

浅谈高模量沥青混合料在珠三角地区公路的适用性

赵英爱

中电建路桥集团有限公司 北京 100160

【摘要】：本文简要介绍了珠三角地区公路沥青路面的设计现状及高模量沥青混凝土的研究状况，对比分析了不同高模量沥青路面技术方案与原设计方案在混合料性能、施工便利性、技术成熟度、经济性及环保性的区别。分析表明：高模量沥青混凝土路面性能优于 SBS 改性沥青混凝土，更适合用于珠三角地区的公路中面层，其中采用成品天然沥青的高模量技术方案最优，可考虑在珠三角地区公路开展相关试验段研究。

【关键词】：高模量沥青混凝土；珠三角地区；路面性能；沥青

DOI:10.12417/2811-0528.26.16.089

近年来，随着经济发展、道路交通量持续增长、重载车比例大幅提高，在高速公路重载车道、长大纵坡、城市道路交叉口等路段，沥青路面在投入使用不久后就开始出现裂缝、拥包、车辙等现象。沥青路面的这种早期破坏现象，不仅浪费资源，而且对经济社会造成巨大影响，迫切需要提高沥青混合料性能、延长沥青路面使用寿命。本文以珠三角地区公路为例，就沥青路面中面层采用高模量沥青混合料进行了研究。

1 珠三角地区公路沥青路面设计情况

珠三角地区公路具有以下特点：交通量大、增长比例高、重载车辆多；立交、弯道及爬坡路段多，线性复杂；地处华南，年降雨大，夏季温度高、持续时间长。因此，珠三角地区公路沥青路面铺装应满足以下要求：（1）具有较高的强度和温度稳定性，可抵抗高温和车轮荷载复合作用下引起的永久变形；（2）应使用优质沥青，严格控制空隙率和施工均匀性，保证铺装层较好的抗水损害能力；（3）中下面层具有优良的抗车辙、抗疲劳性能，保证路面有较长的使用寿命。

为提高沥青路面使用性能，珠三角地区公路桥梁路面及路基路面的中上面层沥青路面材料普遍采用目前使用最多的 SBS 改性沥青混合料。

2 高模量沥青混凝土简介

高模量沥青混凝土的概念来源于法国高模量沥青混凝土 (Enrobés à Module Élevé, EME) 以及美国永久性路面概念中的中面层高模量沥青混凝土 (High Modulus Asphalt Concrete, HMAc)，其设计思想是：通过提高沥青混凝土的模量，减少车辆荷载作用下沥青混凝土产生的塑性变形、提高路

面高温抗车辙能力、改善沥青混凝土抗疲劳性能、延长路面的使用寿命。它具有模量高、高温稳定性好、耐久性好、孔隙率小、经济性适中以及易于施工等优点，能够实现沥青混合料路用性能和耐久性的双重提升，多用于重载交通、高温地区、长大纵坡路段以及机场道面，主要解决路面沥青混凝土强度不足、高温性能不良造成的车辙等病害问题。

众多研究表明，高模量沥青混凝土比 SBS 改性沥青混凝土有更优异的抗车辙性能、抗疲劳性能、抗水损性能，更适用于华南地区高温湿热的气候，更符合珠三角地区重载交通量的实际需要，且其价格较 SBS 改性沥青相差不大。因此，为提高中面层抗车辙性能，推荐珠三角地区公路中面层使用高模量沥青混凝土。

3. 不同高模量沥青混凝土方案比较

目前，提高沥青混凝土模量的方法主要有三种：

方案一：以普通石油沥青为胶结料，加入高模量剂，常用的高模量剂主要包括天然沥青和各类聚合物；

方案二：采用硬质沥青作为胶结料；

方案三：采用成品天然沥青作为胶结料；

为研究珠三角地区公路中面层使用高模量沥青混凝土的可行性，从路用性能、施工便利性、技术成熟度、经济性及环保性五方面，对比分析不同高模量沥青混凝土与 SBS 改性沥青混凝土的区别。

3.1 混合料性能

混合料性能指标

性能评价指标	单位	方案一	方案二	方案三	原设计方案
动稳定度	次/mm	≥4000	≥4000	≥6000	≥3000
低温弯曲破坏应变	μ ε	≥2500	≥2000	≥2500	≥2500

冻融劈裂试验残留强度比	%	≥80	≥80	≥80	≥80
残留稳定度	%	≥85	--	≥85	≥85
空隙率	%	3-6	0-4	1.5-4	3-6
渗水系数	ml/min	≤120	≤50	≤50	≤80
模量(20℃、10Hz)	MPa	--	≥15000	≥15000	--
疲劳寿命	万次	--	(15℃、10Hz、230 μ ε)≥100	(15℃、10Hz、230 μ ε)≥100	--

(注：续表 1)

注：方案一种对模量和疲劳寿命没有明确的规范技术要求。

三种高模量技术方案均能够有效提升沥青混合料的高温稳定性及抗车辙性（动稳定性均明显提升），其中方案二和方案三的高模量混凝土的设计模量大于 15000MPa，疲劳寿命超过 100 万次，能实现高模量和强抗疲劳性能的平衡，方案三具有更好的高温及低温性能，综合路用性能最优。因此，从性能指标比较：方案三>方案二>方案一>原设计方案。

3.2 施工便利性

方案一各种高模量剂来源广泛，但其施工需要在后场添加，增加工艺及混合料搅拌时间，在均匀性、稳定性方面相对较难控制，而硬质沥青、成品天然沥青制备高模量沥青混合料的方式与 SBS 改性沥青类似，混合料的质量稳定性更可控，但目前市场上具有一定规模的供应商相对较少。高模量沥青混合料配合比设计与常规沥青混合料的设计方法有些差异，但已基本形成本土化设计方法，施工设备方面与常规沥青混合料施工设备一致，但其施工温度较一般改性沥青高 5-10° 左右。

因此，从施工便利性考虑，原设计方案最便利，而三种高模量沥青混合料方案各有优缺点，施工便利性基本相当。

3.3 技术成熟度

高模量沥青混合料的应用在国外已经较为成熟，在法国、欧洲及美国等有较为完善的指南和标准，但由于其引进国内的时间较晚，在技术成熟度方面不及 SBS 改性沥青混合料，但由于其良好的性能，近年来引起各机构的专家学者展开了大量的研究，在高速公路、干线公路交叉口等实体工程中开展了较多的实体工程案例，积累了一定的工程经验（尤其是天然沥青及高模量剂制备高模量沥青混合料的技术）。

为确保高模量沥青混合料在我国的本土化应用，相继形成了相应的国家标准和团体标准用于指导高模量技术的规范化实施。如我国制定国家规范 GB/T36143-2018《道路用高模量抗疲劳沥青混合料》，规范中对高模量技术的配合比设计方法、各项性能评价方法和指标进行转化，可对国内高模量技术进行规范指导。

因此，从技术成熟度考虑，原设计方案最成熟，方案一其次，方案二和方案三技术成熟度相当。

3.4 经济性

道路的全寿命周期成本主要包括建设成本、运营成本。

方案二和方案三的高模量沥青混合料沥青用量较高，规范规定一般不低于 5.2%，明显高于原设计 SBS 改性沥青方案及方案一，但由于高模量沥青混合料的沥青单价较低，高模量沥青混凝土方案跟原设计方案建设成本相差不大。

高模量沥青路面的耐久性高，路面使用寿命预估能达到 15 年以上，而 SBS 改性沥青路面在 10 年左右需铣刨重铺，故高模量沥青路面的运营成本将明显低于 SBS 改性沥青路面。

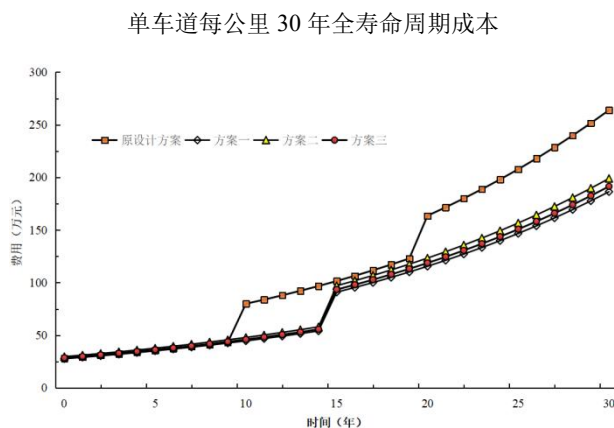
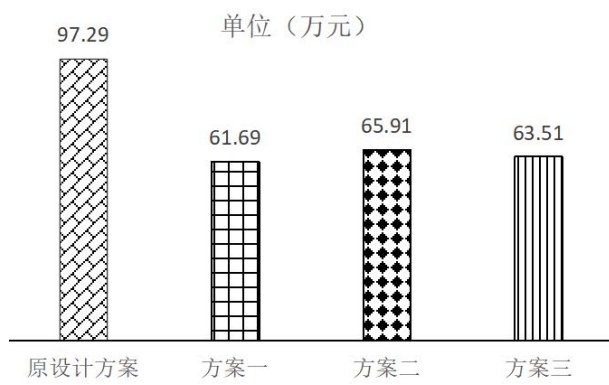
根据相关材料价格及配合比数据，采用预算定额方法估算不同高模量技术方案及原设计方案中面层混合料造价，并以 4.9% 银行贷款利率将初建费用与养护费用折算到运营期结束，估算考虑利息的全寿命周期成本。

不同方案费用清单（单车道每公里）

混合料类型	功能单位 (m ²)	单价 (元 /m ²)	建设费用 (万元)	铣刨费用 (万元)	大修混合料费用(万元)	30 年全寿命周期成本
	①	②	③=①×②	④	⑤	⑥=③+④+⑤
原方案	3750	74.88	28.08	13.05	56.16	97.29
方案一	3750	73.81	27.68	6.53	27.68	61.69
方案二	3750	79.15	29.69	6.53	29.69	65.91
方案三	3750	75.97	28.49	6.53	28.49	63.51

注：各方案结构层厚度均按 6cm 测算；由于高模量剂种

种类繁多，方案一仅根据天然沥青作为添加剂的方案进行测算。



考虑利息时单车道每公里成本随时间变化图

从全寿命周期成本角度考虑，不同方案的经济性：方案一>方案三>方案二>原设计方案。

3.5 环保性

从混合料再生性考虑，方案一和方案三采用天然沥青，混合料通过再生技术较易实现重复利用，有利于减少固定废弃物堆积，而改性沥青、硬质沥青及聚合物类高模量剂技术方案的沥青混凝土目前较难实现再生利用；从沥青拌和施工的过程考

虑，方案二、方案三及原方案采用成品沥青，使用过程对环境影响较小，而方案一若采用干法工艺，对现场环境污染较重，推荐使用“湿法”工艺。因此，从环保性比较：方案三>原方案>方案一=方案二。

综上，从路用性能、施工便利性、技术成熟度、经济性、环保性等方面考虑，方案三综合性能最优。

项目	路用性能	施工便利性	技术成熟度	经济性	环保安全性
原设计方案	★	★★★★★	★★★ ★	★★ ★	★★★★
方案一	★★	★★★★	★★★★	★★ ★★	★★
方案二	★★★★	★★★★	★★	★	★★
方案三	★★★★★	★★★★	★★	★★	★★★★ ★

路面中面层综合性能对比

注：★数量越多代表更具有优越性。

4 结论

高模量沥青混合料应用于道路铺面所表现出的优良性能在国内外已形成共识，其路用性能明显优于常规改性沥青混合料，目前在我国已有相关的国家、地方及团体规范指导施工，并有一定的工程案例积累，施工难度不大，长期效益显著。

结合珠三角地区公路的气候特点及交通量情况，建议在重交通及特种交通公路的中面层使用性能更好的高模量沥青混凝土代替原设计 SBS 改性沥青混凝土，以期减少通车后路面病害、延长道路使用寿命，降低道路全寿命周期成本。可采用方案三先进行试验段研究，确定试验效果后逐步推广使用。

参考文献：

- [1] 屈新龙,文龙.高模量改性沥青混合料路用性能试验研究[J].施工技术,2019,48(4):133-136.
- [2] 中国公路协会.T/CHIS 10004-2018 公路高模量沥青路面施工技术指南[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2018.
- [3] 张军,齐冀鲁,王恒.高模量沥青混合料应用研究[J].公路,2012,25(6):237-241.
- [4] 尹志雨.高模量沥青在改善长陡坡路段车辙中的应用[J].北方交通,2015,39(10):91-94.
- [5] 韩玉梅.高模量沥青混合料应用现状及发展[J].广州航海学院学报,2016,24(2):28-31.
- [6] 潘国志,尹光,王国强.高模量沥青混凝土技术的应用[J].北方交通,2008,32(3):34-37.
- [7] 王立志,王鹏,徐强,等.添加剂型高模量沥青混合料作用机理[J].长安大学学报.自然科学版,2015,35(6):28-42.