

川藏公路南线西藏境内病害类型分析与防治措施研究

李 铭^{1,2}, 支喜兰¹, 柳 波¹

(1. 长安大学 公路学院特殊地区教育部重点实验室, 陕西 西安 710064; 2. 西安工业大学 建筑工程学院, 陕西 西安 710021)

摘 要: 川藏公路南线是西藏自治区的五大主干公路之一, 具有极其重要的经济、国防意义。但公路沿线复杂的地理、地质条件导致多种地质灾害频发, 严重威胁公路的正常使用。在对川藏公路南线西藏段病害实地调查与分析的基础上, 阐述了该公路的破坏现状及病害类型, 得出了这些病害的引发原因不仅在于材料、施工等方面, 更主要是由滑塌和水毁等地质灾害造成的, 并针对这些病害提出了相应的整治措施。

关键词: 川藏公路南线; 地质灾害; 破坏现状; 病害类型; 整治措施

中图分类号: U418

文献标志码: A

Type analysis and prevention-control measures of disease in south line of Sichuan-Tibet highway in territory Tibet

LI Ming^{1,2}, ZHI Xilan¹, LIU Bo¹

(1. Key Laboratory for Special area of Education Ministry, College of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, China;

2. School of Civil Engineering and Architecture, Xi'an Technological University, Xi'an 710021, China)

Abstract: The south line of Sichuan-Tibet Highway in Tibet territory is one of the five major trunk roads in Tibet Autonomous Region, which has an extremely important economic and defense significance. The complex geographical and geological conditions along the highway led to variety of geological disasters which is a serious threat to the normal use of the highway. Based on the investigation and analysis of the south line of Sichuan-Tibet highway in Tibet territory, the present condition of destruction and disease type of this highway were declared. It is concluded that the reason of this diseases is not only due to materials and construction, the more important one is the other geological disaster like slump and water damage, and the corresponding improvement measures for this kind of disease are proposed.

Key words: south line of Sichuan-Tibet highway; geological hazards; destructional situation; disease types; renovation measures

川藏公路南线西藏境长约 1300km, 是国道 318 线的重要组成部分。自建成以来, 一直是西藏通往内地的主要运输干线, 对维护国家统一、领土完整和西藏地区的政治稳定、民族团结、经济发展发挥了巨大作用。

但由于公路地处雅鲁藏布江大拐弯地带, 属于欧亚板块与印度板块的缝合部, 沿线岭谷高差悬殊, 山体松散破碎, 地震活动剧烈, 加之雨水丰沛, 具备多种地质灾害的孕灾、成灾条件, 泥石流、滑坡、崩塌、溜砂坡、冰雪害及冻融等各种地质灾害种类齐全, 易对公路造成危害, 影响正常使用。加之历史条件下公路整体性先

收稿日期: 2013-11-10; 修回日期: 2014-02-10

基金项目: 交通运输部科技基金项目(201231879210); 交通行业重点实验室青海研究观测基地开放基金项目(20110401)

作者简介: 李铭(1985-), 男, 博士研究生, 主要从事路基路面工程研究。E-mail: xiaocao477218@126.com

天不足,技术指标低,重载现象严重,通行能力差,病害频发,导致川藏公路抗灾能力弱,经常断道阻车,无法满足服务功能需求。

针对这一问题,首先应对川藏公路南线病害现状进行调查和分析,在归纳和总结的基础上对病害进行分类,全面了解路基路面病害产生的主要原因,这样才可以为后期的解决方法提供可靠的依据和坚实的基础,因此公路沿线病害现状调研显得尤为重要。本文先对川藏公路南线西藏境内沿线病害进行实地调研,通过归纳总结得出引发公路病害的最主要原因;再根据引发原因对病害进行分类,分别提出防治措施,对病害进行有效处理,保证公路正常通行能力。

1 川藏公路南线自然地理特征及地质灾害情况

1.1 自然地理特征

川藏公路地理位置特殊,横跨横断山、念青唐古拉山和喜马拉雅山三大山脉以及长江、澜沧江、怒江和雅鲁藏布江四大水系,且地处青藏高原地区,具有气温低、辐射强等气象特征。该地区地势复杂且高差大,年平均气温仅为 $5 \sim 8^{\circ}\text{C}$;降水分布极不均匀,年平均降水量为 $400 \sim 800 \text{ mm}$ 。

沿线山高谷深,地形切割破碎,地质构造复杂,断裂褶皱发育,新构造运动活跃,地震活动强烈,气候恶劣多变,致使侵蚀、重力、剥蚀、寒冻、冰蚀等外力地质作用强烈,故由此产生的地质灾害种类多、规模大^[1-2]。泥石流、崩塌、滑坡、溜砂、水毁、翻浆冒泥、冰冻雪害等均为沿线常见病害,素有“灾害博物馆”之称^[3]。曾先后发生过米堆沟冰湖溃决泥石流、85 道班和易贡湖溃决洪水、迫龙沟泥石流、拉月大塌方、83 至 85 道班极大规模雪崩等典型特大地质灾害。

1.2 地质灾害分布情况

(1) 地质灾害分类与比例

川藏公路西藏境沿线地质灾害种类繁多、分布范围广、活动频繁,每年因此断道 20d 以上。据资料分析^[4]川藏公路南线沿线危害性最大的病害主要有泥石流、滑坡、崩塌灾害,各类灾害所占比例如图 1 所示。

(2) 地质灾害县市分布比例

川藏公路南线途经多个县市,沿线共发育崩滑流地质灾害 289 处,按地质灾害分布个数以波密县最多,有 53 处,占全线地质灾害总数的 18.34%;芒康、工布江达和八宿次之,分别发育 49、39 和 32 处,占总数的 16.96%、13.49%、11.07%;其余县市共占 40.14%^[5]。

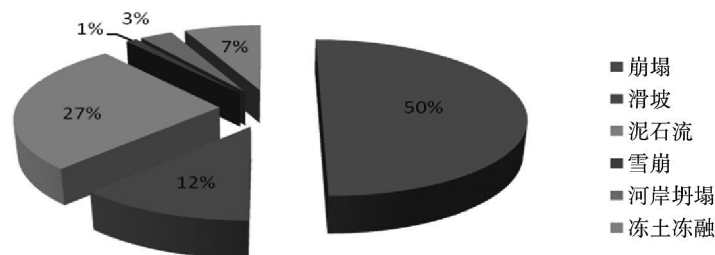


图 1 川藏公路南线西藏境地质灾害分类统计

Fig. 1 Classification statistics of geohazards along the south line of Sichuan – Tibet highway in Tibet territory

(3) 地质灾害成因

川藏公路沿线的灾害成因环境极为复杂,但不外乎内外两种因素。内因主要是由特殊的岩体工程性质、频繁的地震活动以及松散堆积物这 3 方面因素构成,外因则是由降水以及人类活动构成^[6]。正是由于内外因的相互作用,导致地质灾害频发,危害极其严重。

而一种灾害的发生经常伴随或诱发其他灾害,形成灾害链而加剧对公路的危害程度^[3]。例如泥石流的爆发会伴随有大规模的崩塌、滑坡发生,不断地为泥石流提供物源,且大规模的崩塌、滑坡又会对河流造成阻断,引发严重的水毁灾害。加之暴雨洪水爆发,洪流运动不断冲刷沟谷边坡造成新的滑坡和崩塌产生,从而加重了洪水对公路及其构造物的危害程度。

2 川藏公路南线西藏境公路病害现场调研情况

2.1 路面结构形式调查

川藏公路南线几乎全部采用半刚性基层沥青路面结构,路面面层采用 3~4 cm 沥青表处,基层为 10~15 cm 水泥稳定砂砾,平均交通量 2000 辆/d。但每个路段情况又有区别,具体情况如下:拉萨至林芝段,该路段为沥青混凝土路面,基本结构型式为 4 cm 细粒式沥青混凝土、20 cm 水泥稳定砂砾基层及 18 cm 天然砂砾垫层;排龙至 105 道班段为 8.4 km 三级砂石路;诸如 K3923-K3922 等路段多处由于处于雨雪灾害地段,路面采用水泥混凝土路面;一些雨季洪水频发的地段采用过水路面,采用两种结构形式,一种为水泥混凝土(仅采用粗集料,无细集料)的结构形式,另一种为砂石结构。

2.2 病害类型调查

川藏公路南线沿线地质灾害频发,加之公路技术指标低、抗灾能力弱,导致公路不可避免的存在多种病害。又由于沿线广泛分布第四纪大型复杂松散堆积体,堆积体变形成灾具有反复性和继承性,容易引起边坡滑塌等路基常见的病害形式;而且沿线降雨充沛,地下水位较浅,路基边沟、排水沟、涵洞等排水设施不够完善或存在严重破损,路基不均匀变形严重;进而导致路面产生相应的病害。故本研究组从松散堆积体成因、坡体密实程度等角度出发,对 318 线西藏境内(拉萨到芒康)的公路病害进行现场调研,得出沿线病害基本情况,如表 1 所示。

表 1 川藏公路南线西藏境病害实地调研情况
Table 1 Field investigation and research situation of disease in south line of Sichuan-Tibet highway in Tibet territory

桩号	松散堆积体成因	密实程度	道路主要病害
K4520-K4474	坡积体,山体支口处有洪积体	处于正在形成阶段,较为松散	边坡滑塌和路基沉陷
K4314-K4260	冲积体加坡积体	坡体略为松散	碎落滑塌,雨雪季节易发生坡面泥石流,路面存在纵缝和横缝,松散
K4200-K4100	沿坡面的坡积体和崩积体	坡体松散,结构破碎	边坡上时有碎落,路基不均匀沉降,水毁,路面斜向裂缝和网格裂纹
K4197-K4100	沿坡面的坡积体和崩积体	坡体破碎松散	泥石流,碎落滚石,边坡滑塌,水毁,路基沉陷,沥青表处剥落
K4090-K4000	冲洪积体加坡积体	较为松散,无胶结能力,无层理无分选	时有碎落崩塌现象,路基有明显沉陷,路面有坑槽
K3985-K3900	冲洪积体加坡积体	组成较均匀,坡体致密有一定稳定性。	不均匀沉降,水毁,路面积水
K3876-K3800	冲洪积体加崩坡积体	组成不均匀,边坡松散。	道路外侧路基有沉陷,边坡碎落
K3750-K3680	冲洪积加坡积体	坡面较为松散,节理裂隙发育。	小型崩塌和碎落
K3645-K3550	冲洪积加坡积体	坡体不均匀,坡面松散	路基排水不畅,不均匀沉降,翻浆
K3530-K3450	冲洪积加崩坡积体	坡体不均匀,坡面松散。	碎落,道路外侧路基有沉陷,下边坡滑塌,坡面泥石流。

2.3 病害类型分析总结

通过现场调研情况,结合当前防治情况,可将川藏公路南线病害分为以下两类。

第 1 类是由材料、施工等方面引发的公路常见病害。这些病害主要有裂缝、坑槽、松散剥落(如图 2-图 4 所示)等。其产生原因主要有两方面:一方面是因为西藏地处高海拔地区,自然条件恶劣,公路在常年低温和高强度蒸发条件下,致使沥青面层变脆变硬,路面易产生开裂破坏,因而面层裂缝、松散类病害发生强烈^[7]。另一方面则与以下几点有关:

- (1) 材料方面: 沥青混合料集料级配不佳、细料偏多、缺乏粗集料且主要为砾石、沥青用量偏少等原因导致沥青粘结力、抗老化能力低。
- (2) 施工方面: 没有对地下水丰富或地址不良地段的路基进行特殊处理; 基层施工时, 工艺水平不高, 平整度差, 使沥青面层薄厚相差较大, 引起路面平整度下降; 施工时拌合温度不够或者碾压不够充分, 导致沥青表处出现了剥落的现象; 排水设施设置不合理, 不但造成积水无法排出, 使路基路面长期浸在水中造成损坏, 产生坑槽; 而且会导致路基不均匀沉降后半刚性稳定基层开裂拉伸面层, 引起路面纵向裂缝。
- (3) 交通重载: 川藏公路南线大型重载、超载车辆的增加, 导致原本就很薄的 3~4 cm 沥青表处严重受

损,致使回头曲线处在重载车辆转弯剪应力的作用下,出现连续的斜裂纹。尤其是在冬季雨雪天气,路基本来已在雨水和冻融作用下发生不均匀沉降产生沉陷,而长期的重载作用使得沉降进一步加剧。



图 2 裂缝
Fig. 2 Crack



图 3 坑槽
Fig. 3 Pit slot



图 4 松散剥落
Fig. 4 Loose and spalling

第 2 类是由地质灾害引发的公路病害,主要包括以下几种。

(1) 水毁

水毁是川藏公路南线常见的一种地质灾害,具有成灾时间短、危害时间长、明显的重复性等特点。根据水毁灾害程度和成因可将其分为常年水毁、低频水毁、顶托水毁和堵溃水毁 4 种灾害形式^[8]。水毁危害形成的主要原因是公路沿线的大江大河或者支流河的河岸在雨季遭到冲刷,泥石流爆发,岸坡塌滑束流,导致江河水势的流态发生改变,造成公路严重水毁。

根据调研情况,发现当前沿线水毁造成的主要破坏形式有:公路排水设施在山体滑坡和泥石流的不间断破坏下已彻底损坏,无法发挥原有的排水功能,导致路面积水,造成破坏,严重时若没有进行及时处理,可导致沉陷(如图 5 所示);雨季时山坡上的雨水会夹杂着大量泥土流下,导致过水路面囤积泥土,不利行车;边坡受水流冲击造成涵洞破坏甚至塌陷,致使公路无法正常通行。

(2) 崩塌与碎落滚石

崩塌和碎落滚石在公路沿线分布很广,其影响因素不仅与川藏公路南线陡峭的地形、斜坡大量存在的松散堆积体有关,也与人类频繁的工程活动有密切关系。在高原特殊的自然地质条件诱发下,岩土体极易发生崩塌,进而侵占路面,妨碍交通,对公路造成危害。尤其是在坡陡、临空面大且断裂构造发育的地段,若加之地震活动剧烈,则崩塌病害尤为严重^[9]。

当堆积在坡脚的松散堆积体受到雨水等自然因素的影响后,块石易从坡面分离而向下运动,产生碎落,并引发其余碎石发生滚动,进而形成滚石。碎落的块石与滚石则以直接冲击的形式对路面造成损坏,不仅将公路构造物毁坏(如图 6 所示),严重时还可对行驶中的车辆和行人造成伤害。



图 5 水毁导致沉陷
Fig. 5 Subsidence by water damage



图 6 碎落滚石
Fig. 6 Rolling crashed stone

(3) 泥石流与滑坡

泥石流灾害频繁发生在川藏公路南线,具有分布集中、爆发规模大、危害严重的特点。按照水量补给方式可分为雨洪泥石流、冰川泥石流和冰川—雨洪泥石流 3 种基本类型。沿线典型的泥石流有:培龙沟泥石流、古乡沟泥石流、米堆沟泥石流、加马其美沟泥石流等。泥石流的形成主要与沿线大量存在着的松散堆积物、充沛的雨季降水以及地貌形态的特殊性有关。

泥石流主要分布在具有大量松散堆积体的一般沟谷地形,在雨季强降雨的作用下,泥石在重力作用下不断向下流动,并不断增加规模形成泥石流。由于其具有非常大的爆发力与破坏力,对公路的危害十分巨大,可直接造成边坡滑塌、路基冲毁(如图 7 所示),阻断交通。

滑坡多分布在公路两侧和江河谷川两岸,时常发生的大、中型滑坡不仅造成公路阻断,还会在低线位路段造成堵江淹道的潜在威胁。沿线存在多个滑坡群,其中对川藏公路影响最大、最持久的当属位于波密县通麦乡东 8.3~10.5 km 处帕隆藏布江的右(北)岸的 102 滑坡群。

滑坡的形成主要是因为松散堆积体在雨季丰沛雨水的作用下,使得陡峭斜坡上的滑动面以上重力增加,抗滑力减小,导致坡面平衡被破坏,进而斜坡整体沿着滑动面向下滑动。滑坡自发生后始终严重影响着公路交通,经常导致边坡滑塌、路基路面受损进而断道停车(如图 8 所示),严重时会发生毁车甚至人身伤亡等重大交通事故。



图 7 边坡滑塌
Fig. 7 Slope landslide



图 8 断道停车
Fig. 8 Parking by road broken

3 病害防治措施

川藏公路南线西藏境内病害的防治工作多年来一直遵循“以防为主,防治结合”的方针,在对病害成因和机理深入分析的基础上,通过技术、经济、可实施性等多方面综合考虑,制定出了有针对性的防治措施。

针对由材料施工等方面引起的常见病害,主要采用的防治措施如表 2 所示。

表 2 一般病害防治措施表
Table 2 Prevention and control measures of common diseases

病害类型	防治措施
裂缝	选用性能优良材料、及时灌缝处理
松散剥落	选用合格原材料、控制施工温度、压实效果、沥青混合料均匀性
沉陷	灌浆、加强排水、换填、土工织物
推移	加强路面基层施工质量、提高基层平整度、控制重载
坑槽	加强排水、及时修补、采用高性能材料、提高施工技术

针对由地质灾害引起的病害,主要采用的防治措施如表 3 所示。

表 3 地质灾害防治措施表
Table 3 Prevention and control measures of geohazards

灾害类型	防治措施
水毁	浆砌驳岸、铅丝笼护岸、排水导流设施
崩塌	加垛、喷锚支撑加固、明洞、防护网
泥石流	绕避、桥涵跨越、过水路面、拦挡、排导
滑坡	排水设施、锚索抗滑桩、浆砌挡墙、隧道

此外在这些防治措施的基础上,还应建立健全沿线地质灾害数据库、监测网点和预报防灾系统,防患于未然;做好维护改善自然生态环境方面的工作,减少和避免不合理的工程活动,禁止滥砍乱伐,保持水土,绿化荒山,减轻地质灾害对公路造成的危害。

4 小结

通过本次实地调研与分析,发现川藏公路西藏境存在的病害主要有路基沉降、水毁冲沟、裂缝、松散、沉陷、坑槽等几个方面。其引发原因虽然与材料、施工等因素有关,但最重要的原因是西藏地区特殊的地质环境所引发的地质灾害。大多数病害都是由于山体松散破碎,产生大量松散堆积体,加之雨季丰沛雨水的冲刷,泥石流等灾害频发,造成边坡滑塌以及排水设施损坏,进而无法正常排水所引起的。这类灾害轻则毁坏道路,影响交通,重则会损车伤人,因此在今后公路沿线病害的防治研究工作中,地质灾害这点是需要重点开展和解决的。在现有病害防治措施的基础上,还应积极探索更有效的措施,并做好监测预警与环境保护两方面的工作,减轻和根治病害,提高公路使用寿命。

参考文献:

- [1] 姜泽凡. 川藏公路沿线地质灾害及其形成条件与整治对策[J]. 四川地质学报, 1996, 16(S3): 244 – 249.
JIANG Zefan. Geological hazards ,their forming conditions and control along si chuan – xi zang highway [J]. ACTA Geological Sichuan ,1996 ,16 (S3): 244 – 249. (in Chinese)
- [2] 刘盛健. 川藏公路地质灾害危险性评价[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2011: 9 – 11.
LIU Shengjian. The Risk Disaster Assessment of Geologic Disaster in Sichuan – Tibet Highway [D]. Chongqing: Chongqing Communication University ,2011: 9 – 11. (in Chinese)
- [3] 贾海兰. 川藏公路沿线灾害的类型与特点[J]. 公路交通技术, 2005, 12(S6): 12 – 16; 45.
JIA Hailan , Types and features of along si chuan – Tibet highway [J]. Technology of Highway and Transport ,2005 ,12(S6): 12 – 16; 45. (in Chinese)
- [4] 陈洪凯, 唐红梅. 川藏公路地质灾害危险性评价[J]. 公路, 2011, 9(S9): 17 – 22.
CHEN Hongkai ,TANG Hongmei. Evaluation of geological disaster fatalness along sichuan – Tibet highway [J]. Highway ,2011 ,9(S9): 17 – 22. (in Chinese)
- [5] 汤明高, 傅涛, 张维科, 等. 西藏 G318 典型地质灾害成因机制及防治对策[J]. 公路交通科技, 2012, 29(s5): 30 – 36.
TANG Minggao , FU Tao , ZHANG Weike , et al. Genetic mechanism of geohazard along national highway 318 in Tibet and prevention countermeasure [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development ,2012 ,29(s5): 30 – 36. (in Chinese)
- [6] 吕光东, 何竹, 金建立. 川藏公路西藏段主要地质灾害及成因分析[J]. 中国西部科技, 2009, 8(S2): 7 – 8.
LV Guangdong , HE Zhu , JIN Jiangli. Analysis of the main geological disasters and their causes along Tibet section of si chuan – Tibet highway [J]. Science and Technology of West China ,2009 ,8(S2): 7 – 8. (in Chinese)
- [7] 窦明健, 胡长顺, 多吉罗布, 等. 青藏公路路面病害成因分析[J]. 冰川冻土, 2003, 25(S4): 439 – 444.
DOU Mingjian , HU Changshun , Duoji luobu , et al. Analysis on surface troubles of the qinghai – Tibet highway [J]. Journal of Glaciology and Geocryology ,2003 ,25(S4): 439 – 444. (in Chinese)
- [8] 朱平一, 汪阳春. 西藏公路水毁灾害[J]. 自然灾害学报, 2001, 4(S10): 148 – 152.
ZHU Pingyi , WANG Yangchun. Flood disaster of highway in Tibet [J]. Journal of Natural Disasters ,2001 ,4(S10): 148 – 152. (in Chinese)
- [9] 赵永国. 川藏公路沿线地质灾害及其整治对策[J]. 自然灾害学报, 1993, 1(S2): 72 – 78.
ZHAO Yongguo. Geological disasters and controlling countermeasures along the highway from si chuan to xi zang [J]. Journal of Natural Disasters , 1993 ,1(S2): 72 – 78. (in Chinese)