

高度联通社会的环境机遇和环境风险： 对温室气体排放的跨国面板数据分析

王 琰

内容提要 :在全球化时代,交通和信息的联通革命性地重塑了人类生活的自然和社会环境,构成高度联通的社会。在环境影响上,高度联通社会具有明显的双重性特征:联通性一方面通过推动经济增长,在消耗大量能源资源的同时排出废弃物,增加温室气体排放,但另一方面也蕴含着社会动力,推动了资源和信息交换,有助于减少排放。基于73个国家8年的跨国面板数据,本研究分析了交通联通手段和网络信息联通对三种主要温室气体排放量的影响。研究发现,尽管在不同类型国家中联通性都通过促进经济发展增加了温室气体排放,在控制了经济发展后,交通联通性仍然给高收入国家带来了较强的环境机遇,但给中低收入国家带来了一定的环境风险;信息联通性在不同发展阶段的国家都遏制了温室气体排放。因此,高收入国家应在可持续发展的基础上促进社会发展和环境保护的双赢;中低收入国家应发挥信息技术等战略性新兴产业的关键作用,改善固有交通方式,转变交通发展政策。本文探讨了联通性包含的物理过程和社会过程及其环境效应,同时也提示我们要综合看待“一带一路”等互联互通进程中可能遇到的环境问题。

关键词 :高度联通社会; 温室气体; 跨国研究; 面板数据分析

一、引 言

由于经济和人口增长,大气中二氧化碳、甲烷和一氧化二氮等温室气体浓度达到了过去80万年以来的最高水平。鉴于人类活动与温室气体排放的密切关系,环境社会科学家强调需要通过理解社会过程解决这些问题。20世纪70年代,人们开始围绕生态环境与现代化问题展开讨论。1972年,《增长的极限》报告提出地球资源不足以支撑经济无限发展,现代化势必导致严重的环境问题。在这一背景下,生产跑步机理论提出,只有去现代化和限制经济发展才能解决环境问题。20世纪80年代中后期,研究重点逐渐转移到现代化和环境保护的平衡上,布伦特兰报告正式使用可持续发展概念,对发展和环境零和博弈的传统观念提出挑战。研究者由此提出生态现代化等积极面向的理论,并成为环境社会科学研究的重要主题。

作者简介 :王琰,南开大学周恩来政府管理学院社会学系、南开大学计算社会科学实验室副教授,主要研究方向为环境社会学。感谢包智明教授和宣朝庆教授对本文初稿的批评和建议,感谢匿名评审和责编的宝贵意见。文责自负。

基金项目 :国家社科基金重大研究专项项目“基于空间管控的生态环境风险防范体系研究”(18VZL014)。

全球化时代,以交通和互联网为主干,密集、快速、广泛的联通性成为当代社会的重要特征。在促成劳动力、资源、信息流动和共享的同时,联通性所伴生的物理和社会过程也深刻影响了自然和社会环境。对自然环境的影响上,近年来交通导致的二氧化碳排放量已占到全球碳排放的20%以上。对社会环境的影响上,便捷的交通和信息流动可以有效改善地区的地缘位置,促进经济发展,增进交流合作。

尽管高度联通性日益成为社会发展的关键环节,令人遗憾的是,当前研究大多来自自然科学领域,关注交通导致的温室气体排放等问题,对其社会属性认识不足。根据生态现代化、世界社会和后物质主义的理论逻辑,交通和信息高度联通虽然带来了一定的环境问题,但在推动科技进步等方面具有不可替代的作用,这些社会过程将有效缓解和改善环境问题。还有研究发现,社会—环境关系在不同发展阶段的国家中存在显著差别:现代性蕴含的改善生态环境的动力机制在经济社会发展水平较高的国家体现得更为明显,而生产跑步机理论提出的经济发展的负面环境影响在发展水平较低的国家更为常见。类似的,高度联通社会也可能在不同类型国家中引发相异的环境效应。因此,如果单纯将联通性看作排放源而忽视其社会效应,并忽视国家发展阶段的差异,可能无法全面认识其环境后果。类似的,在对温室气体排放的研究中也常常围绕科学性和经济性问题的展开,对背后的社会过程及其社会学意义缺乏深入思考。

针对现有研究不足,本文的研究问题是,高度联通社会究竟造成了怎样的环境影响?由于基础设施、管理手段和环境理念等方面的差距,这种影响在不同发展阶段的国家是否存在差异性?在联通性迅猛发展的背景下,这对于各国的环境策略选择有哪些启示?鉴于温室气体排放在各国的普遍性和重要的环境影响,本文从这一问题入手,运用环境社会学理论,将交通和信息联通性视作现代社会中形塑生态环境的重要物理和社会力量,探索它们对温室气体排放的影响及在各国的差异化后果。

二、高度联通社会及其双重性特征

随着科技的发展和基础设施的完善,以交通工具为代表的传统联通方式和以信息网络为代表的新兴联通方式相辅相成,共同搭建起高度联通社会。全球战略研究专家Khanna(2016)将联通性(Connectivity)视为21世纪最具革命性的力量,交通网络和信息技术彻底打破了地缘界限,对经济、文化、环境等多个领域产生了深远影响(江小娟,2017)。社会物理学家将社会交往看作是社会认知的基础,认为不同类型的社会行动者之间直接的、强烈的、积极的互动可以构建信任关系,形成良性的合作行为。便捷的交通和信息连接带来的人与人的直接互动能够促进想法和观点的流动,形成开放、包容、有活力的文化,带来提升社会资本、提高生产率等一系列良性后果(Lazer, Pentland, Adamic, et al., 2009; 阿莱克斯·彭特兰, 2015)。我国很早就认识到联通性的重要性,提出“经济发展,交通先行”的理念,目前我国公路通车里程、高速铁路里程、铁路营业里程均位居世界前列。2013年,习近平总书记提出共建“一带一路”的重大倡议,“一带一路”建设致力于连通亚欧非大陆及附近海域,通过促进运输便利化、打造信息网络等举措开展更大范围、更高水平、更深层次的双多边合作,实现沿线国家经济文化的繁荣发展。

高度联通社会具有流动的双重性特征。Urry(2004)将机动车的使用视作工业技术和社会生活的核心连接点,是重塑时间和空间的桥梁,它打破了公共空间和私人空间的界限,再造了当代主流文化和生活方式。因此,机动车使用带有双重性,它不仅体现了可灵活移动的物质本身,更重要的是体现了“流动的相互连接的系统”。交通工具制造、基础设施建设和使用过程中使用了大量物质和空间,再加上机动车及交通

系统在当代社会所处的支配性地位,Urry认为这种由现代交通方式连接起的社会系统是导致资源耗费最重要的原因。笔者认为联通性同样具有类似的特征,一方面体现了基础设施建设、化石燃料燃烧、废气排放等化学物理过程,另一方面也受到我们的思维方式、生活习惯、社会结构的影响并反作用于这些社会场域,因此需要从物理效应和社会效应两方面出发,才能更好地理解联通性造成的环境影响。

三、温室气体研究的社会学意义

温室气体的排放、造成的风险和治理都与人类社会紧密相连,嵌入在社会关系和社会制度中,表现出深刻的社会复杂性,体现了自然和社会之间持续拓展和深化的互动过程(洪大用, 2017; Beck, 2010)。

贝克(2010)将温室气体排放引发的气候问题与风险社会理论联系起来。风险社会脱胎于工业社会,不同于传统的非人为因素的自然灾害,现代社会中人们面对的污染、疾病、犯罪等多种风险就来源于现代化进程本身,而科学和技术在其中起到重要作用(Giddens, 1999)。风险带有普遍性,考虑到温室气体排放与普罗大众的环境态度、生活方式、消费习惯密切相关,每个个体既是排放者,同时也是减排的受益者。以往将“自然”与“社会”因素切割对立的分析方法已经不再适用,社会学的分析视角有助于研究者深入挖掘日常实践背后的社会面向,辩证地分析科学和技术的不确定性,并提供了新型社会发展条件下对影响温室气体排放的社会组织原则进行反思并加以修正的可能性(Beck, 2010)。

全球化背景下,人类的生产和生活方式在世界范围内形成深入而广泛的联系,温室气体排放也带有明显的全球性特征。温室气体排放的影响因素不再只局限于民族国家的范围内,便捷高效的交通和网络连接推动了科学技术的发展和资源使用方式的创新,还影响了人们对环境问题的建构和阐释,以及环境组织的发展和运行(彭远春、毛佳宾, 2017),也使得诸多社会子系统交织在一起,直接或间接地造成了温室气体在不同国家和地区的差异性排放。面对这种新型社会形态的到来,洪大用和罗桥(2011: 5)提出,在研究温室气体排放时“必须拓展社会的视野,把一个相互联系的全球社会作为我们重要的研究对象”。

气候问题的产生和治理与多个层次的社会不平等息息相关,带有明显的不公正性。发达国家尚未有效履行历史排放责任,同时还持续通过产业转移向发展中国家转移温室气体排放,侵占发展中国家生态空间。发展中国家面临发展需要,资金和技术条件有限,需要在温室气体排放和社会经济发展之间取得平衡。目前发达国家对发展中国家的资金支持和技术转移远不能满足国际环境合作需要,发展中国家受制于技术壁垒,整体能源效率低、温室气体排放强度高。以中国为例,其能源效率比国际先进水平约低10%,高耗能产品单位能耗比国际先进水平高40%左右,极大地制约了我国减排目标(王书明, 2013)。

可见,温室气体排放包含着复杂的社会主体、社会动力和社会过程,需要社会学挖掘新的社会事实和社会联系,实现学科创新,深入理解气候变化的发生机制和应对策略(洪大用, 2017)。基于上述认识,下面笔者将结合环境社会学理论,从正反两方面探讨联通性对温室气体排放的影响。

四、高度联通社会的环境后果:环境社会学的观点

(一)生产跑步机理论:交通的环境外部性

生产跑步机理论强调经济发展对于生态环境的破坏,认为经济发展的最终目的是通过不断扩张实现

利润最大化。生产活动伴随着大量资源投入和能源消耗,带来严重的污染问题,因此环境保护和经济发展在长期看来具有不兼容性(Schnaiberg, 1980)。跑步机理论经历了两个发展阶段(Buttel, 2004),初期关注生产扩张,认为生产先于消费、分配等社会过程,体现了社会系统和生态系统的初始碰撞(Schnaiberg, 1980)。后期超越了以生产为核心的研究框架,关注围绕经济发展缔结成的社会组织形式和内在逻辑(Gould, Schnaiberg & Weinberg, 1996)。环境虽然被视作重要的社会议题,但在实践过程中往往被经济发展动力所碾压。研究发现经济发展是温室气体排放的重要原因,这种现象在发展中国家更为突出(Jorgenson & Givens, 2015)。对1971年到2009年的数据分析表明,在低收入阶段碳排放随着经济发展直线攀升,但在人均收入接近22000美元时,碳排放增速趋于平缓(Liao & Cao, 2013)。在我国,“经济至上”的发展战略造成政府与企业的合谋,生态环境持续恶化(包智明、陈占江, 2011; 张玉林, 2006)。

根据生产跑步机理论,经济发展推动了城市化和经济结构转变,人们逐步脱离农业社会的生活方式,交通半径从村庄扩展到全国甚至全球,跨越地理界限的交流合作成为日常生活的重要组成部分。第一,交通工具的使用伴随着化石燃料的燃烧,排放出大量温室气体。以航空客运为例,1970年到2014年,全球航空客运量3亿人次增长到32亿人次,年均增速达5.3%,其中发展中国家增速高达8%(World Bank, 2015)。航空运输每年增加5%~6%,所需化石燃料增加3%,产生大量温室气体(Schumann, 1994)。在高收入国家,由于机动车占有量较高,预计在未来二十年增幅较小,但在中低收入国家,经济发展推动人们对便捷性和舒适度的追求,机动车增速将远高于人均收入增长水平(Dargay & Gately, 1999)。第二,尽管发展中国家人均机动车占有量较低,较大的人口基数再加上不合理的基础设施造成严重的交通拥堵,燃料不充分燃烧,机动车排放出更多的温室气体(Barth & Boriboonsomsin, 2009)。第三,经济发展也带动了制造业和基础设施建设,在建设和维修过程中也会带来温室气体排放。研究发现,机动车、火车和飞机的制造维修以及公路、铁路、车站、机场等设施建造过程释放了大量温室气体(Chester & Horvath, 2009)。

除了客观的化学物理过程,在经济发展至上的跑步机逻辑下,便捷的交通和联系已经内化为现代生活方式的基本要素,构建甚至重塑了工作、居住、休闲等各个方面(Urry, 2009)。联通性为人们提供了更多的选择,但往往以能源消耗作为代价。联通性还推动了物质主义和消费主义的传播,推广较高生态足迹的生活方式,间接增加温室气体排放。居住方式上,人们可以选择居住在遥远的郊区,但却需要借助机动车进行远距离通勤。就餐上,人们可以选择足不出户的外卖送餐,但却导致一次性包装废品的产生。购物方式上,网上购物平台配合高效物流服务极大地刺激了消费主义,电子商务市场获得井喷式发展。

(二)生态现代化、世界社会和后物质主义理论:联通性与社会进步

生态现代化理论主要探讨了科学团体、市场、政府和社会等面对发展和环境问题时的行动机理,强调在生产和消费的重构过程中全面贯彻生态理性,寻求经济发展和生态保护的共融(Mol, 1995; Spaargaren, 1997)。不同于生产跑步机的观点,该理论认为只有通过进一步的现代化才能解决环境危机,其中现代科技被视作社会向生态理性转型的核心推动力量(Huber, 2004; Mol, 1995)。

社会物理学研究发现,联通性带来积极的社会后果,推动了先进文化和科技的传播。交通顺畅的地区可以提升当地居民探索不同文化的频率和广度,带动新思想的传播。地区联通性越强,专利和研发投入率越高,创意产出越多(阿莱克斯·彭特兰, 2015)。互动结构(如频率等)能够更好地预测生产效率和信任程度,即通过测量交通量可以直接预测该地区的文化特征和创新水平(Eagle, Pentland & Lazer, 2009)。因此,快速通畅的交通和信息传播有助于推动现代化和科学技术的深入发展,促进个体主观能动性的发挥。

结合生态现代化理论与社会物理学研究,我们可以发现联通性所带来的社会创新可以在三个方面推动环保科技创新和制度进步,减少温室气体排放。首先,联通性伴随的科技进步可能直接带来减排环保交通方式的发展。近年来高速铁路迅猛发展,相比传统铁路,其燃料消耗更低、温室气体排放更少(Chester & Horvath, 2010)。其次,信息技术的使用还促进资源使用方式的更新。人们用数据商品代替传统商品,减少物质消耗。例如,与CD相比,从网上下载音乐平均减少40%~80%的碳排放(Weber, Koomey & Matthews, 2010)。信息技术还可以通过对现有产品升级减少资源和能源消耗。例如,通过在电表中加入智能芯片实时展示用电量,用户平均用电量减少了7%~14%(Faruqui, Sergici & Sharif, 2010)。再次,联通性还带来了环境治理方式的进步。Mol(2006)指出,信息在多个不同层次但相互关联的行动者之间的产生、处理、传播和使用已经呈现出替代国家权力的趋势,成为环境变革的重要动力和资源。互联网带来的信息搜集和共享大大便利了对环境信息的监控和报告,能够更精确地确定和解决环境问题,也有助于提升其他社会主体参与治理的自主性和积极性,为缓解环境危机开放了更多的可能性。

世界社会理论探讨了全球文化和制度同构在保护环境上的作用(Frank, 1997; Meyer, et al., 1997)。Meyer等(1997)认为,全球环境制度是协调和解决世界范围内环境问题的重要机制,其发展归功于环境话语体系的扩张和环保组织的发展。现代交通和网络的发展有助于促进环保文化的传播、推动环保组织的壮大,减轻包括温室气体排放在内的环境问题。Dobson(2003)提出“环境公民”概念,认为高度联通性使环境问题超越了地理界限,人们通过频繁的交流意识到更大范围的环境问题,以及个人造成的环境影响。联通性强化了环境问题在时间和空间上的紧迫性,使环境责任内化,环保参与水平提高。实证研究表明,个体通过网络获得了更多环保信息,提高了环境关心水平和环境友好行为(Nistor, 2010)。在组织层面,联通性也有助于环保组织传播信息、组织动员和筹集资源。交通的便捷性和网络沟通方式的多样性促进了环保组织之间、环保组织和其他组织之间,以及环保组织和民众之间快速灵活的沟通合作。环保组织可以通过网络联系到潜在的捐助者和志愿者,更少受到地域限制,沟通成本也大大降低(Panepento, 2009)。

后物质主义理论认为,随着社会经济发展,人们将超越物质贫乏时期的生存需要,更加关注精神需要和环境保护等非物质导向的问题(Inglehart, 1995)。根据这一理论,由交通和信息网络架构起来的现代社会可能催生出对舒缓生活的渴望,在心理和文化层面为环境问题的解决提供契机。Jensen(2006)发现,时间紧迫性是现代性的显著特征,利用多种交通方式和网络的高速流动和沟通构成现代人必需的生活方式。现代性的反思特质使人们希望摆脱日复一日的压力,憧憬平静舒缓的生活。在这个意义上,现代人的困境是如何在高速的日常生活和对简单宁静生活的期待中寻求平衡,从而形成自下而上的推动力量。

上述理论各自带有比较明确的价值取向,生产跑步机强调高度联通社会带来的环境外部性,生态现代化、世界社会和后物质主义理论则关注联通性可能通过社会进步、科技创新和文化变迁等缓解温室气体排放问题。在这些理论框架下,下面利用跨国面板数据具体分析联通性与温室气体排放的关系。

五、数据、变量和分析方法

(一)数据与变量

笔者搜集了2003年到2010年73个国家的数据进行分析(World Bank, 2015)。部分国家在不同年份存在数据缺失,为充分利用可得数据,避免人为剔除数据产生的非随机性,分析时使用了非平衡面板数据。

本研究分析了三种温室气体:二氧化碳(CO₂)、一氧化二氮(N₂O)和甲烷(CH₄)。CO₂占全球温室气体76%以上。CH₄是总量第二的温室气体,占16%。N₂O占温室气体总量的6.2%,升温效果是等量CO₂的300倍。三种温室气体占到总量的98.2%,可以较好地展示联通性对温室气体的全面影响。样本中有10个国家缺失N₂O和CH₄的数据,且世界银行每两年发布这两种气体数据,因此在含这两个变量的模型中共有63个国家,138个观测值。原始数据为总排放量,考虑到人口影响,分析时将变量转化成人均排放量。

交通联通性用三个指标测量:航空客运量、铁路客运量和机动车占有量。航空客运量包括在所在国注册的航空承运人的国内和国际航班乘客数,铁路客运量是指运输的乘客数量乘以行驶的公里数,两个变量均进行了人口加权。因为没有直接衡量机动车客运量的指标,用每千人机动车占有量进行测量。信息联通性操作化为每百人中互联网用户数量,反映了该国互联网使用程度。

考虑到高收入国家和中低收入国家可能处在不同的发展阶段,将两类国家分别加以考虑。根据联合国图表集法,使用虚拟变量来衡量国家所处的发展阶段。控制变量包括用人均GDP衡量的经济发展水平;制造业为主的经济结构常常导致较高的温室气体排放,因此也包括了制造业和服务业增加值占GDP比例;较高的出口额和外国直接投资常常意味着发达国家污染产业转移,将温室气体排放转移到发展中国家,因此分析时纳入了出口额和外国直接投资两个变量。变量描述性统计值见表1。

表1 描述性统计值

变量	平均值	标准差
人均碳排放量(吨)	6.66	4.75
人均一氧化氮排放量(吨二氧化碳当量)*	0.62	0.43
人均甲烷排放量(吨二氧化碳当量)*	1.37	0.99
中低收入国家	0.48	-
航空客运量(人口加权)	691.36	1695.24
铁路客运量(人口加权)	439.25	426.27
机动车占有量(每千人)	255.39	189.60
互联网使用者(每百人)	38.40	26.31
人均GDP	15167.02	16922.52
第二产业比例	17.85	5.92
第三产业比例	61.20	10.77
出口额(占GDP比例)	45.01	24.76
外国直接投资(占GDP比例)	5.82	8.14

注:73个国家,375个观测值,2003-2010年;* 63个国家,138个观测值,2005,2008,2010年

(二)分析策略

随机效应和固定效应模型是分析面板数据时常用的两种模型。环境社会学家在进行研究时,认为相比固定效应模型,随机效应模型存在以下优势(Marquart-Pyatt, Jorgenson & Hamilton, 2015)。首先,随机效应模型除了能估计同一个案不同时间的方差,还可以估计不同个案之间的方差。在跨国数据分析中,方差多来自国家间差异。其次,随机效应模型可以处理对时间不敏感或不随时间变化的变量。此外,在分析N₂O和CH₄排放量时,每个国家平均包含两年数据,时间节点较少也会导致固定效应模型无法发挥较好效果。因此,本研究使用随机效应模型。针对可能存在的异方差问题,所有模型均估计了稳健标准误。连续变量均进行了对数处理以纠正右偏分布,因此对估计值的解释类似弹性系数。所有对系数的解释均基于

控制其他变量后的平均效应,后文不再赘述。估计方法为广义最小二乘法,软件为Stata 13.1。

六、分析结果

联通性可能通过影响经济发展作用于温室气体排放,即经济发展起到中介效应。前期探索性研究发现,四个联通性特征都推动了经济发展;三种交通方式的影响在两类国家中没有显著差别,但互联网对经济发展的促进作用在高收入国家更强。确定了联通性对经济的促进效果后,表2至4展示了联通性对温室气体排放的总效应(模型3、5、7、9)和加入经济发展后的直接效应(模型4、6、8、10)。

表2估计了联通性对人均碳排放量的影响。模型1中,国家经济水平与碳排放量呈正比,二产比重增加了碳排放,出口额和外国直接投资没有显著影响。模型2加入联通性变量。平均来看,机动车占有量每提高1%,CO₂排放增加0.21%。互联网呈相反效果,互联网使用者每增加1%,碳排放会降低0.038%。模型3中,总效应上,在高收入国家,航空客运量对碳排放没有显著影响;在中低收入国家,航空客运量每提升1%,碳排放增加0.088% (= -0.008% + 0.096%)。控制人均GDP后,中低收入国家的效果基本一致(b = 0.073 = -0.037 + 0.110),在高收入国家,航空交通呈现出减排效果。模型5和6表明铁路交通也有类似效果。在高收入国家,铁路交通对碳排放的总效应不显著;直接效应上,1%的铁路客运增量对应减排量为0.045%。在中低收入国家,铁路交通对碳排放的总效应为0.179,间接效应较小(0.013),说明较少受到经济影响。模型7和8发现机动车在高收入国家中没有显著影响;在中低收入国家,机动车占有量在三种效应上都体现出增排效果。模型9和10中,直接效应上,互联网在高收入国家减排效应更强:互联网使用者每提升1%对应高收入国家碳减排0.23%,在中低收入国家仅减少0.02%。

表3估计了对人均N₂O排放量的影响。模型1中,控制变量与前面结果基本一致,但经济发展水平和产业结构的影响较弱。模型2中,航空、铁路运输和互联网使用降低了N₂O排放量,机动车占有量则增加了排放量。在模型3和4再次验证了模型中航空运输的减排效应,且两类国家不存在显著差别。模型5和6表明,在高收入国家,尽管铁路运输通过推动经济发展略增加了N₂O排放(间接效应为0.003),但发展铁路交通仍然可以显著降低N₂O排放量(总效应为-0.040,直接效应为-0.043),在中低收入国家的效果则刚好相反。模型7和8发现机动车在两类国家中不存在差异化效果。模型9和10对网络联通性进行检验,直接效应上互联网推广降低了两类国家的N₂O排放量,但高收入国家受益程度更高。

表4估计了联通性对人均甲烷排放量的影响。模型1中,人均GDP依然与甲烷排放呈正相关。模型2中,只有铁路交通显著降低了甲烷排放。模型3和4中,航空交通对甲烷没有显著影响。模型5和6发现铁路交通有显著的削减作用。根据模型7和8,在高收入国家,机动车占有量有助于减少甲烷排放,考虑了中介效应后,总效应上仍有减排效果。在中低收入国家,机动车在直接效应上增加了甲烷排放量,间接效应上看,机动车占有量每提高1%,人均甲烷排放量增加0.081%。模型9和10中,控制经济发展水平后,网络联通性仍降低了高收入国家的甲烷排放,在中低收入国家,网络使用人数越多,甲烷排放量越高。总效应上网络对高收入国家的甲烷排放没有显著影响,但显著增加了中低收入国家的排放量。

图1展示了两类国家中,四种联通性变量(10%增量)对三种温室气体排放的影响。虚线表示未通过显著性检验的结果。首先,交通联通性增加了中低收入国家的温室气体排放,削弱了高收入国家的温室气体排放。机动车在中低收入国家的影响最大,铁路在高收入国家是最有效的减排交通方式。其次,网络联通

性降低了两类国家的CO₂和N₂O排放,减排幅度远超过交通联通性。再次,总效应和直接效应基本相似。考虑到联通性通过刺激经济发展进而影响温室气体排放的间接增量效应,对于高收入国家,这说明联通性具有超越经济发展的、更强的减排作用;对于中低收入国家,除了机动车对甲烷的影响,控制了经济发展之后的直接效应至少占到总效应70%以上,同样说明经济以外的因素起到重要作用。

稳健性检验中,首先去除含有异常值的国家,其次控制了货运或基础设施变量以考察客运的独立作用,最后为避免可能的分类误差,还将国家划分为OECD和非OECD国家,所有结果基本保持一致。

表2 预测人均CO₂排放量的随机效应模型,2003年-2010年

	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5	模型6	模型7	模型8	模型9	模型10
航空客运量		-0.002 (0.017)	-0.008 (0.018)	-0.037** (0.013)	0.020 (0.025)	-0.006 (0.017)	0.023 (0.026)	-0.001 (0.018)	0.030 (0.027)	0.004 (0.019)
铁路客运量		0.036 (0.033)	0.052 (0.041)	0.033 (0.036)	-0.022 (0.015)	-0.045* (0.020)	0.048 (0.035)	0.029 (0.029)	0.048 (0.042)	0.026 (0.036)
机动车占有量		0.212*** (0.053)	0.326*** (0.066)	0.192*** (0.054)	0.320*** (0.063)	0.190*** (0.052)	0.072 (0.046)	-0.077 (0.073)	0.327*** (0.068)	0.177** (0.058)
互联网使用者		-0.038+ (0.022)	0.000 (0.026)	-0.051* (0.021)	0.012 (0.025)	-0.039+ (0.021)	-0.009 (0.020)	-0.061** (0.021)	-0.139*** (0.038)	-0.234*** (0.029)
航空客运量×中低收入国家			0.096* (0.040)	0.110** (0.037)						
铁路客运量×中低收入国家					0.201*** (0.050)	0.211*** (0.042)				
机动车占有量×中低收入国家							0.369*** (0.067)	0.393*** (0.079)		
互联网使用者×中低收入国家									0.172*** (0.035)	0.216*** (0.030)
人均GDP	0.579*** (0.074)	0.457*** (0.086)		0.471*** (0.083)		0.475*** (0.090)		0.474*** (0.078)		0.531*** (0.084)
中低收入国家	-0.311 (0.252)	-0.160 (0.226)	-1.418*** (0.350)	-0.741* (0.330)	-1.882*** (0.349)	-1.165*** (0.336)	-2.883*** (0.379)	-2.250*** (0.444)	-1.547*** (0.244)	-0.854*** (0.224)
第二产业比例	0.008* (0.004)	0.007* (0.003)	0.007* (0.003)	0.006* (0.003)	0.008** (0.003)	0.007** (0.003)	0.005+ (0.002)	0.004+ (0.002)	0.003 (0.003)	0.001 (0.002)
第三产业比例	-0.007 (0.005)	-0.009* (0.004)	-0.010* (0.005)	-0.009* (0.004)	-0.010** (0.004)	-0.009** (0.003)	-0.010** (0.004)	-0.009** (0.003)	-0.010* (0.004)	-0.008* (0.004)
出口额(占GDP比例)	-0.000 (0.001)	0.001 (0.001)	0.002 (0.001)	0.001 (0.001)	0.001 (0.001)	0.000 (0.001)	0.002* (0.001)	0.002 (0.001)	0.003** (0.001)	0.003* (0.001)
外国直接投资(占GDP比例)	-0.000 (0.007)	0.002 (0.007)	0.006 (0.008)	0.000 (0.006)	0.012 (0.009)	0.006 (0.008)	0.004 (0.007)	-0.002 (0.006)	0.007 (0.008)	0.001 (0.006)
常数项	-3.300*** (0.820)	-3.296*** (0.764)	0.449 (0.594)	-2.995*** (0.745)	0.659 (0.464)	-2.840*** (0.761)	1.782*** (0.394)	-1.633* (0.707)	0.743 (0.490)	-3.058*** (0.709)
组间R ²	0.712	0.793	0.726	0.800	0.774	0.851	0.747	0.823	0.720	0.802
总和R ²	0.661	0.752	0.685	0.759	0.732	0.820	0.705	0.786	0.677	0.759

注:n=375, N=73;括号为稳健标准误;*** p < 0.001, ** p < 0.01, * p < 0.05, + p < 0.1 (双边检验)。

表3 预测人均N₂O排放量的随机效应模型,2005年-2010年

	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5	模型6	模型7	模型8	模型9	模型10
航空客运量		-0.011*	-0.008	-0.012*	-0.010	-0.013*	-0.008	-0.012*	-0.008	-0.011*
		(0.005)	(0.006)	(0.006)	(0.006)	(0.007)	(0.005)	(0.005)	(0.005)	(0.005)
铁路客运量		-0.026*	-0.024*	-0.026*	-0.040*	-0.043*	-0.022+	-0.022+	-0.025*	-0.027*
		(0.012)	(0.011)	(0.012)	(0.018)	(0.019)	(0.012)	(0.013)	(0.012)	(0.012)
机动车占有量		0.058**	0.085***	0.056**	0.084***	0.056**	0.038	-0.020	0.083***	0.052**
		(0.018)	(0.020)	(0.020)	(0.018)	(0.018)	(0.057)	(0.061)	(0.018)	(0.018)
互联网使用者		-0.034**	-0.029*	-0.035**	-0.032**	-0.038***	-0.030**	-0.037**	-0.082*	-0.093**
		(0.011)	(0.011)	(0.011)	(0.012)	(0.011)	(0.012)	(0.012)	(0.034)	(0.035)
航空客运量×中低收入国家			0.000	0.004						
			(0.015)	(0.015)						
铁路客运量×中低收入国家					0.044+	0.048+				
					(0.024)	(0.025)				
机动车占有量×中低收入国家							0.052	0.082		
							(0.058)	(0.060)		
互联网使用者×中低收入国家									0.058+	0.065*
									(0.033)	(0.033)
人均GDP	0.051*	0.069*		0.070*		0.074*		0.081*		0.077*
	(0.022)	(0.033)		(0.034)		(0.031)		(0.034)		(0.034)
中低收入国家	-0.117	-0.058	-0.149	-0.082	-0.365*	-0.294+	-0.441	-0.502	-0.368*	-0.293+
	(0.077)	(0.089)	(0.127)	(0.136)	(0.149)	(0.166)	(0.335)	(0.345)	(0.148)	(0.150)
(控制变量未显示)										
常数项	0.065	-0.143	0.313	-0.132	0.420	-0.050	0.578	0.189	0.521+	0.034
	(0.275)	(0.328)	(0.247)	(0.343)	(0.263)	(0.342)	(0.402)	(0.445)	(0.282)	(0.354)
组间R ²	0.213	0.276	0.263	0.274	0.355	0.381	0.260	0.273	0.256	0.270
总和R ²	0.225	0.298	0.283	0.295	0.371	0.410	0.275	0.290	0.286	0.305

注:n=138, N=63;括号内为稳健标准误;***p < 0.001, **p < 0.01, *p < 0.05, +p < 0.1 (双边检验)。

表4 预测人均CH₄排放量的随机效应模型,2005年-2010年

	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5	模型6	模型7	模型8	模型9	模型10
航空客运量		-0.011	-0.008	-0.011	-0.010	-0.012	-0.011	-0.014	-0.010	-0.012
		(0.010)	(0.008)	(0.010)	(0.011)	(0.011)	(0.010)	(0.009)	(0.010)	(0.010)
铁路客运量		-0.022*	-0.021*	-0.022*	-0.032*	-0.033*	-0.014	-0.013	-0.023*	-0.024*
		(0.011)	(0.011)	(0.011)	(0.016)	(0.016)	(0.010)	(0.010)	(0.011)	(0.011)
机动车占有量		0.028	0.061**	0.028	0.062**	0.030	-0.068	-0.144*	0.059*	0.023
		(0.037)	(0.024)	(0.034)	(0.023)	(0.036)	(0.049)	(0.070)	(0.024)	(0.035)
互联网使用者		0.015	0.022	0.015	0.018	0.012	0.019	0.008	-0.035	-0.047+
		(0.013)	(0.020)	(0.014)	(0.018)	(0.013)	(0.018)	(0.012)	(0.026)	(0.028)
航空客运量×中低收入国家			-0.006	-0.001						
			(0.031)	(0.025)						
铁路客运量×中低收入国家					0.039	0.039				
					(0.026)	(0.027)				

(续表4)

	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5	模型6	模型7	模型8	模型9	模型10
机动车占有量×中低收入国家							0.149** (0.051)	0.185*** (0.056)		
互联网使用者×中低收入国家									0.062* (0.029)	0.066* (0.030)
人均GDP	0.128* (0.052)	0.086 (0.072)		0.086 (0.069)		0.084 (0.070)		0.122+ (0.069)		0.098 (0.068)
中低收入国家	0.034 (0.154)	-0.051 (0.146)	-0.143 (0.205)	-0.045 (0.240)	-0.371* (0.163)	-0.252 (0.192)	-1.018*** (0.291)	-1.039*** (0.272)	-0.415** (0.152)	-0.287* (0.144)
(控制变量未显示)										
常数项	-0.038 (0.486)	0.373 (0.536)	0.990*** (0.235)	0.369 (0.574)	1.137*** (0.255)	0.528 (0.530)	1.808*** (0.334)	1.088** (0.421)	1.261*** (0.250)	0.548 (0.460)
组间R ²	0.098	0.123	0.143	0.123	0.239	0.216	0.184	0.166	0.177	0.156
总和R ²	0.064	0.070	0.083	0.070	0.166	0.154	0.110	0.101	0.116	0.102

注:n=138, N=63;括号为稳健标准误;*** p < 0.001, ** p < 0.01, * p < 0.05, + p < 0.1 (双边检验)。

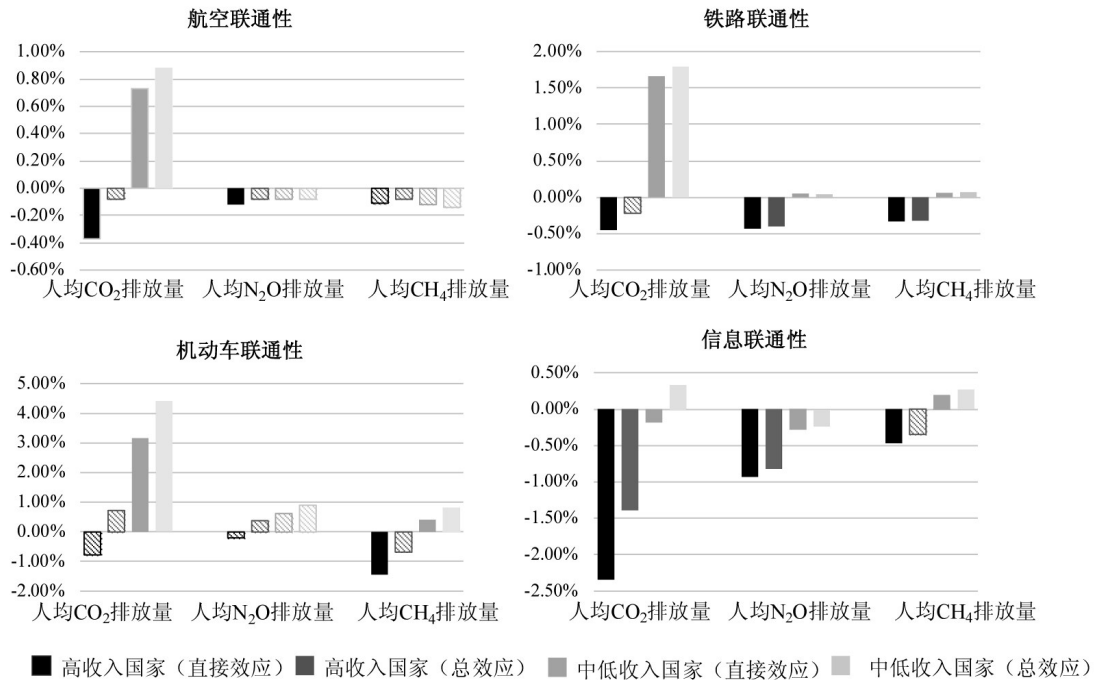


图1 联通性对温室气体排放的预期影响

七、结论:高度联通社会的环境策略

在全球化日益深入的今天,以发达的交通和信息技术为代表的高度联通社会重塑了我们生活的自然环境和社会环境。在对自然环境的影响上,高度联通社会具有明显的双重性效应。根据生产跑步机理论,高度联通社会的实现需要必要的物质支撑,包括基础设施建设和交通工具使用带来的化石能源消耗,这些

必然增加温室气体排放。而生态现代化、世界社会和后物质主义理论认为,便捷的交通和信息流动伴随着大范围深层次的交流合作,造成深刻的社会结构变化。在现代科技的推动下,交通和信息的联通会提升能源和资源使用效率,推动环境治理方式创新,鼓励多元主体参与减排行动,减少温室气体排放。

高度联通社会到底给温室气体排放带来了怎样的影响呢?本文通过分析交通和信息联通性对二氧化碳、一氧化二氮和甲烷三种温室气体排放的影响,系统地回答了这个问题。对73个国家2003年到2010年的面板数据分析表明,首先,在中低收入国家,交通联通性对温室气体的影响更符合生产跑步机的论述,交通和经济发展可能通过基础设施建设、能源燃烧和生活方式改变提升了人均温室气体排放量。其中空运对温室气体排放影响较小;铁路交通影响居中,主要表现为对二氧化碳排放的影响上,对氮氧化物和甲烷的作用水平较低;机动车使用对三种温室气体排放均有较强的增量作用。其次,高收入国家的情况则支持了生态现代化、世界社会和后物质主义理论。在这些国家,尽管联通性也会在促进经济发展过程中引发化石燃料的消耗,但联通性带来的科技创新和社会进步抵消了上述过程,整体上降低了温室气体排放。其中,铁路交通在减少碳排放和氮氧化物排放上的影响最大,机动车在减少甲烷排放上的作用最强。再次,两类国家中,信息联通性对温室气体排放均存在较强的遏制作用。最后,联通性对温室气体的影响可以分解为两个部分,一是通过刺激经济增长带来的温室气体排放,二是通过经济增长以外的社会、科技、文化等机制对温室气体排放造成影响,这些因素在解释联通性的影响时起到更重要的作用。

需要强调的是,本研究并未否认高收入国家在交通运输过程中产生的温室气体排放,而是关注在全社会层面,联通性可能带来良好的社会效应,在形成高度联通社会的过程中寻求减排契机。这与生态现代化理论反驳生产跑步机时的逻辑相似,面对联通性产生的环境问题,解决办法绝不是割断联系,倒退到老死不相往来的隔绝状态,而是要充分挖掘联通性在资源整合、科技创新、社会互动等方面的潜力,将生态理性嵌入到交通工具制造、基础设施建设和交通运营管理的全过程中,实现生态理性制度化,在保持和提高联通性的同时减少温室气体排放。此外,本文虽然没有提供直接的检验,但也不能否认污染转移的可能性,发达国家联通性的优势可能加速了污染产业外包和迁移,进而降低了生产领域的温室气体排放。

在中低收入国家,虽然近年来交通联通性加剧了温室气体排放,但这也不表明降低联通性是唯一的解决之道。生产跑步机理论认为无限制的经济发展模式是造成环境恶化的根本原因,本研究也发现,经济增长和联通性之间确实存在正相关关系,导致温室气体排放。需要看到,经济增长符合大多数中低收入国家的根本利益,全球化背景下不可能通过遏制自身发展实现环境保护。作为生态现代化理论的重要组成部分,库兹涅茨曲线同样预测了发展过程中环境会先恶化后好转的过程。因此关键在于寻求合适的发展模式,尽早实现拐点。此外,尽管中低收入国家在交通联通性上存在负面环境效应,但研究还表明,与高收入国家类似,网络联通性也会在这些国家减少温室气体排放。因此中低收入国家应发挥后发优势,借鉴先发国家的经验教训,引进先进的技术和设备,充分利用信息技术在远程沟通上的长处,积极改善传统交通方式;在交通发展政策选择上,转变发展方式,从单纯追求数量扩展向资源节约型和环境友好型转变,从交通项目立项到日常经营管理过程中注意环境影响;发挥信息技术等战略性新兴产业的关键作用,通过全球范围的交流合作,带动环保产业和技术进步,推动制度和文化创新,实现可持续的现代化过程。

以中国为例,由于前期保护力度不够,近年来出现环境污染和生态退化的严峻形势。十七大报告明确提出建设生态文明,十八大报告把生态文明建设放在突出地位。生态文明建设超越了传统上生态中心主义和人类中心主义对立的二分范式,强调在文化、制度和技术多个社会领域的变革和重建(包智明, 2014;

洪大用, 2013)。在生态文明建设的指引下,相关法律法规、产业和技术都取得了较快发展。在“一带一路”建设过程中,中国强调绿色发展理念,在绿色金融、环境技术、应对气候变化等多方面加强沿线国家合作。在制度建设和技术进步同时,也要注意将文本规范与实践规范相结合,将环保逻辑深入到组织实践和深层社会结构中(陈阿江, 2008)。在选取合适发展道路并付诸行动的前提下,在未来我们在中低收入国家中也可能观察到完整的库兹涅茨曲线,即在提升联通性的同时降低温室气体排放。

未来的研究还可以从以下三个方向展开。首先,未来可以搜集时间颗粒更细化的数据,更细致地剖析高联通社会的动态环境影响。其次,空间层次上,本研究关注更宏大的国家实践,但国家内部存在不同程度的差异,地方如何调整自身定位和行动策略,应对高联通社会引发的环境问题也值得挖掘。再次,本文缺乏对于国家间联系的深入挖掘。以往研究已经注意到,不平等的世界政治经济结构也再现于温室气体排放和治理问题中,未来可以继续探讨不同类型国家之间的互通有无在多大程度上再造或消解了这种不公正性。最后,本研究着重分析了联通性和温室气体关系问题,而高联通社会可能影响到水电资源、土地资源等多面向的社会和环境现象,未来研究有必要深入理解联通性本身的物质实在性和社会建构性如何嵌入到现有社会场域,与生产、消费、社会分层、社会运动等过程相结合,对这些现象从环境社会学角度的分析可以提供新的研究视角,在现代性和全球性的背景下深化我们对社会和自然互动的认识。

参考文献:

- 阿莱克斯·彭特兰, 2015,《智慧社会:大数据与社会物理学》第1版,汪小帆、汪容译,杭州:浙江人民出版社。
- 包智明, 2014,《社会学视野中的生态文明建设》,《内蒙古社会科学(汉文版)》第1期。
- 包智明、陈占江, 2011,《中国经验的环境之维》,《社会学研究》第6期。
- 陈阿江, 2008,《文本规范与实践规范的分离——太湖流域工业污染的一个解释框架》,《学海》第4期。
- 洪大用, 2013,《关于中国环境问题和生态文明建设的新思考》,《探索与争鸣》第10期。
- 洪大用, 2017,《中国应对气候变化的努力及其社会学意义》,《社会学评论》第2期。
- 洪大用、罗桥, 2011,《迈向社会学研究的新领域——全球气候变化问题的社会学分析》,《中国地质大学学报(社会科学版)》第4期。
- 江小娟, 2017,《高度联通社会中的资源重组与服务增长》,《经济研究》第3期。
- 彭远春、毛佳宾, 2017,《社会结构变迁的环境之维——对我国环境社会学研究的回顾分析》,《社会学评论》第2期。
- 王书明, 2013,《气候治理的困境与中欧认知共同体建设——从英国学者吉登斯的观点说起》,《国际社会科学杂志(中文版)》第2期。
- 张玉林, 2006,《政经一体化开发机制与中国农村的环境冲突》,《探索与争鸣》第5期。
- Barth, Matthew, and Kanok Boriboonsomsin. 2009. "Traffic Congestion and Greenhouse Gases." *ACCESS Magazine* 1(35): 2-9.
- Beck, Ulrich. 2010. "Climate for Change, or How to Create a Green Modernity?" *Theory, Culture & Society* 27(2-3): 254-66.
- Buttel, Frederick H. 2004. "The Treadmill of Production: An Appreciation, Assessment, and Agenda for Research." *Organization & Environment* 17(3): 323-36.
- Chester, Mikhail V., and Arpad Horvath. 2009. "Environmental Assessment of Passenger Transportation Should Include Infrastructure and Supply Chains." *Environmental Research Letters* 4(2): 024008.
- . 2010. "Life-cycle Assessment of High-speed Rail: The Case of California." *Environmental Research Letters* 5(1): 014003.
- Dargay, Joyce, and Dermot Gately. 1999. "Income's Effect on Car and Vehicle Ownership, Worldwide: 1960-2015." *Transporta-*

tion Research Part A: Policy and Practice 33(2): 101–38.

Dobson, Andrew. 2003. *Citizenship and the Environment*. 1 edition. Oxford; New York: Oxford University Press.

Eagle, Nathan, Alex (Sandy) Pentland, and David Lazer. 2009. “Inferring Friendship Network Structure by Using Mobile Phone Data.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(36): 15274–78.

Faruqui, Ahmad, Sanem Sergici, and Ahmed Sharif. 2010. “The Impact of Informational Feedback on Energy Consumption—A Survey of the Experimental Evidence.” *Energy* 35(4): 1598–1608.

Frank, David J. 1997. “Science, Nature, and the Globalization of the Environment, 1870–1990.” *Social Forces* 76(2): 409–35.

Giddens, Anthony. 1999. “Risk and Responsibility.” *The Modern Law Review* 62(1): 1–10.

Gould, Kenneth A., Allan Schnaiberg, and Adam S. Weinberg. 1996. *Local Environmental Struggles: Citizen Activism in the Treadmill of Production*. Cambridge; New York: Cambridge University Press.

Huber, Joseph. 2004. *New Technologies and Environmental Innovation*. Cheltenham, UK: Edward Elgar Pub.

Inglehart, Ronald. 1995. “Public Support for Environmental Protection: Objective Problems and Subjective Values in 43 Societies.” *PS: Political Science & Politics* 28(01): 57–72.

Jensen, Mette. 2006. “Environment, Mobility, and the Acceleration of Time: A Sociological Analysis of Transport Flows in Modern Life.” in Gert Spaargaren, Arthur P. J. Mol, and Frederick H. Buttel (eds.), *Governing Environmental Flows: Global Challenges to Social Theory*. Cambridge, MA: The MIT Press: 327–50.

Jorgenson, Andrew K., and Jennifer Givens. 2015. “The Changing Effect of Economic Development on the Consumption-Based Carbon Intensity of Well-being, 1990–2008.” *PLOS ONE* 10(5): e0123920.

Khanna, Parag. 2016. *Connectography: Mapping the Future of Global Civilization*. New York: Random House.

Lazer, David et al. 2009. “Life in the Network: The Coming Age of Computational Social Science.” *Science* 323(5915): 721–23.

Liao, Hua, and Huai-Shu Cao. 2013. “How Does Carbon Dioxide Emission Change with the Economic Development? Statistical Experiences from 132 Countries.” *Global Environmental Change* 23(5): 1073–82.

Marquart-Pyatt, Sandra T., Andrew K. Jorgenson, and Lawrence C. Hamilton. 2015. “Methodological Approaches for Sociological Research on Climate Change.” in Riley E. Dunlap and Robert J. Brulle (eds.), *Climate Change and Society*. New York, NY: Oxford University Press: 369–411.

Meyer, John W., David John Frank, et al. 1997. “The Structuring of a World Environmental Regime, 1870–1990.” *International Organization* 51(04): 623–651.

Mol, Arthur P. J. 1995. *The Refinement of Production: Ecological Modernization Theory and the Chemical Industry*. Utrecht, the Netherlands: Van Arkel.

———. 2006. “Environmental Governance in the Information Age: The Emergence of Informational Governance.” *Environment and Planning C: Government and Policy* 24(4): 497–514.

Nistor, Laura. 2010. “The Role of the Internet in Shaping Environmental Concern. A Focus on Post-communist Europe.” *Journal of Comparative Research in Anthropology and Sociology* 1(2): 145–67.

Panepento, Peter. 2009. Nonprofit Groups Outpace Businesses in Adopting Social-networking Tools. <http://philanthropy.com/blog-Post/Nonprofit-Groups-Outpace/10176>.

Schnaiberg, Allan. 1980. *The Environment: From Surplus to Scarcity*. New York, NY: Oxford University Press.

Schumann, U. 1994. “On the Effect of Emissions from Aircraft Engines on the State of the Atmosphere.” *Annales Geophysicae* 12(5): 365–84.

Spaargaren, Gert. 1997. *The Ecological Modernization of Production and Consumption: Essays in Environmental Sociology*. Landbou Universiteit Wageningen.

Urry, John. 2004. “The ‘System’ of Automobility.” *Theory, Culture & Society* 21(4–5): 25–39.

———. 2009. “Sociology and Climate Change.” *The Sociological Review* 57(2_suppl): 84–100.

Weber, Christopher L., Jonathan G. Koomey, and H. Scott Matthews. 2010. “The Energy and Climate Change Implications of Dif-

ferent Music Delivery Methods.” *Journal of Industrial Ecology* 14(5): 754–69.

World Bank. 2015. “World Development Indicators, 1960–2013.” <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators> (November 17, 2015).

Environmental Opportunities and Risks in Highly-Connected Societies: A Panel Study of Greenhouse Gas Emissions

WANG Yan

Abstract: In the era of globalization, connectivity via transportation and information exchange revolutionarily transformed our natural and social environments, constructing a highly-connected society. This transformation has dual environmental consequences. On the one hand, connectivity is positively associated with economic growth, and thus consumes massive resources and discharges wastes, leading to increases in greenhouse gas (GHG) emissions. On the other hand, connectivity contributes to the efficiency of resource and information exchange and indirectly decrease GHG emissions. Based on 8-year panel data from 73 countries, this study examines the impacts of transportation and information connectivity on three major greenhouse gases. Results show that although connectivity leads to GHG emissions through promoting economic development, after accounting for the mediation effect, transportation connectivity brings environmental opportunities by reducing GHG emissions in high-income countries, whereas intensifies environmental risks by increasing GHG emissions in the middle- and low-income countries. Furthermore, information connectivity curbs GHG emissions in all countries. Therefore, high-income countries should continue promoting social development and environmental protection based on sustainable development. Middle- and low-income countries should actively develop information technology and reform their transportation systems. The paper discusses the physical, chemical, and social processes inherent in connectivity and their environmental effects. It implies that “The Belt and Road” initiative and other activities of connections should be systematically evaluated in terms of environmental impacts.

Keywords: Highly-connected Societies; Greenhouse Gases; Cross-national Study; Panel Data Analysis

(责任编辑:王玉君)