

## 第二篇

### 水文地质勘察



# 第一章 地下水文

## 第一节 地下水的性质及其水质分析

### 一、地下水的物理性质

- 1. 颜色：一般地下水是无色的。但根据水中化学成分及悬浮杂质含量不同，地下水可呈不同的颜色。
- 2. 气味：一般地下水是无气味的。当地下水含有某种化学成分时，则有特殊气味，如水中含硫化氢时，有臭蛋味；含腐蚀性细菌时，有鱼腥味或霉臭味等等。
- 3. 口味：由水中的化学成分决定。
- 4. 透明度或浑浊度：决定于水中固体和胶体悬浮物的含量。
- 5. 温度：见表 2-1-1。

表 2-1-1 地下水按温度分类

类 别	非常冷的水	极冷的水	冷 水	温 水	热 水	极热的水	沸腾的水
温度 (℃)	< 10	0 ~ 4	4 ~ 20	20 ~ 37	37 ~ 42	42 ~ 100	> 100

- 6. 密度：质量密度的大小，决定于水中所溶解的盐分和其它物质的含量。
- 7. 导电性：地下水导电性决定于水中含有电解质的性质及含量。通常以电导率  $K$  表示。
- 8. 放射性：地下水放射性决定于水中放射性物质含量。地下水中常见的放射性物质有镭、铀、锶、氡及氢、氧同位素。

### 二、地下水的化学性质

地下水是一种复杂的天然溶液，存在于地壳中的 87 种稳定元素，在地下水中已发现 70 多种。地下水化学成分包括多种气体成分，各种离子，有机化合物，有机和无机

络合物，微生物，胶体及放射性元素、同位素等。上述物质溶解或活动于地下水中，详见表 2-1-2。

地下水中的化学元素，按其含量组分进行分组，可分为常量元素，微量元素，超微量元素及放射性元素。

三、地下水水质分析

(一) 水质分析种类

水分析可分为简分析、全分析、特殊分析和专门分析。工程地质勘察中的专门分析，目前主要是环境水对建筑材料的腐蚀性评价分析，建筑场地地下水污染调查分析。

(二) 水质分析表示方法

水质分析结果用各种形式的指标值及水化学表达式来表示。具体的表示方法有：

1. 离子含量指标

溶解于地下水中的盐类，以各种形式的阴、阳离子存在，如  $\text{Na}^+$ ， $\text{Ca}^{2+}$ ， $\text{Cl}^-$ ， $\text{SO}_4^{2-}$ ，其含量一般以单位  $\text{mmol/L}$ ， $\text{mg/l}$ ， $\text{me/L}$  表示。海水中的主要离子以单位  $\text{mol/L}$ ， $\text{g/L}$  表示。超微量元素的离子，其单位以  $\mu\text{g/L}$  表示。

2. 分子含量指标

溶解于地下水中的气体和胶体物质，如  $\text{CO}_2$ ， $\text{SiO}_2$ ，其含量一般用单位  $\text{mmol/L}$ ， $\text{mg/L}$  表示。

3. 综合指标

氢离子浓度（pH 值），酸碱度，硬度和矿化度四项综合指标，集中地表示了地下水的化学性质。

①pH： $\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$  pH 值反映了地下水的酸碱性，由酸、碱和盐的水解因素所决定。地下水按 pH 分类见表 2-1-2。

表 2-1-2 地下水按 pH 值分类

类 别	强酸性水	酸性水	弱酸性水	中性水	弱碱性水	碱性水	强碱性水
pH 值	< 4.0	4.0 ~ 5.0	5.0 ~ 6.0	6.0 ~ 7.5	7.5 ~ 9.0	9.0 ~ 10.0	> 10.0

②酸度和碱度：酸度是指强碱滴定水样中的酸至一定 pH 值的碱量。地下水中酸度的形成主要是未结合的  $\text{CO}_2$ 、无机酸、强酸弱碱盐及有机酸。

用指示剂酚酞滴定当量终点，测得的酸度称为酚酞酸度（总酸度）；用指示剂甲基橙滴定当量终点，测定的酸度称为甲基橙酸度。

碱度是指强酸滴定水样中的碱至一定 pH 值的酸量。

用指示剂甲基橙滴定当量终点，测定的碱度称为甲基橙碱度（总碱度）；用指示剂酚酞滴定当量终点，测定的碱度称为酚酞碱度。

酸碱度一般以单位 mmol/L，me/L 表示。

③硬度：水的硬度取决于水中钙、镁和其它金属离子（碱金属除外）的含量。

总硬度：地下水中钙镁的重碳酸盐、氯化物、硫酸盐、硝酸盐的总含量。

暂时硬度（碳酸盐硬度）：水煮沸后，呈碳酸盐形态的析出量。

永久硬度（非碳酸盐硬度）：水煮沸后，留于水中的钙盐和镁盐的含量。

负硬度（钠钾硬度）：地下水中碱金属钾钠的碳酸盐、重碳酸盐和氢氧化物的含量。

总硬度 = 暂时硬度 + 永久硬度  
= 碳酸盐硬度 + 非碳酸盐硬度

负硬度（钠钾碱度）= 总碱度 - 总硬度（总碱度 > 总硬度）

硬度一般以单位 mmol/L，mg/L，me/L，H°表示。

④矿化度：地下水含离子、分子与化合物的总量称为矿化度，或称总矿化度。矿化度包括了全部的溶解组分和胶体物质，但不包括游离气体。通常以可滤性蒸发残渣（溶解性固体）来表示，也可按水分析所得的全部阴阳离子含量的总和（计算时 HCO'₃ 含量只取半数）表示理论上的可滤性蒸发残渣量。用离子交换法也可测定矿化度。矿化度一般以单位 g/L，mg/L 表示。

地下水按矿化度分类见表 2-1-3。

⑤分子式（Ку́рлов 式）：按阴阳离子毫克当量百分数表示水化学类型，其表达式如下

微量元素（g/L）气体成分（g/L）矿化度（g/L）·  $\frac{\text{阴离子（me\% > 10 者列入）}}{\text{阳离子（me\% > 10 者列入）}}$  · 温度（℃）。

表 2-1-3 地下水按矿化度分类

类 别	淡 水	低矿化水 （微咸水）	中矿化水 （咸水）	高矿化水 （盐水）	卤 水
矿化度（g/L）	< 1	1 ~ 3	3 ~ 10	10 ~ 50	> 50

“毫克当量百分数”是一种离子毫克当量百分浓度的表示方法，即

离子毫克当量百分数（%）=  $\frac{\text{该离子毫克当量数}}{\text{阴（或阳）离子毫克当量总数}} \times 100\%$

以离子含量（me/L%）> 25% 作为水化学类型定名界限值。

例如天津塘沽某地下水

F0.005M1.04  $\frac{\text{HCO}^3_{53.4}\text{Cl}_{39.6}}{\text{Na}_{95.16}}$  T15°

该地下水化学类型为“HCO₃—Cl—Na 型水”，即重碳酸氯化钠型水。

### （三）取水试样要求

1. 采取的地下水试样必须代表天然条件下的客观水质情况。采集钻孔、观测孔、生产井和民井、探井（坑）中刚从含水层进来的新鲜水。泉水应在泉口处取样。

2. 盛水容器一般应采用带磨口玻璃塞的玻璃瓶或塑料瓶（桶）。取样前容器必须洗净，并经蒸馏水清洗。取样时先用所取的水冲洗瓶塞和容器三次以上，然后缓缓地将取得的水注入容器。容器顶应留出高为 10~20mm 空间。及时用石蜡或火漆封口，并做好采样记录，贴好水试样标签，填写水试样送检单，尽快送化验室。

采样记录表参阅表 2-1-4。

表 2-1-4 地下水采样记录

年 月 日

[illegible]

采样人：

填表人：

3. 取不稳定成分的水试样时, 应及时加入稳定剂, 并严防杂物混入。

4. 水试样送验过程中,要防止冻裂或阳光照射,按规定采取存放措施,并不得超过水试样最大保存期限。

### 5. 水试样采集数量

简分析 500 ~ 1000ml

全分析 2000 ~ 3000ml

## 第二节 地下水监测及其不良作用

## 一、地下水监测

地下水的监测是指对地下水的水位、水量、水质、水压、水温及流速、流向等在自然或人为因素影响下随时间或空间的变化规律的监测。

### （一）监测目的和内容

岩土工程在~~施工期间~~或建筑物在使用过程中，若遇到下列情况之一时，应对地下水

进行监测：

1. 地下水位的升、降变化有可能改变岩土的物理或力学性质，影响建筑物的稳定性时；
2. 孔隙水压力、地下水压的变化对岩土工程有较大影响时；
3. 水位上升对地下室和地下构筑物的防水、防潮或降水工程、施工排水等对岩土工程有较显著影响时；
4. 地下水受污染，需查明污染范围、污染途径、污染程度及对建筑材料的腐蚀性时。

地下水的监测内容应根据工程的需要和水文地质条件确定，主要内容有：

1. 水位监测：查明地下水位（最高、最低水位）、水位变化幅度范围；查明地下水与地表水体（江、河、湖等）、大气降水的联系。
2. 水质监测：查明地下水的物理、化学成分变化；查明污染源、污染途径、污染程度及对建筑材料、金属材料等的腐蚀等级。
3. 水压监测：开挖深基础、洞室、隧道工程；评价岸边、斜坡稳定性工程；软土地基加固工程等，都应对岩土的孔隙或裂隙水压力进行监测。当地下水可能对岩土产生潜蚀作用、管涌现象，引起基坑坍塌、破井突涌时，也应对地下水压进行监测。
4. 降水工程地面沉降的监测：长期抽降地下水，可能引起地面产生不均匀沉降、建筑物开裂失稳等不良现象时，应对地下水位和地面沉降进行监测。

## （二）监测工作布置的原则

监测点、监测线的布置应根据研究区地貌、水文地质条件，岩土体性状和工程要求而确定。一般原则如下：

1. 在平原及地质条件简单的地区，监测点可布成方格网状，监测线应平行或垂直地下水流向布置，间距不宜大于 400m。
2. 在狭窄地区，当无地表水体时，监测点可按三角形布置；当有地表水体时，监测线应垂直地表水体的岸边线布置。
3. 在水位变化大的地段、上层滞水或裂隙水集聚的地段应布置监测点。当有多层含水层存在时，必要时可分层设置监测孔，以了解不同含水层的水位、水质、水压、水温及其联系情况。
4. 在滑坡、岸边地段应在坝肩、坝基、坝的上下游和滑动带设置监测点。对于基坑可垂直基坑长边布置监测线。
5. 监测点的间距视地下水的梯度或地形坡度的大小及离地表水体的远近而确定：当地下水流梯度大（或地形坡度大）或靠近地表水体时，间距可小些，否则可大些，但不宜超过 400m。
6. 监测孔深度应达到可能最低水位或基础施工最大降深以下 1m 处。

### （三）监测方法、要求及资料的整理

#### 1. 监测方法

（1）地下水动态监测：宜采用已有的水井、地下水的天然露头或工程中的钻孔、探井等进行。当钻孔易被堵塞时，可在钻孔中安装过滤器进行监测。

（2）地下水压监测：应安装测压计或钻孔测压仪进行

（3）水质监测：应定时取水试样，按监测的目的要求进行水的物理化学成分的分析。

当地下水可能被污染时，应在不同范围、不同深度取水试样化验分析，查明污染水的空间分布和污染程度。

#### 2. 监测的时间要求

（1）动态的监测：监测时间不得小于一个水文年，平均每 3~5 天监测一次。特殊地段如离河流、湖泊、水渠道近时，应加密监测次数。

（2）水压的监测：当孔隙水压力在施工期间发生变化，可能影响建筑物的稳定性时，应到施工结束或孔隙水压力降低到某安全值后方能停止监测；当地下水的浮托力对建筑工程有影响时，孔隙水压力的监测应进行到浮托力可能消除时为止。

（3）水质的监测：全年不宜少于 4 次，丰水期和枯水期各不少于 1 次。

（4）在监测工作同时，应收集当地的水文、气象等资料：如降雨量、蒸发量、地表水水位、水质、水量及与地下水的补排关系。了解环境地质情况，是否有污染源存在等。

#### 3. 资料整理

将现场监测收集的原始资料逐旬、逐月、逐年的进行整理编制，并提出下面成果：

（1）地下水和降水量的动态变化曲线；地下水与地表水体的动态变化曲线；地下水压动态变化曲线。

（2）不同时期的水位埋深图、等水位线图；不同时期有害化学成分等值线图、矿化度等值线图。

（3）预测地下水水位、水质的变化趋势；分析地下水与地表水体的补排关系；对地下水受污染的可能性进行判断分析等。

（4）论述地下水对岩土工程的不良现象、危害程度及防治措施。

## 二、地下水的不良作用

### （一）潜蚀

渗透水流在一定的水力梯度下产生较大的动水压力冲刷、挟走细小颗粒或溶蚀岩土体，使岩土体中的孔隙逐渐增大，甚至形成洞穴，导致岩土体结构松动或破坏，以致产生地表裂缝、塌陷，影响建筑工程的稳定。在黄土和岩溶等地区的岩、土层中最易发生



潜蚀作用。

### 1. 潜蚀作用分类

#### (1) 机械潜蚀

在地下渗透水流的长期作用下，产生岩土体中细小颗粒的位移和掏空现象。

#### (2) 化学潜蚀

易溶盐类（如岩盐、钾盐、石膏等）及某些较难溶解的盐类（如方解石、菱镁矿、白云石等）在流动水流的作用下，尤其是在地下水循环比较剧烈的地域，盐类逐渐被溶解或溶蚀，使岩土体颗粒间的胶结力被削弱或破坏，结果导致岩土体结构松动，甚至破坏。

机械潜蚀和化学潜蚀一般是同时进行的，且二者是相互影响，相互促进的。

### 2. 潜蚀产生的条件

潜蚀产生的条件主要有二：一是有适宜的岩土颗粒组成；二是有足够的水动力条件。具有下列条件的岩土体易产生潜蚀作用：

(1) 当岩土层的不均匀系数（ $C_u = d_{60}/d_{10}$ ）愈大时，愈易产生潜蚀作用。一般当  $C_u > 10$  时，即易产生潜蚀。

(2) 两种互相接触的岩土层，当其渗透系数之比  $k_1/k_2 > 2$  时，易产生潜蚀。

(3) 当地下渗透水流的水力梯度（ $I$ ）大于岩土层的临界水力梯度（ $I_0$ ）时，易产生潜蚀。产生潜蚀的临界水力梯度（ $I_0$ ）可按式（2-1-1）计算：

$$I_0 = (G_s - 1)(1 - n) + 0.5n \quad (2-1-1)$$

式中  $G_s$ ——岩土颗粒比重；

$n$ ——岩土孔隙度，以小数计算。

### 3. 防止潜蚀的措施

防止潜蚀的有效措施，原则上可分为两大类：

(1) 改变渗透水流的水动力条件，使水流梯度小于临界水力梯度，可用堵截地表水流入岩土层；阻止地下水在岩土层中流动；设反滤层；减小地下水的流速等。

(2) 改善岩、土的性质，增强其抗渗能力。如爆炸、压密、打桩、化学加固处理等，可以增加岩土层的密实度，降低岩土层的渗透性能。

## (二) 流砂

流砂是指松散细颗粒土被地下水饱和后，在动水压力即水头差的作用下，产生的悬浮流动现象。流砂多发生在颗粒级配均匀而细的粉、细砂等砂性土中，有时在粉土中亦会发生。其表现形式是所有颗粒同时从一近似于管状通道被渗透水流冲走。流砂发展结果是使基础发生滑移或不均匀下沉，基坑坍塌，基础悬浮等。见图 2-1-1。流砂通常是由于工程活动而引起的。但是，在有地下水出露的斜坡、岸边或有地下水溢出的地表面也会发生。流砂破坏一般是突然发生的，对岩土工程危害很大。

### 1. 流砂形成的条件

(1) 岩性：土层由粒径均匀的细颗粒组成（一般粒径在 0.01mm 以下的颗粒含量在

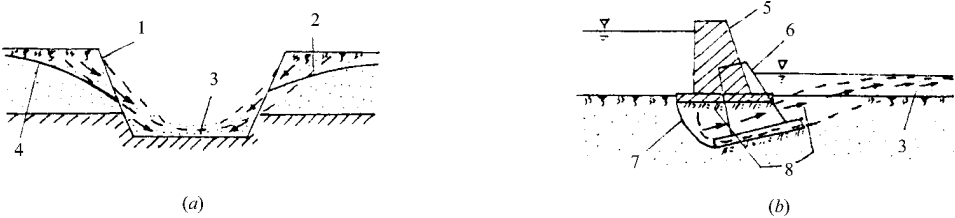


图 2-1-1 流砂破坏示意图

(a) 斜坡条件时 ; (b) 地基条件时

1—原坡面 ; 2—流砂后坡面 ; 3—流砂堆积物 ; 4—地下水位 ; 5—建筑物原位置 ;  
6—流砂后建筑物位置 ; 7—滑动面 ; 8—流砂发生区

30% ~ 35% 以上), 土中含有较多的片状、针状矿物 (如云母、绿泥石等) 和附有亲水胶体矿物颗粒, 从而增加了岩土吸水膨胀性, 降低了土粒重量。因此, 在不大的水流冲力下, 细小土颗粒即悬浮流动。

(2) 水动力条件: 水力梯度较大, 流速增大, 动水压力超过了土颗粒的重量时, 就能使土颗粒悬浮流动形成流砂。

①斜坡表面由里向外水平方向渗流作用时流砂破坏的临界水力梯度为:

无粘性土 (按单位土体计算):

$$I_0 = G_w(\cos\theta\tan\varphi - \sin\theta)\frac{1}{\gamma_0} \tag{2-1-2}$$

粘性土 (按单位土体计算):

$$I_0 = [G_w(\cos\theta\tan\varphi - \sin\theta) + c]\frac{1}{\gamma_0} \tag{2-1-3}$$

式中  $G_w$ ——岩土浮重 (即土的浮重度乘土的体积);

$\gamma_0$ ——水的重度 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ );

$\varphi$ ——土的内摩擦角 ( $^\circ$ );

$c$ ——土的粘聚力 ( $\text{kPa}$ );

$\theta$ ——斜坡坡度 ( $^\circ$ );

②地基表面土层受自下而上的渗流作用时流砂破坏的临界水力梯度为:

无粘性土:

$$I_0 = \frac{\gamma_d}{G_s} - (1 - n)$$

或

$$I_0 = \frac{\gamma_d}{G_s} - (1 - n) + 0.5n \tag{2-1-4}$$

粘性土:

$$I_0 = \frac{\gamma_d}{G_s} - (1 - n) + \frac{c}{G_s} \tag{2-1-5}$$

式中  $\gamma_d$ ——土的干重度 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ ) ;  
 $n$ ——土的孔隙度 ;  
 $G_s$ ——土的比重 ;  
 $c$ ——土的粘聚力 ( $\text{kPa}$ ) 。

(3) 土的渗透系数 ( $k$ ) 愈小, 排水条件不畅通时, 易形成流砂。

(4) 砂土孔隙度 ( $n$ ) 愈大, 愈易形成流砂。

## 2. 流砂的防止措施

流砂对岩土工程危害很大, 所以在可能发生流砂的地区应尽量利用其上面的土层作天然地基, 也可利用桩基穿透流砂层。总之, 应尽量避免水下大开挖施工。若必须时, 可以利用下列方法防治流砂:

(1) 人工降低地下水位: 将地下水位降至可能产生流砂的地层以下, 然后再开挖。

(2) 打板桩: 其目的一方面是加固坑壁, 另一方面是改善地下水的迳流条件, 即增长渗流途径, 减小地下水力梯度和流速。

(3) 水下开挖: 在基坑开挖期间, 使基坑中始终保持足够的水头 (可加水), 尽量避免产生流砂的水头差, 增加坑侧壁土体的稳定性。

(4) 其它方法: 如冻结法、化学加固法、加重法、爆炸法等。

## (三) 管涌

地基土在具有某种渗透速度 (或梯度) 的渗透水流作用下, 其细小颗粒被冲走, 岩土的空隙逐渐增大, 慢慢形成一种能穿越地基的细管状渗流通道, 从而掏空地基或坝体, 使地基或斜坡变形、失稳, 此现象称为管涌。管涌的破坏作用见图 2-1-2。管涌通常是由于工程活动而引起的, 但在有地下水出露的斜坡、岸边或有地下水溢出的地带也有发生。

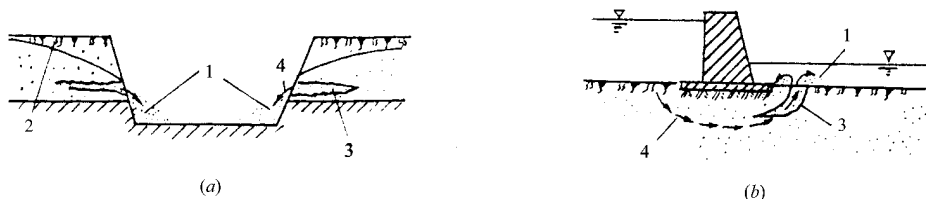


图 2-1-2 管涌破坏示意图

(a) 斜坡条件时 ; (b) 地基条件时

1—管涌堆积颗粒 ; 2—地下水位 ; 3—管涌通道 ; 4—渗流方向

### 1. 管涌产生的条件

管涌多发生在非粘性土中, 其特征是: 颗粒大小比值差别较大, 往往缺少某种粒径, 磨圆度较好, 孔隙直径大而互相连通, 细粒含量较少, 不能全部充满孔隙。颗粒多由比重较小的矿物构成, 易随水流移动, 有较大的和良好的渗透水流出路等。具体条件

包括：

- (1) 土为粗颗粒（粒径为  $D$ ）和细颗粒（粒径为  $d$ ）组成，其  $D/d > 10$ ；
- (2) 土的不均匀系数  $d_{60}/d_{10} > 10$ ；
- (3) 两种互相接触土层渗透系数之比  $k_1/k_2 > 2 \sim 3$ 。
- (4) 渗透水流的水力梯度（ $I$ ）大于土的临界水力梯度（ $I_0$ ）。

2. 临界梯度（ $I_0$ ）确定方法

(1) 根据土中细粒含量确定

管涌破坏的临界梯度与土中细颗粒含量关系见图 2-1-3。

应用图 2-1-3 时需注意：当土中细粒含量大于 35% 时，由于趋向于流砂破坏，应同时进行对流砂可能性的破坏评价。

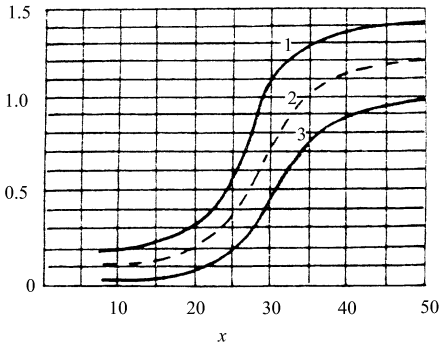


图 2-1-3 临界水力梯度与细粒含量关系

$x$ —细粒含量（%）； $y$ —临界水力梯度  
1—上限；2—中值；3—下限

(2) 根据土的渗透系数确定

管涌破坏的临界梯度与土的渗透系数关系见图 2-1-4。

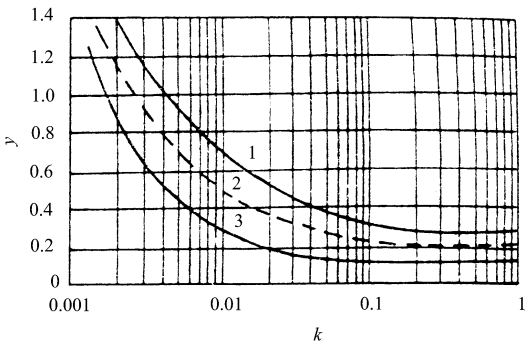


图 2-1-4 临界水力梯度与渗透系数关系图

$k$ —渗透系数（cm/s）； $y$ —渗透破坏临界梯度  $I_0$   
1—上限；2—中值；3—下限

(3) 根据公式计算确定

见公式 4-1-1。

(4) 工程类比法确定

应用已有成功的工程资料，对比试验成果和相似条件，提供其临界梯度参考值。

应用上述方法确定的临界梯度在进行地基渗流管涌稳定性计算评价时，应考虑采用一定的安全系数。对于管涌安全系数可取  $>1.5$  修正后的水力梯度称为容许水力梯度。

根据渗透系数确定容许水力梯度的参考值见表 2-1-7。

表 2-1-7 容许水力梯度经验值

土的渗透系数 (cm/s)	容许水力梯度
$\geq 0.5$	0.1
$0.5 \sim 0.025$	$0.1 \sim 0.2$
$0.025 \sim 0.005$	$0.2 \sim 0.5$
$\leq 0.005$	$\geq 0.5$

注：摘自《水利水电工程地质手册》。

3. 管涌的防止

在可能发生管涌地层修建挡水坝、挡土墙工程及基坑排水工程等，为了防止流砂、管涌的发生，设计时必须控制地下水出逸点处的水力梯度，使其小于容许的水力梯度。

防止管涌发生最常用的方法与防止流砂的方法相同，主要是控制渗流，降低水力梯度，设置保护层，打板桩等。

## 第二章 水文地质勘察

### 第一节 水文地质调查及其勘察纲要

#### 一、水文地质调查

##### （一）水量要求

由于井位选择不当，管井出水量太小，不能满足需水方的要求，给勘察单位造成经济损失的实例是比较多的。相反，由于加强了水文地质调查与物探工作，取得成功的实例也不少。

如，某勘察单位曾施工五口供水井，因水量太小，未能满足需水方的要求。后来，另一个勘察单位在总结前人资料的基础上，进行了详细的水文地质调查，找到一个岩溶发育带，在此岩溶发育带上打一口井，出水量  $300\text{m}^3/\text{d}$  左右，满足了需水方要求。

上面实例说明，在选定井位时必须进行认真的水文地质调查，查明地下水的补给、径流、排泄条件，对岩性及构造进行详细研究，结合岩溶发育规律及微地貌确定富水地段。有条件的地区，可在富水地段进行水文地质物探（电剖面、电测深、微重力等），帮助确定井位，为排除各种干扰，提高物探工作的解释水平，宜采用多种物探方法进行综合探测。物探成果的特点是多解性，同样是低阻带，可能是富水带，也可能是泥灰岩、泥岩、充水溶洞和充填软塑状粘土的溶洞电阻率相差无几，还有地形起伏，地表水体等因素的干扰。

##### （二）水质要求

由于选定井位时未对周围环境及可能的污染源进行详细调查，未认真研究地下水的补给、径流、排泄条件，或因止水不合要求，致使水质不符合要求，管井报废。

为保证供水管井的水质达到饮用水或工业用水的水质要求，在选定井位时应进行下列各项工作：

1. 收集附近井、泉的水质分析资料，在有地方病或水质污染的地区，应根据病情和污染情况采取水样进行专项分析。

2. 根据地下水补给、径流、排泄条件，分析污染物的来源、途径、污染范围、深度、程度和危害情况。

3. 对于以溶洞或暗河为主的岩溶含水层，应查明地下水的来龙去脉，地表水与地下水的转化关系。

4. 调查农田施放化肥、农药及工业废水对地下水的污染情况。

5. 对于与地表水或落水洞有水力联系的含水层应采取止水措施隔离上部含水层。

### （三）地面塌陷

因供水管井抽水引起地面塌陷的实例各地均有报导，最严重者当推水城地区。

为防止或减少因供水管井抽水造成地面塌陷，在选定井位时应进行下列各项工作：

1. 查明管井附近第四系土层的厚度、岩性、透水性、预测由于抽水产生地面塌陷的可能性。

2. 调查了解供水管井抽水影响半径范围内的建筑物情况（修建时间、基础埋置深度、持力层的岩性、下伏基岩岩溶发育情况）。

3. 调查了解预定供水管井附近已使用的供水管井产生地面塌陷的情况，采用类比法判明预定供水管井产生地面塌陷的可能性。

## 二、水文地质勘察纲要

水文地质勘察纲要是供水管井施工的行动指南，是贯彻事先指导、预防为主的重要保证。

过去，有些勘察单位由于没有认真编制勘察纲要，对钻探和抽水试验缺乏事先指导，造成钻孔结构不合理，止水位置不当，抽水降深及各次降深的差值不符合规范要求。

只有认真编制勘察纲要，才能做好事先指导，才能在人员、机器设备、材料、工艺方法和改善施工环境方面做好充分的准备，才能使野外施工按步就班地进行，才能保证各工序的质量。

供水管井水文地质勘察纲要是在水文地质调查和物探之后编制的，应包括下列内容：

### （一）目的任务

委托方对井位、井深、水量、水质、工期的要求。

### （二）井位附近的水文地质条件及井位选定的依据

简要叙述井位附近的水文地质条件及选定井位的依据。说明供水层位的岩性、节理裂隙发育程度、岩溶发育程度、预计地下水位埋深。

### （三）管井结构及技术要求

根据委托方对水量的要求及含水层的可能涌水量选择泵型，根据泵型及预计的水位降深确定供水管井结构。勘察纲要中应说明钻孔口径、换径井深、止水位置，下滤水管的井段，钻进过程中简易水文地质观测的要求，洗井应达到的标准，抽水试验的水位降低次数、降深值，稳定时间，水位及流量允许误差，对周围井泉的观测要求，恢复水位观测要求。

### （四）钻进方法和施工工艺

由钻探工程师根据地质、水文地质条件及钻孔结构和抽水试验要求编制。包括钻进方法及技术措施，对施工中可能遇到的问题提出防范措施；抽水试验拟采用的动力、风管、扬水管下置深度，水位观察方法等。

### （五）勘察纲要的主要附件

1. 供水管井勘察委托书。
2. 供水管井设计柱状图。

## 第二节 钻探质量的影响因素

由于没有编制钻探施工设计书，岩层分层粗，水文地质现象描述简单，确定含水段依据单一，井斜度超标，封闭止水深度和方法不妥，造成水源井质量存在弊端，影响开采和使用寿命。

### 一、施工设计书内容与质量要求

钻探工程是水源井直接取得地下第一手资料的主要手段之一，对地质调查资料和物探成果起验证作用。钻探施工的主要依据是施工设计书，由于施工设计书内容不全，工程质量要求不明确，技术措施不具体，针对性差，造成水源井应该取得的第一手宝贵资料残缺不全，给水源井的使用和处理留下了隐患。因此，精心编制施工设计书，采用先进合理的技术和行之有效的科学管理方法，严格按设计施工是确保工程质量，提高水源井技术、经济、社会效益的重要工序之一。

施工设计书编制的依据是勘察纲要和委托任务书，按有关规范、规程、标准明确提出工程各项质量的技术要求，施工设计书基本内容应包括地质预想柱状图，地层时代和岩层厚度，岩性和水文地质条件的简述。管井井身结构设计（包括井口、安泵段、开采段和终井的井径和深度），成井结构设计（包括井壁管、过滤管和沉淀管的配备和管材的选用），封闭止水的目的和位置及封闭止水的材料，工程各项质量的标准和技术措施，



施工设计书格式见表 2-2-1。

表 2-2-1 水源井施工设计书

单位：\_\_\_\_\_第\_\_\_\_\_号

地层时代			分厚 层度 (m)	累深 计度 (m)	管结 井构 (mm)	地质预想 柱状图 1:	岩石名称、岩 性及水文 地质简述	施 工 要 求															
统	组	段																					
								<div>一、施工注意事项</div> <div>二、质量要求</div> <div>1. 管井深度：_____米</div> <div>2. 岩芯采取率和保管：岩芯按顺序摆 放并编号。采取率，完整段_____%， 风化构造破碎带、岩溶带_____%</div> <div>3. 简易水文地质观测：钻进中应测回 尺水位和冲洗液消耗量。遇井内不 返水、涌水、溶洞、涌砂、严重坍 塌层段，做到起止深度记录清楚， 按设计测近似稳定水位和自流量</div> <div>4. 井斜：顶角与方位角不得有突变。 百米深度内井斜度_____度，深度每 增加百米，递增井斜度_____度</div> <div>5. 井深测量：每钻进 50 米，换径、终 井、遇漏（涌）水，溶洞，钻具下 落等，均应检查井深，误差超过 2‰，需合理平差</div> <div>6. 抽水试验：临时止水深度设计 _____米。试验技术要求另附设计。</div> <div>7. 原始记录：要求表格格式正规、记 录内容完整、准确、清洁、美观， 不得涂改</div> <div>三、钻探技术措施和要求</div> <div>四、预计下入井内管材</div> <table><tr><td>管材类型</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>规格（mm）</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>数量（mm）</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	管材类型					规格（mm）					数量（mm）				
管材类型																							
规格（mm）																							
数量（mm）																							

技术负责人：\_\_\_\_\_工程负责人：\_\_\_\_\_水文负责人：\_\_\_\_\_编制人：\_\_\_\_\_日期\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

## 二、岩层分层与水文地质现象描述

正确地进行岩心鉴定和描述，才能准确地确定含水、隔水或相对隔水的层段，为固井和确定含水带（段）提供依据。在碳酸盐岩地区，特别是在厚层与巨厚层岩石分布区，普遍存在着分层粗，描述内容简单，术语应用不严密，定量数据少等缺陷。其原因一是工作人员素质不高；另一方面是缺少必备的鉴定药品和工具，没有统一的鉴定描述方法和细则。因此，应该从提高地质员素质和配备鉴定药品和工具着手。

岩芯鉴定的内容，应包括岩石名称、颜色、层厚、矿物成分、结构和构造、胶结物、有机物含量、风化程度，岩层接触关系等。要做到鉴定及时，描述内容有针对性，所谓针对性即每项描述抓住它们与岩石类型的内在联系，及其与岩石可溶性的关系。下面例举几项鉴定内容与岩石的内在联系。

岩石颜色，它是岩石的醒目标志，类型不同的岩石其颜色存在显著差别，纯净的石灰岩一般是灰白色，只要含百分之几的有机物即可使其带深色；富含泥质和不易溶物的泥灰岩和泥质灰岩多为各种杂色。这说明岩石成分是决定岩石颜色的主要因素，有助于首先从宏观上大体识别岩石类型，描述时应以干燥岩石新鲜面的原生颜色为准。

岩石层厚和结构，它与岩层的可溶性及岩溶发育程度相关，块状和厚层状的碳酸盐岩多为中粗粒结晶，一般利于岩溶发育，因为厚层碳酸盐岩是在相对稳定沉积环境下形成，其中不溶物含量少，质纯；而簿层状碳酸盐岩往往与粘土岩成互层状，是在不稳定沉积条件下形成，不溶物含量较多，不利于岩溶发育。其次，岩石层厚的大小，对岩层的裂缝规模、类型均存在影响，具有重要的水文地质意义。

岩石构造，它与沉积环境和成岩改造作用有关，像鸟眼状、竹叶状、鲕状、网纹状等构造，它不仅可提供沉积环境的分析资料，而且往往成为良好的对比标志层。常见的缝合线构造，它是成岩后生阶段由压溶作用产生，是地下水运移的主要通道。

岩溶描述，各种岩溶形态均可能成为地下水储集和运移的通道。鉴定描述时要研究岩溶发育规律，查明岩溶发育深度和层位，及岩溶形态的类型，并进行定量统计工作。目前虽有水文测井等多种探测手段，但岩芯上直观的岩溶形态的描述和统计仍然是最基本的工作，对水文地质意义较大的是孔洞和溶蚀裂隙，要描述岩溶形态的产状、性质、切割情况、充填物和张开程度，并对岩溶裂隙率进行统计，记录岩溶发育段的起止深度，初步划分含水段（带）。

总之鉴定描述碳酸盐岩的岩性特征，主要是寻找与岩溶现象相关的基础资料，因此，每一项鉴定描述内容都是从某一角度去认识岩石，寻找其与岩溶发育的内在联系，只要这样认真细致地逐项推敲，岩性描述才能具有浓厚的水文地质色彩。

### 三、井斜度

目前开采地下水资源采用的设备一般是深井泵，为了保证过滤器安装顺利和抽水设备正常工作，水源井宜保持垂直，按深井泵对井斜度的要求，在井深 100m 以内其顶角的偏斜不应超过 1.5 度，井段的顶角和方位角不得有突变。目前施工的水源井井斜度超标现象仍然存在，个别施工单位甚至没有井斜度测量资料，给水源井使用留一隐患。

如某水源井，成井时入  $\phi 219\text{mm}$  护壁管 75.04m，选配 6 吋深井泵抽水，投产后三个月发现井深 33m 处泵轴折断，随后在此深度又多次发生折断泵轴和泵管，经多种手段检查分析断轴的原因，主要是由于止水深度从 29m 至 32.50m 扩大井径时，导向使用不当造成井段的顶角与方位角发生突变，引起 33m 处护壁管弯曲，后被迫改用深井潜水泵抽水。又如某水源井因成井防斜措施不当，造成下泵段 76m 处井斜度达 3 度，最后采用下大护壁管配 4 吋深井泵的办法解决。有的因成井斜度超标，造成多次移位，因此，要提高水源井质量和经济效益，首先应把好下泵段井斜关。

发生井斜度超限或顶角与方位角突变，往往是成井施工中忽视防斜措施，或措施不当引起。为了预防井斜下列几点应给予重视：

1. 钻塔地盘必须平坦坚固，钻塔角一般用水泥砂浆加固。
2. 钻机安装要平稳牢固，立轴导管、枢扭轴受磨损晃动的钻机不能使用。
3. 立轴钻杆要直，提引器、立轴和井口中心要三点成一直线。井深 60m 以内要经常检查校正立轴角度，检查井斜情况。
4. 在第四系和风化带钻进时，由于井径超径，风化不均和硬盘影响，容易引起井斜，为此要减压慢速钻进。
5. 井口管周围要填牢固，其中心和立轴中心要一致，换径时要取净残留岩芯，使用长导向短钻具并相应地减压减速钻进，导向和钻具连接后中心线必须一致，换径钻进 4m 以上才能撤掉导向。
6. 粗径钻具要直，长度应在 6m 以上，三个班的钻进操作力求一致，压力要均匀。
7. 岩层软硬互换和遇裂隙时应减压减速，遇溶洞高度在 2m 以上，应适当加长钻具。

### 四、固井止水

裸露型碳酸盐类地层，由于厚度大没有明显的稳定隔水层，岩溶发育程度不均，风化裂隙发育深，管道裂隙连通条件复杂，因此，在开采浅部地下水时应采用多手段综合判断管井含水带的数量深度和层位，了解各含水带开采时与环境地质的影响程度。否则水源井投产后往往出现开采量保证程度低，甚至造成环境地质灾害。

### 第三节 水文地质试验

#### 一、稳定流抽水试验

##### (一) 抽水试验程序与精度

抽水试验成果是水源井成井的重要依据之一，也是验证是否出现环境地质问题的主要手段，因此，抽水试验程序是否正规，工作精度如何，直接影响水源井的质量和社会效益。如某水源井，由于抽水试验设计书对试验工作没有提出具体要求，认为附近开采的水源井水质较好，建设方仅要求日产水量  $200\text{m}^3$ ，只要水量超过合同要求，其它工作可以从简。因此，洗井试抽时水量超过  $400\text{m}^3$  就决定成井。成井止水井深  $29.60\text{m}$ ，开采性试验时动水位  $41\text{m}$  日产水量  $500\text{m}^3$ ，在水的色度、浑浊度和含砂量超标情况下就结束试验，移交投产，结果投产初期水一直浑浊，最后用深井泵断断续续抽水半年之久，水的物性指标才基本符合要求。造在这种现象的原因，是因试验工作程序简化工作精度低，对井深  $32\text{m}$  附近的岩溶裂隙段含泥砂情况没有查明，成井时也未采取洗井或封闭措施造成。

因此，抽水试验应按试验程序取全取准第一手资料，各程序的工作精度要按规程要求执行，为水量水质评价提供依据。为此应依据钻探、洗井资料和委托任务要求编制抽水试验设计书。明确提出止水性质和深度，设备类型和安装要求，洗井、试抽和正式抽水试验要求，及环境地质监测要求。试验设计书内容和格式参见表 2-2-2。

##### (二) 洗井时间与效果

为了保证获得正确的抽水试验资料，抽水试验井要及时进行洗井工作，疏通裂隙充填物，了解环境地质现象。当前因受不正常的市场竞争和经营作风影响，在水勘凿井风险大费用偏低的情况下，施工单位不是从加强管理提高效率赢得经济效益，而是采用降低洗井程序工作标准，缩短施工时间为本单位创收。一旦遇到管井地下水难以洗清时，往往出现洗井工作不彻底现象，把彻底洗清管井的工作留给开采阶段，造成水源井投产后影响社会效益，给开采留下隐患。

##### (三) 降深值间距与水位流量稳定延续时间

有些供水井由于降深值间距过小，相邻降深点的水位、流量很接近，不能客观反映涌水量曲线形状，无法准确确定涌水量曲线类型，失去了多点降深的意义和目的，而且常出现抽水试验资料反常。下表列举的三口水源井抽水试验资料，均出现反常。

表4-2-2 水源井水文地质试验设计书 单位 第 号

施工钻机	试验层位	试验目的	试验方法	试验段距	由	m至	m
需要说明的地质、水文地质情况			试验钻孔、邻近观测点分布示意图	与试验段有关的钻孔结构及试验装置图			
止水深度、材料、方法和要求							
洗井和试抽要求							
设备	试验设备	测流量工具	测水位工具	测水位绳	不少于 m		
工具							
设备规格	泵 (提桶)	水	管	风	管	测	水管
下入深度(m)	规格	深度	规格	深度	规格	深度	深度
初定下入最大深度							
改定下入最大深度							抽水结束后孔深不得少于 m
试验要求	初定	改定	静止水位观测要求	恢复水位观测要求			
水位降低次数							
每次降距(m)							
每次稳定时间(m)							
水位误差(%)							
流量误差(%)							

技术负责人： 水文地质组长： 工程负责人： 材料负责人： 设计编制人： 年 月 日

表 2-2-3

序号	降深次数	降深值	涌水量	单位涌水量	抽水延时	抽水稳时
		(米)	(升/秒)	(升/秒·米)	(时)	(时)
I	1	1.22	11.20	9.18	16	2
	2	1.30	10.50	8.08	16	3
II	1	21.10	6.98	0.3308	稳定时间短	
	2	23.10	7.73	0.3346		
III	1	40.00	2.55	0.064	稳定时间短	
	2	41.90	2.97	0.071		

I 号井二个降深点的间距仅 0.08m，出现降深大的涌水量值反而小于降深小的涌水量值，Q~S 曲线呈疏干状态；II、III 号井二个降深点的间距分别为 2m 和 1.9m，均存在降深大的单位涌水量反而大于降深小的单位涌水量值。上述这些反常的抽水试验资料，按要求应进行原因分析和抽水试验验证。

I 号井，水量较大，而且抽水试验时间仅 32 小时，不可能出现地下水被疏干的情况：那么出现这种反常资料，应该结合抽水方法分析或验证，因为正向抽水试验当含水带被堵塞时，或反向抽水试验含水带进一步畅通时，均能出现这种反常资料。但是从该井水文地质条件分析，资料反常的原因可能是使用的抽水设备、水位、流量跳动大，稳定时间短造成。

II、III 号井单位涌水量出现反常的原因：一是降深大的点，获得低水位含水带地下水的补给。二是正向抽水中含水带溶隙进一步疏通，或反向抽水中深隙含水带被堵塞造成；三是反向抽水中，因地下水补给来源不足引起。但是从这二口井目前开采情况分析，II 号井可能是溶隙进一步疏通造成，因该井开采半年之久，仍然时常出浑水。III 号井因地下水补给来源不足引起，因该井开采量仅几十立方米，为勘察时提交水量的 1/4。

因此，抽水试验水位下降次数，应根据勘察水源井的目的而定。需要做三个降深点试验的勘探井，其降深值应尽可能分别达到水柱高度的 1/3，1/4，1/6；达不到时，最大降深值宜不小于 10 米，其余二个降深值分别为最大降深值的 1/3 和 2/3。这样才能获得井的涌水量特征曲线，正确选择计算水文地质参数的公式，有可能推算井的最大出水量，并验证水文地质参数的计算是否准确。对单井水源生产来说，抽水试验目的可结合设计需水量决定水位下降次数，如果勘察区没有水文地质资料，宜做三次水位降低试验；若勘察区水文地质资料较多，抽水试验中水量已远远超过设计需要水量，又不存在干扰现象，或水量已达到井的极限出水能力，水位下降次数可适当减少。

在地下水补给条件较差地区，管井抽水试验一般是水量小，水位呈阶梯状下降，水源井投产后往往出现水量保证程度低。

在稳定流抽水试验中，常遇到在规定的时间内，水位变化幅度不超过规定的数

值，但是从相邻的时间间隔内水位变化的对比来看，水位实际上并没有稳定，而呈现持续上升或下降的趋势。因此，动水位稳定与否，单看水位的波动范围是不够的，更主要的是考虑水位有无持续上升和下降的趋势。如果水位呈现阶梯状下降，为提高水量保证程度，应延长稳定延续时间。规范中规定稳定延续时间，主是为了检查抽水试验段，由井中抽出的水量与地下水对井的补给量是否已经达到平衡，但是达到两者平衡的时间，对各种补给条件和不同含水带是不一样的，所以稳定延续时间应根据管井水文地质条件和试验资料确定，不要硬套。

#### （四）现场资料整理

由于原始记录表格不齐全，对观测资料检查制度不完善，造成资料零乱掉失现象时有发生，因资料整理不及时，现场没有绘制水位和流量关系曲线图，到抽水试验结束整理资料时，有时发现资料达不到规程要求，或出现抽水试验资料反常现象，给评价水文地质条件和产品质量造成严重损失。因此，为了提高工作质量和产品质量，指导抽水试验工作正常顺利地进行，在现场要求及时地初步整理勘察成查资料。抽水试验过程中应初步整理下列资料：

1. 认真做好各项成果资料的编录整理工作，为编制勘察报告打好基础，为研究解决抽水试验过程中的具体问题提供依据。
2. 根据电测井资料，结合钻探和岩芯鉴定描述资料，确定含水带厚度和埋藏深度，提出止水深度和要求。
3. 抽水试验整个过程，必须及时地检查观测资料，发现错误应及时纠正，对错误数据只准划改不能涂改。
4. 每一降深点抽水试验结束前，要算出稳定阶段内水位降低和涌水量的平均值，稳定延长时间和误差率。
5. 绘制水位和流量关系曲线，绘制抽水试验历时曲线图，指导抽水试验工作，检查抽水试验成果是否正常。
6. 恢复水位与自然水位差值大时，在现场应进行原因分析，为水量评价提供依据。

## 二、钻探、抽水原始记录表格

由于施工水源井的队伍人员装备不完善，技术管理制度不健全，多数施工队伍因原始记录表格不齐全，出现钻探、抽水试验原始数据不全，原始记录零乱和掉失现象，给技术资料归档、分析、研究和检查工程质量带来诸多不便。兹将几种常用的抽水试验，常用原始记录表格列后仅供参考。

1. 抽（放）水试验记录表 表 2-2-4。
2. 止水记录表 表 2-2-5。
3. 抽水试验资料成果表 表 2-2-6。

区别

表 4-2-4

表 录 记 验 试 水 (放) 抽

[illegible]

第 页

### 水文地质人员

记录员

长  
班



地区\_\_\_\_\_号水源井\_\_\_\_\_止水记录表

施工钻机号

试验层位

表 4-2-5

止水时管井深度	m																		
止水段管井井径	mm																		
要求隔离层位																			
止水岩石名称																			
套管下	设计要求																		
入深度	实际达到																		
止水管管直径	mm																		
止水	名称																		
材料	投入方法																		
止水材	捣实前																		
料高度	捣实后																		
丝扣止水材料																			
扫孔前	水位观测历时	时	分																
	水位变化																		
扫孔后	水位观测历时	时	分																
	水位变化																		
反止水时	架桥深度																		
	架桥材料																		

机长：\_\_\_\_\_ 大班记录员：\_\_\_\_\_ 班长：\_\_\_\_\_ 钻探人员：\_\_\_\_\_ 水文人员：\_\_\_\_\_

单位\_\_\_\_\_第\_\_\_\_\_号水源井

表 4-2-6 抽水试验资料成果表

钻机号		纵坐标		横坐标		高程		止水套管直径		mm	
试验段距		自		至		m		试验层位		m	
试验段(孔径/深度)		mm/m		抽水工具				管井深度		m	
含水层	起深	m		要石名称		过		口径		mm	
	止深	m		含水层段主		过滤管		孔隙率		%	
	总厚	m						下入孔内深度		m	
自然水位		深度		标高		延长时间		平衡时间		m	
恢复水位		深度		标高		延长时间		平衡时间			
抽水序列	延续时间(h)	稳定时间(h)	振水(m)	水位降低值(m)	涌水量(l/s)	单位涌水量(d/s·m)	渗透系数(m/d)	影响半径(m)	水位误差(%)	流量误差(%)	邻近观测孔泉号及 主要水文地质现象
水柱高		(米)		Kcp	Rcp						
计算公式	K										
	R						质量等级				

抽水试验资料成果表(副页)

含水层判定	岩石名称	累 计	
	起~止深度	层数	厚度
	厚度		
	方法		



试验时地下水露头观测点分布示意图  
(或用恢复水位观测计算渗透系数算式等)

### 三、水样试验

水质成果是评价水源并取得社会效益的重要指标，涉及人体健康的一项重要工作。当前水质检验单位较多，有的检验单位检验按 GB 5749—85 要求缺项较多，存在化验精度偏差大，因此，送样化验时应选择成果可靠级别较高的检验单位。另外在水样采取、保存和送检中要给予高度重视，应遵循下列技术要求：

1. 根据水的用途或设计要求，在抽水试验将要结束前采集水样进行检验。
2. 采集水样的容器，应符合下列要求：
  - (1) 容器应选用硬质玻璃瓶或聚乙烯瓶。
  - (2) 容器必须洗净，采样时应用采样水洗三次。
3. 水样应在抽水设备的出水管口处采集，采集数量宜为 2~3 升，特殊项目的水样的采集数量，应符合有关规定。
4. 卫生细菌检验用的水样容器，必须进行灭菌处理，并应保证水样在保存、运送过程中不受污染。
5. 水样采集后，应贴上标签置于阴凉处，并及时送交检验。需要加入保存剂的水样，应符合有关规定。

### 第四节 资料综合整理

#### 一、资料综合整理存在的问题

##### (一) 资料不齐全，缺少下列各类资料

- (1) 抽水试验各类原始记录表格。
- (2) 抽水试验历时曲线图。
- (3) 抽水试验施工技术资料图表。
- (4) 水质分析成果资料。
- (5) 作了水文物探或电测井，没有资料。
- (6) 水文地质图或管井平面位置图及剖面图。

##### (二) 资料不完整，缺少下列数据

- (1) 孔斜值；
- (2) 管井结构深度。
- (3) 不同岩性及含隔水层（段）的岩心采取率。

(4) 抽水试验稳定区间的降深 ( $S$ ), 流量 ( $Q$ ) 误差数值。

(5) 水质分析中的生化指标。

(6) 抽水试验的年、月时间。

(7) 抽水试验期间没有观测气温和水温。

### (三) 资料有误, 作图有错或不正规

(1) 井斜偏差  $1^\circ$  时, 有的写成  $89^\circ$ 。

(2) 抽水试验降深应从管井中自然水位 (稳定水位) 计算, 不应从管井口计算。

(3) 是反向抽水时, 第一次最大降深和相应的最大流量应是  $S_3$ 、 $Q_3$  或  $S_2$ 、 $Q_2$  (作两次降深时), 不应写成  $S_1$ 、 $Q_1$ ; 若是顺向抽水试验第一次降深才应是  $S_1$ 、 $Q_1$ 。

(4) 抽水试验延续时间 (抽水总时间) 和稳定延续时间 (降深和流量在规范规定的允许误差范围内的延长时间) 两表不能混淆。

(5) 抽水试验历时曲线要作抽水全过程的曲线, 不能仅作稳定区间较平直的曲线段。

(6) 抽水试验只作一次降深时, 有的工程绘制出  $Q$ 、 $S$  和  $q$ 、 $s$  曲线是无依据的。

(7)  $Q$ 、 $S$  曲线一般通过  $O$  点, 当有自流量时例外。

(8) 当  $Q$ 、 $S$  曲线是抛物线型时,  $q$ 、 $s$  曲线是斜线, 而不是平行线; 当  $Q$ 、 $S$  同线是直线型时,  $q$ 、 $s$  曲线是平行线, 而不是斜线。

(9) 在技术资料表中有某种资料的栏目, 但没有填写数据。

### (四) 其它质量问题

(1) 抽水试验稳定延续时间较短, 未按规定规定。

(2) 作两次或三次降深, 各次降深距离太小。

(3) 没有特殊情况, 只作了一次降深。

(4) 在抽水现场和抽水试验过程中未及时绘制历时曲线; 稳定区间不作  $Q$ 、 $S$  的误差计算, 当抽水试验已结束在整理资料时, 才发现稳定延续时间不够,  $Q$ 、 $S$  严重超差。

(5) 未在抽水试验结束之前采取水样进行水质分析。

(6) 各种原始记录资料没有清整成册和保存。

## 二、资料综合整理的内容与要求

供水管井成井后, 应绘制综合图表编入文字报告中。

### (一) 抽水试验钻孔 (供水管井) 柱状图及结构图

一般都应附该图件, 只是其成图内容, 整理格式、比例尺大小各异。一般而言, 该图内容应包括地层时代、地层代号、层底标高、层底深度、岩层厚度、地层柱状及钻孔 (管井) 结构、岩性及水文地质描述、岩层倾角、岩芯采取率、动水位变化曲线、电测井曲线、测斜深度和孔的偏斜度、稳定水位 (自然水位) 深度及标高等。其中地层柱状图及

钻孔结构图的比例尺一般为  $1/200 \sim 1/500$  为宜（见供水管井抽水试验综合成果图）。

### （二）抽水试验综合成果资料表

抽水试验综合成果资料表应包括含水层位顶板、底板及层厚、地下水位（抽水前后的水位深度）、抽水降深次数，抽水起止时间（包括开始时间、结束时间、延续时间、稳定延续时间）、水位恢复时间、水位降深、抽水量、单位涌水量、水位和充量稳定时误差、降深和流量推算值、抽水前后井深数据等（见综合成果图）。

### （三）抽水试验历时曲线图

该图是抽水试验最基本的图件之一，按要求在抽水试验现场和抽水过程中绘制，很醒目地看见整个抽水试验的降次、是反向抽水或是顺向抽水、抽水总延续时间、稳定延续时间、稳定时的降深大小和水量多少。有的抽水试验的附图中，没有绘制该图件，即使有也残缺不全，有的在曲线上没有标明稳定时间、稳定时的降深和流量数据；或没有水位恢复曲线；没有标明抽水前钻孔稳定水位（自然水位）线或数据；没有抽水过程中气温和水温的变化曲线等。

### （四）抽水试验 $Q$ 、 $S$ 关系曲线图

该曲线能反映地下水的类型；根据曲线的形状，可判断抽水试验是否正确、是否稳定；也可以判断抽水时地下水补给源是否充足等。要根据水文地质条件及抽水设备能力，尽量作两次或三次降深，每次降深的距离应适当，使各降深点在  $Q$ 、 $S$  曲线上均匀分布，三点相连就能客观反映曲线的形状。若曲线是抛物线时，地下水是潜水类型；曲线是直线时，地下水是承压水类型；抛物线较严重向下弯曲时，说明抽水试验是消耗静储量为主；地下水补给源不足。若曲线是其它形状，说明抽水试验有的降深段还没有达到稳定或其它原因，具体情况应作具体的客观分析和判断。按要求，已作了一次降深时，应在现场初步绘制该曲线，推算和预测下次降深的深度和水量的大小，有意的控制抽水设备的风量或转速，使之尽快地达到稳定。在曲线上的各稳定点都应标出降深和水量的数据（见综合成果图）。

### （五）抽水试验 $q$ 、 $s$ 曲线图

$q$ 、 $s$  曲线是根据抽水试验实际资料绘制而成，是与  $Q$ 、 $S$  曲线相对应，若  $Q$ 、 $S$  曲线是抛物线，该曲线是斜线；若  $Q$ 、 $S$  曲线是直线，该曲线是平行线，当该曲线出现其它形状时，要作分析和解释（见综合成果图）。

### （六）抽水试验施工安装技术资料图表

有了该图表，能了解抽水试验安装类型，出水管与送风管配备的合理性，沉没比的大小，抽水动力机械的类型，抽水试验观测的方法等。一般需制表，还要绘制安装示意图（见综合成果图）。