

大跨径钢箱梁悬索桥环氧沥青混合料铺装技术

吉 林, 李洪涛

(江苏省长江公路大桥建设指挥部 镇江市 212002)

摘 要: 结合润扬大桥钢桥面铺装科研及施工情况, 从润扬大桥钢箱梁桥面铺装结构、环氧沥青混合料的性能、配合比设计、施工控制等几个方面, 对环氧沥青铺装技术进行介绍, 提出了环氧沥青混合料的特性和施工控制要求。

关键词: 润扬大桥; 钢桥面铺装; 环氧沥青

当前我国大跨径钢箱梁悬索桥多采用正交异性板, 由于正交异性钢桥面板刚度小, 局部变形大, 热容性差, 加之在承受行车荷载与温度变化、风载、地震等自然因素共同作用下, 其受力和变形较公路路面和机场道面复杂得多。因而, 大跨径钢箱梁桥, 特别是悬索桥钢桥面铺装一直是困扰工程技术人员的关键技术难题之一。

1 铺装结构与材料

目前我国大跨径桥梁钢桥面铺装主要采用双层 SMA、双层环氧沥青混凝土、单层浇注式沥青混凝土以及下层浇注式沥青混凝土、上层 SMA 等 4 种结构。但从国内几座已投入运营的桥梁使用状况来看, 使用双层 SMA、单层浇注式沥青混凝土作为铺装层的桥梁大都出现了不同程度的早期破坏, 采用下层浇注式沥青混凝土、上层 SMA 结构的桥梁, 因通车不久, 还有待经受交通荷载的长期考验。

环氧沥青混合料是通过在沥青中添加热固性环氧树脂和固化剂, 经固化反应而形成强度的一种路用材料。由壳牌石油公司开发应用于机场道面, 以抵抗飞机燃油和喷气的侵害, 1967 年首次应用于美国 San Mateo-Hayward 大桥正交异性钢桥面的铺装层^[1]。国内首次应用于南京长江第二大桥斜拉桥钢桥面铺装, 该桥自 2001 年通车运营, 至今状况良好。从室内试验研究及工程实践上看, 双层环氧沥青混凝土铺装结构路用性能较其他的铺装结构更为突出, 润扬大桥钢桥面铺装在进行大量试验研究和比

选的基础上, 选择了双层环氧沥青混凝土铺装结构。

1.1 铺装结构

润扬大桥南汊悬索桥和北汊斜拉桥钢箱梁桥面行车道铺装均采用双层环氧沥青混凝土结构, 下层厚 25 mm, 上层厚 30 mm。铺装层间以及铺装与钢板间洒布环氧沥青粘结层, 铺装结构如图 1 所示。

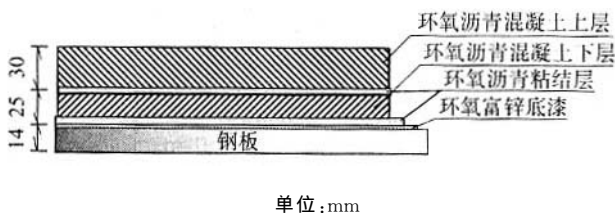


图 1 润扬大桥钢箱梁桥面铺装结构

1.2 铺装材料

优质的原材料是保证铺装混合料性能的先决条件。为满足环境条件及车辆荷载对润扬大桥钢桥面铺装的性能要求, 确保润扬大桥钢桥面铺装的成功实施, 首先必须选择性能优异、相容性好的集料、沥青结合料和粘结材料, 并在此基础上对混合料与结构组合进行优化设计。

1.2.1 集料

集料是钢桥面铺装的关键材料之一。集料的力学性能在很大程度上决定了混合料的强度特性, 集料的颗粒形状与表面特性不仅影响混合料的构架, 也直接关系到混合料的抗车辙能力与抗疲劳性能。钢桥面铺装对集料的要求很高, 必须选用坚硬致密、耐磨、颗粒形状较好, 并与结合料有较好的粘结性能

的硬质石料。

润扬大桥先后选择了江苏、安徽等地 5 个料场所生产的集料,开展 11 项指标的对比试验,最终选择了镇江句容方山的玄武岩矿料,用圆锥反击式破碎机轧制。要求加工前块石原料无风化面,加工后基本成立方体,针片状含量不大于 5%,以 50 kg 为单位分类袋装。细集料还要内衬塑料袋,防止受潮。

考虑到石灰石呈弱碱性,与沥青的粘附性较好,材质比玄武岩稍轻,因而相同质量的石灰石矿粉其比表面积比玄武岩更大,这有利于吸收富余沥青,而且相对于玄武岩来说材料加工更为方便。在对 3 个矿粉加工厂的石灰石矿粉开展了 6 项指标对比试验的基础上,最终选择了南京六合生产的石灰岩矿粉,其中粒径小于 0.075 mm 的含量大于 80%。

1.2.2 沥青结合料

润扬大桥南汉桥为目前我国最大跨径的钢箱梁悬索桥,而国内采用双层环氧沥青混凝土铺装方案的南京二桥为钢箱梁斜拉桥,二者的桥型结构以及主梁的整体受力与变形特性等均存在较大差异。为适应大跨径钢箱梁悬索桥结构特点,先后研究开发了 3 种类型的双组分环氧沥青,经试验对比,选用 V 型环氧沥青作为润扬大桥钢桥面铺装的结合料。

V 型环氧沥青由 A 和 B 两种组分组成。组分 A 是由双酚 A 和表氯醇经反应得到的液态双环氧树脂,不含稀释剂、软化剂或增塑剂,也不含无机填料、色素、其他污染物或不溶物质。组分 B 是一种由石油沥青和环氧树脂固化剂组成的匀质合成物,按其用途的不同,可分为两种,一种用来配制粘结料,用 B_{Id} 表示;一种用于配制结合料,用 B_V 表示。

组分 A 和 B_V 按要求混合并固化后,得到的环氧沥青结合料的技术指标如表 1 所示^[2]。

表 1 环氧沥青结合料技术指标			
技术指标	试验结果	技术要求	试验方法
抗拉强度(20℃)/MPa	1.76	≥1.52	GB/T 528—1998
断裂时的延伸率(20℃)/%	282	≥200	GB/T 528—1998
热固性(300℃)	不熔化	不熔化	特殊规程
漫耗率(20℃)/%	6	≤35	特殊规程
吸水率(7 d,20℃)/%	0.18	≤0.3	特殊规程
在荷载作用下的热挠曲温度/℃	-22	-18~-25	特殊规程
粘度增至 1 Pa·s(121℃)的时间 /min	84	≥50	特殊规程

1.2.3 粘结材料

铺装层之间以及铺装层与钢板之间的良好结合是保证钢桥面铺装与钢桥面板之间协同工作的关键,直接影响到铺装的耐久性。通过对环氧沥青粘结剂、SBR 改性橡胶沥青粘结剂两种材料进行重点研究对比,最终选择了环氧沥青粘结剂作粘结材料,其与钢板及铺装层的粘结强度在 20℃时不小于 2.75 MPa,60℃时不小于 1.75 MPa。

2 混合料性能

2.1 配合比设计

在选定结合料、集料及相应级配后,根据马歇尔试验确定环氧沥青混合料的最佳油石比。试验研究表明,试验结果受成型温度、固化程度以及击实次数的影响明显,因此环氧沥青混合料的设计参数不能仅仅采用马歇尔指标。

在马歇尔试验指标的基础上,选用混合料的空隙率、视密度、间接拉伸应变、冻融劈裂强度比(TSR)等指标作为环氧沥青混合料的设计参数,并根据环氧沥青混合料的高、低温等性能指标对混合料的级配及油石比进行微调,确定最佳设计油石比。

2.2 性能检测

根据混合料组成级配及油石比设计结果,成型试件,进行相应的性能检测,其结果见表 2。

表 2 环氧沥青混合料性能					
技术指标		试验条件	单位	实测值	技术要求
车辙试验	动稳定度	60℃,0.7 MPa	次/mm	12 600	≥5 000
		70℃,0.7 MPa		9 000	≥3 000
	车辙深度	60℃,0.7 MPa	mm	<0.3	≤2
		70℃,0.7 MPa		0.53	≤4
弯曲试验	弯曲强度	-15℃,1 mm/min	MPa	18.3	≥10
	极限应变		10 ⁻³	2.74	≥2
	劲度模量		MPa	6 752	5 000~15 000
线收缩系数		15~-15℃,-10℃/h	10 ⁻⁵ /℃	1.52	≤3.00
抗压试验	回弹模量	15℃,2 mm/min	MPa	—	—
	抗压强度		MPa	41	≥20
劈裂及冻融劈裂试验	劈裂抗拉强度	15℃,50 mm/min	MPa	5.83	—
	极限应变		10 ⁻³	12.7	≥10.0
	劲度模量		MPa	860	—
	TSR		%	77	≥70

与 SMA、浇注式等沥青混合物进行室内对比试验,其结果显示,环氧沥青混合物的高温稳定性最好,并且其线收缩系数最小,极限弯曲应变满足技术要求,说明环氧沥青混合物的温度敏感性较小,高、低温性能较为均衡。

3 钢桥面环氧沥青混合物施工工艺

3.1 特点

与常用沥青混合物铺装相比,环氧沥青混合物具有以下特点:

(1)混合物拌和完成到摊铺碾压存在严格的有效工作时间,短于或超过此时间区间都会造成固化反应不完全或压实不充分等后果;

(2)混合物拌和及碾压要在规定温度条件下进行,超出温度范围的混合物会造成固化反应不完全或过早固化等后果;

(3)混合物孔隙率较低,施工过程中出现的任何水分都会造成铺装层鼓包、脱层等病害。

3.2 粘结层

在洒布环氧沥青粘结剂之前,应清除桥面尘埃、杂物,确保桥面干燥、清洁,并覆盖非喷洒区,避免污染。

下层铺装与钢板间防水粘结层洒布量为 $(0.68 \pm 0.05) \text{ L/m}^2$,铺装层之间粘结层洒布量为 $(0.45 \pm 0.05) \text{ L/m}^2$ 。喷洒过程中,通过控制操作手的行走速度控制喷洒量,并用接着法检验。

在下一道工序进行之前,任何车辆与个人均不得进入已洒好环氧沥青粘结层区域。喷洒结束后的 48 h 内,要完成环氧沥青混合物铺装工作,如因故不能按时进行铺装施工,则在施工前进行补洒,洒布量为 0.45 L/m^2 。

3.3 铺装层

铺装层分两层摊铺、碾压,下层 25 mm,上层 30 mm,在下层全部施工完成后,再进行上面层施工。环氧沥青混合物生产、摊铺和碾压等工艺与普通沥青混合物没有本质区别,针对环氧沥青混合物材料特性,需注意以下事项:

(1)生产前需对沥青 A、B 两组分流量及混合比例进行标定;

(2)严格控制混合物出料温度在 $110 \sim 121 \text{ }^\circ\text{C}$ 范围内,对超出混合物容许温度范围的混合物应予以废弃;

(3)应设专人对料车卸料进行调度,根据各车料的实际温度计算具体卸料时刻,按送料单上规定的时间指挥卸料;

(4)设专人负责翻动螺旋布料器与熨平板之间的混合物,以防止产生“死料”,若已产生“死料”,应立即将其清除;

(5)碾压完成 2 h 后,通过试切确定合适的切缝时机,保证切割面光洁平整,切缝平顺,铺装上、下层的纵、横缝,均采用 45° 的平接缝;

(6)所有上桥车辆必须清洗车轮和车厢,进入施工现场人员必须穿戴鞋套,并备有擦汗毛巾;

(7)严禁在作业区内喝水、进食、抛弃杂物,确保工作面清洁、干燥。

4 认识与体会

(1)在广泛调研的基础上,通过对原材料性能比选、不同类型沥青混合物配合比设计及不同铺装结构组合试验研究,结合力学分析成果及实桥试验研究成果,综合考虑工期等因素,所选择确定润扬大桥钢箱梁桥面双层环氧沥青混凝土铺装方案,是有充分的室内外对比试验依据的,可望能够取得成功。

(2)环氧沥青混合物强度较高、温度敏感性相对较小、高、低温性能优良,能适应钢箱梁桥面铺装恶劣的工作环境。

(3)环氧沥青混凝土施工工艺及设备与普通沥青混凝土施工类似,但对时间和温度要求苛刻,对施工中水分的控制要求严格,只有通过加强施工组织管理,精心施工,才能确保铺装质量。

参考文献:

- [1] 黄卫,等. 南京长江第二大桥钢桥面铺装技术研究[J]. 公路,2001,(1).
- [2] 东南大学. 润扬大桥钢桥面铺装材料试验研究报告[R]. 2002.
- [3] 东南大学. 润扬大桥钢桥面铺装施工实施指导意见[Z]. 2004.