

勘探技术

一九七七年 第三辑

中国地质科学院勘探技术研究所主编

地质出版社

勘 探 技 术

第 三 辑

中国地质科学院勘探技术研究所主编

(国家地质总局护孔堵漏经验交流会资料选编)

地 质 出 版 社

勘 探 技 术

第 三 辑

中国地质科学院勘探技术研究所主编

(限国内发行)

*

国家地质总局书刊编辑室编辑

地 质 出 版 社 出 版

地 质 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

1977年6月北京第一版·1977年6月北京第一次印刷

印数1—11,200册·定价0.50元

统一书号: 15038·新217

目 录

综合论述

- 复杂地层钻进.....勘探技术研究所 (1)

泥 浆

- 低固相泥浆在复杂地层钻进中的应用.....北京市地质局一〇二队 (18)
低固相石灰泥浆在厚覆盖层中钻进效果.....河南省许昌铁矿会战区 (24)
试用铬制剂泥浆的体会.....福建省地质局二队 (29)
铁铬盐泥浆在超基性岩钻进中的护孔情况.....吉林省地质局综合大队四分队 (33)
淮北蒙城地区使用纤维素泥浆护壁钻进的体会.....安徽省地质局三一二队 (35)
复杂地层深孔裸眼泥浆钻进.....河南省地质局十一队 (36)
利用第四纪黄土制浆.....江苏省地质局三队探矿科 (39)

水 泥 浆 液

- 三乙醇胺—氯化钠水泥浆护壁堵漏.....安徽省地质局三二六队 (42)
三乙醇胺快干水泥处理钻孔漏水小结.....黑龙江省地质局三队 (49)

高分子化学浆液

- 氰凝—水泥浆性能及应用.....天津大学氰凝小组 (52)
氰凝堵漏.....安徽省地质局三二六队 (55)
氰凝堵漏体会.....安徽省地质局三一一队 (61)
应用尿醛树脂进行钻孔堵漏的体会.....湖北省地质局第三地质队 (71)
护壁堵漏生产试验小结.....陕西省地质局八队 (77)

测 漏 仪

- JHP—3 型钻孔测漏仪.....安徽省地质局三一一队 (80)

小 经 验、工 具

- 提钻灌浆.....湖北省地质局七大队探矿科 (84)
钻孔化学灌浆的两种辅助装置.....西南地质研究所七室 (86)

复杂地层钻进

勘探技术研究所

复杂地层钻进问题如果不加以解决,台月进尺难于提高,先进的小口径金刚石钻进方法,也无法全面推广。本文针对如何研究解决复杂地层钻进方面的问题,提供一些参考意见。

一、如何研究孔内复杂问题

1. 复杂地层的概念是相对的

地层问题是研究孔内复杂现象时,必须首先抓住的问题。在我国地质钻探部门,习惯上把地层分为复杂和非复杂(简单)两大类。在复杂地层中钻进,极易发生坍塌、掉块、剥落、探头石、溶解、水化分散、溶胀缩径、漏水、涌水等一系列复杂现象。然而,复杂地层与复杂现象并无必然的联系,这要看该地层在什么样的条件下被钻穿。

地层的构造形态及其物理化学特性,是地层固有的,是客观存在。但钻进时的技术措施(即钻穿条件)却可以人为选择。只要措施得当,复杂的地层也会变得不复杂;如果措施不当,即使不复杂的地层,也会变得复杂起来。

鉴于以上认识,积极地创造条件,困难总是可以解决的。

2. 必须对地层作具体的分析

“复杂地层”,在不同的矿区分别具有不同的性质和状态,因而被钻穿后,就出现了不同的现象。研究复杂地层,如果仅仅停留在一般性的或者概念化的认识上,不对单个地层进行具体的分析,从而找出其特殊性及其与钻进过程的关系,就无从认识“复杂”的本质所在,也就不能认识复杂地层。凭着这种概念化的认识,来确定措施或对策,是没有不失败的。不问地层情况,不问钻进条件,千篇一律地用同一种泥浆(一般都为淡水泥浆)来对付。这是孔内出现问题的原因之一。

研究地层的目的,是为了解决孔内的复杂问题,因此,分析地层必须从孔内复杂现象开始,查明出现复杂现象的地层原因,进而根据护壁及维持循环的要求,对地层进行分类。

依据当前以水基冲洗液为主的钻进实践,从护壁和维持循环的观点出发,我们认为,在进行地层分析时,可从下述三个方面进行:

(1) 地层的机械物理性能及产出状态。包括:强度、塑性、脆性、内应力情况、完整性或破碎程度、胶结强弱或松散程度,此外还有层理、片理、节理及断层的情况,倾角大小等。上述性能或特点,决定了孔壁的机械稳定性或力学稳定性。

(2) 地层的水溶性能和水敏性能

孔壁地层遇水后,可以发生下述四种现象:

1) 溶解于水中, 形成真溶液。同时, 孔壁出现大肚子。这类地层如: 岩盐、钾盐、石膏、芒硝、天然碱等;

2) 吸水后体积膨胀, 分子联结力降低, 或者进而以胶体或悬浮体状态分散于水中, 形成胶体溶液或悬浮液。如: 壤土、伊利水云母、高岭土、泥岩、粘土层、软页岩、绿泥石等。这类岩层的水化性能并不均等, 相互间有很大差别。壤土、伊利水云母等矿物, 或含这些矿物较多的地层, 遇水能迅速溶胀, 并且极易分散于水中成胶体或类胶体溶液。泥岩、软页岩等, 发生上述溶胀、分散的速度则要缓慢得多, 往往需要在长期强力搅拌或水浸泡下, 才能变成粗分散的悬浮液或类胶体溶液。在溶胀分散地层中钻进、护壁是较困难的, 极易出现孔内复杂现象。分散胶溶的结果, 孔内出现大肚子, 溶胀现象则会导致孔径缩小。

3) 遇水不膨胀、不发生分散、不溶解、但可发生水化剥落或崩解现象, 这是形成大肚子, 造成掉块的原因之一。剥落的机理比较复杂, 有的尚未完全搞清楚。看来与地层结构的不均匀性, 特别是层理、片理或节理的存在, 充填物或胶结物的水敏或水溶性能有关系。此外, 地层内应力的存在, 也是其中原因之一。常遇到的典型剥落地层是硬页岩, 遇水后就从表面开始层层剥落(片落)。还有一些变质岩如片岩、千枚岩等, 也有这种现象。

依据当前对剥落机理的一些认识, 可以粗略地把剥落地层分为两类:

水敏性(主要是溶胀性)剥落地层。如硬页岩及其它节理由粘土质矿物胶结的地层。

水溶性剥落地层。由各种水溶性物质如岩盐、芒硝、石膏等充填的地层。

4) 水对地层不起作用, 或者对地层的强度影响极小。绝大多数地层如火成岩、沉积砂岩、灰岩等。

概括起来上述第一类属于水溶性地层(水敏性的一种特殊形式), 第二、三类属水敏性地层, 第四类属于非水敏性地层。

目前, 对地层水敏性的研究工作还处于积累资料和感性认识阶段。因此, 必须开展深入的科学试验和经验总结, 在此基础上, 对各种地层进行水敏性分类, 这对解决孔内复杂问题, 有重大意义。必须指出, 地层的水敏性破坏, 是造成孔内不稳定, 出现复杂现象的主要原因, 其严重性远大于因地层松散破碎等因素所引起的机械不稳定性。还须指出, 各种地层的水敏性能是不一致的, 有的极为敏感, 有的则差些, 因此, 虽然同属水敏地层, 所采取的措施也不相同。

(3) 地层的洞隙性和含水情况。

地层洞隙包括孔隙、裂隙(或节理)和溶洞等。孔隙一般出现于第四系松散覆盖层及构造破碎带, 孔隙的大小由中细砂层的1毫米以下, 至砾岩或断层角砾层的30毫米以上。裂隙产生于构造断裂带, 侵入岩的边缘, 喀斯特地层, 风化带, 沉积岩的不整合面等, 裂隙大小从1毫米以下至数十毫米以上。溶洞多出现于喀斯特发育地层, 包括可以通水的暗河、落水洞、及普通洞穴和溶沟, 其大小由小于1米至数十米以上。

地层的洞隙性及含水情况, 直接决定发生漏失或涌水的难易程度。在研究这一问题时, 除应了解该地层的位置及漏水、涌水量外, 下面三个问题对于正确选择堵塞措施是很重要的:

1) 洞隙的形状和大小, 特别是洞隙与孔壁贯通口的大小和形状。一般以孔隙形式出现的洞隙, 堵塞容易些, 裂隙(特别是溶洞)就要困难些。同样, 在相同的贯通口截面下,

收敛式通道（裂隙或溶洞）容易些，外张式通道要困难些。

2) 洞隙的延伸情况

地层中的洞隙，可能有两种情况：一种情况是，分布范围广，互相连通，甚至与地表或河流连通，这种洞隙，称全开式洞隙，具有这种洞隙的地层，称全开式地层。一般出现于沉积砂层、砂砾层、砾层以及断层破碎带的角砾层，喀斯特比较发育的地层中，所发生的涌漏现象，都是持续性的。另一种情况是，洞隙分布范围较窄，局限于某一部位，与外部不连通，这种洞隙，称作半开式洞隙，这种地层称作半开式地层。一般出现于风化带，火成岩（侵入岩）与围岩的接触带，沉积不整合面，后期为风化物充填的旧溶洞（封闭式溶洞）等，特点是，涌漏现象为暂发性，即开始钻进时，出现漏或涌，随后现象消失，一般无需堵塞。

要搞清地层洞隙及其延伸情况，必须依据地层的成因类型及后期发生的构造运动进行分析，因此，必须与地质人员紧密配合，此外，还要认真总结以往的钻进经验，作为借鉴。

3) 地层含水情况

有三种情况：不含水；含潜水；含承压水。

前两种情况，一般会发生漏失，第三种情况，依据水压及所用冲洗液的比重情况，可能涌或漏。水压大于孔内液柱压力时涌水；反之，当孔内液柱压力大于水压时，则漏；二者相等时，不涌也不漏，但这种平衡随时都可能破坏，如起、下钻、开泵、或者孔内液面降低时。

不论潜水还是承压水，都不可能是绝对静止的，只是流动速度快慢不同。流动速度较大（如超过1米/秒）时，称为活动水。活动水易把堵塞浆液冲走，造成偏灌现象。应引起注意。

地层含水情况对堵塞方法的选择有很大的影响。大多数堵塞浆液（如水泥、脲醛、丙烯酸胺类、水玻璃类浆液等），都必须防止为水所稀释。氰凝浆液虽是水反应型，但在承压水或较高流速的流动水情况下，也必须采取特种措施，才能保证浆液进入洞隙。

因此在进行堵塞作业时，必须查明潜水水位或承压水的静压高度，以及地下水的流动情况。

基于上述认识，可把地层分类如表1及表2。表1是按护壁的需要划分的，用于选择冲洗液类型和性能时参考；表2是按维持冲洗液循环的需要，即按地层的洞隙性划分，供选择堵塞方法时参考。这些分类还不是完善的，需要进行更多的工作，不断补充和修正。

3. 钻进因素的影响

必须指出，地层并不是产生孔内复杂现象的唯一因素。相同的地层，在不同的孔深、孔径、温度、裸眼时间、冲洗液及工程措施下，其稳定程度是不相同的，孔内的复杂现象并不全由地层引起。

(1) 孔径

孔径越大，孔壁越趋于不稳定。小口径比大口径稳定性好。

(2) 孔深

孔越深、孔壁越不稳定。究其因：一是深部地层具有较大的内应力，可能发生崩解或塑性形变。二是孔较深时，有较高的孔内温度，增加了泥浆性能维护的困难。

地 层 稳 定 性 分 类

表 1

序 号	分 类	性 状	举 例
1	稳定地层	稳固,成岩性好,对水无变化。	大部分坚硬岩层,如花岗岩、灰岩、砂岩等
2	松散破碎地层	松散、破碎,无胶结或胶结极差,对水无变化	第四系松散砂、砂砾、砾石层,断层破碎带(角砾层)
3	水溶性地层	溶于水成真溶液	岩盐、光卤石、石膏、芒硝、天然碱等
4	分散性地层	遇水溶胀,并极易分散成胶体或类胶体溶液	壤土、伊利水云母、高岭土
5	溶胀性地层	遇水溶胀,并缓慢分散成类胶体或悬浮液	软页岩、泥岩、黄土、绿泥石
6	水敏性剥落地层	构造不均匀,有内应力,遇水时表层片状剥落,或粘土胶结物溶胀	硬页岩、粘土胶结的地层
7	水溶性剥落地层	构造不均匀,胶结物易溶于水,使地层散落	水溶性矿物胶结的地层

注:在4,5及6,7两类之间,有时很难区分。前两类统称为分散溶胀地层;后两类统称为水化剥落地层。

地 层 洞 隙 性 分 类

表 2

分 类	洞 隙		举 例
	形 状	大小(毫米)	
微隙地层	孔 隙	<1	中细砂层
	裂 隙	<1	构造节理,沉积层理面,不整合面、断层面
小隙地层	孔 隙	1—5	粗砂、砂砾层
	裂 隙	1—3	构造节理、沉积层面,不整合面,侵入体边缘裂隙、断层面
中隙地层	孔 隙	5—10	砂砾层,细砾层
	裂 隙	3—8	断层面,构造裂隙,不整合面,边缘裂隙,风化裂隙
大隙地层	孔 隙	10—30	砾石层,角砾层,破碎带
	裂 隙	8—20	构造裂隙、岩溶裂隙、风化裂隙,边缘裂隙、不整合面
特大洞隙地层	孔 隙	30以上	粗砾层、角砾层,破碎带
	裂 隙	20以上	构造裂隙,岩溶裂隙,风化裂隙、不整合面
	溶 洞	—	暗河、溶洞、落水洞,溶沟

注:洞隙含水情况有下列五种:

不含水,含静态潜水,含动态潜水,含静态承压水,含动态承压水。其中“静态”是指地下水流速低于1米/秒而言。

（3）孔内温度

地热井、深井和超深井，有较高的温度，此时许多化学药品失去效力，因而控制泥浆性能困难。由于泥浆性能的变化，易引起地层的不稳定。

（4）裸眼时间

地层的破坏，特别是水敏性破坏，需要一定的变化过程，即需要一定的时间。裸眼浸泡时间越长，孔壁的破坏越严重，越易出现复杂问题。因此在不稳定地层中钻进时，应尽量缩短钻进周期，或者迅速穿过后，下入套管护壁。这一措施已在浅部钻进中广泛采用。

（5）冲洗液

孔壁长期与冲洗液接触，适宜的冲洗液，有助于孔壁的稳定，反之则促使地层加速破坏。而且，由于冲洗液的应用，还增加了许多附加问题，以泥浆为例，当其粘度和切力过大时，流动性不好，增加了泵压，影响了除砂效果，增加了抽吸或压力激动的可能性，增加了钻具的迴转阻力，降低了钻进速度；相反，当泥浆的粘度和切力过小时，则携带岩粉效果降低；

当泥浆失水量和泥皮厚度太大时，容易造成水敏地层的不稳定，泥皮缩径，引起粘附卡钻，在多孔地层处，易引起下钻遇阻。

含砂量过高，增加了泵零件的磨损和钻具迴转阻力，提钻后，由于砂的沉淀，以致钻具下不到底；

比重太高，增加了泥浆向地层的渗失量，容易造成漏失；太低，又可能控制不住松散或破碎地层的坍塌，也可能抑制不住地层的涌水。

（6）工程措施

所谓工程措施，指的是钻进工艺中的工程施工部份。操作不当，也会引起孔内复杂现象。影响最大的有三条：

- 1) 长时间在易坍塌孔段冲孔，极易形成大肚子。
- 2) 提钻过程中，未向孔内及时灌浆，孔内液面降低过多，泥浆柱压力不能平衡地层压力，造成不稳定地层的坍塌、掉块或出现探头石，还可能引起地层中水的涌出。
- 3) 起下钻过快，引起了压力激动（下钻时）或抽吸作用（提钻时）。结果，可能压裂地层，引起漏失，也有可能把不稳定的孔壁吸垮，或出现掉块和探头石。

二、复杂问题的预防和处理措施

总的原则是，根据不同的地层情况和钻进要求，选择不同的护壁或堵塞措施。

对付孔内复杂问题，有两种方法：泥浆和固结。近几年来，这两种方法都有迅速的发展。

泥浆方法主要用于护壁或满足钻进中的特殊需要，有时也用于堵塞。根据当前的泥浆技术，可以认为，护壁中的所有问题，都是可以解决的。当然，这一泥浆概念也是广义的，即它不仅是由泥和水所组成，而是有多种化学成分，有的甚至根本不含泥，或不含水。用泥浆护壁，是一种行之有效的方法。此外，泥浆对于微隙漏失和中隙以下的涌水，也有一定的效果。但在孔壁堵塞方面，泥浆的效果不能令人满意。因此，企图简单地用泥浆方法同时解决护壁与堵塞中的全部问题，在目前，是不可能的。

固结方法主要用于堵塞,有时也用于护壁。在堵漏中,固结方法已经取得了良好的效果。可以认为,除了巨大的开式溶洞、暗河等其他各种类型的洞隙,只要措施正确,都可解决。此外,在松散或者破碎的地层中,以及在已经形成了大肚子的水溶或水敏性地层中,用固结方法进行护壁,也可以收到一定的效果。但在溶胀缩径、或者超径较小的水溶或水敏地层中,或者在顶底板岩层不稳固的地层中,由于不能形成固结层,或者固结层得不到强有力的支持,固结护壁往往难于成功。因此,企图简单地用固结方法同时解决堵塞与护壁中的全部问题,在目前同样也是不可能的。

对付孔内复杂问题,没有一种万能的“药方”。只能依据不同的地层地质情况及钻进要求,合理地选用不同的泥浆方法和固结方法。在护壁方面,优先考虑泥浆方法,积极发展固结方法;在堵塞作业中,优先考虑固结方法,积极发展泥浆方法(特别是在钻进长段漏层时)。这就是我们的基本看法。

1. 关于泥浆护壁

是否能用单一的泥浆来解决孔壁稳定的全部问题呢?回答也是否定的。依据前面的论述及地层的稳定性分类(表1),可以看出,孔壁破坏的形式是多种多样的,这些形式之间,也是不同质的。因而,所用的泥浆措施,也应各有不同。采取一种泥浆措施来解决所有孔壁稳定问题,是当前地质钻探中颇为普遍的现象。表1所示的稳定性分类表,是按地层破坏的原因划分的,可供选择泥浆用。

从稳定性分类表可以看出,孔壁的破坏主要有两种形式。一是由于其天然的松散或破碎,当被钻穿后,在孔壁上失去约束,从而产生了不稳定的趋向。这种现象,称为机械不稳定性,另一种破坏形式是水化不稳定,它与水的存在密切相关。水化方式可有多种,如水溶、水分散、水溶胀,水敏剥落,水溶剥落等,因而地层水化破坏的形式也有多种。

对于机械不稳定,应从机械的或力学方面加以解决,如人为地在孔壁上造成必要的侧压,并以优质泥皮予以胶结和隔离;对于水化不稳定,则必须从化学或物理化学方面加以解决,如人为地控制泥浆中的水质,或者采用非水冲洗液(如油基泥浆等),或者降低泥浆的失水量,减少泥浆中的水进入地层,控制或减弱地层的水化趋向。这些工作,表现在泥浆措施上,就是泥浆的类型和性能,所谓选择或设计泥浆,主要地就是指这两个方面。

控制地层的机械不稳定性,并无多大困难,只要正确调整泥浆性能,根据地层压力(即孔隙压力)的大小,选择适当的泥浆比重,使泥浆柱压力稍大于地层压力,尽量降低泥浆失水量,使泥皮具有薄而韧的质量,以增加胶结强度和在孔壁表面上的附着强度;在保证良好携带岩粉的前提下,尽量降低泥浆的粘度和切力,保证泥浆具有良好的流动性,减少起下钻过程中的抽吸和压力激动。此外,在工程措施上,注意下述三条:

- (1) 不得长时间在不稳定孔段冲孔,以免冲刷孔壁,形成坍塌和大肚子;
- (2) 提钻时及时回灌泥浆,保持泥浆液面;
- (3) 起下钻要慢,避免引起抽吸和压力激动。

这样,就可以保证地层的稳定。在这种地层中钻进,对泥浆类型的要求并不严格,任何一种泥浆都可以采用。

要控制地层的水化不稳定性要困难得多。它并不是简单地靠调整泥浆的性能,或者注意上述的“工程三条”就能轻易解决的。当然,在水化地层的钻进中,泥浆的性能和“工程三条”措施的重要性,一点也不低于松散破碎地层。但是,这里要特别强调的,是泥浆

的类型。

泥浆的类型是依据泥浆滤液（水、油及其中的可溶性成分）对地层水化作用的抑制能力而划分的。所谓抑制，就是不让地层水化，或者减弱其水化程度。什么叫水化？就是地层与水起作用的同时自身发生变化的现象。不同类型的泥浆，具有不同的抑制性能，因此，对控制地层水化的能力也不相同，这样，就可以用不同抑制性能的泥浆，来控制具有不同水化能力（水溶、水分散、水溶胀、水化剥落等）的地层的水化作用。在适当的泥浆性能和工程措施的配合下，来达到稳定孔壁的目的。

因此，泥浆类型属于全局性的东西，泥浆性能属于局部的东西。在进行泥浆工作时，必须注意。

泥浆的抑制性能，可以通过向泥浆中提供不同种类的或不同数量的可溶性盐类（如氯化钠、氯化钙、石膏）或石灰来达到，也可以提供不同种类的高分子有机电解质如各种水解度的聚丙烯酰胺、乙烯乙酸酯马来酐共聚物等。除此之外，还可以改变液相的种类（如用油代替水，或用部分油代替部分水），来达到提高抑制性的目的。

泥浆类型的命名，就是以其所含有的抑制成份来称呼。如石灰泥浆、石膏泥浆、氯化钙泥浆、海水泥浆、盐水泥浆、非分散泥浆、乳化泥浆、油基泥浆等。前三种又称钙处理泥浆或含钙泥浆。

关于泥浆的类型及其配制和维护方法，可参考有关材料。

几种常用泥浆对粘土水化的抑制性能见表3。必须指出，这个分类表是不完善的，必须作进一步的研究修改。

常用泥浆对粘土的水化抑制性分类

表 3

序号	类	含 钙 泥 浆	含 盐 泥 浆	其 他 泥 浆
1	无抑制性	—	—	淡水泥浆 NaCl<1万ppm, Ca<120ppm
2	弱抑制性	低石灰泥浆 Ca ²⁺ 120—200ppm	低盐水泥浆 NaCl 1—2万ppm	
3	中抑制性	石膏泥浆 Ca ²⁺ 790—1000ppm	中盐水泥浆 NaCl 4—5万ppm	海水泥浆 相当NaCl 3.5—4万ppm
4	较强抑制性	氯化钙泥浆 Ca ²⁺ 4000—2000ppm	高盐水泥浆 NaCl 8—10万ppm	
5	强抑制性	高氯化钙泥浆 Ca ²⁺ 数万ppm—饱和	饱和盐水泥浆 NaCl 30—35万ppm	
6	特强抑制性	—	—	油基泥浆

注：表中ppm为毫克/升

为水敏地层选择抑制性泥浆，是一项复杂而技术性很强的工作，当情况摸得不准，把握性不大时，从孔内安全考虑，宁可先选用较高抑制类型的泥浆，然后再逐渐降低其类型，同时观察孔内现象，慢慢地摸出合适的泥浆类型。必须指出，不要盲目选用高抑制类型的

泥浆，因为抑制类型越高，处理剂性能和数量的要求也高，造成不必要的浪费。

粘土类矿物，特别是膨土，要求最高的抑制类型，一般饱和盐水泥浆，都难于控制它的水敏膨胀，必须采用饱和氯化钙或其他特强抑制性的泥浆如油基泥浆等。

对于水溶性地层，泥浆类型的选择比较简单，一般采用与地层成分相同的盐类作抑制成分，并作成饱和溶液。如钻进岩盐层，用饱和盐水泥浆；钻进石膏层，用饱和石膏泥浆。必要时还可以考虑应用油基泥浆。

在水敏地层中钻进，应特别注意泥浆的失水量和泥皮质量，低失水量的泥浆，对减少地层的水化程度，保持地层稳定，是有利的。

不同地层的泥浆对策见表4。

向泥浆中混油时，可在原来的泥浆里，先加入油量的5—20%的乳化剂。再加入泥浆量的6—20%的柴油（轻、重柴油均可，推荐用较便宜的重柴油）。也可以混入机油，但不要超4—6%，乳化剂也需多些，以免出现积垢现象。乳化剂可用价格低廉的磺化脚、油脚皂及其他脂肪酸皂。

关于泥浆护壁，还有几点必须提及：

（1）实际钻进过程中，各种地层有时是同时出现，要求泥浆类型或性能，也不完全相同。如钻进第四系松散覆盖层时，可能同时钻进松散的砂层、砂砾层、砾石层以及水敏性粘土层。粘土层要求较高的抑制类型和低的失水量，对泥浆比重的要求并不严格；而松散砂、砾层正相反，因此措施的选择应当就高不就低，即泥浆的类型和失水量，按水敏粘土层选定，泥浆的比重，按松散砂层或砾层选定，以兼顾两类地层的需要。

（2）钻孔较深，或者裸眼时间较长，为保证孔壁的长期稳定性，从一开钻，就应适当提高抑制类型，并把失水性能尽可能控制得低一些；相反，在孔较浅或者裸眼时间较短，则可选择较低抑制类型的泥浆，性能也无需作严格控制。

（3）泥浆比重按地层压力选定，但条件允许的情况下，应尽可能用低的比重，不超过1.05—1.10，最好能在1.05以下。此外，低固相、低失水、薄的泥皮、低粘度、低切力、低含砂量以及高的胶体率和润滑性，实践证明是有效的，并且已得到采用。目前，一些地质队仍然习惯于采用“高”型的泥浆，如高比重、高粘度、高切力、厚泥皮，失水量不作控制，含砂量也很高，这对护壁及钻进都不利。

（4）化学处理剂是控制泥浆类型，保证泥浆具有良好性能必不可少的材料。建议适量购置并储存一部分。化学处理良好的泥浆，可节省90%以上的粘土，从开孔到终孔，完全可以不必更换泥浆。既可改善孔内状况，又能降低劳动强度，成本并不一定增高。只要有适当的化学处理剂，即使没有好的粘土，也能制出良好性能的泥浆。

在地质钻探中，建议应用下述处理剂：

1）稀释剂类（选一种即可）：

铁铬盐（牡丹江红旗化工厂、吉林省延边、开山屯化学纤维浆厂、吉林省四平市第三化工厂均生产，1800元/吨）

栲胶碱粉（南京野生植物试验厂和辽宁省辽阳市栲胶厂生产，1600—1800元/吨）

栲胶（各地化原公司出售，1600—1800元/吨）

2）失水降低剂类（二者选一）：

雷公蒿叶粉（又称钻井粉，湖北省恩施县土特产公司以及南方不少省市均有出产，

表 4

选择护壁措施的参考表

	清 水	泥 浆 类 型										固结护壁		推 荐			浆 性 能				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	水 泥	氯 凝	比 重	粘 度 (秒)	失水量 (毫升/ 30分)	泥 饼 (毫米)	初切力 (毫克/ 厘米 ²)	终切力 (毫克/ 厘米 ²)	含砂量 (%)	胶体率 (%)
稳定地层	○													—	—	—	—	—	—	—	—
松散破碎地层	×	⊖	△							△	○	○	○		18—25	5—9	0.5	0	0—5	<0.5	100
水溶性地层											▲	▲	▲	1.05—1.10	18—25	5—9	0.5	0	0—5	<0.5	100
用相应盐类饱和的泥浆或油基泥浆钻进																					
分散性地层	×	×	×	×	⊕	×	⊗	⊖	×	×	▲	▲	▲	1.05—1.10	18—25	5—7	0.5	0	0—5	<0.5	100
溶胀性地层	×	×	⊗	⊗	△	⊗	⊕	△	⊗	⊕	×	×	×	1.05—1.10	18—25	5—7	0.5	0	0—5	<0.5	100
水敏剥落地层	×	×	⊗	⊗	△	⊗	⊕	△	⊗	⊕	▲	▲	▲	1.05—1.10	18—25	5—7	0.5	0	0—5	<0.5	100
水溶剥落地层											▲	▲	▲	1.05—1.10	18—25	5—9	0.5	0	0—5	<0.5	100
用相应盐类饱和的泥浆钻进																					

说明：1.表中数字：1—淡水泥浆，Ca²⁺<120毫克/升，NaCl<1万毫克/升；2—低石灰泥浆，Ca²⁺120—200毫克/升，pH10—11；3—石膏泥浆，Ca²⁺700—1000毫克/升，pH9.5—10.5；4—氯化钙泥浆，Ca²⁺2000—4000毫克/升，pH9.5—10.5；5—高氯化钙泥浆，Ca²⁺数万毫克/升—饱和，pH9.5—10.5；6—中盐泥浆，NaCl4万—5万毫克/升，pH9—10；7—高盐水泥浆，Na⁺Cl8万—10万毫克/升，pH9—10；8—饱和盐水泥浆，NaCl30—33万毫克/升，pH8—10；9—海水泥浆，相当NaCl3.5—4万毫克/升，pH9—10；10—非分散泥浆，PAM*200—1000毫克/升，pH7—8.5

表中符号：○—推荐用；⊕—推荐用，必要时可混油6—20%；⊖—可用，必要时可混油6—20%；

⊗—和精用，必要时可混油6—20%；×—不能用，△—推荐的泥浆解决不了时，可试用；

▲—顶底板稳固，并有肚子方可用。

2.地层如果为可溶钙基胶结，最好用含钙泥浆。

3.泥浆比重应根据地层压力选定，表的值仅供参考。总的原则是，在保证平衡地层压力的前提下，宁低勿高。

4.本表对1000米以下地层钻孔适用（深井或裸眼时间较长时，可酌情提高抑制类型）。

5.表中各种类型泥浆的配制和维护方法，见勘探所编《小口径金刚石钻进泥浆问题》（1975，9）第5—9页。

6.本表仅供参考。应用本表时，必须结合具体情况作相应改变。

* 聚丙烯酰胺

400元/吨)

低粘度羧甲基纤维素 (CMC) (四平第一化工厂、上海青东农场、牡丹江红旗化工厂、上海、苏州等各地都有出产, 2800—3200元/吨)

3) 烧碱 (氢氧化钠)

4) 纯碱 (碳酸钠)

2. 关于固结堵塞

同样堵塞孔壁上的各种洞隙, 也必须重视多种方法的联合并用。堵塞孔壁洞隙的方法, 目前有多种。包括从投粘土球到近几年才发展起来的脲醛、氰凝等化学方法。这些方法在与其相适应的洞隙与含水条件下, 是有效果的。

常规堵塞方法有粘土球、稠泥浆、混有各种洞隙架桥材料的防漏或堵漏泥浆、水泥浆等。

粘土球法适用于洞隙分类表 (表3) 中的隙径或隙宽从3—5毫米的中小洞隙到30—40毫米的大或特大洞隙。洞隙太小, 粘土球难于进入; 过大, 则粘连不牢, 易于脱落 (尤其在地层含水的情况下)。粘土球法的主要缺点是可靠性差, 在冲洗液的冲刷或起下钻的抽吸和激动下, 极易脱落。

稠泥浆法适用于3—5毫米以下的小洞隙或微隙地层, 但牢度也不高。

防漏泥浆是为扩大稠泥浆的应用范围而发展起来的。最简单的防漏泥浆是在泥浆中加入马粪、锯末、纸屑、麻刀、甚至海带等洞隙架桥材料而成。优质性能的防漏泥浆, 有可能应用于隙径或隙宽达到8—10毫米的中、大洞隙的堵塞中。各野外队现用的防漏泥浆, 存在很多缺点, 如架桥材料过于单一, 材料不全合适, 架桥材料的形状、大小、强度、吸水膨胀性能以及如何配合, 研究得很不够。因而效果不好。由于防漏泥浆有一系列的优点, 如无需专门的堵漏操作, 尤其在钻进长段漏层时, 它可以边钻边堵, 大大节省施工时间, 因而在国外大量应用着。洞隙架桥材料已系列化, 定型生产, 消耗量年达数万吨。洞隙架桥材料主要有: 各种果壳、云母片、纤维素、赛璐玢、蛭石、纸片、棉子壳等。并制成不同颗粒度, 按片状、颗粒状、纤维状、条带状提供应用。在进入漏层以前, 只要往泥浆中加入百分之几至十几, 就成为防漏泥浆。

水泥堵漏止涌, 已有多年的历史。适用范围包括从微隙到特大洞隙。在中等以上洞隙中, 为避免浆液流失, 必须混入洞隙架桥材料, 在大的或者特大的洞隙中, 还可辅以预充填措施。关于水泥灌浆, 已积累了丰富的经验。可以认为, 决定灌浆操作成败, 已经不是水泥方法的本身, 而是由于对地层的洞隙状态及其含水情况了解不透, 因而没有采取相应的辅助措施 (如洞隙架桥或预充填), 或者由于严重的操作错误, 如没有采取措施防止孔内的水混入浆液中, 而这一点是不难防止的。当前水泥灌浆中存在的主要问题是:

(1) 浆液不凝固;

(2) 浆液流失;

(3) 虽然凝固, 但候凝时间太长;

(4) 浆液的可灌性及性能控制的测定和方法尚不完善。产生前两种现象主要是由于灌浆操作不当。浆液在地表上能够凝固, 灌入孔后却不凝固, 主要原因是由于地下水或冲洗液的稀释。这个问题注意到了, 就不必耽心孔内的浆液会不会凝固。当然, 部分浆液被二次稀释的现象是难于完全避免的, 尤其是浆液的前锋及尾浆, 被稀释的可能性最大, 为

可靠起见,除了选择尽可能低的水灰比(一般情况下,不要超过0.5)外,宁可多灌一些浆液,以备前锋浆液的被稀释,并且在替浆时,把钻具提到拟灌孔段的上部10米处进行。

关于水泥浆液的流失问题,是灌浆中经常遇到的。浆液流失现象决定于:浆液入孔时起至稠化所经过的时间和浆液的流动性;洞隙的形状及含水情况。前一个因素可以通过准确测定稠化期和控制浆液的流动性来解决;后一个因素可通过在浆液中掺入适当的洞隙架桥材料,或向孔内预充填砂、石、棉絮、草袋等材料来解决。对于水泥浆液,从中等洞隙开始,应考虑应用洞隙架桥材料问题,而且随着洞隙的增大,架桥材料的颗粒尺寸也应增大。洞隙架桥材料的形状选择,孔隙地层应以片状、纤维状为主,辅以颗粒状和条带状;裂隙地层以条带状、片状为主,辅以颗粒状和纤维状。“预充填”的实质,是把大或特大洞隙变为中等以下的洞隙,以降低浆液的流失速率。预充填所用的材料的形状大小和类型,视洞隙情况而定。一般先投入石子,然后注入河砂。下钻探明充填高度,符合要求后,即可灌浆。如果是大裂隙及溶洞,还可以预先塞入草袋棉絮等物,再投石、砂。如果是大溶洞或特大裂隙,那就必须考虑采取口袋隔离等特种措施。

关于水泥浆液“候凝”时间长的问题,这是普通水泥浆液的一大缺陷。为了缩短浆液的“候凝”时间,已进行了大量的工作,如往水泥浆液中加入氯化钙、氯化钠、碳酸钠、石灰、三氯化铝、三乙醇胺、甲酰胺等外加剂,以期达到速凝早强的目的。虽然取得一定的效果,但对钻进要求仍不能令人满意。由于这一原因,普通水泥灌浆方法的应用,受到一定限制。

关于水泥浆液的可灌性(可泵性)及性能控制,是“候凝”型浆液的共同问题。只是在水泥浆液上,表现更为突出。(“候凝”型与氰凝等“反应”型浆液不同,它是在地面混合后送入孔内)。浆液自混合时起,其物理化学性能随时都在迅速地变化着,前期,主要表现为浆液的流动性变差,后期主要表现在强度的发展。如何测定和控制浆液的这一变化过程,对于搞好水泥灌浆工作,是十分重要的。以往都习惯于沿用土建行业的浆砂测定方法,即以浆液的初凝和终凝,作为浆液稠化和固化的参考指标。实践证明,这样的指标与灌浆作业中最为人们所关心的可灌期(可泵期,即浆液稠化至难于泵动时所经过的时间)、流动性(决定了灌注时的泵送阻力和泵压大小)、水泥石的强度发展至足以固结孔壁(即可以钻开水泥塞,而不会破坏固结效果)时的最小时间(可以简单地称为固化期)以及强度的发展情况,并无直观的联系,不能帮助了解浆液凝固的全过程。实际的情况是,在初凝期到来之前,浆液早就不能流动了。如果按初凝期来选定允许泵送(灌注)操作的时间,就要出问题。同理,在终凝期到达以后相当一段时间,水泥石的强度还不足以保证可以安全钻开。因为按照终凝期的测定方法只有30公斤/厘米²的单位压入压力。这一抗压入强度,对于钻开水泥塞来说,是明显地小了。由于在钻孔灌浆作业中,没有符合钻探行业实际情况的浆液性能测定方法,因此对浆液性能的变化情况,就没有清楚的概念。对于朝什么方向改良浆液?什么样性能的浆液最适合灌浆实践?也就缺乏依据,在这种情况下进行灌浆是出现灌浆事故的重要原因。

化学浆液是针对水泥浆液的弱点而发展起来的新的浆液类型,由于它们具有可控制的(由瞬间至数十分钟)凝固时间、用量少、效果好等优点,近年来得到迅速的发展。在地质钻探中,脲醛树脂及氰凝浆液目前已进入实用阶段。许多单位做了大量的工作,提供了不少经验。

脲醛浆液既是一种双液灌浆的“反应”型浆液，又是一种单液灌浆的“候凝”型浆液。目前应用最多的，是借助于灌注器双液灌注。它适用于堵塞从微隙到中隙尺寸的洞隙。要在大洞隙及特大洞隙中应用，像水泥浆一样，也必须辅以预充填措施。否则浆液容易流失。其缺点是易为地下水稀释，造成灌注失败。由于比重较轻（1.2左右）一次灌注量少，在动态水位存在下，特别是承压水存在下，灌注工艺还必须进一步解决。这种浆液，价格不高，货源较广，值得推广。

氰凝是一种单液灌浆的“反应”型浆液，这种浆液的最大优点是不怕水。适于堵塞从微到中等大小的洞隙，在大或特大洞隙中应用，也必须辅以预充填措施，由于比重较轻（1.2以下）一次灌注量少，在动态地下水流及高压水存在下，其灌注工艺还必须进一步研究和完善。这种浆液缺点是价格高，货源较紧。

总的说来，目前的化学灌浆方法仍存在着成本较高，货源较紧的问题。特别是一次灌注量有限，在长段漏失或涌水地层，操作比较麻烦。这种灌浆方式，漏层位置必须查清，方能准确灌入预定地层，因此必须辅以测漏操作。

于是，人们的注意力又回到了水泥上面。因为化学浆液存在的问题，正是水泥浆液的长处。水泥价廉易得，结石强度高，无毒，对环境不污染，深井或高温条件下都不影响应用。如果采用泵注法，操作简单，即使长段漏层或者漏层层位确定有误差，也易取得成功。它适应性较强，可与洞隙架桥材料相混合，或配合预充填措施，对各种较大的洞隙进行灌注。比重较高，还可以通过掺入各种不同比重的材料进行调节，对于涌水，特别是高压涌水层的封堵，最为有利。

水泥方法能否得到进一步的推广，关键在于能不能把浆液的候凝期从数天降低到数小时甚至在1小时之内。这是水泥浆液改性研究中首先必须解决的重要课题。

目前的水泥材料及速凝方法已有很大的发展，在矿山、水电等部门，喷射混凝土已经可以做到在1分钟或数分钟内凝固；一些特快硬水泥，在飞机跑道的抢修中，已经做到两个小时可以使用。这些水泥新技术，给孔内快速堵塞作业，提供了方便条件。

目前，找到一种能在极短时间内（如5—10分钟）凝固的水泥或水泥浆液配方，并无多大困难。如在普通硅酸盐水泥中，掺入一定数量的水泥速凝剂，或者直接选用某一种特快硬的水泥品种，就可以达到这一目的。这些高效速凝剂有：阳泉-1型（山西阳泉市建筑工程公司预制厂产）、红星-1型（黑龙江省鸡西水泥速凝剂厂产）、711型（上海硅酸盐制品厂产）以及普通无机盐类铝酸钠和氯化钙等，百分之几的掺入量就可使水泥浆液的凝固时间缩短至数十分或数分钟之内；可供使用的特快硬水泥有：双快水泥、快硬石膏矾土膨胀水泥、快硬硅酸盐膨胀水泥、膨胀性不透水水泥等。这些水泥的初凝时间不超过5—20分钟，数小时内固化。

在孔内堵塞作业中，应用这些快硬水泥或速凝剂存在的问题是：用投入法时，初凝时间还嫌长些，最好能在数秒或数十秒内发生初凝；用灌注法时，浆液可泵的时间太短，如果采用双液灌浆，又增加了操作的麻烦。因此，为在孔内应用这些浆液配方，必须结合孔内堵塞的具体需要，对水泥或水泥浆液的凝固性能作进一步改良，或者发展新的向孔内输送水泥的方法。这一研究工作，目前已取得初步的效果。

北京地质局102地质队应用建筑材料科学研究院水泥研究所与石家庄水泥制品厂研制的B-1型早强水泥，在0.5水灰比下，加入8—10%的氯化钙（按无水物计），在延庆县某

矿区，从浅孔到数百米深孔的破碎漏失带中进行了大量的堵漏试验，取得了初步的成功。浆液的流动性很好（按标准表示方法，初流动度250毫米），可泵期20分钟至40分钟。4小时后钻穿水泥塞，可取出完整水泥芯。调节氯化钙的量，可任意调节可泵期与固化期，氯化钙的加入，也改善了浆液的流动性。这种浆液的特点是具有一定的膨胀性，这对堵塞作业是有利的。成本约100元/吨。

利用建材院水泥所提供的另一种水泥——双快水泥，用硼酸作缓凝剂，铁铬木素磺酸盐作稀释剂，也可以制得流动性良好、可泵期可以从数分钟至数十小时随意调节的、固化期九十分钟至数小时的水泥浆液。这种浆液的一大特点是水的影响较小，这对孔内应用很有利。此外，水泥石强度较高（可达600*），700元/吨。

为了准确地指导灌浆操作，我们结合灌浆的具体情况，采用了一种新的浆液性能测定方法。这个方法不是采用初凝和终凝指标，而是采用了可泵期、固化期、转变期、结构点、初流度、可泵流度的概念。实践证明，这些新的性能参数，比起初凝和终凝来，更准确地满足了灌浆要求，而且仪器和测定方法简单，适于野外应用。新的浆液性能指标的确定，是依据浆液的凝固过程特性曲线。即在不同的时刻，测出浆液的流度大小（在过程的前期）及抗压入强度的大小（在过程的后期），然后按时间绘出流度及抗压入强度的曲线，以横坐标为时间轴，纵坐标的上半轴为流度，下半轴为抗压入强度。曲线形状及各特征点的意义见图1。

试验中，最小可泵流度 F_p 选用40毫米（按标准表示法为144毫米），允许最低抗压入强度为60公斤/厘米²。现在看来， F_p 还可以再降低，如利用钻机上的配套泥浆泵。在35毫米的流度下，可泵性能仍然良好，允许最低抗压入强度 σ_s （在此强度下，水泥石可以钻开，而不会影响固结效果）则看来有必要提高些，因为取出的水泥岩心还不够牢固。我们准备把 σ_s 提高到200公斤/厘米²或者更高。

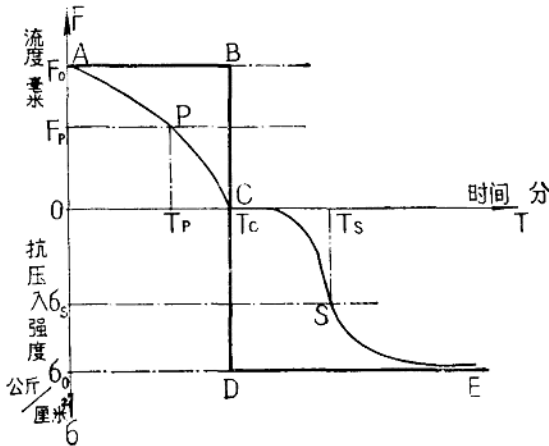


图1 水泥浆液凝固特性曲线
说明： F_0 初流度，毫米
 F_p 最小可泵流度（可泵流度）毫米
 T_p 可泵期，分
 T_e 结构点（或假塑点），分
 T_s 固化期，分
 σ_s 允许最低抗压入强度，公斤/厘米²
 σ_s 后期抗压入强度，公斤/厘米²

流度及抗压入强度的测定方法，见“勘探技术”今年第二辑刊登的B—1型早强水泥护孔堵漏试验一文。要说明的是，这里所指的流度与水泥标准中的流度有所不同。其关系是：

$$B = 2F + 64 \quad \text{单位：毫米}$$