

中哈界河伊犁河流域生态环境演变 及其驱动力

王玉娟 国冬梅

【内容提要】 在全球水资源日益紧张的形势下，跨界河流水资源利用和生态保护问题备受关注。中哈界河伊犁河流域生态环境演变及其影响因素分析成为研究热点。大量研究表明，气候变化是引起该流域生态系统变化的主要原因，而人类活动只是加剧了这一变化过程。其中，人类活动也主要是哈境内的大型水利工程建设和农业资源开发等；中国对伊犁河流域水资源的开发有限，对下游生态环境影响不大。

【关键词】 伊犁河流域 生态环境演变 跨界河流

【基金项目】 环境保护部财政专项《上海合作组织环保合作专项》（项目编号：2110106）。

【作者简介】 王玉娟，中国—上海合作组织环境保护合作中心副研究员；国冬梅，中国—上海合作组织环境保护合作中心研究员。

在水资源日益紧张的形势下，跨界河流水资源利用和生态保护问题备受关注。20 世纪 70 ~ 80 年代末，哈萨克斯坦境内伊犁河上的卡普恰盖水库下游出现尾间湖泊萎缩、入湖水量减少、水位下降、生态恶化等问题，在一定程度上影响了哈萨克斯坦的生态、环境和局地气候，成为哈萨克斯坦最为关注的热点问题。

哈萨克斯坦以及国际上一些专家认为，上述问题主要是由于中国在伊犁河上游大量引用水资源造成的。实际上，对于跨界河流—湖泊流域的水资源和生态环境保护，双方需要加强合作。针对巴尔喀什湖及其三角洲生态环境恶化的驱动力，中哈两方持有不同观点，双方学者针对这个流域生态环境演变及原因做了大量研究，结论差异较大。为此，本文在文献调研

的基础上,基于遥感数据,分别从伊犁河流域生态环境演变规律、自然和人为因子变化、生态环境演变和驱动力相互关系等方面进行了分析,在此基础上对责任界定进行了归纳。

一 研究区概况

伊犁河是中国与哈萨克斯坦的跨界河流,发源于哈萨克斯坦境内,流经中国新疆伊犁地区,最后注入巴尔喀什湖。流域面积 15.12 万平方千米,其中哈萨克斯坦境内 9.3 万平方千米,中国境内 5.82 万平方千米。河流全长 1 236.5 千米,在中国境内,河道长 558.5 千米。

伊犁河上游和中游为山地,降水丰富,年均可达 600~1 000 毫米,而且有冰川和高山积雪,是流域主要径流补给区;下游和三角洲地区,降水稀少,年均仅 150 毫米左右,几乎不产生径流,河川径流被大量蒸发消耗,是流域主要水资源消耗区。土地利用以中低覆盖度草地、灌木林地为主,农田较少。

二 伊犁河流域生态环境演变特征分析

(一) 伊犁河流域土地利用与覆被变化

目前,针对伊犁河流域土地利用与覆被变化,主要是基于多源多期遥感数据解译或分类做进一步分析研究。朱磊等人利用 20 世纪 70 年代多光谱扫描仪 (Multi Spectral Scanner, MSS)、90 年代的专题制图仪 (Thematic Mapper, TM)、2000 年和 2007 年的增强型专题制图仪 (Enhanced Thematic Mapper, ETM) 等遥感数据,得到伊犁河中下游近 40 年的土地利用与覆被变化情况^①;巴斯托夫等人基于 Google Earth 平台高分影像数据,分析了巴尔喀什湖流域中下游土地利用变化及其水资源的开发利用问题^②;蔡明勇等人利用中分辨率成像光谱仪 (Moderate - Resolution Imaging Spectroradiometer, MODIS) 产品提取了伊犁河流域 2001~2009 年土地利用数据,划分

^① 朱磊、罗格平、陈曦等:《伊犁河中下游近 40 年土地利用与覆被变化》,《地理科学进展》2010 年第 3 期。

^② 雪克来提·巴斯托夫、龙爱华、邓铭江等:《基于 Google Earth 的巴尔喀什湖流域中下游水资源开发利用研究》,《干旱区地理》2012 年第 3 期。

流域的产流区和耗水区,结合流域跨界特点分析其土地利用变化特征^①。基于这些研究成果,对该地区土地利用变化特征总结如下。

1. 伊犁河流域以耕地和天然植被为主,耕地面积呈现增加—减少—恢复性增长的变化趋势,天然植被面积总体稳定

从灌溉面积来看,1960~1990年持续增加,20世纪90年代前后达到最大值,主要是由于伊犁河中下游地区水利工程和大型灌区的建设;苏联解体后,灌溉面积出现减少趋势,主要是受当时灌溉条件不足的制约;从21世纪开始,流域灌溉面积又有所增加。天然植被面积总体稳定。

2. 中国境内土地利用变化波动幅度较小,其中农田面积持续增加,天然植被面积持续缩小

哈萨克斯坦境内土地利用类型变化明显,主要是由于其政治、经济体制改革的缘故;中国境内流域开发利用政策较为稳定,土地利用变化波动幅度较小。2001~2009年,伊犁河上中游产流区内,中国境内农田面积相对境外持续增加,而天然植被面积则持续缩小^②。

(二) 伊犁河三角洲生态环境退化

针对伊犁河三角洲生态环境问题,中国学者也进行了相关研究。罗格平等基于遥感和水文数据,采用景观结构梯度分析法、景观干扰度指数等方法,针对1975~2007年伊犁河三角洲景观结构时空演变特征及其影响机制进行了系统分析和探讨^③;谢蕾等人利用统计学方法,重现了1936~2008年72年间三角洲实际耗水量演变过程,并对其与三角洲顶端来水的关系进行了分析^④。其主要结论如下。

第一,从土地利用类型看,林地面积减少,土地大规模荒漠化,水面和沼泽面积急剧减少,湿地生态系统受到很大破坏;第二,下游河道生态受到较大影响,其中河道水热状态改变,水生植物和水生动物生存条件受到威胁,其中鱼类生存条件受影响较大,导致鱼种类减少,鱼类产量下降。

^① 蔡明勇、杨胜天、周秋文等:《伊犁河跨界流域土地利用变化特征分析》,《世界地理研究》2013年第3期。

^② 同^①。

^③ 罗格平、王渊刚、朱磊等:《伊犁河三角洲景观结构的影响机制研究》,《干旱区地理》2012年第6期。

^④ 谢蕾、龙爱华、邓铭江等:《伊犁河下游三角洲生态耗水研究》,《冰川冻土》2011年第6期。

(三) 伊犁河流域水利工程建设

按照规划,截至2012年,中国境内伊犁河流域已建成5座水电站(恰甫其海水电站,巩乃斯河支流恰甫河上的三级、四级水电站,喀什河吉林台一级水电站和托海水电站),在建水电站7座。目前,水电开发仅限于支流,以发电为主,兼顾灌溉和防洪,现有引水能力仅占中国境内实控径流量的33%,大部分水量流入哈萨克斯坦^①。

哈萨克斯坦在支流和干流上修建了大量水利工程。中国新疆水利厅的研究表明,巴尔喀什湖流域中下游的水资源开发利用率高,主要水利工程有卡普恰盖水利枢纽、大阿拉木图供水工程,同时还有小型电站、中小型水库等。其中,卡普恰盖水库于20世纪60年代初开始兴建,1970年建成蓄水。在该水库建设前,库区周围的农业不发达,随着水库的建成,在水库北岸和水库下游开发了大量灌区(如水库北岸的钦基利德灌区、水库下游的阿克达拉灌区等),同时在水库左岸支流进行大规模的引水开发,使得巴尔喀什湖水位持续下降,1987年逼近历史实测最低水位^②。

(四) 巴尔喀什湖自然生态环境演变趋势

河海大学周文婧、夏自强等基于巴尔喀什湖流域5个气象站1936~2005年的逐月降水资料,采用分摊熵、趋势系数和非参数统计检验法对降水量特征和变化趋势进行分析^③;肉孜买买提·阿不来提选用伊犁河流域9个水文、气象代表站点1957~2009年月平均和年平均降水资料,采用线性趋势分析法,结合突变检验方法对中国境内伊犁河流域上游区域的降水趋势进行了分析^④;肖婷婷等根据巴尔喀什湖流域4个代表站1936~2005年的逐日气温资料,应用滑动平均法、气候倾向率法和距平分析法对该流域平均气温进行年际变化特征分析,对年极端气温及其频数的年际变化进行未来趋势的预测^⑤;

① 郭利丹、夏自强、王志坚:《咸海和巴尔喀什湖水之变化与环境效应对比》,《水科学进展》2011年第6期。

② 雪克来提·巴斯托夫、龙爱华、邓铭江等:《基于Google Earth的巴尔喀什湖流域中下游水资源开发利用研究》,《干旱区地理》2012年第3期。

③ 周文婧、夏自强、黄峰等:《巴尔喀什湖流域降水量及其年内分配的变化特征》,《水电能源科学》2013年第6期。

④ 肉孜买买提·阿不来提:《伊犁河流域降水量变化趋势分析》,《甘肃水利水电技术》2012年第7期。

⑤ 肖婷婷、夏自强、郭利丹等:《巴尔喀什湖流域1936~2005年气温特征》,《河海大学学报(自然科学版)》2011年第4期。

邓铭江等针对巴尔喀什湖百余年来湖泊水位变化,选取卡依尔干、卡上 171 千米、卡普恰盖、乌斯热尔玛等 4 处水文站的系列资料,对伊犁河干流、径流沿程变化情况进行分析,比较了卡普恰盖水库建成蓄水前后其对水库下游河道径流变化的影响^①。

1. 降水量:近 70 年呈显著上升趋势

从年际变化看,20 世纪 30~50 年代偏少,60 年代偏多,70 年代又偏少,20 世纪 80 年代至 21 世纪初有所增加,整体呈上升趋势。

从年内分配看,70%集中在 4~7 月和 10~12 月。伊犁地区气候变化与整个新疆的变化趋势基本保持一致,年降水量在 1986 年和 1997 年发生了突变,突变点以前呈现减少趋势,突变点以后呈现增加趋势,但增加趋势不显著。

2. 气温:年均气温总体呈上升趋势

1936~2005 年,年均气温总体呈上升趋势。气温上升的倾向率由南向北、由东向西逐渐降低;年均气温年代距平值由负变正,变幅逐渐增大。以阿拉木图站为例,其年极端最高、最低气温均呈上升趋势,且未来年极端气温将呈持续上升趋势,未来年极端最低气温上升持续性强。

3. 水位:具有明显丰枯周期变化

针对巴尔喀什湖百余年(1879~2000 年)来的湖泊水位变化,对伊犁河干流沿程变化情况进行分析,比较了卡普恰盖水库建成蓄水前后其对水库下游河道径流变化的影响。主要结论如下:巴尔喀什湖水位具有明显的丰枯周期变化。其中,有三次枯水过程:第一次发生于 1884 年,最低水位为 340.52 米;第二次出现于 1946 年,最低达到 340.7 米;第三次发生于 1987 年,历时较长,最低水位为 340.68 米。有两次丰水过程,第一次发生于 20 世纪初;第二次发生于 20 世纪 60 年代。

4. 湖泊面积:大幅减少又稍有恢复

为掌握近 30 余年巴尔喀什湖动态变化,课题组人员采用遥感数据,对巴尔喀什湖 1977 年、1990 年、1998 年、2011 年和 2014 年湖泊面积进行遥感监测。监测结果表明:巴尔喀什湖面积从 1977 年至今缩减 279 平方千米,1977~1998 年 21 年间湖区面积减少尤为明显,平均每年减少约 28.3 平方千米。始建于 20 世纪 60 年代的卡普恰盖水库投入使用、工业发电和灌溉农田使用大量的水资源是导致湖水面积减少的主要原因。1998 年至今,

^① 邓铭江、王志杰、王姣妍:《巴尔喀什湖生态水位演变分析及调控对策》,《水利学报》2011 年第 4 期。

巴尔喀什湖进入丰水期，面积有逐步增加的趋势。

三 伊犁河流域生态环境演变的影响因子研究

(一) 国家制度改革和大规模水土开发是耕地变化的主要驱动力

从1960年开始，苏联加大对中亚，尤其是哈萨克斯坦南部地区的大规模开发，人类活动范围和强度不断扩大和加强，土地利用与覆被变化明显；1970年，卡普恰盖水库蓄水并投入运营，伊犁河流域生态环境开始退化，巴尔喀什湖水位下降，1987年达到最低水位，1987年之后巴尔喀什湖流域伊犁河入湖径流量总体趋于增加；1991年12月25日苏联解体，哈萨克斯坦共和国独立，开始推行以私有化为先导的农村改革，导致大量国外农产品进口，国家在农业经济发展方面的投入减少，一些农场因无人经营而撂荒，农用地面积和农产品数量均显著下降，农业经济发展呈波浪式下滑态势；20世纪90年代末，哈国内政治稳定，农业规模又逐渐扩大；21世纪初，一些撂荒地重新开垦。

(二) 气候条件和河流来水量等自然因素是沼泽等土地利用和覆被变化的主要驱动力

沼泽等土地利用和覆被类型变化主要由气候条件和河流来水量等自然因素驱动。通过前面对研究区降水和气温变化趋势的分析可知，20世纪年降水总量呈波浪式增长趋势，其中70~90年代前期略有减少，90年代以后呈增长趋势；而年均气温总体呈上升趋势，正向一个较暖时期过渡。从沼泽面积变化情况来看，20世纪70~90年代逐年减少，90年代末达到最小值，之后一直保持增长趋势，与气温和降水的年际变化有较好的响应关系。同时，卡普恰盖水库大规模蓄水后，对河流下游河漫滩植被有很大影响，这可能也是导致20世纪70~90年代沼泽面积减少的一个重要因素。

(三) 伊犁河三角洲和巴尔喀什湖生态系统受哈萨克斯坦的人为影响突出

伊犁河三角洲和巴尔喀什湖生态环境演变主要受哈萨克斯坦的人为因素影响，主要表现在卡普恰盖水库修建、阿拉木图运河及卡普恰盖水库左岸7条河流水资源的过度开发利用、伊犁河三角洲内大规模的水田开发等三个方面。

1. 卡普恰盖水库修建

卡普恰盖水库于1970年建成，1970~1980年持续10年蓄水，造成巴尔喀什湖水位下降1.51米，入湖水量减少297.7亿立方米。卡普恰盖水库

造成下游河道生态受到较大影响，两岸湿地面积变小，水生植物和水生动物生存条件受到威胁，三角洲原有几十条入湖分汊河道消失。

2. 河流水资源的过度开发利用

卡普恰盖水库左岸 7 条河流域共建成 3 座山区水库，130 余座平原水库，7 条河流被拦截，其水资源利用率从 45% 增至 80%，大大减少了进入巴尔喀什湖的水量。

3. 大规模的水田开发

从下游伊犁河三角洲 2000 年前后和 20 世纪 70 年代的遥感影像图来看，三角洲水田面积在 70 年代已经初具规模，70~90 年代水田面积增加较多，2000 年前后与 20 世纪 90 年代相比相差不大。通过 2007 年遥感数据解译分析，阿克达拉灌区水稻面积占 42%，河道有两处引水口，引水量 5.67 亿立方米^①。伊犁河三角洲大规模的水田开发，一方面是大量的农田耗水，另一方面是灌溉引水过程中造成的农田周边沼泽耗水，这是重要的耗水项目，对下游生态环境造成极为不利的影响。

四 结论与建议

本文主要基于国内专家的研究成果完成，难免受立场和出发点的影响，但现有科研成果支持以下结论。

（一）巴尔喀什湖水位变化的主要原因是由于气候变化

通过对巴尔喀什湖生态水位变化统计分析发现，巴尔喀什湖的最低水位出现于几乎完全天然状态的 19 世纪，这说明即使没有人类活动的影响，在连续干旱条件下，巴尔喀什湖水位也会出现枯水期。20 世纪 80 年代，哈萨克斯坦人类活动达到顶峰，但当时的低水位并不是历史最低点。从以上分析可见，人类活动并不是现今巴尔喀什湖水位变化和生态问题的决定性因素^②。但是，哈萨克斯坦人类活动，包括卡普恰盖水库的兴建、伊犁河中下游水资源的过度开发利用和大规模的水田开发，对入湖水量和水位都产生重大影响，加剧了其水位变化过程。

^① 邓铭江、王志杰、王姣妍：《巴尔喀什湖生态水位演变分析及调控对策》，《水利学报》2011 年第 4 期。

^② 同^①。

（二）哈萨克斯坦的人类活动是加剧巴尔喀什湖和伊犁河三角洲生态环境恶化的主观因素

通过前面的分析，哈萨克斯坦的人类活动是加剧巴尔喀什湖和伊犁河三角洲生态环境恶化的主要因素。苏联时期，大规模的水利工程建设、农牧业开发灌溉使该区域用水量激增、水位下降，流域生态环境不断恶化。尤其是1970年卡普恰盖水库蓄水后，伊犁河三角洲的自然生态受到严重影响，巴尔喀什湖水面面积减少，周围的湿地被破坏，1987年，湖泊水位下降到历史最低点。苏联解体后，哈萨克斯坦农业经济政策改变，加上经济开始衰退，农业灌溉面积减少，用水量减少，入湖径流增加，从而使巴尔喀什湖水位开始上涨，由水量问题引起的生态问题得到了缓解^①。

基于卫星遥感数据和相关地图资料对巴尔喀什湖周边污染源现状初步监测，结果表明，巴尔喀什湖周边分布不同规模的城市不少于18座，其中紧邻巴尔喀什湖的巴尔喀什市城市规模较大。湖泊周边的工矿企业也不少于6家，其中紧邻巴尔喀什市的一家工矿企业规模较大。城市和工矿企业对巴尔喀什湖的水量及水质有一定的影响，具体的城市和工矿企业的规模与分布需进一步应用高分遥感进行监测。

（三）中国对伊犁河流域水资源的开发利用对下游影响不大

虽然有些哈方学者认为，中国处于伊犁河上游，中方对伊犁河资源的开发利用对下游影响很大，甚至是主要原因。但中国学者研究发现，1970年以前，中国在伊犁河流域的水资源开发利用程度较低，而且伊犁河上游属于典型河谷型地形，河道内引水虽然使水位下降，但同时植被蒸腾量相应减少。另外，部分新增耕地位于河滩地，将一些天然林草地耗水改变成为农田耗水，其耗水净增量不大，因此，整体上对下游影响不大，同时，中国充分考虑了邻国利益，在节水灌溉、生态环境保护和防汛减灾等方面做了大量工作。

（责任编辑：李丹琳）

^① 郭丹利、夏自强、王志坚：《威海和巴尔喀什湖水变化与环境效应对比》，《水科学进展》2011年第6期。