

交通行业标准
《桥面铺装热拌环氧沥青》
(征求意见稿)

编制说明

《桥面铺装热拌环氧沥青》编制组

2017年8月

目 录

一、工作简况.....	1
二、标准编制原则和标准主要内容	2
三、主要试验（或验证）的分析、技术经济论证或预期的经济效果	8
四、与国际、国外同类标准水平的比较情况	9
五、与有关现行法律、法规和强制性标准的关系.....	10
六、重大分歧意见的处理结果和依据.....	10
七、其他应予以说明的事项.....	10

一、工作简况

1.1 任务来源

根据《交通运输部关于下达 2016 年交通运输标准化计划的通知（交科技函〔2016〕506 号）》文件精神，“桥面铺装热拌环氧沥青”产品质量行业标准，已经列入“2016 年交通运输标准化计划制修订项目表”，计划编号：JT 2016-130。由交通部公路科学研究所主持承担本规程的制定工作。

1.2 协作单位

标准《桥面铺装热拌环氧沥青》的编写过程得到了东南大学与重庆建工集团四川遂资高速公路有限公司的协作。

1.3 主要工作过程

2016 年 1 月-2016 年 6 月，收集和研究最新桥面铺装环氧沥青相关标准资料和技术论文；制定标准大纲和实施方案。

2016 年 7 月-2016 年 12 月，提出适合桥面铺装的环氧树脂主剂、固化剂、基质沥青、热拌环氧沥青及其混合料等的技术要求。

2017 年 1 月-2017 年 7 月，收集相关质检中心的测试数据，收集样本进行试验。

2017 年 8 月-2017 年 9 月，形成征求意见稿，向全国使用单位、管理单位和有研究成果的单位，征求意见。

1.4 主要起草人及其所做的工作

本标准主要起草人及其所做的工作见下表 1。

表 1 标准主要起草人及工作

序号	参加单位	起草人	主要工作
1	交通运输部公路科学研究所	钟科	负责项目的组织，编制调研和试验验证方案并实施，确定标准方案。送审稿的修改，形成报批

			稿。
2	重庆建工集团四川遂资高速公路有限公司	吴逸飞	国内外相关标准和技术资料的收集，负责标准起草和编制说明的编写工作。
3	东南大学	王建伟	参与方案确定，关键技术指标的试验验证
4	重庆建工集团四川遂资高速公路有限公司	陈波	负责协调调研事宜、参与方案确定、试验验证等
5	交通运输部公路科学研究所	岳光华	参与方案确定，关键技术指标的试验验证
6	重庆建工集团四川遂资高速公路有限公司	熊祥娅	参与方案确定，关键技术指标的试验验证
7	交通运输部公路科学研究所	胡承勇	参与方案确定，关键技术指标的试验验证
8	重庆建工集团四川遂资高速公路有限公司	徐立	参与方案确定，关键技术指标的试验验证
9	交通运输部公路科学研究所	段为明	参与方案确定，关键技术指标的试验验证
10	重庆建工集团四川遂资高速公路有限公司	蒋恩贵	参与方案确定，关键技术指标的试验验证
11	交通运输部公路科学研究所	马骁琛	参与方案确定，关键技术指标的试验验证
12	交通运输部公路科学研究所	常荣华	参与方案确定，关键技术指标的试验验证
13	东南大学	殷俊	参与方案确定，关键技术指标的试验验证

二、标准编制原则和标准主要内容

2.1 标准编制原则

桥面铺装热拌环氧沥青标准编制的原则是在调研国内外相关标准的基础上，结合室内试验及现场主次试验，确定热拌环氧沥青的术语与定义、技术参数、技术要求及检测方法，从而获得技术上可行、经济上得体的热拌环氧沥青。

2.2 标准的主要内容说明

2.2.1 标准的适用范围

本标准规定了桥面铺装热拌环氧沥青的定义、技术要求、试验方法、检验

规则及标志、包装、运输和贮存。

本标准适用于桥面铺装热拌环氧沥青的生产、检验和使用。

2.2.2 标准的结构框架

标准的结构及主要内容分为术语与定义，技术要求，试验方法，检验规则，标志、包装、运输和储存。

术语与定义主要给出了有关桥面铺装热拌环氧沥青的概念定义，有助于全面准确的理解热拌环氧沥青及各技术指标的意义，在理解的基础上更好地控制各技术指标；同时在本学术范围内有一个统一的叫法，便于学术交流。

技术要求提供了环氧树脂主剂、环氧树脂固化剂、固化后的环氧树脂、用于热拌环氧沥青的基质沥青、热拌环氧沥青的性能要求和技术指标，使其配比设计、性能评价等具有了检测方法和评价标准，从而保证了环氧沥青混合料的生产要求，进而保证了我国桥面铺装工程建设的质量，规范了桥面铺装热拌环氧沥青市场。

试验方法明确了各技术指标的检测方法，是保证和检测热拌环氧沥青质量的标准性规程。

检验规则明确了热拌环氧沥青的检测分类，出厂检验及型式检验的频度和范围，组批的划分标准，抽样的方式以及检测合格与否的判定规则是热拌环氧沥青的质量保证。

标志、包装、运输和储存规定了热拌环氧沥青的标志、包装、运输和储存。

附录给出了热拌环氧沥青混合料的技术要求和性能测试方法。

2.2.3 确定标准主要内容

(1) 环氧树脂主剂、固化剂技术要求

1) 环氧树脂的粘度过低会引起环氧沥青混合料拌和时离析，过高则会导致环氧沥青混合料难以压实。按照日本近代化成材料商的材料储存和生产要求，依照

美国材料与试验协会（ASTM）标准中“动态粘度的标准试验方法”（D445）进行试验，规定环氧树脂主剂在 23℃ 下的粘度为 1~5 Pa·s，环氧树脂固化剂在 23℃ 下的粘度为 0.1~0.8 Pa·s。

2) 环氧树脂是线性低分子热塑性聚合物，必须依靠固化剂将环氧树脂中的环氧基打开，发生交联反应，才能形成粘结强度。为保证环氧树脂的粘度，按照美国材料与试验协会（ASTM）标准中“环氧树脂中环氧当量测定方法”

（D1652）进行试验，规定环氧树脂主剂的环氧当量（含 1 克环氧当量的材料克数）为 190~210g。

3) 胺值反应了环氧树脂固化剂的反应活性，在一定范围内，胺值越大，固化剂的反应速度越快，但是胺值过大会导致反应不充分，规定按日本工业标准（JIS）中“环氧树脂氨类硬化剂总氨值的试验方法”（K7237）测定环氧树脂固化剂的胺值（KOH/g），环氧树脂固化剂的胺值应为 150~200mg。

4) 环氧树脂主剂与固化剂在高温状态下进行固化反应，若在加热过程中挥发的油分蒸汽导致空气中的油水混合气体饱和度过大，而其对应的闪点温度过低时，极易引发火灾，造成严重事故。为保证施工的安全性，按照美国材料与试验协会（ASTM）标准中“(开口闪点) 石油产品闪点与燃点测定法”（D92）测定环氧沥青主剂、固化剂的闪点（克立夫兰敞口杯），环氧沥青主剂的闪点应大于等于 230℃，环氧沥青固化剂的闪点应大于等于 145℃。

5) 按照美国材料与试验协会（ASTM）标准中“中“液体涂料、油墨和相前产品密度的标准试验方法”（D1475）测定环氧树脂主剂在 23℃ 下的比重为 1.00~1.20，环氧树脂固化剂 23℃ 下的比重为 0.8~1.0。

6) 目视可得环氧树脂主剂外观为淡黄色透明液体，环氧树脂固化剂外观为淡黄褐色液体。

(2) 固化后环氧树脂技术要求

1) 本标准按照日本近代化成厂商生产的环氧沥青要求，规定环氧树脂由主剂和固化剂按照质量比例 56: 44 进行搅拌混合时，发生固化反应。

2) 实际试验表明，23℃ 下固化后环氧树脂的抗拉强度达到 6.6MPa，断裂延

伸率达到 172%。考虑到环氧树脂是一种高度脆性材料，抗拉强度应较高；而大桥的跨径较大，在汽车荷载的作用下会产生较大变形，故材料应具有较高的断裂延伸率。由于实际施工条件受限，结果会低于试验预期，根据经验规定 23℃ 下固化后环氧树脂的抗拉强度 $\geq 3.0\text{MPa}$ ，相应的断裂延伸率 $\geq 100\%$ 。

(3) 用于热拌环氧沥青的基质沥青技术要求

1) 目前市场上应用较为广泛的用于热拌环氧沥青的基质沥青为 70#石油沥青，故按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTGE20-2011)中所提出的各项沥青试验指标和沥青试验方法，参照《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40-2004)中 70#沥青的各项技术要求，对用于热拌环氧沥青的基质沥青的各项技术要求作出以下规定。按照《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40-2004)中 70#沥青的各项要求，规定基质沥青的针入度为 60~80 (0.1mm)，软化点 $\geq 46^\circ\text{C}$ ，15℃下的延度 $\geq 40\text{cm}$ 。

2) 热拌环氧沥青混合料在高温状态下进行拌和，若沥青材料在加热过程中挥发的油分蒸汽导致空气中的油水混合气体饱和度过大，而其对应的闪点温度过低时，极易引发火灾，造成严重事故。按照《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40-2004)中对于 70#沥青闪点的要求，规定基质沥青的闪点应 $\geq 260^\circ\text{C}$ 。

3) 为控制沥青材料中有害物质的含量，使沥青材料具有良好的性能，按照《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40-2004)中对于 70#沥青溶解度的要求，基质沥青的溶解度应 $\geq 99.5\%$ 。

4) 为提高环氧沥青的耐久性，规定按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTGE20-2011)中的“旋转薄膜加热试验”(T0610)试验方法，参照《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40-2004)中对于 70#沥青的要求，测定基质沥青的质量变化应为 $-0.6\% \sim +0.6\%$ ，然后按照“沥青针入度试验”(T0604)测试基质沥青针入度比应 $\geq 61\%$ 。

(4) 热拌环氧沥青技术要求

1) 基质沥青与环氧树脂一起作为沥青混合料的结合料，环氧树脂是一种高强度脆性材料，而基质沥青作为粘弹塑性材料具有应力松弛特点。本标准按照

日本大有建设株式会社生产的环氧沥青的要求，规定环氧树脂与基质沥青的质量比例为 50: 50，可以结合环氧树脂和基质沥青的优点，使环氧沥青混合料既有较高的强度和良好的抗永久变形能力，也可以减少开裂破坏。

2) 按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20-2011)中“沥青针入度试验”(T0604)试验方法测得热拌环氧沥青在 23℃下的针入度为 13 (0.1mm)，远低于基质沥青的针入度值。主要原因是环氧沥青中加入了环氧树脂，成为一种热固性材料，具有良好的高温稳定性，故规定环氧沥青在 23℃下的针入度为 5~20 (0.1mm)。故而环氧沥青的软化点相较于基质沥青大幅提高，经实验测得均在 100℃以上，故规定环氧沥青的软化点 $\geq 100^{\circ}\text{C}$ 。

3) 现行《道路与桥梁铺装用环氧沥青材料通用技术条件》(GB/T 30598-2014)规定钢桥面铺装层混合料用环氧沥青材料抗拉强度 $\geq 1.5\text{MPa}$ ，断裂延伸率 $\geq 100\%$ 。实际试验表明，按照以上配比热拌环氧沥青抗拉强度能够达到 2.6MPa，断裂延伸率达到 226.6%。为保证环氧沥青的强度，规定环氧沥青在 23℃下的拉伸强度 $\geq 2.0\text{MPa}$ 。而根据实际经验，100%的断裂延伸率已能够满足大桥的应变要求，故仍规定 23℃下热拌环氧沥青的断裂延伸率应 $\geq 100\%$ 。

(5) 热拌环氧沥青混合料技术要求

1) 由于环氧沥青是一种热固性材料，在高温下只会变软但不会流动，故集料级配的粗细程度对环氧沥青混合料高温性能的影响比较小。但是，采用粗级配时，铺装层表面宏观粗糙度较大，表面凹凸不平诱发裂缝产生的可能性也将增大，而且较粗级配组成的混合料与钢板接触面较小，粘结力较弱。所以，采用较细的级配可以延长铺装层的疲劳寿命，同时还可以增强钢板与混合料之间的粘结性能。由此可见，选择较细的集料级配有利于扬长避短，调配出来的环氧沥青混合料综合性能更优。推荐热拌环氧沥青混合料矿料的级配组成如下表 2 所示。

表 2 热拌环氧沥青混合料级配范围

筛孔(mm)	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
通过 (%)	100	95~100	65~85	50~70	39~55	28~40	21~32	14~23	7~14

2) 现行《道路与桥梁铺装用环氧沥青材料通用技术条件》(GB/T 30598-2014)

规定钢桥面用环氧沥青铺装层混合料未固化马歇尔稳定度 $\geq 5.5\text{kN}$ ，固化后马歇尔稳定度 $\geq 40\text{kN}$ ，流值为 20~50 (0.1mm)。试验所测数据均在该范围内，满足桥面铺装层高温稳定性的要求，故规定 60℃下固化试件的马歇尔稳定度大于等于 40.0kN，未固化试件的马歇尔稳定度大于等于 5.5kN，固化试件和未固化试件的马歇尔流值均为 20~50 (0.1mm)。

3) 现行《道路与桥梁铺装用环氧沥青材料通用技术条件》(GB/T 30598-2014) 规定钢桥面用环氧沥青铺装层混合料空隙率 $\leq 3.0\%$ ，为了防止水分渗入，规定环氧沥青混合料空隙率为 1%~3%。

4) 现行《道路与桥梁铺装用环氧沥青材料通用技术条件》(GB/T 30598-2014) 规定钢桥面用环氧沥青铺装层混合料冻融劈裂强度比 $\geq 70\%$ ，而经试验测得热拌环氧沥青的冻融劈裂强度比均在 90%以上。为保护桥面板不受水的侵蚀，环氧沥青混合料应具有较好的水稳定性，综合考虑该技术条件和试验数据，规定环氧沥青混合料的冻融劈裂强度比 $\geq 80\%$ 。

5) 现行《道路与桥梁铺装用环氧沥青材料通用技术条件》(GB/T 30598-2014) 规定钢桥面用环氧沥青铺装层混合料 60℃下动稳定度 ≥ 8000 (次/mm)，70℃下动稳定度 ≥ 5000 (次/mm)。环氧沥青作为热固性材料，决定了环氧沥青混合料高温下不同于常规沥青混合料的特性，其车辙稳定度远大于一般的沥青混合料。试验所测环氧沥青 70℃下动稳定度超过 14000 (次/mm)，60℃下动稳定度能超过 18000 (次/mm)。然而，目前车辙试验设备的精度在动稳定度大于 6000 (次/mm) 会出现一定的波动，所以规定 60℃下环氧沥青的动稳定度 ≥ 6000 (次/mm)。

6) 环氧沥青混合料在低温下，弯曲强度增加，而弯曲应变大大减小，为保证环氧沥青混合料具有较好的低温变形能力，规定环氧沥青混合料在-10℃下的低温弯曲极限应变应大于等于 2500 $\mu\epsilon$ 。

三、主要试验（或验证）的分析、技术经济论证或预期的经济效果

3.1 主要试验（或验证）的分析

3.1.1 热拌环氧沥青结合料

通过对热拌环氧沥青开展抗拉强度、断裂延伸率等相关室内试验，发现热拌环氧沥青结合料具有良好的拉伸性能，分析确定了热拌环氧沥青的拉伸性能标准，试验结果如表 3 所示。

表 3 热拌环氧沥青结合料室内试验结果

技术指标	实测值	试验方法
抗拉强度（23℃）/MPa	2.6	ASTM D 638
断裂延伸率（23℃）/%	226.6	ASTM D 638

3.1.2 热拌环氧沥青混合料

对完全固化后的环氧沥青混合料分别进行马歇尔稳定度试验、车辙试验、冻融劈裂试验和小梁低温弯曲试验等相关室内试验，并测试空隙率等物理指标，发现热拌环氧沥青具有良好的高、低温稳定性和疲劳性能，分析确定了热拌环氧沥青混合料的测试性能标准，试验结果如表 4 所示。

表 4 环氧沥青混合料室内试验结果

试验项目	实测值	试验方法
稳定度（kN）	83.1	T0709-2011
流值（0.1mm）	41.2	T0709-2011
空隙率（%）	1.7	T0705-2011
70℃动稳定度（次/mm）	>6000	T0719-2011
冻融劈裂强度比（%）	96.1	T0729-2000
低温弯曲极限应变（-10℃）	3254	T0715-2011

3.2 技术经济论证

目前，正交异性板钢桥面系是大跨径桥梁的首选类型，环氧沥青混凝土强度高，高温抗永久变形能力强，低温抗裂性能好，具有极好的抗疲劳性能，从而能更好的适应钢桥面变形大、热容性差、在车辆荷载作用下局部应力复杂的特点，在国内外都得到了大量的应用。

本标准行业提供了环氧树脂主剂、环氧树脂固化剂、固化后的环氧树脂、用于热拌环氧沥青的基质沥青、热拌环氧沥青及其混合料的性能要求和技术指标，使其配比设计、性能评价等具有了检测方法和评价标准，从而保证了环氧沥青混合料的设计和施工质量，进而促进行业健康发展，达到良好的经济效益和社会效益。

四、与国际、国外同类标准水平的比较情况

1961年，Mika等人首次利用环氧树脂作为改性剂，松焦油为共溶剂，制备出一种不熔不溶的新型沥青材料。1967年，美国Adhesive工程公司获得壳牌授权，首次使用环氧沥青作为胶结料生产混凝土，并实际应用在美国旧金山San Mateo—Hayward大桥的桥面铺装工程中。随着钢桥面铺装工程广泛使用环氧沥青，美国Chemo Systems公司、荷兰壳牌公司及日本大有株式会社等企业凭借各自专利开始大量生产环氧沥青。此后40余年间，美国、加拿大、澳大利亚等国广泛使用环氧沥青作为钢箱梁桥铺装材料，取得了较好的铺装效果，并根据本国实际条件纷纷出台钢箱梁桥用环氧沥青的标准规范。

日本在1967年的《沥青铺装纲要》中加入了树脂铺装。自1973年起，本州四国联络桥集团着手有关钢桥面铺装的探讨，并在1977年3月制定了《本州四国联络桥桥面铺装基准》，在此研究成果上日本于1988年的《沥青铺装纲要》中公布了环氧沥青的铺装技术从设计到施工各个环节制订了条文。同期，日本生产的KD-BEP-Epoxy（原称TAF）等环氧沥青专利产品进入我国市场，并且成功应用在江阴长江大桥、虎门大桥铺装维修工程。

国际上环氧沥青混合料按照铺装温度主要分为温拌型（拌合温度110℃~121℃）和热拌型（拌合温度165℃~190℃），其中温拌型代表原材料为美国环氧沥青，热拌型代表原材料为日本环氧沥青。美国环氧沥青结合料由组分A（环氧树脂）与组分B（一种由沥青和固化剂组成的匀质合成物）组成。日本环氧沥青是一种三组分材料，由基质沥青、环氧树脂（主剂）和固化剂（硬化剂）组成，主剂与固化剂按一定比例混合后，再与基质沥青混合，在一定温度条件下成型。尽管两种环氧沥青混合料在我国均已被广泛使用，但研究多集中在各自的混合料性能和应用情况，缺乏关于温拌和热拌环氧沥青混合料铺装性能和施工工艺的对

比性研究。

自引入桥面铺装环氧沥青后，我国学者对其展开了大量的研究，但是在实际应用过程中，对环氧沥青及混合料的部分指标的实验，如沥青针入度、软化点、延度等，多依照我国现行的《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20-2011)和《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)进行。十余年来，科研人员取得了一系列重要研究成果。中国国家标准化管理委员会于2014年6月发布了国标《道路与桥梁铺装用环氧沥青材料通用技术条件》(GB/T 30598—2014)，该标准规定了我国钢桥面铺装和混凝土桥面铺装用温拌环氧沥青和环氧沥青混合料的技术指标，但是没有涉及热拌环氧沥青的技术指标。

本标准针对桥面铺装热拌环氧沥青，在日本环氧沥青的基础上提出了环氧树脂主剂与固化剂的性能指标以及混合比例，经过试验分析确定了固化后环氧树脂的抗拉强度和抗裂延伸率等指标，在参考国内外相关文献和进行室内试验的基础上对《道路与桥梁铺装用环氧沥青材料通用技术条件》(GB/T 30598—2014)中的相关指标进行了细化和修订，提出了热拌环氧沥青结合料的软化点、抗拉强度及抗裂延伸率等指标，及热拌环氧沥青混合料的级配范围、马歇尔稳定度、流值、冻融劈裂强度比、低温弯曲极限应变等指标。

五、与有关现行法律、法规和强制性标准的关系

本标准推荐性标准，不涉及有关现行法律、法规规定，和其他强制性标准。

六、重大分歧意见的处理结果和依据

目前本标准处于征求意见稿阶段，尚无遗留的重大意见分歧。

七、其他应予以说明的事项

无。