

文章编号:1671-8879(2008)03-0101-04

道路施工宽幅碎石布料器关键结构设计方法

顾海荣¹, 李国柱², 焦生杰¹

(1. 长安大学 道路施工技术与装备教育部重点实验室, 陕西 西安 710064;

2. 西安筑路机械有限公司, 陕西 西安 710032)

摘 要:运用力学分析和试验的方法,研究了曲面分隔型碎石布料器导料槽与水平面之间的夹角、导料槽的宽度、布料端的弧度等结构参数,分析了车速对布料器撒布均匀性的影响。设计了宽幅碎石布料器样机,并进行了现场试验。测试结果表明:采用曲面分隔型碎石布料器的试验样机碎石撒布精度为 $\pm 1.2\%$,高于采用平面分隔型碎石布料器样机的碎石撒布精度。

关键词:机械工程;道路施工;宽幅碎石布料器;结构参数

中图分类号:U415.5

文献标志码:A

Design method of key structure parameters of broaden chippings distributor used in road construction

GU Hai-rong¹, LI Guo-zhu², JIAO Sheng-jie¹

(1. Key Laboratory for Highway Construction Technology and Equipment of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 2. Xi'an Road Construction Machinery Co Ltd, Xi'an 710032, Shaanxi, China)

Abstract: Based on mechanic analysis and experiment, the angle between the guide grooves and level, the width of the groove, the end radian of the distributor and the chippings bestrewing quality influenced by the velocity are studied. A broaden chippings distributor is designed and tested. The result shows that the bestrewing precision of the experiment machine is $\pm 1.2\%$, which is better than that of the divided plane chippings distributor. 5 figs, 9 refs.

Key words: mechanical engineering; road construction; broaden chippings distributor; structure parameter

0 引 言

同步碎石封层技术提高了传统碎石封层的施工质量,具有成本低、施工速度快和环保等优点,能够快速有效地修复道路损伤,延长道路使用寿命。同步碎石封层的主要特点是,利用一台设备,同时进行沥青洒布和碎石撒布作业,两者的作业时差不超过

1 s^[1],这就要求同步碎石封层设备的碎石撒布和沥青洒布具有相同的作业宽度。国外研究表明,采用碎石封层进行路面养护时,车道范围内轮胎碾压较多的区域需要的沥青量较少,防止泛油;而车道分界线和车道中央部分等车轮碾压较少的区域需要的沥青量较多,以抵挡冬天除冰、除雪过程中雪犁的破坏,防止碎石脱落。通常的做法是,将碎石封层中沥

收稿日期:2007-08-18

基金项目:陕西省交通科技项目(04-06K)

作者简介:顾海荣(1981-),男,江苏江都人,博士研究生,E-mail:guhairong@263.net

青洒布量较多的接缝设置在车道分界线或车道中央的位置^[2-3]。中国道路建设中,主干道和高等级公路的小型车车道宽度一般为 3.5 m,大型车车道或混合行驶车道宽度为 3.75 m,部分高速公路机动车道宽度为 4 m,而车辆的宽度一般不超过 2.5 m^[4-9]。如果要将同步碎石封层的接缝设置在车道分界线或车道中央的位置,存在采用 2.5 m 宽度料箱、撒布 3.75 m 以上宽度碎石的变宽幅撒布的技术难题。目前,中国大多数厂家的碎石布料器撒布宽度约为 3 m。为了提高道路养护质量,本文对撒布宽度为 4 m 的宽幅碎石布料器的结构参数进行了研究,设计了新的样机,并对样机的碎石撒布均匀性进行了试验,取得了较满意的结果。

1 宽幅碎石布料器的结构形式

碎石布料器的施工工艺要求较高,不仅要将在碎石撒布均匀,还要能够有效地控制碎石的撒布飞溅。除稳定车速外,碎石撒布的均匀度主要依靠碎石布料器的结构来保证。

碎石布料器的常见形式有:①平面分隔型布料器;②曲面分隔型布料器;③平面光滑型布料器;④曲面光滑型布料器。笔者在同步碎石封层设备开发过程中,对上述 4 种形式的碎石布料器都进行了试验:平面光滑型布料器结构最简单,布料宽度与料箱宽度相同,不能够进行大宽度布料;曲面光滑型布料器结构简单,但碎石布料的均匀性差,要提高布料均匀性,必须严格控制布料器的曲面形状参数,其制造成本会加大,而且很难达到要求的布料宽度;平面分隔型布料器是目前中国使用最多的碎石布料器形式,由于有导料槽,能够增加布料宽度,但受结构尺寸的限制,能够实现的布料宽度有限;曲面分隔型布料器是在增大布料宽度情况下,仍能实现碎石均匀撒布的唯一结构形式。

2 曲面分隔型碎石布料器

曲面分隔型碎石布料器控制碎石撒布均匀性的关键参数为:导料槽与水平面的夹角、导料槽的宽度和布料端弧度。

2.1 导料槽与水平面的夹角

撒布施工经验表明,只有当碎石下落角度大于动安息角 δ 时,布料才能够流畅,通常道路用碎石的动安息角为 37° 。

碎石的下落角度由两部分组成:①布料器自身的倾斜角度 α ;②变宽度引起的倾斜角度 β ,如图 1

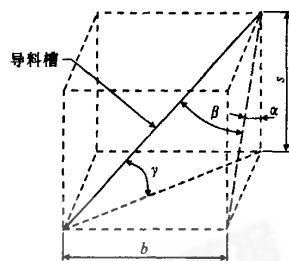


图1 导料槽空间结构

所示。图中: γ 为导料槽与水平面的夹角($^\circ$), $\gamma = \arcsin(\cos(\alpha)\cos(\beta))$; s 为导料槽垂直高度(m); b 为导料槽底部拱高(m)。

在布料过程中,为了防止碎石下滑速度太快,产生飞溅,还需对碎石的下滑速度进行控制。碎石下滑的加速度 a 为

$$a = g[\sin(\gamma) - f\cos(\gamma)] \quad (1)$$

碎石由导料槽顶部下滑至下沿时的速度 v_1 为

$$v_1 = \sqrt{v_0^2 + 2gs[1 - f\cot(\gamma)]} \quad (2)$$

式中: v_0 为碎石沿导料槽下落的初始速度(m/s); f 为综合考虑碎石之间以及碎石与导料槽间的等效摩擦系数; g 为重力加速度。

分析认为: v_1 值随 γ 的增加而增加。要防止碎石飞溅,就要降低碎石下落的速度,在导料槽长度不变的情况下,可减小导料槽与水平面夹角 γ 。

由式(2)可知,为保持碎石落料速度的一致,即同一水平面内各处碎石下滑速度一致,每个导料槽的 γ 必须相等,即 $\gamma = \gamma_0$ (γ_0 为布料器上 $\beta = 0$ 处的 γ 值)。所以

$$\cos(\alpha) = [\cos(\alpha_0)\cos(\beta_0)]/\cos(\beta) \quad (3)$$

式中: α_0 为布料器在 $\beta = 0$ 处的倾斜角($^\circ$); β_0 为布料器中央导料槽的变宽度引起的倾斜角($^\circ$), $\beta_0 = 0$ 。

对图1碎石布料器导料槽结构进行分析可得

$$\beta = \arcsin\left(\frac{b}{s}\cos(\alpha_0)\right) \quad (4)$$

各导料槽与水平面的夹角 γ 相等时,由于布料器最外侧导料槽的 b 值较大,要使 β 有意义, s 会变得很大,导致布料端弧高度增大,布料器的结构尺寸变大。为了实现宽幅布料,同时减小结构尺寸,只能增大靠近中间的导料槽 γ 角,减小两侧导料槽的 γ 角。通过多次试验,最后选取中央导料槽与水平面的夹角 γ_0 为 45° ,两侧导料槽与水平面的夹角不小于 40° ,在安装现场进行调整。

2.2 导料槽的宽度

碎石布料器导料槽的宽度直接影响碎石撒布的质量。宽度太小,易引起碎石的卡堵,碎石撒布不均

匀;宽度太大,碎石成束后束与束的间隔增大,也会影响撒布的均匀性。对于一定规格的碎石,每个导料槽的最小宽度必须满足

$$w \geq 3d \quad (5)$$

式中: w 为导料槽宽度(mm); d 为碎石的最大等效直径(mm),一般取25 mm。

为了尽可能提高碎石撒布的均匀性,可以在满足式(5)的前提下,尽量减小每个导料槽的宽度,增加导料槽的数量。推荐导料槽的最小宽度为75 mm。

布料器两侧的导料槽布料宽度稍宽,为了保证横向布料的均匀性,可以增加两侧导料槽接料宽度或对应的放料门开度,增加导料槽的接料量。

β 角的存在,特别是两侧的导料槽,使碎石在下滑过程中容易形成料束。为了消除料束对布料均匀性的影响,可以在布料器下沿焊接圆钢,将束状料疏散。

2.3 布料端的弧度

图2为曲面分隔型碎石布料器的结构图。

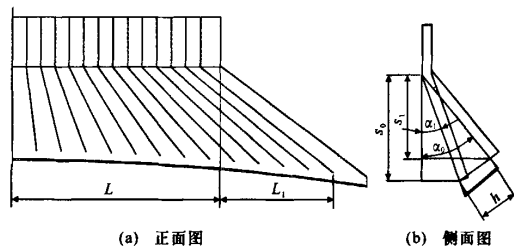


图2 曲面分隔型碎石布料器结构

图中: L 为顶端宽度(料箱宽度2.5 m); L_1 为单边增加宽度(0.75 m); s_0 为中间布料槽顶端到末端的垂直距离(m); s_1 为端部布料槽顶端到末端的垂直距离(m); α_1 为端面布料槽的倾斜角($^\circ$); h 为布料器斜面上距离顶端距离为 c 处的弧高(m)。

在保证碎石顺畅下落的情况下,布料器底端弧高 h_0 必须满足

$$h_0 = (s_0 - s_1) / \sin(\alpha) \quad (6)$$

该处布料器底端的圆弧半径 R_0 为

$$R_0 = \frac{L_2^2 + 4h_0^2}{8h_0} \quad (7)$$

式中: L_2 为布料器底端宽度(m), $L_2 = L + 2L_1$ 。

当 $s_0 = s_1$ 时,布料器为平面分隔型;当 $s_0 \neq s_1$ 时,布料器为曲面分隔型。

曲面分隔型布料器中,布料斜面任一处(距顶端距离为 c)的圆弧高度 h 及圆弧半径 R 分别为

$$h = \frac{(s_0 - s_1)c}{s_0} \cot(\alpha) \quad (8)$$

$$R = \frac{[cL_1 \cos(\alpha) + s_0 L]^2 + 4s_0^2 h^2}{8s_0^2 h} \quad (9)$$

2.4 车速对布料的影响

碎石撒布过程中,车辆的行进速度也对布料的均匀性产生影响,图3(a)为布料器正向布料(车辆向布料器导料槽一侧行走);图3(b)为布料器反向布料(车辆向布料器导料槽背面一侧行走)。

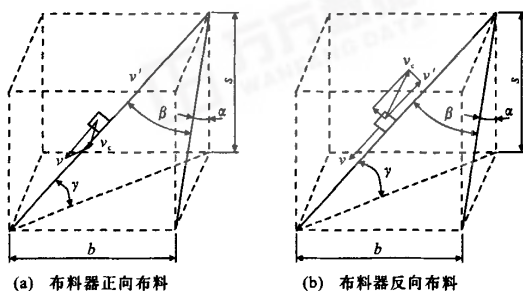


图3 车速对碎石布料的影响

图中: v 为碎石沿导料槽的下滑速度(m/s); v_c 为车辆行进速度(m/s); v' 为碎石下落速度在车辆前进方向的分量(m/s)。

(1) 布料器正向布料时,碎石有向布料器压紧的趋势。当分量 $v' < v_c$ 时,碎石将不能下滑;只有当 $v' > v_c$ 时,碎石才能够正常下滑,即

$$v_c = v \sin(\alpha) \cos(\beta) \quad (10)$$

(2) 布料器反向布料时,碎石有离开布料器的趋势。当 $v' < v_c$ 时,碎石将离开导料槽自由下落,不能按要求的宽度进行撒布。因此,稳定车速是提高碎石撒布精度的重要措施。

3 宽幅碎石布料器样机试验

根据上述研究,设计了撒布宽度为4 m的碎石布料器样机,试验样机采用正向布料方式,中间导料槽与水平面的夹角选用 45° ,导料槽最小宽度为75 mm,共33个,两端的导料槽稍宽。对试验样机的碎石撒布均匀性进行了测试,测试方法见图4。在试验场地,同步碎石封层车前进方向横向铺设800 mm×400 mm的油毛毡10块(图4(a));同步碎石封层车匀速撒布碎石,经过铺设油毛毡的区域(图4(b));将每块油毛毡上的碎石收集在塑料袋中(图4(c));称量每块油毛毡上碎石的质量(图4(d))。

同步碎石封层车以5 km/h速度向前匀速行驶,进行撒布量为 8.7 kg/m^2 、粒径为4~6 mm的碎石撒布作业,碎石撒布量测定结果见图5。

试验结果表明:采用曲面分隔型碎石布料器的试验样机碎石撒布的(横向)精度为 $\pm 1.2\%$ 。与平

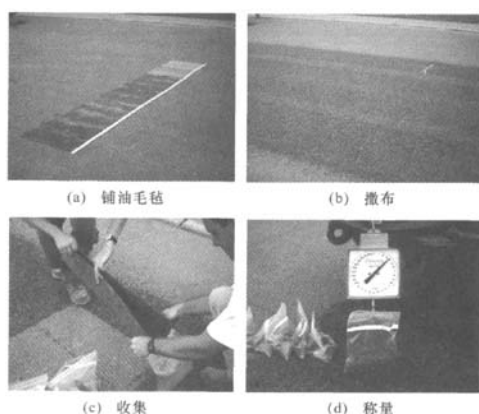


图4 碎石横向撒布精度的测试

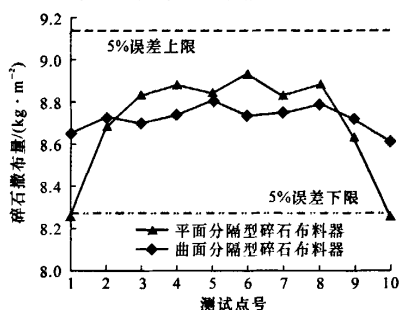


图5 碎石撒布量测试结果

面分隔型碎石布料器相比(图5所示某样机的碎石横向撒布精度为 $\pm 5.2\%$),曲面分隔型碎石布料器的撒布均匀度更高,在布料器两端尤为明显。

4 结 语

(1)为了保证碎石的顺利下滑,碎石布料器导料槽与水平面的夹角应尽量大;为了防止碎石飞溅,导料槽与水平面的夹角值应尽量小。综合考虑,碎石布料器导料槽与水平面的夹角可选用 45° 。

(2)为了保证从碎石布料器顶端接收到的碎石能够同时到达布料器底端,且同一个水平面的碎石落料速度一致,提高碎石撒布精度,布料器上所有导料槽与水平面的夹角要相等,布料器只能采用曲面分隔形式。

(3)导料槽与水平面的夹角相等时,碎石布料器的结构尺寸偏大。可以适当减小两侧导料槽与水平面的夹角,减小碎石布料器结构尺寸。

(4)碎石布料器导料槽的最小宽度要大于碎石直径的3倍,可以选用75 mm规格;表面应无焊缝、凸台和凹槽等,所有拼接处及折弯处应处理光滑,底部焊接圆钢用以打散束状碎石。导料槽还应具备一

定的强度和耐磨性。

(5)碎石布料器设计为正向布料方式时,导料槽与水平面的夹角应适当增大;设计为反向布料方式时,导料槽与水平面的夹角应适当减小,施工车速应符合布料器的设计速度要求,保持车速稳定。

参考文献:

References:

- [1] 焦生杰,顾海荣,张新荣. 同步碎石封层设备国内外研究现状[J]. 筑路机械与施工机械化, 2007, 24(7): 1-3.
JIAO Sheng-jie, GU Hai-rong, ZHANG Xin-rong. Current research state on synchronous pavement surface dressing equipment[J]. Road Machinery & Construction Mechanization, 2007, 24(7): 1-3.
- [2] Thomas J W, David W J, Frank S G. Minnesota seal coat handbook [R]. Minnesota: Minnesota Local Road Research Board, 2006.
- [3] Lita D, Bart D, Larry G, et al. Chip seal best practices [R]. Washington D C: Transportation Research Board of the National Academies, 2005.
- [4] GB 50220-95, 城市道路交通规划设计规范[S].
- [5] 刘洪海,张春燕,冯忠绪. 土工布上行驶的履带摊铺机附着性能[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2006, 26(5): 94-98.
LIU Hong-hai, ZHANG Chun-yan, FENG Zhong-xu. Adhesion of asphalt paver driving on the geotextile[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2006, 26(5): 94-98.
- [6] 钟连德,荣建,孙小端. 关于高架快速路车道宽度设置的探讨[J]. 公路交通科技, 2006, 23(10): 117-119.
ZHONG Lian-de, RONG Jian, SUN Xiao-duan. Discussion of lane width of elevated expressway[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2006, 23(10): 117-119.
- [7] 万沐虎. 城市道路横断面规划设计方法及应用研究[D]. 南京: 东南大学, 2004.
- [8] 傅磊,谢洪勇,刘桦. 散料在料仓内流动特性的实验研究[J]. 力学季刊, 2003, 24(4): 482-487.
FU Lei, XIE Hong-yong, LIU Hua. Experimental study on flow characteristic of granular materials in cylinder storage[J]. Chinese Quarterly of Mechanics, 2003, 24(4): 482-487.
- [9] 由相波,李国柱. 变宽幅分隔型曲面碎石布料器研究[J]. 筑路机械与施工机械化, 2007, 24(4): 56-59.
YOU Xiang-bo, LI Guo-zhu. Study on broaden divided bend chipping diffuser[J]. Road Machinery & Construction Mechanization, 2007, 24(4): 56-59.