

城市饮用水安全

综合技术理论与实践

CHENGSHI YINYONGSHUI ANQUAN
ZONGHE JISHU
LILUN YU SHIJIAN

丁 军 邹国防 王万宾 主编

中国环境出版社

城市饮用水安全综合技术理论与实践

丁 军 邹国防 王万宾 主编

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

城市饮用水安全综合技术理论与实践/丁军, 邹国防, 王
万宾主编 —北京: 中国环境出版社, 2014.7

ISBN 978-7-5111-1850-9

I. ①城… II. ①丁…②邹…③王… III. ①城市用水
—饮用水—给水卫生—中国 IV. ①R123.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 090359 号

出 品 人 王新程

责任编辑 李卫民

责任校对 唐丽红

封面设计 宋 端



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)

010-67112735 (环评与监察图书出版中心)

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 2014 年 7 月第 1 版

印 次 2014 年 7 月第 1 次印刷

开 本 787×1092 1/16

印 张 18

字 数 384 千字

定 价 40.00 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

《城市饮用水安全综合技术理论与实践》编纂委员会

主任委员：王洪军

副主任委员：丁 军 苏改铭 吴耀辉 张建峰 李丽萍

委 员：杜耀江 邹国防 谈昌发 王万宾 陈献文

袁 平 王 春

主 编：丁 军 邹国防 王万宾

编 写：刘宝平 吴 微 王 磊 王永杰 杨根华

刘建华 王世峰 蔡长明 连明涛 杜耀江

谈昌发 袁 平 陈献文 陈新学 张国岑

杨连生 陈 灵 潘 辉 李中华 于海静

陈树磊 刘根立 白天民

目 录

第一篇 城市饮用水水源地基础环境现状调查

第一章	项目概况	3
1.1	调查目的	3
1.2	调查范围	4
1.3	调查工作内容（工作量）概述	4
第二章	区域自然环境和社会经济概况	7
2.1	自然环境概况	7
2.2	社会经济概况	11
2.3	水资源利用状况调查	14
2.4	“十五”社会经济发展规划	15
第三章	水环境功能区划分与饮用水水源保护区划分	17
3.1	水环境功能区划分	17
3.2	饮用水水源保护区划分	17
第四章	饮用水水源保护区生态环境调查评价	21
4.1	饮用水水源保护区土地利用状况调查	21
4.2	面污染源调查分析	21
第五章	饮用水水源保护区污染源调查评价	22
5.1	工业污染源调查分析	22
5.2	生活污染源调查分析	22
5.3	饮用水水源保护区污染物总量	23
第六章	饮用水水源地环境管理状况调查	24
6.1	法律法规体系建设	24
6.2	监督管理能力建设	24
6.3	主要问题及对策	26
第七章	城市饮用水水源地环境质量调查	27
7.1	饮用水水源地水量平衡分析	27

7.2 环境质量评价调查27

7.3 保护区外污染特征调查分析30

7.4 饮用水水源地污染负荷分析31

7.5 饮用水水源地水环境质量下降原因分析31

第八章 结论与建议32

8.1 结论32

8.2 建议32

第二篇 城市饮用水水源地环境保护规划

第一章 总论35

1.1 规划目的35

1.2 规划编制原则36

1.3 规划编制依据36

1.4 规划执行的规范和标准36

1.5 规划范围37

1.6 规划时限37

第二章 饮用水水源地环境状况评价38

2.1 饮用水水源地环境质量状况评价38

2.2 入河（库）水体水质现状评价38

2.3 饮用水水源地环境问题分析41

2.4 饮用水水源地环境评价结论41

第三章 饮用水水源保护区污染源调查分析42

3.1 饮用水水源保护区点源污染调查42

3.2 饮用水水源保护区面源调查分析43

3.3 饮用水地表水水源保护区污染负荷预测43

3.4 污染源调查分析结论44

第四章 饮用水水源保护区划分与核定46

4.1 饮用水水源保护区划分情况46

4.2 现有水源保护区划分与核定46

4.3 原有水源保护区重新划分的原因49

第五章 饮用水水源保护区环境容量及污染物总量控制50

5.1 饮用水水源二级保护区环境容量计算方法50

5.2 饮用水水源保护区内环境容量计算结果及消减要求分析57

5.3 结论57

第六章	饮用水水源地环境保护工程规划	58
6.1	一级保护区违章建筑整治方案	58
6.2	二级水源保护区污染防治工程	58
6.3	二级保护区生态恢复与建设工程	59
6.4	饮用水水源地环境监管能力建设	59
第七章	项目可达性分析	61
7.1	项目投资及预期效果	61
7.2	一级保护区整治方案可达性分析	61
7.3	饮用水水源地水质目标可达性分析	62
第八章	规划投资及效益评估	64
8.1	规划项目投资与实施计划	64
8.2	项目实施进度计划	64
8.3	规划实施效益评估	65
第九章	规划实施保障	66
9.1	项目资金和用地保障	66
9.2	法律法规和政策制度保障	66
9.3	组织管理保障	67
9.4	水源保护区的管理规定	69
9.5	规划的中期评估	70

第三篇 城市饮用水安全保障综合技术

第一章	总论	73
1.1	研究课题的背景	73
1.2	研究的意义	73
1.3	研究的主要内容	74
1.4	研究的创新点	75
1.5	研究的技术路线	75
第二章	研究区域环境背景分析	77
2.1	社会经济	77
2.2	水资源状况	79
2.3	影响饮用水安全的主要问题	80
第三章	研究区域水质评价	82
3.1	水环境质量评价	82
3.2	水库富营养化程度评价	85

3.3	饮用水水源地水质安全评价	87
3.4	沉积物环境质量与风险评价	88
3.5	小结	92
第四章	流域景观格局分析与水土流失强度评估	93
4.1	评估目的	93
4.2	流域景观格局分析	93
4.3	流域水土流失强度评估	105
4.4	小结	111
第五章	流域河岸缓冲带的划定与河岸带生态调查	112
5.1	河岸缓冲带的划定	112
5.2	河岸缓冲带湿地植被调查与分析	114
5.3	小结	120
第六章	流域污染负荷分析	121
6.1	污染源排放调查与分析	121
6.2	污染物入河量分析	133
6.3	污染物排放预测	136
6.4	新城區污染排放分析	146
6.5	小结	149
第七章	水源地水库水源环境风险评估	150
7.1	水库的水环境模拟	150
7.2	总量控制	164
7.3	水环境风险评估	172
第八章	饮用水安全保障的工程措施	175
8.1	保护区环境保护设施建设	175
8.2	水污染控制技术	175
8.3	流域水土保持技术	192
8.4	湿地生态修复技术	194
8.5	水库生态系统的恢复技术	204
8.6	新城區水污染防治技术	206
8.7	工程实施后消减预测	207
第九章	饮用水水源地事故风险防范和预警监控	214
9.1	饮用水水源地保护意义	214
9.2	饮用水水源地污染事故的特点	214
9.3	饮用水水源地环境应急能力建设基本要求	215
9.4	饮用水水源地事故类型调查	215

9.5 水源地可能发生的事故类型	216
9.6 饮用水水源地安全事故防范与应急	216
9.7 饮用水水源地预警监控系统	221
9.8 饮用水水源保护区环境污染事故应急预案	224
第十章 研究结论与分析	230
10.1 主要研究结论	230
10.2 建议	234
第十一章 研究成果的实施及获得的效果	236
11.1 研究成果的实施	236
11.2 研究成果实施后获得的效果	237
参考文献	241
附图	243

第一篇

城市饮用水水源地基础环境现状调查

第一章 项目概况

国务院《关于落实科学发展观 加强环境保护的决定》(国发[2005]39号)明确提出：“以饮水安全和重点流域治理为重点，加强水污染防治。要科学划定和调整饮用水水源保护区，切实加强饮用水水源保护，建设好城市备用水源，解决好农村饮水安全问题。坚决取缔水源保护区内的直接排污口，严防养殖业污染水源，禁止有毒有害物质进入饮用水水源保护区，强化水污染事故的预防和应急处理，确保群众饮水安全。”

为贯彻落实国务院的要求，保障群众饮水安全和水源地可持续开发利用，环境保护部会同有关部委开展了《全国城市饮用水水源地环境保护规划》编制工作。该工作旨在进一步掌握饮用水水源地环境状况，加强饮用水水源地污染防治和管理能力建设，建立完善饮用水水源地保护相关技术方法、法律法规，解决目前危害饮水安全的重大问题，切实推动我国饮用水水源地保护工作的全面开展，并为后续饮用水水源地保护的各项工作奠定基础。

环境保护部要求各省（直辖市、自治区）、各地市必须按时按要求完成辖区内《全国城市饮用水水源地环境保护规划》。《全国城市饮用水水源地环境保护规划》项目成果和地市级规划成果包括：《全市饮用水水源环境状况调查评价报告》《全市饮用水水源地环境保护规划文本、图集》《全市饮用水水源地环境保护规划编制说明》。

1.1 调查目的

做好《河南省平顶山市饮用水水源地环境现状》的调查工作，旨在通过资料收集、实地调研、现场监测等调查方式，全面掌握区域社会经济基础情况、饮用水水源地水环境质量状况、污染源状况、生态环境状况、污染治理与规划状况、饮用水水源保护管理状况等信息数据，为分析评价饮用水水源地保护中存在和面临的问题提供基础数据，为编制《平顶山市饮用水水源地环境保护规划文本、图集》提供基础数据，为编制《汇总河南省集中式饮用水水源保护区划分核定与补充报告、文本》提供基础数据，保障按时按要求完成《平顶山市饮用水水源地环境保护规划》编制工作，平顶山市饮用水水源地地区位见附图1。

1.2 调查范围

《河南省平顶山市饮用水水源地环境现状》的调查范围为平顶山市城市集中式饮用水水源地；平顶山市城市集中式饮用水水源地为地表（水库）型饮用水水源地，见附图 2。

1.3 调查工作内容（工作量）概述

1.3.1 城市社会、经济基础信息调查

城市社会、经济基础信息调查以城市为基本单元，调查统计分析与城市用水活动密切相关的经济、社会发展状况，城市供水及用水状况，水源地基础情况等。

1.3.2 饮用水水源地基础情况调查

饮用水水源地基础情况调查部分是规划方案制定的基础，是以县级以上城市为单位开展的饮用水水源地环境质量状况调查、饮用水水源地污染源调查、饮用水水源地生态环境状况调查。以地市级为单位，编制饮用水水源地环境状况调查报告。

饮用水水源地基础情况调查主要针对饮用水水源地，主要包括：

① 饮用水水源地基础信息调查。以单个水源地为调查对象，调查内容包括水源地名称、地理位置、地理坐标、水源类型、取水量等。

② 饮用水水源地运行状况。包括水源地类型、建设时间、工程设计采水量、实际取水量、采水方式等；水源地类型是否属于应急水源应进行注明。

③ 对地表水饮用水水源地，包括所在水系或河流湖库自然属性的调查，如面积、长度、流量、水位、水深、蓄水量、降雨量等水文数据。

④ 对地下水饮用水水源地，调查其水文地质条件，包括地下水位、岩性、地层、构造、包气带厚度、含水层及包气带、地下水补给、径流和排泄情况。

⑤ 饮用水水源地所在水系及其编码。城市饮用水水源地编码统一采用全国环境系统水系编码、行政编码、水源类型编码及序号四层编制。

1.3.3 饮用水水源地环境质量状况调查

（1）地级市集中式饮用水水源地环境质量调查。收集城市集中式饮用水水源地常规和水源地来水的水环境质量监测数据。

① 地表水水源。包括目前已经进行监测的地表水环境质量标准中各项指标。此外，对湖泊、水库水源地，补充总磷、总氮、叶绿素 a 和透明度四项指标。

② 地下水水源。包括目前已经进行监测的《地下水质量标准》中的各项指标。

采用 2005 年数据。

(2) 县级市集中式饮用水水源地环境质量调查。已经开展日常监测的县级市集中式饮用水水源地,与城市集中式水源地的要求一致。没有开展日常监测的县级市集中式饮用水水源地,选择 pH 值、硬度、溶解性总固体、 COD_{Mn} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、氯化物、氟化物、硫酸盐、挥发酚、As、Hg、Cr、Fe、Mn、Cd、Pb、大肠菌总数、细菌总数等主要指标,开展补充监测。

按丰水期、平水期和枯水期,监测三次。

水质监测点(断面)的布设和监测方法,参见《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T 91—2002)和《地下水环境监测技术规范》(HJ/T 164—2004)。

1.3.4 集中式饮用水水源地保护区水污染源调查

水污染源调查包括污染源类型、污染来源及时空分布。污染源分为点污染源、面污染源和内污染源。其中,面污染源及内污染源调查主要针对湖泊、水库型水源地。

(1) 点源污染调查

主要调查饮用水水源地排污口的污染排放情况,包括工业企业、居民生活、规模化畜禽养殖场等污水排放口。此外,还应关注其他可能造成污染的固定点源,如垃圾转运站、垃圾填埋场、油库等违章建筑物或建设项目。其中,水源地违章建筑和建设项目的确定以《饮用水水源地污染防治管理规定》为依据。

违章建筑情况调查:已划定保护区的,主要调查一、二级保护区内违章建筑物和建设项目的名称、占地面积、所属单位、建设时间、建筑物功能、主要污染物排放情况等内容;未划定保护区的,各地可根据实际情况,在取水口周围半径 500~1 000 m 范围内进行调查。

保护区内违章建筑物的调查,是落实《饮用水水源地污染防治管理规定》的重要基础,也是决定本规划近期治理目标能否实现的关键工作,各有关单位要如实填报。为保证填报的准确性,技术支持单位将通过购买卫星图片的方式对调查情况进行抽样复核。

饮用水水源地排污口和污染源调查:已划定保护区的,调查仅限于饮用水水源一级、二级及准保护区内;未划定保护区的,根据实际情况,调查对取水口水质有直接影响的排污口和污染源。包括排污口名称、排入水源地污水量、污染物量、污染源类型(如生活污水、工业废水)、污染源位置。其中,污染源位置指明与水源地取水口的距离和相对方位。主要污染物以各类污染源的特征污染物为主。

(2) 面源污染调查

针对中、小型湖泊和水库型饮用水水源地流域,开展面源污染调查。

调查内容包括城镇地表径流、化肥农药使用、农村生活污水及固体废弃物、分散式畜禽养殖等。

农村生活污水及固体废弃物需调查农村社会综合用水量(包括乡镇企业用水量)和排水量、农业人口数量、分散式畜禽养殖数量。

化肥农药使用造成的农田径流污染需调查农田面积、坡度、农作物类型、土壤类型、

年降雨量、轮作方式、化肥施用量等。

畜禽养殖污染源需调查规模化畜禽养殖企业的养殖种类及数量、年用水量及排水量、排污方式、处理工艺。

其他环境问题调查包括渗坑偷排、公路及铁路等潜在源和移动源，在调查报告中说明。

1.3.5 饮用水水源地生态环境状况调查

主要针对中小型湖泊水库饮用水水源地开展与生态环境保护相关的指标调查。包括：

(1) 水源地流域土地利用情况调查。包括工业、交通用地，城镇、农村居民用地，农业种植用地；水源涵养林、护岸林和自然湿地的面积及维护情况；水土流失情况，包括水源地周边采石场、裸地面积，坡耕地面积及其占耕地面积比例，水土流失及治理面积，土壤侵蚀模数等参数。

(2) 水源地流域土地开发利用状况评价。根据资料调查或遥感调查的结果，从以下方面对水源地流域土地利用状况进行评价。

① 城市建设用地。对城市建设用地面积占保护区面积的比例，道路、交通用地面积和长度等进行评价，对一级保护区内的土地利用状况进行评价。

② 水土流失强度。主要是从裸露土地的水土流失、矿山开采面积比例等方面对保护区的水土流失状况进行评价。

③ 不合理农业开发。包括陡坡种植以及一级水源保护区内的种植情况等。

1.3.6 饮用水水源保护区污染治理现状与规划状况调查

对已经进行污染治理和已列入治理规划的饮用水水源保护区，调查其污染治理状况和规划的相关情况。

调查内容包括保护区内污染防治工程现状及已经纳入相关规划的治理项目，主要包括排污管网建设状况、污水处理厂建设状况、清淤工程实施状况等。调查项目主要有治理工程的类型、工程建设时间、完工时间、工程规模、投资总额、治理面积、预期消减污染负荷量、实际消减污染负荷量、工程批准单位或所属的规划等。

1.3.7 饮用水水源保护区环境管理状况调查

调查内容包括水源地的管理机制和保护现状两个部分。

(1) 管理机制调查

包括水源地保护现有地方法规建设情况，管理机构、监测体系的建立，保护区内及周边道路危险品的运输情况及管理措施，饮用水安全预警与应急系统建设情况，监督管理状况等。

(2) 保护现状调查

包括已实施的水源保护及污染防治措施、相关法律法规的立法和执行情况、行政管理机构、水质水量监测及信息发布情况等。

第二章 区域自然环境和社会经济概况

2.1 自然环境概况

2.1.1 地理位置

平顶山市地处河南省中南部，东经 $112^{\circ}14' \sim 113^{\circ}45'$ ，北纬 $33^{\circ}08' \sim 34^{\circ}20'$ 。全境东西长 150 km，南北宽 140 km，总面积 $7\,882\text{ km}^2$ 。区域内山区面积 $1\,025\text{ km}^2$ ，占总面积的 13%；丘陵面积 $4\,965\text{ km}^2$ ，占总面积的 63%；平原面积 $1\,892\text{ km}^2$ ，占总面积的 24%。

平顶山市区位于东经 $113^{\circ}04' \sim 113^{\circ}26'$ ，北纬 $33^{\circ}41' \sim 33^{\circ}49'$ ，北倚平顶山、落鳧山，南临白龟山水库及其下游沙河，建成区面积 58 km^2 。

平顶山市城市饮用水水源地白龟山水库，位于市区西南 9 km 处的沙河上。水库中心位置地理坐标为：东经 $113^{\circ}14'40''$ ，北纬 $33^{\circ}43'05''$ ；白龟山水库上游昭平台水库位于鲁山县城西 15 km 处的沙河上，两水库通过沙河相连，水库中心位置地理坐标为：东经 $112^{\circ}46'02''$ ，北纬 $33^{\circ}43'42''$ 。白龟山水库及其上游沙河流域，东西长 140 km，南北宽 40 km，总面积 $2\,730\text{ km}^2$ 。

2.1.2 地形地貌

平顶山市区地势西高东低，西部山地地势陡峻，东部平原地势平坦。北、西、南三面分别由箕山、外方山、伏牛山等余脉围绕，构成连绵起伏的山地、丘陵环抱的腹心平原，西部封闭，向东呈喇叭状撒开。西部山地海拔多在 1 100 m 以上，东部地势地形以平原为主，为黄淮平原的一部分，海拔多在 150 m 以下。

白龟山水库及其上游沙河流域地势为西高东低，分布有山地、丘陵、岗地和平原，地貌特征比较齐全。西北、西部及西南三面群山环抱，峰峦交错，地势崎岖。沙河为自西向东流向，形成了东西狭长的山前冲积平原。西部最高山峰石人山，海拔高程为 2 153 m，东部白龟山水库主坝附近海拔高程仅为 80 m 左右。

流域东西长 140 km，平均坡降为 1/45。北部最远处的分水岭到沙河约 30 km，平均坡降约为 1/30。南部群山到沙河的平均坡降为：昭平台水库主坝以上大于 1/10，白龟山水库主坝以上约为 1/20。

白龟山水库主坝以上沙河流域内山地面积为 792 km^2 ，占总面积的 29%；丘陵面积为 $1\,338 \text{ km}^2$ ，占总面积的 49%；平原面积为 600 km^2 ，占总面积的 22%。

2.1.3 土壤植被

平顶山市地处北亚热带向暖湿带的过渡地带，气候条件、土壤条件都具有明显的过渡特征。土壤在海拔 $1\,500 \text{ m}$ 高程以上，属于山地棕壤土；海拔 $500 \sim 1\,500 \text{ m}$ ，属于山地褐土，分布有黄褐土、黄土和沙土，中性偏酸；海拔 $150 \sim 500 \text{ m}$ 的丘陵岗地，多为片麻岩风化土、黏土和黄沙土，山丘顶部土层较薄，沟内土层较厚，土壤肥沃；海拔 150 m 以下的平原，土地约占全流域面积的 34%。平原耕地占总耕地面积的 65% 以上，多属沙壤土和亚沙土，土质肥沃，水利条件好，是平顶山市昭平台、白龟山两大灌区的重要组成部分。

基于亚热带向暖温带过渡地带所具有的特殊的气候特征，该气候带内植被较好，植物种类繁多，成分复杂。西部山区大部分为针叶林、阔叶林、针阔杂交林、杂灌及草木群落，平原多为阔叶林。据统计维管植物有 248 科，1 014 属，2 368 种。植被中蕴藏着不少珍贵植物和特有植物，列入国家和省级重点保护的树种有水杉、铁杉、连香树、银杏、华榛等 30 余种。目前森林覆盖率西部为 50%，东部为 24%，北部石龙区最差，仅为 16% 左右。

流域内雨量充沛，暴雨量大而集中，且山地、丘陵面积又大（占总面积约为 78%），山丘岗地壑沟发育，地形支离破碎，坡度陡，地表岩石风化层较厚，草木植被分布不均匀；遇暴雨天气，洪水严重冲蚀地表，冲刷农田、河道，极易造成水土流失，淤积河床、水库。据多年资料统计：昭平台水库泥沙淤积量达 $113.75 \text{ 万 m}^3/\text{a}$ ；澎河水库泥沙淤积量达 $9.1 \text{ 万 m}^3/\text{a}$ ，目前库底已高出输水洞底 0.2 m 。

流域内年均土壤侵蚀模数 978 t/km^2 ，水土流失面积 $1\,806 \text{ km}^2$ 。水土流失的泥沙及冲积物不仅淤积河道、水库、降低工程效益，而且还严重污染水源，带来了很大危害。

虽经多年持续绿化，实施退耕还林、兴建水土保持工程，生态环境得到有效改善，水土流失逐渐减缓，但由于生态工程建设与社会、经济发展的密切相关性，流域内目前仍有水土流失面积 650 km^2 亟待治理。

2.1.4 气候特征

流域地处暖温带与北亚热带的过渡带上，属于典型的大陆性季风气候，气候温和，雨量充沛，季风风向与四季交换较为明显。夏季受副热带高压控制，多偏南风，雨水较多；冬季受极地冷高压控制，多偏北风，比较干燥。

(1) 气温

区域年平均气温 $14.5 \sim 14.9^\circ\text{C}$ ，极端最高气温 43.7°C ，最低气温 -19.1°C 。热量条件比较充足，可满足一年麦杂两熟的需求。

(2) 降水

区域降水较为丰富，多年平均降水量为 736.4 mm ，一般夏季多发生历时时间长、强度