



T/CECS××: 20××

中国工程建设标准化协会标准

高速铁路防水封闭层修复用乳化沥青混凝土应用技术规程
Technical specification for application of emulsified asphalt concrete for
repairing waterproof sealing layer of high-speed railway

××出版

中国工程建设标准化协会标准
高速铁路防水封闭层修复用乳化沥青混凝土
应用技术规程

Technical specification for application of emulsified asphalt concrete for
repairing waterproof sealing layer of high-speed railway

T/CECS 1XXX—202X

主编单位：中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所
批准单位：中国工程建设标准化协会
施行日期：202X年X月X日

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发≤2023 年第二批协会标准制订、修订计划≥的通知》（建标协字〔2023〕40 号）有关要求，编制组经深入调查研究，开展验证性试验，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分 7 章，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、材料要求、设计、施工、检验与验收。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会防水防护与修复分会归口管理，由中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所负责具体技术内容的解释。实施过程中如有意见或建议，请将意见和资料反馈至中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所（地址：北京市海淀区大柳树路 2 号；邮政编码：100081）。

主编单位：中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

目 次

目 次	1
1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	3
3 基本规定	4
4 材料要求	5
4.1 一般规定	5
4.2 乳化沥青	5
4.3 骨料	6
4.4 拌和水	7
4.5 乳化沥青混凝土	8
5 设计	10
6 施工	12
6.1 一般规定	12
6.2 施工准备	12
6.3 透层施工	13
6.4 黏层施工	13
6.5 密封膏施工	13
6.6 乳化沥青混凝土施工	14
6.7 封层施工	15
7 检验与验收	16
7.1 一般规定	16
7.2 原材料	16
7.3 乳化沥青混凝土	20
附录 A 封层与乳化沥青混凝土粘结强度测试方法	23
附录 B 乳化沥青与粗骨料接触角测量方法	24
用词说明	24
引用标准名录	26
附：条文说明	27

Contents

1 General provisions	1
2 Terms and symbols	2
2.1 Terms.....	2
2.2 Symbols	3
3 Basic requirements.....	4
4 Material requirements	5
4.1 General requirements	5
4.2 Emulsified asphalt.....	5
4.3 Aggregate.....	6
4.4 Water	7
4.5 Emulsified asphalt concrete	8
5 Design	10
6 Construction.....	12
6.1 General requirements	12
6.2 Construction preparation.....	12
6.3 Prime coat construction.....	13
6.4 Tack coat construction	13
6.5 Sealant construction	13
6.6 Emulsified asphalt concrete	14
6.7 Seal coat construction	15
7 Inspection and acceptance.....	16
7.1 General requirements	16
7.2 Raw material	16
7.3 Emulsified asphalt concrete	16
Appendix A Test method for bonding strength between sealing layer and emulsified asphalt concrete.....	23
Appendix B Measurement method for contact angle between emulsified asphalt and coarse aggregate	24
Explanation of wording in this specification	24
List of quoted standards.....	26
Addition: Explanation of provisions.....	27

1 总则

1.0.1 为规范高速铁路防水封闭层修复用乳化沥青混凝土设计与施工质量控制的技术标准，做到安全适用、经济合理、技术先进，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于运营高速铁路防水封闭层修复用乳化沥青混凝土设计、施工和质量验收，新建高速铁路、运营普速铁路防水封闭层用乳化沥青混凝土可根据工程技术特点参照执行。

1.0.3 高速铁路防水封闭层修复用乳化沥青混凝土的设计、施工和质量验收除应符合本标准外，尚应符合现行国家有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 防水封闭层 waterproof sealing layer

为防止水分下渗，引起路基变形、桥梁劣化等病害，在轨道结构两侧设置具有防水封闭功能的保护层。

2.1.2 乳化沥青混凝土防水封闭层 emulsified asphalt concrete waterproof sealing layer

乳化沥青混凝土防水封闭层是采用透层、黏层、乳化沥青混凝土层、封层及密封材料等组成的防水封闭层。

2.1.3 透层 prime coat

为增强原防水层的密实性，在原防水层上洒布乳化沥青而形成的透入原防水层一定深度的薄层。

2.1.4 黏层 tack coat

为强化乳化沥青混凝土与原防水层的黏结性及层间防水能力，在原防水层上洒布改性乳化沥青而形成的薄层。

2.1.5 封层 seal coat

为强化乳化沥青混凝土表面防水与耐候能力，在乳化沥青混凝土上洒布改性乳化沥青而形成的薄层。

2.1.6 密封膏 sealant

为强化乳化沥青混凝土防水封闭层与支承层（或底座）、防撞墙、电缆槽、排水沟、接触网支柱基础、线间集水井等接缝处的防水能力，在接缝位置刷涂或灌注的以沥青为基材通过改性乳化而成的膏状密封材料。

2.1.7 乳化沥青 emulsified asphalt

在乳化剂、稳定剂等作用下，石油沥青或改性沥青与水经乳化加工制得的均匀沥青产品，包括基质乳化沥青和改性乳化沥青。

2.1.8 基质乳化沥青 base emulsified asphalt

在乳化剂、稳定剂等作用下，石油沥青与水经乳化加工制得的均匀沥青产品。

2.1.9 改性乳化沥青 modified emulsified asphalt

在乳化剂、稳定剂等的作用下，聚合物改性沥青与水经乳化加工制得的均匀沥青产品。

2.1.10 粗骨料 coarse aggregate

粒径大于 2.36mm 的碎石。

2.1.11 细骨料 fine aggregate

粒径小于 2.36mm 的机制砂或天然砂。

2.1.12 填充料 filler material

在乳化沥青混凝土中起填充等作用的粒径小于 0.075 mm 粉末类物质的总称。通常包括矿粉、消石灰、水泥等。

2.1.13 矿料 mineral aggregate

粗骨料、细骨料和填充料的总称。

2.1.14 乳化沥青混凝土 emulsified asphalt concrete

由乳化沥青、粗骨料、细骨料、填充料、水等按一定比例拌和所形成的混合物，包括基质乳化沥青混凝土和改性乳化沥青混凝土。

2.1.15 基质乳化沥青混凝土 base emulsified asphalt concrete

由基质乳化沥青、粗骨料、细骨料、填充料、水、添加剂等按一定比例拌和所形成的混合物。

2.1.16 改性乳化沥青混凝土 modified emulsified asphalt concrete

由改性乳化沥青、粗骨料、细骨料、填充料、水、添加剂等按一定比例拌和所形成的混合物。

2.1.17 轻压实乳化沥青混凝土 lightweight compacted emulsified asphalt concrete

颗粒级配连续、相互嵌挤密实的矿料与乳化沥青胶结料、水、添加剂等按一定比例常温拌和，采用小型压实机械进行轻型压实可达到密实状态的乳化沥青混凝土。

2.1.18 免压实乳化沥青混凝土 free compacted emulsified asphalt concrete

颗粒级配连续、相互嵌挤密实的矿料与乳化沥青胶结料、水、添加剂等按一定比例常温拌和，依靠自身流动性，无需碾压即可密实的乳化沥青混凝土。

2.1.19 渗水系数 water permeability coefficient

在规定的水头压力下，单位时间内水渗入乳化沥青混凝土规定面积的体积。

2.1.20 压实度 degree of compaction

乳化沥青混凝土成型后的密度与试验室测试密度的比值。

2.2 符号

- A-3 —— 骨料公称最大粒径为 2.36 mm 的沥青混凝土矿料；
- A-5 —— 骨料公称最大粒径为 4.75 mm 的沥青混凝土矿料；
- A-10 —— 骨料公称最大粒径为 9.5 mm 的沥青混凝土矿料；
- K —— 试件高度修正系数；
- T_{30} —— 近 30 年极端最低气温。

3 基本规定

3.0.1 高速铁路防水封闭层修复用乳化沥青混凝土材料类型、结构厚度等应根据原防水层劣化程度、施工条件、气候条件、下部基础类型等综合确定。

3.0.2 高速铁路防水封闭层修复用乳化沥青混凝土可按施工工艺分为轻压实乳化沥青混凝土和免压实乳化沥青混凝土。

3.0.3 高速铁路防水封闭层修复应根据碾压条件、技术经济性等选择合适的乳化沥青混凝土类型，道岔区线间封闭层、桥梁段线外封闭层等难以压实区段宜采用免压实乳化沥青混凝土，其余区段可采用轻压实乳化沥青混凝土或免压实乳化沥青混凝土。

3.0.4 乳化沥青混凝土防水封闭层应做好与接触网支柱、排水沟、集水井等附属工程及防排水设施的衔接处理工作。

3.0.5 高速铁路防水封闭层修复用检测仪器设备应标定合格，并在计量检定或校准周期的有效期内。

3.0.6 高速铁路防水封闭层修复用乳化沥青混凝土应作为分项工程进行验收。

3.0.7 高速铁路防水封闭层修复用乳化沥青混凝土的设计和施工应积极采用经试验和实践证明有效的新技术、新工艺、新材料、新设备。

3.0.8 乳化沥青混凝土的配合比应遵循经济合理、技术可靠的原则。

4 材料要求

4.1 一般规定

4.1.1 乳化沥青混凝土原材料选择应根据防水封闭层的性能要求、施工条件以及环境条件确定。

4.1.2 乳化沥青混凝土防水封闭层中的各种原材料运至现场后应取样进行质量检验，合格后方可使用。

4.1.3 乳化沥青混凝土的配合比应通过试验确定。

4.2 乳化沥青

4.2.1 透层乳化沥青的性能应满足表 4.2.1 的要求。

表 4.2.1 透层乳化沥青的性能要求

序号	项目	技术要求	检验方法	
1	破乳速度	慢裂	现行行业标准 JTG E20	
2	筛上剩余量 (1.18 mm 筛)	≤0.1%		
3	恩格拉黏度	1~10		
4	蒸发残留物	含量		≥50%
		针入度 (1/10 mm)		40~120
		软化点 (°C)		≥45
		15 °C延度 (cm)	≥50	
5	5 d 贮存稳定性	≤5%		
6	实干时间 (h)	≤24	现行国家标准 GB/T 16777	
7	粒径 (μm)	≤3	现行国家标准 GB/T 19627	

4.2.2 黏层乳化沥青的性能应满足表 4.2.2 的要求。

表 4.2.2 黏层乳化沥青的性能要求

序号	项目	技术要求	检验方法	
1	破乳速度	中裂或快裂	现行行业标准 JTG E20	
2	筛上剩余量 (1.18 mm 筛)	≤0.1%		
3	恩格拉黏度	1~15		
4	蒸发残留物	含量		≥60%
		针入度 (1/10 mm)		40~120
		软化点 (°C)		≥55
		5 °C延度 (cm)	≥20	
5	5 d 贮存稳定性	≤5%		
6	弹性恢复率	≥65%		
7	与水泥砂浆的粘结强度 (MPa)	≥0.4	现行国家标准 GB/T 16777	
8	实干时间 (h)	≤24		
9	粒径 (μm)	≤3	现行国家标准 GB/T 19627	

4.2.3 封层乳化沥青的性能应满足表 4.2.3 的要求。

表 4.2.3 封层乳化沥青的性能要求

序号	项目		技术要求	检验方法
1	破乳速度		中裂或快裂	现行行业标准 JTG E20
2	筛上剩余量 (1.18 mm 筛)		≤0.1%	
3	恩格拉黏度		1~15	
4	蒸发残留物	含量	≥60%	
		针入度 (1/10 mm)	40~120	
		软化点 (°C)	≥60	
		5 °C延度 (cm)	≥20	
5	5 d 贮存稳定性		≤5%	
6	弹性恢复率		≥75%	
7	粒径 (μm)		≤3	现行国家标准 GB/T 19627
8	与沥青混凝土的粘结强度 (MPa)		≥0.4	附录 A
9	实干时间		≤24	现行国家标准 GB/T 16777

4.2.4 拌和用乳化沥青的性能应满足表 4.2.4 的要求。

表 4.2.4 拌和用乳化沥青的性能要求

序号	项目		技术要求		检验方法
			基质乳化沥青	改性乳化沥青	
1	破乳速度		慢裂	慢裂	现行行业标准 JTG E20
2	筛上剩余量 (1.18 mm 筛)		≤0.1%	≤0.1%	
3	恩格拉黏度		2~30	2~30	
4	蒸发残留物	含量	≥60%	≥60%	
		针入度 (1/10 mm)	40~120	40~120	
		软化点 (°C)	≥45	≥55	
		5 °C延度 (cm)	/	≥30	
		15 °C延度 (cm)	≥50	/	
5	5 d 贮存稳定性		≤5%	≤5%	
6	粒径 (μm)		≤3	≤3	现行国家标准 GB/T 19627
7	与粗骨料的接触角 (°)		≤40	≤45	附录 B

4.2.5 乳化沥青密封膏的性能应满足表 4.2.5 的要求。

表 4.2.5 密封膏的性能

序号	项目	技术要求	检验方法
1	固体含量	≥70%	现行国家标准 GB/T 16777
2	黏结强度 (MPa)	≥0.3	
3	低温柔性 (-10 °C)	无裂纹	
4	耐热性 (60 °C, 5 h)	无流淌、滑动、滴落	

4.3 骨料

4.3.1 粗骨料应洁净、干燥、表面粗糙，宜采用碎石、破碎砾石，性能应满足表 4.3.1 的要求。

表 4.3.1 粗骨料的性能要求

序号	项目	技术要求	检验方法
----	----	------	------

1	表观密度 (g/cm ³)	≥2.50	现行国家标准 GB/T 14685
2	吸水率	≤3.0%	
3	含泥量	≤3.0%	
4	压碎值	≤30.0%	

4.3.2 细骨料应洁净、干燥、无风化、无杂质，并有适当的颗粒级配，宜采用机制砂、天然砂，性能应满足表 4.3.2 的要求。

表 4.3.2 细骨料的性能要求

序号	项目	技术指标		检验方法
		机制砂	天然砂	
1	表观密度 (g/cm ³)	≥2.45	≥2.45	现行国家标准 GB/T 14684
2	吸水率	≤3.0%	≤3.0%	
3	含泥量	/	≤5.0%	
4	砂当量	≥55%	/	现行行业标准 JTG E42

4.3.3 填充料宜使用矿粉、水泥、消石灰等，矿粉的主要作用是改善矿料级配，水泥、消石灰等具有化学活性的填充料可调整拌和物状态和成型速度：

- 1 矿粉应洁净、干燥、无团粒结块，性能应满足表 4.3.3 的要求。
- 2 水泥宜采用普通硅酸盐水泥，性能应满足表 4.3.4 的要求。
- 3 消石灰可采用钙质消石灰或镁质消石灰，性能应满足表 4.3.5 的要求。

表 4.3.3 矿粉的性能要求

序号	项目	技术指标	检验方法	
1	表观密度 (g/cm ³)	≥2.45	现行行业标准 JTG E42	
2	粒度范围	≤0.6 mm		100%
		≤0.15 mm		90%~100%
		≤0.075 mm		75%~100%
3	亲水系数	≤1		
4	塑性指数	≤4%		

表 4.3.4 水泥的性能要求

序号	项目	技术指标	检验方法
1	比表面积 (g/cm ³)	≥300	现行行业标准 JTG E30
2	终凝时间 (min)	≤600	
3	安定性 (试饼法)	合格	

表 4.3.5 消石灰的性能要求

序号	项目	技术指标	检验方法	
1	含水率	≤4%	现行行业标准 JTG E30	
2	细度	0.60 mm 方孔筛筛余		≤1%
		0.15 mm 方孔筛筛余		≤20%
3	有效氧化钙加氧化镁含量	≥55%		

4.4 拌和水

4.4.1 饮用水可直接用于生产乳化沥青混凝土，非饮用水用于生产乳化沥青混凝土时，不应含有油污、泥土和其他有害杂质，且应经试验验证不影响产品性能和工程质量。

4.4.2 拌和水用量应根据现场集料的含水率和乳化沥青混凝土配合比试验确定。

4.5 乳化沥青混凝土

4.5.1 乳化沥青混凝土的矿料级配应满足表 4.5.1 的要求。

表 4.5.1 乳化沥青混凝土的矿料级配

方孔筛孔径 (mm)	不同矿料级配类型通过质量百分率 (%)		
	A-10	A-5	A-3
9.5	90~100	100	100
4.75	45~75	90~100	100
2.36	30~58	55~75	80~100
1.18	20~44	35~55	50~80
0.6	13~32	20~40	25~60
0.3	9~23	12~28	8~45
0.15	6~16	7~18	0~25
0.075	4~8	5~10	0~15

4.5.2 乳化沥青混凝土配合比中乳化沥青用量和外掺水用量可参考表 4.5.2 作为初始用量，根据矿料级配、骨料含水率等结合乳化沥青混凝土的裹附状态及和易性，通过试验确定最佳油石比和外掺水量。根据实测乳化沥青混凝土的性能进行矿粉、消石灰、水泥、纤维等添加材料的用量调整。

表 4.5.2 乳化沥青混凝土配合比中乳化沥青用量和外掺水用量参考表

级配类型	乳化沥青用量		外掺水用量	
	轻压实	免压实	轻压实	免压实
A-10	8%~10%	11%~13%	1.5%~2.5%	2%~5%
A-5	9%~11%	13%~15%	1.5%~3.0%	3%~6%
A-3	10%~13%	14%~17%	2.0%~4.0%	4%~8%

4.5.3 轻压实乳化沥青混凝土试件成型方法应符合表 4.5.3 的要求。

表 4.5.3 轻压实乳化沥青混凝土试件的成型方法

试件类型	试件厚度	压实次数	检验方法
圆柱体试件	5 cm	单面击实 50 次	现行行业标准 JTG E20
板块状试件	5 cm	首次轮碾 4 次，二次轮碾 12 次	

4.5.4 轻压实乳化沥青混凝土的性能应满足表 4.5.4 的要求。

表 4.5.4 轻压实乳化沥青混凝土的性能要求

序号	项目	技术要求		检验方法
		$T_{30}^{[26]} > -21.5\text{ }^{\circ}\text{C}$	$T_{30} \leq -21.5\text{ }^{\circ}\text{C}$	
1	28 d 渗水系数 (mL/min)	≤ 60		现行行业标准 JTG E20
2	3 d 马歇尔稳定度 (25 °C, kN)	≥ 3		
3	28 d 马歇尔稳定度 (40 °C, kN)	≥ 5		
4	28 d 浸水马歇尔稳定度 (40 °C, kN)	≥ 4		
5	28 d 低温弯曲应变 (-10 °C, $\mu\epsilon$)	≥ 2600	≥ 2800	
6	28 d 劈裂强度 (15 °C, MPa)	≥ 0.4		
7	28 d 冻融劈裂强度 (溶解温度 40 °C)	≥ 0.26	≥ 0.24	

注： T_{30} 为近 30 年极端最低气温， T_{30} 越低，低温弯曲应变应越大。

4.5.5 免压实乳化沥青混凝土无需碾压，依靠自身流动性成型，性能应满足表 4.5.5 的要求。

表 4.5.5 免压实乳化沥青混凝土的性能要求

序号	项目	技术要求		检验方法
		$T_{30} > -21.5\text{ }^{\circ}\text{C}$	$T_{30} \leq -21.5\text{ }^{\circ}\text{C}$	
1	流动度 (mm)	120~210 ^[注]		现行国家标准 GB/T 50448
2	28 d 渗水系数 (mL/min)	≤ 60		现行行业标准 JTG E20
3	3 d 马歇尔稳定度 (25 °C, kN)	≥ 3		
4	28 d 马歇尔稳定度 (40 °C, kN)	≥ 5		
5	28 d 浸水马歇尔稳定度 (40 °C, kN)	≥ 4		
6	28 d 低温弯曲应变 (-10 °C, $\mu\epsilon$)	≥ 2600	≥ 2800	
7	28 d 劈裂强度 (15 °C, MPa)	≥ 0.4		
8	28 d 冻融劈裂强度 (溶解温度 40 °C)	≥ 0.26	≥ 0.24	

注：掺纤维的乳化沥青混凝土除外。

4.5.6 乳化沥青混凝土试件的高度不是标准值 (63.5 mm) 时，由试验实测马歇尔稳定度乘以表 4.5.6 的试件高度修正系数 K 得到标准高度试件的稳定度。

表 4.5.6 马歇尔稳定度高度修正系数

试件高度 (cm)	修正系数 K	试件高度 (cm)	修正系数 K
2.47~2.61	5.56	4.52~4.67	1.79
2.62~2.77	5.00	4.68~4.87	1.67
2.78~2.93	4.55	4.88~4.99	1.50
2.94~3.09	4.17	5.00~5.15	1.47
3.10~3.25	3.85	5.16~5.31	1.39
3.26~3.40	3.57	5.32~5.46	1.32
3.41~3.56	3.33	5.47~5.62	1.25
3.57~3.72	3.03	5.63~5.80	1.19
3.73~3.88	2.78	5.81~5.94	1.14
3.89~4.04	2.50	5.95~6.10	1.09
4.05~4.20	2.27	6.11~6.26	1.04
4.21~4.36	2.08	6.27~6.44	1.00
4.37~4.51	1.92	6.45~6.60	0.96

5 设计

5.0.1 乳化沥青混凝土应根据原防水层劣化程度、施工条件以及环境条件进行综合设计。

5.0.2 高速铁路防水封闭层采用乳化沥青混凝土修复后，应满足防排水、抗裂、防脱落及耐久性要求。

5.0.3 乳化沥青混凝土防水封闭层宜在原防水层伸缩缝对应位置进行防反射裂缝设计。

5.0.4 高速铁路防水封闭层修复用乳化沥青混凝土的渗水系数应不大于 60mL/min。

5.0.5 高速铁路防水封闭层修复用乳化沥青混凝土的压实度应不小于 0.92。

5.0.6 乳化沥青混凝土防水封闭层（自下至上）分为透层、黏层、乳化沥青混凝土、封层。

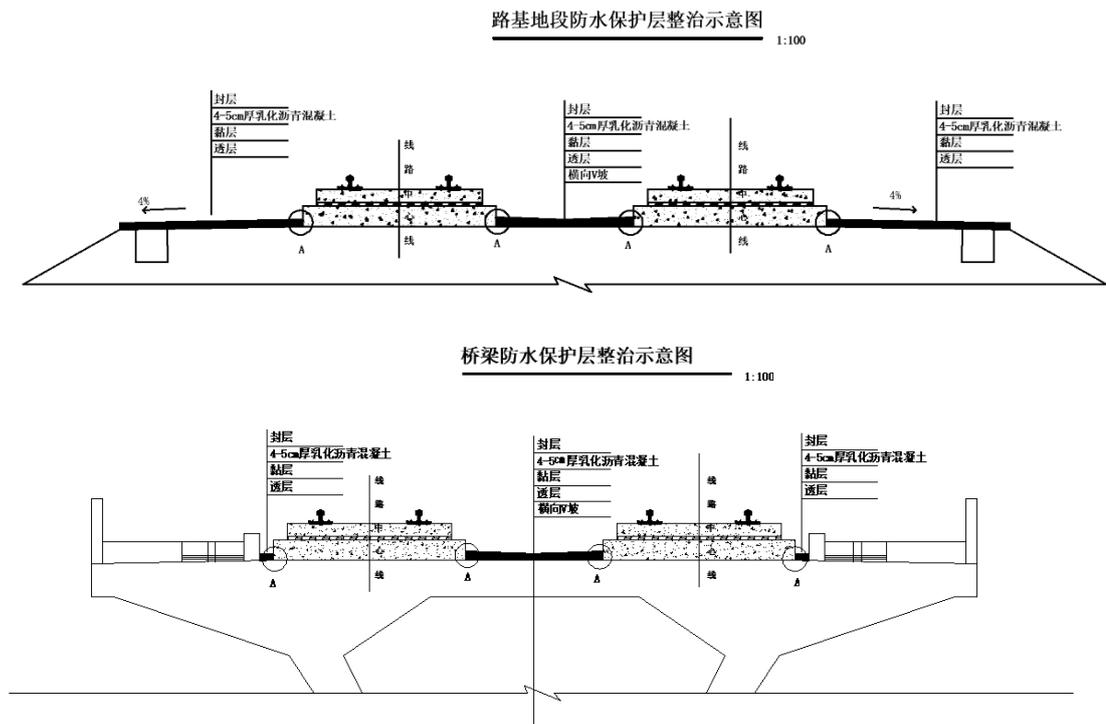


图 5.2.1 路基段与桥梁段防水封闭层整治设计图

5.0.7 原防水层严重劣化时应采用透层进行渗透加固，洒布量通过试洒确定，宜为 0.5~1.5 L/m²。原防水层轻微劣化，钻孔或挖掘确认透层难以渗入时（渗透深度小于 5 mm），可不洒布透层。

5.0.8 乳化沥青混凝土施工前，应在原防水层或透层上洒布黏层，洒布量通过试洒确定，原防水层伸缩缝两侧 100 mm 范围内对应位置洒布量宜为 2.0~3.0 L/m²，其余区段洒布量宜为 1.0~2.0 L/m²。

5.0.9 乳化沥青混凝土施工前，应在下列部位进行防水处理，防水处理可采用涂

刷密封膏或硅酮等方式，刷涂量通过试涂确定，涂刷高度应大于乳化沥青混凝土设计厚度 10 mm:

1 乳化沥青混凝土与支承层（或底座）、防撞墙、电缆槽、排水沟、接触网支柱基础、线间集水井等接触的立面；

2 乳化沥青混凝土横向施工缝的立面。

5.0.10 乳化沥青混凝土厚度不宜小于 30 mm，可按表 5.2.1 确定。

表 5.2.1 乳化沥青混凝土防水封闭层厚度

乳化沥青混凝土类型	$T_{30}^{[注]} > -21.5\text{ }^{\circ}\text{C}$	$T_{30} \leq -21.5\text{ }^{\circ}\text{C}$
轻型压实	30~40 mm	40~60 mm
免压实	30 mm	40 mm

注： T_{30} 为近 30 年极端最低气温， T_{30} 越低，防水封闭层厚度取高值，反之取低值。

5.0.11 乳化沥青混凝土施工后，应在乳化沥青混凝土上洒布封层，洒布量通过试洒确定，宜为 1.0~2.0 L/m²。

6 施工

6.1 一般规定

6.1.1 乳化沥青混凝土防水封闭层施工前，应进行现场工艺性试验，检验施工装备，获取工艺参数，完善施工工艺，验证乳化沥青混凝土的抗渗性。

6.1.2 乳化沥青混凝土防水封闭层施工前，应根据设计要求、工艺性试验结果、施工条件和环境条件等，编制专项施工方案，经批准后进行实施。

6.1.3 乳化沥青混凝土防水封闭层不应在气温低于 5℃、雨天的情况下施工。

6.1.4 乳化沥青混凝土防水封闭层施工前，应对电缆槽、排水沟、集水井、接触网支柱基础等进行处理保护。

6.1.5 乳化沥青混凝土防水封闭层宜连续施工，避免与可能污染乳化沥青混凝土的其他工序交叉干扰，杜绝施工和运输污染。

6.1.6 按照如下流程：

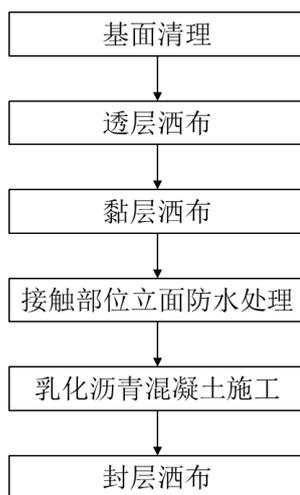


图 6.1.1 防水封闭层修复用乳化沥青混凝土施工流程图

6.1.7 乳化沥青混凝土防水封闭层各工序的衔接应符合下列规定：

- 1 黏层应在透层实干后进行洒布。
- 2 乳化沥青混凝土应在黏层实干后摊铺，摊铺前应检查黏层的洒布质量。
- 3 封层应在乳化沥青混凝土水分蒸发完毕后洒布。

6.2 施工准备

6.2.1 乳化沥青混凝土防水封闭层施工前，应调查施工范围内防水层病害情况，按粉化、开裂、剥离和强度等级进行分类，确定病害范围及病害程度并做好相应记录及现场标记；针对不同的病害，确定不同的清理、修补方案。

6.2.2 乳化沥青混凝土防水封闭层施工前，应按照下列要求对原防水层进行处理：

- 1 采用铣刨机、钢丝刷等将原防水层基面上的尘土、浮渣等疏松部位清除，尖角、凸起部位应打磨平整，进行凿毛处理，确保基面干净、平整。
- 2 将距桥梁梁端挡水台边缘水平距离 30 cm 以上的混凝土切割、凿除，如遇钢筋时不切除钢筋，仅清除混凝土，并清除疏松及杂渣。
- 3 原防水层与支承层（底座）、防撞墙转角等部位失效的防水涂料及接缝填充物应予以清除。
- 4 原防水层大于 2 mm 宽度的裂缝应采用密封膏进行 2 次以上刷涂。

6.2.3 乳化沥青混凝土防水封闭层施工前，应进行设计技术交底。

6.2.4 施工人员应参加岗前培训和技术交底，熟知和遵守本工种的安全操作规程和技术要领。

6.2.5 乳化沥青混凝土防水封闭层施工前，应对施工机械和设备进行调试，对机械设备的配套情况、技术性能、传感器计量精度等进行核实。

6.2.6 乳化沥青混凝土防水封闭层施工前，应对气象条件、作业面条件、安全文明措施等施工环境进行确认，满足施工要求后方可进行施工。

6.2.7 乳化沥青混凝土防水封闭层施工前，应对沥青混凝土防水封闭结构进行施工放样。

6.3 透层施工

6.3.1 透层洒布前，应将基面浮渣清扫干净，确保基面清洁、干燥。

6.3.2 透层宜采用专用设备喷洒，也可采用人工刷涂、喷涂、滚涂等方式。透层施工作业应均匀，不应露白。

6.3.3 透层洒布量应通过试洒确定，洒布量宜为 0.5~1.5 L/m²。

6.3.4 距桥梁梁端挡水台边缘水平距离 30 cm 范围内的混凝土可不予洒布。

6.3.5 透层洒布后，人员机械不得进入洒布区域。

6.4 黏层施工

6.4.1 黏层施工前，应将检查透层洒布质量，确保透层实干，通常不宜小于 24 h，且透层表面清洁、干燥。

6.4.2 黏层宜采用专用设备喷洒，也可采用人工刷涂、喷涂、滚涂等方式。黏层施工作业应均匀，不应露白。

6.4.3 黏层洒布量应通过试洒确定，原防水层伸缩缝两侧 100 mm 范围内对应位置洒布量宜为 2.0~3.0 L/m²，距桥梁梁端挡水台边缘水平距离 30 cm 范围内的混凝土可不予洒布，其余区段洒布量宜为 1.0~2.0 L/m²。

6.4.4 黏层施工后，人员机械不得进入洒布区域。

6.5 密封膏施工

6.5.1 密封膏可采用人工刷涂的方式，刷涂应均匀、无遗漏。

6.5.2 密封膏的涂刷量应与结构设计匹配，通常用量为 1.5~3.0 kg/m²。

6.5.3 密封膏施工范围应符合下列规定：

- 1 原防水层表面裂缝严重等特别需要密封的部位。
- 2 乳化沥青混凝土与支承层（或底座）、防撞墙、电缆槽、排水沟、接触网支柱基础接缝处。
- 3 排水口、泄水孔等排水设施周围。

6.6 乳化沥青混凝土施工

I 拌和与运输

6.6.1 轻压实乳化沥青混凝土宜在拌和厂机械拌制，拌和设备宜具备配料装置、输料装置、供水装置、搅拌机等工作装置，冷料仓的数量应满足配合比需要；免压实乳化沥青混凝土宜在现场进行拌制，拌和设备宜具备输料、供水、搅拌等功能。

6.6.2 拌和设备应具备计量控制功能，粗细骨料的计量误差范围应为±3%，乳化沥青、填充料及外掺水的计量误差范围应为±0.5%。

6.6.3 乳化沥青混凝土适宜的拌和时间应根据实际情况调节并通过试拌确定，骨料、填充料和水在常温下拌和 20 s~60 s，再加入乳化沥青拌和 30 s~120 s。

6.6.4 拌和时要注意检查乳化沥青对矿料的裹覆效果、混凝土的均匀性以及施工和易性，随时观察拌和状态，如发现混凝土有结团、花白、离析等异常现象，应作废料处理并及时予以纠正。

6.6.5 轻压实乳化沥青混凝土宜采用密封袋灌装，免压实乳化沥青混凝土宜采用塑料桶灌装，并及时运至现场，施工前已破乳的乳化沥青混凝土应予废弃。

6.6.6 采用密封袋灌装时，装车高度不宜超过 1.5 m。

6.6.7 运输车辆应采取良好的减震及保护措施，避免包装破坏。

II 摊铺与压实

6.6.8 乳化沥青混凝土摊铺前，应检查黏层破乳情况，待黏层实干后，方可摊铺，乳化沥青混凝土的铺设范围与透层和黏层一致。

6.6.9 乳化沥青混凝土宜采用专用摊铺设备进行摊铺，缺乏机械摊铺条件时也可采用人工摊铺的方式，自由边一侧宜设置挡板。

6.6.10 摊铺机应采用自动找平方式，摊铺时应缓慢、均匀、连续作业，不得随意变换速度或中途停顿，不得出现明显的离析、波浪、裂缝、拖痕。

6.6.11 摊铺过程中，应根据工艺性试验确定的松铺系数，控制乳化沥青混凝土的摊铺厚度。

6.6.12 摊铺过程中，应加强乳化沥青混凝土横向、纵向坡度与平整度控制，做好与既有排水设施的衔接。

6.6.13 采用人工摊铺时，应符合下列规定：

1 乳化沥青混凝土应均匀布料，不得扬锹远甩，铁锹等工具应涂刷隔离剂。

2 摊铺过程中应立即整平，严防乳化沥青混凝土离析，不得中途停顿。

6.6.14 轻压实乳化沥青混凝土在摊铺完成后应及时碾压，宜采用小型压路机碾压，也可采用平板夯、其他压实机具碾压。压实工艺应根据乳化沥青混凝土级配、压路机类型、层厚、环境条件等情况经工艺性试验确定，压实过程应紧密跟随、稳步有序。

6.6.15 免压实乳化沥青混凝土无需压实，依靠其自身流动性密实成型，可采用人工或小型机具进行收光与表面修整。

III 养护

6.6.16 施工完成后，所有施工人员和机械应退出当天完工的作业区，任何人员和机械不得进入。

6.6.17 施工完成后，应自然养护至乳化沥青混凝土破乳、水分蒸发并基本成型后方可承载，养护时间需根据材料类型、环境条件、厚度等确定，基本成型通常不宜少于 3 d。

6.7 封层施工

6.7.1 封层施工前，应将检查乳化沥青混凝土破乳、水分蒸发及强度形成情况，未形成强度前不得进行封层施工。通常在无降雨条件下，乳化沥青混凝土施工完成 7 d 以上方可进行封层施工，封层施工范围与乳化沥青混凝土一致。

6.7.2 封层施工前，应将乳化沥青混凝土表面的浮渣、尘土等杂质清扫干净。

6.7.3 封层宜采用专业设备喷洒，也可采用人工刷涂、喷涂、滚涂等方式。封层施工作业应均匀，不应露白。

6.7.4 封层洒布量应通过试洒确定，洒布量宜为 1.0~2.0 L/m²。

6.7.5 封层施工后，人员机械不得进入洒布区域。待封层实干后，人员机械方可进入，通常宜不小于 24 h。

7 检验与验收

7.1 一般规定

7.1.1 高速铁路防水封闭层修复用乳化沥青混凝土的检验与验收应包括原材料、配合比和乳化沥青混凝土施工。

7.1.2 应按下列规定进行施工质量控制：

- 1 施工单位和监理单位应对工程采用的主要材料和质量证明文件按本规程的规定进行进场检验验收，并形成记录，不合格材料不得用于工程施工。
- 2 各工序应按照设计文件要求和施工技术标准进行过程控制，每道工序完成后，施工单位应进行检查，并形成记录。未经检查或检验不合格的，不得进行下道工序施工。
- 3 隐蔽工程覆盖前应按照国家法律法规和本标准要求检查，并形成记录，经监理工程师检查签认后方可进行下道工序施工。

7.1.3 高速铁路防水封闭层修复用乳化沥青混凝土应按下列规定进行验收：

- 1 工程施工质量应符合本规程的规定。
- 2 工程施工质量应符合设计文件的要求。
- 3 工程施工质量的验收均应在施工单位自行检查评定合格的基础上进行。
- 4 隐蔽工程在隐蔽前应由施工单位通知监理单位组织验收，并形成验收文件。

7.1.4 乳化沥青混凝土施工检验项目应与原材料、配合比设计检验项目共同作为质量评定和验收的依据。

7.2 原材料

I 主控项目

7.2.1 透层乳化沥青的性能应满足表 4.2.1 的相关要求。

检验数量：应符合表 7.2.1 的要求。

检验方法：应符合表 4.2.1 的要求。

表 7.2.1 透层乳化沥青的检验要求

检验项目		检验要求		
1	破乳速度	√	下列情况之一时， 检验一次： ①任何新选货源； ②使用同厂家、同 规格的乳化沥青达 6 个月。 施工单位试验检	同厂家、同品种、 同规格且连续进场 的乳化沥青每 10t 为一批，不足上述 数量按一批计。 施工单位每批抽检 一次；监理单位按
2	1.18 mm 筛上剩余量	√		
3	恩格拉黏度	√		
4	蒸发残留物含量	√		
5	蒸发残留物针入度	√		

6	蒸发残留物软化点	√	验；监理单位见证检验。		施工单位抽检次数的10%进行见证检验，但至少一次。
7	蒸发残留物 15℃延度	√		√	
8	5 d 贮存稳定性	√			
9	实干时间	√			
10	粒径	√			

7.2.2 黏层乳化沥青的性能应满足表 4.2.2 的相关要求。

检验数量：应符合表 7.2.2 的要求。

检验方法：应符合表 4.2.2 的要求。

表 7.2.2 黏层乳化沥青的检验要求

检验项目		检验要求			
1	破乳速度	√	下列情况之一时， 检验一次： ①任何新选货源； ②使用同厂家、同规格的乳化沥青达6个月。 施工单位试验检验；监理单位见证检验。		同厂家、同品种、同规格且连续进场的乳化沥青每10t为一批，不足上述数量按一批计。施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的10%进行见证检验，但至少一次。
2	1.18 mm 筛上剩余量	√		√	
3	恩格拉黏度	√			
4	蒸发残留物含量	√		√	
5	蒸发残留物针入度	√			
6	蒸发残留物软化点	√			
7	蒸发残留物 5℃延度	√		√	
8	5 d 贮存稳定性	√			
9	实干时间	√			
10	粒径	√			
11	弹性恢复率	√			
12	与水泥砂浆的粘结强度	√			

7.2.3 封层乳化沥青的性能应满足表 4.2.3 的相关要求。

检验数量：应符合表 7.2.3 的要求。

检验方法：应符合表 4.2.3 的要求。

表 7.2.3 封层乳化沥青的检验要求

检验项目		检验要求			
1	破乳速度	√	下列情况之一时， 检验一次： ①任何新选货源； ②使用同厂家、同规格的乳化沥青达6个月。 施工单位试验检验；监理单位见证检验。		同厂家、同品种、同规格且连续进场的乳化沥青每10t为一批，不足上述数量按一批计。施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的10%进行见证检验。
2	1.18 mm 筛上剩余量	√		√	
3	恩格拉黏度	√			
4	蒸发残留物含量	√		√	
5	蒸发残留物针入度	√			
6	蒸发残留物软化点	√			

7	蒸发残留物 5 °C 延度	√		√	验, 但至少一次。
8	5 d 贮存稳定性	√			
9	粒径	√			
10	弹性恢复率	√			
11	与沥青砂的粘结强度	√			

7.2.4 拌和用乳化沥青的性能应满足表 4.2.4 的相关要求。

检验数量: 应符合表 7.2.4 的要求。

检验方法: 应符合表 4.2.4 的要求。

表 7.2.4 拌和用乳化沥青的检验要求

检验项目		检验要求			
1	破乳速度	√	下列情况之一时, 检验一次: ①任何新选货源; ②使用同厂家、同规格的乳化沥青达 6 个月。 施工单位试验检验; 监理单位见证检验。		同厂家、同品种、同规格且连续进场的乳化沥青每 60t 为一批, 不足上述数量按一批计。施工单位每批抽检一次; 监理单位按施工单位抽检次数的 10% 进行见证检验, 但至少一次。
2	1.18 mm 筛上剩余量	√		√	
3	恩格拉黏度	√			
4	蒸发残留物含量	√		√	
5	蒸发残留物针入度	√			
6	蒸发残留物软化点	√			
7	蒸发残留物延度	√		√	
8	5 d 贮存稳定性	√			
9	粒径	√			
10	与粗骨料的接触角	√			

7.2.5 粗骨料的性能应满足表 4.3.1 的相关要求。

检验数量: 应符合表 7.2.5 的要求。

检验方法: 应符合表 4.3.1 的要求。

表 7.2.5 粗骨料的检验要求

检验项目		检验要求			
1	表观密度	√	下列情况之一时, 检验一次: ①任何新选料源; ②连续使用同料源、同品种、同规格的粗骨料达一年。 施工单位试验检验; 监理单位平行检验。		连续进场的同料源、同品种、同规格的粗骨料每 600t 为一批, 不足上述数量按一批计。施工单位每批抽检一次; 监理单位按施工单位抽检次数的 10% 进行平行检验, 但至少一次。
2	吸水率	√		√	
3	含泥量	√		√	
4	压碎值	√			

7.2.6 细骨料的性能应满足表 4.3.2 的相关要求。

检验数量: 应符合表 7.2.6 的要求。

检验方法：应符合表 4.3.2 的要求。

表 7.2.6 细骨料的检验要求

检验项目		检验要求			
1	表观密度	√	下列情况之一时，检验一次： ①任何新选料源； ②连续使用同料源、同品种、同规格的细骨料达一年。 施工单位试验检验；监理单位平行检验。		连续进场的同料源、同品种、同规格的细骨料每 600t 为一批，不足上述数量按一批计。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的 10%进行平行检验，但至少一次。
2	吸水率	√			
3	含泥量 (天然砂)	√		√	
4	砂当量 (机制砂)	√		√	

7.2.7 矿粉的性能应满足表 4.3.3 的相关要求。

检验数量：应符合表 7.2.7 的要求。

检验方法：应符合表 4.3.3 的要求。

表 7.2.7 矿粉的检验要求

检验项目		检验要求			
1	表观密度	√	下列情况之一时，检验一次： ①任何新选料源； ②连续使用同料源、同品种、同规格的填充料达一年。 施工单位试验检验；监理单位平行检验。		连续进场的同料源、同品种、同规格的填充料每 30t 为一批，不足上述数量按一批计。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的 10%进行平行检验，但至少一次。
2	粒度范围	√		√	
3	亲水系数	√			
4	塑性指数	√			

7.2.8 水泥的性能应满足表 4.3.4 的相关要求。

检验数量：应符合表 7.2.8 的要求。

检验方法：应符合表 4.3.4 的要求。

表 7.2.8 水泥的检验要求

检验项目		检验要求			
1	比表面积	√	下列情况之一时，检验一次： ①任何新选料源； ②连续使用同料源、同品种、同规格的填充料达一年。 施工单位试验检验；监理单位平行检验。		连续进场的同料源、同品种、同规格的填充料每 30t 为一批，不足上述数量按一批计。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的 10%进行平行检验，但至少一次。
2	终凝时间	√		√	
3	安定性	√			

7.2.9 消石灰的性能应满足表 4.3.5 的相关要求。

检验数量：应符合表 7.2.9 的要求。

检验方法：应符合表 4.3.5 的要求。

表 7.2.9 消石灰的检验要求

检验项目		检验要求			
1	含水率	√	下列情况之一时，检验一次： ①任何新选料源； ②连续使用同料源、同品种、同规格的填充料达一年。 施工单位试验检验； 监理单位平行检验。	√	连续进场的同料源、同品种、同规格的填充料每 30t 为一批，不足上述数量按一批计。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的 10%进行平行检验，但至少一次。
2	细度	√			
3	有效氧化钙加氧化镁含量	√			

7.2.10 密封膏的性能应满足表 4.5.1 的相关要求。

检验数量：应符合表 7.2.10 的要求。

检验方法：应符合表 4.5.1 的要求。

表 7.2.10 密封膏的检验要求

检验项目		检验要求			
1	固体含量	√	下列情况之一时，检验一次： ①任何新选货源； ②使用同厂家、同规格的密封膏达 6 个月。 施工单位试验检验；监理单位见证检验。	√	同厂家、同品种、同规格且连续进场的密封膏每 10t 为一批，不足上述数量按一批计。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的 10%进行见证检验，但至少一次。
2	黏结强度	√			
3	低温柔性	√			
4	耐热性	√			

7.3 乳化沥青混凝土

I 主控项目

7.3.1 乳化沥青混凝土应根据结构的性能要求、抗渗性、耐久性要求以及环境条件进行配合比设计。乳化沥青混凝土配合比选定试验的检验项目应符合表 7.3.1 的要求，检验项目指标要求应符合本标准表 4.5.4、表 4.5.5 的要求。

表 7.3.1 乳化沥青混凝土配合比选定试验的检验项目

序号	检验项目	备注
1	渗水系数	基本检验项目
2	马歇尔稳定度	
3	浸水马歇尔稳定度	
4	低温弯曲应变	
5	劈裂强度	
6	冻融劈裂强度	
7	流动度	仅对免压实乳化沥青混凝土

检验数量：施工单位对相同性能要求的乳化沥青混凝土进行一次配合比选定试验；当原材料发生重大改变时，应重新进行配合比选定试验；监理单位全部检查。

检验方法：施工单位进行配合比选定试验；监理单位检查确认乳化沥青混凝土配合比选定报告。

7.3.2 乳化沥青混凝土的渗水系数、马歇尔稳定度、劈裂强度应符合表 7.4.1 的要求。

表 7.4.1 乳化沥青混凝土渗水系数、马歇尔稳定度、劈裂强度的要求

序号	检验项目	技术要求
1	渗水系数	≤60 mL/min
2	3 d 马歇尔稳定度 (25 °C)	≥3 kN
3	劈裂强度 (15 °C)	≥0.4 MPa

检验数量：施工单位每台拌和机每天至少检验 1 次；监理单位按施工单位检验数量的 10%进行见证检验，但至少一次。

检验方法：按表 4.4.2 要求的试验方法检验。

7.3.3 免压实乳化沥青混凝土的流动度应符合表 7.4.2 的要求。

表 7.4.2 免压实乳化沥青混凝土流动度的要求

序号	检验项目	技术要求
1	流动度	120 mm~210 mm ^[注]

注：掺纤维的乳化沥青混凝土除外。

检验数量：施工单位每天至少检验 1 次；监理单位按施工单位检验数量的 10%进行见证检验，但至少一次。

检验方法：按表 4.4.3 要求的试验方法检验。

7.3.4 乳化沥青混凝土防水封闭层实体质量应符合表 7.4.3 的要求。

表 7.4.3 乳化沥青混凝土防水封闭层的实体质量检验要求

序号	检验项目	技术要求
1	渗水系数	≤60 mL/min
2	压实度 (轻压实乳化沥青混凝土)	≥0.92
3	3 d 马歇尔稳定度 (25 °C)	≥3 kN

检验数量和检验方法：应符合表 7.4.4 的要求。

表 7.4.4 乳化沥青混凝土防水封闭层实体质量的检验数量和方法要求

序号	检验项目	检验要求	检验方法
1	渗水系数	沿线路纵向每 200 m，施工单位至少检验 1 次，规模不足时也按 1 次检验；监理单位按施工单位检验数量的 10%进行见证检验，但至少一次。	JTG E20
2	3 d 芯样马歇尔稳定度		JTG E20

3	压实度		JTG F40
---	-----	--	---------

7.3.5 透层、黏层、封层乳化沥青应洒布均匀，不得漏洒，其洒布量应符合设计要求。

检验数量：施工单位每次洒布至少检验 1 次；监理单位按施工单位检验数量的 10%进行见证检验，但至少一次。

检验方法：透层、黏层、封层乳化沥青洒布是否均匀与漏洒采用目测进行检验。

7.3.6 密封膏应涂刷完整、无遗漏。

检验数量：施工单位沿线路纵向每 100 m 检验 3 处。

检验方法：密封膏涂刷质量采用目测进行检验。

II 一般项目

7.3.7 乳化沥青混凝土防水封闭层的施工允许偏差及检验数量及检验方法应符合表 7.4.5 的要求。

表 7.4.5 高速铁路乳化沥青混凝土防水封闭层的允许偏差、检验数量及检验方法

序号	检验项目	允许偏差	检验数量	检验方法
1	厚度	±5 mm	沿线路纵向每 200 m 抽样检验 3 点	插入或取芯测量
2	横坡	±0.5%	沿线路纵向每 200 m 抽样检验 5 个断面	坡度尺测量
3	平整度	5 mm/3 m	沿线路纵向每 200 m 抽样检验 5 个点	3 m 直尺和塞尺测量
4	外观	无离析、无花白料	沿线路纵向每 20 m 抽样检验 1 点	目测
5	粗、细骨料用量	±3%	每 3 个工作日 1 次，或发现异常时	实际骨料数量、填充料数量、乳化沥青用量总量检验
6	填充料用量	±0.5%	每 3 个工作日 1 次，或发现异常时	实际骨料数量、填充料数量、乳化沥青用量总量检验
7	乳化沥青用量	±0.5%	每 3 个工作日 1 次，或发现异常时	实际骨料数量、填充料数量、乳化沥青用量总量检验

附录 A 封层与乳化沥青混凝土粘结强度测试方法

A.0.1 本方法用于测试封层乳化沥青与乳化沥青混凝土的粘结强度。

A.0.2 本测试所采用的仪器与材料应符合下列规定：

1 拉伸试验机：测量值在量程的（15%~85%）之间，精度不低于 1%拉伸速度 5 ± 1 mm/min。

2 拉伸专用金属夹具：上夹具、下夹具、垫板。

3 沥青混凝土试块：尺寸（70×70×20）mm。采用表 4.3.4 中 A-5 中值的矿料级配和表 4.2.4 中的基质乳化沥青，将矿料、水、乳化沥青均匀拌和，矿料与乳化沥青的质量比为 100：14，加水量以流动度 120~210 mm 为准，倒入模框中振实抹平，自然养护 2d 后脱模，自然养护至 28 d 后放置备用，去除沥青混凝土成型面的浮浆、浮砂、灰尘等，同样制备 5 块沥青混凝土试块。

4 高强度胶粘剂：难以渗透涂膜的高强度胶粘剂，推荐无溶剂环氧树脂。

A.0.3 本测试操作应符合下列规定：

1 取 5 块沥青混凝土试块用砂纸清除表面浮浆，将封层乳化沥青涂抹在成型面上，涂膜的厚度（0.5~1.0）mm（可分两次涂覆，间隔不超过 24 h）。然后将制得的试件自然养护 120 h，不需要脱模，制备五个试件。

2 将养护后的试件用高强度胶粘剂将拉伸用上夹具与涂料面粘贴在一起，小心的除去周围溢出的胶粘剂，在自然条件下水平放置养护 24 h。然后沿上夹具边缘一圈用刀切割涂膜至基层，使试验面积为（40×40）mm。

3 将粘有拉伸用上夹具的试件安装在试验机上，保持试件表面垂直方向的中线与试验机夹具中心在一条线上，以 5 ± 1 mm/min 的速度拉伸至试件破坏，记录试件的最大拉力。试验温度为 23 ± 2 °C。

A.0.4 数据处理与报告应符合下列规定：

1 粘结强度按式（A.0.4）计算。

$$\sigma = F / (a \times b) \quad (\text{A.0.4})$$

式中 σ ——粘结强度（MPa）；

F——试件的最大拉力（N）；

a——试件粘结面的长度（mm）；

b——试件粘结面的宽度（mm）。

2 去除表面未被粘住面积超过 20% 的试件，粘结强度以剩下的不少于 3 个试件的算术平均值表示，结果精确到 0.01 MPa。

3 报告中应包括制备试件、测试结果等信息。

附录 B 乳化沥青与粗骨料接触角测量方法

B.0.1 本方法用于测试拌和用乳化沥青与粗骨料的接触角。

B.0.2 本测试所采用的仪器与材料应符合下列规定：

- 1 接触角测量仪：接触角计算精度 $\pm 0.1^\circ$ 。
- 2 微量注射器：注射器针管外径约 1.8 mm，管内径约 1.36 mm。
- 3 骨料试样：尺寸为 30 mm \times 30 mm \times 5 mm，将骨料切割成尺寸适宜的平板，并用金刚砂纸逐级打磨，使其表面平整光滑，以减少表面粗糙度对接触角测量的影响。然后用乙醇和蒸馏水依次超声清洗骨料样品，去除表面污染物，然后在 105 $^\circ\text{C}$ 的干燥箱中烘干至少 2 h，取出后置于干燥器中冷却至室温。

B.0.3 本测试操作应符合下列规定：

- 1 将试验室环境温度控制在 25 $^\circ\text{C}$ 左右，记录试验室内温度及湿度。
- 2 开启光学接触角测量仪，调节水平校准，确保摄像系统处于垂直视角。调整光源以获得清晰的液滴轮廓，确保液滴尽可能位于视窗的中心，液滴边缘要清晰、规则。
- 3 将骨料试样放置在样品台上，调节高度，使骨料顶面出现在接触角仪摄像视角中。
- 4 使用微量注射器吸取乳化沥青，将微量注射器安装在接触角仪上，在骨料表面缓慢滴加约 3–5 μL 乳化沥青液滴，确保液滴稳定且不扩散至不规则形态。
- 5 采用影像分析软件记录液滴在骨料表面形成的形态，捕捉液滴侧视图，并进行曲线拟合计算接触角。

B.0.4 数据处理与报告应符合下列规定：

- 1 绘制出接触角随测试时间的变化曲线，选定接触角趋于稳定，变化较小（5 s 内变化小于 1° ）时的结果作为最终的测试结果。
- 2 同一样品平行试验不得少于 5 个，取平均值作为测试接触角。
- 3 报告中应包括粗骨料种类、测试温度、湿度及测试结果等信息。

用词说明

为便于在执行本规程条款时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
- 2 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

- 3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
- 4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

引用标准名录

本标准引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本标准；不注日期的，其最新版适用于本标准。

《高速铁路路基沥青混凝土防水封闭结构设计和施工质量控制标准》QCR 9591

《铁路路基用沥青混凝土》QCR 1041

《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40

《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20

《公路工程集料试验规程》JTG E42

《冷拌冷铺乳化沥青混合料施工技术规范》DB11 2257

《微表处和稀浆封层技术指南》JTGT F40-02

《沥青路面微表处设计与施工技术规范》DB61T 1154

《公路沥青路面再生技术规范》JTGT 5521

《公路沥青路面养护技术规范》JTG 5142

《建设用砂》GBT 14684

《建筑防水涂料试验方法》GBT 16777

《建筑构件连接处防水密封膏》JGT 501

中国工程建设标准化协会标准

高速铁路防水封闭层修复用乳化沥青混凝土应用技术规程

T/CECS1XXX—202X

条文说明

制定说明

本规程制定过程中，编制组总结了我国高速铁路防水封闭层修复技术相关实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过研究轻压实和免压实作用下乳化沥青混凝土的性能特点，确定了高速铁路防水封闭层修复用乳化沥青混凝土的结构、材料、施工等关键参数。本规程的编制遵循了可操作性强、与现行相关标准相协调、安全可靠、技术先进的总体原则。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程时能正确理解和执行条款规定，《高速铁路防水封闭层修复用乳化沥青混凝土应用技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1 总则.....	30
3 基本规定.....	31
4 材料要求.....	32
4.2 乳化沥青.....	32
4.5 乳化沥青混凝土.....	32
5 设计.....	34
5.1 一般规定.....	错误!未定义书签。
5.2 结构设计.....	错误!未定义书签。
6 施工.....	36
6.1 一般规定.....	36
6.2 施工准备.....	36
6.3 透层施工.....	36
6.4 黏层施工.....	37
6.6 乳化沥青混凝土施工.....	37
6.7 封层施工.....	38

1 总则

1.0.2 高速铁路防水封闭层作为阻止水分下渗的第一道防线，是路基和桥梁长期保持良好服役状态的重要保障。实践表明，路基冻胀、不均匀变形、翻浆冒泥、桥面冻融粉化等病害与防水封闭效果密切相关。在复杂气候条件和长期高速列车荷载作用下，防水封闭层病害逐渐显现且逐渐递增。乳化沥青混凝土可常温施工、抗渗性、抗裂性、抗冻性优良，为运营高速铁路防水封闭层修复提供了新技术。

3 基本规定

3.0.2~3 高速铁路运营线路养护维修受到轨道结构、防撞墙、接触网支柱基础等周围结构的影响，防水封闭层压实施工难以采用大型压路机。根据2020年哈大客专和2022年京津城际试验段实施经验，乳化沥青混凝土可分为采用小型压实机械的轻压实型和通过重力作用达到自密实的免压实型。小型压实机械难以作业的道岔区、线外封闭层等位置宜采用免压实乳化沥青混凝土。

3.0.4 防水封闭层与接触网支柱、排水沟、集水井等附属工程及防排水设施的接缝位置通常是防水的薄弱点，在温度及列车荷载的作用下接缝位置易发生离缝，导致雨水下渗，因此需采用乳化沥青膏或硅酮等材料进行密封处理。

4 材料要求

4.2 乳化沥青

- 4.2.1 高速铁路运营线路养护维修通常采用夜间天窗作业模式，天窗时间通常为 4h，若单个天窗为施工完，则需在保证不影响列车正常运营的条件下在下一个天窗继续施工。透层乳化沥青在第一个天窗施工完成后，应不影响第二个天窗的黏层乳化沥青施工，因此，透层乳化沥青实干时间应不超过 24 h。透层的主要作用是渗透作用，因此颗粒粒径应相对较小。通常改性乳化沥青的黏度和可渗性低于基质乳化沥青，因此建议透层采用基质乳化沥青。
- 4.2.2 黏层乳化沥青在施工完成后，应不影响下一个天窗的乳化沥青混凝土施工，因此，黏层乳化沥青实干时间应不超过 24 h。黏层的主要作用是增强界面粘结性能，因此与原防水层的水泥基材料应具有良好的粘结强度。考虑黏层作为关键的层间粘结材料，同时兼具防水功能，因此建议黏层采用改性乳化沥青。
- 4.2.3 根据工程实践经验，涂层类修复材料在原水泥混凝土防水层上易发生脱落问题，封层乳化沥青刷涂在乳化沥青混凝土层上，应与沥青混凝土具有良好的粘结性。封层乳化沥青与乳化沥青混凝土均为沥青基材料，具有一定的相似相容效应，尤其在高温条件下，封层与沥青混凝土可融为一体，降低层间脱落风险。为防止封层脱落，同时兼具防水功能，因此建议封层采用改性乳化沥青。
- 4.2.4 乳化沥青在拌和过程中应充分包裹集料表面，不应出现白料现象，而乳化沥青对集料的包裹过程也就是乳化沥青对集料的润湿过程，乳化沥青的润湿性能越好，则越有利于乳化沥青对集料的裹附。乳化沥青润湿性能可以用接触角的大小表示，接触角越小裹附性能越好。拌和乳化沥青和根据乳化沥青混凝土防水封闭层的服役条件、经济性等合理选择基质乳化沥青或改性乳化沥青。

4.5 乳化沥青混凝土

- 4.5.2 由于运营线路乳化沥青混凝土防水封闭层施工无法采用大型压实设备，传统的重型压实乳化沥青混凝土配合比设计方法不适用。项目组依托国家重点研发计划课题《高铁基础设施病害快速整治技术与智能装备》课题（2022YFB2603305）探究了轻压实和免压实乳化沥青混凝土的配合比对防水性、抗裂性、经济性、力学性能等影响规律，初步提出了不同级配类型的乳化沥青混凝土中乳化沥青用量和外掺水用量，技术人员可参考该数据范围并进一步优化配合比。

- 4.5.3 《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20) 中击实成型乳化沥青混凝土的方法是双面击实 75 次或 50 次使试件厚度达到 $63.5\text{ mm}\pm 1.3\text{ mm}$ 。项目组通过现场工程试验发现, 相同的配合比和松铺厚度 (6cm), 室内马歇尔击实仪单面击实 50 次可达到与现场采用小型压实机械最终压实完相同的厚度 (5cm), 因此建议采用 JTG E20 重压实沥青混凝土成型方法中一半的压实次数作为轻压实乳化沥青混凝土的成型方法, 且考虑防水封闭层实际应用中的厚度, 圆柱体试件的厚度定为 5cm。同理, JTG E20 规定重压实沥青混凝土轮碾法成型时, 首次轮碾 4 次进行定型, 二次轮碾 24 次达到密实, 项目组建议采用首次轮碾 4 次, 二次轮碾 12 次作为轻压实乳化沥青混凝土的成型方法。
- 4.5.4 对于高速铁路乳化沥青混凝土防水封闭层, 其核心要求是防止低温环境下由于温度应力而引发的裂缝。因此, 根据气候分区的不同进行低温指标设计。鉴于我国运营高速铁路覆盖南北全域, 结合工程应用特点和可操作性, 参考《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40), 将乳化沥青混凝土防水封闭层的工程应用气候分区按照近 30 年极端最低气温 T_{30} 划分为两个气候分区: $T_{30}\leq -21.5^{\circ}\text{C}$ 、 $-21.5^{\circ}\text{C}<T_{30}$ 。高速铁路乳化沥青混凝土防水封闭层首要功能是防止雨水下渗, 参考《高速铁路路基沥青混凝土防水封闭结构设计和施工质量控制标准》(QCR 9591) 乳化沥青混凝土的渗水系数不大于 $60\text{ mL}/\text{min}$ 时可保障防水性。
- 4.5.5 免压实乳化沥青混凝土主要针对难以采用压实机械的位置, 因此需要具有一定的流动度。同时, 乳化混凝土中含有骨料, 流动度过大时易发生离析、泌浆现象。项目组通过室内试验发现当流动度为 $120\sim 210\text{ mm}$ 时免压实乳化沥青混凝土具有良好的和易性。JTG E20 规定乳化沥青混凝土高温马歇尔稳定度为 60°C , 而本项目中乳化沥青混凝土防水封闭层主要供天窗时间 (凌晨 0 点~4 点) 养护维修工人行走, 此时气温较日间最高温度低, 通过现场温度测试凌晨时防水封闭层表面最高温度通常不超过 40°C , 因此建议乳化沥青混凝土高温马歇尔稳定度中试验温度为 40°C 。同理, 浸水马歇尔最高温度和冻融劈裂试验溶解温度均为 40°C 。
- 4.5.6 由于轻压实和免压实乳化沥青混凝土的马歇尔试件高度为非标准值, 为具有可比性, 建议参考 JTG E20 芯样试件高度修正方法进行马歇尔稳定度修正计算。

5 设计

- 5.0.2 高速铁路乳化沥青混凝土防水封闭层位于轨道结构两层，不直接承受列车荷载，首要功能是防水封闭，防止雨水下渗，因此乳化沥青混凝土材料需具有优良的防排水、抗裂性。前期工程经验表明采用聚脲、喷涂沥青等薄层进行防水封闭层修复时，易发生涂层脱落问题，影响列车运营安全，因此乳化沥青混凝土应满足防脱落和耐久性要求。
- 5.0.3 高速铁路原防水层主要采用水泥混凝土，通常每 5m 间隔设置一条横向伸缩缝，而乳化沥青混凝土层一般不设置伸缩缝，为防止由下部原防水层伸缩缝导致上部乳化沥青混凝土层开裂的反射裂缝，需在原伸缩缝位置洒布黏层等进行强化处理。
- 5.0.4 高速铁路乳化沥青混凝土防水封闭层首要功能是防止雨水下渗，参考《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 和《高速铁路路基沥青混凝土防水封闭结构设计和施工质量控制标准》(QCR 9591) 乳化沥青混凝土的渗水系数不大于 60mL/min 时可保障防水性。
- 5.0.7 透层是为了增强原劣化防水层的密实性，透层乳化沥青洒布量为 0.5~1.5 L/m²，建议用量按标准浓度 50% 计算，如残留物含量浓度不同时，需通过浓度进行换算。原则上透层要渗透入原防水层中一定深度，一般不小于 5 mm，当原水泥混凝土防水层劣化轻微时，透层乳化沥青难以渗入并加固原防水层，主要存在于原防水层表面，而透层通常采用基质乳化沥青，易在原防水层表面形成薄弱层，此工况下可不洒布透层。
- 5.0.8 黏层是为了增强乳化沥青混凝土层与原水泥混凝土防水层的粘结性，同时强化层间防水能力，黏层乳化沥青洒布量为 1.0~2.0 L/m²，建议用量按标准浓度 60% 计算，如残留物含量浓度不同时，需通过浓度进行换算。原防水层伸缩缝两侧 100 mm 范围内对应的位置，需要多洒布一些黏层来防止反射裂缝的产生，该位置黏层乳化沥青洒布量为 2.0~3.0 L/m²。
- 5.0.10 为了保障乳化沥青混凝土层低温不开裂、不发生脱落风险，在原防水层上加铺的乳化沥青混凝土层应具有一定的厚度，借鉴公路沥青路面养护技术经验，建议乳化沥青混凝土厚度不宜小于 30 mm，且寒冷地区防水封闭层厚度应更厚一些。依托国家重点研发计划课题《高铁基础设施病害快速整治技术与智能装备》课题(2022YFB2603305)，项目组发现乳化沥青混凝土防水封闭层通常为单层施工，当免压实乳化沥青混凝土厚度较厚时，靠近表面位置的乳化沥青先破乳并形成密实防水的沥青膜，靠近底面位置的乳化沥青破乳速度较慢或难以完全破乳，最终导致底面位置附近的乳化沥青混凝土强度较低，影响乳化沥

青混凝土层的整体性能，因此免压实乳化沥青混凝土层厚不宜太厚。

5.0.11 封层的作用在于进一步强化乳化沥青混凝土表面防水能力。由于高速铁路运营线路养护维修难以采用大型压实设备，而压实作用是保障沥青混凝土密实防水的重要条件；此外，乳化沥青破乳、水分蒸发后易形成一定的孔隙，因此有必要在乳化沥青混凝土上洒布封层。

6 施工

6.1 一般规定

6.1.1 在进行正式施工前，根据工程现场的材料差异和工装设备变化选取有代表性的地段进行工艺性试验。工艺性试验分为试拌及试铺两个阶段，包括下列试验内容：

- 1 检验各种施工机械的类型、数量及组合方式是否匹配。
- 2 通过试拌确定拌和机的操作工艺、乳化沥青混凝土的生产参数，考察计量、记录仪器仪表的可信度。
- 3 通过试铺确定透层、黏层、封层乳化沥青的喷洒方式和效果、摊铺及压实工艺，确定松铺系数等。
- 4 验证乳化沥青混凝土生产配合比，提出生产用的标准配合比和最佳乳化沥青用量。
- 5 检测工艺性试验区段的抗渗性、强度等。

6.1.3 考虑高速铁路运营线路养护维修通常在夜间，气温较低，借鉴公路沥青路面养护薄层罩面应用经验，综合考虑降雨情况，提出了气温不低于 5℃，雨天不得施工的规定。

6.1.4 喷洒乳化沥青通常会对电缆槽、集水井、接触网支柱基础等构筑物造成污染，且污染后恢复难度大，建议对上述构筑物进行遮挡、覆盖。

6.2 施工准备

6.2.5 设备校验工作的重点在于拌和设备与压实机械。对拌和设备的骨料级配和乳化沥青用量控制能力和控制精度，拌和时间 and 生产能力进行校验工作。对压实机械的行走速度和压实效果等进行校验，并进行必要的调整。

6.3 透层施工

6.3.3 透层乳化沥青的用量，建议试洒以渗透入原防水层一定深度，起到固结、稳定、联结等作用为判断标准。

6.3.4 高速铁路防水封闭层在桥梁段梁端位置设置了具有一定高度和坡度的挡水台，通常较原防水层高 2~3cm，如说明图 6.3.4 所示。通过现场试验段发现，在挡水台上直接施工透层、黏层、乳化沥青混凝土、封层存在揭开和脱落问题，这主要是因为挡水台较其余位置高，加铺乳化沥青混凝土防水层后外侧无支挡，在列车风、振动荷载、温度应力等因素作用下，加铺层与原挡水台容易脱落。将距离梁端挡水台边缘水平距离 30 cm 以上的混凝土进行切割、凿除，剩余的挡水台混凝土可作

为乳化沥青混凝土的侧向支挡，剩余的挡水台混凝土上不施工乳化沥青混凝土，揭开和脱落问题得以有效解决。



说明图 6.3.4 桥梁梁端挡水台凿除及乳化沥青混凝土施工效果

6.3.5 待透层乳化沥青渗入原防水层并破乳后洒布黏层，期间需禁止踩踏。

6.4 黏层施工

6.4.3 黏层沥青的作用在于增强乳化沥青混凝土层与原水泥混凝土防水层的粘结性，因此需保证喷洒的黏层乳化沥青均匀、不受污染。黏层乳化沥青的用量需通过试洒确定，以起到稳定、黏结、不流淌等作用为判断标准。

6.6 乳化沥青混凝土施工

6.6.1 免压实乳化沥青混凝土破乳速度快、可工作时间有限，宜在施工现场进行拌和；其拌和物呈浆装，宜采用塑料桶密封灌装，避免浆液流失。

6.6.3 乳化沥青混凝土适宜的拌和时间应根据温度、风速、搅拌机功率等因素有关，因此在正式生产前需要进行试拌来确定适宜的拌和时间。

6.6.6 乳化沥青混凝土在挤压作用下容易破乳，堆积高度过高时易在自重作用下提前破乳，因此建议装车高度不宜过高。

6.6.14 轻压实乳化沥青混凝土摊铺完成后应及时采用小型压实机械碾压。由于公路沥青路面压实施工通常采用大型压路机碾压，在小型压实机械方面无现成经验，因此高速铁路养护维修用乳化沥青混凝土施工需要根据乳化沥青混凝土级配、压路机类型、层厚、环境条件等情况经工艺性试验确定。

6.6.15 免压实乳化沥青混凝土针对于难以采用压实机械的位置，通过调整乳化沥青混凝土的材料类型和配合比而使乳化沥青混凝土达到流动的状态，但当乳化沥青混凝土流动度过大时，易发生离析、泌浆现象，因此建议免压实乳化沥青混凝土具有适当的流动性即可，再采用人工或小型机具进行收光与表面修整，进而达到平整、密实、防水的效果。

6.6.17 乳化沥青混凝土防水封闭层在承载方面不直接承受列车荷载主要承受养护维修工人行走所产生的荷载。乳化沥青混凝土防水封闭层施工完成后，强度较低，需要等到乳化沥青混凝土破乳、水分蒸发后强度才逐渐形成，免压实乳化沥青混凝土较轻压实乳化沥青混凝土水分含量更高，强度发展更慢。因此，乳化沥青混凝土强度未成型前，养护维修工人不宜在其上行走，待强度成型后方可行走，通常不宜少于 3 d。

6.7 封层施工

6.7.1 依托中国铁道科学研究院集团有限公司课题《无砟轨道封闭层修复用宽温域高耐久冷拌沥青混凝土性能调控技术》(2023YJ189)，项目组发现当乳化沥青混凝土未破乳，过早的在其上洒布封层，易导致乳化沥青混凝土破乳速度降低、水分蒸发不完全，造成乳化沥青混凝土强度较低，影响使用性能。因此，通常待乳化沥青混凝土施工完成 7 d 后方可进行封层施工。