

美国荒野风景河流的空间分布特征及其对中国的启示

李鹏^{1,2,4}, 赵敏^{3,4}, 艾伦·沃森^{2,4}, 杨鹏^{3,4}, 余丹^{1,4}

(1. 云南大学工商管理与旅游管理学院, 昆明 650500; 2. 美国农业部林业局落基山研究院奥尔多·利奥波德荒野研究所, 米苏拉 MT 59801; 3. 云南大学建筑与规划学院, 昆明 650500; 4. 国家林业和草原局国家公园管理局国家公园规划研究中心, 昆明 650216)

摘要: 美国荒野风景河流体系是全球最早建立的河流保护地类型。经过50年发展,其完善的体系呈现出一定空间分布特征。将线状国家荒野风景河流(NWSR)抽象为点状单元,对208个NWSR单元进行空间计算,并与自然生态和社会经济等因素进行叠加分析。结果表明,美国已有40个州分布NWSR,其中以俄勒冈等3个州的数量分布最多,且集中分布于特定的区域:西部的太平洋海岸、落基山脉和山间高地3个自然地理区;极地、温湿润、干旱3个I级生态区;太平洋西北部、加利福尼亚、阿拉斯加及五大湖4个流域。NWSR线密度与州域的人口密度、经济水平相关性不强,但与大坝建设密切相关。荒野思想影响了法案制定,法案指导了遴选标准,遴选标准又进一步影响了NWSR的空间分布。研究对中国的借鉴意义在于:应当明确保护地指导思想、关注价值突出区域、确定合适遴选标准、重视保护地系统规划等。

关键词: 荒野风景河流体系; 河流保护地; 空间分布规律; 河流线密度; 核密度

DOI: 10.11821/dlj020180905

1 引言

河流作为一种独特的自然要素,是水域、湿地及陆地生态系统的完整组合^[1]。除了体现为灌溉、航运、发电等传统功能之外,河流生态系统还有供给、调节、文化和支持服务功能^[2,3]。而且,河流生态系统健康对实现区域保护目标具有重要意义,河流作为整个景观系统的廊道,满足了依赖连通性的生态过程的需要^[4]。但是,河流又是地球上所有生物群落和栖息地中受人类活动影响和威胁最大的地区^[5]。根据2010年的研究,2000年全球有80%人口生活在人类用水安全或生物多样性威胁水平超75%的地区。47条主要河流贡献了全球半数的海洋径流,其中超过30条河流在河口处的威胁水平为中等水平(>0.5)及以上,有8条河流在人类用水安全方面、12条河流在生物多样性方面呈现出极高的威胁水平(>0.75)^[6]。

保护地作为生态建设的重要手段和自然保护战略的核心,对河流、湖泊等陆地水域发挥了较好的保护作用^[7]。1872年黄石国家公园建立,标志着世界现代保护地的开始。随后,美国陆续建立了各种保护地类型和保护地管理机构(图1),直到2000年建立海洋保护区体系(Marine Protected Areas, MPA)和国家景观保护体系(National Landscape

收稿日期: 2018-08-20; 修订日期: 2019-05-14

基金项目: 中国国家自然科学基金(41711111); 美国富布莱特项目 Fulbright Program (FSP-P000287)

作者简介: 李鹏(1969-), 男, 湖南南县人, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为保护地与游憩、生态旅游。

E-mail: leap58@yahoo.com

通讯作者: 赵敏(1973-), 女, 云南昆明人, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为文化景观与遗产保护、保护地与空间规划。E-mail: zhaomin@ynu.edu.cn

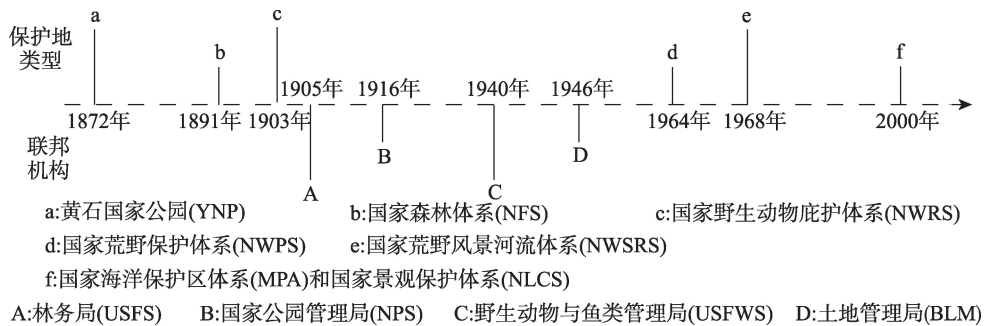


图1 美国联邦保护机构及保护地体系建立时间轴

Fig. 1 Timelines of federal agencies and protected area systems establishment

Conservation System, NLCS), 标志着历时一百多年的美国保护地体系逐渐成熟。其间, 美国国会于1968年通过了《荒野风景河流法案》(Wild and Scenic River Act, WSR), 标志着国家荒野风景河流体系(National Wild and Scenic River System, NWSRS)正式成立。

WSRA是世界河流保护的分水岭, 开启了通过专门保护地建设实现河流保护的新纪元。经过50年的努力, 纳入到NWSRS的国家荒野风景河流(National Wild and Scenic River, NWSR)数量由最初的8个单元发展至2018年底的208个单元(很少有一条河的全部河段成为NWSR, 一般只有部分河段成为NWSR, 同时一条河也可能出现多处NWSR, 故NWSR数量单位为单元或者段), NWSR的总长度也从1246.9km增加到21261.8 km, 成为美国联邦层面重要的保护地类型之一。目前, 加拿大、新西兰、澳大利亚等国家也已经先后建立起各自的河流保护地体系, 分别为遗产河流体系(Heritage Rivers System, 1984)^[7]、荒野风景河流体系(Wild and Scenic Rivers System, 1984)^[8]、荒野河流体系(Wild Rivers System, 1993)^[9]。

NWSRS的建立改变了美国河流开发和保护之间的平衡^[10], 也引起了学术界对于NWSRS的广泛关注。目前, 关于NWSRS的研究大致可以归纳为经济影响、生态影响及价值评估等。经济影响方面, H.Ken Cordell等对比了包括NWSR在内的三种涉水游憩区的经济效益, Siderelis等对Chattooga河调查研究发现, 新增NWSR会对流经县域的经济发展产生积极影响^[11,12], NWSR不仅能让参观者获得游憩体验效益, 还能让当地社区获得经济利益^[13,14], 经济利益主要来源于各种游憩活动^[15]。生态影响方面, NWSR的保护范围集中在河流的支流和上游水域, 有助于保护生物多样性和水质^[16,17], 促进水生生态系统的保护, 提供野生动物栖息地、洪水控制等多种生态系统服务^[17]。Abell等认为, 被指定的NWSR没有得到应有关注, 其杰出价值(Outstanding Remarkable Values, ORVs)也没有得到巩固及增强^[18]。

为了纪念NWSRS成立50周年, International Journal of Wilderness于2017年12月出版了一期专辑全面回顾NWSRS的发展历程, 内容包括NWSR的体系构建^[10]、经济价值^[17]、生态修复^[19]、游客管理^[20]、管理机构分布^[21]、未来发展趋势以及国际影响等^[22]。2018年10月, 美国林务局(United States Forest Service, USFS)等四家联邦机构及美国河流管理协会在华盛顿州温哥华市召开了关于NWSRS的大型学术研讨。

然而, 由于缺少有关NWSR空间分布的系统研究, NWSR空间特征尚不完全清楚。明晰发达国家保护地空间分布特征和规律, 对于发展中国家保护地遴选和建设至关重要。在将NWSR抽象成点状单元的基础之上, 探索河流保护地空间分布特征的分析方

法,运用核密度、线密度计算探讨NWSR的空间数量分布,并耦合美国自然地理与社会经济主要表征,多角度对NWSR空间分布特征及其影响因素进行分析,试图为全球河流保护地建设和中国未来河流保护地发展提供借鉴。

2 方法与数据

2.1 研究方法

2.1.1 NWSR空间分布数量分析 基于NWSR官网(www.rivers.gov)提供的工作地图,借助Google Earth,将NWSR线状河流进行质心抽象化处理为点状单元^[23],并赋予这些点长度、建设时间等属性。基于点状单元,从时空角度对NWSR发展进行数量分析。

2.1.2 NWSR空间分布核密度计算 地理集中性反映某一区域内某一种类型保护地分布的空间集中程度。核密度图(Kernel Density Interpolation)是一种显示聚集的方法,其原理是由各点粒的位置、相邻距离,从而推算空间上点粒出现的机率^[24]。对NWSR质心抽象化处理后,对点状单元进行核密度数量分析以反映地理集中性。核密度估计法适合于点分布模式的可视化表达^[25],公式为:

$$\gamma_h(p) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{h^2} k\left(\frac{p-p_i}{h}\right) \quad (1)$$

式中: $\gamma_h(p)$ 为 p 点密度值; k 为权重函数; $(p-p_i)$ 代表需要密度估值的点 p 与 p_i 之间的距离; h 为带宽即搜索半径。核密度分析可使用要素属性表中字段对各要素重要程度进行赋值,并计算各要素在其周围邻域的密度。

2.1.3 NWSR空间分布线密度计算 面积密度是目前计算保护区分布密度的主要方法。IUCN在比较世界各洲及不同国家和地区陆地保护区分布情况时,都采用面积密度法,即保护地面积占整个区域面积的比例,反映了某一区域内保护地分布的整体情况^[5]。河流线状形态决定了河流保护地呈线状分布,与其他类型陆域保护地呈现片状或带状分布明显不同。因此,对于线状分布的河流保护地,不宜用面积密度表征其空间分布,而用线密度更能准确地描述出河流保护地的空间分布情况。

河流密度是指单位面积内的河流长度,它是分析区域河流分布特征的一个重要指标^[26]。借鉴此概念,用单位面积内的NWSR长度,即河流保护地线密度,来描述NWSR的空间分布。NWSR线密度(D)的计算方法为区域内所有NWSR的总长度(L)除以该区域总面积(A),公式为:

$$D_{(w)} = L_{(w)} / A \quad (2)$$

将NWSR空间分布数量、核密度、线密度等数据,进一步与自然生态分区(地理、生态、河流)和社会经济条件(人口密度、地均GDP、大坝密度等)进行叠加分析^[27-30],探讨NWSR空间分布特征以及影响NWSR空间分布的主要因素。

2.1.4 实地调研 2015年1月—2018年10月间,先后对美国20多个州的NWSR进行实地调研,并与国家林务局、国家公园管理局(National Park Server, NPS)2个联邦机构的WSRS全国管理负责人、国家林务局的3位区域负责人以及华盛顿州、蒙大拿州、爱达荷州等地的10多位NWSR管理单元负责人,以及西华盛顿大学、俄勒冈大学、北亚利桑那大学等机构的研究人员进行深入访谈。访谈内容包括WSRS建立、时空发展特点及影响因素等,据此对数据分析结果进行校核和验证。

2.2 数据来源

2.2.1 NWSR及河流数据 全美NWSR分布总图,各个州的河流长度,NWSR单元数

量、NWSR单元长度和建立时间等数据,均来源于NWSRS官网。截止2018年6月底,美国共有208段NWSR。其中,3段为三个州共有,5段为两个州共有,200段为某个州独有。对于具有界河性质的NWSR,数量和长度在两州内同时考虑。

2.2.2 自然生态数据 NWSR空间叠加分析采用的自然地理分区、河流分区等数据来源于美国地质调查局(United States Geological Survey, USGS),生态分区数据来源于美国林务局。

2.2.3 社会经济数据 各州面积、人口等数据来源于美国人口普查局(United States Census Bureau, CB),经济数据来源于经济分析局(The Bureau of Economic Analysis, BEA),大坝数据来源于国家大坝登记委员会(National Inventory of Dam, NID)和陆军工程兵工团(United States Army Corps of Engineers, USACE)。由于波多黎各(The Commonwealth of Puerto Rico)为美国海外属地(Dependent Territory),其社会经济水平不具有可比性,故在社会经济相关分析中不予考虑。

以上三类数据,均为2018年度可获得的最新数据。

3 研究结果

3.1 NWSR空间分布总体情况

3.1.1 NWSR数量分布 NWSR单元在美国各个州之间空间分布极为不均(图2,图中州名缩写见表1)。从数量来看,NWSR单元数量最多的是俄勒冈(59)、阿拉斯加(25)、加利福尼亚(23)三个州,占到各州NWSR单元数量总和的51.44%。全美有18个州的NWSR单元数量仅为1个,这些州大都位于东部地区。另外,印第安纳,艾奥瓦,堪萨斯,马里兰,内华达,北达科他,俄克拉何马,罗得岛,弗吉尼亚及夏威夷10个州没有NWSR单元,这些州主要集中在中部大平原区域。

从NWSR长度来看,排前三位的是阿拉斯加(5164.89 km),加利福尼亚(3217.36

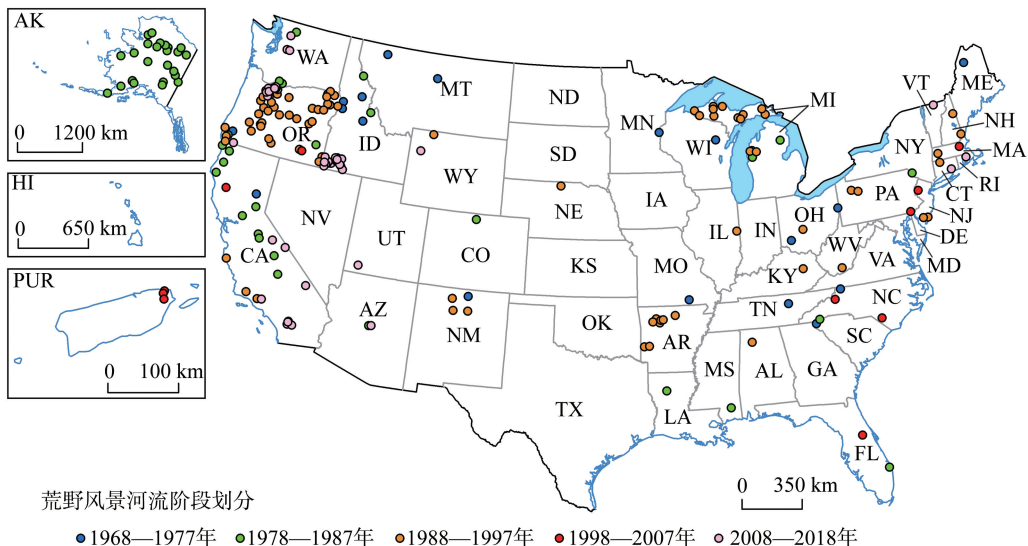


图2 NWSR州尺度空间分布特征及阶段发展

Fig. 2 NWSR spatial characteristics on state scale in different periods

注:此图根据USGS官网(The National Map)绘制而成,底图无修改(图中州名缩写见表1)。

表1 美国各州名及其缩写

Tab. 1 The abbreviations of each state in the USA

州名	缩写	州名	缩写	州名	缩写	州名	缩写	州名	缩写
亚拉巴马	AL	爱达荷	ID	密歇根	MI	纽约	NY	南达科他	SD
阿拉斯加	AK	伊利诺伊	IL	明尼苏达	MN	北卡罗来纳	NC	田纳西	TN
亚利桑那	AZ	印第安纳	IN	密西西比	MS	北达科他	ND	德克萨斯	TX
阿肯色	AR	艾奥瓦	IA	密苏里	MO	俄亥俄	OH	犹他	UT
加利福尼亚	CA	堪萨斯	KS	蒙大拿	MT	俄克拉何马	OK	佛蒙特	VT
科罗拉多	CO	肯塔基	KY	内布拉斯加	NE	俄勒冈	OR	弗吉尼亚	VA
康涅狄格	CT	路易斯安那	LA	内达华	NV	宾夕法尼亚	PA	华盛顿	WA
特拉华	DE	缅因	ME	新罕布什尔	NH	波多黎各	PUR	西弗吉尼亚	WV
佛罗里达	FL	马里兰	MD	新泽西	NJ	罗得岛	RI	威斯康星	WI
佐治亚	GA	马萨诸塞	MA	新墨西哥	NM	南卡罗来纳	SC	怀俄明	WY
夏威夷	HI								

km), 俄勒冈 (3083.97 km), 3个州NWSR长度之和占全国NWSR总长度的54%。NWSR长度最短的是新英格兰地区, 6个州NWSR长度之和仅有584.07 km。另外, 波多黎各有3个NWSR单元, 但总长度不到10 km。

美国河流总长度为5711691 km, 其中NWSR长度为21261.81 km, 仅占全美河流总长度的0.37%。NWSR长度占州域河流总长度比例最高的州是特拉华(4.34%), 新泽西(4.08%), 马萨诸塞(1.79%)和俄勒冈(1.73%), 绝大部分州NWSR长度占州域河流总长度的比例不到1%。特拉华和新泽西两个州NWSR长度比例较高缘于州域河流较短, 特拉华州域河流长度只有3512 km, 是美国本土河流最短的州, 新泽西(10378 km)、康涅狄格(9377 km)也是河流长度靠后的两个州。

美国国土面积为962.90万 km^2 , NWSR长度为21261.81 km, NWSR线密度为0.0022 km/km^2 , 每1000 km^2 土地上只有2.2 km的NWSR。NWSR线密度最高的州依次是特拉华(0.030 km/km^2)、新泽西(0.022 km/km^2)、俄勒冈(0.012 km/km^2)。特拉华和新泽西州域面积较小, 因而NWSR线密度较高。俄勒冈州有59个NWSR单元, 长度为3083.97 km, NWSR长度占州域河流总长度的1.727%, NWSR线密度为0.012 km/km^2 , 各项指标居前。

3.1.2 NWSR集聚分布 通过点状单元的核密度计算分析, NWSR空间集聚分布有一定规律性, 由低到高可以分为稀疏、次稀疏、中等、密集、高密度五个等级(图3)。

NWSR高密度区主要集中在两个区域, 一是俄勒冈、华盛顿两州交界区域, 二是俄勒冈、爱达荷与加利福尼亚三州交界区域。NWSR密集区分布于俄勒冈、爱达荷、加利福尼亚州; NWSR中等区扩展到太平洋海岸、五大湖区域、阿拉斯加; NWSR次稀疏区扩展到太平洋区域、五大湖区域、阿拉斯加、阿巴拉契亚山脉; NWSR稀疏区主要集中在大平原和山间高地区域。

3.1.3 NWSR时空格局 为了探讨相同时间间隔内, NWSR在全美不同空间的发展情况, 将50年发展历程分为五个阶段(表2), 结果表明: 在不同阶段, NWSR的空间发展方向不同(图2), 但西部地区始终是NWSR发展的重点区域。

第一阶段, NWSR在全国都有分布, 单元数量较多的区域是西部的太平洋海岸、山间高地、落基山脉区域, 以及阿巴拉契亚高地周边。

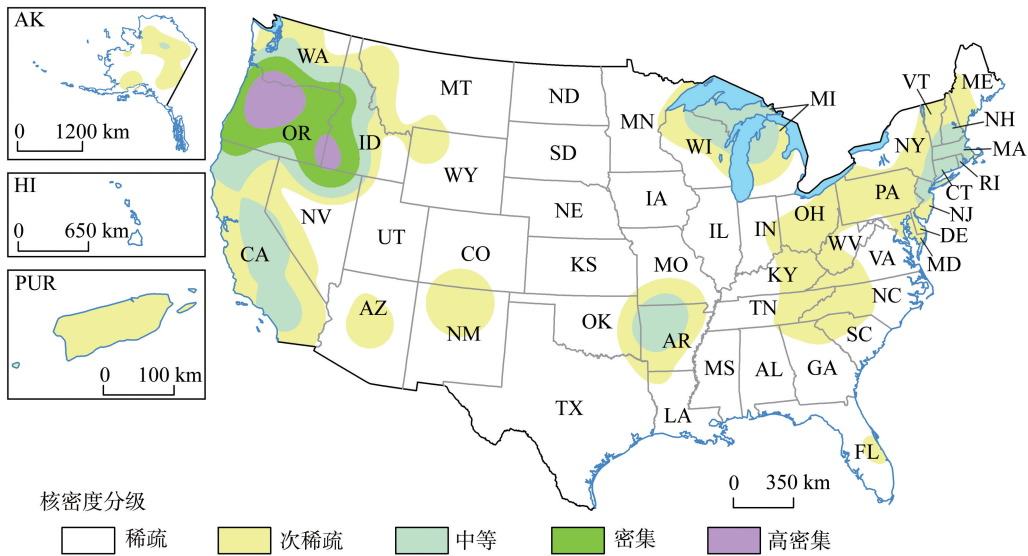


图3 NWSR在全美的空间分布核密度

Fig. 3 NWSR spatial nuclear density in the USA

注: 此图根据USGS官网(The National Map)绘制而成, 底图无修改(图中州名缩写见表1)。

表2 不同阶段NWSR发展数量及重点区域

Tab. 2 The number of NWSR of different periods in key regions

发展阶段	NWSR发展单元数量(个)	重点发展州
第一阶段(1968—1978年)	18	爱达荷
第二阶段(1979—1988年)	51	阿拉斯加、加利福尼亚
第三阶段(1989—1998年)	85	俄勒冈、密执安
第四阶段(1999—2008年)	11	波多黎各
第五阶段(2009—2018年)	43	俄勒冈、爱达荷、加利福尼亚

第二阶段的重点发展区域是阿拉斯加州和西部太平洋海岸, NGO和联邦机构发挥了重要作用。重点州是阿拉斯加、加利福尼亚, 尤其是阿拉斯加州在1980年内就将25段河流纳入到NWSRS发展之中, 完成了该州全部NWSR建设。早在1970年, 阿拉斯加塞拉俱乐部(the Sierra Club's Alaska)就致力于宣传阿拉斯加州河流的独特与原始; 来自NPS的John Haubert强调“50000英亩(约合202.34 km²)的河流比50000英亩的荒野或国家公园重要得多”^[31], 他的努力使得河流保护计划在内政部获得通过。这些工作推动了《阿拉斯加国家利益的土地保护法》(the Alaska National Interest Lands Conservation Act)的颁布, 该法案使NWSR总长度陡增了1.4倍。

第三阶段是NWSR单元数量发展最多的时期, 全国共增加85个NWSR单元, 重点发展区域是俄勒冈州, 该州在1988年被国会指定了37个NWSR单元, 地方政府和NGO组织功不可没^[32]。1988年, 俄勒冈州的环保主义者运用公共河流保护(public-land river protection)概念成功说服州议会通过了全州综合法案(Statewide Omnibus Bill)。同时, 州政府、NGO为了响应USFS保护公共土地上河流的政策, 说服USFS优先将其州内的河流纳入研究范围, 并促成国会通过《俄勒冈州综合自然风景河流法》(Omnibus Oregon Wild and Scenic Rivers Act of 1988)。

第四阶段是NWSR单元数量发展最少的时期，全国只增加了11个NWSR单元，主要位于东部大西洋沿岸地区及波多黎各。西部区域只划定了2个NWSR单元，中部区域基本没有。

第五阶段，NWSR单元数量发展主要集中在西部太平洋海岸的俄勒冈、爱达荷、加利福尼亚三个州。东部地区只增加了3个NWSR单元，中部地区基本没有增加。

3.2 NWSR空间分布与自然地理表征

3.2.1 按自然地理分布特征 美国自然地理分区包括大西洋平原、阿巴拉契亚高地、内陆平原、内陆高地、落基山脉、山间高地、太平洋山地八大分区（不包括阿拉斯加及夏威夷）^[33]。将NWSR空间分布与自然地理分区进行叠加分析，得出NWSR单元在不同自然地理分区的数量分布特征（图4）：西部密集，中部零散，东部稀疏。NWSR分布比较集中的区域是西部的太平洋海岸、山间高地、落基山脉三个自然区域，国土面积占全国的38.73%，NWSR单元数量却占到全国的67.31%（表3），特别是太平洋海岸的NWSR单元

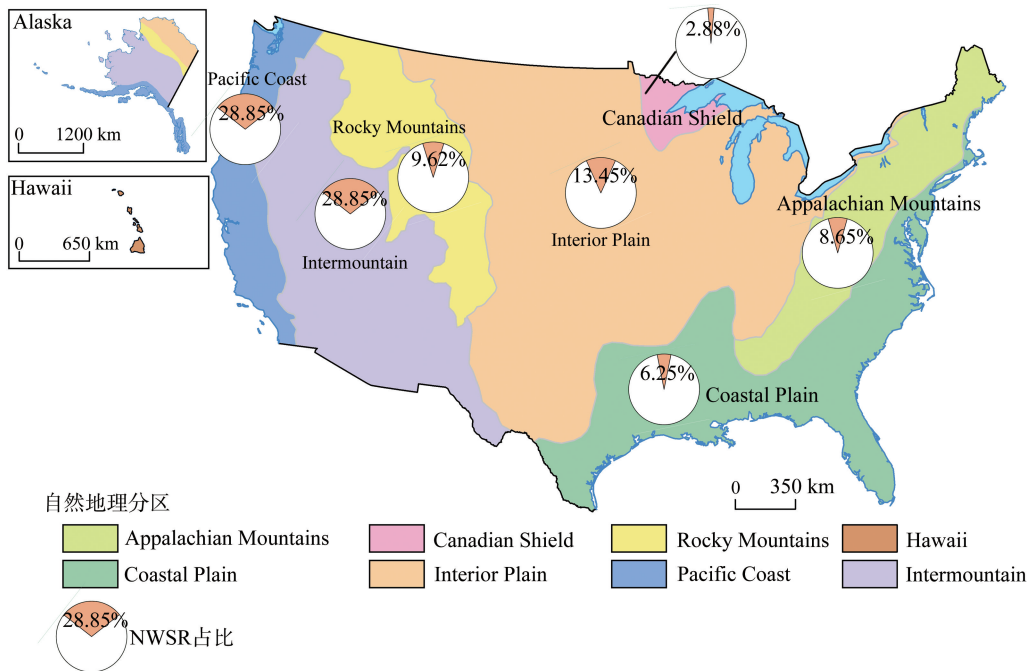


图4 基于自然地理分区的NWSR空间分布

Fig. 4 The distribution of NWSR in different regions of the USA

注：此图根据USGS官网（Physical Regions of the United States）绘制而成，底图无修改。

表3 NWSR在不同自然地理分区中的数量分布

Tab. 3 The number of NWSR in different physiographical regions of the USA

自然区域	太平洋海岸	山间高地	落基山脉	内陆平原	加拿大地盾	海岸平原	阿巴拉契亚高地	夏威夷	波多黎各
国土面积 (万 km ²)	72.41	209.64	90.93	351.44	12.45	145.77	77.94	1.66	0.91
面积占比 (%)	7.52	21.77	9.44	36.49	1.29	15.13	8.09	0.17	0.09
NWSR单元数量 (个)	60	60	20	28	6	13	18	0	3
数量占比 (%)	28.85	28.85	9.62	13.46	2.88	6.25	8.65	0	1.44

数量占到全国的28.85%,但国土面积仅占全国的7.52%。与此相反,内陆平原土地面积占到全国的36.49%,但NWSR单元数量只占全国的13.46%;加拿大地盾、海岸平原及阿巴拉契亚高地三个自然区域国土面积占全国的24.51%,NWSR单元数量只占全国的17.79%。

3.2.2 按生态分区分布特征 Bailey (1970) 根据美国全境陆地表面气候,植被,土壤等因素,建立了Ⅰ级(大区, Domain) - Ⅱ级(亚区, Division) - Ⅲ级(小区, Province) 三级生态分区体系^[34, 35], NWSR在不同层级不同类型生态分区内的数量分布不同。生态大区的控制因子是气候(降水和气温),四个生态大区分别为极地、温湿润、干旱和热湿润。四个Ⅰ级生态区内的NWSR分布数量依次为25、121、58和4个单元(表4)。热湿区仅占国土面积的0.5%,NWSR数量也非常少。

Ⅱ级生态区主要基于植被分类(如草原或森林)和土壤分带,除沙漠亚区(320)外,其余Ⅱ级生态区均分布有NWSR,其中温暖大陆性气候(210)、热带(220)、海洋(240)、地中海(270)等生态亚区内的NWSR单元数量较多。Ⅲ级生态区的控制因素为演替顶极植物群系,地形也是重要的划分因子。NWSR单元比较集中的生态小区是联混交梯级混交林(2420)、劳伦森混交林(L212)、山间半沙漠(342),三个小区国土面积只占全国的10.94%,但NWSR单元数量却占到全国的38.4%。

3.2.3 按河流分区分布特征 美国河流主要分为太平洋、大西洋二大水系,落基山脉以西属太平洋水系,落基山脉以东属大西洋水系。两大水系又可以进一步分为21个流域(图5,见第176页)。从数量分布来看,NWSR主要集中在西北太平洋沿海、加利福尼亚、阿拉斯加及五大湖流域,四个流域NWSR单元总数约占全国的72.12%,但流域面积只占全国的30.60%。其中,西北太平洋沿海流域是NWSR单元分布数量最多(占比为39.42%)的流域,但该流域面积只占全国的7.58%。加利福尼亚、阿拉斯加两个流域的NWSR单元数量占比均超过了10%,但两个流域面积均未到全国的5%(表5,见第177页)。这几个流域的河流都是山地型河流,具有较高的生态价值。

从长度分布来看,NWSR也主要集中在阿拉斯加、西北太平洋、加利福尼亚及五大湖流域,这四个流域NWSR长度约占全国的71.45%,NWSR长度占比与数量占比基本一致。阿拉斯加流域是NWSR长度占比最高的区域(25.21%)。

密西西比河是世界第四大河流、美国第一大河流,其流域面积占全国的39.57%,NWSR数量只占全国的12.02%,NWSR长度只占全国的14.36%。由于密西西比河中下游地势平坦,人类活动干扰大,且河流形态单一,观赏和游憩价值不高,使其成为NWSR分布最为稀疏的流域。另外,得克萨斯海湾、大盆地内陆、科罗拉多河上游三个流域面积都很大(合计约占国土面积的12.03%),却没有NWSR分布,因为这些流域大都地处大平原,河流功能以生产、生活功能为主。

3.3 NWSR空间分布与社会经济表征

3.3.1 按人口密度分布特征 人口密度是一个区域重要的社会指标。研究表明,州域的人口密度与NWSR线密度之间没有显著的相关性(图6,见第178页)。俄勒冈和马萨诸塞两个州的人口密度相差很大,分别为15.41人/km²和322.46人/km²(全美平均水平为33.69人/km²),但两个州的NWSR线密度却相当,为0.012 km/km²。

为了进一步验证两者之间的相关性,采用Spearman等级系数进行检验。首先,对人口密度、NWSR线密度两个变量数值进行标准化后,通过P-P图检验,其变量均不服从正态分布特征,在对于Spearman等级相关系数和Pearson简单相关系数的选取中,考虑Spearman等级相关系数进行变量间的相关性检验,结果表明人口密度和NWSR线密度之间没有显著相关性(表6,见第178页)。

表 4 不同类型不同层级生态分区中的 NWSR 单元数量分布

Tab. 4 The number of NWSR in each level and different types of ecological regions of the USA

I 级生态区大区 Domain		II 级生态区亚区 Division		III 级生态区小区 Province									
编号/ 名称	NWSR 数量 (个)	编号/ 名称	数量 (个)	编号/ 名称	数量 (个)								
100/极地 Polar	25	120/冻土 undra	11	125/白令冻土带 (北) Bering Tundra (Northern)	1								
				126/白令冻土带 (南 Bering Tundra (Southern))	1								
				M121/布鲁克斯岭冻土带-极地荒漠 Brooks Range Tundra-Polar Desert	8								
				M127/阿留申海洋草甸-荒野 Aleutian Oceanic Meadow-Heath	1								
		130/亚北极\ Subarctic	14	131/育空山间高原台地 Yukon Intermountain Plateaus Tayga	14	131/育空山间高原台地 Yukon Intermountain Plateaus Tayga	2						
						135/沿海槽湿润台地 Coastal Trough Humid Tayga	1						
						M131/育空山间高原台地 Yukon intermountain Plateaus Tayga	3						
						M135/阿拉斯加山脉湿润台地 Alaska Range Humid Tayga	4						
						M139/上育空台地-草甸 Upper Yukon Tayga--Meadow	4						
						200/温湿润 Humid Tem- perate	121	210/温大陆性亚区 Warm Continental	26	212/劳伦混交林 Laurentian Mixed Forest	21		
										M212/阿迪朗达克 dirondack	5		
								220/热大陆性亚区 Hot Continental	25	221/东部阔叶林 (海生) Eastern Broadleaf Forest (Oceanic)	25	221/东部阔叶林 (海生) Eastern Broadleaf Forest (Oceanic)	11
												222/东部阔叶林 (陆生) Eastern Broadleaf Forest (Continental)	4
												M221/中阿巴拉契亚阔叶林 Central Appalachian Broadleaf Forest	5
M222/密苏里州阔叶林 Ozark Broadleaf Forest	5												
230/亚热带亚区 Subtropical	7	231/东南部混交林 Southeastern Mixed Forest	7	231/东南部混交林 Southeastern Mixed Forest	1								
				232/外海岸平原混交林 Outer Coastal Plain Mixed Forest	4								
				M231/沃希托混交林-草甸 Ouachita Mixed Forest-Meadow	2								
				240/海洋亚区 Marine	35			M242/喀斯喀特混交林 Cascade Mixed Forest	35				
250/草原亚区 Prairie	1	251/草原稀树高原 (温) Prairie Parkland (Temperate)	1	251/草原稀树高原 (温) Prairie Parkland (Temperate)	1								
				260/地中海亚区 Mediterranean	27	261/加州沿海森林和灌木林 California Coastal Chaparral Forest and Shrub	27	261/加州沿海森林和灌木林 California Coastal Chaparral Forest and Shrub	1				
262/加州干旱草原 California Dry Steppe	1												
263/加州干旱草原 California Dry Steppe	2												

续表 4

I 级生态区大区 Domain		II 级生态区亚区 Division		III 级生态区小区 Province	
编号/ 名称	NWSR 数量 (个)	编号/ 名称	数量 (个)	编号/ 名称	数量 (个)
300/干旱 Dry	58	310/热带/亚热带草原 亚 Tropical/Subtropical Steppe	4	M261/内华达山区干草原-混交林 Sierran Steppe-Mixed Forest	16
				M262/加州沿海稀疏丛林 California Coastal Range Open Woodland	7
				313/科罗拉多高原半荒漠 Colorado Plateau Semi-Desert	2
				M313/亚利桑那-新墨西哥州山脉 Arizona-New Mexico Mountains	2
				320/热带/亚热带沙漠 Tropical/Subtropical Desert	0
				330/温带草原 Temperate Steppe	54
				331/大平原-帕卢斯干旱区 Great Plains-Palouse Dry	22
				332/大平原草原 Great Plains Steppe	1
				M331/南落基山脉草原 Southern Rocky Mountains Steppe	5
				M332/中落基山脉草原 Middle Rocky Mountains Steppe	18
400/热湿润 Humid Tropical	4	410/稀树草原 Savanna	4	M333/北落基山脉森林草原 Northern Rocky Mountains Forest-Steppe	2
				341/山间半荒漠和荒漠 Intermountain Semi-Desert and Desert	1
				342/山间半荒漠 Intermountain Semi-Desert	24
				340/温带荒漠 Temperate Desert	1
				M341/内华达-犹他州山脉半荒漠 Nevada-Utah Mountains Semi-Desert	1
				411/大沼泽地 Everglades	1
				420/稀树草原山脉 Savanna Regime Mountains	
				M411/波多黎各 Puerto Rico	3

3.3.2 按地均 GDP 分布特征 GDP 是衡量区域经济发展水平的重要指标。但某一个行政区域的国土面积大小会影响到区域经济总量, 因此地均 GDP 能更为客观地反映区域水平, 即每 km^2 土地面积上产生的亿美元 GDP。从图 7 (见第 178 页) 看, 各个州的地均 GDP 与 NWSR 线密度之间没有明显的相关性。俄勒冈和马萨诸塞两个州的地均 GDP 相差很大, 分别为 0.010 亿美元/ km^2 和 0.260 亿美元/ km^2 , 但两个州的 NWSR 线密度却相当, 为 0.012 km/km^2 。

对地均 GDP 变量数值标准化后, 因地均 GDP 变量不服从正态分布特征, 故采用 Spearman 等级相关系数进行变量间的相关性分析, 结果表明地均 GDP 和 NWSR 线密度之间没有显著相关性 (表 7, 见第 179 页)。

3.3.3 按水坝密度分布特征 流域内的水坝数量, 尤其是单位河长的水坝数量 (即水坝线密度) 是水资源丰富程度和利用程度的重要表征。截止到 2018 年 6 月底, 美国拥有水坝

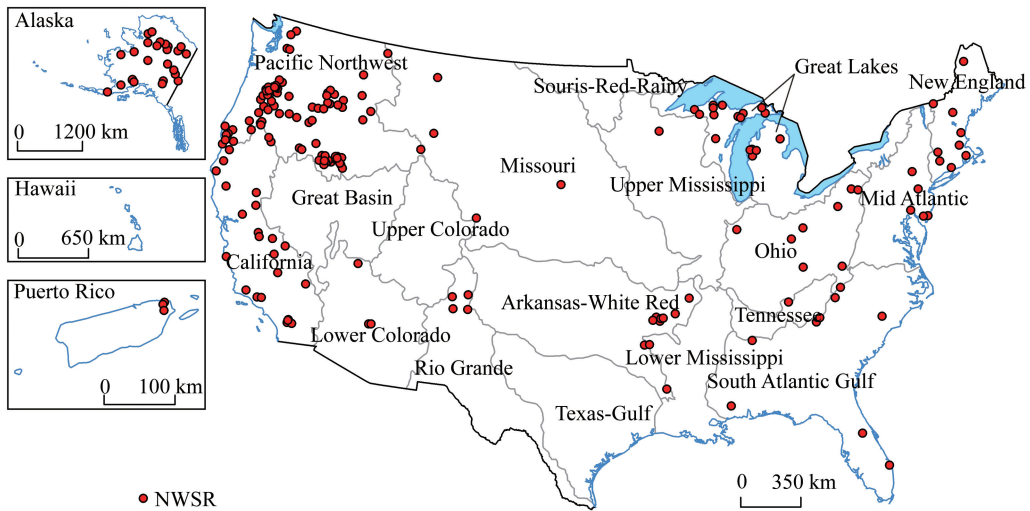


图5 基于不同流域的NWSR空间分布

Fig. 5 Spatial distribution of NWSR in different watersheds of the USA

注：此图根据USGS官网绘制而成，底图无修改。

数量为90580座，平均每100 km河流有水坝1.59座，但其中超过100ft（约合30.48 m）的水坝只有1687座，不到2%，绝大部分为15 m以下的低坝（约占93%）。以两者的平均值（水坝平均密度为1.59座/100 km，NWSR平均长度占比0.37 km/100 km）作为分界线。水坝密度大于1.59座/100 km则为高，小于1.59座/100 km则为低。NWSR长度占比高于0.37 km/100 km则为大，低于0.37 km/100 km则为小。通过散点图及象限图，形成四种组合类型（图8，见第179页），探讨水坝密度和NWSR长度占比之间的关系。

第一种类型：水坝密度高、NWSR长度占比大的州，如第一象限中的新泽西等，该类型8个州拥有的NWSR单元数量为16个，长度为1674.16 km。8个州均在东部地区，由于人口较多、面积较小，河流开发程度较高，因而水坝密度较大；同时，州域内的河流长度较短，NWSR建设容易使得其占比较大。

第二种类型：水坝密度低、NWSR长度占比大的州，如第二象限中的阿拉斯加州等8个州，该类型是NWSR数量和长度最集中的8个州。数量方面，8个州拥有150个NWSR单元，约占NWSR全部数量的72%；长度方面，8个州拥有的NWSR长度为15715.10 km，约占NWSR总长度的74%。

第三种类型：水坝密度低、NWSR长度占比小的州，如第三象限的肯塔基等，该类型的17个州拥有的NWSR数量单元为30个，长度为2624.60 km。该类型的州水坝建设和NWSR均较少，主要是自然原因（如降水偏少）导致河流不发达或者河流各长度较短。以内华达州为例，其水坝密度仅为0.24座/100 km，NWSR长度占比为0。

第四种类型：水坝密度高、NWSR长度占比小的州，如第四象限的德克萨斯等，该类型的17个州拥有的NWSR单元数量为9个，长度为1233.62 km。中部的德克萨斯（7395座）、堪萨斯（6403座）、佐治亚（5420座）是全美水坝数量最多的三个州，这些水坝都以低坝为主，主要服务生产和生活，但该区域的河流生态价值不明显，NWSR总长度分别为307.64 km、0 km、79.16 km。

从NWSR单元数量和长度占比最集中的第二象限可以看出，水坝密度与NWSR长度

表 5 不同流域的 NWSR 数量分布

Tab. 5 The number of NWSR in different watersheds of the USA

流域	子流域	面积 (km ²)	面积占比 (%)	NWSR 数量	NWSR 数量 占比 (%)	NWSR 长度 (km)	NWSR 长度 占比 (%)
西北太平洋沿海流域 Pacific Northwest		729953	7.58	82	39.42	5008.50	24.45
加利福尼亚 California		442411	4.59	26	12.50	3370.21	16.45
大盆地 Great Basin		378628	3.93	0	0.00	0.00	0.00
里奥格兰德 Rio Grande		386212	4.01	4	1.92	507.64	2.48
克萨斯-海湾 Texas-Gulf		478907	4.97	0	0.00	0.00	0.00
南部大西洋海湾流域 South Atlantic Gulf		743574	7.72	9	4.33	523.41	2.55
Souris-Red Rainy 苏里斯-红河流域		157315	1.63	0	0.00	0.00	0.00
五大湖 Great Lakes		293054	3.04	17	8.17	1094.76	5.34
北部大西洋沿海流域 North Atlantic	北部大西洋沿海 流域中部 Mid Atlantic	275058	2.86	5	2.40	914.39	4.46
	新英格兰 New England	167356	1.74	9	4.33	584.07	2.85
科罗拉多河 Colorado River	科罗拉多河上游 Upper Colorado	301698	3.13	0	0.00%	0.00	0.00
	科罗拉多河下游 Lower Colorado	401029	4.16	3	1.44	364.60	1.78
密苏里流域 Missouri Drainage Basin	密苏里河 Missouri	1390335	14.44	5	2.40	1383.26	6.75
	阿肯色-红-白河 Arkansas White Red	667035	6.93	9	4.33	414.64	2.02
	密西西比河上游 Upper Mississippi	508915	5.28	1	0.48	405.47	1.98
	密西西比河下游 Lower Mississippi	261150	2.71	1	0.48	25.26	0.12
	田纳西河 Tennessee	112226	1.17	1	0.48	72.89	0.36
	俄亥俄河 Ohio	429480	4.46	8	3.85	639.90	3.12
阿拉斯加 Alaska		1481347	15.38	25	12.02	5164.89	25.21
波多黎各 Puerto Rico		9104	0.09	3	1.44	14.32	0.07
夏威夷 Hawaii		16635	0.17	0	0.00	0.00	0.00
合计		9631420	1	208	100.00	20488.20	100.00

占比之间存在一定的此消彼长的关系, 水坝建设必定改变河流的自流状态, 而 NWSR 旨在保护河流的自流状态, 而且往往在争夺自然价值突出的同一河流。从历史来看, 水坝建设尤其是美国西部大坝建设对 NWSR 发展有十分重要的促进作用。1900 年开始, 美国大力推进“把荒漠变成花园 (Make the desert bloom)”的“西进运动”, 开始在西部地区

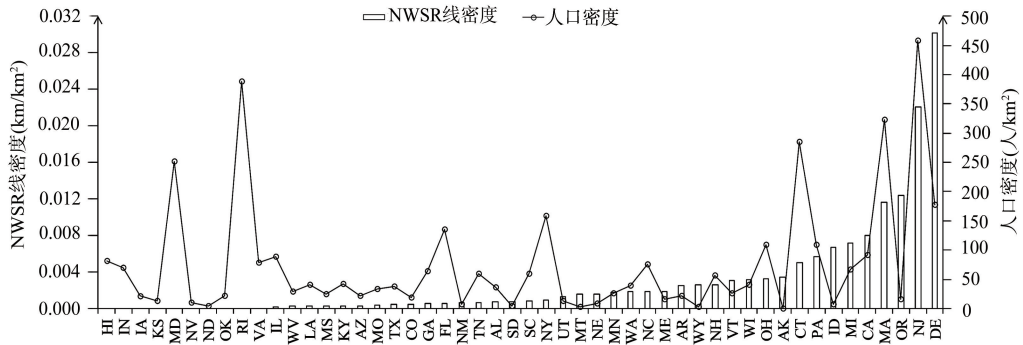


图6 不同州的人口密度与NWSR线密度比较

Fig. 6 Comparison between population density and NWSR line density in each state of the USA
注：图中州名缩写见表1。

表6 人口密度与NWSR线密度相关性

Tab. 6 Correlation between population density and NWSR line density

			Zscore (Pop)	Zscore (L _{NWSR})
斯皮尔曼等级相关系数	Zscore (Pop)	相关系数	1.000	0.117
		显著性 (双尾)	.	0.420
		N	50	50
	Zscore (L _{NWSR})	相关系数	0.117	1.000
		显著性 (双尾)	0.420	.
		N	50	50

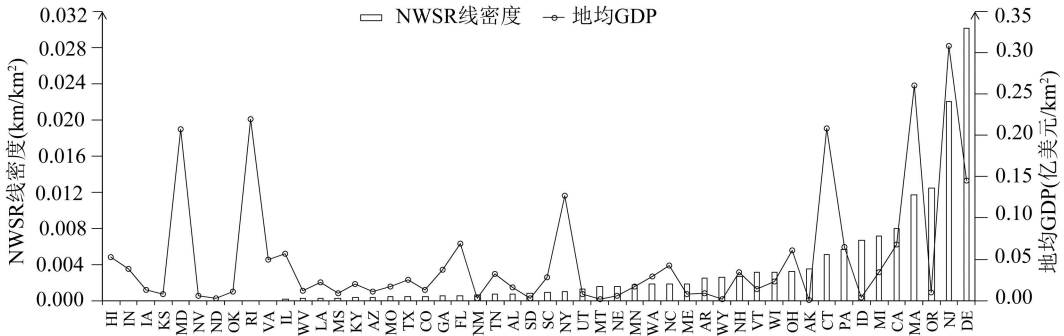


图7 不同州的地均GDP与NWSR线密度比较

Fig. 7 Comparison between GDP/km² and NWSR line density in each state of the USA
注：图中州名缩写见表1。

修筑水坝、修凿运河和导管等一系列的水利工程建设^[35]。水坝建设不仅推动了美国西部经济发展，也使一部分河流不断遭到破坏，生态和环境问题接踵而至。二次世界大战之后，美国迎来了建坝的第二次高潮，西部是美国坝高超过100m的大坝最集中的区域，该区域成为保护河流“反坝”运动的主战场，也是NWSR建设的重点区域，1968年第一批8个NWSR单元中就有5个单元位于该区域。

表7 地均GDP与NWSR线密度相关性

Tab. 7 Correlation between GDP/km² and NWSR line density

		<i>Zscore</i> (L_{NWSR})		<i>Zscore</i> (<i>GDP</i>)	
斯皮尔曼等级相关系数	<i>Zscore</i> (L_{NWSR})	相关系数	1.000	0.130	
		显著性 (双尾)	.	0.367	
		N	50	50	
	<i>Zscore</i> (<i>GDP</i>)	相关系数	0.130	1.000	
		显著性 (双尾)	0.367	.	
		N	50	50	

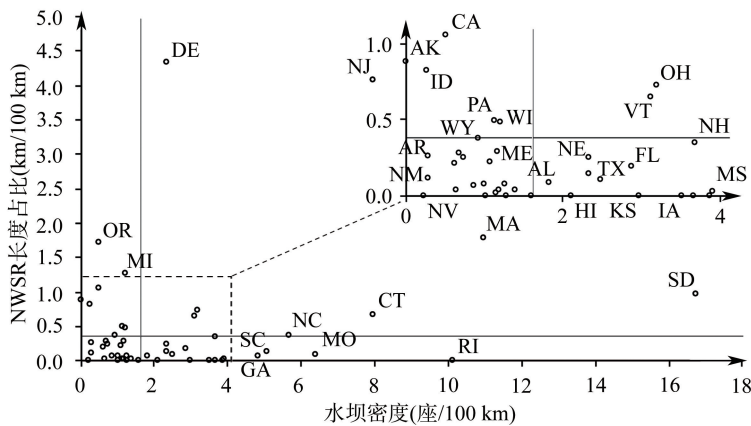


图8 各州单位长度河流水坝密度与NWSR长度占比比较

Fig. 8 The number of dams and NWSR length in each state of the USA

注:图中州名缩写见表1。

4 原因与启示

4.1 原因分析

4.1.1 荒野思想的指导作用 WSRs旨在保护和提高河流的自由流动性、良好水质以及杰出价值,其产生主要受荒野思想和“反坝”运动的双重影响。WSRS是国家荒野保护体系(NWPS)的思想延续,荒野(Wilderness)是指人类可以到达但不能居住的场所,荒野保护地体系强调:生态系统主要受自然力影响,人类的痕迹微不足道;卓越的独处机会,原始而自由的游憩方式;面积较大,至少5000英亩(约合20.23 km²),或有足够大的面积支持对该地实际可行的保护;包含具有科研、教育、观赏或历史价值的生态、地质或其他方面的特征^[5]。荒野思想在河流保护中的演绎,就是表现为河流无坝、保持自流状态、受人类的干扰较小而水质优良。

美国自然保护地建设成效显著,如国家公园、国家森林、国家野生动物和鱼类保护区等保护地类型被全世界所认可,森林、野生动物及景观等得到了保护,但是河流一直没有列为保护对象,部分跨越行政管理区域边界的河流,也没有纳入现有保护地体系之中,于是萌发了建立新型保护地以实现河流保护的想法。

20世纪60年代是美国水坝建设最多的时期,十年间修建水坝20257座,修坝数量占

20世纪100年间所建水坝总数的25%以上,“修坝”利用和“反坝”保护之间的博弈剧烈。一部分河流保护主义者试图通过保护地建设达成联邦政府对河流水体及周边土地利用的控制,从而实现河流保护,由此催生了WSRA。荒野强调无人为影响或弱人为影响的思想受到了河流保护者的垂青,1964年荒野法案(Wilderness Act)的通过,使得荒野的科学概念被公众所接受,为1968年WSRA通过奠定了法律依据和理论基础。

4.1.2 遴选标准的直接作用 保护法案是保护思想的国家意志化,遴选标准则是国家保护法案的具体化和操作化,NWSR遴选标准是联邦机构为了满足认定和管理需要而制定的技术要求^[36]。

从满足杰出价值来看。河流杰出价值包括河流的观赏、娱乐、地质、鱼类、野生生物、历史、文化以及其他价值。河源和上游区域较多体现生态价值,特别是河流的生物价值和地质价值等,河流中、下游体现河流的历史和文化价值。美国有历史文化价值的河流大都分布于东部城市,而且联邦机构在实际操作中倾向于认可河流的自然和游憩价值,河流下游和东部的城市河流很难被遴选为NWSR。

从满足优良水质来看。河源和上游区域受到的人为干扰较小,生态系统完整性较好,河流主要承载生物多样性、土壤形成、养分循环等生态功能,一般水质都比较好,也容易满足NWSR优良水质的要求。河流中、下游区域,更多地是承载供水、粮食生产、水产品等生产和生活功能,河流水质也难以满足NWSR优良水质的要求。

从满足保持自流状态来看。河源和上游由于防洪压力和利用需求均较小,且水量有限,比较容易保持自流状态。河流中、下游人口聚集,容易形成城镇,河流往往被改造和利用以适应社会经济发展需求,难以够维持自流状态。

以上分析可以看出,要同时满足三个条件势必导致NWSR向河流的河源和上游区域集聚。太平洋海岸、山间高地、落基山脉三个自然区域是美国河源和河流上游比较集中的区域,三个区域成为NWSR集聚中心就具有一定的必然性。

保护地建设具有政治与生态建设高度耦合的重要特点,NWSR认定是一个政治与技术交织的程序。除了上述原因之外,政治角力也是影响NWSR空间分布的重要因素之一。美国对待河流一直存在保护、开发两股力量,这种力量通过联邦政府由共和、民主两党轮流执政表现出来,对NWSR发展形成了交替钳制作用^[37]。除了联邦机构治理之外,州政府也可以部分参与到NWSR治理之中,阿拉斯加、俄勒冈等州NWSR的迅速发展,就是地方政府和环保组织持续推动的结果。

4.2 启示

结合NWSR空间分布特点、影响因素及形成原因,对中国河流保护地体系建立及保护地遴选等提出以下启示性建议。

4.2.1 保护地建设要注重思想指导 美国成为现代自然保护地建设的先驱和典范,保护思想的指导作用功不可没^[38]。19世纪,哲学家爱默生(Ralph Waldo Emerson)、梭罗(Henry David Thoreau)倡导的自然观;20世纪初,约翰·缪尔(John Muir)提出了大自然内在价值;1910年代,平肖(Gifford Pinchot)提出的资源伦理,是1960年美国国会颁布的“多用途持续产出法案”(Multiple-Use Sustained-Yield, MUSY)的思想基础和可持续思想的雏形;1940年代,奥尔多·利奥波德(Aldo Leopold)提出的包括荒野和土地共同体在内的“土地伦理”;平肖和利奥波特思想组合在一起诞生了的保护地系统管理思想;1960年代,蕾切尔·卡逊(Rachel Carson)的《寂静的春天》出版,促使环境保护事业在全世界迅速发展。目前,仍然不断有各种环境保护的思想和思潮涌现。荒野

风景河流法案的提出,只是这种连续但有创意的保护地思想中一环。这些既有继承又有发展的保护思想影响深远,既对保护地类型、空间布局等产生影响,也对管理方式产生影响。如荒野就由一种保护思想变成一种保护地类型,也成为了一种管理方式。实际上,美国保护地体系不只有国家公园体系,应该着眼各种保护地类型的空间匹配关系和历史形成过程,系统思考美国自然保护地体系的思想根源。

中国必须要有自己的保护思想,才能建设好自己的保护地。在几千年的历史发展中,在处理人与自然的关系过程中,中国人积累许多睿智的思考;而且现代保护地有60多年的伟大实践,中国人也积累了丰富的经验。但如何将思考和经验上升为科学的保护思想和管理手段,还有许多路要走。

4.2.2 保护地建设要关注重点区域 美国荒野风景河流空间集聚特点一定程度上反应了自然保护地集中分布的必然性。目前,保护地建设主要集中于生物多样性热点地区,特有物种的数量和所受威胁的程度是评估热点地区的主要标准^[39]。特有种的分布是存在有一定的地带性和空间聚集性^[40],这些区域自然成为保护地建设的优先区域。加利福尼亚就是全球34个生物多样性的热点地区之一^[41],也可能导致河流保护地的集聚。

中国地势西高东低,形成较为明显的三大阶梯,众多水系的发源地多为青藏高原区、一二三级阶梯分界线以及第三级阶梯内的长白山、武夷山等重要山脉。中国西南地区地形较为起伏,降水充沛,水资源丰富,尤其横断山区,不但是河流发源地或河流上游,也是全球34个生物多样性的热点地区之一,也是中国保护地建设的关键区域(如大熊猫国家公园)。中国河流保护地建设应该在清楚资源和环境本底的情况之下,关注价值突出的区域(如西南地区等),将这些区域作为河流保护建设的优先区域和重点区域,才能确保保护地建设的实施效果和效率。

4.2.3 保护地遴选要确定合适标准 美国西部河流的自然价值和游憩价值较高,生态代表性较强,符合遴选标准的河流比较多,从而造成在该区域分布的NWSR单元数量较多。美国中、东部地区河流自然价值普遍偏低,也有一部分河流文化价值比较高(如波士顿河和田纳西河),但文化价值在NWSR遴选标准和过程中未被充分考虑,导致中、东部许多州都没有NWSR单元分布。加拿大遗产河流体系(Heritage River System)就改变了这种一味强调自然价值的做法,从遗产的视角来保护河流,将一些自然价值不明显、但文化价值突出的河流(如圣劳伦斯河St.Lawrence River,利多运河Lido Canal)纳入到了保护地体系之中。

与美国相类似,中国西部特别是西南地区河流的自然价值突出(如雅鲁藏布江、雅砻江等),中东部地区河流的文化价值突出(如汉江、新安江等),如果一味强调河流的自然价值,将会使很多有文化价值的河流难以纳入到河流保护地体系之中,就可能造成保护对象的缺失。中国河流保护地建设必须根据自然条件及发展阶段等实际情况,选择合理的保护地类型和合适的遴选标准。

4.2.4 保护地建设要重视系统规划 由于WSRS跨越行政和管理边界,政府治理方式不是单一机构的联邦治理(如国家公园只归NPS一家机构管理,国家森林只归USFS一家机构管理),而是由USFS、NPS、USFWS、BLM四家联邦机构以及个别州政府实施的共同政府治理,只有一个理事会性质的组织对这些机构进行协调^[42]。长期以来,一直缺少全国系统规划的指导,空间发展的不确定性也导致了NWSR在空间分布上的不均衡性。

一种保护地类型在一个国家的科学发展,应该是在生态代表性突出的区域合理分布,而国家层面的系统规划则是前提和保障。中国保护地建设,特别是某种保护地体系

建立的早期（如现在的国家公园），要制定全国系统规划作为科学发展的管理依据，才能确保体系的科学、健康发展。

5 结论与讨论

本研究是从美国现有NWSR空间分布格局出发，向上追溯，NWSR已经分布于美国40个州，呈现出西部密集、中部零散、东部稀疏的特点，密集区域主要地处远东地区的俄勒冈、阿拉斯加、加利福尼亚3个州，NWSR分布特征与地理分区、生态分区、流域等自然条件密切相关，与人口密度、经济水平等人文因素的相关性不强；但大坝建设是影响NWSR产生、形成和发展的重要因素。从NWSR发展的过程和形成逻辑来看，荒野保护思想影响WSRA的制定，遴选标准制定是WSRA三个方面要求的技术化，NWSR遴选标准的实施影响了NWSR保护地空间分布格局（图9）。在中国保护地体系设计和建设的初始阶段，应该充分考虑保护思想和体系设计可能形成的空间分布格局，应有明确的中国保护地思想，关注自然、文化价值突出的重点区域，确定合理的遴选标准，制定全国层面的系统规划。

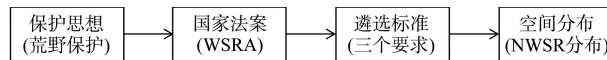


图9 保护地空间格局形成逻辑示意

Fig. 9 Logical map showing the spatial pattern of protected areas

由于现有NWSR数据中，只有河流长度数据，而没有河流等级、流量、宽度等数据，可能难以全面反映NWSR实际情况。另外，河流保护地只是整个保护地体系中的一种类型，NWSR应该与其它保护地类型进行匹配分析，探讨NWSR与NPS、NFS和NWFS等其它保护地类型的空间耦合关系，才能进一步厘清河流保护地的空间分布规律。后续研究中，这些问题需要进一步关注。

致谢：感谢审稿专家所提出的建设性意见，感谢云南省气候中心鲁韦坤高级工程师和云南大学陆颖副研究员给予的帮助。

参考文献(References)

- [1] 李鸿源, 胡通哲, 施上粟. 水域生态工程. 北京: 中国水利水电出版社, 2012. [Li Hongyuan, Hu Tongzhe, Shi Shangli. Water Ecological Engineering. Beijing: China Water & Power Press, 2012.]
- [2] 张振明, 刘俊国, 申碧峰, 等. 永定河(北京段) 河流生态系统服务价值评估. 环境科学学报, 2011, 31(9): 1851-1857. [Zhang Zhenming, Liu Junguo, Shen Bifeng, et al. Evaluation of ecosystem services of the Yongding River in Beijing. Acta Scientiae Circumstantiae, 2011, 31(9): 1851-1857.]
- [3] Armatas C A, Campbell R M, Watson A E, et al. An integrated approach to valuation and tradeoff analysis of ecosystem services for National Forest decision-making. Ecosystem Services, 2018, 33: 1-18.
- [4] Nel J L, Roux D J, Maree G, et al. Rivers in Peril inside and outside protected areas: A systematic approach to conservation assessment of river ecosystems. Diversity and Distributions, 2007, 13(3): 341-352.
- [5] Nigel D. Guidelines for Applying Protected Area Management Categories. Gland, Switzerland: IUCN, 2008.
- [6] Vörösmarty C J, McIntyre P B, Gessner M O, et al. Global threats to human water security and river biodiversity. Nature, 2010, 467(7315): 555.

- [7] Noe L. *Canadas Heritage Rivers: Newfoundland and Labrador*: Breakwater Books Ltd, 1995.
- [8] Hughey K F D, Rennie H G, Williams N J. New Zealand's 'Wild and Scenic Rivers': Geographical aspects of 30 years of water conservation orders. *New Zealand Geographer*, 2014, 70(1): 22-32.
- [9] Stein J L, Stein J A, Nix H A. Wild rivers in Australia. *International Journal of Wilderness*, 2001, 7(1): 20-24.
- [10] Palmer T. A legacy of river. *International Journal of Wilderness*, 2017, 23(2): 4-9.
- [11] American Rivers, National Park Service. Use and economic importance of the wild and scenic Chattooga river. <https://www.americanwhitewater.org/content/Document/fetch/documentid/271/raw>, 2003.
- [12] Cordell H K, Bergstrom J C, Ashley G A, et al. Economic effects of river recreation on local economies. *Water Resources Bulletin*, 1990, 23(1): 53-60.
- [13] Smith J W, Moore R L. Perceptions of community benefits from two wild and scenic rivers. *Environmental Management*, 2011, 47(5): 814-827.
- [14] United States Department of Agriculture. Wild and scenic rivers and the use of eminent domain. <https://www.rivers.gov/documents/eminent-domain.pdf>, 1998.
- [15] Bowker J M, Bergstrom J C. Wild and scenic rivers: An economic perspective. *International Journal of Wilderness*, 2017, 23(2): 22-33.
- [16] Pracheil B M, McIntyre P B, Lyons J D. Enhancing conservation of large-river biodiversity by accounting for tributaries. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2013, 11(3): 124-128.
- [17] Brown T C, Daniel T C. Landscape aesthetics of Riparian environments: Relationship of flow quantity to scenic quality along a wild and scenic river. *Water Resources Research*, 1991, 27(8): 1787-1795.
- [18] Abell R, Allan J D, Lehner B. Unlocking the potential of protected areas for freshwaters. *Biological Conservation*, 2007, 134(1): 48-63.
- [19] Gimblett H R, Scott C A, Hammersley M. Dam removal on the Lower White Salmon River: Rewilding, sacred spaces, and "Outstandingly Remarkable Values". *International Journal of Wilderness*, 2017, 23(2): 34-40.
- [20] Verbos R, Vadala C, Mali P, et al. The visitor use management framework: Application to wild and scenic rivers. *International Journal of Wilderness*, 2017, 23(2): 10-15.
- [21] Perry D E. Reframing the wild and scenic rivers act ecosystem-based resilience and adaptation. *International Journal of Wilderness*, 2017, 23(2): 41-48.
- [22] Fredrickson B, Lacroix K M. Wild and scenic rivers into the next 50 years: Lessons from the re-watering and restoration of Fossil Creek. *International Journal of Wilderness*, 2017, 23(2): 16-21.
- [23] 朱里莹, 徐娜, 兰思仁. 中国国家级保护地空间分布特征及对国家公园布局建设的启示. *地理研究*, 2017, 36(2): 307-320. [Zhu Liying, Xu Shan, Lan Siren. Spatial distribution characteristics of national protected areas and the inspirations to national parks in China. *Geographical Research*, 2017, 36(2): 307-320.]
- [24] Rudemo M. Empirical choice of histograms and kernel density estimators. *Scandinavian Journal of Statistics*, 1982: 65-78.
- [25] 邹琳, 曾刚, 曹贤忠, 等. 长江经济带的经济联系网络空间特征分析. *经济地理*, 2015, 35(6): 1-7. [Zou Lin, Zeng Gang, Cao Xianzhong, et al. Research on spatial characteristic of the economic relation network of Yangtze Economic Zone. *Economic Geography*, 2015, 35(6): 1-7.]
- [26] 曹卫斌, 叶朋, 赵慧. 全国河流的密度统计方法. *水利水电工程设计*, 2015, (2): 53-55. [Cao Weibin, Ye Peng, Zhao Hui. Statistics methods of river density in the country. *Design of Water Resources & Hydroelectric Engineering*, 2015, (2): 53-55.]
- [27] 刘国明, 杨效忠, 林艳, 等. 中国国家森林公园的空间集聚特征与规律分析. *生态经济*, 2010, (2): 131-134. [Liu Guoming, Yang Xiaozhong, Lin Yan, et al. The spatial concentration characteristics and the rule analysis on the national forest park in China. *Ecological Economy*, 2010, (2): 131-134.]
- [28] 王远飞, 何洪林. *空间数据分析方法*. 北京: 科学出版社, 2007. [Wang Yuanfei, He Honglin. *Spatial Data Analysis Method*. Beijing: Science Press, 2007.]
- [29] 潘竟虎, 张建辉. 中国国家湿地公园空间分布特征与可接近性. *生态学杂志*, 2014, 33(5): 1359-1367. [Pan Jinghu, Zhang Jianhui. Spatial distribution characteristics and accessibility of national wetland parks in China. *Chinese Journal of Ecology*, 2014, 33(5): 1359-1367.]

- [30] 付励强, 孔石, 宗诚, 等. 中国湿地保护区与湿地公园空间分布差异. 湿地科学, 2015, 13(3): 356-363. [Fu Liqiang, Kong Shi, Zong cheng, et al. The difference of spatial distribution of wetland nature reserves and wetland parks in China. *Wetland Science*, 2015, 13 (3): 356-363.]
- [31] 焦怡雪. 美国历史环境保护中的非政府组织. 国外城市规划, 2003, 18(1): 59-63. [Jiao Yixue. The non-governmental organizations of historic preservation in U.S.A. *Urban Planning International*, 2003, 18(1): 59-63.]
- [32] Bonham C H. The wild and scenic rivers act and the Oregon trilogy. *Public Land & Resources Law Review*, 2000, 21: 109-144.
- [33] Atwood W W. *The Physiographic Provinces of North America*. Boston: Ginn and Company, 1940.
- [34] Bailey R G. *Ecogeographic Analysis: A Guide to the Ecological Division of Land for Resource Management*. Washington DC: USDA Forest Service, 1988.
- [35] 孙小银, 周启星, 于宏兵, 等. 中美生态分区及其分级体系比较研究. 生态学报, 2010, 30(11): 3010-3017. [Sun Xiaoyin, Zhou Qixing, Yu Hongbing, et al. Comparative study on ecoregion and its classification systems between China and USA. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(11): 3010-3017.]
- [36] 李鹏, 何琳思, 赵敏, 等. 基于自然区域特征和生态代表性的加拿大国家公园动态反馈遴选机制. 热带地理, 2017, 37(4): 569-579. [Li Peng, He Linsi, Zhao Min, et al. National park selection mechanism in Canada based on system feedback. *Tropical Geography*, 2017, 37(4): 569-579.]
- [37] 李鹏, 张端, 戴向前, 等. 美国荒野风景河流体系发展阶段及其主要影响因素. 南水北调与水利科技, 2018, 16(99): 182-190. [Li Peng, Zhang Duan, Dai Xiangqian, et al. Development stages of U.S. national wild and scenic rivers system and main influencing factors. *South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology*, 2018, 16(99): 182-190.]
- [38] Primack R B. *Essentials of Conservation Biology*. Sunderland: Sinauer Associates, 2006.
- [39] Myers N. Threatened biotas: "Hot Spots" in tropical forests. *The Environmentalist*, 1988, 8(3): 187-208.
- [40] 雷富民, 卢建利, 刘耀, 等. 中国鸟类特有种及其分布格局. 动物学报, 2002, 48(5): 599-610. [Lei Fumin, Lu Jianli, Liu Yao, et al. Endemic bird species to China and their distribution. *Current Zoology*, 2002, 48(5): 599-610.]
- [41] Stein B A, Kutner L S, Adams J S. *Precious Heritage: The Status of Biodiversity in the United States*. Oxford: Oxford University Press on Demand, 2000.
- [42] 李鹏, 张端, 赵敏, 等. 自然保护地非完全中央集权政府治理模式研究: 以美国荒野风景河流体系为例. 北京林业大学学报, 2019, 18(1): 60-69. [Li Peng, Zhang Duan, Zhao Min, et al. Natural protected area: National wild and scenic rivers system in USA as a case. *Journal of Beijing Forestry University (Social Sciences)*, 2019, 18(1): 60-69.]

Spatial characteristics of the national wild and scenic rivers system in the United States and its enlightenment to China

LI Peng^{1,2,4}, ZHAO Min^{3,4}, Alan Watson^{2,4}, YANG Peng^{3,4}, YU Dan^{1,4}

(1. School of Business and Tourism Management, Yunnan University, Kunming 650500, China;

2. United States Department of Agriculture, Forest Server, Rocky Mountain Research Station, Aldo Leopold

Wilderness Research Institute, Missoula, MT 59801, USA; 3. School of Architecture and Urban Planning,

Yunnan University, Kunming 650500, China; 4. National Park Administration of China, National Forestry and

Grassland Administration, Planning and Research Center of National Park, Kunming 650216, China)

Abstract: The Wild and Scenic Rivers System (NWSRS) of the United States designated the earliest protected river system in the world. After 50 years of existence, the system continues to grow and to fulfill the promise of the original legislation. National Wild and Scenic Rivers (NWSR) are linear, and cross boundaries, including federal, state and private lands, and represent a variety of ecosystems and serve a variety of human populations. This paper uses available NWSRS and other biophysical river data, US natural ecological and socio-economic data, GIS and other analysis softwares for development of graphical overlays and correlation analysis. There are currently 208 NWSRS units, unevenly distributed across the United States. Parameters of this system can be analyzed, based on a Kernel Density tool to calculate the density of selected features in a neighborhood around those line or point features. A linear density measure is the length of NWSRs in each state. Based on these analyses, this paper further discusses the relevance of this distribution to natural and socio-economic variables in the US. The results show that while the NWSRS units in 40 of 50 states, three states far exceed the others: Oregon, Alaska and California. There is only one unit of the NWSRS in each of 18 states in the United States, most of which are located in the eastern region. In addition, 10 states, concentrated in the Great Plains, do not have NWSRS units. High density of NWSRS units occurs in three physical geographical regions: the Pacific Coast, the high mountains, and the Rocky Mountains. Low densities of NWSRS units are found in the Plains and the Atlantic Plain. NWSRS units are distributed in Polar, Humid Temperate, Dry, Humid Tropical Domains; and only one ecological Division of the US has no NWSRS units. NWSRS units are mainly concentrated in four major continental watersheds: the Pacific Northwest, California, Alaska and Great Lake. The correlation between line density of NWSRS units and population density and level of economic development is not strong, but it is closely related to high dams. There are many reasons for the current spatial distribution of the NWSRS, especially the ideology behind political motivations for legislative protection. A guiding ideology for river conservation is needed, river designation recommendations must pay attention to key areas which have unique societal values and threats to those values, and establishing protected area selection criteria. A national system plan is needed.

Keywords: National Wild and Scenic River (NWSR); protected river system; spatial characteristics; river line density; Kernel Density