

Design of Asphalt Pavement for Expressway Reconstruction and Expansion

Yuan Hong¹ Honghai Bai² Zhenghui Jiang³

1. Zhejiang Communications Investment Group Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310020, China

2. Zhejiang Communications Engineering Construction Group Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310020, China

3. Zhejiang Institute of Communications Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310006, China

Abstract

When discussing the pavement design of highway renovation and expansion, we need to recognize the significant differences between it and the new project. The renovation and expansion project not only faces challenges from existing traffic flow and road usage, but also needs to consider how to prevent and repair typical diseases, such as cracks, potholes, and surface slippage, which pose a threat to the durability of the pavement structure. In addition, improving the durability of materials is an important aspect of ensuring long-term performance and maintenance cost-effectiveness. In the design process of renovation and expansion, professional coordination is particularly crucial. This involves collaboration among multidisciplinary teams such as road administration, bridge and tunnel experts, as well as drainage and traffic management engineers. Each party must communicate and reach consensus on the requirements within their field of expertise to ensure the overall integrity and feasibility of the design proposal. This paper focuses on exploring how to optimize the performance of pavement structures, extend their service cycles, and provide the public with a more reliable and efficient road traffic environment.

Keywords

highway; renovation and expansion; pavement design

高速公路改扩建沥青路面设计

洪渊¹ 白洪海² 姜正晖³

1. 浙江省交通投资集团有限公司, 中国·浙江 杭州 310020

2. 浙江交通工程建设集团有限公司, 中国·浙江 杭州 310020

3. 浙江数智交院科技股份有限公司, 中国·浙江 杭州 310006

摘 要

在探讨高速公路改扩建的路面设计时, 我们需认识到其与全工程之间的显著区别。改扩建项目不仅面临着现有交通流量和道路使用情况的挑战, 还需考虑如何预防和修复典型病害, 如裂缝、坑槽及表面滑移等, 这些均对路面结构的耐久性构成威胁。此外, 提升材料的耐久性是确保长期性能和维护成本效益的重要方面。在改扩建的设计过程中, 专业协调显得尤为关键。这涉及路政、桥梁和隧道专家以及排水和交通管理工程师等多学科团队的协作。每一方都必须就其专业知识领域内的要求进行沟通并达成共识, 以确保设计方案的整体性和实施的可行性。论文着重探讨如何优化路面结构的性能, 延长其服务周期, 从而为公众提供更为可靠和高效的道路交通环境。

关键词

高速公路; 改扩建; 路面设计

1 引言

高速公路加宽改扩建路面设计包括拼宽新建路面、既有路面利用标准及处治、路面拼接、再生利用和路面结构防排水设计五个部分, 应重视各部分的相互协调^[1]。与新建路面设计不同, 设计时内容增多了, 也更强调针对性, 同时还

有各内容间的互相兼顾、协调, 故其自身也存在一个“总体设计”的含义, 以协调处理好自身各部分关系, 还要协调与路线、路基等其他专业的关系。笔者基于实践, 在此尝试进行总结探讨, 供同行参考。

2 分车道设计

因契合改扩建旧路利用需求及多车道高速公路渠化交通的特点, 加宽改扩建工程路面分车道设计理念已逐渐被业内接受, 有文献^[2,3]介绍了浙江省分车道设计实践与成效。但分车道设计目前并没有统一规范的方法, 一般按照同一断

【作者简介】洪渊 (1985-), 男, 中国浙江杭州人, 硕士, 高级工程师, 从事高速公路设计规划与投资建设管理研究。

面各车道设计年限（或预期寿命）相同，对不同车道（主要一二车道与三四车道）采用不同的结构类型、结构厚度或性能要求的方法进行，但分车道设计需要考虑以下两个要点：

①对老路部分，在旧路面技术状况评价、剩余寿命预估基础上进行加铺设计，由于剩余寿命准确预估难度大，带来旧路利用改造设计标准问题：设计年限是否一定按15年？分离式路段保留的老路幅，若路况较好，但剩余寿命可能不足15年，是否一定要加铺从而在理论上补足15年？或可否按养护模式灵活？若是直接拼宽路段，又应该如何？笔者综合建设、运营、养护等管理角度提出对同一幅应采用同一设计年限，拼宽时宜按新建设计年限（15年），分离时完整利用的老路幅可视实际参照养护模式确定本次改造标准。

②规范规定改建设计应采用水平一，调查设计方向各车道交通量，确定车道系数。对高速公路改扩建，各车道交通量与运营管理模式有很大关系。随着高速公路改扩建的发展，改扩建形式越来越多样化，单侧拼宽、单侧分离增建、立体复合等使得不同道路的车道管理模式可能不同，也可能同一条路不同路段不同，进而给路面设计带来新的挑战。因此，笔者建议：一是在工可阶段车道运营管理是按方向管理还是按车型管理，宜予以明确，这在之前是容易被忽视或淡化的，否则若简单地按传统设计或分车道设计都可能带来与实际车道荷载不相适应的问题。二是无论采用传统设计或分车道设计，均需进一步地细化、分段。目前在路面设计中由于理念的差异，有的倾向于过度的标准化、一致化，一条路采用一个结构厚度。而这与实际是不符的，也容易造成浪费。而改扩建由于前述因素则需求更加强烈，在不影响大规模集约施工以及交通组织等的前提下，加强细化设计。

3 拼宽路面综合设计

如图1所示为拼宽路面典型示意，图中包含了新建部分设计、拼接设计、防排水设计、老路加铺补强设计等内容，但这几个部分是无法分割的，拼宽路面设计本质上是个综合设计，对各要点分述如下。

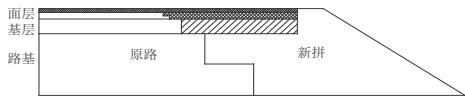


图1 拼宽路面典型构造

①新拼宽部分的抗车辙及耐久性等问题，对结构类型、结构强度、混合料性能设计提出更高要求，在分车道设计的基础上进一步细化，如采用更厚的沥青层，增设沥青结合料柔性上基层，及采用SMA、SUPERPAVE或高模量沥青混合料等。

②除常规的台阶搭接外，拼接设计面临拼接缝反射防治。有文献^[1]区分了因地基或新老路堤差异沉降引起的纵向裂缝和拼接处偏载作用下剪切疲劳引起的纵向拼接缝开裂，对各自的形态和发生机理进行了分析。

从设计角度，对前者的防治重在地基处理、填料控制、路基压实方面，论文不赘述；对后者的防治则重在防止裂缝反射，但其防反射设计与常规的半刚性基层横向反射裂缝防治设计有不同特点：一是荷载作用时间不同，相比一次跨越横向裂缝，车轮荷载纵向沿拼接缝一侧连续作用影响时间更久；二是拼接缝反射与轮迹带位置关系十分密切，距离越近越不利。以上两个特点若考虑不足，叠加拼接部位精细化压实施工不足，则极容易诱发拼接部裂缝病害，这在早期的拓宽工程中是有教训的，如图2所示。



(a)



(b)

图2 拼接缝反射（或伴沉陷）

当然，土工材料、应力吸收层类材料以及厚沥青面层或模量、强度高的混合料皆有助于防止和延缓这类病害。从力学的角度，考虑上述因素，定量地对拼接部进行分析，进而指导设计，目前还比较难做到，在此基于实践总结，对重、特重交通，提出以下建议：

一是新老基层拼接面位置宜避开轮迹带。

二是宜采用较厚的沥青面层，如不小于25cm，有条件时宜增设沥青结合料柔性上基层。

三是沥青面层厚度18~25cm间的，应同步辅以其他措施，如设置土工材料或应力吸收层以及整体提高混合料模量。

有文献^[2]介绍了沪杭高速嘉兴段采用复合改性（SBS+岩沥青）沥青混合料的处治方案，目前运营已逾14年，路况良好，再未出现处治前的拼接缝开裂。

③原路硬路肩利用与改造，是路面拼接设计的又一难点。拼宽段第三车道部分新建，部分为原硬路肩，原硬路肩是否可以直接和内侧一二车道一样加铺，并达到外侧重车道的性能要求和使用预期，取决于原硬路肩结构的技术状况和

拟改造达到的标准之间的契合度。简单的方式是直接挖除和拼宽新建一样做，但对交通量大的边通车边施工项目就无法“保四”通行，且与改扩建资源利用、注重实效的理念不符。虽硬路肩几乎不曾经历车辆荷载作用，其技术状况主要取决于原施工质量，但一方面自然环境下随时间老化衰减，一方面改扩建设计时也不能无视可能的历史施工缺陷等。

基于以上现实，简单的直接利用、直接加铺，势必给后期带来隐患，对此类老路侧的坑洞、裂缝、沉陷病害，也可参见姜正晖文献^[3]的分析。如图3所示为某工程原硬路肩结构保留，只罩面一层后出现的典型早期病害，推测为原路面中上部混合料存在缺陷，罩面后出现水损害。

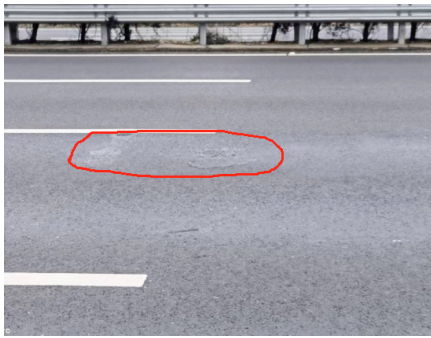


图3 三车道老路部位的早期病害

笔者基于实践，提出原硬路肩利用的定性与定量结合的分步评价方法：

第一步：确定基层利用。调查各结构层厚度；搜集养护历史；对硬路肩进行弯沉检测、雷达检测。

一是对原行车道未进行过大修，或累计结构性维修（至少铣刨2层）面积小于15%~20%的，基层拟利用，面层待第二步定；大于15%~20%的：查明维修层位，主要是基层损坏维修的，硬路肩整体不利用；基层基本完好、主要维修面层的，面层整体不利用，基层拟利用^[4]。

二是对基层拟利用的，辅以弯沉检测判别，弯沉大于30（0.01mm）的，基层不利用。弯沉不大于30（0.01mm）的，辅以雷达检测和沥青层厚度判别，雷达检测显示基层松散较密集路段，当沥青层厚度小于22cm时，基层不利用。

第二步：基层利用路段进一步确定面层利用。分段取代表芯样，进行芯样描述、级配分析与性能试验，包括但不限于层间黏结状态、芯样空隙率、级配偏离情况、高温稳定性、水稳性等。对原中上面层，以下情况满足其中任意一项的，铣刨不利用；对原下面层满足任意两项的，铣刨不利用。

- 一是级配偏离较严重。
- 二是与下层黏结严重不良。
- 三是高温重复蠕变试验Fn偏低。
- 四是马歇尔残留稳定度偏低。

第三步：现场动态设计，边部开挖、铣刨后，根据第一步、第二步原则，进行动态细化分段及调整处置。

以上对硬路肩可利用性评价提供了一种思路和方法，

供参考，具体指标及控制值与所在层位、项目实际相关，尤其对面层更需根据各地经验确定。另外，涉及试验、检测、评价，如何进行分段划分也是值得摸索的。

④路面结构排水。

南方多雨地区新建路面面层一般均采用三层密级配沥青混合料，设计理念是“以防为主、排为辅”。所谓“排为辅”也只是在土路肩设排水层，一旦有水渗至边部可以进一步排除，层间并没有真正意义上的排水层，排作为辅是极弱的^[5]。但现实上“以防为主”对工艺要求很高。做得好的虽有水下渗但量少不联通，如图2（a）所示，不会产生动水压力冲击水损现象；做得不好，水下渗增多又没有专设的层间排水层，易积聚在面层中下部或与水稳基层交界处而诱发水损，如图4所示。所以越是强调层间排水，其实是越承认防不住。既然防不住，那设计上就应该“防排并重”，如图5所示。所以，对层间排水的对待本质上取决于对规范设计理念与现实性的矛盾的看法。

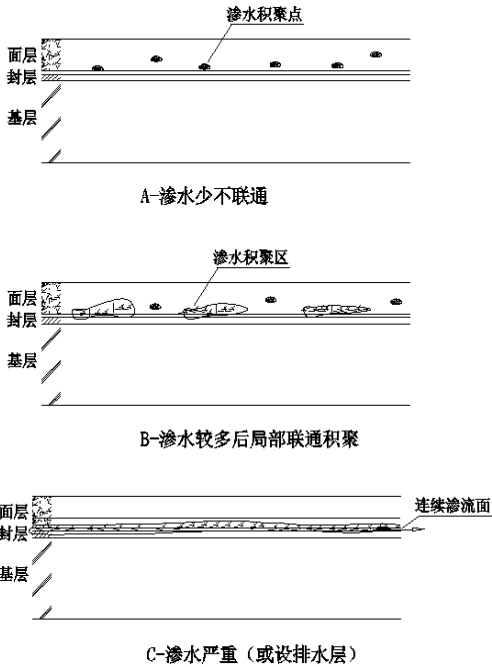


图4 层间水状态示意

统一加铺层（密级配沥青混合料）	
原路面层	拼宽面层（密级配沥青混合料）
	半开级配、开级配沥青碎石
原路基层	水稳层

图5 拼宽防排并重设计示意

改扩建给“防排并重”提供了机遇，至少对于外侧拼宽重车道而言可以设置排水层。安徽、山东、浙江等地均有

对拼宽新建部分增设开级配或半开级配沥青碎石层（兼作柔性上基层）的设计。但反过来，密级配的沥青碎石，由于位于底部，即使有水积聚，动水压力影响也减弱了，故很多养护中铣刨基层后回填 ATB 效果也较好，也是这个原因，此时的 ATB 层可能存水，但排不出，在此称容水层。

值得一提的是，有的省份，仍然践行着“以防为主”，进一步优化混合料，减小设计空隙率，减小验收的渗水系数要求，体现了对工艺的信心。而对工艺没有信心的，忽略了对工艺的追求却学习照搬了提高防的要求，注定了效果不及人家，这种情况或许倒不如转向“防排并重”。

当改扩建拼宽部分采用“防排并重”时,老路部分其实仍维持着“以防为主”,但幸运的是改扩建后内侧老路基本行驶小车,动水压力减小自然水损也就少了。但这并不意味着无需考虑层间水的问题。也有案例显示老路罩面后,因为原表面层防的能力弱,导致成为中面层后,其内部积水更容易受动水压力作用,加上高温因素而导致罩面后反而损坏的。这是值得进一步关注的现象,必要时需铣刨老路面重铺增加防的作用^[6]。

4 路面设计与路线的关系

道路建成运营后,由于压缩沉降,其高程便一直在损失。工程上对较小的变形视为平整度变化,养护或改扩建时只需对平整度进行修复,对高速公路一般单层的罩面即可修复。但当变形较大,尤其软基路段,也会出现平整度检测结果良好,但线形起伏、行车舒适度却不好的现象,这种情况就不能简单地修复平整度,而需要改善线形^[7]。这两者的界限并不清晰。

单层罩面也有两种情况：一是按设计单层罩面厚度等厚摊铺，验收以平整度控制；二是按设计单层厚度控制拉坡，实际根据拉坡后各段填高进行调平施工，验收按平整度、标高双控。

改扩建会重新拟合纵面,即使原路平整且线形良好,故路面一般默认按后者进行,注意的要点有:一是与交通组织的协调,当采用中面层通车时,拼宽部分各层标高应按实际老路边缘标高推算控制,最后统一罩面时拼宽部分与老路一同进行调平、罩面。二是当调平层较厚或统一罩面采用双层时,为减小工程量,可考虑拼宽部分下面层临时通车,这时对下面层混合料设计时需考虑该点,尽量减少临时通车对下面层的损伤影响。

5 工程设计案例

浙江某高速公路改扩建工程,路面设计时综合考虑了以上因素,采用如图 6 所示的结构及构造:

①考虑交通组织需要,采用中面层通车,原硬路肩部分保留,基层拼接缝避开轮迹带。

②采用分车道设计,综合重载、层间排水对拼宽部分设

置开级配沥青碎石柔性上基层, 面层采用 SMA+SUPERPAVE 结构。

③保留的原硬路肩面层采用动态评判, 确定铣刨重铺厚度。

④拼接缝设置防反射措施。

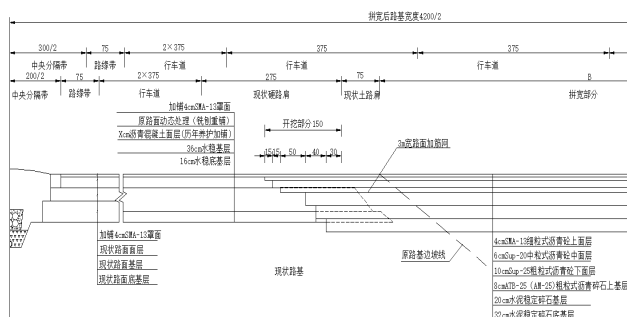


图 6 设计案例

6 结语

高速公路改扩建路面设计有别于新建工程,设计应结合项目实际梳理要点,综合分析提出针对性措施。

①对交通量大的,推荐采用分车道设计,设计标准宜根据幅宽或拼宽情况灵活细化,同时工可阶段宜明确运营期车道管理方式。

②交通组织需要保留原硬路肩以供通行的,要重视原路路肩技术状况分析评价,论文提出了分布评价的思路与方法。

③考虑层间排水的,拼宽部分设计推荐调整“以防为主”为“防排并重”,设置开级配沥青碎石柔性基层。

④对路面拼接缝反射防治,可综合采用基层拼接避开轮迹带、设置防反射措施、加厚面层、加强面层混合料强度与模量等方式。

⑤罩面要明确施工方式及验收，拼宽段宜采用平整度加标高双控。

参考文献

- [1] JTG/T L11—2014 高速公路改扩建设计细则[S].2015.
- [2] 姜正晖,王涓,胡斌,等.沪杭高速公路嘉兴段沥青混凝土路面主要问题及改造对策[J].公路,2011(8).
- [3] 姜正晖.高速公路改扩建沥青路面设计关键问题探析[J].中外公路,2020,40(4).
- [4] 姜正晖.高速公路拓宽工程的路基路面关键技术[J].中外公路,2009,29(5).
- [5] 林绣贤.关于沥青混凝土路面设计中抗剪指标的建议[J].公路,2014(12).
- [6] 刘黎萍,孙立军.高速公路沥青路面轮迹横向分布研究[J].同济大学学报,2005,33(11).
- [7] 马晓晖.扩建公路新老拼接路面结构力学响应分析[D].上海:同济大学,2008.