

新藏公路(新疆境内)沿线道路病害

杨坤¹, 马东涛^{1,2}, 崔鹏¹

(1. 中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041;

2. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘 要: 新藏公路(新疆境内)地处昆仑山中、西段, 沿线道路病害类型多样, 有泥石流、滑坡、水毁、崩塌、雪害、涎流冰、翻浆、冻土等, 严重威胁和破坏交通。由于所处地域自然环境条件特殊, 病害频频发生。随着全球气候变暖, 冰川退缩, 病害将愈演愈烈。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、成因以及发展趋势, 提出了进一步工作的建议。

关键词: 新藏公路; 道路病害; 分布规律; 成因

中图分类号: P642.23

文献标识码: A

新藏公路(国道 219 线)始于新疆喀什地区叶城县与国道 315 线相接, 止于西藏日喀则地区拉孜县与国道 318 线相连, 总体呈南北走向。全线长 2 143km, 其中新疆境内长 654.5km, 西藏境内长 1 488.5km。沿线平均海拔在 4 000m 以上, 翻越昆仑山、冈底斯山 16 座冰雪达坂(垭口), 横跨叶尔羌河、喀拉喀什河、雅鲁藏布江等 8 条江河, 是新疆西南地区通往藏西北、藏西南的主要通道, 也是通往西南、西北边陲的国防干线公路。新疆境内段北起叶城县, 南止新疆与西藏交界的界山达坂(图 1)。公路自叶城出发, 经过昆仑山山前冲、洪积平原, 进入昆仑山, 先后跨越阿喀孜达坂、赛里亚克达坂、柯克阿特达坂、康西瓦达坂、奇台达坂和界山达坂, 穿过柯克亚河、哈拉斯坦河、赛拉克河、麻扎沟、叶尔羌河、黑黑孜江干沟、赛图拉沟、喀拉喀什河及阿克赛钦湖盆, 最后进入西藏境内。沿线泥石流、滑坡、崩塌、坍塌、碎落、滚石、冻土、翻浆、涎流冰、风吹雪、积雪、水毁等病害鳞此栉彼, 频频发生, 公路不时断通阻车, 长期以来处于半运行、半瘫痪的运营窘境。

1 道路病害的类型、危害及分布规律

1.1 道路病害的类型及危害

1.1.1 泥石流

新藏公路新疆段(以下简称新疆段)泥石流是沿

线各种病害中分布较广, 危害强烈的一种。该段共有泥石流 149 处, 其中沟谷型泥石流 129 处, 坡面型泥石流 20 处, 平均 4km 路段就有一处泥石流。自 1958 年 4 月通车以来, 从库地至 509 道班之间的 387km 的路段受到泥石流的威胁, 泥石流分布路段占全线长的 59%; 受泥石流直接危害的路段长 53.05km, 约占全线长的 8%。

由于沿线地质、地貌、水文、气象条件差异巨大, 该段泥石流分布、成因类型、流体性质、规模及危害程度各不相同。危害最重的是冰川泥石流(冰雪融水泥石流、冰雪融水与雨水混合型泥石流和冰湖溃决泥石流), 其规模宏大, 堆积区最大可至 1 km ~ 2 km, 搬运和破坏力强, 在本区广为分布。而沿线暴雨型泥石流相对不太发育, 规模也较小, 对道路威胁不大。与我国川藏公路、中尼公路、中巴公路沿线的泥石流相比, 该区泥石流多为冰川泥石流, 且暴发频率远较其它地区为低, 活动不频繁, 但规模巨大, 一旦暴发, 危害十分严重。

1.1.2 滑坡

滑坡位于海拔 4 700m ~ 4 900m 的柯克阿特达坂上, 山坡坡度在 40°左右, 坡面高低起伏, 参差不齐。该段地层为志留系海相变质岩系, 岩性为千枚岩、板岩、砂岩、灰岩等, 岩体破碎松动, 山坡不稳。地下水以基岩裂隙水为主, 水位高, 水量丰富, 多沿

收稿日期: 2001-12-12.

基金项目: 中国科学院知识创新项目“进藏公路铁路典型路段工程减灾理论与对策研究”资助, 项目编号 KZCX2-306.

作者简介: 杨坤(1977-), 男(汉族), 陕西汉中, 硕士研究生, 主要从事泥石流灾害预测与 GIS 应用研究。

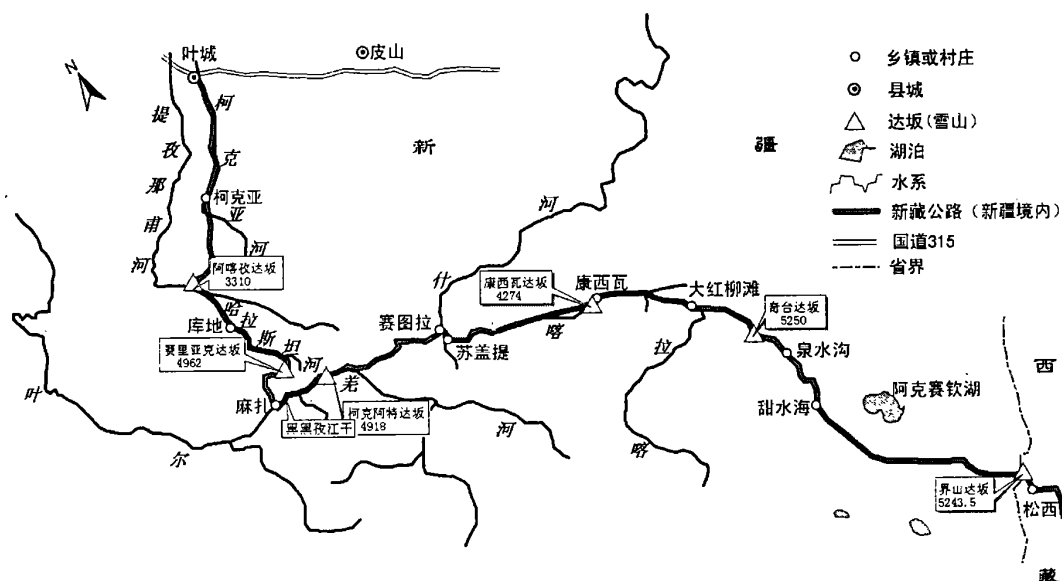


图1 新藏公路(新疆境内)沿线概况

Fig. 1 Outline of Xinjiang-Tibet Highway in Xinjiang

公路上下山坡洼地出露。由于开挖山坡,致使基岩表层风化层物质失去支撑而临空失稳,受季节冻融影响,发生多级滑塌,坡面滑塌由下至上,上下贯通,整体滑移,产生滑坡。

该段滑坡成群分布,滑坡群由三个滑坡组成,1#滑坡穿越上、下两盘线,该滑坡沿路线长200m,厚10m,沿滑动方向长约60m,滑坡体积 12万 m^3 ,属于中型牵引式基岩风化层浅层滑坡;2#滑坡仅穿越一盘线,沿路线长150m,厚10m,沿滑动方向长50m,滑坡体积 7.5万 m^3 ,属于小型牵引式基岩风化层浅层滑坡;3#滑坡规模最大,该滑坡体穿越上中下三盘线,埋没最下一盘线,共影响线路3段,滑坡沿路线长150m,厚15m,沿滑动方向长150m,沿滑动方向长150m,滑坡体积为 34万 m^3 ,属于中型牵引式基岩风化层滑坡。该滑坡群共穿越和埋没线路6段,威胁线路长1.1km。危害主要表现为公路内外边坡滑塌及公路路基因滑坡位移而沉陷和外移。目前由于滑坡剪出口位置较低,滑坡相对高差较小,势能不甚优越,处于裂隙贯通、积蓄能量的蠕滑阶段。

1.1.3 水毁

新疆段多为沿河、沿溪线段,受夏季洪水的冲刷和淹没作用,路基、桥涵、护岸等构筑物毁坏,危害极大。沿线共有水毁74段,威胁路段83.55km。依据水毁发生部位,可分为坡面水毁、路面水毁及河流水毁三种类型。

坡面水毁主要表现为降水产生的坡面径流,冲

刷坡面松散堆积物,形成坡面流泥、流石,淤埋边沟、路面以及斜坡失稳等。沿线由于气候干燥,降雨量少,坡面水毁极轻,但在库地至赛里亚克间,坡面流泥、流石较为严重。

路面水毁亦称路面过水,主要表现为公路内侧山坡坡面雨水及冰雪融水径流上路以及公路横穿山前泥石流扇地、洪积扇及冲沟时,水流上路,冲刷路面及路基。

河流水毁主要表现为公路受主河左右摆荡及洪水冲刷淘蚀,路基及其下边坡、桥涵基础等悬空、坍塌、断裂甚至被洪水卷走。如1999-08-01凌晨至1999-08-02,昆仑山普降暴雨,哈拉斯坦河连续暴发了四次历史上罕见的百年不遇特大洪水,使该线严重受损,水毁73处,近63km道路受损,4座大桥及5处涵洞被毁。

1.1.4 崩塌、坍塌、碎落

新疆段崩塌、坍塌和碎落等病害威胁路段有33处,危害线路长达52.95km。该类病害主要表现为崩塌、落石砸伤人、车辆,其堆积物侵占路面、埋没边沟以及崩塌体堵河引起水毁等。此类病害总体较轻,阻车断通不甚严重,但在哈拉斯坦河沿溪线有两处较大规模基岩崩塌体,堵塞河流,严重阻车断道和阻碍河流行洪。如库地附近路段一处花岗岩基岩崩塌体高20m,厚20m,沿线长150m,崩塌物体积达 6万 m^3 ,崩塌体系松散花岗岩沿基岩节理面的顺层崩落。现路段上方仍有多个危岩块体,且裂隙张开,随

时有崩落危险。目前该段河床仅 10m 宽,洪水位高出现河床面 3m 以上,受洪水冲刷,该崩塌体前缘将因失去支撑而坍塌堵河。这两处病害路段属于基岩崩塌与河流水毁复合病害段,为全线最困难的几个路段之一。

1.1.5 雪害

沿线雪害以积雪、风吹雪为主,雪崩极少,且规模较小。雪害分布地段长达 282.7km,占全线线路总长的 41%,冬季积雪多在 30cm~50cm 之间,而在奇台达坂和界山达坂越岭线两个最为严重的雪害路段,积雪一般在 60cm~80cm,最厚达 2m 以上,严重阻车断道。风吹雪、积雪病害每年造成阻车断道多达 4~6 个月之久,尤其是六个雪山达坂越岭段,弯道多,纵坡大,山高路险,积雪经汽车碾压,往往酿成冰害,雪厚路滑,冬季行车十分危险。阿克赛钦湖山原盆地虽然冬季积雪有 30cm~50cm 厚,但由于地势平缓,通常不阻车断道,没有形成大的雪害。

1.1.6 冻土、翻浆、涎流冰

沿线涎流冰病害共 10 段,主要表现为河流冰上路,冰水沟雍塞上路及山坡地下水结冰漫流上路等型式,其产生的主要的原因是路基低、桥涵净空不足,排水设施不够而导致的水流和冰流流通不畅,雍塞漫流所致。

沿线冻土、翻浆病害 15 段,威胁公路 60km 左右,以奇台达坂至界山达坂之间路段最为发育。从沿线河湖分布、土壤、地表植被、地形等判断,沿线多年冻土不太发育,多呈岛状不连续分布。多年冻土病害在本区内主要表现为冻胀引起的桥涵基础破坏和融化产生的路基融沉、路面泥污翻浆,这也是高原湖盆区所特有的灾害特征。

1.2 道路病害分布规律

由于沿线地形地貌、地质构造、气象水文等条件各不相同,其道路病害有如下规律:

1.2.1 道路病害的分布各有重点

泥石流主要分布在依山傍河段,如哈拉斯坦河及其支流峡谷、叶尔羌河宽谷、喀拉喀什河宽谷地带以及赛图拉沟等地段,而在麻扎沟和黑黑孜江干沟也有零星分布。在上述水系主、支流以及溪沟沿岸,水毁病害活动强烈,其部分基岩峡谷段以及阿喀孜达坂越岭地带发育有崩塌、坍塌、碎落病害。公路沿线仅有三处滑坡,成群分布,集中在柯克阿特达坂西坡。雪害(主要是风吹雪和积雪)发生在越岭线段、高原宽谷和山原盆地,如阿喀孜达坂、赛里亚克达

坂、柯克阿特达坂、康西瓦达坂、奇台达坂、界山达坂以及阿克赛钦湖山原盆地,而极小规模雪崩分布在麻扎和黑黑孜江干附近的高山峡谷。冻土、翻浆主要分布在奇台达坂至界山达坂之间海拔 4800m 以上的山岭、山间河谷盆地及山原盆地,涎流冰夹杂其中。

1.2.2 哈拉斯坦河及叶尔羌河沿线以及阿克赛钦湖山原盆地是该线路病害汇集且危害最重的病害分布区

哈拉斯坦河及叶尔羌河沿线的泥石流、水毁、崩塌、碎落等病害分布较密、规模大、发生频繁,断道阻车严重。如 1998—07 库地段有十余处被洪水冲毁,2 处塌方、毁坏路段 560 多米,阻断交通 13d。1999 年伴随哈拉斯坦河洪水,该段又发生了泥石流、崩塌及碎落病害。2000—06—14 库地至苏盖提出现多处泥石流、水毁,冲毁路基 44km、路堤墙 7km、铅丝笼堤 1.9km,中断交通 20 余天。而发生在阿克赛钦湖山原盆地的积雪、风吹雪、冻土、翻浆病害非常严重,尤其气候变暖所引起的多年冻土退化,使该路段的翻浆愈来愈严重,春、夏季的路面翻浆已成为影响阻车断通的最主要的灾害之一。如 2001 年春季,公路沿线连续遭受雨雪侵袭,甜水海至界山达坂多处路基沉陷、路面翻浆,堵陷车辆 300 余台,受困人员 500 余人,中断交通 9d。

1.2.3 道路病害相互作用,形成复合病害

道路病害是在一定的自然条件组合作用下产生的,而在一种条件下,可能同时产生几种病害,各类病害相互作用,互为因果,将造成更加严重的后果,难于治理。新疆段病害的发生就有这样的特点,洪水与泥石流伴生,冰雪消融引起路面翻浆,冻土冻融引起滑坡,水毁与崩塌相互作用等,如库地段一处较大规模基岩崩塌体,堵塞河流,阻碍河流行洪,河水上涨,洪水冲蚀强烈,使崩塌体前缘失去支撑而坍塌,形成基岩崩塌与河流水毁复合病害。

2 道路病害的成因

新疆段沿线气候复杂多变,地形起伏悬殊,地质构造错综复杂,地震及新构造运动强烈,为各类病害的形成和发展提供了良好的发育背景。沿线病害类型多样,成因复杂,可以简明地归纳为以下 6 个方面。

2.1 复杂的地形,巨大的高差

公路从塔里木盆地边缘的叶城开始,经过西昆

仑山北麓冲、洪积倾斜平原、西昆仑山高山深切峡谷、中昆仑山高山宽阔河谷及中昆仑山山原盆地进入西藏,地貌类型复杂多样^[1]。山前冲、洪积倾斜平原,地势平坦,由山前向塔里木盆地中央倾斜,地表多为砂砾、碎屑和细土,局部有新月型沙丘,属于典型干旱荒漠景观。叶尔羌河及喀拉喀什河河谷宽达数百米至数公里,河流多汊流,主河呈游荡型在谷地来回摆动,河流多以淤积为主,公路多布设于河流一级阶地、高漫滩、两岸冰川泥石流扇地及洪积扇前缘。阿喀孜达坂两侧的支谷、哈拉斯坦河中、下游谷地为高山峡谷,山岭和谷底高差大,达 1 500m ~

2 000m,沟谷窄深,呈“V”字型,边坡陡峻、不稳,河流侵蚀下切强烈(图 2)。奇台达坂至界山达坂之间的山原盆地,海拔在 4 900m 左右,多为低岭宽谷,相对高差不大,地势平缓开阔,两侧山岭多分布着冰川和永久积雪,盆地内发育有岛状多年冻土,植被稀疏,呈高寒荒漠景观。沿线最低处为海拔 1 361m 的叶城县城,最高处为海拔 5 343.5m 的界山达坂,高差达 3 982.5m,而水平距离仅 430km,其地形梯度达 9.3m/km。由于在很短的距离内跨越 4 个大的地貌单元,3 条水系及其支流,近 4 000m 的高差,因此沿线道路病害表现形式复杂多样,危害程度不一。

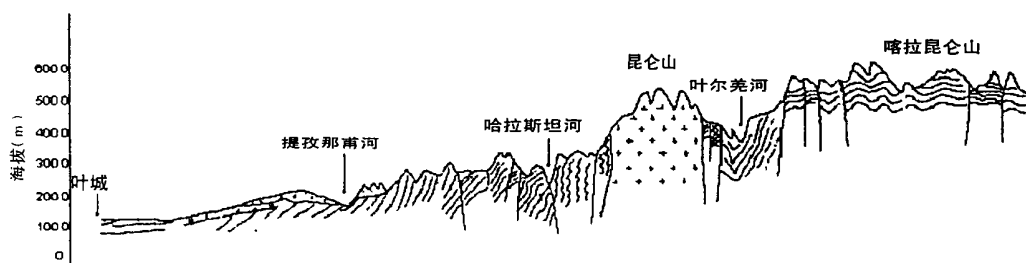


图 2 研究区地貌剖面图

Fig. 2 Profile of topographical features of the area

2.2 大面积的冰川,丰富的松散固体物质

昆仑山是我国大陆型冰川最为发育的地区之一,仅叶尔羌河流域就有现代冰川 2 689 条,冰川总面积 5 574km²,总储(冰)量达 662.45km³,冰川以下还分布着众多的冰碛湖^[4]。公路沿线的库地、麻扎、赛图拉附近以及康西瓦至泉水沟附近高山地带分布有大量冰川,由于气候变暖,冰川大面积消融退缩,巨厚冰体中携带各种粒径的松散固体物质得以释放出来,堆积在冰川槽谷内,成为泥石流、崩塌等得以发生的重要物质储备。

2.3 独特的气候条件

本区地处塔里木盆地以南,属暖温带大陆性干旱气候,主要气候特点为气温年较差、日较差大,降水量少,空气干燥,日照长。公路东西横跨约 3 个经度,南北纵跨约 3 个纬度,纬度地带性和经度地带性不甚明显,但由于其从山前平原区在很短的距离内到达高山区,海拔骤升,因此垂直地带性显著,气候状况有较大差异,尤其是水分、热量的分布上差异最为突出。本区降水特点为山区多、平原少;西、南部多,东、北部少。其降水主要来自西风环流,最大降水带在海拔 3 500m ~ 4 000m,年降水量可达 400mm

以上,由此带向上、向下降水量均呈递减趋势,递减率为 18mm/100m^[3]。叶城县城的多年平均降水量仅 56mm,当年 10 月至次年 4 月份的降水量占年降水量的 20%,一日最大降雪量仅 9cm,而在高山地带,年降水量较大,冬季降雪一般在 30cm ~ 50cm 间,最大可达 2m 厚。加之昆仑山山坡及山间盆地的盛行风向为山谷风局地环流,山脊和山谷中平均风速多在 4m/s,年大风(17m/s 以上)日数在 100d 以上,均大于各类新雪、细雪和老的细雪的移动风速,为冬、春季公路风吹雪和积雪的形成提供了充分的动力条件。丰富的高山降雪,在昆仑山高山区还形成大面积的冰川和积雪,冰川和积雪在异常高温天气下常产生冰雪融水;在中、低山区,降水以降雨为主,由于降水强度大、历时短,常形成暴雨。由于地势升高和山脉阻挡,水汽耗能降温,温度随海拔升高而递减(温度梯度为 0.57℃/100m^[3]),致使在适宜的土壤、水分条件下,高山区具有生成冻土充分的气温条件。这样的气候条件下,使得道路病害随季节变化突出,其发生有较强的季节性。

2.4 复杂的褶皱断裂构造,破碎的地层

该段在大地构造位置上处于塔里木板块与伊朗

——冈底斯山板块的接合部位的塔里木构造区和昆仑山构造区,两大构造区之间以深长断裂相隔^[4]。褶皱系主要形成于华力西晚期,但在加里东期及印支期也有强烈活动,强烈的构造运动使昆仑山地槽内的岩层褶皱隆起,一系列北西—南东走向断裂决定了山脉及河谷的走向和形态,形成了数级阶梯断块。晚近地质时期的喜马拉雅运动使昆仑山同喜马拉雅山一样因强烈隆起而抬升,中、新生代的地层随山地褶皱隆起、错断,沿东西构造线方向形成了一系列断块、褶皱山脉。由于地层褶皱,扭曲变形强烈,甚至错断,岩层多为倾斜状,局部地层甚至直立、倒转,岩体结构十分破碎^[5]。地层中的挤压破碎带被河流下切出露于地表,成为基岩崩塌、坍塌、碎落等病害形成的物质基础。

2.5 强烈的新构造运动,活跃的地震

该段地处 NW~SE 走向的西昆仑山地震带,该地震带沿帕米尔—喀拉昆仑山、西昆仑山向东延伸与东昆仑山—阿尔金山地震带相连接。该区以南为青藏高原新构造活跃区,以北为南天山地震带和沉降强烈的喀什—和田拗陷,差异活动十分强烈。自 1882 年以来,该区已发生 6 次 $M_s \geq 7.0$ 地震,如 1974 年阿克陶发生 $M_s 7.3$ 地震,1985 年乌恰发生 $M_s 7.4$ 地震。该区地震活动特点是频度高、强度大、震源浅、分布广^[4]。该地震带的震源主要来自印度板块向北推移与欧亚板块的撞击,沿线地震烈度较高,多大于 VII 强地震活动加速了各种病害发生的进程。

2.6 低标准的公路,破坏严重的环境

该路自建设之初,开山取石等建设活动对周边的环境造成了破坏,加之道路标准低,构筑物少,路基低,防灾能力差,虽历经多次维修和改建,但相应的防护工程明显不足,因而没能从根本上解决病害问题。随着近年气候变暖,沿线道路病害有增无减,灾害更为严重,加剧了对周边环境的破坏,进一步促进了病害的发育。

3 道路病害发展趋势

近年来,新藏公路(新疆境内)沿线道路病害的类型和数量增长很快,危害愈来愈严重,其发展趋势是由病害产生的条件所控制,而目前各种条件正处于促使病害频繁发生有利状态。

全球气候变暖导致灾害活动增强,这是非常明

显的事实^[6]。从 20 世纪 90 年代后期,沿线大部分地区温度上升,气候变暖,同时部分地区暴雨明显增多,导致冰雪消融、冰川退缩,局部形成大规模的暴雨洪水。新疆地震的活跃期为 11a 左右,平静期为 8a~17a,地震活动自 1985 年后进入平静期,进入本世纪后,该区地震活动将踏入一个新的高潮时期^[4]。新近于 2001—11—14 在东昆仑山若羌发生 $M_s 8.1$ 地震正说明这个问题。随着沿线经济发展,大规模修建道路及进行其他建设活动,对周围环境的压力明显上升,若环境保护及防护工程不及时,必将诱发新的病害,沿线病害频繁发生的势头不会消减下来。

虽然沿线道路病害将会随着公路的改建和病害整治有所减弱,但总的形势仍然是在恶化,不少病害目前仍没有行之有效的解决方法。随着气候变暖和地震活动的加强,泥石流、滑坡、崩塌、水毁等病害趋向活跃,对公路的危害将进一步加重。

4 建议

针对沿线严峻的病害现实和不容乐观的发展趋势,提出以下建议。

1. 本文仅仅讨论了沿线道路病害的概况,纵深的问题远未涉及。因此为了清楚地了解病害的详细信息,必须加强研究。特别是对一些特殊地段的病害,要进行专项研究,以查明灾害的成因、特征、频率及成灾方式,提出防治原则和整治方案、措施。

2. 沿线道路病害众多,治理需要大量投资,就目前实际情况,道路标准不高,病害难度大,进行大规模投资全面整治不太现实。因此需要选出严重影响道路断通的典型病害,进行重点整治,以保证道路的通畅。

参考文献

- [1] 袁方策,王德华,杨发相.新疆地貌概论[M].北京:气象出版社,1994 73~96
- [2] 丁良福,俞昕治.叶尔羌河流域冰川水资源及冰川物质平衡,喀拉昆仑山叶尔羌河冰川与环境[R].北京:科学出版社,1991 19~26
- [3] 李江风.新疆气候[M].北京:气候出版社,1991.97~108
- [4] 《新疆减灾四十年》编委会.新疆减灾四十年[R].北京:地震出版社,1993 107~120
- [5] 中国地质科学院成都地质矿产研究所.青藏高原及邻区地质图 1:1500000(说明书)[M].1986
- [6] 施雅风.全球变暖影响下自然灾害的发展趋势[J].自然灾害学报,1996 5(2):102~117.

The Hazards Along Xinjiang-Tibet Highway in Xinjiang

YANG Kun¹, MA Dongtao^{1,2} and CUI Peng¹

(1. *Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Science and Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041 China;*

2. *Cold and Arid Regions Environment and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Science, Lanzhou 730000 China*)

Abstract: Xinjiang-Tibet Highway in Xinjiang is located in the west and middle section of Mt. Kunlun. Debris flow, water erosion, landslide, snow drift, snow avalanche, permafrost, etc., develop expansively along the line and cause tremendous disasters to highway construction, because of the complicated characteristics of geomorphology, geology, tectonic movements, climate, and hydrology. There are 291 disaster points, including 149 debris flow, 3 landslides, 74 water erosion, 33 collapses, 7 snow damage, 25 permafrost along the high way, which frequently block the traffic and cut the highway line. Based on the field investigations, the hazard type, distribution, disaster, and the formation background are preliminarily discussed. At last, suggestions for the next step are put forward.

Key words: Xinjiang-Tibet Highway; hazards; distribution; cause of hazards