

全国城镇地表水饮用水水源地水质评价

王 研¹ ,唐克旺¹ ,徐志侠¹ ,唐 蕴¹ ,刘慧芳²

(1. 中国水利水电科学研究院水资源所 ,北京 100038 ; 2. 中交水运规划设计院 ,北京 100007)

摘要 根据“全国城市饮用水水源地安全保障规划”成果 ,对全国城市地表水饮用水水源地水质进行分析评价。评价采用最差因子评价法 ,即以多个水质评价因子中最差因子的水质类别作为水源地综合评价的水质类别。评价结果显示 ,全国约有 55% 的地表水水源地水质不合格。超标项目以有机污染为主。河流型的水源地水质状况比水库型的差。超标严重的河流型水源地主要集中在南方地区 ,超标严重的水库型水源地主要集中在北方地区。

关键词 水质评价 ; 地表水 ; 水源地 ; 城镇 ; 中国

中图分类号 :X824 **文献标识码** :A **文章编号** :1004-693X(2009)02-0001-04

Water quality assessment of surface drinking water sources in cities and towns of China

WANG Yan¹ , TANG Ke-wang¹ , XU Zhi-xia¹ , TANG Yun¹ , LIU Hui-fang²

(1. Department of Water Resources , China Institute of Water Resources and Hydropower Research , Beijing 100038 , China ; 2. China Communications Water Transportation Planning and Design Institute Co. Ltd , Beijing 100007 , China)

Abstract Based on the achievements of the *Safeguard Planning for Urban Drinking Water Sources in China* , the water quality of surface drinking water sources is analyzed. The worst-factor assessment method is used ; that is , the water quality grade of the worst factor is taken as the water quality grade of the whole water source. The water quality assessment shows that 55% of the water sources fail to reach the water quality standard and organic pollutants are the main cause. The water quality of water sources is worse in rivers than in reservoirs , and the water sources beyond the water quality standard are mainly in southern China for rivers and northern China for reservoirs.

Key words :water quality assessment ; surface water ; water sources ; cities and towns ; China

获得安全饮用水是人类的基本需求和基本人权。随着城市化进程的加快和人民生活水平的提高 ,人们对供水要求将越来越高 ,保障饮水安全是促进经济社会发展、提高人口素质、稳定社会秩序的基本条件 ,是全面建设小康社会的具体行动 ,是实现经济社会可持续发展、构建和谐社会的基础。我国优质淡水资源短缺 ,水污染又进一步加剧了饮水安全矛盾。为此 2005 年水利部启动了“全国城市饮用水水源地安全保障规划”。本次规划范围覆盖了全国 661 个建制市和 1 746 个县镇^① ,涉及集中式饮用水水源地 4 555 个 ,其中 :地下水水源地 2 150 个 ,占总

个数的 47.2% ,地表水水源地 2 405 个 ,占总个数的 52.8%。这些水源地涉及供水人口约 3.8 亿人 ,其中地表水水源地供水人口最多 ,为 2.64 亿人 ,占供水总人口的 69.5% ,地下水水源地供水人口为 1.16 亿人 ,占水源地供水人口的 30.5%。

1 水质评价方法

GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中规定 :“地表水环境质量评价应根据应实现的水域功能类别 ,选取相应类别标准 ,进行单因子评价 ,评价结果应说明水质达标情况 ,超标的应说明超标项目和超

作者简介 :王研 (1956—) ,女 ,山东诸城人 ,教授级高级工程师 ,主要从事水环境与生态方面研究。 E-mail :wangyan@iwhr.com
① 台湾、香港及澳门特别行政区暂未包括在内 ,但向台湾、香港和澳门提供生活用水的水源地包括在所在省的调查评价范围内。

标倍数”。“集中式生活饮用水地表水水源地水质评价的项目应包括表 1 中的基本项目、表 2 中的补充项目,以及由县级以上人民政府环境保护行政主管部门选择确定的特定项目。”本次评价将依据 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》,同时结合实际情况确定评价方法和项目。

1.1 水质评价方法和标准

目前,国内外的水质评价方法很多,一般常用方法有:直接用相关标准评价、指数法和分级评价法等。指数法又分为单指数法和综合指数法等。近年来随着科技的发展,开发了一些新的评价方法,如基于层次分析的水质评价方法、基于模糊理论的水质评价方法、基于灰色理论的水质评价方法、基于人工神经网络的水质评价方法等。

本次地表水饮用水水源地水质评价采用最差因子评价法,即以多个水质评价因子中最差因子的水质类别作为水源地综合评价的水质类别。其理由是饮用水水源地不论何种水质项目,一旦超标,都会对人体健康产生危害。该方法是一种比较严格的评价方法。

基本项目评价标准以 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》分类中的Ⅲ类标准限值作为水体是否超标的依据。根据《地表水环境质量标准》分类,I类和Ⅱ类水质标准适用于集中式地表水生活饮用水水源地一级保护区,Ⅲ类水质标准适用于集中式地表水生活饮用水水源地二级保护区。Ⅳ、Ⅴ和劣于Ⅴ类水质不适于作为集中式地表水生活饮用水水源地。本次评价取丰水期、枯水期和年平均值中各项指标中最差的水质类别作为该水源地的水质类别,I类至Ⅲ类定义为合格,Ⅳ、Ⅴ和劣于Ⅴ类定义为不合格(超标)。补充项目以标准限值为依据,按丰水期、枯水期和年平均值中各项指标最差的超过标准限值的为不合格,小于和等于标准限值为合格。综合评价则以基本项目和补充项目中最差的作为评价水源地是否合格的依据。评价标准见表 1、表 2。

1.2 水质评价项目

本次地表水水源地水质评价采用 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中的 22 项基本项目(不包括水温和 COD)和 5 项补充项目。由于在本次调查评价的 2 400 多个地表水水源地中只有不到 1%的水源地进行了特定项目监测,而且监测项目很少,因此在地表水水源地水质评价中未包括特定项目。

根据 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》,对于河道型的水源地,总氮项目不参加评价,总磷项目则根据水源地的类型,采用不同的标准限值。评价项目见表 1 和表 2。

表 1 地表水水源地水质评价标准(基本项目)

序号	监测项目	Ⅲ类标准值
1	pH 值	6~9
2	溶解氧(DO)	≥5 mg/L
3	高锰酸盐指数(COM _{Mn})	≤6 mg/L
4	五日生化需氧量(BOD ₅)	≤4 mg/L
5	氨氮(NH ₃ -N)	≤1.0 mg/L
6	总磷(以 P 计)	≤0.2 (湖、库 0.05)mg/L
7	总氮(湖、库 以 N 计)	≤1.0 mg/L
8	铜(Cu)	≤1.0 mg/L
9	锌(Zn)	≤1.0 mg/L
10	氟化物(以 F ⁻ 计)	≤1.0 mg/L
11	硒(Se)	≤0.01 mg/L
12	砷(As)	≤0.05 mg/L
13	汞(Hg)	≤0.000 1 mg/L
14	镉(Cd)	≤0.005 mg/L
15	铬(Cr ⁶⁺)	≤0.05 mg/L
16	铅(Pb)	≤0.05 mg/L
17	氰化物	≤0.2 mg/L
18	挥发酚	≤0.005 mg/L
19	石油类	≤0.05 mg/L
20	阴离子表面活性剂	≤0.2 mg/L
21	硫化物	≤0.2 mg/L
22	粪大肠菌群	≤10 000(个/L)

表 2 地表水水源地水质评价标准(补充项目)

序号	项目	标准值/(mg·L ⁻¹)
1	硫酸盐(以 SO ₄ ²⁻ 计)	250
2	氯化物(以 Cl ⁻ 计)	250
3	硝酸盐(以 N 计)	10
4	铁(Fe)	0.3
5	锰(Mn)	0.1

2 水质评价结果

2.1 水源地总体评价

依据上述评价方法和标准,对全国城镇有水质监测数据的 2 326 个地表水水源地进行评价。结果显示,包括基本项目和补充项目共 27 项的综合评价,约有 55% 的水源地水质达不到国家标准要求。城镇地表水水源地水质合格率超过 80% 的省、市、自治区只有 3 个,分别是天津(100%)、西藏(96%)和海南(86%)。上海市地表水水源地水质合格率最低,为 0。不合格水源地的超标项目以有机污染为主。

基本项目和补充项目分别评价结果显示,在基本项目评价中,全国有 47% 的城镇水源地水质不合格。在补充项目评价中,全国约有 19% 的水源地水质不合格。全国各省、市、自治区城镇地表水水源地超标比例见图 1。

根据基本项目评价结果,全国城镇地表水饮用水源地中,Ⅲ类水质所占比重最大,约占总数的 28%,I 类和Ⅱ类水质约占总数的 25%,Ⅳ类水质约占总数的 18%,Ⅴ类水质约占总数的 9%,劣Ⅴ类

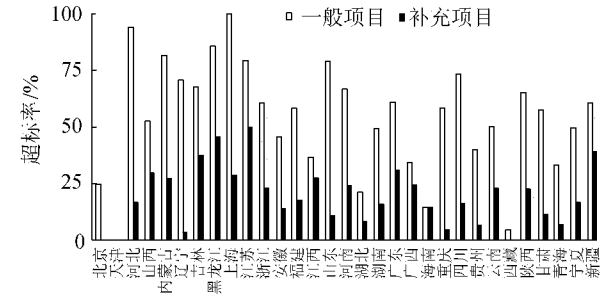


图1 全国城镇地表水饮用水源地水质超标比例
水质约占总数的20%。

在参加全国地表水饮用水水源地水质评价的各类水源地中,河流型的水源地有1285个,占地表水水源地总个数的55.2%;水库、湖泊型水源地1041个,占44.8%。评价结果显示,河流型水源地超标数量占水源地总数的28%,湖库型水源地超标数量占水源地总数的27%,总体上河流型水源地的水质状况比湖库型的差。

从地区分布看,地区间的差别比较大,在华北和东北等北方地区,地表水源地以水库为主,其水库型水源地超标比重较大,如河北省水库型水源地数量占地表水源地总量的94.4%,超标比例达到88.9%;山东省水库型水源地数量占地表水源地总量的91.7%,超标比例达到79.2%;辽宁省水库型水源地数量占地表水源地总量的72.7%,超标比例达到69.1%。水库型水源地主要超标指标是总氮、总磷和高锰酸盐指数,污染类型比较单一。而南方地区地表水源地以河流为主,河流型水源地超标比重较大,如上海市河流型水源地数量占地表水源地总量的100%,超标比例达到100%;江苏省河流型水源地数量占地表水源地总量的78.4%,超标比例达到64.9%;四川省河流型水源地数量占地表水源地总量的77.9%,超标比例达到54.2%。河流型水源地以有机污染为主,主要超标指标有高锰酸盐指数、溶解氧、氨氮、5日生化需氧量、总磷、石油类、pH值等,一些河流型水源地受到重金属和有毒物质的污染,污染类型比较复杂(图2)。

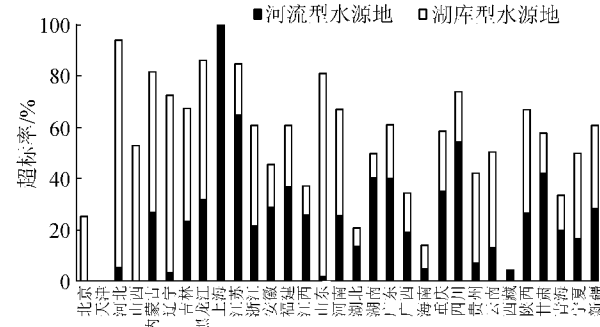


图2 全国城镇地表水饮用水水源地分类型水质超标比例

2.2 城市水源地评价

对661个城市近1200个地表水水源地水质综合评价结果显示,约有62%的水源地水质不合格。城市地表水水源地水质合格率最高的是天津,达到100%。城市地表水水源地水质合格率低于50%的有8个省(市、区):上海、河北、黑龙江、山东、内蒙古、辽宁和吉林。全国各省、市、自治区城市水源地超标比例见图3。

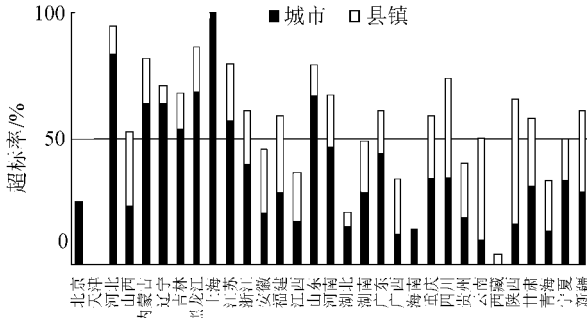


图3 全国城市地表水饮用水源地水质超标比例

基本项目和补充项目分别评价结果显示,在基本项目评价中,全国城市有55%的城镇水源地水质不合格;在补充项目评价中,全国城市有21%的水源地水质不合格。

城市与全国城镇地表水饮用水水源地水质评价结果比较,城市地表水饮用水水源地水质状况总体劣于全国城镇水平(表3)。

表3 全国城镇与城市地表水饮用水水源地水质合格率比较

区域	合格水源地/%		
	基本项目	补充项目	综合
全国城镇	53	81	45
全国城市	45	79	38

2.3 水质项目评价

根据评价结果,在22项基本项目中,主要超标项目以有机污染为主。超标率超过10%的有总氮、总磷、粪大肠菌群、石油类等,超标率在5%~10%的有pH值、高锰酸盐指数、汞、5日生化需氧量、溶解氧、氨氮。补充项目主要超标项目是铁和锰,超标率均超过了10%(图4)。

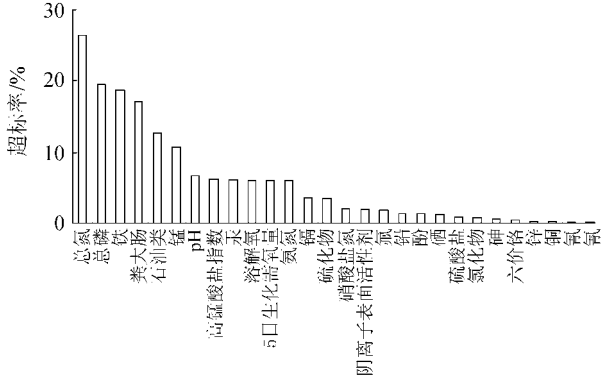


图4 全国城镇地表水饮用水水源地水质项目超标率

从地区分布看,有机污染项目超标在全国水源地中属普遍现象,其中总氮和总磷超标率高的地区主要集中在东北、华北地区,高锰酸盐指数、5 日生化需氧量、氨氮等没有明显的地域性,超标率比较高的有上海、黑龙江、内蒙、河南、宁夏、北京等。石油类超标率高的地区主要出现在有油田或水运交通发达的地区,如上海、江苏、陕西、山东等。粪大肠菌群超标率南方和西北地区高于其他地区。铁和锰超标率高的有上海、江苏、浙江、黑龙江、吉林、内蒙和广东等。

重金属中的汞超标率比较高,主要分布在上海、山西、内蒙、河南、甘肃等地,镉超标率高的地区主要分布在吉林、江苏、河南、山西等地。各省、市、自治区主要超标项目超标率分布见图 5~图 8。

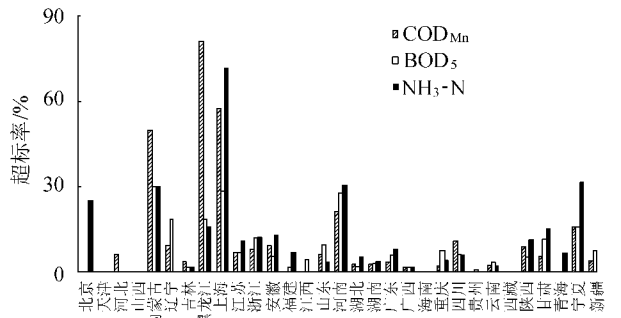


图 5 全国城镇地表水饮用水水源地 COD_{Mn}、BOD₅、NH₃-N 超标率

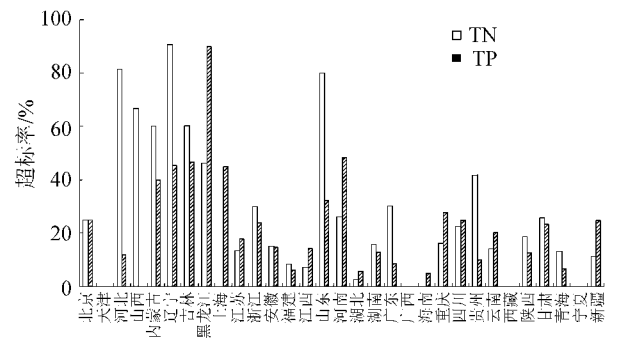


图 6 全国城镇地表水饮用水水源地 TP、TN 超标率

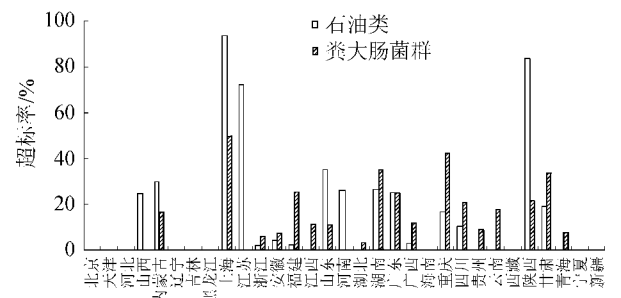


图 7 全国城镇地表水饮用水水源地石油类、粪大肠菌群超标率

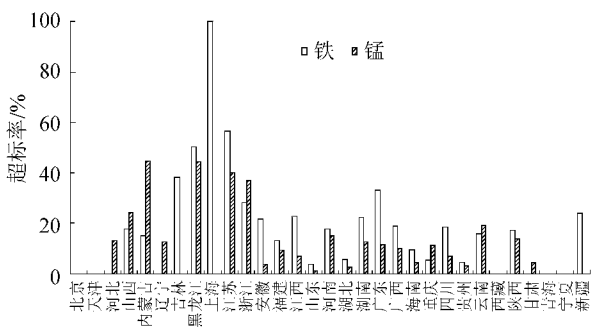


图 8 全国城镇地表水饮用水水源地铁、锰超标率

3 结论与建议

3.1 结 论

评价结果显示,全国约有 55% 的水源地水质不合格。超标项目以有机污染为主。在全国地表水水源地中,河流型的水源地水质状况比水库型的差,主要污染类型为有机污染,但其他污染类型时有发生,污染物种类复杂,湖库型的水源地主要以面源污染为特征,主要是总氮和总磷超标。河流型水源地超标严重的地区主要集中在南方地区,水库型水源地超标严重的地区主要集中在北方地区。

根据评价结果,我国城市水源地的水质状况劣于全国城镇平均水平。其主要原因是城市水源地大多位于城市周边,人类活动对水源地水质的影响较大。据不完全统计,在水源地一、二级保护区内的排污口有 12 600 多个,每年向水源地排放污水 40 多亿 m³,对水源水质影响非常大。

根据评价结果,在 23 项基本项目中,主要超标项目以有机污染为主。超标率超过 10% 的有总氮、总磷、粪大肠菌群、石油类等,超标率在 5%~10% 的有 pH 值、高锰酸盐指数、汞、5 日生化需氧量、溶解氧、氨氮。补充项目主要超标项目是铁和锰,超标率均超过了 10%。从地区分布看,总氮和总磷超标主要集中在水库型水源地比重高的东北和华北地区。石油类超标率高的地区主要出现在有油田或水运交通发达的地区。而粪大肠菌群超标率南方和西北地区高于其他地区。其他指标没有明显的地域性。

3.2 建 议

针对评价结果,提出如下建议:

a. 加强水源地保护和水污染防治。科学规划水源保护区,建设水源地隔离防护设施,实施污染源综合治理和生态修复工程,保障水质安全。针对各地水源地存在的问题,在水源保护工作中应有的放矢地采取对策措施。对河流型水源地,应重点加强上游和周边的点源、面源和移动源的污染控制。如针对水源地保护区内的排污口应坚决关闭;对石油开发和水运交通发达的地区,应加强(下转第 68 页)

及影响因素分析,得出以下结论:

a. 平面上,涡北的 F^- 质量浓度最高,从涡北往南北两边分别呈减小趋势。垂向上,除局部地区外,大部分地区“一含”和“三含”水的 F^- 质量浓度较高,而“二含”水的 F^- 质量浓度较低。

b. 地下水的 pH 值越大, F^- 质量浓度越高; F^- 质量浓度与 $K^+ + Na^+、Ca^{2+}$ 质量浓度之间无明显相关性,但是与 $\rho(K^+ + Na^+)/\rho(Ca^{2+})$ 之间存在着线性正相关关系; F^- 质量浓度和 Mg^{2+} 质量浓度之间的相关性不明确。

c. 地下水的水化学类型对 F^- 质量浓度有影响。高氟地下水大多分布在水化学类型为 $Na-HCO_3$ 的地区。

d. 地下水水循环交替的快慢影响着 F^- 的分布。东北部低山丘陵区周围地下水循环交替较快的地方, F^- 质量浓度较低;平原区河道带及近河泛滥带地下水径流较为通畅, F^- 质量浓度较低;远河泛滥带及湖相沉积层区,地下水径流相对滞缓,水循环较慢, F^- 质量浓度较高。

6 建 议

针对实际问题,提出以下几点建议:

a. 集中供水,对高氟地下水采取降氟措施。

(上接第 4 页)石油污染控制,对生活面源污染,应通过改变不良的生活习惯,加强管理等措施,避免粪大肠菌群污染等。对于水库型水源地,应重点加强上游和周边的面源污染控制。

b. 建立健全从水源地到供水末端全过程的饮用水安全监测体系,制定和完善应急供水预案。最近我国新颁布的 GB 5749—2006《生活饮用水卫生标准》对生活饮用水水质提出了更高的要求。水源地水质监测是保障饮用水水质安全的第一道防线,准确、快速地反映水源地水质是生活饮用水水质安全的保障条件。目前,我国的水质监测频次和监测项目还不能满足新时期的要求。根据 SL 219—98《水环境监测规范》规定,供水水源地的采样频次每年不得少于 12 次,地表水必测项目为 23 项。按此计算,每个水源地一年的监测数据量最少应达到 276 个。据统计,本次全国地表水水源地监测数据 12 万余个,城市和县镇平均每个水源地监测数据量分别只占应监测数据量的 20% 和 17%。目前开展过有毒有机项目监测的水源地还很少。由于水质监测频次和监测项目不足,在水质监控、预报和评价工作中会与实际情况产生偏差,造成不必要的损失。

c. 加强水源地保护管理,完善饮用水安全法律

b. 寻找低氟水源,可以考虑水质较好的水源或者较深的地下水。例如临北、刘庄,其“二含”水中 F^- 质量浓度都较低,可以考虑“二含”水的开采与利用。板集“三含”水中 F^- 质量浓度较低,可以考虑此地区“三含”水的开采与利用。

c. 防止环境污染和水体污染,以免引起 F^- 质量浓度增高。

参考文献:

[1] 赵宏海,沈传连.宿州矿区浅层地下水中氟的分布及形成机理[J].中国煤田地质,1999,11(3):39-43.
[2] 郑路.安徽省长江以北地区土壤水溶性氟离子含量及分布特征[J].农村生态环境,1997(3):3-12.
[3] 邓英春.安徽省高含氟地下水成因及其分布特征[J].江淮水利科技,2006(2):22-24.
[4] 曾溅辉,刘文生.浅层地下水中氟的溶解/沉淀作用的定量研究[J].地球科学,1996,21(3):337-340.
[5] 张威,傅新锋,张甫仁,等.地下水中氟离子含量与温度、pH 值、 $(K^+ + Na^+)/Ca^{2+}$ 的关系:以河南永城矿区为例[J].地质与资源,2004,13(2):109-111.
[6] 曾邵华.地下水中氟形成的控制因素及其分布规律[J].吉林地质,1997,16(4):26-31.
[7] 任福弘,曾溅辉,刘文生,等.高氟地下水的水化学环境及氟的赋存形式与地氟患病率的关系:以华北平原为例[J].地球学报,1996,17(1):85-96.

(收稿日期 2007-11-01 编辑 徐娟)

法规和评价标准体系。据统计,目前我国仅三分之一的水源地建立了相关的法律法规,编制了应急预案。划分保护区的水源地仅占 19%。总体上看,我国城市饮用水水源地的保护和管理状况不理想。

d. 在节约用水的前提下,合理调配水源。科学改造和扩建现有水源地,科学规划新建水源地工程,提高供水能力。鉴于河流型水源地水质不稳定,管理上难度大,建议城市饮用水水源建设和配置中,优先考虑水库型水源地,提高水质安全保障程度。

参考文献:

[1] 李祚泳.环境质量评价原理与方法[M].北京:化学工业出版社,2004.
[2] 毛兴华.常用水质评价方法的选择[J].水科学与工程技,2006(1):21-23.
[3] 唐克旺,王研.我国城市供水水源地水质状况分析[J].水资源保护,2001(2):31-32.
[4] 陈家琦.水安全保障问题浅议[J].自然资源学报,2002,17(3):276-279.
[5] 新华社.温家宝主持会议研究城市饮用水安全保障工作[EB/OL].[2007-8-22].http://politics.people.com.cn/GB/1024/6154955.html.

(收稿日期 2007-08-30 编辑 高渭文)