

文章编号:1671-8879(2008)05-0039-06

VCA_{AC}级配检验方法在施工中的应用

王富玉¹,沙庆林¹,戴文亭¹,张 勇¹,任立锋²

(1. 吉林大学 交通学院,吉林 长春 130022; 2. 吉林省交通基本建设质量监督站,吉林 长春 130025)

摘 要:通过沥青混合料 SAC13 试验段的铺筑,介绍了 VCA_{AC}(沥青混凝土粗集料体积分数)矿料级配检验方法在施工过程中的具体应用,提出应用 VCA_{AC}矿料级配检验方法的技巧。试验段施工过程中先用 VCA_{AC}方法对室内设计级配的目标配合比和生产配合比进行检验,使之形成符合设计要求的紧密骨架密实结构,且保证其沥青混合料的路用性能良好,进而进行试验段的铺筑及铺筑后的检测,最后根据检测结果将现场不符合要求的矿料级配利用 VCA_{AC}方法调整到符合要求的矿料级配。研究结果表明:利用 VCA_{AC}方法对现场孔隙率较大的矿料级配进行调整后,其现场孔隙率等各项指标均满足要求;VCA_{AC}方法应用简便、灵活,能为实际工程中矿料级配调整到合适级配提供理论依据。

关键词:道路工程;矿料级配检验方法;沥青混合料;路用性能;VCA_{AC}方法

中图分类号:U414.103

文献标志码:A

Application of aggregate gradation test method of VCA_{AC} in highway construction

WANG Fu-yu¹, SHA Qing-lin¹, DAI Wen-ting¹, ZHANG Yong¹, REN Li-feng²

(1. School of Transportation, Jilin University, Changchun 130022, Jilin, China; 2. Jilin Provincial Monitoring Station for Construction Quality of Communications Facilities, Changchun 130025, Jilin, China)

Abstract: Through the construction of test section for SAC13, this paper introduces the application of VCA_{AC} method. The skill for the application of VCA_{AC} method is also put forward. During the construction of test section, the test for target mixture rate and manufacture mixture rate is conducted by use of the VCA_{AC} method so that the gradation is satisfied with the requirement of skeleton-dense structure and the performance of asphalt mixture is good. Then, the test section is constructed and the test is done. Finally, the VCA_{AC} method is used to adjust the aggregate gradation in order to satisfy the requirement according to the test results. The results indicate the VCA_{AC} method is used to adjust the aggregate gradation of which the void content at spot is larger and the gradation adjusted is approved well by the test section. The research indicates the method of VCA_{AC} is convenient, flexible. In addition, this method also provides the theoretical reference for the gradation adjustment in actual project. 20 tabs, 11 refs.

Key words: road engineering; aggregate gradation test method; asphalt mixture; road performance; VCA_{AC} method

收稿日期:2007-10-19

基金项目:国家西部交通建设科技项目(200531800001);河北省交通科技项目(Y-040212)

作者简介:王富玉(1975-),女,天津市人,讲师,工学博士,E-mail:wfy@jlu.edu.cn.

0 引 言

沙庆林院士的《多碎石沥青混凝土 SAC 系列的设计与施工》^[1]一书出版前,国内外尚没有任何文献^[2-8]提供对实际施工中矿料级配现场指标测定不满足规范要求时如何进行简便调整的理论依据及具体实施方法。文献[1]不仅提供了一个全新的级配设计理念、设计方法,而且提供了检验级配、调整级配的具体操作方法,同时为实际工程中检验矿料级配合适与否提供了理论依据。VCA_{AC}(沥青混凝土粗集料体积分数)检验方法的原则是:对预定类型密实结构的沥青混凝土,其压实成型试件的粗集料孔隙率恰好被细集料、填料、沥青的体积和预留的孔隙率填满。当矿料级配不满足要求时可用此原则进行调整,直到满足为止。本文结合青岛—银川(青银)

高速公路 SAC13 试验段的情况,介绍了该方法在施工过程中的应用。

1 原材料性质

1.1 沥青的技术指标

本试验用 SBS 改性沥青,根据现行试验规程^[9]进行检验,其技术指标满足要求。沥青的密度 G_b 为 1.031 g/cm^3 。

1.2 矿料的技术性质

本试验用的 2.36 mm 以上集料为山东章丘产玄武岩,机制砂为隆尧产石灰岩,填料为水泥。根据现行试验规程^[10]进行检验,其技术指标满足 SAC 级配对矿料提出的技术要求。表 1 列出了集料的密度、吸水率试验结果,水泥的视密度 $G_{a.f}$ 为 3.0515 g/cm^3 。

表 1 集料的密度、吸水率试验结果

矿料规格/mm		13.200	9.500	4.750	2.360	1.180	0.600	0.300	0.150	0.075
玄武岩	毛体积密度/($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	2.821 3	2.811 8	2.794 9	2.774 0	2.750 0				
	表干密度/($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	2.833 5	2.826 6	2.813 6	2.798 6	2.781 6				
	吸水率/%	0.429	0.527	0.670	0.888	1.055				
机制砂	毛体积密度/($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)				2.653 8	2.634 1	2.614 9	2.595 3	2.575 6	2.555 9
	表干密度/($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)				2.684 9	2.670 4	2.656 2	2.641 7	2.627 2	2.612 7
	吸水率/%				1.146	1.330	1.509	1.693	1.876	2.060
天然砂	毛体积密度/($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)			2.510 9	2.526 1	2.541 3	2.556 1	2.571 2	2.586 3	2.601 5
	表干密度/($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)			2.527 2	2.548 3	2.569 1	2.589 5	2.610 3	2.631 2	2.652 1
	吸水率/%			0.649	0.879	1.094	1.307	1.521	1.736	1.945

2 配合比设计检验

2.1 设计级配的确定

在进行目标配合比(质量比)设计前,根据本级配服务地区的气候和交通状况,在室内对 SAC13 级配用 VCA_{DRF} 和 VCA_{AC} 方法进行了检验、调整,最终确定了紧密骨架密实结构矿料级配(表 2,试验时将矿料筛分成单一粒级),最佳油石质量比 P_B 为 4.4%。

表 2 选定的 SAC13 设计级配

筛孔孔径/mm	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
通过率/%	100	68.9	31.4	24.9	19.8	15.8	12.5	9.9	7.9

经马歇尔试验得到的最大理论密度(G_{mm})、试件毛体积密度(G_b)、矿料间隙率(V_{VMA})、沥青饱和度(D_{VFA})、马歇尔稳定度(D_{MS})及流值(D_{FL}),见表 3。

表 4 设计级配的 VCA_{AC}方法检验所需数据

各部分指标	沥青混凝土试件中各部分的密度/($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)							沥青混凝土试件中各部分的体积分数/%			
	$\rho_{MMA_{AC}}$	$\rho_{MCA_{AC}}$	$\rho_{MFA_{AC}}$	$\rho_{MFI_{AC}}$	$\rho_{MB_{AC}}$	ρ_{MB_s}	ρ_{MB_e}	$I_{VCA_{AC}}$	$I_{VOLFA_{AC}}$	$I_{VOLFI_{AC}}$	I_{VOLMB_e}
计算结果	2.407 22	1.651 35	0.565 70	0.190 17	0.105 92	0.001 38	0.105 92	41.08	21.36	6.26	10.14

注: $\rho_{MMA_{AC}}$ 、 $\rho_{MCA_{AC}}$ 、 $\rho_{MFA_{AC}}$ 、 $\rho_{MFI_{AC}}$ 、 $\rho_{MB_{AC}}$ 、 ρ_{MB_s} 和 ρ_{MB_e} 分别为沥青混凝土中的全部矿料、粗集料、细集料、填料、沥青、矿料吸收沥青和有效沥青的密度。

表 3 设计级配的马歇尔试验结果

P_B / %	G_{mm} / ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	G_b / ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	V_s / %	V_{VMA} / %	D_{VFA} / %	D_{MS} / kN	D_{FL} / (0.01 mm)
4.4	2.599 4	2.476 0	4.7	14.7	67.8	12.97	28.3

考虑到马歇尔击实功较小,用 VCA_{AC} 方法进行矿料级配检验时,通常采用马歇尔试件毛体积密度 G_b 的 1.015 倍。据检验基本方程,有

$$I_{VCA_{AC}}=I_{VOLFA_{AC}}+I_{VOLFI_{AC}}+I_{VOLMB_e}+V_a$$

式中: $I_{VCA_{AC}}$ 为沥青混凝土中粗集料体积分数(VCA_{AC}); $I_{VOLFA_{AC}}$ 为沥青混凝土中细集料体积分数(VOLFA_{AC}); $I_{VOLFI_{AC}}$ 为沥青混凝土中填料体积分数(VOLFI_{AC}); I_{VOLMB_e} 为有效沥青体积分数(VOLMB_e); V_a 为沥青混凝土中的空气率或孔隙率(预定值),通常为 3%~4%。

计算结果见表 4。

当 $V_s=4\%$ 时,基本方程等号右侧为 41.76% ,方程等号两侧数值比较接近,计算得到实际 $V_s=41.76\%-21.36\%-6.26\%-10.14\%=3.32\%$,此值可以接受。

2.2 VCA_{AC}矿料级配检验方法的应用技巧

由 VCA_{AC}方法检验基本方程可知,对于由马歇尔试件 $G_{b,s}$ 计算得到的孔隙率而言,此方程为恒等式,也就是由表 3 中的马歇尔试件 $G_{b,s}$ 分别计算出各部分指标后,根据检验基本方程计算得到的孔隙率 $V_s=I_{VCAAC}-(I_{VOLFAAC}+I_{VOLFIAC}+I_{VOLMB_s})$,即为表 3 所列结果。如果采用马歇尔试件 $G_{b,s}$ 的 1.015 倍进行 VCA_{AC}方法检验,可直接用马歇尔试件 $G_{b,s}$ 的 1.015 倍除以最大理论密度计算孔隙率,当此孔隙率为可接受的值时,即可判定该级配为设计所需的结构类型。例如:表 3 中,马歇尔试件 $G_{b,s}$ 的 1.015 倍除以最大理论密度,可计算为: $2.476\ 0\times 1.015/2.599\ 4=3.32\%$,与上述计算结果相同。

2.3 目标配合比的 VCA_{AC}方法检验

根据各规格料的筛分,计算得到目标配合比的结果为:(10~15)mm、(5~10)mm、机制砂、天然砂、水泥的比例为 37%:37%:11%:8%:7%。

表 7 目标配合比 VCA_{AC}方法检验所需数据

各部分指标	$\rho_{MMAAC}/$ ($g\cdot cm^{-3}$)	$\rho_{MCAAC}/$ ($g\cdot cm^{-3}$)	$I_{VCAAC}/$ %	$\rho_{MFAAC}/$ ($g\cdot cm^{-3}$)	$\rho_{MFIAC}/$ ($g\cdot cm^{-3}$)	$\rho_{MBAAC}/$ ($g\cdot cm^{-3}$)	$\rho_{MBA_s}/$ ($g\cdot cm^{-3}$)	$\rho_{MBS_s}/$ ($g\cdot cm^{-3}$)	$I_{VOLFAAC}/$ %	$I_{VOLFIAC}/$ %	$I_{VOLMB_s}/$ %
计算结果	2.405 86	1.657 64	40.85	0.541 32	0.206 90	0.105 86	0.001 32	0.104 54	20.54	6.78	10.14

当 $V_s=4\%$ 时,基本方程的右侧为 41.46% ,等号两侧数值比较接近,此时可计算得到实际的 $V_s=40.85\%-20.54\%-6.78\%-10.14\%=3.39\%$,此值可以接受。

2.3.2 路用性能检验

对目标配合比依照现行规范^[11]进行了路用性能检验。残留稳定度为 87%,动稳定度为 7 487 次/mm,相对永久形变为 2.54%,弯曲试验破坏应变为 $8\ 243\times 10^{-6}$,弯曲劲度模量为 1 875 MPa,渗水系数为 0,轮辙试验前、后的构造深度分别为 1.1 mm 和 0.9 mm,结果均满足要求。

2.4 生产配合比的 VCA_{AC}方法检验

根据热料仓筛分得到生产配合比为:4 号仓、3 号仓、2 号仓、1 号仓、水泥的比例为 47%:18%:8%:20.5%:6.5%,合成级配见表 8。与表 2 设计级配比,粗集料体积分数只多 0.4%,且两个级配的每个筛孔的差值均比较小。因此,生产配合比也省略了 VCA_{DRF}初步检验,可直接进行 VCA_{AC}级配检验。按前述方法进行马歇尔试验,结果见表 9。

目标配合比合成级配见表 5。与表 2 设计级配相比,粗集料体积分数少 0.3%,而且两个级配的每个筛孔的差值均比较小。因此,目标配合比省略了 VCA_{DRF}初步检验,直接进行 VCA_{AC}级配检验。

表 5 目标配合比合成级配

筛孔孔径/mm	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
通过率/%	100	68.9	81.1	24.7	20.3	16.8	12.3	9.5	8.6

2.3.1 马歇尔试验

根据沥青的粘温曲线确定沥青混合料的拌和温度为 180 ℃,击实温度为 160 ℃~165 ℃;击实次数为两面各击实 75 次。试验结果见表 6。

表 6 目标配合比的马歇尔试验结果

$P_B/$ %	$G_{mm}/$ ($g\cdot cm^{-3}$)	$G_{b,s}/$ ($g\cdot cm^{-3}$)	$V_s/$ %	$V_{VMA}/$ %	$D_{VFA}/$ %	$D_{MS}/$ kN	$D_{FL}/$ (0.01 mm)
4.4	2.596 6	2.474 6	4.7	14.8	68.3	12.49	29.4

结果表明,目标配合比与室内设计级配的马歇尔试验结果比较接近,由 VCA_{AC}矿料级配检验方法的应用技巧,可认定目标配合比的 VCA_{AC}方法级配检验结果也符合紧密骨架密实结构的要求。为了证实这点,将计算所需数据列于表 7(取马歇尔试件 $G_{b,s}$ 的 1.015 倍进行检验)。

表 8 生产配合比合成级配

筛孔孔径/mm	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
通过率/%	99.2	68.5	31.8	25.1	20.4	15.9	12.3	9.5	8.0

表 9 生产配合比的马歇尔试验结果

$P_B/$ %	$G_{mm}/$ ($g\cdot cm^{-3}$)	$G_{b,s}/$ ($g\cdot cm^{-3}$)	$V_s/$ %	$V_{VMA}/$ %	$D_{VFA}/$ %	$D_{MS}/$ kN	$D_{FL}/$ (0.01 mm)
4.4	2.596 9	2.473 4	4.8	14.7	67.7	12.40	33.8

根据目标配合比的检验经验,可认定生产配合比符合紧密骨架密实结构的要求。

3 试验段施工

2005 年 9 月 26 日,在青银高速公路河北段青岛方向进行了 310 m 试验段的施工。施工时气温为 23 ℃,地面温度约为 27 ℃,晴天,风力较大。

3.1 混合料的拌和

混合料拌料时间为:干拌 6 s,湿拌 40 s。沥青加热温度为 173 ℃~178 ℃,矿料加热温度高于沥青加热温度 20 ℃~25 ℃,考虑到天气状况及使用了混合料再拌转运车,沥青混凝土的出厂温度为 180 ℃~190 ℃。

3.2 混合料的摊铺

试验段采用 1 台 ABG525 型摊铺机,并配有沥青混合料转运车整幅摊铺,摊铺速度为 2.5~3.0 m/min,松铺系数取 1.125(松铺厚度为 4.5 cm)。

3.3 混合料的碾压

初压:CC-422 压路机(前振后振 2 遍),复压:DD-130 压路机+CC-622 压路机(各振压 2 遍)+大吨位胶轮压路机 1 遍+DD-110 压路机(振压 1 遍);终压:DD-110 压路机(静压至消除轮迹)。

3.4 试验段现场检测结果

3.4.1 马歇尔试验

马歇尔试验检测结果见表 10。

表 10 马歇尔试验检测结果

$P_B/\%$	$G_{mm}/(g \cdot cm^{-3})$	$G_{b.s}/(g \cdot cm^{-3})$	$V_s/\%$	$V_{VMA}/\%$	$D_{VFA}/\%$	D_{MS}/kN	$D_{FL}/(0.01 mm)$
4.63	2.596 9	2.443 2	5.9	16.0	62.9	10.7	28.6
4.44	2.596 9	2.456 8	5.4	15.4	65.0	11.9	31.8

3.4.2 抽提筛分试验

抽提筛分试验结果见表 11。

表 11 抽提筛分试验结果

筛孔孔径/mm	16	13.20	9.50	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
不同 $P_B(\%)$ 下的通过率/%	4.37	100	98.6	64.5	30.8	22.9	18.6	14.4	10.4	7.3
	4.63	100	97.9	63.9	31.6	23.4	18.4	14.2	11.5	9.0
	4.44	100	99.0	68.6	33.1	24.2	18.1	12.9	10.7	9.3

3.4.3 现场孔隙率

试验段施工完成后,在现场钻取了芯样,表 12 列出的是试验段芯样的现场孔隙率。

表 12 芯样的现场孔隙率试验结果

序号	$G_{b.s}/(g \cdot cm^{-3})$	$G_{mm}/(g \cdot cm^{-3})$	现场 $V_s/\%$
1	2.451 5	2.596 9	5.6
2	2.406 8		7.3
3	2.393 6		7.8
4	2.475 1		4.7
5	2.415 3		7.0
6	2.403 0		7.5
7	2.453 6		5.5
8	2.462 3		5.2
9	2.391 9		7.9

4 应用 VCA_{AC} 方法调整级配

由现场试验检测结果可看出,试验段铺筑级配的室内马歇尔试件孔隙率、现场孔隙率均较大,不能形成紧密骨架密实结构,因此施工中保持与生产配合比的一致性是非常重要的。考虑天气状况等诸多因素,应对级配按 VCA_{AC} 方法进行调整。由于施工前期拌和楼不太稳定,所以级配调整时可选用表 11 中第三组试验结果进行,并预定孔隙率为 3%。

4.1 确定矿料的密度和吸水率

由表 1 中矿料的密度、吸水率值,确定热料仓各档集料的毛体积密度、表干密度和吸水率(表 13)。

4.2 级配调整

计算级配调整所需具体数据见表 14。

表 13 热料仓集料的密度与吸水率

筛孔孔径/mm	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
毛体积密度/ $(g \cdot cm^{-3})$	2.821 3	2.811 8	2.794 2	2.743 0	2.625 5	2.589 8	2.581 0	2.583 8	2.578 7
表干密度/ $(g \cdot cm^{-3})$	2.833 5	2.826 6	2.812 9	2.768 8	2.660 7	2.627 7	2.623 1	2.630 3	2.632 4
吸水率/%	0.369 0	0.527 0	0.670 0	0.888 0	1.330 0	1.509 0	1.693 0	1.876 0	2.060 0

表 14 级配检验所需数据

计算指标	$P_{ca}/\%$	$P_{fs}/\%$	$P_{fi}/\%$	$G_{b.ca}/(g \cdot cm^{-3})$	$G_{b.fs}/(g \cdot cm^{-3})$	$G_{s.fi}/(g \cdot cm^{-3})$	$G_{b.ms}/(g \cdot cm^{-3})$	$G_{sd.ms}/(g \cdot cm^{-3})$	$G_e/(g \cdot cm^{-3})$	$G_{b.s}/(g \cdot cm^{-3})$	$P_B/\%$
计算值	66.9	24.8	8.3	2.802 6	2.650 2	3.051 5	2.781 7	2.802 3	2.785 9	1.031	4.44
计算指标	$\rho_{MMAAC}/(g \cdot cm^{-3})$	$\rho_{MCFAAC}/(g \cdot cm^{-3})$	$I_{VCAAC}/(g \cdot cm^{-3})$	$\rho_{MFAC}/(g \cdot cm^{-3})$	$\rho_{MFIAAC}/(g \cdot cm^{-3})$	$\rho_{MBAC}/(g \cdot cm^{-3})$	$\rho_{MB_s}/(g \cdot cm^{-3})$	$\rho_{MB_s}/(g \cdot cm^{-3})$	$I_{VOLFAAC}/\%$	$I_{VOLFIAAC}/\%$	$I_{VOLMB_s}/\%$
计算值	2.352 36	1.573 73	43.85	0.583 38	0.195 25	0.104 44	0.001 29	0.103 15	22.01	6.40	10.01

注: P_{ca} 、 P_{fs} 、 P_{fi} 分别为矿料级配中粗集料、细集料、填料的体积分; $G_{b.ca}$ 、 $G_{b.fs}$ 、 $G_{b.ms}$ 、 $G_{sd.ms}$ 、 G_e 分别为粗集料的毛体积密度、细集料的毛体积密度、全体矿料的毛体积密度、全体矿料的表干密度和矿料的有效密度。

当 $V_s=3\%$ 时,基本方程的右侧为 41.42%,方程左右两侧值相差较大。根据 VCA_{AC} 法,调整细集料: $43.85\% = P_{fs}' \times 2.352\ 36 / 2.650\ 2 + 6.40\% +$

$10.01\% + 3.0\%$,可得到: $P_{fs}' = 27.534\ 43$,则 $P_{ca} + P_{fs}' + P_{fi} = 102.734\ 43$,调整后 $P_{ca} = 65.1$, $P_{fs} = 26.8$, $P_{fi} = 8.1$ 。调整后所得级配见表 15。

表 15 调整后所得级配

筛孔孔径/mm	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
通过率/%	100	71.3	34.9	27.3	21.4	16.8	13.2	10.3	8.1

4.3 按调整后的级配进行生产配合比设计

由于调整后矿料级配与原设计级配相差不是很大,根据原各热料仓集料的筛分情况,计算得到生产配合比的结果为:4号仓、3号仓、2号仓、1号仓、水泥的比例为41%:19%:10%:24%:6%。计算合成级配见表16。与表15设计级配相比,各筛孔通过量最大相差1.2%。因此,可对生产配合比直接进行VCA_{AC}级配检验。

表 16 调整后级配的生产配合比

筛孔孔径/mm	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
通过率/%	99.3	72.5	35.9	27.8	22.3	17.0	12.8	9.6	7.8

4.3.1 马歇尔试验

生产配合比合成级配的马歇尔试验结果见表17。

表 17 生产配合比的马歇尔试验结果

P_B / %	G_{mm} / ($g \cdot cm^{-3}$)	$G_{b.s.}$ / ($g \cdot cm^{-3}$)	V_a / %	V_{VMA} / %	D_{VFA} / %	D_{MS} / kN	D_{FL} / (0.01 mm)
4.4	2.590 5	2.490 6	3.9	13.9	71.9	14.64	34.0

考虑到影响现场压实度的各种因素,VCA_{AC}方矿料级配检验时,直接采用马歇尔试件的 $G_{b.s.}$ 。由表17中的 $V_a=3.9\%$ 可判定调整后级配的生产配合比满足施工条件时的骨架密实结构。

表 19 抽提筛分试验结果

筛孔孔径/mm		16	13.20	9.50	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
不同 $P_B(\%)$ 下的 通过率/%	4.32	100	97.9	71.9	35.1	27.1	22.1	17.7	13.7	10.4	8.7
	4.32	100	96.5	71.7	34.2	27.1	22.1	17.3	13.2	10.2	8.1
	4.48	100	97.4	71.0	36.3	28.3	23.6	18.2	13.8	10.4	8.7

4.4.3 现场孔隙率

试验段施工完成后,在现场钻取了芯样,表20列出了试验段芯样的现场孔隙率试验结果。

表 20 芯样的现场孔隙率试验结果

序号	$G_{b.s.}/(g \cdot cm^{-3})$	$G_{mm}/(g \cdot cm^{-3})$	现场 V_a /%
1	2.433 6	2.590 5	6.1
2	2.468 5		4.7
3	2.438 2		5.9

由表中数据可看出,现场孔隙率都能满足要求。

5 结 语

(1)VCA_{AC}矿料级配检验方法能根据施工状况将矿料级配调整到所需级配,以满足路用性能需要,同时提供了矿料级配调整的理论依据。

4.3.2 路用性能检验

对调整后级配的生产配合比进行了路用性能检验,结果均满足现行规范要求^[9-11]。具体指标为:残留稳定度为93%,动稳定度为5 123次/mm,相对永久形变为2.68%,弯曲试验破坏应变为 $10\,946 \times 10^{-6}$,弯曲劲度模量为1 109 MPa,渗水系数为0,轮辙试验前与试验后的构造深度分别为0.8 mm和0.7 mm。

调整后沥青混合料的路用性能与调整前相比,虽然残留稳定度和弯曲试验破坏应变分别有6.9%和32.7%的提高,但动稳定度和构造深度分别降低了31.5%和27.3%。可见,在施工中采取各种措施保持与设计级配的一致性是非常重要的。此外,以往施工中提供一个可以变动的级配范围的做法,会使得级配本身的性能发生较大的变异。

4.4 调整后级配试验段的施工检测

4.4.1 马歇尔试验

马歇尔试验检测结果见表18。

表 18 马歇尔试验检测结果

P_B / %	G_{mm} / ($g \cdot cm^{-3}$)	$G_{b.s.}$ / ($g \cdot cm^{-3}$)	V_a / %	V_{VMA} / %	D_{VFA} / %	D_{MS} / kN	D_{FL} / (0.01 mm)
4.32	2.590 5	2.472 9	4.5	14.4	68.8	12.8	36.3
4.32	2.590 5	2.486 0	4.0	14.0	71.4	13.9	33.2
4.48	2.590 5	2.492 2	3.8	13.9	72.7	20.5	28.6

4.4.2 抽提筛分试验

抽提筛分试验结果见表19。

(2)VCA_{AC}矿料级配检验方法简便,利于推广。

(3)提出了VCA_{AC}矿料级配检验方法的应用技巧,该技巧简单易行。

参考文献:

References:

[1] 沙庆林.多碎石沥青混凝土 SAC 系列的设计与施工[M].北京:人民交通出版社,2005.
[2] 许志鸿,陈兴伟,刘红,等. Superpave 级配范围[J]. 交通运输工程学报,2003,3(3):1-6.
XU Zhi-hong, CHEN Xing-wei, LIU Hong, et al. Gradation scope of Superpave[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2003, 3(3): 1-6.
[3] 郝培文,徐金枝,周怀治.应用贝雷法进行级配组成设计的关键技术[J].长安大学学报:自然科学版,2004,

- 24(6):1-6.
HAO Pei-wen, XU Jin-zhi, ZHOU Huai-zhi. Key technologies of aggregate blending by Bailey method [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2004, 24(6):1-6.
- [4] 吕文江, 陈爱文, 郝培文, 等. 贝雷法参数 CA 比对沥青混合料性能的影响[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2005, 25(4):5-8.
LU Wen-jiang, CHEN Ai-wen, HAO Pei-wen, et al. Effect of CA ratio on asphalt mixture property based on Bailey method[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2005, 25(4):5-8.
- [5] 陈忠达, 袁万杰, 高春海. 多级嵌挤密实级配设计方法研究[J]. 中国公路学报, 2006, 19(1):32-37.
CHEN Zhong-da, YUAN Wan-jie, GAO Chun-hai. Research on design method of multilevel dense built-in gradation [J]. China Journal of Highway and Transport, 2006, 19(1):32-37.
- [6] 张肖宁, 王绍怀, 吴旷怀, 等. 沥青混合料组成设计的 CAVF 法[J]. 公路, 2001(12):17-21.
ZHANG Xiao-ning, WANG Shao-huai, WU Kuang-huai, et al. CAVF method of asphalt mixture design [J]. Highway, 2001(12):17-21.
- [7] Pine W J, Gerald P E, Huber A. The Bailey method of gradation selection heritage research group [M]. Indiana: Indianapolis, 2000.
- [8] 吴旷怀, 张肖宁. 沥青混合料设计综述[J]. 广州大学学报: 自然科学版, 2005, 4(5):456-461.
WU Kuang-huai, ZHANG Xiao-ning. Summarization on methods of asphalt mixture design[J]. Journal of Guangzhou University: Natural Science Edition, 2005, 4(5):456-461.
- [9] JTJ 052-2000, 公路工程沥青与沥青混合料试验规程[S].
- [10] JTG E42-2005, 公路工程集料试验规程[S].
- [11] JTG F40-2004, 公路沥青路面施工技术规范[S].

.....
(上接第 30 页)

参考文献:

References:

- [1] 张娟, 沙爱民, 高怀钢, 等. 基于数字图像处理的路面裂缝自动识别与评价系统[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2004, 24(2):18-22.
ZHANG Juan, SHA Ai-min, GAO Huai-gang, et al. Automatic pavement crack recognition and evaluation system based on digital image processing[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2004, 24(2):18-22.
- [2] Kelvin C P W. Designs and implementations of automated systems for pavement surface distress survey [J]. Journal of Infrastructure Systems, 2000, 6(1):24-32.
- [3] 储江伟, 初秀民, 王荣本, 等. 沥青路面破损图像特征提取方法研究[J]. 中国图像图形学报, 2003, 8(A10):1211-1217.
CHU Jiang-wei, CHU Xiu-min, WANG Rong-ben, et al. Research on asphalt pavement surface distress image feature extraction method [J]. Journal of Image and Graphics, 2003, 8(A10):1211-1217.
- [4] 王超, 王荣本, 初秀民, 等. 路面破损检测自动定位技术[J]. 吉林大学学报: 工学版, 2003, 33(3):19-23.
WANG Chao, WANG Rong-ben, CHU Xiu-min, et al. Positioning method in pavement surface distress detecting system [J]. Journal of Jilin University: Engineering and Technology Edition, 2003, 33(3):19-23.
- [5] 侯相深, 王哲人, 刘振鹏. 路面损坏图像的自动采集与处理设备的技术探究[J]. 公路, 2003(2):66-69.
HOU Xiang-shen, WANG Zhe-ren, LIU Zhen-peng. Research on equipments and technologies for pavement distress image collection and procession[J]. Highway, 2003(2):66-69.
- [6] Eenge P, Kalafus R, Ruane M. Differential operation of the global positioning system [J]. IEEE COM MAG, 1998, 26(7):48-60.
- [7] 于德新, 杨兆升, 刘雪杰. 基于卡尔曼滤波的 GPS/DR 导航信息融合方法[J]. 交通运输工程学报, 2006, 6(2):65-69.
YU De-xin, YANG Zhao-sheng, LIU Xue-jie. GPS/DR navigation data fusion method based on Kalman filter [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2006, 6(2):65-69.
- [8] 赵梅, 张三同, 朱刚. 改进粒子滤波算法在组合导航中的应用[J]. 中国公路学报, 2007, 20(2):108-112.
ZHAO Mei, ZHANG San-tong, ZHU Gang. Application of improved particle filter algorithm to integrated navigation[J]. China Journal of Highway and Transport, 2007, 20(2):108-112.
- [9] 熊永清. GPS 观测值的最佳多项式拟合[J]. 测绘通报, 1997(8):2-4.
XIONG Yong-qing. The best polynomial fit of GPS data [J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 1997(8):2-4.