

基于试验工程的高寒地区沥青中面层混合料设计与施工

梁海

四川省交通建设集团有限责任公司, 四川 成都

收稿日期: 2024年5月30日; 录用日期: 2024年6月19日; 发布日期: 2024年6月27日

摘要

高寒地区修建完工后沥青路面公路通常在1~3年内沥青面层即会出现各种病害, 导致使用寿命降低。基于此, 考虑沥青中面层混合料的性能至关重要, 进行相关研究。本项目以四川省境内的久马高速作为依托, 分析了四川高寒地区沥青路面常见病害问题形成原因, 根据以往研究发现车辙及坑槽病害形成原因与沥青路面中面层抗车辙性能及路面施工工艺有紧密关系。因此, 本文对高寒地区沥青路面施工工艺及中面层设计提出了方案及建议, 其中包括对中面层AC-20C沥青混合料的配合比进行了分析及试验, 得出了符合效果规范的生产配合比; 并根据试验结果进行了试验路段的铺筑, 在铺筑过程中对拌和、运输、摊铺、碾压提出了相关要求及建议; 并对最终成型的试验路段进行检测, 并基于试验工程总结了四个最为关键的要点以指导后续施工; 最终, 试验段压实度代表值为98.21%。平整度平均值为1.13 mm, 取得良好效果, 中面层的设计与施工方案为该工程提供了重要的数据及样本。

关键词

高寒地区, 施工工艺, 试验工程, 中面层

Design and Construction of Asphalt Pavement Mixture Used in Middle Course in High-Altitude and Cold Regions Based on Experimental Engineering

Hai Liang

Sichuan Transportation Construction Group Co., Ltd., Chengdu Sichuan

Received: May 30th, 2024; accepted: Jun. 19th, 2024; published: Jun. 27th, 2024

Abstract

After the completion of construction in high-altitude areas, asphalt pavement highways usually experience various diseases on the asphalt surface layer within 1~3 years, leading to a decrease in service life. Based on this, it is crucial to consider the performance of asphalt pavement mixtures and conduct relevant research. This project is based on the Jiema Expressway in Sichuan Province, and analyzes the causes of common diseases on asphalt pavement in high-altitude and cold areas of Sichuan. Based on previous research, it has been found that the causes of rutting and potholes are closely related to the anti rutting performance of the asphalt pavement surface layer and the pavement construction technology. Therefore, this article proposes plans and suggestions for the construction technology of asphalt pavement and the design of the middle surface layer in high-altitude and cold regions, including analyzing and testing the mix proportion of AC-20C asphalt mixture in the middle surface layer, and obtaining a production mix proportion that meets the effect specifications; And based on the test results, the paving of the test section was carried out, and relevant requirements and suggestions were put forward for mixing, transportation, paving, and rolling during the paving process; and the final formed test section was tested, and based on the test engineering, four key points were summarized to guide subsequent construction: finally, the representative value of the compaction degree of the test section was 98.21%. The average flatness value is 1.13 mm, achieving good results. The design and construction plan of the middle layer provide important data and samples for the project.

Keywords

High Cold Regions, Construction Technology, Experimental Engineering, Middle Surface Layer

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 概述

高原地区修建完工后沥青路面公路在初期运营阶段沥青面层即会出现各种病害,这种损坏通常在1~3年内出现,导致其使用寿命远远低于设计使用寿命,给交通运输行业带来极大的影响。大量研究表明高寒地区沥青中面层混合料的性能至关重要[1]。当前研究已达到归纳提高沥青路面评定的标准和检测方法,形成完善的施工全过程的各项指标检测体系[2],更有先进的是重点对施工过程的非均匀性问题进行研究,分析影响沥青路面各种指标的因素,并通过全面的检测数据进行分析得出施工过程中非均匀性关键控制指标[3]。本次研究依托久马高速建设,穿过川西北高原地区。

2. 高寒地区沥青路面病害分析

受地区及气候环境影响,该地区白天紫外线较为强烈,而夜晚温度极低,昼夜温差可达 28.4℃。导致沥青路面提早出现老化,出现车辙、裂缝、坑槽等现象。

这三类病害是高寒地区沥青路面中最常见的,近年国内已有大量研究[4] [5] [6],而高寒地区的车辙研究较少。根据以往车辙研究可知,沥青路面中面层的车辙变形占整个路面车辙变形的比率最大,工程人员的钻芯取样发现,大量的损坏均是从中面层延伸开来[7] [8]。往往中面层是面层中较为薄弱的环节,摊铺和碾压环节都容易被忽视,常有因面层压密不足而导致车辙的形成,特别是在高寒地区中面层的施

工更为严格。中面层在沥青路面中具有承上启下的作用,因此,对于高寒地区中面层的研究具有较大的意义。坑槽病害的形成与路面铺筑施工有较大的关系[9] [10] [11]。本文将对高寒地区沥青路面中面层的配合比设计及试验路段铺筑施工工艺进行研究分析。

3. 中面层配合比设计

3.1. AC-20C 目标配合比

沥青混合料的目标配合比,采用马歇尔试验方法进行设计,本次设计级配粗集料范围以 4.75 mm 作为分界筛孔。极配计算见表 1。

Table 1. AC-20C target mix design grading calculation table

表 1. AC-20C 目标配合比设计级配计算表

矿料组成	矿料配合比/%	通过下列筛孔(mm)的百分率/%													
		31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	
16~31.5	35	100	96.4	17.3	2.2	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	
9.5~16	25	100	100	100	90.2	59.6	11.1	0.1	0	0	0	0	0	0	
4.57~9.5	10	100	100	100	100	100	99.3	7.4	0.6	0	0	0	0	0	
2.36~4.75	19	100	100	100	100	100	100	97.2	62.9	45.7	26.1	15.8	9.3	5.4	
0~2.36	21	100	100	100	100	100	100	100	94.6	85.1	49.5	15.4	4.3	0.3	
矿粉	4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99.8	99.5	98.7	
合成极配	-	100	98.6	71.2	63.5	54.6	42.5	30.3	22.7	18.3	12.4	8.1	5.4	4.1	

目标配合比的矿料比例为:碎石(16~20 mm):碎石(9.5~16 mm):碎石(4.75~9.5 mm):碎石(2.36~4.75 mm)机制砂:矿粉 = 35%:25%:10%:19%:21%:4%。设置 3.7%为青混合料的最佳油石比,按±0.3 间隔变化制作 5 组马歇尔试件,通过检测分别成型的马歇尔试件物理指标,确定最佳油石比为 3.7%。

3.2. 生产配合比

Table 2. Production grading table of AC-20C asphalt mixture

表 2. AC-20C 沥青混合料生产级配表

矿料组成	矿料配合比/%	通过下列筛孔(mm)的百分率/%													
		31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	
25~32	13	100	53.2	6.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20~25	11	100	100	38.4	12.7	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	
15~20	16	100	100	90.6	23.1	4.9	0.2	0	0	0	0	0	0	0	
9~15	18	100	100	100	100	83.5	20.9	0.3	0.1	0	0	0	0	0	
3.5~9	19	100	100	100	100	100	100	52.6	0.5	0.1	0	0	0	0	
0~3.5	23	100	100	100	100	100	100	100	74.4	41.2	26.8	9.2	4.1	0.5	
矿粉	5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99.6	99.3	98.4	
合成极配		100	95.1	83.4	70.3	61.1	50.6	34.6	23.8	16.1	11.5	7.6	6.1	5.4	
设计 通过率 /%	上限	100	100	100	90	80	73	62	45	35	27	21	15	10	
	中值	100	100	95	81.5	72.5	63.5	53.5	36.5	26.5	19.5	14.5	11	7	
	下限	100	100	90	73	65	54	45	28	18	12	8	7	4	

沥青混合料的生产选用间歇式沥青拌合站，冷料仓数量为 6 个。进料前需固定进料口尺寸，按目标配合比比例进料，在热料仓对烘干后的冷料进行二次筛分。合成级配见表 2。最终确定生产配合比如下：仓 6:仓 5:仓 4:仓 3:仓 2:仓 1:矿粉 = 13:11:16:18:19:23:5。

3.3. 生产配合比验证

按照最佳油石比 3.7% 进行试拌，拌制完成采用马歇尔试验方法进行试。试验结果见表 3。

Table 3. Marshall test results

表 3. 马歇尔试验结果

油石比/%	理论密度	毛体积相对密度	空隙率/%	矿料间隙率/%	饱和度/%	稳定度/kN	流值/mm
3.7	2.589	2.484	4.0	14.1	71.6	12.1	2.75
规范要求	实测	实测	3~6	≥12.0	55~70	≥8	1.5~4

由表 3 可知，按照生产配合比拌制的沥青混合料的各项指标均满足施工技术的要求。

4. 试验路铺筑施工工艺

4.1. 沥青混合料拌和

本试验拌合站为间歇式拌合站，根据试验得出的生产配合比进行拌合。考虑到当地环境影响及沥青混合料性能角度，在正式拌合前，可干拌几锅集料废弃，待温度提高后进行正式拌合。拌合过程中沥青加热温度控制在 145℃~165℃；平均出料速度为 240/h~260/h；矿料温度控制在 175℃；拌合时间为 40/s~45/s；最终出料温度在 150℃~165℃之间。拌合后的沥青混合料应严格检查，保证混合料均匀一致且无离析，避免出现结团成块和沥青用量过少而产生的花白料等现象。

4.2. 沥青混合料运输

在高寒地区运输沥青混合料时，在考虑路程、路况的基础上，应同时考虑低温来的影响。因此，为减缓温度在运输过程中的丧失，运输车应选大吨位车辆，运输过程中可选择较厚的篷布或棉被的保温材料覆盖，并同时车厢内加保温板。卸料时运输车上覆盖的保温材料在不影响卸料的情况下尽量不揭开。

4.3. 摊铺前准备

- 1) 确定水泥稳定基层完成养生，在养生过程中应严格施工规范。养生时间最少为 7 天，整个过程中封闭交通，静止车辆通行，表面应始终保持湿润；
- 2) 对水泥稳定基层表面进行检查及清扫，确保表面完整无杂物。如基层表面出现透层油缺损，需要安排人员对其进行补洒。确保基层表面的粘结性；
- 3) 路基两侧应设置控制桩，确保整个结构的准确性和稳定性，每两个控制桩的距离以 10 米为标准；
- 4) 通过室内试验结果及结合以前的施工经验，暂时设定 1.25 为松铺系数，该数据可根据施工过程进行及时调整。

4.4. 沥青混合料的摊铺

- 1) 由于是试验段，相对于正式施工，本次摊铺机操作手和施工人员应在沥青混合料提前 5 h 到达现场进行调试，提前调整好熨平板施工时所需高度，熨平板可提前 0.5 小时至 1 小时进行加热，温度不低于 100℃，但也不宜过高，并可少量的隔离剂涂刷在摊铺机收料斗。选用张拉力 > 100 KN 钢丝绳进行

钢丝绳引导高程控制, 摊铺过程中应安排专人观察传感器, 避免脱离钢丝绳而影响平整度;

2) 摊铺方式采用全幅摊铺: 摊铺机卸入沥青混合料后, 应先将搅拌螺旋转 5 分钟后在进行摊铺。摊铺过程中摊铺机必须保证缓慢及匀速行驶, 摊铺速度控制在 2~6 m/min, 速度不能改变, 严禁中途停顿。摊铺必须连续不断, 减少混合料的离析和路面波浪。每检间隔 5 m 就需要安排人员对摊铺路面进行平整度、厚度、宽度、湿度进行断面检测, 检测点不少于 3 个, 横坡可 50 m 检查一次。摊铺碾压过程应及时解决离析、波浪、拥包等出现的问题, 加强中面层的检测力度, 是保证高寒地区高速公路建设的关键, 因此本试验工程提出了高于标准的要求。

4.5. 沥青混合料现场压实

沥青混合料摊铺后紧接进行碾压, 碾压机械组合为可双光轮压路机与胶轮压路机。碾压遍数为, 初压: 双光轮压路机先静后振碾压 1 遍, 在胶轮压路机紧跟揉搓 3 遍, 速度控制在 2~3 km/h; 复压: 双光轮压路机振动碾压 2 遍, 速度控制在 3~5 km/h; 终压: 胶轮压路机来回碾压一遍, 速度控制在 3~6 km/h。

在整个碾压过程中应控制好混合料温度, 初压时应及时碾压避免混合料温度下降太快; 复压时应等混合料温度下降至 110℃~130℃时方可开始; 终压应在复压结束后紧跟进行, 混合料温度越高终压效果越好。碾压结束后沥青混合料的温度应大于 70℃。施工人员应对碾压路面进行检查, 避免轮胎印记的出现。

4.6. 试验路检测

久马高速施工之前, 项目部对试验路段进行随机钻芯取样检测, 分别钻取 5 个芯样。检测结果见表 4。

Table 4. Compaction test results of core samples in experimental road sections

表 4. 试验路段芯样压实度试验结果

芯样序号	距离/m	芯样毛体积 相对密度	压实度/%		空隙率/%
			相对理论密度	相对标准密度	
1	左: 4.5 m	2.458	94.2	98.6	4.8
2	右: 2.1 m	2.461	94.6	99.1	5.4
3	右: 1.4 m	2.463	94.8	98.7	5.7
4	左: 3.6 m	2.459	94.5	98.8	4.9
5	左: 2.3 m	2.464	94.6	99.0	5.3

从表 4 可知, 试验段压实度代表值为 98.21%。平整度平均值为 1.13 mm, 满足相关规范要求。

5. 结论

本研究针对了高寒地区高速公路建设中沥青路面较为常见的车辙、裂缝、坑槽 3 类病害问题进行了形成原因分析, 并采用试验工程的形式提出了研究及解决方案, 综合结论如下:

(1) 适用于川西北区域的路面中面层 AC-20C 沥青混合料的配合比设计, 最终确定生产配合比为仓 6:仓 5:仓 4:仓 3:仓 2:仓 1:矿粉 = 13:11:16:18:19:23:5。试验工程具有较强的代表性, 可指导后续施工。

(2) 通过马歇尔试验验证了该配合比生产的沥青混合料满足相关要求。试验路段铺筑施工过程中从拌和、运输、摊铺、碾压提出了相关要求及建议, 其中试验工程显示最为关键的要点在于以下四处: 基层养生时间最少为 7 天、摊铺机熨平板可提前 0.5 小时至 1 小时进行加热, 温度不低于 100℃, 并不宜过高; 高寒地区中面层碾压机械组合为可双光轮压路机与胶轮压路机; 碾压结束后沥青混合料的温度应大于

70℃。

(3) 通过钻芯取样检测证明试验段指标满足相关规范要求, 压实度代表值为 98.21%。平整度平均值为 1.13 mm。本中面层方案为久马高速公路项目部施工提供了相关数据及参考建议。

参考文献

- [1] 刘玉峰. 高寒地区沥青路面温度场及温度疲劳分析研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆交通大学, 2020.
- [2] 张作海. 公路路基路面工程质量控制方法研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2009: 34-37.
- [3] 燕海峰. 基于非均匀性的沥青路面施工质量控制与评价研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2011: 46-51.
- [4] 布穷. 高寒高海拔地区半刚性基层沥青路面防裂基布复合试件防反射裂缝性能研究[J]. 青海交通科技, 2019(4): 113-119.
- [5] 王国忠. 高寒地区沥青稳定碎石基层柔性路面适应性研究[D]: [博士学位论文]. 南京: 南京林业大学, 2006.
- [6] 毛雪松, 李文霖, 王铁权, 张慧军, 王莉云, 张海宁, 黄喆, 朱凤杰, 刘龙旗. 新型高寒地区半刚性材料养生方式研究[J]. 筑路机械与施工机械化, 2016, 33(3): 49-52.
- [7] 毛雪松, 黄喆, 朱凤杰. 高寒高海拔地区路面典型结构适应性研究[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2017, 36(8): 23-29.
- [8] 张争奇, 尚同羊, 孔慧, 王新刚. 基于现场钻芯取样的沥青结构层抗车辙性能评价方法[J]. 中国公路学报, 2012, 25(5): 31-37.
- [9] 高立波. 沥青路面结构抗车辙的研究[D]: [博士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2010.
- [10] 郝尧生, 刘兴东. 高速公路沥青路面坑槽病害成因与处治[J]. 中外公路, 2012, 32(3): 118-120.
- [11] 张雷. 路面坑槽病害成因及修复措施[J]. 交通世界, 2020(11): 48-49.