

第4章 水安全计划

持续保证饮用水供应安全的最有效手段，是从集水区到用户所有环节的供水都采用全面的风险评估和风险管理方法。本准则称这些方法为“水安全计划”（WSPs）。制订 WSP 旨在对长期以来的饮用水管理加以组织及使之系统化，并确保这些操作的可行性。WSP 采用了其他风险管理方法中的许多原则和概念，尤其是多重屏障方法和食品工业中应用的危险分析关键控制点（HACCP）方法。

本章将重点阐述 WSP 的原理，而不拟提供 WSP 实际应用的全面指导。关于如何制定 WSP 的更多资料可参见支持性文件《水安全计划》（见第 1.3 节）。

WSP 的某些要点常被作为供水商的常规操作或者作为经测试的良好规范的一部分来执行，而并未合并为一个综合性的 WSP。这些要点可能包括质量保证系统（如，ISO9001: 2000）。现有的良好规范为与 WSP 原则的结合提供了适宜的平台。但现有规范可能并未把根据系统实际情况设计的危害鉴定和风险评估作为系统管理的起点。

为了适应不同的情况，WSPs 的复杂性也不尽相同。在许多情况下，WSPs 很简单，主要针对的是特定系统中发现的主要危害。下文给出的控制措施的举例范围很广，但并不意味着所有样例适用于各种情况。WSPs 是饮用水供应者确保供水安全管理的得力工具。它们也能帮助公共卫生管理部门开展监督。

制定的 WSP 最好能适用于各个饮用水系统。然而，对于小型系统，这可能不太现实，针对这些系统应制定专门的指南和模式。对较小的系统，饮水安全计划或许应由法定机构或公认的第三方组织来制定。在这种背景情况下，还需要有对家庭用水的储存、处理和使用等方面的指导。涉及到家庭用水计划应与卫生教育规划以及用户用水安全建议相联系。

WSP 包含三个主要组成部分(图 4.1)，它们依据健康目标（见第 3 章）制定，并接受饮用水供应监督（见第 5 章）。这三个主要组成部分是：

一项水安全计划至少包括三个主要行动，这些是饮用水供应者为了保证饮用水安全应承担的责任：

- 系统评价；
- 有效的运行监测；和
- 管理。

——*系统评价*，确定饮用水供水链（直至用户消费点）作为一个整体，其送水质量能否符合基于健康目标的水质要求。同时也包括对新系统设计标准的评估；

——确定饮水系统中的控制措施以全面控制已明确的危险性，并保证能符合基于健康目标的要求。对于每一项控制措施，应规定一个恰当的*运行监*

测方法，以保证当所要求的操作出现任何差错时能及时被发现；
 ——**管理计划**，说明在正常操作或意外情况时要采取的行动，对于供水系统的评价（包括更新和改进）、监测、信息交流计划和支持方案都要有书面规定。

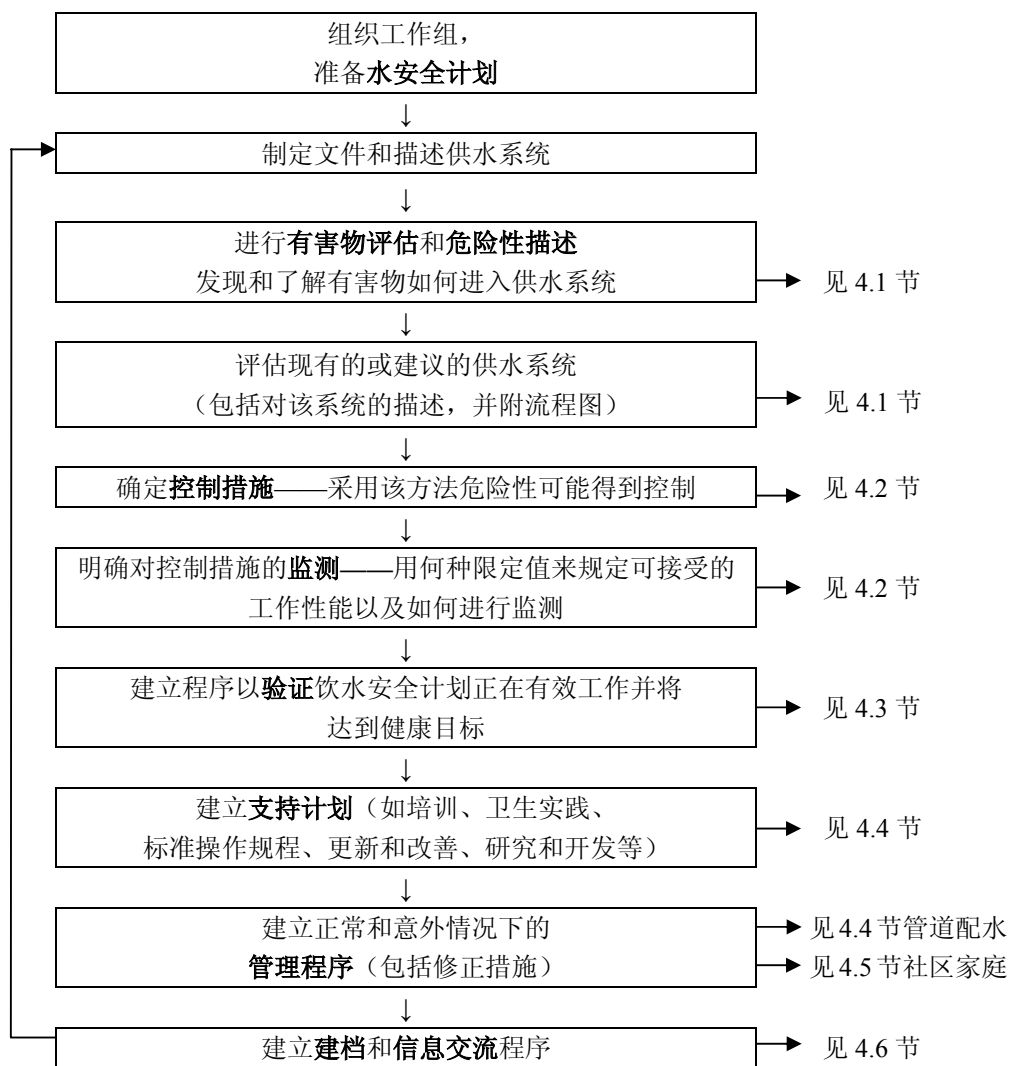


图 4.1 制订饮水安全计划（WSP）主要步骤

为确保优质供水，饮水安全计划（WSP）的基本目标是尽量减少水源污染，通过水处理减少或除去污染物并防止在饮水的储存、输送及处理过程中造成的污染。这些目标同样适用于大型管网供水，小型社区供水以及家庭供水系统。它们可以通过下列步骤达到：

- 了解特定系统的发展，及其符合基于健康目标的供水能力；
- 查明潜在的污染源以及明确如何加以控制；

- 确认能控制有害物的控制措施；
- 建立系统以监测供水系统内的控制措施；
- 及时采取纠正措施，以保证持续地供应安全饮用水；
- 验证饮用水水质，以保证饮水安全计划正在正确执行，并达到国家、地区和地方的相关水质标准或目标的要求。

为了能依靠饮水安全计划控制存在的有害物或有害事件，需要有准确可靠的技术资料。对饮水安全计划的有效性获得证据的过程称为证实。这些信息可以从有关的产业单位、与有关当局的合作（资源共享）和科学技术文献中获得，也可以从专家的判断中获得。对每一个系统中每件设备的生产规范以及每一种防范措施都要进行证实，以确保这些设备和防范措施在本系统内是有效的。对特定系统的证实很有必要，因为，例如水成分发生变化，对某些污染物处理过程的有效性会产生很大影响。

证实通常应包括比常规进行的监测范围更广泛和更深入的监测，确定系统各单元能像系统评估时设想的那样运行。此过程常常因为通过查明最有效的操作方式而改进了运行情况。开展证实工作另外的好处可能包括为各单元的运转找到更适宜的监测指标。

饮用水水质的验证将显示整个饮用水系统的总体工作性能，以及最终提供给用户的饮用水质量。验证过程将饮用水水质监测和用户满意程度评估结合在一起。

若有指定单位负责该地饮用水供应，其责任应包括制定和执行 WSP。在正常情况下，WSP 应由负责公共卫生的行政当局审定和同意，以保证供水水质和基于健康的目标的协调一致。

如该地没有正规的相关服务提供者，国家或地区的行政当局应能提供信息资料并对社区和个体饮用水的适宜供水和管理进行指导，这应包括阐明监测操作和管理的要求。在这种情况下，验证的方法将依靠当地政府和社区的能力，并应在国家政策中加以规定。

4.1 供水系统的评价和设计

制订 WSP 的第一阶段是组建一个由多学科专业人员组成的工作组，工作组成员对所涉及的饮用水系统应有充分了解。这个工作组应包括饮用水供应各阶段有关的人员，诸如工程师、集水区和供水管理人员、水质专家、环境或公共卫生

有效的危险性管理要求确定潜在有害物及其来源和潜在有害事件，并对每种危险性的程度作出评估。文中：

- **有害物** 是一种生物的、化学的、物理的或放射性因子，可以导致潜在的危害作用。
- **有害事件** 导致产生有害物的事件或情况（可发生和如何发生）。
- **危险性** 经检测出的有害物对接触人群在特定的时间段内造成危害的可能，包括危害的程度和/或后果。

或卫生学专业人员、操作人员和消费者代表。在多数情况下，工作组包括来自几个不同单位的人员，但必须包括一些独立成员，例如来自专业机构或大学。

饮用水系统的有效管理要求全面了解系统、可能存在的有害物的范围和数量、现有方法以及实际或潜在危险性管理机构的能力。还要求对水质达到目标要求的能力作出评估。当面对一个新系统，或者计划更新现有系统时，制定饮水安全计划的第一步是收集和评价所有可能得到的相关资料，并考虑当送水到用户时可能产生的危害。

饮用水系统的评估支持了饮水安全计划后面的步骤，即对控制有害物的有效策略作出计划并加以实施。

制作流程图可以帮助对饮用水系统做出评估和评价。流程图对饮用水系统作了一个总的描述，其中包括水源的特点、集水区潜在的污染源、水资源和水源的保护措施、水处理过程、水的储存和输送的基础设施。对饮用水系统的描述要有准确的概念。如果流程图不正确，就有可能忽略重要的潜在有害物。为了保证准确，需要对照在现场观察到的情况，对流程图进行直观检验来加以证实。

水源水中病原体和化合物的资料结合现有控制措施有效性的资料，可以对在现有基础设施条件下是否能够达到基于健康的目标做出评估。这些资料也可以帮助查明集水区管理措施、水处理过程和输配水系统操作条件；如果需要改进现有状况，这些措施、过程和条件预期能够达到目标要求。

对控制有害物而言，在集区内投资于预防措施，通常比主要投资于水处理的基础设施更为有效。

为了保证评估的准确性，需要将饮用水系统的所有环节（资源和水源保护，水处理和输配）同时加以考虑，包括每一环节之间的相互关系和相互影响以及总体效应。

4.1.1 新系统

当对饮用水供水水源进行调查或开发时，明智的措施是进行大范围分析，以便确立总体安全和测定饮用水水源污染物的潜在来源。一般情况下应包括水文学分析、地质评估和土地利用清单以确定潜在的化学性和放射性污染物。

在新系统设计中选择新的水源取水和处理技术时，对所有水质因素都要加以考虑。地表水原水浊度和其他参数变化很大，这是允许的。水处理厂设计时要考虑那些已知的变动或者预期会经常发生的变化，这比按平均水质来设计要好。不然，过滤器可能很快就堵塞，或者沉淀池负荷过重。有些地下水的化学侵蚀性可能使钻孔外套和水泵受侵蚀，使供水中出现不能接受的高浓度铁，最终使设备损坏并需要进行费用昂贵的修理工作，这可能使饮用水水质下降和供应减少，并危及公众健康。

4.1.2 收集和评价现有资料

表 4.1 列举了作为饮用水系统评估的一部分内容，它们是通常应考虑的内容。在多数情况下，为了对集水区进行分析，向公共卫生和其他部门咨询是必要的，

表 4.1 示例——评估饮水系统有用的资料/信息

饮用水系统的构成	评估饮水系统各组成部分的资料/信息
集水区	<ul style="list-style-type: none"> • 地质学和水文学 • 气象学和天气情况 • 一般集水区和河流卫生情况 • 野生动植物 • 用水竞争（实际上是在集水区域内的其他用水情况） • 开发和土地利用性质和强度 • 集水区有可能向水源排放污染物的其他活动 • 规划的未来活动
地表水	<ul style="list-style-type: none"> • 水体类型描述（即河流、水库、堤坝中的蓄水） • 物理特征（即大小、深度、温度分层、海拔高度） • 水源流量和可靠性 • 滞留时间 • 水的成份（物理的、化学的、微生物的） • 保护（即围栏、通道） • 休闲娱乐和其他人类活动 • 大容量的水传送
地下水	<ul style="list-style-type: none"> • 有边界或无边界的蓄水层 • 蓄水层水文地质学 • 流速和方向 • 稀释特征 • 回补区域 • 泉源保护 • 套管深度 • 大容量的水传送
处理	<ul style="list-style-type: none"> • 水处理工艺（包括操作过程） • 装置设计 • 监测设备和自动控制 • 应用的水处理化学剂 • 处理效率 • 消毒后的病原体去除情况 • 消毒剂残留/接触时间
储水池和输配水	<ul style="list-style-type: none"> • 储水池设计 • 保存时间 • 季节变化 • 保护（即，加盖、围栏、通道） • 配水系统设计 • 水力学条件（即，水龄、压力、流量） • 逆流保护装置 • 消毒剂残留

包括土地和水的使用人以及所有从事集水区管理的人。用结构图联系起来的方法是很重要的，可以保证不会将重要事项忽略，而使最危险的部分得以查明。

全面评估饮用水系统应考虑水质历史数据，这些能帮助了解水源水特性和饮用水系统在过去时间里和经过特殊事件（如大雨）后的情况。

控制有害物的优先顺序

潜在的有害物和它的来源一旦被查明，就应将每一个有害物或有害事件进行比较，以确立危险性管理的先后次序并形成文件。虽然有许多污染物可以使水质遭到损害，但不是对每一种有害物都需要给予同等的关注。

表 4.2 简化的危险度分级记分矩阵示例

可能性	严重程度				
	不严重	略微严重	中等严重	很严重	灾难性的
几乎能肯定					
很可能					
中等可能					
不大可能					
罕见					

表 4.3 用于危险性分级的可能性、严重程度分类的举例说明

项 目	说 明
<i>可能性类别</i>	
几乎能肯定	每日一次
很可能	每周一次
中等可能	每月一次
不大可能	每年一次
罕见	每五年一次
<i>严重程度类别</i>	
灾难性的	对大量人群有潜在致命危险
很严重	对少量人群有潜在致命危险
中等严重	对大量人群有潜在危害
略微严重	对少量人群有潜在危害
不严重	无影响或未检出

各种有害物或有害事件的危险性可按照查明的发生可能性（如肯定、可能、罕见）来描述，可用来评价如果产生该有害物，其后果的严重性（如不严重，严重，灾难性）。目的是区别有害物或有害事件是否重要。此方法是一种半定量方式。

简单的记分矩阵方法通常采用从准则、科学文献和工业实践中得到的资料，结合专家判断，并要经过同行评议或基准点（依照不同的地区情况而定）的支持。

每一个饮水系统有各自专门的计分方法，因为每个系统是独一无二的。当为小型供水系统技术制定一般饮水安全计划的时候，积分只针对技术而非针对单个饮水系统。

采用半定量记分方法，可以根据最重要的有害物来排列控制措施的顺序。各种各样排列危险性的方法可以采用表 4.2 给出的例子。这种矩阵模式的应用在很大程度上依靠专家意见。根据有害物或有害事件对健康的危害做出判断。

表 4.3 给出对有害物出现的可能性和后果的严重性划分等级的例子。“取舍点”需要确定下来，在取舍点之上的所有有害物需要立即给予关注。而花费过多精力考虑很小的危险性是没有价值的。

控制措施

控制措施的评估和筹划应保证基于健康的目标能够达到，并在对有害物作出证实和评价的基础上进行。对一个有害物的控制程度应与划分的等级相当。对控制措施的评估包括以下内容：

控制措施是在饮用水供应中采取的步骤，他们直接影响饮用水水质，联合使用几种措施可保证饮用水能始终如一地符合基于健康的目标。控制措施是用于防止危害发生的活动和过程。

- 从集水区到用户的过程中，对每一个重要有害物或有害事件确定现有控制措施；
- 评价这些控制措施，从综合考虑是否能有效地控制危险性，达到可接受的水平。
- 如果还需要改进，则需对要采用的替换和附加措施做出评估。

控制措施的确定和执行应基于多重防线原则。此方法的特点在于当一道防线失效了，还可能由其余防线的有效操作来补偿，从而最大程度地降低污染物通过整个系统、并有足够数量对消费者造成伤害的可能性。许多控制措施可能对不止一种有害物有效，而某些有害物可能要求一种以上的防控措施才能被有效控制。下面章节中提供了控制措施的示例。

所有的控制措施都是重要的，应给予持续关注。它应受到运行监测和控制，监测方法和收集数据的频率取决于控制措施的性质以及可能发生变化的速度。（见 4.4.3 节）

4.1.3 水资源和水源保护

针对集水区有效进行管理有许多优点。通过减少水源污染，从而减少了需要处理的水量，也会减少水处理产生的副产物并降低运行成本。

有害物的确定

弄清原水水质变化的原因是重要的，因为它将影响对水处理工作的要求、处

理效率以及最终产出水的健康危害性。一般而言，原水水质受天然和人为应用两方面因素的影响。重要的天然因素包括野生动植物、气候、地形、地质和植被等情况。人为应用因素包括点源（如市政和工业废水排放）和非点源（如城市和农业排放，包括农业化学品，牲畜或娱乐休闲用途）。例如，市政废水排放可以是病原体的主要来源，城市排放和牲畜可以带来微生物的污染；人类休闲娱乐活动可以是粪便污染的来源；而农业径流可以增加水处理工作的难度。

不论是从地表还是从地下取水，重要的是要了解当地集水区或地下含水层的特征，并要识别引起水污染的根源并加以管理。集水区可能造成污染的活动能减少到什么程度，会受到水源竞争以及集水区开发压力的制约。

然而，采用合适的操作来控制有害物往往是可行的，而不必严格限制一些活动。在各利害相关者之间开展合作可能是一种很有利的办法，既可以减少污染又不会减少发展的效益。

水资源保护和水源保护是保护饮用水水质的第一道防线。当集水区管理工作超出了饮用水供水单位的管辖权限范围时，控制措施的规划与实施需要与其他机构合作。这里包括计划主管部门、集水区、环境和水资源、道路管理部门，以及处理突发事件的机构以及农业、工业和其他商业性部门，他们的活动都可能影响水质。也许在工作初期不大可能调动应用所有资源和水源保护的各个方面，但应优先开展集水区的管理工作。这样，能调动多个利益相关机构产生归属感，并对水源共同负责，评估污染物危害，并制定改进减少危害的管理工作计划。

从深层和有限的含水层抽取的地下水，通常在没有直接污染的情况下，其微生物方面是安全的，且化学成分也比较稳定。然而，浅层和非承压含水层可能受到排放水或农业活动废水的渗漏、污染（如病原体、硝酸盐和农药），受到当地污水（病原体和硝酸盐）和工业废水的污染。有害物和有害事件会对集水区产生影响，对有害物进行评估时应该加以考虑的有下列方面：

- 原水水质的快速变化；
- 下水道和化粪池系统的排放；
- 工业排放；
- 集区内化学品的使用（即化肥和农药的使用）；
- 主要渗漏（与公共道路和运输路线有关），包括偶然事故和人为因素造成的；
- 人类活动（如娱乐休闲活动）；
- 野生动植物和牲畜；
- 土地使用（如畜牧、农业、森林、工业区、废弃物排放、采矿）和土地使用的改变；
- 缓冲地带和植被不足，土壤侵蚀和沉积物阻挡失效；
- 暴雨的径流和排放；
- 正在使用的或停用的废弃物堆放场或矿产开采地/污染地/有害废物；

- 地质因素（天然化学物质）；
- 非承压含水层或浅层水（包括直接受地表水影响的地下水）；
- 不适当的水源保护，钻孔没有套管或不适当的套管，不卫生的操作；
- 气候和季节变化（如大雨、干旱）和自然灾害；

还有一些有害物和有害情况可以影响水的储存和接受，也应该考虑作为有害物评估的一部分：

- 人的进入/未设禁入区；
- 储水池短路；
- 储水池损耗；
- 没有可选择的排水口；
- 没有可替换的水源；
- 进水口位置不恰当；
- 微囊藻繁殖；
- 成层作用；
- 报警和监测装置失效。

控制措施

有效的资源和水源保护包括以下要素：

- 制订和执行集水区管理计划，这里包括可保护地表水和地下水水源的控制措施；
- 保证在制订规章时内容包括对水资源的保护（土地利用计划和分区管理），避免潜在的污染活动，并加以强制执行；
- 提高社区成员的认识，意识到人的活动对水质的影响；

为了有效保护水源水和集水区，控制措施列举如下：

- 指定和限制使用；
- 集区内使用化学品要登记；
- 对化学工业或加油站的特殊防范要求（即采用限制政策）；
- 储水库的混合/去除分层作用，减少微囊藻生长或减轻底层水的缺氧状况，以及沉积锰和铁的溶解作用；
- 水库水的 pH 调节；
- 在集水区分界范围内控制人类活动；
- 控制废水排放；
- 土地使用要有制定计划的程序，利用制定计划和环保规章来制约潜在的

- 水污染的扩展；
- 集水区范围内的定期检查；
- 当地暴雨水流的疏导；
- 水路保护；
- 雨水等水流的拦截；
- 预防损害的保安措施。

与此相似地，对取水和储存水系统有效保护的控制措施包括：

- 在大雨时或大雨之后使用可供应的储存水；
- 进水口的位置适当以及对进水口的保护；
- 从蓄水池取水选择适当的深度；
- 水井的适当设置，包括钻井套管，封口和井水水源的安全；
- 在适当位置布设水井；
- 使储水系统达到最长的保存时间；
- 储水池和水库具有对大量降雨的收集和排放能力；
- 防止动物入内的安全防范措施；
- 防止随意进入及破坏的保安措施。

当有多个水源可以利用时，选择哪个水源来处理和供水，有了选择的灵活性。有可能避免从质量不好的河流中取水（如大雨之后），这样可以减少危险性，防止在后续处理过程中可能出现的问题。

在水库中存放的水，由于沉降和灭活作用，包括阳光（紫外线）消毒，可以减少粪便微生物的数量，但也增加了污染物进入水体的机会。大多数来源于粪便的病原微生物（肠道病原体）在环境中不能无限期的存活，实际上肠道细菌经过几周时间将相继死去。肠道病毒和原虫存活时间较长（数周到数月），但常因沉降作用和与本地微生物的对抗性而被去除。水的存放也同时会使悬浮物沉降，使后续的消毒作用更有效并减少消毒副产物的形成。

地下水水源的控制措施应包括保护含水层和钻孔周围免遭污染，并保证钻孔的完整（地表面加封，套管完整无损等）。

关于应用集水区特征指标的进一步资料见第4章的支持性文件：《饮水微生物安全性评价》（见1.3节）

4.1.4 水处理

在保护水源水之后，在饮用水系统中防止污染的下一道防线是水处理过程，包括消毒和清除污染物质。

有害物的确定

在处理过程中可能引入有害物，或有害的环境条件允许污染物以高浓度通过处理过程。饮用水中的成分可通过处理过程被带入，包括用于处理水的化学添加剂，或与饮水接触的产物。水源水的高浑浊度可以妨碍水处理过程，从而使肠道病原体得以进入处理过的水和输配水系统中。与此类似地，过滤器反冲洗后的过滤不当，会将病原体引入输配水系统。

可能对水处理产生影响的有害物和有害事件如：

- 超过设计限度之外的流量变化；
- 不适当或不充分的处理过程，包括消毒；
- 不适当的支持结构（基础设施，人力资源）；
- 控制程序失灵，设备故障或可靠性差；
- 采用了未经核准的或遭到污染的化学处理剂和材料；
- 化学药剂投加剂量不准；
- 混合不充分；
- 报警和监测仪器失灵；
- 电力供应故障；
- 事故和人为污染；
- 自然灾害；
- 产生消毒副产物；
- 与受污染的水/废水交叉连接，内部短路。

控制措施

控制措施可能包括预处理、混凝/絮凝/沉淀，过滤和消毒。

预处理包括诸如粗滤，微滤器，备用储存和岸边过滤。预处理可选择与各种各样处理方法能相容的，从简单消毒到滤膜处理。预处理可以减少和/或稳定微生物，天然有机物质和颗粒物。

混凝、絮凝、沉淀（或浮选）和过滤可除去颗粒物，包括微生物（细菌、病毒和原虫）。重要的是对这些处理过程，要优化和控制以达到持久和可靠的操作性能。化学试剂混凝是最重要的一步，它决定混凝、絮凝、澄清过程的去除效率，它直接影响颗粒介质过滤部件的效率，它也间接影响消毒过程的效率。混凝过程本身不大可能将任何新的有害微生物带入处理过的水中，失败的或无效的混凝过程可能增加进入饮用水输配水系统的微生物负荷。

用于饮水处理各种过滤方法包括颗粒过滤、慢砂滤、预加涂层的滤料和膜过滤（微滤、超滤、纳滤和反渗透）。过滤的适当的设计和 operation 可以对微生物病原体起到持续有效的屏障作用。在某些情况下还是唯一的处理屏障（如当氯用作唯一消毒剂时，用直接过滤方法去除隐孢子虫卵囊）。

为了使微生物的危险性减少到所要求的水平，大多数水处理系统应采用适当水平的消毒措施，这是很重要的。通过应用 Ct 概念，（消毒剂浓度和接触时间的

乘积) 计算在特定的 pH 和温度下, 对抵抗力更强的微生物病原体灭活需要的消毒水平, 这样可以保证其他更敏感的微生物也得到有效的控制。当应用消毒方法时, 应该考虑采取措施使生成的消毒副产物减到最少。

应用最为普通的消毒方法是加氯消毒。臭氧, 紫外线照射, 氯胺和二氧化氯消毒等也都有应用。这些方法都能非常有效地杀灭细菌, 也可以用来有效地灭活病毒(依据类型)和多种原虫, 包括贾第鞭毛虫和隐孢子虫。为了有效除去或灭活原虫包囊和卵囊, 先用混凝/絮凝而后过滤(减少颗粒物和浑浊度), 然后再消毒(用单一或复合消毒剂)是最实用的方法。

水处理控制措施举例:

- 混凝/絮凝和沉淀;
- 采用认可的水处理化学剂和材料;
- 对化学处理剂的控制;
- 过程控制;
- 有可用的备用系统;
- 完善水处理过程, 包括:
 - 定量加入化学处理剂
 - 过滤器反冲洗
 - 控制流速;
- 当原水质量不好的时期用储存水;
- 预防未经许可的进入和干扰的保安措施。

经消毒以后在提供用户之前的储存水可用延长消毒剂接触时间, 来改善消毒作用, 这对抵抗力较强的微生物, 如贾第鞭毛虫和某些病毒尤为重要。

更多的资料可见支持性文件《水处理和病原体控制》(见 1.3 节)。

4.1.5 管道配水系统

水处理应尽可能防止微生物生长, 防止管道材料腐蚀和预防形成沉积物。可采用以下措施:

- 不断地切实地除去颗粒物, 生产低浑浊度的水;
- 沉淀和除去溶解的(和颗粒状的)铁和锰;
- 尽量减少混凝剂残留物(溶解的, 胶状的或颗粒状的), 这些可能会在储水池和管道中沉积下来;
- 尽可能减少溶解性有机物质, 特别是容易生物降解的有机碳, 它可为微生物提供营养物质;
- 将有可能发生的腐蚀作用控制在一定限度内, 以避免损害结构材料和消耗消毒剂。

欲保持配水系统中良好的水质，要依靠该系统的设计和操作，也要依靠维护和检查，以防止污染并防止和去除内部沉积物的积累。

更详尽的资料参阅《安全管道配水》(见 1.3 节)

有害物的确定

保护输配水系统对提供安全饮用水十分重要。输配水系统可能包括许多公里长的管道，储水罐，与工业用户的交叉口，输配水系统还有被损毁和破坏的可能性，还存在微生物和化学物质污染的机会。

下列情况下配水系统内部可能会产生污染：

- 地表下已污染的水，特别是输配水系统周围有下水道，因为水管内部低压力或者系统内“压力波”的作用(渗透/侵入)，可能进入输配水系统；
- 由于被污染的水与储水和输配水系统相连通，管线内压力减小，水会倒流，使污染的水被吸入输配水系统或蓄水池中；
- 通过敞开的或未经安全处理的储水池和水渠，可能容易发生地表污物流入，以及受动物、水禽等粪便的污染，也可能对破坏和损害没有安全防范措施。
- 由于管道破裂，或修理干管时，更换或安装新管道时可能有被污染的泥土或碎片进入输配水系统中；
- 人为疏忽造成输配水系统管道与废水管或雨水管道交叉连接，或因与不合规定或未经批准的管道连接；
- 通过管道、焊料、接头、水龙头材料中化合物和重金属的沥滤，或通过
对管道清洗和消毒用的化合物；以及
- 石油或油类通过弥散进入塑料管。

在每一种情况下，如果已污染的水中含有病原体或有害化合物，就有可能使用户暴露于其中。

即使尚有残留的消毒剂能限制微生物生长，但可能因浓度不够而不足以克服污染，或对进入的部份类型或全部类型的病原体无效，结果是存留的病原体可以引发感染而致病。

如果当地是间歇性供水，会形成低水压，污染的水可通过管道破损、裂缝、连接处和微孔进入系统中。我们不希望采用间歇供水，但这在许多国家很普遍，而且经常导致污染事故。控制间歇供水水质问题是一大难题，因为渗透和回流的危险性显著增加。这种危险性可能因季节变化而增高，土壤湿度可能增加土壤和管道之间的压力梯度。在间歇性供水中若污染物进入管道，当恢复供水时，给系统补充的水会增加消费者的危险性，可以预料，被污染的水会给该供水系统一次集中的冲击。当使用家庭储水来克服间歇供水的问题，局部加消毒剂以减少微生物增殖的做法可能对安全是有保证的。

饮用水进入输配水系统可能含有非寄生的阿米巴原虫和各种异养细菌的环境品系以及真菌。在适宜的条件下，阿米巴和异养菌，包括柠檬酸杆菌、肠杆菌和克雷白杆菌，可能在输配水系统中生长并形成生物膜。现在还不能证明在生物膜上的大多数微生物（除了军团菌能在建筑物的水系统中繁殖）会通过饮用水对一般人群的健康产生不良作用，但也可能对严重免疫受损的人来说是例外（见1.3节的支持性文件《异养菌平皿计数（HPCs）和饮水安全》）。

输配水系统中的温度和营养物浓度一般不会达到能支持生物膜上大肠埃希氏菌（或肠道病原菌）的生长。因此，大肠埃希氏菌的存在是新近受到粪便污染的证明。

自然灾害，包括洪水，干旱和地震会严重影响管网输配水系统。

控制措施

进入输配水系统的水必须在微生物方面是安全的，理想的应该在生物学上也是稳定的。输配水系统本身必须对输送给用户的水提供一道防污染的安全屏障。保持整个输配水系统中有消毒剂残留，可以防止污染，并限制微生物生长。已证明加入氯胺能有效控制长距离管线的沉积物中和水中的福氏耐格里阿米巴原虫，并可能减少建筑物内军团菌生长。

残留的消毒剂对微生物污染提供部分防护，但可能会掩盖了本应由常规粪便指示菌，如大肠埃希氏菌等污染指标菌的检出，特别是对抵抗力强的生物体的检出。当输配水系统中残留消毒剂时，应该考虑如何使产生的消毒副产物减至最低。

输配水系统应该完全密闭，储水池和水罐应保证有顶盖并有外部排水以防污染，并避免短路。水的储存和配送中均要防止水的停滞不动，以免微生物生长。有许多措施可用来保持输配水系统内的水质，包括采用防止回流装置、整个系统保持正压和采用有效维修程序等。用适当安全措施来防止未经准许的接触和干扰饮用水系统的基础设施。

控制措施可以包括采用更稳定的二级化学消毒剂（如氯胺替代游离氯），执行管道更换规划，冲洗和更换内衬，保持输配水系统正压等。避免水在储水罐、在回路和盲端部分停滞不动，减少水在系统中的停留时间，这些对维护饮用水水质也是有好处的。

输配水系统的其他控制措施还有下列几种：

- 输配水系统的维护；
- 有效的备用系统（如电力供应）；
- 维持足够的消毒剂残留量；
- 采用防止交叉连接和回流的装置；
- 输配水系统和储水罐的完全密闭；
- 适当的维修程序，包括后续的水流干线的消毒；
- 保持系统内适宜的水压；以及

——有安全措施以防止破坏，非法分流和损毁。

更详尽的资料参阅《安全管道配水》(见 1.3 节)。

4.1.6 无管道、社区和家庭供水系统

有害物的确定

理想的有害物确定应对每一系统逐个进行，然而实际上对于无管道系统，社区和家庭饮用水系统，往往是凭借对有害情况的设想，这些设想与技术层面或系统的类型有关，可能在国家的或地区的水平上加以规定。

与各种无管道水源有关的有害物和危害情况举例如下：

- 手压井（手动泵管井）
 - 污染的地表水直接进入钻孔；
 - 因建造不良或套管损坏而使污染物进入；
 - 微生物污染物渗入含水层；
- 简易防护的泉水
 - 污染物直接通过回填区域；
 - 被污染的地表水充盈；
- 简易挖掘的土井
 - 因劣质筑造或因内壁损坏而使污染物进入；
 - 吊桶带进的污染；
- 雨水收集
 - 屋顶和排水管中有鸟类和其他动物的粪便；
 - 初次冲刷下来的雨水进入储水罐。

进一步的指导参阅支持性文件《水安全计划》(见 1.3 节)和本《饮用水水质准则》。

控制措施

理想的控制措施是根据集水区及水源特性采取的，在实际工作中，将标准的控制措施用于各供水系统比对每个系统做出专门的评估更好些。

对各种无管道供水所采取的控制措施举例如下：

- 手动泵管井
 - 对水源采取适当措施；
 - 隔离污染源，如厕所、牲畜厩等要有足够的距离以阻隔污染，最好根据污染时间变化而定；
- 有简易防护的泉水

- 有效的泉水防护措施；
- 设立隔离距离，最好根据污染时间变化而定；
- 简易挖掘的土井
 - 适宜的土井结构，内壁用灰浆胶泥封堵；
 - 安装手动泵或其他卫生取水方法；
- 雨水收集
 - 清洁屋顶和屋檐槽；
 - 用管道分流装置，弃去最初收集的雨水；

多数情况下，可以合并采用几种简单措施来控制地下水供水污染。地下如有裂缝或破裂，会使污染物迅速流入水源中，封闭的地下水层或深层地下水一般不含病原微生物。钻井应包裹到适当深度，钻孔应该封严以防止地表水或浅层地下水进入。

雨水收集系统，特别是具有地上储水罐的，是一种相对比较安全的供水。主要污染来源是屋顶的鸟类、小型哺乳动物和碎片，这些可以通过简单措施减到最少。这些措施有：檐槽应定期清扫；突出部分应尽量减少（因为这些是碎片的来源，同时会增加鸟类和小型哺乳动物进入的机会）；在插入储水罐的导管上应有滤网以去除杂物。推荐采用初始水流分流装置，它可以使最初冲流屋顶的水（20-25升）不流入储水罐。如果没有初始水流分流装置，可以用一根分离管，用手工将初次冲流的水放掉，这样也可达到相同效果。

通常，地表水至少要经过消毒，还常常需要过滤，以保证在微生物方面是安全的。第一道防线是尽量减少水源附近生活废弃物、家禽家畜和其他有害物的污染。

水源保护做得越好，对水处理或消毒的依赖就越小。应保证配水和储水系统密闭，对水的储存和输送到用户的过程加以保护。此法可应用于管道系统（见4.1.5节）和售水商贩供水（见6.5节）。对于家庭储存的水，可以采用密闭的或经过安全设计的储存容器来防止污染，以避免手、长柄勺或其他外来污染源的接触。

关于控制化学污染物，主要是依靠最初的水源筛选，应保证化学处理剂，水处理设备和材料以及储水系统的质量和性能符合使用要求。下列供水类型的饮用水安全计划模板可参见支持性文件1.3节的《水安全计划》：

- 从有防护的钻孔取地下水/用机械泵取井水；
- 水的常规处理；
- 多级过滤；
- 水的储存和配送经过由供水商管理的管道系统；
- 水的储存和配送经过由社区管理的管道系统；
- 商贩售水；
- 交通工具的供水（在飞机、轮船和火车上）；

- 从管井中手工取水；
- 手工取泉水；
- 简易防护的土井；
- 雨水收集。

有关家庭用水的收集，运输和储存的安全保证指南的资料已有提供（见支持性文件《家庭用水管理》，见 1.3 节）。这些应与卫生教育规划联合应用，以支持健康促进，减少水源性疾病。

4.1.7 证实

证实 (Validation) 是要得到控制措施已执行的证据。它要保证支持饮用水安全计划的资料是正确的，使得基于健康的目标可以达到。

处理过程的证实要求表明处理过程可以按预期要求进行。它可以在预试验阶段进行，也可以在执行一项新的或修正的水处理系统之初来进行。在优化现有的处理过程上也是有力的工具。

证实是一种调查研究活动，用来确定控制措施的有效性。它是在一个系统建设或修复之初要进行的深入的活动。它能提供可靠的，能达到的质量改进或保持方面的资料。它们优于原来设想的数值以及规定有效控制有害物的操作指标。

证实工作的第一步是考虑已有的资料数据，这些资料数据来自科学文献、商业协会、规章和法律部门、专业团体、历史资料和供水单位的知识等。从中可以得到测试的要求。证实不是用于饮用水供应的日常管理；所以可以采用不适用于运行监测的微生物学指标，尽管病原学检测要延后一段时间才得到结果，而且还需要一笔额外的花费，但这通常是可以接受的。

4.1.8 更新和改良

饮用水系统的评估可能会指出现用的操作实践和技术可能已不能保证饮用水安全。在某些情况下，要对操作重新进行评议、重新写成文件和正规化，评议需要改良的部分。在另一些情况，可能需要更换主要基础设施。系统的评估应该用来做为制订整个执行饮用水安全计划的基础。

改良饮用水系统可能包含广泛的内容，诸如：

- 基本建设工程；
- 培训；
- 社区咨询规划；
- 研究和开发；
- 制订应对事故的方案；
- 交流和报告。

计划的更新和改良包括短期(如1年)的或长期的规划。例如短期改进包括,社区咨询活动的改进和制订提高社区认识的规划。长期基本建设工程改良项目可包括为储水池加盖或提高混凝和过滤质量。

实施改善计划可能要有相当庞大的经费预算,所以要求有详细的分析,根据危险性评估结果,谨慎权衡改善的优先次序。对计划的执行应进行监测,以确认该项改良工作已经有效地完成。控制措施往往要花费巨大开支,对水质改善作出决定不能离开饮用水供应的其他方面问题,它们也要竞争有限的财力资源。要排列优先顺序,改善工作可能需要在一段时间内分批进行。

4.2 运行监测和维护管理

运行监测的目的是使饮用水供应者能及时监测每项控制措施,以便能有效地进行系统管理,并确保实现基于健康的目标。

运行监测在一定时间范围内对控制措施的执行情况做出评估。时间间隔可以有很大不同,例如,从在线(实时)控制余氯的残留量直到每季度验证井周围底座的完整性。

4.2.1 确定系统控制措施

控制措施的特性和数量各系统各有其特点,是由有害物的性质和数量,以及与其关联的危险性大小来决定的。

控制措施应反映失控的可能性后果。控制措施有许多操作要求,包括以下几类:

- 运行监测参数是可以测量的,可以设置限定值,来规定该操作的有效性;
- 在有足够的监测频率时,如运行监测参数出现问题能及时被发现;
- 当参数偏离限定值时,可以采用校正措施。

4.2.2 选择运行监测参数

所选定的运行监测参数应能反映每步控制措施的有效性,及时指出工作情况,并能很快地被测量,使有可能及时采取适当的应对措施。包括:可测量的变量,像余氯、pH和浑浊度,或可观察到的因子,诸如防虫护网的完整性。

肠道病原体和指示性细菌在操作监测中应用有限,因为采水和分析水样所需时间太长,来不及在供水之前对操作作出调整。

有一系列参数可用于运行监测:

- 水源水: 浑浊度、紫外线、吸光度、藻类生长、流量和滞留时间、色度、电导率和当地气象事件(见1.3节支持性文件《为了健康保护地表水,为了健康保护地下水》)。
- 水处理: 参数可包括消毒剂浓度和接触时间、紫外线强度、pH值、光吸收度、膜完整性、浑浊度和色度(见支持性文件《水处理和病原体控制》,1.3

节)。

- 管道配水系统：运行监测参数可包括以下各项：
 - 监测余氯*可快速指示原来由直接测量微生物参数所反映的问题，在原本余氯稳定的水中，如果余氯突然消失，可能指示有污染物侵入。当发现输配水系统中某处很难保持余氯，或者余氯逐渐消失，可以指示水或管道已经因细菌生长而对氧化剂的需求增加。
 - 氧化还原电位 (ORP, redox potential)* 测定也可用于对消毒效力的运行监测。可以界定一个最小 ORP 水平以确保有效消毒。该值必须根据个案来确定，不能推荐通用值。作为一项运行监测技术，对 ORP 开展进一步的研究和评价是十分值得的。

表 4.4 用于监测控制措施的运行监测参数举例

运行指标	原水	混凝	沉淀	过滤	消毒	配水系统
pH		√	√		√	√
浑浊度(或颗粒物计数)	√	√	√	√	√	√
溶解度	√					
溪/河流量	√					
雨量	√					
色度	√					
电导率(溶解性总固体,TDS)	√					
有机碳	√		√			
藻类(藻毒素和代谢物)						
化学剂量		√			√	
流速		√	√	√	√	
净负荷		√				
流量		√				
水头损失				√		
Ct*					√	
消毒剂残留物					√	√
氧化还原电位 (ORP)					√	
消毒副产物					√	√
水压						√

* Ct = 消毒剂浓度×接触时间

——是否存在粪便指示菌是另一个常用的运行监测参数。然而有些病原体对氯消毒的抵抗力比最通常的指示菌大肠埃希氏菌或耐热大肠菌要强，所以，用抵抗力更强的粪便指示菌（如肠球菌）、产气荚膜杆菌芽孢或大

肠杆菌噬菌体作为运行监测参数可能更为合适。

- 异养菌*在供水中存在可能是一个有用的变化指标，例如增加了微生物生长的可能，增加了生物膜活性，延长了滞留时间，或者系统的完整性已被破坏。异养菌在供水中存在的数量可能反映处理系统中有很大的接触表面，如内嵌过滤，可能并不是直接指示输配水系统内部情况（见 1.3 节支持性文件：《异养菌平皿计数（HPCs）和饮水安全》）。
- 压力测量和浑浊度*也是管道配水系统有用的运行监测指标。

输配水系统操作和维修管理指南见 1.3 节支持性文件《安全管道配水》，该指南还包括制订水质和其他参数如水压的监测计划的制定。

运行监测参数的举例见表 4.4。

4.2.3 建立运行限值和临界值

控制措施需要有操作可接受的限定值（称为运行限值），这些限值可用于运行监测参数。运行限值应该对于每项控制措施的参数做出规定。如果监测结果显示某一项运行限值已被超过，就需要采取预定的校正行动（见 4.4 节）。偏差的发现和校正行动的执行应该在一定时间内实行，以保持工作性能和安全供水。

对某些控制措施，要规定有第二套“临界值”，当超过此限值时，水安全的信任度丧失。当偏差超过临界值时，常常要求采取紧急措施，包括立即由相关的卫生行政当局发布通告。

运行限值和关键限值可以设上限、下限，范围或一个工作性能的“限值”。

4.2.4 无管道、社区和家庭供水系统

一般而言，地表水或浅层地下水如果未经卫生防护或处理是不应作为饮用水水源的。

由社区操作人员或家庭人员所做的水源水的监测（包括雨水池）通常包括有定期的卫生检查。卫生检查表格内容应全面，但要易于使用，例如，表格可以有一些图画。危险因素最好与操作人员控制下的活动相联系，以及与可能影响水质的那些活动相联系。运行监测的结果与采取的行动之间的关系应该很清晰，这方面有必要给予培训。

操作人员应定期进行水的物理性质评估，特别是在大雨之后，应监测水质是否发生了明显改变（如色度、气味或浑浊度的改变）。

由社区来源（诸如钻井、大口井和泉）的水以及家庭收集的雨水实际上很少有处理的。然而，如进行处理，建议要做运行监测。

家庭中水的收集、运输和储存

在水的收集和人工运水时要由家庭来负责维护好水质。需要有良好的卫生操作规范，这点应通过卫生教育来达到。卫生教育规划应向家庭和社区提供监测技

术和水卫生的管理技术。

已证明家庭处理水是能得到公共卫生效益的。对处理过程的监测具体着重在技术上。若家庭采用饮用水处理，有必要向用户提供资料（在合适的情况下，可通过培训）以确保他们能懂得基本的运行监测的要求。

4.3 验证

验证（Verification）是对饮用水供应链的总体安全性的最后核查。验证工作可以由监督机关进行和/或由供水单位质量控制部门来做。

除了对饮水系统各个组成部分的运转进行监测以外，还有必要进行最终的验证，以便再次确保该系统在总体上正在安全操作。验证工作可以由供水单位来进行，或由独立的权威机构进行，或由两者结合起来共同承担，这将取决于各个国家的行政建制。验证工作通常包括粪便指示生物和有害化学物质检测。

微生物的验证通常要检验已处理过的水和输配水系统中的粪便指示菌。在验证化学安全性时，要在水处理末端、输配水系统或用户用水点检验所关注的化学物（取决于在输配水系统中化合物浓度的变化）。三卤甲烷（THMs）和卤代乙酸（HAAs）是最常见的消毒副产物（DBPs），且发现他们在饮用水中的浓度最高。在许多情况下，他们可以作为合适的测量指标，反映各种氯化消毒副产物的浓度。

采样频率应反映了为获得更多资料而需要在花费和收益之间进行平衡。采样频率通常以服务人口或供水量作为基础，反映增加了的人群危险性。水的各个特性的检验频率也取决于其变动性。针对微生物的采样和分析，要求的频率最高，对化学成分则频率较低，这是因为即使短暂的微生物污染可以直接导致饮用者患病，而化学污染很少会引起急性健康危害，如果不是特殊事故。（如在水处理厂中加入化学处理剂过量），对处理后的水的采样频率，取决于水源水的水质和处理类型。

4.3.1 微生物质量验证

验证供水在微生物方面的质量必须仔细设计，以保证在最佳时机对污染物进行检测。因此采样时要把在输配过程中水质可能的变化考虑在内。也就是要估计污染物可能增加的时间和地点。

粪便污染并不均匀分布在管道配水系统中。在水质良好的输配水系统中，采集相对少的样品时，会显著减少粪便指示菌检出的机率。

当系统中粪便指示菌的检测大多为阴性结果时，可以用采样频率更高的有/无（Presence/absence，即 P/A）定性检测法，以增加检出污染的机会。这种 P/A 检测法比定量方法更简单、快速和花费更少。将 P/A 方法和定量法对比时，证明 P/A 法对粪便指示菌的检出率更高。然而，只有当系统中粪便指示菌的大多数检测结果呈阴性时，才适合用 P/A 检测法。

检验粪便指示菌的采样更频繁时，污染物被检测出的可能性更高。用一种简单方法作更多次检验，比用复杂的方法或作系列检验更为值得。

污染的性质和污染的可能性,可因降雨和其他当地条件的变化而有季节性差异。样品采集在一般情况下应是随机的,但当有流行病,洪水或紧急操作,或供水中断以及对供水系统进行维修工作以后,应增加采样次数。

4.3.2 化学物质质量验证

在开展化学物验证工作时要考虑适宜可用的分析仪器设备、分析价格,样品可能变质问题,污染物的稳定性,各种供水中可能存在的污染,最适宜的监测点位置和采样频率。

对一个指定的化学物,采样位置和频率将由它的主要来源(见第8章)和易变程度来决定。如果该物质的浓度在一段时间里没有显著变化,则采样频率可以比变化显著的化学物少一些。

在许多情况下,水源水采样频率可以每年一次或更少。对稳定的地下水更是如此。地下水中受关注的天然存在的物质在一段时间里变化很慢。地表水可能变化比较大,要求采样数量较多,这取决于污染物及其重要性。

对某些成分,其浓度在水的输送过程中改变不大的,在水处理厂或输配水系统前端采样就可以了。然而,对那些在水的配送过程中会改变的成分。就要考虑它们的变化情况和/或该物质的来源。

采样点应包括输配水系统的末端以及在住所和大型集体居住地内直接与主要管道连接的水龙头。例如测定铅时,应采集在消费者使用的水龙头中流出的水,因为铅往往来自建筑物中的管件和接头。

进一步的资料见支持性文件《饮用水化学安全性》(见1.3节)。

4.3.3 水源

对那些没有经过处理的水源水进行检测特别重要;而在处理过程失败之后或者作为水源性疾病暴发的调查工作的一部分,也需要开展检测。检测频率取决于进行采样的理由。检测的频率可能有:

- 常规检验(验证测试的频率取决于若干因素,包括社区供水的规模,饮用水质量的可靠程度/处理程度和当地危险因素的多少);
- 抽查检验(即随机采样检验,或者在访视社区管理的饮用水供应时采样);
- 在水源水的质量下降之后增加的检验。水质下降系由于下列原因,例如可预见事故,紧急情况或意外事件,这些有可能增加发生污染的可能性(如洪水之后,上游污物排放)。

一个新的饮用水供水系统投产之前,应进行大范围的分析工作,分析所选择的参数是根据类似的供水系统的资料,或根据对水源的危险性评估而认为有必要检验的项目。

4.3.4 管道配水系统

采样点的选择取决于各个供水点的情况。公共卫生风险的性质是由病原体及整个输配水系统中潜在的污染决定的，所以用于检验微生物的水样采集（以及相关参数，如余氯），通常需要频繁地进行，并且要从分散的范围内采样。为检测那些来源于管道和管件材料的化学成分，那些经直接处理而未能去除的成分，以及在配送过程中改变了的成分，如三卤甲烷（THMs），需要认真考虑采样点和采样频率。

推荐验证饮用水微生物质量所需最小水样数见表 4.5。

输配水系统采用分层随机采样的方法已经证明是可行的。

表 4.5 推荐输配水系统中粪便指示菌检验的最小样品数^a

人 口	样品总数（年）
点 源	所有水源累计采样 3-5 年为一周期（最大数）
管道供水	
<5000	12
5000-100,000	12 个水样/5000 人
>100,000-500,000	12 个水样/100,000 人，另增加水样 120 个
>500,000	12 个水样/100,000 人，另增加水样 180 个

^a 作为运行监测和验证监测的一部分，氯，浊度和 pH 等参数检测应更频繁。

4.3.5 对社区管理供水系统的验证

对社区饮用水系统作适当评估必须考虑许多因素。一些制订了饮用水系统监督和质量管理策略的国家，在社区、地区和国家层面采用了量化服务指标（即水质、水量、容易得到的程度、覆盖范围、费用能否支付得起和持续供水）。实际应用时还包括为检测微生物质量的关键参数（通常是大肠埃希氏菌、氯、浊度和 pH）以及卫生学调查的关键指标。这些检测方法必须是标准化的和认可的。建议通过参比和标准方法来确认现场速测箱的性能，并认可其在认证检验的应用。

综上所述，服务指标提供了设定社区饮用水供应目标的基础。将服务指标作为适合供水的量化指南，为消费者提供了对总体服务质量的客观评价方法，这样就保护了公众健康。

对社区供水的检测及卫生学调查应由监督机构定期进行，并对微生物的危害以及有问题的化学物做出评价（参见第 5 章）。频繁采样似乎不大可能，一种滚动调查方案可以保证每 3-5 年对每个供水单位检查一次。主要目的是告知战略规划和政策，而不是对各个供水单位是否遵命办事做出评定。建议在授权之前进行水源化学质量的全面分析，这是最低要求，其后，最好每 3-5 年再进行一次。

采样计划的设计和采样频率可参考国际标准化组织(ISO)的标准(见表 4.6)。

4.3.6 质量保证和质量控制

在获得饮用水质量数据的全部过程中，都应执行恰当的质量保证及分析质量控制。这些步骤将能保证数据符合要求——换句话说，所得出的结果有足够的准

表 4.6 ISO 标准水质采样指导

ISO 标准号	水 质
5667-1: 1980	采样—第 1 部分：采样计划设计
5667-2: 1991	采样—第 2 部分：采样设计
5667-3: 1994	采样—第 3 部分：样品保存和处理
5667-4: 1987	采样—第 4 部分：天然和人工湖泊采样
5667-5: 1991	采样—第 5 部分：饮用水以及食品和饮料生产用水采样
5667-6: 1990	采样—第 6 部分：河溪采样
5667-13: 1997	采样—第 13 部分：排水沟污泥和水处理厂采样
5667-14: 1998	采样—第 14 部分：环境水采样和处理质量保证
5667-16: 1998	采样—第 16 部分：样品生物检验
5667-17: 2001	采样—第 17 部分：悬浮性沉积物采样
13530: 1997	水质—水分析的分析管理指南

确度。在水质监测方案中将对“符合要求”或“足够的准确度”做出规定，方案中要包括对数据的准确度和精密度的说明。因为饮用水监测可能涉及物质、方法、设备以及准确度的要求等很广的范畴，以及要考虑分析质量控制的许多细节和实际操作。这些超出了本书的范围。

分析实验室的质量保证规划的设计和实施在《水质监测》(Water Quality Monitoring, Bartram & Ballance, 1996)一书中有详细叙述。在 ISO 标准 17025: 2000《测试能力与校准实验室通用要求》(General requirements for the competence of testing and calibration laboratories) 中有关章节亦有叙述。这些资料提供了分析实验室质量管理的框架。

4.4 管道配水系统的管理步骤

大多数管理计划都要说明在应对运行监测参数的“正常”变化时要采取的行动，以便当运行监测参数达到临界值时仍能保持适当的运行。

有效管理包括应对正常运行时的各种变化及要采取的行动，也要有特殊“事故”情况下当系统失控时要采取的行动，还要有在不可预见和紧急情况下的应对行动。管理程序应该保证系统安全运行所要求的系统评估、监测计划、支持性规划以及信息交流等并以书面形式写入文件。

运行监测（参数）的明显异常，超过临界值时（或者在验证中）常被当作“事故”。在事故的情况下，有理由怀疑所供给的饮用水可能是不安全的，或者可能会变成不安全的（即丧失了对水安全性的信心）。作为安全饮用水计划的一部分，应该规定可预见及不可预见的事故和紧急情况反应的管理程序。可引起事

故的诱因包括：

- 没有遵守运行监测标准；
- 污水处理厂的不正确操作，将污水排放入水源水中；
- 有害物溢流进入水源水中；
- 基本控制措施的动力故障；
- 集水区下大暴雨；
- 检出异常高浊度（水源水或处理过的水）；
- 水的臭味或水的外观异常；
- 指示微生物阳性，包括粪便指示菌含量过高（在水源水或处理过的水中）和病原体含量过高（在水源水中）；
- 出现公共卫生问题或疾病暴发流行，而水是可疑的传播介质。

事故应对计划可以有許多警示水平。从较次要的早期警示，除调查外无需做更多处理，直到紧急事件。紧急事件时，除供水者外，还需要其他组织的力量，尤其是要求有公共卫生行政当局的参与。

事故应对计划通常包括：

- 列出关键人物应担负的责任和具体的联系方法，通常会涉及若干机构和个人；
- 列出可测定的指标和将会引发事故的限值/条件，同时列出警示水平；
- 清楚地描述出现警示时需要采取的应对措施；
- 确定标准操作规程（SOPs）和需要的设备以及其所在地点；
- 备用设备所在地点；
- 有关的后勤和技术资料；和
- 检查事项和简明参考指南。

计划书后面需要有简明注意事项，以及后备人员名单、有效的联系系统和知识更新培训以及文件的提供。

工作人员应该接受训练以确保他们能有效的处理事故和/或紧急情况。事故和紧急情况的应对计划应定期审议、复习和演习。这将增进工作人员对紧急境况的反应，也为在紧急情况出现之前为改进应对计划提供机会。

在任何事件或紧急情况发生后，应该对相关的所有人员进行调查研究。调查应考虑的因素有：

- 产生问题的原因是什么？
- 问题是如何最先被确定或认识的？
- 需要采取的最重要的行动是什么？

- 信息交流方面出现什么问题？如何处理的？
- 近期和长远的后果是什么？
- 紧急情况的应对计划作用如何？

应建立事故或紧急情况的建档和报告制度。管理机构应尽可能地从事故和紧急情况中吸取经验，这样有利于对今后事故的预防和改进计划。对事故或紧急情况的回顾，可以发现现有方案需要修改的地方。

制定清晰的程序，明确责任并准备水样采集及储存，对于事后的流行病学随访和其它调查研究是很有价值的。在怀疑可能发生事故的早期阶段的采集和储存水样应该成为应对计划的一部分。

4.4.1 可预测事件（“偏离”）

很多事故（如：超出临界值）是可以预见的，管理计划可规定应采取的行动。采取的行动包括，如：暂时改换水源（如果可能），增加混凝剂的用量，使用备用的消毒措施或增加输配水系统中消毒剂的浓度。

4.4.2 不可预测事件

某些导致水不安全的情况没有在事故应对计划中特别指出，这可能是因为他们被认为不太可能而没有制定详细的纠正行动计划。考虑到这样的情况，应该制定应对事故的通用计划。这个计划应提供识别和处理事故的一般准则以及应对各种不同事故的特定的准则。

在通用的事故应对计划中，应包括对情况的评估和宣布发生事故，其中还包括人员的责任，判断事故类别的指标，指标包括：

- 发生的时间；
- 影响的人群；
- 可疑的有害物的性质。

对一般事故应对是否成功决定于经验、判断和人员操作和处理饮水系统的技能。但是，很多日常操作活动在很多事件的应对中是常见的，因此，可以与一般事件的反应计划合而为一。例如，可以准备和测试管道系统紧急冲洗的标准操作规程，以备在需要时用来冲刷管道中的污水。同样的，应该准备和试验快速更换水库水的标准操作规程，这样的支持性的“工具包”的开发将减少可能发生的错误和增加对事故反应的速度。

4.4.3 紧急情况

水供应者应当制定在紧急情况中可采用的计划。这些计划应该考虑天然灾祸（如地震、洪水和闪电造成的电器设备的损坏），意外事故（如：集水区内溢流）、

水处理厂和输配水系统的损坏和人员的罢工或怠工。紧急计划应明确确定采取调整措施的责任人、警告和通知饮用水的用户的联系计划，以及提供和输配水的应急供应计划。

计划的制定应咨询有关的管理当局和其它关键部门，并应与国家或地方应对紧急状态的安排协调一致。在应急计划中对主要事项的安排包括：

- 应对措施，包括增加监测；
- 组织机构内部和外部的负责人及其职责；
- 应急饮用水供应计划；
- 信息交流方案和策略，包括发布通告的步骤（内部的、管理部门，媒体和公众）；
- 加强公共卫生监督的机制。

涉及微生物或化学物的紧急情况 and 意外事故的应对计划还应该包括发布“饮用开水”和停止用水的建议的依据。提出建议的目的是出于公众利益，应该由公共卫生当局来决定。要决定停止供水就有供应其他安全用水的义务，并且此种决定几乎很少是恰当的，因为会带来负面影响，特别是由于严格限制用水所产生的对健康的影响。发生超过准则值或紧急事件时需要采取的特别行动将在 7.6 节（微生物危害）和 8.6 节（化学物危害）中讨论。要保持常备不懈，“应急演练”是十分重要的，有助于对特定的供水在不同情况下可以采取的行动做出决定。紧急情况时需要进一步考虑的行动见 6.2，7.6 和 8.6 节。

4.4.5 监测计划的准备

应该制定运行监测和确认监测计划并形成文件，作为饮水安全计划的一部分。详细规定对饮用水系统的各个方面进行监测的策略和步骤。监测计划应该是书面形式并且应该包含以下内容：

- 需要监测的指标；
- 取样或评价点的位置及取样频率；
- 取样或评价的方法和设备；
- 取样或评价的时间表；
- 质量保证和对结果进行验证的方法；
- 对结果的检查和解释的要求；
- 人员的责任和必备的资质；
- 对记录的整理和形成文件的要求，包括监测结果如何记录和保存；和
- 对结果的报告和信息交流的要求。

4.4.6 支持性计划

很多行动对保证饮用水系统安全是重要的，但并不直接影响饮用水水质，因此也不是控制措施，他们是被作为“支持性计划”，但也应该列入饮用水安全计划的文件中。

支持性计划是指一些对保证饮用水系统安全重要的，但并不直接影响饮用水水质的活动。

支持性计划应涉及：

- 应控制对水处理工厂、集水区和水库的人员接近。当有人进入时，应采取适当的安全措施防止将有害物带进水源；
- 制定在饮用水供应中使用化学品和材料的验证计划——例如，确保仅使用已参加质量保证计划的供应物品；
- 应使用指定的设备以应对如管道爆裂等事件（即，使用指定用于饮用水的设备而非用于废水的）；和
- 对工作涉及水质安全的人员进行教育和培训的规划；培训应该成为职业规划的一部分并且需要不断的知识更新。

支持性计划几乎包含饮用水供应的全部内容，饮用水供应者和操作者通常把这些作为他们常规工作内容的一部分。支持性计划的执行大都涉及：

- 对日常的运行和管理进行核查；
- 从一开始起就要定期进行回顾和更新，以便不断改进运行和管理方式；
- 宣传好的方法并鼓励使用；和
- 审查正在使用的操作方法，如果不符合要求则采取改正措施。

将好的操作和管理方法和卫生工作方法作为行动准则是支持性计划的主要内容，他们通常包含在 SOPs 中，他们包括，但不仅限于以下内容：

- 将卫生工作的操作方法记录在 SOPs 的日常维护工作中；
- 注意个人卫生；
- 训练和增强涉及饮用水供应的人员的能力；
- 对工作人员活动管理的工具，如质量保证系统；
- 确保利益相关者在各层面上实现对安全饮用水的承诺；
- 对可能影响饮用水质量的社区活动进行教育；
- 校正检测设备；和
- 保存记录。

将一个供水厂的支持性计划和其它供水厂的支持性计划进行比较，通过同行评议和设立基准点、以及人员和文件的交换，能促使产生改进的思路。

支持性计划可以是范围广泛的、各种各样的和涉及多个组织和个人。很多支持性计划涉及水源保护措施和土地使用的控制。某些水源保护措施是工程问题，

如排放水和暴雨的处理方法，这些都有可能作为控制措施。

4.5 社区和家庭供水管理

在世界范围内，社区饮水供应比大型饮水供应系统更易受到污染，它们经常处于不连续运行（或间歇运行）和发生故障的状态。

为确保安全供水，小型水厂应该注意：

- 向公众通告；
- 评估供应的水是否能符合已确定的基于健康的目标（见 4.1 节）；
- 监测已确定的控制手段，培训操作者确保能够控制所有可能的有害物，并且将其危险性控制在可接受的水平（见 4.2 节）；
- 对饮用水系统进行运行监测（见 4.2 节）；
- 执行系统的水质管理步骤（见 4.4.1 节），包括文件形成和信息交流（见 4.6 节）；
- 建立适宜的事件应对计划（一般包括对各个供水系统采取的行动，这要通过培训操作者来获得支持，以及地方和国家当局要求采取的行动，见 4.4.2 和 4.4.3 节）；以及
- 对目前输配水的运行作出升级和改进的方案（一般限定在国家或地区水平上，而不是在单个供应者的水平上）（见 4.1.8 节）。

对于服务社区或住户的局域性水源，着重点是选择可能获得的最好水源，并且使用多重防线保护它的水质（通常在水源保护区之内）和采取维护计划。不管是什么水源（地下水、地表水或雨水池）社区和家庭自己应该确知饮用这些水是安全的。一般地说，地表水和浅层地下水直接受地表水（包括有径流的浅层地下水）的影响，应该给予处理。

推荐给社区供水水质监测的参数，是那些能确定水的卫生状态和能导致产生水源性疾病的参数。最主要的水质参数是大肠埃希氏菌，耐热（粪源的）大肠菌也可作为适宜的替代指标，还有余氯（针对加氯消毒）。

在可能的情况下，应该辅以 pH 调节（如果采用了加氯）和浊度测量。

这些参数可以使用相对简单的现场分析检测设备。现场检测浊度和余氯这两个参数是必需的，因为他们在水的运输和存储过程中会很快发生变化；就其他指标而言，如果没有实验室支持或存在运输困难，常规的取样和分析就不可能实行。

对当地有意义的其他与健康有关的参数也需要测定。全面控制化学污染的方法将在第 8 章介绍。

4.6 文件记录和信息交流

饮水安全计划的文件应包括：

- 描述和评估饮用水系统（见 4.1 节），包括更新和改进现有的输配水系统（见 4.1.8 节）；
- 饮用水系统的运行监测和验证计划（见 4.2 节）；
- 正常运行、事故（特定的和不能预见的）和紧急情况下的饮用水安全管理规程（见 4.4.1, 4.4.2 和 4.4.3 节），包括信息交流计划；
- 支持性计划的描述（见 4.4.6 节）。

书面记录是最重要的，它能用来评价饮用水安全计划是否完善以及证明饮用水系统是否执行了饮用水安全计划。一般保存以下 5 种记录：

- 为制定饮用水安全计划的支持性文件，包括证实材料；
- 运行监测和验证中产生的记录和结果；
- 事故调查的结果；
- 所使用的方法和步骤的文件记录；
- 人员培训计划的记录。

追踪运行监测和验证获得的记录，操作者和管理者能发现运行过程是否正在接近运行限值和临界值。回顾记录能有助于确定运行趋势并进行调整。建议定期回顾饮用水安全计划的记录，这样就可以注意到运行的趋势和决定采取适宜的行动并加以实施。当通过审核方法来进行监督时，记录也同样是必需的。

信息交流的策略应该包括：

- 在供水范围内，对任何重大事件迅速提出建议的规定，包括公共卫生管理部门的通知；
- 向消费者提供总结材料——例如通过年报和网络；
- 建立一种及时接受和积极处理社区投诉的机制。

消费者有权知道供应给他们的水与健康的有关信息。但是，在很多社区，获得这种信息的基本权利并没有得到保证，饮用不安全水的可能性相当高。因此，负责监测的机构应该制定健康相关的信息宣传和解释的策略。在第 5.5 节中将进一步介绍信息交流。