

复杂地层堵漏与护壁

第一讲 复杂地层概述

在钻探施工过程中，经常会遇到各种各样的复杂地层。这些复杂地层的出现，往往造成钻探施工事故多、效率低、质量差、成本高，从而成为钻探施工的严重障碍。为了更好地战胜复杂地层，冶金部委托中南矿冶学院和湖北冶勘公司黄梅会战指挥部于1974年8至9月举办了“复杂地层堵漏与护壁”短训班。本刊自今年第一期起将分期连续介绍有关内容。首先从复杂地层的成因，处理原则和步骤谈起，然后介绍堵漏和护壁的各种技术方法。希望读者阅后及时将宝贵意见函告我们。

——编者

一、复杂地层产生的原因、类型及其对钻探施工的影响

所谓复杂地层，从地质条件上看就是指由于地表风化、水流搬运、地下水溶蚀、地质构造运动以及岩石本身性质的影响等，而使岩石遭受破坏，失去了原有的稳定性和完整性，再加上钻进时钻具在孔内的回转和碰撞，冲洗液的冲刷，从而造成冲洗液漏失、孔壁坍塌掉块、超径、片帮、膨胀缩径、卡埋钻具等复杂情况的那些地层。现根据地质成因分述如下：

1. 风化作用形成的复杂层

所谓风化作用，是指地壳的表层受太阳、大气、地表水、地下水和生物活动而引起岩石发生的机械破坏作用与化学破坏作用。风化作用的结果，使原有的矿物、岩石被破碎或分解而形成风化残积层。

残积层有各种产状，如层状、透镜状、柱状、帽状、漏斗状和鸡窝状等（图1）。

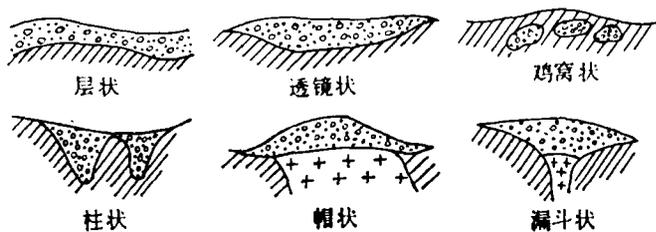


图1 风化残积物的各种产状

残积层具有较大的孔隙度和裂隙性，易被冲刷，强度和稳定性很差，在钻具碰撞和冲洗液冲刷下，易发生坍塌和漏失现象。

2. 由泥水搬运作用沉积而成的复杂层

在河流、雨水、山洪或冰雪融解等泥水搬运作用下，将大量的风化残积物、地表的泥

砂、石块等冲积到山坡、河谷、河流的中下游等地沉积而成的坡积层、洪积层、冲积层等也是一种岩性松散的复杂层。

主要由砾石、卵石层组成的单一结构型式的河床覆盖层（冲积层，图2），一般透水性强，常引起严重的渗漏。

在钻进中，当遇到成分复杂、岩相变化大、分布规律差、级配不均一、胶结性差、透水性强的冲积层时，也易产生坍塌和漏失。

流砂层也是水流搬运沉积而成的产物。它处于被水饱和的状态下，具有稀释流散的流动性质，故称为流砂。钻探中遇流砂层时，极易坍塌，甚至无法形成钻孔。



图2 单一结构的砾石层

3. 由地壳运动破坏而形成的复杂层

地层受地壳运动的破坏而产生的断层、破碎带和裂隙、节理等，也会给钻探施工造成困难。在断层带中的构造岩石，受到强烈的挤压作用，大都被破坏，有些被碾磨成细粉；有些被破碎成颗粒；有些被剪切成大小不等的块体。如图3所示。在断层破碎带中钻进时，由于钻具的频繁碰撞和冲洗液的不间断冲刷，往往造成孔壁坍塌掉块、漏失和岩矿心难采等情况。在裂隙或节理发育的地层中钻进，也会经常发生冲洗液的漏失。

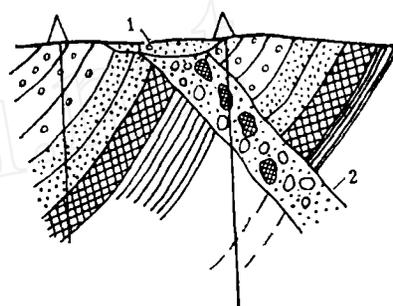


图3 断层破碎带

1.浮土；2.由砂岩、砾岩、页岩、铁矿石等组成的断层带

4. 由岩溶作用形成的复杂层

在一些可溶性岩层（碳酸盐类、硫酸盐类及卤化物类岩层）分布的地区，地下水流可对岩石产生溶解和机械破坏，称为岩溶作用。我国许多地区，碳酸盐类（石灰岩、白云岩）岩层分布较广。在这类地层中钻进时，常遇到大裂缝或大小不等的溶洞（图4）。这是钻探施工中的一种严重故障，不但会造成冲洗液的强烈漏失，还经常引起钻具折断等孔内事故，甚至有时由于溶洞太大，护壁困难而被迫停钻。

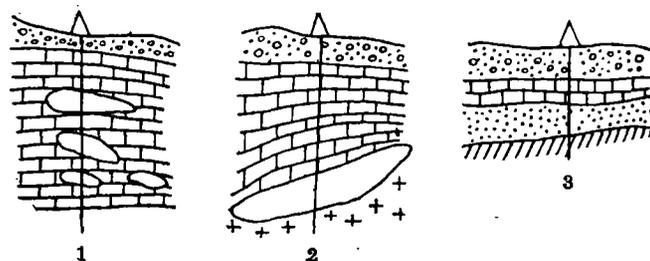


图4 岩溶地层钻进

1.连续溶洞（溶洞群）；2.无充填物大溶洞；3.有充填物大溶洞

5. 由于岩性本身影响形成的复杂层

在钻探施工中，有时也会遇到一些岩性本身就是松软的地层，如粘土层、页岩层、岩盐层和石膏层等，钻进和护壁都较困难。

粘土层强度很低，容易受构造应力的破坏，被钻开后，更不能承受岩石压力而发生变形，甚至破坏。粘土矿物具有吸水膨胀的性质，当用清水或失水量大的泥浆钻进时，就会膨

胀而使孔径收缩,造成卡钻(图5)。或因吸水膨胀,减少岩石颗粒压力而加剧其不稳定性。

有些页岩如炭质页岩、泥质页岩,本身岩性松软,受到冲洗液和钻头的作用,容易破坏而掉块。当泥质成分高时,也会吸水膨胀。

岩盐层的特点是易溶于水。因此用清水或淡水泥浆钻开后,暴露于钻孔的岩盐层就会慢慢溶解于水或泥浆中,一方面使孔径扩大,造成超径,容易引起钻具折断;另一方面影响泥浆性质,使钻进施工复杂化。

石膏层的溶解度很小,但也易吸水膨胀,而且钻进时其钻屑影响泥浆性质极为严重,使泥浆性能变坏。

除成因分类外,在实际工作中,人们还常常从钻进时出现的异状来分类。即将复杂地层分为漏失层、坍塌层、膨胀缩径层和涌水层等。

根据漏失程度的不同,漏失层又分为轻微漏失、中等漏失和严重漏失三种情况:

轻微漏失 冲洗液仍能维持循环,但平衡已遭到破坏,孔内返回水量小于送入水量,因此水源箱中冲洗液不断减少。

中等漏失 这时冲洗液的循环已经终止,孔内已不再返出水来,但孔内仍保持有一定水位。

严重漏失 送入的冲洗液全部渗漏到地层中,或只有很低的水位,如漏失层为非含水层,则往往是全孔漏失。

坍塌层按其坍塌程度也可分为三种情况:

轻微坍塌 提钻吃力,下钻不到底,必须扫孔才能到底;钻进时有掉块,钻具回转时有较大阻力。

中等坍塌 提钻时阻力大,下钻搁浅;钻进时泵压高,孔内岩粉多,须多次扫孔才能到底。

严重坍塌 钻进时易造成垮孔,钻具往往被卡埋在孔内,这时循环停止,泵压激增。

膨胀层主要是指粘土层、泥页岩和炭质页岩等。由于含粘土,在钻进中遇水会膨胀,使孔径缩小,造成起下钻困难或卡钻事故。

涌水层即含承压水的灰岩或砂岩,被钻开后,如果冲洗液柱压力不足,地层水就会涌向钻孔,甚至喷出地面,影响工作进行。

在钻探施工中,大量遇到的是漏失层和坍塌层。漏失和坍塌虽然属于天然事故之列,但如果技术措施合理,特别是采取有效的预防措施,可以减轻或者避免问题的发生。反之,如果技术措施不当,泥浆性能不合要求,则往往会加剧漏失或坍塌的严重性,有时甚至会造成新的复杂情况。因此,在与复杂地层作斗争的过程中,工作的重点应放在解决漏失和坍塌这两个问题上,也就是放在堵漏和护壁工作上。

二、复杂地层的观察与测试

为了有效地处理漏失和坍塌地层,应设法将漏失层的深度、厚度和大致的漏失量;坍塌层的深度、厚度和孔径变化等情况事先搞清楚,这样才能有的放矢,达到预期效果。

判断漏失层和坍塌层的情况,可从两个方面着手。一是在钻进过程中观察与分析,一是

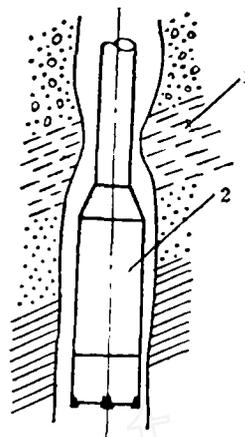


图5 膨胀缩径层
1.膨胀层; 2.钻具

利用专门仪器进行测定。

钻进过程中可从下述几个方面观察和判断复杂层的情况：

1. 根据所钻岩层结构判断

当发现漏失时，首先对接近孔底取上的岩心进行观察分析，看是否有松散、裂隙、节理发育等情况。如有这些情况存在，则发现漏失时的孔深就是漏失层的深度。一般情况下，初次发现漏失往往是在孔底。如孔底岩心完整、坚硬、致密，则应进一步考虑钻孔其他孔段岩层的组织结构。如在上部孔段漏失，多发生在原先产生过漏失或容易产生漏失的位置，由于泥浆性能变坏，如失水量过大、粘度降低等都可能破坏已形成的泥皮而产生漏失。有时也可能由于套管底部封闭失效而发生漏失，这就需要综合分析才能正确判断漏失位置。

钻进时掉块现象频繁，可能是遇到坍塌层，这时岩心较破碎，较难采取，有时甚至采不上，孔内渣子多。

2. 根据钻进情况判断

钻进中遇到破碎带、断裂带或溶洞时，不但冲洗液漏失，而且钻速有变快的趋势。特别是遇到较大溶洞时，钻具放空，迅速下落。

若钻进到坍塌层时，遇有掉块则钻具回转阻力变大，提动钻具感到费劲，须反复扫孔才能钻进。若发生坍塌，起下钻时会发生阻留钻具的情况，严重时还有夹挤钻具的危险。

3. 根据水泵压力表的变化判断

正常情况下，水泵压力表所指示的整个循环管路的压力是随孔深的增加而加大的。一旦在孔底产生漏失，由于有了新的通道，则压力表指针会迅速回降。若发生坍塌，由于孔内渣子多，泵压会增加，如严重垮孔埋钻，还可能使冲洗液循环中断，泵压突增而出现憋泵现象。

4. 根据孔内水位判断

当发生孔底漏失时，如为非含水层，孔内无稳定水位，即所谓全孔漏失。如为含水层，孔内稳定水位与地下水位一致。

当发生孔壁漏失时，如为非含水层，孔内稳定水位在漏失层之下。如为含水层，则视含水层水位高度而定，可能在漏失层之上，也可能在漏失层之间。

上述几个方面，在钻进中如能及时留心观察，综合分析，作好有关记录，一般是能够作出较准确的判断的。

在利用专门仪器进行测定方面，如测定漏失层位，目前物探测井的一些方法，如电阻率测量、井温测量、微电极系测井、放射性测井等都可测定，但这些方法需配用成套测井设备，使用不太方便。目前较有推广价值的是利用流量计式钻孔测漏仪来测定漏失层的深度、厚度和大致的漏失量。

钻孔测漏仪（参见本刊本期第53页，第3,4图）由孔内变送器和地面接收电脉冲讯号的显示仪表组成。其工作原理是：当被测液体流经变送器时，推动具有螺旋叶片的叶轮旋转，其旋转速度与流经钻孔断面的流量成正比。叶片旋转时，叶轮轴上的磁钢也随之旋转，转近舌簧管时，在磁场的作用下，管中的两根簧片分别被磁化，在簧片相对的一端出现因极性相异而互相吸引的现象，使两个簧片相接触而将电路导通。每转一圈就导通一次，这样就能将与转速（或流量）成正比的脉冲讯号经导线传至地面显示仪表的计数器内记录下来。

要测定漏失层位时，先把变送器下到静止水位以下3~5米，然后开泵送水。当变送器处于非漏失层位时，叶轮转速与送入水量成定比。当变送器下到漏失层位时，由于液流的漏失，流经变送器的流量相对减少，叶轮转速相应下降，其下降值即反映漏失量大小。当变送器通过整个漏失孔段时，由于不断漏失，流量逐渐减小，使叶轮转速逐渐降低，到漏失层

底板，转速下降到零。从叶轮转速开始变化到下降为零的孔段就是漏失层厚度。

对坍塌层一般可不作专门测量。但为了使护壁材料用量适当，如条件允许，可用孔径仪进行孔径测量。

三、复杂地层处理的原则和步骤

处理复杂地层的原则应考虑如下几点：

1. 钻进、护壁、取心三方面要同时考虑。因为护壁的目的是为了继续钻进，钻进的目的在于取心，三者之间有一致性。

2. 存在两种以上的复杂情况时，应先抓主要矛盾，如既漏又塌，上涌下漏等，要抓住其中影响钻进的关键先行处理，再及其余。

3. 根据孔深、层厚、岩性、水文资料及复杂程度等情况，可选用单独的或综合的处理方法。特别是在制定一个矿区的技术措施时，更应考虑综合性的措施。

4. 尽可能选择材料来源广、价格低廉、无毒或毒性小、操作方便、使用简单的方法。

5. 一切通过试验。要制定出一个合适的配方，现成的数据只是一个参考，由于原料来源的不同，质量不尽一致，存放时间也有长短，因而效果不可能都一样。在使用之前，先进行小型试验，处理效果就比较可靠了。

堵漏和护壁方法是既有区别又有联系的，故可归纳一起考虑。从其作用的实质基本上分为三大类：

1. 堵塞胶结法 是指利用具有堵塞或胶结能力的物质注入地层，把地层中的裂隙、裂缝等漏失通道堵住，或者把松散、破碎的岩石胶结凝固一起，以达到提高孔壁岩层稳定性的一种方法。具有这种能力的物质有浓泥浆、粘土、水泥、合成树脂、高强度石膏、熔融沥青和其他化学灌浆材料等。

2. 压力平衡法 即利用冲洗液柱压力来平衡地层自然压力，以达到孔壁稳定或维持冲洗液正常循环的一种方法。如对付漏失层时，用轻比重的泡沫泥浆；对付涌水层时，用加重泥浆等。

3. 隔离法 主要是指往钻孔中下入套管，把复杂层隔离起来。这种方法最可靠，但由于耗用大量管材，不符合节约的原则，故只有在其他方法无效时才考虑使用。

根据原则决定方法以后，就可以制定出相应的合理措施。总的说来，在对付复杂地层时，如能本着“清、研、稳、快、准、”的精神，是完全有把握处理好的。

清 就是首先要搞清楚，情况明才能决心大。

研 就是在占有材料以后，发动群众，进行深入细致的讨论与研究，拟定出合理的处理方案。

稳 就是要冷静沉着，不草率从事，不麻痹大意，不打无把握之仗。

快 就是坚决果断，行动快，尽量从时间上减少复杂情况的影响。

准 就是有的放矢，对症下药，正确使用。

毛主席教导我们：“自然科学是人们争取自由的一种武装。……人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然界得到自由。”复杂地层是客观存在的，不以人们的意志为转移的，但只要掌握了它的规律，制订出相应的技术措施，就能够克服它和战胜它，保持或恢复钻孔的正常情况，为提高钻探工程的速度和质量作出应有的贡献。

(中南矿冶学院地质系护孔科研组供稿)