



# 水与卫生环境、健康与安全指南

## 前言

《环境、健康与安全指南》（简称《EHS指南》）是技术参考文件，其中包括优质国际工业实践（GIIP）所采用的一般及具体行业的范例。<sup>1</sup>。如果世界银行集团的一个或多个成员参与项目，则应根据这些成员各自政策和标准的要求执行本《EHS指南》。本《EHS指南》是针对行业，应与《通用EHS指南》共同使用，后者提供的指南针对所有行业都可能存在的EHS问题。如果遇到复杂的项目，可能需要使用针对多个行业的指南。在以下网站可以找到针对各行业的指南：<http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines>。

《EHS指南》所规定的指标和措施是通常认为在新设施中采用成本合理的现有技术就能实现的指标和措施。在对现有设施应用《EHS指南》时，可能需要制定具体针对该场所的指标，并需规定适当的达标时间表。

在应用《EHS指南》时，应根据每个项目确定的危险和风险灵活处理，其依据应当是环境评估的结果，并应考虑到该场所的具体变量（例如东道国具体情况、环境的吸收能力）以及项目的其他因素。具体技术建议是否适用应根据有资格和经验的人员提出的专业意见来决定。

如果东道国的规则不同于《EHS指南》所规定的指标和措施，我们要求项目要达到两者中要求较高的指标和措施。如果根据项目的具体情况认为适于采用与本《EHS指南》所含规定相比要求较低的指标和措施，则在针对该场所进行的环境评估中需要对提出的替代方案作出详尽的论证。该论证应表明修改后的指标能够保护人类健康和环境。

## 适用性

适用性水与卫生设施EHS指南包括的是有关以下方面运作和维护的信息：(i) 饮用水处理与配送系统；以及(ii) 通过集中系统（如管道式下水道污水收集网）或分散系统（如有泵车提供支持的化粪池）收集污水，并在集中设施内对所收集的污水进行处理<sup>2</sup>。本文由以下部分构成：

### 1 具体行业的影响与管理

<sup>1</sup> 定义是：熟练而有经验的专业人员在全球相似情况下进行同类活动时，按常理可预期其采用的专业技能、努力程度、谨慎程度、预见性。熟练而有经验的专业人员在评估项目可采用的污染防控技术时可能遇到的情况包括（但不限于）：不同程度的环境退化、不同程度的环境吸收能力、不同程度的财务和技术可行性。

<sup>2</sup> 本文件所包括的范围不涉及不要求进行冲水和在集中处理设施内对排泄物进行处理的坑厕和其他分散式系统。



## 2 指标与监测

### 3 参考文献和其他资料来源

#### 附录 A 行业活动的通用描述

# 1 具体行业的影响与管理

## 1.1 环境

本章概述水和卫生设施项目建设过程中的主要环境问题主要发生在施工期间和运作阶段，这主要取决于项目自身的特点以及所用组件，有关土建工程建设活动的 EHS 问题管理建议，请参见《通用 EHS 指南》。

### 饮用水

#### 取水

适用于饮用水处理的传统水源包括来自湖泊、溪流、河流等的地表水，以及地下水。如果没有质量适合的地表水或地下水，也可以用其他来源的水来生产饮用水，如海水、咸水等。水资源开发通常涉及在性质与数量方面对人类和其他环境因素的需求进行平衡。在没有明确的用水权分配的情况下（这应该在项目设计和实施之前在相关各方的参与下予以确定），这就是一个非常具有挑战性的问题。

建议采取以下措施来预防、减少并控制与取水相关的环境影响，并对水质进行保护：

- 评估从地表水中取水对下游生态系统具有的潜在负面影响，并使用适当的环境流动评估<sup>1</sup>来确定可以接受的取水率；
- 设计与地表水回收相关的结构，包括水坝和进水口结构，以便减少对水生生物的影响。  
例如：
  - 限制通过过滤网的最大设计取水速度，控制水生生物的流失；
  - 避免在敏感的生态系统中建设取水设施。如果在地表水取水区的水压影响范围内存在受威胁的、濒危或其他保护物种，要保证通过采用相关技术减少对鱼类和甲壳类动物的侵害与夹带流失现象，如障碍网（季节性或全年）、筛网，以及过滤障碍系统；
  - 对防止水泄露和分流结构进行设计，让鱼类和其他水生生物能够自由活动，并防止对水质产生负面影响；
  - 对水坝的放出阀进行设计，要具有释放适当环境流量的充足能力。
- 避免在敏感的生态系统中建设供水井和取水设施；
- 对从地下水中取水存在的潜在负面影响进行评估，包括对地下水水位变化进行建模、对地表水流量产生的影响、可能发生的陆地下沉情况、污染物的流动和海水入侵情况进行分析。根据需要变更取水率和取水地点，在考虑到以后的实际需求增加的情况下，

<sup>1</sup> 世界银行水资源与环境技术说明 C.1——环境流动评估：概念与材料。



防止对水流和未来产生不可接受的负面影响。

## 水处理

与水处理相关的环境问题包括：

- 固体废弃物；
- 废水；
- 有害化学物；
- 空气排放；
- 生态影响。

### (1) 固体废弃物。

水处理产生的固体废弃物残留包括工艺残留、用过的过滤隔膜、用过的媒介和各种各样的其他废弃物。工艺残留主要由水源中悬浮固体沉淀和处理工艺添加的化学品组成，如石灰和凝结剂。预先进行沉淀、凝结（如用氢氧化铝 [明矾]或氢氧化铁）、石灰软化、去除铁锰，以及缓慢的沙子与硅藻土过滤都会产生淤泥。淤泥的成分取决于处理工艺，以及水源的特点，可能包括砷和其他金属、放射性核、石灰、聚合体和其他有机混合物、微生物等。损坏的或耗尽的隔膜一般是在用于脱盐的水处理系统中产生的。用过的溶剂可能包括过滤媒介（包括沙子、煤，或过滤植物的硅藻土）、离子交换树脂、颗粒化的活性炭 [GAC]等。

建议采取以下措施对水处理产生的固体废弃物进行管理：

- 通过优化凝结工艺减少水处理过程中产生的固体废弃物的量；
- 如果条件允许，把产生的滤泥施用到地里，把施用率限制在每公顷约 20 干吨（每英亩 9 干吨），以减少金属进入植物组织和地下水中的可能性<sup>1</sup>；
- 如果条件允许，并且通过建模和取样方式证明进行土地利用不会对地下水或地表水产生负面影响（如营养物流失），则可通过土地利用的方式对含铁和明矾污泥进行处理。
- 对含铁污泥和明矾污泥的施用进行平衡，对磷含量进行控制（如施用牲畜饲养场产生的粪肥），以免造成因为铝的毒性给植物带来危害（施用明矾污泥）、因在化肥中掺杂过量的金属造成铁含量过高，或磷含量过低等情况；
- 如果把土地用作废弃物或污水处理系统的一部分，则要在考虑水资源与土地资源的保护、保存和长期可持续性的情况下，对土壤、地下水和地表水的潜在影响进行评估；
- 如果水源中含有大量的有毒金属，如砷、放射性核等，则要对淤泥进行特殊处理；
- 更换活性炭（如通过把用过的碳送还给供应商）。

### (2) 废水。

水处理项目产生的废水包括过滤器回流水、膜式过滤工艺流程产生的回流，以及离子交换或去除矿物质工艺产生的盐水流。这些废水流可能含有未净化的水中的悬浮固体和有机物、大量的溶解固体、高 pH 值或低 pH 值、重金属等。

建议采取以下措施对废水流进行管理：

- 根据对土壤、地下水与地表水等环境因素的潜在影响的评估，与排入地表水相比，人

<sup>1</sup> 水处理厂残留管理，技术转让手册，EPA/625/R-95/008，1996 年 4 月。



们一般更倾向于通过土地利用方式对含有大量溶解固体的废弃物进行处理；

- 尽可能把过滤器回流水进行回收，重新用在各个工艺之中；
- 按照国家与地方要求，对不合格的废水流进行处理和处置，包括盐水。处置方法包括返回到初始来源中（如海洋、盐水来源处等），或排放到市政污水系统中、蒸发，以及地下注射等。

### (3) 有害化学品。

进行水处理可能会涉及到化学品的使用，以便对水进行凝结、消毒并使其达到相应的条件。一般说来，与存放和使用有害化学品相关的潜在影响与缓解措施与其他工业项目是相似的，这在《通用 EHS 指南》中都有说明。

建议采取以下措施来预防、减少并控制污水处理设施中与存放、处理和使用消毒化学品相关的潜在环境影响<sup>1, 2, 3</sup>：

- 对使用氯气的系统：
  - 安装警报与安全系统，包括在检测出发生氯气泄露的情况下能够自动激活的自动关闭阀；
  - 安装防泄漏与洗涤系统，以便在发生氯泄露的情况下进行捕获和清除；
  - 使用的管道、阀门、测量设备和所有其他会接触到气态或液态氯的设备都必须具有抗腐蚀性，并且保持这些设备不被污染物污染，包括油和油脂；
  - 氯的储存要远离各种有机化学品，并避免受到阳光、潮湿和高温危害。
- 次氯酸钠要存储在阴凉、干燥和黑暗的条件下，储存时间不能超过一个月，存放容器使用由抗腐蚀材料制成的设备；
- 次氯酸钙的存放要远离各种有机材料，并避免受潮；运输容器要完全清空或再次进行密封以防止受潮。次氯酸钙的存放最长可达一年；
- 要把氨存放及使用区和氯、次氯酸盐的存放及使用区分隔开；
- 尽量减少含氯化学品的现场存放量，但同时要保证有足够的库存，以防出现供应中断；
- 制定并实施预防程序，包括对潜在危害的辨别、书面运作程序、培训、维护和事故调查程序等；
- 制定并实施意外释放反应计划。

### (4) 空气排放。

水处理工作中产生的空气排放可能包括臭氧（如果采用臭氧消毒的话），以及消毒程序中使用的液态或挥发性化学品（如氯和氨）。有关上述危险化学品的管理措施包括降低氯和氨的释放具有的风险。另外，对空气排放进行管理的具体建议措施还包括在臭氧反应堆的排气装置上安装臭氧销毁设备（如催化氧化、热氧化或 GAC）。

### 给水

与给水网络相关的最基本环境健康问题是保持适当的系统压力，以保护水质，以及进行适

<sup>1</sup> WorkSafeBC, 氯安全工作规范: [http://www.worksafebc.com/publications/health\\_and\\_safety/by\\_topic/assets/pdf/chlorine.pdf](http://www.worksafebc.com/publications/health_and_safety/by_topic/assets/pdf/chlorine.pdf).

<sup>2</sup> 国家饮用水清洁技术说明: 消毒; [http://www.nesc.wvu.edu/ndwc/pdf/OT/TB/TB1\\_Disinfection.pdf](http://www.nesc.wvu.edu/ndwc/pdf/OT/TB/TB1_Disinfection.pdf).

<sup>3</sup> 氯研究所: <http://www.chlorineinstitute.org/Bookstore/SearchBrowse.cfm>.



当的维护，保证能提供合格的稳定供水。与给水系统相关的最重要环境问题包括：

- 水系统泄露与压力丧失；
- 水排放。

(1) 水系统泄露与压力丧失。

水系统发生泄露会降低水系统的压力；对系统的完整性和保护水质的能力造成影响（由于受污染的水可能会渗透到系统中）；增加对水源供应、化学品用量，以及抽吸和处理所需能源的需求。造成给水系统泄露的原因有很多，包括安装或维护不当、防腐蚀保护不当、沉淀、交通与振动压力、霜冻负载、超载或其他因素。

建议采取以下措施来预防并减少给水系统的水耗：

- 保证建设符合相应的标准和行业规范<sup>1</sup>；
- 进行定期检查与维护；
- 实施泄露检测与修理程序（包括过去所发生泄露情况的记录，以及没有记录的情况，以便确定可能发生的潜在问题区）；
- 对于过去曾经因为位置、压力和其他风险因素发生过泄露，从而存在重大泄露风险的主要给水线路进行更换。

(2) 排水。

定期对给水线路进行冲刷，以清除管道中积聚的沉淀物或其他杂质。可以通过对给水系统进行隔离并打开冲刷阀门的方式进行冲刷，或者更常用的是打开消防栓让大量的水冲过隔离出来的管道，把沉淀下来的物质冲走。水管冲刷具有的主要环境问题是冲刷用水的排放，这种水中可能含有大量的悬浮固体、残留的氯和会对地表水水体造成危害的其他污染物。建议采取以下措施来预防、减少并控制冲刷废水产生的影响：

- 把冲刷产生的废水排放到具有适当能力的市政污水系统中；
- 把冲刷产生的废水排放到具有雨水道管理措施的单独雨水道系统中，如滞留塘，排放之前在滞留塘里可以让固体废弃物沉淀下来，并销毁水中残留的氯；
- 减少冲刷期间的侵蚀现象，如通过避开容易发生侵蚀的排放区，并扩散水流以降低流速。

## 卫生设施

卫生系统由各个家庭和社区为对其排泄物进行安全管理所使用的各种设施和服务组成<sup>2</sup>。卫生系统的作用是收集排泄物，并形成一道有效的屏障防止人们与这些排泄物接触；把收集起来的排泄物运送到适当的地点；存放或进行处理；并进行重新利用或返还到环境当中。除了排泄物以外，卫生系统可能还会携带有家庭废水和雨水<sup>3</sup>。相关的运输、存储与处理设施可能还要对工业、商业设施与机构产生的废弃物进行管理。

<sup>1</sup> 例如，请参见加拿大国家可持续市政基础设施指南（InfraGuide）和美国水网协会标准。

<sup>2</sup> 粪和尿。

<sup>3</sup> 因降雨产生的、没有自然渗透进土壤当中的过量雨水。



### 排泄淤积物与化粪池渗滤液收集

在没有下水道排污系统的社区，卫生设施一般是以现场系统为基础的，如与化粪池相连的坑厕、桶厕或抽水马桶。虽然要频繁地对坑厕和桶厕进行清空（一般从每天清空到每周清空一次），还要对化粪池系统中堆积的固体废弃物进行定期清空，根据设计和使用用途的不同，一般每隔二到五年对化粪池系统清空一次，以便保持系统的正常功能，以防止出现堵塞、溢流，以及因此产生的化粪池泄露等情况。如果没有对排泄淤积物进行适当存储、使用和处理的设施，则可能会使得居民随意地把排泄物倾倒入环境中，或以非常不卫生的方式用在农业中。

建议采取以下措施来预防、减少并控制化粪池渗滤液和其他排泄淤积物的泄漏：

- 推动并促进对化粪池进行正确的设计，并改进对化粪池的维护工作。化粪池的设计要能够对污水的质量和维持需求进行平衡<sup>1</sup>；
- 考虑对粪便淤积物和化粪池废弃物进行系统性的定期收集；
- 使用适当的收集车辆。可以结合使用真空油罐卡车和较小的手推真空罐来满足不同的家庭服务需求；
- 促进在存放点与处理厂对粪便淤积物和化粪池废弃物进行排放，以避免把未经处理的粪便废弃物排放到环境中。

### 下水道排污系统

在人口密度或当地条件不太适合使用有效的现场卫生系统的情况下（如化粪池和排水沟），则一般使用由管道、泵和其他相关设施组成的下水道排污系统把污水运送到集中的存放/处理系统中。可以把固体和液体废物运输到集中地点，或者可以对下水道污物进行收集，并定期从现场拦截槽中清理走（见上面的化粪池渗滤液与排泄淤积物收集部分），同时把液体废物运送到集中地点进行存储、处理或处置。下水道排污系统的使用者包括工业和机构，以及家庭等。

有时会把灰水（洗衣、厨房、沐浴和其他家庭活动产生的一般不含有粪便的污水）和下水道污水进行分别收集和管理。尽管灰水受到污染的情况一般不会像家庭或工业污水那么严重，但是也可能含有大量的致病微生物、悬浮固体与物质，如油、脂肪、肥皂、清洁剂和其他家用化学品，并且可能对人类健康、土壤与地下水质量具有负面影响。

与污水收集相关的最重要的潜在环境影响包括以下方面：

- 家庭污水排放；
- 工业污水排放；
- 泄露与溢流。

#### (1) 家庭污水排放。

如果不对家庭污水（包括下水道污水和灰水）在水生系统中的排放进行控制，就会导致接收水体的受污染程度增加，包括微生物与化学污染、氧气损耗、浑浊度以及富营养现象等。在街道或开放性地面上进行污水排放还会造成疾病和臭气的传播、水井污染、街道恶化等情况。建议采取以下措施对环境和公众健康加以保护：

- 提供能够对下水道污水和灰水进行有效收集和管理的系统（单独的或组合的都可以）；

<sup>1</sup> 有关主要化粪池系统设计考虑的例子，请参见《通用环境健康安全指南》。更加复杂的化粪池设计（如三室、添加沙子过滤器等）可以提高污水的质量，但是一般会更容易堵塞，或出现其他故障。特别是在没有进行定期维护的情况下。



- 如果把灰水与下水道污水分隔开来进行管理，则实施灰水源控制措施，避免使用和排放有问题的物质，如油和脂，较大的颗粒或化学品。

### (2) 工业污水排放。

下水道污水系统的工业使用者可能还会向下水道系统中排放工业污水。一些工业废弃物可能会对下水道系统造成火灾与爆炸危害，破坏处理厂的生物与其他工艺，或影响工作人员的健康与安全；一些废弃物成分可能没有被有效的进行处理，可能会被排放到大气中，或与处理过的污水等排放到处理厂残留中，从而具有潜在的危害性。

建议采取以下措施来预防、减少并控制下水道系统中的工业排放：

- 在把污水排放到下水道或水体之前，最好在工业设施内对有毒的化学品进行处理或预处理来消除毒性。考虑在对工业与商业使用者实施源头控制程序的过程中与政府当局合作，确保对排放到下水道系统中的所有污水都进行有效处理<sup>1</sup>。有问题的排放物包括：具有易燃性、反应性、爆炸性、侵蚀性或放射性的物质；有害的或有恶臭的材料；医疗或传染性垃圾；会阻挡水流或处理厂运作的固体或粘性材料；有毒物质；不能生物降解的油；以及可能会造成有害气体排放的污染物；
- 与政府当局合作，对工业使用设施进行定期检查，并对排放到下水道系统中的废水进行取样，保证遵守相关的源头控制程序规定；
- 对下水道的维护和进入污水处理厂的支流进行监督；
- 对造成处理厂故障或干扰的上游污染物来源进行调查。
- 促进非法排放与连接的公众举报制度。

### (3) 泄漏与溢流。

下水道系统产生的泄漏与溢流会造成土壤、地下水和地表水的污染。根据地下水的高度，重力泄水管发生泄漏后也可能造成地下水泄漏到下水道系统中，从而会增加需要进行处理的污水量，并可能造成泛滥和处理旁路。当收集系统不能对污水量进行管理的情况下，就可能发生溢流现象。造成溢流的原因包括下雨或发生功率损耗时形成的水流高流动性、设备故障或堵塞等。溢流出来的水中可能含有未经处理的污水、工业废水和受到污染的径流。

建议采取以下措施来预防、减少并控制泄漏和溢流现象：

- 在总体规划中考虑对家庭污水和雨水径流安装单独的下水道系统，并设计新的下水道排污系统；
- 如果现场卫生系统处理的主要是水和粪便混合物，则考虑使用直径较小的排污系统，把化粪池系统或拦截槽中的污水收集起来；
- 在适当情况下，对下水道的深度进行限制（如通过避免在具有重型交通的街道下面铺设下水道线路）。对于埋设较浅的下水道，可以用较小的检查室代替检修孔；
- 在下水道建设中使用当地现有的合适材料。在某些情况下可以使用旋制混凝土管，但是在出现堵塞或坡度不足的情况下，可能会受到硫化氢的侵蚀；
- 保证具有充足的液压能力，以适应水流高峰，并且重力泄水管要有适当的坡度，以防

<sup>1</sup> 请参见，如水环境联盟，制定商业与工业污水源头控制规划，1996年；加拿大市政当局联盟，污水源头控制：国家可持续市政基础设施指南最佳规范，2003年3月；以及美国环保署的预处理法令模板 EPA 833-B-06-002。



止出现固体废弃物的堆积和产生硫化氢；

- 对检修孔盖进行设计，要能够承受预期的负载，并保证在发生损坏的情况下能够马上进行更换，以防止垃圾和淤泥进入系统；
- 为泵站配备备用电源，如柴油发动机，保证在断电情况下仍然能不间断地供电和进行常规维护，以减少服务中断现象。在重点地区考虑配备多余的泵能力；
- 制定常规维护计划，包括：
  - 制定系统构件清单，要包括以下信息：年数、建设材料、所服务的排放区、高度等；
  - 对沉砂池和下水道线路进行定期清洁，把可能造成下水道堵塞的油脂、粗砂和其他碎片清理掉。在有问题的地区要更加频繁地进行清洁。清洁活动中可能需要对树根和其他确定的障碍物进行清理；
  - 对下水道结构情况进行检查，并确定需要进行修理或维护的区域。需要注意的地方包括破裂的/恶化的管道；检修孔上的漏节或密封情况；频繁的线路堵塞；经常在最大负载或接近最大负载情况下运行的线路；以及可疑的渗透或泄漏；
  - 对下水道的污水流动情况进行监测，以便及时发现潜在的渗透与泄漏。
- 根据问题的性质和严重性区分进行修理的优先次序。对于正在发生泄漏或可能即将引发溢流的紧急情况，要立即进行相关的堵塞清理或修理工作（如泵站故障、下水道线路破裂，或下水道线路堵塞）；
- 对以前的下水道维护记录进行检查，确定经常出现维护问题的“热点”地区，以及可能发生系统故障的位置，并根据需要进行预防性维护、复原或更换线路；
- 发生泼溅、泄漏或溢流的情况下，通过遮盖或堵塞暴雨下水道入口，或对开放式水道和其他暴雨下水道设施采取防泄漏和分流措施等方式，防止下水道污水进入暴雨下水道排放系统（使用沙包、充气坝等方式）。使用真空设备或采用其他措施对污水进行清理，使其流回到下水道排污系统中。

### 污水与淤泥的处理和排放

这一过程一般需要先对污水进行处理，然后再安全地排放到环境中。污水与淤泥处理的程度与性质取决于相关的标准，液态污物与淤泥的计划处理或使用用途，以及施用方法。各种不同的处理工艺可能会减少悬浮固体的量（悬浮固体会阻塞河道、沟渠和滴灌管道）；生物降解有机体（可以被微生物所消耗，并会减少接收水体的氧含量）；致病菌和其他致病有机体；以及营养物（这些营养物会促进不需要藻类的生长，而且这些藻类死亡后会产生大量的生物降解有机物）。

污水排放与利用选择包括将污水排放到自然或人造水道或水体中；或排放到处理塘或湿地中（包括水产养殖）；以及直接应用在农业方面（如灌溉庄稼）。所有这些都需要对接收水体的用途（如导航、休闲、灌溉或饮用）及其同化能力进行考虑，以便在某一具体地点达到与大多数敏感用途相一致的排放质量。

与污水和淤泥处理、排放和利用相关的最重要环境影响包括：

- 液态污物；
- 固体废弃物；



- 空气排放与臭气；
- 有害化学品；
- 生态影响。

#### (1) 液态污物。

可以对处理过的污水（液态污物）进行重新利用，用作灌溉或其他目的，或按照相关的管理要求进行处置。如果不进行再利用，则可以把处理过的污水排放到大海、河流、大的地表水水体、较小的封闭式地表水水体，以及湿地和环礁湖中。

建议采取影响措施来预防、减少并控制液态污物：

- 尽可能地通过使用单独的雨水与污水系统，减少处理系统的旁路，并提供充足的能力对峰流进行处理；
- 实施包括监测和实施有效管理在内的工业源头控制计划；
- 与公共官员合作选择适当的处理技术，对多种因素加以考虑，如未经处理废水的质量和数量及其可变性；可用作处理厂的土地面积；可以用作资本支出、运作、维护和修理的资源；是否有熟练的操作人员、操作人员培训、维护人员、处理化学品，以及更换零件等<sup>1</sup>；
- 对污水处理厂进行设计、建设、运作并维护，使处理的污水达到相关国家要求或国际接受标准<sup>2</sup>，并在同化能力和接收水体最敏感的终端用途基础上达到相关的污水排放质量目标<sup>3、4</sup>；
- 考虑把处理过的污水排放到自然或人造湿地中，这样可以减缓排放对水生环境的影响，除非湿地本身会在排放作用下退化；
- 如果单独把灰水从污水中收集处理，则按照相关的国家与地方法规要求对灰水进行处理，把其中的有机污染物清除掉，并把其中的悬浮固体、致病生物和其他问题物质的量减少到可接受的水平<sup>5</sup>。要对灰水线路和使用点进行明确标示，以防止意外地将其用作饮用水用途；
- 根据对人类健康和环境具有的风险评估，考虑对处理过的污水进行重新利用，特别是在未净化水资源有限的地区。用于土地利用和其他用途的处理污水质量要达到国际卫生组织（WHO）<sup>1</sup>制定的相关公共卫生指南要求和相关的其他国家要求。

#### (2) 固体废弃物。

从污水收集与处理系统中清理出来的固体废弃物包括清洁排水与下水道收集系统（包括渗滤系统）产生的淤泥与固体废弃物，筛选出来的固体废弃物，以及用于污水处理的各种装置运作产生的淤泥。

<sup>1</sup> 有关污水处理技术的总结，请详见附件 A。

<sup>2</sup> 例如，请参见美国环保署 40 CFR 第 133 部分有关二级处理的规定，以及 1991 年 5 月 21 日有关城市污水处理的 91/271/EEC 委员会指令。

<sup>3</sup> 请参见世界卫生组织，在社区供水与卫生背景下把技术选择和运作、维护联系起来：规划者与项目工作人员参考文件，1993 年。

<sup>4</sup> 参考《通用环境健康安全指南》中的“地表水排放”部分。

<sup>5</sup> 只有很少的国家制定了有关灰水的具体规定，如北美的一些州（亚利桑那州、新墨西哥州、加利福尼亚、新泽西）、澳大利亚（昆士兰、新南威尔士）或中国（北京、天津）。



建议采取以下策略对固体废弃物进行管理：

- 选择适当的淤泥处理技术，例如：考虑淤泥的数量与来源；可以用作资本支出、培训、运作与维护的现有资源；是否有熟练的操作人员、维护人员等；以及想要使用的处理方法或处理过的固体废弃物的最终用途。有关淤泥处理技术方面的情况，请参见附件 A；
- 也要考虑对污水处理厂残留进行土地利用或其他有益的再利用，但是要以对人类健康和环境风险的评估为基础。用于土地利用的残留物质量要符合世界卫生组织（WHO）制定的相关公共卫生指南<sup>6</sup>以及相关的国家要求；
- 对污水处理厂残留物进行加工、处理和再利用要符合相关的国家要求，如果没有相关的国家要求，则要符合国际认可的指南和标准<sup>2</sup>。

### (3) 空气排放与臭气。

污水处理厂产生的空气排放包括硫化氢、甲烷、臭氧（在使用臭氧消毒的情况下）、挥发性有机混合物（如从工业排放中产生的）、消毒程序中使用的气态或挥发性化学品（如氯和氨），以及生物气雾剂等（下面的 1.2 部分有说明）。处理厂产生的臭气也会对工作人员和周围社区造成干扰。

上面讨论的与饮用水处理系统空气排放管理有关的措施一般也适用于污水处理厂。另外，还建议采取以下措施来预防、减少并控制空气排放和臭气：

- 根据需要对排放点进行遮盖（如曝气塘、澄清器、淤泥增稠器、槽，以及沟渠等），并把产生的排放转入控制系统中（如堆肥床、生物过滤器、化学洗涤器等），从而减少臭气的产生，并达到相关的国家要求和国际认可指南规定；
- 在必要情况下，考虑改变通风技术或工艺配置来减少挥发。

### (4) 有害化学品。

污水处理中经常涉及有害化学品的使用，如强酸和用于 pH 值控制的碱基、氯或其他用来消毒的混合物等。上面所说的饮用水处理中有关消毒的环境影响和减轻措施一般也适用于污水处理厂的消毒。有关化学品管理的其他指南，请参见《通用 EHS 指南》。

## 1.2 职业健康与安全

供水与卫生设施的建设和报废过程中具有的职业健康与安全影响与其他大型工业项目是相同的，这在《通用 EHS 指南》中有说明。有关水与卫生项目运作阶段的职业健康与安全影响主要包括以下方面：

- 事故与伤害；
- 化学暴露；
- 有害大气；
- 病原体与带菌体暴露；

<sup>1</sup> 有关安全利用废水、粪便和灰水的 WHO 指南（2006 年）。

<sup>2</sup> 例如：请参见美国环保署 40 CFR 第 503 部分的规定：下水道淤泥使用或处理标准；1991 年 5 月 21 日有关城市污水处理处理的 91/271/EEC 委员会指令；以及美国环保署 2006 年 9 月制定的生物固体废弃物管理的新兴技术，832-R-06-005。



- 噪声。

## 事故与伤害

在供水与卫生设施内工作通常具有很高的体力需求，并且可能会面临各种危险，如开放的水、沟、湿滑的道路、高空作业、带电电路和重型设备。同时，还可能涉及进入限制性空间工作，包括检修孔、下水道、管道、存储罐、湿井、蒸煮器和泵站等。厌氧生物降解过程产生的甲烷可能还会导致火灾和爆炸。

有关减少事故和伤害的措施，请参见《通用 EHS 指南》。另外，建议采取以下措施来预防、减少并控制供水与卫生设施内的事故与伤害：

- 在所有的加工罐和坑周围安装护栏。工作人员在护栏内工作时，要求使用救生索和个人漂浮设备（PFD），并保证在发生意外的情况下能够使用相关的救生圈和包；
- 在排水管附近工作时使用 PFD；
- 实施符合相关国家要求和国际认可标准的限制性空间进入计划<sup>1</sup>。要把通往加工槽的阀门锁住，以防止在维护过程中发生意外溢流；
- 高空作业时使用防掉落保护设备；
- 对工作区进行维护，减少滑倒与绊跌危险；
- 使用适当的技术进行挖沟和斜撑工作；
- 按照国际认可标准实施火灾与爆炸预防措施<sup>2</sup>；
- 对临近公路的干线进行安装或修理时，要实施相关的程序与交通控制措施，如：
  - 设定工作区，以便尽可能地把工作人员与交通和设备分隔开来；
  - 降低工作区的允许行驶车速；
  - 在交通地区附近工作的人员要穿着具有高度可见性的安全服装；
  - 夜间工作时，为工作区提供适当的照明，同时对反光情况进行控制，以防止遮挡工作人员和过往驾驶者的视线。
- 在挖掘之前对所有地下设施的位置进行确定。

## 化学暴露与有害大气

水与污水处理会涉及具有潜在危害性化学品的使用，包括强酸与碱基、氯、钠和次氯酸钙，以及氨。水中可能含有放射性物质和重金属，这一般是在水处理淤泥中积聚起来的。放射性核的可能暴露来源包括：矿物污垢积聚的泵和管道；残留淤泥积聚的废水洼、絮凝与沉淀池；过滤器、泵站，以及污垢和淤泥积聚的存储槽；过滤器回流、盐水或其他受污染水积聚的设施；封闭的设施（氨）；残留物加工或处理区；以及对残留物进行铲起、运输或处理的土地处理或施用区。

基于水源质量、饮用水处理工艺，以及向下水道排放污水的行业等，污水中可能含有存在潜在危害性的化学品，包括被氯化的有机溶剂和杀虫剂、PCB、多环芳香族化合物、石油烃类

<sup>1</sup> 例如：请参见美国 29 CFR 1910 J 小部分的职业安全与健康管理规定。

<sup>2</sup> 例如：请参见国家防火协会（NFPA）820：污水处理与收集厂的防火标准。



化合物、阻燃剂、亚硝胺、重金属、石棉、二噁英，以及放射性材料。另外，工作人员还有可能暴露在硫化氢、甲烷、一氧化碳、氯仿以及污水处理过程产生的其他化学品危害中。氧气可能会被转移或被微生物消耗掉，从而在污水或污水残留加工区可能会产生缺氧环境。

按照《通用 EHS 指南》和上面 1.1 部分的说明对危险化学品进行谨慎的处理和存放有助于减少对工作人员具有的潜在威胁。另外，建议采取以下程序来预防、减少并控制供水与卫生设施的化学暴露情况：

- 在安全处理规范和应急反应程序方面为从事氯和氨工作的操作人员进行培训；
- 提供适当的个人防护设备（例如：包括独立的供氧设备），并进行正确使用和维护设备的培训；
- 为可能产生氯或氨泄漏的地方准备逃生规划；
- 在临近氯和氨设备的地方或存放、使用有害化学品的其他地方安装安全淋浴与眼部冲洗站；
- 如果水源中含有放射性物质，则要把污水处理装置和水处理淤泥区安排在距离公共区（如办公区）尽可能远的地方；
- 至少每年进行一次辐射调查，特别是在对放射性核进行过清理的地方；
- 对进入下水道系统的废弃物进行限制，只允许那些能够在污水处理厂进行有效处理的废弃物进入，并通过控制工业排放来减少进入系统的、可以进行空气清洗的有害混合物量（如通过实施许可证或类似系统）。对流入的未经处理污水进行分析，确定是否存在有害成分；
- 在维护之前对封闭式处理区和设备进行通风，如泵站；
- 在污水厂工作时使用个人气体探测设备；
- 对工作区的空气质量进行持续监测，了解工作区空气是否具有危害性（如爆炸性空气、氧缺乏）；
- 定期对工作区内的空气进行采样，检查空气质量，看是否存在有害化学物。如果需要符合相关的国家职业健康要求或国际认可的标准，则要安装工程控制设备，以便对工作人员的暴露情况进行限制，如对空气清洗产生的废气进行收集和处理；
- 禁止在指定地点以外的地方进食、吸烟和饮水；
- 在各个不同的处理厂运作中对工作人员实行轮班制，以减少空气清洗使用的化学品、气雾剂和其他具有潜在危害性材料的吸入。

## 病原体与带菌体

污水与淤泥处理厂工作人员、施用污水和淤泥地点的人员，以及淤泥收集车辆的操作人员都会暴露在污水中所含的病原体危害中。对污水进行处理会产生生物气雾，即悬浮在空气中的、部分或全部由微生物组成的颗粒，如细菌、病毒、霉菌和真菌。这些微生物能够在空气中存在很长时间，一直具有活性或传染性。工作人员可能还会暴露在内毒素的危害当中，内毒素是在微生物内部产生的，细胞分解以后释放出来，并且可以通过空气中的尘埃颗粒传播。污水病原



体的带菌体包括昆虫（如苍蝇）、啮齿类动物（如老鼠）和鸟类（如海鸥）<sup>1</sup>。

建议采取以下措施来预防、控制并减少与病原体 and 带菌体的接触：

#### 污水与淤泥处理

- 在工作人员安全培训计划中纳入安全使用与个人卫生规范，以减少对病原体和带菌体的暴露；
- 使用真空卡车或拖拉机清理粪便淤泥，而不是采用手动方式；
- 提供并要求使用适当的个人防护服装和设备，以预防与污水的接触（如橡胶手套、围裙、靴子等）。特别是要提供及时的医疗护理，出现任何皮肤外伤都要及时进行包扎，如割伤与擦伤，以防止感染；并使用保护性服装和眼镜，以防止接触到泼溅物；
- 为工作人员提供淋浴与更衣区，以便工作人员在下班前进行淋浴与更衣，并提供工作服清洗服务。这种措施可以减少化学与放射性暴露；
- 鼓励在污水处理厂工作的人员经常洗手；
- 为工作人员提供免疫（如 B 型肝炎和破伤风免疫）和健康监测，包括进行定期体检；
- 减少气雾的形成和散布，如通过采取以下措施：
  - 在曝气塘周围种植树木，以便达到隔风并捕获小水滴和颗粒的效果；
  - 采用扩散曝气方式，而不是机械曝气，并使用精细保护罩来曝气；
  - 尽可能降低曝气率；
  - 在曝气塘混合液上使用浮顶；
  - 抑制表面小水滴的形成（如通过在曝气塘上安装筛或网）；
  - 对形成的水滴进行收集（如通过沉淀、清洗、静电沉淀或织物过滤器）；
  - 对空气传播粒子进行消毒（如通过使用紫外线灯）；
  - 使用沉浸式污水收集器（如带有通气口的管道），而不是使用拦流坝。
- 避免进行手动筛分处理，以防止受到针刺伤害；
- 在污水处理与存放区进行良好的管理；
- 不建议患有哮喘、糖尿病或免疫系统功能低下的人员在污水处理厂工作，特别是堆肥厂，因为这些人员更容易受到感染。

#### 土地利用

- 考虑对处理过的污水使用滴灌形式，这样会减少工作人员的暴露量，以及所需的水量。尽可能避免对处理过的污水使用喷洒灌溉法；
- 为现场工作人员提供个人防护设备，如橡胶手套和防水鞋；
- 提供安全的饮用水和卫生（包括洗手）设施；
- 为工作人员提供健康监测，包括进行定期体检；
- 对带菌体和中间宿主进行控制。

<sup>1</sup> 美国环保署，40 CFR 第 503 部分：下水道淤泥（包括家庭化粪池产生的淤泥）吸引病原体和带菌体的环境法规与政策控制 EPA/625/R-92/013，于 2003 年 7 月修订。请参见以下网址：<http://www.epa.gov/ord/NRMRL/Pubs/1992/625R92013.pdf>。



## 噪声

在供水与卫生设施内运作的机械和流水附近可能会存在较高的噪声。这些噪声具有的影响和应该采取的相关降低措施与其他工业工厂情况相似，请参见《通用 EHS 指南》中的说明。

### 1.3 社区卫生与安全

供水与卫生项目建设过程中的社区健康与安全影响有一些与其他工业领域的情况相似，请参见《通用 EHS 指南》中的说明。下面对与供水和卫生项目有关的社区健康与安全影响进行了单独说明。

#### 饮用水

##### 取水（供水保护）

地表水和地下水供应都有可能受到毒性物质的污染，造成这种污染的原因既有自然的，也有人为的，人为因素包括病原体、有毒的金属（如砷）、阴离子（如硝酸盐）和有机化合物。自然因素包括例行（如在允许范围内排放）、意外（如溢流原因）或故意（如故意破坏）行为或释放造成的。

建议采取以下措施来保护供水的质量<sup>1</sup>：

- 对水的各个来源进行确定（如溪流或地下水补水区），确定潜在的污染来源区，并与政府当局合作实施保护水源质量的管理措施，如：
  - 对法令规定进行划分；
  - 设施检查或有害材料调查程序；
  - 有关相关要求的业务情况；
  - 新业务环境许可清单；
  - 区域范围内的策略性监测；
  - 制定并实施教育活动，促进采用能够降低水污染风险的最佳管理规范。
  - 把地表水保护结合到地区土地使用规划中。
- 对水源遭受破坏或自然事件的缺点进行评估，并在必要情况下实施适当的安全措施，如<sup>2</sup>：
  - 对未净化水的各个代表参数进行持续监测（如 pH 值、传导性、总有机碳量 [TOC]，以及毒性）；
  - 对各个地点进行随机检查；
  - 对于水库和湖泊，与当地公园工作人员和水库/湖泊的其他社区用户实施邻里监督计划；
  - 为井口配备侵入报警装置。

<sup>1</sup> 有关水源质量保护的其他信息，请参见有关实施欧盟委员会以下指令的众多出版物：有关保护水不受农用硝酸盐污染的 91/676/EEC 欧盟指令（一般成为硝酸盐指令），以及 91/271/EEC 指令（城市污水处理），网址：<http://ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/report.html>。

<sup>2</sup> 例如：请参见美国自来水厂协会有关水厂的临时自愿安全指南，2004 年 12 月 9 日。



## 水处理

有关水处理的最重要潜在性社区健康与安全影响包括：

- 饮用水质量与供应；
- 有害化学品。

### (1) 饮用水质量与供应。

充足的洁净饮用水供应对社区健康与安全具有至关重要的作用。

建议采取以下与水处理相关的措施：

- 保证处理能力能够达到预期要求；
- 按照国家相关要求和国际认可标准<sup>1</sup>对水处理厂进行建设、运作和维护，以达到国家水质标准，如果没有相关的国家水质标准，则要达到WHO的饮用水质量指南要求<sup>2</sup>；
- 对处理系统的缺点进行评估，并实施适当的安全措施，如<sup>3</sup>：
  - 工作人员背景资料检查；
  - 在周围进行围挡，并进行录像监控；
  - 改善处理厂的电力供应情况。冗余电力系统能在很大程度上降低基本运作具有的风险。

### (2) 有害化学品。

上面第一和第二部分分别对与饮用水处理相关的有害化学品、与降低对环境和工作人员潜在影响的减轻措施进行了讨论。如果发生会对公众造成影响更大的情况，则要按照《通用 EHS 指南》的说明准备和实施针对重大危害的排放预防计划。预防计划的内容要包括危害的识别、书面运作程序、培训、危害、事故调查和应急响应规划。

## 给水

给水系统是安全饮用水供应中一个至关重要的组成部分。即使对水进行了有效的处理，清除了其中的污染物、消灭了其中的病原体，但是给水系统的缺陷仍然会造成水传播疾病的爆发。建议采取以下措施来预防或减少与给水系统相关的潜在社区健康风险：

- 按照国家相关要求和国际认可标准对给水系统进行建设、运作和管理<sup>4</sup>；
- 对给水系统进行建设和维护，以便能够起到一定的屏障作用，并防止由于以下活动进入水系统造成的外部污染：
  - 定期检查存储设施，并在必要情况下对存储设施进行的恢复或更换工作。这可能包括排放和清理沉淀物、进行防锈工作，以及对结构物进行修理等；
  - 确保所有的安装、修理、更换与恢复工作符合相关的卫生保护与材料质量要求；
  - 对材料、土壤和水质进行测试，并实施预防腐蚀的最佳规范，如阴极保护；
  - 防止与下水道排污系统出现横向连接；
  - 对供水线路和下水道压力干线进行隔离（如至少要相隔 3.048 米，或位于单独的管沟

<sup>1</sup> 例如：请参见美国自来水厂协会标准 G100—05：水处理厂的运作和管理。

<sup>2</sup> 有关最新版的饮用水指南情况，请参考 WHO 的网站：<http://www.who.int>。

<sup>3</sup> 例如：请参见美国自来水厂协会有关水厂的临时自愿安全指南，2004 年 12 月 9 日。

<sup>4</sup> 例如：请参见美国自来水厂协会标准 G200—04：给水系统的运作与管理。



中，并且下水道线路至少要比供水线路低 0.457 2 米)。

- 让整个系统保持适当的水压和流动情况，如通过以下措施：
  - 实施泄漏检测与修理计划（见 1.1 部分）；
  - 减少在管道中的停留时间。
  - 残留物正压至少要保持 在 9.072 千克每 6.451 6 平方厘米<sup>1</sup>；
  - 对液压参数进行监测，如流入、流出，以及所有存储槽的水位、排放流、泵压、水流压、调节阀压力，以及关键点的压力，并使用系统建模来评估系统的液压完整性、
- 防止给水系统本身发生污染，可以实施以下措施：
  - 减少微生物生长和生物薄膜的生成（如通过确保进行适当的残留物消毒）。在整个系统的几个不同位置收集样本，包括最远点，检测是否含有氯和氯残留，以保证氯残留符合相关要求；
  - 选择残留物消毒剂（如氯或氯胺），对病原体的控制和形成具有潜在危害性的消毒副产物进行平衡<sup>2</sup>；
  - 使用不会产生不需要的金属和其他物质，或可以与残留消毒剂发生相互作用的建筑材料。

## 卫生

在污水与污泥的收集和处理中都可以实施减少社区潜在健康风险的措施。

### 废水与化粪池污水收集

在居住区对污水进行收集和清运虽然不足以为公共卫生提供充足的保护，但在一般情况下却是最重要的卫生方面。因此，提供收集服务或确保能够提供收集服务具有非常基本的重要作用。对下水道排污系统进行有效的设计与运作（如上面的 1.1 部分所述）可以减少社区暴露的可能性，以及因未经处理的污水或污泥收集而使社区面临健康影响的可能性，例如通过以下措施：

- 防止下水道系统出现溢流；
- 防止在下水道中形成具有潜在毒性和爆炸性的气体。

### 污水与淤泥处理

与污水和淤泥处理厂相关的潜在社区健康与安全影响包括：

- 液体污物；
- 空气排放与臭气；
- 物理危害。

#### (1) 液态污物。

一般把经过处理的污水排放到地表水中，或进行重新利用，用于灌溉或其他目的。在很多

<sup>1</sup> 国家学院国家研究委员会，饮用水配送系统：评估与减少风险，国家学术出版社，2006 年，第 9 页。

<sup>2</sup> 化学消毒剂可以与有机和无机前体发生反应，形成具有潜在危害性的副产品。可以通过对消毒剂副产品（DBP）进行控制和清除的方式，或通过更改消毒措施来控制 DBP 的产生。但是，与消毒不充分具有的风险相比，这种由饮用水中的副产品带来的健康风险非常非常低。



情况下，人们可能会直接或间接接触到处理过的污水。因此，对污水进行充分的处理，清除其中的污染物，特别是微生物和病原体（如 1.1 部分所述）不仅对预防负面的环境影响，而且对保护公众健康都具有十分重要的作用。

### （2）空气排放与臭气。

污水处理厂产生的臭气可能会对周围的社区产生干扰。生物气雾中可能也携带有致病微生物。而且，有害气体的泄漏也可能对附近的居民产生负面影响，如氯。

有关空气排放与臭气的控制措施，请参见 1.1 和 1.2 部分，以及《通用 EHS 指南》。另外，还建议采取以下措施来预防、减少并控制废弃物管理厂产生的灰尘与臭气暴露。

- 在处理区和潜在受体之间提供适当的缓冲区，如树木、栅栏；
- 避免把处理厂设在人口稠密的地方和具有潜在敏感性受体的建筑附近，如医院和学校。尽可能把处理厂建在潜在受体的下风方向上。

### （3）物理危害。

污水处理厂的参观者和非法闯入者可能会面临多种处理厂工作人员面临的危害，如 1.2 部分所述。建议采取以下措施来预防、减少并控制对社区具有的物理（人身）危害：

- 通过实施保安程序来限制污水处理厂的人员出入，如：
  - 在处理厂周围用适当的材料进行围挡，围挡高度要适当，并且要对处理厂的出入大门进行锁闭；
  - 在主要的出入点安装安防摄像头，并在建筑物和存储区配备安防报警设备；
  - 进行处理厂参观人员登记。
- 在必要情况下对处理厂进行照明。由于这可能会对周围的邻居造成照明干扰，因此安装照明设备时要进行适当选择，减少对周围的照明污染。

### 土地施用

在农业上施用处理过的污水可能具有公共健康风险。用处理过的污水灌溉庄稼可能会产生一定的危害，包括存在于污水中与排泄物相关的病原体和有毒化学品。建议采取以下措施对消费者加以保护<sup>1</sup>：

- 按照 WHO 有关污水、排泄物和灰水的安全利用指南<sup>1</sup>和国家相关标准，对处理过的污水和污泥进行土地施用；
- 在收割前的两周停止施用处理过的污水对庄稼进行灌溉；
- 只用处理过的污水灌溉需要烹调以后再食用的庄稼；
- 限制公众进入输送污水的液压结构内和用处理过的污水灌溉的田地。

<sup>1</sup> WHO 安全利用污水、排泄物和灰水指南（2006 年）。



## 2 指标与监测

### 2.1 环境

#### 指南

##### 饮用水

在整个给水网络中，饮用水供水系统的水质要符合国家立法规定的饮用水标准，如果没有相关标准，则要符合最新的世界卫生组织（WHO）饮用水质量指南<sup>1</sup>。

##### 卫生

污水排放指南：选择卫生技术和污水处理设计要先从确定所需达到的处理水平和处理类型开始。要以明确的卫生目标和综合性的选择方案评估为基础，针对具体的卫生项目制定具体的污水排放指南，要对以下情况加以考虑：适当的处理技术；未经处理污水的质量和数量及其可变性；可用作处理厂的现有土地面积；用于资本支出、培训、运作、维护和修理的资源；以及是否有熟练的操作人员、维护人员、处理化学品和更换零件等。

所选择的处理技术要达到与国家相关要求或国际认可标准相一致的污水水质<sup>2</sup>，并要达到以同化能力和接收水体最敏感终端用途为基础的水质目标<sup>3、4</sup>。

处理标准一般不是技术标准（对必须达到水质目标的处理技术或工艺进行规定）就是污水排放标准（对处理所产生污水的物理、生物与化学质量进行规定）。排放标准通常对以下方面进行限制：生化需氧量（BOD）的允许浓度、化学需氧量（COD）、总悬浮固体（TSS）、氮、磷等。

处理过污水再利用和污泥管理：用于土地施用的处理过污水和污泥要符合WHO的污水、排泄物与灰水安全利用指南<sup>5</sup>，并符合国家相关要求。当把土地用作污水处理系统的一部分的时候，要在保护、保持水与土地资源长期可持续性的背景下，对给土壤、地下水和地表水造成的潜在影响进行评估。要在具体情况基础上对污水处理厂产生的污泥情况进行评估，确定污泥中是否含有有害或无害废弃物，并按照本文件废弃物管理部分的说明进行相应的管理。

#### 环境监测

无论是在正常操作还是在异常条件下，该行业环境监测项目的执行都应当面向可能对环境

<sup>1</sup> 有关 2006 年版的饮用水指南请参见以下网址：[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/guidelines/en/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/en/index.html)。

<sup>2</sup> 例如：请参见巴西：2005 年 3 月 17 日第 357 号 Resolucao Conama；欧盟：1991 年 5 月 21 日有关城市污水处理的 91/271/EEC 委员会指令；美国：环保署 40 CFR 第 133 部分——二级处理法规（7—1—02 版）；墨西哥：Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996；中国：GB 18918—2002 市政污水处理厂污染物排放标准；印度：根据 1986 年环境（保护）法案第 25 部分的国家污水与排放标准，环境污染物排放通用标准，A 部分——污水。

<sup>3</sup> 请参见世界卫生组织，在社区供水与卫生背景下把技术选择和运作、维护联系起来：规划者与项目工作人员参考文件，1993 年。

<sup>4</sup> 请参见《通用环境健康安全指南》的“地表水排放”部分。

<sup>5</sup> WHO，2006 年。



产生重大潜在影响的所有生产活动。环境监测活动应当以适用于特定项目的废气、废水和资源利用的直接或间接指标为基础。

环境监测的频率应当足以为监测参数提供具有代表性的数据。环境监测应由受过系统训练的人员使用经正确校准的、维护良好的设备按照检测和记录程序进行。监测得出的数据应进行定期分析和检查，并与操作标准进行对比，以便采取合适的矫正行动。环境、健康与安全通用指南中介绍了对废气废水监测的抽样和分析方法<sup>1</sup>。

## 2.2 职业健康与安全

### 职业健康与安全指南

要根据出版的国际性接触指南对职业健康与安全绩效进行评估，其中的例子包括：美国政府工业卫生学家会议（ACGIH）出版的职业接触限值（TLV®）指南与生物接触指标（BEIs®）<sup>2</sup>，美国职业安全健康研究所（NIOSH）出版的《危险化学品使用手册》<sup>3</sup>，美国职业安全健康局（OSHA）出版的容许接触浓度限值（PELs）<sup>4</sup>，欧盟成员国公布的指示性职业接触限值<sup>5</sup>，或其他类似资料来源的规定。

### 事故与死亡率

项目要把发生在工作人员（不论是直接雇用的还是转包工人）之中的事故数目降低到零，特别是那些会造成工时损失、不同程度残疾、甚至死亡的事故。在发达国家，可以通过与标准规定机构（如美国劳动统计局与英国健康与安全执行局）进行磋商，根据工厂绩效确定其死亡率基准<sup>6</sup>。

### 职业健康与安全监测

要对具体项目工作环境的职业危险情况进行监测。作为职业健康与安全监测程序的一部分，要由经过认证的专家来设计和实施监测工作。各个工厂还要保持职业事故与疾病，以及危险事件与事故方面的记录。《通用 EHS 指南》中还提供有职业健康与安全监测程序的额外指南。

## 3 参考书目与其他资料来源

- [1] American Water Works Association. Interim Voluntary Security Guidance for Water Utilities. December 9, 2004.

<sup>1</sup> 有关水与卫生系统绩效的其他信息，请参见世界银行的水质管理技术说明 D.1——水质：评估与保护，2003 年。请参见以下网址：<http://web.worldbank.org/>（水资源管理部分；出版物）。

<sup>2</sup> 请参见以下网址：<http://www.acgih.org/TLV/>与 <http://www.acgih.org/store/>。

<sup>3</sup> 请参见以下网址：<http://www.cdc.gov/niosh/npg/>。

<sup>4</sup> 请参见以下网址：[http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=9992](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992)。

<sup>5</sup> 请参见以下网址：[http://europe.osha.eu.int/good\\_practice/risks/ds/oel/](http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/)。

<sup>6</sup> 请参见以下网址 <http://www.bls.gov/iif/> 与 <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>。



- [2] American Water Works Association. Interim Voluntary Security Guidance for Wastewater/Storm water Utilities. December 9, 2004.
- [3] Brown, Nellie J. Health Hazard Manual: Wastewater Treatment Plant and Sewer Workers--Exposure to chemical hazards and biohazards, Cornell University Chemical Hazard Information Program, Ithaca, NY, December 1, 1997.
- [4] Cairncross and Feachem, Environmental Health Engineering in the Tropics, An Introductory Text. (2nd Edition). John Wiley and Sons, 1993.
- [5] Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. 1991.
- [6] Environmental Protection Agency (EPA), Federal Register/Vol. 66, No. 243, National Pollutant Discharge Elimination System: Regulations Addressing Cooling Water Intake Structures for New Facilities, December 18, 2001. 65256 – 65345.
- [7] European Union Council Directive of 21 May 1991 concerning urban wastewater treatment (91/271/EEC).
- [8] European Union Council Directive of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption (98/83/EC).
- [9] Federation of Canadian Municipalities. Infiltration/Inflow Control/Reduction for Wastewater Collection Systems : A Best Practice by the National Guide to Sustainable Municipal Infrastructure (InfraGuide). March 2003.
- [10] Federation of Canadian Municipalities. Assessment and Evaluation of Storm and Wastewater Collection Systems: A Best Practice by the National Guide to Sustainable Municipal Infrastructure (InfraGuide). July 2004.
- [11] Heins and Strauss. Co-treatment of Faecal Sludge and Wastewater in Tropical Climates. Report EAWAG/SANDEC, P.O. Box 611, CH-8600 Duebendorf, Switzerland, January 1999.
- [12] Kayombo, et al. Waste Stabilization Ponds and Constructed Wetlands Design Manual. [http://www.unep.or.jp/Ietc/Publications/Water\\_Sanitation/ponds\\_and\\_wetlands/Design\\_Manual.pdf](http://www.unep.or.jp/Ietc/Publications/Water_Sanitation/ponds_and_wetlands/Design_Manual.pdf).
- [13] Monangero and Strauss. Faecal Sludge Management – Review of Practices, Problems and Initiatives. 2002. [http://www.sandec.ch/FaecalSludge/Documents/FS\\_management\\_\(SANDEC\\_GHK\\_2002\).pdf](http://www.sandec.ch/FaecalSludge/Documents/FS_management_(SANDEC_GHK_2002).pdf).
- [14] Monangero and Strauss. 2002b. Faecal Sludge Treatment. Lecture Notes, IHE Delft, February 14 2002.
- [15] Morel and Diener. Greywater Management in Low-and Middle-Income Countries. Sandec (Water and Sanitation in Developing Countries) at Eawag (Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology). 2006.
- [16] Peña Varón and Mara. Waste Stabilization Ponds. IRC International Water and Sanitation Centre Thematic Overview Papers. 2004.
- [17] Stockholm Environment Institute. Ecological Sanitation. 2004.
- [18] Swiss Federal Institute for Env. Science & Technology. 2001. Nam Dinh Urban Development Project Septage Management Study. November 1, 2001.



- [19] Swiss Federal Institute for Env. Science & Technology. Fecal Sludge Management in Developing Countries: A planning manual, April 2002.
- [20] U.S. EPA. Combined Sewer Overflow O&M Fact Sheet. EPA 832-F-99-039. September 1999.
- [21] U.S. EPA. Emerging Technologies for Biosolids Management. 832-R-06-005 September 2006.
- [22] UNEP. International Source Book on Environmentally Sound Technologies for Wastewater and Stormwater Management. 2000.
- [23] Wagner EG & Lanoix JN. Excreta disposal for rural areas and small communities. WHO monograph series No. 39. WHO, Geneva. 1958.
- [24] Water Environment Federation. Developing Source Control Programs for Commercial and Industrial Wastewater. 1996.
- [25] Water Resources And Environment Technical Note D.1-Water Quality Management: Assessment and Protection.
- [26] Water, Engineering and Development Centre, Loughborough University. Technical Brief 37: Re-Use of Wastewater, <http://www.lboro.ac.uk/well/resources/technical-briefs/37-re-use-ofwastewater.pdf>.
- [27] WHO. Tools for assessing the O&M status of water supply and sanitation in developing countries. WHO/SDE/WSH/00.3. 2000.
- [28] WHO. Linking Technology Choice with Operation and Maintenance in the Context of Community Water Supply and Sanitation: A Reference Document for Planners and Project Staff. 2003.
- [29] WHO. Guidelines for drinking-water quality [electronic resource]: incorporating first addendum. Vol. 1, Recommendations. – 3rd ed. 2006.
- [30] WHO. Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. 2006.
- [31] WHO. Domestic Water Quantity, Service Level and Health. WHO/SDE/WSH/03.02. 2003.
- [32] World Bank. Water Resources Sector Strategy. 2004.
- [33] World Bank Water Resources and Environment Technical Note C.1 –Environmental Flow Assessment: Concepts and Materials.
- [34] World Bank, Arsenic Contamination of Groundwater in South and East Asian Countries: Towards a More Effective Operational Response, April 2005. [http://siteresources.worldbank.org/INTSAREGTOPWATRES/Resources/ArsenicVolI\\_WholeReport.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTSAREGTOPWATRES/Resources/ArsenicVolI_WholeReport.pdf).
- [35] World Bank, Water Resources And Environment Technical Note D.2-World Bank, Water Resources And Environment Technical Note D.3-World Bank, Water Resources and Environment, Technical Note F.1-Water Conservation: Urban Utilities.
- [36] World Bank. Water Resources and Environment, Technical Note F.3-World Bank. Alternative Technologies for Water and Sanitation Supply in Small Towns. Water and Sanitation Program. April 2005.
- [37] World Bank. Sanitation and Hygiene at the World Bank: An Analysis of Current Activities. Water and Sanitation Sector Board Working Note, Paper No. 6, November 2005.



## 附件 A：行业活动的通用描述

### 饮用水供应

能够提供优质质量的饮用水对公共健康与卫生具有重要作用<sup>1</sup>。饮用水供应系统一般包括以下方面：

- 取水水源（如河流、湖泊、水库或地下水蓄水层）、为水源供水的周围流域或补水区，以及把水从水源处提取出来再运送到处理点的方式；
- 对水进行净化的处理厂；
- 经过处理的水存储设施，以及把处理过的水从储存点运送到消费点（房子、消防栓、工业使用点等）的配送系统。

#### 水源

进行饮用水处理的主要水源来自地下水和地表水。如果没有适当质量的地表水或地下水，也可以使用其他水源来生产饮用水，如海水、咸水等<sup>2</sup>。

**地下水：**地下水是由地表水补充的，并自然地流向地表水，可以为天然水循环提供长期的水库，存在时间从几天到一千年不等。地下水质量根据来源的不同而有所不同，但是一般都比较清澈，因为地下水流经多孔隙土层时自然地进行了过滤。一般说来，深层地下水具有较低的致病菌含量，但是可能富含溶解固体，特别是碳酸盐，以及钙和镁的硫酸盐。浅层地下水的细菌学质量会根据补水区性质的不同而不同。水中可能存在多种可溶性材料，包括可能具有毒性的金属，如锌、铜和砷。

**地表水：**地表水的质量在很大程度上取决于其来源。高地湖泊与水库一般位于人类居住区上游河流系统的源头位置。细菌与病原体水平一般较低，但是仍然可能存在某些细菌、原生动物或藻类。如果高地被森林覆盖或者存在大量泥煤，那么腐殖酸就会给水造成染色。许多高地地表水都具有较低的 pH 值。河流、沟渠和低地水库一般具有较高的细菌含量，并且可能含有藻类、悬浮固体和各种溶解成分。

**其他水源：**其他水源还包括海水和咸水，这些水具有非常高的溶解固体含量，必须对这些物质进行清除，使其达到适当的家庭用水、农业用水和工业用水要求。

#### 水处理

根据水源的不同，未提供适合人类使用的水质而需要对水进行的处理也不同，但是可能都包括清除水中的悬浮固体，清除溶解的材料，并进行消毒。

##### (1) 清除悬浮固体。

通常采用沉淀或过滤方式来清除水中的悬浮固体。可以通过凝结、絮凝与沉淀方式进行预

<sup>1</sup> 水的可用性包括可以使用的水量，以及涉及采水问题的距离和时间因素。世界卫生组织对基本的用水情况进行了定义，每人每天约为 20 升，距离在 100 到 1 000 米之间，或者总取水时间在 5 分钟到 30 分钟之间，这样一般就能满足基本的消耗、洗手和准备食物的需求。最理想的供水情况包括可用水量达到每人每天 100 升以上，并通过管道直接输送给用户，这样不仅可以满足基本的用水需求，还可以更好地满足洗衣与沐浴要求。请参见 WHO 的家庭用水量，服务水平与健康，2003 年，WHO/SDE/WSH/03.02。

<sup>2</sup> 也可以考虑对空气中的湿气进行冷凝的办法来收集水，但是实际应用却非常有限。



处理，以便提高以后进行过滤的有效性，并降低成本。凝结处理涉及到向水中加入化学品来促进以后的处理步骤，如 pH 缓冲剂和凝结剂。然后把经过化学处理的水送入沉淀池中，让悬浮颗粒相互接触形成更重的颗粒，即絮状物。可以通过轻柔的搅动和保留适当的时间来加速这一过程，然后降低水的流速，以便让悬浮材料在重力作用下从水流中沉淀下来。也可以在过滤过程中直接清除这些絮状物。常用的过滤方法包括慢砂滤池、硅藻土过滤器，以及直接过滤系统。较小的水处理系统还可以使用隔膜式和筒式过滤系统。

慢砂滤池由一个约 0.9~1.2 米深的细沙池组成，细沙池下面支撑有 0.3 米厚的砂砾层和暗渠排水系统。慢砂滤池的安装成本相对较低，操作简单，效果可靠，对 *Giardia*（贾第虫）包囊的清除效果可以达到 99.9% 以上。但是，这种滤池不适用于过滤浑浊度较大的水，并且需要对滤池表面进行维护。由于流速的关系，需要的土地面积较大，因此土地成本非常高（滤池区内水的流速为 0.03 到 0.1 加仑每分钟每平方米）。采用慢砂滤池方式不需要进行凝结/絮凝，并且可能也不需要进行沉淀。

硅藻土过滤也称为滤料层过滤，依靠隔膜或过滤元件上的一层约 0.3 厘米厚硅藻土进行过滤。可以把这层隔膜放在压力容器中，或者在开放式容器中进行真空操作。硅藻土过滤器操作简单，对清除包囊、藻类和石棉都非常有效。创办资本有限的项目以及在紧急情况下可以选择这种过滤方法，或者在用水需求大幅增加的季节也可以把这种方法作为备用选择。硅藻土过滤非常适用于过滤细菌含量低和浑浊度较低（在 10 浑浊度单位 [NTU] 以内）的水。为了有效清除病毒，要求使用凝结剂和助滤剂。使用硅藻土过滤方式会产生废弃的滤饼。

直接过滤系统与传统系统类似，但是省略了沉淀工艺，并且一些多阶段过滤系统还可以取消掉进行化学凝结的必要性。直接过滤系统可能包括几个处理工艺的组合。可以使用双重媒介或混合媒介过滤器来对浑浊度较高的支流进行有效处理。采用直接过滤系统可以清除 90% 到 99% 的病毒，清除 10% 到 99.99% 的 *Giardia*。直接过滤最适用于高质量的、稳定流入的季节性支流。流入支流的浑浊度一般在 5 到 10NTU 之间，色素在 20 到 30 单位以内。

隔膜过滤通过让水在压力作用下流过一层薄膜的方式来进行过滤。这样污染物就被留在压力较高的一侧，并且一般需要再进行回流和对废弃物进行冲刷的方式来清除其中的污染物。如果采用隔膜技术，那么安装相对较为简单，对于不需要进行预处理的地下水来源来说，系统只要求具有一个进水泵、一个清洁泵、隔膜模块和存储槽即可。隔膜系统的操作可以实现高度的自动化。可以采用隔膜工艺来清除细菌和其他微生物、颗粒材料，以及自然有机材料。但是，隔膜的效率可能在污垢的作用下而降低，可能需要定期采用化学清洁方式对持久稳固性污染物进行清理。

筒式过滤是通过让水流过多孔渗水媒介的方式来清除颗粒物，适用于生产饮用水的孔隙大小在 0.2 到 1.0  $\mu\text{m}$  之间。在进行筒式过滤之前，有时需要先通过简陋的过滤器对水进行预处理，以防止筒装置中污垢出现得太快。筒式过滤器可能适合用于小型系统的微生物清理，以及降低浑浊度。这些系统的操作都比较简单，并且易于维护。聚丙烯材料制成的筒结垢速度相对较快，必须经常更换新装置；因此，筒过滤系统一般只适用于浑浊度较低的未处理水。尽管这些过滤系统的操作都非常简单，但是都不是自动化的，需要的运作预算相对较高。可能还需要对过滤媒介进行定期清洁。



## (2) 清除溶解的污染物。

为了达到适当的水质，有时必须对某些水源中的溶解材料进行清理，采用凝结和过滤方式对这些材料不起作用。水中的金属浓度过高会形成“硬水”，如钙和镁，从而会产生结垢的问题。溶解的金属，如铁和锰，会对水的口感产生负面影响，会因而形成污渍，在水槽和管道中形成金属氧化颗粒。放射性核、硝酸盐和有毒的金属，如铜和砷，还会造成健康影响。溶解的有机混合物也会造成负面的美学和健康影响。处理方法包括石灰软化、氧化、离子交换、反渗透、电渗析、通风和活性炭过滤。

石灰软化涉及使用消石灰或熟石灰让水中的碳酸钙和氢氧化镁沉淀下来，从而提高水的 pH 值，然后再通过沉淀或过滤方式把产生的沉淀物清除掉。过滤之后再加入二氧化碳，让水的 pH 值降下来，一般通过现场燃烧化石燃料的方式来产生二氧化碳。除了清除钙和镁外，采用石灰软化方式还可以清除铁和锰、重金属、砷、放射性核（铀、镭 226 和镭 228），以及某些有机化合物。石灰软化最适用于地下水，因为地下水的水质一般相对较为稳定。如果水源质量变化不定，再加上石灰软化化学性质的复杂性，那么对于使用地表水来源的小型系统来说，石灰软化方法就显得过于复杂了。对水进行过度软化会造成管道的腐蚀，这种腐蚀会缩短管道和家用电器的使用寿命，并可能会产生有毒物质，如铅和镉，这些物质会溶解在饮用水中。

可以采用氧化方式来清除水中的金属，如铁和锰，进行氧化操作后可以在水中形成不可溶解的核素，然后再从水中过滤出去即可。还可以通过氧化来破坏某些有机污染物。水处理中最常用的化学氧化剂包括氯、二氧化氯、高锰酸钾和臭氧。采用氯或高锰酸钾进行氧化经常用于小型的地下水系统中。剂量的提供也相对简单，只需要使用简单的设备，并且成本也不高。氯化方式被广泛地用于对二价铁和锰进行氧化。但是，这样会形成三卤代甲烷（THM）。作为氧化剂来说，高锰酸钾的成本一般高于氯和臭氧，但是对清除铁和锰来说，据报告使用高锰酸钾的效率较高，而且只需要较少的设备的资本投入。但是必须对高锰酸钾的剂量进行严格的控制；也可以使用臭氧对铁和锰进行氧化，但是在存在腐殖或褐菌素材料的情况下，氧化效果则不是非常有效；也可以用氧气作为氧化剂，只要铁中不混杂由腐殖材料或其他大型有机分子即可。如果水中存在其他的可氧化核素，则可能会对希望减少的混合物的氧化造成影响。

进行离子交换可以用来清除水中的所有带电（如离子）核素，但是一般用这种方式来降低水的硬度和清除硝酸盐。通过把污染物离子吸附在树脂交换媒介的方式来进行清除。通常需要对水进行预处理来减少其中的悬浮固体和总溶解固体（TDS）量，然后再送到离子交换装置中。离子交换方式适用于流速波动的情况。离子交换方式产生的废弃物具有高度的集中性，需要进行仔细的处理。离子交换装置对竞争性离子的存在也非常敏感。例如：硬度非常高的支流会与阳离子（正离子）竞争交换媒介空间，并且必须经常更换交换媒介。

反渗透（RO）是通过只允许水而不允许溶解离子（如钠和氯）通过的半渗透隔膜来清除污染物的。未经处理的水在高压作用下通过隔膜产生纯净的水，而把污染物留在盐水溶液中。RO 方式几乎可以有效地清除掉水中所有的污泥污染物，可以清除 70% 的砷（III）、砷（IV）、钡、镉、铬（III）、铬（VI）、氟化物、铅、汞、亚硝酸盐、硒（IV）、硒（VI）和银，并且如果对装置进行适当操作的话，可以达到 96% 的清除率。采用 RO 方式还可以有效地清除镭、自然有机物、杀虫剂和微生物污染物。对 RO 进行系列性使用时能达到特别有效的效果，水流通



过多个装置后几乎可以实现零污染物浓度的效果。RO 系统对流速和 TDS 浓度的敏感性较不明显，因此适用于具有高度季节性用水需求波动的小型系统。由于操作简便，自动流入，不需要操作人员过度关注，因此 RO 适用于小型系统。但是，RO 方式可能具有较高的资本与运作成本，并且在某些情况下为了防止结垢还需要进行高水平的预处理。

反渗透还可以用来对海水和其他具有大量溶解固体的水进行脱盐。纯净的脱盐水一般是酸性的，对管道具有腐蚀性，因此通过管道输送走之前，一般在现场管道输送中混合其他水源或通过其他方式来调节水的 pH 值、硬度和碱度。在大多数海水脱盐厂中，从吸入流中一般可以生产出 15%到 50%的水（即每 454.6 升的海水可以生产出 68.2~227.3 升的纯净水，其余的则是含有溶解固体的咸水）。脱盐厂产生的咸水和其他液态废弃物中可能含有下面的所有或部分成分：高盐度、脱盐厂设备除垢与预处理过程使用的化学品，以及有毒金属（如果排放的水接触到建设处理厂使用的金属材料的话，水中就可能存在有毒金属）等。处理厂产生的液态废弃物可以直接排入海洋当中，或者排放到海洋当中之前可能会与其他排放相混合（如发电厂冷却水或污水处理厂产生的污水），或者排放到污水处理厂的下水道中进行处理，或者进行蒸发（把剩余的固体进行垃圾填埋处理）。脱盐厂还会产生少量的固体废弃物（如用过的预处理过滤器，以及从预处理程序中过滤出来的固体颗粒）。

电渗析是通过带电电荷和半渗透性隔膜来清除带电的核素。隔膜的设计要让正离子或负离子能通过隔膜，从而离子能通过隔膜从产品水流中流入到两股不合格的水流中。不合格的水流一般为吸入水流的 20%到 90%。通过电渗析可以清除大多数的溶解离子，并且对清除氟和硝酸盐非常有效，也可以用来清除钡、镉和硒。电渗析对流速和 TDS 水平较不敏感，并且可能具有较低的污水浓度。这些系统可能具有较高的资金和运作成本，并且可能需要进行高度的预处理。

可以采用通风（空气清除）方式来清除水中的挥发性混合物和氨。这些挥发性污染物会在经过处理或不经处理的情况下排放到大气中。适用于饮用水系统的通风系统包括填充柱通风、扩散曝气、多盘式通风，以及机械通风。小型系统可以使用由相对常见材料制成的简单曝气器，而不需使用经过特别设计的通风系统。

活性炭可以通过吸附作用来清除污染物，这主要是一个物理过程，溶解的污染物黏附到碳粒子的多孔渗水表面而被清理处理。活性炭可以从水中清除多种有机污染物及异味。不能通过活性炭吸附的有机物包括酒精；分子量较低的脂肪族混合物（包括聚乙烯）、酮、酸和醛；糖和淀粉；以及分子量非常高的有机物或胶状有机物。在处理厂规模上通过活性炭来清除氨并不具有可行性。当活性炭表面被浸透，不能再有效地吸附污染物后，就要定期进行更换。但是，也可以把吸附过程逆转过来，方法也相对简单，从而能够对活性炭进行再利用。

### （3）消毒。

为了杀灭会导致人们发生疾病的微生物，要在水系统中加入消毒剂。最常用的消毒剂包括氯、氯胺、臭氧和紫外线。其他消毒方法包括二氧化氯、高锰酸钾和纳米过滤。初步消毒可以把微生物杀灭或减活到预期水平，而二级消毒则是用来把处理过的水中的消毒剂残留保持在不会让微生物继续生长的水平。

使用氯可以非常有效地清除几乎所有的微生物病原体，并且既可以用做初步消毒剂，也可



以用做二级消毒剂。氯的使用形式包括氯气、次氯酸钠或次氯酸钙。氯气一般以液体形式存放在高压汽缸中，也可以通过氯化钠溶液进行电解来现场生产。次氯酸钠一般存放在水溶液中，并且在使用前要进行稀释。次氯酸钙一般是以固体形式储存的，并且在使用前一般先用水溶解。一般把氯化化学品注入供水线路中，并且要控制注入的速度。氯会与存在于许多水源重的有机材料发生自然反应，形成有害的化学副产品，主要是三卤甲烷。

氯胺也是一种非常非常有效的杀菌剂，并且与氯相比，产生的三卤甲烷水平较低。氯胺是通过向供水主线路注入氯（气溶体或次氯酸钠），然后在马上注入氨（气溶体或氢氧化铵）而现场产生的。氯胺的消毒作用较小，与游离氯相比，氯胺在杀灭病毒或原生动物方面的效果较小。经常把氯胺用作二级消毒剂，以防止给水系统中细菌的再生。

臭氧是氧的同素异形体，每个分子由三个原子构成，是一种强大的氧化剂和消毒剂。臭氧极不稳定，必须当场将干空气穿过高压电极系统生成。与氯相比，使用臭氧进行氧化所需的接触时间较短。除非由溴离子的存在，否则臭氧不会直接产生卤化有机材料。并且还需要使用二级消毒剂，如氯胺，因为臭氧不能在水中充分停留。臭氧氧化系统的资金成本相对较高，并且运作与维护也相对复杂一些。

紫外线（UV）辐射是通过一种特殊的灯产生的。紫外线穿过生物体的细胞壁时，细胞的遗传物质会被破坏，细胞本身不能够进行再生，从而能有效地杀灭细菌和病毒。和使用臭氧一样，使用紫外线消毒方式也要进行二次消毒，以防微生物出现再生。紫外线消毒适用于小型系统的初步消毒，因为使用较为方便，并且根据目前的了解不会产生毒性残留，只需要较短的接触时间，并且相关设备的使用和维护都很简便。但是，紫外线消毒可能并不能使蓝氏贾第鞭毛虫或隐孢子虫卵囊丧失活性。紫外线消毒方式并不适用于含有大量悬浮固体、浑浊度高、有颜色或含有可溶性有机物质的水，因为这些材料可能会与紫外线发生反应或吸收紫外线，从而会降低消毒效果。

### 水的配送与储存

给水系统包括把饮用水从集中的处理厂或供水井通过重力能积聚供给或泵穿过配送网络输送给消费者所需的所有组成部分，包括配送与均衡化的存储。这些系统由管道、泵、阀门、存储罐、水库、仪表、配件和其他液压设备等组成。要对配送系统进行设计和运作，使其能够提供合格质量的水供人类消费使用，并且在提供的水量上要满足用户的所有需求。许多配送系统还具有用于非饮用用途的充足能力，如灌溉、景观美化和灭火。

大多数给水系统都是由易延展的铁、钢筋混凝土、聚氯乙烯、强化塑料和钢等制成的。过去也使用过无纹铸铁和含有石棉的水泥管道，并且可能还是现有系统的重要组成部分。

给水系统的布局可能是支流式或环式的，或者两者相结合的。在支流式系统中，大小不一的管道分支遍布整个系统，因此水只能通过一种途径从源头流向消费者；而环式系统则是由遍布整个服务区的相连接的管道环组成，这样水可以通过好几个途径从源头流向消费者。在环式系统中，如果给水干线的任意部分发生故障或需要修理，可以把相关部分隔离出来进行处理，而不会对网络中的所有用户造成影响。大多数供水网络都包括环式和支流式构成部件。已经对分散式处理系统进行了试验，即根据客户需求，在使用点附近对水进行额外的处理，以后这种系统可能会得到更多的应用。一些社区还使用了把饮用水和非饮用水（如用于灌溉、消防等目



的回收水)供水干线相隔离的双重系统。

可以使用存储罐和水库来提供存储能力,以便满足需求方面的波动。为消防和其他紧急用水情况提供储备水供应,稳定给水系统的压力,提高操作简便性并提供抽水灵活性,在水源或泵发生故障的情况下提供储备水,以及把不同的水源混合在一起。使用最多的是压力罐,但是也使用其他类型的罐和水库,包括地下罐和开放式或封闭式的水库。

给水系统还需要压力形式的能源来配送处理过的水。可以通过泵、在位置较高的地方通过重力自流进水把水从水源(如水库或水塔)导出来,或者在小型系统中通过压缩空气来提供这种能源。可以使用阀门对网络的各个部分进行隔离,以便进行维护和修理。可以使用控制阀来控制给水系统的流速和压力。

最理想的情况是在水从处理厂流出到供给消费者使用期间水质不会发生变化。但是,在复杂的物理、化学与生物反应作用下,给水系统中经过处理的水实际上会发生一定的变化。例如:适合用来提供消防用水的罐可能具有较低的更换率和较少的消毒剂残留,会造成水中生物薄层的生长和其他的生物变化,如硝化作用。对给水系统进行设计和运作可以把这些影响降到最低。

## 卫生

卫生系统可以通过对下水道废弃物进行隔离,以及通过某种方式进行处理来为人类健康和环境提供保护。在农村地区最常见的是使用现场卫生系统,如坑厕、抽水马桶和化粪池系统。随着人口密度的增加,还需要更加复杂的集中收集、存放与处理的系统。

### 污泥收集

为了保证正常的使用功能,要定期对现场卫生系统中的固体废弃物进行定期清理,如桶厕和化粪池系统。对排泄物污泥进行适当管理的第一阶段是收集并把污物运送到存储厂或处理厂。可以通过手动方式(如用铁铲和桶)或机械设备来进行收集。用于化粪池污泥收集的机械设备有安装在卡车上的真空罐,容量在3~6立方米之间,以及小型的手推真空罐,容量在350到500升之间。在临近公路的住宅区,可以把化粪池里的污物倒在大型卡车上,并可以把这些污物直接拉到处理地点;如果是位于狭窄巷道里的住宅区,则可以使用小型的真空管来清运。在这种情况下,可以在卡车能够进行清运的最近的地方放置用作中间存储的存储罐(3~6立方米),这样几次就可以把真空罐里的化粪池污物转移到存储罐中。然后可以把存储罐运送到其他倾倒地点或处理地点。一套设备(不论大小)每天可以处理二到三个化粪池的污物,或者说每年约500个。

### 下水道排污系统

下水道采用的是暗沟形式,横截面一般是圆形的,用来输送污水。下水道排污系统指的是下水道系统,包括泵站、溢流管和其他相关基础设施。大多数下水道的设计目的是用来输送污水或雨水的,但是很多情况下都是把两者结合起来,既可以排放污水,也可以排放雨水。

下水道可以对家庭用户、商业用户和工业用户产生的污水进行存储、排放或进行污水处理。由于工业液态废弃物中可能含有广泛的化学品、溶剂和其他集中污水处理厂不能有效清除的污染物,因此一般要求各个行业把污水排放到下水道系统中之前对所产生的液态废物进行预处



理。

下水道排污系统的设计与大小选择要对所服务的人口、商业与工业污水流、水流高峰特点，以及潮湿天气下的水流情况进行考虑。除预期污水流外，水流的大小和特点是综合式下水道的主要设计考虑。一般情况下，综合式下水道不能对大量的暴雨雨水径流进行有效处理，从而会导致系统出现溢流，雨水一般会在不经处理的情况下排入地表水，即使进行处理，程度也非常低。尽管独立下水道系统只是用来输送污水的，但是所有的下水道系统都有一定程度的地表水和地下水流入与渗透。这种流入与渗透会受到预先的湿度条件影响，这在独立下水道系统的设计中也是一个重要的考虑方面。

下水道系统使用的典型输送方法是在重力作用下沿着下坡式管道来输送污水。这些下水道就是大家所知的传统重力下水道，设计要适当，要在不对下水道出入口造成超载或对管道造成加压的情况下让水流流向排出点。一般在坡度稳定的城市地区采用传统重力下水道系统，因为在坡度过于陡峭或平坦的地区建设这种下水道会涉及到深度挖掘，会增加建设成本。由于传统重力下水道的坡度要求，可能需要建设污水抽吸或提升站，这就形成了下水道末端的系统终点（即低点）。泵站与提升站实际上会增加污物收集系统的成本。与传统重力下水道相关的出入孔可能会发生流入与渗透，从而会增加所需运输的污水量，以及管道与提升/泵站的大小。

在安装与运作传统收集系统成本过大的地区，采用替代性的污水收集系统可能更加具有成本有效性。例如：在建设传统系统比较昂贵的人口稀少地区或偏远地区，有时会采用压力下水道的形式。这些系统使用的一般是坡度缓和的小直径管道，或者沿着土地表面的轮廓来输送污水，从而会降低挖掘和建设成本。压力下水道与传统的重力收集系统不同，因为在通过收集系统对污水进行输送之前，压力式下水道会先在泵站内把大块的固体废弃物打碎。由于具有水密性设计，以及不需要出入孔，因此不存在外来水流进入系统的可能性。因此，在地下水渗透到下水道系统（这样会增加需要进行处理的污水量）中的可能性较高的地区，最好采用替代性的下水道系统，并且使用替代性系统还可以通过把污水控制在下水道内的方式来保护地下水资源。替代性下水道排污系统的缺点包括能源需求高、维护需求高，以及现场成本高。在具有不同地形与人口密度情况的地区，可以考虑结合采用不同的下水道类型。

压力下水道系统的两种主要类型是化粪池污水泵（STEP）系统和研磨泵（GP）。使用这两种系统在管道入户过程中都不需要进行改装。在STEP系统中，污水会流入传统化粪池或拦截池内，以便对固体废弃物进行收集。然后再把污水抽出来，输送出去进行处理。在使用化粪池/排水田系统的地区对现有化粪池进行改装看起来似乎存在节约成本的机会，但是由于能力不足、混凝土罐恶化或泄露等原因，可能需要对大量（经常是绝大多数）的部件进行更换，或延长使用寿命。在GP系统中，污水流入储藏室中，在储藏室把固体废弃物用研磨泵磨碎，并把污水排放到压力管道系统中。GP系统不需要使用化粪池，但是由于要进行研磨活动，因此与STEP系统相比可能需要更多的能量。GP系统产生的污水含有大量的TSS，这可能不符合下游处理厂的要求。

### 污水处理

进行污水处理包括对物理、化学和生物污染物进行清理的物理、化学与生物工艺。进行污水处理的目的是产生适合在环境中排放或再利用的污水与固体废弃物。一般来说，污水处理涉



及的阶段最多有三个，即初步处理、二级处理与三级（或高级）处理。

#### （1）初步处理。

初步处理的设计目的是把悬浮与漂浮的固体从未经处理的污水中清除出来。尽管通常采用这个阶段来减速沉淀过程，但有时候也把这一阶段称作机械处理。

初步筛除可以把污水中较大的悬浮物体或漂浮物体清理出来。对污水进行过筛除后，可能会让污水流入沉沙池，在沉沙池内对沙子、粗沙、灰渣，以及小石子等进行沉淀。把暴雨时从街道或土地上冲刷下来的砂砾进行清理具有非常重要的作用，特别是在采用合流下水道系统的城市。如果有大量的粗沙和沙子进入处理厂，就会造成严重的操作问题，如泵和其他设备的过度磨损、通风设备堵塞，或进行处理所需的能力。必须定期对通过这些工艺清理出来的粗沙和筛屑进行收集和处理（如通过垃圾填埋或焚化）。

进行完筛除和粗沙清理后，污水中仍然含有溶解的有机和无机成分，以及悬浮固体。可以通过沉淀或重力沉降、化学凝结或过滤方式把污水中其他的悬浮固体分离出来。被清理出来的固体废弃物称为原污泥。

对流入的污水进行初步处理可以减少 20%~30%的 BOD，50%~60%的悬浮固体总量。初步处理通常是进行污水处理的第一阶段。在某些情况下，处理厂先对污水进行初步处理，并随着废水量的增多，处理需求的增加，以及资源越来越多的情况下，再添加其他的处理阶段。

#### （2）二级处理。

二级处理是采用生物工艺把从初步处理中逃脱的 85%的溶解有机物清理掉。二级处理技术包括固定薄膜工艺、活性污泥与其他悬浮生长工艺、延时曝气系统、隔膜生物反应器、氧化塘、池塘和构建的湿地系统，以及采用生物活动来清理有机物的其他处理形式。

在附着式生长（或固定薄膜）程序中，微生物会在石头或塑料媒介的表面生长。污水流过这些媒介，其中还有提供氧气的空气。附着式生长工艺的装置包括滴滤池、生物塔和旋转的生物接触器。在悬浮生长工艺中，微生物会以悬浮形式生长在通风的水混合物中，可以把空气（或氧气）吸入水中，或者对水进行充分搅动来保证充足的氧气流动。悬浮生长工艺装置包括活性淤泥变体、氧化沟，以及按照顺序排列的批量反应器。悬浮生长工艺可以促进需氧细菌和其他微生物的工作，这些微生物可以通过丰富的需氧环境来分解无水中的有机物，悬浮在污水中的微生物在氧气充足的条件下可以起到更加有效的作用。

处理过的污水会从充气槽罐流入沉淀池（二级澄清器），从而清除掉过量的生物量。在充气槽罐的末端可以对某些生物量进行回收利用，而其他的则作为“废物”从系统中排走。在进行处理或用作生物固体之前，要对废弃物的生物量和沉淀下来的固体进行处理。

如果要求达到较高的有机污染物清除率、拥有进行操作和维护所需的资金和技术人员，并且在土地资源稀少或昂贵的情况下，可以选择使用活性污泥及相关工艺。使用这种系统一般需要进行某种形式的初步处理，如筛除和沉淀。如果进行了适当的操作与维护，工艺过程中一般不会产生苍蝇和臭气。但是，与附着式生长工艺相比，大多数活性污泥工艺的运作成本都非常高，并且需要具有稳定的能源供应。如果污水中存在大量的有毒化合物，那么活性污泥处理工艺的有效性就会受到负面影响。因此，可能需要采取工业预处理计划对工业用户产生的污染物情况进行控制，工业用户带来的污染物会对处理工艺造成干扰、污染下水道污泥，或为排污或



处理系统造成不利影响，如形成爆炸性或毒性气体<sup>1</sup>。

活性污泥处理工艺设计中考虑的问题一般包括污水的特点、地方环境条件（包括温度）、可能存在的抑制性物质（如那些可能存在于工业污水中的物质）、氧转移要求和反应动力学等（在系统中的停留时间）。

延时曝气是一种以活性污泥处理工艺（流速相对较低，曝气时间较长）为基础的变化形式。曝过气的污水会形成褐色的絮状污泥，会在单独的沉淀池中沉淀下来。因此，把处理过的清洁污水从沉淀池顶部流出来，污泥从底部排放处理。使用这种系统的优势是污泥较为稳定，除了脱水以外，不需要再进行进一步的处理。但是，由于需要进行长时间的曝气，因此具有较高的电力需求，从而该系统一般适于小型工厂使用。

薄膜生物反应器（MBR）或生物膜系统包括一个浸入式或与活性污泥工艺相连的半渗透性薄膜障碍系统。使用这种技术可以保证清除所有的悬浮物质和一些溶解的有机物。MBR 系统的限制与活性污泥工艺中营养物的较少效率成正比。采用 MBR 系统可以达到较高的污水质量，并且需要的土地面积也较少。但是，MBR 工艺非常复杂，建设与运作 MBR 系统的成本一般要高于传统的污水处理方式。

塘与湿地是较为简单的污水处理选择，具有较低的运作与维护成本和需求。塘可以分为厌氧塘（在无氧条件下发生反应）、兼性塘（工艺中可能使用也可能不使用氧气）和熟化塘（可以在存在氧气和阳光的情况下提供额外的处理，以便在排放之前进一步减少污染物的量）。

塘与湿地系统会受到各种自然条件的影响，如风、温度、降雨、太阳辐射与渗流等，同时还受到各种物理因素的影响，如表面积、水深、短路、pH 值、有毒材料，以及氧气等。具体地点的问题可能还包括地下水位高、泛滥、地形陡峭，以及传病媒介生境，如蚊子。

需氧污物稳定池是在无氧条件下对污水进行处理的露天污水池。固体会沉淀的稳定池的底部进行消化分解。厌氧塘处理可以作为在其他系统进行二级处理之前对污水进行处理的第一阶段，如共性塘或人造湿地。厌氧塘一般是矩形的，深度至少要达到三米，最好能达到四米。必须定期对厌氧塘中的污泥进行清理（如通过排放，以及作为固体进行清理或浮动安装的污泥泵）。在温暖的条件下，一个设计良好的厌氧塘可以清除高达 60% 的 BOD 和 COD。

共性塘是较大的浅塘（约 1.5~1.8 米深），有利于厌氧与需氧工艺的结合。通过物理与生物工艺相结合的方式进行处理，并且可能非常复杂。熟化塘与共性塘类似，但是要小一些，一般在共性塘后面连续放置。在清除细菌和寄生虫卵方面，熟化塘的效率比大多数其他工艺要高。当土地面积充足、需要降低病原体水平，以及流入物中可能偶尔包括大量雨水径流的情况下，可以考虑采用共性塘和熟化塘。

人造湿地是经过设计的湿地系统，能够对多种污水流进行处理，包括家庭污水、农业径流、雨水，甚至是工业污水。通过把各种生物与物理工艺结合在一起的方式来进行处理，包括沉降、沉淀、吸收、植物同化，以及微生物活动等。系统的设计是在重力作用下流动，减少使用泵和电力设备的必要性。流动可以是垂直的，也可以是水平的，对于水平流动的湿地，可以在地面上，也可以在地面下。发展中国家的大多数人造湿地都属于水平式的地下潜流类型。一般避免

<sup>1</sup> 例如：请参见美国环保署污水管理办公室许可证处模型预处理法令，2007 年 1 月，EPA 833-B-06-002。



采用地上流动形式，因为这样会有利于蚊子的繁殖。

在要求达到比仅采用厌氧处理得到的污水质量要高的情况下，可以考虑采用人造湿地形式进行处理。当对全部污水进行处理时，进行人造湿地处理的土地要求一般为每人 3~5 平方米，可以通过进行厌氧性预处理来降低对土地面积的要求。

### (3) 三级处理。

在处理程序中一般采用二级处理工艺来降低污水的 BOD。三级处理是在二级处理之外，设计用来清除不能生物降解的有机污染物和矿物营养素的措施，如氮和磷盐。三级处理可以清除污水中 99% 以上的杂质，并且能够生成几乎达到饮用水质量标准的污水。进行三级处理的一个例子是对传统的二级处理进行更改，以便清除额外的磷和氮。在三级过滤中经常使用活性炭过滤器。

### (4) 消毒。

消毒可能是在进行污水排放之前需要进行的最后一个工作步骤。氯是最常用的消毒剂，但是也经常使用臭氧和紫外线消毒的方式来对污水流进行消毒。但是，一些环境权力机构担心污水中的氯残留会造成负面的影响。因此，为了达到预期的水质参数，可能需要对处理过的污水进行除氯处理。

### (5) 污水再利用。

污水在农业方面的利用越来越多，特别是在缺水、人口增加，以及食品相关需求较高的地区，因为污水既可以供水，又可以提供营养物。在全年之中污水还是一种非常可靠的水源。

污水可以被施用到土地中，渗透到土壤中时，在土壤的自然过滤作用下，再加上微生物活动和植物吸收，污水中大多数的污染物会被清除掉。有一部分水被蒸发或被植物利用了。剩下的通过排水沟或井收集起来排放到地面上，或者允许过滤到地下水中。大多数的水和营养物被植物利用了，而其他污染物则会在吸收作用下转移到土壤中，其中很多污染物会在土壤中实现矿物化，或随着时间发展在微生物作用下被分解掉。

根据作物的最终用途和灌溉方法，可以通过喷雾、漫灌、滴灌、垄灌和畦灌等方式把污水（有时在进行土地利用之前先进行了消毒）施用到土地中。所选择的灌溉方法取决于成本考虑因素、地形和作物类型。滴灌系统是通过管道上的小孔把水浇到地里，管道是铺设在地上的，因此，必须对这些系统中使用的污水进行预处理，除掉其中的悬浮固体，以免堵塞滴灌孔。

## 污泥处理与处置

### (1) 污泥处理。

最常用的污泥处理系统包括厌氧消化和嗜热厌氧消化。

厌氧消化器是在无氧条件下持续运作的大型发酵池。可以采用厌氧分解方式对污水进行直接处理，但是处于经济方面的考虑，最好要对废弃物进行需氧处理。一般使用大型厌氧消化器对初步处理和二级处理阶段产生的污泥进行处理。还可以使用厌氧消化器来处理需要大量 BOD 的工业污水。一般用大型的厌氧消化器来处理初步处理和二次处理产生的污泥。还可以使用厌氧消化器对具有大量 BOD 水平的工业污水进行处理。进行机械混合、加热、气体收集、添加污泥和清除稳定下来的污泥的机制会结合到大型厌氧消化器的设计当中。厌氧消化会用到多种不会产生甲烷的厌氧菌。在工艺阶段的第一部分，复杂的有机材料会被分解



掉，然后下一步会生成甲烷。厌氧消化的最终产物是约 70%的甲烷和 30%的二氧化碳、微生物废弃物，以及不能进行生物降解的残留。完全消化了的污泥只包含极少量能够马上进行生物降解的有机物质。这些物质通常不具有难闻的气味，并且约有 50%的固体废弃物都是无机物。

与标准的厌氧消化相比，嗜热厌氧消化是在高温条件下进行的，温度一般在 50~70 摄氏度之间，而标准厌氧消化一般是在 20~45 摄氏度下进行的。嗜热厌氧消化进行的很快，只需要大约两周的时间就能完成，而标准厌氧消化则需要 15~30 天的时间。但是，嗜热厌氧消化的成本要高，需要的能源也多，并且与嗜温工艺相比稳定性较低。

采用延时曝气方式的二级处理系统也要在需氧条件下对下水道污泥进行处理。另外，可以在需氧条件下通过引入空气的方式对标准活性污泥工艺产生的污泥进行处理，而不是像厌氧消化一样使用无氧环境。由于需氧消化比无氧消化进行得要快得多，因此需氧消化所需的资金成本较低。但是，一般情况下，需氧消化的操作成本很高，因为在进行需氧消化时要向程序中加入氧气，这需要很高的能源成本。

堆肥也是一个需氧过程，涉及把废水固渣和碳源混合在一起，如锯屑、稻草或木屑。在有氧条件下，细菌会同时把废水固渣和加入的碳源消化掉，并且在此过程中会产生大量的热量。

## (2) 污泥处理与利用。

稳定之后（如通过厌氧消化、嗜热厌氧消化、需氧消化，或延时曝气工艺），可以对污泥进行通水，并通过垃圾填埋方式或进行焚化处理，或者为了进行进一步的处理以便于再利用。对污泥进行焚化会产生空气排放污染，并且具有高额的补充燃料成本，因此焚化处理的吸引力较小，在污泥处理与处置中使用的也较少。但是，如果因为污泥的构成（如下水道系统的工业污水排放）而没有其他处理或利用选择的情况下，也可以考虑采用焚化处理方式。

厌氧和需氧消化工艺都会破坏污水中的致病微生物和寄生虫，能把这些降低到一定的水平，从而能把产生的消化固渣作为土壤改良材料（与泥煤类似）安全地施用到地里，或用作农业上使用的化肥，只要其中的毒性成分在适当范围内即可。