

某錳矿区水文地质勘探的經驗

徐大宽、刘鴻高、向德明执笔

1963—1964年，236队在某錳矿区进行了比較系统的水文地质勘探工作，取得一定的成績。为交流經驗，現着重对錳矿坚硬裂隙岩层水文地质钻探、钻孔抽水試驗及钻孔止水等主要技术問題总结如下：

一、矿区地层、岩性特征简述

区内水文地质钻孔所穿过的地层为震旦系的南沱砂岩、含錳黑色頁岩、南沱冰磧岩和砂质岩及第四系残坡积层等。砂质岩为主要含水层，总厚占80%以上。現将各层岩性特征自下而上简述如下：

南沱砂岩：为終孔地层，致密坚硬，性脆，可钻性差，但岩心尚完整。

含錳黑色頁岩：岩性松软，为3—4級岩石，岩心破碎。厚度5—50米，一般25米。

南沱冰磧岩：为泥质和砾石胶結而成，不具层理，为5—6級岩石，厚度30—40米。

砂质岩：为主要含水层。根据岩性和含水强弱，又分为高砂质頁岩和黑色砂质頁岩两个含水层。抽、止水工作均在这两层中进行。岩石呈薄层状。主要成分为砂质，其次含少量泥质、碳质、鈣质。結构致密坚硬（4—5級），性脆易碎，裂隙极为发育。岩心大部破碎成带稜角的碎粒，粒径一般为0.1厘米，呈似流沙状，岩心破碎率达90%以上，厚度40—220米。在該层钻进时，常遇涌水、漏水、坍塌、掉块等現象；抽水时，常遇井壁严重坍塌，埋沒风管、测水管；止水时，往往因孔径扩大，多种止水方法失效，延长止水時間，影响工程进展。因此，該层施工条件最为困难。

第四系残坡积层：主要为砂质粘土，松软，厚度小于5米。

二、水文地质钻探

对裂隙发育破碎的地层水文地质钻探是一项复杂的技术工作。要保証大口径、清水钻进及岩心采取率不低于60%的要求，确实是相当困难的。現将清水

钻进中所存在的主要問題及施工措施简述如下：

（一）破碎岩层清水钻进中的主要問題：

1. 孔壁严重坍塌：这是钻进中最突出的問題。由于孔壁坍塌，钻进一回次，需捞粉2—3回次，多則7—8回次，最严重时井内岩粉达几十米。孔壁坍塌后，孔径增大1—2級。如700号孔，当钻进至78米时，为了下入篩管抽水，起拔原下146毫米套管，結果13米以下，全部坍塌。

2. 捞粉時間多，实钻時間少：由于孔壁严重坍塌和清水排粉能力差，大大增加了輔助時間，減少了实钻時間。据統計，輔助率为62%，純钻率仅为13%。

3. 事故較多：由于井内岩粉多，阻力大，在各孔中普遍发生套管脫扣、钻杆折断、埋钻等事故。

4. 采取岩心困难：由于砂质頁岩非常破碎，钻进时即成粒状，采取岩心非常困难。

（二）钻进方法及技术措施：

由于本区地层80%以上破碎，加之缺乏清水钻进的經驗，因此保护孔壁和采取岩心就成了钻进过程中的主要关键。从保护孔壁着眼，要求快速通过，以減少裸露時間；而从保証岩心采取着眼，又必須避免岩心磨損，限制回次进尺。这是一个矛盾。为了解决这个矛盾，采取保証质量，保护孔壁，快钻勤提，多打回次的双管钻进方法，取得了良好效果。

1. 双重双动岩心管合金钻进：双重双动岩心管合金钻进是我队的主要钻进方法。双管钻进避免了冲洗液对岩心和孔壁的强力冲刷，既对保壁有利，又能保証岩心采取率。

当岩心极破碎难采时，內管采用薄壁无水口钻头（壁厚5毫米），合金鑲在环底中間，内外出刃均为1毫米，这种钻头容易切入岩石，采取率較高。

双重双动岩心管合金钻进，一般采用輕压（400—500公斤）、慢轉（500米钻机钻速80—100轉/分）、小水量（能維持排粉能力即可，100升/分以下）的钻进方法。因岩性松散，不需很大压力，钻具便能很好的切削岩石。輕压对減少钻具弯曲、防止孔斜、防

止钻杆折断及保壁均有利。慢轉可减少弯曲钻杆对孔壁的撞击强度和次数，减少敲帮坍塌。

在漏水岩层中钻进，水量的掌握很重要。在保证钻头冷却和排粉能力的前提下，水量宜小。这样可减少冲洗液对孔壁和岩心的冲刷。但在岩层大量涌水时，则应采用大水量，以抵制地下水压力，使孔壁处于稳定状态，保证正常钻进。特别是在上部层涌水、下部层漏水的钻孔中，如果不加大水量，利用水柱压力平衡地下水压力，则钻孔内会出现空隙，地下水涌向孔内，必然冲毁孔壁（图1）。

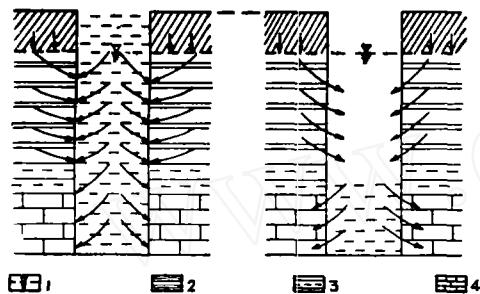


图 1

利用水柱压力抵制地下水 无水压作用时，由于
压力使孔壁处于稳定状态 地下水活动冲毁孔壁

1. 地下水位 2. 涌水层 3. 隔水层 4. 漏水层

2. 无泵钻进（干钻）：仅在岩心难采、孔壁严重坍塌时采用。使用这种方法可避免冲洗液对孔壁的冲刷，对保护孔壁有利。因缺乏球阀装置，干钻时在岩心管上头钻两个12—15毫米的导水孔。粗径长0.6—1米。钻进时慢轉、輕压、需經常提动。

3. 小径钻、大径扩：由于孔内岩粉多、阻力大、超径、缩径变化大，用小径钻、大径扩起了良好作用。小径钻能减少钻具及钻孔弯曲，对保壁、采心、提高钻进效率、减少捞粉时间、防止坍塌和井故均有利。水文孔大都用170毫米钻头开孔，然后换用110毫米钻头钻进至相当深度后，再用150毫米钻头扩。扩孔时，一定要用原粗径导向，防止孔斜。

4. 大径开孔、多层套管保壁：为了保证施工顺利进行，一律用大口径开孔、多层套管保壁（168、146、127、108毫米四套）。

5. 边钻、边扩、边捞、边跟管的四边工作法，适用于孔壁严重坍塌的漏水、涌水岩层。采用这种方法有利于快速通过、保住孔壁。

6. 快钻勤提、缩短回次进尺，是保证岩心采取率的有效措施。

7. 长粗径是防止孔斜和保壁的重要措施之一，粗径长度要求不短于6米。

8. 长取粉管、勤捞粉、少冲、少开车，是减少捞粉时间和孔壁坍塌、提高效率、保证质量的重要方法。

9. 视孔内情况，全套管开车扫下，结合撞打方法插入套管，是突破孔壁严重坍塌的有效方法之一。

三、钻孔抽水试验工作

本区共进行12层32次水位降低，最长連續109小时，最短連續时间为9小时15分，一般連續时间为24小时，97%取得一次成功，水位、流量誤差均未超过规范要求。我们认为下列几点值得注意：

（一）正确选择沉没比和面积比：在抽水試驗中往往因沉没比、面积比选择不当，造成水位不稳或出水不良现象，从而需要屡次起拔风水管，影响抽水試驗的进行。兹根据45次抽水资料统计分析如下：

1. 沉没比绝大部分介于0.5—3.0間，但以1—1.5左右为常见，如图2。

这就大大地扩大了以往认为沉没比从1.5至3的范围。为了最大限度地提高压风机生产率和出水連續性，一般揚程愈大，沉没比也应大些。但必须考虑压风机額定风压，否则会不出水，同时还要考虑钻孔深度，以便换算风管埋没深度。如受孔深和水深的限制，不能增大沉没比时，应当缩小面积比以利水位、流量尽快达到稳定。

2. 一般教科书中均提到面积比以6为宜。据表1实际资料可以看出：面积比以2—5最为常用，共占77.9%，面积比与揚程大小关系极为密切，揚程愈大，面积比应愈小，否则水位、流量不易稳定。

（二）出水管口径的确定：出水管口径大小，对保证达到預計水位降深、出水量、以及水位和流量尽快稳定，关系极为密切。要正确地确定出水管口径，关键问题在于正确估計含水层的含水性。这一点可通过钻进过程中钻孔水文地质观测，或在抽水前先做簡易提水試驗来大致测定。預計涌水量确定后，可根据具体条件（如揚程大小、抽水装置型式、压风机能力等），參閱表2—3中經驗数值，綜合考虑。

（三）混合器（吹风具）的设计：在抽水試驗过程中，經常見到出水不連續的“咳嗽”现象，以致水量、水位长时间不能稳定。分析其原因除与面积比、

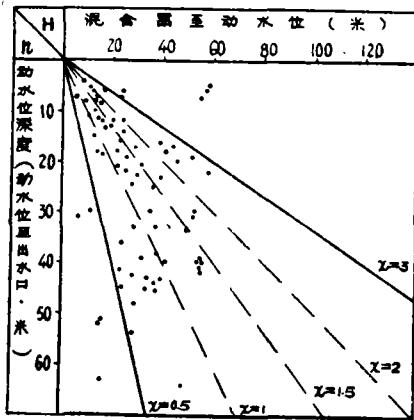


图 2 风管安装深度曲线图

沉沒比有关外，与混合器的结构关系也极大。B.И. 图尔克著《水泵和水泵站》一书中指出：“喷孔总面积应当超过风管横断面2—3倍”，我们认为这仅是一个下限。因为空气压缩机抽水基本原理，基于水与空气混合后，水分子受压力和气泡挟持作用，而上升到孔口，因而如气泡过大，会减小与孔壁表面摩擦力，气泡数量过少，会带不了足够水分子，以致在上升过程中，把水留在后面，形成“咳嗽”。本区所采用混合器是按表4和图3设计的。经过32个抽水试验点证实，出水良好，未发生“咳嗽”现象，水位、流量误差也未超过规范要求。因此，我们初步提出三点设

面积比统计表

表 1

| 面积比 | 1.01—2 | 2.01—3 | 3.01—4 | 4.01—5 | 5.01—6 | 6.01—7 | 7.01—8 | 8.01—9 | 9.01—10 |
|---------|------------|------------|-----------|------------|---------|--------|--------|--------|---------|
| 出现次数 | 2 | 8 | 7 | 20 | 2 | 1 | 3 | 0 | 2 |
| 百分比(%) | 4.4 | 17.8 | 15.6 | 44.5 | 4.4 | 2.2 | 6.7 | 0 | 4.4 |
| 应用扬程(米) | 30.06—64.3 | 12.17—64.3 | 5.64—64.3 | 5.64—44.18 | 4—23.18 | | | | |

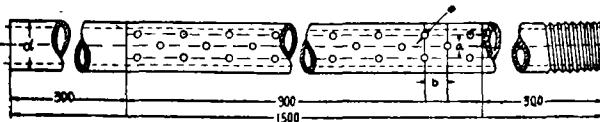


图 3 混合器加工设计图

计混合器的意见：(1) 喷孔孔径不宜超过4—6毫米；(2) 喷孔总面积可以为空气管横断面的12—44倍。(3) 混合器工作部份可以超过1米。

(四) 抽水试验中故障的处理

1. 常见的故障和处理方法(表5)。
2. 动水位跳动过大的处理方法：

阿加比也夫提供的数据

表 2

| 装置型式 | 涌水量 (米 ³ /时) | 最大扬程 (米) | 钻孔最小口径 (毫米) | 发动机 馬力 |
|------|----------------------------|-------------|----------------|-----------|
| 同 心 | 15—23 | 40—60 | 100 | 12—22 |
| “ | 23—35 | 50—70 | 125 | 22—40 |
| “ | 35—55 | 50—70 | 150 | 44—50 |
| “ | 65—80 | 60—80 | 200 | 44—70 |
| “ | 100—150 | 60—80 | 250 | 70—90 |
| “ | 150—200 | 60—80 | 250—300 | 110—120 |

苏联经验数字

表 3

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 純出水面积 (毫米) ² | 1952 | 3296 | 4156 | 5590 | 7153 | 10670 | 14030 | 26946 | 23600 | 45220 |
| 涌水量 (升/秒) | 2—3 | 3—4.5 | 4.5—6 | 6—9 | 9—12 | 12—18 | 18—30 | 30—45 | 45—60 | 60—75 |

(1) 检查机械是否有毛病，特别是用柴油机做为抽水动力时，常因轉数不定，引起水位不稳。如属机械毛病，則需修理机械，固定調速器。

(2) 面积比过大，也会引起水位不稳。处理方法，可在水管中加一根小管，縮小面积比。

(3) 沉沒比过小或测水管距混合器太近，均会

引起水位不稳。处理方法是加大沉沒比。

3. Q—S 曲线不正常的原因及处理办法。常见的不正常现象有下列几种：

(1) 图4曲线是試抽时间短，裂隙中泥砂未抽洗干净，以致抽第二点时水量突然增大，因此应重新补抽。

混合器計算表

表 4

| 混合器直径 (d) | 混合器长度 | 工作部分长度 | 每圈孔数 | 噴孔直径 (φ) | 噴孔面积 | 外圆周长 | 平行孔心距 (a) | 垂直孔心距 (b) | 排数 | 噴孔总数 | 孔隙总面积 | 外表面积 | 孔隙率 | 孔隙面积与截面积之比 |
|-----------|-------|--------|------|----------|-------|--------|-----------|-----------|-----|------|-------|-------|-------|------------|
| 25(¾") | 1500 | 900 | 6 | 4 | 12.66 | 78.60 | 13.1 | 12 | 75 | 450 | 5670 | 70800 | 0.08 | 12.5 |
| | | | 9 | | | | 8.74 | 8 | 112 | 1008 | 12660 | | 0.179 | 44.7 |
| 32(1") | 1500 | 900 | 8 | 5 | 19.63 | 100.6 | 12.58 | 18 | 50 | 400 | 7860 | 90500 | 0.087 | 16 |
| | | | 12 | | | | 8.39 | 10 | 90 | 1080 | 21199 | | 0.23 | 44.9 |
| 38(1½") | 1500 | 900 | 8 | 6 | 28.26 | 119.60 | 14.94 | 20 | 45 | 360 | 10180 | 10744 | 0.095 | 12.7 |
| | | | 12 | | | | 9.95 | 12 | 75 | 900 | 25434 | | 0.24 | 31.7 |

注：单位为毫米

表 5

| 故障性质 | 故障原因 | 判断方法 | 修复方法 |
|--------------|------------------|----------------|----------|
| 水从水管与套管間隙中流出 | 同心布置的水管低于混合器埋設深度 | 起劬压力高于計算数值 | 上拔混合器 |
| | 平行布置的水管风管或折断 | 风管很易起拔 | 修复风管或混合器 |
| 不出水 | 空气压力低于起劬压力 | 看风包压力表 | 增加气压 |
| | 混合器埋設不够深 | 水管中溢出带水滴空气 | 加深混合器 |
| | 井内空气管折断 | 空气压力低于計算压力 | 修理风水管 |
| | 风管大量漏风 | 同上 | 修理风管 |
| | 风管堵塞 | 风包压力大于起劬压力 | 疏通风管 |
| 水流断續, 出水量不足 | 空气門开放度不足 | 风包压力较高 | 放大气門 |
| | 风管淤塞 | 同上 | 疏通风管 |
| | 风管漏气 | 气压降低 | 修理风管 |
| | 压风机能力小 | 重新核算 | 增加风量 |
| | 水管直径过大 | 同上 | 更換水管 |
| | 动水面下降过大 | 檢驗动水面深度 | 加大埋沒比 |
| | 含水层含水量小 | 加长抽水時間, 水位連續下降 | 同上 |

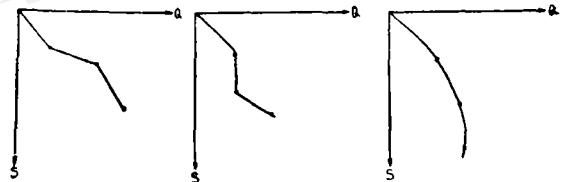


图 4

图 5

图 6

械设备是否有毛病, 并力争抽成三个試驗点, 以便得出可靠的結論。

四、钻孔止水工作

当钻孔穿过数层含水层, 采用分层或分段抽水試驗时, 隔离含水层的工作, 是一项复杂而細致的工作。如果这项工作做得不好, 将直接影响抽水試驗成果的质量, 从而造成人力、财力和时间的浪费。我队止水時間占总台时 1/3, 平均止水費用 3300 元/次。由于在破碎岩层中没有成功的止水方法, 初期曾屢次返工, 严重影响工程进展, 后經反复試驗, 終于摸索出适合于不同地层中的四种止水方法。其效果如表 6。

(一) 几种止水方法簡介:

1. 压力止水法: 这种方法只适用于岩层較完整、孔壁稳定、孔径規則的钻孔。在岩层破碎、孔壁坍塌、孔径不規則的情况下, 屢經試驗, 均告失败。

(2) 图 5 曲线是因过滤器被堵或井内严重坍塌, 以致水量减小。因此, 应加大风量, 重新洗井、或重新捞淨井内坍塌物, 再行抽水。

(3) 图 6 曲线是因地下水水量小, 供不应求, 或因动儲量不足所致。这种曲线必須慎重对待, 不要輕易下結論。处理方法是延长抽水時間, 反复检查机

表 6

| 孔号 | 止水时钻孔深度(米) | 隔水层 | | 岩石破碎程度 | 止水方法 | 检查方法及结果 |
|-----|------------|-------|-------|--------|---|------------------------------------|
| | | 岩石名称 | 厚度(米) | | | |
| 685 | 153.49 | 泥质頁岩 | 2.50 | 破 碎 | 一、用 146 毫米套管及水泥止水 二、加下 108 及 127 毫米套管压力止水器补充止水 | 注水： 每小时下降 0.045 米 |
| 700 | 180.65 | 泥质頁岩 | 4.05 | 破 碎 | 一、用 108 毫米套管及水泥止水 二、加下 89 毫米套管水泥补充止水 | 抽水： 外管涌水量不变 |
| 617 | 285.57 | 泥质頁岩 | 16.03 | 破 碎 | 一、用 127 毫米套管及水泥止水 二、加下 108 毫米套管及黄泥双木塞补充止水 | 提水： 2.15 时水位上升 0.05 米 |
| 687 | 140.98 | 冰 磧 层 | 44.26 | 坚 硬 | 牛皮海带錐形止水器 連 108 毫米套管止水 | 止水前混合水位为 80 米 止水后分层水位为 114.04 米 |
| 689 | 304.44 | 冰 磧 层 | 17.75 | 坚 硬 | 套管及黄泥双木塞止水 | 提水终止 5 小时 32 分钟水位上升 0.18 米 |

压力止水法主要原理，是利用止水套管本身所带的特制接手之突緣，借上部大一径套管的重力和吊錘撞打挤压作用，使纏在止水管上的牛皮、海带、黄泥、乱麻等物受压膨胀后起止水作用（图 7）。其具体作法如下：

(1) 当第一含水层抽水試驗后，并钻至隔水层，必須換径。

(2) 将止水管下部第二根套管（一般为 12 米长）上的特制接手（比原止水管大一径）向上纏牢牛皮圈 0.5 米长，海带 1.5 米长，掺有乱麻的黄泥 5 米。

(3) 止水器用紗布纏紧，并严格检查直径是否符合要求，然后接套管下至隔水层換径处，借孔壁阶梯作用卡住止水器，并借助于上部大一径的套管重力压着压圈，将止水器与孔壁严密堵死。

(4) 如上部套管重力不够，可用吊錘撞打几下，再行检查是否达到預計止水位置。一切工序完毕后停待 4 至 8 小时，使止水器有足够的膨胀時間，方可进行止水检查。

2. 黄泥双木塞止水法：这种方法，适用于坚硬岩层，孔壁完整的钻孔。經数次使用，均获成功。本法成本低、時間少，是一种比較經濟的止水方法。其具体作法是：

(1) 准备工作：①在停钻前，将所需各种規格套管运往現場，以免停钻后停工待料；②在預定停钻

的前三天，将粘土泡好，待泡胀后，搓成直径 3—5 厘米大的泥球，泥球搓好后应放在比較潮湿的地方；③事先做好两个木塞，第一个木塞直径应比止水处的钻孔直径大 10 毫米左右，另一个木塞直径与下入孔内套管的內径相等，两个木塞均做成圓錐体，长度約为 0.5 米左右。

(2) 止水工作① 当钻孔钻到預定深度停钻以后，即进行止水工作。首先将准备好的第一个木塞，用钻杆下入換径处。下好后用钻具加压，使其压紧，以免木塞被孔內有水浮上。② 木塞下好以后，即向孔內投入黄泥球。其厚度在 3—5 米之間。投黄泥球时，应注意慢投，切勿急燥，以免粘住孔壁，造成堵塞。投完后，用測绳或钻杆实测黄泥球投入厚度和位置。如已达到要求，即将套管下入。③ 所下套管，下部应装塞木塞。木塞在套管內形成倒錐状。当下到黄泥处，用力加压，使黄泥全部挤入钻孔两壁（图 8）。④ 套管下好后，用小口径钻头将木塞扫开，进行止水检查。

3. 水泥止水法：这种方法适用于岩层破碎、松散与孔壁坍塌的钻孔。經数次使用均获成功，唯需較长的停干時間（图 9）。具体作法如下：

根据含水层厚度下入套管，至隔水层上部約 10—15 米。在孔口用夹板夹住套管，并且在隔水层下部采用錐形木塞（长 0.5—0.8 米），用钻杆送至預定位置。

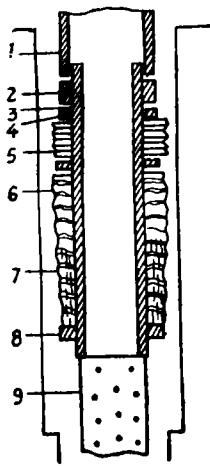


图 7 687 号孔压力止水器示意图

1. 止水套管; 2. 滑动接头;
3. 止水器; 4. 受压垫圈;
5. 胶皮圈; 6. 海带; 7. 黄泥乱麻混合物; 8. 受压下接头; 9. 位于含水层中之筛管

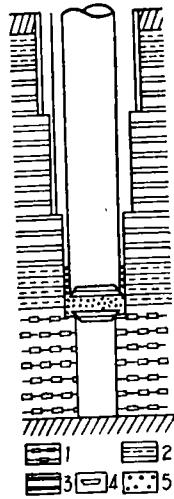


图 8 黄泥止水工程序图

1. 高砂质岩(含水层); 2. 泥质頁岩(隔水层); 3. 砂质頁岩(含水层);
4. 木塞; 5. 黄泥球

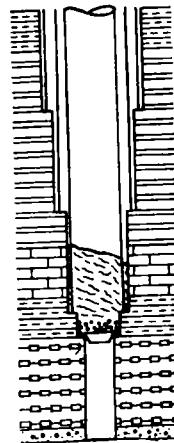


图 9 689 号孔水泥止水示意图

1. 泥质頁岩(隔水层); 2. 高砂质頁岩(含水层); 3. 灰岩(含水层); 4. 高砂质岩(含水层); 5. 冰噴层(隔水层); 6. 水泥; 7. 黄泥球; 8. 木塞

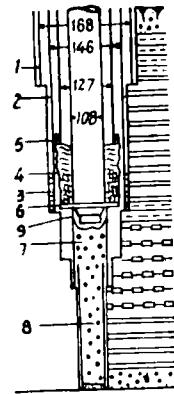


图 10 685 孔水泥套管止水示意图

1. 止水管(168 μ m); 2. 止水管(146 μ m); 3. 水泥止水段; 4. 黄泥海带等裹纏段; 5. 127 μ m 压力管(下部为活环); 6. 焊接鉄板; 7. 108 μ m 筛管; 8. 91 μ m 筛管; 9. 变径接头

木塞下好后,投入混合泥球(乱麻、黄干油掺入黄泥)至木塞上面 1—2 米,达到止水层底部深度为止。随后投入快干水泥球 2—3 米,再用两头装有岩心管接头的钻具下入孔内撞击压紧,并将先調好的快干水泥(浓度 30—35% 秒)用水泵送至孔内 20—30 米。

水泥注好后,停干 4 小时,使部份水泥浆渗入孔壁間隙,然后将止水套管繼續下至隔水层位置,夹在孔口停留,待 13—15 天干后,再钻穿检查止水。經試驗,用 400 号水泥与火碱、水玻璃,按 45:1:1 比例配制,干涸速度較快。

4. 水泥套管止水法:实践证明,这种方法在岩层非常破碎、松散、孔壁严重坍塌、地下水压力較大的钻孔中,能取得良好效果。这是因为由于岩层破碎、坍塌,在钻进过程中,孔径往往扩大 1—2 級,如用黄泥止水,在地下水压較大的情况下,黄泥不易停住,效果不好。这样必須下水泥进行止水,主要起造壁作用。然后再用黄泥、套管进行补充止水。经过这两道工序,一般都能达到預期效果。这种方法主要缺点是需要時間較长。具体作法与前述第 2、3 两种方法相同(图 10)。

(二) 止水质量检查:在水文钻探工作中,不管

选择哪种止水方法,止水完毕后,都必须进行严格检查,以証实是否符合质量要求。这是一項很重要的工作。我們使用的方法有如下几种:

1. 注水检查法:用水泵将清水由止水管口送入孔内,由原靜止水位注至孔口,每隔 30 分钟观测一次,水位下降速度是否符合规范要求。观测時間需連續 4—8 小时。

2. 提水检查法:利用提筒,进行人工提水,使靜止水位下降 15—20 米或更大,然后每 30 分钟观测一次水位恢复速度是否符合规范要求。

3. 在内外管間隙注水检查法:这种检查方法主要适用于双套管止水。检查方法,先将內管上头堵塞,然后在内外管中間注入清水,观测水位下降速度是否符合要求。

4. 抽水检查法:这种方法是在无法用其他方法进行检查,而孔口又向外涌水时使用。检查方法是抽下部含水层的水时,观测上部含水层孔口涌水量是否有变化。如沒有变化,說明止水质量好,否則应重新止水。

各种止水质量检查的誤差标准,必須严格执行冶金部頒发的矿区水文地质工作技术规程,1 小时内水位变动小于 3 厘米,并有递减趋势时,才认为合格。