

环长白山旅游公路运营期导致的 野生动物致死的初步报道*

王 云¹ 朴正吉² 关 磊¹ 孔亚平¹

(1. 交通运输部科学研究院 北京 100029;

2. 长白山科学研究院 吉林 二道白河 133613)

摘 要 为了解道路交通导致的野生动物致死效应,对毗邻和穿越长白山国家级自然保护区的环长白山旅游公路进行了历时3年的观测。结果显示:从2009-2012年共有63种3475只动物被车辆碾压致死,平均致死率为61.6只/100km。致死两栖类个体数最多,占86.21%。鸟类种数最多,达31种,哺乳类有16种,爬行类和两栖类各有10种和6种。最容易遭受致死的动物是中国林蛙(1826只),东方铃蟾(853只),中华蟾蜍(186只),花鼠(143只),这四种动物占到致死总数的86.56%。致死动物中3种为国家二级保护物种(花尾榛鸡、长尾林鸮、普通鳶),致死最大动物为孢子。交通量与哺乳类、鸟类、爬行类致死率、爬行类种类显著相关($r=0.944, p=0.001$; $r=0.793, p=0.033$; $r=0.979, p=0.000$; $r=0.809, p=0.028$)。建议在动物活动高峰期限制交通量、严格限速,增设标志牌、优化涵洞和桥梁,改善野生动物通道。

关键词 道路致死率 野生动物 交通量 路域 长白山 道路生态学

交通致死野生动物已经被认为是导致野生动物死亡的重要因素之一(Ferreras et al., 1992)。世界各国开展了广泛的观测,主要研究位于北美洲的美国(Roe et al., 2006)、加拿大(Clevenger et al., 2003),欧洲各国(Hartel et al., 2009; Moller et al., 2011),大洋洲的澳大利亚(Ramp et al., 2006),亚洲的日本(Saeki&Mackonald, 2004)、印度(Baskaran&Boominathan, 2010),南美洲的巴西等(Coelho et al., 2008),美国、加拿大甚至建立了国家交通系统层面的统计体系(Sielecki, 2010),用以评估交通对野生动物的影响,以及动物导致的交通事故对交通运营安全的影响。

我国近年来在部分自然保护区公路也开展了动物致死/受伤的调查研究,如四川若尔盖湿地公路对两栖类的大量致死影响,引起了国际组织的关注(Gu et al., 2011),云南思小路亚洲象(*Elephas maximus* Linnaeus)穿越公路导致交通事故引起了社会的关注(Pan et al., 2009),新疆卡拉麦里自然保护区普氏野马(*Equus Przewalskii*)被撞威胁到种群稳定性(张峰等, 2008),长白山区道路对兽类的致死效应等(朴正吉等, 2012)。综合看来,我国缺乏道路对哺乳类、鸟类、两栖类和爬行类影响的综合研究。长白山自然保护区被列为世界自然保留地,属于森林植被和野生动物的重要自然保护区,被国际组织和我国政府列为东北虎野生动物种群恢复的优先区域(李振新等, 2010),2009年通车的环长白山旅游公路有27km毗邻和穿越了自然保护区,该路为吉林省首条国家交通运输部指定的典型勘察设计示范路。因此,开展本路的运营初期野生动物致死的观测,不仅具有典型性,还具有示范性,总结的经验与教训将有助于指导类似区域的公路建设实践。

一、研究区及研究方法

(一) 长白山国家级自然保护区

长白山保护区是世界人与生物圈保护地之一,是我国生物多样性丰富区域之一。动物有

* 基金项目:交通运输部西部交通建设科技项目(2011 318 670 1290; 2010 318 221 009)。

1225 余种, 属国家重点保护动物 59 种, 现存经济价值较高的野生经济动物 20 余种, 主要有国家 I 级重点保护野生动物紫貂 (*Martes zibellina*), 此外还有狍 (*Capreolus pygargus*)、黄鼬 (*Mustela sibirica*) 等, 另外, 国家 I 级重点保护动物东北虎 (*Panthera tigris altaica*) 曾在该地区出现 (陈霞等, 2010)。

(二) 环长白山旅游公路

环长白山旅游公路于 2007 年底开始扩建, 2009 年 10 月通车运行。主要沿着长白山自然保护区环区公路布线, 以利用现有的林道为主。起点为吉林省延边朝鲜族自治州安图县二道白河镇, 终点为白山市漫江镇, 全长 84.132km, 有大约 21km (K10 ~ K31) 与保护区边缘重合, 有约 6km (K31 ~ K37) 穿越了长白山自然保护区实验区。公路采用二级公路标准, 设计行车速度 60km/h, 路基宽度 10 m。

(三) 研究方法

2009 年 4 - 10 月之间我们进行了 7 次随机性调查, 发些大量野生动物致死在刚刚铺完沥青路面的公路上 (主要是两栖类)。我们决定从 2010 年开始进行系统观测。从 2010 年 4 月 - 2012 年 3 月, 2 人每月驾车以低速 (30 ~ 500km/h) 沿着公路搜寻路面致死的动物, 每月至少 2 次, 一般选择月初、月中和月末进行调查, 以免重复记录, 所有调查在白天进行。一旦发些有致死动物, 下车记录种类、数量, 并拍照, 记录种类限于哺乳类、鸟类、两栖类和爬行类。由于进行道路致死调查同时还要进行其他科研工作, 每次调查距离从 20 ~ 84km 不等。

长白山区从 11 月 - 次年 3 月路面基本被雪覆盖, 路面上很难观察到致死动物。因此忽略这段时期的调查。

为了和国际上数据进行横向比较, 我们以每百公里致死个体数来表示致死程度大小。

采用美国进口便携式交通量记录仪器 (NC200) 2 台, 分别布设于 2 个车道上, 每月选择一周完整记录昼夜交通量。

二、结 果

(一) 致死种类与数量

从 2009 年 4 月 - 2012 年 3 月, 共进行了 101 次调查, 总行程达 5641km。记录到 63 种 3475 只动物致死在环长白山旅游公路上, 平均致死率为 61.6 只/100km, 致死最大的动物为狍子。不同类群致死详见表 1。

表 1 环长白山旅游公路野生动物道路致死状况

分 类	种 类	拉丁名	致死数量
两栖类	雨蛙	<i>Hyla arborea</i>	35
	中华蟾蜍 *	<i>Bufo gargarizans</i>	186
	东方铃蟾 *	<i>Bombina orientalis</i>	853
	黑斑蛙 *	<i>Pelophylax igromaculatus</i>	1
	中国林蛙 *	<i>Rana chensinensis</i>	1826
	极北鲵 *	<i>Salamandrella keyserlingi</i>	95

续表 1

分 类	种 类	拉丁名	致死数量
爬行类 reptile	丽斑麻蜥 *	<i>Eremias argus</i>	1
	白条锦蛇 *	<i>Elaphe dione</i>	48
	灰链游蛇	<i>Amphiesma vibakari</i>	1
	蝮蛇	<i>Gloydus halys</i>	13
	红点锦蛇 *	<i>Elaphe rufodorsata</i>	2
	虎斑游蛇	<i>Rhabdophis tigrinus</i>	6
	极北蝮 *	<i>Vipera berus</i>	17
	棕黑锦蛇 *	<i>Elaphe schrenckii</i>	9
	不能识别 (2 种)		2
鸟类 bird	白眉鸫	<i>Turdus obscurus</i>	1
	白腹鸫 *	<i>Turdus pallidus</i>	2
	白鹡鸰 *	<i>Motacilla alba</i>	5
	白眉鹀 *	<i>Emberiza tristrami</i>	17
	白头鹀 *	<i>Emberiza leucocephala</i>	1
	北红尾鹀 *	<i>Phoenicurus aureus</i>	1
	长尾林鸮 II	<i>Strix uralensis</i>	7
	长尾雀 *	<i>Uragus sibiricus</i>	1
	银喉长尾山雀 *	<i>Aegithalos caudatus</i>	4
	赤胸鹀	<i>Emberiza fucata</i>	1
	短翅树莺	<i>Cettia canturians</i>	1
	红尾伯劳 *	<i>Lanius cristatus</i>	1
	红胁蓝尾鸲 *	<i>Tarsiger cyanurus</i>	4
	花尾榛鸡 II	<i>Bonasa bonasia</i>	12
	黄喉鹀 *	<i>Emberiza elegans</i>	16
	灰背鸫 *	<i>Turdus hortulorum</i>	18
	灰腹灰雀 *	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	2
	灰鹡鸰 *	<i>Motacilla cinerea</i>	16
	灰头鹀 *	<i>Emberiza cineracea</i>	51
	家燕 *	<i>Hirundo rustica</i>	1
	黑枕绿啄木 *	<i>Picus canus</i>	1
	(树) 麻雀 *	<i>Passer montanus</i>	4
	煤山雀 *	<i>Parus ater</i>	1
	普通鵟 II	<i>Buteo buteo</i>	1
	普通鹞	<i>Sitta europaea</i>	5
山斑鸠 *	<i>Streptopelia orientalis</i>	1	

续表 1

分 类	种 类	拉丁名	致死数量
鸟类 bird	树鸚 *	<i>Anthus hodgsoni</i>	1
	小鸚鵡 *	<i>Podiceps ruficollis</i>	1
	沼泽山雀 *	<i>Parus palustris</i>	3
	不能识别 (2 种)		2
哺乳类 mammal	远东鼠耳蝠	<i>Myotis bombinus</i>	1
	东北刺猬 *	<i>Erinaceus amurensis</i>	7
	大林姬鼠	<i>Apodemus speciosus</i>	4
	东北兔 *	<i>Lepus mandschuricus</i>	8
	小鼯鼠 *	<i>Petaurista elegans</i>	1
	褐家鼠	<i>Rattus norvegicus</i>	1
	红背 (鼠平)	<i>Clethrionomys rutilus</i>	1
	花鼠 *	<i>Tamias sibiricus</i>	143
	獾 *	<i>Meles meles</i>	2
	黄鼬 *	<i>Mustela sibirica</i>	1
	银鼠 (伶鼬) *	<i>Mustela nivalis</i>	3
	狍 *	<i>Capreolus pygargus</i>	1
	普通鼯鼠	<i>Sorex araneus</i>	6
	缺齿鼯	<i>Mogera robusta</i>	1
	家猫	<i>Felis catus</i>	1
棕背 (鼠平)	<i>Clethrionomys rufocanus</i>	17	
	Total		3475

注：国家 I 级保护动物 (National first-class protected animals)：用“ I ”表示。

国家 II 级保护动物 (National second-class protected animals)：用“ II ”表示。

列入《国家保护的有益的或者有重要经济、科学研究价值的陆生野生动物名录》：用“ * ”表示。

本文所有鸟类命名及分类参照《中国鸟类分类与分布名录》(郑光美, 2005)。

两栖类受公路影响最大, 致死数量达 2996 只, 占有致死数量的 86.21% ; 相对来说, 哺乳类 (198 只, 5.7%)、鸟类 (182 只, 5.24%) 和爬行类 (99 只, 2.85%) 所占比例很小。

从致死种类来看, 鸟类最多, 达 31 种, 哺乳类是 16 种, 爬行类有 10 种, 两栖类种类最少, 只有 6 种。

最容易遭受致死的动物是中国林蛙 (1826 只), 东方铃蟾 (853 只), 中华蟾蜍 (186 只), 花鼠 (143 只)。这 4 种动物占到总致死数的 86.56%。

有 3 种动物为国家 II 级保护物种, 分别是花尾榛鸡 (12 只), 长尾林麝 (7 只) 和普通鳶 (1 只)。

(二) 致死的时间变化特征

由于 2009 年调查为随机性的, 我们重点分析 2010 和 2011 年两年全年的数据。

总体看来, 4、6、8月(约60~80只/100km)致死率显著高于其他月份(约10~35只/100km), 5~9月致死种类都较高, 在20种以上(图1)。鸟类在5~8月致死种类均在10种以上, 哺乳类在9月也接近10种(图2)。在致死率所占比例上, 两栖类在4~9月占据绝对优势, 6月之后, 两栖类所占比重逐渐减小, 哺乳类和爬行类所占比例逐渐增加(图3)。

交通量从384辆/d(4月)上升到1171辆/d(8月)图4)。交通量与哺乳类、鸟类、爬行类致死率、爬行类种类都显著相关(表2)。

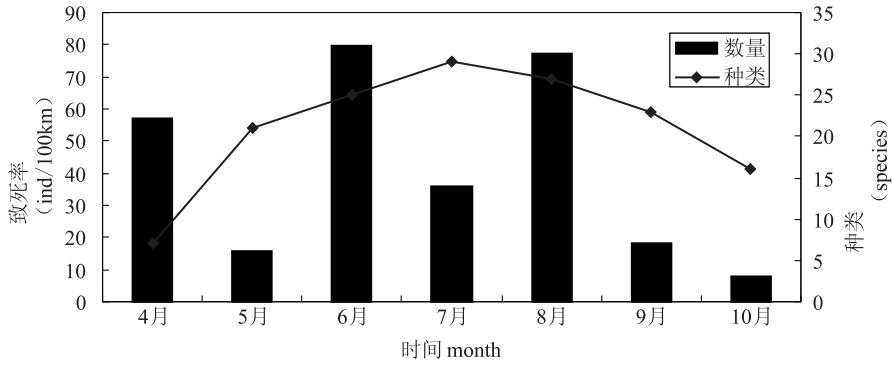


图1 野生动物致死时间分布

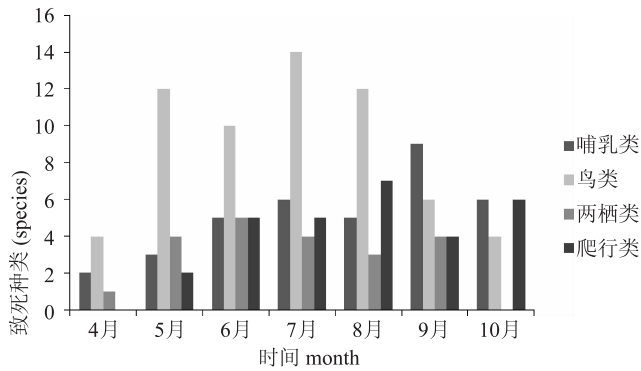


图2 不同类群野生动物致死种类的时间分布

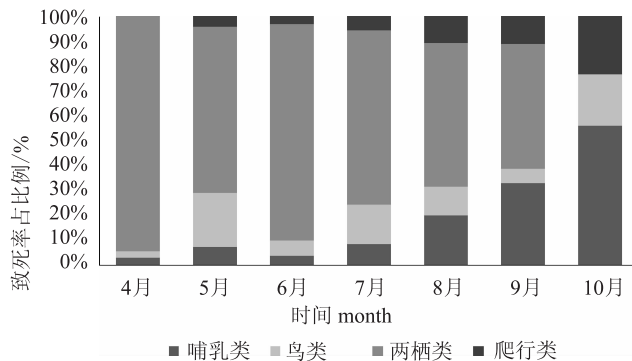


图3 不同类群致死率在各月的分布

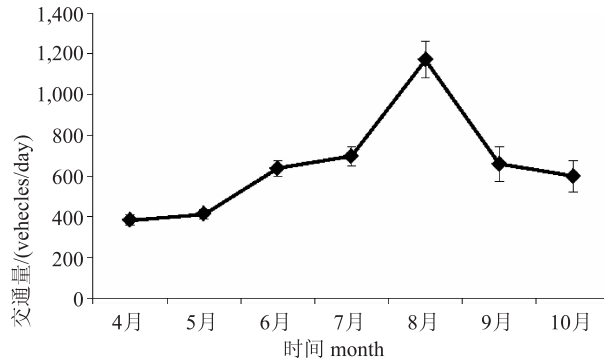


图 4 各月交通量分布

表 2 不同类群致死与交通量的相关性

致死因子	交通量	
	Person	Two-tailed test
哺乳类致死率	0.944 * *	0.001
鸟类致死率	0.793 *	0.033
两栖类致死率	0.158	0.734
爬行类致死率	0.979 * *	0.000
哺乳类种类	0.369	0.415
鸟类种类	0.410	0.361
两栖类种类	0.168	0.719
爬行类种类	0.809 *	0.028

* * 表示在 0.01 水平存在显著相关性 (双尾检验);

* 表示在 0.05 水平存在显著相关性 (双尾检验)。

三、讨论

长白山自然保护区目前有 8 种两栖类、13 种爬行类、193 种鸟类和 56 种哺乳类 (长白山保护区监测报告, 内部资料)。因此, 环长白山旅游公路致死两栖类种类占到保护区的 75%, 爬行类占 76.92%, 鸟类占 16.06%, 哺乳类占 28.75%。道路致死的两栖类和爬行类几乎囊括了保护区的绝大多数种类。朴正吉通过对长白山保护区 2 条道路的监测发现, 路面致死兽类占保护区兽类的 27%, 这与本研究结果类似 (朴正吉等, 2012)。国外研究发现, 道路路域野生动物种类往往较多, 如荷兰有 50% 的蝴蝶栖息地在路域环境 (Bekker et al., 1995), 英国兽类种类的 40%, 20% 的鸟类, 100% 的爬行类和 83% 的两栖类生活在路域栖息地 (Way, 1977)。环长白山旅游公路路面致死动物的高的种类丰富度与国际研究结果类似。

本路道路致死率为 61.6 只/100km, 高于美国南部草原的兽类致死率 8.5/100km (Patten&Patten, 2008), 接近于印度热带雨林公路致死率 72.58 ind/100km (Baskaran & Boominathan, 2010), 但明显低于巴西热带雨林公路 408 ind/100km (Coelho et al., 2008)。实际上, 由于环长白山旅游公路致死大多为小型动物, 在车辆碾压之后风吹日晒, 很难辨认; 加上路域一些食腐动物和食肉动物常常会及时将尸体吃掉; 夏季长白山区多雨, 一些尸体被雨淋和冲刷远离

路面；还有一些动物在车撞之后不一定立即死亡，往往移动一定距离之后才死亡，还有一些鸟类被车辆撞击之后往往飞入路侧草丛中，被忽略统计（Ramp et al. , 2006; Coelho et al. , 2008; Grilo et al. , 2009）。因此，我们的统计数值肯定偏小。另外，本路刚刚通车，交通量并不大，但致死率已经接近于印度热带雨林公路，值得我们重视。

两栖类体型小、移动缓慢、容易遭受车辆致死（Baskaran&Boominathan, 2010）。路域两栖类密度、环境特征、交通量、道路宽度、生活史等都对两栖类致死有着显著影响（Fahrig et al. , 1995; Mazerolle, 2004; Hartel et al. , 2009; Gu et al. , 2011）。本路两栖类主要在 K10 ~ K18 段和 K50 ~ K66 段路侧水泡中产卵繁殖，后集中穿越公路，导致大量致死。因此，长白山区两栖类定期集中迁徙的生活史决定了高的致死程度。中国林蛙一年中有 6 个生活阶段，即春季出蛰期、产卵繁殖期、生理休眠期、陆地生活期、入蛰期及冬季越冬期，整个阶段有两次移动过程。一个是从水生境到陆地，另外一个是从陆地到水环境的移动过程，这两个过程一般要通过公路。在长白山，两栖类移动从时间上有一定规律，中国林蛙春季集中移动时间发生在每年的 4 - 5 月，进入秋季随着气温下降，开始向河流越冬地移动。移动时间在 8 月中旬至 9 月末，集中迁移时间在 9 月上旬。因此，两栖类生活史与交通量综合决定了两栖类的大量致死。环长白山旅游公路上要减少对两栖类的致死影响，我们建议在集中迁移路段上设置减速或季节性限时行驶标示牌，确定迁移时段限制雨天和夜间行驶的公路管理对策。长远看来应增设两栖类专用通道，可结合涵洞和桥梁改造来进行。

交通量对鸟类致死率有着显著的作用。国外研究的共识是，车辆速度是鸟类致死的最重要原因（Kociolek et al. , 2011）。尽管我们没有分析车辆速度与鸟类致死的关系，但根据现场目测，多数车辆速度远远超过本路设计时速 60km/h，据我们目测估计在 100km/h 左右。因此，车速与交通量共同决定了鸟类致死率。另外，本路致死的 3 种国家级保护物种都是鸟类，花尾榛鸡喜欢在路域活动，路域施工遗留的沙砾和粗土，为其提供了天然“浴场”，但花尾榛鸡飞翔能力较弱，易被致死，研究期间有 12 只花尾榛鸡被车辆撞死在公路上；长尾林鸮主要受夜间交通量影响，本路夜间交通量很小，但死亡数量已达 7 只。

哺乳类致死物种多为夜行性动物，但花鼠为昼行性动物，致死率最高，主要在 8 月。可能的原因有：①8 月公路两侧多数种子植物结实，吸引花鼠前来取食；②8 月交通量最大，为长白山旅游高峰季节，游客沿路丢弃大量垃圾，也会吸引花鼠。本研究显示交通量是哺乳类致死的重要因素，朴正吉认为动物的昼夜活动习性是造成兽类死亡的重要原因（朴正吉等，2012），如花鼠主要在白天活动，本路白昼交通量远大于夜间交通量，因此造成了大量致死。

在温带，获取足够的热量是蛇类最主要的任务之一，因此北美和欧洲的研究结果多数显示温度是影响蛇类的首要因素（孙戈 & 张立，2010）。长白山自然保护区位于温带，公路黑色沥青路面能吸收大量太阳辐射，在寒冷天气变得很暖和，会吸引蛇类，本研究显示爬行类种类与致死率都与交通量显著相关，虽然本文没有分析致死率与气温的关系，但我们估计蛇类的生活习性与交通量共同决定了蛇类在环长白山旅游公路易被致死的后果。

总体来看，本路致死动物多为小型动物，不能够对交通安全构成威胁，这与欧美不同，他们的道路致死问题导致了許多交通事故和经济损失（Huijser et al. , 2009），交通部门不得不重视。而本路致死的大型动物非常少，这可能也是道路致死问题难以唤起交通部门重视的原因之一。但一些国家级保护物种的死亡带来的社会反响，以及交通部门日益自觉的环境意识的提高，必将有助于交通部门建设与野生动物环境友好的交通工程。

参 考 文 献

[1] 陈霞, 王绍先, 王振国. 长白山保护开发区生物多样性保护、可持续发展 [M]. 长春: 吉林科技出版

- 社, 2010.
- [2] 李振新, Zimmermann F, Hebblewhite M. 等. 中国长白山区东北虎潜在栖息地研究 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2010.
- [3] 朴正吉, 金永焕, 李善龙, 等. 长白山自然保护区兽类道路交通致死的初步分析 [J]. 兽类学报, 2012, 32 (2): 1-10.
- [4] 孙戈, 张立. 西双版纳小磨公路及其周边道路对蛇类活动的影响 [J]. 生态学报, 2010, 30, (24): 7079-7086.
- [5] 张峰, 胡德夫, 陈金良, 等. 为放归野马开辟安全通道 [J]. 大自然, 2008, 3: 14-16.
- [6] Baskaran N, Boominathan D. Road kill of nimals by highway traffic in the tropical forests of Mudumalai Tiger Reserve, southern India [J]. Journal of Threatened Taxa, 2010, 12 (3): 753-759.
- [7] Bekker H B, Hengel V, Bohemen V, et al. Nature across Motorways. Delft, Netherlands: Ministry of Transport, Public Works and Water Management. 1995.
- [8] Clevenger A P, Chruszcz B, Gunson K E. Spatial patters and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations [J]. Biological Conservation, 2003, 109: 15-26.
- [9] Coelho I P, Kindel A, Coelho A V P. Roadkills of vertebrate species on two highways through the atlantic forest biosphere reserve, southern Brazil, European Journal of Wildlife Research, 2008, 54: 689-699.
- [10] Fahrig L, Pedlar J H, Taylor P D, et al. Effect of road traffic on amphibian density [J]. Biological Conservation, 1995, 74: 177-182.
- [11] Ferreras P, Aldama J J, Beltran J F, et al. Rates and causes of mortality in a fragmented population of Iberian lynx *Felis pardini* Temminck [J]. Biological Conservation, 1992, 61: 197-202.
- [12] Grilo C, Bissonette J A, Reis M S. Spatial-temporal patterns in Mediterranean carnivore road casualties: Consequences for mitigation [J]. Biological Conservation, 2009, 142: 301-313.
- [13] Gu H J, Dai Q, Wang Q, et al. Factors contributing to amphibian road mortality in a wetland [J]. Current Zoology, 2011, 57 (6): 768-774.
- [14] Hartel T, Moga C I, Ollerer K, et al. Spatial and temporal distribution of amphibian road mortality with a *Rana dalmatina* and *Bufo* predominance along the middle section of the Tarnava Mare basin, Romania, North-Western Journal of Zoology, 2009, 5 (1): 130-141.
- [15] Huijser M P, Duffield J W, Clevenger A P, et al. Cost-Benefit analyses of mitigation measures aimed at reducing collisions with large ungulates in the United States and Canada; a Decision Support Tool. Ecology and Society, 2009, 14 (2): 15.
- [16] Kociolek A V, Clevenger A P, Clair C C, et al. Effects of road networks on Bird populations, Conservation Biology, 2011, 25 (2): 241-249.
- [17] Mazerolle M J. 2004. Amphibian road mortality in response to nightly variation in traffic intensity [J]. Herpetologica, 60: 45-53.
- [18] Moller A P, Erritzoe H, Erritzoe J. A behavioral ecology approach to traffic accidents: Interspecific variation in causes of traffic casualties among birds [J]. Zoological Research, 2011, 32 (2): 115-127.
- [19] Pan W J, Lin L, Luo A D, et al. Corridor use by Asia Elephants, Integrative Zoology, 2009, 4: 220-231.
- [20] Patten B D S, Patten M A. Diversity, Seasonality and Context of Mammalian Roadkills in the Southern Great Plains [J]. Environmental Management, 2008, 41: 844-852.
- [21] Ramp D, Wilson V K, Croft D B. Aseessing the impacts of roads in peri-urban reserves: Road-based fatalities and road usage by wildlife in the Royal National Park, Now south Wales, Australia, biological conservation, 2006, 129: 348-359
- [22] Roe J H, Gibson J, Kingsbury B A. Beyond the wetland border: Estimating the impact of roads for two species of water snakes, Biological Conservation, 2006, 130: 161-168.
- [23] Saeki M, Mackonald D W. The effects of traffic on the raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides viverrinus*) and other mammals in Japan [J]. biological conservation, 2004, 118: 559-571.

-
- [24] Sielecki, L. E. Wildlife accident monitoring and mitigation in British Columbia; WARS 1988 – 2007; special annual report. -Department of Transportation and Infrastructure, British of Columbia. 2010.
- [25] Way J M. Roadside verges and conservation in Britain; a review [J] . Biological Conservation 1977, 12 (1): 65 – 74.

环长白山旅游公路运营期导致的野生动物致死的初步报道

作者: [王云](#), [朴正吉](#), [关磊](#), [孔亚平](#)

作者单位: [王云,关磊,孔亚平\(交通运输部科学研究院 北京100029\)](#), [朴正吉\(长白山科学研究院 吉林二道白河133613\)](#)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Conference_8178433.aspx