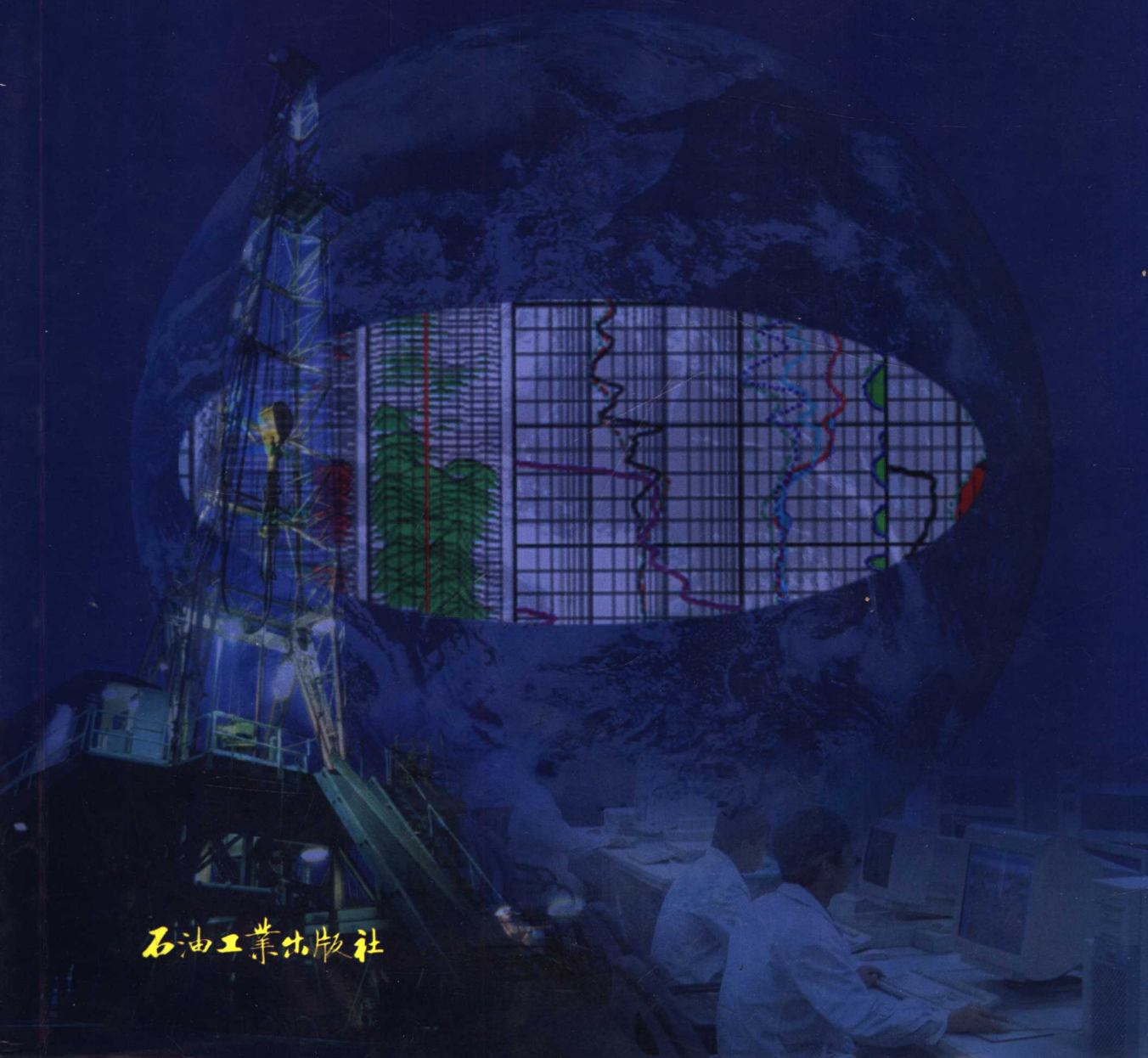


钻井异常预测技术

ZUANJIYING YICHANG YUCE JISHU

● 孙中昌 等编著

石油工业出版社



钻井异常预测技术

孙中昌 等编著

石油工业出版社

内 容 提 要

为了便于录井技术人员和钻井工程技术人员对综合录井工程预测技术的掌握,本书在介绍部分钻井技术基础知识和综合录井技术常用知识的基础上,重点阐述了钻井工程事故随钻预测技术,同时总结了常见的工程异常判断方法。

本书在编写过程中,力求做到系统性、科学性、先进性、实用性相结合,可供从事油气勘探录井和钻井等方面的科研人员和大专院校相关专业的师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

钻井异常预测技术/孙中昌等编著.

北京:石油工业出版社,2006.12

ISBN 7-5021-5868-5

I. 钻…

II. 孙…

III. 油气钻井-工程事故-预测

IV. TE28

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 151006 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

发行部:(010) 64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:保定彩虹印刷有限公司

2006 年 12 月第 1 版 2006 年 12 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:16 印张:12.25

字数:312 千字 印数:1—1000 册

书号:ISBN 7-5021-5868-5 / TE·4430

定价:80.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《钻井异常预测技术》

编 委 会

主 编：孙中昌

副主编：李富强 高伟清 王树学 杨占山

姜道华 张 野 韩福彬 厉玉乐

孔繁军 王升永

编 委（以姓氏笔画为序）：

于 全 王建伟 王振彬 史立新 刘 文

李学国 何宝林 何英秋 汪玉泉 岳兴举

张海山 张建光 张书瑞 赵洪权 耿长喜

杨明利 曹凤江 夏峥寒 黄丽琴 彭桂杰

主 审：迟元林 王国民 郎东升

前 言

钻井工程事故在钻井施工过程中有随时发生的可能性，是威胁钻井安全的最大隐患，也是影响勘探经济效益和社会效益的主要因素。应用综合录井仪进行随钻录井，不但能为油气勘探提供了发现油气显示层，而且也能实时录取钻井工程多项参数，通过这些数据曲线变化的实时监测和分析，能够对钻井施工中的异常先知先觉，从而可以避免工程事故的发生或进一步恶化，对确保安全、高效、优化钻井具有深远意义和重要作用。2004 年，在大庆徐家围子深层天然气钻探过程中，录井技术人员通过科学合理地分析总结参数变化规律，排除假异常，及时做好工程预测，钻井工程人员积极采取的应对措施，有效地避免了大量钻井工程事故的发生和事故的进一步恶化，在录取的 20 余口深层探井中，共计进行 100 余次的工程预测，成功率达到 99% 以上，为提高钻井时效、安全优化钻井、节约勘探开发成本提供可靠保障。通过大量的现场实践例证，钻井工程施工技术人员已由过去的经验判断改为现在更多地依赖于应用综合录井仪提供的钻井工程事故预测。因此，钻井工程异常事件的预测技术对勘探作用已引起越来越多的国内外专家和管理者的重视。

为了使录井技术人员了解钻井工程常用知识，更好地应用综合录井仪为钻井技术人员提供钻井工程异常预测，本书介绍部分钻井技术基础知识；为使钻井工程技术人员对综合录井工程预测技术的掌握，更多地了解录井知识，本书还介绍了综合录井技术常用知识。与此同时，本书还收集了 2004—2005 年 20 余口深层探井所发生的 100 余次的工程异常预测实例，有针对性地与钻井技术相结合，对预测结论的产生过程进行了详细阐述和分析，以使钻井录井现场技术人员更好地掌握和应用该项技术。

作者

2006 年 10 月

目 录

第一章 钻井工程常用知识	(1)
第一节 钻头	(1)
一、刮刀钻头	(1)
二、牙轮钻头	(2)
三、金刚石及 PDC 钻头	(9)
四、取心钻头	(10)
第二节 钻柱	(11)
一、钻柱的作用	(12)
二、钻柱的组成	(12)
三、组成钻柱的常用钻井工具	(12)
四、钻柱的工作状态及受力分析	(15)
五、钻具失效类型	(18)
第三节 钻井液	(20)
一、钻井液性能	(20)
二、钻井液流变性	(24)
三、钻井液的主要计算	(36)
第四节 井下各种压力的概念及相互关系	(40)
一、与井控有关的概念	(40)
二、井喷失控的原因及危害	(41)
三、井下各种压力的概念及其相互关系	(43)
第二章 综合录井技术基础	(55)
第一节 综合录井资料在钻井现场的作用	(55)
一、地质评价	(55)
二、安全钻井	(56)

三、提高钻井效率	(58)
四、优化钻井设计及其他作用	(59)
第二节 钻井工程参数的测量	(60)
一、钻压、大钩负荷的测量	(60)
二、井深的测量	(63)
三、转盘扭矩的测量	(64)
四、转盘转速、泵速的测量	(71)
五、出口钻井液流量的测量	(72)
六、泵压传感器及其有关装置	(72)
七、钻井液密度的测量	(73)
八、钻井液液位和体积的测量	(74)
九、钻井液温度的测量	(75)
十、钻井液电导率的测量	(76)
第三节 气测录井相关知识	(80)
一、基本概念	(80)
二、气相色谱分析的基本原理	(82)
三、色谱仪的组成	(83)
四、气测录井资料的影响因素	(86)
五、硫化氢浓度的测量	(87)
第四节 相关的地质仪器	(89)
一、碳酸岩分析仪	(89)
二、泥岩密度仪	(92)
第三章 钻井异常随钻预测技术	(96)
第一节 综合录井工程参数类别及其用途	(97)
第二节 钻井工程监测及其异常分析判断方法	(98)
一、井涌、井喷	(98)
二、井漏	(103)
三、钻具失效	(107)
四、钻头异常	(114)
五、卡钻、遇阻	(121)

六、溜钻、顿钻	(122)
七、减震器失效	(125)
八、井塌	(126)
附录 钻井异常预测实例 1—109	(133)
参考文献	(188)

第一章 钻井工程常用知识

钻井是利用大型机械设备从地面到地下油气层建立油气通道的施工过程。是石油、天然气勘探与开发的主要手段。在钻井施工过程中钻井工程事故发生的可能性随时存在,是威胁钻井安全的最大隐患,也是影响勘探经济效益和社会效益的主要因素。及时综合分析、判断钻井工程参数的异常变化,做出工程异常预报,以避免工程事故的发生和事故的进一步恶化。要做到这一点,需要对钻井工程知识有详细的了解和掌握,才能完成好此项工作,本章主要对钻井过程中所使用的常用工具和一些基础知识加以介绍。

第一节 钻 头

在旋转钻井中,钻头是直接破碎岩石,形成井眼的主要工具,它是影响钻井速度最直接的因素。钻头质量的优劣和与岩性是否适应,对提高钻井速度和降低钻井成本起着重要作用。为适应不同的钻井目的、钻进地层和钻井工艺技术的要求,破碎岩石的钻头按照钻切岩石面积及形状的不同,可分为全面钻进钻头、环形钻进的取心钻头以及用于钻水泥塞或钻锥形眼的特种钻头。按照结构特点和破碎岩石机理的不同又可分为刮刀钻头、牙轮钻头和金刚石及 PDC 钻头。衡量钻头破碎岩石效率高低的指标有钻头进尺、钻头寿命、机械钻速等。下面就对这几种钻头做以简要介绍。

一、刮刀钻头

1. 刮刀钻头破碎岩石的机理

刮刀钻头破碎岩石机理是靠其刀翼在钻压的作用下吃入岩石,并在扭矩作用下剪切破碎岩石的,是切削型钻头。其破碎岩石机理见图 1-1。

2. 刮刀钻头的分类

刮刀钻头按刀翼数分为两翼刮刀、三翼刮刀和四翼刮刀;另外按刀翼底刃的形状还可分为平底和阶梯式刮刀钻头。现场常用的是平底三翼刮刀钻头。

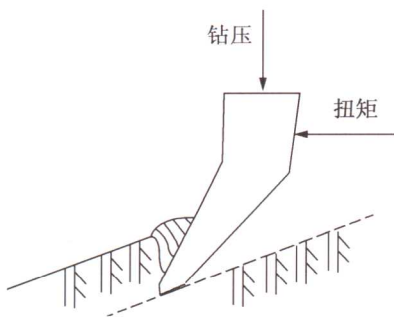


图 1-1 刮刀钻头破碎岩石机理图

3. 刮刀钻头的使用特点

适用地层：刮刀钻头最适宜在松软—软的泥岩、泥质砂岩、页岩等塑性和塑脆性地层钻进，其机械钻速较高。

使用参数：对于 $8\frac{1}{2} \sim 9\frac{3}{4}\text{in}$ ^① 直径的刮刀钻头，正常钻进时，一般采用 120 ~ 160kN 的钻压。钻压不能太大，否则会损坏钻头或钻柱，并易引起井斜。刮刀钻头没有活动部件，可采用较高的转速，一般在 2000m 以内的浅井段选用 200r/min 左右，2000m 以下的深井段选用 100 ~ 120r/min，转速太高会对钻柱的寿命产生不利影响。

由于刮刀钻头钻速快，单位时间内破碎的岩屑量大、块大，因此应选择较大的排量，以满足清理岩石和携带岩石的需要。

当钻速明显下降，蹩跳钻现象加重或泵压突然升高时，应该起钻。图 1-2 为常用刮刀钻头。

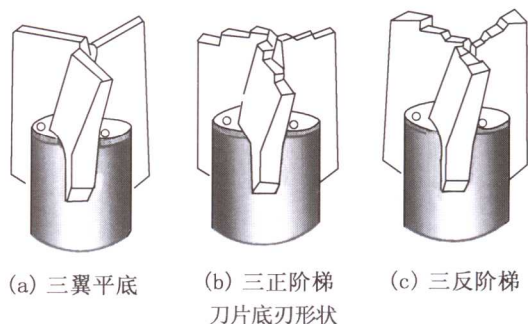


图 1-2 常用的刮刀钻头

二、牙轮钻头

在石油钻井中，使用最多的、能适应各种地层的钻头是牙轮钻头。

1. 牙轮钻头的破碎岩石机理

牙轮钻头的破碎岩石机理是靠牙轮绕钻头轴线公转和自身转动所产生的冲击压碎和滑动剪切作用来破碎岩石的。牙轮钻头在井底的运动过程中，在钻压和钻柱旋转的作用下，牙齿压碎岩石并吃入岩石，同时产生一定的滑动而剪切岩石。

2. 牙轮钻头的分类

牙轮钻头按牙轮数目的不同分为单牙轮钻头、双牙轮钻头、三牙轮钻头及

① 1in=2.54cm，下同。

多牙轮钻头。按牙齿制造方法的不同又分为铣齿牙轮钻头和镶齿牙轮钻头，见图1-3、图1-4。一般是由钻头体、水眼、巴掌、轴承和牙轮等部分组成。其中牙轮钻头的轴承是非常重要的组成部分，在井下牙轮轴承要承受几吨到几十吨的钻压工作负荷很重，而且牙轮在井底的滚动会引起钻头的强烈振动，这就使牙轮轴承的磨损很快。它的磨损决定了钻头的寿命。

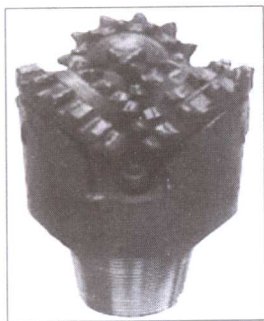


图1-3 三牙轮铣齿钻头

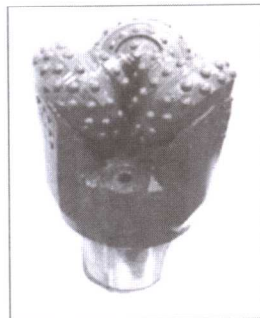


图1-4 三牙轮镶齿钻头

3. 牙轮钻头的结构

牙轮钻头是由壳体、巴掌、牙轮、轴承和水眼等部分组成的。大尺寸钻头壳体与巴掌分别制造，然后再把巴掌焊到壳体上，称为有体式钻头。而小尺寸钻头的钻头每个巴掌各带 $\frac{1}{3}$ 壳体，再互焊成一体，称为无体式钻头。

(1) 壳体。壳体上部车有螺纹，多为内螺纹；下部焊有带牙轮的巴掌。壳体一般用中碳钢铸成，个别小型的也可锻造。底端中晨镶焊泥浆板，板上嵌有3~4只喷管。

(2) 巴掌（牙爪）。巴掌上接壳体，下带牙轮轴（轴颈），一般用20CrMo合金钢模锻。掌背钻一斜孔直通滚球跑道，牙轮和轴颈组装好后，由该孔装入滚球，用销子插入然后焊死。无体钻头的巴掌，在电焊形成一整体后，上端车成公扣，内有水眼，焊以喷管或镶装喷嘴。

(3) 牙轮。它是带有牙齿的锥体，用以破碎井底岩石，其材料与巴掌相同。牙轮毛坯用模锻锻出，轮锥面铣成牙齿（铣齿钻头），或镶装硬质合金齿（镶齿钻头），牙轮内部有轴承跑道及台肩。牙轮外锥面具有一种至三种锥度。单锥牙轮仅由主锥和背锥组成；复锥牙轮由主锥、副锥和背锥组成，有的有两个副锥。图1-5是三牙轮钻头结构示意图。

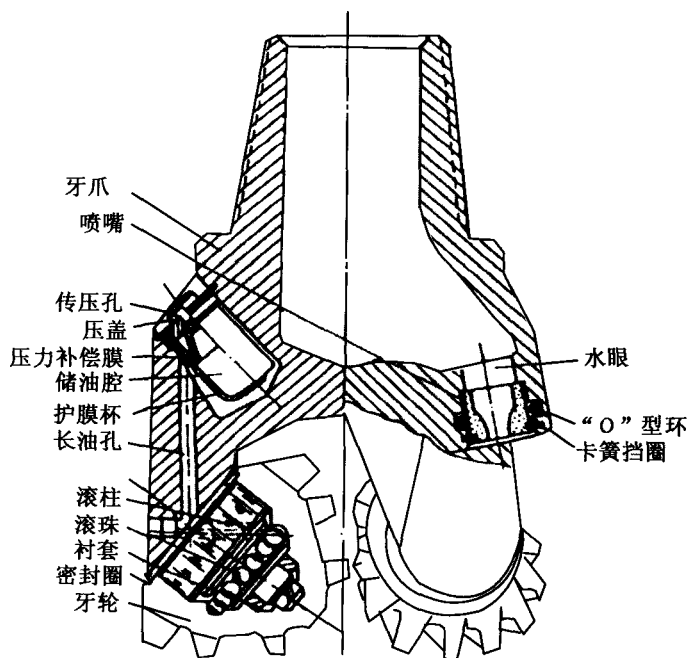


图 1-5 三牙轮钻头结构示意图

(4) 轴承。每个牙轮内有三副承受径向载荷的轴承和一至两道止推轴承。承受径向载荷的轴承有滚柱、滚球和滑动几种。止推轴承都是滑动的。

(5) 水眼。在钻头壳体（巴掌）钻孔形成水眼作为清洗井底的泥浆通道。为了防止水眼冲蚀，镶焊有渗碳淬火的钢质水眼套。喷射式钻头则镶装有硬质合金制的喷嘴。

4. IADC 三牙轮钻头规范

目前，在钻井上使用最多的仍是牙轮钻头，钻头的类型和结构比较繁杂，各厂家生产的钻头又各有代号。国际上趋向于用统一的 IADC (international association of drilling contractors) 牙轮钻头编号，以便于识别和选用。根据地层分为软、中、硬、极硬四类，而每一类中又分四个等级。根据钻头结构特征分为标准轴承、T 型齿保径、规径上镶齿、密封轴承、密封轴承及保径、简易滑动轴承、滑动轴承及保径等。在这些结构钻头中有的只有铣齿，有的结构钻头有铣齿的也有镶齿的。如标准轴承、T 型齿保径、简易滑动轴承这几种结构只有铣齿而无镶齿的。如标准轴承、T 型齿保径、简易滑动轴承这几种结构只有铣齿而无镶齿的，而其余的几种结构钻头既有铣齿的也有镶齿的。

IADC 钻头编码用三位数字代表,各数字的意义如下。

(1) 第一位数字 表示牙齿的特征及所适用的地层。

- 1——铣齿,软地层(低抗压强度,高可钻性);
- 2——铣齿,中—中硬地层(高抗压强度);
- 3——铣齿,硬、研磨性或半研磨性地层;
- 4——备用;
- 5——镶齿,软—中地层(低抗压强度);
- 6——镶齿,中硬地层(高抗压强度);
- 7——镶齿,硬,研磨性或半研磨性地层;
- 8——镶齿,极硬(高研磨性)地层。

(2) 第二位数字 表示所钻的地层再分为1、2、3、4共四个等级。

(3) 第三位数字 表示钻头的结构特征。

- 1——标准轴承;
- 2——T型齿保径;
- 3——规径上有镶齿;
- 4——密封滚动轴承;
- 5——密封滚动轴承,规径加强(镶齿保径);
- 6——简易滑动轴承;
- 7——滑动轴承,规径加强型(镶齿保径);
- 8——方向井造斜钻头;
- 9——取心牙轮钻头。

例1: 321,第一位数字3表示铣齿,硬地层;第二位数字2表示硬地层2级;第三位数字1表示为标准轴承。

例2: 817,第一位数字8表示镶齿,极硬地层;第二位数字1表示极硬地层1级;第三位数字7表示规径上有镶齿。

5. 牙轮钻头的选用

合理的选用钻头对于多打井,打好井有着重大的关系。往往由于钻头选用不适当,使得钻井成本高,速度慢。正确的选择钻头,要对现有钻头的结构、特点、作用原理有所了解,同时对所要钻的地层性质,例如地层岩性、硬度、塑性系数、抗压强度以及覆盖压力、孔隙压力、渗透性等等有充分的认识。邻

近井的钻头使用情况（如钻头记录、磨损情况、钻井成本等），都是选用钻头的重要资料。通常钻头厂已对某类型钻头适用于什么地层有详细说明。所以在了解了所要钻的地层的岩性后，可选用相应的钻头。在选用钻头时还要考虑以下一般问题。

- （1）在浅井段，选用机械钻速快的钻头；
- （2）在深井段则选用进尺多的钻头；
- （3）当发现钻头的外排齿磨圆，而中间齿磨损较少时，应选用带有保径齿的钻头；
- （4）所钻的地层有砂岩夹层时，应考虑用镶齿保径的钻头；
- （5）对于易产生井斜的地层，选用偏移值小，无保径齿及齿多而短的钻头；
- （6）选用镶硬质合金齿钻头时，需要考虑的因素有下面几点：
 - ①所钻地层页岩占多数时，用楔形齿钻头；
 - ②钻灰岩地层时，使用抛物体形或双锥形齿钻头；
 - ③当用重泥浆钻井时，使用楔形齿钻头；
 - ④当所钻地层中页岩成分增加或钻井液密度加大时，用偏移值大的钻头；
 - ⑤钻石灰岩或砂岩地层，选用偏移值小的钻头；
 - ⑥钻硬的研磨性石灰岩、硬白云岩、燧石、石英时，用无移轴或双锥齿（或球齿）钻头。

选用的钻头对所要钻的地层是否适合，要通过实践的检验才能下结论。对同一地层使用了几种类型钻头，如何对比分析它们的效率高低，以什么指标为标准，不能单纯的用进尺最多或机械钻速最快来衡量，因为所钻地层深浅，钻头成本多少（如镶齿钻头为普通钻头成本好几倍）以及设备使用费等都有关系。评论所选钻头是否合适，可以用“每米成本”来衡量。每米成本的计算用以下公式。

$$C_i = \frac{C_b + C_t (T + T_r)}{H} \quad (1-1)$$

式中 C_t ——成本，元/m；
 C_b ——钻头成本，元；

C_r ——设备使用成本, 元/h;

T ——钻头钻进时间, h;

T_r ——起下钻时间, h;

H ——钻头的进尺, m。

对所用的不同类型钻头使用的有关数据分别计算出每米成本值, 每米成本最低的钻头是最合适的。

6. 钻头使用时间

在正常情况下, 钻头的使用时间决定于以下两个因素之一, 一是轴承磨损以至不能再继续使用; 二是牙齿磨钝, 机械钻速显著下降。

(1) 轴承磨损判断。滚动轴承磨损失效后, 扭矩明显增大。井不太深时, 可以从转盘和柴油机的负荷变化来判断。若使用转盘扭矩表来测定更为可靠。也可用其他间接办法测定, 如在电驱动的设备中可以由电流表的变化中了解到。对于钻定向井和超深井来说, 地面的反映不像一般中深井那样明显, 这需要借助精密的扭矩测量仪。对于滑动轴承钻头, 轴承磨损失效后, 扭矩增长不像滚动轴承那样明显, 所以使用时要特别注意。

(2) 牙齿磨钝。当所钻的地层岩性没有显著变化时, 随着钻头不断钻进, 牙齿逐渐磨损, 机械钻速不断下降。机械钻速下降使钻进时间增加而进尺增加不多, 从而使单位进尺的成本增加。在新钻头开始钻进后, 要随时计算钻进成本, 到成本开始增加时, 即应起钻。

7. 牙轮钻头磨损分级

对使用过的钻头进行磨损分析、签订分级在钻井过程中有重要作用。评价钻头磨损的目的有以下几点。

- (1) 经过评价以便选择合适的钻头类型;
- (2) 为了确定合理的技术措施;
- (3) 为了规定最优的起钻时间以便最大限度的使用钻头;
- (4) 可以为改进钻头和钻头设计提供依据。

对于钻头的评价, 包括牙齿磨损 (T); 轴承及密封情况 (B); 钻头直径磨损等几个方面。

国际钻井承包商协会对钻头的磨损分级曾制定了统一标准如下。

- (1) 牙齿磨损分级标准。牙齿磨损分为 8 级, 但对铣齿和镶齿的划分标

准不同。铣齿的划分是以磨损的高度来确定的。磨损高度在 $\frac{1}{8}$ 以内为 1 级，磨损高度在 $\frac{1}{8} \sim \frac{2}{8}$ 范围内为 2 级，依此类推共分 8 级。对于镶齿钻头是以崩碎和掉落的齿数和原有齿数之比来确定。当崩碎和掉落的齿数为总齿数的 $\frac{1}{8}$ 以内时为 1 级，为总齿数的 $\frac{1}{8} \sim \frac{2}{8}$ 时为 2 级，依此类推共分 8 级。用 T 代表齿的磨损。牙齿磨损分级标准见表 1-1。

表 1-1 牙齿磨损分级标准

牙齿磨损代号	铣齿	镶齿
T ₁	齿高磨去 $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$ 镶齿崩碎或掉落
T ₂	齿高磨去 $\frac{2}{8}$	$\frac{2}{8}$ 镶齿崩碎或掉落
T ₃	齿高磨去 $\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$ 镶齿崩碎或掉落
T ₄	齿高磨去 $\frac{4}{8}$	$\frac{4}{8}$ 镶齿崩碎或掉落
T ₅	齿高磨去 $\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}$ 镶齿崩碎或掉落
T ₆	齿高磨去 $\frac{6}{8}$	$\frac{6}{8}$ 镶齿崩碎或掉落
T ₇	齿高磨去 $\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8}$ 镶齿崩碎或掉落
T ₈	齿高全部磨光	镶齿全部掉落或破碎

(2) 轴承磨损分级标准。轴承磨损分级是以钻头使用时间与轴承寿命(小时)之比来评定的，同样轴承磨损分为 8 级。使用时间达到寿命的 $\frac{1}{8}$ 时为 1 级，使用时间为寿命的 $\frac{2}{8}$ 时为 2 级，依此类推分为 8 级。轴承的寿命可以用类似发区使用过的同类型钻头记录去估计，也可以从已钻过的井段中所用的同类型钻头的资料进行统计分析中得出。轴承磨损用 B 代表。表 1-2 为轴承磨损分级标准。

表 1-2 轴承磨损分级标准

轴承磨损代号	轴承寿命
B ₁	轴承寿命已用掉 $\frac{1}{8}$
B ₂	轴承寿命已用掉 $\frac{2}{8}$ (轻微磨损)
B ₃	轴承寿命已用掉 $\frac{3}{8}$
B ₄	轴承寿命已用掉 $\frac{4}{8}$ (中等磨损)
B ₅	轴承寿命已用掉 $\frac{5}{8}$
B ₆	轴承寿命已用掉 $\frac{6}{8}$ (轴承晃动)
B ₇	轴承寿命已用掉 $\frac{7}{8}$
B ₈	轴承寿命已用完 (轴承卡死或弹子有掉落)

对于密封轴承的密封情况分为三类，即密封有效（SE）；密封无效（SF）；密封有问题（SQ）。

（3）钻头直径磨损。钻头直径的磨损对钻速影响较大，钻头直径磨损后将使井径缩小，新钻头下井必须扩眼。在研磨性强的硬地层中扩眼，往往容易造成牙轮落井事故。因此，保护钻头直径是十分重要的。国内外对此都很重视，对铣齿和镶齿钻头都采取了一定的保径措施。

钻头直径的测量，最普通的是用钻头量规靠拢两个锥壳计量点，然后拉紧，量出钻头量规与第三个锥壳的距离，该距离就是钻头直径磨损值。将该值乘以三分之二，则结果更为准确。

钻头保持原来直径用 I 代表，直径磨小用 0 代表。

对钻头的各部分进行分析评价后，可用简单的代号说明。

例 1：T₂ - B₄ - I，说明牙齿磨损掉 $\frac{2}{8}$ 或 $\frac{2}{8}$ 的镶齿掉落及崩碎，轴承磨损为 4 级，钻头直径未减小。

例 2：T₆ - B₆ - 0 $\frac{1}{2}$ ，说明牙齿磨损掉 $\frac{6}{8}$ 齿高或镶齿崩碎失掉 $\frac{6}{8}$ ，轴承晃动，钻头直径磨小 $\frac{1}{2}$ in。

三、金刚石及 PDC 钻头

1. 金刚石钻头的破碎岩石机理

金刚石钻头由钻头体、胎体和金刚石切削刃三部分组成。其切削刃在钻压的作用下压缩并吃入岩石，在钻具扭矩的作用下，像犁地一样切削岩石

PDC 钻头的破碎岩石机理：PDC 钻头是聚晶金刚石复合片钻头的简称，由钻头体和切削齿组成。其破碎岩石机理为对软地层主要是犁，对硬地层是靠剪切。由于 PDC 钻头没有活动零件，且切削破碎岩石的效率比压碾方式破碎岩石的效率高，因此 PDC 钻头具有较高的机械钻速，最适合于井下动力钻井。由于 PDC 钻头的聚晶金刚石复合片坚硬易碎，因此抗冲击性能较差。使用时采用高转速、低钻压。

2. 钻头起出时间的确定

（1）钻速过低。在某井段内如果金刚石钻头的钻速比牙轮钻头低很多，而且工作几小时后，经计算无论行程钻速或每米成本均不合算，则说明用金刚石钻头钻这样的地层不合适，应该起钻。

（2）钻进过程中钻速突然降低。一般情况下，金刚石、PDC 钻头钻速变