

▲ 职业技术学院石油

钻井液 实用技术

ZUANJINGYE SHIYONG JISHU

陈旭 主编



中国劳动社会保障出版社

策划编辑：姜华平
责任编辑：许 可
责任校对：孙艳萍
封面设计：邱雅卓
版式设计：朱 姝

▲ 职业技术学院石油工程类教材 ▲

石油工程安全

石油地质基础

石油钻井工程

钻井液实用技术

硫化氢防护技术

ISBN 978-7-5045-9235-4



9 787504 592354 >

定价：15.00元

职业技术院校石油工程类教材

钻井液实用技术

陈 旭 主编

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

钻井液实用技术/陈旭主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2011
职业技术院校石油工程类教材
ISBN 978-7-5045-9235-4

I. ①钻… II. ①陈… III. ①钻井液-基本知识 IV. ①TE254

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 177916 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×960 毫米 16 开本 8.25 印张 169 千字

2011 年 9 月第 1 版 2011 年 9 月第 1 次印刷

定价: 15.00 元

读者服务部电话: 010-64929211/64921644/84643933

发行部电话: 010-64961894

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

如有印装差错, 请与本社联系调换: 010-80497374

简介

本书根据职业技术学院石油工程类专业教学实际，并参考国家钻井液工职业标准编写而成。

全书内容包括：钻井液基础知识，粘土基础知识，钻井液性能及其与钻井的关系，钻井液处理剂和配浆原材料，现场常用钻井液类型，深井、超深井钻井液，钻井液固相控制，复杂情况下钻井液处理技术以及钻井液有关计算。

本书编写分工为：熊兆飞、郝强编写第一章至第四章，张锦荣、陈亮、王立峰编写第五章、第六章、第八章，陈旭编写第七章、第九章，全书由陈旭统稿。陈旭担任主编，陈亮担任副主编，吴明强审稿。

本书适用于职业技术学院石油工程类专业教学和钻井液岗位操作人员培训使用。

目 录

第一章 钻井液基础知识	(1)
复习思考题	(5)
第二章 粘土基础知识	(6)
第一节 粘土矿物	(6)
第二节 粘土的性质	(9)
第三节 粘土的分散和聚结	(13)
复习思考题	(15)
第三章 钻井液性能及其与钻井的关系	(16)
第一节 钻井液密度	(16)
第二节 钻井液的流变性	(18)
第三节 钻井液的滤失造壁性	(24)
第四节 钻井液的润滑性能	(28)
第五节 钻井液的 pH 值和含砂量	(30)
第六节 钻井液的固相含量	(32)
第七节 钻井液性能在钻井过程中的变化规律	(33)
复习思考题	(35)
第四章 钻井液处理剂和配浆原材料	(36)
第一节 钻井液无机处理剂	(36)
第二节 钻井液有机处理剂	(40)
第三节 钻井液表面活性剂	(46)
第四节 钻井液加重材料和粘土	(50)
复习思考题	(51)

第五章 现场常用钻井液类型	(53)
第一节 分散钻井液	(53)
第二节 钙处理钻井液	(55)
第三节 盐水钻井液	(58)
第四节 聚合物钻井液	(61)
第五节 正电胶钻井液	(68)
第六节 气基钻井液	(71)
第七节 油基钻井液	(73)
第八节 其他新型钻井液	(77)
复习思考题	(78)
第六章 深井、超深井钻井液	(79)
第一节 深井、超深井钻井液应具备的条件	(79)
第二节 常用抗高温钻井液体系及其应用	(81)
复习思考题	(86)
第七章 钻井液固相控制	(87)
第一节 钻井液固相对钻井的影响	(87)
第二节 钻井液固相控制方法	(88)
第三节 钻井液固相控制设备	(89)
复习思考题	(93)
第八章 复杂情况下钻井液处理技术	(94)
第一节 井壁不稳定机理及对策	(94)
第二节 井漏与处理	(98)
第三节 井喷的预防与处理	(106)
第四节 卡钻的预防与解除	(110)
第五节 其他复杂情况	(116)
复习思考题	(120)
第九章 钻井液有关计算	(121)
复习思考题	(126)

第一章 钻井液基础知识

钻井液技术是石油工程作业的配套技术，学习与了解钻井液基础知识，对认清地层特性、保护油气层、预防工程事故、保障作业安全等具有十分重要的意义。

一、钻井液在钻井中的功用

用清水作为洗井液，是伴随旋转钻井方式的产生而产生的一项工艺技术。利用旋转钻井方式钻进含泥页岩的地层时，许多岩屑分散在水中，形成混浊的泥水，钻井工作者称它为“泥浆”。随着施工实践的深入和科学技术的发展，用泥浆来携带、清除岩屑的技术，逐步得到发展，而且人们发现不但可以用粘土，还可以用油脂、气体等作为介质配制各种洗井液，并逐步形成了适应不同需要、多种类型的洗井流体。在油气钻井过程中，能够满足钻井工作需要的各种循环流体统称为钻井液。钻井液在钻井中起着多方面的重要作用，可概括为以下几个方面。钻井液在钻井中的作用如图 1—1 所示。

1. 携带和悬浮岩屑

钻井液通过循环将被钻头破碎的岩屑从井底携至地面，有利于保持井眼清洁、畅通，并保证钻头在井底能够始终接触和破碎新地层，避免重复切削，提高钻井效率。在接单根、起下钻或因故停止循环时，又能将井内的钻屑悬浮在钻井液中，起到延缓钻屑下沉速度、防止沉砂卡钻的作用，保证井下安全。

2. 稳定井壁和平衡地层压力

井壁稳定、井眼规则是实现安全、优质、快速钻井的基本条件。性能良好的钻井液能借助液相的滤失作用，在井壁上形成一层薄而韧的泥饼，以稳固已钻开的地层并阻止

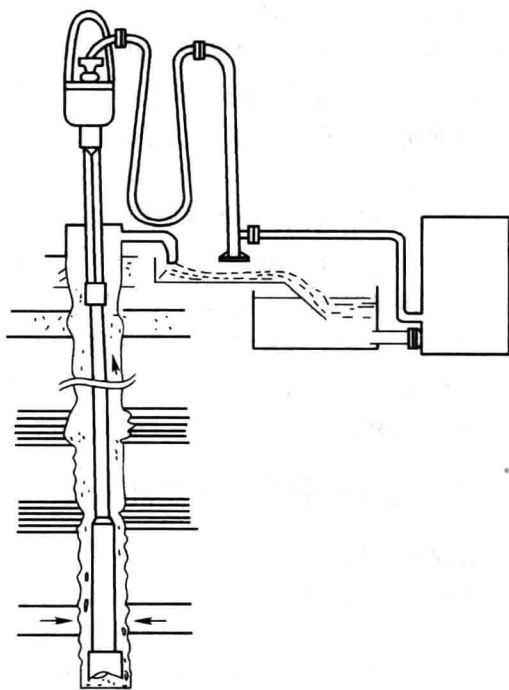


图 1—1 钻井液在钻井中的作用示意图

液相侵入地层，减弱泥页岩层水化膨胀和分散的程度。同时，通过不断调节钻井液密度，产生与地层压力、井壁坍塌压力相平衡的液柱压力，防止井喷、井漏和井塌等井下复杂情况的发生。

3. 冷却和润滑钻头、钻具

在钻进中，一方面钻头所处的环境温度随着井深的增加而逐渐提高，另一方面钻头旋转并破碎岩层，会产生很多热量，钻具旋转与井壁摩擦，也会产生热量。钻井液通过循环，可以将这些热量及时吸收并带到地面释放到大气中，起到了冷却钻头、钻具，延长其使用寿命的作用。同时，钻井液的存在使钻头和钻具均在液体内旋转，很大程度上降低了摩擦阻力，起到了很好的润滑作用。

4. 产生和传递水动力

钻井液经过钻头喷嘴时，可获得极高的流速，从而对井底岩石产生冲击作用，提高了钻井速度和破岩效率。高压喷射钻井正是利用这一原理，使钻井液形成高速射流，对井底产生强大的冲击力，使地层产生水力破碎，达到提高钻速的目的。在使用涡轮钻具钻进时，钻井液由钻杆内以较高流速流经涡轮叶片，使涡轮旋转并带动钻头破碎岩石。

钻井实践表明，优质钻井液仅有以上功能是不够的。现代钻井技术要求钻井液还必须能达到以下要求。

- (1) 与所钻遇的油气层相配伍，满足保护油气层的要求。
- (2) 有利于地层测试，不影响对地层的评价。
- (3) 确保对钻井人员及环境不发生伤害和污染。
- (4) 对井下工具及地面装备不腐蚀或尽可能减轻腐蚀。

一般情况下，钻井液成本只占钻井总成本的7%~10%，然而先进的钻井液技术往往可以成倍地节约钻井时间，从而大幅度地降低钻井成本，带来可观的经济效益。

二、我国钻井液技术发展概况

在钻井实践过程中，我国钻井液技术从体系到类型，再到实验检测手段、装备及处理技术都得到了长足的发展。具体可分为以下几个阶段：

1. 20世纪60年代，钻遇复杂地层时，进行不断总结、试验，推广使用以石灰、石膏及氯化钙为絮凝剂的钙处理和盐水钻井液。

2. 20世纪70年代中期至80年代中期，钻井液技术有了很大的发展。先后推广运用了与深井、超深井相适应的SMT(SMK)、SMC、SMP三磺钻井液，较好地解决了井下复杂情况对钻井施工的影响。1975年成功创造了深度为7 175 m的钻井纪录；研制成功了16类129种处理剂，其中，PAM等聚合物处理剂的研制成功，促成了聚合物钻井液体系的形成，全面推广了低固相不分散钻井液技术，有效地配合了喷射钻井技术的运用，解决了泥页岩的坍塌等井壁稳定的问题。在20世纪80年代初期，研制成功了油包水加重钻井液，解决了钻

遇水敏泥页岩、大段岩膏层时所遇到的井壁稳定问题。

3. 1986—1990 年期间, 钻井液技术有了长足进步, 其中有代表性的成果包括:

(1) 研制出两性离子聚合物钻井液、阳离子聚合物钻井液、全阳离子聚合物钻井液等新体系及与其配套的处理剂并推广使用。

(2) 发展了泡沫和充气钻井液技术, 满足了保护油气层和欠平衡钻井的需要, 最高钻深达 3 232 m。

(3) 系统研究了钻井液及其处理剂与井壁稳定的关系, 研制出了饱和盐水、油包水乳化钻井液等各种强抑制性的防塌钻井液体系。

(4) 研制出深井、超深井钻井液体系——聚磺钻井液。

(5) 研制并运用了 3 类 11 种不同类型的保护油气层的钻井液体系, 油气层保护技术有了较大的发展。

4. 1991—1995 年期间, 钻井液技术又上新台阶。

(1) 两性离子等聚合物钻井液技术更加配套、更加完善, 在 15 个油田中全面运用。

(2) 使用并发展了混合金属层状氢氧化物 (MMH) 钻井液技术、水平井钻井液配套技术等。

(3) 处理剂研制生产形成系列化, 达 16 类 246 种。

(4) 屏蔽暂堵型油气层保护钻井液在全国 3 000 多口井中应用。

20 世纪 90 年代后, 随着国民经济的快速增长, 我国能源需求日益扩大, 进一步带动了石油工业的飞速发展, 钻井液技术也得到前所未有的进步。期间, 推广运用了阳离子聚合物钻井液、正电胶钻井液、合成基钻井液、气体型钻井液、甲酸盐钻井液、屏蔽暂堵钻井液、聚合醇钻井液、可循环泡沫钻井液等。针对上述钻井液体系的使用要求, 配套研发了多种新型、高效、环保的处理剂, 如无机增粘剂层状混合金属氢氧化物、聚丙烯胺等。

同时, 油基钻井液体系也有了发展。研制出了各种抗高温降滤失剂, 并运用于生产。2000 年以来, 随着阳离子聚合物钻井液和正电胶钻井液等各种新型钻井液的出现和广泛应用, 钻井液技术进入了一个全新的发展阶段。在钻井液技术不断得到发展与突破的条件下, 我国石油钻井技术不断突破, 施工纪录不断刷新。相继完成了西部 8 408 m 的塔深 1 井、东部 7 026 m 的胜科 1 井, 南部 7 170.71 m 的元坝 1 井等超深井、复杂井的施工任务, 解决了上奥陶系碳酸盐岩缝洞发育区放空漏失、高温、高压对钻井液的影响等难题, 其中元坝 1 井平均机械钻速 2.1 m/h, 钻井周期 279.17 天, 创川东北地区超深探井钻井最快速度纪录。

作为钻井工程的配套技术, 广大的钻井工作者将不断运用创新技术与手段, 克坚攻难, 重点突破以下几个方面的钻井液技术。

● 强化井壁技术, 重点进行化学固壁、井壁失稳的岩石力学和泥浆化学因素的耦合研究及盐岩层蠕变规律、仿油基钻井液研究。

●攻关复杂地质条件下深井、超深井、大位移井钻井液技术，重点对高温及高温条件下抗污染和防塌等问题进行研究；力争在抗高温处理剂的研制和系列化及处理剂在高温条件下降解、解吸及相互间的配伍等方面取得新进展。

●加强新型钻井液体系及其处理剂的研制与应用，以满足环保要求的钻深井、超深井和复杂地层等新型钻井液体系以及配套新型钻井液体系的处理剂为研究重点，努力完善新型的合成基钻井液、硅酸盐钻井液、甲酸盐钻井液等体系的研究与运用成果。

●攻克废弃钻井液处理技术，重点加强废弃钻井液的排放问题，废弃钻井液及其处理剂的毒性检测技术，无毒、低毒处理剂的研制。

●强化保护油气层技术的研究，重点突破油气层损害机理的快速诊断技术，针对裂缝型油藏的钻井液暂堵技术，水平井、探井和高温深井保护油气层的钻井液技术及欠平衡钻井条件下的钻井液技术等。

三、钻井液的分类

在钻井施工中，人们研制出了各种类型的钻井液，按其密度大小可分为非加重钻井液和加重钻井液。按与粘土水化作用的强弱可分为非抑制性钻井液和抑制性钻井液。按其固相含量的不同，将固相含量较低的叫作低固相钻井液，基本不含固相的叫作无固相钻井液。根据流体介质的不同，总体上分为水基钻井液、油基钻井液和气体型钻井流体三种类型，近期又出现了一类合成基钻井液。

1. 清水

在旋转钻井初期，人们利用清水作为循环介质，使钻进中产生的粘土类钻屑在水中自然分散，形成粘土水溶液——“泥浆”，净化和清洁井眼。

2. 水基钻井液

水基钻井液是指以水为液相（连续相），以粘土为固相（分散相），再加入一定的化学处理剂和加重材料组成的钻井液。水基钻井液又可分为以下几类。

- (1) 淡水钻井液：含盐（NaCl）量低于 104 mg/L，含钙（ Ca^{2+} ）量低于 120 mg/L。
- (2) 钙处理钻井液：含钙（ Ca^{2+} ）量大于 120 mg/L。
- (3) 盐水钻井液：含盐（NaCl）量大于 104 mg/L。
- (4) 铁铬木质素磺酸盐铬腐植酸钻井液。
- (5) 不分散低固相钻井液：固相含量 4%。
- (6) 生物聚合物钻井液：具有较强的包被和抑制分散的作用，利于保持井壁稳定。
- (7) 钾基钻井液： $[\text{K}^+]$ 含量大于 3%。
- (8) 钾基聚合物钻井液：具有较强的防塌性。
- (9) 聚磺钻井液、聚磺聚合醇钻井液。
- (10) 正电胶、阳离子聚合物钻井液。

(11) 甲酸盐钻井液。

(12) 硅基钻井液。

3. 油基钻井液

油基钻井液是指以油为连续相的钻井液。它包括以下几种。

(1) 一般油基钻井液

以柴油为连续相（液相），以氧化沥青作为分散相（固相），再加入化学处理剂和加重料配制而成，含水量在 3% 以下。

(2) 油包水乳化钻井液

以柴油作为连续相，以水作为分散相呈小水滴状分散在柴油中（水可占总体积的 60%），以有机膨润土（或称亲油膨润土）和氧化沥青作为稳定剂，再加入其他处理剂和加重料配制而成。

4. 合成基钻井液

合成基钻井液是指以合成的有机化合物作为连续相，盐水作为分散相，并含有乳化剂、降滤失剂、流型改进剂的钻井液。由于使用无毒并且能够生物降解的非水溶性有机物取代了一般油基钻井液中通常使用的柴油，因此，这类钻井液既保持了一般油基钻井液的各种优良特性，同时又能大大减轻钻井液排放时对环境造成的不良影响，尤其适用于海上钻井。

5. 气体型钻井流体

气体型钻井流体是指以气体为连续相的钻井流体。其特点是密度低，钻速快，可有效地保护油气层，并能有效地防止井漏等复杂情况的发生，适用于低压油气层、易漏失地层以及某些稠油油层的钻井施工。通常又将气体型钻井流体分为空气或天然气钻井流体、雾状钻井流体、泡沫钻井流体、充气钻井液四种类型。

复习思考题

1. 钻井液的定义是什么？
2. 钻井液在钻井中的作用主要有哪些？
3. 钻井液技术发展共分为哪几个阶段？
4. 常见的钻井液有哪些类型？

第二章 粘土基础知识

粘土是钻井液的主要组成成分,粘土的物理、化学性质决定了钻井液的性能与维护要求。如用 20 g 粘土放入 100 mL 水中搅拌 30 min 后,可配出一定密度、粘度、切力、失水量等性能的钻井液。如果在水中预先加入 0.5~1.0 g Na_2CO_3 后再放入同样数量的粘土,浸泡 24 h 后再搅拌 30 min,此时配出的钻井液,其粘度、切力较前者高,失水量较前者低,形成的泥饼较前者致密。为什么会出现两种不同的结果呢?这是因为后者加入碳酸钠后增强了粘土的水化作用,并使它分散成更细小颗粒的缘故。概括地讲,钻井液的性能与粘土的类型、数量、分散程度、水化程度等因素相关。衡量粘土配制钻井液能力的指标是粘土的造浆率。粘土的造浆率是指每吨粘土所配制粘度为 15 mPa·s 的钻井液的体积,以 m^3 为单位。粘土的种类不同,造浆率差异较大。优质粘土造浆率可达 15 m^3 ,而普通粘土却只有 2~3 m^3 。因此,要了解钻井液配制后的性能,必须学习和了解粘土的知识,研究各种粘土的化学成分、晶体结构和它们的各种物理、化学性质。

第一节 粘土矿物

一、常见粘土矿物及其化学成分

粘土是由粘土矿物组成的,粘土矿物不同,组成的粘土种类也不同,粘土的性质与配制钻井液后的性能也有差异。

1. 粘土矿物的种类

粘土矿物是指具有确定的化学成分和晶体结构的水合硅铝酸盐。粘土矿物的种类很多,常见的粘土矿物有蒙脱石、伊利石和高岭石,除此以外还有海泡石、绿泥石等,但数量较少。自然界中的粘土往往是几种粘土矿物掺杂在一起。除粘土矿物外,粘土中可能还含有不同数量的非晶质粘土矿物,如蛋白石、氢氧化铁、氢氧化铝,以及非粘土质的杂质,如石英、长石、方解石等。一般以粘土中含量最高的某种粘土矿物来命名粘土,因此,分析粘土中各种粘土矿物的含量非常重要。常用造浆率较高的白粘土主要成分是蒙脱石,地层中极易吸水膨胀的泥页岩也以蒙脱石为主。伊利石和高岭石含量较高的泥页岩易裂解崩散,膨胀性和分散性很差,在井内易剥落、掉块和坍塌。粘土矿物按晶体结构类型可分为两层型、三层

型、混合层型和链状构造型。粘土矿物按其晶体结构类型的分类见表 2—1。

表 2—1

粘土矿物分类

晶体结构类型	粘土矿物族	粘土矿物名称
两层型	高岭石族	高岭石、地开石等
	埃洛石族	埃洛石等
三层型	蒙脱石族	蒙脱石、叶蜡石等
	水云母族	伊利石、海绿石等
混合层型	绿泥石族	各种绿泥石
链状构造型	海泡石族	海泡石、凹凸棒石等

在油田现场习惯上将主要成分为蒙脱石的粘土称为膨润土，其他统称为粘土。

2. 粘土矿物的化学成分

所有的粘土矿物的化学成分均为镁、铁、钙、锌等的水合硅铝酸盐，即晶体中主要是铝和硅的氧化物和水，此外，还有氧化钙、氧化镁、氧化铁等。粘土矿物类型不同，其化学成分也不同。高岭石中 SiO_2 与 Al_2O_3 的比值为 2，而蒙脱石和伊利石中 SiO_2 与 Al_2O_3 的比值为 4，伊利石与蒙脱石的不同之处在于，伊利石中钾的含量较高。可通过化学分析法确定 SiO_2 与 Al_2O_3 的比值，以此作为鉴定粘土矿物类型的方法之一。

二、粘土矿物晶体结构

高岭石、蒙脱石和伊利石三种常见粘土矿物的晶体皆为层状（薄片状）结构，它们在垂直方向上由无数晶层上下重叠，在水平方向上晶层可延展。这三种粘土矿物的晶层由不同的原子和分子组成，排列结构各异，观察其晶体结构会发现，它们的晶体都是由硅氧四面体、铝氧八面体两个基本构造单元组成。

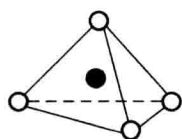
1. 粘土晶体构造中的基本单位

(1) 硅氧四面体

硅原子与包围它的四个氧原子通过共价键形成硅氧四面体，硅原子在四面体的中心，四个氧原子在四面体的顶点（图 2—1）。通过氧原子的剩余原子价，与其他硅原子形成另外的硅氧四面体，许多的硅氧四面体连接成硅氧四面体群（图 2—2）。

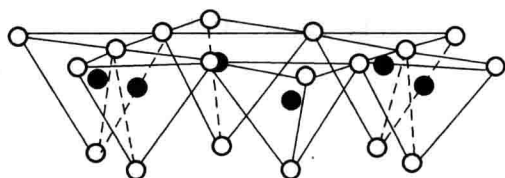
(2) 铝氧八面体

铝原子与上下各三个氧原子形成一个正八面体（图 2—3），铝原子处于八面体的中心。每个八面体均与它周围相邻的八面体在平面上共用氧原子，许多的铝氧八面体连接在一起构成铝氧八面体群（图 2—4）。



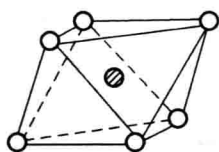
○ 氧 ● 硅

图 2—1 硅氧四面体



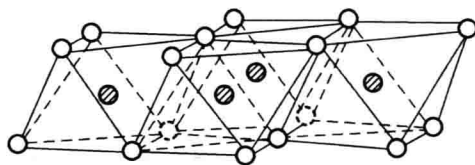
○ 氧 ● 硅

图 2—2 硅氧四面体群



○ 氧 ⊗ 铝

图 2—3 铝氧八面体



○ 氧 ⊗ 铝 ○ 氢氧

图 2—4 铝氧八面体群

2. 几种常见的粘土矿物晶体结构

(1) 高岭石

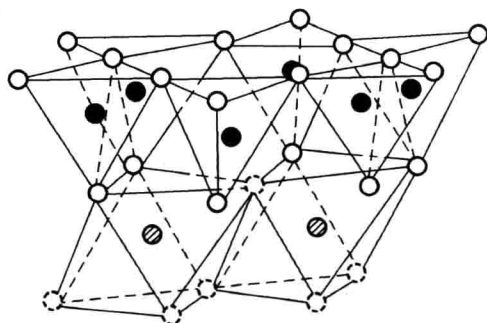
高岭石晶体由一个硅氧四面体和一个铝氧八面体组成（图 2—5）。四面体以尖顶朝着八面体，二者由共用的氧原子或氢氧原子团连接在一起。因为它是由一个硅氧四面体和一个铝氧八面体组成，所以高岭石为 1:1 型晶体构造粘土矿物。

高岭石晶体由一个硅氧四面体和一个铝氧八面体连接形成。每一个晶层上面均为氧原子而下层均为氢氧层，各晶层之间以氧层和氢氧层间形成的氢键连接，连接力强，而且晶格间距为 7.2×10^{-8} cm。

高岭石晶格中几乎没有晶格取代现象，它的电荷是平衡的，所以高岭石电性微弱，水化较差，不易吸水膨胀，分散度也很低，只发生晶层的解离。

(2) 蒙脱石

蒙脱石的晶体结构是由上下两个硅氧四面体中间夹一层铝氧八面体，硅氧四面体的尖顶朝向铝氧八面体，铝氧八面体和上下两层硅氧四面体通过共用的阳离子和氢氧原子团连接形



○ 氧 ⊗ 铝 ● 硅 ○ 氢氧

图 2—5 高岭石晶体结构

成紧密的晶层，为 2:1 型晶体结构粘土矿物。在铝氧八面体中，有部分铝离子被镁离子或铁离子取代，硅氧四面体中的硅离子也有少量被铝离子取代，这种现象称为晶格取代现象。由于蒙脱石矿物的组成存在着晶格取代现象，故蒙脱石的晶格显负电性，且电性稳定。自然界中存在的钠蒙脱石和钙蒙脱石，就是指吸附了钠和钙的蒙脱石，一般把蒙脱石表面吸附的钠/钙比值高于 70/30 的称为钠蒙脱石，低于这个数值的称为钙蒙脱石。

蒙脱石晶层上下皆为氧原子层，各晶层间以分子间力连接，连接力弱。由于晶层间连接力弱，所以蒙脱石晶层表面易与吸附在表面的阳离子发生水化，使晶层间的间隙增大、体积膨胀，所以蒙脱石极易水化、分散、膨胀。干燥的蒙脱石晶格间距仅为 9.6×10^{-8} cm，吸水后最大可达 21.4×10^{-8} cm。

(3) 伊利石

伊利石的晶体结构和蒙脱石相似，也是 2:1 型晶体结构粘土矿物。它们之间的区别在于伊利石的硅氧四面体中有较多的硅离子被铝离子取代，晶格出现的负电荷由吸附在伊利石晶层表面氧分子层中的钾离子所中和。钾离子的直径为 2.66×10^{-8} cm，而晶层表面的氧原子六角环空直径为 2.80×10^{-8} cm，所以钾离子正好嵌入氧原子六角环空中。由于嵌入氧原子六角环空中钾离子的作用，将伊利石的相邻两晶层拉得很紧，连接力很强，水分不易进入层间，因此，伊利石电性微弱、不易膨胀、不易解离。

(4) 海泡石族

海泡石族包括海泡石、凹凸棒石等，它是铝和镁的含水硅酸盐，晶体结构为链状、棒状和纤维状。海泡石族由于其晶体结构的特点，有很大的内部空穴，有极大的内部表面，所以含有较多的吸附水，而且有很高的热稳定性（350℃ 以上）和抗盐类污染的能力，可用于配制深井钻井液和饱和的盐水钻井液。

第二节 粘土的性质

粘土在水中极易分散成细小的颗粒，形成粘土—水分散体系。由于粘土颗粒具有负电性，因此，粘土表面对阳离子具有吸附性，吸附的阳离子具有可交换性，阳离子又具有水化性。粘土的这些性质对于研究钻井液性能及其变化规律，以及井壁稳定问题，都具有重要的意义。

一、粘土的电性质

通过列依斯实验（图 2—6），可以看到粘土颗粒向正极移动，说明粘土颗粒带电，且电性为负。

1. 粘土颗粒带电的原因

(1) 蒙脱石、伊利石的晶格取代现象

蒙脱石晶格中铝氧八面体中的铝离子可被硅氧四面体中的镁离子、亚铁离子取代，硅氧四面体中的硅离子可被铝氧八面体中的铝离子取代，而使蒙脱石晶格的电性出现不平衡，在层面上表现为负电性。伊利石晶格在发生晶格取代后，产生的负电荷被晶格中的钾离子部分中和，因此，其负电性要比蒙脱石弱。

(2) 两性键的电离

铝氧八面体中的 $\text{Al}-\text{O}-\text{H}$ 键是两性键，在碱性介质中氢离子部分电离，使粘土带负电，而在酸性介质中氢氧离子部分电离，则使粘土带正电。由于钻井液一般呈碱性，所以使粘土颗粒带负电。高岭石没有晶格取代现象，晶格呈电中性，由于晶格中有氢氧层，在碱性介质中氢离子部分电离，显示微弱的负电性。

(3) 在外力作用下断键

粘土晶层在外力作用下发生断裂，则在断裂的棱角边缘处化学键也随之断裂，因此，在断裂的棱角边缘处可能带正电，也可能带负电。

(4) pH 值的影响

在 pH 值较高的钻井液中，氢氧离子可以在粘土层面上形成氢键，从而吸附在粘土表面，使粘土表面的负电荷增多，电性增强。

2. 粘土带电规律

粘土颗粒一般在层面上带负电，而在棱角边缘处有的位置带负电，有的位置带正电。因粘土颗粒呈薄片状，在层面上的负电性最强，而在棱角边缘处（不论带正电还是带负电）电性微弱。粘土矿物不同，粘土电性的强弱也不同，蒙脱石电性最强，伊利石次之，高岭石电性很弱。同时，粘土带电性质和带电量与粘土本身的性质和所处环境有关。

3. 粘土颗粒表面扩散双电层

在粘土水溶液中，因粘土表面带负电，它就必然吸附溶液中的阳离子以保持体系的电中性。因粘土吸附的阳离子与粘土电性相反，故粘土吸附的阳离子又称为反离子。这些反离子既受粘土层面负电荷的静电引力作用而紧贴在粘土颗粒表面，同时又由于自身的热运动，具有扩散到液相内部的能力。这两种作用的结果，使反离子在粘土颗粒周围呈扩散的形式存在。离粘土表面越近，粘土的引力越强，反离子的浓度越高，随着离粘土表面距离的增加，反离子浓度逐渐降低，直至为零。把粘土颗粒表面到反离子浓度为零处的这一层称为扩散双

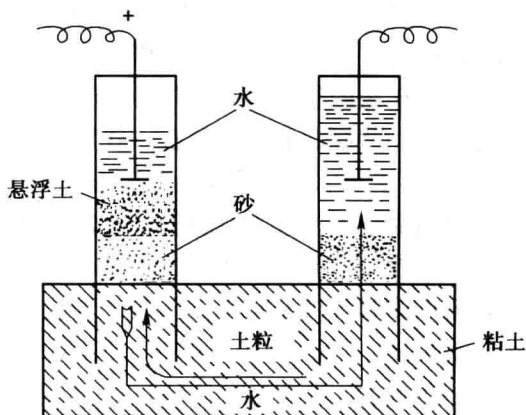


图 2—6 列依斯实验