

文章编号:1671-8879(2009)01-0006-04

塔河沥青路用性能影响因素

马 峰,沙爱民

(长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室,陕西 西安 710064)

摘 要:为了提高新疆塔河原油炼制沥青的质量,采用《公路沥青路面施工技术规范》指标与 SHRP(美国公路战略研究计划)指标,分析了基质 90[#] 沥青、技改 90[#] 沥青、市政专用 90[#] 沥青、SBS 改性沥青和 SBR 改性沥青 5 种塔河沥青结合料路用性能,研究了塔河原油性质与生产工艺对其性能的影响。结果表明:高沥青质的质量分数决定了 5 种塔河沥青都具有优良的高温性能;也决定了塔河基质沥青的低温性能相对不理想,只能在生产工艺环节中通过优化调和成分和改性的方法进行改善。

关键词:道路工程;塔河沥青;原油性质;路用性能;影响因素

中图分类号:U416.217

文献标志码:A

Influencing factors of Tahe asphalt road performance

MA Feng, SHA Ai-min

(Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education,
Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: To improve the quality of Xinjiang Tahe asphalt, this paper studies the performances of base-90[#], skill-improved-90[#], municipal-dedication-90[#], SBS modified asphalt, SBR modified asphalt by using the indices of Chinese standard *Technique Specification for Highway Asphalt Pavement Construction* and SHRP(Strategic Highway Research Program). The influences of properties of crude oil and production technology on the road performances of asphalt are conducted through experiments. The result shows that the good performance at high temperature and bad performance at low temperature of basis asphalt is determined by the high content of asphaltene, the road performance at low temperature can be improved only through optimizing the contents and adding modifier in the production. 3 tabs, 3 figs, 8 refs.

Key words: road engineering; Tahe asphalt; crude oil property; road performance; influencing factor

0 引 言

中国公路基础建设迅速发展,对优质道路沥青特别是重交通道路沥青需求量急剧攀升,大力发展中国产优质道路沥青势在必行。生产沥青的原油性

质与生产工艺特点共同决定了沥青的路用性能^[1-6],如何利用新疆塔河稠油资源生产优质的道路沥青,中国已开展了研究工作^[7]。为此,本文在全面评价塔河系列沥青结合料性能的基础上,系统分析现有塔河沥青的优势与不足,分析原油性质和生产工艺

收稿日期:2008-02-10

基金项目:中石化上海沥青销售公司技术服务项目(200511)

作者简介:马 峰(1978-),男,安徽宿州人,讲师,工学博士,E-mail:mafeng@chd.edu.cn。

过程两个因素对塔河沥青路用性能的影响,为石化企业提高道路沥青质量提供依据和参考。

1 塔河原油性质

新疆塔河油田位于塔里木盆地北部的戈壁沙漠中,靠近塔里木河岸北部。该油田由 6 个油区组成,其中 1 区、3 区主要产轻、中质原油;4 区原油是塔河油田的主要产油区。该油田具有埋藏深度大、储层非均质性強和油气水分布复杂的特点。

塔河原油属于含硫中间基原油。不同油井、不同时间取样,即使同一油井中的原油,也存在不均匀性,因而各机构获得的塔河原油数据略有不同。但是,塔河原油的性质与国内外典型的原油性质相比,特点明显,其性质如表 1 所示。

表 1 几种原油基本性质比较

项 目	塔河原油	欢喜岭原油	克拉玛依原油	绥中 36-1 原油	单家寺原油
密度(20℃)/(g·cm ⁻³)	0.955 3	0.962 0	0.941 0	0.957 1	0.975 0
粘度(50℃)/(mm ² ·s ⁻¹)	653.95	339.60	563.00	501.50	1 653.50
酸值/(mg·g ⁻¹)	0.08	3.12	4.64	2.36	
闪点/℃	37	139	132		176
残炭含量(质量分数)/%	15.83	7.51	7.04	8.95	12.40
凝点/℃	-8	-19	-20	-20	-12
沥青质含量(质量分数)/%	12.32	1.50	0.49	2.50	1.84
胶质含量(质量分数)/%	13.25	37.90	18.70	14.95	22.80
蜡含量(质量分数)/%	1.50	1.50	1.42	0.40	1.85
硫含量(质量分数)/%	2.75	0.24		0.22	

塔河原油密度范围:4 区主产区原油 20℃密度为 0.955 3~0.962 3 g/cm³,按原油相对密度分类方法,区间为 0.930 0~0.996 0 g/cm³,属重质原油;按相对密度指数(API)分类方法,也属重质原油。一般而言,重质原油是地质年代较年轻的原油,其含轻质馏分少,非烃化合物多,馏分油安定性差,需要较复杂的加工过程。

塔河油田主产区原油硫含量为 2.75%,远大于高硫沥青含量 2.0%的标准,为高硫原油。塔河原油中钒、镍等金属含量(质量分数)均较高;蜡含量小于 2%,适合于生产优质道路石油沥青。塔河原油的凝点与其他重质原油相比,普遍较高。

塔河原油的酸值约为 0.08 mg/g,欢喜岭原油的酸值为 3.12 mg/g,克拉玛依原油的酸值为 4.64 mg/g,绥中 36-1 原油的酸值为 2.36 mg/g。多种原油相比之下,塔河原油的酸值仅为这些典型原油的 1%~4%。

表 1 中塔河原油与其他原油相比,沥青质含量

高出很多,约为典型稠油沥青质含量的 10 倍;胶质含量比欢喜岭、单家寺原油略低,与克拉玛依、绥中 36-1 原油的胶质相当。

塔河原油的(大于 380℃)渣油收率约为 70%,这与原油中的高沥青质、胶质含量直接相关。高的渣油收率决定了塔河原油中沥青将占到很大比例,比欢喜岭、克拉玛依及单家寺原油都要大得多。

塔河原油渣油是生产优质道路沥青的良好原料;高沥青质含量是塔河原油的主要特点,且渣油收率较高,更适于生产道路沥青。

2 塔河沥青生产工艺

沥青生产工艺可分为常减压蒸馏、溶剂脱沥青、氧化法和调和法 4 种。炼油厂可根据实际情况,选择其 1 种或几种组合来确定生产工艺。沥青的生产工艺与原油性质共同决定了沥青产品的性能,原油性质不变时,生产工艺对沥青的性质产生重要影响。对石化部门而言,生产工艺的确定取决于炼油厂的综合经济效益与原油资源的合理利用,而交通部门则更加关注采用的生产工艺对沥青产品质量的提高与稳定。

塔河原油减压渣油的收率约为 70%,其轻质化加工难度较大,生产轻质燃料油、润滑油产量受到限制。对于道路沥青生产而言则较易实施,且产量较大。塔河沥青的生产无需氧化工艺即可达到道路沥青要求范围;常减压渣油仅需要调和工艺,改善低温、抗老化指标,即可生产出合格的道路沥青。

催化裂化油浆在提高原油加工深度、生产高辛烷值汽油、柴油和液化石油气的同时,得到部分沸程大于 350℃的组分。催化裂化油浆主要由饱和分、芳香分及胶质组成,芳香分含量(质量分数)较高,芳香分中是一些相对分子质量较小具有多环短侧链结构且难以裂化的物质。

催化裂化油浆中的胶质是一些相对分子质量较小、接近多环芳烃结构的极性化合物,不同于减压渣油中相对分子质量大、饱和程度较高的胶质。表 2 数据表明,轻质调和成分与塔河渣油具有互补性,作

表 2 富芳烃馏份油主要指标

项 目	指标	项 目	指标
饱和分含量(质量分数)/%	38.53	酸值/(mg·g ⁻¹)	3.50
芳香分含量(质量分数)/%	46.06	粘度(140℃)/(Pa·s)	8
胶质含量(质量分数)/%	13.86	粘度(100℃)/(mm ² ·s ⁻¹)	29.47
沥青质含量(质量分数)/%	1.55	闪点/℃	242
蜡含量(质量分数)/%	0.05	密度(20℃)/(kg·m ⁻³)	985

为轻质调和油的主要组分,对提高沥青产品的低温性能、抗老化性能具有显著作用。

本研究对塔河原油生产的 90# 沥青、技改 90# 沥青、90# SBS 改性沥青、90# SBR 改性沥青和市政专用 90# 沥青进行常规和 SHRP 指标试验,并对其结合料性能进行评价分析。塔河技改 90# 沥青是在生产工艺改进的基础上生产的重交道路沥青,主要应用于公路工程,特别是高等级公路工程的应用。塔河 SBS 和 SBR 两种改性沥青均为厂家主要产品;塔河市政专用 90# 沥青是在技改 90# 沥青的基础上生产的轻度 SBR 改性沥青,主要应用于市政道路与高等级公路建设。

3 塔河沥青结合料性能分析

本研究采用塔河原油生产的系列沥青产品进行常规和 SHRP 指标试验,评价塔河沥青结合料路用性能,并分析原油性质、生产工艺对沥青路用性能的影响。

调和生产工艺适合于塔河道路沥青的生产。针对塔河直馏沥青化学组分的欠缺,采用富芳烃馏份油和丁苯类聚合物等材料对其组成进行调整,使塔河基质沥青性质得到明显改善(表 3)。

表 3 塔河系列 90# 沥青产品基本性质

项 目		基质 沥青	技改 沥青	市政专 用沥青	SBS 改 性沥青	SBR 改 性沥青
不同温度(℃)的针入度(100 g, 5 s)/0.1 mm	15	29.2	33.3	34.1	36.5	34.7
	25	79.7	86.6	77.1	79.3	87.8
	30	131.3	137.9	124.9	121.6	135.0
不同温度(℃)的延度(5 cm/min)/cm	5	6.7	>150.0	>150.0	56.4	>150.0
	10	20.1	>150.0	>150.0		
	15	106.3	>150.0	>150.0		
软化点(环球法)/℃		47.8	47.0	49.0	61.5	48.2
蜡含量(蒸馏法)/%		1.29	0.97			
闪点/℃		238	263	238	230	230
针入度指数		-0.550	-0.200	0.470	0.970	0.084
薄膜质量变化/%		-0.22	-0.38	-0.36	-0.41	-0.38
烘箱残留针入度/%		63.5	58.5	66.0	72.7	58.9
加热 10℃ 残留延度/cm		6.3	36.1	94.3		
试验 5℃ 残留延度/cm					30.1	12.5

3.1 高温性能影响因素

SHRP 高温指标是一个多指标体系。为了将其与常规方法进行比较,用内插方法计算未老化沥青的车辙因子 $G^*/\sin(\delta)$ 为 1.0 kPa 时的对应温度,如图 1 所示。环球法实测软化点表明,技术改造措施中轻质调和成分的影响,技改 90# 沥青比塔河 90# 沥青的软化点略有降低;SBR 改性剂的加入对

软化点的提高也有一定帮助。 $G^*/\sin(\delta)$ 对应的温度反映出技改 90# 沥青的高温抗车辙能力与塔河 90# 沥青基本相当;市政专用 90# 沥青则比塔河沥青、技改 90# 沥青略低。当量软化点指标弱化了 SBS 改性沥青对高温性能提高的幅度。塔河 90# 沥青、技改 90# 沥青、市政专用 90# 沥青和 SBR 改性沥青的高温性能水平相当,而 SBS 改性剂的加入对高温性能的提高显著。塔河系列沥青的高温性能主要受原油、渣油性质影响,轻质调和成分、调和工艺过程对高温性能影响较小。

从图 2 塔河系列沥青的薄膜烘箱(TFOT)老化后残留沥青试样的 $G^*/\sin(\delta)$ 变化趋势来看,各种工艺措施对塔河 90# 沥青老化后的高温性能提高都有所帮助。不同温度的 $G^*/\sin(\delta)$ 值均比塔河 90# 沥青有所提高,技术改造措施、市政专用 90# 沥青生产工艺和 SBR 改性剂效果较小,相比之下 SBS 改性剂的加入对该指标的提高作用明显。

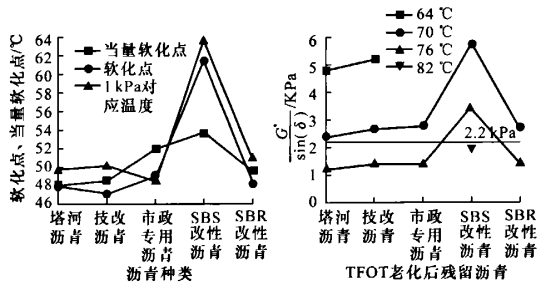


图 1 塔河沥青高温性能指标 图 2 塔河沥青老化后 $G^*/\sin(\delta)$

3.2 低温性能影响因素

从低温延度指标来看,技术改造措施、市政专用 90# 沥青的生产工艺对 15℃ 延度指标提高效果明显,塔河 90# 沥青延度从 100 cm 左右提升到 150 cm 以上;塔河 90# 沥青的 10℃ 延度也从 20 cm 左右提高到 150 cm 以上。5℃ 延度的塔河 90# 沥青几乎没有表现出弹性就已经破坏;技改沥青、市政专用沥青通过生产工艺和轻质调和成分的作用 5℃ 延度提高到 150 cm 以上。SBS、SBR 两种改性剂对塔河 90# 沥青的 10℃、15℃ 延度提高幅度明显,都达到 150 cm。添加 SBS 改性剂也可以将塔河 90# 沥青的 5℃ 延度指标提高到 60 cm 左右;而 SBR 改性剂对塔河 90# 沥青的 5℃ 延度指标提高到 150 cm 以上,SBR 改性剂对塔河 90# 沥青的低温延度提高显著,优于 SBS 改性剂。

SHRP 低温指标说明,塔河系列沥青的 PG 分级均达到 PG-28,体现不出各产品之间的差别,但从具体指标上可以分出优劣,如图 3 所示。-12℃、

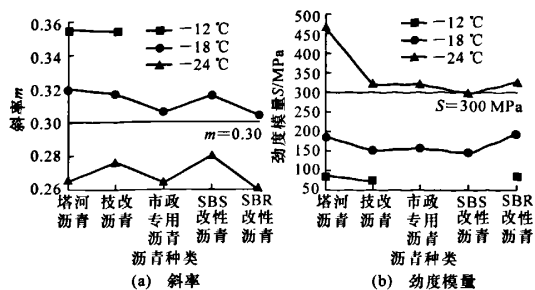


图3 塔河沥青低温性能指标

-18℃温度下5种沥青产品的性能非常接近,不利于比较,因此,选取试验条件更为苛刻的-24℃进行比较。从-24℃劲度模量 S 来看,塔河SBS改性沥青性能最优;技改90#沥青、市政专用90#沥青与SBR改性沥青性能接近,与SBS改性沥青性能相比略差,排在其次;塔河90#沥青最劣,且与其余4种沥青存在较明显的差距。

从图3劲度模量变化趋势来看,技改90#沥青、市政专用90#沥青、SBR、SBS在-24℃条件下对塔河90#沥青的劲度模量降低作用显著。结合低温延度试验结果,可以看出塔河90#沥青生产过程中的技术改造措施、市政专用90#沥青的生产工艺、SBR或SBS改性剂的加入,对提高塔河90#沥青低温柔性效果较好。蠕变曲线的斜率 m 数据表明,塔河SBS改性沥青较优,技改90#沥青与之接近。但是,塔河90#沥青-24℃时的 m 值略大于技改90#沥青和SBR改性沥青,反映了轻质调和油分的加入,对 m 值有不利的影响。

技术改造措施对降低沥青的劲度模量效果显著,在提高沥青的变形能力方面则效果一般。在较低试验温度(-24℃)下,市政专用沥青的生产工艺、SBR改性剂对降低沥青的低温劲度模量方面效果较为明显;对沥青的低温变形能力不仅没有提高,反而略有降低,并且随SBR改性剂剂量的增大(SBR改性沥青中改性剂剂量多于市政专用90#沥青), m 值降低幅度增大。分析其原因,SBR改性剂对未老化沥青的低温延度提高明显,但是SHRP低温指标的试样为TFOT(或RTFO)和压力老化(PAV)的沥青,老化过程对SBR改性剂的影响较为明显。

SBS改性剂对塔河90#沥青在-18℃、-24℃温度下的劲度模量降低效果优于其他几种措施。SBS改性沥青在-18℃、-24℃温度下 m 值的提高效果也优于其他工艺措施。从低温延度结果可以看出,SBS改性剂对塔河90#沥青低温柔性改善效

果最为明显。

3.3 抗老化性能影响因素

塔河沥青各产品TFOT老化后的质量变化均满足规范^[8]不大于1%的要求。技改90#沥青、市政专用90#沥青和SBR改性沥青的质量损失略大于塔河90#和SBR改性沥青。这反映了技术改造措施中轻质调和成分的变化,对延度提高有利的轻质油分在老化条件下增大了挥发量。老化前后的10℃延度指标反映出技术改造措施、市政专用90#沥青的生产工艺对提高沥青的延度指标效果明显。

在各温度等级下,SBS改性沥青的 $G^* \sin(\delta)$ 值最小,表明SBS改性沥青的抗疲劳性能最好,SBR改性沥青和塔河90#沥青抗疲劳性能相当,但比塔河技改90#沥青稍差。说明在经历了短期老化和长期老化的共同作用后,SBR改性剂对沥青抗疲劳性能的改善作用基本上丧失。技术改造措施对塔河90#沥青的抗疲劳性能有一定的帮助,而市政专用90#沥青生产工艺在经过短期、长期老化后,抗疲劳性能方面比塔河90#沥青有所降低。

3.4 其他性能影响因素

各生产工艺措施对塔河90#沥青的针入度指数均有不同程度的提高。技术改造措施将塔河90#沥青的针入度指数值从-0.55提高到-0.2;SBR改性剂的加入可以将针入度指数提高到超过0;市政专用90#沥青生产工艺将针入度指数提高到0.5左右。SBS改性剂的作用仍然最为显著,可以将塔河90#沥青的针入度指数提高到接近1。

塔河原油组成中蜡含量低,塔河90#沥青、技改90#沥青的含蜡量分别为1.29%和0.97%,达到优质沥青水平。由于含蜡量主要受原油组成控制,市政专用90#沥青、SBS改性沥青、SBR改性沥青制备工艺过程中不会添加新的蜡,其蜡含量不会有大的变化。

塔河沥青的胶质组分含量较低,酸值较低,将会导致塔河90#沥青与集料的粘附性减弱,进而影响塔河90#沥青混合料的水稳性能,这需要在后续混合料性能研究中进一步验证。

沥青的闪点是施工过程中安全性能的重要指标,文献^[8]要求沥青闪点不低于230℃,塔河系列沥青产品都满足这一要求。塔河90#沥青的闪点为238℃,技改措施后闪点升高到260℃,提高幅度明显。在市政专用90#沥青的生产工艺中,由于调和成分注重提高的沥青延度、抗老化后延度指标,闪点为238℃,与塔河90#沥青的闪点相同。闪点作为

(下转第25页)

意土的体缩现象,即使是硫酸盐渍土,在温度降低的过程中也会发生土体下陷。所以,在实际工程中,对于粗颗粒硫酸盐渍土一定要提高土体的压实度,保证路基正常使用。

参考文献:

References:

- [1] 徐攸在.盐渍土地基[M].北京:中国建筑工业出版社,1993.
- [2] 徐学祖.土体冻胀和盐胀机理[M].北京:科学出版社,1995.
- [3] JTJ 051—93,公路土工试验规程[S].
- [4] JTJ B01—2003,公路工程技术标准[S].
- [5] 包卫星,杨晓华,谢永利.典型天然盐渍土多次冻融循环盐胀试验研究[J].岩土工程学报,2006,28(11):1991-1995.

BAO Wei-xing, YANG xiao-hua, Xie Yong-li. Re-

search on salt expansion of representative crude saline soil under freezing and thawing cycles[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2006, 28(11): 1991-1995.

- [6] 李芳,李斌,陈建.中国公路盐渍土的分区方案[J].长安大学学报:自然科学版,2006,26(6):12-14, 89.
- LI Fang, LI Bin, CHEN Jian. Highway-related dividing scheme of salty soil[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2006, 26(6): 12-14, 89.
- [7] 李志农,金昌宁.新疆典型土类路基干压试验[J].中国公路学报,2007,20(2):23-28.
- LI Zhi-nong, JIN Chang-ning. Test on dry compaction of typical earth subgrade in Xinjiang[J]. China Journal of Highway and Transport, 2007, 20(2): 23-28.

(上接第 9 页)

施工过程中安全性能的重要指标,在塔河系列沥青产品生产工艺改进、完善的过程中和提高沥青性能时应给予较多的关注。

4 结 语

(1)针对塔河直馏沥青化学组分的欠缺,采用富芳烃馏份油和丁苯类聚合物等材料进行调整,使塔河 90# 沥青性质得到明显改善,产品针入度指数较高,低温延度较大,抗热老化性较理想,性能分级的适用温度区间较宽,性能优良。

(2)高沥青质含量决定了 5 种塔河沥青都具有优良的高温性能,但同时也决定了塔河 90# 沥青的低温性能相对不理想,可以通过改性剂来改善低温性能;低含蜡量和高沥青质含量决定了 5 种塔河沥青的感温性能都较好;但同时决定了基质沥青的低温粘性及柔性较低,疲劳性能不理想,只能在沥青生产工艺环节通过改性和优化调和成分的方法改善。

(3)分析了技改措施、市政专用沥青生产工艺和 SBR、SBS 改性方法对沥青产品性能的影响,为沥青生产企业改进沥青生产工艺、提高沥青产品质量提供了重要的理论依据。

参考文献:

References:

- [1] Jack S Y. Guideline for asphalt refiners and supplies [R]. Washington DC: Strategic Highway Research Program(A-686), 1994.

- [2] Puzinauskas V P. Properties of asphalt cements[J]. Association of Asphalt Paving Technologists, 1979, 48: 646-710.
- [3] Peterson J C, Robertson R E, Branthaver J F, et al. Binder characterization and evaluation volume 4: test methods[R]. Washington DC: Strategic Highway Research Program(A-370), 1994.
- [4] 董瑞琨,孙立军.考虑老化的沥青结合料低温感温性能指标[J].中国公路学报,2006,19(4):34-39.
- DONG Rui-kun, SUN Li-jun. Low temperature susceptibility indexes of asphalt binder with different aging degree[J]. China Journal of Highway and Transport, 2006, 19(4): 34-39.
- [5] 张争奇,梁晓莉,李平.沥青老化性能评价方法[J].交通运输工程学报,2005,5(1):1-5.
- ZHANG Zheng-qi, LIANG Xiao-li, LI Ping. Evaluation method of asphalt aging properties[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2005, 5(1): 1-5.
- [6] 景彦平.沥青组分划分方法[J].长安大学学报:自然科学版,2005,25(3):33-36.
- JING Yan-ping. Asphalt component methodology[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2005, 25(3): 33-36.
- [7] 程国香,郭皎河,沈本贤,等.塔河原油特性及其沥青产品性能评价[J].石油沥青,2005,19(4):5-10.
- CHENG Guo-xiang, GUO Jiao-he, SHEN Ben-xian, et al. The properties of Tahe crude oil and performance evaluation on paving asphalt from it[J]. Petroleum Asphalt, 2005, 19(4): 5-10.
- [8] JTG F40—2004,公路沥青路面施工技术规范[S].