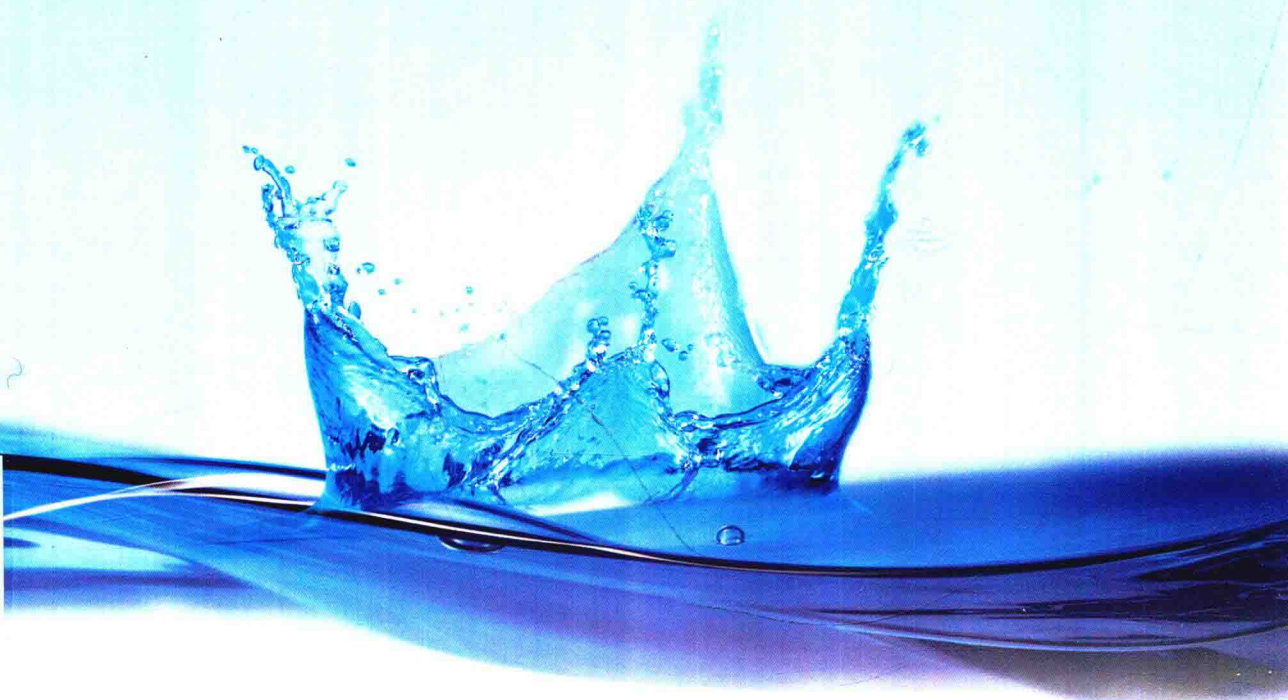


Study on Water Use Security Degree
under Different Water Conditions

不同来水条件下 用水保障程度研究

侯保灯 王高旭 吴永祥 肖伟华 占许珠 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

不同来水条件下 用水保障程度研究

侯保灯 王高旭 吴永祥 肖伟华 占许珠 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

·北京·

内 容 提 要

本书针对当前水供需管理中存在的问题,采用理论分析和实例研究相结合的方法,对不同来水条件下用水保障程度进行了系统研究。在水文频率和供水保证率内涵分析的基础上,明确了用水保证率的内涵,厘清了水文频率、供水保证率和用水保证率三者之间的相关关系,提出了用水保障程度的计算和评价方法,并分别选取单工程供水用水户和区域综合供水用水户进行了不同来水条件下用水保障程度的实例研究,证实存在用水挤占、用水权益受到损害的现象,揭示了不同来水条件和水资源配置情况对区域用水保障程度的影响,提出了不同用水保证率用水户用水保障方案。

本书可供水资源、水文、水利工程、环境、生态等领域的科研、管理和教学人员阅读,也可作为相关专业研究生和高校学生的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

不同来水条件下用水保障程度研究 / 侯保灯等著

— 北京 : 中国水利水电出版社, 2017. 10
ISBN 978-7-5170-6039-0

I. ①不… II. ①侯… III. ①水资源管理—研究—中国 IV. ①TV213.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第277813号

书 名	不同来水条件下用水保障程度研究 BUTONG LAISHUI TIAOJIAN XIA YONGSHUI BAOZHANG CHENGDU YANJIU
作 者	侯保灯 王高旭 吴永祥 肖伟华 占许珠 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
经 售	电话: (010) 68367658 (营销中心) 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	北京中献拓方科技发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 10印张 237千字
版 次	2017年10月第1版 2017年10月第1次印刷
定 价	46.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

序

用水保证率是水资源管理和经济社会用水管理中经常出现的名词，主要表达的是用水户对用水需求满足的程度。与用水保证率相对应的是供水保证率，供水保证率表达的是供水工程所达到的供水能力。针对特定的供水工程，供水对象用水保证率相同，水资源管理或用水管理相对简单，而供水对象的用水保证率不同时，水资源管理或用水管理就复杂了。针对一个行政区域而言，居民生活、工业、农业、服务业、生态环境等用水保证率不同，如何保证用水安全和公平就是非常复杂的问题了。在实践中，常见的情况是：为发展农业灌溉而建的水库转为向工业或城市生活供水，导致灌区供水量逐年减少，大量灌区供水得不到保障，部分地区农民不得不打井灌溉，超采地下水；灌溉设计保证率原为75%的灌区，因水库几乎100%保障工业供水，使得灌区的实际用水保证率不足50%。由于用水保证率的内涵不够明确和规范，用于管理中经常与供水保证率、来水频率等混淆；用水户在实际用水中，经常不考虑来水条件的影响，导致农业及其他弱势用水户的用水权益得不到保障，河道生态环节用水经常被挤占，直接影响供水的安全、公平和可持续。

侯保灯博士从攻读博士学位开始，就开展了不同来水条件下用水保障程度核定方法研究，并结合水利部的相关研究课题完成博士学位论文。现在，在论文基础上，进一步完善而写作的《不同来水条件下用水保障程度研究》即将出版，是值得高兴的事。本书以问题为导向，从基本概念、基本理论和分析模型研究入手，引入相应的计算方法，提出不同来水条件下用水保障程度核定方法。内容有以下几个方面的特点：一是基本厘清了水文频率、供水保证率与用水保证率之间的关系，明确了三者的适用对象。水文频率适用于水文要素，如降水、径流、洪水等；供水保证率是针对供水工程而言的，用水保证率是针对用水户而言的。二是提出了不同来水条件下不同用水保障程度计算方法以及快速评价方法。尤其是将可靠度分析引入到保证率计算中，丰富了保证率的计算方法，也拓宽了可靠度分析的应用范围。三是通过案例研究，定量分析了不同来水条件下用水挤占、用水权益受到损害的程度，为实际水资源管理工作提供

了事实依据。四是初步提出了不同用水保证率用水户用水保障方案，拓展了水资源精细管理的途径。本书的出版对保障区域用水安全、科学和严格管理水资源具有重要的理论意义和实用价值。

水资源管理涉及水文学、水资源学、工程学、管理学、经济学、法学等学科，看似简单的问题，解决起来却十分复杂。本书所反映的研究成果，并不能为解决用水挤占、用水权益受损等问题提供灵丹妙药，但本书做了比较有意义的探索，以期对相关领域的学者、管理人员有所启发。

是为序。

高而坤

2017年10月

我国水资源总量丰富，但可利用量有限。人多水少，水资源时空分布不均，是我国的基本国情和水情。据2010年国务院批复的《全国水资源综合规划》，我国28400亿 m^3 的水资源总量中，可利用量仅为8140亿 m^3 ，不足总量的30%；而根据1997年以来《中国水资源公报》统计，全国总用水量总体呈缓慢上升趋势，2013年全国的总用水量已达6183.4亿 m^3 。目前，我国人均水资源占有量约为2100 m^3 ，仅为世界平均水平的28%，列世界第125位。全国正常年份缺水500亿 m^3 ，全国660多个城市中，有2/3的城市不同程度地缺水，其中100多个严重缺水，缺水类型呈现资源型、工程型、水质型、管理型和混合型五大类。部分地区在天然来水减少的情况下，年内分配更加不均，非汛期来水比例进一步下降，一些河流因开发利用不合理，甚至出现河道断流的现象，威胁下游的供水、生态和经济社会安全。由于经济社会发展大量挤占河道内生态环境用水和超采地下水，导致许多地区出现河流断流、干涸，湖泊、湿地萎缩，入海水量减少，河口淤积萎缩、地下水位持续下降、地面沉降、海水入侵、土地沙化等一系列与水有关的生态环境问题。

经济社会的快速发展，人口将更加密集，产业将更加集中，对水安全保障能力也将提出更高的要求。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》中提出，“十二五”期间全国将新增年供水能力400亿 m^3 。供水能力的增加可以保证供水的安全，然而如果来水量持续减少，在没有足够工程调蓄能力的情况下，实际供水也很难得到保障。为社会和经济发展的需要提供适当保证程度的、质和量都可满足需要的水供应是水安全的基础问题，也是我国当前水安全保障面临的最紧迫问题之一。

供水多少与来水或蓄水以及工程供水能力的多少直接相关，在供水工程设计的过程中，供水保证率多是根据多年供水量的排频确定，已考虑了来水的情况。但是，在实际供水中，用水户需用多少水则多不考虑来水情况，只是根据自身设定的用水保证率来要求供水。由于缺乏各类用水户用水保证率控制标准的计算方法，没有考虑供水工程的供水保证率与多用水户的用水保证率之间的

关系，在较枯的年份，很难回答能否保证保证率较高用水户的供水问题。不同用水户因用水性质不同，所要求的用水保证率高低不等，由于不同保证率用水户的用水权益关系不明确，在来水较枯的年份，一般会优先供给高用水保证率的用水户，因来水有限，对低保证率用水户的用水则供给很少，甚至一点也不能供给，对低用水保证率的用水户有失公平，同时也不利于水权制度的建设与实施。在一些地区，由于生活、生产用水的保证率设置偏高，会大量超采地下水 and 挤占生态用水，继而可能引发一系列严重的生态环境问题。

为解决供水安全保障中存在的现实问题，有必要分析不同用水户因用水保证率高低而造成的挤占影响，计算不同来水条件下的各类用水户的用水保障程度，为建设项目水资源论证和取水许可等水资源管理提供技术支撑。

本书针对当前水供需管理中存在的实际问题，结合水文频率和供水保证率的内涵分析，明确了用水保证率的概念与内涵，厘清了水文频率、供水保证率与用水保证率三者之间的相关关系，提出了用水保障程度计算和评价方法，进行了不同来水条件下单供水工程和区域综合供水情况下多用水户用水保障程度实例研究，提出了不同用水保证率用水户用水的保障方案。取得的主要创新点如下：

(1) 阐述了用水保证率的概念和内涵，厘清了水资源多用户条件下水文频率、供水保证率与用水保证率之间的关系。

用水保证率表征了用水保障程度的高低，用水保证率的确定应以用水户的合理用水需求为前提，体现在水量、水质、持续性和经济性四个方面，包括一般状态和应急状态两种情景。水资源多用户条件下水文频率、供水保证率与用水保证率两两之间存在着较强的相关性。

(2) 提出了不同来水条件下不同用水保障程度计算方法。

在目前传统的保证率计算方法研究分析的基础上，依据一定的原则，对“正常工作”时段统计方法进行了处理，针对水库工程兴利调节计算，研究提出了三种计算合理保证率的方法；将验算点法、JC法、蒙特卡罗法等可靠度分析方法引入到保证率计算中，构建了基于可靠度分析方法的保证率计算模型。经实例验证，证明了上述计算方法的可行性和合理性。

(3) 定量分析了不同来水条件下用水挤占、用水权益受到损害的程度。

通过水库供水工程实例研究，定量分析了不同来水条件下，不同设计保证率用水户的用水影响情况，为保证高设计保证率的用水户的正常用水，存在挤占低设计保证率用水户正常用水的现象，即使在较丰水年，这种现象也会存在，使得高设计保证率的用水户的实际用水保证率高于其设计值，而低设计保证率的用水户的实际用水保证率低于其设计值；低设计保证率用水户优先取得水权但其用水权益却低于其预期值，且随着高设计保证率用水户用水的增加，

将会出现继续降低的现象。

(4) 定量分析了不同来水条件和水资源配置情况对区域用水保障程度的影响。

通过区域不同来水条件设定和水资源多 Agent 系统仿真与配置研究, 定量分析了不同来水条件和水资源配置情况对区域用水保障程度的影响。不同的来水条件下、不同的用水总量控制制度对区域用水保障程度影响较大, 水资源丰沛地区比相对匮乏地区的用水保障程度高, 城镇生活、工业等高设计保证率的用水户因优先进行水资源配置, 故其用水保障程度较高; 而农业、生态环境等低设计保证率的用水户在缺水时最先遭到限制, 用水保障程度相对较低。

研究成果对加强水资源论证和取水许可管理, 探索水权制度建设及水权交易, 促进最严格水资源管理制度的建设与实施, 具有十分重要的理论和现实意义。

本书共分 8 章, 分别为绪论、供用水管理现状及存在问题、用水保证率内涵及相关关系研究、不同来水条件下用水保障程度计算和评价方法研究、不同来水条件下单工程供水多用水户用水保障程度研究、不同来水条件下区域综合供水多用水户用水保障程度核定研究、不同用水保证率用水户用水保障方案研究、结论与展望。

第 1 章绪论主要介绍了本书的研究背景、目的和意义, 对保证率、用水安全保障、水资源合理配置国内外研究进展进行了综述, 指出了当前针对用水保障的研究及水管理现状存在的问题, 进而提出了本书的主要研究内容和技术路线, 最后概述了本书的主要研究成果。本章由侯保灯、王高旭、肖伟华、吴永祥共同执笔编写。

第 2 章在 12 个加快实施最严格水资源管理制度试点和其他省市现状调研的基础上, 按照实行最严格水资源管理制度的内容体系, 分析了我国供用水管理的现状, 探讨了存在的主要问题。本章由侯保灯、王高旭、占许珠共同执笔编写。

第 3 章从水文频率、保证率的概念分析入手, 探讨了供水保证率的定义与内涵, 在此基础上, 阐述了用水保证率的概念, 认为用水保证率是用水保障程度的度量; 初步提出了具有明确物理意义的用水保证率定义和内涵, 厘清了水文频率(来水频率、降水频率)、供水保证率、用水保证率这三者之间的相关关系。本章由侯保灯、王高旭、占许珠、吴永祥共同执笔编写。

第 4 章首先对不同来水条件进行设定, 从传统保证率计算方法入手, 结合用水保证率的分类, 分别提出了不同来水条件下理论保证率计算方法和合理保证率计算方法; 通过可靠度分析基本原理的阐述及计算方法研究, 认为可靠度分析方法可进行保证率的核定计算, 且计算结果介于理论历时保证率法与理论数量保证率法之间, 相对较为合理; 最终构建了基于可靠度分析的保证率计算

模型。针对综合评价方法的局限性，基于用水保证率的内涵分析与计算，提出了不同情况下用水保障程度的简易评价方法。本章由侯保灯、王高旭、肖伟华共同执笔编写。

第5章针对单工程供水的多个用水户进行了不同来水条件下的用水保障程度研究。设定了长系列来水、典型年来水、随机生成来水三种不同的来水条件，进行了现状工况和新增供水情况下的用水保障程度计算与评价，计算结果表明不同的来水条件下，用水户的用水保障程度不同；本年的用水保障程度受水库调度情况和上一年甚至上两年的来水影响较大；不同来水条件下，不同设计保证率用水户的用水保障程度会互相产生影响，为保证高设计保证率的用水户的正常用水，存在挤占低设计保证率用水户正常用水的现象，即使在较丰水年这种现象也会存在（即较丰水年也存在年供水量为0的情况），使得高设计保证率的用水户的实际用水保证率高于其设计值，而低设计保证率的用水户的实际用水保证率低于其设计值；从水权的角度来看，最早取得取用水权的低设计保证率用水户的用水权益低于其预期值，且随着时间的推移和高设计保证率用水户用水的增加（水权的调整和重新分配），出现继续降低的现象。本章由侯保灯、王高旭、吴永祥、占许珠共同执笔编写。

第6章以泉州市为例探讨了不同来水条件下区域综合供水多用水户用水保障程度情况。首先分析了泉州市基本情况，发现泉州市虽水资源总量丰富，但可利用量有限，且水资源时空分布十分不均；从水资源开发利用状况分析结果来看，泉州市经济社会发展迅速，经济社会用水量猛增，用水效率相对较高，但仍有较大的节水潜力；总体来看，水资源开发利用程度不大，但部分区域本地水资源有限，开发利用程度较高；从现状用水情况及中远期供需态势分析来看，泉州市水资源开发利用中存在的问题，不同区域存在着不同类型不同程度的缺水现象。接着进行了泉州市不同水平年和不同来水条件的设定，结合泉州市用水总量控制指标及最严格水资源管理情况，详细分析了泉州市水资源多 Agent 系统中各 Agent 行为模式及交互模式，建立了泉州市水资源多 Agent 系统仿真与配置模型；基于水资源需求层次理论，进行了不同来水条件下的水资源初步配置和优化配置。在水资源配置的基础上，本章重点分析了泉州市区域、各区县、各用水户以及工业各行业用水户用水保障程度。分析结果表明不同的来水条件下、不同的用水总量控制制度对区域用水保障程度影响较大，水资源丰沛区县比相对匮乏区县的用水保障程度大，城镇生活、工业等高设计保证率的用水户因优先进行水资源配置，故其用水保障程度较大，几乎可到达100%；而农业、生态环境等低设计保证率的用水户在缺水时最先遭到破坏，用水保障程度相对较低；工业行业内部，火核电行业因设计保证率极高，配置中其用水需求得到了100%保障，而一般工业遭到一定程度的破坏。最后根据

目前相关规范中对各用水户的用水保证率的设定，结合泉州市用水保障程度计算结果，研究拟订了泉州市不同用水户的合理用水保证率。本章由侯保灯、王高旭、吴永祥、占许珠共同执笔编写。

第7章在以上章节研究成果的基础上，研究提出了不同用水保证率用水户合理用水的保障方案。区域层面，应加强规划管理，积极探索规划水资源论证，做好水资源的宏观配置；具体实施时，应加强需水管理和供水管理，增供控需，实现水资源的优化配置，合理确定不同来水条件下不同设计保证率用水户的可用水量。具体用水户层面，应加强水资源论证，合理确定用水保证率，严格取水许可和水资源费有偿使用，强化用水定额和计划用水管理等，确保按照用水保证率供水。在水权、水市场管理方面，应加快推进水权建设，做好水权分配与调整，确保优先取得水权的用水户，无论其用水保证率的高低，当水权出现调整重新分配时，其用水权益不受损害，如有损害，应对其减少的用水权益进行合理补偿；加强水权交易管理，确保水权出让方的利益不减少、水权受让方的转换水量不减少、第三方用水户利益不受影响，保障各用水户的合理用水。最后，提出了近期水资源管理中为了保障不同保证率用水户合理用水的重点工作。本章由侯保灯、王高旭、吴永祥共同执笔编写。

第8章对全书进行了总结，阐述了本书的主要结论和创新点，并对未来应该加强研究的方向进行了展望。本章由侯保灯、王高旭、肖伟华、吴永祥共同执笔编写。

全书由侯保灯、王高旭、吴永祥、肖伟华、占许珠修改并定稿。

本书研究过程中得到了水利部原司长高而坤教高的全程指导，又承蒙高而坤教高在百忙之中审读并撰写序，对此表示衷心感谢。

本书研究内容由国家重点研发计划课题“黄渤海沿海地区海水入侵综合防治与管理对策研究”（2016YFC0402808）和国家自然科学基金项目“基于马斯洛需求层次理论的生活需水计算与动态调控研究”（51509267）共同资助完成。研究过程中得到了南京水利科学研究院刘国纬教高、耿雷华教高、颜志俊教高、王建生教高，中国水利水电科学研究院马静教高，山东省水利厅郭旭维科长，泉州市水利局卢有行科长、陈守珊主任科员的大力支持与帮助，在此表示感谢！研究过程中，赵宏臻、吴凯、徐荣嵘、李岱远等研究生参与了部分数据的整理录入、图表的制作以及部分章节初稿的编写，特此一并感谢。

本书由南京水利科学研究院出版基金资助出版，在此表示感谢。限于时间和作者水平，书中疏漏及不妥之处在所难免，诚望读者不吝赐教、批评指正。

作者

2017年10月

序
前言

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的和意义	3
1.3 用水保障相关研究进展	4
1.4 主要内容及技术路线	10
1.5 主要研究成果	12
第 2 章 供用水管理现状及存在问题	15
2.1 供水管理现状	15
2.2 用水管理现状	25
2.3 存在的主要问题	33
2.4 本章小结	35
第 3 章 用水保证率内涵及相关关系研究	36
3.1 用水保证率内涵分析	36
3.2 水文频率、供水保证率与用水保证率相关关系分析	45
3.3 本章小结	51
第 4 章 不同来水条件下用水保障程度计算和评价方法研究	52
4.1 不同来水条件设定	52
4.2 传统保证率计算方法	53
4.3 基于可靠度分析的保证率计算方法	57
4.4 区域用水保障程度简易评价方法	63
4.5 本章小结	64
第 5 章 不同来水条件下单工程供水多用水户用水保障程度研究	65
5.1 基本情况	65
5.2 不同来水条件下现状工况用水户用水保障程度核定	67
5.3 不同来水条件下新增供水用水户用水保障程度计算	82

5.4	用水权益分析	88
5.5	本章小结	89
第6章	不同来水条件下区域综合供水多用水户用水保障程度核定研究	90
6.1	泉州市概况及水资源开发利用状况分析	90
6.2	不同来水条件设定	100
6.3	泉州市水资源系统仿真与配置	101
6.4	泉州市用水保障程度分析与评价	119
6.5	不同用水户合理用水保证率拟订	125
6.6	本章小结	127
第7章	不同用水保证率用水户用水保障方案研究	128
7.1	加强规划管理、增供控需，做好区域水资源优化配置	128
7.2	强化取水许可和计划用水管理，保障用水户合理用水	130
7.3	加强水权、水市场管理，确保用水户公平用水	132
7.4	近期水资源管理工作重点	132
7.5	本章小结	133
第8章	结论与展望	134
8.1	主要结论	134
8.2	主要创新点	136
8.3	展望	136
	参考文献	138

第 1 章 绪 论

1.1 研究背景

当前,随着我国人口的持续增长和工业化、城市化进程的快速推进,水资源需求量逐渐增大^[1];我国水资源总量虽丰富但可利用量较少,人多水少、时空分布不均加之用水浪费和效率不高的现象普遍存在,水资源短缺的矛盾越来越尖锐;而经济社会的快速发展,对水资源提出了更高的保证要求,我国的水资源形势越来越严峻^[2,3]。

据 2010 年国务院批复的《全国水资源综合规划》中计算成果,我国 28400 亿 m^3 的水资源总量中,可利用量仅为 8140 亿 m^3 ,不足总量的 30%;而全国的总用水量却不断增加^[4],2012 年全国的总用水量已达 6131.2 亿 m^3 ^[5]。目前,我国人均水资源占有量为 2100 m^3 ,仅为世界平均水平的 28%,列世界第 125 位。全国正常年份缺水 500 亿 m^3 ,全国 660 多个城市中,有 2/3 的城市不同程度缺水,其中 100 多个城市严重缺水,缺水类型呈现资源型、工程型、水质型、管理型和混合型五大类。与此同时,受传统经济增长模式影响,我国用水方式粗放、用水效率低下,水资源浪费现象十分普遍。虽经“十一五”期间的努力,农田灌溉用水有效利用系数已达 0.5,但仍与发达国家的 0.7~0.8 相差较大;单方水 GDP 产出仅为世界平均水平的 1/3 左右,工业水重复利用率相当于发达国家 20 世纪 80 年代初水平;全国城市废污水处理率仅为 70% 左右;城市管网漏失率约为 20%,节水器具普及率低、非常规水资源利用仍处于初级阶段。

受人类活动和气候变化的双重影响,我国部分地区尤其是北方地区,降水和径流呈现明显减少的趋势。据《中国水资源及其开发利用调查评价》报告成果显示:降水量变化方面,海河区、黄河区、辽河区、西南诸河区 1980—2000 年与 1956—1979 年相比减少明显,其中海河区减少了约 10%;江河实测径流量变化方面,1980—2004 年相对于 1950—1979 年,全国范围内总体呈减少趋势,其中海河、黄河、辽河显著减少,以海河变化率最大;地表水资源量变化方面,1980—2000 年相对于 1956—1979 年,黄淮海辽地区地表水资源量减少明显,其中海河区变化率,达到 40.8%。

部分地区在天然来水减少的情况下,年内分配更加不均,非汛期来水比例进一步下降,一些河流因上游地区开发利用不合理,严重时甚至会出现河道断流的现象,威胁下游的供水、生态和经济社会安全。同时,部分地区地下水开采过度。目前,全国已形成深浅层地下水超采区 400 多个,超采区总面积近 19 万 km^2 ,约占平原区总面积的 11%,主要分布在北方地区,其中海河平原地下水超采区面积占平原面积的 91%。由于经济社会发

展大量挤占河道内生态环境用水和超采地下水,导致许多地区出现河流断流、干涸,湖泊、湿地萎缩,入海水量减少,河口淤积萎缩、地下水位持续下降、地面沉降、海水入侵、土地沙化等一系列与水有关的生态环境问题。

经济社会的快速发展,人口将更加密集,产业将更加集中,对水安全保障能力也将提出更高的要求。水的安全保障应涉及以下几方面的内容^[6]:①为支持社会和经济发展的需要,对各类用水要求提供适当保证程度的、质和量都可满足需要的水供应;②通过江河治理,减轻因洪涝造成的灾害损失,保护人民生命财产,维系社会稳定;③努力增加可利用水量,开发除河川径流和地下水之外的可利用水源;④不断改善水环境,治理水污染,减少污染源,并与整个环境治理同步;⑤推行合理用水和节约用水,实行水资源统一管理,治理水土流失现象;⑥注意开发利用水资源对有关生态和环境的影响。其中,第①方面供水保证是其他几方面内容的基础,也是当前最紧迫的内容之一。2011年中央1号文件指出加快水利改革发展事关经济社会发展全局,不仅关系到防洪安全、供水安全、粮食安全,而且关系到经济安全、生态安全、国家安全。供水安全保障作为水利改革发展的重要部分,直接关系到供水安全、粮食安全和经济安全,进而影响生态安全和国家安全。

当前,我国正实行以建立“三条红线、四项制度”为主要内容的最严格水资源管理制度,加强建设项目水资源论证是严格水资源管理的重要措施之一。《建设项目水资源论证管理办法》(水利部15号令)中规定“对于直接从江河、湖泊或地下取水并需申请取水许可证的新建、改建、扩建的建设项目,建设项目业主单位应当按照本办法的规定进行建设项目水资源论证,编制建设项目水资源论证报告书”,并规定建设项目水资源论证报告中应包括“对其他用水户权益的影响分析”等内容。《建设项目水资源论证导则》(SL322—2013)规定了对于建设项目“应对来水量和用水量的可能变化及其各种组合情况进行多方案比较,分析各种组合方案的供水保证率和抗风险能力”,还要求“应从水资源基本条件、水功能区管理、水域纳污能力使用、水生态保护及对第三者的影响等方面,分析取水和退水对其所产生的影响,提出减缓和消除不利影响的对策措施与补偿方案建议”。但在水资源论证中,为实现本项目的安全用水,挤占生态环境或其他用水户的用水、超采地下水、降低其他用水户供水保证率等情况时有发生。伴随着我国水权制度的推行,采用水权转换而得到水源的建设项目也逐渐增多,主要是农业水权向非农业水权转换,其水资源论证应与常规项目不同。相关研究认为水权的水量应包括三个部分:取水量、耗水量和必须返回当地水系的水量^[7]。因此,不能简单地将原拟供给农田灌溉的水转换为工业用水,两者的耗水量和退水量不同,且两者的保证率也不同。盲目的水权转让可能导致高设计保证率用水户的实际供水保证率达不到设计要求或者低设计保证率用水户的效益减少^[8]。《建设项目水资源论证导则(征求意见稿)》中提出:“对于不符合水资源综合规划要求或区域取用水量已经达到或超过控制指标的,不得安排新建项目的取水水源。严禁挤占生活、生态和农业用水发展高用(耗)水的项目”;并要求“以水权转换方式取得水源的,应结合水权转换前后用水保证率的差异,分析水源的可靠性和供水的保证程度”。但目前的相关研究较少,水资源论证工作尚不够深入。

我国水法明确规定:“国民经济和社会发展规划以及城市总体规划的编制、重大建设项目的布局,应当与当地水资源条件和防洪要求相适应,并进行科学论证。”开展国民经



济和社会发展规划、城市总体规划的编制、重大建设项目水资源论证（以下简称规划水资源论证），深入分析水资源条件及规划的保障能力和约束因素，科学论证规划布局与水资源承载能力的适应性，提出规划方案调整和优化意见，对于提高规划科学决策水平、促进经济社会发展与水资源承载能力相适应、加快推进经济增长方式转变和经济结构调整具有十分重要的作用。

规划水资源论证是一项系统性、综合性很强的工作，目前还处于探索阶段。2010年水利部下发通知，决定开展规划水资源论证试点工作。试点范围包括：重大建设项目布局规划（主要包括工业园区、经济技术开发区、高新技术产业开发区、生态园区等各类开发区规划），城市总体规划（包括城市和城市群的总体规划），行业专项规划（包括农业灌溉、电力开发、石油石化、钢铁、煤炭、造纸、纺织、化工、食品等高用水行业专项规划），区域经济发展规划等。通知下达后，全国各省均开展了部分规划水资源论证试点工作，进行了有益探索，积累了一定的经验。然而规划水资源论证与建设项目水资源论证不同，其重点是分析水资源条件对规划的保障能力和约束因素，论证规划布局与水资源条件的适应性等，核心是实现水资源的合理配置以及保障不同保证率用水户的正常用水。同样，规划布局中存在水权置换、转让的情况。目前相关研究和规划水资源论证工作尚不充分。

供水多少与来水或蓄水以及工程供水能力的大小直接相关。在供水工程设计的过程中，供水保证率多是根据多年供水量的排频确定，已考虑了来水的情况。当前我国多数水库工程、引水工程、调水工程等供水工程都面临着实际供水保证率偏离设计值的问题^[9,10]，偏离的原因有多种，来水的多少可能是其中一个影响因素；同时，在实际供水中，用水户需用多少水则多不考虑来水情况，只是根据自身设定的供水保证率来要求供水。由于缺乏各类用水户用水保证率控制标准的计算方法，没有建立供水工程的供水保证率与多用水户的用水保证率之间的关系，在较枯的年份，很难回答能否保证设计保证率较高用水户的供水问题。由于不同用水户因用水性质不同，所要求的用水保证率高低不等，在来水较枯的年份，优先供给高用水保证率的用水户，于是就出现了一些用水户通过提高自身的用水保证率来争取更多的用水权益的现象，对低用水保证率的用水户则有失公平，同时也不利于水权制度的建设与实施。在一些地区，由于生活、生产用水的保证率设置偏高，出现了大量超采地下水和挤占农业、生态用水的情况^[11]，继而可能引发一系列严重的生态环境问题，给区域水资源管理提出了新的要求和挑战。

1.2 研究目的和意义

本书旨在厘清水文频率、供水保证率、用水保证率的概念与内涵，提出保证率核定计算方法，试图建立水文频率、供水工程的供水保证率与用水户的用水保证率之间的关系；通过工程供水实例分析，研究来水较枯的年份较高保证率用水户的供水保证问题，探究是否存在优先供给高用水保证率的用水户而挤占低用水保证率的用水户用水的问题；以区域水资源配置为手段，确定不同来水条件下的用水户用水保障程度，探讨目前我国生活、生产、生态用水的供水保证率设置方面存在的问题，探索生活、生产、生态用水的合理用水



保证率；提出不同用水保证率用水户用水保障方案。

本书通过调研全国供水管理现状，核定不同工程供水条件下用水户用水保障程度以及不同来水条件下区域用水保障程度，可以摸清水账，抑制不合理的用水需求，加强节水效果，提高用水效率。同时研究成果可为解决供水安全保障中存在的问题提供技术依据，可以有效遏制用水挤占现象，加强用水补偿和水权交易管理，有利用促进产业结构调整，实现局部和整体效益最大化，体现用水公平、公正，有利于最严格的水资源管理制度的实施，具有显著的社会效益和经济效益。

总之，本书的研究对加强规划管理和水资源论证，强化取水许可和计划用水管理，探索水权制度建设及水权交易，促进最严格水资源管理制度的建设与实施，具有十分重要的理论和现实意义。

1.3 用水保障相关研究进展

1.3.1 保证率相关研究进展

保证率一般是指某要素值小于或大于某一数值的可靠程度，通常以某要素在长时期内小于或大于某一数值的累积频率来表示。一般以设计保证率的形式出现。

设计保证率的选定是国家在一定时期技术政策和经济政策的具体体现，与用水部门的重要性和工程等级有关。国外在选择工程设计标准时，采用经济内部收益率、净现值等经济指标来直接表示工程规模是否合适或核算工程实施的经济效益，工程的设计保证率隐含在经济指标之中^[12]。故国外学者在供水系统及供水管网可靠性及风险分析方面研究较多^[13-22]，在保证率方面研究较少。我国目前与苏联所采用的方式一致，均是直接用设计保证率表达。设计保证率越高，付出的代价越大，承受的风险越小；设计保证率越低，付出的代价越小，但所需承受的风险势必越大。通常，各项任务的设计保证率都要在规划中根据其重要性、特点，结合国家或地区的经济状况和有关工程的自然条件，通过技术经济论证最终选定，主要包括灌溉设计保证率、水利水电设计保证率、供水设计保证率、航运设计保证率等^[23]。

在水利水电设计保证率方面，1982年，施熙灿等^[24]在水电站水库优化调度中考虑了发电保证率约束；1984年，黄守信等^[25]在制订水库优化调度图时也考虑了发电保证率约束。

在供水设计保证率方面，1979年，陈守煜^[26]论述了年调节水库供水的概率或保证率，并提出了确定年调节水库不足与多用水量多年平均值的计算方法。1992年，翁文斌和惠士博^[27]认为在水资源规划中，仅用供水保证率一个指标来评价系统向某部门的满足程度是不够的，应采用供水保证率和相对破坏程度双重指标来评价；并认为对规划指标年供水可靠程度的评价可采用随机动态模拟方法，仅用实测水文系列、典型频率年法、静态多年调节法等传统方法均存在一定的问题。1994年，李英志等^[10]从供水保证率理论出发，分析了水库供水保证率遭受破坏的原因，并提出了相应的防止对策。1995年，吴明官等^[12]从理论上阐述了设计保证率选定的复杂与困难，目前不得不根据各部门的用水性质、要求



和重要性以及生产实践中所积累的经验,通过国家规范的形式来确定;但通过优化调度可同时满足不同用水部门多种保证率的目的。1995年,叶秉如^[28]认为对于年(季)调节水库工程,其供水保证率与设计库容、调节流量有关,需通过效益和投资费用比选来综合确定;对于多年调节水库,可采用合成总库容法、直接总库容法和随机模拟法等通过径流调节计算进行确定。1996年,武健^[29]在已建水库水文计算中,对不同用水保证率的用户不同对待,分别进行水量控制,以推求在设计枯水年各用户实际用水的保证程度;并给出了典型年法、长系列列表法和多年调节法用水保证率的计算公式。2002年,林劲松等^[30]依据冯家山水库的运用模式,建立了冯家山水库淤积数学模型,对冯家山水库供水进行了调度计算,计算结果表明各用水户的供水保证率均达到了设计要求。2004年,丛黎明^[31]以引滦枢纽工程为例,认为通过科学调度可增加北京市的供水保证率。2005年,王勤香等^[32]建立了提高引黄用水保证率的非耦合解悬沙模型。2007年,王育杰等^[33]认为用水保证率与洪水频率概念基本相同,用水保证率是指用水部门相应于某较小量级用水特征量(如小流量或小水量)所可能得到的用水时间保证率 $P(\%)$,实质上反映了枯水可能出现的平均概率或概率;并认为用水保证率具有显著的客观随变特点与关联特点,容易受自然条件和人类活动的影响。2008年,纪司明和王海峰认为规模化供水可显著提高供水保证率;同年,李欣^[34]认为对于引水为主的水库,处理好供水保证率与水资源利用率的关系对水库调节至关重要。2010年,陈德柱和李华^[35]探讨了供水保证率法在水利工程水价核算中的应用。2011年,闵要武等^[36]根据研究需要,将保证率定义为以实测资料系列为基础,统计分析某一量级来水或某一水位得到保证的程度,并借鉴经验频率的计算方法,给出了类似的公式。同年,郭有等^[37]讨论了内陆核电水源供水保证率的选取;杨国顺^[38]认为承担单一工业供水水库的供水保证率可按月保证率进行计算。

在灌溉设计保证率方面,1991年,罗高荣^[25]针对灌区灌溉保证率计算问题的特点,讨论了灌溉保证率计算的概念,并应用随机变量函数的概率分布理论、考虑各随机变量不为正态分布且存在一定相关关系的情况,提出了计算灌区灌溉保证率的一般数学模型(基于可靠度分析理论)。1997年,李清富等^[39]基于随机思想和可靠度理论建立了一种确定灌区灌溉用水保证率的计算模型,并以示例说明了模型的可行性。2003年,刘强等^[40]在计算农业用水保证率(P)时,将其表示为农业可供水量(潜状供水量或现状供水量)(W_s)与农业需水量(W_r)的比值,即 $P=W_s/W_r$;并认为 $P>0.8$ 时,农村生活用水及作物需水得到满足,大多数耗水作物产量可达优产。2005年,尹正杰等^[41]认为现行的灌溉保证率指标由于不能反映灌溉供水的时间效应和程度效应,评价结果与实际相差较大;故引入作物水分生产函数,通过反演对时段赋权和对缺水分级,提出了一种改进的灌溉供水可靠度评价方法。2011年,赵惠新和李兆宇^[42]认为灌溉设计保证率是在经济分析基础上的一项重要技术指标,综合反映水源供水与灌溉用水两方面的影响,能够较好的表达灌溉工程的设计标准;但目前规范中规定的设计值已不应当今经济社会发展及农业生产需求,需要对其进行适当的调整。通过分析近些年旱灾成灾率的变化过程对粮食产量的影响、人均GDP的变化情况及供水总量对部门用水量的分配关系,表明我国在当前形势下提高灌溉设计保证率是必要的,也是可行的。2012年,朱志方等^[43]分析了黄河下游供水保证率偏低的现状,指出了主要影响因素并提出了相应的对策;同年,石凯军和李凯以密山市富密