

第五章 建设场地地下水勘察的基本要求

本章重点：本章介绍了地下水勘察的基本要求、水文地质参数的测定方法及对地下水

和土的腐蚀性的评价要求

学习要求：通过学习，要明确地下水对岩土工程的影响及对地下水的勘察评价要求。

在工程建设中，地下水的存在与否与建筑工程的安全和稳定有很大的影响。地下水在岩土工程勘察、设计和施工过程中始终是一个极为重要的问题。地下水既作为岩土体的组成部分直接影响岩土性状与力学性能，又作为工程建筑物的环境，影响工程建筑物的稳定性和耐久性。由于地下水会对岩土体及建筑物（或构筑物）产生作用以及对工程施工带来各种问题，所以在岩土工程勘察时，应着眼于建筑工程的设计和施工需要，提供地下水的完整资料，评价地下水的作用和影响，预测地下水可能带来的后果并提出工程措施。

第一节 地下水对岩土工程的影响作用

一、地下水的静水压力及浮托作用

地下水对水位以下的岩土体有静水压力的作用，并产生浮托力。静水压力对岩土体的作用体现在进行基底压力和土压力计算时应考虑地下水静水压力。地下水位以下的这种浮托力符合阿基米德浮力原理。即当岩土体的节理裂隙或孔隙中的水与岩土体外界的地下水相通时，其浮托力应为岩土体的岩石体积部分或土颗粒体积部分的浮力。

当建筑物位于粉土、砂土、碎石土和节理裂隙发育的岩石地基上时，按设计水位 100% 计算浮托力；当建筑物位于节理裂隙不发育的岩石地基上时，按设计水位的 50% 计算浮托力。当建筑位于粘性土地基上时，其浮托力较难确切地确定，应结合地区的实际经验考虑。

《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002)规定，确定地基承载力设计值时，无论是基础底面以下的天然重度或是基础底面以上土的加权平均重度的确定，地下水位以下均取有效重度。一般来说，土体的有效重度是饱和重度的 1/2，由此可知，有地下水存在时，由于地下水对土体的浮托力的作用，土体的有效重量将减轻 50%。

二、地下水的潜蚀作用

潜蚀作用通常产生于粉细砂、粉土地层中，即在施工降水等活动过程中产生水头差，在动水压力作用下，土颗粒受到冲刷，将细颗粒冲走，使土的结构遭到破坏。产生潜蚀作用的条件如下：

(1) 当土的不均匀系数 $d_{60} / d_{10} > 10$ 时易产生。

(2) 当上下两土层的渗透系数 $K_1 / K_2 > 2$ ，且其中一层为粉土或粉细砂层时，在两土层界面处易产生。

(3) 当渗透水流的水力坡度大于产生潜蚀的临界水力坡度时易产生，产生潜蚀的临界坡降按下式计算：

$$I_c = (G-1)(1-n) + 0.5n \quad (5-1)$$

式中： I_c ——临界坡降；

G ——土颗粒密度；

n ——土的孔隙度，以小数计。

三、流砂现象

流砂现象通常也是在粉细砂和粉土地层中产生，即粉细砂和粉土被水饱和和产生流动的现象，易产生流砂的条件如下：

(1)水力坡度大于临界水力坡度时，即动水压力超过土粒重量时易产生流砂，其临界水力坡降按下式计算：

$$I_c=(G-1)(1-n) \quad (5-2)$$

式中符号意义同前。

(2)粉细砂或粉土的孔隙度愈大，愈易形成流砂。

(3)粉细砂或粉土的渗透系数愈小，排水性能愈差时，愈易形成流砂。

四、基坑突涌

当基坑下部有承压水层时，应评价基坑开挖所引起的承压水头压力，冲毁基坑底板造成突涌的可能性，通常是按压力平衡进行验算的。如图 5-1 所示，粘土层底部单位面积上受到承压水的浮托力为 $r_w \cdot h$ ，粘土层层底单位面积上的土压力为 $r \cdot h_0$ ，若粘土层底面土压力小于浮托力，即

$$r_w \cdot h < r \cdot h_0 \quad (5-3)$$

$$\text{或 } h_0 = \frac{r_w}{r} h \quad (5-4)$$

则槽底的粘土层可能被承压水拱起而破坏。因此，在确定基础埋深或进行基坑开挖时，槽底的粘土层厚度必须满足式(5-4)，否则应当采取人工降低地下水水位措施，以保证槽底的安全。

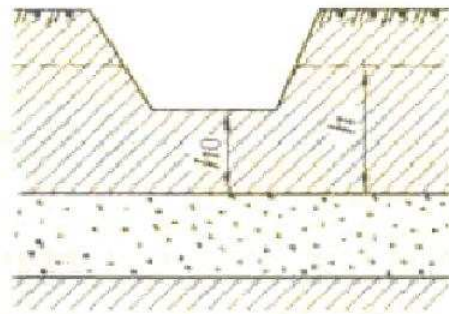


图5-1 承压水对槽底的浮托作用

五、地面沉降

在进行基坑降水或工程排水时，在地下水位下降的影响范围内，应考虑由于排水是否能够造成地面沉降及其对工程以及邻近建筑物的危害。特别是对于欠固结饱和土体以及部分正常固结的饱和土体，根据有效应力原理，地基所受的总的应力等于有效应力与孔隙水应力之和，即

$$\sigma = \sigma' + u \quad (5-5)$$

式中： σ ——总应力；

σ' ——有效应力；

u ——孔隙水应力。

在上式中，地基所受的总的应力(上覆压力)不变，而随着水位的降低，孔隙水压力逐渐减小，反之，引起地基土层压缩的有效应力 σ' 则逐渐增大，从而引起土层压缩，导致地面沉降。

此外，在验算边坡稳定性以及挡土墙压力时，应考虑地下水及其动水压力的不利影响。在基坑疏干排水时应对土的渗透性、涌水量进行计算与评价。

六、水和土对建筑材料的腐蚀性

建筑工程的基础通常都埋于地下，周围的土和地下水中的有害离子成分，会对建筑物的混凝土和钢筋产生腐蚀作用。这种腐蚀作用对建筑材料的危害很大，尽管在建筑设计时，考虑到水和土对建筑物的腐蚀作用，采取了相应的防护措施，但仍然会对建筑物造成破坏，严重时会影响建筑物的安全与稳定。

《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002)规定，当基础处于侵蚀性环境或受温度影响时，尚应符合国家现行的有关强制性规范的规定，采取相应的防护措施。因而在勘察中，除对有足够经验和充分资料的地区可以不进行水、土腐蚀性评价外，其他地区均应采取水、土试样，进行腐蚀性分析

第二节 岩土工程中的地下水勘察

一、地下水的勘察要求

1. 岩土工程勘察应根据工程要求,通过搜集资料和勘察工作,掌握下列水文地质条件:

- (1) 地下水的类型和赋存状态;
- (2) 主要含水层的分布规律;
- (3) 区域性气候资料,如年降水量、蒸发量及其变化和对地下水位的影响;
- (4) 地下水的补给排泄条件、地表水与地下水的补排关系及其对地下水位的影响;
- (5) 勘察时的地下水位、历史最高地下水位、近3~5年最高地下水位、水位变化趋势和主要影响因素;

(6) 是否存在对地下水和地表水的污染源及其可能的污染程度。

2. 对缺乏常年地下水位监测资料的地区,在高层建筑或重大工程的初步勘察时,宜设置长期观测孔,对有关层位的地下水进行长期观测。

3. 对高层建筑或重大工程,当水文地质条件对地基评价、基础抗浮和工程降水有重大影响时,宜进行专门的水文地质勘察。

二、专门水文地质勘察

1. 专门的水文地质勘察应符合下列要求:

(1) 查明含水层和隔水层的埋藏条件,地下水类型、流向、水位及其变化幅度,当场地有多层对工程有影响的地下水时,应分层量测地下水位,并查明互相之间的补给关系;

(2) 查明场地地质条件对地下水赋存和渗流状态的影响;必要时应设置观测孔,或在不同深度处理设孔隙水压力计,量测压力水头随深度的变化;

(3) 通过现场试验,测定地层渗透系数等水文地质参数。

2. 水试样的采取和试验应符合下列规定:

(1) 水试样应能代表天然条件下的客观水质情况;采集钻孔、观测孔、民井和观测井、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) 水试样的采取和试验项目应符合本章第三节的规定;

(3) 水试样应及时试验,清洁水放置时间不宜超过72小时,稍受污染的水不宜超过48小时,受污染的水不宜超过12小时。

3. 水试样采集的一般要求

①取水容器一般为塑料瓶或带磨口玻璃塞的玻璃瓶。且取样前必须用蒸馏水清洗干净。取样时先用所取的水冲洗瓶塞和容器三次,然后将样缓慢注入容器。且其顶部应留出10~20mm空间。瓶口应采用石蜡封口,并做好采样记录,贴好水试样标签,填写送样清单,尽快送试验室进行检验。

②取不稳定成分的水试样时,如当水中含有游离 CO_2 时,应及时加入稳定剂,并严防杂物混入。具体见表5-1。

③水试样送检过程中,应采取防冻及防爆晒措施,且存放期限不得超过水试样最大保存期限。

④水试样采集数量:简分析一般取水量为500~1000mm,全分析为2000~3000mm。

表 5-1 含有某些不稳定成分水试样的采集方法

须专门测定度 不稳定成分	取样数量 (L)	处置方法及加入稳定剂数量	注意事项
侵蚀性 CO ₂	0.25~0.3	加 2~3 克大理石粉	同时取筒(全)分析样
总硫化物	0.3~0.5	加 10mL1:3 醋酸镉溶液或加 2~3mL25%的醋酸锌溶液和 1mL4%的氢氧化钠溶液	称水样(带瓶子)的重量
铁	0.5	淡水加 15~20mL 醋酸-醋酸盐缓冲溶液 (pH=4); 矾水及酸性水加 5mL1:1 硫酸溶液及 0.5~1.0g 硫酸氨	所用盐酸不应含有欲测的金属离子,严格防止砂土颗粒混入
溶解氧	0.3	加 13mL 坚信碘化钾溶液,然后加 3mL 氯化锰,摇匀密封。当水样含有大量有机物及还原物质时,首先加入 0.5mL 溴水(或高锰酸钾溶液)摇匀放置 24 小时,然后放入 0.5mL 水杨酸溶液,再按上述步骤进行	事先称取样瓶的容量,取样时注意瓶内不应留有空气并记录加入试剂总体积和水温
氮	1.0	加 0.7mL 浓硫酸酸化	保持冷冻,尽快运送分析

第三节 水文地质参数的测定

一、一般要求

1. 水文地质参数的测定方法应符合表 5-2 的规定。

表 5-2 水文地质参数的测定方法选择表

参数	测定方法
水位	钻孔、探井或测压管观测
渗透系数、导水系数	抽水试验、注水试验、压水试验、室内渗透试验
给水度、释水系数	单孔抽水试验、非稳定流抽水试验、地下水位长期观测、室内试验
越流系数、越流因数	多孔抽水试验(稳定流或非稳定流)
单位吸水率	注水试验、压水试验
毛细水上升高度	试坑观测、室内试验

注:除水位外,当对数据精度要求不高时,可采用经验数据

2. 地下水位的量测应符合下列规定:

- (1) 遇地下水时应量测水位;
- (2) 稳定水位应在初见水位后经一定的稳定时间后量测;
- (3) 对多层含水层的水位量测,应采取止水措施,将被测含水层与其他含水层隔开。

3. 初见水位和稳定水位可在钻孔、探井或测压管内直接量测,稳定水位的间隔时间按地层的渗透性确定,对砂土和碎石土不得少于 0.5h,对粉土和粘性土不得少于 8h,并宜在勘察结束后统一量测稳定水位。量测读数至厘米,精度不得低于±2cm。

4. 测定地下水流向可用几何法,量测点不应少于呈三角形分布的 3 个测孔(井)。测点间距按岩石的渗透性、水力梯度和地形坡度确定,宜为 50~100m。应同时量测各孔(井)内水位,确定地下水的流向。

地下水流速的测定可采用指示剂法或充电法。

5. 抽水试验应符合下列规定:

- (1) 抽水试验方法可根据渗透系数的应用范围具体选用不同的方法;
- (2) 抽水试验宜三次降深,最大降深应接近工程设计所需的地下水位降深的标高;
- (3) 水位量测应采用同一方法和仪器,读数对抽水孔为厘米,对观测孔为毫米;

(4) 当涌水量与时间关系曲线和动水位与时间的关系曲线,在一定范围内波动,而没有持续上升和下降时,可认为已经稳定;

(5) 抽水结束后应量测恢复水位。

6. 渗水试验和注水试验可在试坑或钻孔中进行。对砂土和粉土,可采用试坑单环法;对粘性土可采用试坑双环法;试验深度较大时可采用钻孔法。

7. 压水试验应根据工程要求,结合工程地质测绘和钻探资料,确定试验孔位,按岩层的渗透特性划分试验段,按需要确定试验的起始压力、最大压力和压力级数,及时绘制压力与压入水量的关系曲线,计算试段的透水率,确定 $p \sim Q$ 曲线的类型。

8. 孔隙水压力的测定应符合下列规定:

(1) 测定方法可根据试验的适用条件确定;

(2) 测试点应根据地质条件和分析需要布置;

(3) 测压计的安装和埋设应符合有关安装技术规定;

(4) 测试数据应及时分析整理,出现异常时应分析原因,并采取相应措施。

二、地下水水位测定

地下水水位测定所应用的水位计类型可测试精度和要求选用测钟、电池水位计或自动水位记录仪。地下水位的测定应符合下列要求:

(1) 岩土工程勘察中,凡遇含水地层时,均应测定地下水水位。可在钻孔或探井内直接量测初见水位和静止水位。

(2) 静止水位的量测应有一定的稳定时间,其稳定时间按含水地层的渗透性确定,需要时宜在勘察结束后统一量测静止水位。

(3) 当采用泥浆钻进时,测水位前应将测水管打入含水地层中 20cm 或洗孔后量测。

(4) 对多层含水层的水位量测,必要时应采取止水措施与其他含水层隔开。

(5) 量测读数至厘米,误差不得大于 $\pm 3\text{cm}$ 。

三、地下水流向流速测定

测定地下水流向宜采用几何法,即沿等边三角形顶点布置三个钻孔,孔距 50~100m(水力坡降越小,钻孔间距应越大),同时量测各钻孔内水位,用等水位线的垂线确定流向(如图 5-2 所示)。

地下水流速的测定宜采用指示剂法。当地下水流向确定后,沿流向线布置两个钻孔,上游钻孔投放指示剂,下游钻孔进行观测,指示剂投放孔与观测孔的距离由含水层的透水条件确定,见表 5-3。为避免指示剂绕观测孔流过,可在观测孔两侧 0.5~1.0m 处各布置一辅助观测孔,见图 5-3。按下式计算流速:

$$u = \frac{l}{t} \quad (5-6)$$

式中: u ——地下水实际流速, m/h;

l ——指示剂投放孔与观测孔距, m;

t ——观测孔内指示剂出现所需时间, h。

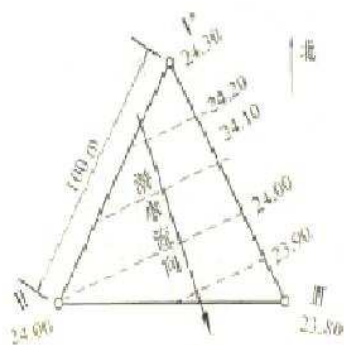


图5-2测定地下水流向的钻孔布置示意图

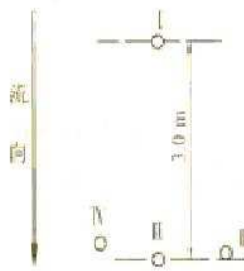


图5-3测定地下水流向的钻孔布置示意图

I—投剂孔； II—主要观测孔； III、IV—辅助观测孔

表 5-3 指示剂投放孔与观测间距

含水层条件	距离 (m)
粉土	1~2
细粒砂	2~5
含砾粗砂	5~15
裂隙发育的岩石	10~15
岩溶发育的石灰岩	>50

四、渗透系数测定

根据场地水文地质条件以及岩土工程设计施工的需要，渗透系数的测定可选择抽水试验、注水试验或压水试验等方法。

(一) 抽水试验

抽水试验是岩土工程勘察中查明建筑场地的地层渗透性，测定有关水文地质参数常用的方法之一。抽水试验方法可按表 5-4 的规定选用。

表 5-4 抽水试验方法和应用范围

试验方法	应用范围
钻孔或探井简易抽水 不带观测孔抽水 带观测孔抽水	粗略估算弱透水层的渗透系数 初步测定含水层的渗透系数 较准确测定含水层的各种参数

抽水试验分稳定流抽水试验和非稳定流抽水试验两种类型。

1. 稳定流抽水试验

抽水量与水位降深在规定的稳定延续时间内，不随时间而变化，同时相对稳定，宜进行三次降深，最大降深应接近工程设计所需的地下水位标高。按裘布依的基本公式或推导公式计算渗透系数，具体请查阅有关水文地质手册。

2. 非稳定流抽水试验

抽水量与水位降深随抽水时间的延续而变化。抽水降深应接近工程设计所需的地下水位标高。按泰斯基本公式或推导的公式计算渗透系数。具体请查阅有关水文地质手册。

抽水孔位置应根据试验的目的，结合场地水文地质条件、地形地貌条件等，布置在有代表性的地段。

观测孔的布置应围绕抽水孔，可布置 1~2 排，首先应布置在与地下水流向相垂直的方向上，当布置两排时，另一排应布置在平行地下水流向的方向上。与抽水孔的距离以 1~2 个含水层厚度为宜，并掌握近抽水孔处较密，远抽水孔处较稀，透水性强的岩土较透水性弱

的岩土距离较稀的原则。观测孔深度一般要求进入抽水试验段厚度之中,若为非均质含水层,观测孔的深度应与抽水孔相一致。

(二)注水试验

注水试验可在试坑或钻孔中进行。对于毛细管力作用不大的砂土和粉土,宜采用试坑法或试坑单环法;对于粘性土宜采用试坑双环法;当地下水位埋藏较深时,宜采用钻孔注水试验法。

(三)压水试验

在坚硬及半坚硬岩土层中,当地下水距地表很深时,常用压水试验测定岩层的透水性,多用于水库、水坝工程。

压水试验孔位,应根据工程地质测绘和钻探资料,结合工程类型、特点确定。并按照岩层的不同特性划分试验段,试验段的长度宜为5~10m。

压入水量是在某一个确定压力作用下,压入水量呈稳定状态的流量。当控制某一设计压力值呈现稳定后,每隔10mm测读压入水量,连续四次读数其最大差值小于最终值5%时为本级压力的最终压入水量。

根据压水试验成果可计算渗透系数K。

当试验段底板距离隔水层顶板之厚度大于试验段长度时,按式(5-7)计算:

$$K = 0.527 \frac{Q}{L \times P} \lg \frac{0.66L}{r} \quad (5-7)$$

式中:K——渗透系数, m/d;

Q——钻孔压水的稳定流量, L/min;

L——试验段长度, m;

P——该试验段压水时所加的总压力, N/cm²;

r——钻孔半径, m。

当试验段底板距离隔水层顶板之厚度小于试验段长度时,按式(5-8)计算:

$$K = 0.527 \frac{Q}{L \times P} \lg \frac{1.32L}{r} \quad (5-8)$$

式中符号意义同前。

五、毛细上升高度测定

由毛细力支持充填在岩土微细孔隙中的水称为毛细水;地下水面上被毛细水饱和的部分称为毛细水带;微细间隙和孔隙中的水在毛细力的吸引下自然上升的高度即为毛细水上升高度。毛细水能作垂直运动,能传递静水压力,毛细水对土的工程性质有一定影响。毛细水上升高度的测定可按以下方法确定。

(一)试坑直接观测法

适用于毛细水上升高度较大的粉土、粘性土。其方法是在试坑中观察坑壁潮湿变化情况,在干湿明显交界处为毛细水上升带的分界点,该点至地下水静止水面的距离即为毛细水上升高度。

(二)塑限含水量法

适用于粉土、粘性土。自地面至地下水面每隔15~20cm取土样测定天然含水量与塑限,并分别绘出其随深度的变化曲线,两线的交点到地下水面的高度,即为毛细水上升高度。

(三)最大分子吸水量法

适用于砂土,对中、粗砂用高柱法测定,对粉细砂用吸水介质法测定。以最大分子吸水量与天然含水量曲线的交点至地下水面的距离为毛细水上升高度。

五、孔隙水压力的测定

在饱和的地基土层中进行地基处理和基础施工过程中，往往产生孔隙水压力的变化，而孔隙水压力对土体的变形和稳定性有很大影响，因此在工程施工中对土体中孔隙水压力的量测非常重要。

孔隙水压力测试点应根据地层岩性、渗透性能的变化、工程性质以及基础形式等进行布置。孔隙水压力的测定方法可按表 5-5 确定。

测压计的安装埋设要符合有关安装技术规定，并按照各压力计使用说明给出的计算公式计算土中孔隙水压力，经数据分析整理计算后，出现异常时应找出原因，并采取相应措施。

表 5-5 孔隙水压力测定方法和适用条件

仪器类型		适用条件	测定方法
测压计式	立管式测压计	渗透系数大于 10^{-4} cm/s 的均匀孔隙含水层	将带有过滤器的测压管打入土层，直接在管内测量
	水压式测压计	渗透系数低的土层，量测由潮汐涨落、挖方引起的压力变化	用装在孔壁的小型测压计探头，地下水压力通过塑料管传至水银压力计测定
	电测式测压计（电阻应变式、钢弦应变式）	各种土层	孔压通过透水石传导至膜片，引起挠度变化，用接受仪测定
	气动测压计	各种土层	利用两根排气管使压力为常数，传来的孔压在透水元件中的水压阀产生压差测定
孔压静力触探仪		各种土层	在探头上装有多孔透水过滤器、压力传感器，再贯入过程中测定

第四节 地下水作用的评价

一、一般要求

（一）地下水力学作用的评价

地下水力学作用的评价应包括下列内容：

1. 对基础、地下结构物和挡土墙，应考虑在最不利组合情况下，地下水对结构物的上浮作用，原则上应按设计水位计算浮力；对节理不发育的岩石和粘土且有地方经验或实测数据时，可根据经验确定；

有渗流时，地下水的水头和作用宜通过渗流计算进行分析评价；

2. 验算边坡稳定时，应考虑地下水及其动水压力对边坡稳定的不利影响；

3. 在地下水位下降的影响范围内，应考虑地面沉降及其对工程的影响；当地下水位回升时，应考虑可能引起的回弹和附加的浮托力；

4. 当墙背填土为粉砂、粉土或粘性土，验算支挡结构物的稳定时，应根据不同排水条件评价静水压力、动水压力对支挡结构物的作用；

5. 在有水头压差的粉细砂、粉土地层中，应评价产生潜蚀、流砂、涌土、管涌的可能性；

6. 在地下水位下开挖基坑或地下工程时，应根据岩石的渗透性、地下水补给条件，分析评价降水或隔水措施的可行性及其对基坑稳定和邻近工程的影响。

（二）地下水的物理、化学作用的评价

地下水的物理、化学作用的评价应包括下列内容：

1. 对地下水位以下的工程结构，应评价地下水对混凝土、金属材料的腐蚀性，评价方法应按规范执行；

2. 对软质岩石、强风化岩石、残积土、湿陷性土、膨胀岩土和盐渍岩土，应评价地下水的聚集和散失所产生的软化、崩解、湿陷、胀缩和潜蚀等有害作用；

3. 在冻土地区，应评价地下水对土的冻胀和融陷的影响。

(三) 工程降水评价要求

对地下水采取降低水位措施时，应符合下列规定：

1. 施工中地下水位应保持在基坑底面以下 0.5~1.5m；
2. 降水过程中应采取有效措施，防止土颗粒的流失；
3. 防止深层承压水引起的突涌，必要时应采取降低基坑下的承压水头。
4. 当需要进行工程降水时，应根据含水层渗透性和降深要求，选用适当的降低水位方法。

几种方法有互补性时，亦可组合使用。

二、水和土的腐蚀性评价

岩土工程勘察时，除按含水层埋藏条件划分地下水类型、测定初见水位和稳定水位、评价地下水的动力作用和物理化学作用之外，由于地下水中所含的侵蚀性 CO_2 、 SO_4^{4-} 、 Cl^- 、 H^+ 等介质对混凝土结构物和钢结构及设备的腐蚀破坏也是比较明显的，故在工程上要對地下水和土的腐蚀性进行评价。

(一) 取样要求

地下水和土的取样和测试方法对水和土的检测结果影响很大，对工程项目的地下部分来说，更是必要的评价内容。取样必须依照规范严格把关，防止取样过程的污染。

根据《规范》要求，水和土试样的采取和试验应符合下列规定：

1. 当有足够经验或充分资料，认定工程场地的土或水(地下水或地表水)对建筑材料不具腐蚀性时，可不取样进行腐蚀性评价。否则，应取水试样或土试样进行试验，并按本下列要求评定其对建筑材料的腐蚀性。

2. 采取水试样和土试样应符合下列规定：水试样和土试样的采取应符合下列规定：

(1) 混凝土或钢结构处于地下水位以下时，应采取地下水试样和地下水位以上的土试样，并分别作腐蚀性试验；

(2) 混凝土或钢结构处于地下水位以上时，应采取土试样做土的腐蚀性试验；

(3) 混凝土或钢结构处于地表水中时，应采取地表水试样做水的腐蚀性试验；

(4) 水和土的取样数量每个场地不应少于各 2 件，对建筑群不宜少于各 3 件。

(二) 腐蚀性测试

地下水腐蚀性测试项目应按表 5-6 规定执行。

(三) 腐蚀性评价

1. 受环境类型影响，水和土对混凝土结构的腐蚀性，应符合表 5-7 的规定；表中环境类型的划分按表 5-8 执行。

表 5-6 腐蚀性试验项目

序号	测试项目	测试方法
1	pH 值	电位法或锥形电极法
2	Ca ²⁺	EDTA 容量法
3	Mg ²⁺	EDTA 容量法
4	Cl ⁻	摩尔法
5	SO ₄ ²⁻	EDTA 容量法
6	HCO ₃ ⁻	酸滴定法
7	CO ₃ ²⁻	酸滴定法
8	侵蚀性 CO ₂	盖耶尔法
9	游离 CO ₂	纳氏试剂比色法
10	NH ₄ ⁺	水杨酸比色法
11	OH ⁻	酸滴定法
12	总矿化度	质量法
13	氧化还原电位	铂电极法
14	极化曲线	两电极恒电流法
15	电阻率	四极法
16	质量损失	管罐法

注：①序号 1~7 为判定土腐蚀性需试验的项目，序号 1~9 为判定水腐蚀性需试验的项目；
 ②序号 10~12 为水质受严重污染时需试验的项目，序号 13~16 为土对钢结构腐蚀性试验项目；
 ③序号 1 对水试样为电极法，对土试样为锥形电极法（原位测试）；序号 2~12 为室内试验项目；序号 13~15 为原位测试项目；序号 16 为室内扰动土的试验项目；
 ④土的易溶盐分析土水比为 1：5。

表 5-7 按环境影响水和土对混凝土结构的腐蚀性评价

腐蚀等级	腐蚀介质	环境类别		
		I	II	III
弱	硫酸盐含量 SO ₄ ²⁻ (mg/L)	250~500	500~1500	1500~3000
中		500~1500	1500~3000	3000~6000
强		>1500	>3000	>6000
弱	镁盐含量 Mg ²⁺ (mg/L)	1000~2000	2000~3000	3000~4000
中		2000~3000	3000~4000	4000~5000
强		>3000	>4000	>5000
弱	铵盐含量 NH ₄ ⁺ (mg/L)	100~500	500~800	800~1000
中		500~800	800~1000	1000~1500
强		>800	>1000	>1500
弱	苛性碱含量 OH ⁻ (mg/L)	35000~43000	43000~57000	57000~70000
中		43000~57000	57000~70000	70000~100000
强		>57000	>70000	>100000
弱	总矿化度 (mg/L)	10000~20000	20000~50000	50000~60000
中		20000~50000	50000~60000	60000~70000
强		>50000	>60000	>70000

注：①表中数据适用于有干湿交替作用的情况，无干湿交替作用时，表中数值应乘以 1.3 的系数；
 ②表中的数据适用于不冻区（段）的情况；对冰冻区（段），表中数值应乘以 0.8 的系数，对微冰冻区（段），表中数值应乘以 0.9 的系数；
 ③表中数值适用于水的腐蚀性评价，对土的腐蚀性评价，表中数值应乘以 1.5 的系数；单位以 mg/kg 土表示；
 ④表中苛性碱（OH⁻）含量（mg/L）应为 NaOH 和 KOH 中的 OH 含量。

表 5-8 环境类型分类

环境类别	场地环境地质条件
I	高寒区、干旱区直接临水；高寒区、干旱区含水量 $w \geq 10\%$ 的强透水土层或含水量 $w \geq 20\%$ 的弱透水土层
II	湿润区直接临水；湿润区含水量 $w \geq 20\%$ 的强透水土层或含水量 $w \geq 30\%$ 的弱透水土层
III	高寒区、干旱区含水量 $w < 20\%$ 的弱透水土层或含水量 $w < 10\%$ 的强透水土层；湿润区含水量 $w \leq 30\%$ 的弱透水土层或含水量 $w < 20\%$ 的强透水土层

注：①高寒区是指海拔高度 $\geq 3000\text{m}$ 的地区；干旱区是指海拔高度 $< 3000\text{m}$ ，干燥系数 $K \geq 1.5$ 的地区；湿润区是指干燥系数 $K < 1.5$ 的地区；②强透土层是指碎石土、砾砂、粗砂、中砂、细砂；弱透土层是指粉砂、粉土和粘性土；③含水量 $w < 3\%$ 的土层，可视为干燥土层，不具有腐蚀环境条件；④当有地区经验时，环境类型可根据地区经验划分；但同一场地出现两种环境类型时，应根据具体情况选定。

2. 受地层渗透性影响，水和土对混凝土结构的腐蚀性评价，应符合表 5-9 的规定。

表 5-9 按地层渗透性水和土对混凝土结构的腐蚀性评价

腐蚀等级	pH 值		侵蚀性 $\text{CO}_2(\text{mg/L})$		$\text{HCO}_3^- (\text{mmol/L})$	
	A	B	A	B	A	B
弱	5.0~6.5	4.0~5.0	15~30	30~60	1.0~0.5	—
中	4.0~5.0	3.5~4.0	30~60	60~100	<0.5	—
强	<4.0	<3.5	>60	—	—	—

注：①表中 A 是指直接临水或强透水土层的地下水；B 是指弱透水土层中的地下水；② HCO_3^- 含量是指水的矿化度低于 0.1g/L 的软水时，该类水质 HCO_3^- 离子的腐蚀性；③土的腐蚀性评价只考虑 pH 值指标，评价其腐蚀性时，A 是指含水量 $w \geq 20\%$ 的强透水性土层，B 是指含水量 $w \geq 30\%$ 的弱透水土层。

当按表 5-7 和 5-9 评价的腐蚀等级不同时，应按下列规定综合评定：

- (1) 腐蚀等级中，只出现弱腐蚀，无中等腐蚀或强腐蚀时，应综合评价为弱腐蚀；
- (2) 腐蚀等级中，无强腐蚀；最高为中等腐蚀时，应综合评价为中等腐蚀；
- (3) 腐蚀等级中，有一个或一个以上为强腐蚀，应综合评价为强腐蚀。

3. 水和土对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性评价，应符合表 5-10 的规定。

表 5-10 对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性评价表

腐蚀等级	水中的 Cl^- 含量 (mg/L)		土中的 Cl^- 含量 (mg/kg)	
	长期浸水	干湿交替	$w < 20\%$ 的土层	$w \geq 20\%$ 的土层
弱	>5000	100~500	400~750	250~500
中	—	500~5000	750~7500	500~5000
强	—	>5000	>7500	>5000

注：当水或土中同时存在氯化物和硫酸盐时，表中的 Cl^- 含量是指氯化物中的 Cl^- 与碳酸盐折算成的 Cl^- 之和，即 Cl^- 的含量 = $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} \times 0.25$ 。单位分别为 mg/L 和 mg/kg。

4. 水和土对钢结构的腐蚀性评价应当分别符合表 5-11 和表 5-12 的规定。

表 5-11 水对钢结构的腐蚀性评价

腐蚀等级	pH 值, (Cl ⁻ +SO ₄ ²⁻) 含量 mg/L
弱	pH 值 3~11, (Cl ⁻ +SO ₄ ²⁻) < 500
中	pH 值 3~11, (Cl ⁻ +SO ₄ ²⁻) > 500
强	pH 值 < 3, (Cl ⁻ +SO ₄ ²⁻) 任何浓度

注：①表中系指氧能自由溶入的水以及地下水；
 ②本表亦适合于钢管道；
 ③如水的沉淀物中有褐色絮状沉淀（铁）、悬浮物中有褐色生物膜、绿色丛块，或有硫化氢臭，应当作铁细菌、硫酸盐还原细菌的检查，查明有无细菌腐蚀。

表 5-12 水对钢结构的腐蚀性评价

腐蚀等级	pH	氧化还原电位 (mV)	电阻率 (Ω·m)	极化电流密度 (mA/cm ²)	质量损失 (g)
弱	5.5~4.5	> 200	> 100	< 0.05	< 1
中	4.5~3.5	200~100	100~50	0.05~0.20	1~2
强	3.5	< 100	< 50	> 0.20	> 2

5. 水、土对建筑材料腐蚀的防护，应符合现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》(GB50046)的规定。