

基于高分辨率遥感影像技术的河北省生态样地布设方案优化及符合性评价

吴丹¹ 孙莹² 袁世辉¹ 邢志贤¹ 李冬梅¹

河北省生态环境监测中心 河北 石家庄 050000

河北省承德生态环境监测中心 河北 承德 067000

摘要: 基于中国环境监测总站下发的国家生态质量地面样地布设方案,分别介绍了点位布设方法,优化方法,优化性检验、高分辨率遥感影像在各类生态点理论布设中的具体应用方法及符合性核查评价。结果表明:利用高分辨率遥感影像及多光谱、高光谱影像等各类数据和资料进行点位布设与现场踏勘结果的符合性较高,可保证背景点位布设结果的规范性和合理性,提升点位布设效率。

关键词: 点位布设, 高分辨率遥感影像, 生态样地

区域生态环境质量评价是协调区域经济发展与生态环境保护之间关系的基础,是实现区域经济可持续发展的重要手段^[1],为评价区域生态质量,需开展省内生态质量点位布设工作。

随着遥感技术的日趋成熟,其实时、快速、大范围获取地表综合信息的能力在生态环境监测中得到了日益广泛的应用^[2]。高分辨率遥感影像具有信息量大的优点,可以准确识别林地、耕地、道路、居民点和污染源等地物,为点位布设工作提供丰富、准确的数据支持^{[3][4]}。本文基于国家生态质量地面样地布设方案,探索高分辨率遥感影像等数据和资料在各类生态点理论布设中的具体应用方法及符合性核查评价,确保样地布设点位具有整体性、代表性、继承性、可比性及可达性。

1 研究区域概况

河北省位于华北地区北部,环抱京津,东临渤海,东南部、南部衔山东、河南两省,西倚太行山与山西省为邻,西北与内蒙古自治区交界,东北部与辽宁接壤^[5],是我国唯一兼有高原、山地、丘陵、盆地、平原、湖泊、海滨的省份,自然地理独特^[6]。河北省地处中纬度欧亚大陆东岸,属于温带—暖温带、半湿润—半干旱大陆性季风气候,地貌类型复杂,河流纵横,海岸线较长,复杂的自然条件造就了河北省较丰富的生态系统多样性^{[7][8]}。生态系统类型主要有森林、灌丛、草地、湿地、海洋、农田和城市生态系统^[9]。省内河流众多,主要包括海河水系、滦河水系、辽河水系、滨海小水系和西北内流水系^{[10][11]}。

河北省是我国唯一兼有高原、山地、丘陵、盆地、平原、湖泊、海滨的省份,自然地理独特。地势由西北向东南倾斜,西北部为高原、山区和丘陵,其间分布有

盆地和谷地,中部和东南部为广阔的平原。可分为坝上高原、燕山和太行山山地、河北平原三大地貌单元。地处中纬度欧亚大陆东岸,属于温带—暖温带、半湿润—半干旱大陆性季风气候。由于地域辽阔,受地形和季风环流影响,省内南北气候差异显著,大部分地区四季分明,具有春季冷暖多变,干旱多风;夏季炎热潮湿,雨量集中;秋季多风晴朗,凉爽少雨;冬季寒冷干旱,雨雪稀少等特点。河流众多,主要包括海河水系、滦河水系、辽河水系、滨海小水系和西北内流水系。河流大都发源或流经燕山山区和太行山山区,其下游有的合流入海,有的单独入海,在张家口坝上高原形成内陆河。目前全省共建成水库1095座(大型18座、中型44座,小型1033座),总库容为104亿立方米,控制流域面积8万平方千米,多分布在西部、北部的太行山及燕山山区。受地形气候、成土母质、生物、地下水、植被等多种因素的综合作用,全省土壤类型较多,共21个土类、55个亚类、164个土属、357个土种。土壤分布在空间上呈现出明显的水平分布与垂直分布特点,同时由于地形地貌的区域变化,导致土壤分布表现出明显的区域差异。

河北省地貌类型复杂,河流纵横,海岸线较长,复杂的自然条件造就了河北省较丰富的生态系统多样性。河北省生态系统类型主要有森林、灌丛、草地、湿地、海洋、农田和城市生态系统。河北省植被按群系划分共有111种类型,分别属于9个植被型组,其中针叶林7种、阔叶林24种、灌丛23种、草丛19种、草原7种、草甸16种、沼泽7种、淡水水生植被8种。河北省湿地可分为河流湿地、湖泊湿地、沼泽和沼泽化草甸、近海及海岸湿地和人工湿地5个类型。

2 样地布设方法

2.1 样地类型

依据河北省生态系统类型和土地利用现状分布状况,将我国生态质量样地分为7类,分别为森林生态质量地面样地、草地生态质量地面样地、湿地生态质量地面样地、水体生态质量地面样地、农田生态质量地面样地、城乡生态质量地面样地、海洋生态质量地面样地。

2.2 布设方法

为保证监测效果,同时尽可能降低成本,需要合理布设生态质量监测样点。如果样点过于稀疏,可能无法提供足够信息进行科学决策;如果样点过于密集,则造成了人力、物力和财力的浪费。

本文采用网格法对河北省生态质量样地进行布设,把整个监测区域地面划分为多个大小均匀的网状方格布设,将若干采样点设置在方格内。依据河北省地形地貌、气候水文、生态类型、土地利用现状及变化,以及交通条件等,参考其他部门生态相关调查样区密度,基于最邻近点指数法和面积指数法优化对样地进行空间和数量代表性检验,确定样地网格大小为 $15\text{km} \times 15\text{km}$ 。在此基础上,根据河北省植被区划、森林保护工程、生态功能区划、国家级自然保护地、土地利用、农田熟制、路网等对相同生态属性的样地或偏离国家四级道路情况进行疏密。

2.3 优化方法

首先,采用抽样网格法确定河北省生态质量初始样地,然后,为提高样地点位代表性、整体性和继承性,需要根据气象、地形、地貌、生态分区等对样地进行调整和优化,主要删除相同生态区上生态类型相同的样地,补充关键生态区域的样地点位,并与现有生态监测、土壤监测和水环境监测等点位进行衔接。

2.3.1 生态地理分区优化

通过生态地理分区进行一级优化,分区是区域管理的基础,生态地理区域系统反映了温度、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。生态地理分区可以有效地阐明生态系统对我省环境变化的影响。分区的主要任务就是按生态要素的空间分布特征,将我国生态地理环境划分为具有多级结构的区域单元,使同一区域单元内的目标特征具有相对一致性,而不同区域间存在较为明显的异质性,在此基础上开展优化,从而提高初始生态质量样地代表性。热量和水分是地表自然生态综合体变化的内因,纬度、距海远近和地形地貌则是影响自然生态空间分布的外部条件。它们促使水热变化形成纬度地带性、经度地带性和垂直地带

性。气候和地貌是自然地理环境中的基本要素,通过采用“空间叠置法”叠加水分、温度和地貌数据对全省进行分区。

生态地理分区可以有效地阐明生态系统对我省环境变化的影响。分区的主要任务就是按生态要素的空间分布特征,将河北省生态地理环境划分为具有多级结构的区域单元,使同一区域单元内的目标特征具有相对一致性,而不同区域间存在较为明显的异质性,在此基础上开展优化,从而提高初始生态质量样地代表性。

不同颜色的斑块表示不同的生态地理环境。初始样地位于相同颜色区域内具有共同的生态地理环境属性,剔除过多的重复属性样地,最终使相同生态地理环境中的样地保持均衡。

2.3.2 生态属性优化

在生态地理分区基础上,根据样地生态类型依次选取1~2个相关代表性指标数据叠加,进行二级优化。要针对分区范围内属性相同,初始点位过多区域进行剔除,同时确保相同类型中的样地相对均衡。除此之外,对已确定为某种类型的初始生态样地,删除未落在与之相对应的土地利用类型的样点。

森林生态系统是以乔木为主体的生物群落(包括植物、动物和微生物)及其非生物环境(光、热、水、气、土壤等)

综合组成的生态系统。根据全省遥感监测土地利用覆盖分类体系,将有林地、灌木林、疏林地内的初始样地归为森林生态质量样地,剔除其他林地内的样地,叠加植被区划、林业工程空间分布和自然保护区数据。

草地质量主要研究草地生态系统结构、功能及各个亚系统之间的生态关系和调控途径,为充分保护草地生态系统质量提供依据。根据全省遥感监测土地利用覆盖分类体系,将高覆盖度草地、中覆盖度草地和低覆盖度草地内的初始样地归为草地生态质量样地,叠加全国土地利用类型、植被区划和自然保护区数据,剔除共同类型内多余样点并调整样点分布位置。

湿地生态系统中的生物群落由水生和陆生种类组成,系统内部物质循环、能量流动和物种迁移与演变活跃,具有较高的生态多样性、物种多样性和生物生产力。根据全省遥感监测土地利用覆盖分类体系,将滩涂、滩地、沼泽地内的初始样地归为湿地生态质量样地,叠加土地利用类型和自然保护区数据。

农田生态系统是指在以农作物为主导的区域,利用生物和非生物环境之间以及生物种群之间的相互关系,通过合理的生态结构和高效生态机能,进行能量转化和

物质循环,并按人类社会需要进行物质生产的综合体。它是一种被人类驯化了的生态系统。农田生态系统不仅受自然规律的制约,还受人类活动影响;不仅受自然生态规律支配,还受社会经济规律的支配。根据全省遥感监测土地利用覆盖分类体系,将水田、旱地的初始样地归为农田生态质量样地。叠加土壤类型,参考现有土壤样点数据,剔除共同类型内多余样点,必要时适当调整样点位置。

城市生态系统是一个综合系统,由自然环境、社会经济和文化科学技术等相关主体共同组成,包括作为城市发展基础的房屋建筑和其他设施,以及作为城市主体的居民及其活动。城市在更大程度上属于人工系统,也是一个开放系统,它需要从外界获得空气、水、食品以及燃料和其他物质。根据全省遥感监测土地利用覆盖分类体系,将城镇用地、农村建设用地以及城乡周边区域的其他建设用地内的初始样地归为城乡生态质量样地,叠加人口密度(空间分布)和GDP数据,剔除共同类型内多余样点并调整样点分布位置。

2.3.3 现有点位优化

在二级优化形成的样地基础上叠加现有生态监测点、环境质量监测点数据,主要是对现有点位未覆盖区域但属于生态监测覆盖区域进行补充,在同一网格范围内选用原有点位,剔除本次新布设的点位。同时,充分利用现阶段已开展监测工作的点位,包括生物多样性监测、生态地面监测点位等现有样地经过实践检验并具备长期监测基础。对环境质量监测网中水质、土壤等环境监测点/断面进行整合。

2.4 代表性检验

2.4.1 空间代表性检验

样地初步布设完成后,由于人为主观因素干扰,可能会导致各样地在空间分布上的不合理、样地结构分布不均以及区域代表性不强等现象,因此需要对样地分布的空间代表性进行检验。采用最邻近点指数法对样地的空间代表性进行检验,将样地作为空间上的点状对象进行分析。计算公式为:

$$\bar{d} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m d_i$$

$$d_E = \frac{1}{2\sqrt{\frac{m}{A}}}$$

$$D = \frac{\bar{d}}{d_E}$$

式中 d_i 为区域内点 i 到其最邻近点的距离; m 为区域

内样地总数; \bar{d} 为最邻近距离平均值; d_E 为理论最邻近平均距离; A 为布点区域面积。 D 为最邻近点指数,当 $D = 1$ 时,点状分布为随机型;当 $D > 1$ 时,点状要素趋均匀分布;当 $D < 1$ 时,点状要素趋凝聚分布,需要对样地进行调整,直至 $D > 1$ 时。

2.4.2 数量代表性检验

生态质量样地选择过程中除需要考虑到空间分布情况外,样地数量也是一个重要因素,样地数量过少则难以反映区域生态质量状况,数量过多则会造成人力和财力的浪费。

因此有必要对样地数量进行代表性检验。采用面积代表性指数分析各种类型生态质量样地数量比例与各生态类型面积比例的分布合理性。计算公式为:

$$K = \frac{P_1 - P_2}{\max(P_1, P_2)}, P_1 \neq 0 \text{ 且 } P_2 \neq 0$$

$$K = 0, P_1 = 0 \text{ 且 } P_2 = 0$$

式中, K 为样地代表性指数,范围为 $[0, 1]$; P_1 为样地布设区域内各类型生态质量样地数量比例; P_2 为各生态类型面积比例。指数 K 越小 (K 越接近 0), 说明某种类型生态质量样地的数量比例与对应的面积分布趋势越一致,越能反映该生态类型的质量水平;指数 K 越大,当 K 越接近 1,若 $P_1 > P_2$, 则表明该生态类型的生态质量样地的数量过多,则需要减少;若 $P_1 < P_2$, 则表明生态质量样地数量布设不足,需要增加生态质量样地数量。

3 应用性检验

生态环境质量地面样地选点应从整体出发合理布局,充分考虑我省生态分区、生态类型、生态问题、社会经济和气候气象分布等因素,能综合反映各类生态系统的生态质量整体状况及变化趋势。具有较好的代表性,能客观反映一定空间范围内的生态质量水平和变化规律。布局上应与国家现有生态类样地相协调,在基础条件类似的前提下,坚持优先选用已有生态类样点或就近布设。同时,与现有水、土壤等监测点位结合,方便统一管理,节约成本。同类型生态质量样地布设条件尽可能一致,使各个样地点获取的生态数据具有对比性。样地布设应避免未来生态系统会受到严重影响的规划区和开发区,位置一经确定,非特殊情况不应变更,以保证监测连续性。样地布设还应充分考虑可达性,与生态遥感监测技术和全国四级路网相结合,在人类活动干扰较少,交通条件难以到达的区域尽量减少布点,以遥感监测为主。

通过现场踏勘对遥感点位布设依据点位的一致性、代表性、可达性和全面性原则进行应用性检验。应用性

检验包括样地类型的准确性,样地可达性及后续开展监测条件核查。经现场踏勘删除及部分点位微调,占比分别为4.6%、5.1%。通过高分辨率遥感影像技术进行点位布设应用性较高,可用于生态点位宏观布设工作。

结束语:生态样地监测点位布设中通过高分辨率遥感影像技术,充分利用各种数据及影像资料,可提升点位布设的合理性、科学性,提升工作效率及质量。布设点位经过现场踏勘具有较好的实际应用性。

参考文献:

[1] 张从.环境评价教程[M].北京:中国环境科学出版社,2002.

[2] 刘瑞,王世新,周艺,姚尧,韩向娣.基于遥感技术的县级区域环境质量评价模型研究[J].中国环境科学,2012,32(01):181-186.

[3] 熊文成,徐永明.基于高分遥感影像的跨国界流域环境监测——以红河流域为例[J].环境监测管理与技术,2016,28(03):11-14.

[4] 冯霞,秦昆,崔卫红,陈一祥,李向辉.高分辨率遥感影像目标形状特征多尺度描述与识别[J].遥感学

报,2014,18(01):90-104.

[5] 武爱彬,赵艳霞,秦彦杰,沈会涛,李庆辰.河北生态用地时空格局的地貌分异特征[J].国土资源遥感,2020,32(02):146-153.

[6] 李冰.京津冀都市圈县域经济功能定位研究[D].河北工业大学,2008.

[7] 李玉平,蔡运龙.河北省土地生态安全评价[J].北京大学学报(自然科学版),2007(06):784-789.DOI:10.13209/j.0479-8023.2007.125.

[8] 王洪梅.河北省生物多样性现状及生态系统对其维持功能评价[D].河北师范大学,2004.

[9] 杨伟州,邱硕,付喜厅,赵丽,张蓬涛.河北省生态功能区划研究[J].水土保持研究,2016,23(04):269-276. DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2016.04.035.

[10] 赵彦红.河北省水环境现状及水环境承载力研究[D].河北师范大学,2005.

[11] 李谦谦.基于遥感的河北矿山地质环境评价研究[D].石家庄经济学院,2014.