

何俊仕 贾福元 赵宏兴 付玉娟 付桂芬 等 编著

辽河流域水资源承载能力 研究



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

辽河流域水资源承载能力 研究

何俊仕 贾福元 赵宏兴 付玉娟 付桂芬 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是一部系统探讨辽河流域水资源承载能力的著作。自“十五”以来，课题组紧紧围绕辽河流域水资源开发与利用的关键问题进行了一系列研究，经过近5年多的努力，在辽河流域水资源承载能力研究及其提高措施方面做了大量开拓性工作，在水资源承载能力定性评价和定量计算、水资源优化配置、节水型社会建设等方面取得了一系列的突破。完成的研究成果取得了巨大的经济效益和社会效益，本书是这些研究所取得的核心成果，主要内容包括辽河流域水资源可利用量计算、水资源承载能力定性评价、定量计算和水环境承载能力计算及水资源承载能力提高措施等。

本书可供水利、环境、农业、国土资源及相关部门科技工作者和管理人员参考使用，也可供高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目（C I P）数据

辽河流域水资源承载能力研究 / 何俊仕等编著. --
北京：中国水利水电出版社，2013. 7
ISBN 978-7-5170-1064-7

I. ①辽… II. ①何… III. ①辽河流域—水资源—承载力—研究 IV. ①TV213. 4

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第168575号

书 名	辽河流域水资源承载能力研究
作 者	何俊仕 贾福元 赵宏兴 付玉娟 付桂芬 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	北京时代澄宇科技有限公司
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 17.5印张 414千字
版 次	2013年7月第1版 2013年7月第1次印刷
印 数	0001—1500册
定 价	58.00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

编写人员名单

主 编	何俊仕	沈阳农业大学
	贾福元	辽宁省水利厅
	赵宏兴	辽宁省水利水电勘测设计研究院
	付玉娟	沈阳农业大学
	付桂芬	辽宁省水利水电勘测设计研究院

编写人员	董克宝	沈阳农业大学
	张 静	沈阳农业大学
	高振东	沈阳农业大学
	孙仕军	沈阳农业大学
	刘 洋	沈阳农业大学
	曹 雪	沈阳农业大学
	韩宇舟	沈阳农业大学
	杨武成	沈阳农业大学
	刘 丹	沈阳农业大学
	李 响	沈阳农业大学
	周 飞	沈阳农业大学



自 20 世纪 90 年代以来,在社会经济发展中坚持走可持续发展道路已是普遍的共识,而水资源短缺与水资源安全问题也已成为影响可持续发展的重要制约因素,作为可持续发展研究和水资源安全战略研究中的一个基础课题,水资源承载能力研究已引起学术界的高度关注,并成为当前水资源科学中的一个重点和热点研究问题。水资源与社会经济发展具有密切的关系,只有在水资源承载能力的范围内,才能合理安排产业发展布局和社会经济发展规模。随着经济的发展,水资源承载能力已成为制约社会经济发展的“瓶颈”因素。辽河流域水资源承载能力研究是辽河流域综合规划的重要专题之一,是该区域节水防污型社会建设与实现的技术支撑,是辽宁省跨流域调水的重要支撑依据。

辽河是我国七大江河之一,辽河干流地区又是辽宁省重要的工业基地和商品粮基地,也是我国资源性缺水严重的地区之一,而且流域内水资源时空分布不均,水旱灾害较为严重。辽河流域地表水开发利用程度已经达到了 77%,经济用水挤占生态用水十分严重。在河道内流量不足的情况下,社会经济系统向水体排放了大量的污染物,直接使地表水质恶化,并在一定程度上污染了地下水。如何在水资源可承载的范围内合理地开发利用水资源,确定社会经济发展规模和产业结构,已成为辽河流域可持续发展急需解决的关键问题。在此背景下,受辽宁省水利厅委托,课题组进行了辽河流域水资源承载能力研究,本书即是该研究成果的提炼和总结。

本书的主要内容是针对辽河流域水资源紧缺的状况及冬季严寒、低温期持续时间长的气候特点,采用了理论分析、数据统计、多目标优化和模型预测等多种先进方法,开展水资源可利用量与流域生态环境需水量动态分析,通过定性评价和定量分析,从流域和行政两个角度计算和评价了辽河流域水资源承载能力和水环境容量,并通过水资源的合理配置、雨洪资源综合利用、节水型社会建设等水资源高效利用模式的探讨来达到对辽河流域水资源的高

效利用，以提高辽河流域的水资源承载能力。

在本书撰写过程中，课题组得到了辽宁省水利厅、辽宁省水利水电勘测设计研究院的大力支持，在此表示衷心感谢！

水资源承载能力研究是近些年兴起的研究领域，其理论和方法需要我们去创新与发展。受研究者水平、时间和其他条件的限制，书中难免有错误和不足之处，敬请读者批评指正。

作者

2013年2月于沈阳

目录



前言

第 1 章 水资源承载力基础理论	1
1.1 水资源承载力概述	1
1.2 国内外研究现状	9
1.3 存在问题	15
1.4 发展趋势	16
1.5 辽河流域水资源承载力研究	17
第 2 章 辽河流域概况及径流特性分析	19
2.1 辽河干流区概况	19
2.2 浑河流域概况	20
2.3 太子河流域概况	21
2.4 研究范围及计算单元划分	22
2.5 辽河流域径流特征	22
第 3 章 辽河流域水资源可利用量计算	29
3.1 地表水资源可利用量	29
3.2 地下水资源可开采量	33
3.3 水资源可利用总量	35
第 4 章 辽河流域水资源承载力评价研究	38
4.1 评价指标体系的建立	38
4.2 辽河干流区水资源承载力评价研究	40
4.3 浑河流域水资源承载力评价研究	48
4.4 太子河及大辽河干流区水资源承载力评价研究	72
4.5 辽河流域水资源承载力评价校核	81
第 5 章 辽河流域水资源承载力定量计算	90
5.1 多目标算法	90
5.2 水资源承载力多目标模型的构建	90

5.3	辽河流域（分流域）水资源承载力定量计算	93
5.4	辽河流域（分行政）水资源承载力定量计算	117
5.5	调水工程背景下的城市水资源承载力计算	129
第6章	辽河流域水环境承载力研究	134
6.1	水环境承载能力的定义	134
6.2	污染控制指标的选取	134
6.3	水环境承载力计算模型	134
6.4	模型参数的识别	136
6.5	辽河流域水环境承载力计算	138
6.6	辽河流域水环境承载力分析	138
第7章	沈阳市水环境承载力计算研究	140
7.1	沈阳市概况	140
7.2	沈阳市广义水环境承载力研究	143
7.3	沈阳市广义水环境承载力分析	162
第8章	水资源承载力探索性研究	164
8.1	分期水资源承载力评价	164
8.2	辽河流域不同来水保证率下水资源承载力计算	171
第9章	水资源承载力提高措施研究	177
9.1	概述	177
9.2	大伙房输水工程受水区水资源合理配置	177
9.3	蒲河流域雨洪资源利用	211
9.4	节水型社会建设模式研究	228
9.5	辽河流域水资源高效管理	241
参考文献		258

第1章 水资源承载力基础理论

1.1 水资源承载力概述

承载力 (Bearing Capacity), 原为力学中的一个指标, 是指物体不产生明显破坏时的极限荷载, 是静态的, 无交互的。人们在研究区域系统的时候, 常借用这一概念来描述区域对外部环境变化的最大承受能力, 最早明确地被使用于生态学中衡量某一特定区域维持某一物种最大个数的潜力, 是动态的, 相互影响的, 如著名的草原“鼠口”问题, “狼群问题”等。对多种生物的研究历史表明, 任何物种的生存发展都遵循着一定的规律, 即开始增长缓慢, 环境条件好时增长较快, 数量急剧增长, 当到达一定的数目时, 由于环境的制约, 种群出现大量死亡导致数量大量下降, 重新回到新的平衡。

此后承载力被广泛使用于环境或生态系统承受发展和特定活动能力的研究。随着资源短缺与社会经济发展矛盾的不断加剧, 承载力的概念和理论被应用于资源科学领域。承载力在实践中最初是应用于畜牧业。由于草地的过度开垦、过度放牧等原因造成了一些草原地区土地开始退化, 为了防止这一现象的进一步恶化, 许多学者为此将承载力的理念引用到草原管理中, 提出了草地承载力的概念。后来, 随着全球人口不断增加、耕地等资源日趋减少, 生态环境的不断恶化, 随之出现了人口承载力、土地承载力、生态承载力和环境承载力等的概念。

承载力随着社会、环境的发展而发展, 具有动态变化的内涵, 在对资源短缺和环境污染问题的研究中, “承载力”的概念得到延伸发展并广泛用于说明环境或生态系统承受发展和特定活动能力的限度, 其发展经过了种群 (人口承载力) —资源承载力—环境承载力的过程。

联合国教科文组织将“资源承载力”定义为: “一个国家或地区的资源承载力是指在可以预见到的期间内, 利用本地能源及其自然资源和智力、技术等条件, 在保证符合其社会文化准则的物质生活水平条件下, 该国家或地区能持续供养的人口数量”。

各类承载力虽然在概念上有所不同, 但实际上是一脉相承的, 都是从各不同角度描述区域系统对外界压力的最大承受能力。随着人口快速增长及社会生产力的飞速发展, 环境日益恶化, 产生了可持续发展的观点。从可持续发展的定义 (“可持续发展是指既满足当代人的需要, 又不损害后代人满足需要能力的发展。”) 可以看出, 可持续发展的关键就是如何正确使用自然资源, 使可再生自然资源承受强度在其允许的范围内。为分析一定条件下资源和环境可承受人类活动影响的强度, 学者们从



人口、资源和环境的各个方面展开了一系列的研究,探讨了经济发展与资源、环境承载力协调问题,于是承载力理论成为可持续发展的支撑理论;反之,承载力理论也是在可持续发展理论体系背景下发展起来的。总之,两者密切联系,相辅相成。

1.1.1 水资源承载能力的定义

20世纪以来,随着人口膨胀,工农业用水猛增而出现的水资源紧缺以及水环境污染日益严重的问题,已严重威胁人类自身的生存,因此,水资源可持续发展的观点随之出现。而“水资源承载力”的概念,是伴随着可持续发展理念的产生以及人们在对社会可持续发展与水环境相互关系有了深刻认识的基础上提出的。

“水资源承载力”(Carrying Capacity of Water Resources)的定义,与其他承载力一样,源于生态学中的“承载力”(Carrying Capacity)一词,是自然资源承载力的一部分。

承载力由原始意义上的一个极限值,通过融入不同的学科,不同的领域,已经在不同的研究背景下被赋予不同的所谓“极限”的含义,在水资源领域,水资源的承载力因供需关系变化而具有不同的含义,具体如下:

(1) 极限承载力:社会发展到一定阶段,经济技术条件较高,研究区域的有效利用水量达到可开发水量的理论最大值,基本满足社会经济发展的需水要求,人们的生活用水只需满足最低生活水准。此时,水资源承载力达到极限理论值,即为极限承载力,它也是水资源研究的理论最大值。

(2) 适度承载力:社会经济稳定发展,经济技术条件也随之提高,水资源的开发利用以不引起生态环境退化为前提,使社会、经济和生态3方面利益均处于最佳状态,不破坏水资源的供需结构,水资源的开发利用具有稳恒性,能够持续稳定地保证供水量,社会经济和人们生活水平都有较大提高,用水量增加,对水的卫生标准有一定要求,在这种供需关系下的水资源承载力称之为适度承载力。

(3) 可持续承载力:社会经济持续稳定发展,经济技术条件也稳步提高,水资源的开发利用以生态系统的良性循环为前提,实现人与自然和谐相处和社会经济的可持续发展,在这种供需关系下的水资源承载力称之为可持续承载力。

(4) 最小承载力:在现有经济技术条件下,利用原有水利设施,供水量将不再增加,但须保证原有水利设施供水具有长效性。人们的生活水平不断提高,用水随之不断增加,对用水的卫生标准也有较高要求,此时水资源承载力最小,它基本上是现实状况下的水资源承载力。

(5) 高水准临界承载力:社会经济迅速发展,经济技术条件迅速提高,可开发水资源的有效利用程度高,供水量多,接近于可开发水资源的理论最大值。社会经济和人们的生活水平迅速提高,对用水的数量、质量要求高,在这种前提条件下,水资源承载力为高水准临界承载力。

(6) 低水准临界承载力:利用原有水利设施供水,用水满足最低生活水准时的承载力即为水资源的低水准临界承载力。

上述几种定义的水资源承载能力的具体分析见表1-1。



表 1-1

水资源承载能力不同定义

供水方面	需水方面	水资源承载能力
达到理论最大值	达到理论最小值	极限承载能力
理论平均值	理论平均值	适度承载能力
理论可持续发展值	理论可持续发展值	可持续承载能力
理论最小值	理论最大值	最小承载能力
理论最大值	理论最小值	高水准临界承载能力
理论最小值	理论最小值	低水准临界承载能力

在众多资源承载能力问题的研究中，水资源承载能力是较为复杂的一种。但到目前为止，国际上还没有对水资源承载能力的统一定义，也很少有专门以水资源承载能力为专题的研究报道，只是将其纳入可持续发展的研究中。国内对于水资源承载能力概念的论述很多，但也没有见到统一公认的界定，然而总的趋势是一个逐步完善的过程。国内最早开展水资源承载能力研究是在 1989 年，新疆水资源软科学课题组首次对新疆的水资源承载能力和开发战略对策进行了研究。自 20 世纪 90 年代以来，关于水资源承载能力的研究方兴未艾，各种观点、概念和方法如雨后春笋般不断涌现，但迄今为止仍然没有形成一个系统的、科学的理论体系。有代表性的有：

(1) 水资源承载能力是指某一地区的水资源，在一定社会历史和科学技术发展阶段，在不破坏社会和生态系统时，最大可承载（容纳）的农业、工业、城市规模和人口的能力，是一个随着社会、经济、科学技术发展而变化的综合目标（施雅凤等，1992）。

(2) 在未来不同尺度上，以预期的技术、经济和社会发展水平及与此相适应的物质生活水平为依据，一个国家或地区利用其自身的水资源所能满足其工农业生产及城镇发展需要和能够持续稳定供养的人口数量（蔡安乐，1994）。

(3) 在某一具体的历史发展阶段下，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，以维护生态环境良性发展为前提，在水资源合理配置和高效利用的条件下，区域社会经济发展的最大人口容量（许新宜，1997）。

(4) 在《西北地区水资源合理配置与承载能力研究技术大纲》中提出水资源承载能力是“在某一具体的历史发展阶段下，以可以预见的技术、经济和社会发展水平为依据，以可持续发展为原则，以维护生态环境良性发展为条件，经过合理的优化配置，水资源对该地区社会经济发展的最大支撑能力”（王浩，1998）。

(5) 一个流域、一个地区、一个国家，在不同阶段的社会经济和技术条件下，在水资源合理开发利用的前提下，当地水资源能够维系和支撑的人口、经济和环境规模总量（何希吾，2000）。

(6) 在一定流域或区域内，其自身的水资源能够持续支撑经济社会发展规模，并维系良好的生态系统的能力（汪恕诚，2001）。

(7) 某一区域在特定历史阶段的特定技术和社会经济发展水平条件下，以维护生态良性循环和可持续发展为前提，当地水资源系统可支撑的社会经济活动规模和具有一定生活水平的人口数量（朱一中，2002）。



(8) 国家“九五”科技攻关项目《西北地区水资源合理配置与承载能力研究》将水资源承载能力定义为：“在某一具体历史发展阶段下，以可预见的技术、经济和社会水平为依据，以可持续发展为原则，以维护生态环境良性循环发展为条件，经过合理的优化配置，水资源对该地区社会经济发展的最大支撑能力”（2006）。

(9) 区域（地区）水资源在某一具体的历史发展阶段下，以可以预见的技术、经济和社会水平为依据，以可持续发展为原则，在满足生态用水的前提下，经过合理的优化配置，可以支撑的最大的、协调发展的社会经济、环境与人口的规模（刘树锋、陈俊合，2007）。

(10) 某一区域在某一具体的历史发展阶段下，以可预见的技术、经济和社会水平为依据，以维持生态良性循环和可持续发展为前提，经过合理的优化配置，水资源对该地区社会经济发展的最大支撑能力（陈南祥、班培莉，2008）。

水资源承载能力不是简单的水资源问题，不能仅在水资源系统中研究，它是研究人口、水资源、社会经济和生态环境等方面的边缘学科，因此需要按系统科学的原理，从水资源系统—自然生态系统—社会经济系统耦合机理上综合考虑水资源人口、资源、环境和经济协调发展的支撑能力。

任何一个概念的研究，不可缺少的应该有研究条件，如：时间、空间和历史背景等；研究主体；研究客体；研究目的。据此，可以将上述学者对水资源承载能力的概念研究从纵向上划分为 3 个阶段，具体见表 1-2。

表 1-2 水资源承载能力概念的纵向分析

阶段	阶段名称	日期	承载条件	特点	研究目的	不足之处
第一阶段	初步形成阶段	1992~1997 年	科技水平 历史时期 地域空间 生态环境	1. 强调了动态发展的观念； 2. “可持续发展”思想隐含在定义当中	极限承载能力	1. 未充分体现“可持续发展”的思想； 2. 孤立看待各个承载对象； 3. 将水资源看作是对人口、社会经济、生态环境的决定因素
第二阶段	发展阶段	1998~2004 年	科技水平 历史时期 地域空间 生态环境	将“可持续发展”作为指导原则明确在定义中提出	适度承载能力	孤立看待各个承载对象
第三阶段	逐步成熟阶段	2005 年至今	科技水平 历史时期 地域空间	1. 将生态环境作为承载对象而不再是承载条件； 2. 将承载对象联成整体考虑； 3. 意识到合理配置水资源是提高水资源承载能力的一个技术手段	可持续承载能力	生态环境与水资源的定量关系研究较少，使承载能力研究难度加大



从横向上来看，基于研究者考虑承载能力的角度不同，可以将其归纳为两类，具体见表 1-3。

表 1-3 水资源承载能力概念横向分析

观点	类型名称	考虑角度	表述指标	终极目标	特点
观点一	水资源开发规模论或容量论	承载主体—水资源系统	供水能力	最大发展水平	具体
观点二	水资源支持可持续发展能力论	承载客体—人类社会经济系统	人口社会经济规模	最优发展水平	抽象

纵观水资源承载能力的定义，大致可以将其归纳为两种，一种是水资源开发规模论或容量论，另一种是水资源支持可持续发展能力论。这两种观点立足于不同的考虑角度进行阐述，前者从水资源系统出发，试图用一个具体的量，如供水能力作为水资源承载能力的指标；后者从人类社会经济系统出发，用人口和社会经济规模作为水资源承载能力的指标。

尽管他们立足于不同的角度，采用不同的表述方式，但其表达的基本观点和思路并无本质差异，都强调了“水资源最大支撑能力”的含义。其核心问题是：在一定的水资源开发利用阶段和生态环境保护目标下，一个流域或区域的可再生利用的水资源量究竟能够支撑多大规模的经济社会系统发展？如何管理有限的水资源，维持和改善陆地系统水资源承载能力？水资源承载能力不只是一个数值，而是由表征社会经济发展规模的一组数值组成的集合，如人口数、工业产值、农业产值和城市面积等。

纵观各类承载能力，很容易得到一个共性的特征，即所有承载能力都包含了两个方面含义：承载主体和承载客体。所以，水资源承载能力也是由承载主体和承载客体以及两者之间相互作用、相互协调的关系组成的。水资源承载能力主体自然是天然的水资源本身，其中水资源应包括其水量的多少和水质的好坏，只有水量没有水质或只有水质没有水量的水资源均不能构成水资源承载能力、反映承载能力的有效性。同时水资源承载能力也包含与其他资源（如物资资源和人文资源）的配合与协调所形成的统一主体。水资源承载能力的客体从狭义上应包括水资源所直接支撑的与水有直接联系的被支撑对象，如人口、牲畜、水产和各种污染物等。从广义上看，则应包括与水资源关系较为密切、受水资源变化影响较大或反过来对水资源影响较大的各种天然或非天然系统，如水资源综合规划所关注的经济系统（经济生产活动）、社会系统（人民生活水平）、水环境系统（水环境容量）、水生态系统（湿地面积、水生动植物数种与数量）。水资源承载能力就是要满足客体对主体的需求及压力，也就是水资源对社会经济发展的支撑规模。

1.1.2 水资源承载能力的内涵

1. 生态内涵

水资源承载能力的生态内涵具有两层含义：①水资源所承载的综合效用具有生态上的



极限,水资源的开发利用应以不超过这种极限为前提;②由于水资源承载能力具有极限含义,所以当达到水资源承载能力时,也必然意味着这一生态极限得到充分的利用。而且,水资源承载能力的生态极限还应当建立在水生态系统的整体性上。

2. 时空内涵

从时间角度讲,“水资源承载能力”具有时间属性。在不同的时期,社会经济发展水平不同,科技水平不同,开发利用水资源的能力不同,水资源利用率不同,对污水的处理能力不同,用水定额不同以及人均对水资源的需求不同,从而单位水资源量的承载能力也不同。因此在计算水资源承载能力时必须指明计算时段。“水资源承载能力”具有空间属性。从空间角度讲,不同区域的水资源量、水资源可利用量、社会发展水平、产业结构、经济基础、生态环境问题以及其他资源潜力等方面存在差异,水资源承载能力可能不同。

3. 社会经济内涵

水资源承载能力的社会经济内涵主要表现在3个方面。

(1) 水资源承载能力是以“可预见的经济技术发展水平”为依据。这里可预见的经济技术水平主要包括水资源的投资水平、开发利用和管理水平。

(2) 水资源承载能力是“经过合理的水资源优化配置”而得到的,而水资源优化配置是一种社会经济活动行为。

(3) 水资源承载能力的最终表现之一为区域社会经济发展规模,体现了水资源承载能力的社会经济内涵。

4. 可持续内涵

可持续内涵主要体现在两个方面:①水资源承载能力以可持续发展为研究原则,包含了水资源应能满足社会经济和生态环境的可持续发展;②水资源承载能力的增强是可持续的,即随着社会的持续发展,水资源承载能力的增强总是持续的。

水资源承载能力的这4个内涵并不是相互独立的,而是相互联系彼此交叉的。水资源承载能力的生态内涵主要表现在区域或流域复合生态系统中水资源所能承载的可维持系统基本繁衍的生态极限。这里的极限含义主要是指当达到水资源承载能力时,即既满足水生态系统的安全性和区域宏观生态环境的用水需求的同时,也满足区域社会、经济和环境协调持续发展,并且建立在水生态系统基础上的复合系统在一定时空范围内也达到了生态极限。由于水生态系统具有一定的弹性,所以水资源承载能力的生态极限具有一定的动态性。但水生态系统的生态极限往往并不能脱离特定区域人口的价值观和具体的效用需求而确定,而且在相同的水资源利用和污水排放水平下,通过社会经济系统的优化和社会经济容量或规模会有所不同,这就使得水资源承载能力不可避免地又具有社会经济方面的内涵。其经济内涵是指水资源对经济发展速度的支撑能力,它通过测算经济发展对水资源的需求,来确定未来可利用水资源条件下的经济发展速度,从而间接地反映水资源所能持续供养的人口量。

1.1.3 水资源承载能力的特性

水资源承载能力具有自然和社会的双重属性,同样具有动态性、跳跃性、相对极限性、模糊性、被承载模式的多样性、不确定性、可增强性等特点。



水资源承载能力的动态性说明了事物总是处于不断发展变化的历史过程中，通过提高不同时期的总体技术或生产力水平，使水资源承载能力在不同时期上具有跳跃性，因而水资源承载能力在时间上具有动态性。相对极限性指在某一具体的历史发展阶段，水资源承载能力具有最大的特性，即可能的最大承载指标。随着历史阶段的变更，水资源承载能力也会发生一定的变化。因此，凡是涉及水资源承载能力，必须指明相应的时间断面，即是哪一发展阶段或时期的水资源承载能力。模糊性具有两方面含义：①针对相对极限性而言的，相对极限性和模糊性则反映了相对真理和绝对真理的辩证统一关系；②指由于系统的复杂性和不确定性因素的客观存在，以及人类认识的局限性，决定了水资源承载能力在具体的承载指标上存在着一定的模糊性。被承载模式的多样性，即经济社会发展模式的多样性，它决定了水资源承载能力研究是一个复杂的决策问题。可增强性是指水资源承载能力随着时间的推移，会受到经济社会发展和技术进步越来越强烈的影响。因此，人类在开发出新水源的同时，能不断地提高单位水的利用效率。这种特性，要求人类要充分发挥聪明才智，积极采取节水、调整产业结构等有效措施，不断提高水资源的承载能力。

1.1.4 水资源承载能力的影响因素

水资源支撑社会经济发展的承载能力的影响因素，可用“爬坡”模型来说明，见图1-1（袁鹰，2006）。以斜坡代表承载主体水资源系统，箱子代表承载客体社会经济发展系统。整个过程可以看作水资源支撑社会经济发展的过程。社会经济系统向前发展的时候除了会受自身重力（ G ）的作用外，还会收到水资源系统对其支撑能力（ N ），在前进方向上其受驱动力（ F ）可认为是社会经济发展的需求拉力和外界对社会经济系统供给的动力，包括用水效率、生产力水平和劳动力等。阻力（ f ）可认为是社会经济系统的发展过程中所受到的水资源

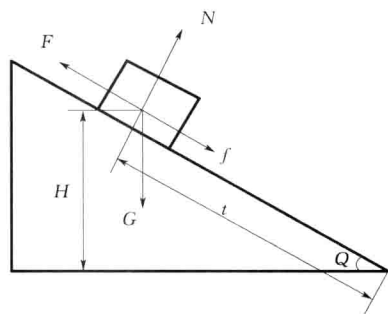


图 1-1 “爬坡”模型

资源和生态环境之间的摩擦力。社会经济系统所在的水平高度（ H ）可认为是客体的社会经济发展水平，社会经济系统前进的坡度代表不同的发展模式。可以看出，当社会经济发展的坡度（ Q ）越大，即采取快速的经济发展模式，到达一定的水平高度的时间也就越短。若社会经济发展规模过大，超出了水资源系统所能支撑的受力范围，也就使水资源承载能力的范围，承载主体水资源系统被破坏。同样，在社会经济系统和水资源系统外界条件都不变的情况下，外界给社会经济系统供给的动力即用水效率、生产力水平、劳动力和政策法规等越大，社会经济能达到的一定发展水平的时间也就越短。在特定的空间和时间范围内，若社会经济规模越大，势必给水资源系统造成的压力更大，造成社会经济系统、水资源和生态环境之间摩擦力也就更大，社会经济发展速度减慢。除此之外，水资源系统自身的水量大小、水质好坏和时空分布对水资源承载能力也有一定影响。

可以看出，除了受水资源系统本身的特性如自然环境和水资源量等的影响外，影响水资源承载能力的因素还包括水资源客体对水资源承载能力的反作用因素，即生产力水平、社会经济结构、生态环境状态以及人类的活动能力和意识形态，例如科技进步、水资源利



用效率、管理体制和法制建设等众多因素,同时水资源承载力主客体的相互作用也将是影响水资源承载能力的重要因素,主要包括水资源与经济社会发展的匹配程度,水资源系统的供水保证程度,水资源开发利用程度,用水分配比例等水资源系统、社会经济系统和生态环境系统之间的复杂相互作用关系。

1.1.5 水资源承载力与可持续发展、水资源配置的关系

1. 水资源承载力和可持续发展的关系

目前最常被引用的可持续发展的定义仍是1987年挪威首相Brundtland夫人等在世界环境与发展委员会上提出的定义,即“满足目前的需要而不破坏未来发展需求的能力”(左其亭、陈曦,2003)。

可持续发展主要包括3个方面:以自然资源的可持续利用和良好的生态环境为基础;以经济可持续发展为前提;以谋求社会的全面进步为目标。它强调3个主题:代际间发展的公平性;区域间发展的公平性;社会经济发展与人口、资源、环境间的协调性。它需要解决4个基本问题:保持区域内经济、环境和社会的协调发展;远期与近期的协调发展;不同区域之间的协调发展和资源配置(刘慧梅,2005)。

水是生命之源,生态环境的基本要素,是一个国家和地区经济建设和社会发展的自然资源 and 物质基础。因此,水资源是可持续发展的基本支撑条件之一,保证水资源的可持续利用是可持续发展的基本要求。

水资源承载力和可持续发展是相辅相成的,在某种意义上是一致的,都是针对当代人类所面临的人口、资源和环境方面的现实问题提出的,都强调发展与人口、资源、环境之间的关系,解决的核心问题也都是发展与人口、资源、环境之间的关系问题。

承载力与可持续发展的不同点是两者考虑问题的角度不同,是一个问题的两个方面,承载力可以说是从“脚底”出发,根据自然资源与环境的实际承载能力,确定人口与社会经济的发展速度,而可持续发展是从一个更高的角度看问题,但终究不能脱离自然资源与环境的束缚。

因此,可持续发展是目标,资源、环境是可持续发展的支撑。所以,在进行水资源承载力研究时,要以可持续发展为原则,要把水资源承载力置于可持续发展战略构架下进行讨论。

2. 水资源承载力和水资源合理配置的关系

水资源优化配置泛指通过工程和非工程措施,改变水资源的天然时空分布;开源与节流并重,兼顾当前利益和长远利益;利用系统的科学方法、决策理论和先进的计算机技术统一调配水资源;注重兴利与除弊的结合,协调好各地区及各用水部门之间的利益与矛盾,尽可能地提高区域整体的用水效率,以促进水资源的可持续开发利用和区域的可持续发展(许新宜等,1997)。

水资源配置是在确定了可利用水量和各类产业不同发展水平下的需水量后,以满足水资源配置的基本原则和要求的方式实现从可利用水量到各类产业用水之间的分配。它是连接水资源承载力主体和客体的桥梁,不同的水资源配置结果将产生不同的水资源承载力,这种关系是显而易见的。由于水资源配置方案的不同,其相应结果必然导致水资源承载力值的变化,合理的水资源配置结果将产生较高的水资源承载力值。因此,水资源



承载能力与优化配置之间存在互逆关系和互动关系。

由上述可见,可持续发展是目标,承载能力是支撑,优化配置是实现可持续发展目标的一个技术手段,与可持续发展、承载能力相比,它是一个小概念,但却不容忽视,优化配置水平的高低,在一定程度上决定着水资源承载能力的大小。因此,可持续发展、水资源合理配置和水资源承载能力这3个概念是相辅相成的,都是针对当代人类所面临的人口、资源和环境方面的现实问题,都强调发展与人口、资源、环境之间的关系。但侧重点有所不同,可持续观念强调了发展的公平性、可持续性以及环境资源的价值观;合理配置强调了环境资源的有效利用;承载能力强调了发展的极限性。

1.2 国内外研究现状

水资源承载能力作为可持续发展研究的基础课题,已经引起学术界的高度关注,成为当前水资源领域中的一个重点和热点研究问题。为了使水资源承载能力理论得到更广泛的应用,必须对其进行量化研究,同时,定性评价水资源承载能力问题也是水资源可持续开发利用的前提条件和有益补充。

1.2.1 国外水资源承载能力的研究现状

水资源承载能力在国外的专门研究较少,常常仅是在可持续发展问题中得到泛泛的讨论。国外往往使用“可持续利用水量”、水资源的生态限度或水资源自然系统的极限、水资源紧缺程度指标等来表述类似的含义,且一般直接指天然水资源数量的开发利用极限。

20世纪70年代以来,承载能力研究从土地资源扩展到整个资源领域,较具影响的研究有如下:首先是1973年澳大利亚的Millington等人应用多目标决策方法,以土地资源、水资源、大气和气候等条件为约束,计算澳大利亚的土地承载能力,然后依据研究结果提出了几种社会发展策略并分析了相应的发展前景。1977年,发展中国家土地的潜在人口支持能力研究联合国粮农组织也开始了和承载能力相关的研究工作,目的是研究发展中国家土地资源的人口承载能力。这项研究首次应用了农业生态区域法(AEZ),为土地承载能力的计算开辟了新途径。它将气候生产潜力和土地生产潜力相结合,来反映土地用于农业生产的实际潜力,并考虑了对土地的投入水平和社会经济条件对承载能力的影响,定量分析了人口、资源和发展的关系。

随着研究的深入,20世纪80年代初,联合国教科文组织资助研究开发了资源承载能力研究的ECCO模型(Enhancement of Carrying),该模型是由英国科学家斯莱瑟教授提出的一种承载能力估算的综合资源计量技术,也称为“提高承载能力的策略模型”。按照联合国教科文组织提出的已经被广泛采用的承载能力定义“一个国家或地区的资源承载能力是指在可预见的时期内,利用本地能源及其他自然资源和智力、技术等条件,在保证符合其社会文化准则的物质生活水平下所能持续供养的人口数量”的基础上,斯莱瑟教授提出了为长远规划服务的承载能力研究模型,它采用系统动力学方法,综合考虑人口、资源、环境与发展之间的关系,可以模拟不同发展策略下,人口变化和承载能力之间的动态变化。

进入90年代以来,在地区和国家社会经济发展中坚持走可持续发展道路已是普遍的