

跨境河流水流量冲突诱致因素解析

吴凤平,许霞,李芳

(河海大学商学院,江苏南京 211100)

摘 要:厘清跨境河流水流量冲突的诱致因素是降低跨境河流冲突风险的前提。根据国内外跨境河流数据库资料,分析跨境河流水流量冲突的诱致因素。基于跨境河流水流量冲突的频次筛选典型河流;对典型河流水流量冲突的相关事件进行深入剖析,提取典型河流水流量冲突的诱致因素,并分析共性因素;利用最优尺度回归模型对共性因素进行验证,定量分析水量冲突共性诱致因素的影响力。研究发现:人口因素、经济因素和水文条件对水量冲突具有显著影响,其中,水文条件与水量冲突呈现负相关性,而政治外交关系和约束体系的影响并不显著。

关键词:跨境河流水流量冲突;案例研究;最优尺度回归模型;诱致因素

中图分类号:F224;TV213 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-4970(2021)02-0062-09

数十年来,由于水环境和社会边界条件的巨大变化,各流域国用水压力明显增强,跨境河流水资源冲突不断^[1]。这就引发了一系列的思考:导致跨境河流因水量冲突的诱致因素有哪些?哪些是共性因素,哪些是个性因素?共性因素中哪些又是引发用水争端的关键影响因素?因此,对诱发跨境河流产生水量冲突的因素进行深入剖析,为跨境河流公平、合理的水权分配奠定基础,避免流域国因争夺跨境河流水流量而两败俱伤,实现跨境河流利益相关主体之间权益共享、责任同担。

一、文献综述

针对跨境河流水流量冲突的诱致因素,学界进行

了广泛研究。①客观因素方面:Falkenmark 等指出,水资源短缺会影响各国的关系^[2];Gleick 认为,随着人口数量的增加、生活水平的提高,各国或地区增加了对淡水资源的需求,加之水资源地理分布不均以及气候变化使水资源的供应量锐减,国与国、地区与地区之间的用水冲突加剧^[3];Turton 等研究表明,水资源地理分布不均造成非洲地区跨境河流用水冲突的主因,如尼罗河、塞内加尔河和奥兰治河等^[4];Wolf 认为,水资源的缺乏会直接导致国与国之间发生冲突,甚至爆发战争,而水资源的匮乏是由人类活动和气候环境造成的^[5];Link 等认为在跨界流域中,由于区域环境的变化、人口的增长和经济的持续发展,造成了区域水资源需求量增大,加剧了水资源

收稿日期:2020-01-16

基金项目:国家社会科学基金重大项目(17ZDA064)

作者简介:吴凤平(1964—),男,江苏泰州人,教授,从事水权管理、决策科学研究。

的短缺^[6]; Sakal 研究表明, 格兰德河、科罗拉多河、伊犁河、咸海、楚河以及印度河水资源可再生水资源供应量低于流域国总的水资源需求量, 这造成沿岸各地用水压力明显增加^[7]。②主观因素方面: Rai 等认为, 跨境河流已成为流域国之间竞争的重要因素, 且其加剧了流域国之间的政治紧张状况^[8]; 王志坚认为国际河流和国际政治具有密切关联性, 对地区安全具有重大影响, 并受流域当事国决策层战略选择的左右^[9]; 何大明等认为, 由于下游地区往往先于上游开发、发达地区往往先行制定法规等历史和社会原因, 导致现有国际水法偏向于保护下游国家的开发权益和限制上游国家的开发, 缺乏区域公平和公正性^[10]。③综合因素方面: Petersen-Perlman 等的研究表明, 受经济系统、生态系统、气候条件以及政治因素和流域内文化的影响, 跨境河流水管理被认为是一种类型的冲突管理或冲突预防^[11]; 吴凤平等认为, 随着各流域国生活水平的提高、人口的快速增长以及全球气候的变化等, 加上水资源分布不均, 各流域国在跨境河流水资源利用上的竞争和矛盾日益激烈^[12]; 胡文俊等提出, 由于各流域国的利益诉求、政治环境、国际涉水制度、观念文化等方面的差异加大, 相邻国家之间的水资源需求争议也会随之增加^[13], 为此, 袁亮等主张在水资源的分配中考虑法律、经济、社会和政治等因素, 否则设计的分配法则很难被接受^[14]。

综上所述, 国内外学者对跨境河流水量冲突的诱致因素已开展了深入探讨, 但对自然因素和社会因素叠加影响方面的系统分析尚显不足, 且对因素的影响程度缺乏量化评估。本研究利用词频法梳理出全球跨境河流水量冲突较为严重的河流, 通过对典型河流案例的解析, 系统梳理跨境河流水量冲突的诱致因素并提取共性因素, 最后通过最优尺度回归模型对共有因素进行验证, 量化评估各因素对水量冲突的影响力。

二、案例筛选

1. 非、美、欧、亚跨境河流冲突缘由分布状况

通过跨境淡水资源争端国际数据库 (TFDD), 分析近百年跨境河流冲突原因出现的词频可知, 反映自然因素的“水量”与反映社会因素的“基础设施”已成为跨境河流冲突的主要原因。其中, “基础设施”产生矛盾的根源在于下游国担心水量会发生时空的改变, 因此, “基础设施”的最终指向其实也

是“水量”因素。

2. 非、美、欧、亚典型跨境河流选取

针对水量冲突次数, 分析近百年位于非、美、欧、亚地区的 10 条跨境河流产生水量冲突次数所占的比例。其中, 非洲地区的尼罗河, 美洲地区的科罗拉多河、格兰德河, 欧洲地区的瓜迪亚纳河, 亚洲地区 (含中东)^①的印度河、恒河、赫尔曼德河、咸海以及中东地区的底格里斯-幼发拉底河、约旦河, 这 10 条河流的水量冲突占四大洲跨境河流水量冲突的比例高达 84.9%, 具有典型代表性, 因此, 选取上述跨境河流作为重点分析对象。

3. 非、美、欧、亚典型跨境河流冲突等级分析

利用 TFDD 等国际相关数据库, 运用统计方法分析 10 条典型河流因水量造成的冲突等级分布情况。其中, 冲突等级分为-1 至-7 共 7 个级别, 分别表示口头表达表现出轻微的不满 (-1)、口头表达表现出强烈的敌意 (-2)、外交-经济敌对行动 (-3)、政治-军事敌对行动 (-4)、小规模军事行为 (-5)、大规模军事行为 (-6) 及正式宣战 (-7)。

典型跨境河流水量冲突等级处于较高的流域有非洲地区的尼罗河, 中亚地区的咸海以及中东地区的约旦河、两河流域。其中, 水量冲突最大的是中东地区的约旦河, 等级高达-6, 即因水量造成了流域国之间发生军事战争。

三、基于典型河流案例的水量冲突诱致因素提取

1. 非洲地区——尼罗河

(1) 水量冲突事件缘起及发展

尼罗河流经干旱地区, 横穿撒哈拉沙漠, 总径流量不大, 流经埃及、苏丹、埃塞俄比亚、乌干达等 10 个国家。流域内 39 个地区的降水呈下降趋势, 水资源蒸发旺盛, 造成地表水补给不足, 上游地区旱年不断^[15]。各国用水量极不均衡, 埃及高达 541 亿 m³, 厄立特里亚仅有 23.8 亿 m³, 且取水用途有一定差异。此外, 截至 2015 年, 流域人口高达 1.74 亿, 人均增长率 2.56%, 埃及高至 3.16%, 预计未来数 10 年人口可能翻番, 而全球人口人均增长率仅为 1.2%。

沿河地区民族矛盾、种族仇视较为严重, 有些国

^①由于中东地区的两条河流冲突较为严重, 均涉及西亚国家, 因而将其归入亚洲。

家甚至连年内战,社会动荡,很难组织有效的合作。1929 年和 1959 年的《尼罗河条约》(沿岸众多流域国家尚未独立)规定,埃及占有尼罗河总水量 840 亿 m³中的 555 亿 m³,苏丹为 185 亿 m³,总计拥有尼罗河 87% 以上的水量,这引起其他国家的强烈不满^[16]。19 世纪初期,尼罗河流域国家相继独立,水资源日趋紧张,国家之间也展开了一系列水权争夺战。1952 年,埃及开始在尼罗河修建阿斯旺大坝以及引水工程,以保障其对尼罗河水资源的使用权^[17]。各国独立后,为获得更多水权,明确表示并未签署《尼罗河条约》,相继私自增加取水量或要求分得更多的水份额^[13],如苏丹开凿引水以增加灌溉面积,并在青尼罗河上修建大坝;埃塞俄比亚境内注入尼罗河的水量占尼罗河总水量的 86%,因此要求每年至少分得 120 亿 m³的水量^[17]。2010 年,埃塞俄比亚、坦桑尼亚、乌干达、卢旺达和肯尼亚五国签署了新的关于尼罗河水资源分配的框架协议,要求均等分享水资源,并在不征得埃及和苏丹同意的前提下修建水利项目,激起了埃及和苏丹的强烈反对;2013 年,埃塞俄比亚开始实施尼罗河一条支流的改道工程,这引发了下游国埃及和苏丹对水资源供应的担忧;2014 年,埃及与埃塞俄比亚因水资源份额问题再次谈判未果^[18]。

(2) 尼罗河水量冲突诱致因素提取

基于上述案例详情,分析尼罗河产生水量冲突的诱致因素(表 1)。

表 1 尼罗河水量冲突诱致因素

冲突类型	客观诱致因素	主观诱致因素
水量冲突	区域位置 ^① 、水文条件 ^② 、气候 ^③ 、人口 ^④ 、经济 ^⑤	国家关系、政治互信、社会文化、历史遗留问题、约束体系 ^⑥

注:①主要指流域沿岸的地区处于干旱半干旱区还是湿润多雨区等,本文中的区域位置指干旱半干旱地区。②主要指流域的径流量和流速。③主要依据柯本盖尔划分全球气候区域的参照对象(包括气温和降水),对气候进行分析。④人口基数、人口增长率以及移民带来的人口增多所产生的水资源压力。⑤经济增长、经济发展方式以及经济实力不对等引发的用水量过多和差异性大。⑥体系主要包括有关水量使用权和所有权的条约、协议及习惯以及相应的约束体制机制。

2. 美洲地区——科罗拉多河与格兰德河

第一,水量冲突事件缘起及发展。科罗拉多河、格兰德河是美、墨共享的河流,所处地区多为干旱、半干旱区,年降水量不足 100 mm,产水量少且蒸发旺盛、渗漏损耗大,主要产业为农业^[19]。科罗拉多

河 2000—2014 年的平均气温比 1906—1999 年高 0.9℃,平均流量比 1906—1999 年的低 19%^[20]。美国处于科罗拉多河的上游,流域总人口为 0.87 亿,人口均增长率 0.73%;相较美国,墨西哥的人口增长率为 1.26%。但在该流域内,美国取水量几乎是墨西哥的 6 倍。格兰德河是两国的界河,人口为 1.09 亿,美国的取水量依然高于墨西哥。此外,科罗拉多流域居民基本生活用水已难以保障,但美国在该地区仍然大力发展农业,使农业用水量不断增加,引发流域沿岸民众及下游国墨西哥政府的不满^[21]。

1944 年,两国针对两河同时签署了水量协定。

①关于科罗拉多河的协议。协议规定,美国正常来水年应向墨西哥提供 18.5 亿 m³ 水量,墨西哥不得以任何理由要求额外用水量^[22]。但实际上,从 20 世纪开始,该流域美国地区人口急剧增加、农业持续发展引发水量需求急剧上升,同时城市污水排放的增加也导致水质下降,造成该流域墨西哥境内土壤盐碱化严重、水质严重恶化,对墨西哥的社会经济尤其是农业生产造成了严重的影响,引发了墨西哥的不满^[23]。②关于格兰德河的协议。协议规定,墨西哥境内的支流圣胡安河、阿拉莫河水量全归墨西哥,墨西哥境内的圣洛特里戈河、巴卡斯河流等流入格兰德河主河道的 2/3 水量属于墨西哥,其余 1/3 归属美国,美国境内的 5 条河流的全部水量归属美国,主河道剩余水量由两国均分^[22]。然而,条约同时规定连续 5 年里,墨供水量平均每年不得低于 4.32 亿 m³,如果出现特大干旱,可以在 5 年内每年输送的水量少于 4.32 亿 m³,但下一个 5 年必须补足所亏欠的全部水量^[13]。若依然不能满足,启用该条约的备忘机制:墨将奎得曼堡以下格兰德河主河道内其他未分配水量以及格兰德河上两座国际水库中应归其所有的那部分水量提供给美国^[22]。此外,条约允许美国在干旱期间停止从科罗拉多河向墨西哥输水,但却不允许墨西哥在格兰德河流域有同样的灵活性^[22]。

受两河水量协定的制约,墨西哥的社会经济发展受到严重影响。2001 年墨西哥北部缺水导致墨西哥试图与美国就科罗拉多河水资源分享问题重新签订协议,而美国同意墨西哥请求的代价是墨必须用格兰德河水偿还,致使墨难以提出与美重新签订科罗拉多水量分配条约^[22]。此外,墨西哥的干旱使其无法实现两国签订的水债契约,至 2005 年,墨西

哥已累积亏欠美国 16.04 亿 m³ 的水量,且随着干旱的继续,墨西哥水债将更加无力偿还。

第二,科罗拉多、格兰德河水量冲突因素提取。基于上述案例详情,提取美墨之间的科罗拉多/格兰德河水量冲突因素(表 2)。

表 2 科罗拉多、格兰德河水量冲突诱致因素

冲突类型	客观诱致因素	主观诱致因素
水量冲突	区域位置、水文条件、	政治强权、
	气候、人口、经济、 水文生态、用水结构	约束体系 国家关系

注:水文生态主要指水质污染、水中生物种缺失等,某一些流域国只重视本国发展,造成水质型缺水,引发流域国之间矛盾;用水结构主要指行业/生活用水比例;农作物种植结构(缺水地区种植高耗水的农作物)等,用水结构的不合理会诱发流域国对水资源量的额外需求,引发流域国之间争夺跨境河流水资源。

3. 欧洲地区——瓜迪亚纳河

(1) 水量冲突事件缘起及发展

瓜迪亚纳河是西班牙和葡萄牙的界河,位于西班牙中南部和葡萄牙东南部,其中葡萄牙位于上游。该流域属于典型的地中海气候,年径流量变化大^[24]。农业是西班牙和葡萄牙南部的主要收入来源,其中,西班牙将瓜迪亚纳河自身可用水量的 89% 用于灌溉,葡萄牙将自身可用水量的 60% 用于农业发展^[24]。20 世纪初以来,随着城市化的发展,当地水资源压力急剧上升,气候变化引起气温升高蒸发量加剧,加之该地区年、季降水量的变化,河流流量显著减少,继而造成流域国之间发生水事件的频率和强度显著增加^[24]。

针对日益紧张的水资源压力,两国关于共享河流问题开展了数次不同级别的争议。两国就 5 条共享河流签订了平均分享水量的协议,协议中明确了瓜迪亚纳河的水量分配原则:上游边界段分配给葡萄牙,因为这段河将会受到葡萄牙境内水利项目的影响,而下游因为不具有水力发电的价值而没有分配;瓜迪亚纳河的 Chanza 支流分配给西班牙^[23]。

(2) 瓜迪亚纳河水量冲突诱致因素提取

通过以上案例详情,分析瓜迪亚纳河水量冲突诱致因素(表 3)。

表 3 瓜迪亚纳河水量冲突诱致因素

冲突类型	客观诱致因素	主观诱致因素
水量冲突	水文条件、气候、 人口、经济	约束体系, 国家关系

4. 亚洲地区——印度河

(1) 水量冲突事件缘起及发展

印度河主要流域国包括印度、巴基斯坦等,流域大部分处于干旱半干旱地区,年平均降水量不到 300 mm 且蒸发量大^[25]。印度河来源于喜马拉雅冰川部分的水资源,受气候变暖影响,冰川融化速度加快,未来水资源供给量将受到严重影响^[26]。该流域拥有近 2 亿人口,且巴基斯坦、印度人口增长率均处于较高水平,分别为 1.80% 和 1.43%,两国取水量也相对不均衡,分别为 244.3 亿 m³ 和 35.9 亿 m³,且都主要用于农业发展。此外,巴基斯坦国土面积的 70% 以上位于印度河流域,92% 的国土位于干旱、半干旱地区,灌溉用水几乎都引自印度河^[27]。

印度河水量冲突主要源于印巴之间。两国独立后,均致力于大兴水利,发展农业生产,导致用水冲突逐渐凸显^[28]。1948 年,印度停止向印度河支流 Dipalpur 运河和 Baridaab 运河的主要分支运送水,造成巴基斯坦的农业遭受巨大损失,引发两国用水冲突。在世界银行调停下,经过多年谈判,两国于 1960 年签订《印度河条约》。条约规定,流域西部河流归巴基斯坦使用,东部河流归印度使用^[29]。但随着两国人口和农业经济的增长,新的用水计划和工程又开始引发争端。争端主要围绕西部 3 条河流,印度开始在西部 3 条河上修建大坝和引水工程,用于发展农业,巴基斯坦认为印度这一做法不仅影响了其农用水源且违反了《印度河条约》,双方发生争执^[29]。2006 年印度遭遇干旱,其明确表示不会遵守之前的印度河协议。2012 年,武装分子破坏印度西三河上乌拉尔大坝建设,印度国家领导人表示武装分子基本为巴基斯坦国民,原因是该大坝建设会造成沿岸区域居民用水困难。

(2) 印度河水量冲突诱致因素

通过以上案例详情,分析印度河水量冲突诱致因素(表 4)。

表 4 印度河水量冲突诱致因素

冲突类型	客观诱致因素	主观诱致因素
水量冲突	水文条件、气候、 人口、经济	国家关系、政治强权、 约束体系

依据收集整理的案例库,利用类似的方法对亚洲几条主要跨境河流水量冲突诱致因素进行筛选(表 5)。

表 5 其他跨境河流水量冲突诱发因素

河流	冲突类型	客观诱发因素	主观诱发因素
恒河	水量冲突	水文条件、气候、人口、经济	政治强权、社会文化、约束体系
赫尔曼德河	水量冲突	区域位置、水文条件、气候、人口、经济	国内政治局势、国家关系、约束体系
威海	水量冲突	区域位置、水文条件、气候、水文生态、地形地貌、人口、经济、资源不协调	国家关系、历史遗留问题、约束体系
两河流域	水量冲突	区域位置、水文条件、气候、地形地貌、人口、经济、用水结构	国家关系、政治强权、约束体系
约旦河	水量冲突	区域位置、水文条件、气候、地形地貌人口、经济、替代方案成本	政治强权、国家关系、国际局势、国际势力、约束体系

根据案例的分析,绘制跨境河流水量冲突诱致因素逻辑关系(图 1)。其中,气候、区域位置、水文生态、水文条件等是自然因素;国家关系、政治互信、政治强权、国际势力、国际局势等方面作为政治外交因素。

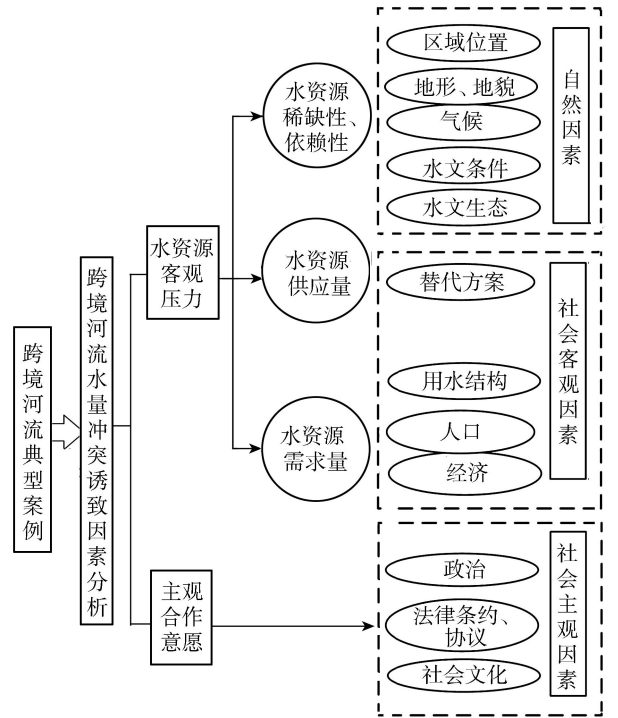


图 1 跨境河流水量冲突诱致因素

分析表 2~5 各因素,并剔除各河流的特殊因素,在图 1 基础上梳理出典型跨境河流的水量冲突的共性诱致因素,包括自然因素中的气候、水文条

件,社会客观因素中的人口因素、经济因素,社会主观因素中的政治外交因素和相应的约束体系(图 2)。

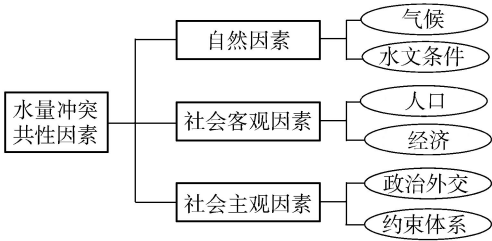


图 2 跨境河流水量冲突共性因素

四、跨境河流水量冲突共性诱致因素影响力分析

最优尺度回归分析方法又称分类回归方法^[30],可以弥补普通线性回归对数据要求十分严格的弊端,擅长将分类变量不同取值进行量化处理,从而将分类变量转换为数值型进行统计分析。根据上述典型案例分析得到跨境河流水量冲突的共性因素,选取水量冲突发生两次及以上的跨境河流作为样本量,通过最优尺度回归模型,验证案例梳理出的共性因素,测算跨境河流水量冲突共性诱致因素影响力。

1. 数据来源

依据 TFDD 以及跨境水项目评估(简称 TWAP)数据库,并结合数据库已有年限(1970—2008 年)的数据整理得到变量数据。其中,政治外交因素数据依据清华大学国际关系学院赋值标准和计算方法并结合上述数据库计算得到。

2. 变量设置和模型建立

(1) 因变量设置

选取水量冲突强度(CQ)作为因变量,代表水量冲突。首先,依据 TFDD 梳理出 1970—2008 年案例所涉及的跨境河流水量的冲突次数(CC)和冲突等级(CD);其次,对冲突次数(CC)和冲突等级(CD)采用线性变换进行规范化处理的基础上,根据熵权法确定冲突次数(CC)和冲突等级(CD)的权重;最后,得到每条跨境河流的 CQ 值。

$$CQ = w_1 CC + w_2 CD \quad (1)$$

式中: w_1 、 w_2 分别为冲突次数(CC)和冲突等级(CD)的权重。

(2) 自变量设置

根据图 2,分别选取水文条件(X_1),人口因素(X_2),经济因素(X_3),政治外交因素(X_4),约束体

系(X_5)5个作为自变量。其中,由于气候对水资源的影响最终是由河流水资源量的存量和变量决定的,因此选用水文条件代表自然因素。

水文条件(X_1):水文条件影响水资源供应量,引发水资源客观压力^①,进而可能诱发流域国水量冲突。依据 TWAP 数据库,选用水文条件中主要衡量指标径流量变化率表示水资源压力的大小,将其分为五级指标。

$$X_1 = \begin{cases} 5 & 80\% < \frac{|R_i - R_{i+1}|}{R_i} \leq 100\% \\ 4 & 60\% < \frac{|R_i - R_{i+1}|}{R_i} \leq 80\% \\ 3 & 40\% < \frac{|R_i - R_{i+1}|}{R_i} \leq 60\% \\ 2 & 20\% < \frac{|R_i - R_{i+1}|}{R_i} \leq 40\% \\ 1 & 0 < \frac{|R_i - R_{i+1}|}{R_i} \leq 20\% \end{cases} \quad (2)$$

式中: R_i 为月径流量; R_{i+1} 为下个月的径流量。

人口因素(X_2):流域人口量以及增长率越大,水资源需求量就越大,引起水资源量客观压力增大,进而可能诱发流域国争夺跨境河流水资源量。同理,依据 TWAP,可得:

$$X_2 = \begin{cases} 5 & 0.8 < \frac{W_3}{S} \leq 1.0 \\ 4 & 0.4 < \frac{W_3}{S} \leq 0.8 \\ 3 & 0.2 < \frac{W_3}{S} \leq 0.4 \\ 2 & 0.1 < \frac{W_3}{S} \leq 0.2 \\ 1 & 0 < \frac{W_3}{S} \leq 0.1 \end{cases} \quad (3)$$

式中: W_3 为民众生活取水量; S 为该条跨境河流的水资源供应量。

经济因素(X_3):经济的发展高度依赖水资源量,尤其是农业经济的发展,对水资源需求量大,极易引发水资源量客观压力,从而可能产生水量冲突。各流域国经济发展对跨境河流水资源量越依赖,压力越大,越容易产生水量冲突,同理,依据上述数据库,可知:

$$X_3 = \begin{cases} 5 & 0.6 < \frac{W_4}{S} \leq 1.0 \\ 4 & 0.4 < \frac{W_4}{S} \leq 0.6 \\ 3 & 0.2 < \frac{W_4}{S} \leq 0.4 \\ 2 & 0.1 < \frac{W_4}{S} \leq 0.2 \\ 1 & 0 < \frac{W_4}{S} \leq 0.1 \end{cases} \quad (4)$$

式中: W_4 为生产所用水量; S 为该条跨境河流的水资源供应量。

政治外交因素(X_4):有研究表明,外部力量对跨境水资源的影响不显著,因此忽略国际第三方的影响,主要考虑流域国之间的政治外交关系^[30]。依据清华大学当代国际关系研究院,赋值流域国政治外交关系系数值介于-9至9,以3为一区间分为对抗(D)、紧张(J)、不和(B)、普通(P)、良好(L)、友好(Y)共6种类型。

$$X_4 = \begin{cases} 6 & 6 < Y \leq 9 \\ 5 & 3 < L \leq 6 \\ 4 & 0 < P \leq 3 \\ 3 & -3 < B \leq 0 \\ 2 & -6 < J \leq -3 \\ 1 & -9 < D \leq -6 \end{cases} \quad (5)$$

约束体系(X_5):跨境河流约束体系越健全,可能会缓解或解除水量冲突的产生。依据 TWAP,将“至少有一个关于水资源管理的条约,至少有一个关于水资源分配机制的协议,至少有一个关于水资源径流量变动管理的协议,至少有一个关于冲突解决机制的条约,至少有一个流域组织”作为约束体系指标,根据五方面缺失程度赋予不同的风险分数(Q)。

$$X_5 = \begin{cases} 5 & 4.51 \leq Q \leq 5.0 \\ 4 & 3.51 \leq Q \leq 4.5 \\ 3 & 2.51 \leq Q \leq 3.5 \\ 2 & 1.51 \leq Q \leq 2.5 \\ 1 & 1.00 \leq Q \leq 1.5 \end{cases} \quad (6)$$

(3)模型建立

根据变量的设定,建立水量冲突模型如下:

$$CQ = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \varepsilon \quad (7)$$

①水资源压力:主要指水资源不能满足人类需求和生态需求。

3. 计算及结果分析

(1) 确定因变量 CQ

根据公式(1),得到每条跨境河流的 CQ 值(表6)。

表 6 各跨境河流 CQ 值

跨境河流名称	CQ	跨境河流名称	CQ
尼罗河	11.54	塞内加尔河	2.97
格兰德河	11.53	拉普拉塔河	3.90
科罗拉多河	10.56	纳尔逊河	57.32
印度河	13.42	圣劳伦斯河	2.91
恒河	38.23	奥龙特斯河	3.86
赫尔曼德河	6.74	芬妮河	1.95
咸海	2.97	杜罗河	2.91
两河流域	96.43	米尼奥河	2.91
约旦河	57.32	瓦达尔河	4.85
瓜迪亚纳河	2.91		

(2) 模型验证

通过计算,复相关系数为 0.984(表7),证明最优尺度回归模型对跨境河流水量冲突问题解释框架统计验证是合理的。调整后的 R^2 为 0.928,显示水文条件、人口因素、经济因素、政治外交因素和约束体系对跨境河流水量冲突问题解释能力达到 92.8%。总体来说,最优尺度回归模型对样本数据的拟合优度还是比较理想的。

表 7 模型摘要

复相关系数 R	R^2	调整后 R^2	明显预测误差
0.984	0.968	0.928	0.032

样本数据拟合模型的整体统计显著性的方差分析表中的显著性系数 0.000(表8),显示拟合模型的整体统计显著性很高,说明水文条件、人口因素、经济因素、政治外交因素和约束体系中至少有一个因素与河流问题具有高度显著的因果关系。

表 8 方差分析

方差来源	平方和	Df	平均值平方	明显预测误差	显著性
回归	18.391	10	1.839	24.171	0.000
残差	0.609	8	0.076		
总计	19.000	18			

根据最优尺度回归模型,以极大似然法估计参数(表9)。表9显示,水文条件、人口因素、经济因素、政治外交因素和约束体系对跨境河流水量冲突的影响及其统计显著性。若以显著性系数小于 0.1 为标准,水文条件、人口、经济对跨境河流水量冲突的影响比较显著,政治外交因素和约束体系不具统计显著性。

表 9 参数估计

因素	标准系数(重复取样 1 000 次估计)				
	Beta	标准误差	Df	F	显著性
水文条件	-0.713	0.378	1	3.556	0.096
人口	1.209	0.355	4	11.613	0.002
经济	0.606	0.286	2	4.650	0.046
政治外交	-0.313	0.293	1	1.141	0.317
约束体系	-0.512	0.297	2	2.975	0.108

政治外交因素出现不显著的可能原因如下:①共享跨境河流涉及多个流域国的利益,20 世纪下半叶以来,各国主要致力于经济发展,流域国不会因政治外交关系恶化刻意挑起跨境河流冲突。相反,更可能是因为流域国水资源压力的增大而产生冲突,影响流域国之间的政治外交关系。②虽然各流域国因水量产生冲突,但更多仅限于口头介入,实质性的政府行为介入较少,所以对冲突的实质性影响并不明显。③此次选取的政治外交因素主要来自共性指标层面,并未深究历史遗留、国际势力的介入等指标,可能存在一定误差。④此次选取的是分类变量,分类变量在平均化处理过程中也可能造成一定误差。

约束体系不显著的可能原因如下:①从梳理的冲突情况来看,众多跨境河流流域国不论签订水量条约与否,都未能有效地控制水量冲突的发生。②从目前约束体系本身来看,很多“双边”或“多边”协议、条约等并没有被流域所在的全部流域国所接受或承认。③为保证本国利益,一些霸权主义流域国会无视已存在的约束体系,签订水量条约及相关约束体系并不能有效控制冲突的产生。④此次研究更多的是基于 20 世纪后期的数据,由于水量相对充沛,流域国之间并未具备签订水量约束协议的紧迫性,流域国之间也未因水量产生过多的冲突。

(3) 模型分析

根据表 10 中的回归系数,构建水量冲突诱致因素的解釋方程

$$Y = -0.713X_1 + 1.209X_2 + 0.606X_3 - 0.313X_4 - 0.512X_5 + \varepsilon \quad (8)$$

根据方程(8)可知,人口、经济因素对跨境河流水量的边际效应最强并呈正向影响,其次是水文条件且呈现负向影响关系。

针对水文条件与水量冲突呈现负向影响关系,本研究给予如下解释:自然因素诱发水资源短缺虽然可能会引发冲突,但也可能促使流域国开展合作。有学者研究证明,水量短缺程度与流域国合作水平

呈倒 U 形^[31],如图 3 所示。此次研究基于 1970—2008 年的数据,依据 TWAP 径流量和人均用水量数据,众多流域国水量尚未达到绝对缺水状态,水量稀缺程度更多处于图 3 的“中”期阶段,因而流域国之间更倾向于寻求“双边”或“多边”合作,而不是产生冲突。在水资源稀缺程度“低”阶段,流域国不缺水,因争夺水资源而产生冲突的概率小,同时需要展开合作的概率也小;在水资源稀缺程度“高”阶段,众多流域国都较为缺水,展开合作会较大程度影响本国利益,因此流域国会更倾向于争夺水资源。

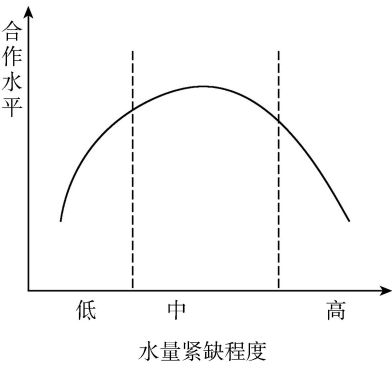


图 3 稀缺-合作关系

根据最优尺度回归模型,得到影响因素之间的相互关系以及跨境河流水量冲突与影响因素间的相关性和容差(表 10)。

①自变量之间关系。表中显示水文条件、人口、经济、政治外交和约束体系的容差绝对都大于 0.1,说明每个因素并不能够被其他影响因素所替代,即因素之间不存在共线性问题。

②零阶相关系数分析。水文条件、人口和经济这 3 个因素与跨境河流水量冲突的线性关系较强,其中,人口与跨境河流水量冲突的线性关系最强。

③根据重要性系数分析。人口对跨境水资源水量冲突问题最重要,其次是水文条件和经济因素。其中,由于政治外交和约束体系显著性未通过检验,所以不再分析零阶相关性和重要性。

表 10 相关性及容差

因素	相关性				容差	
	零阶相关	偏相关	部分相关	重要性	转换之后	转换之前
水文条件	0.454	-0.906	-0.384	-0.334	0.290	0.339
人口	0.786	0.964	0.646	0.981	0.285	0.316
经济	0.491	0.933	0.464	0.313	0.567	0.673
政治外交	-0.426	-0.832	-0.268	0.138	0.733	0.558
约束体系	0.189	-0.894	-0.357	-0.100	0.487	0.534

综上所述,跨境河流水量冲突问题通过最优尺

度回归模型进行统计验证后得到如下结果:①跨境河流水量冲突与其影响因素之间具有典型的线性因果关系,与案例研究结论基本一致,具有较高的统计显著性,并证实了跨境河流水量冲突问题是各种因素综合作用的结果。②人口因素和经济因素对跨境河流水量冲突问题所产生的作用力方向与案例研究结论一致,并具有较高的统计显著性,因此,人口因素和经济因素通过了统计验证。水文条件因素虽具有显著性,但与作用力正好相反,根源可能在于水资源稀缺程度范围上。

关于跨境河流水量冲突的影响因素,得到如下验证结果:①跨境河流水量冲突问题影响因素的边际效应从大到小依次为人口、水文条件和经济;②影响因素在跨境河流水量冲突问题上的解释能力从大到小依次为人口、经济和水文条件;③影响因素在跨境河流水量冲突问题上的重要性从大到小依次为人口、水文条件和经济。综合这些统计分析结果可以明确,跨境河流水量冲突共性因素中的关键诱因是流域国为了保证本国人口的生活用水和经济发展用水。

五、结 语

聚焦跨境河流水量冲突问题,研究其影响因素,通过案例观察方法归纳出跨境河流水量冲突问题的 5 个共性因素。根据国际跨境河流数据库收集到的 1970—2008 年样本数据,采用最优尺度回归模型,利用 19 条典型跨境河流对跨境河流水量冲突问题的共性因素进行统计验证。统计结果表明:人口和经济带来的水资源压力与跨境河流水量冲突问题呈正相关关系,即流域国人口和经济需水量越多,越可能发生跨境河流水量冲突问题,而水文条件带来的水资源压力与跨境河流水量冲突问题呈负相关关系。统计分析还表明:政治外交和约束体系与跨境河流水量冲突问题不具有统计显著性。由于 20 世纪末水量的稀缺程度处于中等级别,因而水文条件带来的水资源压力与跨境河流水量冲突问题呈负相关性。

参考文献:

[1] 何艳梅. 国际河流水资源分配的冲突及其协调[J]. 资源与产业, 2010, 12(4):53-57.

[2] FALKENMARK M, LUNDQVIST J, WIDSTRAND C. Macro-scale water scarcity requires micro-scale

- approaches: aspects of vulnerability in semi-arid development [C]//Oxford, Natural Resources Forum, 1989.
- [3] GLEICK P H. Water and conflict: fresh water resources and international security [J]. International Security, 1993, 18(1):79-112.
- [4] TURTON A, HENWOOD R. Hydropolitics in the developing world: a Southern African perspective [J]. Optics & Photonics News, 2002, 7(2/3):27-28.
- [5] WOLF A T. Managing and transforming water conflicts [M]. Cambridge:Cambridge University Press, 2009.
- [6] LINK P M, SCHEFFRAN J, IDE T. Conflict and cooperation in the water-security nexus: a global comparative analysis of river basins under climate change [J]. Wiley Interdisciplinary Reviews Water, 2016, 3(4):495-515.
- [7] SAKAL H B. Models of regulating water in transboundary river basins:a nexus of hydropolitics and electricity trade [D]. Ankara:Middle East Technical University, 2018.
- [8] RAI S P, WOLF A T, SHARMA N. Hydropolitics and hydropolitical dynamics between India and Nepal: an event-based study[J]. Water Policy, 2017, 19(5):791-819.
- [9] 王志坚. 简论国际流水权理论的构建[J]. 水利经济, 2012, 30(2):22-24.
- [10] 何大明,刘昌明,冯彦,等. 中国国际河流研究进展及展望[J]. 地理学报,2014, 69(9):1284-1294.
- [11] PETERSEN-PERLMAN J D, VEILLEUX J C, WOLF A T. International water conflict and cooperation:challenges and opportunities[J]. Water International, 2017, 42(2):105-120.
- [12] 吴凤平,谭东升. 构建“水安全命运共同体”——从博弈到共享的跨境水资源分配[J]. 经济与管理评论, 2018, 34(6):143-150.
- [13] 胡文俊,黄河清. 国际河流开发与管理区域合作模式的影响因素分析[J]. 资源科学,2011, 33(11):2099-2106.
- [14] 袁亮,沈菊琴,何伟军,等. 基于主体不平等的跨国界河流水资源分配的破产博弈研究[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版),2018,20(2):65-69.
- [15] ONYUTHA C, TABARI H, TAYE M T, et al. Analyses of rainfall trends in the Nile River Basin[J]. Journal of Hydro-Environment Research, 2016, 13(12):36-51.
- [16] 郭思哲. 国际流水权制度构建与实证研究[D]. 昆明:昆明理工大学,2014.
- [17] 扎西. 尼罗河水资源纷争再起——上下游国家矛盾加剧[EB/OL]. (2010-05-21). https://gongyi.ifeng.com/gundong/detail_2010_05/21/1540286_0.shtml.
- [18] 驻埃及经商参处. 埃及与埃塞俄比亚再次就复兴大坝进行谈判未果[EB/OL]. (2018-12-23). <http://www.mofcom.gov.cn/article/i/jyjl/k/201311/20131100406876.shtml>.
- [19] 周婷,郑航. 科罗拉多河水权分配历程及其启示[J]. 水科学进展, 2015, 26(6):893-901.
- [20] UDALL B, OVERPECK J. The 21st century Colorado River hot drought and implications for the future [J]. Water Resources Research, 2017, 53(3):36-51.
- [21] PARCHED. 科罗拉多河水资源利用报道[EB/OL]. (2017-04-08). <https://www.bilibili.com/video/av9688958?from=search&seid=6429892840380283251>.
- [22] 陈海燕. 可利用水量变化影响国际河流分水的实例及其启示[J]. 水利发展研究, 2006, 6(7):53-56.
- [23] 何艳梅. 国际河流水资源公平和合理利用的模式与新发展:实证分析、比较与借鉴[J]. 资源科学,2012, 34(2):229-241.
- [24] JAFROUDI M. Climate change and accommodation of water availability in transboundary rivers:lessons learned from the Guadiana basin [J]. Water Policy, 2018, 20(2):203-217.
- [25] KHAN A H, MCCORNICK P, KHAN A R. Evolution of managing water for agriculture in the Indus River Basin [J]. CGIAR Challenge Program on Water and Food, 2008 (120):1-4.
- [26] 郑宾. 印度河——全球气候变暖的危险范例[J]. 科学生活, 2007(5):35.
- [27] 胡文俊,杨建基,黄河清. 印度河流域水资源开发利用国际合作与纠纷处理的经验及启示[J]. 资源科学, 2010,32(10):1918-1925.
- [28] 何艳梅. 国际水资源利用和保护争端的和平解决[J]. 资源科学, 2011,33(11):98-105.
- [29] 李帅. 印巴、印孟水资源争端的比较研究[D]. 北京:外交学院, 2014.
- [30] 李志斐. 中国跨国界河流问题影响因素分析[J]. 国际政治科学, 2015(2):66-92.
- [31] 李志斐. 中国周边水资源安全关系之分析[J]. 国际安全研究,2015(3):114-135.

(责任编辑:高虹)