

# 新疆某公路涎流冰病害成因分析及防治

王亚坤, 孙爱斌, 张国祥, 何宏伟  
(中国铁路设计集团有限公司, 天津市 300142)

**摘要:**在我国新疆、内蒙古及东北等寒冷地区,涎流冰病害分布广泛。这也是寒冷地区道路建设中经常遇到的难题。它会造成水毁、塌陷、裂缝、板块破坏、边坡塌陷、滑坡、剥落、路基失稳等道路病害,对道路安全及畅通产生严重的影响。通过对新疆阿勒泰地区某道路涎流冰病害进行调查,对本道路存在的涎流冰病害成因进行分析和研究,并提出了相应的防治措施,为类似的工程提供了经验。

**关键词:**公路工程;涎流冰;病害成因;防治措施

**中图分类号:** U419.92

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2022)07-0044-04

## 0 引言

公路涎流冰病害是严寒地区一种独有的特殊工程地质现象。在寒冷天气条件下,部分地下水或地表水溢出到路面或已经形成的冰面上,自下而上一层一层地堆积冻结,形成涎流冰<sup>[1-3]</sup>。在温度较低的冬天和春天的初期,涎流冰容易形成。在秋冬前后,温度逐渐降低到0℃左右,地下水或地表水开始形成涎流冰。随着温度逐渐降低,冰水不断溢出、变厚,最终达到高峰期。在春冬换季时期,白天气温增高,涎流冰开始融化,到了夜间温度降低又再次结冰。因此始终处于冻融循环阶段。春天过后,气温回升至0℃以上时,涎流冰开始融化并逐渐消失。目前国内学者对不同类型及不同区域的涎流冰的成因及防治进行了研究和分析<sup>[4-7]</sup>。

新疆阿勒泰某公路穿过阿勒泰山林区段落,由于林区地表水和地下水丰富,同时冬季山区内气温较低,项目区域容易发生涎流冰危害。涎流冰会产生路面水毁、沉降、龟裂、断板、边坡崩塌、滑坡、剥落、路基失稳、冲刷等公路病害,严重威胁高寒地区公路的施工及运营安全。对此,本文针对该道路穿越寒冷地带林区的涎流冰病害进行了详细调查,对病害形成的原因和影响因素进行了分析研究,并提出了相应的治理措施。

## 1 工程概况

本项目公路位于新疆维吾尔自治区北部,阿勒泰

地区东端,额尔齐斯河流域上游,北纬45°00'—48°03',东经88°10'—90°31'之间。线路起点位于南部中山带,向西经过河谷平原,终于中山带,地势总体上中部高,两端低,路线海拔在1 100~2 000 m,两侧山峰海拔一般在2 500~3 900 m,地形起伏较大。

## 2 涎流冰成因分析

经过实地调查、查询资料并结合类似项目的施工经验,山区涎流冰一般主要发生水源丰富的区域内,而且坡脚位置发生概率较大,阴坡处由于温度较低发生可能性也高于阳坡。在坡脚位置、冲沟和内凹地形等地下水容易汇聚的地层中,涎流冰发生概率最高。经过现场调查分析,本项目涎流冰主要是受水文地质、气候气象、地形地貌、地层岩性等内在因素,以及人工扰动等外在因素的影响。

### 2.1 水文地质

水是涎流冰中冰的主要来源。涎流冰规模的大小不仅取决于初始水量的大小,更取决于冻结阶段后续水源的补给情况。本公路涎流冰中的冰主要是地下水和地表水漫溢、裂隙水等冻结产生。

项目区域区内,地表水主要为额尔齐斯河流域。额尔齐斯河有喀拉额尔齐斯河和克兰河两条流域支流。河流补水主要依靠季节性融雪水和大气降水。本项目地处阿勒泰山林区,地形起伏大且海拔高,高山冰雪融水是地表水的主要来源。本项目区域冬季较长,一般为10月至次年4月,此段时间降雪丰富,容易在林区堆积,自然积雪厚度一般为0.5~1.0 m,极端条件下可以达到2.0 m左右的积雪厚度,积雪持续时间较长。积雪融水主要发生在冬季气温较高的白

收稿日期: 2022-10-25

作者简介: 王亚坤(1988—),男,硕士,高级工程师,从事道路工程路基设计工作。

天、换季时节。融雪水一般顺坡流向山谷或坡脚。当夜间温度低于  $0^{\circ}\text{C}$  时,流水冻结成冰并经过层层堆积形成涎流冰。同时在寒冷气温条件下,沿线河道中的水结冰后,随着上游水流和冰雪融水增大,导致河道中的冰层逐渐加厚。当河道中的冰面高程高于公路路面高程后,水逐渐漫溢到公路路面上,随着温度持续降低,冰层逐渐冻结加厚,漫溢范围逐渐增大,进而形成厚度不等、面积在数平方米至数百平方米区域的涎流冰。

沿线地下水主要为第三系碎屑岩孔隙水、第四系松散岩类孔隙水和基岩(构造)裂隙水。道路沿线范围内基岩裂隙水主要存在于各种风化岩石裂隙和构造节理中,岩性以花岗岩和变质岩为主,表层风化强烈,多呈碎块、碎石状,层间和垂直层面裂隙发育,地下水多沿节理面和岩石裂隙分布,富水性弱,具有就近补给、就近排泄的特点。在冬季寒冷气候条件下,裂隙水沿着自然坡面形成冰锥。如果自然坡面开挖后,裂隙水流量增大,在内部一定的水压力作用下,在边坡坡面或路面上形成凸起状涎流冰。坡面裂隙涎流冰如图 1 所示。



图 1 坡面裂隙涎流冰

## 2.2 气候气象

寒冷的气候环境是产生涎流冰的必要因素,只有温度在  $0^{\circ}\text{C}$  以下时,才有可能形成涎流冰。温度对涎流冰的形成和发展起着至关重要的作用。一般来说,温度越低,涎流冰发展的规模越大。项目区位于欧亚大陆腹地准噶尔盆地北部边缘位置,阿尔泰山南部为中温带大陆性气候区,北部较高的阿尔泰山脉阻挡了吹过北冰洋和大西洋的潮湿空气,气候干燥,蒸发量大,夏季干热,冬季漫长且严寒,山区冬季积雪较深,积雪时间长。项目区域全年平均温度大约为  $5^{\circ}\text{C}$ ,最高年极端气温为  $41^{\circ}\text{C}$ ,最低极端气温为  $-55^{\circ}\text{C}$ 。秋末冬初,气温下降迅速,而冬末春初气温又快速回升,在此期间昼夜温差极大。因此,在此气候

条件下,涎流冰的形成和发育就比较有利。

## 2.3 地形地貌

地形地貌是引导地表水和地下水动态流动和汇聚的一个关键条件,也是涎流冰形成和发育不可缺少的重要因素。通过现场调查发现,拟建公路部分段落沿喀依尔特河、阿拉阿依格尔河河床与山麓交汇处展布,地势起伏较大,除跨河处以桥梁通过外,其余均以路基形式通过。该段河谷为“V”型谷,两侧坡体多处基岩出露。该公路沿线涎流冰病害通常发生山前坡地的缓坡、沿山坡脚或沟谷洼地等位置。这种地形提供了较大的汇水区域,有利于自然降水,以及冰雪融水的渗透和收集。两侧坡体坡度一般为  $40^{\circ}\sim 75^{\circ}$ ,局部为  $80^{\circ}\sim 88^{\circ}$ 。南侧植被发育,北侧相对植被较少,为地表及地下水的流动提供了较为有利的条件。另外,在沿线的山坡地区、坡面坡脚位置和冲沟区域存在着一定厚度的腐殖土覆盖层。该覆盖层透水性能较大,且富水能力较强,也为涎流冰的形成提供了极其有利的条件。坡谷涎流冰如图 2 所示。



图 2 坡谷涎流冰

## 2.4 地层岩性

地层岩性的特征影响着地下裂隙水的储存和迁移路径,含水层岩性对地下水储水空间特征、孔隙连通性及走向分布、孔隙的大小及发育程度等影响较大。孔隙的大小等特征又决定着岩性含水层的透水性、给水性、富水性等,这也会直接影响涎流冰的发育特征和规模大小。

本项目道路沿线分布的主要地层为第四系全新统坡积层和冲洪积层,以角砾(圆砾)、碎石(卵石)为主,局部揭露有粉土、砾砂,上部为原路基,以碎石为主。有地下水出露的山坡,不断沿第四系松散堆积层、基岩裂隙通道由高水位流向低水位。同时受冻结-压力作用,流出地表,在持续低温的环境下不断地继续冻结,蔓延成涎流冰。

## 2.5 人工扰动

本公路在设计时为了满足结构、快速线形等要



求,在修建过程中造成许多挖方地段。由于路堑开挖截断了原坡面里裂隙水的渗流通道,破坏了渗流途径,导致既有的裂隙水到开挖边坡坡面的渗流途径距离变小。同时,也导致原本未出露的地下裂隙水、承压水或者其他潜水可能被人工开挖的边坡坡面截断,从而造成从边坡坡面上出水,进而流入公路路基范围内,当气温在 $0^{\circ}\text{C}$ 以下时,进而会形成涎流冰病害,影响公路的安全。

### 3 涎流冰防治措施

公路涎流冰对交通危害极大。导致涎流冰发生的影响因素较多,因此在公路设计阶段,应该加强勘测调查前期工作,深入调查涎流冰的区域、种类、面积及具体产生的影响因素,进而制定切实有效的预防处理措施。本项目通过设置高路基、桥涵跨越、截水沟及渗水盲沟、挡冰墙和聚冰坑等综合措施防治公路涎流冰。

#### 3.1 高路基

本项目中公路沿河而走,为避免河道涎流冰上路,通过采用提高路基设计高度的方法进行处置。设计中应保证路基设计高程高于涎流冰最大壅冰高度不小于 $0.5\text{ m}$ 。同时,路堤填料采用渗水性好的碎石、砂砾等材料填筑或者采用填石路基通过涎流冰路段。

#### 3.2 桥涵跨越

针对汇水量较大的沟谷型涎流冰路段和渗水量较大的地下泉水段,可修建桥梁或者涵洞进行跨越。桥涵的净空和尺寸除了要满足历年最大洪水量外,还应满足历年最高洪水位的要求,同时需要考虑一定的回水高度。桥涵的尺寸不仅要满足在雨季泄洪的要求,还要达到在冬季排除涎流冰的目的。因此,本公路中此部分的桥涵孔径和净空均比常规的要大。同时,在桥涵施工完成运行中,应定期清理桥涵下方的淤积物,防止水流不畅导致河滩涎流冰的发生。

#### 3.3 截水沟及渗水盲沟

水是涎流冰形成的关键因素,有效地排出地表水和地下水是防止涎流冰上路的有效手段。本公路通过在边坡坡面上设置坡顶截水沟和平台截水沟将两侧边坡裂隙水或者山顶积雪融水等地表水沿公路纵向排入涵洞或者桥梁范围内,避免地表水形成涎流冰进入路基范围内。对于部分地表水流量较大的路段,设置一定的截水沟不能满足排水要求,本项目在设计过程中通过加深加宽边沟或者排水沟的措施来排水。同时增大排水纵坡,减小地表水形成涎流冰

的可能性。

为了避免地下泉水和边坡渗水在排出路基之前不结冰,在冻结深度以下设置纵横向渗水盲沟系统将地下水引出路基范围。盲沟底部采用素混凝土基座,安装排水管后,在上部回填碎砾石等渗水材料。盲沟出水口尺寸宜加大,并设置保温措施。为保证盲沟出口水流顺畅,还应加大出水口处纵坡。盲沟设计图如图3所示。

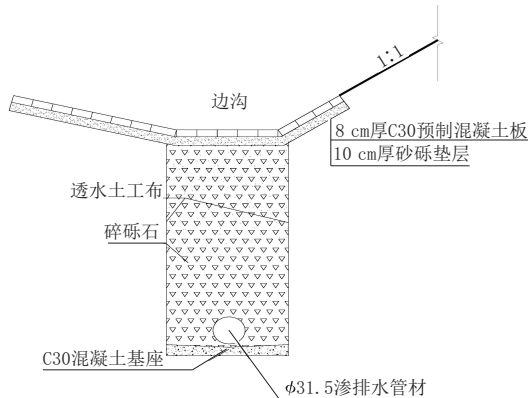


图3 盲沟设计图

#### 3.4 设置挡冰墙和聚冰坑

本工程针对开挖路段坡面水溢出、开挖边坡地下水,以及裂隙水形成的山坡坡面涎流冰,通过在路基坡脚外侧较为平缓路段设置挡冰墙和聚冰坑加以解决。挡冰墙可采用混凝土结构或砌石结构,要求墙体致密、防冻。挡冰墙一般布置在路基边沟或者排水沟的外侧,起到拦截危岩落石和挡冰的双重作用。挡冰墙基础埋置深度应不小于冻结深度以下,同时应充分考虑墙后的壅冰高度,防止涎流冰越过挡冰墙进入路基范围内。本道路设计过程中,将挡冰墙和聚冰坑结合使用,将山坡中雨水、春季冰雪融水和少量的降雨进行汇聚,通过纵向排水将其导向桥涵或者自然沟渠中,远离路基方向,避免产生涎流冰病害。聚冰坑的大小由聚冰量确定,一般底宽 $1\sim 3\text{ m}$ 。挡冰墙及聚冰坑设计图如图4所示。

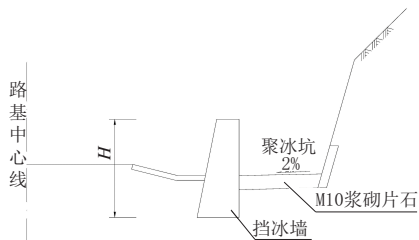


图4 挡冰墙和聚冰坑设计图

## 4 结语

新疆寒冷山区的公路沿线广泛分布着涎流冰,

对道路行车安全影响很大。涎流冰路段易发生交通事故,给道路的养护管理工作带来很大压力。本文通过对新疆某公路涎流冰进行详细的调查分析,并提出了相关的处置措施,得出以下相关结论:

- (1)公路涎流冰的产生受水文地质条件、气候气象、地形地貌、地质岩性和人工开挖等因素影响较大。影响因素较多,成因复杂,预防治理有较大难度。因此,在建设前期应加强现场调查和勘察,针对涎流冰的类型和形成因素,采取切实有效的治理措施。
- (2)公路涎流冰可以通过设置高路基、桥涵跨越、截水沟及渗水盲沟、挡冰墙和聚冰坑等综合措施防治公路涎流冰。
- (3)在山区公路建设中,由于边坡地质情况复杂,涎流冰水的来源复杂多变,如原设计无法考虑现场的全面情况,应采用动态设计。针对施工过程中现场情况的变化,及时调整设计方案。另外,对涎流冰治

理方案的选择,要本着因地制宜、就地取材、对症下药、防治结合的原则,应用多种方案综合治理,才能彻底解决涎流冰的危害,使其既可满足工程需要,又可大大降低工程造价。

参考文献:

- [1] 张浩.公路涎流冰形成机理与防治技术研究[D].西安:长安大学,2016.
- [2] 刘双进.青藏铁路昆仑山越岭地段地质选线[J].城市道桥与防洪,2008(1):6-8,15
- [3] 李海亮,丁姣月,段德峰,等.高原冻土地区公路涎流冰的成因分析及防治[J].河南科技大学学报(自然科学版),2021,42(1):61-67,6.
- [4] 丛培全,杨万清.寒冷山区公路涎流冰病害的防治措施[J].公路交通科技(应用技术版),2013,9(4):265-266.
- [5] 禹宁.浅谈鹤大高速公路桓仁(新开岭)至丹东(古城子)段涎流冰的处理措施[J].北方交通,2013(S1):5-8.
- [6] 张维建,刘昆赞.羌塘高原冻土区公路山坡涎流冰形成与对策分析[J].林业建设,2020(1):57-61.
- [7] 张景焘.铜黄高速公路涎流冰病害防治技术研究[D].西安:长安大学,2015.

(上接第 32 页)



图 7 航海路建筑立面实景

4 结 论

本次航海路街道整治提质工程致力于达成从

“以车为本”向“以人为本”转变,从“道路红线”向“完整街道”转变,从“工程设计”向“人文关怀”转变。目前,项目建设已基本完成,从实际效果上看,本项目的实施,很大程度上改善了郑州的城市风貌,提升了城市魅力和文化自信,促进了城市街道活力,并提高了郑州居民的日常生活质量,取得了较好的社会反响,对同类工程有着较强的借鉴和参考价值。

参考文献:

- [1] 葛岩,唐雯.城市街道设计导则的编制探索——以《上海市街道设计导则》为例[J].上海城市规划,2017(1):9-16.
- [2] 赵宝静.浅议人性化的街道设计[J].上海城市规划,2016(2):59-63.