

谈饮用水管理策略之保证饮用水安全和质量

Nirit Ulitzur , CheckLight Ltd. 邮政信箱 72 Qiryat Tivon 36000 , Israel. nirit@checklight.biz

饮用水管理中较大的难题在于保证饮用水的质量。众所周知，在饮用水的保护上存在三道主要防线（如<http://law.epa.gov.tw/en/laws/381635686.html>;
<http://www.pws.gov.nt.ca/pdf/WaterAndSanitation/WaterFramework.pdf>）。

- 保持水源清洁
- 保证饮用水安全
- 验证饮用水安全

所有这些任务需要协调各自的行动，包括标准和规范制定、保护实施、污染防治、水质处理、监控和测试以及公共教育。

在本文的概述中，我将简要集中讨论实施早期预警的重要性，特别是饮用水水质测试和生物监控。

对直接影响饮用水安全的供水源头的控制点进行监控，是饮用水管理工作中的重要部分。尽管水质监控标准在水污染管理的一定程度上已发挥生效，但总体趋势是倾向加强水质标准、增加采样力度和使用更好的检测方法。同时随着新的健康威胁提示、污染风险和新的监控方法的出现，标准水平也在不断提高。

在将水质标准作为生态系统保护工具的理念背后包含大量不同的框架、原则和项目，以及诸多操作工具，为此涉及国际、全国和本地三级不同的机构和组织。类似WHO（UN）、EPA（US）和EEA（EU）的组织为全球的各个政府机构制定常规基准性指导意见。但在许多国家至今仍缺乏全面和连贯的政策和立法，取而代之的却是相对独立的污染控制和水质监控子系统。即使在大多发达国家，支持立法的法规也存在缺乏、不足或陈旧现象，而在一些其他国家（东欧国家）的标准却十分苛刻，缺少执行力。在发展中国家内（如泰国、斯里兰卡），越来越普遍采用这样的方法，将水管理责任分散到最低的行政级别。在过去的十年中，一些

CheckLight Ltd.

P.O. Box 72 Qiryat-Tiv'on 36000, Israel.
Tel: (972)-4-9930530, Fax: (972)-4-9533176
www.checklight.biz, info@checklight.biz

亚洲国家已开始实施大规模项目和行动方案（包括新水质标准）来解决水质问题。这些项目在中国、日本和韩国已证实是成功的。

目前的水质监控如果由供水公司定期完成，在处理某些突发或无意的污染威胁时，存在些重大的局限。目前的水质监控的间隔相对零散，许多都是在实验室完成，所以不能有效检测到即发的污染或水质的频繁变动。目前的监控方法不能轻易地检测到泄漏、事故、人为破坏、极端恶劣自然事件以及可能带来慢性健康问题的特殊化合物。一般情况下，都会偶尔出现公共供水和水源地污染。每年在供水上都会发生各种污染事件，因此就有担心这些污染物是否对水处理工艺存在抗耐性。人们还担心在供水或处理传送系统中渗入的污染物可能会在被检测到或相应补救措施前引发疾病。

饮用水界一直十分重视水质的安全性，早期或实时报警系统对同时解决饮用供水自然和人为污染具有重大意义。在9.11惨案后更是如此，人们自此以后开始考虑对供水系统可能的恐怖袭击。在2002年，美国总统布什签署了一项特殊法案，呼吁防范针对供水的潜在恐怖行为。如此的蓄意的污染事件对公共健康和对国家水质信心会带来重大打击（EPA，2005）。然而另一方面，供水相关机构在过去专注于遵守法规，而如今他们的重点更多地转移到了客户的需求和利益至上。不管我们是否相信，客户是不会拘泥于各种条条款款，他们更受新闻报纸报道或其他客户口碑的影响（AWWA，2004）。全球的各个政府、机构、组织及供水公司都因此开展了不同的项目，评估水质的早期预警监控系统和相关技术。

早期预警系统（EWS）的目标是可靠稳定并及时地确认在水源和水网系统中低概率/大影响的污染事件（化学、微生物、发射），帮助有效地在本地作出响应，减少或避免事件本身可能引起的不利影响。这样的EWS系统必须能持续、精确和稳定实时地检测到污染物（水质中不常见的），而且它必须价格合理，操作和维护简单，也能胜任远程操作（NTA，2004）。

在上述明确目标之外，还要降低公共健康风险，EWS的其他优势还包括：

- 操作性：降低样品处理、运输、存储工作和成本以及提高水处理厂的运作。
- 信息性：增强公众信心、帮助更好响应决策、提高监控工作的协调和更佳的长期调研。
- 防范性：遏制随意排放和帮助排放厂（个人）检测未知的泄漏或释放。

CheckLight Ltd.

P.O. Box 72 Qiryat-Tiv'on 36000, Israel.
Tel: (972)-4-9930530, Fax: (972)-4-9533176
www.checklight.biz, info@checklight.biz

表格1罗列了任一EWS的常规要求。各个组织根据自身的需求，某些方面会各有侧重（ILSI，1999，AWWA，2005，LLNL，2005 和EPA 2007）：

检测功能
<ul style="list-style-type: none"> • 在线/接近实时 • 覆盖所有潜在威胁 • 确定污染源 • 在管制水准上对水质敏感 • 在1小时内作出响应（注释1） • 自动提供（半）连续结果
可靠性
<ul style="list-style-type: none"> • 最大程度降低错误的虚假或错误响应。 • 减少代价高昂的虚假响应。 • 结果可以重现和验证。 • 高可靠性，不受环境变化影响。 • 第三方验证和认可。 • 健全的系统。 • 全天候工作。

安装、操作和维护

- 确定监视位置的方法。
- 在现有支撑架构上安装简单。
- 技能和培训要求低。
- 安装、操作和校正简单便捷（注释3）。
- 维护简单，维护频率低，成本不高
- 维护周期应与现有的公共事业协议同步
- 兼容所有相关地方和国际标准。（安全性、EMC等）。

管理和集成

- 允许远程操作。
- 清晰呈现结果。
- 在线连接供水系统和数据管理系统。
- 支持多种通信技术和协议。
- 兼容现有的管理系统，集成简单。
- 软件可以管理其他和集成第三方传感器。
- 多语言设置，图形界面管理简单且明了。
- 管理系统可保存历史数据，用于基线设定和趋势分析。

成本

CheckLight Ltd.

P.O. Box 72 Qiryat-Tiv'on 36000, Israel.
Tel: (972)-4-9930530, Fax: (972)-4-9533176
www.checklight.biz, info@checklight.biz

- 价格经济实惠。
- 多方受益。
- 操作和维护成本低。

表 1 — 理想化早期预警系统的要求

注释：

1. 取决于工艺控制和系统类型。
2. 例如当检测系统未能检测到系统中存在的威胁。USDA指导意见要求测试系统的虚假检测率低于10%。（10个测试中需要其中1个发出正确信号，即使未存在真正威胁）。
3. 客户可以自定义测量方法。

“就目前而言，具备如表1中所有特征的EWS至今还未出现。但是，有些EWS还是能满足某些核心特征的：（1）提高快速响应（2）筛选大量污染物，同时保证足够的敏感度和（3）以自动化系统方式运行，允许远程监控。任何未具备如上三个核心特征的系统，都称不上真正有效的EWS。”（EPA，2005）

EWS的种类很丰富，包括：简单的在线测量（D.O.，pH，浊度），简单的批处理法（油污荧光分析、除草剂免疫测定法），多参数传感器，和高级化学分析（GC、GC/MS、LC/MS）。

多参数水质技术包括现已有的水质传感器（如TOC、pH、氯离子、浊度、导电性），当一起分析使用时，或许可以确定水质中的物理或化学变动。这样的变化有时可以说明水质中被意外或蓄意添加了某一污染物。但是，多参数方法还未经过足够评估，存在虚报和检测敏感度的问题，还无法广泛推广普及。

许多化学技术的严重缺陷在于它们仅能检测和确定少量物质。可能会爆发其他各种不能被检测到的及（或）毒性未知的污染物。而且，最大的困难是即使我们已经掌握了各个化合物的自身属性，也无法了解多种化合物之间的添加、增效、拮抗作用。然而生物早期预警系统（BEWS）却能监控更加纷繁复杂的化学物，即使那些逃脱常规分析监控方法的污染物也不可幸免。BEWS特有三大组成部分：测试生物体、自动化检测系统和报警系统。自动化生物监控使用活体生物作为传感器，可以实时运作，能完美地连续提供水质信息。现有的BEWS包括使用鱼类、水蚤、蚌类、藻类和细菌。

水质管理中自动化生物传感器的基本理念由Cairns et al首先提出。（1970）。生物测量主要是作为筛选工具，可以检测出水体样品中各成分毒性的相互作用。一旦观察到毒性，便可使用基于化学方法的毒性识别评估技术确定出有毒物质。Allen et al 讲述到。（2002）生物监控应始终用于筛选未知源中的毒性。

不管采用何种生物体，其策略完全相同：生物监控方法会密切观测或跟踪生物体，掌握在行为或属性上因有毒物质的影响而出现的任何变化。生物监控方法并不能有效地确定引起变化或异常行为的污染物，但可以发出预警，表明水体中已出现了污染物。一些生物监控方法用于测量针对大量有毒化合物浓度上升时的快速响应；有些则用于确定由顽固性生物集聚毒素（如抗生素、药物和杀虫剂）引起的慢性低水平污染。

现在在全球的有些国家，正在开展少量EWS项目：USA（Potomac River Basin、Ohio River Valley、Mohawk Valley、Lower Mississippi）、欧洲（Rhine、Elbe、Danube、River Trent、Seine）和亚洲（珠江三角洲）。这些项目许多是缘于重大的污染事件，得到了几大政府机构和组织的特殊财力支持。

在9月11日之前，在美国生物监控几乎是寥寥无几。但自此以后，供水系统已开始调研生物监控的实际效果。

这些系统的主要缺点是价格过高，而且使用时需要熟练人员。为了克服这些缺点，最近推出了一款新的系统，即AquaVerity。它利用非致病性海洋发光细菌作为敏感性传感器。基于细菌的传感器早已被诸如EPA的监管机构认定为“饮用水安全早期预警筛选工具的最佳选择，因为细菌能在几分钟内对毒性做出反应”。（“EPA 安全指南——毒性生物传感器。”）。

CheckLight Ltd.

P.O. Box 72 Qiryat-Tiv'on 36000, Israel.
Tel: (972)-4-9930530, Fax: (972)-4-9533176
www.checklight.biz, info@checklight.biz

系统包含连续生物监控（CCB）和便携式测试套件（PCB），PCB可在发生污染事件时现场部署，以便更好地确定边界。*AquaVerity*可以在供水管网内的不同位置点连续监控水质，当水质由于污染出现危险变化时，立即发出警报。系统可以全面覆盖大片水域，对诸多污染物的低微浓度异常敏感，保证所测结果一致可靠。为了增加成本效益，在系统的独特设计上还投入了特殊的努力——*AquaVerity*需要最短的设置时间、最少的维护和现场访问次数。

在供水机构的常规使用中要引入此系统和类似预警系统，关键取决于数据解析方法的开发和在控制中心的单一监控工具中多个传感器的集成问题。在这样的系统中，会使用补充传感器组合，可以比单个仪器提供更多的信息。此外，供水机构需要制定出响应指导原则，它实质上就是处理污染威胁的实用指南。换言之，成功的饮用水管理不但需要获取关于潜在污染的全面、可靠和及时的信息输入，同时需要有针对此类事件清晰而明确的操作程序，能支持补救措施和保护公共健康。

CheckLight Ltd.

P.O. Box 72 Qiryat-Tiv'on 36000, Israel.
Tel: (972)-4-9930530, Fax: (972)-4-9533176
www.checklight.biz, info@checklight.biz

参考文献

Allen HJ , Dickson KL , Martin H , Thuesen KA和Waller WT (2002) Monitoring Watersheds: Biomonitoring and Other Measures , *Journal of Urban Technology* , 9:2 , 1-19.

AWWA (2004) Anticipating the Future: A Roundtable Discussion on Emerging Trends. <http://www.awwarf.org/research/TopicsAndProjects/Resources/ResearchPlan/EmergingTrends/index.aspx>

AWWA (2005) Contamination warning systems for water: An Approach for Providing Actionable Information for Decision-Makers. *American Water Works Association*: USA.

Cairns J Jr , Dickson KL , Sparks RE和Waller WT. (1970). A preliminary report on rapid biological information systems for water pollution control. *J Water Pollut Control Fed.* 42:685–703.

EPA (2005) Technologies and Techniques for Early Warning Systems to Monitor and Evaluate Drinking Water Quality: State-of-the-Art Review. *Office of Research & Development National Homeland Security Research Center*. USA : Environmental Protection Agency.

EPA (2007) Water Security Initiative: Interim Guidance on Planning for Contamination Warning System Deployment. *Environmental Protection Agency , Security Division*. USA.

ILSI (1999) Early Warning Monitoring to Detect Hazardous Events in Water Supplies, *Report of the International Life Sciences Institute*.

LLNL (2005) Sensor Acquisition for Water Utilities: Survey, Down Selection Process, and Technology List. *Lawrence Livermore National Laboratory*. USA.

NTA (2004) Water Monitoring Equipment for Toxic Contaminants Technology Assessment. *National Technology Alliance / Chemical, Biological and Radiological Technology Alliance*. Black & Veatch, General Dynamics, Univ. Buffalo Research Center.

CheckLight Ltd.

P.O. Box 72 Qiryat-Tiv'on 36000, Israel.
Tel: (972)-4-9930530, Fax: (972)-4-9533176
www.checklight.biz, info@checklight.biz

关于作者 — Ulitzur 博士对水质诊断中当前和将来的需求具有深入的了解，多年来一直致力于将实验室创新成果转换为用户友好的商业产品。在2001年加盟CheckLight之前，Ulitzur 女士在学术研究上已有15多年的历史。她在以色列Haifa的Technion Institute生物学系完成本科和研究生学位。在耶路撒冷希伯来大学的遗传学系完成博士论文后，她开始在斯坦福医学院的生物化学系继续博士后研究学生。

CheckLight Ltd.

P.O. Box 72 Qiryat-Tiv'on 36000, Israel.
Tel: (972)-4-9930530, Fax: (972)-4-9533176
www.checklight.biz, info@checklight.biz