

高韧性环氧沥青混凝土施工技术研究

郝增恒^{1,2} 刘 攀¹ 李 璐¹ 盛兴跃¹

(1.重庆市智翔铺道技术工程有限公司,重庆 401336;
2.招商局重庆交通科研设计院有限公司,重庆 400067)

摘 要 为研究高韧性环氧沥青混凝土施工技术,分别进行了高韧性环氧沥青存储稳定性实验和高韧性环氧沥青混凝土施工容留时间、养护及施工条件实验。结果表明,高韧性环氧树脂、固化剂体系和基质沥青分别采用 3 种不同颜色的密封铁桶常温储存,在施工温度范围内,高韧性环氧沥青混凝土具有较长的容留时间,能满足工程应用需要;相对市场上的同类材料,高韧性环氧沥青混凝土具有非常短的养护时间,降低了养护周期;高韧性环氧沥青混凝土的碾压温度不能低于 130℃,否则难以摊铺压实。

关键词 高韧性环氧沥青混凝土,施工技术,存储稳定性,施工容留时间,养护条件

Research on construction technique of high toughness epoxy asphalt concrete

Hao Zengheng^{1,2} Liu Pan¹ Li Lu¹ Sheng Xingyue¹

(1.Chongqing Zhixiang Paving Technology Engineering Co.,Ltd.,Chongqing 401336;
2.China Merchants Chongqing Communications Research & Design Institute Co.,Ltd.,
Chongqing 400067)

Abstract In order to research construction technique of high toughness epoxy asphalt concrete, the storage stability, allowable time range, curing and construction conditions of high toughness epoxy asphalt and its concrete were tested. The results showed that high toughness epoxy resin, curing agent and matrix asphalt were stored at room temperature in three different colors of sealed iron drums, respectively. The concrete had longer allowable time range in construction temperature range, which could meet the need of its engineering application. Compared with similar materials, the concrete had a short curing time. The rolling temperature of concrete could not be lower than 130℃, otherwise it would be difficult to pave and compact.

Key words high toughness epoxy asphalt concrete, construction technique, storage stability, construction allowable time range, curing condition

环氧沥青具有良好的物理力学性能,是一种性能优异的钢桥面铺装材料^[1-7]。我国从 20 世纪 90 年代开始对环氧沥青混凝土材料进行研究,自 2001 年来,环氧沥青混合料先后在南京长江二桥、润扬长江大桥、湛江海湾大桥、武汉阳逻长江大桥、重庆鱼嘴长江大桥等 50 多个钢桥面铺装工程中得到应用。然而,普通的环氧沥青固化后脆性高,延展性能较差。对环氧沥青进行增韧处理能有效改善其脆性大和韧性差的缺点^[8-10],满足钢桥面铺装层对混合料性能的要求。

虽然环氧沥青类材料具有高强度和优良的高低温性能,但由于其施工工艺复杂、施工质量可靠度较低,导致其应用速度自 2010 年开始放缓。当环氧沥青中的环氧树脂与固化剂混合后,固化反应就随之开始,体系黏度逐步增加,慢慢形成一种难熔、不溶的凝胶体。而且固化反应速度受温度影响较大,温度过高或过低都会影响混合料的和易性和压实度。因此,环氧沥青类材料在使用时对温度和控制非常严格^[11-13]。环氧沥青混凝土由于施工过程严格和施工工艺复杂,在我国一些高等级公路及钢桥

基金项目:重庆市杰出青年基金(cstc2014jcyj30002);国家自然科学基金(51702282);重庆市科技创新领军人才支持计划(CSTCCXLJRC201720)

作者简介:郝增恒(1978-),男,研究员,博士,主要从事道路材料及高分子材料、桥面铺装等方面的研究。

面铺装施工中,频发施工质量问题。鉴于此,对高韧性环氧沥青混凝土的施工技术进行了研究,旨在为其工程应用提供技术依据和指导。

1 实验部分

1.1 高韧性环氧沥青胶结料及混凝土制备

将高韧性环氧树脂与 SK70 # 基质沥青分别在 60℃ 和 130℃ 条件下加热,搅拌均匀(沥青与环氧树脂的质量比为 6:4),按比例加入复配高温固化剂,制得高韧性环氧沥青胶结料。

选用优质耐磨的玄武岩集料和石灰岩矿粉,相关指标检测结果符合规范要求。采用日本环氧沥青专用级配 JA-10,如表 1 所示,按油石比 6.6%(油石比在业内公认为质量比,指的是沥青含量占集料的质量比)拌和高韧性环氧沥青混合料。

表 1 级配组成设计

筛孔尺寸/mm	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18
通过率/%	100.0	97.5	75.0	62.5	47.5
筛孔尺寸/mm	0.6	0.3	0.15	0.075	
通过率/%	35.0	25.0	17.5	10.5	

1.2 高韧性环氧沥青混凝土施工技术实验

1.2.1 存储稳定性实验

研究不同存储方式及不同存储温度对高韧性环氧沥青混凝土性能的影响,确定高韧性环氧沥青适宜的存储方式及存储温度。

1.2.2 施工容留时间实验

研究高韧性环氧沥青在不同温度下黏度增长规律,及混凝土在不同温度下马歇尔稳定度和孔隙率变化规律,确定高韧性环氧沥青混凝土的施工容留时间。

1.2.3 养护及施工条件实验

研究不同养护温度和不同养护时间对高韧性环氧沥青混凝土马歇尔稳定度的影响,评价养护温度和养护时间对高韧性环氧沥青混凝土的影响。

研究不同压实温度下,高韧性环氧沥青混凝土马歇尔稳定度和孔隙率变化规律,确定高韧性环氧沥青混凝土的最低碾压温度。

2 结果与讨论

2.1 高韧性环氧沥青存储稳定性研究

2.1.1 存储方式对存储稳定性的影响

由于高韧性环氧树脂与固化剂会发生不可逆的化学反应,因此不能将多种组分储存在一个罐中。

按三组分设计,组分 A 为高韧性环氧树脂,组分 B 为高温固化剂体系,组分 C 为基质沥青。分别采用不同颜色的桶装储存,并分类堆放。考察密封铁桶装、密封胶桶装和非密封桶装对高韧性环氧沥青混凝土性能的影响,实验结果如图 1—图 3 所示。

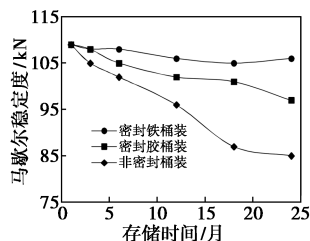


图 1 不同存储方式
对高韧性环氧沥青混凝土
马歇尔稳定度的影响

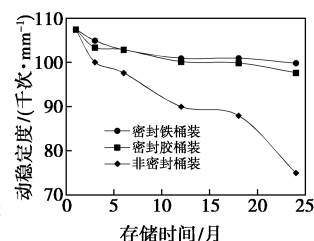


图 2 不同存储方式
对高韧性环氧沥青混凝土
高温性能的影响

从图 1—图 3 可以看出:随着存储时间延长,非密封桶装高韧性环氧沥青混凝土的马歇尔稳定度和高低温性能均明显下降;而密封铁桶装和密封胶桶装高韧性环氧沥青混凝土性能受存储时间的影响不大,其中密封铁桶装的材料性能更加稳定,因此推荐采用密封铁桶装。

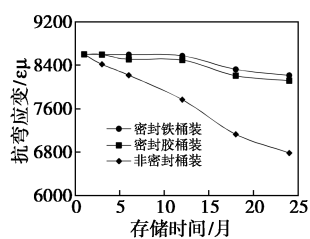


图 3 不同存储方式
对高韧性环氧沥青混凝土
低温性能的影响

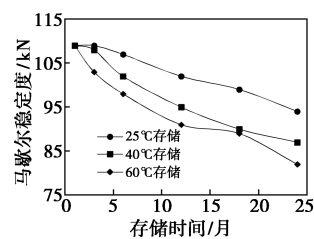


图 4 不同存储温度
对高韧性环氧沥青混凝土
马歇尔稳定度的影响

2.1.2 存储温度对存储稳定性的影响

通常钢桥面铺装工程面积大、工期长,施工时不可避免地会将高韧性环氧沥青存储一定时间。考察不同存储温度对高韧性环氧沥青混凝土性能的影响,实验结果如图 4—图 6 所示。

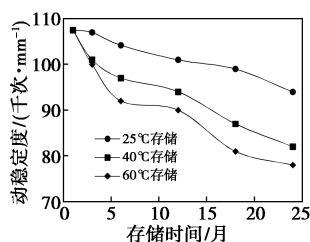


图 5 不同存储温度
对高韧性环氧沥青混凝土
高温性能的影响

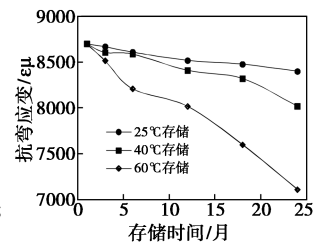


图 6 不同存储温度
对高韧性环氧沥青混凝土
低温性能的影响

从图 4—图 6 可以看出:高韧性环氧沥青混凝土的性能随着存储时间的延长而逐渐下降,其中常温(25℃)存储对混凝土的性能影响程度较小;存储温度为 40℃时,沥青混凝土的性能指标仍能满足规范要求,可以继续使用;存储温度为 60℃时,沥青混凝土的性能衰减显著,不宜继续使用。

综上所述,推荐高韧性环氧沥青的 A、B、C 组分分别采用 3 种不同颜色的密封铁桶包装存储,并在尽量接近常温的温度下存储,防止其力学性能受温度的影响而衰减。

2.2 高韧性环氧沥青混凝土施工容留时间研究

环氧沥青混凝土在施工过程中,受自身反应性材料的制约,一定时间后,将发生不可逆的固化反应,导致其无法摊铺并压实。美国环氧沥青混凝土的施工容留时间仅为 1h,由于其较短的容留时间出现了大量的质量问题,运输至现场无法完成摊铺和压实而遭到废弃。可见,高韧性环氧沥青混凝土的施工容留时间研究对其在实体工程中的应用至关重要^[1,11]。

2.2.1 不同温度条件下高韧性环氧沥青的黏度增长规律

考察了高韧性环氧沥青在不同温度下的黏度增长趋势,并同步测试美国环氧沥青和日本环氧沥青的黏度,实验结果如图 7—图 9 所示。

从图 7 可以看出,施工温度在 150~180℃内,高韧性环氧沥青黏度上升至 1Pa·s 的时间(施工容留时间)超过 90min,可以推断高韧性环氧沥青混凝土的施工可操作时间至少为 90min。在 170℃施工时,施工可操作时间达到 120min,为最佳施工温度。

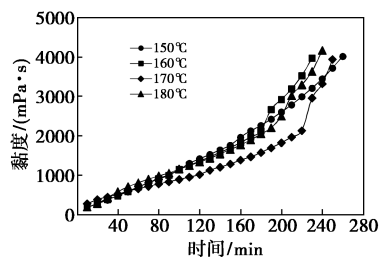


图 7 不同温度下高韧性环氧沥青黏度增长规律

从图 8 可以看出:施工温度为 140℃时,美国环氧沥青黏度上升至 1Pa·s 的时间仅为 40min,反应过快;施工温度为 100℃时,沥青的初始黏度及最终黏度都偏高,因此美国环氧沥青不宜在 140℃以上

及 100℃以下施工。施工温度在 110~130℃范围内,美国环氧沥青的容留时间为 50min。

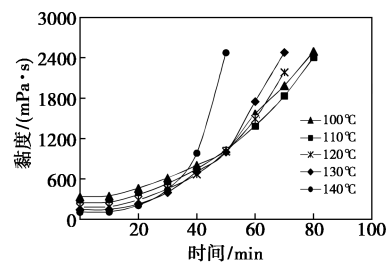


图 8 不同温度下美国环氧沥青黏度增长规律

从图 9 可以看出:施工温度在 150℃和 160℃时,日本环氧沥青的初始黏度过高,将影响施工和易性,而施工温度为 190℃时易造成环氧沥青老化;施工温度在 170~180℃内,环氧沥青黏度上升缓慢,未出现急剧上升的现象,在 240min 内沥青黏度还未达到 1Pa·s,所以可以判断其容留时间大于 240min。

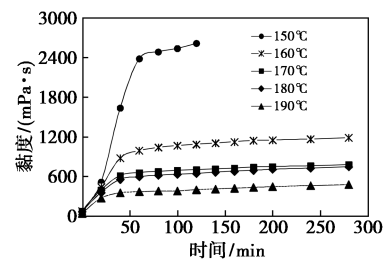


图 9 不同温度下日本环氧沥青黏度增长规律

综上所述,制备的高韧性环氧沥青容留时间相对日本环氧沥青较短,但仍能满足规范要求。相对美国环氧沥青,其容留时间延长了 70min,可大大缓解目前环氧沥青类材料施工难控制的问题。

2.2.2 高韧性环氧沥青混合料的施工可操作时间

将高韧性环氧沥青混合料在不同温度下保温一定时间后成型马歇尔试件,测试试件的马歇尔稳定性和孔隙率,实验结果如表 2 所示。

由表 2 可以看出:在 160℃和 170℃条件下,高韧性环氧沥青混合料施工可操作时间可达 3h;在 180℃保温 2.5h 后,混合料的马歇尔稳定度明显下降,且孔隙率明显增大,说明其在 180℃的施工可操作时间约为 2h,这与高韧性环氧沥青黏度实验结论一致。而当温度上升至 190℃和 200℃时,混合料施工可操作时间也有 1.5h,表明高韧性环氧沥青混合料具备较长的施工可操作时间。

表 2 高韧性环氧沥青混凝土施工可操作时间实验结果

温度/℃	项目	0h	0.5h	1h	1.5h	2h	2.5h	3h
160	马歇尔稳定度/kN	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
	空隙率/%	1.515	1.588	1.584	1.495	1.659	1.559	1.759
170	马歇尔稳定度/kN	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
	空隙率/%	1.521	1.570	1.598	1.617	1.574	1.647	1.721
180	马歇尔稳定度/kN	>100	>100	>100	>100	>100	14.8	—
	空隙率/%	1.491	2.362	1.721	2.584	2.253	6.206	—
190	马歇尔稳定度/kN	>100	>100	>100	>100	77.9	38.1	—
	空隙率/%	1.516	1.615	1.711	1.918	4.894	7.119	—
200	马歇尔稳定度/kN	>100	>100	>100	>100	51.8	48.2	—
	空隙率/%	1.403	1.749	1.752	1.602	7.866	8.121	—

2.3 高韧性环氧沥青混凝土养护温度和养护时间研究

将高韧性环氧沥青试件在不同温度下恒温养护,每隔一段时间取出部分试件,测试其马歇尔稳定度,实验结果如图 10 所示。

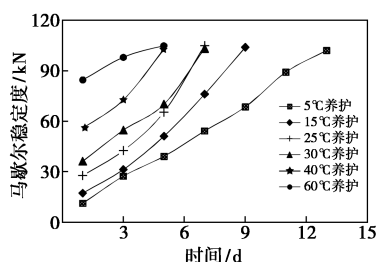


图 10 养护温度对高韧性环氧沥青混凝土试件马歇尔稳定度影响

由图 10 可知:随着养护温度的升高,高韧性环氧沥青混凝土试件的马歇尔稳定度呈上升趋势;养护温度越高,固化反应速率越快,混凝土强度形成也就越快。不同温度下高韧性环氧沥青混凝土的养护时间如表 3 所示。

表 3 高韧性环氧沥青混凝土不同温度下的养护时间

养护温度/℃	5	15	25	30	40	60
强度超过 40kN 时间/d	6	4	3	1	1	1
形成最终强度时间/d	13	9	7	7	5	4

根据钢桥面铺装规范要求,环氧沥青类材料铺装的钢桥面马歇尔稳定度需大于 40kN。由表 3 可知,高韧性环氧沥青混凝土在常温下(15~30℃)养护 3~4d 即可通车,形成最终强度需 7~9d。高韧性环氧沥青混凝土相对市场上的同类材料具有非常短的养护时间,缩短了钢桥面铺装的养护周期,可实现快速通车。

2.4 高韧性环氧沥青混凝土的最低碾压温度

受运输距离、天气等因素的影响,高韧性环氧沥青混合料从拌合楼出料至施工现场,料温会不同程度地降低,当料温降到一定程度时,将导致混合料摊铺、压实困难而废料。将混合料表面温度分别降至 170,150,130,110,90℃ 后再成型马歇尔试件,固化完成后测试试件的马歇尔性能和孔隙率,实验结果如表 4 所示。

表 4 高韧性环氧沥青混凝土不同碾压温度的马歇尔实验结果

表面温度/℃	孔隙率/%	马歇尔稳定度/kN	流值/mm	备注
170	2.27	104.27	3.21	—
150	2.31	103.38	3.35	—
130	4.75	81.67	3.77	试件尺寸明显偏大
110	6.02	62.19	4.17	试件尺寸明显偏大
90	7.19	54.25	5.89	试件尺寸明显偏大

从表 4 可以看出:当表面温度为 170℃ 和 150℃ 时击实马歇尔试件,固化后的试件尺寸符合要求,马歇尔稳定度和孔隙率均符合规范要求;而当表面温度降低至 130℃ 时击实马歇尔试件,固化后的试件尺寸明显偏大,外观松散,且孔隙率明显增大,马歇尔稳定度降低明显。根据实验结果,可以确定高韧性环氧沥青混凝土的最低碾压温度应不低于 130℃。

3 结论

(1)高韧性环氧沥青、固化剂体系和基质沥青宜采用 3 种不同颜色的密封铁桶包装,并尽量接近常温存储,防止混凝土的力学性能受温度的影响而衰减。

(下转第 266 页)