

# 玻璃纤维格栅与聚酯玻璃纤维布在 防治反射裂缝中的对比研究

韩剑光

(海南公路工程公司, 海南 海口 570216)

**摘 要:** 文中通过分析反射裂缝的产生机理, 对玻璃纤维格栅与聚酯玻璃纤维布防止反射裂缝各自的特点、作用机理及施工工艺进行了介绍, 并将两者的优劣进行了对比, 从而为更有效地进行旧路沥青罩面提供参考。

**关键词:** 公路; 反射裂缝; 玻璃纤维格栅; 聚酯玻璃纤维布

中图分类号: U418.6

文献标识码: A

文章编号: 1671-2668(2009)04-0110-04

近年来, 由于交通量的大幅度增加和汽车载重量的急剧增长等原因, 许多水泥砼路面出现了损坏, 需要进行补强改建。在旧水泥砼路面上加铺沥青面层是一种常用的路面修复技术。相对于加铺新水泥砼面层, 沥青混合料加铺层能有效地改善旧水泥面板的使用性能, 可充分利用旧水泥路面的残余强度且造价低、施工期短, 对交通、环境影响小。研究表明, 反射裂缝是旧水泥砼路面上沥青加铺层的主要病害。在工程实践中可采用加铺玻璃纤维格栅和聚酯玻璃纤维布来减缓反射裂缝的产生和扩展。

## 1 反射裂缝形成和防止机理

反射裂缝是由于旧水泥面层在接缝或裂缝附近的位移引起接缝或裂缝上方沥青加铺层内出现应力集中造成的。旧水泥面层在接缝或裂缝附近的位移包含环境温度变化引起旧水泥砼面板的水平伸缩及荷载作用引起旧水泥砼面板边缘的竖向弯沉。温度型反射裂缝是指由于温度变化, 在沥青加铺层内出现比较集中的拉应力而导致的裂缝; 荷载型反射裂缝是行车荷载在旧水泥砼面板接缝处使沥青加铺层经受较大的弯拉应力和剪切应力, 三种附加应力叠加一起如超过沥青混合料的抗拉强度, 就会引起反射裂缝的产生和发展, 导致沥青加铺层开裂, 使加铺路面产生破坏。

理论上认为当面层中某点的临界应力超过极限强度时, 即达到破坏状态; 实际上沥青砼面层裂缝从产生到破坏, 要经历裂缝扩散过程, 即反射裂缝在罩面厚度方向上的纵向扩展和在其表面的横向扩展。在沥青罩面层的下面加铺玻璃纤维格栅和聚酯玻璃

纤维布, 可抑制应力, 释放应变, 作为沥青砼拉伸增强材料, 达到减少裂缝的目的。

## 2 玻璃纤维格栅防止反射裂缝的特点

### 2.1 玻璃纤维格栅性能特点

玻璃纤维的主要成分是硅酸盐, 是一种理化性能极其稳定的材料。经表面改性并涂覆处理后, 改变了玻璃纤维的表面性能, 提高了其同沥青混合料的相容性。玻璃纤维格栅是以玻璃纤维为原料, 采用一定的编织工艺制成的网状结构。其在旧路沥青罩面改造防止反射裂缝中表现的特性有:

1) 高抗拉强度。高模量  $E$  的玻璃纤维具有巨大的强度/重量比, 在  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  时其弹性模量与沥青砼弹性模量比高达 20:1, 故玻璃纤维格栅为改变裂缝方向提供了足够的刚度。

2) 低延伸性。玻璃纤维格栅的应力-应变图实际上近似于一垂直直线, 这表明材料具有很高的抗变形能力, 断裂时其延伸率小于 4%。

3) 没有长期蠕变性。土工布在初期加载时很稳定, 但在长时间的荷载作用下会发生蠕变。而玻璃纤维不发生蠕变, 这就保证了其长期性能。

4) 与沥青混合料的相容性。特殊设计的聚合物涂层和沥青具有很高的相容性, 每根纤维都完全涂裹, 可保证在沥青混合料中不会滑动。玻璃纤维格栅经表面有机涂层处理后与混合物有机物具有很好的相容性, 特别是沥青材料, 并彻底改善了玻璃纤维格栅不耐磨、不耐折的缺点, 可以发挥其优良的技术性能。

5) 高温稳定性。玻璃纤维的熔点是  $1\,000$

℃,这就保证了其在高温摊铺时的稳定性。

6) 化学稳定性和物理耐久性。特殊设计的聚合物涂层,能够防止化学侵蚀和各种物理磨蚀。其抗碱性强,在 5% 的 NaOH 溶液中浸泡 28 d 之后,其强度大于原来的 50%。还能抵抗生物侵蚀、紫外光照射和气候变化。

7) 嵌锁和限制作用。沥青砼通过压实获得压缩强度,混合料中的集料必须经特殊选择,以保证在结构中起嵌锁和限制作用,粘稠沥青(AG)在结构中起胶结集料的作用。因为集料穿过玻璃纤维格栅结构而形成一个复合的力学嵌锁体系,限制区域阻碍了集料的运动,因而沥青混合料可以得到更好的压实,获得更大的承载能力,并能提高传荷能力,减少变形。

## 2.2 玻璃纤维格栅作用机理

玻璃纤维格栅延缓和防止反射裂缝作用的方式有两种:①下面层沥青混合料在压实机械作用下,通过玻璃纤维格栅与水泥稳定粒料基层发生机械咬合、嵌挤,并由透层油粘结成整体,通过玻璃纤维格栅横肋的作用提供抗拉应力。②经过压实机械作用,玻璃纤维格栅通过透层油沥青与上基层和下面层粘结成一体,并通过沥青的粘结力发挥作用。

通过上述两种作用力,玻璃纤维格栅发挥抗拉防裂作用。纵向裂缝的发生主要是拉应力和剪应力作用的结果。在对称荷载作用下,路面结构层某一深度处由竖向受压变成横向受拉。裂缝发生时,垂直于竖向裂缝展开方向受到较大的拉应力作用,而玻璃纤维格栅能提供较大的拉应力,改变路面结构内部应力分布。同时玻璃纤维格栅使路面结构的整体刚度加大,对裂缝尖端处的拉应力集中起到扩散作用,阻止或减轻裂缝的产生,对半刚性水泥稳定粒料基层起到保护作用,延长路面结构的寿命。在非对称荷载作用下,裂缝的破裂面产生较大的剪应力。玻璃纤维格栅对尖端的拉应力和剪应力集中起到扩散作用,对裂缝尖端的拉应力集中的扩散比较明显,裂缝的表现形式为剪切型开裂,随着裂缝的逐渐展开,玻璃纤维格栅的抗剪作用较为显著地表现出来。而抗剪作用的发挥,开始阶段为玻璃纤维格栅与上基层和下面层之间的胶合作用,随着裂缝的展开,玻璃纤维格栅的胶结作用和横向格栅与沥青骨料之间的作用力共同作用。因此,洒好透层油来确保玻璃纤维格栅和基层、面层的粘结,是玻璃纤维格栅发挥

作用的关键。

## 2.3 玻璃纤维格栅的施工工艺

### 2.3.1 对铺设路面的要求及处理

1) 玻璃纤维格栅的使用效果与铺设路面的处理情况密切相关,在铺设前必须将路面上可能影响格栅与底层结合的物质(如油脂、油漆、封层料、水、污物等)彻底清除干净,使铺设表面清洁、干燥。

2) 路面纵向平整度、横向路拱的坡度与平顺性均应符合设计标准,若达不到标准,应在加铺之前做处理。

3) 对原有路面及基层病害应做出相应处理,且应对路面承载力进行评定,若承载能力不足,应做增强处理。

4) 路面有水迹时,应等路面干燥后再铺设玻璃纤维格栅。

5) 铺设玻璃纤维格栅之前需洒粘层油,需在完全破乳干燥后铺设玻璃纤维格栅。

### 2.3.2 玻璃纤维格栅铺设与固定

可由拖拉机或汽车改装的专用设备进行玻璃纤维格栅铺设,也可人工铺设。玻璃纤维格栅每卷的纸筒两端各有橙色和蓝色标识,在开始铺设之前,应将胶面向下,确定上述标识颜色各在一端,这样能方便施工而不致将胶面铺错。铺设时,应保持其平整、拉紧,不得有起皱的现象,使玻璃纤维格栅具备有效的张力,铺完之后再再用干净的钢轮压路机碾压一遍。

1) 目前常用的玻璃纤维格栅有带自粘胶和不带自粘胶两种。带自粘胶的可直接在已平整的基层上铺设,不带自粘胶的通常采用钉子固定法。

2) 钉子固定玻璃纤维格栅时,先用铁皮和钉子将玻璃纤维格栅一端固定在已洒布粘层沥青的下层结构上,固定间距为 20 cm。钉子用锤击或射钉枪射入。

3) 将玻璃纤维格栅另一端固定在张力器上,由小拖拉机牵引,进行玻璃纤维格栅张拉。张拉量一般为卷长的 1%,夏季可放宽到 3%。整个张拉分两次进行,先张拉所需张拉量的一半,然后放松,使玻璃纤维格栅呈自然平展状态。再次将玻璃纤维格栅拉至所需张拉长度,并用射钉枪和固定铁片固定。

4) 将玻璃纤维格栅纵向拉紧后分段固定,每段长度为 2~5 m。也可按缩缝间距分段,钢钉位置设于接缝处。要求玻璃纤维格栅拉紧时玻璃纤维纵向均处于拉直张紧状态。

5) 玻璃纤维格栅搭接纵向接头距离不小于 20 cm, 横向搭接距离不小于 15 cm。纵向搭接处应根据沥青摊铺方向将前一幅置于后一幅之上。

6) 固定时不能将钉子钉在玻璃纤维格栅上, 也不能用锤子直接敲击玻璃纤维。固定后如发现钉子断裂或铁皮松动, 则需重新固定。

7) 玻璃纤维格栅铺设固定完毕后, 须用胶轮压路机适度碾压稳定, 使玻璃纤维格栅与原路表面粘结牢固。

### 2.3.3 注意事项

1) 严格控制运送混合料车辆的出入, 在玻璃纤维格栅层上禁止车辆急转向、急刹车和堆卸混合料角料, 防止对玻璃纤维格栅的破坏。

2) 玻璃纤维格栅背胶易溶于水, 雨天或路面潮湿时不得进行施工。

3) 玻璃纤维格栅为玻璃纤维制造, 对人体皮肤易产生刺激作用, 施工时工人须戴防护手套。

4) 当使用的胶轮压路机需注水增加重量时, 其注水量不能太满, 以防溢流到玻璃纤维格栅上, 影响格栅与下层的粘结。

5) 玻璃纤维格栅铺设过程中, 若发现原路面有较小的坑槽, 可将坑槽处已铺设好的玻璃纤维格栅剪去, 以便在铺设上层沥青混合料时能完全填平原路面的坑槽。

6) 玻璃纤维格栅铺设时, 要求路面温度在 5~60 ℃。

## 3 聚酯玻璃纤维布防止反射裂缝的特点

### 3.1 聚酯玻璃纤维布性能特点

聚酯玻璃纤维布是一种新型的路用土工材料, 是玻璃纤维筋带和聚酯纤维布的复合体, 具有玻璃纤维的强度及聚酯纤维的柔韧性, 其与沥青混合料层复合后会提高沥青混合料的抗弯拉强度和抵抗变形的能力, 明显提高其抗疲劳性能, 减少、延缓或消除反射裂缝; 热沥青粘层油均匀地渗透聚酯玻璃纤维布后形成防水层, 即使面层出现裂缝, 也能有效防止水的下渗, 保证基层材料免于水损坏。

与玻璃纤维格栅相似, 聚酯玻璃纤维布具有高抗拉强度、低延伸性、没有长期蠕变、化学稳定性好等优点。另外还具有如下优点:

1) 高温稳定性好。聚酯玻璃纤维布的熔点在 230 ℃以上, 在 230 ℃时聚酯玻璃纤维布物理化学

性能稳定。其性能在 160 ℃热铺沥青砼时不受任何影响。

2) 与沥青和沥青混合料有良好的相容性。一般是在开裂的路面上均匀地喷洒沥青粘油, 再铺土工织物间层, 热铺面层应能吸收织物下的粘油使其达到饱和, 故要求织物有良好的吸附能力。聚酯玻璃纤维布满足这一要求。

3) 聚酯玻璃纤维布与粘层油形成防水层, 即便面层出现裂缝, 也能有效防止地表水下渗, 从而保证基层材料不会因此而破坏。

### 3.2 聚酯玻璃纤维布作用机理

聚酯玻璃纤维布减缓或防止反射裂缝作用主要表现在以下几个方面:

1) 基层上裂缝产生的应力通过聚酯玻璃纤维布可使水平方向的应力扩展至更大范围, 从而缓解裂缝处的应力集中, 起到吸收部分拉伸能量的作用, 有效改善路面结构应力分布, 抵制和延缓由于基层裂缝引起沥青面层出现反射裂缝。

2) 聚酯玻璃纤维布缩小了面层与基层间的结合力, 从而使面层的最大拉应变也缩小。

3) 雨水沿面层裂缝下渗, 在高速行驶的车辆荷载作用下, 水流的高速运动对基层和面层的危害性都很大。而聚酯玻璃纤维布浸透沥青粘油后形成防渗层, 能阻止路面雨水的下渗, 从而减少基层的水浸软化, 缩小沥青面层在反射开裂处的剥离破坏。此外, 聚酯玻璃纤维布还有保温的作用, 能减少路面的温度梯度变化。

### 3.3 聚酯玻璃纤维布的施工工艺

#### 3.3.1 原有路面的处理

用清洁工具将路面清扫干净; 将路面上的尖锐部分予以铲除; 对于路面严重裂缝、破碎处, 应铲除破碎部分, 并且采用沥青砼或沥青砂修补原有裂缝、坑槽, 加以找平; 较严重凹处, 应采用沥青砼填平。铺设前路面应干燥, 没有污物、尘土和碎石。

原路面如有接缝, 应使用高压空气清除接缝内杂物(污水、尘土、杂草和油脂等), 接缝用填充料进行填充。

#### 3.3.2 喷洒沥青粘层

粘层油可采用 SBS 改性热沥青或 AH-70 重交沥青, 其规格与质量应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40-2004) 的要求。根据路面的情况和聚酯玻璃纤维布的特点, 粘层油的用量应控制

在  $0.9 \sim 1.2 \text{ kg/m}^2$ , 热沥青的温度应控制在  $160 \sim 170 \text{ }^\circ\text{C}$ ; 最好采用洒布机械喷洒, 热沥青的喷洒宽度应比聚酯玻璃纤维布宽  $5 \sim 10 \text{ cm}$ , 且喷洒均匀, 切忌粘层油量不足或条纹状喷洒。沥青粘层的喷洒好坏决定了聚酯玻璃纤维布性能的好坏。

### 3.3.3 铺设聚酯玻璃纤维布

聚酯玻璃纤维布铺设时边缘要距裂缝中心  $1 \text{ m}$  以上, 玻璃纤维布之间的搭接宽度为  $15 \text{ cm}$ , 搭接方向应与行车方向一致。现场铺筑必须保证聚酯玻璃纤维布没有皱褶, 平整、密实, 如果出现皱褶, 在皱褶处用刀划开, 铺平即可。当现场的聚酯玻璃纤维布原材料出现破损时, 应另剪一块面积大于破损面的玻璃纤维布喷洒热沥青贴补在其上, 铺装设备应当安装刷子, 以将聚酯玻璃纤维布压在沥青粘层油上。在可能的情况下, 在聚酯玻璃纤维布上洒布一层细的石屑, 可对玻璃纤维布形成保护层。

### 3.3.4 注意事项

1) 沥青喷洒务必均匀, 如用于防水时, 可适当增加粘层油的用量。聚酯玻璃纤维布的施工温度应控制在  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  以上; 聚酯玻璃纤维布铺设后应及时对皱折的部分进行处理, 保持材料的平整性; 聚酯玻璃纤维布铺设后, 车辆不得驶入。在情况许可的情况下, 上层沥青混合料的摊铺最好隔天进行。

2) 严格控制运送料车的出入, 在聚酯玻璃纤维布上严格禁止急转向、急刹车和倾泻混合料的角料, 以防损坏聚酯玻璃纤维布。

3) 聚酯玻璃纤维布在雨天不得进行施工。

## 4 对比评价

基于以上玻璃纤维格栅和聚酯玻璃纤维布防止反射裂缝的分析, 沥青面层下的间层主要是将压应力与拉应力分散, 在两块受力区域之间形成缓冲带, 使应力逐步变化而不是突变, 减少应力突变对沥青面层的破坏。其防止反射裂缝的机理是相同的, 但又各具特点:

1) 玻璃纤维格栅的隔水防渗靠沥青混合料和涂刷的胶油。聚酯玻璃纤维布通过热沥青粘层油均匀地渗透聚酯玻璃纤维布后形成防水层来防水抗渗, 即使面层出现裂缝, 也能有效防止水的下渗, 保证基层材料免于水损坏。此外, 聚酯玻璃纤维布还有保温的作用, 能减少路面的温度梯度变化。

2) 玻璃纤维格栅具有稳定的物理化学性能; 而聚酯玻璃纤维布兼顾了玻璃纤维的强度和聚酯纤维的柔韧性, 其物理化学性能优于玻璃纤维格栅。

3) 聚酯玻璃纤维布由于在防止荷载引起的反射裂缝方面能够起到良好的“桥联”作用, 因而延缓了反射裂缝扩展速率; 在防止温度引起的反射裂缝方面能与玻璃纤维格栅一样起到良好的隔离作用, 因而减少了温度型反射裂缝产生的可能性。与玻璃纤维格栅相比, 其优越性主要体现在与沥青加铺层的相容性更好, 当裂缝进入加铺层后, 可以更有效地限制裂缝张开。另外, 玻璃纤维格栅的网格能与沥青混合料形成嵌挤作用, 但使用过程中难以固定, 易于膨胀而不服贴, 影响沥青混合料的正常摊铺和其加筋作用。使用聚酯玻璃纤维布则能有效地克服这一缺点。

4) 就施工工艺而言, 铺设玻璃纤维格栅和聚酯玻璃纤维布前的准备工作基本相同, 即先对原路面进行处理和铺洒沥青粘油层; 但铺设聚酯玻璃纤维布的施工工艺比玻璃纤维格栅更快捷、容易。

综上所述, 玻璃纤维格栅和聚酯玻璃纤维布在旧路沥青罩面改造中都具有很好的特性。聚酯玻璃纤维布在防止反射裂缝、防水抗渗和防止基层软化等功能上比玻璃纤维格栅更好。

### 参考文献:

- [1] 薛成. 采用聚酯玻纤布对反射裂缝及新、旧路面拼接缝进行病害防治[J]. 公路, 2006(4).
- [2] 肖伟华, 康拥政, 张永满. 旧沥青罩面反射裂缝防治研究[J]. 路基工程, 2007(5).
- [3] 李林健. 聚酯玻纤布防反射裂缝力学机理研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2008.
- [4] 岳军声, 李道黔, 宋波, 等. 水泥混凝土路面加铺沥青混凝土面层反射裂缝的防治措施[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2008(1).
- [5] 马振, 张文秀. 用玻璃纤维土工格栅防止沥青路面裂缝[J]. 黑龙江交通科技, 2007(11).
- [6] 葛玲. 聚酯玻纤布在新、旧路面接缝处防治反射裂缝病害的应用[J]. 交通科技, 2008(6).
- [7] 周孔. 水泥砼路面沥青加铺层反射裂缝形成机理和防治措施[J]. 公路与汽运, 2008(5).

收稿日期: 2009-05-26