

# 地缘合作中的陆疆跨境生态安全及调控

柳江<sup>1,2</sup>, 武瑞东<sup>1,2</sup>, 何大明<sup>1,2\*</sup>

(1. 云南大学亚洲国际河流中心, 昆明 650091; 2. 云南省国际河流与跨境生态安全重点实验室, 昆明 650091)

**摘要:**新世纪以来,随着经济全球化和区域地缘政治经济合作的加强,世界各国的持续发展不仅日益高度依存,相互间对资源与环境的竞争也日益加剧,使跨境资源 and 环境因素的影响渗入到国家安全、国际经济和贸易等各个层面。在此背景下,毗邻国家间围绕国际河流开发的地缘合作发展最为迅速,导致陆疆跨境生态安全问题突出,广受关注。本文从跨境水资源利用、沿边境土地变化特征、生物跨境入侵等方面系统分析了中国地缘合作中的主要陆疆跨境生态安全问题及其研究进展,总结了基于水、陆生态系统跨境生态安全科学调控的主要机制与成效。结果表明:陆疆跨境生态问题呈现出以跨境水问题为核心,土地等自然资源利用、动植物保护与生物入侵防控、灾害监测与预防等多方面多层次发展的态势,跨境问题与全球变化相互交织,在某些区域呈现加剧的趋势。创新安全理念,进行深度地缘合作已成为应对跨境生态安全问题主流思维。本文结合“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”,从“一带一路”沿途跨境水安全、入境河流水安全污染、流域环境风险以及大型工程的交互影响等方面展望了未来需要重点加强研究和调控的陆疆跨境生态安全问题。

**关键词:**跨境生态安全;国际河流;“一带一路”;地缘合作

## 1 引言

中国陆疆漫长,国际河流众多,跨境生态问题复杂、多样。跨境生态安全不仅是国家地缘安全和周边稳定的主要组成部分,也是最为敏感的环节。中国政府强调周边外交的基本方针是坚持与邻为善、以邻为伴,坚持睦邻、安邻、富邻,突出体现亲、诚、惠、容的理念。在此方针的指导下,中国与周边国家分别建立和巩固了全面战略协作伙伴关系和更加紧密的发展伙伴关系,维护了陆疆环境的稳定与健康。2013年9月,习近平主席访问哈萨克斯坦时提出共同建设“丝绸之路经济带”的倡议,10月在访问东盟国家时提出共同建设“21世纪海上丝绸之路”的战略构想,得到越来越多国家的理解和支持。此外中国还推出了中国—东盟自贸区的升级版、中印缅孟经济走廊、中巴经济走廊,加快与周边国家和区域基础设施互联互通等。

良好地缘经济关系和发展态势,建立在良好的地缘安全关系的基础上。冷战结束后,传统的地缘格局、战略关系和政治关系都发生了巨大变化,安全问题由传统的军事、政治领域为主向经济、社会、环境等领域的拓展(何大明, 2007; 刘玉立等, 2013),大量的非传统安全问题,包括经济、文化、生态、科技以及社会等诸多方面日益显现,并传统安全问题相互交织和作用(高杨, 2013)。对陆疆地缘安全研究的意义更加凸显,内容不断拓宽,深度也不断加深(刘玉立等, 2013)。其中,生态安全特别是跨境生态安全问题在地缘关系中显得尤为突出。跨境生态安全集中体现在资源安全与环境安全两个方面,兼顾人类健康安全,更多关注国家之间在资源合理利用、分配与权益保障、灾害防治与边境管理、生态维护和地缘合作等方面(何大明, 2007)。

随着中国与周边国家地缘政治经济合作的加强,跨境生态安全成为国家生态安全的重要组成部分

收稿日期:2015-04;修订日期:2015-05。

基金项目:国家自然科学基金项目(41261101);国家自然科学基金重点项目(U1202232);国家科技支撑计划课题(2013BAB06B03);中国华能集团公司总部科技项目(HNKJ13-H17-03)。

作者简介:柳江(1973-),男,河北唐山人,副研究员,主要从事生态系统管理研究,E-mail: liujiang@ynu.edu.cn。

通讯作者:何大明(1958-),男,四川南充人,教授,主要从事国际河流与跨境生态安全研究,E-mail: dmhe@ynu.edu.cn。

引用格式:柳江, 武瑞东, 何大明. 2015. 地缘合作中的陆疆跨境生态安全及调控[J]. 地理科学进展, 34(5): 606-616. [Liu J, Wu R D, He D M. 2015. Transboundary eco-security regulation for geopolitical cooperation in land border areas[J]. Progress in Geography, 34(5): 606-616.]. DOI: 10.11820/dlkxjz.2015.05.009

分。例如在中国西南国际河流区,水电建设和国际航运开发对水资源分配、水文情势变化、水生生物资源保护的跨境影响(冯彦等, 2000; 傅开道等, 2006; 何大明等, 2006; 张军民, 2008; 姜蓓蕾等, 2011), 气候变化下的跨境洪水灾害(胡桂胜等, 2012; 李运刚等, 2012), 由境外向境内扩散的动、植物入侵危害(刘建宏等, 2005; 徐成东等, 2006; 李咏梅等, 2013), 边境地带森林病虫害与火灾预防(杨振发, 2004; 何庆明, 2009), 跨境自然保护区的联合构建与协调管理等(蒋晓唐, 2007; 黑龙江省环境保护厅, 2011; 王伟等, 2014)。

非传统安全问题的兴起,促使区域层次日益成为国家间安全合作的主要平台(朱陆民等, 2012)。跨境涉及政治边界,环境变化又具有复杂性与不确定性,使得跨境问题有时也被当作跨境风险(Lidskog et al, 2010)。因此,从多尺度深入开展跨境生态安全研究,在现有多重国际区域合作中,加强跨境生态安全维护的参与式国际合作,从多方面构建综合调控机制,是当前减少跨境冲突、保障陆疆环境健康稳定的重要和必要举措。本文力图从陆疆跨境资源与环境问题的几个突出方面,综合探讨跨境生态安全研究及其调控机制,旨在为全球发展新形式下的中国地缘安全维护提供思路与建议,为维护“一带一路”愿景与行动的持续发展提供科学依据。

## 2 跨境生态安全研究概述

跨境生态问题和生态安全研究可以追溯到20世纪冷战时期。早期的环境安全研究主要关注区域环境退化和国际资源冲突对国家安全的影响,后来转向与社会稳定、经济发展、乃至人类安全和全球生物圈系统安全之间的关联,以及维系生态安全的途径和机制。从传统安全转向非传统安全,摒弃冷战思维,倡导新安全观已成为世界的主流思维。从生态伦理、生态文明等社会科学理论的发展到许多国际组织的行动表明,国际关系也由简单的利益关系走向道义、生态、文明的综合,跨境生态安全则是结合环境安全与生态安全这两个层面,从跨境主题出发对相关要素的综合考虑。

跨境资源环境问题是典型的国际生态问题,如果在某些比较敏感的地区激化,还有可能发展成为新的地区危机和冲突事件(Krause, 1998; Zeitoun et al, 2008; Asit, 2011),因此成为当前国际政治和资源环境科学研究中共同的前沿课题(Rogers, 1997;

Krause, 1998; Badenoch, 2002; 何大明, 吴绍洪等, 2005; Wiering et al, 2012; Atkinson, 2015)。

跨境生态问题研究和处理方面代表性的工作有欧洲的大气污染防控(ApSimon et al, 1996; Perrin et al, 2010; Bollen et al, 2014),莱茵河流域的洪水控制、污染治理与生态功能提升(Wieriks et al, 1997; Veeren et al, 2002; Chang et al, 2008),美国和加拿大在五大湖区的水质管理、湿地环境与水生生物保护(International Joint Commission, 1992; Bedford, 1999; Hebert et al, 2008),非洲的资源与跨境自然保护区建设(Shela, 2000; Wolf et al, 2000; Wolmer, 2003; Fox et al, 2007)等。跨境生态安全以跨境区域整体环境变化、跨境资源开发和国家生态安全为核心,对环境问题、国家边疆发展和开放战略、国内和国际区域发展与合作、边疆和地区国际安全、跨境灾害与环境污染及其相关国际争端问题进行综合研究,具有相互关联、交叉影响的特点。

跨境问题在全球变化的背景下变得更为复杂。全球变化包括了气候变化(全球变暖),海洋和水资源的变化,陆地、大气、生态系统的变化等,这些变化虽是全球尺度上的,但对区域尺度同样产生影响,包括与跨境生态问题的交织,并且在某些区域跨境问题呈现出加剧的趋势。由于不同国家在适应全球变化以及其带来的跨境生态安全问题时,在资金、技术和知识领域都存在巨大差距,因此跨境生态安全问题的妥善解决仍然存在巨大的挑战。

中国陆疆跨境生态安全问题,主要受到全球变化与地缘合作等因素驱动,包括气候变化、土地利用、水电大坝建设、矿产开发、国际航运、跨境陆路交通体系和口岸体系建设,以及跨境油气管道基础设施建设等。随着中国国际河流区社会经济的快速发展以及与东南亚、东北亚、中亚及南亚地区地缘政治经济合作的快速推进,相关的跨境资源环境问题日益凸显。如西南地区与东南亚的水电梯级开发跨境影响与生态冲突问题、西北地区与中亚的跨境水与生态安全、东北地区与东北亚的跨境水污染问题,以及西藏与南亚地区的跨境洪水灾害问题等,均引起了国内外的广泛关注,影响到国内的工程建设及与周边国家的合作关系。

## 3 陆疆生态系统变化与跨境生态安全问题

国境是不同主权国家领土的分界线,但跨越边



境区域的自然生态系统具有连续性。从维护跨境生态安全维护角度看,陆疆生态系统变化主要反映在国际河流域环境变化、沿边土地利用与开发、跨境动植物生境与生态维护、生物入侵等方面。由于边境区域各种活动有其特殊性,特别是一些大型工程的实施,可能导致出现某些特定的变化过程。

由于国际河流水道的连通性、河水的流动性和生态系统的整体性,对各流域国的自然环境与变化影响、资源开发与地缘合作、跨境冲突与国家安全有着密切关联,致使国际河流开发的地缘合作中,面临的陆疆跨境生态安全问题也较多。

### 3.1 跨境水问题

水安全维系人类的供水和饮水安全,直接关系到粮食、能源和生态安全。全球263条国际河流占据世界可用淡水的60%,影响到145个流域国家、占全球90%以上人口的持续发展。近年来,在中东、北非、中亚和南亚等缺水国际河流区不断爆发的地区性冲突表明,跨境水安全已是人类社会寻求持续发展面临的全局性、战略性问题。因此,涉及跨境水的问题历来是最受关注的跨境问题。跨境水问题主要涉及水资源、水环境和水生生物等方面,被称作水政治(Elhance, 1999)。在国际河流流域,社会发展与生态保护的问题由于国境的存在而变得更加严峻,这些地域既可能是冲突多发区,也可能是多边合作与利益共享区(Fox et al, 2007)。

水资源竞争在合球各区域均有集中体现,典型地区例如中亚的水资源竞争与水分配(Vogtmann et al, 2003)。中亚地区气候干燥,水资源严重不足,并且是世界上跨界河流最为密集和复杂的地区之一。在该地区最大的咸海流域,上游(塔吉克斯坦和吉尔吉斯斯坦)拥有71.1%的水资源,下游乌兹别克斯坦、哈萨克斯坦和土库曼斯坦仅占20.5%。前苏联时期上游国家重点建设了一系列水利设施,下游国家重点发展灌溉农业和工业。前苏联解体导致了跨境水分配和利用冲突,成为目前中亚地区跨界水资源利用上的最大问题(姚海娇等, 2014)。

跨境水分配一直是国际河流研究中的热点及复杂问题。何大明、冯彦等(2005)从流域水系整体出发,认为可以采取全局分配、项目分配和按整体流域规划进行分配3种模式,具体实施须根据流域特征以及流域国之间的相互关系与合作程度。如根据中国西南的连接性水道和东北的毗邻性水道不同特点,认为分别采取全局水分配和项目水分配的模式比较合理,而只有在流域国全面合作的地

区,整体流域规划分配模式才更有价值。从水分配的技术指标层面上而言,分水指标在实践中存在着明显的区域差异。冯彦等(2013)基于1864-2002年跨境水分配条约中的6类28项分水指标的分析表明,欧美发达地区的主要分水指标首先是维持最小水量,其次是多年平均水量,而亚非及南美洲欠发达地区则反之。虽然不同时期及不同地区跨境水分配的关键指标可综合确定为维持最小水量,但其较为精确的阈值还需充足的水文数据进一步测算。

前期对跨境水资源的关注多为地表水,自2000年以来,地下水资源逐渐受到关注(Matsumoto, 2002)。从全球范围统计,地下水资源供给了约45%日常生活用水和24%的灌溉用水。在很多地区,地下水资源都具有跨境特征。据统计,目前全世界共有448个跨境含水层(International Groundwater Assessment Centre, 2012)。在中东、北非和美国—墨西哥边境的一些地区,跨境地下含水层是主要甚至是唯一的生活与生态维护的淡水资源(Eckstein et al, 2014)。但地下含水层的水文特征复杂,对潜在跨境风险的判断依然是一个艰巨的挑战。

近年来,跨境水问题在气候变化的影响下,越发引起国际关注(Bhaduri et al, 2011; Ganoulis et al, 2011)。气候变化导致水循环的变化,进而影响水资源的时空分配格局,增加了水资源管理的不确定性。如中国境内红河流域,通过对23个气象站点1960-2007年的逐日降水数据分析表明,极端降水频次和强度表现出从东南向西北递减的特征,48年来红河流域极端降水的强度和频率增加,特别从1990s中期开始趋势更为明显,且不同极端降水指数趋势变化具有空间差异性(李运刚等, 2012)。这些极端变化不仅增加了国际河流的汛期管理难度,也可能引发一系列非常规的跨境生态问题。

中国是亚洲最重要的上游流域国,与下游18个国家共享110条(个)国际河流与湖泊(He et al, 2014),水资源总量丰富。由于主要地处亚洲国际河流上游,其河川径流分别流向太平洋、印度洋和北冰洋,亚洲大陆的生物多样性地带也主要分布在国际河流区,使得中国成为亚洲大陆的“关键水源”和上游“生态安全屏障”区。其跨境生态系统的变化,受到全球变化与地缘合作等因素驱动,如在雅鲁藏布江—布拉马普特拉河流域,气温升高带来跨境气象水文灾害频发;在纵向岭谷区,大规模梯级水电开发引发的跨境水文过程多变、跨境生态纠纷突出,并且随着国家新能源战略的实施,国际河

流区跨境资源、环境问题将集中涌现(何大明等, 2014)。随着中国自身发展对水资源的需求及与周边国家的利益平衡, 跨境水问题将是陆疆地缘政治中长期存在且十分重要的问题。

### 3.2 土地利用/土地覆被变化

陆疆边境区域的土地利用/土地覆盖变化, 总体上弱于内地区域。中国陆疆地带, 森林生态系统仍占据主体, 如在西南纵向岭谷区尤为明显。甘淑等(2007)的研究表明: 研究区总体上呈现出以林地为绝对覆盖优势, 以草地、旱地、水田、水域、建设用地等为斑块或镶嵌体的景观结构特征与格局。影响各地类变化的因素较多, 如林地的变化, 一方面由于森林采伐限额与管理政策的保护, 使山区林地面积相对稳定, 且退耕还林等政策的实施使得一定数量的农业用地转化为林地; 另一方面, 城镇的快速扩张又导致建设用地面积增加, 其土地来源主要为周边的农地和林地。以云南省沿边境地区为例, 从20世纪70年代末-2004年的30多年间, 林地面积减少居各地类的首位, 变化比例达9.72%; 而面积净增的地类中, 耕地居首, 为5.71%, 土地利用/覆盖变化的主要方向是林地向裸地和农田转化(刘美玲等, 2006)。与老挝、缅甸接壤的云南省西双版纳州土地利用/土地覆被在1965-2007年间变化明显, 主要表现为橡胶园、茶园、灌木林和农田面积增加, 景观破碎化显著(何承刚等, 2008; 李增加等, 2008)。刘晓娜等(2014)对1990-2010年间西双版纳的土地利用/土地覆被时空变化规律研究显示了类似的结果, 表明橡胶园为最主要的土地利用类型, 土地利用/土地覆被变化速度加快, 橡胶园、旱地和茶园不断增加, 主要的转化来源是轮歇地、有林地和灌木林。

土地利用变化不仅体现在各地类的面积上, 其组成成分也可能发生改变。特别是农林生态系统, 在政策指导、经济发展与市场需求等因素作用下, 局部地区会产生较大变化。例如中国云南省西双版纳傣族自治州与老挝、缅甸的边境地区, 近30年来各种原生和次生林分已转化为单一的橡胶林。截至2009年, 中国、老挝、泰国、缅甸、柬埔寨、越南等国有超过5000 km<sup>2</sup>的山地转为橡胶林地(Ziegler, et al, 2009)。封志明等(2013)利用遥感技术分析表明, 1980-2010年, 中国、老挝、缅甸交界地区橡胶林地面积已由7.05万hm<sup>2</sup>增至60.14万hm<sup>2</sup>, 增长了7.6倍, 呈现出由集中至分散、由边境向国外, 以州府景洪市为中心、北上南进、西拓东扩的空间分布格局与地域扩展特征。并且随着中国与湄公河下游流

域国家更为紧密的经济关系, 在“替代种植”合作的影响下, 缅甸和老挝的橡胶种植强度还将增加(刘洪江等, 2010; 周惠荣等, 2012; 刘晓娜等, 2013)。

沿边地区自身发展需要与频繁的经贸活动也是导致土地利用变化的主驱动力之一。如地处中、俄、朝三角地带中心的东宁县边境口岸, 吸引大量内外投资, 由于经济建设发展的需要以及缺乏有效控制, 导致非农建设用地占用耕地过快, 耕地、林地与建设用地矛盾日益增加(于立雪等, 2011)。

沿边地带土地利用/土地覆被的变化, 一方面与跨境公路、铁路、航道等国际通道以及口岸、机场建设的驱动紧密关联; 另一方面, 在具有水热条件优势的地区, 如云南南部的热带边境区域, 农林种植业受市场需求和政策影响较为显著。在中缅边境的某些地段, 跨境森林生态系统有退化趋势, 这与边境林业开发有关, 也受跨境森林火灾、虫灾及生物入侵等跨境灾害影响。因此, 沿边地带的土地利用/土地覆被应立足于边境区域特殊结构和功能, 结合主要跨境问题进行合理规划与调控。

### 3.3 生物跨境入侵

生物入侵是指生物由原生存地经自然的或人为的途径侵入到另一个新的环境, 对入侵地的生物多样性、农林牧渔业生产以及人类健康造成经济损失或生态灾难的过程。显然生物入侵具有跨境属性。目前, 中国西南与东南亚、南亚地缘合作区的陆疆地带, 受国际陆路大通道建设等驱动带来土地利用变化影响的入侵生物有动物、植物、昆虫、病原微生物等。

陆疆生物入侵中, 最主要的是植物入侵。例如薇甘菊(*Mikania micrantha* H.B.K.)是世界上最具危害性的杂草之一, 20世纪80年代由境外传入中国云南德宏州, 每年以10~20 km的速度向周边扩散(李正洪等, 2013)。截至2010年底, 德宏州瑞丽市入侵面积已超过25万亩。由于该物种的入侵危害性极强, 不仅危害林地, 还大量攀援危害高大乔木, 覆盖橡胶、茶叶、甘蔗等经济林地, 从瑞丽市至丙中洛的怒江河谷均已成为重点防控区, 预防和综合治理规划也相应出台。另一种入侵植物肿柄菊(*Tithonia diversifolia* A. Gray)常沿路域系统扩散(国怀亮等, 2014), 由于短期危害性不明显, 容易被忽视, 目前在云南省北纬24°以南的区域广泛分布, 很多地域形成单优种群, 大量挤压了本地物种的生境。其他入侵植物, 如紫茎泽兰(*Eupatorium adenophora*)、飞机草(*Eupatorium odoratum*)、马缨丹(*Lantana ca-*



*mara*)等均已云、贵、川地区广泛分布(马金双, 2014),且仍处于扩散中。

近年来,在面向南亚、东南亚发展的背景以及国家能源战略的需求下,云南境内的国际通道与油气管道建设规模空前。干线公路建设正向高速化发展,昆明—河口、昆明—曼谷等通向周边国家的公路建设大幅扩展;铁路通道也逐渐向境外方向延伸,通向周边国家的“泛亚铁路”东线、西线和中线均已列入规划和建设;中缅油气管道西起印度洋东岸、横贯缅甸、跨越中国滇黔桂三省区,全长 7676 km。这些大型通道工程的建设,将为生物入侵提供潜在的通道条件。

## 4 跨境生态安全维护与调控

### 4.1 水生生态系统安全调控

从跨境水资源的安全调控来看,双边与多边协议以及国际水法,无论从政治上还是生态上都是—种重要的约束机制。在许多跨境流域,已经形成了区域性的水资源共享与分配协定,但涉及生态系统功能的部分仍需更加全面与深入(Fox et al, 2007)。在规划研究上,通过采用博弈理论、多目标线性规划模型等方法,以最大净收益为目标,水量平衡与最大、最小消耗为约束条件,结合流域开发情景进行模拟。如在幼发拉底河(Euphrates)和底格里斯河(Tigris)流域,运用多目标线性规划,在未来能源价格和农业生产情景下,研究发现水资源总效益在叙利亚、土耳其和伊拉克 3 个流域国之间的平衡分配模式是存在的(Kucukmehmetoglu et al, 2004, 2010)。

除水量外,水质也是跨境水问题的重要关注点。以中国西南澜沧江流域为例,其水质变化及其跨境影响,特别在梯级电站修建后,成为下湄公河流域国家及许多国际组织极为关注的一个热点。研究表明,澜沧江流域水质的变化主要不取决于水电站,而是由点源、非点源污染排入干流的废水和污染物的多少而定(李丽娟等, 2002)。云南省西双版纳州环境监测站对云南境内澜沧江设置了 13 个水环境质量监测断面进行常年监测,其中的 6 个断面在下游河段的干支流。监测结果表明,除部分断面个别水期总磷超过《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)Ⅲ类标准外(达Ⅳ类),其余监测指标均满足《云南省地面水功能区划》的Ⅲ类水标准要求,干流水质好于支流,枯水期水质好于丰水期。

水体生物同样存在跨境生态安全问题,目前最

受关注的是水体生境和重要鱼类资源。在国际河流进行大型水电开发时,都会投入大量资金进行鱼类增殖站的建设,并研究鱼类人工驯养繁殖技术,如 2003 年西双版纳傣族自治州成功驯养繁育出叉尾鲂、丝尾鳢、胡子鲶、中国结鱼等品种,并具备了规模化生产能力,为澜沧江—湄公河流域渔业资源的增殖放流奠定了基础。又如澜沧江梯级电站建设中,考虑对中下游鱼类资源保护,规划了重要支流对远江鱼类栖息地保护,建立了“橄榄坝—南腊河口鱼类自然保护区”,就地保护下湄公河上溯洄游经济鱼类资源、当地特有珍稀鱼类物种多样性,并在干支流交汇口建设监测站,对各季节鱼类以及相应的生态环境指标进行监测,掌握生物环境的动态变化过程。另外,目前开展的支流生境替代保护的调控方式除建设保护区外,已开始尝试拆除已建水坝,这一措施在澜沧江的支流基独河上已实施,初步生态效应已有所显现,长期效果正在监测中。

跨境水调控还包括对突发事件的联合处理,如洪水和水污染事件。为此,中越针对元江—红河、中印针对雅鲁藏布江—布拉马普特拉河建立了国际报汛、水文资料交换以及应急事件处置的合作机制,有效减少了上游洪水对下游的不利影响,争取了联合应对的时间;对突发水体污染事件,如中俄对松花江水污染突发事件的联合调控,通过水电设施运行、构建临时坝体等有效防止了污染影响的进一步扩大(Makhinov, 2012)。

跨境河流中,有相当数量是作为国家间的界河,因此其整治工程也是维护陆疆跨境生态安全的重要方面,主要包括河道疏浚和堤岸建设等方面。目前在中越峒桂河、北仑河、红河,中缅瑞丽江、小江片马口岸、中俄黑龙江、乌苏里江等界河均已建有界河整治的相关国土安全工程。可大幅减少国土纠纷,维护沿边地区的环境稳定。

### 4.2 陆生生态系统安全调控

陆生生态系统以植被为主体,包括植物、鸟类、两栖与爬行类、兽类、昆虫等及其生境。植被类型一方面以自然地带性植被为主,另一方面由于人工林的营建或其他经营活动对原有植被的改造,形成整体替代或不同斑块镶嵌式的格局(李增加等, 2008; 封志明等, 2013)。对地带性原生森林生态系统的占用和改造,可能导致生境多样性的丧失。例如云南省南部大面积种植单一经济林橡胶林,致使依赖热带雨林生存的许多动物丧失了庇护场所和食源,破坏了植物、食草动物和食肉动物的生态链,

并且单一的大面积林种导致农业生态灾害可能性增加。如橡胶蚧壳虫害自2002年2月首次在西双版纳傣族自治州勐捧镇发现以来,仅2年多时间其危害面积就已超过种植总面积的1/4(周宗等, 2008)。大面积营造人工林与政策引导、市场调节以及国际合作等存在密切关联,从维护区域陆生生态系统结构与功能完整性出发,应对涉及重要生态功能区或生态廊道等的盲目和无序扩张加以调控。

边境地区陆生植被的另一重要安全问题是森林火灾防控。中国东北与俄罗斯、西南与缅甸、及老挝等国均有相当长的国境以林地接壤。在中缅1997 km的国界中,林业用地边界为301 km(何庆明, 2009)。沿边地带的西双版纳、文山等8个地(州、市)25个县/市中,有国家一级火险县19个(何大明等, 2009)。以云南省腾冲县为例,建国以来境外林火侵入造成的重大森林火灾共12起,总的森林受害面积5759 km<sup>2</sup>,损失林木194万 m<sup>3</sup>。在远离聚落的边境地区,分布着以国防林为主的国家重点生态公益林,且针叶树种占有林地总面积的50.6%,林内可燃物积累为森林火灾的发生创造了条件;而境外一侧100 km范围内的森林,由于多年无序采伐,林地转化为以竹类、草本为主的迹地,火灾风险飙升(何怡, 2010)。每年源于境外的跨境森林火灾,不仅导致森林资源的直接损失,同时也威胁界碑/界桩的安全,造成国界线分辨困难,不利于维护中国与邻国和睦相处;同时也为一些有害物种的跨境迁移/生物入侵提供了便利条件(何大明等, 2009)。

边境活动受限和地形复杂等因素的影响,林火入侵防控难度很大。一方面需要加强消防基础设施和实时监控体系建设,另一方面需大力开发生物防护屏障技术,如景洪市大勐龙镇和景哈乡的生物阻隔带,在关键阻火沿线充分发挥生物和物理防控效能(何大明等, 2009)。而最为关键的是必须加强国家间合作,甚至可采取地方政府和民间合作的方式。如中国勐腊县与老挝6县自1992年签订《中华人民共和国勐腊县与老挝人民民主主义共和国北部3省6县边境森林防火联防协议》以来,仅发生一起边境森林火灾,有效保护了两国的边境森林资源,也促进了双方睦邻友好关系(姚明刚等, 2004)。

#### 4.3 跨境保护区网络规划与建设

跨境地区的生物多样性极为丰富,并分布有很多急需保护的特有生态系统类型和珍稀濒危动植物种(石龙宇等, 2012; 王伟等, 2014)。这些地区多处于地形复杂的偏远山区,且交通状况与经济发展

水平落后,人口密度相对较低(Wu et al, 2014);因此,其自然生态系统所面临的人类活动胁迫较低,进而生态完整性也较高(Wu et al, 2011; He et al, 2014)。毫无疑问,跨境地区是全球实施生物多样性保护行动的关键区域(王伟等, 2014),国内外诸多生态保护组织与中国中央政府已经在跨境地区确定了一系列生物多样性优先保护区域(He et al, 2014)。全球25个生物多样性热点地区中,有4个(包括Mountains of Central Asia, Mountains of Southwest China, Himalaya和Indo-Burma)分布于中国西部、西南至南部边境地区(Myers et al, 2000)。14个分布于中国及其周边的“全球200”优先保护区(Olson et al, 2002)中,有11个不同比例地覆盖着国际河流域(He et al, 2014)。中国于2010年经国务院第126次常务会议审议通过并发布实施的《中国生物多样性保护战略与行动计划》(2011-2030年),确定了32个内陆陆地及水域生物多样性保护优先区域(环境保护部, 2011),有11个分布于跨境地区,其中东北地区5个,西北地区2个,西南地区4个。要实现对这些优先保护区域内自然资源的可持续管理,有效保护其生物多样性,实现在本世纪生态环境建设的宏伟目标,就必须与相邻各国开展紧密合作,特别是尽快建立起完善的跨境保护区体系(石龙宇等, 2012; 王伟等, 2014)。鉴于当前在这些区域开展的相关生态学研究还很有限,将来应着重加强生物多样性调查与编目及动态监测,并构建代表性生态系统类型和关键动植物的空间分布数据库,从而为跨境保护区网络建设提供科学支撑。

中国已经初步建立起类型较为齐全的保护区体系,包括自然保护区、风景名胜区、森林公园、地质公园、湿地公园等,保护区总面积已占全国国土面积的15%以上(Wu et al, 2011)。但中国跨境保护区体系的研究和建设尚处于起步阶段(王伟等, 2014)。IUCN于2007年识别出中国已建立或未来有可能建立的17个跨境保护区(Lysenko et al, 2007);有关专家也建议在下列9个优先区域内开展跨境保护:乌苏里江流域、达赉湖地区、乌拉特区域、阿尔泰山地区、夏尔希里地区、红其拉普山口地区、中缅印接壤地区、珠峰地区、图们江下游区域(宗诚等, 2007);这与《中国生物多样性保护战略与行动计划》(2011-2030年)提出建立跨国界保护区优先行动相一致(环境保护部, 2011)。最近,王伟等(2014)系统综述了中国在跨境保护区体系建设方面的研究与实践工作进展:在黑龙江流域跨境保护区



建设方面已取得了一定的成果,与俄罗斯、蒙古国政府及相关部门签署了一系列的协定与合作协议,并已经建成了数个跨境保护区;近年来,西南地区与东盟各国的跨境保护合作也在不断加强;学者们建议在西北地区的中、俄、哈、蒙四国结合部的阿尔泰区域开展跨境保护工作,目前已处于起步阶段。

#### 4.4 小结

(1) 中国与周边国家尤其是南亚国家,通过洪水信息共享,制定重大跨境水文极值事件应急方案并参与防洪抢险,不仅为下游国家的防洪减灾发挥了重要作用,也增进了与下游流域国的合作和信任。这一机制正在不断深化和持续发挥效益。

(2) 在国际河流界河段,通过对界河的整治,减少了国土流失和边境纠纷,维护了国土安全、沿边发展与边境稳定。

(3) 在澜沧江—湄公河流域,中国通过对国际河流的水利水电枢纽工程的合理调度,成为维护地缘合作与跨境生态安全的主要手段;通过跨境生态保护和生态调控,确保下游国家战略资源的持续利用和生态安全,不仅对促进和维护地缘合作及安全发挥了重要作用,也为通过陆上合作推进海洋维权和危机管控提供了很好的案例。

## 5 研究展望

陆疆跨境生态安全问题涉及的内容非常广泛,与自然生态系统变化和相邻国家间的发展需求密切相关,并受次区域、区域乃至全球政治与经济的影响,呈现复杂多样的特征。对于中国而言,国际河流流域的水安全与生态系统变化,在未来仍旧是地缘合作中最为重要的跨境问题,并且在新的发展愿景下,需要重点关注以下几个方面:

(1) 中国与周边国家及“一带一路”沿途地区的跨境水安全问题,包括受气候变化和大规模基础设施建设工程影响下的跨境水文、水资源系统变化异常问题及其干旱、洪水灾害等问题。自然变化与工程驱动的交织,加剧了跨境影响的复杂性。从宏观与局地尺度,正确区分影响来源与作用程度,是应对与解决跨境问题的科学基础。

(2) 入境河流及边境河流、湖泊、地下含水层的跨境水污染与水质安全问题,及其对中国境内的水污染与水质安全问题。中国作为亚洲主要的上游水道国,以前较多关注出境河流影响,而新疆地区及西南中越边界等地,仍有一定数量的入境水系,

且部分为境内城乡的主要生产和饮用水源。近年来由于周边国家在边境地区企业的发展,入境河流水质污染事件的发生已有扩大趋势。因此,目前需在境内加强对入境水质的监测与风险预警,并与境外完善环境信息通报与事故处理协商机制。

(3) 与国际河流流域矿山开采、油气管道工程与石化工业基地建设及城市化发展密切相关的环境污染及其跨境生态风险问题,包括出境河流的水污染与水质安全问题。由于中国地处主要国际河流的上游,流域内日益活跃的大型基础设施建设、矿产开发与城镇化进程,未来势必引发对跨境水质问题更多关注。因此,应从流域整体管理出发,加强流域内的点源与非点源污染防控,降低环境风险发生的可能性。

(4) 国际河流区重大(跨境)工程建设的综合生态安全问题。在“一带一路”基础设施布局中,有一系列的重大建设工程,包括高速公路、高速铁路、油气管道输送工程等,跨越区域多、里程长,将经过生态脆弱区(寒区、旱区、生物多样性密集区)和生态敏感区(水源地、大型湖区、国际河流干流)等,面临的陆疆跨境生态安全问题将极为复杂,需要对这些重大工程可能引发的陆域生态系统变化与区域环境变化及其跨境影响问题,诸如生物跨境入侵与沿边地带生物多样性保护、跨境环境污染与风险预警、跨境山地灾害及危害等,开展综合研究,提出风险规避方案等。同时,这些区域多为重要的动植物生境或难以进行生态恢复的区域,不仅将对工程建设与生态保护提出严峻挑战,也需要考虑各国的管理政策与保护力度的差异,加强国际合作,开拓和建立跨境生态补偿机制,以保障跨国基础设施的环境友好特征和效益。

从传统安全转向非传统安全,创新安全理念,倡导新安全观已经成为世界的主流思维。国际关系也在由简单的利益关系走向道义、生态、文明的综合考虑,注重国际合作的长期利益。中国陆疆跨境生态安全问题复杂多样,在“一带一路”的愿景与行动的推动下,开拓地缘合作的深度与广度,与周边国家共同探索共建、共享、共赢的安全之路,是维护跨境生态安全的必然选择。

#### 参考文献(References)

- 封志明, 刘晓娜, 姜鲁光, 等. 2013. 中老缅交界地区橡胶种植的时空格局及其地形因素分析[J]. 地理学报, 68(10): 1432-1446. [Feng Z M, Liu X N, Jiang L G, et al. 2013.

- Spatial-temporal analysis of rubber plantation and its relationship with topographical factors in the border region of China, Laos and Myanmar[J]. *Acta Geographica Sinica*, 68(10): 1432-1446.]
- 冯彦, 何大明, 包浩生. 2000. 澜沧江—湄公河水资源公平合理分配模式分析[J]. *自然资源学报*, 15(3): 241-245. [Feng Y, He D M, Bao H S. 2000. Study on the equitable and suitable allocation model of water resources in the Lancang-Mekong River Basin[J]. *Journal of Natural Resources*, 15(3): 241-245.]
- 冯彦, 何大明, 李运刚. 2013. 基于国际法的跨境水分配关键指标及其特征[J]. *地理学报*, 68(3): 357-364. [Feng Y, He D M, Li Y G. 2013. Key indicators and the characteristics of trans-boundary water allocation based on international treaties [J]. *Acta Geographica Sinica*, 68(3): 357-364.]
- 傅开道, 何大明, 李少娟. 2006. 澜沧江干流水电开发的下游泥沙响应[J]. *科学通报*, 51(增刊1): 100-105. [Fu K D, He D M, Li S J. 2006. Downstream sediment responses from hydropower development of main stream of Lancang River [J]. *Chinese Science Bulletin*, 51(S1): 100-105.]
- 甘淑, 何大明, 冯彦, 等. 2007. 纵向岭谷区沿边地带的生态环境变化及其空间扩散研究[J]. *科学通报*, 52(增刊2): 86-92. [Gan S, He D M, Feng Y, et al. 2007. Environmental changes and spatial diffuse along border areas of the longitudinal range-gorge region[J]. *Chinese Science Bulletin*, 52(S2): 86-92.]
- 高杨. 2013. 浅析全球化视角下的中国的非传统安全问题[J]. *中国—东盟博览*, (4): 185. [Gao Y. 2013. A brief analysis on non-traditional security issues in China in the view of globalization[J]. *China-Asean Exposition*, (4): 185.]
- 国怀亮, 柳江. 2014. 路域生态系统中外来入侵植物公布格局及其影响因素的研究综述[J]. *云南大学学报: 自然科学版*, 36(增刊1): 148-153. [Guo H L, Liu J. 2014. Overview of invasion patterns of alien plants and predominant influence in road-region ecosystem[J]. *Journal of Yunnan University: Natural Sciences Edition*, 36(S1): 148-153.]
- 何承刚, 冯彦, 杨燕平. 2008. 西双版纳林地景观演变过程及其驱动力分析[J]. *云南地理环境研究*, 20(5): 12-17. [He C G, Feng Y, Yang Y P. 2008. Research on evolution process and driving factors of forest landscape in Xishuangbanna[J]. *Yunnan Geographic Environment Research*, 20(5): 12-17.]
- 何大明. 2007. 跨境生态安全与国际环境伦理[J]. *科学*, 59(3): 14-17. [He D M. 2007. Transboundary eco-security and international environmental ethics. *Science*, 59(3): 14-17.]
- 何大明, 冯彦, 陈丽晖等. 2005. 跨境水资源的分配模式、原则和指标体系研究[J]. *水科学进展*, 16(2): 255-262. [He D M, Feng Y, Chen L H, et al. 2005. Study on models, principles and index system on trans-boundary water resources allocation[J]. *Advances in Water Science*, 16(2): 255-262.]
- 何大明, 冯彦, 甘淑, 等. 2006. 澜沧江干流水电开发的跨境水文效应[J]. *科学通报*, 51(增刊1): 14-20. [He D M, Feng Y, Gan S, et al. 2006. The cross-border hydrological effect of hydropower development along main stream of the Lancang River[J]. *Chinese Science Bulletin*, 51(S1): 14-20.]
- 何大明, 刘昌明, 冯彦, 等. 2014. 中国国际河流研究进展及展望[J]. *地理学报*, 69(9): 1284-1294. [He D M, Liu C M, Feng Y, et al. Progress and perspective of international river researches in China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 69(9): 1284-1294.]
- 何大明, 柳江, 胡金明. 2009. 纵向岭谷区跨境生态安全与综合调控体系[M]. 北京: 科学出版社. [He D M, Liu J, Hu J M. 2009. Transboundary eco-security and its regulation system in the longitudinal range-gorge region[M]. Beijing, China: Science Press.]
- 何大明, 吴绍洪, 彭华, 等. 2005. 纵向岭谷区生态系统变化及西南跨境生态安全研究[J]. *地球科学进展*, 20(3): 338-344. [He D M, Wu S H, Peng H, et al. 2005. A study of ecosystem changes in longitudinal range-gorge region and transboundary eco-security in Southwest China[J]. *Advances in Earth Science*, 20(3): 338-344.]
- 何庆明. 2009. 高黎贡山中缅边境林区防火通道建设的必要性[J]. *林业建设*, (6): 30-33. [He Q M. 2009. The necessity of fire path construction in the forest of Gaoligong Mountain along the China-Myanmar border[J]. *Forestry Construction*, (6): 30-33.]
- 何怡. 2010. 腾冲县中缅边境地区森林防火体系建设对策[J]. *林业调查规划*, 35(1): 84-87. [He Y. 2010. Measures for building forest fire prevention system in border area between China and Myanmar in Tengchong[J]. *Forest Inventory and Planning*, 35(1): 84-87.]
- 黑龙江省环境保护厅. 2011. 中俄跨界生态保护成效显著[EB/OL]. 2011-08-24[2015-03-21]. <http://www.hlj.gov.cn/zwdt/system/2011/08/24/010222037.shtml>. [Environmental Protection of Heilongjiang Province. 2011. Zhong'e kuajie shengtai baohu chengxiao zhuzhu[EB/OL]. 2011-08-24[2015-03-21]. <http://www.hlj.gov.cn/zwdt/system/2011/08/24/010222037.shtml>.]
- 胡桂胜, 陈宁生, Khanal N, 等. 2012. 科西河跨境流域水旱灾害与防治[J]. *地球科学进展*, 27(8): 908-915. [Hu G S, Chen N S, Khanal N, et al. 2012. On the water hazards in the trans-boundary Kosi River Basin[J]. *Advances in Earth Science*, 27(8): 908-915.]
- 环境保护部. 2011. 中国生物多样性保护战略与行动计划(2011-2030年)[M]. 北京: 中国环境科学出版社. [Ministry of Environmental Protection. 2011. China national biodiversity conservation strategy and action plan (2011-2030) [M]. Beijing, China: China Environmental Science Press.]
- 姜蓓蓓, 耿雷华, 沈福新, 等. 2011. 跨界河流安全的内涵浅析[J]. *水利科技与经济*, 17(12): 25-27. [Jiang B L, Geng L H, Shen F X, et al. 2011. Connotation of the trans-boundary river security[J]. *Water Conservancy Science and Technology and Economy*, 17(12): 25-27.]
- 蒋晓唐. 2007. 跨境生物多样性保护与生态安全维护的模式



- 研究: 纵向岭谷区案例[D]. 昆明: 云南大学. [Jiang X T. 2007. Patterns for transboundary biodiversity conservation and maintenance of ecological security-a case study in Longitudinal Range-Gorge Region[D]. Kunming, China: Yunnan University.]
- 李丽娟, 李海滨, 王娟. 2002. 澜沧江水文与水环境特征及其时空分异[J]. 地理科学, 22(1): 49-55. [Li L J, Li H B, Wang J. 2002. Analysis on hydrological and water quality character and their spatial and temporal distribution in Lancangjiang River[J]. Scientia Geographica Sinica, 22(1): 49-55.]
- 李咏梅, 罗嵘, 王德海, 等. 2013. 云南面临多种有害生物入侵的巨大风险和压力[J]. 植物检疫, 27(4): 94-96. [Li Y M, Luo R, Wang D H, et al. 2013. Yunnan faces great risks and pressure of various pest invasion[J]. Plant Quarantine, 27(4): 94-96.]
- 李运刚, 何大明, 胡金明, 等. 2012. 红河流域1960-2007年极端降水事件的时空变化特征[J]. 自然资源学报, 27(11): 1908-1917. [Li Y G, He D M, Hu J M, et al. 2012. Spatial and temporal variations of extreme precipitation events in the Red River Basin during 1960-2007[J]. Journal of Natural Resources, 27(11): 1908-1917.]
- 李增加, 马友鑫, 李红梅, 等. 2008. 西双版纳土地利用/覆盖变化与地形的关系[J]. 植物生态学报, 32(5): 1091-1103. [Li Z J, Ma Y X, Li H M, et al. 2008. Relation of land use and cover change to topography in Xishuangbanna, Southwest China[J]. Journal of Plant Ecology(Chinese Version), 32(5): 1091-1103.]
- 李正洪, 谷芸, 郭芯瑜, 等. 2013. 外来杂草薇甘菊在云南德宏州的危害及防控措施[J]. 杂草科学, 31(1): 69-70. [Li Z H, Gu Y, Guo X Y, et al. 2013. The damages of *Mikania micranthain* and control measures in the Autonomous Prefecture of Dehong[J]. Weed Science, 31(1): 69-70.]
- 刘洪江, 兰恒星, 张军, 等. 2010. 老挝北部罂粟替代种植高分辨率遥感调查评价与分析[J]. 资源科学, 32(7): 1425-1432. [Liu H J, Lan H X, Zhang J, et al. 2010. Evaluation and analysis for the substitution planting for opium poppy in the north of Laos based on remote sensing[J]. Resources Science, 32(7): 1425-1432.]
- 刘建宏, 叶辉. 2005. 云南元江干热河谷桔小实蝇种群动态及其影响因子分析[J]. 昆虫学报, 48(5): 706-711. [Liu J H, Ye H. 2005. Population dynamics if *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in the Yuanjiang dry-hot, Yunnan with an analysis of the related factors[J]. Acta Entomologica Sinica, 48(5): 706-711.]
- 刘美玲, 齐清文, 邹秀萍, 等. 2006. 基于RS对云南边境地区土地覆盖现状及变化研究[J]. 国土资源遥感, (1): 75-78, 87. [Liu M L, Qi Q W, Zou X P, et al. 2006. Spatial-temporal changes of the land use/cover in border areas of Yunnan Province[J]. Remote Sensing for Land & Resources, (1): 75-78, 87.]
- 刘晓娜, 封志明, 姜鲁光. 2013. 中老缅泰"黄金四角"地区土地利用与土地覆被变化研究进展[J]. 地理科学进展, 32(2): 191-202. [Liu X N, Feng Z M, Jiang L G. 2013. Review of land use and land cover change of Golden Economic Quadrangle Region in the border of China, Laos, Myanmar and Thailand[J]. Progress in Geography, 32(2): 191-202.]
- 刘晓娜, 封志明, 姜鲁光, 等. 2014. 西双版纳土地利用/土地覆被变化时空格局分析[J]. 资源科学, 36(2): 233-244. [Liu X N, Feng Z M, Jiang L G, et al. 2014. Spatial-temporal pattern analysis of land use and land cover change in Xishuangbanna[J]. Resources Science, 36(2): 233-244.]
- 刘玉立, 葛岳静, 胡志丁, 等. 2013. 国际安全研究的转向及对中国地缘安全研究的启示[J]. 世界地理研究, 22(1): 12-21. [Liu Y L, Ge Y J, Hu Z D, et al. 2013. Tendency of international security study and its revelations to geo-security study in China[J]. World Regional Studies, 22(1): 12-21.]
- 马金双. 2014. 中国外来入侵植物调研报告(下卷)[M]. 北京: 高等教育出版社. [Ma J S. 2014. The survey reports on Chinese alien invasive plants (Part II)[M]. Beijing, China: Higher Education Press.]
- 石龙宇, 李杜, 陈蕾, 等. 2012. 跨界自然保护区-实现生物多样性保护的新手段[J]. 生态学报, 32(21): 6892-6900. [Shi L Y, Li D, Chen L, et al. 2012. Transboundary protected areas as a means to biodiversity conservation[J]. Acta Ecologica Sinica, 32(21): 6892-6900.]
- 王伟, 田瑜, 常明, 等. 2014. 跨界保护区网络构建研究进展[J]. 生态学报, 34(6): 1391-1400. [Wang W, Tian Y, Chang M, et al. 2014. A review of transboundary protected areas network establishment[J]. Acta Ecologica Sinica, 34(6): 1391-1400.]
- 徐成东, 陆树刚. 2006. 云南的外来入侵植物[J]. 广西植物, 26(3): 227-234. [Xu C D, Lu S G. 2006. The invasive plants in Yunnan[J]. Guihaia, 26(3): 227-234.]
- 杨振发. 2004. 澜沧江—湄公河次区域生物多样性保护的法律合作机制[J]. 云南环境科学, 23(3): 32-35. [Yang Z F. 2004. Law cooperation system on protection of biodiversity in Lancang-Mekong River Subregion[J]. Yunnan Environmental Science, 23(3): 227-234.]
- 姚海娇, 周宏飞. 2014. 中亚地区跨界水资源问题研究综述[J]. 资源科学, 32(7): 1425-1432. [Yao H J, Zhou H F. 2014. A review of transboundary water resources in center Asia[J]. Resources Science, 32(7): 1425-1432.]
- 姚明刚, 曾慧勤. 2004. 中老两国联防共降森林火魔: 记勐腊县与老挝携手联防边境森林火灾的事迹[J]. 云南林业, 25(3): 10-11. [Yao M G, Zeng H Q. 2004. China-Laos join defence of forest fire[J]. Yunnan Forestry, 25(3): 10-11.]
- 于立雪, 李锦鑫. 2011. 东北边境口岸土地资源合理利用与功能分区探究: 以黑龙江省东宁县为例[J]. 延边大学学报: 社会科学版, 44(1): 36-42. [Yu L X, Li J X. 2011. Land use and functional zoning in border areas in Northeast: taking Dongning County of Heilongjiang Province as an example[J]. Journal of Yanbian University: Social Science, 44(1): 36-42.]

- 张军民. 2008. 伊犁河流域综合开发的国际合作[J]. 经济地理, 28(2): 247-249. [Zhang J M, 2008. Study on the international cooperation in comprehensive development of Yili River Basin[J]. Economic Geography, 28(2): 247-249.]
- 周惠荣, 夏阳. 2012. 云南省德宏州境外替代种植现状及发展对策[J]. 中南林业调查规划, 31(1): 21-24. [Zhou H R, Xia Y. 2012. Current Situation and countermeasure of overseas alternative planting in Dehong Prefecture of Yunan Province[J]. Center South Forest Inventory and Planning, 31(1): 21-24.]
- 周宗, 胡绍云. 2008. 橡胶产业对西双版纳生态环境影响初探[J]. 环境科学导刊, 27(3): 73-75. [Zhou Z, Hu S Y. 2008. Study on impacts of rubber industry on ecological environment of Xishuangbanna[J]. Environmental Science Survey, 27(3): 73-75.]
- 朱陆民, 龙荣. 2012. 试论非传统安全合作对东盟国家间关系的推动作用[J]. 东南亚纵横, (2): 48-54. [Zhu L M, Long R. 2012. The driving force of nontraditional security cooperation in the relations of ASEAN's countries[J]. Around Southeast Asia, (2): 48-54.]
- 宗诚, 马建章, 何龙. 2007. 中国自然保护区建设50年: 成就与展望[J]. 林业资源管理, (2): 1-6. [Zong C, Ma J Z, He L. 2007. Achievements of the nature reserve construction in the past fifty years in China[J]. Forest Resources Management, (2): 1-6.]
- ApSimon H M, Warre R F. 1996. Transboundary air pollution in Europe[J]. Energy Policy, 24(7): 631-640.
- Asit K B. 2011. Cooperation or conflict in transboundary water management: case study of South Asia[J]. Hydrological Sciences Journal, 56(4): 662-670.
- Atkinson C L. 2015. Environmental Policy in North America: approaches, capacity, and the management of transboundary issues[J]. American Review of Canadian Studies, Doi: 10.1080/02722011.2015.1010784.
- Badenoch N. 2002. Transboundary environmental governance: principles and practice in mainland Southeast Asia[M]. Washington D.C.: World Resources Institute.
- Bedford B L. 1999. Cumulative effects on wetland landscapes: links to wetland restoration in the United States and Southern Canada[J]. Wetlands, 19(4): 775-788.
- Bhaduri A, Manna U, Barbier E, et al. 2011. Climate change and cooperation in transboundary water sharing: an application of stochastic stackelberg differential games in Volta River Basin[J]. Natural Resource Modeling, 24(4): 409-444.
- Bollen J, Brink C. 2014. Air pollution policy in Europe: quantifying the interaction with greenhouse gases and climate change policies[J]. Energy Economics, 46: 202-215.
- Chang C T, Leentvaar J. 2008. Risk trading in trans-boundary flood management: case study of the Dutch and German Rhine[J]. Journal of Flood Risk Management, 1(3): 133-141.
- Eckstein G, Sindico F. 2014. The law of transboundary aquifers: many ways of going forward, but only one way of standing still[J]. Review of European, Comparative & International Environmental Law, 23(1): 32-42.
- Elhance A P. 1999. Hydropolitics in the Third World: conflict and cooperation in international river basins[M]. Washington D. C.: United States Institute of Peace Press.
- Fox C A, Sneddon C. 2007. Transboundary river basin agreements in the Mekong and Zambezi Basins: enhancing environmental security or securitizing the environment[J]. International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics, 7(3): 237-261.
- Ganoulis J, Aureli A, Fried J. 2011. Transboundary water resources management: a multidisciplinary approach[M]. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA.
- He D M, Wu R D, Feng Y, et al. 2014. China's transboundary waters: new paradigms for water and ecological security through applied ecology[J]. Journal of Applied Ecology, 51(5): 1159-1168.
- Hebert C E, Weseloh D C, Idrissi A, et al. 2008. Restoring piscivorous fish populations in the Laurentian Great Lakes causes seabird dietary change[J]. Ecology, 89(4): 891-897.
- International Groundwater Assessment Centre (IGRAC). 2012. Transboundary aquifers of the world: update 2012, special edition for the 6th world water forum, Marseille [EB/OL]. 2012-03[2015-05-10]. [http://www.un-igrac.org/dynamics/modules/SFIL0100/view.php?fil\\_Id=213](http://www.un-igrac.org/dynamics/modules/SFIL0100/view.php?fil_Id=213).
- International Joint Commission. 1992. Sixth biennial report under the Great Lakes water quality agreement of 1978 to the governments of the United States and Canada and the State and Provincial Governments of the Great Lakes Basin[EB/OL]. 1997-02-10[2015-03-21]. <http://www.ijc.org/php/publications/html/6bre.html>.
- Krause K. 1998. Critical theory and security studies[J]. Cooperation and Conflict, 33(3): 298-333.
- Kucukmehmetoglu M, Guldman J M. 2004. International water resources allocation and conflicts: the case study of the Euphrates and Tigris[J]. Environment and Planning A, 36(5): 783-801.
- Kucukmehmetoglu M, Guldman J M. 2010. Multiobjective allocation of transboundary water resources: case of the Euphrates and Tigris[J]. Journal of Water Resources Planning and Management, 136: 95-105.
- Lidskog R, Soneryd L, Ugglä Y. 2010. Transboundary risk governance [M]. London, UK: Earthscan.
- Lysenko I, Besancon C, Savy C. 2007. Global list of transboundary protected areas[M]. Cambridge, UK: UNEP-WCMC.
- Makhinov A N. 2012. Transboundary factor effect on water resource management in the Amur River Basin[J]. Quaternary International, 279: 301.
- Matsumoto, K. 2002. Transboundary groundwater and international law: past practices and current implications[D]. Oregon, OR: Oregon State University.
- Myers N, Mittermeier R A, Mittermeier C G, et al. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities[J]. Nature,



- 403: 853-858.
- Olson D M, Dinerstein E. 2002. The global 200: priority ecoregions for global conservation[J]. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 89: 199-224.
- Perrin S, Bernauer T. 2010. International regime formation revisited: explaining ratification behavior with respect to long-range transboundary air pollution agreements in Europe[J]. *European Union Politics*, 11(3): 405-426.
- Rogers K S. 1997. Ecological security and multinational corporations[M]. Washington D.C.: Woodrow Wilson Center.
- Shela O N. 2000. Management of shared river basins: the case of the Zambezi River[J]. *Water Policy*, 2(1-2): 65-81.
- Veeran R J H M van der, Lorenz C M. 2002. Integrated economic-ecological analysis and evaluation of management strategies on nutrient abatement in the Rhine Basin[J]. *Journal of Environmental Management*, 66(4): 361-376.
- Vogtmann H, Dobretsov N. 2003. Transboundary water resources: strategies for regional security and ecological stability[C]//Ganoulis J, Murphy I L, Brilly M. *Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Transboundary Water Resources: Strategies for Regional Security and Ecological stability*. Novosibirsk, Russia: Kluwer Academic Publishers.
- Wieriks K, Anne S-W-L. 1997. Integrated water management for the Rhine River Basin, from pollution prevention to ecosystem improvement[J]. *Natural Resources Forum*, 21(2): 147-156.
- Wiering M, Verwijmeren J. 2012. Limits and borders: stages of transboundary water management[J]. *Journal of Borderlands Studies*, 27(3): 257-272.
- Wolf A T, Hammer J H. 2000. Trends in transboundary water disputes and dispute resolution[M]//Lowi M R, Shaw B R. *Environment and security: discourses and practices, part II: practices*. New York: St. Martins Press.
- Wolmer W. 2003. Transboundary conservation: the politics of ecological integrity in the Great Limpopo Transfrontier Park[J]. *Journal of Southern African Studies*, 29(1): 261-278.
- Wu R D, Long Y C, Malanson G P, et al. 2014. Optimized spatial priorities for biodiversity conservation in China: a systematic conservation planning perspective[J]. *PLOS ONE*, 9: e103783.
- Wu R D, Zhang S, Yu D W, et al. 2011. Effectiveness of China's nature reserves in representing ecological diversity [J]. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9: 383-389.
- Zeitoun M, Mirumachi N. 2008. Transboundary water interaction I: reconsidering conflict and cooperation[J]. *International Environmental Agreements*, 8: 297-316.
- Ziegler A D, Fox J M, Xu J C. 2009. The rubber juggernaut[J]. *Science*, 324: 1024-1025.

## Transboundary eco-security regulation for geopolitical cooperation in land border areas

LIU Jiang<sup>1,2</sup>, WU Ruidong<sup>1,2</sup>, HE Daming<sup>1,2\*</sup>

(1. Asian International Rivers Center, Yunnan University, Kunming 650091, China;

2. Yunnan Key Lab of International Rivers and Trans-boundary Eco-security, Kunming 650091, China)

**Abstract:** With the process of globalization and regional integration, the world today is increasingly interconnected and interdependent. Meanwhile, more transboundary issues are concerned with competition between countries for resources and environmental services, which involve the global economy, international trade, and national security of countries. Among these issue, geopolitical cooperation in international river basins highlights the development trend of transboundary eco-security. In this article we summarize the main transboundary issues and research advances, demonstrate cases of regulation and mechanism in transboundary eco-security of China. The results indicated that transboundary issues were brought into sharp focus by international rivers, and also were given close attentions on utilization of resources, protection of plants and animals, bioinvasion controlling and disasters monitoring. Interacting with global changes these multi-level issues intensify environmental risks in specific regions. For dealing with transboundary ecological issues, concepts of security as well as a higher-lever geopolitical cooperation need to develop. Furthermore, we put forward some recommendations for further study in the areas of transboundary water resources and climate changes, water security of inflow rivers, pollution in international river basins, interaction and impacts of large-scale engineering projects, combining the "Vision and Actions on Jointly Building Silk Road Economic Belt and 21st-Century Maritime Silk Road".

**Key words:** transboundary eco-security; international river; the Belt and Road Initiative; geopolitical cooperation