

CRTS I 型板式无砟轨道砂浆层缝隙灌浆材料的研制

王鑫

(中国铁道科学研究院金属及化学研究所,北京 100081)

摘要 根据我国高铁维修天窗要求,结合 CRTS I 型板式无砟轨道砂浆层力学性能特点,以环氧树脂改性甲基丙烯酸甲酯为原料,开展砂浆层缝隙修复灌浆材料研究。采用甲基丙烯酸丁酯稀释,利用填料克服甲基丙烯酸酯类材料的体积收缩问题,制备能够满足 CRTS I 型板式无砟轨道砂浆层缝隙修复的灌浆材料。结果表明:在 5~35℃ 温度范围内,灌浆材料的黏度、粘接强度、抗压强度和弹性模量等力学数据稳定,黏度小于 100mPa·s,粘接强度大于 3.0MPa,弹性模量在 100~300MPa 之间。灌浆材料现场应用发现砂浆层病害问题得到解决,轨道结构数据明显改善。

关键词 CRTS I 型板式无砟轨道,砂浆层,缝隙,甲基丙烯酸甲酯,灌浆材料

Study on grouting material for mortar layer crack of CRTS I slab ballastless track

Wang Xin

(Metals and Chemistry Research Institute, China Academy of Railway Sciences, Beijing 100081)

Abstract According to the requirement of China high-speed rail repair and the property of mortar layer for CRTS I slab ballastless track, epoxy resin modified methyl methacrylate used as raw material, grouting material was researched to repair mortar layer cracks. Using butylmethacrylate in dilution and the filler was used to overcome the problem of volume shrinkage of methacrylate material, grouting material was prepared to meet mortar layer cracks of CRTS I slab ballastless track. The results showed that in 5~35℃ temperature range, the material property such as viscosity, adhesion strength, compressive strength and elastic modulus etc. were stability. The viscosity was less than 100mPa·s, the adhesive strength was higher than 3.0MPa, the elastic modulus was between 100 and 300MPa. When the grouting material was applied on the line, the problem of mortar layer was solved and the track structure data was improved obviously.

Key words CRTS I slab ballastless track, mortar layer, crack, methyl methacrylate, grouting material

CRTS I 型板式无砟轨道作为主要的高铁轨道结构形式,被大量应用于客运专线及高铁。随着线路的开通运营,轨道板与砂浆层出现不同程度的离缝,如果不及时维修,随着雨水冲刷,特别是北方冬季可能出现的冻融现场,很可能对砂浆造成致命伤害。

针对结构离缝,一般采用灌浆材料进行修复,由于我国高铁维修垂直“天窗”不足 4h,市售灌浆材料难以满足快速固化要求,同时砂浆层作为结构缓冲层有其特殊的参数,市售材料未经专门设计,也难以满足。甲基丙烯酸甲酯作为一种低黏度、高粘接且可快速固化的新型材料^[1-3],因体积收缩大^[4-5],造成

产品性能不稳定。本研究以甲基丙烯酸甲酯为原料,通过环氧改性合成^[6],对材料的粘接强度、黏度、体积收缩率和弹性模量等力学性能进行研究,克服材料自身不利因素影响,成功制备了一种 CRTS I 型板式无砟轨道砂浆层缝隙灌浆材料,现场应用效果良好。

1 实验部分

1.1 主要原料

甲基丙烯酸甲酯(MMA)、甲基丙烯酸丁酯(BMA),均为工业级,吉林石化有限公司;环氧树脂 E51、环氧树脂 E44、环氧树脂 E20,均为工业级,岳

基金项目:铁道部科技研究开发计划项目(2012G012-B);中国铁道科学研究院科研项目(2011YJ32)

作者简介:王鑫(1983-),男,硕士研究生,助理研究员,主要研究方向为高铁无砟轨道结构工程材料,包括聚氨酯材料、乙烯基材料和环氧材料等。

阳石化环氧树脂厂;过氧化苯甲酰(BPO,工业级),天津阿克苏诺贝尔过氧化物有限公司;硅烷偶联剂(KH570,工业级),南京欧瑞克有限公司;*N,N*-二甲基苯胺(DMA)、对甲苯亚磺酸(TSA),均为分析纯,天津福晨化学试剂有限公司;对苯二酚(HQ,分析纯),国药集团化学试剂有限公司。

1.2 灌浆材料的制备

1.2.1 环氧改性 MMA 的制备

将 MMA、除氧剂 TSA 按比例置于 250mL 三口烧瓶内,搅拌均匀,依次缓慢加入环氧树脂和催化剂 DMA,加热至 80℃,待液体由浑浊变澄清后,加入阻聚剂 HQ,作为改性材料,密封保存。

1.2.2 灌浆材料的制备

A 组分:将环氧改性 MMA、MA、DMA、KH570 和填料按比例置于 250mL 三口瓶内,搅拌均匀,作为 A 组分使用。

B 组分:固化剂 BPO。

使用方法:使用时,将 B 组分加入到 A 组分中,搅拌均匀,通过注浆机将浆液注入到砂浆层缝隙中。

1.3 材料性能

根据《高速铁路无砟轨道线路维修规则》TG/GW 115—2012 中关于 CRTS I 型板式无砟轨道砂浆层离缝和裂缝两种维修材料性能要求,遵循“就高就严”原则,灌浆材料性能见表 1。

表 1 CRTS I 型板式无砟轨道砂浆层离缝和裂缝维修材料性能要求

序号	项目	指标要求	测试方法
1	凝胶时间/min	≤30	GB/T 7193
2	黏度/(mPa·s)	≤100	GB/T 2794
3	拉伸强度/MPa	≥20	GB/T 2567
4	抗压强度/MPa	≥30	《客运专线铁路 CRTS I 型板式无砟轨道水泥乳化沥青砂浆暂行技术条件》
5	弹性模量/MPa	100~300	
6	体积收缩率/%	≤2	通过测量液体密度(GB/T 13354)和成型硬化物密度(GB/T 1033.1)计算得出
7	粘接强度/MPa	≥3	JC/T 1041

1.4 测试

采用材料试验机(Z020 型,德国 Zwick 公司)测量灌浆材料的粘接强度和拉伸强度;采用材料试验机(25KN 型,美国 INSTRON 公司)测试灌浆材料的抗压强度和弹性模量;采用黏度计(DV2T 型,美国 Brook 公司)测试灌浆材料的黏度。

2 结果与讨论

2.1 环氧改性 MMA 对灌浆材料粘接强度的影响

MMA 材料具有黏度低、表面张力小和可灌性好等特点,但由于体积收缩率大,易影响材料的粘接强度和稳定性。选用环氧值不同的环氧树脂,分别与 100 份 MMA 进行改性,同时通过改变环氧树脂的用量,研究环氧改性后 MMA 的粘接强度变化情况,具体配方见表 2。

表 2 配方表

序号	类别	环氧值	MMA/份	HQ/份	DMA/份	TSA/份	EP/份
1	E51	0.50	100	0.02	1	1	5
2			100	0.02	1	1	10
3			100	0.02	1	1	15
4			100	0.02	1	1	20
5	E44	0.43	100	0.02	1	1	5
6			100	0.02	1	1	10
7			100	0.02	1	1	15
8			100	0.02	1	1	20
9	E20	0.20	100	0.02	1	1	5
10			100	0.02	1	1	10
11			100	0.02	1	1	15
12			100	0.02	1	1	20

实验发现,当环氧树脂用量超过 20 份时,改性材料在过氧化物体系下很难固化,可能是因为随着环氧树脂用量的增加,改性材料自由基反应能力越来越弱,而表现为环氧固化的胺类体系。

环氧树脂用量对灌浆材料粘接强度的影响见图 1。由图可知,3 条粘接曲线中,E51 的粘接曲线最好,可能原因是随着环氧值的降低,分子量逐渐增大,分子链的增长,使分子接枝几率增加,分子交联规整性降低,影响了改性材料的粘接强度。在 E51 的粘接曲线中,当环氧树脂用量为 15 份时,粘接强度达到最高点 4.8MPa。

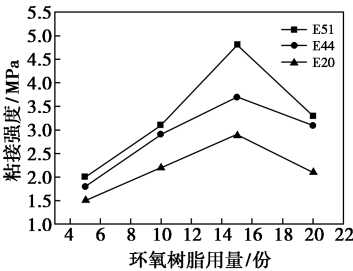


图 1 环氧树脂用量对灌浆材料粘接强度的影响

2.2 BMA 对灌浆材料性能的影响

环氧改性后的 MMA 黏度增大到 $1000\text{mPa}\cdot\text{s}$, 不利于微小缝隙灌浆, 因此采用无味的 BMA 对改性材料进行稀释, 以 BMA 与改性材料总量为 100 份, 改变 BMA 的含量, 考察材料黏度、粘接强度和体积收缩率的变化情况, 结果见表 3。

表 3 BMA 含量对改性材料性能影响

含量/份	5	10	15	20	25
黏度/ $(\text{mPa}\cdot\text{s})$	924	630	377	154	53
粘接强度/ MPa	4.8	4.6	4.6	4.3	3.9
体积收缩率/%	2	5	9	12	14

由表可知, 随着 BMA 含量的增大, 改性材料黏度降低, 当 BMA 含量达到 25% 时, 改性材料的黏度达到 $53\text{mPa}\cdot\text{s}$, 低于 $100\text{mPa}\cdot\text{s}$, 具有良好的灌注渗透性。同时, 随着 BMA 含量的增大, 改性材料的粘接强度变化小, 而体积收缩率增大, 可能是因为 BMA 为小分子, 交联对改性材料分子结构规整性破坏小, 而聚合后分子收缩大。

2.3 填料对灌浆材料性能的影响

由于稀释后的灌浆材料体积收缩率达到 14%, 造成灌浆后有不密实现象, 一般采用添加填料的方式解决该类问题。以灌浆料为 100 份, 通过选取不同填料, 同时考察体积收缩率和黏度变化情况, 结果见图 2 和图 3。

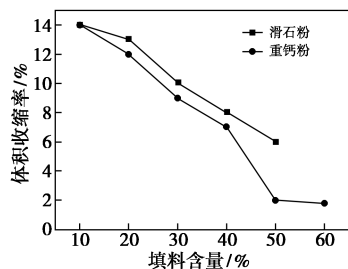


图 2 填料含量对灌浆材料体积收缩率的影响

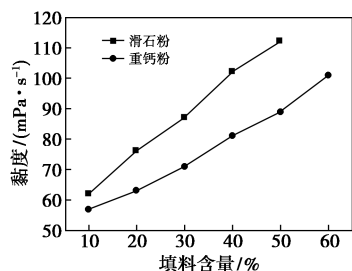


图 3 填料含量对灌浆材料黏度的影响

由图 2 和图 3 可知, 随着填料含量的增加, 灌浆材料的体积收缩率降低, 黏度增大, 同时发现以滑石

粉为填料的灌浆材料, 体积收缩率降低速率慢, 而黏度增长速率快。可能由于滑石粉的颗粒细腻度高于重钙粉, 增稠性能高, 同时固化后占用分子空间小, 体积收缩率大。最终选取重钙粉分别测试了填料用量为 50 和 60 份时, 灌浆材料的力学性能, 结果见表 4。

表 4 填料用量与材料力学性能

用量/份	粘接强度/ MPa	拉伸强度/ MPa	抗折强度/ MPa	抗压强度/ MPa	弹性模量/ MPa
50	3.2	21	12	42	180
60	2.5	23	14	47	230

由表可知, 重钙粉用量为 50 份时, 各项性能满足技术要求。

2.4 温度对灌浆材料性能的影响

化学灌浆材料一般受温度影响较大, 随着温度的降低, 分子活动性降低, 灌浆材料黏度增大, 影响灌注效果, 同时固化速度变慢, 为保证灌浆材料能在较大温度范围内满足我国高铁夜间不足 4h 维修垂直“天窗”要求, 对灌浆材料的黏度和固化时间进行了不同温度下的测试, 结果见图 4 和图 5。

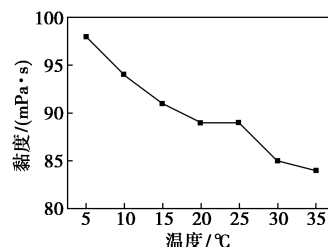


图 4 温度对灌浆材料黏度的影响

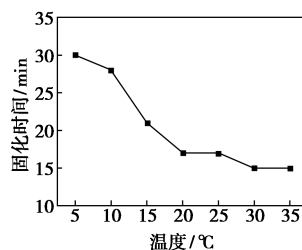


图 5 温度对灌浆材料固化时间的影响

由图 4 和图 5 可知, 稀释剂 BMA 为小分子, 因此分子活性受温度影响小, 使灌浆材料在 $5\sim 35^\circ\text{C}$ 范围内有较为稳定的物理和化学性能, 黏度和固化时间能够满足我国高铁夜间维修垂直“天窗”的要求。

综上, 本实验所制灌浆材料在 $5\sim 35^\circ\text{C}$ 范围内

(下转第 256 页)