

道路及道路施工对若尔盖高寒湿地小型兽类及鸟类生境利用的影响

戴强^{1,2} 袁佐平³ 张晋东^{1,2} 杨勇⁴ 张明⁴ 张强⁴
顾海军^{1,2} 刘志君¹ 蹇依⁵ 王跃招^{1*}

1 (中国科学院成都生物研究所, 成都 610041)

2 (中国科学院研究生院, 北京 100049)

3 (北京师范大学生命科学学院, 北京 100875)

4 (若尔盖国家级湿地保护区管理局, 若尔盖 624500)

5 (四川省交通厅交通勘察设计院, 成都 610041)

摘要: 为考察道路和道路施工对若尔盖高寒泥炭湿地野生动物的影响, 我们在穿过若尔盖湿地的2条道路两侧, 对距道路不同距离的小型兽类和鸟类分布进行了调查, 其中小型兽类调查深度距离公路800 m, 鸟类调查深度距离公路400 m。施工中的国道213线路两侧黑唇鼠兔(*Ochotona curzoniae*)洞穴高密度区域离道路更远, 在道路两侧400 m处达到峰值, 极显著高于距离道路10 m处的密度; 而在正常运营中的省道209线两侧, 其洞穴密度在200 m处达到最高值, 与其他距离的洞穴密度没有显著性差异。无论在国道213线还是省道209线, 道路对高原鼢鼠(*Myospalax baileyi*)洞穴分布的影响均未达到显著性水平。在正常运营的省道209线两侧, 高原鼢鼠土堆密度最高区域为距离道路100 m处; 而施工的道路两侧高原鼢鼠土堆密度最高区域则出现在距离道路10 m处, 第二高峰出现在距离道路400 m处。雀形目和隼形目鸟类的分布均呈现距离道路越远密度越高的趋势, 但是只有距离道路400 m处雀形目鸟类的密度显著高于50 m与200 m处; 距离道路不同距离的样线中隼形目鸟类密度和物种丰富度没有显著性差异。由此可以看出, 施工中的道路对黑唇鼠兔的影响区域比正常运营的道路更宽, 其公路效应域达到400 m, 400 m的调查深度对鸟类尤其是隼形目鸟类来说可能还略有不足。但是, 根据此深度的调查可以确定施工中的国道213线雀形目和隼形目鸟类的公路效应域宽度大于400 m。

关键词: 人类活动, 道路施工, 高寒湿地, 鸟类, 兽类, 生境

Road and road construction effects on habitat use of small mammals and birds in Zoige alpine wetland

Qiang Dai^{1,2}, Zuoping Yuan³, Jindong Zhang^{1,2}, Yong Yang⁴, Ming Zhang⁴, Qiang Zhang⁴, Haijun Gu^{1,2}, Zhijun Liu¹, Yi Jian⁵, Yuezhao Wang^{1*}

1 Chengdu Institute of Biology, The Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041

2 Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049

3 College of Life Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875

4 Management Bureau of Zoige Wetland National Nature Reserve, Zoige 624500

5 Sichuan Institute of Communication Surveying and Design, Sichuan Province Communications Department, Chengdu 610041

Abstract: To investigate the effects of road and road construction on habitat use of wildlife, we surveyed the distribution of small mammals and birds in the vicinity of two roads, one operational and one under construction, in Zoige alpine wetland, Sichuan. To investigate mammals, average herb height and herb coverage, we set up eight plots on each side of the two roads. In each plot, we set up seven subplots at various distances,

i.e. 10 m, 20 m, 50 m, 100 m, 200 m, 400 m, and 800 m away from the roads. In each subplot we established three 10 m×10 m grids. We counted burrows of *Ochotona curzoniae* and mounds of *Myospalax baileyi* to calculate density. We also set up eight plots on one side of the road under construction to record the species and number of birds. In each plot, we set up 500 m-long-transects at distances of 50 m, 200 m, and 400 m away from the road. The results showed that the average density of burrows of *O. curzoniae* peaked in grids 400 m from edge of road under construction where it was significantly higher than that of grids 10 m from road edge. However, for operational road, the average density of burrows was highest in grids 200 m from road edge, and no significant differences were found among grids at different distances. As for the density of mounds of *M. baileyi*, there was no significant difference among the grids at different distances from both roads. The average density of mound of *M. baileyi* peaked in grids 100 m from working road edge, while it peaked in grids 10 m from edge of road under construction. In general, the density of both Passeriformes and Falconiformes birds tended to increase with the distance away from the roads while this trend was not found in bird richness. The Passeriformes birds were significantly denser in transects at 400 m than in those at 200 m and 50 m, whereas the Falconiformes birds showed no significant variation. In conclusion, the road-effect zone for *Ochotona curzoniae* is 400 m wide, whereas for birds, especially Falconiformes, it is wider than 400 m.

Key words: human activity, alpine wetland, road construction, bird, mammals, habitat

近年来, 道路对野生动物和生态系统的影响在国际上已经得到广泛的关注和研究, 但国内这方面的研究还几乎没有(胡忠军等, 2005)。道路建设对野生动物的影响体现在: (1)直接占用大面积的野生动物生境; (2)形成屏障, 阻碍动物迁徙和种群交流, 导致野生动物生境片断化(Vos & Chardon, 1998); (3)道路交通压死或者撞死野生动物(Taylor & Goldingay, 2004); (4)为外来物种进入提供便利(Seabrook & Dettmann, 1996); (5)道路和交通产生的物理(如噪音、灯光、微气候)、化学污染(如化冻盐、石油物质、重金属离子)还能改变道路周边生境的物理、化学条件(Forman & Alexander, 1998; Trombulak & Frissell, 2000); 此外, 道路的修筑还能改变当地的地下水和地表水分布(Forman & Alexander, 1998), 最终导致道路周边生境中动物组成的变化(Reijnen & Foppen, 1994; Forman & Deblinger, 2000; Carr & Fahrig, 2001; Houlahan & Findlay, 2003)。

若尔盖湿地位于青藏高原东缘, 是我国最大的高寒泥炭湿地, 同时也是一个“脆弱的草甸原始牧业—沼泽—沙地生态系统”, 其生态环境的变化直接影响以本区域为源头的长江、黄河两大流域的生态安全(雍国玮等, 2003)。在若尔盖湿地国家级自然保护区周边有两条道路通过: 国道213线(G213)和省道209线(S209)。其中, 国道213线正在扩建施工之中。为考察道路对若尔盖湿地野生动物的影响, 我们于2005年5—6月对距离道路不同距离的小型兽类和鸟类分布进行了调查。

1 方法

1.1 研究区域

若尔盖湿地国家级自然保护区位于四川省阿坝藏族羌族自治州若尔盖县境内, 北纬33°25′–34°00′, 东经102°29′–102°59′, 海拔3,400–3,700 m。保护区总面积1,666 km²。国道213线和省道209线分别沿保护区东缘和南缘通过。我们于2005年5月下旬至6月上旬对若尔盖保护区国道213线和省道209线两侧小型兽类和鸟类的分布进行了调查(图1)。

1.2 样地设置与调查方法

小型兽类调查: 在国道213线和省道209线外侧各设置8个样地, 每块样地中距离道路边缘10 m、50 m、100 m、200 m、400 m、800 m处各设置3个10 m×10 m样格(图2A), 记录样格内高原鼯鼠(*Myospalax baileyi*)土堆数量和黑唇鼠兔(*Ochotona curzoniae*)洞穴数, 以之作为反映这两种动物的活动分布的间接指标。同时记录样格内草本层均高、盖度。

由于本文主要考察道路对动物分布的影响, 因此所选样地生境基本均一, 以排除不同生境差异的影响。这两种小型兽类调查一般需要通过洞穴系数或者土丘系数确定个体数量, 但是本文用于分析的是每一样格中洞穴(土丘)数占该样地所有样格总洞穴(土丘)数之百分比, 因此不需要考虑洞穴(土丘)系数。

鸟类调查: 在国道213线两侧共设置样地8个, 生境为季节性沼泽, 调查期间沼泽无积水, 有大量

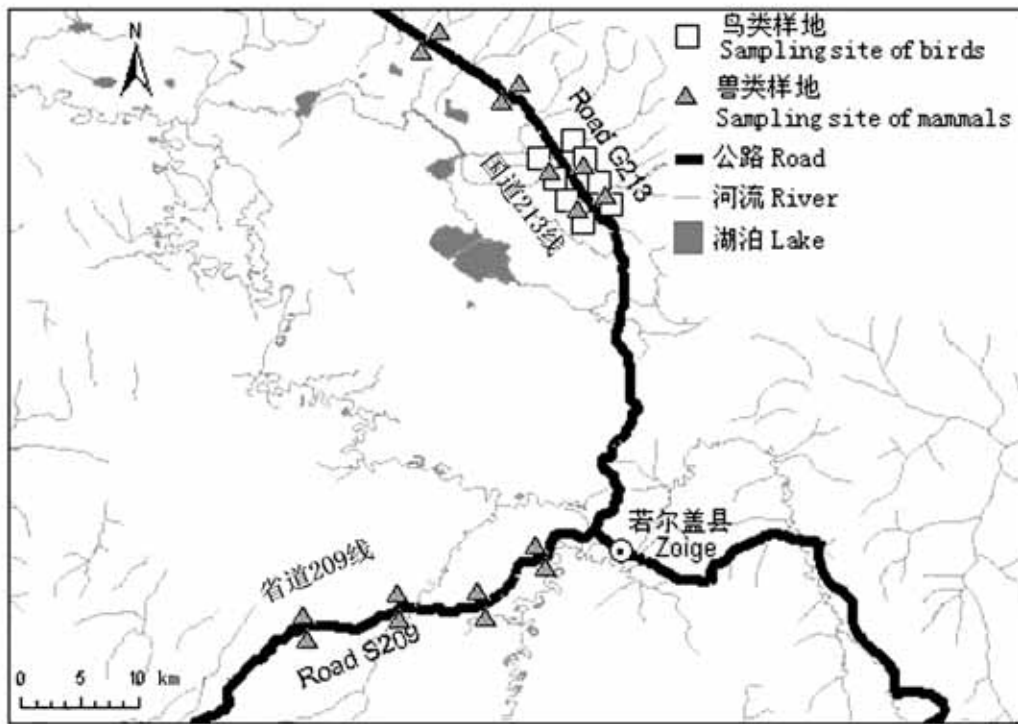


图1 若尔盖湿地主要公路与研究样地分布
省道209线: 正常运营; 国道213线: 施工中
Fig. 1 Main roads in Zoige wetland and location of study sites
Road S209, Operational road; Road G213, Under construction

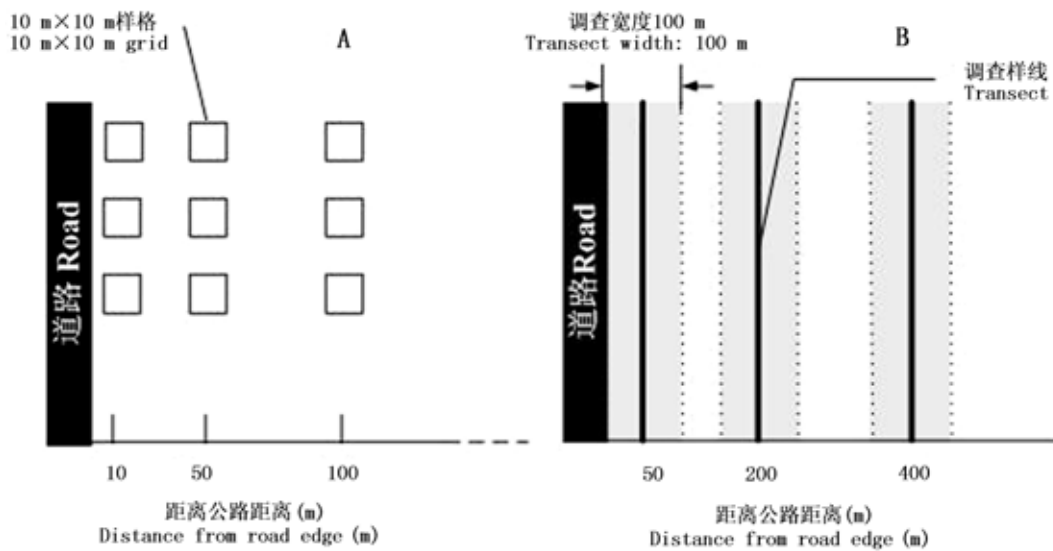


图2 小型兽类样地中样格设置(A)和鸟类调查样线设置(B)
Fig. 2 Distribution of sampling grids for small mammals (A) and transects for birds survey (B)

草丘分布。在每个样地距离道路边缘50 m、200 m、400 m处各设置一条长500 m与道路平行的样线(图2B)。样线总宽度100 m, 记录样线内的鸟类种类和数量。由于本文所选样地生境均一, 距离道路800 m左右的生境多山坡草地, 不能提供足够长度的无积水季节性沼泽生境, 故未进行样线调查。

草地鸟类调查时样线面积一般至少需要20–25 hm^2 , 而样线宽度(全宽)至少需要200 m(Reijnen *et al.*, 1996)。但在若尔盖草地上, 我们发现50 m外即难以准确统计小型地面活动鸟类, 因此本研究选取两侧各50 m的样线宽度。而且调查时正处于鸟类繁殖后期, 鸟类活动区域较为稳定, 因此并不需要很宽的样线。每个样地的所有样线调查均在1 h内完成, 以确保同一样方中的各条样线有很好的可比性。调查中虽然也曾记录到棕头鸥(*Larus brunnicephalus*), 但是均为横穿样线飞行经过, 并未利用该处生境, 故不纳入分析。

1.3 数据分析

每个调查样地作为1个区块(block), 由于本文考察的是距离道路不同距离样方(样线)中动物密度的差异, 为排除不同区块之间的差异, 比较的是距离道路不同距离的样方(样线)中动物数量占区块中总数量的百分比。在小型兽类数据分析中, 如果某一区块中完全没有鼠兔洞穴或者鼢鼠土堆, 则该区块数据不用于分析。小型兽类分布数据通过通用线性模型分析(GLM), 道路距离作为固定效应, 区块作为随机效应, 而草本层均高和盖度作为协变量。鸟类分布数据使用ANOVA分析。所有百分比数据开平方根并反正弦转换后用于分析。

2 结果

2.1 小型兽类

国道213线的样地中, 鼠兔洞穴密度最高峰出现在距离公路400 m处。距离道路距离对鼠兔洞穴分布有显著性作用; 而草均高和草盖度对鼠兔洞穴分布没有显著性作用; 不同区块之间鼠兔洞穴分布也无显著性差异(表1, 图3)。LSD分析表明, 距离道路400 m处鼠兔洞穴密度比例极显著高于距离道路10 m处和800 m处(LSD 检验, $P < 0.01$), 而其他各处鼠兔洞穴密度没有显著差异。

国道213线的样地中, 鼢鼠土堆密度最高峰出

现在距离公路10 m处, 第二高峰出现在400 m处。距离道路距离、草均高和草盖度对鼢鼠土堆密度没有显著性作用; 不同区块之间鼢鼠土堆密度也无显著性差异(表1, 图3)。距离道路800 m处鼢鼠土堆密度甚至显著低于距离道路10 m和100 m处(LSD检验, $P < 0.05$)。

省道209线的样地中, 鼠兔洞穴密度最高峰出现在距离公路200 m处, 而鼢鼠土堆密度最高峰出现在100 m处。距离道路距离、草均高和草盖度对鼠兔洞穴和鼢鼠土堆分布也没有显著性作用; 不同区块之间鼠兔洞穴分布亦无显著性差异(表1, 图3)。LSD检验表明距离道路不同距离的鼠兔洞穴和鼢鼠土堆密度比例之间没有显著性差异(LSD 检验, $P > 0.05$)。

2.2 鸟类

除棕头鸥外, 在样线中共记录到9种鸟类: 大

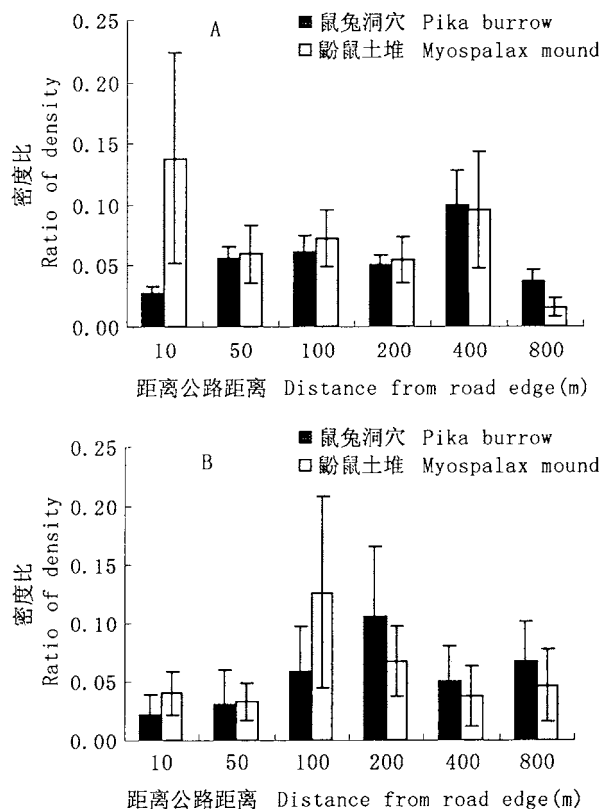


图3 距离国道213线(A)和省道209线(B)不同距离的小型兽类分布

Fig. 3 Distribution of *Myospalax baileyi* and *Ochotona curzoniae* at different distances from edge of Road G213 (A) and Road S209 (B).

表1 鼠兔洞穴数量比例与鼢鼠土堆数量比例单变量分析

Table 1 Summary of univariate analyses for the effects of distance from road edge, blocks, grass height and coverage on ratios of burrow density and mound density

环境因子 Environmental factors	自由度 df	均方 Mean square	F
国道213线 Road G213			
鼠兔洞穴比 Ratios of burrow density			
截距 Intercept	1	0.0227	1.2478
道路距离 Distance from road edge	5	0.0455	2.5371*
区块 Blocks	6	0.0287	1.6009
草均高 Average herb height	1	0.0129	0.7175
草盖度 Herb coverage	1	0.0367	2.0447
鼢鼠土堆比 Ratios of mound density			
截距 Intercept	1	0.0053	0.1155
道路距离 Distance from road edge	5	0.0812	1.7923
区块 Blocks	5	0.0630	1.3889
草均高 Average herb height	1	0.0020	0.0449
草盖度 Herb coverage	1	0.0319	0.7032
省道209线 Road S209			
鼠兔洞穴比 Ratios of burrow density			
截距 Intercept	1	0.0555	1.0709
道路距离 Distance from road edge	5	0.0261	0.5021
区块 Blocks	2	0.0222	0.4275
草均高 Average herb height	1	0.0088	0.1694
草盖度 Herb coverage	1	0.0052	0.1007
鼢鼠土堆比 Ratios of mound density			
截距 Intercept	1	0.0030	0.0658
道路距离 Distance from road edge	5	0.0298	0.6576
区块 Blocks	2	0.0490	1.0818
草均高 Average herb height	1	0.0000	0.0007
草盖度 Herb coverage	1	0.0001	0.0016

*, $P < 0.01$

鵟(*Buteo hemilasius*)、高山兀鹫(*Gyps himalayensis*)、黑耳鸢(*Milvus lineatus*)、大嘴乌鸦(*Corvus macro-rhynchos*)、白腰雪雀(*Pyrgilauda taczanowskii*)、小云雀(*Alauda gulgula*)、角白灵(*Eremophila alpestris*)、褐背拟地鸦(*Pseudopodoces humilis*)和树麻雀(*Passer montanus*)。

距离道路不同距离的样线中雀形目鸟类密度比例存在显著性差异(表2, 图4), 其中距离道路400 m样线中的雀形目鸟类密度极显著高于50 m和200 m样线(LSD, $P < 0.01$); 而不同距离样线中的隼形目鸟类密度和物种丰富度均不存在显著性差异。

3 讨论

道路效应区(road-effect zone)是指道路对周围环境生态影响的范围; 不同的动物受到影响的范围差别可能很大, 从几十米到数百米不等, 而这种效应还受道路类型、周围景观等因素的影响(Forman & Alexander, 1998)。相对未施工的道路而言, 道路施工的作用虽然持续时间相对较短, 但是其作用却可能更为强烈: 道路施工会导致道路两侧噪音、粉尘污染大量增加, 而大型工程车辆频繁往来作业, 其尾气污染可能也远大于普通的道路客、货运输车

表2 距离国道213线不同距离鸟类分布的ANOVA分析

Table 2 Summary of ANOVA for the effects of distance from road edge on distribution of birds

环境因子 Environmental factors	自由度 df	均方 Mean square	F
雀形目鸟类密度比 Ratio of Passeriformes birds density	2	0.2297	12.4154*
隼形目鸟类密度比 Ratio of Falconiformes birds density	2	0.3897	1.1334
物种丰富度比 Ratio of species richness	2	0.1509	1.0078

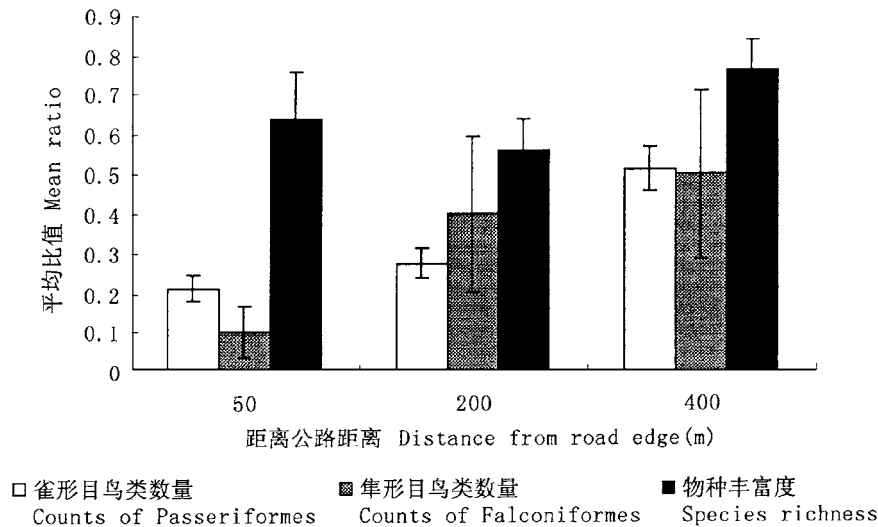
* F test, $P < 0.01$ 

图4 距离国道213线不同距离的鸟类分布

Fig. 4 Distribution of birds at different distances from edge of Road G213

辆。因此道路施工的效应区域可能会比未施工的道路效应更宽。

虽然过高密度的高原鼢鼠与黑唇鼠兔可能是若尔盖的牧场的重要威胁之一,但是这两种动物分布广泛,而且后者更是青藏高原的关键物种(Smith & Fogglin, 1996),通过研究道路对其分布格局的影响,有助于我们了解道路对若尔盖生态系统的作用。相对未施工的省道209线而言,施工中的国道213线两侧黑唇鼠兔洞穴密度高峰距离道路更远,在400 m处达到峰值,极显著高于距离道路10 m处;而在正常运营中的省道209线黑唇鼠兔洞穴密度最高值处与其他距离的洞穴没有显著性差异。这说明道路建设较单纯的道路与交通对黑唇鼠兔的影响更大,黑唇鼠兔在一定程度上避免选择施工道路附近的生境。

无论在国道213线还是省道209线,道路对高原鼢鼠土堆分布的影响均未达到显著性水平。这可能

是由于鼢鼠几乎只在地下活动,道路对其影响相对较小。在省道209线两侧,高原鼢鼠土堆密度最高区域为距离道路100 m处;而国道213线土堆密度最高区域则出现在距离道路10 m处,第二高峰出现在距离道路400 m处。国道213线距离道路10 m处高原鼢鼠土堆密度相对较高,这可能与该区域黑唇鼠兔活动密度较低有一定关系。因为虽然黑唇鼠兔主要取食地表食物而高原鼢鼠主要在地下活动取食,但是彼此还是可能存在竞争。张堰铭等(1998)的研究亦表明,灭杀黑唇鼠兔可引起高原鼢鼠种群数量的增长,这意味着两个物种间确实存在一定的竞争关系。

在距离道路800 m处的黑唇鼠兔和高原鼢鼠洞穴/土丘密度有所降低,类似的趋势在若尔盖两栖类(戴强等,未发表数据)和关于森林道路对两栖类分布的影响的研究中也有发现(Marsh & Beckman, 2004)。这可能是由于远离道路的区域物种多样性上

升,特别是对道路更为敏感的大中型捕食性动物的活动增加导致这些物种的密度降低,在本研究中亦确实发现隼形目鸟类密度在50–400 m间呈现增加趋势。

雀形目和隼形目鸟类的分布均呈现距离道路越远密度越高的趋势,但是只有距离道路400 m处雀形目鸟类的密度显著高于50 m与200 m处。距离道路不同距离的样线中隼形目鸟类密度未能呈现显著性差异,这可能是由于猛禽活动范围较宽,400 m的调查深度不能有效反映出其生境利用格局,更大的调查范围可能有助于更好地显示道路对这些猛禽生境利用的影响。此外,紧靠道路两侧保留的专供猛禽筑巢、休憩用的废弃电线杆也对猛禽有一定的吸引效应,在调查区域内,有2个大鸺巢就筑在这种电线杆上。这可能也是导致距离道路10 m处隼形目鸟类活动较为频繁的原因之一。

本文仅仅调查了若尔盖2种小型兽类和部分鸟类活动受道路影响的范围,调查样地远不能覆盖两条道路在若尔盖的全线,而调查深度也仅仅局限于小型兽类800 m、鸟类400 m。由于在距离道路400 m处,雀形目和隼形目鸟类的分布仍然呈上升趋势,因此我们还不能确定施工中的道路对鸟类的影响区域究竟有多大。某些对道路更为敏感的动物(如某些大型兽类和鸟类)受到的影响还不能通过这一研究体现出来。

由于道路效应区的存在,路基直接占用面积仅仅是道路生态影响范围中的很小一部分。当我们在环境敏感区域修筑道路时,应该针对当地生境和物种组成考察道路效应区大小,在此基础上合理确定道路通过区域,减少对当地生态系统的影响。

致谢: 感谢四川省交通厅交通勘察设计研究院对本研究的支持。

参考文献

- Carr LW, Fahrig L (2001) Effect of road traffic on two amphibian species of differing vagility. *Conservation Biology*, **15**, 1071–1078.
- Forman RTT, Alexander LE (1998) Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **29**, 207–231.
- Forman RTT, Deblinger RD (2000) The ecological road-effect zone of a Massachusetts (USA) suburban highway. *Conservation Biology*, **14**, 36–46.
- Houlahan JE, Findlay CS (2003) The effects of adjacent land use on wetland amphibian species richness and community composition. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **60**, 1078–1094.
- Hu ZJ (胡忠军), Yu CQ (于长青), Xu HF (徐宏发), Wang Y (王滢) (2005) Ecological effects of roads on terrestrial animals. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), **24**, 433–437. (in Chinese with English abstract)
- Marsh DM, Beckman NG (2004) Effects of forest roads on the abundance and activity of terrestrial salamanders. *Ecological Applications*, **14**, 1882–1891.
- Reijnen R, Foppen R (1994) The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. 1. Evidence of reduced habitat quality for willow warblers (*Phylloscopus trochilus*) breeding close to a highway. *Journal of Applied Ecology*, **31**, 85–94.
- Reijnen R, Foppen R, Meeuwse H (1996) The effects of traffic on the density of breeding birds in Dutch agricultural grasslands. *Biological Conservation*, **75**, 255–260.
- Seabrook WA, Dettmann EB (1996) Roads as activity corridors for cane toads in Australian. *Journal of Wildlife Management*, **60**, 363–368.
- Smith AT, Foggini JM (1996) The plateau pika is a keystone species for biodiversity on the Tibetan Plateau. In: *Conserving China's Biodiversity (II)* (eds Schei PJ, Wang S, Xie Y), pp.211–221. China Environmental Science Press, Beijing.
- Taylor BD, Goldingay RL (2004) Wildlife road-kills on three major roads in north-eastern New South Wales. *Wildlife Research*, **31**, 83–91.
- Trombulak SC, Frissell CA (2000) Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology*, **14**, 18–30.
- Vos CC, Chardon JP (1998) Effects of habitat fragmentation and road density on the distribution pattern of the moor frog *Rana arvalis*. *Journal of Applied Ecology*, **35**, 44–56.
- Yong GW (雍国玮), Shi CC (石承苍), Qiu PF (邱鹏飞) (2003) Monitoring on desertification trends of the grassland and shrinking of the wetland in Ruergai Plateau in north-west Sichuan by means of remote-sensing. *Journal of Mountain Science* (山地学报), **21**, 758–762. (in Chinese with English abstract)
- Zhang YM (张堰铭), Fan NC (樊乃昌), Wang QY (王权业), Jing ZC (景增春) (1998) The changing ecological process of rodent communities during rodent pest managements in alpine meadow. *Acta Theriologica Sinica* (兽类学报), **18**, 137–143. (in Chinese with English abstract)

(责任编辑: 闫文杰)