ISSN: 2661-3735(Print); 2661-3743(Online)

景观空间格局的研究进展

林　晨[1,2,3,4,5]　王汾俐[1,2,3,4,5]　周尧治[1,2,3,4,5*]
1.西藏农牧学院高原生态研究所　西藏林芝　860000
2.西藏林芝高山森林生态系统国家野外科学观测研究站　西藏林芝　860000
3.西藏高原森林生态教育部重点实验室　西藏林芝　860000
4.西藏高原森林生态重点实验室　西藏林芝　860000
5.西藏自治区高寒植被生态安全重点实验室　西藏林芝　860000

摘　要：随着景观生态学在国内外的发展，景观空间格局的变化逐渐引起了国内外学者的关注。本文从景观格局数据的来源、景观动态的变化模型、景观格局指数的分析、景观格局形成机制四个方面阐述了近年来国内外景观空间格局的研究进展。提出了目前景观空间格局的所面临的问题，给予了解决目前所面临问题的建议。并且总结展望了今后深入研究景观空间格局分析的方向。
关键词：景观空间格局，研究进展，总结展望

Research progress of landscape spatial pattern analysis

Chen Lin[1,2,3,4,5], Fenli Wang[1,2,3,4,5], Yaozhi Zhou[1,2,3,4,5*]

1.Institute of Plateau Ecology, Tibet Agriculture and Animal Husbandry University, Nyingchi 860000, Tibet, China;
2.National Field Observation and Research Station of Alpine Forest Ecosystem, Nyingchi 860000, Tibet, China;
3.Key Laboratory of Tibetan Plateau Forest Ecology, Ministry of Education, Nyingchi 860000, Tibet, China;
4.Tibet Plateau Key Laboratory of Forest Ecology, Nyingchi 860000, Tibet, China;
5. Tibet Key Laboratory of Ecological Security of Alpine Vegetation, Nyingchi 860000, Tibet, China
Abstract: With the development of landscape ecology at home and abroad, the changes in landscape spatial patterns have gradually attracted the attention of scholars at home and abroad. In this paper, we reviewed the research progress of landscape spatial patterns at home and abroad in recent years from four aspects: the source of landscape pattern data, the change model of landscape dynamics, the analysis of landscape pattern index, and the formation mechanism of landscape pattern. It puts forward the problems faced by the landscape spatial pattern at present and gives suggestions to solve the problems at present. Finally, we summarized the future research directions of landscape spatial pattern analysis.
Keywords: Landscape spatial pattern , research progress, summary and prospect

引言

景观格局，通常指的是一种空间格局，也就是各种形态、规模、空间构成单位的布局与组合。景观格局是景观异质性的具体体现，在对景观格局进行研究时应充分考量景观要素的结构特点。当前，对景观格局的研究主要集中在二维的平面上，三维的景观格局模式尚属罕见。景观格局研究的主要目的是从看似杂乱的自然景观中,找到潜在的规律性（李哈滨 1988）[1]。景观格局的研究对构建人与自然和谐发展，推动人类可持续发展有着重要意义[2]。景观格局作为景观生态学发展的重要特点，在深化景观生态学发展中仍将起到重要作用，关键在于将研究区域内不同的生态结构划分为景观单元斑块，利用定量分析景观格局指数，从宏观的角度解释生态过程。因此景观格局是景观生态学研究的核心内容[3]。

国外景观格局的研究始于二十世纪五十年代，研究较早的国家主要集中于欧洲，如德国，捷克，荷兰等国家，这个时期的研究主要对人文景观规划与农业发展起到了积极的推动作用[4]。到二十世纪九十年代左右，美国和加拿大等国家用利用新的科研技术对景观格局进行研究，并取得了一定的研究进展。如 OdumE.P.（1987）对美国佐治亚洲的景观格局的变化进行了探究，并在此基础上构建了随机模拟模型，对景观格局的发展具有推动性作用[5]。近现代，由于 GIS、RS 等技术的普及，大大提高了景观格局的研究水平及效率[6]。

国内景观格局的研究始于二十世纪八十年代，起初是由俞孔坚、陈昌笃、肖笃宁等人将景观生态学介绍到中国，我国对景观格局研究最早是从研究郊区及农业景观格局开始[7]。比如：肖笃宁（1990）研究了沈阳西郊景观格局的变化，认为影响景观格局变化的最大因素是外界对其的

干扰作用[8]。刘杰（1993）研究了营口市柳树镇景观格局变异及其生态意义，研究表明由于景观格局的变化，改善了当地的生态环境，有助于农业的发展[9]。二十一世纪开始，由于研究技术的不断的更新发展，将 GIS 及 RS 技术应用到景观格局的研究中[10]。这使得景观格局研究进入了一个新的阶段。

一、景观空间格局相关理论

1.景观格局数据来源

国内外研究景观格局的数据主要来源有历史测绘数据资料、普查数据资料、航空摄影数据资料、遥感数据资料和野外测绘数据资料。历史测绘数据资料和普查数据资料为分析航空摄影数据之前的景观格局提供了丰富的资料[11]。由于航空数据并不总是能够有规律地获得，也不一定有周期性，所以会留下很多空白，航天遥感数据虽然有周期性，但早期的遥感数据分辨率实在是太低，对于许多景观格局的分析来说价值有限，所以说历史上的历史测绘数据及普查数据可能恰好能够弥补这个时间窗口。航空摄影是国内外早期研究一个非常重要的数据来源，特别是在有卫星数据之前，最早可以追溯到 20 世纪 30 年代，这几乎是唯一的数据来源。由于是胶片拍摄的原因，分辨率一直不高。早期照片的质量和空间覆盖不均衡，大多数数据需要人为手工修改。近年来，数字遥感数据已在国内及国际上被大量使用，初期以美国陆地卫星及法国 spot 为代表的资料，其频率及宽广的太空覆盖成为全球重要的资料来源。其数据一直以来都相对昂贵。但近年来美国的许多陆地卫星存档数据可以免费获取，因此促进了许多新的研究。对于区域到全球范围的问题 MODIS 数据应用应该最为广泛，以及激光雷达和高光谱的数据，可用于为特定区域提供精确的分辨率数据，所以这类数据一般覆盖范围不是很大。野外测绘数据，一般只适用于较小范围的景观，其中研究者可以绘制相对较小区域内特定植被类别或景观要素的空间格局，而对于覆盖大面积，比如数百甚至数千公顷的研究野外测绘一般就无能为力了。若是要评估某些栖息地的格局，比如沿海底栖生物群落，这可能是唯一的方法，其他来源均难以获得。无论选择什么数据来源，最后的景观度量，都是在空间数据集上计算的。

2.景观动态变化模型

景观动态模式主要分为随机景观模式、过程景观模式、以及规则景观动态模式。随机的景观模型是目前研究景观动态变化的最主要方式。过程景观动态模式,是最近几年才发展出来的一个新型方式，并且试着把人工智能技术整合起来。国内外研究者多通过规则景观动态建模、相对变化率建模、斑块连接指数建模、斑块质心演变模拟等方式，对景观动态展开调查研究。景观动态模型技术主要为 Markov 模型、细胞自动机模型等,对景观格局的动态变化过程进行了建模与预测[12]。

3.景观格局指数分析

景观格局指数是一个浓缩景观空间格局的信息内容，并体现其构成因素与空间布置特征的简单测量指标,一般可分成三个阶段:斑块水准指数、斑带型式指数、景观层次指数。景观格局指数一般使用 Fragstats、Apack 和 Patch 分析法来进行分析评价[13]。目前，已有 200 多个指标反映了景观格局的变化，但是，一些指标与生态指标一致，一些指标没有明显的生态重要性，有的指标彼此矛盾。

但是,要依据实践科学研究的需求,来选择指标;就自然景观而言,从景观特征入手,通过选择景观多样性指数、破碎率、优势度、分维数等技术指数,以体现景观格局的空间演变特征,并利用景观格局指数在各时段内的动态变化,来反映景观格局的空间结构特点[14]。在当前,对景观格局空间演变的研究中,通过景观格局的多样化技术指标(景观多样性指数、优势度指数、均匀度指数、斑块指数)、风景非均匀度指数(聚合度与碎片化价格指数:景观破碎化指数、廊道密度指数、斑块密度指数、斑块碎片化价格指数、斑块碎片化价格指数)等十个技术指标,对风景布局的空间演化特征展开了解析[15]。陈康娟等利用地形形态的空间分布特性指标、空间形态指标（即景观裂解指标和聚合度）对四湖区域的地貌形态进行了研究，认为人为干预会使四湖区域的景观格局发生变化。王宪礼等对辽河三角洲地区的景观形态进行了定量研究，包括：斑块密度指数、廊道密度指数和景观破碎度指数等 6 个指标定量。研究发现，景观破碎与人为因素有很大关系。同时，廊道的发展也是造成景观空间断裂的先决条件和动力[16]。

4.景观格局形成机制

推动形成景观格局的原因有很多。气候、地形、土壤等方面是非生物因素。竞争、共生、牧食作用和掠食是生物相互作用的因素。所以即使非生物环境条件相同，区域景观也能够在空间上产生不同的格局。此外干扰也对景观格局的变化产生影响。过去，人类的土地利用对目前的环境造成的冲击，将会对将来造成一定的影响[17]。从整体上看，在非生物的大尺度变动中，存在着对生物间的交互与扰动的制约，环境模式虽然设置了各个时期，但是影响景观格局形成还是有很多的因素。这些影响因子在多个维度的时空中运行，并且彼此影响。以下四个影响因素是形成景观格局的四大主要驱动力[18]。

（1）非生物模板：气候、地貌和土壤

景观格局是以天气、地形、土壤为模板而发展出来的。气候指的是一种广泛的、长期的或普遍流行的天气[19]。气候通过控制能量和水分的分布，塑造了生物地理格局，气候效应是由地貌改变的，而地貌特征是由地质作用产生的物理地貌和土壤发育模式所决定的。气候和地貌共同构成了一个地区的土壤和生物群系发展的模板，一般的气候格局是所有生态学或地理学课程中所熟悉的，在全球尺度上，

ISSN: 2661-3735(Print); 2661-3743(Online)

气候随纬度而变，温度变化明显，经度会影响水分的分布，地球上生命的空间分布可以看作是经纬度的函数。根据具体情况，还与大陆的位置有关，由于陆地和水体被加热后，温度变化是不一样的，因此任何相同纬度的沿海地区，都与内陆地区有差别。地球上生物群系的分布就是这些大尺度气候格局的结果，然而纬度和大陆位置的影响都会受到局部地形的影响，从而导致气候格局的更精细尺度的不均匀性，温度通常会随着海拔的升高而降低，而朝南和朝北的山坡，经历不同程度的太阳辐射，因此温度和蒸发也不同。气候变化作为景观格局驱动力的重要性，如果我们对目前气候变化规模的估计是正确的，那么气候产生的影响将深刻的改变景观格局的过程。即便没有剧烈的人类活动干预，目前的天气改变也会造成动植物群落和整个生物群落的分布巨大改变。当气候改变时，适宜于某一特定种类的生物的生长与繁衍，其地理位置也随之改变[20]。

地形地貌的对景观空间格局的影响具体体现在地貌范围从几乎平坦的平原到起伏不规则的平原，再到丘陵，低山和高山。要考虑到每个地形中土壤和植被类型的地形变化、顺序或者是土壤特征可以对地貌进行进一步的描述地形的海拔、坡向、母质和坡度都会影响气温以及景观内可用水分、营养和其他物资的数量。例如，向南的山坡比向北的山坡接受更多的阳光照射，使气候变得更加温暖和干燥[21]。以下四张图（图 1）就是地貌对生态系统格局和过程影响的一些实例，图 a 地形对降雨有影响，对产生辐射阴影也有影响。图 b 流入湖泊的水受到地形的影响制约。位于高处的湖泊一般只能通过直接降水获得水的补给，而地势较低的湖泊，除了降水，还有地下水的补给。图 c 有风的地形，其产生的干扰在上坡位置可能更常见一些。图 d 中陡峭的凹陷的地貌，最容易受到滑坡的干扰。

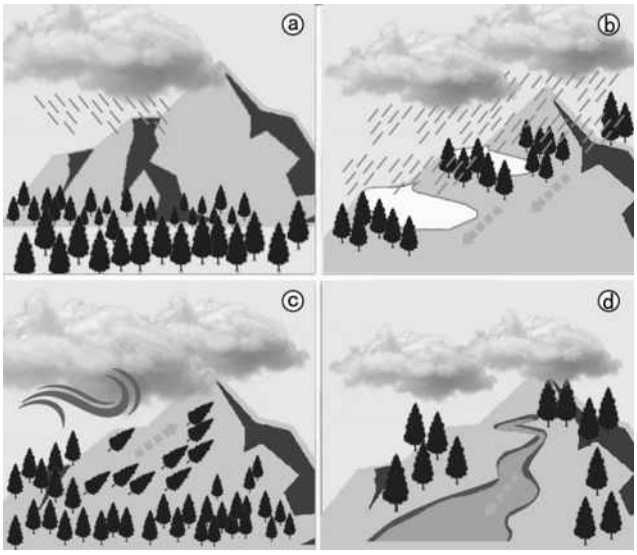

图 1

土壤提供植被所需的矿质养分、水分和支撑介质，然而整个地表的土壤母质存在着巨大的空间变异性，其在一定程度上是通过风化作用形成的。在侵蚀作用下，由于化学侵蚀和机械磨耗，这些母物质被损坏。微生物的活性以及植物的根对土壤的生长起着至关重要的影响。那么土壤的许多物理和化学特征，比如质地、pH 值和矿物成分上面存在着巨大的差异。这些特征会影响到所支持的物种，如果土壤具有不同的持水能力，养分浓度和有机质的含量，这些差异就会导致不同的优势植物物种的存在[22]。

（2）生物相互作用：竞争、共生、牧食作用和捕食

虽然环境资源在空间上是同质的，但是生物间会存在正向或者负向的相互作用，这都会影响种群的空间结构。理论上说，种群生态学非常关注这些动态，特别是种群内和种群间的生物相互作用，它们如何产生空间格局，这些格局如何反过来又影响进一步相互作用的结果。使我们可以获得物种分布图，或者是这些分布在时间和空间上变化的时间序列[23]。高斯的竞争排斥理论认为：最好的竞争对手最终将获胜，并在整个景观中站稳脚跟，从而形成均匀的分布格局。但竞争性排斥有许多的例外，相互竞争的生物类群可能以复杂的方式相互作用，最终的分布呈现出许多稳定的状态，这种多重的温度状态，一般就发生在几个不同的物种，可能占据和支配同一个地点的时候，那么在这个群落交错带附件，经常能够观察到这种随机变化的格局。比如小而稳定的林分延伸到草地上，草丛可能侵入了森林，并且沿着这一生态边缘，两个群落其实都是稳定的，但是资源的梯度再加上物种间的竞争行为，可能会导致植被类型或者是生态交错带突然发生变化。即使这个时候的环境资源梯度很小也是如此。

（3）自然干扰和演替

关键种的活动也会影响景观格局，比如在潮带中，海星是捕食贻贝的。在有海星能出没的地方，贻贝数量不多。但是在地势高的地方，海星上不去，贻贝几乎能布满了整个海岸，最终长得很大。而沿着海岸向下走，海星会吃掉所有的小贻贝，结果在岩石上就形成了一个非常明显的分带格局。曾有实验证明，移除海星，结果贻贝就沿着岩石向下移动。在这样的景观中，海星显然是创造和维持空间格局的关键食肉动物[24]。所以，关键物种及其生态过程可以看作是格局的共同原因。所有生态系统都是由少数关键的植物、动物和非生物过程控制和组织的，这些过程在不同的尺度上构成了景观。

除了关键种以外，优势种也决定了景观的空间格局，这种生物就被称为基础物种，该物种通过为其他物种创造局部稳定的条件提供栖息地，调节和稳定基本生态系统的过程来建立群落的大部分结构。在非生物模板的背景下，基础物种的改变了非生物条件，并为生态系统中的其他种群提供了资源基础和底物。在热带海岸上，珊瑚是基础物

种，就构成了整个食物网的基质和资源基础，其空间分布决定了生态系统及其他部分的空间格局。

生态系统工程师的活动也是形成景观格局的一个主要源泉，例如，河狸会用树枝和淤泥建造堤坝，堤坝后面会有蓄水。河流两岸的植被和土地会发生变化，河狸的活跃会增强地貌的多样性，会让岸边的草的数目增长超过1/3。

营养等级差异景观格局也有一定的影响作用。在生物学中，营养级联的概念，是指食肉动物影响食草动物的存在，然后影响植被的格局。肉食性生物可以通过猎取食物来控制食草性的生物。如果食草性动物不去危险的地方，而是去更安全的地方，而食草性动物却跑了。那么，没有食草性的生物，就会出现相应的变化。比如美国黄石公园重新引入狼之后，使得木本植物生长的更加茂盛。

（4）人类土地利用和改造

人类土地利用格局与非生物模板相互作用，创造了生物赖以生存、繁殖和扩散的环境，几乎所有的景观，即使是我们今天认为是自然的景观，也可能都有人类影响的历史，这可以追溯到很久以前。如今，许多景观已经成为自然和人类影响板块的镶嵌。一度在空间上持续存在的天然生境，现在却日益受到人为的破坏。过去人们对于土地的利用的影响成为如今居住在我们景观中的生物群的重要决定因素。

人类在空间上改造景观格局的五种方式主要为：穿孔、分割、破碎化、收缩和磨蚀。这些变化导致景观元素产生不同的空间格局，从而改变生态过程和动植物的种群分布。穿孔是小的斑块，这是景观破碎化的最普遍方式。分割就是宽度相等的一个带，一般指廊道，将一个区域分成很多块[25]。通常是对一个区域进行开发时，在最原始的景观格局上进行的人类干扰活动，大多数道路建设就是完成了这样的功能。如果将穿孔和分割结合起来，就会产生破碎化，将一个生境或土地类型分成了更多的小斑块生境，穿孔产生的是干扰斑块，而破碎化最后发展的结果可能是一个个残存斑块。收缩就是研究对象的面积不断缩小，这在景观格局的变化中也很普遍。磨蚀意味着减少，可能会伴随着破碎化或者是收缩而发生。最终这个区域的斑块被完全清除而消失，一般是斑块受到了重复破坏而消失的过程。

二、景观格局研究现存问题及建议

现代景观格局产生的原因有很多，每个景观都有着自己的历史，每个景观都是独特的，确定过去的各种地貌的形成状况，是预测将来的关键[26]。在目前的研究中，解释和预测景观格局变化，仍然非常具有挑战性，特定地点和时间的景观，是在特定的环境和历史背景下形成的。可以看作是确定性全局法则作用下的一种特殊的、偶然的结果。在历史作用下，还有空间的偶然性是非常重要的。一个给定的景观，只是一种给定的过程和边界条件的一个可能结果，这是由一组特定的，也许是不可复制的意外事件所决定的。解释景观格局需要综合考虑确定性控制的全局方法，以及意外事件的局部方法。这样预测未来的景观格局就变得困难重重，因为突发事件可能是无法预料的，甚至是不可预料的。那么就可能出现相似景观可能来自不同的历史，而相似的历史可以产生不同的景观。而要据此推断因果关系，几乎是不可能的。解释和预测景观格局变化仍然具有挑战性。因为多个相互作用的驱动因素阈值和非线性与社会驱动因素的复制交互作用以及在景观尺度上进行实验的能力还非常有限[27]。

基于以上分析，对景观格局的研究应当在以下方面予以加强：

（1）在地域景观格局的动态上，应研究一种可以反应生态进程的景观格局指数，来阐明其生态意义，利用景观指数进行景观格局分析。

（2）将生态学、地理学、土地规划与景观规划设计与社会学等学科有机的融合起来，使得景观生态学在学术界具有更为深刻的理解和规范。

（3）加强景观生态学中 RS 技术、GPS 技术、GIS 技术的研究，提高对景观格局研究的准确性和有效性。

三、景观格局研究展望

通过对景观格局过去和现在总结。归纳出今后的景观格局发展四大方向：

（1）收集和处理景观数据，对景观格局的研究要从静态形态向动态形态发展，并对其进行描绘，要找出一种能够将动静形态有机结合的方式；

（2）收集景观数据资料数据化，综合运用多种景观格局指数，挖掘出景观格局模式指数集合在生态系统中的作用。

（3）选择适当分析方法，建立以生态系统为基础的景观格局指数与分析方法，运用多元景观格局的方法，对景观形态演化与生态进程的关系进行量化研究。

（4）解释、综合分析结果，对多尺度的景观格局进行分析，可以为模式和进程之间的关系提供一种行之有效的方法[28]。

参考文献：

[1] 李哈滨,王政权,王庆成.空间异质性定量研究理论与方法[J].应用生态学报,1998,9(6):651-657.

[2] 贾行飞.1990 ~ 2015 年武汉市景观格局演变及优化策略研究[D].华中科技大学.

[3] 程晰钰.基于"源-汇"景观格局理论的南四湖流域非点源污染控制研究[D].曲阜师范大学.

[4] 吕一河,陈利顶,傅伯杰.景观格局与生态过程的耦合途径分析[J].地理科学进展,2007,26(3):10.

[5] OdumEP.Reducedinputagriculturereducesnon-pointpollution(J).Journalofsoilandwaterconservation.198/(42)412-

414.

[6] 傅伯杰,王仰林.国际景观生态学研究的发展动态与趋势[J].地球科学进展,1991,6(3):56-61.

[7] 齐丽.景观格局研究综述进展及分析[J].绿色科技,2019(5):3.

[8] 肖笃宁,赵羿,孙中伟,等.沈阳西郊景观格局变化的研究[J].应用生态学报,1990,1(1):10.

[9] 王珏,郭振,张志卫,徐文学,许昊.基于倾斜摄影测量的三维景观指数构建:以山东田横岛为例[J/OL].自然资源遥感:1-10[2022-08-09].

[10] 谢智锦,黄文华.GIS 在乡村文化景观规划设计中的应用[J].现代园艺,2022,45(15):3.

[11] AriannaT,AndreaT.LandscapePatternDetectioninArchaeologicalRemoteSensing[J].Geosciences(Switzerland),2017,7(4):128.

[12] 江涛.基于景观格局分析的湿地生态系统健康评价——以上海松江五厍湿地为例[J].上海师范大学,2016.

[13] 陈宗铸,杨丽薇,黄国宁,等.基于 Fragstats 的森林景观格局研究[J].热带林业,2014,000(002):47-49.

[14] MairotaP,BocCaCcioL,LabadessaR,etal.Landscape patternanalysis.2012.

[15] 贾科利.基于遥感、GIS 的陕北农牧交错带土地利用与生态环境效应研究[D].西北农林科技大学,2007.

[16] 王薇.黄河三角洲湿地生态系统健康综合评价研究——以垦利县为例[D].山东农业大学，2007.

[17] 郭程轩,徐颂军.基于 3S 与模型方法的湿地景观动态变化研究述评[J].地理与地理信息科学,2007,23(5):5.

[18] Jun-hong,Bai,Qiong-qiong,etal.Landscapepatterne volutionprocessesofalpinewetlandsandtheirdrivingfactorsinthe ZoigePlateauofChina[J].JournalofMountainScience,2013.

[19] 韩文权,常禹,胡远满,等.景观格局优化研究进展[J].生态学杂志,2005,24(12):6.

[20] 陈利,王福生.安化县天然林景观格局与动态演变研究[J].湖南林业科技,2019.[1]

[21] 凌成星,张怀清,鞠洪波.湿地资源遥感动态监测和管理应用综述[J].安徽农业科学,2012,40(28):5.

[22] 张聪.基于格局与过程关系的秦岭北麓涝峪段空间格局优化方法研究[D].西安建筑科技大学.

[23] 城市湿地公园景观规划初探——以野鸭湖国家湿地公园总体规划为例[D].河南农业大学,2009.

[24] 李鋆华.郑州黄河湿地景观演变与城市发展的关系[D].河南农业大学,2008.

[25] 李咏华.城市增长边界设定的路径·技术·方法[M].中国建筑工业出版社,2014.

[26] CongP,ChenK,LimeiQU,etal.DynamicChangesinthe WetlandLandscapePatternoftheYellowRiverDeltafrom1976to2016BasedonSatelliteData[J].中国地理科学：英文版,2019(3):10.l

[27] 刘琳.天津市土地利用景观格局梯度分析及区域生态风险评价[D].天津理工大学,2015.

[28] 陈利顶,刘洋,吕一河,等.景观格局分析中存在的问题与发展趋势[C]//第五届中国青年生态学工作者学术研讨会.0.

基金项目：国家重点研发计划项目(2017YFC0506801)资助。

作者简介：林晨（1997 年-），女，福建福州，硕士研究生，研究方向为资源利用与植物保护。

通讯作者：周尧治（1976 年-），男，博士后，副教授，研究方向为景观生态学。