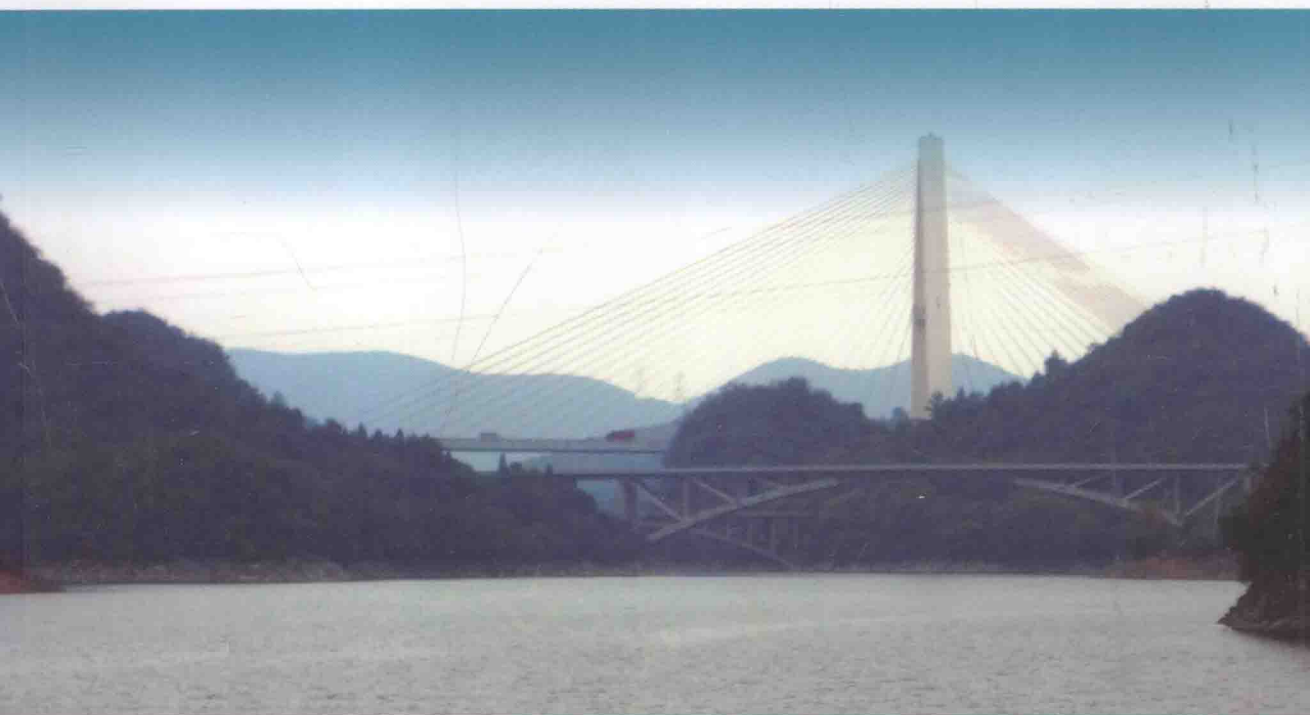




基于环境风险管理的 红枫湖饮用水水源保护区 划分研究

JIYU HUANJING FENGXIAN GUANLI DE
HONGFENGHU YINYONGSHUI SHUIYUAN BAOHUQU HUAFEN YANJIU

付青 郑丙辉 著



中国环境出版社

基于环境风险管理的红枫湖 饮用水水源保护区划分研究

付 青 郑丙辉 著

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

基于环境风险管理的红枫湖饮用水水源保护区划分研究/付青, 郑丙辉著. —北京: 中国环境出版社, 2013.7
ISBN 978-7-5111-1428-0

I. ①基… II. ①付…②郑… III. ①饮用水—水源保护—研究—贵阳市 IV. ①X52

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 076836 号

出版人 王新程
责任编辑 孙 莉
责任校对 尹 芳
封面设计 彭 杉



出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2013 年 7 月第 1 版
印 次 2013 年 7 月第 1 次印刷
开 本 787×960 1/16
印 张 8.5
字 数 154 千字
定 价 30.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

本书得到以下项目资助

国家重大专项“水体污染控制与治理”课题

饮用水水源地保护与管理技术研究与示范

(课题编号：2009XZ07419-003)

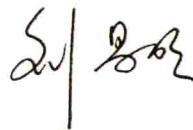
序 言

水是生命之源。饮用水安全直接关系到人民群众的健康与生命，决定着社会稳定和国家安全。世界各国的水资源配置的优先序都把城乡生活供水放在首位。2005年发生的松花江水污染事件引发了城市大面积停水和跨国界的污染纠纷，受到了国际社会的普遍关注，使突发环境事件影响饮用水水源安全的问题凸显。我国2009—2012年的统计数据显示，突发性水污染事件进入高发期且呈逐年增加趋势。环境保护部应急中心调查数据显示，2010年我国56个城市发生水环境突发事件118起，其中涉及饮用水安全的事件36起，所占比例约为30.5%。引发突发性水污染事件的原因可大致归纳为企业生产安全事故、交通事故导致危化品泄漏、企业违法排污、尾矿库渗漏、自然灾害引发衍生、人为投毒、施工违规事故等诸多方面。据悉，2010年环境保护部直接调度或处置的突发环境事件中，44.23%是由企业生产安全事故所致。

开展饮用水水源地环境保护与管理技术研究，对确保饮水安全具有重大意义。饮用水水源保护区分成地表水水源保护区和地下水水源保护区。按照水体的不同特征，地表水水源保护区又可细分为河流型和湖库型。据统计，我国地级以上城市26.5%的水源为湖库型，年供水量100亿 m^3 ，涉及供水上亿人口，占我国年供水总量和供水服务人口的31%和37%。湖库型水源因其封闭和半封闭水体的特征，流速缓慢，水力交换时间长、污染物容易累积，并受到底泥沉积物和水体界面间相互作用造成的二次污染影响，因此，湖库型饮用水水源一旦受到污染需要较长时间或难以回到安全状态，安全风险较高。

纵览国内外水源保护的研究经验，对水源的污染采取“防备”，即预防与预备（Prevention and Preparation）是有效的对策。前者主要是通过设立保护区加强风险防范，后者主要是为应对突发污染制定应急预案。根据预防与防备的思路，对湖库型饮用水水源保护首先要按水库来水汇流流速及流域污染源风险高低划分不同的区域，然后再对其制定防治措施与应急预案。显然，保护区划分的理论基础和关键技术是入库支流水流运动规律研究与计算方法及流域环境风险评价技术。

本书作者 2009 年以来承担了国家的水体污染与治理重大专项与环境保护部专项等有关科研任务，以贵州红枫湖为典型案例，悉心开展了湖库型饮用水水源保护区划研究。取得了系统性成果，包括创新性的进展，如采用了时间迁移法（TOT）和水质模型相结合，运用数学模型和系统软件，对应急响应时间和风险污染物的迁移过程进行模拟，建立了红枫湖库区和入库支流的保护区水域和基于环境风险评价、应急响应时间的保护区陆域划分方法，实现了 SWAT 分布式水文模型通过流量计算与入库支流水体一维水质模型的松散耦合等。本书的出版为我国湖库型饮用水水源保护提供了研究范例，是一部值得一读的专著。



2013 年 5 月

前 言

建立饮用水水源保护区制度，科学、合理划分饮用水水源保护区是饮用水水源环境管理工作的基本要求，是防止饮用水水源地污染、保障水质安全的重要手段。目前，我国饮用水水源保护区划分的技术依据是《饮用水水源保护区划分技术规范》（HJ/T 338—2007），主要的技术方法有数值模拟、经验类比、遥感与 GIS 技术等方法，基本原则是考虑污染物在正常情况下稀释降解作用。当前我国饮用水水源地突发环境事件频发的现实表明，依据现有技术划定的饮用水水源保护区，对水源地环境风险及突发水污染事件条件下水源地预警与取水口应急管理考虑不足，既不能有效防范事故发生，而且当事故发生后也没有足够的应对措施，难以满足当前突发性水污染事件频发状况下水源地供水安全保障的技术需求。

鉴于当前饮用水水源地环境管理面临较多的棘手问题，国家重大专项《水体污染控制与治理》专设了《饮用水水源地保护与管理技术研究与示范》（2009ZX07419—003）课题进行研究。该课题的主要研究内容是饮用水水源地污染源的解析、风险评价和保护区划分技术。同时，环境保护部也设立了财政专项“城市饮用水水源地环境监督与管理（2009—2012）”开展研究。本书是这 2 个课题部分成果的总结和凝练，主要内容是针对当前饮用水水源保护区划分技术原则以污染物稀释降解过程为主、对区域环境风险考虑不足的问题，在水源地环境风险评价的基础上，以降低水源地突发环境事件概率、确保取水口安全为目标，对欧盟 Seveso III 指令进行改进，建立了基于污染源环境风险和取水口易受损性的湖库型饮用水水源环境风险评价模型和基于环

境风险的湖库型饮用水水源保护区划分技术方法，并以贵阳市红枫湖饮用水水源为研究区域，提出了红枫湖流域污染源风险控制措施和保护区划分方案。

全书共分7章，分别介绍了研究背景和国内外风险评价和饮用水水源保护区划分技术研究进展、红枫湖饮用水水源环境现状及风险源的状况、饮用水水源地环境风险评价模型的构建方法、红枫湖饮用水水源环境风险评价方法、基于环境风险的红枫湖饮用水水源保护区划分方法、红枫湖饮用水水源保护区划分方案及本书的研究结论和展望等内容。本书既有对国内外环境风险及保护区划分相关理论方法的创新，又有研究案例的对照。特别是将区域风险评价理论引入饮用水水源地环境管理、将环境风险评价方法引入保护区划分、将保护区划分的技术原则由“污染物稀释降解过程”转变为“应急响应时间内污染物迁移距离”的饮用水水源保护区划分理论具有较强的理论价值和实用性，是我国第一部论述基于环境风险划分饮用水水源保护区理论和方法的研究著作，可为我国饮用水水源地环境风险评价与保护区划分提供参考和借鉴。

在项目研究和本书写作的过程中，得到了刘昌明院士的悉心指导，环境保护部污染防治司领导及污染物排放总量控制司吴险峰博士提供了大量的帮助，同时，国家环境保护饮用水水源地保护重点实验室的全体人员也对本书有重要贡献，在此一并感谢！由于我们在饮用水水源地保护与管理技术研究领域认识水平所限，以及开展这样的研究尚属首次，不当之处希望读者提出宝贵意见。

作者

二〇一三年五月

基于环境风险的红枫湖饮用水水源保护区划分技术研究

摘 要

我国突发性水污染事件进入高发期且呈逐年增加的趋势。突发性水污染事件导致的水源污染及停水事件，不仅严重影响了当地居民的生产、生活秩序和社会稳定，而且还常常引发跨界纠纷。现行的饮用水水源保护区在有效防范事故及事故发生后的应急处置方面存在明显不足。企业安全生产事故和非法排污是引发突发水污染事件的重要原因，针对突发环境事件的环境风险评价研究是当前国内外该领域的研究热点。在饮用水水源地环境风险评价的基础上，科学、合理地划分饮用水水源保护区，有效地防范风险和应对风险，是当前降低水源地突发环境事件风险、确保水源地水质安全的重要手段。

本书在分析国内外环境风险和饮用水水源保护区划分研究现状的基础上，对饮用水水源地环境风险和保护区划分的理论方法进行了系统研究，运用改进的 Seveso III 指令模型，阐明了饮用水水源地环境风险评价的基本理论和方法，并以此为基础，结合贵州省贵阳市的红枫湖湖库型饮用水水源地，提出了基于迁移时间（TOT）、水质模型的保护区水域及环境风险和应急响应时间耦合的保护区陆域划分方法并分析了方法的适用性，为湖库型饮用水水源保护区划分提供了参考依据。本书主要研究成果如下：

1. 对工业企业评价模型 Seveso III 进行了改进，构建了饮用水水源地环境风险指数评价模型。该模型由企业综合风险指数和水源自身环境风险指数两部分组成，分别体现了环境风险评价中风险源和受体的不同作用。两部分既相互独立又相互联系，构成了水源地环境风险评价的基本框架。

2. 建立了饮用水水源地企业风险评价体系，提出了综合危险化学品生产风险、企业风险管理与控制及污染物排放风险的评价指标；建立了饮用水水源地脆弱性评价体系，提出了综合饮用水水源地供水因素、企业泄漏的危险物质迁移特征和区域自然特征的评价指标，并运用层次分析法研究确定了指标的权重。

3. 以红枫湖为研究区，开展了基于环境风险的饮用水水源保护区划分理论和方法研究。采用时间迁移法（TOT）和水质模型相结合，运用数学模型和系统软件，对应急响

应时间和风险污染物的迁移过程进行模拟，建立了红枫湖库区和入库支流的保护区水域和基于环境风险评价、应急响应时间的保护区陆域划分方法，实现了 SWAT 分布式水文模型通过流量计算与入库支流水体多维水质模型的松散耦合。

4. 以红枫湖水源地环境风险评价结果为依据，识别了红枫湖流域的高风险企业及高风险区域；以模拟污染物入库时间带和水源地环境风险评价结果为基础，确定了主要入库支流的保护区范围；利用多维水质模型划分库区水域保护区范围，并针对水质目标和应急响应两类情景，分别研究方法的适用性。

5. 以本书研究结果为基础，提出了红枫湖饮用水水源地风险控制的对策和管理建议。

本书针对当前饮用水水源保护区划分技术原则以污染物稀释降解过程为主、对防范环境风险考虑不足的问题，提出红枫湖水源保护区划分方法，其创新性主要体现在以下几个方面：

1. 将区域风险评价理论引入饮用水水源环境管理，提出了湖库型饮用水水源区域环境风险评价的技术体系和评价方法；

2. 将区域风险评价方法引入保护区划分技术体系，构建以经验类比、水质模拟应急响应和区域风险评价等方法划分保护区的技术体系；

3. 创新了饮用水水源保护区划分理论体系，将划分保护区的一般技术原则由“污染物稀释降解过程”转变为“应急响应时间内污染物迁移的距离”，简化了保护区划分的技术原则和方法。

关键词：环境风险；饮用水水源地；水源保护区划分；红枫湖；应急响应

Study on Hongfeng Lake Source Water Protection Area Delineation Based on Environmental Risk Considerations

ABSTRACT

In China, there are increasing numbers of water pollution incidents, which resulted in contamination of water sources and disturbance of water supplies, affected local productivity, livelihood of local residents, social stability, and even triggered trans-boundary issues. Presently source water protection areas in China lack of abilities to prevent water pollution and respond to emergency incidences. Corporate work safety accidents and illegal discharge of pollutants are major causes of water pollution. Hence, in recent years environmental accidents and environmental risk assessment have become hot research topics both in China and internationally. Scientific and reasonable delineation of source water protection areas and environmental risk assessment are important measures to reduce environmental risks and to ensure water quality safety of source water protection areas.

Based on the review of China and international experience on environmental risk assessment and source water protection area delineation, the current work used the improved version of the Seveso III instruction model to study the basic theories and methodologies for conducting environmental risk assessment for source water protection areas. Based on the case study of Hongfeng Lake in Guiyang, Guizhou Province, the study developed a protection area delineation methodology based on the travel time and water quality models, environmental risk assessment, and emergency response time. The methodology becomes an important reference for reservoir-lake source water protection areas. The main study results include the following:

1. This study improved the Seveso III industrial pollution assessment model, and developed a new model for assessment of source water environmental risk assessment. The model consists of two components, namely integrated corporate risk index and source water environmental risk index, which respectively represents the functions of origins and receptors of environmental risk. Both components are independent but interrelated. They form the

basic framework for source water environmental risk assessment.

2. The study developed a source water corporate risk assessment system, and recommended an integrated assessment index that takes into account of dangerous chemical production risk, corporate risk management, and pollutant discharge risk. The study also developed a source water vulnerability assessment methodology, and recommended an integrated assessment index that takes into consideration of source water supply factors, travel characteristics of corporate pollutant leakages, and the natural characteristics of the protection area. These indexes were prioritized using the staged analysis method.

3. Using on the case study of Hongfeng Lake, the study investigated the theories and methodologies for source water protection area delineation based on environmental risks. It integrated the travel time and water quality models, applied a mathematical model and system software to simulate the emergency response time and pollutant travel time to delineate the protection areas. The study also developed a source water delineation methodology based on environmental risk assessments and emergency response time for Hongfeng reservoir and its inflow tributaries. It realized the integration of SWAT distributed hydrological model and inflow tributary single dimension water quality model.

4. Based on the Hongfeng Lake source water environmental risk assessment results, this study identified the high risk enterprises and high risk areas. Using the simulation results of pollutant inflow time and water source environmental risk assessment, the study determined the protection zones for main inflow tributaries. It further used a multi-dimension water quality model to delineate the protection area in order to study the practicality of the methodology based on water quality purification and emergency response scenarios.

5. This study recommended measures for control and management of Hongfeng Lake protection area.

The study developed a methodology for delineation of Hongfeng source water protection based on the current source water protection area delineation principles, pollutant dilution process, and environmental risk prevention. The innovative features of this study include:

1. It applied the regional risk assessment methodology to source water environmental management, and developed the reservoir-lake source water protection area environmental risk assessment techniques and methodologies.

2. It applied the regional risk assessment to protection area delineation technique, and developed the experience comparison, water quality emergency response simulation, regional risk assessment, and other delineation techniques.

3. It used the source water protection area delineation theory to modify the delineation principle from “pollutant dilution process” to “pollutant travel distance within the emergency response time”, which simplified the protection area delineation techniques and methodologies.

Key Words: Environmental risk, drinking water sources, source water protection area delineation, Hongfeng Lake, emergency response

目 录

1	绪论	1
1.1	研究背景与意义	1
1.2	国内外研究进展	7
1.3	研究内容	13
1.4	研究思路与技术框架图	14
2	红枫湖环境现状及风险源调查研究	15
2.1	研究区概况	15
2.2	污染源调查与环境状况研究	19
2.3	风险识别与主要环境问题研究	27
3	饮用水水源地环境风险评价模型构建	29
3.1	环境风险评价模型	29
3.2	企业环境风险评价指标体系构建	32
3.3	水源地脆弱性评价指标体系构建	36
3.4	小结	39
4	红枫湖饮用水水源地环境风险研究	41
4.1	企业内在危险性评价	41
4.2	水源地脆弱性评价	50
4.3	红枫湖饮用水水源地环境风险评价	60
4.4	小结	64
5	基于环境风险的红枫湖水源地保护区划分方法研究	65
5.1	保护区划分基本原则	65
5.2	保护区水域的划分方法	66

5.3	保护区陆域的划分方法	83
5.4	小结	87
6	红枫湖水源保护区划分方案研究	89
6.1	水质模型参数率定	89
6.2	保护区水域划分方案	94
6.3	保护区陆域划分方案	100
6.4	划分方案讨论	102
6.5	红枫湖流域风险管理对策与建议	107
6.6	小结	108
7	结论与展望	110
7.1	结论	110
7.2	创新点	111
7.3	展望	112
	参考文献	113

1 绪论

1.1 研究背景与意义

1.1.1 研究背景

饮用水安全是关系到人民群众身体健康、社会和谐稳定和可持续发展的大事，是水污染防治工作中重中之重的任务。党中央、国务院高度重视饮用水安全工作，要求在“十一五”末解决群众饮用水安全问题。根据环境保护部调查结果显示，2010年，我国地级以上城市集中式水源达标率仅为83.38%^[1]，饮用水安全问题仍未解决。饮用水不安全的原因除流域水环境质量状况总体不容乐观外，突发性水污染事件影响水源安全的问题也越来越突出。

2009—2012年的统计数据显示，我国突发性水污染事件进入高发期且呈逐年增加的趋势（见表1-1）。环境保护部应急中心调查数据显示，2010年我国56个城市发生水环境突发事件118起，其中涉及饮用水安全的事件36起，所占比例约为30.5%。如2010年7月紫金矿业污染事件造成了汀江水环境污染^[1]，2011年7月的涪江水污染事件造成绵阳市中断供水30多个小时^[2]，2012年1月的广西柳州龙江镉超标事件造成沿岸及下游居民饮水安全遭到严重威胁，2012年2月江苏镇江市自来水异味事件造成镇江市居民抢购瓶装水的风波^[3]。

引发突发性水污染事件的原因主要有生产安全事故、交通事故导致危化品泄漏、企业违法排污、自然灾害引发衍生、尾矿库渗漏、人为投毒、第三方违规施工7个方面^[2]。据统计，2010年环境保护部直接调度或处置的突发环境事件中，44.23%事故由生产安全事故引起^[5]，如2009年四川省绵阳市输油管道110t柴油泄漏事件和2011年松原石油化工有限公司气分装置液态烃罐车间爆炸事故^[3]；17.95%的突发水污染事件由交通事故造成的次生污染引发，如2009年6月发生的浙江湖州苕溪水域航运事故影响余杭区水厂取水口事件^[4]；10.90%的事件是由企事业单位的肆意违法排污引起，如广西龙江的镉污染事件^[5]。此外，我国尾矿库环境安全隐患问题也十分突出，近年来因尾矿库垮坝、

泄漏等原因引发的突发环境事件呈高发态势,如2008年7月的辽宁东港市五龙金矿尾矿库溢洪管发生破裂事件和2011年7月的紫金矿业污染事件^[6];由自然灾害、人为投毒、第三方违规施工等因素也可引突发环境事件,如2008年发生的“5·12”汶川特大地震引起的都江堰市紫坪铺水库的石油污染事件等^[7]。突发水污染事件导致的水源污染及停水事件,严重影响了当地居民的生产、生活秩序^[8]。

从以上案例可知,企业安全生产事故和企业非法排污是造成水源地突发水污染事件的主要原因。开展饮用水水源地环境风险评价技术研究,应成为当前饮用水水源地污染源监督管理技术研究的方向和重点。因此,研究饮用水水源地区域环境风险评价技术,确定重点监管区域,是落实饮用水水源地以“预防为主”保护原则,提高监管效率、确保水源地水质安全的重要手段。

表 1-1 近 3 年突发水污染事件初步统计表

序号	事故名称	发生时间	事故原因	污染物名称
1	陕西省兰郑长成品油管道渭南支线柴油管道泄漏事故	2009年12月	生产安全事故	石油类
2	重庆北碚区药厂废水池泄漏事故	2010年1月	生产安全事故	硫
3	广东造成北江铊超标事件	2010年10月	违法排污	铊
4	广州花都巴江河镍超标事件	2010年12月	尾矿库生产安全事故	镍
5	长江如皋江面浮油事件	2011年3月	交通事故导致油品泄漏	浮油
6	云南文山州富宁县苯泄漏事件	2011年3月	交通事故导致危化品泄漏	苯
7	辽宁丹东市宽甸县三旺矿业公司尾矿库泄漏事件	2011年4月	尾矿库生产安全事故	钼、煤油、2#油、巯基乙酸钠
8	湖北省十堰市郧西县马安镇金塔矿业尾矿库发生泄漏污染事件	2011年6月	尾矿库生产安全事故	
9	浙江杭新景高速建德洋溪大桥路段苯酚泄漏事件	2011年6月	交通事故导致危化品泄漏	苯酚
10	浙江杭州苕溪饮用水水源水质异常事件	2011年6月	生产安全事故	二氯化苊、二聚环戊二烯、萘等有机物质
11	陕西省汉中市县天鸿基矿业公司尾矿库泄漏事件	2011年6月	尾矿库生产安全事故	铜、铅、锌、镉、砷等重金属