

# Current Problems and Protection Countermeasures for Drinking Water Sources in Kunming City

Junkai Ding

Yunnan Bureau of Hydrology and Water Resources, Kunming Yunnan  
Email: ynswdjk@163.com

Received: May 6<sup>th</sup>, 2016; accepted: May 28<sup>th</sup>, 2016; published: May 31<sup>st</sup>, 2016

Copyright © 2016 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

Focused on the reality of declining of water environment quality, in the Kunming city, the serious of point source pollution and other major problems were found through surveyed main water supply source and analyzed characteristics of water resources, water environment quality, water supply security and conservation status. There were some problems, such as the vulnerability of water source environment, the increasing of water supply pressure were pointed out. Long-term governance combined with recent governance was proposed for conservation objectives by taking temporary solution and permanent cure, engineering control and biological control. Besides, to ensure the sustainable development of modern economy and society and the long-term stability in II - III class of water source quality, the protection countermeasures and suggestions, such as speeding up the water source protection engineering construction, establishing and perfecting the city water resources strategic reserves system and emergency water supply project, improving main forest ecological environment effectively, establishing surface water source physical and biological isolation protective engineering, building green ecological buffer, were put forward in combination with the new rural construction to build gas pool, small sewage purification treatment with the rural living garbage dump in the villages and towns surrounding of the reservoir, developing agricultural water-saving irrigation, reducing chemical fertilizer and pesticide apply content, taking the comprehensive advance of soil and water conservation engineering as the core of farmland management, effective control of incoming sediment and point source pollution.

## Keywords

Characteristics of Water Source, Water Quality Status, Security, Protection Measures, Ecological Restoration

---

作者简介: 丁俊凯, 男, 云南省水文水资源局, 工程师, 大学专科, 主要从事水文水资源调查评价及管理工作。

文章引用: 丁俊凯. 昆明城市饮用水源地现状问题及保护对策[J]. 水资源研究, 2016, 5(3): 271-277.  
<http://dx.doi.org/10.12677/jwrr.2016.53034>

# 昆明市饮用水源地现状问题及保护对策

丁俊凯

云南省水文水资源局，云南 昆明

Email: ynswdjk@163.com

收稿日期：2016年5月6日；录用日期：2016年5月28日；发布日期：2016年5月31日

## 摘 要

针对昆明市水源地水环境质量状况趋于下降的现实，对主要供水水源地走访和调查，分析其水资源特征、水环境质量状况、供水安全保障、保护现状，指出水源地存在生态环境脆弱、供水压力日益增大、面源污染严重等主要问题，提出“长期治理与近期治理相结合、治标与治本结合、工程治理与生物治理结合”的保护目标。同时，为保障现代新昆明经济社会的持续发展，确保城市供水水源地的水质长期稳定在II~III类，提出了加快水源保障工程建设，建立健全城市水资源战略储备体系和应急备用水源方案；强化取水许可管理和排污许可制度；有效改善水源区生态环境，建立地表水源地物理和生物隔离防护工程，营造绿色生态缓冲区；在水库周边乡镇结合新农村建设建立沼气池、小型污水净化处理和农村生活垃圾集中处理场，发展农业节水灌溉，减少化肥和农药施用量，全面推进以水土保持工程为核心的坡耕地治理，有效控制入库泥沙和面源污染等对策、措施和建议。

## 关键词

水源地特征，水质现状，安全保障，保护对策，生态修复

## 1. 概述

昆明是云南省政治、经济、文化中心和交通、通信枢纽，是云南的省会城市。地处云贵高原中部金沙江、南盘江、红河分水岭地带，东经 102°10'~103°40'，北纬 24°23'~26°22'之间，土地总面积 2.11 万 km<sup>2</sup>，耕地面积 19.36 万 hm<sup>2</sup>。近几年来，随着云南社会经济的迅猛发展和城市化进程的加快，外来人口不断增加，水资源供需矛盾日趋突出，加上人类活动频繁不断加剧了水源地生态环境的脆弱性，使得城市水源地问题日益凸显，特别是 2009 年以来，云南连续 4 年干旱导致昆明市水源地缺少降水补给、水资源短缺、生态环境脆弱、供水水量严重不足、供水压力日益增大，加上城市供水安全的复杂性和水污染严重等问题并存，水源地保护形势十分严峻。因此，通过对昆明市主要供水水源地松华坝水库、云龙水库、清水海的走访和查勘，发现存在水源地管理制度不健全，执行力度不持久，水源区水土流失十分严重，农村生活污染和农业面源污染使得水库水环境质量状况逐年下降的安全隐患，为保障现代新昆明经济社会的持续发展，实现水源地保护日常化、制度化、目标化管理模式，向昆明市政府和水行政主管部门提出加快水源保障工程建设，建立健全城市水资源战略储备体系和应急备用水源方案，强化取水许可管理和排污许可制度，改善水源区生态环境，建立地表水源地物理和生物隔离防护工程，营造绿色生态缓冲区，在水库周边乡镇结合新农村建设，建立沼气池、小型污水净化处理和农村生活垃圾集中处理场，发展农业节水灌溉，减少化肥和农药施用量，控制入库泥沙和面源污染，全面推进以水土保持工程为核心的坡耕地治理等对策、措施和建议，以确保昆明市主要供水水源地松华坝水库、云龙水库、清水海的水质长期稳定在 II~III 类，这对保障昆明市人民群众的饮水安全具有重要的现实意义。

## 2. 昆明城市主要饮用水源地及基本特征

昆明城市供水水源地主要有松华坝水库、云龙水库、清水海和滇池，但滇池水质不达标，目前仅为备用水源和战略储备水源。

### 2.1. 松华坝水库

松华坝水库位于昆明市东北郊上坝村，是昆明市重要的城市供水水源，流域面积为 593 km<sup>2</sup>，于 1959 年建成，经 1988~1995 年进行加固扩建，总库容为 2.19 亿 m<sup>3</sup>，属多年调节水库。水库多年平均降水量 899.1 mm，多年平均径流量为 2.13 亿 m<sup>3</sup>，多年平均供水量为 1.4 亿 m<sup>3</sup>，最多年份达 1.6 亿 m<sup>3</sup>。松华坝水库是昆明市防洪规划区内唯一的一座大型水库，是昆明市城市生产、生活的主要水源，兼有防洪、供水、农灌功能。随着昆明市的发展，2003 年后停止农灌供水，成为城区饮用水供水水源，对昆明市经济发展和人民生活起着至关重要的作用。

### 2.2. 云龙水库

云龙水库是昆明市掌鸠河引水供水工程的水源工程，位于昆明市西北部禄劝县云龙乡金沙江水系二级支流掌鸠河上游，控制流域面积 745 km<sup>2</sup>，多年平均径流量 3.08 亿 m<sup>3</sup>，属多年调节水库。云龙水库总库容 4.84 亿 m<sup>3</sup>，是昆明城市的主要集中式饮用水源地之一。2005 年水库建成后，经水资源的合理配置，采用重力自流输水方式将源水通过 98.856 km 的输水线路输送至昆明市，每年可向昆明市供水 2.2 亿 m<sup>3</sup>，供昆明主城区生活、生产用水，大大提高了昆明市的城区供水能力，为昆明市的经济发展提供了保障。

### 2.3. 清水海

清水海是云南省高原淡水湖泊之一，是昆明市引水济昆工程的水源工程，位于昆明市寻甸县金所特色产业园区西北 14 公里处，最高库容可达 1.54 亿 m<sup>3</sup>，为多年调节水库。自 2012 年 4 月 1 日开始，清水海引水济昆工程(一期)正式向昆明主城区供水，日均供水量可达 26 万 m<sup>3</sup>，年供水量 1.04 亿 m<sup>3</sup>，约占昆明人生活用水的四分之一。

### 2.4. 水源地基本特征分析

昆明市城市水源地总体包括地表水和地下水两大类型，地表水主要以水库、湖泊供水为主，地下水仅补充地表供水不足。

受岩溶山区地形的限制，昆明市基本没有大江大河流经，水源地多为山间人工水库，水源保护区内喀斯特地形显著、岩溶发育，坡度较大，具有水深岸陡的形态特征；水源地水资源来源于天然降水，水库蓄水主要靠地表径流形成，虽属多年调节，但调节性能差，枯季缺水状态多发；受云南季风气候的影响，水源地干湿季节分明，水资源时空分布不均匀，汛期 5~10 月降水量占全年降水量的 80% 以上；水库入库河流较多，为山间小河，水源保护区内有众多的村庄和农田，主要种植水稻、玉米、烤烟等，面源污染十分严重。

## 3. 昆明城市水源地水环境质量状况评价

### 3.1. 水源地可供水量及调水规划

#### 3.1.1. 水源地可供水量现状

目前，昆明城市供水水源主要有松华坝水库、云龙水库、清水海。各水源地供水量情况详见表 1。

#### 3.1.2. 城市供水规划

根据昆明市城市总体规划，考虑现代新昆明建设，掌鸠河引水供水工程建成后，年供水量仅有 2.2 亿 m<sup>3</sup>，只能维持昆明新城 2010 年以前的城市供水，2010 年以后缺水问题将逐步加重。昆明市清水海引水工程是继掌鸠河引水供水工程建设后近期解决昆明缺水问题的首选工程，由清水海水源工程组和罗白河水库

水源工程组组成，总供水量 1.7 亿 m<sup>3</sup>，分两期建设，一期已建成供水。昆明城市多水源联合调度供水规划详见图 1。

昆明清水海引水供水工程项目建成后，标志着昆明城区实现云龙、松华坝、清水海、罗白河多水源联合调度的格局，可极大地提高昆明城市供水的保障率，对缓解新昆明城区的缺水矛盾，促进现代新昆明建设具有战略性意义。

### 3.2. 水环境质量状况评价

根据云南省水环境监测中心水质监测评价结果显示：昆明市集中供水水源地松华坝水库、云龙水库和清水海近 6 年的水质营养化状态虽然均为中营养，但水体均受到了不同程度的污染，个别项目超标，水环境质量不容乐观。尤其是 2012 年三个集中供水水源地的水质都降为Ⅳ类，为不合格饮用水源，主要超标污染物为总氮。由此引起了昆明市政府的高度重视，并采取了相应的保护措施，颁布了《昆明市松华坝水库保护条例》、《昆明市云龙水库保护条例》、《昆明市清水海保护条例》，制定了水源地保护法规，划定了水源保护区，在水库径流区内取缔搬迁了污染企业，三个水源地的水环境质量状况均有所好转。特别是云龙水库和清水海 2013 年~2015 年水质均保持在Ⅱ~Ⅲ类，符合饮用水 GB3838-2002 标准。由于松华坝水库水源地径流区开发建设、生产活动对森林植被造成严重破坏，水土流失和农业面源污染十分严重，2015 年松华坝水库水质又降为Ⅳ类，主要超标污染物仍然为总氮。水质状况综合评价详见表 2。

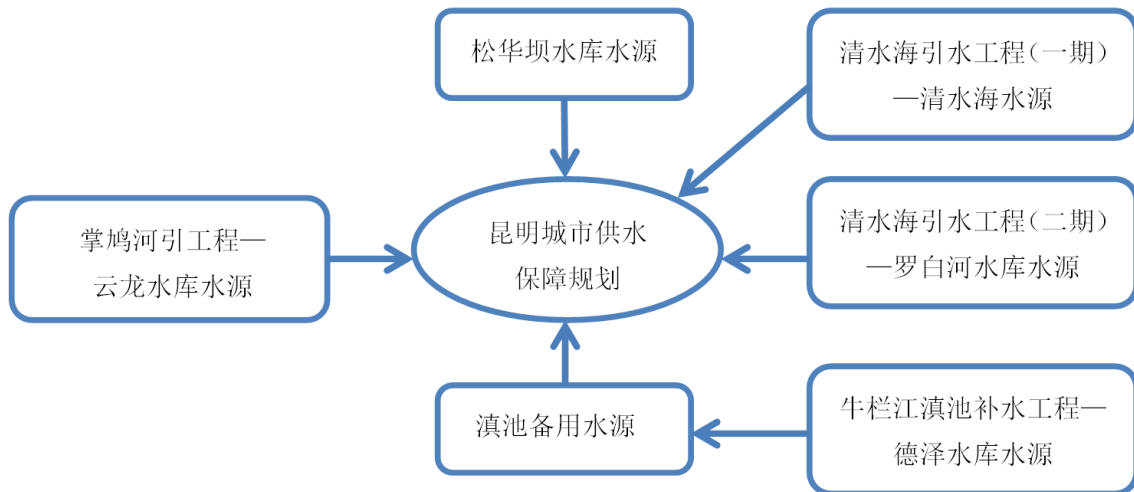


Figure 1. Water supply planning of multi-water resources joint operation in Kunming city

图 1. 昆明城市多水源联合调度供水规划

Table 1. Water supply amount statistics of Kunming city

表 1. 昆明城市水源地可供水量统计

水源地名称	现状供水量(亿 m <sup>3</sup> )	比例(%)	供水方式
松华坝水库	1.4	30.2	水库直接供水
云龙水库	2.2	47.4	掌鸠河引水供水工程
清水海	1.04	22.4	清水海引水工程(一期)
罗白河水库	规划建设	规划建设	清水海引水工程(二期)
滇池	治理中	治理中	储备水源
合计	4.64	100	

Table 2. Water quality evaluation of status representative water source in Kunming city

表 2. 昆明城市代表性水源地水质现状评价表

水源地名称	水质综合评价类别						营养化状态	主要超标项目
	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年		
松华坝水库	III 类	III 类	IV 类	II 类	III 类	IV 类	中营养	总氮
云龙水库	II 类	III 类	IV 类	II 类	II 类	III 类	中营养	总氮
清水海	II 类	IV 类	IV 类	III 类	III 类	III 类	中营养	总氮

### 3.3. 水源地供水安全评价

水对人的生命和健康至关重要，是获得安全饮用时人类生存的基本要求[1]。随着城市化进程的加快，我国城市水资源的供需矛盾突出，饮用水安全问题已成为制约城市社会经济发展的关键要素[2]。根据《云南省城市饮用水水源地安全保障规划调查评价报告》，从水源地水质、水量、工程三方面综合评价，昆明市现有水源地总体评价为基本安全。

1) 从表 2 水质综合评价结果来看，松华坝水库 2012 年、2015 年水质类别为 IV 类，属于不合格水源地，其余 4 年均均为 II~III 类合格水源地，饮水安全率为 66.7%；清水海水源地自 2012 年 4 月向昆明市供水以来，除 2012 年水质为 IV 类不合格外，其余三年均为 III 类合格水源地，饮水安全率为 75.0%；云龙水库水源地除 2012 年水质为 IV 类不合格水源地外，其余 5 年均均为 II~III 类合格水源地，水质状况良好，饮水安全率为 83.3%。

2) 从水量上来看，在正常蓄水情况下，按松华坝水库每年可完成昆明城市供水 1.4 亿  $m^3$ ；云龙水库每年可向昆明市供水 2.2~2.5 亿  $m^3$ ；清水海每年向昆明市供水量 1.04 亿  $m^3$ 。由此看来，三个水源地的水量目前基本能保障昆明市城市人口饮水供水安全。但三个水源地如遇到特大干旱年不能正常蓄水，将影响城市供水。另外，未来人口增长，缺水仍是不容忽视的问题。

3) 从工程运行情况看，近几年来，各级政府重视水库安全问题，投入资金进行了水库除险加固，保障了城市防洪和供水安全。目前，三个水库水源地工程运行正常，但仍存在水库泥沙淤积侵占有效库容，水源工程设施老化等不安全因素。

## 4. 昆明城市水源地现状问题分析

1) 供水量不足。随着社会经济的迅猛发展，昆明市外来人口逐年增加，供水十分紧张，停水现象时有发生。如 2004~2006 年昆明市水量严重不足，2004 年总缺水量 4463 万  $m^3$ ，滇池水源已不符合饮用水供水要求，但仍承担部分生活供水任务。随着新昆明的建设，根据滇中调水有关设计资料，预计到 2020 年昆明市供水缺口将达 4.3 亿，供水不足将困扰着城市的发展。

2) 水库水环境质量状况呈现下降趋势，供水存在安全隐患。根据云南省水环境监测中心近几年的监测资料来看，暴雨过后，尤其是汛期第一场暴雨过后，由于面源冲刷，库区水质有所下降。尤其是松华坝水库水源地水质状况不稳定，时而出现总氮超标 IV 类不合格饮用水年份，现状水质 2012 年和 2015 年为 IV 类，超过了国家饮用水标准，饮水安全率仅为 66.7%。

3) 面源污染十分严重。调查结果表明，昆明市水源地的主要污染途径是面源污染，其中农业面源分布最为广泛。面源污染是在降雨的冲刷和淋溶作用下，通过地表径流和地下渗漏过程，将农田和畜牧用地的污染物包括土壤颗粒、土壤有机物、化肥、有机肥、农药等污染物携入水体。例如，松华坝水库上游有 7 个乡镇，325 个自然村，人口约 8.5 万人，耕地面积 16,700 公顷，水库径流区内当地人民生产年施用化肥量高达 6732 t，农药 150 t，农膜 400 余 t，经雨水淋溶后流入水库，污染水体。

4) 点源和面源并存。水源保护区内虽无重大工矿企业，但区域内各村镇农业生产种植施用的化肥、农药流

失, 以及生活垃圾没有得到有效持久的处理, 污水直接排入水库, 使得水库水质下降。例如, 云龙水库水源区有 13,800 户农户, 人口 52,769 人, 产生生活污水量 3325.28 t/d; 耕地面积 5345.93 公顷, 年化肥施用量 1681.81 t, 农药 11.425 t; 水源区内有 6 家饭店, 用水量约 29 m<sup>3</sup>/d, 污水排放约 23 m<sup>3</sup>/d。

5) 水土流失问题不容忽视。水源地径流区内众多的开发建设、生产活动, 对森林植被造成严重破坏, 森林覆盖率逐年下降, 水土流失严重, 两个水源地仍存在水土流失导致泥沙淤积侵占有效库容及农村面源污染隐患。例如, 松华坝水库水源区中度以上水土流失面积 100 km<sup>2</sup>, 年平均输沙入库量 5.43 万 t。

6) 管理制度不健全, 执行力度不持久。昆明市委、市政府虽然对松华坝、云龙水库等水源地实施了一系列的保护措施, 制定了饮用水水源地保护法规, 但由于执行力度不到位, 未对水库水源核心区实行全封闭管理, 治理措施无持久性, 两个水源地的污染问题仍然未从根本上得到解决。

## 5. 昆明城市水源地保护对策研究

水源地健康是保障城市饮用水安全的基础, 是城市经济可持续发展的战略性基础资源, 也是城市自然系统良性循环的关键要素[3]。随着水资源紧缺和水环境恶化的不断加剧, 许多国家都将水安全问题列入国家安全战略并给予高度重视[4]。根据昆明市供水水源地的现状和存在的问题, 为确保松华坝水库和云龙水库水质长期稳定在 II~III 类饮用水标准, 建议本着“长期治理与近期治理相结合; 治标与治本结合; 工程治理与生物治理结合”的原则, 采取“科学规划、城乡统筹、结构调整、防污治污、依法保护、政策扶持、人口外迁”的综合生态农业建设对策。

1) 加快昆明城市供水水源保障工程建设。针对昆明市存在的城市供水缺口, 建议加强供水水源保障工程措施, 增加现有饮用水水源地水库调蓄库容, 提高供水保证率; 规划新建一批包括“润滇”工程在内的饮用水水源工程, 为当地经济的快速发展奠定坚实的基础。

2) 降低水源地农业面源污染, 建立地表水源地物理和生物隔离防护工程, 营造绿色生态缓冲区。在水库大坝左右岸人口密集且游人较多的区域建立网围栏, 防止人类活动对水源地保护的干扰; 在水库移民线以下经常受水淹的区域, 宜种植芦苇和柳树等耐水植物, 在移民线以上区域宜种植高大的杨树、松树、桉树, 这是水安全措施最直接的一条生物隔离带防线, 可以大大减少直接流入水库的水土和各种面源污染。

3) 降低水源地水库水体总氮含量。造成水库水体总氮超标的面源污染主要是周边的乡镇和上游农田, 为减少其对水库的污染, 应对水库上坡坡度>15°的农田实施退耕还林, 对<15°的农田应调整农业种植结构, 发展节水灌溉, 减少化肥、农药施用量, 控制进入水库的泥沙和面源污染; 对水库周边乡镇的垃圾和污水进行综合整治, 推广能源替代工程建设, 在上游汇流区内每户农户建立沼气池, 解决农村人、畜粪便和垃圾处理问题; 在水库周边的乡镇应结合新农村建设, 新建小型污水净化处理和农村生活垃圾集中处理场, 对农村生活垃圾和污水采取集中堆放、收集和处理。

4) 改善水源区生态环境, 全面推进以水土保持工程为核心的坡耕地治理。实施坡耕地治理相配套的工程措施, 对水土流失重点地区、地段进行综合治理, 控制水土流失, 控制入库河流、沟渠的泥沙量, 遏制水土流失加剧的势头, 杜绝产生新的水土流失并建成水土保持和生态防护屏障; 实行封山育林、退耕还林、涵养水源、不断发展水源涵养林和水土保持林, 提高植被覆盖率, 实现水源保护区河床湿地化、河坎生态化、河岸景观化, 促进水源地区域生态修复及重建。

5) 制定昆明城市饮用水源保护的长远规划, 把松华坝水库、云龙水库、清水海等供水水源地径流区保护纳入环境整治和经济发展规划中。分级划分水源地水域和陆域水环境功能保护区, 设立水源地卫生防护地带, 将整个水源及其沿岸划为卫生防护地带, 在取水点周围半径 1000 米的水域内, 严禁捕捞、停靠船只、游泳和从事可能污染水源的任何活动, 并由供水单位设置明显的范围标志和严禁事项的告示牌。对水库水源核心区实行封闭管理, 将水库水域、沿岸迎水面陆域、直接汇水面区域划定为一级保护区, 严禁兴建旅游、度假、娱乐、餐

饮等设施；取水点上游 1000 m 至下游 100 m 的水域内，不得排入工业废水和生活污水，其沿岸防护范围内不得堆放废渣，不得设立有害化学物品仓库，堆栈或装卸垃圾、粪便和有毒物品，不得使用工业废水或生活污水灌溉及施用持久性或剧毒的农药，不得从事放牧等有可能污染水域水质的活动。

6) 强化取水许可管理，实施排污许可制度。建立和完善城市生活饮用水源地管理制度和法律法规，明确水源地保护目标、任务、责任和定量考核管理办法；对水源地保护区内的污染源进行全面调查，明确水源污染防治重点，提出河道整治、管网改造、污水处理、垃圾处理等治理方案，进一步规范饮用水源上游的生产活动；健全排污许可证制度，并严格实行总量控制和排污收费。

7) 做好水源地保护区居民的长效补偿机制，用于补偿水源地保护区内群众的生产生活。城市水源保护政策限制了工农业生产和旅游业的发展，对种植业也作了部分限制，农民的收入必然会受到一定的影响。因此，应建立长效补偿机制，缩小城乡收入差距，维护水源地保护及区域的社会稳定。

8) 建立健全水资源战略储备体系，拟定城市应急和备用水源方案，制订特殊情况下的区域水资源配置和供水联合调度方案[5]。昆明市政府应加大城市水资源保护经费的投入，加强对水资源保护能力的建设，建立特殊年或连续干旱年的水安全储备和饮用水源应急预案，确保城市供水安全。

9) 增加对水质监测工作的资金投入，进一步提高水环境监测系统的机动能力、快速反应能力和动态跟踪、自动测报能力，增强对突发性污染事故的预警、预报和防范能力，推进昆明城市供水水源地水土保持、水量、水质等信息的实时在线监测，以实现水源地保护日常化、制度化、目标化管理模式的展望。

## 参考文献 (References)

- [1] 翟浩辉. 把握重点, 统筹规划, 保障城市饮用水水源地安全[J]. 南水北调与水利科技, 2006, 4(5): 1-3.  
Zhai Haohui. Grasp the focus, overall planning, to ensure the safety of urban drinking water source. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2006, 4(5): 1-3. (in Chinese)
- [2] 张俊艳, 韩文秀. 城市水安全问题及对策探讨[J]. 北京科技大学学报(社会科学版), 2005, 21(2): 78-81.  
ZHANG Junyan, HAN Wenxiu. Exploration on urban water security and its countermeasures. Journal of University of Science and Technology Beijing (Social Sciences Edition), 2005, 21(2): 78-81. (in Chinese)
- [3] 史正涛, 刘新有. 城市水安全研究进展与发展趋势[J]. 城市规划, 2008, 32(7): 82-87.  
SHI Zhengtao, LIU Xinyou. Progress and trend in urban water safety study. City Planning Review, 2008, 32(7): 82-87. (in Chinese)
- [4] 严立冬, 岳德军, 孟慧君. 城市化进程中的水生态安全问题探讨[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2007, 7(1): 57-62.  
YAN Lidong, YUE Dejun and MENG Huijun. Study on the safety of water zoology during the urbanization process. Journal of China University of Geosciences (Social Sciences Edition), 2007, 7(1): 57-62. (in Chinese)
- [5] 朱党生, 张建永, 史晓新, 等. 城市饮用水水源地安全评价(II): 评价指标和方法[J]. 水利学报, 2010, 41(8): 914-920.  
ZHU Dangsheng, ZHANG Jianyong, CHENG Hongguang, et al. Security assessment of urban drinking water sources I: Indicator system and assessment method. Shuili Xuebao, 2010, 9(8): 914-920. (in Chinese)