

手扶拖拉机手把减振装置的研究*

应义斌^① 张立彬 董美对 胥芳

(浙江农业大学工程技术学院)

提 要 在研究工农—5型手扶拖拉机手把振动特性基础上,研制了一种手把减振装置,并根据ISO5349—1986(E)进行了减振效果评价,结果表明:振动最剧烈方向上的振动加权加速度降低了55.8%,允许受振年限延长了126.4%,减振效果良好。该减振装置结构简单,工作性能稳定,使用安全可靠,可应用于实际生产。

关键词 手扶拖拉机 手把振动 减振装置

1 引 言

手扶拖拉机是我国农村的主要动力,应用范围很广,不仅用于农田作业,还承担着80%以上的农业运输量。近年来国内手扶拖拉机保有量不断增加,全国已拥有800万的驾驶员队伍。由于手扶拖拉机工作时手把振动剧烈,通过研究发现,驾驶员振动病的发病率相当高,而且手把振动还是手拖交通事故频繁的一个重要原因。因此,如何减弱手扶拖拉机手把振动,成为广大技术人员和手拖驾驶员十分关心的问题。

目前,国内外也有一些关于手把减振方法的报道,如在手把上加配重和阻尼^[1,2];局部修改扶手架的结构参数以改变其动态特性^[3];在飞轮上作偏角平衡^[4];在发动机和底盘上安装隔振装置^[5]等,这些方法对治理手拖手把的振动有一定的效果。但由于存在着改装困难、结构复杂、技术要求高等缺点,均未能推广应用于实际生产。因此,研制一种简单实用、安装方便的手把手把减振装置是一个亟待解决的问题。

2 减振装置的设计

2.1 减振方案的确定

目前,较有效的减振方法主要有^[6]:

1) 减少扰动——减少或消除振动源的激励。由于手扶拖拉机的动力是单缸柴油机,发动机活塞和连杆往复运动产生的不平衡惯性力不可能完全消除,因而单从这方面考虑的话,减振程度会受到限制。

收稿日期:1994—06—30

* 浙江省科委资助项目

① 应义斌,所长,博士生,杭州市华家池 浙江农业大学工程技术学院,310029

2) 防止共振——防止或减少设备对振动的响应。如:改变振动系统的固有频率,改变振动系统的扰动频率等,但这样对手扶拖拉机结构的修改量太大,实施困难。

3) 采用隔振措施——减少或隔离振动的传递。手扶拖拉机手把振动的振源主要是发动机的激励和路面不平度引起的路面激励。这两种激励都是通过底盘、扶手架等传到手把上的。如果我们在扶手架上联接适当的减振装置就能使手把振动减弱。这种方法既可使结构简单,又能方便地安装在现有拖拉机上。因此,我们采用了这种局部减振方法。

2.2 减振装置的设计要求

- 1) 减振性能好。减振装置应能有效地消耗和扩散振动能量,减弱结构传递振动的能力;
- 2) 操向性好。安装减振装置后,扶手架应保持有足够的刚度,不影响手拖的操向性能,特别是在高速行驶或出现紧急情况时,要求能够承受足够大的弯矩和扭矩;
- 3) 结构简单。尽量少地改变原扶手架结构,成本低,安装简易方便;
- 4) 安装牢靠,强度好,寿命长,使用安全可靠。

2.3 减振元件材料的选择

减振装置要求减振元件的材料应具有良好的阻尼性能,性能稳定,制造方便,成本低,与金属的粘接性好,单位面积的承载能力大以及使用寿命长等。

车辆工程的隔振应用实践表明,橡胶材料能有效地衰减来自发动机的振动激励,利用其阻尼特性,可消除振动的尖峰幅值,使振动较为均匀和减小冲击。因此根据手拖手把减振装置工作环境条件,通过初步试验,我们选用具有较好综合物理机械性能并能与金属材料牢固粘合的天然橡胶 1154^[7]作为减振元件材料,其邵氏硬度为 60。

2.4 减振装置的结构及工作原理

减振装置的结构见图 1。利用强力胶粘剂将橡胶元件和内外金属套管粘接在一起构成的减振元件,这种结构不仅保证了扶手架的刚度要求,而且还使得减振装置的安装非常方便。这样,在任何工况下,发动机和路面的激励都通过橡胶元件

传到手把,通过橡胶的相变和分子扩散等物理机制消耗和扩散振动的能量,使瞬态振动迅速衰减,降低振动的振幅,使传到手把的振动量减少,从而达到减振目的。

2.5 减振装置的安装

由于扶手架传递振动是逐渐放大的,因此,在不影响变速杆的操作和安装方便性的前提下,减振装置的安装部位离发动机越近越好。试验中减振装置的安装部位见图 2。

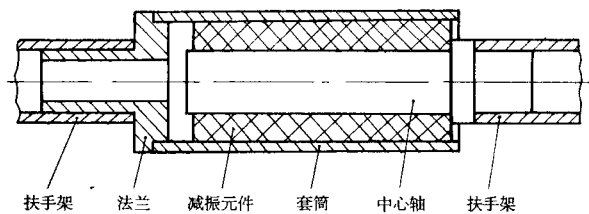


图 1 减振装置示意图

Fig. 1 Scheme of vibration absorber

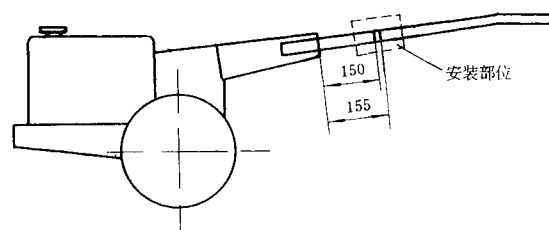


图 2 减振装置的安装位置

Fig. 2 Installation position of vibration absorber

3 减振性能的测试分析和评价

3.1 测试方法和设备

试验时,工农—5 型手扶拖拉机停在平坦的水泥地面上,驾驶员模拟工作状态握住手把,发动机的转速为 3000r/min。

根据 ISO5349—1986(E)^[8]规定的手受振坐标系,我们自制了一传感器支架安装于手把上,以保证三轴向相互垂直相交。测试点选在手把橡胶套部位距端部 2/3 处^[9]。试验中,我们用三个 CA—YD127 型加速度传感器测取加速度信号,由 YE5938 动态数据采集器采集和记录,然后通过 RS232—C 串行接口传送到 AST486 微机,利用振动监测和分析软件进行数据处理和分析,并由打印机输出结果。

3.2 试验结果与分析

为了进行比较,首先测量了原有的振动加速度。然后,安装上减振装置,并在相同试验条件下测量手把振动加速度。为减少随机误差,每次频谱分析均取 5 个样本进行平均,分析频带为 0~2000Hz,结果见图 3 与表 1。

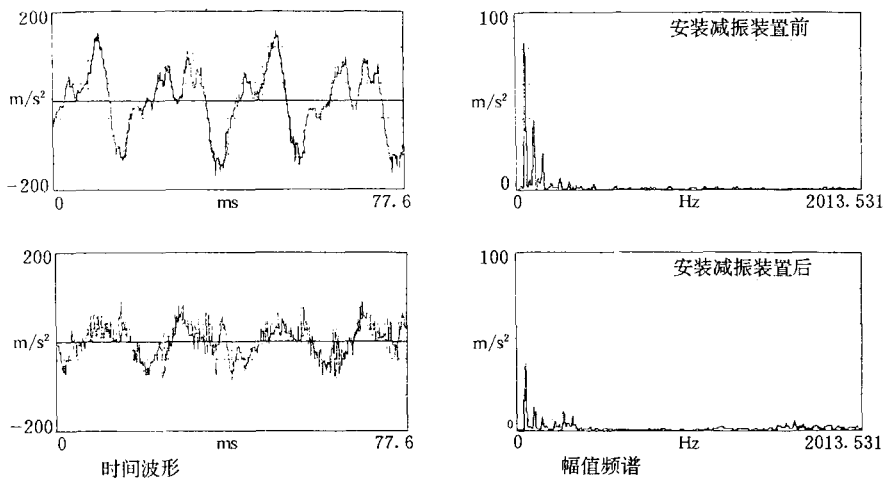


图 3 减振前后 X_k 方向振动加速度的时间波形和幅值频谱

Fig. 3 Time domain wave and amplitude spectra of accelerations along X_k axis without and with vibration absorber

图 3 为手把振动最剧烈的 X_k 方向振动加速度的时间波形和幅值频谱,限于篇幅, Y_k 和 Z_k 方向的时间波形和幅值频谱此处从略。由图 3 可见,减振前后 X_k 方向振动的幅值频谱极为相似,但减振后振动量级显著减小,其两个最大峰值点 (50Hz 和 100Hz 处) 的加速度由 82.982 和 39.741 降为 37.525 和 12.993,分别减少了 54.8% 和 67.3%,三向联合加速度最大幅值也降低了 41.1%。这说明减振装置对手扶拖拉机手把有良好的减振效果。

表 1 手动振动 1/3 倍频程谱及评价

Tab. 1 One-third octave acceleration spectra of vibration on handles of walking tractor and evaluation

序号	1/3 倍频程中心频率/Hz	加权因子 k_i	安装减振装置前实测加速度值/ $m \cdot s^{-2}$			安装减振装置后实测加速度值/ $m \cdot s^{-2}$			
			X_k 方向	Y_k 方向	Z_k 方向	X_k 方向	Y_k 方向	Z_k 方向	
1	6.3	1	0	0.226	0.131	0	0.390	0	
2	8	1	0	0.226	0.131	0	0	0.115	
3	10	1	0	0.225	0.131	0	0.277	0.115	
4	12.5	1	0	0.955	0.131	0.362	0.415	0.269	
5	16	1	0	1.133	0.131	0.362	0	0.269	
6	20	0.8	2.662	0.396	0.463	0.255	0	0	
7	25	0.63	2.683	0.252	0.334	0.255	0	0.496	
8	31.5	0.5	0.968	0.396	0.478	0.255	0.462	0.325	
9	40	0.4	3.333	0.396	0	0	0.462	0.111	
10	50	0.3	82.982	21.729	21.179	37.525	36.527	11.830	
11	63	0.25	0.515	0.178	0.675	0.622	0	0	
12	80	0.2	9.235	3.402	7.451	0.393	2.098	0	
13	100	0.16	39.741	20.204	5.406	12.993	7.933	8.066	
14	125	0.125	7.064	1.823	0.975	0.545	0.647	0.979	
15	160	0.1	0.747	0.850	0.363	1.495	0.804	1.114	
16	200	0.08	3.381	0.787	4.279	0.523	4.918	3.359	
17	250	0.063	4.579	0.766	0.236	2.095	2.563	1.671	
18	315	0.05	1.825	0.601	0.162	2.872	0.738	0	
19	400	0.04	0.997	1.107	0.447	0.875	0.986	0.314	
20	500	0.03	0	0.201	0.398	0	0.620	0.821	
21	630	0.025	0	0.624	0.468	0.431	1.560	0.974	
22	800	0.02	0	1.950	0.169	0.677	1.774	0.531	
23	1000	0.016	1.971	1.460	0.321	0.355	1.376	0.320	
24	1250	0.0125	0	2.910	0.274	1.141	4.211	0.607	
$a_{hw}/m \cdot s^{-2}$			25.961	7.485	6.620	11.467	11.071	3.830	
$(a_{hw})_{eq(t)}/m \cdot s^{-2}$			36.714	10.585	9.362	16.217	15.657	5.416	
$C=10\%$ 时 T_F/a				0.818			1.852		
$A_h/m \cdot s^{-2}$				27.818			16.393		

另外,经试验安装减振装置后,扶手架的刚度和原来的相差无几,不影响手扶拖拉机的操向性能,而且安装牢靠,工作性能稳定,能满足操向性和安全性要求。

3.3 减振效果的评价

在假定驾驶员每日 8 小时连续受振的条件下,根据 ISO5349—1986(E)进行减振装置减振效果的评价,表 1 中有关数据由下列公式计算得到:

$$(a_{hw})_{eq(t)} = \left[\frac{1}{4} \int_0^T (a_{hw}(t))^2 dt \right]^{1/2} \tag{1}$$

$$(a_{hw}) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (k_i a_{hi})^2} \tag{2}$$

$$A_h = \sqrt{a_{zhw}^2 + a_{yhw}^2 + a_{xhw}^2} \tag{3}$$

$$T_F = \frac{95 \sqrt{C}}{(a_{hw})_{eq(4)}} \quad (4)$$

式中: $(a_{hw})_{eq(4)}$ —4 小时的频率加权能量等效加速度, m/s^2 ;

a_{hw} —加权加速度的瞬间值, m/s^2 ;

τ —每工作日总受振时间, h , $\tau=8h$;

a_{hi} —第 i 个中心频率的加速度值, m/s^2 ;

k_i —第 i 个中心频率的加权因子;

n —1/3 倍频程的中心频率数, $n=24$;

A_h —联合加速度, m/s^2 ;

$\alpha_{xhw}, \alpha_{yhw}, \alpha_{zhw}$ —手把 X_h, Y_h, Z_h 方向的加权加速度, m/s^2 ;

C —规定发病率, %;

T_F —规定发病率为 C 时, 振动病发生前的受振年限, 年。

根据 ISO5349—1986(E) 的规定, 我们应选择加权加速度最大的 X_h 轴进行评价。从表中可见, 安装减振装置后 X_h 轴向的加权加速度降低了 55.8%。另外, 公式(4)表示了 4 小时频率加权能量等效的振动强度、振动病发病前的受振年限和发病率三者之间的关系。当发病率 $C=10\%$ 时, 可由公式(4)计算出减振前后振动病发生前允许的受振年限分别为 0.818 年和 1.852 年, 安装减振装置后, 大大降低了手把振动对人体的危害程度。但是, 和 ISO5349—1986(E) 的标准相对照, 减振后手把的振动仍然是比较大的。因此, 如果能把本减振措施和减小发动机本身的振动激励的方法结合起来, 减振效果将会更加明显。

4 结 论

1) 在手拖扶手架上安装减振装置, 采用橡胶元件增大阻尼和减小振动传递率以降低振动是手扶拖拉机手把减振的合理措施。

2) 试验结果表明, 安装减振装置后, 拖拉机手把三轴向中振动最剧烈的 X_h 轴的最大加速度和加权加速度分别减少了 54.8% 和 55.8%, 三轴向联合加速度降低了 41.1%, 当发病率 $C=10\%$ 时, 振动病发生前允许的受振年限延长了 126.4%, 具有显著的减振效果。

3) 减振装置结构简单, 工作性能稳定, 安装简便, 使用安全可靠。但还应进一步研究, 与减小发动机本身振动激励的方法结合, 以达到更好的效果。

参 考 文 献

- 1 大黑正道, 石川文武. 减轻扶手系统振动的研究(第 1 报). [日]农业机械学会志, 1990, 52(3): 13~19
- 2 大黑正道, 石川文武. 减轻扶手系统振动的研究(第 2 报). [日]农业机械学会志, 1990, 52(4): 37~43
- 3 苏清祖, 张悦理, 须琼和等. 手扶拖拉机扶手架的减振设计. 农业机械学报, 1989, 20(4): 9~14
- 4 陈新福, 胡一民. 降低手扶拖拉机手把振动的有效方法—偏角平衡. 拖拉机 1993, (2): 7~12

- 5 焦群英,汪倩华,陈奎孚等.手扶拖拉机手把振动的治理.农业机械学报,1993,24(4):74~79
- 6 周维德.机械振动手册.北京:机械工业出版社,1992,18—1~18—61
- 7 工程材料实用手册编辑委员会.工程材料实用手册.北京:中国标准出版社,1989,第6分册:9~13
- 8 International Organization for Standardization ISO 5349—1986(E) Mechanical Vibration—Guidelines for the Measurement and the Assessment of Human Exposure to Hand-transmitted Vibration. Printed in Switzerland, 1986
- 9 苏清祖,翁家昌.手承受振动的评价标准.拖拉机,1987,(6):46~45

Study on Absorber of Vibration Transmitted by Handles of Walking Tractor

Ying Yibin Zhang Libin Dong Meidui Xu Fang

(College of Technology, Zhejiang Agricultural University)

Abstract

On the basis of research to be used on the handles of GN—5 walking tractor, a new type of vibration absorber was designed. The vibration absorbing effect of the absorber was evaluated in accordance with ISO 5349—1986(E). The measured data indicated that weighted acceleration value in the direction, having the most serious vibration was decreased by 55.8 percent, and the tolerable time of daily exposure to vibrations transmitted by the handles was prolonged by 126.4 percent. The vibration absorber is of simple structure and stable performance, and could be put into practical production.

Key words Walking tractor Vibration transmitted by handles Vibration absorber