

文章编号: 0451-0712(2005)02-0124-04

中图分类号: U416.217

文献标识码: B

# 多年冻土地区沥青混凝土路面的设计与施工

章金钊, 汪双杰, 台电仓

(中交第一公路勘察设计研究院 西安市 710068)

**摘 要:** 青藏公路多年冻土地区海拔高、气温低, 裂缝是青藏公路沥青混凝土路面的主要破坏类型, 沥青混合料设计首先应考虑沥青和沥青混合料的低温抗裂性, 其次是抗冻水稳性、抗老化性能和疲劳耐久性, 高温性能是较次要的。矿料选择时, 需要考虑矿料的强度、抗冻性、级配和酸碱性, 对于酸性矿料, 应适当添加抗剥落剂, 使集料与沥青的粘附性不小于 4 级。沥青混凝土路面施工时应特别注意沥青用量、温度控制、保温措施、接缝和施工季节等, 以确保沥青混凝土路面的施工质量。

**关键词:** 多年冻土; 沥青混凝土路面; 设计; 施工

青藏公路多年冻土地区海拔高度均在 4 500 m 以上, 系独特的中、低纬度高寒地区, 具有气温低、空气稀薄、大气干洁及太阳辐射异常强烈的特征。公路沿线最低月平均气温为  $-14.5\text{ }^{\circ}\text{C} \sim -17.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 最高月平均气温为  $6.8 \sim 8.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 年平均气温为  $-2.0 \sim -7.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 极端最高气温为  $20.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 极端最低气温为  $-39.7\text{ }^{\circ}\text{C}$  (五道梁)。气温呈南北高中间低、日升温降温迅速的特征。

青藏高原的降水量受地形、地理位置和环境系统的影响, 年降水量从拉萨的 500 mm 左右, 向北逐渐减少, 到格尔木年降水量减少至 30 mm。雨量集中在每年的 5 月~9 月, 一般占全年总降水量的 90% 左

右。降雪集中在唐古拉山以南地区, 北部高原地带雪量极少, 降水日变化十分明显, 降雨率达 50%~60%, 降水以雷雨及固态降水为主, 冰雹、雪等固态降水任何季节都可出现。

目前, 大多数国家采用马歇尔法设计沥青混合料, 但大量实践证明, 马歇尔试验指标与沥青混合料的路用性能相关性不理想, 主要是由于该法的沥青混合料试件成型方法和力学图式与沥青混凝土路面的实际状况有较大差别。沥青混凝土路面出现的病害与当地的气候环境有很大的关系, 特别是在寒冷地区, 则多出现开裂病害等; 在多雨地区, 易出现松散、坑槽等水损害现象。本文根据在青藏公路多年的

收稿日期: 2004-11-10

解决处理好各方面的问题, 做出优秀的设计。

## 4 结语

目前, 高速公路互通式立交设计已经形成了与我国交通流特征和驾驶习惯等相适应的理论和方法, 但是随着公路设计理念的进一步提升, 对公路设计的水平、手段和方法提出了更高要求, 这些不仅需要设计人员在实践中不断学习提高、全面掌握道路、桥梁和隧道等相关专业技术, 而且还要熟练掌握并深刻理解和领会技术标准与设计规范, 更为重要的是要积极研究、开发计算机辅助设计等相关高新技术, 真正实现从静态经验型设计到三维动态优化设

计的飞跃。

## 参考文献:

- [1] JTG B01-2003, 公路工程技术标准[S].
- [2] JTJ 011-94, 公路路线设计规范[S].
- [3] 公路工程基本建设项目编制办法[M]. 北京: 人民交通出版社, 1996.
- [4] 霍明, 等. 山区高速公路勘察设计指南[M]. 北京: 人民交通出版社, 2003.
- [5] 张雨化, 朱宏宏. 道路勘测设计[M]. 北京: 人民交通出版社, 1997.
- [6] 郭腾峰, 王蒙. 道路三维动态可视化几何设计[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.

工程实践,讨论多年冻土地区沥青混凝土路面的设计与施工。

1 多年冻土地区沥青混合料设计原则

根据不同地区不同的气候特点,考虑到沥青混凝土路面的破坏形式、沥青及沥青混合料特性、沥青及沥青混合料的路用性能关系,选择适当的沥青及矿料,经过合理的混合料设计,以达到公路路面使用质量的要求。多年冻土地区沥青混合料设计应考虑以下性能要求。

1.1 沥青混凝土路面抗低温裂缝的能力

路面病害调查表明,裂缝是青藏公路沥青混凝土路面的主要破坏类型。根据发生机理的不同,沥青混凝土面层裂缝有收缩裂缝、疲劳裂缝和反射裂缝等。它们与青藏公路常年低温和温差大有很强的关系,需要通过合适的材料设计、结构设计和严格施工来保证沥青混凝土路面具有良好的低温抗裂性能。

1.2 沥青材料的抗老化性能

青藏公路恶劣的气候环境会使沥青及沥青混合料出现严重的老化,沥青的粘附性、柔性变差,加剧了低温裂缝和水损现象。防止沥青及沥青混合料的过早老化也是青藏公路沥青混合料设计中的一个重要内容。

1.3 沥青混合料水稳性和抗冻性

降雨、融雪进入沥青混凝土路面空隙或裂缝,在水及负温的长期作用下,沥青混凝土路面出现松散、坑槽等各种病害。因此,在沥青混合料设计时,要求其水稳性和抗冻性满足路面的使用要求。

1.4 施工性能

沥青混合料须有利于拌和、摊铺和碾压,确保沥青混凝土路面在多年冻土地区的使用品质。本设计方法是在马歇尔设计方法的基础上,针对其不足而改进的,考虑到了沥青混合料在多年冻土地区的关键路用性能,即低温抗裂性能、水稳性(冻稳性)、耐久性和抗疲劳特性等,设计出具有适应环境和交通荷载作用的沥青混合料,使之满足路面使用性能的要求。

2 原材料与沥青混合料

2.1 沥青

根据青藏公路沥青混凝土路面的修筑经验和高原多年冻土地区的气候条件,选择沥青的标号时,沥青 25℃ 针入度宜控制在 140~170(0.1 mm)之间。

标号过小,则低温性能差;标号过大,虽其低温柔性好,但沥青的粘附性和高温性能差,有可能引起其他路面病害。

一般而言,沥青的标号越大,沥青越软,低温变形能力越强,低温抗裂性能越好,但是沥青由于原油基属、组分构成等方面的原因,即使同一标号的沥青,其感温性也会有较大的差别。所以,标号不能作为选取沥青的唯一依据。根据青藏公路沥青混凝土路面的修筑经验与工程实践,结合我国《公路沥青路面设计规范》(JTJ 014—97)与《公路改性沥青路面施工技术规范》(JTJ 036—98),青藏公路多年冻土地区的沥青技术要求见表 1 和表 2。

表 1 重交通道路石油沥青技术要求

试验项目		AH-160
针入度(25℃,100 g,5 s)/0.1 mm		150~170
延度(5 cm/min,15℃)/cm		≥100
软化点(环球法)/℃		38~48
闪点(COC)/℃		≥230
含蜡量(蒸馏法)/%		≤3
密度(15℃)/(g/cm <sup>3</sup> )		实测记录
溶解度(三氯乙烯)/%		≥99.0
薄膜加热试验 (163℃,5 h)	质量损失/%	≤1.3
	针入度比/%	≥45
	延度(25℃)/cm	≥75
	延度(15℃)/cm	实测记录

表 2 聚合物改性沥青的技术要求

试验项目		AH-160
针入度(25℃,100g,5s)/0.1mm		140~160
延度(5 cm/min,15℃)/cm		≥100
软化点(环球法)/℃		40~48
闪点(COC)/℃		≥230
密度(15℃)/(g/cm <sup>3</sup> )		实测记录
PI		≥-1
溶解度(三氯乙烯)/%		≥99.0
薄膜加热试验 (163℃,5 h)	质量损失/%	≤1.0
	针入度比(25℃)/%	≥50
	延度(25℃)/cm	≥80
	延度(15℃)/cm	≥70

2.2 矿料

在矿料选择时,需要考虑矿料性质及其试验方法。根据青藏高原多年冻土地区自然条件,应考虑进行如表 3 所列矿料性质的测定。矿料各项性质应达到相应的标准,如选用矿料不符合规定标准,则需做必要的处理或变更料场。

表 3 青藏公路多年冻土地区矿料试验项目

性质	试验	标准
摩阻	轧制石料	>80%
	表面纹理	粗糙
强度	压碎值	<30%
级配退化	洛杉矶磨耗	<40%
冻融	抗冻性	强度损失<25%
		质量损失<5%
粘附性	粘附性	5 级
杂质	含泥量	<1%
吸水率	吸水率	<3%
形状	针片颗粒含量	<20%

2.3 沥青混合料配合比确定

2.3.1 沥青混合料类型

沥青混合料的类型,应根据道路等级、路面类型及所处的层位来确定。研究表明,密级配沥青混凝土低温性能好且空隙率小,抗老化、防渗水,具有良好的水稳性,因此,青藏公路沥青混凝土面层应采用 I 型密级配沥青混凝土。

沥青混凝土路面的低温开裂温度为-10℃左右,也有试验表明,开裂温度为-16℃~-18℃。沥青混合料的收缩性和柔性影响沥青混凝土路面开裂性能,混合料的收缩性大和柔性差均会引起路面的开裂。对一般沥青混合料而言,收缩性和柔性是矛盾

的。如矿料较粗的沥青混合料的收缩性小,柔性小;而矿料较细的沥青混合料柔性好,但收缩性大。所以,沥青混合料类型的选择应注意混合料柔性和收缩性的协调。

沥青混合料最大粒径的选择应与路面结构层厚度相适应。这不仅是考虑到施工拌和、碾压的质量要求,更是考虑到路用品质的要求。世界各国对路面结构层最小厚度( $h$ )与沥青混合料的最大粒径( $D$ )的比值关系,一般均规定为 2 倍以上。大量的实践和研究发现,沥青混凝土路面结构层出现的早期破坏,和结构层厚度与最大粒径的比值有关系。

根据已确定的沥青混合料类型,级配上限沥青混合料的低温抗裂性、耐久性和水稳性要优于级配中值的沥青混合料。通过调整各矿料的比例,使合成级配曲线尽量靠近级配范围的上限,尤其是应使 0.075 mm、2.63 mm 和 4.75 mm 筛孔的通过量接近设计级配范围的上限。5 mm 以上粗集料应采用沿线仅有的花岗岩、砂岩轧制而成的碎石,5 mm 以下细集料采用天然砂(砾),填料采用石灰岩磨制的矿粉。为增强沥青与酸性集料的粘结力,应在沥青混合料中掺入用量为 0.4% 的抗剥落剂,使集料与沥青的粘附性不小于 4 级。

2.3.2 确定沥青混合料的沥青用量

最佳沥青用量的确定分 2 步进行:(1)用马歇尔试验法确定初始沥青用量;(2)进行路用性能检验并调整沥青混合料的最佳沥青用量。

根据青藏公路沿线的气候条件,沥青混凝土路面上面层设计为 4 cmSBR 改性沥青混凝土,集料级配采用 AC-13 I 型;沥青混凝土路面上面层设计为 5 cm 沥青混凝土,集料级配采用 AC-16 I 型。路面集料级配及设计沥青用量见表 4。

表 4 沥青混合料级配和沥青用量

结构 类型	通过下列方孔筛(mm)的质量百分比/%											沥青用量 %
	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	
AC-13 I		100	95~100	70~88	48~68	36~53	24~41	18~30	12~22	8~16	4~8	6.5~7.0
AC-16 I	100	95~100	75~90	58~78	42~63	32~50	22~37	16~28	11~21	7~15	4~8	6.5~7.0

3 路面施工技术

青藏高原气候寒冷,冰冻期长,暖季气温不高,且雨雪集中。青藏公路又是通往拉萨唯一的交通干线,承担 80%~90% 进出西藏自治区物资的运输任务,施工期间要保证公路畅通。气候环境和交通状况

是青藏公路路面施工需要重点考虑的 2 大特殊因素。沥青混凝土面层施工除应按施工技术规范进行施工和质量控制外,应重视以下施工要点。

3.1 施工中的沥青用量

路面施工时采用的沥青用量不能完全按照设计

用量,应根据设计用量、试验室配合比用量和施工路段所处的海拔高度(气候条件)三者综合考虑之后,确定施工时采用的沥青用量。设计沥青用量是施工用量的主要依据;试验室配合比沥青用量是施工用量的目标;施工路段所处的海拔高度是决定沥青用量多少的主要条件之一,海拔高时沥青用量应适当增加,海拔低时沥青用量应适当减少。

### 3.2 施工方法和施工机械

沥青混合料必须采用拌和站集中拌和,摊铺机摊铺。沥青混凝土面层很薄(仅 4~5 cm),摊铺质量是沥青混凝土路面面层厚度、平整度和使用功能的保证。在沥青混凝土路面施工之前,应严格保证基层顶面的标高和横坡达到要求。

### 3.3 温度控制

青藏高原气候寒冷,沥青混合料温度下降较快,为便于沥青混合料摊铺、压实成型,对沥青混合料拌和温度应适当提高或缩短运送距离,并采取覆盖保温措施,同时加强施工管理,保持施工机械匹配协调及设备的完好性。

改性沥青的加热温度以 140℃为宜,最高不超过 150℃;加热好的沥青需要暂时存放时,不应超过 8 h,温度不超过 150℃。对于改性沥青混合料,拌和温度需提高 10~20℃,出料温度控制在 140~150℃。由于改性沥青混合料粘性较大,摊铺阻力大,更需加强温度控制,以保证摊铺质量。碾压温度以 120~130℃为宜,特殊情况下不得低于 110℃,以保证压实度。

### 3.4 接缝

由于施工期间要保证青藏公路畅通,开辟临时便道困难,需采用半幅施工以保证通车,造成沥青混凝土路面接缝问题比较突出,处理不当将造成纵向接缝不平整、不密实。因此,施工时必须注意接缝处理,纵缝必须垂直相接。

### 3.5 施工季节

根据青藏高原的气候特点,结合青藏公路沥青混凝土路面多年来的铺筑实践,沥青混凝土面层最佳施工季节在每年的 6 月~9 月。

## 4 结语

在高海拔、低纬度的多年冻土地区,铺筑沥青混凝土路面已有近 30 年的历史,经历了室内试验、试验路铺筑、观测及大规模生产路铺筑的实践,填补了世界上在这一领域修筑沥青混凝土路面的空白。目前,已铺筑沥青混凝土路面 1 000 余 km。青藏公路沥青混凝土路面的修筑过程也与我国沥青混凝土路面的发展紧密结合,从普通沥青混凝土路面发展到目前的具有良好路用性能的改性沥青混合料路面,取得了很多成果。

(1)在青藏高原的气候环境下,沥青混合料首先应考虑其低温抗裂性,其次是抗冻水稳性、抗老化性能和疲劳耐久性,高温性能是较次要的。为了满足这些要求,首先应采用低温性能优良的沥青混合料,沥青的 5℃延度应大于 80 cm。

(2)沥青混合料应采用密级配沥青混凝土,因其孔隙率小,具有良好的抗冻水稳性和疲劳耐久性,同时,可以适应高原高辐射条件下抗老化的要求。混合料应选用较稀标号沥青,针入度宜为 150~170 (0.1 mm);适当增加沥青用量,一般采用 6.5%~7%的含量,以减少低温裂缝,但也应考虑具体路段的气候条件。细集料粒径<5 mm 时,可以使用沿线的砂砾材料,但粗集料应采用机轧碎石。

(3)青藏高原气候寒冷,沥青混合料温度下降较快,为便于沥青混合料摊铺、压实成型,对沥青混合料拌和温度应适当提高或缩短运送距离,并采用覆盖保温措施。

## 参考文献:

- [1] 青藏公路科研组. 青藏公路多年冻土地区沥青路面的修筑[Z]. 1978.
- [2] 青藏公路科研组. 多年冻土地区沥青路面修筑技术研究总结[Z]. 1999.
- [3] 青藏公路科研组. 改性沥青在高原多年冻土地区路面修筑中的应用研究[Z]. 1999.
- [4] 西安公路交通大学. 改性沥青机理及应用研究[Z]. 1997.