2) 人造金刚石柱状聚晶钻头,适用于中等—强研磨性的软—中硬岩层。孕镶聚晶钻头也可用于裂隙发育的软—中硬岩层。
- (3) 人造金刚石三角形聚晶钻头,适用于弱—中等研磨性的软—中硬岩层,但不能用于裂隙发育岩层。
- (4) 勘探奈特钻头,适用于弱—中等研磨性的中硬、硬和坚硬岩层,特别在坚硬弱研磨性岩层可以克服钻头打滑,并且具有均衡较高钻速。但不宜钻进强研磨性和破碎岩层。

2.9 经济钻头

所谓经济钻头是指用旧钻头回收金刚石,作成大直径的钻头钻进砾石层或在制造过程中采用比较简易方法把人造金刚石镶嵌体直接镶焊于钢体上,从而降低钻头制造成本。这种钻头通常用于钻进软—中硬岩层,以取代硬质合金钻头。

3 金刚石绳索取心钻进技术

绳索取心钻进应根据地层特点、钻孔深度、施工要求等选择清水和不同类型泥浆作冲洗液,采用合理的操作方法,才能保证绳索取心钻进正常进行。

3.1 钻进对冲洗液的性能要求

- (1) 不含或少含固相,对无用固相应全部清除,以防止冲洗液中的固体颗粒沉积在钻杆内壁上或内管总成上端,影响内管总成打捞。
- (2) 具有较好的润滑性,以减少回转钻杆柱的阻力。
- (3) 具有良好的流变性,以提高钻速,降低冲洗液流通阻力,减小泵压损失,同时更好地排除岩粉。
- (4) 具有低的失水量,能在孔壁上形成薄而坚韧的泥皮;并具有抑制地层吸水膨胀的作用,防止升降钻具和捞取岩心时,因冲洗液的抽吸作用造成孔壁坍塌。

绳索取心钻进复杂地层，能否取得好的效果，主要取决于泥浆性能。

3.2 常用泥浆类型及性能参数

目前，国内外绳索取心钻进常用泥浆类型主要有三种：无固相冲洗液、不分散低固相泥浆和具有特殊性能的泥浆。根据钻进地层不同，选择不同类型和具有不同性能参数的泥浆。

(1) 钻进较完整岩层时，应采用不含粘土无固相冲洗液。无固相冲洗液的性能：漏斗粘度 16~16.5s；相对密度 1.002~1.007g/cm³；酸碱度（pH 值）6~7。

(2) 钻进较破碎地层时，可选用不分散低固相（4%粘土）泥浆。常用低固相泥浆性能：相对密度 1.04~1.07（g/cm³），粘度 17~19s，失水量 4~7（mL/30min），泥皮厚度 ≤ 0.50mm，酸碱度（pH 值）7~8.5。

(3) 钻进松软、破碎、膨胀、裂隙等复杂地层时，应配制具有特殊性能的泥浆，见表 2-1。

表 2-1 钻进复杂地层泥浆性能表

钻进地层 泥浆性能	软、松、膨胀 砂质泥页岩	破碎、裂隙、 溶洞岩层	页岩和泥质板岩	钾盐
密度/（g/cm ³ ）	1.01	1.07~1.1	1.06~1.1	0.89~0.96
粘度/s	26~44	26~35	15~24	35~40
失水量/（mL/min）	10	6	8	2~5
泥皮厚度/mm	0.75	0.75	0.75	/

3.3 绳索取心钻杆内壁结垢原因及预防措施

采用泥浆作冲洗液，钻杆内壁结垢是当前绳索取心钻进的主要技术问题。由于钻杆内壁结垢，缩小了钻杆内径，阻碍岩心打捞，是绳索取心钻进的一个难题，通过几年的生产实践和实验，取得了初步成果。

3.3.1 结垢形式

绳索取心钻杆内壁上泥垢，实际上是泥浆内固相物质（粘土、颗粒、岩粉、未溶解的化学处理剂或絮凝物等）在金刚石钻进高速旋转所造成离心作用下，在钻杆内壁上不断沉积，压实和脱水，而形成结实的泥垢，常见泥垢形式如下。

(1) 延伸式。这是影响岩心打捞的主要结垢形式，随时间增长而逐渐向下延伸。特点：垢层起点一般在孔口以下几米至十几米，垢层长度十几米至几十米，长者可达百余米，垢层颗粒分布沿径向颗粒由粗到细，沿轴向从上到下也是由粗到细，垢层厚薄不均，常呈螺旋状。

(2) 涡区积垢。这是在钻杆内径变换处沉积的一种垢层，一般在主动钻杆与绳索取心钻杆连接处。钻杆接头处也偶尔存在。

(3) 渗漏积垢。在微漏处（如丝扣处）结垢的一种滤饼，位置是随机性的，一般不影响打捞。

3.3.2 结垢因素

(1) 泥浆中固相颗粒的含量、粘度和密度。含量高、粒度大、颗粒密度大，则结垢快、垢层厚。