鉆探工程

下册

（试用教材）

长春地质学校
鉄岭地质大队 合编

一九七二年十二月

钻探工程（下册）目录

第五章　冲孔方法和冲洗液……1
　第一节　冲洗钻孔的目的方法和冲洗介质的分类……1
　第二节　泥　　浆……2
第六章　岩石性质及可钻性……24
　第一节　岩石的物理机械性质……24
　第二节　岩石的可钻性及其分级……27
　第三节　岩石破碎的基本概念……33
第七章　钻孔结构及开孔……36
　第一节　钻孔结构……36
　第二节　开　　孔……37
第八章　硬质合金钻进……40
　第一节　合金钻进的原理……40
　第二节　硬质合金……43
　第三节　合金钻头的结构……46
　第四节　钻进规程……60
　第五节　各种地层中的合金钻进方法……64
　第六节　扩大合金钻进的使用范围及提高钻进效率的途径……65
　第七节　合金钻进的操作及注意事项……70
第九章　钢粒钻进……71
　第一节　钢粒钻进的原理……71
　第二节　钢粒与钢粒钻头……74
　第三节　钻进规程……78
　第四节　提高钢粒钻进效率的途径……86
　第五节　钢粒钻进的操作及注意事项……87
第十章　金刚石钻进……89
　第一节　金刚石钻进的原理……89
　第二节　金 刚 石……91
　第三节　金刚石钻头……94
　第四节　卡簧与扩孔器……100
　第五节　钻进规程……101
　第六节　钻进工艺和方法……104
　第七节　金刚石钻进操作及注意事项……110

第十一章　复杂地层钻进…… 112
第一节　破碎易坍塌地层钻进…… 112
第二节　砾石层钻进…… 113
第三节　流砂层钻进…… 115
第四节　溶洞和裂隙层钻进…… 116
第五节　涌水和喷气地层钻进…… 119
第十二章　岩矿心的采取和编录…… 120
第一节　提高岩矿心的采取的意义…… 120
第二节　影响岩矿心采取率的因素…… 121
第三节　提高岩矿心采取的几种工具…… 125
第四节　岩矿心的编录和保管…… 164
第五节　取心新工具介绍…… 166
第十三章　钻孔弯曲的予防、测量和定向钻进…… 167
第一节　钻孔弯曲与钻探生产的关系…… 167
第二节　钻孔弯曲的原因…… 168
第三节　钻孔弯曲的予防…… 172
第四节　钻孔弯曲的测量…… 175
第五节　钻孔弯曲作图…… 210
第六节　钻孔弯曲的矫正和定向钻进…… 211
第十四章　简易水文观测校正孔深和原始报表…… 221
第一节　简易水文观测…… 221
第二节　校正孔探…… 223
第三节　原始报表…… 223
第十五章　封　　孔…… 224
第一节　封孔目的和要求…… 224
第二节　封孔方法…… 224
第三节　封口质量的检查…… 234
第十六章　孔内事故的予防与处理…… 236
第一节　孔内事故的予防…… 237
第二节　处理孔内事故的原则和方法…… 238
第三节　孔内事故的处理…… 245
第十七章　水文、水井钻探及成井工艺…… 258
第一节　选择钻井机械…… 259
第二节　钻　　井…… 261
第三节　电 测 井…… 270
第四节　换　　浆…… 273
第五节　破壁与探井…… 274
第六节　下 井 管…… 275

第七节　投　　砾…… 288
第八节　止水与固井…… 289
第九节　洗　　井…… 292
第十节　抽水试验与压水试验…… 295
第十一节　井内爆破…… 303
第十八章　石油钻井…… 309
第一节　钻井机械及设备…… 310
第二节　钻井工艺…… 330
第三节　固井及油井完成…… 337
第四节　海上石油钻井…… 344
第五节　定向钻井…… 350
第十九章　钻井新方法介紹…… 353
第一节　冲击回转钻进…… 353
第二节　孔底发动机钻…… 356
第三节　新型钻进方法…… 363

第五章　冲孔方法和冲洗液

第一节　冲洗钻孔的目的、方法和冲洗介质的分类

伟大领袖毛主席教导我们："注意于那些有关全局的重要的关节"。冲洗钻孔是钻探过程的重要环节。在钻探生产过程中，钻头不断地破碎孔底岩石延深钻孔的同时，孔底将会堆积着大量岩粉钻粉以及钻头与岩石的磨擦而积蓄着很大的热量。这些都影响着钻头有效继续地破碎孔底岩石，降底钻进速度，甚至造成孔内严重事故。因此在钻探过程中，必须要冲洗钻孔。冲洗钻孔的目的如下：

1．冷却钻头：利用循环着的冲洗液将孔底因磨擦而产生的热量携带走，以冷却钻头。这一点在金刚石钻进中尤为重要。

2．清除孔底岩钻粉：借循环着的冲洗液将岩粉钻粉携带到地面，以保持孔底清洁，当冲洗液循环中断时，利用冲洗液本身的一定性能而将岩粉悬浮起来，防止岩粉迅速沉淀而造成埋钻事故。

3．保护孔壁：利用孔内冲洗液柱所形成的静压力和冲洗液本身的造壁性能，以防止孔壁坍塌、掉块、涌水、井喷等。借助冲洗液体本身性能亦可防止冲洗液的漏失及易溶蚀的岩矿层的溶解。

4．是涡钻进和孔底冲击回转钻进的动力来源。

在各种不同地层以各种不同的钻进方法钻进时，如何合理地选择冲洗液（清水、泥浆、饱和盐溶液、空气等）及冲孔参数（泵量、泵压）是保证安全、优质、高产（效率）、低耗的重要因素，所以我们学习、研究冲孔方法和冲洗液就有很大的实际意义。

地质勘探钻进中冲洗钻孔的方法有二种：

1．正循环冲洗：冲洗液由水泵经水接头送入钻杆，再经过岩心管与岩心的环状间隙，经钻头送至孔底后，再经岩心管、钻探与孔壁间的环状间隙返回地面。此种方法是目前各地质队应用最普遍的一种方法。

2．反循环冲洗孔：冲洗液由水泵经孔口密封装置沿钻探岩心管与孔壁环状间隙送到孔底，再经岩心管与岩心的环状间隙和钻探内孔返回地面。此种方法冲洗液返回流速大，能携带出大量的岩钻粉，但对孔壁冲刷作用严重和孔口装置复杂，故很少使用。

3．孔底反循环：冲洗液由水泵经水接头送入钻探，再经特制钻具使一部份冲洗液沿钻探与孔壁间上返，另一部份冲洗液沿岩心管与孔壁间隙送至孔底，再经岩心与岩心管的间隙上返并经特制钻具流经钻杆与孔壁间隙返回地面。此种方法在硬、脆、碎、难于采心的地层中应用较广。

地质勘探钻进工作中，使用的冲洗液有如下几种：

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

1．清水：在较坚硬的完整地层或膨胀性很小而不易缩径的地层中，使用清水钻进有很多优点，如可节省配制泥浆的粘土和处理剂；减轻水泵零件的磨损；更好地冷却钻头；减轻钻具具回转阻力；特别在钢粒钻进时能改善钢粘的分选作用，使钢粒在孔底分布合理，对提高机械钻速有着积极的作用，因此被广泛使用。但是事物都是一分为二的，清水携带岩粉悬浮岩粉、护壁性能较差，因此在使用中有一定的局限性。

2 泥浆：是一种粘土和水的混合液，它具有较强的携带岩粉、悬浮岩粉和护壁的性能。是在松软、松散、破碎、易膨胀缩径等较复杂地层钻进的较理想的冲洗液。在上述地层中合理的使用泥浆，可以节省大量套管的消耗，同时也减少了起下套管的时间。但使用泥浆对水泵零件的磨损较清水严重。

3．油基泥浆：是粘土和油的混合液，它具有泥浆的优点，是石油钻井中常用的一种冲洗液。

4．饱和盐溶液：是在岩盐层和永冻层中钻进使用的一种冲洗液。

除上述几种冲洗液体外，还研究使用空气进行吹洗钻进，经生产实践证明，效果很好，但有一定局限性（如涌水等），尚不能普遍采用。

第二节 泥 浆

在松散、松软、破碎、膨胀缩经、漏失和涌水等复杂地层中钻进，维护孔壁的稳定和冲洗液正常循环，是避免孔内事故，保证顺利钻进的先决条件。当前解决上述问题比较有效的方法是采用泥浆来冲洗钻孔。为了充分发挥泥浆在复杂地层中钻进的作用，我们来学习，研究泥浆的性质和性能变化的规律将是十分必要的

一、泥浆的基本论

（一）泥浆的性质：

泥浆是由固相粘土在液相水中经高度分散后所组成的分散系。固相粘土称为分散相，液相水称为分散介质，分散相和分散介质的总称为分散系。

在胶体化学中讲过，根据分散相的分散程度（即分散后的颗粒大小）不同，可分为三种分散系：

1．粗分散系（悬浮体）：是一种混浊的液体，分散相的颗粒度大于 0.1 μ①（微米）。此种分散系在静置一定时间后，分散相颗粒则逐渐下沉于底部。例如将粉笔的细粉与水一齐搅和，则得到混浊的悬浮体，但静置一定时间后，粉笔粉就逐渐下沉到底部，而水则变成透明体。因此这种分散系是不稳定。

2．胶体分散系（即胶体溶液亦称溶胶）：是一种高度分散的胶状体系，分散相颗粒的大小在 0.1 微米至 1 毫微米即从 0.0001—0.000001 公厘。此种分散系中的分散相

①μ为希腊字母表示微来，1 ～$\frac{1}{1000}$公厘。

颗粒下沉的速度是非常缓慢的。表5—1中列举了不同半径的粒子下沉速度。表中 $1/\mu$ 代表下沉一厘米所需要的时间。

3．真溶液：固相物质在液相中分解成分子或离子。例如食糖在水溶液中分散成分子；食盐在水溶液中分解为氯离子和钠离子。

泥浆是粘土在水中的溶胶和悬浮体的混合物，它具有胶体的特性和悬浮体的特性，称之为胶质悬浮体。

表5—1

γ	u（厘米/秒）	1/u
10μ	3.223×10^{-2}	31.03秒
1μ	3.223×10^{-4}	51.7 分
$100m\mu$	3.223×10^{-6}	86.2小时
$10m\mu$	3.223×10^{-8}	359 日
$1m\mu$	3.223×10^{-10}	100 年

（二）泥浆的稳定性条件：

“自然界的变化，主要地是由于自然界内部矛盾的发展”。在钻进工作中我们希望泥浆中的粘土颗粒永远保持高度的分散而不发生聚结沉淀，亦即是要求泥浆永远保持高度的稳定性，以保证钻进中对泥浆各性能的要求。根据生产实践得知泥浆各种性能变化，主要是由粘土颗粒的聚结开始，因此我们来讨论泥浆的稳定性和聚结是十分必要的。

在讨论胶态体系的稳定时我们首先要分清二种不同的稳定性概念，即动力稳定性（或沉降稳定性）和聚结稳定性。在重力场的作用下，如果一个分散体系的分散相颗粒不易下沉（或上浮），或下沉的速度小到在实际上可以忽视的程度，我们就称这种体系具有动力稳定性。另一方面，不管分散相颗粒下沉或上浮的速度如何，只要它们不易相互粘结，即不自行降低分散度，我们就称该体系为聚结稳定体系。我们在实验室所测的泥浆稳定性，实际为泥浆的动力稳定性。

1．动力稳定性：

影响动力稳定性的主要因素是分散相粒子的分散度。在日常生活中常见，同是石块，大块的在水中下沉得快，小块的在水中下沉得就慢，如果把石块磨成粉状，就可以漂浮在水面上或下沉得极为缓慢，表5—1所列数据充分地说明了这个问题。这是分散度的一个影响。

分散度的另一个影响是粒子的布朗运动或扩散作用。所谓布朗运动是这样引起的：分散介质的分子经常不断地进行着不规则的热运动，它们从各个方向以不同的速度撞击分散相粒子，由于溶胶的分散相粒子恰有如此大小，以致从各个方向同时撞击粒子的力不能互相抵消，结果其合力使粒子向一定的方向发生移动，由于分子的撞击情况每一瞬间都在改变，合力的方向也随时在改变，因此和分子的热运动相仿，溶胶粒子的布朗运动也是按不规则的折线进行（如图5—1）这种布朗运动的效应和分子热运动相似，使溶胶粒子，具有分布到分散介质中的各个部分去的扩散作用。粒子愈小，布朗运动愈剧烈，扩散能力愈强。但是扩散作用正与重力作用相反，前者倾向于使粒子均匀地分布于全部分散介质之中，后者则使粒子下沉（或上浮），这两种相反作用抗衡的结果，分散体系形成一定的动力分布平衡，正像空气在地球周围形成的动力分布平衡一样，粒子的浓度随高度而递减。这种动力分布平衡称为高度分布。

此外分散相和分散介质的浓度之差以及分散介质的粘度也影响着动力稳定性。还有

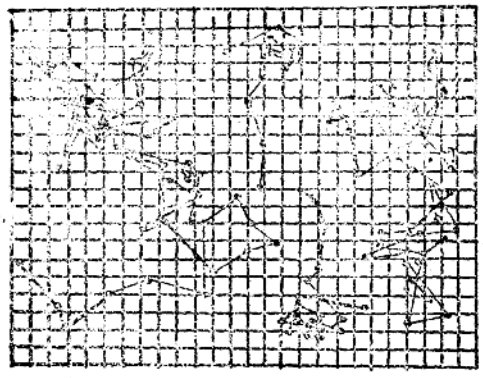

图 5—1 布朗运动

一点应该指出，容器受外界震动和温度的改变（引起对流），也可影响动力分布平衡。故在测定稳定性时，应该设法避免这类扰动。

2．聚结稳定性：

胶态体的分散相由于分散度的增加，而比表面〔系指一个单位体积（一立方公分）的物质所具有的表面积〕也显著增大，这样就使分散相和分散介质的相面上积聚大量的自由表面能（这是由于固体相分散而增加表面时，需要作功，当表面已形成后，此机械功转化为表面能储藏在分散相与分散介质的界面上），表面能有自发降低的倾向，分散相粒子的粘结而降低了比表面，同时也降低了表面能，因此聚结不稳定的根源是在于表面能要降低。可见获得聚结稳定性的原则是降低分散相与分散介质的界面上的表面能，或加入能阻碍分散相粒子粘结的因素。

（1）泥浆双电层电荷稳定作用：

①粘土颗粒带电性：

属于胶质悬体的泥浆，其分分散相粒子（粘土微粒）的表面因晶格取代（微晶高岭土晶格中的 Al^{+++} 离子往往有一部份被二价的 Mg^{++} 离子取代，这种现象称为离子的晶格取代，这样取代的结果使粘土晶体带有负电）或表面上露出的 Al—OH 键上的 H 或 OH 电离（Al—O—H 键有双性，在碱性中易电离，粘土表面带负电。如在强酸性中 OH 电离，粘土表面带正电。）而使粘土表面带有负电或正电。关于粘土的带电性可通过下列试验得到证明。如图 5—2 所示。

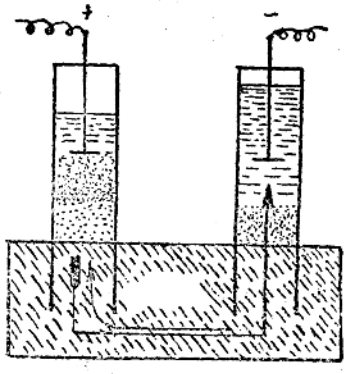

图 5—2

在一块湿的粘土上插入两支无底的玻璃圆筒，筒内铺内以相当厚度的沙子，并注入清水，再用两块铜板做为电极，分别插入两支玻璃圆筒中，然后把电源与铜板相接，过一会就会观察到，连接负电极的圆筒内水面略微上升，表明水在电场的作用下通过粘土的毛细孔向负极发生了移动。同时还可看到，粘土颗粒则按反方向正极移动，水变得混浊，在正上有粘土颗粒的沉积，这表明粘土颗粒带有负电。

②双电层的形成及其稳定原理：

因粘土颗粒带有负电，当其在电解质溶液中分散后，颗粒的表面上就会吸附溶液中

与其电性相反的反离子以达到电中性，这就构成了双电层在这些被吸附的反离子中，愈靠近颗粒的反离子所受的吸附力愈大，被吸附的愈牢固，构成了胶粒的吸附层，距颗粒远的反离子，所受的吸附力较弱，以及由于扩散作用的结果，致使距颗粒愈远吸附的反离子就愈少，构成了胶粒的扩散层。由于构成吸附层和扩散层的反离子周围都吸附有水的极性分子，因此在颗粒周围形成了水化膜。这样就阻止了颗粒间的相互吸附聚结，也就保持了泥浆的稳定。（胶粒的构造如图 5 — 3 所示）。如果扩散层的厚度愈大，颗粒周围所形成的水化膜厚度也愈大，颗粒间就愈不易吸附聚结，泥浆就会愈稳定，这种稳定形式我们称为泥浆双电层稳定。

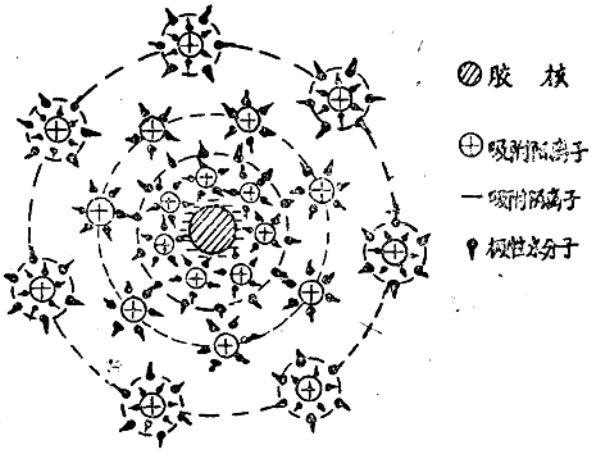

图 5—3

前面讲过胶质粒子是不停的作布朗运动的。胶质粒子在运动时，吸附层内的反离子是同粒子一起运动的，两扩散层的反离子则不随粒子运动。因此在吸附层和扩散层间存在一个滑动面，滑动面两侧有一个电势差，叫做电动电势或 ζ 电势。如图 5 — 4 所示。由图可知，ζ 电势越大，扩散层愈厚，则水化膜亦愈厚，泥浆的稳定性也愈强。因此 ζ 电势是影响泥浆双电层稳定的重要因素。下面来讨论泥浆双电层稳定的因素。

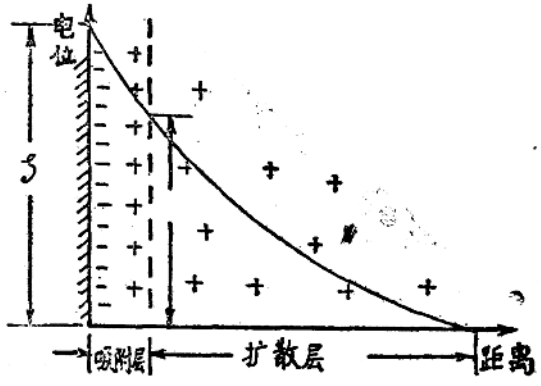

图 5—4 双电层曲线表示图

③影响泥浆双电层稳定的因素：

根据强电解质的下列理论公式：

$$d = 3.04 \times 10^{-8} \sqrt{\frac{1}{\Sigma C_i Z_i^2}}$$

反离子对 ζ 电势的影响，决定于它们的浓度 Ci 和它们的价 Zi。

反离子价愈高与粘土粒子的吸附力愈强，因此高价的反离子多处在吸附层内，而扩散层内的高价反离子很少，这样双电层的厚度变薄，ζ 电势降低，水化膜也变薄，粘土粒子之间容易聚结成团块，所以泥浆的稳定性降低。反之，如粘土粒子吸附低价反离子构成双电层时，因低价反离子与粘土粒子间的吸附力较高价离子要小得多，因此在吸附层内的反离子较高价反离子时少，而扩散层内的反离子增多，双电层的厚增厚，ζ 电势增高，水化膜变厚，泥浆的稳定性增强。

在生产实践中，我们用纯碱（Na_2CO_3）来处理泥浆，以增加稳定性。用石灰乳或水泥来增强泥浆的结构（提高粘度和切力）。因 Na_2CO_3 能提供一价的 Na^+，而石灰乳或水泥则能提供二价的 Ca^{++}。这是说明反离子价数对泥浆双电稳定的最实际的例子。

粘土粒子本身的亲水性很差，不能吸附大量的水分子形成较厚的水化膜，但是构成双电层的反离子则能在其周围吸附极性水分子，极成胶质粒子的水化膜。离子由于电性吸附水的极性分子在其周围，形成水化膜的能力叫做离子水化能力。离子水化能力与其原子核半径成反比，即离子半径愈小，水化能力愈强，在其周围吸附的极性水分子愈多。离子的水化顺序如下：

$$Li^+ > Na^+ > K^+ > Mg^{++} > Ca^{++}$$

如粘土颗粒吸附水化能力强的 Na^+ 后，可增强其亲水能力，在水中易分散成微小的粒子并在周围形成厚的水化膜。如粘土颗粒吸附水化能力差的 Ca^{++} 后其亲水力就较中附 Na^+ 时弱，故在水中分散能力较差，同时形成的水化膜也薄，泥浆就不易保持稳定。上面所列举的用 Na_2CO_3 和石灰乳处理泥浆的例子也充分的说明这个问题。

电解质离子的浓度的改变，直接影响双电层厚度的改变，从离子在电场中热运动的动力概念可知，离子浓度减少时，吸附层内的一部份反离子扩散到扩散层中，使扩散层厚度增大，则双电层的厚度也随之增大，ζ 电势亦随之增大。离子浓度增加时，扩散层吸的一部份反离子被挤入吸附层，使扩散层厚度减小，双电层的厚度也就减小，ζ 电势也随之降低。如离子浓度增加到一定值时，使双电层厚度减小到整个成为吸附层，ζ 电势就降为零。这时泥浆就完全失去聚结稳定性，粘土粒就会互相粘结形成大的团块，因粒度增大，也就带来了动力不稳定性，而发生团块的沉淀。正如我们对泥浆进行加碱处理时所见到的加碱量过大后，泥浆性能变坏（聚结稀释）的根本原因。

（2）泥浆的稳定剂溶剂化层的稳定作用：

用来处理泥浆的稳定剂多是一些有机化合物，它分子都有极性基和非极性基的混合结构。极性基具有很强的亲水性，可吸附大量的极性水分子，非极性基的亲水性很弱，可视为憎水的。具有这种混合结构的分子，在水中被排挤到水和固体物质（或空气等）的分界面上去，它的极性基向着水，非极性极基向着固体物质，对固体来讲形成定向吸附层，降低了固体物质的自由表面能，同时在固体物质周围形成定向排列的溶剂化层（即水化膜）如将该种物质加入泥浆中，则其非极性基一端向着粘土颗粒，被粘土颗粒所吸附，降低了粘土颗粒的自由表面能这就降低了粘土颗粒间的粘结力；其极性基一端向着水，吸附了大量定向排列的极性水分子，在粘土颗粒周围形成了溶剂化层（水化膜）。粘土粒子间的接近必须破坏这种定向排列，而引起定向排列的吸力会阻碍这个破坏，所

以溶剂化层的溶剂具有比自由溶剂高得多的粘度，其次，定向排列的溶剂化层被排挤变形后，由于引起定向排列的吸力的作用将力图恢复定向排列，这样溶剂化层就表现出弹性，溶剂化层的这种粘度和弹性构成了粘土粒子互相接近的机械阻力。因此起了聚结稳定作用。

3．离子交换：

泥浆中粘土颗粒表面所吸附的离子可被加入（或侵入）泥浆中的其它离子所交换，这种交换称为离子交换吸附。粘土颗粒表面的离子交换吸附对泥浆的稳定性和化学处理有着极为重要的意义。例如用粒子表面吸附 Ca^{++} 的粘土，配制成的泥浆常常不易稳定，如向其中加入一定量的 Na_2CO_3 后，Na^+ 可把粒子表面的 Ca^{++} 交换出来，变 Ca^{++} 土为 Na^+ 土，泥浆性能就会保持稳定。反之，如在性能稳定的泥浆中，侵入一定量 Ca^{++} 后，由于离子交换吸附的作用，而会使泥浆性能变坏。

泥浆中粘土颗粒表面离子交换吸附的发展，受离子性质和离子浓度等因素的影响。下面仅讨论离子性质和离子浓度与离子交换吸附的关系。

（1）离子性质与离子交换吸附的关系：

吸附剂表面带有正电时，能吸附或交换出负离子。吸附剂表面带有负电时，能吸附或交换出正离子。前面讲过粘土颗粒表面带有负电，故粘土颗粒的离子交换吸附是正离子交换。但必须指出，在有些情形下带负电的吸附剂表面在吸附正常离子的同时也可以吸附较复杂的负离子，特别是分子量较大的有机离子，在使用有机泥浆处理剂时，就会有这种情况发生。

如果其他因素不变，与土粒表面电荷相反的离子价数愈高，吸附力愈大，交换到土粒上的能力就愈大，如果它已被吸附在土粒表面上，则愈难被交换下来。

水化能力强的离子，吸引的水分子数多，形成的水化膜厚，降低了离子与在土粒表面的吸附能力，故价数相同的离子如其它条件相同时，水化能力弱的容易被土粒所吸附，一旦被吸附后也难于被交换下来。

常见的正离子可按它们的实验吸附强度排列成下列序列：

$$Fe^{+++}>Al^{++}>Ba^{++}>Mg^{++}>K^+>Na^+>La^+$$

（2）离子浓度与离子交换吸附的关系：

当温度一定时，由于某种离子的浓度增加，此种离子与土粒表面撞击的机会增多，就会在撞击时，把土粒表面上原吸附的离子从表面上排挤出来，而被土粒吸附。用 NaOH 或 Na_2CO_3 处理钙质粘土泥浆时，当 Na^+ 达到一定浓度时，就会把土粒表面上的 Ca^{++} 交换出来也就是这个道理。

二、泥浆性能及测量

泥浆是粘土在水中分散后形成的胶质悬浮体，粘土颗粒在水中的分散与聚结这一对矛盾的发展，决定了泥浆性质的变化。为了保证泥浆性能符合钻进地层的要求，经常需要对泥浆各种性能指标进行测定。

比　重：

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

泥浆的比重一般是用泥浆重量与 4°C 时同体积水重量的比来表示。

泥浆比重取决于配制泥浆水和粘土的比例。泥浆比重的大小对于粘土的用量和孔壁的压力有着很大的影响。配制泥浆时粘土用量愈大，泥浆的比重就愈大，钻孔中泥浆柱的重量也愈大，因此对孔壁的压力也愈大，这对防止钻孔涌水、井喷及平衡孔壁岩层的侧压力保持孔壁稳定有着极大的好处，对悬浮孔内岩粉和排除孔底岩钻粉也极为有利。但是事物都是一分为二的，比重大的泥浆会给泥浆的净化工作和防止泥浆的漏失带来不利。

在地层条件较好时，对泥浆比重不作严格需求，一般是随泥浆粘度的大小而定。但对多孔隙和裂隙地层泥浆比重应控制在最小数值一般为 1.05—1.15 左右；在破碎易坍塌地层泥浆比重应控制在 1.2 以上。

测量泥浆比重的仪器类型很多，最常应用的有比重计和比重秤两种。

比重秤的构造如图 5 — 5 所示。由支架、秤杆、水准器、泥浆杯、平衡重容器、游码等组成。秤杆上的刻度范围由 1.0—2.0，其测量精度为 0.01。

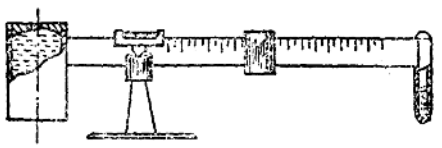

图 5—5 比重秤

为了保证测量的精确度，在测量前应对仪器进行调整。其方法如下：将泥浆杯中注满清水并把盖盖好，向平衡重容器中加入少量重重物（钢粒或铅块），再将秤杆的刀口放在支架的刀口座里，并把秤杆上游码拔至 1.0 处，再增减平衡重容器中的重物，使秤杆保持水平，调整工作即告结束。

测量时，把欲测的泥浆注入泥浆杯中，加上盖。将秤杆的刀口放在支架的刀口座内，调整游码使秤杆水平，游码左侧在秤杆上所指示的刻度值即为泥浆的比重值。

粘　　度：

粘度是泥浆作相对流动时的内磨擦阻力。泥浆作相对流动时必须克服，粘土颗粒间的摩擦阻力；粘土颗粒与液体之间的摩擦阻力；泥浆结构的变形或破坏所需之力。因此泥浆粘度受下列因素影响：泥浆中粘土的含量（即泥浆浓度），粘土颗粒的分散程度；泥浆的结构强度等。在实际工作中，泥浆粘度是依一定体积的泥浆通过给定的孔径时所需的时间（秒）来表示。

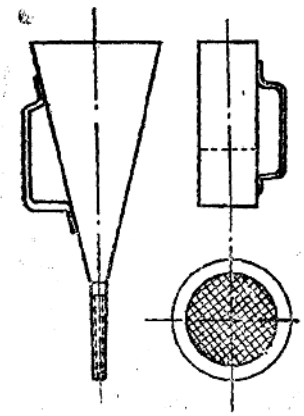

图 5—6 粘度计

泥浆粘度应根据地层的要求而定。粘度大的泥浆对清洗孔底岩钻粉，防止孔壁坍塌掉块、堵漏等都有很大好处，但对泥浆的净化，水泵的抽吸都不利，同时容易糊钻影响钻进效率（尤其是钢粒钻进时更为明显）。一般在粘土层 18—20 秒，砾石复盖，角砾岩 22—25 秒，砂岩 20—22 秒，裂隙地层 25—30 秒以上。

当前各地质队均采用野外标准粘度计测量泥浆粘度。仪器的构造如图 5 — 6 所示。由漏斗和量杯组成。漏斗管口直径为 5 毫米，管长 100 毫米，量杯中部为隔

板相隔，一端容积为500毫升另一端为200毫升。

为了保证测量精度，新仪器在使用前均应进行标定。其方法如下，用左手食指堵住漏斗管口，用量杯量取700毫升清水倒入漏斗，右手握秒表，放开左手食指，同时开动秒表，使清水流入量杯500毫升一端，当清水流满时，立即停动秒表，些用食指堵住管口，此时秒表所指的时数应为15秒。如秒表所指的时数大于或小于15秒时，则说明仪器不标准。使用不标准的仪器时，泥浆的粘度应按下式换算求得：

$$\text{泥浆粘度} = 15 \times \frac{\text{500毫升泥浆流出的时间（秒）}}{\text{500清水流出的时间（秒）}}$$

含砂量：

含砂量是指泥浆中大于0.02毫米的砂子占泥浆体积的百分数。

泥浆含砂量的大小取绝于造浆粘土本身含砂的多少；钻进过程中对泥浆净化的程度。

使用含砂量大的泥浆容易造成下列不良后果：加速水泵零件的磨损；冲洗液循环中断时易发生砂子沉淀造成埋钻事故；在孔壁上形成的泥浆皮厚而松散，易发生泥皮脱落埋钻。因此在钻进中要求泥浆的含砂量愈小愈好，一般含砂量不应大于4%。

各地质队常用含砂量杯来测量泥浆的含砂量，量杯构造如图5—7所示。其测量方法如下：

取50毫升泥浆注入仪器，再加入450毫升的清水，一手堵住杯口，另一手把住沉淀管的根部仪器本体，振荡1分钟，然后将仪器垂直静置3分钟，读出沉淀管中砂子的体积数，乘2即为泥浆含砂量数。

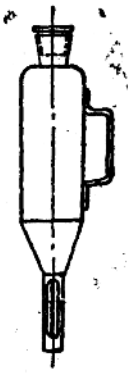

图 一　含砂量量杯

失水量与造壁能：

当泥浆在孔内循环时，因受压力差的作用，泥浆中的部份水分被迫渗入岩层的孔隙或裂隙，这种现象叫泥浆失水。在一定时间内渗入地层中的水分多少称为泥浆失水量。

在泥浆失水过程中，粘土颗粒被阻留在孔壁上，由于泥浆柱所形成的压力作用下，在孔壁上形成一层泥皮，其厚度称为泥皮厚。泥浆的这种能力称为造壁作用。

泥浆的失水量大小，受下列因素影响：

造浆粘土本身的性质，由于粘土本身的分散作用不同，则泥浆中的吸附水和自由水的比例也不同，因此泥浆的失水量也不同。

泥浆中胶质粒子的浓度：在泥浆中胶质粒子的含量愈多，被吸附的水也愈多，自由水的比例下降，泥浆的失量也愈小。泥浆中胶质粒子的浓度与造浆时所加粘土的分散程度有关。但应指出：用增大造浆时的加土率来降低泥浆失水量不如用提高粘土的分散度方法来得经济。

泥皮性质：泥浆失水后，在孔壁上形成泥皮的松散和致密程度，对泥浆失水的大小有着直接影响。泥皮的致密程度随粘土的分散度而变化，分散度愈高，粘土颗粒愈小，形成的泥浆就愈致密。对泥浆中的水份渗入地层的阻力愈大，泥浆失水愈小，反之失水增

大。

压力差：孔内泥浆柱所形成的静压力与地层压力不等而形成的压力差。压力差愈大则泥浆失水也就愈多。

在钻进中使用失水量大的泥浆往往会引起下列不良后果：减弱孔壁的稳定性易发生坍塌、掉块、或缩径等；有时亦会因泥皮厚而松散发生泥皮脱落等。因此要求泥浆失水量要小。一般泥浆的失水量不应超过 30 毫升/30 分钟。

测量泥浆失水量常用的仪器有 1009 型失水量仪。它是测量一定量的泥浆在一定压力下，测其 30 分钟后渗过滤纸的水量。仪器的构造如图 5—8 所示。由支架、泥浆罐底座、泥浆罐筛板、阀板、顶丝、加压筒、重锤、刻度盘、柱塞、针阀等组成。测量时操作方法如下：将虑纸用清水湿润，并用干滤纸吸去其多余水分，将其贴在筛板上，并把筛板嵌在泥浆罐底部，再把泥浆罐扭在底座上，并扭紧顶丝使阀板密封筛板，将底座及泥浆罐放在支架上，向泥浆罐中注满泥浆，把加压筒与泥浆罐连接并扭紧，向加压筒内注入机油，油面距筒端约 1 厘米，然后把带重锤的柱塞插入加压筒，调整针阀，使重锤上的刻度盘 0 与加压筒顶端的刻线对正，松开顶丝并开动秒表记录时间，30分钟时从刻度盘上读出数值，此值即为泥浆 30 分钟时的失水量。

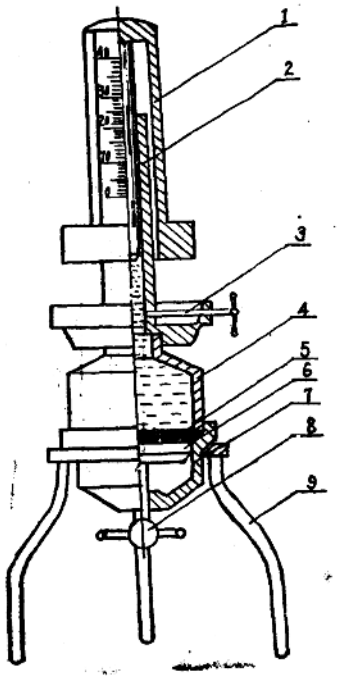

图 5—8 1009型失水量仪

1—重锤；2—加压筒；3—调整针阀；4—泥浆罐；5—筛板；6—阀板；7泥浆罐底座；8—顶丝；9—支架

测量结束后，将针阀打开，放出加压筒中的机油，取下重锤，卸下加压筒倒出罐中的泥浆，再卸下泥浆罐并小心地把筛板取下，用清水冲净泥饼上的泥浆即可量出泥浆饼厚度。

为了缩短测量时间，可根据达西定律，失水量与作用时间（即测量时间）的平方根成正比的关系：$Q_1 : Q_2 = \sqrt{30} : \sqrt{7.5}$

得出 $Q_1 = 2Q_2$，即 30 分钟的失水量为7.5 分钟失水量的 2 倍，因此测量时只要测出 7.5 分钟的失水量后，将此数值乘 2 即为 30 分钟的失水量。

如现场缺少 1009 失水量仪时，可用下列方法来初步确定浆浆泥失水量的大小。取干滤纸一张，平放在一块玻璃上，将欲测定的泥浆 1 毫升滴在滤纸上并使其直径在20～25 毫米，30 分钟后量泥浆至润湿印痕边缘的距离，如其平均值不超过 15 毫米，泥浆失水量符合正常要求。如超过 15 毫米，则失水量偏大。

触变性：

泥浆在静止时粘土颗粒的棱角间相互粘结而形成纲状结构，随静止时间的增长，结

构形成的愈完善和巩固，致使泥浆变成“冻”状而失去流动性能，但对浆泥加一外力进行搅拌，将已形成纲状结构破坏后，泥浆又恢复了液体状态和流动性，浆泥的这种特性称为触变性。

触变性是泥浆不同状态的相互转化的表现，即溶胶 ⇌ 冻胶的相互转化。转化的外界条件是静止时间和外力，转化的根据是粘土的性质、粘土颗粒的水化程度及泥浆中电解质的性质和浓度。

触变性对钻进有很大实际意义，泥浆在循环过程中，变得稀薄所需之泵压和功率很小，并且泥浆从孔内所携带出来的岩粉在循槽中容易沉淀，使泥浆得到净化。如一旦循环中断，因静止，在其内部形成纲状结构，可以使岩粉呈悬浮状，防止沉淀发生埋钻。但触变性能过强的泥浆在长期停止循环后，再开泵时会造成水泵吸水困难。

静 切 力：

系表示泥浆网状结构的强度，即破坏1平方厘米面积上泥浆颗粒间结构联系所需之最小的力。其单位为毫克/平方厘米。由此可知静切力的产生是由于泥浆中结构的形成，其值的大小则取决于结构的强度大小。随着静止时间的增加，结构逐渐完善而巩固，因此静切力也逐渐增加。一般常用静止一分钟的切力为初切力，其值最好保持在20毫克/平方厘米以内，静止10分钟的切力为终切力其值最好保持在20—60毫克/平方厘米。

静切力大的泥浆对岩粉悬浮能力强，但使泥浆恢复循环流动时需要的泵压大。并且净化困难。

测量泥浆静力的仪器常用的有，园筒下沉式静切力计。其测原理是：用一定重量的薄壁园筒，自由切入泥浆，直到园筒的重量等于泥浆静切力时，停止下沉。静切力值可用下式计等

$$\text{静切力} = \frac{a - Fhr}{Sh}$$

式中：a—园筒重量（克）；F—圆筒横断面积（平方厘米）；h—圆筒切入泥浆的深度(厘米)；r—泥浆比重；S—园筒的周长。

S.h 为切入泥浆中的圆筒表面积，即被破坏了的泥浆结构联系的总面积；

F.h.r 为泥浆对圆筒的浮力，即圆筒在泥浆中减轻的重量；

a—F.h.r为园筒在泥浆中的实际重量，即破坏S.h面积上泥浆结构联系所需最小的力。

为了便于测量和避免计算，我们根据园筒不同的下沉深度的静切力值，做一刻度标尺，测量时园筒切入泥浆后停止下沉时园筒上端面所指刻度标尺的数值为泥浆的切力。

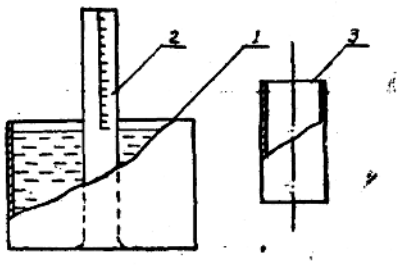

图 5—9 园筒下沉式静切力计
1—泥浆杆；2—刻度标尺；
3—园筒。

仪器的结构如图5—9所示。由带有刻度标尺的泥浆杯和薄壁铝质园筒组成。

测量时的操作如下，将泥浆用力搅拌后，迅速注入泥浆杯中，开动秒表，同时用右手母指和食指持铝质圆筒，待1分钟时将圆筒松开使其沿刻度标尺自由切入泥浆，当圆筒停止下沉时，圆筒上端面在刻度尺上所指的数值即为泥浆的初切力值，取出圆筒并冲洗干净，再搅拌泥浆后，开动秒表待10分钟时，再使用圆筒自由切入泥浆，待圆筒停止下沉时，读出圆筒上端面在刻度标尺上所指的刻度此值即为泥浆的终切力。

胶体率：

静止的泥浆经过24小时后，常常会分成明显的两层上层为澄清的水，下层为泥浆。下层泥浆的体积占总体的百分数即泥浆的胶体率。

胶体率的大小取决于粘土颗粒在水中的分散程度和水化程度。粘土颗粒分散程度和水化程度愈高，则泥浆的胶体率愈高。胶体率是选择造浆粘土的重要指标。正常泥浆的胶体率最小不得低于97%。

测量胶体率的仪器是一支具有刻度（刻度间距为1毫升）的100毫升量杯和一块平玻璃。测量时，向量杯内注入100毫升的泥浆，用平玻璃盖在量杯的上口，静止24小时后观察泥浆的体积数，如泥浆的体积为98毫升，则泥浆的胶体率为98%。

对于各种地所层用泥浆性能参考表5—2

岩心钻探泥浆性能参考指标　　表5—2

地层情况	比　重	粘度（秒）	失水量（毫升/30分钟）	泥饼厚度（毫米）	静切力 毫克/厘米² 1分钟	静切力 毫克/厘米² 10分钟	含砂量（%）	胶体率（%）	稳定性（%）	PH
一般地层	1.10～1.15	18～20	25以下	4以下	0～10	15～25	小于4	大于97	小于0.04	8—12
吸水膨胀	1.10～1.20	18～20	10以下	2以下	0～10	15～25	小于4	大于97	小于0.04	8—12
坍塌、掉块	1.20以上	25～30	15以下	3以下	15～25	30～50	小于4	大于97	小于0.04	8—12
渗漏地层	1.10以下	25～30	15以下	3以下	30～50	50～80或更高	小于4	大于97	小于0.04	8—12
承压油、气层	1.30～1.50或更高	25以下	8	3以下	5～15	10～20	小于4	大于97	小于0.04	8—12
涌水层	1.30～1.50或更高	25～30	8	3以下	5～15	10～20	小于4	大于97	小于0.04	8—12

三、配制泥浆的原料及配制方法

（一）配制泥浆的原料：

泥浆是水和粘土组成，根据前面的分析，可知粘土的性质是影响泥浆性能的重要因素，因此有必要介绍一下造浆用粘土。

1．水是浆泥的重要部份，水具有很强的溶解能力，能溶解很多有机物和无机物。一般水中都含有不同的杂质，最多是钙、镁等盐类。水中这些杂质的存在对浆泥的质量有着很大的影响。如造浆用水含杂质过多时，通常不是先进行处理，而是造浆后，根据对浆泥性能的要求，再对浆泥进行处理。

2．粘土：

粘土是颗粒极细小的含铝硅酸盐所组成。它是由岩石经风化作用、搬运和沉积作用而生成。因其原岩不同，生成条件不同，所以生成的粘土不同。根据粘土矿物的许多特征，将粘土分为三大类：即高岭土；含水云母；微晶高岭土。

各种粘土的造浆能力列表 5 — 3

表 5 — 3

常用粘土名称	造浆能力 米³/吨	粘土等级
膨润土	25 左右	甲
次膨润土	9.5左右	乙
白土、纯干子土、观音土、高岭土	3.5～8	丙
黄土、红土、胶泥、干子土	1～3.5	丁

在施工地区，寻找造浆粘土，不仅可减少运输工作量，也是降低钻探成本的最好的方法。下面谈谈怎样鉴定造浆粘土。

在野外常用目视法来鉴定粘土，主要是根据粘土的特性反出来的标志来判断其是否适宜造浆。如粘土具有下列特征：高的抗断性；破碎时形成坚硬的尖锐边棱；以水浸湿后有粘性感；可塑性强，在可塑状态下很易搓成又细又长的泥条（直径不大于 10 毫米）。即可适宜配制泥浆。

将野外采集的粘土样，在室内做进一步的鉴定，常用的方法如下：

湿润法：此种方法是测量粉末状的粘土层，吸收 1 毫升浓度为 4 %的焦磷酸钠（$Na_4P_2O_7$）溶液的时间为基础的。以粉末状粘土吸收溶液的时间（分钟）t，乘被湿润的湿痕平均直径（毫米）之积作为 K 值。以 K 值的大小及粘土表面被溶液湿润后的特征来鉴定粘土。具体方法如下：将粘土烘干，研细，用孔径为 0.5 毫米的筛子过筛，然后称取 40 至 50 克，放入直径为 50～70 毫米的搪瓷杯中，用棒捣实弄平。用滴管吸 1 毫升浓度为 4 %的 $Na_4P_2O_7$ 溶液，下端距粘土面不超过 2 毫米，从滴第一滴就可开始记时，以后每一滴必须滴在同一位置上，同时每滴完一滴需待粘土将溶液吸收完后，再滴第二滴。这样一直把 1 毫升溶液吸收完并记下所需要的时间，然后再用圆规测量出湿润直径，取其平均值 d，用公式 $K = d \times t$，求出 K 值。并仔细观察湿润的表面特征，来鉴别粘土。各类粘土粉末表面被湿润后的特征及 K 值，列于表 5 — 4。

表 5 — 4

粘土矿物类型	K 值	粘土粉末表面被润后的特征
胶岭石粘土	大于 300	有显著的膨胀现象，粘土层润湿后的厚度不超过 1～2 毫米
高岭土云母粘土	300～100	膨胀不甚显著，粘土湿润后中心部份厚度为 2～4 毫米

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com