公路网规划生态冲突与协调研究*

——以青藏高原三江源地区为例

朱高儒[1] 赵 科[2] 刘 杰[1] 杨 帆[3] 高玉健[1] 林 晶[1]
韩 东[2] 徐洪磊[1**] 姜 昀[3] 孙海秀[2]

(1. 交通运输部规划研究院,北京 100028; 2. 青海省公路建设管理局,青海 西宁 810008;
3. 生态环境部环境工程评估中心,北京 100012)

摘要:公路与生态环境的冲突与协调既是学术研究热点,又是青藏高原三江源等生态环境敏感区域发展面临的重大课题. 青藏高原三江源地区规划新改建公路中有39条(共计3 151.6 km)穿越自然保护区,有9条(共计1 157.0 km)穿越国家公园,可能对生态环境产生不利影响,需要采取合理措施协调矛盾冲突. 基于层次分析法,通过9个指标定量研究公路生态友好性,分为低、较低、中、较高和高5个等级,用其反映不同公路穿越区域、建设状态和道路技术等级的差异. 在此基础上,提出摆动避绕、调整项目时序和"无害化"穿(跨)越自然保护地等公路建设方案,并借鉴国内外生态敏感区域公路建设情况与相关政策,提出了公路"无害化穿(跨)越"解释的建议.

关键词:公路网规划;生态冲突与协调;公路生态友好性;自然保护地;"无害化穿(跨)越";青藏高原三江源地区
中图分类号:U419.3;P963;K903 **DOI**:10.19789/j.1004-9398.2020.04.011

0 引 言

从"千年大计"到"根本大计",党的十八大、十九大提出并持续推进生态文明和美丽中国建设,形成了内涵丰富的习近平生态文明思想,是我国新时代高质量发展的根本遵循. 交通运输业作为发展的先行官,坚持"生态优先、绿色发展",推进"绿色交通",建设"绿色公路",在公路生态保护领域开展了大量富有成效的探索.

公路建设与生态的冲突协调研究源于可持续发展理念和环境影响评价的实践[1-2]. 由于路线长、涉及区域广和周边环境状况复杂等特点,公路在建设过程中往往难以避免穿越生态敏感区域[3]. 美国、瑞典和澳大利亚等国家交通运输部门针对公路规划、设计、施工、养护和运营全过程,提出了生态环境保护的要求和举措[4-6]. 国内外已经开展了高速公路环境友好度评价、公路生态友好性评价,基于生态承载力的公路选线优化、绿色生态公路规划设计、公路网规划调整方案生态敏感性分析,基于战略环评的公路网规划生态环境影响评价、公路建设临时占地复垦的适宜性评价和公路与生态融合发展等相关方面的研究[7-16]. 这些研究中主要采用了GIS、层次分析法和专家打分法等方法,全面分析了生态环境敏感区域内公路建设与生态的冲突及对策,推动公路交通与生态环境协调在理念、技术和政策等方面取得了一些进展.

青藏高原三江源地区是长江、黄河和澜沧江的源头,是习近平总书记多次强调的"中华水塔"和"国家的生命之源",生态环境极为敏感,生态保护要求极高[17]. 同时,青藏高原三江源地区既是西藏和中东部地区连接的重要纽带,也是国家集中连片特困区,区域内公路建设是实现国家战略、发展社会经济、完成脱贫攻坚、促进民族团结的重要基础工程,具有较强的现实必要性[18]. 在三江源地区开展公路建设面临比其他地区更高的环保要求,需要把生态保护放在首位,同时为保障民生做好兜底. 目前,针对自然保护地集中区域的公路网规划生态友好性和冲突协调研究还鲜见报道. 本文尝试在公路网规划层面,分析公路与生态的冲突,定量研究线位生态友

收稿日期:2019-03-01
* 交通运输行业重点科技项目(2018-MS5-127);青海省交通运输厅科技项目(2017-09-1)
** 通信作者:xuhl@tpri.org.cn

好性,结合公路生态保护政策和技术分析,提出协调公路网规划与生态保护的建议方案.

1　研究区概况

三江源地区地处青藏高原腹地,包括青海省玉树州、果洛州全境和海南州、黄南州及格尔木市的部分区域,总面积 36.3 万 km^2,是中亚高原高寒环境和世界高寒草原的典型代表,区域内雪山、冰川、河流、湖泊和沼泽众多,是我国淡水资源的重要补给地,也是藏羚羊等数十种国家重点保护动物的栖息地. 三江源地区是国家生态保护综合试验区,区内主要自然保护地包括:三江源、可可西里和隆宝 3 个国家级自然保护区(其中三江源自然保护区又分为格拉丹东和阿尼玛卿等 18 个保护分区),占区域总面积的 46%;三江源国家公园(由三江源自然保护区中部分分区及毗邻地区组成,分为长江源、黄河源和澜沧江源 3 个园区),占区域总面积的 35%(图 1).

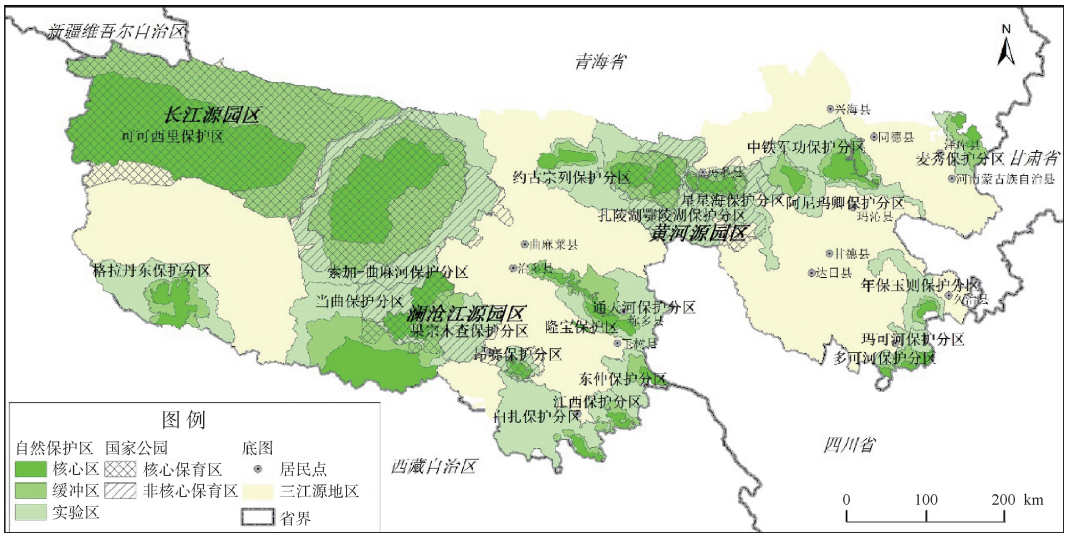


图 1　研究区及内部主要自然保护地概况

截至 2018 年 6 月,三江源地区有高速公路约 1 000.0 km,普通国道约 4 200.0 km,普通省道约 3 200.0 km,但仍有 5 个乡镇、15 个行政村、385 个自然村不通沥青、水泥路. 根据《国家公路网规划(2013—2030 年)》《青海省省道网规划(2012—2030 年)》《青海省高速公路网规划(2017—2035 年)》,结合青海省交通运输厅统计资料和改扩建需求,预计到 2030 年三江源地区将有 50 条公路需要新建或改建,总长约 6 700 km.

2　研究方法

2.1　基于地理信息系统的空间分析

使用 ArcGIS 软件,对公路网规划和自然保护地进行空间叠置分析,获取规划新改建公路穿越自然保护区和国家公园的位置和长度,并进行图形化展示.

2.2　基于层次分析法的公路生态友好性指标体系

为定量评价公路生态友好性,在研究公路、生态保护和三江源地区相关法规政策的基础上,咨询交通运输、生态环境和林业草原等多个领域的 10 名专家,采用层次分析法,筛选 5 方面共 9 个指标,构建了公路生态友好性评价指标体系,并对权重进行了专家赋值(表 1). 其中:前 5 个指标涉及公路工程建设,为正向指标,权重和为 10;后 4 个指标涉及自然保护地,为负向指标,权重和为 10.

2.3　公路生态友好性指标运算与阈值划分

在规划梳理和空间分析的基础上,对公路生态友好性指标进行赋值. 对“是/否”二元指标,分别赋值 1 和 0;对穿越核心区长度、穿越缓冲区长度 2 个数量值指标,作归一化处理为 0 ~ 1. 在此基础上,对每一条新改建公路按以下公式单独汇总得分:

$$E = \sum_{i=1}^{5} A_i \times B_i - \sum_{i=6}^{9} A_i \times B_i,$$

式中 E 为某条公路的生态友好性,A 为每个指标值,B 为每个指标权重,i 为指标(共 9 个,其中 1 ~ 5 为正向指标,6 ~ 9 为负向指标).

表 1　三江源公路生态友好性评估指标

指标	目标层	准则层	指标结果	权重	备注
1	资源环境部门认可情况	纳入相关生态保护规划情况*	是/否	2.3	正向指标
2	道路等级	高速/一级	是/否	1.2	正向指标
3		二级及以下	是/否	2.8	正向指标
4	建设内容	新建	是/否	1.1	正向指标
5		改扩建	是/否	2.6	正向指标
6	穿越自然保护区情况	自然保护区	是/否	2.1	负向指标
7		穿越核心区	长度	3.2	负向指标
8		穿越缓冲区	长度	2.8	负向指标
9	穿越国家公园情况	国家公园	是/否	1.9	负向指标

注:* 包括《三江源国家公园总体规划》《青海三江源国家生态保护综合试验区基础设施规划》《青海三江源生态保护和建设二期工程规划》.

针对 50 条新改建公路的生态友好性结果,利用自然断裂法,拟合整数位,分为 5 个等级:低友好(生态友好性≤ －2)、较低友好(－2 < 生态友好性≤0)、中友好(0 < 生态友好性≤2)、较高友好(2 < 生态友好性≤4)和高友好(生态友好性 >4).

3　结　果

3.1　规划公路网对自然保护地的影响

对三江源地区规划的 50 条新改建公路逐一进行空间分析(图 2),结果显示:(1)涉及自然保护区的公路有 39 条,其中高速公路 11 条,普通国省道 28 条,总里程 3 151.6 km;涉及自然保护区核心区和缓冲区的公路有 29 条,总里程 1 336.6 km.(2)在所有 20 个自然保护区(分区)中,仅有三江源国家级自然保护区格拉丹东保护分区没有规划公路建设.(3)涉及三江源国家公园的有 9 条,其中新建公路 4 条,改建公路 5 条,总长 1 157.0 km;共有 8 条新改建公路涉及核心保育区,总里程 542.4 km.

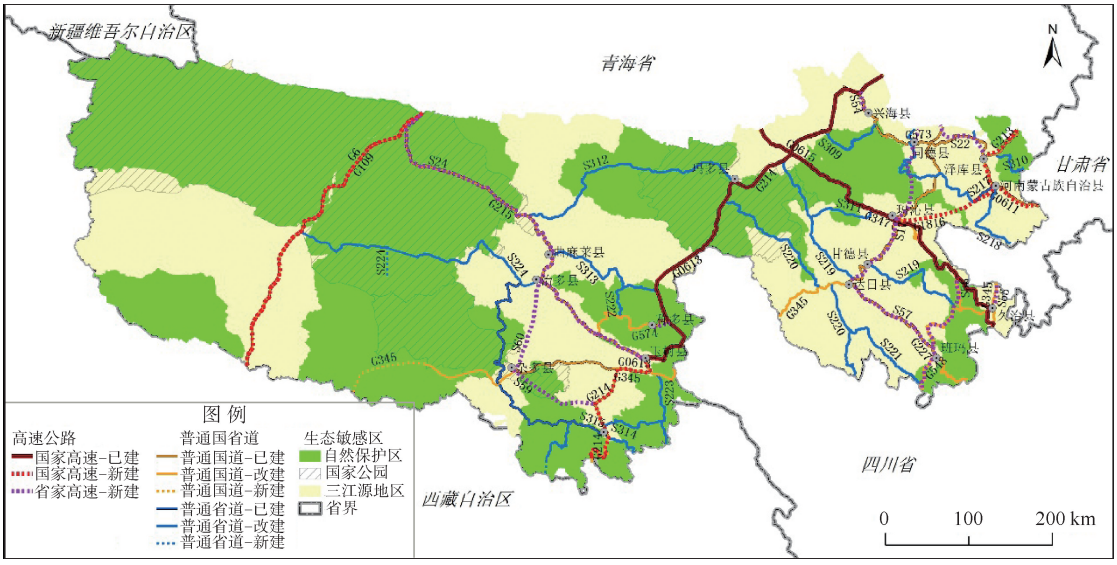


图 2　三江源地区规划公路网与自然保护地的位置关系

在三江源地区特别是自然保护区和国家公园范围内开展公路新改建工程,由于其可能产生土地占用、植被破坏、动物阻隔、噪声干扰、大气及水环境污染等生态环境问题,需要严格限制.现行法规对涉及自然保护区核心区、缓冲区以及国家公园核心保育区的公路,也都做出了原则性禁止建设的规定,对规划实施形成了一定限制.

3.2　规划新改建公路生态友好性评价

对所有规划的 50 条新改建公路,逐一进行生态友好性评价(图 3),结果显示:(1)生态友好性处于低、较低、中、较高和高等级的新改建公路数量分别为 6、8、10、21 和 5 条;(2)三江源地区西部规划

公路的生态友好性普遍低于东部规划公路,这与西部地区自然保护地集中分布关系密切;(3)虽然新建公路在指标权重上低于改扩建公路,但二者的生态友好性差异并不明显,这主要是历史原因,不少需要改扩建公路本身位于自然保护区或国家公园内部,降低了其生态友好性;(4)高速公路的生态友好性总体上低于普通国省道,这主要是由于高速公路往往是大跨度的区域连接线,其对自然保护地的避绕较难,影响较大,也难以纳入相关生态保护规划;(5)处于"低友好"区间的 S24、G345 和 S224 等公路,受到较强的生态约束,需要在具体项目前期工作和建设过程中予以重点关注.



图 3　三江源地区规划公路网生态友好性评价结果

4　讨　论

为探寻三江源地区公路建设与生态保护协调发展之道,汲取国外先进经验,立足我国实际情况,对可能的保护举措进行研究讨论.

4.1　国外生态敏感区域公路建设要求与启示

美国黄石公园是世界上第一个国家公园,在园区公路的规划设计中,重点体现了以自然为导向、以保护为使命、以功能为前提的原则;在建设过程中,重点采取了自然资源保护、地质奇观保护、本地植物和土壤保护、野生动物保护、生态恢复、公路与自然景观融合等途径[19].加拿大班夫国家公园在公路修建中,注意保持项目场地和景观的美学完整性,公路改扩建尽量利用现有的路线,建设了 2 座野生动物立交桥,通过仔细的对准设计、严格的清除限度、合理的路堑填土坡度,减少对生态的破坏[20].新西兰交通运输署在 2014 年发布的《景观导则》中,特别提出了针对生态敏感区域的公路设计建议,主要包括:公路建设必须与生态保护管理机构进行协商;优先保持和恢复植被;需要进行环境影响评价,包括景观和视觉评估;保持现有植被和其他国家公园价值的完整性;防控各类化学品泄露风险等[21].

国外公路建设与生态环境协调发展经验表明:(1)在自然保护地内部没有禁止公路建设的硬性要求,主要是在各方协商下,以可持续发展和生态保护为前提,进行自然资源的合理开发利用;(2)公路建设都有程序接口,通过修订法律法规,来规范开发过程中的各个环节,将环境影响降低到最低;(3)成熟的公路生态保护技术、多样的环境保护措施是公路建设与生态环境实现融合的关键.

4.2　国内线性交通工程涉及自然保护区情况

根据《国家公路网规划(2013—2030 年)环境影响评价报告书》,在 385 个新建路段中有 124 个路段在两侧 5.0 km 摆动范围内将影响 176 个自然保护区,其中新建普通国道影响 41 个,新建国家高速影响 120 个,远期展望线影响 22 个.

自 2010—2019 年,生态环境部批复了 39 个涉及自然保护区的公路、铁路和管线等线性工程项目,共穿越 77 个自然保护区,涉及 22 个省、自治区、直辖市.西部地区涉及自然保护区的项目数量多、穿越长,共有 26 个项目穿越 32 个自然保护区,穿越长度达 770.0 km.在所有已批复的 39 个涉及自然保护区的线性工程项目中,有 12 个项目穿越 16 个

自然保护区的核心区或缓冲区,其中有6个项目在对自然保护区的范围和分区进行调整后,不再涉及核心区或缓冲区,其余6个项目都是以桥梁一跨而过或隧道下穿的形式通过核心区或缓冲区.

4.3　三江源地区公路网生态保护协调路径探讨

(1)路线摆动避绕.

公路建设过程中,如遇到公路线位穿越自然保护区的情况,通常采用调整线位的方式避绕自然保护区的核心区和缓冲区.经分析,三江源地区共有G6格尔木至唐古拉垭口段等5条规划新改建公路,可以通过合理摆动(5.0 km范围内)避让自然保护区核心区和缓冲区.

(2)避绕方案的局限性.

三江源地区自然保护地面积大、分布广,公路避绕难度大;同时自然保护地以外区域的生态功能也很重要,公路即使绕远避开也可能产生新的更大的环境影响.例如,S224二道沟兵站109岔口至治多段,规划路线穿越核心区和缓冲区全长136.0 km,如果采用避绕方案,这段线路长度将增加到至少200.0 km,可能产生的不利影响包括:新增占用4.5~6.0 km^2的土地,取弃土方量和砂石等资源用量也随之增加;车辆由于运输里程增加产生额外尾气排放及扬尘,污染大气环境;穿越的地区多为保留原始生态系统的无人区,实际可能产生更大的生态影响;远离居民居住区,无法发挥公路带动脱贫攻坚和乡村振兴的作用,还会在新建公路沿线诱增新的开发活动.事实上,在原路边缘扩建的方案,实际产生的环境影响非常有限,比避绕方案更有利于保护生态环境.

(3)公路工程技术进步支撑生态保护.

青藏高原生态环境敏感区域公路建设的生态保护技术已取得明显进步,在冻土、野生动物、湿地林地保护和临时占地修复及公路主体环保施工工法等方面,均拥有针对性的保护措施.事实上,三江源地区一些公路已经采取了以连续架桥形式穿越湿地、以隧道形式穿越山体、以低路基建设工法保障野生动物穿越自由等工程举措,取得了良好效果.可见,公路工程技术发展对三江源地区公路建设环境保护具有明显的支撑作用.

(4)公路生态保护的政策转向.

2018年9月,生态环境部发布《关于生态环境领域进一步深化"放管服"改革,推动经济高质量发展的指导意见》,提出涉及生态保护红线和相关法定保护区的线性项目,确实无法避让的,要求建设单位采取无害化穿(跨)越方式.2019年6月,中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见》,提出根据各类自然保护地功能定位,既严格保护又便于基层操作,合理分区,实行差别化管控;结合历史遗留问题处理,分类分区制定管理规范.总体上,实事求是、因地制宜、不搞"一刀切"已经成为自然保护地和生态保护红线科学管理的共识,为生态敏感区域公路建设提供了可能的协调路径.

5　结论与建议

针对公路网规划与生态环境的冲突与协调研究议题,本文以青藏高原三江源地区为例,基于地理信息系统和层次分析等方法,分析三江源地区规划新改建公路与自然保护区、国家公园的空间关系,通过9个指标定量研究公路生态友好性,进而提出摆动避绕、调整项目时序和"无害化"穿(跨)越等公路建设方案,并细化研究公路"无害化穿(跨)越"解释.

(1)青藏高原三江源地区生态环境极为敏感,开展公路网规划冲突和协调研究具有重要意义.根据国家和青海省公路网规划,未来十余年三江源地区将有50条高速公路和普通国省道需要新建或改扩建.经GIS空间分析发现:新改建公路中有39条(3 151.6 km)涉及自然保护区,其中29条(1 336.6 km)涉及核心区和缓冲区;有9条(1 157.0 km)涉及国家公园,其中8条(542.4 km)涉及核心保育区.规划新改建公路穿越以上自然保护地将对区域生态环境产生不利影响,优先采用避绕方案,共5条公路可以合理避绕.

(2)基于层次分析、专家打分等方法,通过9个指标定量研究三江源地区规划公路生态友好性,将其分为低、较低、中、较高和高5个等级.结果显示:三江源地区西部规划公路的生态友好性普遍低于东部规划公路;新建公路和改扩建公路的生态友好性差异不明显;高速公路的生态友好性总体上低于普通国省道.评价结果结合公路建设必要性、紧迫性等相关分析,可以作为规划项目建设时序的依据,建议先期建设生态友好性较高的公路.

(3)为提升生态敏感区域公路建设与环境的协调度,根据公路生态保护技术和政策分析,提出"无

害化穿(跨)越”解释的建议,作为允许公路穿(跨)越自然保护地的标准规范. 首先,需要按照交通运输部《绿色公路建设技术指南》的要求,在总体设计、路基、路面、桥梁和隧道等各方面贯彻绿色发展理念和加强生态保护修复. 同时,对于不同类型的自然保护地,公路“无害化穿(跨)越”还应满足以下条件:①对山地型自然保护地,建议允许两端洞口在核心保护区以外的定向盾构隧道工程穿越. ②对河流、湖泊和水库型自然保护地,建议允许桥墩在核心保护区以外、一跨而过(特殊情况允许在核心保护区内设置 1 个桥墩、单跨跨度大约 300.0 m),且具备完善的桥面径流收集处理和应急设施的桥梁跨越;或者两端洞口在核心保护区以外的定向盾构隧道工程穿越. ③对平原和坡度较缓的高原型自然保护地,建议允许低路基、路面宽度低于三级标准(7.5 m)并采用透水型路面、具有便捷合理的动物通道和水系连通工程的公路穿越. ④对湿地和河网型自然保护地,建议允许单跨跨度 >100.0 m,限制施工期水环境扰动,具备完善的桥面径流收集处理和应急设施的连续桥梁跨越.

参 考 文 献

[1] AL-CHOKHACHY R, BLACK T A, THOMAS C, et al. Linkages between unpaved forest roads and streambed sediment: why context matters in directing road restoration[J]. Restoration Ecology, 2016, 24(5): 589 – 598.

[2] 曾伟,赵建雄,王朝辉,等. 绿色公路评估现状与发展[J]. 筑路机械与施工机械化,2016, 33(11): 27 – 33.

[3] BARRIENTOS R, ASCENSÃO F, BEJA P, et al. Railway ecology vs road ecology: similarities and differences[J]. European Journal of Wildlife Research, 2019, 65(1): 1 – 9.

[4] 陈学平. 澳大利亚道路生态环境建设及对我国的启示[J]. 交通建设与管理,2007(9): 53 – 56.

[5] 吴耀东. 美国高速公路建养中的环境保护[J]. 北方交通,2013(增刊 2): 49 – 51.

[6] 张兰军. 瑞典公路环保特点及启示[J]. 公路交通技术,2010(3): 148 – 151.

[7] 郭天惠,崔秀鹏,李再高. 仁赤高速公路赤水河走廊带公路建设与沿线景观的协调性评价[J]. 公路,2019, 64(6): 196 – 198.

[8] 方建勤,陈建业. 高速公路环境友好度评价指标体系初探[J]. 中外公路,2010, 30(3): 31 – 34.

[9] 夏波,常妮,聂丹. 生态友好型公路评价指标体系的构建研究[J]. 公路工程,2012, 37(6): 101 – 104.

[10] 冯江,孙世军,黄宝坤. 生态承载力综合评价指标体系下的公路选线优化[J]. 三峡环境与生态,2013, 35(4): 1 – 2.

[11] 范宇杰,龚诚. 绿色生态公路规划设计方法的探索研究:以崇明生态大道为例[J]. 城市道桥与防洪,2018(2): 15 – 18.

[12] 崔国拓,张建强. 四川省高速公路网规划调整方案生态敏感性分析[J]. 环境科学与管理, 2012, 37(7): 179 – 182.

[13] 唐黎. 论公路网规划环境影响评价的思路与要点[J]. 资源节约与环保,2015(7): 79 – 81.

[14] 陈炳超,叶丽莉,陈利芳,等. 基于 MAPGIS 的公路临时用地复垦适宜性评价分析[J]. 公路,2011(10): 130 – 135.

[15] FORMAN R T T, SPERLING D, BISSONETTE J A, et al. Road ecology: science and solusions[M]. Washington D C: Island Press, 2003.

[16] 喻仕君. 公路建设的生态影响与生态公路建设分析[J]. 交通世界,2017(15): 170 – 171.

[17] 张利涛,卢艳香,朱颜,等. 青海以国家公园为载体的生态文明建设研究[J]. 生态经济,2019, 35(10): 212 – 216.

[18] 宋长斌. 浅谈省道 224 线二道沟兵站 109 岔口至治多段公路建设的必要性[J]. 青海交通科技,2016(4): 22 – 24.

[19] 冯学钢,羊勇. 美国黄石公园的道路[J]. 中国公路,2012(3): 122 – 123.

[20] 刘正发,吴畏,陈飞. 欧美公路生态学研究对中国公路建设的启示[J]. 公路交通科技(应用技术版),2013, 9(7): 333 – 337.

[21] New Zealand Transport Agency. NZ transport agency landscape guidelines[R]. Wellington: NZ Transport Agency, 2014.

Study on Ecological Conflict and Coordination of Highway Network Planning

——A Case Study of the Three-River Headwater Region of Qinghai-Tibet Plateau

ZHU Gaoru[1] ZHAO Ke[2] LIU Jie[1] YANG Fan[3] GAO Yujian[1] LIN Jing[1]
HAN Dong[2] XU Honglei[1] JIANG Yun[3] SUN Haixiu[2]

(1. Transport Planning and Research Institute of the Ministry of Transport, Beijing 100028;
2. Qinghai Highway Construction Administration Bureau, Xining Qinghai 810008;
3. Environmental Engineering Evaluation Center of the Ministry of Ecological Environment, Beijing 100012)

Abstract: The conflict and coordination between highway and ecological environment is not only a hot topic of academic research, but also a major issue faced by the development of ecological environment sensitive areas such as the Three-River Headwater Region of Qinghai-Tibet Plateau. In the aspect of highway planning, it is distinguished that 39 roads (3 151.6 km) are related to nature reserves, 9 roads (1 157.0 km) are related to national parks among all new planned and reconstructed highways in the Three-River Headwater Region. It is necessary to take reasonable measures to coordinate conflicts because highways may be harmful to the ecological environment. Based on AHP, through the quantitative study of 9 indexes, the highway ecological friendliness can be divided into 5 grades: lowest, lower, medium, higher and highest, which reflects the difference of crossing area, construction state and technical hierarchy of different highways. On this basis, the construction plans of swinging avoiding, sequence adjusting, "harmless crossing" are put forward. Learning from the experiences and relevant policies of highway construction projects in ecological sensitive targets at home and abroad, the explanation suggestion of "harmless crossing" is researched.

Keywords: highway network planning; ecological conflict and coordination; ecological friendliness of highway; protected area; "harmless crossing"; the Three-River Headwater Region of Qinghai-Tibet Plateau