

DOI:10.13718/j.cnki.xsxb.2018.11.014

# 京津冀生态系统质量空间特征及生态红线建议<sup>①</sup>

许开鹏

中国环境保护部 规划院, 北京 100012

**摘要:** 在对京津冀地区生态质量现状进行评价的基础上, 利用 GIS(地理信息系统)的空间分析功能, 根据研究区的资源环境现状和自然资本承载力与区域经济社会发展的关系特征, 在计算各区域生态质量分级的基础上, 分别对其生态质量的时空特征, 初级净生产力, 森林植被覆盖变化等方面进行评价, 结果显示: 近年来京津冀生态系统质量有明显提升. 京津冀区域 28% 的森林生态系统质量有改善, 3% 左右的森林生态系统质量存在下降趋势. 2010—2015 年, 京津冀城市群净初级生产力呈现出较小波动变化趋势. 相较于 2000—2010 年, 京津冀城市群森林生态系统植被覆盖度的变化, 只有高植被覆盖度区域呈现出增加的趋势.

**关键词:** GIS; 生态质量; 净初级生产力; 空间分析; 京津冀

**中图分类号:** X321

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-5471(2018)11-0086-06

京津冀自然资源匮乏、生态环境脆弱. 长期以来的资源匮乏和生态退化是华北地区、尤其是首都周边县市贫困的根源之一<sup>[1]</sup>. 由于历史原因出现大都市大农村不合理的城镇体系结构, 缺乏次中心城市. 京津冀区域在自然资源匮乏、生态环境脆弱的背景下建设世界级城市群, 需疏解非首都核心功能、减轻生态压力. 总之, 京津冀具有脆弱的生态系统, 自然资本承载力低与区域经济社会发展之间存在严重冲突<sup>[2]</sup>.

京津冀位于我国农牧交错带的北部前缘, 地处内蒙高原、太行山脉向华北平原、渤海湾海域的过渡地带, 是华北平原及其周边地区的关键区域, 在建设京津冀城市群的生态安全格局中具有重要地位. 其中坝上地区、燕山、太行山是区域水源的主要发源地, 是京津及华北平原的主要生态屏障, 其水源保护和土壤保持功能直接影响京津冀地区甚至华北平原生态系统安全<sup>[3-4]</sup>. 京津冀地区的生态服务功能十分重要.

京津冀地区具有重要的防风固沙、水源涵养和水土保持功能, 是华北平原和环渤海地区的重要生态屏障区. 京津冀地区自然禀赋先天不足, 区域面临整体降水、水文条件不利和流域生态水量减少的双重约束, 水资源开发长期透支和水生态环境持续恶化并存, 自然资本承载力低与区域经济社会发展之间存在严重冲突<sup>[5-6]</sup>. 开展京津冀的生态环境质量变化调查评估工作, 掌握区域生态系统变化趋势, 了解京津冀地区生态质量的时空分布特征, 对于科学指导京津冀协同发展, 实现首都功能疏解和世界级城市群建设等国家战略具有重要意义.

## 1 研究区概况与数据来源

### 1.1 研究区概况

京津冀地区包括北京、天津和河北省 3 个地区, 是国家发展战略的重要指向区, 也是北方生态文明建

① 收稿日期: 2017-11-20

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFC0503004).

作者简介: 许开鹏(1979-), 男, 副研究员, 主要从事生态环境区划、评价与规划研究.

设先行区和生态环境治理重点区<sup>[7]</sup>(图 1)。近些年来,京津冀地区水资源短缺压力日益凸显,河湖湿地、海洋等自然生态系统退化,地下水严重超采,滨海湿地严重萎缩,生态灾难抵御能力下降,区域生态安全受到严重威胁。该区域将长期面临水生态风险,沿海空间扩展与湿地保护矛盾突出,城镇建设用地扩张将进一步侵占生态空间,区域发展与生态保护之间的矛盾将进一步凸显。

京津冀地区人均水资源量为 239 m<sup>3</sup>,是全国平均水平的 1/9,严重低于国际公认的重度缺水水平(人均水资源 1 000 m<sup>3</sup>),属于“资源型”严重缺水地区<sup>[8-9]</sup>。然而,京津冀地区人口总量大、密度高,多年来人口密度均呈上升趋势,从 2000 年的 483.45 人/km<sup>2</sup> 上升到了 2015 年的 516 人/km<sup>2</sup>,尤其是京津两大核心城市人口集聚化程度高,2005—2015 年间,北京、天津总人口密度增幅超过 41%,水资源和土地资源的压力巨大,远超出区域水资源和土地资源承载能力,脆弱的自然生态本底与经济社会发展的矛盾冲突激烈。

## 1.2 数据来源

针对森林/草地生态系统,我们对地上生物量的获取采用植被指数—生物量法,对于草地/农田生态系统,我们采用植被生物量法进行估算。植被指数—生物量法的做法就是先进行实地调查,然后再利用遥感数据建立经验性统计模型,最后得出该地区范围内的植被生物量。累积 NPP(净初级生产力)法则是通过农田和草地的长期实测数据,对生长期内的 NPP 进行累积加和得到,即用 CASA(Carnegie Ames Stanford Approach)模型。对于数字高程模型 DEM,我们采用国际科学数据服务平台数据,空间分辨率为 30 m。植被覆盖度数据是基于像元二分模型通过 Modis 影像反演得到。

## 2 研究方法

### 2.1 基于遥感的生态质量评估

植被覆盖度的计算基于美国国家航空航天局(NASA)数据信息服务中心(DISC)提供的 MODIS 数据产品,NDVI(植被指数)数据(MOD13Q1)。我们选取的空间分辨率为 250×250 m。MODIS 图像预处理有大气校正,辐射校正、格式和投影转换等步骤,然后用最大合成法(MVC)将 NDVI 数据生成数据集。因为植被盖度和 NDVI 之间存在线性关系,所以我们可以建立两者之间的相互关系,提取植被覆盖度信息。对于遥感估算方法,我们采用像元二分模型进行估算,以 NDVI 值为参数,计算植被覆盖度<sup>[10]</sup>。其公式为

$$F_c = \frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg} - NDVI_{soil}} \quad (1)$$

式中,NDVI 为像元的实际 NDVI 值;NDVI<sub>veg</sub> 为全植被像元对应的 NDVI 值;NDVI<sub>soil</sub> 为全裸土像元的 NDVI 值。同时,根据实际情况,我们参照水利部颁发的《土壤侵蚀分类分级标准》,将研究区的植被划分为 4 个等级:<30%(低植被覆盖度)、30%~45%(中低植被覆盖度)、46%~60%(中植被覆盖度)、>60%(高植被覆盖度)。

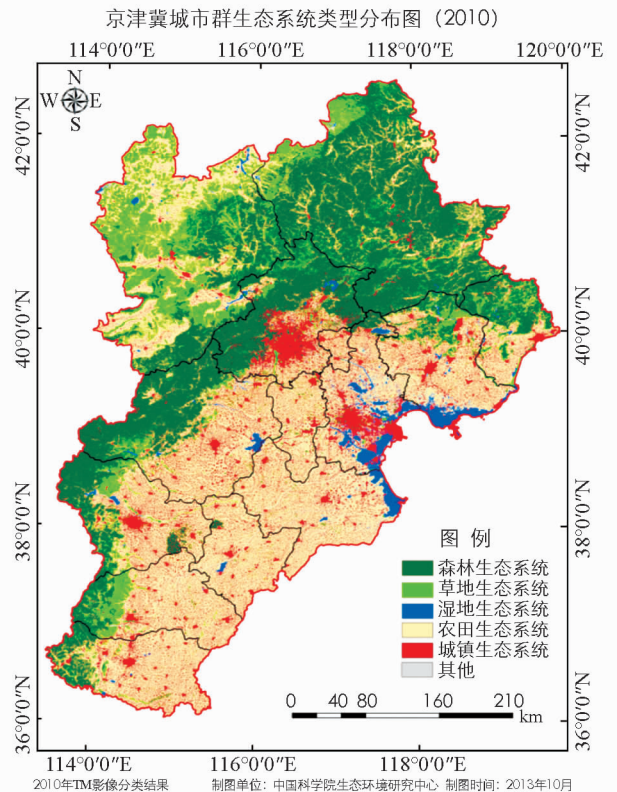


图 1 京津冀地区区位图

表 1 植被覆盖度表征生态系统质量

植被覆盖度	植被盖度	生态系统质量
高植被覆盖度	>60%	优
中植被覆盖度	46%~60%	良
中低植被覆盖度	30%~45%	中
低植被覆盖度	<30%	差

## 2.2 净初级生产力

净初级生产力( $NPP$ )则是由光合作用所产生的有机质总量中扣除自养呼吸后的剩余部分.  $CASA$  是一种基于遥感数据、太阳辐射、植被、土壤类型等多种因素共同驱动的利用率模型. 植被净初级生产力( $NPP$ )是植被吸收光合有效辐射( $APAR$ )、最大光能转化率( $\epsilon^*$ )、温度胁迫系数( $T_{\epsilon 1}$  和  $T_{\epsilon 2}$ )和水分胁迫系数( $W_{\epsilon}$ )的函数. 本研究选用改进的  $CASA$  模型对研究区植被 2000—2010 年的  $NPP$  进行估算, 计算公式为

$$NPP = fAPAR \times PAR \times T_{\epsilon 1} \times T_{\epsilon 2} \times W_{\epsilon} \times \epsilon^*$$

式中,  $fAPAR$  是光合有效辐射  $APAR$  的分量, 表示太阳辐射  $R_s$  乘以 0.5 转化为  $PAR$ .  $fAPAR$  表示地上植被对光合作用有效辐射的吸收比例, 该值表征植被  $PAR$  的吸收程度. 光能转化率是通过光合作用所吸收的能量转化为碳(C)/有机物干物质的效率, 一般用  $g \cdot MJ^{-1}$  表示. 通常情况下  $fAPAR$  与  $NDVI$ ,  $SR$  存在较好的线性关系, 我们可以通过归一化植被指数( $NDVI$ )对  $fAPAR$  进行估算.  $T_{\epsilon 1}$  和  $T_{\epsilon 2}$  表示温度对光能转化率的影响,  $W_{\epsilon}$  表示水分条件对光能转化率的影响.

## 3 结 果

### 3.1 京津冀生态系统质量的时空特征

京津冀生态系统质量整体不高(图 2), 森林生态系统多分布在北部及西北部地区, 包括承德、北京、秦皇岛和保定, 约占区域国土面积的 32.8%. 根据遥感调查结果, 优、良等级的森林面积比例仅占 4%左右, 远低于全国平均 20.6%的标准. 京津冀地区草地生态系统多分布在西部地区, 包括张家口、石家庄、邢台, 约占区域国土面积的 9%, 根据遥感调查结果, 优、良等级的草地面积比例约占 39%, 高于全国 17.5%的水平.

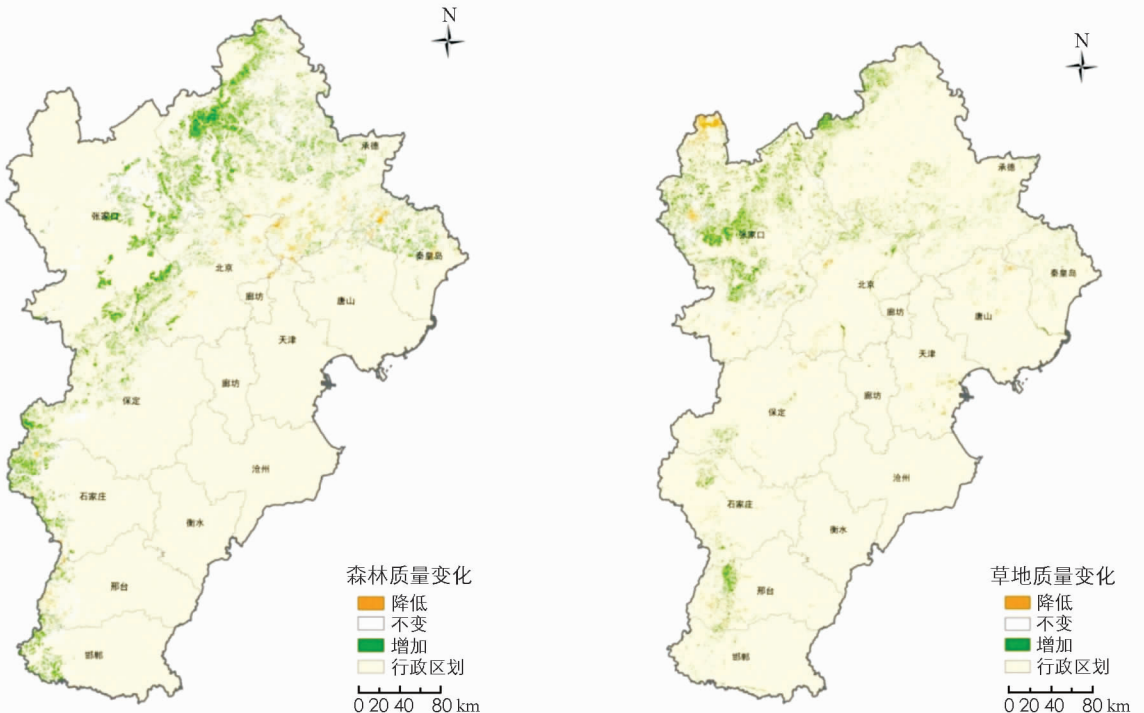


图 2 京津冀地区 10 年森林、草地生态系统质量变化

近年来京津冀生态系统质量有明显提升. 根据遥感调查结果, 区域 28% 的森林生态系统质量有改善, 69% 左右的森林生态系统质量没有明显改变, 3% 左右的森林生态系统质量存在下降趋势. 区域 40% 的草地生态系统质量有改善, 52% 左右的草地生态系统质量没有明显改变, 8% 左右的草地生态系统质量存在下降趋势. 总体而言, 区域生态系统质量有明显提升.

### 3.2 京津冀净初级生产力变化评估

京津冀城市群 2000 年、2010 年净初级生产力均值见图 3. 京津冀城市群 *NPP* 呈现出显著的地带分异规律, 西北部以草地为主要覆盖地区处于该区域的 *NPP* 较低; 由北部向西南方向以林地为主要覆盖地区, 该区域 *NPP* 为高值区; 东部以耕地为主要覆盖区域, *NPP* 年均值处于中等水平. 城市及沿海地区 *NPP* 值明显较低. 随着京津冀城市群的城市化过程, 到 2010 年京津冀城市群净初级生产力明显下降. 整体而言, 2000—2010 年京津冀城市群净初级生产力呈现出较小波动变化趋势.

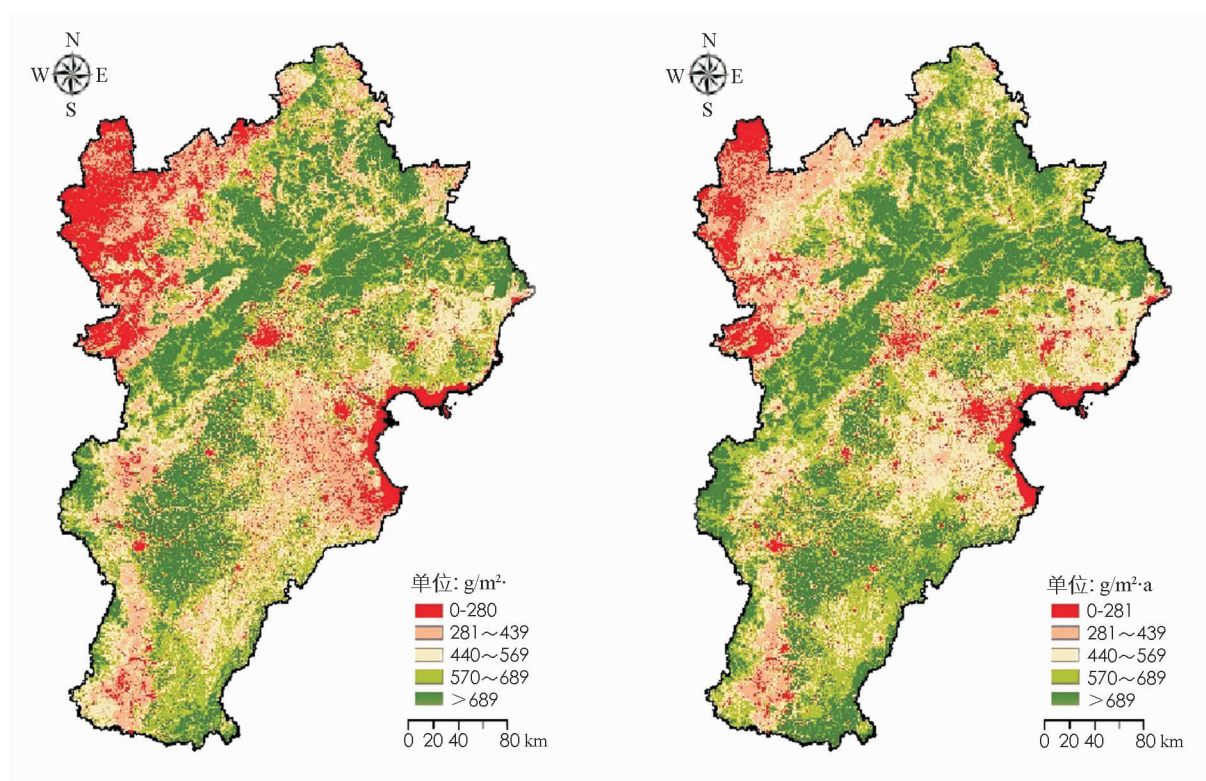


图 3 2000 年(a)、2010 年(b)京津冀净初级生产力均值

### 3.3 京津冀森林生态系统植被覆盖度等级的面积和比例变化

图 4 所示为京津冀城市群森林生态系统植被覆盖度等级面积. 京津冀城市群森林生态系统植被覆盖面积从 2000 年—2010 年, 在低覆盖度、中低覆盖度、高覆盖度 3 个等级上呈现出下降趋势. 其中面积比例下降最多的为中低覆盖度等级, 由 2000 年的 14.96% 下降到 2010 年的 10.02%, 下降了 4.94%. 而在高覆盖度等级上则呈现出上升趋势, 由 2000 年的 35.67% 上升到 2010 年的 45.90%, 上升了 10.23%. 因此, 2000—2010 年京津冀城市群森林生态系统植被覆盖度的变化, 只有高植被覆盖度出现增加的趋势.

## 4 生态红线的对策与建议

### 4.1 构建生态安全格局

以西、北地区山地森林和白洋淀等大型湿地为重要的生态源, 以小型林地和湿地为斑块, 通过沿水系、林带、重要生物栖息地等元素建立生态廊道, 构建京津冀“两屏、三带”的生态安全格局体系<sup>[11]</sup>. 将“两屏”即坝上高原风沙防治区、燕山-太行山山地水源涵养与水土保持区等重要生态功能区, “三带”即南水北调

带、中线保护带和沿海防护林带,将这些地区优先纳入生态红线管控空间.生态保护红线作为生态空间中的一部分,应实施强制性保护.

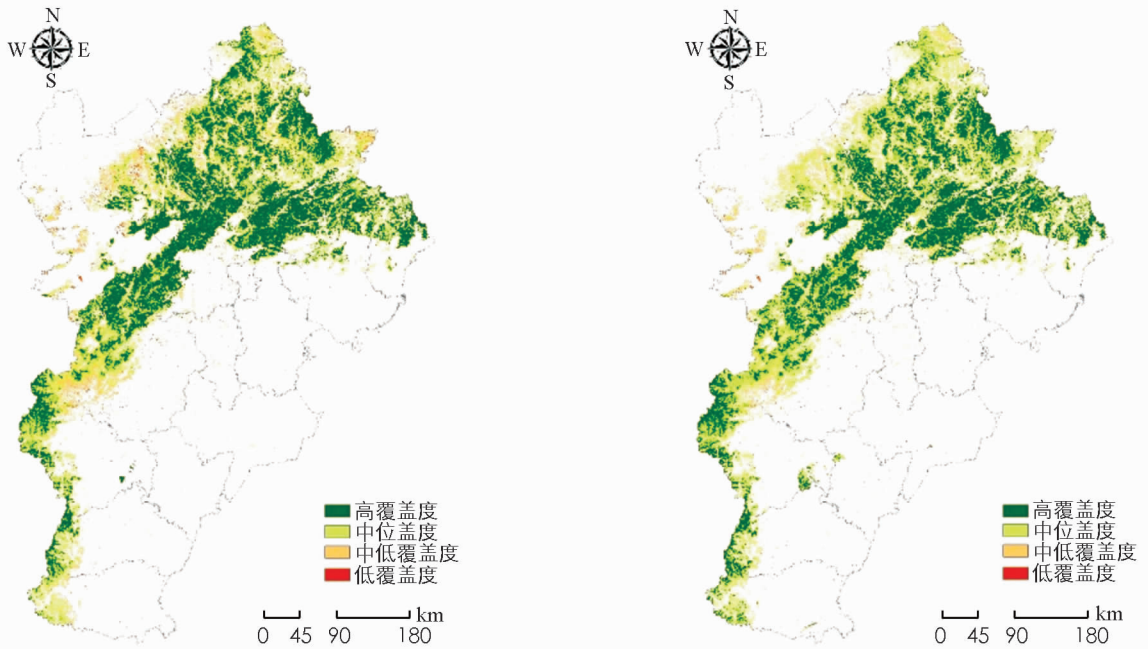


图 4 2000 年、2010 年京津冀森林植被覆盖度等级空间分布

#### 4.2 保护生态缓冲空间

生态缓冲空间指生态保护红线以外,对保障区域生态安全格局具有重要作用,需要进行保护和管控的重要区域,即非红线的生态空间.针对生态缓冲空间,根据不同的生态功能实施严格的生态保护,包括坝上高原风沙防治区、燕山山地水源涵养与水土保持区、太行山山地水源涵养及水土保持区、环渤海生物多样性保护地区<sup>[12]</sup>.

#### 4.3 划定并严守生态保护红线

除将自然保护区、风景名胜区、森林公园、地质公园、湿地公园、水产种质资源保护区、自然文化遗产、水源地保护区等禁止开发区域划为生态保护红线之外,同时参照《全国主体功能区规划》、《中国生物多样性保护战略与行动计划》等文件中明确的重点关注区域,结合本文研究方法提出生态管控区域.建议:①将具有重要防风固沙功能,位于坝上高原 3 大沙区、6 大风口、5 大沙滩和 9 条风沙通道的防风固沙带纳入生态保护红线;②将具有重要水源涵养功能,位于燕山南侧和太行山东侧的大片水源涵养林纳入生态保护红线;③建议京津冀地区生态保护红线面积比例不低于 31.5%,对生态保护红线实施严格保护,禁止以开发建设为目的的各种人为活动.

#### 参考文献:

- [1] 黄宝荣, 欧阳志云, 张慧智, 等. 1996—200 年北京城市生态质量动态 [J]. 应用生态学报, 2008, 19(4): 845—852.
- [2] 李广东, 方创琳. 城市生态—生产—生活空间功能定量识别与分析 [J]. 地理学报, 2016, 71(1): 49—65.
- [3] 万本太, 王文杰, 崔书红, 等. 城市生态环境质量评价方法 [J]. 生态学报, 2009, 29(3): 1068—1073.
- [4] 李 华. 城市生态游憩空间服务功能评价与优化对策 [J]. 城市规划, 2015, 39(8): 63—69.
- [5] 左舒翟, 任 引. 快速城市化地区森林景观生态质量的时空演变研究 [J]. 环境科学与技术, 2015, 38(9): 191—198.
- [6] 王金南, 许开鹏, 王晶晶, 等. 国家“十三五”资源环境生态红线框架设计 [J]. 环境保护, 2016, 44(8): 22—25.
- [7] 汪 云, 刘 菁. 特大城市生态空间规划管控模式与实施路径 [J]. 规划广角, 2016, 32(3): 89—93.

- [8] 赵 军, 曾 辉. 快速城市化地区生态质量退降的自组织临界性—以深圳市南山区为例 [J]. 生态学报, 2006, 26(11): 3804—3811.
- [9] 石惠春, 刘 伟, 何 剑, 等. 一种城市生态系统现状评价方法及其应用 [J]. 生态学报, 2012, 32(9): 5542—5549.
- [10] 孙 凡, 赵靖明, 张富华, 等. 重庆市生态质量监测评价及生态安全的预警系统构建研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2012, 34(12): 81—86.
- [11] 许开鹏, 王晶晶, 迟妍妍, 等. 基于主体功能区的环境红线管控体系初探 [J]. 环境保护, 2015, 43(23): 31—34.
- [12] 许开鹏, 王晶晶, 迟妍妍, 等. 基于综合生态风险的云贵高原土地利用优化与持续利用对策 [J]. 生态学报, 2016, 36(3): 821—827.
- [13] 许开鹏, 王晶晶, 王 勇, 等. 乌鲁木齐市环境功能区划与生态保护红线研究 [J]. 环境保护, 2015, 43(24): 62—64.

## On Spatial Characteristics of Ecosystem Quality and Ecological Red Line in Beijing-Tianjin-Hebei Region

XU Kai-peng

*Chinese Academy for Environmental Planning, Ministry of Environmental Protection, Beijing 100012, China*

**Abstract:** Based on the status of the evaluation of the ecological quality in Beijing-Tianjin-Hebei Region and using Geographic Information System(GIS) spatial analysis function, we have respectively assessed the spatial characteristics of the ecological quality, net primary productivity evaluation of forest ecosystem and covering grade of forest ecosystem vegetation on regional ecological quality classification. We have taken the research on the characteristics of resources, environment, the natural capital bearing force, regional economic and social development. The results show that, in the recent years, the ecosystem quality has improved significantly Beijing-Tianjin-Hebei Region. The quality of forest ecosystem improves by 28% and the quality of forest ecosystem decreases about 3%. The net primary productivity of Beijing-Tianjin-Hebei Urban Agglomeration shows a small fluctuation trend from 2000-2010. Compared with the years of 2000-2010, the high vegetation coverage takes the increasing trend in the change of vegetation coverage of forest ecosystem in Beijing-Tianjin-Hebei Region.

**Key words:** geographic information system; ecological quality; net primary productivity; spatial analysis; Beijing-Tianjin-Hebei Region

责任编辑 夏 娟