

西北干旱区绿洲人居环境的气候适应性研究 ——以新疆巴楚地区为例

王瑞雪¹, 王 凯², 苏绕绕³, 潘 威¹

(1. 云南大学 历史与档案学院“数字人文”技术研发与应用重点实验室, 云南 昆明 650091;
2. 西安建筑科技大学 建筑学院, 陕西 西安 710055; 3. 中国人民大学 历史学院, 北京 100872)

摘要: 基于历史文献、老旧地图和地理信息数据复原了典型大河沿岸绿洲—塔里木河流域巴楚段河湖水系近百年的变迁过程。该研究区位于叶尔羌河与喀什噶尔河下游, 水资源具有时空分布不均匀性等特征, 人类利用湖沼和渠道以调配水资源。近百年间, 本段河湖水系变迁表现为径流断流, 流量减少, 湖沼形态被固定。河流地貌、风向、洪水和水利工程是河湖水系演变的主要驱动力。同时, 近百年来, 叶尔羌河与喀什噶尔河在本段分维数呈普遍逐渐上升趋势, 河流平面形态趋于复杂, 人类对河流的工程干预是重要原因。此外, 人类对水网控制力度加强, 水系网络集中程度降低, 节点分布不均衡, 小团体特征更显著。同时, 叶尔羌河在水网中的地位始终至为重要, 渠首等水利设施的重要性也在不断增强。

关键词: 近百年; 巴楚; 水系格局; 河流形态; 网络分析

中图分类号: TU986

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2024)06-0921-09

The climate adaptability in the water environment of Oasis human settlements in northwest arid region: A case research of Bachu

WANG Ruixue¹, WANG Kai², SU Raorao³, PAN Wei¹

(1. Key Laboratory of “Digital Humanities” Technology R&D and Application, School of History and Archives, Yunnan University, Kunming 650091, China;
2. School of Architecture, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China;
3. School of History, Renmin University of China, Beijing 100872, China)

Abstract: Based on historical documents, old maps, and geographic information data, this article reconstructs the nearly century-long changes in the river-lake systems along the Bachu section of the Tarim River basin, a typical large river oasis. The Bachu section is located downstream of the Yarkand River and the Kashgar River, where water resources exhibit features like uneven spatiotemporal distribution. Humans utilize lakes, marshes, and channels to allocate water resources. Over the past century, the main rivers in this section have experienced flow interruption, reduced flow rates, and stabilized lake and marsh forms. River geomorphology, wind direction, floods, and water conservancy projects are the main driving forces behind the evolution of the river-lake system. At the same time, over the past century, the Yarkand River and the Kashgar River in this section have generally shown an upward trend in terms of fractal dimensions, and the planar shape of the river has become more complex. Human engineering interventions in the rivers are an important reason for this. Additionally, human control over the water network has strengthened, the concentration of the water system network has decreased, and the distribution of nodes has become uneven, making the features of small groups more prominent. Meanwhile, the position of the Yarkand River in the water network remains extremely important, and the significance of water conservancy facilities like canal heads has increased.

Key words: past hundred years; Bachu; water system pattern; river form; network analysis

收稿日期: 2023-12-25

修回日期: 2024-04-08

基金项目: 国家社科基金重大项目(23&ZD255)

第一作者: 王瑞雪(1993—), 女, 博士生, 主要从事环境史和历史自然地理研究。E-mail: miaomisl@126.com

通信作者: 王 凯(1983—), 男, 博士, 副教授, 主要从事城市营建历史研究。E-mail: zhrjhj@126.com

水是地球生态系统的重要组成,支撑着人类社会运转。全球变化背景下,人类社会对陆地水循环的影响愈发值得关注。^[1]同时,地表水是水资源的重要成分,河流及河流生态与人类社会彼此塑造^[2]。对河流的研究不仅能更好地理解人地关系,更为推进跨学科研究提供了契机^[3]。进入“人类世(Anthropocene)”,人类用水使生态系统面临压力的情况“令人不安”,引起了包括水资源短缺、生态系统退化等多方面的问题。其中,水利工程在其中起着主要作用^[4]。

近年来,国内学界高度关注历史河流地貌和水文研究。表现在:(1)研究数据和材料方面多元化,包括遥感影像、DEM数据的介入;技术和方法上定量化;(2)研究对象上从单一河流扩展到整体水系,包括“小区域研究信息化”的研究路径;(3)区域和要素多样化,小流域水系被进一步关注。^[5-6]就干旱区而言,学界对绿洲水系结构变迁缺乏关注^[7]。实际上,这类研究不但能揭示干旱区水系演化及其驱动机制,还具有的生态和现实层面的意义^[8]。

塔里木河是中国最长的内陆河和内陆水系,是全球干旱区重要的地理单元。塔里木河流域水系变迁研究长期为学界所关注^[9]。但在目前研究中,学界对流域中上游即塔河输水区研究较少,更缺少基于包括大河沿岸绿洲在内的绿洲类型视角的切入。位于叶尔羌河、喀什噶尔河下游典型大河沿岸绿洲区——巴楚河段长期面临春旱夏洪的困境,灌溉水利用率低,包括盐渍化^[10]、沙化在内的土地退化问题严重^[11],当地生态受到威胁。本文以典型的大河沿岸绿洲——叶尔羌河和喀什噶

尔河沿岸的冲积扇平原绿洲作为研究区进行探讨。^[12]

1 资料来源与方法

1.1 基础数据来源

本文的材料与数据来自历史文献、老旧地图、现代电子地图、遥感和数字高程数据(DEM)。地图资料包含20世纪初(1910年代)、1930年代、1960年代和20世纪末四个时间断面。地理信息数据包括哈佛大学世界地图网站(Harvard World Map)的China River Basins (2011)^[13]中的河流矢量数据。遥感(Landsat 全球合成数据(1984-1997))和DEM(ASTER GDEM 30M分辨率数字高程数据)均来自地理空间数据云网站(<http://www.gscloud.cn/>)。

1.2 研究方法

1.2.1 球面三角格网下的数据组织方法

通过地名定位和配准,参照Landsat遥感影像与文献记录对老旧地图进行反复调校,进而在ArcGIS环境下利用数字化手段提取各研究时段的河湖水系格局。

球面三角格网作为“全球离散格网系统”(Discrete Global Grid System, DGGS)中最基础的格网类型,如图1所示,设位于第*i*行、第*j*列的DEM格网点为 $P(i, j)$,则由一个格网的四个点 $P(i+1, j)$, $P(i, j)$, $P(i, j+1)$ 和 $P(i+1, j+1)$ 可以构造两个三角面: $P(i+1, j) \rightarrow P(i, j) \rightarrow P(i+1, j+1)$ 和 $P(i+1, j+1) \rightarrow P(i, j) \rightarrow P(i, j+1)$,其他的三角面可依次建立。



图1 本文所利用老旧地图

Fig. 1 The old maps used in this article

在二维空间根据 VINCEA 的 Rn 空间的离散线建模思想构建基于 DEM 的三角形格网离散线模型. 已知二维空间中的两点 P_1 、 P_n , 定义三角形格网的初始点为格网单元的中心点, 相邻格网单元共用一个边. 则构成离散线 $L_{P_1P_n}$ 的是由一条相邻的格网单元 (P_1, P_2, \dots, P_n) 规则排列而成, 如图 2 所示.

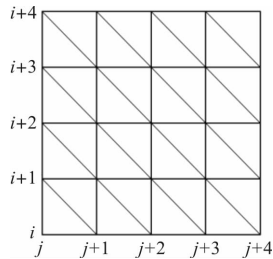


图 2 基于 DEM 的规则三角形格网构造

Fig. 2 Regular triangular grid construction based on DEM

本文利用 Vince 算法中的等价思想, 将二维空间的离散线问题降维为一维直线上的最优偏移距离问题. 如图 3 所示, 以垂直于 \overline{ab} 的直线 H 建立一维坐标轴, H 与 \overline{ab} 的交点为坐标原点, \overline{ab} 前进方向的左侧为正. “最优方向向量”垂直投影到 H 的一维向量集为 $V'_0 = \{\text{proj}_H(v_0) \mid v_0 \in V_0\}$, 其中 proj_H 为方向向量到直线 H 的垂直投影计算函数. 定义 $w'_k (1 \leq k \leq N-1)$ 为第 k 次格网路径判断时从 V'_0 中选择的一维向量, 则 $W' = (w'_1, w'_2, \dots, w'_{N-1})$ 是 V'_0 中元素构成的任意有序多重向量集. 定义偏移距离向量 $V_{dis(k)}$ 表示 k 个方向向量在一维投影上的累积偏移距离, $V_{dis(k)} = w'_1 + w'_2 + \dots + w'_k$ 只需利用“贪心”算法^[35]保证 $|V_{dis(k)}|$ 最小即可得到最优的离散线路径. 当 $k = N-1$ 时, 路径由起点 a 回到终点 b , 该过程在垂直线 H 上的累积偏移距离为 0, 即 $|V_{dis(N-1)}| = 0$, 此时在一维直线 H 上会得到一条闭合路径 P . 图 3 中, v_{21} 、 v_{22} 为 V_0 中的两个向量 (v_{23} 已在条件 $\alpha = \arctan\left(\frac{x_b - x_a}{y_b - y_a}\right)$ 中被舍弃), 选择向量 v_{22} 后在 H 方向上的偏移距离 ($|V_{dis(k)}|$) 更小, 所以选择 v_{22} 为该格网单元最终的离散线向量.

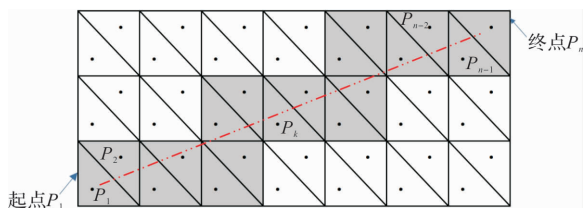


图 3 基于 DEM 三角形格网离散线模型示意

Fig. 3 Schematic diagram of triangle grid discrete line model on DEM

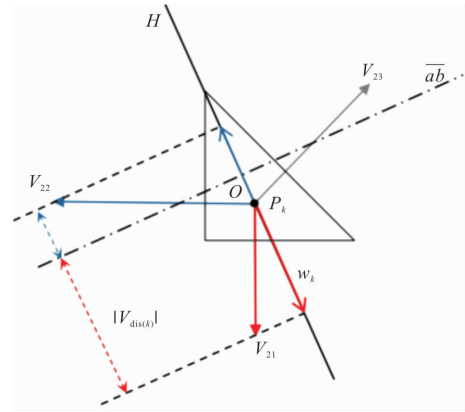


图 4 一维偏移路径示意

Fig. 4 Schematic diagram of one-dimensional offset path

1.2.2 计盒维数法—河流形态的变化

分形理论是度量河流形态的重要方法, 长时段的河道分维值变化能揭示河流的演变特征^[14], 分维数能较好的指征河流复杂程度, 数值越大越趋复杂. 分维值常用盒计数 (Box counting) 方法测定, 即以长度为 r 的一系列正方形格网覆盖河流, 所得的格网数量 $N(r)$, 利用 r 和 $N(r)$ 可以得出分维值 D , 计算公式如下:

$$D = - \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\lg N(r)}{\lg r} \quad (1)$$

通过 ArcView 软件提取河道形态, 基于数据完整和标准统一方面的考虑, 这里我们选择叶尔羌河和喀什噶尔河巴楚段 1935、1964 和 2012 年数据来进行对比, 确定 r 值分别为 0.1 km, 0.2 km, 0.4 km, 0.8 km, 1.6 km, 3.2 km, 6.4 km, 1.28 km 和 2.56 km, 分别在 ArcView 构建格网 (Grid) 并进行计数, 通过拟合得出盒维数, 进而衡量其分形特征.

在简单无向网络中, 中介性指顶点处于许多交往网络路径上, 表示其对资源与信息的控制力, 若顶点位于其他点对的最短途径中, 则该点中间中心度较高^[15]. 网络中心势指网络中点的集中趋势或变异程度, 中介 (间) 中心势是网络中间中心性最高的点与其他点的差距, 差值越大, 中间中心势越高. 网络中接近中间势越高, 则节点差异性越大^[16].

由于本研究中部分渠道属于连接渠或放水渠, 流向难以确定, 为统一标准, 暂不作有向网络处理. 这里设定其连接为 Edges, 即具有无向特征的边^[17]. 通过网络分析测度水系网络结构. 本文基于 Pajek 软件提取并分析其网络结构特征, 选取包括中心性和中心势在内的主要指标. 网络中心性包括程度中心性 (degree centrality) 接近性 (close-

ness centrality) 和中介中心性 (betweenness centrality). 除了点中心性外, 中心势是针对整个网络而言的网络中各点差异性程度的衡量.

2 巴楚段河湖格局演变过程

2.1 19 世纪河湖格局演变过程

成书于 19 世纪初的《西域水道记》记载喀什噶尔河有两源, 北源乌兰乌苏河, 南源雅璠雅尔河, 两河在喀什噶尔城南合流入阿克苏界. 此时, 喀什噶尔河水量已显示不足, 且河湖淤成的水体广布^[18]: 叶尔羌河西源泽普勒善河, 东源听杂阿布河, 两河在叶尔羌城东相会转向东流, 在噶巴克

阿克集与喀什噶尔河合流.

19 世纪下半叶, 巴楚段有泽普勒善河(叶尔羌河)、听杂布河(提孜那甫河)、乌兰乌苏河、喀喇乌苏河和洪水等多条河流, 南北两河在巴楚地区并行^[10]. 彼时叶尔羌河从亦拉列克附近入境, 流至噶巴克阿克集和与喀什噶尔河相会. 此外, 听杂阿布河仍是境内叶尔羌河的支流. 而在在喀什噶尔河水系中, 洪水是乌兰乌苏河的支流, 分成两支, 北支和乌兰乌苏河在屈尔盖庄交汇, 南支东流灌溉境内耕地. 喀喇乌苏河即盖孜河^[20], 东北流至木华庄被引为渠道灌溉各聚落土地, 后断流在沙漠戈壁中.

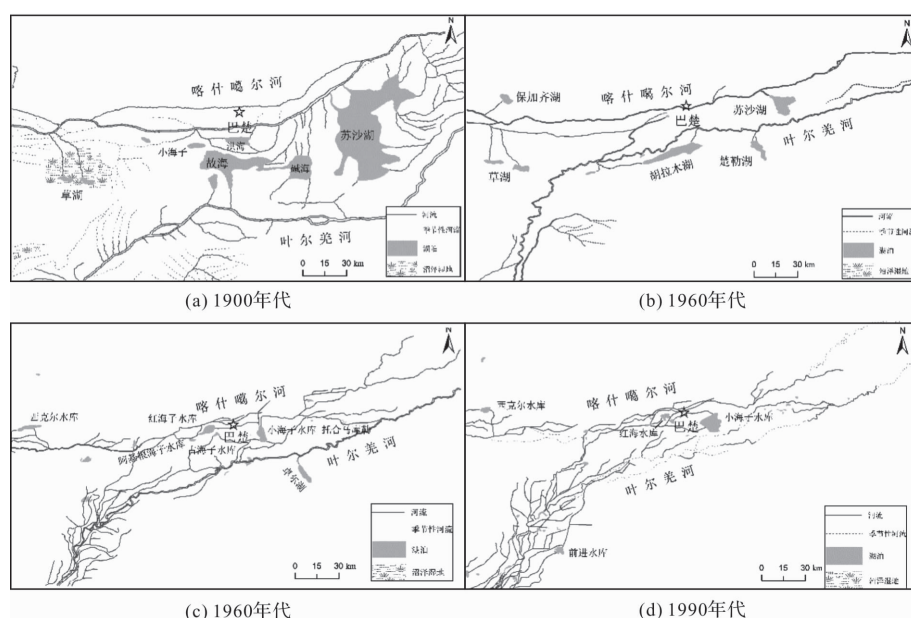


图5 巴楚段不同年代河湖水系变化概况图

Fig. 5 Overview of changes in river and lake water systems in the Bachu section

2.2 20 世纪上半叶河湖格局

《巴楚州乡土志》记载境内有葱岭南河(叶尔羌河)、提孜那甫河、葱岭北河(喀什噶尔河)等河流. 20 世纪初, 南河开渠及支流的数量大增. 北河“久已堙塞”, 洪水分为多支, 有些注入草湖, 有些被渠化, 但 20 世纪 10 年代两河依然相通^[21].

此时, 喀什噶尔河段流量不足的形势更为严重. 巴楚城东洪河“水流甚少”. 城西喀什噶尔河, “河幅窄小若沟渠, 盖北河水流, 以沿途开渠, 引灌地亩, 愈至下游, 水势愈少, 故流至巴楚城东数十百里, 已成干河.”^[22]至 20 世纪中期, “喀什噶尔河自巴楚以下, 河床游移无定, 水流亦时断时续”.^[23]提孜那甫河在本时段已经与叶尔羌河失去了稳定连接, 只有“五六月盛涨, 委入玉河”. 盖孜河已被完全被渠化, 铁里木华两庄, “地无泉脉, 仰疏勒岳普尔湖英吉沙尔厅别什干, 渠道分

注, 人民生活大计, 专赖此水”^[24].

《新疆图志》记载, “巴楚州南境, 为葱岭南北二河下游. 其乌果洛可南玛札草湖, 乃南北二河通流咽喉”. 这些草湖湿地起到储水和泄洪的功能, 如修渠连接古海和洪海. 苏沙湖是洪河的储水处, 而玉河也有支流和苏沙湖来水贯通. 频繁改道的河流、密布的渠道和广阔的湖泊湿地形成了水体交错的景观. “巴楚南境, 湖荡纷歧, 新旧各渠纵横如缕, 南北河纤屈往复出没隐见”^[25].

2.3 20 世纪中期至今

据《新疆水文地理》: 叶尔羌河莎车以下河曲发育, 河床不稳定, 而麦盖提以下河道, 泥沙淤积严重, 河漫滩广阔, 其中沙洲和汊流发育. 巴楚以下河段河道趋于干涸, 平时深槽才有水, 巴楚以东, 由于灌区的退水注入, 并未完全干涸.

而提孜那甫河,水量不多,也没有其与叶尔羌河的交汇记载.喀什噶尔河下游河道水流平缓,河曲发育,水面宽度较少,消失于红海.在同书对新疆地区沼泽和盐沼地量算中,叶尔羌河下游 1 350 km²,仅次于罗布泊区域(13 360 km²),为新疆第二大沼泽及盐沼^[26].20 世纪 50 年代开始,大量平原湖沼被改造为平原水库.同时,此期间一系列拉直渠道、蓄水和引水工程使水系格局较此前更为稳定.

3 河湖演变的驱动因素

3.1 地貌特征与泥沙淤积

流域地貌和人类活动使本段河湖水系变迁复杂性增强.喀群渠首至民生渠首的中游河段,属于游荡型河床,是长流水河段.民生渠首至老泽河为过渡性河道,而泽河口以下为弯曲性河道.自民生渠首至小海子水库艾力克塔木段已经成为季节性河流.艾力克塔木渠首以下有些河段已经

萎缩失去河道功能^[27].

首先,叶尔羌河高程在境内在 1 181 m 至 1 031 m 之间,河流落差较小,而河流携带的大量泥沙淤积于河床,使河流具有不稳定性.其次,水量不足.从叶尔羌河各站点的多年平均径流量来看,自库鲁克栏干站到四十八团渡口站径流量下降了约 $36.81 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[28].而叶尔羌河沿河的引水渠引走了大量水资源.1980—2003 年,叶尔羌河平均年径流量的 78.8% 被引入灌区^[29].再次,就悬移质泥沙而言,叶尔羌河多年平均含沙量为 4.35 kg/m^3 ,河流自上游库鲁克栏干至中下游喀群,依干其和泽河口,年均含沙量逐渐增多的同时,输沙能力却随之减少.从库鲁克栏干的含沙量 4.28 kg/m^3 ,年输沙量 2 140 万 t,到泽河口含沙量升至 7.76 kg/m^3 ,年输沙量却仅有 1 230 万 t^[30].历史上喀什噶尔河也属于这一情况,“喀什噶尔河自巴楚以下,河床游移无定,水流亦时断时续”^[31].

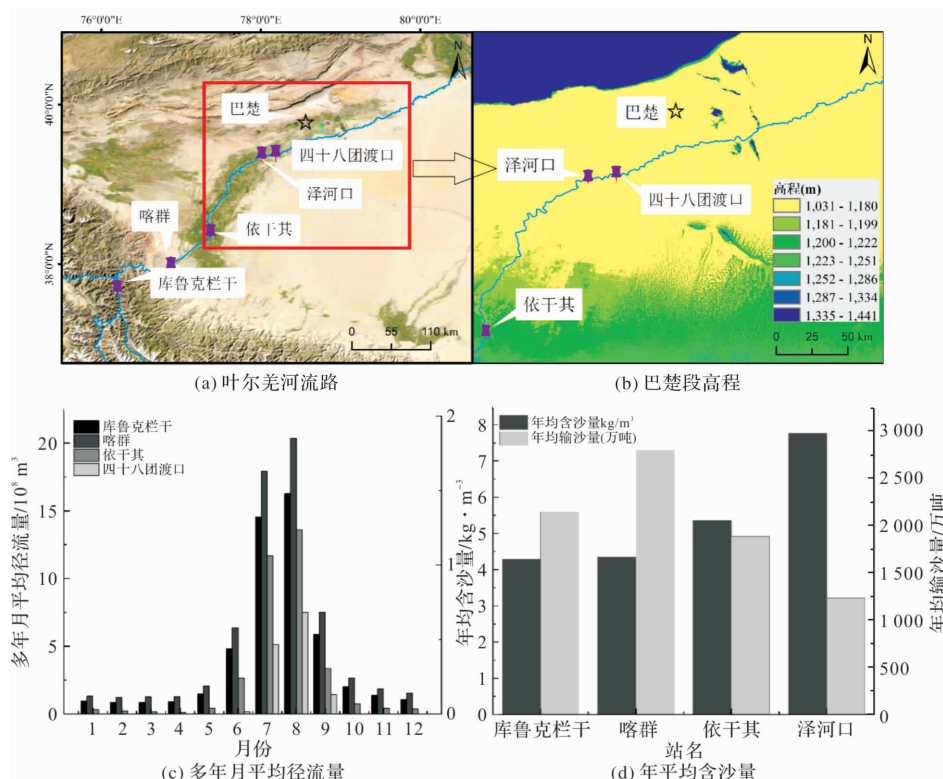


图6 叶尔羌河(巴楚段)年平均含沙量

Fig. 6 Yerqiang River (Bachu section) elevation average monthly runoff

3.2 水利工程的影响

巴楚水利困境在于:“洼卤少田……而叶尔羌、喀什噶尔两河横贯东西,两岸多沃壤,可耕植.然春时水浅涸,入秋汹涌浆潏,往往坏堤”^[32].面对水资源的时空不均匀特征,利用包括洼地湖沼和跨区调水等水利手段加以储水和泄洪加以调

节,由于相比于叶尔羌河,喀什噶尔河的水量明显不足,跨区调水表现为引叶济喀.

清代巴楚境内以筑坝储水为代表的水资源调节已十分普遍^[33].嘉庆五年(1800 年)受洪水影响,迁移军台,阿克萨克玛喇尔军台东灌一渠引河水,经海南木桥军台南,渠东流 235 余里.由

于“渠水有时盈缩,春夏之初,济不濡轨”,“议者以为玛喇巴什庄北数里,即乌兰乌苏所经,若开新渠以达于庄,迭相灌输,有事半功倍之利”^[21]。在海南木桥军台之西,修建分渠灌溉玛喇尔巴什庄。

表1 20世纪初巴楚段水利工程引水情况

Tab. 1 The water diversion situation of the Bachu section water conservancy project in the early 20th century

水源	渠道长度/m	宽度/m	灌溉面积/m ²	渠道数量/个	引水口/个
大海	213	34.24	17 536	9	1
古海	218	28.48	13 955	8	2
洪河	295	60.48	11 565	12	3
苏沙湖	1079	72.96	11 498	18	3
岳普尔湖	554	49.28	18 571	15	2
玉河	1723	183.04	62 342	57	11
提滋拉普河	918	79.36	65 004	30	4

光绪七年(1881年)起,刘锦棠等人“筑堤捍水于四台…开支河环五六台,注城南古海名曰新巴河”^[35]。而叶尔羌河在五台附近常年致淤。清光绪十二年(1886年),杨溢中借用洪水冲刷出的水道,两河连接逐渐演变为今天的泽河和萨江达里亚诸河^[36],甚至一段时期内泽河径流量超过干流^[37]。因河年改道,水系碱重,现已变成引洪渠。当地为引水方便,堵塞岔河,也会使河流消失^[25]。

建国后,针对叶尔羌河年径流量分布不均衡,渠道利用率低的特点,水利建设集中在引水渠道和蓄水工程两方面。如清代所挖的民生渠渠道弯曲,断面无规则,宽窄不一,蒸发损失,渠道两侧冲坑分布,盐渍化与沼泽较为严重等问题,对渠道进行整治,使渠床避开洼地。巴楚总干渠面临防渗问题,进行砼板衬砌防渗。渠系改造也使渠道功能更具多样性和明确性。

3.3 洪水影响

叶尔羌河是新疆境内洪峰最大的河流。基于洪水成因,叶尔羌河的洪水类型多样,包括溃坝

型、冰雪消融型、暴雨型及上述类型的混合型(暴雨—消融型和溃坝—消融型)^[13]。巴楚地区河曲广泛发育,河岸土质松软易出现突发性洪水,水利工程如筑坝易引起溃坝泄水,致使巴楚常年受洪水所困^[19]。

首先,洪水也塑造着水系格局。首先,泽河口以下河段河曲明显增加,在洪水作用下频繁改道,造成湖荡纷歧的景观,“河床游移无定”^[9]。如今在卫星影像上可以观察到多处老河道。而洪水会使岔河消亡,如干流河床被刷深,致使取水角度大的岔河河口段由于水力作用下的淤积难以引水,最终消亡^[21]。

其次,人类对水系的干预更直接,如开挖新的渠道(河流)宣泄洪水。如前文嘉庆五年(1800年)由于河水盛涨,北移军台,改设沙碛在“阿克萨克玛喇尔军台东濬一渠引河水”^[21]。新巴河和泽河的形成也即此例。

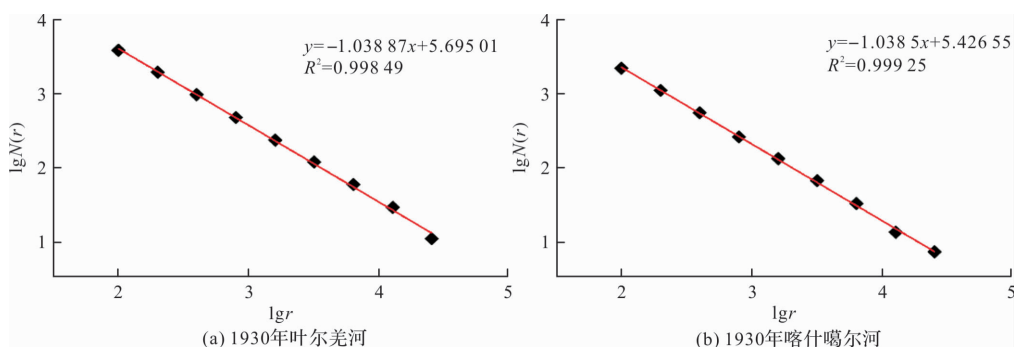
再次,一些平原水库的修建会使洪水带来的破坏更加严重。因为历史时期渠首的木质引水闸在径流量较小时难以引水,故常在其下游筑坝,但突发性洪水来临时反而致使溃坝,再加上渠道连接部薄弱故隐患较多,险情时常发生^[21]。如1935年永安坝被冲垮,1944年麻扎坝、库代里克坝和永安坝等坝被冲垮,1965年古海子水库溃坝,1978年小海子水库和永安坝遭遇洪水部分设施被毁等系列洪水事件^[21]。

最后,洪水对湖沼形成和补给产生作用。上文所述本段因洼地较多,存在广布的河漫滩和洼地沼泽。洪水通过河流改道和地下水对这些水体的消亡与维系具有一定作用。

4 讨论

4.1 河流形态的演变

河流形态是认识水系演变的重要维度。基于历史地图和现代地理信息数据,利用计盒维数法计算出1930—2020年两条河流的盒维数,见图7。



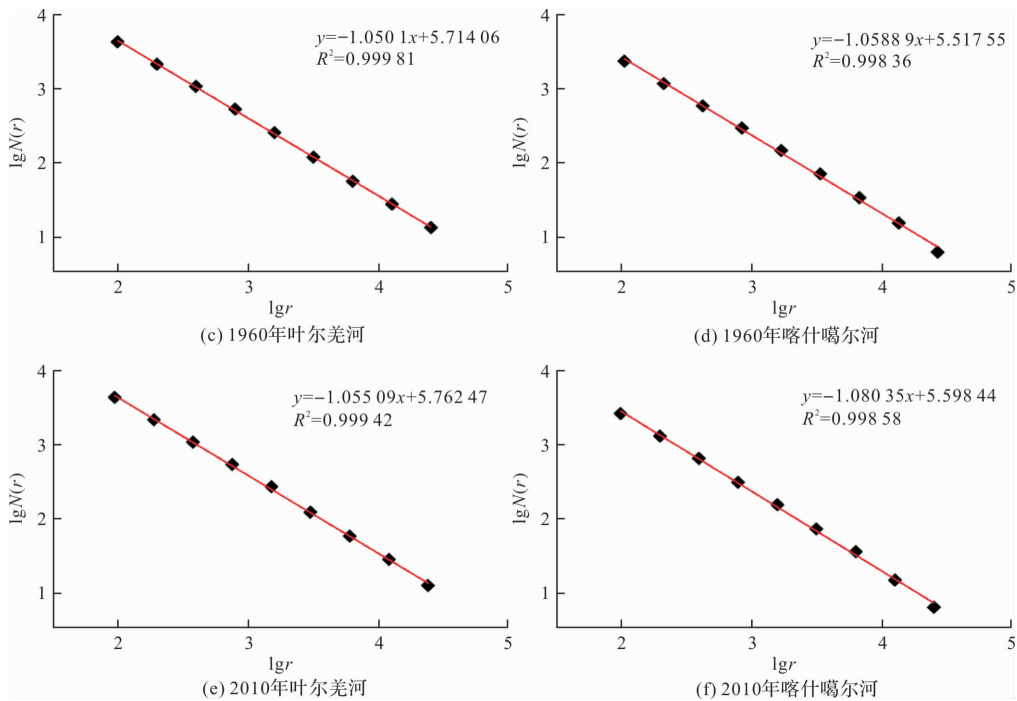


图 7 近百年巴楚段主要河流 lgr 与 $lgN(r)$ 拟合

Fig. 7 Fitting of lgr and $lgN(r)$ for major rivers in the Bachu section over the past century

表 2 1930—2020 年代巴楚段主要河流的分维值(D)变化
Tab. 2 Changes in fractal dimension values (D) of major rivers in the Bachu section from 1930 to 2020

年份	D 叶尔羌河	D 喀什噶尔河
1935	1.038 87	1.038 5
1961	1.050 1	1.058 89
2010	1.055 09	1.080 35

叶尔羌河从 1935 年的 1.038 87 上升至 2010 年的 1.055 09, 喀什噶尔河由 1935 年的 1.038 5 上升至 1.080 35. 1935 年两者 D 值差距不大, 1935—1961 年是叶尔羌河的 D 值上升最明显的时段, 喀什噶尔河则在 1961—2010 年, 1935—1961 年持续增加. 这一结果与中国北方河流分形相关

表 3 巴楚地区近百年水网结构变化

Tab. 3 The River Network changing in Bachu since 1909AD

年份	水口 / 个			中心势 (Centralization)			
	叶尔羌河	喀什噶尔河	提孜那甫河	湖泊 (水库)	点度	接近性	中介
1909	11	3	4	8	0.42	—	0.62
1990	16	0	2	28	0.14	0.26	0.73

巴楚水网的网络点度中心势 1990 年较 1909 年降低约 0.28, 中介中心势升高约 0.11. 这说明 1909 年较 1990 年水系网络集中程度更高, 网络中节点分布不均衡. 在没有现代水利技术进入的 1909 年, 天然河湖在巴楚水网占有更重要的位置^[9]. 20 世纪中后期的现代化水利建设之后, 通过旧灌渠改造、修建水库, 渠首、使用调节闸等配套措施使水网形成控制性更强的网络. 如果把水利要素 (包括河湖渠道等) 作为节点的话, 天然

研究结果较为相符^[9].

D 值的增加是河流平面形态复杂化的体现^[18,21]. 说明分维值变化的区域差异性和水利工程对天然河流的作用的复杂性. 水利工程对干旱区河流形态的作用机制及水文生态效应当被具体评估.

4.2 水网结构演变特征

4.2.1 水网中心势变化

长期受人类水利活动的影响, 巴楚地区的形成了天然—人工复合水网结构. 本文从历史文献提取出水网信息, 通过网络中心性分析比较 1909 年和 1990 年两个断面的水网断面, 进而基于此衡量近百年水网结构变化特征.

河湖在灌溉网络的重要性被降低, 人类调控配置水资源的能力更强.

中心势越高说明水网节点分成的小团体越多且多依赖于某一节点传递信息, 该节点在网络中十分重要^[21]. 1990 年较 1909 年中介中心势值略低, 反映了人类对水网的控制增强. 依赖某一水源的灌区可以视之为“小团体”, 且根据水源、干支渠划分, 灌区也具有层级性. 如 1909 年从叶尔羌河引水渠道有 57 条, 水口 11 个, 苏沙湖渠道

18 条,引水口 3 个.灌渠多以所灌村庄命名,如察巴克渠、阿朗格尔渠等.1990 年灌区出现了大量调节闸和输水能力极强的连接渠,使灌区水资源更易被整合和调配.

4.2.2 水网中心度变化

据图 8,近百年水网层级增多,1909 年巴楚仍属于以天然河湖—灌渠为依靠的水网结构,1990 年则形成河—水库—渠首(调节闸)—渠道的水网结构.与中心势一样,网中心度变化也具有多样性.首先,从各程度中心性指标上看,叶尔羌河在水网中的地位始终至为重要.其次,水利改造和建设后,渠首在接近和中介中心性方面更加重要,说明现代水利灌溉体系趋于复杂;最后,灌溉水网具有继承性,1909 年属于河—湖(湿地)—渠相配合的模式,解放后湖和湿地被改造为水库,1990 年形成河—水库—渠的模式.

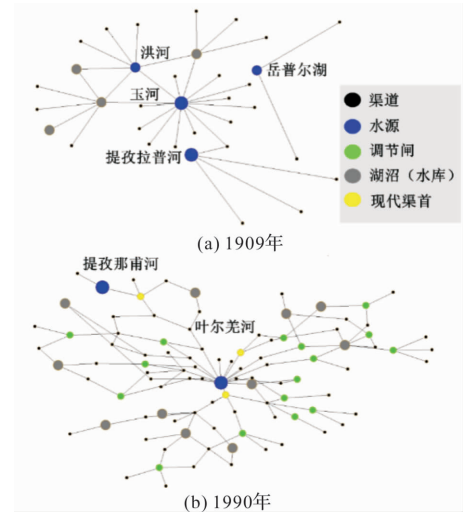


图 8 1909 年和 1990 年巴楚段水利结构网络图

Fig. 8 Water conservancy structure network diagram of the Bachu section in 1909 and 1990

表 4 巴楚水系网络结构

Tab. 4 The river network in Bachu

点度中心性				接近性				中介中心性			
1909		1990		1909		1990		1909		1990	
玉河	15	叶尔羌河	16	玉河	0.57	叶尔羌河	0.32	玉河	0.65	叶尔羌河	0.76
洪海	7	永安坝北库	7	洪河	0.46	民生渠首	0.29	古海	0.22	民生渠首	0.41
古海	7	巴楚放水渠	7	古海	0.43	五一布代渠	0.27	洪河	0.20	民生渠	0.26
苏沙湖	5	民生渠	6	苏沙湖	0.41	渠道	0.27	玉惠渠	0.20	五一布代渠	0.20
提孜拉普河	4	放水渠	5	玉惠渠	0.40	干英里可退洪渠	0.26	苏沙湖	0.16	永安坝北库	0.17

5 结论

本文基于历史文献,老旧地图和地理信息数据复原并重建了近百年以来塔里木河流域巴楚段河湖水系变迁过程.

(1)巴楚居于叶尔羌河与喀什噶尔河下游,属于典型的大河沿岸冲积平原,河曲发育,泥沙淤积,湖沼广布,水资源具有时空分布不平衡性,时常面临春旱夏洪,土壤盐渍化的困境.历史时期人类利用湖沼作为平原水库,修建渠道以调配水资源.这一用水方式被继承使用至今;

(2)20 世纪初至今叶尔羌河与喀什噶尔河分维数呈普遍逐渐上升趋势,叶尔羌河从 1935 年的 1.038 87 上升至 2010 年的 1.055 09,喀什噶尔河由 1935 年的 1.038 5 上升至 1.080 35,河流平面形态日趋复杂.针对这一问题,除河流自身调节外,应对人类对河流的工程干预及其生态水文效应着重关注.

参考文献 References

[1] VOROSMARTY C J, GREEN P, SALISBURY J, et al. Global water resources: vulnerability from climate

change and population growth[J]. Science, 2000, 289 (5477): 284-288.

[2] KELLY J M. Transdisciplinarity, human-nature entanglements, and transboundary water systems in the anthropocene[M]. Cham: Springer, 2014.

[3] 左其亭,崔国韬. 人类活动对河湖水系连通的影响评估[J]. 地理学报, 2020, 75(7): 1483-1493.

ZUO Qiting, CUI Guotao. Quantitative evaluation of human activities affecting an interconnected river system network[J]. Acta Geographica Sinica, 2020, 75 (7): 1483-1493.

[4] SCARPINO P V. A historian's perspective on rivers of the Anthropocene[M]. Cham: Springer, 2014.

[5] World Water Assessment Programme. The United Nations world water development report 3: Water in a Changing world[R]. Paris: UNESCO and London: Earthscan, 2009.

[6] 张岁丰,李哲. 中国传统聚落水系研究聚类的科学知识图谱: 基于 Citespace 的数据可视化分析[J]. 中国名城, 2023, 37(6): 74-80.

ZHANG Suifeng, LI Zhe. A scientific knowledge map of the study on traditional chinese settlement water systems: A data visualization analysis based on citespace[J]. Chinese Famous Cities, 2023, 37(6): 74-80.

- [7] 王薇,韩子藤,夏宇轩,等. 适应湿热气候的皖中地区传统民居绿色营建技术研究:以合肥地区为例[J]. 中国名城,2023,37(5):42-52.
WANG Wei, HAN Ziteng, XIA Yuxuan, et al. Research on green construction techniques of traditional residences adapted to hot and humid climate in the central Anhui region: A case study of the Hefei area[J]. Chinese Famous Cities, 2023, 37(5): 42-52.
- [8] 王磊,解华顶,赵敏. 乡村振兴背景下浙江乡村水文化遗产时空分布及保护开发路径研究[J]. 中国名城,2024,38(1):39-45.
WANG Lei, XIE Huading, ZHAO Min. Research on the spatiotemporal distribution and protection and development path of rural water cultural heritage in Zhejiang under the background of rural revitalization[J]. Chinese Famous Cities, 2024, 38(1): 39-45.
- [9] 巴楚县地方志编纂委员会. 巴楚县志[M]. 乌鲁木齐:新疆大学出版社,1998,94-95.
Compilation Committee of Bachu County Local Chronicles. Bachu County Chronicles[M]. Urumqi: Xinjiang University Press, 1998.
- [10] 王卫红,徐鹏,田世民. 分形理论在河型研究中的应用探讨[J]. 泥沙研究,2010(2):35-42.
WANG Weihong, XU Peng, TIAN Shimin. Application of the fractal theory in the river pattern study[J]. Journal of Sediment Research, 2010(2): 35-42.
- [11] 沃特·德·诺伊,安德烈·席尔瓦,弗拉迪米尔·巴塔盖尔吉. 蜘蛛社会网络分析技术[M]. 林枫,译. 北京:世界图书出版公司,2012,164-179.
WALTER de Noy, ANDREI Silva, VLADIMIR Bata-gaerji. Pajek social network analysis techniques[M]. LIN Feng, Translated. Beijing: World Book Publishing Company, 2012.
- [12] 平亮,宗利永. 基于社会网络中心性分析的微博信息传播研究——以 Sina 微博为例[J]. 图书情报知识,2010(6):92-97.
PING Liang, ZONG Liyong. Research on microblog information dissemination based on SNA centrality analysis: A case study with Sina Microblog[J]. Documentation Information & Knowledge, 2010(6): 92-97.
- [13] 徐松,朱玉麒. 西域水道记[M]. 北京:中华书局,2005.
XU Song, ZHU Yuqi. Records of the Western Regions Waterway[M]. Beijing: Zhonghua Book Company, 2005.
- [14] 任加国,郑西来,许模,等. 新疆叶尔羌河流域土壤盐渍化特征研究[J]. 土壤,2005(6):635-639.
REN Jiaguo, ZHENG Xilai, XU Mo, et al. Salinization characteristics of the soil in Yeerqiang river valley in Xinjiang[J]. Soils, 2005(6): 635-639.
- [15] 岳普湖县治编纂委员会. 岳普湖县志[M]. 乌鲁木齐:新疆人民出版社,1996.
Yuepuhu County Government Compilation Committee. Yuepuhu county annals[M]. Urumqi: Xinjiang People's Publishing House, 1996.
- [16] 王树枏. 新疆图志[M]. 上海:上海古籍出版社,2015.
WANG ShuZhan. Xinjiang atlas [M]. Shanghai: Ancient Books Publishing House, 2015.
- [17] 谢晓钟. 新疆游记[M]. 兰州:甘肃人民出版社,2003.
XIE Xiaozhong. Journey to Xinjiang [M]. Lanzhou: Gansu People's Publishing House, 2003.
- [18] 陈正祥. 西北区域地理[M]. 上海:商务印书馆,1947.
CHEN Zhengxiang. Northwest regional geography [M]. Shanghai Commercial Press, 1947.
- [19] 中国社会科学院中国边疆史地研究中心. 新疆乡土志稿[M]. 北京:全国图书馆文献缩微复制中心,1990.
Center for History and Geography of China's Borderland. Chinese Academy of Social Sciences. Xinjiang local chronicles [M]. Beijing: National Library Literature Microcopy Center, 1990.
- [20] 中国科学院新疆综合考察队. 新疆水文地理[M]. 北京:科学出版社,1966.
Xinjiang Comprehensive Investigation Team of the Chinese Academy of Sciences. Xinjiang hydrogeology [M]. Beijing: Science Press, 1966.
- [21] 叶尔羌河流域水利志编纂委员会,叶尔羌流域水利志[M]. 乌鲁木齐:新疆人民出版社,2009.
The Compilation Committee of the Water Conservancy Chronicles of the Yarkand River Basin. Water conservancy chronicles of the Yarkand river basin[M]. Urumqi: Xinjiang People's Publishing House, 2009.
- [22] 冯平,冯焱. 河流形态特征的分维计算方法[J]. 地理学报,1997(4):38-44.
FENG Ping, FENG Yan. Calculation on fractal dimension of river morphology [J]. Acta Geographica Sinica, 1997(4): 324-330.
- [23] 何文芳,郑何山,刘承桦,等. 基于原型思想的极端干旱气候乡土建筑气候适应研究[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版),2022,54(6):838-846.
HE Wenfang, ZHENG Heshan, LIU Chenghua, et al. Study on climate adaptation of vernacular building in extreme arid climate based on archetype[J]. J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech. (Natural Science Edition), 2022, 54(6): 838-846.
- [24] 朱庆华,李亮. 社会网络分析法及其在情报学中的应用[J]. 情报理论与实践,2008(2):179-183,174.
ZHU Qinghua, LI Liang. Social network analysis method and its application in information science[J]. Information Studies: Theory & Application, 2008(2): 179-183, 174.
- [25] 新疆社会科学院民族研究所. 新疆简史(第二册)[M]. 乌鲁木齐:新疆人民出版社,1980.
Institute of Ethnic Studies. Xinjiang Academy of Social Sciences: A Brief History of Xinjiang (Volume 2) [M]. Urumqi: Xinjiang People's Publishing House, 1980.

(编辑 吴海西)