

DOI: 10.5846/stxb201404020627

郭慧, 王兵, 牛香. 基于 GIS 的湖北省森林生态系统定位观测研究网络规划. 生态学报, 2015, 35(20): - .

Guo H, Wang B, Niu X. A plan for a forest ecosystem observation research network, based on GIS, in Hubei province. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(20): - .

基于 GIS 的湖北省森林生态系统定位观测研究网络规划

郭 慧, 王 兵, 牛 香*

中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 国家林业局森林生态环境重点实验室, 北京 100091

摘要: 森林生态系统定位观测研究站可为森林经营和生态效益评估提供基础数据。以湖北省为例, 首先设计森林生态系统定位观测研究网络的指标体系, 基于球状模型进行普通克里格插值, 与 GIS 的空间叠置分析相耦合, 生成湖北省生态地理区划和生态功能区划; 其次建立森林生态站网络规划的有效分区, 进行森林生态站站点布设, 构建了湖北省森林生态系统定位观测研究网络; 最后总结讨论了该网络的合理性和保障措施、与其它生态站网络的比较和网络规划的局限性。结果表明: 该网络将湖北省划分成 12 个分区, 共布设 16 个森林生态站, 其中计划建设 12 个生态站, 已经建设 4 个生态站; 不仅可以监测湖北省 81.8% 的森林面积, 88.9% 的生态功能区面积, 98.2% 的重点生态功能区面积和 87.5% 的生物多样性保护优先区面积, 而且 9 个森林生态站分布与湖北省 4 个重点生态功能区和 3 个生物多样性保护优先区相匹配。该网络可以实现森林生态系统生态要素的连续观测与清查, 为森林生态服务功能和生态效益评估, 以及重大生态工程提供数据支撑和辅助决策分析依据。

关键词: 森林生态站; 空间分析; 网络规划; 精度评价

A plan for a forest ecosystem observation research network, based on GIS, in Hubei province

GUO Hui, WANG Bing, NIU Xiang*

Key Laboratory of Forest Ecology and Environment, State Forestry Administration; Research Institute of Forest Ecology, Environmental and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China

Abstract: Forest ecosystem observation research stations provide valuable data for forest management and ecological benefit assessments. Currently, the lack of long-term, standardized ecological data is one of the most important factors limiting effective ecological benefit assessments and the implementation of ecological engineering projects. As a result, there is a need to plan forest ecosystem observation research networks. This study focuses on the development of a forest ecosystem observation research network for Hubei province, China. First, the main indicators used as a basis for network planning were defined. These included temperature, vegetation type, terrain, and functional ecological zone. Annual accumulated temperatures (average daily temperature ≥ 10 °C) and accumulated temperature days (average daily temperature ≥ 10 °C) were selected as the temperature indicators. Vegetation groups in level 5 of the China vegetation regionalization program were chosen as the vegetation indicator. Terrain data, corrected by the digital elevation model (DEM), were chosen as the terrain indicator. Zones with different ecological functions within forest types were selected as ecological function indicators. These were also defined by overlying important ecological function zones and priority biodiversity conservation zones. Interpolation was carried out using ordinary kriging with a spherical model in ArcGIS software. This GIS analysis enabled the

基金项目: 林业公益性行业科研专项(201204101, 201404303); 国家林业局林业软科学研究项目(2013-R03)

收稿日期: 2014-04-02; 网络出版日期: 2014-12-18

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: niuxiang@caf.ac.cn

creation of a zoning plan for Hubei province that included eco-geographic and ecological function aspects. Second, relatively homogeneous areas were identified as target areas for the forest ecosystem monitoring network on the basis of the eco-geographic zones of Hubei Province. A spatial analysis of the monitoring scope was implemented to determine the potential coverage of the network plan. Functionally important zones were identified as a priority and the areas at the centers of these zones were located with ArcGIS software. The final stage in the development of the forest ecosystem observation research network plan was a spatial analysis of the density of forest ecological stations to determine optimal station locations. The results of our analysis indicated that an optimal forest ecological monitoring network is achieved when Hubei province is divided into 12 partitions and 16 forest ecological stations are constructed; 12 forest ecological stations are planned and 4 forest ecological stations are established. In this network, the area of forest monitored and the accuracy of the ecological function zone area were as high as 81.8% and 88.9%, respectively. In addition, coverage of important ecological function areas and biodiversity conservation priority areas was also high, with accuracies reaching 98.2% and 87.5%, respectively. The plan to include nine forest ecological stations was consistent with the existence of four important ecological function zones and three biodiversity conservation priority zones. The results provide strong scientific evidence for the adoption of a forest ecosystem observation research network planning approach in Hubei province. Finally, the safeguards for this network were analyzed, including organization and policy, funding, management, and team building. The construction, operation, and management of ecological monitoring stations and data collection work followed the People's Republic of China forestry industry standards. The development of this network followed a "plan first and then build" approach and differed in a number of ways from other networks. There were some limitations to the data collection capacity of this network. For example, the presence of forests and crops on the Jiangnan Plain resulted in classification errors that slightly influenced the results. To conclude, this monitoring network enables the effective implementation of forest ecosystem monitoring and provides data for assessment of forest ecosystem services and ecological benefits, along with providing important information that aids decision-making for major ecological projects.

Key Words: forest ecological monitoring station; spatial analysis; observation network planning; accuracy assessment

当前生态环境恶化(如森林植被严重破坏和生物多样性锐减等)对社会和经济的发展造成较大的影响,直接威胁着人类的生存与健康。生态环境保护工作引起了各国政府的高度重视和公众的广泛关注^[1],我国启动了系列重大生态建设工程^[2]。中国共产党第十八次全国代表大会指出要大力推进生态文明建设,把资源消耗、环境损害和生态效益纳入经济社会发展评价体系。评估生态系统或重大生态工程效益的最大制约因素在于基础生态参数^[3]的长期系统化、标准化获取。因此,构建生态系统定位观测研究网络非常关键。

国外发达国家的长期定位观测研究比较成熟,如美国 1939 年建立了第一个森林生态系统监测站 Laguille 实验站^[4],之后很多国家相继开展了定位观测研究工作,并逐渐由单独生态定位站发展到生态系统定位观测研究网络;中国生态定位研究起步于 20 世纪 50 年代,近年来也逐步呈现出网络化发展趋势。综合分析相关数据、资料和成果,根据生态系统网络研究对象的差异可分为综合性网络和专题性网络,其中综合性网络主要针对区域生态系统和环境变化开展研究,比如美国长期生态系统研究网络(United States Long-Term Ecological Research, US-LTER)^[5]、英国环境变化网络(Environment Change Network, ECN)^[6]、加拿大生态监测和评估网络(Ecological Monitoring and Assessment Network(Canada), EMAN)^[7],中科院系统组建的中国生态系统定位研究网络(Chinese Ecosystem Research Network, CERN)^[8-10]主要针对中国各种生态系统类型开展长期监测研究,已建设 42 个生态系统试验站;专题性网络主要针对区域内某项专题内容开展研究,比如欧洲森林生态系统研究网络(European Forest Ecosystem Research Network, EFERN)^[11]、亚洲 CO₂ 通量监测网(AsiaFlux)^[12],国家林业局组建的中国森林生态系统定位观测研究网络(Chinese Forest Ecosystem Research Network, CFERN)^[13,14]主要针对中国森林生态系统开展长期连续观测与清查,已建设 90 个森林生态站。

不同尺度上开展森林生态系统定位观测研究的侧重点是不同的^[15]。全球、地区和国家尺度的长期观测研究主要侧重大生态问题的长期定位观测与集成研究,旨在为生态环境建设与保护、政治外交等提供决策依据。区域和省域尺度的长期观测研究主要侧重重点林业生态工程建设和生态环境热点问题,开展森林生态系统关键生态要素作用机理研究。由于森林生态系统区域分布完整性和多样性的特点,在市级或县级尺度上全面开展网络布局的工作使得生态站布设存在重复的可能性,不仅不能体现典型抽样的思想,而且投资成本过大。因此,选择省域尺度进行森林生态系统定位观测研究网络的建设,其主要目的是通过长期定位的监测,从格局-过程-尺度有机结合的角度,研究水分、土壤、气象、生物要素的物质转换和能量流动规律,定量分析不同时空尺度上生态过程演变、转换与耦合机制,建立森林生态环境及其效益的评价、预警和调控体系,揭示该区域森林生态系统的结构与功能、演变过程及其影响机制。

湖北省植被资源非常丰富,具有典型的南北过渡特征,也是中国东西植物区系的过渡地带。省内重大生态工程集中分布,如三峡工程、南水北调工程、退耕还林工程、天然林资源保护工程、林业血防工程等,而森林生态站站点只有 4 个且只分布于鄂西地区,无法对本省其它区域进行有效监测。随着现代遥感、地理信息系统和模型等技术的不断发展与成熟,为生态系统变化时空尺度数据获取提供了重要的技术手段和方法^[16]。遥感技术已在区域生态效益评估^[17]、森林健康监测^[18]和森林生物量监测^[19]等方面发挥了很好的作用,但也存在一定的局限性,如由于空间分辨率和光谱特征的限制,无法获取森林树高、胸径等生态系统结构参数信息;森林生态功能遥感监测模型还难以有效支撑水源涵养、保育土壤、营养物质积累等领域的研究;森林生态参数遥感反演的精度问题等。为此需要构建湖北省森林生态系统定位观测研究网络,把生态系统组成、结构和过程的野外长期定位监测与相对宏观尺度的景观结构和过程的遥感监测相结合是下一步的重要工作。

本文综合考虑区域地形、植被、气候和重大生态工程的典型代表性,以湖北省为例,基于 GIS 的技术构建了湖北省森林生态系统定位观测研究网络,并讨论了该网络的合理性和保障措施、与其它生态站网络的比较和网络规划的局限性,将 GIS 的空间分析功能整合应用到森林生态系统定位观测研究网络的布局建设中,以期探索出更加科学合理的生态系统定位观测研究网络的布局构建方法。

1 研究区概况

湖北省地处长江中游,位于 $108^{\circ}21'—116^{\circ}07'E$, $29^{\circ}05'—33^{\circ}20'N$ 。地势西高东低,鄂西多为山地,北部多丘陵,东南部为大面积平原,且湖泊众多。该区域是北亚热带和中亚热带的过渡区域,属于亚热带季风湿润气候,年均气温 $15—22^{\circ}C$,年降水量 $800—1600\text{ mm}$ 。湖北省生态系统类型多样,主要有森林、湿地、农田和城市等。湖北省森林面积 713.86 万 hm^2 ,主要分布在鄂西、鄂北和鄂东南,主要森林类型为针叶林、阔叶林、针阔混交林、灌丛和经济林。湖北省在鄂西地区已建设森林生态站 4 个,分别是大巴山、神农架、秭归和恩施森林生态站,如图 1 所示。

2 数据与方法

2.1 数据来源与处理

采用的数据主要包括:湖北省气象站温度日值数据(1981—2010 年),来源于中国国家气象局;地形区划数据,来源于湖北省林业科学研究院;数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM)数据来源于美国太空总署和国防部国家测绘局;植被区划和植被图斑矢量数据,来源于张新时《中国植被》^[20]的植被区划和植被图部分;重点生态功能区,来源于国务院 2010 年《全国主体功能区规划》^[21];生物多样性保护优先区,来源于国家环境保护部 2010 年《中国生物多样性保护战略与行动计划》^[22];湖北省行政区划数据,来源于湖北省国土资源厅。

利用气象站温度日值数据处理分析得到年积温和积温天数数据,通过普通克里格法对其进行空间插值;利用 DEM 数据对地形区划数据进行校正;利用湖北省行政区划空间裁切获取湖北省温度、地形、植被和生态

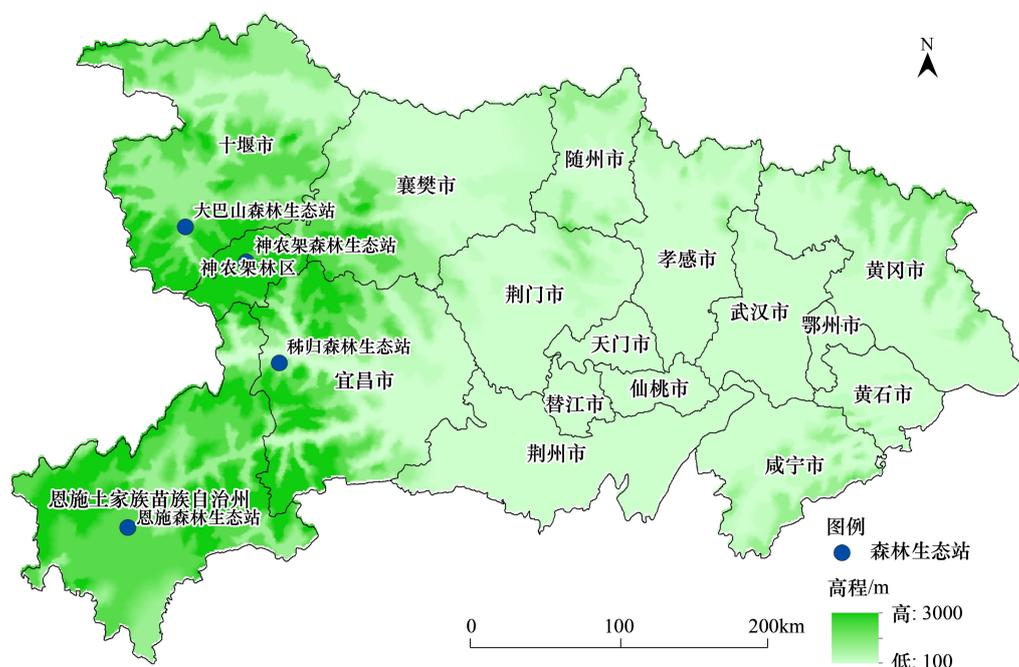


图1 研究区概况

Fig.1 Location of study area

功能区划数据。

2.2 研究方法

森林生态站网络规划布局以典型抽样思想为基础,即选取典型有代表性的地点布设森林生态站进行长期定位观测。生态区划充分体现了一个区域的空间分异性规律,是实现典型抽样的有效途径,为此本规划首先综合考虑温度、植被、水分和地形因素构建湖北省生态地理区划,结合重点生态功能区和生物多样性保护优先区生成湖北省生态功能区划;其次在生态地理区划的基础上优先考虑生态功能区划获取森林生态站网络规划有效分区,在有效分区内进行森林生态站站布设,完成湖北省森林生态系统定位观测研究网络规划。采用的技术流程如图2所示,主要包括指标体系设计、功能区划和网络构建3个步骤。

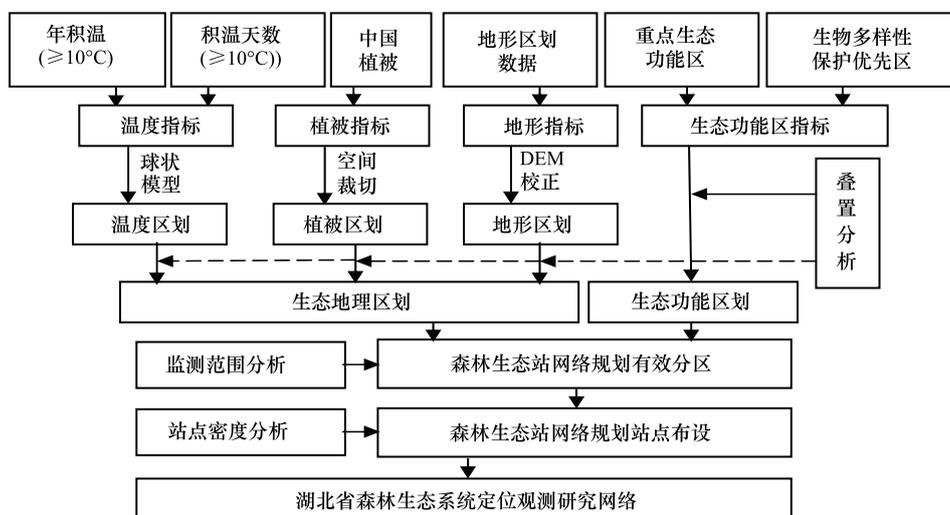


图2 技术流程图

Fig.2 Flow chart of technical methods

2.2.1 指标体系

指标体系主要有温度指标、植被指标、地形指标和生态功能区指标。因湖北省全部位于亚热带季风湿润地区,故不考虑水分指标。各指标具体内容和含义如下:

(1) 温度指标。选择日均温 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的年积温和积温天数为指标^[23],原因在于日均温 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 与绝大多数乔木树种叶子的萌发与枯萎大体相吻合^[24],大于该界限温度的持续日数和积温对林业具有重要的指示作用。

(2) 植被指标。选择中国植被区划第五级区划作为植被指标,主要是该级区划侧重局部水热状况、中等地貌单元造成的差异,并且根据占优势的植被分类单元进行区划。

(3) 地形指标。选择经 DEM 校正后的地形区划为指标,该区划将湖北省分为 6 个分区,分别是鄂西北山地及丹江库区、鄂北低丘岗地区、鄂东北低山丘陵区、鄂西南山地及三峡库区、鄂东南幕阜山地区、江汉平原地区。

(4) 生态功能区指标。将重点生态功能区和生物多样性优先保护区分别与湖北省行政区划数据进行空间叠置分析,筛选出森林生态系统类型的生态功能区作为指标。重点生态功能区有大别山水土保持生态功能区、秦巴生物多样性生态功能区、三峡库区水土保持生态功能区、武陵山区生物多样性及水土保持生态功能区。生物多样性保护优先区有武陵山区,大巴山区和大别山区。

2.2.2 功能区划

由于球状模型用于普通克里格插值精度最高,且优于常规插值方法^[25],因此本文采用球状模型进行变异函数拟合。球状模型公式如下:

$$\gamma(h) = \begin{cases} 0 & h = 0 \\ C_0 + C \left(\frac{3}{2} \times \frac{h}{a} - \frac{1}{2} \times \frac{h^3}{a^3} \right) & 0 < h \leq a \\ C_0 + C & h > a \end{cases} \quad (1)$$

式中, C_0 为块金效应值,表示 h 很小时两点间变量值的变化; C 为基台值,反映变量在研究范围内的变异程度; a 为变程, h 为滞后距离。

基于球状模型通过普通克里格方法构建湖北省温度区划,通过 GIS 空间裁剪得到湖北省植被区划。湖北省温度区划和植被区划以及 DEM 校正后的地形区划进行叠置分析,指标图层完全重合部分即为相对均质区域,破碎部分可采用长边合并原则合并到相邻区域,从而获取湖北省生态地理区划。选取重点生态功能区、生物多样性保护优先区和湖北省行政区划数据进行 GIS 空间叠置分析,提取森林生态功能类型,空间合并相同属性后获取湖北省生态功能区划。

2.2.3 网络构建

在湖北省生态地理区划的基础上,提取相对均质区域作为森林生态站网络规划的目标靶区,并对森林生态站的监测范围进行空间分析,确定森林生态站网络规划的有效分区;其次在有效分区的基础上,优先考虑生态功能区,通过 ArcGIS 中的 Feature To Point(Inside)功能提取区划的空间内部中心点布设森林生态站,对森林生态站的站点密度进行空间分析后确定森林生态站站点位置,从而完成湖北省森林生态系统定位观测研究网络构建。

3 结果与分析

3.1 森林生态站网络规划的有效分区

湖北省温度区划、植被区划和地形区划用 GIS 进行空间叠置分析,所有指标图层重合的区域即为相对均质区域,破碎部分可采用长边合并的原则合并至相邻区域,共生成 12 个目标靶区。分区编码命名规则为温度区划+水分区划+流水号,其中温度带 I:日均温 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 年均积温 $4500\text{—}5100\text{ }^{\circ}\text{C}$,积温天数 $220\text{—}240$;温度带 II:日均温 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 年均积温 $5100\text{—}6400\text{ }^{\circ}\text{C}$,积温天数 $240\text{—}285$;A 表示区内干湿指数 ≤ 0.99 ,属于湿润地区。

相对均质区域作为森林生态站布设的目标靶区,若布设森林生态站后,该生态站实际监测范围则能够覆盖整个相对均质区域,未均质区域即破碎部分是森林生态站不能监测的区域。出现森林生态站网络未监测区的原因主要在于该区域处在山地向平原过渡地区,地形起伏较大,植被类型复杂多样且相对破碎、面积较小,不具有典型代表性,如江汉平原周边区域,在进行植被、地形和温度区划空间分析时表现为非均质,出现图斑破碎情况。

基于植被图斑矢量数据和生态功能区划数据,从森林、生态功能区、重点生态功能区和生物多样性保护优先区 4 个层次分别对森林生态站网络监测范围进行空间分析。利用相对误差方法对监测范围进行精度评价,具体公式为

$$P = 1 - \left| \frac{X - T}{T} \right| \times 100\% \quad (2)$$

式中, P 为监测精度; X 为森林生态站网络可监测面积; T 为生态地理区划中的实有面积。

利用公式 2 计算该网络的监测精度,如表 1 所示,具体分析如下:

(1) 森林面积的总监测精度为 81.8%。监测精度最高的分区为 IIA2,精度达到 91.9%,该区域森林资源丰富,地形地貌较为单一且均为山地;监测精度最低的分区为 IIA4,精度为 65.4%,该区域是鄂西山地向江汉平原过渡的地带,地形情况较为复杂,监测缺失较大。

(2) 生态功能区面积的总监测精度为 88.9%。监测精度最高的分区是 IIA1,可监测 100% 的秦巴山地生物多样性生态功能区;监测精度最低的分区是 IIA5,精度为 82.3%,原因在于 IIA5 的生态功能区均分布在该分区的边界线附近,相对比较破碎。

(3) 重点生态功能区面积的总监测精度为 98.2%。分区 IA1、IA2、IIA2、IIA4、IIA7、IIA8 的监测精度均达到 100%;监测精度最低的分区是 IIA5,精度为 92.4%,该区域位于鄂西北山地及丹江库区和鄂北低丘岗地区的过渡地带,地形地貌变化较大。

(4) 生物多样性优先保护区面积的总监测精度为 87.5%。除 IA1、IIA9、IIA10 分区外,其余分区对生物多样性优先保护区面积监测精度差异很小,原因在于湖北省 3 个生物多样性保护优先区均横跨 2 个分区。

若在目标靶区内布设森林生态站,则森林生态站网络可以监测覆盖湖北省 81.8% 的森林面积,88.9% 的生态功能区面积,98.2% 的重点生态功能区面积和 87.5% 的生物多样性保护优先区面积,证明该目标靶区划分科学合理,可作为森林生态站网络规划的有效分区。

表 1 森林生态站网络监测类型面积精度 (%)

Table 1 Monitoring area accuracy of forest ecological station network (%)

监测类型 Monitored type	分区精度 Zone accuracy												总精度 Total accuracy
	IA1	IA2	IIA1	IIA2	IIA3	IIA4	IIA5	IIA6	IIA7	IIA8	IIA9	IIA10	
森林 Forest	86.8	87.7	85.6	91.9	67.6	65.4	85.3	87	87.4	87.6	74.3	80.5	81.8
生态功能区 Ecological function zone	100	87.7	86.4	88.1	97.9	85.9	82.3	87.2	87.4	87.6	-	-	88.9
重点生态功能区 Important ecological function zone	100	100	99.3	100	98.7	100	92.4	-	100	100	-	-	98.2
生物多样性保护优先区 Biodiversity conservation priority zone	-	87.8	87.2	87.2	87.2	87.5	87.2	87.2	87.4	87.6	-	-	87.5

“-”表示该分区无此类别

3.2 森林生态站网络规划的站点布设

在湖北省 12 个有效分区的基础上,进行森林生态站站点布设。森林生态站站点位置选择标准如下:

(1) 每个分区应该至少布设 1 个森林生态站。若该分区有已建森林生态站,则把已建森林生态站纳入网络规划,不再重新建设森林生态站;反之,则需要重新布设森林生态站。

(2)若该分区没有已建森林生态站,优先考虑该分区的生态功能区划,提取生态功能区的空间内部中心点布设森林生态站。若生态功能区面积小于分区面积的 50%,则还需要提取除了生态功能区外区域的空间内部中心点补充布设森林生态站。

(3)若该分区没有已建森林生态站和生态功能区,则直接提取分区的空间内部中心点布设森林生态站。

根据网络布设方法步骤和生态站站点位置选择标准对湖北省森林生态系统定位观测研究网络进行规划布局,结果表明湖北省需要布设 16 个森林生态站。湖北省森林生态站网络的站点密度进行空间分析如下:16 个森林生态站分布区域为西部地区布设 7 个,中部地区布设 4 个,东部地区布设 5 个。从布设密度上看,西部地区比中部和东部高。从 2 个方面做系统分析:一是从森林分布上分析。鄂西地区是湖北省森林资源的主要分布区,森林分布远多于东部和中部地区,森林覆盖率可达 46.3%;中部和东部地区人为活动较多,原生植被破坏严重,多为次生林。江汉平原农业发展较好,现多为栽培植被,以经济林为主,类型较为单一;二是从生态功能上分析。湖北省 4 个重点生态功能区和 3 个生物多样性保护优先区主要分布在西部和东北部地区,共布设森林生态站 9 个,其中西部布设 6 个,东北部布设 3 个,保证了森林生态站站点分布与重点生态功能区和生物多样性保护优先区相匹配。

综上所述,基于 GIS 的湖北省森林生态系统定位观测研究网络规划结果如图 3 所示,图中不同颜色代表 12 个有效分区,共布设 16 个森林生态站,其中规划建设 12 个森林生态站(绿色),生态站命名编码为 S01—S12;已经建设 4 个森林生态站(蓝色),生态站站名分别是大巴山、神农架、秭归和恩施;各个森林生态站站点的具体情况如表 2 所示。

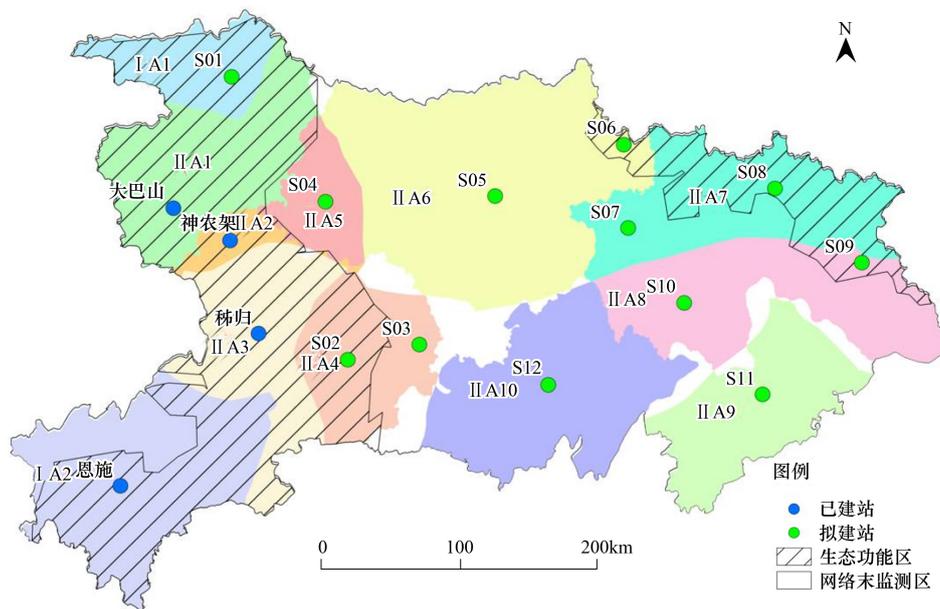


图 3 湖北省森林生态站网络规划布局

Fig.3 Hubei forest ecosystem research network plan

4 结论与讨论

基于 GIS 规划的湖北省森林生态系统定位观测研究网络将湖北省划分成 12 个有效分区,共布设 16 个森林生态站,其中规划建设 12 个森林生态站,已经建设 4 个森林生态站。该网络可以监测覆盖湖北省 81.8% 的森林面积,88.9% 的生态功能区面积,98.2% 的重点生态功能区面积和 87.5% 的生物多样性保护优先区面积;9 个森林生态站分布与湖北省 4 个重点生态功能区和 3 个生物多样性保护优先区相匹配。该结果论证了湖北省森林生态系统定位观测研究网络建设的科学性。

表 2 湖北省规划的森林生态站站点

Table 2 Forest ecological stations planned for Hubei province

分区 Zone	站名 Name	属性 Property	所在地 Location	自然条件 Natural condition
IA1	S01	拟建	十堰	山地丘陵;山地黄壤、黄棕壤;马尾松、落叶栎类
IA2	恩施	已建	恩施	山原;山地黄壤、山地黄棕壤;常绿、落叶阔叶混交林
IIA1	大巴山	已建	十堰	山地;黄壤、山地黄棕壤;马尾松、落叶栎类
IIA2	神农架	已建	神农架	山地,高差极大;山地黄棕壤、山地棕壤;常绿、落叶阔叶混交林
IIA3	秭归	已建	宜昌	山地,海拔较低;山地黄壤、山地黄棕壤、山地棕壤;常绿、落叶阔叶混交林
IIA4	S02 S03	拟建	宜昌	平原丘陵;山地黄壤、黄棕壤和棕壤;马尾松、针阔混交林
IIA5	S04	拟建	襄樊	多低山丘陵,地势北高南低;黄壤;落叶栎类、少量常绿阔叶林
IIA5	S04	拟建	襄樊	多低山丘陵,地势北高南低;黄壤;落叶栎类、少量常绿阔叶林
IIA6	S05	拟建	襄樊	丘陵岗地为主;山地黄壤、冲积土、黄褐土、砂姜黑土;人工栽培植被和次生植被、马尾松和落叶栎类
IIA7	S06	拟建	孝感	
	S07	拟建	孝感	地势北高南低,多低山丘陵;黄棕壤、黄褐土、水稻土;落叶栎类
IIA8	S08	拟建	黄冈	为主、少量常绿阔叶林
	S09	拟建	黄冈	多低山丘陵,地势北高南低;黄壤;落叶栎类为主、多为常绿阔叶
IIA9	S10	拟建	武汉	和落叶阔叶混交林
	S11	拟建	咸宁	岭谷平行相间,丘陵盆地交错;黄红壤、山地黄壤;常绿、落叶阔叶混交林
IIA10	S12	拟建	潜江	平原;红壤;原生植被破坏,多为栽培植被

4.1 保障措施

(1) 组织机构和政策保障。组建了湖北省森林生态系统定位观测研究网络管理中心,全面负责生态站建设、运行和日常管理。该网络的建设符合国家的相关政策和精神,项目的建设方案按照国家林业局陆地生态系统定位观测研究网络的相关要求进行,其建设具有有力的法律、法规和政策保障。

(2) 经费保障。森林生态站网络建设已经纳入公益性事业,其基础设施建设和基本运行以政府财政投资为主,并采取部门匹配和地方配套等多渠道筹资办法可以保障生态站网长期稳定的投入。同时还要积极筹措多方资金,鼓励和引导企业、社会资本投入生态站网的建设和科研工作。通过建立拨款、自筹经费相结合的经费投入机制,保障森林生态站网络建设、运行和科研费用投入的可持续性。

(3) 管理保障。森林生态站的建设、运行、管理和数据收集等工作严格遵循中华人民共和国林业行业标准《森林生态站建设技术要求》^[26]、《森林生态系统定位观测指标体系》^[3]、《森林生态系统长期定位观测方法》^[27]的规定。维护生态站基础设施和观测仪器的正常运行以保证观测数据的质量。围绕生态站建设、仪器设备管理、实验室运行、观测研究等制订相应的管理制度,切实保证森林生态站的高效规范运行。

(4) 加强队伍建设。对生态站的专业科技人员和管理人员开展定期培训,提高综合业务能力和素质;重视学术带头人以及技术骨干队伍的培养与提高;形成人员梯队合理、结构稳定的高水平管理与科研队伍,保障生态站的研究水平。综上所述,该森林生态站网络建设能够按照计划顺利开展实施。

4.2 不同生态站网络的比较

目前国内外已有若干不同研究尺度和研究目的生态站网络,基本上都遵循“先建设后纳入”模式,即根据网络特点选择较为成熟的生态站构建网络。而本文所建网络遵循“先布局再建设”模式,首先结合已建森林生态站进行湖北省森林生态系统定位观测研究网络的规划布局,再按照规划布局结果进行森林生态站的建设,该模式更能表现规划网络的综合性和整体性,也体现了典型抽样的思想。这种模式的网络建设只有美国国家生态观测站网络(National Ecological Observatory Network, NEON)^[28]和中国森林生态系统定位观测研究

网络(CFERN),区别在于 NEON 主要依据多元地理分组算法对全美生态气候变量数据集进行区域聚类获得分区,而湖北省森林生态系统定位观测研究网络主要是对温度区划、植被区划、地形区划和生态功能区划进行空间叠置分析获得分区,在省域尺度细化 CFERN 并将逐步纳入该体系。

4.3 网络规划的局限性

将 GIS 技术整合应用到森林生态系统定位观测研究网络的建设中,在空间尺度上不仅可以直观展示网络规划结果,而且可以对其进行空间分析和综合分析。然而该网络规划在数据方面也存在一定的局限性,比如无法获取与其它数据同期的湖北省植被分布数据,张新时所著《中国植被》中江汉平原地区部分经济林与农作物存在一定的混分现象,可能会致使网络规划布局结果出现微小的偏差。

湖北省森林生态系统定位观测研究网络可以实现湖北省森林生态系统生态要素的连续观测与清查,不仅在省域尺度补充和完善 CFERN 体系,而且也可为森林健康监测与评价、重大生态工程辅助决策和生态效益评估等提供决策支持。尽管在进行网络规划时存在一定的不足,但本文提出的研究方法具有一定的实际应用推广价值,也为其它省份和地区在进行生态站网络建设时提供一定的参考价值和借鉴意义。

参考文献 (References):

- [1] 曹世雄,陈军,陈莉,高旺盛. 关于我国国民环境的态度调查. 生态学报, 2008, 28(2):735-741.
- [2] 李世东,翟洪波. 世界林业生态工程对比研究. 生态学报, 2002, 22(11):1976-1982.
- [3] 国家林业局. LY-T1606-2003 森林生态系统定位观测指标体系. 北京:中国标准出版社, 2008.
- [4] 国家林业局. 国家林业局陆地生态系统定位研究网络中长期发展规划(2008-2020年). 北京. 2008.
- [5] Hobbie J E, Carpenter S R, Grimm N B, Gosz J R, Seastedt T R. The US long term ecological research program. *Bioscience*, 2003, 53(1): 21-32.
- [6] Miller J D, Adamson J K, Hirst D. Trends in stream water quality in environmental change network upland catchments; the first 5 years. *Science of the Total Environment*, 2001, 265(1/3):27-38.
- [7] Vaughan H, Brydges T, Fenech A, Lumb A. Monitoring long-term ecological changes through the ecological monitoring and assessment network: science-based and policy relevant. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2001, 67(1/2):3-28.
- [8] 黄铁青,刘健,陈泮勤,傅伯杰. 中国科学院资源环境科学领域野外观测试验站工作进展. 中国科学院院刊, 2002, 17(3):231-234.
- [9] 黄铁青,牛栋. 中国生态系统研究网络(CERN):概况、成就和展望. 地球科学进展, 2005, 20(8):895-902.
- [10] Fu B J, Li S G, Yu X B, Yang P, Yu G R, Feng R G, Zhuang X L. Chinese ecosystem research network: progress and perspectives. *Ecological Complexity*, 2010, 7(2):225-233.
- [11] Andersson F O, Feger K H, Huttel R F, Krauchi N, Mattsson L, Sallnas O, Sjoberg K. Forest ecosystem research priorities for Europe. *Forest Ecology and Management*, 2000, 132(1):111-119.
- [12] 王文杰,石福臣,祖元刚,杨逢建,毛子军,小池孝良. 陆地生态系统二氧化碳通量网的建设和发展. 东北林业大学学报, 2002, 30(4): 57-61.
- [13] 王兵,崔向慧,杨锋伟. 中国森林生态系统定位研究网络的建设和发展. 生态学杂志, 2004, 23(4):84-91.
- [14] Niu X, Wang B, Wei W J. Chinese forest ecosystem research network: a platform for observing and studying sustainable forestry. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 2013, 11(2):1008-1016.
- [15] Lindenmayer D B, Likens G E. The science and application of ecological monitoring. *Biological Conservation*, 2010, 143(6):1317-1328.
- [16] 李文华,张彪,谢高地. 中国生态系统服务研究的回顾与展望. 自然资源学报, 2009, 24(1):1-10.
- [17] 王晓慧,陈永富,陈尔学,张元应,雒艳兰. 基于遥感和 GIS 的三北防护林工程生态效益评价研究——以山西省中阳县为例. 水土保持通报, 2011, 31(5):171-175.
- [18] 高广磊,信忠保,丁国栋,李丛丛,张佳音,梁文俊,安云,贺宇,肖萌,李文叶. 基于遥感技术的森林健康研究综述. 生态学报, 2013, 33(6):1675-1689.
- [19] Lu D S. The potential and challenge of remote sensing-based biomass estimation. *International Journal of Remote Sensing*, 2006, 27(7): 1297-1328.
- [20] 中国科学院中国植被图编辑委员会. 中国植被及其地理格局-中华人民共和国植被图(1:1000000). 北京:地质出版社, 2007.
- [21] 中华人民共和国国务院. 全国主体功能区规划——构建高效、协调、可持续的国土空间开发格局. 北京. 2010.
- [22] 中华人民共和国环境保护部. 中国生物多样性保护战略与行动计划(2011-2030年). 北京:中国环境科学出版社, 2011.

- [23] 郑度. 中国生态地理区域系统研究. 北京:商务印书馆, 2008.
- [24] 陈咸吉. 中国气候区划新探. 气象学报, 1982, 40(1):35-47.
- [25] 何亚群, 左蔚然, 张书敏, 劳国洪, 段晨龙. 基于地质统计学的煤田煤质插值方法比较. 煤炭学报, 2008, 33(5):514-517.
- [26] 国家林业局. LY-T1626-2005 森林生态系统定位研究站建设技术要求. 北京:中国标准出版社, 2005.
- [27] 国家林业局. LY-T1952-2011 森林生态系统长期定位观测方法. 北京:中国标准出版社, 2011.
- [28] NEON (The National Ecological Observatory Network). The NEON Strategy-Enabling Continental Scale Ecological Forecasting. United States, Washington, D. C.;NEON. 2009.