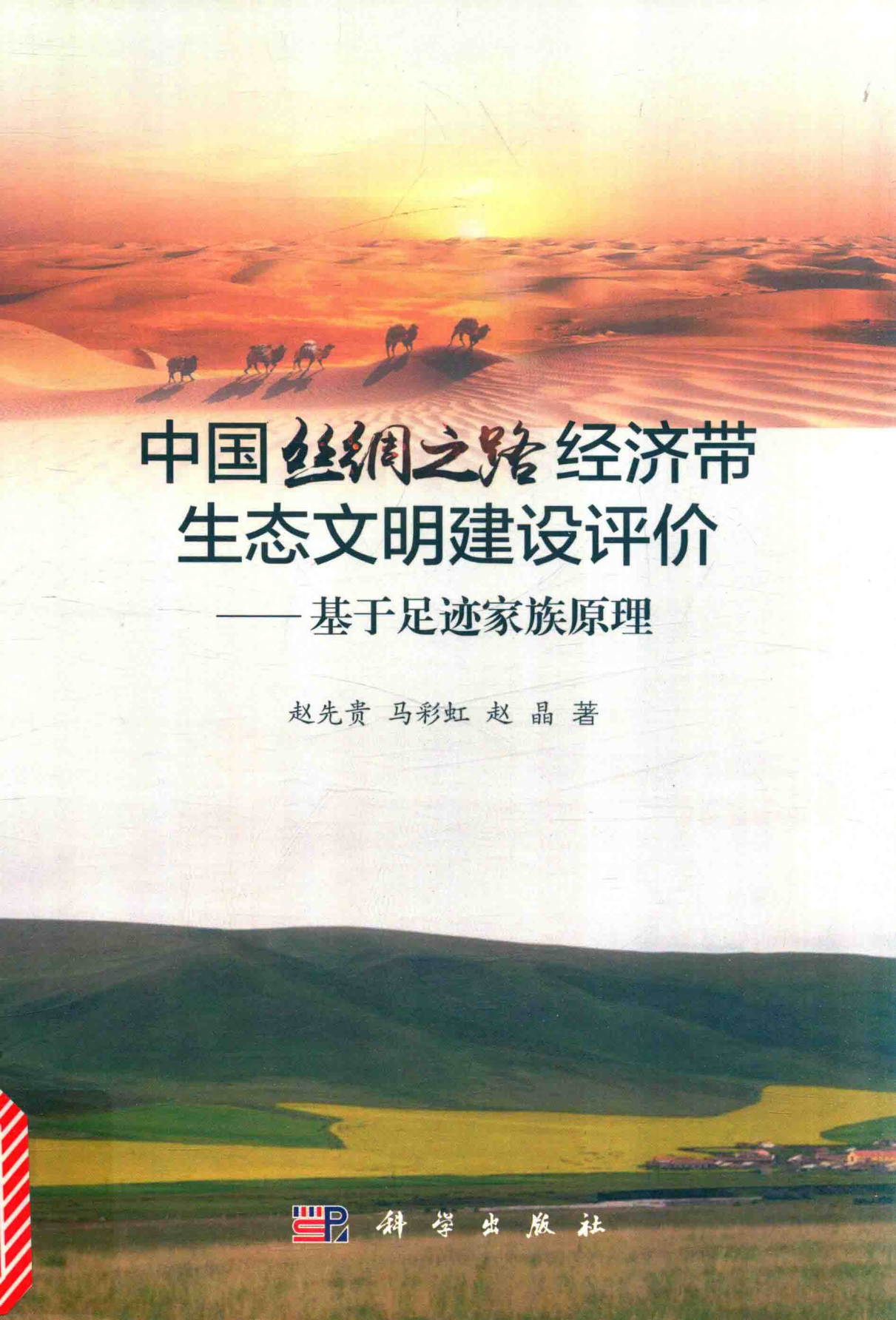




中国丝绸之路经济带 生态文明建设评价

——基于足迹家族原理

赵先贵 马彩虹 赵晶 著



科学出版社

中国丝绸之路经济带生态文明建设 评价——基于足迹家族原理

赵先贵 马彩虹 赵 晶 著

国家社会科学基金项目(14XKS019)

陕西师范大学优秀学术著作出版基金 联合资助

陕西师范大学一流学科建设经费

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书基于足迹家族原理,结合生态文明建设的内涵,构建了生态文明建设评价指标体系,并以省、市两级尺度为研究视角,对中国丝绸之路经济带的生态文明建设水平及其空间格局进行了定量和定性分析。基于生态文明建设等级划分标准,将中国丝绸之路经济带划分为三大类型区9个亚区;针对各亚区的制约因子,提出了各自生态文明建设的主要路径。

本书可供地理学、生态经济学、社会学、区域可持续发展与生态文明建设等领域的研究人员和高校师生阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国丝绸之路经济带生态文明建设评价:基于足迹家族原理/赵先贵,马彩虹,赵晶著. —北京:科学出版社,2017.12

ISBN 978-7-03-055670-7

I. ①中… II. ①赵… ②马… ③赵… III. ①“一带一路”-生态环境建设-研究-中国 IV. ①X321.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第292568号

责任编辑:亢列梅 徐世钊 / 责任校对:郭瑞芝

责任印制:张 伟 / 封面设计:陈 敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年12月第 一 版 开本:720×1000 B5

2017年12月第一次印刷 印张:16 1/4 插页:1

字数:328 000

定价:98.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



前 言

面对越来越频发的雾霾天气、气候异常、资源枯竭等生态危机和周而复始的全球经济危机，人类传统的发展观和文明观受到严峻挑战。党的十八大将生态文明建设提升到前所未有的高度，强调生态文明建设的理念是顺应、尊重、保护自然。概括来讲，国内有关生态文明建设的研究主要集中在三个方面：一是关于其概念、内涵、特征等基础理论的研究，如有的学者认为生态文明建设是国际可持续科学在中国的实际应用和重要实践；二是关于生态文明建设评价体系的研究，各种评价方法不断出现；三是关于生态文明建设路径的研究。在国外，美洲、欧洲等发达国家纷纷推行一系列以低碳经济、循环经济为核心的绿色新政；欧盟委员会认为欧洲经济正在使用近三倍于本地可用的生态资产。针对这一不可持续问题，欧盟资助的“一个星球经济网络”项目中采用足迹家族法（包括生态足迹、水足迹、碳足迹）监测可持续性。迄今为止，有关生态文明建设方面的研究已有一定的进展，但也存在不足。例如，在评价方法上，已有的评价体系主要依赖于多指标综合评价的方法，该类方法的主要缺点是不能监测生态平衡问题，所涉及的评价因子的选择和赋值受主观因素影响大，其评价结果因人而异，在不同的时空条件下的可比性较差。另外，生态文明建设路径的研究也多针对国家层面的宏观理论，缺乏针对省市尺度的路径研究。

2013年9月，习近平主席在哈萨克斯坦演讲时提出了共建丝绸之路经济带的构想。2013年末，国家暂定的“丝绸之路经济带”国内部分有西北和西南9个省（自治区、直辖市）。2015年3月末，国家发展和改革委员会、外交部、商务部联合发布了《推动共建丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路的愿景与行动》，其中将丝绸之路经济带国内范围在上述省（自治区、直辖市）的基础上，增至包括内蒙古、西藏和东北三省在内的共14个省（自治区、直辖市）。本书作为2014年国家社科基金项目的研究成果，采用国家2013年暂定的西北和西南9个省（自治区、直辖市）作为本书的空间范围。

中国丝绸之路经济带（以下简称“经济带”）大部分属于经济欠发达和生态脆弱地区，生态文明建设是其必然的选择。本书基于足迹家族原理和生态文明建设的内涵，构建了由生态压力指数、水资源压力指数、温室气体排放指数和人类发展指数综合而成的生态文明评价指标体系；结合中国丝绸之路经济带、省域、市域3个尺度的试评估结果与当地实际，制订了生态文明水平及各分指数的等级划

分标准；采用本书构建的基于新足迹家族的生态文明建设评价体系，对经济带及其9个省（自治区、直辖市）1990~2014年的生态文明指数和4个分指数的动态变化规律进行了研究，以省域、市域两级尺度为研究视角，对经济带的生态文明建设水平及其生态压力、水资源压力、温室气体排放、社会发展水平的空间格局进行了分析。基于生态文明建设等级划分标准，将中国丝绸之路经济带划分为3大类型区9个亚区；针对各亚区的制约因子，提出了各自的生态文明建设的主要路径。该成果可为政府管理部门在生态红线、生态补偿、低碳发展、绿色发展和循环经济等生态文明制度建设方面提供科学依据；同时对于大力推进美丽丝绸之路经济带建设、提高人民福祉、实现区域可持续发展具有重要的意义。

本书的创新之处主要有四个方面：一是引入了反映社会发展水平的社会足迹，丰富了足迹家族，使其内容更加完整全面；二是构建了基于新足迹家族的生态文明建设评价体系，该方法从生态需求与生物承载力平衡、水资源消耗与可用水资源平衡、温室气体排放和人类社会发展水平四个方面监测人类活动对环境所产生的压力，较全面地反映出区域生态文明建设水平，并揭示了各影响因子在生态文明建设中的利害关系，提高了评价结果的应用价值；三是新的生态文明建设评价指标体系的设计原理与国际公认的方法接轨，其评价因子的选取与赋值采用全球规范的方法和标准，并通过省域、市域两级尺度的实证研究，使其评价结果在不同时空条件下有较好的可比性，克服了现有综合评价方法受主观因素影响的缺陷；四是本书所划分的生态文明类型区及建设路径，依据的是生态文明建设评价结果和制约因子，所设计的建设路径具有较强的针对性。

本书由陕西师范大学赵先贵教授组织策划，并参与撰写和统稿。其中，第1章、第3章、第10章由赵先贵撰写；第2章、第5章、第8章由宁夏大学马彩虹教授撰写，第4章、第6章、第7章由西安石油大学赵晶讲师撰写；第9章由马彩虹和赵晶共同撰写。另外，在近年来的相关研究中，陕西师范大学肖玲副教授和张艳芳副教授、马彩芳、魏民秀、李爱英、赵超、申烨红、姑丽努尔·艾山、王晓宇、葛孟尧、余册册、张燕、王诗雨、尹默雪、张凯等研究生参加了专题研究或资料收集与整理分析工作。在本书出版之际，向参与课题组的全体成员及多年支持项目研究的陕西师范大学社科处、学科建设处、地理科学与旅游学院、科学出版社相关人员、社会各界同仁表示衷心感谢。

限于作者水平，书中难免存在疏漏和不当之处，恳请读者批评指正。

作者

2017年7月于西安

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 生态文明建设的积极推行	1
1.1.2 丝绸之路经济带的特殊区位	1
1.2 研究意义	2
1.3 国内外研究现状及态势	2
1.3.1 生态文明基础理论的研究进展	2
1.3.2 传统生态文明建设评价方法研究进展	3
1.3.3 基于足迹家族的生态文明评价研究进展	4
1.3.4 存在的问题	6
1.4 研究内容、思路及技术路线	6
1.4.1 研究内容与时空范围	6
1.4.2 研究思路和技术路线	7
1.5 数据来源	8
第 2 章 研究区概况	9
2.1 地理位置与行政区划	9
2.2 自然条件	10
2.2.1 地形	10
2.2.2 土地资源	11
2.2.3 森林资源	12
2.2.4 水资源	13
2.2.5 能源资源	14
2.3 人口与经济发展	15
2.3.1 人口	15
2.3.2 经济发展	16
2.3.3 产业结构	18
2.4 存在的主要问题	19
2.4.1 社会经济问题	19
2.4.2 生态环境问题	20

第3章 基于足迹家族的生态文明建设评价体系的构建	22
3.1 足迹家族简介	22
3.1.1 生态足迹	22
3.1.2 水足迹	23
3.1.3 碳足迹	24
3.2 基于足迹家族的生态文明建设评价体系的构建	30
3.2.1 生态压力指数	30
3.2.2 水资源压力指数	30
3.2.3 温室气体排放指数	30
3.2.4 人类发展指数	31
3.2.5 生态文明指数	32
3.3 本章讨论与小结	33
3.3.1 讨论	33
3.3.2 小结	35
第4章 中国丝绸之路经济带生态足迹分析	36
4.1 生态足迹的时空变化特征	36
4.1.1 生态足迹的动态变化	36
4.1.2 生态足迹的空间格局分析	40
4.2 生物承载力的时空变化特征	43
4.2.1 生物承载力的动态变化	43
4.2.2 生物承载力的空间格局分析	46
4.3 生态赤字的时空变化特征	49
4.3.1 生态赤字的动态变化	49
4.3.2 生态赤字的空间格局分析	53
4.4 本章讨论与小结	56
4.4.1 讨论	56
4.4.2 小结	57
第5章 中国丝绸之路经济带水足迹分析	59
5.1 可用水资源的时空变化特征分析	59
5.1.1 可用水资源的动态变化	59
5.1.2 可用水资源的空间格局分析	61
5.2 水足迹的时空变化特征	64
5.2.1 水足迹的动态变化	64

5.2.2 水足迹的空间格局分析	67
5.3 本章讨论与小结	72
5.3.1 讨论	72
5.3.2 小结	74
第 6 章 中国丝绸之路经济带碳足迹分析	75
6.1 经济带温室气体排放清单及特征分析	75
6.1.1 经济带尺度的温室气体排放清单	75
6.1.2 省、市级尺度的温室气体排放清单	76
6.2 温室气体排放总量的时空变化特征	77
6.2.1 温室气体排放总量的动态变化	77
6.2.2 温室气体排放总量的空间格局分析	81
6.3 各部门温室气体排放的时空变化特征	84
6.3.1 能源消费温室气体排放的时空变化	84
6.3.2 特殊工业温室气体排放的时空变化	88
6.3.3 农业生产温室气体排放的时空变化	92
6.3.4 林业固碳的时空变化	95
6.3.5 废物处理温室气体排放的时空变化	99
6.4 人均温室气体排放的时空变化特征	103
6.4.1 人均温室气体排放的动态变化	103
6.4.2 人均温室气体排放的空间格局分析	104
6.5 地均温室气体排放的时空变化特征	107
6.5.1 地均温室气体排放的动态变化	107
6.5.2 地均温室气体排放的空间格局	108
6.6 万元 GDP 温室气体排放的时空变化特征分析	111
6.6.1 万元 GDP 温室气体排放的动态变化	111
6.6.2 万元 GDP 温室气体排放的空间格局分析	113
6.7 本章讨论与小结	115
6.7.1 讨论	115
6.7.2 小结	117
第 7 章 中国丝绸之路经济带社会发展足迹分析	119
7.1 预期寿命指数的时空变化特征分析	119
7.1.1 预期寿命指数的动态变化	119
7.1.2 预期寿命指数的空间格局分析	121

7.2	教育指数的时空变化特征分析	123
7.2.1	教育指数的动态变化	123
7.2.2	教育指数的空间格局分析	124
7.3	收入指数的时空变化特征分析	127
7.3.1	收入指数的动态变化	127
7.3.2	收入指数的空间格局分析	128
7.4	本章讨论与小结	130
7.4.1	讨论	130
7.4.2	小结	131
第8章	中国丝绸之路经济带生态文明建设水平的时空变化特征分析	133
8.1	生态文明建设水平的动态变化特征分析	133
8.1.1	经济带尺度的动态变化	133
8.1.2	省域尺度的动态变化	134
8.2	生态文明建设水平的空间格局分析	139
8.2.1	省域尺度的空间格局分析	139
8.2.2	市(州)域尺度的空间格局分析	146
8.3	本章讨论与小结	152
8.3.1	讨论	152
8.3.2	小结	152
第9章	中国丝绸之路经济带资源环境与社会互动效应分析	154
9.1	资源环境及社会发展对生态文明的贡献率的动态分析	154
9.1.1	经济带尺度的贡献率分析	155
9.1.2	省域尺度贡献率的动态分析	158
9.1.3	省域尺度贡献率的结构比例变化特征	162
9.2	资源环境及社会发展对生态文明的贡献率的空间格局分析	164
9.2.1	省域尺度的空间格局分析	164
9.2.2	市(州)域尺度的空间格局分析	170
9.3	本章讨论与小结	175
9.3.1	讨论	175
9.3.2	小结	176
第10章	中国丝绸之路经济带生态文明建设路径设计	177
10.1	生态文明建设类型区的划分	177

10.1.1	指导思想	177
10.1.2	划分原则	177
10.1.3	划分方法	178
10.1.4	划分结果	178
10.2	生态文明水平较高类型区（Ⅰ类区）的建设路径	180
10.2.1	Ⅰ类区的主要特征	180
10.2.2	Ⅰ类区的建设路径	180
10.3	生态文明水平中等类型区（Ⅱ类区）的建设路径	182
10.3.1	Ⅱ类区的主要特征	182
10.3.2	Ⅱ类区的建设路径	182
10.4	生态文明水平较低类型区（Ⅲ类区）的建设路径	184
10.4.1	Ⅲ类区的主要特征	184
10.4.2	Ⅲ类区的建设路径	184
10.5	本章讨论与小结	186
10.5.1	讨论	186
10.5.2	小结	187
	参考文献	189
	附录	195
	附表 1 经济带各省（自治区、直辖市）温室气体排放清单	195
	附表 2 经济带各市（州）温室气体排放清单	199
	彩图	

第1章 绪 论

1.1 研究背景

1.1.1 生态文明建设的积极推行

人类从远古时期开始, 尽管筚路蓝缕, 但从未像现在这样需要面对一个又一个困境。近几十年来, 巨大灾难频繁发生, 影响范围之广、破坏力之大, 令人类备感生存危机: 2003 年, 滚滚热浪席卷了整个欧洲^[1]; 2005 年, 美国新奥尔良市遭受了飓风卡特里娜灾难性的冲击; 2008 年初春, 中国华南地区异常降温, 出现超强雨雪冰冻……。全球性生态危机、资源危机等生态环境问题的出现, 导致经济和社会危机的加剧, 对国家和地区的稳定产生重大影响, 甚至危及人类的可持续发展。人类是时候重新审视传统的发展观、文明观和安全观了^[2]! 如何化解全球遭遇的各类危机, 实现经济和社会的可持续发展, 是当前人类学、社会学、经济、生态学、环境学和地理学等领域的研究热点之一^[3]。

近年来, 中国的生态环境与经济发展之间的矛盾日益凸显, 生态系统退化、环境污染严重、资源趋紧的形势越来越严重。中国共产党在十七大报告中提出了生态文明建设的战略构想, 并指出今后的产业结构、增长方式和消费模式要符合节约能源、资源和保护生态环境^[4]。生态文明建设作为“五位一体”总体布局的重要组成部分, 在党的十八大报告中被提到了前所未有的高度, 报告指出生态文明建设是关系民族未来和人民福祉的长远大计^[5], 并进一步明确了生态文明的内涵是顺应自然、尊重自然和保护自然。2013 年十八届三中全会再次强调, 必须建立完整的生态文明制度体系, 划定生态保护红线, 细化生态补偿制度, 用制度促进生态文明建设^[6]。

1.1.2 丝绸之路经济带的特殊区位

1877 年, 德国学者 Richthofen 在他的名著《中国亲程旅行记》中, 将公元前 114 年至公元 127 年, 连接中国与中亚河中地区和印度丝绸贸易的西域道路称为“丝绸之路”。随后, 德国学者 Herrmann 在其《从中国到罗马帝国的丝绸之路》和《中国与叙利亚间的古代丝绸之路》两部名著中指出, 应该把丝绸之路的终点延长至叙利亚和希腊, 进一步明确了丝绸之路的内涵^[7]。

2013年9月,国家主席习近平在哈萨克斯坦演讲时提出了共建丝绸之路经济带的构想^[8]。丝绸之路经济带的建设涉及国防、能源、经贸、边境安全等多个重要领域,具有深远的战略影响^[9]。11月,十八届三中全会做出了“推进丝绸之路经济带建设”的重大决定。2013年末,国家暂定“丝绸之路经济带”国内部分为西北5省(自治区)和西南4省(自治区、直辖市)。2015年国家发展和改革委员会(简称“发改委”)、外交部、商务部联合发布了《推动共建丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路的愿景与行动》,其中将丝绸之路经济带国内部分在上述省份的基础上,增至包括内蒙古、西藏和东北三省在内的14个省(自治区、直辖市)。中国丝绸之路经济带(以下简称“经济带”)大部分属于经济欠发达和生态脆弱地区,在加快该区域发展时,绝不能走工业文明时期那种“先污染后治理”和“高能耗、高排放”的老路,因此生态文明建设是其必然选择^[10]。

1.2 研究意义

生态文明是继工业文明之后,人类文明发展的更高级阶段,它是关系中国人民福祉和中华民族未来的长远大计。目前,正值“一带一路”建设的关键时期,开展经济带的生态文明建设评价,从资源环境与社会发展等方面综合评估其资源环境压力和社会发展水平,分析研究其时空变化规律,探讨该区域生态文明建设的路径,具有十分重要的意义。体现在以下几个方面:

(1) 生态文明建设有利于协调经济发展与生态环境之间的关系。生态文明建设评价和路径的先行研究对于丝绸之路经济带建设少走弯路和健康发展起着重要的引领作用。

(2) 生态文明建设可为政府管理部门在生态补偿、生态红线、林业碳汇、碳交易等生态文明制度建设方面提供科学依据。

(3) 生态文明建设是国际可持续科学在中国的实际应用和重要实践。本书可以进一步推动其在国内的实证研究,对大力推进美丽丝绸之路经济带建设、提高人民福祉、实现区域可持续发展具有重要的实践价值。

1.3 国内外研究现状及态势

1.3.1 生态文明基础理论的研究进展

生态文明建设的基础理论涉及环境学、生态学、社会学和可持续发展等众多学科。其中关系最密切的是可持续发展,甚至有学者认为生态文明建设是可

持续发展理论在中国的深化和实践。20世纪60年代以来,资源枯竭、环境恶化等现象使人类逐渐意识到,只有与自然和谐相处,人类才能更好地生存和生活,从此才开始出现是否需要保护自然环境的争论^[11]。美国海洋生物学专家蕾切尔·卡森的《寂静的春天》是人类首次关注环境问题的著作^[12]。书中预言农药对人类环境的严重危害,强烈地震撼了当时整个社会。该书影响深远,是“生态运动”起跑的第一枪。1968年,来自西方10个发达国家的30多名顶尖实业家、科学家、经济学家、教育家和人类学家,聚集在罗马山猫科学院,探讨了人口、资源、生态环境等有关全人类发展前途的一系列根本性问题,质疑当时的发展模式,并成立了被称为“罗马俱乐部”的专门研究世界未来的学术机构。1972年,罗马俱乐部在《增长的极限》一书中指出,地球已不堪重负,如果人类继续以掠夺式的发展方式,大量消费资源和能源,社会将面临增长的极限,环境污染和资源枯竭将会威胁人类的持续生存^[13]。1987年,“可持续发展”这一概念在日本东京召开的世界环境与发展大会通过的《我们共同的未来》报告中首次出现^[14]。1992年,在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展大会通过了重要文件——《21世纪议程》,该文件制定了可持续发展的行动方案,达成了促进人类、经济与环境协调发展的全球共识,这是人类建设生态文明的重要里程碑。

20世纪90年代以来,国内学者越来越关注有关生态文明建设理论与实践的研究。陈洪波等^[15]、王孔雀^[16]、陈军等^[17]概括了我国生态文明的研究进程;谷树忠等认为现阶段人类文明的主要成分,是生态文明所体现的人与自然和谐共处的关系^[18];王如松认为生态文明是由人类与环境之间的相互耦合、整合、共处与转化而产生的^[19];王树义认为环境保护是生态文明建设的重点,而环境保护的推进依赖于人们树立正确、可行的文明生态观,加大环境保护的力度,用法律法规约束人类的环境行为^[20]。

1.3.2 传统生态文明建设评价方法研究进展

国外相关领域研究中,主要是与可持续发展有关的评价方法,较权威的评价方法有:美国耶鲁大学和哥伦比亚大学合作提出的环境可持续发展指数(environmental sustainability index, ESI)与派生出的环境绩效指数(environmental performance index, EPI)、人类发展指数(human development index, HDI)、世界发展指标(world development indicators, WDI)和生态足迹(ecological footprint, EF)等^[21]。

在国内,随着全国范围内生态文明建设理论与实践的推进,各种生态文明建设评价方法不断出现。2008年中共中央编译局编制了第一个生态文明建设指

标体系,它包括资源、生态、环境和制度4个子系统,内容涵盖30个评价指标^[22]。赵芳将评价指标解构为生产、生活、生态和社会四个关键领域,采用层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)构建了包括27个单项指标构成的评价体系,并根据这一体系评价了国内30个省(自治区、直辖市)的生态文明建设的进展趋势^[23]。房安文采用AHP建立了由生态行为文明、生态制度文明、生态意识文明和发展力4个评价维度,27个指数以及35个具体指标组成的评价体系^[24]。魏晓双利用AHP、主成分分析法对中国31个省(自治区、直辖市)的生态文明建设进行了综合评价,提出了中国省域尺度的生态文明建设评价体系^[25]。张欢等^[26]和蒋小平^[27]分别构建了河南省、湖北省的生态文明评价体系。土多旺久提出了西藏生态文明评价体系^[28]。赵好战^[29]、黄茹^[30]、许力飞^[31]和习尚东^[32]构建了市域尺度的生态文明建设评价体系,分别对石家庄、厦门、武汉和广州的生态文明建设评价进行了实证研究。此外,针对特定对象,秦玲^[33]、王建华^[34]等、成金华等^[35]分别研究了乡村旅游目的地、水生态、矿区的生态文明评价体系。成金华等^[36]、张意翔等^[37]分别对区域差异的生态文明(包括能源及环境方面)评价指标体系进行了研究。目前影响较大的评价方法主要有:中国地质大学(武汉)提出的“中国环境问题区域差异的生态文明评价指标体系”^[36]、北京林业大学提出的“中国省级生态文明建设评价体系”^[38]、中国科学院地理科学与资源研究所提出的“区域生态文明建设水平综合评估指标”^[39]等。

1.3.3 基于足迹家族的生态文明评价研究进展

目前,国际上的足迹研究主要由全球足迹网络(global footprint network, GFN)推行的生态足迹^[40]、联合国政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)所规范的碳足迹(《2006年IPCC国家温室气体清单指南》)^[41]和水足迹网络(water footprint network, WFN)主导的水足迹^[42]三大学术群体共同主导。

1992年,加拿大生态经济学家Rees首次提出生态足迹概念^[43],通过一个统一的度量指标——生物生产面积,将人类对自然资源的消耗程度和生态系统能够提供的生物资源及承载废物的能力进行测度,由Wackernagel对其计量方法进行改进^[43-44]。该方法的提出被认为是可持续发展领域的重大突破,在全球范围内引起了广泛关注和应用,学术界广泛开展了全球、国家、区域等不同尺度的生态足迹评估^[45-49]。GFN定期对全球的生态足迹进行测评并公布结果^[40]。自1999年生态足迹法被引入我国后被广泛应用,取得了大量的研究成果^[50-61]。2008年起《中国生态足迹报告》每隔两年公布一次中国各省(自治区、直辖市)的生态足迹数

据,并评估中国生态足迹对全球的影响程度^[50]。

碳足迹概念源于生态足迹,但至今尚未有精准的、统一的定义^[62-66]。由于概念的差异,碳足迹的计算方法多种多样,但以投入产出(input-output, I-O)法、生命周期评价(life cycle assessment, LCA)法和《2006年IPCC国家温室气体清单指南》计算方法(IPCC法)的应用较多^[67-69]。在国内,卢俊宇等计算了1997~2008年中国各省(自治区、直辖市)碳足迹的时空变化^[70];石敏俊等基于投入产出模型,分别计算了2007年和2002年中国各省(自治区、直辖市)的碳足迹与碳排放转移^[71];肖玲等提出了碳承载力和净碳足迹的概念,并对山东省的碳足迹进行了动态分析^[72];赵先贵等采用IPCC法分别测算了西安市、北京市、陕西省和山西省的碳足迹^[41,73-75]。

2002年,荷兰学者Hoekstra等在荷兰代尔夫特国际虚拟水贸易大会上首次提出“水足迹”的概念^[76]。此概念源自1998年英国专家Allan提出的“虚拟水”概念^[77]。水足迹通过融合人类活动全部链条中对水资源的利用,直观呈现全球可用水资源与人类消费的内在联系^[78-79]。目前,中国对水足迹研究可分为两大领域:一是针对区域水足迹的研究^[80-86];二是针对农产品水足迹的评估^[87-91]。区域水足迹方面,孙才志等对1995~2009年中国各省(自治区、直辖市)的水足迹进行了测算^[81];韩舒等^[82]、王新华等^[83]分别计算了1999~2009年新疆和2003年甘肃省的水足迹;邓晓军等在城市水足迹方面做了大量研究,分析了社会经济发展对重庆市、上海市的水资源的影响^[84-86]。农产品水足迹方面,田园宏等对中国1978~2010年主要粮食作物的水足迹进行了研究^[87];何浩等^[88]、于成^[89]、石鑫^[90]、盖力强等^[91]、分别对湖南、山东、新疆和华北平原不同农作物的水足迹及其变化特征进行了分析。

“足迹家族”(footprint family)这一概念最早于2008年由Giljum和Stoeglehner分别提出^[92,93]。2012年Galli等将足迹家族定义为:一种由生态足迹、水足迹、碳足迹组成的指标集合,用来估测、评价人类活动对地球环境的影响,其中人类行为主要包括生物、水资源的消费以及温室气体排放^[94]。随后,基于足迹家族概念的研究成果开始出现:Čuček等回顾了各类足迹指标的定义和计算方法,补充了一系列社会和经济类足迹的概念^[95],但仅提出了大致的概念,没有提出严格的内涵和计算方法,无法纳入足迹家族中;Fang等基于足迹家族的角度,比较了生态、水、碳、能源等足迹的概念和方法的异同,分析且整合了4种足迹的优势及障碍^[96];Hoekstra等于2014年提出了最大可持续足迹的概念,可作为可持续性评估的参考依据^[97];Ridoutt等提出了基于生命周期理论的足迹家族构想,认为足迹概念必须支撑以单一数值表征环境影响评价的结果^[98]。

1.3.4 存在的问题

迄今为止,有关生态文明建设评估与路径方面的研究已有一定的进展,但也存在不足。主要表现在以下几方面:

(1) 现有的评估方法多属于综合评价方法,主要缺陷是评价因子的选择及赋值受人类主观因素影响很大,不同时空条件下的评估结果可比性很差,降低了评价结果的理论和应用价值。

(2) 虽然足迹家族考虑了土地和水等自然资源的供需平衡、温室气体排放等问题,但没有能反映区域社会发展水平的指标,不能全面反映生态文明建设的内涵。

(3) 已有生态文明建设路径的研究,多集中在方向性或国家层面的宏观理论探索,缺乏针对省、市尺度的研究,特别是缺少针对生态文明不同类型区的路径研究。

生态文明建设评价必须从引导节约资源、减少污染、保持生态资本的供需平衡等方面入手。本书拟构建的基于足迹家族法的生态文明评价体系具有明显优势,一是能克服多指标综合评价体系不能监测生态资本供需平衡问题的缺陷;二是该方法的主要评价因子和计算方法全球统一,其评价结果可在较大的时空范围内比较,可提高评价结果的应用价值;三是从生态足迹、水足迹、碳足迹、社会发展等角度对研究区进行评价,完全符合生态文明建设的要求和宗旨。

1.4 研究内容、思路及技术路线

1.4.1 研究内容与时空范围

1. 研究内容

(1) 足迹家族法的改进。在已有的生态、水、碳3种足迹的基础上,探讨补充能体现社会发展水平的指标——社会发展足迹,作为第四种足迹引入足迹家族,以丰富足迹家族评价指标。

(2) 生态文明建设评估体系的构建。将生态、水、碳和社会发展4种足迹进行细化、整合,设计出能反映区域生态压力、水资源压力、温室气体排放压力以及社会发展水平的评价指标,并通过试评估划分等级标准。

(3) 利用所构建的指标体系,对经济带进行生态文明建设评价,分析其时空变化规律,并划分生态文明建设类型区。

(4) 探究经济带生态文明建设路径。针对不同类型区的自然特征和制约因子,

设计相应的建设路径。

2. 时空范围

(1) 空间范围。2013 年 12 月国家发改委等部门划定的丝绸之路经济带在国内有西北和西南 9 个省(自治区、直辖市)。2015 年国家发布了《推动共建丝绸之路经济带和 21 世纪海上丝绸之路的愿景与行动》，其中将丝绸之路经济带在国内的范围圈定为：黑龙江、吉林、辽宁、陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆、四川、重庆、广西、云南、内蒙古和西藏 14 个省(自治区、直辖市)。本书作为 2014 年国家社科基金的主要研究成果，采用国家发改委等部门 2013 年 12 月底划定的西北和西南 9 个省(自治区、直辖市)作为研究的空間范围。本书的空间尺度包括经济带、省域和市(州)域 3 个尺度。

(2) 时间范围。本书中经济带和省域尺度的时间序列为 1990~2014 年；市(州)域尺度由于行政区划的一些变化，前后数据对应存在一定困难，且长时间序列的数据也不完整，因此市(州)域尺度没有进行时间序列的研究，仅以 2012~2014 年的平均值进行空间格局分析。

1.4.2 研究思路和技术路线

对比分析已有的生态文明评估方法的优缺点；分析传统足迹家族中生态、水、碳 3 种足迹的异同之处和局限性，补充社会足迹，以丰富足迹家族；在此基础上，构建基于新足迹家族法的生态文明建设评价体系；采用所构建的评价体系对研究区进行生态文明建设评价和类型区划分；提出不同类型区的生态文明建设路径。其研究思路如下：

(1) 生态文明建设评价指标体系的构建。借用典型案例的数据和结果，测试和对比分析生态足迹、水足迹、碳足迹各自所研究的问题、所能提供的信息、指标的覆盖面、政策有效性、优缺点以及互补性等；分析传统足迹家族法的局限性及可能的改进方法，筛选适宜的指标(如人均收入、健康水平、受教育程度等)补充到评价体系中；通过试评价制定等级划分标准。

(2) 经济带生态文明建设评价。以市为基本单元，系统收集研究区有关生态文明建设评价的各种数据；利用本书所构建的方法评价研究区生态文明建设水平，借助 GIS 技术分析其时空变化规律，并划分经济带生态文明类型区。

(3) 经济带生态文明建设路径的选择。实地考察和总结已有的生态文明建设经验，依据十八大和十八届三中全会对生态文明建设的总要求，在上述评价和分区的基础上，提出针对不同类型区的生态文明建设路径。

本书的技术路线见图 1-1。