

全球跨境水资源合作时空演变及生成机制

颜子明^{1,2}, 杜德斌^{1,2}, 刘承良^{1,2}, 邱小鹏³, 黄晓东^{1,2}

(1. 华东师范大学世界地理与地缘战略研究中心, 上海 200062; 2. 华东师范大学全球创新与发展研究院, 上海 200062; 3. 华东师范大学国际关系与地区发展研究院, 上海 200062)

摘要: 跨境水资源合作对人类社会的可持续发展和国家水权益保障意义重大。以 166 个国家为研究样本, 选择 1948—2008 年全球跨境水资源合作事件为基础数据, 提取合作关系并构建全球跨境水资源合作网络。基于社会网络分析、层次分析等方法, 探讨了跨境水合作事件及其网络的时空复杂性, 阐述了跨境水合作生成机制与合作类型。研究发现: 水合作事件数量与频次呈波动增长, 阶段特征显著; 水合作网络结构的去中心化、多极化和区域化趋势明显, 东西方阵营在冷战时代主导了全球水合作, 后冷战时代的热点合作广泛产生在非洲、东欧地区和亚洲水塔周边地区; 水合作对地理距离表现为高敏感性, 同一流域内国家互动频繁, 域外大国在不同时期介入热点流域水合作事务; 国家行为体、区域合作关系和国际合作体系三个层次综合影响水合作关系的生成, 各层次内部有着复杂的多因素互动, 强制型、功利型、规范型和意识形态型水合作是四种主要跨境水合作类型。

关键词: 跨境水资源; 合作; 社会网络分析; 层次分析; 生成机制

水资源是人类发展进程中的独特资源, 对于生命存续和演进至关重要且无可替代。任何国家和社会都依赖现成的淡水以满足饮水需求、粮食生产、工业生产、文化习俗、发电及航运^[1]。由于水的自然属性——流动性而导致的河川等水资源的跨境流动, 使得水资源极易突破国家行政边界的限制, 为流域内各国所共享^[2,3]。以跨境河流为例, 当前全球共拥有 263 条跨境河流, 跨境河流及其流域覆盖了地球陆地表面面积的 45.3%, 承载了约 40% 的世界人口, 贡献了全球约 60% 的河川径流^[4]。这些河流共流经 157 个国家或地区, 其中 33 个国家几乎完全处于跨境河流流域内。由于地缘方面的特殊性, 跨境水资源及其开发合作受到国际社会重视。中国拥有数量众多的跨境河流与国际湖泊, 凭借被誉为“亚洲水塔”的青藏高原, 中国成为亚洲乃至世界最为重要的上游水道国。在跨境水资源合作方面, 中国面临的形势复杂、问题多样^[5], 因此了解全球跨境水资源合作动态、厘清水合作机制, 不仅关乎国家水安全风险应对与水权益保障, 对人类命运共同体的构建和人类社会的可持续发展也具有重要意义。

在跨境水资源合作领域, 新马尔萨斯主义者经常预测“水战争”的来临, 而丰饶论者则认为不存在固有的水资源短缺。尽管如此, 二者均认同在水资源领域存在竞争行为。自由制度主义者基于理性假设而追求利益最大化, 认为在水资源竞争方面, 合作比

收稿日期: 2019-12-24; 修订日期: 2020-03-04

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项 (A 类) (XDA20100311); 国家社会科学基金重大项目 (19ZDA087)

作者简介: 颜子明 (1993-), 男, 山东曲阜人, 博士研究生, 主要从事区域水资源与水安全研究。

E-mail: yanzm@stu.ecnu.edu.cn

通讯作者: 杜德斌 (1963-), 男, 湖北宜昌人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事世界地理与地缘政治研究。

E-mail: dbdu@re.ecnu.edu.cn

暴力更有可能成为最终结果^[6]。国外学者对跨境水资源合作的关注较早。1976年, Le-Marquand^[7]即从国家和流域机构层面对如何促进国际流域合作进行了探讨, 并强调利益共识和相互依赖在其中的重要作用。20世纪90年代, 愈来愈多的学者逐渐转向从合作而非冲突的视角分析跨境水问题^[8], 区域水合作案例在2000年前后受到重视, 来自中东地区^[8,9]、中亚地区^[10]、南部非洲地区^[11-14]、尼罗河流域^[15,16]和湄公河流域^[17,18]的水合作进展与前景引起学界关注。地缘政治学者在这一过程中发挥了主要推动作用, 从地缘合作的视角探讨水政治^[19,20]和水安全^[4,21]占据了主流。尽管如此, 仍有部分地理学者强调水合作研究中空间视角的重要价值, 分析地理因素在国际水合作行为中发挥的内在驱动作用, 强调水合作中的地理复杂性, 旨在将地理空间要素作为重要变量引入对国际关系事务的探讨^[8,9,22]。2010年以来, 一些学者对国际水合作行为背后的水、粮食、能源间的耦合性进行研究, 尝试通过关系视角为水资源管理、跨境合作以及可持续发展提供支持^[23-25]。国内学者对全球跨境水合作研究起步稍晚, 近十年来部分学者进行了一定程度的区域合作案例研究, 空间视角集中在中国周边地区, 对东南亚^[26-29]地区水合作的研究占据主流, 少数学者关注了中亚^[30]和南亚^[31]地区。例如朱新光等^[26]较早关注并评述了中国与东盟之间在水资源安全领域的合作; 张励等^[27]审查了中国对下湄公河国家水外交存在的不足, 并提出建立水资源合作利益共同体的解决方案; 李昕蕾等^[28]认为应从水安全复合体视角出发构建澜沧江—湄公河流域的水安全秩序; 任俊霖等^[29]对澜湄水资源合作机制的运行和发展进行了较为系统的总结; 邓铭江^[30]梳理了哈萨克斯坦在跨境河流领域开展的国际合作; 杨珍华等^[31]探讨了中印跨境水资源合作的障碍与前景。此外, 个别学者从综合视角出发, 围绕国际河流治理进行了探讨。例如胡文俊等^[32]梳理了国际河流管理的主流合作模式, 初步讨论了其发展进程中的动力机制; 李昕蕾^[33]阐述了水冲突与水合作的互动关系, 认为应以共存互动复合体视角审视跨国河流的治理路径。

整体而言, 当前跨境水合作领域在研究视角上侧重国际关系层面的讨论, 案例定性研究较为丰富, 而地理空间视角下的定量分析不足; 在空间尺度上, 区域研究占据主流, 全球尺度下的水合作分析较少; 在水合作机制上, 由于流域尺度的社会和经济数据难以统计, 且对于数据科学能否发现多因素间的因果机制尚有争论^[34,35], 因此对水合作的因果机制探讨相对薄弱, 部分成果多针对特定流域案例。Bernauer^[36]曾指出, 大多数关于跨境水合作的已有分析为单一案例研究, 并未充分将理论概念与实证分析联系在一起。这一评价至今仍具有指导意义。尽管该领域在近年来愈发受到关注, 但对合作形成的驱动与制约因素分析及合作制度建立的关键因素的理解仍较为有限^[37]。鉴于此, 本文试图聚焦全球尺度下的跨境水资源合作, 将地理学的空间分析与国际关系学的因果机制分析相结合, 并借助社会网络分析等手段对关系型数据进行定量探讨, 以期为该领域研究提供多元认知, 服务于国家水务战略。

1 研究方法与数据来源

1.1 数据来源

水事件是标志跨境水资源合作的基础单元。本文数据纵向覆盖61年, 横向覆盖166个国家(含历史国家), 采用1948—2008年跨境水资源合作事件数据作为基础数据, 基于数据提取与分析技术和地理信息编码技术, 构建全球跨境水资源合作时空信息

数据库，具体思路如下：

(1) 水合作事件数据提取。俄勒冈州立大学跨境淡水争端数据库 (Transboundary Freshwater Dispute Database, Oregon State University) 对 1948—2008 年涉及国际跨境淡水资源的水事件进行了收录与简要描述，根据不同性质和强度将其划分为负向水事件 (强度为 $-7\sim-1$)、中立水事件 (强度为 0)、正向水事件 (强度为 $1\sim7$)，从中提取全部正向水事件作为研究对象。(2) 行动者合作关系挖掘与构建。根据事件描述，对每条正事件内包含的政治实体和组织机构进行挖掘，并对同一事件下行动者之间的互动进行两两匹配。(3) 地理信息编码与数据清洗核查。通过对重复数据进行剔除，对争议地区和组织机构进行合并或剔除，对历史国家 (诸如苏联、南斯拉夫等国家) 进行识别，并对所有国家进行地理信息编码，构建全球跨境水资源合作时空信息数据库。基于上述处理流程，共提取 1948—2008 年全球跨境水资源合作事件 2566 条，包含合作联系 7910 条，经过地理信息匹配与数据清洗后最终形成 7905 条合作数据。

1.2 研究方法

1.2.1 无向加权网络构建

社会网络是社会行动者之间关系的集合，建立在多个节点 (社会行动者) 和节点之间联系 (社会行动者之间关系) 之上。本文中跨境水资源合作网络以国家为节点，国家间水合作联系为边，根据水事件强度赋予其权重性。因此，利用图论原理构建加权对称矩阵，最终建立无向加权网络：

$$G=(N, R) \quad (1)$$

式中： G 为全球跨境水资源合作网络； N 为样本国家； R 为国家间水合作联系，其大小等于联系强度之和。

1.2.2 网络整体测度与中心性评价

为揭示网络的全局特征和微观结构，基于社会网络分析 (Social Network Analysis) 方法，引入平均度、平均加权度、网络密度、平均路径长度和平均聚类系数^[38]来考察全球跨境水资源合作网络的联系强度、规模和通达性；引入相对度数中心度、相对中介中心度和相对接近中心度以刻画各国在全球跨境水资源合作网络中的重要性和连接度^[39,40] (表 1)。同时运用 Gephi、Pajek 和 UCINET 等网络分析软件与 ArcGIS 地理信息系统软件，以实现指标测度与可视化表达。

表 1 无向加权网络指标及其含义

Table 1 Undirected weighted network indicators and the meanings

指标	测度方法	指标内涵
平均度	所有节点拥有联系之和的算数平均值	反映国家的平均联系数量
平均加权度	所有节点的边权之和与节点总数之比	反映国家的平均联系强度
网络密度	网络实际联系与最大可能联系数之比	反映国家间联系的紧密程度
平均路径长度	任意两点最短距离之和的算术平均值	反映国家间建立联系的难易程度
平均聚类系数	所有节点实际联系与最大可能联系比值之和的算术平均值	反映网络的整体集聚程度
相对度数中心度	节点 i 直接相连的点数与最大可能直接相连点数之比	国家在多大程度上居于网络中心
相对中介中心度	节点 i 处于点 j 和点 k 之间的最短路径上的概率	国家在多大程度上控制其他国家间的交往
相对接近中心度	节点 i 与图中所有其他节点间最短路径之和的倒数与其他节点数之积	国家在多大程度上不受其他国家控制

1.2.3 国际水合作因果机制探究

借鉴国际关系研究中的层次分析 (Level of Analysis) 方法, 建立国家、区域和国际体系三个分析层次^[41,42], 从现实主义和行为主义视角定性探讨全球跨境水资源合作的生成机制, 进而辨析各层次内的多因素互动。

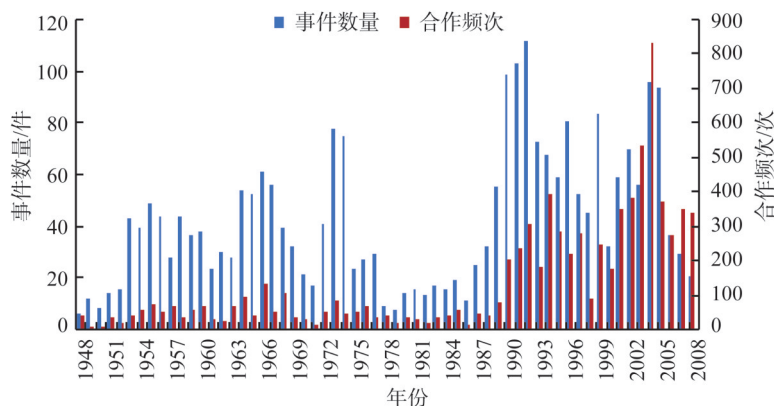
2 结果分析

2.1 全球跨境水资源合作网络的时空演化

2.1.1 水资源合作网络的整体特征

(1) 国际水合作事件时序分析

对全球跨境水资源合作的事件数量与国家间合作频次进行统计, 从全局角度辨识国际水合作的时间维度特征 (图1)。可以看出, 1948—2008年, 国际水合作事件数量与合作频次呈现出极化显著、局部波动性变化和整体增长明显的主要特征, 并具有一定的阶段性。从数量统计来看, 事件数量的最小值出现在1948年, 仅为6件; 最大值出现在1992年, 为112件。合作频次的最小值出现在1950年, 国际范围内10个国家间仅进行了8次水合作; 最大值出现在2004年, 国际范围内89个国家间进行了833次水合作。从阶段变化来看, 一方面, 随着时间变化, 水合作事件并非呈线性增长, 而是有着较为明显的波动起伏; 另一方面, 国际水合作的事件数量与合作频次在1991年前后发生突变, 事件数量在1992年达到峰值。



注: 不包含四件未标明年份的水合作事件。

图1 全球跨境水资源合作事件数量与合作频次年度变化

Fig. 1 Annual variations in the number of events and frequency of cooperation

结合历史事件来看, 1947年3月12日, 杜鲁门主义的提出标志着冷战的正式开始^[43]; 1989年后, 德国、捷克斯洛伐克和南斯拉夫等国家, 相继发生了政权更迭与领土变迁; 1991年12月25日, 冷战期间最重要的国家之一苏联正式解体, 分裂为俄罗斯、乌克兰、哈萨克斯坦等15个国家, 这一事件标志着冷战与两极格局的结束, 战后国际关系史由冷战时代步入后冷战时代^[43]。东欧剧变、两德统一、苏联解体等重要政治事件的发生导致一系列新国家的成立与政治版图变化, 造成全球跨境河流的增加, 从而导致国际水合作事件的显著增长。鉴于此, 以1991年末为分水岭, 将国际水合作的发展划分为两个

阶段：冷战时代的水合作（1948—1991年）与后冷战时代的水合作（1992—2008年）。在前一阶段的44年间，水合作数量为1496件，合作频次总计2303次；在后一阶段的17年间，水合作数量为1066件，合作频次则高达5589次。较冷战时代而言，后冷战时代国际水合作事件整体增长显著，各国在跨境水资源合作领域有着更为迫切的需求。

（2）水合作网络的拓扑特征

对全球跨境水资源合作网络的整体特征指标进行测算，以量化分析网络的拓扑特征（表2）。可以看出，相对于冷战时代，后冷战时代的全球跨境水资源合作网络联系强度总体增强，网络整体日趋紧密，但网络通达性略有下降。1992—2008年水合作网络的节点数和联系数分别由1948—1991年间的140个和728条增加至152个和961条，反映

表2 全球跨境水资源合作网络整体属性统计特征量
Table 2 Statistical results of overall characteristic indicators of the transboundary water cooperation network

统计特征	网络指标	1948—1991年	1992—2008年
网络规模	节点	140	152
	联系	728	961
网络联系强度	平均度	10.4	12.645
	平均加权度	93.714	164.855
网络稠密程度	网络密度	0.075	0.084
网络通达性	平均路径长度	2.634	2.974
	平均聚类系数	0.626	0.694

映出参与到国际水合作事务中的国家日益增多，水合作关系的覆盖范围不断扩大，伴随着水合作网络规模的显著增长，网络结构也日趋复杂。网络的平均度和平均加权度分别由1948—1991年间的10.4和93.714增加至1992—2008年间的12.645和164.855，反映出在国际水合作领域，各国之间不仅在联系数量上有较大增长，联系强度上的提升更为突出，增加了近2倍，表明强度较大、质量较高的水合作在后冷战时代成为主流，这些高强度水合作通常涉及国家间文化或科技协议的签订、经济或战略支持和国际淡水条约的签订等官方层面的正式合作。在网络密度上，尽管冷战时代在本文中覆盖44年，而后冷战时代仅覆盖17年，但后一阶段的网络密度仍有所增加，表明网络成员之间的联系日趋紧密，该阶段水合作网络对其中行动者的态度与行为产生的影响更大。在网络通达性上，后冷战时代水合作网络的平均路径长度较冷战时代有所增加，表明任意两个国家之间建立联系所需的最短路径平均值上升，网络的传输效率略有下降，这是由于后冷战时代参与国际水合作事务的国家增加，同时水合作范围的扩张落后于国家数量的增长；平均聚类系数有所增加，反映了网络内国家的整体集聚程度提高，组织关系的密切程度提升，水合作覆盖范围向着国家间联系更为密切和重叠的方向发展。

2.1.2 水资源合作网络的节点中心性演化

网络节点可以反映网络的结构特征，中心性则具体衡量了节点在网络中居于何种中心地位，是网络中行动者所拥有“权力”的表现。基于中心性引入多种中心度指标，以量化各阶段全球跨境水资源合作网络中国家间的相对权力（表3）。

对冷战时代、后冷战时代全球跨境水资源合作网络中的国家按照相对度数中心度、相对中介中心度、相对接近中心度进行排序。在相对度数中心度方面，数值越高的国家直接联系量越大，越居于水合作网络的中心位置，在网络中拥有权力。冷战时代，排名前20位的国家中有55%来自两个地区——欧洲和北美洲；其他包括日本、伊朗等部分亚洲国家，以及非洲的埃及和南美洲的巴西。与冷战时代相比，后冷战时代则变化显著，60%的国家来自非洲，其余国家均来自欧洲和北美洲。具体位次上，冷战时代，美国位列第1，苏联位列第4，美国、英国、西德、法国等西方阵营强国占据前5位中的4席。

表3 全球跨境水资源合作网络中的国家中心地位变化
Table 3 States' position change in the transboundary water cooperation network

位次	1948—1991年				1992—2008年			
	国家	相对度数 中心度	国家	相对接近 中心度	国家	相对度数 中心度	国家	相对接近 中心度
1	美国	0.374	美国	0.577	乌克兰	0.245	美国	0.169
2	英国	0.317	苏联	0.560	德国	0.225	俄罗斯	0.157
3	西德	0.309	英国	0.556	摩尔多瓦	0.225	埃及	0.117
4	苏联	0.295	埃及	0.552	马里	0.205	日本	0.110
5	法国	0.259	西德	0.525	俄罗斯	0.199	德国	0.088
6	埃及	0.252	法国	0.517	美国	0.192	荷兰	0.070
7	日本	0.230	南非	0.495	安哥拉	0.185	南非	0.059
8	伊朗	0.173	巴西	0.486	几内亚	0.185	巴西	0.056
9	奥地利	0.173	尼日利亚	0.481	罗马尼亚	0.179	中国	0.050
10	土耳其	0.158	日本	0.481	埃及	0.179	白俄罗斯	0.046
11	捷克斯洛伐克	0.158	几内亚	0.478	赞比亚	0.179	老挝	0.045
12	匈牙利	0.158	加拿大	0.478	保加利亚	0.172	乌克兰	0.045
13	中国	0.151	以色列	0.476	博茨瓦纳	0.172	叙利亚	0.042
14	巴西	0.151	伊朗	0.474	纳米比亚	0.172	瑞典	0.041
15	沙特阿拉伯	0.151	罗马尼亚	0.471	坦桑尼亚	0.172	马里	0.038
16	加拿大	0.151	阿富汗	0.471	津巴布韦	0.166	菲律宾	0.031
17	罗马尼亚	0.144	秘鲁	0.471	毛里塔尼亚	0.166	布基纳法索	0.030
18	印度	0.144	罗马尼亚	0.470	莫桑比克	0.166	泰国	0.030
19	南斯拉夫	0.137	土耳其	0.468	苏丹	0.166	约旦	0.030
20	伊拉克	0.137	坦桑尼亚	0.465	白俄罗斯	0.159	比利时	0.028
			意大利				菲律宾	0.403

此时期中国处于第13位。后冷战时代,前10位国家格局变化显著。苏联的前加盟共和国乌克兰和摩尔多瓦分别位列第1、3位,美国下降5位至第6,俄罗斯下降1位至第5;南欧国家罗马尼亚与非洲国家马里、安哥拉、几内亚,取代法国、日本、伊朗、奥地利、土耳其等国家跻身前10位;地位唯一较为稳定的国家为统一后的德国,位列第2。

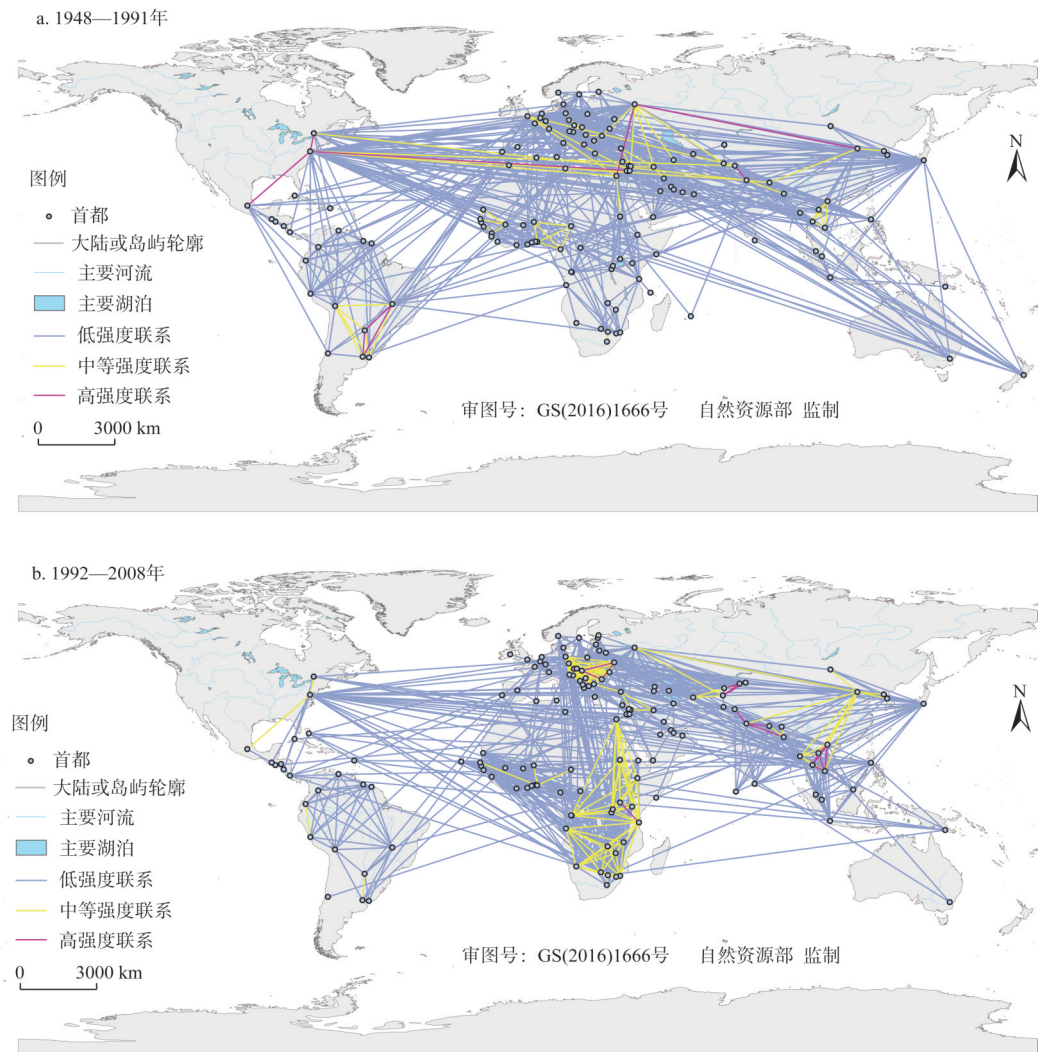
在研究时段内,美国、苏联(俄罗斯)长期居于相对中介中心度的前两位,在网络中扮演全球连接中心的角色,拥有突出的中转和衔接能力。从冷战时代至后冷战时代,二者的差距不断缩小,由0.047降至0.012;但美国与排名第3位的国家间差距则呈现进一步扩大的趋势,由0.05增加至0.052。从区域上看,相对中介中心度在区域分布上较为均衡,除大洋洲几乎不涉及跨境水资源问题外,其余大洲均有相应国家位于高中介中心度位置,它们位于网络核心,拥有控制其他国家水合作联系的权力。在冷战时代,排名前20位国家中有8国来自欧洲和北美洲,5国来自非洲,5国来自亚洲,2国来自南美洲;在后冷战时代,欧洲、亚洲国家占比有所上升,有8国来自欧洲和北美洲,7国来自亚洲,4国来自非洲,1国来自南美洲。中国在这一时期由第13位上升至第9位,表现较为突出。值得注意的是,日本作为岛国却拥有较高的相对中介中心度,在研究时段内由第10位跃升至第4位,展现出对网络较高的控制力。合理的解释是自二战后至今,日本积极通过官方发展援助(Official Development Assistance, ODA)开展经济外交,从援助视角与东南亚、非洲等国家在水务领域展开密切合作,将自身成功的水治理经验加以外化的同时,不断拓展其政治、经济利益,服务于其国家发展战略^[44,45]。

在相对接近中心度上,亚洲国家的网络地位上升是其主要趋势。相对接近中心度越高的国家,在通过网络传递信息方面更加容易,更可能居于网络中心。在冷战时代,排名前20位国家中仅有30%的国家来自亚洲,这一数值至后冷战时代上升至50%。在冷战时代,以美国为首的西方阵营和以苏联为首的东方阵营具有最高的相对接近中心度;在后冷战时代,尽管俄罗斯、美国、德国的节点地位依然处于前列,但其余传统欧洲强国已让位于亚洲国家及乌克兰、白俄罗斯等新独立国家。这一时期,中国地位上升显著,由20名开外跃升至第8位。值得关注的是,在研究时段内,亚洲高相对接近中心度国家由西亚向东南亚地区转移明显,老挝、泰国、越南、柬埔寨、菲律宾等国家跻身前20位。这是由于湄公河流域的综合治理在后冷战时代日趋受到世界重视^[46,47],使得东南亚国家更加积极并且有更多机会参与进国际水合作网络中。

2.1.3 水资源合作网络联系的空间演化

为探究全球跨境水资源合作网络联系的宏观组织格局,提取国家间网络联系并考虑其边权,按照自然断裂点法将网络联系划分为低强度联系(联系强度为1~21)、中等强度联系(联系强度为22~66)、高强度联系(联系强度高于66)三个等级(图2)。研究发现,首先,1948—2008年,全球跨境水资源合作网络在空间结构上具有明显的等级层次性和空间异质性。从整体来看,国际水合作网络的“东强西弱”格局明显,东半球国家在国际水合作事务中表现出的合作强度远高于西半球国家。具体来看,来自西非、东非、南非地区,北美洲、南美洲,东欧、中欧地区,东南亚、南亚、中亚、西亚地区的国家间水合作在不同阶段架构起国际水合作的核心区域;相比之下,同样具有复杂的跨境河流系统的西欧、中非地区国家,以及地缘上较为孤立的大洋洲国家、东亚地区的日本,共同构成了网络的外围区域,通过次一级联系流与核心区域相连。

其次,受地理距离与地理环境约束明显,地缘互动频繁,区域网络结构复杂。跨境河



注：本图基于自然资源部标准地图服务系统下载的标准地图制作，底图无修改。

图2 全球跨境水资源合作网络的空间格局及演化

Fig. 2 Spatial pattern and evolution of transboundary water cooperation network

流构成了跨境水资源的主体，是跨境水资源合作领域的焦点。由于跨境河流在地缘方面的特殊性，其分配利用、协调管理和可再生性维持往往受到流域内各国的普遍关注^[48,49]。因此，围绕特定跨境河流、特定流域往往形成高联系强度的国际水合作网络。诸如非洲的尼日尔、尼日利亚、马里等国重点围绕尼日尔河展开合作，埃及、苏丹、肯尼亚等国重点围绕尼罗河展开合作，亚洲的中国、老挝、泰国等国重点围绕湄公河展开合作，南美洲的巴西、巴拉圭、阿根廷等国重点围绕拉普拉塔河—巴拉那河展开合作等。同一流域内国家的合作往往呈现高频、高质的特点，通常达成合作条约、成立流域委员会。从网络结构来看，冷战时代，西非地区、东南亚地区以及南美洲国家间表现为相互连通的网状结构，而在西亚地区表现为以苏联、美国、英国为中心节点的星型结构；后冷战时代，东欧、东非、南非、东南亚、中亚地区国家间均表现为较高水平的网状拓扑结构，表明国家间沟通

频繁,水合作网络结构复杂但合作体系稳定可靠。

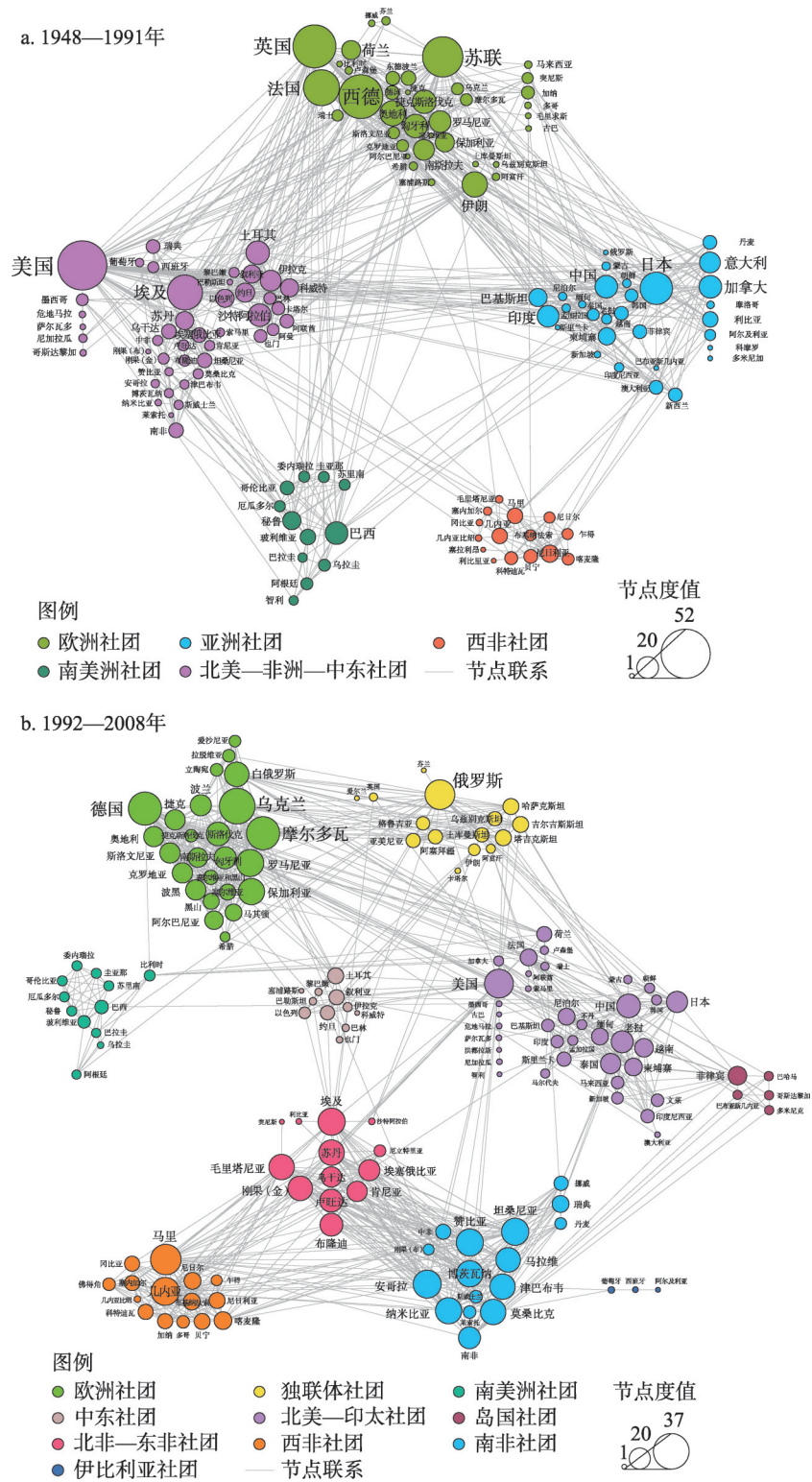
最后,域外国家参与广泛,热点合作区域随时间推移而变化。美国、日本作为水合作网络中重要的国家,尽管其地理位置相对孤立,在全球热点跨境流域水事务参与上具有天然的地缘劣势。但为维持其地缘利益,美、日凭借其强大的经济、技术实力与全球水治理热点国家广泛建立联系,在水合作事务中积极扮演组织者、调停者、中间人的角色。其中,美国作为全球性超级大国,在冷战时代为了防范苏联对中东地区的渗透、维持美国在中东地区战略利益,对以色列大力扶持,同时积极参与中东和平进程,在阿、以之间进行斡旋,因此美、以之间的水合作表现为高强度联系。相同的情况则发生在苏联与埃及之间。而在后冷战时代,美国成为世界上惟一的超级大国,伴随着潜在对手消失,美国对通过建立合作关系以在全球获得影响力的需要有所降低,其参与水合作的数量与质量全面下降,而新独立的东欧国家、中亚国家间的水合作需求则不断上升。伴随国际政治环境趋暖,热点合作广泛产生在中欧、东欧、东非、南非以及亚洲水塔周边的东南亚、南亚、中亚地区。

2.1.4 水资源合作网络的社团结构与区域效应

根据 Blondel 等^[50]提出的基于模块化优化的启发式算法,对全球跨境水资源合作网络的社团结构进行发现和提取,得到冷战时代、后冷战时代全球跨境水资源合作网络的社团划分(图3)。首先,伴随时间推移,社团数量增加明显,社团空间特征显著。在冷战时代,水合作网络共被识别出5个社团,可被划分为欧洲社团、亚洲社团、西非社团、南美洲社团、北美—非洲—中东社团;及至后冷战时代,社团数量增至10个,分别为欧洲社团、独联体社团、南美洲社团、中东社团、北美—印太社团、岛国(除哥斯达黎加)社团、北非—东非社团、西非社团、南非社团、伊比利亚社团。社团的数量增加表现出网络的去中心化明显,多极格局逐渐显现,热点区域的水合作在空间上愈加细分,日趋精细化。由于跨境水资源尤其是跨境河流、跨境流域具备天然的地缘特征,对距离变化敏感,各社团呈现出较为明显的空间区位特征,多数社团与世界主要地理分区相吻合。

其次,社团内部成员间关系紧密,外部成员间关系稀疏,社团成员具有明显的等级性。在水合作网络中,社团内部成员彼此互动、协同活动频繁,具有相对较强、最为直接紧密的互动关系;相对于社团内部,社团之间的关系密度较小,外部成员间的互动频次与范围较为局限。这反映出在地缘层面具有物理邻接的国家间水合作占据主流。此外,社团成员等级性明显,内部成员间表现出严格的等级秩序,经济、政治或水资源强国主导了各社团内部的水合作。在冷战时代,诸如西德、英国、苏联、法国主导了欧洲社团的水合作事务,日本、中国、印度主导了亚洲社团的水合作,美国、埃及主导了北美—非洲—中东社团的水合作等;后冷战时代,伴随着网络的去中心化及各国发展,部分社团发生裂变,诸如原涉及非洲区域的社团进一步拓展为北非—东非、西非、南非等三个社团,埃及、刚果(金)、马里、几内亚、博茨瓦纳、赞比亚等国分别聚焦尼罗河流域、刚果河流域、尼日尔河流域、赞比西河流域和奥兰治河流域,主导了更为频繁的互动与合作。

最后,域外国家介入区域水合作明显,部分孤立社团自成体系。无论冷战时代或者后冷战时代,水合作网络的社团划分中均有较为明显的域外国家介入痕迹,诸如美国、日本、加拿大、意大利、法国等国家,其中以美国最为典型。美国在冷战时代出于意识



注：节点度值即与该节点直接相连的节点数。

图3 全球跨境水资源合作网络的社团结构及演化
Fig. 3 Community structure and evolution of transboundary water cooperation network

形态对抗的需要,广泛参与全球水合作,归属并主导了北美—非洲—中东社团的水合作事务,同时与其他社团(尤其与亚洲社团)联系紧密,其主要通过强大的经济实力对非洲、中东、东南亚、南美洲、欧洲国家在水利建设、减灾、河流开发与治理、水文调查等方面进行资金与技术援助,其中,直接资金援助超过30%;后冷战时代,两极格局解体,世界格局朝向多极化发展,美国的援助投放有所收拢和聚焦,其地缘利益在这一时期向亚太倾斜,尽管对诸如中东地区盟友以色列的用水问题等传统议题仍保持关注,但对东南亚地区湄公河流域的综合治理问题的介入在这一时期占据其水合作兴趣的主流。此外,部分孤立社团由于受援渠道单一或地理单元较为孤立,其在后冷战时代自成体系,并未过多参与全球水务合作。诸如岛国社团、伊比利亚社团,前者内部成员多处于水合作事务中的受援国地位,除菲律宾接受援助途径相对多元外,其他国家受援途径全部来自中国台湾地区;后者内部成员的合作主要发生在同处伊比利亚半岛的葡萄牙、西班牙之间,由于比利牛斯山事实上起到阻碍作用,使半岛国家地理位置相对孤立,两国被置于大陆政治的边缘地位^[51],因此更多在两国间水资源分配领域展开合作。

2.2 全球跨境水资源合作的生成机制与合作类型

从时空复杂性来看,全球跨境水合作关系的外在表现是尺度的变化与互动,体现了多层次、多维度的集合关系,故运用国际关系学领域的层次分析方法,结合水合作实证,从国家行为体、区域合作关系、国际合作体系三方面对地缘政治视角下全球跨境水资源合作的生成机制加以探讨,并总结出四种主要的水合作类型(图4)。

在国家行为体层面,地缘位置、国家实力、利益诉求、历史传统、宗教文化等五大因素综合影响了国家行为体的水合作选择。地缘位置是影响国家行为体进行跨境水资源合作决策的主导因素,国家从地理的角度出发对资源需求和外交关系做出的战略考量,是其水合作的首要动因。正如Spykman^[52]所述,地缘政治即从地理的观点来考虑国家的安全问题,由此得出的结论最终服务于外交政策的制定。国家实力是支撑国家行为体进行水合作的重要条件,尤其在国家间比较实力上,一国所掌握的经济、科技和军事资源越丰富,其水合作对象的选择范围越宽广,在水谈判中往往更能占据优势地位。国家自身的利益诉求是推动其寻求水合作的内在驱动力,这种利益诉求可进一步被划分为涉水利利益诉求与非涉水利利益诉求^[3],前者包括供水、灌溉、渔业、航运、水电、水—粮食—能源安全、生态安全等经济利益和安全利益,后者包括国家领土权益、地缘安全、政治地位、国际形象等国际利益。历史传统和宗教文化从不同层面影响国家行为体的水合作意愿,其影响更多体现在观念和认知领域,可被概括为制度层面与精神层面两部分。制度层面包括以水为载体的风俗习惯、宗教仪式、节日传统等要素,精神层面包括对水的认知、对水产生的情感心理、与水有关的价值观念等要素,二者制约着人类在生存与生产实践中与水相关的愿景和选择,调节和指导人们具体的水事行为,进而影响国家行为体的水务理念。例如冷战时代,美国作为超级大国,尽管相对孤立的地缘位置导致其远离全球水合作的热点区域,但由于全球性政治对手苏联的存在,美国具有对抗东方阵营、挤压其战略空间的地缘战略利益诉求,因此凭借强大的经济和科技实力,美国通过贷款或资金援助、修建水利工程、翻新水利设施、输送淡水专家等多元途径积极参与全球水合作,拉拢诸如玻利维亚、阿根廷、埃及、尼日利亚、巴基斯坦、印度、伊朗、约旦等第三世界国家,其中不乏南斯拉夫、柬埔寨等东方阵营国家的身影。与此类似,日

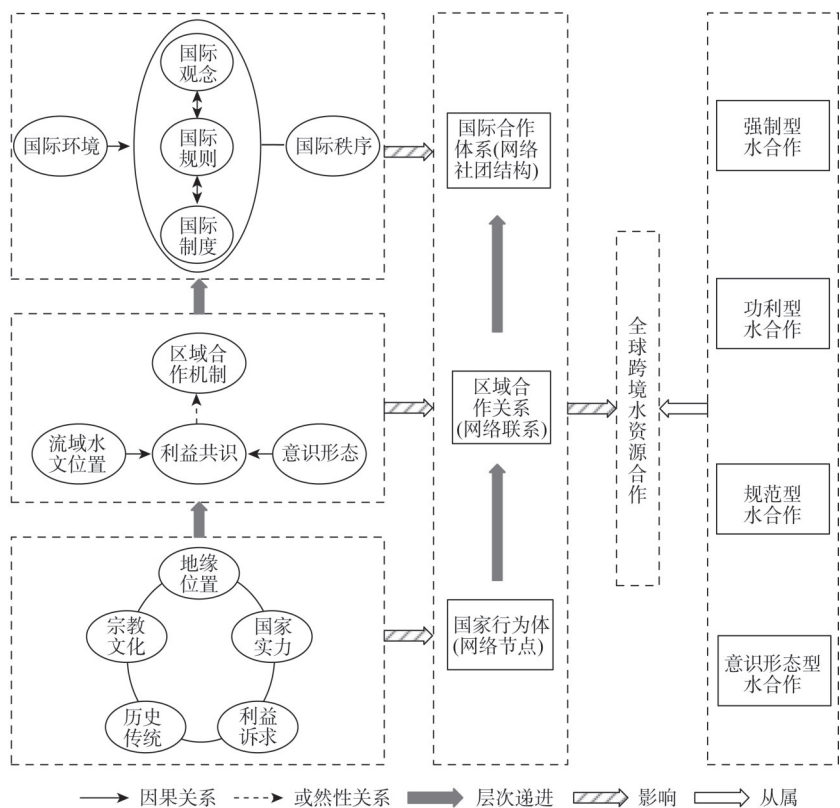


图4 全球跨境水资源合作的生成机制与合作类型

Fig. 4 Generative mechanism and types of transboundary water cooperation

本作为地区性大国，其岛屿国家的天然属性使其不存在国际跨境水资源矛盾问题，但为开拓自身战略空间、提升国际政治影响力，日本自二战后长期以ODA为主要手段开展经济外交，并伴随自身经济的高速发展不断调整援助理念、援助形式和战略意图，逐步由“被动响应”转为“主动援助”，由“纯粹经济援助”转为“政经复合援助”，由“重返国际社会”转为“寻求世界政治大国地位”^[44,53]。作为ODA的重要领域，水务合作历来为日本所重视，且其65%的水合作事件以贷款等直接资金援助的形式进行，其他水合作形式包括专家派遣、数据调查与支持、促成区域水务谈判等。

区域合作关系层面的影响因素来自四个方面，分别是流域水文位置、利益共识、意识形态和区域合作机制，其内部又有着不同的相互关系。一方面，流域水文位置从物质层面决定着流域国家间的利益共识。流域水文位置强调流域内各国地缘位置的相对性。对流域内国家而言，尽管以跨境河流为代表的跨境水资源的流动性将各国从物理层面紧密地联系在一起，然而国家所处的上、下游位置天然上决定了各国在流域内具有不对称的地缘权力，影响其在水资源分配中的获利能力、获利程度和利益诉求。诸如上游国家通常处于战略优势地位；上游国家侧重水能开发，下游国家侧重防洪灌溉。因此，从非对称性权力视角来看，区域水合作关系的建立依赖于流域内处于不同水文位置的国家在谋求自身水利益的同时，兼顾其他国家的利益诉求，最终达成利益共识。另一方面，意

识形态从观念层面决定着流域内、外国家间的利益共识。显而易见,具有相同意识形态的国家间必然存在某种共同利益,进而形成具有联盟性质的合作关系。诸如冷战期间的东西方阵营视角下,社会主义和资本主义的长期对抗促成各自阵营内部产生密切合作,苏联、美国基于各自的共同利益对其跨流域盟国进行水事务援助和支持,其本质是政治上和地理上的相互补充。但是,反向而言,在水合作领域具有利益共识未必表明合作国家一定位于相同流域,也不意味着合作国家一定具有相同的意识形态。诸如作为冷战时代奉行中立政策的埃及,伴随着短暂亲美、长期亲苏、弃苏亲美的外交政策导向,其重要水利工程阿斯旺水坝的前期建设与后期翻新先后经历了美国、英国的资金承诺,苏联的援助修建,美国的翻新支持;20世纪90年代以来,澳大利亚作为流域外国家与老挝、越南等湄公河流域国家长期开展水合作,尽管国家间意识形态多元,但各方仍在水利设施建设、项目管理等经济合作领域取得广泛成就。此外,具有相同利益共识的国家有可能最终形成区域合作机制,而区域合作机制愈完善,利益攸关方退出区域合作机制所付出的成本愈大,愈有利于区域合作关系的稳固。例如作为全流域沿岸国家参与的合作机制,澜沧江—湄公河合作(Lancang-Mekong Cooperation, LMC)机制有效整合了大湄公河次区域经济合作(Great Mekong Subregion Cooperation, GMS)、东盟—湄公河流域开发合作(ASEAN-Mekong Basin Development Cooperation, AMBDC)和湄公河委员会(Mekong River Commission, MRC)等现有次区域合作机制,各国在政治安全、经济和可持续发展、社会人文等重点领域开展了有效合作^[54],这种较为完善的区域合作机制拓宽了合作广度、增加了合作深度、提高了合作强度,推动了区域一体化进程。类似的区域合作关系还广泛出现在其他流域,如欧洲的多瑙河流域^[55],拉丁美洲的亚马孙河流域、拉普拉塔河流域^[56]等。

Waltz^[57]将体系界定为由结构和互动单位构成的集合,包含体系和体系单位两个基本要素,而国际体系是由诸多相互作用的国际行为体组合而成的整体。国际体系的秩序原则是无政府性,权力成为决定国际体系结构的重要原则;由于大国是国际体系中的主要单位,因此体系中的权力分配主要指大国间的权力分配,“极”的概念是国际体系结构的根本特征^[58]。在全球跨境水资源合作中,流域大国实质主导着区域合作,区域合作通过相互作用构成国际合作体系。在该层次,国际环境与国际秩序动态塑造了国际跨境水资源合作体系,两者间又有着一定的因果关系。国际环境包括国际政治环境与国际经济环境;国际秩序特指水务合作中的秩序,由国际水合作观念、国际水合作规则、国际水合作制度所构成。国际环境的变化影响着国家行为体的认知,宽松的国际环境下容易产生更为多元、深入的水务合作;而国际秩序具有导向机制和反馈机制,即水合作观念改变着水合作规则,进而影响国际水合作制度,而制度在运行中又可反向作用于规则和观念。具体到水合作领域,从整体看,国家间相互依赖程度伴随着全球化的发展日益加深,任何国家都无法孤立于国际社会之外,不同程度地参与到国际社会事务中。冷战的结束标志着两极体系的终结,后冷战时代里国际体系日趋朝向多级结构发展,这一过程反映在水合作网络中,则表现为网络节点的去中心化和社团结构的多极化,并且在可预见的将来,这一趋势不会改变。具体来看,国际水合作事件数量与频次在时序变化上表现为波动增长,在20世纪50-70年代均存在峰值,这与国际环境的变化密不可分。二战后,伴随着民族独立意识的觉醒,民族解放运动自20世纪50年代起席卷世界,一系列亚

洲、非洲和拉丁美洲国家陆续取得独立。这一运动先后经历了三个阶段,并最终导致世界殖民体系的崩溃,第三世界崛起并登上国际政治舞台,建立公正合理的国际经济、政治新秩序成为国际社会的普遍呼声。这一过程中,新兴国家间围绕水务问题进行了一系列的合作,诸如1960年前后独立的西非国家,于1963年10月在尼亚美召开尼日尔河及其支流和二级支流沿岸国家会议,决定建立尼日尔河委员会,并于1964年11月签订《关于尼日尔河委员会和尼日尔河航行和运输的协定》,明确委员会需履行“保持沿岸国之间的联络以保证最有效地使用尼日尔河的水资源及其它资源”等职责^[59]。

基于对全球跨境水资源合作的层次划分及各层次内部要素的互动关系总结,借鉴霸权服从机制的相关研究^[60,61],将全球跨境水资源合作类型划分为四种形式:强制型水合作,即一国或多国通过武力或武力威胁、政治或经济制裁等手段迫使相关国家在水合作议题上展开谈判或合作,这一机制最为简单粗糙,通常霸权国可以取得流域控制权;功利型水合作,国家行为体采用功利主义的手段如贸易恩惠、政治劝诱或军事保护等方式,促进国家间水合作的建立;规范型水合作,国家行为体通过一定的规范手段诸如流域谈判、条约签署、机制建立等达成水合作,这一机制最为有效,在这一过程中主导国家需要使目标国家相信尽管需负有责任,但遵守规范是正确且有效的;意识形态型水合作,相对于前三者,该机制更加强调冷战时代的水合作行为,尽管从历史角度上看似乎具有偶然性,但这一机制更多突出发生在社会经济安排或公共政策领域不同程度干预的事实上的差异,与规范型水合作相比,其不强调对合作效益的理性判断,更强调个体基于意识形态下对整体决策行为的高效遵从,其背后隐含的是政治化、安全化的建构和争取国际支持、巩固阵营对立的考量。其中,对于强制型水合作,典型案例为以色列与约旦围绕约旦河流域开展的水合作。水是中东和平进程中的关键问题,以色列和约旦自1948年5月第一次中东战争至1994年10月签署和平条约,期间一直处于法理上的战争状态,两国围绕水安全议题冲突不断。但自以色列于1967年通过第三次中东战争占据戈兰高地,从约旦河下游国成为事实上控制约旦河上游的国家后,尽管两国在水分配等水务领域仍旧存在分歧,但以色列完全掌控了流域水务合作的主动权。20世纪90年代后,在美国的介入与主导下,两国正式签订和平条约,其中水条款部分明确规定以色列每年定时定量向约旦转移约旦河水资源,而约旦则需承担转移系统的运行、维修及未来新系统修建的全部费用^[62]。需要补充的是,强制型、功利型、规范型、意识形态型四种水合作类型是基于当前主流全球跨境水合作事件特征的归纳,各类型间并非相互孤立或非此即彼。从具体的水事件看,其可能具有多元合作类型特征;从四种合作类型看,不同类型间存在着一定的前提或转化关系,反映了合作方之间对合作目标的态度或偏好程度。例如,尽管意识形态型水合作对政治需求的考量高于合作效益判断,但基于意识形态的水合作往往兼具规范型水合作的特征;在大多数情况下,只有在水合作中处于弱势的一方意识到强制型水合作具有取代功利型水合作的潜在可能性时,功利型水合作的规则与制度才能有效发挥其作用。

3 结论与讨论

在对全球跨境水资源合作关系提取与网络构建的基础上,本文对跨境水合作事件和网络的时空复杂性进行了多维度探讨,并从地缘政治视角出发对水合作的合作路径、因

果机制及合作类型进行梳理。研究表明:

(1) 在整体特征上,全球跨境水资源合作数量与合作频次在研究时段内的变化并非线性,表现为波动性增长。水合作数量与频次在1991年前后发生明显突变,合作数量在1992年达到峰值。其主要原因为冷战后期一系列国家的合并与独立所带来的领土空间重构导致跨境水资源合作的产生,反映出国际水合作对国际政治环境表现为高敏感性。据此将国际水合作的发展划分为冷战时代的水合作(1948—1991年)与后冷战时代的水合作(1992—2008年)两个阶段。

(2) 网络视角下,伴随阶段变化,水合作网络日趋紧密,联系强度整体增强。在节点中心性上,冷战时代网络中拥有高权力的国家以东西方阵营强国为主,集中在欧洲、北美两大区域;后冷战时代,非洲、东欧地区、东南亚地区国家对水合作的高度需求与深度参与,使其在网络中的地位增长显著。在网络联系上,东半球由于跨境河流众多,国家间的水合作强度远高于西半球;地理环境约束显著,流域内部国家间往往产生高强度联系,区域网络结构有所差异,网状结构容易出现在西非地区、东南亚地区、南美洲等国家实力均衡且区域合作机制完善的地区,而在强国主导下的冷战时代的中东地区则表现为星型结构;域外国家为谋求自身地缘利益广泛参与热点地区水合作事务。在社团结构上,社团数量随时间推移而增加,社团结构具有明显的区域属性和流域特征;不同时期均存在域外国家介入区域水合作事务的现象,诸如美国、日本对非洲、中东地区、东南亚地区水事务的介入,这与网络联系强度层面的表现相一致。值得注意的是,国际水合作网络并非表现为经典的“核心—边缘”结构,由于国际水合作易受地理环境约束和国际环境影响,其网络结构表现为多中心结构,且去中心化、多极化和区域化趋势明显。

(3) 在全球跨境水合作生成机制与合作类型上,国家行为体、区域合作关系、国际合作体系作为影响水合作的三个层次,各层次间在尺度上依次递进,层次内部又受到多因素影响。地缘位置、国家实力、利益诉求、历史传统、宗教文化综合影响国家行为体对国际水合作的选择;流域水文位置、意识形态从物质、意识两方面影响流域内、外国家间的利益共识,利益共识不仅主导区域合作关系,在特定情况下可完善为区域合作机制;国际环境可以为水务合作创造机会,影响国际水合作观念、规则和制度,即塑造水合作秩序,国际环境与国际水合作秩序最终动态塑造了国际跨境水资源合作体系。此外,通过案例分析与比较,全球跨境水合作事件可被归纳为强制型水合作、功利型水合作、规范型水合作和意识形态型水合作四种合作类型。

基于数据的可获得性,当前分析的时间尺度只覆盖1948—2008年,尽管从趋势上看,全球跨境水资源合作的去中心化、多极化和区域化仍将占据主流,但结合新近的地缘政治动态对近期水合作事件加以分析仍有必要。尤其是近十年来,伴随“一带一路”倡议的提出与实施,横跨亚、非、欧洲的大规模的地缘合作正深刻影响着国际经济与政治格局。中国作为倡议发起国,与沿线国家深入开展跨境水资源合作在大国外交中的重要性愈加突出。这不仅符合倡议的内在要求,同时有利于营造中国良好的周边与国际安全环境、保障“一带一路”倡议的顺利实施与发展。当前,中国与“一带一路”沿线国家在水资源利用与综合管理、水电开发、水灾害防控、水环境保护等领域已取得实质进展,追踪并梳理“一带一路”倡议背景下的国际水合作有助于继续深

刻理解该领域的新动态与复杂性,对中国寻求水外交话语权、构建“水利益共同体”具有重要意义。因此,未来将进一步对事件数据进行收集和清洗,同时考虑结合水条约等数据,以期从多角度深入分析国际水合作状况,把握国际水合作关系生成规律,服务于国家水合作决策。

参考文献(References):

- [1] PETERSEN-PERLMAN J D, VEILLEUX J C, WOLF A T. International water conflict and cooperation: Challenges and opportunities. *Water International*, 2017, 42(2): 105-120.
- [2] 何大明, 荀俊华. 全球变化对跨境淡水资源利用和管理的影响. *自然资源学报*, 1999, 14(3): 93-96. [HE D M, GOU J H. Impacts of global changes upon utilization and management of transboundary fresh water resources. *Journal of Natural Resources*, 1999, 14(3): 93-96.]
- [3] 刘艳丽, 赵志轩, 孙周亮, 等. 基于水利共享的跨境流域水资源多目标分配研究: 以澜沧江—湄公河为例. *地理科学*, 2019, 39(3): 387-393. [LIU Y L, ZHAO Z X, SUN Z L, et al. Multi-objective water resources allocation in transboundary rivers based on the concept of water benefit-sharing: A case in the Lancang-Mekong River. *Scientia Geographica Sinica*, 2019, 39(3): 387-393.]
- [4] WOLF A T, KRAMER A, CARIUS A, et al. Managing water conflict and cooperation. In: RENNER M, FRENCH H, ASSADOURIAN E, et al. *State of the World 2005: Redefining Global Security*. Washington DC: Worldwatch Institute, 2005: 82-83.
- [5] 沈镭, 张红丽, 钟帅, 等. 新时代下中国自然资源安全的战略思考. *自然资源学报*, 2018, 33(5): 721-734. [SHEN L, ZHANG H L, ZHONG S, et al. Strategic thinking on the security of natural resources of China in the New Era. *Journal of Natural Resources*, 2018, 33(5): 721-734.]
- [6] BROCHMANN M, GLEDITSCH N P. Shared rivers and conflict: A reconsideration. *Political Geography*, 2012, 31(8): 519-527.
- [7] LEMARQUAND D. Politics of international river basin cooperation and management. *Natural Resources Journal*, 1976, 16: 883-901.
- [8] YOFFE S B, WOLF A T. Water, conflict and cooperation: Geographical perspectives. *Cambridge Review of International Affairs*, 1999, 7(2): 197-213.
- [9] GIORDANO M, GIORDANO M, WOLF A. The geography of water conflict and cooperation: Internal pressures and international manifestations. *The Geographical Journal*, 2002, 168(4): 293-312.
- [10] MOSELLO B. Water in Central Asia: A prospect of conflict or cooperation?. *Journal of Public and International Affairs*, 2008, 19: 151-174.
- [11] PINHEIRO I, GABAAKE G, HEVNS P. Cooperation in the Okavango River Basin: The OKACOM perspective. In: TURTON A, ASHTON P, CLOETE E. *Transboundary Rivers, Sovereignty and Development: Hydropolitical Drivers in the Okavango River Basin*. Pretoria: African Water Issues Research Unit, 2003: 105-118.
- [12] ANTHONY R, TURTON M J, PATRICK, et al. Transboundary water resources in Southern Africa: Conflict or cooperation?. *Development*, 2006, 49(3): 22-31.
- [13] MIRUMACHI N, WYK V E. Cooperation at different scales: Challenges for local and international water resource governance in South Africa. *The Geographical Journal*, 2010, 176(1): 25-38.
- [14] BALTUTIS W J, MOORE M-L. Degrees of change toward polycentric transboundary water governance: Exploring the Columbia River and the Lesotho Highlands Water Project. *Ecology and Society*, 2019, 24(2): 6.
- [15] AMER S E-D, ARSANO Y, EI-BATTAHANI A, et al. Sustainable development and international cooperation in the Eastern Nile Basin. *Aquatic Sciences*, 2005, 67(1): 3-14.
- [16] OLOO A. The quest for cooperation in the Nile water conflicts: The case of Eritrea. *African Sociological Review*, 2007, 11(1): 95-105.
- [17] PEARSE-SMITH S W D. 'Water war' in the Mekong Basin?. *Asia Pacific Viewpoint*, 2012, 53(2): 147-162.
- [18] SNEDDON C, COLEEN F. Rethinking transboundary waters: A critical hydropolitics of the Mekong Basin. *Political*

- Geography, 2006, 25(2): 181-202.
- [19] DINAR S. Scarcity and cooperation along international rivers. *Global Environmental Politics*, 2009, 9(1): 109-135.
- [20] DE STEFANO L, PETERSEN-PERLMAN J D, SPROLES E A, et al. Assessment of transboundary river basins for potential hydro-political tensions. *Global Environmental Change*, 2017, 45: 35-46.
- [21] WOLF A T. Water and human security. *Journal of Contemporary Water Research and Education*, 2001, 118(1): 29-37.
- [22] YOFFE S, FISKE G, GIORDANO M, et al. Geography of international water conflict and cooperation: Data sets and applications. *Water Resources Research*, 2004, 40(5): 1-12.
- [23] BAZILIAN M, ROGNER H, HOWELLS M, et al. Considering the energy, water and food nexus: Towards an integrated modelling approach. *Energy Policy*, 2011, 39(12): 7896-7906.
- [24] KESKINEN M, JALILOV S, VARIS O. *Water-energy-food Security Nexus in Large Asian River Basins*. Basel: Water Editorial Office, 2016: xii.
- [25] RASUL G. Food, water, and energy security in South Asia: A nexus perspective from the Hindu Kush Himalayan region. *Environmental Science and Policy*, 2014, 39: 35-48.
- [26] 朱新光, 张文潮, 张文强. 中国—东盟水资源安全合作. *国际论坛*, 2010, 12(6): 30-35, 78. [ZHU X G, ZHANG W C, ZHANG W Q. China-ASEAN cooperation on water resource security. *International Forum*, 2010, 12(6): 30-35, 78.]
- [27] 张励, 卢光盛. “水外交”视角下的中国和下游湄公河国家跨界水资源合作. *东南亚研究*, 2015, (1): 42-50. [ZHANG L, LU G S. Transboundary water cooperation between China and the Lower Mekong countries from the perspective of water diplomacy. *Southeast Asian Studies*, 2015, (1): 42-50.]
- [28] 李昕蕾, 华冉. 国际流域水安全复合体中的安全秩序建构: 基于澜沧江—湄公河流域水冲突—合作事件的分析. *社会科学*, 2019, (3): 17-35. [LI X L, HUA R. Security order construction in the water security complex of international basin: Based on the water-event analysis of Lancang-Mekong River. *Journal of Social Sciences*, 2019, (3): 17-35.]
- [29] 任俊霖, 彭梓倩, 孙博文, 等. 澜湄水资源合作机制. *自然资源学报*, 2019, 34(2): 250-260. [REN J L, PENG Z Q, SUN B W, et al. Research on the water resources cooperation of Lancang-Mekong Cooperation. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(2): 250-260.]
- [30] 邓铭江. 哈萨克斯坦跨界河流国际合作问题. *干旱区地理*, 2012, 35(3): 365-376. [DENG M J. International cooperation problems on transboundary rivers in Kazakhstan. *Arid Land Geography*, 2012, 35(3): 365-376.]
- [31] 杨珍华, 李奔. 中印跨境水资源合作障碍与前景. *资源开发与市场*, 2019, 35(2): 249-254. [YANG Z H, LI B. Obstacle and prospect of cooperation on the Sino-India trans-border water resources. *Resource Development & Market*, 2019, 35(2): 249-254.]
- [32] 胡文俊, 简迎辉, 杨建, 等. 国际河流管理合作模式的分类及演进规律探讨. *自然资源学报*, 2013, 28(12): 2034-2043. [HU W J, JIAN Y H, YANG J, et al. Exploring the classification and evolving principles of the cooperation models in international river management. *Journal of Natural Resources*, 2013, 28(12): 2034-2043.]
- [33] 李昕蕾. 冲突抑或合作: 跨国河流水治理的路径和机制. *外交评论: 外交学院学报*, 2016, 33(1): 126-152. [LI X L. Conflict or cooperation: Paths and mechanisms of water governance in transnational rivers. *Foreign Affairs Review*, 2016, 33(1): 126-152.]
- [34] GUYON I, ALIFERIS C, COOPER G, et al. Design and analysis of the causation and prediction challenge. In: *Causation and Prediction Challenge (WCCI 2008)*. JMLR Workshop and Conference Proceedings. Hong Kong: Journal of Machine Learning Research, 2008: 1-33.
- [35] PEARL J. *Causality: Models, Reasoning, and Inference*(2nd Edition). Cambridge: Cambridge University Press, 2009: xv.
- [36] BERNAUER T. Explaining success and failure in international river management. *Aquatic Sciences*, 2002, 64(1): 1-19.
- [37] OVODENKO A. Regional water cooperation: Creating incentives for integrated management. *The Journal of Conflict Resolution*, 2016, 60(6): 1071-1098.
- [38] 刘军. 整体网分析: UCINET软件实用指南(第二版). 上海: 上海人民出版社, 2014: 16-22. [LIU J. *Lectures on Whole Network Approach*(2nd Edition). Shanghai: Shanghai People's Publishing House, 2014: 16-22.]
- [39] 焦敬娟, 王姣娥, 金凤君, 等. 高速铁路对城市网络结构的影响研究: 基于铁路客运班列分析. *地理学报*, 2016, 71(2): 265-280. [JIAO J J, WANG J E, JIN F J, et al. Impact of high-speed rail on inter-city network based on the passenger train network in China, 2003-2013. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(2): 265-280.]

- [40] LIU C, WANG J, ZHANG H. Spatial heterogeneity of ports in the global maritime network detected by weighted ego network analysis. *Maritime Policy & Management*, 2018, 45(1): 89-104.
- [41] 肯尼思·N·华尔兹. 人、国家与战争: 一种理论分析. 上海: 上海译文出版社, 2012: 20. [WALTZ K N. *Man, the State, and War: A Theoretical Analysis*. Shanghai: Shanghai Translation Publishing House, 2012: 20.]
- [42] 尚劝余. 国际关系层次分析法: 起源、流变、内涵和应用. *国际论坛*, 2011, 13(4): 50-53, 80-81. [SHANG Q Y. Level-of-analysis approach in the studies of international relations: Origin, evolution, implication and application. *International Forum*, 2011, 13(4): 50-53, 80-81.]
- [43] 刘德斌. 国际关系史. 北京: 高等教育出版社, 2003: 342-503. [LIU D B. *History of International Relations*. Beijing: Higher Education Press, 2003: 342-503.]
- [44] 王平. 日本ODA政策的形成、演变及前瞻. *日本学刊*, 2008, (3): 40-51, 158. [WANG P. The formation, evolution and prospect of Japan's ODA policy. *Japanese Studies*, 2008, (3): 40-51, 158.]
- [45] 贺平. 从“合作”到“事业”: 日本在东南亚的水务战略. *现代日本经济*, 2015, (5): 19-28. [HE P. From "cooperation" to "industry": Japan's water business strategy in Southeast Asia. *Contemporary Economy of Japan*, 2015, (5): 19-28.]
- [46] DORE J, LEBEL L. Deliberation and scale in Mekong region water governance. *Environmental Management*, 2010, 46(1): 60-80.
- [47] GRUMBINE E R, DORE J, XU J. Mekong hydropower: Drivers of change and governance challenges. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2012, 10(2): 91-98.
- [48] WHITTINGTON D, WU X, SADOFF C. Water resources management in the Nile Basin: The economic value of cooperation. *Water Policy*, 2005, 7(3): 227-252.
- [49] MUMME S P. Advancing binational cooperation in transboundary aquifer management on the U.S.-Mexico border. *Colorado Journal of International Law and Policy*, 2005, 16: 77-111.
- [50] BLONDEL V D, GUILLAUME J-L, LAMBIOTTE R, et al. Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2008, 2008(10): 10000-10008.
- [51] 汉斯·摩根索. 国家间政治: 权力斗争与和平(第七版). 北京: 北京大学出版社, 2006: 148-149. [MORGENTHAU H J. *Politics Among Nations: The Struggle for Power and Peace*(7th Edition). Beijing: Peking University Press, 2006: 148-149.]
- [52] 尼古拉斯·斯皮克曼. 和平地理学. 上海: 上海人民出版社, 2016: 13. [SPYKMAN N J. *The Geography of the Peace*. Shanghai: Shanghai People's Publishing House, 2016: 13.]
- [53] 贺平. 区域性公共产品、功能性合作与日本的东亚外交. *外交评论: 外交学院学报*, 2012, 29(6): 99-112. [HE P. Regional public goods, functional cooperation and Japan's East Asian diplomacy. *Foreign Affairs Review*, 2012, 29(6): 99-112.]
- [54] 新华网. 澜沧江—湄公河合作首次外长会联合新闻公报. <http://www.xinhuanet.com/>, 2015-11-12. [XinhuaNet. Joint press communique of the first Lancang-Mekong cooperation foreign ministers' meeting. <http://www.xinhuanet.com/>, 2015-11-12.]
- [55] 刘宁, 庞进武, 于兴军, 等. 多瑙河利用保护与国际合作. 北京: 中国水利水电出版社, 2010: 1. [LIU N, PANG J W, YU X J, et al. *Utilization and Protection of the Danube and International Cooperation*. Beijing: China Water & Power Press, 2010: 1.]
- [56] 彼斯瓦斯. 拉丁美洲流域管理: 亚马孙河流域、普拉塔河流域、圣弗朗西斯科河流域. 郑州: 黄河水利出版社, 2006: 1. [BISWAS A K. *Management of Latin American River Basins: Amazon, Plata, and São Francisco*. Zhengzhou: The Yellow River Water Conservancy Press, 2006: 1.]
- [57] 肯尼思·华尔兹. 国际政治理论. 上海: 上海人民出版社, 2008: 53-54. [WALTZ K N. *Theory of International Politics*. Shanghai: Shanghai People's Publishing House, 2008: 53-54.]
- [58] 李少军. 国际政治学概论(第四版). 上海: 上海人民出版社, 2014: 118-121. [LI S J. *Introduction to International Politics*(4th Edition). Shanghai: Shanghai People's Publishing House, 2014: 118-121.]
- [59] 北大法宝. 关于尼日尔河委员会和尼日尔河航行和运输的协定. <http://www.pkulaw.cn/>, 2019-12-01. [PKULaw. Concerning the River Niger Commission and the navigation and transport on the River Niger. <http://www.pkulaw.cn/>, 2019-12-01.]

- [60] ETZIONI A. A Comparative Analysis of Complex Organizations: On Power, Involvement, and Their Correlates. New York: The Free Press, 1961: 4-22.
- [61] LUSTICK I S. Hegemony and the riddle of nationalism: The dialectics of nationalism and religion in the Middle East. *Logos*, 2002, 1(3): 18-44.
- [62] 北大法宝. 以色列和约旦王国和平条约(水条款部分). <http://www.pkulaw.cn/>,2019-12-01. [PKULaw. Israel-Jordan peace treaty. <http://www.pkulaw.cn/>,2019-12-01.]

Spatio-temporal evolution and generative mechanism of global transboundary water resources cooperation

YAN Zi-ming^{1,2}, DU De-bin^{1,2}, LIU Cheng-liang^{1,2}, QIU Xiao-juan³, HUANG Xiao-dong^{1,2}

(1. Center for Geopolitical and Strategic Studies, East China Normal University, Shanghai 200062, China;

2. Institute for Global Innovation and Development, East China Normal University, Shanghai 200062, China;

3. School of Advanced International and Area Studies, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: Transboundary water resources cooperation is of great significance to the sustainable development of human society and the protection of national water rights and interests. Based on historical transboundary water cooperation data from 1948-2008, this paper extracted and analyzed the cooperation relationships between 166 countries. By using social network analysis and level of analysis methods, the paper discussed the spatio-temporal evolution of transboundary water resources cooperation events and networks, as well as the generative mechanism and type of cooperation. We found that: Firstly, the number of events and the frequency of cooperation increased in fluctuation, and there were obvious phase changes. Secondly, the structure of the water cooperation network is characterized by multi-centrality, with a trend of decentralization, multi-polarization, and regionalization. The Eastern Bloc and the Western Bloc dominated global water cooperation in the Cold War era. Africa, Eastern Europe, and the surrounding areas of the Asian Water Tower have shown a high demand for water cooperation in the Post- Cold War Era. Thirdly, water cooperation is sensitive to geographical distances, and countries within the same basin interact frequently. Extraterritorial powers are involved in hotspot water cooperation affairs at different phases. Fourthly, state actors, regional cooperation relationships, and international cooperation system, represent three levels that comprehensively affect the generation of water cooperation relationships. And there are complex multi- factor interactions at each level. Coercive, utilitarian, normative, and ideological water cooperations are the four main types of transboundary water cooperation.

Keywords: transboundary water resources; cooperation; social network analysis; level of analysis; generative mechanism