

FUHESHI JICENG ZHONGZAI JIAOTONG
LIQING LUMIAN JISHU

复合式基层重载交通 沥青路面技术

侯岩峰 米永进 魏正义 左 劼 编著



人民交通出版社
China Communications Press

014043744

U416.217

24

Fuheshi Jiceng Zhongzai Jiaotong Liqing Lumian Jishu

复合式基层重载交通 沥青路面技术

侯岩峰 米永进 魏正义 左 劼 编著



北航

C1731422



人民交通出版社

China Communications Press

U416.217

24

内 容 提 要

本书以邯长高速公路科研成果为依托,详述了沥青路面车辙病害产生原因,通过科学试验和长期跟踪观测,总结出沥青碎石混合料和级配碎石基层设计方法,提出了复合式基层沥青路面结构,并阐述了相应施工技术要点。经过实践证明和质量评定,它有效地解决了半刚性基层上的沥青路面反射裂缝,克服了单纯柔性基层上的车辙病害,延长了沥青路面使用寿命,开创了沥青路面结构设计新模式,在河北高速公路路面建设中已广泛应用。同时,书中还介绍了车辙预估量计算公式。

本书可供从事公路路面研究、设计、施工、监理、检测技术人员借鉴和参考,也可供相关大、中专院校师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

复合式基层重载交通沥青路面技术 / 侯岩峰等编著

— 北京:人民交通出版社,2014.3

ISBN 978-7-114-11081-8

I. ①复… II. ①侯… III. ①复合式路面—沥青路面
—研究 IV. ①U416.217

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 301690 号

书 名:复合式基层重载交通沥青路面技术

著 作 者:侯岩峰 米永进 魏正义 左 劼

责任编辑:刘永芬

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京市密东印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:16.25

字 数:365千

版 次:2014年3月 第1版

印 次:2014年3月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-11081-8

定 价:48.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

编写委员会

主 任：侯岩峰

副 主 任：米永进 魏正义 左 劼

编 委：张新永 康振辉 魏会林 李迎华 马 焱
董俊华 靳书庆 祁昌旺 王耀阁 郭素军

审 校：米增福

编 写 人 员

第一章 概述

侯岩峰

第二章 复合式基层沥青路面材料选择

左 劼 李迎华 郭素军 杨 蕾

第三章 复合式沥青路面基层

米永进 康振辉 郭彦波 马 焱 赵 帅

第四章 面层沥青混合料组成设计

张新永 祁昌旺 张 亮 张小平 郝 然

第五章 动载作用下沥青路面有限元分析与车辙预估方法

魏会林 靳书庆 王 斌 李石磊 王 菲

第六章 复合式基层沥青路面工程实例

董俊华 王耀阁 任 杰 逯贺伟

前 言

在高等级公路建设中,沥青路面是常被选用的一种路面结构形式。根据有关资料显示,国内外绝大多数沥青路面,采用半刚性(底)基层,并取得一系列成功经验和研究成果。

众所周知,半刚性(底)基层强度高、整体性能好,材料廉价,并能就地取材,长期以来备受青睐。然而,近年来,随着社会经济快速发展,交通量骤增,载重和超载车大量涌现,于是在半刚性(底)基层上修筑的沥青路面,出现了大量的裂缝和车辙,在气候和雨雪作用下,致使这种类型的沥青路面发生早期破坏,困扰着公路建设者和使用者。

在这方面,河北公路建设者们为适应新时代的交通需求,总结现实的经验教训,学习和吸取国内外先进经验及科研成果,经过逐步地、多种方式、长时期工程实践,决定继承和发扬半刚性(底)基层优势,充分吸纳柔性基层的特点,并将两者结合在一起,组成复合式沥青路面基层。本书以邯长高速公路更乐至冀晋路段(简称邯长公路)为依托,从理论和工程实践相结合入手,开展了以下一系列试验、研究。

从沥青混合料受力特性入手,分析了沥青路面车辙产生机理,根据重载交通特性和气候环境,通过理论分析和研究,建立起沥青路面模型,提出了路面车辙预估方法及提高抵抗车辙病害的路面结构和应采取的技术措施。

学习和吸收当今的沥青混合料设计方法,从基础材料入手,采纳大马歇尔试验方法、Superpave 旋转压实体积法、GTM 试验法,对沥青混合料进行了对比研究,推荐了适宜重载交通、具有较高抗车辙性能沥青稳定碎石基层(本书简称为沥青碎石)和沥青面层混合料组成设计方法。

采取理论与实践相结合的方法,在理论和试验室研究的基础上,提出四种不同类型的复合式基层沥青路面结构,进行实体试验,制订出相应的施工工艺和质量控制方法,经过 8 年连续跟踪观察、检测资料证实,这种复合式沥青路面,抗辙性能良好,对解决沥青路面的裂缝十分有效,未出现任何早期损坏现象,并表现出优良的路用性能。有效地解决了长期困扰的半刚性(底)基层裂缝病害,也解决了

人们担心柔性基层沥青路面会产生过大车辙或变形的问题。为此,河北省交通部门决定,在全省内推广应用这种类型的沥青路面结构。

本书依据“重载交通高速公路沥青路面柔性基层抗车辙性能研究”(荣获河北省交通厅 2006 年优秀科技成果一等奖)成果、实践经验,以跟踪检测资料为证据,经过系统归纳整理编撰而成。鉴于时年进行研究时,沥青及沥青混合料试验方法依据的是 JTJ 052—2000《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》版本,为此,书中有关沥青和沥青混合料试验方法序号一律改为 JTG E20—2011 版本,以便于读者查阅。

全书设绪论,正文分为六章。第一章简述了当今沥青路面车辙病害研究概况和车辙病害成因,提出了研究的思路和方法及切入点。第二章介绍了复合式沥青路面材料选择技术要求。第三章介绍了复合式基层设计和路用性能研究。第四章为面层沥青混合料设计优化方法。第五章论述了动载作用下沥青路面有限元分析与车辙预估方法。第六章为复合式基层沥青路面工程实例,以实体工程证实前述理论基础是可行的。书后还附有国内和美国的沥青材料指标。全书由魏正义、米增福统一审核。

本书在编写过程中,曾得到河北省高速公路管理局、邯长高速公路筹建处、重庆交通大学、河北路桥集团四公司、河北交通建设监理咨询有限公司、邢台路桥建设总公司等单位大力支持,在此一一表示衷心感谢。

由于我们水平所限,书中若存在不妥之处,敬请广大读者匡谬,以便于今后改进或继续深入研究。

编者

2013. 10

目 录

绪论	1
第一章 概述	7
第一节 沥青路面车辙病害及原因分析	7
一、沥青路面车辙病害实例	7
二、车辙病害类型	7
第二节 沥青混合料高温稳定性影响因素	10
一、车辙变形内在因素	10
二、形成车辙变形外在因素	14
三、车辙变形的危害	15
四、沥青路面抗车辙研究	16
第二章 复合式基层沥青路面材料选择	21
第一节 沥青材料工程技术标准	21
一、我国公路沥青材料技术标准	21
二、美国 SHRP 沥青路用性能规范	22
三、沥青材料改性	23
第二节 复合式沥青路面结合料优选	26
一、沥青材料工程性能指标	27
二、沥青碎石基层——沥青材料优选	28
三、面层沥青材料优选	30
第三节 集料选择	41
一、制作集料的石料	41
二、岩石酸碱性及表面电荷	42
三、沥青混合料集料选择	47
四、邯长公路集料选择	48
第三章 复合式沥青路面基层	51
第一节 集料级配理论及其优选	51
一、沥青混合料强度原理	51
二、集料和沥青在混合料中的作用	52
三、集料级配理论	53
四、集料级配设计理论选择	64
五、沥青碎石集料级配优选	65
第二节 沥青碎石混合料设计	68

一、沥青混合料分类及设计方法	68
二、马歇尔(Marshall)沥青混合料设计法	70
三、沥青混合料 GTM 设计法	74
四、沥青混合料 Superpave 设计法	81
五、沥青碎石混合料设计方法优选	92
第三节 沥青碎石基层路用性能	103
一、沥青碎石力学性能验证	104
二、沥青碎石高温稳定性能验证	110
三、沥青碎石水稳定性验证	118
四、沥青碎石低温抗裂性能验证	122
五、沥青碎石弯曲疲劳寿命验证	124
六、沥青碎石基层综合结论	128
第四节 柔性基层——级配碎石设计	131
一、级配碎石基层	131
二、不同成型方法设计指标比较	132
三、级配碎石配合比设计	134
四、级配碎石施工技术要求	137
五、级配碎石施工质量控制	139
第四章 面层沥青混合料组成设计	141
第一节 面层沥青混合料设计方法选用	141
一、面层沥青混合料设计基本要求	141
二、面层沥青混合料设计方法优化	141
第二节 面层沥青混合料高温抗车辙性能	149
一、沥青混合料高温蠕变试验	150
二、沥青混合料高温车辙试验	157
第五章 动载作用下沥青路面有限元分析与车辙预估方法	166
第一节 车辆动载模型及振动方程	166
一、车辆振动原因及振动方程建立	166
二、振动方程求解	169
三、路面不平整度波长与车速对汽车动载的影响	171
第二节 沥青路面力学模型及有限元分析	172
一、路面层状体系基本假设及应用软件	173
二、层状黏-弹性体系有限元分析	173
三、沥青黏-弹性材料描述模型	174
四、车辙分析中模型应用	178
第三节 沥青路面车辙计算与预估方法	179
一、沥青路面材料 Burgers 模型参数获取	179
二、试验路段交通条件	181

三、试验路段路面计算温度	183
四、沥青混合料路面各结构层加载修正系数	186
五、沥青路面车辙预估公式	188
第四节 沥青路面车辙预估实例及影响因素分析	189
一、沥青路面车辙预估计算实例	189
二、沥青路面车辙影响因素分析	192
第六章 复合式基层沥青路面工程实例	197
第一节 工程试验路段基本情况	197
一、工程所在地自然概况	197
二、工程试验路段方案	198
第二节 工程试验路段柔性基层设计	199
一、级配石配合比设计	199
二、沥青碎石配合比设计	201
第三节 复合式沥青路面施工	207
一、级配碎石基层施工	207
二、沥青碎石施工工艺	210
三、沥青面层施工及质量控制要点	217
第四节 工程试验路段长期观测	219
一、试验路段使用概况	219
二、试验路段跟踪观测方法及结果	221
三、沥青路面技术状况评定标准	224
四、沥青路面质量评价模型	224
五、邯长公路试验路段通车五年质量评价	227
六、复合式基层沥青路面优势	239
第五节 复合式基层沥青路面经济分析	240
附录 1 沥青技术标准	242
附录 2 美国 SHPR 沥青路用性能规范	245
参考文献	247

绪 论

随着国民经济的发展,在高等级公路上行驶的车辆数量骤增,日趋大型化,超重车辆也不断涌现,许多一般性的公路或路段,成为了重载交通要道,致使沥青路面难以承受,不可避免地发生了早期破坏。于是,对公路路面提出了更高的要求,修建长寿命、高性能公路路面,已成为公路建设者和使用者共同要求。

一、半刚性基层沥青路面

半刚性基层具有强度高、整体性好、材料来源广、施工设备简易、造价较低等优点,因此,在过去修筑的沥青路面,多为半刚性基层。然而,随着交通性质逐步变化,许多这类基层沥青路面,仅仅运营 7~8 年,甚至更短的时间,就出现了大面积开裂、水损坏等病害,远远达不到设计使用年限。其病害的主要表现为以下几方面:

- (1) 半刚性基层收缩开裂,引起沥青路面裂缝。
- (2) 水分沿裂缝下渗、积水,在车辆荷载作用下,导致唧浆、面层松散等水损坏。
- (3) 半刚性基层与沥青面层之间结合薄弱,在行车荷载作用下,结合面上产生较大的剪应力,致使面层沿界面滑移,形成流动性车辙。
- (4) 一旦面层发生病害或破坏,为了补强需要重新铺筑基层,不仅延长了维修养护时间,增加了养护维修费用,而且维修的效果也不理想。

为了解决半刚性基层上沥青路面顽疾,研究人员再次把目光投向柔性基层沥青路面。为此,我们对国内为数不多的柔性基层沥青路面,进行了调查研究。

二、柔性基层沥青路面

关于沥青路面的基层,笼统来说分为两种类型,一是上面所说的半刚性基层,另一种则是柔性基层。

在柔性基层中,级配碎石和沥青碎石基层是柔性基层的典型代表。其中,级配碎石是一种材料形式,20 世纪 70 年代,已开始研究应用。在四川成渝高速公路上,曾铺筑了 140km 的级配碎石基层沥青路面,基本没有出现类似半刚性基层沥青路面病害,使用情况仍然良好。

沥青碎石混合料,是由大小不同粒径组成集料(不包括矿粉),与适量的沥青按一定比例配合,经均匀拌和后形成了沥青碎石混合料,又称黑色碎石。其级配可以是连续的密实结构,在沥青路面规范上代号为 ATB- $\times\times$,也可以是半开级配,用 AM 表示。它的特点是:高温稳定性好,低温抗裂性好,空隙较大,沥青用量少,不用矿粉、造价低、使用时间长。

早期修筑的京津唐和广深高速公路,分别曾采用了沥青碎石基层,厚度分别为 23cm 和

32cm。虽然初期投资有所增加,然而,在多年使用过程中,表现出良好的使用性能。

沥青碎石集料粒径一般比较大,有特粗式,最大粒径 $\geq 37.5\text{mm}$;粗粒式最大粒径为31.5mm;中粒式最大粒径为19mm。它铺筑在沥青面层之下,作为基层或与级配碎石,铺筑在半刚性基层上,组成复合式底基层,发挥两者优势。

1. 柔性基层上沥青路面

。从国外研究也表明,沥青混凝土面层和沥青碎石基层组合的路面结构,具有最好的路面使用性能。

美国各州公路工作者协会(AASHO),在1956~1960年间进行了著名的AASHO试验路研究发现,沥青碎石基层路面,虽然比半刚性基层沥青路面产生了比较大的车辙量,但是,其使用品质总体好于后者。

上述研究表明,采用沥青稳定碎石基层的沥青路面,比其他类型的基层具有更好地路用性能,因此在世界各国得到了广泛的应用。根据DataPave3版的LTTP中的道路实体工程数据,不同基层、底基层类型的路面数量统计情况列于表0-1。由该表中数据可见,半刚性基层沥青路面只占很少的一部分,柔性基层沥青路面是美国沥青路面的主要结构形式。

DataPave3 的 LTTP 中沥青路面统计情况 表 0-1

基 层 类 型	实体工程数(处)	比 例 (%)
全厚式基层	154	20.0
沥青稳定碎石基层+粒料底基层	198	25.8
粒料类基层	292	38.0
沥青稳定碎石基层+半刚性底基层	37	4.8
粒料基层+半刚性底基层	46	6.0
水泥稳定基层	27	3.5
石灰(3%)稳定基层	15	2.0

20世纪70年代后,日本、德国也曾在沥青碎石基层修筑过沥青路面。他们认为:半刚性材料易开裂,且难以避免,所以只能作底基层,厚度一般为15cm。

国外的使用经验表明,柔性基层沥青路面使用性能良好,绝大部分柔性基层沥青路面能够使用15年以上才需要维修,还有不少沥青路面使用20年以上才出现明显的损坏。

然而,柔性基层沥青路面,容易产生车辙,这是国外普遍存在的问题。因此,在我国重载交通高速公路上,如果推广应用柔性基层沥青路面,虽然可以减少半刚性基层那样的早期破坏的病害,车辙病害是国人十分担心的问题。当车辙病害严重时,同样也会导致沥青路面破坏,这是本书要研究的课题。

2. 国外对沥青碎石基层研究

前已述及,沥青碎石是柔性基层的典型代表之一。20世纪70年代,加拿大和美国对沥青碎石基层进行了大量的试验和应用研究,结果证明:

沥青碎石基层的结构系数,接近沥青混凝土面层。于是,美国地沥青协会于1960年提出全厚式沥青路面的概念,指的是直接在土基上或者在改良后的土基上,铺设单层或多层沥青混

凝土的路面结构。普遍认为:对于重交通道路,这是一种最为经济可靠的沥青路面;在缺乏适当材料的地区,目前这种路面的应用也十分普遍。

德国引进了全厚式沥青路面结构,试验路研究表明:采用全厚式沥青路面,可以获得更加耐久的路面结构,从而可降低 20%左右的造价。

20 世纪后期,为满足未来更大的交通量和轴重的增加,欧美各国就将研究重点转向长寿命沥青路面的开发和应用上。所谓长寿命沥青路面,是以柔性、抗疲劳沥青混凝土为沥青路面的基层,可将路面设计寿命由 20 年提高到 40~50 年。

1) LSAM——大颗粒沥青混合料

为了降低柔性基层上的沥青路面车辙,提高热拌沥青混合料路面高温稳定性,美国各州开始倾向于采用大粒径沥青混凝土基层,最常用的是 26.5mm、37.5mm 两种粒径。

大粒径的沥青混合料(Large Stone Asphalt Mixes,简称 LSAM),一般指最大粒径在 25~53mm 之间的热拌沥青混合料。在很长一段时间里,由于施工和试验上的原因,大粒径沥青混合料没有得到广泛应用。

美国对 LSAM 的研究,始于 20 世纪 90 年代。在试验方法上,由于基层混合料最大粒径相对面层要大得多,于是马歇尔试验方法已不适用。为此,宾夕法尼亚州运输部(Pennsylvania Department of Transportation)于 1969 年首次提出了直径为 6in(15.24mm)的大型马歇尔试验方法,并在 1996 年被正式定为 ASTM D5581 标准。美国德州交通协会通过对 LSAM 进行研究,提出了 LSAM 设计指南。

2) LSAM——大颗粒沥青混合料优点

近几年来,美国、英国、加拿大、澳大利亚、日本、南非等对 LSAM 作了更深一步的研究。国外研究成果和实践表明,大粒径沥青混凝土具有以下优点。

(1)级配良好的 LSAM,能够抵抗较大的沥青路面塑性和剪切变形,可以承受重载交通,具有较好的抗车辙能力,提高了沥青路面的高温稳定性,特别是对于低速、重车路段,行车荷载持续作用的时间较长,LSAM 具有更好的适应性能。设计良好的 LSAM 与传统的沥青混凝土相比,显示出十分明显的抗永久变形能力。

(2)大粒径集料的增多和矿粉用量的减少,使得在不减少沥青膜厚度的前提下,减少了沥青总用量,从而降低工程造价。

(3)可一次性摊铺较大的厚度,缩短工期。

(4)沥青层内部储存温度能力高,热量不易散失,有利于在低冷条件下施工,延长施工有效时间。

在国外,沥青碎石基层经过长期的研究,得到了广泛应用,已经有了较为完备的理论基础和丰富的施工经验。各国在大量实践的基础上,提出了自己的设计规范。美国地沥青协会开发的 DAM 路面设计程序包含了沥青碎石基层的设计方法;英国运输工程研究院编制了《道路沥青路面结构设计指南》,也提出了建立在经验基础上的沥青碎石基层的设计规范。

3. 国内沥青碎石研究

长期以来,在国内公路建设中,沥青路面多采用半刚性基层和底基层。河北省 20 世纪 80 年代中期,在 G106 北京界至河间路段、G107 线北京界至定州路段,在厚 30cm 石灰土底基层上,铺筑了 250km 灌入式沥青稳定碎石基层,其粒径为 20~50mm,这与美国的 LSAM 大颗粒沥

青混合料非常接近,上铺 2.5cm 沥青混合料,相当于近年来研究的薄层路面,使用效果良好。

2004 年,河北省邯长公路重载交通路段,就铺筑级配碎石基层、沥青碎石基层,并与半刚性底基层配合使用,组合成复合基层,以发挥两者的优势,其上再铺筑沥青路面,历经 8 年多的运营,路用性能良好。不过,对于沥青碎石基层的研究,在我国应当说刚刚开始,在工程实践中应用的还不多,其设计理论和技术措施还很不完善,对它的材料组成设计、路用性能、施工工艺等系统研究,有待于进一步深入进行。

三、柔性基层—沥青碎石基层存在的问题

沥青碎石和级配碎石基层,本书笼统称为柔性基层。对于柔性基层沥青路面,在国外尽管进行了长期应用和研究,并取得了一系列成果。但是,我国要引进并推广应用这种路面结构,还有许多课题亟待研究。

车辙病害是柔性基层沥青路面主要破坏形式,也是过去国内许多公路工作者最为担心的重要问题。目前,对于抗车辙病害研究,有的已考虑汽车的动载作用,采用动力有限元方法,对车辙深度进行预估,但目前研究还甚少。在现有的车辙预估方法中,在分析静力车辙深度值时,虽然有的已经加入了动载系数对其进行修正,但是,这样修正系数主要还是通过计算车辙与实测车辙的回归所得到的,还缺乏代表性,这也成为车辙预估误差较大的一个重要原因。

目前,对高温状态下沥青路面车辙深度估算,仍然没有得到很好地解决。尽管国内外都提出了沥青路面车辙深度控制标准,然而,由于缺乏车辙计算和预估的准确方法,还难以建立起沥青路面车辙与路面材料和结构的关系,用这些标准指导路面结构设计方法还很少。

一般而言,沥青路面发生的车辙,应是各结构层和土基永久变形的总和。当前,国内外沥青路面车辙深度预估,基本上有三种方法:经验法、半经验—半分析法、分析法。

1. 经验法

经验法所得的公式针对性比较强,可靠度比较高。但是,该公式具有一定的局限性,它只适用范围狭窄,仅用于与所研究道路所处的内外环境一致的路面车辙预估。一旦路面环境发生改变,公式可靠性则下降,因此说,经验法公式通用性差。

2. 半经验—半分析法

半经验—半分析法具有一定的适用范围,但是,其局限性仍未消除,采用的力学理论也不尽合理,有些计算参数不易确定,故亦未得到广泛使用。

3. 分析法

分析法是相对比较完善的方法,其中的黏—弹性理论可以更好地反映沥青中路路面车辙形成过程;采用有限元法进行计算,使得精确度大大提高。然而,目前已有的沥青路面车辙预估方法,还停留在静力分析层面,与沥青路面的实际受力不一致。考虑汽车的对路面的动载作用,采用动力有限元方法对车辙进行预估目前研究甚少,为此,本书以邯长公路重载路面为实例进行研究。

东南大学杨军博士及韦苒硕士采用有限元法进行沥青路面车辙的预估,将沥青面层视为多个单元组成,各单元之间满足结点处连续性条件,运用黏—弹性理论,通过对时间进行离散,在时间的离散点进行有限元分析,编制了有限元程序。

四、邯长公路复合式基层沥青路面实践成果

试验路段位于 G22 邯长高速公路,东起涉县昭岗,西接山西黎城县,地处太行山东麓,属于山岭重丘区。路线走向沿石河右岸与原 309 国道并行。从清漳河特大桥面平坡段高程算起至省界处,相对高差 251m,平均纵坡 2.27%,最大纵坡 5%。

路基高填方最高 14.5m,挖方最深 22m;高填方采用强夯处理,经研究发现强夯处理消除湿陷性黄土影响深度 5.7m 以上。该项目工程 2003 年开工建设,2004 年 12 月竣工通车。实际施工工期一年零七个月,工期提前五个月。

鉴于半刚性基层上的沥青路面,其病害顽疾难以根除,为此,国内外研究机构和学者分别集中到柔性基层路面研究上。为了这一目的,河北省公路建设者以邯长公路重载交通路段为依托,与重庆交通大学一起进行了高速公路重载交通柔性基层抗车辙性能研究,参考国内外研究成果和经验,采用理论与室内试验、实体工程相结合的方法,采用复合式基层 GTM 沥青结构,修筑 6.4km 试验路面,经过 10 余年的努力,可以说获得了成功。图 0-1 展示出了试验路段今日面貌,表 0-2 列出的 2009 年路面质量检测、评价结果,均达到了满意的效果。

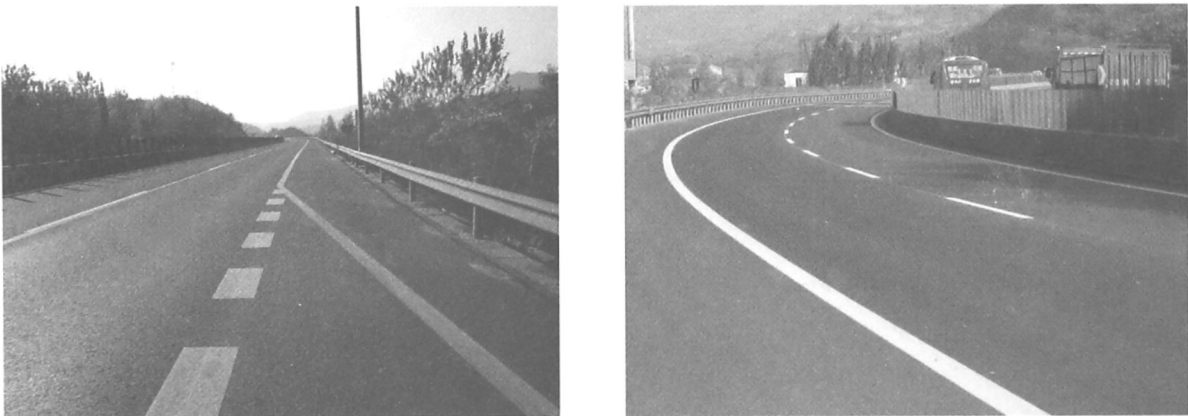


图 0-1 通车 8 年试验路段复合式沥青路面

邯长公路 2009 年路面检测评价 表 0-2

路面结构	里 程	轻车上行方向				重车下行方向				
		DR	IRI	DR	SPC	DR	IRI	DR	SPC	PSSI
一般路段 (半刚性基层)	K5+294	0.01	2.3	5.1	44	0.01	1.7	3.3	43	
	K6+205	0.02	1.8	4.5	46	0.01	1.7	2.7	43	
	K7+226	0.03	1.1	1.1	46	0.06	1.2	3.0	39	13
	K7+765	0.08	1.0	3.2	42	0.01	1.0	4.7	39	16
	K9+226	0.03	1.0	3.1	45	0.02	1.3	3.3	41	14
	K10+226	0.04	1.1	2.8	43	0.06	1.2	3.8	39	
	平均值	0.04	1.4	3.3	44	0.03	1.4	3.5	41	14

续上表

路面结构	里 程	轻车上行方向				重车下行方向				
		DR	IRI	DR	SPC	DR	IRI	DR	SPC	PSSI
试验路段 I (复合式基层)	K11+126	0.03	1.0	2.9	45	0.01	1.2	3.3	37	7
	K12+226	0.01	1.0	3.8	49	0.01	1.2	2.3	40	
	K13+226	0.00	0.9	2.7	42	0.00	1.1	2.8	36	
	K14+226	0.43	1.4	2.8	46	0.13	1.6	3.1	37	
	平均值	0.12	1.1	5.1	46	0.04	1.3	2.9	38	7
试验路段 II (复合式基层)	K15+226	0.01	1.0	4.1	44	0.09	1.2	3.0	40	
	K16+226	0.02	1.3	2.5	47	0.07	1.0	2.1	47	
	K17+226	0.00	0.9	1.4	46	0.07	1.0	2.5	40	16
	平均值	0.01	1.1	2.7	46	0.08	1.1	2.5	42	16

注:1.表中:DR——路面破损率(%);IRI——路面国际平整率(m/km);RD——车辙深度(mm);SFC——横向力系数;PSSI——路面结构强度指数。

2.《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80/1—2004)规定,高速公路 IRI 合格标准在 2.0m/km 之内。

第一章 概 述

自 20 世纪 80 年代起,我国的公路建设进入了快速发展时期,按照交通部(现今交通运输部)建设规划,到“十一五”计划末,公路总里程将达到 230 万公里,其中高速公路达 6.5 万公里。“十二五”期间,除继续完善省干线公路网络,提高技术等级外,还要新改建农村公路 120 万公里,进入高等级公路与普通公路并重发展阶段。

然而,随着交通量快速增长,许多沥青路面负荷加重,于是一些路面,特别是早期修筑的沥青路面,相继出现两类病害,一类是裂缝、网裂、唧泥、水破坏、剥落等,多发生在铺筑在半刚性基层上路面,系与该种基层特性密切相关。另一种病害是车辙,也属于早期破坏,无论半刚性基层还是柔性基层沥青路面,都是屡见不鲜的。

第一节 沥青路面车辙病害及原因分析

所谓车辙,是指沥青路面在行车荷载反复作用下,在轮载作用的部位产生的竖直方向上永久变形。车辙病害产生的主要原因,系面层沥青混合料发生侧向流动、基层或路床发生永久变形,其中包含一定程度的沥青混合料进一步压实和材料磨耗,其发展是逐步的,当发展到一定程度时,就不可避免地导致路面面层破坏。

一、沥青路面车辙病害实例

图 1-1 列举出了车辙病害一些工程实例。图中展示了车辙病害发生、发展、破坏的全过程。在初期,平整的沥青路面面层呈现波浪形,如果仔细查看,是不难发现的,或者沿路面拉紧一条线绳,车辙立即显现出来。

随着时间推移,车辙不断加深,沥青路面面层逐渐发生横向移动,路面上的标线呈现弯弯曲曲,边缘部分逐步变厚。当边缘处的面层厚度发展到一定程度时,开始出现龟裂直至破坏。在路面中部面层逐步下沉变薄,出现面层剥落现象。

二、车辙病害类型

从大量调查车辙病害实例来看,在其病害未引起路面发生结构性破坏之前,从外观来看大致可归纳为 U 形和 W 形两种类型;从车辙成因分析,车辙分为四种类型:失稳性车辙、结构性车辙、磨损性车辙、压密性车辙。



图 1-1 沥青路面车辙变形及面层破坏实例

1. 车辙外观形式及类型

1)U 形车辙

所谓 U 形车辙,系车辙宽度较大,两侧还没有发生隆起现象,横断面成浅盆状,可用 U 字形描述(图 1-2a)。产生这种车辙病害的原因,多是路基变形传递到面层引起的。

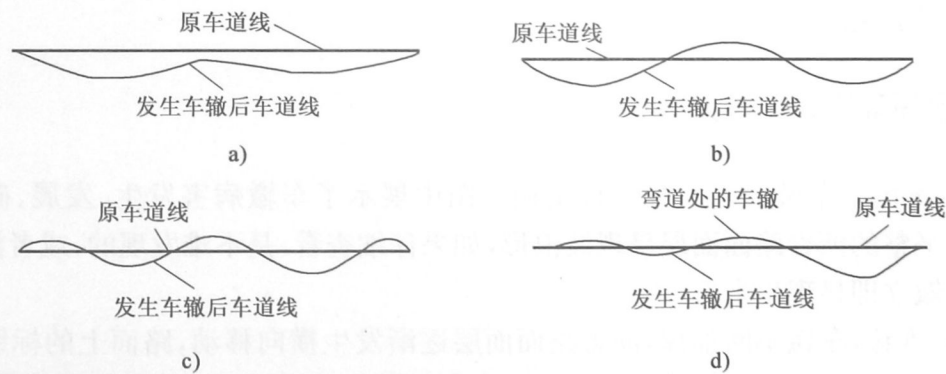


图 1-2 车辙外观形式

a)U 形车辙;b)~d)为 W 形车辙

沥青路面竣工开放交通后,随着车辆荷载作用,沥青面层混合料空隙率继续压密、减小,直至趋于稳定,尤其重载条件下,初期就形成明显的车辙。

从这个角度出发,为了减少车辙,在路基施工时,强调压实使之达到规定的压实度。在沥青路面施工时,同样也应加强碾压,使混合料具有较高的密实度,空隙率控制在要求范围内,对于减少沥青路面这种类型的车辙,应当说是行之有效的方法。