

青藏高原线形工程野生动物保护研究进展

王 云,关 磊,陈济丁,孔亚平

(交通运输部科学研究院,北京 100029)

摘 要:青藏高原栖息着多种具有国际保护价值的特有野生动物。从道路影响域、野生动物移动、动物行为和基因交流四个方面综述了当前国内外青藏高原线形工程建设及运营对野生动物活动的影响;从动物通道设置原则、设置技术、动物通道监测三个方面总结了青藏高原线形工程建设中野生动物保护技术。未来待建的青藏高速公路路基更宽、交通量更大、且全封闭,从四个方面提出了建议未来开展的研究。

关键词:公路;动物通道;道路影响域;叠加作用;藏羚羊;道路生态学

中图分类号:U418.9

文献标识码:A

Research Progress in Wildlife Protection of Linear Project in Qinghai-Tibet Plateau

WANG Yun, GUAN Lei, CHEN Ji-ding, KONG Ya-ping

(China Academy of Transportation Sciences, Beijing 100029, China)

Abstract: There is various unique wildlife species inhabit in Qinghai-Tibet Plateau, which are endangered, international significant species. This paper described the study progress on wildlife activities influenced by linear project and operation from 4 aspects, including road-effect zone, wildlife activity, wildlife crossing behavior and gene flow. Also this paper summarises wildlife protection technology of linear project in Qinghai-Tibet Plateau from 3 aspects, which are composed of principles of wildlife crossing structure setting, technology of setting and monitoring. In the future, Qinghai-Tibet Expressway will be built in consideration of wider expressway subgrade than other highway or railway, heavier traffic volume, and completely closed. Accordingly, we suggeste four research fields which should be strengthened in the future.

Key words: road; wildlife crossing structure; road-effect zone; overlay effect; Tibetan antelope; road ecology

1 引 言

青藏高原作为亚洲乃至北半球气候变化的“感应器”和“敏感区”,是我国与东亚气候系统稳定的重要屏障;分布有丰富多样、独具特色的特殊生态系统类型和珍稀动植物种类,是全球生物多样性保护的重要区域^[1]。青藏高原是世界山地生物物种一个重要的起源和分化中心,动物以种类少、特有种

多、种群数量大为主要特点^[2]。

高等级公路作为国家重要的战略资源,其作用不仅在于提供出行的便利,而且是市场经济运行的硬件平台,对开发和利用多年冻土地地区国土资源、全面建设小康社会和实现现代化意义重大,对我国未来的发展影响深远。因此,在青藏高原修筑高等级公路已成为我国公路交通建设发展的必然趋势。青藏高速公路格尔木-拉萨段是《国家公路网规划(2013年~2030年)》中G6京藏高速公路的重要组

收稿日期:2014-02-14

基金项目:国家科技支撑计划课题“高海拔高寒地区高速公路建设环境保护技术研究”(2014BAG05B06)和交通运输部西部交通建设科技项目“青藏高原高等级公路冻土环境效应及建设关键技术研究”(2013 318 490 010)资助。

作者简介:王 云(1980-),男,安徽马鞍山人,2007年毕业于中国科学院成都山地灾害与环境研究所自然地理学专业,博士,主要从事道路生态学研究。

成部分,前瞻性考虑青藏高原高速公路对野生动物资源的影响,在公路建设前期采取技术措施避免和减小各种负面影响,具有重要意义。

国际研究显示,交通建设对野生动物的影响至少包括交通致死野生动物、阻隔野生动物移动、干扰迁徙/移路线、造成野生动物回避/聚集交通路线周边区域、路线成网后造成种群破碎化以及遗传多样性变化乃至种群退化和灭绝等^[3]。保护技术包括设置各种类型的野生动物通道、隔离栅栏、动物逃生门和平台等^[4]。

青藏高原线形工程建设及运营中,野生动物影响及保护研究已经引起了国际关注,但已有成果集中于青藏铁路、青藏公路上,青藏高原高速公路路基更宽、交通量更大,且全封闭,已有成果不足以解决未来高速公路建设及运营中面临的野生动物保护的问题。基于此,本文综述了目前国内外在青藏高原线形工程建设中野生动物研究领域的成果,并对未来高速公路建设中需要开展的研究做了展望。

2 青藏高原线形工程对野生动物的影响研究

目前国内外对青藏高原线形工程的野生动物影响方面做了较多研究,主要包括四个方面:道路影响域、动物移动、动物行为以及动物基因交流。以下分述之。

2.1 道路影响域

道路对野生动物的影响域,可理解为道路对路域范围内动物有明显影响的范围,一般数倍于道路本身宽度,且边界是不规则和灰色的。道路对野生动物的影响域,是道路影响域研究的重要内容之一,确定生态学意义上的道路建设野生动物影响域是深入了解道路与野生动物冲突问题的重要组成部分和突破口^[5]。对高原4种有蹄类动物的道路影响域的监测发现,野牦牛(999m±304.17m)、藏野驴(568.39m±83.23m)、藏羚(286.31m±26.73m)和藏原羚(176.97m±14.47m)对道路的回避距离递减^[6];但在迁徙期,藏羚羊在路侧500m密度显著高于1000m~2000m和2001m~3000m,是由于阻隔效应导致的^[7]。青藏铁路公路路侧近处地栖鸟类的种类及数量显著多于远处,可能是由于这些鸟类习惯于人为环境干扰及路侧食物更加丰富的缘故^[8]。

2.2 动物移动

尽管青藏高原生活着多种野生动物,但国内外

道路对野生动物移动的研究几乎都集中于藏羚羊迁徙方面。藏羚羊(*Pantholops hodgsoni*)作为青藏高原特有种、国家一级保护动物,属CITES(濒危野生动植物种国际贸易公约)附录I的严格保护,受到了国内外广泛的关注。对可可西里自然保护区内藏羚羊跨越青藏公路及铁路的监测表明,对其迁移的主要干扰因素为:交通设施自身的屏障作用、人为活动、公路交通流量、未清理施工现场及未恢复植被等^[9];青藏铁路施工期,公路交通流和铁路施工对藏羚羊迁徙造成了严重阻隔,每群藏羚羊穿越公路耗时至少要45min,穿越成功率仅为30.2%。作者建议在晨昏时段停止施工、管理交通流、管理人群的行为和设置动物通道等^[10];藏羚羊穿越公路耗费时间显著高于藏原羚和藏野驴^{[7],[11]}。

2.3 动物行为

在藏羚羊回迁期间,发现藏羚羊穿越动物通道时的觅食、警戒、卧息、移动和“其他”5种类型的行为时间分配为:在穿越通道前与通道距离1000m以外时5种行为时间分配比例分别为59.0%、8.9%、19.6%、11.2%、1.6%,而距离通道在500m附近时分别为17.1%、20.1%、2.1%、59.0%、1.7%,距通道100m以内时则分别为10.5%、69.0%、0.7%、18.3%、1.5%。说明欲通过通道的藏羚羊的警戒和移动行为有极显著($P<0.01$)的提升,觅食和卧息行为有极显著($P<0.01$)下降,“其他”行为没有差异^[12]。将普氏原羚行为分为:站立、移动、觅食、休息,发现休息频率与交通量正相关,觅食和警戒频率与交通量负相关,通过公路建设前后的行为特征的对比发现,觅食、站立和休息已经发生显著变化,研究表明白昼交通已经显著改变了普氏原羚行为^[13]。

2.4 基因交流

采用分子生态学手段进行道路生态学研究在国际仍然属于前沿领域^[14],采用该技术开展青藏高原交通线路对野生动物阻隔效应的研究仅有一例。研究采用7个微卫星标记分析位于青藏公路两侧的4个高原鼠兔种群的遗传变异情况,发现公路同侧种群间平均遗传距离和基因分化系数分别为0.0808和0.0541;异侧种群间平均遗传距离和基因分化系数分别为0.1037和0.0705,公路东侧和西侧的两个种群分别聚为一类。青藏公路对分布于公路两侧的高原鼠兔种群间的基因交流产生了一定的阻隔效应,并导

致种群间出现了一定程度的遗传分化^[15]。

3 青藏高原线形工程野生动物通道设置技术研究

针对青藏公路、铁路对野生动物各种负面影响,研究者提出了一些保护技术与措施,如建议施工车辆停止运行、必要时派出志愿者把守迁徙要道,协助交通管理等^[10]。但设置野生动物通道,仍然是最受国内外关注的、最有效的一项技术^[2]。目前青藏高原线形工程野生动物保护方面的研究,主要是青藏铁路野生动物通道监测,初步监测成果甚至引起国际著名期刊《Nature》的关注^[16]。以下从动物通道设置原则、技术和监测方面综述国内外进展。

3.1 动物通道设置原则

各类型野生动物通道设置原则有类似性,基于国际经验,我们归纳为7大原则:经济性原则、预先设计原则、考虑累计与时滞效应原则、结构综合利用原则、通道尺寸因地制宜原则、景观角度选址原则、确保通道的可持续效应原则^[3,17]。针对青藏高原野生动物特殊性,研究提出了不同类型动物的通道选择原则,通道设计参数等^[2]。

3.2 动物通道设置技术

动物通道设置技术包括:选址、规模、间隔距离、通道类型、设计参数等,我国尚无系统研究。美国蒙大拿州立大学西部交通研究所于2011年编写了北美首部《北美野生动物通道设计和评价指南》,可能是全球首部系统阐述动物通道设置技术的专著^[4]。青藏铁路野生动物通道设置主要根据《野生动物通道专题报告》和《环评大纲》的要求,结合专家的野外实地考察研究,提出通道设计的优化方案。优化后,原来的通道总长度由24916.5m调整为59846.46m,包括33处通道,有桥梁下方、隧道上方及缓坡平交3种形式^[2]。依托“青藏公路生态建设和修复试点工程”,交通运输部科学研究院于2012年设计了青藏公路上的首个藏羚羊下穿式通道,该通道长300m、净高>4m,通道两侧配套设置隔离栅,通道已于2013年底建成。

3.3 动物通道监测

国际上动物通道监测技术包括红外数字相机、沙床、基于DNA方法的毛发搜集装置、标记重捕法、雪踪法、GPS项圈法等,青藏铁路野生动物通道监测目前主要采用定点观测、动态监测、自动录像监测、红外

数字相机、沙床法^[12,16,18,19,20]。对青藏铁路野生动物通道的监测始于2003年,尽管设置了33处野生动物通道,但只有7处通道被藏羚羊利用,藏羚羊穿越通道的日期每年有所提前,穿越通道的数量也在逐年增加,说明藏羚羊对野生动物通道的利用率明显上升^[12],可可西里动物通道利用率最高^[19]。影响动物通道利用的因子有:通道尺寸与类型、通道附近食肉动物、植被条件、通道到公路的距离等^[11,18]。经过多年的学习与适应,藏羚羊已经适应了青藏铁路野生动物通道了^[16]。除了藏羚羊之外,还发现藏野驴、狼、沙狐、藏原羚等动物利用青藏铁路的小桥^[20]。

4 展望

青藏高速公路不同于现有的青藏公路及青藏铁路,其工程规模大,路基高度、路幅宽度、扰动范围等与现有工程不可同日而语,项目对野生动物的影响将更大,野生动物保护技术是青藏高速公路建设中需要研究解决的重大技术难题。

尽管国际上已经开展了野生动物利用动物通道的监测、公路运营对野生动物活动的影响、动物通道的设置等研究,但在青藏高原,多种线形工程叠加作用下对野生动物的影响规律尚不清楚,宽幅路基的野生动物通道研究尚未见报道。

因此,针对未来青藏高速公路建设,我们认为以下四个方面应重点开展研究:

4.1 线形工程叠加作用对野生动物迁徙活动影响研究

基于既有线形工程对野生动物造成影响的现状,研究高速公路叠加之后的生态效应。采用空间代替时间法,搜集青藏公路、铁路等线形工程建设前后野生动物活动及迁徙的数据,采用3S、现场观测、专家咨询等技术,构建工程建设与野生动物活动之间的关系模型,进而预测高速公路线路叠加之后的生态影响,为高速公路布局及方案的确定提供理论依据。

4.2 基于野生动物保护的青藏高速公路合理线位布局及建设形式研究

目前青藏公路、青藏铁路等线形工程对已有野生动物栖息地造成破碎化,如果再增加1条高速公路,破碎化势必会加剧。但如何布局高速公路路线,是远离已有公路和铁路,还是紧贴,合理间距是

多少? 这些都需要开展深入细致地调查和分析。

不同建设形式(整幅新建、旧路利用、分幅新建等)以及建设规模(设计速度、路幅宽度、中央分隔带型式及宽度、道路交叉形式)都会对野生动物活动造成影响。由于很难在野外开展大规模试验,因而主要通过借鉴国际上类似研究的经验、专家咨询,以及现场小规模试验(如搭建不同型式路基与小型野生动物通道组合)来开展研究。

4.3 青藏高速公路动物通道设置技术研究

国内外关于野生动物通道开展了不少研究,但对于青藏高原特有物种的动物通道建设技术还未有深入系统研究。已有研究都集中于青藏铁路动物通道监测方面,在通道设置、设计、监测、评价等方面研究还很薄弱。因此,未来重点开展青藏高速公路动物通道设置、设计、监测、评价、配套设施等研究,以及与青藏铁路动物通道协调技术的研究。

4.4 青藏高原线形工程与野生动物活动相互作用的长期观测研究

不同线形工程特征各异(宽度、高度、扰动范围、交通量等),野生动物对其响应也不同,如地栖鸟类更喜好路侧生境,而大型哺乳动物回避交通干扰。藏羚羊对青藏铁路野生动物通道渐渐适应,但大规模迁徙还局限于可可西里通道,其他野生动物对动物通道是否适应还缺乏长期科学观测。青藏公路首个下穿式动物通道于2013年建成,藏羚羊迁徙能否适应该通道还需持续观测才能回答。近年来,国际上有学者提出分子道路生态学的概念,认为通过分子生物学和分子遗传学的技术,将给道路野生动物生态学研究提供广阔的空间,将为种群稳定性保护提供科学依据。因此,青藏高原线形工程与野生动物活动相互作用是复杂的和长期的,应开展长期的、系统的、科学的跟踪观测,在高原道路生态学领域占据国际学术一席之地。

参 考 文 献:

[1] 孙鸿烈,郑 度,姚檀栋,等. 青藏高原国家生态安全屏障保护与建设[J]. 地理学报, 2012, 67(1): 3-12.
 [2] 国家林业局野生动植物保护司,吴晓民,王 伟等. 青藏铁路建设之野生动物保护[M]. 北京:科学出版社, 2006.
 [3] Forman R, Sperling D, Bissonette J. A, et al, Road ecology: Science and Solution[M]. Island Press, 2003.
 [4] Clevenger A. P, Huijser M. Wildlife crossing structure

handbook-Design and Evaluation in North America[R]. Federal Highway Administration, 2011.

- [5] 孔亚平,王 云,张 峰. 道路建设对野生动物的影响域研究进展[J]. 四川动物, 2011, 30(6): 986-991.
 [6] 连新明,李晓晓,徐 图. 可可西里四种有蹄类动物对道路的回避距离及保护建议[J]. 生态学杂志, 2012, 31(1): 81-86.
 [7] 殷宝法,于智勇,杨生妹,等. 青藏公路对藏羚羊、藏原羚和藏野驴活动的影响[J]. 生态学杂志, 2007, 26(6): 810-816.
 [8] Li Zhongqiu, Ge Chen, Li Jing, et al. Ground-dwelling birds near the Qinghai-Tibet highway and railway [J]. Transportation Research Part D-Transport and Environment, 2010, 15(8): 525-528.
 [9] 夏 霖,杨奇森,李增超,等. 交通设施对可可西里藏羚羊季节性迁移的影响[J]. 四川动物, 2005, 24(2): 147-151.
 [10] 裘 丽,冯祚建. 青藏公路沿线白昼交通运输等人类活动对藏羚羊迁徙的影响[J]. 动物学报, 2004, 50(4): 669-674.
 [11] 殷宝法,淮虎银,张懿铨,等. 青藏铁路、公路对野生动物活动的影响[J]. 生态学报, 2006, 26(12): 3917-3923.
 [12] 孔 飞. 藏羚羊对青藏铁路野生动物通道的适应性及穿越通道时的行为学研究[D]. 西安:西北大学, 2009.
 [13] Li CW, Jiang ZG, Feng ZJ, et al. Effects of highway traffic on diurnal activity of the critically endangered Przewalski's gazelle[J]. Wildlife Research, 2009, 36: 379-385.
 [14] Balkenhol N, Waits L. P. 2009. Molecular road ecology: exploring the potential of genetics for investigating transportation impacts on wildlife. Molecular Ecology, 18: 4151-4164.
 [15] 周 乐,殷宝法,杨生妹等. 青藏公路对高原鼠兔种内遗传分化的影响[J]. 生态学报, 2006, 26(11): 3572-3577.
 [16] Yang QS, Xia L. Tibetan wildlife is getting used to the railway[J]. Nature, 2008, 452(7189): 810-811.
 [17] 王 云,李海峰,崔 鹏,等. 卧龙自然保护区公路动物通道设置研究[J]. 公路, 2007(1): 99-104.
 [18] Xia L, Yang QS, Li ZC, et al. The effect of the Qinghai-Tibet railway on the migration of Tibetan antelope *Pantholops hodgsonii* in Hoh-xil National Nature Reserve, China[J]. Oryx, 2007, 41(3): 352-357.
 [19] 李耀增,周铁军,姜海波. 青藏铁路格拉段野生动物通道利用效果[J]. 中国铁道科学, 2008, 29(4): 127-131.
 [20] 张洪峰,封 托,姬明周,等. 青藏铁路小桥被藏羚羊等高原野生动物利用的监测研究[J]. 生物学通报, 2009, 44(10): 8-10.