



## 第三章

### 道路沿线的森林砍伐： 监测对类人猿栖息地的威胁

#### 序言

国际能源署估计，到2050年，各国政府和开发机构将投资超过33万亿美元，用于建设2,500万公里新铺设的道路，比2010年水平增加60%。预计近90%的新道路基础设施将建在发展中国家（Dulac, 2013）。亚洲开发银行估计，从2016年到2030年，经气候调整的基础设施“投资需要”在东亚将达到16万亿美元，在东南亚将达到3万亿美元（ADB, 2017, p. 43）。各种基础设施中，交通位居第二，占预计亚洲2016到2030年经气候调整的基础设施投资的32%。在非洲，预计每年基础设施成本约930亿美

元，其中三分之一用于维护，今后15年维护支出将高达1.4万亿美元（AfDB, 2011a, p. 28）。在规划和建设基础设施时，政府始终未能避免恶化至关重要的野生动物栖息地，这表明对交通基础设施网络的这一巨额投资对剩余的森林会有灾难性影响（Quintero *et al.*, 2010）。

与其他基础设施相比，道路方便了进出森林，使人们能伐木、定居、捕猎和开采其他资源，不只是对生态系统造成直接破坏（Trombulak and Frissell, 2000）。实际上，在热带森林区域的许多道路网的选址，就是为了开采自然资源（Nellemann and Newton, 2002）。道路提供了进出森林区域的便利，也催化了对剩余栖息地的各种间接干扰（包括生产木炭和过度捕猎），使类人猿和其他树栖的哺乳动物面临威胁（Coffin, 2007; Wilkie *et al.*, 2000）。类人猿与人类之间的更多接触，也促进疾病在两者之间传播（Kondgen *et al.*, 2008; Leroy *et al.*, 2004）。

世界银行提出了“智慧的绿色基础设施”的概念，尽可能减少对也面临类似危机的老虎及其栖息地的伤害（Quintero *et al.*, 2010）。世界银行缓解等级的基本原则（避免、减少、恢复、补偿）也可以用于减轻基础设施开发对类人猿栖息地的破坏（见表3.3和第四章，页码120）。大多数类人猿等许多依赖森林的物种，专门适应了森林环境的稳定、潮湿、遮蔽条件和复杂构造，使其尤其容易受到与道路相关的破坏的影响（Laurance,

Goosem and Laurance, 2009; Pohlman, Turton and Goosem, 2009; 见第二章）。对类人猿尤其重要的，是确定“更绿色”的基础设施开发是否有助于限制伴随修建穿越森林的道路而来的清理林地和资源开采。

这一章在介绍道路对类人猿栖息地森林砍伐的作用时，使用四个原创的案例分析，并依赖作者监测森林树冠层丧失的广泛经验，特别强调近期的技术进展，使我们可以使用之前无法获得的高清晰卫星图像。为这一章开展的研究揭示以下主要结论：

- 在完好无损的森林景观建设新道路，常常伴随而来的是大片毁林，对类人猿等依赖森林的物种带来负面后果。不论道路周围区域的保护地位如何，道路沿线的森林都会发生森林砍伐。
- 这一章介绍了三个案例分析，表明各地推动森林砍伐的因素不同，但是道路建设一贯与森林丧失陡增相关，之后一段时间毁林率较高，并从道路向外扩大。
- 在这些案例分析中，在靠近道路的小型林地清理空地中，发生非法伐木和种植小块耕地。这些活动主要与从道路向两侧的逐渐扩张和定居点飞地增加更强烈相关，与有组织的常常是合法的把更大片森林改为种植园相关性弱一些。
- 为了减少道路对野生动物栖息地的负面影响，需要采取避开至关重要区域的规划、定期监测森林状态和采取其他自然保护行动。简便、强大的监测和测量森林丧失的方式，可以帮助资源管理者监测与合法道路相关的建设和土地使用变化，阻止在相邻的森林片区建造非法道路和清理林地。



- 道路设计必须解决不能更改线路的道路带来的进入自然区域的问题。即便修建的道路不妨碍类人猿的移动，与此相关的之前无法进入的森林改作其他土地用途，会使居住在森里中的类人猿种群损失殆尽，坦桑尼亚西部黑猩猩种群的经历就是例证。
- 在秘鲁灵长类丰富的亚马逊森林，毁林情况跟踪与每周树冠层丧失提醒相结合，再使用高分辨率卫星图像进行验证。遏制非法道路建设和相关的土地清理活动的这一有用模式，可以容易地调试用于保护类人猿栖息地。

## 建议的道路监测新方式

道路和其他交通基础设施为农村社区带来十分需要的社会和经济益处，包括获得市场和资源；但

是，也不总是这样（见第二章，p. 60）。理想情况下，这些运输通道把人们与市场 and 资源连接起来，同时避开原始森林、敏感栖息地、动物扩散和迁移路线，以及独特的自然群落。不过，近期的道路规划常常未能考虑这些因素。未经恰当规划、建设后没有监测，道路会导致巨额时间和财务成本，同时又破坏周围环境，带来公共卫生问题（Clements, 2013; Laurance *et al.*, 2009; 见第一章）。

这一章介绍三个道路建设项目影响周围类人猿森林栖息地的例子。第四个案例分析是在类人猿分布区以外的，与监测灵长类分布区相关；这个案例分析表明，类人猿保护届可获得的新数据和工具能怎样帮助发现、监

照片：与其他基础设施相比，道路方便了进出森林，使人们能伐木、定居、捕猎和开采其他资源。

© HUTAN Kinabatangan  
Orangutan Conservation  
Project



测、预测和减少森林丧失。具体来说，现在卫星图像和相关的空间数据分析工具使资源管理者能更有效地监督在基础设施和其他开发周围的类人猿栖息地的树冠层变化（见附录一）。这种方式已经用于评价老虎的剩余栖息地和影响景观级别的规划，确保老虎得以存续（见框3.1）。同样的方式也可以用于类人猿栖息地保护。

假定高级别决策时考虑环境保护信息，与拟议的基础设施路

线相关的预期的树冠层丧失数据和地图，可以提示道路选址和预防措施，减少毁林。这些工具也有助于减轻道路的破坏：

- 估计在拟议建设的道路周围区域内的潜在影响；
- 在树冠层丧失扩大前，发现新道路沿线的树冠层丧失；
- 确定一段时间树冠层的丧失趋势，以及各种自然保护措施的有效程度（Clements *et al.*, 2014）；
- 帮助决策者理解树冠层丧失的规律和潜在的缓解方案；以及

### 框3.1

#### 把老虎栖息地分析的经验应用于类人猿栖息地监测和保护

与类人猿一样，老虎也需要大片区域才能生存。但是，栖息地丧失，加上对老虎及其猎物的过渡捕猎，使全球野生老虎种群减少至不足3,500只个体（Joshi *et al.*, 2016）。虽然如此，在该物种的分布区，还有足够的老虎栖息地森林，能把老虎从濒临灭绝的边缘拉回来。

对至关重要老虎栖息地的近期评价使用了新的基于卫星的监测系统，分析优先保护野生虎的76个景观14年间森林丧失的数据（Joshi *et al.*, 2016）。这项研究发表于2016年，确定在老虎的地理分布区有足够的森林栖息地，增加保护投入的话，能实现到2022年使野生虎种群数量翻一番的国际承诺（这项举措称为Tx2（World Bank, 2016b））。

研究者系统地审视了全球承认的老虎保护景观中树冠层的变化，这些景观面积的中位数是2,904平方公里（290,400公顷）（Joshi *et al.*, 2016; Wikramanayake *et al.*, 2011）。研究者使用了全球森林观察和谷歌地球引擎（Google Earth Engine）提供的高清晰度和中等清晰度的卫星数据，以及马里兰州大学的分析（GFW, 2014; Google Earth Engine Team, n.d.）。

开放权限的GFW平台为森林管理者和其他人提供了可以使用的工具，测量和监测关键栖息地，分析风险，对自然保护努力进行优先排序。这个研究小组使用了每年更新的GFW树冠层数据，清晰度为30米 x 30米，用于发现和确定森林丧失的位置。

研究者估计，2000年到2014年的森林清理（面积相当于近80,000平方公里（800万公顷），占老虎剩余栖息地的7.7%）导致本可以支持估计400只老虎的栖息地丧失，占全球老虎数量的十分之一以上（Walston *et al.*, 2010）。在76个老虎保护景观中，考虑到该区域的经济迅速发展、人口密度高，森林丧失实际上比预期的要低。

老虎森林栖息地丧失分布也不均匀：98%的老虎森林栖息地丧失，发生在对增加老虎种群最重要的29个最关键的老虎保护区景观中的十个，主要是在印度尼西亚和马来西亚，这两个国家的油棕种植园推动着森林砍伐。这些老虎保护区景观中许多也是极其重要的类人猿种群的家園，尤其是在苏门答腊（IUCN, 2016c; 见第七章）。

栖息地评价的结果使科学家和老虎分布区管理当局能更好地了解在老虎保护区景观内，完好森林、树冠层丧失和人类开发活动的空间分布，这样可以把自然保护的资源用在最需要避免进一步破坏的地方。

在印度尼西亚，老虎保护区景观内超过4,000平方公里（40万公顷）连续的森林面积被分配用于油棕特许经营区。把这些森林改作其他用途，会在保护区切割森林廊道、减少栖息地。如果要应对栖息地丧失的这一较快速度，就需要在这些老虎保护区景观格外密集地投资自然保护，并致力于解决生产商品的做法。

老虎栖息地评价使用的工具，如果也包括在森林和野生动物管理者使用的工具包中，会有助于发现和应对森林变化，甚至包括在景观层面。在尼泊尔老虎廊道之一Khata的森林再生，与社区管理的为老

- 介绍在道路建设之后采取自然保护措施的最佳实践的例子，推动日益壮大的走向智慧的绿色基础设施的趋势 (Quintero *et al.*, 2010)。

直到最近之前，使用卫星数据需要购买、处理、验证和解读原始信息的许多专长和大量资金 (Curran *et al.*, 2004; Gaveau *et al.*, 2009b; LaPorte *et al.*, 2007; 见附录II)。在景观级别评价森林砍伐，提供了人类活动对森林影响的宝贵证据，但是，获得卫星数据所需的成本和努力妨碍广泛采用这种方式。

全球森林观察 (Global Forest

Watch, 简称“GFW”)是一个新的森林保护的分析平台，它改变了这一流程，使我们更容易获得卫星图像的力量。GFW提供免费的空间明确的树冠层变化数据，这些数据来自数千张分辨率为30米 x 30米的美国政府发射的地球资源卫星 (Landsat) 图像，每年为全世界更新一次 (GFW, 2014; 见第七章)。截止2017年中期，GFW可以对大多数类人猿栖息地国家提供树冠层变化的每周更新，实现接近实时的栖息地监测 (GFW, 2014; M. Hansen, 个人沟通, 2017)。类人猿栖息地利益攸关方能使

- ▶ 虎在这一区域扩散而恢复森林的林业项目恰好吻合 (Joshi *et al.*, 2016)。现在社区打击偷猎的队伍也巡视森林，防止野生动物偷猎和栖息地恶化。及时了解这些积极结果，会使森林管理者协助Khata社区，并把官方保护工作放在其他地方。

与此相反的一个例子是在尼泊尔的Basanta廊道，人们为寻求获得土地而清理森林，阻碍了老虎向北扩散，导致最近的几次调查没有发现之前见过的老虎。区域专家发现有人类定居的过程后，接近实时的森林丧失提醒本来可以更早通知管理者，使他们能努力引导定居点的设置，减少森林丧失 (Joshi *et al.*, 2016)。

更新的森林树冠层信息本来也可以帮助小型、孤立隔绝的保护区，比如印度的Panna国家公园，这里的老虎被偷猎者消灭光了，缺少与其他保护区的连接使老虎不能重新在这里生长繁衍 (Wikramanayake *et al.*, 2011)。这个公园的植被和猎物基础都是完好的，但是政府不得不从附近的保护区转移了五只老虎，催化种群恢复到35只以上成年虎。

在2016年4月在印度德里举行的老虎分布区国家环境部长会议上，介绍了老虎栖息地评价。与会代表在《老虎保护区德里承诺》中，承诺将“保护老虎及其野生栖息地，为繁荣兴旺确保有必不可少的生态服务” (PIB, 2016b)。五个国家的代表请求使用评价中介绍的卫星监测工具，开展和更新他们的年度国家老虎栖息地分析，其他代表介绍了这个工具对帮助他们在同一时间段内监测老虎分布区国家的栖息地情况如何有用 (PIB, 2016a)。全球老虎倡议行动组织 (Global Tiger Initiative) 也支持采取这一方

式。这个组织是各国政府、国际机构、私营部门和民间社会团体的一个联盟，目的是防止野生虎灭绝 (World Bank, 2016a)。

到2022年使老虎种群数量翻一番，就要求不只是跟踪栖息地的年度变化。GFW新推出的森林丧失提醒系统 (空间清晰度为30米) 不久将生成针对热带地区森林的每周提醒 (M. Hansen, 个人沟通, 2017)。这个系统建立后，分布区国家的森林管理者将能接近实时地收到在某个保护区、廊道或老虎保护区景观的森林丧失提醒，并采取适当行动。老虎分布区国家官员表示有兴趣把每周森林丧失提醒纳入保护区管理者的例行监测和报告活动，因为即便有迅速的提醒，也需要在现场立刻采取行动，制止栖息地恶化和丧失<sup>1</sup>。对老虎这样相对来说不容易扩散的物种，社区林业项目、政府举措和其他利益相关方也应监测恢复森林连接的情况。GFW的每周更新有助于跟踪甚至推动这些干预措施。

通过树冠层丧失，跟踪和发现森林变化，对类人猿等树栖动物更为重要。GFW的提醒使我们能每周评价稀疏连接的森林斑块破碎化带来的风险水平，这对20种长臂猿尤其重要 (GFW, 2014)。对森林变化持续更新、空间明确的评价，有助于确定和细化对类人猿重要的区域，评估威胁的类别和程度，使管理当局和资源管理者能采取适当行动。基于Tx2做出了种群恢复的承诺，但是没有包括大型类人猿和长臂猿，类人猿分布区国家和自然保护组织可以联合创造机会，促进关注和资源流向类人猿栖息地的关键区域。老虎栖息地和树冠层变化的地图，见 [globalforestwatch.org](http://globalforestwatch.org) 网站。



用在线的全球森林观察工具，查看和分析一个国家或保护区的树冠层损失数据，或者为自己的目标区域创建定制地图，或者下载数据。这样，GFW使具备基本技能的使用者能监测栖息地的变化，形成森林变化的重要信息，可以提升自然保护努力，或者近乎实时地监测道路建设的影响。

## 案例分析方式

这一章介绍2001到2014年在三个案例分析的地点，显著升级的道路周围类人猿森林栖息地的过去和预期变化（见附录III），还有一个是在类人猿分布区以外在秘鲁灵长类丰富的热带森林的地点。前三个地点（两个位于印度尼西亚苏门答腊北部，一个位于坦桑尼亚西部）是一共四个类人猿亚种的家园。苏门答腊的两个地点位于勒赛尔生态系统，是合趾猿（*Symphalangus syndactylus*）、苏门答腊白掌长臂猿（*Hylobates lar vestitus*）和苏门答腊猩猩（*Pongo abelii*）的家园；在坦桑尼亚西部的地点支持黑猩猩东非亚种（*Pan troglodytes schweinfurthii*）。秘鲁的热带雨林有50多种灵长类，其中几个地点的物种数量是世界上最高的（IUCN SSC Primate Specialist Group, 2006）。

具体来说，这项分析使用全球森林观察2000-2014年的数据组，显示在道路建设或改善之前和之后年份离道路10公里区域的类人猿森林栖息地的丧失情况（Hansen et al, 2013）。对一段时间的树冠层丧失能在细小的比例上量化，使我们能估计道路对森

林栖息地影响的位置和规模，发现规律，并确定将来可能发生树冠层丧失的区域。

此外，这一章还介绍与道路开发与对类人猿栖息地的负面影响相关的方面。这一章也评价森林丧失提醒等GFW工具和数据开放使用在以下方面的潜力：a) 对2001到2014年建设或扩建的道路周围的森林进行细小比例尺的监测；b) 量化基础设施和与之相关的次级开发导致的森林丧失；c) 帮助保护区管理者和其他人完成这些功能。对这些方法的描述，见附录III。

## 对类人猿栖息地内道路基础设施的建议

### 道路区分区域，实现社会利益最大化和对类人猿栖息地的破坏最小化

按照环境破坏最小化和使社会益处最大化规划新道路，必须包括考虑道路的位置和设计。最重要的是避免在原始状态的栖息地建设新的道路，在这样的地方土壤一般不肥沃，并且远离市场（Laurance et al., 2015c; Quintero et al., 2010; 见表3.3）。Laurance and Balmford (2013) and Laurance et al. (2014a)提出，全球“道路区分区域”，确定和规划在哪里道路能最好地把人们与市场 and 资源连接，以及在哪里不应建设道路，包括原始森林、敏感栖息地、动物扩散和迁移路线，以及独特的自然群落。不过，许多决策者在道路规划过程中未能考虑这些因素。后果可能是破坏自然环境，▶ p. 102

### 案例分析3.1

## 道路促进工业化规模农业，威胁印度尼西亚苏门答腊勒赛尔生态系统

### 背景

过去50年，人类活动把苏门答腊广袤的热带雨林减少为孤立的片状和几个大的斑块。油棕、制浆木材和其他大规模种植园迅速替代了苏门答腊岛上的自然森林，现在占陆地面积的20% (Abood *et al.*, 2015; De Koninck, Bernard and Girard, 2012)。岛屿北部的森林清理从20世纪80年代热切地展开，导致到2000年，亚齐省之前完好的森林丧失了一半以上 (De Koninck *et al.*, 2012)。

勒赛尔生态系统包括25,000平方公里 (250万公顷)，里面包括勒赛尔山国家公园，是迄今为止苏门答腊最大最重要的剩余森林。勒赛尔生态系统包括亚齐省、北苏门答腊省最后一片低地森林和大部分为山地、生物多样性丰富的热带雨林 (De Koninck *et al.*, 2012; GFW, n.d.c)。勒赛尔生态系统包括苏门答腊猩猩剩余栖息地的78%，支持苏门答腊猩猩剩余种群的90%以上，估计有14,600只个体 (Wich *et al.*, 2008, 2016)。它极可能是苏门答腊白掌长臂猿和合趾猿的至关重要庇护所 (Campbell *et al.*, 2008; Nijman and Geissmann, 2008)。所有三个物种都因捕猎和栖息地丧失面临濒危，都要求有完好的森林树冠层才能存活 (Brockelman and Geissmann, 2008; Nijman and Geissmann, 2008)。

为了保护该区域的生物多样性，为了支持本地物种的可持续种群，1995年设立了勒赛尔生态系统这个法律实体 (Van Schaik, Monk and Robertson, 2001)。不过，即使在这个保护区内，人们继续清理森林，大规模种植园已经覆盖这个类人猿长期栖息地的大片面积。

捕猎和把过去伐木后的森林改换为单一种植的种植园，是对勒赛尔生态系统三个类人猿物种的两大主要威胁 (Geissmann, 2007; Wich *et al.*, 2011, 2016)。对当地捕猎压力进行量化，超出了这一分析的范围。因此，对道路缓冲区距离的设定，反映了之前的研究结论，按照Laurance *et al.*报告的，野味捕猎一般扩展到离道路5到10公里 (2009; 另见附录III)。

### Ladia Galaska道路网的侵入

Ladia Galaska是一条长1,650公里的全天候道路扩建工程，希望把亚齐省的东西海岸穿越该省的山地内陆连接起来 (De Koninck *et al.*, 2012)。从20世纪90年代中期开始，这一大型开发项目就已经升级和连接了之前建成的道路，包括只能在更干旱的季节才能通行的路线。Ladia Galaska道路网横穿勒赛尔生态系统的北部，切割之前完好的森林，威胁森林生物多样

性和对低地社区的供水服务。

Ladia Galaska道路网自20世纪80年代中期提出后，就引发了热烈的辩论 (Eddy, 2015)。亚齐省各任省长都推动加快建设，许多当地社区支持这个项目，因为它会改善他们运输棕榈油和其他商品的选择 (Clements *et al.*, 2014)。

批评人士指出，Ladia Galaska威胁完好的森林提供的必不可少的生态系统服务，包括为几百万当地居民供水、水土侵蚀和洪水控制、火灾抑制和旅游业 (van Beukering, Cesar and Janssen, 2003; Wich *et al.*, 2011)。批评人士还提到该道路网会减少和切割森林，这里是多个标志性和濒危物种的栖息地，包括极其重要的猩猩和长臂猿种群 (Clements *et al.*, 2014; IUCN, 2016a)。另外，许多道路建设在有陡坡的森林区域，容易发生地震和泥石流 (Riesco, 2005)。最后，这个部分完工的项目遇到反对，因为它将扩展进入该区域的森林，包括勒赛尔山国家公园。这条道路会促进非法伐木，会继续对所有三类人猿物种的至关重要栖息地和老虎、大象等苏门答腊其他独特野生动物产生负面影响 (Gaveau *et al.*, 2009b; Panaligan, 2005; Wich *et al.*, 2008)。

为这项分析的目的，我们以两个附近的地点的道路改善作为案例分析 (见图3.1)：

- 在勒赛尔生态系统东部的Tamiang Hulu至Lokop道路；
- 穿越该生态系统的中部，分割部分勒赛尔山国家公园的Blangejeren至Kutacane公路。

这两条道路相距约54公里，是Ladia Galaska道路改进方案中大约16个路段中的两段 (De Koninck *et al.*, 2012)。

### Tamiang Hulu至Lokop道路开发

靠近Tampor Paloh村的这条道路的东西线路最初是20世纪80年代可以看到的一条伐木道路。2009-2010年间得到密集开发 (见图3.2)。

### GFW认为对周围区域的影响

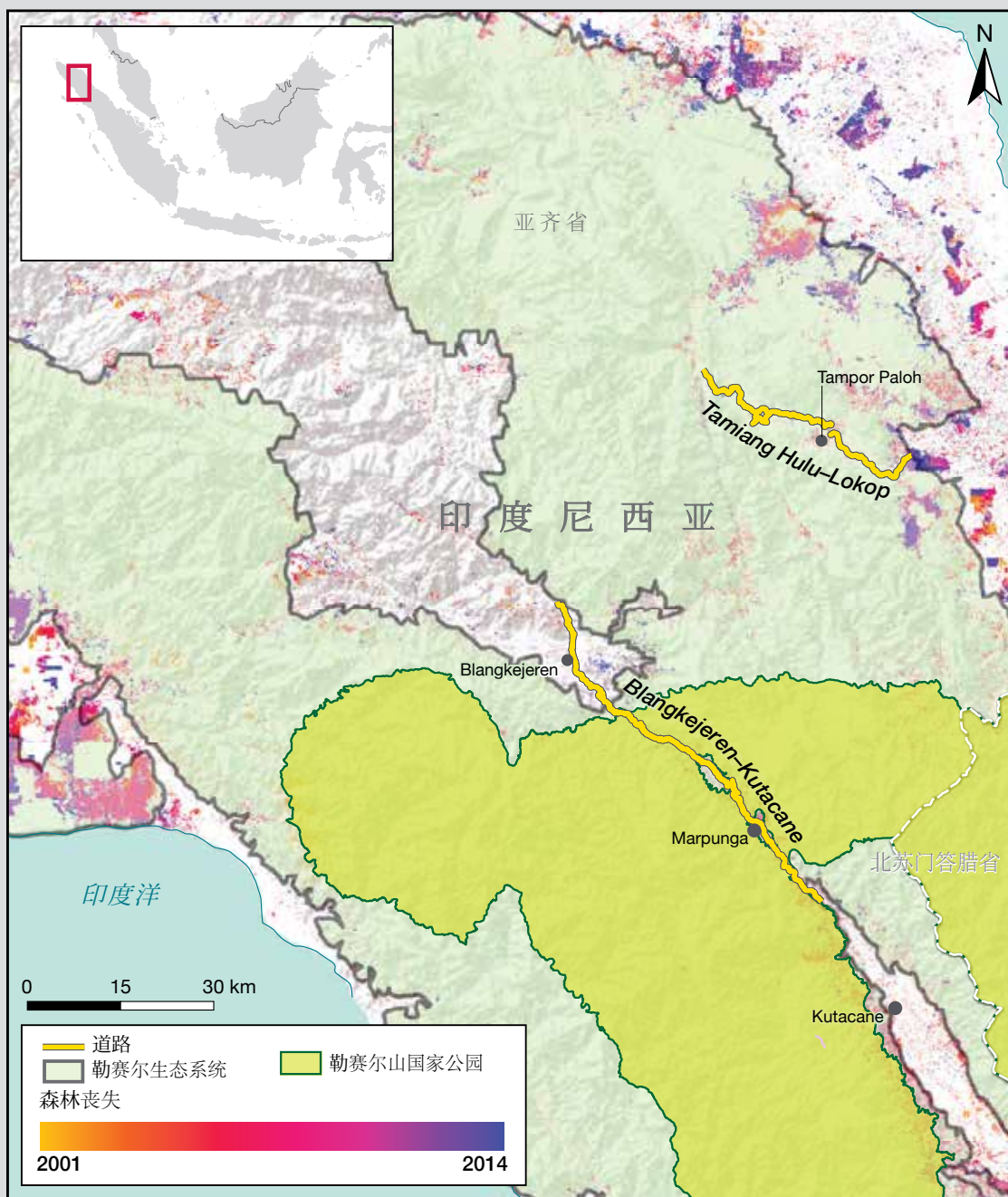
2000年，在道路两侧10公里以内，尚有1,072平方公里 (107,200公顷) 森林 (见表3.1)。这其中有243平方公里位于农业特许经营区，规划将改作种植园。2000年之前，在东侧，在道路连接到一个大型油棕种植园的一些较低海拔的森林已经被清理了。从2000年到2014年，在各个特许经营区，又有自然森林被清理。

2000年到2014年期间发生的森林丧失大部分发生在特许经营区内，2000年还是自然森林，2014年就已



图3.1

2001-2014年，印度尼西亚苏门答腊亚齐省勒赛尔生态系统中的Tamiang Hulu至Lokop道路和Blangkejeren至Kutacane道路



数据来源：Google Earth Engine Team (n.d.); Hansen *et al.* (2013)<sup>2</sup>

注：森林丧失情况按年份用颜色表示。黄色和橙色代表较早年份，紫色和蓝色代表较晚年份。

图3.2

2000年到2014年，印度尼西亚苏门答腊亚齐省Tamiang Hulu至Lokop道路东半部分森林丧失情况



数据来源：Google Earth Engine Team (n.d.); Hansen et al. (2013)<sup>3</sup>

注：森林丧失情况按年份用颜色表示。黄色和橙色代表较早年份，紫色和蓝色代表较近年份。在道路东端的大片清理是一片在2000年之前建立的油棕种植园，没有包括在这项分析中。

表3.1

全球森林观察确定的印度尼西亚苏门答腊亚齐省Tamiang Hulu至Lokop道路缓冲区的森林树冠层和丧失情况

缓冲区	2000年的树冠层 (平方公里)	2000到2014年的树冠层丧失情况 (平方公里)	2000年的树冠层， 不包括成熟的油棕（平方公里）	不包括重新清理导致的丧失 (平方公里)	特许经营区总计 (平方公里)
0-5公里	485	41	468	23	129
5-10公里	608	57	604	53	114
0-10公里	1,093	97	1,072	76	243

数据来源：GFW (2014); Hansen et al. (2013)

注：2000年的树冠层和2000年到2014年的树冠层丧失数值，指的是全球森林观察确定这些年份的树冠层的面积。2000年的森林树冠层数值不包括全球森林观察错误地计入森林的离道路5公里内的17平方公里成熟的油棕活立木和离道路5-10公里的4平方公里油棕活立木。2011年到2014年对这些区域的重新清理，没有包括在树冠层丧失数值中。虽然树冠层总面积的近25%（243平方公里或24,300公顷）是在大规模特许经营区内，但是2000年时候许多还是自然的森林。

被清理掉。这包括离道路0到5公里的129平方公里（12,900公顷），主要是在油棕种植园内，以及离道路5-10公里的114平方公里（11,400公顷）（见表3.1）。

2007年前，在特许经营区以外，道路沿线区域经历了分散的和有限的森林砍伐。从2000到2006年，离道路0到5公里和5到10公里的区域每年分别丧失了2000年森林覆被的不到0.2%（见图3.3）。在道路改善前，大部分清理发生在紧挨着道路两侧的地方，或者与河流或之前的清理地区（道路、种植园）交界的地方。第一次毁林高峰发生在2007年，大多在道路与河流交界的地方，这是由于穿越条件改善，以及沿着河流边缘扩建了一条当地主要道路。

2009年对道路的改进伴随着第二次毁林陡增，树冠层丧失再次达到高峰。接下来几年，在道路5公里以内区域的森林每年丧失近0.8%，之后森林丧失速度减慢（种植园重新清理扩大了）。

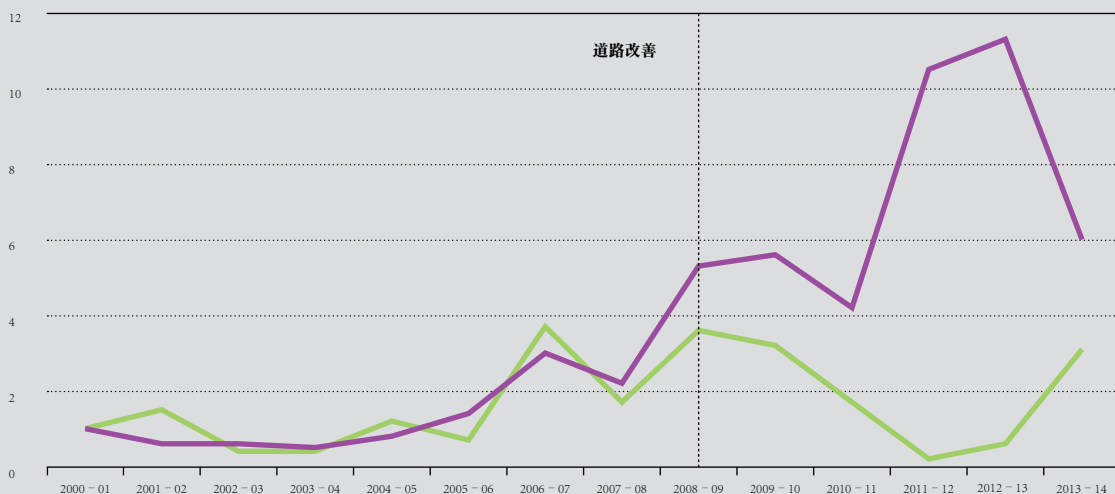
从2009年到2014年，在离道路5公里到10公里的地方，树冠层丧失每年平均1.2%，是2009年之前平均水平的六倍。虽然对道路沿线的内陆森林的进出都改善了，大部分损失发生在该区域东部边缘之前指定的特许经营区内，或该道路与其他道路或河流交叉口的低地森林。离道路沿线大部分地方10公里以内的森林砍伐，限于分散的小片清理，在道路两侧延伸100到200米。

图3.3

2000年到2014年，在印度尼西亚苏门答腊亚齐省Tamiang Hulu至Lokop道路缓冲区内的森林丧失

图例：■ 0-5公里 ■ 5-10公里

森林丧失（平方公里）



数据来源：GFW (2014); Hansen *et al.* (2013)

注：道路改善发生在2009年。森林丧失数值没有包括2010年到2014年之间缓冲区西部边缘的大型油棕种植园的重新清理（见图3.2）。

### 应对道路开发的影响

这些结论表明，Tamiang Hulu至Lokop道路的升级导致的森林丧失虽然有限，但是，它负面地影响了类人猿种群，因为它减少了重要的低地森林栖息地。猩猩和白掌长臂猿喜欢1,500米以下的低地森林（Brockelman and Geissmann, 2008; Campbell *et al.*, 2008; Van Schaik *et al.*, 2001; Wich *et al.*, 2016）。这些物种可能坚持低密度地居住在勒赛尔剩余的高地森林（Van Schaik *et al.*, 2001; Wich *et al.*, 2016）。这条道路改造后，可能加快了官方认可的种植园边界内的低地森林改为种植油棕。尽管如此，沿着这条道路线的定居点很少发生，主要集中在与已有道路和河流交叉的地方（见图3.2）。狭窄道路的清理限于一个山谷内，周围山地环境可能限制了建立侧枝道路，否则会导致更多森林清理和进出捕猎。

要求农业特许经营区持有者在其管理计划中包括森林类型、濒危物种、保护区、道路和管理活动等一系列地图，能帮助确定哪个至关重要栖息地面临威胁。这些计划加上认真执行，会鼓励在一

个区域开展深思熟虑的特许经营区设计，实现独立和全面的审查（Meijaard and Wich, 2014）。

不过，印度尼西亚伐木利益集团的力量和缺乏控制他们的能力，使对伐木和改换为种植园施加的限制极少（De Koninck *et al.*, 2012; Robertson, 2002）。大部分拟议的改进没有考虑要求的环境影响评价的结论，或者直接置之不理（Robertson, 2002; Singleton *et al.*, 2004）。

迫切需要形成系统的、细化的土地使用监测系统（De Koninck *et al.*, 2012）。各级森林官员使用全球森林观察等提供的工具定期监测带来透明度，能极大地促进这些努力。



### 案例分析3.2

#### 道路促进印度尼西亚苏门答腊小规模农业种植和对勒赛尔山国家公园的蚕食

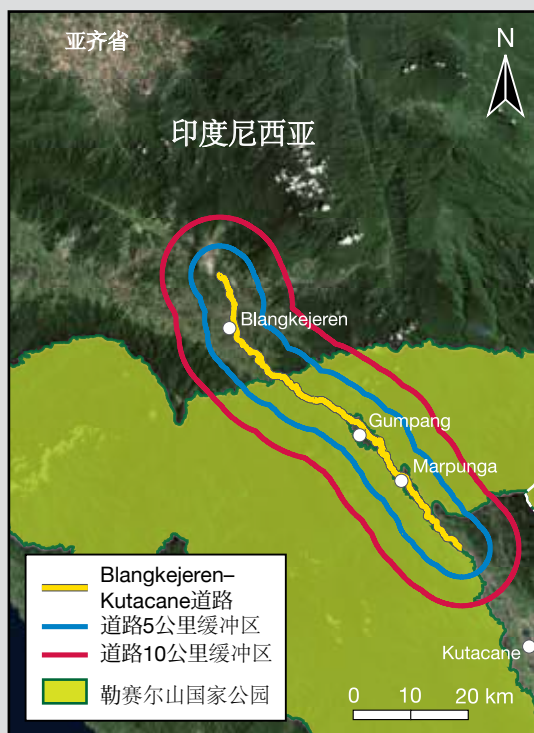
##### Blangkejeren至Kutacane道路开发

Blangkejeren至Kutacane道路是穿越勒赛尔生态系统和勒赛尔山国家公园的道路的一段，它也穿越一个山谷，但是与Tamiang Hulu至Lokop道路的不同之处在于它不提供进出大型种植园的便利。虽然如此，进出勒赛尔森林中部的道路改善逐渐带来了严重的蚕食和森林砍伐。

历史上这条道路是Blangkejeren到Kutacane的一条小道。它提供了进出森林的便利，吸引了定居者（Tsunokawa and Hoban, 1997; 见图3.4）。2009

图3.4

2016年，印度尼西亚苏门答腊亚齐省Blangkejeren到Kutacane的道路，显示了5公里和10公里的缓冲区



数据来源: Google Earth (n.d.)<sup>4</sup>

注: 这条道路分割了勒赛尔山国家公园的森林斑块(绿色)。沿道路的两个定居点飞地(Gumpang在北面, Marpunga在南面), 位于地图上公园边界以外。

年, 这条道路进行了显著改善, 此后, 道路沿线非法伐木和农业拓宽了毁林带。这条道路在勒赛尔山国家公园的两个地段把公园一分为二。

这条道路提供到两个定居点飞地Gumpang和Marpunga的交通和市场进出便利, 这两个定居点飞地允许在勒赛尔山国家公园边界之外继续存在(见图3.4和3.5)。这些定居点之后扩展到国家公园的土地上。这条道路也为伐木者提供了进出森林的便利, 他们沿着邻近的Alas河非法地清理了部分林地, 进入周围的受保护森林(McCarthy, 2002)。

缺乏执行伐木法律的政治意愿, 以及强大的政府官员和木材公司之间的合谋, 使勒赛尔的受保护森林的非法伐木尤其难以解决(McCarthy, 2000; Wich et al., 2011)。

图3.5

2000年到2014年, 印度尼西亚苏门答腊亚齐省Blangkejeren到Kutacane道路的部分路段, 两侧受保护的森林和森林丧失情况



数据来源: Google Earth (n.d.); Hansen et al. (2013)<sup>5</sup>

注: 森林丧失从道路向外逐渐增加, 包括从Marpunga飞地的集中丧失向外扩大。在左侧中部, 深入到勒赛尔国际公园内的清理是一个泥石流。

表3.2

全球森林观察确定的印度尼西亚苏门答腊亚齐省2000年到2014年Blangkejeren至Kutacane道路缓冲区的森林树冠层和丧失情况

缓冲区	2000年的森林 (平方公里)	2000年到2014 年的森林丧失 (平方公里)	2000年到2014 年的森林丧失 (%)	2009年前平均每年 丧失 (平方公里)	2009年前平均每年 丧失 (平方公里)
0-5公里	646	53	8.1	2.4	5.5
5-10公里	818	27	3.3	1.3	2.7
0-10公里	1,464	79	5.4	3.7	8.2

注：在这条道路的缓冲区内没有特许经营区。

数据来源：GFW (2014); Hansen *et al.* (2013)

GFW认为对周围区域的影响

2000年，经过几十年规律使用，在道路两侧10公里以内，尚有1,464平方公里（146,400公顷）森林（见表3.2）。从2000年到2006年，沿着Blangkejeren至Kutacane道路的森林丧失一直高于Tamiang Hulu至Lokop道路，在道路5公里以内每年丧失1到3平方公里，在5到10公里内每年丧失1.0到1.5平方公里。2009年对Blangkejeren至Kutacane道路进行了升级。

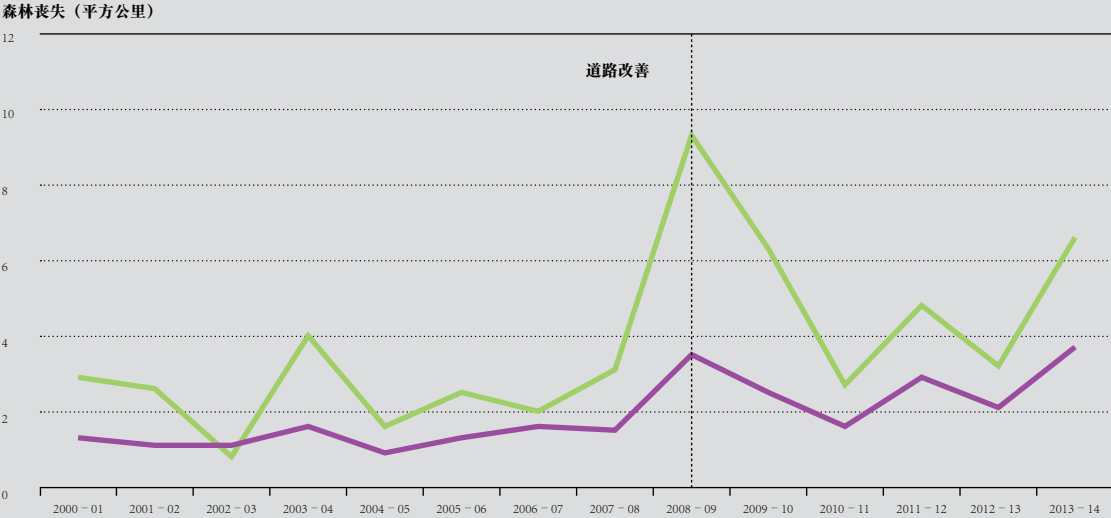
那一年，森林丧失增加两倍，并一直保持很高水平；2009年到2014年每年平均森林丧失面积是2001到2008年期间高出一倍多。

从2000年到2008年，在整个0到10公里的缓冲区内，每年丧失大约3.7平方公里（370公顷）森林。在道路改善后的几年，这一速度增加一倍以上（见表3.2和图3.6）。森林丧失大部分发生在道路3公里以内。改进后道路一部分穿越Blangkejeren，这里

图3.6

2000年到2014年，在印度尼西亚苏门答腊亚齐省Blangkejeren至Kutacane道路缓冲区内的森林丧失情况

图例：0-5公里 5-10公里

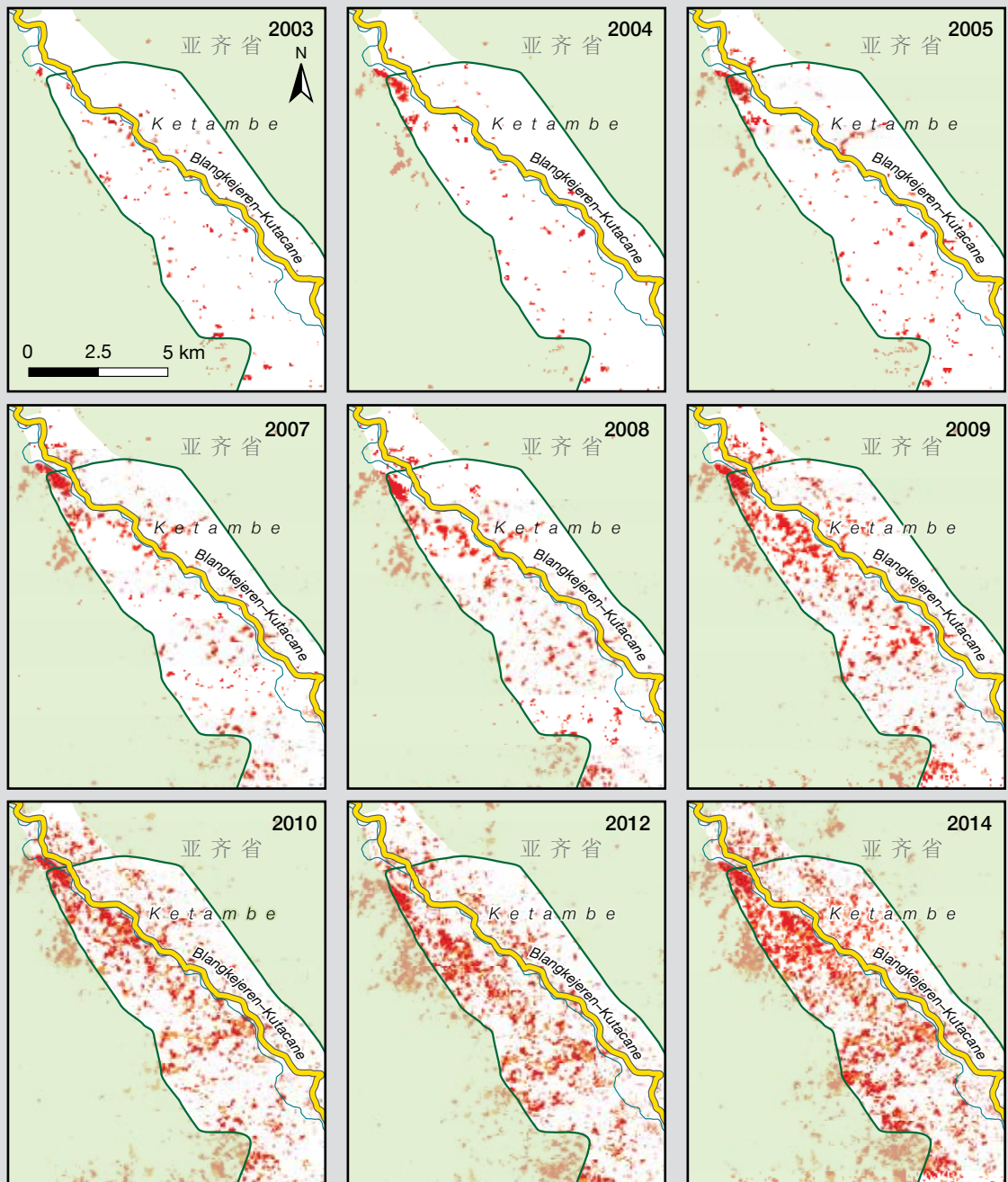


数据来源：GFW (2014); Hansen *et al.* (2013)

注：缓冲区内没有种植园。

图3.7

2003年到2014年，在印度尼西亚苏门答腊亚齐省Blangkejeren至Kutacane道路的一个路段沿线的森林丧失扩大情况



数据来源：GFW (2014); Hansen *et al.* (2013). 所有地图：© OpenStreetMap和撰稿人([www.openstreetmap.org/copyright](http://www.openstreetmap.org/copyright))

注：森林显示为淡绿色，位于勒赛尔山国家公园内。



2000年以前就已经有许多人定居,在该研究期间,进一步丧失的森林覆被相对较少。尽管如此,在道路两头靠近已有城镇的部分,总的森林丧失更为广泛。

与Tamiang Hulu至Lokop道路一样,2009年Blangkejeren至Kutacane道路的升级伴随着森林砍伐陡增(见图3.6)。此后几年,距离道路0-5公里和5-10公里距离的森林丧失的平均速度加快了,但是离道路近的尤其严重。在离道路5公里范围内,2009年道路升级以后森林年均丧失速度为0.9%,是在道路升级前森林年均丧失速度0.4%的两倍以上。在离道路5公里到10公里的距离,从2009年到2014年,森林丧失平均每年0.3%,也是2009年年均速度的两倍。

道路对森林树冠层产生负面影响的一种解释,是在道路不再是一种障碍后,伐木者的伐木点改换了地方。一条好的道路一旦可以使用,伐木者或定居者就更愿意花一天时间从道路的一个点清理森林,即便他们那一天已经在很差的道路上颠簸了20到50公里。道路升级便利了进出勒赛尔山国家公园的内部森林,即便多山的地貌可能限制了在更陡的区域限制了清理。

因此,侵入勒赛尔山国家公园逐渐加速(见图3.7)。在公园内,森林丧失的加剧在2004年达到高峰,之前两年已经发生了小范围侵入。2008年和2009年,森林丧失再次达到高峰,也是在几年的小范围侵入之后。沿着Blangkejeren至Kutacane道路的更小范围但是持续的缓慢清理的这种规律,与Tamiang Hulu至Lokop道路不同,在后者沿线的特许经营区内出现了更大块的清理,但几乎没有定居点。图3.7的图像显示沿着Blangkejeren至Kutacane道路在勒赛尔山国家公园内森林砍伐的时空进展。

预测模型已经表明,亚齐省靠近道路的森林区域越来越容易被毁林。研究人员预计,从2006年到2030年,猩猩的栖息地会再减少16%,这会导致猩猩全球种群数量大幅减少(Clements *et al.*, 2014; Gaveau *et al.*, 2009b)。在印度尼西亚的许多伐木道路沿线,伴随着伐木活动而来的是森林转型和火灾,加剧了居住其中的类人猿种群的脆弱性(Clements *et al.*, 2014; Laurance *et al.*, 2009)。

### 应对道路开发的影响

Ladia Galaska项目是土地使用规划差的例子,就像Blangkejeren至Kutacane道路所彰显的那样(Wich *et al.*, 2008)。虽然Tamiang Hulu至Lokop道路促进了在指定的种植园内大片的低地森林改为油棕种植,但

是Blangkejeren至Kutacane道路切割了多山的勒赛尔山国家公园。对Blangkejeren至Kutacane道路线较早一次升级(1982年)之前和之后拍摄的空中照片显示,进出改善后,促进了在公园内在Gumpang和Marpunga两块飞地的不受控制的非法定居(Singleton *et al.*, 2004)。改善的道路使定居者能非法进入勒赛尔山国家公园,从公园里攫取资源,偷猎野生动物。2009年的道路改进,进一步鼓励围绕这两个不断扩大的人类定居点飞地的森林丧失,除了这两处之外,其他地方仍是偏远的难以进入的国家公园。

勒赛尔生态系统受到总统令的正式保护,为亚齐省数百万居民提供水资源(Eddy, 2015; Singleton *et al.*, 2004; van Beukering *et al.*, 2003)。尽管如此,Ladia Galaska的一些道路横穿该区域的陡峭斜坡,穿越受保护的森林,这些斜坡的平均坡度为40%及以上,也穿越保护区森林,包括勒赛尔山国家公园和集水区。国际林业研究中心(Center for International Forestry Research)的科学家建议,把亚齐省道路投资重新规划路线,远离偏远的勒赛尔森林,改为沿着海岸的需要投资的现有道路,在那里有更多的农业和定居点,并且森林已经退化。这一转变会造福更多居民,并且降低环境成本(CIFOR, 2015; Laurance and Balmford, 2013)。

根据经济和环境数据做出的预测显示,亚齐省靠近道路的森林面临更高的毁林风险,只有在勒赛尔生态系统更偏远地区才能有可行的类人猿栖息地(Gaveau *et al.*, 2009b; Van Schaik *et al.*, 2001)。沿着Blangkejeren至Kutacane道路和勒赛尔生态系统内其他道路的无差别的广泛清理森林,将更加切割勒赛尔山国家公园和孤立三个剩余最大的猩猩种群中的两个。

勒赛尔山国家公园内的山峦正迅速成为苏门答腊类人猿的最后一片栖息地,更多的自然保护措施必须不仅应对这条道路和相关的定居点飞地带来的进出问题,还要应对缺乏执法能力,因为这两个因素使在公园边界内的非法伐木得以继续(Eddy, 2015; Robertson, 2002; Wich *et al.*, 2011)。沿着已经建设的道路,当地非政府组织和资源管理者在道路和河流检查站设立的岗哨可能会有助于防止伐木者进入勒赛尔山国家公园,罚没从公园非法运出的野生动物和木材(Singleton *et al.*, 2004)。规划新的道路时,避免或减少森林清理,对类人猿在勒赛尔生态系统的持续生存必不可少(Jaeger, Fahrig and Ewald, 2006; Nijman, 2009)。

### 案例分析3.3

## 在坦桑尼亚西部，穿越黑猩猩栖息地的分步道路建设

### 背景

在坦桑尼亚西部的Ilagala-Rukoma-Kashagulu道路促进了在Tanganyika湖东部的森林和林地中定居（见图3.8）。该区域包括大片完好的林地，有短盖属（*Brachystegia*）和热非豆属（*Julbernardia*）树木，为东非黑猩猩等多个物种提供高质量的栖息地（Piel *et al.*, 2015）。在Malagarasi河南侧的森林土地上，人类人口年均增长25%，是坦桑尼亚增长最快的地区之一，给这块土地带来的威胁日益增大。

这项研究区域包括20个村庄，大多位于湖边上，以及在六种土地保有类型的区域：村庄森林保护区、其他划定的村庄土地、Kungwe湾森林保护区、当地管理局森林保护区、Mahale山地国家公园和没有为具体用途预留保护或划归一个村庄的普通土地。捕鱼和维持生计农业是该区域的主要经济活动；在该区域，捕猎不是主要的经济活动。

这条道路从Mahale山地国家公园南侧边界的Malagarasi河开始，沿着Tanganyika湖岸边延伸。坦桑尼亚2,500只黑猩猩中不到三分之一生活在Gombe和Mahale山地国家公园里，受到很好的保护（Moyer *et al.*, 2006; Piel *et al.*, 2015; Plumptre *et al.*, 2010）。这一地区的大多数黑猩猩低密度地生活在保护区之外。最新一稿《坦桑尼亚国家黑猩猩管理计划》认为，在国家层面，基础设施、定居点和小块耕地农业是对黑猩猩和栖息地的“非常高的”威胁（TAWIRI, 编写中）。之前在2011年使用同样的方法开展的分析把定居点和基础设施定为“高的”威胁（Lasch *et al.*, 2011）；这一重新评价表明，从2010年到2016年，基础设施开发的威胁加大了。

### Ilagala-Rukoma-Kashagulu道路的侵入

这条道路是该区域主要的基础设施开发项目。它按段逐步建设。在2000年之前，这条道路的A段（从Malagarasi河到Lugufu河）连接沿着湖边的多个村庄（见图3.8）。在2006到2007年主要道路建设期间，扩建了A段，在Lugufu河上架设了一座桥梁。在2007年之前没有桥梁，限制了河流南北两岸的通行。与此类似，在2007年之前在Lugufu河的南岸也没有道路，这时开始了道路延伸建设。随着资金到位，在之后七年时间里建设了其他路段。对从A到E路段，没有开展道路规划，也没有开展道路设计或实施的影响评价（K. Doody, 个人沟通, 2017）。

建设计划预见到道路会向南延伸，以便把Mahale山地国家公园北侧的Rukoma村与公园南侧的偏远村庄连接起来。清理植被后狭窄的土路已经从

Rukoma村往外延伸20公里，连接Mahale山地国家公园东侧和南侧的零散的定居点（路段E和G）。截止2017年，这条道路的F段长13公里，沿着Mahale山地国家公园的东侧边界，尚处于拟议阶段（见图3.8）。

### GFW认为对周围区域的影响

在2006年之前，这一地区的各个区域经历了中等程度的森林丧失，即便道路还没有开始建设，因为人们已经住在这个区域，已经把森林改为农业用地（见图3.9）。Ilagala-Rukoma-Kashagulu道路的建设和升级从2006-2007年开始，与森林丧失大幅增加相关，尤其是在Lugufu Ntakata地区0-5公里缓冲区内（5.5平方公里或554公顷），新的道路切割了大片的原始森林和短盖属林地。在Masito地区，2007年在0-5公里缓冲区出现树冠层较小的高峰（1.2平方公里或121公顷），反映了这个区域已经消失的森林树冠层，因为在2000年之前沿着已有土路的森林砍伐就已经开始了。与此相反，2007年，在Mahale东部地区，相应的道路路段还没有建设，没有出现森林丧失的高峰。2011年以后，Mahale东部的森林丧失增加，很可能是因为来自Mahale山地国家公园北侧和南侧沿岸村庄的定居者通过土路逐渐进入。

高分辨率的卫星图像和社区森林监测数据显示，离道路最远10公里以内区域的森林砍伐的最重要推动力是建设侧枝道路和房屋、农业种植、牲畜放牧和生产木炭。路段A改进道路和在路段B到D建设新道路，促进了居民进入该研究区域北侧的Kigoma的新农业和木炭市场，使Malagarasi河北侧村庄的人们能容易地移民到南侧，在之前偏远的森林和林地定居。

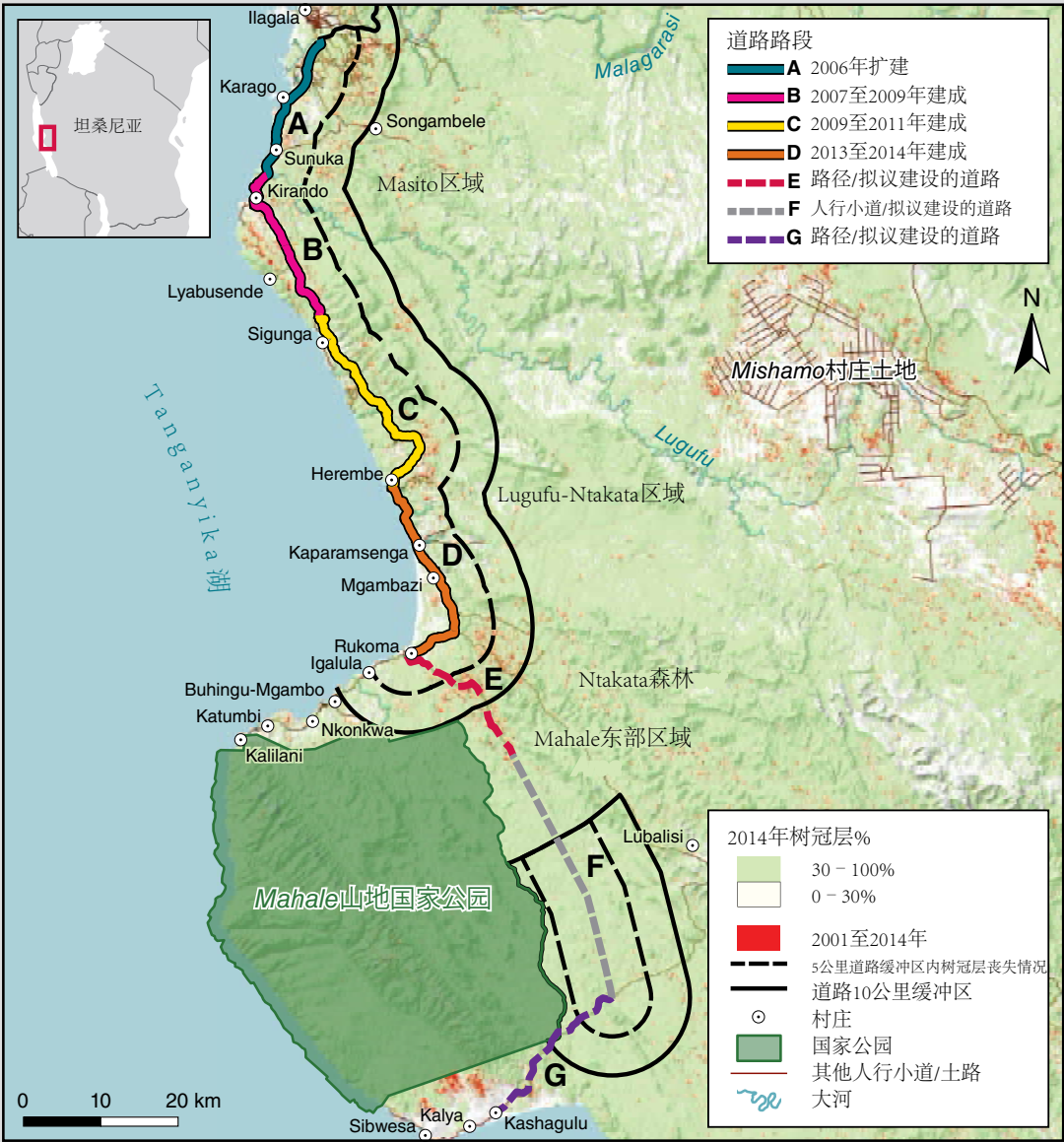
这条道路2006-2007年建设，伴随着一波森林丧失，超过在Masito和Lugufu-Ntakata区域超过10公里的缓冲区以外（见图3.10）。在Lugufu-Ntakata地区，所有年份中最大的森林丧失发生在0-5公里缓冲区内，随着离道路距离加大，森林丧失减少。在Masito地区，在离道路5-10公里的地方，森林丧失更多。Masito地区2007年之前的道路连接着广泛的人行小道网络。因此，Masito地区2007年之前主要道路两侧5公里内的重要森林已经丧失了。

在Masito和Lugufu-Ntakata地区一个令人警醒的趋势，是离Ilagala-Rukoma-Kashagulu道路25到30公里的森林丧失增加，显著高于2007年之前的水平。这些地区大部分缺少道路，使黑猩猩能在整个景观内漫游扩散。Rukoma东部的Ntakata森林是铺设的道路的当前终点站，是黑猩猩的至关重要栖息地，因为它帮助实现Mahale山地国家公园黑猩猩种群的个体的进出扩散。

坦桑尼亚国家道路管理局持有清理18公里长条森

图3.8

2000年，在坦桑尼亚Ilagala - Rukoma - Kashagulu道路沿线5公里和10公里缓冲区内森林和林地植被的分布情况



数据来源：Hansen *et al.* (2013); OpenStreetMap (n.d.)

注：字母代表在不同时间段建成的道路路段。Masito区域（A段）的一段土路在2006年改进或扩建。2007至2013年，建成Lugufu至Ntakata区域的B到D路段，清理了E和G路段的狭窄土路。F路段围绕这条道路拟议建设的未来延伸线。这项分析不包括在Mahale山地国家公园内的区域，因为在该公园内的栖息地在这项研究期间受到相对较好的保护。对森林和林地植被的定义，是树冠层密度超过30%的区域（见附录III）。使用了ArcGIS Desktop (Esri, 2016)，根据DigitalGlobe从2003年到2016年的卫星图像，使用ImageConnect 5.1插件程序，实现道路建设的数字化呈现；根据2000至2016年地球资源卫星图像，使用Google Earth实现道路建设的数字化呈现。

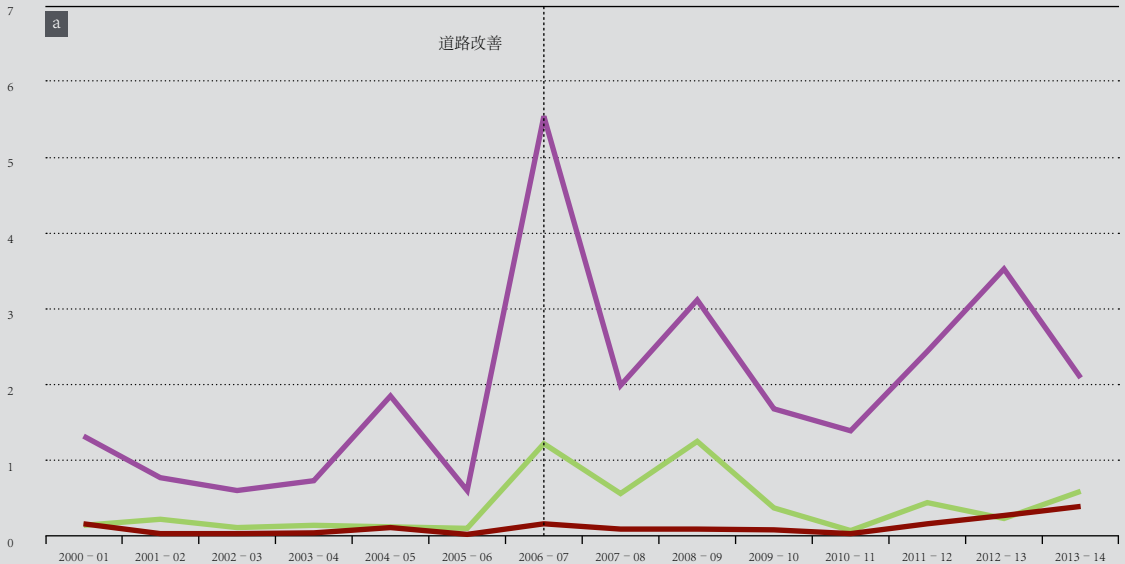


图3.9

2000至2014年，在坦桑尼亚在Ilagala – Rukoma – Kashagulu道路沿线(a) 0到5公里和(b) 5到10公里缓冲区的森林丧失情况

图例：■ Masito 0 – 5公里 ■ Lugufu – Ntakata 0 – 5公里 ■ Mahale东部 0 – 5公里

森林丧失 (平方公里)



图例：■ Masito 0 – 5公里 ■ Lugufu – Ntakata 0 – 5公里 ■ Mahale东部 0 – 5公里

森林丧失 (平方公里)



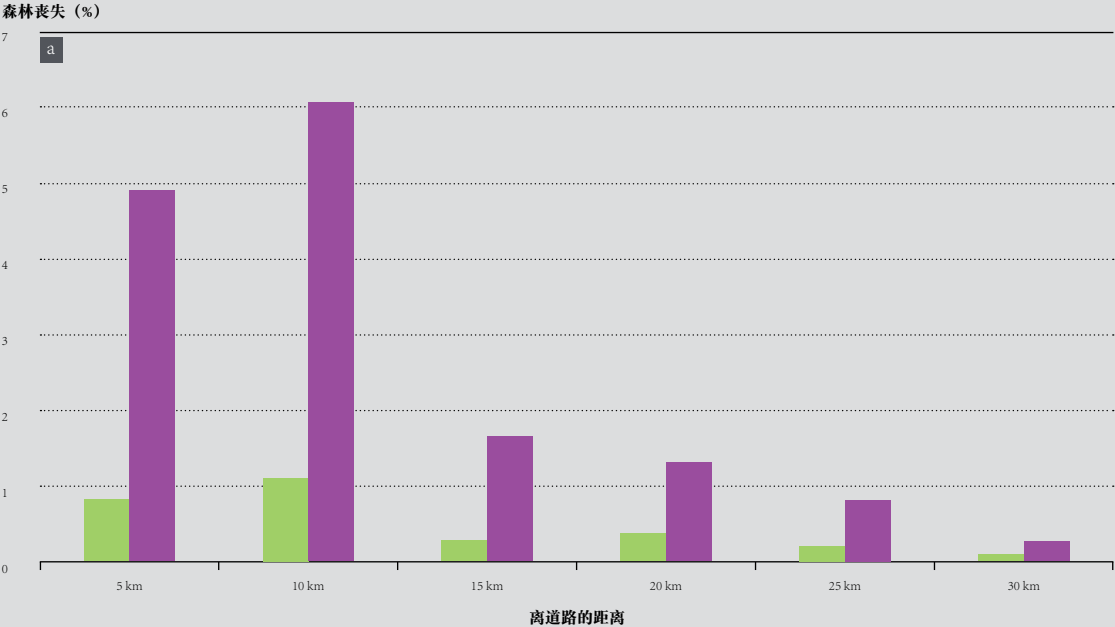
数据来源：GFW (2014); Hansen *et al.* (2013)

注：线条对应北部Masito、中央Lugufu-Ntakata和南部的Mahale东部地区（分别是路段A、B-E以及F，见图3.8）。道路开发扩展了Masito的一条道路，以及向Lugufu-Ntakata区域建设一条新道路。在Masito和Lugufu-Ntakata地区，2007年树冠层丧失陡增，在Lugufu-Ntakata地区，森林砍伐继续保持较高速度。道路还没有到达在现有道路南侧的Mahale东部地区。

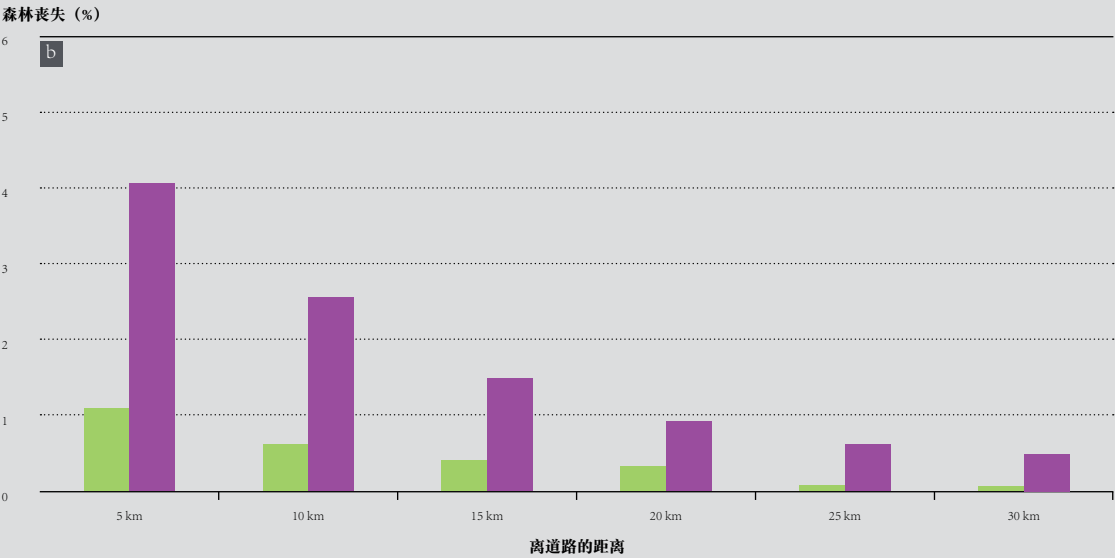
图3.10

2001至2006年和2007-2014年，在坦桑尼亚(a) Masito和(b) Lugufu - Ntakata区域，在Ilagala - Rukoma - Kashagulu道路沿线5到30公里内道路建设之前和之后森林丧失情况

图例：■ 道路建设前（2001至2006年） ■ 道路建设后（2007-2014年）



图例：■ 道路建设前（2001至2006年） ■ 道路建设后（2007-2014年）



注：在Masito区域，2006年对原有道路进行了扩建；Lugufu-Ntakata区域的道路路段2007年到2013年建成。

数据来源：GFW (2014); Hansen *et al.* (2013)

林和林地的许可和资金，用于建设下一期计划建设的道路F段（见图3.8）。建设这一段和升级沿E段的现有人行小道和土路的潜在影响，使黑猩猩保护者感到忧虑。这些路径提供的进出方便增加，已经加速了在Mahale山地国家公园北侧和东北侧的森林丧失。如果不予以恰当规划和管理，限制非法定居点，在公园东侧建设新的道路预计会增加农业种植人口密度，加剧森林砍伐，导致坦桑尼亚在Mahale山地国家公园的最大剩余和获得妥善保护的黑猩猩种群（约有550-600只个体）被孤立隔绝。这也威胁到住在公园以外的大量黑猩猩，部分是因为它们依赖这个连接Mahale山地国家公园和Ntakata森林的连接区域。



照片：© Jabruson 2018 (www.jabruson.photoshelter.com)

这条道路本身不会阻止黑猩猩移动；不过，它会吸引定居者来到这个目前仍旧偏远的地区，他们会清理附近的森林种植作物，放牧牲畜，或燃烧制作木炭。沿着这条新道路的大部分区域是一般用地或村庄土地，缺少任何形式的保护。在该区域黑猩猩最密集分布的栖息地，丧失完好的没有道路的区域，对坦桑尼亚黑猩猩的总体健康和存活会有灾难性的后果。

### 应对道路开发的影响

作为一个自然保护行动规划流程的一部分，道路沿线的一些社区制定了村庄土地使用计划，根据缓解栖息地丧失的建议，确定了村庄森林保护区（Lasch *et al.*, 2011）。如果能授予这些保护区受保护的地位，会有助于维护道路沿线的森林覆盖层，并作为道路和核心黑猩猩栖息地之间的缓冲区。

后续保护行动规划流程形成的计划，要求确定在哪些区域道路有可能扩展进入黑猩猩至关重要的栖息地，并采用各等级缓解策略，使基础设施更绿色（Plumptre *et al.*, 2010; Quintero *et al.*, 2010; TAWIRI, 编写中；见表3.3和附录V）。Mahale地区的计划建议，不要建设道路的剩余路段，如果仍要建设，起码把路线安排在远离Mahale山地国家公园的地方。如果必须建设道路的F段，该计划敦促制定和实施保护道路两侧森林的详细的土地使用计划，这样黑猩猩能安全地穿越道路和使用周围的栖息地。

自然保护组织已经与坦桑尼亚道路管理局见过，以便设计新的路段，应对随着人们使用新的道路进入该区域导致的潜在的黑猩猩栖息地丧失的问题（K. Doody, 个人沟通, 2017）。总的来说，坦桑尼亚道路管理局同意开展环境影响评价。在坦桑尼亚道路管理局、道路开发者、Uvinza地区政府、社区和自然保护工作者之间持续的对话，对未来道路改进的恰当规划，对实施保护策略，避免无规划的定居和把森林改作其他土地用途，十分关键。

其中一项策略是设立新的、当地管理的保护区，作为防止道路沿线森林和林地未来丧失的缓冲区。坦桑尼亚持续的自然保护行动规划流程，比如黑猩猩管理规划流程，提供了在国家层面把道路开发、土地使用和其他黑猩猩保护努力结合在一起的机会，在使未来道路的社会益处最大化的同时，使对黑猩猩和总的生物多样性的影响最小化。



### 案例分析3.4

#### 把森林丧失提醒与深度的分析结合起来，近乎实时地应对森林砍伐

在灵长类丰富的亚马逊森林的一项创新的森林地图绘制，为在细微比例尺层面监测类人猿栖息地提供了有益的模式。安第斯山亚马逊监测项目（Monitoring of the Andean Amazon Project, 简称MAAP）集成和采用多种遥感工具，发现和监测森林砍伐事件的现状（MAAP, 2016, n.d.）。项目小组综合使用地球资源卫星图像（中等清晰度）、DigitalGlobe和Planet的高清晰度图像、基于雷达的图像和全球土地分析和发现系统（Global Land Analysis & Discovery, 简称GLAD）的森林丧失提醒，近乎实时地确定森林砍伐的规律和推动因素（GLAD, n.d.; 见附录IV）。

安第斯山亚马逊监测项目团队确定毁林热点的第一步，是接收全球土地分析和发现系统对这一区域的提醒。全球土地分析和发现系统每周访问和分析地球资源卫星拍摄的热带地区的图像。如果在一个用户关注的区域内30 m x 30 m像素从森林变为非森林覆被，就会触发提醒（Hansen *et al.*, 2016）。团队使用树冠层丧失提醒，引导他们调查毁林事件。数千条提醒的每一条在地图上显示为一个粉红色的点（见图3.11和3.12）。安第斯山亚马逊监测项目的关注区域是秘鲁全境，不过，选择的区域可以包括一个特定的保护区、一个道路走廊或多国区域。

安第斯山亚马逊监测项目小组审查不同时间段一个目标点的高清晰度图像，确认提醒代表着毁林。然后，该团队把提醒数据带到地理信息系统，形成详细的地图，或者调查森林丧失的推动因素（见图3.12b-c）。

在撰写本文时，安第斯山亚马逊监测项目团队正在改进提醒的分布和密度分析，确定总体的毁林规律和推动因素（M. Finer, 个人沟通, 2016）。安第斯山亚马逊监测项目分析了在秘鲁亚马逊的毁林事件的平均面积，帮助非政府组织和国家当局理解毁林规律，对响应行动进行优先排序。分析发现，大规模毁林（超过50公顷）——主要是可可和油棕种植园——只占毁林事件的8%，而道路沿线清理导致的小规模毁林（低于5公顷）占全部毁林事件的70%以上（MAAP, 2016）。由于更大规模清理会迅速扩大，这些监测活动始终作为优先重点。

全球土地分析和发现系统已经在刚果盆地、印度尼西亚和马来西亚的许多地方运行，到2017年下半年，应能帮助资源管理者容易和连续地监测所有的热带森林（GFW, 2014）。这些提醒有助于在道路建设一开始就发现栖息地丧失，促进更及时因而也更有效和高效的干预（Hansen *et al.*, 2016）。由于森林丧失提醒提供快速更新，能帮助引导相关的开发和执法，就像在秘鲁一样，确保在已经制定了限制或规划法规的道路两侧不再有更多非法开发。

图3.11

2017年1月到3月，在刚果民主共和国基桑加尼附近，全球土地分析和发现提供的森林丧失提醒的样本

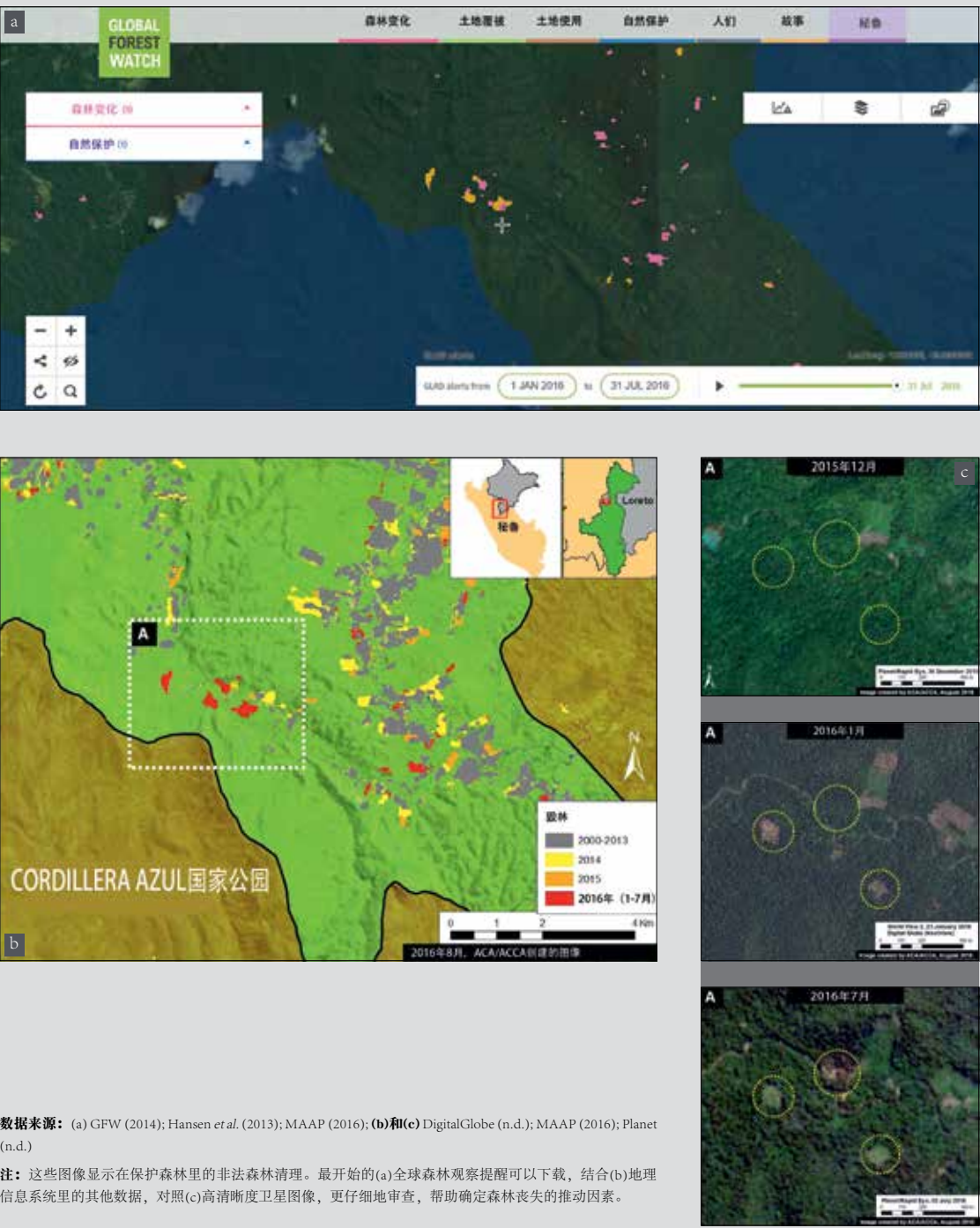


数据来源：GFW (2014); Hansen *et al.* (2013)

注：这张图像显示沿着道路和河流的毁林，强调这些交通走廊提供的进出便利与森林丧失之间的关系。

图3.12

2016年1月到7月，在秘鲁Cordillera Azul国家公园附近，显示审查和在森林趋势绘图中集成全球土地分析和发现提供的森林丧失提醒的流程的图像样本



照片：把新道路的地址选在亚齐省北部等有大量经济活动的区域，而不是穿越大片完好的森林，能提高种植者进入市场的机会，避免可能的环境灾难。  
© Joerg Hartmann/TNC

同时浪费时间和资金连接一些受益人相对较少的区域 (Laurance *et al.*, 2015b; 见第一章，页码28)。

当前的道路规划和路线绘制工作不能评价环境和社会经济影响，尤其是间接影响，比如无规划的占用和使用、捕猎、次生道路建设 (Clements *et al.*, 2014; Laurance *et al.*, 2014a)。道路引起不受控制的移民进入，导致定居者更多清理周围森林和对森林的其他破坏 (Angelsen and Kaimowitz, 1999; Liu, Iverson and Brown, 1993)。黑猩猩和猩猩似乎能忍受一些道路的存在。不过，后续地把刚可以进入的森林改为定居点、种植、生产木炭和其他用途，鼓励更多地清理森林和捕猎，是对类人猿和其他大型动物的重大威胁 (Laurance *et al.*, 2006, 2009)。

如果建设新的交通基础设施无法避免，最佳实践有助于减少

对周围生态系统的负面影响（见表3.3）。监测伐木道路，并在开采结束后关闭这些道路，能限制非法伐木者和动物偷猎者进入 (Laurance *et al.*, 2009)。遵循考虑到道路和相关的森林清理和捕猎的环境影响评价的建议，在道路两侧的森林开展更多巡视和监测，能进一步帮助缓解基础设施对森林生态系统的负面影响。

(Clements *et al.*, 2014; Quintero *et al.*, 2010)。

对一条拟议建设的道路重新规划路线，可能是避开至关重要野生动物栖息地区域的最廉价和最有效方法，但是在贫困国家，这一额外成本很可能需要创造性地筹款 (Quintero *et al.*, 2010)。来自生态旅游和游客的收费、国际上对生态系统服务的付款、公司伙伴关系、销售在经济林可持续开采的木材，能帮助覆盖这些成本，支付为道路改换路线的成

表3.3  
缓解等级

缓解步骤	描述
避开	从一开始就采取的避免负面影响的措施。这些措施包括把基础设施的要素仔细地进行空间和时间布局，完全避免伤害某些生物多样性要素。
减轻	在显示可行的范围内，对不能完全避免的影响，采取的减少影响持续时间、密集程度和/或范围的措施。
恢复/复原	接触不能完全避免和/或减少的影响后，采取的恢复恶化的生态系统或复原清理的生态系统的措施。
补偿	采取的实现生物多样性无净损失的措施，通过补偿不能避免或减少的对生物多样性的任何重要负面影响，或补偿不能恢复或复原的任何丧失的生物多样性。抵消措施可能涉及复原恶化的栖息地、阻止恶化、避开风险或防止面临风险的区域经历生物多样性丧失。

来源：Quintero *et al.* (2010)  
注：获得更多信息，见第四章，页码120。





本，或者实现缓解道路的环境影响（Dierkers and Mattingly, 2009; Laurance *et al.*, 2014a）。公园入园费或对穿过保护区的道路收取影响费，可以并且应当用于减少在附近森林的相关清理森林。在这个流程中及早与贷款机构衔接，能帮助引导资金流向较少破坏的项目（Laurance *et al.*, 2015b）。把道路都聚集在已经开发的区域，会使建设和维护成本以及收取使用费的系统更具成本效益。这样有效地使用资金，应当会鼓励国际银行支持一个项目。

### 把道路规划应用到当地环境

对具体拟议建设的道路，使用当地比例的自然资源和人类社区的分布数据，完善Laurance *et al.* (2014a)的全球地图，能指导决策者决定是否和在哪里选址建设新的道路。把新道路的地址选在亚齐省北部等有大量经济活动的区域，而不是穿越勒赛尔山国家公园这类大片完好的未受保护的森林，能提高种植者进入市场的机会，避免可能的环境灾难（Rhodes *et al.*, 2014; Wich *et al.*, 2011）。在坦桑尼亚西部，这一

“ 开发银行和其他大型出资机构在支持把道路用于改善当地经济又不破坏自然资源方面，起到重要作用。 ”

方案会要求避免新道路贯穿黑猩猩和其他林地物种进出Mahale山地国家公园的唯一剩余栖息地走廊。在这个案例中，按照坦桑尼亚的自然保护行动规划流程，把道路规划与村镇土地使用规划和数据收集结合起来，有助于减少当地的栖息地丧失（Clements *et al.*, 2014; 见附录V）。

Laurance and Balmford (2013)建议协作的多学科团队把森林树冠层的卫星数据，与交通基础设施、农业生产、生物多样性分布和其他相关因素的信息结合起来，形成能帮助政府和其他利益攸关方规划道路的地图，既实现环境目标又实现社会目标。开发银行和其他大型出资机构在支持把道路用于改善当地经济又不破坏自然资源方面，起到重要作用。公开可获得的监测工具，使这样综合、跨部门的团队能分析与基础设施相关的开发的影响，改善监测，改善未来开发的规划。

道路基础设施和人类活动的动态变化是复杂的，并且常常各不相同。道路不仅是对人口密度增加的反应，也刺激人口密度增加。坦桑尼亚西部的道路等道路是专门为支持已有的定居点建设的。在其他地方，我们知道，投机者预期一条新道路会进入迄今完好的森林，就会购买和清理森林土地，表明所有权（Angelsen and Kaimowitz, 1999）。此外，为了把矿物、木材或棕榈油从人口稀少的大片清理林地的区域运出而修建道路砍伐森林，这种情况下可能不直接依赖人口密度（Curran *et al.*, 2004; Kummer and

Turner, 1994）。因此，独立的信息来源对理解伴随各类道路的森林砍伐必不可少。

## 使用遥感工具发现和监测类人猿栖息地变化的潜力

遥感图像能作为独立的信息来源。在新基础设施开发过程中的某个时间点，这类图像能捕捉项目建设和后续的人类活动导致的树冠层丧失。通过上面提到的每周森林丧失情况提醒，能大幅加快发现树冠层的变化（见附录IV）。使用景观指标，开展类人猿栖息地绘图和分析，评价与类人猿的分布和丰度相关的栖息地连接、破碎化、斑块面积、形状和丰富性，可以加强这些数据的用途（M. Coroi, 个人沟通, 2017）。

类人猿栖息地国家的资源管理者在按照这一章案例分析介绍的类似方式做分析时，可以对比建设基础设施项目之前和之后周围森林的情况，验证基础设施对森林树冠层的影响。森林丧失和土地覆被数据能帮助预测哪里的类人猿栖息地和种群已经恶化和减少。在拟议建设的道路数据之外，资源管理者可以借鉴之前案例分析中学到的经验教训，启迪确定新道路的位置和设计的过程。拟议的道路建设和其他开发，会显示将来哪里的剩余类人猿种群受到影响最大（Laurance *et al.*, 2006）。通过快速分析，发现和监测类人猿分布区国家森林栖息地的丧失情况，也会帮助资

源管理者通过指向明确的当地行动，减少基础设施存在的影响。

在这些案例中，各个地点森林砍伐的驱动因素和模式不同，但是，在所有案例和在各条道路周围不同距离都看到道路相关开发导致的毁林高峰。GFW森林变化分析工具能帮助研究人员、管理者和政策制定者量化一段时间因道路建设和与道路相关的后续开发导致森林树冠层的变化。累积的空间明确的森林变化数据，使使用者能向政策制定者沟通这些变化，并保持决策透明度。

这一卷其他章节记录的类人猿栖息地越来越破碎化和改变用途，表明道路建设是导致这一损失的最近似的重要推动因素。应对导致栖息地丧失的背后推动因素超过这一分析的范围，但是还是需要应对这些推动因素。随着道路网持续扩张，最简单的解决方案是侧重改善靠近人口中心的道路；与此同时，避免在完好的森林建设新道路，停止维护之前用于采掘业目的的道路，这样就切断了进出森林的便利（Clements *et al.*, 2014; Laurance and Balmford, 2013）。

这里和其他地方引用的多项研究表明，道路和野生动物在任何国家都难以良好共处，除非利益攸关方采取智慧的绿色基础设施的原则。转而采用智慧的绿色基础设施原则的模式，应成为在各个野生动物栖息地开发的一项前提，包括在承载剩余的野生类人猿种群的区域。

## 鸣谢

**主要作者：** Suzanne Palminteri<sup>6</sup>, Eric Dinerstein<sup>7</sup>, Lilian Pintea<sup>8</sup>, Anup Joshi<sup>9</sup>, Sanjiv Fernando<sup>10</sup>, Agung Dwinurcahyana<sup>11</sup>, Serge Wich<sup>12</sup>和Christopher Stadler<sup>13</sup>

**附录II, III, IV和V：作者**

**审阅：** Leo Bottrill, David Edwards和Wijnand de Wit

## 尾注

- 1 作者对2016年4月在新德里举行的第三届亚洲老虎保护部长级会议代表的访谈。
- 2 地图来源：Aerogrid, AEX, CNES/Airbus DS, DigitalGlobe, Earthstar Geographics, Esri, GeoEye, Getmapping, IGN, IGP, NOAA, swisstopo, USDA, USGS, GIS User Community
- 3 见尾注2。
- 4 见尾注2。
- 5 见尾注2。
- 6 之前服务于RESOLVE，现为野生动物研究者和撰稿人/编辑（wildtech.mongabay.com）
- 7 RESOLVE (www.resolve.org)
- 8 珍古德协会（Jane Goodall Institute, 简称JGI）(www.janegoodall.org.uk)
- 9 明尼苏达大学(www.conssci.umn.edu)
- 10 RESOLVE (www.resolve.org)
- 11 Hutan, Alam dan Lingkungan Aceh (HAKA) (www.haka.or.id)
- 12 Liverpool John Moores大学(www.ljmu.ac.uk)
- 13 麦吉尔大学(www.mcgill.ca)