

文章编号: 1002-0268 (2004) 07-0017-05

高速公路旧水泥混凝土路面加铺沥青面层结构组合设计

刘朝晖¹, 李宇峙¹, 李健², 胡伟³
(1. 长沙理工大学, 湖南 长沙 410076; 2. 湖南省高速公路管理局, 湖南 长沙 410000;
3. 湖南省交通规范勘察设计院, 湖南 长沙 410000)

摘要: 结合长潭高速公路旧水泥混凝土路面改造工程, 介绍旧水泥混凝土路面上加铺水泥混凝土补强调平层及沥青面层的结构设计方案, 讨论其特点, 供同行参考。
关键词: 旧水泥混凝土路面; 沥青路面; 连续配筋混凝土; 结构设计
中图分类号: U418.8 **文献标识码:** A

Structure Design of Overlaying Composite Asphalt Pavement on Old Cement Concrete Pavement of Expressway

LIU Zhao-hui¹, LI Yu-zhi¹, LI Jian², HU Wei³
(1. Changsha University of Science & Technology, Hunan Changsha 410076, China;
2. The Administration Bureau of Expressway in Hunan, Hunan Changsha 410000, China;
3. The Institute of Plan & Prospecting on Communications Design in Hunan, Hunan Changsha 410000, China)

Abstract: In the paper, combined with modification work of old cement concrete pavement in Changtan Expressway Project, structure design scheme of overlaying cement concrete pavement and asphalt pavement structure design are introduced and the feature discussed, which is reference to similar project.
Key words: Old cement concrete pavement; Asphalt pavement; CRCP; Structure design

0 前言

在旧水泥混凝土路面上加铺沥青面层是一种常用的、有效的路面修复技术, 它具有工期短、对交通影响小、修复后路面服务性能好等优点, 国内有相当多的公路采用了此类改造方案。旧路状况、承载能力较好时, 可直接加铺沥青面层, 其主要问题是沥青加铺层中容易出现反射裂缝和层间产生界面滑动, 这对修复后路面的使用寿命影响很大。旧路状况较差、承载能力不够, 需进行补强时, 一般需加铺补强层, 再加铺沥青面层。目前国内对旧水泥混凝土路面上加铺补强层后的沥青路面复合式结构研究较少, 还没有形成一个完整的体系来指导设计与施工。因此, 本文结合

长潭高速公路旧水泥混凝土路面改造工程, 介绍旧水泥混凝土路面上加铺沥青面层的结构组合设计。

1 工程概况

长潭高速公路路面改造工程全长 44.76km, 包含全线 4 个互通主线及匝道。技术标准为四车道高速公路, 路基宽度为 27.5m, 设计荷载标准为汽-超 20, 挂-120。路面结构原为水泥混凝土路面, 此次路面改造将在对原旧水泥混凝土路面进行换板、压浆、清缝、灌缝等处理后, 采用分离式加铺混凝土补强调平层后再加铺 10cm 沥青面层的复合式路面结构方案。
长潭高速公路是湖南省第一条高速公路, 从 1996 年通车以来, 经历了 6 年多的运营, 作为京珠

国道主干线的重要组成部分，长潭高速公路担负了繁重的交通运输任务，为经济发展作出了巨大贡献。随着交通量迅速增长，大吨位车辆不断增加，超载车辆过多、过大，导致道路病害日趋严重，路面平整度差，损坏严重，导致行车速度降低、通行能力下降、交通事故发生率增加，严重影响服务水平。

2 基础资料调查

2.1 路面损坏状况

近年来，长潭高速公路路面损坏严重，在调查的 51 612 块水泥混凝土板中，断板率为 19.74%，面板大面积错台、脱空。每年需投入大量的养护修理费用，且费用逐年增加，调查结果见表 1、表 2。

表 1 长潭高速公路混凝土板破损调查表

项目名称	总板数/块	破损率/%	断板类 破损	接缝类 破损	表面类 破损
主线	57048	26.6	10988 块 19.3%	3879 块 6.8%	292 块 0.5%
互通	3529	11.8	258 块 7.3%	143 块 4.1%	14 块 0.4%

表 2 长潭高速公路混凝土板脱空率调查表

项目名称	湘潭至长沙方向			长沙至湘潭方向		
	超车道	行车道	硬路肩	超车道	行车道	硬路肩
脱空率/%	65	61	52	58	71	49

根据本次调查结果，依据《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40-2002)、《公路养护技术规范》(JTJ 073-96)和《公路水泥混凝土路面养护技术规范》(JTJ 073.2-2002)的评定规定，已经达到需要进行大修或翻新的标准。

2.2 病害原因分析

通过实地调查与分析，造成路面大面积损坏的主要原因有以下几点：

(1) 原有设计标准偏低，横向缩缝未设传力杆。现有公路设计于 1993 年，由于历史原因，设计规范不够完善，资金又较缺乏，对超载车的荷载和数量估计不足，因此路面结构厚度较薄，面板厚度为 25cm，路面基层采用 20cm 水泥稳定砂砾，且未设置底基层和垫层，路面总厚度仅为 45cm。

(2) 交通量大大增加，而且重车、超载情况特别严重，加速了长潭高速公路的路面破坏。长潭高速公路 2001 年的年交通量为 7 240 900 辆（绝对数），日平均交通量为 19 838 辆/日（绝对数）。根据《公路水泥混凝土路面设计规范》进行轴载换算，通车 6 年来标准轴载累计作用次数为 10 746 920 次，相当于原设计使用年限内标准轴载累计作用次数 11 217 638 次的

95.8%，已接近使用寿命。

(3) 排水设施不完善，中央分隔带没有排水设施，超高路段采用漫流方式，同时由于路面接缝填缝料的剥落，致使雨水从中央分隔带和接缝处下渗到路基无法排出，导致水损害，其中最为严重即是唧泥。唧泥是造成脱空、错台、断板等破坏的主要原因。

(4) 部分路段由于地质、土质不良，加之长期排水不畅，致使路基局部出现饱和，造成不均匀支撑和沉降，加速了路面板的破坏。

2.3 交通量情况与轴载换算

现有交通量调查结果见表 3。通过轴重调查，得到现有交通量的轴载谱见表 4，从调查的数据中看长潭高速公路的重车较多，其中轴重大于 10t 的有 37.6%，而轴重大于 13t 的超重车也有 22.98%。

设计基准期内水泥混凝土面层临界荷载处所承受的标准轴载累计作用次数 $N_e = 8 \times 10^8$ 。

表 3 现有交通量调查分析表

小型 客车	大型 客车	小型 货车	中型 货车	大型 货车	大型双 后轴 货车	中型货 车加 挂车	大型货 车加 挂车	合计
7748	631	501	641	4067	1526	1461	2	16577
46.74%	3.81%	3.02%	3.87%	24.53%	9.21%	8.81%	0.01%	100%

表 4 现有交通量轴载分析表

轴载分级/t	0~5	5~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14
轴数/次	8693	1401	576	632	759	830	1059	1092
轴次比重/%	48.00	7.73	3.18	3.49	4.19	4.58	5.85	6.03
轴载分级/t	14~15	15~16	16~17	17~18	18~19	19~20	20~21	>21
轴数/次	1273	1055	474	189	53	18	4	4
轴次比重/%	7.03	5.82	2.62	1.04	0.30	0.10	0.02	0.02%

3 复合式加铺层结构设计的原则

3.1 设计方案制定的主要目标

(1) 防止雨水渗入原水泥混凝土路面与基层结构层中；

(2) 提高路面结构承载能力，以适应国道主干线的交通需要；

(3) 尽可能减弱原路基与路面结构的先天不足，消除质量隐患；

(4) 恢复路面平整度与抗滑能力，改善路面使用性能，提高通行能力。

3.2 设计方案制定的原则

根据长潭高速公路的实际情况与重要性，以及沿线的气候、交通、材料、地质等情况，对水泥混凝土加铺层复合式路面结构方案设计提出以下原则。

(1) 路面结构内部应按照防排结合的原则进行防排水设计, 将路面结构与防排水进行综合设计, 尽量防止雨水渗入路面结构与路基内部, 排除可能渗入路面结构内部的水。

(2) 提高路面的结构承载能力, 进行补强层设计, 弥补原路基及路面结构薄弱的先天不足。综合考虑南行(长沙至湘潭)与北行(湘潭至长沙)交通量的大小与轴重的差别, 同时在交通运输管理方面对超限车辆进行限制。

(3) 在满足技术要求(交通量和使用性能)的条件下, 因地制宜、合理选材、节约投资的原则进行路面结构方案的技术经济比较, 选择技术先进、安全可靠、经济合理、方便施工的结构方案。

(4) 按照科学、可靠、可行、经济的指导思想, 尽可能应用成熟技术, 确保改造工程的成功。对新技术、新材料、新工艺应慎重采用, 先修筑试验路, 取得经验后再推广应用。

(5) 路面结构方案应注重环境保护的有关规定, 合理安排沥青混合料的拌和站位置, 妥善处理旧水泥混凝土破碎块废料及废弃沥青混合料, 保护环境, 减少对环境的影响。

(6) 旧路加铺改造设计, 应尽可能采用较薄的路面结构, 减少对沿线交通设施的影响; 减少桥梁恒载的增加; 减少对天桥净空的影响; 减少对软弱地基及高填方不均匀沉降的影响; 减少路线纵坡的频繁变化可能造成的路面纵向不平整和行车舒适性降低。

(7) 尽可能不增加桥梁恒载, 在桥梁检测与桥梁结构验算的基础上慎重考虑桥面加铺层结构与材料, 以及选择合适的桥梁加固方案。长潭高速公路桥梁伸缩缝更换不久, 应尽可能不动桥梁伸缩缝, 减少工程损失。

(8) 路面结构方案应方便施工与施工组织, 确保交通畅通与交通安全, 尽可能采用机械化作业, 提高劳动效率与施工速度, 减少人工作业环节, 保障施工质量、施工进度与人员安全。

3.3 设计思路

复合式加铺层路面结构可分为四个层次: 沥青混凝土面层、粘结防水防裂层、混凝土补强及调平层、隔离层。通过隔离层分离上下两水泥混凝土板, 采用分离式加铺结构; 混凝土补强调平层对原水泥混凝土路面结构强度的不足进行补强, 同时对桥头路基、高填方路基及软土路基等路段标高进行调整, 适量提高路面平整度, 改善路表面排水功能。通过粘结防水防裂层保证沥青混凝土面层与混凝土补强调平层结合紧

密, 防止雨水下渗, 延缓混凝土接(裂)缝的反射裂缝; 通过沥青混凝土面层及表面抗滑层提供一个安全、舒适、耐久的行驶平面。

3.4 复合式加铺层路面结构与材料的性能要求

(1) 沥青混凝土面层的技术要求

表面抗滑性。从集料选择和级配组成设计入手, 提高面层抗滑性, 达到高速公路的要求。特征指标: 构造深度。

沥青混凝土高温稳定性。即具有高的抗车辙能力和抗挤压破坏的能力。长潭高速公路处于我国南方湿热地区, 对高温稳定性要求较高。应采用优质改性沥青、优质矿料的高性能沥青混凝土。特征指标: 动稳定性和永久变形。

抗水损害能力。长潭高速公路, 设计中对水的影响要求格外重视。评价罩面层混合料水稳定性的特征指标有: 粘附性、浸水马歇尔强度比(残留稳定度)、试件冻融前后的间接抗拉强度比(TSR)。要求粘附性达到5级。应采取多项措施解决水损坏问题, 一是针对面层沥青混凝土的空隙率设计, 一般设计空隙率应控制在3%~5%, 马歇尔试验应采用双面击实75次, 不能采用II型级配与空隙率的要求, 施工中还要控制面层的孔隙率(现场孔隙率不超过6%), 提高结构的密水性, 减少渗水量; 二是采用抗水损害能力强的材料或采取抗剥离措施, 添加3%~5%的水泥取代矿粉或1%~1.5%的消石灰粉或性能良好的抗剥落剂; 三是通过设置良好的防水层, 如目前已成功使用的改性沥青防水层, 防止水分下渗; 四是加强表面排水, 不积水, 减少雨水下渗的时间与数量; 五是适当减薄面层的厚度, 使渗入罩面层结构中的雨水尽快蒸发出来, 同时降低工程造价以及相关的设施费用。

防止沥青面层泛油。沥青路面的泛油, 将影响路面的使用性能, 降低抗滑能力, 并引起其他路面病害的产生。从设计和施工上应严格控制用油量。

(2) 混凝土补强调平层的技术要求

水泥混凝土28d的弯拉强度应达到5.0MPa。混凝土施工模板应按要求的标高进行安装, 以达到调平的目的。混凝土补强调平层应与旧混凝土板错缝, 新接缝落在旧板中, 提高新板接缝的传荷能力, 对旧板接缝处应设置剪力钢筋, 防止新板断裂。

(3) 粘结防水防裂层的技术要求

保证混凝土补强调平层与沥青混凝土面层之间的粘结, 界面抗剪强度应满足剪应力的要求。应采取必要的措施解决混凝土补强调平层接缝处的防水与防裂

问题,防止雨水渗入到旧混凝土路面内,延缓接缝处的反射裂缝。采取错缝、设置传力杆等措施可大大减少竖向荷载型剪切变形,可不必设置刚度较大、强度较高、对荷载应力与应变作用明显的玻璃纤维格栅;宜采用应力吸收夹层,如粘胶沥青(SBS 改性沥青、橡胶沥青等)、浸渍沥青的土工布夹层、道路专用 SBS 防水防裂夹层等。

(4) 隔离层的技术要求

将旧水泥混凝土板与混凝土补强调平层完全分离,以达到分离式加铺的目的。隔离层厚度应尽可能薄,以减少路面结构层的总厚度。隔离层应尽可能兼顾防水的作用,防止雨水渗入到旧混凝土路面结构内部。

4 复合式沥青加铺层结构方案

4.1 原水泥混凝土路面结构

表 5 原水泥混凝土路面结构

结构层	路面结构材料与厚度
面板	25cm 水泥混凝土板
基层	20cm 水泥稳定砂砾
路基	

4.2 复合式加铺层沥青路面结构方案

根据设计目标、设计原则,结合长潭高速公路目前的实际状况、投资控制、施工进度要求、交通组织与交通安全等各方面的要求,提出如表 6 的结构方案。通过分析计算,长潭高速公路路面改造工程采用混凝土补强调平层再加铺沥青混凝土表面层,在结构上是可行的,通过计算,混凝土加铺层厚度采用规范的最小值 18cm 即可满足结构受力的要求。

(1) 沥青混凝土面层

根据《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40-2002)的有关要求,复合式路面沥青面层的厚度一般为 2.5~8cm;水泥混凝土路面上沥青加铺层按减缓反射裂缝的要求,高速公路沥青面层的厚度宜为 10cm;根据长潭高速公路的实际情况,沥青面层厚度采用 10cm,以保证其使用性能与使用寿命。

表 6 混凝土加铺层复合式路面结构方案

结构层	混凝土加铺层复合式路面结构材料与厚度
表面层	4cmSBS 改性沥青 SMA-13
粘层	0.3~0.6L/m ² 改性乳化沥青
下面层	6cmSBS 改性沥青 AC-20J
粘结防水防裂层	SBS 改性沥青 (1.80kg/m ²) + 45% (16~19mm) 单一粒径碎石或浸渍沥青土工布
补强、调平层	18cm 连续配筋混凝土或水泥混凝土 (错缝并设剪力钢筋 Φ 16)
隔离层	2.5cm 沥青混合料 AC-10 或沥青砂局部整平、油毡满铺
旧混凝土板	换板压浆处治旧混凝土板

南方炎热潮湿地区,表面层应具有密水、抗车辙、抗滑、耐久、抗裂性能,建议采用表面功能较好的 SMA 结构,采用 4cm 厚的 SBS 改性沥青 SMA-13 材料。下面层主要考虑高温抗车辙与密水要求,采用 6cm 厚的 SBS 改性沥青 AC-20J, AC-20J 为规范 AC-20I 的改进型级配,主要改善其高温抗车辙能力。上下面层之间设改性乳化沥青粘层,加强层间结合。

(2) 粘结防水防裂层

该层的目的一是保证混凝土补强调平层与沥青面层之间的粘结强度,防止界面剪切、推移;二是防止雨水渗入混凝土补强调平层的接缝内;三是延缓水泥混凝土补强调平层的接缝或连续配筋混凝土的开裂所产生的反射裂缝。从粘结强度来看, SBS 改性沥青最好,防水、防裂与浸渍沥青土工布相近,建议采用 SBS 改性沥青层。

(3) 混凝土补强调平层

该层的目的是补强与调平,其材料可选用水泥稳定类半刚性基层、素水泥混凝土、钢纤维混凝土、钢筋混凝土、连续配筋混凝土等材料。半刚性材料强度相对较低,所需结构层较厚,不利于加铺工程;钢纤维混凝土可减薄结构层厚度,但国内没有大面积使用过,技术上有一定的风险,且造价较高;钢筋混凝土路面仍需设置接缝,由于接缝间距较大,接缝处收缩变形较大,沥青面层的反射裂缝较明显且造价也较高;连续配筋混凝土路面克服了钢筋混凝土路面的缺点,没有接缝,结构整体性好,承载能力强,但微裂缝仍然存在,造价较高,施工技术要求高,需有经验的专业队伍施工,施工进度慢,在造价、工期允许的条件下可采用;素混凝土路面与钢筋混凝土、连续配筋混凝土的厚度一致,只在局部配置钢筋,结构的整体强度不如钢筋混凝土与连续配筋混凝土,但其接缝间距短,反射裂缝易控制,没有布钢筋,施工进度快、施工方便、技术成熟、可采用小型机具人工施工,造价低,通过设置接缝传力杆与错缝,提高了接缝传荷能力、减少了荷载型竖向剪切变形,延缓了反射裂缝,在旧混凝土接缝处设置剪力钢筋,提高其适应旧板接缝的变形能力,见图 1。

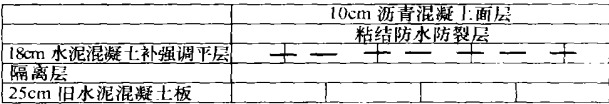


图 1 水泥混凝土补强调平层结构示意图

综合考虑长潭高速公路的特点、工程规模、工程投资、工程进度、交通组织与管理等方面的因素,采

用连续配筋混凝土与普通混凝土均能满足要求, 建议采用素水泥混凝土补强调平层, 以加快进度、降低造价, 确保投资与工期控制。

(4) 隔离层

隔离层的主要目的是将水泥混凝土补强调平层与旧水泥混凝土隔离, 形成分离式加铺层结构, 一般采用细粒式沥青混合料, 最小厚度为 2.5cm。对于旧水泥混凝土路面错台严重、沉陷较大, 应采用沥青混合料作隔离层。

对于路况较好, 表面错台、沉陷不大, 宜选用较薄的结构层与材料, 采用沥青砂对旧混凝土板的错台、沉陷等进行局部整平, 再满铺道路专用隔离防水层材料、油毛毡或短纤维无纺土工布, 考虑到道路专用隔离防水层材料、油毛毡还能起到防水的作用, 而油毛毡强度较低, 建议采用道路专用隔离防水层材料。对错台、沉陷处采用沥青砂填补整平之前, 应洒一层热沥青或乳化沥青, 热沥青用量为 0.4kg/m^2 , 乳化沥青用量为 0.6L/m^2 ; 在整平后的水泥混凝土表面满铺道路专用隔离防水层材料或油毛毡, 纵横向搭接宽度 10cm, 搭接部分涂刷热沥青。采用沥青砂局部整平后满铺油毡的隔离层, 人工配小型机具即可施工, 不需大型沥青混合料拌和机与摊铺机, 施工简单、进度快、造价低。

5 结论

本文结合长潭高速公路旧水泥混凝土路面改造工程,

在各种基础资料调查的基础上, 根据旧水泥混凝土路面上加铺复合式沥青路面结构设计的原则, 依据国内外实体工程的实施经验与理论分析结果, 提出长潭高速公路旧水泥混凝土路面上复合式沥青加铺层的结构设计方案, 并对结构方案进行了初步的分析与论证。长潭高速公路路面改造工程采用混凝土加铺层再加铺沥青混凝土表面层, 在结构上是可行的, 有利于结构承载能力的提高与表面使用性能的改善。

参考文献:

- [1] 交通部公路规划设计院. 公路水泥混凝土路面设计规范 (JTG D40-2002) [S]. 北京: 人民交通出版社, 2002.
- [2] 邓学钧, 陈荣生. 刚性路面设计 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1989.
- [3] 黄仰贤. 路面分析与设计 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1998.
- [4] 黄卫, 钱振东. 高等级水泥混凝土路面设计理论与方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [5] 刘朝晖, 李宇峙, 等. SBS 改性沥青防水层应用技术研究 [J]. 重庆: 重庆交通学院学报, 2003.
- [6] 刘朝晖, 等. 烧毛土工布在道路工程中的应用研究 [C]. 第四届国际道路和机场路面技术大会论文集, 北京: 人民交通出版社, 2002.