

水泥混凝土路面填缝材料的研究

寿崇琦¹, 张志良¹, 邢希学¹, 康杰芬², 史克勤², 陈德润², 傅 智³

(1. 济南大学化学化工学院 济南市 250022; 2. 湖北麻城市公路段 麻城市 438300; 3. 交通部公路科学研究所 北京市 100088)

摘 要: 对国内水泥混凝土路面填缝材料的现状做了详细的阐述, 对相继出现的焦油型聚氨酯、聚氨酯、有机硅、有机硅改性聚氨酯等填缝胶的各种性能做了系统的比较。通过综合比较, 确认有机硅改性聚氨酯是比较适合中国公路情况的填缝材料。

关键词: 水泥混凝土路面; 填缝材料; 聚氨酯

为了防止热胀冷缩造成水泥混凝土路面的开裂, 水泥混凝土路面在施工时会留下路面缝隙, 这些缝隙必须用一些弹性好的材料进行充填以保证水泥混凝土路面行车的舒适性和防止雨水冲刷, 避免汽车碾压造成的路面缝隙出现啃角和塌落。

填缝材料能起到水密和气密作用, 并具有弹性、粘结性及耐久、耐候性, 能长期经受拉伸、压缩和振动作用, 粘结力强, 能经受接缝处热胀冷缩反复拉伸、压缩而不被破坏以及施工方便等优点。填缝材料已广泛应用于水泥混凝土路面, 使水泥混凝土路面的质量得到提高, 同时使路面使用寿命得到有效的延长^[1]。

1 我国水泥混凝土路面填缝材料的发展

目前我国大部分地区水泥混凝土路面使用的是沥青基填缝料, 如纯沥青、沥青砂、沥青玛蹄脂等。沥青基填缝材料的最大优点是价格低廉, 原料易得。但是实践证明, 沥青作为填缝料还有诸多缺点: (1) 因沥青是热塑性材料, 施工时需现场进行加热, 既不方便又不安全; (2) 沥青与水泥板粘结性差, 易渗水、易老化、脆化、硬化、易剥落; (3) 沥青伸缩性差, 几乎无弹性, 经一个热冷循环后, 即开裂, 失去防水性能。因此, 沥青基填缝材料不适合高等级水泥混凝土路面, 属于被淘汰的产品之列^[2]。

此后, 人们又以聚氯乙烯胶泥作为填缝料, 它是以煤焦油及聚氯乙烯树脂为基料, 并按一定比例加入增塑剂、溶剂和滑石粉等而成。其虽具有高温时不

流淌, 低温时不脆裂的特点, 并有一定的回弹能力, 但由于煤焦油组分的易挥发性, 使用一段时间后就暴露了回弹能力显著降低, 产生永久性变形不易恢复, 抗嵌入性能差, 脆裂, 与缝隙壁面粘结开裂等致命弱点。而且该产品也是需要现场加热, 趁热灌缝, 难控制, 煤油污染大。现在使用量也大大减少, 属于逐渐淘汰的产品^[3]。

1997 年以后, 焦油型聚氨酯填缝材料开发成功进入市场。由于该产品中使用了可以室温固化的增粘树脂——聚氨酯, 使该产品的性能较以往的加热式产品有了较大提高, 主要表现在: 不需要现场加热, 大部分为双组分, 现场按照一定比例配制后, 采用机械灌缝或者人工灌缝, 施工速度加快, 灌缝的质量提高。由于聚氨酯的加入, 其与缝隙壁面的粘结强度大大提高, 弹性好, 不渗水。因此, 在一定时间内成为我国水泥混凝土路面首选填缝材料。

但是, 由于焦油型聚氨酯填缝材料内含大量组分不确定、易挥发的煤焦油, 虽然加入煤焦油可以降低成本, 但是带来的却是填缝材料的耐久性差, 使用寿命不长, 一般为 2~3 年。特别是个别地区和施工单位, 由于施工技术不好, 导致该产品的路面使用寿命更短, 仅有半年到一年之间, 就必须重新灌缝, 给养护部门带来较大经济损失, 给交通顺畅带来较大麻烦。

有机硅填缝材料具有良好的耐热性、耐候性及电绝缘性能, 其最突出的优点就是具有优异的防老化性能和独有的憎水性能, 加以固化速度快、不起泡、能与无孔材料表面牢靠粘结, 胶层底热稳定性

好,使其得以广泛应用;但其机械性能和耐化学药品性能较差,胶层内物质容易渗析迁移,污染周围物体,且价格昂贵,也严重影响了它的应用范围^[4,5]。

聚氨酯填缝材料是由聚醚多元醇和含活泼氢化合物反应聚合而成,分为单组分和双组分两种。聚氨酯分子链是柔性链段和刚性链段结合的嵌段共聚物。聚氨酯填缝材料的分子结构中含有—NCO 和—OH等强极性基团,反应固化后能形成强韧的弹性粘结层。这些结构特点,使得聚氨酯填缝材料具有良好的弹性和优良的粘结性能,且具有耐油、耐磨、耐振动、耐疲劳、耐高低温等特点,但是端异氰酸酯聚氨酯密封剂的固化速度慢,有水存在时,固化会释放二氧化碳气体,使胶层起泡,造成缺陷;同时聚氨酯填缝材料有一个致命的弱点就是它的耐候性不如有机硅产品,在长期的阳光照射下,容易粉化变黄,使用寿命明显的缩短。因此,研制一类兼有聚氨酯和有机硅特点、性能/价格比好的新型高分子基填缝材料是我们科研工作者致力以求的目标。

本研究课题组创新性地合成了一种有机硅改性聚氨酯。这种填缝胶综合了有机硅和聚氨酯填缝胶二者的优良性能。有机硅改性聚氨酯技术旨在将抗老化性能优越的硅氧键引入到广泛使用的价格低廉的聚氨酯高分子链中,发挥两种结构单元各自的优点,从根本上克服普通聚氨酯材料的抗老化性能差的弱点。改性后的聚氨酯产品即具备了聚氨酯的耐油、耐磨、抗嵌入度高等特点,又具备了有机硅的抗老化性能好的优点,是一种很有发展前景的高分子材料^[5]。

2 各种填缝材料的性能比较

由于沥青、PVC 胶泥已经属于淘汰产品,未对其性能进行讨论,对焦油型聚氨酯、聚氨酯、有机硅改性聚氨酯、有机硅 890 进行了各项性能的比较实验。

2.1 弹性恢复率和针入度测试

弹性恢复率评价填缝材料在受到砂砾或其他硬物嵌入侵害时恢复到原状的能力,针入度是评价材料的抗嵌入能力。我国公路大多属于开放型公路,路面的整洁度较差,作为水泥混凝土公路的填缝材料很容易遭受路面砂石等具有尖状棱角杂物的嵌入侵害。特别是在夏季高温时,这种嵌入侵害就更为严重。一旦这种侵害形成,会加快填缝材料与水泥混凝土接缝界的粘结破坏,加速填缝材料失去防水功能。

弹性恢复率和针入度的测试结果见表 1。

表 1 弹性恢复率和针入度的测度结果

填缝材料的种类	焦油聚氨酯型	聚氨酯型	有机硅改性聚氨酯型	有机硅 890 型
针入度/mm	2.5	1.8	2.0	5.3
弹性恢复率/%	75	85	80	70

从表 1 可以看出,聚氨酯的针入度最小,弹性回复率最大,所以抗砂砾嵌入能力最好。但是有机硅改性聚氨酯有所减少,但是减少的幅度不大,完全可以满足实际应用。有机硅 890 型,无论是针入度,还是弹性回复率都不好,很容易受砂砾侵害,起不到防水作用。

2.2 老化前后抗拉强度和最大拉伸率的测定

通过对老化前后拉伸强度和最大拉伸率的比较,可以确定填缝胶抗老化性能的优良,测试结果如表 2。

表 2 拉伸性能测试结果

填缝材料的种类		焦油聚氨酯型	聚氨酯型	有机硅改性聚氨酯型	有机硅 890 型
拉伸强度 MPa	老化前	1.61	1.85	1.36	0.50
	老化后	1.05	1.30	0.91	0.45
性能保持率/%		65	68	82	90
最大伸长率 %	老化前	750	658	911	1 650
	老化后	510	460	775	1 518
性能保持率/%		68	70	85	92

由表 2 可以看出,有机硅的抗老化性能最好,老化前后拉伸强度和最大拉伸率都能保持在老化前的 90%,焦油型聚氨酯型和聚氨酯型的抗老化性不好,老化后性能大大降低,已经起不到保护路面的要求。而通过有机硅改性的聚氨酯的老化性能比起焦油型和聚氨酯型抗老化性能大大提高,达到 80% 以上,性能变化不大,完全符合现在水泥混凝土路面填缝材料抗老化的要求。

2.3 热压冷拉试验

热压冷拉试验是模仿水泥混凝土板块热胀冷缩而设计的试验,通过热压冷拉试验可以确定填缝料抵抗由于水泥混凝土热胀冷缩带来的填缝料的拉伸与压缩循环的能力。试验模拟了这种状态,分别用在 15℃ 压缩和 -20℃ 压缩得到填缝材料发生粘结破坏的最大伸长距离来表征其热压冷拉性能。

由表 3 可以看出有机硅 890 的热压冷拉性能最好,拉伸最大百分比达到 200%,有机硅改性聚氨酯由于采用有机硅进行改性,综合了有机硅最大伸长

率的优点,最大粘结伸长较聚氨酯有所提升。为了确定产品是否满足实际情况的需要,我们对全国各地的冬夏两季的水泥混凝土路面板工作缝隙宽度进行了测量,结果发现水泥混凝土路面板缝隙的最大位移变化率约为 15%,远远少于实测的最大粘结拉伸率 100%,所以,所测产品都能满足水泥混凝土路面实际热胀冷缩的需要。

表 3 各填缝料的热压冷拉试验结果

产品种类	缝宽 mm	最大粘结伸长距离 mm	拉伸最大 百分比/%
有机硅改性聚氨酯	8	18	125
未改性聚氨酯	8	16	100
有机硅 890	8	>24	>200
焦油聚氨酯	8	16	100

3 结论

由以上试验结果可以看出,作为公路填缝材料的焦油型聚氨酯填缝材料,具有良好的弹性和粘结性,但是由于其抗老化性、耐高温性能较差,不能长期满足达到水泥混凝土路面填缝材料的使用要求。

单组分有机硅填缝材料与其他 3 种填缝材料相比,最突出的优点就是具有优越的耐老化性和粘结性,但是在弹性恢复率和针入度方面的性能不及其他 3 种填缝材料,而对于中国公路的实际情况而言,弹性恢复率和针入度是必不可少的指标,这限制有机硅填料的应用,而且其价格昂贵,不适合大面积推广。同时有机硅填缝材料还有一个弱点就是它的施工性能差,本身粘度大,流动性差,很难向水泥混凝土

路面的接缝中填充,这在很大程度上限制了它作为公路填缝材料的使用。

而未改性的聚氨酯填缝材料的各种性能指标基本上都能满足水泥混凝土路面填缝材料的使用要求,其最大的不足之处就是其经过180 h 的人工老化试验后,与有机硅和有机硅改性聚氨酯填缝材料相比,各种力学性能有了明显的下降,其耐老化性能不是很好。

本研究课题组合成的有机硅改性聚氨酯填缝胶由于在分子结构上引入了有机硅链段,所以最突出的特点就是与未改性的聚氨酯填缝胶相比,其老化后产品的保持率有了明显的提高,完全符合现在公路填缝料抗老化性能的要求。它还保留了聚氨酯良好的粘弹性和抗嵌入能力,同时其施工简单易行,这就为它作为水泥混凝土路面填缝材料的使用提供了保证。

参考文献:

[1] 赵守佳,贾占勇. 聚氨酯密封胶在水泥混凝土路面中的应用[J]. 中国建筑防水, 2002, (1).

[2] 迟春波,等. 浅议水泥混凝土路面填缝料及施工工艺[J]. 黑龙江交通科技, 2000, (4).

[3] 张招城,等. 煤焦油型混凝土板嵌缝材料[J]. 煤化工, 1999, (4).

[4] Brode G L, Conte Jr L B. US 3632577. 1972.

[5] Landon S J, Dawkins N B, Waldman B A. Hybrid sealants Demonstrate Enhanced Adhesion to Plastic Substrates[M].

[6] Yang C Z, Liand C, Cooper S L. Synthesis characterization of polydimethylsiloxane polyurea-urethane and related zitterionomers [J]. J Poly Sci: Polymer Physics, 1991, 29(7).

Research on Joint Sealants for Cement Concrete Pavement

SHOU Chong-qi¹, ZHANG Zhi-liang¹, XING Xi-xue¹, KANG Jie-fen²,
SHI Ke-qin², ZHANG De-run², FU zhi³

(1. College of Chemistry and Chemical Engineering, Jinan University, Jinan 250022, China;

2. Hubei Macheng Highway Station, Macheng 438300, China; 3. Research Institute of Highway Science, MOC, Beijing 100088, China)

Abstract: In this paper, developments and researches of joint sealants for cement concrete pavements are reviewed particularly and the characters of Tar-based Polyurethane, Polyurethane, Organosilicon, Polyurethane modified by organosilicon and so on sealants are compared as sealants. By the comparison, polyurethane modified by organosilicon is the better sealant fitting the cement concrete pavements of china.

Key words: cement concrete pavement; sealant; polyurethane