

WWF
图书
中国
2016

陕西省科学院 资助
世界自然基金会(WWF)

AOLUJIAN SHEZHONG
YESHENG DONGWU TONGDAO
SHEJI YU JIANCE

道路建设中野生动物通道 设计与监测

主编 吴晓民 张洪峰 万 慧 苏丽娜

陕西新华出版传媒集团



陕西科学技术出版社

Shaanxi Science and Technology Press

道路建设中野生动物

通道设计与监测

主 编:吴晓民 张洪峰 万 慧 苏丽娜

副 主 编:胡 罕 车利锋 长有德 林 宇

参 编 者:封 托 刘 艳 姬明周 孔 飞 李涤非

沈均梁 王 静 张希明 吴 冬 潘建强

赵留辉 诚鸿飞 朱 云 吴世红 黄 伟

朱玉峰

图片提供:沈均梁 姬明周

陕西新华出版传媒集团

陕西科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

道路建设中野生动物通道设计与监测/吴晓民,张洪峰,
万慧主编. —西安:陕西科学技术出版社, 2016. 12

ISBN 978 - 7 - 5369 - 6850 - 9

I. ①道… II. ①吴… ②张… ③万… III. ①野
生动物 - 道路工程 - 设计 IV. ①U412

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 299094 号

道路建设中野生动物通道设计与监测

出版者 陕西新华出版传媒集团 陕西科学技术出版社

西安北大街 131 号 邮编 710003

电话(029)87211894 传真(029)87218236

<http://www.snstp.com>

发行者 陕西新华出版传媒集团 陕西科学技术出版社

电话(029)87212206 87260001

印 刷 西安昆明印刷厂

规 格 787mm × 1092mm 1/16

印 张 10

字 数 200 千字

版 次 2016 年 12 月第 1 版

2016 年 12 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978 - 7 - 5369 - 6850 - 9

定 价 89.00 元

版权所有 翻印必究

序

生物多样性是地球生命几十亿年演化发展的结果,对人类具有现实的和潜在的价值,更是人类可持续发展的物质基础。因此,保护生物多样性是衡量一个国家生态文明水平和可持续发展能力的重要标志。

我国是世界上生物多样性丰富的国家之一,生态系统类型多样,高等植物种类居世界第三,脊椎动物占世界总数的 13.7%,是世界四大遗传资源起源中心之一。但是,伴随近 30 多年我国经济的高速发展,人们重视经济效益,忽视了对环境的影响进而出现了环境污染严重、珍稀濒危动植物栖息地碎片化、生态系统退化等生态环境保护问题,生态环境和生物多样性保护形势依然严峻。

为保护生物多样性,我国政府相继颁布了《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国森林法》《中华人民共和国野生动物保护法》《中国自然保护纲要》等法律,并于 1992 年加入国际《保护生物多样性公约》,在保护生物多样性方面做出了大量实质性工作,特别是党的“十八大”从新的历史起点出发,做出“大力推进生态文明建设”的战略决策。倡导绿色发展,建设美丽中国,不仅对我国生物多样性的保护起到了重要的作用,而且在世界上赢得了负责任大国的声誉。

近年来,我国在加快高速公路、铁路的创新技术、建设速度和通车里程的同时,我国政府相关部门也密切关注威胁物种多样性安全新因素的出现,例如濒危物种栖息地进行的道路建设及其随后发展的旅游等带来的气候变化、动物种群基因交流受阻、生态位变化等,直接影响生物多样性的维持,甚至威胁到一些珍稀濒危物种的生存。

地球上的物种,尤其是那些处于灭绝边缘的濒危物种,一旦消失,那么人类将永远丧失这些宝贵的生物资源,对于人类后代生存可能产生难以估计的损失。尤其在我国中西部众多贫困地区,这里既是生物多样性富集的区域又是生态系统较为脆弱的区域,在进行开发性脱贫的道路建设以赢得人类生存发展权的同时,如何解决生物多样性保护与开发建设之间的尖锐冲突难题,是一个热门话题,更是社会发展中的一个需要解决的难题。

本书的出版发行将会给出解决这一难题的诸多思考和科学考察、研究与实践的相关案例,或将为行业 and 这个领域的研究人员及工作者提供很好的借鉴,也为大家提供另外一个思考问题的角度。





我和书中的几位作者曾有在一起野外观察珍稀动物生存状态的工作经历。记得在 2008 年的春夏之交,我们在秦岭大熊猫的栖息地考察途中,晓民向我表示了他的担忧——西成铁路建设可能会对大熊猫栖息地和朱鹮栖息地产生负面影响。那时的西成铁路还在设计规划阶段,这也许是与承担青藏铁路建设对环境影响的课题有关,从而产生的担忧吧!使他对于道路类基础设施建设与动物栖息环境之间的关系问题有着敏感的触觉。自 2001 年青藏铁路建设初始,吴晓民和研究团队的科技人员就承担着《青藏铁路野生动物通道监测评估》课题,至今已有 10 余年时间。这是原铁道部主持完成的“青藏铁路工程”项目内容之一。期间,吴晓民也带队前往欧洲,与荷兰的建设部、瓦格宁根大学等在此领域有过实践经验的政府和学术机构,就《道路类基础设施建设与动物及其栖息环境》这一议题进行了全面地分享和交流。

本书是作者和他的研究团队将这些年针对这一问题进行的科学探索、实践梳理和创新性总结,也有与国内外同行的一些研究、实践的交流体会等内容。本书图文并茂,具有很好的可阅读性!很乐意为此书出版作序,推荐与读者分享。

加强环境保护是掌握国际竞争主动权的重要途径。期望晓民和他的团队,在这一领域有更多的探索和实践成果与大家分享,为建设青山绿水的美丽中国做出更大的科学创新贡献。

世界自然基金会(WWF)中国项目执行总监

2016 年 12 月





前言

道路交通运输体系是人口流动和经济发展不可或缺的保障和基础,对促进地区社会经济发展起着十分重要的作用。近年来,我国的道路建设发展迅速,总规模不断扩大,技术等级不断提高。截至2015年底,全国公路总里程457.73万km,铁路营业里程12.1万km,其中高速公路里程12.5万km,高速铁路里程1.9万km。道路路网的快速发展,对提升国民经济和改善人民生活起到了重要的推动作用。与此同时,由于受经济高速发展的单纯驱动,以往道路在其规划、设计和建设过程中不够重视对环境及野生动物的影响,加之运营期高强度的车流、人流、噪声及尾气污染等因素的影响,我国的道路路网对整个环境及周边区域野生动物的影响非常大。因此,如何在道路建设的规划设计、建设及运营的不同阶段,改善和减缓其对环境,特别是对野生动物的负面影响,是我们目前面临的重要课题。2016年,我国把“生态文明建设”纳入《中华人民共和国国民经济和社会发展十三五规划》中,这也充分体现了我国政府以最大限度改善和减缓道路建设对环境及野生动物影响的原则。

在道路建设的不同阶段,合理规划、设计、建设和管理野生动物通道,是有效改善和减缓道路建设对环境及野生动物影响的措施之一。目前,我国在这方面的系统研究和经验较为欠缺。为了解决这一需求矛盾,世界自然基金会(WWF)组织陕西省动物研究所、中铁第一勘察设计集团有限公司的有关专业人员,赴荷兰学习和考察交通基础设施建设中野生动物通道设计与管理方面的先进经验,结合国内外野生动物通道研究方面的最新成果,编著了本书,以期指导我国道路交通建设中有关野生动物的保护工作。

经过我们的共同努力,本书终于和大家见面了。第一章概述了国内外道路建设与野生动物保护的发展历程;第二章介绍了道路建设对野生动物的影响;第





三章介绍了道路建设不同阶段的野生动物保护措施;第四章介绍了道路建设中野生动物通道设计的原则与规范;第五章介绍了野生动物通道的监测;第六章则列举了一些国内外野生动物通道的典型案例。

在编写过程中,主要引用了 Clevenger, A. P. and Huijser M. P. 2003. Wildlife Crossing Structure Handbook: Design and Evaluation in North America and Iuell, B. , Bekker, G. J. , Cuperus, R. , Dufek, J. , Fry, G. , Hicks, C. , Hlaváč, V. , Keller, V. , Rosell, C. , Sangwine, T. , Tørsløv, N. , Wandall, B. le Maire, (Eds.) 2003. Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions 等资料,并查阅了国内外大量的相关文献资料。环境保护部环境工程评估中心梁学功研究员,国家林业局调查规划设计院阮向东教授级高级工程师,中铁第一勘察设计院集团有限公司孙士云教授级高级工程师,交通运输部环境保护中心吴新华研究员都提出了宝贵的修改意见;世界自然基金会(WWF)西安办会室张希明、吴冬,中铁第一勘察设计院集团有限公司潘建强,赵留辉,交通运输部天津水运科学研究院林宇、吴世红、黄伟,交通运输部公路科学研究院朱玉峰,陕西观音山国家级保护区管理局诚鸿飞等在资料收集、整理中做了大量工作。在此一并表示感谢。

本书是国内第一本系统介绍道路建设中有关野生动物通道设计与监测方面的著作,希望它可以成为交通建设部门、环境保护部门以及科研院校师生的良师益友。让我们以此为契机,共同推动我国的环境及野生动物保护事业。由于时间仓促,本书在编写的过程中疏漏与不足在所难免,欢迎给予批评指正!

编 者

2016 年 12 月



目 录

第一章 道路建设中野生动物保护发展历程	(1)
1.1 国内外道路建设发展历程	(1)
1.2 野生动物保护观念转变	(3)
1.3 野生动物通道发展	(4)
第二章 道路建设对野生动物的影响	(10)
2.1 野生动物种群的影响	(10)
2.2 野生动物栖息地的影响	(13)
2.3 其他类型影响	(18)
第三章 道路建设不同阶段野生动物保护措施	(22)
3.1 规划设计阶段野生动物保护措施	(23)
3.2 建设阶段野生动物保护措施	(26)
3.3 营运阶段野生动物保护措施	(28)
第四章 野生动物通道设计	(33)
4.1 野生动物通道分类	(33)
4.2 野生动物通道设计原则	(37)
4.3 野生动物通道设计规范	(38)
第五章 野生动物通道监测	(50)
5.1 监测基本步骤	(50)
5.2 监测方案设计	(51)
5.3 监测方法	(52)





5.4	监测方案实施	(55)
第六章	国内外野生动物通道典型案例	(58)
6.1	荷兰高速公路野生动物“绿色天桥”	(58)
6.2	澳大利亚圣诞岛国家公园“红蟹通道”	(59)
6.3	美国公路和铁路建设中的“第二自然”	(61)
6.4	加拿大班夫国家公园“吃肉公路”变成野生动物“自由之路”	(62)
6.5	德国高速公路野生动物“绿色走廊”	(62)
6.6	中国青藏铁路“天路上的生命通道”	(63)
6.7	中国京新高速公路的“艰难抉择”	(68)
6.8	云南西双版纳思小高速公路“亚洲象通道”	(70)
6.9	中国 108 国道秦岭隧道“大熊猫走廊带”为国宝联姻缘	(71)
6.10	大熊猫自然保护区乡间公路“小通道,大作用”	(75)
附件 1	涉及国家级自然保护区建设项目生态影响专题报告编制指南(试行)	(79)
附件 2	中华人民共和国林业行业标准	(90)
附件 3	全国第二次陆生野生动物资源调查技术规程	(126)
结语		(152)



第一章 道路建设中野生动物保护发展历程

1.1 国内外道路建设发展历程

国外发达国家公路的发展大致经历了4个阶段:

第一阶段:19世纪末到20世纪30年代,是各国公路的普及阶段。这期间随着汽车的大量使用,公路大多是在原有乡村大道的基础上,按照汽车行驶的要求进行改建与加铺路面,构成基本的公路网,从而达到大部分城市能够通行汽车的要求。

第二阶段:20世纪30年代到50年代,是各国公路的改善阶段。这期间由于汽车保有量的迅速增加,公路交通改善需求增长很快,各国除了进一步改善公路行车条件外,开始考虑城市之间、地区之间公路的有效连接,并着手高速公路和干线公路的规划与建设。英、美、德、法等国都相继提出了以高速公路为主的干线公路发展规划,并通过立法,从法律和资金来源方面给予保障。

第三阶段:20世纪50年代到80年代,是各国高速公路和干线公路的高速发展阶段。这期间各国大力推进高速公路和干线公路规划的实施,基本形成了道路使用者税费体系作为公路建设资金来源的筹资模式。其中,日本为解决建设资金不足等问题,还通过组建“建设公团”修建收费道路来促进高等级公路的发展。各国经过几十年的发展,基本形成了以高速公路为骨架的干线公路网。

第四阶段:20世纪80年代末90年代初以来,是公路提高通行能力和服务水平的综合发展阶段。这期间各国在已经建成的发达公路网络基础上,维护改造已有路桥设施,进一步完善公路网络系统,重点解决车流合理导向、车辆运行安全以及环境保护等问题。此外还特别重视公路环境设施的建设,在公路建设和运营过程中对周边环境和生态进行保护,如在通过居民区的路段,建设声屏障等以减少汽车行驶的噪声影响,设置鱼类和其他动物等专用通道,保证对公路沿线野生动物的影响降到最低。

世界上修建高速公路最早的国家是德国:1932年建成了从科隆至波恩的第一条高速公路,1933年又建成了从柏林至汉堡的高速公路,1957年通过了《远程公路建设法》,1959年至1970年制定了3个“四年建设计划”,开始进入高速公路快速发展阶段。截至2010年,德国的高速公路里程为1.28万km。





美国被称为“汽车轮上的国家”,第一条高速公路是1937年开始修建的全长257km的宾夕法尼亚州收税高速公路,于1940年建成和通车。美国的高速公路主要由州际公路和国防公路系统组成。该公路系统从20世纪30年代后期开始筹备和规划,中间几经调整,50年代中期开始大规模建设,至80年代基本建设完成,前后经历了半个多世纪。1998年,美国建成了联通全国各地的高速公路系统,形成了连接各州首府及所有5万以上人口的城市,并与加拿大、墨西哥等周边国家相连的高速公路网。该系统里程长达8.87万km,将全国大市场有机地联系在一起。截止到2009年底,美国高速公路的总里程达9.49万km,居世界第一位。高速公路的发展,改变了世界交通运输的宏观格局,带来了巨大的经济效益和社会效益,有力地促进了世界各国社会经济的快速发展^[1]。

国外发达国家铁路的发展大致经历了以下几个阶段:

第一阶段:从1830年到1900年,这一阶段以蒸汽机的发明和钢轨生产技术的进步为代表,解决了铁路发展的动力和钢轨等关键问题,促进了铁路的大发展;第二阶段:从1900年到1950年,主要是围绕机车技术的进步和钢轨断面的改进两个方面进行的,电力机车的出现,为铁路的发展提供了干净的动力;第三阶段:从1950年开始到现在,这一阶段是高技术铁路的飞跃发展时期,特别是1964年10月1日,世界上第一条高速铁路——日本新干线的问世,向世人展示了高技术铁路的发展前景,使古老的铁路又焕发出了新的生机。从20世纪60年代到现在,高技术铁路以其高的速度、高的运输效率、低的运行成本和特有的安全舒适性,在陆海空运输中独占鳌头。

中国的道路建设也有着悠久的历史,主要经历了3个阶段:

古代道路建设阶段(公元前21世纪—公元1911年):公元前2000年,中国就有了可以行驶牛马车辆的道路。秦始皇统一六国后,大修驰道,颁布“车同轨”法令,公路建设得到了较大的发展。秦代以后的各个封建王朝,在公路建设方面都进行了必要的保养和扩建,但由于封建制度对生产力的束缚,中国道路事业发展相对缓慢,交通运输工具也很少改进,长期停留在人力和畜力拉车的水平。

近代道路建设阶段(1912—1949年):20世纪初,汽车引入中国,行驶汽车的公路开始发展起来。从1906年在广西友谊关修建了第一条公路到1949年新中国成立的40多年间,历经清末、民国、抗日战争和解放战争各个历史时期。由于当时社会不稳定,经济落后,公路建设大都以军事用途为主,到1949年底,全国公路通车里程也仅为8.1万km。

现代道路建设阶段(1949年以后):中华人民共和国成立以后,为了迅速恢复和发展国民经济、巩固国防,国家逐渐对公路建设增加投资。改革开放后,公路建设迅速发展,公路通车里程由1978年的88万km猛增到2002年底的175.8万km,整整翻了一番。1988年实现了高速公路零的突破,1999年突破1万km,到2002年底,全国高速公路里程达到2.5万





km。到2015年底,我国公路通车总里程达到457.73万km,其中高速公路12.5万km^[2]。

中国铁路的发展主要经历了以下几个阶段:

开创时期(1876—1893年):1840年之后,有关铁路信息和知识开始传入中国。1876年,中国土地上出现了第一条铁路——吴淞铁路;缓慢发展时期(1894—1948年):1894年,清政府在中日甲午战争中战败后,八国联军攫取中国的铁路权益,形成帝国主义掠夺中国路权的第一次高潮。随后,他们按照各自的需要,分别设计和修建了一批铁路,标准不一,装备杂乱,造成了中国铁路的混乱和落后局面,截止到中华人民共和国成立前夕,我国铁路总里程仅为13000km;抢修和恢复铁路运输生产时期(1949—1952年):中华人民共和国成立后,对铁路进行了抢修和恢复,到1952年底,全国铁路营业里程增加到22876km,客货换算周转量达802.24亿吨km;铁路网骨架基本形成时期(1953—1978年):1953年以后,铁路建设逐步得到恢复和发展,到1978年底铁路营业里程达49940km,全国铁路网骨架基本形成,客货换算周转量达7087亿吨km;铁路新的发展时期(1979—2003年):1978年以后,铁路建设得到蓬勃发展,改建和扩建了郑州北、丰台西、沈阳西、孟家沟、南京东和南翔等编组站,建成了上海、天津、石家庄、成都、哈尔滨、沈阳、乌鲁木齐、西安等一批新客站。在发展铁路电气化方面,先后建成有陇海铁路郑州至兰州、太焦铁路长治至月山,以及贵昆、成渝、川黔、襄渝、京秦、丰沙大和石太等电气化铁路;铁路跨越式发展新时期(2003年开始):2003年,铁道部提出了“推动中国铁路跨越式发展”的总战略。从此,中国铁路进入了跨越式发展的新时代。截至2015年底,我国铁路营运总里程突破12.1万km,高速铁路总营业里程超1.9万km。

随着道路里程的不断增加和道路等级的不断提高,道路对所在区域生态环境的负面影响也开始日益显露,特别是对当地野生动物的影响更趋明显^[3-4]。道路建设及运营会引起地貌、植被、径流和小气候等环境特征发生显著变化,从而对野生动物造成干扰,迫使其改变原有的生活习性和活动规律。道路建成后的运营还会导致野生动物栖息地的破碎化和质量下降^[5]。研究表明,道路对周边区域的影响范围在路线两侧200~300m,但对整个生态系统的影响远远大于这一范围。例如美国哈佛大学地貌生态学家理查德·福曼估计,尽管美国道路路面面积仅占国土面积的1%,但影响区域可达到国土总面积的20%~25%^[6]。

在我国,道路网对环境、各类野生动物栖息地及其种群的影响也是不容忽视的,但目前尚缺乏深入系统的评估与研究^[7-8],如何改善和减缓道路的负面影响,相关的技术和经验也比较欠缺。

1.2 野生动物保护观念转变

起初人们没有意识到,随着社会经济的发展和人类活动范围的扩大,飞速发展的道路交通网络,早已把原生态的自然环境切割得支离破碎。



直到 20 世纪 50 年代,欧美一些民间组织才开始关注道路系统对动物的影响。据统计,荷兰每年因公路交通导致 16 万只哺乳动物和 65 万只鸟类伤亡;澳大利亚每年因公路交通导致 500 万只两栖类和爬行类动物伤亡;美国每天因公路交通导致 100 万只脊椎动物伤亡,车祸更是导致美洲豹、灰熊等珍稀动物濒临灭绝的罪魁祸首。研究显示,一条四车道的公路对森林哺乳动物所产生的阻隔作用,就相当于河水分隔宽度的 2 倍,其导致动物无法正常觅食和迁徙繁殖,对野生动物种群的潜在威胁也丝毫不亚于直接的交通事故^[9]。

英国、德国、加拿大与美国面临着同样的问题。这些国家也开始探讨如何降低因道路交通而导致的野生动物伤亡数量,并为破碎的野生动物栖息地修建“走廊”,因此“野生动物通道(Wildlife Crossing)”理念应运而生。随后,法国、荷兰、奥地利、瑞士等国也迅速开始了此类工作。有趣的是,一开始,北美和欧洲采取的措施大相径庭,北美偏好为野生动物挖“路下式通道”(Wildlife Underpass Crossing),让青蛙、蛇等小型动物走管状涵洞,驯鹿、野羊等大型动物过桥下涵洞;而欧洲则更喜欢为大型动物搭建上跨式的“过街天桥”——路上式通道(Wildlife Overcrossing),并在上面种植草木,模拟自然的山坡地形,欧洲人称之为“绿桥”。后来,加拿大班夫国家公园的研究者发现,一些大型哺乳动物,特别是棕熊、美洲狮等食肉动物,有向高处攀爬的习性,不太喜欢穿越黑暗涵洞。因此,北美的动物通道建设者也开始尝试采用“绿桥”形式,频繁从欧洲“取经”。

目前,欧美各国,包括澳大利亚、新西兰均已制定了相当严格的法律法规,穿越野生动物栖息地的道路不仅要有交通部门的认可,而且不通过环保部门的鉴定是无法开工建设的。由此,擅长兴建不同类型通道的各类专业公司也应运而生,形成了一个新的绿色产业,而各种民间力量也经常组织志愿者,在野生动物需要通过的高峰期进行疏导和辅助工作。

20 世纪 70 年代,道路生态学作为一门新的学科逐渐发展起来。最初 Oxley 等人开始研究道路对小型哺乳动物造成的影响^[10-11];Free 等人曾经研究道路对某些种类昆虫带来的影响^[12]。进入 20 世纪 90 年代以来,有关道路生态学的文献大量出现,荷兰和澳大利亚的学者率先研究道路网络和交通廊道对自然生态系统的分割、干扰与破坏,20 世纪 90 年代末,美国学者开始主导道路生态学的研究,重点转移到道路网及道路影响等领域^[13-16]。2001 年举行“国际生态和道路会议(ICOET)”后,“道路生态学”在欧美各国逐渐蓬勃发展,积累了大量的实践经验和理论研究成果。

1.3 野生动物通道发展

“野生动物通道”源于近一个世纪以来生态保护意识的提高。从 20 世纪 50 年代起,国外一些生态学家和民间组织开始关注公路对野生动物栖息地的影响。欧洲一些国家开始设计和使用野生动物通道,保护有限的生物多样性资源^[17]。20 世纪 70 年代,美国和加拿大等



国陆续开始关注交通设施对环境的影响,把环境影响评价和野生动物通道的设计纳入常规的交通设施规划中,并制订了相关的政策和法规^[18]。1986年,在加拿大高速公路班夫段的45km路段上建设了11处“路下穿式”野生动物通道,增强栖息地的连通性,减少动物的道路死亡率,1997年又增建了11处路下式通道和2处路上式通道,使该段高速公路上动物通道总数达到24处^[19]。2000年春季,美国设计的第一个沙漏状(或抛物线状)上行野生动物通道开始使用,这个通道的设计目的是为了满足狍子和驼鹿的通行,通道中间宽16m,两端出口宽21m,跨度为60m^[20]。

荷兰是世界上第一批在公路上修建野生动物通道的国家,如今,荷兰境内已拥有600多个野生动物通道,这些通道保障了野猪、马鹿以及濒危欧洲獾的迁移安全。荷兰在高速公路建设中对野生动物生境影响地补偿也进行了系统的研究,并在A50高速公路上进行了长期实践^[21-23]。现在国际上的一些道路工程,不仅关注大型哺乳动物和爬行动物,也开始考虑到为鱼类、两栖类、昆虫等预设一些专用通道。

我国对野生动物通道的研究、设计和建设尚处于起步阶段^[24-26]。2004年12月通车的河南驻马店至信阳高速公路南段经过董寨国家级自然保护区27公里,这里生存着白冠长尾雉、金钱豹、大灵猫、水獭等国家重点保护野生动物,公路建设者为此设置了数个特殊的专用野生动物走廊,这是国内首次基于保护野生动物而专门设置动物走廊的高速公路,其在对野生动物保护方面走在了全国前列^[27-28]。2006年4月6日通车的云南思茅至西双版纳小勐养高速公路则首创了大象专用通道,该公路是中国第一条穿过国家级热带雨林自然保护区的高速公路。公路建设者在大象出没频繁的“野象谷”等地,顺山势修建了大象专用通道,同时在架桥时特意将桥梁的高度提升到8~15m,以利于大象通过。不但如此,交通管理部门还在高速公路大象通道旁竖起“大象通道,请勿鸣笛”的温馨提示牌^[29]。2006年建成通车的青藏铁路格尔木至拉萨段为保护藏羚、藏野驴、藏原羚等高原野生动物设计修建了33处动物通道,包括青海省境内25处、西藏境内8处,通道长度总计近60km。其中桥梁下方通道13处,缓坡平交通道7处,桥梁缓坡复合型通道10处,桥梁隧道复合型通道3处。建设如此规模及难度的野生动物通道在国内外铁路建设史上均属首次^[30]。2007年开工建设的通鲁公路穿过内蒙古东北部通辽市的荷叶花湿地,该湿地内野生动物种类丰富,为了增强湿地的连通性,通鲁公路设置了5个暗板涵洞和6座桥梁过水兼作动物通道,以降低道路对爬行动物、两栖动物等活动产生的影响^[31]。正在兴建的海口绕城高速公路首次引入生物多样性通道理念,为方便道路两边的陆生动物安全穿越公路,每千米道路设2~3处下穿涵洞,包括大型涵洞和小型涵洞^[32]。北京至乌鲁木齐高速公路在建线路穿越我国生态环境极为脆弱的干旱半干旱区域——蒙新高原区,该区域野生动物特有种和特有类群较多,大中型哺乳动物以有蹄类(鹅喉羚、野驴等)和食肉类(狐、荒漠猫、狼等)为代表,活动能力较强,且生性机



警。伴随着交通建设项目的加速扩张,这一区域脆弱的生态现状面临着越来越大的环境压力,为了降低高速公路建设对野生动物栖息地造成的破坏和切割,减缓对野生动物活动和迁徙的影响,该工程共设计了 92 处野生动物通道,含新建通道 7 处,其中内蒙古段 63 处,甘肃段 16 处,新疆段 13 处^[33-35]。

根据“十二五”规划,到“十二五”结束,我国高速公路和铁路总里程均将突破 10 万 km,其他各个等级的公路也将步入一个前所未有的快速发展建设阶段(图 1-1:青藏铁路;图 1-2:建设中的西安至成都客运专线;图 1-3:北京至乌鲁木齐高速公路甘肃段;图 1-4:216 国道甘南段),如何运用野生动物通道等先进理念与措施,改善和减缓道路建设对环境及野生动物的负面影响,是我们面临的重大课题。

【参考文献】

- [1] 尚留占. 国外高速公路的发展及投资政策[J]. 现代高速, 2001(1): 38-43.
- [2] 2012 年公路水路交通运输行业发展统计公报. 中华人民共和国交通运输部.
- [3] 吴鸣, 曾伟波. 公路建设的生态影响与生态公路[J]. 华东公路, 2008, 1: 71-75.
- [4] 胡忠军, 于长青, 徐宏发, 等. 道路对陆栖野生动物的生态学影响[J]. 生态学杂志, 2005, 24(4): 433-437.
- [5] 马武昌, 宋子炜. 生态公路建设中野生动物保护意义与对策[J]. 华东公路, 2009, 177(3): 82-85.
- [6] 宗跃光, 周尚意, 彭萍, 等. 道路生态学研究进展[J]. 生态学报, 2003, 23(11): 2396-2405.
- [7] 中国环境科学研究院/WWF, 兰渝高速公路、铁路对岷山和洋太公路对秦岭大熊猫及其栖息地的影响研究[R]. WWF: 中国的绿色心脏项目支持, 2009.
- [8] 中国科学院生态环境研究中心/WWF, 秦岭山系公路网络对大熊猫生境利用的影响评估[R]. WWF: 中国的绿色心脏项目支持, 2012.
- [9] Forman, R. T. T. Roads and Their Major Ecological Effects[J]. Ann. Rev. Ecol. Syst. 1998, 29: 207-231.
- [10] Oxley, D. J., Fenton, M. B., Carmody, G. R. The Effects of Roads on Populations of Small Mammals[J]. Journal of Applied Ecology. 1974, 11: 51-59.
- [11] Vestjens, W. J. M. Wildlife Mortality on a Road in New South Wales[J]. Emu. 1973, 13: 107-112.
- [12] Free, J. B., Gennard, D., Stevenson, J. H. Beneficial Insects Present on a Motorway Verge [J]. Biological Conservation. 1975, 8: 61-72.
- [13] Forman, R. T. T., Friedman, D. S., Fitzhenry, D. Ecological Effects of Roads: Toward Three Summary Indices and an Overview for North America[M]. 1995, 540-541.
- [14] Forman, R. T. T., Hersperger, A. M. Road Ecology and Density in Different Landscapes with International Planning and Mitigation Solutions. In: Trends in Addressing Transportation Related Wildlife Mortality [M]. 1996, 1-22.



- [15] Forman, R. T. T. Estimate of the Area Affected Ecologically by the Road System in the United States [J]. Conservation Biology. 2000, 14:31 - 35.
- [16] Forman, R. T. T. , Deblinger, R. D. The Ecological Road Effect Zone of a Massachusetts (USA) Suburban Highway [J]. Conservation Biology. 2000, 14:36 - 46.
- [17] 张晏, 费世江. 公路建设中野生动物通道的设置研究[J]. 辽宁科技大学学报, 2009, 32(1):93 - 98.
- [18] 国外野生动物通道历史. http://www.bast.net.cn/PbjkpcPt_szrPdwyPdwwPxwplP19858.shtml. 2004205220.
- [19] 万敏, 陈华, 刘成. 让动物自由自在地通行——加拿大班夫国家公园的生物通道设计[J]. 中国园林, 2005, (11):17 - 21.
- [20] Forman, R. T. T. Road Ecology: Science and Solutions[M]. Washington: Island Press. 2003.
- [21] Bekker, H. G. J. , Canter, S. K. The Sontinuing Story of Badgers and Their Tunnels[A] . Canters, K. Habitat Fragmentation and Infrastructure[C]. 1997:16 - 23.
- [22] Foster, M. L. , Humphrey, S. R. Use of Highway Underpasses by Florida Panthers and other Wildlife[J]. Wildlife Society Bulletin. 1995, 23.
- [23] Cuperus, C. Guidelines for Ecological Compensation Associated with Highways[J]. Biological Conservation. 1999, 90:41 - 51.
- [24] 郑海峰, 管东生. 公路建设的主要生态影响[J]. 生态学杂志. 2005, 24 (12):1520 - 1524.
- [25] 陈兴龙, 徐碧华, 唐鑫生, 等, 铜汤公路工程对沿线珍稀濒危野生动物的影响及对策[J]. 上海船舶运输科学研究所学报, 2007, 30(1):47 - 50.
- [26] 张建. 第二条沙漠公路将建成环保公路[N]. 阿克苏日报, 2006 - 02 - 07, 219 (001).
- [27] 扬子江. 生态公路建设任重而道远[N]. 中国交通报, 2005 - 02 - 07, 225 (A02).
- [28] 王玉成, 陈飞. 山区高速公路对野生动物的影响及保护措施探讨[J]. 公路, 2007, (12):97 - 102.
- [29] 张霓, 杨跃萍. 云南高速公路首创野象专用通道[EBPOL]. 中国经济网, 2006 - 02 - 04, 202.
- [30] 吴晓民, 王伟. 青藏铁路建设之野生动物保护[M]. 北京:科学出版社, 2006.
- [31] 肖晓妮. 公路建设对湿地动物的影响及防治对策[J]. 河北交通科技, 2007, 4 (1):31 - 34.
- [32] 谢向荣, 吴仁辉. 绕城高速将建生物多样性通道[N]. 海南日报, 2005 - 10 - 21 (016).
- [33] 陕西省动物研究所. 北京至乌鲁木齐国家高速公路明水(甘新界)至哈密段野生动物影响专题报告[R]. 2012.
- [34] 陕西省动物研究所. 京新国家高速公路(G7)甘肃段白疙瘩至明水公路野生动物影响专题报告[R]. 2013.
- [35] 北京至乌鲁木齐国家高速公路临河至白疙瘩(蒙甘界)段野生动物影响专题报告[R]. 2013.



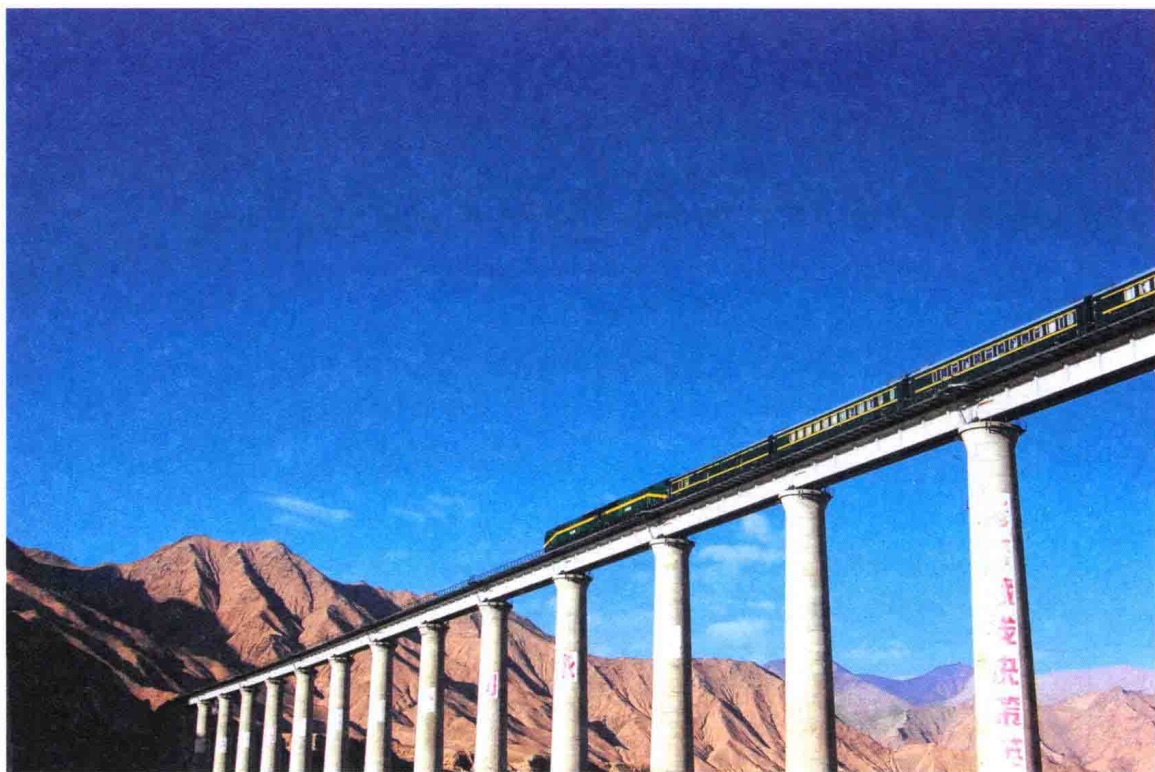


图 1-1 青藏铁路(姬明周 2007 年摄)



图 1-2 建设中的西安至成都客运专线(姬明周 2016 年摄)