

WATER Study of River Basins in Fujian Province

福建省诸流域 水资源承载能力研究



陈刚 胡成 卢晓华 著



中国地质大学出版社有限责任公司
CHINA UNIVERSITY OF GEOSCIENCES PRESS CO., LTD.

福建省诸流域水资源承载能力研究

WRCC Study of River Basins in Fujian Province

陈 刚 胡 成 卢晓华 著



中国地质大学出版社有限责任公司
CHINA UNIVERSITY OF GEOSCIENCES PRESS CO., LTD

图书在版编目(CIP)数据

福建省诸流域水资源承载能力研究/陈刚,胡成,卢晓华著. —武汉:中国地质大学出版社有限责任公司,2011.12

ISBN 978-7-5625-2727-5

- I. 福…
- II. ①陈…②胡…③卢…
- III. 流域-水资源-承载力-研究-福建省
- IV. TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 194605 号

福建省诸流域水资源承载能力研究		陈 刚 胡 成 卢晓华 著	
责任编辑:胡珞兰		责任校对:戴 莹	
出版发行:中国地质大学出版社有限责任公司(武汉市洪山区鲁磨路388号)		邮政编码:430074	
电 话:(027)67883511	传真:67883580	E-mail:cbb@cug.edu.cn	
经 销:全国新华书店		http://www.cugp.cug.edu.cn	
开本:787 毫米×960 毫米 1/16		字数:174 千字 印张:8.875	
版次:2011 年 12 月第 1 版		印次:2011 年 12 月第 1 次印刷	
印刷:武汉市教文印刷厂		印数:1-500 册	
ISBN 978-7-5625-2727-5		定价:28.00 元	

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

序 一

水资源是人类社会赖以生存和发展的物质基础,也是维系生态系统正常发挥功能的重要条件。随着社会、经济的发展和人类干预水资源时空分布能力的不断增强,水资源的短缺、生态失衡问题也日显突出。因此,继水资源评价、生态环境质量评价之后,近些年来,水资源合理开发利用已呈现出由单纯的水文科学转向包括社会学、经济学在内的综合性的研究趋势,正是在这种背景下,水资源承载能力的概念及相关理论探索已成为学术界讨论的热点,并成为政府和经济部门在考虑水资源与社会和生态环境协调发展规划中关注的核心问题。

基于上述认识,本书作者查阅了大量的相关研究文献资料,全面分析了国内外有关水资源承载能力的研究现状、进展、存在的问题与不足,进而提出了作者本人的观点:即水资源承载能力是指“在某一历史发展阶段,以可预见的技术、经济、社会发展水平为依据,可持续发展为原则,维持生态环境良性发展为条件,在水资源合理开发利用的情况下,水资源系统能够支持人口、经济和环境协调发展的能力。”从而使水资源承载能力成为具有生态环境、社会经济、技术及时空内涵的完整概念。

鉴于目前关于水资源承载能力的讨论大多还属于较抽象的概念层次,应用性研究多侧重于水资源管理模型的推广和数学模型建构方法的探索,真正意义上的水资源承载能力的研究和应用并不成熟,为此书中作者采纳了 DPSIR 这一概念模型的基本思路,对水资源的系统状态和响应与人为作用和环境的关系,从5个方面进行了分析和理论阐述,认为这5个方面能够较完整地反映水资源系统与社会经济、生态环境之间的互动关系,是一个相互作用、相互影响的结构体系,从而为使水资源承载能力由概念层次提升到操作层面上,并为指标体系

的建立提供了可能性。

为了克服确定指标时所遇到的数据降维和各指标的影响度(权重)的人为主观性难题,作者运用了投影寻踪技术(PP)和遗传算法,并结合福建省具体的情况,完成了水资源承载能力各项评价指标计算以及等级划分。考虑到水资源应以流域划分系统的这一原则,作者在GIS平台上采用了两种处理方法,一是按自然流域划分;二是在行政区与流域边界不重合的地区,进行了矢量叠加分析,将基于行政区指标统计值按面积分配到应归属的流域中。最终完成了占福建省总面积99%的5个水资源系统划分工作,并给出了各系统水资源承载能力指标的具体量化标准。依据各系统的评价指标,作者分别就规划年2020年和2030年水源承载能力作出预测和评价。结果表明,按现有规划2020年闽东诸河和闽江上游尚有一定的开发潜力,但要注意污染问题、用水方式应从目前粗放型向集约型转变,其余3个系统仍有较大开发潜力。到2030年闽东诸河、闽江中下游和闽南诸河,虽有一定的开发潜力,但也面临用水方式转型问题,而闽江上游情况有所好转,承载能力进一步提高。

专著思路先进,体系完整,方法运用科学合理,其独到之处在于进一步完善了水资源承载能力的概念,并运用了先进的理论和数据分析处理方法,构建了一个较完善具操作性的关于水资源承载能力的评价流程和计算方法,使水资源承载能力的研究达到了较新的水平。

专著具有鲜明的时代特征,具有很强的科学性、创新性和系统性,具备较高的学术价值和应用价值。相信本书的出版有助于水资源承载能力研究的进一步发展,能活跃同行们的学术思想,增进交流,为广大读者提供较好的参考,同时对于福建省水资源环境保护和规划也将具有十分重要的意义。

徐恒力

2011年9月

序 二

说水,在南方的一些地区,水灵灵是指女子长得漂亮。

描述女人的心态,说是掬水情怀。

实际上,女人适合做什么,能做好什么,并不是被生理决定的,而是她在长期的社会结构中被安排的。长期以来,总是认为女子不适合搞工科。野外工作类的理工科中女性确实较少,长期从事水文地质工作一线的女性工作者,更是凤毛麟角,作者之一恰巧是我认识中的一位。

水资源,水是自然资源的重要组成部分,是所有生物的结构组成和生命活动的主要物质基础。从全球范围讲,水是连接所有生态系统的纽带,自然生态系统既能控制水的流动又能不断促使水的净化和循环。因此水在自然环境中,对于生物和人类的生存来说具有决定性的意义。我国是世界上贫水国家之一,淡水资源还不到世界人均水量的 $\frac{1}{4}$,城市半数以上缺水, $\frac{2}{3}$ 的城市存在供水不足,其中近 $\frac{1}{6}$ 的城市严重缺水。

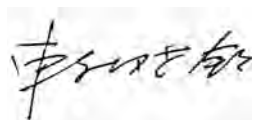
水资源是发展国民经济不可缺少的重要自然资源,在许多地方,对水的需求已经超过水资源所能负荷的程度,同时有许多地区也濒临水资源利用之不平衡。水资源承载能力就成了我国可持续发展的瓶颈,作者阐明其含义为“在某一历史发展阶段,以可预见的技术、经济、社会发展水平为依据,以可持续发展为原则,以维持生态环境良性发展为条件,在水资源合理开发利用的情况下,水资源系统能够支持人口、经济和环境协调发展的能力。”时空内涵跃然而上,定义中蕴涵了人口、资源、环境当今社会的三大基本问题。

方法论是各门类学科必不可少的高层次研究内容,本书就对现有的水资源承载能力的研究方法进行了归纳总结分类,评述了研究及重

要热点概念性课题的进展,并侧重反映了物理实质的确定性数学物理模型与反映统计理论规律的非确定性数学模型,还涉及到统计模型和信息论模型,它们虽实质不同,但在特定条件下是互通的,突出了国内外尚未解决的水资源承载能力定量与半定量分析。综合分析后,作者采纳了 DPSIR 这一概念模型的基本思路,认为人口、资源、环境的互动关系是一个相互作用、相互影响的结构体系,进而使水资源承载能力的评价能够建立指标体系进行半定量分析的层次。

理论要结合实际,以 2004 年作为水平年,福建省实际情况分析该结果得出,基于遗传算法的投影寻踪等级评价模型所得的结果是比较准确的,符合福建省的实际情况。本书对 2020 年、2030 年各水资源分区指标体系进行了预测,制定了水资源开发利用规划参考标准,对今后的福建省水资源开发利用规划和水资源保护有一定的指导意义。

女子如斯,可不是掬水,水,此书作者也。



2011 年 9 月 3 日

前言

水资源是人类社会赖以生存和发展的物质基础,也是维持地球生态系统功能完整和良性循环的主要因素。近年来,由于人口增长、生产扩大和城市化进程加快,很多国家为了追求经济的快速增长,在水资源的开发利用过程中并不考虑水资源系统的平衡,造成全世界范围内都出现了河湖萎缩、水质恶化、生态恶化和水资源短缺等一些严重的水资源问题,严重制约着地区、国家甚至全人类的发展。目前,水资源的短缺已经成为继全球气候变暖之后 21 世纪人类的第二大问题,也是诸多地区发展的主要限制因素之一。造成水资源问题和水资源危机的根本原因是人们没有考虑水资源是有限的,水资源的承载能力是有限的。水资源承载能力的研究在实现水资源的可持续利用方面具有重要作用,它是对水资源短缺和水环境恶化等复杂问题的直接回应,也可以为经济社会发展决策提供水资源方面的支撑依据,已成为水资源研究领域中的基础课题。

虽然水资源承载能力的研究已经持续了很长时间,但是到现在仍然没有一个统一的定义,很多学者从不同的角度提出了水资源承载能力的概念,水资源承载能力的概念从最初的具体的“容量”逐渐回归到抽象的“能力”,越来越强调可持续发展,这样更符合现代社会的发展趋势。综合分析学者们给出的概念,可将水资源承载能力定义成:在某一历史发展阶段,以可预见的技术、经济和社会发展水平为依据,以可持续发展为原则,以维持生态环境良性发展为条件,在水资源合理开发利用的情况下,某地区水资源能够支持人口、经济和环境协调发展的能力。本文根据定义的水资源承载能力概念,深入分析了福建省各流域水资源-社会经济-环境人工、自然复合系统的结构形式和功能特点,利用 DPSIR 概念模型建立一套水资源承载能力综合评价的指标体系,再利用投影寻踪处理技术构建水资源承载能力评价模型并计算评价结果,最后,探求水资源承载能力综合指标与水资源规划之间的耦合机制,进行基于承载能力的水资源开发利用规划方案的评估与比选工作。具体的研究内容和结果如下:

(1) 水资源承载能力的基本理论与方法的介绍。本部分首先探讨了水资源承载能力的概念、内涵、特性和影响因素,并阐述了水资源承载能力的基本理论,包括可持续发展理论、“自然-人工”二元模式的水文循环理论、水资源-社会经

济-生态环境复合系统理论和各态历经理论。然后,对现有的水资源承载能力的研究方法进行了归纳总结,将现有的方法分成3类,即经验估算法、指标体系评价法和复杂系统分析法。其中,经验估算法包括的代表性方法有背景分析法和趋势分析法;指标体系评价法的方法可以进一步区分为综合指标法、模糊综合评价法和主成分分析法等;复杂系统分析法包括系统动力学法、多目标分析法、动态模拟递推法等。现有的方法各有优缺点,应用时要根据实际情况合理选择。

(2) 区域水资源承载能力指标体系的研究。鉴于传统的指标体系的构建方法存在经验化严重、不确定性显著和指标代表性不足等缺点,本书采用 DPSIR 模型来确定指标体系。DPSIR 模型是一种在环境系统中广泛使用的评价指标体系概念模型,它是衡量环境及可持续发展的一种指标体系而开发出来的,其实质是从系统分析的角度看待人和环境系统的相互作用,将表征一个自然系统的评价指标分成驱动力(driving forces)、压力(pressure)、状态(state)、影响(impact)和响应(responses)5种类型。针对水资源承载能力评价的特点,经过分析评价最终选定的指标一共有20个。其中,驱动力指标6个:人均GDP、GDP增长率、城镇化率、人口年增长率和人口密度;压力指标7个:单位GDP用水量、万元工业产值平均耗水量、农田灌溉亩均用水量、人均生活用水量、工业废水排放达标率、工业用水重复利用率和城镇居民生活污水排放达标率;状态指标3个:水资源开发利用率、水资源可开发利用系数和人均水资源占有量;影响指标3个:饮水困难人口比例、水质达标河长比例和常见地质灾害面积比例;响应指标2个:政府水利投资比例和人口节水意识。由于各分区水资源开发利用率均小于40%,低于国际红线,故未采用“生态需水量”指标。

(3) 区域水资源承载能力计算模型。本书采用投影寻踪模型进行水资源承载能力评价,该方法是一种客观准确的方法。投影寻踪方法(projection pursuit,简称PP)是指标体系评价方法的一种,其基本思想是将高维数据向低维空间进行投影来分析高维数据特征,能够排除无关投影方向的干扰,便于有效地发现高维数据的特征和结构,并且在数据分析过程中能够主动计算出指标因子的权重。投影寻踪模型的运用遵循一定的步骤,而利用投影寻踪方法解决高维数据问题的关键在于能否找到最佳投影方向的算法,采用基于遗传编码的标准遗传算法来寻踪最佳投影方向,可以克服传统优化方法容易陷入局部最优和提前收敛等问题。本文采用投影寻踪聚类模型来进行区域水资源承载能力的评价。投影寻踪聚类模型又包括投影寻踪分类模型和投影寻踪等级评价模型,二者的区别在于有无评价标准。在投影寻踪聚类模型中采用标志差和局部密度构造投影指标函数时,投影寻踪聚类模型中只有一个参数——密度窗宽 R ,不相同的 R 值对应着不一样的最佳投影方向,所以, R 值确定的准确与否直接影响模型结果,密度

窗宽的合理取值范围: $r_{\max} < R \leq 2p$,在具体应用中,可以根据密度窗宽与投影特征值关系图来判断,图中,聚类结果趋于稳定的转折点即是 R 的最小取值,亦是最合理取值。

(4)福建省流域水资源承载能力评价。福建省作为全国重要的水资源可持续发展战略基地之一,未来的社会发展同样面临着严峻的水资源形势,前景不容乐观,急需对其水资源承载能力作出合理的评价。为了对研究区进行水资源承载能力分析和评价,首先对评价区域进行划分以及选取水平年及规划年。本章总结分析了当前以流域为基本单位和以行政区域为基本单位的划分方法的优缺点,采取了以流域为基本评价单元,对重点地区单独分区的方法,设置了 5 个评价区域,分别是韩江百莲以上、闽东诸河、闽江上游(南平以上)、闽江下游(南平以下)和闽南诸河。同时,根据收集的数据确定以 2004 年为水平年,按照福建省社会经济发展总体部署方案,以 2020 年为近期规划水平年、2030 年为远期规划水平年。

在确定了评价区域后,对依据 DPSIR 模型所建立的福建省水资源承载能力指标体系,首先对各水资源分区单项指标值进行统计和计算(根据行政区数据统计结果,主要按照面积比例原则划分,参考不同地区经济发展水平、人口分布等因素),然后利用投影寻踪数据处理技术,对各分区指标数据进行处理,并评价其水资源承载能力。投影寻踪模型中密度窗宽 R 的取值是 7。最后,运行模型得出结果:2004 年,韩江百莲以上、闽江上游(南平以上)和闽南诸河 3 个区域的承载能力等级是 II;闽东诸河和闽江中下游(南平以下)两个区域的承载能力等级是 III。比较而言,闽东诸河和闽江中下游(南平以下)这两个区域的承载力比较低,需要采取措施提高水资源的承载力,并结合福建省实际情况分析该结果得出,基于遗传算法的投影寻踪等级评价模型所得的结果是比较准确的,符合福建省的实际情况。

(5)福建省水资源开发利用规划研究。首先按照福建省目前的社会经济发展水平以及现有的发展规划方案,对 2020 年、2030 年水资源承载能力评价指标体系中的各项指标进行了预测,然后利用投影寻踪模型分别进行承载能力分析与等级评价。结果显示,2020 年韩江百莲以上、闽江中下游(南平以下)、闽南诸河 3 个分区水资源承载能力等级是 II,闽东诸河、闽江上游(南平以上)两个分区水资源承载能力等级是 III;2030 年韩江百莲以上、闽江上游(南平以上)两个分区水资源承载能力等级是 II,闽东诸河、闽江中下游(南平以下)、闽南诸河 3 个分区水资源承载能力等级是 III。

为了使水资源与社会经济能够协调、持续发展,提高或保持水资源承载能力级别,本书在 2020 年、2030 年水资源规划方案的基础上,结合福建省现有的经

济发展水平、规划,并充分考虑水资源系统所面临的主要矛盾、指标体系评价标准、国内国际发达城市用水指标,对5个水资源分区水资源开发利用进行了进一步规划,经分析,本书所研究的方案达到了预期的规划目标,改善了水资源承载能力状态。

本书由陈刚、胡成、卢晓华3位作者共同撰写。第1章、第2章由陈刚执笔,第3章、第4章由胡成执笔,第5章、第6章及第7章由卢晓华、胡成编写。全书最后由陈刚统稿。

本书的编写得益于中国地质大学(武汉)水资源与水文地质系广大同仁的启发、指导和帮助。感谢中国地质大学《安全与环境工程》期刊主编贾晓青教授的大力协助,感谢中国地质大学出版社为本书出版付出的辛勤劳动。书中的部分内容参考了有关单位和个人的研究成果,笔者已在参考文献或书中列出。协助本书撰写工作的还有硕士研究生余德林、周斌、刘桂臻等,在此一并致谢。

本书的研究工作得到了福建省水利厅科研项目“福建省地下水利用与保护规划”以及福建省地质工程勘察院科研成果出版基金的资助,在此笔者向他们表示衷心的感谢。

由于水资源承载力课题的研究涉及面宽广,研究内容难度大,某些研究手段也还在逐步发展过程中,加之工作地区和掌握的资料有限,笔者自身的专业水平不足,书中谬误或不当之处,恐在所难免,敬希广大读者不吝批评指正。

著 者
2011年9月

目 录

1 绪 言	(1)
1.1 研究背景及意义	(1)
1.1.1 研究背景	(1)
1.1.2 研究意义	(3)
1.2 研究现状	(4)
1.2.1 理论研究	(4)
1.2.2 水资源承载力的实践研究	(7)
1.3 研究内容和技术路线	(9)
1.3.1 研究内容	(9)
1.3.2 技术路线	(10)
1.4 特色之处	(11)
本章小结	(11)
2 水资源承载能力的理论与研究方法	(12)
2.1 水资源承载能力的概念、内涵和特性	(12)
2.1.1 水资源承载能力的概念	(12)
2.1.2 水资源承载能力的内涵	(13)
2.1.3 水资源承载能力的特性	(14)
2.1.4 水资源承载能力的影响因素	(15)
2.2 水资源承载能力的基础理论	(16)
2.2.1 可持续发展理论	(16)
2.2.2 “自然-人工”二元模式的水文循环理论	(17)
2.2.3 水资源-社会经济-生态环境复合系统理论	(18)
2.2.4 各态历经理论	(19)
2.3 水资源承载能力的研究方法	(19)
2.3.1 经验估算法	(20)
2.3.2 指标体系评价法	(20)
2.3.3 复杂系统分析法	(22)
本章小结	(23)

3 区域水资源承载能力指标体系研究	(25)
3.1 水资源承载能力评价指标体系的概念与作用	(25)
3.1.1 水资源承载能力评价指标体系的概念	(25)
3.1.2 水资源承载能力评价指标体系的作用	(25)
3.2 水资源承载能力评价指标体系设计的指导思想与原则	(26)
3.2.1 水资源承载能力评价指标体系设计的指导思想	(26)
3.2.2 水资源承载能力评价指标体系设计的原则	(26)
3.3 福建省水资源承载能力评价指标体系研究	(27)
3.3.1 水资源承载能力评价指标体系建立方法选取	(27)
3.3.2 DPSIR 模型	(28)
3.3.3 基于 DPSIR 模型的福建省水资源承载能力各因素分析	(31)
3.3.4 基于 DPSIR 模型的水资源承载能力评价指标体系初步设计	(34)
3.3.5 福建省水资源承载能力评价指标体系单项指标分级标准	(38)
本章小结	(52)
4 区域水资源承载能力计算模型	(53)
4.1 投影寻踪模型	(53)
4.2 指标影响度的确定	(55)
4.3 基于遗传编码的遗传算法	(56)
4.4 投影寻踪方法分类	(58)
4.4.1 投影寻踪回归模型	(58)
4.4.2 投影寻踪聚类模型	(59)
4.4.3 投影寻踪主成分分析模型	(62)
本章小结	(63)
5 福建省水资源承载能力的评价	(65)
5.1 区域概况	(66)
5.1.1 自然地理概况	(66)
5.1.2 社会经济概况	(67)
5.1.3 水资源概况	(68)
5.1.4 水资源现状分析	(68)
5.1.5 面临的水资源问题	(70)
5.2 水平年和研究分区	(72)
5.2.1 水平年	(72)

5.2.2 研究分区	(72)
5.3 密度窗宽的确定和指标标准的处理	(75)
5.3.1 参数密度窗宽的确定	(75)
5.3.2 指标标准(标准样本)的处理	(76)
5.4 2004 年各水资源分区承载能力评价	(78)
5.4.1 投影寻踪模型计算	(79)
5.4.2 各水资源分区承载能力评价与分析	(82)
本章小结	(86)
6 规划年水资源分区承载能力评价与分析	(87)
6.1 水资源分区单项指标数据分析	(87)
6.1.1 单项指标数据确定原则	(87)
6.1.2 各水资源分区单项指标数据预测结果	(88)
6.2 规划年 2020 年水资源分区投影寻踪模型计算	(91)
6.2.1 水资源分区各指标原始数据预处理	(91)
6.2.2 基于遗传算法的投影寻踪模型计算结果	(91)
6.2.3 规划年 2020 年各水资源分区承载能力评价与分析	(91)
6.3 规划年 2030 年水资源分区投影寻踪模型计算	(94)
6.3.1 水资源分区各指标原始数据预处理	(94)
6.3.2 基于遗传算法的投影寻踪模型计算结果	(97)
6.3.3 规划年 2030 年各水资源分区承载能力评价与分析	(97)
6.4 福建省水资源开发利用规划研究	(100)
6.4.1 水资源开发利用规划研究思路与方法	(100)
6.4.2 水资源开发利用规划	(102)
6.4.3 水资源开发利用规划结果及分析	(107)
本章小结	(107)
7 结论与建议	(109)
7.1 结论	(109)
7.2 建议	(110)
参考文献	(113)
附录——PP 源码	(117)

1 绪 言

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

水的重要性是不言而喻的,其作为自然环境的一个重要组成部分,具有不可或缺和不可替代的作用。它既维持着地球上生态系统功能完整和良性循环,又作为一种资源维系着人类生存与社会经济发展,同时又是公认的国家三大战略性经济资源之一,是综合国力的重要组成部分。可以说,人类社会发展的全过程始终贯穿着人类对水的认识与利用,人类文明的兴衰变迁也与水密切相关。长期以来,人类开发、利用水资源创造了社会、经济和文化的巨大文明成就,以至目前可预见未来,人类社会必须仍将依赖水资源来推动社会、经济与文化的继续发展。但是,自 19 世纪中后期,特别是工业革命以来,伴随着人口及人均用水量的增长、生产的扩大以及城镇化进程的加快,许多国家片面地追求经济的快速增长,而忽视了对资源、环境的保护,为了满足自身对水资源不断增长的需求,在水资源的开发利用上出现了错误的认知与行为,打破了原本人一水和谐的关系格局,导致全世界范围内都出现了地下水日趋短缺、河湖萎缩、水质恶化、淡水资源短缺、水资源供需矛盾加剧及生态系统退化等一系列严重的环境问题,社会、资源、环境系统关系处在失调的边缘,人一水关系也是空前紧张。人类在为自己创造了大量物质利益的同时,也使自己陷入了原本没有预料到的困境,很多地区正在迫近或已经超过水资源的天然承载限度。人们越来越认识到社会经济的增长与环境的不断恶化相互关联,也成了现代社会的“瓶颈”资源,严重制约着一个地区、国家甚至人类的发展。水资源的短缺已经成为继全球变暖之后 21 世纪人类所面临的第二大世界性难题,同时也是限制许多国家和地区社会发展的主要因素之一(WCED,1989;Biswas,1991;钱正英等,2001;刘昌明等,1998;国家计划

委员会等,1994)。

1987年,世界环境与发展委员会在《我们共同的未来》一书中提出“可持续发展”理念(WCED,1987),近20多年来,可持续发展的理念慢慢地深入人心,已经被越来越多的国家、政府所接受并倡导与促进。从水资源与社会可持续发展的关系而言,必须保证水资源开发利用的连续性与持久性,同时水资源又应该尽量满足经济、社会和生态环境协调发展的要求。没有水资源的可持续利用,就会影响人类社会的持续、稳定发展;相反,如果人类社会发展的需求没有得到水资源的支撑,就会反作用于水资源,影响甚至破坏水资源可持续性利用。因此,水是可持续发展的本质,水资源的可持续利用是实现社会、经济及生态环境可持续发展的内在要求及非常重要的保证。2002年9月约翰内斯堡可持续发展世界首脑会议上,将水列为全球可持续发展的五大问题之首,折射出了水对于人类生存与发展的极端重要性。从我国的具体情况来看,目前我国存在着人口、经济的增长,生态环境的恶化以及水资源短缺等基本国情,这决定了我国水资源的开发利用必须走保护生态环境、保护水资源、合理利用与节约水资源的可持续发展道路。正如中国工程院重大咨询项目《中国可持续发展水资源战略研究》报告中所指出的:“以水资源的可持续利用支持我国社会经济的可持续发展(钱正英等,2001)。”因此,研究如何在水资源规划和管理中体现可持续发展的原则是当前亟待解决的重大课题。

福建省作为全国重要的经济大省,未来的发展同样面临着严峻的水资源形势,前景不容乐观。据福建省水资源公报,虽然福建省境内河流水系密布,水资源较丰富,全省多年平均年水资源总量为 $1\,911.1 \times 10^8 \text{ m}^3$,人均水资源量 $3\,465 \text{ m}^3$,是全国平均水平 $2\,350 \text{ m}^3$ 的1.5倍,但水资源在空间上的分布不均,其空间分布与地区经济、人口、土地的分布格局不一致。西北山区的水资源较为丰富,而东部沿海的水资源相对贫乏,海岛和沿海突出部位的人均淡水资源量尤少,属于水资源贫乏区;水资源在不同时间丰枯差异大,全省年径流量最大值一般为最小值的2~4倍,径流年内分配基本集中在汛期(4~9月),约占年径流量的75%~80%;主要江河流域大部分河段的水质较好,但水质有逐年下降的趋势。统计数字表明:始自2000年的近5年来总用水量增加5.48%,其中工业用水量增加27.4%,城镇生活用水量增加84%,工业和城镇生活用水量呈现快速增长态势,这与经济快速增长及城市化进程加快相一致。在水资源需求压力不断上扬的同时,水质不达标河段的比例明显增长。2002年前,监测的主要河流水质Ⅲ类以下(即不达标,受污染)河段的比例小于15%,2004年跃升至30.8%,即有近1/3河段的水质不达标,说明水体污染日益严重,水环境趋于恶化。总的来看,福建省的水资源开发利用率不算很高,但闽东南沿海地区如泉

州、厦门等,水资源开发利用已经接近或超越上限。水资源时空分布不均,造成水、旱灾害频繁。另外,工农业发展导致了污染物排放增加,部分河段污染严重,已不能作为饮用水源。特别是沿海一些地区,本来水资源量就不足,再经污染,使缺水状况加剧。从水资源供给角度看,山区存在水质型缺水和工程型缺水,而沿海地区存在水质型缺水和资源性缺水,面临的“水危机”问题已凸显。因此,综合评价该区域的水资源承载能力,保证福建省水资源的可持续发展,已经成为当今不可回避的现实。

在这样的背景下,正视区域水资源背景条件和未来经济社会可持续发展的要求和挑战,讨论水资源对未来全面小康社会和基本现代化社会的建设有多大的承载能力,研究可持续发展框架下区域水资源的最大支撑能力的理论和方法,寻求水资源科学评价、管理和规划方案,实现水资源与社会、经济 and 环境的协调发展,是目前迫切需要解决的一项重大问题。

1.1.2 研究意义

该研究具备如下意义:

(1)是对水资源短缺和水环境恶化等复杂问题的直接回应。它有利于明确水资源对社会经济支撑能力的有限性,加深关于水资源效用综合性和整体性的认知,了解水资源的全面价值,进而帮助建立合理的水资源开发利用观念。

(2)为社会经济发展决策提供水资源方面的支撑依据。缺乏水资源与社会经济发展相互结合的分析框架是导致社会经济决策过程中水资源因素缺位的关键原因。水资源承载能力的研究需要分析水资源与宏观社会经济系统之间的动态相互作用关系,并给出其结果,因此,可以建立起上述框架,改善经济发展战略的形成模式,同时也能为经济发展提供现实的支撑依据,提高现有经济发展决策的科学性。

(3)水资源承载能力是可持续发展的基础。水资源可持续利用的实质是水资源系统的持续承载,只有不超出水资源利用的最大限度,这种利用才是可持续的。水资源的利用多大才不超过上限,正是水资源承载能力要研究的问题。另外,水资源承载能力理论是可持续发展理论在水资源领域的具体运用,其量化指标体系和评价方法也是可持续发展指标体系的重要组成部分。

(4)可为水资源的综合规划提供定量化方案。合理的水资源综合规划是使其在整体上发挥最大社会、经济和生态环境综合效益的必要手段,也是水资源可持续利用的必然措施。由于水资源承载能力是水资源复合系统发展的限制条件,因此,在分配区域水资源之前,必须对其承载能力进行评价分析。然后根据其不同的承载能力提出相应的水资源规划模型,得出基于承载能力的区域水资