

册

江汉钻头 使用手册



江汉石油管理局
钻头厂 编

石油工业出版社

北京)

070424

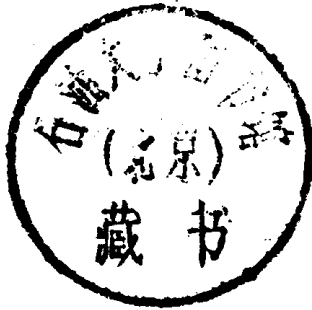


江汉钻头使用手册

江汉石油管理局钻头厂 编



200480675



石油工业出版社

(京)新登字 082 号

内 容 提 要

本书简要介绍了岩石的主要机械物理性质和三牙轮钻头与金刚石钻头的工作原理、结构特点、设计、制造等基本知识。重点介绍江汉石油管理局钻头厂生产的各系列三牙轮钻头及金刚石钻头的结构特点、合理使用以及钻头的损坏分析，同时给了有关的各种图表。

本书适应于钻井工人和钻井工程技术人员阅读。

江汉钻头使用手册

江汉石油管理局钻头厂 编

*

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

北京顺义燕华印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 32 开本 8¹/₄ 印张 1 插页 177 千字 印 1—13,000

1992 年 5 月北京第 1 版 1992 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-0662-6/TE·629

定价：2.20 元

执 笔：张坤华 刘兴义 杨世奇
孙泰林 高崇峪 邱显忠
审 核：王关清 于善伟 汪启麟
沈 豪

前 言

80年代，江汉钻头厂引进了具有世界先进技术水平的美国休斯三牙轮钻头及金刚石钻头制造技术。几年来，江汉钻头厂引进消化吸收了国外钻头先进技术，制造出数万只完全符合美国休斯质量标准的江汉休斯三牙轮钻头及金刚石钻头，在国内外使用中深受油田的欢迎，取得了良好的经济效益和社会效益。

钻头是石油钻井的主要工具之一，它直接影响钻井速度、钻井质量和钻井成本。目前，国内外对钻头的研究十分重视，不断推出新结构、新材料、新工艺的新型钻头，尤其是80年代发展了PDC钻头、热稳定聚晶金刚石钻头，使钻头技术进入了一个新的阶段。

为使现场使用单位了解江汉钻头，用好江汉钻头，中国石油天然气总公司李天相副总经理提议装备局、钻井工程局组织编写《江汉钻头使用手册》。为此我们组织编写了《江汉钻头使用手册》这本书。由于水平所限，不当之处在所难免，敬请各位专家、读者批评指正。

装备局、钻井工程局

一九九一年二月

目 录

第一章 岩石主要物理机械性质	(1)
第一节 岩石的主要物理机械性质	(1)
一、岩石的硬度	(1)
二、岩石的塑性与脆性	(2)
三、岩石的研磨性	(3)
四、岩石的可钻性	(5)
第二节 影响岩石机械性质的因素	(5)
一、动载的影响	(5)
二、压力的影响	(6)
三、温度的影响	(7)
四、液体介质的影响	(8)
第三节 岩石的可钻性	(9)
一、三牙轮钻头的岩石可钻性	(9)
二、PDC钻头的岩石可钻性	(11)
第二章 三牙轮钻头工作原理	(14)
第一节 三牙轮钻头在井底的运动	(14)
一、钻头的公转	(14)
二、钻头的自转	(14)
三、钻头的纵振(轴向振动)	(15)
四、牙轮的滑动	(15)
第二节 钻头工作时的受力分析	(16)
第三节 钻头对岩石的破碎作用	(17)
一、三牙轮钻头的一般破岩方式	(17)
二、牙齿对岩石的破碎效率及影响因素	(21)

三、各类型钻头的主要破岩方式	(23)
第三章 三牙轮钻头的结构及类型	(25)
第一节 三牙轮钻头的结构特点	(25)
一、牙掌	(26)
二、切削结构	(27)
三、轴承结构	(29)
四、储油密封压力补偿系统	(31)
五、喷嘴	(35)
第二节 三牙轮钻头规格、型式及表示方法	(43)
一、规格系列	(43)
二、型式系列	(45)
第四章 三牙轮钻头的设计与制造	(56)
第一节 三牙轮钻头设计基本方法及程序	(56)
一、三牙轮钻头基本参数的确定	(56)
二、牙轮几何尺寸的确定	(56)
三、牙轮的布置与啮合计算	(57)
四、牙轮外形设计计算	(61)
五、钢齿三牙轮钻头牙齿设计	(62)
六、镶齿三牙轮钻头牙齿设计	(62)
七、三牙轮钻头轴承设计	(64)
第二节 三牙轮钻头计算机辅助设计	(64)
第三节 三牙轮钻头零件材质选用	(66)
一、牙轮用钢	(66)
二、牙掌用钢	(67)
三、粉末冶金零件	(67)
四、锁紧零件	(68)
五、储油密封金属零件	(68)
六、橡胶密封元件	(68)
第四节 三牙轮钻头制造工艺	(69)
一、牙掌加工工艺	(70)

二、牙轮加工工艺	(71)
三、钻头小零件加工	(73)
四、钻头组装	(74)
五、出厂检验	(76)
第五章 三牙轮钻头的合理使用	(77)
第一节 三牙轮钻头选型	(77)
一、选择钻头类型时应考虑的问题	(77)
二、江汉三牙轮钻头选用指南	(78)
第二节 三牙轮钻头的使用	(86)
一、三牙轮钻头的操作要点及使用注意事项	(86)
二、喷嘴装卸与喷嘴组合	(89)
三、喷射钻井工作方式及水力程序设计	(90)
四、钻压和转速对钻速和钻头的影响	(91)
五、合理决定起钻时间	(102)
六、钻头使用经济性分析	(104)
第六章 三牙轮钻头的损坏分析	(106)
第一节 三牙轮钻头磨损分级标准	(107)
一、IADC三牙轮钻头磨损分级标准	(107)
二、钻头磨损情况表示方法示例	(109)
第二节 三牙轮钻头损坏的描述和分析	(110)
第三节 江汉三牙轮钻头损坏分析示例	(123)
第四节 三牙轮钻头磨损的测量方法	(131)
一、钢齿钻头牙齿磨损的测量	(131)
二、轴承轴向与径向间隙的测量	(131)
三、钻头直径磨损的测量	(131)
第七章 金刚石钻头的工作原理及结构	(133)
第一节 概述	(133)
第二节 金刚石钻头的岩石破碎机理	(135)
一、剪切	(135)
二、预破碎(开槽效应)	(135)

三、犁削	(136)
四、磨削	(137)
第三节 金刚石钻头的分类及结构	(137)
一、金刚石钻头的分类	(137)
二、金刚石钻头的结构	(138)
第四节 江汉金刚石钻头的型号表示及结构特点	(141)
一、江汉金刚石钻头型号表示	(141)
二、江汉金刚石钻头结构特点	(143)
第八章 金刚石钻头设计与制造基础	(148)
第一节 金刚石钻头的几种主要材料	(148)
一、切削齿材料	(148)
二、胎体、上体及钢心材料	(151)
第二节 金刚石钻头的设计基础	(152)
一、钻头冠部形状的选择与设计	(152)
二、布齿方式	(153)
三、水力结构设计	(157)
四、保径方式的选择	(159)
第三节 金刚石钻头制造工艺	(161)
第四节 金刚石钻头水力学	(163)
一、泥浆对钻头使用性能的影响	(163)
二、金刚石钻头常用水力学计算	(164)
第五节 金刚石钻头IADC分类标准及应用	(169)
一、标准介绍	(169)
二、编码举例	(173)
第九章 金刚石钻头的使用	(176)
第一节 金刚石钻头选型	(176)
第二节 金刚石钻头现场水力参数选择与计算	(182)
一、水力参数选择的原则	(182)
二、喷嘴选配原则	(183)
三、水力参数的设计与计算	(184)

第三节	金刚石钻头下井前的准备工作	(192)
一、	金刚石钻头的搬运	(192)
二、	金刚石钻头下井前的检查	(193)
三、	安装PDC钻头的喷嘴	(194)
四、	金刚石钻头的安装	(197)
第四节	金刚石钻头的操作使用	(199)
一、	注意事项	(199)
二、	开钻操作	(200)
三、	钻井参数的优选	(202)
四、	钻井过程中钻进情况的观察与分析	(207)
五、	井下异常情况的处理	(211)
六、	钻头的扶正	(213)
七、	井底动力钻具钻井对金刚石钻头的使用要求 ..	(214)
八、	合理起钻时间	(216)
第五节	金刚石钻头使用分析	(216)
一、	钻头记录	(216)
二、	钻头使用经济效益分析	(218)
三、	金刚石钻头的损坏分级	(220)
四、	金刚石钻头损坏特征及分析	(225)
附表	(236)
附表1	钻头常用计量单位对照及换算表.....	(236)
附表2	地质年代表.....	(238)
附表3	地层顺序表.....	(240)
附表4	江汉三只不同直径喷嘴组合表.....	(244)
附表5	江汉两只相同直径喷嘴与另一只喷嘴组合表.....	(244)
附表6	江汉双喷嘴组合表.....	(245)
附表7	其它国产双喷嘴组合表.....	(245)
附表8	江汉钻头单只进尺最高指标.....	(246)
附表9	江汉钻头单只纯钻时间最高指标.....	(247)
附表10	美国克里斯坦森公司金刚石钻头	(248)

附表11	各国镶齿三牙轮钻头型号对照表 (插页表)	
附表12	各国钢齿三牙轮钻头型号对照表 (插页表)	
附表13	美国史密斯公司金刚石钻头	(249)
附表14	美国海格洛克公司金刚石钻头	(250)
附表15	比利时戴蒙勃公司金刚石钻头	(251)
参考文献	(252)

第一章 岩石主要物理机械性质

第一节 岩石的主要物理机械性质

岩石在外力作用下，从变形到破碎过程中所表现出来的物理力学性质叫岩石的物理机械性质，如硬度、塑性、脆性、研磨性和可钻性等。

一、岩石的硬度

岩石的硬度可理解为岩石抵抗其它物体压入其内的能力，即抗压入强度。

硬度的计算公式为：

$$H = P/S$$

式中 H ——岩石硬度，MPa；

P ——垂直载荷，N；

S ——压模底面积， mm^2 。

根据我国各油田石油钻井中常遇到的地层，通过对大量岩样进行测定，可将岩石的硬度分为十级（见表1-1）。

表 1-1 岩石硬度分级表

岩石分类	I — 软				II — 中			III — 硬		
	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十
岩石硬度 分级		>100	>200	>500	>700	>1500	>2100	>2500	>3400	>3500
岩石硬度 MPa	≤100	~ 200	~ 500	~ 700	~ 1500	~ 2100	~ 2500	~ 3400	~ 3500	~ 3700

石油钻井中常见的粘土、软泥岩，多属1~2级；泥岩、砂质泥岩，多属3~4级；泥灰岩、粉砂岩、泥质砂岩等多属3~6级；石灰岩、砂岩多为4~8级；石英岩、花岗岩、燧石等则属9级以上。

二、岩石的塑性与脆性

一般固体材料都具有弹性，弹性是指在外力作用下发生变形，当除去外力，物体恢复原来状态的性质。弹性体在外力的作用下，应力与应变是成正比的关系。但由于岩石中存在有孔隙、裂纹，而且矿物晶体具有各向异性的特点，因而其应力与变形的关系就不再是正比关系了。材料在外力超过弹性限度后出现两种情况：一是无显著变形而立即破碎；二是产生永久变形，即当外力取消后不能恢复原形的塑性变形。岩石在破碎前发生永久变形的性质称为岩石的塑性，不呈现永久变形而突然破碎的性质称脆性。岩石可分为脆性、塑脆性及塑性三大类。这三类岩石的变形曲线如图1-1所示。

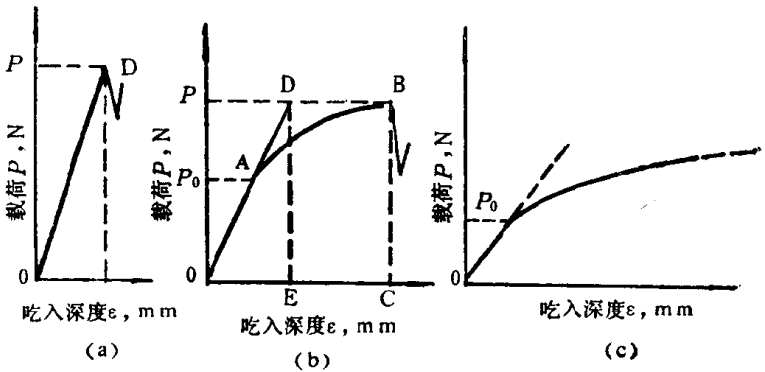


图 1-1 岩石的变形曲线

(a)—脆性岩石；(b)—塑脆性岩石；(c)—塑性岩石

在图1-1中，图(a)为脆性岩石（例如石英岩、花岗岩等）的变形曲线，其受力与变形（即吃入深度）成直线变

化，直到发生脆性破碎；图（b）为塑脆性岩石（例如大理岩等）的变形曲线，它包含有弹性和塑性变形的两个变形区，至最后也产生脆性破碎；图（c）为塑性岩石（例如塑性泥岩、多孔砂岩等）的变形曲线，随着载荷的增大，其塑性变形不断增加，没有出现明显的脆性破碎点，这类岩石的塑性系数为无限大（ ∞ ）。

岩石产生塑性变形的原因是由于岩石内部矿物及胶结物颗粒间的接触面在外力作用下发生相对滑移所致。衡量岩石塑性变形的大小，可用塑性系数 K 表示。

$$K = \frac{\text{岩石破碎前耗费的总功 (面积OABC)}}{\text{弹性变形功 (面积ODE)}}$$

按塑性系数的大小，岩石可分为三类六个等级，如表1-2所示。

表 1-2 岩石塑性系数分级表

类别	脆性	塑脆性				塑性
		低塑性——→高塑性				
级别	一	二	三	四	五	六
塑性系数(K)	1	>1~2	>2~3	>3~4	>4~5	>6~ ∞

三、岩石的研磨性

钻头在井下工作时不断破碎岩石的同时，其本身也受到岩石的磨损而逐渐变钝、损坏。岩石磨损钻头的的能力称为岩石的研磨性。岩石的研磨性与岩石其它性质、破岩工具的材质、几何形状及破碎方式等因素有关。研究岩石的研磨性对于钻头的设计、选用都很重要。

钻井时，钻头切削刃与岩石发生相对运动，使岩石破碎及刃面磨损。对化学岩类，岩石硬度越大，其研磨性越高，

但对碎屑岩类，其研磨性则取决于岩石中所含硬质矿物及其棱角的多少，当碎屑岩中含硬质矿物（主要是石英颗粒）越多、越粗糙（棱角多），即使整块岩石的硬度不很高，却可能具有很高的研磨性。多年来，苏、美等国家一些学者提出了各种关于岩石研磨性的理论、测定方法及分类，并作了大量的试验研究，但目前尚无统一的标准。苏联史立涅尔等人对岩石的相对研磨性分为12级。级别越大，研磨性越高（见表1-3）。

表 1-3 岩石的相对研磨性

研磨性级别	岩石的名称及特点
1	石膏、泥岩、碳酸盐岩
2	石灰岩
3	白云岩
4	硅质岩（燧石等）
5	含铁、镁岩石及含5%石英的低研磨性岩石
6	长石岩
7	含10%石英的较低研磨性岩石
8	石英晶质岩
9	石英碎屑岩（硬度大于3500MPa）
10	石英碎屑岩（硬度为2000~3500MPa）或含大于10~20%石英的岩石
11	石英碎屑岩（硬度为1000~2000MPa）或含30%石英的岩石
12	石英碎屑岩（硬度小于1000MPa）

通过大量实验分析表明：

(1) 泥岩、页岩及一些碳酸盐岩（不含石英颗粒）研磨性最小；

(2) 石灰岩、白云岩属于低研磨性岩石；

(3) 火成岩的研磨性一般属于中等或较高，但要看这些岩石中所含长石和石英成分的多少，以及颗粒度和矿物间

的硬度差而定；

(4) 含刚玉矿物成分的岩石属于高研磨性岩石；

(5) 沉积碎屑岩的研磨性主要视其石英颗粒的含量及其胶结硬度而定。石英含量越高、颗粒越粗、胶结强度越小的岩石，其研磨性越高；反之，则研磨性较低。

四、岩石的可钻性

岩石可钻性是岩石抗破碎的能力，可以理解为在一定钻头规格、类型及钻井措施条件下，破碎岩石的难易程度，衡量的指标是机械钻速。岩石可钻性大小是确定钻井方式、选择破岩工具、预测钻速、制订技术经济指标、实现生产定额管理最主要的依据。岩石可钻性分级以及应用在本章第三节还将详细阐述。

第二节 影响岩石机械性质的因素

钻头破岩时，岩石的内部结构与具体的工作条件决定岩石的机械性质。例如碎屑岩的硬度决定于胶结物的连接强度，硅质胶结物大于铁质，铁质大于钙质，钙质大于泥质。而碎屑岩的研磨性决定于岩石中所含硬质矿物的多少及粒度。化学岩的硬度及研磨性，决定于造岩矿物的性质，如硅质岩类比碳酸盐类具有更大的硬度及研磨性。沉积岩则具有层理的特征，其物理机械性质具有各向异性的特点。

对于物质成分相同、内部结构近似的同类岩石，由于在地壳中存在的地质条件不同，其机械性质却有很大差异。造成岩石性质变化的外界因素主要有动载、井底压力、温度及液体介质等。

一、动载的影响

关于岩石的动载和静载强度的比较，国内外一些学者所

作的试验资料表明，在所有情况下，岩石的动载抗拉强度比静载的抗拉强度大得多，其抗压强度也是随着加载速度的增加而增大。当载荷冲击速度大于 30m/s 时，岩石的硬度和屈服极限大大增加，塑性系数则降低；而冲击速度小于 10m/s 时，岩石的硬度和塑性系数变化不大，接近于静载时的数值。考虑到钻井时牙轮钻头冲击岩石的速度不大于 5m/s ，这样，可以认为静载条件下测得的岩石机械性质，可适用于目前钻井的动载工作条件。

二、压力的影响

1. 上覆岩层压力的影响

地壳中处于一定空间位置的岩石，在上部覆盖岩层的重力作用下造成垂直方向的压应力，使岩石机械性质发生变化。压应力越大，岩石的机械性质与地层常压条件下的差别就越大。在地层深部的岩石，在高的压应力作用的同时，受到与之相连的周围岩石的挤压作用，称为侧向围压。就是说，埋藏较深的岩石是处于多向压缩应力状态，这将使岩石中的裂纹闭合，孔隙减小，强度增加。岩石在多向压缩的应力状态下，不仅使强度加大，而且塑性也随着压力的增加而增大。大量的实验表明：当围压低于 50MPa ，多数岩石并不具备明显的塑性；当围压为 $50\sim 100\text{MPa}$ ，开始了脆性到塑性的转变；围压大于 100MPa 时，多数岩石呈现明显的塑性。

国外对全尺寸钻井压力模拟试验表明，在所试验的压力范围内（ $0\sim 35\text{MPa}$ ），岩层的侧向围压对接触面积的破碎力及岩石的破碎体积均无明显影响。实际上在钻头牙齿作用下岩石中的应力远大于岩石的侧向围压或上覆岩层的垂直压力值，所以它们对岩石破碎的影响是极小的。所试验的围压压力范围 $0\sim 35\text{MPa}$ ，只相当于井深大约 2000m 处的上覆岩层