



Protecting nature. Preserving life.[™]

大 自 然 保 护 协 会

保 护 与 气 候 变 化
在 | 中 | 国

CONSERVATION
AND CLIMATE CHANGE
IN CHINA



气候变化对中国32个陆地生物多样性保护优先区的影响与适应

项目背景

全球气候变化及其不利影响是人类共同关心的问题。近50年来以变暖为主要特征的显著气候变化，对全球自然生态系统产生了明显影响，是全球公认对生物多样性的重要威胁因子。在气候变化影响下，未来50年到100年，中国最需要优先保护的区域会受到怎样的影响？采取怎样的措施才能使那里宝贵的生物多样性得到有效保护？

2006年以来，自然保护协会（TNC）参与的《中国生物多样性保护战略与行动计划》的工作，利用TNC的“系统保护工程”（Conservation by Design）的方法体系，确定了中国陆地生态系统32个陆地生物多样性保护优先区（下文简称优先区），这些区域都具有生物多样性富集和保护代价相对较低的特点，对优先区的有效保护是中国实现可持续发展的重要保障。但是随着气候变化的发生，这些优先区或多或少都将受到影响，所以制定适应气候变化的优先区保护行动尤其重要。

各国政府和国际研究机构为此做了大量气候变化应对策略和减缓影响的研究。然而以生态系统为基础的气候适应研究却很少。从气候适应的角度而言，以生态系统为基础的气候适应是一个非常有效（cost-effective）的方法，目前已经为《联合国气候框架公约》的许多缔约方接受，也被《联合国生物多样性公约》和众多的政府和非政府保护组织推荐为气候适应的首选方案。



【32个优先区位置示意简图】

项目目标

通过对32个优先区进行全面的气候变化数据分析、影响评估和策略研究，示范和推广以生态系统为基础的气候适应方法，有效应对气候变化带来的不利影响。

第一阶段（2009-2010年）：在全国层面对32个优先区进行气候变化影响的宏观评估，分析气候变化对32个优先区生物多样性的影响，及对32个优先区气候变化脆弱性进行排序；并针对这些影响，提出相应的适应策略，为气候适应政策制定提供科学参考。

第二阶段（2010-2012年）：选择了三个具有代表意义的优先区进行深入研究，通过分析气候变化对保护对象（生态系统层面和物种层面）的影响，以及物种和生态系统对气候变化的响应，识别出物种为适应气候变化所需的迁移廊道，建立气候变化下有效的生物多样性保护网络（Conservation Portfolio）。并在此基础上总结出一套能够在全国推广的系统方法。

第三阶段（2013年）：总结第一、二阶段的主要研究方法和成果，并在全国进行推广。

2009



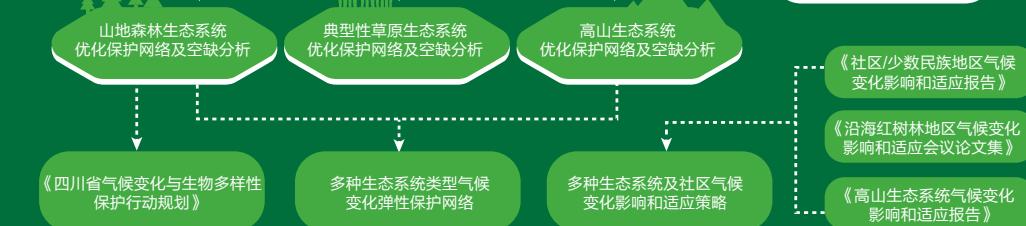
2010



2011



2012



项目主要成就

完成两个技术报告

《中国32个陆地生物多样性优先保护区气候变化影响评估报告》

《识别适应气候变化的生物多样性保护网络——方法与案例》

完成《中国32个陆地生物多样性优先保护区气候适应策略》政策建议

建立气候变化数据集和ClimateWizard气候向导公众网站

完成气候变化评估和适应气候变化的生物多样性保护网络识别工具集

参与《四川省气候变化与生物多样性战略和行动计划》的编撰，提供核心技术支持

通过合作伙伴完成气候变化脆弱生态系统的适应策略研究报告

《高山生态系统气候变化影响及适应策略》

《少数民族地区气候变化对传统知识的影响及适应》

组织多次国际和国内气候变化适应相关主题研讨

组织7次气候变化影响评估和气候弹性保护网络识别的技术培训，培训涉及10单

位100人次

项目技术成果

1. 气候数据集

建立了历史和未来气候数据集。历史气候基于753个中国地区观测站资料，制作了一套1961~2008年 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 分辨率的日气候数据集，并进一步插值至 1×1 km网格距上，得到多要素的逐年逐月数据。

未来气候数据由两个模式模拟获得。一套采用RegCM3模式，进行1948~2100年连续积分，水平分辨率为25km，并进一步经统计降尺度得到 1×1 km分辨率的全国未来气候数据；另一套数据采用PRECIS模式，分辨率为50km，降尺度到 1×1 km分辨率。

2. ClimateWizard气候向导公众网站

基于历史和未来气候数据集，建立了一个基于强大气候数据库和分析平台的网站。该网站能够以交互地图和图表的形式进行动态查询，可以直观展示中国任意区域过去50年的气候变化、和未来100年可能发生的气候变化，从而帮助气候变化相关各领域的科学家、工作人员、决策者分析和研究气候变化的影响，为政府制定气候适应策略和行动提供信息支持。

网址：www.climatewizard.org.cn

3. 保护优先区气候变化影响和脆弱性评估

建立气候变化暴露度-敏感度-影响评价框架，设计暴露度指数、敏感度指数和植被变化指数系统评价指标体系全面评价了我国32个陆地生物多样性保护优先区域的气候变化脆弱性，并进行了排序，识别出受气候变化影响最剧烈的保护优先区。

4. 未来植被和物种分布模拟

采用BIOME4植被模型，以气候数据集作为输入，模拟全国当前和未来50年、100年的植被分布状况，得到27种我国主要植被类型的分布及其变化。

以气候数据驱动MaxENT模型，模拟出270个指示物种当前和未来50年、100年的分布范围，模拟出重要保护物种的栖息地随气候变化的潜在变化。

5. 气候弹性评估

特定景观物理特征能够形成高度连通的、丰富的微气候环境，以缓解气候变化的不利影响，从而利于物种的持续生存，称为生态弹性。通过定量的评估地形多样性、海拔梯度和湿度梯度等因素识别出微气候环境丰富的地点，并结合景观渗透性和连通性评估，最终识别出气候弹性高适应能力强的地理区域。

6. 廊道识别

廊道是物种应对极端事件和扩散基因流的关键通道，如何识别廊道一直是保护生物学领域的热点和难点。我们采用基于电路理论和图论设计的CircuitScape工具（McRae, Shah, 2009）根据景观结构对区域流通格局进行评估，在区域尺度上识别物种大规模流动的迁移廊道。

7. 有弹性的保护网络识别

在系统的保护规划基础之上，将保护对象在气候变化下未来的潜在分布区、潜在迁移廊道和高气候弹性区作为扩展的保护目标；并在考虑保护代价时，将气候变化带来的压力和风险和人类干扰整合起来，通过MarXan空间优化模型最终识别出有弹性的保护网络。这个网络不仅能够覆盖当前的生物多样性重要区域，实现设定的保护目标，同时也能前瞻性的覆盖气候变化下的未来生物多样性分布格局，降低气候变化带来的风险，在气候变化背景下仍然保证保护目标实现。

致谢：

本项目在执行过程中得到了很多机构和科学家提供的帮助，是一个多方合作的共同结果。感谢由UPS, MacArthur Foundation提供项目资金。

在第一阶段的工作中，感谢国家气象局气候中心高学杰博士，徐影博士团队提供分析所需要的历史气候数据，未来气候模拟数据；感谢中科院地理所徐明教授团队完成植被模型分析；也向TNC犹他州项目Barry Baker博士，中国林科院李迪强博士，中科院地理研究所吴绍洪博士，中国农科院许吟隆博士在分析方法上的无私指导表示感谢！

在第二阶段工作中，感谢TNC阿巴拉契亚项目Thomas Minney博士，TNC科学部Mark Anderson博士及其团队提供的技术支持和帮助！感谢中国民族大学薛达元教授团队和香格里拉高山植物园方震东老师的辛勤工作！感谢四川省环境保护厅对外合作中心李林主任，感谢中国科学院成都山地所王玉宽教授的支持和合作！

联系我们

可发邮件至: csi@tnc.org

或致电: +86 010 85319586

TNC 的网站地址

英文网站

<http://www.nature.org/>

中文网站

<http://www.tnc.org.cn/>

专业用户和非专业用户都可以在此观察全球气候变化及其影响，并下载相关数据

<http://www.climatewizard.org/>

通过此网站可以检索TNC 和合作伙伴完成的1000 多个保护项目

<http://conpro.tnc.org/>

此网站面向保护工作者、科学家和决策者，分享保护工作中最新最好的相关信息

<http://www.conservationgateway.org/>





Protecting nature. Preserving life.[™]

大自然保护协会

**中国32个
陆地生物多样性优先区
气候变化影响评估**

1 ST

1/ 背景介绍



2005~2008年，自然保护协会参与了由环境保护部（当时的国家环境保护总局）主持的《中国生物多样性保护战略与行动计划》，利用多年来在全球广泛使用的“系统保护规划”方法体系，确定了32个中国陆地生物多样性优先保护区，并结合威胁和保护空缺分析，提出关键的保护策略与行动计划，为未来中国生物多样性的保护和自然资源的管理提供了科学依据，奠定了中国生物多样性保护蓝图的基础。遗憾的是，传统的系统保护规划中没有考虑气候变化影响。在气候变化背景下，32个优先区的保护面临着新的挑战。

为了示范和推广生态系统为基础的气候适应，TNC中国项目开展了相应的研究活动。在研究的第一阶段对32个优先区进行气候变化影响的宏观评估，分析气候变化对32个优先区中大的植被/生物群区的影响以及对32个优先区进行影响的严重性排序，并针对这些影响，分析相应的应对措施。



2/ 方法框架

由于本研究数据和方法有限，我们主要分析了气候变化暴露度、敏感性以及气候变化对保护优先区的影响（图2-1）。

【图 2-1 气候变化影响及脆弱性评估框架】

暴露度:

IPCC定义为系统暴露于显著的气候变异下的特征及程度，根据定义，优先区的气候变化暴露度就是气候变化在优先区中发生的幅度、速率、变异和频率。

(Adger 2006, Gallopin 2006).

$$\text{暴露度} = \frac{|\Delta T_{\text{mean}}|}{\max |\Delta T_{\text{mean}}|} + \frac{\text{SD}_{T_{\text{mean}}}}{\max (\text{SD}_{T_{\text{mean}}})} + \frac{|\Delta P_{\text{mean}}|}{\max |\Delta P_{\text{mean}}|} + \frac{\text{SD}_{P_{\text{mean}}}}{\max (\text{SD}_{P_{\text{mean}}})} + \frac{|\Delta A_{\text{mean}}|}{\max |\Delta A_{\text{mean}}|}$$

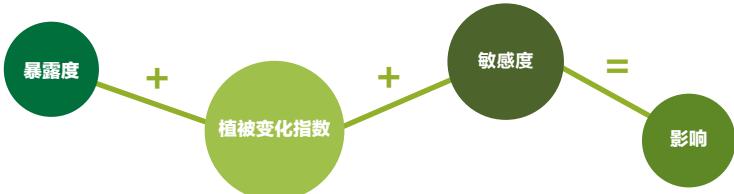
- 其中: T_{mean} , P_{mean} 、 A_{mean} 分别代表优先区的年均温度、年均降水和年干燥度。

敏感度:

根据IPCC定义，敏感度指系统被影响和干扰的程度。在本分析中，敏感度用优先区压力/受威胁的状况、优先区中目标物种对干旱等气候事件是否敏感，物种的濒危状况，重点保护生态系统和对气候变化敏感的生态系统来衡量。

$$\text{敏感度} = \frac{|\Delta SI|}{\max |\Delta SI|} + \frac{|\Delta SSI|}{\max |\Delta SSI|} + \frac{|\Delta ESI|}{\max |\Delta ESI|}$$

- 其中， ΔSI 、 ΔSSI 、 ΔESI 分别代表优先区的人为干扰、物种敏感度、生态系统敏感度。



植被变化指数:

综合考虑每个优先区内的植被功能型在出现消失、面积比例、位移、斑块上的变化，我们将每个优先区在每个因素上的变化值按照如下公式计算得到优先区植被变化得分指数。

$$\text{植被变化指数} = {}^I \text{biome} = \frac{\alpha}{\alpha_{\max}} + \frac{\beta}{\beta_{\max}} + \frac{\gamma}{\gamma_{\max}} + \frac{\delta}{\delta_{\max}}$$

- 其中 α_{\max} 、 β_{\max} 、 γ_{\max} 、 δ_{\max} 分别代表优先区的生物群区数量变化、面积比例变化、平移距离和斑块变化。

α 代表优先区*i*内生物群区的数量变化: $\alpha = A_s - A_d$

A_n 代表过去优先区*i*内生物群区的数量， A_d 代表当前优先区*i*内生物群区的数量；

β 代表优先区内生物群区的面积比例变化: $\beta = \sum_j \frac{|A_{j/2050} - A_{j/2000}|}{A_i} \%$

$A_{j/2000}$ / $A_{j/2050}$ 分别代表生物群区*j*在优先区*i*内的面积, A_i 是优先区*i*的总面积；

γ 代表优先区*i*内生物群区发生迁移的总和: $\gamma = \sum_j \sqrt{(\bar{x}_i - \bar{x}_{j/2000})^2 + (\bar{y}_{j/2050} - \bar{y}_{j/2000})^2}$

x_j 、 y_j 是优先区内*I*内生物群区*j*平移的距离；

δ 综合斑块变化指数: $\delta = \text{斑块密度} + \text{斑块平均大小} + \text{景观形状指数}$

影响:

指气候变化条件下引发的各种环境条件的变化，从而对一个系统带来的直接或间接的各种可能后果。在本分析中，结合暴露度、敏感度和通过biome模型模拟的生物群区的变化来进行衡量和描述。

$$\text{Impact Matrix} = \text{气候变化暴露度} + \text{气候变化敏感度} + \text{植被变化}$$

3/ 数据准备与处理

历史气候数据:

1961 – 2008 1km 全国753个站点逐月气候数据

未来气候数据:

1951 – 2100 1km RegCM3模型模拟 A1B情景下的逐月气候数据

植被变化数据:

2000, 2050, 2100 1km 生物群区数据 (BIOME4 模型)

敏感性数据:

物种数据: 物种敏感度评估, 统计优先区内物种敏感性得分

人类活动数据: 居民点、道路、人口密度、土地利用、人类足迹

未来气候数据模拟与降尺度:

使用薄板样条方法(ANUSPLIN)将分辨率25km的RegCM3模式模拟结果降尺度为1km。

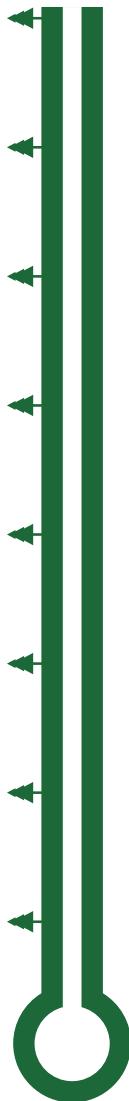
植被和生物群区模拟:

本次研究所采用的BIOME模型是一个比较成熟的静态植被模型, 目前已经发展到第四代 (BIOME4)。BIOME系列模型定义了一系列的植物功能型, 并由此定义了相应的植被群区。

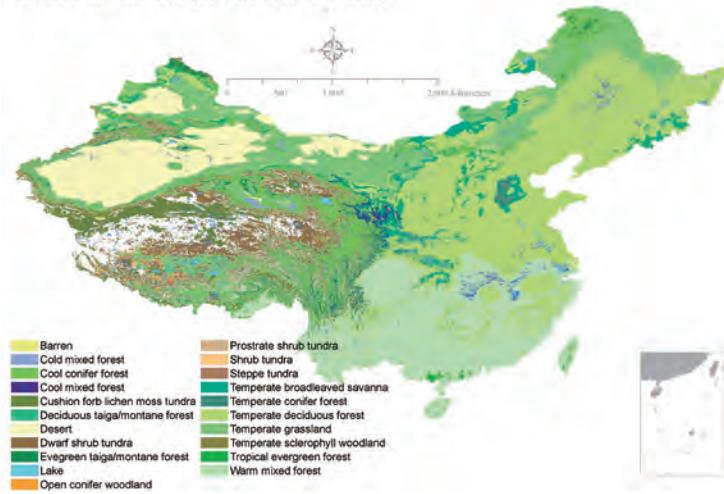
BIOME4 对当前、未来50 年和100 年的植被模拟结果请参见图 3-2、图 3-3、图 3-4。



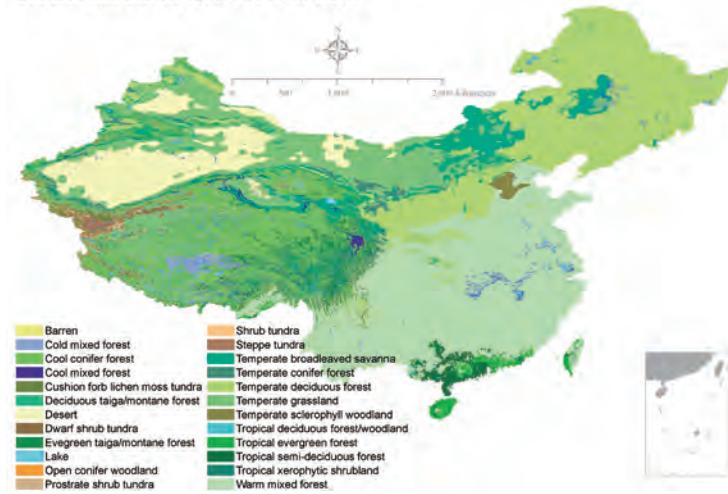
【图3-1】 BIOME4 模型主要工作流程



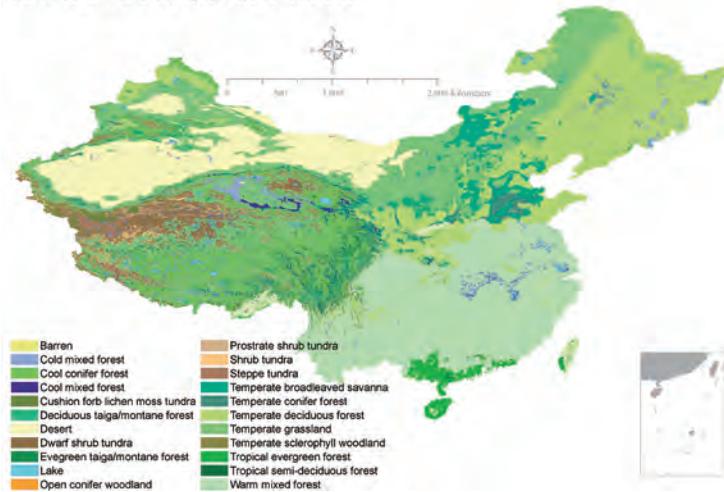
Biomes simulated by BIOME4, Present



Biomes simulated by BIOME4, 2100



Biomes simulated by BIOME4, 2050



【图3-2】
当前(2000年)中国植被分布

【图3-3】
未来50年(2050年)中国植被分布

【图3-4】
未来100年(2100年)中国植被分布

4 / 全国气候变化概况

在全球环境变暖背景下，中国地区近几十年经历了一个以气候变暖为主要特点的气候变化(Zhai et al., 2003)，同时降水型也出现了以“南涝北旱”(即华北等地降水减少，长江中下游地区降水增加)为代表的变化(Wang et al., 2001)。

基于全国753个气候站点地面资料,我们分析了1961年到2008年近地表气候变化在主要生境类型①中的表现，全国范围内，所有主要生境类型平均气温趋势均有所上升（图4-1），北方升温趋势大于南方。

温带阔叶林和混交林，洪泛草原和洪泛稀树草原，温带草原、稀树草原和灌丛，北方针叶林/泰加林，热带亚热带湿润阔叶林等主要生境类型中出现降水减少趋势。温带针叶林，荒漠和干旱灌丛，高山草原和高山灌丛，年降水量呈增加的趋势（图4-2）。

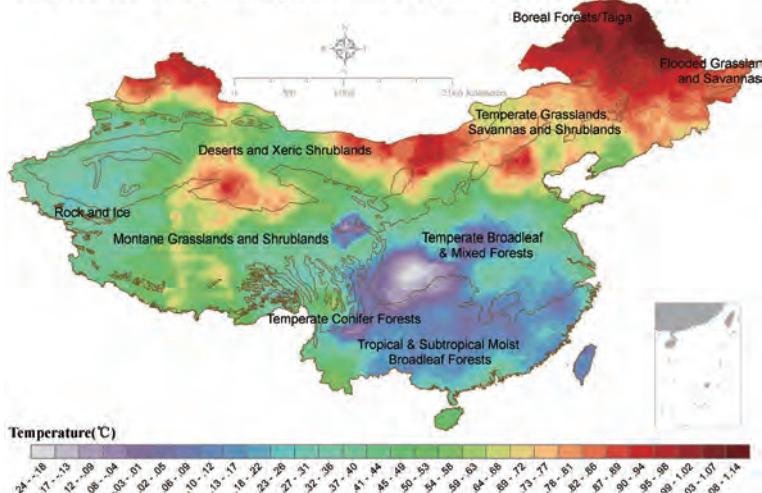
①主要生境类型（Major Habitat Types, MHT）指优势生态系统相同的生态区集合体（聚群），它由气候、景观和生态系统格局相似的生态区组合而成，它主要反映全球尺度的生物多样性分布格局。

NOW

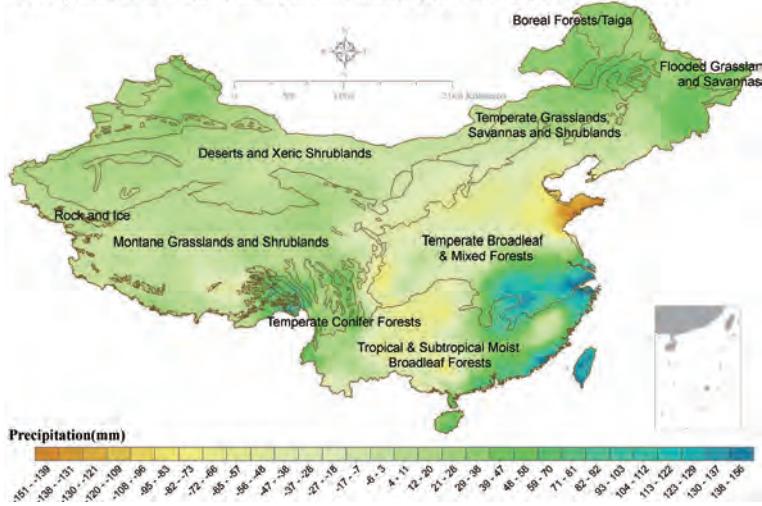
【图4-1】1961~2008年主要生境类型年均温变化(单位:°C)

【图4-2】1961~2008年主要生境类型年降水变化(单位: mm)

Temperature Change of Major Habitat Type, 1961- 1980 & 1980 - 2000



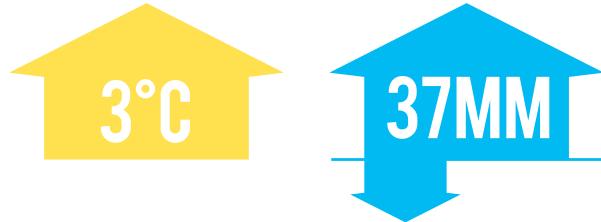
Precipitation Change of Major Habitat Type, 1961- 1980 & 1980 - 2000



未来50年，所有主要生境类型的年平均气温均有所上升（图4-3）且升温幅度都在 3°C 左右，增幅在 2.42°C 到 3.52°C 之间。

洪泛草原和稀树草原、北方针叶林\泰加林生境类型的年降水出现了小幅减少，其它类型的年降水均出现了不同程度的增加（图4-4），增加约37mm，增幅在19.56mm到55.54mm之间。

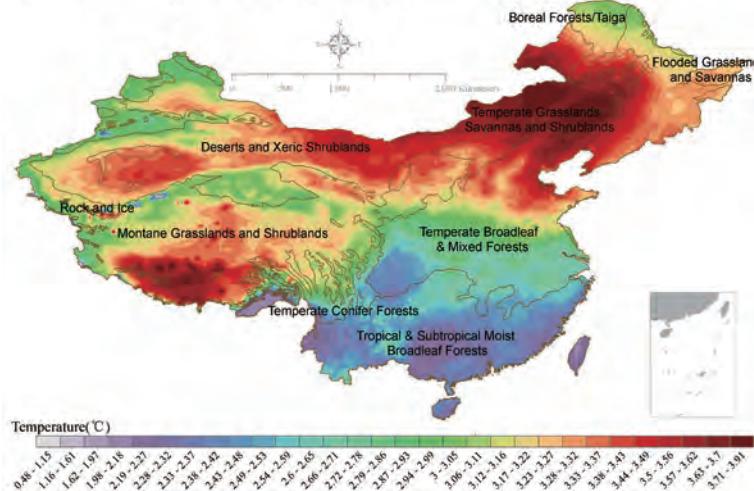
THE NEXT 50 YEARS



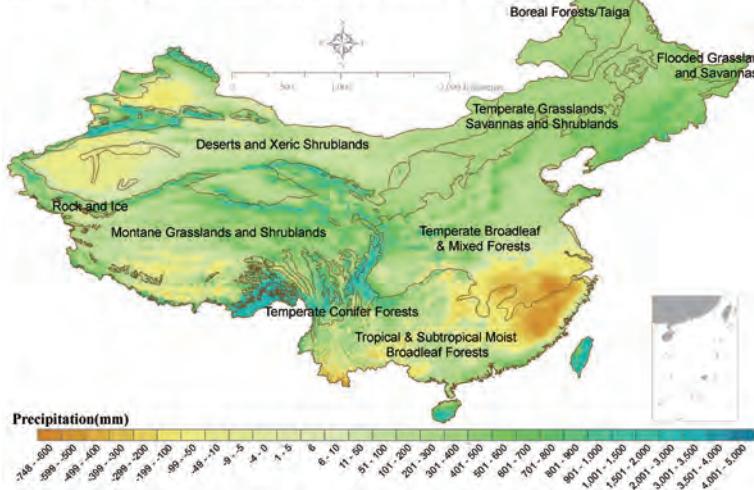
【图4-3】未来50年主要生境类型年平均温度(单位:°C)变化

【图4-4】未来50年主要生境类型年降水(单位: mm)变化

Annual Mean Temperature Change of Major Habitat Type, Baseline - 2050



Annual Precipitation Change of Major Habitat Type, Baseline - 2050



【图4-5】未来100年主要生境类型年平均温度(单位:°C)变化

【图4-6】未来100年主要生境类型年降水(单位: mm)变化

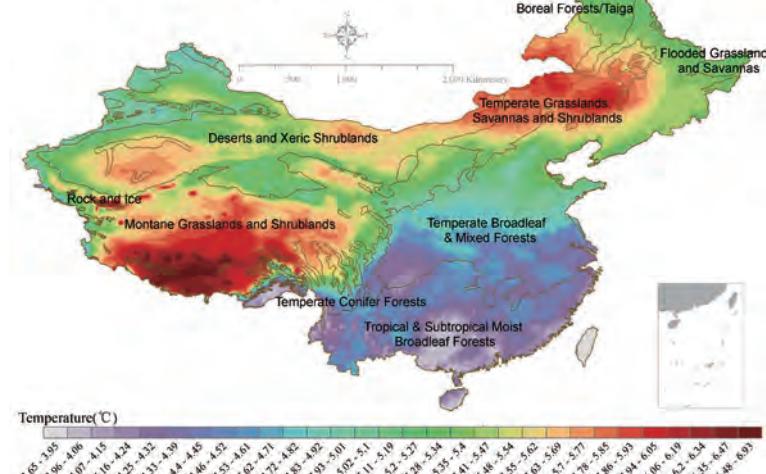
THE NEXT 100 YEARS



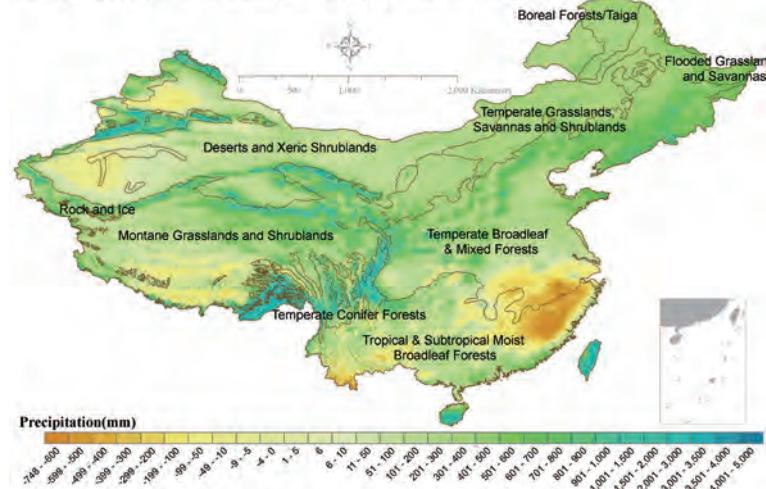
未来100年，各类型气温持续上升（图4-5），上升幅度都在5°C左右，增幅在4.31°C到5.84°C之间。所有生境类型的年平均气温都在2050年基础上升高2°C左右。

所有生境类型中的年降水呈不同程度的增长（图4-6），平均增加60mm左右，增幅在31.68mm到104.63mm之间。

Annual Mean Temperature Change of Major Habitat Type, Baseline - 2100



Annual Precipitation Change of Major Habitat Type, Baseline - 2100



5 / 气候变化下的植被变化

从目前的植被分布图分析，我国目前一共分布有20种生物群区。根据模型模拟气候变化下植被变化的结果，到2050年，生物群区将增加为21种，新增类型是热带半常绿林到2100年，生物群区增加至23种，新增类型有热带半常绿林热带落叶林/林地、热带旱生灌丛。而不毛之地从2000年到2100年基本消失。

从2000年到2050年，面积增加的生物群区有12个，面积增加最多的类型是亚热带混交林，而亚热带常绿林的面积增加比例最大，面积增加为原来的10倍。面积减少的生物群区有7个，其中面积减少最多的类型是温带落叶阔叶林，而减少比例最多的是不毛之地，垫状非禾草-地衣藓类冻原，分别减少为原来的17%，13%。

未来50年内，随着区域气候的变化，所有的20个生物群区均发生不同程度水平方向的迁移（表5-1）；来100年内，生物群区迁移距离较前一个时段有所增加，生物群区发生了更大的变化。

未来50年内，随着区域气候的变化，18个（90%）生物群区向高海拔迁移，只有落叶泰加林/山地林和温带阔叶稀树草原的平均分布海拔有所下降。落叶泰加林/山地林在水平方向的迁移距离也很大，是变化较大值得关注的类型。未来100年内，仍然有18个生物群区继续向高海拔迁移，并且迁移的幅度增加。而温带硬叶林地和沙漠两个类型的平均海拔有所下降（表5-2）。

变化时段	迁移方向	发生迁移的生物群区数量	平均迁移距离（° 或km）	迁移距离最大的生物群区
2000 ~ 2050	东	13	3.47° 或285	冷温带针叶林
	西	7	2.25° 或198	落叶泰加林/山地林
	南	8	2.39° 或280	开阔针叶林地
	北	12	1.77° 或249	落叶泰加林/山地林
2000 ~ 2100	东	13	8.29° 或692	温带针叶林
	西	7	3.75° 或529	温带硬叶林地
	南	7	3.96° 或478	开阔针叶林地
	北	13	2.21° 或287	温带硬叶林地

【表5-1】生物群区在水平方向的迁移状况

变化时段	迁移方向	发生迁移的生物群区数量	平均迁移距离（° 或km）	迁移距离最大的生物群区
2000 ~ 2050	上	18	452	开阔针叶林地
	下	2	70	落叶泰加林/山地林
2000 ~ 2100	上	18	922	开阔针叶林地
	下	2	324	温带硬叶林地

【表5-2】生物群区在垂直方向迁移状况

6 / 气候变化对优先区的影响分析

6.1优先区的气候变化暴露度分析

在气候变化暴露程度上来看，整体上本世纪后50年比前50年变化不大，从暴露度排名上看（表6-1），2000-2050年位于前十位的横断山南段区、阿尔泰山区、祁连山区、横断山南段区、岷山-横断山北段区、南岭地区、桂西南山地区的气候变化暴露度在50年后排名都有所降低，特别是南岭地区和桂西南山地区两个优先区的气候变化暴露度没有落在前十位。而羌塘-三江源区、太行山地区、海南岛中南部区、天山-准噶尔盆地西南缘区、鄱阳湖区气候变化暴露度在50年后排名都有所升高，特别是天山-准噶尔盆地西南缘区、鄱阳湖区两个优先区的气候变化暴露度排名进入前十位。

ID	优先区名称	1961-2008 气候变化暴露度	2000-2050 气候变化暴露度	2050-2100 气候变化暴露度	2000-2100 气候变化暴露度	排序
1	大兴安岭区	1.65	1.56	1.41	1.50	22
2	小兴安岭区	1.97	1.50	1.69	1.61	19
3	三江平原区	1.41	1.29	1.56	1.42	31
4	长白山区	1.56	1.60	1.78	1.73	15
5	松嫩平原区	1.73	1.77	1.40	1.50	21
6	呼伦贝尔区	1.74	1.58	1.50	1.45	26
7	锡林郭勒草原区	1.31	1.52	1.37	1.49	24
8	阿尔泰山区	1.87	2.45	2.16	2.32	8
9	天山-准噶尔盆地西南缘区	1.92	2.00	2.66	2.26	9
10	塔里木河流域区	1.53	1.20	1.20	1.24	32
11	祁连山区	1.54	2.80	2.60	2.89	4
12	西鄂尔多斯-贺兰山-阴山区	1.84	1.74	1.48	1.67	16
13	羌塘-三江源区	2.25	2.80	2.76	2.94	3
14	库姆塔格区	1.66	1.76	1.60	1.80	14
15	太行山地区	3.88	2.13	2.33	2.04	10
16	六盘山-子午岭地区	2.64	1.41	2.04	1.63	17
17	喜马拉雅东南区	2.60	3.93	3.56	3.65	1
18	横断山南段区	2.00	2.68	2.16	2.65	5
19	岷山-横断山北段区	3.37	2.98	2.54	3.13	2
20	秦岭区	2.83	1.87	1.87	1.94	12
21	桂西南石灰岩地区	1.81	1.40	1.43	1.50	20
22	武陵山区	2.35	1.64	2.08	1.42	30
23	大巴山区	1.81	1.74	1.81	1.61	18
24	大别山区	1.86	1.18	1.71	1.44	27
25	黄山-怀玉山区	2.03	1.11	2.01	1.47	25
26	武夷山地区	1.83	1.58	1.38	1.43	29
27	南岭地区	1.15	1.94	1.86	2.01	11
28	洞庭湖区	1.66	1.25	1.94	1.49	23
29	鄱阳湖区	2.85	1.78	2.10	1.85	13
30	海南岛中南部区	1.80	2.61	2.68	2.49	6
31	西双版纳区	1.86	1.33	1.40	1.44	28
32	桂西南山地区	1.36	2.30	2.03	2.42	7
China	中国	2.75	2.56	2.58	2.60	6

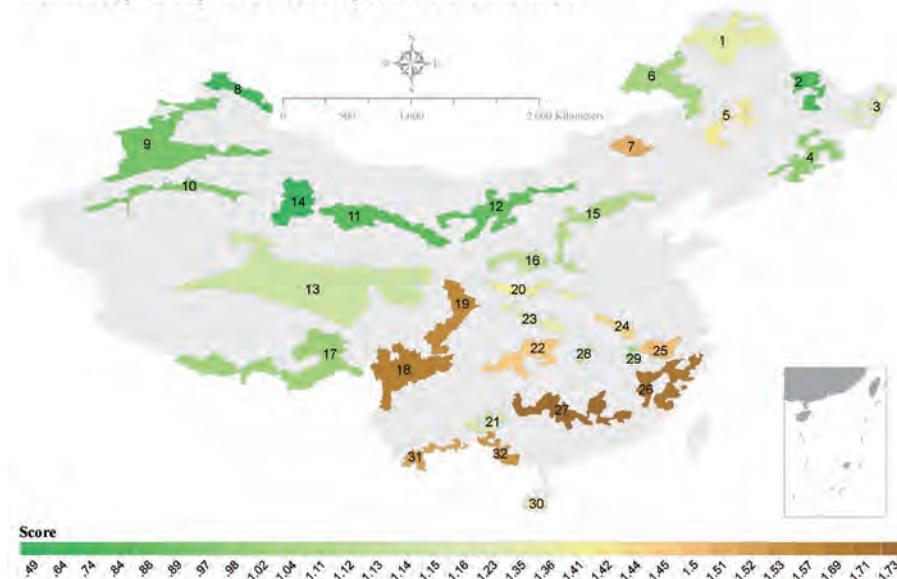
【表6-1】优先区气候变化暴露度

6.2 优先区对气候变化敏感度分析

在本分析中，敏感度用优先区压力/受威胁的状况、优先区中目标物种对干旱等气候事件是否敏感，物种的濒危状况，重点保护生态系统和对气候变化敏感的生态系统来衡量。图6-1给出了优先区气候变化敏感度分布图。

南岭地区、武夷山地区、横断山南段区、岷山-横断山北段区、桂西南山地区、西双版纳区、锡林郭勒草原区、黄山-怀玉山区、武陵山区、大别山区的综合敏感程度最高。其中，横断山南段区、岷山-横断山北段区、西双版纳区的物种重要性程度很高；南岭地区、桂西南山地区、武陵山区的人为干扰较大，同时物种重要性程度很高；武夷山地区、大别山区的重要生态系统覆盖范围比较大，同时人为干扰较大；锡林郭勒草原区的重要生态系统覆盖范围比较大；黄山-怀玉山区的人为干扰比较剧烈。阿尔泰山区、库姆塔格区、小兴安岭区的气候变化敏感性较低。

Sensitivity Analysis of Priority Conservation Areas

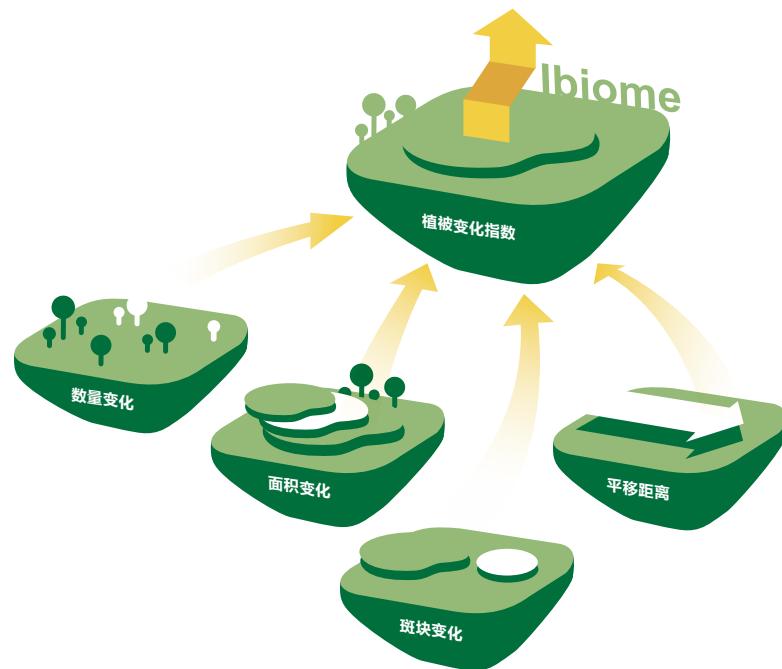


【图6-1】优先区气候变化的敏感度



6.3 优先区内的植被变化

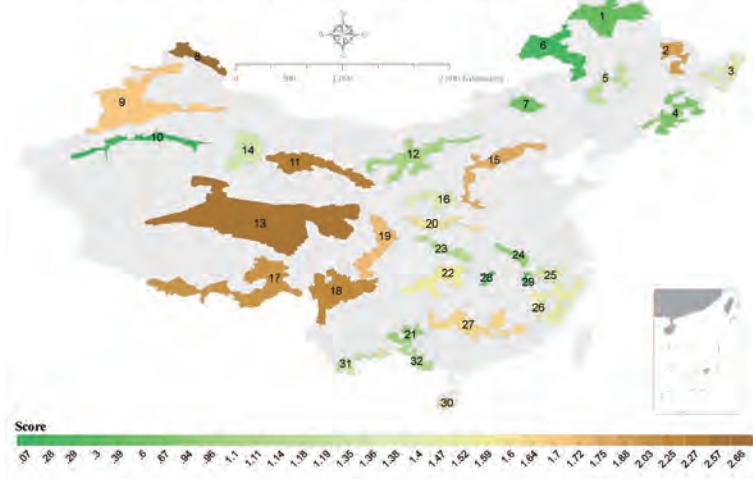
我们从数量变化、面积变化、平移距离和斑块变化四个方面的指数来反映优先区内的植被变化的剧烈程度。四个方面的指数结合得到植被变化指数lbiome，指数值越大则说明该优先区的植被变化幅度越大，优先区内的保护对象发生的变化也越大，相应的需要更多针对气候变化影响的保护策略。



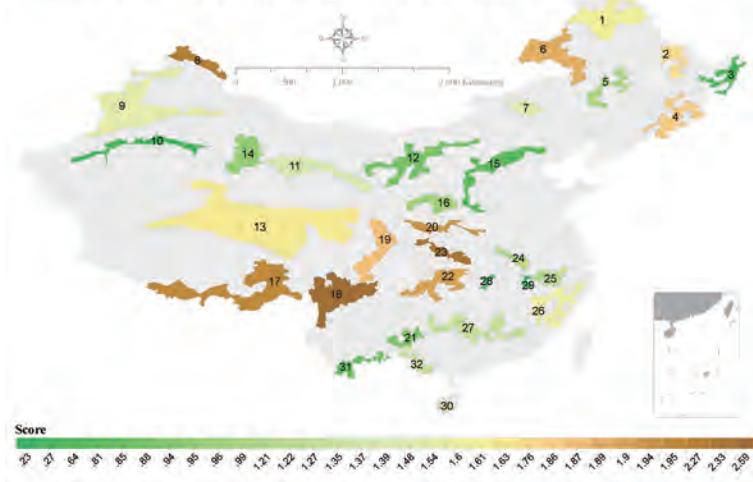
【图6-2】2000-2050 优先区植被变化指数

【图6-3】2000-2100 优先区植被变化指数

Vegetation Change of Priority Conservation Areas, Prsent - 2050



Vegetation Change of Priority Conservation Areas, Prsent - 2100



6.4. 气候变化对优先区的影响分析

根据排序结果将敏感度、暴露度和植被变化都分成从高到低I、II、III和IV四个级别。在表6-2中，我们可以清楚的看到气候变化对每个优先区的影响程度。

根据排序结果将敏感度、暴露度和植被变化都分成从高到低I、II、III和IV四个级别。首先，最值得关注的优先区是横断山南段区、岷山-横断山北段区。这两个区域不仅对气候变化极其敏感而且在未来50年和100年中的暴露度和植被变化都是最剧烈的，是受气候变化影响最大也最为脆弱的区域。同时这两个区域因为分布着丰富的濒危珍稀特有物种，地形复杂，生态系统相对脆弱，对气候变化又非常敏感，是最脆弱、需要优先进行气候变化适应保护的区域。

与此同时，三江平原区、塔里木河流域区、桂西黔南石灰岩地区、大别山区、洞庭湖区和鄱阳湖区是在优先区中暴露度较低而且植被变化不明显的区域，因而在气候变化下受影响最小、最为稳定的区域。

【表6 - 2】优先区气候变化的影响分级

ID	优先区名称	敏感度分级	2050分级		2100分级	
			暴露度	植被变化	暴露度	植被变化
1	大兴安岭区	II	III	I	III	II
2	小兴安岭区	IV	III	II	III	II
3	三江平原区	II	IV	IV	IV	IV
4	长白山区	IV	III	III	II	I
5	松嫩平原区	II	II	IV	III	III
6	呼伦贝尔区	III	III	IV	IV	IV
7	锡林郭勒草原区	I	III	IV	III	II
8	阿尔泰山区	IV	I	I	I	I
9	天山-准噶尔盆地西南缘区	IV	II	II	II	II
10	塔里木河流域区	IV	IV	IV	IV	IV
11	祁连山区	IV	I	I	I	III
12	西鄂尔多斯-贺兰山-阴山区	IV	III	III	II	III
13	羌塘-三江源区	III	I	I	I	II
14	库姆塔格区	IV	II	III	II	III
15	太行山地区	III	II	I	II	IV
16	六盘山-子午岭地区	III	IV	III	III	III
17	喜马拉雅东南区	III	I	I	I	I
18	横断山南段区	I	I	I	I	I
19	岷山-横断山北段区	I	I	I	I	I
20	秦岭区	II	II	II	II	I
21	桂西黔南石灰岩地区	III	IV	III	III	IV
22	武陵山区	II	III	II	IV	I
23	大巴山区	II	III	III	III	I
24	大别山区	II	IV	IV	IV	III
25	黄山-怀玉山区	I	IV	II	IV	III
26	武夷山地区	I	III	II	IV	II
27	南岭地区	I	II	II	II	III
28	洞庭湖区	III	IV	IV	III	IV
29	鄱阳湖区	III	II	IV	II	IV
30	海南岛中南部区	II	I	II	I	II
31	西双版纳区	I	IV	III	IV	IV
32	桂西南山地地区	I	I	III	I	II



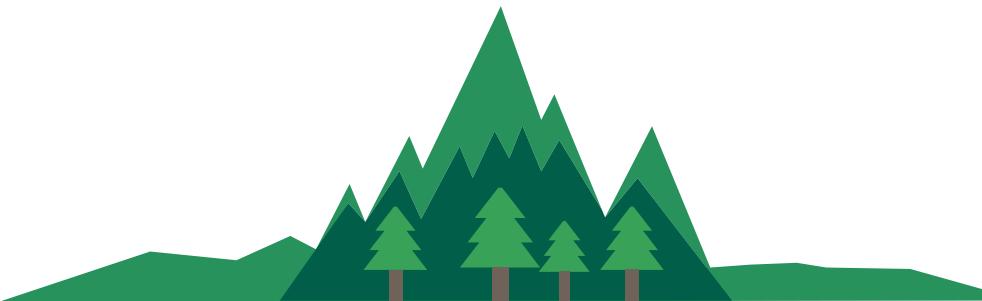


识别适应气候变化的 生物多样性保护网络 --以四川省为例

2ND

1/ 背景

保护地作为最有效的生物多样性保护手段，需要通过宏观设计、在联合作用下发挥最大保护作用，这就必须借助并基于生态信息来优化设计。在60年的发展历史中，大自然保护协会（TNC）在遵循生态系统的方法与适应性管理原则的同时，开发了一种系统的保护规划方法—生态区评估，以其系统的保护地识别能力在全球的生物多样性保护中发挥了巨大的作用。近30年来，气候变化的发生极大程度的影响了物种分布范围和丰度变化，甚至导致了物种灭绝。根据预测，未来气候变化将进一步改变物种的分布范围，提高绝灭风险。然而目前的系统保护规划方法主要是静态的，在设计时并没有考虑未来气候变化的影响，随着气候变化的事实、预估及其潜在影响的科学的研究不断深入，如何保证保护地这一最有效的保护手段，在气候变化背景下能够长期有效的发挥作用，成为系统保护规划领域的关键问题。本此研究的总体目标是将气候变化的影响整合到系统保护规划方法中，通过分析气候变化对保护对象（生态系统层面和物种层面）的影响，评估气候变化带来的风险和威胁，识别出具有气候弹性的保护网络，确保重要的生物多样性能在气候变化的背景下得到长期有效的保护。该研究以四川省为示范，识别出适应气候变化的生物多样性保护网络，并在此基础上总结出一套能够在全国推广的系统方法。



2/ 方法

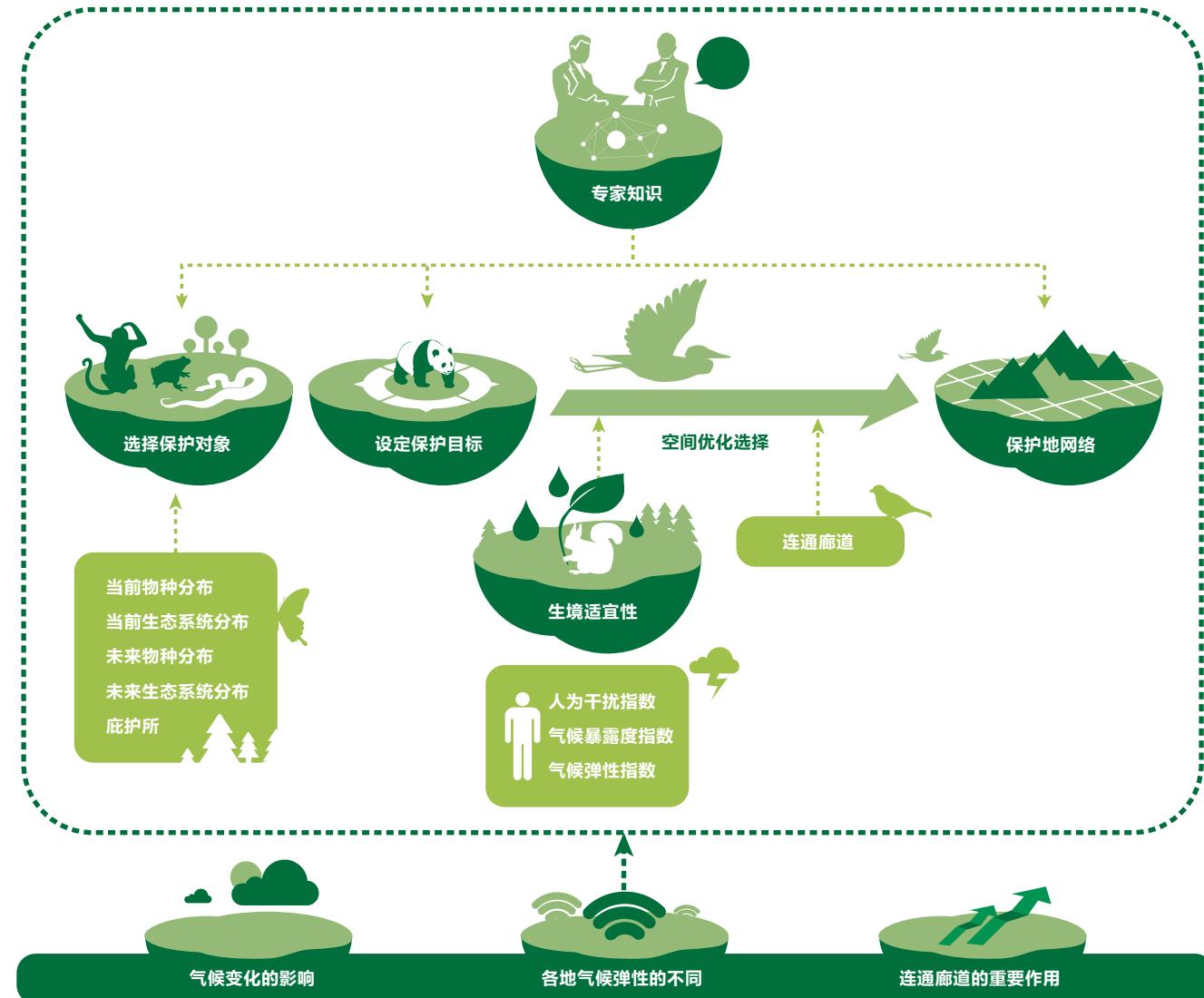
2.1 方法框架

我们还是沿用了生态区评估系统的设计思路，并通过三种途径来考虑气候变化适应的需求，并将其整合到现有的生态区评估方法中，识别出有弹性的气候变化网络。

在保护对象上：除了物种、生态系统的当前分布外，增加了未来物种、生态系统的分布，以应对气候变化对物种生态系统分布的影响；此外我们还选择了气候庇护所作为保护对象，在一定程度上还能弥补数据的不足，并保留潜在的生物多样性丰富场所；

在生境适宜性因子选择上：除了当前的人为活动干扰外，还增加了未来气候的变化强度和各地的气候弹性，以减少气候变化的压力；

最后我们还增加了连通廊道，以应对气候变化下物种的迁移需求，提高保护网络之间的连通性。



【图1】适应气候变化的生物多样性保护网络方法框架

2.2方法特点

在保护生物多样性要素的基础上保护生态过程

——庇护所,连通廊道

数据驱动

——客观, 定量

模型分析

——可重复, 透明

专家知识

——在信息有限的条件下充分结合专家知识



3/ 分析过程

适应气候的系统保护规划的最终目标是识别气候变化下生物多样性优先重点保护区域，使其包含有足够的物种种群和生态系统当前分布范围、和气候变化下未来的潜在分布区域，还要包含气候变化下物种种群的关键迁移廊道和生态弹性最高的区域，且分布于人为干扰小、气候变化不太强烈、气候弹性高的区域，以保证生物多样性长期生存尤其是气候变化下所需要的基本生态和进化过程。具体分析步骤如下：

3.1确定保护对象及设定保护目标

气候变化下，保护对象是多个时间尺度，空间维度和生物系统层次上的保护体系。因而重点关注的能够从各个层次上代表当地生物多样性的要素（物种，生态系统）作为保护对象，不仅考虑其当前的分布也考虑气候变化下的未来分布，和气候庇护所。并根据保护对象的特点确定相应的保护目标，满足长期维持保护对象生态过程和进化过程的数量和分布范围。

生态系统对象和目标

选择当前所有自然植被作为保护对象，并以同时根据其当前和未来的分布设定保护目标，以保证最后的保护优先区能够代表当前和未来的生物多样性分布格局。按照专家建议保护30%的生态系统设置。

物种对象和目标

根据专家知识，选定四川的珍稀、濒危、特有、国家重点物种，并识别气候敏感物种作为保护对象，并根据IUCN红色名录、特有种等依据进行分类设定目标，同时考虑当前和未来的分布。

庇护所对象和目标

高生态弹性的区域，是潜在能孕育出生物多样性的场所，在气候变化发生后，因其能够为物种重组提供最大的可能性，从而是未来气候变化发生时生物多样性的孕育场所，可以作为生物多样性的庇护所，因此，我们把高生态弹性作为保护对象并设定保护目标。

3.2生境适宜性评价

保护优先区域的识别，不仅要满足各个保护对象的保护目标，同时也要考虑生境的适宜性，即考虑人类活动干扰的强度，因为人类活动与保护往往会有冲突，人类活动大的地方往往保护代价相对就高，其生物多样性适宜程度也就相对较低；此外，考虑到气候变化，在未来气候变化程度如何，这些区域是否具备适应能力。我们将人类干扰，生物气候区变化情况，生态弹性叠加分析，得到气候和生态适宜性图层，作为保护的干扰图层，以保证我们的保护优先区网络尽量选择那些人类活动干扰小、气候变化程度低、生态适宜性高的区域。

3.3有气候弹性的生物多样性关键区域识别

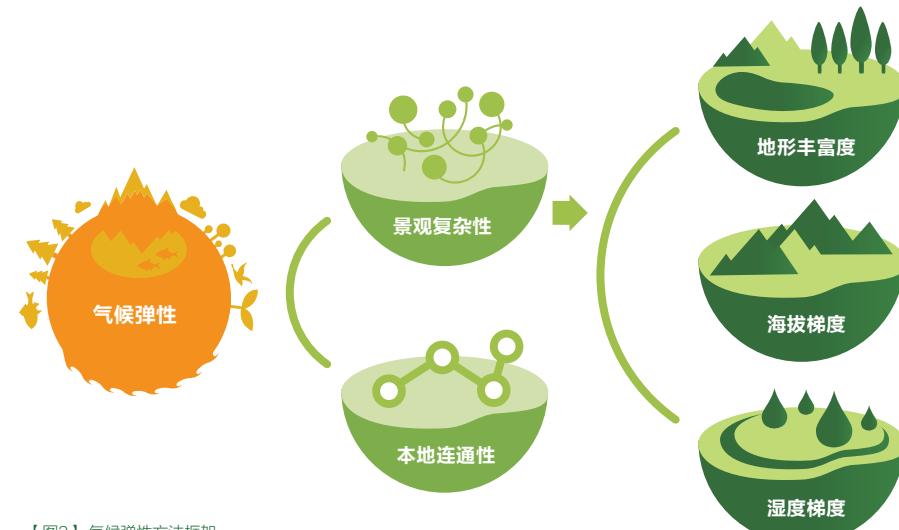
在上述步骤的基础之上进行保护优先区的识别，如果这些区域得到有效保护，就能够维持生态区内的生物多样性在气候变化下长期稳定存在。保护优先区域的设计需要在最佳的空间效率和气候/生态条件下，满足所有的保护目标，因此由生态完整性最高、最能够适应气候变化、最小面积、边缘效应最低并满足设定的生物多样性保护目标的区域组成。保护优先区的设定为保护行动的实施提供指导，最大化保护投资的效率。

保护优先区域通过整合自动筛选的模型（计算机优化模型MARXAN）运算和专家意见得到。首先将一些已知的保护完整的自然保护区作为生物多样性重要区域选择的基础。在此基础上综合考虑下列原则进行筛选：代表性、效率性、气候适宜性/完整性、连通性。

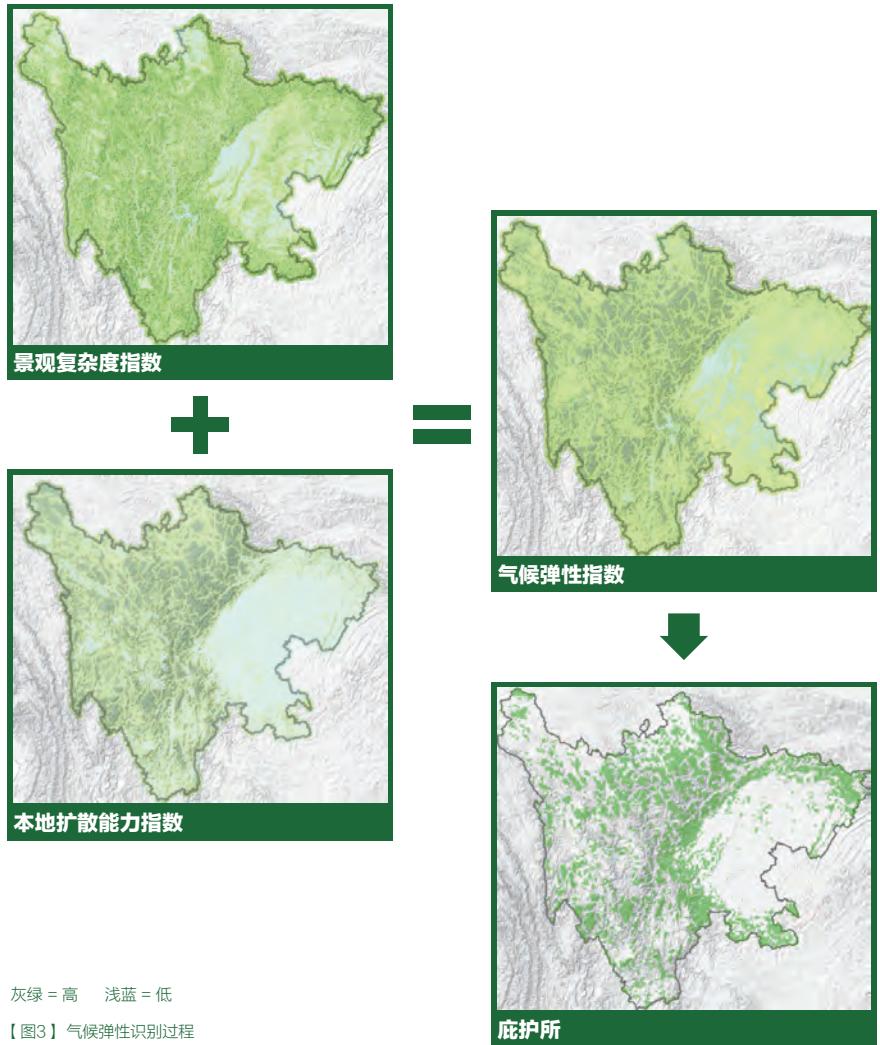
3.5关键步骤

气候弹性和庇护所的识别：

理论研究证明：一个景观复杂的地区，因为能够提供足够丰富的微气候环境，从而为气候变化下的物种提供更多的重组机会而保留其多样性。因此景观复杂度是衡量气候弹性的主要指标。此外，气候变化下，物种要利用给定区域的丰富的微气候环境，它必须能够自由扩散到该区域，因而本地扩散能力是衡量气候弹性的又一指标。然后针对每种地理背景，选择相对气候弹性最高的区域，这些区域因为能够为气候变化下的物种提供最好的重组机会，是未来气候变化下的生物多样性的孕育场所，我们把它作为庇护所。

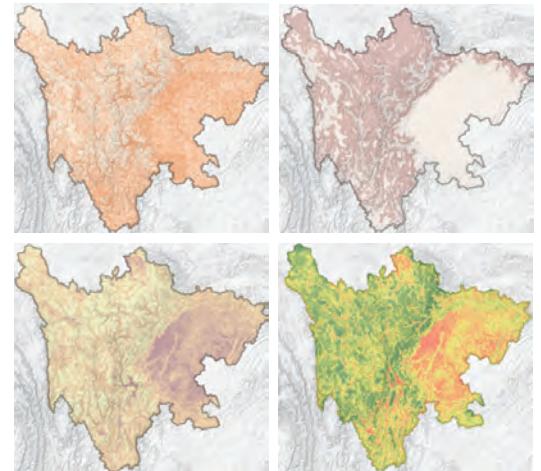


【图2】气候弹性方法框架



生境适宜性评估

保护优先区域的识别，不仅要满足各个保护对象的保护目标，同时也要考虑生境的适宜性，即考虑人类活动干扰的强度，因为人类活动与保护往往会有冲突，人类活动大的地方往往保护代价相对就高，其生物多样性适宜性程度也就相对较低；此外，考虑到气候变化，在未来气候变化程度如何，这些区域是否具备适应能力。因此这里我们将人类干扰指数，气候区变化指数，气候弹性三个图层综合得到生境适宜性指数。



【图4】保护代价图层

- 1 人类干扰指数
- 2 气候压力指数
- 3 脆弱性指数（气候弹性指数的倒数）
- 4 综合了以上三个指数的生境适宜性指数

连通廊道的识别

我们将潜在的关键生态流动聚集区域通道和重要节点识别出来，作为重要的生态功能区域——廊道，在生物多样性的保护中应作为重要的生态流动通道进行保护。



5 | 6

【图5】区域连通格局

浅蓝色是扩散区域
深蓝色是连通廊道
黄色是低流通或阻隔区域

【图6】关键连通廊道

与传统方法结果的比较

传统方法识别的保护网络占四川省国土面积的27.3%，该方法识别的保护网络占四川省总面积的35.34%，比传统的方法仅多3.9万平方公里，却能满足未来气候变化下四川省生物多样性的保护目标。两种方法确定绝大部分的保护地分布位置相同，气候适应方法确定的保护地网络更为集中。具体每个生态区的保护地分布比较见下表。从表中可以看出，由于西藏高原高山灌丛和草甸生态区在四川省的分布面积特别小，因而只有传统方法确定的保护地在此生态区有零星分布，此外，除贵州高原阔叶和混交林生态区外，其余生态区两种方法确定的共同保护地的面积基本上都占到了保护地的一半以上。

说明整体上每个生态区的两种方法共同确定的保护地面积比例较高。在藏东南灌木林和草甸、大巴山常绿林、横断山脉亚高山针叶林、怒江澜沧江峡谷高山针叶和混交林、秦岭落叶林这五个生态区传统方法确定的保护地面积比例较大，而贵州高原阔叶和混交林、邛崃-岷山针叶林、四川盆地常绿阔叶林、云南高原亚热带常绿林这四个生态区使用气候适应的方法确定的保护地面积比例较大，说明考虑了未来气候变化之后，这些生态区的适应能力更强，而除邛崃-岷山针叶林生态区之外，其余的三个生态区在用传统方法确定的保护地比例都比较小，说明使用气候适应方法之后，保护地分布空间上更为均匀。总之，使用气候适应方法之后，除大巴山常绿林生态区之外（由于西藏高原高山灌丛和草甸生态区在四川省的分布面积特别小，不需要考虑），其余生态区的保护地面积都在15%之上。邛崃-岷山针叶林、藏东南灌木林和草甸两个生态区在气候变化之后尤为重要。

4 / 结果

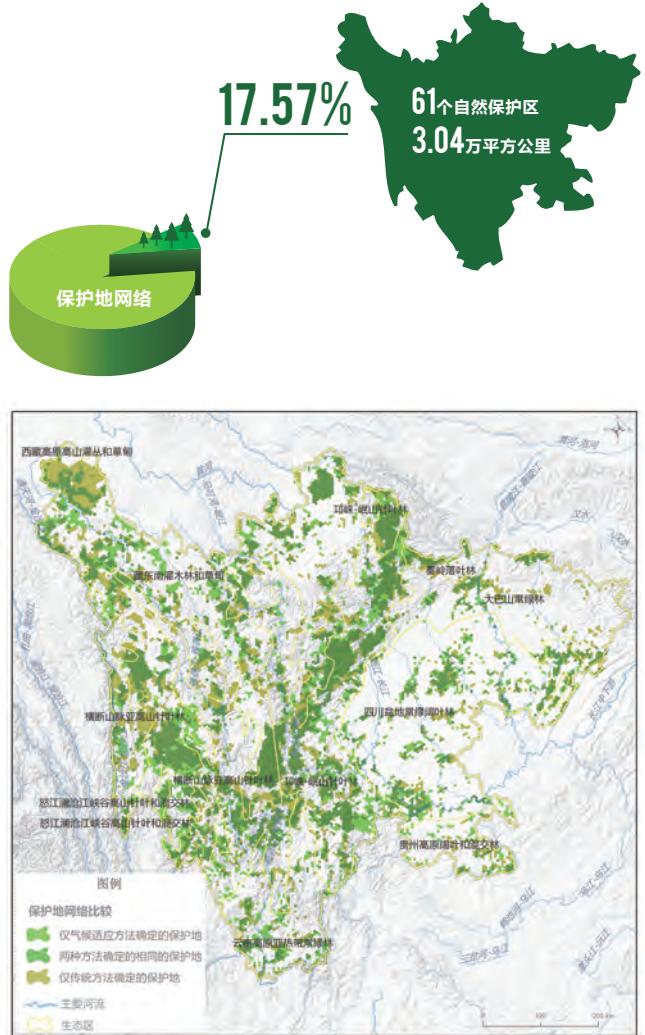


【图7】适应气候变化的生物多样性保护网络

最后的保护网络包括3个部分，不仅包括能代表当前和未来生物多样性格局—即物种和生态系统丰富的区域;还包括未来不会受到气候变化影响的庇护所;以及气候变化下物种迁移种群流通的关键廊道,以提高保护网络之间的连通性，真正形成了有气候弹性的完整保护网络。

其中，各保护类别的分布面积分别约为：物种和生态系统8.92万平方公里，气候庇护所3.98万平方公里，关键廊道4.28万平方公里，分别占四川省面积的18.35%、8.19%、8.80%。其中物种和生态系统，以及气候庇护所共同构成了保护地区域，关键廊道作为气候变化下重要的生态功能区域辅助形成网络。从分布格局上来看，保护地区域主要分布于岷山、邛崃山、大雪山一线，以及横断山区和四川盆地西南缘的山地，和雅砻江上游的草原区域，关键廊道区域主要分布于大巴山、凉山以及岷山。

【表1】传统方法和气候适应方法确定的保护地在各生态区的分布面积



【图8】与传统方法结果的比较

生态区名称	生态区面积 (平方公里)	保护地类别	保护地面积 (平方公里)	保护地 面积比例	传统方法保护地 面积比例	适应气候方法 保护地面积比例
藏东南灌木林和草甸	157212.73	仅气候适应方法确定的保护地	17661.18	11.23%	34.65%	32.94%
		两种方法确定的相同的保护地	34125.42	21.71%		
		仅传统方法确定的保护地	20346.25	12.94%		
大巴山常绿林	49064.56	仅气候适应方法确定的保护地	1391.6	2.84%	13.54%	9.55%
		两种方法确定的相同的保护地	3293.88	6.71%		
		仅传统方法确定的保护地	3349.03	6.83%		
贵州高原阔叶和混交林	14168.16	仅气候适应方法确定的保护地	1542.58	10.89%	13.20%	16.08%
		两种方法确定的相同的保护地	736.02	5.19%		
		仅传统方法确定的保护地	1134.42	8.01%		
横断山脉亚高山针叶林	67327.82	仅气候适应方法确定的保护地	7106.78	10.56%	32.25%	28.02%
		两种方法确定的相同的保护地	11757.52	17.46%		
		仅传统方法确定的保护地	9956.67	14.79%		
怒江澜沧江峡谷 高山针叶和混交林	124.26	仅气候适应方法确定的保护地	14.48	11.65%	40.71%	31.03%
		两种方法确定的相同的保护地	24.08	19.38%		
		仅传统方法确定的保护地	26.5	21.33%		
秦岭落叶林	5317.31	仅气候适应方法确定的保护地	253.65	4.77%	31.00%	26.44%
		两种方法确定的相同的保护地	1152.26	21.67%		
		仅传统方法确定的保护地	496.35	9.33%		
邛崃-岷山针叶林	77478.78	仅气候适应方法确定的保护地	9458.74	12.21%	36.57%	38.95%
		两种方法确定的相同的保护地	20717.99	26.74%		
		仅传统方法确定的保护地	7615.45	9.83%		
四川盆地常绿阔叶林	84840.53	仅气候适应方法确定的保护地	5888.57	6.94%	14.28%	15.47%
		两种方法确定的相同的保护地	7237.04	8.53%		
		仅传统方法确定的保护地	4876.27	5.75%		
西藏高原高山灌丛和草甸	511.02	仅传统方法确定的保护地	1.39	0.27%	0.27%	
云南高原亚热带常绿林	30088.76	仅气候适应方法确定的保护地	3198.89	10.63%	18.83%	20.88%
		两种方法确定的相同的保护地	3084.05	10.25%		
		仅传统方法确定的保护地	2580.13	8.58%		

保护成效与空缺分析

在四川省已经建立61个国家级和省级自然保护区，都在最终确定的保护网络，这些保护区覆盖了保护地网络面积为3.04万平方公里，占保护地网络总面积的17.57%，其中国家级自然保护区覆盖的面积占7.48%。具体每个生态区中的保护地网络和国家级、省级自然保护区覆盖情况见下表。其中，怒江澜沧江峡谷高山针叶和混交林、贵州高原阔叶和混交林两个生态的保护地网络没有被目前的国家级和省级自然保护区保护，横断山脉亚高山针叶林、大巴山常绿林、四川盆地常绿阔叶林、云南高原亚热带常绿林三个生态区的保护面积较少，都不足10%。秦岭落叶林、藏东南灌木林和草甸、邛崃-岷山针叶林三个生态区保护较好。

生态区名称	生态区面积(km ²)	保护地网络面积(km ²)	保护地网络分布面积比	国家级省级自然保护区保护面积(km ²)	保护地网络中保护的面积比
云南高原亚热带常绿林	30088.76	12178.92	40.48%	599.97	4.93%
四川盆地常绿阔叶林	84840.53	17428.23	20.54%	6.86	0.04%
大巴山常绿林	49064.56	14583.13	29.72%	1166.88	8.00%
怒江澜沧江峡谷高山针叶和混交林	124.26	47.7	38.39%		
横断山脉亚高山针叶林	67327.82	24354.4	36.17%	1145.11	4.70%
秦岭落叶林	5317.31	2360.8	44.40%	911.81	38.62%
藏东南灌木林和草甸	157212.73	58086.58	36.95%	15527.38	26.73%
贵州高原阔叶和混交林	14168.16	5380.65	37.98%		
邛崃-岷山针叶林	77478.78	36860.61	47.58%	11057.59	30.00%

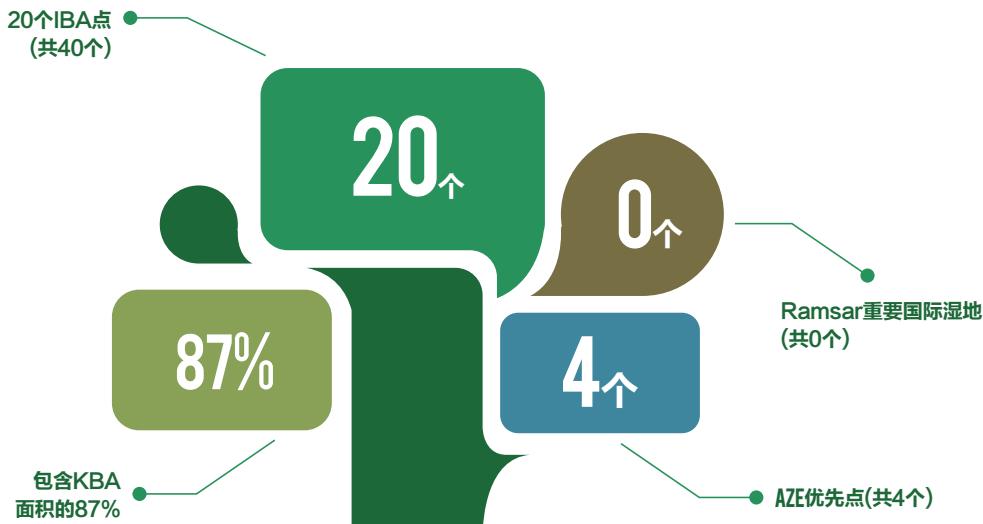
【表2】各生态区中保护地网络的保护面积



【图9】最终确定的保护地网络与国家级和省级自然保护区分布

保护地网络与已有研究成果比较分析

基于不同的目标，国内外在保护地规划选择中已有一些成果，本规划所识别的保护地网络覆盖了4个AZE优先点（共4个），20个IBA点（共40个），0个Ramsar重要国际湿地（共0个），包含KBA面积的87%。



TNC网站: www.tnc.org.cn (中文) www.nature.org (English) 微 博: <http://weibo.com/tncchina>

微 信:

