

农村饮水安全

评价体系与饮水模式

傅长锋 著



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

农村饮水安全 评价体系与饮水模式

傅长锋 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书在全面分析河北省农村饮水安全工程发展现状的基础上,从水质、水量和供水角度构建了农村饮水安全状况综合评价模型;基于脆性理论,对影响农村饮水评价安全的因素进行对比分析,诊断出脆性源,即不安全因素,并根据系统熵原理,确定出农村饮水系统脆性发生的风险大小,为农村饮水工程的实施提供有效的技术支撑。在诊断脆性源的基础上,以县(市)域为单元,采用线性规划优化算法对多用户多水源进行分阶段优化配置,达到优水优用,合理选择不同的饮水安全保障模式。

全书共分6章,包括农村饮水安全现状、农村饮水安全综合评价体系的构建、农村饮水安全现状分析与评价、农村饮水优化配置、农村饮水安全保障模式及结论。

本书内容全面,资料翔实,采用的理论方法、技术路线具有很强的适应性和可操作性,为发展民生水利和提高农村饮水安全起到了重要的指导作用。本书可供从事农村饮水安全建设、水环境评价等工作的广大技术人员使用,也可供大专院校师生参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

农村饮水安全评价体系与饮水模式 / 傅长锋著. --
北京:中国水利水电出版社,2012.12
ISBN 978-7-5170-0520-9

I. ①农… II. ①傅… III. ①农村给水—饮用水—给水卫生—研究—河北省 IV. ①R123.9

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第317634号

书 名	农村饮水安全评价体系与饮水模式
作 者	傅长锋 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	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	140mm×203mm 32开本 5.875印张 158千字
版 次	2012年12月第1版 2012年12月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	25.00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

饮水安全是党中央、国务院实施的一项惠民工程。饮水安全影响到人的健康甚至生命，是涉及国计民生的重大问题。因此，世界各国和相关国际组织对饮水安全问题非常重视。据世界卫生组织（WHO）统计，全球80%的疾病与直接饮用不清洁饮用水有关；截至2004年底，全球范围内仍有11亿人口得不到安全饮水，26亿人缺乏基本的卫生条件。从2000年开始，欧盟通过对其各成员国饮用水水源地进行取样分析，发布了多期饮水水质综合报告，综述了欧洲饮水水质改善的水平。美国国会1974年通过了安全饮用水法，并于1986年和1996年先后两次进行修订，授权美国环保署建立基于保证人体健康的国家饮用水标准，以防止饮用水中自然和人为的污染，同时要求美国环保署、各州和供水系统互相协作、共同努力，以确保饮用水符合国家标准。我国对饮水安全也高度重视，“十五”期间制定并实施了“农村饮水解困”、“农村饮水安全应急规划”等计划，解决了5600多万农村人口的饮水问题及1100多万人的农村饮水安全问题，取得了较大的成效。

目前，虽有不少学者应用模糊综合评价、层次分析等理论方法对农村饮水安全问题进行过研究，但其成果还不够准确，效果还不够理想，还不能够客观地评价一个地区的农村饮水安全状况。2004年水利部、卫生部出台了《农村饮用水安全卫生评价指标体系》，将水质、水量、方便程度和饮水保证率作为评价指标，但由于农村饮水水源、饮水的基础设施建设以及经济发展状况存在较大差异，仍难以全面反映影响饮水安全程度的各种因素。为此我们结合河北省2005年、2008年两次全省地毯式农村饮水安全普查成果，编写了《农村饮水安全评价体系与饮水模式》一书。

该书在全面分析河北省农村饮水安全工程发展现状的基础上，重点阐述了农村饮水安全国际普遍关注的重大问题，根据水质、水量和供水等方面参数建立了饮水安全评价体系，并采用主、客观权重相结合的方法，构建农村饮水安全的脆性结构模型，计算了饮水安全系统熵值，合理确定了影响农村饮水安全的主要因素和全面评价农村饮水系统安全的重要指标。将脆性理论和系统熵方法应用于农村饮水安全评价中，获得了农村饮水系统的脆性源和脆性源发生的风险值，为农村饮水工程的实施提供了有效的技术依据，为发展民生水利和提高河北省农村饮水安全起到了重要的指导作用。

《农村饮水安全评价体系与饮水模式》选取典型县，具有针对性地合理选择不同的安全保障模式，采用线性规划优化算法对多用户多水源进行分阶段优化配置，达到优水优用，取得了较好的经济、社会和环境效益，其

主要成果已被河北省有关部门决策采纳并纳入“十一五”和“十二五”农村饮用水规划，在全国其他地区也具有广阔的推广应用前景。

在项目的完成和本书的编写过程中，得到了河北省水利水电勘察设计研究院、天津大学建筑工程学院等有关单位的大力支持和帮助。天津大学李发文博士、副教授，冯平博士、教授，河北省水利水电勘察设计研究院杨凤栋教授级高工等专家对本项目给予了专业指导，特致以衷心的感谢。

因时间和作者水平所限，书中错误和不足之处，恳请读者批评指正。

作者

2012年6月

目 录

前言

第 1 章 农村饮水安全现状	1
1.1 基本概况	1
1.2 农村饮水现状	4
1.3 2005~2009 年解决农村饮水不安全成果	15
第 2 章 农村饮水安全综合评价体系的构建	17
2.1 基于组合权重模型的农村饮水安全综合评价	17
2.2 农村饮用水安全系统脆弱评价	23
2.3 农村饮用水安全系统风险分析	29
第 3 章 农村饮水安全现状分析与评价	33
3.1 农村饮用水安全综合评价	33
3.2 基于 FAHP 的河北省农村饮水安全系统脆性诊断	44
3.3 农村饮水安全系统脆性风险	70
3.4 典型农村饮水安全系统综合评价	72
第 4 章 农村饮水优化配置	82
4.1 青县农村饮水水源配置	84
4.2 抚宁县农村饮水水资源配置	107
4.3 馆陶县农村饮水水源配置	123
第 5 章 农村饮水安全保障模式	141
5.1 农村饮水安全存在的主要问题	141
5.2 饮水安全保障模式	142
5.3 典型县农村饮水安全保障模式的应用	151

第 6 章 结论.....	162
附录 1 农村饮用水安全卫生评价指标体系	165
附录 2 生活饮用水卫生标准	167
参考文献	175

第 1 章 农村饮水安全现状

1.1 基本概况

1.1.1 地理位置与行政区划

河北省位于华北东部，地处北纬 $36^{\circ}03'$ ~ $42^{\circ}40'$ ，东经 $113^{\circ}27'$ ~ $119^{\circ}50'$ 之间，东临渤海，西倚山西，南接河南，北界内蒙古，中嵌京、津两市，东北和东南分别与辽宁、山东接壤，总面积 187693km^2 。辖邯郸、邢台、石家庄、保定、沧州、衡水、廊坊、唐山、秦皇岛、张家口、承德 11 地级市，调查复核共涉及 173 个县（市、区），9 个省属林（农）场，4 个市属林场。

1.1.2 水资源状况

1.1.2.1 水资源数量

河北省地处暖温带半湿润季风气候区，多年平均降雨量 531.7mm 。其中山区 528mm ，平原 537.5mm 。降雨年际、年内分配不均，年内降雨 $70\%\sim 80\%$ 的雨集中在汛期的 6~9 月，甚至主要集中在 7 月下旬和 8 月上旬；年际之间丰、枯悬殊，丰水年降雨量是枯水年的 2~6 倍，另外在空间分布也不均匀，太行山、燕山的迎风坡为一个降雨的高值带，中部平原和坝上地区则形成两个低值区域。

根据《河北省水资源评价》成果，全省多年平均地表水资源量为 120亿 m^3 ，多年平均地下水资源量为 122.57亿 m^3 ，水资源总量为 204.69亿 m^3 。人均水资源量为 307m^3 。供需平衡分析表明，河北省一般年份地表水、地下水、外流域调水和其他水源的可供水量约为 167亿 m^3 ，全省总需水量约为 249亿 m^3 ，全省

缺水量约为 82 亿 m^3 。

1.1.2.2 地表水水质

(1) 河流水质状况。根据河北省水文局 2008 年监测数据,地表水水质监测河流总长为 7158km。其中 I ~ III 类水质河长 3481km, 占监测河流总长的 48.63%, IV ~ V 类水质河长为 907km, 占 12.67%, 劣 V 类水水质河长为 2770km, 占 38.70%。平原河流水质污染较为严重, 未受污染的河段主要分布在各河流的上游山区。地表水污染以有机污染为主。主要超标指标及其超标率为: 化学需氧量 (包括高锰酸盐指数) 51%、氨氮 48%、氟化物 30%、硫化物 19%、挥发酚 18%; 同时有重金属超标, 主要超标指标铅、镉, 其超标率均为 7%。

(2) 水库水质状况。2008 年河北省水质监测大型水库 19 座, 除庙宫水库评价为劣 V 类水质外, 其余水库均评价为 I ~ III 类水质, 其中朱庄水库评价为 I 类水质, 桃林口、云州、友谊、王快、西大洋、东武仕、岗南、黄壁庄、大浪淀 9 座水库评价为 II 类水质, 其余 7 座水库评价为 III 类水质。按照富营养化程度评价, 5 座水库评价为中营养、12 座水库评价为轻度富营养、1 座水库评价为中度富营养, 评分值在 45.9~64.0 之间。

(3) 洼淀水质状况。2008 年白洋淀全年水质评价为劣 V 类, 主要超标项目为氨氮、五日生化需氧量等。营养状况为中度富营养, 6~9 月营养评分值为 68.1。千顷洼全年评价为劣 V 类水质, 主要超标项目为硫化物、高锰酸盐指数等。营养状况评价为中度富营养, 6~9 月营养评分值为 66.7。

1.1.2.3 地下水水质

地下水是河北省农村饮水的主要水源。河北省东部平原地下水存在着浅层水苦咸、深层水高氟的特点, 山区一些地方和坝上地区地下水也存在氟超标问题。

全省浅层地下水 (井) 超标率 (指水质超 III 类标准) 达 2/3 以上, 其中由于矿化度、铁、锰、氟化物等地质条件自然背景值引起的超标井率为 39%, 由于氨氮等污染物引起的超标井率为

41%。超标井率最高的是东部平原的沧州和衡水，分别达到100%和99%，其次为廊坊和邯郸，其他市相对较低。此外，亚硝酸盐氮、挥发酚、重金属等污染项目也时有超标。

苦咸水主要分布于河北省平原中东部及冀东平原的沿海地区浅层地下水。含盐量大于1g/L的苦咸水面积达39474km²，占平原总面积的54%。其中含盐量1~3g/L的微咸水面积为32143km²，占苦咸水区总面积的81%。含盐量为3~5g/L的中咸水面积3553km²，占咸水区总面积的9%。含盐量大于5g/L的咸水主要分布在河北省的沿海地区，面积3778km²，占平原咸水区总面积的10%。

高氟水主要赋存于河北省中东部深层地下水。该区域多为“碱性淡水”，虽然矿化度低但其本底含有碳酸钠盐，含氟量超标。在沧州、衡水、邢台东部和廊坊市南部部分地区，含氟量为2~4mg/L，面积达25475km²，占平原面积的35%。

山区和坝上地区也不同程度地存在着高氟水。在坝上高原西部的安固里淖至康保县一带，地下水含氟量一般为1~4mg/L，个别地区为4~6mg/L。北部燕山山区部分区域分布有零星高氟地下水。西北部桑干河阳原谷地，形成了由阳原县向下游扩展的浅层高氟富集带，氟含量一般为1~4mg/L，其中阳原县部分区域地下水含氟量最高，为5.9mg/L。个别地方如张家口市怀来县土木镇后郝窑地下水含氟达12.2mg/L。

1.1.3 农村供水和饮水概况

河北省农村饮水以打井开采地下水为主，此外，在山区还存在引泉、泵站扬水、集雨等形式。全省集中式供水覆盖人口4154万人；分散式供水人口1307万人，其中无供水设施人口77万人。

河北省是典型的资源型缺水省份。人均水资源量仅307m³，低于国际公认的500m³的极度缺水标准。资源型缺水、地质构造型污染（本底污染）和生产型污染交互作用，不仅造成全省生产用水严重不足，影响到经济发展，而且严重影响城乡饮水安

全，特别是广大农村的饮水安全，乃至农村社会的安定与和谐。

河北省饮水不安全问题包括水源缺乏型和水质不达标型两种。

水源缺乏型主要分布在太行山山区、燕山山区、冀西北及坝上地区，山前丘陵区与平原交接带及东部滨海地区。这些地区降雨量少，交通不便，自然条件差、生产水平低，生活用水需人挑、畜驮或车拉。

水质不达标的又可分为两大类：地质构造型和生产污染型。地质构造型包括高氟、苦咸等水质问题，主要分布在冀西北山区、黑龙港地区和沿海地区。生产污染型比较复杂，污染因子差异较大，多分布在城镇和乡镇企业排污通道两侧。长期饮用不达标水严重影响当地居民的身体健康。“高氟污染加苦咸，农民吃水不安全”是河北省一些平原农村饮水问题的真实写照。

河北省地下水水质虽存在较严重问题，但多数经过处理可用作饮水水源。

1.2 农村饮水现状

1.2.1 农村人口饮水安全普及程度和自来水普及率

根据调查复核、汇总、分析，截至 2008 年年底河北省农村人口 5461 万人中，符合饮水安全和基本安全的人口 2928 万人，占全省农村人口的 53.6%，其中饮水安全率最高的为唐山市达 81%，其次为张家口、廊坊、邯郸，分别达到 59%、55%、53%，各市饮水安全与不安全人口详见表 1-1 和图 1-1 所示。

表 1-1 河北省农村饮水安全状况统计表 单位：万人

地级市、省属农林场	农村人口	安全和基本安全人口	不安全人口	饮水安全率
邯郸	708	373	335	53%
邢台	574	296	278	52%
石家庄	653	339	313	52%

续表

地级市、省属农林场	农村人口	安全和基本安全人口	不安全人口	饮水安全率
保定	919	444	475	48%
沧州	569	289	281	51%
衡水	363	141	222	39%
廊坊	320	176	145	55%
唐山	517	416	101	81%
秦皇岛	196	96	100	49%
张家口	341	202	139	59%
承德	298	156	142	52%
省属林场	0.95		0.95	0%
省属农场	1.76		1.76	0%
总计	5461	2928	2533	53.6%

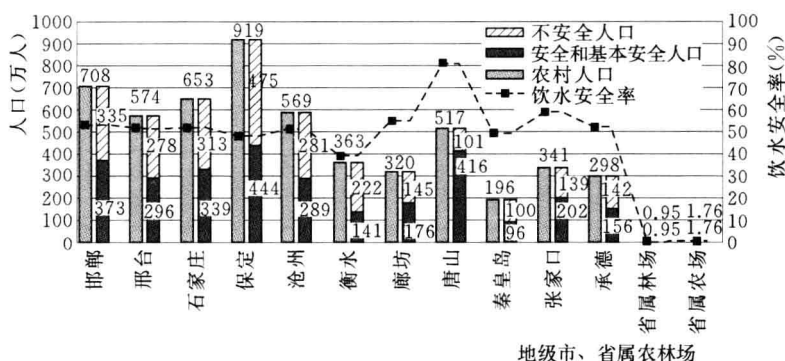


图 1-1 河北省农村饮水安全状况

石家庄和保定两市饮水安全率相对较低的原因主要是因为近些年降水量减少，水位下降引起的缺水问题，在新增的饮水不安全人口中石家庄市和保定市的缺水问题分别占新增饮水不安全人口的 61.6% 和 62.1%。

河北省农村的自来水受益人口 3634 万人，占农村人口的 67%，见表 1-2 和图 1-2，其中廊坊、沧州、唐山较高。应当指出，河北省绝大多数农村的自来水都处于较低水平，一般采用

定时、限时供水，平原地区主输水管道多为 PVC 管，承压力低，容易出现破损漏水现象，且绝大部分缺乏必要的净化设施和定期的水质监测措施，与城市自来水相比，尚有很大差距。

表 1-2

河北省自来水普及率

单位：万人

地级市、省 属农林场	农村人口	自来水受益人口	自来水普及率
邯郸	708	465	66%
邢台	574	290	50%
石家庄	653	497	76%
保定	919	489	53%
沧州	569	557	98%
衡水	363	201	55%
廊坊	320	319	99%
唐山	517	451	87%
秦皇岛	196	56	29%
张家口	341	205	60%
承德	298	102	34%
省属林场	1	1	100%
省属农场	2	2	100%
总计	5461	3634	67%

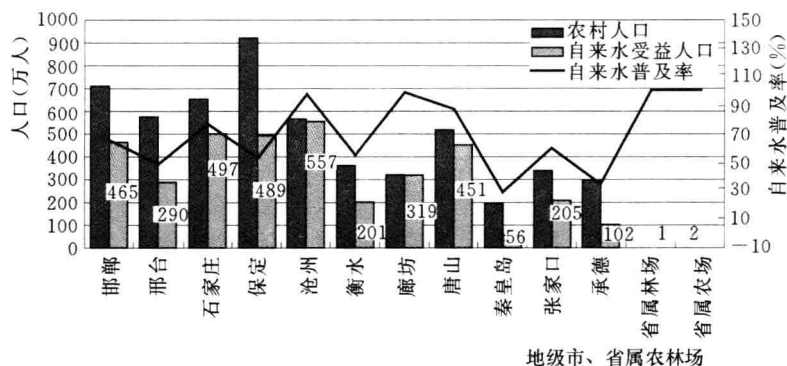


图 1-2 河北省自来水普及率

1.2.2 集中式供水基本情况

河北省的集中供水工程日供水规模大于 $20\text{m}^3/\text{天}$ 的工程共有 28807 处，供水规模 $507\text{万 m}^3/\text{天}$ ，受益人口 3698 万人，多以地下水为主（占 96.9%）。其中供水规模在 $1000\text{m}^3/\text{天}$ 以上的有 484 处，受益人口 509 万人，这样的集中供水工程一般接自县城或城市自来水管网和近几年新建成的联村集中供水工程，制水工艺比较完善，有消毒、水质监测设施；供水规模在 $1000\sim 200\text{m}^3/\text{天}$ 之间的有 4842 处，受益人口 897 万人；供水规模在 $200\sim 20\text{m}^3/\text{天}$ 之间的有 23481 处，受益人口最多，达 2292 万人。河北省的集中供水工程还有很多是单村供水工程，制水工艺比较简陋，没有必要的净化设施，而且大部分为分时段供水。河北省的集中供水工程状况见表 1-3 和图 1-3 和图 1-4。

表 1-3

河北省集中供水工程状况表

单位：万人

地级市	现状日供水规模					
	$>1000\text{m}^3/\text{天}$		$1000\sim 200\text{m}^3/\text{天}$		$200\sim 20\text{m}^3/\text{天}$	
	数量（处）	受益人口	数量（处）	受益人口	数量（处）	受益人口
邯郸	77	113	524	112	2329	316
邢台	55	82	369	102	1273	149
石家庄	158	51	727	174	2468	263
保定	21	37	529	142	2594	310
沧州	46	86	800	96	2997	300
衡水	23	29	891	96	1343	107
廊坊	32	86	522	78	1661	155
唐山	13	14	121	33	4488	411
秦皇岛			80	6	594	46
张家口	59	12	243	51	2596	170
承德			36	7	1138	64
总计	484	509	4842	897	23481	2292

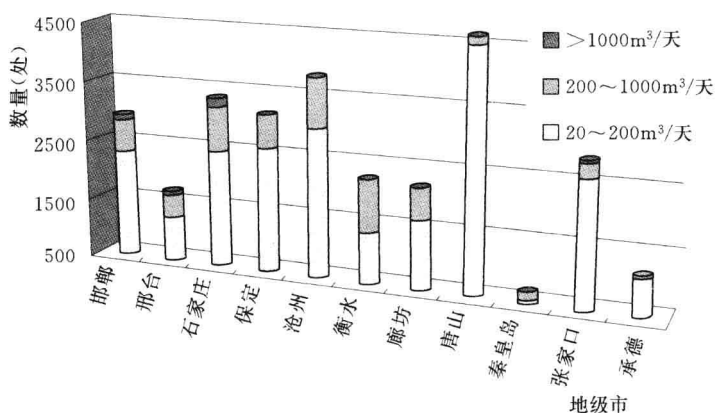


图 1-3 河北省集中供水工程规模状况

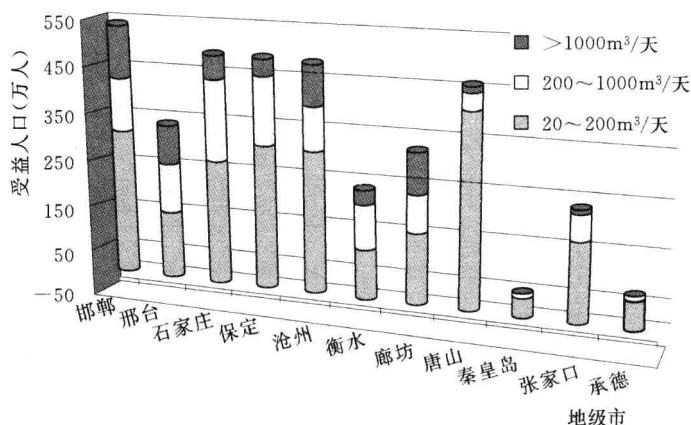


图 1-4 河北省集中供水工程受益人口状况

集中供水包括供水到户和供水点两种方式。河北省的集中供水大多为供水到户模式。通过调查复核，截至 2008 年年底，供水到户受益人口 3634 万人，占 87.5%，集中供水点受益人口 520 万人，占 12.5%。河北省各市不同供水方式受益人口见表 1-4 和图 1-5。

1.2 农村饮水现状

表 1-4

不同供水方式集中供水受益人口

单位：万人

地级市、省 属农林场	集中供水人口		
	总人口	供水到户	集中供水点
邯郸	544	465	80
邢台	513	290	223
石家庄	505	497	8
保定	507	489	18
沧州	560	557	2
衡水	335	201	134
廊坊	320	319	1
唐山	458	451	7
秦皇岛	59	56	3
张家口	247	205	42
承德	103	102	1
省属林场	1	1	0
省属农场	2	2	0
总计	4154	3634	520

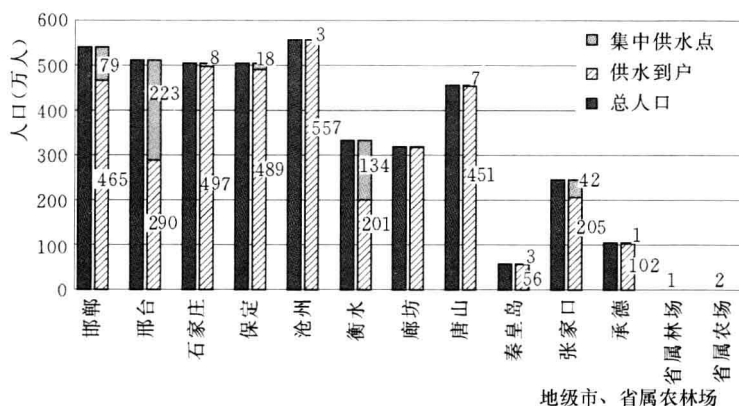


图 1-5 不同供水方式集中供水受益人口