“一带一路”绿色发展国际联盟
2020年政策研究专题报告

# “一带一路”生物多样性重要区域及影响分析

2020年12月

2019年4月，中外合作伙伴在第二届“一带一路”国际合作高峰论坛期间共同启动“一带一路”绿色发展国际联盟（简称绿色联盟）。绿色联盟旨在建设政策对话和沟通平台、环境知识和信息平台、绿色技术交流和转让平台，促进实现“一带一路”绿色发展国际共识、合作和行动。

本报告从交通基础设施建设角度出发，从以下几个方面对“一带一路”生物多样性重要区域开展研究。首先是对“一带一路”沿线地区生物多样性现状进行评估，基于遥感与地理信息系统等技术手段，对不同区域生物多样性敏感性进行分析，鉴别“一带一路”倡议实施过程中存在的生态环境风险。第二，研究“一带一路”交通基础设施建设与生物多样性保护二者的关联度并分析潜在影响。第三，针对生物多样性保护现状以及对未来的保护形势研判，总结生物多样性保护优秀案例，提出加强“一带一路”生物多样性保护的政策建议。

“一带一路”绿色发展国际联盟秘书处 乔宇杰女士
电话：+86-10-82268647
传真：+86-10-82200535
地址：中国北京西城区后英房胡同5号
邮编：100035
网址：http://www.brigc.net/
电子邮件：brigc@fecomee.org.cn
brigcsecretariat@163.com

# 研究团队*


| | |
|---|---|
| 张林秀 | 联合国环境规划署国际生态系统管理伙伴关系（UNEP-IEMP） |
| 王国勤 | 联合国环境规划署国际生态系统管理伙伴关系（UNEP-IEMP） |
| 徐湘博 | 中国科学院地理科学与资源研究所 |
| 田舫 | 生态环境部对外合作与交流中心 |
| 李楠 | 世界自然基金会（瑞士）北京代表处（WWF China） |
| 张诚 | 世界自然保护联盟（IUCN） |
| 张瑜 | 保护国际基金会（CI） |
| 韦霄娜 | 中国科学院地理科学与资源研究所 |


* 研究团队的成员来自绿色联盟“生物多样性和生态系统”专题伙伴关系，以其个人身份参加研究工作，报告中表达的观点不代表其所在单位及“一带一路”绿色发展国际联盟观点。

# 目录

# 执行摘要

生物多样性是人类社会赖以生存和发展的基础，生物多样性保护是全球关注的核心生态环境问题之一。以区域互联互通为核心的“一带一路”六大经济走廊，贯穿了多个陆地与海洋生物多样性热点地区、荒野区和其他关键保育区。交通等基础设施建设是“一带一路”倡议下的重要合作领域，其特点是投资和建设周期长，对生态环境的影响相对较大，如果不进行适当规划，在未来几十年将给生物多样性保护带来巨大的潜在风险。因此，生物多样性保护必须成为“一带一路”交通等基础设施项目中的核心建设理念之一。

“一带一路”贯穿亚欧大陆，覆盖范围横跨大陆东西两端，气候类型多样，水资源与土地资源分布存在明显差异，人均水资源量不到全球平均的 2/3，人均耕地面积为全球平均的 3/4。就资源禀赋条件而言，“一带一路”沿线地貌多样、地质现象复杂全面，孕育了丰富的自然资源。“一带一路”覆盖了位于全球油气最为丰富的地区，该地区石油和天然气产量分别占全球的 58%和 54%，其中又以中东地区的油气资源最为丰富。对于矿产资源，“一带一路”沿线区域重要黑色金属、有色金属储量位于世界前列，非金属矿在“一带一路”沿线国家储量也十分可观。

为更深入评估“一带一路”沿线的生物多样性现状，本报告依次进行生物多样性重要区域的识别研究及其敏感性分析。对于“一带一路”生物多样性重要区域的识别，本报告在世界保护区数据库、世界生物多样性重要区域数据库、世界自然基金会优先生态区、世界自然保护联盟濒危物种红色名录、生物多样性热点区域等现有生物多样性数据库的基础上，利用 WWF-SIGHT 工具对“一带一路”生物多样性重要区域进行可视化识别。识别结果显示，“一带一路”生物多样性重要区域主要集中在东南亚、中印缅交界处与欧洲。这些地区气候温暖湿润，地形或为平原，或为丘陵山地，形成了良好的生物生存条件。

对于“一带一路”经济走廊生物多样性敏感性分析，本报告选取了典型生物多样性相关的生境，并根据不同生境的自然、社会和经济条件，确定适合评估区域的敏感性因子。通过综合生态敏感性评价方法，统筹考虑生态系统变化、动植物物种及栖息地变化、迁徙路线等多种因素，定性定量相结合地评估生态环境敏感性。

分析结果表明，在地域分布上，从东到西，经济走廊建设对生物多样性重要

区域的潜在总体影响呈现减少的趋势；从南向北，也呈现出下降趋势。在东南亚地区及亚欧大陆最东边中俄交界地区，走廊建设对生物多样性重要区域的总体影响最大，这两个地区的生态环境敏感性最高。中东欧地区的影响普遍较小，该地区的生态环境敏感性较低。从经济发展程度上看，在经济较发达的欧洲地区，走廊建设对生物多样性重要区域的总体影响较小，而在经济发达较落后的东南亚地区、中国中部地区及中俄交界边境地区，总体影响较大。从具体潜在影响来说，"一带一路"沿线保护区总面积的 32％可能受到影响，"一带一路"六大经济走廊与 265 种受威胁物种的范围重叠。总体上，"一带一路"陆上经济走廊与生物多样性重要区域存在潜在重叠，这些重叠之处即为基础设施建设可能产生负面影响的风险区域。对这些潜在的重叠区域进行后续分析十分必要，有助于确定潜在的解决方案并为生态基础设施投资创造机会。

"一带一路"建设对生物多样性产生的影响中，交通基础设施的影响尤为值得分析。交通基础设施建设具有拉动经济发展及促进贸易和文化交流的重要作用。交通道路网络作为一种线型网络，长距离、大范围的交通通道在切割生境的同时，对周边地区的生态系统产生了不可逆性的深远影响。交通基础设施建设对生物多样性的影响可分为施工期间影响及运营期间影响，具体包括恶化生物生存条件、干扰生物群落结构等。

"一带一路"共建国家公路网、铁路网建设各有差异。总体而言，蒙俄地区及中国铁路网规模较大，中国干线公路里程最长，中欧、中西亚铁路、公路建设均存在较大发展空间。本报告将铁路公路网与重点生物多样性保护区进行叠合可视化处理，并根据二者重叠程度来分析铁路公路网对生物多样性的影响程度。

本报告还选取了具有代表性的重要交通基础设施建设工程，重点衡量其对植被覆盖、生态资源占用的影响，更针对性地呈现基础设施对生物多样性敏感性的影响。分析结果表明，在建项目在植被覆盖度、生态资源占用等方面具有潜在风险，但已建成的重点项目正对相关生物多样性损失进行修复。

为进一步探讨如何和谐处理基础设施与生物多样性的交互影响，本报告以中俄陆海联运国际交通走廊为例进行进一步分析。中俄陆海联运国际交通走廊物种丰富、生态系统脆弱多样。同时，它是中俄两国合作的重要关口，在经济发展意义上具有重要的战略地位。因此，在该地区进行基础设施的建设与发展是大势所趋，而该地区脆弱而独特的生态环境又为基础设施工程提出了新的要求。走廊建

设采取了许多策略，以保护该地区的生物多样性。这些措施包括：合理布局工程，降低生态风险；多层次合作建立跨界自然保护区；联合监测环境质量，开展经验交流分享等。

最后，本报告认为，“一带一路”沿线存在着不少生物多样性丰富而生态环境较为脆弱的区域，要顺利开展基础设施建设项目，势必要衡量、评估与减少项目对当地生物多样性的影响。在项目规划过程中考虑对生物多样性的影响十分重要，在衡量项目可行性时，采用生物多样性相关的评估工具也是必要的。同时，如何更好地开展跨国合作保护生物多样性也是一个值得讨论的命题。

基于此，报告提出以下四点建议：“一带一路”基础设施建设准则与联合国可持续发展目标相统一；倡导在基础设施投资前使用生物多样性评估决策工具；将生物多样性保护的相关原则融入绿色金融框架；加强科学支撑，推动生物多样性保护相关标准、规范对接。

生物多样性是人类社会赖以生存和发展的基础，人们的衣、食、住、行及物质文化生活的许多方面都与生物多样性密切相关。“一带一路”倡议覆盖全球大概一半人口，主要包括中国以及东南亚、西亚、南亚、中亚以及中东欧等地区国家。这些国家的生态环境复杂多样，特别是部分地区资源丰富但生态环境脆弱敏感，面临生物多样性保护和可持续发展的难题。

## 一、“一带一路”自然地理条件

自然地理条件是生物多样性的基础。“一带一路”共建国家主要位于亚欧大陆，覆盖范围横跨大陆东西两端，气候类型多样，地貌种类丰富，资源禀赋各异，人口密度也有较大差异。不同的自然条件下，孕育了不同的文明，也造就了国家间发展程度的差异。

亚欧大陆是地球上最大的陆地板块，面积约 5500 万平方千米，其中亚洲占 4/5。亚欧大陆突出的地理特点是，具有广阔的干旱内陆（超过 2000 万平方千米），破碎曲折的海岸带，庞大的半岛（总面积超过 1000 万平方千米），横穿大陆的高原和高山，数不胜数的陆间海和内海，以及丰饶的大河平原。这种宏观地理结构不但造就了亚欧大陆的自然条件，也影响着人口分布、经贸交往和地缘政治。

### （一）气候特征[1]

亚欧大陆气温自西南向东北递减，降水自沿海向内陆递减。亚欧大陆内部非常干旱，以沙漠、戈壁和干旱草原为主，降水少，温度低，土地生产力水平低。而沿海区域通常比较湿润（阿拉伯半岛除外），包括中国东部平原、欧洲大平原和各大半岛，这些地区土地生产力水平高，是耕地和人口主要分布区域。

亚欧大陆纵跨寒带、温带和热带，毗邻四大洋，加上世界屋脊青藏高原在内的复杂地形，促成了多种独特的区域气候类型，大致分为以下 10 类：（1）热带季风气候——东南半岛等；（2）副热带季风气候——中国东南部、日本及韩国等；（3）温带季风气候——中国华北、东北及东北亚等；（4）高地气候——青藏高原、埃塞俄比亚高原及伊制高原等；（5）温带大陆气候——北纬 35°～50°间的亚洲和欧洲中东部；（6）副极地大陆气候——北 65°N 间横贯亚欧的大陆；（7）极地苔原气候——亚欧大陆北极圈内；（8）热带干旱气候——西南亚延伸至非洲北部；（9）地中海气候——地中海沿岸；（10）温带海洋性气候——西欧。

[1] 刘卫东等，《共建绿色丝绸之路——资源环境基础与社会经济背景》，商务印书馆, 2019 年.

从气温上看，亚欧大陆气温季节分明，极端高低温区域差异极大。夏季大部分区域平均气温在10℃以上，低纬区域可达35℃以上，但区域间气温差异相对较小。冬季则呈现出极大的区域差异，最冷的亚欧大陆东北都可达-40℃，而低纬地区可达30℃。除此之外，地形与海陆分布也对区域气温差异有很大影响。青藏高原地区是比较集中的低温区；西北欧一带由于墨西哥湾洋流作用，要比东北亚一带温暖得多，冬季尤为明显。

从降雨上看，东亚受夏季风影响，年降水量呈从东南沿海到西北内陆逐渐减少的分布形态；东南亚一带多雨，年降水量普遍达1500毫米以上；西亚、中亚到中国西北一带的干旱区年降水量不足200毫米。欧洲西部为温带海洋性气候，年降水量在800毫米左右；欧洲东部到北亚一带，年降水量在400毫米左右。总体来看，降水的地理和季节分布都要比气温更复杂。

从干旱情况上看，东亚西部至中亚以及西伯利亚部分地区是典型的干旱和半干旱区，远离海洋，主要受大陆型气候以及西风环流影响，是最易发生干旱的区域。蒙古国、中亚、阿拉伯半岛及伊朗高原一带干旱强度大，持续时间也长，尤其是阿拉伯半岛及伊朗高原一带平均干旱事件的持续时间可达20个月左右。西南亚尽管年降水量大一些，但在个别年份也易于发生严重干旱，过去50年间曾发生两次最严重的干旱事件（1999/2001和2007/2008）。欧洲西濒大西洋，干旱不仅发生在半干旱区如地中海一带，也会发生在偏湿润的不列颠群岛、斯堪的那维亚以及俄罗斯。总体而言，南欧比欧洲其他地方更易于出现干旱事件，干旱发生的持续性和强度也更甚于欧洲其他地方。

### （二）资源禀赋特征

自然资源是生物多样性的依托条件之一，也是人类生产活动必不可缺的一部分。"一带一路"沿线地貌多样、地质现象复杂全面，孕育了丰富的自然资源。而自然资源在地区间差异也极大，直接或间接影响了不同地区的主导产业及生产力水平。

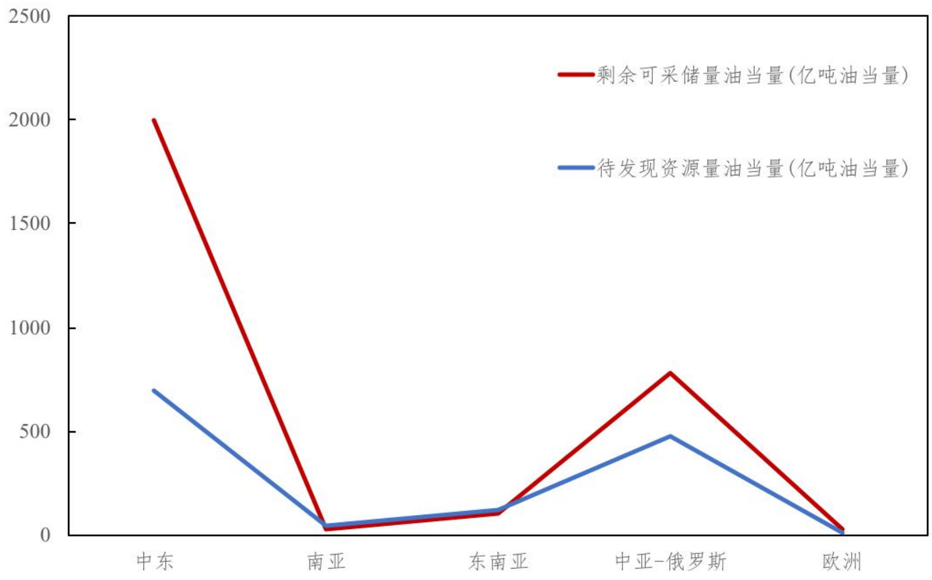



**图 1 “一带一路”区域油气资源分布**

1.油气资源

“一带一路”覆盖了位于全球油气最为丰富的地区，该地区石油和天然气可采资源量分分别占全球的 60%和 63%；产量分别占全球的 58%和 54%。但资源在该区域内分布极不均衡。将近八成的常规石油资源量和天然气资源量主要分布在中东地区，其余分布在西亚、中亚和俄罗斯。根据油气资源地域分布，可分为中东、中亚-俄罗斯、东南亚、欧洲四个主要油气区。四个主要油气区之间油气资源相差较大，且油气区内部资源分布也极不均衡（图 1）。

2.矿产资源

“一带一路”沿线的重要黑色金属、有色金属储量位于世界前列（图 2）。以铁这一金属为例，“一带一路”地区查明铁矿石储量 676 亿吨，约占全球铁矿石储量的 40%，主要分布于俄罗斯、中国、印度、乌克兰、哈萨克斯坦和伊朗 6 国。其中，俄罗斯、印度和乌克兰的查明铁矿石储量分别为 250 亿吨、81 亿吨、65 亿吨，分别位居世界第 3、5、7 位。

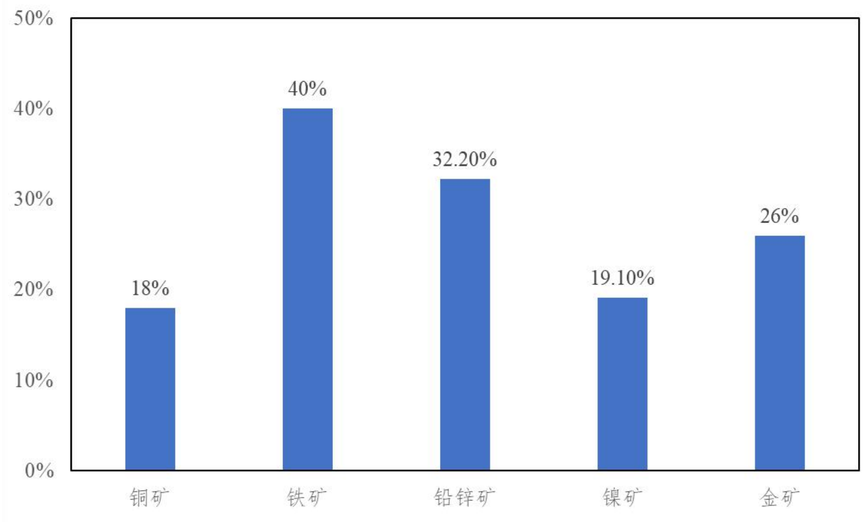



**图 2 “一带一路”区域矿产资源占全球比重**

非金属矿在“一带一路”沿线储量也十分可观，例如铝土矿查明储量约占世界铝土矿储量的 17%，硼矿储量约占世界探明硼储量的 69.5%。非金属矿种类繁多，开发利用前景大，对国民经济发展有较大推动力，是值得重视的矿产资源之一。

3.水资源

“一带一路”沿线国家和地区之间水资源分布存在明显差异。总体来看，“一带一路”地区多年平均降雨量和径流深度低于全球平均值低。由于气候类型众多，不同区域间差异大，降水与径流分布也在区域间存在较大差异。东南亚降水及径流较多，而西亚和中亚较少。从人均角度看，“一带一路”沿线国家人均水资源量不到全球平均水平的 2/3，与降水及径流分布类似，人均水资源量也是东南亚和东北亚较多，中东和中亚较少。从水资源可利用量角度看，西亚、中亚和南亚水资源可利用量占比较高，东欧、东北亚和东南亚水资源可利用量占比较低。

4.土地资源

A.耕地资源及其分布

“一带一路”沿线国家和地区耕地资源较为丰富，合计 6.95 亿公顷，约占世界的一半；人均占有 0.15 公顷，为全球平均水平的 3/4。耕地资源主要集中在中低纬度，其中，中蒙俄地区拥有规模最大的耕地资源，印度、俄罗斯和中国位列前三，耕地面积均超过 1 亿公顷，而科威特、黑山等国家耕地面积则不足 1 万公顷。近 15 年来，东南亚耕地面积增加最多，而南亚耕地面积则显著减少。受限于气候与地形的影响，东南亚地区的土地生产力相对较高，中亚南部的部分地区土地生产力较低。

B.林地资源及其分布

“一带一路”沿线国家和地区林地面积为 1579 万平方千米，占世界林地总面积的 44%，林地类型丰富，包括各种淡水/盐水淹没植被、阔叶林、针叶林等。“一带一路”范围内约 74.62%的林地分布在中蒙俄地区，中亚林地面积最小，仅占 0.43%。东南亚地区多为常绿阔叶林植被，生产力水平最高，而俄罗斯西伯利亚和远东地区则多为生产力水平最低的落叶针叶林。近 20 年来，林地面积呈现“减少-大幅增加-减少并趋稳定”的态势，中蒙俄林地增加最多，东南亚林地减少最多。

C.草地资源及其分布

“一带一路”沿线国家和地区草地总面积为 1173.09 万平方千米，约占区域总面积的 23.11%，其中有 67.18%分布在中蒙俄地区。同时，草地生产力总体也呈现从低纬度地区向高纬度地区、从沿海地区向内陆地区递减的规律。而与林地资源不同的是，受全球变暖和过度放牧的影响，主要草原区草地面积减少，草地多处于退化状态。全球气候变暖使温带生态系统面积扩张，植被生长季延长，温带森林向高纬度、高海拔扩张，最终导致亚洲和欧洲高山草地面积显著下降。

## （三）人文与经济地理特征[2]

“一带一路”覆盖超过全球超过 64%的人口，以及全球 GDP 的 30%。“一带一路”沿线人口分布呈现出“南高北低、东密西疏”的特点。俄罗斯乌拉尔山以东地区、哈萨克斯坦、蒙古国和中国西北地区，人口密度平均不足 1 人/平方千米。中国的长江三角洲、珠江三角洲和京津冀，印度的北方邦、比哈尔邦和西孟加拉邦，孟加拉国，巴基斯坦的东北部及印度河中上游地区，越南红河平原地区，印度尼西亚的爪哇岛等地，人口密度超过 1000 人/平方千米。其他大部分地区的人口密度平均在 100～1000 人/平方千米。共建国家大中城市主要分布在中国的中东部地区、中南半岛、印度半岛和中东欧地区。全球共有 31 个人口超过 1000 万人的特大城市，其中的 17 个位于“一带一路”沿线，特别是中国和印度。

“一带一路”共建国家以发展中国家为主，发达经济体少，主要是新加坡、以色列、阿联酋、卡塔尔等人口规模较小的国家。2017 年，沿线国家的国内生产总值（GDP）合计为 24.2 万亿美元（按官方汇率计），人均 GDP 为 5200 美元，约为世界平均水平的一半。仍有 5 个国家属于世界银行划分的低收入国家，包括阿富汗、叙利亚、塔吉克斯坦、也门和尼泊尔；有 19 个国家属于中低收入国家。此

[2] 刘卫东等，《共建绿色丝绸之路——资源环境基础与社会经济背景》，商务印书馆, 2019 年.

外，尽管共建国家总体贫困发生率只有 4%（2015 年），远低于世界平均水平，但一些国家的贫困发生率很高，包括印度、老挝、也门、乌兹别克斯坦等。从人类发展指数来衡量，共建国家的经济社会发展的不平等程度高于全球平均水平，贫富差距大。

尽管收入水平不高，但很多国家经济活力较强，近年来保持着快速经济增长，特别是中国以及东南亚、南亚国家。2000 年以来，“一带一路”沿线国家 GDP 占世界的比重从 17%上升到了 30%。中国、印度、印度尼西亚、俄罗斯、沙特阿拉伯、土耳其等国家成长为新兴经济体，成为世界经济的重要力量。近半个世纪以来，借助全球制造业的空间转移过程，东亚及东南亚地区已经稳定地成为世界工厂，并衍生出庞大的供应链，发展出联系密切的贸易网络。另外，中东地区一直是世界的能源基地，而俄罗斯和中亚地区的油气资源也十分丰富。因此，尽管一些国家因局部战争或内政问题经济发展缓慢，但总体上看“一带一路”共建国家是充满活力与希望之地，存在着巨大的经济合作空间。

## 二、“一带一路”生物多样性重要区域

生物多样性重要区域（Key Biodiversity Areas，KBAs）是由保护国际（Conservation International，CI）倡导的生物多样性保护热点地区发展而来。KBAs识别方法的发展起源于1980年提出的重点鸟区（Important Bird Areas，IBAs）的识别方法，之后的30年里国际鸟类联盟组织一直致力于用该方法在全球开展IBAs的识别工作，为了使数据具有可比性，世界各地的保护组织广泛运用IBAs识别方法[3]。后来这一方法从鸟类逐步扩展到其他类群，如重要植物区（Important Plant Areas，IPAs）、重要淡水生物多样性区（Important Freshwater Biodiversity Areas，IFAs）、重要蝴蝶区（Prime Butterfly Areas，PBAs）等。2004年美国华盛顿特区举办了一次专家讲习班，目的是开发一个交叉分类群的KBAs识别草案，将这些过程和方法论全部纳入到一个体系中；同年在泰国曼谷召开的世界自然保护大会上，世界自然保护联盟（IUCN）成员提出“要建立一个全球的协商机制，使各国在识别其生物多样性重要区域的方法上达成共识”。为响应这一倡议，IUCN物种生存委员会和IUCN世界保护区委员会共同设立了一个关于生物多样性及保护区的联合工作组。该联合工作组调动了IUCN专家和工作人员，以及其他保护机构、学术界、政府、捐赠者和其他私人企业代表，共同参与制定KBAs标准。

KBAs全球标准（2016）是IUCN继物种红色名录标准、生态系统红色名录标准之后制订发布的又一全球性标准，该标准的正式发布能够为政府或民间社会组织制定保护区网络提供强有力的战略支持。制定该标准旨在:（1）将现有的方式方法与生物多样性重要区域识别的方法进行协调；（2）对当前未能考虑到生物多样性要素的科学标准进行补充和完善；（3）供不同用户和机构在时间和空间尺度上运用此标准对全球生物多样性贡献显著的重要区域进行识别；（4）通过定量化阈值的科学标准，使生物多样性重要区域识别结果客观、透明和严谨；（5）促进政策制定者更好地了解生物多样性重要区域的重要性，为识别全球生物多样性重要区域做出贡献。

### （一）现有的生物多样性数据库

根据生物多样性重要区域的不同识别标准，目前已有多种有关生物多样性的

---

[3] FOSTER M N, BROOKS T M, CUTTELOD A, et al. The Identification of Sites of Biodiversity Conservation Significance: Progress With the Application of a Global Standard[J]. Journal of Threatened Taxa, 2012, 4(8):2733-2744.

数据库和名录。

1.世界保护区数据库

世界保护区数据库（The World Database on Protected Areas，WDPA）是联合国环境署与 IUCN 的一个联合项目，由联合国环境署世界自然保护监测中心与政府，非政府组织，学术界和工业界合作编写和管理。WDPA 综合考虑了经济因素和环境因素，以动植物等生物和地质结构等非生物为对象来识别保护区。WDPA 是海洋和陆地保护区最全面的全球数据库，包括空间数据（即边界和点）以及相关的属性数据（即表格信息）。

2.世界生物多样性重要区域数据库

世界生物多样性重要区域数据库（The World Database of Key Biodiversity Areas）由国际鸟盟(BirdLife International)所管理的世界鸟类及生物多样性数据库发展而来。目前，其由 13 个国际组织[4]组成的 KBAs 伙伴共同管理，其日常事务由国际鸟盟及 IUCN 指导的秘书处负责。该数据库的选择标准是“在陆地，淡水和海洋生态系统中对生物多样性的全球持久性做出重大贡献的区域”。具体标准包括：受威胁的生物多样性、受地域限制的生物多样性、生态完整性、生物过程、以及不可替代性。KBAs 标准并非与生物多样性的所有要素都有关系，但每个标准的阈值都可以应用于所有生物分类群（除微生物外）和生态系统。

3.世界自然基金会的优先生态区

世界自然基金会优先生态区（WWF Priority Ecoregions）以不可替代性和独特性来分析不同区域生物多样性特征，从而识别出在陆地、淡水和海洋中最独特的、最具代表性的 200 多个区域，因而该数据库又称为全球 200 个生态区(Global 200 Ecoregions，即 G200 Ecoregions)。WWF 优先生态区分析了全球生物多样性的模式，确定了一组地球上具有独特生物多样性并代表其生态系统的陆地、淡水和海洋生态区。该数据库将地球上的每个生态区置于一个由 30 个生物群落和生物地理

[4] 13 个国际组织包括：国际鸟盟，IUCN，美国鸟类保护协会(American Bird Conservancy)，两栖动物保护联盟(Amphibian Survival Alliance)，保护国际(Conservation International)，关键生态系统合作基金(Critical Ecosystem Partnership Fund)，全球环境基金(Global Environment Facility)，全球野生动物保护协会(Global Wildlife Conservation)，公益自然(NatureServe)，热带雨林信托基金会(Rainforest Trust)，皇家鸟类保护学会(Royal Society for the Protection of Birds)，世界自然基金会(WWF)，国际野生生物保护学会(Wildlife Conservation Society)。

领域组成的系统中，以方便进行表示分析；同时在不同生态区之间比较了生物多样性特征，以评估其不可替代性或独特性。用于比较的特征包括物种丰富度、特有物种、异常高等分类单元、异常生态学或进化现象以及生境的全球稀有性。目前该数据库包含 238 个生态区，包括 142 个陆地、53 个淡水和 43 个海洋优先生态区。这些生态区域的有效保护将有助于保护地球上最重要和最具代表性的生物多样性栖息地。

4.世界自然保护联盟濒危物种红色名录

世界自然保护联盟濒危物种红色名录（IUCN Red List of Threatened Species 或称 IUCN 红色名录）于 1963 年开始编制，是全球动植物物种保护现状最全面的名录，也被认为是生物多样性状况最具权威的指标。IUCN 红色名录是根据严格准则去评估数以千计物种及亚种的绝种风险所编制而成的。根据数目下降速度、物种总数、地理分布、群族分散程度等准则分类，物种保护级别被分为 9 类：最高级别是灭绝（EX），其次是野外灭绝（EW）；“极危”（CR）、“濒危”（EN）和“易危”（VU）3 个级别统称“受威胁”；其他顺次是近危（NT）、无危（LC）、数据缺乏（DD）、未评估（NE）。所有已评估物种中，受威胁物种共有 16118 个，其中动物 7725 种，植物 8390 种，真菌 3 种。主要的物种评估机构有国际雀鸟联盟（BirdLife International）、世界自然保护监测中心（WCMC）及 IUCN 物种生存委员会，这些机构所评估的物种数目占整个红色名录接近一半。

5.生物多样性热点区域

生物多样性热点区域（Biodiversity Hotspots）由保护国际（CI）开发，从生物多样性丰富程度及受威胁程度角度来识别并评选出的最具代表性的区域。评选标准包括两个方面：一是该区域至少包含全球 0.5%或 1500 种独有品种的维管束植物物种，二是已失去 70%以上的原生植被。CI 在世界范围内确定了 34 个生物多样性最丰富、受威胁程度最高的地区，虽然它们只占有地球陆地面积的 3.4%，但是包含了超过 60%的陆生物种。这些热点地区正在受到严重的威胁，很多热点区的原生植被只剩下不到 10%。

## （二）“一带一路”生物多样性重要区域识别

我们的生物多样性重要区域识别将建立在上述这些数据库和名录的基础上，综合考虑经济与科技因素、可持续发展目标、生物多样性独特性与濒危程度。

1.可视化工具

项目组可使用的生物多样性重要区域可视化工具有 WWF-SIGHT、CI 的 Trends.Earth 与 IUCN 的 IBAT，三个工具各有长短。SIGHT 数据库较为全面，同时拥有生物多样性重要区域数据库及重要基础设施建设数据，可以同时完成识别任务及敏感性分析任务，但无法选中某一国家或地区进行呈现与针对性分析。Trends.Earth 可以在时间序列上定性分析保护区保护情况，但缺乏基础设施的相关数据，暂时无法有效开展基础设施的敏感性分析。IBAT 可以自定义区域进行分析，拥有的生物多样性重要区域数据也比较全面，但同样缺少有关基础设施的相关数据。综合考虑三种工具的优缺点，我们将使用 WWF-SIGHT 作为本报告的主要可视化及分析工具，如图 3。

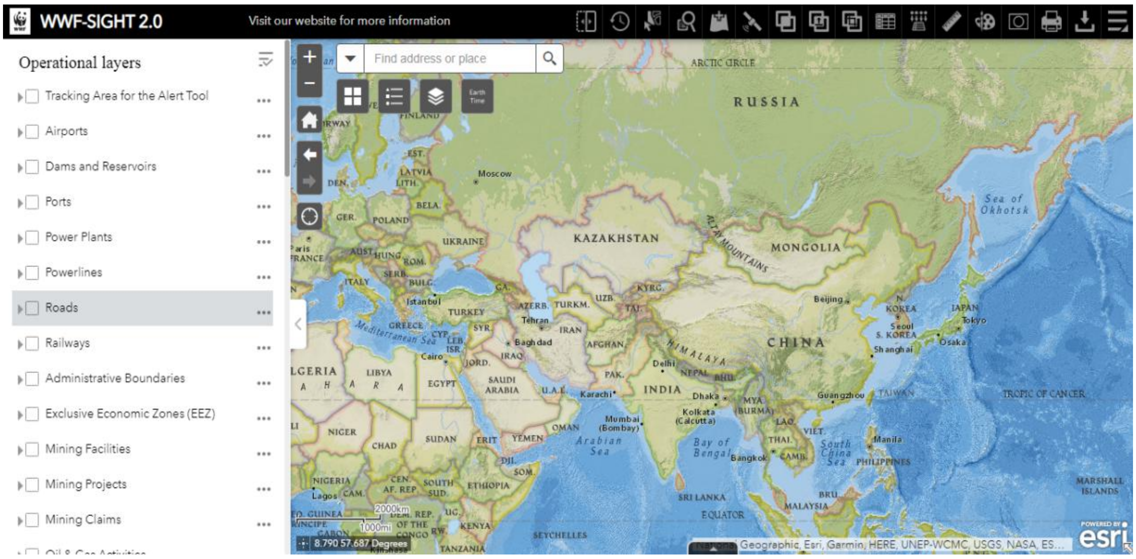



**图 3 可视化基础图层界面**

WWF-SIGHT 由 WWF 联合西蒙弗雷泽大学、卢克霍夫曼研究所、牛津大学等机构共同开发。WWF-SIGHT 是一个建立在谷歌地图基础上的全球智能平台。该项技术可使用户收集各种空间数据集，并将它们与卫星图像结合起来，从而直观地表现全球需要保护的自然资源的实时情况。目前，WWF-SIGHT 有两个版本，WWF-SIGHT1.0 是对外公开的，只包含部分自然资源及基础设施的在全球的分布情况，且不提供名称、类型、大小、投资方、所处国家或地区等细节信息。WWF-SIGHT2.0 是机构内部使用的版本，除了 WWF 自身掌握的自然资源信息外，还包括了一些商业数据，具有一些项目的细节信息，如铁路、公路、工厂等。

通过 WWF-SIGHT2.0，我们可以实现重点保护区与基础设施（铁路、公路等）的图层叠加，根据重叠程度，可以判断与分析基础设施对生物多样性的影响。同时，WWF-SIGHT2.0 拥有筛选功能，可以针对国家、覆盖面积等进行筛选，便于

开展更具有针对性的分析。

2.生物多样性保护重要区域可视化呈现结果

生态多样性重点保护区域在研究区域的分布情况见图 4、图 5、图 6。综合 WDPA、KBAs 和 WWF 优先生态区，我们分析出生态多样性保护重要区域主要集中在东南亚、中印缅交界处、欧洲及南非。这些地区气候温暖湿润，地形或为平原，或为丘陵山地，形成了良好的生物生存条件。图 7 显示，绝大多数红色名录濒危物种也分布于这些地区，尤其是东南亚地区与中印缅交界处。

西伯利亚地区存在零星分布但数量不少的生态多样性保护重要区域。该地区气候寒冷，降水较少，生存环境恶劣，虽然人类足迹较少，但恶劣的环境也使得这些区域更为脆弱，且这些区域也分布着相当数量的红色名录濒危物种。随着人类开发足迹逐渐向西伯利亚地区行进，这些地区需要更多的关注和保护。


图 4 WDPA 分布图


图 5 WDPA 和 KBAs 二者叠加图

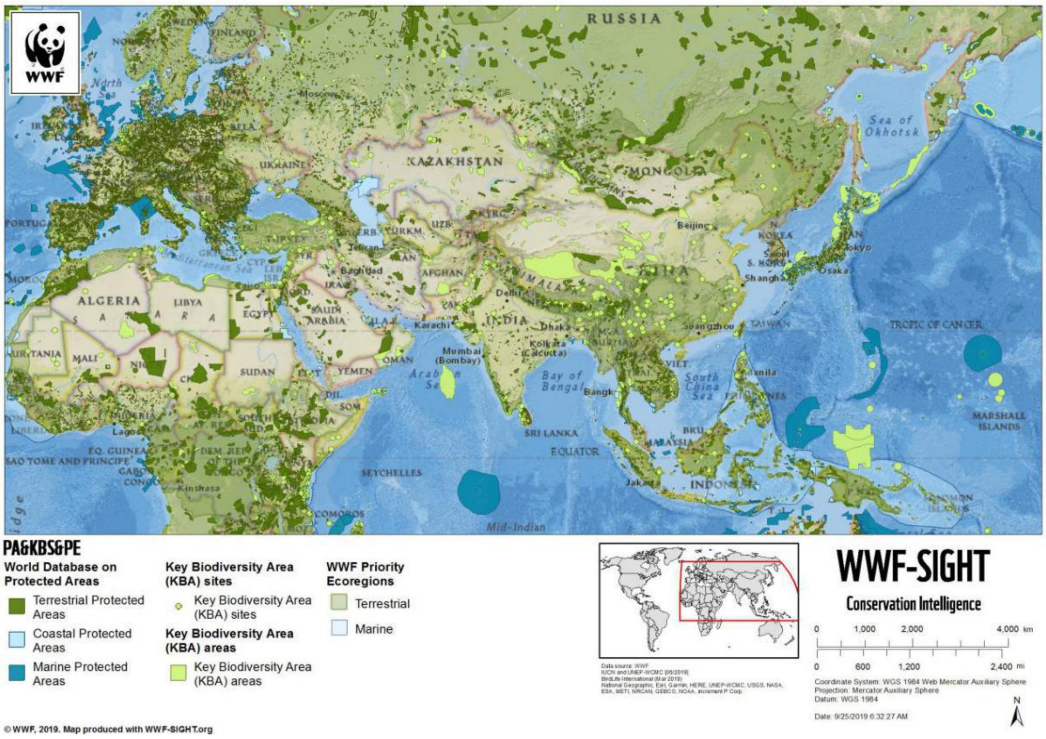
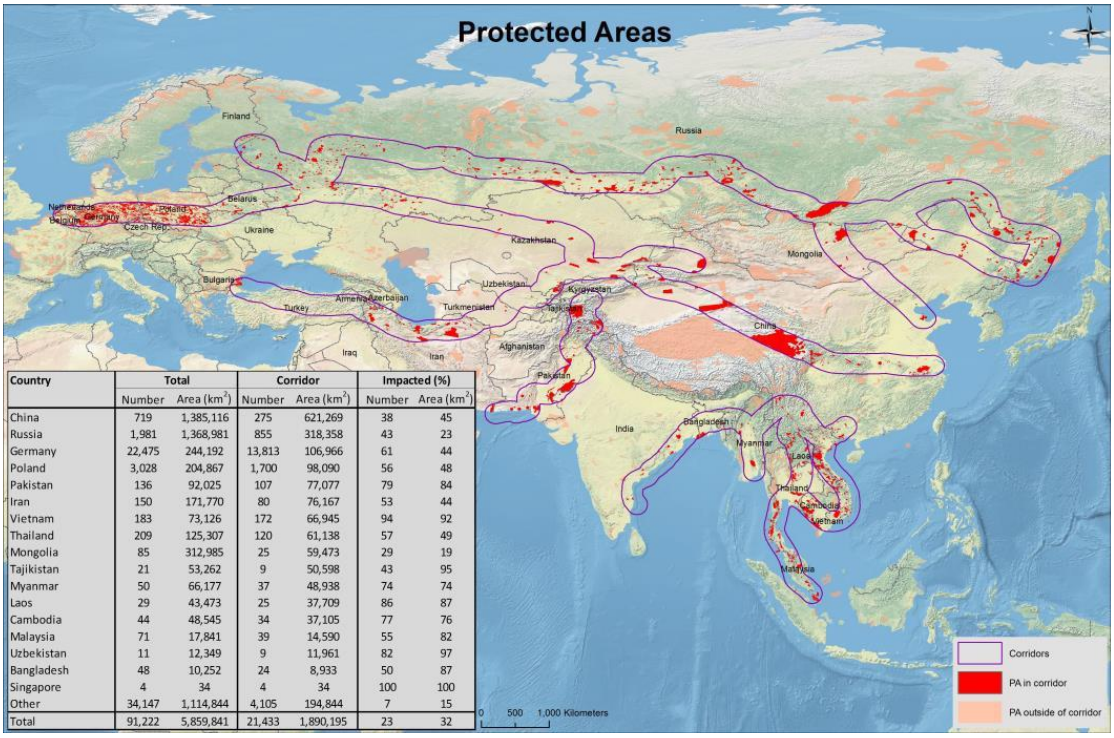



图 6 WDPA、KBAs 和 WWF Priority Ecoregions 三者叠加图


图 7 WDPA 与 IUCN 红色名录二者叠加图

图 8 呈现了生态多样性重点保护区域在“一带一路”六大经济走廊的分布情况。如图，中国西北地区是生态多样性重点保护区域的集中分布地区之一。该地区处于中国干旱半干旱区，位于干燥气候带，干旱化趋势严重；地形以高原和山地为主，土壤主要为红砂土和石膏土，水土保持功能较差；降水较少，且难以转为径流深；植被稀少，主要植被类型为草地和裸地。多种因素导致了该地区生态脆弱性强，一旦被破坏则难以被修复，会严重影响当地生态多样性。




| Country | Total | | Corridor | | Impacted (%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Number | Area ($km^2$) | Number | Area ($km^2$) | Number | Area ($km^2$) |
| China | 719 | 1,385,116 | 275 | 621,269 | 38 | 45 |
| Russia | 1,981 | 1,368,981 | 855 | 318,358 | 43 | 23 |
| Germany | 22,475 | 244,192 | 13,813 | 106,966 | 61 | 44 |
| Poland | 3,028 | 204,867 | 1,700 | 98,090 | 56 | 48 |
| Pakistan | 136 | 92,025 | 107 | 77,077 | 79 | 84 |
| Iran | 150 | 171,770 | 80 | 76,167 | 53 | 44 |
| Vietnam | 183 | 73,126 | 172 | 66,945 | 94 | 92 |
| Thailand | 209 | 125,307 | 120 | 61,138 | 57 | 49 |
| Mongolia | 85 | 312,985 | 25 | 59,473 | 29 | 19 |
| Tajikistan | 21 | 53,262 | 9 | 50,598 | 43 | 95 |
| Myanmar | 50 | 66,177 | 37 | 48,938 | 74 | 74 |
| Laos | 29 | 43,473 | 25 | 37,709 | 86 | 87 |
| Cambodia | 44 | 48,545 | 34 | 37,105 | 77 | 76 |
| Malaysia | 71 | 17,841 | 39 | 14,590 | 55 | 82 |
| Uzbekistan | 11 | 12,349 | 9 | 11,961 | 82 | 97 |
| Bangladesh | 48 | 10,252 | 24 | 8,933 | 50 | 87 |
| Singapore | 4 | 34 | 4 | 34 | 100 | 100 |
| Other | 34,147 | 1,114,844 | 4,105 | 194,844 | 7 | 15 |
| Total | 91,222 | 5,859,841 | 21,433 | 1,890,195 | 23 | 32 |

图 8 保护区在六大经济走廊的分布情况[5]

东南亚地区和孟印缅地区也是生态多样性保护重要区域的集中区，虽然分布较为零散，但数量却极多。东南亚属于赤道气候带，部分地区有趋于干旱的变化趋势；地形以丘陵和山地为主，土壤以强淋溶土和始成土为主；降水较多，且容易转为径流深；植被丰富，有林地和耕地。孟印缅地区属于赤道气候带，东部有干旱趋势；地势平坦，土壤以淋溶土和变性土为主；降水较多，植被丰富，有林地和耕地。这两个地区气候温暖湿润，以淋溶土为主的土壤肥力强，是许多生物理想的栖息地。

同时，中东欧地区也分布着大量的生态多样性保护重要区域。该地区属于冷温气候带，西部呈趋于干旱的变化趋势；地势低平，坡度较小，土壤以灰化土和黑钙土为主；降水较多，且容易转为径流深；植被以林地和耕地为主，也是生物多样性丰富的区域。

[5] WWF. The Belt and Road Initiative: WWF Recommendations and Spatial Analysis. 2017

## （三）“一带一路”六大经济走廊生物多样性敏感性分析[6]

在上一章节中，已经对“一带一路”生物多样性重要区域进行了识别与可视化呈现，本章主要对“一带一路”建设可能影响生物多样性和自然资源的潜在区域进行初步的空间分析。报告选取了典型生物多样性保护生境，并根据不同生境的自然、社会和经济条件，确定适合评估区域的敏感性因子。通过综合生态敏感性评价方法，统筹考虑生态系统变化、动植物物种及栖息地变化、迁徙路线等多种因素，定性定量相结合地评估生态环境敏感性。

“一带一路”倡议涉及许多对环境重要的区域，例如保护区、关键景观、WWF优先生态区，涵盖主要物种分布的生物多样性热点区域，以及产生社会经济效益、提供生态系统服务的重要区域。结合“一带一路”陆上经济走廊的地图数据集，开展生态环境敏感性分析，分析内容包括：

a) 受威胁的物种。对 IUCN 红色名录数据的分析表明，“一带一路”六大经济走廊与 265 种受威胁物种的范围重叠，包括 39 种重要濒危物种和 81 种濒危物种，包括赛加羚羊、老虎和大熊猫。

b) 对环境具有重要意义的地区。我们认为，“一带一路”六大经济走廊与已识别出的生物多样性重要区域重叠的部分将是走廊内对环境保护由重要意义的地区。

c) 生物多样性保护区。“一带一路”六大经济走廊穿过的所有保护区均可能受到影响。此外，“一带一路”共建国家保护区总面积的 32%可能受到影响。

d) 生境特征。在具有最大生境特征的区域中，连接偏远地区的新建道路比现有道路的扩建或改造会造成更加严重的长期影响。

e) 总体影响。通过对上述各要素进行等权重加权平均汇总，形成了“一带一路”六大经济走廊对生物多样性重点保护区域的总体影响（图 9）。

我们将影响程度分为五个层次，并以颜色来表示其程度的深浅。越接近绿色，说明影响程度越低；越接近红色，说明影响程度越高。同时我们将“一带一路”六大经济走廊在地图上标注出来，以更显著地体现基础设施建设在“一带一路”沿线国家和地区的潜在影响。

---

[6] WWF. The Belt and Road Initiative: WWF Recommendations and Spatial Analysis. 2017

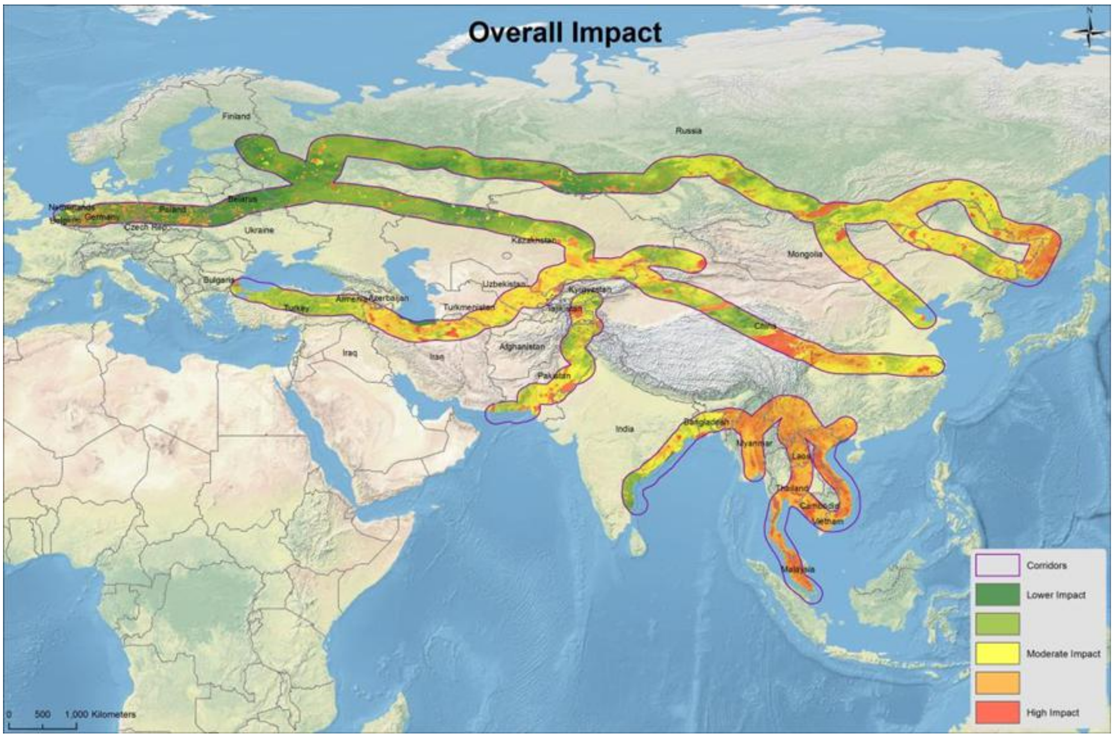



**图 9 “一带一路”六大经济走廊对生物多样性重要区域的潜在影响**

分析结果表明，在地域分布上，从东到西，经济走廊建设对生物多样性重要区域的潜在总体影响呈现减少的趋势；从南向北，也呈现出下降趋势。在东南亚地区及亚欧大陆最东边中俄交界地区，走廊建设对生物多样性重要区域的总体影响最大，这两个地区的生态环境敏感性最高。中东欧地区的影响普遍较小，该地的生态环境敏感性较低。

从经济发展程度上看，在经济较发达的欧洲地区，走廊建设对生物多样性重要区域的总体影响较小，而在经济发达较落后的东南亚地区、中国中部地区及中俄交界边境地区，总体影响较大。这可能与各地的环境脆弱性不同有关：

（1）中亚地区的生态环境敏感性处于中等偏高的程度，同时该地区是全球最大的非地带性干旱区的集中分布区，水资源极为稀缺。近年来，以水资源短缺和咸海生态危机为标志的生态环境问题日益凸显，气候变暖减少了山区冰雪融水补给，导致水资源危机进一步加剧。同时，由于人口快速增长、大面积农业灌溉，进一步加剧了水资源危机。

（2）西亚地区的生态环境敏感性处于中等程度，该地是地球上最干旱的地区之一，河流稀少，地下水资源干涸，气候变化对于西亚国家最显著的影响体现在水资源面临重要威胁，降雨期的缩短、干旱频率的增加以及生态不断恶化客观上

增加了该地的生态环境敏感性。中亚和西亚地区经济发展对开采水资源类型的基础设施需求极大，这一需求与该地原本脆弱的生态环境存在矛盾，进一步提高了生态环境敏感程度。

（3）东南亚各国生态环境敏感性总体处于偏高的状态，气候变化引发的极端气候，进而引起的海洋灾害是造成该地区高敏感性的主要因素。

（4）亚洲东部中俄边界及中国中部青藏高原边界地区，具有气温低、降水少、生态系统结构简单、抗干扰能力弱、自然灾害频发和易受全球环境变化影响的特点。同时，人类活动扰动改变了生态系统的稳定状态，加剧了青藏高原附近地区局部和短期的变化。另外，矿产资源开采和生物、旅游资源开发等人类经济活动也给两地的草地生态系统带来严重的破坏，使得局部地区出现草地退化、湿地消失、土地沙化等问题，对高寒脆弱生态系统产生了整体而长远的影响。

接下来，在六大经济走廊的范围内针对濒危物种进行敏感性分析，研究基础设施对濒危物种的潜在影响（图 10）。将濒危物种按照濒危程度分成三类，濒危程度最严重的为极度濒危物种，其次为濒危物种，最次为脆弱物种。每个物种内部按照受影响的比例，按照 20%的区间长度，分为五个受影响的程度，不同程度依然按照颜色来划分，越接近绿色表明受影响程度越小，越接近红色表明受影响程度越大。

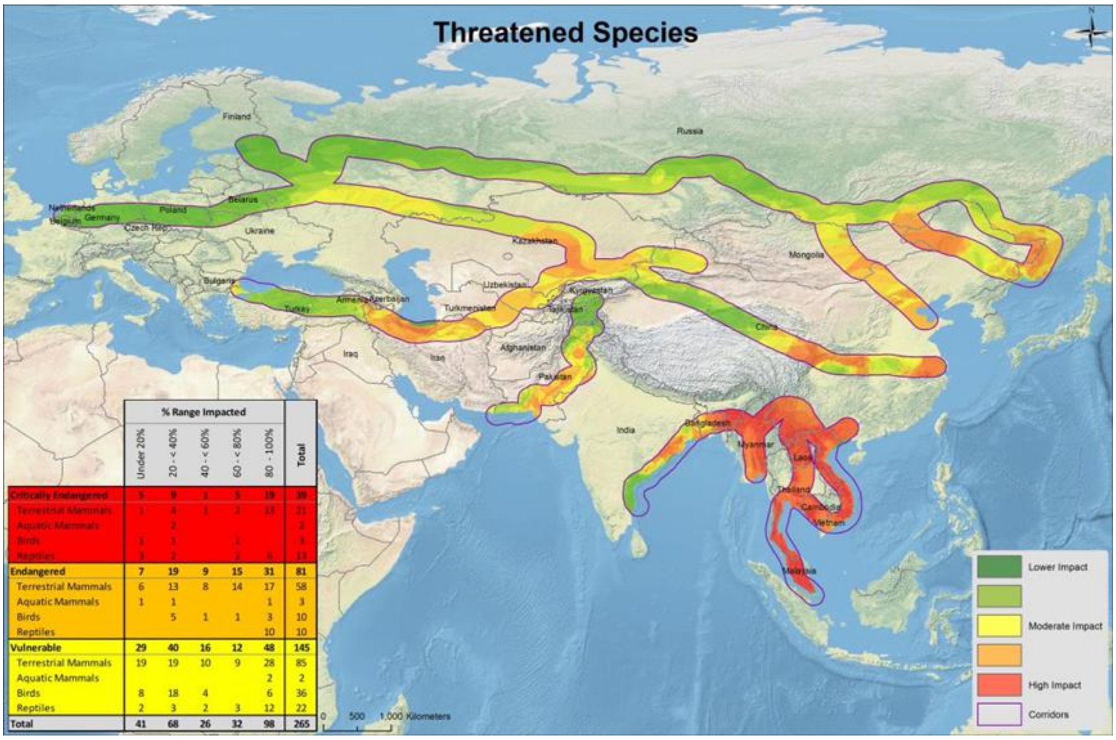



图 10“一带一路”六大经济走廊对濒危物种的潜在影响

如图 10 所示，从濒危程度上看，受影响的极度濒危物种在绝对数量上看最少，其次为濒危物种，脆弱物种受影响的绝对数量最多。从物种来看，陆生哺乳动物受影响的程度最大，约有 56.8%的极度濒危陆生哺乳动物受影响，约有 71.6%的濒危陆生哺乳动物受影响，约有 58.6%的脆弱陆生哺乳动物受影响。其次为爬行动物，约有 29.7%的极度濒危爬行动物受影响，约有 12.3%的濒危爬行动物受影响，约有 15.2%的脆弱爬行动物受影响。再次为鸟类，受影响最小的为水生哺乳动物。

这与基础设施的建设环境是一致的。大部分基础设施建在陆地上，需要占用或破坏以陆地为主要活动环境的生物的生存空间，因此，以陆地活动为主的陆生哺乳动物和爬行动物受影响的程度最大。东南亚地区受影响的物种范围最大，主要是由于该地气候温和湿润，植被丰富，分布着许多物种，特别是濒危物种。

图 11 是在生物多样性重要区域内进行生态环境敏感性分析的结果。根据上文梳理的生物多要行重要区域数据库，已经将“一带一路”六大经济走廊内的 KBAs、生物多样性热点区域以及 WWF 优先生态区识别出来，现根据保护区内被影响的百分比，以 20%为区间，分为五个程度，以不同颜色来表示程度的深浅，越接近绿色表明受影响的程度越小，越接近红色表明受影响的程度越大。

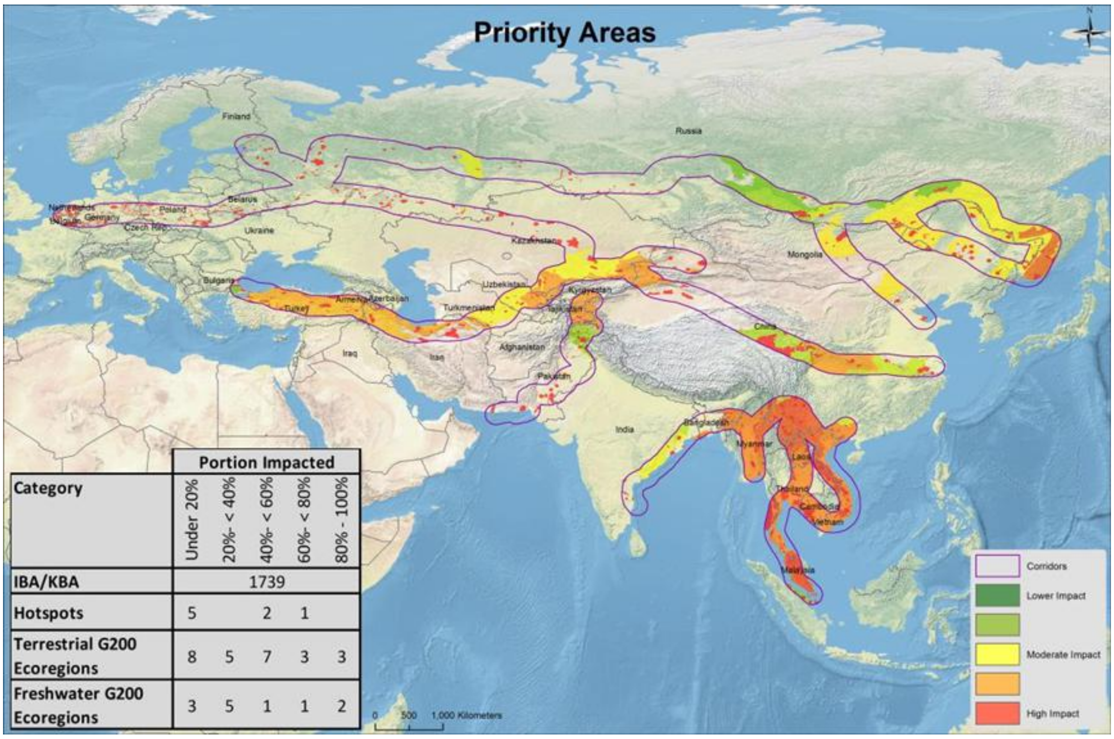



**图 11“一带一路”六大经济走廊对 WWF 优先生态区的潜在影响**

分析结果显示，在六大经济走廊内，共有 1739 个关键生物多样性区域受到影响；在可识别出受影响程度的生物多样性重要区域中，有 56.5%的保护区受影响程度小于 40%，有 57%的保护区为陆地优先生态区；在所有 WWF 优先生态区中，共有 13%的陆地优先生态区及 6%的海洋优先生态区受影响。

这与我们之前对于濒危物种的生态敏感性分析结果是一致的。位于陆地的生物多样性重要区域更容易因为基础设施建设的开展受到影响，甚至遭到破坏。同时，受到影响的海洋生物多样性重要区域主要集中于东南亚。欧洲地区虽然受到影响的生物多样性重要区域数量较少，呈零星分布，但受影响的程度却很高，基本都为较高影响到高影响。同时，受到高程度影响的生物多样性重要区域主要集中在欧洲大陆西岸发达国家，这些国家人口密集，人与生态的用地矛盾加剧，尽管这些国家在以上关于总体影响和濒危物种的影响中表现良好，但我们仍不应忽视这些发达国家在生物多样性重要区域上发挥的作用。

以上敏感性分析结果揭示了两个主要结论：（1）“一带一路”陆上经济走廊与生物多样性重要区域存在巨大的潜在重叠，这对于保护生物多样性以及为人们提供社会和经济利益至关重要；（2）这些重叠之处即为基础设施建设可能产生负面影响的风险区域。对这些潜在的重叠区域进行后续分析十分必要，有助于确定

潜在的解决方案并为生态基础设施投资创造机会。

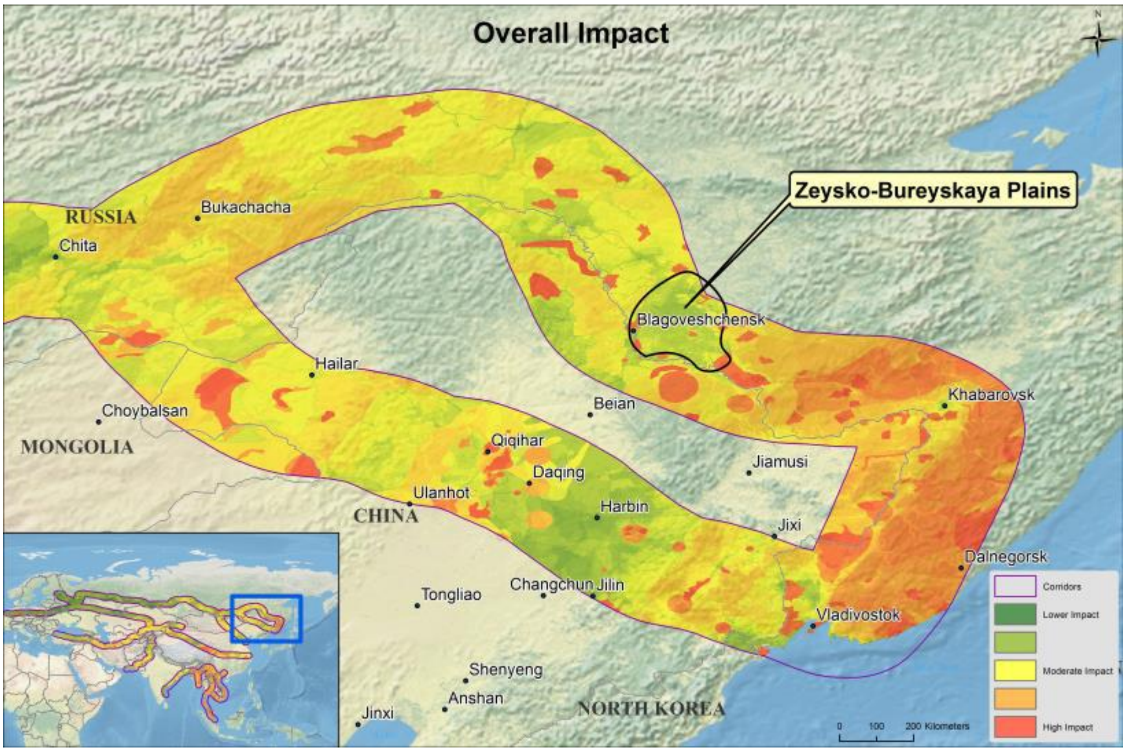



图 12 "一带一路"对 Zeysko-Bureyskaya 平原的潜在影响

当前的分析中还存在许多不足部分，例如地图上的"绿色"并不意味着基础设施项目的生态友好性。俄罗斯远东地区拥有大片完整的森林景观和宝贵的湿地生态系统，并且拥有许多潜在受"一带一路"建设影响的受威胁物种。该空间分析精准确定了滨海边疆区和哈巴罗夫斯基省为高风险区域，这些地区也确实是红松阔叶林和阿穆尔虎的栖息地。但是 Zeysko-Bureyskaya 平原（阿穆尔斯基省）被显示为"绿色"的低风险区（图 12），而事实上该区域是保护东方白鹳、丹顶鹤和达里安鹤等濒危物种的非常重要的区域。这说明在规划和实施"一带一路"项目之前需要进行更详细的分析。

## 三、“一带一路”交通基础设施对生物多样性的影响

根据《推动共建丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路的愿景与行动》，将重点规划建设中蒙俄、新亚欧大陆桥、中国-中亚-西亚、中国-巴基斯坦、中国-中南半岛、孟中印缅等6大经济走廊。其中交通基础设施建设、互联互通是经济走廊建设的优先领域，即在尊重其他国家主权和安全的基础上，加强与共建国家的交通基础设施建设规划与技术标准的对接，共同推进国际骨干通道建设，逐渐形成对接亚洲各次区域以及亚欧非之间的交通基础设施网络[7]。

交通基础设施建设对拉动“一带一路”共建国家经济发展及促进共建国家贸易往来、文化交流方面有重大作用。但是，交通道路网络作为一种线型网络，长距离、大范围的交通通道在切割生境的同时，对周边地区的生态系统产生了不可逆性的深远影响。这种影响被认为是过去的一个世纪中，人类对于自然生态系统的最为广泛的影响之一[8], 世界各国均对其给与了高度重视。

### A. 施工期间的影响

交通基础设施建设过程中，施工场地及其附属设施的建设，使得大量的土地被征占和使用，破坏了施工区内的全部植被，原有的动物栖息地被毁，改变了项目区的生物多样性。施工活动、施工机械的碾压和人员往来等也将不同程度的破坏和影响施工场地及周围的植被，从而影响了部分动植物的生存条件[9]。

项目区域内林草植被构成变化大，有部分物种数量急剧减少。例如，在交通基础设施附近，如道路沿线区域内，乔木受到的负面影响最大。通过考察发现，原本处于优势地位的某些乔木在公路施工过程中遭到大量砍伐，导致公路附近几乎无乔木分布。没有了乔木的竞争，灌木和草本能够获得更多的阳光、水和空间，替代乔木成为优势物种。

项目区域内野生动物生存条件被改变。耕地、园地、林地、滩涂等地类是野生动物生存栖息的基础，铁路建设施工将彻底改变地类，迫使野生动物就近迁徙,

---

[7] 金晶. “一带一路”国际铁路通道建设风险评估研究[D]. 中国铁道科学研究院, 2019.

[8] Noss R F and Cooperrider A Y. Saving nature’s legacy. [M]. Washington, D. C.: Island Press, 1994.

[9] 上官保国. 衢宁铁路宁德段建设对区域生物多样性影响分析[J]. 林业勘查设计, 2019(01):40-42.

有的难以存活，一定时期内对种群数量有影响。随着铁路施工技术的不断改进，基本以大型机械施工为主，对蛙类、益虫等有益野生动物赶不上铁路大型机器的掘进速度，基本被填埋。而在一个生态系统中，物种与其他物种、物种与环境是相互联系的，一个物种的消亡极有可能会带来一系列的连锁反应。

同时，交通网还会带来生态孤岛效应。公路网将原本为一个整体的生态系统切割成一个个生态孤岛。在近代已经灭绝的鸟类和哺乳动物中，有 3/4 是岛屿生物，历史证明，孤岛生态系统的物种多样性更加脆弱。由于野生动物的活动范围非常广，其生存与繁殖最易受到生态孤岛效应的影响。例如，分布在我国青藏高原地区的藏羚羊通常在果落盆地度过气候寒冷恶劣的冬季，到夏季会成群结队地向资源充足、天敌较少的卓乃湖、太阳湖及可可西里湖迁徙，以繁衍后代。道路对其栖息地的分离, 导致其食物不足，无法交配，生存繁衍面临很大挑战。道路对野生动物的影响不仅仅是阻碍其迁徙，交通的便利会一定程度上促进非法人员盗猎、乱砍滥伐的现象增加，增加对濒危物种的威胁[10]。

**B. 运营期间的影响**

人类活动改变区域的生物多样性。铁路运输的停车交会、设备管理与维护等会相应增加人类的活动频率，对区域生物多样性的干扰程度相应加大。运营期间来自人类生活区域的生活污水和动植物油类等排放水体污染物会改变动植物生存条件。人为活动频繁，增加了外来物种入侵的风险，一定程度上会对周边地区森林生态系统产生威胁。

噪音影响动物种群分布及数量。隧道多，铁路运输车辆的鸣笛次数增加，隧道和山体的物理阻隔会加剧声音的穿透和回荡，会搅乱动物的正常活动而向其他地方迁移，使区域的动物种群数量降低，甚至影响到种群的分布。同时，山区的铁路运输需求不高，发车频率较少，偶尔性的噪音比持续性噪音更会干扰动物的行为。

铁路安全防护设施限制动物活动范围。山体较陡，铁路两侧需要大量的防护网保障铁路运输安全。防护网的设置一定程度上限制了动物的走向，在食物链追赶捕食行为中，防护网可能是下一营养级动物的生命网，从而影响到生态系统的平衡性。

[10] 谢宇霖. 交通运输业对生态环境的影响分析. 山西建筑, 2018, 44(10):181-183.

## （一）铁路项目生态环境敏感性分析[11]

“一带一路”共建国家铁路网总里程约 38.45 万千米，约占全球铁路网总里程的 28%，网络规模较大，但各地区的路网规模、分布密度及技术水平有着明显的差异。基本情况见图 13 和表 1。其中，蒙俄地区由于土地广阔、线路跨度大，铁路营业里程最高，达到 7.87 万千米，占共建国家铁路总里程的 20.46%；其次是中国，铁路里程占 20%，路网规模较大；再次是东南亚和东欧，分别 17%和 14.3%，中欧和西亚所占比重分别为 9.9%和 8.29%，东南亚和中亚分别占 5.6%和 4.5%，铁路营业里程相对较少。

从路网密度来看，中欧的铁路网密度最高，达到 714.13 千米/万平方千米，这是长期建设的历史积累；东欧的铁路网密度达到 332.9 千米/万平方千米。其次，南亚地区的铁路网密度较高，达到 127.05 千米/万平方千米，中国也达到 78.87 千米/万平方千米。中亚、蒙俄、东南亚和西亚的铁路网密度类似，介于 42-49 千米/万平方千米之间（表 1）。

俄罗斯、中亚、西亚、南亚地区铁路发展缓慢，线路老化严重，技术装备水平严重滞后于中国和欧洲铁路网。塔吉克斯坦的铁路网尚未进行电气化改造，乌兹别克斯坦和白俄罗斯电气化率仅分别为 16.7%和 16.5%，哈萨克斯坦为 28.3%。高速铁路是当前高效的铁路方式，并成为反映一个国家铁路技术水平的象征（表 2），中国有 22 000 千米的运营高速铁路，土耳其有 1420 千米，其他国家的运营高速铁路很少。

---

[11] 刘卫东等,《“一带一路”建设进展第三方评估报告》, 商务印书馆, 2019 年.

表 1 “一带一路”范围内铁路、公路建设基本情况

| 地区 | 铁路 | | 公路 | |
|---|---|---|---|---|
| | 路网长度（千米） | 路网密度（千米/万千米） | 路网长度（千米） | 路网密度（千米/万千米） |
| 中亚 | 17132 | 42.81 | 25129 | 62.8 |
| 蒙俄 | 78669 | 42.09 | 42196 | 22.6 |
| 东南亚 | 21706 | 48.28 | 64236 | 142.9 |
| 南亚 | 65264 | 127.05 | 56451 | 109.9 |
| 中欧 | 38093 | 714.13 | 18994 | 356.1 |
| 东欧 | 55027 | 332.96 | 45491 | 275.3 |
| 西亚 | 31858 | 43.22 | 95685 | 129.8 |
| 中国 | 76773 | 78.87 | 169254 | 173.9 |

表 2 “一带一路”共建国家主要高速铁路里程统计表

| 国家/地区 | 运营/千米 | 施工/千米 | 全长/千米 | 时速/千米/小时 |
|---|---|---|---|---|
| 中国 | 22000 | 18155.5 | 38155.5 | 350 |
| 土耳其 | 1420 | 1506 | 2926 | 250 |
| 俄罗斯 | 645 | 770 | 1415 | 250 |
| 乌兹别克斯坦 | 344 | 256 | 600 | 250 |
| 波兰 | 85 | 322 | 417 | 200 |

**表 3“一带一路”重大铁路建设项目**

| 铁路名称 | 铁路起始城市/国家 | 状态 |
|---|---|---|
| 中老铁路 | 中国-老挝 | 在建 |
| 德黑兰-伊斯法罕高铁 | 伊朗德黑兰-伊斯法罕 | 在建 |
| 雅万高铁 | 印度尼西亚雅加达-万隆 | 在建 |
| 中泰铁路 | 泰国廊开-曼谷 | 在建 |
| 老街-海防铁路 | 越南老街-海防 | 在研 |
| 德黑兰-马什哈德高铁 | 伊朗德黑兰-马什哈德 | 在建 |
| 莫斯科-喀山高铁 | 俄罗斯莫斯科-中国北京 | 设计 |
| 中吉乌铁路 | 中国喀什-乌兹别克斯坦安集延 | 设计 |
| 匈塞铁路 | 匈牙利布达佩斯-塞尔维亚贝尔格莱德 | 通车 |
| 亚吉铁路 | 吉布提-亚德斯亚贝巴 | 通车 |

不完全统计，数据时间截至 2020 年 8 月。

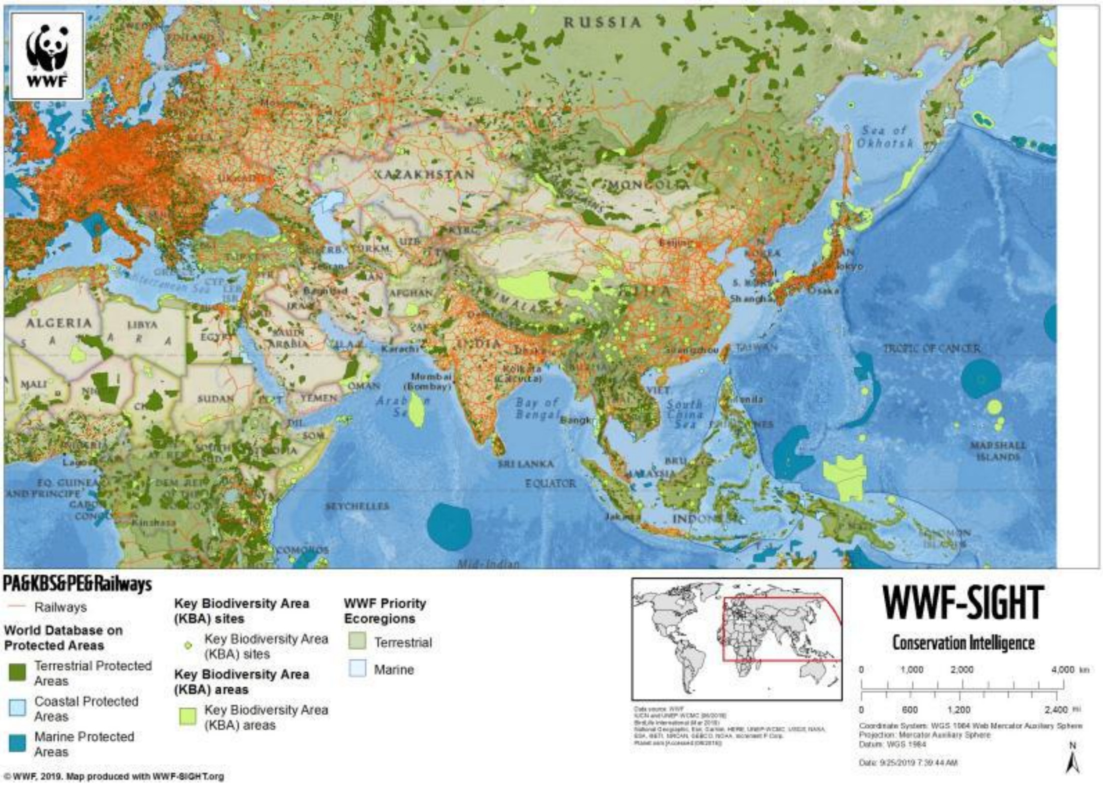



图 13 "一带一路"共建国家铁路网

图 13 为"一带一路"共建国家地区铁路分布(图中红线)及其与重点生物多样性保护区(图中不同色系的绿色色块)的重叠可视化示意图。可视化结果显示，铁路网在"一带一路"东西两端密度最大，在欧洲地区密度达到最大。在铁路网密度最大的欧洲地区，尽管重点生物多样性保护区稀少且呈零星分布，但几乎所有保护区均处于被基础设施严重影响的状态；在铁路网密度较小的东南亚地区，重点生物多样性保护区连片分布并处于被基础设施中度影响或高度影响的状态。

在经济发达程度较高的欧洲地区，铁路网建设历史与运营时间均较长，对生物多样性重要区域的影响时间跨度大、地理范围广，根据前文对交通于生态多样性的影响分析，在铁路施工期间与营运期间，已经对生物多样性区域造成了累积影响，特别是在工业发展早期，人们保护生态的意识十分薄弱，极少考虑建设铁路过程中对生态环境的副作用。因此，欧洲范围内的重点生物多样性保护区所受基础设施的影响极大。

而在东南亚地区，虽然铁路分布不是十分密集，但受影响的重点生物多样性区域多，且受影响程度大。一方面可能由于该地区原本生态环境比较脆弱，相对欧洲地区规模小的铁路工程也能造成对生物多样性重要区域较大的影响。另一方面，该地重点保护区数量多，分布密集，各保护区间存在各种各样的联动关系，

极易形成“牵一发而动全身”的效应，对铁路工程的建设及运营对某一保护区的破坏极易引发该保护区临近保护区内生态系统的紊乱，如被侵占栖息地的动物会迁移到周边保护区，成为周边保护区的入侵物种等。再者，东南亚地区国家经济发展程度较落后，对拉动经济发展的铁路需求大，对生态环境保护投资较小。在这样的国情下，这些国家极易采取“先发展，后治理”的措施，从而造成对生态环境更大的破坏。

### （二）公路项目生态环境敏感性分析[12]

2019 年“一带一路”共建国家的干线公路总里程约 51.74 万千米，但各地区的里程分布、路网密度差异显著，基本情况见图 14。其中，中国的干线公路里程最长，达到 16.93 万千米，所占比重达到 32.7%；其次是西亚国家，所占比重达到 18.49%；东南亚和南亚分别占 12.4%和 10.9%，东欧和蒙俄分别占 8.79%和 8.15%；中亚和中欧的里程最少，分别占 4.86%和 3.67%。

从路网分布密度来看（表 1），中欧地区的主干公路路网密度最高，达到 356 千米/万平方千米，东欧为 275.3 千米/万平方千米，远高于其他地区；中国、东南亚、西亚、南亚均介于 105～175 千米/万平方千米之间；中亚和蒙俄地区的路网密度最低，尤其是蒙俄地区的主干公路网密度仅为 22 千米/万平方千米。

除中国和欧洲地区外，各国公路普遍存在技术等级较低（车道少），干线公路拥挤、年久失修、路面状况差（裂化、老化）等情况，高等级公路较少，尤其是在国家边境地区的公路技术水平更低。2017 年，中国高速公路通车里程达到 13.65 万千米，远高于其他国家；其次是，俄罗斯为 3 万千米，沙特阿拉伯为 0.39 万千米，中亚地区尚无高速公路，南亚地区高速公路规模较小，巴基斯坦高速公路为 708 公里，缅甸为 358 公里，但未能全封闭、路面质量低，仅为准高速公路。

如表 4 示，从亚洲公路网技术等级情况分析，仅有中国、巴基斯坦、伊朗土耳其四国分布有干线公路。公路主要分布在中国、俄罗斯、印度、哈萨克斯坦和伊朗，分别为 1.08 万千米、1.73 万千米、1.17 万千米、1.28 万千米和 1.11 万千米，但高等级公路比重超过平均水平（73.6%)的国家只有中国(97%)、俄罗斯(83.5%)、孟加拉国(97.2%)、印度(92.5%)、乌兹别克斯坦(77.4%)、伊朗(100%)、土耳其(89.6%)、亚美尼亚(89.9%)、阿塞拜疆(100%)和格鲁吉亚(84.2%)。中亚地区 AH 公路高等级道路比重总体偏低，只有 45.6%。“一带一路”沿线公路建设项目的基本情况见

---

[12] 刘卫东等,《“一带一路”建设进展第三方评估报告》，商务印书馆, 2019 年.

表 5，大部分已建成通车。

**表 4“一带一路”共建国家各技术等级13公路分布**

| 国别/区域 | 干线 | 一级 | 二级 | 三级 | 三级以下 |
|---|---|---|---|---|---|
| 中国 | 8437 | 230 | 1855 | 321 | 4 |
| 俄罗斯 | | 2367 | 12080 | 1616 | 814 |
| 南亚四国 | 447 | 6485 | 8234 | 4970 | 3167 |
| 孟加拉国 | | 311 | 1400 | 44 | 5 |
| 印度 | 90 | 4738 | 5984 | 782 | 96 |
| 缅甸 | | 320 | 575 | 1702 | 1928 |
| 巴基斯坦 | 357 | 1116 | 275 | 2442 | 1138 |
| 中亚五国 | | 1812 | 8078 | 9861 | 1849 |
| 哈萨克斯坦 | | 557 | 5407 | 6389 | 475 |
| 吉尔吉斯斯坦 | | | 303 | 1324 | 136 |
| 塔吉克斯坦 | | 20 | 978 | | 914 |
| 土库曼斯坦 | | 60 | | 2120 | 24 |
| 乌兹别克斯坦 | | 1195 | 1101 | 670 | |
| 西亚六国 | 3344 | 7972 | 10414 | 791 | 1501 |
| 阿富汗 | | 10 | 2549 | | 1461 |
| 伊朗 | 1885 | 4179 | 5070 | | |

[13] AH 规定的干线为控制进入的汽车专用路，沥青或水泥混凝土；一级为 4 车道或 4 车道以上公路，沥青或水泥混凝土；二级为 2 车道，沥青或水泥混凝土；三级为 2 车道，双层沥青表处。

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 土耳其 | 1459 | 3272 | 3 | 551 | |
| 亚美尼亚 | | 147 | 721 | 58 | 40 |
| 阿塞拜疆 | | 290 | 1174 | | |
| 格鲁吉亚 | | 74 | 897 | 182 | |
| 总计 | 12228 | 18886 | 40372 | 18201 | 7035 |

**表 5“一带一路”沿线公路建设项目**

| 公路名称 | 公路起始城市/国家 | 状态 |
|---|---|---|
| 中越北仑河公路二桥 | 中国东兴-越南芒街 | 通车 |
| 中俄黑河一布拉戈维申斯克界河公路口岸大桥 | 中国黑河-俄罗斯布拉戈维申斯克 | 通车 |
| 中俄黑河索道 | 中国黑河-俄罗斯布拉戈维申斯克 | 在建 |
| 中吉乌国际道路 | 中国喀什-乌兹别克斯坦塔什干 | 通车 |
| 喀喇昆仑公路二期 | 巴基斯坦赫韦利扬-塔科特 | 通车 |
| 埃塞俄比亚 AA 高速公路 | 埃塞俄比亚亚的斯亚贝巴-阿达玛 | 通车 |
| 文莱淡布隆大桥 | 文莱本土-淡布隆区 | 通车 |
| 西欧-中国西部国际公路 | 中国连云港-俄罗斯圣彼得堡 | 通车 |
| 瓜达尔港东湾快速路 | 巴基斯坦瓜达尔港-马克兰沿海公路 | 通车 |
| 卡拉奇-白沙瓦高速公路 | 巴基斯卡拉奇-白沙瓦 | 在建 |

不完全统计，数据时间截至 2020 年 8 月。

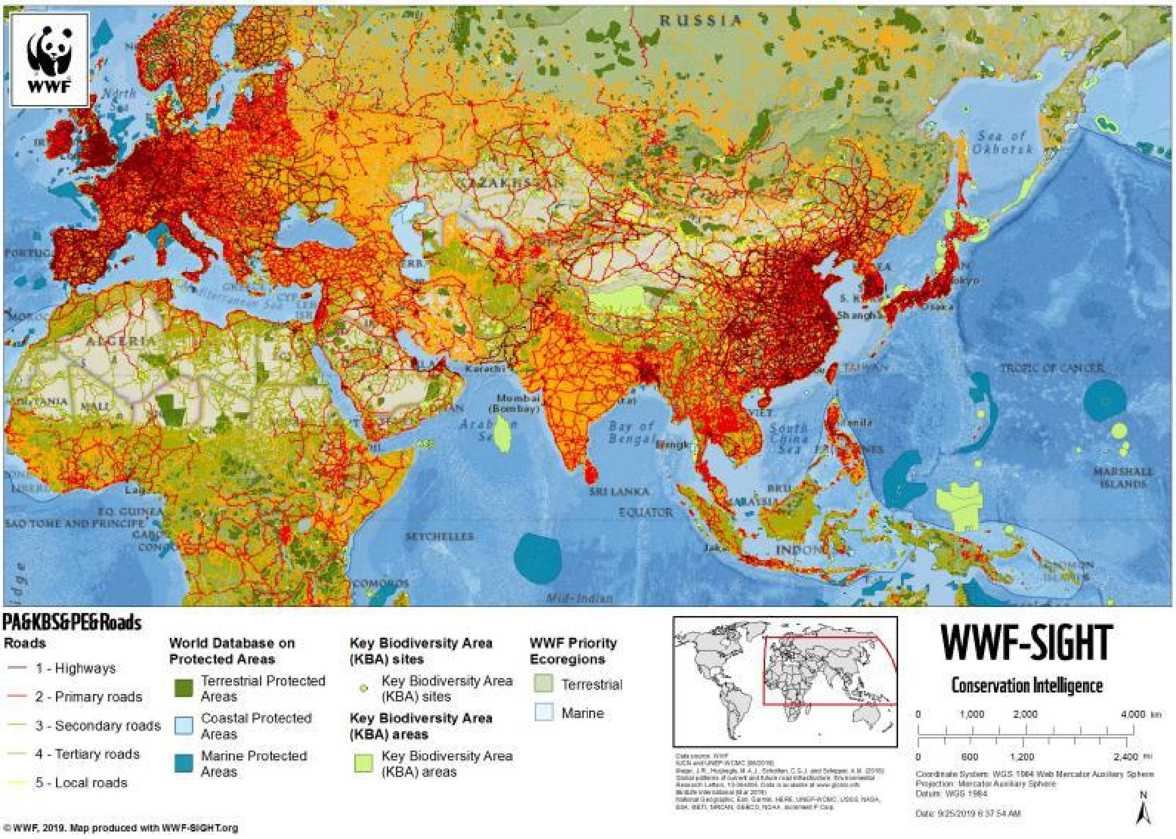



图 14 “一带一路”共建国家公路网

图 14 为“一带一路”共建国家公路网与生物多样性保护重要区域重叠后的可视化结果。可视化结果显示，由东到西公路网密度先减小后增加，在欧洲及中国东部区域，公路分布最为密集，且公路等级最高。

公路网密度与生物多样性重要区域受影响程度基本成正相关关系，即公路分布越密集的地区，生物多样性重要区域受影响的程度越大。然而，即使是在公路分布密度相似的地区间，生物多样性区域受影响的程度也不同，反之亦然。东南亚地区的公路网密度相较于中国中部地区公路网密度小，但生物多样性重要区域所受影响的程度却比中国中部地区生物多样性重要区域所受影响程度大。西亚地区的公路网密度与东南亚地区公路网密度相近，但生物多样性受影响的程度却比东南亚地区生物多样性受影响的程度小。亚欧大陆最东端中俄交界区域，公路网密度较小，但生物多样性重要区域受影响程度较大。

造成这些差异的原因可能与这些地方生态环境特点有关，也可能与国家或地方采取的保护生态政策有关。中俄交界区域气候寒冷，生态系统单一，生态环境比较脆弱，且分布着许多珍稀物种，易受公路建设的影响。东南亚地区生态多样性虽然丰富，但受气候变化带来的海洋风暴等灾难的影响较大，环境脆弱性较高。

中俄交界区域与东南亚地区的生态多样性重要区域多横跨国界，基于政治考虑、权责划分等因素，单方的国家或地方环境保护政策难以对该地生态环境产生影响，这些区域极易陷入无人管制的境地。要达到保护的目的，需要一定的双边或多边合作，而谈判过程耗时长，涉及方面广，考虑范围宽，谈判结果执行也较于属于单一领土的保护区难度更大。多种因素造成了这些地区所受公路等基础设施建设及运营影响较于其他地区更大。

## （三）交通基础设施建设项目生态环境影响监测评估[14]

前面已经针对铁路、公路两类重点交通基础设施类型的生物多样性影响进行了宏观分析。这些分析主要建立在铁路、公路建设情况及其对生物多样性重要区域的整体影响上。然而，铁路、公路对生物多样性的影响是多途径、多端口的。同时，重大工程持续时间更长、影响范围更大，研究其对生物多样性的影响更具代表性、也更为深入全面。因此，本报告参考《“一带一路”生态环境状况及态势（2018）》成果，选取具有代表性的重要交通基础设施建设工程，重点衡量其对植被覆盖、生态资源占用的影响，更针对性地呈现基础设施对生物多样性敏感性的影响。

### 1.已建成项目对自然生态环境状况的影响

（1）对植被的影响

植被覆盖度是遥感科学领域具有重要生态指示意义的参数之一，与植被长势以及生物多样性具有显著关联性。植被覆盖度越高，表征地表植被覆盖程度越高。中华人民共和国科学技术部国家遥感中心（2018）基于 Landsat-8 卫星遥感影像，提取已建工程沿线 10.00 km 缓冲区内工程建设前和 2017 年夏季的植被覆盖度（表 6），对比分析了项目建设对项目沿线自然生态环境的影响。

分析结果表明，各项目沿线植被覆盖度主要分布在 0.40-0.80 的区间内。蒙内铁路、亚吉铁路、安帕铁路沿线植被覆盖度大于 0.60 的比重小于 50%，这与当地干旱的气候特征有很大关系，例如，东非高原受热带草原气候的影响，年降水量少且年内分配不均，不利用于植被生长。4 条已建铁路中，亚吉铁路沿线的植被覆盖度最低，植被覆盖度在 0.00-0.20 区间内的比重达到 35.00%；科依高铁沿线的植被覆盖度最高，植被覆盖度大于 0.60 的比重达到 78.88%。

[14] 中国科学技术部国家遥感中心，《“一带一路”生态环境状况及态势（2018 年）》, 2018.

项目建设前和 2017 年的植被覆盖度的对比分析结果表明，与开工前的植被覆盖度相比，4 条已建铁路 2017 年植被覆盖度均呈现增长态势，其中 0.40-1.00 区间的植被覆盖度占比，蒙内铁路从 74.85%增长到 89.09%，增长了 14.24%；亚吉铁路从 35.54%增长到 40.13%，增长了 4.59%；安帕铁路从 51.48%增长到 51.98%，增长了 0.47%。

**表 6 建成项目 2017 年与开工前植被覆盖度分级统计结果**

| 项目名称 | 年份 | 类别 | 植被覆盖度区间 | | | | | 0.40-1.00 合计 | 总计 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 0.00-0.20 | 0.20-0.40 | 0.40-0.60 | 0.60-0.80 | 0.80-1.00 | | |
| 蒙内铁路 | 2013 | 面积（$km^2$） | 94.98 | 2306.66 | 5700.96 | 1446.25 | 0.95 | 7148.16 | 9549.80 |
| | | 占比（%） | 0.99 | 24.15 | 59.71 | 15.14 | 0.01 | 74.85 | 100.00 |
| | 2017 | 面积（$km^2$） | 85.98 | 955.54 | 4063.78 | 3539.30 | 904.80 | 8507.88 | 9549.80 |
| | | 占比（%） | 0.90 | 10.01 | 42.55 | 37.06 | 9.48 | 89.09 | 100.00 |
| 亚吉铁路 | 2011 | 面积（$km^2$） | 5862.21 | 2851.07 | 4175.35 | 626.90 | 1.94 | 4804.19 | 13517.47 |
| | | 占比（%） | 43.37 | 21.09 | 30.89 | 4.64 | 0.01 | 35.54 | 100.00 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2017 | 面积（$km^2$） | 4741.95 | 3350.50 | 4020.38 | 1354.84 | 49.80 | 5425.02 | 13517.47 |
| | | 占比（%） | 35.08 | 24.79 | 29.74 | 10.02 | 0.37 | 40.13 | 100.00 |
| 安帕铁路 | 2012 | 面积（$km^2$） | 459.35 | 348.08 | 337.05 | 288.45 | 231.35 | 856.85 | 1664.28 |
| | | 占比（%） | 27.60 | 20.91 | 20.25 | 17.33 | 13.90 | 51.48 | 100.00 |
| | 2017 | 面积（$km^2$） | 488.24 | 311.48 | 284.52 | 286.42 | 293.62 | 864.56 | 1664.28 |
| | | 占比（%） | 29.34 | 18.72 | 17.10 | 17.21 | 17.64 | 51.85 | 100.00 |

（2）对生态资源的占用

通过对项目沿线 10.00km 缓冲区内开工前的生态资源分布状况进行可视化，将生态资源类型划分为林地、草地、耕地以及其他用地。然后，基于工程路基宽度和永久性工程的面积及总体施工范围宽度，估算工程建设占用的生态资源面积，以及造成的临时与永久性生态损失分类面积。路基及其他永久性生态占用等无法修复的损失为永久性生态损失；其他因施工引起的占用为临时性生态损失，待项目完工后这一部分生态损失理论上可以修复。

4 个建成项目建设前的生态资源状况遥感监测结果如表 7 所示。总体上各项目沿线林地、草地、耕地的总面积占比均超过 50.00%，其中蒙内铁路、亚吉铁路、科依高铁沿线以草地类型为主导，占比分别为 47.82%、56.38%、45.15%；安帕铁路沿线以其他生态类型为主导，占比为 49.11%。

**表 7 建成项目沿线 10 km 缓冲区内的建设以前的生态资源状况**

| 项目名称 | 类型 | 林地 | 草地 | 耕地 | 其他 | 总计 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 蒙内铁路 | 面积（$km^2$） | 399.12 | 4567.12 | 3477.66 | 1105.90 | 9549.80 |
| | 占比（%） | 4.18 | 47.82 | 36.42 | 11.58 | 100.00 |
| 亚吉铁路 | 面积（$km^2$） | 666.51 | 7621.81 | 669.52 | 4559.63 | 13517.47 |
| | 占比（%） | 4.93 | 56.38 | 5.95 | 33.73 | 100.00 |
| 安帕铁路 | 面积（$km^2$） | 118.89 | 399.66 | 328.34 | 817.39 | 1664.28 |
| | 占比（%） | 7.14 | 24.01 | 19.73 | 49.11 | 100.00 |
| 科依高铁 | 面积（$km^2$） | 1339.61 | 1603.44 | 416.74 | 192.06 | 3551.85 |
| | 占比（%） | 37.72 | 45.15 | 11.73 | 5.40 | 100.00 |

统计不同项目的生态占用情况（表 8），蒙内铁路、亚吉铁路、安帕铁路、科依高铁 4 条建成铁路平均每公里生态占用面积分别为 0.04、0.07、0.03、0.02 $km^2$。不同项目生态占用（损失）量最大的生态资源类型存在较大差异：安帕铁路、科依高铁沿线的耕地损失量较大，蒙内铁路、亚吉铁路沿线的草地损失量较大。

**表 8 建成项目的生态占用情况**

| 项目名称 | 类型 | 生态占用面积（$km^2$） | 永久占用面积（$km^2$） | 临时占用面积（$km^2$） |
|---|---|---|---|---|
| 蒙内铁路 | 草地 | 9.81 | 2.14 | 7.67 |
| | 林地 | 0.48 | 0.10 | 0.38 |
| | 耕地 | 8.59 | 1.86 | 6.73 |
| 亚吉铁路 | 草地 | 46.56 | 12.41 | 34.15 |
| | 林地 | 3.22 | 0.82 | 2.40 |
| | 耕地 | 5.04 | 1.31 | 3.73 |
| 安帕铁路 | 草地 | 1.32 | 0.39 | 0.93 |
| | 林地 | 0.33 | 0.09 | 0.25 |
| | 耕地 | 1.51 | 0.39 | 1.12 |
| 科依高铁 | 草地 | 0.31 | 0.01 | 0.30 |
| | 林地 | 0.94 | 0.13 | 0.81 |
| | 耕地 | 3.37 | 0.48 | 2.89 |

（3）生态恢复情况

项目结束后，对路基坡面以及因施工而破坏的植被，采用人工种植的方式加快植被恢复，对陡坡等予以加固或植被绿化，使植被遭受的生态风险降到最低。图 15 是蒙内铁路马泽拉斯段的生态修复案例。


图 15.蒙内铁路马泽拉斯段建设中（a）和建成后（b）生态恢复遥感影像对比监测图

对于已通车的蒙内铁路、亚吉铁路、安帕铁路和科依高铁，在项目沿线 1.00 km 缓冲区内，通过对比建设前、建设中、通车后的同期 Landsat 遥感影像归一化差异植被指数（Normalized Diffrence Vegetation Index, NDVI）的变化情况，评估通车后的生态恢复状况（表 9）。NDVI 是遥感科学领域内反映植被长势的有效参数之一，其值越高表明植被恢复越好。

表 9 建成项目沿线 1 km 缓冲区内 NDVI 变化统计

| 项目 | NDVI 平均值 | | | NDVI 平均变率（%） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 开建前 | 建设中 | 通车后 | 开建前-建设中 | 建设中-通车后 | 开建前-通车后 |
| 蒙内铁路 | 0.48 | 0.42 | 0.51 | -8.59 | 27.19 | 13.20 |
| 亚吉铁路 | 0.29 | 0.26 | 0.27 | -1.59 | 8.75 | 5.25 |
| 安帕铁路 | 0.31 | 0.30 | 0.33 | -0.74 | 14.12 | 12.62 |
| 科依高铁 | 0.49 | 0.47 | 0.52 | -7.94 | 16.93 | 9.01 |

通车后，铁路沿线 1.00km 缓冲区内的 NDVI 均值都较工程开建前有所提高，或接近开建前的水平，总体呈现增长态势，其中蒙内铁路、安帕铁路沿线 NDVI 的平均增幅在 12.00%以上。这表明蒙内铁路、安帕铁路建成后沿线植被得到很好的修复，甚至比建设之前更好。

**2.在建项目沿线自然生态环境影响评估**

（1）在建项目沿线自然生态环境现状

中老泰铁路、雅万高铁、匈塞铁路和白卡公路等 4 个在建项目 2017 年的植被覆盖度状况遥感监测结果如表 10 所示。总体而言，植被覆盖度主要分布在 0.60-0.80 的区间内。其中沿线植被覆盖度高于 0.60 的比重大于 60.00%的有中老泰铁路、白卡公路和匈塞铁路，尽管这些地区地形条件复杂，但雨热同期的气候条件有利于植被生长。雅万高铁沿线植被覆盖度小于 0.20 的比重为 24.85%，大于 0.80 的比重为 36.22%。

表 10 在建项目沿线植被覆盖度分级统计结果

| 项目名称 | 植被覆盖度区间 | 0.00-0.20 | 0.20-0.40 | 0.40-0.60 | 0.60-0.80 | 0.80-1.00 | 总计 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 中老泰铁路 | 面积（km²） | 27.66 | 5293.59 | 9588.10 | 23117.76 | 56.39 | 38083.50 |
| | 占比（%） | 0.07 | 13.90 | 25.18 | 60.70 | 0.15 | 100.00 |
| 雅万高铁 | 面积（km²） | 653.12 | 57.25 | 419.5 | 546.6 | 951.85 | 2628.32 |
| | 占比（%） | 24.85 | 2.18 | 15.96 | 20.79 | 36.22 | 100.00 |
| 匈塞铁路 | 面积（km²） | 74.00 | 203.70 | 875.40 | 2784.70 | 3793.40 | 7731.2 |
| | 占比（%） | 0.96 | 2.63 | 11.32 | 36.02 | 49.07 | 100.00 |
| 白卡公路 | 面积（km²） | 91.71 | 1097.57 | 15145.98 | 26944.13 | 612.79 | 43892.18 |
| | 占比（%） | 0.20 | 2.50 | 34.51 | 61.39 | 1.40 | 100.00 |

（2）生态资源占用

中老泰铁路、雅万高铁、匈塞铁路和白卡公路等 4 个在建项目建设前的生态资源状况遥感监测结果如表 11 所示。总体上各工程沿线以林地、耕地为主，各工程沿线林地、草地、耕地总面积的占比在 80.00%以上。中老泰铁路沿线以林地为主导，占比为 56.46%；雅万高铁沿线以其他类型为主导，占比为 37.57%；匈塞铁路沿线以耕地的占比最大，为 54.29%；白卡公路沿线以耕地为主导，占比达到 78.89%。

**表 11 在建项目沿线 10 km 缓冲区内的建设前的生态资源状况**

| 工程名称 | 类型 | 林地 | 草地 | 耕地 | 其他 | 总计 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 中老泰铁路 | 面积（$km^2$） | 21593.06 | 94.89 | 14635.96 | 1849.59 | 38083.50 |
| | 占比（%） | 56.46 | 0.25 | 38.43 | 4.86 | 100.00 |
| 雅万高铁 | 面积（$km^2$） | 482.61 | 572.37 | 585.84 | 987.50 | 2628.32 |
| | 占比（%） | 18.36 | 21.78 | 22.29 | 37.57 | 100.00 |
| 匈塞铁路 | 面积（$km^2$） | 840.17 | 1380.01 | 4197.60 | 1313.42 | 7731.2 |
| | 占比（%） | 10.87 | 17.85 | 54.29 | 16.99 | 100.00 |
| 白卡公路 | 面积（$km^2$） | 1401.66 | 120.48 | 34625.33 | 7744.71 | 43892.18 |
| | 占比（%） | 3.19 | 0.28 | 78.89 | 17.64 | 100.00 |

注：“占比”，即为占 10 km 缓冲区总面积的比重

4 个在建项目的生态占用情况如表 12 所示，中老泰铁路、雅万高铁、匈塞铁路、白卡公路平均每公里的生态占用面积分别为 0.07、0.05、0.05、0.08 $km^2$。不同工程生态占用（损失）量最大的生态资源类型存在较大差异：中老泰铁路、白卡公路沿线的耕地损失量较大，雅万高铁占用的草地、林地、耕地比重相当，匈塞铁路沿线的耕地损失量较大。

表 12 在建项目造成的生态占用

| 工程名称 | 类型 | 生态占用面积（$km^2$） | 永久占用面积（$km^2$） | 临时占用面积（$km^2$） |
|---|---|---|---|---|
| 中老泰铁路 | 草地 | 0.25 | 0.04 | 0.21 |
| | 林地 | 55.76 | 9.81 | 45.95 |
| | 耕地 | 63.38 | 10.24 | 53.14 |
| 雅万高铁 | 草地 | 2.82 | 1.70 | 1.12 |
| | 林地 | 2.01 | 1.26 | 0.75 |
| | 耕地 | 2.22 | 1.36 | 0.86 |
| 匈塞铁路 | 草地 | 3.81 | 0.62 | 3.19 |
| | 林地 | 1.52 | 0.25 | 1.27 |
| | 耕地 | 2.22 | 1.36 | 0.86 |

**3.拟建项目沿线自然生态环境影响评估**

（1）拟建项目生态环境现状

报告提取拟建项目（莫喀高铁、塞奇铁路）沿线 10.00 km 缓冲区内 2017 年夏季的植被覆盖度，作为项目沿线自然生态环境现状遥感监测的技术指标。目前，塞奇铁路、莫喀铁路沿线植被覆盖度大于 0.60 的面积比重分别为 96.61%和 84.58%。莫喀高铁位于中高纬地区，气候条件或人为干扰对植被的影响较小；塞奇铁路位于热带地区，水热条件优越，利于植被生长。

（2）拟建项目沿线生态资源现状及生态占用估算

报告分析了拟建项目沿线 10.00 km 缓冲区内的 2017 年生态资源分布状况。为便于估算主要生态资源损失，将生态资源类型划分为林地、草地、耕地以及其他用地。各个拟建项目沿线 10.00 km 缓冲区内的生态资源状况如表 13 所示。

表 13 拟建项目 10 km 缓冲区内生态资源现状

| 项目名称 | 类型 | 林地 | 草地 | 耕地 | 其他 | 总计 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 塞奇铁路 | 面积（$km^2$） | 1275.32 | 3622.11 | 1229.43 | 314.32 | 6441.18 |
| | 占比（%） | 19.80 | 56.23 | 19.09 | 4.88 | 100.00 |
| 莫喀高铁 | 面积（$km^2$） | 10230.00 | 10434.41 | 1575.53 | 6150.45 | 28390.39 |
| | 占比（%） | 36.03 | 36.75 | 5.56 | 21.66 | 100.00 |

拟建项目沿线 10.00 km 缓冲区内以林、草、耕三种生态资源类型为主导，三者的比重在 80.00%左右。不同工程，林、草、耕三种生态资源的构成比例存在一定差异：塞奇铁路沿线以草地的占比最大，为 56.23%；莫喀高铁沿线林地、草地占比基本相同，分别为 36.03%和 36.75%。

基于建成项目路基宽度及总体施工范围宽度估算拟建项目的路基宽度和永久性工程面积及总体施工范围宽度，并以此为基础估算拟建项目建设造成的生态占用以及临时与永久性生态损失数量。拟建项目建设造成的生态占用估算结果如表 14。两个项目造成的主要生态损失类型均为草地，塞奇铁路和莫喀高铁沿线的草地损失量占三类资源的比重分别为 49.17%和 61.65%。

表 14 拟建项目生态占用估算

| 工程名称 | 类型 | 生态占用面积（$km^2$） | 永久占用面积（$km^2$） | 临时占用面积（$km^2$） |
|---|---|---|---|---|
| 塞奇铁路 | 草地 | 7.19 | 1.18 | 6.01 |
| | 林地 | 2.51 | 0.44 | 2.07 |
| | 耕地 | 4.92 | 0.79 | 4.13 |
| 莫喀高铁 | 草地 | 40.83 | 4.77 | 36.06 |
| | 林地 | 17.45 | 2.23 | 15.22 |
| | 耕地 | 7.95 | 0.92 | 7.03 |

# 四、优秀案例：中俄陆海联运国际交通走廊

中俄陆海联运国际交通走廊（以下简称中俄交通走廊）是基础设施与生物多样性交互影响上具有代表性的案例。该区域物种丰富、脆弱但多样的生态系统具有独特性和代表性，在生态环境意义上具有独一无二的地位。同时，它是中俄两国合作的重要关口，是两国贸易往来的必经之路，也是中国通向欧洲海上之路的起点，在经济发展意义上具有重要的战略地位。因此，在该地区进行基础设施的建设与发展是大势所趋，而该地区脆弱而独特的生态环境又为基础设施工程提出了新的要求。基于该地在发展与保护上的独特性，也基于之前报告对该地区的生态敏感性分析，我们选取其作为代表案例进行分析，并提炼出有价值的政策经验。

## （一）走廊基本情况

### 1.生态环境状况

中俄交通走廊建设主要涉及的地区如黑龙江、布里亚特共和国、伊尔库茨克州和外贝加尔边疆区等地生态环境良好、森林覆盖率高、生物多样性丰富。2015年，上述地区的森林覆盖率分别达到43.2%、63.7%、83.6%和68.3%，远高于世界平均水平，拥有250多个国家级自然保护区，是紫貂、麝鼠、驼鹿、东北虎、丹顶鹤、青羊等珍稀动物的重要栖息地。位于布里亚特共和国和伊尔库茨克州境内的贝加尔湖是著名的世界自然遗产，湖泊面积达3.15万平方千米，总容积达到23.6 万亿 $m^3$，最深处达 1637 m，是世界上第一深湖和欧亚大陆最大的淡水湖，动植物种类繁多，生物多样性丰富，是生态资源宝库。

### 2.交通建设情况

中俄交通建设走廊位于俄罗斯远东地区（图 16）。该地区是欧亚交通走廊中的重要一环，是俄最大铁路干线西伯利亚大铁路及贝阿铁路的起始端，合计运输能力超过1亿吨，并将在 2020 年前再提高 6500 万吨。远东地区海岸分布着29个海港，其中包括符拉迪沃斯托克、纳霍德卡、东方、瓦尼诺、苏维埃港等大型海港，上述港口占俄港口货物吞吐量的1/4。

通过远东地区有一条从亚洲到欧洲的最短航道，途径北冰洋海域。据俄专家估计，2050年后能实现该航道的全年通航，而不必采取船只抗冰加强措施。目前该航道在东北亚货物运输中已具备一定竞争力。俄方计划对该航道基础设施进行现代化改造，逐年提升运量，至2024年提高至8000万吨。这将较中国与欧洲间经苏伊士运河的货运时间有所缩短，也将提升俄北极项目的吸引力。


图 16. 俄罗斯远东地区铁路建设示意图

中俄陆海联运国际交通走廊，包括"滨海 1 号""滨海 2 号"交通走廊及跨黑龙江公路、铁路大桥和中俄欧班列等。其中，"滨海 1 号"国际交通走廊联结哈尔滨、绥芬河、格罗杰科沃、符拉迪沃斯托克、东方港、纳霍德卡、亚太地区港口，"滨海 2 号"国际交通走廊联结长春、珲春、克拉斯基诺、波谢特、扎鲁比诺、亚太地区港口。

这条走廊的建成，在很大程度上能促进两国之间的贸易往来，同时为中国东北地区增加入海口等运输关口，为东北地区带来了新的交通区位优势。2018 年 11 月，《中俄在俄罗斯远东地区合作发展规划（2018—2024 年）》正式获批，发展"滨海 1 号""滨海 2 号"国际交通走廊居于俄远东地区中俄战略合作项目和基础设施项目首位。

## （二）走廊建设的生态风险

中俄交通走廊的铁路等重大工程建设和运营过程中，将对沿线区域生态环境质量、生态系统格局等产生重大影响，极有可能对地区地表植被、生态系统造成破坏，对动物领地造成分割，从而影响生态系统服务功能和生物多样性固有状态，存在潜在的生态破坏风险(图 17)。


图 17. 中蒙俄高铁建设的生态风险评价

交通基础设施的建设也会为中俄边境物种创造廊道，可能会打破原有生态系统的物种组成。黑龙江流域边境地区生态类型多样，其中东西伯利亚针叶林、远东针阔混交林、达乌尔草原等被认定为全球重要的生态系统类型，分布有东北虎、驼鹿、丹顶鹤、东方白鹤、中华秋沙鸭和红松、东北红豆杉等珍稀濒危野生动植物。在黑龙江中俄边境，野生动物跨境正逐渐成为常态。交通走廊的建设极有可能进一步促进边境的野生动物跨境，对两边的生态系统都存在一定的入侵物种风险。同时，交通道路与动物活动路线的重合将增加动物在公路或铁路上受伤的风险，为该地的珍稀物种带来更大的威胁。

铁路特别是跨国铁路等重大项目施工周期长的特性，也为该地生态多样性带来了额外的风险。虽然围绕边境地区的互联互通，中俄两国达成了一些政府间合

作协议，但由于两国合作谈判涉及多方面，实施进程相当缓慢。施工周期长的项目对周边的物种及生态系统的影响更大，施工过程一些原材料或废料对动物栖息地或植被覆盖地的侵占时间更长，为了施工临时开辟的道路对动物栖息地的分割影响更大。

## （三）走廊建设中的生物多样性保护策略

1.合理布局工程，降低生态风险

中俄交通走廊建设中，在规划铁路时也充分考虑了生态环境的影响，尽量选择了远离森林、人口稠密的地区，从而避开了自然栖息地，特别是重点的自然保护区，有效防止了生物多样性的丧失。靠近人居中心的选址方案降低了铁路建设的生态占用成本，减少了自然保护区破碎化的可能性，从而降低了生物多样性风险。

根据规划，未来中蒙俄高铁东线建设需打通从满洲里-外贝加尔边疆区-布里亚特共和国-伊尔库茨克州的高铁通道。从人口分布方面，赤塔、乌兰乌德、伊尔库茨克市分别是外贝加尔边疆区、布里亚特共和国和伊尔库茨克州人口规模最大、人口密度最高的城市，人口规模分别为 33.99 万、42.67 万和 62.01 万，集中了外贝加尔边疆区 31.26%、布里亚特共和国 43.6%、伊尔库茨克州 25.6%的人口，人口密度分别达到 636.6 人/$km^2$、1131.4 人/ $km^2$ 和 2252 人/ $km^2$，其人口规模和人口密度远高于其他地区。

其次，上述三市分别是外贝加尔边疆区、布里亚特共和国和伊尔库茨克州的首府城市，是上述俄联邦主体的政治、经济、教育、科技、旅游等中心，同时也是铁路基础设施最好的地区。因此，赤塔、乌兰乌德、伊尔库茨克市等是中蒙俄高铁东线的重要节点城市，在上述城市布局高铁能够较大地降低经济和社会因子对高铁建设的影响。

随着交通走廊的发展，走廊地区人口密度将上升，无国界的农村地区也将得到改善，森林砍伐和相关生物多样性丧失的风险将大大降低，而相对较大的人口将从市场和服务的改善中受益。同时，这条线路的选址经济发展程度较高，可以与其他在建的管道线路工程共享生态占用的走廊，减少了对生态环境的影响，尽可能避免造成自然栖息地的破碎化。

2.多层次合作建立跨界自然保护区

尽管进行了最佳的选址工作，但一些涉及道路建设或改善的项目仍不可避免

地会穿过森林或其他自然栖息地，而这些风险往往会对生物多样性造成不利影响。在这种情况下也有多种解决方案[15]，一种是在道路穿过的环境敏感区建立保护区，实施严格的保护措施；另一种方法是在远离道路的直接影响区建立补偿性保护区，旨在部分抵消道路或其他项目造成的自然栖息地丧失。中俄政府开展了多层次的自然保护区建设工作。

在国家层面上，中俄双方已建立兴凯湖-汉卡斯基、达赉湖-达乌尔斯基、三江-大赫黑契尔、八岔岛-巴斯达克、洪河-兴安斯基、三江-博隆斯基 6 对跨界保护区。在地方层面上，黑龙江省政府和阿穆尔州政府开展联合行动，保护跨境地区生态多样性，就建立跨境特别自然保护区交换意见；黑龙江省政府和哈巴罗夫斯克边疆区政府为保护跨境水系生态系统，保护和研究区域特有动植物物种，建立并维护共同自然保护区的运作；内蒙古自治区政府和外贝加尔边疆区政府建立并确保跨境特别自然保护区的运作，同时在中俄额尔古纳河水体生态保护地区间常设工作组框架内，推进额尔古纳河水体、景观以及生物多样性保护技术工作组的工作。

3.联合监测环境质量，开展经验交流分享

除了建立自然保护区外，保持对环境质量的全面掌握和长期监测也有利于对对生物多样性的追踪与保护。鉴于生态系统，如水系统，是跨国的、流动的，开展双边联合检测工作尤其重要。中俄边界各地方政府在这一方面上开展了诸多尝试，并取得了一定的成果。从 2004 年开始，中俄双方对黑龙江水体水质进行联合检测，检测结果表明黑龙江总体水质趋于好转，监测结果表明，黑龙江水质介于一类水体和二类水体之间，界江生态环境持续改善。黑龙江省政府和哈巴罗夫斯克边疆区政府组织和进行空气质量的联合监控；黑龙江省政府和阿穆尔州政府组织和进行水体表面和水体生态资源的联合监控等。

同时，中俄双方还定期开展环境质量监测及环境保护方面的经验技术交流活动。例如，交换环境监控技术方法；交换有关发展边境地区居民环境教育体系的信息；交换环保领域（水资源、大气）信息和交流相关工作经验；每年举行环保问题的联合研讨会；交换生产绿色环保产品、利用和加工生产与生活垃圾方面的

[15] Saunier, Richard E. and Richard A. Meganck, eds. 1995. Conservation of Biodiversity and the New Regional Planning. Chapter 2. Washington, D.C.: OAS/IUCN. http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea04e/oea04e.pdf, pp. 13-21, 113.

技术，扩大垃圾处理厂家的联系，成立合资企业；交换环保专家，在交换中研究生产和组织过程，生态政策以及涉及环保问题的法律保障，建立业务联系。

# 五、未来展望

“一带一路”沿线地区气候、地形复杂多样，且大部分区域（如东南亚地区、俄罗斯远东地区等）生物多样性丰富，对生态环境质量要求较高。同时，“一带一路”共建国家对改善、新增基础设施有极大的需求，如俄罗斯、中亚等地区铁路发展缓慢，线路严重老化，南亚、中亚等地区高速公路稀缺，路面质量较低。近年来，中国与“一带一路”共建国家合作的公路、铁路建设项目有力推进，为促进各国的经济发展做出了重要贡献。然而，正如前文所述，“一带一路”沿线存在着不少生物多样性丰富而生态环境较为脆弱的区域，要顺利开展基础设施建设项目，势必要衡量、评估与减少项目对当地生物多样性的负面影响。

在生物多样性丰富且生态环境脆弱的地区，如欧亚大陆东端、东南亚地区等，存在着基础设施建设的高需求，且若缺乏控制，基础设施建设对当地生物多样性影响显著。以大湄公河区域为例，我们的分析显示，几乎整个大湄公河次区域都属于印度-缅甸生态热点地区，其对生物多样性的保护在全球范围内对保护意义重大。分析表明该区域现有的公路建设项目潜在环境成本极高，因为这些项目大部分与既定的生态多样性重要区域重合。作为较好控制基础设施生态影响的案例，中俄交通走廊所在位置栖息着多种珍稀动物，具有重大生态保护意义。在规划走廊内铁路建设过程中，中、俄、蒙三国在可持续发展原则的指导下积极开展合作，从线路选择、生态监护、建立保护区等方面，积极探索、落实生物多样性保护工作，取得了一定成效。

基于以上分析，我们认为，在“一带一路”基础设施项目推进过程中重视其对生物多样性的影响极为重要。在项目规划过程中考虑对生物多样性的影响十分重要，在衡量项目可行性时，采用生物多样性相关的评估工具也是必要的。同时，如何更好地开展跨国合作保护生物多样性也是一个值得讨论的命题。基于此，我们提出以下四点建议：

## （一）“一带一路”基础设施建设准则与联合国可持续发展目标相统一

联合国 2030 可持续发展目标（SDGs）是一系列新的发展目标，是指导全球至 2030 年发展工作的纲领目标。SDGs 目标中的第 14 项和第 15 项目标分别为水生生物、陆生生物与生物多样性保护直接相关。“一带一路”倡议中基础设施建设要与 SDGs 目标相统一，注重共建国家的生物多样性保护。例如在交通基础设施方面，遵从《迁徙物种公约》的道路建设指南，当“一带一路”铁路或公路项目沿

线附近存在多个国家公园或保护区时，为减少项目对国家公园或保护区生态环境的影响，在路线选址设计时，应尽量避绕国家公园或保护区。在野生动物保护方面，在不得不穿越保护区时，为防止工程建设切断野生动物迁徙路线或阻隔其栖息地，工程需建设大量桥涵洞或野生动物专用通道、天桥等供野生动物自由迁徙，以保护其栖息地生态系统的完整性。

### （二）倡导在基础设施投资前使用生物多样性评估决策工具

建议在“一带一路”共建国家开展基础设施规划和建设之前，采用国际认可的生物多样性评估决策工具预估基础设施建设的生物多样性敏感性。推动生物多样性评估可视化评估工具在相关决策部门使用，如 WWF 的 SIGHT、IUCN 的 IBAT 和 CI 的 Trend. Earth 等相关工具，识别生物多样性重要区域与基础设施建设区的交叠程度，提前预判生物多样性保护风险，在规划和建设前期规避生物多样性保护风险，体现我国“一带一路”绿色发展理念。本研究的可视化和敏感性分析结果识别出了基础设施建设中需要关注的生物多样性重点保护区域，主要包括孟中印缅经济走廊的中东部走廊、中蒙俄经济走廊的东部走廊以及中国—中亚—西亚经济走廊，开展基础设施投资过程中要格外关注这些地区的生物多样性保护。

### （三）将生物多样性保护的相关原则融入绿色金融框架

绿色金融市场的发展对建设绿色“一带一路”和支持共建国家实现绿色与可持续发展具有重要意义。中国在构建绿色金融体系、发展绿色金融市场方面所积累的经验可以为“一带一路”共建国家和地区提供借鉴，比如中国金融学会绿色金融专业委员会与伦敦金融城牵头起草的《“一带一路”绿色投资原则》。支持丝路基金、亚洲基础设施投资银行等多边金融机构的发展，在投资过程中强化生物多样性保护措施，使其成为项目建设的必要内容。另外，我国在贵州地区也已经开展了具体的绿色金融实践，已经形成《贵州省绿色金融重点支持产业指导性标准（试行）》、《贵州省绿色金融支持的重大绿色项目 评估办法（试行）》等绿色金融操作指南文本。建议将我国绿色金融框架尤其是其中的生物多样性保护相关原则应用到“一带一路”倡议基础设施投资中，引导资金投资导向，保护共建国家生物多样性。

### （四）加强科学支撑，推动生物多样性保护相关标准、规范对接

以科学研究为基础，开发“生态保护红线”在内的土地规划方法学，促进制定统一的规范。在“一带一路”建设中应合理布局，识别生物多样性的重要区域，实行严格的保护和管理措施；加强对生态系统的实时监测，维护生物多样性重要区

域的完整性、稳定性和适应性，减少土地利用变化对生物多样性重要区域的影响，形成经济发展和生态保护的良性循环。在开展“一带一路”建设空间规划时，应确保符合生物多样性重要区域的保护需求。

# 附录：可借鉴的中国生物多样性保护政策

## 一、中国国家重点功能区规划[16]

2010 年 12 月，中国国务院发布了《全国主体功能区规划》(以下简称《规划》)，这是中国国家土地空间发展的战略性、基本性和约束性计划。《规划》将中国国土空间按照以下方式划分：按开发方式，分为优化开发区域、重点开发区域、限制开发区域和禁止开发区域；按开发内容，分为城市化地区、农产品主产区和重点生态功能区；按层级，分为国家和省级两个层面。

城市化地区、农产品主产区和重点生态功能区，是以提供主体产品的类型为基准划分的。城市化地区是以提供工业品和服务产品为主体功能的地区，也提供农产品和生态产品；农产品主产区是以提供农产品为主体功能的地区，也提供生态产品、服务产品和部分工业品；重点生态功能区是以提供生态产品为主体功能的地区，也提供一定的农产品、服务产品和工业品。

优化开发区域是经济比较发达、人口比较密集、开发强度较高、资源环境问题更加突出，从而应该优化进行工业化城镇化开发的城市化地区。

重点开发区域是有一定经济基础、资源环境承载能力较强、发展潜力较大、集聚人口和经济的条件较好，从而应该重点进行工业化城镇化开发的城市化地区。优化开发和重点开发区域都属于城市化地区，开发内容总体上相同，开发强度和开发方式不同。

限制开发区域分为两类：一类是农产品主产区，即耕地较多、农业发展条件较好，尽管也适宜工业化城镇化开发，但从保障国家农产品安全以及中华民族永续发展的需要出发，必须把增强农业综合生产能力作为发展的首要任务，从而应该限制进行大规模高强度工业化城镇化开发的地区；一类是重点生态功能区，即生态系统脆弱或生态功能重要，资源环境承载能力较低，不具备大规模高强度工业化城镇化开发的条件，必须把增强生态产品生产能力作为首要任务，从而应该限制进行大规模高强度工业化城镇化开发的地区。

禁止开发区域是依法设立的各级各类自然文化资源保护区域，以及其他禁止进行工业化城镇化开发、需要特殊保护的重点生态功能区。国家层面禁止开发区

[16] http://www.gov.cn/zhengce/content/2011-06/08/content_1441.htm

域，包括国家级自然保护区、世界文化自然遗产、国家级风景名胜区、国家森林公园和国家地质公园。省级层面的禁止开发区域，包括省级及以下各级各类自然文化资源保护区域、重要水源地以及其他省级人民政府根据需要确定的禁止开发区域。《规划》共确定了 1443 个国家禁区，总面积约 120 万平方公里，占中国土地面积的 12.5%。其中，国家级自然保护区占中国土地面积的 9.67%，其中以生物多样性保护为主。

《规划》指出，推进形成主体功能区，应妥善处理好主体功能与其他功能的关系、主体功能区与农业发展的关系、主体功能区与能源和矿产资源开发的关系、主体功能区与区域发展总体战略的关系、政府与市场的关系。《规划》指出，对主体功能区的开发，应遵循优化结构、保护自然、集约开发、协调开发、陆海统筹的原则。

优化结构的原则要求，要将国土空间开发从占用土地的外延扩张为主，转向调整优化空间结构为主。具体地，按照生产发展、生活富裕、生态良好的要求调整空间结构；严格控制城市空间总面积的扩张，减少工矿建设空间；坚持最严格的耕地保护制度；严格控制各类建设占用耕地；实行基本草原保护制度；增加农村公共设施空间；适度扩大交通设施空间；调整城市空间的区域分布。

保护自然的原则要求，要按照建设环境友好型社会的要求，根据国土空间的不同特点，以保护自然生态为前提、以水土资源承载能力和环境容量为基础进行有度有序开发，走人与自然和谐的发展道路。具体地，把保护水面、湿地、林地和草地放到与保护耕地同等重要位置；工业化城镇化开发必须建立在对所在区域资源环境承载能力综合评价的基础上，严格控制在水资源承载能力和环境容量允许的范围内；在生态脆弱、生态重要的区域，要严格控制工业化城镇化开发，适度控制其他开发活动，缓解开发活动对自然生态的压力；严禁各类破坏生态环境的开发活动；加强对河流原始生态的保护；交通、输电等基础设施建设要尽量避免对重要自然景观和生态系统的分割，从严控制穿越禁止开发区域；农业开发要充分考虑对自然生态系统的影响，积极发挥农业的生态、景观和间隔功能；在确保省域内耕地和基本农田面积不减少的前提下，继续在适宜的地区实行退耕还林、退牧还草、退田还湖；生态遭到破坏的地区要尽快偿还生态欠账；保护天然草地、沼泽地、苇地、滩涂、冻土、冰川及永久积雪等自然空间。

集约开发的原则要求，要按照建设资源节约型社会的要求，把提高空间利用效率作为国土空间开发的重要任务，引导人口相对集中分布、经济相对集中布局，走空间集约利用的发展道路。具体地，严格控制开发强度，把握开发时序，使绝

大部分国土空间成为保障生态安全和农产品供给安全的空间；资源环境承载能力较强、人口密度较高的城市化地区，要把城市群作为推进城镇化的主体形态；各类开发活动都要充分利用现有建设空间，尽可能利用闲置地、空闲地和废弃地；工业项目建设要按照发展循环经济和有利于污染集中治理的原则集中布局；交通建设要尽可能利用现有基础扩能改造，必须新建的也要尽可能利用既有交通走廊。

协调开发的原则要求，要按照人口、经济、资源环境相协调以及统筹城乡发展、统筹区域发展的要求进行开发，促进人口、经济、资源环境的空间均衡。具体地，按照人口与经济相协调的要求进行开发；按照人口与土地相协调的要求进行开发；按照人口与水资源相协调的要求进行开发；按照大区域相对均衡的要求进行开发；按照统筹城乡的要求进行开发；按照统筹上下游的要求进行开发；按照统筹地上地下的要求进行开发；交通基础设施的建设规模、布局、密度等，要与各主体功能区的人口、经济规模和产业结构相协调，宜密则密，宜疏则疏。加强综合运输体系建设，提高铁路、公路、水运、空运等多种运输方式之间的中转和衔接能力。

陆海统筹的原则要求，要根据陆地国土空间与海洋国土空间的统一性，以及海洋系统的相对独立性进行开发，促进陆地国土空间与海洋国土空间协调开发。具体地，海洋主体功能区的划分要充分考虑维护国家海洋资源环境承载能力、海洋开发内容及开发现状，并与陆地国土空间的主体功能区相协调；沿海地区集聚人口和经济的规模要与海洋环境承载能力相适应，统筹考虑海洋环境保护与陆源污染防治；严格保护海岸线资源，合理划分海岸线功能，做到分段明确，相对集中，互不干扰。港口建设和涉海工业要集约利用岸线资源和近岸海域；各类开发活动都要以保护好海洋自然生态为前提，尽可能避免改变海域的自然属性；保护河口湿地，合理开发利用沿海滩涂，保护和恢复红树林、珊瑚礁、海草床等，修复受损的海洋生态系统。

《规划》确定了 25 个重点生态功能区，总面积 386 万平方公里，占全国土地面积的 40.2%。国家重点生态功能分为四个类型：节水，水土保持，风沙固定和生物多样性保护。 其中，有 7 个生物多样性保护区。

另外，中国生态环境部与中国科学院在 2008 年印发的《全国生态功能区划》基础上，联合开展了修编工作，形成《全国生态功能区划（修编版）》，于 2015 年 11 月发布。新修编的《全国生态功能区划》包括 3 大类、9 个类型和 242 个生态功能区。确定 63 个重要生态功能区，覆盖我国陆地国土面积的 49.4%。新修编的全国生态功能区划进一步强化生态系统服务功能保护的重要性，加强了与

《全国主体功能区规划》的衔接，对构建科学合理的生产空间、生活空间和生态空间，保障国家和区域生态安全具有十分重要的意义。

## 二、长江经济带发展规划[17]

2016 年，中国发布了长江经济带发展规划纲要，提出改善生态环境是长江经济带发展战略的重中之重。纲要强调恢复长江生态环境，尊重自然规律和河流演变，保护和改善流域生态系统服务功能。要求 2030 年水环境和水生态质量必须全面提高，并提出生态环境建设的具体目标，如优质水质（达到或超过三级标准）比例（2020 年超过 75％），以及森林覆盖率（2020 年为 43％）。基于生态优先原则，纲要强调要妥善处理好江湖关系，加强水生生物多样性保护，加强沿江森林保护和生态恢复。具体地，纲要将以加强长江水库群联合优化调度与凝聚合力共抓长江大保护为两大重点指导工作。

一方面，为加强长江治理开发和保护，经过多年努力，目前长江流域已建成一批以三峡水库为核心的控制性水利水电工程，在流域防洪、生态保护、供水、发电、航运等方面发挥了巨大作用。由于水库群投入运行，导致长江中下游水文情势发生新变化，江湖关系呈现新情势，泥沙冲淤变化更为复杂，对水库群联合调度提出新要求。为最大限度发挥水库群的整体效益，中国水利部长江水利委员会自 2009 年开展了以三峡水库为核心的长江干支流控制性水库群综合调度研究，制定了《长江上游控制性水库优化调度方案》，对长江干支流 30 个控制性水库实行联合调度，累计为中下游补水近 2000 亿立方米，缓解了中下游枯水期形势，改善了水生态环境，有效保护了水生生物资源和种群。下一步，将继续按照“兴利服从防洪、电调服从水调、专业服从综合、局部服从整体”的原则，通过完善法律法规、健全管理体制、建立补偿机制、强化技术支撑、加强监督管理等措施，逐步建立利益相关方广泛参与的控制性水利水电工程联合调度协商机制和管理制度，力争到 2020 年，上中游控制性水库群联合调度覆盖率达到 90%，更好地发挥长江干支流水库群在防洪、供水、生态环境保护等方面综合效益。同时，完善应急调度预案，做好特枯水期、水污染、水上安全事故、工程事故等突发事件应对工作。

另一方面，长江经济带发展涉及多个方面，是一个有机整体。共抓长江大保护，强化涉水事务管理的统筹规划、整体联动，充分发挥长江水利委员会等流域

[17] http://www.gov.cn/zhengce/2016-10/10/content_5116939.htm

管理机构的作用，强化流域统一监督管理，加强跨部门跨区域联防联控，形成统分结合、整体联动的工作机制，凝聚共抓长江大保护的强大合力。一是，强化流域综合管理。加强水资源、水环境、水生态、岸线、采砂等方面的监督管理，严厉查处涉水违法行为。河湖水域和岸线资源是长江水生态系统的重要载体，要加强河湖水域空间用途管制，严禁围湖造地和围垦河道，完善河湖管护体制机制，大力推行“河长制”，强化地方政府保护职责。二是，推进水利重点领域改革。按照“谁受益谁补偿”的原则，探索流域上下游横向生态补偿试点，推进赤水河、汉江等生态补偿试点工作，完善水土保持生态效益补偿制度。建立健全用水权初始分配制度，抓紧制定跨省主要江河水量分配方案，鼓励和引导地区间、流域上下游、行业间、用水户间开展水权交易。深入推进农业水价综合改革，建立健全合理反映供水成本、有利于节水和农田水利体制机制创新的农业水价形成机制。三是，加快长江流域立法进程。抓紧制定并推动出台长江保护法，进一步明确国家有关部门、流域管理机构、地方人民政府的保护责任，对流域涉水行为作出明确的法律规定，为实现长江大保护提供坚实的法律保障。

## 三、国家公园[18]

经过多年的讨论和规划磋商，建立在 2015 年开始的国家公园试点基础上，2017 年 9 月，中国政府发布了《建立国家公园体系总体规划》。

国家公园是国家批准和管理的陆地或海洋区域，其边界明确，主要目的是保护具有国家代表性的自然生态系统，实现科学保护和合理利用自然资源。主要目标是保护大面积生态系统和大规模生态过程，强调保持生态系统真实性和完整性的必要性。它们被明确划分为国家主要功能区的发展禁区，规划实现生态红线管理和最严格的保护。国家公园坚持国家代表和代代相传的特点，激发民族自豪感，为子孙后代留下宝贵的自然遗产。他们坚持全民福利，为市民提供环境教育和娱乐机会，鼓励人们保护自然的认同感。

自 2015 年启动国家公园体制试点以来，中国已经开展东北虎豹、祁连山、大熊猫、三江源、海南热带雨林、武夷山、神农架、普达措、钱江源、南山等 10 处国家公园体制试点，试点区涉及 12 个省份，总面积超过 22 万平方公里，约占我国陆域国土面积 2.3%。通过几年的努力，国家公园体制试点已取得阶段性成果。国家公园设立标准、监测指标与监测技术体系，以及国家公园生态保护和自然资

[18] http://www.forestry.gov.cn/main/5497/20200816/085301468615067.html

源管理、生态保护监督等管理办法即将出台。国家林草局与相关省政府分别成立了东北虎豹、祁连山、大熊猫试点区协调工作领导小组，在青海省开展了以国家公园为主体的自然保护地体系示范省建设，12 个试点省成立了省级领导牵头的试点工作领导小组。各试点区均组建了管理机构，编制实施总体规划，基本完成自然资源所有权边界划定和确权登记工作。

10 个试点区牢固树立和认真践行绿水青山就是金山银山理念，把生态保护摆在第一位，将各级各类自然保护地整合划入国家公园试点区，实行统一管理、整体保护和系统修复，已经取得明显成效。东北虎豹试点区“天地空”一体化监测体系覆盖 5000 平方公里；武夷山试点区完成生态修复 6500 亩，整治违法违规茶山 7300 亩，拆除违规建设 39 处；大熊猫试点区实施生态修复和栖息地恢复工程，建设大熊猫野化放归基地，恢复大熊猫栖息地近 4 万亩；三江源、普达措矿权和水电等开发企业已全部退出，祁连山、大熊猫、南山等试点区退出数量超过 50%；神农架试点区组建综合执法大队，实现园区内自然资源综合执法。

各试点区在全力保护自然生态系统原真性、完整性的同时，积极探索绿水青山就是金山银山的有效实现途径，建立社区协调发展和生态补偿制度，实现了生态受保护、百姓得实惠。三江源试点区创新设置“一户一岗”生态管护公益岗位，17211 名放牧员转变为管护员，户均年收入增加 2.16 万元。东北虎豹试点区实施“黄牛下山”项目，推动黄牛养殖产业转型发展。钱江源试点区全面完成集体林权地役权改革，制定实施了集体林地补偿政策。武夷山试点区实行景观资源有偿使用制度，引导园区居民参与资源保护，创造就业岗位 1200 多个。

## 四、生态保护红线（ECR）

生态保护红线是中国环境保护的重要制度创新。生态保护红线是指在自然生态服务功能、环境质量安全、自然资源利用等方面，需要实行严格保护的空间边界与管理限值，以维护国家和区域生态安全及经济社会可持续发展，保障人民群众健康。2014 年生态环境部（原环境保护部）出台《国家生态保护红线——生态功能基线划定技术指南（试行）》，将内蒙古、江西、湖北、广西等地列为生态红线划定试点。具体来说，生态保护红线可划分为生态功能保障基线、环境质量安全底线、自然资源利用上限。

生态功能保障基线包括禁止开发区生态红线、重要生态功能区生态红线和生态环境敏感区、脆弱区生态红线。纳入的区域，禁止进行工业化和城镇化开发，从而有效保护我国珍稀、濒危并具代表性的动植物物种及生态系统，维护我国重

要生态系统的主导功能。禁止开发区红线范围可包括自然保护区、森林公园、风景名胜区、世界文化自然遗产、地质公园等。自然保护区应全部纳入生态保护红线的管控范围，明确其空间分布界线。其他类型的禁止开发区根据其生态保护的重要性，通过生态系统服务重要性评价结果确定是否纳入生态保护红线的管控范围。

环境质量安全底线是保障人民群众呼吸上新鲜的空气、喝上干净的水、吃上放心的粮食、维护人类生存的基本环境质量需求的安全线，包括环境质量达标红线、污染物排放总量控制红线和环境风险管理红线。环境质量达标红线要求各类环境要素达到环境功能区要求。具体而言，要求大气环境质量、水环境质量、土壤环境质量等均符合国家标准，确保人民群众的安全健康。污染物排放总量控制红线要求全面完成减排任务，有效控制和削减污染物排放总量。环境风险管理红线要求建立环境与健康风险评估体系，完善环境风险管理措施，健全环境事故处置和损害赔偿恢复机制，推进环境风险全过程管理。建立突发性污染事故应急响应机制，完善突发环境事件应急管理体系，加强环境预警体系建设，确保将环境风险降至最低。

自然资源利用上线是促进资源能源节约，保障能源、水、土地等资源高效利用，不应突破的最高限值。自然资源利用上线应符合经济社会发展的基本需求，与现阶段资源环境承载能力相适应。能源利用红线是特定经济社会发展目标下的能源利用水平，包括能源消耗总量、能源结构和单位国内生产总值能耗等。水资源利用红线是建设节水型社会、保障水资源安全的基本要求，包括用水总量和用水效率等。土地资源利用红线是优化国土空间开发格局、促进土地资源有序利用与保护的用地配置要求，使耕地、森林、草地、湿地等自然资源得到有效保护。

总的来说，ECR 系统与全球保护区相比，以生态服务供给、减灾控制和生物多样性保护为基础。它整合了现有的保护区类型，补充了生态服务功能极为重要或生态环境极为敏感和脆弱的地区，组成更加全面，分布格局更加科学，区域功能更加突出，控制约束更加严格。这是保护区系统建设的重大改进和创新。通过划定和严格管理 ECR，它不仅有效地保护了生物多样性和重要的自然景观，而且在净化大气和扩大水环境容量方面发挥了重要作用。同时，ECR 也是土地空间发展的控制线，保持了中华民族可持续发展所依赖的绿色水源和绿色山脉，也为维护国家生态安全提供了有力保障。促进可持续经济和社会发展。因此，ECR 有时被称为中国"农田红线后的另一条生命线"。

2017 年 2 月，中国政府发布了《关于划定和严格管理生态保护红线的若干意

见》，明确了 ECR 的总体要求和具体任务。2018 年 6 月，《中共中央关于加强生态环境保护，坚决做好污染防治工作的意见》进一步提出，ECR 领域的目标应占 25%的中国土地总面积。

目前，中国在划定 ECR 方面取得了以下进展：

- 建立协调机制。 生态环境部已率先成立了 ECR 部际协调领导小组。
- 制定指导文件。已经发布了诸如 ECR 划界指南，各省（区，市）ECR 分布的意见和建议以及 ECR 划界（试点）技术规定等文件，以指导各地区 ECR 的有序划分。
- 建立监管体系。整合的监控网络得到了改进，ECR 监管平台已经启动并组织运营。该平台预计将在 2020 年底完成。
- 加大宣传 ECR 的力度。 ECR 徽标已经发布。 ECR 宣传视频已经计划和制作。总结了 ECR 划界的有益经验，邀请媒体跟进宣传，加强 ECR 科普知识的宣传。通过与 IUCN 的合作开发了 ECR 划界工具包，并将中国的生态保护经验推广到国际社会。
- ECR 划分取得了积极进展。 2018 年 2 月，国务院批准了包括京津冀地区，长江经济带和宁夏自治区在内的 15 个省份的 ECR 划界计划，占地面积的 25%左右。省级政府已经颁布并实施了所有 15 个省的 ECR 划界。目前，15 个省正在开展 ECR 标定试点工作。其他 16 个省已形成 ECR 划界的初步计划，将根据该部的意见进行修订和完善，并提交国务院批准。
- 2019 年 8 月，中国政府生态环境部与自然资源部发布《生态保护红线勘界定标技术规程》，详细规定了生态红线勘界定标的技术标准。京津冀、长江经济带省份和宁夏回族自治区等 15 省（区、市）依据国务院认定的生态保护红线评估结果，开展勘界定标；其他省份将在国务院批准生态保护红线划定方案后，启动勘界定标。按照《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》要求，生态保护红线勘界定标应于 2020 年年底前全面完成[19]。

下一步，各地将根据国务院批准的划界计划进行 ECR 划分。结合土地空间规划，保护土地制度建设等工作，促进 ECR 的精确实施，实施更加精细的生态监管。

[19] http://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk05/201909/t20190910_733265.html

同时，中国政府将制定和颁布 ECR 管理措施，明确人类活动的管理原则，管理和控制，保护和恢复，生态补偿，监管评估等要求。ECR 立法将在当地管理实践的基础上推广。