

ChemCo Systems环氧沥青粘结剂应用研究

Research on Application of Epoxy Asphalt from ChemCo Systems

胡磊, 陈志一, 欧杨阳, 郝培文 长安大学 道路结构与材料交通行业重点实验室, 陕西 西安 710064

0 引言

绝大多数已建成使用的大跨度钢箱梁桥面铺装层在没有达到设计使用寿命时就已发生不同程度的损坏, 其失效的主要原因为结构设计不合理、铺装层材料选择和施工工艺不当、车辆严重超载、环境气候恶劣、受力状态复杂等。除此之外, 钢箱梁桥面沥青混凝土铺装防水粘结层的失效也是造成钢箱梁桥面铺装层损坏的主要原因之一。如果防水粘结层失效或部分失效, 那么依附于其上的沥青混凝土铺装层在车载的长期作用下就容易产生开裂、推移、脱层等失效现象。因此对钢箱梁桥面沥青混凝土层防水和粘结问题的研究和改进是提高钢箱梁桥面铺装层使用寿命的关键因素之一。

如何保证铺装层和钢板之间牢固耐久的粘结力以及铺装层能否适应钢板复杂的应力应变状态, 取决于铺装材料自身的强度和韧性、铺装层与钢板以及铺装层、下层间的粘结作用。铺装层和钢板之间的脱层意味着桥面铺装的完全破坏。一旦出现脱层现象, 铺装层将很快遭到破坏, 并在荷载作用下产生对钢板的摩擦冲击, 从而破坏钢板防锈层, 在空气和水分作用下使桥面板表面发生锈蚀。因此, 铺装层与钢板间的良好结合是桥面铺装与钢箱面板协同工作的关键。

本课题研究工程使用了美国 ChemCo Systems公司提供的环氧沥青粘结剂。此粘结材料与以往常用的乳化沥青粘结剂不同, 它对温度和施工时间较为敏感。

1 ChemCo环氧沥青粘结剂

环氧沥青属热固性材料, 它是将环氧树脂加入沥青中, 经与固化剂发生固化反应形成的一种不可逆固化物。此材料从根本上改变了普通沥青的热塑性性质, 赋予沥青优良的物理力学性质, 使其在粘结、热稳定性方面具有优势。环氧沥青一般分A、B两组分, 其性能指标见表1、表2。

将A组分加热到82℃~93℃, B组分加热到141℃~152℃, 然后以1:4.45的比例混合, 搅拌几分钟, 使A、B组分充分反应, 固化后得到环氧沥青粘结剂的性质指标如表3所示。

作为一种新型高性能材料, 环氧

沥青正越来越受到各国研究者的重视。环氧树脂本身是一种热塑性低聚物, 性能较差, 除用作聚氯乙烯的稳定剂之外使用价值并不是很大, 但当它与固化剂进行固化反应形成三维交联网络结构后则呈现出一系列优异的性能, 具有卓越的使用价值。环氧树脂的固化过程是一个很复杂的物化变化过程, 其在固化过程中的行为及固化物的性能取决于环氧树脂、固化剂和其他助剂的性能, 以及它们与树脂之间的相互影响及合理配合, 此外, 还和它们的固化历程有密切关系。由于不同环氧树脂固化系的固化原理并不完全相同, 所以其固化历程(即固化工艺条件)对环氧固化物的

表1 组分A技术指标

技术指标	技术要求	试验方法
粘度 (25℃) / (Pas)	0.10~0.16	ASTMD445
环氧当量 (含1g环氧基的材料克数) / g	185~192	ASTMD1652
加德纳色标号	≤4	ASTMD1544
含水量/%	≤0.05	ASTMD1744
闪点/℃	≥200	ASTMD92
比重	1.16~1.17	ASTMD1475
外观	透明琥珀色	目视

表2 组分B技术指标

技术指标	技术要求	试验方法
酸值/mg	60~80	ASTMD664
闪点 (克利夫兰敞口杯) /℃	≥250	ASTMD92
含水量/%	≤0.05	ASTMD95
粘度 (100℃, 100r/min) / (Pas)	>80	ASTMD2041
比重 (23℃)	0.98~1.02	ASTMD1475
颜色	黑	目视

表3 环氧沥青粘结剂技术指标

技术指标	技术要求	试验方法
重量比 (A:B)	100:445	
抗拉强度 (23℃) / MPa	≥6.8947	ASTMD638
断裂延伸率 (23℃) / %	≥190	ASTMD638
热固性 (300℃)	不熔化	小试件放置在热板上
膨胀比 (23℃)	≤3.0	特殊规程
漫耗率 (23℃) / %	≤35	特殊规程



结构和性能影响极大。相同的配方在不同的固化工艺条件下所得固化物的性能会有非常大的差别。正确地做出最佳材料配方设计和工艺设计是环氧树脂应用的关键。

2 确定环氧沥青粘结剂洒布量

2.1 确定洒布量的试验手段

有关试验结果表明：在高温、行车荷载反复作用下，铺装层、下层混凝土层间的结合面是施工中最薄弱的地方^[1]。因此，铺装主体上、下层间粘层对粘结材料和施工工艺要求非常高。由现场破坏调查可知：铺装层和钢板之间粘结力的丧失主要发生在沥青混合料和防锈涂层之间。所以钢板与沥青混凝土的粘结强度对铺装体的抗疲劳特性有很大影响，二者之间应保持良好的结合，在钢桥面板上不得产生相对滑移或流动。可采用粘结强度试验来确定粘层与钢板和沥青混凝土的粘结力状况。1992年，北京市市政工程设计研究总院在首都机场高速公路进行了桥梁结构防水的专题研

究。通过研究得出结论：对于桥面铺装防水材料使用性能的主要评价指标为抗剪性能和低温抗裂性能^[2]。

桥面铺装的剪切破坏分为铺装层材料剪切破坏和粘层剪切破坏2种情况。铺装层材料剪切破坏表现为铺装表面发生推移、拥包，这类类似于普通路面常见的破坏形式；而粘层剪切破坏则是桥面铺装特有的一种破坏类型，一般表现为桥面铺装的铺装层与桥面板之间的粘结力丧失。铺装层和钢板之间的粘结强度对桥面铺装的使用寿命有很大影响。铺装层和钢板之间如果出现脱层现象，将导致铺装的迅速恶化。一般铺装层和钢板之间粘结力的丧失主要由粘层的粘结强度不足造成，粘层一旦遭到破坏，铺装层的损坏只是时间问题。

当对试件施加荷载时，试件受剪切面的剪切强度为

$$\tau = \frac{P}{S} \quad (1)$$

式中： τ ——剪切强度，MPa；

P ——作用荷载，N；

S ——试件受剪面积， mm^2 。

2.2 最佳洒布量的确定

2.2.1 铺装层之间最佳洒布量的确定

按照“铺装下层+粘结材料+铺装上层”成型双层车辙板，粘结材料固化后钻芯取样， 60°C 下保温4~6h，进行剪切试验，结果如图1所示。

由于SMA混合料在 60°C 时的强度较环氧沥青混合料低，破坏发生在混合料内部，因此粘层实际的抗剪强度大于所测值。

2.2.2 钢板与铺装下层之间的最佳洒布量

按照“钢板+防水粘层+铺装下层”静压成型，粘结材料固化之后在 60°C 下保温4~6h，进行剪切试验，结果如图2所示。

可以看出：一般情况下，钢板与铺装层之间的抗剪强度小于上、下铺装层之间的抗剪强度，其主要原因是钢板表面较光滑，有必要采取一些增大钢板粗糙度的措施。对于本桥面铺装的铺装结构而言，上、下铺装层之间的最佳洒布量为 0.55 L/m^2 ，钢板与铺装下层之间的粘结剂最佳洒布量为 0.78 L/m^2 。

当防水粘层的洒布量很小时，由于防水粘层太薄而不能形成一个承担剪切应力的结构层，粘结性能较差，所以此时容易发生破坏。当防水粘层洒布量逐渐增加时，防水粘层材料开始形成一个结构层，粘结性能显著上升，而且随着洒布量的增加，钢板与防水粘层间最大剪切应力减小，防水粘层越来越稳定，当增加到一定程度时最不容易产生剪切破坏。当防水粘层的洒布量继续增加时，在防水粘层中出现多余沥青粘结材料，不但减弱了防水粘层的粘

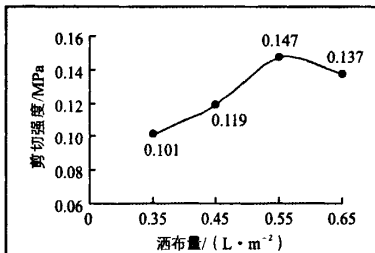


图1 上、下铺装层之间 60°C 抗剪强度

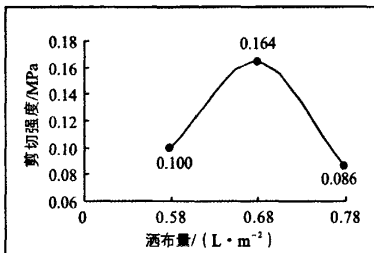
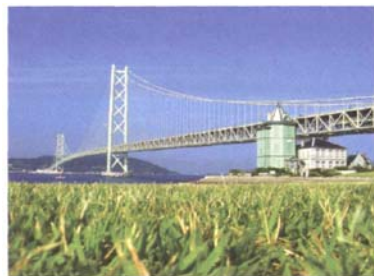


图2 钢板与铺装下层之间 60°C 抗剪强度



结性能，而且破坏了铺装下层沥青混合料的性能。尽管此时钢板与防水粘结层间的最大剪应力仍在减小，但粘结性能减小的幅度要大于剪应力减少的幅度，所以防水粘结层也同样容易发生破坏。因此，应尽量保证防水粘结层的洒布量在最佳厚度范围内。

3 美国环氧沥青洒布车特点

环氧沥青粘结剂不同于一般沥青粘结剂，其受温度影响较大——温度太高，固化速度快，固化后粘结剂无法洒布；温度太低，粘结剂亦无法洒布，施工可操作时间较短，所以施工控制相对较为严格^③。图3所示为环氧沥青粘结剂施工专用的洒布车。两组分分别罐装，使用时两者的比例用流量控制，即用即配。

3.1 温控系统

环氧沥青两组分的加热采用电加热的方式进行，图4、图5为这个洒布车的加热系统。温度控制采用的是华氏温度。

3.2 洒布量控制系统

环氧沥青洒布量控制系统（图6）用于保证洒布按照室内试验确定

的洒布量进行洒布施工。

洒布控制系统配有2个仪表，分别显示环氧沥青两组分各自的洒布速度（Mass Flow Rate）和已经洒布的环氧沥青总量（Mass Total）。

图7为环氧沥青洒布过程中的一静态数据显示，A组分（即树脂组分 Resin）洒布的速度为2.264 kg/min，而 Mass Total显示的是从开始洒布到目前状态已洒布了A组分226.38 kg（在洒布前将其数值归零的前提下）。

3.3 清洗系统

由于环氧沥青两组分混合后随着时间的增长会固化，所以为了保证喷洒管道的畅通，在每次洒布完粘结剂之后要进行清洗，图8为环氧沥青清洗材料及其设备。

4 施工

4.1 现场钢板的清洗及喷砂除锈

喷砂（丸）靠压缩空气将砂材（丸）吹到工件上，从而达到处理表面的目的；抛丸则是通过高速的叶轮将砂丸打到工件上的方式进行除锈。抛丸除锈是目前最有效的钢结构表面处理办法，其施工见图9。

本课题研究工程采用的是喷砂除

锈的方法。局部用洗衣粉及毛刷粉刷，洗净后用水车冲洗，施工前用空压机吹净桥面，具体如图10所示。

4.2 洒布现场剂量控制

为保证喷洒的粘结料均匀、连续、用量准确，在喷洒过程中流量计量员要每隔一段距离（约5 m，以大桥吊杆或拉杆为参照物）记录一次洒布机2块流量计表的读数，根据读数和喷洒的距离快速计算出临时喷洒量，以调整洒布速度。

洒布之前将两组分洒布量归零，事先按照规定计算出每5 m×11 m（桥长×桥宽）面积上应当洒布的环氧沥青的量（下层38 kg/m²，层间31 kg/m²），开始洒布后每隔5 m记录两组分洒布的量，将其加起来与标准的洒布量进行对比，控制洒布人员行走洒布的速度来人工调整5 m×11 m范围内洒布的总量，见图11。现场洒布情况见图12。

大量资料表明：环氧沥青的粘结性能远比一般的粘结料强，但粘结层施工质量达不到要求，会影响到铺装层与钢板或铺装层与铺装层间的粘结，使铺装层在使用过程中因粘结力不足而出现脱层，影响到铺装层的抗疲劳性能和耐久性。粘结层施工时，在保证粘结层材料配比正确的前提



图3 美国环氧沥青粘结剂专用洒布车



图4 环氧沥青两组分加热温控显示设备



图5 环氧沥青两组分加热开关

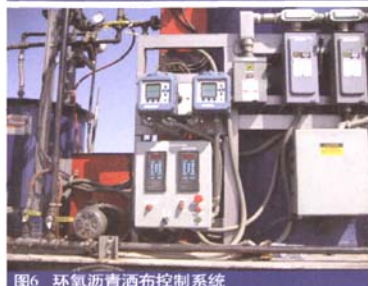


图6 环氧沥青洒布控制系统



图7 环氧沥青洒布量控制系统



图8 环氧沥青清洗材料及其设备

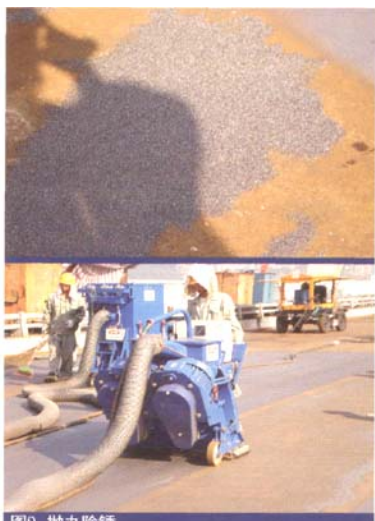


图9 抛丸除锈



图10 钢板清理

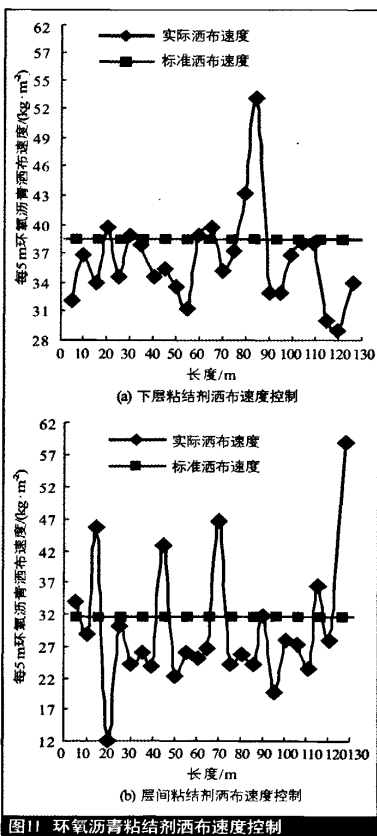


图11 环氧沥青粘结剂洒布速度控制

下,最基本的要求是喷洒量满足要求、洒布厚度均匀^[4]。洒布粘结层是铺装层施工中关键的环节。目前,环氧沥青粘结层的喷洒只能实现半机械化,即粘结料的配制与加热由车载式洒布设备完成,操作喷洒装置还需要由人工配合车载式洒布设备徒步完成。通过试验段施工可以看到,粘结料是在高压气体的带动下由喷嘴喷出的,喷洒控制装置较笨重,且必须由人工携带,喷洒时随高压气体喷出的粘结料呈雾状笼罩在作业区域,给喷洒操作人员带来极大的不便,施工时常常因洒布人员的视野不清、控制不当而出现洒布量过大或漏洒现象,人工控制喷洒装置具有一定的主观性,难以达到均匀、准确,特别是在前、后2次喷洒的衔接处粘结料的洒布量明显增大。

层间粘结剂洒布量为 0.55 L/m^2 ,每5 m长度内洒布 31.18 kg 环氧沥青。洒布效果见图13。

5 结语

目前,国内环氧沥青混合料在钢桥面铺装中的应用越来越广泛,关于层间粘结剂的研究也越来越多。本文对目前使用较广泛的美国ChemCo环氧沥青粘结剂进行了室内最佳洒布量试验,结合环氧沥青粘结剂洒布车,介绍了关于环氧粘结剂现场施工的细节和要点,为今后环氧沥青粘结剂在国内的推广和应用打下基础,可为同类施工提供参考。 图

参考文献:

- [1] 任必年.公路钢桥腐蚀与防护[M].北京:人民交通出版社,2002.
- [2] 沈春林.路桥防水材料[M].北京:化学工业出版社,2006.
- [3] 闵召辉,张占军,钱振东,等.环氧沥青混合料强度的时温依赖性[J].中国公路学报,2007,20(3):1-4.
- [4] 曾利文.湛江海湾大桥钢桥面环氧沥青施工质量控制[J].筑路机械与施工机械化,2007,24(4):46-48.



图12 现场洒布情况



图13 洒布效果