

文章编号: 1007-7588(2014)06-1099-08

中亚地区跨界水资源问题研究

姚海娇^{1,2}, 周宏飞^{1,2}

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所阜康荒漠生态站, 乌鲁木齐 830011;

2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 中亚地区是世界上跨界河流水资源矛盾最为突出的地区之一, 跨界水资源管理关系着整个中亚地区的社会经济发展及区域稳定。目前关于中亚跨界水资源问题的论述与研究主要集中在水量分配、水资源量与质的变化预测以及水资源管理等方面。本文通过对前苏联解体以来中亚5国水资源问题的研究成果及合作历程分析, 认为中亚地区水危机的根源不仅仅是水量的缺乏, 更多的是一种水资源管理上的危机, 目前重要问题不是相关管理措施与计划的制定, 而是管理机构的权威建立和已签署协议的执行与落实。需要在联合国相关协议框架内, 在有关国际或地区组织的技术与资金援助下, 建立水资源共享数据库, 实现水资源的有效管理与利用, 协调上下游国家间的水电和灌溉用水矛盾, 建立利益补偿机制, 寻求水资源利益最大化, 实现中亚地区跨界水资源的可持续利用。

关键词: 中亚; 跨界水资源; 水量分配; 水质状况; 气候变化; 水资源管理

中亚地处亚欧大陆腹地, 为典型的大陆性气候, 水资源短缺, 水是制约该区域经济和社会发展的核心因素。在前苏联时期中亚作为前苏联整体的一部分, 水资源可以在苏维埃政府指导下集中管理、统一调配, 并制定其他配套的补偿政策。但自1991年前苏联解体后, 中亚独立为五个主权国家, 伴随而来的是区域间河流变为跨界河流, 跨界河流增加了国家间的用水矛盾, 而能源短缺和气候变化则使中亚跨界水资源问题更加复杂化, 这就使得中亚跨界水资源问题的研究极为迫切。本文在对中亚地区跨界水资源问题相关研究进行系统分析的基础上, 指出了目前相关研究存在的问题, 并对今后的发展提出了一些建议措施。

1 中亚地区跨界水资源概况

中亚地区包括哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、土库曼斯坦和乌兹别克斯坦5个国家, 位于35°08'N-55°25'N, 46°28'E-87°29'E, 东西长约3000km, 南北宽约2400km, 总面积为400.3万km², 总人口为6216万人(2012年)。东与中国新疆维吾尔自治区相邻, 西与俄罗斯联邦、阿塞拜疆隔里海

相望, 南与伊朗、阿富汗接壤, 北与俄罗斯联邦相接。地处欧亚大陆腹地, 属于典型的内陆干旱、半干旱地区, 气候炎热干燥, 蒸发量远大于降雨量。地势东南高、西北低, 地貌形态以沙漠和草原为主, 其中沙漠面积超过100万km², 占总面积的1/4以上, 是一个水资源严重不足的地区。

区域内主要河流和湖泊有阿姆河、锡尔河、楚河、塔拉斯河、伊犁河、纳伦河、额尔齐斯河、咸海、巴尔喀什湖、伊塞克湖等(图1), 多为跨界水体, 是世界上跨界河流最为密集和复杂的地区之一, 主体由锡尔河、阿姆河两大支流所在区域构成的咸海流域, 以及哈萨克斯坦与吉尔吉斯斯坦两国间的楚河流域、塔拉斯河流域和卡尔卡拉河流域构成^[1](表1)。区内主要跨界河流多年平均河川径流量约1014亿m³, 跨界水资源在中亚地区所占的比例很大, 所以跨界水资源的利用与研究在该区域就显得尤为重要。

2 跨界水资源的水量分配

中亚地区跨界水资源分布极不均衡, 以其最大流域—咸海流域为例(表2): 位于上游的塔吉克斯

收稿日期: 2013-11-18; 修订日期: 2014-03-16

基金项目: 国家国际科技合作项目(编号: 2010DFA92720)。

作者简介: 姚海娇, 女, 河北保定人, 硕士生, 主要从事干旱区水文水资源研究。E-mail: haijiaoyao@126.com

通讯作者: 周宏飞, E-mail: zhouhf@ms.xjb.ac.cn

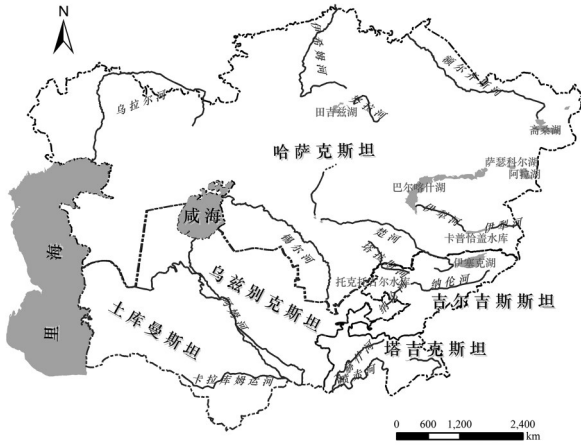


图1 中亚地区主要河流水系示意

Fig.1 The space distribution map of the main rivers in the five central Asia countries

坦和吉尔吉斯斯坦两国拥有的水资源分别占整个咸海流域的48%和23.1%，约占咸海流域水资源的71.1%，而位于下游的乌兹别克斯坦、哈萨克斯坦和土库曼斯坦的水资源量总和仅占20.5%。前苏联时期为了弥补水资源与耕地资源在空间上分布不匹

配的状况，增加该地区的农业产量，对水资源实行集中管理^[4]，确立了“劳动分工”原则，推行用水配额和损失补偿制度，上游国家重点建设各类水利调节设施，为下游提供供水和用电保证，下游国家重点发展灌溉农业和工业，并向上游国家提供能源和工业品与农产品。前苏联的有效协调在一定程度上缓解了水资源分配的矛盾。

前苏联解体后，中亚五国就咸海流域水资源分配问题，沿用前苏联的水资源分配体制，签订了基于《阿拉木图协议》的各国分水比例(表3)，并针对上游国家追求能源独立，下游国家追求灌溉水利独立的问题，签订了一系列国家间关于水资源和能源利用的合作协定^[5-9]，但作为拥有独立主权的国家，往往更加注重国家自身的利益，相关协定并未很好的执行，各国在流域水资源的分配利用与经济补偿方面各执己见^[10-13]，大致分为两派：上游国家(吉尔吉斯斯坦和塔吉克斯坦)和下游国家(哈萨克斯坦、土库曼斯坦和乌兹别克斯坦)。上游国家没有足够的灌溉农田发展农业，粮食不能自给，冬季电力不

表1 中亚五国主要跨界河流^[2,3]

Table 1 Basic description of the main transboundary rivers in central Asia

河流	河源	流域国家	河流长度 (km)	流域面积 (万km ²)	平均河川径 流量(亿m ³)
锡尔河	吉尔吉斯斯坦	吉尔吉斯斯坦、乌兹别克斯坦、塔吉克斯坦、哈萨克斯坦	3 018	78.3	372
阿姆河	塔吉克斯坦	吉尔吉斯斯坦、乌兹别克斯坦、塔吉克斯坦、哈萨克斯坦	2 540	46.5	578
楚河	吉尔吉斯斯坦	吉尔吉斯斯坦、哈萨克斯坦	1 186	6.3	39.5
塔拉斯河	吉尔吉斯斯坦	吉尔吉斯斯坦、哈萨克斯坦	661	5.3	18.3
卡尔卡拉河	吉尔吉斯斯坦东部与哈萨克斯坦交界地区	吉尔吉斯斯坦、哈萨克斯坦	-	-	6.0

表2 咸海流域水资源概况

Table 2 General situation of water resources in Aral Sea Basin

国家	地表水资源量 (km ³ /a)	地下水资源量 (km ³ /a)	重复计算量 (km ³ /a)	水资源总量 (km ³ /a)	占流域水资源总量比重 (%)
哈萨克斯坦*	2.516	1.846	0.622	3.74	2.9
吉尔吉斯斯坦*	29.196	0.862	0.192	29.866	23.1
塔吉克斯坦	59.737	6.65	4.45	61.937	48
土库曼斯坦	1.405	3.36	2.14	2.625	2
乌兹别克斯坦	12.353	18.455	10.659	20.149	15.6
阿富汗/伊朗	10.814	-	-	10.814	8.4
合计	116.021	31.173	18.063	129.131	100

数据来源: SIC ICWC。其中,*数据来源于 SPECA 项目。

2014年6月

表3 基于《阿拉木图协议》的各国分水比例^[4]

Table 3 Water resources distribution according to the Alma-Ata Agreement

国家	锡尔河分水比例(%)	阿姆河分水比例(%)
吉尔吉斯斯坦	1.0	0.4
塔吉克斯坦	9.2	13.6
哈萨克斯坦	38.1	0
乌兹别克斯坦	51.7	43.0
土库曼斯坦	0	43.0
合计	100.0	100.0

足,依靠水库放水发电来补充能源不足,将水资源的分配与其能源安全联系在一起,认为只有大力发展水利设施、修建水电站,才能从根本上解决并保障国家的能源安全。而灌溉农田主要分布在下游地区,水库放水必定会影响下游地区夏季的农田灌溉用水量,造成农产品减产。因此,上下游国家间不同的用水需求,导致了其关于分配和利用跨界水资源的分歧。这也是目前中亚跨界水资源利用上的最大问题。

为促进中亚地区跨界水资源分配利用问题的解决,学者们从各个角度进行了分析,并提出了一些建议措施,总的来说包括法律政策措施、工程技术措施以及经济措施等。

(1)法律政策措施方面,认为在国际上缺乏统一划分水资源的大背景和在中亚地区缺乏有效合作机制的小背景下,应该充分发挥国际水法的重要作用,在上游国家的水能依靠与下游国家的农业依靠中寻找一个平衡点^[4],通过双边协议和多边协议的建立来解决水资源分配问题,将潜在的冲突转变为合作,从而更好地解决水和能源问题。虽然,双边和多边协议不利于全流域水资源的整体开发利用,但却降低了由此引发矛盾与冲突升级的概率,不失为目前可选的一种解决方案^[15]。

(2)工程技术措施方面,认为之所以会产生上下游国家间跨界水资源水量分配矛盾的关键在于上游国家冬季水库放水发电会减少下游国家夏季的灌溉用水量,而这在一定程度上是由于下游国家缺少水库蓄水设施,造成了水资源的不充分利用。所以,解决国家间灌溉与发电冲突的最佳方式是国家间联合开发大型水电站以及在下游国家修建水库^[16]。国家间的联合开发有利于满足不同国家的需

要,打破“零和博弈”,实现互利共赢。莉达^[17]等也认为既然各国家不能就发电蓄水和灌溉用水达成妥协,不如将二者分开。对现有水库和运河进行改造和修复,水库专用于发电,另建几个专门用于下游灌溉的小型水库。这样,通过水库的修建增加下游国家蓄水量,提高其不同气候条件下的适应能力,从而减缓冲突。

(3)经济措施方面,主张实现水资源的市场化^[18],充分发挥经济合作组织的作用^[19],在公平交易的基础上以配额形式解决该地区的水资源危机,其实这在实质上是对前苏联时期的经济管理机制的一种继承和创新,主张通过上下游国家间的经济补偿协议来实现水和能源的互换,通过水资源的市场化来化解水资源冲突。

此外,随着对中亚跨界水资源研究的深入,跨界地下水资源的分配与利用也逐渐受到关注^[20,21]。1998-2001年间中亚大旱,下游国家对地下水资源的开发与利用引起了学者们的关注,认为相对于回归水而言地下水在质和量上均具有优势,在一定程度上对其进行开发利用有利于缓解水资源危机,是目前各国解决水资源问题最有效的途径。但由于区域目前对跨界含水层开展的实质性工作还很少,且地下水具有难恢复性,对其分配与管理机制的制定考虑的因素会更加复杂。综合管理地表水与地下水将会是未来中亚跨界水资源水量分配与管理的核心。

3 跨界水资源的水质研究状况

中亚跨界河流的水质状况不佳,且自上游往下游递减^[22]。在中亚被检测的水体中,有25%的水体水质介于合格与不合格之间,8%的区域为重度污染和极重度污染,44%为中度污染区,清洁或轻度污染区仅占23%,水质状况亟待改善^[23]。目前国内外学者关于跨界河流水资源水质状况的研究主要集中在两方面:前苏联时期影响下的水资源污染状况研究以及目前关于回归水利用与管理的研究。

(1)关于中亚水资源污染状况的研究,以Navruz(意为新的开始)项目为核心。受前苏联核试验的影响,以哈萨克斯坦为代表的中亚五国核污染严重。中亚地区在前苏联时期划分为两个经济区即哈萨克斯坦经济区(包括哈萨克斯坦全境)和中

亚经济区(除哈萨克斯坦以外的4个中亚共和国)。在这两个经济区内,有色金属的开采和冶炼占有重要地位,由于生产工艺落后,产生大量有害物质,严重污染了空气、土壤和水源^[24]。为了解决中亚水资源污染问题,哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦和乌兹别克斯坦的4个核物理研究机构与美国山迪亚国家实验室合作开展了Navruz项目^[25]。Navruz项目分3个阶段展开:首先,于2000年3月在乌兹别克斯坦的核物理机构开展。在咸海主要河流及其支流上选取了60个监测点(每个国家15个),运用标准化方法监测其水质参数、放射性核素和重金属污染程度;其次,自2002年开始增加采样点,每个国家30个采样点,并选取典型样点进行分析;最后,于2006年开始逐步实现流域管理与模型决策的结合^[26]。通过3个阶段最终期望达到3个目的:增加中亚国家水资源可持续管理的能力;实现区域核状况的透明化,为控制核扩散提供科学基础;最终减少中亚水资源的冲突与威胁。该项目是中亚国家间关于河流的首次合作,研究实现了数据的初步共享,为进一步的研究包括污染程度、污染来源等奠定了基础。此外,作为Navruz项目的一部分美国山迪亚国家实验室运用同位素等先进技术对中亚五国的跨界河流进行了生物放射性监测,获得了大量数据,在一定程度上弥补了中亚地区跨界河流水质数据缺乏的现状。

(2)关于回归水的利用与管理。之所以将回归水的利用与管理作为跨界水资源水质状况研究的重点是因为除地表水与地下水外,回归水是中亚地区可利用水资源的重要组成部分。仅咸海流域内的回归水就有36~40km³,且其中88%是跨界回归水(Transboundary return flow)^[27]。虽然回归水再利用对水资源短缺地区具有重要意义,但对于资金和技术相对不足的中亚地区而言回归水也是其水质和环境污染的重要来源。针对回归水利用存在的主要问题,学者们进行了各种研究,其中Victor等^[28]对咸海流域回归水的不同利用方式(表4)制定了详细的排放指标,对今后回归水的管理具有重要的指导意义。

水资源水质状况的调查与研究为政府层面的管理提供了科学依据,应更好的发挥ICWC(国家间

表4 咸海流域跨界回归水的利用状况^[28]

跨界回归水利用方式	水量(km ³)	所占比例(%)
直接排放到河流	18~20	50
灌溉	4~5	13
排放到其他水体	14~16	36
总跨界回归水量	32~35	100

水协调委员会)和IFAS(拯救咸海国际基金委员会)等国际组织的作用,使跨界水资源的管理与保护更好的结合起来。

4 气候变化背景下的跨界水资源利用

气候变化必然会引起水循环的变化,进而影响水资源在时间和空间上的重新分配和水资源量的改变,使本来水资源形势就很严峻的中亚地区跨界水资源的利用更加复杂化。近年来随着气候变化相关研究的展开,人们越来越关注气候变化对水资源缺乏的中亚地区的影响。目前国内外研究主要集中在气候变化对中亚地区水资源可能带来的影响以及面对气候变化中亚地区应采取的适应措施两个方面。

Schaefer J M, Barneet T P等学者的研究表明很小规模的气候波动也会对过去1亿年的冰川产生很大影响^[29-31],中亚主要河流以高山积雪和冰川融水补给为主,Ososkova T等基于长时期水文和气象站的观察对区域气候变化下的水资源和水循环进行了预测,结果表明气候变化对冰川积雪融化有很大影响,而且在咸海流域不同地区程度不一样,阿姆河流域以冰川补给为主,锡尔河流域以季节性积雪补给为主,相比较而言,阿姆河流域对气候变化的响应更明显^[32]。从气候研究中心下载的气温数据^[33]和该区域早期单个气象站^[34]的研究表明:自20世纪初该区域气温有一个1~2℃的稳定变暖的趋势,且冬季升温更加明显。降水的相关数据并未显示区域内变化的一致性,气温与降水之间没有必然的相关关系^[35]。对于未来气候变化的可能预测是基于不同气候情景以及不同模型的模拟结果,但由于大部分预测是基于几个少量的观测站的资料来推断广大地区的变化而且大部分观测站位于灌溉区缺乏代表性所以预测结果难免会产生误差^[36]。再加上人类活动引起的土地覆被变化对气候的影响日益加大,未来的变化不确定性更加突出。但主要有两种

2014年6月

观点: 悲观者认为气候变暖会减少水资源量, 增加中亚国家间的水冲突; 乐观者认为气温的升高会引起冰川积雪融水量的增加, 至少在几十年内会增加径流量。此外, 也有一些学者认为气候变化不会对中亚地区水资源产生太大影响, 甚至有学者认为目前中亚地区水资源的剧烈变化相对于气候变化而言人为影响的结果更大, 气候变化的影响可能在未来40年内逐渐展开^[37]。

虽然, 关于气候变化对中亚水资源的影响尚未形成统一认识, 但是变化是肯定的, 所以面对气候变化国内外各学者提出了各种适应措施^[38, 39]。指出为了更好地应对气候变化, 实现经济、社会发展与环境保护的相协调, 各国有必要制定与水管理相关的适应方案, 实现信息的共享与公平、更改种植计划、建立不同范围的管理机构和灵活的管理政策, 并建立预警机制更好的应对极端气候事件的发生, 逐步实现水资源的综合管理(IMWR)。

5 跨界水资源管理的合作历程

伴随着前苏联的解体中亚许多国内河流变成了跨界河流, 在跨界水资源争议问题上, 中亚各国

都意识到谈判与合作才是解决问题的出路, 对抗只会加深彼此间的矛盾。所以, 自独立伊始, 各国为解决水资源问题表现出了极度的忧虑和希望共同合作解决问题的意愿建立了各种管理机构(图2)并签署了一系列合作协议(表5)。

表5 中亚5国签订的主要协议^[40]

Table 5 The cooperation agreements among the Central Asia countries

签约日期	签约国	协议名称
1992年2月18日	哈、吉、塔、土、乌	《关于在共同管理与保护跨境水资源领域合作的协议》(即《阿拉木图协议》)
1993年3月26日	哈、吉、塔、土、乌	《关于解决咸海及其周边地区危机并保障咸海地区社会经济发展的联合行动的协议》
1995年9月20日	哈、吉、塔、土、乌	《努库斯宣言》(即《咸海宣言》)
1997年2月28日	哈、吉、塔、土、乌	《阿拉木图宣言》
1998年3月26日	哈、吉、塔、乌	《塔什干宣言》
1999年4月9日	哈、吉、塔、土、乌	《阿什哈巴德宣言》
2002年10月6日	哈、吉、塔、土、乌	《中亚国家元首关于2003-2010年就改善咸海流域生态和社会经济状况采取具体行动的决定》(《杜尚别宣言》)

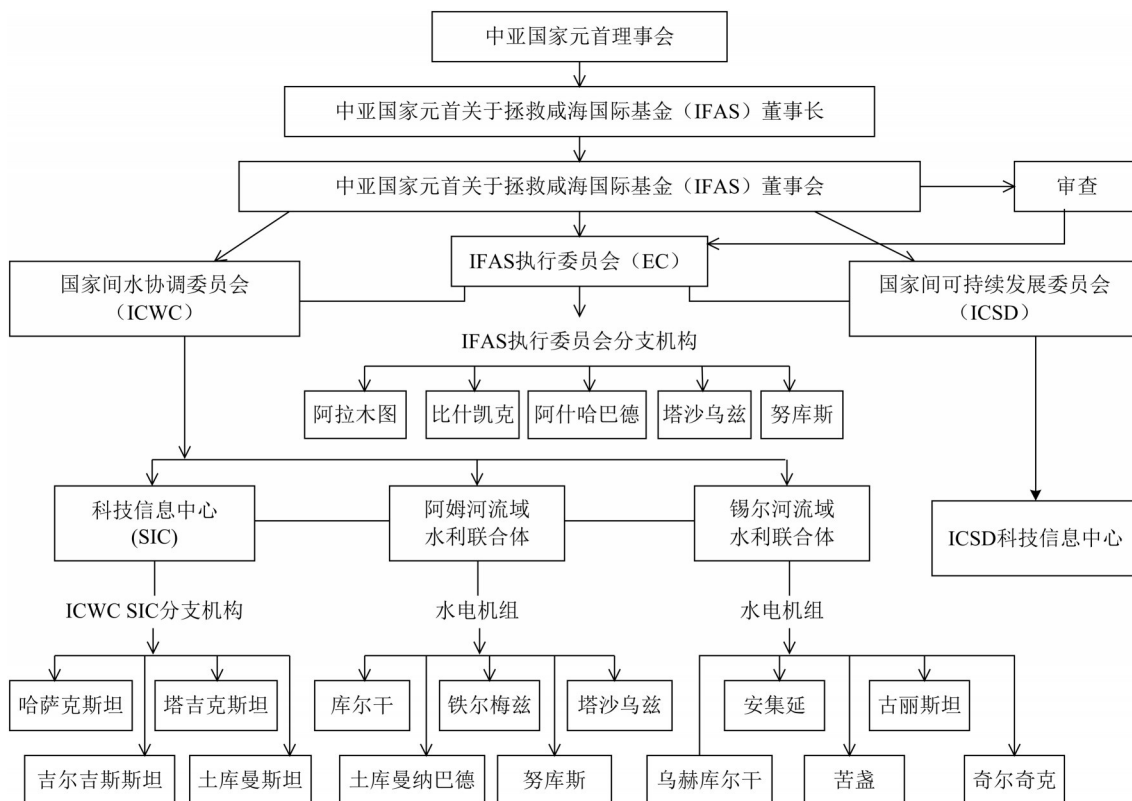


图2 中亚水资源管理机构组织体系

Fig.2 The water management institution system in Central Asia

尽管机构不断成立、会议不断召开、协议不断签署,但在遇到具体问题时,中亚各国大多从本国利益出发,奉行“零和博弈”的思想,谁都不愿意在自身利益方面做出让步,结果是会议开得不少,协议签的也不少,各国依旧我行我素,问题基本没有解决,形成一种“理论上妥协、现实对抗”的局面。

6 总结与展望

目前中亚跨界水资源存在的主要问题有:上下游国家间的用水矛盾、水质的不断恶化、水资源的粗放利用、全球气候变化对水资源变化的影响、水资源数据共享不足、水资源管理缺乏有效协调机制、政府水利资金投入不足、落后的发展观念以及由于人口增加导致的人均水资源减少对中亚水安全的影响。

中亚跨界水资源管理关系着整个中亚地区经济社会发展及和平安全等问题,学界关于中亚跨界水资源管理的论述可谓不少,都有一定的理论和实践意义,但也存在一些问题。在水量分配管理方面,只是停留在呼吁建立综合管理体系的基础上,很少有详细的区域规划和普遍接受的分配规则的制定;水质管理方面仍停留在数据的采集与分析阶段,缺乏有效地预警机制和公认的管理标准;对跨界水资源的生态养护关注很少。

今后中亚跨界水资源管理要取得实质性进展,就必须从以下3个层面努力:

(1)政府层面:目前各国家争论的焦点在水量分配额方面,实际应意识到根源并不是各国分得的水资源量,而是各国通过水资源量可以获得的利益的多少,所以,解决中亚水问题的根源并不仅是水量分配额的多少,而是各国间利益分配的问题。各国政府应转变发展观念,意识到前苏联虽然解体,但要国家强大就必须加强国家间的合作,应加强彼此信任,共同努力,寻找各国利益均衡点,敦促各国将签署的协议落到实处。

(2)国际组织层面:由于中亚各国都是新独立的国家,刚刚摆脱苏维埃政府的集中管理,还未充分享受独立主权,从心理上并不愿意服从一个超国家的权威机构的管理。从ICWC的管理就可以看出这点,其仅仅具有不可置信的威胁。更好地发挥国际组织作用是一个长期过程,目前国际组织首先要

做的是加强国际上对中亚地区的技术、资金和人力方面的支持,敦促中亚各国积极履行相关协议。

(3)学术界层面:努力实现数据的共享,建立完善中亚水资源信息数据库。采用新技术,如卫星遥感、同位素技术等弥补数据的不足。加强现代水资源监测、调度以及节水技术的研究与示范。围绕核心问题“水量的公平分配、水质的保障、全流域生态平衡”进行制度的构建和原则的设计,提出切实可行的水管理措施。

参考文献(References):

- [1] 邓铭江,龙爱华,李湘权,等. 中亚五国跨界水资源开发利用与合作及其问题分析[J]. 地球科学进展, 2010, 25(12): 1337-1346.
- [2] UNECE/UNEP-ROE. Transboundary Water Cooperation in the Newly Independent States[R]. http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/water/documents/transbwatcoopnis_fin_e.pdf, 2013-11-18.
- [3] United Nations. Strengthening Cooperation for Rational and Efficient Use of Water and Energy Resources in Central Asia[EB/OL]. http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/water/damsafety/effuse_en.pdf, 2013-11-18.
- [4] Bedford D. International water management in the aral sea basin [J]. *Water International*, 1996, 21: 63-69.
- [5] Gregory G. The Central Asian States-Discovering Independence [M]. Westview Press A Division of Harper Collins Publishers, 1997.
- [6] Dushen M, Mamatkanov. Mechanisms for Improvement of Transboundary Water Resources Management in Central Asia[A]. John E. M., Mikhail K. K., Steven F. L., et al. Transboundary Water Resources: A Foundation for Regional Stability in Central Asia [M]. Springer Netherlands, 2008.
- [7] Ernazar J M, Llhomon E M, Lenzi Z S. Problems of Water Resource Management in Central Asia[A]. John E. M., Mikhail K. K., Steven F. L., et al. Transboundary Water Resources: A Foundation for Regional Stability in Central Asia[M]. Springer Netherlands, 2008.
- [8] Philip P, Micklin. Desiccation of the Aral Sea: A water management disaster in the Soviet Union[J]. *Science*, 1988, 241(4870): 1170-1176.
- [9] Yuldashev B S, Salikhbaev U S, Kist A A, et al. Radioecological monitoring of transboundary rivers of the Central Asian region[J]. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2005, 263: 219-228.

2014年6月

- [10] 姚海娇,周宏飞. 中亚五国咸海流域水资源策略的博弈分析[J]. 干旱区地理, 2013, 36(4): 764-771.
- [11] 邓铭江,龙爱华. 中亚各国在咸海流域水资源问题上的冲突与合作[J]. 冰川冻土, 2011, 33(6): 1376-1390.
- [12] 张宁. 乌兹别克斯坦和塔吉克斯坦之间的水资源矛盾[J]. 俄罗斯中亚东欧市场, 2009, (11): 26-30.
- [13] 付颖昕. 中亚的跨境河流与国家关系[D]. 兰州: 兰州大学, 2009.
- [14] 赛德尔. 预防中亚地区跨界水资源纠纷的途径研究[D]. 上海: 同济大学, 2008.
- [15] 张宁. 中亚国家的水资源合作[J]. 俄罗斯中亚东欧市场, 2005, (10): 29-35.
- [16] NORMATOV I S, PETROV G N. Integrated Management Strategy for Transboundary Water Resources in Central Asia[A]. J. Anthony A., Trahel G. V., Christina H. Threats to Global Water Security[M]. Springer Netherlands, 2009.
- [17] 莉达. 中亚水资源纠纷由来与现状[J]. 国际资料信息, 2009, (9): 25-30.
- [18] 张新花,何伦志. 中亚水资源纠纷及通过水资源市场化的解决途径[J]. 新疆社会科学(汉文版), 2008, (1): 59-63.
- [19] 李立凡,刘锦前. 中亚水资源合作开发及其前景——兼论上海合作组织的深化发展战略[J]. 外交学院学报, 2005, (80): 36-41.
- [20] Ken H, Anne G. Transboundary Aquifers as Key Component of Integrated Water Resource Management in Central Asia[A]. John E. M., Mikhail K. K., Steven F. L., et al. Transboundary Water Resources: A Foundation for Regional Stability in Central Asia [M]. Springer Netherlands, 2008.
- [21] Shavkat R, Philippe L C, Mikael M H. Groundwater resources use and management in the Amu Darya River Basin (Central Asia) [J]. *Environment Earth Science*, 2010, 59: 1183-1193.
- [22] 杨恕,王婷婷. 中亚水资源争议及其对国家关系的影响[J]. 兰州大学学报(社会科学版), 2010, 38(5): 52-59.
- [23] Zharkov V V, Zharkoy D V. Hydrochemical composition of waters of the Karakum-river[J]. *Problems of Desert Development*, 2002, (4): 66-71.
- [24] Rebecka T, Jerker J, Bakhtiyor K. Health risks from large-scale water pollution: Trends in Central Asia[J]. *Environment International*, 2011, 37(2): 435-442.
- [25] Barber D S, Betsill J D, Mohagheghi A H, et al. The Navruz experiment: Cooperative monitoring for radionuclides and metals in Central Asia transboundary rivers[J]. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2005, 263(1): 213-218.
- [26] Passell H D, Solodukhin V, Khazekhber S, et al. The Navruz Project: Cooperative, Transboundary Monitoring, Data Sharing and Modeling of Water Resources in Central Asia[A]. Brit Salbu, Lindis Skipperud. Nuclear Risks in Central Asia; NATO Science for Peace and Security Series Series C: Environmental Security [M]. Springer Netherlands, 2008.
- [27] Crosa G, Froebrich J, Nikolayenko, et al. Spatial and seasonal variations in the water quality of the Amu Darya River (Central Asia)[J]. *Water Research*, 2006, 40(11): 2237-2245.
- [28] Victor A D, Galina S. Strategy of transboundary return flow use in the Aral Sea basin[J]. *Desalination and the environment water shortage*, 2001, 139: 299-304.
- [29] Schaefer J M, Denton G H, Barrell D J A, et al. Near-synchronous interhemispheric termination of the last glacial maximum in mid-latitudes[J]. *Science*, 2006, 312(5779): 1510.
- [30] Barneet T P, Adam J C, Lettenmaier D P. Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions [J]. *Nature*, 2005, 438(7006): 303-309.
- [31] Watter W I, Ludovicus P H, Van B, et al. Climate change will affect the Asian water towers[J]. *Science*, 2010, 328: 1382-1385.
- [32] Ososkova T, Gorelkin N, Chub V. Water resources of Central Asia and adaptation measures for climate change[J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2000, 61(1): 161-166.
- [33] Jones P D, New M, Parker D E, et al. Surface air temperature and its changes over the past 150 years[J]. *Reviews of Geophysics*, 1999, 37: 173-199.
- [34] Lioubimtseva E, Cole R, Adams J M, et al. Impacts of climate and land-cover changes in arid lands of Central Asia[J]. *Journal of Arid Environments*, 2005, 62(2): 285-308.
- [35] Savitsky A G, Schluter M, Taryannikova R V, et al. Current and Future Impacts of Climate Change on River Runoff in the Central Asian River Basins[M]. Berlin: Springer, 2007.
- [36] Elena L, Roy C. Uncertainties of climate change in arid environments of Central Asia[J]. *Reviews in Fisheries Science*, 2006, 14: 29-49.
- [37] Hedi O, Katerina N, Anna P, et al. Variability in precipitation, temperature and river runoff in W Central Asia during the past ~ 2000 years[J]. *Global and Planetary Change*, 2011, 76: 95-104.
- [38] Tobias S, Tomas B, Renaud G, et al. Will climate change exacerbate water stress in Central Asia?[J]. *Climatic Change*, 2012, 112: 881-899.
- [39] Lioubimtseva E, Henebry G M. Climate and environmental change in arid Central Asia: Impacts, vulnerability and adaptations[J]. *Journal of Arid Environments*, 2009, 73: 963-977.
- [40] 水利部国际经济技术合作交流中心. 国际涉水条法选编[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2011.

Research on Issues of Transboundary Water Resources in Central Asia

YAO Hai-jiao^{1,2}, ZHOU Hong-fei^{1,2}

(1. Fukang Station of Desert Ecology, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Central Asia is one of the most prominent areas with serious water resources contradictions. Since the main rivers in this region are transboundary, the management of these rivers has a great impact not only on the social economic development of the region, but also on social security. A lot of researches about transboundary water resources problems in this region had been done by scholars and experts. These researches are mainly focused on the water allocation, water prediction (including water quantity and quality), water pollution, water management etc al. In this paper, these related research results were analyzed, and the water resources cooperation process between countries was presented. The article points out that water volume is not the only water problem in Central Asia, but the management of water resources among the countries is the key water problem. At present the most important question is not the establishment of the relevant management measures and plans but the establishment of the authority management organization and the implement of the agreements that has signed. At last a series of measures were list to realize the sustainable utilization of the transboundary water resources in Central Asia. On the one hand, in order to realize the effective management and utilization of the transboundary water resources, a shared database of water resources should be established within the framework of relevant agreement at the United Nations. On the other hand, in order to realize the benefit maximization of water resources, a corresponding interest compensation mechanism, which will relieve the water contradictions between upstream and downstream countries, should be established. In addition, strengthen the international or regional support in funds and technology is also very necessary for the realization of regional sustainable development.

Key Words: Central Asia; Transboundary water resource; water quantity distribution; water quality condition; climate change; water resource management