

# 污水处理常规分析控制指标最全总结

## 1. 废水的主要物理特性指标有哪些？

(1)温度：废水的温度对废水处理过程的影响很大，温度的高低直接影响微生物活性。一般城市污水处理厂的水温为 10~25 摄氏度之间，工业废水温度的高低与排放废水的生产工艺过程有关。

(2)颜色：废水的颜色取决于水中溶解性物质、悬浮物或胶体物质的含量。新鲜的城市污水一般是暗灰色，如果呈厌氧状态，颜色会变深、呈黑褐色。工业废水的颜色多种多样，造纸废水一般为黑色，酒糟废水为黄褐色，而电镀废水蓝绿色。

(3)气味：废水的气味是由生活污水或工业废水中的污染物引起的，通过闻气味可以直接判断废水的大致成分。新鲜的城市污水有一股发霉的气味，如果出现臭鸡蛋味，往往表明污水已经厌氧发酵产生了硫化氢气体，运行人员应当严格遵守防毒规定进行操作。

(4)浊度：浊度是描述废水中悬浮颗粒的数量的指标，一般可用浊度仪来检测，但浊度不能直接代替悬浮固体的浓度，因为颜色对浊度的检测有干扰作用。

(5)电导率：废水中的电导率一般表示水中无机离子的数量，其与来水中溶解性无机物质的浓度紧密相关，如果电导率急剧上升，往往是有异常工业废水排入的迹象。

(6)固体物质：废水中固体物质的形式(SS、DS 等)和浓度反映了废水的性质，对控制处理过程也是非常有用的。

(7)可沉淀性：废水中的杂质可分为溶解态、胶体态、游离态和可沉淀态四种，前三种是不可沉淀的，可沉淀态杂质一般表示在 30min 或 1h 内沉淀下来的物质。

## 2. 废水的化学特性指标有哪些？

废水的化学性指标很多，可以分为四类：①一般性水质指标，如 pH 值、硬度、碱度、余氯、各种阴、阳离子等；②有机物含量指标，生物化学需氧量 BOD5、化学需氧量 CODCr、总需氧量 TOD 和总有机碳 TOC 等；③植物性营养物质含量指标，如氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、磷酸盐等；④有毒物质指标，如石油类、重金属、氰化物、硫化物、多环芳烃、各种氯代有机物和各种农药等。

在不同的污水处理厂，要根据来水中污染物种类和数量的不同确定适合各自水质特点的分析项目。

## 3. 一般污水处理厂需要分析的主要化学指标有哪些？

一般污水处理厂需要分析的主要化学指标如下：

(1)pH 值：pH 值可以通过测量水中的氢离子浓度来确定。pH 值对废水的生物处理影响很大，硝化反应对 pH 值更加敏感。城市污水的 pH 值一般在 6~8 之间，如果超出这一范围，往往表明有大量工业废水排入。对于含有酸性物质或碱性物质的工业废水，在进入生物处理系统之前需要进行中和处理。

(2)碱度：碱度能反应出废水在处理过程中所具有的对酸的缓冲能力，如果废水具有相对高的碱度，就可以对 pH 值的变化起到缓冲作用，使 pH 值相对稳定。碱度表示水样中与强酸中的氢离子结合的物质的含量，碱度的大小可用水样在滴定过程中消耗的强酸量来测定。

(3)CODCr: CODCr 是废水中能被强氧化剂重铬酸钾所氧化的有机物的数量，以氧的 mg/L 计。

(4)BOD5: BOD5 是废水中有机物被生物降解所需要的氧量，是衡量废水可生化性的指标。

(5)氮：在污水处理厂中，氮的变化和含量分布为工艺提供参数。污水处理厂进水中的有机氮和氨氮含量一般较高，而硝酸盐氮和亚硝酸盐氮含量一般较低。初沉池氨氮的增加一般表明沉淀污泥开始厌氧，而二沉池硝酸盐氮和亚硝酸盐氮的增加，表明硝化作用已经发生。生活污水中氮的含量一般为 20~80mg/L，其中有有机氮 8~35mg/L，氨氮为 12~50mg/L，硝酸盐氮

和亚硝酸氮的含量很低。工业废水中有机氮、氨氮、硝酸氮和亚硝酸氮含量因水而异，有的工业废水中氮的含量极低，在利用生物法处理时，需要投加氮肥以补充微生物所需的氮含量，而出水中氮的含量过高时，又需要进行脱氮处理，以防止受纳水体出现富营养化现象。

(6)磷：生物污水中磷的含量一般为 2~20mg/L，其中有机磷 1~5mg/L，无机磷为 1~15mg/L。工业废水中磷的含量差别很大，有的工业废水中磷的含量极低，在利用生物法处理时，需要投加磷肥以补充微生物所需的磷含量，而出水中磷的含量过高时，又需要进行除磷处理，以防止受纳水体出现富营养化现象。

(7)石油类：废水中的油大多是不溶于水的，且浮在水面上。进水中的油会影响充氧效果，导致活性污泥中的微生物活性降低，进入到生物处理构筑物的混合污水含油浓度通常不能大于 30~50mg/L。

(8)重金属：废水中的重金属主要来自工业废水，其毒性很大。污水处理厂通常没有较好的处理方法，通常需要在排放车间内进行就地处理达到国家排放标准后再进入排水系统，如果污水处理厂出水中重金属含量上升，往往说明预处理出现了问题。

(9)硫化物：水中的硫化物超过 0.5mg/L 后，就带有令人厌恶的臭鸡蛋味，且有腐蚀性，有时甚至会引起硫化氢中毒事件。

(10)余氯：使用氯消毒时，为保证在输送过程中微生物的繁殖，出水中余氯(包括游离性余氯和化合性余氯)是消毒工艺的控制指标，一般不超过 0.3mg/L。

#### 4. 废水的微生物特性指标有哪些？

废水的生物性指标有细菌总数、大肠菌群数、各种病原微生物和病毒等。医院、肉类联合加工企业等废水排放前必须进行消毒处理，国家有关污水排放标准对此已经作出了规定。污水处理厂一般不对进水中的生物性指标进行检测和控制，但对处理后的污水排放之前要进行消毒处理，以控制处理污水对受纳水体的污染。如果对二级生物处理出水再进行深度处理后回用，就更需要在回用前进行消毒处理。

(1)细菌总数：细菌总数可作为评价水质清洁程度和考核水净化效果的指标，细菌总数增多说明水的消毒效果较差，但不能直接说明对人体的危害性有多大，必须结合粪大肠菌群数来判断水质对人体的安全程度。

(2)大肠菌群数：水中大肠菌群数可间接地表明水中含有肠道病菌(如伤寒、痢疾、霍乱等)存在的可能性，因此作为保证人体健康的卫生指标。污水回用做杂用水或景观用水时，就有可能与人体接触，此时必须检测其中粪大肠菌群数。

(3)各种病原微生物和病毒：许多病毒性疾病都可以通过水传染，比如引起肝炎、小儿麻痹症等疾病的病毒存在于人体的肠道中，通过病人粪便进入生活污水系统，再排入污水处理厂。污水处理工艺对这些病毒的去除作用有限，在将处理后污水排放时，如果受纳水体的使用价值对这些病原微生物和病毒有特殊要求时，就需要消毒并进行检测。

#### 5. 反映水中有机物含量的常用指标有哪些？

有机物进入水体后，将在微生物的作用下进行氧化分解，使水中的溶解氧逐渐减少。当氧化作用进行的太快、而水体不能及时从大气中吸收足够的氧来补充消耗的氧时，水中的溶解氧可能降得很低(如低于 3~4mg/L)，进而影响水中生物正常生长的需要。当水中的溶解氧耗尽后，有机物开始厌氧消化，发生臭气，影响环境卫生。

由于污水中所含的有机物往往是多种组分的极其复杂的混合物，因而难以一一分别测定各种组分的定量数值。实际上常用一些综合指标，间接表征水中有机物含量的多少。表示水中有机物含量的综合指标有两类，一类是以与水中有机物量相当的需氧量(O<sub>2</sub>)表示的指标，如生化需氧量 BOD、化学需氧量 COD 和总需氧量 TOD 等；另一类是以碳(C)表示的指标，如总有机碳 TOC。对于同一种污水来讲，这几种指标的数值一般是不同的，按数值大小的排列顺序为 TOD>CODCr>BOD<sub>5</sub>>TOC

## 6. 什么是总有机碳?

总有机碳 TOC(英文 Total Organic Carbon 的简写)是间接表示水中有机物含量的一种综合指标,其显示的数据是污水中有机物的总含碳量,单位以碳(C)的 mg/L 来表示。TOC 的测定原理是先将水样酸化,利用氮气吹脱水样中的碳酸盐以排除干扰,然后向氧含量已知的氧气流中注入一定量的水样,并将其送入以铂钢为触媒的石英燃烧管中,在 900°C~950°C 的高温下燃烧,用非色散红外气体分析仪测定燃烧过程中产生的 CO<sub>2</sub> 量,再折算出其中的含碳量,就是总有机碳 TOC(详见 GB13193--91)。测定时间只需要几分钟。

一般城市污水的 TOC 可达 200mg/L,工业废水的 TOC 范围较宽,最高的可达几万 mg/L,污水经过二级生物处理后的 TOC 一般<50mg/L,较清洁的河水 TOC 一般<10mg/L。在污水处理的研究中,有用 TOC 作为污水有机物指标的,但在常规污水处理运行中一般不分析这个指标。

## 7. 什么是总需氧量?

总需氧量 TOD(英文 Total Oxygen Demand 的简写)是指水中的还原性物质(主要是有机物)在高温下燃烧后变成稳定的氧化物时所需要的氧量,结果以 mg/L 计。TOD 值可以反映出水中几乎全部有机物(包括碳 C、氢 H、氧 O、氮 N、磷 P、硫 S 等成分)经燃烧后变成 CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O、NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub> 等时所需要消耗的氧量。可见 TOD 值一般大于 COD<sub>Cr</sub> 值。目前我国尚未将 TOD 纳入水质标准,只是在污水处理的理论研究中应用。

TOD 的测定原理是向氧含量已知的氧气流中注入一定量的水样,并将其送入以铂钢为触媒的石英燃烧管中,在 900°C 的高温下瞬间燃烧,水样中的有机物即被氧化,消耗掉氧气流中的氧。氧气流中原有氧量减去剩余氧量就是总需氧量 TOD。氧气流中的氧量可以用电极测定,因而 TOD 的测定只需几 min。

## 8. 什么是生化需氧量?

生化需氧量全称为生物化学需氧量,英文是 Biochemical Oxygen Demand,简称为 BOD,它表示在温度为 20°C 和有氧的条件下,由于好氧微生物分解水中有机物的生物化学氧化过程中消耗的溶解氧量,也就是水中可生物降解有机物稳定化所需要的氧量,单位为 mg/L。BOD 不仅包括水中好氧微生物的增长繁殖或呼吸作用所消耗的氧量,还包括了硫化物、亚铁等还原性无机物所耗用的氧量,但这一部分的所占比例通常很小。因此,BOD 值越大,说明水中的有机物含量越多。

在好氧条件下,微生物分解有机物分为含碳有机物氧化阶段和含氮有机物的硝化阶段两个过程。在 20°C 的自然条件下,有机物氧化到硝化阶段、即实现全部分解稳定所需时间在 100d 以上,但实际上常用 20°C 时 20d 的生化需氧量 BOD<sub>20</sub> 近似地代表完全生化需氧量。生产应用中仍嫌 20d 的时间太长,一般采用 20°C 时 5d 的生化需氧量 BOD<sub>5</sub> 作为衡量污水有机物含量的指标。经验表明,生活污水和各种生产污水的 BOD<sub>5</sub> 约为完全生化需氧量 BOD<sub>20</sub> 的 70~80%。

BOD<sub>5</sub> 是确定污水处理厂负荷的一个重要参数,可用 BOD<sub>5</sub> 值计算废水中有机物氧化所需要的氧量。含碳有机物稳定化所需要的氧量可称为碳类 BOD<sub>5</sub>,如果进一步氧化,就可以发生硝化反应,硝化菌将氨氮转化为硝酸盐氮和亚硝酸盐氮时所需要的氧量可成为硝化 BOD<sub>5</sub>。一般的二级污水处理厂只能去除碳类 BOD<sub>5</sub>,而不去除硝化类 BOD<sub>5</sub>。由于在去除碳类 BOD<sub>5</sub> 的生物处理过程中,硝化反应不可避免地要发生,因此使得 BOD<sub>5</sub> 的测定值比实际有机物的耗氧量要高一些。

BOD 测定时间较长,常用的 BOD<sub>5</sub> 测定需要 5d 时间,因此一般只能用于工艺效果评价和长周期的工艺调控。对于特定的污水处理场,可以建立 BOD<sub>5</sub> 和 COD<sub>Cr</sub> 的相关关系,用 COD<sub>Cr</sub> 粗略估计 BOD<sub>5</sub> 值来指导处理工艺的调整。

## 9. 什么是化学需氧量?

化学需氧量的英文是 **Chemical Oxygen Demand**，它是指在一定条件下，水中有机物与强氧化剂(如重铬酸钾、高锰酸钾等)作用所消耗的氧化剂折合成氧的量，以氧的 **mg/L** 计。

当用重铬酸钾作为氧化剂时，水中有机物几乎可以全部(90%~95%)被氧化，此时所消耗的氧化剂折合成氧的量即是通常所称的化学需氧量，常简称为 **CODCr**(具体分析方法见 **GB 11914--89**)。污水的 **CODCr** 值不仅包含了水中的几乎所有有机物被氧化的耗氧量，同时还包括了水中亚硝酸盐、亚铁盐、硫化物等还原性无机物被氧化的耗氧量。

#### 10. 什么是高锰酸钾指数(耗氧量)?

用高锰酸钾作为氧化剂测得的化学需氧量被称为高锰酸钾指数(具体分析方法见 **GB 11892--89**)或耗氧量，英文简称为 **CODMn** 或 **OC**，单位为 **mg/L**。

由于高锰酸钾的氧化能力比重铬酸钾要弱，同一水样的高锰酸钾指数的具体值 **CODMn** 一般都低于其 **CODCr** 值，即 **CODMn** 只能表示水中容易氧化的有机物或无机物的含量。因此，我国及欧美等许多国家都把 **CODCr** 作为控制有机物污染的综合指标，而只将高锰酸钾指数 **CODMn** 作为评价监测海水、河流、湖泊等地表水体或饮用水有机物含量的一种指标。

由于高锰酸钾对苯、纤维素、有机酸类和氨基酸类等有机物几乎没有氧化作用，而重铬酸钾对这些有机物差不多都能氧化，因此使用 **CODCr** 作为表示废水的污染程度和控制污水处理过程的参数更为合适。但由于高锰酸钾指数 **CODMn** 测定简单、迅速，在对较清静的地表水进行水质评价时仍使用 **CODMn** 来表示其受到的污染程度，即其中的有机物数量。

#### 11. 如何通过分析废水的 **BOD5** 与 **CODCr** 来判定废水的可生化性?

当水中含有有毒有机物时，一般不能准确测定废水中的 **BOD5** 值，而采用 **CODCr** 值可以较准确地测定水中有机物的含量，但 **CODCr** 值又不能区别可生物降解和不可生物降解的物质。人们习惯于利用测定污水的 **BOD5/CODCr** 来判断其可生化性，一般认为，污水的 **BOD5/CODCr** 大于 0.3 就可以利用生物降解法进行处理，如果污水的 **BOD5/CODCr** 低于 0.2，则只能考虑采用其他方法进行处理。

#### 12. **BOD5** 与 **CODCr** 的关系如何?

生化需氧量 **BOD5** 表示的是污水中有机污染物在进行生化分解过程中所需要的氧量，能够直接从生物化学意义上说明问题，因此 **BOD5** 不仅仅是一个重要的水质指标，更是污水生物处理过程中的一个极为重要的控制参数。但是，**BOD5** 在使用上也受到一定限制，一是测定时间较长(5d)，不能及时反映和指导污水处理装置的运行，二是因为有些生产污水不具备微生物生长繁殖的条件(如存在有毒有机物)，无法测定其 **BOD5** 值。

化学需氧量 **CODCr** 则反映了污水中几乎所有有机物和还原性无机物的含量，只是不能象生化需氧量 **BOD5** 那样直接从生化意义上说明问题。也就是说，化验污水的化学需氧量 **CODCr** 值可以较准确地测定水中有机物含量，但化学需氧量 **CODCr** 不能区别可生物降解有机物和不可生物降解的有机物。

化学需氧量 **CODCr** 值一般高于生化需氧量 **BOD5** 值，其间的差值能够约略地反映污水中不能被微生物降解的有机物含量。对于污染物成份相对固定的污水来说，**CODCr** 与 **BOD5** 之间一般都有一定的比例关系，可以互相推算。加上 **CODCr** 的测定所用时间较少，按回流 2h 的国家标准方法来化验，从取样到出结果，只需要 3~4h，而测定 **BOD5** 值却需要 5d 时间，因此在实际污水处理运行管理中，常利用 **CODCr** 作为控制指标。

为了尽快指导生产运行，有的污水处理场还制定了回流 5min 测定 **CODCr** 的企业标准，测得结果虽然与国家标准方法有一定误差，但由于误差为系统误差，连续监测的结果可以正确地反应水质的实际变化趋势，测定时间却可以减少到 1h 以内，对及时调整污水处理运行参数和防止水质突变对污水处理系统造成冲击，提供了时间上的保证，也就是说提高了污水处理装置出水的合格率。

### 13. CODCr 测定的注意事项有哪些?

CODCr 测定是以重铬酸钾为氧化剂,在酸性条件下利用硫酸银做催化剂,沸腾回流 2h,通过测定重铬酸钾的消耗量,再折算成的氧消耗量(GB11914--89)。CODCr 测定中使用了重铬酸钾、硫酸汞和浓硫酸等药品,或有剧毒或有强烈的腐蚀性,而且需要加热回流,因此操作必须在通风橱中进行,并且要十分精心,废液必须回收并单独处理。

为了促使水中还原性物质的充分氧化,需要加入硫酸银做催化剂,而为使硫酸银分布均匀,应将硫酸银溶于浓硫酸中,待其全部溶解后(约需 2d)再随起酸化作用的硫酸一起加入锥形瓶中。国家标准化验方法规定每测定一次 CODCr(20mL 水样)要加入 0.4gAg<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/30mLH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,但有关资料表明,对于一般的水样,投加 0.3gAg<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/30mLH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>是完全足量的,没有必要使用更多的硫酸银。对经常测定的污水水样,如果有充分的数据对照,可以适当减少硫酸银的用量。

CODCr 是污水中有机物含量的指标,因此测定时一定要将氯离子和无机还原物质的耗氧除去。对于 Fe<sup>2+</sup>、S<sup>2-</sup>等无机还原物的干扰,可根据其测定的浓度,由理论需氧量对已测的 CODCr 值加以校正。对氯离子 Cl<sup>-</sup> 的干扰,一般采用硫酸汞去除,其加入量为每 20mL 水样 0.4gHgSO<sub>4</sub> 时,可去除 2000mg/L 氯离子的干扰。对经常测定的各种成份相对固定的污水水样,如果氯离子含量较少或使用稀释倍数较高的水样测定,可以适当减少硫酸汞的用量。

### 14. 硫酸银的催化机理是什么?

硫酸银的催化机理是,有机物中含羟基的化合物在强酸性介质中首先被重铬酸钾氧化成羧酸,由羟基有机物生成的脂肪酸与硫酸银作用生成脂肪酸银,由于银原子的作用,使羧基很容易地生成二氧化碳和水,同时生成新的脂肪酸银,但其碳原子要比前者少一个,如此循环往复,逐步使有机物全部氧化成二氧化碳和水。

### 15. BOD5 测定的注意事项有哪些?

BOD5 测定通常采用标准稀释与接种法(GB 7488--87),其操作为,经中和及除去毒性物质并经稀释后的水样(必要时加入适量含好氧微生物的接种液)置入培养瓶中,于在 20°C 暗处培养 5d,通过分别测定培养前后水样中溶解氧的含量,来计算出 5d 内的耗氧量,再根据稀释倍数求得其 BOD<sub>5</sub>。

BOD<sub>5</sub> 的测定是生物作用和化学作用的共同结果,必须严格按照操作规范进行,变更任何一个条件,都将影响测定结果的准确性和可比性。影响 BOD<sub>5</sub> 测定的条件包括 pH 值、温度、微生物种类和数量、无机盐含量、溶解氧和稀释倍数等。

化验 BOD<sub>5</sub> 的水样必须充满并密封于取样瓶中,在 2~5°C 的冷藏箱内保存到分析时。一般应在采样后 6h 内进行检验,在任何情况下,水样的贮存时间不能超过 24h。

测定工业废水的 BOD<sub>5</sub> 时,由于工业废水通常溶解氧含量较少而且成分多为可生化降解的有机物,为保持培养瓶内的好氧状态,必须将水样稀释(或接种稀释),这一操作是标准稀释法的最大特征。为确保测得结果的可靠性,对于稀释后的水样培养 5d 的耗氧量必须大于 2mg/L,残留溶解氧必须大于 1mg/L。

投入接种液是为了保证有一定量的微生物降解水中的有机物,接种液的量以使 5 日耗氧 0.1mg/L 以下为佳。使用由金属蒸馏器制备的蒸馏水作为稀释水时,应注意检查其中的金属离子含量,以避免因此抑制微生物繁殖和代谢。为确保稀释水中溶解氧接近饱和,必要时可通入净化空气或纯氧,然后于在 20°C 培养箱中放置一定时间,使之与空气中氧分压达到平衡。

稀释倍数的确定是以培养 5 日耗氧大于 2mg/L,剩余溶解氧大于 1mg/L 为原则。稀释倍数过大或过小,都会导致检验失败。而且由于 BOD<sub>5</sub> 分析周期较长,一旦出现类似情况,就无法以原样补测。初测某一工业废水的 BOD<sub>5</sub> 时,可以首先测定其 CODCr,然后查阅参考已有的水质类似的废水的有关监测数据,初步确定待测水样 BOD<sub>5</sub>/CODCr 值,据此推算出 BOD<sub>5</sub>

的大致范围和确定稀释倍数。

对含有抑制或杀灭好氧微生物代谢活动的物质的水样，直接用通常方法测定 BOD<sub>5</sub> 的结果会偏离实际值，必须在测定前做相应的预处理，这些对 BOD<sub>5</sub> 测定有影响的物质和因素包括重金属及其他有毒的无机物或有机物、余氯等氧化性物质、pH 值过高或过低等。

#### 16. 测定工业废水的 BOD<sub>5</sub> 时为什么要进行接种?如何接种?

BOD<sub>5</sub> 的测定是一个生物化学耗氧过程，水样中的微生物以水中有机物为营养生长繁殖的同时，分解有机物并消耗了水中的溶解氧，因此水样中必须含有一定数量的对其中有机物有降解能力的微生物。

工业废水中一般都含有数量不等的有毒物质，这些有毒物质会对微生物的活动产生抑制作用，因此工业废水中自有微生物的数量很少甚至根本没有。如果采用测定微生物含量丰富的城市污水的普通方法，可能就检测不到废水中真正有机物的含量，至少是偏低。比如经高温和灭菌处理及 pH 过高或过低的水样，除了需要采取进行降温、还原杀菌剂或调整 pH 值等预处理措施外，为保证测定 BOD<sub>5</sub> 时的准确性，也必须进行有效接种。

测定工业废水的 BOD<sub>5</sub> 时，如果毒性物质含量太大，有时还要用药剂予以去除；如果废水呈酸性或碱性，还要先进行中和处理；而且通常水样要经过稀释，然后才能采用标准稀释法测定。向水样中水加入适量含经过驯化的好氧微生物的接种液(如处理这种工业废水的曝气池混合液)，就是为了使水样中含有一定数量的对有机物具有降解能力的微生物。在满足其他测定 BOD<sub>5</sub> 的条件下，利用这些微生物分解工业废水中的有机物，测定水样培养 5d 的耗氧量，即可得到工业废水的 BOD<sub>5</sub> 值。

污水处理场的曝气池混合液或二沉池出水是测定进入污水处理厂的废水 BOD<sub>5</sub> 时的理想的微生物种源。直接用生活污水接种，因其中溶解氧很少甚至没有，容易出现厌氧微生物，需要长时间培养驯化，因此，这种经过驯化的接种液仅适用于作为特定需要的某些工业废水。

#### 17. 测定 BOD<sub>5</sub> 时制取稀释水的注意事项有哪些?

稀释水的质量对 BOD<sub>5</sub> 的测定结果的准确性意义重大，因此要求稀释水空白 5 日耗氧必须小于 0.2mg/L，最好能控制在 0.1mg/L 以下，接种稀释水 5 日耗氧应在 0.3~1.0mg/L 之间。

保证稀释水质量的关键在于控制其有机物的含量最低和抑制微生物繁殖的物质含量最低，因此最好使用蒸馏水作为稀释水，不宜使用离子交换树脂制得的纯水作为稀释水，因为去离子水往往含有从树脂中分离出的有机物。如果制备蒸馏水的自来水中含有某些挥发性有机物，为预防其残留在蒸馏水中，就应在蒸馏前进行去除有机物的预处理。由金属蒸馏器制得的蒸馏水，应注意检查其中的金属离子含量，以免发生抑制微生物的繁殖和代谢，影响 BOD<sub>5</sub> 测定结果的准确性。

如果所用稀释水因含有有机物而不符合使用要求时，可采取加入适量曝气池接种液后，在室温或 20°C 条件下贮存一定时间的方法予以消除影响。接种的量以 5d 耗氧约 0.1mg/L 为原则，为防止藻类繁殖，贮存必须在暗室中进行。如果贮存后的稀释水有沉渣，只能取用上清液，可过滤去除沉渣。

为确保稀释水的溶解氧接近饱和，必要时可用真空泵或水射器吸入经净化的空气，也可用微型空压机注入经净化的空气，还可用氧气瓶通入纯氧，然后将经过充氧的稀释水在 20°C 培养箱中放置一定时间，使溶解氧达到平衡。冬季在较低室温放置的稀释水可能含有过多的溶解氧，夏季高温季节则恰好相反，因此在室温与 20°C 有明显差别时，一定要放置在培养箱内稳定一段时间，使之和培养环境的氧分压平衡。

#### 18. 测定 BOD<sub>5</sub> 时如何确定稀释倍数?

稀释倍数过大或过小，可导致 5d 耗氧量太少或太多，超出正常耗氧范围使实验失败。而由于 BOD<sub>5</sub> 的测定周期很长，一旦出现此类情况，就无法以原样补测。因此，必须十分重视稀释倍数的确定。

工业废水的组分虽然复杂，但其 BOD<sub>5</sub> 值与 COD<sub>Cr</sub> 值之比通常在 0.2~0.8 之间，造纸、印染、化工等废水比值较低，食品工业废水则较高。一些含有颗粒状有机物的废水如酒糟废水等，在测定其 BOD<sub>5</sub> 时，会由于颗粒物沉淀于培养瓶底不能参加生化反应，造成比值明显偏低。

稀释倍数的确定是按测定 BOD<sub>5</sub> 时，5d 耗氧应大于 2mg/L、剩余溶解氧大于 1mg/L 这两个条件为原则。稀释后当日培养瓶中的 DO 为 7~8.5mg/L，假设 5d 耗氧量为 4mg/L，则稀释倍数为 COD<sub>Cr</sub> 值分别与 0.05、0.1125、0.175 三个系数的乘积。例如用 250mL 培养瓶测定 COD<sub>Cr</sub> 为 200mg/L 的水样 BOD<sub>5</sub> 时，三个稀释倍数分别为：① $200 \times 0.05 = 10$  倍，② $200 \times 0.1125 = 22.5$  倍，③ $200 \times 0.175 = 35$  倍。如果采用直接稀释法，则取水样的体积分别为：① $250 \div 10 = 25$ mL，② $250 \div 22.5 \approx 11$ mL，③ $250 \div 35 \approx 7$ mL。

照此取样培养，将有 1~2 个测得的溶解氧结果符合上述两个原则。如果有两个稀释比符合上述原则，计算结果时，应取其平均值。如果剩余的溶解氧小于 1mg/L、甚至为零时，应加大稀释比。如果培养期间溶解氧消耗量小于 2 mg/L，一个可能是稀释倍数过大；另一个可能是微生物菌种不适应、活性差，或有毒物质的浓度过大，此时还可能出现稀释倍数大的培养瓶消耗溶解氧反而较多的现象。

如果稀释水为接种稀释水，由于空白水样耗氧为 0.3~1.0mg/L，所以稀释系数分别为 0.05、0.125 和 0.2。

如果已知水样 COD<sub>Cr</sub> 具体值或大概范围，可以较容易地按上述稀释倍数去分析其 BOD<sub>5</sub> 值。当不知道水样的 COD<sub>Cr</sub> 范围，为了缩短分析时间，可在测定 COD<sub>Cr</sub> 过程中进行估算。具体做法是：首先配制每升中含有 0.4251g 邻苯二甲酸氢钾的标准溶液(此液 COD<sub>Cr</sub> 值为 500mg/L)，然后按比例稀释成 COD<sub>Cr</sub> 值分别为 400mg/L、300mg/L、200mg/L、100mg/L 的稀溶液。分别移取 20.0mL COD<sub>Cr</sub> 值为 100mg/L~500mg/L 的标准溶液，按常法加入试剂，进行 COD<sub>Cr</sub> 值测定。加热煮沸回流 30min 后，自然冷却到常温再加盖保存，制成标准比色系列。按照常法测定水样的 COD<sub>Cr</sub> 值过程中，当煮沸回流进行到 30min 时，用预热后的标准 COD<sub>Cr</sub> 值色列进行对比，估算出水样的 COD<sub>Cr</sub> 值，依此确定化验 BOD<sub>5</sub> 时的稀释倍数。对含有难消解有机物的印染、造纸、化工等工业废水，必要时在煮沸回流到 60min 时再进行比色估算。

#### 19. 测定 BOD<sub>5</sub> 时水样稀释法有几种?操作注意事项有哪些?

测定 BOD<sub>5</sub> 时水样稀释法分一般稀释法和直接稀释法两种，其中一般稀释法需要使用的稀释水或接种稀释水数量较多。

一般稀释法是在 1L 或 2L 量筒中，加入稀释水或接种稀释水约 500mL，然后加入计算而得的一定体积的水样，再加稀释水或接种稀释水到满量程，用末端装有橡皮圆片的玻璃棒在水面下慢慢作上提或下沉式搅动，最后用虹吸管将已经混合均匀的水样溶液引入培养瓶中，并使充满溢出少许，小心盖紧瓶塞，并水封瓶口。对第二或第三个稀释倍数的水样，可利用剩余的混合液，经计算后在添加一定量的稀释水或接种稀释水，用同样的方法混合并引入培养瓶。

直接稀释法是先以虹吸法在已知容积的培养瓶中引入约一半容积的稀释水或接种稀释水，然后沿瓶壁注入根据稀释倍数计算出的每一培养瓶中应加入的水样体积，再引入稀释水或接种稀释水至瓶颈，小心盖紧瓶塞，并水封瓶口。

使用直接稀释法时，特别要注意最后引入稀释水或接种稀释水时一定不能过快。同时要摸索引入最适体积的操作规律，避免过量溢出而产生的误差。

无论使用哪种方法，在将水样引入培养瓶时，动作必须要轻缓，避免发生气泡，以防空气溶入水中或水中氧气溢出。同时要保证在盖紧瓶盖时一定要细心，避免瓶内留有气泡而影响测定结果。培养瓶在培养箱内培养时，每天都要检查其水封情况，及时补水，以防止封口

水份蒸干而使瓶内进入空气。此外，5d 前后使用的两个培养瓶的体积必须相同，以减小误差。

#### 20. 测定 BOD5 时可能出现的问题有哪些？

对有硝化作用的污水处理系统的出水进行 BOD5 测定时，由于其中含有很多硝化细菌，测定结果中就包含了氨氮等含氮物质的需氧量。当需要区分水样中含碳物质的需氧量和含氮物质的需氧量时，可采用在稀释水中加入硝化抑制剂的方法消除 BOD5 测定过程中的硝化作用，比如在每升稀释水中加入 10mg2-氯-6-(三氯甲基)吡啶或 10mg 丙烯基硫脲等。

BOD5/CODCr 接近 1 甚至大于 1，往往说明检测过程出现了差错，必须对检测的每个环节进行审核，尤其要注意水样取用是否均匀。而 BOD5/CODMn 接近 1 甚至大于 1 却可能是正常的，因为高锰酸钾对水样中有机组分的氧化程度要比重铬酸钾低很多，同一水样的 CODMn 值有时会比 CODCr 值低很多。

当出现规律性的稀释倍数越大、BOD5 值越高的现象时，原因通常是水样中含有抑制微生物生长繁殖的物质。稀释倍数低时，水样中所含抑制物质的比例就越大，使细菌无法进行有效的生物降解作用，导致 BOD5 的测定结果偏低。此时应查找抑菌物质的具体成分或原因，测定前进行有效地预处理予以消除或掩蔽。

BOD5/CODCr 偏低时，比如低于 0.2 甚至低于 0.1，如果测定的是工业废水，可能因为水样中的有机物可生物降解性很差，但如果测定的水样是城市污水或混有一定比例生活污水的工业废水，除了因为水样中含有化学毒性物质或抗菌素外，比较常见的原因是 pH 值非中性和存在余氯类杀菌剂等。为避免失误，在 BOD5 的测定过程中，水样和稀释水的 pH 值一定要分别调节到 7 和 7.2，对有可能存在余氯等氧化剂的水样，要作例行检查。

#### 21. 表示废水中植物营养物质指标有哪些？

植物营养物质包括氮、磷及其他一些物质，它们是植物生长发育所需要的养料。适度的营养元素可以促进生物和微生物的生长，过多的植物营养物质进入水体，会使水体中藻类大量繁殖，产生所谓“富营养化”现象，进而恶化水质、影响渔业生产和危害人体健康。浅水湖泊严重的富营养化可以导致湖泊沼泽化，直至致使湖泊死亡。

同时，植物营养物质又是活性污泥中微生物生长繁殖所必需的成份，是关系到生物处理工艺能否正常运转的关键因素。因此常规污水处理运行中都将水中植物营养物质指标作为一项重要的控制指标。

表示污水中植物营养物质的水质指标主要是氮素化合物(如有机氮、氨氮、亚硝酸盐和硝酸盐等)和磷素化合物(如总磷、磷酸盐等)，常规污水处理运行中一般都监测进出水中的氨氮和磷酸盐。一方面为了维持生物处理运转正常，另一方面为了检测出水是否达到国家排放标准。

#### 22. 常用氮素化合物的水质指标有哪些？它们的关系如何？

常用的代表水中氮素化合物的水质指标有总氮、凯氏氮、氨氮、亚硝酸盐和硝酸盐等。

氨氮是水中以  $\text{NH}_3$  和  $\text{NH}_4^+$  形式存在的氮，它是有机氮化物氧化分解的第一步产物，是水体受污染的一种标志。氨氮在亚硝酸盐菌作用下可以被氧化成亚硝酸盐(以  $\text{NO}_2^-$  表示)，而亚硝酸盐在硝酸盐菌的作用下可以被氧化成硝酸盐(以  $\text{NO}_3^-$  表示)。而硝酸盐也可以在无氧环境中在微生物的作用下还原为亚硝酸盐。当水中的氮主要以硝酸盐形式为主时，可以表明水中含氮有机物含量已很少，水体已达到自净。

有机氮和氨氮的总和可以使用凯氏(Kjeldahl)法测定(GB 11891--89)，凯氏法测得的水样氮含量又称为凯氏氮，因而通常所称的凯氏氮是氨氮和有机氮之和。将水样先行除去氨氮后，再以凯氏法测定，其测得值即是有机氮。如果分别对水样测定凯氏氮和氨氮，则其差值也是有机氮。凯氏氮可作为污水处理装置进水氮含量的控制指标，还可以作为控制江河湖海等自



然水体富营养化的参考指标。

总氮为水中有机氮、氨氮、亚硝酸盐氮和硝酸盐氮的总和，也就是凯氏氮与总氧化氮之和。总氮、亚硝酸盐氮和硝酸盐氮都可使用分光光度法测定，亚硝酸盐氮的分析方法见 GB7493-87，硝酸盐氮的分析方法见 GB7480-87，总氮分析方法见 GB 11894--89。总氮代表了水中氮素化合物的总和，是自然水体污染控制的一个重要指标，也是污水处理过程中的一个重要控制参数。

### 23. 氨氮测定的注意事项有哪些？

氨氮测定的常用方法是比色法，即纳氏试剂比色法(GB 7479--87)和水杨酸--次氯酸盐法(GB 7481--87)。水样的保存可采用浓硫酸酸化的方法，具体做法是用浓硫酸调整水样 pH 值至 1.5~2 之间，并在 40C 环境下贮存。纳氏试剂比色法和水杨酸--次氯酸盐法的最低检测浓度分别为 0.05mg/L 和 0.01mg/L(以 N 计)，当测定浓度为 0.2mg/L 以上的水样时，可以使用容量法(CJ/T75--1999)。为了获得准确的结果，无论采用哪种分析方法，测定氨氮时都要将水样预先蒸馏处理。

水样的 pH 值对氨的测定影响很大，pH 值太高，会使某些含氮的有机化合物转变为氨，pH 值太低，加热蒸馏时部分氨又会滞留水中。为了获得准确的结果，分析前应将水样调至中性，水样偏酸或偏碱，可用 1mol/L 氢氧化钠溶液或 1mol/L 的硫酸溶液调节 pH 值为中性。然后加入磷酸盐缓冲溶液，使其 pH 值保持在 7.4 后，再进行蒸馏处理。加热后氨即呈气态从水中挥发出来，此时再用 0.01~0.02mol/L 的稀硫酸(苯酚--次氯酸盐法)或 2%的稀硼酸(纳氏试剂法)吸收。

对于某些 Ca<sup>2+</sup>含量较大的水样，加入磷酸盐缓冲溶液后，由于 Ca<sup>2+</sup>与 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>生成了难溶的 Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 沉淀、释放出磷酸盐中的 H<sup>+</sup>降低了 pH 值，显然其他能与磷酸根生成沉淀的离子也能影响加热蒸馏时水样的 pH 值。也就是说，对于这样的水样，即使调节 pH 值为中性，又加入了磷酸盐缓冲溶液，结果 pH 值仍会远远低于期望值。因此，对于未知水样，在蒸馏后再测一下 pH 值，如果 pH 值不在 7.2~7.6 之间，就应当增加缓冲溶液的用量，一般每 250mg 钙多加 10mL 磷酸盐缓冲溶液。

### 24. 反映水中含磷化合物含量的水质指标有哪些？它们的关系如何？

磷是水生生物生长必需的元素之一，水中的磷绝大部分以各种形式的磷酸盐存在，少量以有机磷化合物的形式存在。水中的磷酸盐可分为正磷酸盐和缩合磷酸盐两大类，其中正磷酸盐指以 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>、HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>等形式存在的磷酸盐，而缩合磷酸盐包括焦磷酸盐、偏磷酸盐和聚合磷酸盐等，如 P<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>4-</sup>、P<sub>3</sub>O<sub>10</sub><sup>5-</sup>、HP<sub>3</sub>O<sub>9</sub><sup>2-</sup>、(PO<sub>3</sub>)<sub>6</sub><sup>3-</sup>等。有机磷化合物主要包括磷酸酯、亚磷酸酯、焦磷酸酯、次磷酸酯和磷酸胺等类型。磷酸盐和有机磷之和称为总磷，也是一项重要的水质指标。

总磷的分析方法(具体做法见 GB 11893--89)有两个基本步骤组成，第一步用氧化剂将水样中不同形态的磷转化为磷酸盐，第二步测定正磷酸盐，再反算求得总磷含量。常规污水处理运行中，都要监控和测定进入生化处理装置的污水及二沉池出水的磷酸盐含量。如果进水磷酸盐含量不足，就要投加一定量的磷肥加以补充；如果二沉池出水的磷酸盐含量超过国家一级排放标准 0.5mg/L，就要考虑采取除磷措施。

### 25. 磷酸盐测定的注意事项有哪些？

磷酸盐测定的方法是在酸性条件下，磷酸根同钼酸铵生成磷钼杂多酸，磷钼杂多酸用还原剂氯化亚锡或抗坏血酸还原成蓝色的络合物(简称钼蓝法 CJ/T78--1999)，也可以用碱性燃料生成多元有色络合物直接进行分光光度测定。

磷的水样不稳定，最好采集后立即分析。如果分析不能立即进行，每升水样加 40mg 氯化高汞或 1mL 浓硫酸防腐后，再贮于棕色玻璃瓶中放置于 40C 的冷藏箱内。如果水样仅用于分析总磷，可以不用防腐处理。

由于磷酸盐可以吸附于塑料瓶壁上，故不可用塑料瓶贮存水样。所使用的玻璃瓶都要用稀的热盐酸或稀硝酸冲洗，再用蒸馏水冲洗数次。

#### 26. 反映水中固体物质含量的各种指标有哪些？

污水中的固体物质包括水面的漂浮物、水中的悬浮物、沉于底部的可沉物及溶解于水中的固体物质。漂浮物是漂浮在水面上的、密度小于水的大块或大颗粒杂质，悬浮物是悬浮于水中的小颗粒杂质，可沉物是经过一段时间能在水体底部沉淀下来的杂质。几乎所有的污水中都有成分复杂的可沉物，成分主要是以有机物为主的可沉物被称为污泥，成分以无机物为主的可沉物被称为残渣。漂浮物一般难以定量化，其他几种固体物质则可以用以下指标衡量。

反映水中固体总含量的指标是总固体，或称全固形物。根据水中固体的溶解性，总固体可分为溶解性固体(Dissolved Solid，简称为DS)和悬浮固体(Suspend Solid，简称为SS)。根据水中固体的挥发性能，总固体可分为挥发性固体(VS)和固定性固体(FS，也叫灰分)。其中，溶解性固体(DS)和悬浮固体(SS)还可以进一步细分为挥发性溶解固体、不可挥发性溶解固体和挥发性悬浮固体、不可挥发性悬浮固体等指标。

#### 27. 什么是水的全固形物？

反映水中固体总含量的指标是总固体，或称全固形物，分为挥发性总固体和不可挥发性总固体两部分。总固体包括悬浮固体(SS)和溶解性固体(DS)，每一种也可进一步细分为挥发性固体和不可挥发性固体两部分。

总固体的测定方法是测定废水经过 103oC~105oC 蒸发后残留下来的固体物质的质量，其干燥时间、固体颗粒的大小与所用的干燥器有关，但在任何情况下，干燥时间的长短都必须以水样中的水分完全蒸干为基础，并以干燥后质量恒定为止。

挥发性总固体表示总固体在 600oC 高温下灼烧后所减轻的固体质量，因此也叫做灼烧减重，可以粗略代表水中有机物的含量。灼烧时间也像测定总固体时的干燥时间一样，应灼烧至样品中的所有碳全部挥发掉为止。灼烧后剩余的部分物质的质量，即为固定性固体，也称为灰分，可以粗略代表水中无机物的含量。

#### 28. 什么是溶解性固体？

溶解性固体也称为可过滤物质，可通过对过滤悬浮固体后的滤液在 103oC~105oC 温度下进行蒸发干燥后，测定残留物质的质量，就是溶解性固体。溶解性固体中包括溶解于水的无机盐类和有机物质。可用总固体减去悬浮固体的量来粗略计算，常用单位是 mg/L。

将污水深度处理后回用时，必须将其溶解性固体控制在一定范围内，否则不论用于绿化、冲厕、洗车等杂用水还是作为工业循环水，都会出现一些不利影响。建设部部标准《生活杂用水水质标准》CJ/T48--1999 规定：用于绿化、冲厕的回用水溶解性固体不能超过 1200 mg/L，用于洗车、扫除时的回用水溶解性固体不能超过 1000 mg/L。

#### 29. 什么是水的含盐量和矿化度？

水的含盐量也称矿化度，表示水中所含盐类的总数量，常用单位是 mg/L。由于水中的盐类均以离子的形式存在，所以含盐量也就是水中各种阴阳离子的数量之和。

从定义可以看出，水的溶解性固体含量比其含盐量要大一些，因为溶解性固体中还含有一部分有机物质。在水中有机物含量很低时，有时也可用溶解性固体近似表示水中的含盐量。

#### 30. 什么是水的电导率？

电导率是水溶液电阻的倒数，单位是  $\mu\text{s/cm}$ 。水中各种溶解性盐类都以离子状态存在，而这些离子均具有导电能力，水中溶解的盐类越多，离子含量就越大，水的电导率就越大。因此，根据电导率的大小，可以间接表示水中盐类总量或水的溶解性固体含量的多少。

新鲜蒸馏水的电导率为 0.5~2  $\mu\text{s/cm}$ ，超纯水的电导率小于 0.1  $\mu\text{s/cm}$ ，而软化水站排放的浓水电导率可高达数千  $\mu\text{s/cm}$ 。

#### 31. 什么是悬浮固体？

悬浮固体 SS 也称为不可过滤物质，测定方法是对水样利用 0.45 μm 的滤膜过滤后，过滤残渣经 103°C~105°C 蒸发干燥后剩余物质的质量。挥发性悬浮固体 VSS 指的是悬浮固体在 600°C 高温下灼烧后挥发掉的质量，可以粗略代表悬浮固体中有机物的含量。灼烧后剩余的那部分物质就是不可挥发性悬浮固体，可以粗略代表悬浮固体中无机物的含量。

废水或受污染的水体中，不溶性悬浮固体的含量和性质随污染物的性质和污染程度而变化。悬浮固体和挥发性悬浮固体是污水处理设计和运行管理的重要指标。

### 32. 为什么悬浮固体和挥发性悬浮固体是废水处理设计和运行管理的重要参数？

废水中悬浮固体和挥发性悬浮固体是污水处理设计和运行管理的重要参数。

对于二沉池出水的悬浮物含量，国家污水排放一级标准规定不得超过 70mg/L(城镇二级污水处理厂不得超过 20mg/L)，这是一项最重要的水质控制指标之一。同时悬浮物又是常规污水处理系统运行是否正常的指示指标，二沉池出水的悬浮物量发生异常变化或出现超标现象，说明污水处理系统出现了问题，必须采取有关措施使其恢复正常。

生物处理装置内的活性污泥中悬浮固体(MLSS)和挥发性悬浮固体含量(MLVSS)必须在一定数量范围内，而且对于水质相对稳定的污水生物处理系统，两者之间存在一定比例关系，如果 MLSS 或 MLVSS 超出特定范围或二者比值发生较大改变，必须设法使其恢复正常，否则势必造成生物处理系统出水水质发生变化，甚至导致包括悬浮物在内的各种排放指标超标。另外，通过测定 MLSS，还可以监测曝气池混合液的污泥体积指数，从而了解活性污泥及其他生物悬浮液的沉降特性和活性。

### 33. 悬浮固体的测定方法有哪些？

GB11901—1989 规定了重量法测定水中悬浮物的测定方法，测定悬浮固体 SS 时，一般是采集一定体积的废水或混合液，用 0.45 μm 滤膜过滤截留悬浮固体，以滤膜截留悬浮固体前后的质量差作为悬浮固体的量。一般废水和二沉池出水的 SS 常用单位是 mg/L，而曝气池混合液和回流污泥的 SS 常用单位是 g/L。

在废水处理场测定曝气混合液和回流污泥等 SS 值较大的水样时，对测定结果的精确度要求较低时，可以使用定量滤纸代替 0.45 μm 滤膜。这样既可以反应实际情况以指导实际生产的运行调整，又可以节约化验费用。但在测定二沉池出水或深度处理出水的 SS 时，必须使用 0.45 μm 滤膜进行测定，否则测定结果的误差会过大。

在废水处理过程中，悬浮物浓度是需要经常检测的工艺参数之一，比如进水悬浮物浓度、曝气内混合液污泥浓度、回流污泥浓度、剩余污泥浓度等。为快速测定 SS 值，废水处理场经常使用污泥浓度计，有光学型和超声波型等两种。光学型污泥浓度计的基本原理是利用光束在水中穿过时遇到悬浮颗粒会散射而强度减弱，光的散射同遇到的悬浮颗粒的数量、大小成一定比例，通过光敏电池来检测散射光和光的衰减程度，就可以推断水中污泥浓度。超声波型污泥浓度计的原理是利用超声波在废水中穿过时，超声波强度的衰减量与水中的悬浮颗粒浓度成正比，通过特制的传感器来检测超声波的衰减程度，就可以推断水中污泥浓度。

### 34. 悬浮固体测定的注意事项有哪些？

测定取样时，二沉池出水水样或生物处理装置内的活性污泥样必须具有代表性，应当去除其中的大颗粒的漂浮物或浸没于其中的非均质凝块物质。为防止滤片上残留物较多导致夹带水份并延长烘干时间，取样体积以产生 2.5~200mg 的悬浮固体量为佳。如果没有其他依据，悬浮物测定样品体积可以定为 100ml，而且要求必须经过充分混合。

测定活性污泥样品时，由于悬浮固体含量较大，经常会出现样品中悬浮固体量超过 200mg 的情况，此时必须要适当延长烘干时间，然后再移至干燥器内冷却到平衡温度后称重，反复烘干、干燥直至恒重或称重损失小于前次称重的 4%。为避免多次烘干、干燥、称重的操作过程，要严格控制每个操作步骤和时间一致，由一位化验员独立完成，以保证手法一致。

采集的水样应尽快分析测定，如果需要放置，可以贮存在 40C 的冷藏箱内，但水样的保存时间最长不能超过 7d。为使测定结果尽量精确，在测定曝气混合液等高 SS 值的水样时，可以适当减少水样的体积；而测定二沉池出水等低 SS 值水样时，可以适当加大测试水样的体积。

当测定回流污泥等高 SS 值的污泥浓度时，为防止滤膜或滤纸等过滤介质截留过多的悬浮物而夹带过多的水分，必须延长干燥的时间，恒重称量时，要注意重量的变化幅度。如果变化过大，往往说明滤膜上的 SS 外干而内湿，需要再延长干燥时间。

### 35. 什么是水的浊度？

水的浊度是一种表示水样的透光性能的指标，是由于水中泥沙、粘土、微生物等细微的无机物和有机物及其他悬浮物使通过水样的光线被散射或吸收、而不能直接穿透所造成的，一般以每升蒸馏水中含有 1mgSiO<sub>2</sub>(或硅藻土)时对特定光源透过所发生的阻碍程度为 1 个浊度的标准，称为杰克逊度，以 JTU 表示。

浊度计是利用水中悬浮杂质对光具有散射作用的原理制成的，其测得的浊度是散射浊度单位，以 NTU 表示。水的浊度不仅与水中存在的颗粒物质的含量有关，而且和这些颗粒的粒径大小、形状、性质等有密切的关系。

水的浊度高，不仅增加消毒剂的用量，而且影响消毒效果。浊度的降低，往往意味着水中有害物质、细菌和病毒的减少。水的浊度达到 10 度时，人们就可以看出水质浑浊。

### 36. 浊度的测定方法有哪些？

国家标准 GB13200—1991 规定的浊度测定方法有分光光度法和目视比色法两种，这两种方法测定的结果单位是 JTU。另外，还有使用光的散射作用测定水浊度的仪器法，浊度计测定的结果单位是 NTU。分光光度法适用于饮用水、天然水及高浊度水的检测，最低检测限为 3 度；目视比色法适用于饮用水和水源水等低浊度水的检测，最低检测限为 1 度。在实验室对二沉池出水或深度处理出水进行浊度检测时，前两种检测方法都可以使用；而污水处理厂的出水和深度处理系统的管道上进行浊度检测时，往往需要安装在线式浊度计。

在线式浊度计的基本原理和光学型污泥浓度计相同，两者的差别在于污泥浓度计所测量的 SS 浓度高，因而利用光吸收的原理，而浊度计测量的 SS 较低，因而利用光散射原理，测得穿过被测水的光的散射分量，即可推断水的浊度大小。

浊度是光与水中固体颗粒共同作用的结果，浊度大小与水中杂质颗粒的大小、形状以及由此引起的对光的折射系数等因素有关，因此，水中的悬浮物含量较高时，一般其浊度也较高，但两者之间又没有直接的相关关系。有时同样的悬浮物含量，但由于悬浮物的性质不同，测得的浊度值却有很大差异。因此，如果水中含有的悬浮杂质较多，应用测定 SS 的方法来准确反映水的污染程度或杂质的具体数量。

所有与水样接触的玻璃器皿必须清洁，清洁时可用盐酸或表面活性剂清洗。测定浊度的水样不能有碎屑及易沉颗粒，而且必须用具塞玻璃瓶收集，取样后尽快测定。特殊情况可在 40C 暗处短时间保存，最多保存 24h，而且测定前需要激烈振摇并恢复到室温。

### 37. 什么是水的色度？

水的色度是测量水的颜色时所规定的指标，水质分析中所称的色度通常指的水的真实颜色，即仅指水样中溶解性物质产生的颜色。因此在测定前，需要对水样进行澄清、离心分离或用 0.45 μm 滤膜过滤去除 SS，但不能用滤纸过滤，因为滤纸能吸收水的部分颜色。

用未经过滤或离心分离的原始样品进行测定的结果是水的表观颜色，即由溶解性物质和不溶性悬浮物质共同产生的颜色。一般不能用测定真实颜色的铂钴比色法测定和量化水的表观颜色，通常用文字来描述其深浅、色调以及透明程度等特征，然后用稀释倍数法进行测定。用铂钴比色法测得的结果和用稀释倍数法测定的色度值往往没有可比性。

### 38. 色度的测定方法有哪些？

色度的测定方法有铂钴比色法和稀释倍数法两种(GB 11903—1989)。两种方法应独立使用,测定的结果之间一般没有可比性。铂钴比色法测定适用于清洁水、轻度污染水并略带黄色的水,以及比较清洁的地表水、地下水、饮用水和中水、污水深度处理后的回用水等。而工业废水和污染较严重的地表水一般使用稀释倍数法测定其色度。

铂钴比色法是以 1L 水中含有 1mgPt(IV)和 2mg 六水氯化钴(II)时所具有的颜色计为 1 个色度标准单位,一般称为 1 度。1 个标准色度单位的配制方法是在 1L 水中加入 0.491mgK<sub>2</sub>PtCl<sub>6</sub>及 2.00mgCoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, 又称为铂钴标准,成倍地加入铂钴标准药剂就能得到成倍的标准色度单位。由于氯铂酸钾的价格昂贵,一般使用 K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 和 CoSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 按一定比例和操作步骤配制成代用色度标准溶液。在测定色度时,把待测水样与一系列不同色度的标准液进行比较,即可得到水样的色度。

稀释倍数法是将水样用光学纯水稀释至将近无色后移入比色管中,在白色背景下与同样液柱高度的光学纯水比较颜色深浅,如果发现有差异,再进行稀释,直到不能觉察出颜色为止,此时水样的稀释倍数即为表达水颜色强度的数值,单位是倍。

### 39. 什么是水的酸度和碱度?

水的酸度是指水中所含有的能与强碱发生中和作用的物质的量。形成酸度的物质有能全部离解出 H<sup>+</sup>的强酸(如 HCl、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)、部分离解出 H<sup>+</sup>的弱酸(H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、有机酸)和强酸弱碱组成的盐类(如 NH<sub>4</sub>Cl、FeSO<sub>4</sub>)等三类。酸度是用强碱溶液滴定而测定的。滴定时以甲基橙为指示剂测得的酸度称为甲基橙酸度,包括第一类强酸和第三类强酸盐形成的酸度;用酚酞为指示剂测得的酸度称为酚酞酸度,是上述三类酸度的总合,因此也称总酸度。天然水中一般不含强酸酸度,而是由于含有碳酸盐和重碳酸盐使水呈碱性,当水中有酸度存在时,往往表示水已受到酸污染。

与酸度相反,水的碱度是指水中所含有的能与强酸发生中和作用的物质的量。形成碱度的物质有能全部离解出 OH<sup>-</sup>的强碱(如 NaOH、KOH)、部分离解出 OH<sup>-</sup>的弱碱(如 NH<sub>3</sub>·C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>2</sub>)和强碱弱酸组成的盐类(如 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>、Na<sub>2</sub>S)等三类。碱度是用强酸溶液滴定而测定的。滴定时以甲基橙为指示剂测得的碱度是上述三类碱度的总合,称为总碱度或甲基橙碱度;用酚酞为指示剂测得的碱度称为酚酞碱度,包括第一类强碱形成的碱度和第三类强碱盐形成的部分碱度。

酸度和碱度的测定方法有酸碱指示剂滴定法和电位滴定法,一般都折合成 CaCO<sub>3</sub> 来计量,单位是 mg/L。

### 40. 什么是水的 pH 值?

pH 值是被测水溶液中氢离子活度的负对数,即  $pH = -\lg a_{H^+}$ , 是污水处理工艺中最常用的指标之一。在 25°C 条件下, pH 值=7 时,水中氢离子和氢氧根离子的活度相等,相应的浓度为 10<sup>-7</sup>mol/L,此时水为中性, pH 值 > 7 表示水呈碱性,而 pH 值 < 7 则表示水呈酸性。

pH 值的大小反映了水的酸性和碱性,但不能直接表明水的酸度和碱度。比如 0.1mol/L 的盐酸溶液和 0.1mol/L 的乙酸溶液,酸度同样都是 100mmol/L,但两者的 pH 值却大不相同,0.1mol/L 的盐酸溶液的 pH 值是 1,而 0.1mol/L 的乙酸溶液的 pH 值是 2.9。

### 41. 常用的 pH 值测定方法有哪些?

在实际生产中,为了快速方便地掌握进入废水处理场废水的 pH 值变化情况,最简单的方法是用 pH 试纸粗略测定。对于无色、无悬浮杂质的废水,还可以使用比色法。目前,我国测定水质 pH 值的标准方法是电位法(GB 6920--86 玻璃电极法),它通常不受颜色、浊度、胶体物质以及氧化剂、还原剂的影响,既可以测定清洁水的 pH 值、又可以测定受不同程度污染的工业废水的 pH 值,这也是广大废水处理场广泛使用的测定 pH 值的方式。

pH 值的电位法测定原理是通过测定玻璃电极与已知电位的参比电极的电位差,从而得到指示电极的电位,即 pH 值。参比电极一般使用甘汞电极或 Ag-AgCl 电极,以甘汞电极应

用最为普遍。pH 电位计的核心是一个直流放大器，使电极产生的电位在仪器上放大后以数字或指针的形式在表头上显示出来。电位计通常装有温度补偿装置，用以校正温度对电极的影响。

废水处理场使用的在线 pH 计的工作原理是电位法，使用注意事项和实验室的 pH 计基本相同。但由于其使用的电极长期连续浸泡在废水或曝气池等含有大量油污或微生物的地方，因此除了要求 pH 计设置对电极的自动清洗装置外，还需要根据水质情况和运行经验进行人工清洗。一般对用在进水或曝气池中的 pH 计每周进行一次人工清洗，而对用在出水中的 pH 计可每月进行一次人工清洗。对于能同时测定温度和 ORP 等项目的 pH 计，应当按照测定功能所需要的使用注意事项进行维护和保养。

#### 42. pH 值测定的注意事项有哪些？

(1) 电位计应保持干燥、防尘，定期通电维护，保证电极的输入端引线连接部分保持清洁，防止水滴、灰尘、油污等进入。使用交流电源时要保证接地良好，使用干电池的便携式电位计应定期更换电池。同时要定期对电位计进行校验和调零等校正维护，且一经调试妥当，在测试过程中就不能随意旋动电位计的零点和校正、定位等调节器。

(2) 用于配制标准缓冲溶液和淋洗电极的水，不能含有 CO<sub>2</sub>、pH 值在 6.7~7.3 之间、电导率要小于 2 μs/cm。经阴阳离子交换树脂处理过的水，再经煮沸放冷后可以达到此要求。配制好的标准缓冲溶液应密闭保存在硬质玻璃瓶或聚乙烯瓶中，再存放在 4℃ 的冰箱中，可以延长使用期限，如果在空气敞开放或在常温下保存，使用期限一般不能超过 1 个月，使用过的缓冲液不能再倒回储存瓶中重复使用。

(3) 在正式测量前，首先应检查仪器、电极、标准缓冲液是否正常。并定期对 pH 计进行校验，通常检验周期为一个季度或半年，校验使用两点校验法。即根据待测样品的 pH 值范围，选用两种与其接近的标准缓冲溶液，一般这两种缓冲溶液的 pH 值差至少要大于 2。用第一种溶液定位后，再对第二种溶液测试，电位计的显示结果与第二种标准缓冲溶液的标准 pH 值之差应不大于 0.1 pH 单位。如果误差大于 0.1 pH 单位，应用第三种标准缓冲溶液检验。如果此时误差小于 0.1 pH 单位，则很可能是第二种缓冲溶液出了问题。如果误差仍大于 0.1 pH 单位，则说明电极出了问题，需要对电极进行处理或更换新的电极。

(4) 更换标准缓冲液或样品时，要用蒸馏水对电极进行充分的淋洗，并用滤纸吸去附着在电极上的水，再用待测溶液淋洗以消除相互影响，这一点对使用弱性缓冲溶液时尤其重要。测量 pH 值时，应对水溶液进行适当搅拌，以使溶液均匀和达到电化学平衡，而在读数时则应停止搅动再静置片刻，以使读数稳定。

(5) 测定时，要先用水仔细冲洗两个电极，再水样冲洗，然后将电极浸入盛水样的小烧杯中，用手小心摇动烧杯使水样均匀，待读数稳定后记录 pH 值。

#### 43. 玻璃电极的使用注意事项有哪些？

(1) 玻璃电极的零电位 pH 值必须在配套酸度计的定位调节器范围内，而且不得在非水溶液中使用。玻璃电极在初次使用或久置不用后重新使用时，玻璃球泡要在蒸馏水中浸泡 24h 以上，以使形成良好的水化层。使用前应仔细检查电极是否完好，玻璃球泡应无裂痕和斑点，内参比电极应浸泡在内充液中。

(2) 如果内充溶液中有气泡，可轻轻甩动电极令气泡溢出，使内参比电极与溶液之间接触良好。为避免玻璃球泡破损，水冲洗后，可以用滤纸小心地吸去附着在电极上的水，不能用力擦拭。安装时，玻璃电极的玻璃球泡要比参比电极略高一些。

(3) 当测量含有油或乳化状物质的水样后，要及时用洗涤剂和清水清洗电极。如果电极附着无机盐结垢，可将电极浸泡于(1+9)盐酸中，待结垢溶解后，用水充分淋洗，再置于蒸馏水中待用。若上述处理效果不理想，可用丙酮或乙醚(不能用无水乙醇)进行清洗后，再按上述方法处理，然后将电极在蒸馏水中浸泡过夜后使用。

(4)如果仍无效,还可以用铬酸洗液浸泡数分钟。铬酸清除玻璃外表面所吸附物质效果显著,但存在具有脱水作用的弊端,用铬酸处理过的电极必须在水中浸泡过夜,方可用于测量。在万不得已的情况下,还可将电极在 5%HF 溶液浸泡 20~30s 或在氟氢化铵(NH<sub>4</sub>HF<sub>2</sub>)溶液中浸泡 1min 作适度的腐蚀处理,浸泡后立即用水充分淋洗,再浸入水中待用。经过这种剧烈的处理后,电极的寿命将受到影响,因此这两种清洁方法只能作为替代废弃的措施。

#### 44. 甘汞电极的原理和使用注意事项有哪些?

(1)甘汞电极由金属汞、氯化亚汞(甘汞)和氯化钾盐桥三部分组成。电极中的氯离子来源于氯化钾溶液,当氯化钾溶液浓度一定的情况下,则电极电位在一定温度下是常数,而与水的 pH 值无关。电极内部的氯化钾溶液通过盐桥(陶瓷砂芯)往外渗透,使原电池导通。

(2)使用时,必须取下电极侧管口的橡皮塞和下端的橡皮帽,以使盐桥溶液借重力作用维持一定流速渗漏,保持与待测溶液的通路。电极不用时,应套好橡皮塞和橡皮帽,防止蒸发和渗出。长期不用的甘汞电极应充满氯化钾溶液,放置在电极盒内保存。

(3)电极内氯化钾溶液不能有气泡,以防止短路;溶液内应保留少许氯化钾晶体,以保证氯化钾溶液的饱和。但氯化钾晶体不可过多,否则就有可能堵塞与被测溶液的通路,以至产生不规则的读数。同时还应注意排除甘汞电极表面或盐桥与水接触部位的气泡,否则也可能导致测量回路断路读不出数或读数不稳。

(4)测量时,甘汞电极内的氯化钾溶液的液面必须高于被测溶液的液面,以防被测液向电极内扩散而影响甘汞电极的电位。水中含有的氯化物、硫化物、络合剂、银盐、过氯酸钾等成分向内扩散,都将会影响甘汞电极的电位。

(5)温度波动较大时,甘汞电极的电位变化有滞后性,即温度变化快,电极电位的变化较慢,电极电位达到平衡所需的时间较长,因此测量时要尽量避免温度大幅度变化。

(6)要注意防止甘汞电极陶瓷砂芯被堵塞,当测量浑浊溶液或胶体溶液后特别要注意及时清洗。若甘汞电极陶瓷砂芯表面有粘附物,可用金刚砂纸或在油石上加水轻轻磨去。

(7)定期对甘汞电极的稳定性进行检查,可分别测定被检验的甘汞电极与另一只完好的内充液相同的甘汞电极在无水或同一水样中的电位,两个电极的电位差值应小于 2mV,否则就需要更换新的甘汞电极。

#### 45. 温度测定的注意事项有哪些?

目前,国家污水排放标准对水温没有具体规定,但水温对常规生物处理系统的意义巨大,必须予以高度重视。无论好氧处理还是厌氧处理,都要求在一定温度范围内进行,一旦超过此范围,即温度过高或过低都会降低处理效率,甚至造成整个系统的失效。尤其要重视处理系统进水的温度监测,一旦发现进水温度改变,就应当密切注意后续处理装置内水温的变化,如果在可以忍受的范围内,可以置之不理,否则就应当调节进水的温度。

GB 13195--91 规定了表层温度计、深层温度计或颠倒温度计测定水温的具体方法。正常情况下,现场临时测定废水处理场各个工艺构筑物内水温时,一般可以使用品质合格的充汞式玻璃温度计测定。如果需要将温度计从水中拿出来读数,那么从温度计离开水面到读数完毕的时间不能超过 20s。温度计至少要有 0.1°C 的精确刻度,并且热容应当尽可能小以使其易于达到平衡,同时需要定期由计量检定部门使用精密温度计进行校正。

临时测定水温时,要将玻璃温度计或其他测温设备探头浸入待测水中一定时间(一般 5min 以上)、达到平衡后再去读取数据,温度值一般精确到 0.1°C。废水处理场一般在曝气池的进水端安装在线温度测定仪,而测温仪通常使用热敏电阻测量水温。

#### 46. 什么是溶解氧?

溶解氧 DO(英文 Dissolved Oxygen 的简写)表示的是溶解于水中分子态氧的数量,单位是 mg/L。水中的溶解氧饱和含量与水温、大气压和水的化学组成有关,在一个大气压下,0°C

的蒸馏水中溶解氧达到饱和时的氧含量为 14.62mg/L, 在 20°C 时则为 9.17mg/L。水温升高、含盐量增加或大气压力下降, 都会导致水中溶解氧含量降低。

溶解氧是鱼类和好氧菌生存和繁殖所必须的物质, 溶解氧低于 4mg/L, 鱼类就难以生存。当水被有机物污染后, 好氧微生物氧化有机物会消耗水中的溶解氧, 如果不能及时从空气中得到补充, 水中的溶解氧就会逐渐减少, 直到接近于 0, 引起厌氧微生物的大量繁殖, 使水变黑变臭。

#### 47. 常用的溶解氧测定方法有哪些?

常用的溶解氧测定方法有两种, 一是碘量法及其修正法(GB 7489--87), 二是电化学探头法(GB11913--89)。碘量法适用于测量溶解氧大于 0.2mg/L 的水样, 一般碘量法只适用于测定清洁水的溶解氧, 测定工业废水或污水处理厂各个工艺环节的溶解氧时必须使用修正的碘量法或电化学法。电化学探头法的测定下限与所用的仪器有关, 主要有薄膜电极法和无膜电极法两种, 一般适用于测定溶解氧大于 0.1mg/L 的水样。污水处理厂在曝气池等处安装使用的在线 DO 仪使用的就是薄膜电极法或无膜电极法。

碘量法的基本原理是向水样中加入硫酸锰和碱性碘化钾, 水中溶解氧将低价锰氧化成高价锰, 生成四价锰的氢氧化物棕色沉淀, 加酸后, 棕色沉淀溶解并与碘离子反应生成游离碘, 再以淀粉为指示剂, 用硫代硫酸钠滴定游离碘, 即可计算出溶解氧的含量。

当水样有颜色或含有能与碘反应的有机物时, 不宜使用碘量法及其修正法测定水中的溶解氧, 可使用氧敏感薄膜电极或无膜电极测定。氧敏感电极由两个与支持电解质相接触的金属电极及选择性透过膜组成, 薄膜只能透过氧和其他气体, 水和其中可溶物质不能通过, 通过薄膜的氧气在电极上还原, 产生微弱的扩散电流, 在一定温度下电流大小与溶解氧含量成正比。无膜电极由特殊的银合金阴极和铁(或锌)阳极组成, 不用薄膜和电解质, 两极之间也不加极化电压, 只是通过被测水溶液沟通两极而形成原电池, 水中的氧分子直接在阴极上还原, 产生的还原电流与被测溶液中的氧含量成正比。

#### 48. 为什么溶解氧指标是废水生物处理系统正常运转的关键指标之一?

水中保持一定的溶解氧是好氧水生生物得以生存繁殖的基本条件, 因而溶解氧指标也污水生物处理系统正常运转的关键指标之一。

好氧生物处理装置要求水中溶解氧最好在 2mg/L 以上, 厌氧生物处理装置要求溶解氧在 0.5mg/L 以下, 如果想进入理想的产甲烷阶段则最好检测不到溶解氧(为 0), 而 A/O 工艺的 A 段为缺氧状态时, 溶解氧最好在 0.5~1mg/L。在好氧生物法的二沉池出水合格时, 其溶解氧含量一般不低于 1mg/L, 过低(< 0.5mg/L)或过高(空气曝气法 > 2mg/L)都会导致出水水质变差、甚至超标。因此对生物处理装置内部和其沉淀池出水的溶解氧含量监测予以充分重视。

碘量滴定法不适合现场检验, 也难以用于连续监测或就地测定溶解氧。在污水处理系统的溶解氧连续监测中采用的都是电化学法中的薄膜电极法。为了实时连续掌握污水处理过程中曝气池内混合液 DO 的变化, 一般采用在线式电化学探头 DO 测定仪, 同时 DO 仪也是曝气池溶氧自动控制调节系统的重要组成部分, 对于调节控制系统的正常运行起着重要的作用。同时也是工艺操作人员调整、控制污水生物处理正常运转的重要依据。

#### 49. 碘量滴定法测定溶解氧的注意事项有哪些?

采集测定溶解氧的水样时要特别小心, 水样不能长时间和空气接触, 也不能搅动。在集水池中取样时要用 300 毫升配玻璃塞的细口溶解氧瓶, 同时测定和记录水温。再就是使用碘量滴定法时, 取样后除选择特定的方法排除干扰外, 还要尽可能缩短保存时间, 最好立即分析。

通过技术和设备上的改进和借助于仪器化, 碘量滴定法仍然是分析溶解氧的最精密和最可靠的滴定法。为排除水样中的各种干扰物质的影响, 碘量滴定法有几种予以修正的具体方



法。

水样中存在的氧化物、还原物、有机物等都会对碘量滴定法产生干扰，某些氧化剂可把碘化物游离为碘(正干扰)，某些还原剂可把碘还原为碘化物(负干扰)，当氧化的锰沉淀物被酸化时，大部有机物可被部分氧化，产生负误差。叠氮化物修正法可以有效地排除亚硝酸盐的干扰，而水样中含有低价铁时可用高锰酸钾修正法排除干扰。水样中含有色、藻类、悬浮固体时，应当使用明矾絮凝修正法，而硫酸铜-氨基磺酸絮凝修正法用于测定活性污泥混合液的溶解氧。

#### 50. 薄膜电极法的注意事项测定溶解氧的注意事项有哪些？

薄膜电极由阴极、阳极、电解液和薄膜组成，电极腔内充入 KCl 溶液，薄膜将电解液和被测水样隔开，溶解氧通过薄膜渗透扩散。在两极间加上 0.5~1.0V 的直流固定极化电压后，被测水中的溶解氧通过薄膜并在阴极上还原，产生与氧浓度成正比的扩散电流。

常用的薄膜是能使氧分子透过而且性质比较稳定的聚乙烯和碳氟化合物薄膜，由于薄膜能使多种气体渗透，而有些气体(如 H<sub>2</sub>S、SO<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub> 等)在指示电极上不易去极化，进而会降低电极的灵敏度，导致测定结果出现偏差。被测水中的油污、油脂及曝气池中的微生物常会附着在薄膜上，严重影响测量精度，因此需要定期清洗和校验。

因此，对在污水处理系统中使用的薄膜电极式溶解氧测定仪，要严格按照制造商的校准方法操作，并定期清洗、校准、补充电解液、更换电极薄膜。更换薄膜时要仔细进行，一要注意防止污染敏感元件，二要注意不在薄膜下留有微小气泡，否则会使剩余电流升高，影响测定结果。为保证数据准确，薄膜电极测定点的水流要有一定的紊动，即通过薄膜表面的试液必须具有足够的流速。

一般情况下，可以用空气或已知 DO 浓度的样品以及不含 DO 的样品对照校准，当然，最好使用正在检验中的水样进行校准。另外，还要经常校核一个或两个点来检验温度校正数据。

#### 51. 反映水中有毒有害有机物的各种指标有哪些？

常见污水中的有毒有害有机物，除了少部分(如挥发酚等)外，大部分是难以生物降解的，而且对人体还有较大危害性，如石油类、阴离子表面活性剂(LAS)、有机氯和有机磷农药、多氯联苯(PCBs)、多环芳烃(PAHs)、高分子合成聚合物(如塑料、合成橡胶、人造纤维等)、燃料等有机物。

国家综合排放标准 GB 8978-1996 对各个行业排放的含有以上有毒有害有机物污水浓度作出了严格的规定，具体水质指标有苯并(a)芘、石油类、挥发酚、有机磷农药(以 P 计)、四氯甲烷、四氯乙烯、苯、甲苯、间-甲酚等 36 项。行业不同，其排放的废水需要控制的指标也不同，应当根据各自排放的污水的具体成份，监测其水质指标是否符合国家排放标准。

#### 52. 水中酚类化合物的类型有几种？

酚是苯的羟基衍生物，其羟基直接与苯环相连。按照苯环上所含羟基数目的多少，可分为单元酚(如苯酚)和多元酚。按照能否与水蒸汽共沸而挥发，又分为挥发酚和不挥发酚。因此，酚类不单指苯酚，而且还包括邻位、间位和对位被羟基、卤素、硝基、羧基等取代的酚化物的总称。

酚类化合物是指苯及其稠环的羟基衍生物，种类繁多，通常认为沸点在 230°C 以下的为挥发酚，而沸点在 230°C 以上的为不挥发酚。水质标准中的挥发酚是指在蒸馏时，能与水蒸汽一起挥发的酚类化合物。

#### 53. 常用的挥发酚测定方法有几种？

由于挥发酚为一类化合物，而非单一化合物，因此，即使均以苯酚为标准，如果采用不同的分析方法，其结果也会存在差异。为使结果具有可比性，必须使用国家规定的统一方法，常用的挥发酚测定方法是 GB 7490-87 规定的 4-氨基安替比林分光光度法和 GB 7491-87

规定的溴化容量法。

4-氨基安替比林分光光度法干扰因素少、灵敏度较高，适用于测定挥发酚含量 < 5mg/L 的较清洁的水样。其基本原理是在铁氰化钾存在和 pH 值为 10 的水中，酚类化合物与 4-氨基安替比林反应生成橙红色染料，在波长 510nm 处有最大吸收值。如果用三氯甲烷将生成的橙红色染料萃取则在波长 460nm 处有最大吸收值，可使 4-氨基安替比林分光光度法最低检出浓度由 0.1mg/L 降到 0.002mg/L。

溴化容量法操作简便易行，适用于测定 > 10mg/L 的工业废水或工业废水处理场出水中的挥发性酚量。其基本原理是在过量溴的溶液中，酚与溴生成三溴酚，并进一步生成溴代三溴酚。然后剩余的溴与碘化钾反应释放出游离碘，同时溴代三溴酚与碘化钾反应生成三溴酚和游离碘。再用硫代硫酸钠溶液滴定游离碘，根据其消耗量可以计算出以苯酚计的挥发酚含量。

#### 54. 测定挥发酚的注意事项有哪些？

由于溶解氧等氧化剂及微生物都可以将酚类化合物氧化或分解，使水中的酚类化合物很不稳定，因此通常采取加酸(H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)和降低温度的方法抑制微生物的作用，采用加入足量硫酸亚铁的方法消除氧化剂的影响。即使采取了上述措施，水样也应在 24h 内进行分析化验，而且一定要将水样保存在玻璃瓶内而不能是塑料容器内。

无论溴化容量法还是 4-氨基安替比林分光光度法，水样中含有氧化性或还原性物质及金属离子、芳香胺、油分和焦油类等成份时，都会对测定的准确性产生干扰，必须使用必要措施消除其影响。例如氧化剂可在加入硫酸亚铁或亚砷酸钠后被除去，硫化物可在酸性条件下加入硫酸铜后被除去，油分和焦油类可在强碱性条件下用有机溶剂萃取分离除去，亚硫酸盐、甲醛等还原性物质在酸性条件下用有机溶剂萃取后使还原性物质滞留于水中而除去。分析化验某一成份相对固定的污水时，积累一定时间经验后，可以明确其中的干扰物质种类，然后采取增减排除干扰物质的种类，尽量简化分析步骤。

蒸馏操作是挥发酚测定的一个关键步骤，为使挥发酚蒸出完全，应将待蒸馏样品的 pH 值调节至 4 左右(甲基橙的变色范围)。此外，由于挥发酚的挥发过程较为缓慢，故收集馏出液的体积应与原待蒸馏样品的体积相当，否则将影响测定结果。如果发现馏出液呈白色浑浊，应当在酸性条件下再蒸一次，若第二次馏出液仍呈白色浑浊，则可能是水样中有油分和焦油类的存在，须作相应的处理。

使用溴化容量法测得的总量是相对值，必须严格遵循国家标准规定的操作条件，包括加入液量、反应温度和时间等。另外，三溴苯酚沉淀容易包裹 I<sub>2</sub>，因此在接近滴定点时，应充分剧烈摇动。

#### 55. 使用 4-氨基安替比林分光光度法测定挥发酚的注意事项有哪些？

使用 4-氨基安替比林(4-AAP)分光光度法时，全部操作都应在通风橱内进行，并利用通风橱的机械吸风，以消除具有毒性的苯对操作人员的不良影响。

试剂空白值的增高，除可因由蒸馏水、玻璃器皿和其他试验装置中受沾污，以及由于室温升高致使萃取溶剂挥发等因素外，主要来自易吸潮结块和氧化的 4-AAP 试剂，因此要采取必要措施保证 4-AAP 的纯度。反应显色易受 pH 值影响，要严格控制反应溶液的 pH 值在 9.8~10.2 之间。

苯酚稀标准溶液不稳定，每毫升含 1mg 苯酚的标准溶液置于冰箱内，使用时间不能超过 30d，每毫升含 10 μg 苯酚的标准溶液应在配制当天使用，每毫升含 1 μg 苯酚的标准溶液在配制后 2h 内使用。

一定要按照标准操作方法按顺序加入试剂，每加入一种试剂后都应摇匀。如果加入缓冲液后不摇匀，会使实验溶液内氨浓度不均匀，对反应有影响。氨水不纯可使空白值增加 10 倍以上，开瓶后的氨水如果长时间未用完，应蒸馏后再用。

生成的氨基安替比林红色染料在水溶液中只能稳定约 30min，萃取到氯仿中后可以稳定 4h，时间过长则颜色由红变黄。如果因为 4-氨基安替比林不纯导致空白颜色过深，可改用 490nm 波长测定以提高测定精度。4-氨基安替比不纯时可用甲醇溶解后，再用活性炭过滤重结晶精制。

#### 56. 石油类的测定方法有哪些？

石油是由烷烃、环烷烃、芳香烃以及不饱和烃和少量硫、氮化合物所组成的一种复杂的混合物。水质标准中将石油类规定为保护水生生物的毒理学指标及人体感官指标，是因为石油类物质对水生生物的影响很大。当水中石油类的含量在 0.01~0.1mg/L 时，就会干扰水生生物的摄食和繁殖。因此，我国渔业水质标准规定不得超过 0.05mg/L，农灌用水标准规定不得超过 5.0mg/L，污水综合排放二级标准规定不得超过 10mg/L。一般进入曝气池的污水石油类的含量不能超过 50mg/L。

由于石油的成份复杂、性质差异很大，再加上受分析方法所限，很难建立一个适用于各种成份的统一标准。当水中油含量 > 10mg/L 时，可使用重量法进行测定，其缺点是操作复杂、轻质油在蒸除石油醚和烘干时易损失。当水中油含量为 0.05~10mg/L 时，可使用非分散红外光度法、红外分光光度法和紫外分光光度法进行测定，其中非分散红外光度法和红外光度法是检测化验石油类的国家标准(GB/T16488—1996)。紫外分光光度法是以分析臭味、毒性较大的芳烃为主，是指能被石油醚萃取出、并能在特定波长下有吸收特征的物质，并不能包括所有的石油类。

#### 57. 石油类测定的注意事项有哪些？

分散红外光度法和红外光度法使用的萃取剂是四氯化碳或三氯三氟乙烷，重量法和紫外分光光度法使用的萃取剂是石油醚。这些萃取剂都有毒，因此操作时必须谨慎小心，并在通风橱内进行。

标准油应当采用待监测污水中的石油醚或四氯化碳萃取物，有时也可使用其他被认定的标准油品，或用正十六烷、异辛烷和苯按 65:25:10 的体积比配制而成。萃取标准油、标准油曲线绘制及测定废水样品所用的石油醚应为同一批号，否则会因为空白值不同而产生系统误差。

测定油时要单独采样，采样瓶一般使用广口玻璃瓶，切不可使用塑料瓶，而且水样不能装满采样瓶，上面应留有空隙。水样如果不能当天分析，可加入盐酸或硫酸使其 pH 值 < 2，以抑制微生物的生长，并置于 4°C 冷藏箱内保存。分液漏斗上的活塞不能涂抹凡士林等油性润滑油脂。

#### 58. 常见重金属及无机性非金属有毒有害物质水质指标有哪些？

常见的水中重金属及无机性非金属有毒有害物质主要有汞、镉、铬、铅及硫化物、氰化物、氟化物、砷、硒等，这些水质指标都是保证人体健康或保护水生生物的毒理学指标。国家污水综合排放标准(GB 8978-1996)对含有这些物质的污水排放指标作出了严格的规定。

对于来水中含有这些物质的污水处理场，必须认真检测进水和二沉池出水的这些有毒有害物质的含量，以保证达标排放。一旦发现进水或出水超标，都应当立即采取措施，通过加强预处理和调整污水处理运行参数，使出水尽快达标。在常规的二级污水处理中，硫化物和氰化物是两种最常见的无机性非金属有毒有害物质水质指标。

#### 59. 水中硫化物的形式有几种？

硫在水中存在的主要形式有硫酸盐、硫化物和有机硫化物等，其中硫化物有 H<sub>2</sub>S、HS<sup>-</sup>、S<sub>2</sub><sup>-</sup>等三种形式，每种形式的数量与水的 pH 值有关，在酸性条件下，主要以 H<sub>2</sub>S 形式存在，pH 值 > 8 时，主要以 HS<sup>-</sup>、S<sub>2</sub><sup>-</sup>形式存在。水体中检出硫化物，往往可说明其已受到污染。某些工业尤其是石油炼制排放的污水中常含有一定量的硫化物，在厌氧菌的作用下，水中的

硫酸盐也能还原成硫化物。

必须认真分析化验污水处理系统有关部位污水的硫化物含量，以防出现硫化氢中毒现象。尤其是对汽提脱硫装置的进出水，因硫化物含量高低直接反映了汽提装置的效果，是一项控制指标。为防止自然水体中硫化物过高，国家污水综合排放标准规定硫化物含量不得超过 1.0mg/L，采用好氧二级生物处理污水时，如果进水硫化物浓度在 20mg/L 以下，在活性污泥性能良好并及时排出剩余污泥的情况下，二沉池出水的硫化物是能够达标的。必须定时监测二沉池出水硫化物的含量，以便观察出水是否达标和确定如何调整运行参数。

60. 常用检测水中硫化物含量的方法有几种？

常用检测水中硫化物含量的方法有亚甲基蓝分光光度法、对氨基 N,N 二甲基苯胺分光光度法、碘量法、离子电极法等，其中有国家标准的硫化物测定方法是亚甲基蓝分光光度法(GB/T16489—1996)和直接显色分光光度法(GB/T17133—1997)，这两种方法的检出限分别为 0.005mg/L 和 0.004mg/L，在水样不稀释的情况下，最高检测浓度分别为 0.7mg/L 和 25mg/L。对氨基 N,N 二甲基苯胺分光光度法(CJ/T60--1999)测定的硫化物浓度范围为 0.05~0.8mg/L，因此，以上分光光度法只适用于检测硫化物含量较低的水样。当废水中硫化物浓度较高时，可以使用碘量法(HJ/T60—2000 和 CJ/T60--1999)，碘量法的检测浓度范围为 1~200mg/L。

当水样浑浊、有色或含有 SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>、S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>、硫醇、硫醚等还原性物质时，对测定干扰严重，需要进行预分离以消除干扰，常用的预分离方法是酸化-吹脱-吸收法。其原理是将水样酸化后，硫化物在酸性溶液中以 H<sub>2</sub>S 分子状态存在，用气体将其吹出，再用吸收液吸收，然后进行测定。

具体做法是首先在水样中加入 EDTA，以络合稳定大部分金属离子(如 Cu<sup>2+</sup>、Hg<sup>2+</sup>、Ag<sup>+</sup>、Fe<sup>3+</sup>)，避免这些金属离子与硫离子反应引起的干扰;还要加入适量盐酸羟胺，可以有效防止水样中氧化性物质与硫化物发生氧化还原反应。从水中吹取 H<sub>2</sub>S 时，搅拌比不搅拌回收率显著高，在搅拌下吹脱 15min 硫化物回收率可达 100%;在搅拌下吹脱时间超过 20min 时，回收率略有下降。因此，通常在搅拌下吹脱，吹脱时间为 20min。当水浴温度为 35~55oC 时，硫化物回收率能达到 100%，水浴温度为 65oC 以上时，硫化物回收率略有降低。因此，一般选取最佳水浴温度为 35~55oC。

61. 硫化物测定的其它注意事项有哪些？

(1)由于水中硫化物的不稳定，在水样采集时，不能对取样点曝气和剧烈搅动，采集后，要及时加入乙酸锌溶液，使之成为硫化锌混悬液。当水样为酸性时，应当补加碱溶液以防释放出硫化氢，水样满瓶后加塞，尽快送化验室进行分析。

(2)无论采用哪种方法分析，都必须对水样进行预处理以消除干扰和提高检测水平。呈色物、悬浮物、SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>、S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>、硫醇、硫醚以及其他还原性物质的存在，都会影响分析结果。消除这些物质的干扰的方法，可以采用沉淀分离、吹气分离、离子交换等。

(3)用于稀释和试剂溶液配制的水不能含有 Cu<sup>2+</sup>和 Hg<sup>2+</sup>等重金属离子，否则会因生成酸不溶硫化物使分析结果偏低，因此不要使用金属蒸馏器制得的蒸馏水，最好使用去离子水或全玻璃蒸馏器蒸得的蒸馏水。

(4)同样乙酸锌吸收液中含有痕量重金属时也会影响测定结果，可以在充分振摇下，向 1L 乙酸锌吸收液中逐滴加入 1mL 新制备的 0.05mol/L 硫化钠溶液，静置过夜，再旋转摇动后用质地细密的定量滤纸过滤，弃去除滤液，这样可以排除吸收液中痕量重金属的干扰。

(5)硫化钠标准溶液极不稳定，浓度越低越容易变化，必须于用前配制并立即标定。用于配制标准溶液的硫化钠结晶表面常含有亚硫酸盐，从而造成误差，最好取用大颗粒结晶，并用水快速淋洗洗去亚硫酸盐后再称量。

62. 氰化物测定的方法有哪些？

氰化物的常用分析方法是容量滴定法和分光光度法，GB7486—87 和 GB7487—87 分别

规定了总氰化物和氰化物的测定方法。容量滴定法适用于高浓度氰化物水样的分析，测定范围为 1~100mg/L;分光光度法有异烟酸 - 吡唑啉酮比色法和吡啶-巴比妥酸比色法两种，适用于低浓度氰化物水样的分析，测定范围为 0.004~0.25mg/L。

容量滴定法的原理是用标准硝酸银溶液滴定，氰离子与硝酸银生成可溶性银氰络合离子，过量的银离子与试银灵指示液反应，溶液由黄色变成橙红色。分光光度法的原理是在中性条件下，氰化物与氯胺 T 反应生成氯化氰，氯化氰再与吡啶反应生成戊烯二醛，戊烯二醛与吡唑啉酮或巴比妥酸生成蓝色或红紫色染料，颜色的深浅与氰化物的含量成正比。

滴定法和分光光度法测定时都存在一些干扰因素，通常需要加入特定药剂等预处理措施，并进行预蒸馏。当干扰物质浓度不是很大时，只通过预蒸馏即可达到目的。

### 63. 氰化物测定的注意事项有哪些？

(1)氰化物有剧毒，吡啶也有毒，分析操作时要格外小心谨慎，必须在通风橱内进行，避免沾污皮肤和眼睛。当水样中干扰物质浓度不是很大时，通过酸性条件下的预蒸馏，使简单氰化物转变为氰化氢从水中释放出来，再使之通过氢氧化钠洗涤液而收集起来，即可将简单氰化物和络合氰化物区分开来，并使氰化物浓度提高、降低检出限值。

(2)水样中干扰物质浓度较大，就应当首先采取有关措施，消除其影响。氧化剂的存在，会使氰化物分解，如果怀疑水中有氧化剂，可以采取加入适量硫代硫酸钠的方法排除其干扰。水样应贮存于聚乙烯瓶中，采集后，应在 24h 内进行分析。必要时，应加入固体氢氧化钠或浓氢氧化钠溶液，使水样 pH 值提高到 12~12.5。

(3)硫化物在酸性蒸馏时，可呈硫化氢态被蒸出，并被碱液吸收，因此必须预先除去。除硫的方法有两个，一是在酸性条件下，加入不能氧化 CN<sup>-</sup>的氧化剂(如高锰酸钾)将 S<sup>2-</sup>氧化后再蒸馏;二是加入适量 CdCO<sub>3</sub> 或 CbCO<sub>3</sub> 固体粉末，使生成金属的硫化物沉淀，将沉淀过滤后再蒸馏。

(4)在酸性蒸馏时，油类物质也可被蒸出，此时可以用(1+9)醋酸调节水样 pH 值至 6~7 后，迅速用水样体积 20%的己烷或氯仿进行一次(不可多次)萃取，随后立即用氢氧化钠溶液水样 pH 值提高到 12~12.5 再蒸馏。

(5)含高浓度的碳酸盐的水样在酸性蒸馏时，会释放出二氧化碳被氢氧化钠洗涤液收集而影响测定结果。遇高浓度的碳酸盐的污水时，可用氢氧化钙代替氢氧化钠固定水样，使水样 pH 值提高到 12~12.5 并经过沉淀后，再倾上清液于样品瓶中。

(6)采用光度法测定氰化物时，反应溶液的 pH 值直接影响显色的吸光值。因此，必须严格控制吸收液的碱浓度，注意磷酸盐缓冲液的缓冲容量。在加入一定量的缓冲液后，需注意测定是否能达到最适的 pH 值范围。另外，在磷酸盐缓冲液配制之后，必须以 pH 计测量其 pH 值，了解其是否符合要求，以避免因试剂不纯或含有结晶水而出现较大的偏差。

(7)氯胺 T 的有效氯含量的改变，也是氰化物测定不准的常见原因。当出现不显色或显色不呈线性、灵敏度低等现象时，除了溶液 pH 值出现偏差这个原因以外，往往与氯胺 T 质量有关。因此，氯胺 T 的有效氯的含量必须在 11%以上，已分解或配制后出现混浊沉淀物的不能再用。

### 64. 什么是生物相？

在好氧生物处理过程中，不管采用何种构筑物的形式及何种工艺流程，都是通过处理系统中的活性污泥和生物膜微生物的代谢活动，将废水中的有机物氧化分解为无机物，从而使废水得到净化。处理后出水水质的好坏都同组成活性污泥和生物膜微生物的种类、数量及代谢活力等有关。废水处理构筑物的设计及日产运行管理主要是为活性污泥和生物膜微生物提供一个较好的生活环境条件，以便发挥其最大的代谢活力。

在废水生物处理过程中，微生物是一个综合群体：活性污泥由多种微生物组成，各种微生物之间必然相互影响，并共同栖息于一个生态平衡的环境中。不同种类的微生物在生物处

理系统中，都有自己的生长规律。比如说，有机物浓度较高时，微生物是以有机物为食料的细菌占优势，数量自然最多。而当细菌数量多时，必然出现以细菌为食料的原生动物，再后出现以细菌和原生动物为食料的微型后生动物。

活性污泥中微生物的生长规律，有助于通过微生物镜检去掌握废水处理过程的水质情况。如果镜检中发现有大量鞭毛虫存在，说明废水中有机物浓度还较高，需要作进一步处理；当镜检发现游动型纤毛虫时，表明废水已经得到一定程度的处理；当镜检发现固着型纤毛虫，而游动型纤毛虫数量不多见时，则表明废水中有机物和游离细菌已相当少，废水已经接近稳定；当镜检发现轮虫时，表明水质已经比较稳定。

#### 65. 什么是生物相镜检？其作用是什么？

生物相镜检一般只能作为对水质总体状况的估计，是一种定性的检测，不能作为废水处理厂出水水质的控制指标。为了监测微型动物演替变化状况，还需要定时进行记数。

活性污泥和生物膜是生物法处理废水的主体，污泥中微生物的生长、繁殖、代谢活动以及微生物种类之间的演替情况可以直接反应处理状况。和有机物浓度及有毒物质的测定相比，生物相镜检要简便得多，随时可以了解活性污泥中原生动物种类变化和数量消长情况，由此可以初步判断污水的净化程度，或进水水质和运行条件是否正常。因此，除了利用物理、化学的手段来测定活性污泥的性质，还可以借助于显微镜观察微生物的个体形态、生长运动以及相对数量状况来判断废水处理的运行情况，以便及早发现异常情况，及时采取适当的对策，保证处理装置运行稳定，提高处理效果。

#### 66. 低倍镜观察生物相应注意哪些事项？

低倍镜观察是为了观察生物相的全貌，要注意观察污泥絮粒的大小，污泥结构的松紧程度，菌胶团和丝状菌的比例及其生长状况，并加以记录和作出必要的描述。污泥絮粒大的污泥沉降性能好，抗高负荷冲击能力强。

污泥絮粒按平均直径的大小可以分为三等：污泥絮粒平均直径  $> 500 \mu\text{m}$  的称为大粒污泥， $< 150 \mu\text{m}$  为小粒污泥，介于  $150 \sim 500 \mu\text{m}$  之间的为中粒污泥。

污泥絮粒性状是指污泥絮粒的形状、结构、紧密程度及污泥中丝状菌的数量。镜检时可把近似圆形的污泥絮粒称为圆形絮粒，与圆形截然不同的称为不规则形状絮粒。

絮粒中网状空隙与絮粒外面悬液相连的称为开放结构，无开放空隙的称为封闭结构。絮粒中菌胶团细菌排列致密，絮粒边缘与外部悬液界限清楚的称为紧密絮粒，边缘界限不清的成为疏松絮粒。

实践证明，圆形、封闭、紧密的絮粒相互间易于凝聚、浓缩，沉降性能良好，反之则沉降性能差。

#### 67. 高倍镜观察生物相应注意哪些事项？

用高倍镜观察，可以进一步看清微型动物的结构特征，观察时要注意微型动物的外形和内部结构，例如钟虫体内是否存在食物胞，纤毛虫的摆动情况等。观察菌胶团时，应注意胶质的厚薄和色泽，新生菌胶团出现的比例等。观察丝状菌时，要注意丝状菌体内是否有类脂物质和硫粒积累，同时注意丝状菌体内细胞的排列、形态和运动特征以便初步判断丝状菌的种类(进一步鉴别丝状菌的种类需要使用油镜并将活性污泥样品染色)。

#### 68. 生物相观察时对丝状微生物如何分级？

活性污泥中丝状微生物包括丝状细菌、丝状真菌、丝状藻类(蓝细菌)等细胞相连且形成丝状的菌体，其中以丝状细菌最为常见，它们同菌胶团细菌一起，构成了活性污泥絮体的主要成分。丝状细菌具有很强的氧化分解有机物的能力，但由于丝状细菌的比表面积较大，当污泥中丝状菌超过菌胶团细菌而占优势生长时，丝状菌从絮粒中向外伸展，阻碍絮粒间的凝聚使污泥 SV 值 SVI 值升高，严重时会造成污泥膨胀现象。因此，丝状细菌数量是影响污泥沉降性能的最重要因素。

根据活性污泥中丝状菌与菌胶团细菌的比例,可将丝状菌分成五个等级:①00——污泥中几乎无丝状菌;②±级——污泥中存在少量无丝状菌;③+级——污泥中存在中等数量丝状菌,总量少于菌胶团细菌;④++级——污泥中存在大量丝状菌,总量与菌胶团细菌大致相等;⑤+++级——污泥絮粒以丝状菌为骨架,数量明显超过菌胶团细菌而占优势。

#### 69. 生物相观察应注意活性污泥微生物的哪些变化?

城市污水处理厂活性污泥中微生物种类很多,比较容易地通过观察微生物种类、形态、数量和运动状态的变化来掌握活性污泥的状态。而工业废水处理场活性污泥中会因为水质的原因,可能观察不到某种微生物,甚至完全没有微型动物,即不同的工业废水处理场的生物相会有很大差异。

##### (1)微生物种类的变化

污泥中的微生物种类会随水质变化,随运行阶段而变化。污泥培养阶段,随着活性污泥的逐渐形成,出水由浊变清,污泥中的微生物发生有规律的演变。正常运行中,污泥微生物种类的变化也遵循一定的规律,由污泥微生物种类的变化可以推测运行状况的变化。比如污泥结构变得松散时,游动纤毛虫较多,而出水混浊变差时,变形虫和鞭毛虫就会大量出现。

##### (2)微生物活动状态的变化

当水质发生变化时,微生物的活动状态也会发生一些变化,甚至微生物的形体也会随废水变化而变化。以钟虫为例,纤毛摆动的快慢、体内积累食物泡的多少、伸缩泡的大小等形态都会随生长环境的改变而变化。当水中溶解氧过高或过低时,钟虫的头部常会突出一个空泡。进水中难降解物质过多或温度过低时,钟虫会变得不活跃,其体内可见到食物颗粒的积累,最后会导致虫体中毒死亡。pH值突变时,钟虫体上的纤毛会停止摆动。

##### (3)微生物数量的变化

活性污泥中的微生物种类很多,但某些微生物数量的变化也能反映出水质的变化。比如丝状菌,在正常运行时适量存在是非常有利的,但其大量出现会导致菌胶团数量的减少、污泥膨胀和出水水质变差。活性污泥中鞭毛虫的出现预示着污泥开始增长繁殖,但鞭毛虫数量增多又往往是处理效果降低的征兆。钟虫的大量出现一般是活性污泥生长成熟的表现,此时处理效果良好,同时可见极少量的轮虫出现。如果活性污泥中轮虫大量出现,则往往意味着污泥的老化或过度氧化,随后就有可能出现污泥解体和出水水质变差。

#### 70. 镜检结果如何记录?

对活性污泥或生物膜生物相进行镜检后,其结果记录方式可以参考表1。

表1 生物相镜检结果记录表

絮体大小	大, 中, 小	
絮体形态	圆形, 不规则形	
絮体结构	开放, 封闭	
絮体紧密度	紧密, 疏松	
丝状菌数量	0, ±, +, ++, +++	
游离细菌	几乎不见, 少, 多	
微 型 动 物	优 势 种 ( 数 量 及 形 态 )	
	其 它 种 ( 种 类 、 数 量 及 形 态 )	

环保新课堂

71. 生物膜法生物相与活性污泥有哪些不同?

生物膜法处理系统的生物相特征与活性污泥工艺有所不同, 主要表现在微生物种类和分布方面。表 9—2 列出了生物膜和活性污泥中出现的微生物在类型、种属和数量上的比较。

表2 生物膜和活性污泥中微生物对比

微生物种类	活性污泥法	生物膜法	微生物种类	活性污泥法	生物膜法
细菌	++++	++++	其他纤毛虫	++	+++
真菌	++	+++	轮虫	+	+++
藻类	-	++	线虫	+	++
鞭毛虫	++	+++	寡毛类	-	++
肉足虫	++	+++	其他后生动物	-	+
纤毛虫缘毛虫	++++	++++	昆虫类	-	++
纤毛虫吸管虫	+	+			

环保新课堂

一般来说, 由于水质呈逐级变化的趋势和微生物生长环境条件的改善, 生物膜系统存在的微生物种类和数量均比活性污泥工艺多, 食物链长且较为复杂, 尤其是丝状菌、原生动物



和后生动物种类增加较多,而且还有一定比例的厌氧菌和兼性菌。在日光照射到的部位能够出现藻类,还能够出现滤池蝇这样的昆虫类生物。在分布方面的特点是沿生物膜厚度(由表及里)或进水流向(与进水接触时间不同),微生物的种类和数量呈现出较大差异。在多级处理的第一级或下向流填料层的上部,生物膜往往以菌胶团细菌为主,膜厚度亦较大(2~3mm);随着级数的增加或下向流填料层的下部,由于其接触到的水质已经经过部分处理,生物膜中会逐渐出现较多的丝状菌、原生动物和后生动物;微生物的种类不断增多,但生物膜的厚度却在不断减薄(1~2mm)。生物膜的表层的微生物都是好氧性的,而随着厚度的加大,微生物逐渐变成兼性乃至厌氧性。

生物膜固着在滤料或填料上,生物固体停留时间 SRT(泥龄)较长,因此能够生长世代时间长、增殖速度很小的微生物,如硝化菌等。在生物膜上还可能出现大量丝状菌,但不会出现污泥膨胀。和活性污泥法相比,生物膜上的生物中动物性营养者比例较大,微型动物的存活率也较高,能够栖息高营养水平生物,在捕食性纤毛虫、轮虫类、线虫类之上还栖息着寡毛类和昆虫。因此,生物膜上的食物链要比活性污泥中的食物链长,这也是生物膜法产生的污泥量少于活性污泥法的原因。

废水水质的不同,每一级或每层填料上的特征微生物也会不同,即水质的变化会引起生物膜中微生物种类和数量的变化。在进水浓度增高时,可以观察到原有层次的特征性微生物下移的现象,即原先在前级或上层填料上的微生物可在后级或下层填料上出现。因此,通过生物相观察发现这样类似的变化来推断废水浓度或污泥负荷的变化。

#### 72. 水中细菌总数指标的含义是什么?

细菌总数是指 1mL 水样在营养琼脂培养基中,经 37°C、24h 培养后所生长的菌落数。计量单位一般是每 mL 水中所含有的总菌数。水中的细菌总数往往同水体受到有机物污染的程度有关,是评价水质污染程度和对人体可能造成危害的重要指标之一。

细菌总数的分析方法采用标准平皿法对水样中的细菌记数,这是一种测定水中好氧和兼性厌氧的异养菌密度的方法。但由于没有任何一种培养基或任一环境条件能满足一个水样中所有细菌的生理要求,而且水中细菌能以单独个体、成对、链状、成簇或成团的形式存在,所以测得的菌落数实际上要低于被测水样中真正存活的细菌数目。

#### 73. 测定细菌总数的注意事项有哪些?

用无菌操作法吸取 1mL 水样或 2~3 个适宜稀释倍数的稀释水样,注入灭菌平皿中,再倾注 15mL 营养琼脂培养基并与水样充分混匀,每个水样做两个平行样,另外每次检验还要做只倾注营养琼脂培养基的空白对照。

培养之后,应立即进行平皿菌落计数。如果计数必须暂缓进行,可将平皿存放于 5~10°C 的环境下,但不能超过 24h,而且也不可以将这种做法当作常规的操作方式。

对平皿菌落计数时,可用肉眼观察,为防止遗漏,必要时应用放大镜检查。对那些看来相似、距离相近但并不相触的菌落,只要其距离小于最小菌落的直径,就应当分别予以计数。对那些紧密接触但外观(形态或颜色)有差异的菌落也要分别予以计数。

在求同一稀释度的平均菌落数时,如果其中一个平皿有较大片状菌落生长时,则不宜采用,而应以无片状菌落生长的平皿作为该稀释度的菌落数。如果片状菌落不到平皿的一半、而其余部分菌落的分布又很均匀时,则可以将生长均匀的 1/2 平皿菌落计数后乘以 2 代表全皿菌落数。

细菌总数的测定结果是以每个平皿菌落总数或同一稀释度平行实验平皿的平均菌落数乘以稀释倍数。当最终结果在 100 以内时按实际菌落数记录结果;大于 100 时,采用两位有效数字,用 10 的指数来表示,如果菌落数无法计数,在报告结果时要注明稀释倍数。

#### 74. 如何根据菌落计数结果计算水样的细菌总数?

计算细菌总数的化验结果时,需要根据不同稀释度的平均菌落数进行比较和计算,其方

法如下:

(1)首先选择平均菌落数在 30~300 之间的情况进行计算,当只用一个稀释度的平均菌落数符合此范围时,即以该平均菌落数乘其稀释倍数作为检验水样细菌总数的结果。

(2)如果有两个稀释度的平均菌落数在 30~300 之间,应当按二者的比值来决定计算方法。如果比值小于 2,则以各自的平均菌落数乘以各自的稀释倍数后的平均值作为检验水样细菌总数的结果;比值大于 2,则以其中平均菌落数乘以其稀释倍数后的较小者作为检验水样细菌总数的结果。

(3)如果所有稀释度的平均菌落数均大于 300,则应当按稀释倍数最大的平均菌落数乘以其稀释倍数作为检验水样细菌总数的结果。

(4)如果所有稀释度的平均菌落数均小于 30,则应当按稀释倍数最小的平均菌落数乘以其稀释倍数作为检验水样细菌总数的结果。

(5)如果所有稀释度的平均菌落数均不在 30~300 之间,则应当以最接近 30 或 300 的平均菌落数乘以其稀释倍数作为检验水样细菌总数的结果。

#### 75. 大肠菌群数(值)的含义是什么?

大肠菌群细菌是指一类好氧或兼性厌氧、能发酵乳糖、革兰氏染色阴性、无芽孢的杆菌,因此有时也称粪大肠菌群或大肠杆菌,大肠菌群细菌在乳糖培养基中经 37°C、24h 培养后,能产酸产气。大肠菌群数(值)一般以 1L 或 100mL 水中含有的大肠菌群数量为计量单位。

如果水源被粪便污染,则有可能被肠道病原菌污染而引起肠道传染疾病。由于肠道病原菌在占中微生物数量的比例相对较少,故从水中特别是自来水中分离病原菌常非常困难。大肠菌群细菌是肠道好氧菌中最普遍和数量最多的一类细菌,所以常将其作为粪便污染的指示菌。即根据水中大肠菌群的数目来判断水源是否受粪便所污染,并检测推测水源受肠道病原菌的可能性。

#### 76. 大肠菌群数的测定方法有哪些?

总大肠菌群的常用测定方法有多管发酵法和滤膜法两种。

多管发酵法是根据大肠菌群细菌能发酵乳糖、革兰氏染色阴性、无芽孢、呈杆状等有关特性,通过三个步骤进行检验,来确定水样中的总大肠菌群数。多管发酵法以最可能数 Most Probable Number 来表示实验结果,又简称 MPN,实际上是根据统计学理论估计水体中大肠杆菌密度和卫生质量的一种方法,这种估计有大于实际数字的倾向。对于大肠菌群数含量的估计值,决定于那些既显示阳性又显示阴性的稀释度,在实际设计水样检验所要求重复的数目时,要根据所要求数据的准确度而定。

滤膜法是用特制的灭菌微孔薄膜过滤水样,细菌被截留在膜上后,将薄膜贴在品红亚硫酸钠培养基上进行培养。因为大肠菌群细菌可发酵乳糖,在滤膜上培养培养后会出现紫红色具有金属光泽的菌落,计数滤膜上出现的具有此特征的菌落数,即可计算出每 L 水样中含有的大肠菌群数。滤膜法可测定的水样体积较大,能比多管发酵法更快地获得结果,但测定浊度高、非大肠杆菌类细菌密度大时,效果较差。

#### 77. 什么是余氯?

余氯是水经加氯消毒接触一定时间后余留在水中的氯,其作用是保持持续的杀菌能力。从水进入管网到用水点之前,必须维持水中消毒剂的作用,以防止可能出现的病原体危害和再增殖。这就要求向水中投加的消毒剂,其投加量不仅能满足杀灭水中病原体的需要,而且还要保留一定的剩余量防止在水的输送过程中出现病原体的再增殖,如果使用氯消毒,那么超出当时消毒需要的这部分消毒剂就是余氯。

余氯有游离性余氯( $\text{Cl}_2$ 、 $\text{HOCl}$  和  $\text{OCl}^-$ )和化合性余氯( $\text{NH}_2\text{Cl}$ 、 $\text{NHCl}_2$  和  $\text{NCl}_3$ )两种形式,这两种形式能同时存在于同一水样中,两者之和称为总余氯。游离性余氯杀菌能力强,但容易分解,化合性余氯杀菌能力较弱,但在水中持续的时间较长。一般水中没有氨或铵存在时,

余氯为游离性余氯，而水中含有氨或铵时，余氯通常只含有化合性余氯，有时是余氯和化合性余氯共存。余氯量必须适当，过低起不到防治病原体的作用，过高则不仅造成消毒成本的增加，而且在人体接触时可能造成对人体的伤害。

从概念上看，余氯是针对氯气及氯系列消毒剂而言的，当使用二氧化氯等其他非氯类消毒剂时，就应该将余氯理解为接触一定时间后留在水中的剩余消毒剂。

#### 78. 余氯的测定方法有哪些?各自的适用范围是什么?

余氯的测定可以使用碘量滴定法、邻联甲苯胺目视比色法、N,N-二乙基对苯二胺(DPD)亚铁滴定法(GB 11897-89)、N,N-二乙基对苯二胺分光光度法(GB 11898-89)等。碘量滴定法只能测定水样中的总余氯;邻联甲苯胺目视比色法通过改变操作程序，能分别测定总余氯和游离性余氯;N,N-二乙基对苯二胺滴定法或分光光度法可测定浓度范围为 0.03~5mg/L 的游离氯或总氯，通过改变操作程序，还可以分别测定一氯胺、二氯胺和一些化合氯成分。

碘量滴定法适用于总余氯含量大于 1mg/L 的水样，是测定加氯量常用的方法。邻联甲苯胺目视比色法操作简单，是测定生活饮用水余氯的常用方法，测定范围为 0.01~10mg/L。N,N-二乙基对苯二胺滴定法或分光光度法灵敏度高，可测定余氯含量较低的水样，适用于测定含有有机物的污水中的总有效氯，两个方法的测定范围分别为 0.05~1.5mg/L 和 0.03~5mg/L。

#### 79. 余氯测定的注意事项有哪些?

氯在水溶液中非常不稳定，特别是在浓度较低时，含量会迅速减少。受到阳光和其他强光的照射或受到搅动，氯的还原速度会加快。因此取样后不能贮存，必须立即开始氯的测定，同时避免光线照射和搅动水样。

在测定过程的所有操作都要避免阳光直接照射，最好在尽可能低的温度下和柔和的光线下进行，而且所有的比色法都需要用颜色和浊度空白来补偿原水的颜色和色度，尤其是浊度和色度较高时必须测定空白值。

使用邻联甲苯胺目视比色法测定余氯时，如果水样与标准邻联甲苯胺溶液混合均匀后立即比色，所测结果是游离性余氯，如果在暗处放置 10min 使产生最高色度后再进行比色，所得结果是总余氯。总余氯减去游离性余氯即是化合性余氯。

使用邻联甲苯胺目视比色法测定时，如果余氯量大，会产生桔黄色;如果水样碱度过高而余氯量小时，会产生淡绿色或淡蓝色。此时可多加 1mL 邻联甲苯胺标准溶液，即可产生正常的淡黄色。