

文章编号: 1007-7588(2013)01-0089-13

资源流动研究现状及其主要研究领域

王宜强, 赵媛

(南京师范大学地理科学学院, 南京 210023)

摘要: 文章在总结资源流动国内外研究历程的基础上, 通过分析、整理 21 世纪以来国内资源科学领域核心期刊《自然资源学报》、《资源科学》等期刊的相关文献, 从总体发展趋势、理论与学科特性、研究视角等 3 个方面, 系统地国内外资源流动研究进行了归纳和评述。文章归纳得出: 西方资源流动研究的开展是蕴含于物质流研究当中的, 其在资源纵向流动领域的研究更为悠久和完善; 中国资源流动研究起步较晚, 但关注度不断提升, 并取得了初步研究成果; 目前, 国内资源流动的研究领域主要集中在流动方向、理论研究、方法研究等领域, 并取得了开拓性的进展; 但文章同时也指出目前的资源流动研究存在着理论研究尚不完善, 实证研究需要继续深化等问题。

关键词: 资源流动; 综述; 述评; 启示

1 引言

当前, 资源流动研究已成为资源科学领域新的研究视角和学科成长点^[1]。相对于之前资源科学领域的理论与实证研究, 资源流动研究更加关注资源开发利用的动态与过程特征以及与其他要素的相互作用关系, 从而实现了资源科学领域由“静态的断面分析”向“动态的过程评价”的过渡^[2]。目前, 对于资源流动研究, 国内外学者尝试采用多种相关领域的研究方法, 开展了大量的实证研究, 并广泛应用于资源效率分析、资源环境价值核算、节能减排、绩效考核等政策制定和决策领域, 显示了资源流动研究良好的发展前景和应用价值^[3-55]。不过, 目前的资源流动研究也存在着理论研究缺乏且系统性不足, 实证研究浅尝辄止等问题。为此, 资源流动研究在理论、方法以及研究框架的创新等方面急需拓展和完善, 以备为实证研究的深化提供有力的理论支持。

2 资源流动国内外研究历史与现状

2.1 国外“物质流”研究演变与资源流动研究新进展

在国外, 资源流动的研究主要体现在对“物质流”分析的研究中^[25-39]。在该领域, 其研究理念主要

来源于实物投入产出分析思想, 即蕴含于资源中的物质在社会经济系统内从开采、运输、加工、利用到废弃物管理再利用整个生命周期内流动过程^[56-76]。同时, 它也是基于环境问题的深入研究以及可持续发展的要求, 对社会经济状况进行统计和环境评估的一种新兴的研究方法。国际上关于资源流动的应用研究较多, 而对资源流动的理论研究只是一些零散的描述, 并没有对资源流动进行一个系统、规范的定义^[1]。但相对于国内“资源流动”的理论性探讨而言, 国外的“物质流”、“资源流”等研究工作已与国家层次的经济社会实践紧密配合起来, 成为宏观经济活动可持续性的重要评价指标^[77]。

西方物质流研究萌芽于 19 世纪中期, 其研究思想源自于生物学领域“代谢”的概念, 它由 Jarob Moleshott 提出, 认为生命是一种代谢现象, 是能量、物质与环境的交换过程, 这一学术思想随后也被广泛应用于其他自然和社会科学领域^[78]。19 世纪 60 年代-70 年代, 由于人们环境意识的觉醒以及对经济发展模式的批判, 学术界也开始重新审视旧有的社会代谢模式, 从而形成了许多通过研究物质流动来建立经济与环境之间联系的方法^[79]。

西方物质流研究在 20 世纪 80 年代以前得到了

收稿日期: 2012-10-08; 修订日期: 2012-12-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(编号: 40971289)。

作者简介: 王宜强, 男, 山东嘉祥人, 博士生, 主要从事能源经济与环境可持续发展研究。E-mail: wyqiang54@yahoo.cn

通讯作者: 赵媛, E-mail: zhaoyuan@njnu.edu.cn

初步发展。进入20世纪,物质流分析在许多学科领域得到了较多应用与发展,如在经济学领域,Leontief在20世纪30年代就推出了输入-输出平衡表^[80-81];Fischer Kowalski M于20世纪60年代末基于经济学观点首先尝试了国家尺度的物质流分析^[78]。到了20世纪70年代,西方一些国家应用物质流分析做了一些早期的实践尝试,如荷兰与德国的统计署在70年代就开始为特定化学物质制作平衡表,这使得这些国家较早地将物料平衡方法应用于环境科学领域^[82-83]。此时,城市新陈代谢分析(Metabolism of Cities)、特定区域的污染物迁移路径分析(Analysis of Pollutant Pathways)等关于资源保护和环境管理的研究也相继展开^[84]。

西方物质流研究成形于20世纪80年代-90年代。进入20世纪80年代,西方物质流分析研究在理论与方法以及应用研究方面都取得了较大进步。此时段,物质平衡(Physical Balance)、工业代谢(Industrial Metabolism)等理论的提出和完善,为物质流分析方法应用于整个经济系统的研究奠定了基础^[85-87]。此时至20世纪90年代初欧洲国家和日本先后应用物质流分析方法对各自国家经济系统的特定资源和物质的物质流进行了分析,从而揭开了经济系统物质流分析方法在世界范围内广泛应用的序幕^[88-90]。20世纪90年代,西方物质流分析框架基本形成,并得到进一步的发展。如Stigliani和Anderberg开展了莱茵河流域的水污染根源分析,表明在过去的几十年内,水污染根源已经从工业转向消费者^[91]。Brunner和Baccini提出了“人类圈代谢”的概念,后来又用物质平衡方法追踪了给定区域内经济系统中单个物质或者物质群的流动和库存状况^[92]。随着环境问题逐渐引起重视,物质流研究将研究视角逐渐追踪到工业系统中有害物质的流动状况^[93-94]。与此同时,西方学者开始对物质流研究进行总结^[56,84],而物质流账户体系和物质流研究平台等基础研究项目建设也富有成效。如,1990年奥地利、日本分别提出国家级的整体物质流分析报告,之后,德国Wuppertal研究所提出了物质流账户体系^[71]。1996年,欧盟委员会实施了“ConAccount”计划,该平台的成立在物质流分析国际合作中具有标志性意义。从1997年开始,世界资源研究所着

手对美国、日本、奥地利、德国、荷兰五国其经济系统的物质流动状况进行全面分析,并完成“工业经济的物质基础”和“国家之重”两份研究报告^[58-59]。与此同时,运用物质流分析方法对本国经济系统进行分析在更多国家展开,比如意大利、丹麦、芬兰、瑞典、英国、捷克、中国等^[56-57,63,65-67],世界各国的物质流帐户编制逐步开展,并经常更新,有的已经被联合国开发署(UNDP)和环境署(UNEP)广泛采纳和运用。2001年,欧盟统计局出版了第一部经济系统物质流分析研究方法手册^[64],2004年,Paul H. Brunner, Helmut Rechberger合作编写了“Practical Handbook of Material Flow Analysis”一书^[84],这两本手册为物质流分析的深入研究起到了很大的推动作用。

进入21世纪,西方学者开始从全球、国家及区域等层次深入研究单个或特定物质的流动状况,如美国Yale大学森林与环境学院的Graedel T E, Beers D V, Bertram M等研究人员对重金属如银、铜、锌等在不同尺度上的流动特征做了大量细致的研究^[95-96]。此外,随着空间分析理论和技术的成熟,国外逐渐出现了用于资源流动空间分析的研究,如Garrido和Celika等分别采用空间交互模型,分析资源流动的空间规律、分布格局及其演化过程^[97-98];Warell等将经济学方法与空间分析结合,通过分析煤炭资源流动过程中的市场价格和运输费用,研究其空间差异,并探寻资源流动的空间网络结构^[99]。

2.2 国内资源流动研究进展

早期,国内资源流动的研究主要蕴藏在客流资源和人口资源等社会资源流动研究中,相关学者已取得了丰富的研究成果,形成了相对完整的研究体系^[100-103]。但国内资源流动概念的提出以及相关内容研究的历史很短,迄今为止还没有形成一个系统的、科学的理论体系^[1]。中国科学院地理科学与资源研究所的成升魁研究员是国内较早研究资源流动的专家,其在20世纪末提出了资源科学学科发展的三大方向,即“资源过程论”、“资源流动论”和“资源价值论”,首次把资源流动的研究提上了日程。并且他在国内率先开始了以关键性可再生资源,如木材、玉米等为切入点的“资源流动”研究,初步形成了“静态断面分析”与“动态过程评价”相结合的

2013年1月

资源流动研究框架^[7]。他还给出了资源流动的定义即:“资源流动是指资源在人类活动作用下,在产业、消费链条或不同区域之间所产生的运动、转移和转化。它既包括资源在不同地理空间资源势的作用下发生的空间位移(所谓横向流动),也包括资源在原态、加工、消费、废弃这一链环运动过程中形态、功能、价值的转化过程(所谓纵向流动)”^[2]。这一概念准确地概括了资源在社会经济系统中的流动特征,成为国内学术界公认的资源流动的定义。此外,在资源流动领域影响力比较大的学者还有沈镭、谷树忠、谢高地、赵媛、徐增让等专家学者,其研究文献开创性地确立了资源流动研究的性质、对象、理论框架与方法论体系以及决策应用,指明了资源流动研究的发展方向与研究重点^[1,7-9,77,104-105]。

3 资源流动研究的文献统计分析

目前,国内资源流动研究已得到初步发展,相关学者也取得了较为理想的研究成果^[1-24,40-55,100-105],在研究理论、研究方法、研究内容及学科体系等方面都有所拓展和进步。文章选取了21世纪以来国内资源科学领域核心期刊如《自然资源学报》、《资源科学》、《长江流域资源与环境》、《中国人口、资源与环境》以及《地理学报》、《地理研究》、《地理科学》、《经济地理》等有关期刊进行统计分析,从而对资源流动的研究内容、理论方法和社会应用状况进行考察和总结。资源流动是资源科学领域一个崭新的研究视角,国内学者对资源流动概念的提出以及相关内容的研究历史很短,其研究成果主要集中在21世纪初的十几年中。表1为新世纪以来国内

学者在资源科学权威期刊所发表文献的统计,总体上反映了国内资源流动研究的现状。

3.1 载文数量的时间分布

从论文发表的时间维度来看,8个权威期刊所载资源流动研究文献的数量随着时间的推移呈总体增加的趋势,并且从2005年以来,论文发表的数量明显增多,论文数量占到了总数的89.16%,表明资源流动研究在最近的7年得到了长足进步。8个权威期刊资源流动研究载文量的时间分布与资源流动概念的提出和理论的初步探索是相吻合的。2005年,成升魁等《从静态的断面分析到动态的过程评价—兼论资源流动的研究内容与方法》以及2006年,成升魁等《资源科学研究的新视角—自然资源流动过程的研究》开创性的提出了资源流动的研究视角、概念及初步研究框架,指明了资源流动的研究方向,之后成升魁、沈镭对资源流动的理论进行了深化,并总结了相关研究方法以及其决策应用,为以后的实证研究奠定了理论基础^[1,2,77,106]。不过应当指出的是,虽然资源流动研究在最近十几年取得了较大进步,但这一研究在整个资源科学领域所占的比重还是比较小。以《自然资源学报》和《资源科学》两个资源科学的主要刊物为例,21世纪以来,资源流动研究文献的数量占各自发表的文献总数的比重分别只有0.85%和0.74%,平均比例只有0.79%(表2),表明国内资源流动研究的潜力巨大,相关研究应继续深入开展。

3.2 载文数量的单位分布

对作者单位分布的研究,可以掌握有关专业人

表1 资源流动研究文献统计

Table 1 The statistics of resource flow papers

(篇)

期刊名称	年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	合计
《自然资源学报》		-	1	-	1	1	3	1	1	2	3	2	-	15
《资源科学》		-	-	-	-	-	1	2	2	5	5	3	-	18
《中国人口、资源与环境》		-	-	-	-	-	-	1	1	1	2	1	-	6
《长江流域资源与环境》		-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1	3
《地理学报》		-	1	-	-	-	2	1	1	2	-	3	1	11
《地理研究》		-	-	1	-	1	2	1	2	3	1	3	1	15
《地理科学》		-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1	4	7
《经济地理》		1	-	-	-	-	-	-	1	-	1	3	2	8
合计		1	3	1	1	3	8	6	8	14	13	16	9	83

表2 资源流动研究在资源科学领域的地位

	资源流动文献 (篇)	总文献 (篇)	百分比 (%)
《自然资源学报》	15	1758	0.85
《资源科学》	19	2552	0.74
合计	34	4310	0.79

才的聚集及所在机构的研究状况。图1是对8个权威期刊所载资源流动研究文献的分类统计,可以看出旅游资源流动研究和自然资源流动研究是当前资源流动研究学者较为关注的热点,其中自然资源流动研究的主体主要以能源资源或其他单一矿产资源为主,这两大领域所涉及的学科主要包括旅游地理学、能源地理学、交通运输地理学、区域经济学、产业生态学等。当前,旅游资源流动研究较为活跃的研究机构为南京大学(9篇)、陕西师范大学(7篇)和安徽师范大学(4篇),重要的研究专家有张捷、陆林、顾朝林、马耀峰、李创新等专家学者。自然资源的研究一直以来是资源科学研究的主体,自然资源流动的研究多受相关学者关注,是资源流动领域研究的主要对象。当前,中国科学院地理科学与资源研究所是自然资源流动研究的中心(图2),其内部专家如成升魁、沈镭、谢高地、谷树忠、徐增让、王成金等在资源流动领域做出了开创性的探索,并且在实证研究方面也占有重要的地位。

4 资源流动的理论解析与学科特性

4.1 资源流动的理论解析

目前,国内资源流动研究以实证研究为主,8个权威期刊所载资源流动研究文献中,理论研究 with 实证研究之比为9:74。资源流动理论研究是其实证研究的基础,其理论框架、前瞻性研究内容以及研究方法为实证研究的开展指明了方向。成升魁、沈镭等早期专家对资源流动理论作了有益的探索。他们

对资源流动概念的理解,主要从资源流动的内涵、特性和要素构成等3方面展开。成升魁等首先对资源流动的内涵进行了剖析,他将资源流动解析为“资源在不同地理空间资源势的作用下发生的横向流动和资源在原态、加工、消费、废弃的运动过程中实现形态、功能、价值转化的纵向流动”^[12],准确地提炼出了资源的两种主要流动形式。目前,对于资源流动本质的探讨,学者们也给予了关注。成升魁等从科学层面把资源流动过程看作是资源的生命周期过程,尽可能的利用和实现资源的社会经济功能,发挥其生态效益是资源流动的最终本质,这为资源流动的效率研究和效应分析奠定了基调^[7];沈镭等指出资源流动的本质是资源的经济本性,即有限的资源流向效益好、效率高的区位或部门中去^[11];对于资源流动的要素解构,沈镭等从系统论的视角

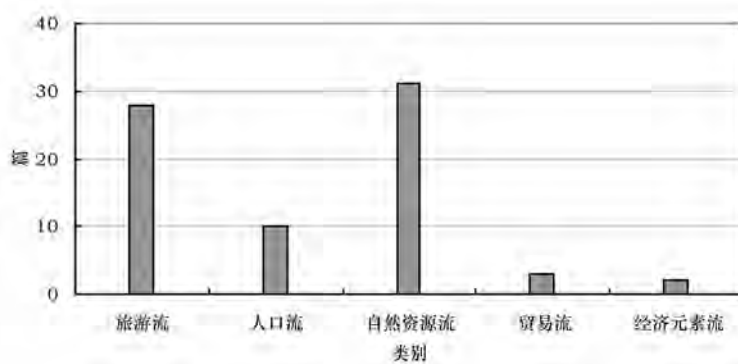


图1 资源流动研究分类

Fig.1 Resource flow study classification

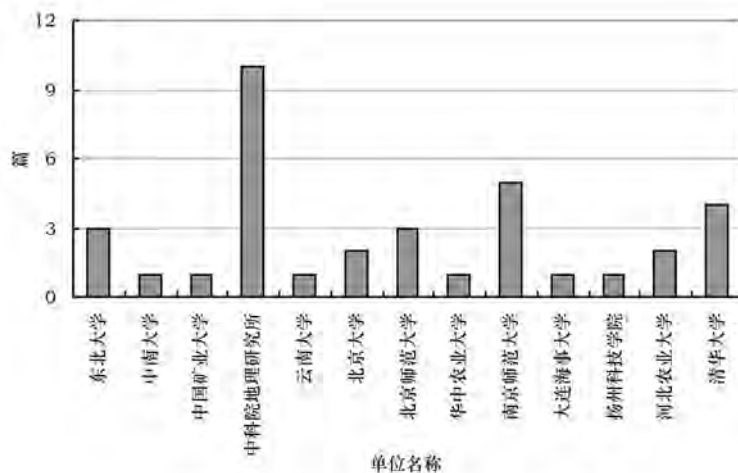


图2 自然资源流动研究文献的单位分布

Fig.2 Distribution of research centers of natural resource flow

2013年1月

出发,将资源流动的运行环境界定为资源-环境-社会复合系统,将系统中运行着的资源形态归纳为物质、能量、价值和劳动力^[1]。在资源流动特性分析中,沈镭等指出资源流动是一个源源不断的时空动态过程^[1];刘春成、徐增让等学者进一步指出了资源流动的靶向性、趋利性、就近性、聚集性和结构合理性等流动特性^[9,107]。

4.2 资源流动的学科特性

资源科学是建立在地学、社会科学和技术科学等众多学科之间的一门边缘学科,是钱学森所倡导建立的“地理科学”这一科学体系中的一门一级分支学科,其研究对象属于区域发展所依托的“地球表层”的资源范畴^[108-109]。因此,资源科学具有综合性、区域性、交叉性等学科特性,而资源流动作为资源科学领域新的学科生长点,自然也继承了上述学科特性,因此,资源流动研究必然要建立在多种学科视角和研究方法之上(图1)。如西方学者对区际资源流动的早期研究多从经济学视角进行理论分析和线性规划^[110-112];在国内,赵媛、成升魁、徐增让等基于地理学视角分析了能源资源的空间流动,分析了资源流动的空间分布结构,探讨了流动的影响因素与机制等^[6-11,18];区域经济学则将资源(要素)流动看作是资源与区际发展的纽带,重点在于揭示区际要素联系的内在经济规律,考察区域的吸引范围,并以此调整区域布局与经济结构,从而引导和利用区际要素流动^[104-105,107,114]。此外,旅游学和人口学对区际旅游流^[102-103]以及人口流动^[100-101]的研究一直以来都是资源流动研究的热点,因其起步较早且数据完备、易得,所以已形成相对完整的研究体系。

5 资源流动的研究视角

5.1 资源流向研究

资源流动研究可以从自然资源运动的角度、社会经济要素运动的角度、物流贸易的角度等进行研究分类^[113],还可以从社会环境对资源流动的影响、区域环境对资源流动的影响、资源流动的内在规律3个层次进行研究分类^[114]。但以上研究内容都可以按照资源的两种主要流动形式进行分类划分,即资源“横向流动”(区域之间)的研究和资源“纵向流动”(在产业链之间)的研究。目前,国内资源流动

实证研究的主体仍是横向资源流动,但在自然资源流动的实证研究中,其纵、横向流动的研究基本持平。以8个权威期刊所载资源流动研究文献为例,其纵、横向流动研究文献之比为20:54,而在自然资源流动研究部分,其纵、横向流动研究文献之比为17:14。

5.1.1 资源“横向流动”的研究 “横向流动”主要研究资源在不同空间位置产生的位移和运动,其研究重点在于流动过程可能产生的相关效应,揭示区域差异,从而为国家和地区的公平发展和可持续发展提供战略决策依据^[1-2]。从各学科对横向资源流动的研究来看,相关学者主要从以下3个方面进行了研究:资源流动空间结构研究、资源流动的影响因素或驱动机制的探索、资源流动效应分析。其中资源流动的空间结构是资源横向流动研究的主要内容,统计8个权威期刊所载资源流动研究文献,在54篇横向资源流动的研究文献中,有36篇研究其研究对象流动的空间发展方向、空间结构或空间演化规律,资源流动机制的探索是该领域研究的第二大内容,共12篇,再次为资源流动的效应分析研究。

对于资源流动空间格局的研究,学者们主要从以下几个方面进行了有益的探索,即资源流动的空间格局分析、流动节点的空间格局分析、流场的空间格局分析以及流动通道网络的空间格局分析等4个方面。对于资源流动的空间格局分析,学者们主要从资源流动的流量、流向、距离等流动的基本空间属性出发找寻资源流动空间位移的特征和规律,流量、流向、距离以及流量与距离之间的关系是其研究的重点^[97,102,117-116]。在流动节点的空间格局分析中,学者们通常将不同尺度的区域看作是内部均质的空间节点来分析区域间的空间关系^[101,117-118],流动节点的空间分布特征、空间变化规律及节点的空间组织结构是资源流节点空间分析的着重点:对资源流动节点空间分布特征的分析,常通过对原始数据进行聚类处理再辅以专题地图表现的方法来直观反映节点属性的分布特征^[101,103,113,115];对资源流动节点空间组织的分析,最为便捷的方法是根据一定的统计分类方法或根据具体情况设定标准,对节点的流量进行等级划分^[103,119-120]。

在流场的空间格局分析中,对资源流场的划分

本质上是一种基于区际资源流动联系的流动区划。传统的能源地理学和贸易地理学以区际流动平衡表、O-D矩阵等为依托,考察区域间流动联系关系及其强弱,在此基础上对资源、产品的产销区域(或市场区域)进行划分^[102, 113]。在流动通道网络的空间格局分析中,形态分析和拓扑分析是资源流动网络结构最常见的分析方法。各类交通线是资源流动的载体,把握通道网络的空间结构有利于分析区域交通条件对资源流动的承载、拉动或限制作用,为优化区际资源流动奠定基础^[113, 121-122]。

对于资源流动机制的研究,学者们从多个角度进行了探索。资源流动系统是一个受众多因素影响与制约的复杂的动态系统,其系统内部属性与外部环境因素是制约着资源流动的主要两个力量,而这两种力量在资源流动的实际运行中表现出明显的多元性与复杂性。如张耀辉指出区域环境是由一系列要素构成,这些要素如自然资源、基础设施、政府、固定资产等的优劣程度可以决定该区域对资源流动的吸引力^[123]。对资源区际流动动力或动因的探讨,主要包括以场论为基础的资源位势理论,以及以靶向性理论为基础的资源趋利性理论等,其研究方法多为将资源流动与其它类似的自然或人文规律进行类比推理,进而对其内部作用机理进行定性的理论探讨,如刘春成等和李群等对资源流动的靶向性机制进行剖析^[107, 114];董瑜、赵媛以及徐增让等学者分别对劳动力资源势、石油资源势和煤炭资源势进行界定和量化^[9, 104, 113]。对于资源流动空间机制的研究,学者们通常考察资源在地理空间上的分布及其结构形态以及源、汇地间地理上的空间位置关系与空间组合情况对资源在空间上流动的方向、流量的大小的影响入手,解析资源流动的运行特性及其方向性的重要出发点,从而洞察资源流动的内在规律^[9, 114]。

对于资源流动效应的研究,其内容主要包括资源本身在流动过程中其利用价值、功能的转化与提升,资源流动的环境效应,资源流动过程中对其他要素的影响等3个方面。首先,资源流动具有空间场效应^[124-126]。多种资源通过流动在空间上聚集或扩散,从而形成合理组合,有利于其在技术、市场、劳动力、基础设施和产品利用等方面得以互补,共

享所产生的收益,这是区域资源流动空间结构经济意义的体现。其次,资源横向流动的环境效应主要表现在自然资源在开采、运输、消费3个环节对输流地、运输通道以及汇流地3个区域的环境影响。它包括开采环节输流地的生态包袱、消费环节汇流地对输流地环境容量的置换以及自然资源运输环节的环境效应3个方面^[7]。再次,资源在流动过程中存在多重响应。流动性资源要素是经济系统中的投入性要素,也是区域经济成长的源泉。经济系统中的资源要素之间具有显著的相互依存的网络特性,资源在区际间流动过程中或流动的结果势必会对其他要素产生影响,而这种影响是复杂的,多方面的^[127-128]。

5.1.2 资源“纵向流动”的研究 “纵向流动”主要研究资源在原态、加工、消费、废弃这一系列过程中形态、功能、价值的转移和变化,其研究侧重点在于资源在流动过程中的资源利用效率,包括物质循环效率、能量转化效率和经济效率,这有助于分析资源要素之间的关系,评价资源系统的运转效率,进而为以该资源为链条涉及到的不同部门的高效发展提供依据^[1-2]。此外,“纵向流动”研究还多关注资源流动的环境和生态效应,注重资源与环境、经济的协调。目前对于资源纵向流动的研究,学者们主要以关键性可再生资源,如木材、玉米等农林资源和煤、石油、铁矿、铝土等矿产资源以及磷肥、建材、水泥等对国家社会经济和生态环境影响重大的战略性资源为切入点,探究资源进入经济、产业部门后其形态、功能、价值的转移和变化的全过程,并考察资源在每个环节的利用效率,评估其环境和经济效益^[4, 20-21, 40-55]。图3是资源纵向流动分析的一般研究框架。

5.2 资源流动理论研究

近一二十年来国内外学者相继提出一些观点,丰富和发展了资源流动理论。在国外,20世纪90年代初,德国Wuppertal研究所提出了生态包袱(Ecological Rucksacks, ER)的概念,后称之为隐藏流(Hidden Flow, HF)^[71]。Brunner和Baccini提出了“人类圈代谢”的概念,这一研究考虑了如何识别某一地区的关键性流与库存,并对特定污染减排措施进行了有效性评估^[92]。Ulanowicz提出应该使用“分摊

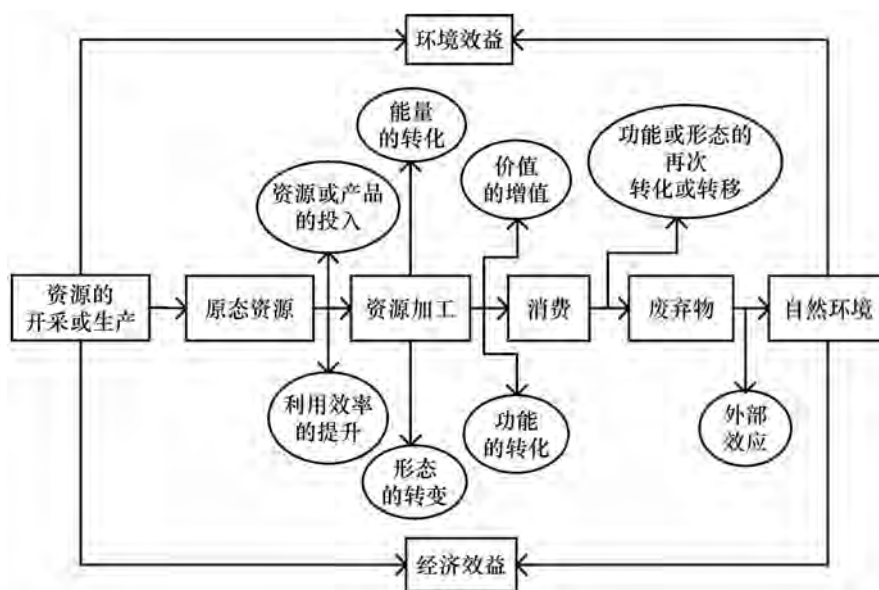


图3 资源纵向流动分析的一般研究框架

Fig.3 General research framework of resource longitudinal flow study

价值”(contributory value)的概念,既考虑生态系统中生产的产品和服务所需的物质和能量的直接投入,又考虑其间接投入^[129]。21世纪初,EUROSTAT研究指出经济代谢可以用物质账户中的相关指标来描述,包括总物质需求量、主要成分、直接物质投入以及隐藏流等^[130]。在国内,对于资源流动理论的研究主要体现在对资源流动机制研究方面,主要包括以“场论”为基础的“资源位势”理论,以及以“靶向性”理论为基础的资源趋利性理论等,如谷树忠从“电势”概念引出“资源势”概念,并阐述了其计算方法^[105]。董瑜,谢高地指出“资源场力”是推动资源流动的本质力量,“资源场力”和外力的合力是资源流动的直接力量^[104]。刘春成、李群等通过资源的“靶向性”来分析资源在区域间的流动机理^[104, 114]。

5.3 资源流动方法研究

论文研究方法可以分为描述性、概念性、构造模型和数理统计4类^[13]。在目前资源流动的大量实证分析中所采用的研究方法主要以描述性、构造模型和数理统计为主,而概念性方法所占比重很少,只起辅助作用。在实际的文章分析中,学者们多采用多种方法配合解析的方式进行论证,如构造模型加数理统计、构造模型加描述、数理统计加描述或构造模型加数理统计再加描述等。现以8个权威期刊所载资源流动实证研究文献为例。

在资源横向流动的研究中,多采用构造模型加数理统计、数理统计加描述或构造模型加数理统计再加描述的方法对资源流动的发生、发展及其结构变化或空间演化进行定量解析。采用构造模型加数理统计的有19篇,构造模型和数理统计再加描述的有17篇,数理统计加描述的有13篇,三者共计49篇,占资源横向流动研究总数的90.74%。如采用构造模型加数理统计这一模式的文献中,赵媛、郝丽莎以互动模型(阿隆索模型)为基础,构建区域石油资源流动机制模型,并结合区域的对外交通区位度,统计划分我国石油资源的输流机制为供给主导型和交通拉动型,汇流机制划分为交通拉动型和需求拉动型,交流机制划分为递接性交流和集散性交流等类型^[11]。建立数学模型如方程式、函数式,并辅以统计分析,然后对结果进行分类描述或空间分析是构造模型加数理统计再加描述这一模式的一般范式,如刘法建等采用基本特征描述、密度分析及EI指数检验、中心性、凝聚子群、核心-边缘分析等分析方法对中国入境旅游流网络展开研究,然后运用QAP分析模型对旅游者流动矩阵和各省市区旅游供给要素差值矩阵进行相关和回归分析^[132]。数理统计加描述是较为简便的资源流动研究方法,如丁金宏等通过对2000年人口普查省际迁移数据的统计分析,揭示了当代中国人口迁移的区域分异性,

以及不同原因的流场新模式^[100]。

数理统计加描述也是资源纵向流动研究常用的分析方法,对资源流动过程进行描述并对每一过程辅以数理统计来核算其经济效益和环境效益是其最显著的研究特点,采用此种方法的纵向流动研究文献有17篇,占资源纵向流动研究总数的94%,在具体的研究中,这一模式多体现在对资源流动的物质流分析、生命周期分析、工业代谢分析以及投入产出等分析方法之中。如苏筠等运用物流分析的基本思想,在统计分析我国森林资源产品的产量、贸易量的基础上,描述了森林资源采伐、资源产品加工、资源产品消费链这一过程,解析了我国“九五”期间主要森林资源产品的流动状况^[20-21]。陈伟强等基于金属元素物质流分析的“存量与流量”框架,首先描述了铝在社会经济系统中的全生命周期流动过程,之后又定量分析了1991年-2007年我国铝的全生命周期进出口规模、结构以及数量损失,并提出了相应的对策措施^[47]。

6 研究述评与启示

综上所述,国内外关于资源流动研究历史与内容的比较显示:

(1)国外学者对资源流动的界定主要来源于投入产出分析思想,即蕴含于资源中的物质在社会经济系统内从开采、运输、加工、利用到废弃物管理再利用的整个生命周期内的流动过程,基于上述认识,形成了较为成熟的物质流分析理论。几乎与国外学者开展物质流研究同时期,我国资源科学领域的成升魁、沈镭、谷树忠、谢高地等专家学者亦开始对“资源流动”进行理论和实践探索,表明我国在资源流动领域的研究几乎是与国外同步的。但国内外研究表现的最大不同在于,国内学者明确提出了资源流动的概念,并在这一概念框架内展开资源流动的理论方法与实证研究,这与国外将资源流动研究主要蕴含于物质流分析当中有着很大区别。

(2)国内外关于资源流动的早期研究中,一般是利用经济学和资源科学解释了资源流动的一些现象和特征,不过,近年来其研究视角已从单一经济学视角拓展到包括经济学、地理学、社会学等多学科交叉视角上来;其研究方法也涵盖了包括传统经济学方法到空间分析方法等一系列定量方法及

理论模型。但与此同时,学者们的实证研究往往也存在着浅尝辄止的问题,缺乏对资源流动一般规律和模式的提炼;并且学者们对不同资源的流动研究往往各成一家,缺乏对研究方法的对比及适用性分析。

(3)从资源流动研究文献来看,无论是国内还是国外关于资源流动的应用研究较多,而对资源流动的理论研究较为缺乏。国内研究中,有关资源流动的理论提升、方法总结和范式探讨,仅有早期以成升魁、沈镭等为代表的重要文献对资源流动进行了开创性的理论探讨。而国外研究中,对资源流动的理论研究只是一些零散的描述,并没有对资源流动进行一个系统、规范的定义。因此,随着实证研究的蓬勃开展,理论研究滞缓而导致的认识盲点难以解决、现有研究框架对部分研究构想的制约难以突破等问题越来越棘手。

参考文献(References):

- [1] 沈镭,刘晓洁. 资源流研究的理论与方法探析[J]. 资源科学, 2006, 28(3): 9-16.
- [2] 成升魁,闵庆文,闫丽珍. 从静态的断面分析到动态的过程评价—兼论资源流动的研究内容与方法[J]. 自然资源学报, 2005, 20(3): 407-414.
- [3] D. Todd, F. Jin. Interregional coal flows in China and the problem of transport bottlenecks: Upholding the rail option[J]. *Applied Geography*, 1997, 17(3): 215-230.
- [4] 徐明,张天柱. 中国经济系统中化石燃料的物质流分析[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2004, 44(9): 1166-1170.
- [5] Yuan Zhao, Li-Sha Hao, Lu Wan. Research on the spatial structure of crude oil flow and the characteristics of its flow field in china[J]. *Energy Policy*, 2007, 35(10): 5035-5050.
- [6] 赵媛,于鹏. 我国煤炭资源空间流动的基本格局与运输通道[J]. 经济地理, 2007, 27(2): 196-200.
- [7] 徐增让. 中国煤炭资源流动的机理、过程及效应研究[D]. 北京:中国科学院地理科学与资源研究所, 2007.
- [8] 成升魁,徐增让,沈镭. 中国省际煤炭资源流动的时空演变及驱动力[J]. 地理学报, 2008, 63(6): 603-612.
- [9] 徐增让,成升魁,谷树忠,等. 资源区域流动的驱动因子分析与流动潜力测度—以晋煤输出为例[J]. 自然资源学报, 2008, 23(5): 773-780.
- [10] 赵媛,郝丽莎. 我国石油资源空间流动的地域类型分析[J]. 自然资源学报, 2009, 24(1): 93-103.

2013年1月

- [11] 赵媛,郝丽莎.我国石油资源空间流动的形成机制[J].地理研究,2008,27(5):1027-1036.
- [12] 刘晓洁.石油资源流动效应与机理研究[D].北京:中国科学院地理科学与资源研究所,2008.
- [13] 王成金,莫辉辉,王姣娥.中国煤炭资源的流动格局及流场规律研究[J].自然资源学报,2009,24(8):1402-1411.
- [14] 黄园渐,张雷,程晓凌.世界能源产销与流动分析[J].世界地理研究,2009,18(1):27-33.
- [15] 唐志鹏,王亮,刘卫东,等.我国区域闭合性煤炭流的时空分析[J].自然资源学报,2010,25(8):1332-1339.
- [16] Yuan Zhao, Hai-ling Niu, Zu-ying Yang. The Spatial Structure and Evolution Characteristics of Source-Collection System of Crude Oil Flow in China[C]. Scientific Research Publishing, USA, 2010.
- [17] Yang Zu-ying, Zhao Yuan. A Correlational Research of Regional Crude Oil Pipe Networks Spatial Dimension and Regional Crude Oil Production-Consumption in China[R]. The 2nd International Conference on Information Science and Engineering, 2010.
- [18] 赵媛,牛海玲,杨足膺.我国石油资源流流量位序-规模的分布特征变化[J].地理研究,2010,29(12):2-12.
- [19] 赵冰,王诺.21世纪初期世界石油流动的空间格局与流场特征研究[J].经济地理,2010,30(6):886-892.
- [20] 苏筠,成升魁.我国森林资源及其产品流动特征分析[J].自然资源学报,2003,18(6):734-741.
- [21] 苏筠,成升魁.我国森林资源产品流动及其变化特征分析[J].自然资源学报,2004,19(4):472-479.
- [22] 曹晓昌,甄霖,魏云洁,等.东北亚地区森林资源贸易与流动研究[J].资源科学,2009,31(10):1670-1676.
- [23] Shengkui Cheng, Zengrang Xu, Yun Su, et al. Spatial and temporal flows of China's forest resources: Development of a framework for evaluating resource efficiency[J]. *Ecological Economics*, 2010, 69 (7): 1405-1415.
- [24] 田刚,刘丽娟.俄罗斯森林资源产品流动及其变化特征分析[J].世界林业研究,2010,23(4):70-74.
- [25] T.E. Graedel, M. Bertram, K. Fuse, et al. The contemporary European copper cycle: The characterization of technological copper cycles[J]. *Ecological Economics*, 2002, (1-2): 42:9-26.
- [26] S. Spatar, M. Bertram, K. Fuse, et al. The contemporary European copper cycle: 1 year stocks and flows[J]. *Ecological Economics*, 2002, 42(1-2): 27-42.
- [27] M. Bertram, T.E. Graedel, H. Rechberger, et al. The contemporary European copper cycle: waste management subsystem[J]. *Ecological Economics*, 2002, 42(1-2): 43-57.
- [28] H. Rechberger, T. E. Graedel. The contemporary European copper cycle: statistical entropy analysis[J]. *Ecological Economics*, 2002, 42(1-2): 59-72.
- [29] A. Kapur, M. Bertram, S. Spatar, et al. The contemporary copper cycle of Asia[J]. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 2003(5):143-156.
- [30] R.B. Gordon, T.E. Graedel, M. Bertram, et al. The characterization of technological zinc cycles[J]. *Resources, Conservation and Recycling*, 2003, 39(2):107-135.
- [31] S. Spatar, M. Bertram, K. Fuse, et al. The contemporary European zinc cycle: 1-year stocks and flows[J]. *Resources, Conservation and Recycling*, 2003, 39(2):137-160.
- [32] T. E. Graedel, D. Van Beers, M. Bertram, et al. Multilevel cycle of anthropogenic copper[J]. *Environmental Science & Technology*, 2004, 38(4):1242-1252.
- [33] S. Spatar, T.M. Bertram, Robert B. Gordon, et al. Twentieth century copper stocks and flows in North America: A dynamic analysis[J]. *Ecological Economics*, 2005, 54(1):37-51.
- [34] Jeremiah Johnson, Julie Jirikowic, Marlen Bertram, et al. Contemporary anthropogenic silver cycle: A multilevel analysis [J]. *Environmental Science & Technology*, 2005, 39 (12) : 4655-4665.
- [35] T. Lanzano, M. Bertram, M.De Palo, et al. The contemporary European silver cycle[J]. *Resources, Conservation and Recycling*, 2006, 46(1):27-43.
- [36] Kristina Dahlström, Paul Ekins. Combining economic and environmental dimensions: Value chain analysis of UK iron and steel flows[J]. *Ecological Economics*, 2006, 58(3):507-519.
- [37] Barbara Reck, Marlen Bertram, Daniel B. Müller, et al. Multilevel anthropogenic cycles of Copper and Zinc: A comparative statistical analysis[J]. *Journal of Industrial Ecology*, 2006, 10 (1-2):89-110.
- [38] Kristina Dahlström, Paul Ekins. Combining economic and environmental dimensions: Value chain analysis of UK aluminium flows[J]. *Resources, Conservation and Recycling*, 2007, 51 (3) : 541-560.
- [39] J. Davis, R. Geyer, J. Ley, et al. Time-dependent material flow analysis of iron and steel in the UK: Part 2. Scrap generation and recycling[J]. *Resources, Conservation and Recycling*, 2007, 51 (1):118-140.
- [40] 张江徽,陆钟武.中国2004年锌循环分析及政策建议[J].资源科学,2007,29(5):81-89.
- [41] Wang T, Mao J, Johnson J, et al. Anthropogenic metal cycles in China[J]. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 2008, 10(2):188-197.
- [42] 王倩,张旭,黄志甲.基于LCA的建材生产能耗及污染物排放清单分析[J].环境科学研究,2007,20(6):149-153.
- [43] 王振刚.湖北省磷肥生产环境影响的生命周期评价[D].武汉:武汉理工大学,2004.
- [44] 郭学益,宋瑜,王勇.我国铜资源物质流分析研究[J].自然资源学报,2008,23(4):665-673.

- [45] J. S. Mao, J. Dong, T. E. Graedel. The multilevel cycle of anthropogenic lead II. Results and discussion[J]. *Resources, Conservation and Recycling*, 2008, 52(8-9): 1050-1057.
- [46] J. S. Mao, J. Dong, T. E. Graedel. The multilevel cycle of anthropogenic lead I. Methodology[J]. *Resources, Conservation and Recycling*, 2008, 52(8-9): 1058-1064.
- [47] 陈伟强, 石磊, 钱易. 国家尺度上铝的社会流动过程解析[J]. *资源科学*, 2008, 30(7): 1004-1012.
- [48] 宋瑜. 我国典型重有色金属物质流分析研究[D]. 长沙: 中南大学, 2008.
- [49] 姜睿, 王洪涛, 张浩, 等. 中国水泥生产工艺的生命周期对比分析及建议[J]. *环境科学学报*, 2010, 30(11): 2361-2368.
- [50] 岳强, 陆钟武. 中国铜循环现状分析(I)—“STAF”方法[J]. *中国资源综合利用*, 2005, (4): 6-11.
- [51] 岳强, 陆钟武. 中国铜循环现状分析(II)—具有时间概念的产品生命周期物流分析方法[J]. *中国资源综合利用*, 2005, (5): 4-8.
- [52] Yu Q, Lu Z.W, Zhi S.K. Copper cycle in China and its entropy analysis[J]. *Resources, Conservation and Recycling*, 2009, 53(12): 680-687.
- [53] 陈伟强, 石磊, 钱易. 1991年-2007年中国铝物质流分析(II): 全生命周期损失估算及其政策启示[J]. *资源科学*, 2009, 31(12): 2120-2129.
- [54] Weiqiang Chen, Lei Shi, Yi Qian. Substance flow analysis of aluminum in mainland China for 2001, 2004 and 2007: Exploring its initial sources, eventual sinks and the pathways linking them[J]. *Resources, Conservation and Recycling*, 2010, 54(9): 557-570.
- [55] 陆钟武. 钢铁产品生命周期的铁流分析[J]. *金属学报*, 2002, 38(1): 58-68.
- [56] de Marco O, Lagioia G, et al. Material flow analysis of the Italian economy[J]. *Industrial Ecology*, 2001, 4(2): 55-70.
- [57] Gravgard P O. Material flow accounts and analysis for Denmark [C]. Luxembourg Meeting of the Eurostat Task Force on Material Flow Accounting, 2000.
- [58] Allen Hammond, Albert Adriaanse, Stefan Bringezu, et al. Resource Flows: The material basis of industrial economies[R]. Washington D C, USA: World Resource Institute, 1997.
- [59] Matthews W, Bringezu S, Marina, et al. The Weight of Nations Material Outflows from Industrial Economies[R]. Washington D C, USA: World Resource Institute, 2000.
- [60] Tjahjadi D B, Schafer W, Radermacher H. Material and energy flow accounting in Germany—Data base for applying the national accounting matrix including environmental accounts concept[J]. *Structural Change and Economic Dynamics*, 1999, 10: 73-97.
- [61] J.B. Guinée, J.C.J.M. van den Bergh, J. Boelens, et al. Evaluation of risks of metal flows and accumulation in economy and environment[J]. *Ecological Economics*, 1999, 30: 47-65.
- [62] Mathijs Bouman, Reinout Heijungs, Ester van der Voet, et al. Material flows and economic models: an analytical comparison of SFA, LCA and partial equilibrium models[J]. *Ecological Economics*, 2000, 32(2): 195-216.
- [63] Muukkonen J. TMR, DMI and material balances, Finland 1980-1997[R]. Luxembourg EUROSTAT Working Paper, No.2/2000/B/1.2000.
- [64] Eurostat. Economy-wide material flow accounts and derived indicators: A methodological guide[R]. Luxembourg: European Communities, 2001.
- [65] Isacson A, Jonsson K. Material flow accounts DMI and DMC for Sweden 1987-1997[R]. Luxembourg EUROSTAT Working Paper, No.2/2000/B/2, 2000.
- [66] Xu M, Zhang T Z. Material input analysis of China economic system[J]. *China Environmental Science*, 2005, 5(3): 324-328.
- [67] Scasny M, Kovanda J, Hak T. Material flow accounts, balances and derived indicators for the Czech Republic during the 1990s: results and recommendations for methodological improvements[J]. *Ecological Economics*, 2003, 45(1): 41-57.
- [68] H. Haberl, M. F. Kowalski, F. Krausmann, et al. Progress towards sustainability? What the conceptual framework of material and energy flow accounting (MEFA) can offer[J]. *Land Use Policy*, 2004, 21(3): 199-213.
- [69] Krausmann F, Haberl H, Erb K.H, et al. Resource flows and land use in Austria 1950 ~ 2000: using the MEFA framework to monitor society-nature interaction for sustainability[J]. *Land Use Policy*, 2004, 21(3): 215-230.
- [70] Susanne K, Faist M, Baccini P. Economically extended-MFA: A material flow approach for a better understanding of food production chain[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2004, 12(8-10): 877-889.
- [71] Schuetz H, Bringezu S. Economy-wide Material Flow Accounting [R]. Wuppertal: Wuppertal Institute, 1998.
- [72] Suh S. Theory of materials and energy flow analysis in ecology and economics[J]. *Ecological Modeling*, 2005, 189: 251-269.
- [73] Chambers N, Child R, Jenkin N, et al. Stepping Forward: A Resource Flow and Ecological Footprint Analysis of the South West of England Resource Flow Report[M]. United Kingdom: Best Foot Forward Ltd, 2005.
- [74] Y. Chuan. Review on studies of economy-wide material flow analysis[J]. *Journal of Natural Resources*, 2005, 20(3): 415-421.
- [75] Cristina Sendra, Xavier Gabarrell, Teresa Vicent. Material flow analysis adapted to an industrial area[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2007, 15: 1706-1715.
- [76] Claudia R. Binder. From material flow analysis to material flow management: Part I: social sciences modeling approaches

2013年1月

- coupled to MFA[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2007, 15(17): 1596–1604.
- [77] 成升魁, 沈镭, 闵庆文. 资源科学研究的新视角—自然资源流动过程的研究[J]. *资源科学*, 2006, 28(2): 199–200.
- [78] Fischer-Kowalski M. Society's Metabolism: The intellectual history of material flow analysis, part I, 1860–1970[J]. *Journal of Industrial Ecology*, 1998, 2(1): 61–78.
- [79] Victor P A. *Pollution, Economy and Environment*[M]. London: George Allen & Unwin Ltd, 1972.
- [80] Leontief W. The Structure of the American Economy, 1919–1929 [A]. repr White Plains, N. Y. International Arts and Sciences Press (now M. E. Sharpe), 1977.
- [81] Leontief W. *Input-Output Economics*[M]. New York: Oxford University Press, 1966.
- [82] Olsthoorn C SM. Fosforbalans van Nederland, 1986[R]. Kwartaal bericht Milieu(CBS) 1988, 88/4: 4–9.
- [83] Udo de Haes, H.A., Huppel, G., Guinée, J.B. Materials balances and flow analysis of hazardous substances. Accumulation of substances in economy and environment[R]. Milieu, 1988.
- [84] Paul H, Helmut R. *Practical Handbook of Material Flow Analysis* [M]. Boca Raton London New York Washington, DC: Lewis Publishers, 2004.
- [85] Ayres R U. *Resources, Environment and Economics: Applications of the Materials/Energy Balance Principle*[M]. New York: John Wiley & Sons Ltd, 1978.
- [86] Ayres R U. Industrial metabolism[A]. In: Ausubel J. *Technology and Environment*[M]. Washington, D C: National Academy Press, 1989.
- [87] Stefan A. Industrial metabolism and the linkages between economics, ethics and the environment[J]. *Ecological Economics*, 1998, 24(2–3): 311–320.
- [88] Steurer A. Stoffstrom bilanz Österreich 1988[A]. In: IFF Social Ecology Papers No 26[C]. Wien: IFF Soziale Ökologie, 1992.
- [89] Environment Agency Japan. *Quality of the environment of Japan 1992*[M]. Tokyo: Environment Agency Japan, 1992.
- [90] Schutz H, Bringezu S. Major material flows in Germany[R]. *Fresenius Environmental Bulletin* 2, 1993.
- [91] Stigliani W M, Anderberg S. Industrial metabolism at the regional level the Rhine Basin[A]. In: Ayres RU, Simonis UK (Eds). *Industrial Metabolism*[C]. United Nations University Press, 1994.
- [92] Baccini P, Brunner PH. *Metabolism of the Anthrop Sphere*[M]. Berlin: Springer-Verlag, 1991.
- [93] Ayres R U. The life-cycle of chlorine. Part I: Chlorine production and the chlorine-mercury connection[J]. *Journal of Industrial Ecology*, 1997, 1(1): 81–94.
- [94] Stigliani W, Jaffe P, Anderberg S. Metals loading of the environment: cadmium in the Rhine Basin[A]. In: Socolow R H, Andrews C, Berkhout F, et al. (Eds). *Industrial Ecology and Global Change*[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
- [95] Graedel T E, Beers D V, Bertram M, et al. Multilevel Cycle of Anthropogenic Copper[J]. *Environmental Science & Technology*, 2004, 38(4): 1242–1252.
- [96] Graedel T E, Beers D V, Bertram M, et al. The multilevel cycle of anthropogenic Zinc[J]. *Journal of Industrial Ecology*, 2005, 9(3): 67–90.
- [97] Rodrigo A. Garrido. Spatial interaction between the truck flows through the Mexico-Texas border[J]. *Transportation Research*, 2000, 24: 23–33.
- [98] H. Murat Celika, Jean-Michel Guldmann. Spatial interaction modeling of interregional commodity flows[J]. *Socio-Economic Planning Sciences*, 2007, 41(2): 147–162.
- [99] Linda Warell. Defining geographic coal markets using price data and shipments data[J]. *Energy Policy*, 2005, 33(17): 2216–2230.
- [100] 丁金宏, 刘振宇, 程丹明, 等. 中国人口迁移的区域差异与流场特征[J]. *地理学报*, 2005, 60(1): 106–114.
- [101] 朱传耿, 顾朝林, 马荣华, 等. 中国流动人口的影响要素与空间分布[J]. *地理学报*, 2001, 56(5): 549–560.
- [102] 张捷, 都金康, 周寅康, 等. 自然观光旅游地客源市场的空间结构研究—以九寨沟及比较风景区为例[J]. *地理学报*, 1999, 54(4): 357–364.
- [103] 保继刚, 郑海燕, 戴光全. 桂林国内客源市场的空间结构演变[J]. *地理学报*, 2002, 57(1): 96–106.
- [104] 董瑜, 谢高地. 资源场理论及其在资源流动中的应用[J]. *地理科学*, 2001, 21(5): 407–411.
- [105] 谷树忠. 资源势—资源空间利用的测度[J]. *国土与自然资源研究*, 1993, (1): 1–4, 9.
- [106] 成升魁, 甄霖. 资源流动研究的理论框架与决策应用[J]. *资源科学*, 2007, 29(3): 37–44.
- [107] 刘春成, 韩伯棠, 钟华. 基于资源靶向性的区域优势发展理论初探[J]. *粮油市场*, 2003(4): 86–89.
- [108] 钱学森. 发展地理科学的建议[J]. *大自然探索*, 1987, (1): 1–4.
- [109] 管华, 张素芳. 试论可持续发展“绿色思想”背景、学科属性和区域差异[M]. 开封: 河南大学出版社, 1997.
- [110] Terry L. Friesz, Zhong-Gui Suo, David H. Bernstein. A dynamic disequilibrium interregional commodity flow model[J]. *Transportation Research*, 1998, 32(7): 467–483.
- [111] Johannes Bricker. Partial equilibrium theory of interregional trade and the gravity model[J]. *Papers of the Regional Science Association*, 1989, 66: 7–18.
- [112] Tony E. Smith, Terry L. Friesz. Spatial market equilibria with flow-dependent supply and demand: The single commodity case [J]. *Regional Science and Urban Economics*, 1985, 15(2): 181–218.

- [113] 赵媛,郝丽莎. 20世纪末期中国石油资源空间流动格局与流场特征[J]. 地理研究, 2006, 25(5): 753-764.
- [114] 李群,赵嵩正. 资源流动机制与区域经济发展探析[J]. 财贸经济, 2005, (6): 61-65.
- [115] 张红. 我国旅游热点城市境外游客旅游流空间分布特征分析[J]. 人文地理, 2000, 15(2): 56-58.
- [116] 金凤君. 我国航空客流网络发展及其地域系统研究[J]. 地理研究, 2001, 20(1): 31-39.
- [117] Daniel A. Griffith. Spatial Structure and Spatial Interaction: 25 Years Later[J]. *The Review of Regional Studies*, 2007, 37(1): 28-38.
- [118] Daniel A. Griffith. Spatial autocorrelation and Eigen functions of the geographic weights matrix accompanying geo-referenced data [J]. *The Canadian Geographer*, 1996, 40(4): 351-367.
- [119] 杨国良,张捷,刘波,等. 旅游流流量位序-规模分布变化及其机理—以四川省为例[J]. 地理研究, 2007, 26(4): 662-672.
- [120] 杨国良,张捷,艾南山,等. 旅游流齐夫结构及空间差异化特征—以四川省为例[J]. 地理学报, 2006, 61(12): 1281-1289.
- [121] 周蓓. 四川省航空旅游网络空间特征及其结构优化研究[J]. 地理与地理信息科学, 2008, 24(1): 100-104.
- [122] 吴晋峰,包浩生. 旅游系统的空间结构模式研究[J]. 地理科学, 2002, 22(1): 96-101.
- [123] 张耀辉. 区域经济理论与地区经济发展[M]. 北京:中国计划出版社, 1999.
- [124] 林岚,康志林,甘萌雨,等. 基于航空口岸的台胞大陆旅游流空间场效应分析[J]. 地理研究, 2007, 26(2): 403-413.
- [125] 章锦河,张捷,李娜,等. 中国国内旅游流空间场效应分析[J]. 地理研究, 2005, 24(2): 293-303.
- [126] 马耀峰,王冠孝,张佑印. 中国典型区域入境旅游流空间场效应实证研究—以四川省为例[J]. 资源科学, 2008, 30(11): 1747-1753.
- [127] 田玉军,李秀彬,陈瑜琦,等. 城乡劳动力流动及其对农地利用影响研究评述[J]. 自然资源学报, 2010, 25(4): 686-695.
- [128] 温丽. 农村劳动力流动影响农产品价格的实证研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(33): 19148-19151.
- [129] Murray Patterson. Commensuration and theories of value in ecological economics[J]. *Ecological Economics*, 1998, (25): 105-125.
- [130] EUROSTAT. Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological guide[R]. Luxembourg: Statistical Office of the European Union, 2001.
- [131] 陆林. 旅游地理文献分析[J]. 地理研究, 1997, 16(2): 105-111.
- [132] 刘法建,张捷,陈冬冬. 中国入境旅游流网络结构特征及动因研究[J]. 地理学报, 2010, 65(8): 1013-1024.

Resource Flow and Main Research Themes

WANG Yiqiang, ZHAO Yuan

(School of Geographic Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

Abstract: Resource flow has become a popular research perspective in the field of resource science. A variety of methods and empirical techniques are used in resource efficiency analysis, value accounting analysis of resources and the environment, energy saving and emission reduction, performance appraisal, and other areas of policy formulation and decision-making. Resource flow research is important, but there has been a lack of theoretical and systematic study of the concept. This paper summarizes research into resource flow and extracts authoritative literature from the Journal of Natural Resources and Resources Science. We then systematically summarize and comment on Chinese and international resource flow studies from overall development trends, theories, subject characteristics and research perspectives. We conclude that resource flow studies outside China are found in the material flow study field, which has a long history and is more complete. Chinese research commenced relatively late and awareness is growing. The main difference between resource flow research done within and outside China is that Chinese studies explicitly use the concept of resource flow, and carry out theoretical and empirical tests. Study on tourism resource flow and natural resource flow is the current hot topic. The Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences is leading research into natural resource flow. The domestic focus has been on flow directions, theories and methods. There are insufficiencies in resource flow research that need to be addressed and these are discussed.

Key words: Resource flow; Summary; Review; Chinese research; Resource science; Chinese Academy of Sciences