



生态地理区域系统的比较研究

作者: 吴绍洪 杨勤业

生态地理区域系统通过对代表自然界宏观生态系统的生物和非生物要素地理相关性的比较研究和综合分析,按照自然界的地理地带分异规律,划分或合并而形成不同等级的区域系统。用中国的研究与国外同类研究的比较,可以拓宽这一领域的思路,便于在这一领域与国外的学者使用相似的科学语言进行学术交流,使中国这一领域的研究走向世界。本文从生态地理区域系统的发展过程、等级单位、指标体系与表达方法,区域划分等方面将中国有代表性的生态地理区域系统与国外同类研究进行比较,认为中外的研究有许多共同之处,如目标、研究内容和服务对象与环境、生态、全球变化等联系在一起,其中与美国R. Bailey所划分的美国、北美和全球生态地理区域更为接近,在等级系统、指标体系、表达方式到划分结果有近似之处。地域的差异,指标使用的不同,制图过程和表达方式的差异造成了区域划分的差别,似可以通过野外实地生态类型的辨识来加以修订。

生态地理区域系统的比较研究 吴绍洪, 杨勤业, 郑度 (中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101) 生态地理区域是宏观生态系统地理地带性的客观表现。通过对代表自然界宏观生态系统的生物和非生物要素地理相关性的比较研究和综合分析,按照自然界的地理地带分异规律,划分或合并而形成不同等级的区域系统,称为生态地理区域系统。生态地理区域系统综合反映了温度、水分、生物、土壤等自然要素的空间格局,及其与资源环境的匹配。生态地理区域系统主要体现温度、水分、土壤、植被等要素的地域差异,是认识区域生态环境特征的一个宏观框架,是制定环境治理措施的基础,对植被的恢复、保护、因地制宜利用自然资源和区域可持续发展有重要的指导意义。生态地理区域系统是20世纪80年代以来地域系统研究的重要内容,与国外同类研究的比较,可以拓宽这一领域的思路,吸收外国学者的长处,也便于在这一领域与国外的学者使用相似的科学语言进行学术交流,使中国这一领域的研究走向世界。

1 生态地理区域系统的发展过程人类在远古时代就发现其生活生存的地表环境是不均匀的,在有记载的历史早期,人们就试图描述和划分这一不均匀的表面。但直到科学技术比较发达的近代,人们才真正地发现地表环境的分异规律及其内在的机制,因此人们开始以各种方式来解释这一分异规律,逐渐地形成了地域系统的研究。地理学与生态学是研究地球表层的基础学科,地理学家对生态学的深入认识,将生态学的内容引入到地域系统的研究中,形成了生态地理区域系统。生态地理区域系统是自然地域系统研究在新形势下的继承和发展,与目前国际上进行的生态系统评估计划有密切的联系 [1]。早在公元前五世纪中国《禹贡》一书中就以主要土类及土壤肥力等为分区的重要标志,以山、川、湖、海为划界指标,把全国分为九州。另一项工作是把全国土地分为3大类25种,而且具有等级系统和简要说明 [2]。但中国现代区域划分研究起步于1931年竺可桢发表“中国气候区域论”,随后黄秉维于20世纪40年代划分了中国植被区域 [3]。1956年,中国科学院成立的自然区划工作委员会,是现代地域系统研究的真正开始,黄秉维领导的综合自然区划,在后来得到不同行业的广泛应用。对中国地貌、气候、水文、潜水、土壤、植被、动物、昆虫的区划及综合自然区划,其目的是为农、林、牧、水等事业服务。综合自然区划 [4, 5] 突出地显示出自然地理地带性规律,将全国划分为3大自然区,6个热量带,18个自然地区和亚地区,28个自然地带和亚地带,90个自然省。阐述了第四、五级和生物气候类型的划分,系统说明了全国自然区划在实践中的作用及在科学认识上的意义。60年代,对综合自然区划的原则和方法做了进一步的阐述,补充修改了原有方案,明确将热量带改称为温度带。80年代以来,又作较系统修订,共分出12个温度带、21个自然地区和45个自然区 [6, 7]。20世纪60-80年代中也出现了一些与此不同的地域系统研究方案 [8-10]。80年代初,我国学者开始在自然地域划分中引入生态系统的观点,应用生态学的原理和方法。侯学煜 [11, 12] 以植被分布的地域差异为基础进行了全国自然生态区划并与大农业的发展策略相结合进行了探讨。把中国划分为20个自然生态区,部分生态区再分为若干区。郑度领导的研究小组20世纪末对生态地理区域系统进行了系统的研究 [13], 将中国的地域系统研究又引入到与生态学交叉的一个新阶段。此外,傅伯杰等也进行过生态(地理)分区 [14]。19世纪初,近代地理学的创始人、德国地理学家洪堡 (A. von Humboldt) 首先划出全球等温线图,指出气候同时受到纬度、海拔高度、距海远近以及风向等因素的影响,并把气候与植被的分布有机地结合起来。对自然地理地带规律的认识和不断深化是20世纪地学领域最重大的进展之一 [15, 16]。霍迈尔 (H. G. Hommeyer) 发展了地表自然区划和区划主要单元内部逐级分区的概念,并设想出4级地理单元,即小区 (Ort)、地区 (Gegend)、区域 (Landschaft) 和大区域 (Land), 开展了现代自然地域划分研究。由于认识的局限性和调查研究不够充分,早期的自然地域划分主要停留在对自然界表面的认识上,缺乏对自然界内在规律的探索 and 了解,区域划分的指标也采用气候、地貌等单一要素。1889年,墨里安 (Merriam) 对美国的生命带和农作物带进行了详细划分。1899年道库恰也夫 (Докучаев) 提出地理地带学说,

指出“气候、植被和动物在地球表面的分布，皆按一定严密的顺序，由北向南有规律的排列着，因而可将地球表层分成若干个带”。1905年，英国地理学家赫伯森 (Herbertson) 指出了进行全世界自然地域划分的必要性。随之许多生态学家、地学家也日益关注，并长期努力投入到这项研究中。1935年，英国生态学家坦斯勒 (Tansley) 提出了生态系统的概念，指出，生态系统是各个环境因子综合作用的表现。德国的许多学者将生态系统与地理空间联系在一起，研究“生态带” (ecozone)，或称“地带性生态系统” (geozonal ecosystem) 其他德国学者如帕萨尔格 (Passarge)，毛尔 (Maul)，缪勒-霍恩斯坦 (Mueller-Hohenstein)，布雷默 (Bramer)，海格特 (Haggett) 等称为“景观带” (landscape belt)、“地理带” (geographic zone)、“地-带” (geozone) [17]。他们的系统是一种空间的类型划分，但不是等级系统。各国学者对生态系统进行了大量研究，使人们对生态系统的形成、演化、结构、功能以及影响生态系统的各种环境因子有了较充分的认识。以此为基础，以植被为主体的自然生态区划方面的研究全面开展，并以气候作为主导因子，确立了一系列划分自然生态系统的气候指标体系。美国学者罗伯特·贝利 (Robert G. Bailey) 1976年提出美国生态地域划分方案。他认为区划是按照其空间关系来组合自然单元的过程，将地理学家的工具—地图、尺度、界线和单元等引入生态系统的研究中，从而有助于将生态学的数据、资料应用到生物多样性的监测、土地资产的管理和气候变化结果的解释等方面。由此，也引发了各国学者对生态自然地域划分的原则、依据，以及区划指标、等级和方法的大量研究和讨论。贝利划分了美国、北美和全球陆地与海洋生态地理区域 [18-22]，(美国生态地理区域本文下简称“美国系统”) 所选取划分不同等级单位的指标体系与中国的生态地理区域系统有比较相似之处。

2 生态地理区域等级单位生态地理区域系统

生态地理区域系统是通过代表自然界宏观生态系统的生物和非生物要素地理相关性的比较研究和综合分析，按照自然界的地理地带分异规律，将一个地域 (如中国) 进行划分或合并，对于不同应用目标，要求构建不同详细程度的系统，因而形成不同等级的区域系统。认识生态地域分异的重要途径是区域系统的划分，重点考虑生态地理区域系统划分主要依据区域等级层次、区域的相对一致性、区域发生学和区域共轭。此外，还应考虑地域主导生态系统类型、生态稳定程度、生态演替方向以及所划分出的区域的主要生态环境问题、生态危机的轻重程度、地域分布特征、生态整治方向和对策措施的相似性或差异性。不同等级的区域单位反映了生态系统均一性的差别，而将差异最明显的地方标识出来 (界线)，就可以形成不同等级的系统。温度和水分是生命活动的最基本条件，同时又是限制因素，因此被用作划分温度带、干湿区的主要依据。另一方面，中尺度地貌类型影响生态地理区域的温度、水分，被作为生态地理区域系统中三级区域划分的主要依据 (图1)。“美国系统”认为，生态地域分类的目的在于将“一个区域 (景观 landscape)” 划分为不同尺度的生态系统单元，这对于资源开发与环境保护双方都具有重大的意义。更具体地说，这些单元是评估生态系统生产力和对管理实践响应的基础。为了做出这样的评估，就必须建立生产力所需信息与生态系统等级之间的关系，这样的关系称之为规律。建立实地可信生产力关系的方法之一，是确定由具有相似特性物质构成的相似生态系统一致性的地域。例如，相似的地块 (sites，指具有相同地形、坡、母质和排水特性) 可能出现在不同气候区。在同一个区域里，这样的地块 (sites) 支持相同的植被群落，而在其他区里植被就可能不同 [23]。Bailey 系统采用地域 (domain)、区 (division)、省 (province) 和地段 (section) 等4级划分 (图1)。

3 生态地理区域划分指标体系与表达方法

3.1 指标体系

由于生态气候带能客观地反映了综复杂生态因子的地域分异规律，无疑是表达大区域差异可操作指标的最佳因子。而在气候因子中，温度和水分的地域差异最明显。植被与土壤可以反映过去一段时期区域的自然状况 [15]，因而也常常作为气候或区域的指示之一。中级地貌单元对气候-植被-土壤产生深刻的影响，对生态区域的定界起重要的作用。因此在“中国系统”中，一级单位采用温度指标，二级单位采用水分指标，三级单位采用中尺度地貌指标。“中国系统”认为，从生物学的角度出发，气候因素中，温度 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 是大多数植物和农作物正常生长的保障，温度指标采用 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的天数和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温为主要指标，最冷月平均气温和最暖月平均气温比较客观地反映区域的温度状况，为辅助指标 [14]。年干燥度反映了区域降水与潜在蒸发的关系，并间接反映了除蒸发以外可用于植物生长的水分，年降雨量则是区域水补给的重要来源，因而被作为反映区域水分状况的指标。干燥度采用改良谢良尼诺夫模型计算并通过生态类型的订正 [15]。天然植被和土壤作为重要的指标，指示温度与水分的关系 [15]。对于中尺度地貌类型的具体分类是，主要考虑起伏高度和海拔高度，起伏高度指它对大气环流及局部环流产生影响的差异，分为平原 (包括台地)，小起伏丘陵地、中起伏山地和大起伏山地四类。从海拔对温度的影响程度和我国存在地貌面海拔高度的实际差异，分为低海拔、中海拔、亚高海拔、高海拔和极高海拔5种，组合成16个基本生态地貌类型，作为生态地理区域系统中三级区域划分的主要依据。“中国系统”中罗马数字 I-IX 依次表示寒温带、中温带、暖温带、北亚热带、中亚热带、南亚热带、边缘热带、中热带和赤道热带；HI 和 HII 分别代表高原亚寒带和高原温带；字母 A 表示湿润地区，B 半湿润地区，C 半干旱地区，D 干旱地区；阿拉伯数字表示自然区 [15]。“美国系统”认为，国家级的区域划分首先应该以反映因果关系 (causal) 的环境因子的指标为基础。要将大陆这样的大区域 (broad-scale) 划分为几个大单元，大的生态气候带显然是一个最佳手段。因为土壤、植被类型和更小程度上的动物区系的形成首先决定于气候。宏观气候是地带性的最佳反映。部分反映内力结果的地表形态受气候的影响虽远不如植被或土壤那么大，但所受的影响也已经足够从其所处的地区反映出次一级的特性。对气候条件下更进一步的分类，植被的宏观特性似乎是限定二级划分的最佳指标。虽然只是作为一种结果，但植被是作为一种重要的划分地理地带的指标，因为它给出非常敏感的气候变化指标 [23]。自从道库恰也夫提出地带性后，格里哥里耶夫 (Григорьев)、布迪科 (Будыко) 建立了基于气候因子的地理地带界线。瓦尔特 (Walter) 提出了一个从气候的观点将世界划分为等级生态系统的方案。俄国的贝尔格 (Berg)、德国的帕萨尔格和比利时的加鲁克斯 (Galoux) 都研究气候与植被的一致性。霍尔德里季 (Holdridge) 以气候 (温度和水分条件) 为基础寻找限定生命带 (life zones)。在加拿大，希尔斯 (Hills) 在宏观气候的基础上建立了森林生态系统区域，类似的工作如克雷吉那 (Krajina) 划分了不列颠哥伦比亚的生物地理气候带等 [23]。贝利所划分的一级单位地域 (domains) 以大范围气候的一致性为基础来确定；进一步划分是区 (division)，对应于具有明显植被近似或相似 (affinities) 区域并坐落在相同的柯本 (Köppen) 或桑斯威特 (Thorntwaite) 的基本气候类型区，同时与地带性的土壤相关；区由顶极植物群系纲 (climax formation) 为基础再分为省 (province)，土壤也作为划分省的辅助指标；省进一步以不同的顶极植物群系组 (climax association) 划分为地段 (section)。在生态区

域划分时考虑了地形因素, 省级中突出高地与低地对植被影响[23]。3.2 表达方法生态地理区域表达的关键是区域界线如何反映在地图上。在自然界中, 区域的过渡往往都是逐渐的, 清晰的界线几乎没有。20世纪60年代以前, 中国对气候等自然因子的观测和记录非常缺乏, 因此地域的界线是根据典型的景观类型的外延划定, 主要是以一个或一组专家, 根据专家对所划分地域的理解, 通过商讨划定界线, 例如, 炎热无冬的气候与椰子树 (*Cocos nucifera*)、胡椒 (*Piper nigrum*)、咖啡 (*Hevea brasiliensis*)、橡胶 (*Theobroma cacao*) 等热带植物伴随砖红壤土壤, 即作为热带与亚热带界线的标志; 常绿阔叶林与落叶阔叶林作为亚热带和暖温带界线的标志; 干草原则作为半干旱和半湿润地区界线的标志, 可以认为当时界线的划定具有一定的主观性。20世纪60年代以后, 中国的生态地理基础要素的观测和记录逐步健全, 参考国际上相关研究, 区域系统的研究逐步向量化的方向发展。对于以前所确定的典型景观的生态要素进行量化, 形成划定区域界线的指标体系, 然后根据指标体系划定界限。20世纪80年代后, 遥感和地理信息系统的发展使生态地理区域系统的划界得到了技术上的支持。因此近年来的生态地理区域界线主要由各指标观测站的数据, 在GIS软件的支持下, 生成各指标项的等值线, 然后再根据各辅助项, 如植被、土壤等图件综合成为生态地理区域的界线。对于界线的过渡问题, 选择关键界线(暖温带/北亚热带、南亚热带/边缘热带、中温带半湿润/半干旱)进行了详细研究, 如提出“年热带”、“真热带”和“热带波动带”的概念[15]来认识逐渐过渡的事实; 应用人工智能技术, 对秦岭地区的自然环境特征(主要是气候特征)进行分类, 从综合的角度将中国暖温带和亚热带在秦岭地区的分界线标定在主脊(李双成, 植物响应气候变化研究的理论、模型及区域性应用实践, 中国科学院地理科学与资源研究所博士学位论文, 2000年); 利用多指标综合分析确定中温带范围内半湿润—半干旱区界线划分, 使之更加符合自然界的客观实际[25]。根据以上的原则和近年来的新方法, 在建立中国生态地理要素数据库的基础上, 应用中国气象基本台站1951-1995年的观测数据, 在1:400万的地理底图中, 使用ArcView地理信息系统技术, 生成气候各指标的等值线作为第一级、第二级单位界线的重要依据, 然后再以1:100万中国植被图[26]和1:200万中国土壤图[27]进行修订, 第三级单位依据1:400万中国地貌图中尺度的地貌单元界线划分[28]。“美国系统”认为自然环境变化是逐渐过渡的, 植被变化基本上是连续的, 因此定界必定带有主观性。将库彻勒(Küchler)的“全美潜在自然植被”图(1:3168000)与气候区域图拼接并作为划分生态区域的基础图件, 并参照哈蒙德(Hammond)的1:5000000地形图进一步标定, 认为山地界线最清楚, 因而可作为生态区域的界线。他特别强调高地的作用, 将高地定义为地形足够高而产生高度上植被覆盖差异的区域。对低地, 特别是平原区域的制图综合, 美国生态区域图的最小上图面积为11000 km² (= 4300 mi²)。柯本气候系统中每一气候指标都根据设计好的温度和降水值定义, 以年和月值计算。根据柯本气候系统修改的1:75000000世界气候图和1:20000000北美气候图作为区域划分的依据, 气候区域界线在一些情况下与植被界线相协调[22]。

4 中美系统区域比较

“美国系统”是一个等级系统。但不是严格的区域区划, 带有类型区划的性质, 同一类型在空间上可能重复出现。“中国系统”是区域区划, 区域划分的指标体系有相似的地方, 但在空间上不出现重复的区域。在研究地域系统中“美国系统”与“中国系统”比较接近(表1)。由于所研究的地域和详细程度的差异, “美国系统”与“中国系统”虽采用相似的划分指标体系, 但却得到不完全一致的区域划分。美国系统在地域和区中同时采用温度和湿度的指标, 并且突出潜在植被状况, 而地形被作为非地带性的因素影响植被状况。整个系统总体温度状况分为极地(寒冷)、温带和热带, 亚热带归并在温带的地域中, 而水分状况只划分湿润和干旱, 实际上干旱相当于中国的干旱和半干旱, 同样地湿润也包括湿润和半湿润。在“中国系统”中, 由于实际情况, 将地域广阔的亚热带单独划分出来。而且将温度和水分明确作为两级地域单位的划分指标, 因而两个系统的等级单位无法一一对应。“美国系统”延伸的“全球陆地生态地理区域系统”的中国部分与中国系统相比较可发现, 在温度带的划分上, 寒温带—温带(大约北纬50°)、暖温带—亚热带(大约北纬32°-34°)的界线与“中国系统”几乎一致; 但热带亚热带界线大约要差4个纬度[29, 30]。“全球陆地生态地理区域系统”所指的热带北端到达中国福建省的福州市附近, 大约北纬26°, 中国南方的植被在超过北回归线以北就很少有热带植物的种类, 因此也没有热带雨林分布。在水分方面, “中国系统”东部的划分与“美国系统”基本一致, 但西部的地区“中国系统”的干旱区面积比“美国系统”要大得多。中国系统干旱区的指标是干燥度 > 4.0、年降雨量 < 200 mm、并具有荒漠植被景观; 而“美国系统”采用柯本的气候类型指标, 没有采用干燥度数值。

5 结论

(1) 生态地理区域系统是地域系统研究在20世纪80年代后的重要内容, 其研究目标、研究内容和服务对象与环境、生态、全球变化等联系在一起, 中外皆如此。(2) 不少国家对生态地理区域都有研究, 且都作为认识自然环境差异的基础。其中美国贝利所划分的美国、北美和全球生态地理区域与郑度等所划分的“中国生态地理区域系统”有许多相近之处, 首先两个系统都是等级系统; 指标体系都选用气候-植被-土壤-地形等要素作为划分区域的主要指标; 表达方式均在逐渐过渡的自然环境中寻找合适的界线落实到地图上, 以表达区域间的差异; 在划分结果上许多区域界线基本一致。(3) 即使是研究比较相近的系统, 也存在许多差异。“中国系统”与“美国系统”的差异来自: 地域的差异, 因为生态地理区域研究的实用目标很明确, 如美国的亚热带地域面积不大, 因此被作为温带和热带的过渡带并在温带地域中; 中国的亚热带地域广阔, 因此单独地成为一个重要的温度带。相近的指标但不同的使用, “美国系统”将温度、水分、植被、地形等指标在各级单位中混合使用, 其优点是可以比较灵活地处理一些无法系统划分的区域, 但因此系统性也就稍弱, “中国系统”比较严格地按照不同的指标划分不同等级的单位, 所以系统性较强。此外, 制图过程和表达方式的差异也造成系统的差异, “美国系统”的区域主要根据现成的各种专题地图加以综合, 中国系统是在确定区域划分指标的基础上, 应用GIS等技术生成各指标项的界线后进行制图综合。(4) 由于自然界生态因子变化基本上是连续的, 修订生态地理区域界线的最佳途径是通过实地生态类型的辨识来实现。高分辨率遥感影像的应用可弥补野外考察的不足。

Comparative Study on Eco-geographic Regional Systems between China and USA WU Shaohong, YANG Qinye, ZHENG Du (Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China) Abstract: Eco-geographical region is a major ecosystem in geographic zonality. A hierarchical system, which is formed by division or combination of natural features based on geographic relativity and comparison of major ecosystem factors and geographic zonality, is called eco-geographic regional system. A comparison of the studies of this topic between Chinese and

d overseas scientists will enrich ideology of this field, facilitate academic exchange with understandable scientific language and introduce China's progress to the world. The authors compared both China's and overseas eco-geographic regional systems in development process, hierarchical units, delineating criteria, mapping procedures and regions. The results indicate that there are main common points in the subject, such as objectives, research contents and service objects connecting with environment, ecology and global change. Of the existing eco-regional systems, Robert G Bailey's systems of the United States, North America and the continent are comparatively close to China's system in hierarchical units, mapping procedure and regions. Key words: eco-geographic; regional system; China; USA

关键词： 生态地理；区域系统；中国；美国