

我国天山山区公路山地灾害及其防治*

朱 诚¹⁾

(南京大学大地海洋科学系, 南京, 210008)

提 要 天山山区公路山地灾害主要出现于海拔>3000米的现代冰缘区, 遭山地灾害威胁较严重的是独山子—库车公路和乌鲁木齐—库尔勒公路。较突出的山地灾害是雪崩、风吹雪、自然积雪、泥石流与石冰川, 其次是倒石堆、热融滑塌和热融掏蚀。该区公路山地灾害防治应采取预防为主、防治结合的原则, 此外应加强灾害预报。

关键词 天山山区 公路 山地灾害 防治

目前我国天山山区主要公路有: 乌鲁木齐—焉耆(国道 314 线)、乌鲁木齐—库尔勒(国道 216 线)、伊宁—乌鲁木齐(国道 312 线)、伊宁—若羌(国道 218 线)、独山子—库车(国道 217 线), 此外还有伊宁通往昭苏、特克斯、巩留、新源、尼勒克和乔尔马等一些区道和地方道路^[1](图 1)。这些公路对沟通南北疆联系, 发展边疆经济和文化, 巩固边防均具有十分重要的意义。

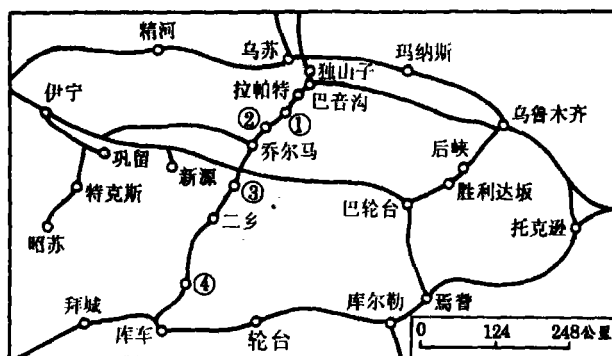


图 1 天山山区公路的分布

Fig. 1 Distribution of the Tianshan Mountain highways

①哈希勒根达坂; ②玉希莫勒盖达坂; ③拉尔墩达坂; ④铁力买提达坂

1985—1989年在考察天山山区冰川冰缘地貌过程中, 深感山地灾害对公路威胁之严重。以下着重讨论几种主要山地灾害的特征和成因, 并略论其防治措施。

* 中国科学院天山冰川观测试验站基金资助项目。

蒙新疆维吾尔自治区公路局吴荣生总工程师、员自铭总工程师、独山子公路段李其荣段长提供天山山区公路病害材料, 谨致谢忱。

1) 北京大学地理系(现名: 城市与环境学系)博士毕业生、华东师范大学地理系博士后。
本文收稿日期: 1992-09-07。

一、公路山地灾害

(一) 雪 害

雪害是天山公路最大的病害,也是造成目前天山公路只能季节性通车的主要原因。

天山公路雪害主要发生在独山子—库车公路一线,雪害可分以下三种类型¹⁾。

1. 雪崩

在独山子—库车公路105—131K和142—172K段常发生不同成因的雪崩。其中105—111K段地处哈希勒根达坂北坡,山坡陡峻且受强烈寒冻风化剥蚀影响,地表植被极少。由于降雪较多、又处背风地带,山脊上易形成雪檐;当年10月至翌年5月,雪檐坍塌常造成雪檐雪崩。其的破坏力极大。例如109K+763—985段的防雪走廊位于该达坂山脊分水岭的山坡上,它是我国公路防雪工程的首创,对减轻雪害、保障交通安全有显著作用;但1986年冬该走廊顶盖的7块槽形板被雪檐雪崩掀到走廊一侧的坡下。1988年春一次大雪崩又截断用于修建防雪栅的27根钢筋混凝土立柱。

该公路111—131K和142—172K段地处天山西部深处,降水量充沛,气候湿润,冬季积雪厚一般>60厘米。其中111—119K段位于哈希勒根达坂南坡,海拔>3000米,冬季积雪厚约1米,冬春季节常因公路两侧山坡积雪崩塌形成坡面雪崩加积于路面,致使每年5月养路部门仍未能完成机械清雪任务。119—131K和142—172K段虽山坡植被较茂盛,但由于冬季积雪较厚,常发生较大的沟槽雪崩。该路段沿线沟谷狭窄,沟槽坡度多>30°,往往对岸沟槽雪崩常穿过沟床而达公路。据统计,119—131K段每年约有40处雪崩,142—172K段每年约有19处。

2. 风吹雪

它主要发生在独山子—库车公路108—111K段,即防雪走廊附近。该段的积雪厚一般>2米。春季防雪走廊的进出口基本被雪堵死,积雪厚4—6米。110K+200—600处每年积雪厚约5米,即使用机械清除也十分不便。

3. 自然积雪

在独山子—库车公路一线,降雪厚>30厘米者,就可能阻车。如101—172K段冬季降雪厚常>60厘米,若不用机械清除,则无法通车。1984年10月10日和1985年10月6日,101—119K段降雪厚30厘米,用推土机清除才通车。1987年6月11日,降雪厚30多厘米,还出现风雪流,阻车200多辆。

独山子—库车公路每年清雪,都需二三台推土机工作二三十天才能通畅。由此雪害对公路的危害可见一斑。

(二) 倒 石 堆

天山山区公路沿线有五类倒石堆^[2],其中以落石型倒石堆对公路危害最大。

落石型倒石堆坡度35°—45°,纵剖面较直,一般不长植被。当石块落下并破裂后,小块

1)新疆克拉玛依市交通局,1988,新疆独山子—库车公路北段道路病害及养护情况,第13—15页。

岩屑多停于倒石堆顶部,大岩屑则可能滚到坡脚(照片1)¹⁾。

该类倒石堆主要分布于较陡的北坡或半阴坡一侧,尤以独山子—库车公路及乌鲁木齐—库尔勒公路路段最为常见。倒石年下移率一般约73厘米¹²⁾。

独山子—库车公路的巴音沟—玉希莫勒盖达坂段总长172公里,由于基岩裸露、峭壁陡立、峡谷相间,加之岩性以节理发育、风化严重的凝灰岩、砂页岩、千枚岩等为主,故仅落石型倒石堆造成的塌方、碎落病害点就有186处²⁾,累计长24.5公里。其间70K+300处挡墙被落石型倒石摧垮,路面遭拥塞(照片2)。据统计³⁾,巴音沟—玉希莫勒盖达坂段自竣工后的1983年10月—1987年10月,发生过300立方米以上堵塞公路、中断交通的落石型倒石堆和塌方就有25次,其中在正常通车期间(即每年5—10月)有21次。全线尤以16K+300—800段,90K+300—500段及76—78K的悬岩陡壁段的落石型倒石堆最甚,运行四年内清除倒石塌方量达17万立方米。

落石型倒石堆除拥塞路面、摧垮挡墙、破坏桥涵栏杆而影响交通安全外,还危及乘客和养护人员的生命安全;护路工人常遇倒石堆区塌方,若未及躲避,就会发生伤亡事故。1984年7月15日,独山子—库车公路90K+500处落石曾砸坏一辆正在行驶的汽车。

(三) 石 流 坡

它是由岩质坡风化岩屑组成的席状体,其坡度 $>10^{\circ}$,顺坡延伸,多发育于风化基岩面上,厚度常仅数十厘米至几米;表面岩屑较粗大,深处岩屑较细小。岩屑长轴方向多呈直线状平行排列,与坡向一致,这是岩块顺坡运动的一种特殊表现方式。

乌鲁木齐—库尔勒、伊宁—乌鲁木齐、独山子—库车、伊宁—新源—乔尔马等公路沿线均有100余公里的路段处于海拔 >3000 米的现代冰缘区,其间山坡基岩裸露,寒冻风化强烈,石流坡极其发育。

石流坡岩屑的运动对公路危害较大。例如乌鲁木齐—库尔勒公路原有一长8公里、宽5.5米的翻越胜利达坂的路段,该处发育有坡向 195° 、坡度 36° 的活动石流坡,在纵向上从山脊一直延伸到底谷(照片3),岩屑常掩埋路面,故不得不于1960年废弃,而在胜利达坂西北坡另辟新路。废弃公路挡墙基础的挖探结果表明,此路段废弃25年内,石流坡岩屑堆积厚度平均达31.5厘米。1985年夏在未被掩埋的废弃路面上埋观测桩3根(木质,桩顶高出路面0.5米),1986年夏观测桩被岩屑所埋没,且岩屑顺坡已越过观测桩1.0米(照片4),石流坡活动之强烈可见一斑。

(四) 石 冰 川

天山山区的石冰川有数百条,且均分布在海拔 >3000 米的现代冰缘区。

石冰川对天山冰缘区公路潜在危害性颇大。天山山区石冰川的类型¹³⁾较多,对公路影响较大的有以下几种。

1. 人为型石冰川

独山子—库车公路112K(哈希勒根达坂公路隧道北400米)处,有一长约200米、宽10

1) 本文照片见刊末图版1.1.

2,3) 新疆克拉玛依市交通局,1988,新疆独山子—库车公路北段道路病害及养护情况,第2—10页。

米的舌状石冰川(照片5),其坡向 330° ,沉积面坡度 17° ,前缘坡坡度 38° .在其顶部后缘可看到20世纪70年代用推土机和人工开挖筑成的一条简易小路的轮廓,由此断定这属 Corte 石冰川分类系统^[1]中与人为和技术有关的人为型石冰川.其内部含冰体,且存在着蠕动,前缘已伸至路面,大量片麻岩夹云母片岩岩屑堵塞路面.为安全起见,公路部门在石冰川前缘坡下筑有一长约80米、高3.5米、厚0.8米的水泥挡墙.

1988年7月和1989年7月以哈希勒根达坂石冰川前缘顶部坡折处的10块岩屑作为蠕动质点,并对各质点分别作过两次位移观测(图2).观测结果显示,2"岩屑和7"岩屑从顶部滚落至前缘坡上方,显然受过重力影响;6"岩屑作逆向运动3.45米(这正是石冰川中部含冰体蠕动造成的表层局部逆向滑动的真实体现^[5]),8"岩屑则前移3.45米.除6",7"两个岩屑外,其余8个蠕动质点的运动速率为:水平位移平均前移1.93米/年,垂直位移平均下降0.40米/年.由此可知,今后此石冰川将继续危害该路段的挡墙和路面.

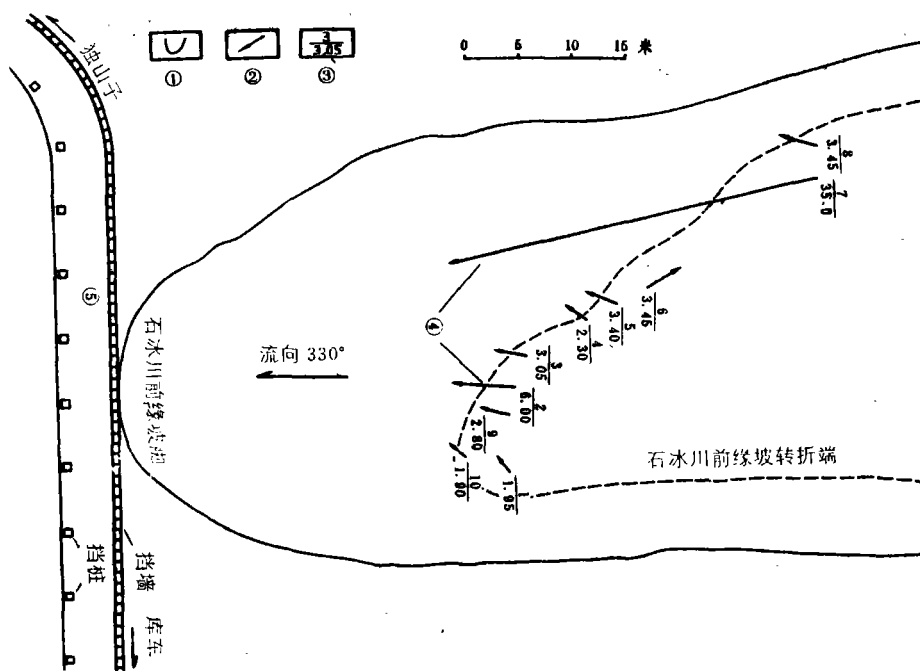


图2 1988—1989年哈希勒根达坂石冰川前缘顶部坡折处各蠕动质点的运动方向及速率

Fig. 2 Moving direction and rates of each creeping point on the front turning place of the Haxilegen Daban rock glacier during 1988—1989

①石冰川边界;②各质点运动方向;③分子为点号,分母为速率(米/年);④2",7"两岩屑重力滚落作用为主,6"岩屑逆向运动;⑤独山子—库车公路路面

2. 自然型石冰川

(1) 峡谷舌状石冰川

1) 朱诚, 1990, 天山冰缘地貌过程及其与西南极和安第斯山地的比较, 北京大学博士研究生学位论文, 第57—58页.

独山子—库车公路108K处的南侧峡谷口,可见一高约120米、宽约200米的石冰川前缘堆积体(照片6)。其前缘坡坡度37°,组成物质多为松散的花岗岩和云母片岩岩屑。因地势险要,河水湍急,难以攀上此石冰川源头。仅据地形图分析,这是一条由冰碛物组成的长约3公里的阿尔卑斯型舌状石冰川。其前缘坡常有落石,岩屑运动速度较快,对正下方的公路隐患极大,尤其是夏季山洪暴发时,将可能诱发大规模泥石流而堵塞公路;若不及时采取防范措施,公路将要毁于一旦。

(2)叶状石冰川

天山山区海拔>3000米的现代冰缘区某些公路的靠山坡一侧,发育有众多叶状石冰川,其大都宽150—500米,长60—100余米,高30—50米,体积七八十万立方米。其运动速率虽不及舌状石冰川运动速率,但对公路仍有一定的潜在威胁。

乌鲁木齐—库尔勒公路109K处海拔3550米的胜利达坂北麓,叶状石冰川(照片7)宽约100米,长50余米,坡向352°,前缘坡坡度35°。此石冰川前缘坡脚为1960年废弃公路,原路面宽5.5米,现因路面一侧被石冰川岩屑所覆盖,宽仅4.0米。由此可知,1960—1985年石冰川前缘向前推进1.5米,运动速率6厘米/年。

(五)泥 石 流

天山山区公路受泥石流危害较严重的是,独山子—库车公路的拉帕特—哈希勒根达坂(78—111K)、二乡水库—铁力买提达坂隧道北口(340—370K)、铁力买提达坂—库车(379—395K,404—436K,436—485K)三个路段。

曾重点调查过该公路85K+600和96K+900两处的冰川型泥石流。泥石流沟沟头与冰川相接,沟坡坡度较陡,堆积有大量风化崩落坡积物。遇暴雨或气温较高而冰雪融化便形成泥石流。

1. 该公路85K+600处的泥石流(照片8,附表¹⁾)规模较大。泥石流沟沟头冰川及其附近有三道挤压堤。这条冰川型泥石流沟汇水面积9.0平方公里,冰川面积3.1平方公里,泥石流堆积区面积约0.6平方公里。由资料得知,该公路当初勘测时未判别出该处是泥石流沟,设计时就未加考虑泥石流的影响,只拟建了两个孔径4米的涵洞。1977年泥石流暴发,涵洞被堵,路面遭淹。随后泥石流每年都有发生。1983年公路竣工验收时,采取了补救措施:推出一条长200多米的路堑,清除方量1.0万立方米,才达原设计标高。接着是1984年的一次泥石流暴发,路堑全被泥石流堆积物填满,行车于其上。1984—1987年共暴发10次泥石流,冲出物总方量数十万立方米,堆积在路面上的有2.1万立方米,清除1.2万立方米,尚有0.9万余立方米未清除。该处每逢泥石流过境都要中断交通,只得以便道通过。

据目击者介绍,此处泥石流体如搅拌好的混凝土,干后极坚硬,十字镐也难挖动。由此表明属粘性泥石流体。泥石流暴发时间多为18—20时(夜间),白天气温一般 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 。沟口泥石流流量:最大183立方米/分,最小17立方米/分,平均100立方米/分。

2. 独山子—库车公路96K+900处的泥石流在1984—1987年中暴发过6次。其中最大的1次堆积量约4000立方米;2次由暴雨激发,4次由气温升高所致。

1)新疆克拉玛依市交通局,1988,新疆独山子—库车公路北段道路病害及养护情况,第2—10页。

近几年当地暴雨偏多,不少沟谷开始出现泥石流活动.例如该公路36—40K段原8条沟谷逢暴雨只发洪水,而至1987年就先后暴发3次泥石流,路面堆积量计万余立方米.90K+300处过沟设有一孔径跨13米的小桥,1987年7月13日暴发暴雨型泥石流,桥孔遭堵,泄流不畅,翻越路面,造成2辆过路车被埋没.此外仅在1987年5月—1988年7月,天山山区公路北疆境内共暴发22处泥石流(冲出物方量均>300立方米),其中12处以前无泥石流活动.

附表 独山子—库车公路85K+600处的泥石流

Table Debris flow schedule at 85K+600 on the Dushanzi—Kuqa Highway

序号	暴 发 时 间	冲出物总方量 (米 ³)	路面堆积量 (米 ³)	激发因素
	年-月-日-时			
1	1984-06-01-19—21		3500	暴 雨
2	-06-24-20—23		2000	
3	-06-25-18—04	110000	3200	
4	-06-26-18—04	10000	1000	
5	-07-13-20—02	50000	1000	气温升高
6	1985-06-13-19—22	10000	1500	
7	-07-01-20—24		2000	
8	-07-02-19—20		4000	
9	1986-07-13-22—23		500	
10	1987-07-11-18—24	30000	2500	

(六) 热 融 滑 塌

天山山区公路(以北疆境内为主)热融滑塌的危害主要是人为消极因素所致.

乌鲁木齐—库尔勒公路115K处路旁的热融塌陷洼地内有一小沟穿过(照片9).它是修路取土后使冻土及地下冰体融化,地表草皮及表土失去支撑,在自重作用下逐年溯源塌落而成.公路受溯源滑塌影响,每年就需大量人力以土石方回填之.

曾在此以路旁两电杆做控制点,自西向东每两米一处,共设10根观测桩,用来观测热融塌陷洼地的变化.观测结果表明,各观测桩顺塌陷沟向下位移平均12.5厘米/年,塌陷量平均3.0厘米/年^[6].由此可见,本段公路的多年冻土受人为消极影响而退化显著,危害还将继续加剧.

(七) 热 融 掏 蚀

独山子—库车公路109K+763—985段防雪走廊因坐落于现代冰缘区(路基之下为多年冻土),基础又未做特别处理,故受热喀斯特危害严重.挡墙基础出现严重沉陷,墙体扭曲变形,廊内路面开裂严重,裂缝宽10厘米,断续延伸约100米(照片10),且产生大面积沉陷.

该段山坡融雪水大量汇流于走廊坡侧的挡墙处,再往廊内渗漏严重.渗漏水若压力较

大者,可射离墙面 2 米。渗漏水 and 廊内融雪水又经路面裂缝灌入路基之下,使冻土(主要是多年冰体)融化。冰体融化后在路面之下形成一层空隙。水体间歇性的热融掏蚀使空隙不断扩大,空隙间隔度达 40—80 厘米,路面和挡墙基础便出现悬空,部分路面则沉陷严重。尽管 1986 年独山子公路段对部分较大的空隙作过处理(即挖去原路面,填上碎石,铺以混凝土路面),但路面仍在沉陷,隐患之大令人担忧。

综上所述,天山山区公路山地灾害主要出现于海拔>3000 米的现代冰缘区,尤其在北疆境内。遭山地灾害威胁较严重的是独山子—库车公路和乌鲁木齐—库尔勒公路。较突出的山地灾害是雪害、石流坡、泥石流与石冰川,其次是倒石堆、热融滑塌与热融掏蚀。山地灾害造成的公路病害有:整段线路遭掩埋,防雪走廊、路基、公路建筑物与防护建筑物遭毁坏,车辆、乘客与养护人员的安全遭威胁。

二、公路山地灾害的防治

天山山区公路山地灾害防治宜取预防为主、防治结合的原则。具体应注重以下方面。

(一)道路选线与路基设计

对于今后拟新建的本区山地公路和因受严重山地灾害影响而不得不改线的公路,应采取积极预防措施,在选线 and 设计阶段尽量考虑到减灾问题。在选线中应多参考大比例尺地质地貌图 and 遥感图片,并深入实地调查,综合分析各类山地灾害发生的可能性。

一般说来,在海拔>3000 米的现代冰缘区,公路选线应尽量远离现代冰川,宜选在沟谷较少、阳坡(或迎风坡)、有开阔地形(遇谷地则应选宽谷)处,亦可选在岩体坚固而寒冻风化岩屑物较少、植被较好的坡段,以防止或减轻各类山地灾害对公路的危害。

在路基设计中,应尽量采取垫高 and 加宽路基,放缓边坡(宜取 1:3 的路堤边坡),注意排水,严重雪崩地段多采用隧道 and 防雪走廊等措施。这是因为垫高路基 and 加强排水,有利于避免路基下方冻土 and 地下冰融化产生的热融塌陷 and 热融掏蚀的影响;加宽路基则有利于清除积雪 and 碎落堆积物;放缓边坡有利于减轻冰滑,保证行车安全;隧道 and 防雪走廊则是预防雪崩 and 塌方阻塞的有效手段之一。

(二)公路病害治理与预报

对于正在使用的公路,应加强对病害的治理 and 预报,进一步深入调查各路段山地灾害的类型、规模 with 分布,加强综合治理。

对于雪害严重地区,要加设防雪建筑 and 设施,如防雪走廊、稳雪栅、稳雪台阶、稳阻雪墙、防雪檐、渡雪槽、导雪堤、挡雪坝、消能丘 and 消能楔等;应及时吸收国外雪害治理工程的先进经验^[1],并重视工程材料 and 工程设施的改进;增添必要的清雪机械,保障重要路段畅通;公路部门应与气象部门建立密切联系,及时了解和预报雪害雪情,以防患于未然。

天山公路的倒石堆、石流坡、石冰川、泥石流主要发生在寒冻风化强烈、山坡基岩破碎的现代冰缘区。保护公路沿线植被、减少放牧 and 人为消极影响,只是解决问题的一个方面。倘若能使松散物源得以稳固,则有希望从根本上逐渐解决这些病害。如在胜利达坂南坡可见,山坡基岩(绢云母石英片岩)虽已破裂,但尚未散开(照片 11);若顺坡设置挡墙 or 钢筋

栅栏,则可阻止碎落堆积。

诚然,新疆维吾尔自治区公路局为治理倒石堆、石流坡、石冰川的危害已做了许多工作。如仅在独山子—库车公路北疆境内172公里路段内,就修挡墙8.4万多立方米,在运行的头四年中又陆续修建了近万立方米的挡墙。

但因为:1. 挡墙低矮(高一般2—5米),许多倒石堆和石流坡坡面已达挡墙顶部,甚至岩屑已越过挡墙顶部。

2. 挡墙多为直立型(照片12),它与倒石堆坡度比、与石流坡坡度比均在1.0:1.1—1.0:1.3之间,而碎落堆积物坡面的坡度约35°,坡长一般几十至数百米,这种堆积坡形极不稳定,稍遇刮风下雨或冻融交替,就会发生落石塌方。据统计,一场大风或大雨常有落石塌方量>千立方米,所以许多直立挡墙无法起到阻挡作用。

对此曾向有关部门建议:挡墙应修成类似铁路沿线的“顺坡上溜”型;在岩体严重破碎区可顺坡往上设置阻拦网,以控制碎落物下塌,并定期清理检查阻拦网,但囿于经济原因而未能实施。

至于冰川型泥石流防治,需对泥石流沟沟源的冰川消融量、径流量、两者及气温波动的关系作出定性评价和定量估算,并对泥石流形成源地(即冰碛物、坡积物等松散堆积物聚集区)加以调查,以确定泥石流暴发时的最大可能流量和堆积量(危险程度)。在未弄清情况前,建议暂以气温25℃作为独山子—库车公路冰川型泥石流可能形成的预报临界值;并本着节约为主、因地制宜的原则,暂在泥石流沟沟口与该公路交会处,修建过流建筑物或导流建筑物,以减轻泥石流危害。

为防止公路沿线热融滑塌的发展,建议今后养护部门取土尽量远离公路,以免人工开挖造成地下冰体融化并溯源滑塌对公路的危害,而解决热融掏蚀危害的关键在于:立即排除防雪走廊渗水,并换成隔热性较佳的砂砾石路基;若从长远考虑,则以修建高架式隔热走廊为最宜,否则此防雪走廊可能会毁于一旦。

总之,天山山区公路山地灾害防治措施有待完善,并作出工程力学实验方面的论证。

参 考 文 献

- [1] 胡汝骥等,1989,山区道路雪害防治,北京:科学技术文献出版社,第1—2页。
- [2] 朱诚、崔之久,1988,天山乌鲁木齐河源区倒石堆浅论,山地研究,6(4),第203—209页。
- [3] 崔之久、朱诚,1989,天山乌鲁木齐河源区石冰川的温度结构类型与运动机制,科学通报,(2),第134—137页。
- [4] 朱诚,1989,从砾向组构看天山叶状石冰川的表面运动特征,冰川冻土,11(1),第82—87页。
- [5] 朱诚、崔之久、姚增,1992,中天山石冰川特征研究,地理学报,47(3),第233—241页。
- [6] 朱诚、崔之久,1992,天山乌鲁木齐河源区冰缘地貌的分布和演变过程,地理学报,47(6),第526—535页。

HIGHWAY MOUNTAIN HAZARDS AND THEIR PREVENTION AND CONTROL OF THE CHINESE TIANSHAN MOUNTAINOUS REGION

Zhu Cheng

(*Department of Geo & Ocean Sciences, Nanjing University, Nanjing, 210008*)

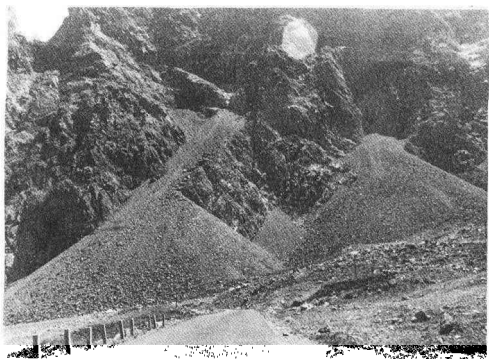
Abstract

The highway mountain hazards of the Chinese Tianshan Mountainous Region mainly distribute in the modern periglacial regions above 3,000m of altitude, especially in the territory of the North Xinjiang Uygur Autonomous Region. The hazards along the Dushanzi—Kuqa and the Urumqi—Korla Highways are very serious. Typical mountain hazards are avalanche, drift snow, natural accumulation snow, debris flow and rock glacier; secondly are talus, thermo-settlement and thermo-suffosion. The hazards would bury the whole route of highway, destroy the snow-defence gallery, highway basement and protection building.

It should put prevention first for the hazards, meantime, combine to take the control steps. For new route or relocation of route after now, in route selection, it should select the places which will be far from modern glacier and on, have few gullies and sunny slope (or windward slope), wide depression (or wide valley), yet which slope bedrock will be hard and stable, will have few frost weathering debris but better plant cover. In road-bed design, it is necessary to take the following steps, that is, raise road-bed higher and widen it, smooth marginal slope to down, put attention to drainage. In section of serious avalanche, more tunnels and snow-defence galleries should be used.

For the highway in use, according to the different hazard types and degrees, protective facilities and cleaning mechanical equipments should be added. For the broken bedrock slopes, the block wall or block nets and steel railings to attach to the slopes should be set up. But for debris flow, it is important to first investigate their source about glacier ablation factor, loose accumulation volume. Before understanding for the exact case, air temperature 25℃ may be take as the critical value for taking place glacial debris flow in the Dushanzi—Kuqa Highway. Meanwhile, the transfer trough may be build at the intersection of the debris flow outlet and the highway. For the dangerous snow-defence gallery harmed by thermo-suffosion, it should be done to get rid of infiltration water immediately and use sand-gravel road-bed with better heatproof property to replace the initial road-bed for taking preventive measures against possible calamities.

Key words Tianshan Mountainous Region, highway, mountain hazard, prevention and control



照片 1 独山子—库车公路 111K 处的落石型倒石堆



照片 2 独山子—库车公路 70K+300 处被落石型倒石堆摧垮的挡墙



照片 3 乌鲁木齐—库尔勒公路胜利达坂南坡的活动石流坡



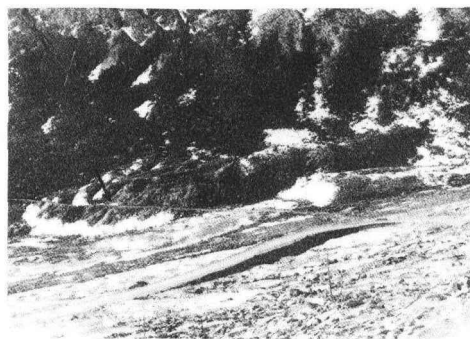
照片 4 乌鲁木齐—库尔勒公路胜利达坂废弃公路处的活动石流坡



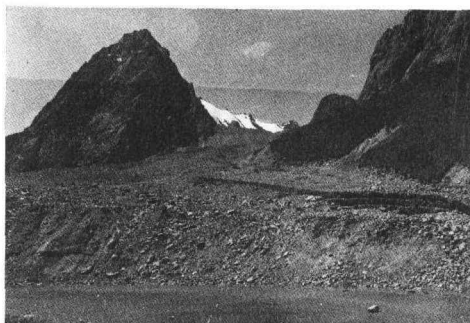
照片 5 独山子—库车公路 112K 处的舌状石冰川 (箭头所指处)



照片 6 独山子—库车公路 108K 处的峡谷舌状石冰川 (箭头所指处)



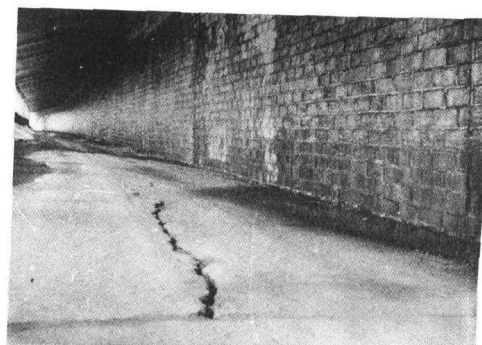
照片 7 乌鲁木齐—库尔勒公路 109K 处的叶状冰川(箭头所指为1960年废弃公路)



照片 8 独山子—库车公路 85K+600 处的泥石流



照片 9 乌鲁木齐—库尔勒公路 115K 处的热融塌陷洼地及其内的小沟



照片 10 独山子—库车公路109K+763—985段的防雪走廊及热融而成的路面裂缝、挡墙沉陷



照片 11 乌鲁木齐—库尔勒公路胜利达坂南坡破裂的基岩(绢云母石英片岩)



照片 12 独山子—库车公路的直立型挡墙