

# 新形势下水利 改革与发展的理论与实践

## —济南水利学会第五届优秀论文集

济南水利学会 编

山东省地图出版社

# **新形势下水利 改革与发展的理论与实践**

——济南水利学会第五届优秀论文集

济南水利学会 编

山东省地图出版社

2007年·济南

### 图书在版编目(CIP)数据

新形势下水利改革与发展的理论与实践/济南水利学会  
编. —济南:山东省地图出版社, 2007. 12

ISBN 978 - 7 - 80754 - 097 - 7

I. 新… II. 济… III. 水利经济—经济发展—中国—文集  
IV. F426.9 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 187957 号

责任编辑 程新元

封面设计 绪正鹏 张 涛

出版发行 山东省地图出版社

地 址 济南市历下区姚家镇二环路 6090 号 邮编:250014

印 刷 山东新华印刷厂

版 次 2007 年 12 月第 1 版

印 次 2007 年 12 月第 1 次印刷

开 本 880 × 1230 毫米 1/16

印 张 14.5

字 数 424 千字

印 数 1—1000 册

定 价 68.00 元

# 前 言

为进一步贯彻落实党的新时期的治水方针,深入研讨新形势下济南水利发展与改革的新问题、新思路、新举措,加快推进现代水利、和谐水利建设进程,全面提高水利服务于经济社会发展的综合能力,实现人与水、水与城的和谐共生,2007年,我会举办了第五届优秀学术论文评选活动。

本次活动得到了济南市水利局、济南黄河河务局及各会员单位的大力支持和积极响应,全市广大水利科技工作者纷纷撰写论文,从水资源管理、城乡供水、水利工程建设与管理、水利执法、水土保持、防汛抗旱、黄河治理、科技研究等方面进行了深入的探讨,这些论文充分展示了近年来我市在水资源供给、防洪减灾、水环境保护、高效节水、现代水利管理等方面的新技术、新材料、新工艺、新理论研究成果,对于牢固树立和全面落实科学发展观,努力构建具有泉城特色的现代水利,提升现代化省会城市的形象将发挥积极的作用。本次活动共评出优秀论文68篇,为促进广大会员之间的学术交流与创新,进一步提高我市水利科技水平,我们编辑了本论文集。

在本书的编辑过程中,得到了山东大学土建与水利学院、省地图出版社、济南市水利局、济南黄河河务局及其他有关单位的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于经验不足,时间仓促,本书难免存在不足之处,敬请批评指正。

济南水利学会

2007年12月

# 目 录

## 水资源管理

|                                 |                 |         |
|---------------------------------|-----------------|---------|
| 参与式管理框架下的我国农村饮水工程建设管理模式研究 ..... | 孔德军             | 绪正瑞(3)  |
| 模糊评判在水环境质量综合评价中的应用 .....        | 李建芳 王 蕾         | 张欣欣(7)  |
| 济南市小清河污染治理与生态需水研究 .....         | 杜 振 曹 慧 王保庆     | 杜 伟(12) |
| 济南市城市供水自动监测系统开发及其应用 .....       | 董祥明             | 谢 飞(15) |
| 浅谈新农村建设中水资源管理 .....             | 王 卿 姜学风 李 杰 潘 斌 | 赵 波(18) |
| 论水资源的管理对节水保泉的重要性及对策 .....       | 姜学风 李 杰 逯清莲 王 卿 | 潘 斌(21) |
| 加强水资源可持续利用实现人与水的和谐发展 .....      |                 | 李新宇(23) |
| 大力推进节水型社会建设 .....               |                 | 王俊玲(25) |
| 浅议工业节水思路 .....                  |                 | 王俊玲(28) |
| 济南市黄河北展区水生态系统安全建设构想 .....       | 王保庆 王保林 杜 振 杨学惠 | 杨同春(32) |
| 浅议小清河综合治理中如何提高水体自净能力 .....      |                 | 杨学惠(35) |
| 完善水资源管理制度促进引黄供水事业的健康发展 .....    | 张家春 张仁军         | 苏红鲁(39) |
| 黄河水资源可持续利用存在的问题及对策 .....        |                 | 李希伦(42) |

## 城乡供水

|                           |         |             |
|---------------------------|---------|-------------|
| 浅谈降低供水成本的几种方法 .....       | 程应军 郑传林 | 崔新亮(47)     |
| 城市输水管网的优化设计 .....         | 崔新亮     | 李建芳(50)     |
| 平阴县农村供水建管模式的探索与实践 .....   | 常 涛 邹 姗 | 臧桂宏(54)     |
| 市场经济运作下水价核订浅析 .....       | 吴绪才 李秀梅 | 孟凡博(57)     |
| 农村供水管理模式的探讨 .....         | 常 涛 孔祥霞 | 臧桂宏(60)     |
| 二氧化氯在农村饮用水工程中的应用 .....    | 张加芬 王秀英 | 孟庆虎 皆登花(62) |
| 一次疏忽带来的教训与启示 .....        | 程应军 崔新亮 | 高树夫(64)     |
| 城市供水量预测方法研究 .....         | 李建芳 崔新亮 | 王 蕾(66)     |
| 对商河县农村人畜饮水安全问题的几点建议 ..... | 皆登花 孟庆虎 | 王秀英(69)     |
| 关于现代农业节水工程的发展问题 .....     | 李 梅     | 董庆志(71)     |

## 水利工程建设与管理

|                          |                 |          |
|--------------------------|-----------------|----------|
| 工程施工招投标的“串标”现象分析 .....   |                 | 巩振茂(77)  |
| 小型农田水利设施建设研究 .....       | 赵志青 张 磊         | 董庆志(80)  |
| 小清河流域水库联合调度系统研究与开发 ..... | 王 立 郭文明         | 李树梁(84)  |
| 陈庄提水泵站改建工程施工工艺探讨 .....   | 王慕春 张 群 杨士强     | 赵 利(90)  |
| 病险小水库加固的几个技术问题 .....     | 田雪丽             | 张文娟(93)  |
| 深化水管体制改革 构建维修养护新机制 ..... | 韩晓南             | 张克鑫(96)  |
| 试论工程项目管理体制的改革方向 .....    | 杨洪祥             | 朱兴明(99)  |
| 济南市小型水库安全状况分析 .....      |                 | 张文娟(102) |
| 长清区小型水库安全管理现状及建议 .....   | 薛化斌             | 王延兴(105) |
| 杏林水库汛期工程现状险情监测与措施 .....  | 李 杰 孙卫东 王 卿 潘 斌 | 姜学风(108) |
| 探讨对小型水利工程的质量管理 .....     | 孙卫东 王 卿 李 杰 潘 斌 | 逯清莲(110) |
| 软土地基钻孔灌注桩施工质量通病与防治 ..... | 杜 振             | 王保庆(112) |

|                            |                  |
|----------------------------|------------------|
| 对小清河河道过水能力降低的几点思考 .....    | 宫晓坤(115)         |
| 济南市小清河堤防管护现状及发展对策 .....    | 宫晓坤 张 健(118)     |
| 浅谈施工过程中的质量管理 .....         | 孙清明(121)         |
| 商河县沙河故道调蓄水库工程建设浅析 .....    | 王金叶 王 军 李守江(123) |
| 从济南黄河工程管理 浅析“示范工程”建设 ..... | 武 军(125)         |
| 邢家渡灌区体制改革探析 .....          | 靖庆生 崔江华 孙 刚(128) |
| 关于黄河职工培训工作的几点思考 .....      | 陈 洁 王 强(131)     |
| 水利行业利润中心的业绩评价 .....        | 赵 利 王慕春 吕 丽(135) |

## 水政执法

|                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| 平阴县水行政执法体系建设做法 ..... | 秦建明 焦学勇 许 娜 侯国忠(139) |
| 分析及合理查处水事违法案件 .....  | 张 磊 石 森 程 燕(141)     |

## 水土保持

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| 城市建设中的雨水利用与水土保持探讨 .....   | 张玉堂 绪正瑞(147)     |
| 浅谈孙家圈小流域水土保持生态工程 .....    | 路 辉 付兆栋 庄 燕(152) |
| 济南市长清区水土保持生态建设现状与对策 ..... | 赵 云 邢攸利(154)     |
| 搞好水土保持确保济西水源地永续利用 .....   | 赵 云 谷 贺(156)     |
| 长清区清洁型小流域生态建设调研报告 .....   | 邢怀娥 朱 丽 董庆志(159) |

## 防汛抗旱

|                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| 分布式雨水情数据库管理系统的开发方法 .....     | 郭文明 王 立 温学强(163)         |
| 树立创新意识进一步做好黄河防汛工作 .....      | 张 薇 毕文以 曹新秋 王兆玲 苏崇喜(168) |
| 浅析汛期驻堤民兵抢险队存在的问题与对策 .....    | 王建峰 俞宪海(171)             |
| 用黄河泥沙吹填沿黄煤矿采空区确保黄河防洪安全 ..... | 王殿杰 侯 涛 张晓青(174)         |
| 对综合利用雨水资源保泉防洪的思考 .....       | 于瑞霞(178)                 |
| 浅析市场经济体制下黄河防汛物资储备工作 .....    | 张家春 张仁军 苏红鲁(181)         |

## 黄河治理

### 治理黄河河口的重要措施

|                            |                          |
|----------------------------|--------------------------|
| ——关于在黄河河口地区进行放淤改土的设想 ..... | 姜树国 刘金福 霍 亮 许雅宁(185)     |
| 土的两种分类体系及其定名的研究及应用 .....   | 杨洪祥 韩名乾 侯 涛(189)         |
| 高性能环保混凝土在引黄灌区中的应用研究 .....  | 孙 刚 崔江华 靖庆生(193)         |
| 浅谈新形势下管理段的运行观测职责 .....     | 王莉娜 王兆玲 毕文以 宋二勇 曹新秋(198) |
| 黄河济阳段滩区村民应整体向背河搬迁 .....    | 李希伦(201)                 |

## 科技研究

|                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| 微生物在废水中脱氮的研究 .....   | 王俊玲(207)             |
| 污水再生利用探讨 .....       | 周 强 江桢桢(214)         |
| 节水保墒的非工程措施探讨 .....   | 孙清明(216)             |
| 低压管道灌溉技术探讨 .....     | 孙清明(218)             |
| 池塘鱼鳖混养高效养殖试验 .....   | 隗 恒 辛峰业 杨计芳 郝智毅(222) |
| 浅议河蟹健康养殖措施 .....     | 杨士强 王慕春 张 群 赵周亮(224) |
| 膜下滴灌大棚草莓节水增产浅析 ..... | 孙清明(227)             |

# 水资源管理

S H U I Z I Y U A N G U A N L I





# 参与式管理框架下的 我国农村饮水工程建设管理模式研究

孔德军 绪正瑞

(济南市水利局)

**摘要:**参与式管理在国际上被广泛地应用于农村饮水工程中,并被公认为取得了良好的效果,但在我国还是一项新生事物,不少人对于参与式管理在农村饮水工程建设管理中的作用还存在疑惑。因此,需要进一步总结国内国际的经验,探讨参与式管理在我国农村饮水工程中的实施,全面提高我国农村饮水工程的可持续性。

**关键词:**参与式管理;需求响应式方法;农村饮水;可持续性

## The Way to Implement Rural Water Supply Project in China with Community Participation

KONG De - jun LI Xiao - li

ZHANG Wen - juan GUO Lian - ling

(Jinan Bureau of Water Resource ,Jinan 250014 ,Shandong Province)

**Abstract:** Community participation in rural water supply is broadly used in the world with good project effectiveness. But community participation is a novelty in china with most people being doubtful about its effect. In order to improve project sustainability, there is a need to summarize the experiences in the world and to explore the way to implement rural water supply project in china.

**Key words:** Community Participation; Demand - responsive; Rural Water Supply; Sustainability

“参与”这个英文“Participation”的中文译法并不能确切地反映英文中所表达的含义,人们往往从字面上将其简单地理解为“介入”,或是简单地理解为群众的参加。而事实上,“参与”反映的是一种基层群众被赋权的过程,而“参与式发展”则被广泛地理解为在影响人民生活状况的发展过程中或发展计划项目中的有关决定过程中的发展主体的积极的、全面的介入的一种发展方式,带有寻求某种多元化发展道路的积极取向(李小龙,1998)。“社区”被定

义为为了共同利益而能采取集体决策和行动的一群人。而“参与式管理”则是社区居民为了本身的共同利益而采取集体行动的载体,是一种自下而上的发展方法,社区居民对他们自身的发展拥有发言权。世界银行在1976年曾经就一些参与效果的经验研究如用水系统管理研究得出结论,如能使得用水户参与决策与管理,用水系统的供应将更加成功。

### 1 参与式管理在农村饮水工程中的应用

1.1 农村饮水工程中引入参与式管理的原因。Bell(2001)认为社区参与农村饮水管理基于以下三个原因。首先参与式管理的出现证明了社区居民参与公共决策制定过程的重要性,特别是直接影响他们福祉的决策。当地社区居民的参与决策能提供许多有关水问题的符合实际的、切实可行的方案。其次是出于运用本土知识和观点的需要,这对于当地水的使用和管理、水环境保护至关重要,因为本土知识对于解决本土问题往往更有效。最后是出于构建公信力的需要,公信力的缺失会导致水资源使用者和其他利益相关者由于利益和需求的不同而对抗。

1.2 国际上参与式管理在农村饮水工程中的应用。在上个世纪70年代,大多数的慈善捐赠人为了减轻农村的贫困状况,致力于提供农村公共服务设施。农村饮水工程作为服务设施之一,获得了格外的重视,以至于联合国将1981~1990年定义为国际饮用水供给和卫生的十年。据联合国估计,1988年仅外部捐赠机构花费在提高供水覆盖率的费用就是45亿

美元。这一时期的农村供水发展战略称为满足人的基本需要的战略,即为满足人的饮水这一基本需要而实施的战略。然而这一战略,并没有度过 80 年代的经济危机,伴随着农村供水系统建设巨大投资而来的是大量损坏的、运转不良的、或者根本就很少使用的农村饮水项目。捐赠人于是开始意识到单纯依靠政府不能提供具有补贴性质的服务,受益人必须承担一定比例的成本。此时对于政府和捐赠人应该在农村供水中发挥怎样的作用,产生了新的观点。新观点认为两者的作用并不是负责融资并建设尽可能多的供水系统,而是为农民创造一个社区和民营部门能够承担起融资建设任务的环境。新观点着重强调两个原则,一个是农村饮水工程应该在较低的适当水平上进行管理,这意味着社区和地方政府应当管理他们自己的供水项目。第二个原则是将水作为经济物品来对待,这意味着农民应该得到他们愿意而且能够支付的供水服务,而不是由政府给每个人提供保证最低用水水平的服务。出于第二条原则,这一时期的战略也被称为需求响应式方法。对于政府和捐赠人在农村饮水工程中的作用观点在 20 年间发生了根本的改变,但对于社区的作用观点却惊人的一致。其实最初的主张让社区参与管理农村饮水工程始于(70 年代后期)第一时期,即满足人的基本需要这一战略时期。从一开始,参与式管理就作为一个减轻贫困计划的必须战略。让当地居民参与管理被期望能够降低工程成本,更精确的满足居民需要,吸收当地的知识,保证利益的公平分配,积累开发项目的经验等。只是这时候参与式管理的实践还比较少,主要是理论上的主张,并没有将其作为实施计划的一部分,经验也比较少。进入 90 年代,需求响应式方法进行了大规模的实践,其原因就是希望这一方法能解决农村饮水工程的可持续性的问题。

1.3 国际上学者对参与式管理与农村饮水工程可持续性关系的评价。世界银行(1993)的研究报告认为,参与式管理提高了农村饮水工程的可持续性。Sara and Katz(1998)通过研究也认为,采用了需求响应式方法的社区的农村饮水项目可持续性更高,而且这一方法在居民直接而不是通过代表表达需求时更有效。Elizabeth Kleemeier(2000)对非洲马拉维的农村供水项目做了调查。马拉维的农村供水项目被公认为是充分利用社区参与建设管理的项目之一,在调查报告中,Elizabeth Kleemeier 认为,

尽管马拉维的项目实际项目产出比预想的要差,但并不与世界银行的研究报告相矛盾。这个报告认为,社区居民充分参与的项目比起社区居民不参与或者很少参与的项目更具有可持续性。Elizabeth Kleemeier 通过研究发现社区居民善于维修已经出现的小毛病,而不善于做预防性的维修和保护。因此,标准的社区参与式管理模型最起码为小的农村饮水工程提供了理想的机构框架。这一模型致力于让消费者集团(社区居民)来管理供水工程,而没有强化外部机构在建成后对该集团的支持。而大型的农村饮水工程更会经常碰到需要外部技术支持和融资服务等大的毛病,如果同时外部机构薄弱,就会导致工程运行不良,这也是马拉维的大型项目产出低于预想的原因。Linda Stalker Prokopy(2005)认为,参与式管理提高了项目的产出水平,一个村庄在尽可能低的层次上进行决策对于项目的成功至关重要,这样的决策显著促进了居民平等取水的实现和取水时间的节省。国际上也存在对参与式管理的批评,一些批评家认为参与式管理加重了农民的负担,一些农民被迫违背意愿参与管理。另外在一些地方,农民参与管理只是做做样子,实际上他们并不能影响项目的决策。因此,批评家们号召农民参与更高层次的管理,而不仅是投劳。

1.4 参与式管理在我国农村饮水工程中的应用。在我国部分中外农村供水合作项目中,应外方的要求也开始尝试采用参与式管理,如在宁夏海原县段塬村,四川省巴中市巴州区白堡嘴村等,但在我国尚没有大范围的应用。冯学慧(2004)认为这种做法对政府工作的方式和指导思想起到了潜移默化作用,工作人员认识到应以民为本,树立服务于民的工作思想,改善了干群关系,受到当地老百姓的认可,体现了“三个代表”重要思想的精神。另外,群众对工程管理的“主人公”意识增强,节约用水的意识和卫生健康水平都得到提高,水价稳定,自来水入户率高,参与式方法的应用加强了小型水利工程的运行管理,保证小型水利工程的良性运行和长期发挥效益,有效改善农村广大群众的生产生活条件。

## 2 参与式管理框架下的我国农村饮水工程建设管理模式

在我国,工程师常常是习惯于在供给方(投资方一般是政府)的要求下来设计农村供水工程,来实现社会目标 and 政治目标,一般是覆盖率的提高,这

一方法国际上称为供给驱动方式。由于政府在设计时缺乏对居民的实际需求的调查,致使建出来的工程不符合居民实际需要,从而导致了使用率低,居民不愿支付水费,进而导致工程失修报废等问题,影响到了工程的可持续利用。我国实施农村饮水工程还是主要靠政府推动,各级政府资金是主要来源。政府既是投资方,也是负责工程设计建设的主要机构,也是工程运行管理方案的主要决策者。而社区居民仅仅是投资投劳,对于工程的设计建设没有发言权,充其量是象征性的较低层次的参与管理。

在供给驱动模式下,政府的角色是全部包办。而在参与式管理框架下,政府的角色要转换到为社区创造参与管理的良好环境,使民营机构和社区承担起供水的责任。在这种新的模式下,政府的角色是社区的顾问、技术服务商和培训者。政府负责制定饮用水水质标准、设备采购程序的制定和对社区居民的培训等。在农村供水工程的运营维修和建设过程中,政府的作用都是支援社区的工作。国际上的经验证明政府能够将其自身的作用限制在提供技术支持、培训和监控上,而社区能够承担基本的建设和维修任务。社区是农村饮水工程财产的所有者,负责组织工程的建设 and 工程建后的运行和维护,水价的制定和征收工作。民营机构则按与社区的合约通过市场提供设备和零部件供应,工程建设服务等。不同等级社区选举出各种层次的饮水工程管理委员会,包括干线委员会、区段委员会、支线委员会、村级委员会、维修组、保洁组等参与各个层次的管理。政府部门则派出监督员和助理监督员负责提供各个层次技术方面的支持。应当明确政府部门为农村供水管理委员会提供技术支持的义务,特别是对于大型供水项目,日常维护和运行所需的技术往往超越了当地农村饮水工程管理委员会的能力,这时政府提供技术支持对于提高工程的可持续性就变得额外重要。

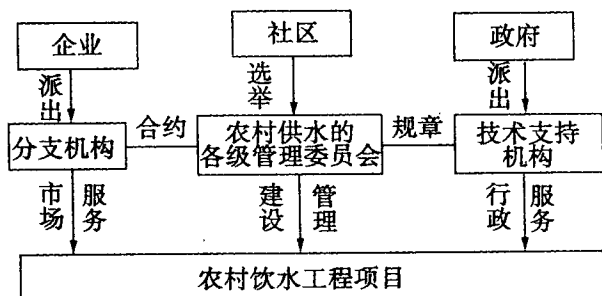


图1 我国农村饮水工程建设管理的机构框架

### 3 需求响应式建设战略在我国的实施

3.1 农民饮水需求的决定因素。世界银行(1993)年的报告认为,农民对饮水工程的需求主要取决于以下三方面的因素。(1)家庭的社会经济和人口特点:包括家庭成员的受教育程度;职业;家庭的规模和组成;以及收入、支出及财产状况。(2)现有和即将兴建的饮水工程的特点:包括财务上的成本和取水所需时间;水质;供水保证率等。(3)家庭居民对政府供水政策的态度等。农民对新上饮水工程项目的反应不是上述任何一种决定因素的单独作用,而是他们的共同作用。富有的,受过良好教育的,女性较多的家庭更倾向于使用公共供水系统。农民受教育的程度越高,对于安全饮用水对身体的益处了解越深,更乐于取得更安全的饮用水。即将兴建的工程在取水成本、水质、供水保证率上比起现有的供水水源越有优势,农民的饮水需求越高。供水保证率提高意味着农民不用太专注于取水,而可以集中精力于其他事务。政府如果承诺免费供应水,居民就会认为提供免费水是政府的责任而拒绝支付水费开支。而如果政府先前在农村饮水工程方面做的很糟糕的话,会影响居民对饮水工程的信心,进而降低需求。

3.2 需求响应式战略实施中的注意事项。虽然社区居民拥有文化上的认同感,但在权力拥有和利益分配方面却有着很大的不同。项目的成功必须通过与利益相关者的沟通和协商来平衡各方的利益,这样的协商除了能形成社区对项目的共同理解外,同时也提供了利用本土知识的机会。通过在项目的开始阶段引入参与式管理,可以阐明不同利益者对于项目的理解差异,而通过谈判和沟通可以缩小这些差异。必须由恰当的组织来代表社区不同居民的利益,否则参与就只能是低层次的,因为此时信息的流动是单向的,即缺少向供水管理委员会的反馈信息流动。沟通和信息共享不仅影响项目的实施,同时也促进了社区居民对项目的了解。与社区居民整体沟通,而不是个别选择性的沟通,能为项目提供了清晰的交流渠道和促使每个居民对关键问题有了类似的理解。要让参与式管理更有效,就必须让沟通交流渠道更自由和透明,让居民及时了解项目的变更。社区供水工程管理委员会的透明运作能促使农民交水费和增加居民对工程可持续运行的信心。

3.3 农村饮水工程规模的选择。建大型(联片)工程还是小型(单村)工程好呢? 国际上的经验表明,小型的要比大型的更具有可持续性。规模对于维护工作有重要的影响。由于水资源的基础属性、多用途性,涉及人数众多,成员之间的异质性特征,达成一致意见的协调成本较高,按照奥尔森的集体行动理论:集团规模越大,个人提供公共物品的消极性越强,搭便车的潜能越大,集团越大,供给能力越弱(奥尔森,1965)。如对于管道破裂和堵塞,工程越小,管线越短,越容易发现破裂和堵塞的管线。大型工程一旦出了问题,也更难以诊断出现问题的原因,因为大系统有更多的相互依赖的组成部分。大型工程也增加了领导者和维护者的负担,有些成员参加社区会议可能要走一二十公里,维护者可能也要走十多公里来清洁水箱。而大型的农村饮水工程更会经常碰到需要外部技术支持和融资服务等大的毛病,如果同时外部机构薄弱,就会导致工程运行不良。国际上的经验表明,大型的农村供水工程需要外部机构(上级水利部门)来帮助纠正设计和建设的缺陷,替换破损的交叉口,诊断系统的部分管线为何没水等,这都超出了当地社区组织的能力,因此也是工程运行状况低于预想的原因。因此越是大型的工程,越要强化政府派出的技术支持机构,这一机构的技术水平应越高。

#### 4 结论

参与式管理在国际上农村饮水工程中的应用尽管也有一些反对的声音,但绝大多数学者对于这一模式是持肯定态度的。他们普遍认为,需求响应式战略提高了农村饮水工程的可持续性,因此,应该在我国开展这一模式的试点工作。由于社会制度的不同,需要特别研究这一模式在我国实行的限制与约

束条件,以全面提高我国农村饮水工程的可持续性。

#### 参考文献:

1. Elizabeth kleemeier. (2000). The Impact of Participation on Sustainability: An Analysis of the Malawi Rural Piped Scheme Program. *World Development*, 5, 929 - 944.
2. Esther W. Dungumaro, Ndalawa F. Madulu. (2003). Public participation in integrated water resources management: the case of Tanzania. *Physics and Chemistry of the Earth*. 28. 1009 - 1014
3. Linda Stalker Prokopy. (2005). The Relationship between Participation and Project Outcomes: Evidence from Rural Water Supply Projects in India. *World Development*, 11, 1801 - 1819.
4. Tarisai Garande, Suzan Dagg. (2005). Public participation and Effective Water Governance at the Local Level: a Case Study from a Small Under - developed Area in Chile. *Environment, Development and Sustainability*. 7: 417 - 431
5. World bank. (1993). The demand for water in rural areas: Determinants and policy implications. *The World Bank Research Observer*. Vol. 8, Iss. 1; pg. 47, 24 pgs
6. 冯学慧. (2004). 参与式方法在段源农村饮水工程中的应用. *中国水利*. 7. 57 - 58.
7. 李小云. (1998) 谁是农村发展的主体. 北京: 中国农业出版社, 1998

#### 作者简介:

孔德军(1975—), 济南市水利局, 工程师, 山东曲阜人, 同济大学管理科学与工程专业硕士毕业, 从事水资源管理工作, 研究方向为农村水利及水资源管理等。

电 话: 0531—88920923 13789827195

联系地址: 济南市文化东路45号

邮政编码: 250014

电子邮箱: :kdj1975@jinan.gov.cn

# 模糊评判在水环境质量综合评价中的应用

李建芳 王 蕾 张欣欣

(济南市清源水务有限责任公司)

**摘 要:**介绍了基于层次分析法的多层次模糊评判模型。水环境质量综合评价的关键问题是评价指标权重的确定,本文采用 AHP 法进行权重的确定,并简要介绍了 AHP 法评价水环境质量的基本原理和方法步骤。AHP 法与其他定权方法相比,是一种简单而实用的多准则评价决策方法,并采用该法对济南市的小清河进行了水环境质量综合评价。通过建立评价的因子集、评价集、隶属函数和权重集,实现对水体样本的质量等级综合评判与排序。

**关键词:**水环境质量,模糊评判,多层次模型,层次分析法

## 0 引言

水是人类生存之本,是生态环境系统的核心要素,水环境质量是社会经济可持续发展的基础条件。水环境质量的综合评价,可用于分析研究水资源在利用中出现的现象和问题,综合反映水资源的各种状况,从而找出水资源可持续发展的影响因素,为水资源管理提供科学的依据。随着经济的发展,人民生活水平的提高,用水量急剧增加,水资源的短缺和保护问题将会更加突出,因此必须搞好水环境质量的综合评价。搞好水环境质量综合评价,有利于水资源的可持续发展利用。

## 1 水环境质量综合评价模型

水环境一般是指河流、湖泊、沼泽、水库、地下水、冰川、海洋等地表储水体中的水本身及水体中的悬浮物、溶解物质、底泥,甚至还包括水生生物等。从自然地理的角度看,水环境是指地表水覆盖地段的自然综合体。对水环境质量的综合评价,是进行水环境保护的一项基本工作。

水环境质量评价,是现在研究的焦点,关于环境质量的综合评价工作,国内外都开展过,评价方法也有几十种。20 世纪 70 年代以来,国内外学者相继提出了许多水环境质量的评价方法,如:综合指数法,物元评价法,模糊数学评价法和灰色理论评价法等,但

至今仍无一种统一的、确定的评价模型。从现有的评价方法来看,各具一定的优点,但大都存在着需要各级指标的权重及怎样客观、合理的确定权值的问题。最常用的水环境质量评价模型为模糊综合评价模型。

模糊综合评价是一种以模糊数学为基础,应用模糊关系合成原理,将一些边界不清、不易定量的因素定量化后进行综合评价的方法。在模糊综合评判模型中,权重的确定需要专家的知识 and 经验,具有一定的缺陷。为此,本文采用层次分析法来确定个指标的权系数,使其更有合理性,更符合客观实际并易于定量表示,从而提高模糊综合评判结果的准确性。

### 1.1 层次综合评价模型

AHP 法一般是在复杂的系统中,考虑因素很多的时候采用。先将因素集按特点分成几层,然后对每一层进行综合评判,再对评判结果进行高层次综合评判。

(1) 将因素集  $U$  分为几个子集,即

$$U = \{U_1, U_2, \dots, U_n\}$$

其中  $U_i = \{U_{i1}, U_{i2}, \dots, U_{ij}\} (i=1, 2, \dots, n)$ ,  $U_i$  中有  $k_i$  个因素,  $U$  中有  $\sum_{i=1}^n k_i$  个因素。

(2)  $U_i$  的  $k_i$  个因素进行综合评判,设  $U_i$  的各因素权重分配为  $A_i$ ,  $U_i$  的模糊评价矩阵为  $R_i$ , 则  $B_i = A_i \cdot R_i = (b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{im}) (i=1, 2, \dots, n)$ 。

(3) 把  $U = U_1, U_2, \dots, U_n$  中  $U_i$  的综合评价结果,  $B_i$  看作是  $U$  中的  $n$  个单因素评价,设新的权重

分配为  $A$ , 则总的模糊评价矩阵为:  $R = [B_1 \ B_2 \ \dots, B_n]^{-1} = (b_{ij} \ n \times m)$ 。

经过模糊合成运算得  $B^* = A \cdot R$ 。这就是  $U_1, U_2, \dots, U_n$  的综合评价结果。

1.2 权重的确定

模糊综合评价在理论和应用中的关键问题是如何确定各个评价指标的权重。过去常用的计算判断矩阵权重的方法有行和正规化法、列和求逆法、和积法, 因为只考虑判断矩阵一行或一列的影响, 计算精度不高。特征值法是日前最常用的方法, 它计算判断矩阵的最大特征根所对应的特征向量并归一化后作为权重。不足之处为: 在权重计算时没有考虑判断矩阵的一致性条件, 是一种“被动”方法, 另外, 当判断矩阵一致性很差时求特征值很困难。对数回归法、最小平方方法、最小偏差法在求解相应的优化问题中都存在  $W_i/W_j$ , 所求的权重  $W_j$  出现在分母中, 当所求的某个权重很小时容易产生较大的计算误差, 是计算结果稳定性差。

近年来提出的确定权重的主要方法很多。等权重法在各评价对象的综合评价值相差不大时常给决策带来困惑; 专家评分法和集值统计迭代法在评价指标较多时实现起来较为困难; 信息熵权法直接利用评价指标样本集的分布特征确定权重, 但某指标的样本分布越分散, 对应指标的权重是取越大还是越小目前却未统一, 该方法对样本集的排序信息没有加以利用。

层次分析 (Analytic Hierarchy Process) 法是日前一种被广泛应用的确定权重的方法, 是美国运筹学家 T. L. Saaty 于 20 世纪 70 年代提出的一种对复杂现象的决策思维进行系统化、模型化、数量化的方法, 又称为多层次权重分析决策法。即把复杂的问题, 尤其是那些人的定性判断起重要作用的、难以精确量的问题分解为不同的组成因素, 将因素按不同层次聚集、组合, 形成一个多层次的的分析结构模型, 最后把系统分析归结为最低层相对于最高层的相对重要性权值的确定或相对优劣次序的排序问题。

AHP 在实用中存在的主要是如何构造、检验和修正判断矩阵的一致性问题和计算判断矩阵各要素的权重, 这也是目前 AHP 理论研究的热点和难点。目

前已提出的方法主要有经验估计法、最优传递矩阵法、模式识别法、诱导矩阵法等, 这些处理方法的主要问题是主观性强、修正标准对原判断矩阵而言不能保证是最优的, 或只对判断矩阵的个别元素进行修正。

采用 AHP 法进行权重计算的基本步骤为:

①明确问题 确定评价范围和评价目的、对象, 进行评价因子的识别筛选。

②建立层次结构 一般分三个层次: 目标层、指标层、策略层, 目标层可分为主目标层和分目标层, 构筑一树状层次结构。

③构造判断矩阵 将多个因子进行两两比较, 确定因素在某个方面的优劣顺序, 按 T. L. Saaty 建议的九级标度法进行量化比较。构造判断矩阵。同一层的数据必须给出统一的评价标准, 这样数据才有可比较性, 判断矩阵的构造主要由专家讨论确定。

9 级标度值及其含义

| 标度         | 含 义                      |
|------------|--------------------------|
| 1          | 表示量个目标相比, 同等重要           |
| 3          | 表示量个目标相比, 一个目标比另一个目标稍微重要 |
| 5          | 表示量个目标相比, 一个目标比另一个目标明显重要 |
| 7          | 表示量个目标相比, 一个目标比另一个目标强烈重要 |
| 9          | 表示量个目标相比, 一个目标比另一个目标极端重要 |
| 2, 4, 6, 8 | 上述两个相邻判断的中间值             |

④层次单排序和一致性检验 主要是计算判断矩阵的最大特征根和相应的特征向量, 然后进行一

致性检验: 一致性指标  $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ 。

其中  $\lambda_{\max}$  为判断矩阵的最大特征值, 特征值及特征向量可采用 MATLAB 来计算;  $n$  为评价因素的个数。

平均随机一致性指标  $RI$ , 可通过查表获得,  $RI$  表主要是通过经验得出的。

| 阶数 | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11  |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| RI | 0.00 | 0.00 | 0.58 | 0.90 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 | 1.45 | 1.49 | ... |

随机一致性比例  $CR = \frac{CI}{RI}$ 。当  $CR < 0.1$  时,认为判断矩阵具有满意的一致性,否则需对判断矩阵进行调整。

⑤层次总排序和一致性检验 总排序结果的一致性检验方法与层次单排序的类似。

AHP 法是用一定标度把人的主观判断进行客观定量化而把定性问题进行定量分析的一种简单实用的多准则评价决策方法,但其两两比较的结果的主观性,权重系数可能随时间而改变,随专家价值观和偏见而发生变化,随各因子的取值范围改变及因不同专家评分而结果有异,这就需要在使用该方法进行因子比较时,应尽可能考虑到环境质量评价的各个方面,聘请所涉及到的各个领域的专家进行评估。

1.3 评价指标体系的确立

水环境质量的评价不仅包括水质的评价,还应

该包括水量的评价。一般水量的研究主要包括当地水资源和客水资源两部分。水质的评价主要包括地下水水质和河湖的水质问题。本文主要是针对于河湖水质进行评价,可从地表水、底泥、水生生态质量和富营养化状况等方面进行研究。

对于水质评价模型,由于评价指标太多,因此可根据污染类型,将其分类,然后采用层次分析法进行多层次模糊综合评价。

2 应用实例

2.1 评价指标的选取

以济南市小清河鸭旺口 2004 年资料为例进行水质评价,小清河的主要污染物质可分为 3 个指标层,其指标体系结构如图 1 所示:

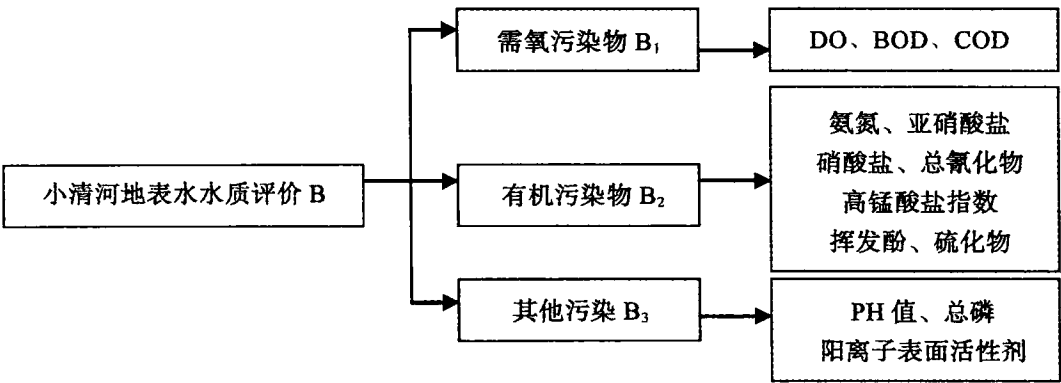


图 1 评价指标体系结构

2.2 用 AHP 法对水质进行评价

1、确定评价对象的因素集即确定评价指标

| 小清河鸭旺口的评价指标: |      |      |      |       |      |      |       |       |      |      | (mg/L) |          |
|--------------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|------|--------|----------|
| DO           | BOD  | COD  | 氨氮   | 亚硝酸盐  | 硝酸盐  | 高锰酸盐 | 挥发酚   | 硫化物   | 总氰化物 | PH 值 | 总磷     | 阳离子表面活性剂 |
| 1.2          | 31.6 | 43.2 | 17.1 | 0.219 | 0.31 | 6.8  | 0.014 | 0.099 | 0.01 | 7.7  | 0.79   | 0.88     |

2、建立评价集

对于水质的评价一般可根据水质标准将其分为六个等级,即  $V = \{I、II、III、IV、V、劣 V\}$ 。

3、构造关系矩阵 R

由于水质污染程度和水质分级标准都是模糊的,所以采用隶属度来刻画分级界限较合理。先根据各指标的六级标准,作出六个级别的隶属函数。

隶属度函数是描述模糊性的关键,对隶属函数的

确定,本文根据半梯形分布与三角形分布相结合的方法确定。

其中 DO 的评价指标是以数值大为最优,其余的则以数值小为最优。根据小清河鸭旺口基本资料,结合以上隶属度函数得其关系矩阵为:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0.9188 & 0.0812 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.8 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.9556 & 0.0444 & 0 \\ 0.02 & 0.98 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.8889 & 0.1111 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.7 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

4、用层次分析法确定评价因素的权向量 W

根据多年监测数据均值,由层次分析法确定各自权重,可将其对水质污染的严重性进行排序。

1) 各指标层次水质因子判断矩阵如表 1、表 2、表 3 所示

2) 目标层水质因子判断矩阵如表 4 所示

表 1 需氧污染物 B1

|     | DO  | BOD | COD | W1     | 检 验                       |
|-----|-----|-----|-----|--------|---------------------------|
| DO  | 1   | 1/5 | 1/5 | 0.1884 | $\lambda_{\max} = 3.0649$ |
| BOD | 1/3 | 1/7 | 1/7 | 0.0810 | RI = 0.58, CI = 0.03245   |
| COD | 5   | 7   | 1   | 0.7306 | CR = 0.056 < 0.10         |

表 2 有机污染物 B2

|        | 氨氮  | 亚硝酸盐 | 硝酸盐 | 高锰酸盐指数 | 挥发酚 | 硫化物 | 总氰化物 | W2     | 检 验                       |
|--------|-----|------|-----|--------|-----|-----|------|--------|---------------------------|
| 氨 氮    | 1   | 7    | 9   | 7      | 5   | 8   | 8    | 0.5029 | $\lambda_{\max} = 7.4485$ |
| 亚硝酸盐   | 1/7 | 1    | 5   | 1      | 1/3 | 3   | 3    | 0.0964 | RI = 1.32                 |
| 硝酸盐    | 1/9 | 1/5  | 1   | 1/5    | 1/7 | 1/3 | 1/3  | 0.0236 | CI = 0.0747               |
| 高锰酸盐指数 | 1/7 | 1    | 5   | 1      | 1/2 | 3   | 3    | 0.1006 | CR = 0.057 < 0.10         |
| 挥发酚    | 1/5 | 3    | 7   | 2      | 1   | 5   | 5    | 0.1868 |                           |
| 硫化物    | 1/8 | 1/3  | 3   | 1/3    | 1/5 | 1   | 2    | 0.0492 |                           |
| 总氰化物   | 1/8 | 1/3  | 3   | 1/3    | 1/5 | 1/2 | 1    | 0.0405 |                           |

表 3 其他污染 B3

|          | PH 值 | 总磷  | 阳离子表面活性剂 | W3     | 检 验                       |
|----------|------|-----|----------|--------|---------------------------|
| PH 值     | 1    | 1/7 | 1/9      | 0.0549 | $\lambda_{\max} = 3.0803$ |
| 总 磷      | 7    | 1   | 1/3      | 0.2898 | RI = 0.58 CI = 0.0401     |
| 阳离子表面活性剂 | 9    | 3   | 1        | 0.6553 | CR = 0.0691 < 0.1         |

表 4 地表水水质评价 B

|          | 需氧污染物 B1 | 有机污染物 B2 | 其他污染 B3 | W      | 检 验                       |
|----------|----------|----------|---------|--------|---------------------------|
| 需氧污染物 B1 | 1        | 3        | 5       | 0.6483 | $\lambda_{\max} = 3.0037$ |
| 有机污染物 B2 | 1/3      | 1        | 2       | 0.2297 | RI = 0.58 CI = 0.0019     |
| 其他污染 B3  | 1/5      | 1/2      | 1       | 0.1220 | CR = 0.0033 < 0.10        |

5、利用加权平均原则方法,求各被评价事物的模糊综合评价结果向量 B。经计算得:

$$B1 = (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1)$$

$$B2 = (0.0606 \ 0.0527 \ 0.1691 \ 0.2065 \ 0.0083 \ 0.5029)$$

$$B3 = (0.0165 \ 0.0384 \ 0 \ 0 \ 0.9451)$$

$$B = (0.0159 \ 0.0168 \ 0.0388 \ 0.0474 \ 0.0019 \ 0.8792)$$

### 2.3 评价结果分析

小清河鸭旺口水质属于劣 V 类水质的概率为 87.92%,根据最大隶属度原则,可以得出小清河的水属于劣 V 类水质,水质严重污染,计算结果与实测水质状况相吻合。今后应该大力开展污染治理,以使水环境质量得到改善,满足生态环境要求。

## 3 结论

目前实际应用中模糊综合评判的主要难点之一就是如何合理地确定各评价指标的权重。为此,本文直接根据单指标模糊评价矩阵构造了用于确定各评价指标权重的判断矩阵,并提出采用层次分析法来确定权重,此方法具有较强的逻辑性、实用性和系统性,并能准确地得出各评价指标的权系数。研究

结果表明,AHP 方法的计算结果较为客观和稳定,方法具有通用性,在水环境质量综合评价中具有很高的应用价值。

### 参考文献

- [1] 宋晓秋. 模糊数学原理与方法[M]. 中国矿业大学出版社. 1999. 11
- [2] 地面水环境质量标准(GB3838-2002)[s]
- [3] 焦士兴,许萍. 水环境质量的综合评价方法研究[J]. 云南地理环境研究. Vol. 16, No. 2, 2004. 04
- [4] 金菊良,魏一鸣,丁晶. 基于改进层次分析法的模糊综合评价模型[J]. 水力学报. 2003. 12
- [5] 柳军. AHP 法在水环境质量综合评价中的应用[J]. 重庆建筑大学学报. Vol. 25, No. 1, 2003. 02

### 作者简介:

李建芳,女,1980年12月出生,本科,2003年6月毕业于山东大学,获工学学士学位;工作于济南市清源水务有限责任公司,任助理工程师。

联系地址:济南市文化东路51号汇东星座605室

邮政编码:250013

电话:15949700826

电子邮箱:ljf372324@163.com