

文章编号:1671-6833(2012)02-0062-05

## 沥青搅拌设备振动筛筛体强度分析

孟彩茹,冯忠绪,李磊,李学武

(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)

**摘要:** 振动筛的筛分效率达不到国家标准,使得混凝土级配不准,这是造成路面早期破坏的主要原因之一,提高振动筛筛分效率的问题亟待解决. 针对沥青搅拌设备多层振动筛筛分效率低的问题,对5SZD260型直线振动筛的筛分效率进行了测试,找出了造成筛分效率不高的主要原因是振幅较低,而提高振幅受限于振动筛筛体的强度与寿命. 为详细分析振动筛筛体的强度,测试了该振动筛的振动参数和振动筛筛体的应力,在ANSYS中对振动筛进行静力强度、热力耦合和模态仿真分析,并进行试验验证,结果表明:将筛体振幅增大到4.02 mm,振动筛激振力提高到原来的1.6倍,这时筛分效率就能够达到国家标准的要求,同时筛体强度也满足要求.

**关键词:** 工程机械;振动筛;筛分效率;强度;应力

**中图分类号:** U415.517

**文献标志码:** A

**doi:**10.3969/j.issn.1671-6833.2012.02.016

### 0 引言

对于沥青路面早期破坏问题,沙庆林院士等曾做过相关研究<sup>[1-2]</sup>,并提出拌合站生产不出符合要求的矿料级配是其根本原因之一,同一热料仓中矿料颗粒组成的变化太大,每一个热料仓中至少有一个筛孔尺寸的通过量的级差在10%以上,最大可达36.3%.究其原因,目前振动筛多是采用经验法进行设计,对于振动筛的箱体强度、振幅、频率等基本参数是否匹配,如何在保证箱体强度的条件下通过改变振动参数来提高筛分效率,这些都没进行过深入探讨<sup>[3]</sup>. 针对此问题,笔者在对某振动筛的筛分效率和筛体应力进行试验分析的基础上,找出了造成筛分效率不高的主要原因是振幅较低,而提高振幅受限于振动筛筛体的强度与寿命,通过对增大振幅前后的筛体强度进行分析,验证通过增大振幅来提高筛分效率的办

法是可行的.

另外,大型振动筛的关键问题之一是振动筛结构强度问题. 振动筛强度的研究还处于起始阶段,仅仅对普通振动筛进行强度分析和结构改进,对于沥青搅拌设备振动筛的强度研究基本空白,笔者针对沥青搅拌设备振动筛的多层振动筛分效率、温热物料等特点进行了分析.

### 1 提高筛分效率

根据国家标准JBT 4042—2008《振动筛试验方法》对5SZD260型直线振动筛的筛分效率进行现场试验,此振动筛的基本参数见表1,通过现场采样并进行测试,试验数据及处理结果见表2. 由以上试验数据可知,该振动筛筛分效率远达不到国家标准JTT 270—2002《强制间歇式沥青混合料搅拌设备》所规定的不低于85%的要求.

为寻找提高筛分效率的途径,在现场还同时

表1 试验用振动筛基本参数

Tab.1 Basic parameters of vibration screen for this Test

项目	最大入料 粒/mm	筛孔尺 寸/mm	筛面 层数	振动次数/ (r·min <sup>-1</sup> )	长*宽*高/ mm	振动电 机型号	处理能 力/(t·h <sup>-1</sup> )	名义振 幅/mm
参数值	100	3~40	4.5	960	7 291×2 530 ×3 050	MVE 13000/1	240~260	3

收稿日期:2011-10-10;修订日期:2011-12-16

基金项目:陕西省重大科技创新专项资金计划项目(2008ZK01-16)

作者简介:孟彩茹(1980-),女,河北无极人,长安大学博士研究生,主要从事工程机械理论及作业质量控制研究,E-mail:mengcairu1980@163.com.

进行了振动筛振动参数的测试.由测试数据可知,振幅的最大值为 2.826 mm,最小为 1.752 mm,小于设计的振幅值 3 mm.因此,振动强度不够是造成该振动筛分效率低的主要原因,必须提高振幅.但提高振幅必会影响筛体强度<sup>[4]</sup>,故应对筛体进行强度分析.

表 2 筛分效率试验数据及处理结果

Tab.2 The dates of this test and processing results

筛孔尺寸/mm	试样总质量/g	通过量/g	振动筛效率/%
2.36(3)	2 743.4	1 946.52	70.73
4.75(6)	3 093.4	2 309.44	74.70
9.50(12)	4 865.4	1 769.04	36.35
16.00(19)	7 608.9	3 551.62	46.74
26.50(30)	10 953.6	4 623.54	42.15

2 筛体强度分析

所采用的技术路线是:先在有限元软件 ANSYS 中进行仿真分析,得到应力最大点;选择十个应力较大点,通过粘贴应变片测量应力应变,来验证仿真模型是否正确;以此模型在 ANSYS 中进行静力分析,满足要求后再进行热力耦合分析和模态分析,来验证增大振幅后振动筛的强度和可靠性是否满足条件.

2.1 筛体强度的仿真

将振动筛在 Pro-E 中进行建模,建模完成后存为 IGS 格式后导入 ANSYS 中进行分析<sup>[5]</sup>,先对振动筛进行静力分析,振动筛侧板采用板壳单元,中间横梁采用梁单元,板与梁的连接设为刚性连接.将激振力加入模型中,同时加入 4 组弹簧单元. ANSYS 中网格的划分及激振力的加载见图 1(a)所示,在 ANSYS 中设定 X 向为沿振动筛长度方向,Y 向为竖直方向,Z 向为垂直于筛板方向. ANSYS 静力仿真的应力分布图见图 1(b),振动筛 Z 方向上的应力见图 1(c)所示.

由图 1(b)可知,振动筛在连接振动梁的两侧板上受力集中,最大点为 9.02 MPa,其他位置受力很均匀,没有突然变形,符合实际中振动筛的破坏位置.由图 1(c)可知,振动筛 Z 方向上受力很小,大部分在 -1.9~1.2 MPa 之间,所以实际测量中只需测 X、Y 两方向上的应力.

2.2 试验测试

通过应变仪来测得<sup>[6]</sup>.由于应变仪不便处理数据,在实际测量中,将应变仪与数据采集仪连接,这时的应变仪起增强信号的作用.数据采集仪灵敏度不高,如果信号不进行增强,数据采集仪将采集不到信号<sup>[7]</sup>.应变片贴片位置如图 2 所示,应

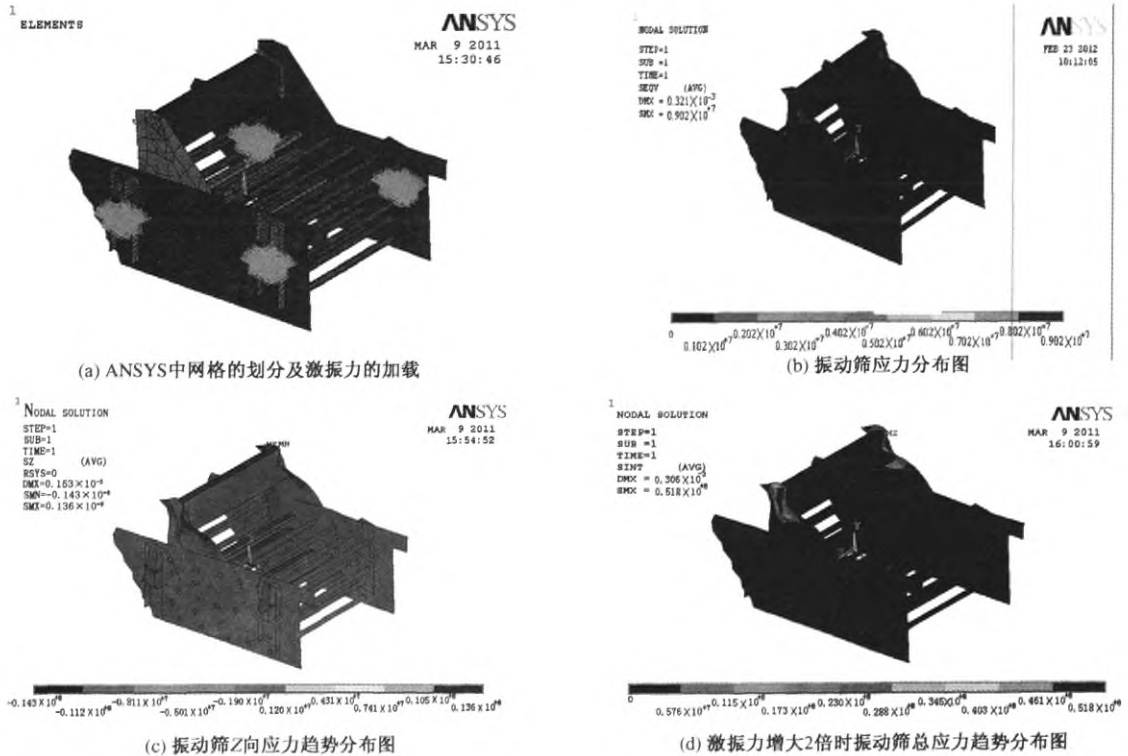
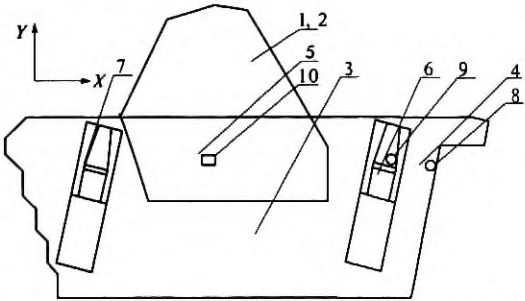


图 1 振动筛在 ANSYS 中的仿真

Fig.1 Simulation of the vibration screen in ANSYS

变片采用双臂电桥补偿,在同一位置分别测量两个相互垂直的位置.试验振动筛处在空载常温状态下,试验现场见图 3 所示,得到振动筛各位置处应力大小和应力的仿真数据与测试数据的比较如表 3 所示.



1,2—贴片 1,2 为对称布置分别在左右加强板上;3,4,5—都在筛箱侧板,位置如图所示;6—进口处减振弹簧后侧面板;7—出料口处减振弹簧左侧面板;8—进料口梁;9—进料口第一根圆梁;10—中间最顶部方梁.

图 2 应变片布置图

Fig. 2 Arrangement of the strain gauge

实际测量的应力值比仿真值偏大,误差基本在 20% 以内,所以,ANSYS 模型是基本符合实际情况的,可作为进一步分析的依据.同时发现,空载常温工作时筛体最大应力值 11.24 MPa,筛体还可以承受更大的激振力.

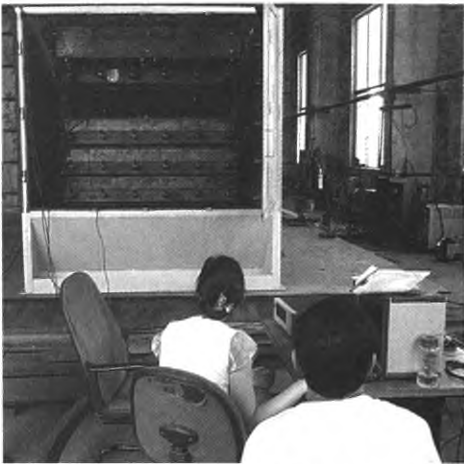


图 3 筛箱强度试验现场

Fig. 3 The test scene about screen box strength

表 3 应力的仿真数据与测试数据及其比较

Tab. 3 Theoretical stress data with their test data and the comparison theirs

位置	测试值				应力仿真 值/ MPa	误差/%
	应变/m		应力/ MPa			
	有效值	峰值	有效值	峰值		
1	5.30E -05	8.11E -05	11.24	17.02	9.02	19.75
2	5.00E -05	8.71E -05	10.64	18.28	9.02	15.23
3	2.20E -05	3.24E -05	5.22	6.81	4.11	21.26
4	1.30E -05	2.11E -05	2.75	4.43	2.77	0.73
5	1.80E -05	5.02E -05	3.97	10.53	4.03	1.51
6	1.41E -06	2.02E -05	0.34	4.25	0.33	2.94
7	1.41E -06	6.71E -06	0.34	1.41	0.35	2.94
8	1.03E -05	2.33E -05	2.49	4.90	1.81	27.31
9	5.66E -06	3.11E -05	1.36	6.54	1.26	7.35
10	7.28E -06	2.24E -05	1.58	4.70	1.38	12.66

2.3 仿真分析

2.3.1 筛体静力强度分析

增加振幅就是提高激振力.在 ADAMS 中对振幅进行仿真,并找出激振力与振幅的关系,当激振力增加到 1.6 倍时振幅为 3.99 mm,2 倍时振幅 4.72 mm.振幅增大后,在 ANSYS 中重新对振动筛进行筛体强度的分析,看是否大于振动筛的筛体许用应力,图 1(d)为激振力增大到 2 倍时振动筛的总应力情况.由图 1(d)可知,振动筛最大应力点的值 51.8 MPa,仍然小于许用应力值,因此,振动筛的静力强度满足要求.

2.3.2 筛体热力耦合分析

由于在沥青搅拌设备中,振动筛的筛分物料

是从干燥滚筒出来的热物料,温度对筛体应力应变有很大的影响<sup>[8]</sup>,故在 ANSYS 中应进行热应力分析.记下静强度分析中 X 向、Y 向最大应变值,将几个最大应变值分别加载到热力耦合的单元中进行热力分析<sup>[9]</sup>.沿侧板长度方向在侧板上取 0.8 mm 的单元,侧板厚度为 8 mm,故在 ANSYS 中为一长方形面,设箱侧板内温度为 160 ℃,箱外温度为 25 ℃.采用间接法来计算热应力,对单元的节点进行热力耦合,将上面测得的最大应变值和温度场都加载到单元上,得到单元热应力变化情况,见图 4(a)所示.

由图 4(a)中热力分析可知,与普通振动筛相比,温度对沥青混合料筛体的强度是有很大影响

的,应变呈层状分布,最大应力变为 83.2 MPa,最大应力点为筛箱内侧的位置.将激振力增大到 2 倍时振动筛的总应变点的应变值记录下来,同样加载到模型上,加载结果见图 4(b)所示,得最大的应力值为 108 MPa,最大应力点位置不变.

由以上分析表明,温度场对振动筛筛体强度有很大的影响,振幅在 4.72 mm 时应力为 108 MPa,还是满足许用应力要求的.

2.3.3 筛体模态分析

系统的固有特征一般用模态参数来表征<sup>[10]</sup>,故在 ANSYS 中对振动筛进行模态分析,得到 1 Hz 以上的前 10 阶频率如表 4 所示.由振动筛振动参数的测试得到振动筛的实际工作频率为 19.5 Hz.由表 4 可看出,第 8 阶的 17.63 Hz 和第 9 阶的 22.37 Hz 都与工作频率 19.5 Hz 相差较大,不会产生共振现象,振动筛工作满足要求.

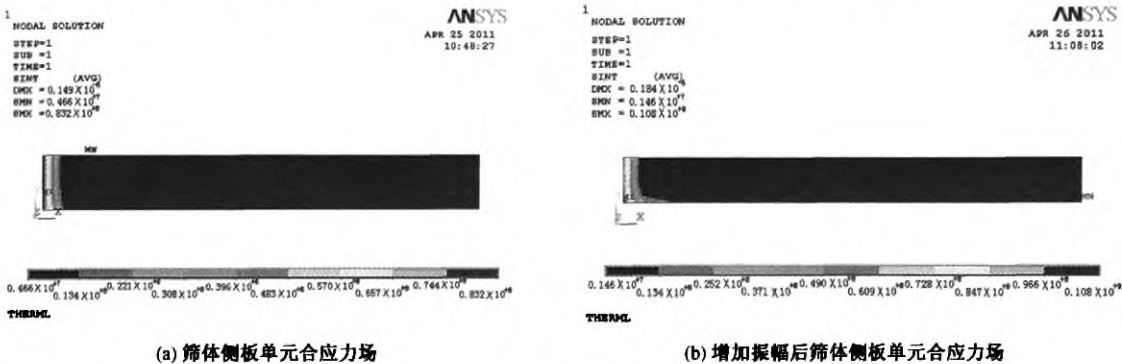


图 4 筛体单元在 ANSYS 中的热应力模拟

Fig. 4 Thermal stress simulation of the screen unit in ANSYS

表 4 振动筛 10 阶频率表

Tab. 4 10-order frequency table of vibration screen

阶次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
频率/ Hz	3.34	5.57	8.15	14.36	15.01	15.02	17.07	17.63	22.37	25.55

从振动筛的模态分析可知,振动筛工作频率与固有频率不重合,观察其振型应力变化图可得,十阶振型中都没发生严重的变形.通过以上对振动筛的静力分析、热力耦合分析和模态分析可知,增大振幅后振动筛筛体强度满足要求.

3 试验验证

将此振动筛按照以上分析进行改进,激振力提高到原来的 1.6 倍,测得振幅最大值为 4.596 mm,最小值为 3.464 mm,振幅有效值为 4.020 mm.对此时的振动筛再进行筛分效率试验,测得结果见表 5 所示.每层的筛分效率均能达到国家标准 JTT 270—2002《强制间歇式沥青混合料搅拌设备》所规定的筛分效率.表 2 与表 5 比较可得,增加激振力,提高振幅,可有效提高筛分效率.

4 结论

(1)通过筛分效率试验,发现试验振动筛筛分效率低于国家标准,必须增大筛体的振幅.

表 5 1.6 倍激振力时各层筛分效率

Tab.5 The screening efficiency in 1.6 times excitation force

筛孔尺寸/mm	试样总质量/g	通过量/g	振动筛效率/%
2.36(3)	5 120.24	4 650.20	90.82
4.75(6)	8 244.58	7 500.09	90.97
9.50(12)	10 982.12	9 659.87	87.96
16.00(19)	14 023.54	12 235.54	87.25
26.50(30)	16 852.38	14 346.43	85.13

(2)通过筛体的强度试验与分析可知,振动筛静力最大值集中在连接振动梁的两侧板上,其他位置受力很均匀,应力的分布是左右对称的,振动筛静力强度有足够的裕度.

(3)筛体的热力耦合分析可知,振动筛筛体在高温工作时应力值增加较多,在受热状态下筛体的强度也满足要求.

(4)仿真分析和实践证明,将振动筛激振力提高到原来的 1.6 倍,筛体名义振幅增大到 4.02 mm,这时筛分效率能够达到国家标准的要求,筛体强度仍然足够.同时,提高振动筛幅值能有效的提高振动筛的筛分效率.

## 参考文献:

- [1] 冯忠绪,姚运仕,冯建生. 热沥青混合料碾压过程的离析现象[J]. 长安大学学报:自然科学版, 2006,20(3):96-99.
- [2] 沙庆林. 解决沥青路面早期破坏关键技术的研究[C]//中国公路学会. 第三届中国公路养护技术大会论文集. 北京:人民交通出版社,2006:5-9.
- [3] 谭兆衡. 国内筛分设备的现状与展望[J]. 矿山机械,2004(1):34-37.
- [4] KERSEHEN G, LENAERTS V, GOLLNVAL J C. VTT benchmark: application of the restoring force surface method[J]. Mechanical Systems and Signal Processing, 2003,17(1):189-193.
- [5] 邓凡平. ANSYS10.0有限元分析自学手册[M]. 北京:人民邮电出版社,2009.
- [6] 吉林工业大学农机系,第一机械工业部农业机械科学研究所. 应变片电测技术[M]. 北京:机械工业出版社,1978.
- [7] 史天录,刘经燕. 测试技术及应用[M]. 广州:华南理工大学出版社,2009.
- [8] 闻邦椿,刘树英,何勃. 振动机械的理论与动态设计方法[M]. 北京:机械工业出版社,2001.
- [9] 张朝晖. ANSYS工程应用范例入门与提高[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [10] 熊晓燕. 复杂机械系统动态特性分析和实验辨识方法的研究[D]. 太原:太原理工大学机械工程学院,2008.

## Research on the Intensity of the Vibration Screen in the Asphalt Mixing Plant

MENG Cai-ru, FENG Zhong-xu, LI Lei, LI Xue-wu

(Key Laboratory for Highway Construction Technology and Equipment of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

**Abstract:** The screening efficiency did not meet the national standards, which made the concrete gradation not exact. It is one of the causes for early damage roads, so the urgent problem to be solved is to improve the screening efficiency of the vibration screen. The 5SZD260 vibration screen was tested about the screening efficiency in the asphalt mixing plant. The vibration parameter and the stress parameters on the vibration screen were tested. The low screening efficiency was mainly due to low amplitude, but improving the amplitude of the screen directly influenced the intensity of the screen and its service life. In order to make a detailed analysis of the vibration screen about its intensity, the vibration screen was simulated in ANSYS about the static stress, thermal stress and model. And then these were tested for inspecting the results. When the amplitude of the vibration screen increased to 4mm and the vibration force enhanced on the original 1.6 times, the screening efficiency can reach the national standard and the intensity of the screen box was also enough.

**Key words:** construction machinery; vibration screen; screening efficiency; intensity; stress