

中德财政合作项目 Sino-German Financial Cooperation Project (2009—2014年)

京北风沙危害区植被恢复和水源保护林可持续经营 Watershed Management on Forest Land Beijing

小型水体生态修复 Small Water Body Ecological Rehabilitation

北京山区河流生态修复 技术指南

Technical Handbook for Small Water Body Ecological
Rehabilitation in Beijing Mountain Area

北京市水土保持工作总站

北京市林业碳汇工作办公室 编

北京市水科学技术研究院



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

中德财政合作项目 Sino-German Financial Cooperation Project (2009—2014年)
京北风沙危害区植被恢复和水源保护林可持续经营 Watershed Management on Forest Land Beijing
小型水体生态修复 Small Water Body Ecological Rehabilitation

北京山区河流生态修复技术指南

北京市水土保持工作总站

北京市林业碳汇工作办公室 编

北京市水科学技术研究院



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书共分7章,系统介绍了北京山区“小型水体生态修复研究与示范”项目在河流生态监测、评价、措施配置、修复技术、工程实践及生态效益评估等方面的做法和经验,提出了北京山区河流的生态监测与评价方法、河流生态修复目标与实现途径。

本书为山区河流生态修复工程技术成果,主要供水利技术人员在河流生态监测、评价、规划、设计、施工及效益评估中参考使用,也可供河流生态修复研究者参考。

图书在版编目(CIP)数据

北京山区河流生态修复技术指南 / 北京市水土保持
工作总站, 北京市林业碳汇工作办公室, 北京市水科学技
术研究院编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2016. 1
ISBN 978-7-5170-4046-0

I. ①北… II. ①北… ②北… ③北… III. ①山区河
流—生态恢复—北京市—指南 IV. ①X522.06-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第014372号

书 名	北京山区河流生态修复技术指南
作 者	北京市水土保持工作总站 北京市林业碳汇工作办公室 编 北京市水科学技术研究院
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	北京时代澄宇科技有限公司
印 刷	北京博图彩色印刷有限公司
规 格	170mm×230mm 16开本 4.75印张 66千字
版 次	2016年1月第1版 2016年1月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	48.00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

《北京山区河流生态修复技术指南》

编委会

主 编：段淑怀 周彩贤 吴敬东 王小平 叶芝菡

Albert Gottle Walter Otto Binder

参编人员：智 信 陈峻崎 袁爱萍 杨元辉 毕勇刚

李京辉 周 嵘 陈芳孝 朱建刚 邹大林

化相国 侯旭峰 常国梁 宿 敏 曹 慧

胡晓静 胡宗明 王奋忠 贺鸿文 杨 华

孙翠莲 谢安国 刘佳璇 黄炳彬 关卓今

彭海燕 孙 迪 张满富 杨 坤 李世荣

阳文兴 尹玉冰 韩 栋 易作明 钟 莉

贾瑞燕 包美春 赵 宇 张 超 颜婷燕

前 言

在20世纪,世界各地为了控制洪水,保护河滩地的农田及基础设施,大量开展围河造田及河道渠道化等工程。这种做法扩大了土地开发利用面积,但对河流生态状况产生了灾难性的后果,造成河流行洪空间的丢失、河流生境与生物多样性破坏并降低河流的休闲娱乐价值。

世界各国逐渐认识到河流生态的重要性,欧美等国家通过立法及制定相关技术标准和规范来保护生态河流并对已遭到破坏的河流开展生态修复,最重要的就是欧洲水框架指令(EU Water Framework Directive, 2000年);这个指令提出到2015年实现“良好的河流状态”,“从调整河流满足人类需求,转向调整人类利用满足河流系统健康”。

根据德国复兴银行与中国财政部签署的中德财政合作“Watershed Management on Forest Land Beijing”项目贷款和财政协议要求,2009年北京市水务局与北京市园林绿化局合作开展了中德财政合作项目“小型水体生态修复研究与示范”。项目采用欧盟水框架指令的标准,在北京北部山区密云县、怀柔区、延庆县和昌平区地表水源涵养区开展6条河流(段)88km长河道的生态调查、评价、规划、设计和生态修复工程。其目的是修复河道的生态功能,增加水体的生态和景观价值。截至2014年年底,在德国专家的具体指导下,已完成项目的生态监测、评价、规划、设计、施工、验收和后评估等工作,形成了一套符合北京山区河流生态修复的技术和方法。

本书借鉴德国专家总结的德国河流生态修复的理念、技术、资料及图片,收集整理了北京山区“小型水体生态修复研究与示范”项目的经验

及成果，以文字、照片及设计图等形式对各项生态技术加以归纳总结及介绍，阐述河流生态修复的理念及技术，展示项目在河流生态监测、评价及修复方面的经验和做法。

本书得到了北京市水土保持工作站、北京市园林绿化国际合作项目管理办公室（北京市林业碳汇工作办公室）、区县（密云县、延庆县、怀柔区和昌平区）水土保持工作站、北京市水科学技术研究院等北京山区“小型水体生态修复研究与示范”项目管理、监测、规划、设计、施工和监理单位的支持，在此一并表示感谢。

由于时间仓促，水平有限，书中难免有疏漏和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2015年10月

目 录

前言

第 1 章 概述	1
1.1 河流基本情况	1
1.2 河流生态功能	1
1.3 河流生态问题	4
1.4 河流生态修复现状	5
1.5 北京山区河流生态修复示范工程	6
第 2 章 河流生态监测与评价	8
2.1 欧盟水框架指令对河流生态监测与评价的要求	8
2.2 河流生态监测	9
2.3 河流生态评价	14
2.4 示范区生态现状监测与评价	20
第 3 章 河流生态修复目标及实现途径	24
3.1 防洪空间拓展目标及实现途径	25
3.2 水质改善目标及实现途径	26
3.3 生态改善目标及实现途径	26
3.4 休闲娱乐功能提升目标及实现途径	27
3.5 示范工程生态修复目标及措施配置	28
第 4 章 河流生态修复技术	35
4.1 修复原则	35

4.2 修复技术要点	36
第 5 章 河流生态修复工程实践	41
5.1 防洪空间拓展	41
5.2 河流水质改善	43
5.3 河流水文地貌修复	44
5.4 河流纵向连续性修复	48
5.5 河流横向连通性修复	53
5.6 休闲娱乐及亲水措施	57
第 6 章 河流生态修复示范工程效益评估	59
6.1 生物状况改善效果	59
6.2 水文地貌状况改善效果	61
6.3 水质（物理化学）改善效果	62
6.4 河流生态状况综合改善效果	62
第 7 章 结论	65
参考文献	67

第1章 概述

1.1 河流基本情况

我国是一个河流众多的国家,根据第一次全国水利普查公报,全国共有流域面积 50km^2 及以上河流 45203 条,总长度为 150.85 万 km ;流域面积 100km^2 及以上河流 22909 条,总长度为 111.46 万 km ;流域面积 1000km^2 及以上河流 2221 条,总长度为 38.65 万 km ;流域面积 10000km^2 及以上河流 228 条,总长度为 13.25 万 km 。

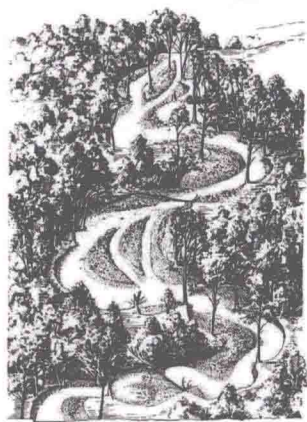
根据北京市第一次水务普查公报,北京全市流域面积 10km^2 及以上的河流 425 条,总长度为 6414 km ,其中山区河流总长度为 3933 km ,大部分为季节性河流。

1.2 河流生态功能

河流生态系统是指在河流内生物群落和河流环境相互作用的统一体。欧美发达国家认为人类大规模的经济活动是损害河流生态系统健康的主要原因。在人类进行大规模经济活动前的纯自然河流,可以定义为原始状态。原始状态河流生态系统具有较为合理的结构和较为完善的功能,处于一种自然演进的健康状态,自然系统优于人工系统;人类活动干扰前的自然状态优于干扰后的状况。人类活动干扰前的河流是有生命、动态的系统,水的流动和泥沙的迁移变化是动植物栖息地可持续的发展变化过程,这些水文地貌的发

展过程决定了河流、滩地及河岸带动植物的生活环境。

(1) 河流是动态的系统，是水流和泥沙不断迁移、冲刷及沉淀的发生发展过程，是水文地貌不断发展变化的过程。水流在河床及河漫滩范围内自由流动及迁移摆动。河流在纵向上连续，在横向上连通，与地下水连通，河流水文地貌具有多样性。自然生态河流的水文地貌特征如图 1-1 所示。



▲ 图 1-1 自然生态河流的水文地貌特征

(2) 河流是由河床、河岸和河漫滩（分别对应不同的水位条件）组成的完整的生态单元。山前河流如图 1-2 所示。



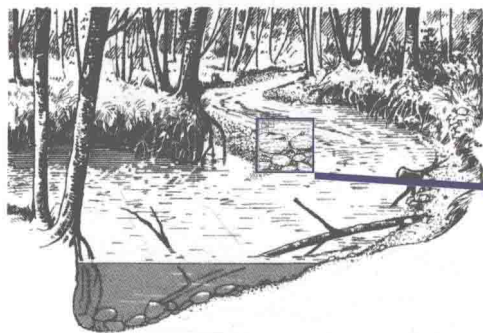
(a) 低水位



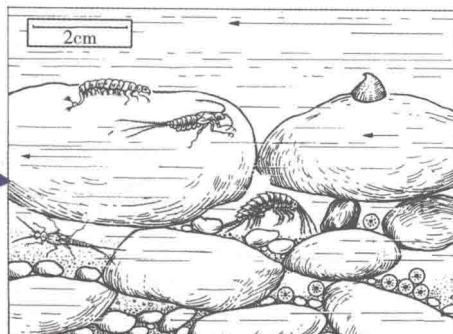
(b) 高水位

▲ 图 1-2 山前河流

(3) 河流是生物多样性和栖息地的敏感地带，在河床、河岸和河漫滩分布着种类众多的植物与动物（图 1-3 和图 1-4）。

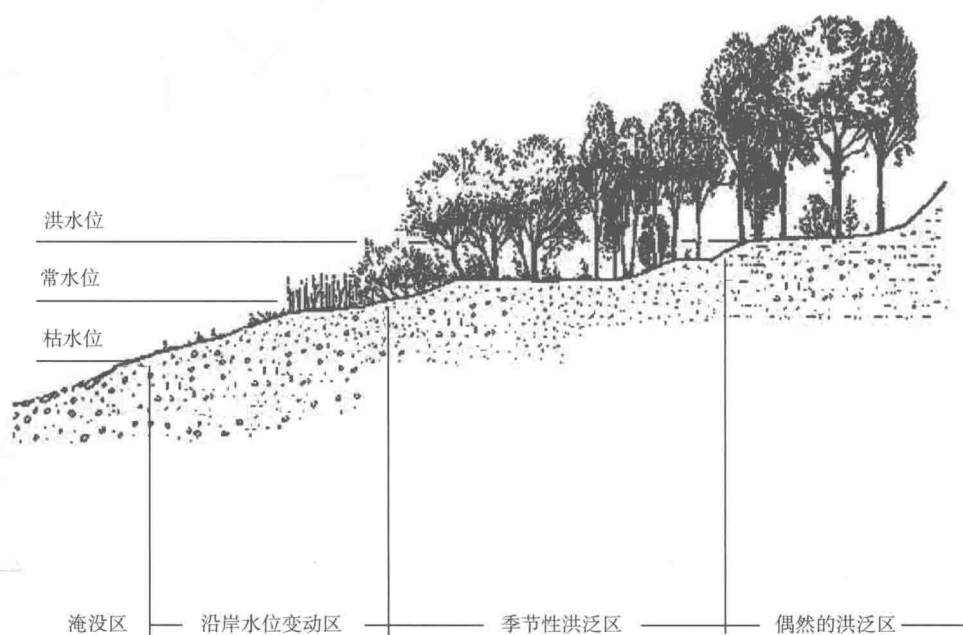


▲ 图 1-3 自然河道中的（动植物）生活环境



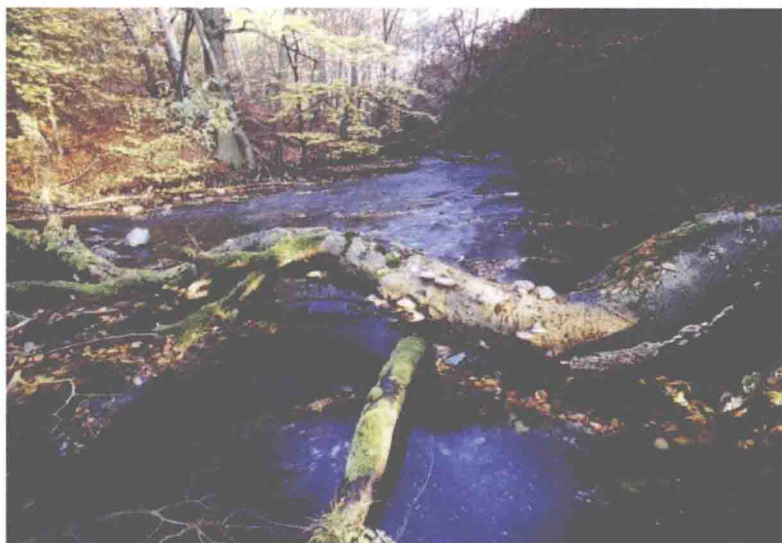
▲ 图 1-4 河床为微小动植物提供的微小生活环境

(4) 河流随着时空变化，河流生物呈地带性连续分布并发展变化（图 1-5）。



▲ 图 1-5 河流植物的地带性分布

(5) 河流对其形态构造和生境具有自我修复能力(图 1-6)。



▲ 图 1-6 自然生态的河流

(6) 河流生态系统服务功能显著。河流生态系统服务是指人类直接或间接从河流生态系统功能中获取的利益。按照功能作用性质的不同,河流生态系统服务的类型可归纳划分为淡水供应、水能提供、物质生产、生物多样性的维持、生态支持、环境净化、灾害调节、休闲娱乐和文化孕育等。目前,国内对河流在防洪、发电、航运、供水等方面的服务给予了充分的重视,但对河流生物多样性和生物栖息地等方面的服务还缺乏足够的认识。

1.3 河流生态问题

近 150 年来,人类对水资源的需求大量增加,大量点源与非点源污染排入河流,同时为了控制洪水,保护滩地的农田及基础设施,大规模开展围河造田、河道渠道化、裁弯取直、筑堤、修建横向拦水坝及河岸固化等建设活动,大部分的河流及溪流被污染或破坏,造成全球范围内河流生态系统的退

化。根据德国 2002 年大型河流水文地貌调查评估数据显示, 70% 的河道受到了影响, 生态状况存在问题。

由于水资源过度无序开发、围河造田建房以及污染物排放等原因, 我国许多中小河流存在着水污染加剧、水资源短缺、河流生态环境遭到破坏等一系列问题, 造成河流生态功能不断退化。目前, 大多数城市河道的自然生态功能已受到不同程度的破坏, 同时随着人口增加、经济发展, 这种破坏有向河流上游、源头等乡村小型河流发展的趋势。

根据 2011 年北京市第一次水务普查中水土保持普查结果, 全市山区共有 576 条小流域, 对小流域内 4258km 主河(沟)道的水文地貌情况逐段进行调查评价, 结果显示水文地貌状况比较好的河(沟)段长度占到总长度的 78.87%, 其余 21.13% 长度的河(沟)段均受到不同程度的人类活动影响, 主要包括对河(沟)道的束窄、岸坡硬化、横向拦水及河底衬砌等。

北京 2012 年“7.21”暴雨产生特大洪水灾害, 导致全市 576 条小流域中 134 条小流域发生了洪水, 洪水发生率为 23%。经洪水灾害调查表明, 除降水强度及洪峰流量大以外, 山区河流防洪空间不足、横向拦水建筑物多及河流纵向连续性差等问题, 是造成洪水灾害的重要原因。

1.4 河流生态修复现状

西方发达国家经历 100 多年的对河流大规模开发利用后, 从 20 世纪 50 年代开始, 逐步把重点从开发利用转向对河流的保护及生态修复, 大致经历了水质恢复、山区溪流和小型河流生态恢复、以单物种恢复为标志的大型河流生态修复和流域尺度的整体生态恢复四个阶段。从 50 年代开始以水质恢复为第一阶段, 该阶段以污水处理为重点, 以水质的化学指标达标为目标, 进行河流保护。到 80 年代初期转入第二阶段即河流生态恢复阶段, 该阶段以建设小型河流的生态恢复工程为特点, 河流保护的重点从水质改

善扩展到河流生态系统的恢复,恢复目标多为物种恢复,典型案例是阿尔卑斯山区相关国家,诸如德国、瑞士、奥地利等国开展的“近自然河流修复”工程。

2000年,欧盟颁布了《欧盟水框架指令》,提出到2015实现“良好的河流状态”,“从调整河流满足人类需求,转向调整人类利用满足河流系统健康”。

1972年美国的清洁水法,提出保护和恢复国家水体的化学、物理和生物完整性。澳大利亚启动了国家河流健康计划。南非水事务及森林部也于1994年开展了河流健康计划,对河流状况进行直接、整体与综合的评价。河流生态修复已经成为世界各地快速发展的产业。

在国内,许多学者开展了河流生态系统的研究工作,水利部及一些省市水利部门也开展了河流生态修复试点工作。但总体上国内对自然河道的生态属性还缺乏深刻认识,河流生态服务价值还没有得到普遍重视,习惯上沿用城市河道的治理方法治理山区河道,存在增加水面或绿化等于生态的认识误区,存在将自然河流由生态治理成不生态的现象。

山区是城市的生态屏障,山区河(沟)道是河流的发源地及主要涵养地,保持山区河流的自然属性及生态功能十分重要。对山区河流监测、评估其生态状况,明确治理与保护的关系,开展生态修复研究,探讨生态修复的模式与技术,对山区河流的生态保护与修复具有重要意义。

1.5 北京山区河流生态修复示范工程

北京是一个多山的城市,总面积 16410km^2 ,其中山区面积占总面积的61.4%(约 10072km^2)。山区是北京重要的水源保护地和生态屏障。

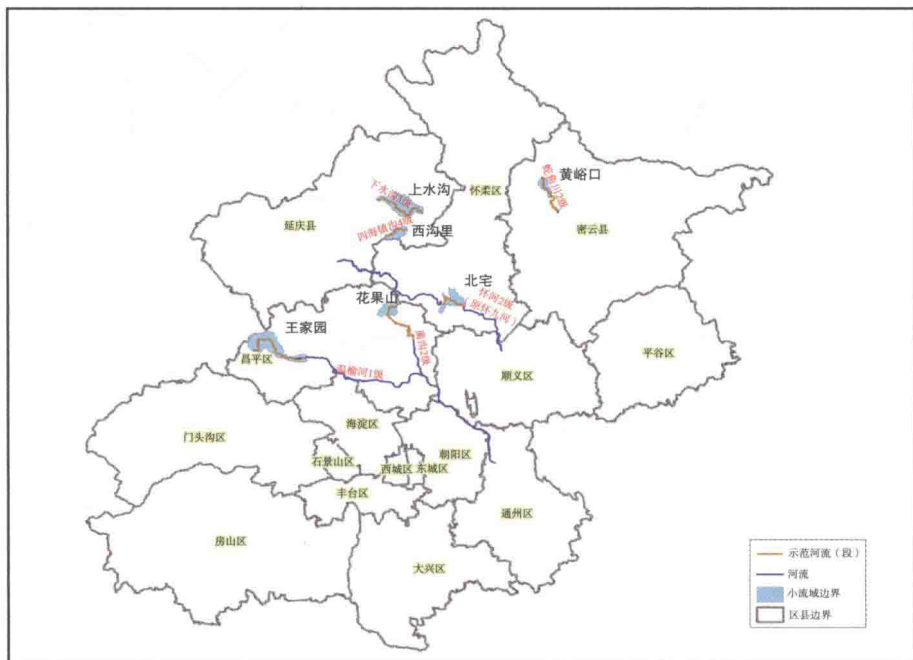
根据德国复兴银行与中国财政部签署的中德财政合作项目贷款和财政协议要求,2009年北京市水务局与北京市园林绿化局合作开展了中德财政合作“小型水体生态修复研究与示范”,为北京山区河流生态修复的研究与实践带

来了契机。本项目示范区（图 1-7）共有 6 条河流或河段，其中：2 条为独立河流，3 条为较大河流的河源部分，1 条为怀九河的下游河段。示范区河道总长 88.3km，位于北京山区 6 条小流域内（北京山区共有 576 条小流域），均属于北京北部山区地表水源涵养区。

表 1-1

示范区基本情况

序号	所在小流域名称	省市	区（县）	流域面积 /km ²	河流（段） 长度 /km	河流类型	所属河流
1	黄峪口	北京市	密云	11.3	18.8	小型	蛇鱼川上游
2	北宅		怀柔	347.2	1.3	中型	怀九河下游河段
3	花果山		昌平	15.2	14.8	小型	蔺沟河源段
4	王家园			26.9	17.2	小型	温榆河河源段
5	上水沟		延庆	29.6	22.8	小型	下水沟
6	西沟里			14.9	13.4	小型	四海镇沟
合计	6条		4	445.1	88.3		



▲ 图 1-7 示范区位置图

第2章 河流生态监测与评价

对河流开展生态监测与评价是十分必要的，通过监测与评价，可以明确哪些河流生态状况好、应以保护为主、杜绝破坏，明确哪些河流生态状况差、存在何种问题及其限制性因素，为生态修复提供依据。生态修复工程开始前和完成后均应开展生态监测与评价，其结果的对比可用于评估生态修复效益，并通过与预设目标比较，厘清已实现的目标和仍需完善的方向，明确未解决问题及后期维护重点。

2.1 欧盟水框架指令对河流生态监测与评价的要求

欧盟水框架指令（Water Framework Directive，WFD）相当于欧盟的水法，规范了27个欧盟成员国的水管理，规定各国到2015年要拥有“良好化学与生态状态”的水体。为达到这样的目标，WFD对水域监测提出了明确的指令和指导性文件。其中第八条制定了地表水、地下水和保护区的监测要求。对于地表水，明确了河流、湖泊等各种水体生态状况分级的评价要素和分级标准，要求对河流的生物、水文地貌和物理化学等三大评价要素实施监测。

WFD对河流生态状况制定了五级评估体系（Ⅰ级至Ⅴ级，分别指示极好、好、中等、差、极差状态），对生态状况不好的水体（Ⅲ级至Ⅴ级），应采取生态修复措施，提升生态级别。

河流基于生物要素的生态质量评价分为五级，衡量的标准是河流生物

受到扰动的程度，明确了水体生态状况分级的生物评价要素为水生植物、底栖生物，无脊椎动物和鱼类的组成、数量和多样性及其鱼类的年龄结构等。

- I级（极好）：水体生物评价要素物种组成、数量和多样性基本与未扰动前状态一致，存在所有特定类别的物种，鱼的年龄结构及群落显示基本未受到人为干扰。
- II级（好）：水体生物评价要素的生态状况已显示轻微受到人为扰动，稍微偏离了完全未受人为扰动的生态状态。
- III级（中等）：水体生物评价要素的生态状况一定程度上偏离了未受人为扰动的生态状态，受扰动程度明显高于生态状况好的河流，但在可接受范围内。
- IV级（差）：与未受扰动的相同水体类型相比，水体生物评价要素发生很大改变，生物群落发生本质改变。
- V级（极差）：与未受扰动的相同水体类型相比，水体生物评价要素发生本质改变，大部分生物群落消失。

2.2 河流生态监测

2.2.1 监测要素与方法

借鉴欧盟水框架指令的监测体系，通过山区河流生态修复示范项目多年的试验研究与实践推广，提出适宜于北京山区河流的生态监测要素与方法，见表 2-1。

监测网点布设应考虑不同要素的监测要求，尽可能反映不同程度人为干扰下河流生态状况，同时兼顾监测费用的经济性。监测点位一旦确定不应随意更改。示范区监测点布设情况见表 2-2。