

大黄石自然保护区集群空间结构及其对中国的启示

李 鹏^{1,2}, 王丹宁¹, 李晨阳³, 吴宁远¹, Alan Watson⁴, 赵 敏^{2,3}

(1. 云南大学工商管理与旅游管理学院, 昆明 650500; 2. 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 650031; 3. 云南大学建筑与规划学院, 昆明 650500; 4. 美国农业部林务局落基山研究院 奥尔多·利奥波特荒野研究所, 米苏拉 MT 59801)

摘要: 科学的空间关系和合理的空间结构是保护地治理的基础, 美国大黄石生态系统(简称“大黄石”)是多种单元协调共生的保护地集群典范。经过 150 多年 4 个时期的建设, 大黄石保护地单元空间关系中的边界重叠问题逐步解决, 外部相依和内部嵌套相继建立, 在更大范围形成土地利用共生圈层和景观尺度的空间相依关系; 保护地集群形成了以国家公园为核心、国家森林为主体、其他类型保护地填补空缺的空间结构; “基础—路径—目标”框架可以解释该结构的形成原因, 土地权属、政府治理及资源保护利用是保护地集群形成的物质基础、发展路径及建设目标。对中国的启示: 空间管控要关注保护地单元的空间关系和保护地集群的空间结构; 政府治理要将自上而下、自下而上的方式相结合。

关键词: 自然保护区集群; 空间关系; 空间结构; 圈层共生模式; 大黄石生态系统(大黄石)

自然保护区作为环境保护工作的基石^[1], 是世界范围内保护生物多样性最重要和有效的工具之一。但是, 单个的、零散的保护地难以满足生态系统的全面需求, 不同空间尺度、保护等级的若干保护地共同运行并形成网络才能确保重要生境连通, 物种和景观才能得到全面保护并为物种迁徙提供充分机会^[2]。对于某一个保护地网络而言, 既包含了网络内部保护地单元之间的空间关系, 又包含了整个网络的空间结构。

关于保护地空间关系的研究由来已久。按照位置关系, 保护地空间关系涉及三个方面问题: (1) 保护地单元内部的空间关系。分区是保护地内部空间管理的一种规范性工具^[3], Bos^[4]提出了森林分区模型; 联合国教科文组织 (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization, UNESCO) ^[5]发起了“人与生物圈计划”(Man and the Biosphere Program, MAB), 提出自然保护区内部可分为核心区、缓冲区和过渡区。(2) 保护地单元与周围土地的空间关系。保护地单元内部生态功能与周围土地利用之间存在着此消彼长的平衡性问题, 外围人类活动增多会对保护地单元内部产生负面影响^[6]; 保护地与周围土地存在一定的生态反馈机制^[7]; 需要通过更大范围的生态系统 (Protected Area Centered Ecosystems, PACEs) 来精确监测、评估和保护其中的自然保护区^[8]。(3) 保护地单元相互之间的空间关系。生境廊道将孤立的小面积保护地单元连接起来形

收稿日期: 2022-04-11; 修订日期: 2022-09-18

基金项目: 国家自然科学基金项目 (42261057, 41761111); 国家重点研发计划 (2022YFF1302405); 美国富布莱特项目 (FSP-P000287)

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

E-mail: leap@ynu.edu.cn

通讯作者: 赵敏 (1973-), 女, 云南昆明人, 博士, 副教授, 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

成保护地网络系统^[9,10],可以有效消除景观破碎化趋势和孤岛化现象,使得相离的保护地之间形成共生关系^[7],大尺度的连通性保护和生态廊道建设对于国家公园自然生态系统的长远保护具有重要意义^[11];Sabatini等^[12]通过定量方法以实现保护地碎片最小化;全球保护地网络的连通性可以通过量化表征^[13],世界上近四分之一的保护地之间存在着重叠的现象^[14],管理体制的冲突、保护目标的扩大是导致重叠的主要因素;衡量不同类型保护地之间的重叠和互补程度,可以评估现有保护地有效性^[15]。

近年来,国内学术界也开始讨论自然保护地重叠问题等空间关系^[16]。中国保护地单元的空间重叠现象普遍^[17],同一地块承担不同层级的开发权限是保护地土地利用冲突的主要原因^[18]。不同类型和不同尺度保护地均存在有不同程度的重叠:全国五种类型的湿地保护地单元^[19],长江经济带作为跨区域^[20],北京市作为省域^[21],青海湖作为流域^[22],重庆金佛山作为保护地单元^[23];并指出了自然保护地整合优化的关键问题^[24],对整合优化方案提出了建议^[25,26]。这些研究主要关注自然保护地空间治理重叠及其解决方式,如解决国家公园及周边区域、不同行政区域之间的关系及平衡问题^[27],而对保护地单元的嵌套^[28]、共生^[29]等空间关系缺少系统阐述,更是较少关注保护地集群的空间结构。

与此同时,中国政府开始关注并着手解决保护地单元的空间关系问题。国家林业和草原局等五部委编制的《国家公园等自然保护地建设及野生动植物保护重大工程建设规划(2021—2035年)》提出:由于分头划定造成全国49.8%的自然保护地间存在空间交叉重叠,导致保护定位模糊、管理效能下降、实际面积缩减等问题。2019年6月,中共中央办公厅、国务院办公厅颁布了《关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见》(以下简称“《意见》”),提出“逐步形成以国家公园为主体、自然保护区为基础、各类自然公园为补充的自然保护地分类系统”,如何处理不同类型保护地之间的空间关系开始得到高度重视。随后,自然资源部、国家林业和草原局发布了《关于做好自然保护区范围及功能分区优化调整前期有关工作的函(自然资函〔2020〕71号)》,对保护地空间治理问题提出了指导意见,全国各地陆续开展了自然保护地优化整合工作。2021年10月,习近平总书记宣布“中国正在建设全世界最大的国家公园体系”,意味着更为复杂的保护地单元空间关系亟待解决,以构建完善的保护地体系空间结构。

美国大黄石生态系统(The Greater Yellowstone Ecosystem, GYE,简称“大黄石”)是保护地集群空间治理的典范。大黄石泛指以黄石国家公园为核心的广泛区域,包括密苏里河、哥伦比亚河、科罗拉多河水系的源头及其周围14座山脉,地跨怀俄明(Wyoming)、爱达荷(Idaho)、蒙大拿(Montana)三个州20个县。“大黄石”一词,最早出现在1917年作家爱默生呼吁扩建黄石国家公园的文章中,传达出对国家公园及周边地区进行系统性保护的理念。20世纪70年代,大黄石开始超越国家公园的范围,在理论上被定义为灰熊的活动范围^[30];1985年,大黄石面积扩大到16000 km²;2012年,进一步扩展到91702 km²^[31]。目前,大黄石包括2个国家公园(National Park, NP)、5个国家森林(National Forest, NF)、3个国家野生动物保护区(National Wildlife Refuge, NWR)、1个印第安保留地(Indian Reservation, IR)、12个国家荒野保护区(National Wilderness, NW)及2段国家荒野风景河流(National Wild & Scenic River, NWSR)等。这是一个以保护地为基础,涵盖多个气候带、植被区和若干生态子系统组成的大生态系统,具有保护地类型多、单元数量大、治理关系复杂等特点。

我们在多次考察大黄石等保护地集群的基础上,形成了关于美国保护地集群单元空间关系和特点的初步认知。特别是2018年7月至2019年1月期间,利用作为美国联邦政府访问学者的机会,与林务局(U.S. Forest Service, USFS)、国家公园管理局(National Park Service, NPS)、国家鱼类和野生动物管理局(U.S. Fish and Wildlife Service, USFWS)、大黄石协调委员会、国家麋鹿保护区、黄石国家公园等联邦机构与管理单元的9位负责人,以及农业部部落基山研究院、蒙大拿大学等学术机构的7位研究人员进行深入访谈。访谈内容涉及大黄石的形成过程、成功经验和面临挑战以及不同保护地类型的治理模式等内容。与此同时,还对落基山(Rocky Mountain)、冰川(Glacier)、北喀斯喀特(North Cascades)等以国家公园为核心的多个保护地集群进行了考察和比较。

基于此,利用文献资料,运用拓扑学等方法,分析大黄石保护地单元空间关系的演变过程,识别保护地集群空间结构及其形成主要原因,以期为中国自然保护地体系优化整合提供借鉴。

1 自然保护地单元空间关系

厘清保护地单元空间构成和空间关系,是认识大黄石空间结构的基础和前提。拓扑学为自然保护地单元的空间关系分析提供了有力工具。

1.1 自然保护地单元空间构成

空间是保护地的物质载体。一个保护地单元要实现有效治理,必定是“边界清晰的地理空间”^[32],具有明确的四至范围。一个保护地单元可以抽象为一个平面化的空间区域,具有明确的边界、内部和外部三个部分(图1)。边界既是保护地与非保护地的物理界线,也是资源利用和人类行为的差别线,还是管控和责任的分界线;内部是受到保护和管理的地理空间,考虑生物多样性、生态系统保护与自然资源综合利用的需要,可以形成不同的保护地内部分区;外部就是保护地单元的周边环境,既有保护性的外部空间(如其他保护地单元),也有非保护性的外部空间(如乡村生产生活空间)。

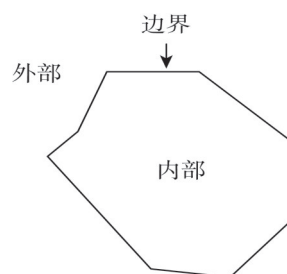


图1 保护地单元拓扑构成
Fig. 1 Topological composition of protected area unit

1.2 自然保护地单元三种空间关系

拓扑关系是最重要的空间关系之一。1993年,Egenhofer等^[33]提出了“9交空间关系模型”(9-Intersection Model, 9-IM):两个空间实体之间的外部、边界和内部三个要素形成的9种组合(即 3×3 的矩阵),描述最基本的面一面关系。利用9-IM模型,可以将两个保护地单元之间的各种空间关系进一步简化为三种类型,即相依、重叠与嵌套(图2)。

相依(Interdependence)^[29]。相依包括两个保护地单元的相切(两个单元靠近)和有生态连通性的相离。相离的两个保护地单元只有存在生态连通性,才能被认为是空间相依。如中国在四川、陕西和甘肃三省的五大山系建立多个大熊猫保护地,但各个保护地存在着一定程度的隔离与破坏^[34],只有解决大熊猫栖息地之间的生态廊道建设,82个相对独立的保护地单元才能形成相依的空间关系。

重叠(Overlap)^[35]。重叠是指分属不同管理主体的两个保护地单元之间,存在一定

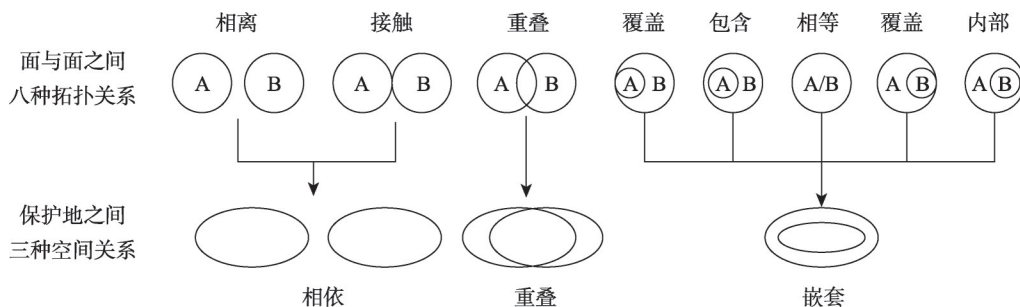


图2 保护地单元间的拓扑关系

Fig. 2 Spatial topological relationship of protected area units

面积交叉或完全重合的关系。如云南苍山洱海国家级自然保护区、大理国家级风景名胜区和大理苍山世界地质公园均包含了苍山、洱海两部分，三者之间存在较大范围交叉重叠，空间关系表现为重叠。

嵌套 (Nested) ^[28]。嵌套是指一个保护地位于另一个保护地的内部，且两个保护地未完全重合。1984年，美国国会通过《加利福尼亚州荒野保护法案 (California Wilderness Act)》，约塞米蒂国家公园中约94%的面积建立了荒野保护区 (Yosemite Wilderness) ^[36]，国家公园、国家荒野保护区两种保护地形成了嵌套的空间关系。

相依主要表征保护地单元外部的关系；重叠主要表征保护地单元的边界和内部相交，但本质还是边界问题；嵌套则主要表征保护地内部的问题。一个较大区域的保护地集群，存在多种类型的多个保护地单元，不同类型保护地单元有不同特点；不同单元之间存在地理要素的空间集聚及相互作用^[37]，又进一步影响了整个保护地集群的空间结构。

2 大黄石保护地单元空间关系演变的过程

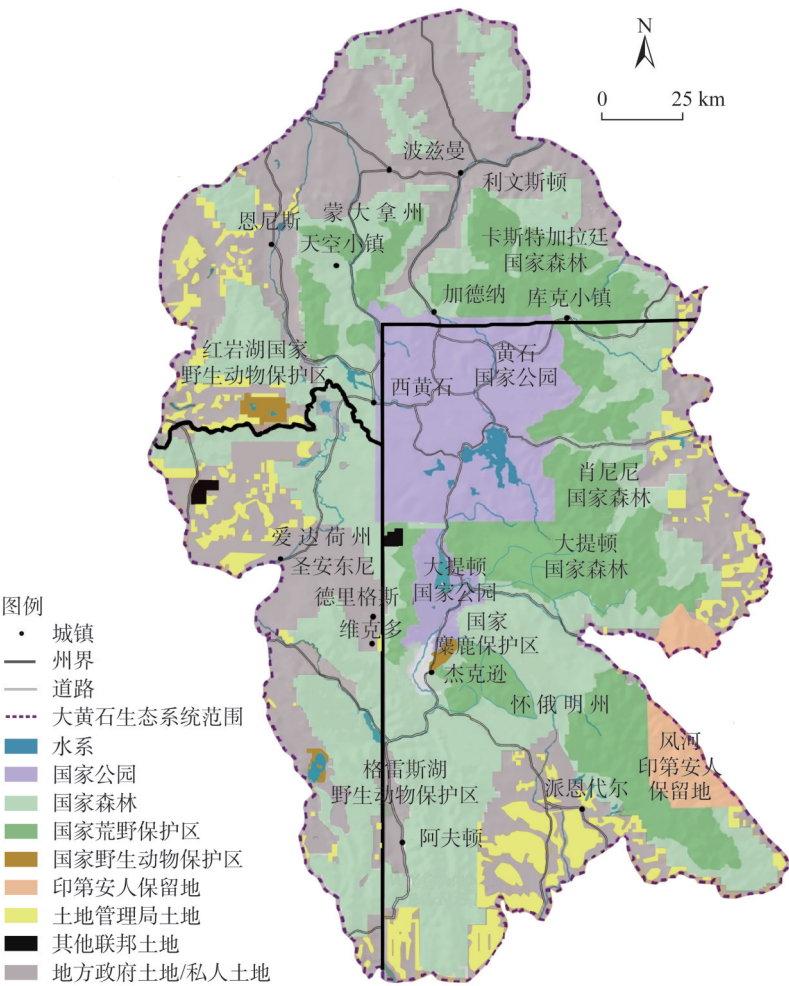
以标志性事件为依据，150多年的发展史可分为四个阶段，反映了大黄石保护地单元的空间关系演变和保护地集群的空间结构建立。

2.1 核心单元建设期(1872—1890年)

建设初期，大黄石只有国家公园一个保护地单元，只存在国家公园内部联邦保护地和原居民土地的空间重叠，没有其他的空间关系。大黄石面临着保护和利用之间的主要矛盾，以及管理主体缺失、管理经费缺少等问题。建设国家公园导致区域内的土地功能改变，印第安人原本的生产生活空间转变成了国家保护的生态空间，造成原居民土地利用范围和保护地单元之间的界线模糊。直到1896年，“华尔德诉雷斯·霍斯”案的终审判决宣告了印第安人在黄石国家公园内狩猎权的终结，原住民土地与国家公园重叠的空间关系由此而结束，国家公园成了纯粹的保护地^[38]。

为了进一步解决保护地单元与社区之间的空间重叠问题，自19世纪末期开始，联邦政府采取了社区迁出等措施，使得保护地边界更为清晰。同时，联邦政府还将原来用于解决社会问题的印第安保留地 (Reservation System, 建立于1851年) 制度用于解决自然保护地重叠关系。印第安保留地是一种相对特殊的保护地类型，其治理方式是以联邦垂直管理的原住民群体自治为主。目前，风河 (Wind River) 印第安保留地就有部分土地

位于大黄石范围之内（建立于1868年，总面积为9178.27 km²），周边还有北方夏安族（Nother Cheyenne, 1884年）、克劳族（Crow, 1882年）两个印第安保留地（图3）。这些保留地，既维持和保护了印第安人的传统生计与文化，也缓和了保护地单元空间重叠所带来的管理矛盾。而且，印第安人生产生活空间与其他自然保护地生态空间之间，形成了一种相依的空间关系。



注：根据文献 [39] 改动。

图3 美国大黄石生态系统的保护地单元构成

Fig. 3 Constitution of protected area units in the Great Yellowstone Ecosystem in the USA

2.2 主体单元建设期(1891—1937年)

国家森林成为国家公园的生态屏障。国家公园可以很好地保护大黄石的核心景观，但无法阻止周边区域的自然资源和景观被人类活动不断破坏侵蚀，生态系统完整性面临威胁。根据美国国家公园管理局的评估，美国国家公园所遭受的威胁中超过一半来自公园边界之外^[40,41]。黄石国家公园周边有大面积的森林，但其突出价值又不足以列入国家公

园范围之内。1891年,国会通过了《森林保留地法》(Forest Reserve Act),标志着开启了由联邦政府主导森林保护的新时代。1891—1908年,5个国家森林相继在国家公园周边建立,成为大黄石的主体(表1)。国家森林抵挡了国家公园周边区域开发建设的影响,也保护了旗舰物种及代表性物种的栖息地,国家公园与国家森林之间形成迁徙动物的“互动区域”,如麋鹿可以在不同季节栖息于不同海拔区域但又彼此相连的保护地单元。

国家野生动物保护区成为生物多样性保护的关键节点。由于大型野生动物以及候鸟的季节性迁徙,在国家公园、国家森林之外还有未纳入到保护范围的栖息地。为了填补保护空缺,对保护野生动物有重要意义和关键作用的非保护地区域,又被划定为国家野生动物保护区。国家麋鹿保护区(National Elk Refuge)及红岩湖(Red Rock Lakes)、卡默斯(Camas)国家野生动物保护区相继成立,成为保护麋鹿、黑嘴天鹅及水禽生存、繁衍的关键区域^[42]。3个国家野生动物保护区面积仅占大黄石总面积的0.47%,远不及国家公园和国家森林的面积,但处于动物迁徙或生存的关键位置,能对野生动物起到良好的保护作用(表1)。

至此,大黄石保护地单元间逐步形成空间相依和生态系统的共生关系^[46],有效维持了区域内的生物多样性和生态系统完整性。

2.3 系统补充完善期(1938—1989年)

建立国家荒野体系是通过提高保护地单元内部区域的保护等级,以解决保护地单元保护效果面临下降的问题。20世纪50、60年代,管理者发现一些国家森林中原有的保护要求,不足以保护区域内重要的水源地、野生动物栖息地以及鲜有人类涉足的原始区域。1964年,国会通过《荒野法案》,国家荒野保护区体系(National Wilderness Preservation System)正式成为自然保护地新类型。从那时起,在国家森林中建立了11个国家荒野保护区,占到国家森林总面积的24.60%。1984年,又在红岩湖国家野生动物保护区中建立了1个国家荒野保护区。国家荒野保护区是所有保护地类型中保护要求最严格的,意在维持区域没有人类痕迹的原貌,禁止一切开发行为和现代设备的进入。但其外围的其他非荒野区域,资源开发和游憩利用并未被限制,仍可满足区域内资源利用需求。国家荒野保护区以嵌套的方式存在于其他保护地类型之中,受到永久的严格保护,有效解决了保护地单元内生态保护与资源利用的分级问题。

建设国家荒野河流体系填补保护空缺。早期,大黄石保护的主要对象是陆域景观及野生动物,很少考虑到水域景观及鱼类。黄石河、大提顿河等许多极具价值的河流,大多地处国家公园或国家森林之内,通过所在保护地单元得到了有效保护。但是,还有一些河流不在保护地范围之内,如蛇河。这些河流大都作为保护地单元的边界,被管理机构所忽略。随着河流保护理念逐渐被公众接受,大黄石先后有两段河流被纳入国家荒野风景河流体系(蛇河,1984年;克拉克斯河,1985年),旨在保护河流的自流状态、良好水质和杰出价值。国家荒野风景河流体系填补了河流保护方面的空缺,保护了大黄石的水资源、鱼类物种和原始水域景观。通过656.6 km长的两条河流生态廊道连通了不同保护地单元,更是成为国家公园与国家森林单元之间的生态联系纽带。

建设生态廊道增强国家公园之间的连通性。1972年,为了增强两个国家公园的连通性,实施了国家公园生态廊道建设。一块面积为96.22 km²的私人土地作为洛克菲勒纪念公园道(John D. Rockefeller Memorial Parkway),被纳入到国家公园管理局管辖范

表1 美国大黄石生态系统保护地圈层结构与单元构成

Table 1 The circle structure and protected area unit composition of the Great Yellowstone Ecosystem in the USA

圈层	保护地类型	管理机构 与管理方式	单元数 量/个	保护地 单元名称	面积/km ² / (长度/km)	比例/%
内部保护地	国家公园	国家公园管理局, 垂直管理	2	黄石、大提顿	10159.14	11.08
	国家公园 纪念道	国家公园管理局, 垂直管理	1	小约翰·D·洛克 菲勒纪念公园道	96.22	0.10
	国家森林	国家林务局, 垂直管理	5	卡斯特加勒廷、肖 松尼、驯鹿—塔尔 吉、比弗黑德—鹿 窝、布里奇—提顿	43818.78	47.78
	国家野生动物保 护区	国家野生动物和鱼类 管理局, 垂直管理	3	红岩湖、卡默斯、 国家麋鹿保护区	428.36	0.47
	国家荒野保护区	原地治理, 由原有的 联邦机构管理	12	阿布沙罗卡-比尔 托、李·梅特卡 夫、北阿布沙罗 卡、杰德迪亚·史 密斯、威尼加洞、 菲茨帕特里克、波 波阿吉、华谢基、 葛罗文提、红岩 湖、布里杰、提顿	16100.89	17.56
中间缓冲	国家荒野风景 河流	就近治理, 由最近的 联邦机构管理	2	蛇河源头 克拉克斯河	总河长 1734.87 km, 纳入保护的河长 623.62 km, 占 35.95% 总河长 498.80 km, 纳入保护的河长 32.99 km, 占 6.61%	
	印第安 保留地	印第安事务管理局, 垂直管理	1	风河	1676.00	1.83
	其他联邦土地	国家土地管理局, 垂直管理	—	—	6442.32	7.03
外部利用	州政府土地	地方政府所有, 联邦监管	—	—	3888.00	4.24
	私人土地	私人所有, 联邦监管	—	—	24404.00	26.61
	非政府组织及未 知土地	—	—	—	790.10	0.86
	合计	—	—	—	91702.92	100.00

注: (1) 国家荒野保护区与其他保护地存在重复计算; (2) 卡斯特加勒廷、驯鹿—塔尔吉、比弗黑德—鹿窝三个国家森林及风河印第安保留地均只有部分土地在大黄石范围之内; (3) 数据来源: 国家公园管理局 (<https://www.nps.gov/index.htm>)、国家野生动物与鱼类管理局 (<https://www.fws.gov/>)、Great Northern Landscape Conservation Co-operative Steering Committee Meeting^[43]、Landscape Dynamics in the Greater Yellowstone Area^[44]及 Our Wildest Public Lands^[45]。

国内, 有效加强了两个国家公园单元的生态联系, 一定程度上消除景观破碎化趋势和孤岛化现象。国家公园生态廊道与国家荒野河流体系建设一样, 意味着大黄石建设和管理不再局限于割裂、离散的单个单元, 而是以完整的生态系统方式来维持该区域的连通性。

2.4 景观尺度谋划期(1990年—)

景观尺度谋划意在扩大保护范围和促进连通性。自20世纪80年代后，维持生态系统健康与保护大尺度景观完整性成为保护地关注的重点。从美国黄石到加拿大育空（Yellowstone to Yukon, Y2Y），一条横跨9个州、省，长达3200 km、面积为130万 km²的保护廊道（Conservation Corridor）被提出，涵盖了黄石、班夫等11个国家公园在内多个保护地单元，主要目的是增强、维护、保护或恢复“视觉体验”^[31]，使得两国趋向碎片化的栖息地有机地联结起来，以期在更有效地保护野生动物生境完整性的同时，仍可兼顾社区居民福祉，实现可持续发展。

跨境保护地单元之间的相依。生境破碎化是生物多样性面临的最大威胁之一，而生境重新连接是解决该问题的主要方法，廊道可加强保护地单元之间或保护地单元与其他隔离生境间的生态联系。谋划“Y2Y”就是要建立连接主要景观因素的生态廊道，以满足廊道内部物种和边缘物种昼夜、季节性或永久性的移动要求^[47]。大黄石内部，多个保护单元耦合形成生态系统层次的保护地网络^[48]；在更大范围，大黄石与美国其他保护地单元以及加拿大保护地单元共同组成了景观层次的保护地网络，形成多种类型保护地与人类社区共存的复合体（图4）。“Y2Y”的提出，标志着大黄石保护由生态系统层次迈向更高的景观层次。从景观尺度审视、建设、管理和保护这一区域，也使得两国毗邻的保护地成为跨境保护地（Transboundary Protected Areas, TBPAs）。

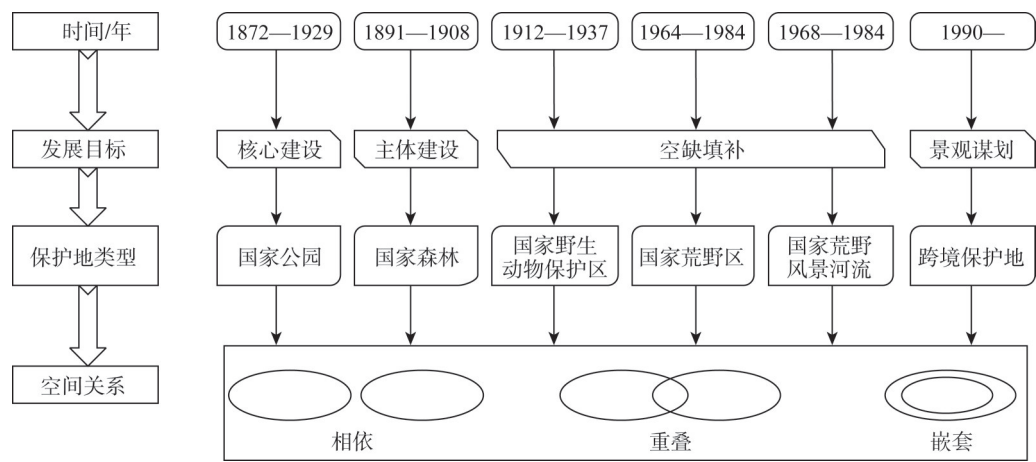


图4 大黄石保护地单元空间关系形成示意图

Fig. 4 Schematic diagram of the spatial relationship formation of protected area units in the Great Yellowstone Ecosystem in the USA

3 大黄石保护地集群空间结构形成的原因

大黄石保护地单元空间关系演化过程和保护地集群空间结构特点，是美国自然保护地体系空间管控和政府治理方式等多种因素综合作用的结果，基于“基础—路径—目标”的框架^[49,50]，可以分析其背后的产生原因。

3.1 可持续的资源保护利用是保护地集群建设的追求目标

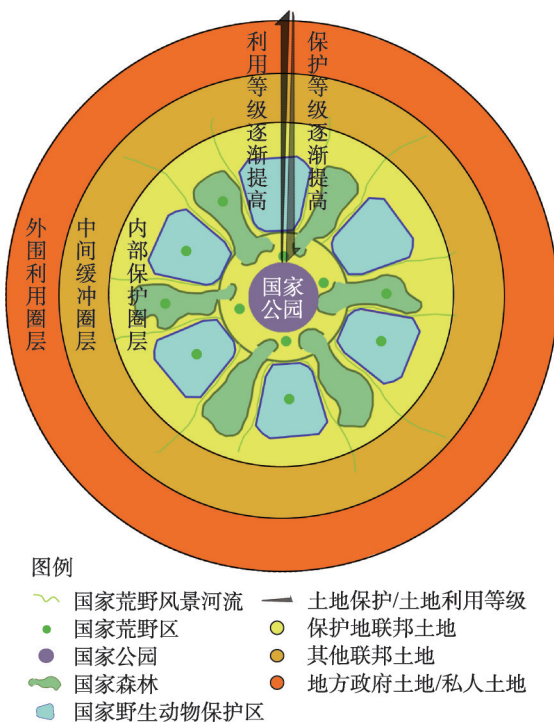
差异化的保护和利用方式，既是保护地集群建设目标，也是人类长短期利益之间的

权衡。通过处理保护地单元的空间关系,建立保护地集群内部与周边土地以及更大范围生态系统的空间相依,形成了一种圈层式的土地开发和资源利用模式(图5)。(1)不同类型保护地构成了内部保护圈层。一是保护要求低于国家公园的国家森林和国家野生动物保护区。国家公园是一种兼顾保护和游憩的保护地类型,其范围内的树木不能砍伐,自然山火也被视为是生态系统过程的一部分,人类不会干扰;国家森林兼顾生态保护和自然资源利用,其空间范围内的树木可以砍伐,自然山火则被视为是侵蚀自然资源的外来力量,需要人为干预。国家野生动物保护区也通过积极干预进行资源可持续利用,如可适度捕猎。国家森林和国家野生动物保护区的空间相依,共同为国家公园建立了生态屏障。二是保护要求高于国家公园的国家荒野保护区。国家森林和国家野生动物保护区的保护要求相对较低,可能影响黄石国家公园内野生动物食物链的稳定性等。因此,在大量国家森林中嵌套设置了国家荒野保护区,禁止任何开发和建设任何设施(包括道路),亦不允许使用任何现代化机械设备和运动工具(如自行车),实行最严格保护以最大化地维持大黄石的原真性和完整性。国家森林的大部分其他区域,则仍然坚持多样化可持续使用,允许满足人类需求的活动存在,如森林采伐、放牧和游憩等。(2)中间缓冲圈层是保护地集群的过渡区和缓冲带,也是允许保护性利用的区域。在不影响区域生态安全的前提之下,该区域可进行矿藏开采、森林采伐、捕猎及其他利用等。(3)外围利用圈层遵循资源利用优先的原则,生态保护服从土地资源开发利用,可进行房地产、农场建设等。

这种圈层式的空间关系和功能安排,与“人与生物圈”提倡的自然保护区“核心区—缓冲区—过渡区”分区模式有一定相似之处^[51]。但是,前者是一个保护地集群的多个保护地单元之间的空间处理方式,以及一个大生态系统中保护地与非保护地之间保护的梯度安排,而后者只是一个保护地单元内部的功能分区。

3.2 适应性的政府治理模式是保护地集群发展的实现路径

政府治理是保护地实现良好效果的手段和方式。大黄石不是僵化地坚持某一种治理模式,而是根据实际情况采取适应性治理方式以解决保护地单元空间关系管控问题,具有“自下而上”的特点。一是分部门治理解决边界重叠关系。四个联邦机构在大黄石都有自己的机构,这也是大黄石政府治理的基础。不同机构建立不同保护地类型,形成单元边界没有重叠的外部相依关系。国家公园、国家森林、国家野生动物保护区三种保护



图例

- 国家荒野风景河流
- 国家荒野保护区
- 国家公园
- 国家森林
- 国家野生动物保护区
- 土地保护/土地利用等级
- 保护地联邦土地
- 其他联邦土地
- 地方政府土地/私人土地

图5 美国大黄石生态系统资源利用圈层模式

Fig. 5 The symbiosis model of protected area layer in the Greater Yellowstone Ecosystem in the USA

地,分属于不同的联邦机构,实施完全中央政府治理模式。二是原地治理维持内部嵌套关系。联邦机构只是将国家荒野保护区作为一种审查程序和管理手段,嵌套在其他类型的保护地单元空间之上。按照《荒野法案》要求,国家荒野保护区只拟定专项管理计划,并不改变原有保护地的土地权属,只是改变大范围保护地单元内部的局部空间保护等级,这是一种原地治理模式。绝大多数国家荒野保护区嵌套于国家森林中,由林务局进行管理;红岩湖野生动物保护区中60%的区域被指定为红岩湖荒野(The Red Rock Lakes Wilderness),仍由野生动物和鱼类管理局管理。三是就近治理完善外部相依关系。河流生态系统一般会穿越多个保护地单元,造成国家荒野风景河流的权属关系复杂多样。与其他保护地不同,荒野风景河流是跨越行政和管理边界的,难以基于一个权属进行统一管理。必须是在尊重权利的基础上,实施多联邦机构的就地管理,也就是河流靠近哪个联邦机构的土地就由该机构实施管理,这是对完全中央政府治理模式进行的权变创新^[52]。国家荒野风景河流蛇河上游(Snake River Headwaters)全长为623.6 km,林务局管理467.8 km,国家公园管理局管理155.8 km。

多部门共同治理加强外部空间相依关系。为解决大黄石分部门治理的协调问题,国家林务局与国家公园管理局于1964年共同成立了大黄石公园协调委员会(Great Yellowstone Park Coordination Committee, GYCC)^[31],后来国家野生动物和鱼类管理局、土地管理局(Bureau of Land Management, BLM)也相继加入该委员会。目前,该协调机构帮助不同的管理机构识别和解决管理问题,消灭沟通差距、达成区域发展的共识^[53]。在GYCC的协调之下,四个联邦机构、三个州政府和私人土地所有者,针对该区域不同权属的土地分别或共同协商做出土地管理决议。Y2Y跨界保护地则是一种国家层面的共同治理,是为了加强跨国保护地单元之间的空间相依关系。

3.3 合理化的土地权属解决是保护地集群形成的管控基础

解决土地权属是保护地建设的基础,也是决定政府治理方式的依据。大黄石针对三个圈层采取了差别化方式:保护地土地、保护性利用土地由联邦所有并由联邦机构进行管控,可利用土地则由较低层级的地方政府管控。(1)大黄石内部保护地圈层的土地实行联邦所有。在国家公园等保护地建设过程中,联邦机构采取多种方式实现土地联邦化,逐步解决管辖区域内的空间重叠,但继续维持保护地单元之间空间相依。20世纪60年代之前,联邦政府主要通过购买私人土地建设保护地。20世纪60年代之后,联邦机构不再僵化地坚持采用土地联邦所有一种模式,而是采用多种措施以消除保护地生态空间与原居民生活空间的重叠:一是联邦政府通过向所在州政府收购土地,来完成保护地单元土地所有权的联邦化。二是联邦政府只追求获得一部分不动产权。自1981年开始,联邦政府通过地役权等方式(Easement)来降低保护地土地联邦化的难度。三是联邦政府鼓励土地私有者自愿放弃其部分或全部土地产权。如洛克菲勒家族将位于两个国家公园之间的农场捐赠给联邦政府用以建立纪念公园道。(2)大黄石中间缓冲圈层和外围利用圈层的土地利用方式接受联邦政府监管,是为了解决更大范围的空间相依。中间缓冲圈层的保护性利用土地属于土地管理局,联邦政府能够控制土地利用的强度、方式,以确保维护内部保护地圈层生态安全的需要。(3)外围利用圈层则是地方政府和私人的可利用土地,由较低级别政府(如市和县)所监管^[54],主要为了满足区域社会经济发展的需要。其他联邦土地、印第安保留地、州政府土地和私有土地,均由联邦机构开展支持性监管

工作。通过各种不同措施,不同圈层的土地权属与资源保护利用方式形成了一定的对应关系,实现了土地利用的梯度安排和共生保护。

4 对中国的启示

实际上,以国家公园为核心的多种保护地类型集群共生方式,大黄石并不是个案,而是整个美国保护地体系形成过程的缩影,也是保护地集群空间构成的普遍模式。华盛顿州奥林匹克(Olympic)、加利福尼亚州约塞米蒂(Yosemite)、科罗拉多州落基山(Rocky Mountain)等国家公园与周边保护地也形成了和大黄石类似的空间结构;四个联邦机构管理国有土地面积的占比大小,也可以在一定程度上证明这种集群共生关系:国家土地管理局、国家林务局、国家野生动物与鱼类管理局和国家公园管理局分别管理整个国家土地面积的10.5%、8.5%、3.9%与3.7%,合计28%^[55]。中美两国自然保护地和国家公园发展所经历的过程与所处的阶段存在很大差异,管理体制也各具特点,无法直接进行简单对比。但是,大黄石保护地单元空间关系演变和保护地集群空间结构形成背后的作用机制,仍可为中国自然保护地体系建设提供一些有益启示。

4.1 空间管控要关注空间关系和空间结构

保护地建设应平衡生态保护和社会经济发展之间的关系。一个保护地单元面积越大,被保护的生态系统往往越稳定。但是,保护地单元面积越大,或者保护地单元中保护要求高的占比越大,可供人类生产生活的资源利用区域则越小。从空间关系来看,大黄石不是用一种保护地类型对大面积生境进行单一保护,而是具有针对性地设立了多种保护地类型,符合维持生态系统完整性基础之上的空间差异性,维持了各个保护单元之间的合理空间关系。从空间结构来看,国家公园在大黄石中起到了生态位上的“核心”作用,而没有追求在面积上的“主体”地位。自然保护地建设不是一味地主张将人类排斥在外^[50,56],只有细化土地权属管理,合理解决空间关系治理问题,实现资源的精明管理和空间的精确管理,形成完善的空间结构及成熟的适应性治理模式,才能更好地兼顾社区居民福祉,长久地维护生态系统健康。

自然保护地优化整合过程中,合理处理保护地单元之间的空间关系。从拓扑关系来说,保护地单元之间存在重叠、相依、嵌套三种空间关系。因此,自然保护地优化整合,不只是解决保护地单元的空间重叠关系,还要关注保护地单元的相依、嵌套等空间关系。目前的研究普遍关注保护地单元的空间重叠问题,而对其他两种空间关系关注较少,如《意见》《国家公园等自然保护地建设及野生动植物保护重大工程建设规划(2021—2035年)》及相关学术研究^[16,17,24-26]均高度关注了保护地单元重叠问题。

自然保护地优化整合过程中,大范围保护地集群空间结构要避免出现简单化和均质化的趋势。依据《三江源国家公园总体规划》,三江源国家公园分为核心保育区、生态保育修复区、传统利用区三个分区梯度,严格保护的核心保育区就占了整个国家公园面积的73.55%,呈现出简单化、均质化的趋势。地处川、甘、陕西三省的大熊猫国家公园内有社区人口12万多,人地关系更加复杂,但在27134 km²的范围内仅设置了一种保护地类型,且只有核心保护区与一般控制区两种分区,核心保护区占总面积高达74.22%。甚至技术标准《国家公园总体规划技术规范(GB/T 39736—2020)》也只是将国家公园分为核心保护区和一般控制区。对于大面积生态系统,特别是处于生态过渡带的非均质生

态系统, 适宜采用多种不同类型、不同面积的保护地单元进行空间匹配和组合^[50], 从而形成合理的空间结构。对于大范围保护地集群, 应注重国家公园、自然保护区、自然公园和其他类型保护地耦合协调, 而不只是一种保护地类型。不同类型的保护地功能可以实现差异化, 管理亦要各有侧重, 相互耦合和合理匹配才能平衡人类发展与自然保护之间的关系。即使针对一种保护地类型而言, 也要差别化处理, 进行更为细致的分区管理。如青藏高原国家公园群的层级结构识别, 也要根据相对重要性的高低决定建设位序和时序等, 以提高决策的科学性^[57]。

4.2 治理方式要注重自上而下与自下而上

一是要利用好“自上而下”的制度优势。大黄石保护地集群政府治理中的存在问题也是显而易见的, 由于没有统筹四个联邦机构的专门部门, 只有一个协调机构, 导致大黄石保护地建设过程缺乏系统性规划及前瞻性战略, 体现了“边走边看”“摸着石头过河”的特点, 其各种空间关系演变过程就充分体现了自下而上的特点。相较于美国的自然保护地体系, 中国政治体制决定了自然保护地体系的治理方式必定是自上而下模式, 在顶层设计和体系建设的整体推进方面具有制度优势。《意见》提出, 将所有自然保护地进行重新分类(国家公园、自然保护区、自然公园)并进行保护地单元的优化整合, 由一个管理机构(林草部门), 构建统一管理、分级行使职责的管理体制, 以整体推进方式系统解决“九龙治水”的多部门治理。实际上, 这是中央政府为了解决全国保护地单元空间重叠问题所做的总体设计和系统性变革。

二是要克服“自上而下”治理模式所导致的系统性问题。大黄石是一种“打补丁式”的历史形成过程和结果, 也是自下而上适应性政府治理的产物。自上而下政府治理方式优势明显, 劣势也是不容忽视的, 可能产生的问题主要有两方面: 一是实际工作中形成“一刀切”的做法。各个保护地单元的保护对象、人地关系和社会经济情况均存在很大的不同, 很难用一种治理模式解决所有问题, 无法在大范围实现有效治理。二是有可能产生系统性风险。由于层级传递困难, 自上而下的政府治理模式容易导致高层治理主体不能迅速发现实际工作中存在的问题并提出针对性的解决措施, 可能导致问题逐渐积累并扩散而产生系统性风险。目前, 在自然保护地体系优化重组和国家公园建设的过程中, 出现了追求国家公园在自然保护地体系中的高等级、国家公园单元的大面积和国家公园群的大数量以及保护地单元的简单分区等现象, 一定程度上忽视了保护地建设的因地制宜和实事求是的基本要求。这些做法也有可能造成高保护等级的国家公园占据大量国土空间, 使得原本紧张的人地关系更加突出。从保护地长期保护目标的实现及保护的可持续性角度来看, 这些做法能否满足自然保护地体系建设的需要值得深思。为了避免“一刀切”简单做法和系统性风险, 坚持统一治理体系下的多样化、差别化管理显得尤为重要, 以实现自上而下的整体推进和自下而上的有效反馈相结合。

5 结论

保护地建设思路经历了岛屿式、网络、景观三个阶段, 正在逐步迈入集成社会一生态的阶段^[58]。经过不同发展阶段, 黄石国家公园与其他保护地类型单元经历了多种空间关系, 保护地单元的重叠关系逐步解决, 外部相依和内部嵌套的空间关系相继建立; 形成了大黄石自然保护地集群空间结构: 以关注生态保护和游憩的国家公园为核心, 兼顾

生态保护和自然资源利用的国家森林为主体，野生动物保护的关键节点——国家野生动物保护区为补充，还通过国家荒野保护区提升大面积保护地中特定区域的保护等级，依靠国家荒野风景河流、国家公园廊道等特殊功能连接区域，实现大生态系统内部资源保护利用差异化和空间相依；在更大范围，形成了土地利用强度差异化的圈层共生和景观尺度的空间连通。

150多年来，大黄石呈现出“大维持、小改进”的演变格局，维持其平稳演进过程的根本保证是科学研究基础之上的因地制宜和实事求是。在“基础—路径—目标”框架下，资源利用、政府治理、土地管理等多种因素综合作用导致了保护地单元多种空间关系演变，从而形成了保护地集群的现有空间结构（图6），也反映出保护理念和思想从完整性、原真性走向连通性的演变。

在中国自然保护地整合优化过程中，既要解决保护地单元空间关系中的边界重叠问题，也要重视外部相依、内部嵌套等问题；空间管控方面，要关注保护地单元的空间关系和保护地集群的空间结构；政府治理方面，要注重将自上而下的整体推进与自下而上的有效反馈相结合。

保护地单元空间关系和保护地集群空间结构是保护地政府治理中的基础问题，与保护地治理体系建设和治理成效好坏密切相关，《意见》也提出了“探索自然保护地集群的管理模式”。只有持续关注并逐步解决这些关键问题，才能确保整个自然保护地体系建设方向的正确性。

致谢：感谢美国大黄石公园协调委员会主席（GYCC）原轮值主席、国家麋鹿保护区原主任、国家野生动物保护区体系区域负责人布莱恩·格拉斯佩尔（Brian Glaspell）博士、美国林务局 Jim Chu 先生、美国国家公园管理局汪昌极先生、中国国家林业草原局唐芳林博士、加拿大国家公园管理局吴万里博士等提供的帮助和指点。

参考文献(References):

[1] NELSON A, CHOMITZ K M. Effectiveness of strict vs. multiple use protected areas in reducing tropical forest fires: A global analysis using matching methods. *PloS ONE*, 2011, 6(8): 1-14.

[2] BRUNER A G, GULLISON R E, RICE R E, et al. Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. *Science*, 2001, 291(5501): 125-128.

[3] EIGENBROD F, ANDERSON B J, ARMSWORTH P R, et al. Ecosystem service benefits of contrasting conservation strategies in a human-dominated region. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2009, 276(1669): 2903-2911.

[4] BOS J. Zoning in forest management: A quadratic assignment problem solved by simulated annealing. *Journal of Environmental Management*, 1993, 37(2): 127-145.

[5] United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization, United Nations Environment Programme. Task force

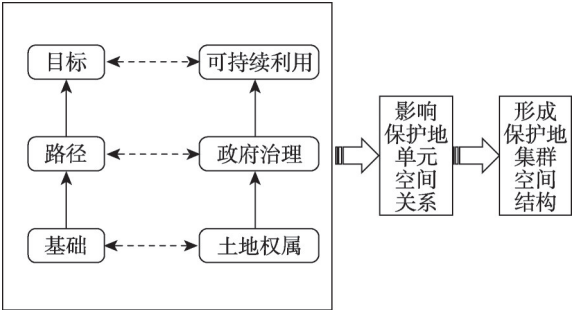


图6 自然保护地集群空间结构的形成机制示意图
Fig. 6 Schematic diagram of spatial structure formation mechanism of natural protected area system

- on criteria and guidelines for the choice and establishment of biosphere reserves, final report, https://unesdoc.unesco.org/notice?id=p:usmarcdef_0000009834, 1974-07-30.
- [6] DEFRIES R, HANSEN A, TURNER B, et al. Land use change around protected areas: Management to balance human needs and ecological function. *Ecological Applications*, 2007, 17(4): 1031-1038.
- [7] HANSEN A J, DEFRIES R. Ecological mechanisms linking protected areas to surrounding lands. *Ecological Applications*, 2007, 17(4): 974-988.
- [8] HANSEN A J, DAVIS C R, PIEKIELEK N, et al. Delineating the ecosystems containing protected areas for monitoring and management. *BioScience*, 2011, 61(5): 363-373.
- [9] WIERSMA Y F. The effect of target extent on the location of optimal protected areas networks in Canada. *Landscape Ecology*, 2007, 22(10): 1477-1487.
- [10] CUSHMAN S A, MCKELVEY K S, SCHWARTZ M K. Use of empirically derived source-destination models to map regional conservation corridors. *Conservation Biology*, 2009, 23(2): 368-376.
- [11] 余付勤, 张百平, 王晶, 等. 国外大尺度生态廊道保护进展与秦岭国家公园建设. *自然资源学报*, 2021, 36(10): 2478-2490. [YU F Q, ZHANG B P, WANG J, et al. Suggestions for the Qinling National Park Construction based on experiences of international large-scale ecological corridors. *Journal of Natural Resources*, 2021, 36(10): 2478-2490.]
- [12] SABATINI M D C, VERDIELL A, IGLESIAS R M R, et al. A quantitative method for zoning of protected areas and its spatial ecological implications. *Journal of Environmental Management*, 2007, 83(2): 198-206.
- [13] SAURA S, BASTIN L, BATTISTELLA L, et al. Protected areas in the world's ecoregions: How well connected are they?. *Ecological Indicators*, 2017, 76: 144-158.
- [14] DEGUINET M, ARNELL A, JUFFE-BIGNOLI D, et al. Measuring the extent of overlaps in protected area designations. *PloS One*, 2017, 12(11): 1-17.
- [15] WU R, HUA C, YU G, et al. Assessing protected area overlaps and performance to attain China's new national park system. *Biological Conservation*, 2020, 241(108382): 1-9, Doi: 10.1016/j.biocon.2019.108382.
- [16] 唐芳林, 王梦君, 孙鸿雁. 建立以国家公园为主体的自然保护区体系的探讨. *林业建设*, 2018, 25(1): 1-5. [TANG F L, WANG M J, SUN H Y. Analysis on establishing the protected area system dominated by national park. *Forestry Construction*, 2018, 25(1): 1-5.]
- [17] 马童慧, 吕偲, 雷光春. 中国自然保护区空间重叠分析与保护地体系优化整合对策. *生物多样性*, 2019, 27(7): 758-771. [MA T H, LYU C, LEI G C. The spatial overlapping analysis for China's natural protected area and countermeasures for the optimization and integration of protected area system. *Biodiversity Science*, 2019, 27(7): 758-771.]
- [18] 张丽荣, 孟锐, 潘哲, 等. 生态保护地空间重叠与发展冲突问题研究. *生态学报*, 2019, 39(4): 1351-1360. [ZHANG L R, MENG R, PAN Z, et al. Research on the space-overlap and development conflicts between types of protected areas. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39(4): 1351-1360.]
- [19] 马童慧, 吕偲, 张呈祥, 等. 中国5种类型湿地保护地空间重叠特征. *湿地科学*, 2019, 17(5): 536-543. [MA T H, LYU C, ZHANG C X, et al. Spatial overlapping characteristics of 5 types of protected areas for wetlands in China. *Wetland Science*, 2019, 17(5): 536-543.]
- [20] 靳川平, 刘晓曼, 王雪峰, 等. 长江经济带自然保护区边界重叠关系及整合对策分析. *生态学报*, 2020, 40(20): 7323-7334. [JIN C P, LIU X M, WANG X F, et al. Overlapping relationship of the protected area boundary in the Yangtze River Economic Belt and its integration countermeasures. *Acta Ecologica Sinica*, 2020, 40(20): 7323-7334.]
- [21] 冯达, 胡理乐, 陈建成. 北京市自然保护区空间分布格局与交叉重叠特征. *生态学杂志*, 2020, 39(10): 3421-3429. [FENG D, HU L L, CHEN J C. Spatial distribution and the overlapping feature of Beijing protected areas. *Chinese Journal of Ecology*, 2020, 39(10): 3421-3429.]
- [22] 刘勇, 范琳, 杨永林, 等. 青海湖流域自然保护区整合优化探讨. *林业资源管理*, 2020, 49(2): 73-78. [LIU Y, FAN L, YANG Y L, et al. Discussion on the integration and optimization of natural reserves in Qinghai Lake Basin. *Forest Resources Management*, 2020, 49(2): 73-78.]
- [23] 王静, 梅岩, 李佳, 等. 重庆金佛山自然保护区空间重叠现状与整合对策. *林业调查规划*, 2020, 45(4): 79-82. [WANG

- J, MEI Y, LI J, et al. Status of spatial overlap and integration suggestions of protected areas in Jinfoshan Mountain of Chongqing. *Forest Inventory and Planning*, 2020, 45(4): 79-82.]
- [24] 高吉喜, 刘晓曼, 周大庆, 等. 中国自然保护区整合优化关键问题. *生物多样性*, 2021, 29(3): 290-294. [GAO J X, LIU X M, ZHOU D Q, et al. Some opinions on the integration and optimization of natural protected areas in China. *Biodiversity Science*, 2021, 29(3): 290-294.]
- [25] 唐芳林, 吕雪蕾, 蔡芳, 等. 自然保护区整合优化方案思考. *风景园林*, 2020, 27(3): 8-13. [TANG F L, LYU X L, CAI F, et al. Reflections on integrated optimization schemes of protected areas. *Landscape Architecture*, 2020, 27(3): 8-13.]
- [26] 欧阳志云, 徐卫华, 臧振华. 完善国家公园管理体制的建议. *生物多样性*, 2021, 29(3): 272-274. [OUYANG Z Y, XU W H, ZANG Z H. Suggestions on improving the management system of national parks. *Biodiversity Science*, 2021, 29(3): 272-274.]
- [27] 魏钰, 雷光春. 从生物群落到生态系统综合保护: 国家公园生态系统完整性保护的理論演变. *自然资源学报*, 2019, 34(9): 1820-1832. [WEI Y, LEI G C. From biocenosis to ecosystem: The theory trend of conserving ecosystem integrity in national parks. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(9): 1820-1832.]
- [28] BROCKINGTON D, IGOE J. Eviction for conservation: A global overview. *Conservation and Society*, 2006, 4(3): 424-470.
- [29] OSTROM E. *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge and New York: Cambridge University Press, 1990: 38-55.
- [30] CRAIGHEAD J J. "Yellowstone in transition" *The Greater Yellowstone Ecosystem: Redefining Americas wilderness heritage*. New Haven: Yale University Press, 1991: 27-40.
- [31] Great Yellowstone Park Coordination Committee. *Vision for the future: A framework for coordination in the Greater Yellowstone Area*. Wahington: USDI/NPS and USDA Forest Service, 1990.
- [32] BORRINI G, DUDLEY N, JAEGER T, et al. Governance of protected areas: From understanding to action. In: *Best practice protected area guidelines series*. Gland: IUCN, 2013: 4-8.
- [33] EGENHOFER M J, SHARMA J, MARK D M. A critical comparison of the 4-intersection and 9-intersection models for spatial relations: Formal analysis, <https://www.congress.gov/bill/98th-congress/house-bill/1437>, 2021-04-07.
- [34] 胡锦涛, 张泽钧, 魏辅文. 中国大熊猫保护区发展历史、现状及前瞻. *兽类学报*, 2011, 31(1): 10-14. [HU J C, ZHANG Z J, WEI F W. History, current situation and prospects on nature reserves for giant pandas (*Ailuropoda melano-leuca*) in China. *Acta Theriologica Sinica*, 2011, 31(1): 10-14.]
- [35] International Union for Conservation of Nature, United Nations Environment Programme-World Conservation Monitoring Center. *The World Database on Protected Areas (WDPA)*. Cambridge: UNEP-WCMC and IUCN, 2012.
- [36] CONGRESS. H.R.1437- An act entitled the "California Wilderness Act of 1984", <https://www.congress.gov/bill/98th-congress/house-bill/1437>, 2022-02-13.
- [37] PABLO C L, MIGUEL P A, AGAR P M. Change in landscape and ecosystems services as the basis of monitoring natural protected areas: A case study in the Picos de Europa National Park (Spain). *Environmental Monitoring and Assessment*, 2020, 192(4): 1-22.
- [38] SPENCE M D. *Dispossessing the Wilderness: Indian Removal and the Making of the National Parks*. Oxford: Oxford University Press, 1999: 67-70.
- [39] KEITER R B. The Greater Yellowstone Ecosystem revisited: Law, science, and the pursuit of ecosystem management in an iconic landscape. *University of Colorado Law Review*, 2020, 91(1): 1-181.
- [40] United States National Park Service. *Wilderness-Yellowstone National Park*, <https://www.nps.gov/yell/learn/nature/wilderness.htm>, 2021-04-07.
- [41] United States National Park Service. *Beyond boundaries-Yellowstone National Park*, <https://www.nps.gov/yell/learn/nature/beyondboundaries.htm>, 2021-04-07.
- [42] SOULÉ M E. *Viable Populations for Conservation*. Cambridge, New York and Oakleigh: Cambridge University Press, 1987: 150-169.

- [43] KELLY V. Great northern landscape conservation cooperative steering committee meeting, https://greatnorthernlcc.org/sites/default/files/documents/13_gnlcc.2012.sept_.pdf, 2012-09-25.
- [44] MCINTYRE C, ELLIS C. Landscape dynamics in the Greater Yellowstone Area, <http://irmaservices.nps.gov/datastore/v4/rest/DownloadFile/440654>, 2022-02-14.
- [45] MONTANA U. Our wildest public lands, <https://umontana.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=a2c9b7caa19b45eab9f16907caf76500>, 2022-02-14.
- [46] BROTONS L, HERRANDO S, MARTIN J-L. Bird assemblages in forest fragments within Mediterranean mosaics created by wild fires. *Landscape Ecology*, 2005, 19(6): 663-675.
- [47] LYNCH H J, HODGE S, ALBERT C, et al. The Greater Yellowstone Ecosystem: Challenges for regional ecosystem management. *Environmental Management*, 2008, 41(6): 820-833.
- [48] SHAFER C L. Land use planning: A potential force for retaining habitat connectivity in the Greater Yellowstone Ecosystem and beyond. *Global Ecology and Conservation*, 2015, 3(1): 256-278.
- [49] 戴利. 生态经济学: 原理与应用. 徐中民 译. 郑州: 黄河水利出版社, 2014: 32-43. [DALY H E. *Ecological Economics: Principles and Applications*. Translated by XU Z M. Zhengzhou: The Yellow River Water Conservancy Press, 2014: 32-43.]
- [50] 李鹏. 旅游业生态效率. 北京: 科学出版社, 2013: 24-26. [LI P. *Tourism Eco-efficiency*. Beijing: Science Press, 2013: 24-26.]
- [51] PRIMACK R B. *Essentials of Conservation Biology*. Oxford: Oxford University Press, 2006: 380-383.
- [52] 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: 社会科学版, 2019, 18(1): 60-69. [LI P, ZHANG D, ZHAO M, 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.]
- [53] 吴承照, 周思瑜, 陶聪. 国家公园生态系统管理及其体制适应性研究: 以美国黄石国家公园为例. 中国园林, 2014, 30(8): 21-25. [WU C Z, ZHOU S Y, TAO C. Research for adaptive administration system of national park based on ecosystem management Yellowstone National Park of America as an Example. *Chinese Landscape Architecture*, 2014, 30(8): 21-25.]
- [54] FOLKE C, HAHN T, OLSSON P, et al. Adaptive governance of social-ecological systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 2005, 30(1): 441-473.
- [55] Common Reporton Standard. The Federal Land Management Agencies, <https://sgp.fas.org/crs/misc/IF10585.pdf>, 2021-02-16.
- [56] 余青, 韩淼. 美国国家公园路百年发展历程及借鉴. 自然资源学报, 2019, 34(9): 1850-1863. [YU Q, HAN M. Review and enlightenment of the centennial history of American national park roads and parkways. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(9): 1850-1863.]
- [57] 曾瑜哲, 钟林生, 虞虎. 地理科学进展, 2022, 41(6): 972-984. [ZENG Y X, ZHONG L S, YU H. Hierarchical structure identification of national park groups: Taking the Qinghai-Tibet Plateau National Park Group as an example. *Progress in Geography*, 2022, 41(6): 972-984.]
- [58] PALOMO I, MONTES C, MARTIN-LOPEZ B, et al. Incorporating the social-ecological approach in protected areas in the Anthropocene. *BioScience*, 2014, 64(3): 181-191.

Spatial structure of a protected area cluster in the Greater Yellowstone and its enlightenments to China

LI Peng^{1,2}, WANG Dan-ning¹, LI Chen-yang³, WU Ning-yuan¹, Alan WATSON⁴, ZHAO Min^{2,3}

(1. School of Business and Tourism Management, Yunnan University, Kunming 650500, China; 2. National Park Administration of China, National Forestry and Grassland Administration, Planning and Research Center of National Park, Kunming 650031, China; 3 School of Architecture and Urban Planning, Yunnan University, Kunming 650500, China; 4. United States Department of Agriculture, Forest Server, Rocky Mountain Research Station, Missoula, MT 59801, USA)

Abstract: Rational spatial structure is a precondition of good governance of natural protected area system, and scientific spatial relationship among protected area units is the basis of spatial structure. The Great Yellowstone Ecosystem (GYE) is a model for dealing with multiple spatial relations in protected area clusters. Based on the 9- Intersection Model (9- IM) in topology theory, the relationship between two protected areas is further simplified into three types, namely interdependent, overlapped and nested. Therefore, the complex relationship among different protected areas within a protected area cluster can be predigested into spatial relationship between two protected areas. After the construction of core unit, main unit, system supplement and landscape scale planning, the boundary overlapping relationship of GYE protected area units is gradually resolved and the spatial relationship of external interdependence and internal nesting is established successively, the symbiosis of land use circle layer and the spatial interdependence in landscape scale are formed on a larger scale. The protected area cluster has formed a spatial structure with national parks as the core, national forests as the main body, and other types of protected areas as the supplements. The formation process of spatial structure contains the thinking of "foundation-approach-goal": (1) solving land ownership problem is the material basis of protected area cluster space control; (2) adaptive government governance is the realization way of protected area cluster development; (3) sustainable resource protection and utilization is the goal of protected area cluster construction. For the optimization and integration of protected areas in China, the space control approach shall focus on the spatial relationship of protected area units and spatial structure of protected area clusters; top-down and bottom-up shall be applied as a combination in the governmental governance for natural protected area system construction.

Keywords: protected area clusters; spatial relationship; spatial structure; circle symbiotic model; Greater Yellowstone Ecosystem (GYE)