

机场绕滑道工程高性能沥青混合料研究与应用

冯冰天

[1.上海公路桥梁(集团)有限公司,上海市 200433; 2.上海绿色路面材料工程技术研究中心,上海市 201901]

摘 要: 依托虹桥机场绕滑道系统安全改造项目,研究不同品种、不同掺量高模量剂对 SMA-13 和 AC-20 混合料动稳定度的影响,根据虹桥机场绕滑道现场条件和未来使用需求,比选并确定适用于新建绕滑道道面沥青面层的最优高模量剂与掺量。基于室内试验对沥青道面的混合料性能进行分析,结果表明所选用高性能沥青混合料具有优异的高温稳定性、耐疲劳性能、抗水损害性能,能有效满足绕滑道道面运营使用需求。最后结合工程实际施工效果进行评价。

关键词: 机场绕滑道道面;高性能沥青;高模量剂;抗车辙剂

中图分类号: U414

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)02-0218-04

0 引言

我国民航事业的不断发展给机场基础设施的建设带来了越来越多新的挑战。机场道面作为机场基础设施的重要组成部分,其使用性能的好坏直接影响到乘客是否能得到安全与舒适的体验^[1]。

目前,我国机场道面结构主要可分为两种类型。一种为水泥混凝土刚性道面,具有结构强度高、承载能力强、使用寿命长等特点,且在材料要求、工程造价、维护成本等方面具有一定的优势。另一种为沥青混凝土柔性道面,具有表面平整、抗滑性强等特点,飞机运行时平稳、舒适且噪声低,表面使用性能良好,同时施工速度快、养护时间短,工期节省且适应性强,较适合现有的关键飞行区域保障不停航施工的需要。未来我国将会有越来越多的机场新建道面采用沥青混凝土柔性道面形式或加铺沥青混凝土道面的形式^[2-3]。

相较于城市道路路面,机场道面对沥青混合料的高温稳定性、耐疲劳性能和平整抗滑等方面的使用性能具有更高的要求,以适应机场道面重载、高速、频繁加减速的行驶特征^[4]。除此之外,道面结构设计时还应考虑不停航、快速施工条件下的工程需要,以尽可能降低对机场日常运营的影响。本文依托虹桥机场绕滑道系统安全改造工程中的沥青道面工程,分析了虹桥机场绕滑道道面应用需求,按照不同工况条件掺加不同品种与比例的高模量添加剂,研

究高模量剂对沥青混合料的动稳定度的影响规律,并从原材料性能试验的角度对本文所提的高性能沥青混合料的适用性进行验证分析。

1 道面施工方案研究

1.1 工程概况

上海虹桥国际机场是我国重要的航空客货运枢纽之一,初建时间早,拓建次数多^[5]。实施虹桥机场绕滑道系统安全改造工程的目的是进一步增强虹桥机场飞行区安全保障能力,提升机场运行效率和品质^[6]。实施内容包括建设南北中间绕滑道,并与现有南北绕滑道西半部分形成小环远端绕滑模式。本文着重依托此次绕滑道道面结构工程中的沥青道面面层工程,针对机场绕滑道使用特点,对沥青面层所采用的沥青混合料性能开展研究。

1.2 道面使用需求分析

(1)重载。如大型远程宽体客机波音 747-400,其起飞全重量近 400 t,轮胎接地压力高达 1.44 MPa。机场道面在如此高的荷载作用下将产生很大的应力和应变,使机场道面很容易产生失稳性车辙和剪切流动变形。同时,在高应力作用下,容易发生有限次数大荷载作用下的疲劳破坏^[7-8]。

(2)高速。飞机滑行速度往往达到 200 km/h 以上。因此,要求道面具有良好的平整、抗滑性能,以保证飞机起落的安全性^[7]。

(3)作用次数少。机场交通量很小,一般国内小型机场一天起落十个架次到几十个架次。即使繁忙的机场,也不过一天三五百架次。而一般高速公路一天的交通量可达几万次。因此,机场道面一般呈现出有限

收稿日期: 2021-04-28

作者简介: 冯冰天(1968—),男,本科,工程师,从事沥青混凝土研发与生产工作。

次数大荷载作用下的疲劳特征。

(4)加减速频繁。飞机在起落过程中一直处于加减速状态,因此机场道面沥青混合料将受到巨大的水平剪切应力。这就要求沥青道面面层材料自身具有良好的抗剪切变形能力,同时要求沥青面层与基层之间具有良好的层间黏结性能^[9]。

1.3 结构设计方案

基于机场道面对沥青混合料性能的要求与 SMA-13 沥青混凝土优越的性能,根据沥青混合料厚度设置和不停航条件下施工的需要,新建道面沥青混合料结构层采用四层结构形式。其中,下部面层为过渡层,采用掺加高模量剂的 AC-20 改性沥青混凝土,主要协调沥青面层与下部半刚性基层,以充分保证密水性和耐久性,兼顾抗裂(防反)性。中部面层为掺加高模量剂的 AC-20 改性沥青混合料和 SMA-13 改性沥青混合料,共同承担抗剪和持力层作用,以保障结构承载能力和抗轮辙能力。上部面层主要为磨耗层,采用 SMA-13 改性沥青混合料,以保证抗滑性、抗松散性和抗水损坏能力,兼顾高温性能。考虑到与道面的统一,用于道肩面层的沥青混合料也采用了相同的 SMA-13 改性沥青混合料。

2 材料性能分析

2.1 沥青

考虑到机场道面高温稳定性、耐疲劳性能、抗松散、抗水害性能和平整抗滑的技术特点,在满足规范要求的基础上,本次沥青道面工程选用符合上述条件的高弹改性沥青作为上面层 SMA-13 胶结料,重载交通专用改性沥青作为下承层 AC-20 的沥青胶结料。高弹性改性沥青和重载交通专用改性沥青性能指标和实测结果见表 1、表 2。

表 1 高弹性改性沥青性能指标与实测值一览表

技术标准	测试结果	技术要求	试验方法
针入度(100 g, 25℃, 5 s)/0.1 mm	54	40~60	T0604
软化点/℃	86	≥75	T0606
延度(5℃)/cm	52	≥30	T0605
135℃运动黏度/(Pa·s)	2.8	≤3.0	T0625
60℃黏度/(Pa·s)	≥20 000	≥20 000	T0620
弹性恢复(25℃)/%	98	≥75	T0662
离析(48 h 软化点差)/℃	1.0	≤2.0	T0661
闪点/℃	328	≥260	T0611
旋转薄膜烘箱试验	针入度比/%	≥65	T0604
	延度(5℃)/cm	≥15	T0605
	质量损失/%	+0.044	≤±0.8 T0610

表 2 重载改性沥青性能指标与实测值一览表

技术标准	测试结果	技术要求	试验方法
针入度(100 g, 25℃, 5 s)/0.1 mm	56	40~60	T0604
软化点/℃	96	≥75	T0606
延度(5℃)/cm	49	≥30	T0605
135℃运动黏度/(Pa·s)	2.02	≤3.0	T0625
60℃黏度/(Pa·s)	≥20 000	≥20 000	T0620
弹性恢复(25℃)/%	98	≥75	T0662
离析(48 h 软化点差)/℃	1.0	≤2.0	T0661
闪点/℃	314	≥260	T0611
旋转薄膜烘箱试验	针入度比/%	≥65	T0604
	延度(5℃)/cm	≥15	T0605
	质量损失/%	+0.037	≤±0.8 T0610

相较于一般改性沥青,本次选用的高弹改性沥青具有更好的恢复变形能力,抗变形疲劳性能较好;老化后指标满足相关规范对改性沥青的要求,且优于一般 SBS 改性沥青,具有较好的抗老化性能^[10]。

选用的重载交通专用改性沥青具有较好的软化点和低温延度。根据相关混合料试验,其动稳定度是规范改性沥青混合料要求的 2~3 倍,疲劳寿命是普通改性沥青的 4 倍左右。因此,能有效提高混合料的高温抗车辙性能和低温抗裂性能^[11]。

2.2 高模量剂的影响分析

为进一步验证高模量剂对沥青混合料的整体性能的影响,本文通过室内车辙试验,研究不同品牌、不同掺量的高模量剂对两种沥青制备的 SMA-13 沥青混合料和 AC-20 沥青混合料的动稳定度的影响规律。其中,沥青混合料均按已经确定的生产配合比制备。

3 种不同品牌高模量剂进行车辙试验对比如图 1 所示。动稳定度越大,表示高温稳定性越好。从中可以看出,A 品牌高模量剂相较于其他高模量剂能提高 10%~12%的动稳定度,因此选择高模量剂 A 作为本次工程所用的掺加剂。

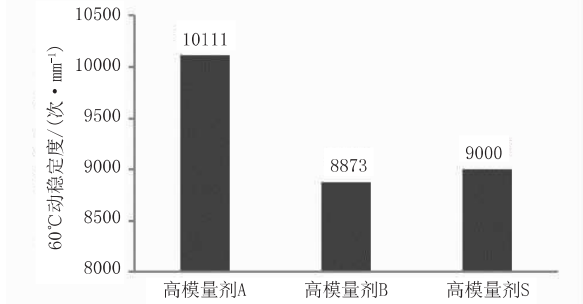


图 1 不同品牌高模量剂对 AC-20 沥青混合料动稳定度影响

从图 2 的车辙试验可以看出,掺加 0.2%的高模量剂后,SMA-13 沥青混合料的动稳定度与未掺加

时增幅不明显;随着高模量剂掺量的增加,动稳定度有显著提升。这主要是因为,高模量剂会对沥青混合料产生加劲和胶结作用,使沥青和集料之间的黏结力增大,高模量剂掺量越多,加劲作用和胶结作用越明显,动稳定度越大^[12]。

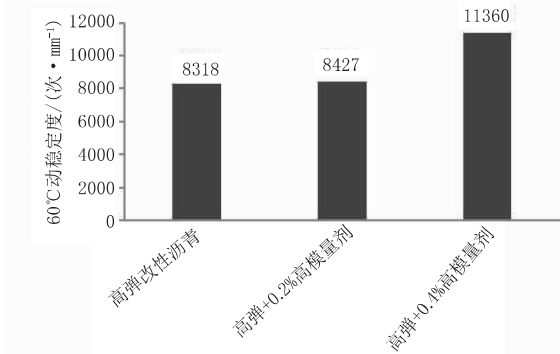


图2 不同掺量高模量剂对 SMA-13 沥青混合料动稳定度影响

从表3中可以看出,掺加0.6%的高模量剂后,AC-20 沥青混合料的动稳定度提升38%,低温最大弯拉应变提升了14%,而冻融劈裂强度比的变化不明显。高模量剂能有效增加沥青黏度,使混合料黏结力相应变大。因此,在一定范围内增大高模量剂的掺量,可以提高混合料的水稳定性。

表3 不同掺量高模量剂对 AC-20 沥青混合料性能指标

试验原材料	动稳定度 (次·mm ⁻¹)	低温小梁最大 弯拉应变/μ ϵ	冻融劈裂 强度比/%
重载专用改性沥青	10 064	2 633.8	89
重载+0.6%高模量剂	13 848	3 069	90

根据以上试验结果,结合设计文件要求与经济效益角度考虑,决定采用0.6%和0.4%分别作为本沥青道面工程AC-20级配和SMA-13级配的沥青混合料的高模量剂掺量。

2.3 沥青混合料与性能分析

按照已经确定的生产配合比和高模量剂掺量生产沥青混合料,高弹改性沥青混合料和重载改性沥青混合料性能指标和实测结果见表4、表5。从表4、表5可以看出,本次沥青道面所使用的SMA-13和AC-20 沥青混合料具有良好的高温稳定性,60℃的动稳定度均能达到11 000次以上,且低温极限破坏应变能达到3 000 μ ϵ 以上,具有良好的高低温性能。从冻融劈裂试验和肯塔堡飞散试验结果来看,两种高性能沥青混合料冻融劈裂强度比和肯塔堡飞散损失均能满足规范要求,能够保证机场道面在重载、高速、频繁加减速行驶特征下具有良好的抗水损害性能和抗剥落性能。

表4 高弹性改性 SMA-13 混合料性能指标与实测值一览表

技术标准	测试结果	技术要求	试验方法
马歇尔稳定度 MS/kN	9.70	≥9.0	T0709
流值 FL/0.1 mm	27.4	20~40	T0709
空隙率 VV/%	4.0	3~5	T0709
矿料间隙率 VMA /%	17.3	≥13	T0705
沥青饱和度 VFA/%	76.9	65~75	T0705
浸水马歇尔残留稳定度 MS ₀ /%	99.5	≥90	T0709
冻融劈裂强度比 TSR/%	95.0	≥85	T0729
动稳定度 /60℃,次/mm	12 034	≥10 000	T0719
谢伦堡沥青析漏量 /%	0.04	≤0.1	T0732
肯塔堡飞散损失 /%	1.6	≤10	T0732
低温弯曲试验破坏应变 /μ ϵ	3 542.4	≥3 000	T0715
渗水系数 /(mL·min ⁻¹)	0	≤80	

表5 重载改性 AC20 混合料性能指标与实测值一览表

技术标准	测试结果	技术要求	技术要求
马歇尔稳定度 MS/kN	16.1	≥9.0	≥9.0
流值 FL /0.1 mm	35.9	20~40	20~40
空隙率 VV/%	4.5	3~5	3~5
矿料间隙率 VMA /%	13.4	≥13	≥13
沥青饱和度 VFA/%	66.4	65~75	65~75
浸水马歇尔残留稳定度 MS ₀ /%	98.1	≥90	≥90
冻融劈裂强度比 TSR/%	98.5	≥85	≥85
动稳定度 /60℃,次/mm	11 066	≥10 000	≥10 000
低温弯曲试验破坏应变 /μ ϵ	3 176.2	≥3 000	T0715
渗水系数 /(mL·min ⁻¹)	0	≤80	

3 工程应用效果分析

为了验证所选用沥青混合料实际应用效果,采用现场检测方法,对虹桥机场道面试验段进行沥青上面层SMA-13的摊铺与工后性能检测评价。

机场滑道道面摊铺宽度为23 m,因此采用4台摊铺机以联机形式进行摊铺。考虑安检和航后施工等因素,拌和均提前至少4h进行,拌和能力保证可以满足摊铺要求。压路机碾压路面时遵循“紧跟、慢压、高频、低幅”的原则,即压路机紧跟在摊铺机后面碾压,碾压速度慢且均匀,采取高频率、低振幅的方式碾压。道面试验段SMA-13上面层工后检测结果见表6。

由表6可以看出:由渗水系数试验结果,虹桥机场绕滑道试验段道面抗渗水性能优异,能有效防止雨水对道面造成的水损害;道面平整状况良好,能够有效改善飞机滑行时的舒适性;道面压实度良好,现阶段沥青SMA-13施工工艺满足设计与规范要求。

表 6 试验段使用性能检测结果

检测指标	试验结果	技术要求
渗水系数 $I/(\text{mL}\cdot\text{min}^{-1})$	13	≤ 100
平整度 /mm	2.1	≤ 5
马氏压实度值 /%	100.4	≥ 98

4 结 语

经过理论分析和试验验证,本文主要得到以下结论:

(1)采用高温性能与抗疲劳性能优异的高弹改性沥青作为磨耗层 SMA-13 胶结料,重载改性沥青作为下面层胶结料,具有优异的高温抗车辙能力和良好的水稳定性,提升了混合料的各项性能,满足了机场道面高温稳定和平整抗滑的要求。

(2)通过研究不同品牌与掺量的高模量剂对沥青混合料的性能指标影响,确定以 0.6%和 0.4%作为本工程 AC-20 级配和 SMA-13 级配的沥青混合料的高模量剂掺量。

(3)材料性能试验结果表明:两种沥青混合料动稳定度均大于 11 000 次 /mm,浸水马歇尔残留稳定性和冻融劈裂比较高,其他各项指标也满足规范要求。这说明,此次沥青道面所设计的混合料路用性能良好。

(4)施工现场检测结果表明:机场滑道道面压实

度、平整度与渗水系数均满足规范要求,具有良好的抗松散、抗水害性能和平整抗滑性能。

参考文献:

[1] 湛偲翔. 机场道面沥青加铺层受力特性与裂缝修复研究[D].南京:东南大学,2018.

[2] 王珏. 机场沥青道面施工质量变异特性研究[D].西安:长安大学,2010.

[3] 罗俊. 沥青道面在我国民用机场应用的研究[J]. 建材与装饰, 2018, 528(19):281-282.

[4] 闫启琨. 民用机场沥青混凝土道面设计方法[J]. 交通世界, 2019(5): 48-49.

[5] 谢明逸, 朱鸣. 虹桥机场平滑道面钢纤维砼罩面施工实践[J]. 广东交通职业技术学院学报, 2004, 3(1):55-57.

[6] 刘晏滔. 虹桥机场绕滑运行模式探讨[C]// 上海空港(第 17 辑).上海:上海科学技术出版社,2013:19-26.

[7] 王春, 何大贵. 对机场道面使用性能要求的研究[J]. 建筑工程技术与设计, 2016(13):2915.

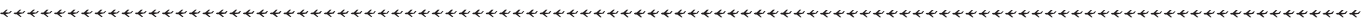
[8] 游庆龙, 李京洲, 罗志刚, 等. 飞机轮载作用下机场复合式道面结构力学分析[J]. 江苏大学学报(自然科学版), 2020, 41(1):111-117.

[9] 刘文. 机场沥青道面设计指标及方法研究[D].上海:同济大学, 2008.

[10] 柴冲冲, 柴平, 朱天同, 等. 高弹性改性沥青在钢桥面铺装中的应用 [C]// 全国公路养护新材料应用技术大会论文集. 北京: 中国公路学会养护与管理分会, 2015:23-30.

[11] 朱天同, 曹亚东, 上野贞治, 等. 重载交通专用改性沥青的性能研究 [C]// 全国公路养护新材料应用技术大会论文集. 北京: 中国公路学会养护与管理分会, 2015:196-201.

[12] 王俊杰. 高模量剂对沥青及其混合料性能的影响研究 [J]. 中外公路, 2015, 35(3):263-267.



《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com