

Analysis of Disaster Characteristics and Cause along Fengchang-Nilka Section of S315 Highway in Xinjiang

Wei Li¹, Xueli Wei^{2*}, Bin Li², Zhicai Li², Faming Chen³

¹Xinjiang University, Urumqi Xinjiang

²Academy of Transportation Planning Surveying and Design, Urumqi Xinjiang

³Highway Quality Supervision Bureau of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi Xinjiang

Email: liwei729497859@sina.com, *weixl8115@126.com

Received: Jun. 20th, 2017; accepted: Jul. 16th, 2017; published: Jul. 19th, 2017

Abstract

The Fengchang-Nilka of S315 is located in Nilka County in Xinjiang. Strong earthquake area, landslide, collapse, snow, permafrost, etc, develop expansively along the line and cause tremendous disasters to highway construction, because of the active new tectonic movement, fault tectonic development, frequent seismic activity. Based on the field investigations, this paper analyzes the present situation, distribution and causes of disease development in the study area. Research results are as follows: along the diseases can be summarized as bad geological and special geotechnical problems, mainly distributed in the k88+967-k130+100 section, of which there are one landslide, 23 in collapse, 7 in snow damage, 21 in frozen and 20 in collapsible loess. Special strata structures and complex landform provide the basic conditions for all kinds of diseases, and the coupling of frequent earthquakes and unique climates accelerate the formation and development of all diseases. The research results can provide basic information and technical guidance for the regional road engineering construction and disaster prevention.

Keywords

Xinjiang, S315, Hazards, Cause of Hazards, Loess

新疆S315线蜂场-尼勒克段沿线道路病害特征及成因

李 伟^{1,2}, 魏学利^{2*}, 李 宾², 李治财², 陈发明³

¹新疆大学, 新疆 乌鲁木齐

*通讯作者。

²新疆维吾尔自治区交通规划勘察设计研究院, 新疆 乌鲁木齐

³新疆维吾尔自治区公路工程质量监督局, 新疆 乌鲁木齐

Email: liwei729497859@sina.com, *weixl8115@126.com

收稿日期: 2017年6月20日; 录用日期: 2017年7月16日; 发布日期: 2017年7月19日

摘要

新疆S315线蜂场至尼勒克段地处新疆尼勒克县境内, 沿线新构造运动活跃, 断裂构造发育, 地震活动频繁, 导致滑坡、崩塌、积雪、冻土等灾害频频发生, 严重威胁和破坏交通。本文在实地调查的基础上, 分析了研究区病害发育现状、分布规律、成因。研究发现, 沿线病害可归纳为不良地质和特殊岩土问题, 主要分布在k88+967-k130+100段处, 其中发育滑坡1处, 碎落、坍塌23处, 雪害7处, 冻土21处, 湿陷性黄土20处。特殊地层结构和复杂的地形地貌为各类病害的孕育提供了基础条件, 而频发的地震和独特气象条件耦合加速各类病害的形成和发展。研究成果可为区域公路工程建设和防灾提供基础信息和技术指导。

关键词

新疆, S315, 道路病害, 成因, 黄土

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

道路病害是发育于道路沿线并对道路的路基路面、桥涵工程及边坡等防护结构造成破坏和损毁的各类病害的总称, 常见的道路病害有泥石流、滑坡、积雪、涎流水及崩塌、碎落等。道路病害的频发对路线造成严重的危害, 轻则损坏局部路段导致交通能力变差, 重则导致车毁人亡, 长时间阻断交通, 造成巨大损失[1] [2]。新疆 S315 线蜂场至尼勒克段, 由于新构造运动活跃、断裂构造发育、地震活动频发以及独特的气候条件, 导致地震、滑坡、积雪、崩塌、冻土、湿陷性黄土等病害频发, 严重威胁沿线重大工程的建设和道路的正常通行。目前新疆尼勒克地区道路病害的研究相对薄弱, 已有研究多是关于地震灾害方面的研究[3] [4] [5], 而对道路其他病害的形成成因认识不够深刻。本文通过实地调查, 分析研究区病害的类型、分布特征、发育成因。

2. 自然地理背景

新疆 S315 线蜂场至尼勒克段(如图 1)位于新疆伊犁哈萨克自治州尼勒克县境内, 路线总体走向为由东向西, 路线长度约 80 km。该路线是尼勒克县城唯一贯通全境的干线道路, 也是尼勒克县和伊宁县唯一的東西向交通运输通道和重要的能源输出通道, 同时也是伊犁东部地区通往北疆的重要公路通道之一。

2.1. 地形地貌及地层岩性

研究区位于北疆中天山西段、伊犁河谷东北部的喀什河河谷, 西北边缘是科古尔琴山, 北部是博罗科努山, 东北部是伊连哈比尔尕山, 南部是阿布热勒山。总体地势东北高西南低, 海拔高度 800~2500 m,

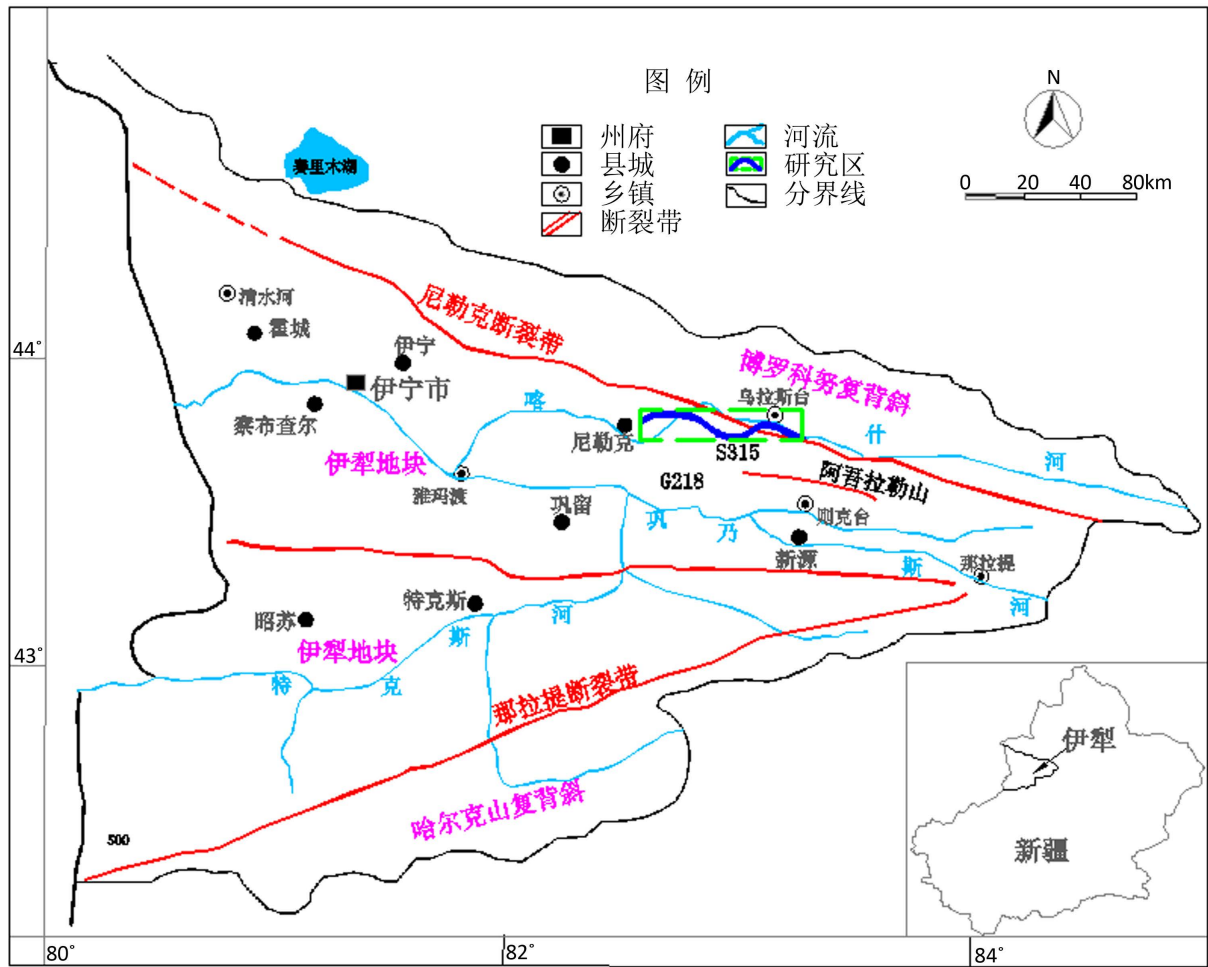


Figure 1. The location map of S315

图 1. S315 线地理位置图

区域内地形起伏较大，沿线河谷地貌特征明显。沿线地貌以冲积平原地貌和中低山丘陵地貌为主，大部分覆盖有新生界第四系冲积物，主要为粉质粘土、粉土、砂岩、砂砾岩等。

2.2. 强烈的新构造运动

新生界以来，区内新构造运动强烈，活动的次数频繁，主要表现为继承性的垂直升降运动，同时伴有断裂活动和褶皱现象发生。早更新世末期的西域运动，使西域组地层和第三系普遍发生隆起，并产生了平缓褶皱和断裂。中更新世以后，升降运动更为明显，主要体现在：河流下切严重且流向发生改变；隆起区不断上升，凹陷区不断下降，且表现极为明显，其中喀什河谷北部的博罗科努山快速大幅度抬升，使得出露的新近系地层海拔高度比伊犁河谷要高出 500~800 m。

2.3. 独特的气象条件

研究区位于亚欧大陆中心地带，本属于典型大陆性干旱气候，但由于受北冰洋与大西洋的潮湿气流的影响，形成了大陆性北温带气候。沿喀什河谷为冷区，中低山为暖带，主要气候特点为日照时间长，昼夜温差大，冬季寒冷漫长，降水量丰富。沿线降雨以长历时小雨和短历时强降雨雨型为主，日最大降水量为 40.7 mm，年平均降水量为 377.6 mm，年最大降水量为 630.8 mm。气温年变化明显，一月份和

七月份分别为最冷、最热月份,年平均气温为 6.2℃,年平均温度随喀什河谷由南向北、自西向东递减。

2.4. 地质构造

研究区一级地质构造单元为天山褶皱系,二级地质构造单元为伊犁地块、博罗科努地槽褶皱带,三级地质构造单元为伊犁山间凹陷和博罗科努复背斜。沿线 k88+957-K107+940 段位于博罗科努地槽褶皱带的博罗科努复背斜上, K107+940-K130+100 位于伊犁地块的伊犁山间凹陷。褶皱系是塔里木板块与准噶尔-北天山板块在晚古生代碰撞聚合形成的,褶皱紧密,断裂发育。受强烈构造运动影响研究区地震活动频发,据中国地震台网 1970 年至 2015 年间地震记录,在距公路 200 km 范围内共发生 $M \geq 3.0$ 级以上地震 470 次, $M \geq 6.0$ 级以上地震仅为 3 次。

3. 道路病害的类型、危害及分布规律

3.1. 滑坡

沿线滑坡位于 K105+980-K106+080 段,为马场达克斯太沟滑坡,同时也是中层中型黄土老滑坡,滑坡坡度约为 10° ,主滑方向为 98° ,路线从滑坡体前缘穿过且与其呈近垂直相交。整体外形呈后缘窄、前缘宽的梨形(如图 2),滑坡形态发育不完整,滑坡后壁、周界不明显,中前部堆积地貌较为明显区,滑动面呈折线型。滑坡体主轴长约 180 m,平均宽度约 70 m,滑体平均厚度约 15 m,滑坡体体积为 $1.89 \times 10^5 \text{ m}^3$ 。该段地层为中生界侏罗系,岩体破碎松动,滑床主要分为两层,上层为 6.3~8.7 m 厚的粉质粘土,下层为砂岩、煤层。地下水以松散岩类孔隙潜水和基岩裂隙水为主,水位较高,水量丰富,前缘坡脚下可见 3 处泉水出露,呈点滴状。

滑坡现阶段整体处于基本稳定阶段,坡体没有明显的整体变形。滑坡后缘较平缓,发育有数条浅沟,且浅沟处植被发育良好,原有裂缝被植被覆盖,未有明显的拉张破坏痕迹。滑坡后部水流冲刷形成冲沟破坏(如图 3)。沟谷右侧发育有潜在滑坡,目前处于蠕动变形阶段,后部形成圈椅状裂缝(如图 4),在春季融雪和降雨作用下,水流进入裂缝产生渗透侵蚀,促使滑动面土体软化并降低其强度,从而诱发黄土边坡发生蠕动变形和滑动破坏,极易形成小型滑坡。滑坡前缘河流冲刷及滑塌破坏严重(如图 5),滑体中部人工开挖破坏严重,在暴雨、融雪等因素下坡内地下水位上升降低滑带土的强度,使得滑坡向潜在复活阶段(欠稳定状态)发展。

3.2. 崩塌、碎落

沿线崩塌、坍塌、碎落发育有 23 处,主要集中在 K104+00-K130+00 的低山丘陵区(如图 6、图 7),累计影响道路长度为 3 km,其中单个病害影响道路长度多在 200 m 以内,占总数的 78%(如图 8)。病害

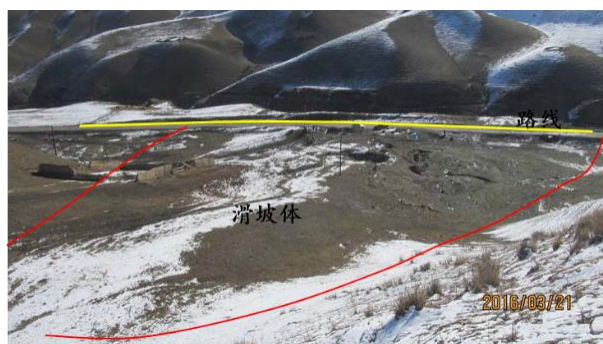


Figure 2. Landslide of Racecourse Daxigully

图 2. 马场达克斯太沟滑坡



Figure 3. Landslide rear gully
图 3. 滑坡后部冲沟



Figure 4. Potential landslide rear cracks
图 4. 潜在滑坡后部裂缝



Figure 5. Landslide front
图 5. 滑坡前缘



Figure 6. Broken down in K104+760-K104+960
图 6. K104+760-K104+960 段碎落



Figure 7. Collapsed in K110+460+K110+520

图 7. K110+460+K110+520 段崩塌

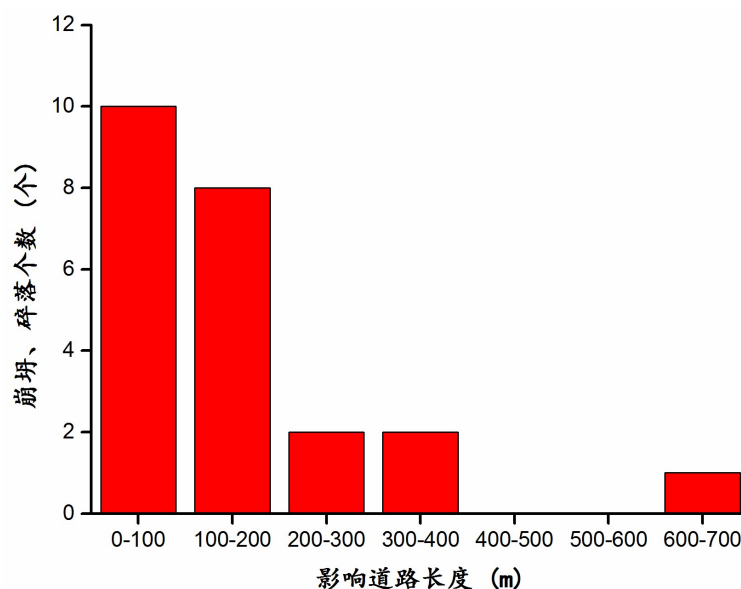


Figure 8. The affected length of road with collapse

图 8. 影响道路长度图

路段主要为砂岩、泥岩、砂砾岩边坡，边坡岩体类型多集中在 III 级和 IV 级，均占总数的 43.5%，仅有 13% 的边坡岩体类型为 II 级(如图 9)。坡高介于 6~25 m 之间，坡度在 50~70°，岩体节理发育，呈裂隙块状结构，基本处于稳定状态，但表层易风化，易产生崩塌与碎落。此类病害总体较轻，基本保持通畅，但 K114+910-K114+950 右侧砾岩边坡风化严重，多次发生碎落和滑塌破坏，堆积物埋没道路阻断交通。

3.3. 雪害

道路沿线雪害主要集中在 k88+800-k126+00 段的背风路段和黄土丘陵冲沟中，沿线共发育雪害 7 处(如表 1)，累计影响道路长度为 6.5 km。沿线路段雪害危害形式主要以积雪为主，积雪厚度多在在 40~60 cm 之间，最大厚度可达 1.2 m，部分路段受强风的影响携带少量的降雪易形成轻微风吹雪灾害，K88+967~K90+700 段处于风口位置，冬季背风路段经常造成风吹雪病害，积雪堆积厚度大，对公路造成较大危害。冬季漫长，年平均积雪长达 4 个月，加之冬季天气寒冷，积雪经车辆碾压后易造成冰害，道路湿滑，严重影响行车安全。2001 年 3 月 17 日沿线遭遇几十年不遇的强降雪，造成 S315 线局部段被积雪封堵，积雪深达 2 m，电力、通讯、交通全部中断，经 120 个小时的昼夜奋战，才打开通道。

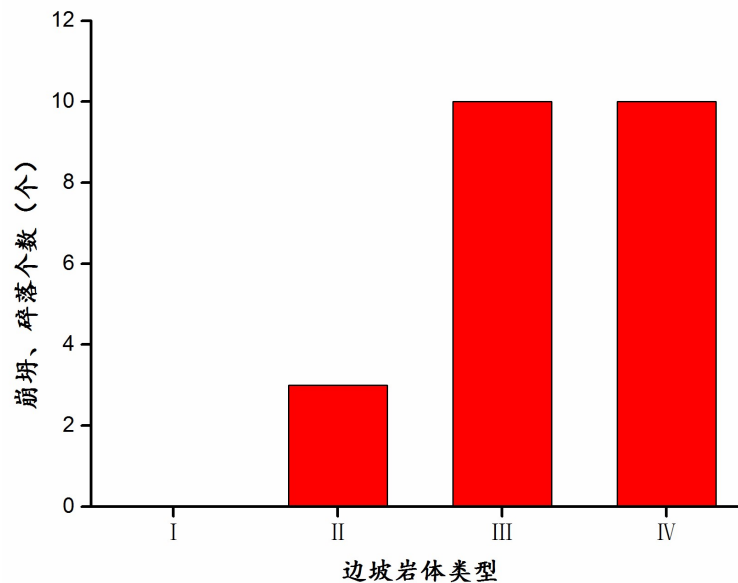


Figure 9. Distribution of rock mass types along slope collapse
图 9. 边坡岩体类型分布图

Table 1. Characteristics of snow damage along the line
表 1. 沿线雪害发育特征

序号	桩号	影响道路长度(km)	危害形式	厚度(cm)	危害程度
1	K88+967-K90+700	1.73	风吹雪	40~80	大
2	K111+500-K112+100	0.6	积雪, 少量风吹雪	30~70	中
3	K112+600-K113+100	0.5	积雪, 少量风吹雪	40~70	中
4	K121+600-K122+080	0.48	积雪, 少量风吹雪	30~50	小
5	K122+080-K123+100	1.02	积雪, 少量风吹雪	40~90	大
6	K123+100-K123+800	0.7	积雪, 少量风吹雪	30~70	中
7	K124+600-K126+000	1.4	积雪, 少量风吹雪	40~100	大

3.4. 冻土

沿线无永久性冻土存在, 仅存在季节性冻土, 冻土病害影响道路长度多在 2 km 以下(如图 10), 累计影响道路长度达 41 km, 占总路线的 51%。冻土病害共发育 21 处, 主要分布在 K88+967-K130+00 段, 其中 k88+967-K109+00 位于喀什河河谷区, 最大冻土深度为 120 cm; K109+00-k130+00 段位于中低山丘陵区及喀什河河谷区, 最大冻土深度为 91 cm。病害路段地表以粉质黏土为主, 塑限含水率介于 8.9%~29.2%之间, 天然含水率介于 4.8%~32%之间。沿线冻土等级 II 级(弱冻胀)以下有 12 处, 占冻土病害总数的 57%, (如图 11), 局部路段由于地下水位较低, 冻胀等级为 V 级(特强冻胀)~VI 级(极强冻胀), 部分地基冻胀等级可达 VI 级(极强冻胀), 如 K109+400-K109+600 段、K109+700-K110+040 段、K110+820-K110+960、K111+480-K111+560 段。季节性冻土病害在道路沿线主要表现为冻胀引起桥涵基础破坏和融化导致路基沉降、翻浆等。

3.5. 湿陷性黄土

沿线黄土主要是第四纪早更新世-全新世沉积层, 厚度介于 0.3~10 m 之间, 为水成黄土且具有湿陷性。

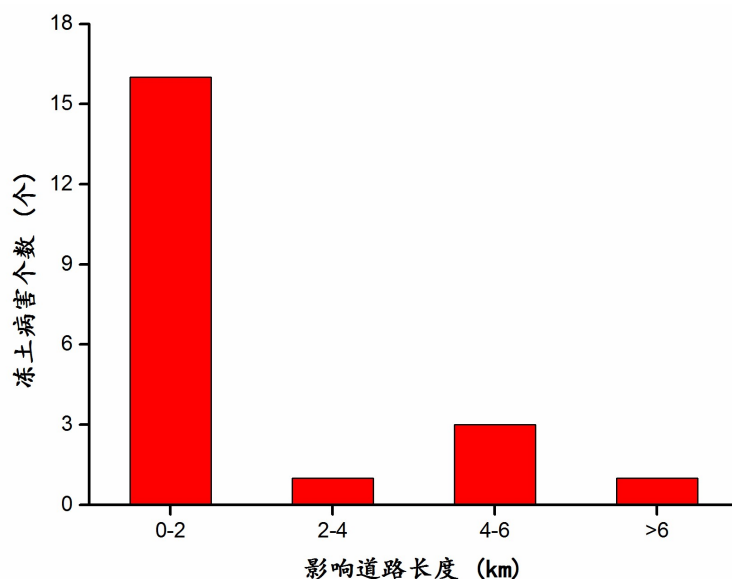


Figure 10. The affected length of the road with permafrost

图 10. 沿线冻土影响道路长度

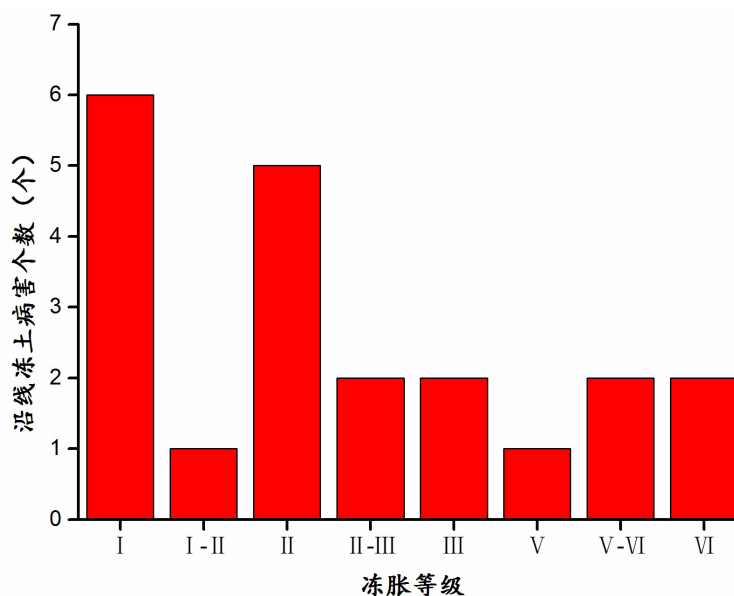


Figure 11. The level of frost heave

图 11. 沿线冻土冻胀等级

道路沿线湿陷性黄土共发育有 20 处，主要分布在 k88+967-k130+00 段，影响道路长度多在 1 km 以内(如图 12)，累计影响道路长度约 23.45 km，占路线总长的 29%。非自重湿陷性黄土和自重湿陷性黄土沿线均有发育，非自重湿陷性黄土占总数的 70%，湿陷量介于 67.2 mm~1057.5 mm 之间。沿线湿陷性等级普遍较低，个别段落湿陷性强烈，湿陷性等级以 I (轻微)~II (中等)为主(如图 13)，I 级占总体的 30%，I (轻微)~II (中等)占总体的 35%，其中 I~II 级非自重湿陷性段落 17.02 km，II 级自重湿陷性段落 2.44 km，II~III 级自重湿陷性段落 3.99 km。对原状黄土进行湿陷、压缩试验，可知湿陷系数平均为 0.041，压缩系数平均为 0.42 MPa^{-1} 。沿线地表植被丰富，地形受水流切割作用很小，陷穴基本不发育，水土流失现象不明显，

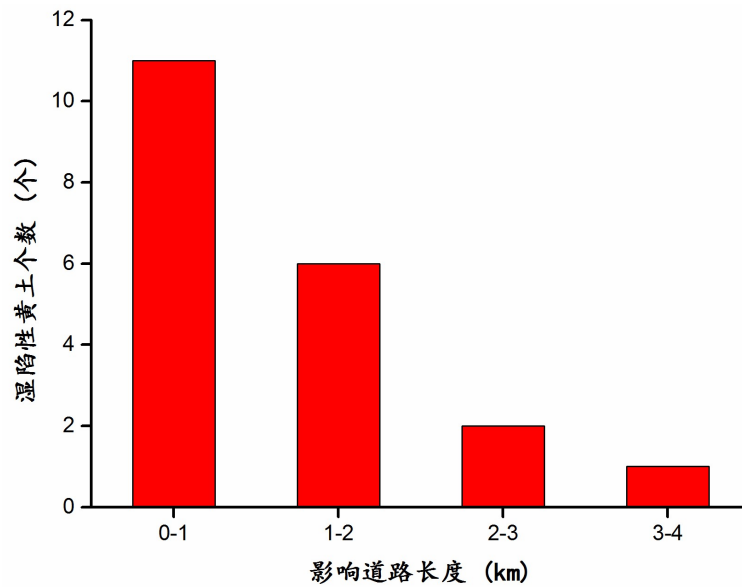


Figure 12. The affected length of road with collapsible loess
图 12. 湿陷性黄土影响道路长度图

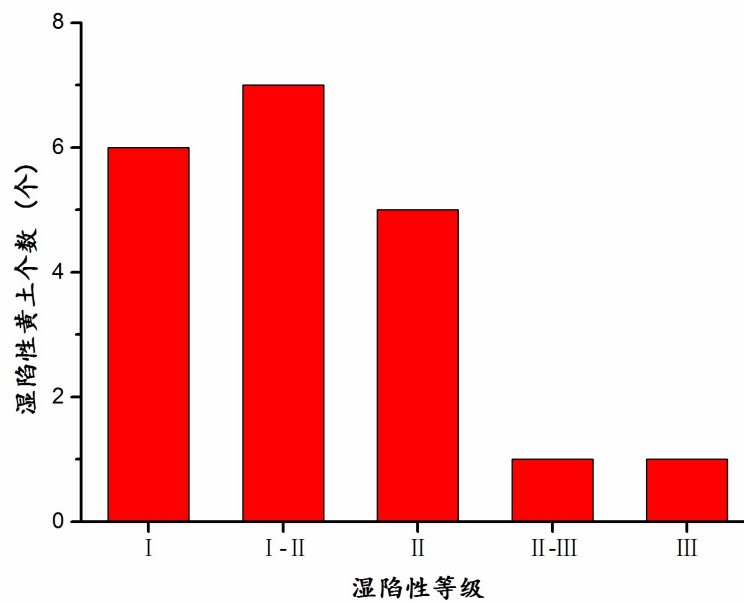


Figure 13. Along the loess collapsibility level
图 13. 沿线黄土湿陷性等级

仅在局部段落处见黄土滑坡、滑塌病害。

4. 道路病害的成因

道路病害的形成及发展是受内在、外在及人为因素综合作用的结果，沿线地质条件(地层岩性、地质构造)和地形地貌是病害形成的内在因素，气象水文条件和人为不合理的活动是病害形成的外部动力条件。

4.1. 地层岩性

沿线海拔高程在 800~2500 m，地貌主要为喀什河冲积平原地貌和中低山丘陵地貌，前者地形平坦，

起伏不大,后者地势相对较高,相对高差介于 10~80 m 之间,地形起伏明显,且局部段黄土丘陵区,斜坡高,坡度多在 50°左右。巨大的高差和坡度,为滑坡、崩塌、碎落等灾害提供了良好的地形条件。

沿线地表多被第四系地层所覆盖,岩性主要为粉质粘土、黏土和砂砾等,黄土广泛发育,通过对沿线黄土采样进行土体试验,发现其物理性质指标如表 2,从表中可以看出沿线黄土总体上具有非饱和、大孔隙、压缩中等的特点。因沿线黄土结构疏松多孔,吸水和保水性强,导致沿线黄土具有湿陷性,这些物理力学性质对滑坡、滑塌、崩塌的形成十分有利。

4.2. 复杂的断裂构造,频繁的地震活动

断裂构造发育、新构造运动活跃,地震活动极为频繁,地震动峰值加速度为 0.4 g,地震基本烈度为 IX 度,是新疆地震活动频发的地区之一。通过探坑和钻孔揭示覆盖层厚度 3~30 m,分析得出剪切波速主要在 $150 < V_s \leq 250$,为抗震不利地段。据记载,1973 年以前,发生在尼勒克县境内地震约 34 次左右,其中大于 6 级以上地震 9 次,4~5 级地震 18 次,4 级以下地震 7 次。1812 年 3 月 8 日发生的 8 级大地震是研究区内最具影响力的一次地震,震中烈度为 XI [6] [7] [8] [9]。

地震活动频繁,小地震可能不会直接导致灾害的发生,但对附近的山体产生频繁的冲击引起岩体的累计变形,产生累积变形效应[10];大地震可瞬间导致坡体受力的失衡和强度大大降低,使斜坡稳定性遭到突然破坏,大大加速病害的形成。

4.3. 独特的气候条件

沿线降雨和降雪非常丰富,4~6 月份融雪和局地强降雨集中入渗是导致滑坡形成的主要因素[11] [12] [13],水流沿裂缝入渗,坡体土层形成软弱结构面,导致坡体加重和固结力降低,使土体整体抗滑力降低,破坏斜坡上作用力的平衡,极易形成突发性滑坡。通过调查分析发现,道路沿线大部分滑坡位于高程为 1200~1800 m 的山坡上,且滑坡多发地段的高程与年降雨量存在幂函数关系(如图 14),年均降雨量随海拔增高按照 25 mm/100 m 速率递增。

冬季寒冷、降雪量丰富及风速较大是冻土、积雪、风吹雪病害发生的主要原因。冬季最低温度低至零下 20℃,加之昼夜温差大,白天积雪融水进入裂缝后在夜晚发生冻结,形成季节性冻土,其中 12 月下旬和 2 月下旬为冻融期最强烈时期(如图 15),冻土厚度最大可达 1.2 m。在冻融循环作用下,裂缝内产生冻胀和冰劈作用,加速裂缝扩展和贯通,有利于其他病害的产生和发展[14]。

研究区降雪日数长达 40 天,平均积雪日数 114 天,积雪厚度多在 40~60 cm 之间,最大厚度可达 1.2 m。受河谷呈东西走向地形影响,冬季主导风向为西南风,平均风速为 2.5 m/s,最大风速为 27 m/s,大风天数一月内至少出现一天,加之主导风向与路线走向呈锐角相交,在背风区极易形成风吹雪灾害。

4.4. 不合理的人为活动

不合理的人为活动使得表层草皮及土体结构遭到破坏,在一定程度上加速病害的形成和发展。当地不合理的人为活动包括牧民放牧、修路切坡和矿山开采等,尤以放牧踩踏和采药挖掘的影响最大。不合

Table 2. The loess physical properties

表 2. 沿线黄土物理性质

天然含水量(%)	天然密度(g/cm ³)	干密度(g/cm ³)	粘聚力(kpa)	内摩擦(°)	饱和度(%)
16.2	1.53	1.31	26.86	26.4	42.17
液限(%)	塑限(%)	液性指数	塑性指数	比重	孔隙比
30.9	18.1	-0.2	12.8	2.66	1.05

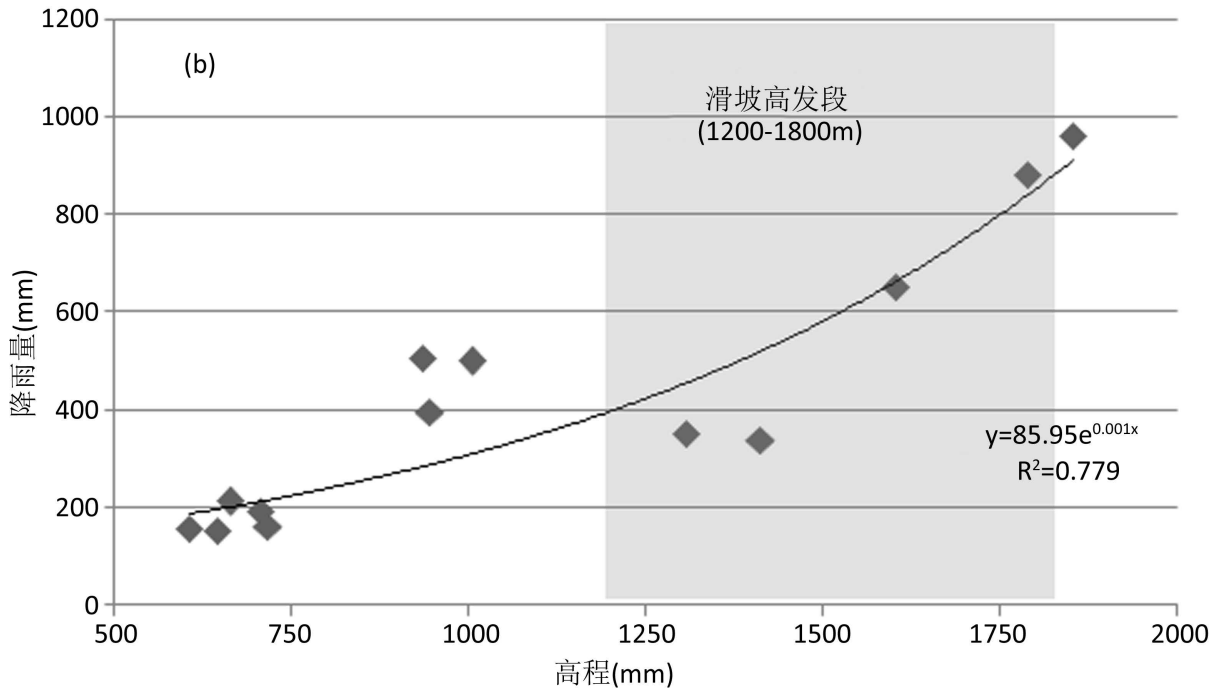


Figure 14. The relationship between elevation and rainfall

图 14. 滑坡多发路段高程与降雨的关系

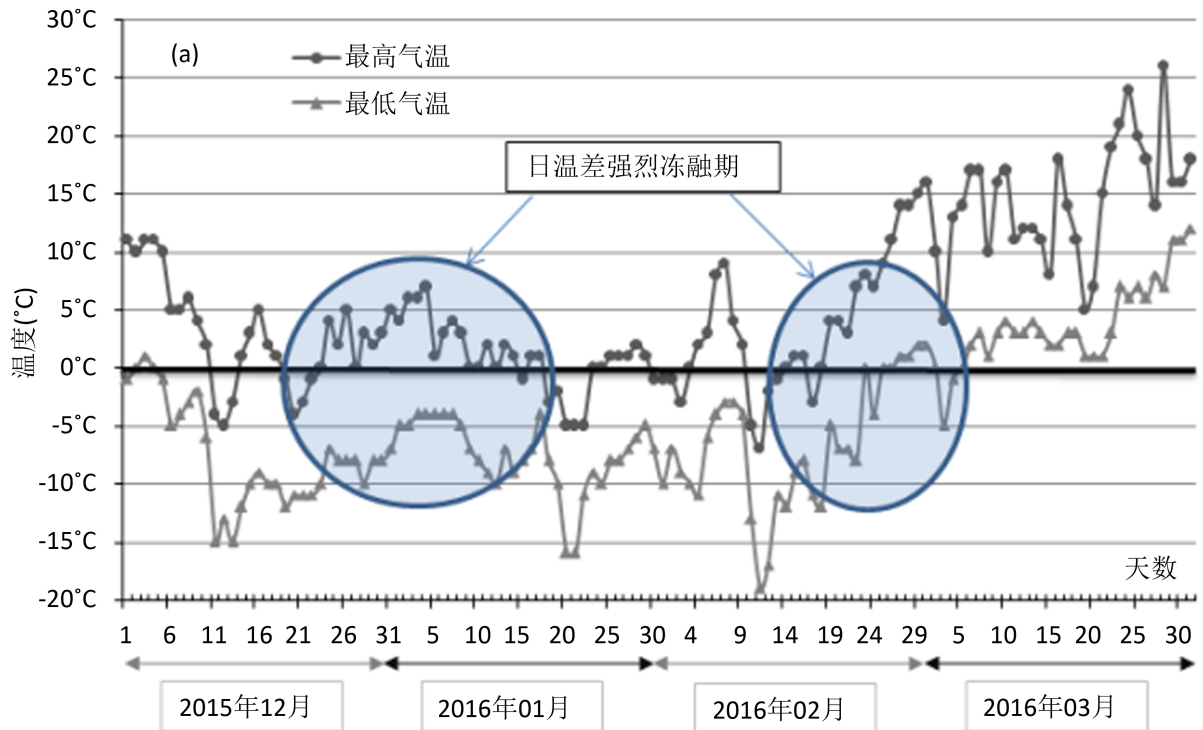


Figure 15. The relationship between time and temperature

图 15. 冻融期间时间与温度的关系

理的人为活动，一方面对地表草被根系和黄土结构造成严重破坏，在山坡形成多处散点分布的薄弱区；另一方面牲畜对草地多次踩踏形成多条小径，形成融水集中汇流聚集带，水流强烈入渗潜蚀，使其成为

薄弱地段易形成串珠状落水洞和贯通地裂缝。水流沿裂缝渗入，软化土体，降低其强度，对滑坡、滑塌的形成十分有利。

5. 结论与建议

新疆 S315 线蜂场至尼勒克段地质条件复杂，新构造运动活跃，地震活动频繁，沿线病害类型多样，不良地质和特殊岩土均有发育。沿线 K105+980-K106+080 段发育有马场达克斯太沟滑坡，是中层中型黄土老滑坡；沿线崩塌、坍塌、碎落发育有 23 处，主要集中在 K104+00-K130+00 段的低山丘陵区，边坡岩体类型集中在 III 级和 IV 级；沿线积雪和风吹雪共发育有 7 处，主要集中在 k88+800-k126+00 段的背风路段和黄土丘陵冲沟中，积雪厚度多在 40~60 cm 之间；沿线季节性冻土等级多为 II 级(弱冻胀)，发育有 21 处，影响道路范围较广；沿线非自重湿陷性黄土和自重湿陷性黄土共发育 20 处，湿陷性等级普遍较低，个别段落湿陷性强烈，主要分布在 k88+967-k130+00 段。特殊的地层结构和复杂的地形地貌为各类病害的形成提供了有利条件，而在频繁的地震、丰富的降雨、降雪以及昼夜温差等因素耦合作用下极易激发和加速各类病害的形成和发展。

针对灾害分布及危害情况对公路设计和建设、运营过程中提出建议：(1) 灾害多发路段建议完善路基、路面排水系统，设置必要的排水设施，以拦截、排除地表水；滑坡、坍塌、碎落路段建议减少对土体的扰动，严重路段设置防护措施和碎落平台，并做好出露泉水排放设计；积雪严重路段建议设储雪平台，增加除雪设备，加强除雪次数；(2) 开展沿线病害的普查工作，深入调查各类灾害的类型、分布特征、发育特征、危害程度，结合公路整改规划和灾害特点，做出沿线病害危险度评价和区划；在此基础上，结合实验研究及数据模拟的方法，揭示各类病害的形成机制，为防灾减灾提供科学的依据；(3) 加强道路病害知识的普及和宣传，加强环境保护意识，减少不合理的人为活动；(4) 针对不同危险程度灾害路段制定详细处置建议，并加强监测预警和应急预案编制；(5) 针对大型灾害路段，由于治理难度大且费用高，建议采用山区公路试验段方案，并进行试验段使用状况监测。

基金项目

国家自然科学基金青年基金(41602331)；中国沙漠气象科学研究基金(Sqj2015015)；中国博士后基金(2016M602951XB)；新疆交通厅科技项目(2015-2017)。

参考文献 (References)

- [1] 魏学利, 李宾, 赵怀义. 泥石流地区公路选定线初步分析[J]. 地球科学前沿, 2017, 7(1): 39-49.
- [2] 陈洪凯, 唐红梅, 白子培. 山区公路水毁路基发育机制研究——以四川境内公路水毁路基为例[J]. 重庆交通学院学报, 1994, 13(4): 34-40.
- [3] 谭明, 唐丽华, 吴国栋, 等. 新疆尼勒克、巩留交界 M_S6.0 地震灾害损失评估与房屋震害特征[J]. 内陆地震, 2012(3): 209-220.
- [4] 吴国栋, 谭明, 唐丽华. 新疆尼勒克、巩留交界 M_S6.0 地震烈度划分与震害现象[J]. 内陆地震, 2012(3): 203-208.
- [5] 张振斌, 魏斌, 何金刚, 等. 新疆尼勒克、巩留交界 M_S6.0 地震强震动观测记录初步分析[J]. 内陆地震, 2012(3): 221-225.
- [6] 尹光华, 李军, 张勇, 等. 尼勒克地震滑坡的统计分析及其初步研究[J]. 内陆地震, 15(1): 56-63.
- [7] 冯先岳. 新疆尼勒克地震断层带[J]. 内陆地震, 1990, 4(3): 273-277.
- [8] 杨章, 陈祥玉, 尹光华, 等. 1812 年 3 月 8 日新疆尼勒克 8 级地震[J]. 西北地震学报, 1985, 7(1): 59-65.
- [9] 杨章, 张勇, 李军, 等. 对 1812 年 3 月 8 日新疆尼勒克 8 级地震法阵构造的初步探讨[J]. 地震学报, 1985, 7(4): 434-444.
- [10] 魏学利. 邛海流域地震诱发滑坡的长期活动性及其灾害效应分析[D]: [博士学位论文]. 四川: 西南交通大学,

2014.

- [11] 王晓明, 买振军. 新疆伊犁典型大型黄土滑坡群成因机制及变形特征[J]. 水利与建筑工程学报, 2016, 14(4): 195-200.
- [12] 安海堂, 刘平. 新疆伊犁地区黄土滑坡成因及影响因素分析[J]. 地质灾害与环境保护, 2010, 21(3): 22-25.
- [13] 安海堂, 葛俊俊, 刘平. 新疆伊犁某移民新区黄土滑坡陈鑫分析及防治对策[J]. 地质灾害与环境保护, 2016, 27(3): 13-16.
- [14] 程秀娟, 张茂省, 朱立峰. 季节性冻融作用及其对斜坡土体强度的影响: 以甘肃永靖黑方台地区为例[J]. 地质通报, 2013, 32(6): 904-909.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: gser@hanspub.org