

沥青路面集料加工质量控制

任永利^{1,2}, 刘 涛³, 梁锡三⁴

(1. 华南理工大学 交通学院, 广东 广州 510640; 2. 广东省高速公路有限公司, 广东 广州 510100;
3. 广东省长大公路工程有限公司, 广东 广州 511431; 4. 广东华路交通科技有限公司, 广东 广州 510420)

摘 要:针对目前中国公路建设中沥青路面集料加工质量差、合格率低的特点,从调查超过 30 个合同段沥青路面集料加工所用筛孔和集料级配的变异性入手,找到并利用一组标准化筛孔的筛网进行大规模集料加工。给出了集料加工用筛孔与应控制的标准筛筛孔的关系、集料规格与集料加工用筛孔的关系、混合料类型与集料规格的关系;指出了集料加工质量控制的关键是正确选定加工用筛孔尺寸,准确调试和监控破碎机反击板与板锤之间的间隙。应用结果表明,集料加工合格率达到 100%,集料级配的变异系数小于 2.7%。

关键词:道路工程;沥青路面;集料加工;级配变异性;标准化筛孔;质量控制

中图分类号:U416.217 **文献标志码:**A

Quality control for aggregate handling in asphalt pavement construction

REN Yong-li^{1,2}, LIU Tao³, LIANG Xi-san⁴

(1. School of Traffic and Communications, South China University of Technology, Guangzhou 510640, Guangdong, China; 2. Guangdong Province Freeway Company, Guangzhou 510100, Guangdong, China;
3. Guangdong Province Changda Highway Engineering Company, Guangzhou 511431, Guangdong, China;
4. Guangdong Hualu Transportation Science and Technology Company, Guangzhou 510420, Guangdong, China)

Abstract: The traditional aggregate handling method has the defects of poor quality in processing and low rate of qualified aggregate in highway construction in China. This paper investigated the sieve sizes for aggregate handling and the variation of aggregate gradation from more than 30 sections of the asphalt pavement construction. And it found and used a set of standardized sieve sizes for aggregate handling on a large scale processing. It is pointed out that the relationship between the sieve sizes for aggregate handling and the standard sieve sizes should be controlled. The relationship between the aggregate specifications and the sieve sizes for aggregate handling and the relationship between the sort of mix and the aggregate specifications are put forward. The applications result showed that the qualified rate of the aggregate is 100%, and the variation of aggregate gradation is less than 2.7%. 6 tabs, 10 refs.

Key words: road engineering; asphalt pavement; aggregate handling; variation of gradation; standardized sieve sizes; quality control

收稿日期:2007-01-20

基金项目:国家自然科学基金项目(50278037)

作者简介:任永利(1968-),男,陕西西安人,广东省高速公路有限公司高级工程师,华南理工大学博士研究生,E-mail: Ren8737@tom.com。

0 引言

长期以来,中国沥青路面的施工质量和耐久性相对落后于发达国家。这与施工工艺,特别是集料加工方法、加工设备和质量控制有关。集料质量差是目前公路建设中特别严重的问题^[1],尽管中国公路科研人员对混凝土的集料加工与应用进行了一些研究^[2-8],但中国集料生产的水平与国外先进国家的水平起码有几十年的差距^[9]。其原因是:新、旧沥青路面施工技术规范只提出沥青混合料用粗、细集料规格要求,但没有给出这些集料的标准化加工方法;不仅如此,还规定如(集料)不符合规格要求,但与其他材料配合后符合级配也允许使用^[10],使不合格集料的利用合法化。目前需要解决的问题:制定集料加工的规格质量监控指标和验收标准;混合料级配控制,应落实到几个关键标准筛筛孔通过率的控制;

明确集料加工用筛孔与关键标准筛筛孔的关系,确定集料加工用的标准化筛孔;明确集料规格与加工用筛孔的关系;明确混合料类型与集料规格的关系。为此,本文对上述问题进行了分析研究。

1 集料加工质量控制指标

1.1 集料规格要求、加工控制指标及验收标准

文献[1]规定的集料规格包括 S7、S8、S9、S10、S11、S12、S14、S15 和 S16,但缺了 SMA-16 和 AC-16 适用的规格。对这些混合料,S9 偏粗,若使用,容易造成路面离析和透水;S10 偏细,容易造成车辙和泛油。因此,应增加一种比 S9 细、比 S10 粗的规格,可记为 S9F,其公称粒径范围为 10~18 mm。虽然文献[1]对每种集料规格规定了多个筛孔的通过率的范围,但只有一个筛孔的通过率起关键作用,故常用集料规格的主要级配要求如表 1 所示。

表 1 常用集料规格的主要级配要求

集料规格	公称粒径范围/mm	不同筛孔(公称最大粒径,mm)的通过率/%								适用的混合料类型
		31.50	26.50	19.00	16.00	13.20	9.50	4.75	2.36	
S7	10~30	90~100								AC-30
S8	10~25		90~100							AC-25
S9	10~20			90~100						AC-30 AC-25 AC-20
S9F	10~18				90~100					AC-16
S10	10~15					90~100				AC-13
S11	5~15					90~100	40~70			AC-13
S12	5~10						90~100			通用
S14	3~5							90~100		
S15	0~6							90~100	60~90	
S16	0~3								80~100	

为了生产优质集料,必须明确集料加工的监控指标。从表 1 可以看出,从 S7 到 S16,各种集料规格都有一个公称最大粒径,如 S8 的公称最大粒径为 26.5 mm。每种集料规格在其公称最大粒径对应筛孔的通过率,在级配控制中起关键作用,故应作为集料加工的监控指标。但对细集料规格 S15 和 S16 还应监控 1.18、0.60、0.075 mm 筛孔的通过率符合要求。从 S7 到 S15 这 9 种集料规格,其公称最大粒径对应筛孔的通过率均为 90%~100%,均值为 95%。唯有 S16 例外,均值为 90%。因此,对前 9 种规格,可以用 95%作为监控指标的目标值,对 S16 则以 90%作为目标值。显然,以目标值作为验收标准太严格,而以 90%~100%(S16 为 80%~100%)作为验收标准有时会难以分辨,故合理的验收标准宜为

91%~99%(S16 为 81%~99%)。

1.2 混合料类型与集料规格的关系

表 1 给出了混合料类型与集料规格的关系,据此来加工和选用合适的集料规格。在施工现场,由于施工、监理人员,甚至技术咨询人员不注意这一关系,常常使路面施工质量大受影响。如在 AC-25 中使用粒径偏细且用量偏大的 S9F 规格,使混合料构不成骨架而产生碾压推移;在 AC-20 中使用偏粗的规格 S8,使混合料产生离析、透水现象。

1.3 关键标准筛筛孔与集料加工用筛孔的关系

集料加工的目的,是用几种适合规格的集料,配出以标准筛各筛孔通过率控制的目标级配混合料。每种集料规格在其公称最大粒径对应筛孔的通过率,在级配控制中起着关键作用,因此可以用一种集

料规格来控制其公称最大粒径对应的标准筛筛孔的通过率。集料规格与其控制的标准筛筛孔的关系,是混合料级配控制的基本准则,集料加工所用筛的筛孔必须比对应标准筛筛孔大,将标准筛筛孔直接用在集料加工生产线上达不到控制目的。

对一种混合料应控制的标准筛筛孔,即关键筛孔,是其公称最大粒径对应的筛孔以及比它小的、从 2.36 mm 开始按 2 倍递增的各筛孔。据此可以确定中、下面层集料一起加工时应控制的一组标准筛筛孔;也可以确定抗滑磨损层集料加工时应控制的另一组标准筛筛孔。应控制的标准筛筛孔与集料加工用筛孔的关系见表 2。

表 3 集料规格与集料加工用筛孔的关系

集料规格	S7	S8	S9	S9F	S10	S11	S12	S14	S15	S16
公称最大粒径/mm	31.50	26.50	19.00	16.00	13.20	13.20	9.50	4.75	4.75	2.36
公称粒径范围/mm	10~30	10~25	10~20	10~18	10~15	5~15	5~10	3~5	0~5	0~3
集料加工用筛孔组合/mm	f~h	f~g	c~f	c~e	c~d	c~d	b~c	a~b	0~b	0~a

一对标准化筛孔组合(例如 c~f mm),通过调试和监控破碎机反击板与板锤之间的间隙,即可生产出一种级配符合要求的集料规格(S9);而用表示公称粒径范围的一对筛孔组合(例如 10~20 mm)却达不到这个目的,这是文献[1]存在的一个严重缺陷。

2 集料加工质量检验

表 4 给出了某石场的数据,以证实集料规格与集料加工用筛孔尺寸之间的关系。该石场使用国产设备,为 35.5 km 的高速公路加工约 $17\times 10^4\text{ m}^3$ 的集料,合格率为 100%;控制筛孔通过率的变异系数均小于 2.5%。

表 4 某石场集料加工质量检验

集料规格	控制筛孔/mm	样本数/个	均值/%	变异系数/%	抽检日期
S8	26.50	18	91.92	2.0	2005-04-10~2005-09-28
S9	19.00	18	91.77	2.5	2005-04-10~2005-09-28
S12	9.50	18	91.64	2.1	2005-04-10~2005-09-28
S14	4.75	18	94.40	1.6	2005-04-10~2005-09-28
S16	2.36	18	91.71	1.4	2005-04-10~2005-09-28
河砂	4.75	18	93.05	1.3	2005-04-10~2005-09-28

2.1 集料加工质量的配比设计检验

用合格的集料,可以做配比优化设计,得出位置适中和线形连续顺滑的级配曲线,而且设计曲线不会随不同批次的筛分结果而明显改变。用与表 4 对应的统计筛分资料,设计出中、下面层混合料级配如表 5 所示。混合料 GAC-25 和 GAC-20C 的目标配比分别为:13:28:24:5:27:1:2;0:34:28:6:29:1:2。由此可以看出,级配曲线线形顺滑,

表 2 应控制的标准筛筛孔与集料加工用筛孔的关系

中、下面层应控制的标准筛筛孔/mm	2.36	4.75	9.50	19.00	26.50 (或 31.50)
集料加工用筛孔/mm	a	b	c	f	g(或 h)
抗滑磨损层应控制的标准筛筛孔/mm	2.36	4.75	9.50	13.20(或 16.00)	
集料加工用筛孔/mm	a	b	c	d(或 e)	

1.4 集料规格与集料加工用筛孔的关系

通过实际加工,各种集料规格与集料加工用筛孔的关系见表 3。表 2、表 3 中的字母 a~h,表示 8 个从小到大的确定数字,也就是集料加工用方孔筛的筛孔(即标准化筛孔,暂未公开)尺寸。从表 3 可看出,用

经验算,集料级配变异系数均值小于 2.7%。这就足以保证施工全过程路面混合料的均匀性和竣工后的路面密水性,从而使路面质量得到显著改善。

2.2 集料加工质量的施工检验

在施工检验阶段,应进一步检验现场沥青混合料级配的变异性。显然,抽提试验是合适的。使用某石场集料的工地,对上、中、下 3 层分别取样本数 30、36、48 个,统计结果如表 6 所示,其中,混合料级配的变异性用各筛孔通过率的变异系数(%)表征。从表 6 可以看出,变异系数在 1.0%~5.6%之间,上、中、下各层的均值分别为 2.8%、3.1% 和 3.4%,总平均值为 3.2%。该结果可以保证施工中现场混合料级配始终与设计级配一致。现场混合料级配变异性的另一合适表征,是路面表面构造深度的变异系数(%)。某施工工地 GAC-13 上面层 230 个测点的构造深度的均值为 1.03 mm,变异系数为 2.7%。

3 结 语

- (1)每种集料规格都有一个公称最大粒径,应以其对应的标准筛筛孔的通过率作为加工质量监控指标,其目标值为 95%,验收标准建议为 91%~99%(S16 为 81%~99%)。
- (2)沥青混合料级配的控制,应落实到几个关键标准筛筛孔通过率的控制。用一种集料规格来控制其公称最大粒径对应筛孔的通过率。间歇式拌和楼通常用 4~5 种集料规格,相应地直接控制 4~5 个关键标准筛筛孔的通过率。

表 5 某石场集料加工质量的配比设计检验

项 目		不同筛孔(mm)的通过率/%											
		26.50	19.00	16.00	13.20	9.50	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15	0.075
集料规格	S8	91.9	6.1	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	S9	100	91.8	46.2	22.2	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	S12	100	100	100	100	91.6	1.8	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	S14	100	100	100	100	100	94.4	3.0	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3
	S16	100	100	100	100	100	100	91.7	57.1	44.0	32.7	16.7	8.2
	矿粉	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95.3
	消石灰	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98.2	88.2
检验项目	要求的 GAC-25	97.5	85.0	75.0	65.0	53.0	35.0	28.0	21.5	16.0	10.5	8.0	5.0
	设计的 GAC-25	99.0	85.5	72.0	65.2	57.2	35.2	28.1	18.6	15.0	12.0	7.6	5.1
	要求的 GAC-20C	100	97.5	85.0	75.0	60.0	38.0	30.0	22.0	17.0	12.5	8.0	5.0
	设计的 GAC-20C	100	97.2	81.7	73.6	63.8	38.2	29.9	19.7	15.9	12.6	8.0	5.2

表 6 某石场集料加工质量的施工检验

项 目		筛孔/mm											
		26.50	19.00	16.00	13.20	9.50	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15	0.075
GAC-25 下面层 各筛孔 的通过 率/%	目标配比	99.8	87.9	74.1	63.6	54.0	34.7	25.9	21.0	17.1	12.6	8.3	4.7
	生产配比	99.9	88.3	74.1	65.0	56.1	34.4	25.3	22.3	19.1	14.9	9.2	4.7
	抽提均值	99.6	84.5	74.3	67.4	55.9	37.9	27.6	21.2	16.7	11.7	8.3	4.7
	变异系数/%	1.0	1.5	1.6	1.8	2.3	2.8	3.9	5.0	5.6	5.6	4.5	4.6
GAC-20C 中面层 各筛孔 的通过 率/%	目标配比		97.7	84.2	71.6	60.1	41.5	31.4	23.5	15.0	11.1	8.8	5.6
	生产配比		99.7	89.2	76.5	59.9	40.1	29.7	20.8	15.7	10.5	7.5	4.9
	抽提均值		96.1	86.2	73.0	60.9	40.3	30.2	21.8	15.9	11.3	8.0	4.9
	变异系数/%		1.2	1.0	1.7	2.0	2.7	3.0	4.2	3.8	5.1	4.3	5.4
GAC-13 上面层 各筛孔 的通过 率/%	目标配比				95.8	72.6	40.4	27.9	20.8	16.7	11.0	7.8	5.8
	生产配比				91.0	65.9	37.7	28.5	18.8	13.7	9.4	7.3	5.8
	抽提均值				96.0	67.9	37.5	26.5	20.5	15.4	9.4	7.7	5.3
	变异系数/%				1.2	1.5	2.0	2.1	2.3	2.9	3.9	5.1	4.6

(3)正确确定集料加工用筛孔尺寸与应控制的标准筛筛孔尺寸的关系,从而选定加工用筛孔尺寸。

(4)集料加工应遵守已确定的集料规格与集料加工用筛孔之间的关系。

(5)混合料类型与集料规格有一定的相关关系,不可乱用。

(6)集料加工质量控制的关键是正确选定加工用筛孔尺寸,以及准确调试和监控破碎机反击板与板锤之间的间隙。

参考文献:

References:

[1] JTG F40-2004,公路沥青路面施工技术规范[S].
[2] 邓万军. 沥青混合料中矿料粒径和拌和机筛网的选择[J]. 筑路机械与施工机械化,2005,22(2):19-23.
DENG Wan-jun. Selection of aggregate diameter and screen mat of bituminous mixture [J]. Road

Machinery & Construction Mechanization, 2005, 22 (2):19-23.

[3] 彭 勇,孙立军. 沥青混合料均匀性与性能变异性的关系[J]. 中国公路学报,2006,19(6):30-34.

PENG Yong, SUN Li-jun. Relation of homogeneity and performance variation of asphalt mixture [J]. China Journal of Highway and Transport, 2006, 19 (6):30-34.

[4] 彭 勇,孙立军. 成型方法和集料类型对混合料均匀性指标影响[J]. 同济大学学报:自然科学版,2007,35 (3):346-350.

PENG Yong, SUN Li-jun. Effects of experimental method and aggregate type on index of asphalt mixture homogeneity[J]. Journal of Tongji University: Natural Science Edition, 2007,35(3):346-350.

[5] 廖志高. 采用二级破碎的沥青面层集料加工与质量控制[J]. 筑路机械与施工机械化,2006,23(10):32-35.

(下转第 50 页)

- [4] 赵永平,杨少伟,赵一飞.具有中央分隔带公路弯道外侧超车车道的视距[J].长安大学学报:自然科学版,2004,24(5):31-34.
ZHAO Yong-ping, YANG Shao-wei, ZHAO Yi-fei. Passing lane stopping sight distance outside of median divider in expressway [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2004, 24(5): 31-34.
- [5] 张胜平.高速公路中央分隔带护栏碰撞仿真试验的研究和应用[D].西安:长安大学,2004.
- [6] 许金良,石飞荣,杨宏志.基于计算机仿真的公路安全设计方法[J].中国公路学报,2004,17(2):1-5.
XU Jin-liang, SHI Fei-rong, YANG Hong-zhi. Method for highway safety design on computer simulation [J]. China Journal of Highway and Transport, 2004, 17(2): 1-5.
- [7] 杨宏志,许金良,李建士.基于计算机仿真的公路线形设计评价[J].中国公路学报,2005,18(1):14-18.
YANG Hong-zhi, XU Jin-liang, LI Jian-shi. Evaluation of highway route design based on computer simulation [J]. China Journal of Highway and Transport, 2005, 18(1): 14-18.
- [8] 杜洋,黄小清,汤立群.半刚性护栏系统模型冲击实验研究[J].华南理工大学学报:自然科学版,2003,31(12):66-70.
DU Yang, HUANG Xiao-qing, TANG Li-qun. Impact experiment of semirigid guardrail system model [J]. Journal of South China University of Technology: Natural Science Edition, 2003, 31(12): 66-70.
- [9] 中交第一公路勘察设计研究院.公路隧道横断面宽度研究报告[R].西安:中交第一公路勘察设计研究院,2002.
- [10] 杨少伟,潘兵宏,吴华金,等.高速公路中间带型式及安全性[J].中国公路学报,2006,19(6):39-44.
YANG Shao-wei, PAN Bing-hong, WU Hua-jin, et al. Median type and safety on freeway [J]. China Journal of Highway and Transport, 2006, 19(6): 39-44.
- [11] JTG/T D81-2006,公路交通安全设施设计规范[S].
- [12] 张晶,白书锋,石红星,等.车辆与弯道混凝土护栏碰撞的动态数值模拟及试验[J].中国公路学报,2007,20(1):102-106.
ZHANG Jing, BAI Shu-feng, SHI Hong-xing, et al. Dynamic numerical simulation and experiment for vehicle and curved concrete barriers crush [J]. China Journal of Highway and Transport, 2007, 20(1): 102-106.

~~~~~

(上接第40页)

- LIAO Zhi-gao. Asphalt pavement aggregate production and quality control with two-phase crashing process [J]. Road Machinery & Construction Mechanization, 2006, 23(10): 32-35.
- [6] 高蕾,陈拴发.配合比设计参数对高性能混凝土抗冻敏感特性的影响[J].交通运输工程学报,2006,6(4):27-31.  
GAO Lei, CHEN Shuan-fa. Influence of mix-designed parameters on freeze thaw resistance of high performance concrete [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2006, 6(4): 27-31.
- [7] 赵战利,张争奇,胡长顺.集料级配对沥青路面抗滑性能的影响[J].长安大学学报:自然科学版,2005,25(1):6-9.  
ZHAO Zhan-li, ZHANG Zheng-qi, HU Chang-shun. Influence of gradation on anti-skidding performance of asphalt pavement [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2005, 25(1): 6-9.
- [8] 张宜洛.抗滑级配类型沥青混合料的抗滑性能[J].长安大学学报:自然科学版,2003,23(1):7-10.  
ZHANG Yi-luo. Skid resistance regularity of different grades bituminous mixture [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2003, 23(1): 7-10.
- [9] 张登良.沥青路面工程手册[M].北京:人民交通出版社,2003.
- [10] JTJ 032-94,公路沥青路面施工技术规范[S].