

迁徙物种公约

线状基础设施对中亚地区迁徙性有蹄类动物的影响及解决指南

该指南旨在为缓解中亚地区线状基础设施发展对大型迁徙性有蹄类的影响，鼓励相关国际、区域及国家政策的发展提供指导。

作者：James Wingard, Peter Zahler, Ray Victurine, Onon Bayasgalan, Buuveibaatar Bayarbaatar

翻译：周辉波、赵璐、朱培云、吴超然、宣文崖、唐鸽

翻译组织：唐鸽

校对：康森、赵梓筠、纪冀蜀、梁旭昶

译者导读

截至 2015 年 8 月 1 日，保护迁徙野生动物物种公约 (CMS, Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals)，共有 121 个政府签约方。作为全球唯一的聚焦迁徙物种及其栖息地和迁徙路线保护的公约，CMS 同众多政府间组织、非政府组织、媒体伙伴、和企业单位开展广泛合作。其中，国际野生生物保护学会 (WCS, Wildlife Conservation Society) 作为正式签署协议的合作伙伴，与 CMS 一道在政策建议、行动实施、以及提升公众认知度等各个领域携手努力。

受 CMS 委托，WCS 研究并编写了本《指南》，旨在缓解中亚区域内线状基础设施（如，道路、铁路、围栏、管道等）的发展对迁徙物种（主要是陆生哺乳动物）的影响。特别值得一提的是，本文重点关注的全部 12 个物种都在中国境内有不同程度的分布，还包括如藏羚羊、野牦牛等我国保护界和公众都非常关心的旗舰物种。本文清晰地归纳了不同类型的线状设施对迁徙动物的影响，这有助于读者快速了解这一逐渐升温的全球性保护课题。同时，本文总结性介绍了 8 个中亚区域国家（包含中国）参与相关国际条约并订立其各自国内法律的情况，突出强调了国内立法需要在战略层面强化事先的环境影响评估的重要意义。最后，为避免或缓解线状基础设施对迁徙物种的影响，本文从决策建议的角度针对建设项目的筛选、评估及施工等环节提出了大量的指导意见。这些意见，一方面强调了决策过程中应关注的原则与标准，同时也涉及到操作层面具体的细节建议，对我国的政府部门、建设单位、以及保护工作者均有较高的参考价值。

基于以上主要原因，WCS 中国项目组织翻译了本《指南》；其中难免各种失误，妄请读者见谅。感谢多位志愿者为此项工作付出的智慧和时间。我们期望本文能够激发更多的建设性讨论，共同思考在我国经济与社会全面进步的大背景下，如何科学而有效地平衡区域发展与当地野生动物的生态需求。

目录

致谢	IV
引言	5
迁徙物种与线状基础设施	8
A. 了解大型哺乳动物移动：迁徙，迁移和散布	9
I. 迁徙	9
II. 迁移	9
III. 散布	10
IV. 中亚地区迁徙物种	10
B. 线状基础设施的分类与影响	18
I. 总体影响	18
II. 道路	19
III. 铁路	21
IV. 围栏	23
V. 油气管道	24
VI. 潜在影响概述	25
法律体系	27
A. 法律体系概述	29
B. 国际公约	31
C. 国家立法	33
线状基础设施不利影响缓解指南	36
A. 缓解准则	40
I. 缓解分级制	40
II. 因物种制宜	41
III. 因地制宜	41
IV. 持久性	42
B. 规划与设计准则	43
I. 总原则	43

II. 部门间协调	44
III. 战略规划	44
IV. 景观视角	45
V. 目标物种与活动模式	45
C. 评估准则	46
I. 各方利益相关者参与	46
II. 筛查	46
III. 范围界定	47
IV. 累积效应	47
V. 间接影响	48
VI. 气候变化	48
D. 施工规范与解决方案	50
I. 施工规范	50
II. 围栏	52
III. 高架道路与桥下通道	55
IV. 司机行为影响	58
V. 动物行为影响	59
E. 监测与评估准则	60
参考文献	62

致谢

2005年，保护迁徙野生动物物种公约（CMS）第八次成员国会议（COP8）中，科学委员会收到行动建议，与联合国环境规划署（UNEP）/ CMS秘书处及蒙古国等相关方合作，共同发起“欧亚中部干旱地区协同行动及相关合作行动”（UNEP/CMS/建议8.23）；2008年，第九次成员国会议采纳了该建议（UNEP/CMS/建议9.1）。2011年，CMS秘书处编写了一份欧亚中部干旱地区哺乳动物保护计划草案，旨在激发讨论并确定下一步行动，以利于成员国与其他利益相关方协商确认该计划终稿；并就该计划的执行步骤达成一致意见。2011年，第十七次科学委员会集体会议就该计划草案进行了讨论，该计划草案作为基础性文件推动形成了在中亚地区保护迁徙性哺乳动物的战略框架：中亚哺乳动物动议（CAMI）。

作为该动议的一部分，CMS以来自瑞士的资金支持了国际野生生物保护学会（WCS）研究与编写本指南，以缓解线状基础设施（包括公路，铁路，围栏，管线等）对中亚地区有蹄类的影响。本指南介绍了相关领域最佳实践，强调了在当前线状基础设施不断发展的背景下，其对野生动物种群造成的重大影响。

许多人为这项工作贡献了他们的时间与智慧，我们对此表示感谢。还要感谢 Christiane Röttger 和 Aline Kühl-Stenzel，他们为该指南提出了建设性的反馈与建议。特别感谢在 Legal Atlas 实习的 Alyssa Campbell，对多种语言的国际与国家政策进行汇编，为本指南中的法律体系部分提供了大力支持。



引言

亚洲是世界上最大的大陆板块，包括了地球上大约 30% 的陆地面积。虽然亚洲是世界上人口最密集的区域之一，但是亚洲中部又是人口最少的区域之一。根据已有定义，中亚地区西起乌拉尔和高加索山脉，穿过相当于半个美国本土面积的青藏高原，向东延伸至中国北部、蒙古以及俄罗斯中南部的沙漠和草原。世界范围内，尤其是亚洲，中亚地区作为为数不多的区域，仍保留着大面积原始栖息地，并能够观测到鸟类以外野生动物迁徙¹。

同时，中亚地区还拥有丰富的煤炭与矿产资源，以及除南北极之外储藏量最大的冰川资源；为二十多亿人口提供水源，并拥有最大的天然淡水水库（贝加尔湖，拥有世界上大约 20% 的非冻水资源）。总之，对于人类和野生生物来说，中亚地区是具有全球重要意义的区域。

许多具有大规模迁移行为或迁徙习性的哺乳动物生活在这个区域

并非偶然。这些野生动物具有远距离迁移的能力（尽管基础设施建设在不断发展）；该地区极冷极热的季节性气候、不可预期的降水、以及相伴随的低且不稳定的生产力，促使野生动物通过迁移或迁徙求得生存。对于许多区域性种群来说，如果它们失去了通过迁移寻找食物与水源的能力、或是不能避开极端天气与大雪，局部灭绝将很可能发生。

图 1: 中亚地图



来源: <http://www.orexca.com/centralasia.php>

¹陆地生态系统中曾经存在的大型哺乳动物（体重大于20公斤）超过80%已经灭绝了(Olson 2013, Morrison et al. 2007; Kaczensky et al. 2006, Mallon & Jiang 2009)。

公路、铁路和管道等线状基础设施对区域经济发展可能很重要，但同时也会制造阻碍物种迁移或迁徙的障碍。虽然部分野生动物的迁移或迁徙机制尚未研究清楚，但是野生动物必然无法适应线状基础设施的持续发展：一方面，这些设施会构成实际意义上的屏障（动物无法穿越或者绕过）；另一方面，它们可能形成对野生动物造成一定威胁的功能性屏障。有的设施虽然可以被个别个体穿越，但是这些往往不足以防止其对野生动物种群层面的负面影响 (Sawyer 2012)。线状基础设施的负面影响不仅限于干扰野生动物迁徙模式，它们还会导致栖息地碎片化、动物种群的地理与生殖隔离，并引发行为改变从而对物种长期存续造成影响。另外，线状基础设施还会带来了一系列的额外问题，比如更多的商业、旅游和捕猎对野生动物的高强度干扰；或者灰尘、污染、垃圾、压力等对野生动物健康和繁殖率的负面影响，更不用说那些围栏和车辆造成的野生动物直接伤亡。

如果不能通过迁移寻找食物和水源，或是无法避开极端天气和大雪，迁徙物种的大部分种群将不复存在。

多项研究已经表明，在中亚区域内线状基础设施的发展已然对迁徙物种造成各种影响。比如在中国，青藏公路和青藏铁路切断了藏羚羊、藏原羚和藏野驴的关键迁移路径，导致它们的迁移方式出现改变，并对种群造

成了不良影响 (Xia 2007; Olson 2011)。中国与蒙古交界的边界围栏已经对双峰驼造成影响；中国青海湖地区的家畜围栏也很可能造成本已濒危的普氏原羚数量进一步下降 (Jiang 2006; Olson 2011)。在蒙古，矿业开发的需求导致公路与铁路不断发展，蒙古野驴种群面临着同样的威胁。我们需要从这些案例中学习，对已证实有效的解决措施予以高度重视；必要时采取新的措施，以避免或缓解线状基础设施的负面影响。

一些建设项目的投资方会制订相关线状基础设施影响的缓解标准，甚至上升到国家立法的层面予以保障。然而，这样的事例并不多见。除了国际金融公司(IFC)的操作标准外，很少有其它机构准则会特别提到线状基础设施的生态影响问题。在 IFC 的标准中，“关键栖息地”被定义为那些具有全球意义的迁徙动物聚集地，对发展类项目的生态效益做出了非常严格的要求。在中亚地区，只有哈萨克斯坦立法明确了线状基础设施的设计和施工需要考虑对迁徙物种的影响。对于其它国家，类似规定还没有进入国家立法层面或环境影响评价。同时，也只有少数国家（如哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦和塔吉克斯坦）关注到了线状基础设施的跨国界影响；而这一点恰恰是这些迁徙物种保护的重点，需要在更大的地理尺度上受到高度重视。各国的环境影响评价中，也应纳入更多具体的要求来避免或缓解此类影响。

本指南将从推动实施具体措施的层面，促进缓解线状基础设施的发展对野生动物的负面影响。文中案例虽不尽详细，但仍能看出为缓解相关影响而必要的法律框架不仅应涵盖国际条约和国内法律法规，还应更强化成功案例的标杆作用和具体实施指导，从而确保在项目规划与开发的适当阶段，形成保障迁徙物种需求的有效方案。

在这样的背景下，CMS 加强了其在中亚地区保护迁徙性哺乳动物的工作。CMS 提出了一项针对中亚地区迁徙物种的保护动议，旨在为协调区域性保护行动并解决主要威胁提供一个通用的框架。这项动议不仅涉及针对单个物种的保护行动（包括进行中和计划中的各项合作备忘录与行动方案），而且还针对性缓解多物种所共同面临的重要且紧急的保护威胁。

CMS 提供理想的国际间政策框架，帮助利益相关方达成紧密合作。CMS 的政策包括消除迁徙障碍、建立跨国生态保护网络（如，决议 10.3），以及维持中亚地区野生动物的迁徙（全球最后一个“迁徙热点”）。通过发展这项动议，CMS 条约可作为促进利益相关方合作的催化剂，以协调并加强 CMS 及其工具针对大型哺乳动物的保护工作的开展。



蒙古原羚集大群越过蒙古草原进行长距离迁移，以追寻丰富的食物资源、并躲避冬季恶劣的气候。
©WCS/K. Olson

迁徙物种与线状基础设施

这部分内容将会介绍线状基础设施与迁徙物种之间关系相关的基本原则。首先介绍不同类型的野生动物移动模式，以及移动模式如何对潜在影响评估、缓解策略设计产生影响。接下来通过对迁徙性有蹄类影响最大的四种线状基础设施（公路、铁路、围栏、油气管道）进行研究，讨论线状基础设施的普遍影响²。



西藏高原上迁徙的藏羚羊。©WCS/Berger

²该指南没有涉及电线，因为电线主要对鸟类造成影响，尽管有研究表明由于电线产生紫外线，哺乳动物会躲避或迁移以避免其有害影响。（详见：<http://www.theguardian.com/environment/2014/mar/12/animals-powerlines-sky-wildlife>）。

A. 了解大型哺乳动物移动：迁徙，迁移和散布

为方便起见，该指南统一用“迁徙”代指野生动物移动。在没有检验不同移动模式对物种管理影响的情况下，尤其是在线状基础设施快速发展的背景下，任何关于动物移动的讨论都是不完善的。涉及大型哺乳动物与线状基础设施关系主要有三种移动模式，接下来将分别在迁徙、迁移和散布三个小节中进行介绍。

I. 迁徙

动物迁徙的定义有很多³，但通常是指往返于两个或更多距离较远的地理区域之间的周期性移动（季节性或以年为周期），其中一个区域通常是繁殖后代的地方。迁徙是适应环境的一种方式——或者是一年中某段时间太热或太冷不适合生存，或者是无法满足交配、产仔等特殊需求 (Dingle and Drake 2007)。这表示大部分种群甚至整个物种都要适应并依赖迁徙。

大部分赛加羚羊，例如生活在哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦和俄罗斯境内的种群 (Singh et al. 2010a)，经过长距离迁徙从北方到达南方，然后返回原来所在区域附近 (Bekenov et al. 1998; Singh et al. 2010b)。迁徙路径会因环境状况而改变，但似乎仍然呈现出一定的规律性。生活在乌斯秋尔特的赛加羚羊种群，活动范围从乌兹别克斯坦北部蔓延至哈萨克斯坦西南部，曾被观察到在极寒冷的冬季向南迁徙一直到土库曼斯坦南部 (Bekenov 1998)。生活在别特帕克达拉的赛加羚羊种群也会沿南北轴线迁徙，这一迁徙模式似乎是和降水梯度紧密相关，此梯度很大程度上决定了区域内可获得食物的质量 (Bekenov et al. 1998, Singh et al. 2010)。

同一物种迁徙尽管在距离和时间上有所不同，但是通常遵循长期建立的迁徙路径，这使得回避重要迁徙通道、并制定缓解策略对项目规划者来说变得更容易。根据迁徙物种与迁徙原因的不同，需要制定更加具体的缓解策略。

II. 迁移

迁移与迁徙截然不同，尤其是就线状基础设施发展而言，迁移时间与地点的不可预测性更强。一种定义为“种群以一种相对不可预估的方式，在不同季节从一个地点移动到另一个地点……种群不会每年前往固定的繁殖地或越冬地，甚至可能一直都不会因繁殖或越冬而移动” (Sibley 2009)。这类移动方式常见于降水量与植被生长状况多变的干燥地区。动物通过不断迁移到新的区域以寻找食物和水源来适应多变的环境。

³CMS 对“迁徙物种”的定义：物种或者亚种的所有种群、或分布在特定区域的种群，其中大部分个体周期性地、有规律地穿越一个或多个国家的地理区域。

中亚地区的迁移物种包括蒙古原羚与蒙古野驴，它们的迁移依赖于一系列环境条件：全年都需要寻找食物资源（夏天追逐降水量高、植被覆盖度高的区域，冬天避开积雪覆盖住植被的区域），冬季还要避开阻碍迁移的积雪。它们虽然经常在特定的地理区域活动，但是仍然会进行长距离迁移。例如蒙古野驴，曾经被证实在短短几周内穿越范围达八万平方公里的区域 (P. Kaczensky unpub. data)。

就线状基础设施发展而言，如果迁移物种在项目区域内有分布，则有有必要制订相应的缓解策略。但是有些迁移物种会倾向于使用特定的活动通道，因此在确定这些特殊区域时，小尺度的实地研究成果将作为非常有价值的参考依据。

III. 散布

尽管散布现象经过相当长的时期才会发生，却是比迁移更加难以预测的野生动物移动方式。散布是指一或多个个体、或者是整个种群，离开原有区域前往新区域生活的现象。散布是对环境变化的应对机制，也是物种能够长期存续的根本。散布是“空间和时间变化最终导致基因交流的过程” (Gibbs et al, 2009)。散布最常见的形式有：1) 年轻的成年动物离开出生地去寻找它们自己的生存领地；2) 成年动物寻求配偶；3) 因缺乏食物而迁移。

这三种散布形式均常见于雪豹，特别是在蒙古戈壁和青藏高原，雪豹经常在小型、“孤立”的山上活动。对于雪豹来说，年轻雪豹必须移动相当长的距离去寻找自己的生存领地，并与成年雪豹一样都会面临寻找配偶和食物的问题。拥有面积小且相互独立领地的雪豹，散布时需要穿越大面积平地，从而可能面临来自线状基础设施的威胁。

和迁徙以及迁移一样，散布的移动模式也依托于功能上良好链接的栖息地，而线状基础设施会导致栖息地破碎化，即便它们仅仅发挥局部性障碍因素。管理线状基础设施影响的难点，在于这些影响的偶发性与相对不可预测性。举例来讲，蒙古野驴可能每年会在山谷道路上穿越一两次，而雪豹却会几年才在山脉间游荡一次。除了中国以外，其它国家一般只有约一百到三百只雪豹，在这些国家线状基础设施对雪豹的直接威胁事例比较罕见，但不能因此就结论其影响不重要。另外，政府和开发商还面临着严峻挑战，他们不仅需要考虑线状基础设施对动物已有移动路径的影响，而且要考虑其对动物未来寻找新栖息地可能移动路径的影响。在这方面，当地社区的经验知识可能会有助于政府和开发商做出合理决策，因此一个完善的利益相关者参与机制是线状基础设施影响评估和缓解策略制定的重要组成部分。

IV. 中亚地区迁徙物种

了解野生动物移动的类型、原因和结果，不仅是生物学家的兴趣所在，更是多国政府部门、项目开发者与管理者的必备基础概念(Nathan 2008, Mandel et al. 2011)。不论某一物种移动与利用环境的方式如何变化，移动本身是“在时间和空间上链接野生动物与生态系统的重要过程” (Lundberg and Moberg 2003)。归根结底，移动是个体与种群获得生存的手段，对于生活环境严苛的中亚地区野生动物来说更是如此。了解野生动物移动的方式、

时间与原因是制订缓解策略的先决条件。



鹅喉羚生活在沙漠，由于生存环境恶劣，必须穿越广阔区域以获得充足的食物。©WCS/

中亚地区主要迁徙物种

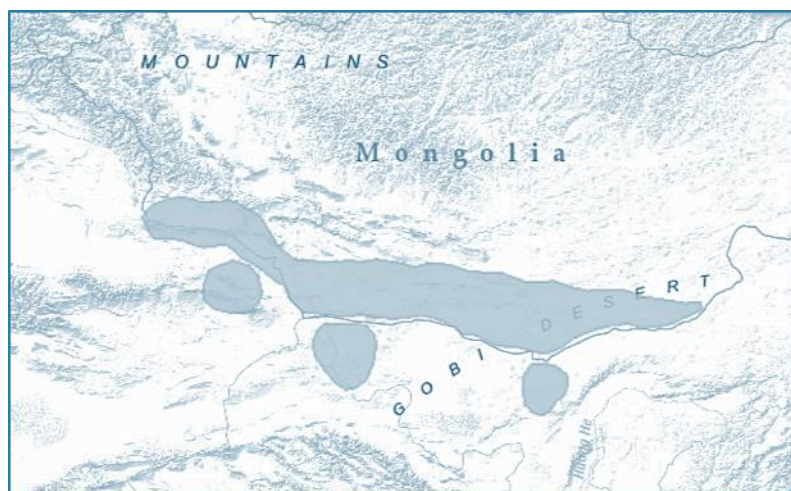
超过一百种哺乳动物被列入 CMS 附录，其中十二种是本指南的重点关注物种。关于每一物种的分布、栖息地、移动模式、物种现状与濒危程度，按以下顺序进行简要介绍：

1. 蒙古野驴
2. 赛加羚羊
3. 藏野驴
4. 藏羚羊
5. 蒙古原羚
6. 野牦牛
7. 藏原羚
8. 野骆驼
9. 普氏原羚
10. 盘羊
11. 鹅喉羚
12. 雪豹

对项目规划者与开发者来讲，至关重要的是事先了解动物的分布、栖息地、移动模式以及建设项目潜在的影响。举例来讲，青藏高原（藏野驴、藏原羚、普氏原羚、藏羚羊、野牦牛、盘羊和雪豹）与蒙古西部（蒙古野驴、蒙古原羚、鹅喉羚、赛加羚羊、野骆驼、盘羊和雪豹）各有七个重点关注物种，但是并非所有物种的分布范围都有重叠（例如，普氏原羚、野牦牛、双峰驼的分布范围较小，而盘羊、雪豹通常栖息在高山地带）。

以下是重点关注物种的介绍。更多物种相关信息请参考 CMS “中亚地区迁徙性哺乳动物保护困难与需求评估”⁴。该指南中的地图信息引用自国际自然保护联盟 (IUCN) 红色名录, 可在 <http://maps.iucnredlist.org> 查询。

蒙古野驴 (*Equus hemionus*) ——又名亚洲野驴, 现今主要生活在在蒙古南部和中国北部部分地区。历史上, 在被猎杀殆尽前, 蒙古野驴在哈萨克斯坦也有分布。目前, 蒙古野驴被列入 IUCN 红色名录。科学证据表明, 在过去二十年里, 全球范围内蒙古野驴的数量下降了 50%以上 (Moehlman et al. 2008)。蒙古野驴也被列入濒危野生动植物种国际公约



蒙古野驴分布图

(CITES) 附录 I 以及 CMS 附录 II。蒙古国内蒙古野驴的数量约占全世界总数量的百分之八十, 估计为 35000 至 40000 之间 (Ransom et al. 2012; Buuveibaatar and Strindberg 2014)。尽管受到高度保护, 蒙古野驴仍然遭到人类的驱逐与非法捕杀; 单单人类与牲畜在水源地的出现都会限制甚至阻止蒙古野驴的靠近 (Kaczensky et al. 2006)。来自家畜的资源竞争也对蒙古野驴造成威胁 (Campos-Arceiz et al. 2004)。

由于生活在资源匮乏的沙漠里, 蒙古野驴不断迁移以获取生存资源。有时蒙古野驴的迁移规模非常可观, 他们在短短几周之内穿越数千公里去寻找食物和水源, 年活动范围可覆盖约 70000 平方公里 (Kaczensky et al. 2011a)。蒙古东部的铁路对蒙古野驴已造成直接影响, 成为蒙古野驴分布范围的严格界限 (Kaczensky et al. 2011a)。中国与蒙古之间的边界围栏似乎已导致围栏两侧的蒙古野驴分隔形成截然不同的亚种群。由于公路和铁路持续发展, 以及相伴随的资源开发, 蒙古野驴的迁移也受到影响 (Lkhagvasuren et al. 2012; Batsaikhan et al. 2014)。

藏野驴 (*Equus kiang*) ——藏野驴是体型最大的野驴, 也是青藏高原的本土物种。目前藏野驴分布于查谟的拉达克、和克什米尔、青藏高原的平坦区域、以及尼泊尔北部与西藏交界的地区 (Shah 2008)。



西藏野驴分布图

⁴ <http://www.cms.int/en/document/assessment-gaps-and-needs-migratory-mammal-conservation-central-asia>

在这片广阔区域内，西藏野驴的分布渐渐支离破碎，现存大部分种群都生活在保护区或者军队管辖区 (Shah et al. 2008)。最近一次种群评估完成于 2008 年，显示西藏野驴总数量在 60000-70000 之间，其中 90% 分布在中国境内 (Shah 2008)。

据观察，西藏野驴并没有规律性的迁徙习性，但它们会在不同类型的栖息地之间进行季节性移动；经常是夏天分散成小群进入丘陵地带，冬天在盆地和平坦地带聚集成大群 (Schaller 1998)。家畜围栏会导致其栖息地破碎化、限制野生动物移动，是西藏野驴面临的主要威胁。

蒙古原羚 (*Procapra gutturosa*) ——蒙古原羚是亚洲现存不多的种群数量较大的有蹄类动物之一。



蒙古原羚分布图

它们生活在蒙古东部以及中国东北与俄罗斯交界的区域。蒙古原羚已经绝迹于哈萨克斯坦，在中国和俄罗斯也几近灭绝 (Lhagvasuren and Milner-Gulland 1997)。公元 1900 年左右，蒙古原羚的数量可能高达 450 万只，但是在 20 世纪 60 年代中期，因为二战时期密集捕猎以及季节性移动被蒙古铁路所阻碍，蒙古原羚的分布范围与种群数量急剧下滑 (Milner-Gulland and Lhagvasuren 1998)。最近一次

蒙古原羚种群数量估计为一百万只 (Olson et al. 2011)。

尽管蒙古原羚的季节性移动通常被描述为迁徙，但是其移动模式表明它们并非在固定区域之间进行周期性往返移动。蒙古原羚似乎会集成多达二十万只的大群进行长距离迁徙以寻找新生青草（区域性降雨会滋养新生植被）、避免积雪或其它恶劣天气 (Olson et al. 2009; Fleming et al. 2014)。边界围栏与铁路防护围栏是蒙古原羚迁徙的最大阻碍，数以百计的蒙古原羚被发现死在铁路防护围栏沿线 (Ito et al. 2008; Olson et al. 2011; Ito et al. 2013; Batsaikhan et al. 2014)。

藏原羚 (*Procapra picticaudata*) ——藏原羚是一种小型原羚，臀部为白色、尾部顶端为黑色。藏原羚生活在青藏高原的高海拔平地、丘陵和多岩地带。相关生态学知识的缺乏阻碍了针对藏原羚的保护计划 (Namgail 2008)。据估计，藏原羚数量比三代以前减少了 20%，IUCN 红色名录将其列为近危物种。据估计，青藏高原藏原羚数量大约为 100000 只，该估计值存在一定程度不确定性 (Schaller,



藏原羚分布图

1998)。由于农业与畜牧业扩张、青藏高原的围栏建设，藏原羚面临着栖息地丧失与破碎化的威胁。



普氏原羚分布图

的进一步描述。

鹅喉羚 (*Gazella subgutturosa*) —— 鹅喉羚分布范围跨越中东和亚洲地区，包括阿拉伯、哈萨克斯坦、蒙古、中国和巴基斯坦在内的将近 20 个国家。鹅喉羚生活在气候干燥的沙漠与沙漠边缘，为了寻找草场和水源而进行季节性迁移，冬季的移动距离长达 30 公里/天，夏季的移动距离相对较短。鹅喉羚奔跑速度高达 60 km/h，不愿与其它生物接触，当有人类或其他生物靠近时，鹅喉羚会快速逃窜。

鹅喉羚被视为食物或战利品而遭到捕杀；同时线状基础设施发展、农业和畜牧业扩张导致鹅喉羚栖息地丧失，栖息地被人类占用导致鹅喉羚的破碎化分布。近年来，过度捕猎和栖息地丧失导致鹅喉羚数量急剧下降。

最近一次鹅喉羚数量调查表明，全球范围鹅喉羚数量在 120000-140000 之间，但是如前所述，据估计鹅喉羚数量也曾经急剧下降(Mallon and Kingswood 2001)。

赛加羚羊 (*Saiga tatarica*) —— 在俄罗斯、哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦和蒙古的五个种群中，赛加羚羊存在两个亚种(Kholodova et al. 2006)。其中，指名亚种会追逐食物而进行大规模迁徙(Bekenov et al. 1998, Singh et al. 2010)；蒙古亚种有明显的季节性迁移行为，但是没有典型的迁徙行为(Bannikov 1954)。它们会穿越蒙古西部阿尔泰山脉北部连接两个亚种群的狭窄通道(Berger et al. 2008)。

普式原羚 (*Procapra przewalskii*) —— 普式原羚数量稀少，是中国的特有物种，与蒙古原羚亲缘关系较近。在中国青海省青海湖区域有十个破碎化的分布区(Jiang et al. 1995)。普氏原羚被中国政府列为国家一级保护动物，同时被 IUCN 红色名录列为极危物种。

盗猎、食肉动物捕食、围栏与房屋建设导致的栖息地丧失，这些都导致普氏原羚数量急剧下降(Zang et al. 2010)。在后文中的案例研究 2 中有关于保护威胁



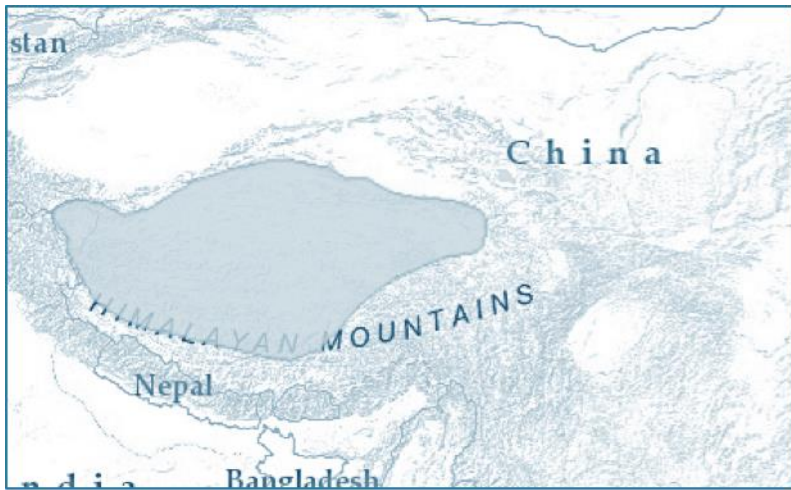
鹅喉羚分布图



赛加羚羊分布图

严酷自然条件以及与家畜的食物与栖息地竞争的威胁 (Milner-Gulland et al. 2003; Berger et al. 2013)。位于哈萨克斯坦和乌兹别克斯坦交界的赛加羚羊受到围栏威胁 (Olson 2013)。目前，赛加羚羊蒙古亚种并没有受到基础设施发展的影响，但是公路与铁路铺设会穿越它们的分布地，导致栖息地破碎化 (Lkhagvasuren et al. 2012)。

藏羚羊 (*Pantholops hodgsonii*) ——藏羚羊是青藏高原的特有物种 (Schaller 1998)。它们生活在海拔 3250-5500 米的高山草原及荒漠草原地带。据估计藏羚羊至少有五个迁徙种群，每年迁徙距离有的会长达四百公里 (Leslie and Schaller 2008)。有部分藏羚羊从西藏迁徙到印度。由于被称作沙图什的优质皮毛而遭到疯狂盗猎，藏羚羊种群数量从超过一百万只骤减至 75000 只左右 (Schaller 1998)。尽管仍然存在一定程度的盗猎，在强有力的保护措施下，种群数量恢复到了 150000 万只左右。



藏羚羊分布图

大部分藏羚羊会进行季节性迁徙。雌性藏羚羊会集结成几百只的大群，穿越 300 公里到荒漠草原地带产仔 (Miller and Schaller 1996, Schaller 1998)。大部分雄性藏羚羊移动距离较短；部分藏羚羊种群完全不迁徙。牧场围栏、青藏铁路和青藏公路对藏羚羊迁徙造成阻碍。

赛加羚羊所经历的种群数量急剧下降比本文中任何其它物种都更为严重，从二十年前的 1500000 骤降到 21 世纪初的 50000 只，种群数量下降了 95% (Milner-Gulland et al. 2001)。赛加羚羊被 IUCN 红色名录列为极危物种，并被列入 CITES 附录 II 和 CMS 附录 II。

盗猎是赛加羚羊面临的最大威胁。赛加羚羊角是传统药材，特别在中国传统医药中应用广泛。赛加羚羊也受到来自

野牦牛 (*Bos mutus*) ——野牦牛生活在人迹罕至的高山草原和高山草甸，主要分布在青藏高原中北部海拔 3000-5500 米的地区(Leslie and Schaller 2008)。野牦牛的分布区包括中国的西藏自治区、青海省和甘肃省。野牦牛被 IUCN 红色名录列为易危物种，并被收录在 CITES 附录 I，是青藏高原最濒危的物种之一。据估计，如今野牦牛数量只有不到 15000 头。

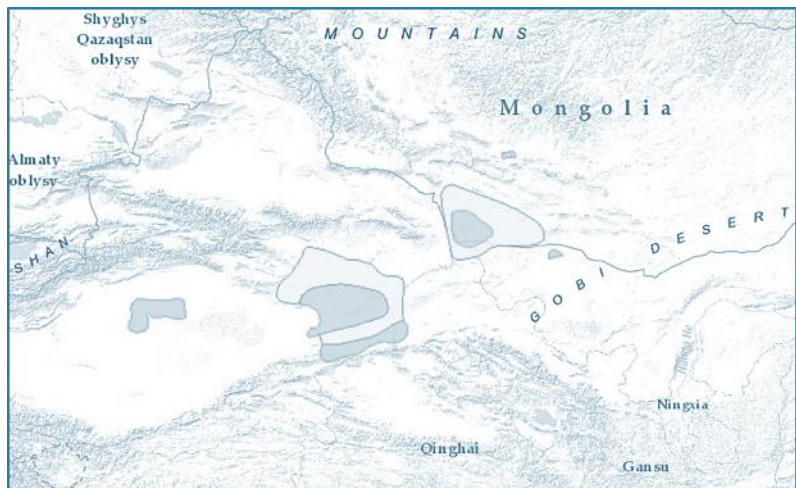


野牦牛分布图

随着村落与家畜在西藏高原的扩张，野牦牛面临着栖息地丧失的威胁。野牦牛面临的另一个主要威胁，是家野牦牛杂交带来的基因污染。野牦牛不会进行大规模迁徙，但是经常在山顶与山脚之间移动，穿越五十公里甚至更长的距离去寻找食物并避免积雪区域 (Miller and Schaller 1996)。

野骆驼 (*Bactrian Camel*) ——野骆驼仅在中国北部三处（一处在塔克拉玛干沙漠，另两处位于罗布泊沙漠）与蒙古南部一处有分布 (Transaltai Gobi; Hare, 2008)。有研究显示，很可能早在上个世纪四十年代，蒙古国境内野骆驼的分布范围骤减了 70% (Adiya et al. 2012, Bannikov 1975)。

据 2012 年种群调查显示，蒙古国境内的野骆驼种群数量约为 800 头 (Institute of Biology, unpublished data)。野骆驼被 IUCN 红色名录列为极危物种。野骆驼的生存面临多重威胁，包括人类干扰、盗猎、以及来自家畜的资源竞争、杂交和疾病交叉传染 (Blumer et al. 2002; Silbermayr and Burger, 2012)。人类活动不断向野骆驼的栖息地扩张，包括在大戈壁 A 保护区缓冲区内不断增加的牧民帐篷与牲畜 (Enkhbileg et al. 2006)，以及保护区内不断加剧的非法采矿活动(Adiya 2008)。诸多保护学家都提出，野骆驼还面临着中蒙边界围栏导致的栖息地破碎化、气候变化导致的绿洲沙漠化、以及草质水质恶化等威胁(Clark et al. 2006)。



双峰驼分布图

野骆驼善奔走，一天内能行走 75km (Kaczensky et al. 2014)。它们的家域大于 12,000 km² (Kaczensky et al. 2014)。长距离移动能力表明野骆驼能够对当地食物或水源短缺做出快速反应，并且能够及时避开恶劣天气以及其它威胁。

盘羊 (*Ovis ammon*) ——盘羊是世界上体型最大的野生羊类，栖息在山地、山谷、裸岩地带等高地区域，在亚洲十一个国家均有分布。但这些国家几乎都没有被科学界认可的相关种群数量的统计数据。目前盘羊的九个亚种已被确认，其中七个被列入 CITES 附录 II。盘羊被 IUCN 红色名录列为易危物种。



盘羊分布图

盘羊十分擅长在山地的裸岩地形上下移动，这是它们躲避危险的一种防御机制。它们为了寻找水源与食物、并避开积雪，经常在不同海拔高度之间移动。盘羊群可能会选择典型的迁徙模式，穿越很长距离、经常跨越国界，因此受到边界围栏的影响。

盘羊往往被视为战利品而遭杀；牧民和矿工也会为了肉食而捕猎；家畜会与其竞争栖息地和草场。这几项因素均被视为盘羊

保护的主要威胁 (Mallon et al. 2014)；栖息地破碎化与不断提升的人类干扰（来自人类与家畜）为长期的显著威胁因素。线状基础设施与大规模开发活动虽然目前仅产生局部影响，但长期看来将对盘羊的山地栖息环境带来不断增长的负面效应，尤其是边界围栏成为盘羊迁徙的主要障碍。

雪豹 (*Panthera uncia*) ——雪豹生活在南亚和中亚的高山地带，在十二个国家有一百二十万平方公里的潜在栖息地。据估计，雪豹种群数量有 3000-7500 只，被 IUCN 红色名录列为濒危物种，并被收录在 CITES 附录 I。

作为活动范围大、有明显领地意识的动物，雪豹有时会进行长距离移动，甚至跨越山脉间相对平坦的地区。山区的边界围栏会对雪豹活动造成影响。此外，铁路和公路也可能会限制雪豹捕食或求偶时的活动。



雪豹分布图

B. 线状基础设施的分类与影响

顾名思义，线状基础设施是指呈线状并绵延很长距离的基础设施，主要包括公路与铁路线路、能源与通信线路、石油与天然气管道、边界等类型的围栏、运河与灌溉水渠等。线状基础设施不仅是城市环境的生命线，也是城市之间的联系纽带，它允许人类、商品与信息往返传输，并将各种资源从偏远地区带到人类聚集区。其线状特性激发了独特的政治、技术以及社会挑战。与大多数商业、城市和居住地等造成局部影响且更容易解决的情况不同，线状基础设施跨越多个辖区(穿越地方、地区甚至国家之间的边界)，涵盖了保护区以及其他生态环境敏感的区域，并且对农牧区的生计与健康造成潜在影响。

在中亚地区的高山和平原地带，线状基础设施带来的挑战还包括对现存较少的大型哺乳动物种群造成潜在影响。不同类型线状基础设施引发不同的问题，因而需要不同的解决方案。下面的章节将就与各类线状基础设施影响相关的前沿研究进行概述与讨论。

I. 总体影响

各类线状基础设施都可能对大型哺乳动物的活动造成影响，下文对各类线状基础设施带来的常规影响进行介绍。

a) 栖息地破碎化

栖息地破碎化是指“地表被分隔为空间上相互独立的部分”(Hobbs et al. 2008)。栖息地破碎化是造成生物多样性降低的主要原因(Krause et al. 2010)，也是线状基础设施带来的全球性问题。栖息地破碎化有三种类型：

- 1) 栖息地分割 *habitat dissection*;
- 2) 栖息地转型或丧失 *habitat conversion or loss*; 以及
- 3) 栖息地面积压缩并固定 *compression or sedentarization* (Hobbs et al. 2008)，使得在栖息地中生活的物种失去了向外扩散的灵活空间

其中，第一种(分割)和第三种(缩减)是运输通道、围栏和管道等线状基础设施发展需要考虑的首要问题。除了导致一定程度的栖息地破坏之外，线状基础设施造成的主要影响是屏障效应(Boone and Hobbs 2004; Foreman and Alexander 2008)。线状基础设施对野生动物造成多重影响。随着栖息地分割和缩减，野生动物被迫停留在面积较小的栖息地碎片，就会导致种群密度过大从而加剧资源竞争。对野生动物生存更具威胁的，是它们无法找到新的栖息地以抵御干旱或寒冬等恶劣环境。这些栖息地碎片与原本的适宜生境不同，无法为相同规模的种群提供合适的生存空间。数量较大的种群被分割为数个小种群，会导致种

群统计学与遗传学方面的改变，由于随机或确定事件而灭绝的可能性也随之增加 (Rosenzweig 1995; Harrison and Hastings 1996)。

b) 持续性局部障碍

尽管线状基础设施通常只构成局部障碍，但它们会持续对种群生存能力造成负面影响。局部障碍已经造成迁徙路线改变、迁徙时间延迟、迁徙距离延长等问题，使野生动物的迁徙活动变得更加艰难 (Olson 2013)。同时，野生动物还会受到基础设施相关附加干扰的影响。举例来讲，公路或附近出现的人类与车辆，会导致野生动物群体避开这些区域，进而拖延或妨碍迁徙 (Sawyer et al. 2013)。这将减少野生动物在干扰区域附近的休息与觅食时间。所有这些压力带来的环境挑战会对迁徙造成首要影响 (例如对适宜栖息地的需求)，进而削弱野生动物的体力并导致死亡。无法跨越障碍的野生动物被迫滞留在不适宜的环境，因此面临着种群健康度下降以及缺乏充足食物与水源等挑战。

c) 自然进程变更

如果线状基础设施布设在那些之前未被人类干扰的完整生境，它们将会对自然进程产生影响，包括影响水文状况、引入入侵物种、改变天然火灾进程，进而对野生动物产生冲击。比如，承载车辆的运输通道表面坚硬不能吸收降水，从而可能造成区域径流的改变；运输通道也为入侵物种提供了入侵路径 (IFC 绩效标准)。最后，公路与铁路对天然火灾的影响主要有两点：短期来看，它们可能成为额外火源而增加火灾频率，或者形成防火带而过早阻碍了天然火灾的蔓延；长期来看，天然火灾进程的改变会导致草原生态系统植被构成的变化，进而对食草有蹄类动物产生影响。

d) 间接累积效应

某些线状基础设施可能造成多重间接影响：人口数量增长 (道路沿线定居点人口增加，或者新增定居点) 会增加干扰并导致生境变化；交通便利会增加非法狩猎的发生几率 (Wingard and Zahler 2006)。项目开发者也需要意识到，各类线状基础设施影响的累积效应会极大地增加对迁徙物种的综合影响。单个项目往往只会考虑特定线状基础设施的生态影响，而没有考虑到各类设施生态影响的累积效应。因此，有必要从区域层面对各类线状基础设施的累积效应进行整体考虑。

II. 道路

在所有线状基础设施中，道路对大型有蹄动物的影响最大且更加普遍。与其他类型线状基础设施不同，运输通道经常伴随着人类与车辆活动。虽然野生动物可以越过运输通道 (假设没有围栏、沟渠等物理性屏障)，但是在造成野生动物直接伤亡之外，足够量的运输通道也会产生屏障效应。

屏障效应——即便经过几十年的适应，野生动物或许已经习惯了这种交通状况，屏障效应依然可以存在。北美有研究表明，当车流量>2000 辆/天时，道路会对野生动物产生屏障效应 (Sawyer and Rudd 2005; Clevenger and Huijser 2011)；当车流量>4000 辆/天时，屏障效应将达到最强 (Mueller and Berthoud 1997)。对中亚地区的野生有蹄动物来说，形成功能性屏障 (即，虽然部分个体能够越过道路，但是不足以保证生态功能与基因交流的情况) 的车流量标准更低，因为它们的视野更加开阔，并且因捕猎等因素而对车辆更加警惕 (Huisjer et al. 2013)。

Huijser 等对大量相关研究进行搜集汇总，为奥尤陶勒盖矿业公路制定缓解野生动物影响的需求报告。报告指出该区域内有数个物种对公路有强烈回避行为(Huisjer et al. 2013)。以藏羚羊、藏原羚和西藏野驴为例，距青藏公路 500m 范围内种群密度显著低于距青藏公路 1000-3000m 范围之间 (Yin et al. 2007)。有记录表明，其它重点物种都有类似针对公路的安全距离(野牦牛- 999 m ± 304 m；西藏野驴- 568 m ± 83 m；藏羚羊- 286 m ± 27 m；藏原羚- 177 m ± 14 m)(Lian et al. 2012)。Kaczensky(2011a)对蒙古野驴出现屏障效应与屏障效应达到最强的车流量预测值为 400 辆/天与 1000 辆/天⁵。为了缓解野生动物的强烈回避行为，Huijser 和其同事 (2013)提出在道路沿线野生动物可能的穿越地点，设定最低安全距离的标准以降低视觉干扰与其它人类干扰对野生动物的影响，其中羚羊亚科 200-300m，蒙古野驴 500-600m。

野生动物撞击事故——交通事故直接导致野生动物死亡的情况屡见不鲜。据报道，美国每年与鹿相关的野生动物车辆撞击事故(WVCs)就超过 30 万起。加上未被报道的数据，非官方估计每年有 100-200 万起与鹿相关的 WVCs (Huijser et al. 2007)。一项与鹿相关交通事故的研究发现，造成 WVCs 主要有以下几个因素：

- 时间——一天中，动物更活跃或车流量较大的时间段，WVCs 发生更为频繁。
- 季节——动物交配或迁徙的春秋两季是 WVCs 的高发季节。
- 车速——高速行驶与车速离散均会增加 WVCs 的发生几率。高速行驶中司机更难实现制动和避让；车速离散是指部分车辆速度极慢、部分车辆快速行驶的情况，有研究表明这也增加了 WVCs 的发生几率 (Huijser, 2007)。

防护围栏——防护围栏作为公路的主要构成部分，也增加了另一种屏障元素。这里的防护围栏并非用于国界或家畜管理的围栏（相关情况将另行讨论）。防护围栏会限制野生动物随意进入或穿越运输通道，正如 Olson 记录的关于铁路的情况 (Olson, 2011)。防护围栏不仅减缓或阻止野生动物自由活动，并且野生动物一旦进入防护区域，可能被不断接近的车辆惊扰，或惊慌中被防护围栏弄伤或缠绕其中。

盗猎——公路带来另一个重要问题是，对偷猎者来说曾经难以抵达的地方变得易于接近。本指南关注物种中绝大多数都是容易遭到盗猎的，它们会由于皮毛 (如雪豹、藏羚羊)、肉 (如蒙古原羚)、传统药材 (如赛加羚羊)、运动狩猎 (如盘羊)等原因而被猎杀。大量研究表明，公路建设与盗猎加剧有直接关联，对当地甚至全球种群都有重要影响。

⁵ 400 辆/天是基于野生动物的安全距离为 1km、正常通行的交通间隔为 15min 的假设下提出。在车辆均匀分布的理想状况下，产生屏障效应的车流量为 96 辆/天。如果车辆分布不均匀（即部分集中），大概四倍的车流量（即 400 辆）会产生类似的交通间隔。这些数据来自粗略估计，并且基于长期捕猎的情况（捕猎会导致野生动物回避车辆）。尽管如此，这些数据还是提供了一定程度的参考。

III. 铁路

单条铁路并不会造成与公路同样程度的典型影响，但高密度交通、路堤、轨道相互交错、以及防护围栏等干扰会导致相似的结果。



对从未遇见过陡坡的迁徙中的草原有蹄类物种来说，铁路形成的高台是重要的障碍。©K. Olson

屏障效应——如 Olson(2011)所述，一条没有防护围栏的铁路，至少产生三个屏障要素 1)路堤 2)轨道 3)车流。每一项屏障要素分别构成独立的屏障效应，对部分物种来说难以跨越。路堤是第一道屏障。由于路堤太高、建造材料（如小碎石或大石块）不适合行走，导致动物难以翻越；或者习惯开阔视野的物种因为视野被阻碍而不敢翻越路堤。对于那些不习惯“破损路面”的大型哺乳动物来说，即使可以翻越路堤，轨道依然构成潜在威胁。

然而，对于绝大多数大型哺乳动物来说，一条没有防护围栏、车流量较小、没有其它干扰因素的铁路，可以相对较好地保证大型哺乳动物通行以及栖息地连通性(Olson et al. 2010)。一项关于瑞典境内欧亚驼鹿(*Alces alces*)和西方狍(*Capreolus capreolus*)穿越铁路行为的研究证明，单条单轨铁路几乎不存在屏障效应。这类设施对野生动物造成影响的报道，更多是车辆撞击导致伤亡以及对地方种群的影响 (Van Der Grift 2001; Olson 2011)。

但是，即使对于大型哺乳动物来说，日益增长的路面宽度和车流量依然造成显著的屏障效应。一项研究表明，单轨铁路车流量达到 100 辆/天，就会降低野生动物穿越铁路的意愿 (Hart et al. 2008)；可支持四倍车流量的双轨铁路，会对野生动物穿越铁路的意愿与能力产生更大影响 (Amos 2009)。瑞典一项类似研究表明，与对欧亚驼鹿和西方狍几乎不构成屏障效应的单轨铁路相比，车流量更大的双轨铁路确实对野生动物造成不利影响 (Olson et al. 2010)。

有防护围栏的铁路增加了第四个屏障要素，防护围栏同时具有单独效应与累积效应。单独效应是指铁路防护围栏以及其它各种类型围栏带来的影响，将会在接下来的围栏部分进行讨论。防护围栏与铁路结合，增加了对动物进入和穿越铁路的限制 (Olson 2011)。此外，野生动物一旦进入铁路防护围栏内，会因呼啸而至的火车受到惊吓，并在恐慌中被防护围栏挂伤或缠绕其中。

野生动物撞击——无论是否有防护围栏，在积雪地区野生动物更容易遭到火车撞击 (Wells et al. 1999)。为便于常年安全使用，铁路线往往相对保持清洁，因而成为方便通行、吸引野生动物的道路。与防护围栏产生的影响类似，野生动物一旦进入没有积雪的铁路区域，可能因为不愿或不能回到铁路旁边的积雪区域，而无法避开疾驰而来的火车 (Rea et al. 2010)。

运粮火车是导致野生动物撞击事故的另一个原因。卸料闸门破损导致粮食掉落到铁轨中间，从而吸引了野生动物的光顾 (Wells et al. 1999; Pissot 2007; Dorsey 2011)。目前北美以外地区尚未有这方面报道，但对中亚地区利用铁路运输粮食的国家来说，如哈萨克斯坦等，是一项潜在威胁 (Olson 2011)。

案例 1、蒙古原羚

蒙古草原上有超过 100 万只蒙古原羚(*Procapra gutturosa*)，是亚洲最大的迁徙景观，也是世界上最大的迁徙奇观之一。每当到了害虫肆虐的夏季与寒冷积雪的冬季，蒙古原羚就会为寻找食物而进行大规模迁徙 (Olson et al. 2006)。多数蒙古原羚种群的迁徙距离都相当漫长，可能超过 1000 公里，畅通无阻的迁徙是蒙古原羚物种存续的关键。

二十世纪五十年代，北京—乌兰巴托铁路修建完成，并配备有刺铁丝的防护围栏。这成为蒙古原羚为追逐水草而迁徙的重要障碍。该铁路成为蒙古原羚不同种群的重要分界线，绝大多数(超过 100 万只)蒙古原羚集中在铁轨东侧，仅有大约 25000 只蒙古原羚滞留在铁路西侧。

2002 年至 2012 年期间，Ito 和其同事 (2013) 对北京—乌兰巴托铁路沿线与中蒙边界围栏附近的 24 头蒙古原羚与 12 头蒙古野驴(*Equus hemionus*)进行追踪研究。虽然该项研究在铁轨两侧分别选择了一定数量的蒙古原羚进行追踪，但是在研究期间依然没有一只研究对象穿越铁路。一年中共计 241 头蒙古原羚被防护围栏困住致死 (Ito et al. 2008)。然而，有两只蒙古原羚穿越了另一条车流量较少、防护围栏部分缺失的铁路，这说明铁路本身并没有造成严重的屏障效应——迁徙主要路径上的防护围栏与车流量才是问题所在。

火车速度与轨道平直度也是影响野生动物撞击事故的重要因素。轨道转弯处可以减慢火车运行速度，从而给予野生动物更多的逃生机 (Rea et al. 2010)，但同时野生动物也可能由于火车在转弯处突然出现而受到惊吓。

盗猎——尽管中亚地区铁路建设本身刺激盗猎的作用很小，但因此发展起来的辅路为盗猎分子提供了接近野生动物的途径，例如为维护铁路而增设的沿线道路。如果铁路造成野生动物在迁徙途中停留相当长一段时间，会导致盗猎分子以此为据点，满载猎物而归。

IV. 围栏

对迁徙物种来讲，围栏是严重威胁。围栏虽不足以构成绝对屏障，却依然构成局部屏障。它们会给野生动物造成生理压力并导致行为改变，进而影响其物种生存。围栏对野生动物的影响非常深远，与干旱时期高死亡率、低繁殖率以及预期寿命持续低迷，进而导致种群数量下降等现象息息相关 (Ben-Shahar 1993; Boone and Hobbs 2004; Newmark 2008)。

屏障效应——对于生活在开阔草原上的有蹄动物，围栏是非常有挑战性的干扰因素。野生动物即使可以越过较矮的围栏，却更愿意选择轻松的途径抵达另一端。与障碍物少的地形相比，野生动物可能被围栏刺伤并缠绕其中，从而难以摆脱本可以避免的被捕食的命运。这在中亚以及其它地区已经被证实，包括美国西部与加拿大的叉角羚 (*Antilocapra americana*)、中国的普氏原羚、蒙古的蒙古野驴，以及所有分布国家的赛加羚羊 (Olson 2013)。

在栖息地破碎化与局部屏障效应之外，围栏对野生动物造成的影响还包括：

缠绕死亡率——在无法越过最高的网线，或者试图钻过较低网线的情况下，野生动物就可能被围栏缠绕其中。如果围栏装有刺铁丝，以及由于年久失修而出现网线松散下垂、围栏桩倾斜，野生动物被围栏缠绕其中的概率就大大增加。野生动物不能挣脱围栏而死亡的事例非常多见，新生与未满周岁的幼仔更容易因此殒命 (Harrington and Conover 2006)。

伤痛——跨越围栏不仅使野生动物身体疲惫，还可能带来难以愈合的伤口。骨折和其它裸露伤口可能导致感染，进而降低野生动物的存活几率。

案例 2. 普氏原羚

普氏原羚 (*Procapra przewalskii*) 极度濒危，是中国的特有物种。普氏原羚曾经生活在内蒙和甘肃的部分地区，现在仅在青海省内有数个分散的小种群，多数集中于青海湖沿岸，总数不超过一千只。

该地区密集的围栏对普氏原羚活动造成负面影响，并引发了较高的幼仔死亡率 (You et al. 2013)。围栏还带来其他负面影响，包括家畜 (尤其是绵羊) 增多导致过度放牧，造成大部分草场退化。普氏原羚无法去到尚未被家畜影响的草场，导致食物匮乏进而威胁生存。在有围栏的草场，狼对普氏原羚的捕杀更加频繁，因为围栏减少了普氏原羚的逃生机。

普氏原羚可以跳越过 100cm 高的围栏，或从围栏下面或围栏网眼中钻过。有刺铁丝的围栏尤其危险。怀孕的羚羊、老幼羚羊很可能无法穿过围栏并被缠绕其中，或在逃脱狼与猎狗追捕时无法越过围栏而沦为盘中餐。

普氏原羚在草场广袤、围栏很少的天峻县生格乡、哈尔盖河、湖东分布数量较多；在草场小、围栏多的区域分布数量最少 (Schaller et al. 2006)。许多保护学者相信，如果不努力解决或缓解这一问题，普氏原羚的生存将被置于岌岌可危的境地。

普氏原羚在草场广袤、围栏很少的天峻县生格乡、哈尔盖河、湖东分布数量较多；在草场小、围栏多的区域分布数量最少 (Schaller et al. 2006)。许多保护学者相信，如果不努力解决或缓解这一问题，普氏原羚的生存将被置于岌岌可危的境地。

盗猎与捕食——无论对于人类还是肉食性野生动物，围栏都可以成为用于捕猎的有利工具。猎狗、郊狼、狼以及盗猎分子已经开始利用围栏聚集野生动物，甚至在围栏内布设陷阱 (Fox et al. 2009; Schaller et al. 2006)。

V. 油气管道

案例 3. 驯鹿

油气管道影响大型哺乳动物活动相关研究非常少。美国阿拉斯加地区的驯鹿(*Rangifer tarandus*)是一个例外。尽管北美驯鹿不是本指南关注的物种，但油气管道影响该迁徙物种的相关研究仍然具有借鉴意义。

阿拉斯加地区驯鹿与管道的相关研究至少从二十世纪七十年代就开始了。Smith 和 Cameron(1985)发现石油管道对驯鹿种群产生了严重的负面影响。一个近千只的驯鹿种群仅有 59%可以成功越过石油管道；另一个较大的驯鹿种群也仅有 63%可以成功越过石油管道。越过石油管道的个体中多数经过多次尝试(最高达到 36 次)才获得成功。野生动物越过石油管道的地点大多数位于比较特殊的位置（管道埋藏或者架空的位置）——目前为止野生动物通过率最高的地点位于管道埋藏处。Cameron 和其同事(1992)的研究发现，油田附近的驯鹿繁殖率与幼体成活率受到不利影响，研究者认为这与驯鹿们因干扰而减少觅食有关(Cameron et al. 2005)。

通过这些研究可以清晰地看到，所谓“正常”的管道与油田会对驯鹿活动与繁殖产生了严重不利影响。同时也证明管道埋藏与架空有助于野生动物通过。埋藏管道似乎是避免阻碍迁徙性有蹄类活动的最佳方案。

迁徙物种死亡的潜在可能，与管道填埋时挖掘的沟渠未被掩埋有关。沟渠因深度大而构成绝对屏障，可以导致野生动物死亡率升高。然而，如果管道阻碍或中断野生动物寻找食物资源、到达繁殖地或者避免干旱与积雪等移动过程，也可能成为导致野生动物死亡的间接因素。

野生动物撞击——油气管道通常地处偏远，附近区域车流量很小。施工阶段会增加车流量，从而导致高频率的野生动物车辆撞击事件 (Webster 1997)。

在我们讨论的线状基础设施类型中，油气管道对迁徙物种产生的影响是最轻微的。这很大程度上是由于其连带的额外人为干扰(车辆或附加设施)有限。管道可以通过地下掩埋以避免屏障效应。北美至少有一项研究表明，经过管道掩埋与植被恢复之后，驯鹿迁徙会受到轻微影响。对野生动物最显著的干扰主要发生在管道的施工阶段。

屏障效应——有证据表明，若管道没有被全部掩埋，露出地表的管道会导致野生动物迁徙方向发生偏移，至少会引起局部屏障效应。由于中亚地区还未着手研究油气管道的屏障效应，此类问题在该区域产生影响的严重程度尚未可知。在北美，除了驯鹿以外(见案例 3)，驼鹿迁徙方向偏移也与油气管道有关 (Webster 1997)。

陷阱死亡率——管道直接导致迁



对大型哺乳动物来讲，油气管道可能是严重阻碍活动的屏障。然而，将管道埋藏在地下可以解决这一问题。©WCS/K.Murphy

VI. 潜在影响概述

前面的章节介绍了各类线状基础设施给野生动物带来的负面影响。下表列出了线状基础设施可能带来的各类影响，并按照影响程度和适用性对各类设施进行评估。比如，道路、铁路和油气管道都可能造成野生动物撞击事故，并且三者的影响程度不一定完全等同，但围栏不会造成此类影响。该表旨在帮助中亚各国的政策制定者与项目开发者，明确了解各类线状基础设施可能造成的影响及程度，而不是仅凭经验进行判断。特定区域之内的特定物种与特定类型设施之间的关系是非常复杂的课题，为缓解不利影响应在区域与项目规划层面进行谨慎研究。

表 1：各类线状基础设施对野生动物的潜在影响

潜在影响类型	公路	铁路	油气管道	围栏 ⁶
野生动物车辆撞击事故	高	中	低	不适用
缠绕/陷阱死亡率	不适用	不适用	低	高
栖息地破碎化	高	高	低	高
行为改变	高	高	低	高
屏障效应	高	高	低	高
栖息地用途变更	高	高	低	高
人类出现频率增加	高	中	中	不适用
盗猎增加	高	低	低	不适用
为外来物种提供入侵途径	高	高	低	不适用
影响种群基因	高	高	低	高
空气污染	高	低	不适用	不适用
自然进程变更	低	低	低	高
改变水体特征	高	高	中	不适用

影响程度：高- ■ 中- ■ 低- ■ 不适用- ■

⁶ 独立围栏带来的影响，在该表中被单独考虑。附建有防护围栏的公路、铁路和油气管道，应该综合考虑包括主体设施与防护围栏在内的潜在影响。

法律体系

本章将对与线状基础设施发展相关的国际与国家层面的法律体系进行概述。这里不对法律条款作细节阐述，而是对一般政策要求进行陈述，尤其是针对线状基础设施的政策要求。相当数量的国际与国家层面的法律法规都包含有相关规定，绝不仅限于这一章所列的有限内容。然而，正如接下来内容将要反映的，在国家层面还有许多工作需要完善，以整合生物学和生态学知识、明晰各类线状基础设施影响、并制订更为明确的综合性法律法规条款，从而有效响应迁徙物种的保护需求。



为了躲避气候恶劣的冬季，赛加羚羊向南进行长距离迁徙，春季为了寻找食物资源和产仔地而向北回迁。
©WCS/Buuveibaatar

本章内容包括国际立法与国家立法两个版块。国际立法与国家立法进一步细分为主要立法与相关立法，前者特指专为线状基础设施制订的评估或建设标准。

主要立法专为线状基础设施制订，它们一方面明确评估要求，另一方面规范建设标准。这种定义方式或许不能涵盖全部立法，但足以代表线状基础设施相关的法律体系主体。

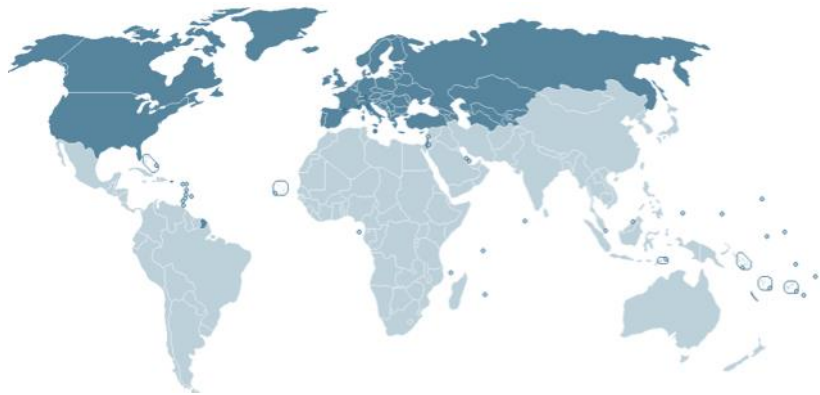
相关立法旨在监管其它资源或活动，其某些条款适用于线状基础设施。与多数人的直觉相反，CMS 及其谅解备忘录（MOU）不在主要立法之列。虽然 CMS 及其决议 7.2 呼吁在战略与项目层面评估线状基础设施对迁徙物种的影响，但是 CMS 的主要关注点是野生动物保护，而非专为线状基础设施制定。与此类似，国家层面的野生动物保护法也在相关立法之列，因为其定位也是野生动物保护，缺乏针对线状基础设施的标准。

这里虽然划分为主要立法与相关立法，但二者在适用性、法律效力以及重要性方面没有任何差异。对具体物种保护或线状基础设施来讲，相关立法的特定条款可能是最重要的。指定国家的特定法律（如濒危物种法）可能被列为相关立法，不代表其他国家相同类型法律也属于相关立法。主要立法与相关立法的区分完全以内容界定。

A. 法律体系概述

在国际层面，联合国欧洲经济委员会（UNECE）是与线状基础设施发展潜在相关的 50 多份国际公约的监管人。有几个中亚国家也是 UNECE 的成员⁷，其它国家则可能是某些公约的缔约方。UNECE 监管公约中，与线状基础设施发展联系最密切的是跨界环境影响评价公约（埃斯波公约）与战略环境影响评价议定书（基辅议定书）。此外还有 49 份专为公路与铁路建设使用而制订的国际公约⁸。然而在这么多相关的国际公约中，只有两份提到需要进行环境影响评价的问题，并且没有任何具体准则来评估其针对野生动物迁徙产生的影响或者涉及具体的建设标准。迄今为止，只有两个中亚国家⁹签署了埃斯波公约，没有任何中亚国家签署基辅议定书（只有两个中亚国家签署了基辅议定书相关的运输公约）。

图 2: UNECE 成员国分布图



来源: <http://www.unece.org/oes/nutshell/ecemap.html>

战略环境 评估(SEA)	法律/法规
	公共政策
	公共规划
	公共项目
环境影响 评估(EIA)	公共与私人投资项目

在国家层面，环境影响评价是最常见的法定审批工具，用于项目审查以及缓解措施的制订。环境影响评价分为两种类型：1) 战略环境评估（SEA）：需要从政策、规划、多个项目等战略层面进行审查；2) 环境影响评估（EIAs）：针对单个项目。将对迁徙物种的影响纳入战略环境评估与环境影响评估，是各国的当务之急。虽然战略环境评估是在景观尺度上进行，但是确保其与环境影响评估中适当流程和标准的紧密结合，才能够保证规划决策在项目层面的有效执行。

⁷ 中亚地区 UNECE 成员国包括乌兹别克斯坦 (1993)、土库曼斯坦 (1993)、吉尔吉斯斯坦(1993)、哈萨克斯坦(1994)和塔吉克斯坦(1994)。

⁸ 查询网址: <http://www.unece.org/trans/conventn/legalinst.html>

⁹ 乌兹别克斯坦与哈萨克斯坦。

最近一则评论表明，战略环境评估立法至少已经开始被本指南所涉及的国家纳入考虑范畴。在一些情况下，战略环境评估局限于相关规划或法规条款，却忽视了主要法律体系。其中包括语言表述缺乏一致性，对于线状基础设施是否相关法规考虑对象缺乏确定性。比如一个国家需要进行“产业发展规划”审查¹⁰，另一个国家则称之为“工业”与“城市规划”¹¹。此外，对于大多数政府而言，战略环境评估的重要性不及环境影响评估，而后者多数情况下是由项目开发者出资进行的。实际上，战略环境评估在经济合作与发展组织（OECD）之外国家的应用非常有限¹²。

大多数情况下，国家层面法律关注点在于项目层面的环境影响评估；然而，尚无任何法律对线状基础设施有明确规定。在要求进行环境影响评估时，通常的做法是给出项目列表，其中包括线状基础设施的类型，但不一定需要全部列出，各国之间要求也不尽相同。多数环境影响评估未将景观层面影响纳入考虑，并且不能有效处理间接影响。虽然野生动物影响评估是环境影响评估的必要部分，但是环境影响评估对迁徙物种的特殊考虑却微乎其微。

注意：联合国欧洲经济委员会（UNECE）在项目审批中的重要性。

UNECE 是与线状基础设施相关多份国际公约的监管人。其中最重要的是跨界环境影响评价公约（埃斯波公约）与战略环境影响评价议定书（基辅议定书）。UNECE 同时是 58 份运输公约相关法律文件（其中 49 份已生效）的监管人。

有五个中亚国家是 UNECE 成员，因此在相关公约的覆盖范围内。有 29 份 UNECE 运输公约的缔约方涉及非 UNECE 成员的中亚国家，意味着大约 60% 的 UNECE 运输公约覆盖范围超越了其成员国范围。

¹⁰ 吉尔吉斯斯坦

¹¹ 哈萨克斯坦

¹² 商业与生物多样性补偿项目(BBOP). 2009.生物多样性补偿与影响的关系评估：来自 BBOP 的论文. BBOP, 华盛顿。

B. 国际公约

这部分介绍了与中亚地区涉及线状基础设施相关的四项主要国际立法与六项相关国际立法。四项主要立法中，有两项——分别是跨界环评与战略环评相关公约——明确规定适用于线状基础设施；另外两项建立了陆运（公路和铁路）与水运相关的国际法律体系。相关立法中大部分侧重于环境保护与野生动物保护，其中有四项特别聚焦于迁徙性物种。有些情况下，相关立法通过提供基线数据和规范评估要求，在迁徙物种（或生物多样性）与环评之间建立联系。

表 2 为本指南涉及国际公约的应用与签署状态一览表。适用状态，表示指定国家是否有参与指定公约实施的资格；许多国际公约实施范围有地理局限性，因此对本指南涉及国家中的一个或几个不适用。签署状态，表示适用指定公约的国家是否签署该公约。

该表使用了三种颜色的图例：绿色代表签署国，指通过任何途径签署指定公约并同意受其制约的国家¹³。红色代表非签署国，指在指定公约实施的地理范围内但是尚未签署的国家。蓝色代表在指定公约实施的地理范围外而不具备签署资格的国家。

该表列出的四项主要国际公约中，中国与蒙古都不具备签署资格。其余六个中亚国家中，仅哈萨克斯坦与俄罗斯签署了大部分主要国际公约（四项中的三项），吉尔吉斯斯坦签署了其中一项，其他国家尚未签署。该表所列并非解决线状基础设施评估实践的全部，但是提供了直接适用的主要评估标准与流程。由于这些国际公约适用地理范围的局限性，几乎本指南涉及的所有大型哺乳动物，均有部分种群不在其实施的地理范围内。

该表所列的相关国际公约在中亚国家的被接受程度更高。举例来讲，所有中亚国家都签署了生物多样性公约，使得规划发展以生物多样性保护为前提成为这些国家的国际义务。并非所有中亚国家都正式签署了 CMS（五个签署国），但是有两个非签署国（土库曼斯坦和俄罗斯）已签署 CMS 相关 MOU，因此自愿参与境内自然资源管理与保护。在这方面，中国是唯一的例外。

¹³在确定某国正式同意指定国际公约方面，各类国际公约的审批程序与用词各不相同。为简便起见，该指南统一采用“签署国”一词。

表 2：国际公约

公约名称		签署状态						
		哈萨克斯坦	吉尔吉斯斯坦	塔吉克斯坦	土库曼斯坦	乌兹别克斯坦	蒙古国	中国
主要国际公约								
1	跨界环境影响评价公约（埃斯波公约）	■	■	■	■	■	■	■
2	战略环境影响评价议定书（基辅议定书）	■	■	■	■	■	■	■
3	欧洲重要国际联合运输线及其有关设施协定	■	■	■	■	■	■	■
4	欧洲主要国际交通干线协定	■	■	■	■	■	■	■
相关国际公约								
1	保护迁徙野生动物物种公约（波恩公约）	■	■	■	■	■	■	■
2	关于环评与迁徙物种的 CMS 决议 7.2	■	■	■	■	■	■	■
3	关于大夏马鹿保护与恢复的 CMS 谅解备忘录	■	■	■	■	■	■	■
4	关于赛加羚羊保护、恢复与可持续性利用的 CMS 谅解备忘录	■	■	■	■	■	■	■
5	生物多样性公约	■	■	■	■	■	■	■
6	阿姆斯特丹条约	■	■	■	■	■	■	■

图例: 签署国 ■ 非签署国 ■ 无签署资格 ■

C. 国家立法

上一节所列国际公约中，有许多并没有被部分中亚国家签署或履行，因此完善国家立法显得尤为重要。本节重点讨论在线状基础设施对迁徙物种影响评估方面具有重要意义两类法律：战略环境评估相关法律（SEAs）与环境影响评估相关法律（EIAs）。这两类法律本质上都是针对同样的问题：考察每项提案的潜在环境影响，为支持合理决策提供充足的数据与可靠的分析。然而这两类法律又分别侧重于决策过程的不同环节：一个针对早期法案起草规划与项目开发阶段，另一个则针对具体的项目。它们具有同等重要性，只是体现方式不同。

环境影响评估是首先被提出并被世界各国普遍采纳的政策概念。不同国家有不同版本，但是都规定了评估特定项目或发展计划的潜在影响（包括积极影响与负面影响）的流程与标准。顾名思义，有些国家的环境影响评估范围仅限于环境影响，大多数国家已将评估范围拓宽到人类健康、当地生计与经济、文化等更多方面。随着环境影响评估的提出与实施，它被普遍认为是极有价值的管理工具，在决策过程中发挥了积极作用。

为了弥补环境影响评估的重要缺陷，战略环境评估随后被提出。环境影响评估的缺陷在于时机掌握，在整体决策过程中由于执行太晚而难以充分发挥作用。一般情况下，一个项目被提出时，许多决策已经确定；设计替换方案或制订缓解措施，有时会因为费用过高等原因而难以施行。以土地规划决策过程为例，建立运输通道的决策远远早于道路建设项目的提出。等到道路建设项目提出时再提议更换路线以避免穿越迁徙物种的关键栖息地，大多为时已晚；这就极大降低了环境影响评估的作用。战略环境评估在规划、项目开发、政策层面被执行，从而确保了早期阶段进行评估与作出调整的机会。从这点看来，战略环境评估具有前瞻性，常被称为“以可持续发展原则为导向”的制度，而环境影响评估实际上是被动回应的。

此外，战略环境评估更加注重景观或区域层面，会从跨区域的角度看待项目影响。环境影响评估局限于项目层面，缺乏对景观层面影响（尤其是间接与累积影响）的评估。因此战略环境评估对解决迁徙物种所受影响来讲是不可或缺的。

表 3 列出了战略环境评估相关法案。如下表所示，除了中国与俄罗斯，中亚国家已将战略环评纳入立法体系，并至少在规划与项目开发层面被广泛采纳。中国战略环评相关法律仅限于规划层面¹⁴，在项目开发和政策层面并未以任何形式被提及。俄罗斯至今未将战略环评相关法律条款纳入环评体系。该指南涉及 8 个中亚国家中，有 4 个国家在规划、项目开发与政策层面都有明确提及战略环评，分别是哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦与蒙古。然而，土库曼斯坦和乌兹别克斯坦相关法律的措辞令人怀疑其仅适用于政策层面且范围非常有限。这两个国家的相关法律都采用相似的措辞，需要借助经济调控相关“技术性”或“方法性”文件进行审批。单从措辞很难判断相关文件是否包含重大法律法规，是否涉及与线状基础设施相关的标准与流程。与此形成鲜明对比的是哈萨克斯坦相关法律的明确表述，参考文献不仅局限于“中央政府提出的法律法规草案”，还囊括了“地方政府提出的法律条例草案”。

表 3: 中亚各国战略环境评估相关法律构成

构成元素		哈萨克斯坦	吉尔吉斯斯坦	塔吉克斯坦	土库曼斯坦	乌兹别克斯坦	蒙古国	中国	俄罗斯
以影响为中心									
1	规划 (包含可行性分析、测绘、分区规划)	有涉及	有涉及	有涉及	有涉及	有涉及	有涉及	有涉及	无涉及
2	项目开发 (指任何类型的项目发展规划)	有涉及	有涉及	有涉及	有涉及	有涉及	有涉及	有涉及	有涉及
3	政策(包含国际公约、法律法规、标准、指南)	有涉及	有涉及	有涉及	不明确	不明确	有涉及	有涉及	有涉及
4	涉及线状基础设施 (包含对道路、铁路、管道或围栏任何形式的特别提及)	有涉及	有涉及	不明确	有涉及	有涉及	有涉及	有涉及	有涉及
5	涉及自然资源	有涉及	有涉及	有涉及	有涉及	有涉及	有涉及	有涉及	有涉及
6	涉及野生动物 (用到动物群落、野生动物、动物或其他类似术语)	有涉及	有涉及	有涉及	有涉及	有涉及	有涉及	有涉及	有涉及




图例: 有涉及 (绿色) 无涉及 (红色) 不明确 (灰色)

¹⁴ 《中华人民共和国环境影响评价法》第二章：规划的环境影响评价，2002。

本指南涉及所有中亚国家都有项目层面环境影响评估相关法案，却很少直接提及线状基础设施、迁徙物种以及跨界影响。这些国家（八个国家中的五个）环评法案中最常见的关联词是“野生动物”。只有一个国家（哈萨克斯坦）明确提到迁徙物种，并进一步要求将线状基础设施对迁徙物种的影响纳入环评考虑。四个国家（哈萨克斯坦，吉尔吉斯斯坦，塔吉克斯坦和俄罗斯）提出将跨界影响纳入环评考虑。三个国家（哈萨克斯坦，吉尔吉斯斯坦和乌兹别克斯坦）提出涉及线状基础设施的环评指南，并给出包括线状基础设施的相关项目列表。然而，对于可能需要进行环境影响评估的围栏，没有任何国家将其纳入线状基础设施范围。

表 4：中亚各国环境影响评估相关法律构成

构成元素		哈萨克斯坦	吉尔吉斯斯坦	塔吉克斯坦	土库曼斯坦	乌兹别克斯坦	蒙古国	中国	俄罗斯
1	包含跨界影响								
2	提及道路（指任何类型的道路，包括高速公路、公路等运输通道）								
3	提及铁路（使用铁路、铁道、铁路通道等相关词汇）								
4	提及管道(指油、气、水的运输管道)								
5	提及围栏（包括边界围栏、家畜围栏以及作为运输通道防护设施的围栏等）								
6	提及野生动物（使用野生动物、动物、动物资源、动物群落等相关词汇）								
7	提及迁徙物种								
8	明确要求在线状基础设施建设中考虑对迁徙物种的影响								

图例: 有涉及  无涉及  不明确 

线状基础设施不利影响 缓解指南

本章就线状基础设施对迁徙物种直接与间接影响的规避、缓解以及补偿措施提供简要参考与详细描述。其中有些措施适用于规划与评估阶段，有些措施适用于建设与执行阶段，另外有些是线状基础设施本身的设计与建设标准。

对于可能影响迁徙物种的线状基础设施项目或其他包括线状基础设施要素的项目，本指南已将其设计与审批相关的重要因素考虑在内。其中比较关键的因素包括：

- 了解受影响物种——项目开发者需要了解其提议的项目是否对迁徙物种造成直接或间接影响以及影响程度。项目支持者应该搜集相关信息作为环境影响评估基线研究的一部分。考虑到时间因素，这些研究应在项目设计完成前尽早展开。对受影响物种的充分了解有助于设计有效的缓解措施。
- 在项目早期设计缓解措施——在项目早期应用该指南所列的缓解措施，有助于其发挥最大作用。在获得充足基础信息支持的前提下，对项目支持者来说，提前设计缓解措施更加经济有效，在项目后期做出更改或调整以解决其环境影响的代价更加高昂。
- 遵循缓解分级制原则——本指南以缓解分级制作为降低项目对迁徙物种影响的基本原则。缓解分级制是指：首先尽力规避项目带来的不利影响，然后通过合理的项目设计将不可避免的不利影响最小化，最后对仍然产生的不利影响以合理方式进行补偿，从而达到物种保护的目。
- 综合考虑所有影响（直接影响、间接影响、累积影响）——了解项目在景观层面的影响，以及对其它项目影响的加强作用，具有重要意义。
- 在项目设计阶段遵守最严格标准——所有项目至少需要遵守国家的环评要求与环境相关立法。然而这不足以避免项目对迁徙物种（其中很多是濒危物种）的不利影响。遵守更加严格的贷方标准（例如在IFC绩效标准中提出的指导标准），可以最大程度地降低这种不利影响，也有利于有社会执照公司的运营。

本指南中的指导准则共同构成设计、建设线状基础设施以及检查其对不利影响的规避、缓解以及补偿措施有效性的框架。具体执行中，应结合所处国家的法律政策、CMS 及其 MOU 加入情况等综合进行考虑。

这里根据项目阶段将这些指导准则总结为以下五类：

- **缓解**——并非具体的缓解措施，指适用于其他所有准则的首要概念。
- **规划与设计**——为确保能够充分保障迁徙物种的需求，在项目早期阶段列出必须考虑的重要因素。
- **评估**——论述针对迁徙物种的具体规范，以及应做的考虑与调整。
- **施工规范与解决方案**——列出具体的施工规范，以及对不利影响进行规避、缓解与补偿的解决方案。
- **监测与评估**——确保现有措施持续发挥预期功效，并有效管理新的矛盾与变数。



表格 5: 指导准则概览

	指导准则	要求
1. 缓解		
I	缓解分级制	遵循“避免”、“最小化”和“补偿”的缓解分级制。首先应通过技术手段尽量规避不利影响，而不是在不利影响产生后再采取缓解与补偿措施。
II	因物种制宜	每个物种都有其特点，其资源需求、承受能力、行为模式以及对线状基础设施的反应不尽相同。所有规避、缓解与补偿措施都应根据具体物种量身定制。
III	因地制宜	中亚地区的迁徙物种生活在视野开阔、与人类文明接触极少的环境里，但同时遭受着非常严重的盗猎压力，因此它们的迁徙距离一般较远。与需要考虑具体物种一样，制订缓解措施应同时考虑当地情况，以及物种适应于当地情况的行为模式。
IV	持久性	确保线状基础设施物理性质的持久性，确保管理机制与政策、规划等因素相结合，从而能够在景观层面对缓解措施进行长期管理，并有助于对累积影响进行评估。

	指导准则	要求
2.	规划与设计	
I	总原则	这部分指导准则相比其它具有优先适用性，是适用于规划与设计阶段、为决策提供支持的总原则。
II	部门间协调	确保项目支持者了解相关部门及其权责范围，并在规划与设计阶段将其纳入考虑。
III	景观视角	“景观”一词涵盖范围较广，不仅指项目覆盖的地理区域，还应考虑受影响迁徙物种的栖息地、活动范围与迁徙路径。
IV	战略规划	战略规划相关指导准则分为以影响为中心和以机构为中心两部分。以影响为中心的指导准则概述实施评估的关键内容与要素。以机构为中心的指导准则展示这些评估如何与管理体制、程序相结合。
V	目标物种与活动模式	尽管线状基础设施跨越范围通常较大，但受影响的物种数量是有限的。这部分指导准则提供潜在受影响物种及其活动模式判定的基本步骤。
3.	评估	
I	各方利益相关者参与	与局域项目相比，线状基础设施影响多样性导致利益相关者的参与更加困难。规划与评估阶段必须设计相应措施，以确保可能受到影响的各方利益相关者有足够的机会参与决策。
II	筛查	这部分指导准则有两个目的：其一，确保战略与项目层级的评估中包含了所有类型的线状基础设施；其二，确保各类线状基础设施根据其潜在影响类型被分别对待。
III	范围界定	这部分指导准则包括评估中需要研究的标准与实践。其目的在于聚焦迁徙物种所受影响，避免不必要的额外负担。
IV	累积效应	累积效应的判定与审查至关重要，可以确保评估不仅着眼于单个线状基础设施的独立影响，而是在更广义的背景与范围下进行考虑。
V	间接影响	线状基础设施在造成栖息地破碎化、屏障效应等直接影响之外，还可能造成盗猎与人类干扰增加等更加严重的间接影响。
VI	气候变化	气候变化对迁徙物种造成严峻挑战。必须对气候变化与线状基础设施造成的联合影响进行最大化认识，并采取措施对这些影响进行近期与长期管理。
4.	施工规范与解决方案	

	指导准则	要求
I	施工规范	这里指项目建设阶段的常规操作规范。不同于降低线状基础设施自身造成的影响，这部分旨在将施工过程对迁徙物种产生的影响最小化。
II	围栏	围栏有显著的屏障效应，对野生动物的日常活动、季节性迁徙以及分散造成阻碍，直接导致野生动物个体死亡，并极大地导致栖息地破碎化、基因流动减缓以及种群数量下降。
III	高架道路与地下通道	这部分对高架道路与地下通道不利影响的缓解措施进行概述。
V	司机行为影响	这部分关注道路本身，旨在减少野生动物车辆撞击事故。但某些情况下，也可能降低屏障效应，因此有助于野生动物活动。
IV	动物行为影响	这部分包括让野生动物注意到交通状况、引导其在特定区域穿越道路、并远离其他区域的措施。但是其中很多措施并非针对开阔草原地带的大型有蹄动物，因此有必要在实施前进行测试。这部分缓解措施列表可参见 Huijser et al. 2007。
5. 监测与评估		
	监测与评估	这部分内容没有再进行细分，只列出了适用于线状基础设施监测与评估的十大主要原则。

A. 缓解准则

以下缓解准则以对不利影响进行规避、最小化、补偿的缓解分级制为基础，尤其强调在任何可能的情况下尽最大努力规避不利影响。缓解分级制形成于二十多年前的《生物多样性公约》（CBD 1992），是将生物多样性、生态系统服务功能与项目周期相结合的框架体系，代表缓解环境与社会风险的最佳国际标准。其应用应该贯穿线状基础设施项目的设计、开发、建设以及监测等各个阶段。国家常规环境影响评估流程应与缓解分级制有效结合。缓解分级制以及本节论述的其他准则与相关标准或规范一致，其中包括：IFC绩效标准、BBOP生物多样性补偿标准、国际矿业和金属委员会（the International Council on Mining and Metals）、国际影响评估协会（the International Association of Impact Assessment）、美国风能协会保护指南、No. 11m以及迁徙物种保护公约(CMS, Convention on the Conservation of Migratory Species) 第九次成员国会议关于气候变化的决议。

I. 缓解分级制

该指南中所有准则都应严格遵循缓解分级制：1）规避不利影响；2）将不利影响最小化；3）对不利影响进行补偿。

- i. **规避:** 在任何可能的情况下，规避对迁徙物种迁徙路径与重要栖息地的影响，永远应该是第一选择，即使这样会延长侵扰距离。
- ii. 线状基础设施不可避免地带来短期（施工导致）与长期影响，但实际上在大部分情况下，都可以找到合适的、可持续的替代方案。
- iii. 该准则的首要性同样适用于政策、规划与项目管理。关于备选方案与建设细节的考虑，应该是战略与项目层面的设计与评估不可或缺的部分。
- iv. **最小化:** 尽最大努力降低线状基础设施对迁徙物种的短期与长期影响。
- v. 在不利影响无法规避的情况下，项目支持者有责任对设计与建设阶段可能的标准与规范进行研究，包括在项目审批阶段提供备选方案，以降低可能产生的不利影响。
- vi. 不利影响是否无法规避的决策过程必须是透明的，野生动物专家、相关部门以及其他利益相关者都应该参与决策过程。
- vii. 不利影响无法规避的决策应以清晰有力的证据为基础。
- viii. 所有将不利影响最小化的措施（包括替代方案），应以充分的数据、科学依据以及本土知识为基础，并贯穿项目规划、设计、预算以及评估等阶段。
- ix. 其目的是最大程度降低项目必然产生的不利影响。

- x. **补偿：**在规避不利影响、将不利影响最小化后，采取措施以补偿项目仍然产生的不利影响。补偿措施旨在处理剩余的不利影响，以维持生物多样性与生态平衡。
- xi. 决策过程透明原则同样适用于项目履行补偿义务的规划、设计、预算与评估等阶段。有必要制定一份生物多样性行动计划，在线状基础设施项目的设计和执行中起指导作用。
- xii. 在项目评估阶段，项目支持者有责任确定不利影响无法补偿的情形与程度。不利影响无法补偿的情形可能包括无法避免的栖息地破碎化、栖息地丧失等。
- xiii. 在这种情况下，应该要求项目支持者提出将不利影响最小化的设计与执行方案并进行评估。
- xiv. 在此基础上完成的项目规划与风险评估应包括以下内容：如何通过具体措施补偿线状基础设施的剩余不利影响，并将履行补偿义务的风险与不确定因素考虑在内。

II. 因物种制宜

虽然中亚地区大型哺乳动物不同物种之间的活动与分布范围经常有所重叠，但是每个物种依然有其独特之处：生理机能、资源需求、行为模式、活动规律以及对线状基础设施的反应不尽相同。

- i. 因此，所有规避、最小化与补偿措施都必须根据受影响物种进行设计，其中需要野生动物专家的参与，他们可以就潜在受影响物种等提出意见。
- ii. 缓解措施必须有助于目标物种的保护、恢复以及再引入。目标物种选择优先级从景观、区域生态系统和国家三个层面确定。
- iii. 为了推行因物种制宜的缓解准则，政府应该参与其中，并就辖区内所有迁徙物种的现状、生态学特征以及趋势进行公开研究。
- iv. 当缺乏此类研究数据并且项目可能影响迁徙物种时，项目支持者必须搜集基线数据，作为环境影响评估程序的一部分。
- v. 通过独立研究项目与环境影响评估得到的迁徙物种数据，应该由相关政府部门进行管理并制定统一标准，以便于利益相关者获得或共享此类信息。

III. 因地制宜

同一物种在其活动范围内面临着不同的外部环境（例如环境压力大小、与人类接触量等），所以对某一地区指定物种有效的缓解措施未必适用于另一地区的相同物种。

- i. 因此，所有缓解措施都必须根据具体物种及其所处区域进行设计。
- ii. 评估阶段应该对用于制定缓解措施的基线数据进行清晰记录，包括受影响物种在项目区域内的资源需求与适应机制。

- iii. 制定监测计划，以评估所有缓解措施的有效性，并根据项目区域的环境变化做出管理调整。

IV. 持久性

持久性包含两个层面的意思：一是物理性质的持久性，二是政策与规划层面的长远性。

- i. 所有缓解措施中涉及的实体结构都应该符合或超出建筑标准，以确保其在线状基础设施本身生命周期内的有效性。
- ii. 同理，政府必须确保项目在政策与规划层面已确定为明文规定，进而确保对所有措施进行长期管理，并有助于对累积效应进行评估。
- iii. 相关政府部门必须确保所有缓解措施都被当地、地区级、国家级、甚至跨国土地利用、资源利用或其他类似规划纳入其中。
- iv. 所有缓解措施的设计与实施都应涉及目标物种的其他类似发展计划（例如与缓解措施形成土地使用权竞争的开发计划）考虑在内。
- v. 所有缓解措施的目标收益必须比不采取措施的预期损失大。
- vi. 所有规划与评估都应就可能存在的不确定因素与失败风险进行论述，并提出应急方案与相应预算。
- vii. 应充分考虑气候变化对目标物种与缓解措施可行性的潜在影响。
- viii. 应确立相应的法律与金融机制，以确保缓解措施的长期可行性。需要提供担保以确保长期有效的充足资金支持，确保缓解措施的持续时间不短于项目不利影响。
- ix. 充足资金计划必须到位，确保缓解措施的长期监管、维护与实施。

B. 规划与设计准则

这部分对确保迁徙物种在规划与设计阶段早期被充分考虑的主要准则进行概述。

I. 总原则

以下列出了适用于任何类型、规模和区域线状基础设施的规划与设计原则。

- i. 如果规划与设计阶段未对迁移项目区等替代方案进行考虑或探索，政府应该考虑禁止此类项目对迁徙物种栖息的交通侵扰（例如将迁徙物种栖息地划为禁止进入的区域）。
- ii. 政府应当考虑明确禁止任何可能影响迁徙物种、却没有融入野生动物友好设计的线状基础设施项目。
- iii. 与上一节中缓解分级制相一致的是，即使这类项目有针对不利影响的缓解措施，也应优先禁止，而非优先允许。
- iv. 对国家利益十分重要并且没有替代方案的项目，应该适用关键栖息地保护的最高标准，并着重于规避对物种造成不利影响。
- v. 在项目建议书与预算文件中，项目支持者应该就项目对野生动物与迁徙物种不利影响的缓解措施设计进行明确阐述。
- vi. 对于所有缓解措施，项目支持者应该根据 **BBOP** 生物多样性补偿标准对生物多样性增减进行明确计算，以证明其能够确保迁徙物种的生态平衡。至少应该包括以下内容：
 - a. 确定物种、栖息地以及生态系统层面的一系列生物多样性关键要素，包括与迁徙物种相关的景观特点与构成。
 - b. 对关键要素的选择依据以及它们与受影响迁徙物种的关系进行解释与记录。
 - c. 以上两个环节服务于如下目的：
 - 1) 确定缓解措施能够保证生物多样性的增减平衡。
 - 2) 计算项目引起的生物多样性损失与缓解措施带来的生物多样性收益之间的净差额。
- vii. 如果每个项目都以不同路线穿越迁徙物种的活动范围，将比沿同一路线造成更为严重的栖息地破碎化。因此，规划阶段应尽量保证不同线状基础设施沿相同路线修建（例如，输电线沿道路铺设，修缮老旧设施而非重建），以确保线状基础设施的影响最小化。

II. 部门间协调

这部分内容是为了确保项目支持者了解项目相关部门及其权责范围，并引导他们适当参与规划与设计阶段的工作。

- i. 迁徙物种敏感区域的建设项目应该由多部门、多方利益相关者共同参与决策，以确保确实没有替代方案，并确认缓解措施的有效性。
- ii. 在线状基础设施项目审批环节，政府部门和项目支持者用该共同承担确定和组织相关部门参与审批的责任。
- iii. 应该就相关部门的能力范围、参与原因以及部门间协调机制进行明确商讨。
- iv. 应该保障所有项目涉及部门对相关规划与设计文件的知情权，以确保其参与和贡献建立在信息完全公开的基础上，了解项目潜在影响并提出合理建议。
- v. 对于因牵涉到国家利益而必须执行的任何项目，如果其对迁徙物种敏感区域存在潜在影响，就应该建立部门间协同审批机制。该机制的主要目的在于尽量规避对迁徙物种的影响，并确保通过一切可能的缓解措施将不利影响最小化。

III. 战略规划

这部分指导准则分为“以影响为中心”和“以机构为中心”两部分。“以影响为中心”的指导准则概述实施评估的关键内容与要素；“以机构为中心”的指导准则展示这些评估如何与管理体制、程序相结合。

a) 以影响为中心的战略环境评估（SEA）准则

- i. 政府部门在确立 SEA 相关政策时，应充分结合本国法律体系，把政策、规划、项目对迁徙物种潜在影响有明确审查要求的相关条款融合进去。
- ii. SEA 相关实施规定或指导准则应该提供关键迁徙物种、已知影响、评估方法以及报告规范等方面的指导，以确保以影响为中心的评估是及时、经济有效及可信的，并确保公众对评估信息的知情权。
- iii. 与缓解分级制相一致，SEA 应该对备选替代方案作出明确要求。
- iv. SEA 应该为利益相关者与公众提供合适的参与机会。其参与应该开始于战略规划的早期阶段，并且以清晰的流程进行公布。
- v. SEA 应对政策、规划与项目达到本指南的要求作出规定，具体来讲项目建议书应对以下内容进行充分考虑：
 - a. 各种政策、规划与项目对关键栖息地破碎化、迁徙路径、行为模式影响的累积效应。

- b. 线状基础设施修建路线的潜在替代方案，以规避或最小化项目对迁徙物种的不利影响。
- c. 气候变化、未来开发以及其他潜在因素可能造成的影响。

b) 以机构为中心的战略环境评估（SEA）准则

- i. 政府应确保相关部门在迁徙物种与线状基础设施相关 SEA 中的参与。根据线状基础设施类型的不同，相关部门可能包括土地规划部门、野生动物管理部门、交通、能源、水利甚至外交部门。
- ii. 政府应确保以影响为中心的评估与以机构为中心的评估配合实施，因为后者可以将评估过程与结果整合进相关部门的管理体系，包括政策、规划与项目的制定。
- iii. 政府应该在 SEA 相关立法中明确初次评估的时间，并对政策、规划、项目的持续监测与评估等做出规定。
- iv. 政府应该确保国家以下级别政府部门在 SEA 中的参与，从而确保基础设施发展与缓解措施二者对土地使用的有效协调。

IV. 景观视角

线状基础设施对多个栖息地、物种活动范围、流域以及不同用途土地造成影响，相应的这也要求与其影响规模和程度相对等的解决办法。

- i. “景观”一词涵盖范围较广，不仅指项目覆盖的地理区域，还应考虑受影响迁徙物种的栖息地、活动范围与迁徙路径。
- ii. 在规划、设计与评估阶段，政府必须保证所有信息透明公开，以确保对受项目影响宏观地域范围的深入认识。
- iii. 政府、或者项目支持者、或者二者共同，应该在地图上对生物多样性重要与敏感区域进行标记，确保项目计划不会对这些区域造成危害。

V. 目标物种与活动模式

尽管线状基础设施跨越范围通常较大，但受其影响的物种数量是有限的。在第二章《迁徙物种与线状基础设施》中提到，每个物种都有其相对确定的分布范围与活动模式。因此，为了确保缓解措施制订以充分信息为基础，线状基础设施规划应该包括以下内容：

- i. 查阅相关文献，以了解分布范围与项目区域重叠或相邻的迁徙物种。
- ii. 在对项目区域分布物种、以及其活动模式、出现频率、资源利用模式进行研究时，应该有野生动物专家与保护专家的参与。
- iii. 世代生活于此的当地社区应该直接参与项目区域物种现状与历史的研究。

C. 评估准则

这部分内容旨在完善前述章节。尽管本节论述的是项目层级评估所应做的一些考虑，但也是适用于所有评估的通用原则，并非针对特定物种或特定类型线状基础设施。

I. 各方利益相关者参与

与局域项目相比，线状基础设施项目影响范围广泛，潜在利益相关者分布范围也跨度很大，从而导致保障利益相关者的参与成为一大挑战。

- i. 政府应该确保项目层级环境影响评估相关法律对公众参与有明确规定。政府相关部门与项目相关方应该向受影响公众公开信息，并向他们征求建议。受影响公众不仅指项目区域内及附近的人群，而是受影响物种分布与活动范围内的人。
- ii. 同样，对于潜在受影响物种有分布与活动的邻国，政府应明确与其相应部门分享信息、交流协商的规范与程序。
- iii. 政府应该对促进受影响群体参与的可能方式进行明确规定；项目支持者也应该使用一切可能的方式，以促进项目影响区域内最广泛的公众参与。
- iv. 项目层级的环境影响评估也应确保社区组织、非政府组织等公民社会组织，以及社会、环境和野生动物领域个人的参与机会。
- v. 包括选址、基础设施设计、缓解措施设计、项目执行、监测与评估在内的所有决策环节，都应该保证所有利益相关者的参与。
- vi. 任何缓解措施设计应确保不给社区带来负面影响。

II. 筛查

各类项目对迁徙物种的影响程度不同。要求所有项目进行同样程度与类型的调查研究无疑是没有效率也是没有必要的。有效的项目筛查可以节省政府与项目支持者的资金与时间。这部分内容旨在确保在评估阶段确定线状基础设施类型，并对其进行合理管理。

- i. 为此，环境影响评估相关法律应该就各类型线状基础设施及对应评估要求列出明确的清单——这里称之为“静态筛查”程序。
- ii. 该清单应该与邻国协调完成。特别强调应把围栏作为一种线状基础设施，无论是用于划分国界、牲畜管理以及其他任何目的。
- iii. 相关法律也应该以影响程度、受影响物种、栖息地类型为基础，提供对不同类型与范围影响评估研究的区分方法。

- iv. 对现存线状基础设施的修复或改善工作，监管方应该考虑采用“动态筛查”程序，以就全面调查研究的必要性进行审查与管理。以下是“动态筛查”的主要优点：
 - a. 增加了项目开发过程的灵活性；
 - b. 与时俱进，允许采用新近科研成果以判定现行调查研究是否合适；
 - c. 以充分的公众参与为基础，将当地人的利益与需求纳入考虑；
 - d. 发现逃过审查的漏网项目。
- v. 在线状基础设施项目筛查程序设计中，不论其是否成为相关法律的一部分，都应征求野生动物专家、工程师以及土地规划管理部门的意见。

III. 范围界定

范围界定，是环境影响评估程序中继筛查之后的第二个主要步骤¹⁵。在筛查阶段确定特定项目需要开展的调查研究后，采用范围界定手段明确并缩小调研范围。在线状基础设施与迁徙物种研究中，以下因素对范围界定有优化作用：

- i. 项目层级环境影响评估相关法律应该包括预定需要调研的内容（称之为“静态范围界定”），这里特别强调必须在调研阶段明文确定的影响类型（例如，潜在受影响物种的历史与实际分布范围、栖息地破碎化程度、屏障效应的潜在可能性）。
- ii. 相关法律也应该加入针对特定类型线状基础设施与迁徙物种的调研标准和过程（称之为“动态范围界定”）。
- iii. 法律可以允许项目支持者参与动态范围界定过程，但不应赋予他们在调研问题最终决策中参与或决定的权利。决策权只能由对项目拥有批准、修改或否决权的相关部门掌握。
- iv. 在静态范围界定阶段，相关法律或政府部门应该给出影响清单，为项目支持者的调研工作提供足够的指导。

IV. 累积效应

适用于单个项目评估、同时又有助于评估与了解大规模影响的评估手段很少，累积效应判定与审查是其中之一。为了确保评估不仅着眼于特定线状基础设施项目的独立影响，而是在更广义的背景与范围下进行考虑，累积效应判定与审查至关重要。生态系统往往由于微小压力的积少成多而发生不可预见的突然变化（这些微小压力本身独立出现时可能不造成任何影响），因此必须将多重影响的累积与相互作用对环境功能的影响纳入考虑¹⁶。

¹⁵由于筛查与范围界定中的很多信息大致相同，在某些地区这两个步骤合二为一，通过这一步骤判断调研的必要性与范围。不论这两个步骤合并与否，两者所包含的概念是不同的。就具体实施来讲，通过筛查确定项目层级环境影响评估的必要性，通过范围界定确定环境影响评估的形式、内容以及报告结构。无论二者在不同管理体系中是否被分别对待，该指南将二者与线状基础设施以及迁徙物种相关的内容进行分别论述。

¹⁶阿尔伯塔环境，《阿尔伯塔环境保护与强化法》要求在《环境影响评估报告》中必须包括累积效应评估的内容。

- i. 因此，对于过去、现在以及未来可预见的影响迁徙物种的项目，不论这些项目是否包括线状基础设施建设，环境影响评估相关法律应该包含累积效应审查要求。
- ii. 累积效应不仅限于各类开发项目带来不同类型影响的累积与相互作用，也包括气候变化、不由线状基础设施造成的栖息地破碎化、环境污染等不同种类环境干扰相互作用对迁徙物种的负面影响。

V. 间接影响

累积效应评估尚不足以了解项目的全部潜在影响，因此不能做到论据充分的项目设计与执行。通常意义上“累积”一词的定义不同于景观层面的影响评估。“累积效应”指特定项目在整体大环境下带来的额外影响，例如在综合考虑现存与规划中道路与其他开发项目已经或可能带来影响的情况下，评估特定道路建设项目可能带来的影响。累积效应并不适用于抛开其他项目单独考虑特定项目影响的情况。

- i. 为了确保充分考虑到所有类型的影响，评估应该包括可预见间接影响的内容，例如道路通达导致盗猎增加。
- ii. 评估也应该包括项目导致人类行为改变进而影响迁徙物种的内容。

VI. 气候变化

气候变化是全球面临的挑战，也是迁徙物种面临的重要威胁。相比较于非迁徙物种，在某些方面迁徙物种更容易受到气候变化的影响，因为迁徙物种依赖多个栖息地进行觅食与繁殖，在不同栖息地与迁徙途中都会受到气候变化的影响。

- i. 项目区域未来状况预测对实施相应的缓解措施至关重要。
- ii. 该预测应该以下述内容为基础：生态环境现状、迁徙物种栖息地选择、全球气候现状及其变化趋势、预期变化及其对迁徙物种的潜在影响（也包括植物群落变化、植物返青时间变化等间接影响）。
- iii. 相关政策法规有必要规定对气候变化的长期影响、物种对气候变化的适应性进行长期监测。
- iv. 为了促进景观层面监测的有效性，相关国家应对迁徙物种数据收集进行标准化管理。
- v. 应该设计一套具备统一警报机制的监测系统，以判断未来可能出现的问题以及需要采取保护行动的临界值。



亚洲野驴的活动范围已经缩减至戈壁等类似环境，因此必须进行长距离迁移以获得充足的食物与水源。
@WCS/Buuveibaatar

D. 施工规范与解决方案

以下内容以不断完善的研究与指导准则为基础。本指南对这些内容进行概述，并添加注释以阐述其在中亚地区的应用。

I. 施工规范

以下规范适用于施工阶段。施工规范旨在将施工过程对迁徙物种的影响最小化，而线状基础设施本身带来的影响应做单独考虑。

- i. 相关法律或项目批准文件应该考虑禁止某些与线状基础设施建设相关的行为。这些行为可能包括但不限于：
 - a. 倾倒废弃物（所有废弃物应与周边环境隔离开来，并运输至附近城镇进行安全处理）；
 - b. 污染土壤或水体，露天焚烧废弃物；
 - c. 倾倒固体废弃物、洗涤等生活废水、油等液体进入河流、溪流等水体；
 - d. 在动物迁徙路径附近搭设帐篷、停泊车辆；
 - e. 在溪流、河流等水体沿岸清洗车辆或设备；
 - f. 在施工需要之外，收割或毁坏植被；
 - g. 其他项目批准文件中阐明的行为。



线状基础设施发展通常产生垃圾，给环境与物种健康带来负面影响。

©WCS/K.Murphy

- ii. 线状基础设施生态恢复需要遵循相关国际规范，并且满足以下最低要求：
 - a. 通过翻土、修整及其它强化手段进行土地恢复应该遵循最佳实践规范（e.g. Switalski et al. 2004），并且在生态学家与工程师的协力配合下付诸实施；
 - b. 考虑当地植物的混合使用，以期与本土植被覆盖一致；
 - c. 确保修复工作带来的临时干扰最小化，尤其是土壤侵蚀以及附近自然再生植被减少。
- iii. 线状基础设施施工应该尽可能高效快速地完成，这样可以将施工干扰最小化；更多时间投入到通过设计与技术手段将长期影响最小化。施工规范包括但不限于：
 - a. 通过预先设计的或其他特定方式缩短施工时间；
 - b. 避免夜间施工，以便于物种（尤其是大型哺乳动物）活动；
 - c. 避免搭设帐篷，避免饲养动物；
 - d. 每日作业结束后关闭壕沟（例如管道施工中的壕沟），以避免对野生动物造成伤害。



管道施工过程中挖掘的、或是为防止车辆不沿道路行驶而挖掘的壕沟，被视为对野生动物的威胁，可能对野生动物活动构成障碍。©WCS/K.Murphy

- iv. 所有运输疏松施工材料（例如水泥）的车辆，必须用防水油布等类似材料加以覆盖，以避免粉尘扩散、污染及浪费。
- v. 车辆应该严格沿已有道路或小路行驶，禁止开辟新路，或不沿道路行驶。
- vi. 应该避免水体沿岸的车辆行驶与重型机械使用。
- vii. 应该采取管理策略，对线状基础设施沿线新建住宅等建筑物的行为进行监管。
- viii. 施工结束后，所有遗留的外来材料（包括石头，沙砾，水泥，包装材料，纸类，油类，金属制品，罐头，电线，塑料及玻璃等），需要带离项目区域进行处理或回收。
- ix. 虽然已有线状基础设施沿线允许围栏等设施安装，但是这并不应该作为必须实施的政策；除非是作为确保野生动物活动的替代方案而开展，并且以权威野生动物领域科学家的实地调研评估为基础。

II. 围栏

围栏是伴随运输通道出现的常见线状基础设施，用于避免或减少大型哺乳动物与车辆的撞击事件。围栏也可作为独立线状基础设施出现，用于牲畜管理与国家边界划分。无论以何种形式出现，围栏都具有显著的屏障效应，干扰野生动物的季节性迁徙与日常活动，直接引起野生动物伤亡，并极大程度地导致生境破碎化、基因流动减缓、种群数量下降。



围栏阻碍大型哺乳动物进入重要的觅食地与繁殖地，将种群分隔开来而物影响基因流动；围栏可能导致死亡率增加，例如动物被困于围栏内的恶劣环境，或者直接被围栏设施本身所困。©WCS/K.Olson

- i. 尽管为了避免车辆与行人对野生动物的伤害，围栏可能作为线状基础设施（例如公路或铁路）必须的防护措施；但是其使用仍需谨慎设计，以避免或减少屏障效应。

以下原则也应该予以考虑：

- ii. 拆除废弃或不再使用的围栏。
- iii. 用最少量的围栏达成管理目标。
- iv. 围栏设计应该基于以下内容进行考虑：
 - a) 项目区域地形地貌。
 - b) 项目区域气候状况（例如降雪、降雨等）。
 - c) 如果有野生动物在此活动，或者可能迁徙中途经此地，那么应该确保年幼个体与成年个体均可安全通过。
 - d) 该区域内野生动物的日常活动与季节性迁徙。
- v. 应该有相关法律法规对野生动物友好型围栏设计进行规定。即使围栏的目的是阻碍野生动物，例如避免野生动物进入运输通道，也应该确保其不会困住野生动物。野生动物友好型围栏的野生动物通道，其对野生动物来讲应该是显而易见的，并且从中通过不会对野生动物或围栏结构造成损害（Paige 2008）。

- vi. 在一切条件允许的情况下，常规围栏的替代方案都应该优先考虑。替代方案仍在不断增加，其中包括：
 - a) **虚拟围栏**。高科技产品“虚拟围栏”现已成形，这种围栏可以通过远程进行控制。
 - b) **诺曼底围栏**。诺曼底围栏为铁质结构，用以阻碍车辆通行，但仍可供动物通行。测试显示，诺曼底围栏可以有效阻碍重达 4500 公斤、时速 65 公里的车辆。美国-墨西哥国界的诺曼底围栏造价约为 621000 美元/公里。
 - c) **其他交通围栏**。这类交通围栏由水泥加固、夯入地下的铁质或木质桩组成，桩与桩之间留有间隙，可以阻碍车辆通过，但是足够野生动物通过。
- vii. 无论围栏是为避免野生动物进入运输通道，还是其他与野生动物无关的目的，围栏设计应该考虑避免野生动物伤亡。



运输通道沿线的围栏可能困住动物，或者动物通过围栏结构间隙进入公路或铁路，可能导致死亡率相比于不安装围栏更高。©WCS/K.Olson

- viii. 前期设计应该明确围栏定期维护方案与必要的预算，以防止围栏结构破坏对野生动物造成伤害。散倒的围栏对于野生动物来讲更难通过，因此前期设计应该确保围栏结构的稳定性。
- ix. 即使围栏是为避免野生动物进入运输通道而建，也必须为野生动物预留安全通道。研究显示，如果不预留安全通道，或者安全通道太少、太小以及相距太远，野生动物可能会强行穿越围栏，导致围栏结构被破坏。
- x. 在通过安全通道或强行穿越围栏后，野生动物可能被困于围栏内。因此前期设计需要考虑为困在围栏内的野生动物制造逃生机会。可通过以下方法实现：
 - a) 在围栏内，每隔一定距离用泥土等堆成土丘组成“助跳坡道”或“疏散坡道”，有效降低围栏高度，使野生动物能够越过。

- b) 在围栏结构上设置只能由一个方向通过的单向门，此处情况应该是只能由围栏内部通向外部。
- xi. 野生动物会一直沿着围栏前进，直到其发现空隙或者到达围栏末端，因此围栏末端可能聚集大量野生动物。需要对围栏末端野生动物的安全通过问题与潜在撞击事件加以重视。
- xii. 任何围栏设施应该同时考虑其它保障野生动物安全通过的措施。根据项目区域的状况，可以采用以下措施中的一种或几种：
 - a) 高架道路
 - b) 地下通道
 - c) 针对野生动物的警告标示
 - d) 针对野生动物的人行横道
 - e) 建议减速或强制限速
 - f) 野生动物探测系统

III. 高架道路与桥下通道

这部分内容主要讲述用作缓解措施的高架道路与桥下通道。这部分内容提到的高架道路与桥下通道，泛指建于线状基础设施上方或下方的通道，其目的是让野生动物安全通过线状基础设施，其在公路与铁路中的应用也减少了野生动物撞击事故的概率。以下为 Huijser 在 2007 年提出的高架道路与地下通道类型清单：

- i. **景观桥梁**——专为野生动物设计。由于景观桥梁规模较大，其设计需要适合尽可能多的物种。
- ii. **野生动物天桥**——规模较景观桥梁小。其结构设计适用于各类野生动物。
- iii. **多用天桥**——规模最小的一种野生动物通道。其设计为野生动物与人类共同使用。多用天桥适用于已经有人类活动与干扰、野生动物已适应一定量人类干扰的环境。
- iv. **高架桥**——为野生动物所用的规模最大的桥下通道结构，但是通常并非专为野生动物设计。高架桥下长而高的空间适合各类野生动物通过。
- v. **大型哺乳动物桥下通道**——规模比大多数高架桥小，但是专为野生动物设计的桥下通道中最大的一种。其专为大型哺乳动物设计，同样适用于中小型哺乳动物。
- vi. **多用桥下通道**——设计类似于大型哺乳动物桥下通道，但是其管理目的是为野生动物与人类共同使用。其结构或许并不能满足所有物种，但是在人类主导的环境中，通常能为常见物种所用。
- vii. **水下通道**——专为流水与野生动物通过而设计。水下通道经常为大型哺乳动物所用，但是多数情况下特定物种使用与否基于是否满足其需求。中小型哺乳动物通常

会使用水下通道，尤其是在通道内保留了沿岸生境与植被的情况下，但是植被可能阻碍习惯在空旷地形活动的大型哺乳动物。

上世纪 50 年代，法国和美国率先采用此类结构，现已在欧洲、北美、加拿大及澳大利亚各地成功实施。高架道路与地下通道的优点包括：

- 为野生动物保留其通往天然栖息地与迁徙路径的通道；
- 降低生境破碎化程度，以避免对野生动物的遗传多样性与种群健康造成负面影响；
- 通过降低穿越公路与铁路时的伤亡率，维持健康野生动物种群规模；
- 避免由野生动物车辆撞击事故以及司机为避开野生动物而突然转向导致的野生动物与人类伤亡；
- 减少由野生动物车辆撞击事故以及司机为避开野生动物而突然转向造成的车辆与基础设施损害。

据 Bank 及其同事于 2002 年的研究估计，为道路项目增设野生动物通道需增加 7-8% 的支出，支出额低于上文所列的收益。前述内容中提到，线状基础设施通常附建防护围栏，以防止野生动物在某些特定区域穿行，同时引导其通过高架道路或地下通道穿行。

以下通用原则适用于任何情况：

- i. 首先，自然通行区域优于人工建设通道。自然通道需要加以修整（例如降低护道高度、拆除围栏等），以允许并鼓励野生动物通行。
- ii. 在无法通过自然方法恢复连接的情况下，才考虑修建高架道路或地下通道。
- iii. 在自然通道无法被保留、重建或修复，修建人工通道论据充分的情况下，人工通道设计应该基于准确的实地评估，需要对目标物种行为模式进行研究，并结合野生动物领域权威科学家与工程师的意见。
- iv. 如前所述，野生动物通道的选址、类型以及规模，需要根据具体物种与景观类型进行设计。不同地方野生动物的敏感性与行为习惯不尽相同（例如，相比于受到较好保护的野生动物，面临较大盗猎威胁的野生动物更加敏感，更倾向于避开人类及人工设施），这些因素会影响野生动物的活动模式、对线状基础设施的反应、最可能穿过设施的区域、以及倾向于使用的通道类型。
- v. 除了需要考虑具体物种外，以下因素也应该纳入考虑：
 - a. 野生动物通道及周边的植被组成；
 - b. 野生动物从意识到通道存在至确认其可安全穿行所需的时间。
- vi. 尽管并非必须，但是在某些情况下，需要防护围栏帮助引导野生动物至安全通道。
- vii. 在某些情况下，可以依靠地貌特征引导野生动物至安全通道，这样可以减少围栏使用，以及其带来的资金支出与负面影响。

- viii. 如果是为对人类干扰敏感的大型哺乳动物而建的安全通道，其规模也大有关系。然而现在只有考虑到最低要求的相关建议，因此在选择安全通道类型前进行实地调研很有必要。
- ix. 在原有道路进行扩建或修缮时增设野生动物通道是最经济的选择。政府应该注意这类开发活动的规划与预算，将其作为整合修建野生动物通道的契机。
- x. 野生动物通道不可通向无路可走的“死路”，而是必须与较大范围的区域景观或栖息地相连接，给野生动物以分散、自由活动、去往迁徙区域、满足日常生活的空间。
- xi. 野生动物通道选址与间隔相关评估应该尽可能在比运输通道本身更大的区域内进行。最理想的情况是，在国家级或省级运输系统的区域景观层面进行野生动物栖息地连通性相关评估。
- xii. 野生动物通道选址等问题应该基于未来交通投资规划、生态标准以及气候变化而置进行优先考虑，以形成区域或生态系统层级缓解线状基础设施不利影响的战略计划。
- xiii. 地理空间信息可以在极大程度上为野生动物通道选址决策提供支持。可供使用的数据与图层包括：
 - a. 航拍图
 - b. 植被图
 - c. 地形图
 - d. 土地所有权地图
 - e. 土地规划图，包括保护区等
 - f. 交通规划图与交通网络数据
 - g. 水文图
 - h. 城市规划图
 - i. 指定物种栖息地分布图
 - j. 野生动物移动模式数据
 - k. 野生动物生态学特征数据
 - l. 野生动物因道路致死数据

充分结合各种资源，可以提高野生动物通道选址的精确性。

- xiv. 其他数据也可以帮助判定野生动物通道最佳选址。以下是潜在数据来源，并对各类数据的价值与局限性加以标注：
 - a. **野生动物因道路致死数据。**针对已有道路搜集的可信数据，可以帮助确定野生动物最倾向于穿行的位置。但是，这类数据已标记了野生动物能够安全通过的位置，可能导致非最适区域被选为安全通道设立地址。

- b. **道路调研。**当存在积雪、沙层等可能困住野生动物的介质时，可以开展道路调研以确定动物穿行的位置。道路调研也用于野生动物通道建成后，以监测野生动物对安全通道的利用情况。
 - c. **触发式相机。**摄像系统可以提供野生动物分布与丰富度相关信息。因其探测区域有限，不能作为确定动物穿行位置的依据。Huisjer (2007)建议，可以采用网格采样或者分层抽样选择触发式相机安置点，以确保提供最佳结果。
 - d. **连通性评估。**其用于对栖息地之间连接廊道，野生动物对景观的利用，可能与线状基础设施产生冲突的位置等情况进行评估。虽然此类宽泛研究不足以确定安全通道选址，仍然有助于缩小范围，为利益相关方协商提供基础。
- xv. 在任何情况下，野生动物通道选址必须经过实地调研，以检查遥感技术无法勘测或者数据分析无法所揭示的情况。
 - xvi. 特定区域野生动物通道间隔很大程度上取决于景观多样性、地形、野生动物种群密度、关键栖息地是否与道路交叉以及不同物种的栖息地连通性需求。
 - xvii. 在确定野生动物通道的类型与规模时，应该充分考虑到有利于野生动物活动的栖息地元素。

IV. 司机行为影响

以下内容旨在影响司机的驾驶行为，以减少野生动物车辆撞击事故的概率。这部分内容不适用于道路以外的线状基础设施。然而考虑到道路可能带来的重要影响，这些措施应该作为缓解措施的一部分。在某些情况下这些措施可以降低屏障效应（例如改变车流量与交通模式）。当这些措施适用于特定区域时，政府应该将其与政策实践相整合。对于施工单位或设施管理单位来讲，他们也可以对这些措施进行强化。

a) 司机意识培训

- i. 仅通过驾驶培训本身可能不会显著减少野生动物车辆撞击事故，然而如果加以其他辅助措施，至少可以提高司机对该问题以及栖息地破碎化、不沿道路行驶、人类干扰、盗猎等相关问题的重视。
- ii. 驾驶培训课程是整合迁徙物种保护教育的良好契机，可以采用警示牌、网站、热线电话等公众意识宣传形式。
- iii. 公司在聘用司机时，可以将相关行为规范列入合同，包括对此类问题的理解与意识、需要遵守的义务与责任等内容。

b) 季节性与永久性警示标志

- i. 可以通过在道路上设立季节性与永久性警示标志，增强司机对该地段可能有野生动物穿行的意识。
- ii. 然而，警示标志的实际作用也不可高估。虽然我们通常期望警示标志可以降低事故概率，但是它们并不一定可以减少野生动物-车辆撞击事故（Huisjer et al.. 2013）。
- iii. 在以下情况下，警示标志有效性将得到提升：
 - a. 警示标志与野生动物实际通过的位置匹配准确；
 - b. 季节性警示标志的设立时间与野生动物活动高峰相吻合；
 - c. 警示标志与感应探测系统配合使用，以对野生动物接近道路的行为进行监测与警示（Huisjer 2009）。

c) 改变交通模式

- i. 降低车速、减少车流量、改变交通模式，都可以对降低屏障效应、减少野生动物车辆撞击事故产生积极作用。然而与本节其他措施相比作用有限，只可作为辅助措施。
- ii. 公司车辆安装限速系统，在车辆行驶速度超过限时进行提醒，也可作为辅助措施。
- iii. 改变交通模式的其他措施还包括：
 - a. 关键时期临时封闭道路，以减少甚至杜绝车流量；
 - b. 设置缓冲路拱、减速带、安全岛，以降低特定区域内车辆的速度；
 - c. 在白天或晚（例如许多物种活跃于傍晚及深夜）上限制特定类型车辆（例如货车、公司车辆）进出道路。

V. 动物行为影响

现有大量运输通道附近野生动物行为影响的相关措施。这其中许多措施并非专为减少野生动物车辆撞击事故而设计，而是作为高架道路与地下通道等设施的辅助措施。这些措施包括帮助野生动物意识到交通状况、引导其至特定区域穿越道路、引导其远离特定区域。然而，这其中许多措施并非针对生活在开阔草原地带的大型有蹄类动物，例如改变植被结构可以引导小型哺乳动物沿特定植被类型（树篱等）活动，又如移除动物尸体可以影响食腐动物的行为。这些措施中绝大多数并没有在中亚地区得到实践，因此必须在投入使用之前测试其适用性。Huisjer 等人 2007 年的研究中，对动物行为影响措施进行了概述。

E. 监测与评估准则

监测与评估（M&E）是项目实施的重要组成部分，尤其是针对线状基础设施的长期影响而言。根据世界银行1988年的生物多样性项目监测与评估指南，M&E计划是关于“监测类型、开展时间、执行人以及这些信息如何反馈到管理决策中”的详细工作计划。需要注意的是，管理计划应该根据M&E结果进行调整，以适应环境变化。

以下内容有助于项目开发者与管理者制定有效的M&E计划。

- i. **确立总体目标。**通常来说，总体目标围绕降低栖息地破碎化程度、降低屏障效应、保障基因交流、减少野生动物车辆撞击事故展开。这里不仅针对项目区域的迁徙物种，也应将景观层面的迁徙物种纳入考虑。应该特别考虑可能受影响的物种，以更加有针对性地制定目标，进而为监测与评估提供指导。
- ii. **确立基线数据。**确定相关区域内野生动物受到直接与间接影响的范围、分布与强度。必须在施工开始前确立基线数据。
- iii. **确定监测数据需要回应的管理问题，确立相关监测指标。**应以已经确立的总体目标与基线数据为基础。以下列出需要回应的部分管理问题：
 - a. 穿越道路的野生动物数量增加还是减少？
 - b. 野生动物是否能够进行散布、迁移、迁徙等活动？
 - c. 采取缓解措施后，野生动物因道路致死的死亡率上升还是下降？
 - d. 野生动物对缓解措施是否有积极回应？如果没有，可能的原因？
 - e. 迁徙物种面临威胁是否得到合理管理（例如，狩猎或盗猎没有加剧，食物与水源供给充足）？
- iv. **监测指标筛选。**确定与总体目标一致、回应管理问题的不同层级（例如，基因、物种/种群、群落/生态系统）监测指标。
- v. 一些监测指标仅适用于特定物种，另外一些则不然（例如与栖息地相关的监测指标）。需要考虑的监测指标举例如下：
 - a. 基因流动与基因结构相关指标可以监测线状基础设施两侧是否存在基因交流（即个体移动或繁殖行为）。
 - b. 种群分布、丰富度、种群活动数据，以及迁移率、繁殖率、存活率、死亡率等种群统计数据，有助于进行物种或种群层级的连通性评估。
- vi. **确定监测实施区域。**若基线数据已搜集完毕，则可以确定监测实施区域（例如野生动物通过道路的位置），以选择相应的监测指标。根据栖息地类型与种群丰富度

的差异确定监测实施区域。监测实施区域应该包含相似的栖息地类型。应该采取措施搜集种群丰富度相关数据以控制综合影响。

- vii. **设立缓解目标。**为每个监测指标设立一到两个目标，以衡量监测指标对达成总体目标的作用。缓解目标可基于缓解措施得以执行、无生物多样性损失或收益的达成进度、缓解措施达成预期保护效果层层递进。在监测计划实施之前，相关部门需要确定具体的基准值与临界值。举例来讲，因道路致死的死亡率下降超过 50%是可以接受的结果，小于 50%则需要改进缓解措施的管理决策。通常还需要对监测计划进行有效性评估，以确保缓解措施效果能够被有效监测（见下文）。
- viii. **监测计划设计与实施。**监测计划设计需要遵循实验设计原则。监测计划的成功实施需要以合理设计、人力与资金保障为基础。
- ix. **确认监测指标与基线数据的关系。**所选监测指标是否满足管理目标需要短期以及长期的研究跟进。为了确保缓解措施得到有效执行，线状基础设施项目设计中应该包括由独立生态学家与植物学家开展周期性评估（至少每年一次）的相关内容。不同监测指标的监测对象不同，需要进行评估的周期也不同。
- x. **采取合理的管理方案。**线状基础设施项目管理方案应该根据监测结果进行必要调整，以确保缓解措施的有效性。在监测计划设计中，需要注意监测数据与管理决策之间的关联性。

参考文献

- Adiya Y. 2008. Great Gobi protected area and buffer zone survey. *ZSL Evolutionary Distinct & Globally Endangered (EDGE) BLOG*: <<http://www.edgeofexistence.org/edgeblog/?p=413>>.
- Adiya Y., Enkhbileg D. and Reading, R.P. 2012. The conservation status and management of wild camels in Mongolia. In: Knoll, E.M., Burger, P. (Eds.), *Camels in Asia and North Africa. Interdisciplinary Perspectives on Their Past and Present Significance*. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (OAW), Vienna, Austria, pp. 45–54.
- Bannikov A.G. 1954. *Mammals of the Mongolian People's Republic*. Nauka, Moscow, Russia.
- Bannikov A. 1975. Wild camels in Mongolia. *Oryx* 13: 12.
- Batsaikhan N., Buuveibaatar B., Chimed-Ochir B., Galbrakh D., Ganbaatar O., Lkhagvasuren B., Nandintsetseg D., Berger J., Calabrese J.M., Edwards A.E., Fagan W.F., Fuller T.K., Heiner M., Ito T.Y., Kaczensky P., Leimgruber P., Lushchenkina A., Milner-Gulland E.J., Mueller T., Murray M.G., Olson K.A., Reading R., Schaller G.B., Stubbe A., Stubbe M., Walzer C., Von Wehrden H., and Whitten T. 2014. Conserving the world's finest grassland amidst ambitious national development. *Conservation Biology*, DOI: 10.1111/cobi.12297
- Bekenov A.B., Grachev I.A. and Milner-Gulland E.J. 1998. The ecology and management of the saiga antelope in Kazakhstan. *Mammal Review* 28: 1–52.
- Berger, J., Berger K.M., Bergen S., Buuveibaatar B., Fine A.E., Lkhagvasuren B., Young J.K., and Zahler P. 2008. Migration Bottlenecks, Climate, and the Conservation of Pleistocene Relicts in Central Asia. *The Open Conservation Biology Journal*. 2: 9-10.
- Berger J., Buuveibaatar B. and Mishra C. 2013. Globalization of the cashmere market and the decline of large mammals in Central Asia. *Conservation Biology*, 27: 679–689.
- Blumer E.S., Namshir Z., Tuya T., Mijiddorj B., Reading R.P. and Mix H. 2002. Veterinary aspects of wild Bactrian camel conservation in Mongolia. In: Reading, R.P., Enkhbileg, D., Galbaatar, T. (Eds.), *Ecology and Conservation of the Wild Bactrian Camel (Camelus bactrianus ferus)*. *Series in Conservation Biology*. Mongolian Conservation Coalition, Ulaanbaatar, Mongolia, pp. 115–122.
- Bolortsetseg S., Enkhtuvshin S., Nyamsuren D., Weisman W., Fine A.E., Yang A., and Joly D.O. 2012. Serosurveillance for foot-and-mouth disease in Mongolian gazelles (*Procapra gutturosa*) and livestock on the Eastern Steppe of Mongolia. *Journal of Wildlife Diseases*, 48: 33–38.
- Buuveibaatar B., Young J.K., Berger J., Fine A.E., Lkhagvasuren B., Zahler P., and Fuller T.K.. 2013a. Factors affecting survival and cause-specific mortality of saiga calves in Mongolia. *Journal of Mammalogy*. 94: 127-136.

- Buuveibaatar B., Fuller T.K., Fine A.E., Chimeddorj B., Young J.K., and Berger J. 2013b. Changes in grouping patterns of saiga in relation to intrinsic and environmental factors in Mongolia. *Journal of Zoology*, 291:51–58.
- Buuveibaatar B. and Strindberg S. 2014. Assessment of population abundance and factors influencing the distribution of ungulates in Southern Gobi. Ulaanbaatar, Mongolia. *Wildlife Conservation Society Report*.
- Cameron R.D., Reed D.J., Dau R., and Smith W.T. 1992. Redistribution of calving caribou in response to oil field development on the Arctic slope of Alaska. *Arctic*, 45(4): 338-342.
- Cameron R.D., Smith W.T., White R.G., and Griffith B. 2005. Central Arctic caribou and petroleum development: distributional, nutritional, and reproductive implications. *Arctic*, 58(1): 1-9.
- Campos-Arceiz A., Takatsuki S. and Lhagvasuren B. 2004. Food overlap between Mongolian gazelles and livestock in Omnogobi southern Mongolia. *Ecological Research* 19: 455-460.
- Clark E.L., Munkhbat J., Dulamtseren S., Baillie J.E.M., Batsaikhan N., Samiya R. and Stubbe M. 2006. *Mongolian Red List of Mammals*. Regional Red List Series Vol. 1, Zoological Society of London, London, UK.
- Dingle H. and Drake V.A. 2007. "What is migration?" *BioScience*, 57: 113–121. doi:10.1641/B570206.
- Enkhbileg D., Dovchindorj G., Dorjgotov A. and Adiya Y. 2006. Current situation and future management of hybrid camel (besreg) in buffer zone area of Great Gobi Protected Area “A”. In: Adiya, Y., Lhagvasuren B., Amgalan, B. (Eds.), *Proceedings of the International Workshop on Conservation and Management of the Wild Bactrian Camel 2006*, 12–14 October, 2006, Ulaanbaatar, Mongolia, pp. 36–46.
- Fleming C. H., Calabrese J.M., Mueller T., Olson K.A., Leimgruber P., and Fagan W. 2014. From fine-scale foraging to home ranges: a semi-variance approach to identifying movement modes across spatiotemporal scales. *The American Naturalist*, 183(5):154-167.
- Gibbs M., Saastamoinen M., Coulon A. and Stevens V. 2010. Organisms on the move: ecology and evolution of dispersal. *Biological Letters*, 6(2): 146-148.
- Hare, J. 2008. *Camelus ferus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. www.iucnredlist.org. Downloaded on 07 August 2014.
- Harrison S. and Hastings A. 1996. Genetic and evolutionary consequences of metapopulation structure. *Trends in Ecology and Evolution*, 11: 180-183.
- Ito T.Y., Lhagvasuren B., Tsunekawa A., Shinoda M., Takatsuki S., and Buuveibaatar B. 2013. Fragmentation of the habitat of wild ungulates by anthropogenic barriers in Mongolia. *PLOS ONE*, 8 DOI:10.1371/journal.pone.0056995.
- Ito T.Y., Okada A., Buuveibaatar B., Lhagvasuren B., Takatsuki S. and Tsunekawa, A. 2008. One-sided barrier impact of an international railroad on Mongolian gazelles. *Journal of Wildlife Management*, 72: 940–943.

- Kaczensky P., Adiya Y., von Wehrden H., Mijiddorj B., Walzer C., G uthlin D., Enkhbileg D. and Reading R.P. 2014. Space and habitat use by wild Bactrian camels in the Transaltai Gobi of southern Mongolia. *Biological Conservation* 169: 311–318.
- Kaczensky P., Kuehn R., Lhagvasuren B., Pietsch S., Yang W., and Walzer C. 2011a. Connectivity of the Asiatic wild ass population in the Mongolian Gobi. *Biological Conservation*, 144: 920–929.
- Kaczensky P., Ganbataar O., Altansukh N., Enkhsaikhan N., Stauffer C. and Walzer C. 2011b. The danger of having all your eggs in one basket - Winter crash of the re-introduced Przewalski's horses in the Mongolian Gobi. *PLOS ONE*, 6(12): e28057
- Kaczensky P., Sheehy D.P., Walzer C., Johnson D.E., Lhagvasuren B., and Sheehy C.M., 2006. Room to roam? The threat to khulan (wild ass) from human intrusion. *Mongolia Discussion Papers*, East Asia and Pacific Environment and Social Development Department, Washington DC, World Bank.
- Kholodova M.V., Milner-Gulland E.J., Easton A.J., Amgalan L., Arylov Y.A., Bekenov A., Grachev Y.A., Lushchekina A.A. and Ryder O. 2006. Mitochondrial DNA variation and population structure of the critically endangered saiga antelope *Saiga tatarica*. *Oryx*, 40, 103–107.
- Kuhl A. 2008. *The conservation ecology of the saiga antelope, Saiga tatarica*. PhD thesis, Imperial College, London.
- Kuhl A., Mysterud A., Erdnenov G.I., Lushchekina A.A., Grachev I.A., Bekenov A.B. and Milner-Gulland E.J. 2007. The ‘big spenders’ of the steppe: sex-specific maternal allocation and twinning in the saiga antelope. *Proceedings of the Royal Society of London, B. Biological Sciences*, 274:1293–1299.
- Leslie D.M. and Schaller G.B. 2008. *Pantholops hodgsonii* (Artiodactyla: Bovidae). *Mammalian Species*, 817:1-13.
- Lhagvasuren B., and Milner-Gulland E.J.. 1997. The status and management of the Mongolian gazelle (*Procapra gutturosa*) population. *Oryx*, 31:127–134.
- Lkhagvasuren B., Chimeddorj B. and Sanjmyatav D. 2012. Analyzing the effects of infrastructure on migratory terrestrial mammals in Mongolia. *Saiga News*, 14: 13–14.
- Lovei M. 2006. *Environmental Impact Assessment Regulations and Strategic Environmental Impact Assessment Requirements: Practices and Lessons Learned in East and Southeast Asia*. World Bank, Environment and Social Development Department.
- Mallon D.P. 2008. *Saiga tatarica*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 06 August 2014.
- Mallon D.P. and Kingswood S.C. 2001. *Antelopes. Part 4: North Africa, the Middle East, and Asia. Global Survey and Regional Action Plans*. IUCN, Gland, Switzerland.
- Mallon D., Singh N., and R ottger C. 2014. International Single Species Action Plan for the Conservation of the Argali *Ovis ammon*. *CMS Technical Series*. Bonn, Germany.

- Miller D.J. and Schaller G.B. 1996. Rangelands of the Chang Tang Wildlife Reserve in Tibet. *Rangelands*, 18(3): 91-96
- Milner-Gulland E. J., and Lhagvasuren B. 1998. Population dynamics of Mongolian gazelle *Procapra gutturosa*: an historical analysis. *Journal of Applied Ecology*, 35:240–251.
- Milner-Gulland E.J., Kholodova M.V., Bekenov A., Bukreeva O.M., Grachev I.A., Amgalan, L. and Lushchekina A.A. 2001. Dramatic declines in saiga antelope populations. *Oryx*, 35: 340-345.
- Milner-Gulland E. J., Bukreeva O.M., Coulson T., Lushchekina A.A., M Kholodova M.V., Bekenov A.B., and Grachev I.A. 2003. Reproductive collapse in saiga antelope harems. *Nature*, 422: 135.
- Moehlman P.D., Shah N. and Feh C. 2008. *Equus hemionus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 07 August 2014.
- Olson K.A., 2013. *Saiga Crossing Options: Guidelines and Recommendations to Mitigate Barrier Effects of Border Fencing and Railroad Corridors on Saiga Antelope in Kazakhstan*. Report prepared for the Convention on Migratory Species.
- Olson K.A., 2008. *Ecology and Conservation of Mongolian Gazelle (Procapra gutturosa Pallas 1777) in Mongolia*. Ph.D. Dissertation. University of Massachusetts, Amherst, USA.
- Olson K.A., Fuller T.K., Mueller T., Murray M.G., Nicolson C., Odonkhuu D., Bolortsetseg S. and Schaller G.B. 2010. Annual movements of Mongolian gazelles: Nomads in the Eastern Steppe. *Journal of Arid Environments*, 74: 1435-1442.
- Olson K. A., Larsen E.A., Mueller T., Leimgruber P., Fuller T.K., Schaller G.B., and Fagan W.F. 2014. Survival probabilities of adult Mongolian gazelles. *Journal of Wildlife Management*, 78: 35–41.
- Olson K.A., Mueller T., Bolortsetseg S., Leimgruber P., Fagan W.F. and Fuller T.K. 2009. A mega-herd of more than 200,000 Mongolian gazelles *Procapra gutturosa*: a consequence of habitat quality. *Oryx*, 43: 149–153.
- Olson K.A., Mueller T., Kerby J.T., Bolortsetseg S., Leimgruber P., Nicolson C., and Fuller T.K. 2011. Death by a thousand huts? Effects of household presence on density and distribution of Mongolian gazelles. *Conservation Letters*, 4: 304–312.
- Ransom J.I., Kaczensky P., Lubow B.C., Ganbaatar O. and Altansukh N. 2012. A collaborative approach for estimating terrestrial wildlife abundance. *Biological Conservation*, 153: 219–226.
- Reading R.P., Mix H., Lhagvasuren B., and Tseveenmyadag N.. 1998. The commercial harvest of wildlife in Dornod Aimag, Mongolia. *Journal of Wildlife Management*, 62:59–71.
- Rosenzweig M.L. 1995. *Species diversity in space and time*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sadler B. and Verheem R. 1996. *Strategic Environmental Assessment: Status, Challenges and Future Directions*. Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, The Netherlands, and the International Study of Effectiveness of Environmental Assessment.

- Schaller G. B. 1998. *Wildlife of the Tibetan Steppe*. University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Schaller G.B., Kang A., and Zhang K. 2006. Management of Przewalski gazelle. *Wildlife Conservation Society Report*, Bronx, NY.
- Shah N., St. Louis A., Huibin Z., Bleisch W., van Gruissen J. and Qureshi Q. 2008. *Equus kiang*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1. <www.iucnredlist.org>.
- Silbermayr K. and Burger P. 2012. Hybridization: a threat to the genetic distinctiveness of the last wild old world camel species. In: Knoll, E.M., Burger, P. (Eds.), *Camels in Asia and North Africa. Interdisciplinary Perspectives on Their Past and Present Significance*. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (OAW), Vienna, Austria, pp. 69–76.
- Singh N.J., Grachev I.A., Bekenov A.B. and Milner-Gulland E.J. 2010. Tracking greenery across an altitudinal gradient in Central Asia – the migration of the saiga antelope. *Diversity and Distribution*, 16, 663–675.
- Smith W.T. and Cameron R.D. 1985. Reactions of large groups of caribou to a pipeline corridor on the Arctic coastal plain of Alaska. *Arctic*, 38(1): 53-57.
- Tong C., Wu J., Yong S., Yang J., Yong W., 2004. A landscape scale assessment of steppe degradation in the Xilin River Basin, Inner Mongolia, China. *Journal of Arid Environments*, 59, 133-149.
- Webster L. 1997. *The Effects of Human Related Harassment on Caribou (Rangifer Tarandus)*. downloaded from <http://www.env.gov.bc.ca>.
- Wingard J. and Zahler P. 2006. *Silent steppe: The wildlife trade crisis in Mongolia*. The World Bank Biodiversity Publications, Ulaanbaatar, Mongolia.
- Wood C. and Djeddour M. 1992. Strategic Environmental Assessment: EA of Policies, Plans and Programmes. *Impact Assessment Bulletin*, 10:3-22.
- Xia L., Yang Q.S., Li Z.C., Wu Y.H., and Feng Z.J. 2007. The effect of the Qinghai-Tibet railway on the migration of Tibetan antelope *Pantholops hodgsonii* in Hoh-xil National Nature Reserve, China. *Oryx*, 41, pp 352-357.
- Yoshihara Y., Ito T.Y., Lhagvasuren B., and Takatsuki S. 2008. A comparison of food resources used by Mongolian gazelles and sympatric livestock in three areas in Mongolia. *Journal of Arid Environments*, 72: 48–55.
- Young J.K., Murray K.M., Strindberg S., Buuveibaatar B. and Berger J. 2010. Population estimates of Mongolian saiga: implications for effective monitoring and population recovery. *Oryx*, 44: 285–292.
- You Z.Q., Jiang Z., Li C.W. and Mallon D. 2013. Impacts of grassland fence on the behavior and habitat area of the critically endangered Przewalski's gazelle around the Qinghai Lake. *Chinese Science Bulletin*, 58, 18: 2262-2268.



雄性野牦牛。©WCS/Berger