



钻井液固相控制技术与设备

龚伟安 著



石油工业出版社

北京)

4

登记号	125706
分类号	TE254
种次号	023

钻井液固相控制 技术与设备

龚伟安 著



52462/12



石油0120772

石油工业出版社

内 容 提 要

本书在介绍了固控工艺和固控装备的基础上,重点对钻井液振动筛的设计、研制和现场使用进行了较为全面的论述,系统地叙述了钻井液振动筛运动参数与工艺参数的选择、圆运动轨迹钻井液振动筛的动力学分析、直线运动轨迹钻井液振动筛的动力学分析和均衡椭圆运动轨迹钻井液振动筛的动力学分析,同时介绍了钻井液振动筛的现场安装、维修与保养,这对提高我国钻井液固控工艺水平有着重要贡献。

本书适用于从事钻井工作的科研技术人员、管理人员和制造厂家,对石油院校的有关师生也是一本有益的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

钻井液固相控制技术与设备 / 龚伟安 著.

北京:石油工业出版社, 1995.4

ISBN 7-5021-1204-9

I. 钻…

II. 龚…

III. ①钻井泥浆-固相-控制方法 ②钻井泥浆-固相-设备

IV. ①TE254 · P634.6

石油工业出版社出版发行
(北京安定门外安华里二区一号楼)
石油工业出版社印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 21印张 525千字 印1-1000
1995年4月北京第1版 1995年4月北京第1次印刷
定价: 23.00元

前 言

在“七·五”期间科学钻井获得了巨大进步，而钻井液固控技术是科学钻井中一项重要的组成部分。通过近 10 年的努力，我国已经研制和生产了五级固控系统，并已形成了一支钻井液固控技术的专业研究队伍和一批专业生产厂家。固控装备已经国产化，使我国摆脱了 80 年代初期基本上依靠进口的局面。在装备研制上也已从测绘和仿制的阶段进入到以基础理论研究为依托，以测试技术为手段，不断完善和改进整个固控系统的阶段，初步形成了有自己特色的固控装备产品系列。

本书试图从较高层次上论述固控工艺和装备的最新发展。本书一部分内容是笔者长期从事钻井液固控技术科学研究和现场使用经验的总结，另一部分则是总结了近几年来国内外在固控装备及固控工艺方面的新理论、新结构及新进展；并从基础理论及设计方法上给出了许多实例及数据，希望能对国内固控工艺和固控装备的研制工作有所帮助。

本书共十二章，包括固控系统及工艺、振动筛、除气器、除砂器、除泥器、清洁器、离心机、搅拌器、配浆装置和离心砂泵的理论、设计、试验、运转及调节等，并介绍了国外在这方面的现状。

本书在编写过程中遵循了提高与普及相结合，装备与工艺相结合，国外发展与国内情况相结合、科研与生产相结合、理论与结构分析相结合的原则。书后列出了近 10 年来国内外有关固控工艺装备的几乎全部文献。由于本书具有这些特色，因此，特别适于专职从事这方面工作的科研技术人员、管理人员和制造厂家，高等院校、中等专科学校的石油矿场机械、石油钻井工程、油田化学师生以及钻井工程技术人员、钻井液工程技术人员使用和参考。

本书引用了许多单位和著者的资料和数据，在此一并致谢。本书在写作过程中，得到了长庆石油勘探局和钻采工艺研究院有关领导，以及长庆钻井一、二、三处的胡正中、卢熙坦、李海石诸位先生的大力支持。著者对长庆石油勘探局钻采工艺研究院信息档案室有关人员的大力协作深表感谢。特别是马旭小姐自始至终担任了本书文字的整理和校对工作；牛君小姐承担了全部初稿的打样工作。在本书写作过程中，石油工业出版社崔允安编辑提供了许多宝贵的指导性意见和具体帮助，这对本书按时完成做出了很大贡献。最后，著者对钻采工艺研究院的朱山、金学智、张毓民先生，以及中国石油天然气总公司的赵国珍教授所提供的帮助，借此机会亦表示最诚挚的谢意！

由于著者水平所限，书中难免有许多遗漏、缺点和错误，敬请读者批评指正。

龚伟安

一九九三年四月

于长庆石油勘探局钻采工艺研究院

目 录

第一章 钻井液中的固相及其影响	(1)
第一节 引言	(1)
第二节 钻井液的组成及常用术语	(1)
第三节 固相的粒度分析	(5)
第四节 固相粒度分类与固控设备选用	(15)
第五节 固控含量与粒度特性对钻井作业的影响	(16)
第二章 固相分析计算	(28)
第一节 质量平衡法	(28)
第二节 固相数字计算	(29)
第三节 含有可溶盐时的固相计算	(30)
第四节 固相分析的图解法	(33)
第五节 活性固相的计算	(35)
第三章 钻井液固相控制的工艺原理	(37)
第一节 斯托克司定律和固液分离的基本原理	(37)
第二节 钻井液的稀释和替换的关系	(40)
第三节 固相控制与钻井液成本的优化	(46)
第四节 固相控制系统	(49)
第四章 固相控制设备的经济性评价及系统分析	(54)
第一节 引言	(54)
第二节 使用固控设备减少钻井液消耗量	(55)
第三节 对固控设备的评价	(57)
第四节 固控系统性能分析	(64)
第五章 除气器	(71)
第一节 引言	(71)
第二节 气侵对井底静液柱压力的影响	(71)
第三节 气泡在钻井液中的特性	(73)
第四节 除气器的结构原理	(75)
第五节 液气分离器	(79)
第六章 钻井液搅拌器与配浆装置	(84)
第一节 搅拌器的功能及类型	(84)
第二节 搅拌器叶轮的选择	(85)
第三节 搅拌器功率的确定	(92)
第四节 搅拌器叶轮结构与强度计算	(96)
第五节 传动结构与搅拌轴的密封	(99)
第六节 搅拌装置选择中的几点注意事项	(103)

第七节	水力搅拌装置	(103)
第八节	喷射式钻井液混合漏斗	(108)
第九节	钻井液旋流式混合器	(111)
第七章	钻井液振动筛	(119)
第一节	钻井液振动筛的工艺特点及种类	(119)
第二节	钻井液振动筛的构造与特点	(120)
第三节	钻井液振动筛运动学参数与工艺参数的选择	(136)
第四节	圆运动轨迹钻井液振动筛的动力学分析	(149)
第五节	直线运动轨迹钻井液振动筛的动力学分析	(161)
第六节	均衡椭圆运动轨迹钻井液振动筛的动力学分析	(166)
第七节	钻井液振动筛的结构设计要点	(173)
第八节	钻井液振动筛实用计算	(181)
第九节	钻井液振动筛的筛网	(194)
第十节	振动筛的测试技术	(221)
第十一节	钻井液振动筛的现场安装、维修与保养	(226)
第十二节	钻井液振动筛的弹性支承系统的设计与计算	(226)
第八章	水力旋流器	(230)
第一节	水力旋流器的种类及工作原理	(230)
第二节	水力旋流器工作的流体力学基础	(231)
第三节	影响水力旋流器性能的主要因素分析	(238)
第四节	水力旋流器的磨损规律与结构设计	(241)
第五节	水力旋流器工作点的调试及堵塞现象	(248)
第六节	钻井液清石器	(254)
第九章	离心机	(258)
第一节	离心机在钻井液固相控制中的应用	(258)
第二节	钻井液离心机设计的基础理论	(268)
第三节	离心机主要技术参数选择及其影响	(274)
第四节	沉降式离心机的结构	(278)
第五节	钻井液固控常用离心机	(284)
第十章	离心砂泵	(289)
第一节	离心砂泵的工作原理	(289)
第二节	离心泵的效率和损失	(297)
第三节	离心泵的结构	(298)
第四节	离心泵工作性能测试与水力旋流器的匹配	(305)
第五节	离心砂泵的安装、运行和调节	(311)
第十一章	钻井液固控系统及设备布置	(316)
第一节	概述	(316)
第二节	循环罐	(316)
第三节	固控系统布置方案中几种常见错误	(317)
第十二章	固控设备及系统的发展与展望	(323)

第一章 钻井液中的固相及其影响

第一节 引言

钻井液是钻井过程中使用的循环流体。它是液体、固体和化学处理剂的混合物。在过去很长一段时间内，国内外通称钻井液为“泥浆”，这是不确切的。钻井液中的固体颗粒，分为有害固相和有用固相两类。

岩屑是钻井液中最主要的有害固相，在钻井全过程中将影响钻井液的物理性能，使钻井液的密度，粘度，动切力，失水，泥饼、研磨性，粘滞性和流动阻力增加。在钻井过程中，岩屑还会损害油气层，降低钻速，增大转盘扭矩，起下钻遇阻，造成粘附卡钻，引起井漏，井喷等井下复杂情况。同时，钻井液中的岩屑会对循环系统造成严重磨损。

为了从钻井液中经济而有效地消除有害固相，要深入了解钻井液固相的组成特性及其对钻井的影响。

第二节 钻井液的组成及常用术语

钻井液的主要功能是：清洗井底，携带岩屑；冷却和润滑钻头及钻柱；形成泥饼，保护井壁；控制与平衡地层压力；悬浮钻屑和加重剂；地面沉砂，清除钻屑；提供地层资料；保护油气储集层防止伤害；作动力液，传递水功率等。

钻井液的主要成分有：

- ①水——淡水、盐水、咸水和饱和盐水等；
- ②膨润土——钠膨润土、钙膨润土、有机土或抗盐土等；
- ③化学处理剂——无机类、有机类、表面活性剂类、高分子聚合物类等；
- ④轻质油或原油等；
- ⑤加重剂——重晶石、赤铁矿等；
- ⑥气——空气或天然气。

这些成分在不同的钻井液分散体系中有不同的作用。从物理化学观点看，钻井液是一种多相不稳定体系，它包括了悬浮体（如重晶石，钻屑，粘土的悬浮液等），胶体（如高分子聚合物，膨润土粉的水溶液等）和真溶液（如氯化钠，碳酸钠的水溶液等）。其中起主导作用的是胶体。如果从组成成分看，钻井液实质上是一种液体、固体和化学处理剂的混合物。其中，固体既可能是为调整钻井液性能而人工加入的物质，也可以是污染钻井液而无价值的钻屑。

有时水就是理想的钻井流体。在可钻性很好，地层压力很低的地区经常使用。如果水不能提供所需要的功能，就必须添加其他物质，以改善其性能。在有些地区可用清水开钻，混入的钻屑，进行水解可变成良好的钻井液。而在另外一些地区，开钻前就必须向水中加入粘土粉，以提高流体的粘度，封堵井壁，使循环流体不会大量渗入正在钻遇的低渗地层中去。

一、钻井液中的液相

有许多种流体可用做钻井液的液相。例如，淡水、盐水、咸水、饱和盐水、柴油、原油以及多种多样的矿物油和改性植物油。

选用何种液相主要取决于所钻地层需要的抑制作用。液相的抑制能力强，可以防止流体减少和活性固体的膨胀，从而限制地层造浆能力。淡水是粘土水化（膨胀）的最好介质，也是抑制性最差的液体。

油是最好的非离子型抑制性流体。目前油基钻井液中的水，都以乳化状态存在，水被油束缚起来。因而，这种油包水钻井液对低压低渗油层伤害小，能防止泥页岩水化膨胀，有防塌作用，具有润滑性，能维持活性钻屑的原生状态，削弱或完全停止水化作用等优点。

盐水也可用来抑制液相中固体的水化。抑制能力的强弱取决于盐离子的浓度及类型。盐的浓度越高，抑制能力越强，饱和盐水抑制能力最强。

二、与钻井液固控有关的术语和定义

下面介绍的是与钻井液固控工艺技术有关的常用术语和定义，也是本书所要用到的。它们并不十分严格，但对固控工艺技术已足够准确。

（一）固相总量

钻井液中不溶固体的总量，通常以体积百分比表示。高密度钻井液的固相总量包括低密度固体和高密度固体。普通钻井液固相总量全部是低密度固体。

（二）低密度固体

这些固体包括作为商品的粘土粉和钻屑。通常在固控工作中假定其密度为 2.60 或 2.65g/cm^3 ，这一假定已能获得满意结果，实际值可能在 $2.0\sim 3.0\text{g/cm}^3$ 之间波动。

（三）密度

密度是指单位体积内的质量。其单位可用 g/cm^3 表示。钻井液是由不同密度的材料组成的。过去，常用比重概念，现在已不再使用。钻井液中常见材料的密度见表 1—1。

表 1—1 常见钻井液材料密度

材料名称	密度, g/cm^3
柴油	0.84
水	1
低密度固体	2.6
膨润土	2.6
碳酸钙	2.8
重晶石	≥ 4.2
钛铁矿	4.5
赤铁矿	5.0
钻屑	$2.0\sim 3.0$

(四) 钻屑

钻屑是污染钻井液的主要固相，它大大影响钻井液的性能，必须使其稳定。因而才出现了在钻井过程中要进行常规处理的重要问题。

固控就是对钻屑的控制。钻井液费用与固相控制及其效果有直接关系。

钻进中常遇到的页岩、砂岩（砂子）、石灰岩、白云盐和盐岩等是低密度固体。它们的可钻性差异很大，这对钻井液体系的确定和固控系统的选择起着重要作用。

(五) 非活性固体

活性与非活性是一个相对的概念，它粗略地表明固体在特定钻井液体系中的粘度与固相浓度有关。淡水中的膨润土是高活性固体的一例。石英砂则是典型的非活性固体。优质而纯净的重晶石也是典型的非活性固体。

(六) 粘土

粘土主要由粘土矿物（含水的铝硅酸盐）组成。形态上粘土呈极细的矿物颗粒。其颗粒大多数小于 $2\mu\text{m}$ ，在水中具有分散性，带电性，离子交换性，所有这些性能对于钻井液都是很重要的。

常见的粘土矿物有三种：高岭石（氧化铝含量较高，氧化硅含量较低）；蒙脱石（氧化铝含量较低，氧化硅含量较高）；伊利石（含有较多的氧化钾）。

粘土化学成分对钻井液的物理特性有重大影响。页岩是含有不同化学成分的粘土地层，不同的钻井液体系对页岩类地层的稳定性紧密相关，页岩的特性也可大大影响钻井液性能。

控制钻井液的特性是从控制粘土在钻井液中的基本性能入手的。

(七) 阳离子交换容量

阳离子交换容量（CEC）或吸附容量与粘土的活性有关。它是指在 pH 为 7 的条件下，粘土所能交换的阳离子总量。其数值是以每 100g 粘土所交换下来的毫克当量（meg）数来表示。几种粘土矿物的阳离子交换容量见表 1—2。

表 1—2 几种粘土的 CEC 值

矿物名称	ECE, meg / 100g
蒙脱石	70~130
伊利石	10~40
高岭石	3~5
夏子街的钠膨润土（蒙脱石）	82.30
高阳的钙膨润土	103.7

粘土的 CEC 及吸附的阳离子种类对粘土的胶体活性影响很大。例如，蒙脱石的交换容量大，膨胀性也大，在低浓度下就能形成稠的悬浮体，特别是钠蒙脱土，水化膨胀更严重，而高岭石，CEC 值低，因而惰性较强。

(八) 胶体颗粒

固体小于 $2\mu\text{m}$ 的粘土颗粒称为胶体颗粒。钠蒙脱石（膨润土）类可在水中形成胶体悬

浮液。胶体颗粒的材料有非常大的表面积。钠蒙脱土分散性极好，可以大大提高粘度。

(九) 加重钻井液

俗称加重泥浆，最常用的加重材料为重晶石，根据需要也可使用其他加重材料，以维持最低限度密度。

(十) 高密度固体

重晶石就是一种高密度固体。合乎 API 规定的重晶石密度大于 $4.2\text{g}/\text{cm}^3$ 。钻井液中的高密度固体是用来提高钻井液密度，以便使环空液柱压力大于地层压力。

(十一) 液相

在钻井液中，液体可作分散固体的连续相。它包括水、油、活性剂、可溶盐、稀释剂及其他产品。

(十二) 油基钻井液

钻井液由分散到液相中不溶性固体组成，以油作为连续相。通常要进行乳化，使水分散到油中，以及形成油包水液体。这种钻井液称为油基钻井液。

水基钻井液以水作为连续相，可能还含有乳化到水中的油。

(十三) 饱和盐水

被氯化钠 (NaCl) 饱和了的水，称为饱和盐水，密度为 $1.20\text{g}/\text{cm}^3$ 。溶解到钻井液中的盐在进行固相计算时将产生误差，需要对钻井液密度和总固相含量进行校正。

(十四) 固体

“固体”这一术语在钻井液中是专指那些不溶性固体的。

(十五) 盐水

通常是指任何一种含有可溶性盐的水。盐水可作为含有不溶性固体和浮化状态油的钻井液的连续相。

(十六) 商品固体

通常是指作为加重材料的高密度惰性固体，也指用于提高粘度和降低失水的低密度活性固体。

(十七) MBT 试验

即亚甲基兰试验。亚甲基兰容量大小或阳离子交换量 (CEC) 是衡量钻井液中活性粘土 (膨润土或钻屑) 数量的一个重要指标。其单位可用 kg/m^3 活性粘土来表示。它与固相含量相联系时，是十分有用的。

三、固相的分类和钻井液组成小结

(一) 按反应活性分

活性：膨润土，页岩，粘土；

惰性：砂岩，石灰岩，花岗岩。

(二) 按颗粒大小分

粗：砂子；

细：膨润土。

(三) 按作用分

有用固相：膨润土，重晶石；

无用固相：钻屑。

(四) 按密度分

高密度：重晶石，赤铁矿；

低密度：膨润土，钻屑（页岩砂岩及其它）。

钻井液的组成框图见图 1-1。

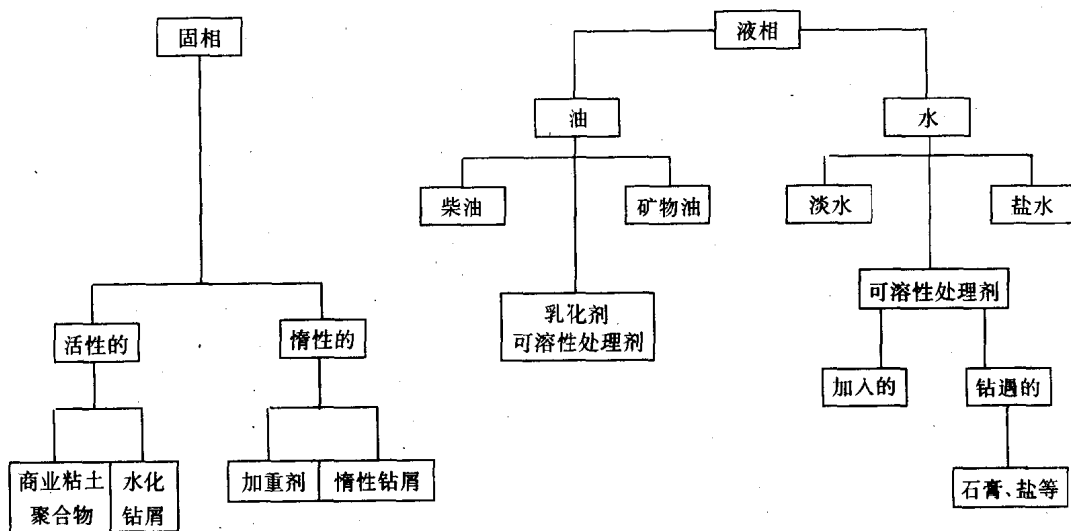


图 1-1 钻井液组成框图

第三节 固相的粒度分析

一、固体颗粒粒度的影响

固体颗粒的粒度通常是指颗粒的大小或尺寸。

（一）固体颗粒粒度对钻速的宏观影响

宏观上，钻井液中不同性质的固相颗粒对钻速影响不同。小于 $1\mu\text{m}$ 的胶体要比粗颗粒的影响更严重。在固相含量大于 6% 时，分散性钻井液（细颗粒固相）与不分散钻井液（粗颗粒固相）对钻速的影响几乎一样，如图 1-2 所示。当固相含量低于 6% 时，不分散钻井液比分散钻井液的钻速要高，固相含量越低，钻速差别越大。这是因为当固相含量低于 6% 时，分散性钻井液中的胶体颗粒所占的百分比越大。

（二）固体颗粒粒度的微观影响

任何水基钻井液体系中的颗粒，其表面都吸附着水分子，自由液体受到约束。图 1-3 表示了一个棱长为 6cm 的立方体，然后分解成棱长为 3cm 的立方体 8 个。立方体的表面积 A 可用下式计算：

$$A = 6b^2$$

式中 b 为立方体的棱长。分解前, $A_0 = 6 \times 6^2 = 216\text{cm}^2$; 分解成 8 个立方体后 $A_8 = 8 \times 6 \times 3^2 = 432\text{cm}^2$, 表面积增大了 $A_8 / A_0 = 432 / 216 = 2$ 倍。分解成 $b = 1.5\text{cm}$ 的立方体 64 个, 其表面为 $A_{64} = 64 \times 6 \times 1.5^2 = 864\text{cm}^2$; $b = 0.75\text{cm}$ 的立方体共 512 个, $A_{512} = 1728\text{cm}^2$; 当 $b = 0.375\text{cm}$ 时, $A_{4096} = 3456\text{cm}^2$ 。当 $b = 0.1875\text{cm}$ 时, $A_{32768} = 6912\text{cm}^2$, 此时表面积为原立方体的 32 倍, 也就可束缚 32 倍于原来的液体, 而总体积没有变化。

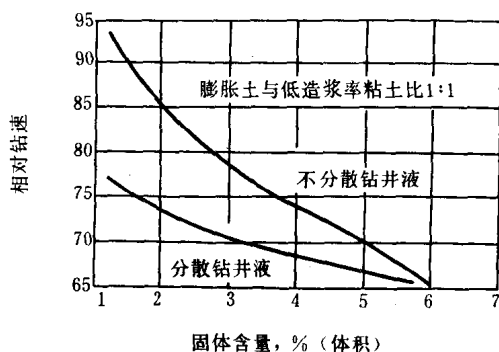


图 1-2 固体颗粒分散性对钻速的影响

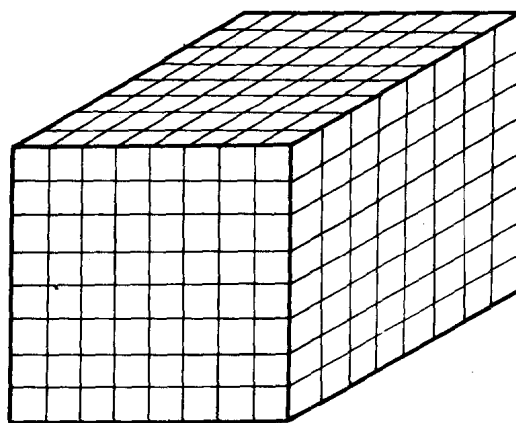


图 1-3 立方体分解后表面积变化图

6cm 正方体的体积为 $6 \times 6 \times 6 = 216\text{cm}^3$, 表面积为 216cm^2 , 分解成边长为 0.75cm 的 512 个立方体后, 体积不变, 表面积变为 1728cm^2 , 为原表面积的 800%, 吸附液量也为原来的 800%

在钻井液循环过程中, 颗粒会不断地破碎, 比表面积不断增加, 因而增加了吸附的水量。一般若粒径减小为十分之一, 则比表面积就增大为十倍, 如直径为 1cm 的一颗球粒, 当其全部被碎化为 $1\mu\text{m}$ 的球粒时, 其比表面积就会增大为原来的千倍。同体积的物质, 以球粒的比表面积最少, 而破碎后的物质, 多呈各种形状, 因而吸水也更多。因此, 若钻屑不能及时清除, 在以后的继续循环中, 就会破碎而增加钻井液的塑性粘度和动切力, 也增加了固控设备净化的难度和费用。

这一问题我们可以想像出一个生活中的例子来理解, 一杯水中加入几十粒麦粒, 对水的流动状态和粘度将不会有大的变化。但如将麦粒磨成极细的面粉后加入水中, 其粘度将提高许多倍。在两种情况下, 所加固体的量是一样的, 但对粘度的影响却截然不同。这就说明了为什么在许多情况下钻井液中的固体含量几乎没有变化, 而塑性粘度格外的高。这一现象将是我们理解钻井液的固相粒度微观影响的基本出发点。

(三) 固相粒度对钻井液性能的影响

固相粒度对钻井液粘度影响最大。下面将应用“在固相总量一定的条件下, 粒度越小、表面积越大, 被束缚的自由水越多”这一原理来讨论粒度与粘度、流动特性、钻屑粒度分布、加重泥浆等的关系。

1. 粒度与粘度的关系

图 1-4 表示出一个边长为 25.4mm (1in) 立方体和表面积随分解次数的变化关系 (每次分解都将边长减半)。这种关系实质上与固相含量和塑性粘度的关系曲线形状相同。从 0 到 4 点的区间内, 粒度大自由水较多, 因此粘度变化甚小。从 6 到 8 点, 粒度小, 表面积大, 自由水较少, 因此只要固相含量稍微增加一点粘度将陡升。

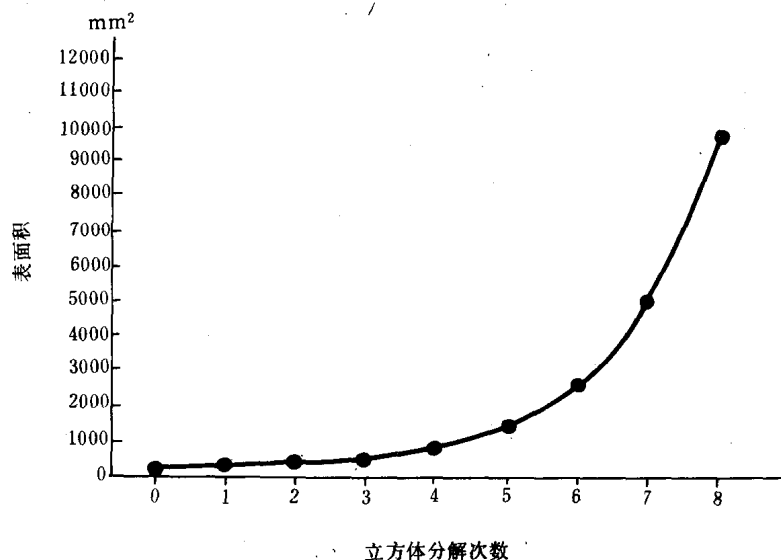


图 1-4 表面积 (或固相含量) 与粘度的关系
连续分一个 25.4mm 立方体所得到的表面积

2. 不同粒度的固相含量对粘度的影响

图 1-5 是膨润土和重晶石固体对粘度的影响。

现在可将图 1-4 上的 0 到 8 点与固相含量联系起来讨论。例如, 商品膨润土颗粒极细, 相当于 8 点上表面积很大的情况, 而此时由图 1-5 上可知, 粘度大幅度上升还不到固体含量的 5%。又例如, 重晶石的颗粒相当大, 表面积较小, 要出现图 1-4 的 8 点的粘度陡升的情况, 固体含量则要在 50% 以上 (图 1-5)。也就是说, 要和商品膨润土吸附同样的自由水, 需要 10 倍以上的重晶石。

钻屑既含有与膨润土接近的粘土, 又含有与重晶石接近的砂岩, 因此其性能在二者之间。

3. 固相粒度对流动特性的相对影响

很明显, 尺寸小于 $1\mu\text{m}$ 的粒子将严重影响粘度值。

图 1-6 是重晶石粒度分布图, 由图得知, 小于 $1\mu\text{m}$ 的很少, 重晶石颗粒很大, 大量加入钻井液中不会严重提粘。

图 1-7 是商品膨润土的粒度分布图。由图上可知, 小于 $1\mu\text{m}$ 的粒子比例很高, 因此, 商品膨润土对粘度的影响很大。

对于超细的重晶石, 例如表观直径 $3\mu\text{m}$ 以下, 同样表现出对粘度的影响, 如图 1-8 所示。

图 1-9 是赤铁矿加重剂的粘度分布图。在提粘性能上与普通重晶石差别不太大。

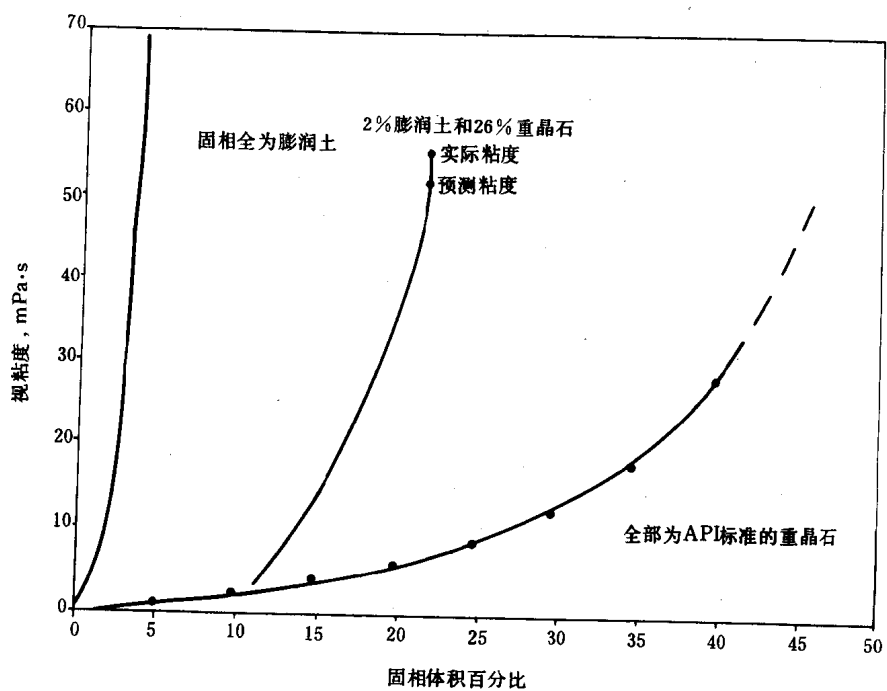


图 1-5 不同粒度固体含量对粘度的影响

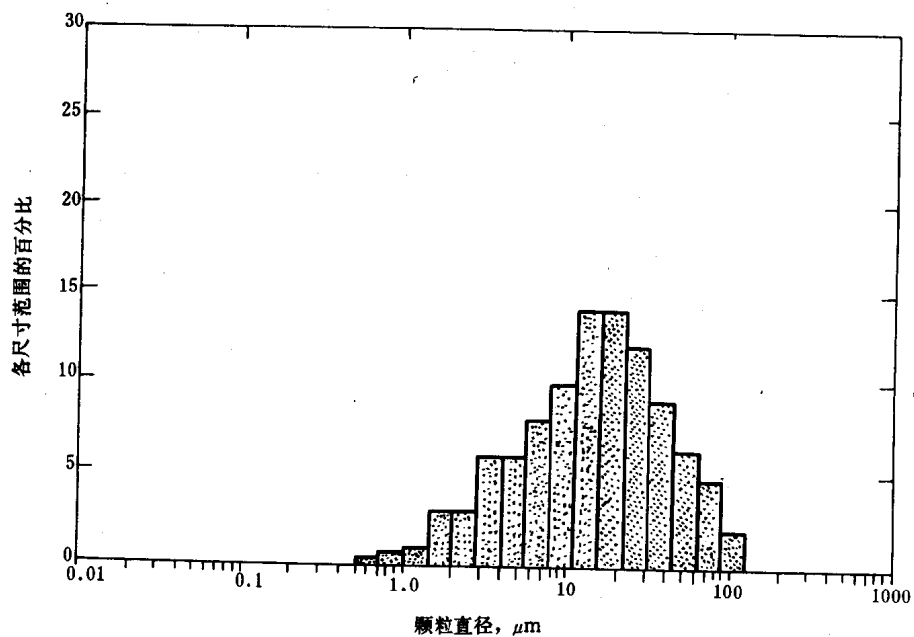


图 1-6 重晶石粒度分布曲线

图 1-10 表示了淡水钻井液所钻出的页岩钻屑的粒度分布。由此看出，有相当一部分粒

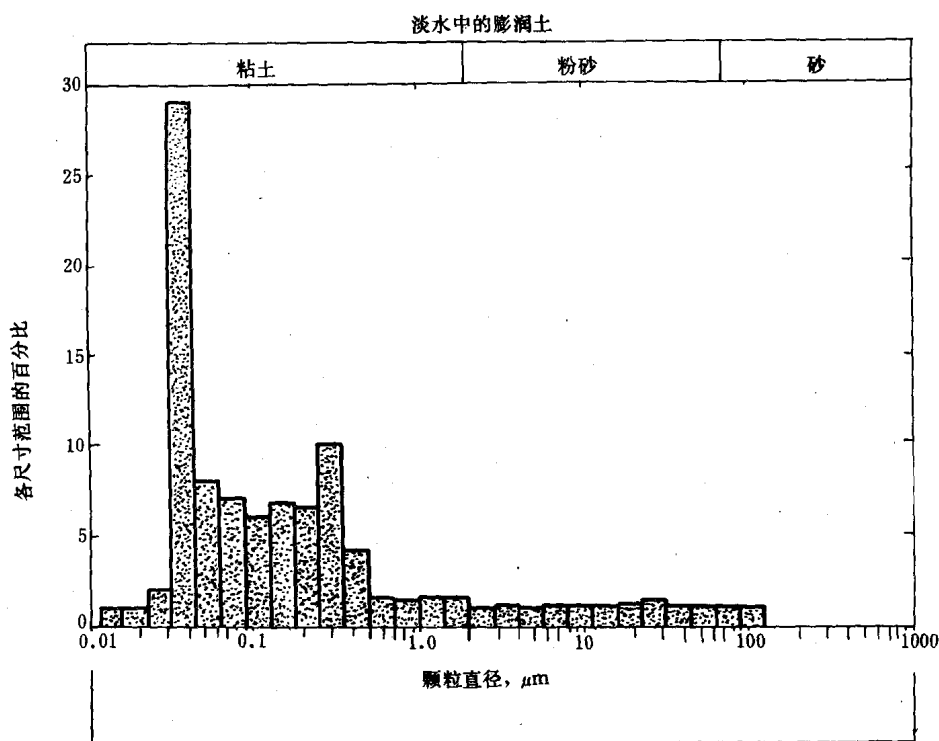


图 1-7 膨润土粒度分布曲线

子将影响粘度，但 $75\mu\text{m}$ 以上的颗粒也不多。振动筛去除的颗粒较多的是 $75\mu\text{m}$ 左右， $75\sim 10\mu\text{m}$ 可用水力旋流器除出，低于 $10\mu\text{m}$ 可用离心机，而低于 $2\mu\text{m}$ 的只好用稀释方法。

图 1-11 和图 1-12 是各种不同密度条件下推荐使用的膨润土含量。

(四) 固相粒度检测

所谓固相粒度检测就是研究钻井液中固相粒度大小及分布情况。粒度检测有各种方法，这里只简略介绍三种固控中常用的方法；一种是 API 13C 推荐的方法；一种是英国生产的 TAI 库尔特颗粒计数器 (Coulter counter model TAI)；另一种是我国生产的 FAM 激光测量仪。

1. API 13C 方法的粒度检测原理

这一方法在测定钻井液固相颗粒体积百分浓度 ($\text{g}/1000\text{mL}$) 时，采用了蒸发方法，即将已知体积的钻井液蒸发至干物质，由此算出固相百分浓度。

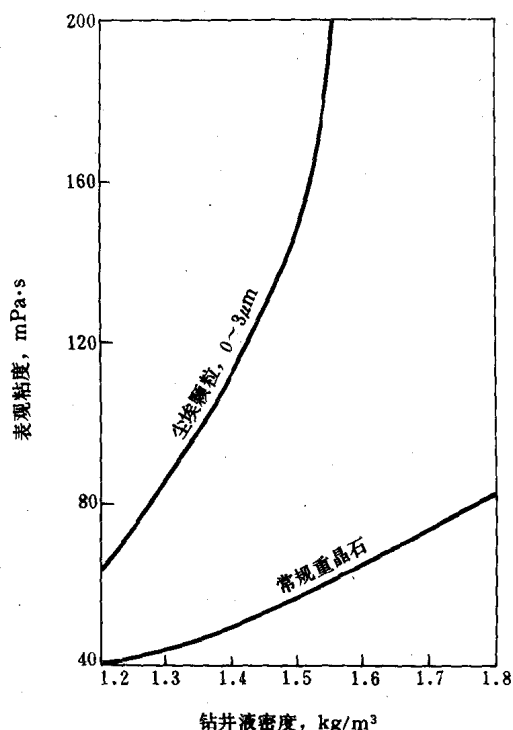


图 1-8 超细重晶石对粘度的影响

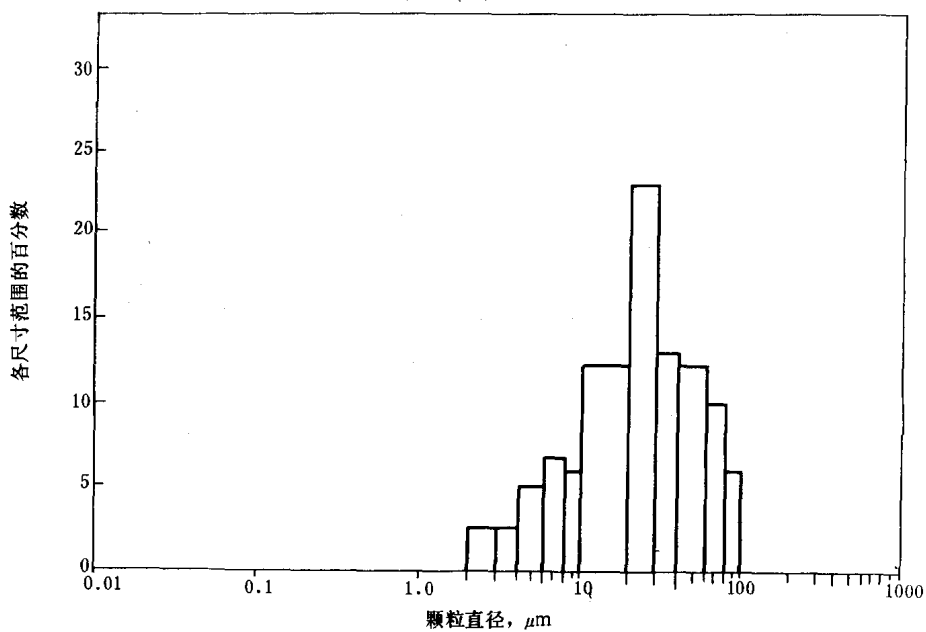


图 1-9 赤铁矿粒度分布曲线

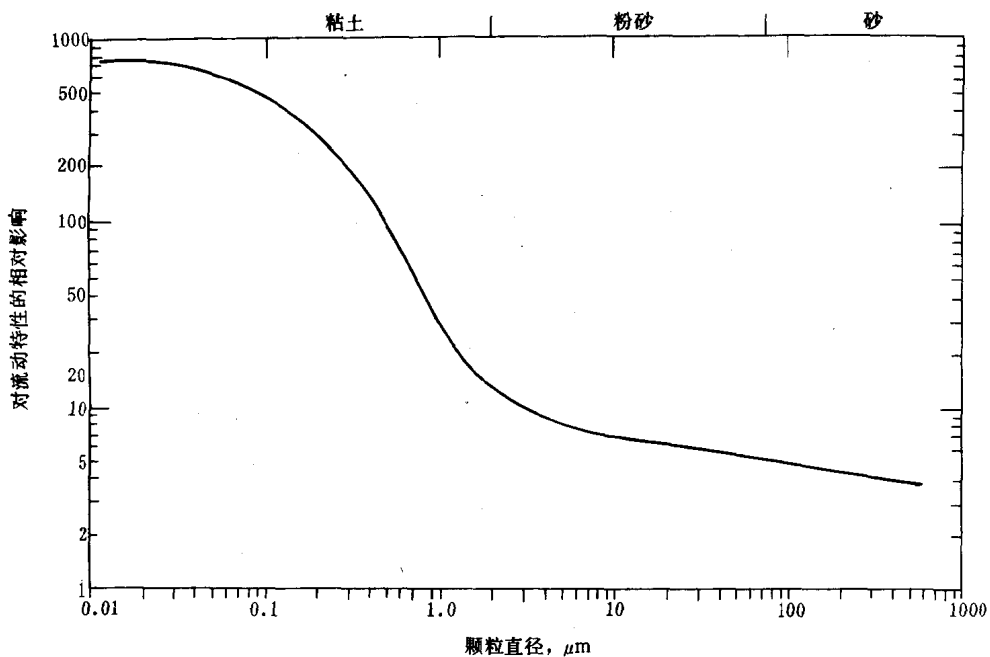


图 1-10 页岩钻屑粒度分布对粘度的影响

检测各种固相颗粒尺寸的大小及重量,要使用 30 个孔级(从 $37\mu\text{m}$ 到 $5660\mu\text{m}$)的 ASTM 筛子,它是一套按筛孔大小顺序排列的筛组。

将钻井液中已蒸发的干燥物放入顶层筛内进行一定时间的振动(不少于 5min),然后分别称出各筛上及筛底中的固相重量,依照下式计算各级的百分比含量 ω_2 ,以得到粒度分

布:

$$\omega_i = (W_i / \sum_{i=1}^n) 100\%$$

式中, W_i 是每层筛网上的筛余量。

小于 $37\mu\text{m}$ 大于 $2\mu\text{m}$ 的粒度可以使用沉降管方法测定, 小于 $2\mu\text{m}$ 的粒度则可用亚甲基兰法测定。

2. 库尔特颗粒计算器的基本原理

TA II 颗粒计数器是由取样器、主机、PCA—I 打印机和 X—Y 记录仪组成。

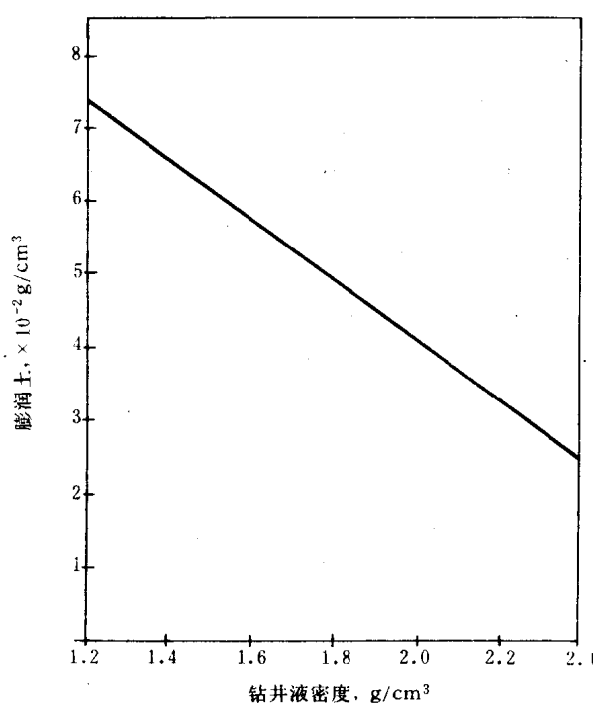


图 1-11 温度低于 107°C 时的淡水钻井液膨润土含量

最大井底温度低于 107°C 时分散淡水

钻井液中膨润土浓度的推荐值

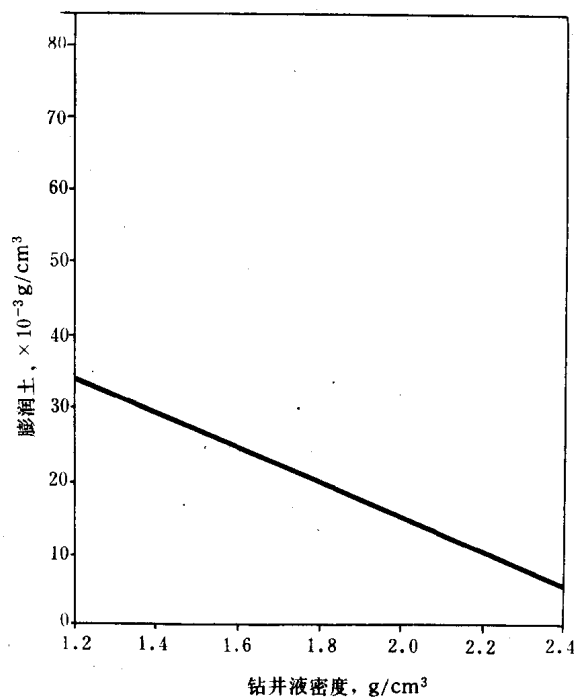


图 1-12 温度高于 107°C 时的淡水钻井液膨润土含量

最大井底温度高于 107°C 时分散淡水

钻井液中膨润土浓度的推荐值

该仪器应用电子学方法来进行测量分析。在水溶性或非水溶性电解液中, 待测微粒通过一小孔 (该孔打在一红宝石石英薄膜上并具有标准的尺寸, 红宝石石英薄膜镶在一支似玻璃试管的头部) 而进入小孔管内, 由于小孔本身的直径很小 (在 $150\sim 2000\mu\text{m}$ 之间), 它相对于电解质来说电阻较大, 这样就在小孔附近 (包括小孔本身产生了一个电敏感区)。在工作时, 溶液和小孔管内各装有一个铂电极并通有一恒定小的电流 (从 $540\mu\text{A}$ 到 640mA , 分为 8 个档次, 以等比级数排列)。微粒通过小孔时, 势必改变二电极之间的电阻, 产生一个幅度正比于颗粒体积大小的电压脉冲。将颗粒体积的大小转变成不同幅度的电压脉冲, 颗粒数