

文章编号: 0451-0712(2006)02-0051-05

中图分类号: U416.217

文献标识码: A

高寒地区沥青路面开裂形态与成因分析

艾长发¹, 邱延峻¹, 黄兵², 兰波²

(1. 西南交通大学土木工程学院 成都市 610031; 2. 四川省交通厅 成都市 610041)

摘 要: 以高寒地区沥青路面开裂调研资料为基础, 对高寒地区沥青路面开裂病害进行形态描述与成因分析, 归纳总结出该类地区沥青路面的主要开裂破坏形式, 对高寒地区沥青路面结构与材料的研究工作具有指导作用, 同时对类似地区公路建设中沥青路面结构与材料设计也具有借鉴作用。

关键词: 高寒地区; 沥青路面; 路面开裂

沥青路面开裂是世界各国沥青路面使用中均会遇到的主要病害之一, 无论是寒冷地区, 还是非寒冷地区, 其分布十分普遍, 只是各自的裂缝严重程度不同而已。根据沥青路面开裂的主要原因, 把裂缝分为由交通荷载引起的荷载型裂缝与由外界环境因素引起的非荷载型裂缝 2 大类。沙庆林^[1]、郑健龙^[2]等人指出低温开裂主要发生在日平均气温低, 且持续时间长的北方寒冷地区; 温度疲劳裂缝主要发生在日平均气温并不太低, 但昼夜温差大、日温度周期性变化规律明显的地区, 如我国的青藏高原地区。郑健龙^[2]、陈贵锋^[3]等人指出温缩型反射裂缝主要是由于半刚性基层本身的热胀冷缩产生的裂缝反射到沥青面层而产生, 并指出在天然或级配集料基层上铺设面层明显减少了低温开裂的发生率。Dauzats 等人^[4]在分析磨耗层表面的裂纹时认为, 裂纹最初的表现形式是基层的温度疲劳裂纹, 有裂纹的基层削弱了磨耗面层支撑条件, 在轮载的作用下面层出现裂纹。王端宜^[5]针对黑龙江省气候寒冷、温差大、冰冻现象严重的特点, 分析比较了稳定粒料、稳定土的温缩、干缩、水稳性等特点, 指出干缩、温缩性大的半刚性基层在干燥的气候条件下及冬季气温急剧降低时会导致面层开裂, 生成所谓“反射裂缝”。马雷等人^[6]指出北方寒冷地区的沥青面层裂缝主要有: 沥青面层本身的低温收缩裂缝、基层的收缩裂缝而引起面层的反射裂缝及土基冻胀引起的冻胀裂缝等。高寒地区除了具有低温时间长的特点外, 还具有大气稀薄、日温差大、太阳辐射紫外线强的特点, 这种

恶劣气候环境易使沥青路面产生开裂病害。因此, 研究和解决高寒地区沥青路面开裂病害, 对于进一步完善及提高高寒地区沥青路面结构与材料设计能力具有极其重要的现实意义。

本项目依托国道 213 线郎川路改建工程, 对高寒草原、湿地地区公路沥青路面修筑关键技术进行研究。本文以高寒地区沥青路面开裂调研资料为基础, 对高寒地区沥青路面开裂病害进行形态描述与成因分析, 归纳总结出该类地区沥青路面的主要开裂破坏形式, 为郎川公路改建工程沥青路面结构与材料研究工作的深入开展奠定了坚实基础, 同时对类似地区沥青路面结构与材料设计也具有借鉴作用。

1 调研说明

本次调研地点及路段的选择是考虑其气候特征与郎川公路具有相似性为前提, 故选择了海拔均在 3 000 m 以上的川西、川北及西藏等高寒地区有代表性的四川省境内甘孜州的国道 318 川藏线康定~折多山段、省旅游线路康定~磨西段和阿坝州境内的川九线, 以及西藏自治区境内的国道 109 青藏线拉萨~羊八井段、省道 101 线机场~拉萨段和国道 318 川藏线拉萨~墨竹工卡段等 6 条道路沥青路面进行了普查、重点路段调研。所调研路段均为二级公路, 累计调研路段长度为 300 多 km。以上 3 个地区所调研的 6 个路段其气候均具有青藏高原大陆季风气候的特征, 冬季严寒, 日温差大, 并且太阳辐射强。因此, 该 3 个地区沥青路面病害调研成果对高寒地区

沥青路面的修筑有重要的指导作用。

结构基本上是碎石土基层+沥青贯入式表层。最近几年均进行了整改(局部路段未进行整改),整改后的路面结构及至今的使用时间详见表1。

2 调研路段路面结构

所调研路段原路面状况较差,等级较低,原路面

表1 调研路段路面结构

调研地区	路段名称	里程桩号	路段长度/km	路面结构组成	至今已使用时间/年	备注
四川	国道318川藏线 康定~折多山段	K2840~K2880	40	原路面 +15 cm 水泥稳定碎石基层 +3 cm 细粒式沥青表处	3	原路面处治后再进行加铺,沥青为AH-90普通重交通石油沥青。
	省旅游线路 康定~磨西段	K0~K5	5	原路面 +15 cm 水泥稳定碎石基层 +3 cm 细粒式沥青表处	2.5	原路面处治后再进行加铺,沥青为AH-90普通重交通石油沥青。
	九环线川 主寺~九寨沟段	K5~K80	75	原路面 +20 cm~40 cm 水泥稳定碎石基层 +5 cm AC-20I 沥青混凝土下面层 +4 cm AC-13I 沥青混凝土上面层	2.5	原路面处治后再进行加铺,上面层沥青为SBS改性沥青,基质沥青为AH-110重交通石油沥青。
西藏	国道109青藏线 拉萨~羊八井段	K3802~K3882	80	原路面 +20 cm~40 cm 水泥稳定碎石基层 +5或6 cm AC-25I 沥青混凝土 +3或4 cm AC-16I 沥青混凝土	3	原路面处治后再进行加铺,上面层沥青为SBR改性沥青,基质沥青为AH-130重交通石油沥青。
	省道101线 机场~拉萨段	K40~K80	40	原路面 +20 cm~40 cm 水泥稳定碎石基层 +5 cm AC-25I 沥青混凝土 +3 cm AC-16I 沥青混凝土	3	原路面处治后再进行加铺,上面层沥青为SBR改性沥青,基质沥青为AH-130重交通石油沥青。
	国道318川藏线 拉萨~墨竹工卡段、拉萨~曲水段	K4608~K4692	84	原路面 +15 cm 水泥稳定碎石基层 (局部路段无该层) +3 cm 细粒式沥青表处	1~4(拉萨~曲水段10年以上)	原路面处治后再进行加铺,沥青为SBR改性沥青,基质沥青为AH-130重交通石油沥青。其中有部分路段未进行整治。拉萨~曲水段全段未整治,只进行过日常维修。

3 路面开裂形态

本次重点调研路段均位于高寒地区,其使用时间均未超过4年(局部路段在10年以上),但已出现轻重不同的各种形式病害。虽然各调研路段路面结构与材料存在差异,但它们的主要开裂形式与特征具有相似性。通过调研资料分析,沥青路面主要开裂破坏形式归结为以下5类:(1)路基冻胀融沉引起的路面开裂;(2)路面剪切开裂;(3)沥青面层本身温缩开裂;(4)半刚性基层开裂引起面层反射裂缝;(5)路面整体强度不足引起的面层疲劳开裂。

3.1 路基冻胀融沉引起的路面开裂

本次所调研路段均位于季节性冻土地区,由于

路基土的冻胀融沉而引起路基变形,从而导致路面的开裂破坏。这在各调研路段均有发生,其主要破坏类型及特征为:(1)在不均匀沉降较轻的地区主要为路面整体下沉,且沉降量小,在路面产生小的凹坑,路面基本平整;(2)在不均匀沉降严重的地区主要为沉降量大,且非常不均匀,当路基土质不好、水分补给充足时,路基的不均匀冻胀融沉作用会引起沥青面层开裂。随冻胀融沉反复作用时间的延长,裂缝宽度与高差逐渐发展与扩大,逐步形成网裂。春融期间,上部开始融化,而下部继续冻结或冻结层未完全融化,形成不透水层。上部土层中过多的水分不能及时排出,造成土基软弱,强度急剧降低,在车辆荷载

作用下,路面便发生了沉陷、碎裂、鼓包和翻浆等病害。如图1所示。



图1 国道318线康定~折多山段路面沉陷网裂

3.2 路面剪切开裂

这类病害主要发生在陡坡地段,在行车水平力作用下,沥青面层变形易位,局部或较大面积露出其下的路面结构层,使路面造成破坏。这类病害带有一定的方向性,端部呈U形。在下坡刹车时,裂缝或推挤的端部指向行车方向;在上坡加速时,裂缝或推挤的端部指向与行车方向相反。本次西藏地区的调研路段坡度较缓,这种病害现象几乎没有发现,但在318国道康定~折多山段及九环线川主寺~九寨沟段的陡坡路段这种病害现象均有发生,尤其是318国道康定~折多山段,这种病害现象表现得非常严重,如图2所示。在陡坡路段,由于车辆荷载的水平剪力作用,所造成的路面剪切裂病害现象比非高寒地区的沥青路面表现得更为严重。

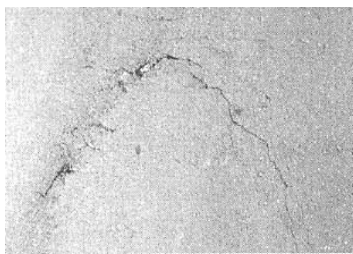


图2 318国道康定~折多山陡坡路段路面剪裂

3.3 沥青面层本身温缩开裂

低温收缩开裂主要是横向裂缝,也有大块状裂缝和纵向裂缝。横向裂缝有贯通全幅路面的,如图3所示;有从路面边缘开始的不贯通裂缝,如图4所示,这类裂缝通常是靠边缘处缝的宽度大,向路面中心延伸逐渐变窄,直至裂缝尖灭;还有少数仅在路面中间部分的裂缝,如图5所示,这类裂缝往往中间部分较宽,向两端逐渐变窄,直至裂缝尖灭。这些横

向温缩裂缝表现为与交通方向垂直,缝上端开口宽,沿深度方向很快变窄,裂缝规则,无支缝,裂缝间距比较均匀。裂缝间距随沥青质量、面层混合料组成情况以及基层材料特性的变化而变化。沥青面层处在低温时,强度虽然增大,但其变形能力却因刚性增大而降低,因此,这类裂缝的产生与气温关系密切。

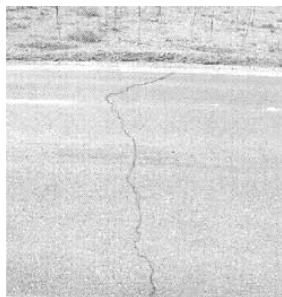


图3 省道101拉萨~机场段——贯通全幅路面的温缩裂缝

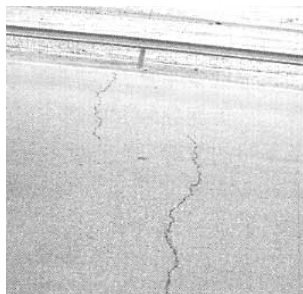


图4 国道109青藏线拉萨~羊八井段——路面边缘开始的不贯通温缩裂缝

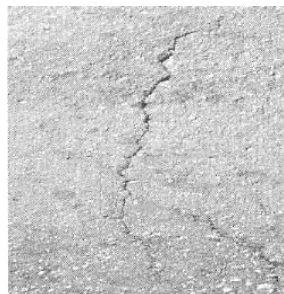


图5 国道318川藏线康定~折多山段——路面中间部分的温缩裂缝

3.4 半刚性基层开裂引起面层反射裂缝

沥青面层的反射裂缝,表现形式为横向裂缝,裂缝发展的规则性较差,裂缝分叉,常伴有支缝出现,

裂缝间距比较均匀。反射裂缝在瞬间不可能贯穿整个路面宽度,较为合理的发展过程是裂缝首先在面层某些位置产生,然后再向两侧发展。一般情况下,反射裂缝多出现在行车道轮迹处,因为温度对反射裂缝的影响在整个路面宽度内是相同的,而行车荷载则是以一定的频率分布在行车道上,尤其在渠化交通的道路上。这类裂缝发生的初期,在行车轮迹处其宽度较大,两侧较细,如图 6(a)(国道 318 川藏线

康定~折多山段)所示;发展到后期,裂缝会贯通全幅或半幅路面,依然表现为在行车轮迹处其宽度较两侧大,如图 6(b)(国道 109 川藏线拉萨~羊八井段)所示;如在多雨地区,裂缝处会出现基层的灰浆,如图 6(c)(国道 318 川藏线康定~折多山段)所示。裂缝出现的位置与基层裂缝的位置是对应的。裂缝的多少、宽窄与基层裂缝的多少、宽窄密切相关。这类裂缝的产生与行车荷载密切相关。

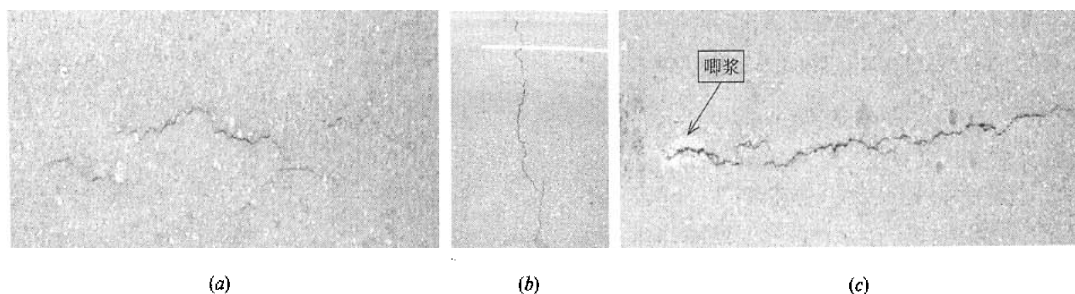


图 6 沥青路面反射裂缝

3.5 路面整体强度不足引起的面层疲劳开裂

由于路面整体强度不足,在荷载重复作用下,使面层疲劳开裂。疲劳开裂的初始形态是沿轮迹带出现单条或多条平行的纵缝,而且裂缝很细小,随着时间的延长和车辆荷载重复作用次数的增加,在纵缝间将会出现横向和斜向连接缝,形成一系列多边形小块造成网状裂缝,即为龟裂。疲劳裂缝表现形式主要为沿行车轮迹纵向不连续的多条裂缝和网裂。本次调研路的主干道,由于重载车辆较多,路面的疲劳破坏非常普遍。在沥青面层较薄的情况下,疲劳破坏更容易产生,在调研中发现,采用 3 cm 厚沥青面层的国道 318 川藏线康定~折多山段、省旅游线泸定~海螺沟段、拉萨~墨竹工卡段及拉萨~曲水段,路面疲劳破坏较为严重,如图 7(a)所示。而其他路段由于路面较厚,而且面层使用的是改性沥青,使用时间才 3 年,路面疲劳破坏目前表现得较为轻微,如图 7(b)所示。

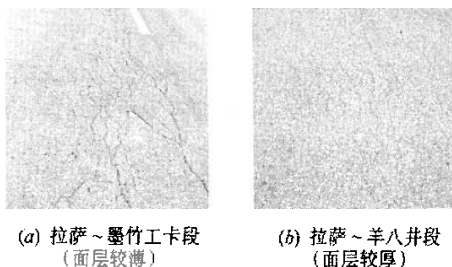


图 7 沥青面层疲劳破坏开裂

因如下。

(1)在寒冷地区,冰冻作用是导致季节性冻土区路面破坏的主要原因,春季融化是路面遭受冰冻作用而破坏的最主要因素。冬季气温下降,路基上层土开始冻结,使路面冻裂或隆起,发生冻胀。在春季气温逐渐回升,路基土中积聚的冰晶体融化,强度大大降低,以至失去承载力,使路基发生下融沉,在行车荷载作用下,路面下沉而开裂,并形成翻浆。

(2)高寒地区路面剪切开裂的主要原因是沥青的过早老化造成面层稳定度、抗剪强度不足,沥青面层与基层粘结强度不够,在刹车或车辆加速时对路面产生水平剪力造成开裂。

(3)随着气温的下降,沥青材料变得越来越硬,沥青混合料的粘滞流动性减小,并开始收缩。当体

4 路面开裂原因分析

所调研的四川省及西藏自治区境内各路段均位于高寒地区。海拔高、低温、温差大、大气稀薄、日照时间长及太阳辐射特别强烈等,是路面病害大量发生的背景条件。行车荷载的作用又进一步加剧了路面病害的恶化。高寒地区沥青路面主要开裂病害成

积收缩率超过粘滞流动所允许的范围时,就在沥青路面中产生温度应力,当气温大幅度下降时,沥青面层产生的收缩拉应力或拉应变将会超过沥青混合料的抗拉强度或极限拉应变,此时沥青面层就会首先在其表面开裂。随着持续的低温或下一次降温的到来,在裂缝的尖端会产生较大的应力集中,致使裂缝向下延伸并逐渐穿透整个沥青面层,形成沥青面层的低温开裂。高寒地区海拔高,太阳光紫外线强,沥青路面老化严重,低温抗裂性变差,也是高寒地区沥青路面易出现低温缩裂的一个重要因素。

(4)由于半刚性材料对温度和湿度变化比较敏感,故在施工碾压、养生过程甚至加铺沥青面层后,在其强度形成过程中以及营运期间,半刚性基层会不可避免地产生干缩裂缝和低温收缩裂缝。在路面交通荷载重复作用下,半刚性基层的这种干缩裂缝和收缩裂缝会扩展到沥青路面面层形成反射裂缝。此外,在行车荷载的作用下,半刚性基层底部要产生弯拉应力,当产生的弯拉应力大于基层材料的抗弯拉强度时,半刚性基层底部就会开裂。随着行车荷载的反复作用,在裂缝尖端会造成很大的应力集中,这样底部的裂缝会逐渐扩展反射到上部,并使沥青面层开裂破坏。

(5)沥青路面各结构层均是非均质体,都有空隙。由于材料内部存在空隙或不均质,在荷载作用下在该处产生应力集中现象而出现微裂隙,应力的反复作用又促使微裂隙逐步扩展,从而不断减少有效的承受应力的面积,最终在反复作用一定次数后导致路面破坏。在车辆荷载、温湿应力的重复作用下,当结构层底的弯拉应力(应变)超过其疲劳强度时,基层底便产生疲劳裂缝,并逐渐向表面发展,并慢慢扩展成网状,其开裂程度和范围也逐渐扩大,最后导致面层破坏。疲劳裂缝的产生与所受到的荷载重复作用次数、重复应力(应变)的大小、混合料的性质、结构层的环境因素有关。高寒地区环境恶劣,沥青路面过早老化,混合料的抗疲劳性能变差,也是高寒地区沥青路面易出现疲劳开裂的一个重要因素。

5 总结

通过现场调研和调研资料分析,研究认为高寒地区沥青路面主要开裂形式为5类:(1)路基冻胀

融沉引起的路面开裂;(2)路面剪切开裂;(3)沥青面层本身温缩开裂;(4)半刚性基层开裂引起面层反射裂缝;(5)路面整体强度不足引起的面层疲劳开裂。

为了减少高寒地区沥青路面的开裂破坏,本文研究认为高寒地区沥青路面结构设计与施工应重点注意以下几个问题:(1)在沥青选材时,应优先采用高标号的改性沥青,以提高沥青路面的抗老化性能、低温抗裂性能及疲劳耐久性能;(2)集料与沥青必须具有良好的粘附性,否则,应掺抗脱落剂,以提高沥青混合料的技术性能;(3)在混合料配合比设计时,矿质混合料应采用密级配类型,沥青在混合料中应有足够的含量、并降低沥青混合料的孔隙率,以延长沥青表面层的抗弯拉疲劳寿命,推迟沥青面层产生裂缝的时间,但沥青用量不宜太大,以防止路面产生泛油现象;(4)在混合料配合比设计性质检验时,沥青混合料的高温稳定性和低温抗裂性必须同时满足规范要求,以使沥青路面的高、低温性能能够得到保证;(5)在沥青路面结构设计时,沥青面层下面应设置中间层,以延缓或消灭路面在使用期间内的反射裂缝;(6)路面基层施工完后,应及时进行面层的施工,若要跨季施工,则必须做好基层的防水、保温、保湿措施,以防止基层产生冻胀开裂,并减轻温缩干缩裂缝;(7)沥青面层施工时,应采取严格的保温措施,一定要保证各个环节的施工温度符合规范要求。

参考文献:

- [1] 沙庆林. 高速公路沥青路面早期破坏现象及预防[M]. 北京:人民交通出版社,2001.
- [2] 郑健龙,等. 沥青路面抗裂设计理论与方法[M]. 北京:人民交通出版社,2002.
- [3] 陈贵锋. 高等级公路沥青路面反射裂缝的分析与防治[J]. 重庆交通学院学报,2003,22(3).
- [4] Dauzats M, Rampal A. Mechanism of Surface Cracking in Wearing Courses, Proceedings [A]. 6th International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements[C]. The University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, 1987.
- [5] 王端宜, 张佳新. 寒冷地区适宜沥青路面结构理论分析的探讨[J]. 东北公路, 1997, 20(3).
- [6] 马雷, 李宏逵. 寒冷地区沥青路面裂缝的防治措施[J]. 辽宁交通科技, 1998, 21(3).

文章编号: 0451-0712(2006)02-0056-07

中图分类号: U412

文献标识码: B

热带雨林高速公路总体设计理念探讨

罗维宏, 杨光友, 卜晓励, 李亚军

(云南省公路规划勘察设计院 昆明市 650011)

摘 要: 思茅至小勐养高速公路是昆曼国际陆路大通道的重要组成部分, 沿线具有得天独厚的旅游资源, 自然景观、人文景观和名胜古迹相映生辉, 其中近22 km的路段还穿越了国家级自然保护区边缘。为把思小高速公路建设成一条兼具交通安全、行车舒适、景观协调、绿色生态、旅游观光、可持续发展等特征为一体的高速公路, 在设计过程中树立和落实科学发展观, 坚持以人为本, 贯彻可持续发展的指导思想的设计理念, 大胆地尝试和创新, 探索出适合可行的环境保护处治方案与措施。同时为今后热带雨林地区公路建设与环境保护的研究积累了十分宝贵的经验。

关键词: 高速公路; 热带雨林; 生态环保; 总体设计理念

1 概述

1.1 项目概述

思茅至小勐养高速公路(以下简称: 思小高速公路)是西部开发省际通道兰州至磨憨公路中的一段, 是国际陆路大通道昆明至曼谷公路中的重要组成部分, 是连接东盟国家的主骨架公路、运输大动脉。路线起点位于思茅市南郊, 向北接磨黑至思茅高速公路(拟建), 经曼歇坝、南岛河、景洪市普文镇、大干坝、关坪、野象谷, 止于景洪市小勐养镇, 南接小勐养至磨憨公路(在建)。路线全长97.678 17 km(综合里程), 较老公路缩短里程近24 km。全线按四车道高

速公路标准建设, 计算行车速度60 km/h, 路基宽度22.5 m。

1.2 项目的建设条件

思小高速公路位于云南省思茅地区和西双版纳州境内, 全线近22 km的路段从国家级热带雨林自然保护区——小勐养自然保护区的核心区与试验区的分界线(即小勐养自然保护区试验区的次森林带)穿过, 区内生物种类十分丰富, 分布着约5 000种高等植物和约600种脊椎动物, 分别占全国种类的1/6和1/4, 素有“动植物王国”之称。沿线具有得天独厚的旅游资源, 风景融古纳今, 自然景观、人文景观和

收稿日期: 2005-09-09

Analysis of Forms and Causes of Asphalt Pavement Cracking in Plateau-Cold Region

AI Chang-fa¹, QIU Yan-jun¹, HUANG Bing², LAN Bo²

(1. School of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;

2. Transportation Department of Communications of Sichuan Province, Chengdu 610041, China)

Abstract: On the basis of the cracking investigation data of asphalt pavements in plateau-cold region, the forms of the asphalt pavement cracking are described and the contributing factors of them are analyzed, the major forms of cracking in this region are summarized by summing up the investigation data. The conclusions in this paper can direct the research of asphalt pavement structure and its materials not only in plateau-cold region but also in similar climate regions.

Key words: plateau-cold region; asphalt pavement; pavement cracking