

“十一五”国家科技支撑计划重点项目研究成果专著

农村安全供水技术研究

● 杨继富 丁昆仑 刘文朝 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

“十一五”国家科技支撑计划重点项目研究成果专著

农村安全供水技术研究

杨继富 丁昆仑 刘文朝 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是国家科技支撑计划重点项目“农村安全供水集成技术与示范”的关键技术成果,由项目及课题负责人和研发骨干人员编著,覆盖贫水区找水、高氟水与污染水处理、雨水安全集蓄利用、消毒与水质检测、工程设计与管理、水源污染防治等方面。系统、全面地总结了我国农村安全供水技术研究的最新进展和成果,包括新技术、新设备、新模式、新方法、新系统,先进性和实用性强。主要内容包括:贫水区找水与取水工程技术;劣质地下水处理技术与设备;微污染水净化技术与装置;雨水安全集蓄与利用技术及装置;农村饮用水安全消毒技术与设备;农村供水水质检测技术及设备;农村供水管网优化设计与标准化、信息化集成技术研究;农村饮用水源保护与生活排水处理技术;农村安全供水技术模式。

本书适合农村安全供水领域的科研、技术、管理人员参考,适合农村供水水厂的管理、技术人员参考,也适合高等院校相关专业老师和学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

农村安全供水技术研究 / 杨继富等编著. — 北京 :
中国水利水电出版社, 2015.7
ISBN 978-7-5170-3412-4

I. ①农… II. ①杨… III. ①农村给水—安全技术—
研究 IV. ①S277.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第163799号

书 名	农村安全供水技术研究
作 者	杨继富 丁昆仑 刘文朝 等 编著
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	北京嘉恒彩色印刷有限责任公司
规 格	184mm×260mm 16开本 36.75印张 871千字
版 次	2015年7月第1版 2015年7月第1次印刷
定 价	120.00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

《农村安全供水技术研究》

编写人员

主 编 杨继富

副 主 编 丁昆仑 刘文朝 李振瑜 鄂学礼

参加编著人员 (按姓氏笔画排序)

王玉坤	尹 静	叶正芳	冯传平	刘 伟
刘文君	刘鲲鹏	刘建强	刘玲花	刘行刚
刘 品	孙文海	孙金华	李 斌	李文奇
李君文	李和平	李晓琴	杨宏伟	张 岚
张汉松	张国华	张治晖	张晓健	武 毅
金 丽	金彦兆	赵华章	赵 翠	郝桂玲
胡 孟	胡亚琼	贾燕南	高建恩	程吉林
程先军	谢崇宝	籍国东		

主要编著人员简介

杨继富：中国水利水电科学研究院
水利研究所副所长、教授级高级工程师

丁昆仑：中国水利水电科学研究院
水利研究所总工程师、教授级高级工程师

刘文朝：中国灌溉排水发展中心 教授级高级工程师

李振瑜：清华大学 副教授

鄂学礼：中国疾病预防控制中心 研究员

序

发展农村供水、保障饮水安全事关居民身体健康和生命安全，是一项重大的民生水利工程，是全面建成小康社会和新农村建设的必然要求。党和国家高度重视，在2006年全国人大通过的《国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》中把加快实施农村饮水安全工程列为新农村建设的重点工程。同年国务院常务会议审议通过了《全国农村饮水安全工程“十一五”规划》，明确要求全面实施农村饮水安全工程，解决农村饮水安全问题，科技需求十分巨大。由于农村供水工程量大面广、水源条件差、供水规模小、水源保护及水质保障难度大，难以照搬城市供水技术模式和管理模式。

为有力支撑全国农村饮水安全工程建设，2006年科学技术部批准、水利部组织实施了“十一五”国家科技支撑计划重点项目“农村安全供水集成技术与示范”。该项目是我国农村供水领域第一个国家科技计划项目，由中国水利水电科学研究院牵头承担，通过水利、卫生、地质、教育等部门国内一流的产学研团队协力攻关，在贫水区找水、高氟水与污染水处理、雨水安全集蓄利用、消毒与水质检测、工程设计与管理、水源污染防控等方面凝练形成了16项重要成果，实现了单项技术突破与集成创新，取得发明专利20项、实用新型专利22项，获得软件著作权登记权5项。该项目坚持科研与工程建设紧密结合，研发成果已在20多个省（自治区、直辖市）农村饮水安全工程、全国及地方规划、行业标准编制与管理中应用，带动和促进了全国农村饮水安全工程建设与管理水平的提高和行业技术进步。该项成果获得2014年大禹水利科学技术一等奖。

该书由项目及课题负责人和研发骨干人员编著，系统总结了我国农村安全供水技术研究的最新进展和成果，包括新技术、新设备、新模式、新方法、新系统，先进性和实用性强。期望本书的出版能够进一步推动和促进我国农村供水技术及设备研发与推广应用。

水利部农村水利司司长



2015年5月

前 言

水是生命之源，是人类生存和发展的基本条件。农村安全供水是指农村居民和企事业单位能够及时、方便地获得足量、卫生、负担得起的生活用水。发展农村供水、保障饮水安全是改善农村居民生活条件，贯彻落实“以人为本”“构建和谐社会”的必然要求，是全面建设小康社会和社会主义新农村的重要任务，对促进农村社会经济发展具有重大的意义和作用。但由于长期以来农村供水基础设施薄弱，饮水安全问题十分突出。到 2004 年年底全国农村饮水不安全人口 3.23 亿人，占农村总人口的 34%。其中，水质不安全人口 2.27 亿人，占饮水不安全总人口的 70%，水量不足、保证率低和取水不便人口 9558 万人，占 30%。这种现状严重危害着广大农村居民的身心健康，极大地制约了农村社会经济发展和农民生活水平的提高。

为加快解决农村饮水安全问题，2006 年国务院常务会议审议通过了《全国农村饮水安全工程“十一五”规划》，全国开展了大规模的农村饮水安全工程建设，科技需求十分巨大和紧迫。由于 2005 年以前全国农村供水以饮水解困为主，工程建设标准低、技术和设施落后，科研基础薄弱，不能满足大规模农村饮水安全工程建设需要。由于农村供水工程量大面广，水源条件差、供水规模小，劣质水、污染水问题突出，不能照搬城市供水技术模式和管理模式。为提供有力的科技支撑，2006 年科学技术部批准、水利部组织实施了“十一五”国家科技支撑计划重点项目“农村安全供水集成技术与示范”（项目编号：2006BAD01B00），实施期五年，国拨经费 4300 万元。项目以保障和支撑全国农村饮水安全工程、全面提升农村供水科技水平和行业技术创新能力为目标，重点研究一批与水源开发、水质净化、饮水消毒、水质检测相关的重大关键技术，实现技术突破；研发一批适合农村供水工程特点的实用技术及设备，提升产业化能力和水平；建立适合不同类型地区的农村安全供水技术集成模式与示范工程；初步形成集技术研究、设备研制、产业化开发、试验示范为一体的农村安全供水科技支撑体系与产业化队伍。

项目下设 9 个课题，即饮用水源开发利用技术与设备研制，劣质地下水处理技术与设备研制，微污染水处理技术与装置开发，雨水安全

集蓄与利用技术及装置开发,农村安全供水消毒技术与装置开发,农村安全供水水质检测与水源性疾病监测技术及设备开发,农村供水管网优化设计与标准化、信息化集成技术研究,农村饮用水源保护与生活排水处理技术研究,农村安全供水技术集成与示范。项目由中国水利水电科学研究院牵头承担,中国灌溉排水发展中心、清华大学、中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所、中国地质调查局水文地质环境地质调查中心等 60 多家企事业单位及地方水利、卫生主管部门,400 多人参加完成。

通过水利、卫生、地质、教育等多部门组成的产学研团队协力攻关与试点示范,研究攻克了 31 项关键技术,开发形成 36 种新材料、新产品、新设备;取得发明专利 20 项、实用新型专利 22 项,获得软件著作权登记权 5 项;出版科技著作 8 部,发表科技论文 155 篇;在贫水区找水、高氟水与污染水处理、雨水安全集蓄利用、消毒与水质检测、工程设计与管理、水源污染防控等方面凝练形成了 16 项重要成果,实现了单项技术突破与集成创新。包括:①在国内外首次建立了咸淡水共存区地层真电阻率与地下水矿化度间的数学关系和淡水体勘查技术模式;建立了常规物探与高新技术优化组合的基岩山区和薄层含水层地下水勘查技术模式,大幅提高了贫水区地下水勘查效率和精度;②首次开发应用粉末状颗粒吸附剂、彗星式纤维滤料和动床吸附法除氟工艺,形成了集吸附法和混凝法特点于一体的高氟水处理成套装置,突破了高碱度及多指标超标高氟水处理难题;③首次开发应用跌水曝气生物滤池与超滤膜水力清洗组合技术、高效生物滤池与离子交换组合技术,解决了水中溶解性有机物和高氨氮去除难、超滤膜易堵塞等难题,形成了适合中小型农村供水工程的微污染水净化成套设备;④在国内外首次开发形成了一体化窖水生物慢滤净化技术,解决了分散集雨窖水净化难题;⑤首次系统形成了适合农村供水消毒成套技术;首次将离子膜制碱工艺应用于饮用水次氯酸钠消毒设备开发,使有效氯浓度提高 3 倍,盐耗和电耗降低 40% 以上;开发的新型无隔膜法次氯酸钠发生器,突破了电解槽易结垢、易腐蚀难题,提高了使用寿命,盐耗和电耗降低 30% 以上;⑥首次将饮用水检测标准方法、标准仪器设备配置进行简化,研制形成能够检测 35 项常规指标的中小型农村水厂水质检测成套技术及设备;⑦首次出版的《农村供水工程设计图集》,集中了全国有代表性的工程设计工艺图、结构图,技术先进实用,填补国内空白;开发形成的环状与枝状混合管网优化设计软件,解决了环枝状混合管网和新旧共存管网优化设计难题,为国内首创;⑧创建的全国农村饮水安全信息管理系统,为农村供水领域第一个覆盖全国的信息管理系统,2010 年开始运行

至今,性能稳定可靠,提高了行业管理水平;⑨系统形成了适合不同类型水源特征的农村安全供水工程技术模式。项目成果已在20多个省(自治区、直辖市)、67个县、1088处农村供水工程应用,受益人口457.8万人,直接经济效益12.01亿元;“全国农村饮水安全信息管理系统”、《农村供水消毒技术要点》、农村安全供水工程成套技术模式等已在全国及示范县农村饮水安全工程规划及行业管理中广泛应用,对提高投资效益、减少管理成本等具有重要作用。项目于2011年通过科学技术部验收,全面完成任务。2013年经水利部组织鉴定,项目成果达到国际先进水平;2014年获得大禹水利科学技术一等奖。

为系统总结、介绍和推广“农村安全供水集成技术与示范”项目取得的科技成果,为深入开展农村供水技术研究和农村供水发展提供借鉴和参考,由项目负责人会同课题负责人和技术骨干,以项目及课题研究报告为基础,通过梳理和凝练,撰写了《农村安全供水技术研究》这部专著。该书由十章组成,其中第一章概论,主要介绍了项目背景和主要成果;第二章至第十章分别介绍9个课题的主要研究内容和成果,突出先进性和实用性。

在“农村安全供水集成技术与示范”项目实施过程中,得到了科学技术部农村科技司、中国农村技术开发中心和水利部国际合作与科技司、农村水利司等部门领导和专家的大力支持、精心指导和热情帮助;得到了项目专家的全过程技术指导,包括清华大学杨诗秀教授和王占生教授,中国灌区协会冯广志教高,北京市市政工程设计研究总院有限公司刘学功教授和崔招女教授,中国疾病预防控制中心陈昌杰研究员和孟树臣研究员,军事医学科学院晁福寰研究员,中国科学院生态环境研究中心欧阳志云研究员等,项目成果包含了他们的心血,在此一并表示最衷心的感谢!在项目及课题组织管理工作中,得到了承担单位领导和有关人员的大力支持,在此表示衷心的感谢!

在本书编写过程中,参考和引用了许多国内外文献,在此对这些文献的作者表示衷心的感谢!由于编著者水平有限,书中难免存在疏漏和错误之处,恳请读者批评指正。

作 者

2015年5月

目 录

序

前言

第一章 概论	1
第一节 我国农村供水发展现状与科技需求	1
第二节 农村安全供水技术研究进展	8
第三节 农村安全供水新挑战与科技支撑	21
第二章 贫水区找水与取水工程技术	24
第一节 概述	24
第二节 贫水区地下水勘查技术	29
第三节 浅层薄弱透水性含水层取水技术	67
第四节 傍河辐射井取水工程技术与设备	87
第五节 结论	110
第三章 劣质地下水处理技术与设备	111
第一节 概述	111
第二节 高氟水处理技术及设备	114
第三节 高砷水处理技术及设备	163
第四节 苦咸水淡化技术及设备	186
第五节 结论	198
第四章 微污染水净化技术与装置	200
第一节 概述	200
第二节 微污染地表水超滤膜净化技术及装置	203
第三节 微污染地下水高效生物滤池净化技术及装置	221
第四节 多介质过滤与膜组合微污染地下水处理技术及设备	238
第五节 电化学氮污染水净化技术及设备	244
第六节 光催化与电化学组合微污染地下水处理技术及装置	248
第七节 结论	265
第五章 雨水安全集蓄与利用技术及装置	266
第一节 概述	266
第二节 新型集雨材料与形式研究	267

第三节	集雨水质净化技术与装置研究	278
第四节	山丘区雨水安全集蓄利用技术集成	290
第五节	北方平原及海岛雨水安全集蓄与利用技术集成	292
第六节	结论	303
第六章	农村饮用水安全消毒技术与设备	305
第一节	概述	305
第二节	次氯酸钠消毒技术及设备	308
第三节	二氧化氯消毒技术及设备	324
第四节	紫外线消毒技术及设备	347
第五节	臭氧消毒技术及设备	350
第六节	各种消毒方法比较	365
第七节	结论	366
第七章	农村供水水质检测技术及设备	368
第一节	概述	368
第二节	中小型农村供水工程水质检测成套技术及设备	369
第三节	多参数水质在线监测技术及设备	402
第四节	便携式快速水质检测成套技术及设备	406
第五节	结论	421
第八章	农村供水管网优化设计与标准化、信息化集成技术研究	422
第一节	概述	422
第二节	供水管网优化设计与安全调控技术	424
第三节	农村供水工程设计标准化、信息化集成技术	446
第四节	农村饮水安全信息管理系统	460
第五节	农村供水工程技术经济评价指标体系	463
第六节	结论	471
第九章	农村饮用水源保护与生活排水处理技术	472
第一节	概述	472
第二节	农村饮用水源监测技术及设备	474
第三节	农村饮用水源保护区设置与补偿措施	484
第四节	农村饮用水源地污染防控技术集成及应用	495
第五节	农村生活排水处理技术及装置	514
第六节	结论	530
第十章	农村安全供水技术模式	531
第一节	概述	531
第二节	南方平原区农村安全供水技术模式	532
第三节	山丘区农村安全供水技术模式	539

第四节 农村分质供水技术模式 546

第五节 牧区农村供水技术模式 556

第六节 结论 563

参考文献 565

第一章 概 论

第一节 我国农村供水发展现状与科技需求

一、农村供水的基本概念

(一) 农村供水的基本涵义

水是生命之源，是人类生存与发展不可或缺的基本需求和条件。农村供水亦称村镇供水，系指向县城以外的乡镇、村庄供水，以满足居民和企事业单位生活、生产用水需求。2005 年以来，全国农村供水由饮水解困进入饮水安全阶段，主要目标是使农村居民能够获得及时、方便地获得足量、干净的生活饮用水。根据正在实施的《全国农村饮水安全工程“十二五”规划》，到 2015 年将基本解决农村饮水安全问题。之后，全国农村供水将进入适应全面建成农村小康社会要求的普及自来水、实现可持续安全供水新阶段。

发展农村供水、保障饮水安全是改善农村居民生存条件的基本需要，是贯彻落实“以人为本”“构建和谐社会”的必然要求，也是全面建设小康社会和社会主义新农村的重要任务，对减少人类疾病、改善居民生活环境、提高卫生健康水平、解放农村劳动力、促进农村社会经济发展和解决“三农”问题具有重大的意义和作用。

(二) 农村供水工程组成

一般集中供水工程，由取水工程、输水工程、净水工程和配水工程四部分组成（图 1-1）。但在水源水质达标、可实现重力自流供水的工程中，可省略部分内容。

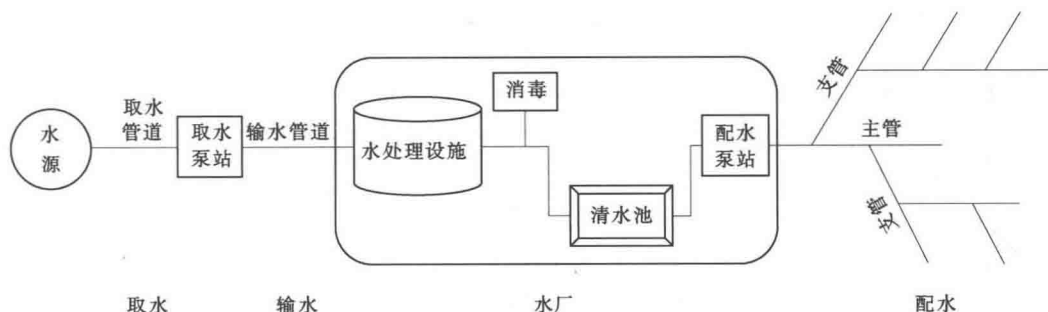


图 1-1 供水工程组成示意图

(1) 取水工程：一般由取水构筑物 and 取水泵站组成，用于从水源提取原水。取水构筑物包括水源和取水头部。取水泵站包括泵房、水泵机组和控制系统。根据水源种类不同，地下水取水构筑物有管井、大口井、辐射井、渗渠、引泉池和截潜流设施；地表水取水构

筑物有固定式、移动式、山区潜水河流式、湖泊水库取水构筑物。

(2) 输水工程：包括输水管道和附属设施，用于将取水工程集取的原水输送至净水工程。

(3) 净水工程：亦称净水厂，一般由净水构筑物或净水设备、消毒设施和清水池组成，用于对原水进行净化处理和消毒，使其达到《生活饮用水卫生标准》（GB 5749）要求。

配水工程：主要由配水泵站、配水管网及调蓄构筑物（高位水池、调节水池）组成，用于将净化处理和消毒后的达标水配送至用户，并满足水量和水压要求。

（三）农村供水工程类型

由于农村供水工程的水源类型、供水范围和供水规模不同，按照工程特点和管理需要进行分类。可按水源类型划分为地下水源供水工程和地表水源供水工程；按供水范围分为城乡一体化供水工程、跨乡村供水工程、单村供水工程和联户或单户供水供水工程；按供水规模分为集中供水工程和分散供水工程。根据《全国饮水安全工程“十二五”规划》，有集中水源和输配水管网、供水到户或公共取水到点、供水受益人口在 20 人及以上的供水工程为集中供水工程，其他的单户或联户供水工程为分散供水工程。根据《村镇供水工程设计规范》（SL 687），集中供水工程按供水规模分为五种类型（表 1-1），其中 I 型至 III 型为规模化供水工程，IV 型和 V 型为小型供水工程。

表 1-1 农村集中供水工程按供水规模分类

工程类型	规模化供水工程			小型供水工程	
	I 型	II 型	III 型	IV 型	V 型
供水规模 $W/(\text{m}^3/\text{d})$	$W \geq 10000$	$10000 > W \geq 5000$	$5000 > W \geq 1000$	$1000 > W \geq 200$	< 200

此外，按水源供给方式分为重力自流供水工程和提水抽升供水工程；在劣质水地区，受制水成本高等限制，将饮用水与其他杂用水分开供水的工程称为分质供水工程。在供水工程类型的选择上，从技术经济可行性和有利于供水工程可持续运行管理考虑，优先选择水源条件好的地表水源；优先选择城乡一体化和跨乡村规模化供水工程；优先选择重力自流供水工程。

（四）农村供水特点和难点

与城市供水相比，农村供水有其自身特点和难点。

(1) 农村人口居住分散，供水工程规模小，点多、面广、量大。到 2010 年底，全国农村人口 9.66 亿，有 59.47 万个村，平均每个村 1625 人；全国农村集中供水工程 52.5 万处，供水规模 8162 万 m^3/d ，受益人口 5.60 亿，平均每个工程供水规模 155 m^3/d ，受益人口 1067 人。由于供水规模小、数量大、效益低，难于实现专业化管理。

(2) 地形条件复杂，区域差异性大。特别是广大的山丘区农村，包括青藏高原、云贵高原等，山高水低、地形变化大，工程建设难度大。

(3) 水源条件差，劣质水、污染水问题突出。城市供水水源一般是规模较大的地表水，如水库、湖泊、河流等，也有相对集中的地下水源，水源保护力度大，水量相对充沛，水质良好。而农村供水水源往往是就地选择，水源类型多、规模小，保护性差，多数

保证率低,水质条件差,高氟水、苦咸水、铁锰超标水和污染水问题突出,缺乏适宜的水处理技术和设备。

(4) 农村供水发展滞后,工程建设与管理人员缺乏。2004 年以前,全国农村供水以饮水解困为主,主要解决“没水吃”和取水困难的问题,工程投资少,建设标准低,供水设施简陋,只有水源和管网,普遍缺乏水处理设施,不能满足饮水安全要求。到 2004 年底,全国农村集中供水工程约 30 万处,受益人口 3.62 亿,仅占农村总人口的 38%,其中小规模单村供水工程分别占集中工程总数和受益人口总数的 91%和 65%。由于农村供水发展滞后,水利行业缺乏工程设计、工程施工与运行管理专业人员,特别缺乏水处理和消毒技术和知识。

(5) 农村经济条件差,管理水平低。由于我国以往实行城乡二元结构政策,农村基础设施薄弱,经济发展滞后,农民收入和管理水平低,需要经济适用、操作简单、管理方便的农村供水技术和设备。与此同时,部分农村居民的饮水安全意识薄弱,对水价政策不理解,存在用水量少、不愿交水费等问题,影响工程正常运行。

(6) 农村供水科研积累严重不足。2004 年以前国家和行业基本没有重大的农村供水科技计划项目,研究资料、实验条件、规划设计与研发技术人员缺乏,没有形成适合农村供水特点的工程规划设计指南、设计图集和水处理、消毒与水质检测技术及设备。

根据全面建设小康社会总要求,2005 年以来全国开展了大规模的农村饮水安全工程建设,城乡统一实行《生活饮用水卫生标准》(GB 5749),农村安全供水面临巨大困难和挑战,需要强有力的科技支撑。

二、我国农村供水发展状况

我国是农业大国和世界上人口最多的发展中国家,有 70%的人口居住在农村。由于长期实行城乡二元化结构政策,以及自然、经济社会等条件制约,农村供水基础设施十分薄弱,农村饮水困难和饮水安全问题十分突出。党和政府历来重视农村供水工作。从 1974 年至 2004 年,历时 30 年解决了全国农村饮水解困问题。从 2005 年开始,全国开展了大规模的农村饮水安全工程建设,大幅改善了农村供水状况。新中国成立以来,全国农村供水的发展历程主要分为起步阶段、农村饮水解困阶段和农村饮水安全阶段。

(一) 全国农村供水起步阶段

20 世纪 50—60 年代,由于农村群众生活水平低,一般年份饮水困难问题不突出,没有独立成为农村水利工作之一。国家主要结合兴修灌溉工程,兼顾解决农村饮水困难,并组织缺水地区群众,以一家一户为单位挖水窖、打旱井、修水池,工程规模很小,解决了部分农村群众饮水困难问题。

(二) 全国农村饮水困难阶段

20 世纪 70 年代初,北方地区发生连续干旱,农村饮水困难问题突出,国家开始将农村饮水解困列入农村水利的重要工作任务。国家明确在小型农田水利补助费内单列专项资金,并结合氟病区改水工作,开始打井、修蓄水池、建设提水工程,解决了饮水困难问题。

1984 年国务院批转水利电力部制定的《关于农村人畜饮水工作的暂行规定》,明确了

农村饮水困难标准与工程建设标准（表 1-2），工程建设所需资金及材料设备以自力更生为主，国家补助为辅。1974—1999 年国家通过以工代赈、银行贷款、扶贫资金支持等，解决了农村饮水困难人口 2.16 亿人，但还有 5020 万人存在饮水困难。

表 1-2

农村饮水困难标准与工程建设标准表

年份	饮水困难标准	工程建设标准
1984 年	(1) 居民点到取水点的水平距离大于 1~2km，或垂直高差超过 100m； (2) 正常年份连续缺水 70~100d	(1) 干旱期间，北方每人每日供水 10kg 以上，南方 40kg 以上； (2) 平均年降雨量 600mm 以下利用旱井、旱窖的地方，蓄水量以蓄 1 年够 1~2 年用为宜
2000 年	(1) 居民点到取水点的水平距离大于 1~2km，或垂直高差超过 100m； (2) 正常年份连续缺水 70~100d； (3) 饮用水中氟含量超过 1.1mg/L，8~15 岁人群中氟斑牙患病率大于 30%，出现氟骨症病人	(1) 供水系统一般只到公共供水点； (2) 供水量，正常年份 20~35L/(人·d)，干旱年 12~20L/(人·d)； (3) 水质达到《农村实施〈生活饮用水卫生标准〉准则》

从 2000 年开始，国家决定加大农村饮水解困国债资金投入。2000 年水利部编制了《全国解决农村饮水困难“十五”规划》，提出到“十五”末基本解决农村饮水困难问题；同时制定了《农村人畜饮水项目建设管理办法》，进一步完善了农村饮水困难标准和工程建设标准，增加高氟水指标与水质标准。2000—2004 年国家安排国债资金 98 亿元，加上地方政府配套和群众自筹 82 万元，解决了 5700 万人饮水困难问题，提前完成了“十五”规划任务。

总之，1974—2004 年，国家通过以工代赈、氟病区改水、扶贫攻坚、安排专项国债资金等措施，累计解决了 2.8 亿农村居民饮水困难问题，结束了农村长期存在的“没水吃”和取水困难的历史。但受国家经济条件制约，农村饮水困难投资少、工程建设标准低，供水规模小，很多水厂供水到点，方便程度低，水质不达标，不能满足饮水安全和全面建设小康社会需要。

（三）全国农村饮水安全阶段

农村饮水安全，是指农村居民能够及时、方便地获得足量、干净的生活饮用水。我国农村在基本解决温饱问题后，广大农村居民对饮水安全的需求更加迫切。在《国民经济和社会发展规划第十一个五年规划纲要》中，把加快实施农村饮水安全工程列为新农村建设的重点工程。根据党中央、国务院的要求，水利部提出：“要把保障饮水安全、维护生命健康作为水利工作的首要任务。”

为统一标准，摸清全国农村饮水安全现状和问题，2004 年水利部和卫生部制定了《农村饮用水安全卫生评价指标体系》（表 1-3），包括水质、水量、方便程度和保证率四项指标，其中四项指标中有一项指标低于基本安全最低值，即为不安全。以此为标准，2005 年水利部、国家发展和改革委员会和卫生部共同组织实施了全国农村饮水安全现状调查评估，摸清了农村供水现状和问题，组织开展了全国农村饮水安全工程建设。

表 1-3 农村饮用水安全卫生评价指标体系表

评价指标	安 全	基 本 安 全
水质	符合《生活饮用水卫生标准》(GB 5749)	符合《农村实施〈生活饮用水卫生标准〉准则》
水量	可获得水量不低于 40~60L/(人·d)	可获得水量不低于 20~40L/(人·d)
方便程度	人力取水往返时间不超过 10min	人力取水往返时间不超过 20min
保证率	供水保证率不小于 95%	供水保证率不小于 90%

1. 全国农村供水现状和问题

到 2004 年底,全国农村有 3.70 万个乡镇、65.27 万个村、2.50 亿户、9.43 亿农村人口,占全国总人口的 72.5%。全国农村集中供水人口 3.6 亿人,仅占农村总人口 38%,分散供水人口 5.8 亿人,占农村总人口 62%。

全国农村集中供水工程约 30 万处,其中乡镇及跨乡镇工程 2.15 万处,仅占 7%,单村供水工程占 91%;供水规模大于 200m³/d 的集中供水人口仅占农村总人口的 13%。多数供水工程设施简陋,只有水源和管网,有水处理设施的仅占 8%左右,不能保障饮水安全。在 5.8 亿分散供水人口中,有 67%采用浅井供水,3%为集雨水窖或水池蓄水,9%为引泉(南方山丘区较多),其余 21%无供水设施,直接从河水、溪水、坑塘水、山泉水取水或到其他村拉水,更不能保障饮水安全。

到 2004 年底,全国农村饮水不安全人口为 3.23 亿人,占农村人口的 34%。其中:水质不安全人口 2.27 亿人,占饮水不安全总人口的 70%;水量、方便程度或保证率不达标人口为 9558 万人,占饮水不安全总人口的 30%。饮用水质超标,是我国农村饮水安全面临的主要问题。全国农村饮水不安全人口分类见表 1-4。

表 1-4 全国农村饮水不安全人口

分 类		2004 年底调查结果	
		人数/万人	比例/%
农村饮水不安全总人数		32280	占农村总人口的 34
饮水水质不达标人数		22722	占饮水不安全总人口的 70
其中	氟超标	5085	占水质不安全总人口的 22
	砷超标	289	占水质不安全总人口的 1
	苦咸水	3855	占水质不安全总人口的 17
	污染水	9084	占水质不安全总人口的 40
	其中,血吸虫疫区	934	
	其他饮水水质超标问题	4410	占水质不安全总人员的 19
水量、方便程度和保证率不达标人数		9558	占饮水不安全总人员的 30

需要指出是,上述 3.23 亿农村饮水不安全人口是饮水安全问题比较突出的人口,同时考虑能够纳入全国农村饮水安全工程总体规划、近期能够解决的人口。对于一些水质超标不严重、没有发病、近期实施了饮水解困工程的人口,暂时没有纳入。也就是说,即使按照 1991 年全国爱卫会、卫生部颁布的《农村实施〈生活饮用水卫生标准〉准则》二级

指标测算,全国农村饮水不安全人口也远大于 3.23 亿人。如上述 5.8 亿分散供水人口普遍存在饮水不安全问题。

农村饮水安全问题形成的主要原因有下列四个方面:

(1) 水文地质条件及开矿等形成的饮用劣质水问题。受水文地质条件以及开矿等人类活动的影响,在沿海地区、低平原区、湖区、河套、古河道、洪泛区、山前洼地、矿区等易沉积地区,部分地下水有害矿物成分高,高氟水、高砷水、苦咸水及铁、锰含量超标水问题严重,造成水质性缺水。

(2) 干旱缺水和山丘区取水困难问题。受季风气候影响,我国降水时空分布不均、年际间变化大,无论北方还是南方,普遍存在冬干、春旱等季节性缺水问题。尤其北方干旱、半干旱地区,降水总量不足,十年九旱,部分农村既缺地表水,又缺地下水。特别是“三北”地区经常出现大旱或连续干旱。再加上水资源过度开发利用,造成地下水下降,许多泉水、溪水、河水断流,造成饮水安全问题。我国又是一个多山丘国家,山丘区占国土面积的 70%。山丘区地形复杂,居住分散,人住在高处,水在低处,长期存在水源缺乏或取水困难。其中南方山丘区属于工程性缺水,北方山丘区属于资源性缺水。

(3) 农村供水基础设施薄弱,投入严重不足。到 2004 年底,全国还有 62% 的农村居民仍然沿用传统的分散取水方式,自建、自管、自用。已有的集中供水设施,主要由乡村集体和群众投资投劳兴建,国家和地方政府投入很少,普遍存在工程设施简陋、老化失修、缺少净水设施等问题。

(4) 水污染严重,进一步加剧了农村饮水安全问题。过去农村地下水及周边河流、水库、池塘等,能够作为饮用水源。但随着经济发展和城镇化,城镇生活污水和工业废水排放量越来越多,但处理和达标排放率低;农业化肥农药施用量不断增大,农村生活污水和生活垃圾随意排放,缺乏处理,加剧了农村水源污染。尤其人口密集的平原区,人居环境不断恶化,饮用水中微生物、有机物等有害污染物超标严重,造成水质性缺水问题。

2. 农村饮水安全工程建设

为加快解决全国农村饮水安全问题,2006 年国务院审议通过了《全国农村饮水安全工程“十一五”规划》,规划解决 1.6 亿农村居民饮水安全问题,力争用两个五年计划解决 3.2 亿农村居民饮水安全问题。从 2009 年国家扩大内需,进一步加大农村饮水安全工程投资,“十一五”规划任务超额完成。“十一五”期间,全国农村饮水安全工程建设投资 1053 亿元,其中中央投资 590 亿元,地方政府投资和群众自筹 439 亿元,社会融资 24 亿元。共计解决了 19 万个村、2.12 亿农村居民饮水安全问题。其中:重点解决了中度、重度高氟水(氟含量大于 2mg/L)、高砷水(含砷量大于 0.05mg/L)人口 4160 万人;解决苦咸水人口(溶解性总固体大于 2g/L) 2743 万人;解决血吸虫疫区人口 832 万人;解决严重污染水(COD_{Mn} 大于 6mg/L)、致病微生物、铁锰严重超标和水量不足、水源保证率低、取水极不方便人口 1.35 亿人。此外还解决了 4.5 万所农村学校、1870 万农村学校师生的饮水安全问题。

“十一五”期间,新建集中供水工程 22.1 万处,受益人口 2.02 亿人;新建分散供水工程 66.1 万处,受益人口 1040 万人。到 2010 年底,全国农村集中供水工程 52.5 万处,受益人口 5.57 亿,集中供水人口占农村总人口比例由 2004 年的 38% 提高到 58%,大幅