

第十四届全国生物多样性科学与保护研讨会 2022年12月11-13日

中国自然保护地的连通性和兼用性

Connectivity and Inclusiveness of Protected Areas in China

杨 锐 清华大学国家公园研究院



清華大學國家公園研究院
Institute for National Parks, Tsinghua University

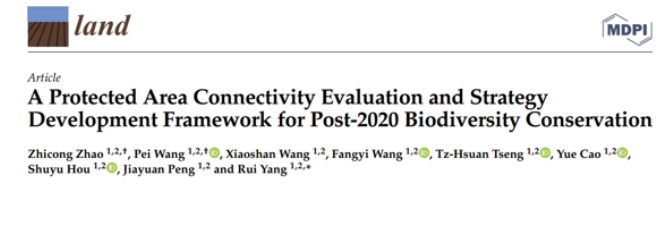
内容

1 背景：2020年后全球生物多样性框架下保护地扩展 Post-2020 Global Biodiversity Framework

2 研究一：中国自然保护地连通性 A Protected Area Connectivity Evaluation and Strategy Development Framework for Post-2020 Biodiversity Conservation

3 研究二：中国自然保护地兼用性 A framework for identifying bird conservation priority areas in croplands at national level

4 研究展望 Prospects for future studies



背景

2020年后全球生物多样性框架



2020 UN BIODIVERSITY CONFERENCE
COP 15 - CP/MOP10-NP/MOP4
Ecological Civilization-Building a Shared Future for All Life on Earth
KUNMING · CHINA

UN Biodiversity@Twitter CBD @Facebook

所有生态系统的完整性都得到增强，自然生态系统的面积、连通性和完整性至少增加15%，从而支持所有物种的种群健康和复原力；灭绝率至少降低十倍；所有分类组和功能组的物种灭绝风险减半。
到 2030 年，自然系统的连通性至少增加 5%；到 2050 年，至少增加 15%。

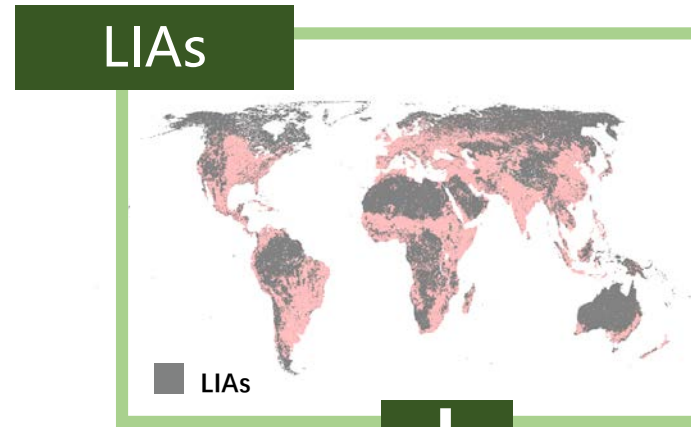
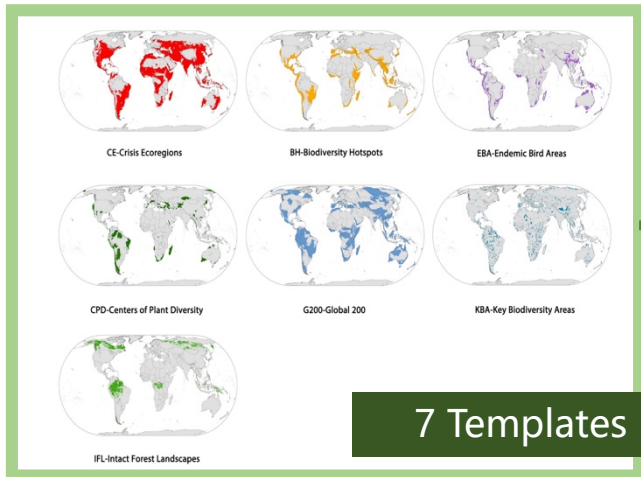
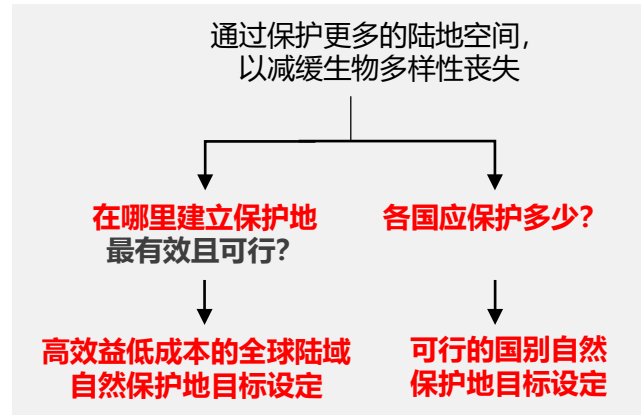
Goal A: The integrity of all ecosystems is enhanced, with an increase of at least 15 per cent in the area, connectivity and integrity of natural ecosystems, supporting healthy and resilient populations of all species, the rate of extinctions has been reduced at least tenfold, and the risk of species extinctions across all taxonomic and functional groups, is halved. Milestone A.1 Net gain in the area, connectivity and integrity of natural systems of at least 5 per cent.

“目标3. 确保形成得到有效和公平管理、具有生态代表性和**连通性良好的保护地**系统并采取**其他有效的基于区域的保护措施，使全球陆地和海洋区域的至少30%得到保护**，尤其是保护对生物多样性及其对人类所做贡献特别重要的区域，并将这些区域纳入更广泛的陆地景观和海洋景观。”

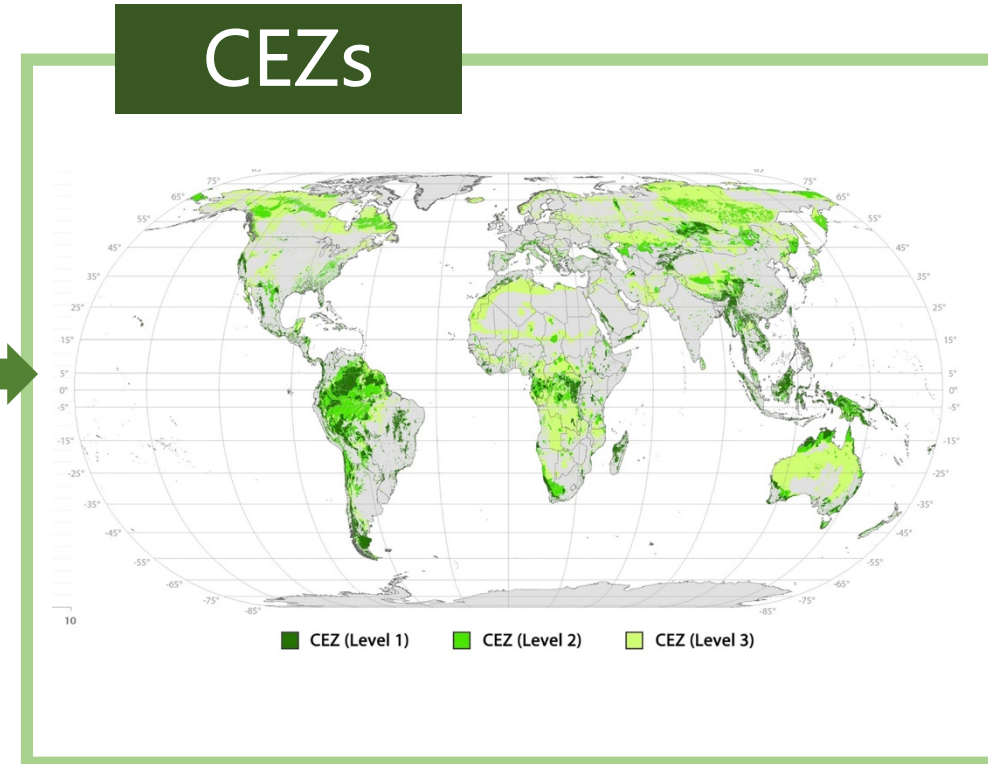
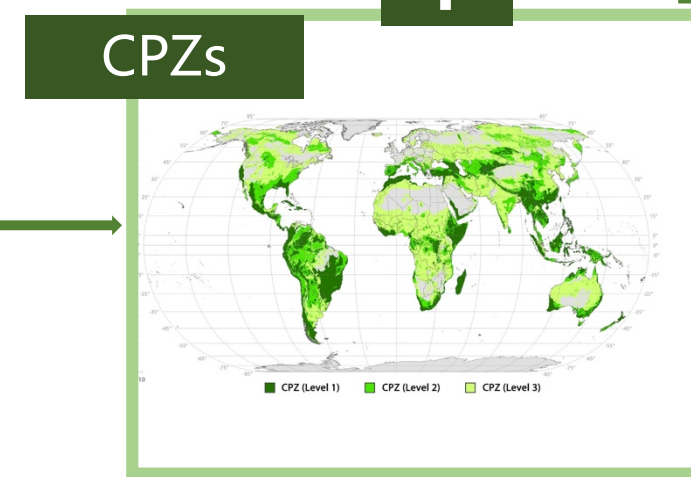
Target 3. Ensure that at least 30 per cent globally of land areas and of sea areas, especially areas of particular importance for biodiversity and its contributions to people, are conserved through effectively and equitably managed, ecologically representative and well-connected systems of protected areas and other effective area-based conservation measures, and integrated into the wider landscapes and seascapes.

背景

高效益低成本自然保护区域——CEZs: 位于“保护优先区” (CPZs) 与 “低人类影响区” (LIAs) 重叠的区域
“Cost-Effective Zones for protected area designation” (CEZs) are the overlapped regions of CPZs and LIAs



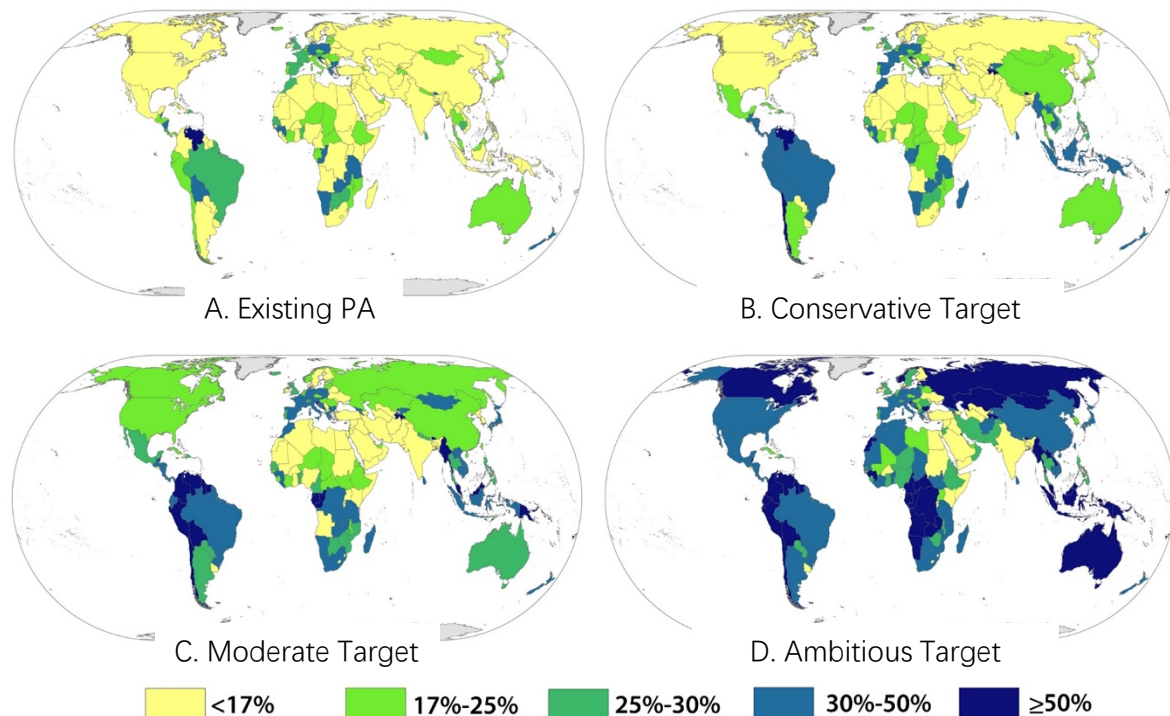
+



背景

目前只有27(13.8%)个国家保护了超过30%的国土面积，但在保守、中等、宏伟目标情景下，能够保护其陆地面积的30%以上的国家达到63(32.3%)、76(39.0%)、105(53.8%)个

Only 27(13.8%) countries protect more than 30% of its national terrestrial area today. But, "Conservative", "Moderate" and "Ambitious" Targets, will increase up to 63(32.3%), 76(39.0%) and 105(53.8%) countries



四种情景下，具有不同保护地覆盖率的国家数量
Numbers of countries with different percent range protected under four scenarios.

| Percent Range Protected (x) | Scenarios | | | |
|-----------------------------|--------------|---------------------|-----------------|------------------|
| | Existing PAs | Conservative Target | Moderate Target | Ambitious Target |
| [0,17%) | 109 (55.9%) | 76 (39.0%) | 64 (32.8%) | 42 (21.5%) |
| [17%,25%) | 42 (21.5%) | 43 (22.1%) | 32(16.4%) | 17 (8.7%) |
| [25%,30%) | 17 (8.7%) | 13 (6.7%) | 23 (11.8%) | 31 (15.9%) |
| [30%,50%) | 24 (12.3%) | 49 (25.1%) | 48 (24.6%) | 57 (29.2%) |
| [50%,100%] | 3 (1.5%) | 14 (7.2%) | 28 (14.4%) | 48 (24.6%) |

总数：195个CBD缔约国

Total: 195 CBD Parties (not including EU)

研究空缺

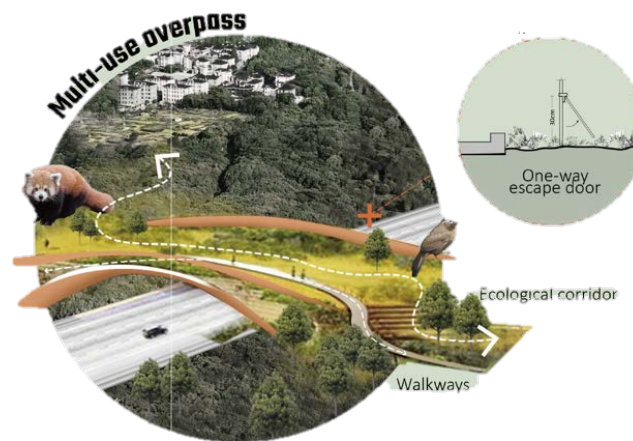
各国实现2030年生物多样性保护目标，还存在2方面的重要空缺：

2020年后全球生物多样性框架

“目标3. 确保形成得到有效和公平管理、具有生态代表性和**连通性良好的保护地**系统并采取**其他有效的基于区域的保护措施（OECM）**，使全球陆地和海洋区域的至少30%得到保护，尤其是保护对生物多样性及其对人类所做贡献特别重要的区域，并将这些区域纳入更广泛的陆地景观和海洋景观。”

Target 3. Ensure that at least 30 per cent globally of land areas and of sea areas, especially areas of particular importance for biodiversity and its contributions to people, are conserved through effectively and equitably managed, ecologically representative and well-connected systems of protected areas and other effective area-based conservation measures, and integrated into the wider landscapes and seascapes.

连通性



兼用性





研究内容

1 背景：2020年后全球生物多样性框架下保护地扩展
Post-2020 Global Biodiversity Framework

2 研究一：中国自然保护地连通性
A Protected Area Connectivity Evaluation and Strategy Development
Framework for Post-2020 Biodiversity Conservation

3 研究二：中国自然保护地兼用性
A framework for **identifying bird conservation priority areas in croplands** at national level

4 研究展望
Prospects for future studies



Article

A Protected Area Connectivity Evaluation and Strategy Development Framework for Post-2020 Biodiversity Conservation

Zhicong Zhao ^{1,2,*}, Pei Wang ^{1,2,*}, Xiaoshan Wang ^{1,2}, Fangyi Wang ^{1,2}, Tz-Hsuan Tseng ^{1,2}, Yue Cao ^{1,2}, Shuyu Hou ^{1,2}, Jiayuan Peng ^{1,2} and Rui Yang ^{1,2,*}



(扫码阅读全文)

面向2020年后全球生物多样性保护的自然保护地连通性评价和策略制定框架

研究背景

研究框架

研究方法

研究结论

规划应用



Article

A Protected Area Connectivity Evaluation and Strategy Development Framework for Post-2020 Biodiversity Conservation

Zhicong Zhao ^{1,2,†}, Pei Wang ^{1,2,†}, Xiaoshan Wang ^{1,2}, Fangyi Wang ^{1,2}, Tz-Hsuan Tseng ^{1,2}, Yue Cao ^{1,2}, Shuyu Hou ^{1,2}, Jiayuan Peng ^{1,2} and Rui Yang ^{1,2,*}

¹ Institute for National Parks, Tsinghua University, Beijing 100084, China

² Department of Landscape Architecture, School of Architecture, Tsinghua University, Beijing 100084, China

* Correspondence: yrui@tsinghua.edu.cn; Tel.: +86-10-62797027

† These authors equally contributed to the work.

Zhao Z, Wang P, Wang X, Wang F, Tseng T-H, Cao Y, Hou S, Peng J, Yang R*. A Protected Area Connectivity Evaluation and Strategy Development Framework for Post-2020 Biodiversity Conservation. *Land*. 2022; 11(10):1670. <https://doi.org/10.3390/land11101670>



(扫码阅读全文)

连通性的定义

- 1984年，Merriam最早提出**景观连通性**的概念
- 1986年，Forman和 Godron将景观连通性定义为：
描述景观中廊道或基质如何连接和延续的一种测度指标。
- 1993年，Taylor等将景观连通性定义为：
景观阻碍或促进生物在资源斑块间运动的程度。
- 《保护迁徙野生动物物种公约》（Convention on Migratory Species）将**生态连通性**定义为：
不受阻碍的物种运动和维持地球生命的自然过程的流动。
该定义被 IUCN 2020年出版的 《通过生态网络和生态廊道保护连通性指南》所采纳。
- **自然保护区连通性**可定义为：
自然保护区（及周围景观）在结构和功能上维持自然保护区和周围景观中物种运动和自然过程流动的程度。

研究问题：以有效支持2020年后全球生物多样性保护为目标

- 如何创新自然保护地连通性评价和优先区识别的技术方法？
- **中国自然保护地的现状连通性究竟如何？**
- 如何精准制定提升中国自然保护地连通性的管理政策？

构建了面向2020年后生物多样性保护的 自然保护地**连通性评价**和**策略制定框架**

- 自然保护地连通性的评价和保护提升策略应在个体**自然保护地** (PA patch) 和**自然保护地网络**(PA network)这两个层次进行;

- 整合连通性评价的4个方面, 构建评价指标:

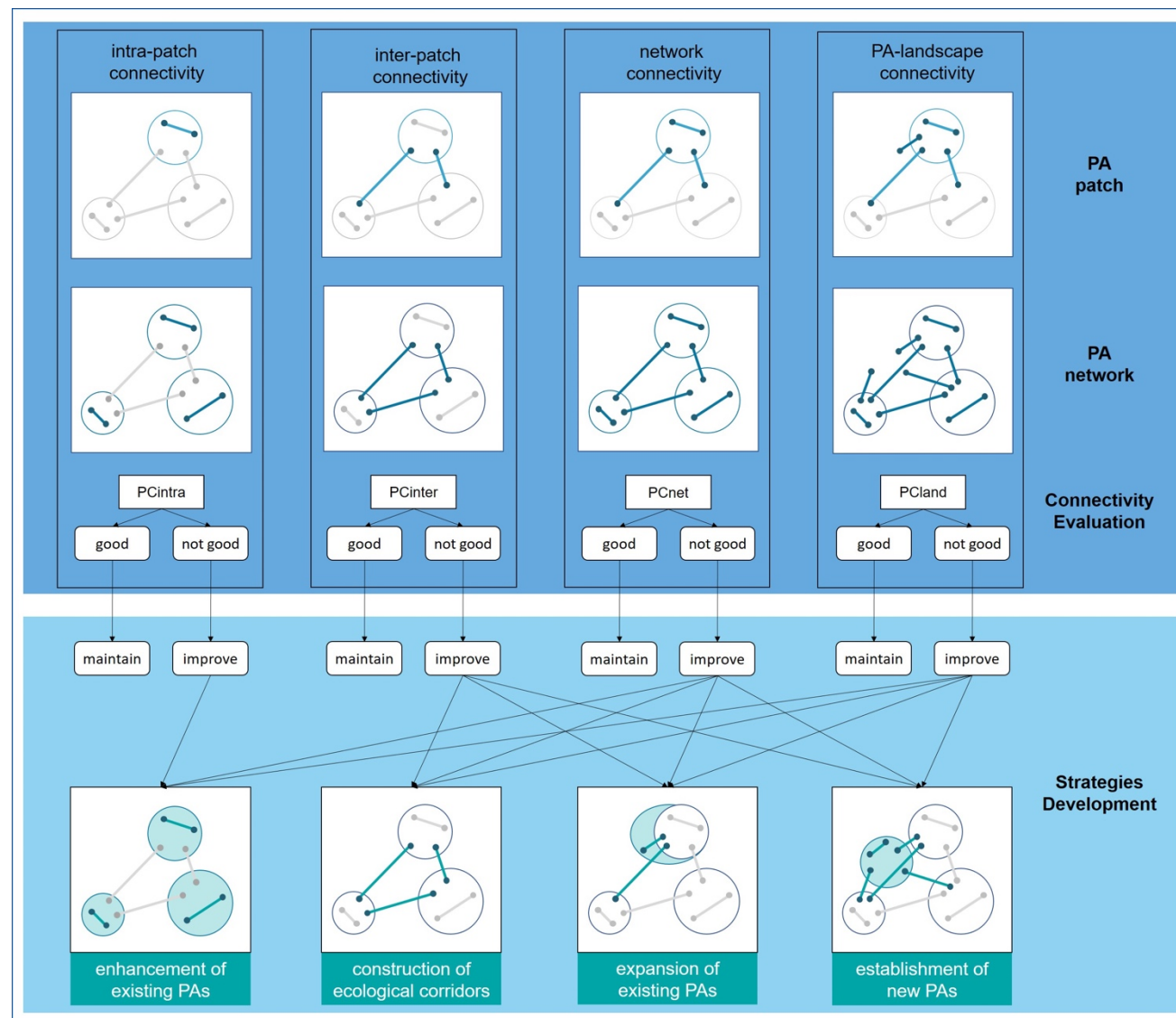
斑块内部连通性 PCintra

斑块间连通性 PCinter

网络连通性 PCnet

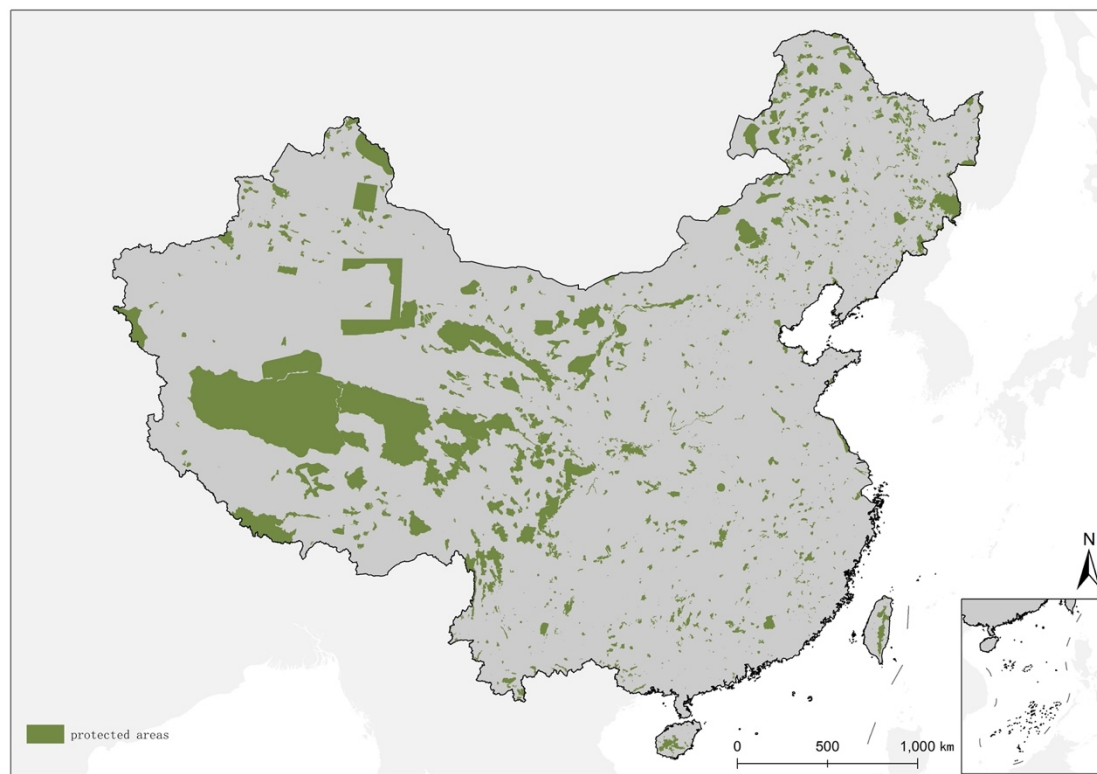
保护地-景观连通性 PCland

- 基于连通性评价结果确定
连通性保护和提升的策略, 以及空间优先区

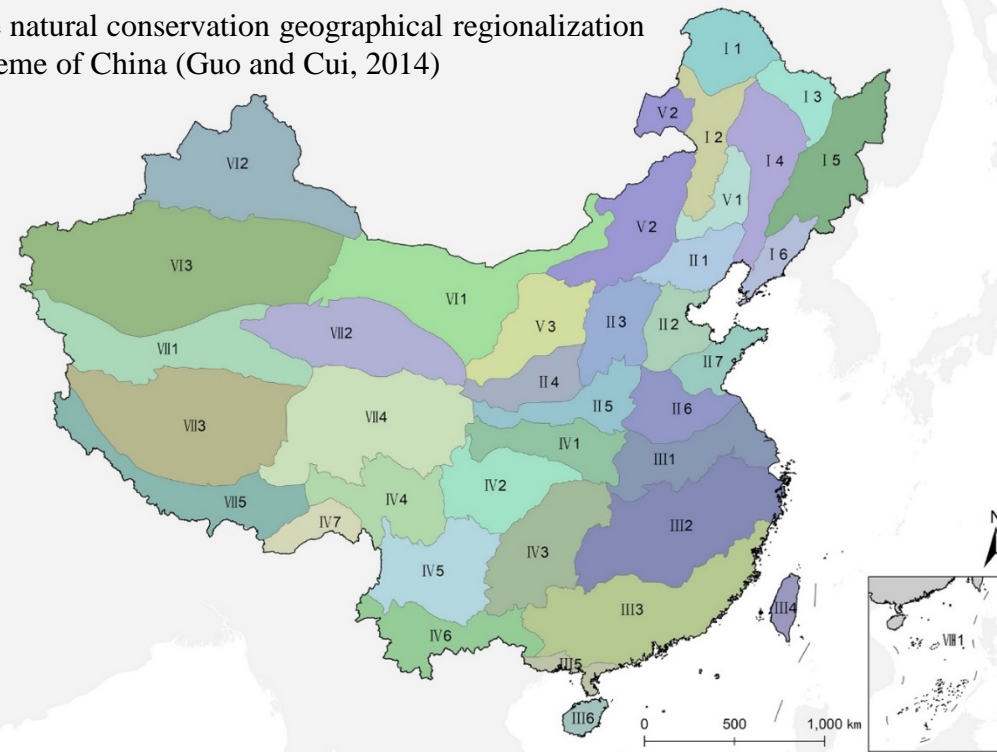


研究区域

- 中国陆域自然保护地 Protected Areas (PAs)
- 中国自然保护综合地理区划 Ecological Zones (Guo and Cui, 2014)



The natural conservation geographical regionalization scheme of China (Guo and Cui, 2014)



| No. | Ecoregion |
|-------|---|
| I 1 | Northern Daxing'anling cold-temperate semi-humid zone |
| I 2 | Southern Daxing'anling temperate semi-humid zone |
| I 3 | Xiaoxing'anling temperate semi-humid zone |
| I 4 | Northeast Plain temperate semi-humid zone |
| I 5 | Changbai Mountain temperate humid semi-humid zone |
| I 6 | Liaodong Peninsula warm-temperate semi-humid zone |
| II 1 | Yanshan Mountain warm-temperate semi-humid zone |
| II 2 | Haihe Plain warm-temperate semi-humid zone |
| II 3 | Shanxi Plateau warm-temperate semi-humid zone |
| II 4 | Northern Shaanxi and Longzhong Plateau warm-temperate semi-arid zone |
| II 5 | Southern Taihang and northern Qinling warm-temperate semi-humid zone |
| II 6 | Yellow and Huai River Plain warm-temperate semi-humid zone |
| II 7 | Shandong Peninsula warm-temperate semi-humid zone |
| III 1 | Middle and lower reaches of Yangtze River northern subtropical humid zone |
| III 2 | Middle and lower reaches of Yangtze River central subtropical humid zone |
| III 3 | Southeast China humid south subtropical zone |
| III 4 | Taiwan island tropical subtropical humid zone |
| III 5 | Southeast China tropical humid zone |
| III 6 | Hainan island tropical humid zone |

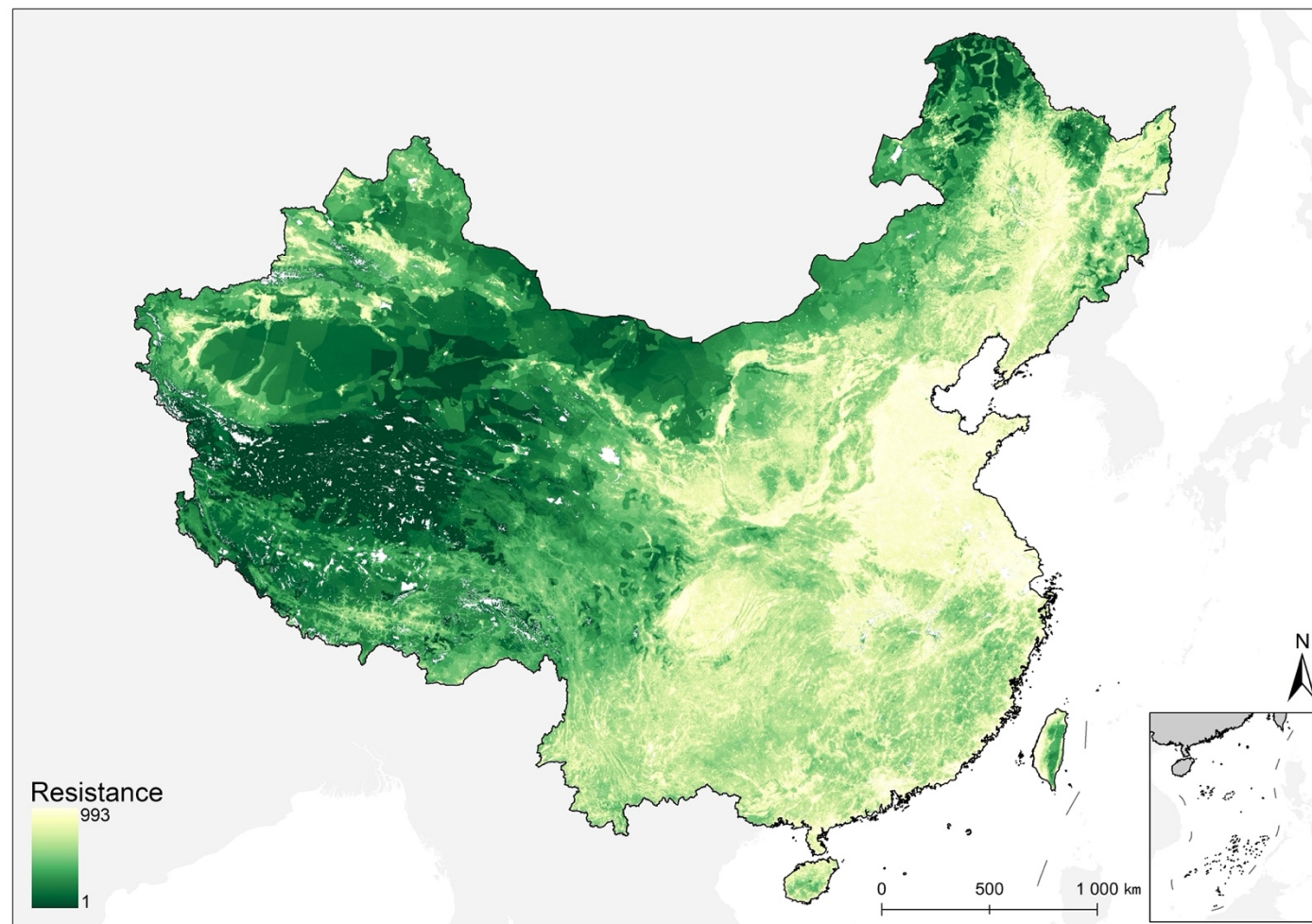
| No. | Ecoregion |
|--------|--|
| IV 1 | Qinba Mountains northern subtropical humid zone |
| IV 2 | Sichuan basin and marginal mountains subtropical humid zone |
| IV 3 | Guizhou plateau and marginal mountains subtropical humid zone |
| IV 4 | Northern Transverse Mountains subtropical humid semi-humid zone |
| IV 5 | Southern Transverse Mountains central subtropical humid zone |
| IV 6 | Southwest China tropical subtropical humid zone |
| IV 7 | Eastern edge of the Himalayas tropical humid zone |
| V 1 | Xiliacoe River temperate semi-arid zone |
| V 2 | Eastern Inner Mongolia Plateau temperate semi-arid zone |
| V 3 | Ordos Plateau and surrounding mountains temperate semi-arid zone |
| VI 1 | Western Inner Mongolia Plateau temperate arid zone |
| VI 2 | Northern Xinjiang temperate arid semi-arid zone |
| VI 3 | Southern Xinjiang temperate warm temperate arid zone |
| VII 1 | Kunlun Mountains alpine arid zone |
| VII 2 | Qaidam and Qilian Mountains alpine arid semi-arid zone |
| VII 3 | Qiangtang Plateau alpine arid zone |
| VII 4 | East Tibet and south Qinghai alpine semi-humid zone |
| VII 5 | Southern Tibetan alpine semi-humid semi-arid zone |
| VIII 1 | South China Sea islands tropical humid zone |

构建阻力面

$$R = 1 + 999 * \frac{e^{HM_c} - 1}{e - 1}$$

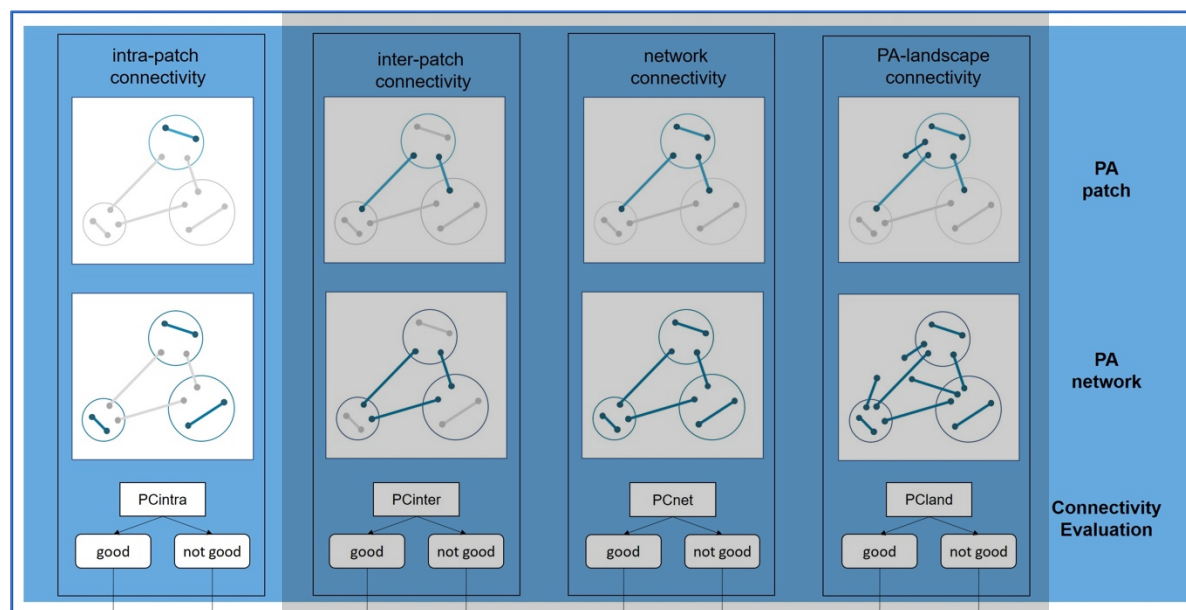
HM_c, global land-scale human modification index

- 阻力面代表生物体由一处运动到另一处的难度大小 (Beier et al., 2011)
- **用全球人类改造指数构建阻力面**
- 人类改造指数, HM_c, 基于13个压力源的全球人类影响数据集, 空间分辨率为1km, 2016年为压力源的中位数时间, 取值范围0-1 (Kennedy et al., 2019).
- **移除水体和冰川, 假设陆地生物不通过冰川与水体移动**



评估自然保护地的斑块内部连通性

使用斑块内部连通概率指数：PCintra
the probability of connectivity intra PA patches



当自然保护地斑块或自然保护地网络的PCintra
大于等于90% 认为其斑块内部连通性良好，需要保护
低于90%则认为其斑块内部连通性不良好，需要提升

对于PA斑块：PCintra衡量了动物从斑块内任意点出发并扩散单位距离的成功概率

对于PA网络：PCintra衡量了动物从网络内任意点出发并扩散单位距离的成功概率

计算方法

对于一个位于景观中的自然保护地网络，
由n个自然保护地斑块组成，
第i个自然保护地的面积记为 a_i ($i = 1, 2, \dots, n$),
自然保护地的总面积记为 $A_N = \sum_{i=1}^n a_i$,
景观的总面积记为 A_L

1) 构建扩散概率面

$$P = e^{-h \cdot R} \quad (h \text{ 取 } 1/1000)$$

2) 评估自然保护地斑块的斑块内部连通性

$$PCintra_i = \text{average}(P)(\text{patch } i)$$

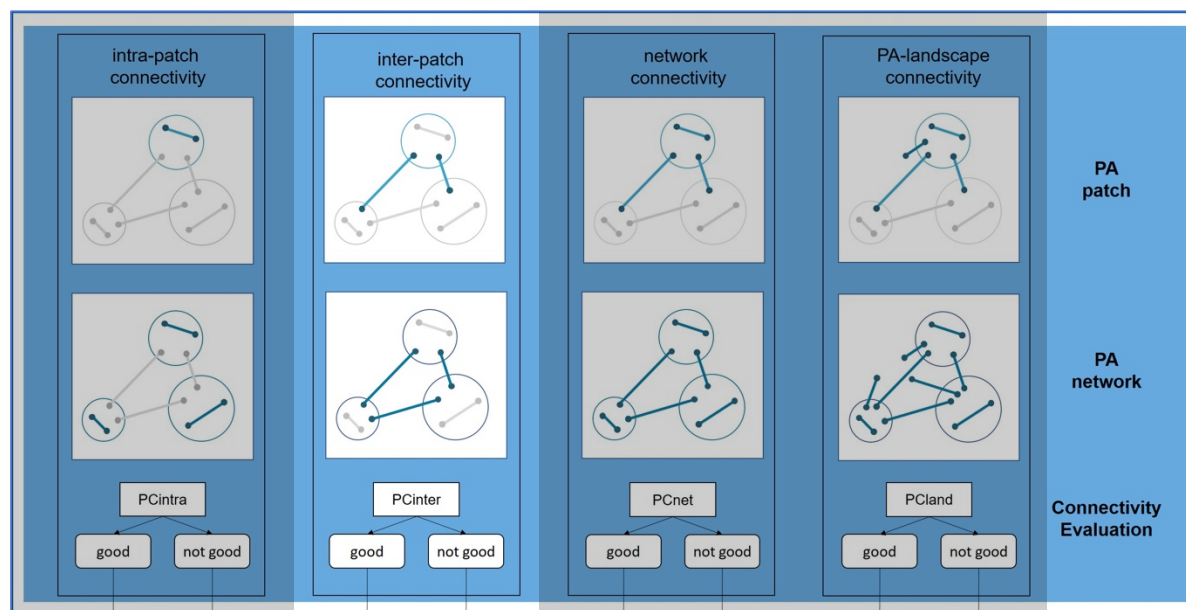
3) 评估自然保护地网络的斑块内部连通性

$$PCintra = \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{A_N} * PCintra_i$$

评估自然保护地的**斑块间**连通性

使用斑块间连通概率指数：PCinter

the probability of connectivity inter PA patches



对于PA斑块：PCinter衡量了动物从斑块内任意点出发并扩散到斑块所在PA网络其他斑块内任意点的成功概率

对于PA网络：PCinter衡量了动物从网络内任意点出发并扩散到与出发点位于不同斑块的任意点的成功概率

1) 计算斑块间直接扩散概率

计算方法

$$p_{ij} = PCintra_i * e^{-kd_{ij}} * PCintra_j$$

通过Linkage Mapper插件，模拟保护地斑块间的**最小成本路径**，计算斑块间的最小成本距离 d_{ij} $k = \ln(0.5)/2193.4 = 0.000316$ ，对应 $e^{-kd} = 0.5$ 且成本距离 d 取中国陆地平均阻力值（219.34）乘以10km所对应的成本距离（2193.4）时 k 的值

2) 将 a_i 、 p_{ij} ($i = 1, 2, \dots, n$) 输入Conefor软件，对软件运算结果进行处理，得到自然保护地斑块的斑块间连通性

$$PCinter_i = \frac{\sum_{j \neq i}^n a_j p_{ij}^*}{\sum_{j \neq i}^n a_j} = \frac{\sum_{j \neq i}^n a_j p_{ij}^*}{A_N - a_i}$$

3) 评估自然保护地网络的斑块间连通性

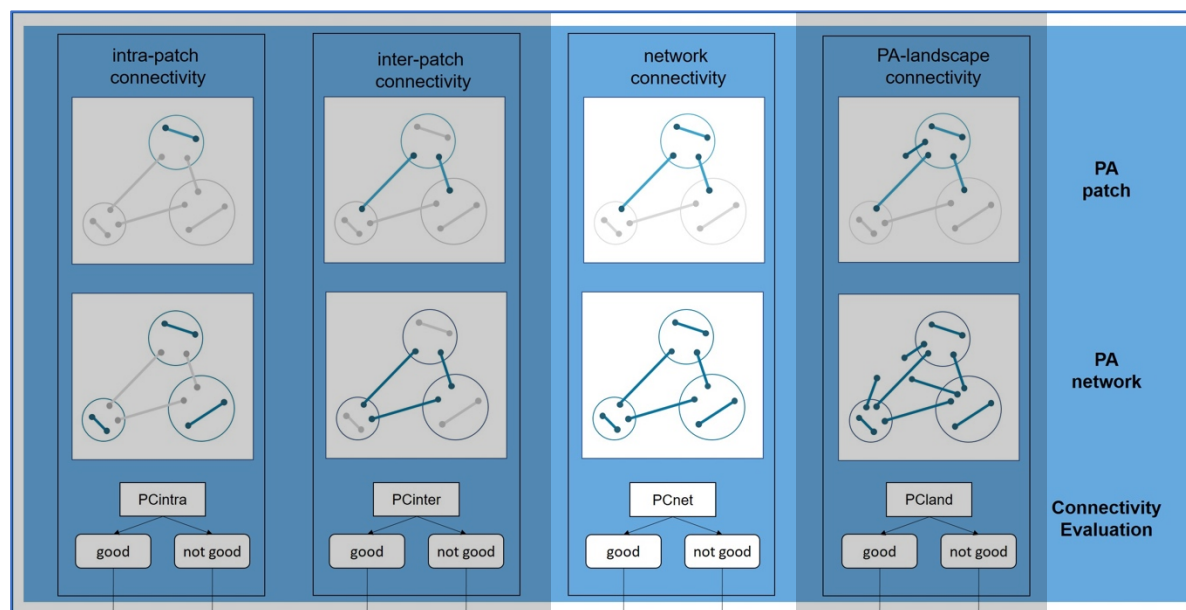
$$PCinter = \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{A_N} * PCinter_i$$

当自然保护地斑块或自然保护地网络的PCinter大于等于50% 认为其斑块间连通性良好，需要保护
低于50%则认为其斑块间连通性不良好，需要提升

评估自然保护地的网络连通性

使用网络连通概率指数：PCnet

the probability of connectivity with the PA network



当自然保护地斑块或自然保护地网络的PCnet
大于等于60% 认为其网络连通性良好，需要保护
低于60%则认为其网络连通性不良好，需要提升

对于PA斑块：PCnet衡量了动物从斑块内任意点出发并扩散到斑块所在PA网络内任意点的成功概率

对于PA网络：PCnet衡量了动物从网络内任意点出发并扩散到PA网络内任意点的成功概率

计算方法

1) 评估自然保护地斑块的网络连通性

$$PCnet_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_j p_{ij}^*}{A_N} = PCintra_i * \frac{a_i}{A_N} + PCinter_i * \frac{A_N - a_i}{A_N}$$

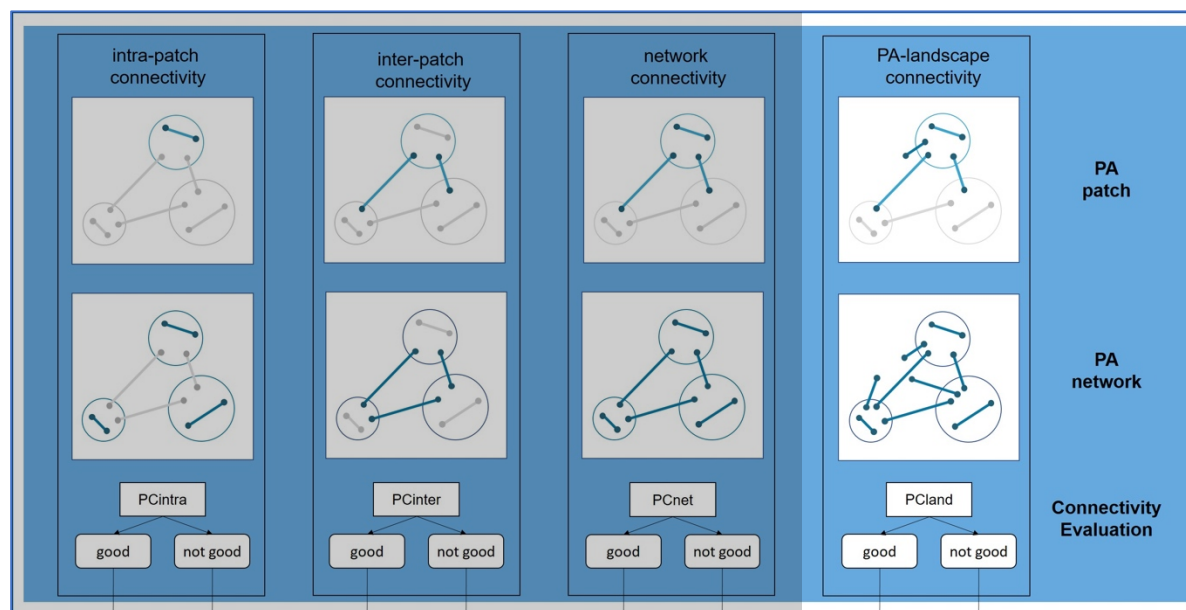
2) 评估自然保护地网络的网络连通性

$$PCnet = \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{A_N} * PCnet_i$$

评估自然保护地的保护地-景观连通性

使用保护地-景观连通概率指数：PCland

the probability of connectivity with the whole landscape



当自然保护地斑块或自然保护地网络的PCland

大于等于30% 认为其保护地-景观连通性良好，需要保护

低于30%则认为其保护地-景观连通性不良好，需要提升

对于PA斑块：PCland衡量了动物从斑块内任意点出发并扩散到斑块所在PA网络所处景观任意点的成功概率

对于PA网络：PCland衡量了动物从网络内任意点出发并扩散到PA网络所处景观任意点的成功概率

计算方法

1) 评估自然保护地斑块的保护地-景观连通性

$$PCland_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_j p_{ij}^*}{A_L} = PCnet_i * \frac{A_N}{A_L}$$

2) 评估自然保护地网络的保护地-景观连通性

$$PCland = \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{A_N} * PCland_i = PCnet * \frac{A_N}{A_L}$$

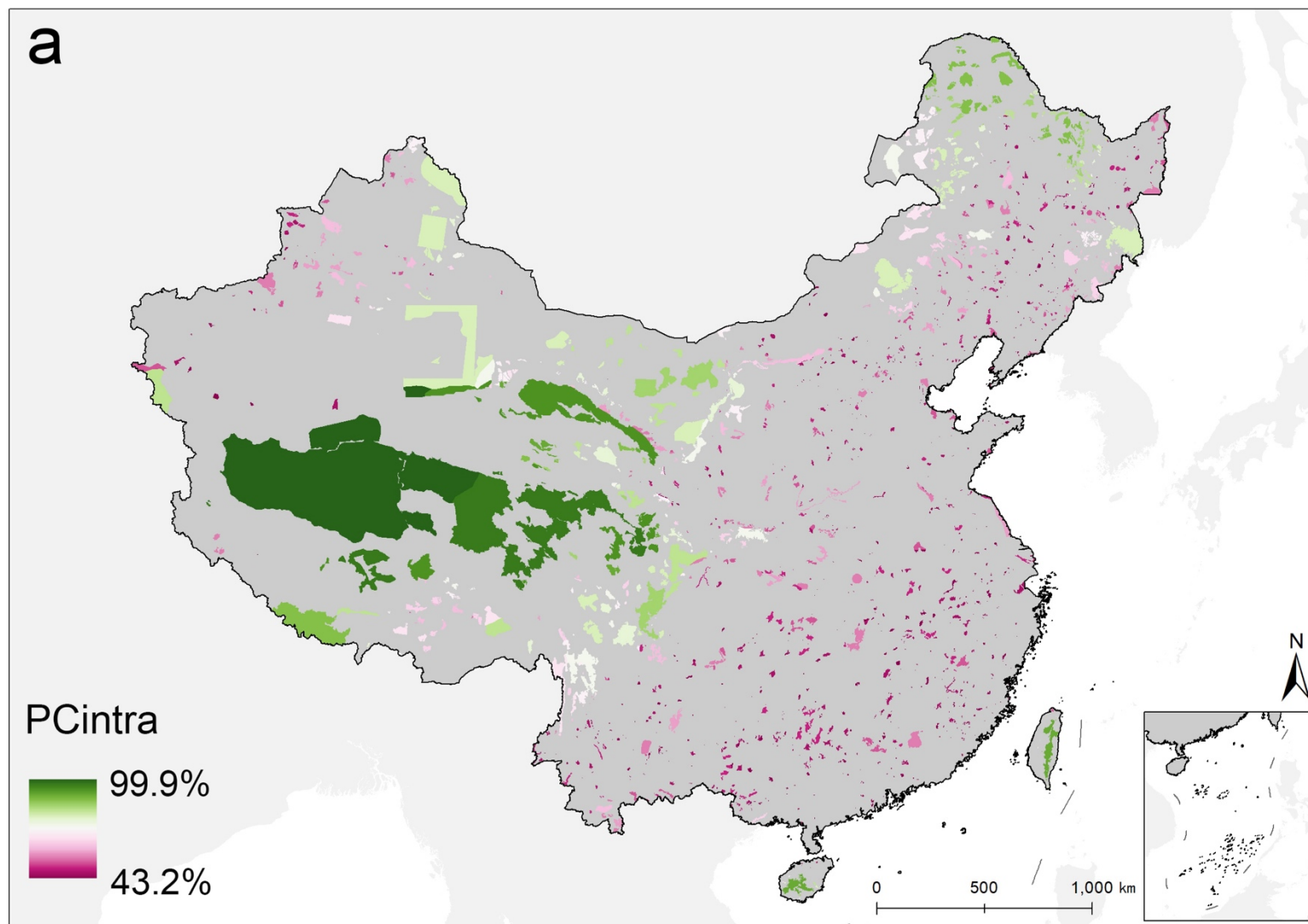
1 自然保护地连通性评价

斑块内部连通性 (PCintra)

2153个PA斑块的PCintra
介于**99.90%** 到 **43.17%**之间

427个(19.83%)PA斑块的PCintra
大于等于90%，良好
占中国陆地面积的**11.28%**

中国PA网络的
PCintra为**93.41%**，
斑块内部连通性达到良好



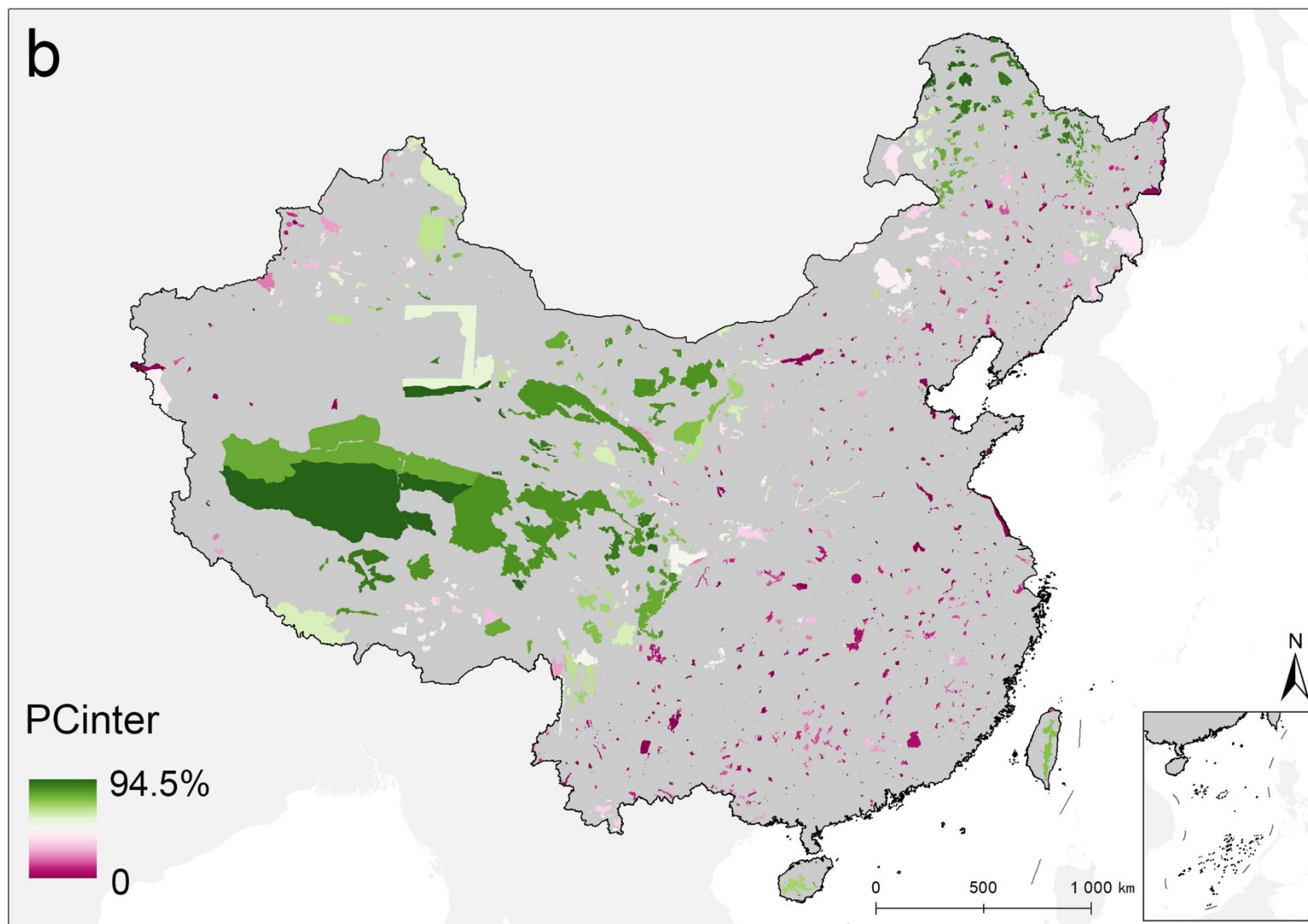
1 自然保护区连通性评价

斑块间连通性 (PCinter)

2153个PA斑块的PCinter
介于**94.50%** 到 **0**之间

116个(5.38%)PA斑块的PCinter
大于等于50%，良好
占中国陆地面积的**4.07%**

中国PA网络的
PCinter为**35.40%**，
斑块间连通性不良



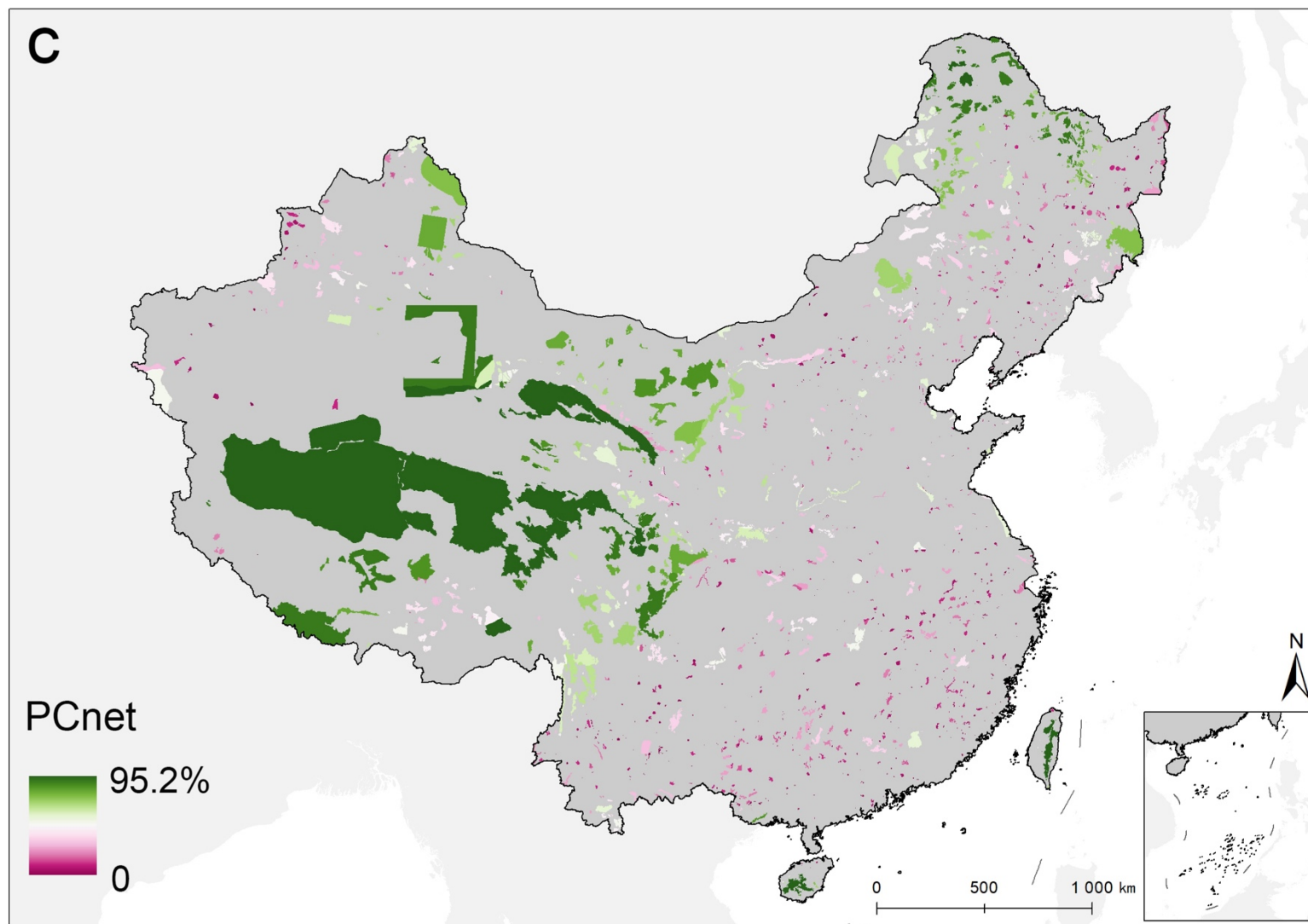
1 自然保护区连通性评价

网络连通性 (PCnet)

2153个PA斑块的PCnet
介于**95.21%** 到**0**之间

90个(4.18%)PA斑块的PCnet
大于等于60%，良好
占中国陆地面积的**8.30%**

中国PA网络的
PCnet为**58.43%**，
网络连通性尚未达到良好



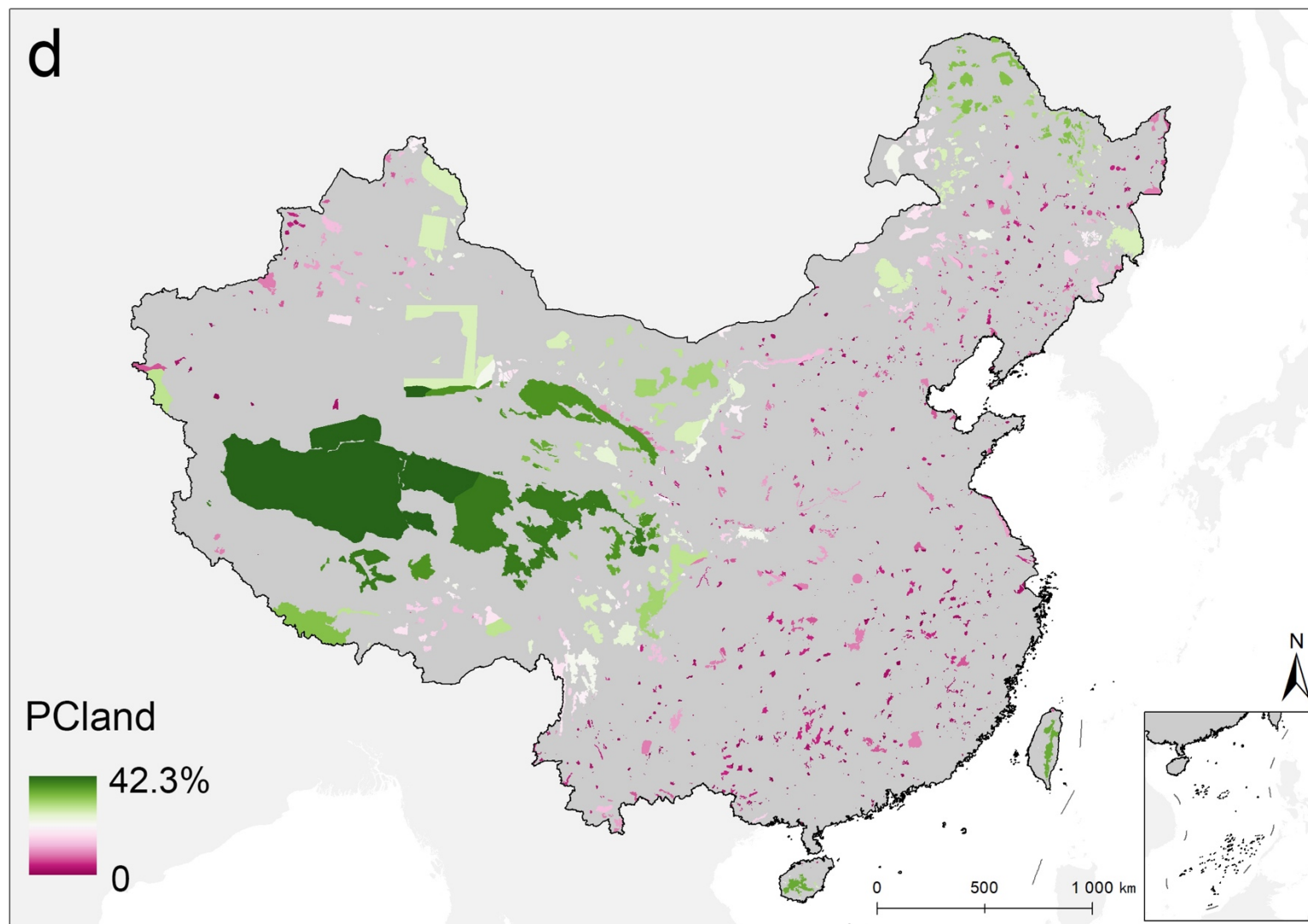
1 自然保护区连通性评价

保护地-景观连通性 (PCland, 保护地与所在景观整体的连通性)

2153个PA斑块的PCnet
介于**42.28%**到**0**之间

只有9个(0.42%)PA斑块的PCland
大于等于30%，良好
占中国陆地面积的**5.92%**

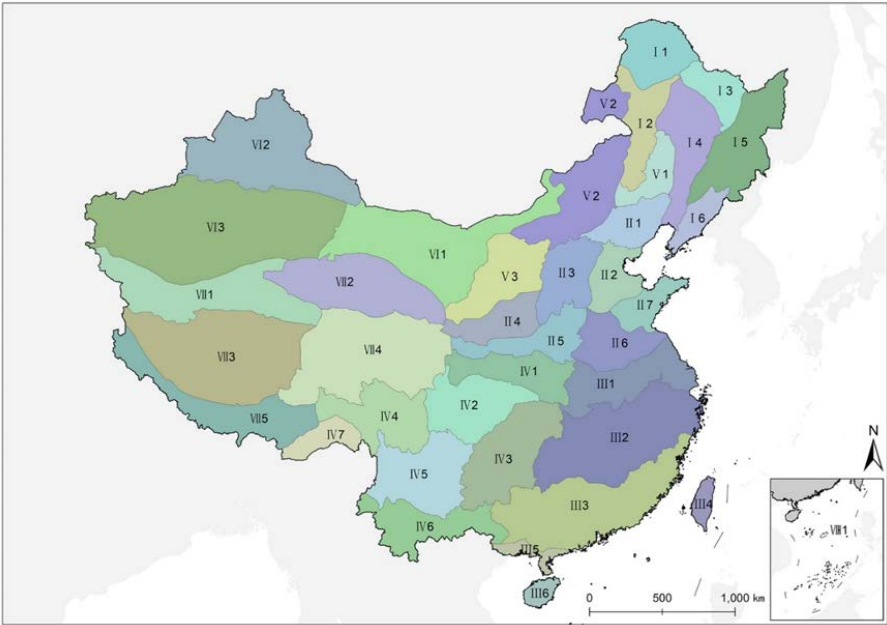
中国PA网络的
PCland为**8.58%**，
保护地-景观连通性
距30%目标差距很大



1 自然保护地连通性评价：各生态地理区自然保护地网络

| No. | Ecological zone | PCintra of PAs (%) | PCinter of PAs (%) | PCnet of PAs (%) | PCland of PAs (%) |
|------|---|--------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|
| I1 | Northern Daxing'anling cold-temperate semi-humid zone（大兴安岭） | 96.33 | 65.06 | 67.17 | 10.18 |
| I2 | Southern Daxing'anling temperate semi-humid zone | 92.11 | 20.59 | 23.16 | 3.32 |
| I3 | Xiaoxing'anling temperate semi-humid zone | 91.28 | 49.57 | 50.87 | 8.63 |
| I4 | Northeast Plain temperate semi-humid zone | 74.44 | 1.52 | 7.62 | 0.38 |
| I5 | Changbai Mountain temperate humid semi-humid zone | 84.97 | 3.98 | 17.01 | 2.57 |
| I6 | Liaodong Peninsula warm-temperate semi-humid zone | 77.20 | 2.21 | 6.20 | 0.31 |
| II1 | Yanshan Mountain warm-temperate semi-humid zone | 77.64 | 1.26 | 7.78 | 0.36 |
| II2 | Haihe Plain warm-temperate semi-humid zone | 59.36 | 0.09 | 12.87 | 0.33 |
| II3 | Shanxi Plateau warm-temperate semi-humid zone | 82.92 | 2.51 | 8.48 | 0.24 |
| II4 | Northern Shaanxi and Longzhong Plateau warm-temperate semi-arid zone | 81.11 | 4.07 | 14.31 | 0.41 |
| II5 | Southern Taihang and northern Qinling warm-temperate semi-humid zone | 78.71 | 5.64 | 11.75 | 0.48 |
| II6 | Yellow and Huai River Plain warm-temperate semi-humid zone | 55.20 | 0.01 | 10.60 | 0.29 |
| II7 | Shandong Peninsula warm-temperate semi-humid zone | 64.65 | 0.10 | 9.22 | 0.16 |
| III1 | Middle and lower reaches of Yangtze River northern subtropical humid zone | 69.97 | 0.49 | 8.84 | 0.38 |
| III2 | Middle and lower reaches of Yangtze River central subtropical humid zone | 79.52 | 0.84 | 4.28 | 0.19 |
| III3 | Southeast China humid south subtropical zone | 80.57 | 0.78 | 5.18 | 0.20 |
| III4 | Taiwan Island tropical subtropical humid zone | 92.02 | 23.89 | 82.76 | 16.27 |
| III5 | Southeast China tropical humid zone | 82.20 | 1.90 | 37.81 | 1.01 |
| III6 | Hainan Island tropical humid zone | 84.57 | 21.78 | 73.35 | 12.19 |

各生态地理区评价结果**差异明显**



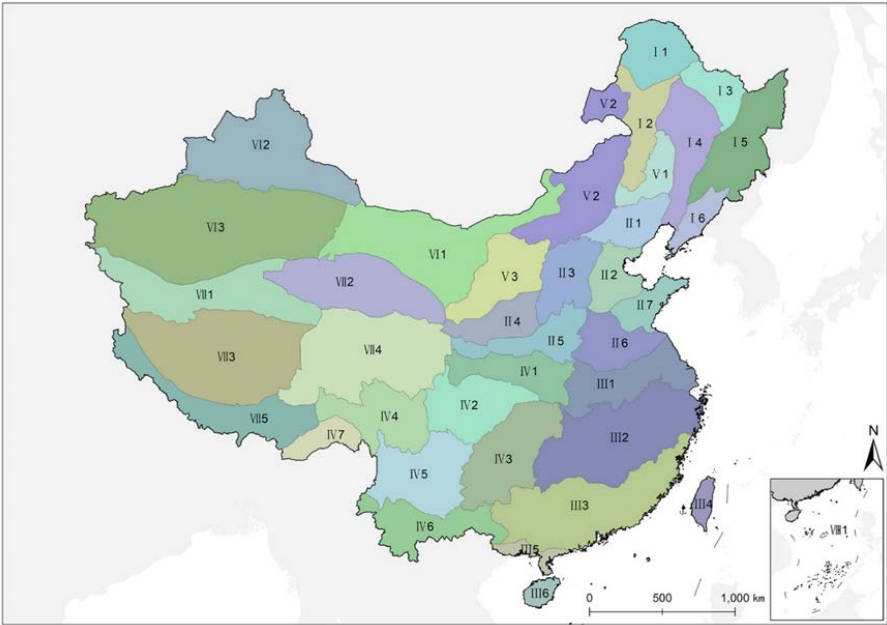
| | 良好 | 不良好 |
|-----------|-----------|----------|
| 斑块内部连通性 | 15个 (41%) | 22个(59%) |
| 斑块间连通性 | 3个(8%) | 34个(92%) |
| 网络连通性 | 8个(22%) | 29个(78%) |
| 保护地-景观连通性 | 2个(5%) | 35个(95%) |

大兴安岭、昆仑山、祁连山和羌塘高原的情况比较好，而大部分生态地理区的结果不容乐观

1 自然保护区连通性评价：各生态地理区自然保护区网络

| No. | Ecological zone | PCintra of PAs (%) | PCinter of PAs (%) | PCnet of PAs (%) | PCland of PAs (%) |
|-------|--|--------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|
| IV1 | Qinba Mountains northern subtropical humid zone | 88.27 | 7.23 | 27.21 | 3.92 |
| IV2 | Sichuan basin and marginal mountains subtropical humid zone | 88.25 | 30.58 | 48.33 | 5.68 |
| IV3 | Guizhou plateau and marginal mountains subtropical humid zone | 79.79 | 2.57 | 6.56 | 0.24 |
| IV4 | Northern Transverse Mountains subtropical humid semi-humid zone | 93.23 | 12.59 | 21.61 | 3.36 |
| IV5 | Southern Transverse Mountains central subtropical humid zone | 81.58 | 9.18 | 15.38 | 1.60 |
| IV6 | Southwest China tropical subtropical humid zone | 81.61 | 2.00 | 6.00 | 0.36 |
| IV7 | Eastern edge of the Himalayas tropical humid zone | 93.56 | 33.41 | 79.35 | 6.59 |
| V1 | Xiliaohe River temperate semi-arid zone | 81.07 | 4.50 | 16.99 | 1.48 |
| V2 | Eastern Inner Mongolia Plateau temperate semi-arid zone | 90.28 | 6.20 | 17.50 | 2.78 |
| V3 | Ordos Plateau and surrounding mountains temperate semi-arid zone | 83.97 | 14.15 | 21.96 | 2.42 |
| VI1 | Western Inner Mongolia Plateau temperate arid Zone | 95.22 | 31.23 | 37.19 | 5.25 |
| VI2 | Northern Xinjiang temperate arid semi-arid zone | 92.79 | 12.29 | 29.03 | 3.79 |
| VI3 | Southern Xinjiang temperate warm temperate arid zone | 97.65 | 10.85 | 52.16 | 4.11 |
| VII1 | Kunlun Mountains alpine arid zone (昆仑山) | 99.68 | 32.30 | 87.34 | 39.65 |
| VII2 | Qaidam and Qilian Mountains alpine arid semi-arid zone (祁连山) | 94.84 | 51.87 | 72.50 | 17.02 |
| VII3 | Qiangtang Plateau alpine arid zone (羌塘高原) | 99.02 | 76.71 | 91.59 | 40.50 |
| VII4 | East Tibet and south Qinghai alpine semi-humid zone | 95.20 | 48.74 | 81.37 | 27.88 |
| VII5 | Southern Tibetan alpine semi-humid semi-arid zone | 93.29 | 13.45 | 55.92 | 9.17 |
| VIII1 | South China Sea islands tropical humid zone | — | — | — | — |

各生态地理区评价结果差异明显



| | 良好 | 不良好 |
|-----------|-----------|----------|
| 斑块内部连通性 | 15个 (41%) | 22个(59%) |
| 斑块间连通性 | 3个(8%) | 34个(92%) |
| 网络连通性 | 8个(22%) | 29个(78%) |
| 保护地-景观连通性 | 2个(5%) | 35个(95%) |

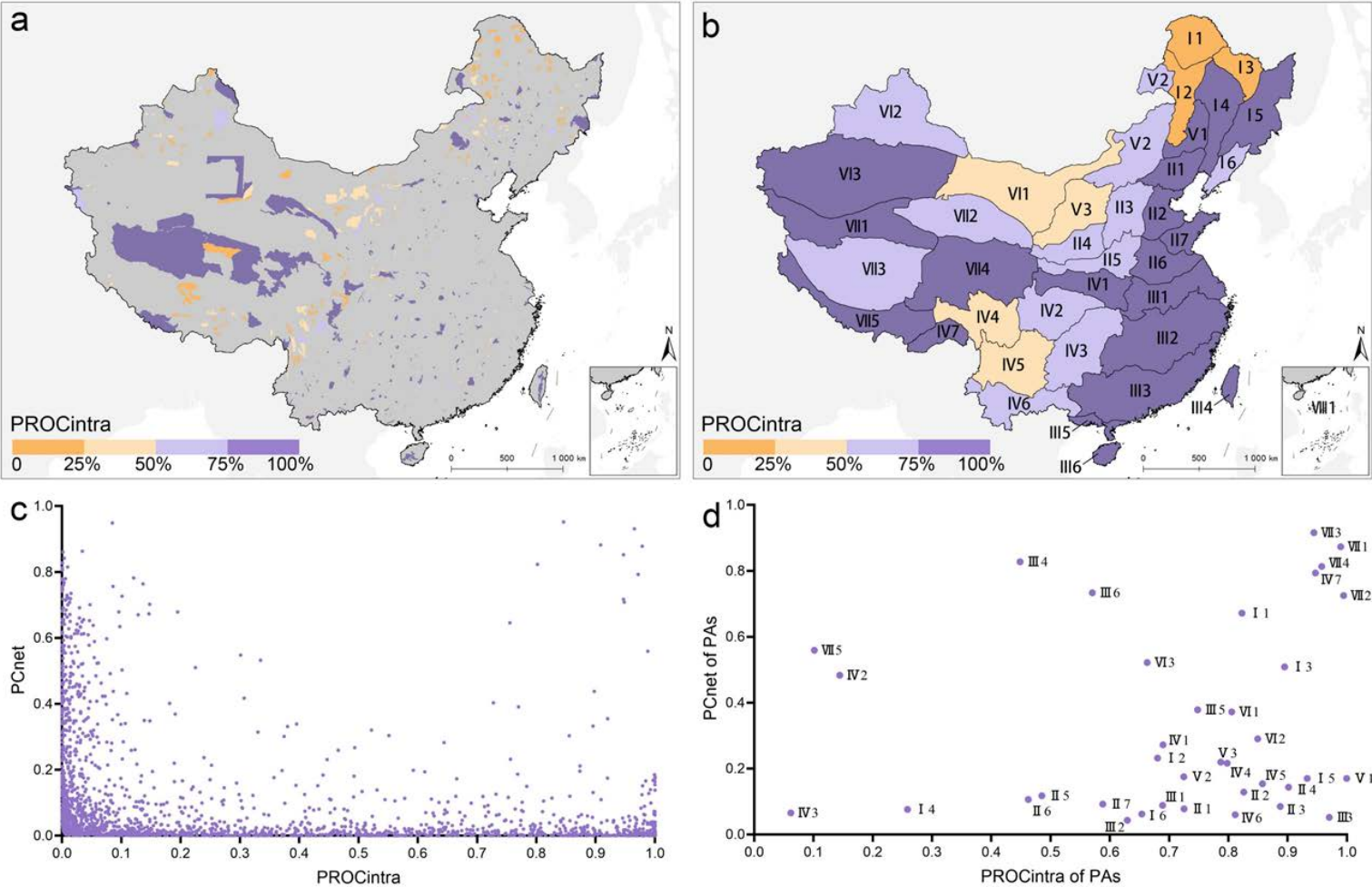
大兴安岭、昆仑山、祁连山和羌塘高原的情况比较好，而大部分生态地理区的结果不容乐观

1 自然保护区体系连通性评价
PA斑块和PA网络的连通性构成
(PROCintra 内部连通性贡献比例)

2153个PA斑块

| PROCintra | PA斑块数量 |
|-----------|------------|
| 0 - 25% | 1213 (56%) |
| 25% - 50% | 260 (12%) |
| 50% - 75% | 213 (10%) |
| 75% - 1 | 467 (22%) |

中国PA网络的PROCintra为**74.69%**
内部连通性对网络连通性的贡献比例占**3/4**



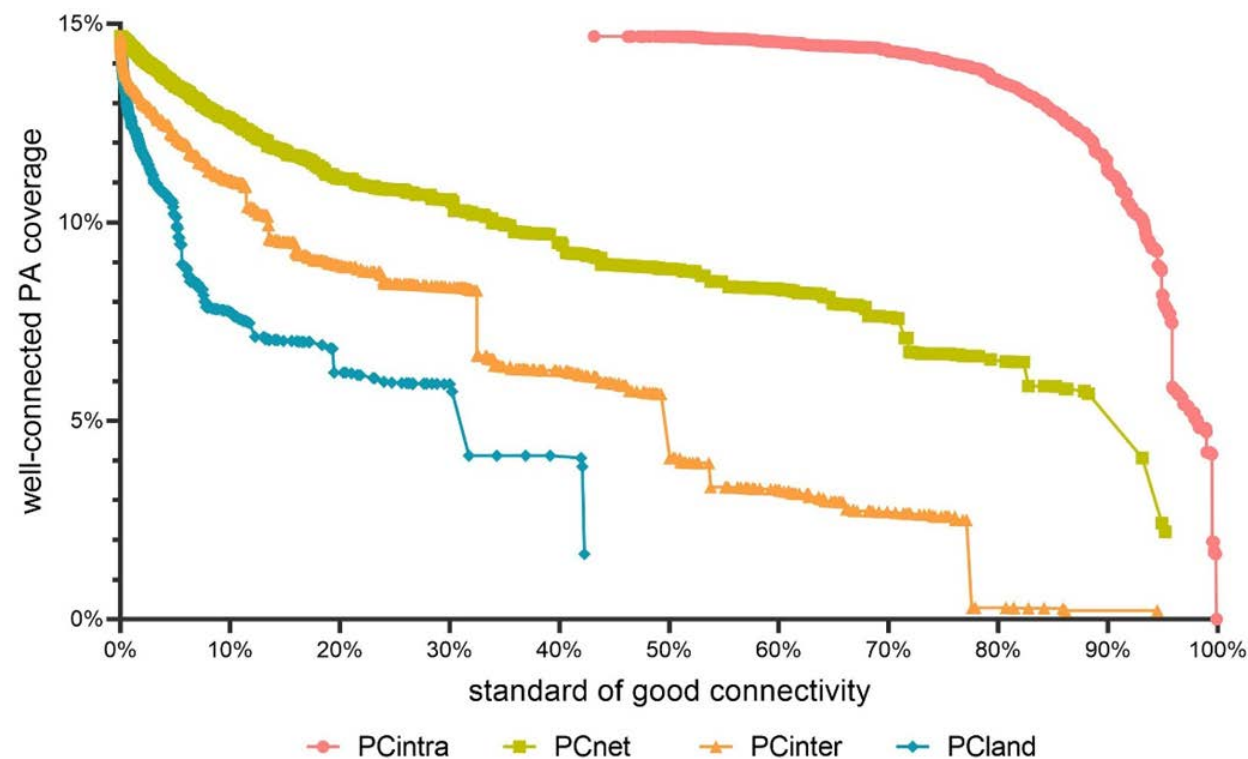
2 连通性良好自然保护地覆盖率

中国

| | |
|------------------|--------------|
| 斑块内部连通性良好PA覆盖率 | 11.28% |
| 斑块间连通性良好PA覆盖率 | 4.07% |
| 网络连通性良好PA覆盖率 | 8.30% |
| 保护地-景观连通性良好PA覆盖率 | 5.92% |
| 四种连通性均良好PA覆盖率 | 2.69% |

《2020年后全球生物多样性框架》提出到2030年，确保形成得到有效和公平管理、具有生态代表性和**连通性良好的自然保护地系统**并采取其他有效的基于区域的保护措施，使全球陆地和海洋区域的至少30%得到保护

a

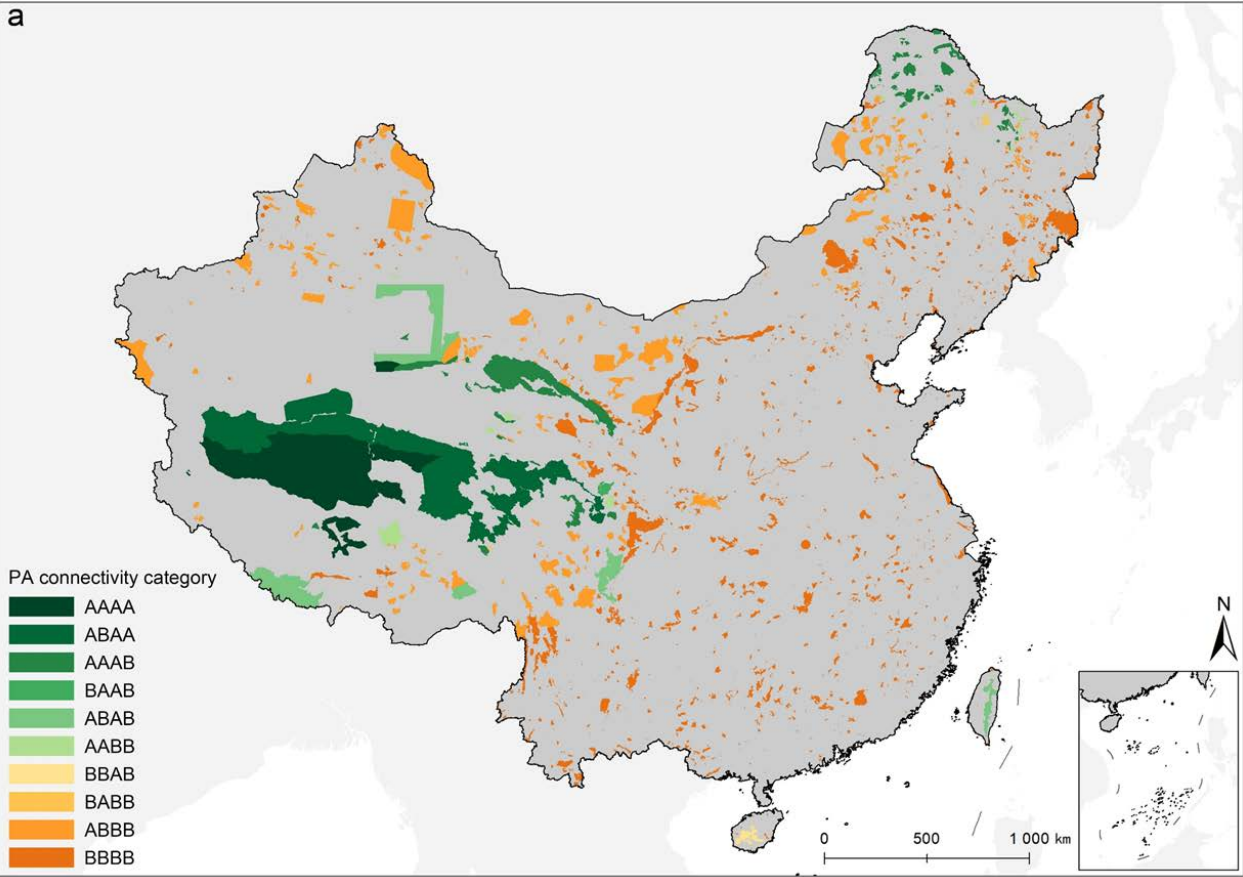


按照不同连通性指数和不同标准
中国连通性良好自然保护地覆盖率

3 自然保护区连通性分类保护和提升策略 全国自然保护区斑块

| 类型 | 斑块内部 连通性 | 斑块间 连通性 | 网络 连通性 | 保护地-景观 连通性 | PA斑块 数量 |
|------|-------------|-------------|-------------|---------------|------------|
| AAAA | 良好 (保护) | 良好 (保护) | 良好 (保护) | 良好 (保护) | 7 |
| ABAA | 良好 (保护) | 不良好 (提升) | 良好 (保护) | 良好 (保护) | 2 |
| AAAB | 良好 (保护) | 良好 (保护) | 良好 (保护) | 不良好 (提升) | 72 |
| BAAB | 不良好 (提升) | 良好 (保护) | 良好 (保护) | 不良好 (提升) | 3 |
| ABAB | 良好 (保护) | 不良好 (提升) | 良好 (保护) | 不良好 (提升) | 5 |
| AABB | 良好 (保护) | 良好 (保护) | 不良好 (提升) | 不良好 (提升) | 26 |
| BBAB | 不良好 (提升) | 不良好 (提升) | 良好 (保护) | 不良好 (提升) | 1 |
| BABB | 不良好 (提升) | 良好 (保护) | 良好 (保护) | 不良好 (提升) | 8 |
| ABBB | 良好 (保护) | 不良好 (提升) | 不良好 (提升) | 不良好 (提升) | 315 |
| BBBB | 不良好 (提升) | 不良好 (提升) | 不良好 (提升) | 不良好 (提升) | 1714 |

1714个 (80%) 自然保护区斑块的四种连通性均需要提升

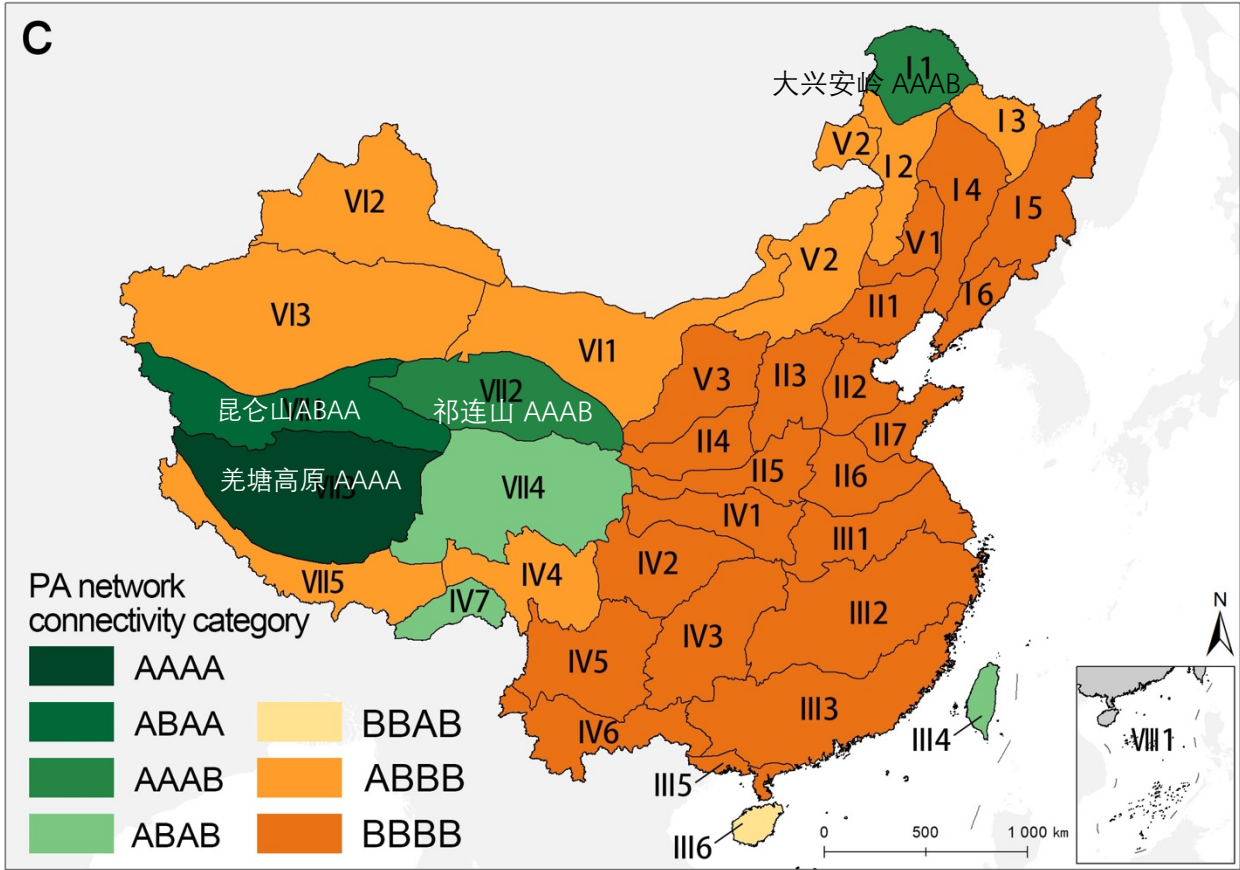


3 自然保护区连通性分类保护和提升策略





生态地理区自然保护区网络

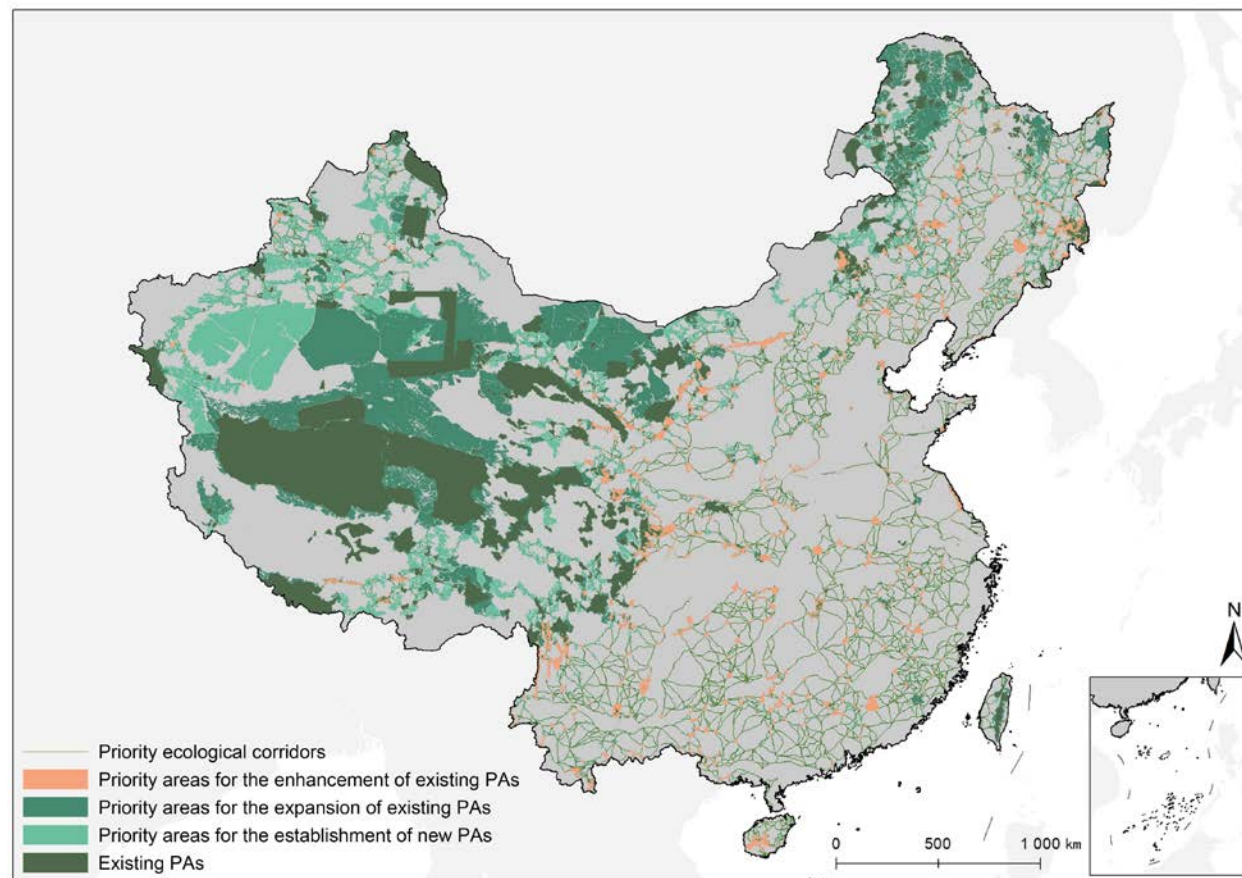
| 类型 | 斑块内部连通性 | 斑块间连通性 | 网络连通性 | 保护地-景观连通性 | 生态地理区数量 |
|------|----------|----------|----------|-----------|---------|
| AAAA | 良好 (保护) | 良好 (保护) | 良好 (保护) | 良好 (保护) | 1 |
| ABAA | 良好 (保护) | 不良好 (提升) | 良好 (保护) | 良好 (保护) | 1 |
| AAAB | 良好 (保护) | 良好 (保护) | 良好 (保护) | 不良好 (提升) | 2 |
| ABAB | 良好 (保护) | 不良好 (提升) | 良好 (保护) | 不良好 | 3 |
| BBAB | 不良好 (提升) | 不良好 (提升) | 良好 (保护) | 不良好 (提升) | 1 |
| ABBB | 良好 (保护) | 不良好 (提升) | 不良好 (提升) | 不良好 (提升) | 8 |
| BBBB | 不良好 (提升) | 不良好 (提升) | 不良好 (提升) | 不良好 (提升) | 21 |

21个 (57%) 生态地理区自然保护区网络的
四种连通性均需要提升

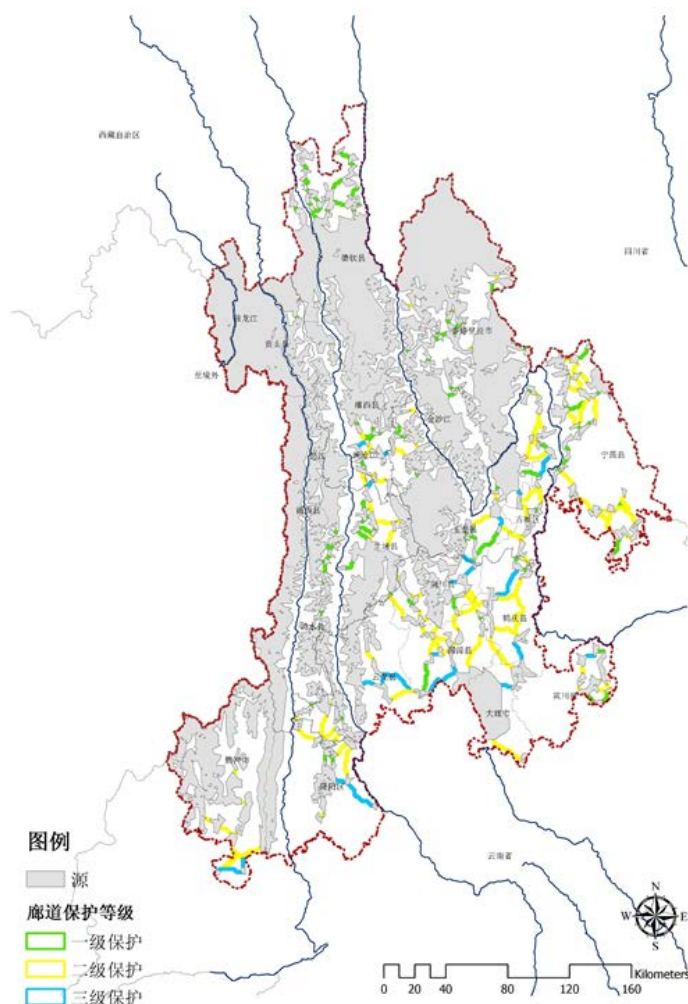


4 中国大陆域自然保护地连通性 提升优先区

- (1)  占现有陆域自然保护地面积**17.24%**的自然保护地**内部**连通性加强优先区;
- (2)  **4344**条现有自然保护地间的潜在生态**廊道**;
- (3)  占中国陆地面积**11.70%**的现有自然保护地**扩展**优先区;
- (4)  占中国陆地面积**7.41%**的**新增**自然保护地优先区。



滇西北国家公园发展规划战略研究 多尺度生态廊道规划设计



WILD



Grazing, construction of roads, and hunting make nature habitats in the wild fragmented.

COUNTRY



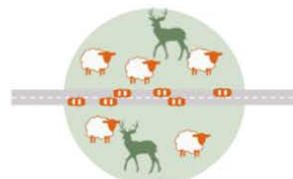
Farmland reclamation, grazing, and construction of roads make natural habitats around the countryside fragmented.

CITY

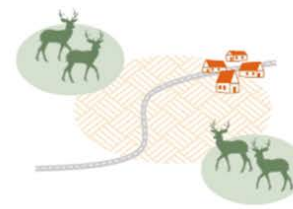


Construction of cities and roads, farmland reclamation, make natural habitats around city fragmented.

SITE CONDITIONS



Management measures should be taken to reduce uncontrolled grazing. For the roads with a solid blocking effect like highways, wildlife crossings should be built.

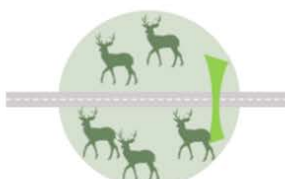


Natural habitats between farmlands should be protected, and croplands in critical areas should be returned to forests so that they become stepping stones for the migration of wildlife. The space under the flyover is a natural corridor, where human influence should be reduced, and natural vegetation should be restored.



Fragmentized habitats around cities should be considered together with the urban green space system planning. Multi-use overpasses should be built over city expressways to form an ecological green belt.

STRATEGIES TO IMPROVE CONNECTIVITY



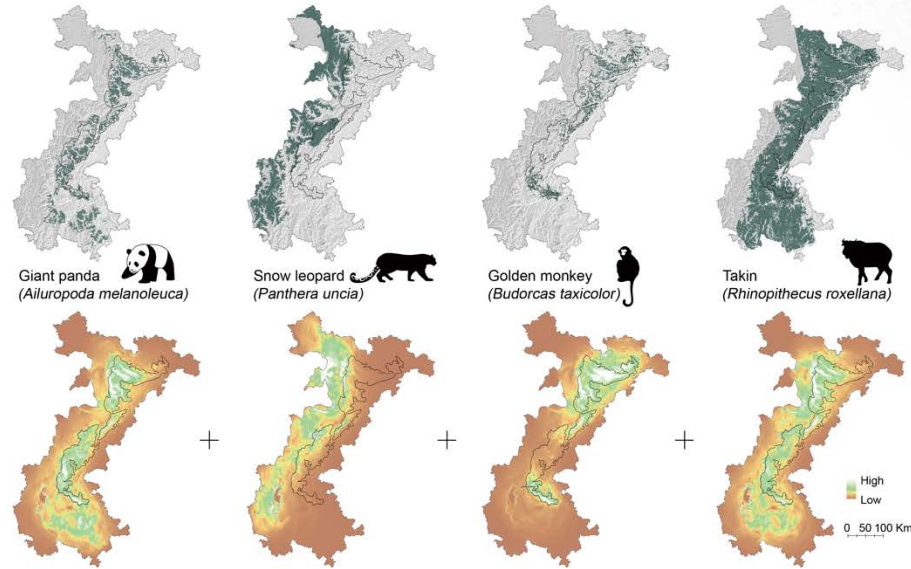
NODE STRATEGIES DESIGN



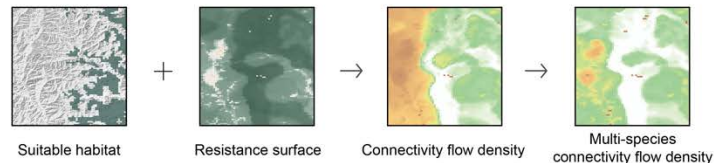
大熊猫国家公园多物种栖息地连通性提升规划

Building Climate Resilience for Pandas and Their Friends : Conservation Network Planning for China Giant Panda National Park Wildlife Habitat Connectivity Simulation

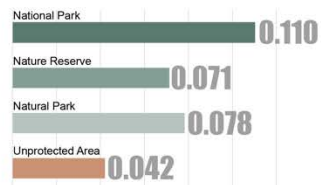
Suitable habitat map of species



Connectivity flow density map of species

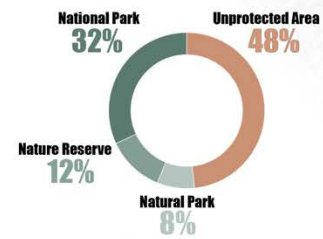


We mapped the suitable habitat for Giant panda, Snow leopard, Golden monkey and Takin. Then, we established the resistance surface for each species and simulated the habitat connectivity of each species within the research area based on current theory by using Omniscape software to obtain the simulated connectivity flow density map of each species. At last, all the connectivity density maps were superimposed to obtain the final multi-species connectivity flow density map.



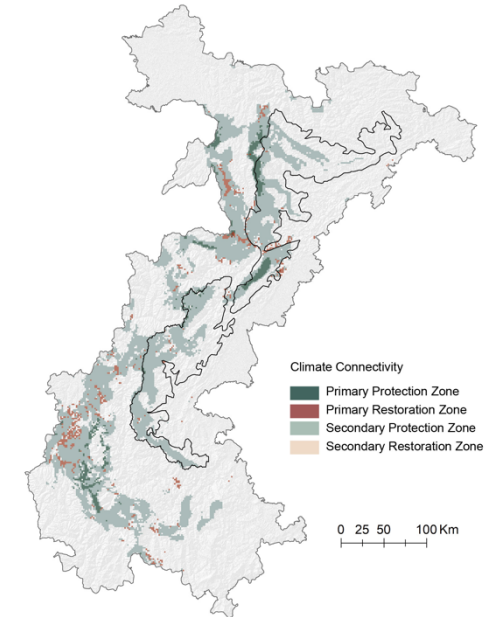
Average multi-species connectivity flow density in Protected Areas

Multi-species connectivity flow density map



Proportion of the total multi-species connectivity flow in Protected Areas

Zoning for climate connectivity



The conservation zone for potential habitat are divided into four classes according to the connectivity flow density and the degree of conflict. 35% of the four classes of conservation zones are within national park.



研究内容

1 背景：2020年后全球生物多样性框架下保护地扩展
Post-2020 Global Biodiversity Framework

2 研究一：中国自然保护地连通性
A Protected Area Connectivity Evaluation and Strategy Development Framework for Post-2020 Biodiversity Conservation

3 研究二：中国自然保护地兼用性
A framework for **identifying bird conservation priority areas in croplands** at national level

4 研究展望
Prospects for future studies



Journal of Environmental Management

Volume 324, 15 December 2022, 116330



Research article

A framework for identifying bird conservation priority areas in croplands at national level

Shuyu Hou ^{a, b}, Rui Yang ^{a, b}, Yue Cao ^{a, b}, Zhicong Zhao ^{a, b}, Qinyi Peng ^{a, b}, Hao Wang ^{a, b}, Yali Si ^{c, d}



耕地中鸟类保护优先区的国土尺度识别方法框架

研究背景

研究框架

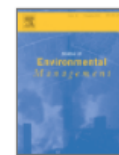
研究方法

结果与建议



Journal of Environmental Management

Volume 324, 15 December 2022, 116330



Research article

A framework for identifying bird conservation priority areas in croplands at national level

Shuyu Hou ^{a, b, ✉}, Rui Yang ^{a, b, ✉}, Yue Cao ^{a, b, ✉}, Zhicong Zhao ^{a, b, ✉}, Qinyi Peng ^{a, b, ✉}, Hao Wang ^{a, b, ✉}, Yali Si ^{c, d, ✉}

^a Institute for National Parks, Tsinghua University, Beijing, 100084, China

^b Tsinghua University, Beijing, 100084, China

^c Institute of Environmental Sciences CML, Leiden University, Einsteinweg 2, Leiden, the Netherlands, 2333CC

^d Ministry of Education Ecological Field Station for East Asian Migratory Birds, Department of Earth System Science, Tsinghua University, Beijing, China



(扫码阅读全文)

背景

- 自然保护地不足以阻止物种的灭绝。
- 需要有兼容性的保护措施共同实现有效保护。

2020年后全球生物多样性框架（GBF）初稿中，列出了2030年的21个相关行动目标，其中包括：

- “全球至少**30%**的陆地和海洋面积位于具有生态代表性和**连通性**的自然保护地和其他基于区域的有效保护措施（**other effective area-based conservation measures, OECMs**），受到公平和有效的管理”
- “确保所有农业区域得到可持续管理”（2020年后GBF）

根据第十四次缔约方大会公布的最新官方定义(CBD Decision 14/8)，OECMs是：

“**不属于自然保护地 (PA)**，且其管理和管理工作能够**为生物多样性的就地保护取得积极而持久的长期成果**，并具有相关的生态系统功能和服务，并在适当的情况下提供文化、精神、社会经济和其他与当地相关的价值的**具有明确边界的地理区域**。”

OECMs与PA最主要的区别在于设立目的：PA要求以保护作为首要目标之一，而OECMs只需要能够取得长期有效的保护成果



耕地为很多物种提供了**重要的栖息地或食物来源**。

鸟类广泛地利用耕地，也是适合作为生物多样性指标的生物类群。

缺少能适用于多数国家的在**大尺度上识别耕地中鸟类保护优先区域**的方法。

保护热点识别

不考虑或少考虑耕地

小尺度的研究

推广和扩大尺度问题

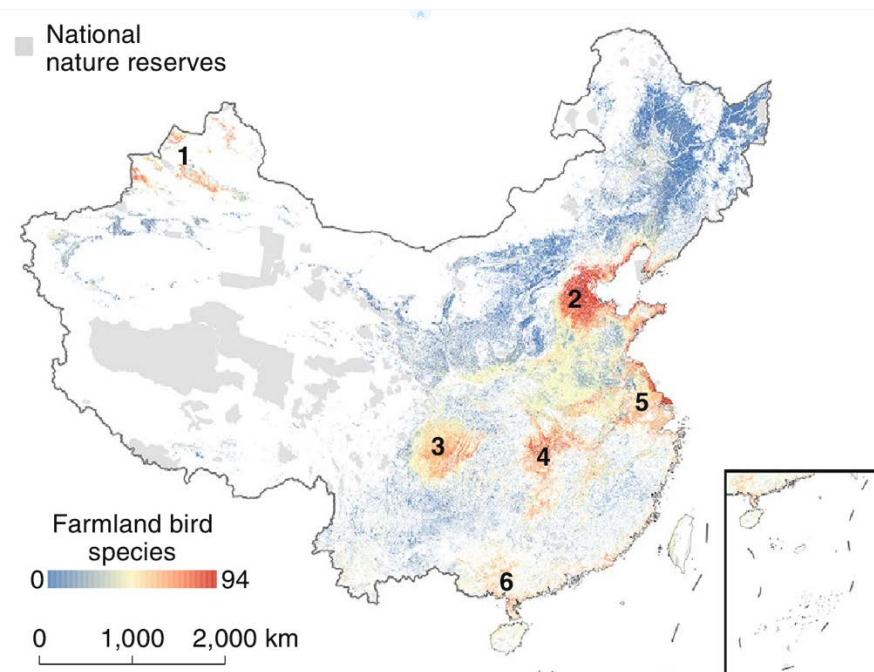
基于 α 多样性

不同区域不可替代性

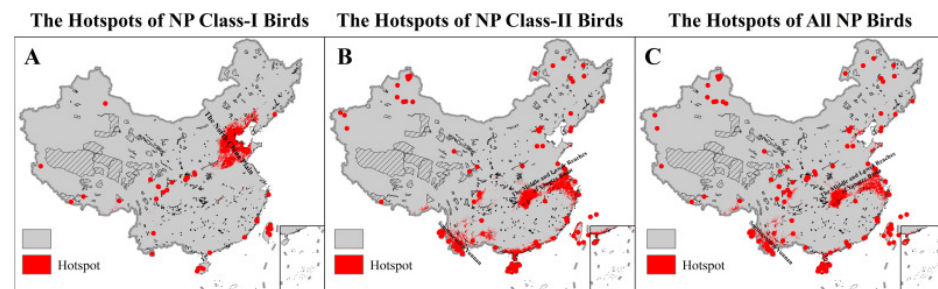
为弥合知识空缺，指导各国制定保护行动计划

提出了一个框架，在国家范围内识别耕地中鸟类保护的优先区域，

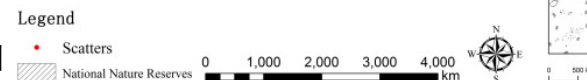
以提供可以尝试兼容性保护措施耕地。



农田鸟类生物多样性热点地图 (Li等, 2019)



Hu等 (2017)
鸟类生物多样性热点地图

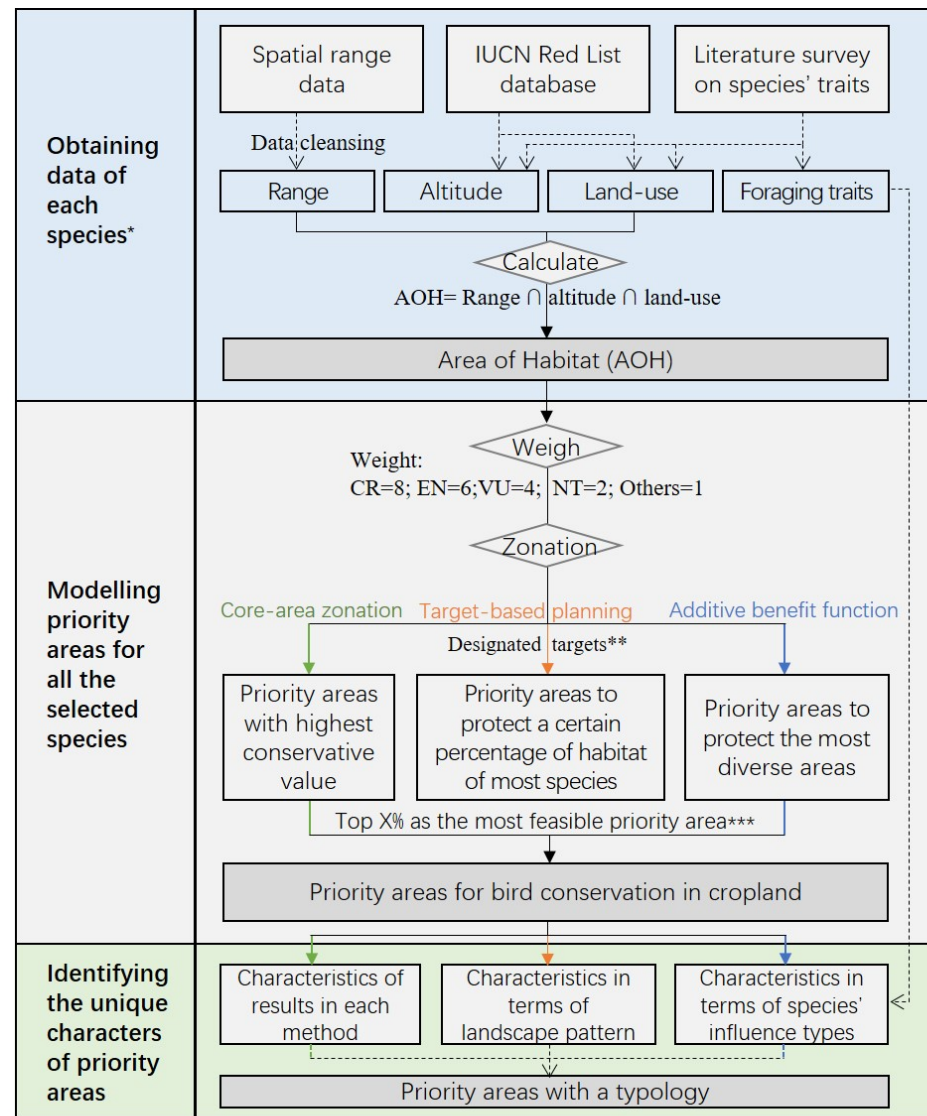


研究问题

研究关注三个问题：

- (1) 每种利用耕地的鸟类的适宜栖息地的分布及用地构成是怎样的？
- (2) 中国国土尺度上，鸟类保护优先耕地分布在哪里？
- (3) 不同类型优先耕地的空间分布、景观格局、物种相关特征和适宜的保护措施是什么？

- 多种来源，收集中国所有鸟种（1491种）的数据信息
包括分布范围、栖息地类型、饮食结构和受威胁等级，统计各项指标的频率和集中趋势。
- 细化物种分布范围数据
利用AOH方法 (Rondinini等, 2011)，识别每个物种的适宜栖息地（繁殖，越冬和迁飞区域）。获取到1215种鸟类的适宜栖息地范围。
- 保护面积与灭绝风险关系模拟，识别出对于鸟类保护最具不可替代性的区域。
- 基于3种算法
 - CAZ算法，优先考虑物种受威胁度，结果简称为C
 - ABF算法，优先考虑物种丰富度，结果简称为A
 - TBF算法，优先考虑保护目标，结果简称为T
 - 综合3种方法的结果，识别出鸟类保护优先耕地。
- 考虑识别方法、景观格局以及物种的食性，对优先区域进行分类，提供具有针对性的保护管理政策建议。



← Spatial analysis ← Data acquisition and analysis

*: It could be any aggregate of species according to analysis purpose, e.g., any species taxon, species that use certain land-use types, or with certain foraging traits.

**: Assign an conservation-percentage target for each input feature according to analysis purpose.

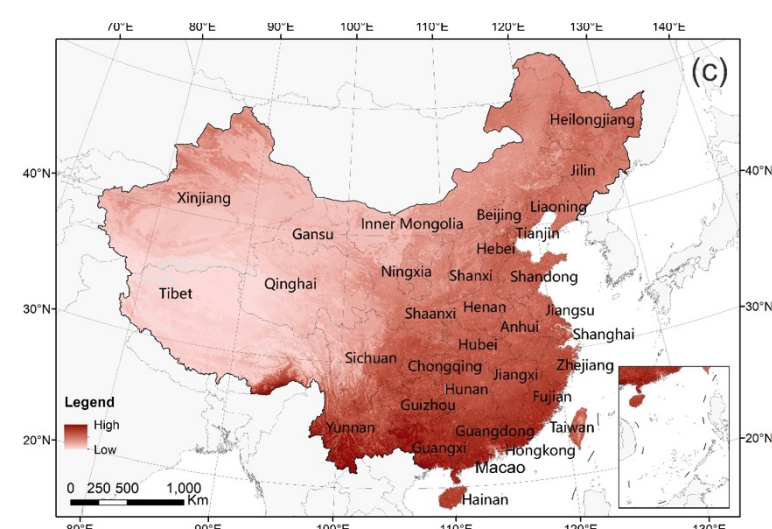
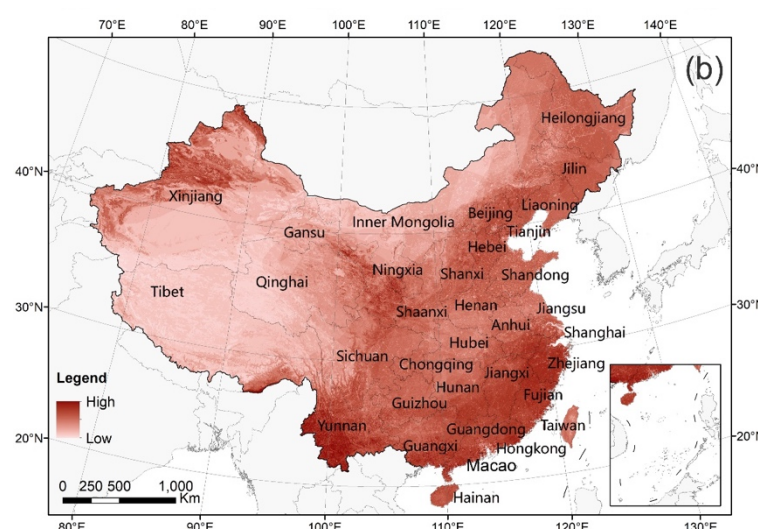
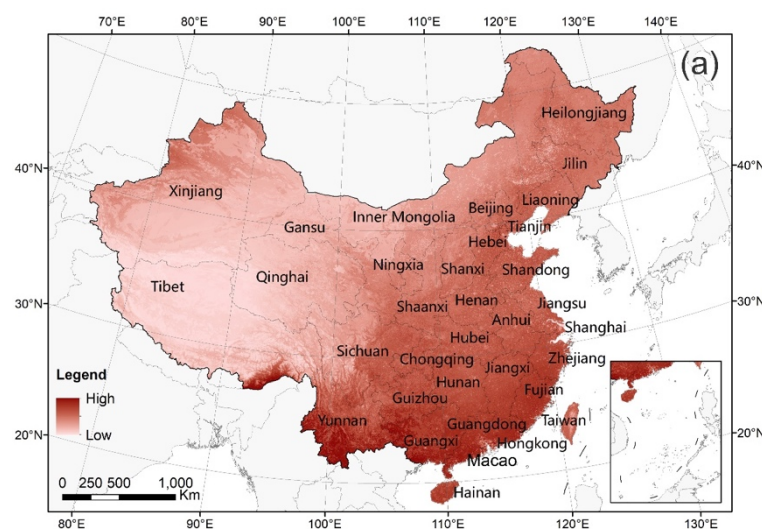
***: "X" is determined considering extinction risk and conservation feasibility of each country.

物种适宜栖息地（AOH）的分布及其中耕地情况

鸟类出现在具有高度空间异质性的多种栖息地

研究中共有**552**种鸟类的适宜栖息地中包含耕地（占总研究种类45.39%），其中包括**35**种受胁物种（极危CR、濒危EN、易危VU）。

不同食性的鸟类分布范围存在差别，以谷类为食的鸟类与其他种类的分布区域差别较明显。



基于栖息地区域的鸟类物种的潜在丰富度。 (a) 所有利用耕地的鸟类； (b) 食谷鸟类； (c) 食虫鸟类。

物种AOH 的分布及其中耕地情况

耕地是很多类群中鸟类适宜栖息地的重要部分

不同物种AOH中的耕地百分比因科和目而异，但在不同的觅食模式中是相似的。

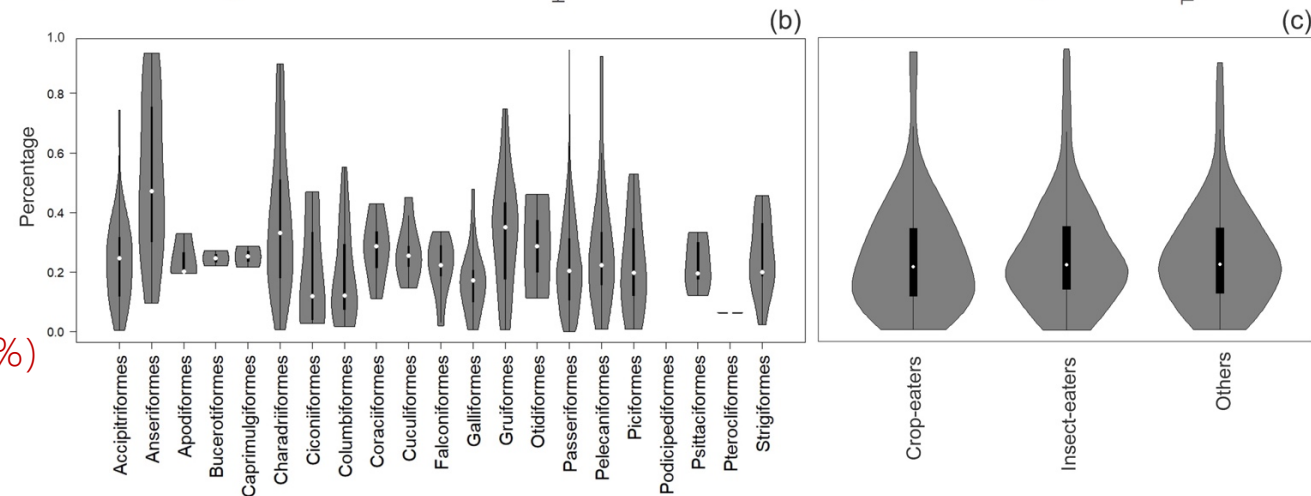
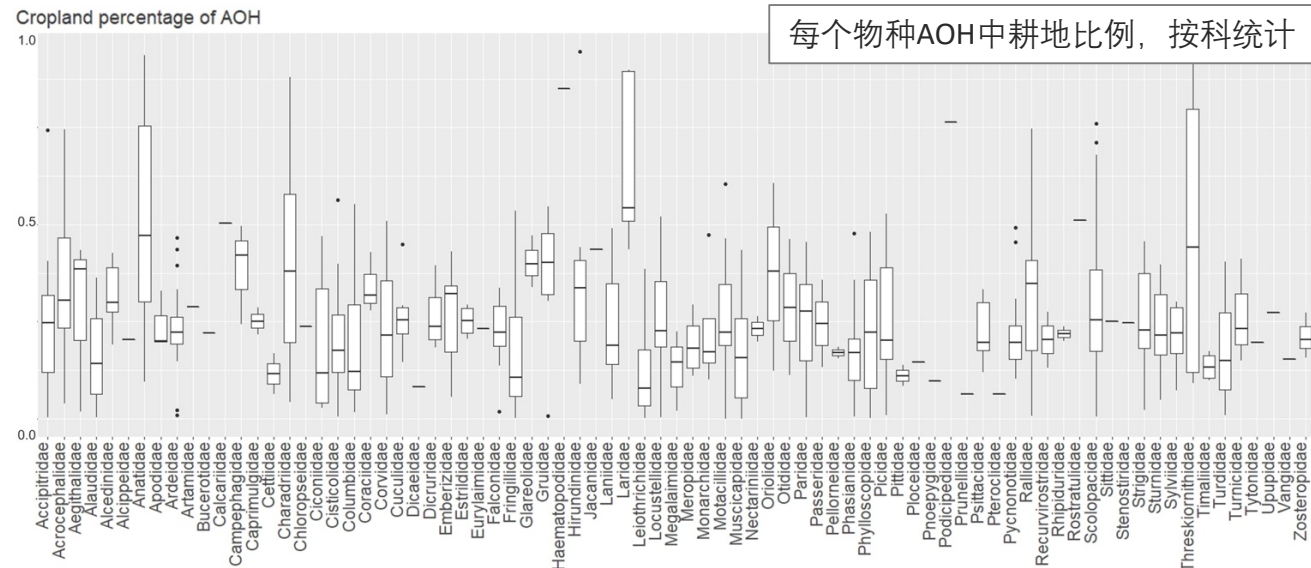
鸟类AOH中的平均耕地面积**总体平均值为25.59%**

雁形目、鸕形目和鹤形目中的鸟类AOH中耕地比例尤其高，分别达到**50%**，**38%**和**33%**。

物种层面：

87个物种的AOH中，耕地面积超过其他用地类型 (**15.8%**)

47个物种的AOH中，耕地占一半以上 (**8.5%**)

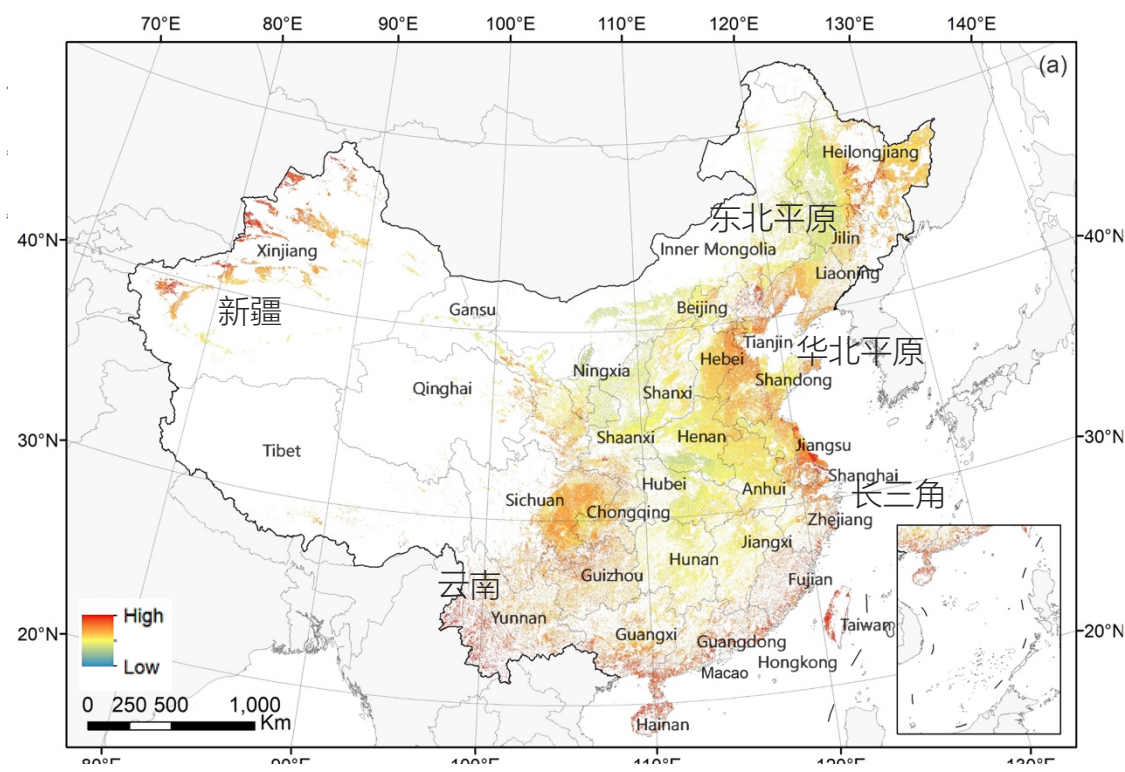
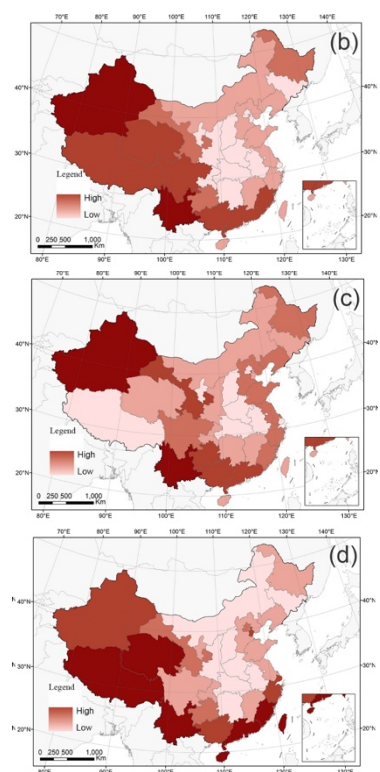


每个物种AOH中耕地比例，按目统计

各物种AOH中耕地比例，按食性统计

耕地的鸟类保护优先性存在空间异质性

- 整体优先性分布(图a)
- 省级层面，有3类尤其需要关注的省份：
 - (1) 保护优先耕地面积最大 (图b)
 - 云南、河北、新疆、山东、黑龙江、广东
 - 占优先区域的50.30%
 - 耕地面积大+对鸟类重要性高
 - (2) 总体保护优先性最高 (图c)
 - 新疆、云南、贵州、广东、广西、甘肃
 - 总体保护优先性高（所有用地）+耕地对鸟类重要性高。
 - (3) 耕地相对较少但都具有高保护优先性
 - 香港、台湾、海南、青海、西藏、福建、上海、广西和浙江等
 - 省内90%以上的耕地位于保护优先区域 (图d)。



三种灭绝风险模拟方法下的保护优先区域

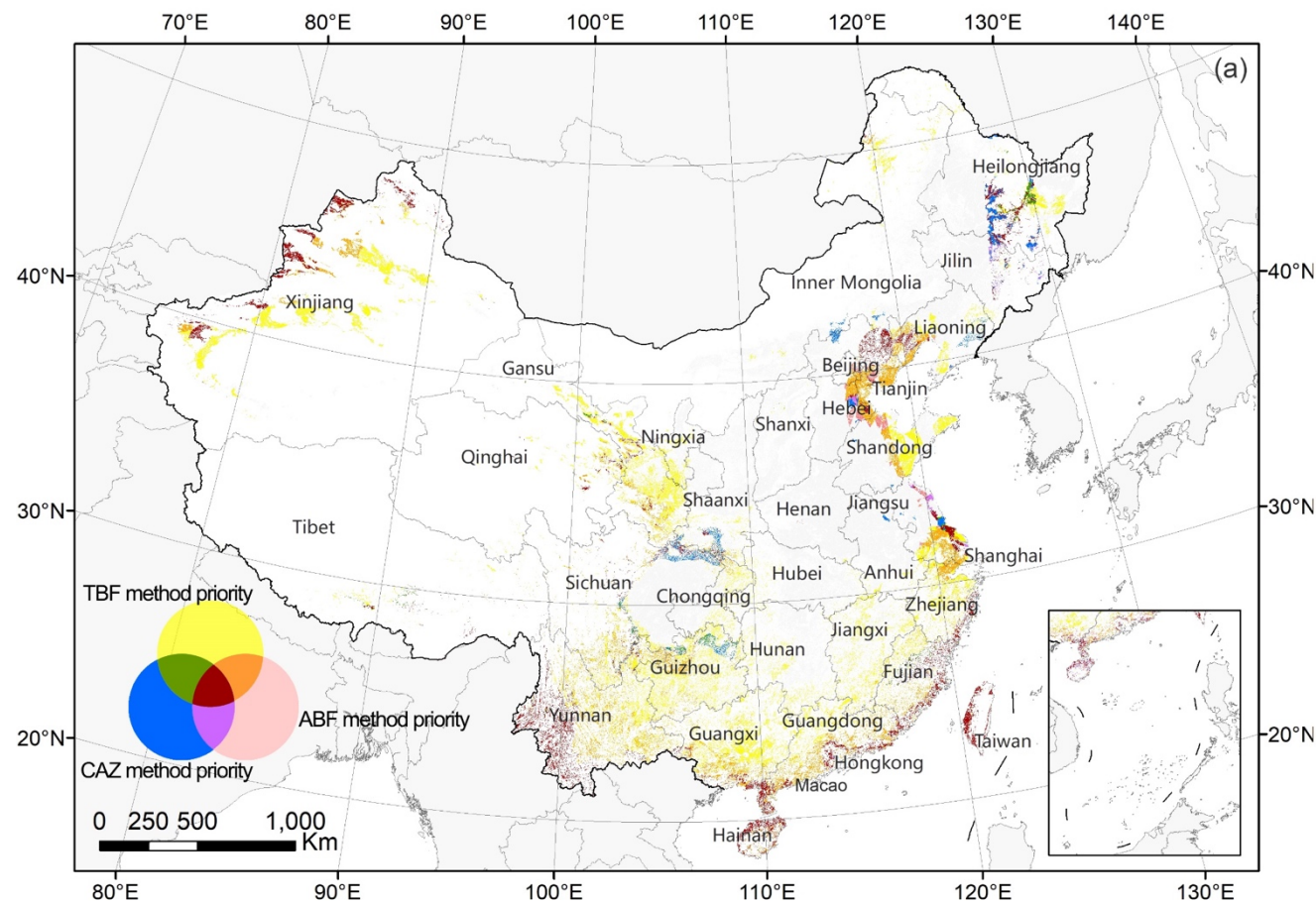
- 物种受威胁度、丰富度、保护目标
- 通过三种方法识别出优先保护的耕地的空间分布
(CAZ, ABF, TBF)

识别出占中国陆地面积6.76% 的耕地保护优先区

- 共识别出占总耕地36.25%的区域
(图中有颜色区域)

目前，自然保护地覆盖了约15.93%的优先保护耕地，占中国陆地面积的1.08%。

(以天窗去除耕地的政策导向值得反思)

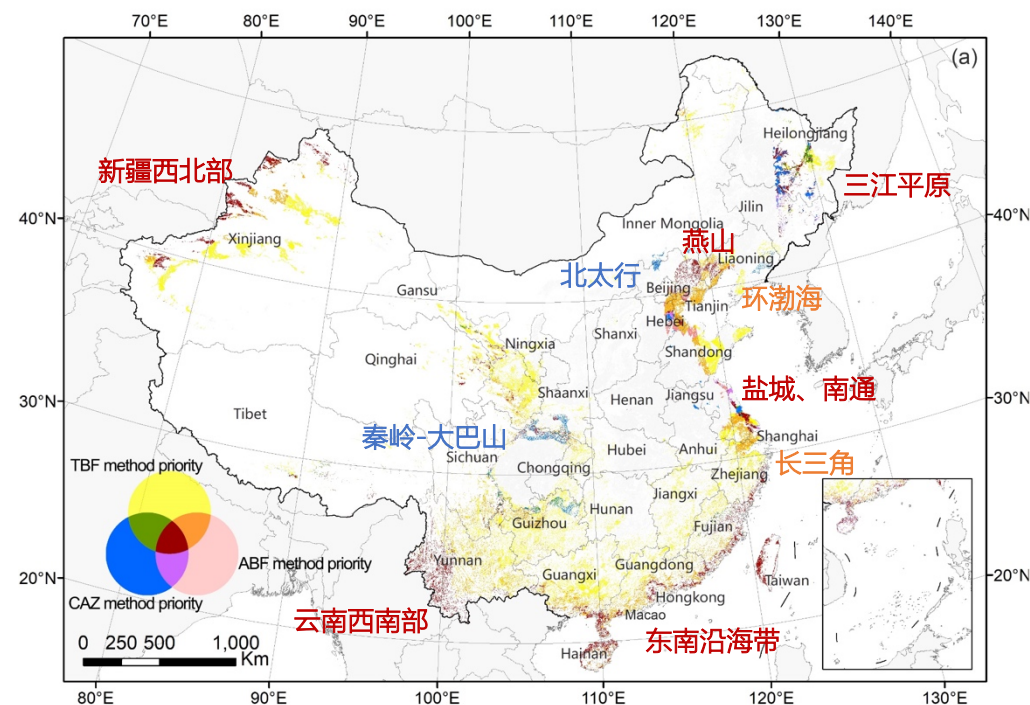
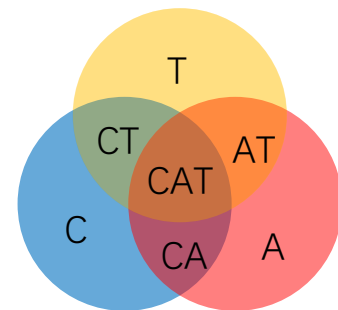


三种灭绝风险模拟方法下的耕地保护优先区的管理侧重

- (1) 三种方法均识别为优先的地区 (CAT areas)
 - 占中国陆地国土面积的1.08%，是**对鸟类保护最重要的耕地**。
 - 应**优先纳入自然保护地或建立OECMs**
 - 有机农业、多功能农业、农林业、兼容生物多样性的农业方法
- (2) **受威胁物种适宜栖息地中具有最高保护价值的地区** (C, CA、CT)
 - 首先**考虑具体物种的保护要求**。
- (3) 大多数鸟类的保护优先区域 (A、AT)
 - 具有**较高的生物多样性，同时对候鸟的季节性迁徙至关重要**
 - 需要制定动态保护措施。
- (4) **物种适宜栖息地内最重要的耕地区域** (T)
 - 占中国国土面积的3.01%
 - 普遍与前三类地区相邻，主要位于迁徙路线沿线。
 - 尽量应用适应性保护管理方法，例如：
 - 设定兼容性的保护措施
 - 基于鸟类不同季节需求制定动态保护策略。

根据3种方法，将耕地保护优先区分为7种类型：

C、A、T、
CA、CT、AT、CAT

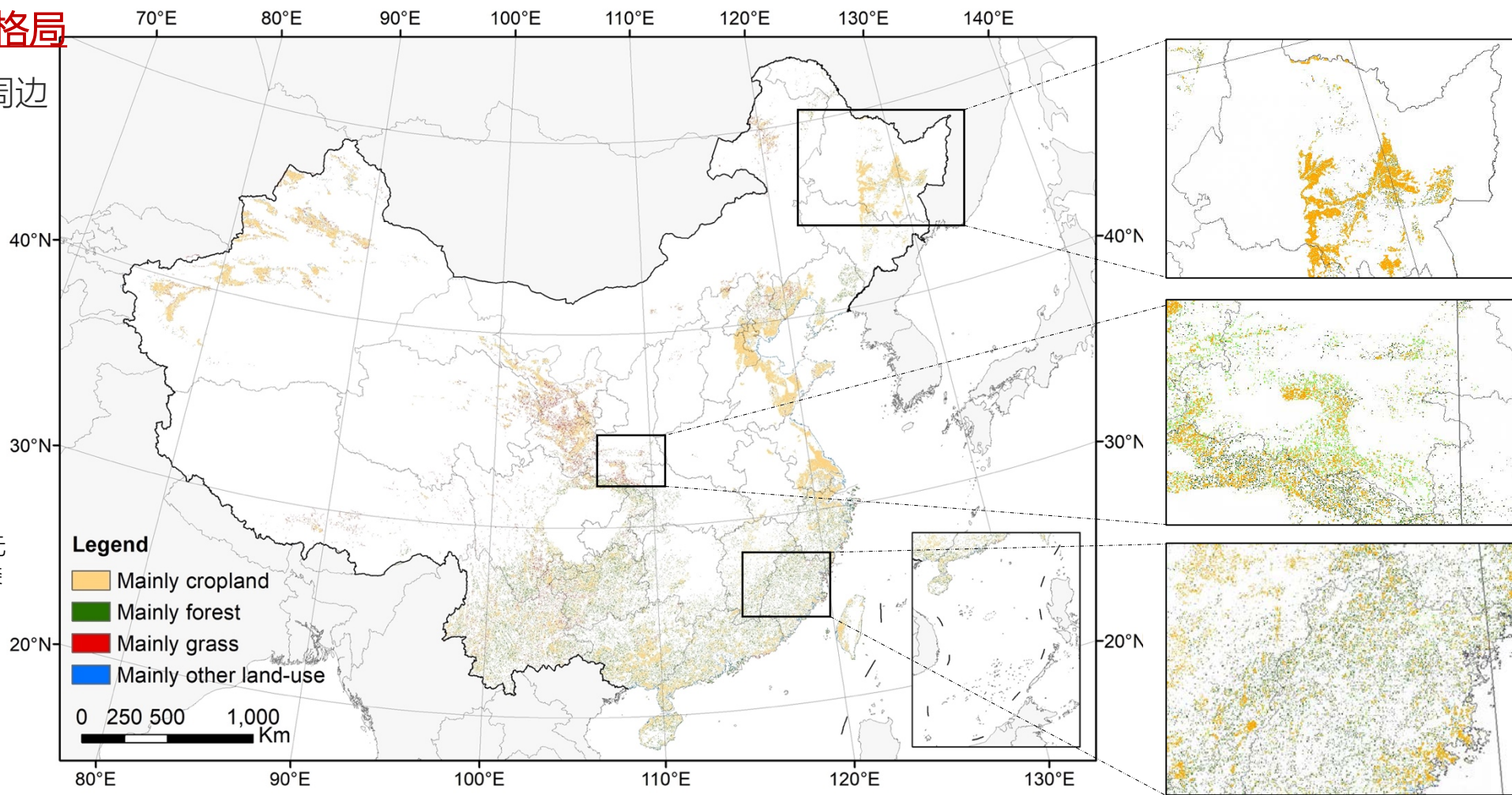


耕地保护优先区的景观格局

分析优先耕地的每个单元周边的用地类型：

- 约68.51%的耕地保护优先区为**耕地为主**
- 21.50%的耕地保护优先区为**森林为主**
- 8.16%的耕地保护优先区为**草原为主**

统计耕地保护优先区的每个1km²空间单元及与之相邻的全部空间单元的土地利用类型，最多的土地类型即为“为主”的类型。



耕地保护优先区的景观格局

建议对以下类型的区域分别采取相应保护措施：

● 小块分散耕地

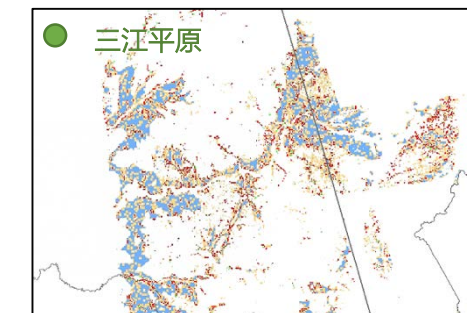
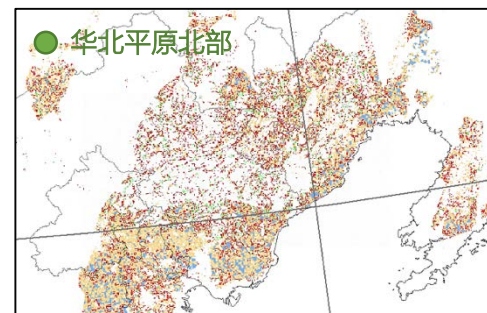
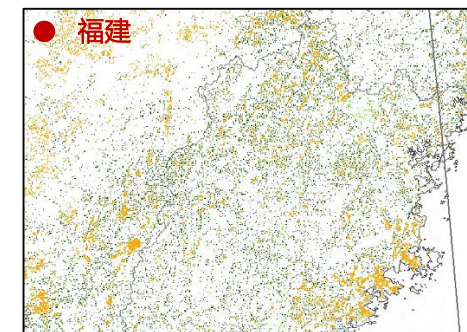
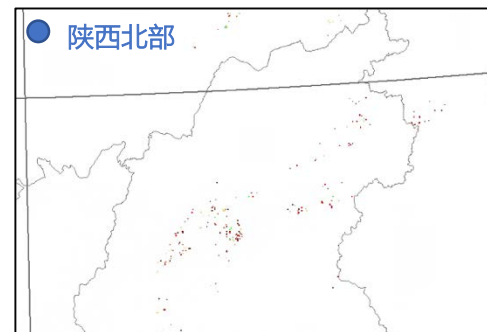
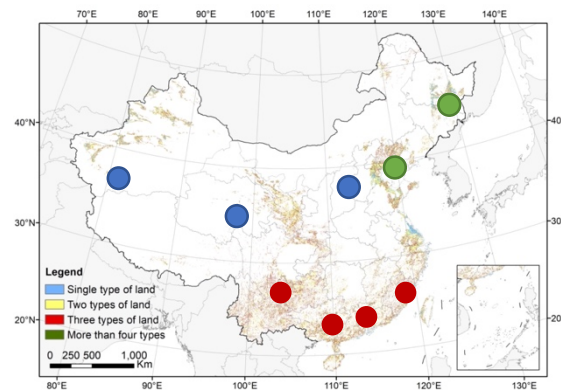
- 自下而上为主
- 所在社区对其耕地和景观镶嵌采取针对性的就地保护管理。

● 景观异质性相对较高的地区

- 空间规划应重点关注
- 保护耕地周围的自然栖息地格局

● 大片以耕地为主的连片地区

- 自上而下为主，对农业生产采取系统方法
- 与国家一级生物多样性政策相协调，与相关省级机构合作



耕地保护优先区的 鸟类食性情况

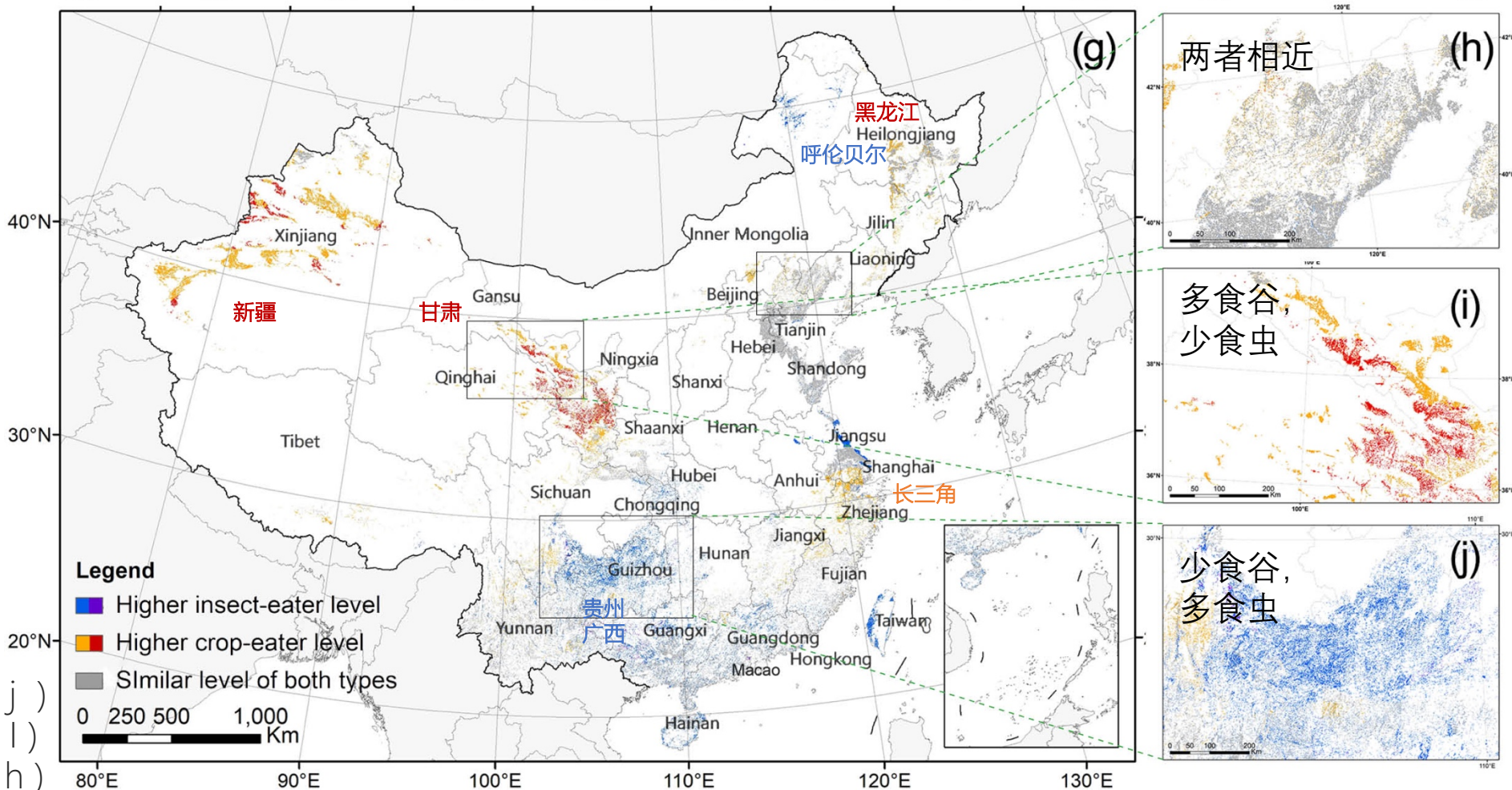
- 叠加食谷鸟类和食虫鸟类的潜在丰富度，初步反映鸟类对耕地的潜在（正负）影响情况。

食谷：鸟类与粮食产量存在潜在冲突

食虫：鸟类控制害虫，增加产量，潜在助益

- 将耕地保护优先区分为3大类：

较多食虫鸟类+较少食谷鸟类 (j)
较多食谷鸟类+较少食虫鸟类 (l)
两者水平相似的区域 (h)



保护管理政策建议

推进科学研究

选取代表性区域，推进多物种的实验研究，为景观格局、管理措施等提供科学依据。

优化景观规划

优化重要区域的景观格局

在耕地周边，提供多样化的栖息地，草原、树篱等适合目标物种的生境。
保留耕地周边自然程度较高的小块栖息地。

完善管理措施

收割时，不完全收光，在田里剩余一些供附近鸟类食用的粮食。

在冬季留下一些土地，不立即进行下一次播种。使得地里留有剩余的谷物和阔叶杂草种子，可以供鸟类食用，帮助它们度过冬季。

在地里增加散播能作为食物的种子，或定期为鸟类种植他们的食物。



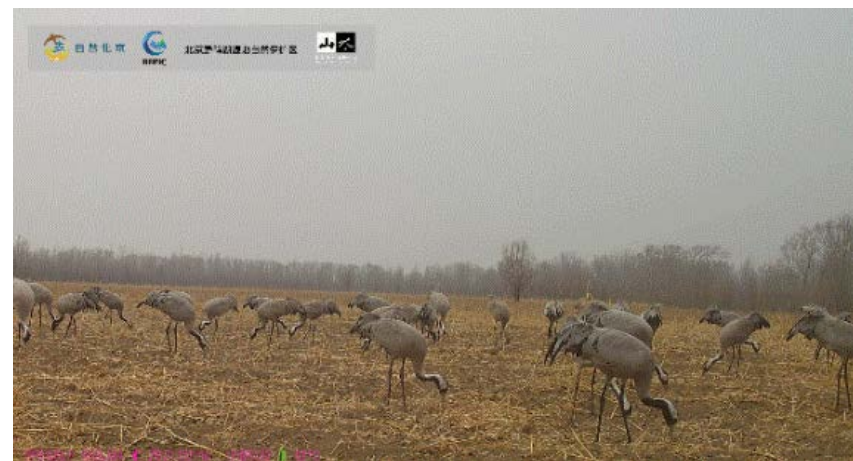
摄影：张琴



摄影：谭玲迪



摄影：李雨晗

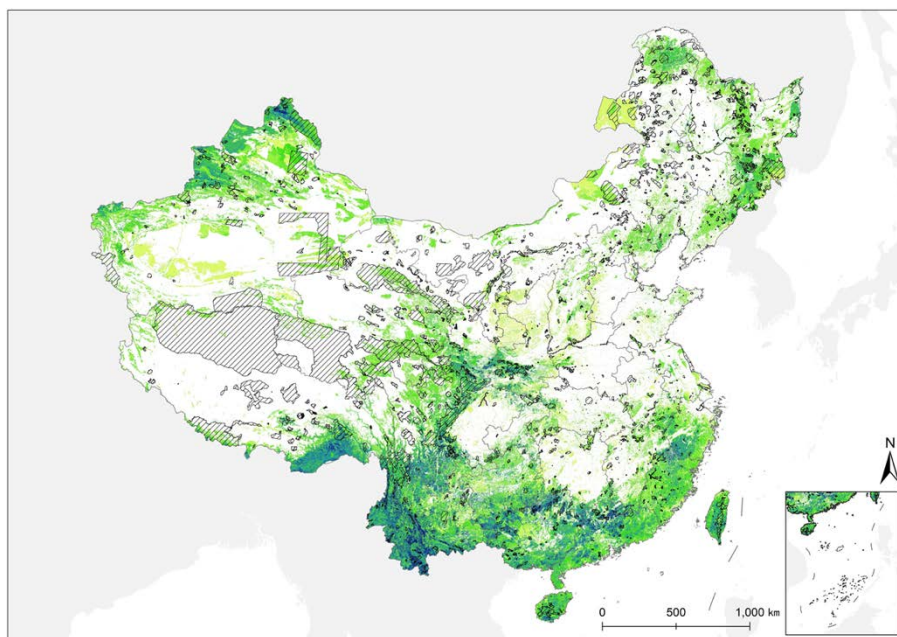




总结

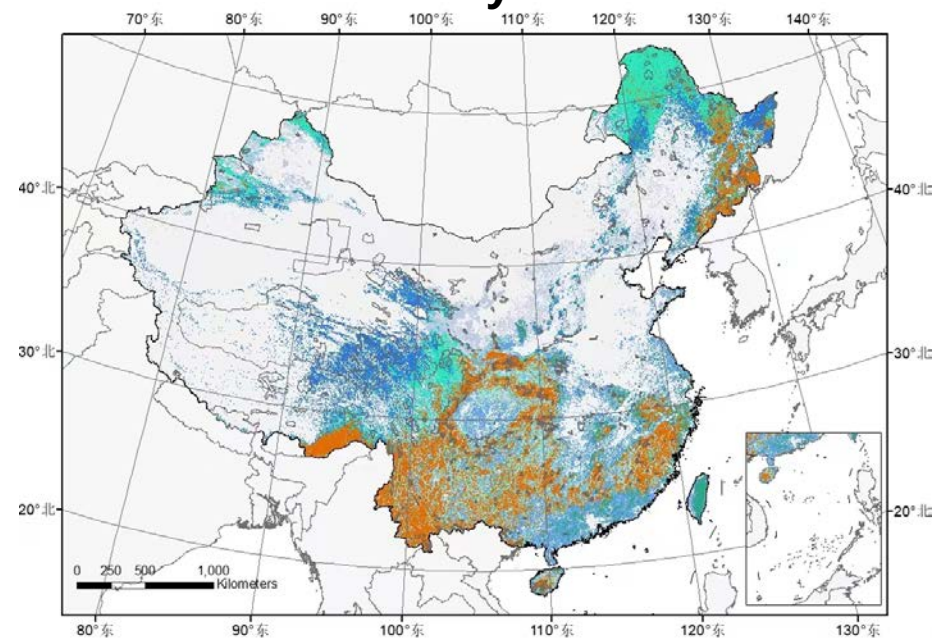


面向自然保护地扩展优先区的
陆地脊椎动物**气候变化避难所**识别
Mapping Terrestrial Vertebrates Climate Change
Refugia for Protected Area Expansion in China



主要研究人员
杨锐 赵智聪 **王小珊** 侯妹彧 王沛 陈雪纯

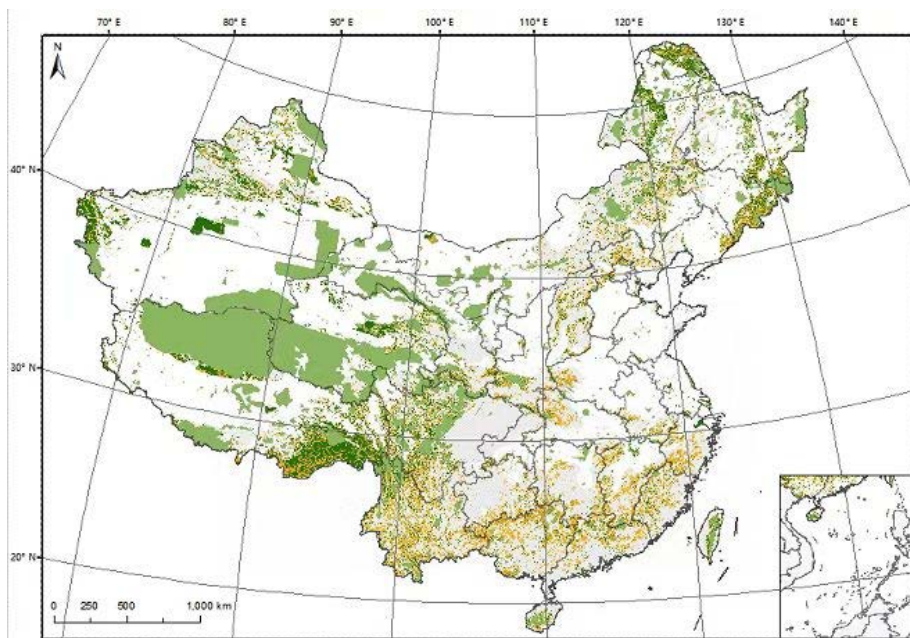
基于生物多样性和**碳中和**价值的
中国自然保护地扩展优先区域识别
Identifying priority areas for protected area
expansion in China based on biodiversity and carbon
neutrality values



主要研究人员
杨锐 赵智聪 **王方昌** 王沛
钟乐 唐家乐 杨胜兰

中国可以在**保证粮食安全**的前提下
低成本地保护30%的陆地面积

China could conserve 30% of its land area in a cost-effective way on the premise of food security

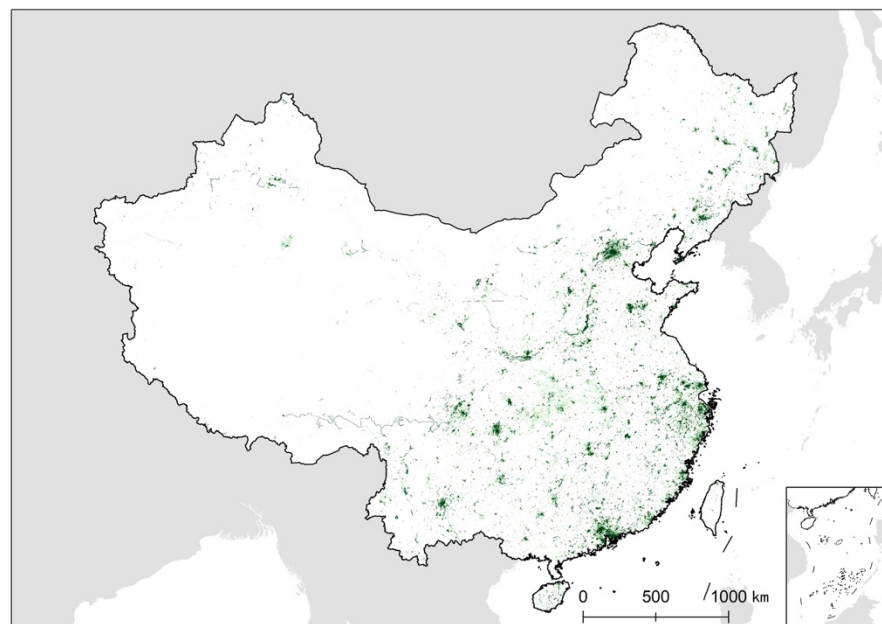


主要研究人员

杨锐 赵智聪 **侯姝彧** 曹越 曾子轩 王方邑
王嵩 王沛 王小珊 俞乐

基于GPS**步行轨迹**大数据的
国土尺度自然游憩量化研究

Using GPS walking trajectory data to quantify
Nature-Based Recreation on a national scale



主要研究人员

杨锐 赵智聪 **王沛** 王嵩 王方邑 陈雪纯 薛劭翀



第十四届全国生物多样性科学与保护研讨会 2022年12月11-13日

谢谢关注！

中国自然保护地的连通性和兼用性

Connectivity and Inclusiveness of Protected Areas in China

杨 锐 清华大学国家公园研究院

