

江西财经大学生态文明研究院资助出版

水土资源

综合承载力评价与调控机制研究 ——以贵阳市为例——



吕添贵 ○ 著

SHUITU ZIYUAN

ZONGHE CHENGZAILI PINGJIA YU TIAOKONG JIZHI YANJIU
YI GUIYANGSHI WEILI

 中国农业出版社

水土资源

水土资源综合承载力 评价与调控机制研究

——以贵阳市为例

吕添贵 著

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

水土资源综合承载力评价与调控机制研究：以
贵阳市为例 / 吕添贵著. —北京：中国农业出版社，
2018.3

ISBN 978-7-109-23910-4

I. ①水… II. ①吕… III. ①水资源管理—承
载力—研究—贵阳②土地资源—承载力—研究—贵阳
IV. ①TV213.4②F323.211

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 025619 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

责任编辑 闫保荣

北京万友印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2018 年 3 月第 1 版 2018 年 3 月北京第 1 次印刷

开本：880mm×1230mm 1/32 印张：7

字数：160 千字

定价：35.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误，请向出版社发行部调换)

江西财经大学江西省生态文明制度建设协同创新中心资助
国家自然科学基金项目 (No. 41361111& No. 41561049)
教育部人文社科项目 (No. 17YJC630100)
中国博士后基金项目 (No. 2017M622098)
江西省高校科技落地计划项目 (No. KJLD14033)
江西省自然科学基金项目 (No. 20171BAA218017)
江西省博士后基金项目 (No. 2017KY55)
江西省博士后日常资助项目 (No. 2017RC036)
江西教育厅科技项目 (No. GJJ160460)
江西省社会科学十三五项目 (No. 16GL31)

前 言

水土资源作为一个整体，共同影响着城市化的质量和发展。传统水资源与土地资源单一承载力研究已不能满足城市发展对水土资源的综合要求。因而，城市化过程中水资源与土地资源相互作用下的承载力研究受到国内外学者的广泛关注。开展城市资源承载力研究，探讨城市化过程中水资源与土地资源相互作用的时空特征和演变规律，系统分析水资源与土地资源综合作用的影响机制，建立水土资源综合评价模型对综合承载力进行描述、评价和预测，可为城市水土资源的优化利用提供参考。

围绕城市化进程中水资源、土地资源相互作用形成综合承载力这一主题，本书选择具有喀斯特生态环境脆弱区的典型代表——贵阳市作为研究区，运用相关调研数据，以水土资源交互格局及其时空演化、模型模拟和影响机制为逻辑主线，以 1998—2012 年为时间序列，开展贵阳市城市化过程中水土资源综合承载力评价及其模拟研究。在建立较为完整的水土资源综合理论分析框架的基础上，着重分析和探索城市化过

程中水土资源交互特征、综合承载力时空演变规律、模拟预测及影响机制,提出优化路径。本书的主要研究内容与结论如下:

(1) 在探索水资源状态对土地资源成本、空间扩展和土地增值影响正过程,以及土地资源开发对水资源数量、质量和价值影响逆过程的基础上,构建水土资源综合作用评价指标体系,利用耦合模型对案例区1998—2012年水土资源综合利用过程进行计算。结果显示:研究区水资源与土地资源之间的相互作用耦合度达到0.90以上;水土资源共同作用下的协调度从0.530增加到0.743。这说明水资源与土地资源的协调过程在逐渐增强。

(2) 根据水资源与土地资源的耦合作用特征,从水资源、土地资源、社会、经济和生态等方面构建水土资源综合承载力评价指标。分析发现,水土资源共同作用下的承载力水平变化明显,案例区逐渐从0.035增加到0.528。承载状态由系统不稳定向系统稳定转变,水土资源综合承载力水平从较低等级增至较高等级。但在空间上,水土资源综合承载力水平分异明显,增长区域个数低于降低区域个数,表明城市化对水土资源综合承载力的约束在逐渐增强,未来城市社会经济发展应考虑水土资源两者共同作用下的经济发展模式。城市化过程中承载力计算过程应当综合考虑水资源要素与土地资源要素的共同作用,以弥补单一水资

源或土地资源进行承载力计算所带来不足。

(3) 在考察水土资源综合影响障碍因素的基础上,对相应社会经济发展路径进行情景模拟,并从人口增长率、GDP 增长率、用地面积增长率、耕地减少率、用水总量增加率等系统控制变量集出发,探讨现状延续、经济优先、环境保护和综合协调等四类情景,对比分析不同情景下发展演化速度、演化过程。在人口规模和经济规模预测中发现综合协调更加符合贵阳市现实发展状况,可以综合考虑各方面因素,满足城市发展与水土资源相互协调的要求。因而,在水土共同作用下城市发展路径应选取综合协调型模式。

(4) 基于案例区水土资源共同作用下的综合承载力空间差异分析,发现案例区除水土资源相对脆弱以外,更是受到喀斯特的山地系统、地质结构、水文系统和人文系统的综合作用。虽然岩溶地下水网使岩溶山区地下水丰富,但造成地表水缺乏和取水困难。二元水文结构造成了地质性缺水,而丰富的降水量和地下水资源会掩盖喀斯特地区缺水的本质。与此同时,水土资源共同作用下的承载力水平差异与城市化发展过程中政策制度推动力、个体结构变迁动力和市场经济发展动力密切相关,这些因素共同影响了水土资源综合承载力的时空分布差异。

(5) 为实现水土资源共同作用下的综合承载力向综合协调模式演进,除探讨其受到的影响机制和驱动

机制外,还应构建相应的调控机制。本书从城市化过程中水土资源的综合治理、利益协调、规划引导和理念转换等方面出发,提出了水土资源综合调控框架和提升水土资源综合承载力的优化路径。

本书的出版得到了教育部人文社科项目“行为主体视角下我国耕地资源休养的微观机制、驱动机理与改进规则研究”(17YJC630100)、国家自然科学基金项目“基于生态位CA的区域关键性生态空间辨识与预警研究——以鄱阳湖地区为例”(41361111)、国家自然科学基金项目“鄱阳湖湿地干湿交替过程土壤有机碳三维时空变异性研究”(41561049)、江西省高校科技落地计划项目“江西省土地生态安全预警信息系统的开发研究”(KJLD14033)、中国博士后基金项目“跨界流域水资源管理冲突的发生机理与管控对策研究”(2017M622098)、江西省自然科学基金项目“基于利益相关者视角的鄱阳湖流域水资源管理冲突识别、评估与应对策略研究”(20171BAA218017)、江西教育厅科技项目“鄱阳湖生态经济区水土资源承载力综合评价、安全预警与政策模拟研究”(GJJ160460)、江西省社会科学“十三五”规划青年项目“鄱阳湖流域上中下游水资源利用行为博弈、影响机制与优化策略研究”(16GL31)、江西省博士后项目“大湖地区水土资源时空协同演化机理、生态效应与承载能力研究”(2017KY55)、江西省博士后日常资助项目“跨界流域

水资源管理冲突的合作困境与治理策略”(2017RC036)等课题的联合资助。在新时期生态文明建设背景下,水土资源承载力研究涉及的领域较广,是一项复杂的系统工程,本书引用了大量的相关文献,在此对相关作者表示诚挚的谢意。本书的出版是在作者博士后导师江西财经大学生态文明研究院院长谢花林教授的悉心指导下完成的,在此表示衷心的感谢和诚挚的敬意,本著作在出版过程中还得到江西财经大学旅游与城市管理学院领导、同事们的关心和支持,以及得到中国农业出版社闫保荣编辑的辛苦付出,在此表示最真挚的感谢。

本书适合土地资源管理、生态学、地理学、环境管理和人口资源环境学专业的本科生和研究生阅读,也可以作为政府工作人员参考用书。

目 录

前言

1 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 理论背景	1
1.1.2 现实背景	3
1.2 研究目的与研究意义	5
1.2.1 研究目的	5
1.2.2 研究意义	6
1.3 研究框架与技术路线	8
1.3.1 研究框架	8
1.3.2 技术路线	9
1.4 研究方法	11
1.5 数据处理	11
1.5.1 研究尺度	11
1.5.2 数据来源	12
2 文献综述	14
2.1 水土资源综合作用研究进展	14

2.1.1	水土资源综合内涵	14
2.1.2	水土资源综合内容	17
2.1.3	水土资源综合测算方法	19
2.2	水土资源综合承载力研究进展	22
2.2.1	水土资源综合承载力内涵	22
2.2.2	水土资源综合承载力评价方法	29
2.2.3	水土资源综合承载力影响因素	34
2.3	水土资源综合承载力调控研究进展	35
2.3.1	水土资源综合调控内涵	35
2.3.2	水土资源综合调控工具	38
2.3.3	水土资源综合调控效果	40
2.4	研究述评	41
3	研究理论分析框架与案例选择	43
3.1	水土资源综合理论分析框架	43
3.1.1	水土资源相互作用分析	43
3.1.2	水土资源系统理论	47
3.1.3	水土资源综合概念	49
3.1.4	水土资源综合过程	50
3.1.5	水土资源综合理论分析框架	51
3.2	研究案例选择	52
3.3	研究案例概况	54
3.3.1	区域地理位置	54
3.3.2	自然环境条件	55
3.3.3	社会经济发展	56
3.4	本章小结	58

4 水土资源时空匹配分析与耦合状态测算	60
4.1 水土资源利用现状	60
4.1.1 水资源开发利用现状	60
4.1.2 土地资源开发利用现状	69
4.2 水土资源利用时空格局分析	75
4.2.1 水土资源匹配空间尺度界定	75
4.2.2 水土资源匹配系数测算模型	76
4.2.3 水土资源匹配系数时空分布	77
4.3 水土资源耦合模型构建与状态测算	80
4.3.1 水土资源耦合模型构建	80
4.3.2 水土资源耦合过程分析	85
4.3.3 水土资源耦合结果分析	89
4.3.4 水土资源耦合空间差异	92
4.4 水土资源耦合状态与承载力关系分析	94
4.5 本章小结	95
5 水土资源综合承载力评价及障碍因素分析	98
5.1 水土资源综合承载力评价方法	98
5.1.1 水土资源综合承载力评价体系构建	99
5.1.2 水土资源综合承载力评价方法	104
5.1.3 水土资源综合承载力等级划分	105
5.2 水土资源综合承载力评价结果分析	106
5.2.1 水土资源综合承载力评价分析	106
5.2.2 水土资源综合承载力空间差异计算	108
5.3 水土资源综合承载力障碍分析	110

5.3.1	水土资源综合承载力障碍因素诊断	111
5.3.2	水土资源综合承载力障碍度计算	112
5.4	本章小结	114
6	水土资源综合承载力情景模拟与预测分析	115
6.1	模型总体结构与系统分析	115
6.1.1	模型目的与系统边界	116
6.1.2	系统框架分析	116
6.2	模型系统构建	119
6.2.1	系统模型构建	120
6.2.2	系统动力学结构方程	123
6.2.3	水土资源综合承载力系统流程图	129
6.3	模型有效性检验与情景设置	129
6.3.1	模型有效性检验	129
6.3.2	不同发展模式情景设置	131
6.4	不同发展模式下水土资源综合承载力情景仿真	133
6.4.1	水土资源综合承载力情景仿真模拟	133
6.4.2	水土资源综合承载力评价指数	136
6.4.3	不同情景下水土资源综合承载力分析	138
6.4.4	水土资源综合承载力容量分析	140
6.5	本章小结	142
7	水土资源综合承载力影响机制与驱动力分析	144
7.1	水土资源脆弱性问题与成因	144
7.1.1	水土资源脆弱性问题与表现	144
7.1.2	水土资源脆弱性成因分析	145

7.2	水土资源综合承载力影响机制	147
7.2.1	山地系统机制	147
7.2.2	地质结构机制	148
7.2.3	水文系统机制	149
7.2.4	人文社会机制	150
7.3	水土资源综合承载力演化的驱动力分析	153
7.3.1	政策制度推动动力	153
7.3.2	个体结构变迁动力	154
7.3.3	市场经济发展动力	155
7.4	本章小结	157
8	水土资源综合承载力调控机制构建	159
8.1	水土资源综合调控基础	159
8.1.1	水土资源综合调控内涵界定	159
8.1.2	水土资源综合调控目标	160
8.1.3	水土资源综合调控原则	160
8.2	水土资源综合调控框架分析	162
8.2.1	水土资源综合调控思路	162
8.2.2	水土资源综合调控框架	164
8.3	水土资源综合承载力优化路径	165
8.3.1	合理确定水土资源开发路径, 促进水土 资源有效利用	165
8.3.2	加强水土资源环境治理, 构建环境 承载力保护支撑体系	167
8.3.3	促进产业结构调整转型, 提高区域 水土资源利用水平	168

8.3.4 转变水土资源利用理念, 拓宽水土资源利用渠道	170
8.4 本章小结	172
9 研究结论与展望	173
9.1 研究结论	173
9.2 研究创新	176
9.3 研究展望	177
参考文献	179
后记	204

1 绪 论

1.1 研究背景

1.1.1 理论背景

美国诺贝尔经济学奖获得者斯蒂格利茨曾预言, 21 世纪影响世界进程和改变世界面貌的两件事分别是美国的高科技和中国的城市化。当前中国正处于城镇化与工业化的快速发展阶段, 经济结构和社会结构的加速调整, 以及高强度的人类活动对水土资源利用的广度和深度在不断加强。一方面, 中国是水资源严重不足的贫水国, 人均水资源量仅为 $2\,240\text{m}^3$, 不足世界人均水平的 $1/4$ ^①; 另一方面, 中国人均耕地面积从 1996 年的 0.106hm^2 降低到 2009 年 0.101hm^2 , 明显低于世界人均耕地 0.225hm^2 的水平^②。伴随着快速工业化、城镇化和农业现代化进程, 中国经济的腾飞是以资源尤其是耕地资源和水资源的过度消耗为代价的, 直接导致了水土资源短缺、空气污染、生态环境破坏等一系列问题的产生, 极大地削弱了自然生态环境的承载能力 (Lian 等, 2014; Liu, 2014)。因此, 水土资源开发利用问题已成为城市发展过程中亟须解决的基础课题之

① 水利部. 中国水资源公报 [EB/OL]. <http://www.mwr.gov.cn/>.

② 国土资源部. 关于第二次全国土地调查主要数据成果的公报 [EB/OL]. http://www.mlr.gov.cn/zwgk/zytz/201312/t20131230_1298865.htm.

一，而水资源与土地资源综合作用下的承载力评价研究则是实现资源环境承载能力监测预警的关键（樊杰等，2015）。

目前，关于水资源与土地资源的承载力评价研究在各自基础上展开。一方面，水资源作为生态环境基本要素和可恢复、可再生的自然资源，是生态环境系统结构和功能的组成部分，以及衡量一个国家或地区发展的国民经济和社会发展的物质基础（丰雷，2011）。水资源承载力作为评价区域水资源安全的基本量度，对构建区域水资源安全保障体系和预警机制，以及协调水资源利用与人口变化、经济发展和生态环境的可持续发展具有重要理论意义与现实意义（鲍超等，2006）；另一方面，土地为万物之本，是人类生存、生产和生活不可缺少的物质基础和基本环境要素。土地资源承载力作为衡量土地资源开发利用的基本单元，是实现区域规划合理决策和协调人地关系的有效途径（姜峰等，2012）。

在理论上，由于水资源的动态性、与土地资源空间位置固定性的叠加，强化了问题的不确定性，使得水资源或土地资源单一研究难以形成有效的理论体系。传统上单一的水资源或土地资源开发特性，难以解释城市化过程中水资源与土地资源之间相互作用关系，使得探讨水资源与土地资源两者之间的相互作用过程显得极为迫切，亟须相应的理论支持。耦合作为研究两个或者两个以上物体通过运动、通过各种相互作用而彼此影响状况的基本工具（刘耀彬，2007），在自然与人类高强度活动双重作用下，土地利用结构变化与水资源循环利用两者之间各自表现相互交织和相互作用的联动特征，即水资源禀赋影响着土地利用结构，而土地利用变化又影响水资源循环，水资源与土地资源共同决定城市资源承载力阈值。基于耦合视角下水