

# 高速公路改扩建新旧路面结构层接缝处理机理研究

江建文

广东省高速公路有限公司 广东 广州 510630

**摘要:** 随着广东地区交通流量的持续增长,既有高速公路改扩建工程日益增多。新旧路面结构层接缝处理是高速公路改扩建工程中的关键环节,其处理效果直接影响到路面的使用性能和耐久性。本文基于广东高速公路改扩建实际情况,深入研究新旧路面结构层接缝处理机理。通过对不同接缝处理方式的力学分析,结合室内试验和现场监测,探讨接缝病害产生的原因及影响因素,提出针对性的接缝处理技术措施,为广东高速公路改扩建工程提供理论支持和技术指导。

**关键词:** 高速公路;改扩建;新旧路面;接缝处理;机理研究

## 引言

近年来,广东地区经济快速发展,交通量急剧增加,许多早期建设的高速公路已无法满足日益增长的交通需求。为提高高速公路的通行能力和服务水平,广东省积极推进高速公路改扩建工程。在高速公路改扩建过程中,新旧路面结构层的拼接是一个关键问题,接缝处理的好坏直接关系到路面的整体性能和使用寿命。若接缝处理不当,容易导致路面出现裂缝、错台、唧泥等病害,不仅影响行车舒适性和安全性,还会增加后期养护成本。因此,深入研究高速公路改扩建新旧路面结构层接缝处理机理具有重要的现实意义。

## 1 广东高速公路改扩建工程特点

### 1.1 交通流量大

广东作为经济发达地区,高速公路交通流量大且货车比例高,对路面结构的承载能力和耐久性要求更高。在改扩建施工过程中,需要尽量减少对交通的影响,保证施工期间道路的正常通行。

### 1.2 地质条件复杂

广东地区地质条件多样,包括软土地基、岩溶地区等。在改扩建工程中,不同的地质条件会对路基的稳定性产生影响,进而影响新旧路面接缝的质量。例如,软土地基容易产生沉降,导致路面不均匀沉降,使接缝处出现裂缝等病害。

### 1.3 气候条件特殊

广东属于亚热带季风气候,高温多雨,湿度大。这种气候条件下,路面容易受到水损害和温度应力的影响。在接缝处,雨水容易渗入,导致基层软化,降低路面结构的强度;同时,温度变化引起的路面胀缩也会在接缝处产生较大的应力,加速接缝病害的发展。<sup>[1]</sup>

## 2 新旧路面结构层接缝病害分析

### 2.1 常见病害类型

#### 2.1.1 纵向裂缝

纵向裂缝是新旧路面接缝处最常见的病害之一,通常沿着接缝方向发展。主要原因是新旧路面的不均匀沉降、材料性能差异以及施工工艺不当等。在交通荷载和环境因素的作用下,纵向裂缝会逐渐扩大,影响路面的平整度和行车安全。

#### 2.1.2 错台

错台是指接缝两侧路面出现高差,导致车辆行驶时产生颠簸。错台的产生主要是由于新旧路面的沉降不一致,或者在施工过程中接缝处的压实度不足。错台不仅影响行车舒适性,还会增加车辆对路面的冲击力,加速路面损坏。

#### 2.1.3 唧泥

唧泥是指在车辆荷载作用下,路面接缝处的基层材料被挤出,形成泥浆状物质。唧泥的出现表明基层已经受到严重损坏,主要原因是雨水渗入接缝,使基层材料软化,在车辆荷载的反复作用下被挤出。唧泥会进一步削弱路面结构的承载能力,导致路面病害的加剧。

### 2.2 病害产生原因分析

#### 2.2.1 路基不均匀沉降

由于地质条件、路基处理方式和施工质量等因素的影响,新旧路基在工后可能产生不均匀沉降。新旧路基的不均匀沉降会使路面结构层在接缝处产生附加应力,当附加应力超过路面材料的抗拉强度时,就会导致裂缝的产生。同时,不均匀沉降还会引起错台等病害。

#### 2.2.2 材料性能差异

新旧路面结构层所使用的材料在性能上可能存在差异,如弹性模量、收缩系数等。在温度变化和交通荷载

作用下,由于材料性能的不同,接缝处会产生较大的应力集中,从而导致裂缝等病害的发生。例如,新路面采用的沥青混凝土与旧路面的水泥稳定碎石基层之间,由于材料的弹性模量差异较大,在行车荷载作用下,接缝处容易产生剪切应力,引发病害。

### 2.2.3 施工工艺问题

施工过程中的一些问题也会对接缝质量产生重要影响。例如,在接缝处的处理过程中,如果旧路面的表面清理不彻底,会导致新老材料之间的粘结力不足;拼接台阶的设置不合理,会影响接缝处的受力状态;压实度不足会使接缝处的路面结构强度降低,容易产生病害。此外,施工顺序的不合理安排也可能导致新旧路面在施工过程中相互干扰,影响接缝质量。<sup>[2]</sup>

## 3 新旧路面结构层接缝处理力学分析

### 3.1 力学模型建立

为了深入研究新旧路面结构层接缝处的力学响应,采用有限元软件建立三维路面结构模型。模型考虑了新旧路面的材料特性、结构层厚度、接缝处理方式以及车辆荷载和环境因素等。在模型中,将新旧路面分别划分为不同的单元,通过设置接触单元来模拟接缝处的力学行为。假设路面材料为弹性材料,结构层间为完全连续接触,不同部分接触面设置合适的接触模式,整个模型的边界条件根据实际情况进行设定,如底面无三向位移不可转动,侧面可沿法向自由转动但无法向位移等。

### 3.2 荷载及边界条件设定

#### 3.2.1 车辆荷载

根据广东高速公路的交通实际情况,考虑标准轴载和超载等不同荷载工况。在模型中,将车辆荷载简化为圆形均布荷载,作用在路面表面。荷载的大小和作用位置根据实际交通调查数据进行确定,以模拟不同车辆行驶状态下对接缝处的力学影响。

#### 3.2.2 环境因素

考虑温度和湿度对路面结构的影响。在温度方面,根据广东地区的气温变化特点,设定不同的温度梯度,分析温度应力对接缝处的作用。在湿度方面,考虑雨水渗入对接缝处基层材料的软化作用,通过改变基层材料的力学参数来模拟湿度对路面结构的影响。

### 3.3 力学响应分析

通过有限元计算,得到接缝处的应力、应变分布情况。分析结果表明,在车辆荷载作用下,接缝处的竖向应力和剪应力较大,容易导致路面结构的剪切破坏和疲劳损伤。在温度变化作用下,接缝处会产生较大的拉应力和压应力,当这些应力超过材料的极限强度时,就会

引发裂缝。此外,湿度的变化会使基层材料的弹性模量降低,进一步加剧接缝处的应力集中和变形。<sup>[3]</sup>

## 4 接缝处理技术措施研究

### 4.1 路基处理措施

#### 4.1.1 软土地基加固

对于软土地基路段,采用合适的加固方法,如水泥搅拌桩、CFG桩等,提高地基的承载能力,减少路基的沉降。在施工过程中,严格控制加固桩的间距、长度和施工质量,确保地基加固效果。同时,在新旧路基拼接处,设置过渡段,通过调整过渡段的材料和压实度,使新旧路基的沉降能够逐渐过渡,减少不均匀沉降对接缝的影响。

#### 4.1.2 路基拼接技术

在路基拼接时,对旧路基边坡进行开挖,设置台阶,台阶宽度和高度根据路基填土高度和稳定性要求进行确定。在台阶面上铺设土工格栅等加筋材料,增强新旧路基之间的连接。同时,在拼接处采用优质的填土材料,并严格控制压实度,确保路基拼接质量。

### 4.2 路面结构层拼接技术

#### 4.2.1 基层拼接

对于半刚性基层的拼接,在旧基层的拼接面上进行凿毛处理,增加表面粗糙度,提高新老基层之间的粘结力。然后,在拼接面上涂刷水泥浆或专用的界面剂,再铺设新的基层材料。在施工过程中,保证新老基层的压实度一致,避免出现压实度差异导致的不均匀沉降。

#### 4.2.2 面层拼接

沥青面层的拼接采用热接缝或冷接缝技术。热接缝施工时,在已铺混合料部分留下一定宽度暂不碾压,作为后摊铺部分的高程基准面,然后在跨缝碾压以消除缝隙。冷接缝施工时,在摊铺另半幅前先将缝边缘清扫干净,涂洒少量粘层沥青,摊铺时新混合料重叠在已铺带上一定宽度,然后将重叠部分一起碾压。为了提高接缝处的抗裂性能,可在接缝处铺设玻纤格栅、抗裂贴等材料。

### 4.3 接缝处材料选择

#### 4.3.1 粘结材料

选择粘结性能好、耐久性强的粘结材料,如改性乳化沥青、水性环氧树脂等。这些材料能够有效地提高新老路面材料之间的粘结力,增强接缝处的整体性。在使用粘结材料时,严格按照产品说明进行施工,控制材料的用量和涂刷均匀性。

#### 4.3.2 加筋材料

土工格栅、玻纤格栅等加筋材料具有较高的抗拉强度和模量,能够有效地分散接缝处的应力,抑制裂缝的

发展。在接缝处铺设加筋材料时,要确保材料的铺设位置准确,与路面结构层紧密结合。<sup>[4]</sup>

## 5 室内试验与现场监测

### 5.1 室内试验

#### 5.1.1 材料性能试验

对新老路面结构层所使用的材料进行性能试验,包括沥青混凝土的马歇尔稳定度、残留稳定度、劈裂强度等,水泥稳定碎石的无侧限抗压强度、劈裂强度等。通过试验,掌握材料的基本性能参数,为力学分析和接缝处理技术研究提供依据。

#### 5.1.2 接缝模拟试验

在室内制作新老路面结构层的拼接试件,模拟不同的接缝处理方式和受力条件。通过拉拔试验、剪切试验等,测试接缝处的粘结强度和抗剪强度,评价不同接缝处理技术的效果。

### 5.2 现场监测

#### 5.2.1 监测内容

在高速公路改扩建工程现场,对接缝处的路面变形、应力、温度等参数进行监测。路面变形采用水准仪、全站仪等设备进行测量,应力采用应力传感器进行监测,温度采用温度计进行测量。

#### 5.2.2 监测点布置

在接缝处及附近区域合理布置监测点,确保能够全面反映接缝处的力学响应和变形情况。监测点的布置应根据路面结构、交通荷载和地质条件等因素进行综合考虑,在关键部位如轮迹带、接缝中心等位置加密布置监测点。

#### 5.2.3 监测结果分析

通过对现场监测数据的分析,验证室内试验和力学分析的结果,及时发现接缝处出现的问题,并采取相应的措施进行处理。同时,根据监测结果,对接缝处理技术进行优化和改进,提高接缝处理效果。<sup>[5]</sup>

## 6 工程实例分析

以广东某高速公路改扩建工程为例,详细介绍新老路面结构层接缝处理的实际应用情况。该工程在施工过程中,针对不同的地质条件和路面结构,采用了上述研究提出的接缝处理技术措施。通过对工程实施过程的跟踪监测和完工后的质量检测,结果表明,采用合理的接缝处理技术后,路面接缝处的病害得到了有效控制,路面的平整度、承载能力和耐久性满足设计要求,行车舒适性和安全性得到了显著提高。

## 7 结论与展望

### 7.1 研究结论

本文通过对广东高速公路改扩建新老路面结构层接

缝处理机理的研究,得出以下结论:

7.1.1 分析了广东高速公路改扩建工程的特点,明确了新老路面结构层接缝病害的类型、产生原因及影响因素。<sup>[6]</sup>

7.1.2 建立了三维有限元力学模型,对接缝处的力学响应进行了分析,揭示了车辆荷载、环境因素等对接缝处应力、应变分布的影响规律。

7.1.3 提出了一系列针对性的接缝处理技术措施,包括路基处理、路面结构层拼接和接缝处材料选择等,并通过室内试验和现场监测验证了其有效性。

7.1.4 通过工程实例分析,表明所提出的接缝处理技术措施在实际工程中具有良好的应用效果,能够有效提高高速公路改扩建工程的质量。

## 7.2 研究展望

尽管本文在高速公路改扩建新老路面结构层接缝处理方面取得了一定的研究成果,但仍有一些问题需要进一步研究和探讨:

7.2.1 随着新材料、新工艺的不断涌现,需要进一步研究适合高速公路改扩建接缝处理的新型材料和技术,提高接缝处理的效果和耐久性。

7.2.2 目前的研究主要集中在力学分析和常规的接缝处理技术上,对于接缝处的微观结构和长期性能演变规律的研究还不够深入,需要开展相关研究,为接缝处理提供更坚实的理论基础。

7.3 在实际工程中,交通荷载和环境因素的变化较为复杂,如何更准确地模拟这些因素对接缝处的影响,还需要进一步完善研究方法和手段。<sup>[7]</sup>

## 参考文献

- [1]张洪亮,黄晓明.高速公路改扩建工程路面拼接技术研究[J].公路交通科技,2008,25(11):24-28.
- [2]李立寒,孙大权.道路材料试验教程[M].人民交通出版社,2006.
- [3]黄晓明.路面力学计算[M].人民交通出版社,2005.
- [4]中华人民共和国行业标准.JTG D50-2017公路沥青路面设计规范[S].北京:人民交通出版社,2017.
- [5]中华人民共和国行业标准.JTG/T 3650-2020公路沥青路面施工技术规范[S].北京:人民交通出版社,2020.
- [6]ISO 13473-1:2019, Road vehicles—Measurement of ride comfort—Part 1: Fundamental requirements[S].
- [7]Wang L, Zhang H. Power spectral density analysis of pavement roughness wavelength characteristics[J]. Construction and Building Materials, 2020, 260: 119860. (SCI)