

村镇饮用水源保护和 污染防控技术

李仰斌 谢崇宝 张国华 籍国东 李文奇 等 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

村镇饮用水源保护和 污染防控技术

李仰斌 谢崇宝 张国华 籍国东 李文奇 等 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

保障饮用水源安全是饮水工程可持续达标运行的必要条件。村镇饮用水源主要包括地表水和地下水两种类型,其中地表饮用水源主要分为河流和湖库两种类型。本书围绕村镇饮用水源地保护这个核心,采用 ARCGIS 工具平台,分析了村镇饮用水源地主要污染源和污染因子等污染特征,初步提出了适合我国国情的村镇水源监测与预警技术体系,构建了适合村镇水源保护与污染物防控技术模式和近岸污染防控系统,提出了村镇饮用水源生物生态修复技术,从而在技术层面上构建村镇饮用水源的监测、保护、防控、修复四位一体的立体防护网和水环境保护网,为确保村镇饮水安全提供有力的科学技术支撑。

本书可供广大从事农村饮水安全、水源保护和水环境治理工作的技术人员和管理人员阅读使用,也可作为高等院校相关专业的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

村镇饮用水源保护和污染防控技术 / 李仰斌等著
— 北京:中国水利水电出版社,2016.3
ISBN 978-7-5170-4158-0

I. ①村… II. ①李… III. ①农村—饮用水—供水水源—保护②农村—饮用水—供水水源—污染控制 IV.
①R123②X520.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第045473号

书 名	村镇饮用水源保护和污染防控技术
作 者	李仰斌 谢崇宝 张国华 籍国东 李文奇 等 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 16.25印张 385千字
版 次	2016年3月第1版 2016年3月第1次印刷
印 数	0001—1500册
定 价	78.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

解决饮用水安全问题是关系到民生的头等大事，是实现联合国千年宣言饮水安全目标的重要举措，党中央国务院始终予以高度重视。截止2015年年底，我国全面解决了“十二五”规划2.98亿农村居民和4133万农村学校师生饮水安全问题，同步解决“四省”藏区等特殊困难地区规划外566万农村人口的饮水安全问题，农村集中式供水受益人口比例由2010年年底的58%提高到2015年年底的82%，农村自来水普及率达到76%，供水水质明显改善。2016年中央一号文件提出“强化农村饮用水水源保护。实施农村饮水安全巩固提升工程。推动城镇供水设施向周边农村延伸”。根据总体安排，到2020年，城镇供水水源地水质全面达标，农村自来水普及率达到80%以上，集中供水率达到85%以上，水质达标率和供水保障程度大幅提高。

保障饮用水源安全是饮水工程可持续达标运行的必要条件，因此“十二五”国家科技支撑计划项目“村镇饮用水安全保障重大科技工程（项目编号：2012BAJ25B00）”设立课题“村镇饮用水源保护和污染防控技术研究（课题编号：2012BAJ25B01）”，借此对村镇饮用水地保护进行专题研究，希望对村镇饮水安全提供科技支撑。经过课题组四年的努力，取得了一批有价值的成果。初步提出了适合我国国情的村镇水源监测与预警技术体系，构建了适合村镇水源保护与污染物防控技术模式和近岸污染防控系统，提出了村镇饮用水源生物生态修复技术，从而在技术层面上构建村镇饮用水源的监测、保护、防控、修复四位一体的立体防护网和水环境保护网，为确保村镇饮水安全提供有力的科学技术支撑。

村镇饮用水源主要包括地表水和地下水两种类型，其中地表饮用水源主要分为河流和湖库两种类型。考虑到窖池水是我国西南部农村缺水山丘区的重要备用水源，因此课题组也将其纳入研究对象。本课题围绕村镇饮用水源地保护这个核心，采用ARCGIS工具平台，分析了村镇饮用水源地主要污染源和污染因子等污染特征，从水源监测、水质保护、污染防控、水体修复四个方面开展系统研究，经过课题组全体成员历时四年的辛勤努力，取得的主要成果包括：①水源监测：“紫外吸收理化传感器水质监测模式”“斑马鱼及大型蚤兼容型生物毒性水质监测模式”等水源监测工程技术模式两个；②水

质保护：“稻—草轮作有机种植模式”“废弃矿场生态恢复模式”“前置库生物链系统构建保护模式”等饮用水源水质保护技术模式三个；③污染防控：“水动力变坡式易清理拦污栅”“手压翻转式拦污清污装置”“水动力水位自适应易清理拦污装置”等近岸污染防控设备三套；“过滤沟雨水径流净化技术”“植草生态袋护岸技术”“污染地下水有机碳源原位添加处理技术”“铁碳强化两段式滤床生活污水处理技术”等近岸污染防控技术四个；④水体修复：“多层塔式碳基聚氨酯固定生物床装置”“纳米铁改性火山岩固定生物床装置”“太阳能微动力多介质浮动生物床装置”“多介质潮汐流人工湿地装置”“多介质淹水人工湿地装置”“藻体微气泡絮凝回收装置”“水体细分子化超饱和增氧装置”等污染源生物生态修复装置七套；“太阳能微动力多介质复合生物床集成模式”“多介质固定生物床—潮汐流人工湿地集成模式”“功能微生物定向培植及原位修复集成模式”等污染源生物生态修复技术集成模式三个。这些成果均在试点示范工程中得到初步应用，并根据研究结论和应用效果，在总结前人工作的基础上，初步形成四大技术指南：“村镇饮用水源监测及预警技术指南”“村镇饮用水源地安全评价技术指南”“村镇饮用水源地保护方法与技术指南”“村镇饮用水源污染控制与修复技术指南”等村镇饮用水源保护和污染防控技术指南四部。

本书既是对课题成果的总结与凝练，也是对如何做好“十三五”饮用水源保护工作确保饮水安全工程长效运行实现巩固提升的初步探索。参加本课题研究和专著编写的主要人员还有殷国玺、蔡守华、高虹、杨小令、鲁少华、王旭、李同燕、常邦、王佩、白雪原、朱先芳、王红雷、刘晶、孙静、韦金喜、程公德、刘阳、皮晓宇、徐晋池、张振、赵盼、陈娟、卢文娟等。在课题研究期间得到了科技部农村中心的精心指导、得到了水利部农村饮水安全中心的大力支持，得到了众多领域专家的及时点拨，得到了试验示范区工作人员的密切配合，得到了众多研究生的大力协助，正是由于他们出色的组织和无私的帮助，才确保了研究任务的圆满完成，在此一并对他们的辛勤劳动表示诚挚的谢意。

由于本书涉及行业跨度较大，涉及的学科较多，遇到的问题较为复杂，加上作者水平和时间所限，书中的错误和不当之处恳请读者不吝赐教，批评指正！

作者

2016年1月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究动态	3
1.3 需求分析	6
1.4 主要研究内容	7
1.5 主要成果	9
第 2 章 村镇饮用水源地水质污染基本特征	12
2.1 村镇饮用水源水质调查	12
2.2 村镇饮用水源水质管理信息系统	12
2.3 村镇饮用水源水质时空变化分析	15
2.4 村镇饮用水源地水质与影响因子相关分析	22
第 3 章 村镇饮用水源污染因子识别	25
3.1 村镇饮用水源地数字化方法	25
3.2 村镇饮用水源地数据库构建	28
3.3 村镇饮用水源地污染源	39
3.4 村镇饮用水源地污染因子识别	40
3.5 村镇饮用水源地污染关键区识别	48
第 4 章 村镇饮用水源污染监测与预警	54
4.1 村镇饮用水源监测指标研究	54
4.2 村镇饮用水源监测方法研究	55
4.3 村镇饮用水源监测技术	61
4.4 村镇饮用水源地安全评价	71
4.5 村镇饮用水源水质及预警系统	88
4.6 示范工程	103
第 5 章 村镇饮用水源保护技术模式	106
5.1 村镇饮用水源保护区划分	106
5.2 村镇饮用水源保护模式构建	112
5.3 水源集水区稻—草轮作有机种植模式	115
5.4 水源集水区废弃矿场生态恢复模式	124

5.5 水源前置库生物链系统构建保护模式 126

第6章 村镇饮用水源近岸污染防控技术..... 131

6.1 过滤沟雨水径流净化技术 131

6.2 植草生态袋护岸技术 134

6.3 污染地下水有机碳源原位添加修复技术 138

6.4 铁碳强化两段式滤床生活污水处理技术 173

6.5 漂浮物拦截清除技术 187

第7章 村镇饮用水源生物生态修复技术..... 193

7.1 村镇饮用水源生物生态修复装置 193

7.2 村镇饮用水源生物生态修复集成模式研究 235

参考文献 248

第1章 绪 论

1.1 研究背景

水是生命之源、生产之要、生态之基。饮用水安全对人的生命和健康至关重要，是人民群众最关心最直接最现实的水利问题。当前，村镇面源污染以及生活污水、工业废水的污染日益严重，直接威胁村镇饮用水水源安全。在南方水资源相对丰富的农村地区，也出现了兴建饮水安全工程难以找到合格水源、被迫进行污染水深度处理的现象。村镇饮用水安全的核心是饮用水源的保护。党和国家领导人多次对饮水安全工作做出重要批示，明确提出要把切实保护好饮用水源，让群众喝上放心水作为首要任务。

2005年以来，中央一号文件指出要高度重视农村饮水安全，增加农村饮水安全工程建设投入，加强饮水水源保护，让农民尽快喝上放心水。《中共中央 国务院关于加快水利改革发展的决定》（中发〔2011〕1号）和水利部《贯彻落实2011年中央一号文件深入推进水利工程建设领域突出问题专项治理工作的实施方案》（水建管〔2011〕125号）均明确把“整治流域水环境，解决农村饮水安全，抓好农村水环境综合治理问题”列为未来十年水利工作的重点。在随后召开的全国农村水利工作会议（2011年3月28日）上，陈雷部长关于《认真贯彻落实中央一号文件精神全面开创农村水利工作新局面》的讲话中，将“全面解决农村饮水安全问题和开展农村水环境综合整治”分别列为“十二五”期间农村水利发展十大目标之一。强调“依托农村水利重点项目建设，开展农村水系治理和水污染防治等农村水环境综合整治，把农村饮水安全和水环境综合整治摆在更加突出的位置”。

虽然按照饮用水源保护区污染防治管理规定，各地出台了实施细则，但实施差异较大。规模较大的供水工程多数建立了水源保护区，但是，面广量小的小型供水工程，特别是村镇供水工程，水源保护措施很难落实。村镇饮用水源保护工作涉及面广、解决难度大、保护措施复杂，受水源保护技术和财力状况等因素制约，研究提出符合我国村镇实际的饮用水源保护和污染防治技术，采取更有效的措施加强饮用水源保护具有十分重要的现实意义。

村镇饮用水源总体上可分为地表水和地下水两大类。其中地表水主要包括江河水、湖泊水、水库水、塘堰水、水窖水等，它们的特点是含矿物质少、硬度低、受污染的威胁大，有机污染物、无机污染物、浑浊度和微生物含量高，不易进行卫生防护。地下水包括浅层地下水和深层地下水，村镇饮用水源多采用深层地下水。深层地下水的特点是矿物质含量较高、硬度较大、直接受污染威胁小、浑浊度低、微生物含量少、取水点相对易进行卫生防护。

水源水质的监测指标主要包括感官性状、化学、毒理学、微生物学四大类指标。对于

这些指标,国家生活饮用水卫生标准中都规定了具体的监测方法,而且根据监测条件与设备的不同,每种监测指标通常会对应一种以上的监测方法。目前,我国相关水质标准规定的饮用水源地水质监测指标很多,水质监测方法也比较完善,但是我国村镇目前监测水平与经济能力还有限,难以采用与城市饮用水源相同的监测方案及监测设备。而且,不同地区村镇饮用水源水质特点不同,水质监测的要求及硬件设施也不尽相同。如何根据不同类型的村镇饮用水源地,提出实用性强、经济、高效的水质监测技术,开发和筛选适用于村镇饮用水源地监测的技术与设备仍是现今亟待解决的问题。

随着经济的发展和人民生活水平的提高,人民群众对生活质量的要求越来越高,但同时又由于经济发展和资源过度开发,导致了饮用水源污染和水资源枯竭问题。这些问题正日益威胁到人民的身体健康,尤其是在收入相对较低、基础建设相对薄弱的广大农村地区,情况更为严重。各种研究和统计资料表明,我国大部分村镇饮用水源没有相应的保护措施,受到化肥、农药、养殖畜禽粪便、生活垃圾和塑料制品废弃物等污染,饮用水源水质恶化,严重影响村镇饮水安全。而在国外发达国家,尤其是相对发达的北美和欧洲,由于城乡差距小,农村饮水安全保障设施十分完善,从水源地保护政策的制定、水质实时监测、水污染防控到饮用水的处理工艺等各个管理层面和技术层面都已经比较完善,实现了从水源地到用户水质全过程控制,保证了居民的饮水安全。与之相比,我国村镇地区供水基础建设相对薄弱,饮用水源污染防控技术体系与国外发达国家相比还十分落后,亟须开展这些方面的攻关研究,建立村镇水源地生态防控工程技术体系,污染水域生物生态修复技术体系,为村镇饮用水源保护和污染防治提供强有力的技术支撑。

基于上述背景和现实需求,本书研究重点着力于以下四个方面:

(1) 开展村镇饮用水源类型及水质调查研究,开发村镇饮用水源类型及污染物分布地理信息系统,研究典型村镇饮用水源污染特征及形成机理;研究村镇不同类型饮用水源的主要污染因子,筛选村镇饮用水源水质监测设备;根据村镇饮用水源水质监测的特点,开发经济实用的新型水质传感器;研究建立村镇饮用水源水质监测指标、监测技术,以及各类村镇饮用水源安全评估指标体系,提出水质预测及水源地安全度评估技术;研究村镇饮用水源水质自动监测、评价及预警方法,开发村镇饮用水源水质自动监测及预警系统;集成示范水质监测新型设备、水质自动监测技术及预警技术,形成具有现实应用前景的村镇饮用水源自动监测及预警预报技术模式。

(2) 针对不同类型村镇饮用水源特征,以及影响水源水质的主要因子,开发各类村镇饮用水源保护模式模拟系统,模拟不同保护模式对水源水质的影响;针对不同村镇饮用水源地的降雨径流过程,研发颗粒态污染物去除装置;基于水文产汇流及污染物运移理论,以试验研究为基础,构建不同类型村镇饮用水源保护模式;通过工程示范,优化各种技术参数和指标,构建不同类型的村镇饮用水源保护的集成优化模式。

(3) 针对村镇饮用水源近岸空间格局,构筑近岸空间水体保护的坚固防线。研发水源地近岸村镇暴雨径流污染净化技术及装置,解决村镇水源污染“大户”;研究近岸村镇地表水源缓冲带建设技术,以形成水体有效保护屏障;以增氧、有机碳源为主要内容,研发地下水源污染防控技术及装置;针对近岸村镇生活污水中氮磷污染负荷问题,开发高效深度净化控制技术;研发近岸水体增氧、生态护岸技术及产品,强化近岸生态保护功能;开

发取水口区域藻体控制技术与装置,减轻村镇水厂进水藻类污染物负荷。在此基础上,通过构建水源保护与近岸污染防控系统示范工程,集成应用各项技术,形成具有广泛推广应用前景的技术设备与产品。

(4) 针对村镇污染源,以典型污染河流、湖泊或水库水源为修复对象,以污染源中氮、磷、有机物和藻类等典型污染物满足村镇饮用水水源水质标准为目标,开发经济适用的村镇污染源生物生态修复关键技术及装置,重点研发自然增氧多段生物快滤池——反硝化除磷淹水湿地河道旁路修复技术、闸口复合型无动力固定床生物修复装置、多介质潮汐流生态湿地技术、功能微生物定向增殖及原位富集技术、生态演替式人工浮岛技术,以及无动力或微动力造流增氧、生物激活和仿生水草联合修复技术;研究考察不同类型关键技术修复污染源的效能,深入揭示集成技术模式脱氮、除磷、降解有机物和除藻的耦联协作分子机制及技术原理;通过试点示范,系统评价生物生态修复关键技术和集成模式的技术经济可行性,形成具有广泛应用前景的污染源生物生态修复集成技术模式。

1.2 研究动态

1.2.1 村镇饮用水源地安全监测与预警技术

水源水质监测的目的是为了及时全面掌握水源水质的动态变化特征,为水源水质的准确评价和水源的合理开发利用,以及水源污染防治提供准确可靠的数据依据。水源水质监测与评价应包括监测点的布置、监测项目、监测时间、监测频率的确定、监测方法的选择和水质评价等内容。其中具体监测项目可针对不同水源,按水源环境质量标准及水源污染的实际情况加以确定。目前,按中国饮用水相关标准的规定,水质检验项目大体可以分为感官性状、一般化学指标、毒理学指标、微生物学指标和放射性指标等。样品采集的时间及频率必须具有代表性,要能反映出水源水质在时间和空间上的变化。水源水质评价应利用水质监测数据、依据一定的水质标准进行。国家针对不同水源分别制定了不同的水质标准,地表水源应以 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》和 CJ 3020—1993《生活饮用水水源水质标准》为评价依据。地表水生活饮用水水质至少应达到《地表水环境质量标准》的Ⅲ类标准。地下水源的水质评价,应以《地下水质量标准》为依据。地下水饮用水水质至少应达到《地下水质量标准》的Ⅲ类标准。目前,饮用水源地的污染防治已经引起了人们的广泛关注,但是由于我国村镇技术水平与经济水平的差异,不能照搬国外的水源地监测与保护体系。国内监测分析主要侧重于城市饮用水源地的保护方面,关于村镇饮用水源地监测的研究并不多见。而且,我国现今尚无完善的村镇饮用水源水质监测和预警体系,为水源地的保护带来了困难。

随着计算机的普及和现代化信息技术的发展,利用先进的科技手段对饮用水源进行实时监控和配置是当今世界发达国家水资源管理的新方向。这些国家不惜投入巨资建设这样的系统。如英国伦敦城市供水实时监控调度系统,通过 GIS 技术、计算机网络技术等,对伦敦地区 600 万人口自来水供给中的水量、水质实行实时监控调度。在这方面,我国仍处于初步研究阶段,只有少数城市水源地实现了在线自动监测及信息化管理。对于经济基础较为薄弱的村镇地区饮用水源地,推广普及仍任重道远。

在水源地安全监测研究与应用方面,国内尚处于起步阶段。一个较为成功的应用案例是基于 WebGIS 的镇江市饮用水水源地水质安全监控系统。该系统利用 Internet/Intranet 技术、GIS 技术和环境保护技术,建立了较为完善的水源水污染监测与应急预警管理网络系统,实现了水源地空间信息、属性信息、污染状况评价、应用预警的综合管理。城市水源安全预警近年来得到高度重视。2007 年长江水资源保护科学研究所,开展了城市水源地监测预警和安全应急控制方案研究,提出了水源地安全监测预警和应急控制方案的理论和方法。目前,城市水源安全预警系统正在迅速推广应用。例如,北京市、济南市、杭州市、成都市、盐城市等大中城市建立了饮用水源地预警系统。部分县级市或县也建立了饮用水源事故应急预案。将城市饮用水源监测与预警技术直接应用于村镇,目前还存在诸多障碍,因此研发村镇饮用水源监测关键设备,建立适合村镇饮用水源特点的监测与预警体系具有十分重要的意义。

1.2.2 村镇饮用水源地保护技术模式

从国际上保护水源地安全的发展动态来看,通过构建植被缓冲带等生态防控工程来控制 and 减轻面源污染对水源地水体的影响是一个重要的发展趋势。美国倡议以流域为管理单元来解决由于非点源污染所引起的水质问题,并于 1997 年发起了全国保护缓冲带的行动,鼓励通过构建植被缓冲带来改善水质,到 2002 年至少要恢复 320 万 km^2 的保护缓冲带。欧盟于 2000 年正式启动水框架指令,明确规定到 2015 年要使欧洲各个流域内的所有水域(包括河流、湖泊、河口等)达到一种“良好的状态”。该指令在水环境的管理方式上提出了两个关键性的改变,一是建立能够确保欧洲河流清洁和健康的环境目标;二是引入流域管理规划体系。联合国有关机构非常重视利用植被缓冲带等生态防控措施来实现淡水资源的可持续利用,为此国际水文计划(IHP)长期致力于陆地和水域生态系统与水文循环过程的相互作用机制研究,提出了生态水文学的概念框架和科学基础,并在全球开展了多项示范工程。

我国近年来针对水环境状况持续恶化的严峻形势,也在水源地保护方面开展了一些科学研究,如国家“863”计划“太湖水污染控制与水体修复技术及工程示范”。该项目针对太湖水污染控制与水体修复需要解决的重点问题开展了关键技术研究及工程示范,初步形成了河网区面源控制生态修复技术体系与管理模式、水源地水质改善生态技术体系,以及重污染湖泊底质改善与生态重建的技术体系。国内还对植物篱在控制坡耕地土壤侵蚀的效果方面开展了一些试验研究。植物篱是指在坡面沿等高线布设密植的灌木或灌草结合的篱带,带间种植农作物。试验表明,植物篱在控制水土流失及养分流失方面效果显著,植物篱与植被缓冲带在拦截泥沙与污染物方面有着相似的功能。

综观国内外饮用水源地保护方面的研究现状,可以总结出这样几个特点:①强调要从流域的尺度并考虑水文循环与生态系统的相互作用来解决水源地安全问题,尚缺乏村镇尺度饮用水源地安全与保护方面的研究;②强调植被缓冲带等生态防控技术是解决水源地水质安全问题最有效的手段之一,但未充分考虑水文循环的作用,未充分研究植被缓冲带距水源地水体的距离对污染防控的影响;③涉及村镇饮用水源地保护技术方面的成果较少,主要表现为颁布保护条例、树立警示牌、构建隔离带等,缺乏能够持久、稳定、经济、安全、高效的村镇饮用水源地保护实用技术。

“十一五”国家科技支撑计划“农村饮用水源保护与生活排水处理技术研究”课题从农村饮用水源地类型、保护区划分和植物篱生态保护等方面,对农村饮用水源地保护技术进行了研究,在湖北和江苏建立了示范区,取得了一些初步成果,但在生产活动领域的水源保护和生活领域水源保护方面还处于起步阶段。根据村镇饮用水源地的特点,研究基于生产、生活、效益的多层面村镇饮用水源保护技术模式,是村镇饮用水源地安全与保护研究的方向。因此,开展不同类型村镇饮用水源地保护技术模式具有良好的前期技术储备和进一步研究开发的基础。

1.2.3 村镇饮用水源近岸污染防控

在水源保护与近岸污染防控系统方面,欧洲、美国、日本等发达国家早在70年前就开展了流域综合管理和面源污染控制技术的研究。水源保护主要技术有流域污染物控制技术,如美国的最佳管理措施(BMPs)、内污染源控制技术及水体生态系统恢复技术等。其中BMPs技术,是在流域范围内采取低洼绿地、绿化屋顶、透水地面等滞留技术消减径流量;开发油水分离、植草——砾石沟径流过滤、植被缓冲带等技术,控制流域向保护水体的污染物输出负荷。BMPs技术已成为面源污染控制的标准技术。在污染物控制方面,日本、韩国等通过开发、推广生活污水“合并净化槽”技术、河道直接净化技术、人工湿地净化、前置库等技术,在消减污染负荷保护水源方面发挥了重要作用。

我国在滇池、太湖等流域也开展了入湖河流净化、人工湿地净化及生活污水的深度处理等技术研究工作,并取得了大量成果。内源污染控制主要指底泥污染控制技术。主要有生态疏浚技术、底泥固化技术和生物制剂底泥消减技术等。我国在太湖、官厅水库等水源地进行了生态清淤。在近岸污染防控方面,我国主要大型水源地、城市周边河流相继开展了水边缓冲带建设、生态护岸、水源周边点源及面源污染控制等研究工作及实际工程建设,为大型水源地保护发挥了重要作用。因此,这些技术主要集中于大型水源地的近岸污染防控,对于村镇饮用水源近岸污染防控技术具有一定的技术积累。

1.2.4 村镇饮用水源生物生态修复技术

污染水源生物生态修复技术是国外近来发展很快的一种新技术,是按照生态系统自我设计和人为设计理论恢复污染水源的本来面貌,强化生态系统的自净能力,这是人与自然和谐相处,合乎自然规律的污染水源修复思路,也是一条有别于饮用水生物预处理的创新技术路线。污染水源生物生态修复技术,是利用自然基质或人工基质培育的植物和微生物的生命活动,对污染水源中的污染物进行转移、转化及降解作用,从而使自然水源得到净化的技术。该技术具有效果好、工程造价相对较低、能耗低(或无能耗)、运行成本低廉、无二次污染等优点。还可以与水源地生态保护、输水沟渠闸坝和湿地景观相结合,创造人与自然融合的优美环境。现有的污染水体生物生态修复方法主要包括:生物膜法、水生植物系统、生物操纵、投放生物菌种或微生物促生剂等。这些生态化、少维护、成本低、效果好的实用技术适用于我国村镇河道型、湖泊型和水库型污染水源水质修复。然而,截至目前此类技术主要用于城市景观水体和富营养化水体的生态修复,很少用于修复村镇污染水源,也尚未形成适合我国村镇饮用水源水质修复的集成技术模式。

1.3 需求分析

1.3.1 村镇饮用水源地监测与预警技术需求

水源地安全监测及预警是保障饮水安全的重要条件。在目前供水管理中,许多城市已建立了较为完善的饮用水源监测及应急预警体系,而在村镇饮用水安全管理中,大部分村镇饮用水源没有定期监测制度,更没有预测预警方案。村镇和城市饮用水源,在水源类型、技术条件、经济条件和管理水平等方面存在较大差异,因此,村镇饮用水源难以直接采用城市供水水源的监测技术和预警系统。当前迫切需要研究开发既适合村镇饮用水源监测的特点,又能充分利用现代科学技术的经济实用的水质自动监测设备。水源安全监测与预警系统是村镇饮水安全工程相匹配的必备技术,不仅是饮水安全工程安全供水的重要基础,也有利于水质监测的数据挖掘,为水源水质预测与安全预警决策提供科学依据,因此,迫切需要研究建立村镇饮用水源水质安全监测与预警系统,为村镇饮水安全提供技术支撑。

1.3.2 村镇饮用水源地保护模式技术需求

我国饮水不安全人口主要分布在经济相对薄弱的广大村镇,而村镇饮水安全的核心问题是村镇饮用水源保护问题。中华人民共和国成立以来,乡镇企业迅速发展,但由于缺乏相应保护措施,村镇水源受到了工业废水、生活污水、化肥、农药、畜禽粪便、生活垃圾和塑料制品废弃物等的污染,水源水质越来越差,许多地区出现了水质性缺水,甚至部分工程由于水源水质恶化导致工程报废,村镇居民生活饮水再次陷入困境。村镇饮用水源主要包括机井、大口井、河、溪、塘、窖等,水源分散,难于防护。有关调查资料表明,农村60%水源周围存在污染源。有的塘、河、溪人畜共用,甚至既排污又供饮用,缺乏卫生防护,卫生质量很差,直接威胁到村镇饮用水源地安全。在南方水资源相对丰富的村镇,也出现了兴建农村饮水安全工程难以找到合格水源,不得不进行深度处理现象。目前,在村镇饮用水源保护方面,经济实用技术及设备较为缺乏,大多停留在政策和管理层面,因此开展各种类型村镇水源地保护技术模式研究,提出基于村镇生产、生活、效益的多层面功能性控制技术体系和保护模式,从源头上从技术上保障村镇饮水安全意义重大。

1.3.3 村镇饮用水源近岸污染防控技术需求

以村镇水源近岸空间为研究对象,以充分发挥近岸空间对污染物的阻隔、截留作用为主要目标,研究适合村镇饮用水源特点的生态护岸技术,开发岸边缓冲带构建技术、近岸村镇街面及农田径流污染控制技术、近岸区域点源氮磷深度处理技术具有重要的现实意义。最大限度地消减近岸空间污染物,“御污染物于境外”,构建水源保护与近岸污染防控系统。在近岸水域实施增氧措施,可有效净化近岸水体水质、改善水体环境状况。通过开发环保、节能型近岸水体增氧技术和设备,为村镇水源保护提供新的途径。开展村镇水源地取水口区域藻体回收技术与设备研发,可有效防控村镇富营养化水源引起的藻类暴发事件发生。目前,我国90%以上的水源地具不同程度的富营养化,针对这一局面,藻体回收技术可发挥重要的应急保障作用,为村镇水厂取水免受藻类污染提供重要技术支撑。

1.3.4 村镇污染源生物生态修复技术需求

当前,我国广大农村地区的农业面源污染、养殖废水、生活污水和工业废水排放造成的村镇水源污染日益严重,直接威胁到村镇饮用水安全。有相当一部分河流型、水库型和湖泊型村镇集中供水水源无法满足《地表水环境质量标准》Ⅲ类水标准,甚至在水资源相对丰富的南方村镇,也出现了兴建饮水安全工程难以找到合格水源的现象。分散的村镇水源,用水人口密度小,用水强度低,适合应用生物生态修复技术。然而,我国对村镇污染源生物生态修复技术缺乏系统研究,关键技术缺少突破,更没有形成可推广的生物生态联合修复集成技术模式,因此开展村镇污染源生物生态修复技术研究,提出村镇饮用水源生物生态修复技术集成模式,对保障农村饮水安全具有重要的现实意义。

1.4 主要研究内容

1.4.1 村镇饮用水源污染特征及水质监测设备研究

调查全国村镇饮用水源水质、污染源等基本情况,研究村镇饮用水源基本类型及分布特征,开发村镇饮用水源类型及污染物分布地理信息系统。在此基础上,研究各类村镇饮用水源的污染特征、主要污染源、相关环境因子及影响机理。根据村镇饮用水源水质监测的特点及实际需要,筛选和开发经济实用新型传感器,见图1-1。

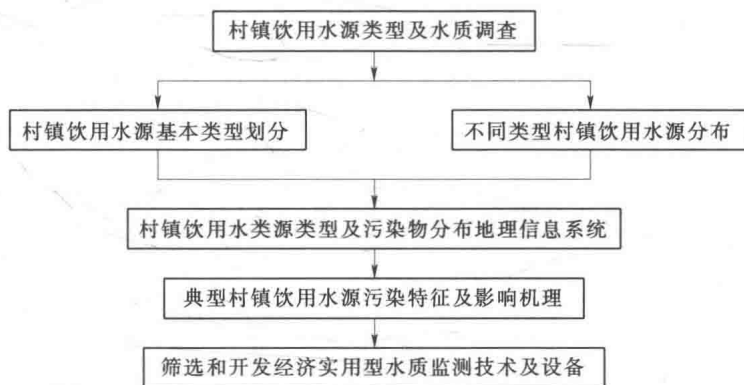


图1-1 村镇饮用水源污染特征及水质监测设备研究

1.4.2 村镇饮用水源监测及预警系统研究

根据村镇饮用水源的特点,研究村镇饮用水源水质监测指标、安全评价指标及安全评价方法;研究水源水质评价、水质预测、安全预警等技术,构建村镇饮用水源水质自动监测及预警系统;建立村镇饮用水源监测及预警系统试点工程,提出村镇饮用水源监测及预警系统技术模式,见图1-2。

1.4.3 村镇饮用水源保护技术模式研究

在调查研究不同类型村镇饮用水源地特征的基础上,研究识别影响村镇饮用水源水质的主要因子;开发村镇饮用水源保护模式模拟系统,模拟不同保护模式对水源地水质的影响;针对不同的村镇饮用水源地强降雨径流过程,研发颗粒态污染物去除装置;基于水文循环理

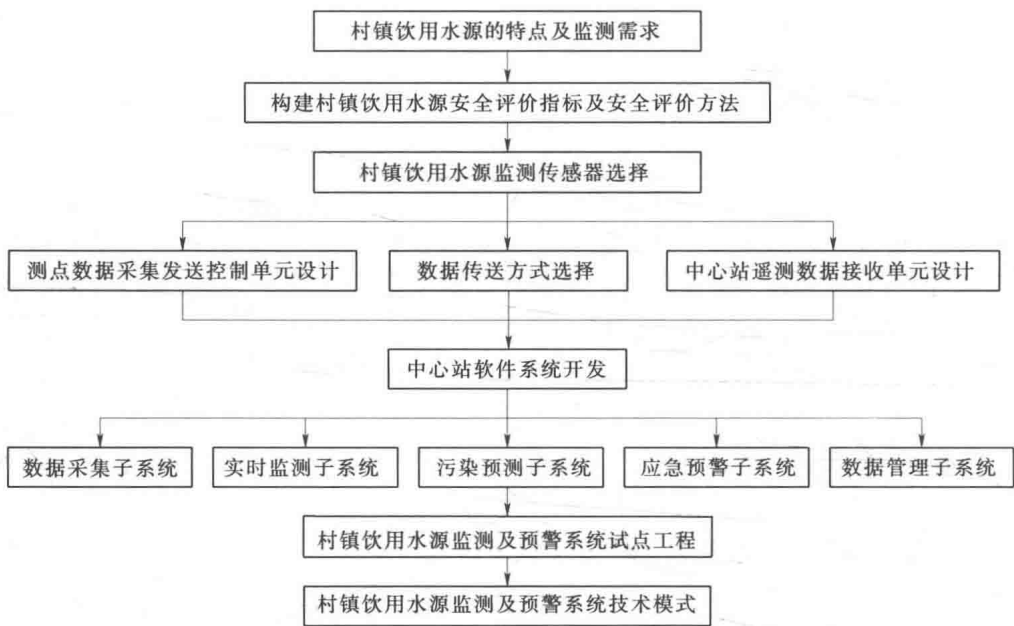


图 1-2 村镇饮用水源监测及预警系统研究

论，以试验研究为基础，构建各种村镇饮用水源保护技术模式；建立工程示范，优化保护模式各种技术参数和指标，提出村镇饮用水源多种保护技术的集成优化模式，见图 1-3。



图 1-3 不同类型村镇饮用水源保护技术模式研究

1.4.4 村镇饮用水源近岸污染防控系统研究

根据研究对象的特点，制定如图 1-4 所示的技术路线，即基础资料调研、实验方案设计、启动现场实验研究及各种装置的开发。在此基础上，进行示范工程建设、运行和调试，最后进行技术、设备和产品的推广应用。

1.4.5 村镇饮用水源生物生态修复技术研究

在分析我国村镇集中供水水源污染特点的基础上，以典型污染河流、湖泊和水库水源

为修复对象，以污染水源中氮、磷、有机物和藻类等典型污染物满足村镇饮用水水源水质标准为目标，开发经济适用的村镇污染水源生物生态修复关键技术及装置。重点研发自然增氧多段生物快滤池—反硝化除磷淹水湿地河道旁路修复技术、闸口复合型无动力固定床生物修复装置、多介质潮汐流生态湿地技术、功能微生物定向增殖及原位富集技术、生态演替式人工浮岛技术，以及无动力（或微动力）造流增氧、生物激活和仿生水草联合修复技术；研究考察不同类型关键技术修复污染水源的效能，揭示集成技术模式脱氮、除磷、降解有机物和除藻的耦联协作分子机制及技术原理；通过试点示范，系统评价生物生态关键技术和集成模式的技术经济可行性，形成具有应用前景的污染水源生物生态修复技术模式，见图 1-5。



图 1-4 村镇饮用水源近岸污染防控系统研究

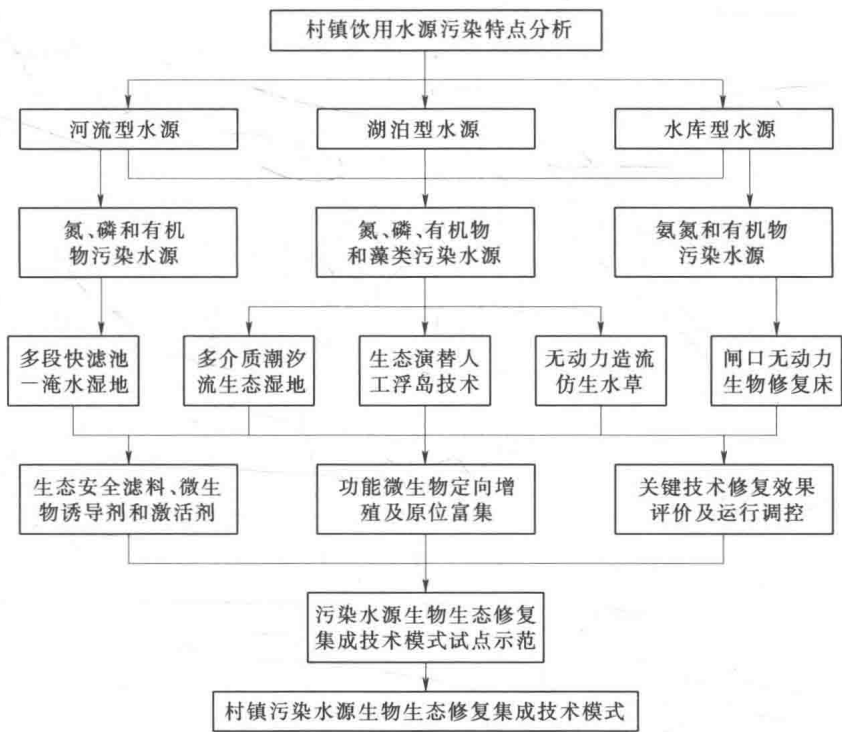


图 1-5 村镇饮用水源生物生态修复技术研究

1.5 主要成果

在村镇饮用水源监测工程技术模式研究方面，见图 1-6，构建了紫外吸收理化传感器水质监测模式、斑马鱼及大型蚤兼容型生物毒性水质监测模式、理化和生物毒性联合监

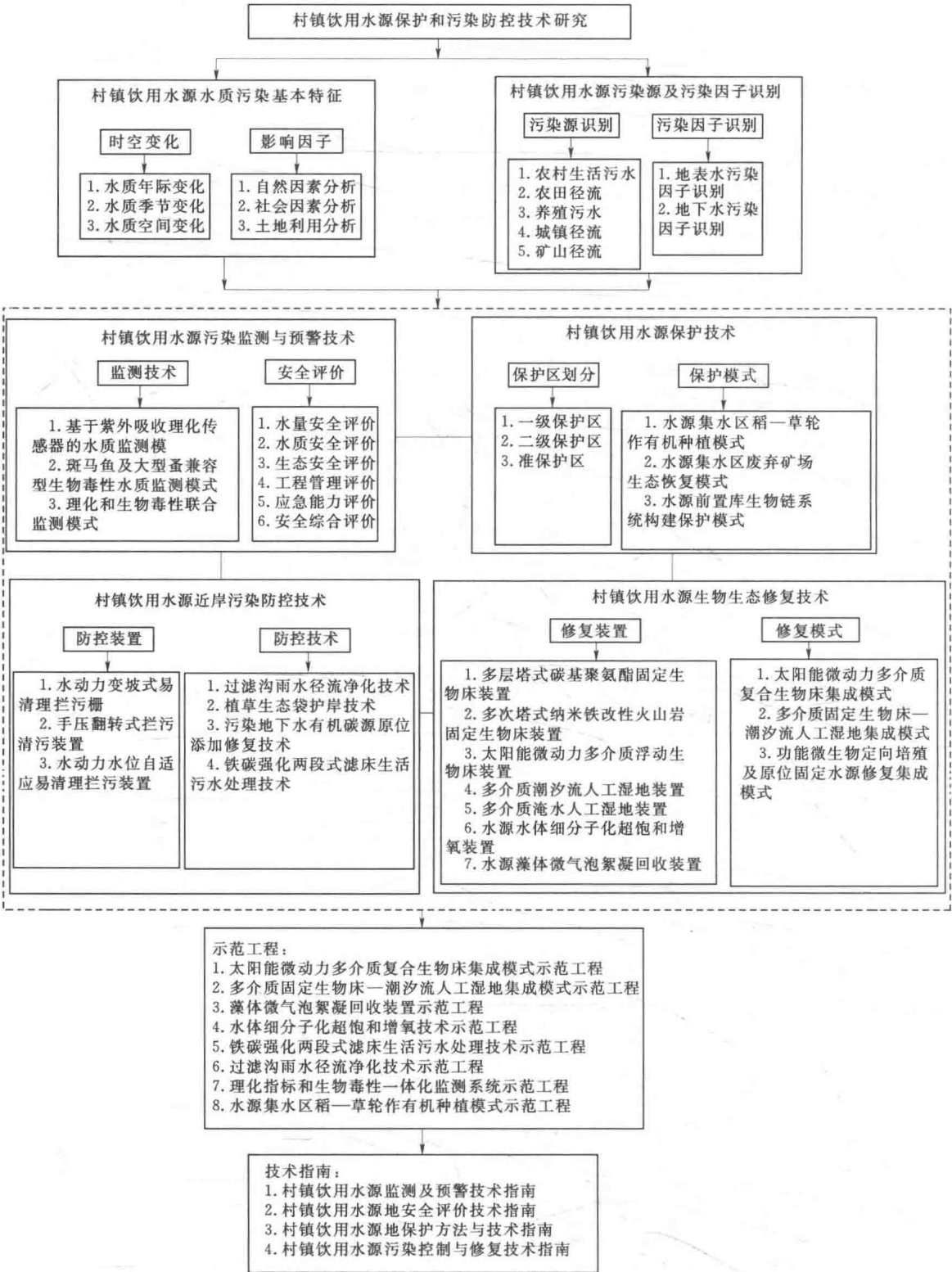


图 1-6 村镇饮用水源保护和污染防控技术研究示意图