

第8章 化学物问题

饮用水中存在的大多数化学物对健康产生影响要在长期接触数年之后，而不是几个月，但硝酸盐是主要的例外情况。通常，水质的改变是逐渐的，除非有些物质间歇性排放或渗入地表水或地下水，如废弃物填埋处造成的污染。

在某些情况下，一组化学物从相关的来源进入饮用水，例如，消毒副产物，也许不需要为所有那些有准则值的化学物制订标准。如果采用加氯消毒方法，三卤甲烷可能是主要消毒副产物，而其中氯仿是主要成分，在某些情况下还有氯代乙酸。有时控制氯仿浓度，必要时再加上控制三氯乙酸浓度就可以有效控制其他加氯消毒的副产物。

有几种无机元素已有推荐的准则值，它们被认为是人体必需的营养元素。这里不打算确定饮用水中这些物质的最低期望浓度。

各个化学污染物的详细说明列于第12章中。对已经建立准则值的那些污染物，该章的内容包括他们的简要毒理学综述，推导准则的依据，水处理可达到的水平以及分析检出限。有关化学物的更详细资料可从下列网站得到：

(http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/en/)。

8.1 饮用水中的化学有害物

许多化学污染物通过饮用水的长期接触已显示出对人体健康的不良作用。然而在各种来源进入饮用水的化学物中，这些化学污染物只占很小的比例。

这里考虑并进行评价的只是对健康可能有影响的物质，已经提出准则值的也仅仅是基于健康的考虑。有关化学污染物对消费者饮用水可接受性的潜在影响将在第10章涉及。一些可能影响健康的物质也影响到饮用水的可接受性。通常，在水中这些物质的浓度远低于影响健康的水平时，就已经可能不被接受。在这种情况下，需要制订基于健康的准则值，用于解释收集到的数据，以回应消费者的抱怨。

准则中列入的化学物并不意味着所有这些化学物永远都会存在于水中，而准则中没有提到的化学物也不一定就不存在。

在2.3.2节中指出“以这些准则作为基础来制订国家的饮用水标准时，有必要考虑影响潜在暴露量的环境、社会、文化经济、饮食及其他条件的多样性。这可能导致国家标准与本准则有很大差别”。这点对化学污染物特别适用，因为污染物有很多种，为所有这些污染物制订标准或将其都列入监测规划既行不通也不值得。

将化学污染物按重要性顺序列出，最重要的化学污染物将被考虑列入国家标准和监测规划，这是很重要的。

还有一种可能性：任何一种特殊的化学物可能在特定环境中出现，且浓度很高，这时应针对个案来进行评价。有些化学物可能已知存在于某一国家，而对其他化学物的评估就相对比较难了。

在大多数国家，无论是发展中国家或发达国家，供水部门专业人员可能知道饮用水供水中存在许多浓度相当高的化学物。在这方面，长时间在实践中积累起来的当地知识团体是非常宝贵的。因此，在许多国家和地方机构通常已经知道饮用水中存在的有限的几种化学污染物。然而，当对健康有高度危险的化学物广泛存在，但并不被知晓的情况下，就有可能发生严重问题，甚至产生危机。这是由于长期慢性暴露而造成的危害所致，这种情况与急性暴露不同。孟加拉国及西孟加拉地下水中的砷就是这样一个例子。

某些污染物，它们除饮用水外还有其他来源，在制订标准或考虑是否需要制订标准时应加以考虑。在考虑是否需要加以监测时这也是很重要的。在某些情况下，饮用水是较小的污染物暴露源，控制饮用水的暴露水平对控制总暴露水平影响很小。在另一些情况下，控制水中污染物对减少暴露可能是最经济有效的办法。所以制定饮用水监测策略时应考虑环境中化学物的其他潜在的暴露途径。

表 8.1 化学成分来源分类

化学成分来源	来源举例
自然来源	岩石、土壤及地质沉积和气候影响
工业来源和居民住所	采矿、工业提炼、制造业及加工工业、污水、固体废弃物、城市排水、燃料泄漏
农业活动	粪便、肥料、农药及动物的大量圈养
水处理或与饮用水接触的材料	絮凝剂、消毒副产物、管材
为公众健康目的用于水中的杀虫剂	用于控制病媒昆虫的杀虫剂
蓝藻	湖泊富营养化

第12章总结了制订每一项准则值的科学依据。这些资料对帮助修改准则值以适应国家的需要，或者当污染物浓度超过准则值时，如何评估其对健康的影响都是很重要的。

饮用水中化学污染物可以按不同方法进行分类，然而最适用的方法是根据污染物的主要来源来进行分类，也就是在什么地方控制这些化学物最为有效。这样做有助于制订一套防止和减少污染的方法，这比主要依靠测定最终供水中污染物浓度更好些。

一般说来，在以下两种情况，饮用水中化学危害的管理方法是不同的：污染物主要来自饮用水的水源（通过有效的控制，例如通过水源的选择，水源污染控制、水处理或混合）以及污染物来自饮用水生产和输配过程（通过优化生产过程或产品技术规格来加以控制）。因此，在本准则中根据化学物主要来源分成6个组，见表8.1。

分类可能并不常常是明晰的，自然来源的污染物组，包括许多无机化学物，它们出现在饮用水中是因为岩石和土壤被雨水冲刷的结果，其中一些污染物当环境受到扰动时，其来源就更难界定，例如在采矿区的情况就是如此。

8.2 化学物准则值的推导

对一个特定的化学成份是否需要建立准则值取决于以下几个原则：

- 饮用水中该化学物存在的可信的证据，并结合有急性或潜在毒性的依据；
或
- 该化学物受到国际上的极大关注；或
- 该化学物已被包括，或考虑包括进WHO农药评价规划（WHOPES），（系直接应用杀虫剂加入饮用水中以控制病媒昆虫正式批准的规划）。

已制订了饮用水中多种化学成分的准则值。每一项准则值通常代表消费者终生饮用该浓度的水对健康不会产生明显危害。已经制订的许多暂行准则值，他们的浓度通过适宜可行的水处理方法是能够达到的或通过实验室分析方法能够测出。在这些情况，准则值高于计算得到的基于健康的数值。当在毒理学和健康数据方面存在高度不确定性时，这些准则值也被定为暂行值（见8.2.6节）。

在推导接触化学物对健康影响的准则值时，有两种主要的资料来源可以应用。第一种也是首选的资料来源是对人群的研究结果。然而，许多化学物缺少这方面的实验数据，因为缺少人群暴露于某一物质特定浓度或者同时暴露于其他物质的定量资料。然而，对某些物质，这类研究是制订准则值的主要依据；第二种，也是最常用的，资料来源是实验室动物毒理试验的结果。毒理试验的局限性在于使用的动物数量比较少和使用的实验剂量相对较高，这些特定的结果，与人体健康之间的相关存在不确定性。因为这需要将动物试验的结果外推到人，而这些人通常只是暴露于低剂量。在多数情况下，制订准则值的研究还得到许多其他研究的支持，包括人体数据，这些数据在进行健康危险性评估时也应加以考虑。

为了制订准则值来保护人体健康，需要选择最合适的研究或一类研究。来自实施得好、显示明确的剂量-反应关系的研究的数据是首选的。在可获得的一系列资料中，通过专家的判断选出最合适的研究。

8.2.1 方法

有两种制订准则值的方法，一种用于“有阈值的化学物”，另一种用于“无阈值的化学物”（大多是遗传毒性致癌物）。

一般认为：遗传毒性化学致癌物的始动过程是在体细胞（即除卵细胞和精子外的细胞）的遗传物质（DNA）中诱发突变，在任何暴露水平（即无阈值）都具有理论上的危险性。另一方面，有的致癌物能在动物或人体生成癌瘤，并不具有遗传毒性，而是通过间接机制起作用的。一般认为，非遗传毒性致癌物显示有

阈值剂量。

在推导致癌物的准则值时，选择应用阈值方法还是非阈值方法时，应考虑那些致癌物可能的致癌机理（见8.2.2和8.2.4节）。

在评估化学物潜在致癌作用时，通常以长期动物试验为基础。有时也有人的致癌作用资料，其大多数来源于职业暴露。

根据现有证据，国际癌症研究所（IARC）将化学物按照其潜在致癌风险分成以下几组：

- 1组： 对人体致癌的物质
- 2 A组： 很可能使人致癌的物质
- 2 B组： 可能使人致癌的物质
- 3组： 不按对人有无致癌作用来分类的物质
- 4组： 可能不会使人致癌的物质

IARC将上述分类法作为致癌危险性评估的第一步，如果可能，在此基础上，要进行第二步的定量危险性评估。在建立饮用水准则值时，如果有IARC对致癌化学物的评价，可以考虑采用。

8.2.2 阈值化学物

在多数不同类型的毒性中，认为肯定有一个剂量，低于此剂量时不会发生不良作用。对于产生毒性作用的化学物，应按下述方法推导出每日可耐受摄入量（TDI），即在最相关的实验中，采用最灵敏的终点，并最好是经饮用水给药。

$$TDI = (NOAEL \text{ 或 } LOAEL) / UF$$

此处：

- NOAEL = 最大未观测到有害作用剂量
- LOAEL = 最小观测到有害作用剂量
- UF = 不确定性系数

准则值（GV）可从TDI推导而得：

$$GV = (TDI \times bw \times P) / C$$

此处：

- bw = 体重（见下文）
- P = 饮用水占 TDI 的份额
- C = 每日饮用水消费量（见下文）

每日可耐受摄入量(TDI)

TDI是对食物和饮用水中某种化学物总量的估计，并以体重作为基础计算（mg/kg或μg/kg体重），终身按此量摄入不会发生明显的健康危险。

每日容许摄入量（ADIs）是为食物中的食品添加剂和农药残留制定的，使用它们是为了技术需要或植物保护的目。饮用水中化学污染物通常没有什麼功能。用“每日可耐受摄入量”比“每日可接受量”更为恰当，因为用可容许来表述比用可接受更好些。

多年以来，联合国粮农组织和世界卫生组织食品添加剂合作专家委员会（JECFA）和联合国粮农组织和世界卫生组织农药残留联席会议（JMPR）已经制定了推导ADIs的某些原则，这些原则在合适的场合已经被用来推导TDIs，TDIs则用于建立饮用水水质的准则值。

因为TDIs被认为是代表终生可耐受的摄入量，它们并不是精确到在短时间也不可以超过的量。短期接触量超过TDI并不是关注的理由，只要个人长期平均摄入量并未显著超过这一设定的水平便可。在制订TDI时一般包含很大的不确定性系数（见下文），以保证短期暴露于超过TDI水平时，对健康不会有任何严重后果。然而，如果在短时期内明显超过TDI，应考虑是否会有潜在的急性作用。

最大未观测到有害作用剂量和最小观测到有害作用剂量

最大未观测到有害作用剂量（NOAEL）定义为化学物在单独试验或观察中，没有发现对健康有可测到的有害作用时的最高剂量或浓度。NOAEL要以长期试验作为基础，最好是经饮用水摄入试验。然而，从短期试验和其他来源的暴露（如食物、空气）试验获得的NOAEL也可以应用。

如果没有NOAEL的资料，也可以应用最小观测到有害作用剂量（LOAEL）。LOAEL是可观察到化学物对健康有可观测到的有害作用的最低剂量或浓度。当用LOAEL来替代NOAEL时，通常要另加不确定性系数（见下文）。

不确定性系数

不确定性（或安全性）系数已被广泛用来推导食品添加剂、农药和环境污染物的ADIs和TDIs。推导这些系数要求有专家的判断，并对可用的科学证据审慎地加以考虑。

表 8.2 推导准则值时不确定性的来源

不确定性来源	系数
物种间差异（从动物到人）	1-10
物种内差异（种内个体差异）	1-10
试验或数据的适用性	1-10
作用的性质和严重程度	1-10

在推导准则值时，不确定性系数用于NOAEL或LOAEL时要采纳最具生物学意义的反应。

涉及一般人群的暴露时，按动物关键性作用的NOAEL值除以不确定性系数

100。这里包含两个10倍系数，其一是物种间差异，另一个是人群中个体间差异（见表8.2）。另外的不确定性系数还可能来自数据资料的不足和有害作用的严重性和不可逆性。

当物种间有差异时，例如，当已知人没有实验动物敏感时，可用小于10的系数。有不足之处的试验或数据是指用LOAEL替代NOAEL，以及所做试验的时间比预期要短等等。在某些情况下，由于有害作用的性质或严重性有理由附加不确定性系数，这里包括试验终点出现胚胎畸形，或测定NOAEL的终点直接关系到可能有致癌作用。在后一种情况下，对致癌化学物要加大不确定性系数。这些物质的准则值用TDI方法推导要优于用理论危险性外推的方法。

对那些不确定性系数大于1000的物质，为了强调在这些准则值中存在具有较高度度的不确定性，把这些准则值定为暂行准则值。不确定性系数高表明准则值的浓度可能比在实际人群中产生健康影响的浓度要低得多。当有新的资料提供时，具有高不确定性系数的准则值很可能需要进行修改。

在推导化学物的准则值时，对不确定性系数的选择和采用是重要的，因为它可以使制订的数值有很大差别。如果污染物有足够可信的数据，则推导准则值时采用较小的不确定性系数。然而，大多数污染物存在较大的科学不确定性，需要采用相对较大的不确定性系数。采用不确定性系数能使化学物和可获得的数据的特定属性在推导准则值时得到考虑。

摄入量分配额

对于已经建立准则值的物质来说，饮用水通常不是人体暴露的唯一来源。在许多情况下，从饮用水来源的化学污染物少于从食物、空气和生活消费品等其他来源的化学污染物。因此，在制定各项准则和危险性管理策略时需要考虑TDI分配给不同来源的容许值的比例。这样可以保证所有来源的每日摄入总量（包括饮用水中所含该物质浓度在准则值或准则值附近）不超过TDI。

只要可能，要用通常从饮用水中摄入量占总摄入量比例的数据（以食物、空气和饮用水平均量为基础）或者以物理和化学性质为基础估算的摄入量来推导准则值。在制定全球可用的准则值时，要得到对许多化学物来说有高度变化范围的这些数据是很困难的。在没有合适的信息时，便使用反映水中各种化学物可能贡献的数值。当食物为这些物质的主要来源时，这些数值约为10%，而饮用水为首要来源时，这些数值便转变到80%。虽然在大多数情况下这些选定数值适用于估算水中污染物的其他摄入途径（即吸入和皮肤吸收），但在某些情况下，行政管理部 门会愿意将吸入和皮肤暴露估算在内以使准则值适应当地的情况（见2.3.2节）。

在那些具有相关暴露资料的地方，鼓励行政管理部门建立适合当地环境条件的准则值。例如，已知有些地区，从饮用水摄入某种污染物比从其他来源（如空气和食物）要大得多，便应该将TDI中较大份额分配给饮用水去推导准则值，使之更适合当地条件。

默认值设定

这里有两个变量，一是消费者所摄入的水量，二是消费者的体重。因此，为了制定准则值，必需应用某些设定。一个成年人每日水消费的默认设定值是2升，而体重的默认设定值是60公斤。世界各地水摄入量变化很大，这是公认的，尤其是气候炎热地区的体力劳动者。就少数指标来说，如氟化物，为制定当地标准就需要作出局部地区的调整。对大部分其他物质来说，饮用水摄入量的范围是很小的（可能是乘以2-4），相对来说，毒理学的不确定因素的范围要大得多。某些情况下，在考虑到某一物质特别容易伤害儿童时，则准则值的设定以儿童为基础。此时，默认摄入量设定为1升，体重为10公斤；当认为人工喂养的婴儿是最易受伤害的人群时，则设定摄入量为0.75升，体重为5公斤。

有效数位

用计算的TDI推导准则值，此值被修约成一位有效数。在某些情况下，ADI值在JECFA或JMPR制订时只用一位有效数，用此数计算准则值。准则值一般均修约成一位有效数，以反映动物毒性数据和对暴露假设方式的不确定性。

8.2.3 替代方法

为有阈值化学物推导TDI_S时，下列几种方法可考虑作为替代，其中包括基准剂量(benchmark dose, BMD)和化学特异性调节因子(chemical-specific adjustment factors, CSAF_S)。基准剂量(BMD)系指能小幅度增加不良作用(即5%或10%)的较低可信限值，可将不确定系数用于BMD以得到可耐受摄入量。BMD比NOAEL具有一系列优点，其中涉及一个事实，即根据全部剂量—反应曲线推导出临界效应，而NOAEL只用单一剂量组推导出来(IPCS, 1994)。以前被称为“信息衍生的不确定因素”的CSAF_S则由定量的毒物代谢动力学和毒效动力学数据推导出来，并代替了默认值在种属间和暴露途径间进行外推。这样，它们减少了对经验数学模型的依赖(IPCS, 2001)。

8.2.4 无阈值化学物

对那些被认为是遗传毒性致癌物，它们的准则值一般通过数学模型来推导。虽然有几种数学模型，但通常采用线性多级模型。其他几种模型更适用于一些少数情况。这些模型在某个特定暴露水平计算危险估计值，同时计算可信限的上限值与下限值，在下限值中可包括零值。准则值以保守方式表示为终生癌症超额危险的上限估计值为 10^{-5} 时饮用水中该物质的浓度（即饮用含该浓度物质的饮用水70年，每10万人中会增加一个癌症病例）。这一数值并不等于在这一浓度水平上接触该物质引起的癌症病例数。这是在考虑到大量不确定因素后的最大潜在危险水平。很可能是实际危险水平比最大潜在危险水平低，但低暴露水平时的危险程度无法由实验验证。会员国可考虑不同的危险水平以更适合各自的情况，如确定致癌危险为 10^{-4} 或 10^{-6} 则分别将该准则值乘以或除以10即可。

用于推导无阈值化学物准则值的数学模型无法用实验得到验证，它们通常没有考虑许多生物学方面的重要问题，如药代动力学，DNA修复或免疫系统的保护作用等。它们也假设线性外推法的有效性，即将试验动物的超高剂量的暴露线性外推到人的非常低剂量的暴露。其结果是这些模型较为保守（即误差产自“谨慎”）。对用这些模型推导的准则值与TDI为基础推导的准则值应有不同的解释，因为这些模型的精确性较差。无阈值化学物如超过准则值不太多，且是短期暴露则不会对危险性产生明显影响。

8.2.5 数据质量

在评估所得资料的质量和可靠性方面要注意以下几点：

- 最好是经口服实验研究（特别是饮用水实验研究），使用高纯度物质并有合适的给药方式和高质量的病理检验。
- 数据库应有足够广度，所有可能与毒理学终点有关问题都已被识别。
- 实验研究的质量应是可信的，例如，已经充分考虑了流行病学调查中的混杂因素。
- 各项实验研究之间有合理的一致性，用作推导准则值的试验及终点不与总体证据相矛盾。
- 对无机化学物，要考虑在饮用水中的形态。
- 要适当考虑在流行病学调查中的多种物质暴露问题。

在制订准则值时，认真考虑了现行的国际方法。特别回顾了已由国际化学品安全规划组织出版的环境卫生标准专著（EHC monographs）和CICADs，以及IARC，JMPR和JECFA等关于危险性评估的资料。以上述这些评估为依据，除非有新的资料表明值得重新评估，而新数据的质量在应用于任何危险性评估之前已经过严格的评价。当缺少国际评论时，其他来源的数据也可用来推导准则值，包括公开文献中发表的同行评议报告、被认为是高质量的国家评论、由政府和其他有关的团体提供的资料、在有限范围内，有些未发表的专门资料（主要是对农药的评价）也可以应用。今后主要通过WHO/IPCS/JMPR/JECFA来进行对农药的修订和评估工作。

8.2.6 暂行准则值

暂行准则值的应用和标示列于表8.3中。

对无阈值物质，由于分析或处理技术不过关，以在一般寿命的上限值期间发生癌症危险为 10^{-5} 为依据设置浓度是不可行的，建议将暂行准则值（分别标示为A或T）定在切实可行的水平。

表 8.3 暂行准则值的应用和标示

暂行准则值应用情况	标 示
基于健康的准则值的推导有显著科学不确定性	P
计算的准则值低于实际能达到的定量水平	A (准则值设在定量分析能达到的水平)
计算的准则值低于实际处理方法能达到的水平	T (准则值设在实际处理能力的限值)
计算的准则值由于消毒有可能被超过	D (准则值仍以健康为基础, 但饮用水消毒仍是最重要的)

8.2.7 影响可接受性的化学物

某些对健康有影响的物质也会影响饮用水的味道、气味或外观。通常在远低于对健康有影响的浓度时, 已遭到人们拒绝。这些物质通常不宜列为常规监测项目。不过, 制订其基于健康的准则值还是需要的, 例如, 收集来的数据可用于对消费者的抱怨作解释。在这种情况下, 基于健康作出的总结报告和准则值仍以例行方法表达。在总结报告中, 可对与健康有相关的浓度和与饮用水可接受性相关的浓度之间的关系加以叙述。准则值的表格中, 基于健康的准则值标注“C”。

8.2.8 未列入准则的化学物

未包括在这些准则中的许多化学物, 其更多的资料有几处可靠的来源, 包括WHO EHCs和CICADs(www.who.int/pcs/index), JMPR, JECFA和IARC的化学药品危险性评估报告, 以及许多国家的出版物, 例如美国环保署。虽然这些资料来源可能还没有被本准则评审, 但它们已经过同行评议, 并提供了许多其它化学物在毒理学方面很容易得到的资料。他们能够帮助饮用水供应部门和卫生官员对被检出的化学物的重要性作出决定和给予恰当的反应。

8.2.9 混合物

饮用水供水中的化学污染物是与多种其他无机成分和/或有机成分一起存在的。准则值是对单个物质分别计算的, 没有特别考虑每一物质和其他化学物可能存在的相互作用。对大多数准则值都预留有很大的不确定性的余地, 足以应对可能存在的相互作用问题。此外, 大多数污染物浓度也不会持续达到或接近准则值。

许多化学污染物的毒性机制并不相同, 因此, 没有理由假设它们有相互作用。但当许多污染物有相似的毒理学作用机制, 浓度水平接近各自的准则值时, 相互作用偶尔也可能发生。在这种情况下, 应当考虑当地的情况确定相应对策。除非有相反的证据, 应可以假定这些化学物的毒性作用是相累加的。

8.3 分析方面

如上所述, 准则值不设定在该物质不能有效测量的浓度。在此情况下, 应将暂行准则值设定在合理的分析限值。

本节为读者在特定条件下选择适当的分析方法提供指导。

8.3.1 分析可达到的水平

许多国家和国际机构出版了多种版本的“标准”或“推荐的”水分析方法。人们常认为，假如所有实验室采用相同的标准方法就能达到足够的分析准确度。经验告诉我们，情况常常并非如此，因为各种因素会影响结果的准确性。例如，试剂的纯度，仪器的种类和操作，以及特定的实验室对方法改良的程度以及分析工作者熟练和仔细的程度。这些因素可能在各实验室之间或同一个实验室的不同时间内都会有差异。而且，某一特定方法所能达到的精密度和准确度，常常取决于采样是否适当以及样品的性质（基体）。并不是必须使用标准方法，重要的是要对所采用的方法进行恰当验证，对精密度和准确度经过确定之后才能根据检测结果作出重要决定。气味和味道，色度和浑浊度等“非特异”指标，其测定结果与所用的方法有关，当对数据进行比较时需要考虑这一点。

选择分析方法时，对以下问题加以考虑是十分重要的：

- 首先要考虑的是，所选方法的准确度须符合要求。其他因素，如方法的速度和方便程度只能在那些满足基本要求的方法中进行选择。
- 测定和报告误差有许多明显不同的方式，而这些误差是所有方法都存在的。这使方法的有效选择复杂化和存在偏倚，已经提出了有关测定和报告误差的方法标准化的建议。所以最好详细说明所有的分析方法，明确讲解操作特点。
- 如果要将某个实验室提交的分析结果与其他实验室的结果或与用数字表示的标准进行比较，那么他们最好不带有系统误差。尽管实际上这是不可能的，但每个实验室应该选择的方法是其系统误差已经过充分评价并显示处于可接受的低水平。

无机化学物分析方法的技术复杂程度的定性序次见表8.4；有机化学物见表8.5。这些化学物分别进行分组，因为它们的分析方法差别很大。序次愈高表示所使用的设备和/或操作愈复杂。一般而言，序次较高的所需费用也较高。化学物准则值的分析可达到的水平是以检出限作为基础的，其数据列于表8.6-表8.10。

表 8.4 无机化学物分析方法的复杂性序次

序次	分析方法举例
1	容量法、比色法
2	电极法
3	离子色谱法
4	高效液相色谱法 (HPLC)
5	火焰原子吸收光谱法 (FAAS)
6	电热原子吸收光谱法 (EAAS)
7	电感耦合等离子体/原子发射光谱法 (ICP/AES)
8	电感耦合等离子体/质谱法 (ICP/MS)

有多种类型现场检验包可用于饮用水水质的符合性检测和运行监测。虽然现场检验包一般价格较低,但其分析准确度一般也比表8.4和表8.5所列方法要差些,所以在应用现场检验包之前有必要对它们的可靠性进行核实。

表 8.5 有机化学物分析方法的复杂性序次

序次	分析方法举例
1	高效液相色谱法 (HPLC)
2	气相色谱法 (GC)
3	气相色谱/质谱法 (GC/MS)
4	顶空气相色谱/质谱法 (Headspace, GC/MS)
5	吹扫捕集气相色谱法 (Purge-and-trap GC)
	吹扫捕集气相色谱/质谱法 (Purge-and-trap GC/MS)

表 8.6 已建立准则值的无机化学物可达到的分析水平, 按来源分类^a

	现场方法		实验室方法				
	Col	Absor	IC	FAAS	EAAS	ICP	ICP/MS
天然化学物							
砷		#		+(H)	++□+++ (H)	++(H)	+++
钡				+	+++	+++	+++
硼		++				++	+++
铬		#		+	+++	+++	+++
氟化物	#	+	++				
锰	+	++		++	+++	+++	+++
钼					+	+++	+++
硒		#		#	+++ (H)	++ (H)	+
铀						+	+++
来自工业源和居民区的化学物							
镉		#			++	++	+++
氰化物	#	+	+				
汞					+		
来自农业活动的化学物							
硝酸盐/亚硝酸盐	+++	+++	#				
用于水处理或与饮用水接触材料中的化学物							
铈				#	++(H)	++(H)	+++
铜	#	+++		+++	+++	+++	+++
铅		#			+	+	++
镍		+		#	+	+++	++

^a 表8.6的说明和注解列于表8.10之下。

表 8.7 来自工业源和居民住所并建立准测值的有机化学物, 分析方法可达到的水平^a

	CoI	GC	GC/PD	GC/EC	GC/ FID	GC/ FPD	GC/ TID	GC/ MS	PT- GC/MS	HPLC	HPLC/ID	HPLC/ UVPAD	EAAS	IC/ID
苯				++	+				+++					
四氯化碳				+					+					
二(2-乙基己基)邻苯二甲酸酯								++						
1,2-二氯苯			+++	+++					+++					
1,4-二氯苯			+++	+++					+++					
1,2-二氯乙烷				+++					++					
1,1-二氯乙烯				+++	+				+++					
1,2-二氯乙烯				++	++				+++					
二氯甲烷				#	+				+++					
1,4-二噁烷								+++						
乙二胺四乙酸(EDTA)								+++						
甲苯				+++	+++				+++					
六氯丁二烯									+					
次氨基三乙酸(NTA)		+++												
五氯酚				++					+++	+++				
苯乙烯				++	+				+++					
四氯乙烯				+++	+				+++					
甲苯					+++				+++					
三氯乙烯				+++	+				+++					+
二甲苯类					+++				+++					

^a 表8.7的说明和注解列于表8.10之后。

表 8.8 来自农业活动并已建立准则值的有机化合物，分析方法可达到的水平^a

	CoI	GC	GC/PD	GC/EC	FID	FPD	TID	GC/MS	PT-GC/MS	HPLC	HPLC/FD	HPLC/UVPAD	EAA	IC/FD
甲草胺				□				+++				+		
涕灭威				+				+++□						
艾氏剂和异艾氏剂														
莠去津							++				++			
呋喃丹				+										
氟丹				□										
绿麦隆														
氰乙酰胺				++				++				+		
2,4-滴				++				+++						
2,4-滴B				++				+++						
1,2-二溴-3-氯丙烷				□				+++	++					
1,2-二溴乙烷								+	+					
1,2-二氯丙烷				+++				+++	+++					
1,3-二氯丙烯				+++				+++	+++					
2,4-滴丙酸								+++	+++					
乐果								#						
异狄氏剂				+										
2,4,5-涕丙酸				+										
异丙隆				+										
林丹				+										
2甲4氯苯氧基乙酸				+++				+++				+++		
2甲4氯丙酸				+++				+++				+++		
甲氧滴滴涕		+++		+++				+++						
甲氧毒草安				+++				+++						
禾草特				+++				+++						
喷达曼萨林				+++			++	+++						
西玛津					+		+	+++						
2,4,5-涕				+++				+++						
特丁律				+++				+++				++		
氟乐灵		+++		+++				+++				+		

^a 表8.8的说明和注解列于表8.10之后。

表 8.9 来自水处理或与水接触材料并已建立准则值的化学物，分析方法可达到的水平^a

	Col	GC	GC/PD	GC/EC	GC/FID	GC/FPD	GC/TID	GC/MS	PT-GC/MS	HPLC	HPLC/FD	HPLC/UVPAD	EAAS	IC
消毒剂														
一氯胺	+++									+++				+++
氯气	+++													
消毒副产物														
溴酸盐				+++					+++					+
一溴二氯甲烷				+++					+++					
溴仿				+				+						
水合氯醛(三氯乙醛)														
氯酸盐				+++					+++					□ □
亚氯酸盐				+++					+++					□
氯仿														
氯化氰				□				□						
二溴乙腈				+++					+++					
二溴一氯甲烷				□				□						
二氯乙酸				+++				+						
二氯乙腈				□				□						
甲醛				□				□						
一氯醋酸								++						
三氯乙酸				□				□						
2,4,6-三氯酚				+++				+++						
三卤甲烷 ^b				+++					+++					
来自化学处理剂的有机污染物														
丙烯酰胺				+				+						+
环氧氯丙烷				+				+						
来自管材和零配件的有机污染物														
苯并[a]芘								++						++
氯乙烯				+										

^a 表8.9的说明和注解列于表8.10之下

^b 另见各三卤甲烷

表 8.10 水中用于公共卫生目的并已建立准则值的农药，分析方法可达到的水平^a

	Col	GC	GC/PD	GC/EC	GC/FID	GC/FPD	GC/TID	GC/MS	PT-GC/MS	HPLC	HPLC/FD	HPLC/UV/PAD	EAAS	IC/FD
毒死蜱				+++	+++	+	+++	+++						
滴滴涕(及其代谢产物)				+++	+++			+						
吡丙醚														+++

^a 说明和注解列于表8.10之下

表8.6-8.10的说明

Col	比色法
Absor	吸收光谱法
GC	气相色谱法
GC/PD	气相色谱法/光电离检测器
GC/EC	气相色谱法/电子捕获检测器
GC/FID	气相色谱法/火焰离子化检测器
GC/FPD	气相色谱法/火焰光度计检测器
GC/TID	气相色谱法/热离子检测器
GC/MS	气相色谱法/质谱
PT-GC/MS	吹扫捕集-气相色谱法/质谱
HPLC	高效液相色谱
HPLC/FD	高效液相色谱/荧光检测器
HPLC/UV/PAD	高效液相色谱/紫外二极管阵列检测器
EAAS	电热原子吸收分光光度法
IC	离子色谱法
ICP	电感耦合等离子体
ICP/MS	电感耦合等离子体/质谱法
FAAS	火焰原子吸收分光光度法
IC/FAAS	离子色谱/火焰原子吸收分光光度法
IC/FD	离子色谱法/荧光检测器

表8.6-8.10的注解

- + 检出限在准则值与1/10准则值之间
- +++ 检出限在1/10准则值与1/50准则值之间
- # 检出限在1/100准则值以下
- 分析方法可用于检测准则值浓度,但难于检出准则值的1/10浓度
- (H) 检测方法可用于该项目
- (H) 该方法用氯化发生器将样品转化成氯化物后测定

8.3.2 分析方法

容量滴定法是对化学物用标准溶液进行滴定的分析方法。滴定终点可根据与指示剂反应生成颜色的变化来判定，也可从电位变化或pH值改变来判定。

比色法是测量生色的被测化学物或反应产物的颜色强度。在适宜的波长下测量光的吸光度，用已知浓度被测物的标准曲线来确定待测物的浓度。紫外法与比色法是相似的，只是用紫外光进行测量。

对离子化的物质，可用离子选择电极测量离子浓度。测量的电位与离子浓度的对数成比例。

某些有机化合物吸收紫外线（波长190~380nm），吸收强度与它们的浓度成比例。紫外吸收可用于有机物的定性检定，因为紫外吸收与有机碳的含量存在很显著的相关关系。

原子吸收光谱法 (AAS)用于金属的测定。它基于下列原理，当元素的特征波长的光通过气态原子时，基态原子会吸收光。因为这种光的吸收强度取决于气态原子的浓度。水样中待测元素的浓度可以根据测得的吸光度计算。**Beer-Lambert**定律阐述了浓度和吸光度之间的关系。

用**火焰原子吸收光谱 (FAAS)**时，待测样品被抽吸入火焰中并原子化，当与待测元素相同元素的空心阴极灯射出的光束通过火焰时被吸收，被吸收光的多少用检测器测量。此法比其他方法灵敏得多，并且不受共存元素的光谱或射线干扰。不需要预处理或仅仅需要简单的处理。但此法不能同时测定多种元素。因为每种特测元素所需的光源各异。

电热原子吸收分光光度法 (EAAS)原理与火焰原子吸收分光光度法 (FAAS) 相同，只是将电热原子化器或石墨炉替代测定金属用的标准燃烧头。与火焰原子吸收分光光度法比较，电热原子吸收分光光度法有更高的灵敏度和较低的检出限，并且所需样品量更少。电热原子吸收分光光度法受到共存元素光散射带来的干扰，同时分析时间比火焰法长。

电感耦合等离子体原子发射光谱法 (ICP/AES)测定金属的原理是：电感耦合等离子体光源由一个经射频离子化氩气流组成。在雾化器和喷射腔里将样品雾化，用注射管将样品带入等离子体中。样品在高温等离子体中加热和激发。高温等离子体使原子激发。当激发态原子回复到基态时会产生离子发射光谱。发射光谱通过单色器将不同元素发射的特征波长分开，由检测器将各波长的发射强度记录下来。化学干扰显著减少。如果是轻度污染的水样可不经特殊预处理，对多种元素可以同时或顺序地进行分析，达到较低检出限。结合延伸的动态范围自三位数到五位数，就是说可以达到金属的多元素测定。ICP/AES法的测定灵敏度与火焰原子吸收法或电热原子吸收法相近。

在**电感耦合等离子体质谱法 (ICP/MS)**中，元素的原子化和激发与ICP/AES法是一样的，随后进入质谱仪。样品进入质谱仪之后，离子经高电压加速，通过一系列离子光束，静电分析器，最后进入磁场。由于不同磁场强度，离子按其质量/电荷比而分开并通过一狭缝进入检测器，检测器只记录在给定时间里的很小

的原子质量范围。改变磁场和静电分析器的设置，整个质量范围可在相当短的时间里扫描出来。如果水样是轻度污染的，对多种元素可能同时或顺序的进行分析而不需要特殊预处理，而且能达到较低的检出限。结合扩展动态范围自3位数到5位数，就是说可以达到金属的多元素测定。

色谱法是一种分离方法，是基于在两相，固定相和流动相之间的亲和力不同的原理。样品注入到装有固定相或涂渍固定相的色谱柱中，由于化合物和固定相之间相互作用力（分配或吸附）的不同，样品在流动相中被分离。对固定相亲和力低的化合物在通过柱子时会走得快一些，较容易被洗脱。在柱子末端被洗脱出来的化合物，用一个适宜的检测器进行测定。

离子色谱法，用离子交换剂作为固定相。用作阴离子测定的典型洗脱剂是碳酸氢钠稀溶液和碳酸钠稀溶液。比色的，电位的或滴定的检测器可以用来测定各个阴离子。在抑制离子色谱法中，阴离子转变为它们有高导电性的酸；在碳酸盐-碳酸氢盐洗脱剂中，阴离子转变为弱导电性的碳酸。被分离出来的酸可用通过电导率的测定并根据与标准物保留时间的比较进行识别。

高效液相色谱法 (HPLC)应用液体作为流动相和含有液体固定相的色谱柱。分离后的化合物的检测：有机化合物用测定吸光度的检测器；金属和无机化合物采用电导或电化学检测器。

气相色谱法 (GC)可检定和定量测定微量有机化合物。在气相色谱法中，气体用作流动相，涂在惰性颗粒固体上或毛细管壁上的液体作为固定相。当样品注入色谱柱中，有机化合物会挥发，随着载气在色谱柱中移动，移动速度取决于在流动相和固定相中不同的分配系数。气体通过色谱柱后，进入一个适合的检测器。可以采用多种检测器，包括火焰离子化检测器(FID)，电子捕获检测器(ECD)和氮磷检测器。这种方法的分离能力很强，结构相似的混合物可以系统地分离开来，检定和定量测定在一次操作中同时完成。

气相色谱/质谱 (GC/MS)方法是基于与气相色谱方法的相同原理，而采用质谱仪作为检测器。当气体从气相色谱柱末端流出，通过一个毛细管柱的接口，进入质谱仪。样品进入离子化器，有一电子准直光束撞击样品分子，产生离子化作用和裂解作用。再下一步是进入质量分析器，它用一磁场根据带正电荷粒子的质量进行分离。有几种类型分离技术，通用的是四极杆和离子阱。多种离子按照其质量被分离后进入检测器。

吹扫捕集填充柱气相色谱/质谱法或吹扫捕集填充柱气相色谱法是应用来测定各种可从水相中吹扫出的有机化合物。在室温下从水相中将被测化合物吹扫进入蒸气相。蒸气在冷阱中被捕集。加热冷阱，用相同吹扫气体，将待测化合物反相吹出，使之解吸进入色谱柱。气相色谱或气相色谱/质谱的原理已在上文中叙述。

酶联免疫吸附法 (ELISA)的原理如下：将要与待测化学物（抗原）相结合的蛋白质（抗体）覆盖在固相材料上，水样中的靶化学物（抗原）与抗体结合，之后再加入带有酶的第二抗体，它将与待测化学物结合，清洗掉所有游离的试剂，

加入发色剂，在酶解作用下发生显色反应，其颜色与待测化学物的量成比例。酶联免疫法可用来测定微囊藻素和合成表面活性剂。

8.4 水处理

如上所述，当水通过采用合理可行的处理方法还不能达到基于健康目标的准则值时，则采用暂行准则值。该准则值所设定的浓度为经过适当处理可能达到的浓度。

饮用水的收集、处理、贮存和配送涉及有意增加的许多化学物以改善用于消费者的最终饮用水的安全性和质量（直接添加物）。此外，水不断接触管道、阀门、龙头和水箱表面，它们均有可能使额外的化学物溶入水中（间接添加物）。水处理使用的化学物或来自与饮用水接触的化学物将在8.5.4节详细讨论。

8.4.1 水处理可达到的水平

饮用水供水的处理能力是否能达到准则值取决于许多因素，其中包括：

- 原水中化学物的浓度；
- 用于整个饮用水系统的控制措施；
- 原水的性质（是地下水还是地表水，天然本底和其他成分）；
- 已经设置的处理工艺。

如果现有的系统不能达到准则值，就需要考虑另加处理措施，或者应另找水源。

表 8.11 按水处理技术复杂性和处理费用排序

序次	处理工艺举例
1	简单加氯 平滤（快砂滤，慢砂滤）
2	预加氯加过滤 曝气
3	化学絮凝 控制消毒副产物的处理工艺最优化
4	颗粒活性炭处理 离子交换
5	臭氧化
6	高级氧化处理 膜处理

达到准则值所需费用取决于附加处理措施或其他所需控制措施的复杂性。不可能为达到单个准则值所需费用提出一个普遍适用的计量参考。处理费用（基本投资和操作费用），不但取决于上述各项因素，还与诸如工厂的生产能力，当地劳动力费用，市政和机械工程，化学品和电力费用，工厂的预期寿命等等有关。

表8.11系根据水处理技术复杂程度对处理过程进行排序，等级数值愈高表示在设备和操作上愈复杂。通常，等级愈高花费也愈大。

表8.12-表8.16总结了能去除对健康有害的化学污染物的处理工艺。这些表中只包括那些能提供处理数据的化学物。

表 8.12 已建立准则值的天然化学物，处理可达到的水平^{a,b}

	加氯	絮凝	离子 交换	沉淀 软化	活性 氧化铝	活性炭	臭氧化	膜处理
砷		+++ <0.005	+++ <0.005	+++ <0.005	+++ <0.005			+++ <0.005
氟化物		++			+++ <1			+++ <1
锰	+++ <0.05	++					+++ <0.05	+++ <0.05
硒		++	+++ <0.01		+++ <0.01			+++ <0.01
铀		++	+++ <0.001	++	+++ <0.001			

^a 符号说明

++ 去除50%或以上

+++ 去除80%或以上

^b 本表只列出可获得处理数据的化学物；表中空白表示此处理工艺完全无效或无工艺有效性数据。表中所列的为最有效工艺应可达到的浓度（mg/L）。

这些表格提供的资料可以帮助了解现行处理方法达到准则值的能力和可能需要增加的处理方法。这些方法是从已发表的文献汇编而成，主要包括实验室的实验资料，试点工厂研究资料和少量的水处理工艺全面研究的资料。所以：

- 许多处理是为较大型处理厂而设计的，可能并不适用于较小的处理厂或个别类型的处理。在这些情况下，选用的技术必须按个案分别考虑。
- 得到的资料可能是“最佳个例”。因为这些数据是在实验室条件下或在严格控制条件的工厂中进行实验取得的。
- 真正的操作过程将取决于原水中化学物的浓度和原水总体水质状况。例如，氯化作用以及用活性炭或臭氧化来除去有机化合物和农药时，如果水中存在高浓度天然有机物，作用将被削弱。
- 对许多污染物，可以采用几种不同处理方法，选择这些方法，要考虑技术的复杂性、费用以及当地条件。例如，膜处理法可以除去多种化合物，但被较简单、廉价、能有效除去大多数化合物的方法取代。

- 通常做法是采用一系列处理单元（如混凝、沉淀、过滤、活性炭、氯化）来达到期望的水质目标，这些方法中每一种都可能用来除去化合物。有时也可采用几种工艺的组合，以更合理和经济（如臭氧加活性炭）地除去特定化合物。

表 8.13 已建立准则值的来自工业源和居民住所的化学物，处理可达到的水平^{a,b}

	空气吹脱	絮凝	离子交换	沉淀软化	活性炭	臭氧化	高级氧化	膜处理
镉		+++ <0.002	+++ <0.002	+++ <0.002				+++ <0.002
汞		+++ <0.0001		+++ <0.0001	+++ <0.0001			+++ <0.0001
苯	+++ <0.01				+++ <0.01	+++ <0.01		
四氯化碳	+++ <0.001	+			+++ <0.001			+++ <0.001
1,2-二氯苯	+++ <0.01				+++ <0.01	+++ <0.01		
1,4-二氯苯	+++ <0.01				+++ <0.01	+++ <0.01		
1,2-二氯乙烷	+				+++ <0.01	+	++	
1,2-二氯乙烯	+++ <0.01				+++ <0.01	+++ <0.01		
1,4-二恶烷						+++ 无数据		
EDTA					+++ <0.01			
乙苯	+++ <0.001	+			+++ <0.001	+++ <0.001		
六氯丁二烯					+++ <0.001			
次氨基三乙酸					+++ 无数据			
五氯酚					+++ <0.0004			
苯乙烯	+++ <0.02				+++ <0.002			
四氯乙烯	+++ <0.001				+++ <0.001			
甲苯	+++ <0.001				+++ <0.001	+++ <0.001	+++ <0.001	
三氯乙烯	+++ <0.02				+++ <0.02	+++ <0.02	+++ <0.02	
二甲苯	+++ <0.005				+++ <0.005		+++ <0.005	

^a 符号说明

+ 去除有限

++ 去除50%或以上

+++ 去除80%或以上

^b 本表只列出可获得处理数据的化学物；表中空白表示此处理工艺完全无效或无工艺有效性数据。表中所列的为最有效工艺应可达到的浓度（mg/L）。

表 8.14 来自农业活动并已建立准则值的化学物，处理可达到的水平^{a,b}

	加 氯	空气 吹脱	絮 凝	离子 交换	活 性 炭	臭 氧 化	高 级 氧 化	膜 处 理	生 物 处 理
硝酸盐				+++ <5				+++ <5	+++ <5
亚硝酸盐	+++ <0.1					+++ <0.1	+++ <0.1		
甲草胺					+++ <0.001	++	+++ <0.001	+++ <0.001	
涕灭威	+++ <0.001				+++ <0.001	+++ <0.001		+++ <0.001	
艾氏剂/狄氏剂			++		+++ <0.00002	+++ <0.00002		+++ <0.00002	
莠去津			+		+++ <0.0001	++	+++ <0.0001	+++ <0.0001	
呋喃丹	+				+++ <0.001			+++ <0.001	
氯丹					+++ <0.0001	+++ <0.0001			
绿麦隆					+++ <0.0001	+++ <0.0001			
氰乙酰胺					+++ <0.0001	+		+++ <0.0001	
2,4-滴			+		+++ <0.001	+++ <0.001			
1,2-二溴-3-氯丙烷		+++ <0.001			+++ <0.0001				
1,2-二溴乙烷		+++ <0.0001			+++ <0.0001				
1,2-二氯丙烷					+++ <0.001	+		+++ <0.001	
乐果	+++ <0.001				++	++			
异狄氏剂			+		+++ <0.0002				
异丙隆	++				+++ <0.0001	+++ <0.0001	+++ <0.0001	+++ <0.0001	
林丹					+++ <0.0001	++			
2-甲4氯苯氧基乙酸					+++ <0.0001	+++ <0.0001			
2甲4氯丙酸					+++ <0.0001	+++ <0.0001			
甲氧滴滴涕			++		+++ <0.0001	+++ <0.0001			
异丙甲草胺（甲氧 毒草安）					+++ <0.0001	++			
西玛津	+				+++ <0.0001	++	+++ <0.0001	+++ <0.0001	
2,4,5-涕			++		+++ <0.001	+			

表 8.14续

	加氯	空气吹脱	絮凝	离子交换	活性炭	臭氧化	高级氧化	膜处理	生物处理
特丁律			+		+++ <0.0001	++			
氟乐灵					+++ <0.0001			+++ <0.0001	

^a 符号说明

+ 去除不多

++ 去除50%或以上

+++ 去除80%或以上

^b 本表只列出可获得处理数据的化学物；表中空白表示此处理工艺完全无效或无工艺有效性数据。表中所列的为最有效工艺应可达到的浓度（mg/L）。

表 8.15 水中用于公共卫生并已建立准则值的农药，处理可达到的水平^{a,b}

	加氯	絮凝	活性炭	臭氧化	高级氧化	膜处理
滴滴涕和代谢物	+	+++ <0.0001	+++ <0.0001	+	+++ <0.0001	+++ <0.0001
吡丙醚			+++ <0.001			

^a 符号说明

+ 去除量有限

+++ 去除80%或以上

^b 本表只列出可获得处理数据的化学物；表中空白表示此处理工艺完全无效或无操作的有效数据。表中所列的为最有效工艺应可达到的浓度（mg/L）。

表 8.16 已建立准则值的蓝绿藻细胞和藻毒素，处理可达到的水平^{a,b,c}

	加氯	絮凝	活性炭	臭氧化	高级氧化	膜处理
蓝藻细胞		+++				+++
藻毒素	+++		+++	+++	+++	

^a 氯化或臭氧化可能释放藻毒素

^b +++ = 去除80%或以上

^c 本表只列出可获得处理数据的化学物；表中空白表示此处理工艺完全无效或无工艺有效性数据

- 处理过程的有效性应该在实验室或中试工厂用真实原水做的试验来加以评定。这些试验要有足够长的时间来检验季节性或其他暂时性的污染物浓度以及工艺操作的变化。

8.4.2 加氯处理

加入液态氯气、次氯酸钠溶液或次氯酸钙颗粒以及使用现场的氯气发生器均能达到加氯处理的目的。液态氯气是放在加压的金属瓶内供应的。从钢瓶中取出氯气，并用加氯器定量加入水中，此时，加氯器同时起到控制和测定氯气流量的作用。次

氯酸钠的剂量则是采用容积式电子计量泵或一种自流式装置。次氯酸钙必需用水溶解，然后混入供水总体中。氯，无论是来自钢瓶的氯气、次氯酸钠，还是次氯酸钙，均在水中溶解并形成次氯酸（HOCl）和次氯酸根离子（OCl⁻）。

可使用各种加氯处理技术，如折点加氯、定限加氯和超量加氯/脱氯技术。折点法使用足量的氯，可迅速氧化水中的氨氮并残留适量的游离余氯以预防从加氯处理点到使用点之间水再次被病原体污染。超量加氯/脱氯法则是在水中加大剂量以达到快速消毒和迅速发生各种化学反应的目的，然后减少过剩的游离余氯。不除去过剩氯会引起水的口感问题。当水中细菌量变化太大或是水在水槽中停留的时间太短的情况下，主要使用超量加氯/脱氯法。定限加氯法用于高质量的水源，是用单剂量的氯产生所要求的游离余氯。这些供水源要求的氯量非常低，甚至不会出现折点。

加氯处理首先应用于微生物消毒。但是，作为一种氧化剂氯还可除去或有利于除去水中一些化学物，如：易氧化农药的分解，如艾氏剂；将溶于水的化合物（例如二价锰）氧化为不溶于水的产物，然后可过滤除去；以及和将溶于水的化合物氧化成更易被除去的形式（如，亚砷酸盐转变为砷酸盐）。

氯的缺点是它能与天然有机物质反应产生THMs和其他卤代DBPs。但是副产物的形成可以通过优化处理系统得到控制。

8.4.3 臭氧化处理

臭氧是一种强氧化剂，并在水处理中有多种用途，其中包括有机化合物的氧化。可用臭氧作为主要的消毒剂。干燥空气或氧气通过高压电场可形成臭氧气体。将所得富含臭氧的空气直接定量地经档板曝气池底部的多孔扩散器通入水中。曝气池一般有5米深，可有10-20分钟接触时间。至少能溶解80%所施加的臭氧，其余部分留在排出气中，通过臭氧破坏装置排入大气。

臭氧化的目标主要是在设定的接触期后达到所要求的浓度。对于有机化合物的氧化来说（如一些可氧化的农药），常常是用最多20分钟的接触时间，残留量约0.5mg/L。达到这一目标所要求的臭氧量随水的种类不同而变化，但一般在2-5mg/L的范围内。未经处理的水源要求较高的剂量，因为氧化天然本底有机物需消耗臭氧。

臭氧与天然有机物的反应增进了后者的生物降解，一般用测定可吸收的有机碳来表示。为避免在配水系统中细菌的生长，臭氧处理常伴随有后续处理，如过滤或颗粒活性炭过滤，以除去可生物降解的有机物，然后再使用余氯处理，因为其不留下消毒后的残留物。臭氧能有效地降解范围很广的农药和其他有机物。

8.4.4 其他消毒方法

其他消毒方法包括氯胺法、二氧化氯法、紫外线(UV)辐射法和高级氧化法。水中氯与氨反应后产生氯胺类化合物（一氯胺、二氯胺和“三氯胺”或称三氯化

氮)。其中，一氯胺是唯一有用的氯胺类消毒剂，用于氯胺法的装置设计为只产生一氯胺。一氯胺比游离氯的消毒作用弱，但很持久，因此对于维持稳定供水系统中残留物来说，一氯胺是一个有吸引力的二代消毒剂。

从历史看，以前二氧化氯未广泛用于饮用水消毒，近年来才有应用，这是因为用氯气消毒时会产生令人担心的THM_S。一般二氧化氯是在使用前立即发生，方法是将氯气或氯的水溶液加入亚氯酸钠水溶液中。二氧化氯在水中分解为亚氯酸盐和氯酸盐。由于二氧化氯并不氧化溴化物（无阳光情况下），用二氧化氯进行水处理时不会产生溴仿或溴酸盐。

用UV辐射处理饮用的水的方法常常局限于一些小型水设施。低压汞弧光灯发射的UV辐射在波长180至320nm间是具有生物杀伤性。可用于杀死原虫、细菌、噬菌体、酵母、病毒、真菌和藻类。水体混浊会降低UV的消毒能力。与臭氧联用时，UV辐射是氧化反应的强催化剂。

目的在于产生羟基自由基的各种方法总称为高级氧化法，而且可以很有效地破坏一些用其他方法（如单独用臭氧）很难处理的化学物。化学物可直接与臭氧分子或羟基自由基（HO·）发生反应，后者是臭氧在水中的分解产物，是一种不加选择的极强氧化剂，很容易与许多有机化学物发生反应。高pH值可增加用臭氧产生的羟基自由基。有一种高级氧化法使用臭氧加过氧化氢，其比例约为0.4mg/L过氧化氢:1mg/L臭氧（产生羟基自由基的最佳理论比值），以及重碳酸盐。

8.4.5 过滤

用快速重力过滤、水平过滤、加压过滤或慢砂滤均可除去原水中的颗粒物质。慢砂滤基本上是一种生物过程，而其他则均属物理处理过程。

快速重力、水平过滤和加压过滤可直接用于过滤原水，不需要预处理。但快速重力和加压过滤通常用于过滤已预先经过絮凝和沉淀处理的水。另一种方法是直接过滤，将絮凝剂加入水中，然后直接通过滤器，并除掉滤器上的絮凝物（含有污染物）；直接过滤法的使用是有局限性的，主要是受滤器中容纳固态物质的贮存量所限。

快速重力过滤

快速重力砂滤器通常由几个敞开的四方池（一般<100m²）组成，池内有深度为0.6-2m深的石英砂（粒径为0.5-1.0mm）。水从上往下流，固体物便集中在砂床的上层。流速的范围通常为4-20 m³/m²·h。从滤器底部的管嘴收集处理完毕的水。定期用处理过的水逆向洗去蓄积的固体物，有时亦可先用空气冲刷砂子。所产生的稀泥状沉渣需要进行处理。

除了单一用砂子的滤器外，也用两种或多种介质的滤器。这些滤器内含不同材料，当水通过时，滤器的结构是从粗到细的。需要使用具适当密度的材料，使逆流洗涤时各层仍能保持分离状态。常用的含两种介质的滤器是无烟煤砂滤器，

下层为0.6m深的石英砂层，上层为0.2m深的无烟煤（粒径为1.5mm）。多种介质滤器可用无烟煤、砂和石榴石。两种和多种介质滤器的优点是整个槽床深度阻留颗粒物的效率更高，其水头损失率是单一介质滤器的一半，这样可用较高的流速而不增加水头损失。

快速重力滤器常用于去除经絮凝处理后水中的絮凝物（见8.4.7节）。也可用于减低原水混浊度（包括被吸附的化学物）和减少其中的氧化铁和锰。

粗过滤器

粗过滤器可作为预过滤器用在其他处理过程（如慢砂滤）之前。用粗砂砾和碎石作滤料的粗滤器可有效地处理高度混浊(>50NTU)的水。粗滤的优点在于水经过滤器时，颗粒物同时被过滤和重力沉降所除去。水平过滤器可长达10m，其滤速为0.3-1.0m³/m²·h。

加压滤器

当必须维持水位而不必用泵打入所供水时便可使用加压滤器。将过滤层封闭在圆柱形的外壳中。可用玻璃加固的塑料制造约能处理水达15m³/h的小型加压滤器。用有特殊覆盖层的钢制造直径达4m的较大加压滤器。操作和执行情况与快速重力过滤法一样，反冲洗和处置稀泥状沉淀所需的设备也相同。

慢速砂层滤器

慢速砂层滤器由含砂的槽构成，砂层深0.5-1.5m，砂粒的有效粒径为0.15-0.3mm。原水自上而下流动，在砂层的顶上几厘米可基本除去混浊和微生物。在滤器表面形成一个生物层，也被称为“去污层”，可有效去除微生物。滤器底部有暗排管或管道收集已处理的水。定期清除和置换顶部几厘米富含固体物的砂层。慢砂滤工作时的水流速度在0.1-0.3 m³/m²·h。

慢砂滤只适用于低混浊度的水或经过预过滤的水。它们主要用于除去藻类和微生物，包括原虫，但要先经过微孔滤网或粗滤，以降低混浊度（包括被吸附的一些化学物）。慢砂滤能有效去除包括某些农药和氨的有机物。

8.4.6 曝气

设计曝气过程的目的是用空气吹脱除去各种气体和易挥发的化合物。将氧气输入水中并不需要精心设计的设备，使用简单的人工瀑布或扩散法将空气打入水中即可。但一些气体或易挥发性化合物的吹脱并使它们大量地从液态转为气态时则可能需要专门化的成套设备。

设计输入氧气的小瀑布或分级曝气器时，为达到有效和大量输入的目的，水流以薄层形式通过。小瀑布曝气法会导致明显水头损失，小瀑布设计要求为1-3m，这样可提供10-30 m³/m²·h的水量。另一种方法是压缩空气经过水下有孔管系向水中扩散。这些曝气方法应用于铁和锰的氧化和沉淀。

空气吹脱法可应用于除去挥发性有机物（如：溶剂），影响口感和有气味的化合物及氨。为提供空气与水之间的必需接触，要达到空气吹脱要求的曝气工艺是很复杂的。最常用的技术是瀑布式曝气，通常在填料塔中让水以薄层形式流过塑料介质，而空气则以逆流方向吹入。所要求的塔高和直径是被除去化合物的挥发度和浓度与流速的函数。

8.4.7 化学絮凝

化学絮凝反应是处理地表水源的最常用方法，并常常由下列各个处理工艺组成。

常用的化学絮凝剂是铝盐或铁盐，将他们按剂量加入原水，在监控条件下形成絮凝状固态金属氢氧化物。絮凝剂的常用量为2-5mg/L（铝）或4-10mg/L（铁）。借助于电子中和、吸附和捕集等过程，沉淀的絮凝物可除去悬浮和溶解的污染物。凝聚过程的效率取决于原水质量、所用的凝聚剂和凝聚剂辅料、以及操作要素，其中包括搅拌条件、凝聚剂剂量和pH值。随后用固相-液相分离程序除去已处理水中的絮凝物，如沉淀法或浮选法，和/或快速或加压式重力过滤法。

操作的凝聚反应是否有效取决于选择合适的凝聚剂剂量及pH值。用小批量凝聚测试可确定所要求的剂量和pH值，常称之为“烧杯试验”。用递增的凝聚剂剂量加入原水样本，搅拌，然后让其沉淀。选定的合适剂量可达到恰好除去颜色和混浊的目的；合适的pH值也可用同样方式选定。必须经常进行这些测试，以期能跟上原水质量的改变，以及随之而来的对凝聚剂需求的改变。

凝聚过程中可定量加入粉末状活性炭（PAC），可吸附一些有机化学物，如某些疏水的农药。PAC作为絮凝物的一个组成部分被清除，并随水厂的淤泥一起被处置。

絮凝物可用沉淀法处理，这样可减少随后使用快速重力滤器时的固体负载量。常用平流净化器和絮凝物过滤层净化器达到沉淀的目的。另外一种便是用溶气浮选法除去絮凝物，固态物与附着于絮凝物的微细空气气泡接触后飘浮在水槽表面成为一层烂泥状混合物，可定期予以清除。经任一方法处理过的水进入快速重力滤器（见8.4.5节）以除去剩余的固态物。滤过水可进入下一处理阶段，如补加氧化和过滤（为除去锰），臭氧化和/或GAC吸附（为除去农药和其他微量有机物），然后在处理水进入供水系统前进行最后的消毒。

凝聚适用于除去某些重金属和低溶解度的有机化合物，如一些有机氯农药。凝聚对其他有机化合物来说，一般是无效的，但当化合物与腐植质结合或吸附于颗粒物时则属于例外。

8.4.8 活性炭吸附

含碳物质在控制条件下热化便生成活性炭，常用木材、煤、椰子壳或泥炭作为原料。这一活化反应产生的多孔物质有很大的表面积（500-1500m²/g）并对有机物有高度亲和力。一般用粉末状（PAC）或用颗粒状活性炭（GAC）。当碳的

吸附能力耗竭时，可在控制状态下将有机物烧掉而重新活化。但PAC（以及某些GAC）常常只使用一次。处理各种类型的污染物时不同型的活性炭有不同的亲和力。

选择PAC还是GAC取决于要求投放的频率和剂量。对于季节性或间歇性污染，或要求的投放量较低时，一般首选PAC。

PAC以泥浆形式定量加入水中，在以后的处理过程中随供水装置的污泥渣一起被清理掉。因此，PAC只用于带有滤器的地表水源处理设备。放置在固定底盘式吸附器中的GAC，其效率大大高于投入水中的PAC；为达到同样程度的效应，被处理水单位体积所用的有效活性炭量大大低于所需的PAC量。

GAC用于处理水的嗅和味。一般放置在固定的底盘中使用，或是专门用于某些化学物的吸附器，或是在已有滤器的外壳内用相同大小的GAC颗粒代替砂粒。虽然对大部分处理装置来说改用已有的滤器比建单独的吸附器要便宜得多，但使用现有滤器常常只能有短暂的接触时间。因此，习惯做法是在快速重力过滤器和最终消毒程序间放置附加的GAC吸附器（某些情况下预先还要用臭氧处理）。很多地下水源没有现成的滤器，必须装备独立的吸附器。

GAC底盘的使用寿命取决于所用炭的性能和水与炭之间的接触时间，由水的流速控制空盘接触时间（EBCT）。EBCT的范围常为5-30min。GAC的能力因各种特定化合物而发生很大变化，这也很影响他们的使用寿命。从已发表的等温数据中可得到有关GAC能力的指导原则。炭的能力很大程度上取决于水源，当有本底有机化合物存在时会大大削弱。影响化学物吸附到活性炭上的特性涉及其在水中的溶解度和辛醇/水的分配系数（ $\log K_{ow}$ ）。通常，溶解度低和 $\log K_{ow}$ 高的化学物比较容易吸附。

活性炭用于去除农药和其他有机化合物、去除水中有嗅和味的化合物、去除蓝藻毒素及全部有机碳。

8.4.9 离子交换

离子交换是指相同电荷的离子在水相和固态树脂相之间进行交换的过程。用阳离子交换可达到水软化的目的。水通过放有阳离子树脂的底床，钠离子便置换了水中的钙离子和镁离子，当离子交换树脂耗竭时（如，钠离子已耗竭），用氯化钠溶液可使其再生。“脱碱”过程也可软化水。将水通过有弱酸性树脂的底盘，钙和镁离子便被氢离子置换。氢离子与碳酸盐和碳酸氢盐的离子反应生成二氧化碳。这样，减低水的硬度还一点不增加钠的量。可用阴离子交换除去一些污染物，如硝酸盐被交换成氯化物。有现成可用于此目的的硝酸盐专用树脂。

离子交换装置一般由以下各部分组成：两个或两个以上的树脂床装在带泵的可加压的外壳中；管道系统；和附属的树脂再生设备。常用压力外壳的直径最大为4m，含有0.6-1.5m厚的树脂。

阳离子交换树脂可用于除去某些重金属。除了除去硝酸盐外，可用阴离子交换树脂除去砷和硒化合物。

8.4.10 滤膜处理

水处理过程中最重要的滤膜处理技术为逆向渗透、超滤、微孔过滤和纳米过滤。传统上这些技术用于生产工业用水或制药业用水，但现在也用于处理饮用水。

高压处理

如果两种溶液被一层半透膜（即允许溶剂透过，但不让溶质透过的一种膜）隔开，溶剂自然会从低浓度溶液流向较高浓度的溶液。这一过程被称为渗透。但使溶剂流往反方向也是可能的，即从高浓度流向低浓度，采取的方法是在高浓度一方增加压力。所要求的压差便称为渗透压，而这一过程便称为逆向渗透。

逆向渗透导致产生一份经处理的水流和一份相对浓缩的废水流。一般操作压的范围在15-50帕之间，取决于用途。逆向渗透去除单价离子和分子量大于50左右（膜孔径 $<0.002\mu\text{m}$ ）的有机物。逆向渗透最经常的用途是咸味水和海水脱盐。

纳米过滤使用一种滤膜，在特性上介于逆向渗透和超滤两者所用的滤膜之间，常用的孔径为 $0.001-0.01\mu\text{m}$ 。纳米滤膜可让单价离子通过（如钠和钾），但除去大部分的两价离子，如钙和镁，以及分子量大于200的有机物分子。一般使用的操作压约为5帕。纳米过滤可有效除去颜色和有机物。

低压处理

超滤在原则上与逆向渗透类似，但其滤膜的孔径大得多（一般为 $0.002 - 0.03\mu\text{m}$ ），并在较低压力下操作。超滤滤膜除去分子量大于约为800的有机物，一般工作压力小于5帕。

微孔过滤是常规过滤向亚微米范围的一种直接延伸。微孔过滤滤膜的孔径一般在 $0.01-12\mu\text{m}$ 之间，没有分离分子的作用，在工作压为1-2帕时可除去胶态物质和悬浮物质。微孔过滤可筛除大于 $0.05\mu\text{g}$ 的颗粒物。该技术与絮凝或粉末活性炭联合使用于水处理，可除去可溶性有机碳并增加通透水流。

8.4.11 其它处理技术

在某些用途中可能用到的一些其他处理技术：

- 沉淀软化（加入石灰、石灰加碳酸钠或氢氧化钠在高pH值条件下降低硬度）；
- 生物脱硝，去除地表水源中的硝酸盐；
- 生物硝化，去除地表水源中的氨；以及
- 有特定用途时加入活性氧化铝（或其他吸附剂），例如要除去氟化物和砷。

8.4.12 消毒副产品（DBPs）的控制措施

所有化学消毒剂均会产生人们关心的无机和/或有机DBPs。

加氯处理过程中生成的主要DBP_S是三卤甲烷类（THM_S）、氯代乙酸类、氯化酮类、和卤代乙腈类，他们是一些天然有机前体（如腐植酸）经加氯处理后的产物。氯胺产生的THM_S量比氯的低，但氯胺产生其它DBP_S，其中包括氯化氰。

在控制DBP浓度过程中，最重要的是：消毒效率不能受影响；整个输配水系统中必需维持消毒剂的恰当残留量。

臭氧将溴化物氧化成次卤酸，后者可与前体反应生成溴代THM_S。也可能生成一系列其他DBP_S，如醛类和羧酸类。特别引起注意的是溴化物氧化产生的溴酸盐。在某些来源的次氯酸盐中也可能会有溴酸盐存在，但一般在最后的供水中其浓度会低于准则值。

使用二氧化氯的主要副产物是不可避免的分解产物亚氯酸离子和氯酸离子。次氯酸盐放置后也产生氯酸盐。

为减少DBP_S浓度可采纳的基本策略是：

- 改变处理条件（包括在处理前预先除去前体化合物）；
- 使用不同的化学消毒剂，它们与水源水反应后倾向于产生较少的副产品；
- 使用非化学性消毒；和/或
- 在供水前除去DBP_S。

改变处理条件

在接触氯之前预先除去前体可减少加氯处理过程中形成的THM_S，如设置絮凝装置或加强絮凝反应（可涉及应用较高剂量絮凝剂和/或采用较低的絮凝pH值）。也可降低氯的用量以减少DBP_S的生成量，但必须保证消毒仍然有效。

加氯处理过程中的pH值影响含氯副产品品种的分布。降低pH值可降低THM_S浓度，但代价是卤代乙酸类产量增高。相反，增加pH值减少了卤代乙酸的生成，却增加了THM_S的形成。

臭氧化处理时溴酸盐的生成取决于几个因素，其中包括溴化物与臭氧的浓度，也包括pH值。从原水中除去溴化物是不切实际的，而溴酸盐一旦形成又很难除掉，虽然有报道称在一定条件下颗粒活性炭过滤是有效的。应用较低的臭氧量，较短接触时间和较低的臭氧残留量可将溴酸盐生成量降至最低。用较低pH值进行操作（如pH6.5），随即在臭氧处理后将pH值提高也可减少溴酸盐的生成，加氨也有效果。加过氧化氢则可增加或减低溴酸盐的生成。

更换消毒剂

为达到DBP_S的准则值，更换消毒剂是可行的。可行的程度取决于原水的质量和安装的处理设备（如，用于除去前体）。

将氯更换成氯胺可能是有效的，至少在供水系统内提供一个有残留量的消毒剂，减少THM_S的生成及随之而来的后果。氯胺可在供水系统中提供比较稳定的残留量，但其消毒能力较弱，因此不应作为首要的消毒剂使用。

虽然没有残留效应，但可考虑二氧化氯作为氯和臭氧的潜在替代物。主要担心的是二氧化氯的残存量及其副产品亚氯酸盐和氯酸盐。控制加入处理设备中的二氧化氯剂量可解决这些问题。

非化学性消毒

可考虑用UV辐射或滤膜处理技术代替化学性消毒。两者均没有残留消毒效应，且一般认为可再添加小剂量作用持久的消毒剂，如氯或氯胺，以在供水过程中起防护作用。

配水前除去DBP_S

配水前除去DBP_S在技术上是可行的，但这是控制DBP浓度上最不得已的选择。可行的操作程序包括空气吹脱法除去挥发性DBP_S（如THM_S）或采用活性炭吸附法。这些程序还需要下一步消毒以除去微生物污染和保证输配水时有残留浓度的消毒剂。

8.4.13 控制腐蚀的方法

一般原则

处理设备和供水系统、水槽、水管、阀门和泵的构造材料部分溶于水的现象称为腐蚀。腐蚀可导致结构破坏、漏水、功能丧失、以及化学和微生物学方面的水质恶化。水管和零配件的内部腐蚀对某些水组分的浓度有直接影响，其中包括铅和铜。因此控制腐蚀是饮用水系统安全性管理的一个重要方面。

控制腐蚀涉及多项指标，包括钙、碳酸氢盐、碳酸盐和溶解氧的浓度，以及pH值。具体要求取决于水的质量及供水系统所用的材料。腐蚀反应中涉及许多金属类别，他们的溶解度和反应速率均受pH值控制。在金属表面形成一层保护膜是极为重要的。对某些金属来说，碱度（碳酸盐和碳酸氢盐）和钙（硬度）也影响腐蚀速率。

铁

铁常用于供水系统，其腐蚀现象是令人关注的。作为铁腐蚀的结果，结构破坏倒不常见，但因铁质水管过分腐蚀却可产生水的质量问题（如，“红水”）。铁的腐蚀是涉及金属氧化的一个复杂过程，一般是铁被溶解氧氧化，最后形成铁（III价）的沉淀物。这使水管表面形成小结节。确定沉淀物是否能形成保护性垢状物的主要因素是水的pH值和碱度。钙、氯化物和硫酸盐的浓度也影响铁的腐蚀。将pH值调到6.8-7.3；硬度和碱度至少到40mg/L（用碳酸钙表示）；用加碳酸钙（4-10mg/L）达到过饱和；以及碱度与 $Cl^-+SO_4^{2-}$ 之比至少为5（两者均用碳酸钙表示），均可成功地达到控制铁腐蚀的目的。

硅酸盐和聚磷酸盐常被描述为“缓蚀剂”，却并没有任何保证说明他们有抑制供水系统的腐蚀作用。但他们能络合溶解的铁（II价）并防止其沉淀为可见的

红色“锈斑”。这些化合物可能是起到了掩盖而不是阻止腐蚀的作用。正磷酸盐是一种可能的缓蚀剂，并与聚磷酸盐一样，用于防止出现“红水”。

铅

铅的腐蚀（铅溶解）是一件需要特殊关注的事。在某些国家古老房屋内还常常有铅制的水管，而且铅焊料也广泛用于连接铜管。铅的溶解量取决于所形成的碳酸铅（沉积在水管上）的量。无论何处，只要可行，便应把铅制的供水设备置换掉。

当pH值减至8以下时铅的溶解度便明显增加，因为在平衡反应中碳酸盐浓度下降很多。这样，当水中pH值低和碱度低时，铅溶解趋向于最大，所以在等待置换水管期间，一个有用的临时监控措施便是在加氯处理后加大pH值到8.0-8.5，并且有可能的话加入正磷酸盐。

当铅与铜接合时，铅腐蚀得更快。这种电化腐蚀的速度要快于简单的氧化腐蚀，而且铅的浓度不受腐蚀产品溶解度的影响。电化腐蚀的速度主要受氯化物浓度的影响。电化腐蚀过程不太容易控制，但加入锌和正磷酸，并调节pH值可以减弱电化腐蚀。

降低铅溶解的处理方法通常要涉及pH值的调节。当水非常软时（碳酸钙<50mg/L），最佳pH值为8.0-8.5。可能会更有效的另一种方法是加入正磷酸或正磷酸钠，这方法用在非酸性水源出现铅溶解现象时特别有效。

铜

铜质的水管和热水罐发生腐蚀时出现蓝色水、蓝染或绿染的浴室零配件，并偶尔还有水的口感问题。铜管可以发生全面腐蚀、冲击腐蚀和点状腐蚀（点蚀）。

全面腐蚀常与软水、酸性水有关；pH值低于6.5和硬度低于60mg/L碳酸钙的水对铜是极富侵蚀性的。腐蚀产物碱式碳酸铜可溶解于水，铜便与铅一样进入水中。其溶解度主要是pH值和无机碳总量的函数。pH值增加时溶解度下降，而碳酸盐浓度增加时溶解度便增大。通常可将pH值升至8到8.5以克服这些困难。

冲击腐蚀是流速太高的结果，温度高的软水和低pH值使这一现象更加严重。

铜的点蚀常与有硬度的地下水有关，这些水源的二氧化碳含量大于5mg/L并含有大量溶解的氧。点蚀也可与因有机物而具颜色的地表水有关。铜水管可因点蚀而出现问题，因为局部强侵蚀可导致铜管穿孔并有微量金属流失。已知有两种类型的点蚀。I型点蚀侵犯冷水系统（低于40℃），主要与钻井取硬水有关，使水管内壁生成来自生产过程的一层碳膜。清洁除碳后的水管不会发生I型点蚀。II型点蚀发生在热水系统中（高于60℃），并与软水有关。大部分的全面腐蚀和点蚀与新水管有关，因为其内面还没有形成氧化物的保护层。

黄铜

黄铜的主要腐蚀问题是脱锌，即锌选择性地从复式铜中溶出，使残存的铜成为一堆机械性能低的多孔物。白霜式脱锌现象主要取决于氯化物与碱度之比，表现为在黄铜表面因腐蚀而生成大量碱性碳酸锌。维持锌与铜的低比例（1：3或更低）以及保持pH值低于8.3可以控制白霜式脱锌现象。

也可发生黄铜的普遍性溶解，在水中释放出包括铅在内的各种金属。发生冲击腐蚀的条件是：水的流速很高但水源水形成抗腐蚀保护层的能力很差，而且水中含有大量溶解的空气或夹带的空气。

锌

锌在水中的溶解度是pH值和全部无机碳浓度的函数，碱性碳酸锌的溶解度随pH值增高和碳酸盐的浓度增高而下降。对低碱度的水源来说，将pH值增加到8.5便足以控制锌的溶解。

对于镀锌的铁来说，锌层先腐蚀便保护了钢铁。长时期以后，碱性碳酸锌形成一道保护性沉积。在碱度低于50mg/L（以碳酸钙计算）的软水或含高浓度二氧化碳（>25mg/L，以二氧化碳计算）的水源中，锌不会形成保护性沉积，因此镀锌的钢铁不适用于这些水源。当与铜质管道连接时，镀锌钢铁的腐蚀程度增加。

镍

从镀镍/铬的新水管中浸出镍可使其水中浓度升高。使用不锈钢水管及零配件时也可有低浓度的镍。经过一段时间后浸出会逐渐减少。采用增加pH值控制其他材料腐蚀时也可减少镍的浸出。

混凝土和水泥

混凝土是一种含有水泥和水泥粘合剂的复合材料，其中加入建筑用的骨料。水泥本身主要是硅酸钙和铝酸钙的混合物，还加上一些石灰。水泥砂浆用于铁或钢制水管作为防护内衬，水泥砂浆的骨料是细沙。石棉-水泥水管中的骨料是石棉纤维。在有侵蚀性水的长期作用下，水泥可能会解体，其原因或是由于石灰和其他溶质的溶解，或是由于受到侵蚀性离子的化学攻击（如氯化物或硫酸盐），水泥解体会造成结构破坏。水泥含有的许多金属均可浸入水中。对水泥的侵蚀性涉及“侵蚀指数”，该指数是用来专门评估水泥溶解的可能程度。为控制水泥腐蚀，可能需要将pH值控制在8.5或更高。

腐蚀性的表示

已制定了许多表示水腐蚀能力的指标，这些指标主要基于以下设想：易于在金属表面上生成碳酸钙水垢的水，其腐蚀性是比较小的。朗格里埃指数（Langlier Index,简称LI）是用水的实际pH值和它的“饱和pH值”之间的差来表示的。当具有相同碱度和钙硬度的水与固体碳酸钙保持平衡时的pH值便称为

“饱和pH值”。LI为正值的水能够从溶液中将碳酸钙沉积为水垢。

目前还没有适用于所有材料的腐蚀性指标，而不同的腐蚀性指标，尤其是与碳酸钙饱和状态有关的指标，都给出了混淆的结果。严格来说，与碳酸钙饱和状态有关的各种参数是指有沉积或溶解片状碳酸钙（方解石）倾向的指标，而不是水“腐蚀性”的指标。例如，有许多水源的LI为负值，但并没有腐蚀性；而LI为正值的水源却有腐蚀性。虽然如此，仍然有许多文献报道，将饱和度指标用于对腐蚀的控制，其依据的概念是认为在铁质水管内可有一层像“鸡蛋壳”样的片状方解石保护层。一般说来，具有高pH值、高钙和高碱度水的腐蚀性低，而这与LI为正值是互相关联的。

氯化物与硫酸盐浓度与重碳酸盐浓度之比（Larson ratio，拉森比）在评估水对铸铁和钢的腐蚀作用方面是很有用的。特纳（Turner）图应用了类似方法研究了黄铜零配件中锌的溶解现象。

控制腐蚀的处理技术

为控制供水系统中水的腐蚀作用，最常用的方法是调节pH值、增加碱度和/或硬度、或加入腐蚀抑制剂，如多磷酸盐、硅酸盐和正磷酸盐。它们的质量和最大剂量应符合用于水处理化学物的规格。虽然调节pH值是一种重要方法，但必需考虑对供水技术其他方面的影响，其中涉及消毒。

要使所有指标都达到理想值是不太可能的。例如，对硬水来说，不可能使pH值增高很多，否则就出现水软化。对软水可使用石灰和二氧化碳，使钙浓度和碱度都有增加，至少达到40mg/L（以碳酸钙表示）。

8.5 按来源分类的各化学物的准则值

8.5.1 天然化学物

饮用水中有许多不同来源的天然化学物。所有天然水均含有一系列无机和有机化学物。前者是当水渗滤或流过时从岩石和土地中溶出的。后者则来自植物分解或来自生长在水中或沉积物上的藻类和其他微生物。已制定准则值的或考虑要制订准则值的大部分化学物是无机化学物。只有微囊藻毒素-LR是有机的，这是一种由蓝藻产生的毒素，将在8.5.6节中进行讨论。

处理天然化学物的方法随化学物的性质和来源不同而有变化。对于来自岩石和沉积物的无机污染物而言，重要的是筛选可能的水源，以确定该水源是否适用或是否在处理除去水中特定污染物的同时需要去除微生物污染。在某些情形，当同时存在多个水源时，将污染物浓度低得多的水用于稀释或混合含高浓度污染物的水，即可达到所期望的结果。

许多最重要的化学污染物（即：通过饮用水与人体接触，可产生有害健康的效应）都属于天然化学物的范畴。某些天然化学物的暴露还有其他主要来源，将在本章其他节讨论。

表 8.17 未制定准则值的天然化学物

化学物	不制定准则值的理由	备注
氯化物	在饮用水中的浓度大大低于可引起毒性反应的浓度	可影响对饮用水的接受程度（见第10章）
硬度	在饮用水中的浓度大大低于可引起毒性反应的浓度	可影响对饮用水的接受程度（见第10章）
硫化氢	在饮用水中的浓度大大低于可引起毒性反应的浓度	可影响对饮用水的接受程度（见第10章）
pH	在饮用水中的浓度大大低于可引起毒性反应的浓度	一个重要的可操作的水质量指标
钠	在饮用水中的浓度大大低于可引起毒性反应的浓度	可影响对饮用水的接受程度（见第10章）
硫酸盐	在饮用水中的浓度大大低于可引起毒性反应的浓度	可影响对饮用水的接受程度（见第10章）
溶解性总固体(TDS)	在饮用水中的浓度大大低于可引起毒性反应的浓度	可影响对饮用水的接受程度（见第10章）

表8.17列举了尚未制定准则值的化学物，并在表中说明了理由。摘要性陈述见第12章。

表8.18列举了已制定准则值的化学物，这些化学物都是符合可列入标准的。在第12章中列出了每一个化学物的摘要性陈述。

8.5.2 来自工业源和居民区的化学物

来自工业源的化学物或是通过直接排出途径污染饮用水源，或是在使用和丢弃含有这些化学物的材料和产品时，通过各种扩散源间接污染饮用水源。在某些事例中，不恰当的操作和处理可导致污染，例如，让油污去除剂进入了地下水。其中某些化学物，尤其是无机物，也可见于自然界污染，但这也很可能是那些改变了排水方式的工业活动（如采矿）造成的结果。居民点有一些小工业单位使用多种这些化学物，尤其是当有多个这样的单位聚在一起时，它们很可能成为污染的重要来源。居民点广泛使用石油，不恰当的操作和处理可导致地表水和地下水严重污染。使用塑料水管的地方，当水管被浸透石油的土地包围时，石油中较小分子的芳香化合物，可穿透管壁进入水管内，进而使当地的供水受到污染。

作为排放一般家用化学物的后果，许多化学物也可进入水中；特别是在生活废水中可发现许多重金属。在废水处理点，他们被分离进入沉淀部分。同时广泛用于工业和家庭环境的某些化学物 [如二(2-乙基己基)邻苯二甲酸酯]，可普遍见于环境中，也可出现在水源中，尽管其浓度较低。

某些从工业源或居民点污染饮用水的化学物还有其他主要来源，这将在本章的其他节中讨论。当厕所和化粪池的地点选择不当时，可使饮用水的水源受到硝酸盐污染（见8.5.3节）。

表 8.18 饮用水中对健康有影响的天然化学物的准则值

化学物	准则值 ^a (mg/L)	备注
砷	0.01(P)	
钡	0.7	
硼	0.5(T)	
铬	0.05(P)	总铬
氟化物	1.5	制定国家标准时要考虑摄入的水量及取自其他来源的摄入量
锰	0.4(C)	
钼	0.07	
硒	0.01	
铀	0.015(P,T)	只考虑铀的化学方面

^a P=暂行准则值，证据表明有危害，但现有关于健康效应的信息不足；

T=暂行准则值，因为计算的准则值低于用实际处理方法和水源保护等办法所能达到的水平；

C=化学物的浓度相当于或低于基于健康的准则值，但仍能影响水的外观、嗅或味，导致消费者投诉。

表 8.19 未制定准则值的来自工业源和居民点的化学物

化学物	排除的理由
铍	不太可能在饮用水中出现

为确定来自工业活动和居民点的化学物污染，需要对集水区的活动进行评估，并评估特定污染物进入水源的危险度。对待这些污染物的首要方法是鼓励良好的行为规范以避免污染。但如果污染已经发生，则必须考虑引进处理方法。

表8.19列举的化学物是没有制定准则值的，关于这一化学物在饮用水中存在和/或存在的可靠性的文献综述表明，在饮用水中没有该种化学物。

没有为表8.20中所列化学物制定准则值，其理由已在表中指出。每一个化学物的摘要性陈述见第12章。

为表8.21所列化学物制定了准则值，他们都是符合列入标准的。摘要性陈述见第12章。

8.5.3 来源于农业活动的化学物

在农业活动中，化学物被用于农作物和畜禽饲养。如果没有可以吸收硝酸盐的作物时，硝酸盐可能作为耕作的产物而存在。植物腐烂、过量使用无机或有机肥料和畜禽排泄物垫料泥浆都会产生硝酸盐。有可能源于农业活动的化学物绝大多数是农药，尽管他们的存在取决于许多因素，而且也不是在所有情况和一年四季都要使用各种农药。农药的污染源自其使用，雨后可能出现流动污染，或由于处理方法不适当所致。

表 8.20 来自工业源和居民点的没有制定准则值的化学物

化学物	不制定准则值的理由
1,3-二氯苯	毒理学资料不足, 不能推导出基于健康的准则值
1,1-二氯乙烷	关于毒性和致癌性的数据极为有限
1,1-二氯乙烯	饮用水中可能存在的浓度远低于会产生毒性作用的浓度。
二(2-乙基己基)己二酸酯	出现在饮用水中的浓度大大低于可能出现毒性反应的浓度
六氯苯	出现在饮用水中的浓度大大低于可能出现毒性反应的浓度
甲基叔丁基醚(MTBE)	毒理学的数据非常有限, 任何推导出来的准则值的浓度都会大大高于METB的嗅觉阈。
一氯苯	出现在饮用水中的浓度大大低于可能出现毒性反应的浓度, 其基于健康的数值将极大地超过所报道的味觉和气味的阈值
石油产品	饮水中浓度低于影响到健康的浓度, 特别是短期暴露. 在大多数情况下, 能够通过味觉和嗅觉测试到。
三氯苯类(总量)	出现在饮用水中的浓度大大低于可能出现毒性反应的浓度, 其基于健康的数值将极大地超过所报道的气味阈值。
1, 1, 1-三氯乙烷	出现在饮用水中的浓度大大低于可能出现毒性反应的浓度

有些农药还用于非农业用途, 如控制公路和铁路沿线的杂草生长, 本节也包括了这类农药。

表8.22中列入了没有制定准则值的化学物, 饮用水中存在和/或存在的可靠性的有关文献综述表明, 饮用水中没有这些化学物。

表8.23中列入了没有制定准则值的化学物, 表中列举了理由。摘要性陈述见第12章。

表8.24中列入制定了准则值的化学物, 他们是符合可列入标准的。摘要性陈述见第12章。

8.5.4 用于水处理和接触饮用水的各种材料所产生的化学物

水处理中使用的化学物和接触饮用水的各种材料可能使终末水中化学污染物浓度升高。

某些物质是在水处理过程中有意加入的(直接添加物), 其中某些可因为不注意而留在终水中(如盐类, 高分子絮凝剂残留物或单体)。如氯胺和氯消毒剂的残留则是有意留下的添加剂, 它们的存在是有好处的。其它物质, 如DBP_S, 是在消毒剂与水中正常存在物质相互起化学反应过程中产生的(见表8.25)。加氯处理的副产物和其他DBP_S也可出现在游泳池中, 此时吸入和皮肤吸收就更重要了(WHO,2000)。

其他化学物, 如来自管道或铜质龙头的铅或铜, 以及从镀层溶出的化学物, 可能是在处理或输配水过程中因水与其表面接触而发生(间接添加物)。

用于水处理(如氟化物)或与水接触材料中(如苯乙烯)的某些化学物还有其他主要来源, 这将在本章其他节中详细讨论。

表 8.21 来自工业源和居民点对健康有影响的化学物（饮用水中的准则值）

无机物	准则值 (mg/L)	备注
镉	0.003	
氰化物	0.07	
汞	0.006	无机汞
有机物	准则值 ^a (µg/L)	备注
苯	10 ^b	
四氯化碳	4	
二(2-乙基己基)邻苯二甲酸酯	8	
1,2-二氯苯	1000 (C)	
1,4-二氯苯	300 (C)	
1,2-二氯乙烷	30 ^b	
1,2-二氯乙烯	50	
二氯甲烷	20	
1,4-二噁烷	50 ^b	
EDTA	600	用于游离酸
乙基苯	300 (C)	
六氯丁二烯	0.6	
次氨基三乙酸 (NTA)	200	
五氯酚	9 ^b (P)	
苯乙烯	20 (C)	
四氯乙烯	40	
甲苯	700 (C)	
三氯乙烯	20 (P)	
二甲苯类	500 (C)	

^aP=暂行准则值，证据表明有危害，但现有关于健康效应的信息不足；

C=化学物的浓度相当于或低于基于健康的准则值，但仍能影响水的外观、臭或味，导致消费者投诉。

^b考虑作为致癌物，其准则值是指在一般寿命的上限值期间发生癌症危险为10⁻⁵时饮水中致癌物（每100,000人口饮用准则值浓度的水在70年间增加1例癌症）的浓度。危险为10⁻⁴或10⁻⁶时的浓度值可通过将该准则值乘以10或除以10计算获得。

许多直接和间接的添加物是生产安全饮用水过程中的组成部分。监测和管理的最好方法是控制材料和化学物。为控制处理中使用化学物的残留和控制DBPs的产生，十分重要的是使处理程序最优化并保证这些程序持续保持最优化。对因材料质量差而引起的污染，用技术规范控制产品组成部分要比为终水质量制定限值更好，而对因添加剂使用不当引起的污染则要使用准则来控制。同样，管道质量的法规可避免可溶出物质对水的污染。要控制因现场使用涂料而引起的污染，除了需要控制使用涂料的组分外，还要有相应的有关这些涂料使用的操作规定。

表 8.22 不制定准则值的农用化学物

化学物	排除的理由
双甲脒	在环境中迅速分解，在饮用水供应源内不能期望有可测定的浓度
乙酯杀螨醇	饮用水中不会出现
百菌清	饮用水中不会出现
氯氰菊酯	饮用水中不会出现
溴氰菊酯	饮用水中不会出现
二嗪磷	饮用水中不会出现
地乐酚	饮用水中不会出现
乙烯硫脲 (ETU)	饮用水中不会出现
苯线磷	饮用水中不会出现
安硫磷	饮用水中不会出现
六六六类 (异构体混合物)	饮用水中不会出现
2甲4氯丁酸	饮用水中不会出现
甲胺磷	饮用水中不会出现
灭多威	饮用水中不会出现
灭蚁灵	饮用水中不会出现
久效磷	已在很多国家废除使用，饮用水中不会出现
杀线威	饮用水中不会出现
甲拌磷	饮用水中不会出现
残杀威	饮用水中不会出现
哒草特	不稳定，极少见于饮用水中
五氯硝基苯	饮用水中不会出现
毒杀酚	饮用水中不会出现
三唑磷	饮用水中不会出现
三丁基锡氧化物	饮用水中不会出现
敌百虫	饮用水中不会出现

全世界有许多国家的和第三方的添加剂评估和准入体系；但是，很多国家还没有或没有操作这些体系。各国和有关组织应考虑建立或采纳添加剂管理体系和建立可容许的水接触产品的质量标准及使用准则。最理想的是各国间有统一标准或相互承认，这样就能达到减少费用和使用标准的目的（也见1.2.9节）。

表8.26中列入了没有制定准则值的化学物，表中列举了理由。摘要性陈述见第12章。

表8.27所列的化学物已制定了准则值，他们都是符合可列入标准的。摘要性陈述见第12章。

监测加氯处理副产物的指示物

虽然对加氯处理的一系列副产物制定了准则值，饮用水供水资料表明，THM_S和HAA_S对大部分加氯处理的副产物是合适的指示物。控制加氯处理副产物的最

佳方法是去除有机前体物，它们大部分是天然存在的。可以测定THM_S，如合适的话也可测HAA_S（如，在低pH情况下加氯处理水），用以调节处理效率和设定其他操作指标的限值，可用这些限值监控处理过程。在这些情况下，可减少对其他加氯处理副产物的监控频率。虽然总有机卤素（TOX）与THM_S和HAA_S并没有很好的相关关系，但TOX确实与加氯处理副产物的总量有相关关系。而且可能成为另一个潜在的指标。

所有情况下，消毒效率决不能因为要达到DBP_S准则值（其中包括加氯处理的副产物）或降低这些物质的浓度而受到损害。

次氯酸溶液贮存和发生引起的污染

次氯酸钠溶液缓慢分解（温度较高时更快）产生氯酸盐和亚氯酸盐离子。当溶液老化和存在的氯浓度下降时，必需加大剂量以达到所需残留氯的浓度，其结果是被处理水中氯酸盐和亚氯酸盐量增高。固体次氯酸钙的分解要缓慢得多，所以继发的污染不显著。但如果配制了次氯酸钙溶液并在用前贮存，则也会发生分解并产生氯酸盐和亚氯酸盐。

次氯酸钠是用电解氯化钠生产的，后者天然含有少量溴化钠。这就造成次氯酸钠溶液中有溴酸盐，使被处理的水中含有溴酸盐。次氯酸钠的质量和可接受性在一定程度上与溴酸盐残留浓度直接相关。工业级产品不能用于饮用水。在就地用电化学法生产次氯酸盐的系统中，氯化钠中的溴化钠也会氧化生成溴酸盐。

表 8.23 未制定准则值的农用化学物

化学物	不制定准则值的理由
氨	出现在饮用水中的浓度大大低于可能出现毒性反应的浓度
灭草松	出现在饮用水中的浓度大大低于可能出现毒性反应的浓度
1, 3-二氯丙烷	用已有资料不足以得到基于健康的准则值
敌草快	很少见于饮用水，但有可能作为水中除草剂用以监控池塘、湖泊和灌溉渠中自由漂浮的水草或生长于水下的水草
硫丹	出现在饮用水中的浓度大大低于可能出现毒性反应的浓度
杀螟硫磷	出现在饮用水中的浓度大大低于可能出现毒性反应的浓度
草甘磷与其代谢物AMPA	出现在饮用水中的浓度大大低于可能出现毒性反应的浓度
七氯和七氯环氧化物	出现在饮用水中的浓度大大低于可能出现毒性反应的浓度
马拉硫磷	出现在饮用水中的浓度大大低于可能出现毒性反应的浓度
甲基对硫磷	出现在饮用水中的浓度大大低于可能出现毒性反应的浓度
对硫磷	出现在饮用水中的浓度大大低于可能出现毒性反应的浓度
氯菊酯	出现在饮用水中的浓度大大低于可能出现毒性反应的浓度
2-苯基苯酚及其钠盐	出现在饮用水中的浓度大大低于可能出现毒性反应的浓度
敌稗	迅速转化为毒性更高的代谢物；不适宜制定母体化合物的准则值，而为代谢物制定准则值则又资料不足

表 8.24 饮用水中对健康有重要意义的农用化学物的准则值

非农药	准则值 ^a (mg/L)	备注
硝酸盐 (以NO ₃ ⁻ 表示)	50	短时间暴露
亚硝酸盐 (以NO ₂ ⁻ 表示)	3	短时间暴露
	0.2 (P)	长时间暴露
农业上使用的农药	准则值 ^a (µg/L)	备注
甲草胺	20 ^b	
涕灭威	10	适用于涕灭威亚砷和涕灭威砷
艾氏剂和狄氏剂	0.03	艾氏剂加狄氏剂的联合
莠去津	2	
克百威	7	
氯丹	0.2	
绿麦隆	30	
氰草津	0.6	
2, 4-D (2, 4-二氯苯氧乙酸)	30	用于游离酸
2, 4-DB (2, 4-滴丁酯)	90	
1, 2-二溴-3-氯丙烷	1 ^b	
1, 2-二溴乙烷	0.4 ^b (P)	
1, 2-二氯丙烷 (1, 2-DCP)	40(P)	
1, 3-二氯丙烯	20 ^b	
2, 4-滴丙酸	100	
乐果	6	
异狄氏剂	0.6	
2, 4, 5-涕丙酸	9	
异丙隆	9	
林丹	2	
2甲4氯	2	
2甲4氯丙酸	10	
甲氧滴滴涕	20	
异丙甲草胺	10	
禾草特	6	
二甲戊乐灵	20	
西玛津	2	
2, 4, 5-T	9	
特丁津	7	
氟乐灵	20	

^a P=暂行准则值, 证据表明有危害, 但现有关于健康效应的信息不足;

^b 考虑作为致癌物, 其准则值是指在一般寿命的上限值期间发生癌症危险为10⁻⁵时饮水中致癌物(每100,000人口饮用准则值浓度的水在70年间增加1例癌症)的浓度。危险为10⁻⁴或10⁻⁶时的浓度值可通过将该准则值乘以10或除以10计算获得。

表 8.25 消毒后水中所含的消毒副产物 (IPCS, 2000)

消毒剂	重要的有机卤素产物	重要的无机化合物	重要的非卤素产物
氯/次氯酸	THM ₅ , 卤代乙酸类, 卤代乙腈类, 水合氯醛, 氯化苦, 氯代酚类, N-氯胺类, 卤代呋喃酮类, 溴醇类	氯酸盐 (主要是从应用次氯酸盐而来)	醛类, 氰烷酸, 饱和脂肪酸, 苯, 羧酸类
二氧化氯		亚氯酸盐, 氯酸盐	未知
氯胺	卤代乙腈类, 氯化氰, 有机氯胺类, 氯氨基酸, 水合氯醛, 卤代酮类	硝酸盐, 亚硝酸盐, 氯酸盐, 胂	醛类, 酮类
臭氧	溴仿, 一溴醋酸, 二溴醋酸, 二溴丙酮, 溴化氰	氯酸盐, 碘酸盐, 溴酸盐, 过氧化氢, 次溴酸, 环氧化物, 臭氧氧化物	醛类, 酮酸类, 酮类, 羧酸类

使用臭氧和二氧化氯时的污染物

使用臭氧使水中溴化物氧化导致溴酸盐浓度升高。作为一条普遍规则, 水中溴化物浓度越高, 所生成的溴酸盐也越多。

二氧化氯溶液可含氯酸盐, 这是产生二氧化氯所需反应与同时发生的其他反应竞争的结果。使用二氧化氯的一个不可避免的分解产物是亚氯酸盐; 通常, 使用剂量的60-70%会在处理的水中转化为亚氯酸盐。

8.5.5 因公共卫生目的用于水中的农药

某些农药用于公共卫生目的, 其中包括将农药加入水中以控制有公共卫生意义的幼虫期昆虫 (如蚊子, 目的是控制疟疾和斑疹伤寒)。目前世界卫生组织 (WHO) 推荐了四种杀虫剂和一种细菌杀幼虫剂 (见WHOPEs), 可加入水中作为杀幼虫剂用: 双硫磷、烯虫酯、吡丙醚、氯菊酯和苏云金杆菌 (*Bacillus thuringiensis israelensis*)。迄今为止, 只对吡丙醚作了综合性评论。其他未被WHOPEs推荐用于公共卫生目的的农药可能在某些国家应用于水中作为杀幼虫剂, 或过去曾经用过, 其中包括毒死蜱和滴滴涕。

在考虑到那些可加入饮用水中用于保护公众健康的农药时, 尽量不制订准则值, 否则可能导致不必要的严格要求而妨碍其使用。这种处理方法可在保护饮用水质量和从公共卫生意义上控制害虫之间达到符合要求的平衡。但必须强调, 应努力做到使暴露总量及杀幼虫剂的浓度尽可能低。

至于在本章中讨论的其他各组化学物, 这样的分类并不是截然分明的。这包括广泛用于非公共卫生目的的农药, 例如, 用于农业的毒死蜱。

在控制传病媒介的昆虫方面, 除了已获批准的杀幼虫剂外也应考虑其他控制措施。例如, 在水体中投入适当品种鱼类 (如, 吞食幼虫的食蚊鱼), 可成功控制蚊子的生存和繁殖。在其他滋生蚊子的积水处应排干水, 尤其是在雨后。

表8.28列举了这些杀幼虫剂的准则值。有关摘要性陈述见第12章。

8.5.6 蓝藻毒素

蓝藻（也见11.5节）广泛存在于湖泊、水库、池塘和流速缓慢的河流。有许多种蓝藻能产生毒素，即“藻毒素”类，其中多数可影响健康。藻毒素类结构各异，它们可存在于细胞内，也可释放进入水体。已知的藻毒素类的毒性也有很大不同（在同一组中可有不同的结构变异，如微囊藻毒素），而且很可能还有一些毒素还没有被识别的。

毒素是按它们的作用方式分类的，如肝毒素类（微囊藻毒素和蓝藻毒素），神经毒素类（类毒素-a、石房蛤毒素和类毒素-a(S)），刺激剂或致炎因子（脂多糖）。肝毒素常由以下各属的蓝藻产生：微囊藻、颤藻、鱼腥藻、枣丝藻、泡沫节球藻、发菜、蓝藻和 *Umezakia*。藻毒素常为高浓度（即 $>1\mu\text{g/L}$ ）的，有微囊藻毒素（低聚肽）和蓝藻毒素（一种生物碱），而蓝藻的神经毒素只是偶而出现高浓度。

蓝藻超速生长造成细胞高度密集，有时称之为“水华”现象，这时藻毒素可达到潜在危害人类健康的高浓度。生成水华是对营养物（磷，有时是氮）浓度增高的一种反应，但也可由其他条件引起，如水体分层和足够高的温度。水华倾向于在同一水体反复发生。某些蓝藻的细胞可蓄积在水体表面形成水华或蓄积在温度分层的水库的温度突变层。这类蓄积发展很快，但存在时间也可能较短。在许多情况下，水华和蓄积是季节性的。

有许多保护和管理水源的措施可减少水华的发生，也有一些包括过滤和加氯处理在内的水处理方法可用于除去蓝绿藻和其毒素。过滤可有效地除去蓝绿藻细胞，并常常同时除去一大部分毒素。用足够浓度和足够接触时间的臭氧或氯进行氧化反应能有效地除去大部分溶解在水中的藻毒素。

常规监测时首选的并不是藻毒素的化学分析。首选的方法是监控水源是否有水华或有形成水华的可能，如有发生便要加强警戒。藻毒素的分析需要时间、设备和专门知识，而某些藻毒素的定量分析又因缺乏分析标准而无法开展。不过，现在已经有了可测定微囊藻毒素的快速方法，如ELISA和酶测定。

藻毒素的化学分析可对水处理和保护策略的有效性作出评价，即可评价WSP（见第4章）中控制措施的有效性。在有足够资料的情况下便可制定准则值，其目的首先是为控制措施制定目标。

为微囊藻毒素-LR制定了一个暂行准则值，该毒素是符合列入标准的（见表8.29），微囊藻毒素-LR是有结构变异的70多种藻毒素中毒性最高者之一。在地球上，这也是分布最广的藻毒素之一，但在许多地区它并不是最常见的一种，其他各种藻毒素在毒性上要比它低得多。如果用微囊藻毒素-LR的准则值用于评价其他各种藻毒素及制定目标，则这一准则值就会成为一个最严格的评价值。关于如何将“浓度当量”和“毒性当量”用于微囊藻毒素和微囊藻毒素-LR，在Chorus & Bartram(1999)出版的文献中有更详细的讨论。

表 8.26 水处理用的化学物和各种接触饮用水材料产生的化学物（未制定准则值）

化学物	不制定准则值的理由
消毒剂	
二氧化氯	二氧化氯迅速分解，而且，亚氯酸盐的暂行准则值对预防二氧化氯的可能毒性有保护作用
二氯胺	用已有资料不足以得到基于健康的准则值
碘	用已有资料不足以得到基于健康的准则值，而且因水消毒而终身接触碘也不可能
银	用已有的资料不足以得到基于健康的准则值
三氯胺	用已有的资料不足以得到基于健康的准则值
消毒副产品	
溴氯乙酸	用已有的资料不足以得到基于健康的准则值
溴氯乙腈	用已有的资料不足以得到基于健康的准则值
水合氯醛（三氯乙醛）	饮水中存在的浓度远低于产生毒性作用的浓度。
氯丙酮类	对于任何一种氯丙酮来说，已有资料都不适于得到基于健康的准则值
2-氯酚	用已有的资料不足以得到基于健康的准则值
氯化苦	用已有的资料不足以得到基于健康的准则值
二溴醋酸	用已有的资料不足以得到基于健康的准则值
2, 4-二氯酚，	用已有的资料不足以得到基于健康的准则值
甲醛	饮水中可能存在浓度远低于会产生毒性作用的浓度。
一溴醋酸	用已有的资料不足以得到基于健康的准则值
MX	出现在饮用水中的浓度大大低于可能出现毒性作用的浓度
三氯乙腈	用已有的资料不足以得到基于健康的准则值
水处理用化学物中所含的污染物	
铝	由于缺乏作为人模型的动物资料和有关人群资料的不确定性，不能得到基于健康的准则值；但却推导出了实际应用浓度，这是在使用含铝凝聚剂的饮用水设备中以达到最佳凝聚效应为基础的：大型水处理设备，0.1mg/L或更少；小型设备，0.2mg/L或更少
铁	饮用水中常见的浓度对健康并无影响，但即使浓度低于基于健康的数值时仍可影响水的口感和外观
水管和零配件带来的污染物	
石棉	没有始终一致的证据表明摄入石棉能危害健康
二烷基锡类	对任何一种二烷基锡来说，已有的资料都不足以得到基于健康的准则值
荧蒽	出现在饮用水中的浓度大大低于可能出现毒性反应的浓度
无机锡	出现在饮用水中的浓度大大低于可能出现毒性反应的浓度
锌	饮用水中常见的浓度对健康并无影响，但可影响饮用水质量的接受程度

表 8.27 对健康有影响的水处理用化学物和各种与饮用水接触的材料（准则值）

消毒剂	准则值 ^a (mg/L)	备注
氯	5 (C)	为达到有效消毒, 在至少为30min的接触时间 (pH<8.0) 后水中游离余氯的浓度为≥0.5mg/L
氯胺	3	
消毒副产品	准则值 ^a (μg/L)	备注
溴酸盐	10 ^b (A, T)	
一溴二氯甲烷	60 ^b	
溴仿	100	
氯酸盐	700 (D)	
亚氯酸盐	700 (D)	
氯仿	300	
氯化氰	70	作为氰化物总计
二溴乙腈	70	
二溴-氯甲烷	100	
二氯醋酸	50 ^b (T, D)	
二氯乙腈	20 (P)	
一氯醋酸	20	
三氯醋酸	200	
2, 4, 6-三氯苯酚	200 ^b (C)	
三卤甲烷		其中各个化合物的浓度与其相应准则值之比的总和应小于1
水处理用化学物的污染物	准则值 ^a (μg/L)	备注
丙烯酰胺	0.5 ^b	
环氧氯丙烷	0.4(P)	
来自水管和零配件的污染物	准则值 ^a (μg/L)	备注
铍	20	
苯并芘	0.7 ^b	
铜	2000	常在准则值以下发生所洗衣物或卫生用器具染色
铅	10	
镍	70	
氯乙烯	0.3 ^b	

^a P=暂行准则值, 证据表明有危害, 但现有关于健康效应的信息不足; A=暂行准则值, 因为计算的准则值低于实际定量测定的浓度; T=暂行准则值, 因为计算的准则值低于用实际处理方法和水源保护等方法所能达到的水平; D=暂行准则值, 因为消毒很可能导致其浓度超过准则值; C=化学物的浓度相当于或低于基于健康的准则值, 但仍能影响水的外观、口感或气味, 导致消费者投诉。

^b 考虑作为致癌物, 其准则值是指在一般寿命的上限值期间发生癌症危险为10⁻⁵时饮水中致癌物(每100,000人口饮用准则值浓度的水在70年间增加1例癌症)的浓度。危险为10⁻⁴或10⁻⁶时的浓度值可通过将该准则值乘以10或除以10计算获得。

表8.28 加入水中用于公共卫生目的并对饮用水的卫生有影响的农药（准则值）

加入水中用于公共卫生目的的农药 ^a	准则值（ $\mu\text{g/L}$ ）
毒死蜱	30
DDT及其代谢物	1
氯菊酯	300
吡丙醚	300

^a只有吡丙醚是WHO推荐可加入水中用于公共卫生目的。WHO并不推荐氯菊酯用于此目的，因为作为其政策的一部分，要排除将任何一种拟除虫菊酯作为杀幼虫剂用于传播人类疾病的蚊子。这一政策的基础是考虑到传病媒介可能会加快发展对合成拟除虫菊酯的抗性，而目前在全球抗疟疾策略中合成拟除虫菊酯作为杀虫剂用于处理蚊帐是非常重要的。

表8.29 饮用水中对健康有重要影响的藻毒素准则值

	准则值 ^a （ $\mu\text{g/L}$ ）	备注
微囊藻毒素-LR	1（P）	全部微囊藻毒素（细胞的+游离的）

^a P=暂行准则值，证据表明有危害，但现有关于健康效应的信息不足。

8.6 出现化学物水质问题和紧急情况时的应对

在化学物引起饮用水供水严重污染时，无论是意外事故或故意行为，在应急方面都很难给予内容全面的指导。在本准则中（见8.5节和附录4）所推荐的大部分准则值都是与人终生可耐受的暴露水平有关的，且只是考虑了为数有限的化学物的急性毒作用。至于某个化学物在远远超过准则值的情况下，需要多长的暴露时间才会影响健康，这取决于许多因素，而它们又因不同污染物而不同。在紧急情况下公共卫生管理部门应就采取何种适宜的措施开展咨询。

超过准则值也可能不会对健康有明显影响或增加风险。因此，短期或长期显著偏离准则值并不表明该类水不适于使用。超过准则值而又不影响公众健康，其时间长短和数量多少要取决于所涉及的特定物质。但是，超标应该是一个信号：

- 至少，要研究其原因并采取必要的补救措施；以及
- 咨询公共卫生管理部门，听取有关相应措施的建议，并考虑除饮用水之外其他来源摄入的该物质，该物质的毒性，可能发生的各种不良作用及它们的性质，以及补救措施的可实施性。

如果显著超过某项准则值或已超过多天，则可能需要迅速行动起来，以保证能够采取保护健康的措施，并将情况通知消费者，让他们也能采取适当措施。

当化学污染物超过准则值或发生紧急情况时，首要目标是预防人群接触有毒浓度的污染物，在这种情况下使用本准则时，除非有合适的饮用水来替代供水，否则要重点考虑的首要问题是保持足够的供水。当发生意外事件时，化学污染物溢漏进入源水并进入饮用水供水系统或是在水处理或输配水过程中进入供水系

统，主要目标是要尽可能地减少不良作用的危险性而不是一定要中断供水。

准则的本节内容可用于协助对特殊情况作出风险评价（尤其是在有准则值或可从另一来源得到有权威性的风险评价时）并支持对短期和中期措施作出适当决策。所提出的这些方法为各行政管理部门间进行讨论提供了基础，也为评价采取进一步行动的迫切程度提供了根据。

通常情况下，需要专门对紧急情况进行仔细审视，并应征询专家的意见。重要的是要考虑当地的情况，包括是否有替代的供水办法及有无其他来源接触到该污染物，如食物。同样重要的是要考虑采用何种水处理方法和/或该方法是否可以得到并能降低污染物的浓度。

当污染物的性质不明时，应尽快寻求专家的意见以确定是何种污染物和决定采取哪些措施才能：

- 阻止污染物进入供水系统；和/或
- 使人群的暴露减到最小，从而将任何可能的不良作用也减到最小。

水安全计划（WSP）应包括对可预见的事件和不明原因的“突发事件”（“紧急事件”）的应对计划。这样的计划有助于在这些事件发生时采取迅速适当的反应（见4.4节）。

4.4节讨论了发生超过准则值的意外事件时的应急计划和预案，内容包括微生物和化学污染物。紧急情况下应采取的措施在6.2节中有更多的讨论，有关微生物污染的讨论则见7.6节。

8.6.1 提示采取行动的触发事件

提示采取行动的触发事件（预警信号）包括：

- 饮用水供应者发现溢漏，或有人向供应者报告溢漏；
- 通过观察发现隐患，如发现紧临饮用水供水系统的易损部位有存放化学物的鼓形圆桶；
- 水中检出污染物质；
- 水处理过程突然发生改变；或
- 消费者投诉（如异常气味、味道或变色）。

8.6.2 情况调查

每次意外事件都是不一样的，重要的是要弄清实际情况，包括：由何种污染物引起、可能的浓度是多少、超过准则值多少（如果超过的话）、以及意外事件可能延续多长时间，这些对决定采取哪些措施来说都是十分重要的。

8.6.3 与有关人员交谈

出现任何紧急情况时，各行政管理部门之间，尤其是供水者和卫生行政管理部门之间的良好交流是很重要的。通常都是卫生行政部门作最后的决策，但是要作出最恰当的决策，了解供水知识和供水类型是非常重要的。此外，与消费者的及时、明确的交流也是成功处理饮用水问题和突发事件的重要步骤。

在4.4节中讨论了与主要管理部门联络的问题。尤其重要的是要通知公共卫生管理部门有关任何超过或可能超过准则值的情况或其他有可能影响人们健康的情况，并且确保公共卫生管理部门参与决策。当一些措施需要通知到全体消费者或需要提供临时饮用水供应时，还需要民政部门的参与。计划这些行动是制定WSP_S的一个重要部分。公共卫生部门的早期参与可使他们获得专家的意见并做好相应的人员准备。

8.6.4 向公众报道

因为媒体报道、消费者们自己的感觉，或通过非正式网络，消费者们可能会意识到饮用水的安全性可能出现了问题。对饮用水或对行政管理部门缺乏信心会导致消费者去选择另外的但可能更不安全的供水。消费者们不但有权知道关于饮用水安全的信息，而且在协助行政管理部门工作方面也可发挥重要作用，如出现意外事件时通过他们自己的行动，在家庭层面采取各种必要的措施。无论从短期还是从长期来说，消费者的信赖和友好都是极其重要的。

在需要做出决定，通知公众关注饮用水对健康的影响或建议采取一些保护健康的措施（如，将水煮沸后饮用）时，卫生管理部门应该参与，而且这类指导应及时和明确。

8.6.5 评价对公共卫生和个体的影响

在评价超过准则值的影响时，应考虑以下方面：

- 支持准则值推导的信息；
- 该物质在当地经其他途径（如食物）的暴露；
- 任何敏感的亚人群；以及
- 在发生溢漏污染时，当地采取相应保护措施以防止化学物进入源水或供水系统。

支持准则值推导的信息

在8.2节中描述了化学污染物准则值的推导。

大部分准则值是经过计算TDI或应用现有的TDI或ADI推导出来的。将TDI或ADI的一部分分配给饮用水，以便为其他各种途径（尤其是食物）暴露的部分留出余地。这项配额通常为10%，但也可以低至1%或高至80%。在许多情况，检查可能的暴露来源时发现饮用水以外的其他来源均不像假设的那样重要，且总暴露

量的大部分可安全地计入饮用水部分。本准则第12章化学物概览和准则提到的化学物的背景文件 (http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/chemicals/en#V) 为有关化学物的可能来源 (包括分配系数) 提供了进一步的信息。当需要对这些化学物作出快速决策时, 在进行更广泛的审阅的同时, 允许在短时间内 (如几天) 将100%TDI都视为来自饮用水部分。当暴露主要来自其他来源或时间多于几天时, 则分配量可高于在准则值推导中使用的分配量, 但不要超过100%。

在某些情况, 准则值是从流行病学研究或临床研究推导出来的。大部分情况下 (如苯, 钡), 与长时间暴露有关, 而短时间暴露于超过准则值的浓度不大容易引起严重关注; 但重要的是要向专家征询建议。在其他一些情况, 准则值从流行病学研究推导得出, 相关的健康影响是急性的 (如硝酸盐/亚硝酸盐, 铜):

- 硝酸盐的准则值(50mg/L)是基于人工喂养的婴儿中出现高铁血红蛋白血症, 或蓝婴综合征。这一结果如合并有微生物污染, 会显著增加了这一群体的风险程度。在饮用水没有被粪便污染的情况下, 高铁血红蛋白血症很少与硝酸盐联系在一起。作为一项短期措施, 当水中硝酸盐水平超过100 mg/L时就不应用于人工喂养的婴儿; 但是, 如果医学部门非常警惕, 而硝酸盐浓度在50和100mg/L之间, 并且已知水的质量并确定在微生物方面是安全的, 也可以应用此水。由于硝酸盐的准则值是针对一组特殊和易受损伤的亚人群 (即人工喂养的婴儿), 因此, 该准则值对年龄大一些的儿童和成年人来说则远远高于保护水平。
- 铜的准则值也是基于短期暴露确定的, 其目的是防止对胃的直接刺激, 这与浓度有关。水中浓度可能会超过准则值, 而浓度超过准则值时消费者受胃肠道刺激的风险也增高。可通过暴露人群对这种刺激的发生进行评价。

在某些情况, 准则值是通过实验室动物癌症危险性估计值推导而来。这时, 10倍于准则值浓度的短期暴露 (几个月到一年) 只使癌症危险性增加很小的数量。由于危险性估计值的差异范围很大, 因此危险性可能没有或仅有极微弱的增加。在这样的情况下, 短期接受大于10倍准则值的量对终生危险性来说没有什么影响。但是, 要注意判断在短期暴露后是否会发生其他毒理学终端效应, 如神经毒理学的影响。

经其他途径暴露的污染物的评价

最有用的有关经食品和较少可能经空气及其他环境途径的暴露物的信息来源通常来自政府管理食品和环境污染的部门。其他的来源可能还有一些大学。在缺少专门资料时, 用本准则的背景文件考虑暴露来源并给出一般性评价, 可对当地某个化学物的潜在使用情况及是否有可能进入食物链的问题作出评价。进一步的信息见1.3节《饮用水化学安全性: 风险管理的优先重点》。

敏感性高的亚人群

在某些情况下，某一物质可能对一组特定的亚人群比对其他人群有更大的危险性。这些常常是属于高暴露人群（如人工喂养的婴儿）或具有特殊的敏感性（如胎儿血红蛋白和硝酸盐/亚硝酸盐）。但某些有遗传问题的亚人群可能会对某种特殊毒性显示更大的敏感性（如6-磷酸葡萄糖脱氢酶缺乏人群和红细胞氧化应激）。如果在意外事件中从饮用水中可能接触的量大于TDI或接触会延续多天，那就需要考虑与卫生管理部门合作。在这些情况下，有可能将目标设定在使特殊群体避免接触，如为人工喂养的婴儿供应瓶装水。

影响危险性评价的特定缓和性措施

这些措施是指当地采取的或以家庭为基础采取的行动，它们可影响特定污染物是否存在。例如，对于易挥发或热不稳定的物质，如在烹调或准备饮料前先将水加热便可影响其存在。当暴露的人群将这样的措施作为常规应用时，危险性评价可能要作相应改变。换言之，可通过以家庭为基础采取这些措施来减少暴露并允许不中断水的供应。

8.6.6 确定适当的措施

确定适当的措施意味着需要平衡各种风险。中断对消费者的水供应是很严重的措施，并可引起各种风险，如家庭中贮存的饮用水受病原生物污染，用于卫生和保护健康目的的用水受到限制。虽然发布“不适合饮用”的通知仍可允许供水用于卫生目的，如淋浴或洗浴，但对消费者和管理部门造成压力，要有替代的安全供水用于烹调和饮用。在某些情况下，这一选择将是很昂贵的并可能将资源从其他更重要的方面转移过来。要确定适当的措施总是以个案为基础，并与其他行政部门一起作出决策，其中包括卫生部门和民政部门，这些部门可能被要求参与通知消费者、替代的供水服务或监督管理从水车或运水船取水。在应对某个可能危害健康的化学污染物时，不应由于中断供水，微生物污染或其他化学物污染而导致总的健康风险增加。

8.6.7 消费者的可接受性

在紧急情况下，尽管供应的水中所含物质比正常期望的浓度要高，却并不一定导致对健康的风险，但是消费者可能并不接受这种饮用水。因溢漏的结果，许多物质可污染饮用水供水并引起严重的味觉和/或嗅觉问题。在这些情况，饮用水的口感变得不好以致不能饮用或使消费者们转向选择其他来源的饮用水，而后者可能会对健康造成更大的危害。此外，如饮用水已明确被污染，一些消费者由于意识到水的质量不好而感觉不舒服。在向消费者提出建议是否该饮用水可用于饮用或烹调时，最重要的决定因素便是消费者的可接受性。

8.6.8 保证补救措施，防止再次发生污染和更新水安全计划

将意外事件和所作出的决定及其理由记录成文是处理意外事件工作的重要组成部分。如第4章所讨论，WSP应根据经验予以更新。这包括在意外事件中确定的问题要得到切实改正。只要可能，这也意味着处理意外事件的原因是与防止其再次发生有关的。例如，如果意外事件是由于工业溢漏造成，则要将信息传递给其他类似的工业企业。

8.6.9 混合污染

一次溢漏可以有一个以上对健康可能有影响的污染物（见8.2.9节）。在这些情况下，重要的是确定这些物质之间是否会有相互作用。当一些物质具有类似的作用机理/模式时，可考虑他们有相加作用。对某些农药来说确实如此，如莠去津和西玛津。在这些情况下，确定措施是否适当时应考虑当地的具体情况，还应该征询专家的建议。

8.6.10 停止用水通告

停止用水通告与饮用开水通告（见7.6.1节）有许多共同点，但较少发布。如饮用开水通告一样，停止用水通告是一项严重的措施，只有在有充分证据表明这一建议可以显著降低公众健康风险时才能发布。当推荐另选替代供水时，特别要考虑这些供水可能存在微生物危害。当所关注的污染物不适于煮沸处理或皮肤接触或吸入污染物也很主要时应发布停止用水通告。当输配水系统中检出不明物质或化学物时也可发布停止用水通告。重要的是在停止用水通告中要提供关于煮沸处理无效和/或不足以降低危险性的信息。

如同发布饮用开水通告一样，饮用水供应者应与公共卫生部门一起制定关于停止用水通告的预方案。方案应在意外事件发生前准备好并纳入WSP_S。是否发布建议的决定往往要在短时间内做出，而对突发事件的应对措施可能会使决定难于做出，并影响信息的交流沟通，损害公众的信心。

除了在4.4.3节中讨论过的信息，方案应向一般公众和特定人群提供以下信息：

- 发布和撤销通告的标准；
- 受通告影响的各种活动；和
- 用于饮用及其他家用的替代安全供水。

方案中应该明确发布停止用水通告的沟通方式，依供水种类和所覆盖社区的大小不同而异，沟通方式包括以下几种：

- 通过媒体如电视、广播和报纸进行宣传；
- 通过电话、电子邮件、传真等特殊设备与社区人群以及当地行政管理部
门接触；

- 在一些显要地区张贴布告；
- 个人发送传单；
- 邮件投递。

所选择的方法应该保证将通知尽可能快地通知涉及到的所有人，包括居民、工人、旅游者等。

有时发布停止用水通告可能是必需的，如发生化学的、放射性的或微生物的污染（或是意外的、自然的或是蓄意预谋的），并已造成：

- 显著超过准则值，可能因短期暴露而造成对健康的威胁；
- 没有准则值的化学物的浓度已达到可因短期暴露造成对健康威胁的水平；和
- 不明原因的明显的气味或味道，或显著引起公众的焦虑。

在发布停止用水通告时应如发布饮用开水通告一样（见7.6.1节）提供有关信息，虽然对受到影响的活动和使用者方面的建议会有所变化，这取决于问题的性质。例如，当污染物浓度升高到涉及饮水和烹调活动时，可建议公众不要将水用于饮用、烹调、制备冷饮料、制冰以及卫生用水如刷牙。但当通知涉及浓度增高的化学物可引起皮肤或眼部刺激或胃肠道不适时，则应建议公众不要将水用于饮用、烹调、刷牙或洗浴/淋浴。另一种情况，当污染可能会影响到一些亚人群时，如孕妇或人工喂养的婴儿，则要发布专门的停止用水建议。

至于发布饮用开水通告，可能需要向以下人员和单位提出专门建议，例如牙科医师、医师、医院和其他卫生保健机构、儿童看护机构、学校、食品供应商和制造商、旅馆、饭店，以及公共游泳池的工作人员等。

停止用水通告不等于停止供水；这些水还是可用于冲厕所和其他用途，如洗衣服。但是，需要有替代的饮用水供应，如瓶装水和/或用运水车或运水船运水，以用于饮水或其他家用。

撤销停止用水通告的标准一般是依据水源中高浓度的有害污染物已被清除、妥善冲洗输配水系统、以及供水可以安全地用于饮用及其他用途。在建筑物内，冲洗范围要扩大到贮水箱及内部管道系统。