

第一部分 城市给水工程

一、给水系统总论

1、**熟悉**城市给水系统规划的原则和任务；熟悉城市给水处理厂的设计原则；了解“多级屏障”的概念。

1.1 城市给水系统规划设计原则

- (1) 贯彻执行国家和地方的相关政策和法规；
- (2) 城镇及工业企业规划时应兼顾给水工程；
- (3) 给水工程规划要服从城镇发展规划；
- (4) 合理确定近远期规划与建设范围；
- (5) 要合理利用水资源和保护环境；
- (6) 规划方案应尽可能经济和高效。

1.2 城市给水系统规划设计任务

- (1) 确定给水系统的服务范围与建设规模；
- (2) 确定水资源综合利用与保护措施；
- (3) 确定系统的组成与体系结构；
- (4) 确定给水系统主要构筑物的位置；
- (5) 确定给水处理的工艺流程与水质保证措施；
- (6) 给水管网规划和干管布置与定线；
- (7) 确定废水的处置方案及期环境影响评价；
- (8) 给水工程规划的技术经济比较，包括经济、环境和社会效益分析。

1.3 城市给水处理厂的设计原则

- (1) 水处理构筑物的生产能力,应以最高日供水量加水厂自用水量进行设计，并以原水水质最不利情况进行校核；
- (2) 水厂应按近期设计，考虑远期发展；
- (3) 水厂设计中应考虑各构筑物或设备进行检修、清洗及部分停止工作时，仍能满足用水要求；
- (4) 水厂自动化程度，应本着提高供水水质和供水可靠性，降低能耗、药耗，提高科学管理水平和增加经济效益的原则，根据实际生产要求，技术经济合理性和设备供应情况，妥善确定；
- (5) 设计中必须遵守设计规范的规定。如采用现行规范中尚未列入的新技术、新工艺、

新设备和新材料，则必须通过科学论证，确证行之有效，方可付诸工程实际。但对于确实行之有效、经济效益高、技术先进的新工艺、新设备和新材料，应积极采用，不必受限于设计规范的约束；

1.4 “多级屏障”的概念

广义的多级屏障方法，克服了传统的单一通过饮用水处理技术来保障供水水质安全，而是由水处理技术、监控与水质管理、公众参与社会监督、法律体系、标准指南和目标、科学技术研究等多层次组成。

在多级屏障水处理技术每个层次里再细分为多级屏障，并运用HACCP已经通过脆弱性分析和识别，来确定城市供水系统中关键控制点及其临界范围，建立全程监控系统和校正措施，预防危害，即时调整。

2、**掌握**给水系统分类、组成及布置形式，以及影响给水系统布置的因素。

2.1 给水系统分类

给水系统是保证城市、工矿企业等用水的各项构筑物和输配水管网组成的系统。根据系统的性质，可分类如下：

（1）按水源种类，分为地表水（江河、湖泊、蓄水库、海洋等）和地下水（浅层地下水、深层地下水、泉水等）给水系统；

（2）按供水方式，分为自流系统（重力供水）、水泵供水系统（压力供水）和混合供水系统。

（3）按使用目的，分为生活用水、生产给水和消防给水系统；

（4）按服务对象，分为城市给水和工业给水系统；在工业给水中，又分为循环系统和复用系统。

2.2 给水系统的组成

给水系统由相互联系的一系列构筑物和输配水管网组成。它的任务是从水源取水，按照用户对水质的要求进行处理，然后将水输送到用水区，并向用户配水。

为了完成上述任务，给水系统常由下列工程设施组成：

（1）取水构筑物，用以从选定的水源（包括地表水和地下水）取水。

（2）水处理构筑物，是将取水构筑物的来水进行处理，以期符合用户对水质的要求，这些构筑物常集中布置在水厂范围内。

（3）泵站，用以将所需水量提升到要求的高度，可分抽取原水的一级泵站、输送清水的二级泵站和设于管网中的增压泵站等。

(4) 输水管渠和管网，输水管渠是将原水送到水厂的管渠，管网则是将处理后的水送到各个给水区的全部管道。

(5) 调节构筑物，它包括各种类型的贮水构筑物，例如高地水池、水塔、清水池等，用以贮存和调节水量。高地水池和水塔兼有保证水压的作用：大城市通常不用水塔。中小城市或企业为了贮备水量和保证水压，常设置水塔。根据城市地形特点，水塔可设在管网起端、中间或末端，分别构成网前水塔、网中水塔和对置水塔的给水系统。

2.3 给水系统布置

2.3.1 统一给水系统，即用同一个系统供应生活、生产和消防等各种用水，绝大多数城市采用这一系统。

- (1) 以地表水为水源的给水系统；
- (2) 以地下水为水源的给水系统。

2.3.2 分系统给水

- (1) 分质给水系统；
- (2) 分压给水系统；
- (3) 分区给水系统。

2.4 影响给水系统布置的因素

按照城市规划，水源条件，地形，用户对水量、水质和水压要求等方面的具体情况，给水系统可有多种布置方式。影响给水系统布置的因素分述如下：

(1) 城市规划的影响

给水系统的布置，应密切配合城市和工业区的建设规划，做到通盘考虑分期建设，既能及时供应生产、生活和消防用水，有能适应今后发展的需要。水源选择、给水系统布置和水源卫生防护地带的确定，都应应以城市和工业区的建设规划为基础。城市规划与给水系统设计的关系极为密切。

(2) 水源的影响

任何城市，都会因水源种类、水源距给水区的远近、水质条件的不同，影响到给水系统的布置。

给水水源分地下水和地表水两种。地下水源有浅层地下水，深层地下水和泉水等，我国北方地区普遍采用较多。地表水包括江水、河水、湖泊水、海水等，在南方比较普遍。

当地如有丰富的地下水，则可在城市上游或就在给水区内开凿管井或大口井，井水

经消毒后，由泵站加压送入管网，供用户使用。

以地表水为水源时，一般从流经城市或工业区的河流上游取水。因地表水多半是浑浊的，并且难免受到污染，如作为生活饮用水必须加以处理，受到污染的水源，水处理过程比较复杂，因而提高给水成本。

城市附近的水源丰富时，往往随着用水量的增长而逐步发展成为多水源给水系统，从不同部位向管网供水，它可以从几条河流取水、或从一条河流的不同位置取水，或同时取地表水和地下水，或取不同地层的地下水等。

（3）地形的影响

地形条件对给水系统的布置有很大的影响。中小城市如地形比较平坦，而工业用水量小，对水压又无特殊要求时，可用统一给水系统。大中城市被河流分隔时，两岸工业和居民用水一般先分别供给，自成给水系统，随着城市的发展，再考虑将两岸管网相互沟通，成为多水源的给水系统。取用地下水时，可能考虑到就近凿井取水的原则，而采用分地区的供水系统。

地形起伏较大的城市，可采用分区给水或局部加压的给水系统。整个给水系统按水压分成高低两区，它比统一给水系统可以降低管网的供水水压和减少动力费用。

3、**掌握**各类用水量标准、用水量变化规律及变化系数的确定。

3.1 用水量标准

设计用水量由下列各项组成：

- （1）综合生活用水，包括居民生活用水和公共建筑及设备用水；
- （2）工业企业生产用水和工作人员生活用水；
- （3）消防用水；可按同时发生火灾的次数和一次灭火的用水量，两小时灭火时间计算。
- （4）浇洒道路和绿化用水；
- （5）未预计水量及管网漏失水量。可按最高日用水量的15%~20%合并计算。

具体参考室外给水设计规范表4.0.3-1、表4.0.3-2。

表 4.0.3-1 居民生活用水定额 [L/ (人·d)]

城市规模	特大城市		大城市		中、小城市	
用水情况 分区	最高日	平均日	最高日	平均日	最高日	平均日
一	180~270	140~210	160~250	120~190	140~230	100~170
二	140~200	110~160	120~180	90~140	100~160	70~120
三	140~180	110~150	120~160	90~130	100~140	70~110

表 4.0.3-2 综合生活用水定额 [L/ (人·d)]

城市规模	特大城市		大城市		中、小城市	
用水情况 分区	最高日	平均日	最高日	平均日	最高日	平均日
一	260~410	210~340	240~390	190~310	220~370	170~280
二	190~280	150~240	170~260	130~210	150~240	110~180
三	170~270	140~230	150~250	120~200	130~230	100~170

注：1 特大城市指：市区和近郊区非农业人口 100 万及以上的城市；

大城市指：市区和近郊区非农业人口 50 万及以上，不满 100 万的城市；

中、小城市指：市区和近郊区非农业人口不满 50 万的城市。

2 一区包括：湖北、湖南、江西、浙江、福建、广东、广西、海南、上海、江苏、安徽、重庆；

二区包括：四川、贵州、云南、黑龙江、吉林、辽宁、北京、天津、河北、山西、河南、山东、宁夏、陕西、内蒙古河套以东和甘肃黄河以东的地区；

三区包括：新疆、青海、西藏、内蒙古河套以西和甘肃黄河以西的地区。

3 经济开发区和特区城市，根据用水实际情况，用水定额可酌情增加。

4 当采用海水或污水再生水等作为冲厕用水时，用水定额相应减少。

3.2 用水量变化规律

(1) 生活用水随生活习惯和气候而变化；

(2) 生产用水中冷却用水和空调用水随气温和水温而变化，其他工业用水一年中比较

均衡。

3.3 变化系数的确定

(1) 日变化系数 (K_d)

在一年中,最高日用水量与平均日用水量的比值,叫做日变化系数 K_d 。根据给水区的地理位置、气候、生活习惯和室内给排水设施程度,其值约为1.1~1.5。

(2) 时变化系数 (K_h)

在最高日内,最高一小时用水量与平均时用水量的比值,叫做时变化系数 K_h ,该值在1.2~1.6 之间。大中城市的用水量比较均匀, K_h 较小,可取下限,小城市可取上限或适当加大。

4、了解城市给水需水量预测的相关方法。

城市用水量预测有多种方法,在给水排水工程规划时,要根据具体情况,选择合理可行的方法,必要时,可以采用多种方法计算,然后比较确定。

(1) 分类估算法

分类估算法先按照用水的性质对用水进行分类,然后分析各类用水的特点,确定它们的用水量标准,并按用水量标准计算各类用水量,最后累计出总用水量。该方法比较细致,因而可以求得比较准确的用水量,但也因此增加了分析计算的工作量,所以在规划阶段不宜采用,而主要用于设计计算。

(2) 单位面积法

单位面积法根据城市用水区域面积估算用水量。《城市给水工程规划规范》(GB50282-2006)给出了城市单位面积综合用水量标准。根据居住用地最高日用水量指标可以计算出最高日用水量。

(3) 人均综合指标法

根据已有的历史数据,城市总用水量与城市人口具有密切的关系,城市人口平均总用水量称为人均综合用水量。《给水排水工程规划规范》(GB50282-2006)推荐了我国城市每万人最高日综合用水量。

(4) 年递增速率法

城市发展进程中,供水量一般呈现逐年递增的趋势,在过去的若干年内,每年用水量可能保持相近的递增比率,可以用如下公式表达:

$$Q_a = Q_0(1 + \delta)^t \quad (\text{m}^3/\text{d})$$

式中 Q_0 ——起始年份平均日用水量, m^3/d ;

Q_a ——起始年份后第 t 年的平均日用水量, m^3/d ;

δ ——用水量年平均增长率, %;

t ——年数, a。

上式实际上是一种指数曲线型的外推模型,可以用来预测计算未来年份的规划预测总用水量。在具有规律性的发展过程中,用该式预测计算城市总用水量是可行的。

(5) 线性回归法

城市日平均用水量亦可用一元线性回归模型进行预测计算,公式可写为:

$$Q_a = Q_0 + \Delta Q \cdot t \quad (\text{m}^3/\text{d})$$

式中 Q_a ——起始年份后第 t 年的平均日用水量, m^3/d ;

Q_0 ——起始年份平均日用水量, m^3/d ;

ΔQ ——起始年份平均日用水量, m^3/d ;

t ——年数, a。

(6) 生长曲线法

城市发展规律可能呈现在初始阶段发展的很快,总用水量呈现递减的趋势,而后城市发展趋势缓慢增长到稳定甚至适度减少的趋势,生长曲线可用下式表达:

$$Q = \frac{L}{1 + ae^{-bt}} \quad (\text{m}^3/\text{d})$$

式中 a, b ——待定参数;

Q ——预测用水量, m^3/d ;

L ——预测用水量的上限值, m^3/d 。

5、了解城市供水调度、调度中心、水厂监控中心组成及主要功能。

5.1 城市供水调度系统

组成: 调度中心、水厂监控中心、水厂监控分站、水源井监控站、管网加压站和管网测压站。

主要功能: 安全可靠地将符合水量、水压、水质要求的水送往每个用户,并最大限

度地降低给水系统的运行成本，保证给水系统的运行安全可靠。

5.2 调度中心

组成：供水调度中心须有遥感、遥测、遥讯等成套设备，负责调度水厂监控中心、水厂监控分站、水源井监控站、管网加压站和管网测压站。

主要功能：及时了解整个给水系统生产情况，采取有效的科学方法和强化措施，执行集中调度的任务。

5.3 水厂监控中心

组成：由操作员站、工程师展等工作站、管理工作站、历史服务器打印机等附属设备以及网络设备组成。

主要功能：对整个水厂进行组态管理，系统监控；实时监测、显示、处理、控制各 PLC 子站的状态、通信、数据和信息；报警处理和报表打印；动态数据库和历史数据库管理；实现与上级系统的通信和数据交换。

6、了解地理信息系统、卫星定位系统和遥感技术在城市给水中的应用。

"3S"技术是以遥感技术(RS)、地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)为基础,将 RS、GIS、GPS 三种独立技术领域中的有关部分与其它高技术领域(如网络技术、通讯技术等)有机地构成一个整体而形成的一项新的综合技术。它集信息获取、信息处理、信息应用于一身,突出表现在信息获取与处理的高速、实时与应用的高精度、可量化方面。

可以利用 GPS 和 RS 快速获取给水管网现状资料: GPS 技术将实时定位精度提高到厘米级,同时结合 RS 遥测技术,准确地获取地下管网的三维坐标;地下管网的修测可以利用 GPS,通过局域差分实时定位技术或广域差分实时定位技术来实现。

可以利用 GIS 技术进行科学的管理和决策:将 GIS 应用到自来水行业,增加行业的应用分析功能,科学地管理好地下管网信息。其一,供水管网及其地形信息、属性信息以数据形式保存在光盘、硬盘或磁盘阵列中,无需以纸质材料保存,免除了由此引起的基础资料缺失和精度降低,提高了数据的利用率;其二,利用 GPS 和 RS 及时补测或修测,更新 GIS 数据,以最快的时间保证数据的现势性,同时,根据需要 GIS 可以随时输出任意比例及范围的管网图,供建设者使用;其三,利用 GIS 可以自动完成或减少供水行业的职能业务量,如自动抄录水表,爆管分析和阀门管理等,减少了人工的误差,提高了工作和事故处理效率,大大降低了资源的浪费。

二、取水工程

1、**掌握**各类给水水源的特点、选择原则，及水源水质标准、分类标准及评价方法。

1.1 给水水源分类及其特点

表 1 地下水与地表水特点

项目	地下水	地表水
水质	水质澄清、变化幅度不大，相对地表水不易被污染	水质具有明显的季节性，河水混浊度高，尤其是在汛期，水中含沙量大，色度高，有机物和细菌的含量高且易被污染
水温	水温稳定	水温随季节变化幅度较大
矿化度和硬度	矿化度和硬度较大	矿化度和硬度较地下水小
取水和水处理设施	取水构筑物和水处理设施构造简单，费用低，便于靠近用户设置及卫生防护，同时便于维护及运行管理	取水构筑物构造复杂，处理设施占地大，费用高，维护管理较地下水复杂

1.2 给水水源选择原则

- (1) 水源水量充沛可靠，便于防护；
- (2) 原水水质符合要求；
- (3) 符合卫生要求的地下水，宜优先作为生活饮用水的水源；
- (4) 全面考虑统筹安排，正确处理与给水工程有关部门的关系；
- (5) 取水、输水及水处理设施安全经济和维护方便；
- (6) 具备施工条件。

1.3 水源水质标准、分类及评价方法

生活饮用水水源水质标准及分类CJ 3020-93

项 目	标准限值	
	一级	二级
色	色度不超过 15 度，并不得呈现其他异色	不应有明显的其他异色

浑浊度（度）	≤3	
嗅和味	不得有异臭、异味	不应有明显的异臭、异味
pH 值	6.5—8.5	6.5—8.5
总硬度(以碳酸钙计)(mg/L)	≤350	≤450
溶解铁（mg/L）	≤0.3	≤0.5
溶解性总固体（mg/L）	<1000	<1000
总大肠菌群（个/L）	≤1000	≤10000

一级水源水：水质良好。地下水只需消毒处理，地表水经简易净化处理（如过滤）、消毒后即可供生活饮用者。

二级水源水：水质受轻度污染。经常规净化处理（如絮凝、沉淀、过滤、消毒等），其水质即可达到GB5749 规定，可供生活饮用者。

2、了解水源保护的基本要求和采取措施。

2.1 水源保护的基本要求

（1）生活饮用水的水源，必须设置卫生防护地带。

（2）集中式给水水源卫生防护地带的规定如下。

1) 地面水

取水点周围半径100m 的水域内，严禁捕捞、停靠船只、游泳和从事可能污染水源的任何活动并由供水单位设置明显的范围标志和严禁事项的告示牌。

取水点上游1000m 至下游100m 的水域，不得排入工业废水和生活污水，其沿岸防护范围内不得堆放废渣，不得设立有害化学物品仓库、堆栈或装卸垃圾、粪便和有毒物品的码头，不得使用工业废水或生活污水灌溉及施用持久性或剧毒的农药，不得从事放牧等有可能污染该段水域水质的活动。

水厂生产区的范围应明确划定并设立明显标志，在生产区外围不小于10m范围内不得设置生活居住区和修建禽畜饲养场、渗水厕所、渗水坑，不得堆放垃圾、粪便、废渣或铺设污水渠道，应保持良好的卫生状况和绿化。

2) 地下水

取水构筑物的防护范围，其防护措施与地面水的水厂生产区要求相同。

在单井或井群的影响半径范围内,不得使用工业废水或生活污水灌溉和施用持久性或剧毒的农药,不得修建渗透水厕所、渗水坑、堆放废渣滓或铺设污水渠道,并不得从事破坏深层土层的活动。如取水层在水井影响半径内不露出地面或取水层与地面水没有互相补充关系时,可根据具体情况设置较小的防护范围。

2.2 水源保护的方法措施

- (1) 配合有关部门制定水资源开发利用计划。
- (2) 加强水资源管理。
- (3) 进行流域面积内的水土保持工作。
- (4) 防止水源水质污染。

3、了解地下水取水构筑物类型及适用条件;了解江河、湖泊和水库取水构筑物选择的基本要求。

3.1 地下取水构筑物的类型及适用条件

3.1.1 管井, 井径50-1000mm

- (1) 适用于含水层厚度大于4m, 其底板埋藏深度大于8m;
- (2) 适应于开采深层地下水, 在深井泵性能允许的情况下, 不受地下水埋深限制;
- (3) 适应性强, 能用于各种岩性、埋深、含水层厚度和多层次含水层, 应用范围最为广泛。

3.1.2 大口井, 井径2-12m

- (1) 适用于取集浅层地下水, 底板埋藏深度小于15m, 含水层厚度在5m 左右;
- (2) 适用于任何砂石、卵石、砾石层, 但渗透系数最好大于20m/d;
- (3) 含水层厚度大于10m 时应做成非完整井;
- (4) 比较适合中小城镇、铁路及农村的地下水取水构筑物。

3.1.3 辐射井, 集水井直径4-6m, 辐射井直径50-300mm

- (1) 适用于含水层厚度在10m 以内;
- (2) 适应性较强, 适用于不能用大口井开采的、厚度较薄的含水层及不能用渗渠开采的厚度薄、埋深大的含水层;

3.1.4 渗渠, 直径450-1500mm。

- (1) 适用于底板埋藏深度小于6m, 含水层厚度小于5m 的浅层地下水;
- (2) 适用于中砂、粗砂、砾石或卵石层;
- (3) 最适宜于开采河床地下水或地表渗透水。

3.2 江河取水构筑物位置选择的基本要求

(1) 设在水质较好的点

生活和生产污水排入河流将直接影响取水水质,为了避免污染,取得较好水质的水,取水构筑物的位置,宜位于城镇和工业企业上游的清洁河段。在污水排放口的上游100~150m以上。

取水构筑物应避开河流中的回流区和死水区,以减少进水中的泥沙和漂浮物。

在沿海地区受潮汐影响的河流上设置取水构筑物时,应考虑到咸潮的影响,应尽量避免吸入咸水。河流入海处,由于海水涨潮等原因,导致海水倒灌,影响水质。设置取水构筑物时,应注意这一现象,以免日后对工业和生活用水造成危害。

其它如农田污水灌溉,农作物及果园施加杀虫剂,有害废料堆场等都可能造成污染源,在选择取水构筑物位置时应予以注意。

电厂冷却水要求取得温度尽可能低的河水。通常水深较大的河流,夏季表层温度较高,底层水温较低。水流较缓的大河(不受潮汐影响时),河心水温较低,岸边水温较高。为了取得低温水,宜从底层和河心取水。

(2) 具有稳定河床和河岸,靠近主流,有足够的水深。

在弯曲河段上,取水构筑物位置宜设在河流的凹岸,但如果在凸岸的起点,主流尚未偏离时,或在凸岸的起点或终点,主流虽已偏离,但离岸不远有不淤积的深槽时,仍可设置取水构筑物。

(3) 具有良好的地质、地形及施工条件。

(4) 靠近主要用水地区。

(5) 应注意河流上的人工构筑物或天然障碍物。

(6) 避免冰凌的影响。

(7) 应与河流的综合利用相适应。

3.3 江河水取水构筑物

3.3.1 固定式取水构筑物

(1) 岸边式取水构筑物(包括合建式和分建式)

适用于大、中、小型取水量,宜建在岸边较陡,主流近岸,岸边有足够水深,水质和地质条件较好,水位变化幅度不大的情况,但水下施工工程量较大,且须在枯水期或冰冻期施工完毕。

(2) 河床式取水构筑物

适用于河床稳定、河岸平坦、枯水期主流离岸较远、岸边水深不够或水质不好、而河中又具有足够水深或较好水质时。

取水方式：自流管取水、虹吸管取水、水泵直接取水、桥墩式取水。

3.3.2 移动式取水构筑物

(1) 浮船式取水构筑物

适用条件：水位变化幅度在10~40m，涨落速度小于2m/h 的江河水取水；

临时供水的取水构筑物或允许断水的永久性取水构筑物；投资受到限制，难以修建固定式取水构筑物。

取水位置的选择：河岸有适宜坡度；设在水流平缓、风浪小的地方，以利于浮船的锚固和减小颠簸；尽量避开河漫滩和浅滩地段。

(2) 缆车式取水构筑物

适用条件：水位变化幅度在10~35m，涨落速度小于2m/h 的江河中取水；

作为永久性取水构筑物；水位变化幅度大且水流急、风浪大，不宜用浮船取水；受牵引设备限制，每部泵车的取水流量小于10 万m³/d；取水河道漂浮物少、无冰凌、无船只碰撞可能。

取水位置的选择：宜选择在河岸地质条件较好，岸坡稳定的位置；宜选择在岸坡倾角为10~280 的地段；应选在凹岸的顺直河段上，主流近岸，水深足够，避免设在回水区或凸岸，以防淤积。

3.4 湖泊和水库取水构筑物

(1) 不要选择在湖岸芦苇丛生处附近。

(2) 不要选择在夏季主风向的向风面的凹岸处。

(3) 为了防止泥沙淤积取水头部，取水构筑物位置应选在靠近大坝附近，在远离支流的汇入口。

(4) 取水构筑物应建在稳定的湖岸或库岸处。

4、了解水源水质监测系统的组成及主要监测内容。

4.1 水质监测系统的组成

水质自动监测系统一般由一个中心站和几个子站组成。

(1) 提水装置

(2) 预处理装置

(3) 监测仪器

- (4) 数据采集
- (5) 数据处理与传输装置
- (6) 远程数据管理中心

4.2 主要监测内容

水温、pH、溶解氧（DO）、电导率、浊度、高锰酸盐指数、化学需氧量（COD）、总有机碳（TOC）、总氮（TN）、总磷（TP）、氨氮、磷酸盐、硝酸盐氮。

三、输水和配水工程

1、**掌握**输水管和配水管网的布置原则及管网水力计算方法；**了解**输水管技术经济计算。

1.1 输水管布置原则

1.1.1 定线

(1) 输水管定线时，必须与城市建设规划相结合，尽量缩短线路长度，减少拆迁，少占农田，便于管渠施工和维护，保证供水安全。

(2) 选线时，应选择最佳的地形和地质条件，尽量沿现有道路定线，以便施工和检修。

(3) 减少与铁路、公路和河流的交叉；管线避免穿越滑坡、岩层、沼泽、高地下水位和河水淹没与冲刷地区，以降低造价和便于管理。

(4) 远距离输水时，一般情况下往往是加压和重力输水两者的结合形式，根据地形高差、管线长度和水管承压能力等情况确定加压泵站。

(5) 设计时应远近期同时考虑，分期实施。

1.1.2 设计流量

(1) 从水源至城镇水厂或工业企业自备水厂的输水管渠的设计流量，应按最高日平均时供水量加自用水量确定。当长距离输水时，输水管渠的设计流量应计入管渠漏失水量。

(2) 向管网输水的管道设计流量，当管网内有调节构筑物时，应按最高日最高时用水条件下，由水厂所负担供应的水量确定；当无调节构筑物时，应按最高日最高时供水量确定。

(3) 负有消防给水任务的输水管渠尚应包括消防补充流量或消防流量。

1.1.3 条数及连通管

(1) 输水管渠一般不宜少于两条，当有安全贮水池或其他安全供水措施时，也可修建一条输水干管，输水干管和连通管管径及连通管根数，应按输水干管任何一段发生故障时仍能通过事故用水量计算确定。城镇的事故水量为设计水量的70%，工业企业的事

水量按有关工艺要求确定，当负有消防给水任务时，还应包括消防水量。

(2) 为保证在输水管渠局部损坏时仍能保证事故水量，可在平行的2条或3条输水管渠之间设置连通管，并装置必要的阀门。

1.1.4 附属设施

(1) 输水管道应根据具体情况设置分段和分区检修的阀门。

(2) 在输水管道隆起点和平直段的重要位置上，应装设排（进）气阀，低处应装设泄水阀。其数量和直径应通过计算确定。

(3) 设计满流输水管道时，应考虑发生水锤的可能，必要时应采取消除水锤的措施。

1.2 配水管网布置原则

1.2.1 布置原则

(1) 按照城市规划布置，考虑分期建设可能，留有充分的发展余地。

(2) 城市配水管网宜设计成环状，当允许间断供水时，可设计为树状网，但应考虑将来有连成环状网的可能。在树枝状管段的末端应装置排水阀。

(3) 工业企业配水管网的形状，应根据厂区总图布置和供水安全要求等因素确定。

(4) 城镇生活饮用水的管网，严禁与非生活饮用水的管网连接。城镇生活饮用水管网，严禁与各单位自备的生活饮用水供水系统连接。

(5) 管线遍布在整个给水区内，管网中的干管应以最近距离输水到用户和调节构筑物，保证用户有足够的水量和水压。

(6) 配水管网应按最高日最高时用水量及设计水压进行计算，并应分别按下列三种情况和要求进行校合：发生消防时的流量和水压要求；最大转输时的流量和水压要求；最不利管段发生故障时的事故用水量和水压要求。

(7) 城市内一般建筑物可以从管网引一条进水管，用水较高的建筑物或建筑物群可从管网不同方位引入两条或数条水管。

1.2.2 管网定线

(1) 城市管网定线是指在地形平面图上确定管线的走向和位置。定线时一般只限于管网的干管以及干管之间的连接管，不包括从干管到用户的分配管和接到用户的进水管。

(2) 干管定线时其延伸方向应和二级泵站输水到水池、水塔、大用户的水流方向一致，以最近的距离，将一条或几条干管平行地布置在用水量较大的街区。平行的干管间距约为500~800m，干管之间的连接管间距考虑在800~1000m左右。

(3) 干管一般按城市规划道路定线，但尽量避免在高级路面和重要道路下通过。

(4) 生活饮用水管道应尽量避免穿过毒物污染及腐蚀性等地区，如必须穿过时应采取防护措施。

(5) 城镇给水管道的平面布置和竖向标高，应符合城镇的管道综合设计要求；工业企业给水管道的平面布置和竖向标高，应符合厂区的综合设计要求。

(6) 城镇给水管与建筑物、铁路和其他管道的水平净距，应根据建筑物基础的结构、路面种类、卫生安全、管道埋深、管径、管材、施工条件、管内工作压力、管道上附属构筑物的大小及有关规定等条件确定。

(7) 给水管应设在污水管上方。当给水管与污水管平行设置时，管外壁净距不应小于1.5m。当给水管设在污水管下方时，给水管必须采用金属管材，并应根据土壤的渗水性及地下水位情况，妥善确定净距。

(8) 给水管相互交叉时，其净距不应小于0.15m。生活饮用水给水管与污水管或输送有毒液体管道交叉时，给水管应敷设在上面，且不应有接口重叠；当给水管敷设在下面时，应采用钢套管，套管伸出交叉管的长度每边不得小于3m，套管两端应采用防水材料封闭。

1.2.3 管顶埋深

管道的埋设深度，应根据冰冻情况、外部荷载、管材强度以及与其他管道交叉等因素确定。当有热力计算和技术经济论证时才允许埋设在土壤冰冻线以上或露天敷设，并应采取调节管道伸缩和防寒保暖措施。

1.2.4 管径

(1) 负有消防给水任务管道的最小直径，不应小于100mm；室外消火栓的间距不应大于120m。

(2) 从管网干管到用户和消火栓的分配管管径至少为100mm，大城市采用150 ~ 200mm。

(3) 通过水力计算确定管径。

1.2.5 管材

管材可分为金属管（铸铁管和钢管等）和非金属管（预应力钢筋混凝土管、玻璃钢管和塑料管）。管材的选择，取决于承受的水压、外部荷载、土的性质、施工维护和材料供应等条件确定。

1.2.6 阀门

(1) 给水管网应根据具体情况设置分段和分区检修的阀门。管网上的阀门间距，不应

超过5 个消火栓的布置长度。

(2) 在配水管网隆起点和平直段的必要位置, 应装设排(进)气阀, 低处应装设泄水阀。其数量和直径应通过计算确定。

1.2.7 集中给水栓

集中给水站设置地点, 应考虑取水方便, 其服务半径一般不大于50m。

1.2.8 管道支墩与基础

(1) 承插式管道在垂直或水平方向转弯处支墩的设置, 应根据管径、转弯角度、试压标准和接口摩擦力等因素通过计算确定。

(2) 在土基上, 管道一般应敷设在未经扰动的原状土层上; 在岩基上, 应铺设砂垫层; 对于淤泥和其他承载能力达不到设计要求的地基, 必须进行基础处理。

1.3 管网的水力计算方法。

1.3.1 沿线流量和节点流量

管网计算时并不包括全部管线, 而是只计算经过简化后的干管网。管网图形由许多管段组成, 沿线流量是指供给该管段两侧用户所需流量。节点流量是从沿线流量折算得出的并且假设是在节点集中流出的流量。在管网水力计算中, 首先需求出沿线流量和节点流量。

(1) 沿线流量

城市给水管线, 干管和分配管上接出许多用户, 沿管线配水, 用水情况复杂, 难以按实际用水情况来计算管网。因此, 计算时往往加以简化, 即假定用水量均匀分布在全部干管上, 由此算出干管线单位长度的流量, 叫做比流量:

$$q_s = \frac{Q - \sum q}{\sum l}$$

式中 q_s ——比流量, $L/(s \cdot m)$;

Q ——管网设计总用水量(最高日最高时), L/s ;

$\sum q$ ——大用户集中于节点的总流量;

$\sum l$ ——干管总长度, m ; 不包括穿越广场、公园等无建筑物地区的管线; 只有一侧配水管线, 长度按一半计算。

最高日最高时用水量和最大转输时或事故时的比流量不同, 所以在管网计算时须分别计算。

两节点之间的干管段，其沿线流量等于比流量 q_s 乘以管段长度 l （m）：

$$q_l = q_s l$$

式中 q_l ——沿线流量，L/s；

L ——该管段的长度（计算长度），m。

需要说明的是，按照用水量全部均匀分布在干管上的假定以求出比流量的方法，存在一定的缺陷，因为它忽视了沿线供水人数和用水量的差别，所以与各管段的实际配水量并不一致。

（2）节点流量

节点流量类型：

工业企业和公共建筑等大用户集中流量，可作为节点流量；

城镇居民用水比较分散，经比流量，沿线流量和节点流量计算后，分配到节点，作为节点流量。

沿线流量化成节点流量的原理是求出一个沿线不变的折算流量 q ，使它产生的水头损失等于实际上沿管线变化的流量产生的水头损失。

管网任一节点由沿线流量折半作为节点流量公式为：

$$q_i = 0.5 \sum q_l$$

即任一节点 i 的节点流量 q_i 等于与该节点相连各管段的沿线流量 q_l 总和的一半。

在城市管网中，大用户集中流量可直接作为接入大用户节点的节点流量。

管网按消防流量核算时，消防用水量加在最不利的节点。

1.3.2 管段计算流量

流量分配方法：

单水源的树状网中，每一管段只有唯一的流量，任一管段的流量等于该管段下游所有节点流量的总和。根据管段流量即可选用管径和进行水头损失计算。

环状网的流量分配比较复杂，不可能像树状网一样，对每一管段得到唯一的流量值。分配流量时，必须保持每一节点的流量平衡条件，即流向任一节点的流量必须等于从该节点流出的流量，以满足节点流量平衡的条件，公式表示为：

$$q_i + \sum q_{ij} = 0$$

式中 q_i —— 节点 i 的节点流量，L/s；

Σq_{ij} ——从节点i 到节点j 的管段流量, L/s。

环状网流量分配的步骤是:

A. 按照管网的主要供水方向, 先拟定每一段的水流方向, 并选定整个管网的控制点。控制点是管网正常工作时和事故时必须保证所需水压的点;

B. 流量分配时, 一般在环状网平行的干管线中分配大致相同的流量, 因而采用相近或相同的管径, 这样一条干管损坏, 流量由其他干管转输时, 不会使这些干管中的流量增加过多;

C. 相互平行的干管之间的连接管, 平时流量一般不大, 只有在干管损坏时才转输较大的流量, 不必分配过大的流量。

D. 多水源管网, 可从不同水源节点开始分配, 位于分界线上各节点流量, 由几个水源同时供给。各水源供水范围的节点流量总和加上分界线上由该水源供应的节点流量, 应等于该水源的供水量。

环状网流量分配后, 即可得出各管段的计算流量, 由此流量即可确定管径。

1.3.3 管网水力计算

(1) 树状网水力计算

树状网的计算比较简单, 主要原因是树状网中每一管段的流量容易确定, 只要在每一节点应用节点流量平衡条件。任一管段的流量确定后, 即可按平均经济流速的条件求出管径, 并求得水头损失。控制点的选择很重要, 在保证控制点水压达到最小服务水头时, 整个管网不会出现水压不足的地区。如果控制点选择不当而出现某些地区水压不足时, 应重新选定控制点进行计算。

支线计算可依据接出支线处节点的水压标高(等于节点处地面标高加服务水头)与支线终点的水压标高(终点地面标高与服务水头之和)差除以支线长度, 即得支线的水力坡度, 再从支线每一管段的流量并参照此水力坡度选定管径。

(2) 环状网水力计算

A. 环状网水力基础方程

首先分析环状网水力计算的条件。对于任何环状网, 管段数P、节点数J(包括泵站、水塔等水源节点)和环数L 之间存在下列关系:

$$P = J + L - 1$$

给水环状网水力计算是联立求解连续性方程、能量方程和压降方程。

名称	计算公式	说明
连续性方程	在一节点, 流向该节点的流量等于从该节点流出的流量, 假定从节点流出的流量为正, 流向节点的流量为负, 得: $q_i + \sum q_{ij} = 0$	q_i — 节点 <i>i</i> 的节点流量, L/s; $\sum q_{ij}$ — 从节点 <i>i</i> 到节点 <i>j</i> 的管段流量, L/s。
能量方程	管网每一环中各管段的水头损失总和等于零。一般假定, 水流顺时针方向的管段, 水头损失为正, 逆时针方向的为负, 得: $\sum h_{ij} = 0$	h_{ij} — 管段水头损失, m。
压降方程	表示管段流量和水头损失的关系, 公式为: $q_{ij} = ((H_i - H_j) / S_{ij})^{1/2}$	H_i — 节点 <i>i</i> 对某一基准点的水压, m; H_j — 节点 <i>j</i> 对某一基准点的水压, m; S_{ij} — 管段摩阻

B. 计算方法分类

在管网水力计算时, 根据求解的未知数是管段流量还是节点水压, 可以分为解环方程、解节点方程和解管段方程三类:

在初步分配流量后, 调整管段流量以满足能量方程, 得出各管段流量的环方程组解法;

应用连续性方程和压降方程解节点方程组, 得出各节点的水压;

应用连续性方程和能量方程解管段方程组, 得出各管段的流量。

所解方程	求解方法
解环方程	经流量分配后, 环网各节点已满足连续性方程, 可由该流量求出的管段水头损失, 并不同时满足 <i>L</i> 个环的能量方程, 用校正流量 Δq 调整管段流量, 使其满足能量方程。一般假定校正流量 Δq 以顺时针方向为正, 逆时针方向为负。
解节点方程	假定每一节点水压的条件下, 应用连续性方程以及管段压降方程, 通过计算调整, 求出每一节点的水压, 再据此求出管段的水头损失和流量。
解管段方程	应用连续性和能量方程, 求得各管段流量和水头损失, 再根据已知节点水压求出其余各节点水压。

1.4 输水管的技术经济计算

输水管的技术经济计算是指在投资偿还期内，求年费用折算值最小的经济管径。

年费用折算值是按照年计的管网建造费用和管理费用。

管网年折算费用=管网建造费用/投资偿还期+每年管理费用

每年管理费用=动力费+折旧大修理费

年费用折算值：

$$W = \left(\frac{p}{100} + \frac{1}{t} \right) \sum (a + bD_{ij}^{\alpha}) \times l_{ij} + 8.76\beta E \rho g \frac{Q(H_0 + \sum h_{ij})}{\eta}$$

式中 a, b, α ——单位长度管线造价公式中的系数和指数，随水管材料和当地施工条件而异；

D_{ij} ——管径，m；

E ——电费，分/kWh；

Q ——输入管网的总流量，L/s；

H_p ——二级泵站扬程，m；

η ——泵站效率，一般为0.55~0.85，水泵功率小的泵站，效率较低；

p ——每年扣除的折旧和大修费，以管网造价的%计；

l_{ij} ——管段长度，m；

t ——投资偿还期，a；

β ——供水能力变化系数。中型城市可参照：网前水塔管网的输水管或无水塔的管网为0.1~0.4；网前水塔的管网为0.5~0.75；

ρ ——水的密度， $\rho = 1\text{kg/L}$ ；

g ——重力加速度， $g = 9.81\text{m/s}^2$ ；

H_0 ——水泵经扬程，m；

$\sum h_{ij}$ ——从管网起点到控制点的任一条管线的水头损失总和，m。

$$W_0 = \left(p + \frac{100}{t} \right) \sum b D_{ij}^\alpha L_{ij} + PQ \sum h_{ij}$$

式中 $P = 8.76 \beta E \rho g / \eta$

b, α ——单位长度管线造价公式中的系数和指数；

D_{ij} ——管径，m；

L_{ij} ——管径长度，m；

t ——投资偿还期，a；

Q ——输入水网的总流量，L/s；

3.1 压力输水管技术经济计算

对 W_0 求导数。得到

经济管径：

$$D_{ij} = \left(f Q q_{ij}^n \right)^{\frac{1}{\alpha+m}}$$

$$f = \frac{m P k}{\left(p + \frac{100}{t} \right)^{\alpha b}} = \frac{8.76 \beta E \rho g k m}{\left(p + \frac{100}{t} \right)^{\alpha b \eta}}$$

F 称之为经济因素，是包含多种指标的综合参数。

1.4.2 重力输水管技术经济计算

重力输水管不需要供水动力费用。技术经济计算的问题是：求出利用现有水头并使管线建造费用最低的管径。

年费用折算值：

$$W_0 = \left(p + \frac{100}{t} \right) \sum b D_{ij}^\alpha L_{ij}$$

$$W_0 = \left(p + \frac{100}{t} \right) \sum b l_{ij} \left(\frac{k q_{ij}^n l_{ij}}{h_{ij}} \right)^{\frac{\alpha}{m}}$$

$$h_{ij} = k \frac{q_{ij}^n}{D_{ij}^m} l_{ij}$$

2、了解城市给水管网的运行维护方法；熟悉管网漏失控制的技术和管理措施。

2.1 给水管网运行维护方法

2.1.1 日常管网运行管理内容主要包括：

(1) 检漏和修漏；

方法有实地观察法、听漏法和分区检漏法。

(2) 水管清垢和防腐蚀；

采用非金属管材时，防腐蚀方法有在金属表面上涂油漆、水泥砂浆等、阴极保护等。

(3) 用户接管的安装、清洗和防水冻；

(4) 管网事故抢修；

(5) 检修阀门、消火栓、流量计和水表。

2.1.2 水管防腐蚀

(1) 防腐蚀方法有：

(2) 采用非金属管材；

(3) 在金属表面上涂油漆、水泥砂浆等；

(4) 阴极保护等

2.1.3清垢和涂料

(1) 管线清垢的方法有：水气冲洗；气压脉冲射流法；刮管法。

(2) 涂料的方法有：离心法和压缩空气法。

2.1.4 维持管网水质：

(1) 定期排放管网的死水；

(2) 管网延伸时，应在管网中途加氯；

(3) 尽量采用非金属管道；

(4) 定期冲洗水塔、水池和屋顶高位水箱；

(5) 无论在新敷管线还是旧管线检修应冲洗消毒。

2.2管网漏失控制的技术和管理措施

(1) 降压减漏，一般情况下，系统的漏水量与其水压力的大小成正比，所以，通过降低系统的设计压力，就可减少渗漏，还可起到节水的作用。

(2) 避免在输水干管附近进行强度大的施工，以防大的震动使管道破裂而漏水。

(3) 对那些已遭腐蚀的管线、阀门以及管件等，要及时维护、维修，对已发生严重腐蚀的要及时更换，以免漏水严重，造成地基沉陷或产生更严重的后果。

(4) 选择优质管材，选择那些防爆、抗震、防腐能力强，以及内壁光滑、接口合格、壁厚均匀等质量过关的优质产品。

(5) 提高施工质量，施工时对管沟内的淤泥、块石硬物进行换土夯实，对管线接口严格把关，若是焊接钢管则要求焊缝宽厚均匀，焊缝没有夹渣、气孔，铸铁承插口接口应将打密实，法兰接口要注意法兰与管子垂直，两片法兰对准，垫圈就位准确等，对管道要加强防腐措施。

(6) 对设在室外的水表、管线、管件要采取防冻措施，在冬季，北方容易发生用水设备冻结、冻坏的现象，造成漏水，要做好设备的防冻保温工作，合理选择检漏方法。

3、熟悉城市给水管网水质监测系统的构成及监测的主要内容。

3.1 水质监测系统组成

每个水质点配置在线式浊度仪和余氯仪，水质数据无线传到调度中心进入数据处理系统。

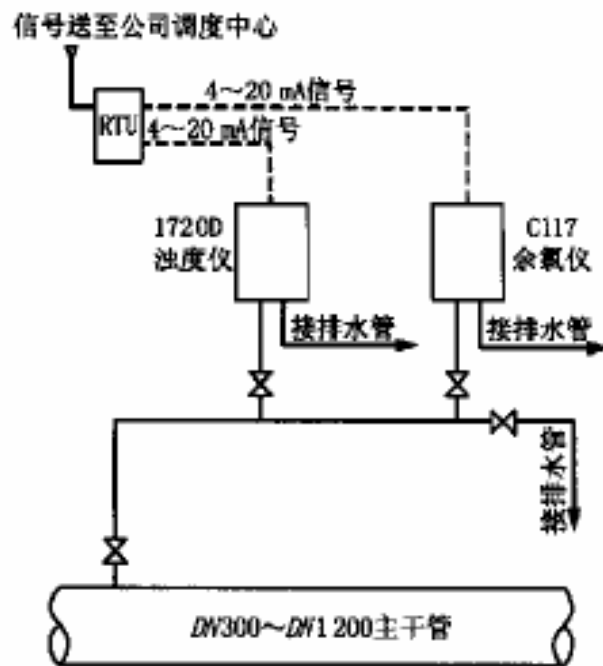


图1 水质监测系统示意

3.2 管网水质监测点的选点原则

(1) 监测点必须设置在供水主干管上，由于水质仪表对取水量和水压有一定的要求且必须连续采样，因此取样点至检测仪表间的取样管上不能接其它的用户，以免用户用水造成水压的变化，影响取水水量和水压造成测量误差，而且只有在主干管上取样的水质数据才具有代表性，能反映附近较大区域的水质情况。

(2) 水厂供水的接合部、水厂供水的接合部由于水流方向经常改变，又往往处在管网

末梢，是水质波动较大，水质较差的地方，可以称为水质最不利点。

(3) 干管末梢“一般来说，干管末梢水质较差，居民投诉比较集中，设置水质监测点是必要的。一旦发现浊度升高余氯下降可定期提前采取管网排污措施，确保水质。

(4) 用水比较集中的地区和国家要害部门，在每个水厂的主要供水干管上选择1 个大的住宅小区或要害部门附近设置水质点，实时监测用户水质的变化情况。

(5) 安装方便，便于维护。

4、了解城市给水管网服务压力的确定及管网测压系统的组成。

(1) 给水管网服务压力的确定

1) 用户要求；2) 管网性质；3) 运行费用；4) 管网渗漏。

(2) 管网测压系统

测压点以设在大中口径的干管线上为主，不宜设在进户支管上或有大量用水的用户附近。测压时可将压力表装在消火栓或给水龙头上，采用自动记录压力仪记录，通过通讯设备传到调度中心。

四、给水处理

1、熟悉现行国家生活饮用水卫生标准；熟悉常规工艺的作用与处理对象；了解深度处理工艺的处理对象。

1.1 生活饮用水卫生标准

感官性状和一般化学指标	色度（铂钴色度单位）	15
	浑浊度（散射浑浊度单位）/NTU	1 水源与净水技术条件限制是为 3
	臭和味	不得有异臭、异味
	PH 值	6.5-8.5
	总硬度（以碳酸钙计）	450mg/L
	溶解性总固体/（mg/L）	1000
微生物指标	菌落总数	100mg/L
	总大肠菌群	0 个/100ml
毒理学指标		

1.2 常规处理工艺的作用与处理对象

(1) 地表水为水源

饮用水常规处理的主要去除对象是水中的悬浮物质、胶体物质和病原微生物，所需采用的技术包括：混凝、沉淀、过滤、消毒。

混凝是向源水中投加混凝剂，使水中难于自然沉淀分离的悬浮物和胶体颗粒相互聚合，形成大颗粒絮体（俗称矾花）。

沉淀将混凝形成的大颗粒絮体通过重力沉降作用从水中分离。也可以采用澄清替代混凝和沉淀，把这两个过程集中在同一个处理构筑物中进行。

过滤是利用颗粒状滤料截留经过沉淀后水中残留的颗粒物，进一步去除水中的杂质，降低水中的混浊度。

消毒是饮用水处理的最后一步，向水中加入消毒剂（一般用液氯）来灭活水中的病原微生物。

（2）地下水为水源

饮用水常规处理的主要去除对象是水中可能存在的病原微生物。对于不含有特殊有害物质（如过量铁、锰等）的地下水，饮用水处理只需进行消毒处理就可以达到饮用水水质要求。

1.3 深度处理工艺的处理对象

深度处理主要有以下几种方法：

- （1）粒状活性炭吸附法；
- （2）臭氧—粒状活性炭联用法；
- （3）生物活性炭法；
- （4）光化学氧化法；
- （5）超声波—紫外线联用法；
- （6）膜滤法。

采用臭氧—活性炭联用技术去除水中微量有机污染物十分有效，但基建投资和运行费用较高；

光化学氧化法、超声波—紫外线联用法宜用于小型饮水净化装置；

超滤法及纳滤法不能去除水中小分子有机物，且纳滤和超滤装置成本及运行费用较高。

深度处理方法的基本作用原理是吸附、氧化、生物降解、膜滤等4种，即或者利用吸附剂的吸附能力去除水中有机物；或者利用氧化剂及物理化学氧化法的强氧化能力分解有机物；或者利用生物氧化法降解有机物；或者以膜滤法滤除大分子有机物。

2、**掌握**混凝机理；**熟悉**影响混凝效果的主要因素及混凝工艺的基本控制参数；**了解**加药设备及控制原理、方法。

2.1 混凝机理

(1) 压缩双电层

水处理所去除的胶体主要为带负电的胶体（粘土、细菌等），常用的铝盐铁盐混凝剂产生的带正电荷的高价金属羟基聚合离子，可以起到压缩双电层的作用。

由于加入的铝盐、铁盐中的铝或铁在pH 中性的水中并不是以三价金属离子的形式存在，因此在某些论著中认为水的混凝处理机理不含有压缩双电层作用。但是根据加入混凝剂后胶体的电动电位下降、含有较多高价的Al、Fe 羟基聚合离子的混合混凝剂的混凝效果好的现象，在水的混凝处理机理中仍应包括压缩双电层的机理。

(2) 电性中和

胶体表面通过与带异号电荷的离子、带异号电荷的胶粒或大分子中带异号电荷部分的静电吸附，中和了原来胶粒所带的电荷。铝盐、铁盐混凝剂产生的带正电荷的氢氧化铝、氢氧化铁胶体、带正电荷的单核或多核羟基配合物或聚合物等，都能与负电胶体很好地吸附，使水中胶体的电动电位下降，胶体脱稳凝聚。对于在表面不同部位含有许多电荷的胶体，在相互吸附电中和时，由于空间效应，多个不同电性的胶体颗粒就可以相互吸附与桥联，形成空间网架结构大的絮状聚合体（水处理中又称为矾花）。

(3) 吸附架桥

不仅正负电胶体间可以相互吸附架桥，一些不带电荷甚至是带有与胶粒同性电荷的高分子物质，通过氢键、范德华力等与胶粒也有吸附作用，一个高分子聚合物的分子可以吸附多个胶粒，起到桥联作用。一些线形高分子聚合物，如聚丙烯酰胺就是很有效的高分子助凝剂。

(4) 沉淀物的卷扫或网捕

铝盐铁盐产生的大量氢氧化铝、氢氧化铁沉淀物能够直接网捕卷扫水中的胶体颗粒，即水中胶体颗粒直接吸附在已形成的大絮体上，而不是从胶体小颗粒相互凝聚长大。

在水的混凝处理中，以上几种机理可能都会起作用，只是各种机理所起作用的程度会有所不同，与处理条件、工艺设备、混凝剂种类及投药量、源水浊度、水的pH 值等有关。

2.2影响混凝效果的主要因素及混凝工艺的基本控制参数

2.2.1影响混凝效果的主要因素

（1）水温影响

水温对混凝效果有明显影响。我国气候寒冷区，冬季地表水温有时低至 $0\sim 2^{\circ}\text{C}$ ，尽管投加大量混凝剂也难获得良好的混凝效果，通常絮凝体形成缓慢，絮凝颗粒细小、松散。

为提高低温水混凝效果，常用方法是增加混凝剂投加量和投加高分子助凝剂。常用的助凝剂是活化硅酸，对胶体起吸附架桥作用。它与硫酸铝或三氯化铁配合使用时，可提高絮凝体密度和强度，节省混凝剂用量。

（2）水的pH 值和碱度影响

水的pH值对混凝效果的影响程度，视混凝剂品种而异。对硫酸铝而言，水的pH 值直接影响 Al^{3+} 的水解聚合反应。用以直接去除浊度时，最佳pH值在 $6.5\sim 7.5$ 之间，絮凝作用主要是氢氧化铝聚合物的吸附架桥作用和羟基配合物的电性中和作用；用以去除水的色度时，pH值宜在 $4.5\sim 5.5$ 之间。采用硫酸铝混凝除色时，pH 值应趋于低值。

采用三价铁盐混凝剂时，适用的pH 值范围较宽，用以去除水的浊度时，pH值在 $6.0\sim 8.4$ 之间；用以去除水的色度时，pH 值在 $3.5\sim 5.0$ 之间。

使用硫酸亚铁作混凝剂时，应首先将二价铁氧化成三价铁方可，通常用氯化法。高分子混凝剂的混凝效果受水的pH 值影响较小，例如聚合氯化铝。

从铝盐（铁盐类似）水解反应可知，水解过程不断产生 H^{+} ，从而导致水的pH值下降。为此，应投加碱剂（如石灰）以中和混凝剂水解过程中所产生的氢离子。

（3）水中悬浮物浓度的影响

从混凝动力学方程可知，水中悬浮物浓度很低时，颗粒碰撞速率大大减小，凝效果差。为提高低浊度原水的混凝效果，通常采用以下措施：

- 1）在投加铝盐或铁盐同时，投加高分子助凝剂，如活化硅酸或聚丙烯酰胺等；
- 2）投加矿物颗粒（如粘土等）以增加混凝剂水解产物的凝结中心，提高颗粒碰撞速率，并增加凝絮体密度；
- 3）采用直接过滤法，即原水投加混凝剂后经过混合直接进入滤池过滤，滤料（砂和无烟煤）即成为絮凝中心。

如果原水悬浮物含量过高，为使悬浮物达到吸附电中和脱稳作用，所需铝盐或铁盐助凝剂量将相应大大增加。为减少助凝剂用量，通常投加高分子助凝剂，如聚丙烯酰胺及活化硅酸等。聚合氯化铝作为高浊度水的混凝剂也可以获得较好效果。

2.2.2 混凝工艺的基本控制参数

在絮凝反应设备中要求有适当的搅拌或紊流强度，平均速度梯度 $20\sim 70s^{-1}$ ，并且沿着池长方向，随着矾花的长大，流速或搅拌强度逐渐减小。

絮凝反应池的水力停留时间一般为 $10\sim 30min$ ，GT 值在 $10^4\sim 10^5$ 。对于处理难度较大的低浊水应采用较长的停留时间。

按搅拌方式分类，常用的絮凝反应池的类型可分为机械搅拌与水力搅拌两大类。

（1）机械搅拌

采用机械搅拌的絮凝反应池称为机械搅拌絮凝反应池或机械反应池。机械搅拌絮凝池沿池长方向一般设3—4（档），用栅墙或穿孔花墙分隔，水从其中串联流过。每级设有搅拌机，带动池中的浆板缓慢转动，搅拌水流起反应作用。根据转轴的布置方式，分为水平轴和垂直轴两种，其中水平轴可用于较大宽度的反应池，采用较广。

机械搅拌絮凝池的反应效果好，水头损失小，可以适应水质水量的变化，便于调整。不足之处是与水力搅拌反应池相比，增加了机电维护工作量，且部分设备在水下，不便维护。

机械搅拌絮凝池的主要设计参数是：总的水力停留时间一般为 $15\sim 20min$ ，浆板边缘处的线速度从第一级的 $0.5m/s$ 降到最后一级的 $0.2m/s$ 。

（2）水力搅拌

隔板反应池

隔板反应池是目前我国应用极为广泛的一种反应池，分为往复式和回转式两种，池中设多道隔板，形成狭长回转的廊道，水流在廊道中曲折前进，水流转向的角度为：往复式 180° ，回转式 90° ，由水流转向产生主要的搅拌作用。

廊道中水流的流速按从大到小计算，起端流速一般为 $0.5\sim 0.6m/s$ ，末端流速一般为 $0.2\sim 0.3m/s$ ，用改变隔板之间的间距来达到改变流速的要求。为便于施工，隔板间的净间距一般需大于 $0.5m$ 。隔板反应池水力停留时间 $20\sim 30min$ ，总的水头损失 $0.3\sim 0.5m$ 。

折板反应池

折板反应池又分成单通道折板反应池和多通道折板反应池。多通道折板反应池也可以用波纹板填料做折板，又称为波纹板反应池。折板反应池中流速应逐段降低。分段数一般不宜小于三段，各段的流速可分别为：

第一段： $0.25\sim 0.3m/s$ ；

第二段： $0.15\sim 0.25m/s$ ；

第三段： $0.10\sim 0.15m/s$ ；

折板反应池中折板的角度采用 $90^{\circ}\sim 120^{\circ}$ ，排列方式分为同波排列和异波排列两种，以同波排列为多。

折板反应池的絮凝效果明显优于隔板反应池，水力停留时间较短，一般为12~20min。

单通道折板反应池适合于小型水厂，波纹板反应池和多通道折板反应池适合于大中型水厂。

栅条（网格）絮凝池

(1)絮凝池宜设计成多格竖流式。

(2)絮凝时间宜为 12~20min，用于处理低温或低浊水时，絮凝时间可适当延长。

(3)絮凝池竖井流速、过栅（过网）和过孔流速应逐段递减，分段数宜分三段，流速分别为：

竖井平均流速：前段和中段 $0.14\sim 0.12\text{m/s}$ ，末段 $0.14\sim 0.10\text{m/s}$ ；

过栅（过网）流速：前段 $0.30\sim 0.25\text{m/s}$ ，中段 $0.25\sim 0.22\text{m/s}$ ，末段不放置栅条（网格）；

竖井之间孔洞流速：前段 $0.30\sim 0.20\text{m/s}$ ，中段 $0.20\sim 0.15\text{m/s}$ ，末段 $0.14\sim 0.10\text{m/s}$ 。

(4)絮凝池宜布置成2组或多组并联形式。

(5)絮凝池内应有排泥设施。

2.3加药设备及控制原理、方法。

混凝剂投加设备包括计量设备、药液提升设备、投药箱、必要的水封箱以及注入设备等。

(1) 计量设备

药液投入原水中必须有计量或定量设备，并能随时调节。计量设备多种多样，包括：转子流量计、电磁流量计、喷嘴、计量泵等。喷嘴只适用于人工控制，其他计量设备即可人工也可自动化控制。

(2)投加方式

常用的投加方式有：

- 1) 泵前投加；
- 2) 高位溶液池重力投加；
- 3) 泵投加。

3、**掌握**沉淀理论；**了解**常用沉淀、澄清构筑物的类型及特点；**掌握**平流沉淀池的基本

设计计算和斜管沉淀池的运行管理；了解机械搅拌澄清池的设计计算及运行管理。

3.1 沉淀理论

沉淀分类：

（1）自由沉淀：适用于低浓度的离散颗粒，颗粒在沉降过程中，其形状、尺寸、质量均不变，颗粒之间无相互干扰，因此，在沉降过程中颗粒的沉速不变。

（2）絮凝沉淀：絮凝性颗粒在沉淀过程中发生凝絮作用，沉速逐渐增加。

（3）拥挤沉淀（受阻沉淀）：因颗粒的浓度过高，颗粒在沉淀的过程中相互干扰，不同颗粒以相同的速度成层下降，并形成明显的固液界面。

（4）压缩沉淀：在颗粒浓度极高的情况下（如污泥浓缩池底部附近），颗粒在相互支撑的条件下受重力的作用被进一步挤压。

在以上四种沉淀类型中：自由沉淀是沉淀法的基础，沉淀池的理论分析与设计都是基于自由沉淀的。

拥挤沉淀理论在给水处理中主要用于高浊度水源水（如黄河水）的预沉淀。

压缩沉淀主要用于污泥浓缩池的设计。

3.2 常用沉淀、澄清构筑物的类型及特点

3.2.1 沉淀池的类型及特点

沉淀池的池型主要有：平流式沉淀池、斜板（管）沉淀池、竖流式沉淀池、辐流式沉淀池。给水处理中常用的池型是平流式沉淀池和斜板（管）沉淀池，辐流式沉淀池可用于高浊度水（如黄河水）的预沉淀。

（1）平流式沉淀池

平流式沉淀池是水处理中应用最早、最广泛的沉淀池池型。平流式沉淀池采用狭长的矩形水池。进水通过穿孔花墙或配水栅缝，均匀分布在沉淀区的过水断面上。在沉淀池的末端水面设有溢流堰和出水槽，水在池中沿池长方向缓缓地水平流动，水中的颗粒逐渐沉向池底。

平流式沉淀池的主体部分一般为平底，采用机械刮泥或吸泥。沉淀池的池数不得小于2个。

平流式沉淀池具有处理效果稳定，运行管理简便，易于施工等优点，不足之处是占地面积较大。平流式沉淀池的水力停留时间一般为1.0~3.0h。

（2）斜板（管）沉淀池

优点：停留时间短、沉淀效率高、占地省等。

缺点:

- 1) 运行中斜板(管)易产生积泥和藻类滋生问题,需定期放空对斜板进行冲洗,积泥过多还易发生斜板压塌事故。
- 2) 斜板(管)材料的费用高,且使用数年后,因老化还需要更换。
- 3) 因水流在斜板之间停留时间极短(几分钟),斜板沉淀池的缓冲能力及稳定性较差,对沉淀前面的混凝处理运行稳定性要求较高。

(3) 竖流式沉淀池

进水从中心进水管流入池内后,在竖流向上流动的过程中进行颗粒的分离,池底为泥斗重力排泥。

竖流式沉淀池不适用于给水的混凝沉淀工艺,而主要用于小型污水处理。

(4) 辐流式沉淀池

辐流式沉淀池适用于大水量的沉淀处理,池型为圆形,直径在20m以上,一般在30m~50m,周边水深一般在2.5m—3.5m。进水从中心进水管进入池中心后,经整流筒整流,再以辐射方向从池中心流向池周边的出水堰。辐流式沉淀池的池底采用机械排泥,刮泥机每小时旋转几周,把污泥刮到中心,再用静水压力排除池外。

辐流式沉淀池主要用于污水处理,不适用于混凝后的沉淀,多用于废水处理。辐流式沉淀池再给水处理中主要用于高浊度水(黄河水)的预沉淀处理。

3.2.2 澄清池的类型及特点:

澄清池将絮凝和沉淀综合在一个构筑物内完成。

分为两大类:泥渣悬浮型;泥渣循环型

泥渣悬浮型有:悬浮澄清池和脉冲澄清池两种。

泥渣循环型有:机械搅拌澄清池和水力循环澄清池

悬浮澄清池受水质、水量变化较大,上升流速小,一般用于小型水厂。

脉冲澄清池受水质、水量和水温影响较大,构造复杂、现基本被淘汰。

水力循环澄清池受水量、水质、水温影响较大,池子直径和高度有一定比例,适合中小水厂。

3.3 平流沉淀池的基本设计计算和斜管沉淀池的运行管理

3.3.1 平流沉淀池的基本设计计算

设计平流沉淀池的主要控制指标是表面负荷或停留时间。从理论上说,采用前者较为合理,但是以停留时间作为指标所积累的经验较多。设计时应两者兼顾。或者以停留

时间控制，以表面负荷校核，或者相反也可以。

沉淀池的停留时间或者表面负荷的选用，应根据源水水质、沉淀水水质要求、水温等设计资料，并参考相似条件下已有沉淀池的运行经验确定，停留时间一般采用 1.5~3.0 小时。

平流沉淀池的水平流速可采用 10~25mm/s，水流应避免过多转折。

平流沉淀池的有效水深，可采用 3.0~3.5m。沉淀池的每格宽度（或导流墙间距），宜为 3~8m，最大不超过 15m，长度与宽度之比不得小于 4；长度与深度之比不得小于 10。

公式：

1. 利用表面负荷求：

（1）按照表面负荷 Q/A 的关系计算出沉淀池表面积 A 。

沉淀池长度 L 为：

$$L=3.6vT$$

式中 v ——水平流速，mm/s；

L ——沉淀池长度，m；

T ——停留时间，h。

沉淀池宽度 B 为：

$$B=A/L$$

（2）按照停留时间 T ，用下列计算沉淀池有效容积（不计污泥区）：

$$V=QT$$

式中 V ——沉淀池的有效容积， m^3

Q ——产水量， m^3/d ；

T ——停留时间，h；

根据选定的池深 H （一般为 3.0~3.5m），采用下式计算宽度 B ： $B=V/LH$

3.3.2 斜管沉淀池的运行管理

斜板（管）设置在平流沉淀池中，效果最为显著，但仍存在着占地面积大的弊病。一些村自来水厂常采用占地面积小的斜管沉淀池。混合反应的好坏对斜板（管）沉淀效果有很大影响。考虑沉淀和排泥两个因素。水在斜板（管）内停留时间一般为 2~5min。斜板（管）长度常用 0.9~1m。

上向流斜板（管）沉淀池的垂直上升流速，一般情况下可采用 2.5~3.0mm/s。

斜板于斜管比较,当上升流速小于 5mm/s 时,两者净水效果相差不多;当上升流速大于 5mm/s 时,斜管优于斜板。

上向流斜板(管)沉淀池的运行操作大体与平流式沉淀池相同,但必须特别注意不间断地加注混凝剂和及时排泥。

3.4 机械搅拌澄清池的设计计算及运行管理

3.4.1 机械搅拌澄清池的设计计算

由于机械搅拌澄清池为混和、混凝和分离三种工艺在一个构筑物中的综合工艺设备,各部分相互牵制、相互影响,所以计算工作往往不能一次完成,必须在设计过程中作相应的调整。主要设计参数和设计内容如下:

- 1) 清水区上升流速一般采用 $0.8\sim 1.1\text{mm/s}$ 。
- 2) 水在澄清池内总停留时间可采用 $1.2\sim 1.5\text{h}$ 。
- 3) 叶轮提升流量可为进水流量的 $3\sim 5$ 倍。叶轮直径可为第二絮凝室内径的 $70\%\sim 80\%$,并应设调整叶轮转速和开启度的装置。
- 4) 原水进水管、配水槽原水进水管的管中流速一般在 1m/s 左右。进水管进入环形配水槽后向两侧环流配水,故三角配水槽的断面应按设计流量的一半确定。配水槽和缝隙的流速均采用 0.4m/s 左右。
- 5) 絮凝室

目前在设计中,第一絮凝室、第二絮凝室(包括导流室)和分离室的容积比一般控制在 $2:1:7$ 左右。第二絮凝室和导流室的流速一般为 $40\sim 60\text{mm/s}$ 。

6) 集水槽

集水槽用于汇集清水。集水均匀与否,直接影响分离室内清水上升流速的均匀性。从而影响泥渣浓度的均匀性和出水水质。因此,集水槽布置应力求避免产生局部地区上升流速过高或过低现象。在直径较小的澄清池中,可以沿池壁建造环形槽;当直径较大时,可在分离室内加设辐射形集水槽。辐射槽数大体如下:

当澄清池直径小 3.6m 时可用 $4\sim 6$ 条,直径大于 6m 时可用 $6\sim 8$ 条。环形槽和辐射槽的槽壁开孔。孔径可为 $20\sim 30\text{mm}$ 。孔口流速一般为 $0.5\sim 0.6\text{m/s}$ 。穿孔集水槽的设计流量应考虑流量增加的余地,超载系数一般取 $1.2\sim 1.5$ 。

a. 孔口总面积

根据澄清池计算流量和预定的孔口上的水头,按水力学的孔口出流公式,求出所需孔口总面积:

$$\Sigma f = \frac{\beta Q}{\mu \sqrt{2gh}}$$

式中 Σf ——孔口总面积, m^2 ;

β ——超载系数;

μ ——流量系数, 其值因孔眼直径与槽壁厚度的比值不同而异, 对薄壁孔口可采用 0.62。

Q ——澄清池总流量, 即环形槽和辐射槽穿孔集水流量, m^3/s 。

g ——重力加速度, m/s^2 ;

h ——孔口上的水头, m 。

选定孔口直径, 计算一只小孔的面积 f , 按下式算出孔口总数 n :

$$n = \frac{\Sigma f}{f}$$

或按孔口流速计算孔口面积和孔口上作用水头。

b. 穿孔集水槽的宽度和高度

假定穿孔集水槽的起端水流截面为正方形, 也即宽度等于水深。代入

$$H = 1.73 \sqrt[3]{\frac{Q}{gB^2}}$$

得到穿孔集水槽的宽度为:

$$B = 0.9Q^{0.4}$$

式中 Q ——穿孔集水槽的流量, m^3/s 。

B ——穿孔集水槽的宽度, m 。

穿孔集水槽的总高度, 除了上述起端水深以外, 还应加上槽壁孔口出水的自由跌落高度 (可取 7~8cm) 以及集水槽的槽壁外孔口以上应有的水深和保护高。

7) 泥渣浓缩室

泥渣浓缩室的容积大小影响排出泥渣的浓度和排泥间隔的时间。根据澄清池的大小, 可设浓缩室 1~4 个, 其容积约为澄清池容积的 1%~4%。当原水浊度较高时, 应选用较大容积。

3.4.2 机械搅拌澄清池运行管理

4、掌握过滤理论; 了解滤池分类; 熟悉过滤工艺的基本设计参数及冲洗方法; 了解滤料选用对过滤工艺的影响。

4.1 过滤理论

首先以单层砂滤为例, 其滤料粒径通常为 0.5mm 至 1.2mm, 滤层层厚一般为 70cm。

经过反冲洗水力分选后，滤料直径自上而下大致按由细到粗依次排列，称滤料的水力分级，滤层中孔隙尺寸也因此由上而下逐渐增大。

水流中的悬浮颗粒能够粘附于滤料颗粒表面上，涉及两个问题。首先，被水流携带的颗粒如何与滤料表面接近或接触，这就涉及颗粒脱离水流流线而向滤料颗粒表面靠近的迁移机理；第二，当颗粒与滤料表面接触或接近时，依靠哪些力的作用使得它们粘附于滤料表面上，这就涉及粘附机理。

（1）颗粒迁移

在过滤过程中，滤层孔隙中的水流一般属层流状态，被水流挟带的颗粒随着水流流线运动。它之所以会脱离流线而与滤粒表面接触，完全是一种物理—力学作用。一般认为由以下几种作用引起：拦截、沉淀、惯性、扩散和水动力作用等。

（2）颗粒粘附

粘附作用是一种物理化学作用。当水中杂质颗粒迁移到滤料表面上时，则在范德华引力和静电力相互作用下，以及某些化学键和某些特殊的化学吸附力下，被粘附于滤料颗粒表面上，或者粘附在滤粒表面上原先粘附的颗粒上。此外，絮凝颗粒的架桥作用也会存在。因此，粘附作用主要决定于滤料和水中颗粒的表面物理化学性质。

4.2 滤池分类

（1）普通快滤池

普通快滤池采用**大阻力**配水系统，设有：滤池进水、滤后清水、反冲洗进水、反冲洗排水四个阀门。过滤运行方式可以设计为**恒速过滤**，也可以设计为**变速过滤**。普通快滤池采用大阻力配水系统，反冲洗水头约7 米，设公用的反冲洗水塔或水泵轮流进行冲洗。滤池单池面积小于100 平方米，一般在20~50 平方米，滤池池深一般为3.2~3.6 米，包括承托层、滤料层、砂面上水深（1.5—2.0m）和超高（0.3m）。

普通快滤池可采用石英砂滤料或无烟煤石英砂双层滤料。普通快滤池的应用广泛，运行稳定可靠，适用于大、中、小型水厂。缺点是阀门多，运行操作与检修工作量大。

（2）虹吸滤池

虹吸滤池采用**小阻力**配水系统，6~8 个滤间组成一个系统，一般采用石英砂滤料，过滤运行方式为**变水头恒速过滤**，冲洗前的最大水头损失一般采用1.5m。虹吸滤池建的很深，以抬高滤后出水水位，用滤后水渠的水位和同组其他滤间产生的滤后水流量进行滤间的反冲。每个滤间均设有滤池进水和反冲出水两个虹吸管。虹吸滤池适用于大中型水厂。

优点：不需大型阀门，不设单独的反冲水塔或水泵，可以通过控制虹吸管实现水力自动控制。

缺点：土建结构复杂，池深较大。

（3）重力式无阀滤池

重力式无阀滤池（也称作无阀滤池）采用小阻力配水系统，单个滤间就可以构成过滤与反冲的完整运行系统。无阀滤池的过滤运行方式为变水头恒速过滤，最大过滤水头一般采用1.5m。多采用石英砂滤料。无阀滤池每个滤间在滤料层上面设有顶盖，利用顶盖上冲洗水箱储存的滤后水的水量和水位进行反冲，反冲后的水通过反冲排水虹吸管排出池外。为减小顶盖上冲洗水箱的体积，一般是两个相邻滤间的水箱连通共用。

无阀滤池的反冲洗可以通过水射器控制反冲排水虹吸管，实现无阀滤池的水力自动控制。

重力式无阀滤池不需设置大型阀门，运行可以实现水力，管理方便，单个滤间（相邻滤间冲洗水箱联通时是2个滤间）能独立运行，适用于小型水厂。不足之处是：池深较大，单池面积较小（一般小于25m²），滤料上面有顶盖不便维护，在反冲洗时进水不停，浪费水。

（4）移动罩滤池

移动罩滤池是由许多滤格为一组构成的滤池，它采用小阻力配水系统，利用一个可以移动的冲洗罩轮流对各滤格进行冲洗。冲洗方法是：移动罩先移动到待冲洗的滤格处，然后“落床”扣在该滤格上，启动虹吸排水系统（也有采用泵吸式排水系统的）从所冲洗的滤格上部向池外排水，使其他滤格的滤后水从该滤格下面的配水系统逆向流入，向上冲洗滤格中的滤料层。每个滤间的过滤运行方式为恒水头减速过滤。每组移动罩滤池设有池面水位恒定装置，控制滤池的总出水水量，设计过滤水头可采用1.2~1.5m。

移动罩滤池适用于大中型水厂，池深浅，结构简单，造价低。缺点是：移动罩维护工作量大，罩体与隔墙顶部间的密封要求高。

（5）均质滤料滤池

法国德利满公司V型滤池是一种典型的均质滤料滤池，该池型采用气水不膨胀反冲，并在反冲时滤池继续进水作为表面横向扫洗。滤池底部是配水配气室，上面的钢筋混凝土板上安装长柄滤头，所用长柄滤头在长管上有进气孔和进气缝，反冲时可同时配水配气。滤池中间只设一个很大的冲洗排水槽。过滤运行方式恒水头恒速过滤。

V型滤池的特点是：滤层纳污能力高，过滤周期长，反冲耗水量低，冲洗效果好等。

4.3 过滤工艺的基本设计参数及冲洗方法

4.3.1 过滤工艺的基本设计参数

1. 普通快滤池

(1) 单层、双层滤料滤池冲洗前水头损失宜采用 2.0~2.5m；三层滤料滤池冲洗前水头损失宜采用 2.0~3.0m。

(2) 滤层表面以上的水深，宜采用 1.5~2.0m。

(3) 单层滤料滤池宜采用大阻力或中阻力配水系统；三层滤料滤池宜采用中阻力配水系统。

(4) 冲洗排水槽的总平面面积，不应大于过滤面积的 25%，滤料表面到洗砂排水槽底的距离，应等于冲洗时滤层的膨胀高度。

(5) 滤池冲洗水的供给可采用水泵或高位水箱（塔）。

当采用水箱（塔）冲洗时，水箱（塔）有效容积应按单格滤池冲洗水量的 1.5 倍计算。

当采用水泵冲洗时，水泵的能力应按单格滤池冲洗水量设计，并设置备用机组。

2. V 形滤池

(1) V 形滤池冲洗前水头损失可采用 2.0m。

(2) 滤层表面以上水深不应小于 1.2m。

(3) V 形滤池宜采用长柄滤头配气、配水系统。

(4) V 形滤池冲洗水的供应，宜用水泵。水泵的能力应按单格滤池冲洗水量设计，并设置备用机组。

(5) V 形滤池冲洗气源的供应，宜用鼓风机，并设置备用机组。

(6) V 形滤池两侧进水槽的槽底配水孔口至中央排水槽边缘的水平距离宜在 3.5m 以内，最大不得超过 5m。表面扫洗配水孔的预埋管纵向轴线应保持水平。

(7) V 形进水槽断面应按非均匀流满足配水均匀性要求计算确定，其斜面与池壁的倾斜度宜采用 $45^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 。

(8) V 形滤池的进水系统应设置进水总渠，每格滤池进水应设可调整高度的堰板。

(9) 反冲洗空气总管的管底应高于滤池的最高水位。

(10) V 形滤池长柄滤头配气配水系统的设计，应采取有效措施，控制同格滤池所有滤头滤帽或滤柄顶表面在同一水平高程，其误差不得大于 $\pm 5\text{mm}$ 。

(11) V 形滤池的冲洗排水槽顶面宜高出滤料层表面 500mm。

3. 虹吸滤池

(1) 虹吸滤池的最少分格数，应按滤池在低负荷运行时，仍能满足一格滤池冲洗水量的要求确定。

(2) 虹吸滤池冲洗前的水头损失，可采用 1.5m 。

(3) 虹吸滤池冲洗水头应通过计算确定，宜采用 1.0~1.2m ，并应有调整冲洗水头的措施。

(4) 虹吸进水管和虹吸排水管的断面积宜根据下列流速通过计算确定：

1) 进水管 0.6~1.0m/s ；

2) 排水管 1.4~1.6m/s 。

4. 重力式无阀滤池

(1) 无阀滤池的分格数，宜采用 2~3 格。

(2) 每格无阀滤池应设单独的进水系统，进水系统应有防止空气进入滤池的措施。

(3) 无阀滤池冲洗前的水头损失，可采用 1.5m 。

(4) 过滤室内滤料表面以上的直壁高度，应等于冲洗时滤料的最大膨胀高度再加保护高度。

(5) 无阀滤池的反冲洗应设有辅助虹吸设施，并设调节冲洗强度和强制冲洗的装置。

4.3.2. 冲洗方法

(1) 高速水流反冲洗

利用流速较大的反向水流冲洗滤料层，使整个滤层达到流态化状态，且具有一定的膨胀度。截留于滤层中的污物，在流水剪力和滤料颗粒碰撞摩擦双重作用下，从滤料表面脱落下来，然后被冲洗水带出滤池。冲洗效果决定于冲洗流速。

冲洗流速过小，滤层孔隙中水流剪力小；冲洗流速过大，滤层膨胀度过大，滤层孔隙中水流剪力也会降低，且由于滤料颗粒过于离散，碰撞摩擦机率也减小。故冲洗流速过大或过小，冲洗效果均会降低。

高速反冲洗方法操作方便，池子结构和设备简单，是当前我国广泛采用的一种冲洗方法。

(2) 气、水反冲洗

高速水流反冲洗虽然操作方便，池子和设备较简单，但冲洗耗水量大，冲洗结束后，滤料上细下粗分层明显。采用气、水反冲洗方法既提高冲洗效果，又节省冲洗水量。同时，冲洗时滤层不一定需要膨胀或仅有轻微膨胀，冲洗结束后，滤层不产生或不明显产

生上细下粗分层现象，即保持原来滤层结构，从而提高滤层含污能力。但气、水反冲洗需增加气冲设备，池子结构及冲洗操作也较复杂。国外采用气、水反冲洗比较普遍，我国近年来气水反冲也日益增多。

气、水反冲效果在于：利用上升空气气泡的振动可有效的将附着于滤料表面污物擦洗下来，使之悬浮于水中，然后再用水反冲，把污物排出池外。因为气泡能有效地使滤料表面污物破碎、脱落，故水冲强度可降低，即可采用所谓“低速反冲”。气、水反冲操作方式有以下几种：

- 1) 先用空气反冲，然后再用水反冲。
- 2) 先用气—水同时反冲，然后再用水反冲。
- 3) 先用空气反冲，然后用气—水同时反冲，最后再用水反冲或（漂洗）。

（3）表面助冲加高速水流反冲洗

4.4 滤料选用对过滤工艺的影响

给水处理所用的滤料，必须符合以下要求：

- （1）具有足够的机械强度，以防冲洗时滤料产生磨损和破碎现象；
- （2）具有足够的化学稳定性，以免滤料与水产生化学反应而恶化水质。尤其不能含有对人类健康和生产有害的物质；
- （3）具有一定的颗粒级配和适当的空袭率。
- （4）滤料应尽量就地取材，货源充足，廉价。

5、熟悉消毒理论和消毒效果的控制与评价；掌握氯消毒原理；熟悉氯消毒工艺及设备；了解二氧化氯、臭氧、紫外线等消毒方法的原理、特点与适用场合。

5.1 熟悉消毒理论和消毒效果的控制与评价

5.1.1 消毒理论

为防止通过饮用水传播疾病，在生活饮用水处理中，消毒是必不可少的。消毒并非要把水中微生物全部消灭，只是要消除水中致病微生物的致病作用。致病微生物包括病菌、病毒及原生动物胞囊。

水中微生物往往会粘附在悬浮颗粒上，因此，给水处理中的混凝沉淀和过滤在去除悬浮物、降低水的浊度的同时，也去除了大部分微生物（也包括病原微生物）。但尽管如此，消毒仍必不可少，它是生活饮用水安全、卫生的最后保障。

5.1.2. 消毒效果的控制与评价

- （1）消毒效果的评价

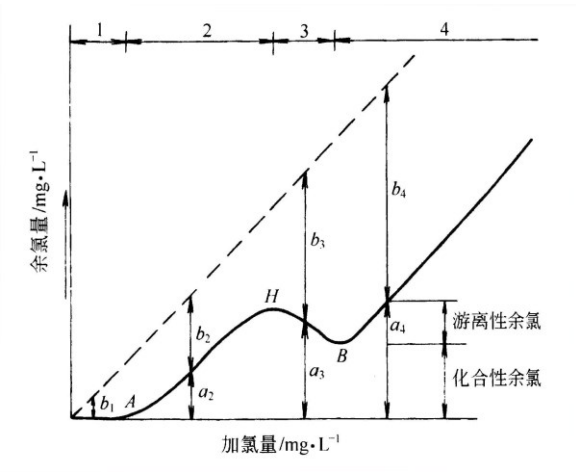
为保证饮用水的流行病学安全，在我国生活饮用水水质卫生标准中，将细菌总数、总大肠菌群、余氯等作为安全性评价指标，其中余氯这一指标通常作为现场监测指标，我国生活饮用水水质标准中规定了这一指标的控制值（分列出厂水及管网末梢水的余氯指标）。

表 2 饮用水中消毒剂常规指标及要求

消毒剂名称	与水接触时间	出厂水中限值/ (mg/L)	出厂水中余量/ (mg/L)	管网末梢水中余量/ (mg/L)
氯气及游离氯制剂(游离氯)	≥30 min	4	≥0.3	≥0.05
一氯胺(总氯)	≥120 min	3	≥0.5	≥0.05
臭氧(O ₃)	≥12 min	0.3	—	0.02 如加氯,总氯≥0.05
二氧化氯(ClO ₂)	≥30 min	0.8	≥0.1	≥0.02

(2) 消毒效果的控制

水中加氯量，可以分为两部分，即需氯量和余氯。需氯量指用于灭活水中微生物、氧化有机物和还原性物质等所消耗的部分。一般的地面水经混凝、沉淀和过滤后或清洁的地下水、加氯量可采用1.0~1.5mg/L；一般的地面水经混凝、沉淀而未经过滤时可采用1.5~2.5mg/L。



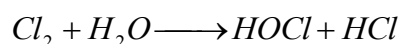
在第1区即0A段，表示水中杂质把氯消耗光，余氯量为零，需氯量为 b_1 ，这时消毒效果不可靠。在第2区即AH段，加氯后，氯与氨发生反应，有余氯存在，所以有一定消毒效果，但余氯为化合性氯，主要成分是一氯胺。在第3区即HB段，仍然产生化合性余氯，加氯量继续增加，开始下列化学反应： $2\text{NH}_2\text{Cl} + \text{HOCl} \rightarrow \text{N}_2\uparrow + 3\text{HCl} + \text{H}_2\text{O}$ 。结果使氯胺被氧化成一些不起消毒作用的化合物，余氯反而逐渐减少，最后到达折点B。超过折点B以后，进入第4区即BC段。此后已经没有消耗氯的杂质了，出现自由性余氯。该区消毒效果做好。从整个曲线看，到达峰点H时，余氯最高，但这是化合性余氯而非自由性余氯。到

达折点时，余氯最低。如继续加氯，此时所增加的是自由性余氯。加氯量超过折点需要量时称为折点氯化。

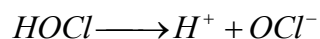
我国饮用水标准规定，出厂水游离性余氯在接触30min 后，不应低于0.3mg/L，在管网末梢，不应低于0.05 mg/L。当原水游离氨在0.3mg/L 以下时，通常加氯量控制在折点以后；原水游离氨在0.5mg/L 以上时，峰点以前的化合性余氨量已够消毒，加氯量可控制在峰点前已节约加氯量；原水游离氨在0.3~0.5mg/L 范围内，加氯量难以掌握，如控制在峰点前，往往化合性余氨减少，有时达不到要求；控制在折点后则浪费加氯量。

5.2掌握氯（氨）消毒原理

氯容易溶解于水（20℃和98kPa 时，溶解度为7160mg/L）。当氯溶解在清水中，下列两个反应几乎瞬时发生：



次氯酸部分水解为氢离子和次氯酸根：



氯消毒作用的机理，一般认为主要通过次氯酸HOCl 起作用，HOCl 为很小的中性分子，只有它才能扩散到带负电的细菌表面，并通过细菌的细胞壁穿透到细菌内部。当HOCl 分子达到细菌内部时，能起氧化作用，破坏细菌的酶系统而使细菌死亡。OCl⁻ 虽亦具有杀菌能力，但是带有负电荷，难于接近带负电的细菌表面，杀菌能力比HOCl 差的多。生产实践表明，PH 值越低则消毒作用越强，证明HOCl 是消毒的主要因素。

实际上，很多地表水源中，由于有机污染而含有一定的氨氮。一般讲，当PH 值大于9 时，一氯胺占优势；当PH 值为7.0 时，一氯胺和二氯胺同时存在，近似等量；当PH 值小于6.5 时，主要是二氯胺；而三氯胺只有在PH 值低于4.5时才存在。

从消毒效果而言，水中有氯胺时，仍可以理解为依靠次氯酸起消毒作用。当水中存在氯胺时，消毒作用比较缓慢，需要较长的接触时间。

5.3熟悉氯（氨）消毒工艺及设备

人工操作的加氯设备主要包括加氯机（手动）、氯瓶和校核氯瓶重量（也即校核氯重）的磅秤等。加氯设备除了加氯机（自动）和氯瓶外，还相应设置了自动检测（如余氨自动连续检测）和自动控制装置。

手动加氯机往往存在加氯量调节滞后、余氨不稳定等缺点，影响制水质量。

自动加氯机配以相应的自动检测和自动控制设备，能随着流量、氯压等变化自动调

节加氯量，保证了制水质量。

5.4 了解二氧化氯、臭氧、紫外线等消毒方法的原理、特点与适用场合。

5.4.1. 二氧化氯消毒

二氧化氯既是消毒剂，又是氧化能力很强的氧化剂。作为消毒剂， ClO_2 对细菌的细胞壁有较强的吸附和穿透能力，从而有效地破坏细菌内含巯基的酶，故 ClO_2 对细菌、病毒等有很强的灭活能力。 ClO_2 的最大优点是不会与水中有机物作用生成三卤甲烷。

ClO_2 消毒还有以下优点：消毒能力比氯强，故在相同条件下，投加量比 Cl_2 少； ClO_2 余量能在管网中保持很长时间，即衰减速度比氯慢；由于 ClO_2 不水解，故消毒效果受水的pH 值影响极小。 ClO_2 能有效地去处或降低水的色、嗅及铁、锰、酚等物质。它与酚起氧化反应，不会生成氯酚。 ClO_2 本身和副产物 ClO_2^- 对人体红细胞有损害。

5.4.2. 漂白粉消毒

漂白粉由氯气和石灰加工而成，漂白粉加水反应后生成 HOCl ，因此消毒原理与氯气相同。漂白粉需配成溶液加注，融解时先调成糊状物，然后再加水配成1.0%~2.0%（以有效氯计）浓度的溶液。当投加在滤后水中时，溶液必须经过约2~24h 澄清，以免杂质带进清水中；若加入浑水中，则配制后可立即使用。

漂白粉消毒一般用于小水厂或临时性给水。

5.4.3. 次氯酸钠消毒

次氯酸钠（ NaOCl ）是用发生器的钛阳极电解食盐水而制得。次氯酸钠也是强氧化剂和消毒剂，但消毒效果不如氯强。次氯酸钠消毒作用仍依靠 HOCl 。次氯酸钠消毒通常用于小型水厂。

5.4.4. 臭氧消毒

臭氧都是在现场用空气或纯氧通过臭氧发生器放电产生的。臭氧既是消毒剂，又是氧化能力很强的氧化剂。在水中投入臭氧，进行消毒或氧化通称臭氧化。作为消毒剂，由于臭氧在水中不稳定，易消失，故在臭氧消毒后，往往仍需投加少量氯、二氧化氯或氯胺以维持水中剩余消毒剂。臭氧化可迅速杀灭细菌、病毒等。

臭氧作为消毒剂或氧化剂的主要优点是不会产生三卤甲烷等副产物，其杀菌和氧化能力均比氯强。把臭氧与粒状活性炭联用，一方面可以避免副作用产生，同时也改善了活性炭吸附条件。

臭氧生产设备较复杂，投资较大，电耗也较高。

5.4.5. 紫外线消毒法

紫外线消毒是一种物理消毒方法，它利用紫外线的杀菌作用对水进行消毒处理。紫外线消毒处理是用紫外灯照射流过的水，以照射能量的大小来控制消毒效果。由于紫外线在水中的穿透深度有限，要求被照射的水的深度或灯管之间的间距不得过大。

与上面的化学消毒法相比，紫外线消毒的优点是：杀菌速度快，管理简单，不需向水中投加化学药剂，不产生的消毒副产物，不存在生剩余消毒剂所产生的味道。不足之处是：费用较高，紫外灯管寿命有限，无剩余保护，消毒效果不易控制等。

目前，紫外线消毒仅用于食品饮料行业和部分规模极小的小型供水系统。

6、了解常见消毒副产物的种类、危害及控制方法。

6.1 了解常见消毒副产物的种类

- (1) 紫外线消毒：产生副产物的极少
- (2) 臭氧消毒：溴酸盐、醛类、酮类、羧酸、二溴丙酮腈等
- (3) 二氧化氯消毒：亚氯酸盐、氯酸盐、有机性副产物等
- (4) 加氯消毒：包括漂白粉、次氯酸钠、氯胺、液氯消毒。氯消毒副产物是氯消毒过程中与水中有机物等反应生成的物质。氯消毒副产物在 500 种以上，主要为三卤甲烷（THM）和卤乙酸（HAA）两大类。这四种方法产生的副产物的量不同。THM 的前体多为天然的有机物如腐殖物。HAA 的前驱物也是水中的腐殖酸和富里酸等天然大分子物质。

6.2 了解常见消毒副产物的危害

三卤甲烷类消毒副产物共有 4 种,即三氯甲烷、二氯一溴甲烷、一氯二溴甲烷和三溴甲烷。实验表明三氯甲烷的各组分具有明显的致突变作用,且存在良好的剂量反应关系。动物实验也证实三氯甲烷可引起雄性大鼠的肾脏肿瘤,雌性大鼠的肝脏肿瘤。三溴甲烷也被证实具有致癌性。大量流行病学调查表明,长期饮用氯消毒的饮用水,死于消化和泌尿系统的癌症的危险性增加,并和其他癌症的死亡率存在着统计学关系

6.3 了解常见消毒副产物的控制方法

目前控制氯消毒副产物的方法有三种：强化混凝、颗粒活性炭吸附、膜滤

7、了解常用深度处理工艺的特点与适用范围。

深度处理主要有以下几种方法：粒状活性炭吸附法；臭氧-粒状活性炭联用法或生物活性炭法；化学氧化法；光化学氧化法及超声波-紫外线联用法等物理化学氧化法；膜滤法等等。

臭氧-活性炭联用法去除水中微量有机污染物非常有效，但基建投资和运行费用较

高。

超声-紫外联用法宜用于小型饮水净化装置。

超滤法和纳滤法，不能去除水中小分子有机物，且纳滤法和超滤装置成本及运行费用较高。

以上深度处理方法的基本作用原理概括起来，无非是吸附、氧化、生物降解、膜滤等的作用，即：或者利用吸附剂的吸附能力去除水中有机物；或者利用氧化剂及物理化学氧化法的强氧化能力分解有机物；或者利用生物氧化法降解有机物；或者以膜滤法滤除大分子有机物。

8、熟悉膜处理（超滤、纳滤、反渗透）的工艺机理、适用条件和运行管理。

膜是一种分离介质，是两相分离的手段和物质选择性传递的屏障。

膜滤过程是以选择性透过膜为分离介质，在其两侧施加某种推动力，使原料组分选择性透过膜，从而达到分离或提纯的目的。这种推动力可以是压力差、温度差、浓度差和电位差。

水处理中的微滤、超滤、纳滤、反渗透属于压力驱动。电渗析属于电位差驱动。

类别	分离机理	推动力	截留物
微滤 MF	筛分	压力 0.01-0.2Mpa	0.01-10 微米
超滤 UF	筛分	压力 0.1-0.5Mpa	分子量 1000-30000
纳滤 NF	筛分，溶解和扩散	压力 0.5-2.5Mpa	分子量 200-1000
反渗透 RO	溶解扩散	压力 1-10Mpa	全部悬浮物、溶质和盐
电渗析 ED	离子交换	电位差	非解离和大分子物质

膜技术效率的主要因素是膜污染和劣化。膜污染是可逆的，膜的劣化是不可逆的。

- （1）提高膜效率的方法：
- （2）原料预处理
- （3）膜组件的合理设计
- （4）操作方式的优化
- （5）膜组件的清洗

9、了解水厂工艺过程的水质控制要求及出厂水的水质监测内容。

检测内容：

出厂水流量、压力

清水池水位

原水、沉淀水、滤后水浊度

滤池水头损失

冲洗水塔水位

原水水温

pH、盐度计、溶解氧仪、氨氮计、好氧量计等。

10、了解水厂工艺过程自动控制系统的组成及作用。

1. 水厂内检测仪器表的设置

检测仪表有一次仪表和二次仪表。一次仪表包括感受器和变送器。前者测定运行参数，后者将其进行信号转换，传送到检测中心。二次仪表把测的数据再显示出来。

2. 水厂自动化设计要求

水厂自动化程度可分为两级。第一级，水厂单项构筑物（如泵房、沉淀、澄清池、滤池、加药系统等）自动化控制；第二级，全厂自动化控制。

（1）取水泵房

取水泵房目前大都根据清水池水位调节水泵机组的运行台数及电动阀的启闭，包括真空泵自动引水及泵房内排水泵的自动开、停。

（2）二级泵站

二级泵站根据出水压力和流量来调节水泵运行台数和阀门的开启度。运行的水泵发生故障时，备用水泵能自动启动投入运行。依靠阀门开启度来调节出水流量和压力会增加能耗并降低机组效率，故最好采用若干台调速电机水泵机组来调节出水流量。泵房内的真空泵和排水泵自动开停。

（3）投药自动控制

投药量目前主要根据滤后水中余氯量来自动控制。也可以流量为比例作前馈控制，以出厂水余氯量设定值为后馈调节，实行闭环控制。自动投滤装置已在很多水厂应用，关键是要有精密可靠的余氯连续测定仪。

（4）沉淀池和澄清池

目前澄清池和沉淀池的自动化控制内容是排泥。可以定时自动排泥，也可根据池中泥位自动排泥。

如果其有足够的资料累积写出数学模型也可按澄清池排泥浓度、沉淀池和澄清池出水浊度等，控制机械搅拌澄清池内搅拌机转速、排泥机运行并可将水质资料反馈于加药系统。

(5) 滤池

目前主要根据滤层水头损失或规定冲洗周期来控制滤池冲洗。如果是气水反冲洗，冲洗顺序和强度也可根据设定值进行自动控制。

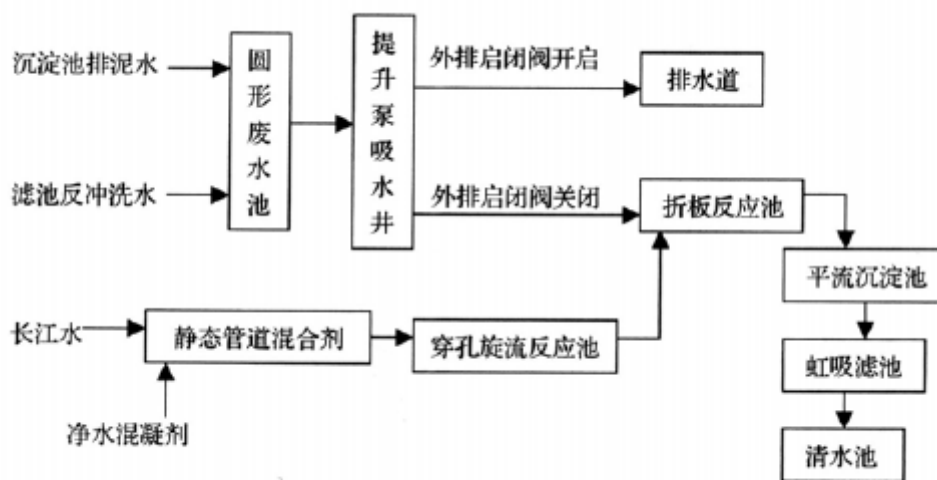
以上各工艺均可用 PLC(可编程控制器)进行控制。若设备发生故障，均会报警，有的会自动停止运行或采用安全措施。例如，若清水池水位过低或出水压力过大，二级泵房除发生报警外，水泵还会自动停运。又如，若加氯间或氯库探测器检测到漏氯后，PLC 可自动启动抽氯风机和苛性钠溶液泵，将氯和苛性钠送入中和塔内中和，同时发出报警。

11、了解水厂回流水系统及污泥处理系统。

11.1 水厂回流水系统

回流水是指来自沉淀池或澄清池的排泥水和滤池反冲洗废水。回流水回用分为直接回用和处理后回用两种方式。

直接回用是指不经处理直接将废水回流到澄清工艺前。



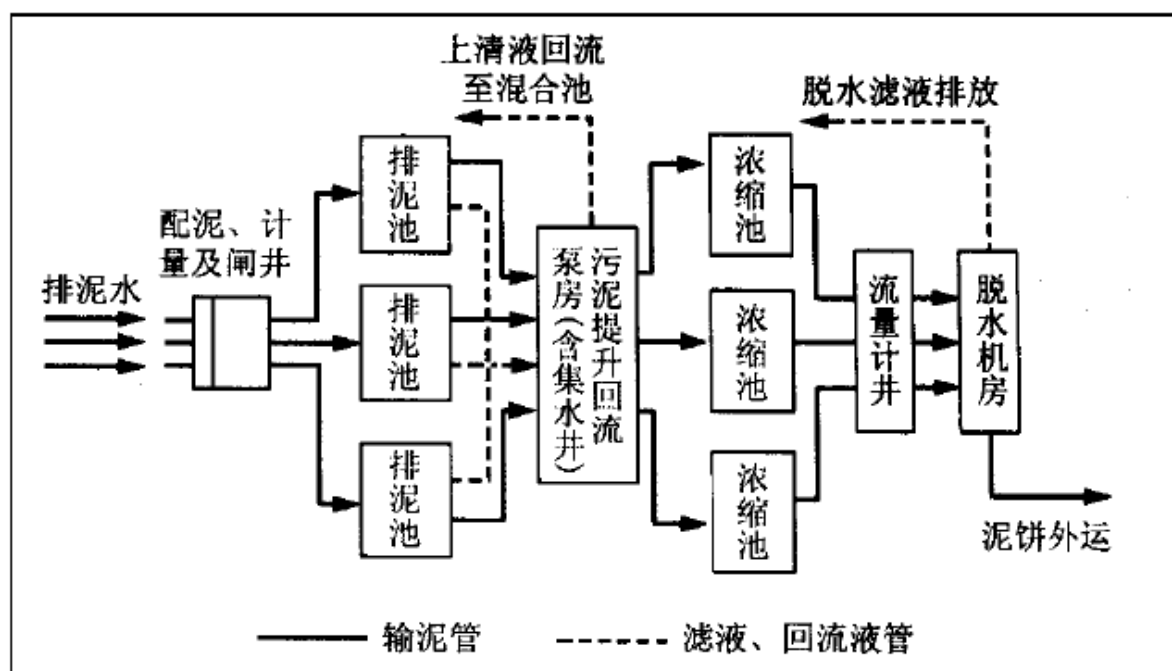
处理后回用是指将废水经过膜滤、臭氧等工艺处理后在回到过滤工艺前。

11.2 污泥处理系统

污泥处理的目的是降低污泥含水率，以达到运输。堆放和最终处置的要求。

处置方法：

排泥水收集+浓缩+机械脱水+泥饼填埋



北京第九水厂污泥处理工艺

12、了解高纯水的制备工艺及系统组成。

在制取纯水的过程中，除通常采用离子交换法之外，再配以渗透与超滤组成的处理系统，成为当前纯水制备的方向。

前处理—反渗透器—脱盐水箱—离子交换复床—紫外灯光—超滤器—使用点

前处理（亦称预处理）指混凝、沉淀、过滤以及调整 PH 而言。反渗透器主要用于去除水中离子、微粒、微生物的大部分，然后再由离子交换复床以及混合床完全去除水中的残留离子。所以在该系统中，利用反渗透进行预脱盐，可大大减轻离子交换的负荷。又由于考虑到来自树脂本身的溶解物，碎粒以及细菌的繁殖，在终端设有紫外线灯与超滤装置。这样，整个系统的可靠性更高。

13、了解地下水除氟、除砷、除盐和除氨氮的常用工艺。

1. 除氟

当水中氟浓度高于 1.0mg/L 时，需要除氟。

除氟方法中，应用最多的是吸附过滤法，作为滤料的吸附剂主要是活性氧化铝，其次是骨炭，骨炭的主要成分是磷酸三钙和碳。两种方法主要利用吸附剂的吸附和离子交换作用。其他的还有混凝、电渗析法等。

活性氧化铝起到离子交换的作用，以硫酸根交换水中的氟和碳酸氢根。一般采用下向流的吸附滤池，用硫酸铝再生活性氧化铝。

磷酸三钙法一般采用羟基磷灰石作为吸附滤料，之后用氢氧化钠再生。

2. 除砷

采用铁盐混凝法去除。

3. 除盐

采用电渗析、反渗透、离子交换等方法。

4. 除氨氮

采用臭氧氧化，生物活性炭技术、沸石滤料吸附技术

14、了解低温、低浊、高藻、高嗅水源水的工艺处理特点。

1. 低温低浊水处理

随着水温的降低，水的粘滞度增加，絮凝速度降低，颗粒沉速减速减慢。原水浊度的减少，使絮凝过程中颗粒碰撞的机率降低，影响絮凝过程的进行。因此，低温低浊水的处理较常规水的处理困难。即使加大混凝剂的投加量，仍难以达到要求的水质目标。

通过长时期的研究，认为低温低浊水处理的关键是选择合适的混凝剂和助凝剂，以强化絮凝过程，其次是选择合适的澄清及过滤形式。

低温低浊水处理的混凝剂一般可采用聚合氯化铝或硫酸铝。实践表明，聚合氯化铝对各种水质的适应性较强。助凝剂则多采用活化硅酸（水玻璃）。混凝剂与助凝剂的比例，一般采用 5:1~7:1。

采用活化硅酸作助凝剂在我国已有较长历史，1952 年天津自来水公司已开始使用。经验认为要使活化硅酸起到良好的絮凝效果，必须注意活化的方式和方法。活化硅酸的配制应控制原液的浓度和剩余碱度，并掌握控制活化时间。

低温低浊水处理工艺的选择还应结合全年原水的浊度变化。如果原水常年浊度较高，仅在冬季出现低温低浊时，一般采用与常规处理相似的混合，絮凝，沉淀，过滤工艺而在低温低浊时投加助凝剂。如果原水常年浊度都很低（如在 30~50 度以下），仅在暴雨季节出现大于 100 度的浊度时，也可采用上述工艺，但在浊度较低时超越絮凝，沉淀阶段而采用直接过滤，超越运行时需加助凝剂。

我国东北地区寒冷季节长达四、五个月，但在雨季河水浊度又可以高达几千度，给水处理带来困难。根据这一特点，研究，开发了一种新型的水处理构筑物——浮沉池。它是将气浮和沉淀相结合的形式，既利用气浮处理低温低浊及高藻时的良好效果，也可用沉淀来处理较高浊度的原水。这种池型已在东北地区近 10 年水厂中采用，取得了较好效果。

低浊水处理构筑物的形式大致与常规处理相仿，但其所采用的设计指标则与常规水处理

不同。

2. 高含藻水处理

我国对于高含藻水的处理,有采用气浮除藻,微滤机除藻,微絮凝接触过滤除藻,生物处理除藻以及预氯化除藻等多种方法。

对于富营养程度较低的湖泊水,一般采用常规处理工艺,但加强混合,絮凝和沉淀,并适当降低滤速。原水预氯化有助于后续处理对藻类的去除。但由于预氯化的氯会与水中有有机物形成对人体有害的卤代有机物,因此该工艺的选用将逐渐受到限制。据报导,采用高铁酸盐复合药剂代替氯作预氧化剂,可提高对水中藻类的去除,且对饮用水水质无副作用。

采用气浮池除藻,在国内有较多的应用。但当高藻期间原水浊度又较高时,则气浮池的除浊效果将受到影响。最近在设计中也有采用了沉淀与气浮相结合的形式,使原水先经沉淀去除一部分较大颗粒和浊度,然后通过气浮去除藻类和剩余浊度。

采用生物处理除藻近来有较多的研究。试验表明,生物处理对藻类有明显的去除效果,同时还可降低原水中的氨氮,可生物降解有机物,浊度等。对于太湖富营养化原水所做的试验,生物处理对藻类的去除可达 50~70%,最高达 80%以上。

湖泊水中的藻类和真菌以及湖泥和湖水中的放线菌都会产生生物臭。因此高含藻水往往带来出水中嗅的问题。当湖泊水臭味较浓,而致使出厂水臭阈值不符合饮用要求时,一般在高藻期采用投加粉末活性炭的方法,可取得较好的效果。

由于湖泊含藻水的问题带有一定普遍性,处理技术复杂,难度较大,今后还将进行广泛,深入的研究。

3. 高嗅

臭氧氧化是去除异嗅的关键工艺。强化混凝/高锰酸钾预氧化及强化混凝/活性炭吸附工艺对异嗅和 CODMn 均有一定的去除作用,需要根据水中致嗅物质的组成和有机物特性进行选择。但当硫醇硫醚类致嗅物质与土嗅素和 2-MIB 并存时,强化混凝组合工艺无法完全去除水中的嗅味。当进水嗅阈值 <35 、CODMn <8 mg/L 时,臭氧/活性炭深度处理工艺可以完全去除 D 江水中的嗅味,并且对 CODMn 也有很好的去除效果,但在水质再恶化时需联合使用强化预处理等工艺方能达标。

第二部分 排水工程

一、排水系统概论

1、掌握排水体制和排水系统的组成。

1.1掌握排水体制

排水系统体制分类：合流制，分流制，混合制。从环保方面看：合流制在降雨时会把大量城市污水直接排入河流，造成水体严重污染；分流制把雨水直接排入河流，污水则经过处理厂的处理后排入河流，污染相对较小。从造价方面看：合流制管道少，造价低；分流制管道多，造价高。从维护管理方面看：合流制雨污混合，不易淤积，容易维护管理；分流制污水管道易造成淤积，加大了管理难度。混合制的优缺点介于分流制和合流制之间。考虑到目前环保是主要的影响因素，所以现在新建排水系统的体制多为分流制。

1.2掌握排水系统的组成。

排水系统是指排水的收集、输送、处理和利用，以及排放等设施以一定方式组合成总体。

1.2.1城市污水排水系统的主要组成部分

城市污水包括排入城镇污水管道的生活污水和工业废水。将工业废水排入城市城市生活污水排水系统，就组成城市污水排水系统。

城市生活污水排水系统主要由下列几个主要部分组成：

（1）室内污水管道系统及设备。其作用是收集生活污水，并将其排送至室外居住小区污水管道中去。

（2）室外污水管道系统。分布在地面下的依靠重力流输送至泵站、污水厂或水体的管道系统统称为室外污水管道系统。它又分为居住小区管道系统及街道管道系统。

（3）污水泵站及压力管道。污水一般以重力流排除，但往往由于受到地形等条件的限制而发生困难，这时就需要设置泵站。泵站分为局部泵站、中途泵站、和总泵站。

（4）污水厂。供处理和利用污水、污泥的一切构筑物及附属构筑物的综合体称为污水处理厂。

（5）出水口及事故排出口。

1.2.2工业废水排水系统的主要组成部分。

（1）车间内部管道系统和设备。主要用于收集各生产设备排出的工业废水，

并将其排送至车间外部的厂区管道系统中去。

(2) 厂区管道系统。敷设在工厂内，用以收集并输送个车间排出的工业废水的管道系统。厂区工业废水的管道系统，可根据具体情况设置若干个独立的管道系统。

(3) 污水泵站及管道压力。

(4) 废水处理站。是回收和处理废水与污泥的场所。

1.2.3 雨水排水系统的主要组成部分

(1) 建筑物的雨水管道系统和设备。主要是收集工业、公共或大型建筑的屋面雨水，并将其排入室外的雨水管渠系统中去。

(2) 居住小区或工厂雨水管道系统。

(3) 街道雨水管道系统。

(4) 排洪沟。

(5) 出水口。

2、熟悉城市排水系统的规划原则和任务。

2.1 排水系统的规划原则：

(1) 排水工程的规划应符合区域规划以及城市和工业企业的总体规划，并应与城市和工业企业中其他的单项工程建设密切配合，互相协调。

(2) 排水工程的规划与设计，要与邻近区域内的污水和污泥的处理和处置协调。一个区域的污水系统，可能影响邻近水域，特别是影响下游区域的环境质量，故在确定规划区域的处理水平的处置方案时，必须在较大区域内综合考虑。

(3) 排水工程规划与设计，应处理好污染源治理与集中治理的关系。

(4) 城市污水是可贵的淡水资源，在规划中要考虑污水经再生后的回用方案。

(5) 如设计排水区域尚需考虑给水和防洪问题时，污水排水工程应与给水工程协调，雨水排水工程应与防洪工程协调，以节省总投资。

(6) 排水工程的设计应全面规划，按近期设计，考虑远期发展有扩建的可能。并根据使用要求和技术经济的合理性等因素，对近期工程作出分期建设的安排。

(7) 对于城市和工业企业原有的排水工程在进行改建和扩建时，应从实际出发，在满足环境保护的要求下，充分利用和发挥其效能，有计划、有步骤地加以改造，使其逐步达到完善和合理化。

(8) 在规划与设计排水工程时，必须认真贯彻执行国家和地方有关部门制定的现行有

关标准、规范或规定。同时，也必须执行国家关于新建、改建、扩建工程，实行把防止污染措施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产的“三同时”规定，这是制定控制污染发展的重要政策。

2.2 排水系统的任务

它的主要任务是规划设计、收集、输送、处理和利用各种污水的一整套工程设施和构筑物，即排水管道系统和污水厂的规划与设计。

二、污水管道系统的设计

1、掌握污水设计流量的计算。

(1) 生活污水设计流量（含公共建筑）

$$Q_1 = n \cdot N \cdot K_z / 86400 = n \cdot P \cdot F \cdot K_z / 86400$$

n ——生活污水定额，L/（人·d） N ——设计人口数，人

P ——人口密度，人/ha F ——服务面积，ha

$K_z = K_h \cdot K_d = 2.7 / Q_{\text{平均}}^{0.11}$ ($Q_{\text{平均}} \geq 1000 \text{ L/s}$ 则 $K_z = 1.3$ ， $Q_{\text{平均}} \leq 5 \text{ L/s}$ 则 $K_z = 2.3$)

(2) 工业企业生活污水及淋浴污水设计流量 Q_2 ：人数×定额/时间，

生活污水需乘变化系数，淋浴污水不需要。

(3) 工业废水设计流量 $Q_3 = m \cdot M \cdot K_z / 3600T$

m ——生产过程中每单位产品的废水量（L/单位产品）； M ——产品的平均日产量；

(4) 地下水渗入量 Q_4 ：一般以单位管道延长米或单位服务面积公顷计算。

(5) 城市总水设计总流量 $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$

2、熟悉污水管网的水力计算方法。

水力计算的基本公式：流速公式 $v = C\sqrt{RI}$ ，流量公式 $Q = Av$

C 值一般按曼宁公式计算， $C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$ ，代入上式得 $v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$ ， $Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$

Q —流量， m^3/s ； A —过水断面面积， m^2 ； v —流速， m/s ； R —水力半径， m ， $R = A/\text{湿周}$ ； I —管道坡度； C —谢才系数； n —管壁粗糙系数。

在进行污水管道水力计算时，通常污水设计流量为已知值，需要确定管道的断面尺寸和敷设坡度。为使水力计算获得较为满意的结果，必须认真分析设计地区的地形等条件，并充分考虑水力计算设计数据的有关规定。所选择的管道断面尺寸，必须要在规定的设计充满度（非满流，根据管径不同最大充满度不同）和设计流速的情况下，能够排

泄设计流量。管道坡度应参照地面坡度和最小坡度的规定确定。一方面要使管道尽可能与地面坡度平行敷设，这样可不增大埋深。但同时管道坡度又不能小于最小设计坡度的规定（DN200最小坡度0.004，DN300最小坡度0.003），以免管道内流速达不到最小设计流速（0.6m/s）而产生淤积。当然也应避免若管道坡度太大而使流速大于最大设计流速（金属管最大设计流速为10m/s；非金属管最大设计流速为5m/s），也会导致管壁受冲刷。

在具体计算中，已知设计流量 Q 及管道粗糙系数 n ，要求管径 D 、水力半径 R 、充满度 h/D 、管道坡度 I 和流速 v 。为简化计算，常采用水力计算图。所谓水力计算图，是指将流量、管径、坡度、流速、充满度、粗糙系数各水力因素之间绘成计算图。对每一张图表而言， D 和 n 是已知数，图上的曲线表示 Q 、 v 、 I 、 h/D 之间的关系。在这4个因素中，只要知道2个就可以查出其它2个。

3、熟悉城市污水回用系统组成及设计要求。

城市污水回用一般由污水收集系统、再生水厂、再生水输配系统和回用水管理等部分组成。

污水收集系统：是收集输送回用原水的管道系统。污水收集一般靠城市排水管网进行，管道不宜采用明渠。排水系统可采用分流制或合流制，将回用原水从回用水源以最佳路线输送至再生水厂。

再生水厂：它是以回用为目的对污水进行再生处理的污水处理厂。其处理工艺流程，应通过试验或参考实际经验，根据回用水水质标准，通过技术经济比较确定。再生水厂一般包括深度处理或仅深度处理。深度处理是进一步去除常规二级处理不能完全去除的污水中杂质的净化过程，通常由混凝、沉淀（澄清）、过滤、活性类吸附、离子交换、反渗透、电渗析、氨吹脱、臭氧氧化、消毒等单元技术组合而成。城市污水厂的再生水厂可采用一级处理、二级处理、混凝沉淀（澄清）、过滤和消毒等基本工艺流程，当有试验依据或回用水水质有特殊要求时，可采用其它工艺。再生水厂宜靠近回用水源收集区或用户集中地区，以便于原水收集和缩短输水距离。也可设在城市污水处理厂内、工业区内、或某一特定用户内。再生水厂规模应超过计划用水量的20%以上。

再生水输配系统：应建成独立系统。可新建再生管道，或利用原有给水管道的输送再生水，而新建给水管道的再生水输水管道应防止微生物腐蚀，一般以非金属为宜，当采用金属管道时，应做好防腐处理。再生水的配水系统由用户自行配置。

用户的用水管理：应根据用水设施的要求确定。当用于工业冷却时，一般包括水质

稳定处理、菌藻处理和进一步改善水质的其它特殊处理。当用于生活杂用水或景观河道补充水时，可直接使用，不需要再进一步处理。

三、排水管渠系统

1、熟悉暴雨强度公式应用。

$$\text{暴雨强度公式 } q = 167i = \frac{167A_1(1+c \lg P)}{(t+b)^n} \quad (\text{L/s} \cdot \text{ha})$$

(2) 设计重现期P

雨水管渠设计重现期的选用，应根据汇水面积的地区建设性质（广场、干道、厂区、居住区）、地形特点、汇水面积和气象特点等因素确定、一般选用0.5~3a，对于重要干道，立交道路的重要部分，重要地区或短期积水即能引起较严重损失的地区，宜采用较高的设计重现期，一般选用2~5a，并应和道路设计协调。对于特别重要的地区可酌情增加，而且在同一排水系统中也可采用同一设计重现期或不同的设计重现期。雨水管渠设计重现期规定的选用范围，是根据我国各地目前实际采用的数据，经归纳综合后确定的。我国地域辽阔，各地气候、地形条件及排水设施差异较大。因此，在选用雨水管渠的设计重现期时，必须根据当地的具体条件合理选用。

(3) 集水时间t

对于管道的某一设计断面来说，集水时间t 由地面集水时间 t_1 和管道雨水流行时间 t_2 两部分组成： $t = t_1 + mt_2$

1) 地面集雨时间 t_1 的确定

地面集水时间是指雨水从汇水面积上最远点流到第1个雨水口的时间。地面集水时间受地形坡度、地面铺砌、地面种植情况、水流路程、道路纵坡和宽度等因素的影响，这些因素直接决定着水流沿地面或边沟的速度。此外，也与暴雨强度有关，因为暴雨强度大，水流时间就短。但在上述各因素中，地面集水时间主要取决于雨水流行距离的长短和地面坡度。在实际的设计工作中，要准确地计算 t_1 值是困难的，故一般不计算，而采用经验数值。根据《室外排水设计规范》规定：地面集水时间视距离长短和地形坡度及地面覆盖情况而定，一般采用 $t_1 = 5 \sim 15 \text{min}$ 。按照经验，一般对在建筑密度较大、地形较陡、雨水口分布较密的地区或街区内设置的雨水暗管，宜采用较小的 t_1 值，可取 $t_1 = 5 \sim 8 \text{min}$ 左右。而在建筑密度较小、汇水面积较大、地形较平坦、雨水口布置较稀疏的地区，宜采用较大值，一般可取 $t_1 = 10 \sim 15 \text{min}$ 。起点井上游地面流行距离以不超过120~150m 为宜。

2) 管道雨水流行时间 t_2 的计算

管内雨水流行时间 $t_2 = \sum (L/60v)$, min。

L ——各管段的长度, m。 v ——各管段满流时的水流速度, m/s

3) 折减系数的确定:

当降雨历时等于流域集流时间时, 雨水流量最大。降雨初期没有达到这样的设计情况, 随着降雨历时的增长形成满流。通过资料分析, 建议用大于 1 的系数乘以用满流算出的管内雨水流行时间。该系数也叫苏林系数。通常暗管的折减系数为 2, 明渠的折减系数为 1.2

2、掌握雨水管渠设计流量计算及系统设计和计算; 了解雨水利用对城市排水系统设计的影响。

2.1 雨水管渠设计流量计算

$$Q = \Psi \cdot q \cdot F \quad (\text{L/s})$$

Ψ —径流系数; q —暴雨强度, ($\text{L/s} \cdot \text{ha}$); F —汇水面积, ha。

降落在地面上的雨水, 一部分被植物和地面的洼地截留, 一部分渗入土壤, 余下的一部分沿地面流入雨水管渠, 这部分进入雨水管渠的雨水量称做径流量。径流量与降雨量的比值称径流系数 Ψ , 其值常小于1。

径流系数的值因汇水面积的地面覆盖情况、地面坡度、地貌、建筑密度的分布、路面铺砌等情况的不同而异。如屋面为不透水材料覆盖, Ψ 值大; 沥青路面的 Ψ 值也大; 而非铺砌的土路面 Ψ 值就较小。地形坡度大, 雨水流动较快, 其 Ψ 值也大; 种植植物的庭园, 由于植物本身能截留一部分雨水, 其 Ψ 值就小等等。但影响 Ψ 值的主要因素则为地面覆盖种类的透水性。此外, 还与降雨历时、暴雨强度及暴雨类型有关。如降雨历时较长, 由于地面渗透损失减少, Ψ 就大些; 暴雨强度大, 其 Ψ 值也大; 最大强度发生在降雨前期的雨型, 前期雨大的, Ψ 值也大。由于影响因素很多, 要精确地求定其值是很困难的。目前在雨水管渠设计中, 径流系数通常采用按地面覆盖种类确定的经验数值。

2.2 雨水系统设计和计算

(1) 水力计算

1) 设计充满度

雨水中含有泥沙等无机物质, 不同于污水的性质, 加以暴雨净流量大, 而响应较高的设计重现期的暴雨强度的降雨历时一般不会很长, 故管道设计充满度按满流考虑, 即 h/D

=1。明渠则应有等于或大于0.20m 的超高。

2) 设计流速

为避免雨水所挟带的泥沙等无机物质在管区内沉淀下来而堵塞管道，雨水管渠的最小设计流速应大于污水管道，满流时管道内最小设计流速为0.75m/s；明渠内最小设计流速为0.40m/s。为防止管壁受到冲刷而损坏，影响及时排水，对雨水管渠的最大设计流速规定为：金属管最大设计流速为10m/s；非金属管最大设计流速为5m/s。

3) 最小管径和最小设计坡度

雨水管道的最小管径为300mm，响应的最小坡度为0.003，雨水口连接管最小管径为200mm，最小坡度为0.01。

(2) 设计步骤

1) 划分排水流域和管道定线

应根据城市的总体现划图或工厂的总平面图，按实际地形划分排水流域。

2) 划分设计管段

根据管道的具体位置，在管道转弯处、管径或坡度改变处，有支管接入处或两条以上管道交汇处以及超过一定距离的直线管段上都应设置检查井。

3) 划分并计算各设计管段的汇水面积

各设计管段汇水面积的划分应结合地形坡度、汇水面积的大小以及雨水管道布置等情况而划定。地形较平坦时，可按就近排入附近雨水管道的原则划分汇水面积；地形坡度较大时，应按地面雨水径流的水流方向划分汇水面积。

4) 确定各排水流域平均径流系数数值

通常根据排水流域内各类地面的面积数或所占比例，计算出该排水流域的平均径流系数。也可根据规划的地区类别，采用区域综合径流系数。

5) 确定设计重现期 P 、地面集水时间 t_1

设计时应结合该地区的地形特点、汇水面积的地区建设性质和气象特点选择设计重现期。各个排水流域雨水管道的设计重现期可选用同一值，也可选用不同的值。

6) 求单位面积径流量 q_0

q_0 是暴雨强度 q 与径流系数 ψ 的乘积，称单位面积径流量。

7) 列表进行雨水干管的设计流量和水力计算，以求得各管段的设计流量，及确定各管段的管径、坡度、流速、管底标高和管道埋深值等。计算时需先定管道起点的埋深或是管底标高。

8) 绘制雨水管道平面图及纵剖面图。

2.3 雨水利用对城市排水系统设计的影响

传统理论设计的城市雨水系统的优点：

(1)由于雨水管径的确定是根据极限强度理论来确定设计流量的最大值，故降雨时它能及时地汇集并排除暴雨形成的地面径流，防止城市居民区和工业企业等受淹，有效的保障人民财产生命的安全、保护居民健康安全、提高生活质量使城市日常生活正常运转。

(2)传统按照理论设计的城市排水管道系统属于重力流管道，有排除超设计标准的一定重现期的雨水能力。

传统理论设计的城市雨水系统的缺点：

(1)这种以尽快排除城市小范围区域内的雨水设计理念使得下游城市防洪压力骤增，以武汉市为例，长江武汉段的洪水经常受到上游地区的洪水影响(武汉段洪水主要由长江上游重庆等地区洪水、洞庭湖流域洪水、湖北境内沿江支流洪水组成，并受鄱阳湖流域洪水的顶托影响)，反过来，武汉段的洪水又会给九江、安庆、南京等地区带来上游洪水的压力。

(2)随着研究的不断深入，这些未经任何形式处理的雨水直接排入受纳水体，会对受纳水体造成严重的污染，有些甚至到了不能容忍的程度。有些资料证明，雨水径流特别是初期雨水径流对水体的污染相当严重。

(3)由于排水系统的管径确定是按照最大流量来确定的，无形中会增加一部分排水管道基础设施的资金投入，这会给城市建设带来资金上的压力。

雨水的资源化和再利用既提高了水的利用率，又有效地保护了水环境，克服了传统城市雨水系统的缺点，有利于实现城市水系统的健康、良性循环，从长远来看，这将是有效地解决我国水资源短缺和水环境恶化问题的优化途径。

3、了解合流制管渠系统的使用条件和布置特点。

3.1 使用条件

(1)排水区域内有一处或多处水源充沛的水体，其流量和流速都足够大，一定量的混合污水排入后对水体造成的污染危害程度在允许的范围以内。

(2)街坊和街道的建设比较完善，必须采用暗管渠排除雨水，而街道横断面又较窄，管渠的设置位置受到限制时，可考虑选用合流制。

(3)地面有一定的坡度倾向水体，当水体高水位时，岸边不受淹没。污水在中途不需要泵汲。

显然，上述条件的第一条是主要的，也就是说，在采用合流制管渠系统时，首先应满足环境保护的要求，即保证水体所受的污染程度在允许范围内，只有在这种情况下才可根据当地城市建设及地形条件合理地选用合流制管渠系统。

3.2 布置特点

(1) 管渠的布置应使所有服务面积上的生活污水、工业废水和雨水都能合理的排入管渠，并能以可能的最短距离坡向水体。

(2) 沿水体岸边布置与水体平行的截流干管，在截流干管的适当位置上设置溢流井，使超过截留干管设计输水能力的那部分混合污水能顺利地通过溢流井就近排入水体。

(3) 必须合理的确定溢流井的数目和位置，以便尽可能减少对水体的污染、减小截流干管的尺寸和缩短排放渠道的长度。从对水体的污染情况看，合流制管渠系统中的初雨水虽被截流处理，但溢流的混合污水总比一般雨水脏，为改善水体卫生、保护环境，溢流井的数目宜少，且其位置尽可能设置在水体的下游。从经济上讲，为了减小截流干管的尺寸，溢流井的数目多一点好，这可使混合污水及早溢入水体，降低截流干管下游的设计流量。但是，溢流井过多，会增加溢流井和排放渠道的造价，特别在溢流井离水体较远、施工条件困难时更是如此。当溢流井的溢流堰口标高低于水体最高水位时，需在排放渠道上设置防潮门、闸门或排涝泵站，为减少泵站造价和便于管理，溢流井应适当集中，不宜过多。

(4) 在合流制管渠系统的上游排水区内，如果雨水可沿地面的街道边沟排泄，则该区域可只设置污水管道。只有当雨水不能沿地面排泄时，才考虑布置合流管渠。

目前，我国许多城市的旧市区多采用合流制，而在新建区和工矿区则一般多采用分流制，特别是当生产污水中含有毒物质，其浓度又超过允许的卫生标准时，则必须采用分流制，或者必须预先对这种污水单独进行处理到符合要求后，再排入合流制管渠系统。

4、了解排水管渠系统的维护管理和养护。

4.1 管理和养护的任务

排水管渠在建成通水后，为保证其正常工作，必须经常进行养护和管理。排水管渠内常见的故障有：污物淤塞管道；过重的外荷载、地基不均匀沉陷或污水的侵蚀作用，使管渠损坏、裂缝或腐蚀等。管理养护的任务是：

- (1) 验收排水管渠；
- (2) 监督排水管渠使用规则的执行；
- (3) 经常检查、冲洗或疏通排水管渠，以维持其通水能力；

(4) 修理管渠及其构筑物，并处理意外事故等。

排水管渠系统的管理养护工作，一般由城市建设机关专设部门（如养护工程管理处）领导，按行政区划设养护管理所，下设若干养护工程队（班），分片负责。整个城市排水系统的管理养护组织一般可分为管渠系统、排水泵站和污水厂 3 部分。工厂内的排水系统，一般由工厂自行负责管理和养护。在实际工作中，管渠系统的管理养护应实行岗位责任制，分片包干，以充分发挥养护人员的社会主义积极性。同时，可根据管渠中沉积污物可能性的大小，划分若干养护等级，以便对其中水力条件较差，排入管渠的脏物较多，易于淤塞的管渠段，给予重点养护。实践证明，这样可以大大提高养护工作的效率，是保证排水管渠系统全线正常工作行之有效的办法。

4.2 排水管渠的疏通

(1) 水力疏通

水力清方法是用水对管道进行冲洗。可以利用管道内污水自冲，也可利用自来水或河水。用管道内污水自冲时，管道本身必须具有一定的流量，同时管内淤泥不宜过多（20%左右）。用自来水冲洗时，通常从消防龙头或街道集中给水栓取水，或用水车将水送到冲洗场内，一般在街坊内的污水支管，每冲洗一次需水约 2000—3000kg。

(2) 机械疏通

当管渠淤塞严重，淤泥已粘结密实，水力疏通的效果不好时，需要采用机械疏通方法。首先用竹片穿过需要疏通的管渠段，竹片一端系上钢丝绳，绳上系住疏通工具的一端。在疏通管渠段两端检查井上各设一架绞车，当竹片穿过管渠段后将钢丝绳系在一架绞车上，疏通工具的另一端通过钢丝绳系在另一绞车上。然后利用绞车往复绞动钢丝绳，带动疏通工具将淤泥刮至下游检查井内，使管渠得以疏通。绞车的动力可以是手动，也可以是机动，例如以汽车引擎为动力。

4.3 排水管渠的修理

系统地检查管渠的淤塞及损坏情况，有计划地安排管渠的修理，是养护工作的重要内容之一。当发现管渠系统有损坏时，应及时修理，以防损坏处扩大而造成事故。管渠的修理有大修与小修之分，应根据各地的经济条件来划分。修理内容也包括检查井、雨水口顶盖等的修理与更换；检查井内踏步的更换，砖块脱落后的修理，局部管渠段损坏后的修补；由于出户管的增加需要添建的检查井及管渠；或由于管渠本身损坏严重、淤塞严重，无法疏通时所需的整段开挖翻修。

当进行检查井的改建、添建或整段管渠翻修时，常常需要断绝污水的流通，

应采取措施，例如安装临时水泵将污水从上游检查井抽送到下游检查井，或者临时将污水引入雨水管渠中。修理项目应尽可能在短时间内完成，如能在夜间进行更好。在需时较长时，应与有关交通部门取得联系，设置路障，夜间应挂红灯。

5、了解城市排水系统的现代化管理模式与技术手段。

（1）档案管理数字化

数字化城市工程要求城市排水管网设施档案数字化，很多城市正在进行立项、研究和推广城市排水管网档案管理数字化技术。

（2）科学管理网络化

可以采用网络化技术建立城市排水指挥中心，对城市排水系统进行科学化管理，可以实现城市防洪的实时指挥调度、网络化办公、网上审批和缴费等。

（3）地理信息系统和优化分析系统

地理信息系统是对具有空间特征的管网信息进行分析、利用和管理的有效工具。管网信息获取与处理是最合适，也是最需要应用地理信息系统的领域之一。而优化分析系统，是给设计人员、管理者以及系统的维护人员、调度人员提供指导性建议、辅助决策和制定最优方案的一个工具。根据水力模型和优化运行模型的计算结果制定决策方案，将彻底改变人为经验决策和运行局面，提高管理和决策的科学性。

（4）实时模拟技术

排水管网采用最大日最大时流量作为设计流量，按恒定流进行水力计算。排水管网的流量时刻在变化，属于非恒定非均匀流动，计算排水管网内实际的流动状态必须采用非恒定流理论。对排水管网进行校核模拟和实时模拟可以了解系统的排水能力和排水过程，对科学化管理排水系统具有积极作用。

第三部分 污水处理

一、污水处理总论

1、掌握污水的性质、污染指标及排放标准。

1.1 污水的物理性质和指标

表示污水物理性质的主要指标是水温、色度、臭味、固体含量及泡沫等。

(1) 水温

污水的水温，对污水的物理性质、化学性质及生物性之有直接的影响。所以水温是污水水质的重要物理性质指标之一。我国的幅员广大，但根据统计资料表明，各地的生活污水的年平均温度差别不大，均约在10—20℃之间。污水的水温过低（如低于5℃）或过高（如高于40℃）都会影响污水的生物处理的效果。

(2) 色度

生活污水的颜色常呈灰色。但当污水中的溶解氧降低至零，污水所含有机物腐烂，则水色转呈黑褐色并有臭味。生产污水的色度视工矿企业的性质而异，故色度往往给人感观不悦。色度可由悬浮固体、胶体或溶解物质形成。悬浮固体形成的色度称为表色。胶体或溶解物质形成的色度称为真色。水的颜色用色度作为指标。

(3) 臭味

生活污水的臭味主要由有机物腐败产生的气体造成。工业废水的臭味主要由挥发性化合物造成。臭味大致有鱼腥臭、氨臭、腐肉臭、腐蛋臭、腐甘蓝臭、粪臭以及某些生产污水的特殊臭味。臭味给人以感观不悦，甚至会危及人体生理，呼吸困难，倒胃胸闷，呕吐等。故臭味也是物理性质的主要指标。

(4) 固体含量

固体物质按存在形态的不同可分为：悬浮的、胶体的和溶解的三种；按性质的不同可分为：有机物、无机物与生物体三种。

固体含量用总固体含量作为指标（英文缩写为TS）。把一定量水样在105—110℃烘箱中烘干至恒重，所得的重量即为总固体量。

悬浮固体（英文缩写SS）或叫悬浮物。悬浮固体中，颗粒粒径在0.1-1.0μm之间者称为细分散悬浮固体；颗粒粒径大于1.0μm者称为粗分散悬浮固体。把水样用滤纸过滤后，被滤纸截留的滤渣，在105—110℃烘箱中烘干至恒重，所得重量称为悬浮固体；滤液中存在的固体物即为胶体和溶解固体。悬浮固体中，有一部分可在沉淀池中沉淀，形成沉

淀污泥，称为可沉淀固体。悬浮固体也由有机物和无机物组成。故又可分为挥发性悬浮固体（英文缩写为VSS）或称为灼烧减重；非挥发性悬浮固体（英文缩写为NVSS）或称为灰分两种。把悬浮固体，在马福炉中灼烧（温度为600℃），所失去的重量称为挥发性悬浮固体；残留的重量称为非挥发性悬浮固体。生活污水中，前者约占70%，后者约占30%。

胶体（颗粒粒径为0.001—0.1μm）和溶解固体（英文缩写为DS）或称为溶解物也是由有机物与无机物组成。生活污水中的溶解性有机物包括尿素、淀粉、糖类、脂肪、蛋白质及洗涤剂；溶解性无机物包括无机盐（如碳酸盐、硫酸盐、胺盐、磷酸盐），氯化物等。工业废水的溶解性固体成分极为复杂，视工矿企业的性质而异，主要包括种类繁多的合成高分子有机物及重金属离子等。溶解固体的浓度与成分对污水处理方法的选择（如生物处理法，物理—化学处理法等）及处理效果产生直接的影响

污水的化学性质及指标

1.2 污水的物理性质和指标

污水中的污染物质，按化学性质可分为无机物与有机物；按存在的形态可分为悬浮状态与溶解状态。

1.2.1 无机物及指标

无机物包括酸碱度，氮，磷，无机盐类及重金属离子等。

（1）酸碱度

酸碱度用pH 值表示。PH 等于氢离子浓度的负对数。PH=7 时，污水呈中性；pH<7 时，数值越小，酸性越强；pH>7 时，数值越大，碱性越强。当pH 值超出6—9 范围时，会对人、畜造成危害，并对污水的物理、化学及生物处理产生不利影响。尤其是当pH 低于6 的酸性污水，对管渠、污水处理构筑物及设备产生腐蚀作用。因此pH 值是污水化学性质的重要指标。碱度指污水中含有的、能与强酸产生中和反应的物质，亦称H⁺离子的受体，主要包括三种：①氢氧化物碱度，即OH⁻离子含量；②碳酸盐碱度，即CO₃²⁻离子含量；③重碳酸盐碱度，即HCO₃⁻离子含量。

（2）氮、磷

氮、磷是植物的重要营养物质，也是污水进行生物处理时，微生物所必需的营养物质，主要来源于人类排泄物及某些工业废水。氮、磷是导致湖泊、水库、海湾等缓流水体富营养化的主要原因。

A.氮及其化合物

污水中含氮化合物有四种：有机氮、氨氮、亚硝酸盐氮与硝酸盐氮。四种含氮化合物的总量称为总氮（英文缩写为TN，以N计）。有机氮很不稳定，容易在微生物的作用下，分解成其他三种。在无氮的条件下，分解为氨氮；在有氧的条件下，分解为氨氮，在分解为亚硝酸盐氮与硝酸盐氮。凯氏氮是有机氮与氨氮之和。凯氏氮指标可以用来判断污水在进行生物法处理时，氮营养是否充足的依据。生活污水中凯氏氮含量约40mg/L。氨氮在污水中存在形式有游离氨与离子状态铵盐两种。故氨氮等于两者之和。污水进行生物处理时，氨氮不仅向微生物提供营养，而且对污水的pH值起缓冲作用。但氨氮过高时，对微生物的生活活动产生抑制作用。可见总氮与凯氏氮之差值，约等于亚硝酸盐氮与硝酸盐氮。凯氏氮与氨氮之差值，约等于有机氮。

B.磷及其化合物

污水中含磷化合物可分为有机磷与无机磷两类。有机磷的存在形式主要有：葡萄糖—6—磷酸等；无机磷都以磷酸盐形式存在，包括正磷酸盐、偏磷酸盐等。

（3）硫酸盐与硫化物

生活污水的硫酸盐主要来源于人类排泄物；工业废水如洗矿、化工等工业废水，含有较高硫酸盐。污水中的，在缺氧的条件下，由于硫酸盐还原菌、反硫化菌的作用，被脱硫、还原成 H_2S 。在排水管道内，释出的 H_2S 与管顶内壁附着的水珠接触、在噬硫细菌的作用下形成 H_2SO_4 。 H_2SO_4 浓度可高达7%，对管壁有严重的腐蚀作用，可能造成管壁塌陷。污水中的硫化物主要来源于工业废水和生活污水。硫化物在污水中的存在形式有硫化氢、硫氢化物与硫化物。

（4）氯化物

生活污水中的氯化物主要来自人类排泄物。工业废水以及沿海城市采用海水作为冷却水时，都含有很高的氯化物。氯化钠的浓度超过4000mg/L时对生物处理的微生物有抑制作用。

（5）非重金属无机有毒物质

非重金属无机有毒物质主要是氰化物、砷化物、重金属离子。

（6）重金属离子

重金属指原子序数在21—83之间的金属或相对密度大于4的金属。污水中重金属主要有汞、镉、铅、锌、铜、镍、锡、铁、锰等。生活污水中的重金属离子主要来源于人类排泄物；冶金、电镀、陶瓷、玻璃、氯碱、电池、等工业废水，都含有不同的重金属离子。当浓度超过一定值后，即会产生毒害作用。在污水处理过程中，重金属离子浓

度的60%被转移到污泥中。

1.2.2 有机物

有机物按被生物降解的难易程度，可分为两类4种：

第一类是可生物降解有机物，可分为两种：

- ①可生物降解有机物，对微生物无毒害或抑制作用；
- ②可生物降解有机物，但对微生物有毒害或抑制作用。

第二类是难生物降解有机物，也可分为两种：

- ③难生物降解有机物，对微生物无毒害或抑制作用；
- ④难生物降解有机物，并对微生物有毒害或抑制作用；

上述两类有机物都可被氧化成无机物。第一类有机物可被微生物氧化；第二类有机物可被化学氧化或被经驯化、筛选后的微生物氧化。

(1) 碳水化合物

污水中的碳水化合物包括糖、淀粉、纤维素和木质素等，都属于可生物降解有机物，对微生物无毒害与抑制作用。

(2) 蛋白质与尿素

蛋白质不很稳定，可发生不同形式的分解，属于可生物降解有机物，对微生物无毒害与抑制作用。蛋白质与尿素是生活污水中氮的主要来源。

(3) 脂肪和油类

生活污水中的脂肪与油类来源于人类排泄物及餐饮业的洗涤水。脂肪比碳水化合物、蛋白质都稳定，属于难生物降解有机物，对微生物无毒害与抑制作用。石油属于难生物降解有机物，并对微生物有毒害或抑制作用。油脂在污水中存在的物理形态有5种，包括漂浮油、机械分散态油、乳化油、附着油和溶解油。前4种一般可用隔油、气浮或沉淀等物理方法去除，溶解油主要可用生物法或气浮法去除。

(4) 酚

酚类是芳香烃的衍生物。根据能否随水蒸气一起挥发，可分为挥发酚和不挥发酚。挥发酚包括苯酚、甲酚、二钾苯酚等，属于可生物降解有机物，但对微生物有毒害或抑制作用。不挥发酚包括苯二酚、邻苯三酚等多元酚，属于难生物降解有机物，并对微生物有毒害或抑制作用。酚的水溶液与酚蒸气易被皮肤或呼吸道吸入人体引起中毒。

(5) 有机酸、碱

有机酸工业废水含有短链脂肪酸、甲酸、乙酸和乳酸。人造橡胶、合成树脂等工业

废水含有机碱包括吡啶及其同系物。都属于可生物降解有机物，但对微生物有毒害或抑制作用。

（6）表面活性剂

生活污水与表面活性剂制造工业废水，含有大量表面活性剂。表面活性剂有两种：

①烷基苯磺酸盐，俗称硬性洗涤剂（英文缩写为ABS），含有磷并易产生大量泡沫，属于难生物降解有机物，60年代前常用；②烷基芳基磺酸盐，俗称软性洗涤剂（英文缩写为LAS），属于可生物降解有机物，代替了ABS，泡沫大大减少，但仍然含有磷。

（7）有机农药

有机农药有两大类，即有机氯农药与有机磷农药。有机氯农药（如DDT，六六六等）毒性极大且难分解，会在自然界不断积累，造成二次污染。现在普遍采用有机磷农药，约占农药总量的80%以上，属于难生物降解有机物，对微生物有毒害与抑制作用。

（8）取代苯类化合物

苯环上的氢被硝基、胺基取代后生成的芳香族卤化物称为取代苯类化合物。主要来源于燃料工业废水、炸药工业废水以及电器、塑料、制药、合成橡胶等工业废水。都属于难生物降解有机物，并对微生物有毒害和抑制作用。人工合成高分子有机化合物种类繁多，已查明的三致物质（致癌、致突变、致畸形）有聚氯联苯、联苯氨、稠环芳烃等多达20多种，疑致癌物质也超过20种。

1.2.3 有机物污染指标

（1）生物化学需氧量或生化需氧量BOD

在水温为20℃的条件下，由于微生物（主要是细菌）的生活活动，将有机物氧化成无机物所消耗的溶解氧量，称为生物化学需氧量或生化需氧量。生物化学需氧量即可生物降解有机物的数量。在有氧的条件下，可生物降解有机物的降解，可分为两个阶段：第一阶段是碳氧化阶段，即在异养菌的作用下，含碳有机物被氧化（或称碳化）为CO₂，H₂O，含氮有机物被氧化（或称氨化）为NH₃，所消耗的氧以O_a表示。与此同时，合成新细胞（异养型）；第二阶段是硝化阶段，即在自养菌（亚硝化菌）的作用下，NH₃被氧化为NO₂⁻和H₂O，所消耗的氧量用O_c表示，再在自养菌（硝化菌）的作用下，NO₂⁻被氧化为NO₃⁻，所消耗的氧量用O_d表示。与此同时合成新细胞（自养型）。自身氧化的过程，产生为CO₂，H₂O和NH₃，并放出能与氧化残渣（残存物质），这种过程叫做内源呼吸，所消耗的氧量用O_b表示。耗氧量O_a+O_b称为第一阶段生化需氧量（或称为总碳氧化需氧量、总生化需氧量、完全生化需氧量）用S_a或BOD_u表示。耗氧量O_c+O_d

称为第二阶段生化需氧量（或称为氮氧化需氧量、硝化需氧量）用硝化BOD 或 NOD_u 表示。常用20d 的生化需氧量 BOD_{20} 作为总生化需氧量 BOD_u ，用符号 S_a 表示。在工程实用上，20d 时间太长，故用5d 生化需氧量 BOD_5 作为可生物降解有机物的综合浓度指标。

（2）化学需氧量COD

以 BOD_5 作为有机物的浓度指标，也存在一些缺点：①测定时间需5d 仍嫌太长，难以及时指导生产实践；②如果污水中难生物降解有机物浓度较高， BOD_5 测定的结果误差较大；③某些工业废水不含微生物生长所需的营养物质、或者含有抑制微生物生长的有毒有害物质，影响测定结果。COD 的测定原理是用强氧化剂，在酸性条件下，将有机物氧化成 CO_2 与 HO_2 所消耗的氧量，即称为化学需氧量，用 COD_{Cr} 表示，一般简写为COD。此外，也可以用高锰酸钾作为氧化剂，但其氧化能力较重铬酸钾弱，测出的耗氧量也较低，故称为耗氧量，用 COD_{Mn} 或OC 表示。化学需氧量COD 的优点是较精确地表示污水中有机物的含量，测定时间仅需数小时，且不受水质的限制。缺点是不能像BOD 那样反映出微生物氧化有机物、直接地从卫生学角度阐明被污染的程度；此外，污水中存在的还原性无机物（如硫化物）被氧化也需消耗氧，所以COD 值也存在一定误差。因此 BOD_5/COD 的比值，可作为该污水是否适宜于采用生物处理的判别标准，故把 BOD_5/COD 的比值称为可生化性指标，比值越大，越容易被生物处理。

（3）总需氧量TOD

由于有机物的主要组成元素是C、H、O、N、S 等。被氧化后，分别产生 CO_2 、 H_2O 、 NO_2 和 SO_2 ，所消耗的氧量称为总需氧量TOD。由于在高温下燃烧，有机物可被彻底氧化，故TOD 值大于COD 值。

（4）理论需氧量ThOD

如果有机物的化学分子式已知，则可根据化学氧化反应方程式，计算出理论需氧量ThOD。

（5）总有机碳TOC

总有机碳TOC 是表示有机物浓度的综合指标。TOC 的测定原理是先将一定数量的水样经过酸化，用压缩空气吹脱其中的无机碳酸盐，排除干扰，然后注入含氧量已知的氧气流中，再通过以铂钢为触媒的燃烧管，在 900°C 高温下燃烧，把有机物所含的碳氧化成 CO_2 ，用红外气体分析仪记录 CO_2 的数据并折算成含碳量即等于总有机碳TOC 值。测定时间仅几分钟。TOD 与TOC 的测定原理相同，前者用消耗的氧量表示，后者用含碳量表示。

水质比较稳定的污水，数值大小的排序为： $\text{ThOD} > \text{TOD} > \text{COD}_{\text{Cr}} > \text{BOD}_{\text{u}} > \text{BOD}_5 > \text{TOC}$ 。工业废水的 BOD_5/COD 比值，如果该比值 >0.3 ，被认为可采用生化处理法； <0.25 不宜采用生化处理法； <0.3 难生化处理。

1.2.4 污水的生物性质及指标

污水生物性质的检测指标有大肠菌群数（或称大肠菌群值）、大肠菌指数、病毒及细菌总数。

（1）大肠菌群数（大肠菌群值）与大肠菌指数

大肠菌群数（大肠菌群值）是每升水样中所含有的大肠菌群的数目，以个/L计；大肠菌群指数是查出1 个大肠菌群所需的最少水量，以毫升（mL）计。大肠菌群数作为污水被粪便污染程度的卫生指标，原因有两个：①大肠菌与病原菌都存在于人类肠道系统内，它们的生活习性及在外界环境中的存活时间都基本相同。②由于大肠菌的数量多，且容易培养检验，但病原菌的培养检验十分复杂与困难。故此，常采用大肠菌群数作为卫生指标。

（2）病毒

（3）细菌总数

细菌总数是大肠菌群数，病原菌、病毒及其他细菌数的总和，以每毫升水样中的细菌菌落总数表示。细菌总数愈多，表示病原菌与病毒存在的可能性愈大

1.3污水排放标准

1.3.1污水综合排放标准（GB 8978-1996）

分为三级标准。适合不同排放水体。将排放的污染物按其性质及控制方式分为二类。第一类污染物，不分行业和污水排放方式，也不分受纳水体的功能类别，一律在车间或车间处理设施排放口采样，其最高允许排放浓度必须达到本标准要求（采矿行业的尾矿坝出水口不得视为车间排放口）。第二类污染物，在排污单位排放口采样，其最高允许排放浓度必须达到本标准要求。

表 2 第二类污染物最高允许排放浓度
(1997 年 12 月 31 日之前建设的单位) 单位: mg/L

序号	污染物	适用范围	一级标准	二级标准	三级标准
1	pH	一切排污单位	6~9	6~9	6~9
2	色度(稀释倍数)	染料工业	50	180	-
		其它排污单位	50	80	-
3	悬浮物(SS)	采矿、选矿、选煤工业	100	300	-
		脉金选矿	100	500	-
		边远地区砂金选矿	100	800	-
		城镇二级污水处理厂	20	30	-
		其它排污单位	70	200	400
4	五日生化需氧量(BOD ₅)	甘蔗制糖、苕麻脱胶、湿法纤维板工业	30	100	600
		甜菜制糖、酒精、味精、皮革、化纤浆粕工业	30	150	600
		城镇二级污水处理厂	20	30	-
		其它排污单位	30	60	300
5	化学需氧量(COD)	甜菜制糖、焦化、合成脂肪酸、湿法纤维板、染料、洗毛、有机磷农药工业	100	200	1000
		味精、酒精、医药原料药、生物制药、苕麻脱胶、皮革化纤浆粕工业	100	300	1000
		石油化工工业(包括石油炼制)	100	150	500
		城镇二级污水处理厂	60	120	-
		其它排污单位	100	150	500

(1998年1月1日后建设的单位) 单位: mg/L					
序号	污染物	适用范围	一级标准	二级标准	三级标准
1	pH	一切排污单位	6~9	6~9	6~9
2	色度(稀释倍数)	一切排污单位	50	80	—
3	悬浮物(SS)	采矿、选矿、选煤工业	70	300	—
		脉金选矿	70	400	—
		边远地区砂金选矿	70	800	—
		城镇二级污水处理厂	20	30	—
		其他排污单位	70	150	400
4	五日生化需氧量(BOD ₅)	甘蔗制糖、苧麻脱胶、湿法纤维板、染料、洗毛工业	20	60	600
		甜菜制糖、酒精、味精、皮革、化纤浆粕工业	20	100	600
		城镇二级污水处理厂	20	30	—
		其他排污单位	20	30	300
5	化学需氧量(COD)	甜菜制糖、合成脂肪酸、湿法纤维板、染料、洗毛、有机磷农药工业	100	200	1000
		味精、酒精、医药原料药、生物制药、苧麻脱胶、皮革、化纤浆粕工业	100	300	1000
		石油化工工业(包括石油炼制)	60	120	500
		城镇二级污水处理厂	60	120	—
		其他排污单位	100	150	500

1.3.2 城镇污水处理厂污染物排放标准(GB 18918—2002)

根据城镇污水处理厂排入地表水域环境功能和保护目标,以及污水处理厂的工艺,将基本控制项目的常规污染物标准值分为一级标准、二级标准、三级标准。一级标准分为A标准和B标准。一级标准的A标准是城镇污水处理厂出水作为回用水的基本要求

求。当污水处理厂出水引入稀释能力较小的河湖作为城镇景观用水和一般回用水等用途时，执行一级标准的A标准。

城镇污水处理厂出水排入GB3838 地表水Ⅲ类功能水域（划定的饮用水水源保护区和游泳区除外）、GB3097 海水二类功能水域和湖、库等封闭或半封闭水域时，执行一级标准的B 标准。

表 1 基本控制项目最高允许排放浓度（日均值） 单位 mg/L

序号	基本控制项目	一级标准		二级标准	三级标准
		A 标准	B 标准		
1	化学需氧量（COD）	50	60	100	120①
2	生化需氧量（BOD ₅ ）	10	20	30	60①
3	悬浮物（SS）	10	20	30	50
	总氮（以N 计）	15	20	—	—
	氨氮（以N 计）②	5（8）	8（15）	25（30）	—
总磷	2005年12月31日前建设的	1	1.5	3	5
	2006年1月1日起建设的	0.5	1	3	5

2、熟悉水污染的类型及危害；了解水体富营养化的原因与控制手段。

2.1 水污染的类型及危害

（1）物理性质污染及危害

1）水温

高温废水，如温度超过60℃的工业废水，排入水体后，使水体水温升高，物理性质发生变化，危害水生动植物的繁殖与生长，成为水体的热污染。造成的后果是：①水体复氧速率减慢，而耗氧速率加快，使水质迅速恶化；②导致水体中的化学反应速率加快，引发水体物理化学性质，如电导率、溶解度、离子浓度和腐蚀性的变化，臭味加剧；③使水体的细菌繁殖加速，该水体如作为给水水源时，所需投加的混凝剂与消毒剂量将增加，处理成本增高。特别是由于投氯量增加，可能导致有机氯化物更快的转化为三氯代甲烷，有致癌作用。④加速藻类的繁殖。因此 水体的热污染也会加快水体的富营养化进程。

2）色度

城市污水，特别是有色工业废水如印染，造纸、农药、焦化及有机化工废水排入水体后，使水体形成色度。。由于水体色度加深，使透光性减弱，影响水生生物的光合作用，抑制其生长繁殖，妨碍水体的自净作用。

3）固体物质污染

固体物质包括悬浮固体与溶解固体。水体受悬浮固体污染后，浊度增加、透光度减弱，产生的危害主要是：①与色度形成的危害相似；②悬浮固体可能堵塞鱼鳃，导致鱼类窒息死亡；③由于微生物对有机悬浮固体的代谢作用，会消耗掉水体中的溶解氧；④悬浮固体中的可沉固体，沉积于河底，造成底泥积累与腐化，使水体水质恶化；⑤悬浮固体可作为载体，吸附其他污染物质，随水流迁移污染。水体受溶解性固体污染后，使溶解性无机盐浓度增加，如作为给水水源，水味涩口，甚至引起腹泻，危害人体健康。农田灌溉用水超过1000mg/L，将会引起土壤板结。

（2）无机物污染与危害

1）酸、碱及无机盐污染

酸、碱污染可能使水体的pH 发生变化，微生物生长受到抑制，水体自净能力受到影响；无机盐污染使水体硬度增加，造成的危害与溶解性固体相同。

2）氮、磷的污染

氮、磷属于植物营养物质，随污水排入水体后，会产生一系列的转化过程。水体受氮、磷等植物营养物质污染后，可以使富营养化的进程大大加速，造成“赤潮”或“水华”，隔绝水面与大气之间的复氧，加上藻类自身死亡与腐化，消耗溶解氧，使水体溶解氧迅速降低。藻类堵塞鱼鳃与缺氧，造成鱼类窒息死亡。死亡的藻类与鱼类不断沉积于水体底部，逐渐淤积，最终导致水体演变成沼泽甚至旱地。

3）硫酸盐与硫化物污染

饮用水中的硫酸盐浓度超过250mg/L 时，会引起腹泻。如水体缺氧，则SO₄在反硫化菌的作用下产生反硫化反应，生成硫化物。在水体pH 值低时，硫离子以H₂S 的形式存在，H₂S 浓度达到0.5mg/L 时即有异臭。硫化物会使水色变黑。

4）氟化物污染

水体受氟化物污染后，无机盐含量往往也高，水味变咸，对金属管道与设备有腐蚀作用，且不宜作为灌溉用水。

5）重金属污染

水体受重金属污染后，产生的毒性有如下特点：①水体中重金属离子浓度在0.01~10mg/L 之间即可产生毒性效应；②重金属不能被微生物降解，反而可在微生物的作用下，转化为有机化合物，使毒性猛增。③水生生物从水体中摄取重金属并在体内大量积累，经过食物链进入人体，甚至通过遗传或母乳传给婴儿。重金属进入人体后，能与体内的蛋白质及酶发生化学反应而使其失去活性，并可能

在体内的某些器官内积累，造成慢性中毒。

（3）有机物污染及危害

有机物排入水体后，在有溶解氧的条件下，由于耗氧微生物的呼吸作用，被降解为 CO_2 ， H_2O 与 NH_3 ，同时合成新细胞，消耗掉水体的溶解氧。与此同时，水体水面与大气接触，大气中的氧不断溶入水体，使溶解氧得到补充，这种作用称为水面复氧。若排入的有机物量超过水体的环境容量，则耗氧速度会超过复氧速度，水体出现缺氧甚至无氧；在水体缺氧的条件下，由于厌氧微生物的作用，有机物被降解为 CH_4 ， CO_2 ， NH_3 及少量 H_2S 等有害有臭气体，使水质恶化“黑臭”。

1) 油脂类污染

水体受油脂类物质污染后，会呈现出五颜六色，感官性状极差。油脂浓度高时，水面上结成油膜，能隔绝水面与大气接触，导致水面复氧停止，影响水生生物的生长与繁殖。油脂还会堵塞鱼鳃，造成窒息。当水体石油浓度为 $0.01\sim 0.1\text{mg/L}$ 时，对水生生物形成致死毒性。

2) 酚污染

酚污染主要是挥发性酚，对水生生物有较大毒性。当水体含挥发酚浓度达到 $1.0\sim 2.0\text{mg/L}$ ，使鱼类中毒，浓度为 $0.1\sim 0.2\text{mg/L}$ 时，鱼肉有酚味，不宜食用。浓度超过 0.002mg/L 的水体，若作为饮用水源，加氯消毒时，氯与酚结合成氯酚，产生臭味。酚浓度超过 5mg/L 的水体，若灌溉农田，会导致作物减产甚至枯死。

2.2 水体富营养化的原因与控制手段

（1）原因

水体富营养化是指在人类活动的影响下，生物所需的氮、磷等营养物质大量进入湖泊、河口、海湾等缓流水体，引起藻类及其他浮游生物迅速繁殖，水体溶解氧量下降，水质恶化，鱼类及其他生物大量死亡的现象。在自然条件下，湖泊也会从贫营养状态过渡到富营养状态，不过这种自然过程非常缓慢。而人为排放含营养物质的工业废水和生活污水所引起的水体富营养化则可以在短时间内出现。水体出现富营养化现象时，浮游藻类大量繁殖，形成水华。因占优势的浮游藻类的颜色不同，水面往往呈现蓝色、红色、棕色、乳白色等。这种现象在海洋中则叫做赤潮或红潮。

水体中过量的氮、磷等营养物质主要来自未加处理或处理不完全的工业废水和生活污水、有机垃圾和家畜家禽粪便以及农施化肥，其中最大的来源是农田上施用的大量化肥。

氮源: 农田径流挟带的大量氨氮和硝酸盐氮进入水体后,改变了其中原有的氮平衡,促进某些适应新条件的藻类种属迅速增殖,覆盖了大面积水面。例如我国南方水网地区一些湖叉河道中从农田流入的大量的氮促进了水花生、水葫芦、水浮莲、鸭草等浮水植物的大量繁殖,致使有些河段影响航运。在这些水生植物死亡后,细菌将其分解,从而使其所在水体中增加了有机物,导致其进一步耗氧,使大批鱼类死亡。最近,美国的有关研究部门发现,含有尿素、氨氮为主要氮形态的生活污水和人畜粪便,排入水体后会使其正常的氮循环变成“短路循环”,即尿素和氨氮的大量排入,破坏了正常的氮、磷比例,并且导致在这一水域生存的浮游植物群落完全改变,原来正常的浮游植物群落是由硅藻、鞭毛虫和腰鞭虫组成的,而这些种群几乎完全被蓝藻、红藻和小的鞭毛虫类所取代。

磷源: 水体中的过量磷主要来源于肥料、农业废弃物和城市污水。据有关资料说明,在过去的15年内地表水的磷酸盐含量增加了25倍,在美国进入水体的磷酸盐有60%是来自城市污水。在城市污水中磷酸盐的主要来源是洗涤剂,它除了引起水体富营养化以外,还使许多水体产生大量泡沫。水体中过量的磷一方面来自外来的工业废水和生活污水。另一方面还有其内源作用,即水体中的底泥在还原状态下会释放磷酸盐,从而增加磷的含量,特别是在一些因硝酸盐引起的富营养化的湖泊中,由于城市污水的排入使之更加复杂化,会使该系统迅速恶化,即使停止加入磷酸盐,问题也不会解决。这是因为多年来在底部沉积了大量的富含磷酸盐的沉淀物,它由于不溶性的铁盐保护层作用通常是不会参与混合的。但是,当底层水含氧量低而处于还原状态时(通常在夏季分层时出现),保护层消失,从而使磷酸盐释入水中所致。

(2) 防治措施

富营养化的防治是水污染处理中最为复杂和困难的问题。这是因为:①污染源的复杂性,导致水质富营养化的氮、磷营养物质,既有天然源,又有人为源;既有外源性,又有内源性。这就给控制污染源带来了困难;②营养物质去除的高难度,至今还没有任何单一的生物学、化学和物理措施能够彻底去除废水的氮、磷营养物质。通常的二级生化处理方法只能去除30-50%的氮、磷。

1) 控制外源性营养物质输入

绝大多数水体富营养化主要是外界输入的营养物质在水体中富集造成的。如果减少或者截断外部输入的营养物质,就使水体失去了营养物质富集的可能性。为此,首先应该着重减少或者截断外部营养物质的输入,控制外源性营养物质,应从控制人为污染源着手,应准确调查清楚排入水体营养物质的主要排放源,监测排入水体的废水和污水中

的氮、磷浓度，计算出年排放的氮、磷总量，为实施控制外源性营养物质的措施提供可靠的科学依据。

2) 减少内源性营养物质负荷

输入到湖泊等水体的营养物质在时空分布上是非常复杂的。氮、磷元素在水体中可能被水生生物吸收利用，或者以溶解性盐类形式溶于水中，或者经过复杂的物理化学反应和生物作用而沉降，并在底泥中不断积累，或者从底泥中释放进入水中。减少内源性营养物负荷，有效地控制湖泊内部磷富集，应视不同情况，采用不同的方法。

(3) 主要方法

1) 工程性措施

包括挖掘底泥沉积物、进行水体深层曝气、注水冲稀以及在底泥表面敷设塑料等。挖掘底泥，可减少以至消除潜在性内部污染源；深层曝气，可定期或不定期采取人为湖底深层曝气而补充氧，使水与底泥界面之间不出现厌氧层，经常保持有氧状态，有利于抑制底泥磷释放。此外，在有条件的地方，用含磷和氮浓度低的水注入湖泊，可起到稀释营养物质浓度的作用。

2) 化学方法

这是一类包括凝聚沉降和用化学药剂杀藻的方法，例如有许多种阳离子可以使磷有效地从水溶液中沉淀出来，其中最有价值的是价格比较便宜的铁、铝和钙，它们都能与磷酸盐生成不溶性沉淀物而沉降下来。例如美国华盛顿州西部的长湖是一个富营养水体，1980年10月用向湖中投加铝盐的办法来沉淀湖中的磷酸盐。在投加铝盐后的第四年夏天，湖水中的磷浓度则由原来的 $65\mu\text{g/L}$ 降到 $30\mu\text{g/L}$ ，湖泊水质有较明显的改善。在化学法中，还有一种方法是用杀藻剂杀死藻类。这种方法适合于水华盈湖的水体。杀藻剂将藻杀死后，水藻腐烂分解仍旧会释放出磷，因此，应该将被杀死的藻类及时捞出，或者再投加适当的化学药品，将藻类腐烂分解释放出的磷酸盐沉降。

3) 生物性措施

利用水生生物吸收利用氮、磷元素进行代谢活动以去除水体中氮、磷营养物质的方法。目前，有些国家开始试验用大型水生植物污水处理系统净化富营养化的水体。大型水生植物包括凤眼莲、芦苇、狭叶香蒲、加拿大海罗地、多穗尾藻、丽藻、破铜钱等许多种类，可根据不同的气候条件和污染物的性质进行适宜的选栽。水生植物净化水体的特点是以大型水生植物为主体，植物和根区微生物共生，产生协同效应，净化污水。经过植物直接吸收、微生物转化、物理吸附和沉降作用除去氮、磷和悬浮颗粒，同时对重

金属分子也有降解效果。水生植物一般生长快，收割后经处理可作为燃料、饲料，或经发酵产生沼气。这是目前国内外治理湖泊水体富营养化的重要措施。近年来，有些国家采用生物控制的措施控制水体富营养化，也收到了比较明显的效果。例如德国近年来采用了生物控制，成功地改善了一个人工湖泊(平均水深7米)的水质。其办法是在湖中每年投放食肉类鱼种如狗鱼、鲈鱼去吞食吃浮游动物的小鱼，几年之后这种小鱼显著减少，而浮游动物(如水蚤类)增加了，从而使作为其食料的浮游植物量减少，整个水体的透明度随之提高，细菌减少，氧气平衡的水深分布状况改善。但也发现，浮游植物种群有所改变，蓝绿藻生长量比例增高，因为它们不能被浮游动物捕食，为此可以放鲢鱼来控制这种藻类的生长。

二、污水的物理、化学处理

1、熟悉污水的物理、化学处理设施的类型及构造特点。

1.1污水物理处理法

去除对象是漂浮物、悬浮物质。采用的处理方法与设备主要有：

筛滤截留法——筛网、格栅、滤池与微滤机等；

重力分离法——沉砂池、沉淀池、隔油池与气浮池等；

离心分离法——离心机与旋流分离器等。

(1) 格栅

a 按形状，可分为平面格栅与曲面格栅两种。

b 按格栅栅条的净间隙，可分为粗格栅（50～100mm）、中格栅（10～40mm）、细格栅（3～10mm）3种。

c 按清渣方式，可分为人工清渣和机械清渣两种。

(2) 破碎机

破碎机的作用是把污水中较大的悬浮固体破碎成较小的较均匀的碎块，仍留在污水中，随水流至后续污水处理构筑物进行处理。

破碎机的安装地点：可安装格栅后、污水泵前，作为格栅的补充，防止污水泵被阻塞并提高与改善后续处理构筑物的处理效能；也可安装在沉砂池之后，使破碎机的磨损减轻。

(3) 沉砂池

沉砂池的功能是去除比重较大的无机颗粒。沉砂池一般设于泵站、倒虹吸管前，以

便减轻无机颗粒对水泵、管道的磨损；也可设于初次沉砂池前，以减轻沉淀池负荷及改善污泥处理构筑物的处理条件。常用的沉砂池有平流沉砂池、曝气沉砂池、多尔沉砂池和钟式沉砂池等。

1) 平流沉砂池

平流沉砂池由入流渠、出流渠、闸板、水流部分及沉砂斗组成。它具有截留无机颗粒效果好、工作稳定、构造简单、排沉砂较方便等优点。平流沉砂池排砂方法与装置主要有重力排砂与机械排砂两类。

2) 曝气沉砂池

曝气沉砂池呈矩形，池底一侧有 $i=0.1\sim0.5$ 的坡度，坡向另一侧的集砂槽。曝气装置设在集砂槽侧，空气扩散板距池底 $0.6\sim0.9\text{m}$ ，使池内水流作旋流运动，无机颗粒之间的互相碰撞与摩擦机会增加，把表面附着的有机物磨去。此外，由于旋流产生的离心力，把相对密度较大的无机物颗粒甩向外层并下沉，相对密度较轻的有机物旋至水流的中心部位随水带走。可使沉砂池中的有机物含量低于10%。集砂槽中的砂可采用机械刮砂、空气提升器或泵吸式排砂机排除。

3) 多尔沉砂池

多尔沉砂池由污水入口和整流器，沉砂池，出水溢流堰，刮砂机，排砂坑，洗砂机，有机物回流管以及排砂机组成。

4) 钟式沉砂池

钟式沉砂池是利用机械力控制水流流态与流速，加速砂粒的沉淀并使有机物随水流带走的沉砂装置。沉砂池由流入口，流出口，沉砂区，砂斗及带变速箱的电动机，传动齿轮，压缩空气输送管和砂提升管及排砂管组成。

(4) 沉淀池

沉淀池按工艺布置的不同，可分为初次沉淀池和二次沉淀池。初次沉淀池是一级污水处理厂的主体处理构筑物，或作为二级污水处理厂的预处理构筑物设在生物处理构筑物的前面。处理的对象是悬浮物，同时可去除部分BOD₅，可改善生物吃力构筑物的运行条件并降低其BOD₅ 负荷。初次沉淀池中的沉淀物质称为初次沉淀污泥；二次沉淀池设在生物处理构筑物后面，用于沉淀去除活性污泥或腐殖污泥。沉淀池按池内水流方向的不同，可分为平流式沉淀池、辐流式沉淀池和竖流式沉淀池。

1) 平流式沉淀池

平流式沉淀池由流入装置、流出装置、沉淀区、缓冲区、污泥区及排泥装置

等组成。流入装置由设有侧向或槽底潜孔的配水槽、档流板组成，起均匀布水与消能作用。流出装置由流出槽与挡板组成。流出槽设自由溢流堰，溢流堰严格水平，既可保证水流均匀，又可控制沉淀池水位。缓冲层的作用是避免已沉污泥被水流搅起以及缓解冲击负荷。污泥区起贮存、浓缩和排泥的作用。排泥装置与方法一般有：静水压力法——利用池内的静水位，将污泥排出池外；机械排泥法对于初沉池可采用链带式刮泥机和行走小车刮泥机排泥，对于二沉池可采用单口扫描泵吸式，使集泥与排泥同时完成。

2) 普通辐流式沉淀池

普通辐流式沉淀池呈圆形或正方形，直径（或边长）6~60m，最大可达100m，池周水深1.5~3m，用机械排泥，池底坡度不宜小于0.05。辐流式沉淀池可用作初次沉淀池或二次沉淀池。辐流式沉淀池为中心进水，周边出水，中心传动排泥。

3) 向心辐流式沉淀池

向心辐流式沉淀池流入区设在池周边，流出槽设在沉淀池中心部位的 $1/4R$ 、 $1/3R$ 、 $1/2R$ 或设在沉淀池的周边，俗称周边进水中心出水向心辐流式沉淀池或周边进水周边出水向心辐流式沉淀池。向心辐流式沉淀池可分为流入槽、导流絮凝区、沉淀区、流出槽、污泥区5个功能区。流入槽沿周边设置，槽底均匀地开设布水孔及短管，供布水用。导流絮凝区主要有3个作用：使进水导向沉淀区并使布水均匀；因进水自布水孔及短管进入导流絮凝区后，在区内形成回流，可促使活性污泥絮凝，加速沉淀区的沉淀；因该区的过水面积较大，故向下流的流速小，对池底沉泥无冲击现象。沉淀区的功能起沉淀作用，此外，由于沉淀区下部的水流方向是向心流，故可将沉淀污泥推向池中心的污泥斗，便于排泥。

4) 竖流式沉淀池

竖流式沉淀池可用圆形或正方形。池径一般为4~7m，不大于10m，沉淀区呈柱形，污泥斗呈截头倒锥体。由于池深较深，故适用于中小型污水处理厂。

1.2 污水化学处理法

化学处理的常用方法有中和、化学沉淀、氧化还原、臭氧氧化、电解等方法。

2、掌握曝气沉砂池和辐流式沉淀池的基本设计计算。

2.1 曝气沉砂池的设计计算

(1) 设计参数：①旋流速度控制在0.25~0.30m/s 之间；②最大流量时的停留时间为1~3min、水平流速为0.1m/s；③有效水深为2~3m，宽径比为1.0~1.5，长宽比可达5；④曝气装置，可采用压缩空气竖管连接穿孔管（穿孔孔径为2.5~6.0mm）或压缩空气竖管

连接空气扩散板，每 m^3 污水所需曝气量为 $0.1\sim 0.2m^3$ 或每 m^2 池表面积 $3\sim 5m^3/h$ 。

(2) 计算公式

1) 总有效容积: $V=60Q_{\max}t$

V ——总有效容积, m^3 ; $Q_{\max}$ ——最大设计流量, m^3/s ;

t ——最大设计流量时的停留时间, min

2) 池断面积: $A=Q_{\max}/v$

v ——最大设计流量时的水平前进流速, m/s 。

3) 池总宽度 $B=A/H$

H ——有效水深, m

4) 池长: $L=V/A$

5) 所需曝气量: $q=3600DQ_{\max}$

q ——所需曝气量, m^3/h ;

D ——每 m^3 污水所需曝气量。

2.2 辐流沉淀池的设计计算

(1) 每座沉淀池的表面积和池径

$$A_1 = \frac{Q_{\max}}{nq_0} \quad D = \sqrt{\frac{4A_1}{\pi}}$$

A_1 ——每池表面积, m^2 ; D ——每池直径, m ;

n ——池数; q_0 ——表面水力负荷, $m^3/(m^2 \cdot h)$ 。

(2) 沉淀池有效水深: $h_2=q_0t$

h_2 ——有效水深, m ; t ——沉淀时间, h 。池径与水深比亦采用 $6\sim 12$ 。

(3) 沉淀池总高度: $H=h_1+h_2+h_3+h_4+h_5$

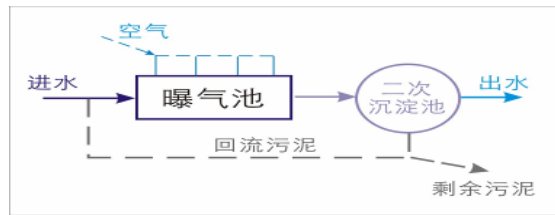
H ——总高度, m ; h_1 ——超高, 取 $0.3m$; h_2 ——有效水深, m ;

h_3 ——缓冲区高度, m ; h_4 ——沉淀池底坡落差, m ; h_5 ——污泥斗高度, m 。

三、污水的生物处理

1、熟悉常用活性污泥处理工艺类型及原理; 掌握主要工艺参数确定方法。

1.1 活性污泥处理工艺原理

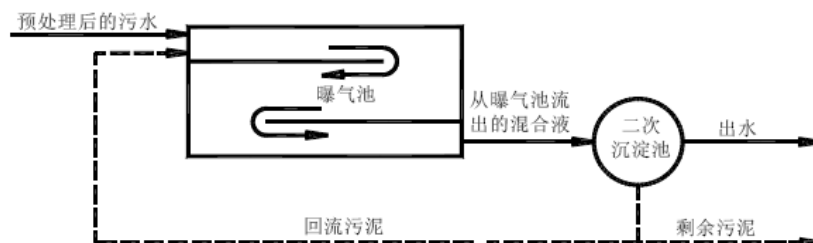


活性污泥工艺是以活性污泥为主体的污水生物处理技术。活性污泥法是以活性污泥为主体的污水生物处理技术。活性污泥法处理系统的一般由曝气池、二次沉淀池、污泥回流系统和曝气与空气扩散系统组成。经初次沉淀池或水解酸化装置处理后的污水从一端进入曝气池，与此同时，从二次沉淀池连续回流的活性污泥，作为接种污泥，也于此同步进入曝气池。此外，从空压站送来的压缩空气，通过干管和支管的管道系统和铺设在曝气池底部的空气扩散装置，以细小气泡的形式进入污水中，其作用除向污水充氧外，还使曝气池内的污水、活性污泥处于剧烈搅动的状态。活性污泥与污水互相混合、充分接触，使活性污泥反应得以正常进行。经过活性污泥净化作用后的混合液由曝气池的另一端流出进入二次沉淀池，在这里进行固液分离，活性污泥通过沉淀与污水分离，澄清后的污水作为处理水排出系统。经过沉淀浓缩的污泥从沉淀池底部排出，其中一部分作为接种污泥回流曝气池，多余的一部分则作为剩余污泥排出系统。

1.2 活性污泥处理工艺类型

1.2.1 普通曝气法

普通曝气法又称作标准活性污泥法。原污水与回流污泥在曝气池首端同步注入，二者形成的混合液在曝气池内推流式流动。有机物在曝气池内经历了吸附和代谢的完整过程，活性污泥液经历了一个从曝气池首端的快速增长到曝气池末端慢速增长或达到内源呼吸期的过程。



1.2.2 氧化沟工艺

与传统活性污泥法曝气池相较，氧化沟具有下列各项特征：

（1）在构造方面的特征

- 1) 氧化沟一般呈环形沟渠状, 平团多为椭圆形或圆形, 总长可达几十米, 甚至百米以上。沟深取决于吸气装置, 自2m 至6m。
- 2) 单池的进水装置比较简单, 只要伸入一根进水管即可, 如双池以上平行工作时, 则应设配水井, 采用交替工作系统时, 配水井内还要设自动控制装置, 以变换水流方向。出水一般采用溢流堰式, 宜于采用可升降式的, 以调节池内水深。采用交替工作系统时, 溢流堰应能自动启闭, 并与进水装置相呼应以控制沟内水流方向。

(2) 在水流混合方面的特征

在流态上, 氧化沟介于完全混合与推流之间。可以认为在氧化沟内混合液的水质是几近一致的, 从这个意义来说, 氧化沟内的流态是完全混合式的。但是又具有某些推流式的特征。氧化沟的这种独特的水流状态, 有利于活性污泥的生物凝聚作用而且可以将其区分为富氧区、缺氧区, 用以进行硝化和反硝化, 取得脱氮的效应。

(3) 在工艺方面的特征

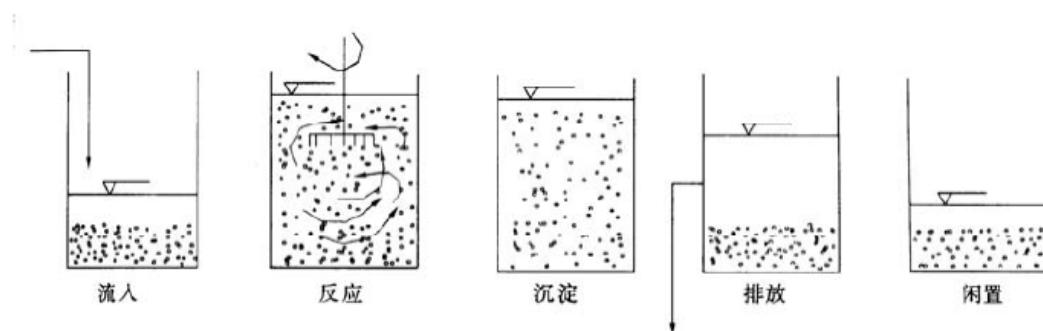
- 1) 可考虑不设初沉池, 有机性悬浮物在氧化沟内能够达到好氧稳定的程度。
- 2) 可考虑不单设二次沉淀池, 使氧化沟与二次沉淀池合建, 可省去污泥回流装台c
- 3) BOD 负荷低, 同活性污泥法的延时 曝气系统, 对此, 具有下列各项效益;
 - A. 对水温、水质、水量的变动有较强的适应性;
 - B. 污泥龄(生物固体平均停留时间)一般可达15~30d, 为传统活性污泥系统的3~6倍。可以存活、繁殖世代时间长、增殖速度慢的微生物。如运行得当, 氧化沟能够具有反硝化脱氮的效应。
 - C. 污泥产率低, 且多已达到稳定的程度, 勿需再进行消化处理。

常用的氧化沟系统

- (1) 卡罗塞氧化沟
- (2) 双沟式氧化沟
- (3) 三沟式氧化沟
- (4) 奥贝尔氧化沟
- (5) 一体化氧化沟

1.2.3 SBR工艺(间歇式活性污泥法)

SBR的污水处理机制与普通活性污泥法完全相同。其区别在于原污水不是顺次流经各个处理单元, 而是放流到单一反应池内, 按时间顺序实现不同目的的操作。其基本操作程序由进水, 反应, 沉淀, 出水和待机5个基本过程组成。从污水流入开始到待机时间结束算做一个周期。在一个周期内一切过程都在一个设有曝气或搅拌装置的反应池内依次进行。



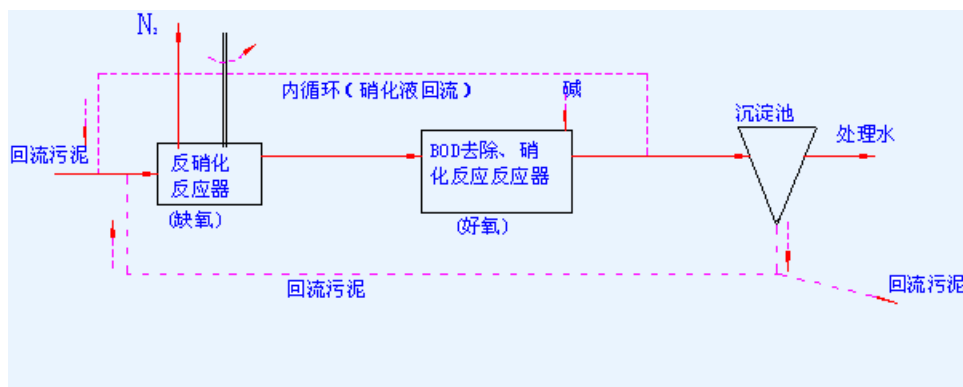
SBR 法适用于中、小型污水处理系统，对城镇污水，处理规模控制在 $10 \times 10^4 \text{m}^3 / \text{d}$ 以下较为合适。对小水量、高浓度、间歇排放、负荷波动幅度大的工业废水以及有毒有害废水，如工业废物填埋场、垃圾渗滤液等也较为合适。

SBR 主要的变形工艺

- (1) 常规SBR 反应器
- (2) 采用间歇反应器体系的连续进水、周期排水、延时曝气好氧活性污泥ICEAS 工艺
- (3) 循环式活性污泥法CAST 工艺
- (4) DAT-IAT 工艺
- (5) UNITANK 工艺

1.2.4 A/O法脱氮工艺

A/O 法脱氮工艺，又称为前置反硝化生物脱氮系统，这是目前采用比较广泛的一种脱氮工艺。A/O 法脱氮工艺，反硝化、硝化与BOD 去除分别在两座不同的反应器内进行。



硝化反应器内的已进行充分反应的硝化液的一部分回流反硝化反应器，而反硝化反应器内的脱氮菌以原污水中的有机物作为碳源，以回流液中硝酸盐的氧作为受电体，进行呼吸和生命活动，将硝态氮还原为气态氮 (N_2)，不需外加碳源（如甲醇）。

设内循环系统，向前置的反硝化池回流硝化液是本工艺系统的一项特征。此外，本工艺硝化曝气池在后，使反硝化残留的有机污染物得以进一步去除，提高了处理水质，

而且毋须增建后曝气池。由于流程比较简单，装置少，毋须外加碳源，因此建设费用于运行费用较低。

它的影响因素和设计参数如下：

(1) 水力停留时间

试验与运行数据证实，硝化反应与反硝化反应进行的时间对脱氮效果有一定的影响。为了取得70%~80%的脱氮率，硝化反应需时较长，一般不应低于6h，而反硝化需时较短，在2h 之内即可完成。硝化与反硝化的水力停留时间比以3：1 为宜。

(2) 循环比

内循环回流比不仅影响脱氮效果，而且也影响工艺系统的动力消耗，是一项非常重要的参数。运行数据确证，循环比低于50%，脱氮率很低，循环比在200%以下，脱氮率随着循环比的增加而显著上升，循环比高于200%以后，脱氮率的提高比较慢。一般循环比不宜低于200%。对活性污泥系统最高值可达600%，而对流化床，为了使载体流化，需要更高的循环比。

(3) MLSS

反应器的MLSS 一般应在3000mg/L 以上，否则，脱氮效果显著降低。

(4) 污泥龄（生物固体平均停留时间）

应保证在硝化反应器内保持足够数量的硝化菌，因此采取较长的污泥龄，一般取值在30d 以上。

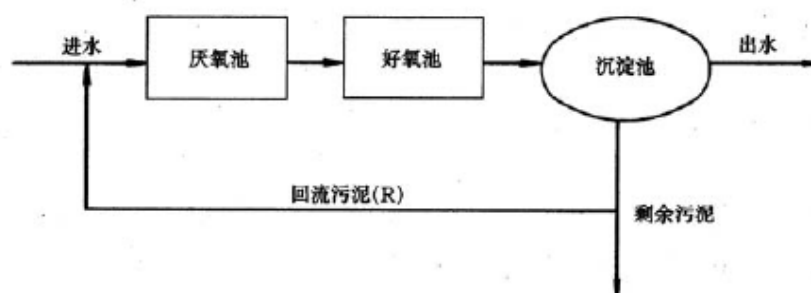
(5) N/MLSS 负荷率

N/MLSS 负荷率应低于0.03gN/（gMLSS·d），高于此值脱氮效果将急剧下降。

(6) 进水总氮浓度

应在30mg/L 以下，否则脱氮率将下降到50%以下。

1.2.5 A_n-O生物除磷工艺流程

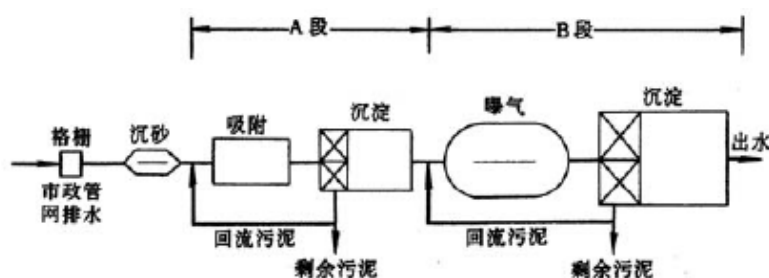


回流污泥中的聚磷菌在厌氧池可吸收去除一部分有机物，同时释放出大量磷，然后

混合液流入后段好氧池，污水中的有机物得到氧化分解，同时聚磷菌将变本加厉地、超量地摄取污水中的磷，通过排放高磷污泥而使污水中的磷得到有效去除。污泥中磷的含量2.5%以上。发酵产酸菌将废水中的大分子物质降解为低分子脂肪酸类有机物，聚磷菌才能加以利用以合成PHB或通过PHB的降解来过量摄取磷，当发酵产酸菌的作用受到抑制时（如 NO_3^- 存在），则 η_P 降低。PHB-聚 β 羟基丁酸（PHB）聚磷菌在厌氧条件下，能够将其体内储存的聚磷酸盐分解，以提供能量摄取废水中溶解性有机物，合成并储存PHB。然后在好氧状态下，降解经聚磷菌所合成并储存的PHB，并放出能量以使聚磷菌过量摄取磷，将磷以聚合磷酸盐形式贮存菌体内而形成高磷污泥。

- 1) 剩余活性污泥宜采用机械浓缩，初沉污泥可采用重力浓缩。
- 2) 采用厌氧消化处理时，输送厌氧消化污泥或污泥脱水滤液的管道，应有除垢措施。应尽量少排或不排上清液。上清液回流之前应进行化学除磷处理。
- 3) 尽量减少污泥处理系统中磷的释放和回流磷数量。对含磷高的液体，宜先除磷再回到污水处理系统。
- 4) 二沉池宜采用较低的表面负荷，以降低出水SS。当MLSS 为1000~2000mg/L 时，建议采用15~25m³/（m²•d）
- 5) 污泥脱水投加石灰或三氯化铁可降低滤液中磷的浓度。如采用聚丙烯酰胺则无除磷效果，此时滤液回流前应采用化学处理。

1.2.6 AB工艺（吸附生物降解工艺）

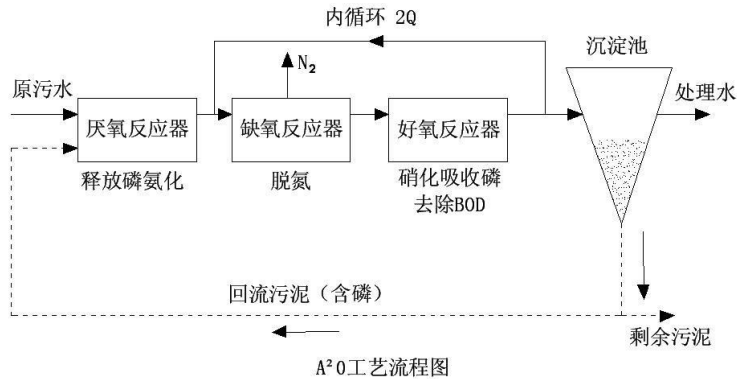


A 段和B 段的污泥回流系统严格分开。AB 两段的活性污泥系统相对独立，因此具有各自的生物群落和运行条件。A 段微生物主要为细菌，污泥负荷高、泥龄短，抗冲击负荷能力很强，对pH 和有毒物质的影响具有很大的缓冲作用。A段去除有机物以絮凝吸附为主。B 段的微生物主要为原生动物、后生动物和少量菌胶团、负荷低，泥龄长。由于A 段停留时间较短，A 段曝气池与中间沉淀池设计流量应按最大时流量计算。B 段曝气池的流量可按平均流量设计或适当考虑系统的变化系数。最终沉淀池按最大时流量

设计。

1.2.7 A²/O 同步生物脱氮除磷工艺

普通A²/O脱氮除磷工艺（即厌氧-缺氧-好氧活性污泥法，亦称A-A-O 工艺），是在A_P/O除磷工艺基础上增设了一个缺氧池，并将好氧池出流的部分混合液回流至缺氧池。



污水经预处理和一级处理后首先进入厌氧池，在厌氧池中的反应过程与A_P/O 生物除磷工艺中的厌氧反应过程相同；在缺氧池中的反应过程与A_N/O 生物脱氮工艺中的缺氧过程相同；在好氧池中的反应过程兼有A_P/O 生物除磷工艺和A_N/O 生物脱氮工艺中好氧池中的反应和作用。因此A²/O 工艺可以达到同步去除有机物、硝化脱氮、除磷的功能。

厌氧反应器作用：原污水进入，沉淀回流含磷污泥同步进入，作用是释放磷，同时部分有机物进行氨化。

缺氧反应器作用：污水经过第一厌氧反应器后进入，作用是脱氮，硝态氮是通过好氧反应器送来的，循环混合液量较大，一般为2Q。

好氧反应器作用：曝气池，去除BOD，硝化和吸收磷，混合液中含有NO₃⁻，污泥含有过剩磷，而污水中的BOD或COD则得以去除，流量为2Q的混合液从这里回流到缺氧反应器。

回流污泥混合液作用：①保持系统泥量，维持系统稳定；②减少污水停留时间而延长污泥停留时间。

工艺优点：①最简单的脱氮除磷工艺，水力停留时间少；

②在厌氧、缺氧、好氧交替运行下，不会产生污泥膨胀；

③污泥含磷浓度高，具有肥效；

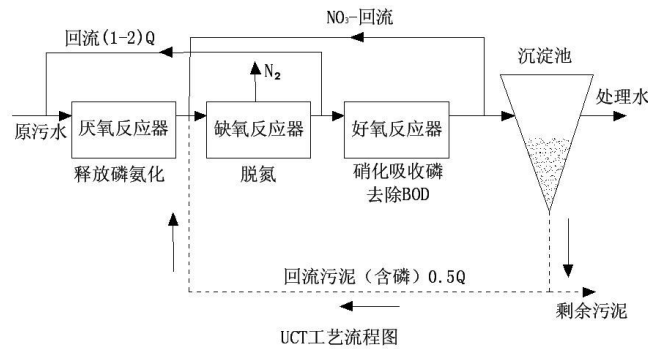
④运行不需投药，运行费用低。

工艺缺点：①除磷效果难以提高，污泥增长有限度，尤其P/BOD高时；

②脱氮效果也难于进一步提高，内循环以2Q为限，不宜太高；

③进入沉淀池的处理水要保持一定浓度溶解氧，减少停留时间，防止产生厌氧状态和污泥放磷现象出现，但溶解氧浓度不宜过高，防止对缺氧反应器干扰。

1.2.8 UCT同步生物脱氮除磷工艺



UCT 工艺和 A²O 工艺的区别在于沉淀池污泥回流到缺氧池而不是回流到厌氧池，这样可以防止由于硝酸盐氮进入厌氧池，破坏厌氧池的厌氧状态而影响系统的除磷率。增加了从缺氧池到厌氧池的混合液回流，由缺氧池向厌氧池回流的混合液中含有较多的溶解性 BOD，而硝酸盐很少，为厌氧段内所进行的有机物水解反应提供了最优的条件。在实际运行过程中，当进水中凯氏氮 TKN 与 COD 的比值高时，需要降低混合液的回流比以防止 NO₃⁻进入厌氧池。但是如果回流比太小，会增加缺氧池的实际停留时间，而实验观测证明，如果缺氧池的实际停留时间超过 1h，在某些单元中污泥的沉降性能会恶化。为了使进入厌氧池的硝态氮量尽可能少，保证污泥具有良好的沉降性能，即回流比不能太小。

1.3 掌握主要工艺参数确定方法。

（1）混合液悬浮固体浓度 MLSS：曝气池单位容积混合液内所含有的活性污泥固体的总重。混合液挥发性悬浮固体浓度 MLVSS：是混合液活性污泥中有机性固体物质部分的浓度。

$$f = \frac{MLVSS}{MLSS} \text{ (对生活污水, } f=0.75 \text{)}$$

（2）污泥沉降比SV

混合液在量筒内静置30min所形成沉淀污泥的容积占原混合液容积的百分率。

（3）污泥容积指数 SVI

在曝气池出口处的混合液，在经过30min静沉后，每g干污泥所形成的沉淀污泥所占

有的容积。

SVI=混合液(1L)30min 静沉形成的活性污泥容积(mL)/混合液(1L)中悬浮固体干重(g)=SV(ML/L)/MLSS(g/L)

SVI 值能够反映活性污泥的凝聚、沉降性能,对生活污水及城市污水,此值以介于 70~100 之间为宜。SVI 值过低,说明泥粒细小,无机质含量高,缺乏活性;过高,说明污泥的沉降性能不好,并且已有产生膨胀现象的可能。

(4) 污泥龄 θ_c

曝气池内活性污泥的总量与每日排放污泥量之比,即活性污泥在曝气池内平均停留时间, d。

$$\theta_c = \frac{VX}{\Delta X} = \frac{VX}{Q_w X_r} \quad (X_r)_{\max} = \frac{10^6}{SVI} \quad \Delta X = Q_w X_r + (Q - Q_w) X_e$$

ΔX ——曝气池内每日增长的活性污泥量,即应排出系统外的活性污泥量, kg/d;

Q——污水流量, m³/d;

Q_w——作为剩余污泥排放的污泥量, m³/d; 污泥龄越长, 剩余污泥量越少;

X_r——剩余污泥浓度, mg/L;

X_e——排放处理水中的悬浮固体浓度, mg/L;

X——混合液悬浮固体 MLSS 的浓度, mg/L;

V——曝气池容积, m³;

SVI——污泥容积指数, mL/g。

(5) BOD—污泥负荷

曝气池单位重量活性污泥,在单位时间内能够接受,并将其降解到预定程度的有机污染物质, kgBOD/kgMLSS·d。即有机污染物质与活性污泥量的比值 F/M,以 N_s 表示。

$$\frac{F}{M} = N_s = \frac{QS_a}{XV} [kgBOD/(kgMLSS \cdot d)]$$

Q——污水流量, m³/d;

S_a——进入曝气池的污水中有机污染物 (BOD) 的浓度, mg/L;

V——曝气池容积, m³;

X——混合液悬浮固体 (MLSS) 浓度, mg/L。

(6) BOD—容积负荷

单位曝气池容积,在单位时间内能够接受,并将其降解到预定程度的有机污染物质,

kgBOD/m³·d。以 N_v 表示。

$$N_v = \frac{QS_a}{V} \left[\text{kgBOD} / (\text{m}^3 \text{曝气池} \cdot \text{d}) \right]$$

(7) 有机污染物降解与活性污泥增长

$$\Delta X = Y(S_a - S_e)Q - K_d VX_v$$

$$\frac{1}{\theta_c} = Yq - K_d$$

$$N_{rs} = \frac{Q(S_a - S_e)}{X_v V}$$

ΔX ——曝气池内每日增长的活性污泥量， kg/d;

Q ——污水流量， m³/d;

S_a ——进入曝气池的污水中有机污染物（BOD）的浓度， mg/L;

S_e ——经过活性污泥处理系统处理后，处理水中残留的有机污染物（BOD）量， mg/L;

$(S_a - S_e)Q$ ——曝气池内每日的有机污染物降解量， kg/d;

Y ——产率系数，即微生物每代谢 1kgBOD 所合成的 MLVSSkg 数;

K_d ——活性污泥微生物自身氧化率， d⁻¹，也叫衰减系数;

X_v ——混合液挥发性悬浮固体（MLVSS）浓度， mg/L;

V ——曝气池容积， m³;

$X_v V$ ——曝气池内，混合液中挥发性悬浮固体总量， kg;

N_{rs} ——BOD 污泥去除负荷， kgBOD/kgMLSS·d。

(8) 有机污染物降解与需氧

$$Q_2 = a'QS_r + b'VX_v$$

Q_2 ——混合液需氧量， kgO₂/d;

a' ——活性污泥微生物有机污染物氧化分解过程的需氧率，即活性污泥微生物每所需要的氧量， kgO₂/d;

S_r ——经活性污泥微生物代谢活动被降解的有机污染物量，以BOD计;

b' ——活性污泥微生物通过内源代谢的自身氧化过程的需氧率，即每活性污泥每天自身氧化所需要的氧量， kgO₂/d。

2、了解生物膜处理法的原理和工艺特点。

2.1 生物膜处理法的原理

空气中的氧溶解于流动水层中，从那里通过附着水层传递给生物膜，供微生物用于呼吸；污水中的有机污染物则由流动水层传递给附着水层，然后进入生物膜，并通过细菌的代谢活动而被降解。这样就使污水在其流动过程中逐步得到净化。微生物的代谢产物如 H_2O 等则通过附着水层进入流动水层，并随其排走，而 CO_2 及厌氧层分解产物如 H_2S 、 NH_3 以及 CH_4 等气态代谢产物从水层逸出进入空气中。生物膜法一般有生物滤池、生物转盘和生物接触氧化、生物流化床、曝气生物滤池等。

2.2 生物膜处理法的工艺特点

微生物相方面的特征：

- (1) 参与净化反应微生物多样化
- (2) 生物食物链长
- (3) 能够粗眉活世代时间较长的微生物
- (4) 分段运行与优占种属

处理工艺方面的特征：

- (1) 对水质、水量变动有较强的适应性
- (2) 污泥沉降性能良好，宜于固液分离
- (3) 能够处理低浓度的污水
- (4) 易于维护运行、节能

3、了解厌氧生物处理的原理和应用。

废水厌氧生物处理是指在无分子氧的条件下通过厌氧微生物（包括兼氧微生物）的作用，将废水中各种复杂有机物分解转化成甲烷和二氧化碳等物质的过程。在厌氧生物处理的过程中，复杂的有机化合物被分解，转化为简单、稳定的化合物，同时释放能量。其中，大部分的能量以甲烷的形式出现，这是一种可燃气体，可回收利用。同时仅少量有机物被转化而合成为新的细胞组成部分，故相对好氧法来讲，厌氧法污泥增长率小得多。好氧法因为供氧限制一般只适用于中、低浓度有机废水的处理，而厌氧法及适用于高浓度有机废水，又适用于中、低浓度有机废水。同时厌氧法可降解某些好氧法难以降解的有机物，如固体有机物、着色剂蒽醌和某些偶氮染料等。

主要构筑物及工艺：化粪池、双层沉淀池、普通消化池、厌氧接触系统、厌氧生物滤池、厌氧生物转盘、上流式厌氧污泥床反应器（UASB）、厌氧流化床等。

原理同污泥厌氧消化。

4、掌握污水的生物除磷脱氮原理。

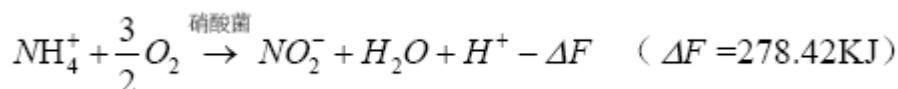
4.1 生物脱氮的原理

在未经处理的新鲜污水中，含氮化合物存在的主要形式有：①有机氮和氨态氮。含氮化合物，在氨化菌的作用下，相济产生下列各项反应。

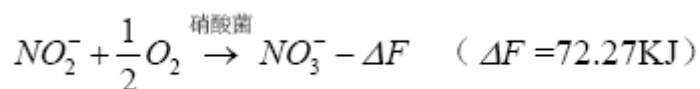
①氨化反应：有机氮化合物，在氨化菌的作用下，分解转化为氨态氮，这一过程称为“氨化反应”。以氨基酸为例，其反应式为：



②硝化反应：在硝化菌的作用下，氨态氮进一步分解氧化，就此分两个阶段进行，首先在亚硝酸菌的作用下，使氨态氮转化为亚硝酸氮，反应式为：



继之，亚硝酸氮在硝酸菌的作用下，进一步转化为硝酸氮，其反应式为：



③反硝化反应：反硝化反应是指硝酸盐和亚硝酸盐在反硝化菌的作用下，被还原为气态氮的工程。

4.2生物除磷的原理

所谓生物除磷，是利用聚磷菌一类的微生物，能够过量地，在数量上超过其生理需要，从外部环境摄取磷，并将磷以聚合的形态贮藏在体内，形成高磷污泥，排出系统外，达到从污水中除磷的效果。

生物除磷的基本过程是：

① 聚磷菌对磷的过量摄取：

在好氧条件下，聚磷菌营有氧呼吸，不断地氧化分解其体内储存的有机物，同时又不断地通过主动运输的方式，从外部环境向其体内摄取有机物，由于氧化分解，又不断地放出能量，能量为ADP 所获得，并结合H₃PO₄ 而形成ATP（三磷酸腺苷），即：
ADP+H₃PO₄+能量→ATP+H₂O。

H₃PO₄除一小部分是聚磷菌分解其体内聚磷酸盐而取得的外，大部分是聚磷菌利用能量，在透膜酶的催化作用下，通过主动运输的方式从外部环境中的 H₃ PO₄摄入体内的，摄入的H₃ PO₄一部分用于合成ATP，另一部分用于合成聚磷酸盐。这种现象就叫做“磷的过量吸收”。

②聚磷菌的放磷

在厌氧条件下，聚磷菌体内的ATP 进行水解，放出H₃ PO₄ 和能量，形成ADP，
即：ATP+H₂O→ADP+H₃PO₄+能量。这样，聚磷菌具有在好氧条件下，过量摄取 H₃ PO₄ ，

在厌氧条件下，释放出 H_3PO_4 的功能。生物除磷技术就是利用聚磷菌的这以功能而开创的。

四、污泥处理

1、熟悉污泥的分类、性质。

(1) 按成分不同分为：

污泥：以有机物为主要成分的称污泥。污泥的性质是易于腐化发臭，颗粒较细，比重较小（约为1.02~1.06），含水率高且不易脱水，属于胶状结构的亲水物质。初次沉淀池与二次沉淀池的沉淀物均属污泥。

沉渣：以无机物为主要成分的称沉渣。沉渣的主要性质是颗粒较粗，比重较大（约2 左右），含水率较低且易于脱水，流动性差。尘砂池与某些工业废水处理沉淀池的沉淀物属沉渣。

(2) 按来源不同分为：

初次沉淀污泥：来自初次沉淀池。

剩余活性污泥：来自活性污泥法后的二次沉淀池。

腐殖污泥：来自生物膜法后的二次沉淀池。

以上三种污泥可统称为生污泥或新鲜污泥。

消化污泥：生污泥经厌氧消化或好氧消化处理后，称为消化污泥或熟污泥。

化学污泥：用化学沉淀法处理污水后产生的沉淀物称为化学污泥或化学沉渣。如用混凝沉淀法去除污水中的磷；投加硫化物去除污水中的重金属离子；投加石灰中和酸性污水产生的沉渣以及酸、碱污水中和处理产生的沉渣均称为化学污泥或化学沉渣。

2、了解污水厂污泥处理与处置的基本原则和常用方法；掌握污泥浓缩、脱水方法。

2.1 污水厂污泥的处理与处置的基本原则

污泥需要及时处理与处置：

- (1) 使污水处理厂能够正常运行，确保污水处理效果；
- (2) 使有害有毒物质得到妥善处理或利用；
- (3) 使容易腐化发臭的有机物得到稳定处理；
- (4) 使有机物质能够得到综合利用，变害为利；

总之，污泥处理处置的原则使使污泥减量、稳定、无害化及综合利用。

2.2 污水厂污泥的处理与处置的常用方法

生污泥→浓缩→消化→自然干化→最终处理；
生污泥→浓缩→自然干化→堆肥→最终处理；
生污泥→浓缩→消化→机械脱水→最终处理；
生污泥→浓缩→机械脱水→干燥焚烧→最终处理；
生污泥→湿污泥池→最终处理；
生污泥→浓缩→消化→最终处理。

2.3 污泥浓缩方法

(1) 污泥重力浓缩

重力浓缩构筑物称重力浓缩池，按运行方式不同，可分为连续式重力浓缩池、间歇式重力浓缩池两种。

(2) 污泥气浮浓缩

气浮浓缩的原理：在一定的温度下，空气在液体中的溶解度与空气受到的压力成正比。当压力恢复到常压后，所溶空气即变成微细气泡从液体中释放出。大量微细气泡附着在污泥颗粒的周围，可使颗粒比重减少而被强制气浮，达到浓缩的目的。因此气浮法较适用于污泥颗粒比重接近于1 的活性污泥。

气浮工艺可分为无回流，用全部污泥加压气浮；有回流水，用回流水加压气浮两种方式运行。进水室的作用是使减压后的溶气水大量释放出微细气泡，并迅速附着在污泥颗粒上。气浮池的作用是上浮浓缩，在池表面形成浓缩污泥层由刮泥机刮出池外。不能上浮的颗粒沉至池底，随设在池底的清液排水管一起排出。部分清液回流加压，并在溶气罐中压入压缩空气，使空气大量地溶解在水中。减压阀的作用是使加压溶气水减压至常压，进入进水室起气浮作用。

(3) 离心浓缩法

离心浓缩法的原理是利用污泥中的固体、液体的比重差，在离心力场所受到的离心力的不同而被分离。离心浓缩法占地面积小，造价低，但运行费用与机械维修费用较高。用于离心浓缩的离心机有转盘式离心机、篮式离心机和转鼓离心机等。

2.4 污泥脱水方法

2.4.1 自然干化法

(1) 干化场分类

① 自然滤层干化场：适用于自然土质渗透性好、地下水位低的地区

②人工滤层干化场（人工铺设的）：分为敞开式和有盖式

（2）干化场构造：

- ① 不透水底层（不透水底板）
- ② 排水管道系统：陶土管或盲沟，接头处不密封，以便排水。
- ③ 滤水层：上层细矿渣或砂，下层粗矿渣或砾石
- ④ 围堤与隔墙：把干化场分成若干分块、轮流使用。
- ⑤ 输泥管

（3）脱水特点

- ① 渗透：污泥排入后的2~3d内完成，使 $P \downarrow$ 至85%±。
- ② 蒸发脱水：一周或数周后， $P \downarrow$ 75%±，水分从污泥中蒸发的数量约等于从清水中直接蒸发量的75%，而降雨量的57%左右要被污泥所吸收。
- ③ 人工撇除

（4）影响因素

- ① 气候条件：降雨量、蒸发量、相对湿度、风速与年冰冻期
- ② 污泥性质：污泥水的渗透性的强弱依次是：消化污泥>初沉污泥>活性污泥

2.4.2机械脱水法

（1）机械脱水前的预处理

预处理的目的是为了改善污泥脱水性能，提高机械脱水效果与设备的生产能力。污泥浓缩与自然干化，对污泥都可不作预处理。有机污泥均为亲水性带负电荷的胶体颗粒，大小不均匀且细，比阻大，脱水性差。

初沉污泥的比阻： $(46.1 \sim 60.8) \times 10^{12} \text{m/kg}$

消化污泥的比阻： $(123.6 \sim 139.3) \times 10^{12} \text{m/kg}$

活性污泥的比阻： $(164.8 \sim 282.5) \times 10^{12} \text{m/kg}$

1) 化学调理法

化学调理法是在污泥中挟入混凝剂，助凝剂等化学药剂，使污泥颗粒絮凝，比阻降低，改善脱水性能。

混凝剂：污泥化学调理常用的混凝剂有无机混凝剂及其高分子聚合电解质、有机高分子聚合电解质和微生物混凝剂等3类。

2) 热处理法

污泥热处理兼有污泥稳定、消毒和除臭等功能。热处理后污泥进行重力浓缩，可使

含水率97%~99%以上浓缩至80%~90%。热处理法适用于初沉污泥、消化污泥、活性污泥、腐殖污泥及它们的混合污泥,可分为高温加压热处理法与低温加压热处理法两种。热处理法的主要缺点是能耗较多,运行费较高,分离液的COD 较高,设备易受腐蚀。

3) 冷冻法

污泥冷冻处理的原理:胶体颗粒开始冷冻时,随着冷冻层的发展,颗粒被向上压缩浓集,水分被挤向冷冻界面。由于冷冻层的迅速形成,有部分颗粒妨碍水分的流动,因而新的冷冻界面重新开始冷冻,使浓集后的颗粒夹在冷冻层之间。浓集污泥颗粒中的水分被挤出。冷冻-融解使污泥颗粒的结构被彻底破坏,脱水性能大大提高,颗粒沉降与过滤速度可提高几十倍。可直接进行机械脱水。冷冻-融解是不可逆的,即使再用机械或水泵搅拌也不会重新成为胶体。

4) 淘洗法

淘洗法适用于消化污泥的预处理。淘洗法是以污水处理厂的出水或自来水、河水把消化污泥中的碱度洗掉以便节省混凝剂用量,但需增设淘洗池及搅拌设备。

(2) 机械脱水基本原理

以过滤介质两面压力差作为推动力,污泥中的水分被强制通过过滤介质而成为滤液,污泥中的固体颗粒被截留在过滤介质上成为滤饼,从而使污泥达到脱水的目的。

造成压力差推动力的方法:污泥本身厚度产生的静压力——干化场;在过滤介质的一面造成负压——真空过滤;在过滤介质的一面造成正压——压滤脱水;造成离心力——离心脱水。

(3) 机械脱水常用方法

1) 真空过滤脱水

真空过滤脱水目前应用较少,适用的机械称为真空过滤机,可用于经预处理后的初次沉淀污泥。化学污泥及消化污泥等的脱水。真空过滤机脱水的特点是能够连续生产,运行平稳,可自动控制。主要缺点是附属设备(真空泵、空压机和气水分离罐)较多,工序较复杂,运行费用较高。

2) 压滤脱水

a.压滤脱水机构造与脱水过程

压滤脱水采用板框压滤机。它的构造简单,过滤推动力大,适用于各种污泥,但不能连续运行。板框压滤机的板与框相间排列而成,在滤板的两侧覆有滤布,用压紧装置把板与框压紧,即在板与框之间构成压滤室,在板与框的上端中间相同部位开有小孔,

压紧后成为一条通道，加压到0.2~0.4Mpa 的污泥，由该通道进入压滤室，滤板的表面刻有沟槽，下端钻有供滤液排出的孔道，滤液在压力下，通过滤布、沿沟槽与孔道排出滤机，使污泥脱水。

b.压滤机的类型

压滤机可分为人工板框压滤机和自动板框压滤机两种。人工板框压滤机，需一块一块地卸下，剥离泥饼并清洗滤布后，再逐块装上，劳动强度大，效率低。自动板框压滤机，上述过程都是自动的，效率较高，劳动强度低。

3) 滚压脱水

用于污泥滚压脱水的设备是带式压滤机。其主要特点是把压力施加在滤布上，用滤布的的压力和张力的使污泥脱水，而不需要真空或加压设备，动力消耗少，可以连续生产。

带式压滤机由滚压轴及滤布带组成。污泥先经过浓缩段，使污泥失去流动性，以免在压榨段被挤出滤饼，浓缩段的停留时间10~20s，然后进入压榨段，压榨时间1~5min。

滚压的方式有两种：一种是滚压轴上下相对，压榨的时间几乎是瞬时，但压力大；另一种是滚压轴上下错开，依靠滚压轴施于滤布的张力压榨污泥，压榨的压力受张力限制，压力较小，压榨时间较长，但在滚压的过程种对污泥有一种剪切力的作用，可促进泥饼的脱水。

4) 离心脱水

离心脱水的推动力是离心力，推动的对象是固相，脱水较浓缩好。离心机按分离因数大小可分为高速离心机、中速离心机、低速离心机；按几何形状不同可分为转筒式离心机、盘式离心机、板式离心机等。污泥脱水常用的是低速锥筒式离心机，主要组成部分螺旋输送机、锥筒和空心转轴。低速离心机专用于污泥脱水。由于转速低，所以动力消耗、机械磨损、噪声等都较低，构造简单，脱水效果好。

3、了解污泥厌氧消化的机理、影响因素及污泥厌氧消化池构造。

3.1污泥厌氧消化的机理

污泥的厌氧消化是一个极其复杂的过程，1979 年伯力特等人提出的厌氧消化三阶段理论，是当前较为公认的理论模式。

第一阶段，水解和发酵。在水解与发酵细菌的作用下，使碳水化合物、蛋白质与脂肪水解与发酵转化为单糖、氨基酸、脂肪酸、甘油及二氧化碳、氢等。

第二阶段，产氢产乙酸。是在产氢产乙酸菌的作用下，把第一阶段的产物转化为氢、

二氧化碳和乙酸。

第三阶段，产甲烷。是通过两组生理上不同的产甲烷菌的作用，一组把氢和二氧化碳转化为甲烷，另一组是对乙酸脱羧产生甲烷，即



3.2 污泥厌氧消化的影响因素

- 1) 温度：甲烷菌对温度适应性分两类，中温 30—36℃，高温 50—53℃，在两区之间温度，反应速度反而减退。允许变动范围为±1.5-2.0℃,当有±3℃变化时，就会抑制消化速度，±5℃的急剧变化时，就会突然停止产气，使有机酸积累而破坏厌氧消化。
- 2) 生物固体停留时间：厌氧消化效果的好坏与污泥龄有直接的关系，有机降解程度是污泥龄的函数，而不是进水有机物的函数。投配率：投配率过高，消化池内脂肪酸可能积累，pH 下降，污泥消化不完全，产气率低。过低，消化完全，产气率较高，但消化池容积大，基建费用高。
- 3) 搅拌和混合：使细菌体的内酶与外酶进行接触反应
- 4) 营养与 C/N 比：C/N 太高，细胞 N 量不足，消化液的缓冲能力低，pH 易降低，C/N 太低，N 量太多，pH 可能上升，铵盐积累，抑制消化
- 5) N 的守恒与转化
- 6) 有毒物质：重金属、有毒的无机物和有机物
- 7) 酸碱度，pH 值和消化液的缓冲作用：如果水解发酵阶段与产酸阶段的反应过程超过产甲烷阶段，则 pH 降低，影响甲烷菌生活环境但由于 NH_4HCO_3 的存在，起到缓冲作用，在一定范围内可避免影响甲烷菌。
- 8) 厌氧条件：绝对厌氧

3.3 污泥厌氧消化池构造

消化池的构造主要包括污泥的投配、排泥及溢流系统，沼气排出、收集与贮气设备，搅拌设备及加温设备。

(1) 投配、排泥与溢流系统

- 1) 污泥投配：生污泥需先排入消化池的污泥投配池，然后用污泥泵抽送至消化池。污泥投配池一般为矩形、至少设两个，常用 12h 的贮泥量设计。投配池应加盖、设排气管及溢流管。

2) 排泥: 消化池的排泥管设在池底, 依靠消化池内的静水压力将熟污泥排至污泥的后续处理装置。

3) 溢流装置: 消化池须设置溢流装置, 及时溢流, 以保持沼气室压力恒定。溢流装置必须绝对避免集气罩与大气相通。溢流装置常用形式有倒虹吸管式、大气压式及水风式等 3 种。

(2) 沼气的收集与贮存设备

须设贮气柜调节产气量与用气量不平衡。沼气从集气罩通过沼气管输送倒贮气柜。贮气柜有低压浮盖式与高压球形罐两种。贮气柜的容积一般按平均日产气量的 25%~40%, 即 6~10h 的平均产气量计算。当需要长距离输送沼气时, 可采用高压球形罐。

(3) 搅拌设备

搅拌的目的是使池内污泥温度与浓度均匀, 防止污泥分层或形成浮渣层, 缓冲池内碱度, 从而提高污泥分解速度。消化池的搅拌方法有沼气搅拌、泵加水射器搅拌及联合搅拌等 3 种可用连续搅拌; 也可用间歇搅拌, 在 5~10h 内将全池污泥搅拌一次。

1) 泵加水射器搅拌: 生污泥用污泥泵后, 射入水射器。

2) 联合搅拌法: 联合搅拌法的特点是把生污泥加温、沼气联合在一个装置内完成。经空气压缩机加压后的沼气以及污泥泵加压后的生污泥分别从热交换器的下端射入, 并把消化池内的熟污泥抽吸出来, 共同在热交换器中加热混合, 然后从消化池的上部污泥面下喷入, 完成加温搅拌过程。

3) 沼气搅拌: 沼气搅拌的优点是搅拌比较充分, 可促进厌氧分解, 缩短消化时间。

(4) 加温设备

消化池的加温目的在于: 维持消化池的消化温度, 使消化能有效地进行。加温的方法有两种, 一种是用热水或蒸汽直接通入消化池或通入设在消化池内的盘管进行间接加温; 另一种是池外间接加温, 即把生污泥加温到足以达到消化温度、补偿消化池壳体及管道的热损失, 它的优点可有效地杀灭生污泥中的寄生虫卵。

(5) 污泥厌氧消化工艺种类

污泥厌氧消化工艺有一级消化、二级消化、两相消化等工艺。

1) 一级消化工艺: 污泥消化为单级消化过程, 污泥在单级消化池内进行搅拌和加热, 完成消化过程。

2) 二级消化工艺: 二个消化池串联运行, 生污泥首先进入一级消化池, 然后再重力

排入二级消化池。

3) 两相厌氧消化工艺：把厌氧消化的第一、第二阶段与第三阶段分别再个消化池中进行，使各自都有最佳环境条件。

五、城市污水处理厂的设计

1、熟悉城市污水处理厂厂址选择及设计原则。

制定城市污水处理系统方案，污水处理厂厂址的选定是重要的环节，它与城市的总体规划、城市排水系统的走向、布置、处理后污水的出路都密切相关。当污水处理厂的厂址有多种方案可供选择时，应从管道系统、泵站、污水处理厂各处理单元考虑，进行综合的技术、经济比较与最优化分析，并通过有关专家的反复论证后再进行确定。

(1) 应与选定的污水处理工艺相适应，如选定稳定塘或土地处理系统工艺时，必须有适当的闲置土地面积。

(2) 无论采取什么工艺，都应尽量做到少占农田或不占农田。

(3) 厂址必须位于集中给水水源下游，并应设在城镇、工厂厂区及生活区的下游和夏季主风向的下风向。为保证卫生要求，厂址应与城镇、工厂厂区、生活区及农村居民点保持约300m 以上的距离，但也不宜太远，以免增加管道长度，提高造价。

(4) 当处理后的污水或污泥用于农业、工业或市政设施时，厂址应考虑与用户靠近，或者便于运输。当处理水排放时，则应与受纳水体靠近。

(5) 厂址不宜设在雨季容易受水淹的低洼处。靠近水体的处理厂，要考虑不受洪水的威胁。厂址尽量设在地质条件较好的地方，以方便施工、降低造价。

(6) 要充分利用地形，应选择有适当坡度的地区，以满足污水处理构筑物高程布置的需要，减少土方工程量。若有可能，宜采用污水不经水泵提升而自流入构筑物的方案，以节省动力费用，降低处理成本。

(7) 根据城市总体发展规划，污水处理厂厂址的选择应考虑远期发展的可能性，有扩建的余地。

2、了解城市污水处理厂运行过程的监测与自动控制。

污水处理厂污水自动控制系统由中央控制室监控及各分站、子站监控组成的两级监控部分和现场控制站、控制子站组成。系统集自动控制、数据采集功能为一体，较好地完成了整个污水处理过程的自动控制、工艺流程动态显示、设备运行状态的实时监测、

记录和故障报警。

一级和二级污水处理工艺流程的监控：

机械处理部分：完成对污水泵，粗细格栅，沉砂池搅拌器，空压机械的状态监控；实施泵阀联动，备用轮换，格栅清洗，旋转筛网。清洗，污泥池刮泥，自动打包等控制操作。

生化处理部分：完成对处理工艺参数的监测控制，如对溶解氧，污泥浓度，PH 值，ORP，BOD 值等参数的测控。对曝气设备，搅拌设备，排水设备，污泥回流泵，鼓风机等进行操作控制，以满足对处理出水水质的要求。

加药处理部分：对于污水处理工艺流程中的加药处理系统要求上位软件实现对污水处理等级自动识别加药，及专家算法配药系统。

污泥处理部分：监测控制污泥储池，污泥消化池，污泥脱水机及干燥设备的运行参数和状态。

六、再生水利用

1、了解再生水利用的相关标准。

- (1) 城市污水再生利用 分类（GB/T18919-2002）
- (2) 城市污水再生利用 景观环境用水水质(CB/T 18921-2002)
- (3) 城市污水再生利用 城市杂用水水质（GB/T 18920-2002）
- (4) 城市污水再生利用 地下水回灌水质（GB/T19772-2005）
- (5) 城市污水再生利用 工业用水水质（GB/T19923-2005）

2、熟悉生产再生水的常用处理工艺。

2.1再生水常用处理方法

在再生水工艺中，针对原水中不同种类相性质的污染物，常采用不同的处理方法：

（1）去除水中的大块漂浮物、悬浮物、油脂、毛发等生活排水中常含有一些漂浮物、悬浮物、油脂、毛发等，可以采用格栅、格网、初沉池、油水分离器相毛发聚集器等作为前处理设施，以保障后续设备及处理单元的正常运行，并减少污染物负荷。

（2）去除水中的有机物、无机物等。根据污染物组分和浓度特点，可以来用活性污泥、生物接触氧化、生物过滤、膜生物反应等生物处理技术；氧化塘、氧化沟、生态塘、人工湿地等生态处理技术，混凝沉淀、气浮等物理化学处理技术，以及化学沉淀、化学氧

化（氯、二氧化氯、次氯酸钠、臭氧氧化）等化学处理技术。

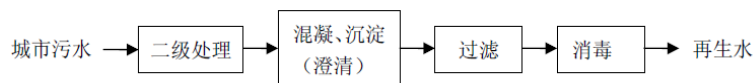
（3）去除水中残余的有机物、悬浮物、氮磷营养物、溶解固体及细菌等。为满足污水回用对再生水水质的各种要求，常需要进行深度处理，进一步去除水中剩余的超过回用水水质标准的组分，采用混凝沉淀、过滤、活性炭吸附、消毒等去除水中的有机物、悬浮物、细菌；采用反渗透等技术去除水中的溶解固体；采用沸石吸附、生物氧化、化学氧化、化学沉淀等去除水中的氮、磷营养物质。

2.2 再生水处理工艺选择

选择工艺流程的原则和依据如下：

- （1）满足回用水水质要求，保证安全供水；
- （2）用于生活杂用水和与人接触的其他用途时；
- （3）采用单元技术优化组合，技术简单可靠；
- （4）系统应经济，运行成本低，占地少；
- （5）运行稳定，易于管理。

根据国内外污水回用工程的实践，以城市污水为水源的再生水厂宜采用下列基本工艺：



当对回用水水质要求高时，可在深度处理中增加活性炭吸附、氨吹脱、离子交换、折点加氯、反渗透、臭氧氧化单元，或几种单元技术的组合。

为保证再生水厂的供水水质，二级处理部分运行应安全、稳定，并应考虑低温和冲击负荷的影响。同时，为了改善二级处理后的水质，减轻深度处理的负担，有条件的可采用改进型的二级处理技术，即采用具有脱氮除磷功能的工艺。

3、了解再生水的安全使用与管理。

- 1) 实行地表水、地下水、再生水合理配置、统一调度、总量控制。
- 2) 鼓励使用再生水，工业企业的规划布局应当考虑再生水因素，新建工业企业和工业企业设备更新改造，应当优先使用再生水。

农田系统建设应当考虑再生水利用。位于再生水厂下游的农业种植区，应当建立再生水灌区。用于农业灌溉的再生水应当符合国家农业灌溉水质标准。

河道湖泊景观补充水优先使用再生水。

再生水供水区域内的施工、洗车、降尘、园林绿化、景观环境、道路清扫和其他市

政杂用水应当使用再生水。

3) 再生水供水企业应当与用户签订供水合同,供水水质、水压应当符合国家和本市的相关标准,不得擅自间断供水或者停止供水。因工程施工、设备维修等原因需要停止向用户供水的,应当提前 24 小时通知用户。发生灾害或者突发事件、事件的,应当在抢修的同时报告水行政主管部门,并通知用户。

发现再生水水质超标情况时,再生水供水企业应当停止供水,并向水行政主管部门报告。

4) 再生水用户内部再生水供水系统和自来水供水系统应当相互独立,再生水设施和管线应当有明显标识,不得擅自改动使用性质,室外取水口应当有防护措施,保证用水安全。

发现再生水水质超标情况时,应当向所在物业服务企业、再生水供水企业、水行政主管部门反映。

有特殊水质要求的,再生水用户应当根据再生水水质特点,制定相应的使用规程,采取必要的水质处理与维护措施,保证再生水使用安全。

居民小区自建再生水设施不得处理粪便水或者含有有毒、有害物质的重污染水。

5) 本市再生水价格由市价格行政主管部门会同有关部门制定,向社会公布后执行。

再生水价格无法弥补供水成本时,公共财政应当建立成本补贴机制。

第四部分 水环境保护及知识产权保护

一、污染源及其评价

1. 熟悉污染源与污染物分类及调查方法；了解污染源评价的方法。

污染源是指向环境排放或释放有害物质或对环境产生有害影响的场所、设备和装置。任何以不适当的浓度、数量、速度、形态和途径进入环境系统并对环境产生污染或破坏的物质或能量，统称为污染物。

1.1 污染源分类

- (1) 按自然污染与人为污染分类人为污染是环境质量评价污染源研究的主要对象；
- (2) 按污染物的理化性质（含化学存在形态）与生物特性分类；
- (3) 按环境质量标准中的项目分类方法分类；
- (4) 按污染物分布分类按污染物分布范围可分为局部污染物、区域污染物和全球污染物；
- (5) 按对环境要素的影响分类；
- (6) 按污染源的状态分类可分为：固定源：点源、面源；移动源：线源。

1.2 污染源调查方法

(1) 污染源调查的工作方法

污染源调查一般采用普查和详查相结合的方法。对于排放量大、影响范围广泛、危害严重的重点污染源，应进行详查。其余的非重点污染源一般采用普查的方法。污染源调查的一般分为三个阶段，即：

- 1) 准备阶段——收集资料；
- 2) 实地调查、监测、评价阶段；
- 3) 总结并提出污染防治对策。

(2) 污染源调查的技术方法

主要采用的方法有物料衡算法、排污系数法、实地监测法。

1) 物料衡算方法

该方法的依据是物质不灭定律，根据工厂的原料、燃料、产品、生产工艺及副产品等方面的平衡数据来推求污染物的排放量。

a 基础数据

基础数据包括：产品的生产工艺过程、产品生成的化学反应式和反应条件；污染物

在产品、副产品、回收物品、原料、材料及中间体中的含量；产品产量、纯度（质量）；原材料消耗量以及杂质含量；回收物数量及质量；产品得率、转化率；污染物的去除效率、污染物排放的监测数据。

b 衡算模型

物料衡算的数学模型为：

$$A=B-(a+b+c+d)$$

A——污染物流失总量；

B——生产过程中使用或生成的某种污染物的总量；

a——进入主产品结构中的该污染物总量；

b——进入副产品、回收品中的该污染物的量；

c——在生产过程中分解、转化掉的该污染物质；

d——采取净化措施处理掉的该污染物质。

如果对各种产品制定A、B、a、b、c、d的相应定额值 $A_{定}$ 、 $B_{定}$ 、 $a_{定}$ 、 $b_{定}$ 、 $c_{定}$ 、 $d_{定}$ ，则污染物的流失总量为：

$$A=A_{定}M=[B_{定}-(a_{定}+b_{定}+c_{定}+d_{定})]M$$

式中 M——为某种产品总产量；

计算中各种定额值按下述方法计算：

$$B_{定}=U_1H_1H_{1s}K_{H1}+U_2H_2H_{2s}K_{H2}+\cdots+U_nH_nH_{ns}K_{Hn}$$

U——原料在生产过程中的转化率（%）；

H——单位产品中所消耗的物质质量（Kg/t）；

Hs——原料主要成分的纯度（%）；

K_H ——当量换算系数。

$$K_H = \frac{W}{E+W} \text{ 或 } K_H = \frac{W}{W-E}$$

$E+W$ ——构成污染物的化合物的质量；

$W-E$ ——产生污染物的化合物的质量；

W——污染物质。

单位产品中的物质定额量：

$$a_{定}=1000M_sK_M(kg/t)$$

M_s ——主产品中与某种物质有关的主要成分的纯度（%）；

K_M ——当量换算系数。

副产品和回收物中某种物质的定额量：

$$b_{\text{定}} = FF_s K_F (\text{kg/t})$$

F ——副产品、回收物品中的回收定额；

F_s ——副产品、回收物品中某种物质的主要成分纯度（%）

K_F ——当量换算系数。

产品生产中某种物质的转化定额：

$$c_{\text{定}} = LL_s K_s$$

L ——分解定额；

L_s ——分解物中某物质的主要成分的纯度（%）；

K_s ——当量换算系数。

确定去除量或净化定额：

$$d_{\text{定}} = L_{\alpha} - L_{\beta}$$

L_{α} ——治理前的污染物浓度；

L_{β} ——治理后的污染物浓度。

物料平衡算法以理论计算为基础，在当量换算系数取值的大小上平衡了设备理想状态运行与实际运行的差异。

2) 排污系数法

$$G_i = MR_i$$

式中 G_i ——某污染物排放量；

M ——产品产量；

R_i ——某污染物单位产品的排放量，即产品的排污系数，与原材料、生产工艺、生产设备以及操作水平有关，取值可依类比分析法进行。

(3) 实地监测法

1) 废水及排污量监测

废水流量可用流量计、流速仪测定。在生产过程变化不定的情况下，废水样可在不同时间采集，然后用不同流量加权混合检验分析。

污染物排放量可按下式计算

$$M_i = C_i Q$$

式中 M_i ——第*i*种污染物排放总量；

C_i ——第*i*种污染物平均浓度；

Q ——废水流量。

2) 废气及排放量监测

其监测项目的确定依其生产行业及技术水平而定。

毒性较大物质的非正常排放必测项目：排放工况，诸如连续排放或间断排放，如果间断排放应注明具体排放时间、时数和可能出现的频率；

a 排气筒底部中心坐标（一般按国家坐标系及分布平面图）；

b 排气筒高度（m）及出口内径（m）；

c 排气筒出口速度（m/s）；

d 各主要污染物正常排放量（t/a，t/h 或kg/h）；

e 毒性较大物质的非正常排放量（kg/h）；

f 燃料燃烧排放物的计算。

废气排放量是指以煤、油、气等为燃料的工业锅炉，采暖锅炉等燃料燃烧装置在燃烧过程中通过排气筒或无组织排放大气的数量；如有净化装置，则是通过净化处理装置后排入大气的数量。经验公式如下：

① 固体燃料燃烧的烟气量

$$V_y = 3.72 \times \frac{Q_{\text{net}}}{1000} + 1.65 + (\alpha - 1) V_a \text{ (m}^3\text{/kg)}$$

Q_{net} ——燃料低位发热量，kJ/kg；

α ——空气过剩系数；

V_a ——固体燃料的理论空气需要量

$$V_a = 4.22 \times \frac{Q_{\text{net}}}{1000} + 0.5 \text{ (m}^3\text{/kg)}$$

② 二氧化硫的单位时间排放量

$$V_{\text{so}_2} = 0.7 + \frac{S \cdot B}{100} \times \frac{273 + t_r}{273} (\text{m}^3 / \text{h})$$

$$\text{或 } G_{\text{so}_2} = 2 \times \frac{S \cdot B}{100} (\text{kg} / \text{h})$$

V_{so_2} ——二氧化硫单位时间排放量, m^3 / h ;

G_{so_2} ——二氧化硫单位时间排放量, kg / h ;

S ——煤气含硫量, t ;

B ——用煤量, kg / h ;

t_r ——排烟温度。

③ NO_x 的单位时间排放量

$$G_{\text{NO}_x} = \left(\frac{Q / 1.05506}{3.8 \times 10^6} \right)^{1.18} \times 0.4535 (\text{kg} / \text{h})$$

Q ——热量, KJ 。

④燃煤烟尘的单位时间排放量

$$Y = W \times A \times B (1 - \eta) (\text{t} / \text{h})$$

W ——用煤量, t ;

A ——煤的灰分, %;

B ——烟气中的烟尘占煤总灰量, %, 其值与燃烧方式有关。

η ——除尘器效率, %, 若安装两级除尘装置, 其效率分别为 η_1 、 η_2 , 则除尘装置总效率 $\eta_{\text{总}}$ 按下式计算

$$\eta_{\text{总}} = \eta_1 + (1 - \eta_1) \eta_2$$

⑤废水与废气中污染物排放量

$$m_i = C_i \times Q_i \times 10^{-6} (\text{废水: t/a 或 t/d})$$

$$m_i = C_i \times Q_i \times 10^{-9} (\text{废水: t/a 或 t/d})$$

m_i ——污染物排放量;

C_i ——实测质量浓度, mg / L (废水), mg / m^3 (废气);

Q_i ——废水或废气排放量, t/a 或 t/d 。

2、掌握污染源评价的方法。

污染源评价方法很多，目前多采用等标污染负荷法和排毒系数法，分别对水、气污染物进行评价。

2.1 等标污染负荷法

污染物的等标污染负荷 (P_i) 定义为

$$P_i = \frac{C_i}{S_i} \times Q_i \times 10^{-9}$$

P_i ——某污染物等标污染负荷；

C_i ——某污染物的实测浓度，mg/L(针对水)或
mg/m³(针对气)；

S_i ——某污染物的排放浓度标准与 C_i 同单位的数值，为无量纲量；

Q_i ——某污染物的排放量，L/d（针对水）或 m³/d（针对气）。

污染源（工厂）的等标污染负荷 P 是其所排各种污染物的等标负荷之和，

$$P_n = \sum P_i$$

区域的等标 P_m 污染负荷为该区域（或流域）内所有污染源的等标污染负荷之和，即：

$$P_m = \sum P_n$$

(1) 污染物等标负荷比

污染物占工厂的等标污染负荷比

$$K_i = \frac{P_i}{\sum P_i} = \frac{P_i}{P_n}$$

污染源占区域的等标污染负荷比

$$K_n = \frac{P_n}{\sum P_n}$$

(2) 主要污染物的确定：将污染物等标污染负荷按大小排列，从小到大计算累计百分比，将累计百分比大于80%的污染物列为主要污染物。

(3) 主要污染源的确定：将污染源按等标污染负荷大小排列，计算累计百分比，将累计百分比大于80%的污染源列为主要污染源。采用等标污染负荷法处理容易造成一些毒性大、在环境中易于积累且排放量较小的污染物易被漏掉。然而，对这些污染物的排放控制又是必要的，通过计算后，还应做全面考虑和分析，最后确定出主要污染源和主要污染物。

2.2 排毒系数法

污染物的排毒系数 F_i 定义为:

$$F_i = \frac{m_i}{d_i}$$

m_i ——污染物排放量, mg / d ;

d_i ——能导致一个人出现毒作用反应的污染物最小摄入量, $\text{mg} / \text{人}$, 根据毒理学实验所得的作用阈剂量值计算求得:

废水中污染物 d_i =污染物毒作用阈剂量(mg / kg) 成年人平均体重($\text{kg} / \text{人}$), 成年人平均体重以 $55\text{kg} / \text{人}$ 计算。

废气中污染物 d_i =污染物毒作用剂量(mg / kg) 人体每日吸入空气量($\text{m}^3 / \text{人}$), 人体每日吸入空气量以 $10\text{m}^3 / \text{人}$ 计算。

二、水环境质量及其评价

1、了解水环境质量的相关标准; 熟悉水环境质量评价的方法。

1.1 熟悉水环境质量的相关标准。

地表水环境质量标准 (GB3838-2002)

依据地表水水域环境功能和保护目标, 按功能高低依次划分为五类:

I 类 主要适用于源头水、国家自然保护区;

II 类 主要适用于集中式生活饮用水地表水源地一级保护区、珍稀水生生物栖息地、鱼虾类产卵场、仔稚幼鱼的索饵场等;

III类 主要适用于集中式生活饮用水地表水源地二级保护区、鱼虾类越冬场、洄游通道、水产养殖区等渔业水域及游泳区;

IV类 主要适用于一般工业用水区及人体非直接接触的娱乐用水区;

V 类 主要适用于农业用水区及一般景观要求水域。

地表水环境质量标准基本项目标准限值 单位: mg / L

		I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类
2	pH 值 (无量纲)	6~9				
3	溶解氧 $\geq$	饱和率 90% (或 7.5)	6	5	3	2
4	高锰酸盐指数 $\leq$	2	4	6	10	15
5	化学需氧量(COD) $\leq$	15	15	20	30	40
6	五日生化需氧量(BOD ₅) $\leq$	3	3	4	6	10
7	氨氮 (NH ₃ -N) $\leq$	0.15	0.5	1.0	1.5	2.0
8	总磷 (以 P 计) $\leq$	0.02 (湖、库 0.01)	0.1 (湖、库 0.025)	0.2 (湖、库 0.05)	0.3 (湖、库 0.1)	0.4 (湖、库 0.2)
9	总氮 (湖、库, 以 N 计) $\leq$	0.2	0.5	1.0	1.5	2.0
24	粪大肠菌群 (个/L) $\leq$	200	2000	10000	20000	40000

1.2 掌握水环境质量评价的方法。

通过对水体的水质评价能够判明水体被污染的程度,为制定水体的综合防治方案提供科学依据。

水质评价是根据监测取得的大量资料,对水体的水质所作出的综合性的定量评价。水质评价的主要目的是:

- ① 对不同地区各个时期水质的变化趋势进行分析;
- ② 分析对工农业生产和生态系统的影响;
- ③ 分析对人体健康的影响。

单项污染指标的具体浓度值,仅能反映这项指标的瞬间水质状况,而不能反映由多种污染物共同排放所形成的复杂水质状况。故应采用综合指数对各种污染物的共同影响进行评价。评价又可分为现状评价和预测评价。

1.3 现状评价

目前常用的水质评价方法有:

综合污染指数 (K) 法和水质质量系数 (P) 法。

(1) 综合污染指数 (K) 法

综合污染指数 (K) 法是表示各种污染物对水体综合污染程度的一种数量指标,计算式为:

$$K = \sum \frac{C_k}{C_{oi}} C_i$$

C_k——地区水体各种污染物的统一最高允许指标,如对水库,此值为0.1。

C_{oi} ——各种污染物的地面水环境质量标准，见mg/L。

C_i ——各种污染物的实测浓度，mg/L。

计算结果，如果 $K < 0.1$ ，说明各种污染物总含量之和未超过地面水环境质量标准，属未污染水体；当 $X \geq 0.1$ 时，表明河水中各种污染物的总含量已相当于一种有毒物质超过地面水环境质量标准，称为污染水体。污染水体又可分为轻度污染（ $K = 0.1 \sim 0.2$ ）、中度污染（ $K = 0.2 \sim 0.3$ ）和重度污染（ $K > 0.3$ ）。

（2）水质质量系数（P）法

水质质量系数（P）法的计算式为：

$$P = \sum \frac{C_i}{C_{oi}}$$

对于有机污染物的水质系数（P）法是上式的具体应用：

$$P = \frac{BOD_i}{BOD_0} + \frac{COD_i}{COD_0} + \frac{NH_3 - N_i}{NH_3 - N_0} - \frac{DO_i}{DO_0}$$

对于河流水体，以 $P < 2$ 作为未受有机污染物污染的指标； $P \geq 2$ 作为受有机污染物污染，P 值越大，受污染的程度越严重。

1.4 预测评价

预测评价是指人类活动对水质可能产生的影响进行预先的断定和评价。在建立新的工业基地时必须进行这工作。

预测评价又分为一般评价和目标评价。一般评价是查明工业建设地区的环境现状、自净能力和环境容量，并以此作根据布置该地区的工业布局。目标评价系指估算生产污水的水量、水质及环境可能产生的影响。

2、熟悉水体自净的机理及过程描述。

污染物随污水排入水体后，经过物理的、化学的与生物化学的作用，使污染的浓度降低或总量减少，受污染的水体部分地或完全地恢复原状，这种现象称为水体自净或水体净化。水体所具备的这种能力称为水体自净能力或自净容量。若污染物的数量超过水体的自净能力，就会导致水体污染。

水体自净过程非常复杂，按机理可分为3 类：

①物理净化作用：水体中的污染物通过稀释、混合、沉淀与挥发，使浓度降低，但总量不减；

②化学净化作用：水体中的污染物通过氧化还原、酸碱反应、分解合成、吸附凝聚

（属物理化学作用）等过程，使存在形态发生变化及浓度降低，但总量不减；

③生物化学净化作用：水体中的污染物通过水生生物特别是微生物的生命活动，使其存在形态发生变化，有机物无机化，有害物无害化，浓度降低，总量减少。可见，生物化学净化作用是水体自净的主要原因。

2.1. 物理净化作用

（1）稀释

污水排入水体后，在流动的过程中，逐渐和水体水相混合，使污染物的浓度不断降低的过程称为稀释。在下流某个断面处污水与河水完全混合，该断面称为完全混合断面。大江大河的河床宽阔，污水与河水不易达到完全混合，而只能与一部分河水相混合，并在排污口的一侧形成长度与宽度都较稳定的污染带。

（2）混合

污水与水体水混合后，污染物浓度降低。河流的混合稀释效果，决定于混合系数

$\alpha = \frac{Q_{混}}{Q_{总}}$ 。若河水流量为 Q ，污水流量为 q ，能与污水混合的河水流量为 $Q_{混}$ 。大型河流 $Q_{总} = q + Q_{混}$ ，中、小型河流的全部河水都能与污水混合，则 $Q = Q_{总}$ 。

（3）沉淀与挥发

污染物中的可沉淀物质，可通过沉淀去除，使水体中的污染物质的浓度降低，但底泥中的污染物的浓度增加，如果长期沉淀，淤积河床，一旦受到暴雨冲刷或扰动，可对河水造成二次污染。

2.2 化学净化作用

（1）氧化还原

氧化还原是水体化学净化的主要作用。水体中的溶解氧可与某些污染物产生氧化反应。还原反应多发生在微生物的作用下进行。

（2）酸碱反应

水体中存在的地表矿物质以及游离二氧化碳、碳酸系列碱度等对排入的酸碱有一定的缓冲能力，使水体pH 维持稳定。当排入的酸碱量超过缓冲能量后，水体的pH 值就会发生变化。

（3）吸附与凝聚

属于物理化学作用，产生这种净化作用的原因在于天然水体中存在着大量具有很大表面能并带电荷的胶体微粒。胶体微粒有使能量变为最小及同性相斥、异性相吸的物理

现象，它们将吸附和凝聚水体的各种阴、阳离子，然后扩散沉降，达到净化的目的。

2.3 生物化学净化作用

以含氮有机物为例，当有溶解氧存在的条件下，经好氧菌作用被氧化分解成 NH_4^+ 、 NH_3 、 H_2O 和 CO_2 。 NH_4^+ 和 NH_3 在亚硝酸菌的作用下，被氧化成 NO_2^- ，再在硝酸菌的作用下，被氧化成 NO_3^- 。被消耗掉的溶解氧，由水面复氧而得到补充。可沉淀后形成的有机底泥，由于底部缺氧，在厌氧细菌的作用下，被分解成 NH_3 、 CH_4 、 CO_2 及少量的 H_2S 等气体。这些气体部分游离于水中，大部分泄入大气。

三、水污染控制

1、了解水污染控制系统的组成、分类。

水污染控制系统是由污染物的产生、排出、输送、处理到水体中迁移转化等各种过程和影响因素所组成的水质污染及其控制系统。该系统的性能与功效主要表现为水质状况及其社会影响，同时也表现在控制污染措施的技术经济效应上。各个过程及其影响因素对该系统的总体功能效应都产生其一定影响。

对水污染控制系统规划的类型可分为以下两类：1、优水质规划，包括排污口最小削减量规划、排污口最优化处理规划、最优化均匀处理规划、区域污水输送和处理的最优化规划；2、水污染控制的多方案模拟优化规划。后者是较为实用有效的区域水污染控制系统规划方法。

2、熟悉水污染控制系统的费用构成及效益分析。

熟悉水污染控制系统的费用构成及效益分析水污染控制系统包括排水收集系统和处理系统两大部分。

费用包括初期投资和运行费用两部分。

初期投资由管网投资和处理厂投资两部分构成。

其中污水处理成本的计算如下：

污水处理成本通常还包括污泥处理部分。构成成本计算的费用项目有以下几项：

(1) 处理后污水的排放费 E_1 ：处理后污水排入水体后，如需支付费用时，按有关部门的规定计算，计算式为：

$$E_1 = 365Qe$$

式中 Q ——平均日污水量 (m^3/d)

e ——处理后的污水排放费率 (元/ m^3)

(2)能源消耗费：包括电费、水费等在水处理过程中所消耗的能源费。工业废水处理中

除电费、水费外，有时还包括蒸汽、煤等能源消耗，如耗量不大，可略而不计，耗量大应进行计算。污水处理厂的电费计算式为：

$$E_2 = \frac{8760Nd}{k}$$

式中 N ——污水处理厂内的水泵、空压机或鼓风机及其它机电设备的功率总合（不包括备用设备）（kW）；

k ——污水量总变化性系数；

d ——电费单价[元/(kW·h)]。

（3）药剂费 E_3 的计算式为：

$$E_3 = \frac{365Qk_1}{k_2 \times 10^6} (a_1b_1 + a_2b_2 + a_3b_3 + \dots)$$

式中 a_1 、 a_2 、 a_3 ——各种药剂（包括混凝剂、助凝剂、消毒剂等）的平均投加量（mg/L）；

b_1 、 b_2 、 b_3 ——各种药剂的相应单价（元/t）。

（4）工资福利费 E_4 的计算式为：

$E_4 = \text{职工每人每年的平均工资及福利费} \times \text{职工定员}$

（5）固定资产基本折旧费 E_5 的计算式：

$E_5 = \text{固定资产原值} \times \text{综合基本折旧率}$

（6）大修理费 E_6 的计算式：

$E_6 = \text{固定资产原值} \times \text{大修理费率}$

（7）无形资产和递延资产摊销费 E_7 计算式：

无形资产指企业能长期使用但是没有实物形态的资产，包括专利权、商标权、土地使用权、非专利技术、商誉等。

递延资产指不能全部计入当年损益，应在以后年度内分期摊销的各项费用，如企业在筹建时的开办费等。

$E_7 = \text{无形资产和递延资产值} \times \text{年摊销率}$

（8）检修维护费 E_8 ，一般生活污水可参照类似工程的比率按固定资产总值的1%提取，但工业废水由于对设备及构筑物的腐蚀较严重，应按废水性质及维修要求分别提取。计算式中处理水量 Q 均应按平均日污水量(m³/d)计算。

（9）管理费用和其它费用 E_9 ：

$E_9 = (E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6 + E_7 + E_8) \times 15\%$

(10) 流动资金利息 E_{10} 的计算:

$E_{10} = (\text{流动资金总额} - \text{自有流动资金}) \times \text{流动资金借款年利率}$
年经营成本 (项目总成本费用扣除图钉资产折旧费, 无形及递延资产摊消费和利息支出以后的全部费用):
年总成本:

$$\begin{aligned} YC &= E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6 + E_7 + E_8 + E_9 + E_{10} \\ &= E_c + E_5 + E_7 + E_{10} \end{aligned}$$

四、知识产权相关知识

1、了解知识产权的基本概念、知识产权的分类、知识产权法。

1.1 知识产权的基本概念。

知识产权 (Intellectual Property), 是指民事主体依法对其在科学、技术、文学、艺术等领域从事智力劳动所创造的智力成果所享有的专有权。知识产权相对于传统的实物财产权, 是人们对创造性智力成果所享有的权利, 是一种无形财产权。因此, 由有人称其为智力成果权、精神财产权或者智慧财产权。在英美法系, 由于无形财产权的权利人一般只有在主张权利的诉讼中才能体现自己的权利人身份, 因而被称为诉讼上的财产权。

1.2 知识产权的分类。

知识产权, 又称智力成果权, 英文为 Intellectual Property, 是指公民、法人对自己的创造性的智力活动成果依法享有的民事权利。

从权利的内容上看, 知识产权包括人身权利和财产权利。知识产权中的人身权是与智力活动成果创造人的人身不可分离的专属权, 比如: 署名权、发表权、修改权等; 知识产权中的财产权则是指享有知识产权的人基于这种智力活动成果而享有的获得报酬或其他物质利益的权利。按照智力活动成果的不同, 知识产权可以分为著作权、商标权、专利权、发明权、发现权等。

1.3 知识产权法。

国家制定或认可的调整主体间因知识产权的归属、利用、交换过程中的各种财产关系和人身关系的法律规范的总称。包括著作权法、专利法、商标法等。用法律手段保护人们的智力创造成果, 是随着社会经济和科学、技术、文化的发展而逐步发展的。

2、了解专利权的定义与分类、商标的定义、著作权与版权的定义。

法律确认的专利权人对其发明创造在一定时期内享有的专有权, 是知识产权的一种。发明创造人将其发明创造的专利申请, 按一定的法律程序递交国家主管部门, 国家

主管部门受理和审查，对于符合专利法规定条件的发明创造，国家颁发专利证书，授予专利权。专利权享有依法支配其发明创造，并排除他人干涉的权利。

2.1 专利权的定义

专利权主体对发明创造依法享有的专有权。

专利权的主体，即专利权人，指在专利有效期限内依法享有专利权的自然人或法人。专利权的客体，包括发明专利、使用新型专利和外观设计专利三种。专利权的内容：包括专利权人的权利（自己实施专利和许可或禁止他人实施转两方面）和专利权人的义务（缴纳专利年费，将专利技术公开到一定程度，一定期限内自己或许可别人实施专利）

2.2 商标的定义

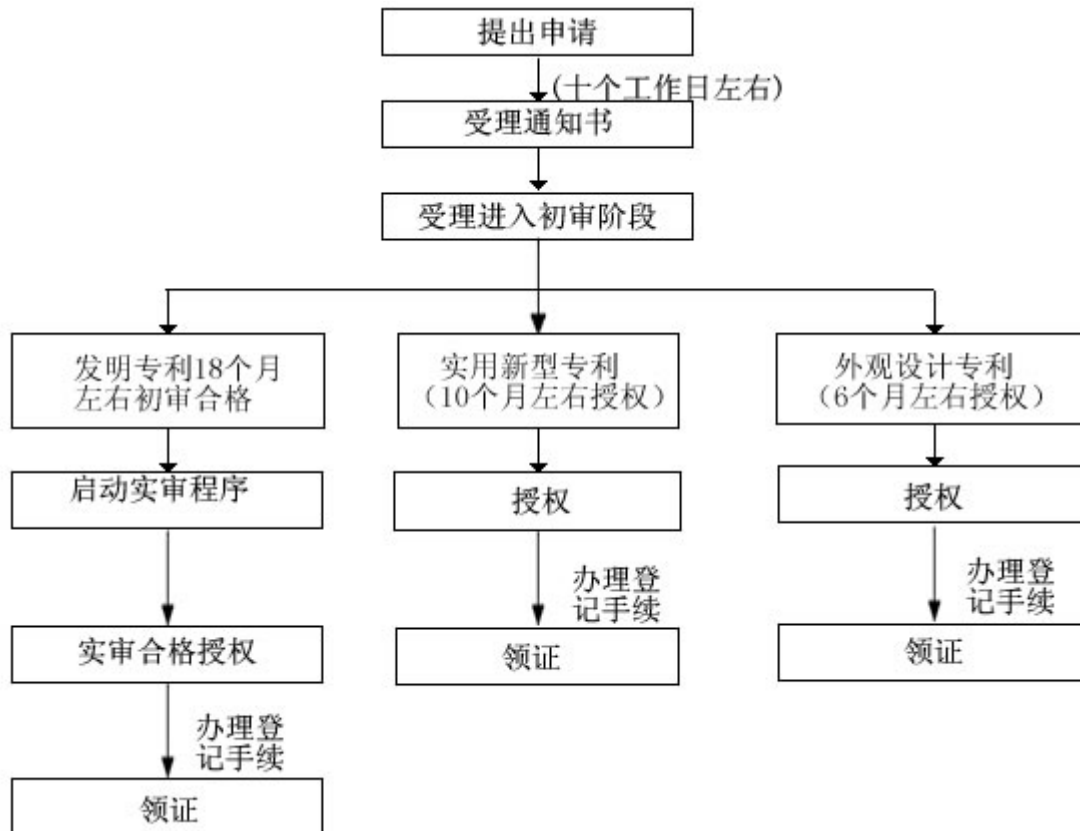
商标（trademark）是指文字、图形、字母、数字、三维标志和颜色组合，以及上述要素的组合，使用于商品，用以区别不同商品生产者或经营者的同一类或类似商品的显著标记。关于商标的定义，有多种表述方式，但对其实质的理解是一致的。世界知识产权组织在其出版物中对商标的定义是“商标是用于某一工业企业或这种企业集团的商品标志”。《与贸易有关的知识产权协议》规定，任何标记或标记的组合，只要能区分一个企业或其它企业的货物或服务，就应构成一个商标。

2.3 著作权与版权的定义。

著作权，亦称“版权”。作者依法对其创作的文学、艺术和科学作品享有的权利。它是知识产权的一种。它包含以下人身权和财产权：发表权，署名权，修改权，保护作品完整权，复制权，发行权，出租权，展览权，表演权，放映权，广播权，信息网络传播权，摄制权，改编权，翻译权，汇编权，应当由著作权人享有的其他权利。

2.4 专利权和商标的申报程序。

申请注册一个商标要经过受理、形式审查、实质审查、初步审定公告、商标



申请注册一个商标要经过受理、形式审查、实质审查、初步审定公告、商标异议等一系列程序。

3、了解专利权和商标保护的时效。

(1) 发明专利的时效是20 年，而实用新型和外观专利的时效是10 年。

(2) 商标的时效为 10 年，自核准注册之日起计算。