

■ 带豹回家年度报告

# “空间分析”

潜在栖息地和生态廊道

曹越 | 清华大学景观学系博士生  
周滢 | 塔夫茨大学保护医学硕士生

**摘要** 华北豹是太行山森林生态系统的顶级食肉动物，但目前对华北豹栖息地的研究十分匮乏。本研究分析范围从山西和顺县到北京市西部的山区，总计约5.84万平方公里，应用多指标综合评价方法，模拟华北豹栖息地适宜性，识别出5片华北豹重要潜在栖息地，总面积约1.5万平方公里；应用最小累积阻力法识别出3条华北豹的扩散廊道，廊道核心区域总计约0.4万平方公里，廊道缓冲区域总计约1.1万平方公里。下一步将针对整个太行山区域，分析植被、猎物 and 人为干扰在华北豹栖息地评价中的权重，量化评估道路对华北豹栖息地和扩散廊道的影响。

## 2.1 研究背景

中国唯一的特有豹亚种华北豹，是太行山森林生态系统的顶级食肉动物。栖息地连通性问题越来越引起科学家和保护人士的关注。目前对华北豹栖息地的研究十分匮乏，这与华北豹的保护价值不相匹配。华北豹需要良好的栖息地连通性，才能够保证种群间的基因交流，增强种群适应环境变化的能力。

本研究旨在应用GIS（地理信息系统）空间分析技术，初步评价华北豹栖息地适宜性，识别潜在栖息地之间的潜在生态廊道，为太行山的华北豹保护提供空间参考。

## 2.2 研究区域

研究区域是从山西和顺县的猫盟华北豹项目地到北京市西北部的山区。分析区域的边界划定以区县行政边界为基准，包含本年度志愿者廊道调查所涉及的范围。分析区域总计约5.84万平方公里，包括北京市、河北省和山西省的32个区县（图1），具体包括：

- **北京市6区：**密云区、怀柔区、延庆区、昌平区、石景山区、房山区；
- **河北省19县：**怀来县、涿鹿县、蔚县、涑源县、易县、涑源县、阜平县、平山县、顺平县、唐县、曲阳县、行唐县、灵寿县、井陉县、元氏县、赞皇县、临城县、内丘县、邢台县；
- **山西省7县：**灵丘县、繁峙县、五台县、盂县、平定县、昔阳县、和顺县。

## 2.3 研究方法

### 2.3.1 栖息地适宜性评价

应用多指标综合评价的方法，建立华北豹栖息地适宜性评价模型，模拟华北豹的栖息地适宜性。根据专家经验及相关文献，选择5个华北豹栖息地适宜性的评价指标：荒野度、森林完整度、植被适宜度、猎物密度和地形适宜度。

**（1）荒野度（Wilderness Index）。**荒野度综合考虑了土地利用的自然度、与人类聚居点和机动车道路的遥远度，以及人口密度和各类人工设施的密度，能够较为全面地反映景观受到人类干扰的程度。人类干扰度越

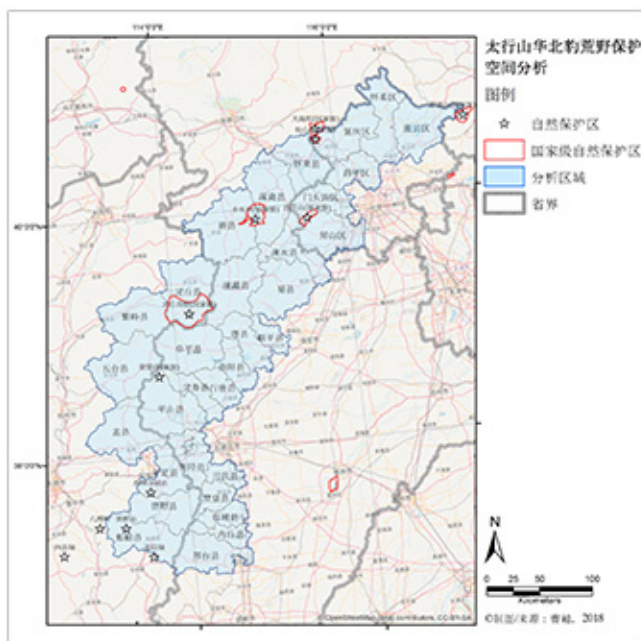


图1. 空间分析研究区域范围图

低、景观自然度越高，则越适宜华北豹栖息。

**（2）森林完整性。**研究区域的森林生态系统，主要是指土地利用/土地覆盖遥感分类系统中的密林地（有林地）、灌丛、疏林地和其它林地。根据现存森林斑块的面积测度森林完整性，连续成片的森林面积越大，越适宜华北豹栖息。

**（3）植被适宜性。**根据华北豹对于栖息地植被选择的偏好，确定各类植被区域对华北豹的适宜性。针叶林和阔叶林的适宜性较高，灌丛次之，草丛和草甸再次之，其他区域则不适宜华北豹栖息。

**（4）猎物密度。**研究区域没有实测的猎物密度分布。本研究综合生物丰度和到水源的距离，间接反映华北豹猎物密度分布。

**（5）地形适宜性。**经验表明，华北豹喜欢坡度较缓的山地作为栖息地。根据数字高程模型（DEM）得到研究区域坡度图，并对坡度进行重分类，从而计算地形适宜性。

根据相对重要性为上述5个指标赋予不同权重，叠加得到华北豹栖息地适宜性指数。公式如下：华北豹栖息地适宜性指数=荒野度\*40%+森林完整度\*20%+植被适宜性\*20%+猎物密度\*10%+地形适宜性\*10%。根据栖息地适宜性指数（见表1）将所有区域分为“高适宜”、“中等适宜”、“低适宜”、“不适宜”这4类区域。

最后，将面积大于300平方公里的“高适宜性”区域，作为华北豹的“重要潜在栖息地”。根据相关研究、猫盟的调查结果和媒体报道，汇总近十年来确认有华



北豹分布的地点，判断各片重要潜在栖息地是否拥有华北豹种群。

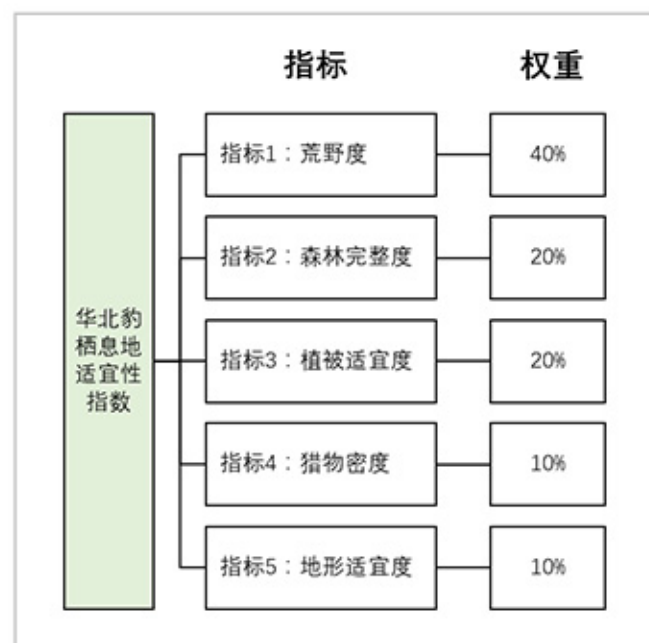


图2. 华北豹栖息地适宜性评价模型

数据来源：荒野度数据来源于曹越（2018），森林与植被相关数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心，生物丰度数据集来源于郭春霞等（2017），数字高程数据来源于<http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>，底图数据来源于Open Street Map。

## 2.3.2 生态廊道识别

应用最小累积阻力法识别生态廊道。以生活有华北豹的“重要潜在栖息地”作为“源”，以没有华北豹的“重要潜在栖息地”作为华北豹可能扩散到的“目的地”，以荒野度作为“阻力”，选择出累积阻力最小的区域作为潜在栖息地之间的生态廊道。通过设置累积阻力的阈值下限，区分廊道核心区域和廊道缓冲区域，使廊道核心区域宽度在20公里上下，廊道缓冲区域单侧宽度在10公里上下。

# 2.4 研究结果

## 2.4.1 重要潜在栖息地

共识别出高适宜栖息地1.58万平方公里（占总面积的27.1%），与北京市面积（1.6万平方公里）相近。高适宜栖息地集中连片分布，主要分布在林地较为集中的区域，但不同片区之间相互隔离。中等适宜区域共1.31万平方公里（22.6%），主要是相对零散的林地，

分布在高适宜区域的周围。低适宜性和不适宜区域占研究区域的50.2%，主要分布在研究区域的東西两侧。

表1. 栖息地适宜性区域类型统计表

区域类型	适宜度取值范围	总面积（平方公里）	占研究区面积比例（%）
高适宜性	0.69-0.93	15831	27.1
中等适宜性	0.59-0.68	13193	22.6
低适宜性	0.42-0.58	19347	33.1
不适宜	0.05-0.41	10018	17.1

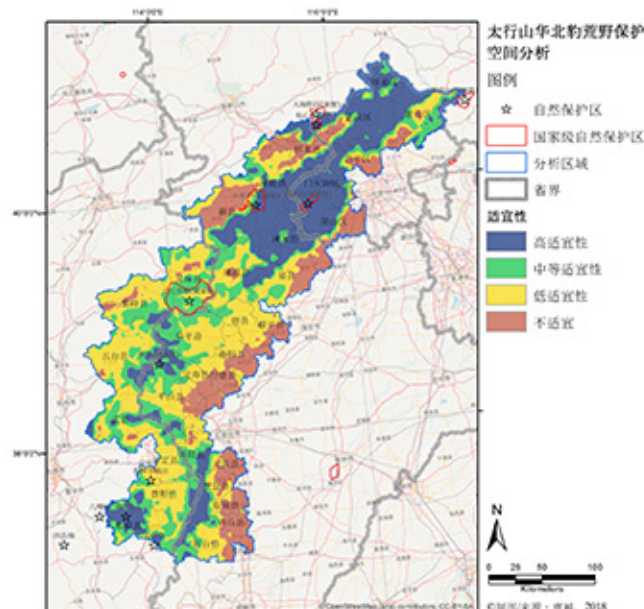


图3. 华北豹栖息地适宜性综合评价结果  
(©制图/来源：曹越，2018)

1号重要潜在栖息地位于和顺县西部，面积1185平方公里，涉及铁桥山省级自然保护区、八缚岭省级自然保护区。该区域是研究区域内唯一确认拥有华北豹种群的栖息地。2008年-2017年，猫盟在八缚岭省级自然保护区、铁桥山省级自然保护区及周边区林场约300平方公里的范围内，利用红外相机监测到超过10只成年华北豹个体，并确认华北豹在此繁殖。

2号重要潜在栖息地位于邢台县、内丘县、临城县西部，面积1142平方公里。该区域近十年没有华北豹的确认记录。

3号、4号重要潜在栖息地连通性高，可视为一个整体。该区域位于五台县、阜平县、灵丘县、平山县的交界地区，总面积996平方公里，涉及到驼梁国家级自然保护区。该区域近十年有华北豹的新闻报道。

5号重要潜在栖息地位于从河北涞源县到北京市西部的山区，涉及到小五台国家级自然保护区、百花山国家级自然保护区、大海陀国家级自然保护区和松山国家级自然保护区。2012年，猫盟曾在小五台利用红外相机拍摄到一只华北豹。这是近年来华北豹最北端的分布记录，但此后该区域没有华北豹的确认记录。

表2. 华北豹重要潜在栖息地识别结果汇总表

编号	面积 (平方公里)	位置	华北豹种群	涉及的自然保护区
1号	1185	和顺县西部	确认有豹	铁桥山省级自然保护区 八宝岭省级自然保护区
2号	1142	邢台县、内丘县、 临城县西部	不确定	——
3号	350	五台县、阜平县、 灵丘县、平山县的 交界地区	不确定	乾梁国家级自然保护区
4号	646			
5号	11597	从河北的涞源县到 北京市西部山区	不确定	小五台山国家级自然保护区 百花山国家级自然保护区 大海陀国家级自然保护区 松山国家级自然保护区

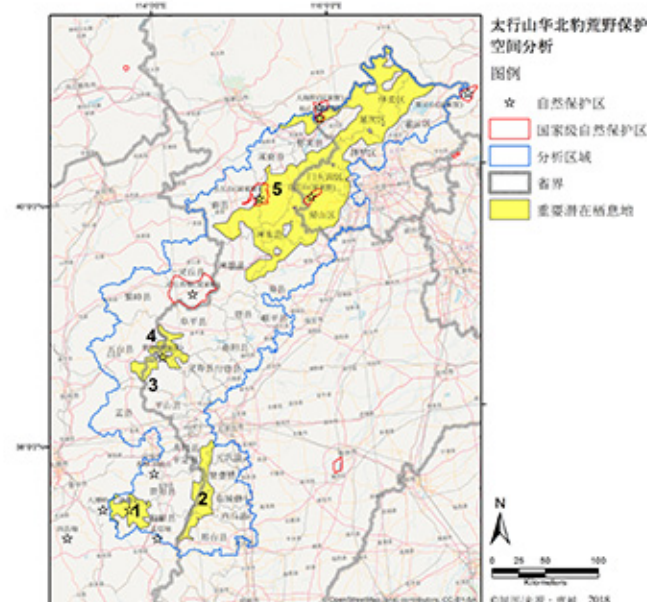


图4. 华北豹重要潜在栖息地分布图  
(©制图/来源: 曹越, 2018)

## 2.4.2 生态廊道

共识别出3条华北豹可能的生态廊道。

廊道A位于和顺县东部到邢台县西北部，廊道核心区面积957平方公里，廊道缓冲区面积1517平方公里。该廊道连接1号栖息地与2号栖息地，区域内有孟信塔省级自然保护区。

廊道B位于井陉县到平山县，廊道核心区面积2116平方公里，廊道缓冲区面积2736平方公里。该廊道连接2号栖息地与3、4号栖息地。

廊道C位于阜平县到涞源县和灵丘县，廊道核心区面积1400平方公里，廊道缓冲区面积6528平方公里。该廊道连接3、4号栖息地与5号栖息地，区域内有灵丘青檀国家级自然保护区。

2017年，志愿者在廊道C内开展的村庄调查发现，有5个调查点的村民表示村子有豹信息。这5个调查点分别是水冻湖（杨树洼）、大地沟、铁岭洼、善羊洼、三尖地。该信息证据力度弱，需要深入调查。

表3. 华北豹的潜在扩散廊道

编号	功能	核心区面积 (平方公里)	缓冲区面积 (平方公里)	位置	涉及的自然保护区
A	连接1号和 2号重要潜 在栖息地	957	1517	从和顺县东 部到邢台县 西北部	孟信塔省级 自然保护区
B	连接2号和 3、4号重要 潜在栖息地	2116	2736	从井陉县到 平山县	——
C	连接3、4号 和5号重要 潜在栖息地	1400	6528	从阜平县到 涞源县和灵 丘县	灵丘青檀国家 级自然保护区

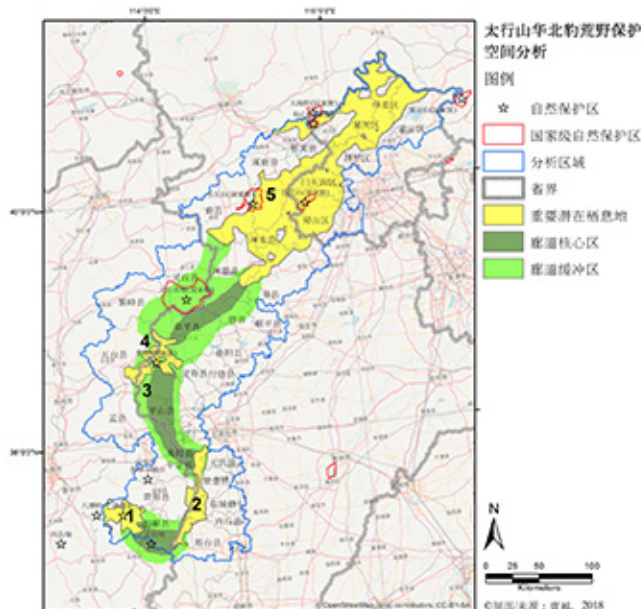


图5. 华北豹生态廊道分布图  
(©制图/来源: 曹越, 2018)

## 2.5 讨论

### 2.5.1 研究局限和改进方向

本研究只是初步探讨，在空间分析方法上还有很多内容值得探讨和深化。包括栖息地适宜性、栖息地连通性和栖息地完整性的深入分析，以及廊道规划的多种方法。第一，本研究的栖息地适宜性评价对“荒野度”的权重赋值较高，植被适宜度的概念不够清晰。豹作为全球猫科动物中分布范围最广的物种，具有很强的生境适应能力。荒野度和植被适宜度可能对华北豹来说不是特别关键。相反，猎物密度可能是最关键的因素，但目前缺乏数据，只能间接估算。第二，横穿太行山的道路可能是阻隔华北豹扩散的重要因素，本研究的廊道规划尚未评估道路的影响。

### 2.5.2 保护建议

将目前可获得的自然保护区边界与研究结果叠加，发现研究区域内的国家级和省级自然保护区均位于重要潜在栖息地与生态廊道中，但是仍然存在明显的保护空



缺。未来需进一步收集各类保护地的信息,分析保护空缺,为新建保护地、林地生态修复等提供建议。比如,在深化空间分析的基础上,根据华北豹的真实栖息地调整和优化保护地边界,在保护空缺处建立新的自然保护区,升级若干省级自然保护区。

华北豹保护是典型的跨省界保护问题。五片潜在重要栖息地和三条生态廊道横跨山西省、河北省以及北京市。华北豹保护、荒野修复、保护地规划等问题,需要在省级层面进行统筹协调。有必要建立华北豹保护的跨省合作机制,探讨建立太行山华北豹国家公园的必要性与可行性。

## 参考文献

艾伦·沃森,斯蒂夫·卡佛. 荒野、再野化与自主性生态系统——IUCN-1b类保护地管理中的概念演进[J]. 中国园林, 2017, 33(6):34-38. (黄澄,杨河翻译)

曹越, 龙瀛, 杨锐. 中国大陆国土尺度荒野地识别与空间分布研究[J]. 中国园林, 2017, 33(6):26-33.

曹越, 杨锐. 从全球到中国的荒野地识别:荒野制图研究综述与展望[J]. 环境保护, 2017(14):39-44.

陈春娣, 贾振毅, 吴胜军,等. 基于文献计量法的中国

景观连接度应用研究进展[J]. 生态学报, 2017, 37(10):3243-3255.

金龙如, 孙克萍, 贺红士,等. 生境适宜度指数模型研究进展[J]. 生态学杂志, 2008, 27(5):841-846.

刘海龙, 杨锐. 对构建中国自然文化遗产地整合保护空间网络的思考[J]. 中国园林, 2008, 25(1):24-28.

刘世梁, 侯笑云, 尹艺洁,等. 景观生态网络研究进展[J]. 生态学报, 2017, 37(12):3947-3956.

穆少杰, 周可新, 方颖,等. 构建大尺度绿色廊道,保护区域生物多样性[J]. 生物多样性, 2014, 22(2):242-249.

斯蒂夫·卡佛. 西方经验:荒野制图技术发展及其在中国和东南亚的应用潜力[J]. 中国园林, 2017, 33(6):20-25. (曹越翻译)

宋大昭. 太行山中华北豹[J]. 森林与人类, 2015(3):72-79.

宋大昭. 华北豹 红外相机的发现[J]. 森林与人类, 2016(11):146-153.

杨锐. 生态保护第一、国家代表性、全民公益性——中国国家公园体制建设的三大理念[J]. 生物多样性, 2017, 25(10):1040-1041.



● 摄影: 蒙兴霖