

文章编号:1671-8879(2007)03-0103-04

振动压路机的振动噪声测试与综合性能评价

钟春彬, 冯忠绪, 张志峰, 姚运仕

(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:为了治理振动压路机对环境的振动污染和噪声污染,对振动压路机施工时的地面振动信号和噪声进行了测试,对试验数据进行了频谱分析和回归分析。结果表明:振动压路机施工时所诱发的地表面强烈振动及噪声对道路沿线建筑物造成了损伤,并使人和生物群极不适应;指出振动压路机还存在能量利用率低及工作稳定性问题。建议对与环境相和谐的生态化压实机械进行研究和开发。

关键词:机械工程;振动压路机;振动加速度;噪声;稳定性;压实机械

中图分类号:U415.521

文献标志码:A

Vibrating noise test and comprehensive performance evaluation for vibratory roller

ZHONG Chun-bin, FENG Zhong-xu, ZHANG Zhi-feng, YAO Yun-shi

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

Abstract: In order to control the environmental vibration and noise induced by vibratory roller, the tests of ground vibration and noise were carried out. The experimental data were studied with spectrum analysis method and regression analysis method. The results indicate that the ground vibration and noise produced by vibratory roller have a damage influence on the houses along the road, and make people and animals uncomfortable near the road. It was pointed out that the vibratory roller also has those problems as the low stability and the low energy usage ratio. It is very necessary for developing the ecological compaction machinery now. 3 tabs, 5 figs, 10 refs.

Key words: mechanical engineering; vibratory roller; vibration acceleration; noise; stability; compaction machinery

0 引 言

20 世纪 40 年代振动压路机问世,50 年代开始大量投放市场并推广应用。目前,振动压路机已占到压路机市场 60% 以上的份额,成为压实机械的最主要机型。各国专家认为,振动压实技术和振动压路机的出现是压实技术和压实机械发展过程中的一个划时代的革命^[1]。

随着公路建设等级的提高,重型振动压路机得到广泛的应用,但其强烈的激振力和噪声对环境的污染问题,各国尚无相关的控制标准及简单有效的防治措施。中国西部地区地质条件恶劣,不少民房仍为土木结构,振动压实会对沿路民房造成不同程度的损伤^[2]。重型振动压路机在施工时产生强烈的激振力和噪声,对区域环境污染严重^[3],甚至造成了沿路建筑物不同程度的损伤。为此,本文对振动压

收稿日期:2006-04-13

基金项目:国家 863 计划重大项目(2001AA422012)

作者简介:钟春彬(1958-),男,广西柳州人,博士研究生,E-mail:zcb@liugong.com。

路机的振动噪声测试和综合性能评价进行了研究,建议研究和开发与环境相合谐的生态化压实机械。

1 振动压实对环境的影响

为了获取振动压实对环境影响的基本特征,本文在陕北某一级公路 N12 拌和站邻近的场地上进行了测试试验。表 1 为试验用振动压路机的主要技术参数,表 2 为测试试验项目编排。图 1 为振动测试分析系统。通过测试,得到了大量的数据^[4],图 2 为其中某一工况的时域信号、频域信号和功率谱信号。

表 1 振动压路机主要技术参数

型 号	型 式	静质量/ t	静线压力/ (kN·m ⁻¹)	激振力/ kN	振动频 率/Hz	振幅/ mm	生产厂家
BW219DH-3	光轮	18.7	91.63	320/250	28/35	1.8/0.9	宝马工程 机械厂
YZTK18	拖式凸轮	18.0	88.30	394	24~29	1.6	陕西水利 机械厂

表 2 振动测试试验项目编排

工况	遍数/遍	宝马压路机(光轮)				拖碾 压路机	压实度/%
		正面		侧面			
1	2	高频低幅	低频高幅	高频低幅	低频高幅		88.00
2	6	高频低幅	低频高幅	高频低幅	低频高幅		91.30
3	12	高频低幅	低频高幅	高频低幅	低频高幅	高频	92.45

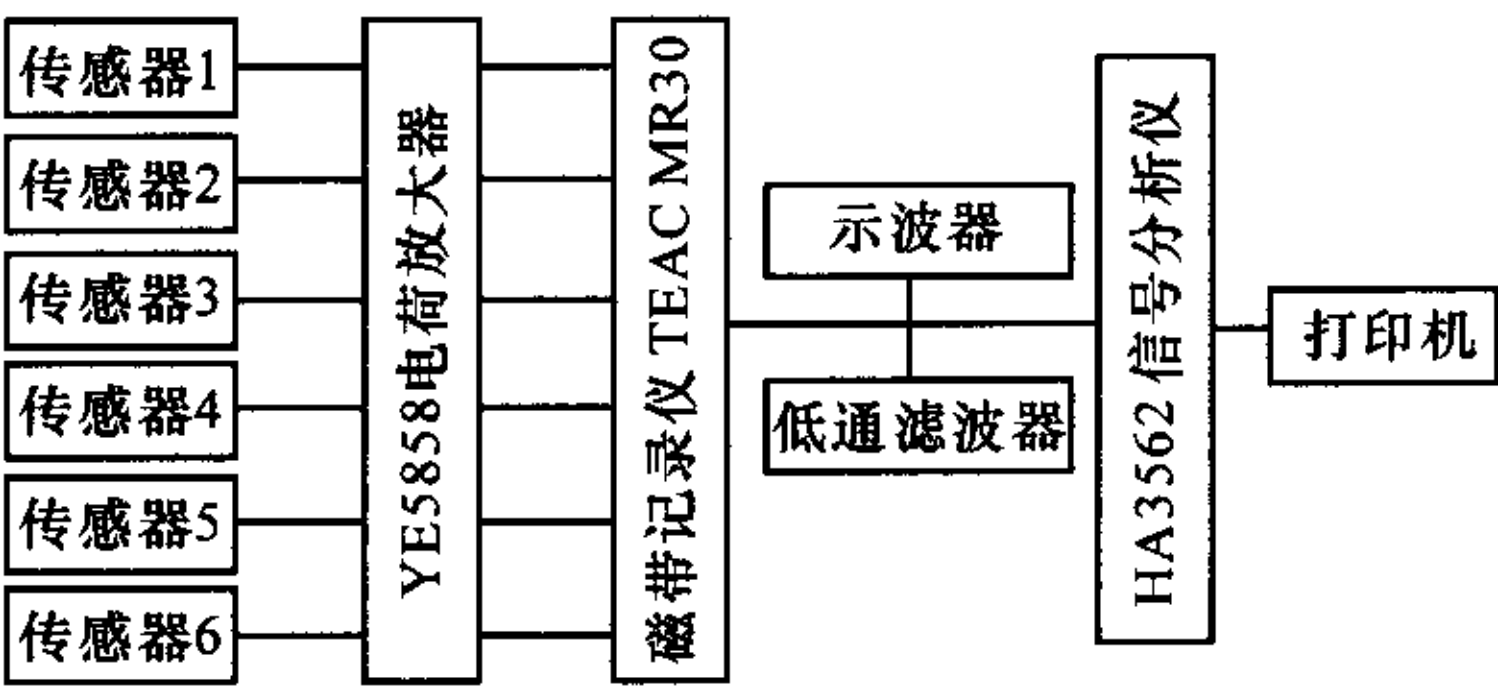
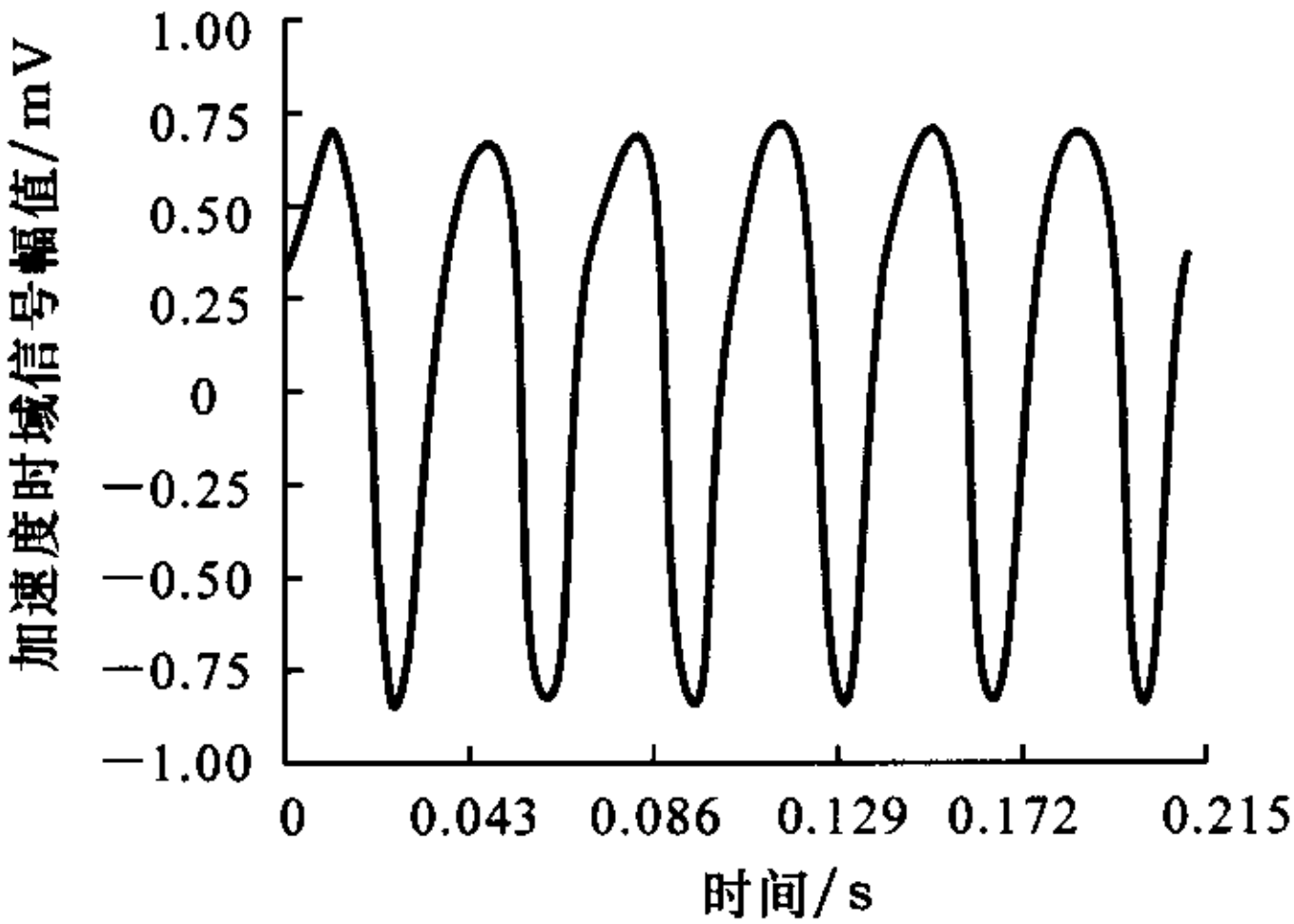
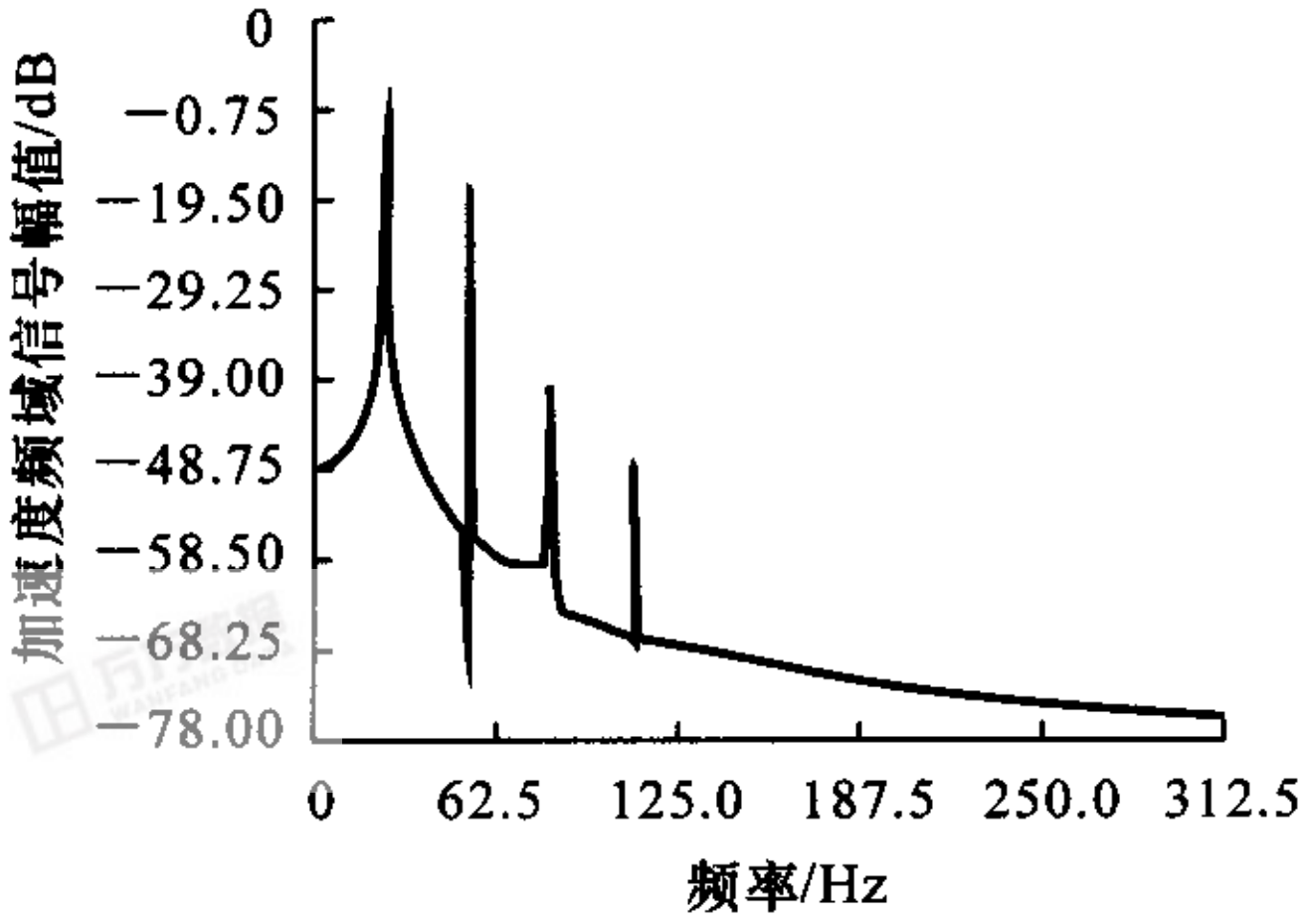


图 1 振动测试分析系统



(a) 时域信号



(b) 频域信号

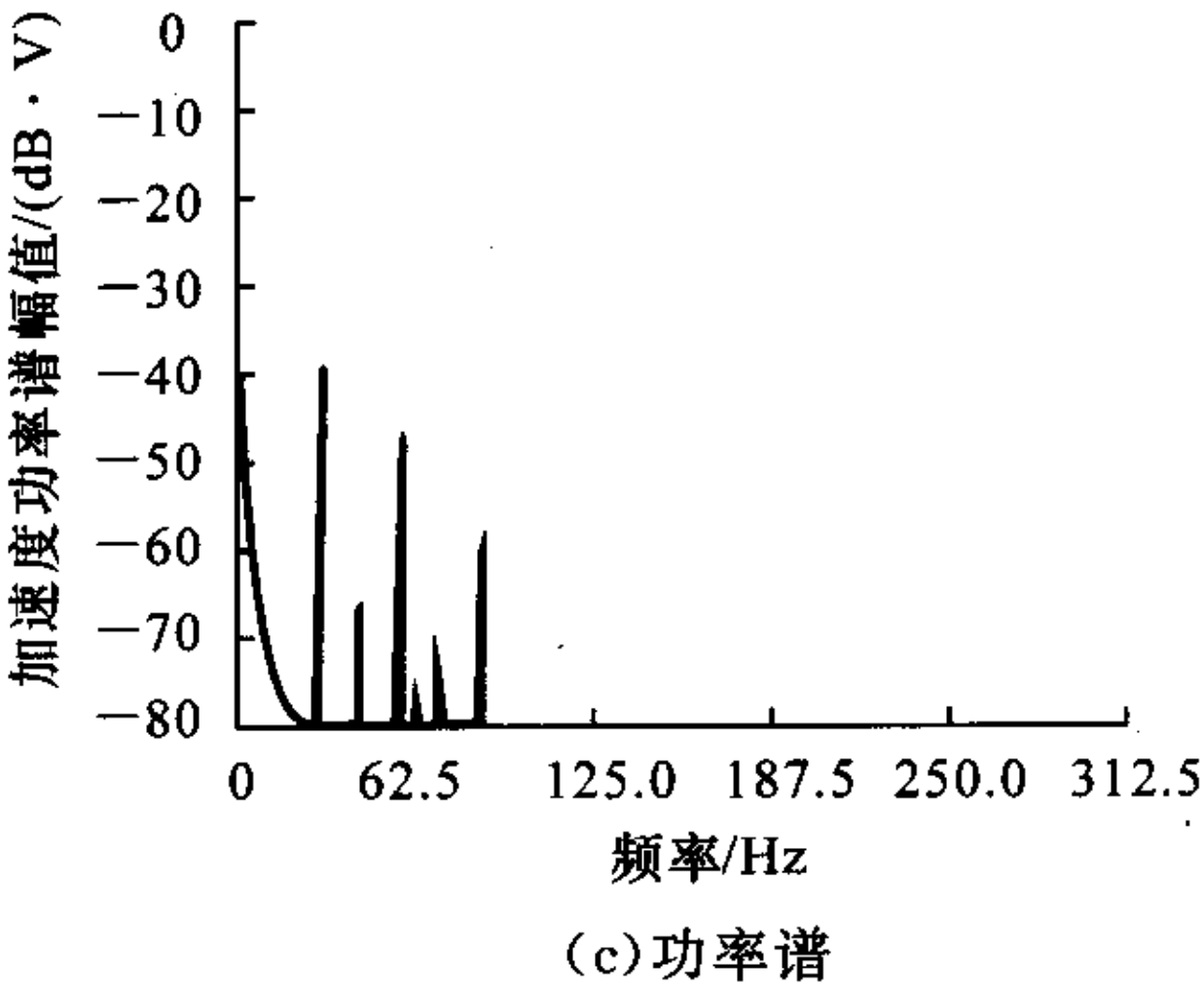


图 2 压 2 遍时 2 通道 z 向的实测信号

1.1 地面振动加速度随距离的变化规律

对测试所得数据进行统计与拟合,得到地面振动加速度随距离的变化关系,见表 3。结果表明:

(1)振动压路机引起的地面振动波传播规律符合负幂指数函数

$$a = aR^{-\beta}$$

式中: α 、 β 分别为与土质、振幅、频率等因素相关的系数; a 为振动加速度; R 为测试点到压路机的距离。

(2)一般认为,水平振动加速度衰减到 0.1 g 时,对砖混结构的建筑物不会造成危害^[5]。通过试验,得到该机型的较安全施工距离应大于 12 m。

1.2 噪声随距离的变化规律

图 3 为噪声测点布置。测试结果表明:

(1)噪声的等级声级与距离的衰减关系为线性关系,道路两侧噪声随距离的衰减规律为

$$L_A = 90 - 8.5R$$

式中: L_A 为等级 A 声级(dB)。

(2)对宝马压路机,在 7.5 m 处的噪声最大值为 86 dB,15 m 的噪声最大值为 73 dB,30 m 处的噪声最大值为 66 dB;对于拖碾压路机,在 7.5 m 处的噪声最大值为 84 dB,15 m 处的噪声最大值为 76 dB,30 m 处的噪声最大值为 70 dB。因此,在 30 m 处,声级才可达达到中国的 3 类区域噪声标准(70 dB)^[6]。

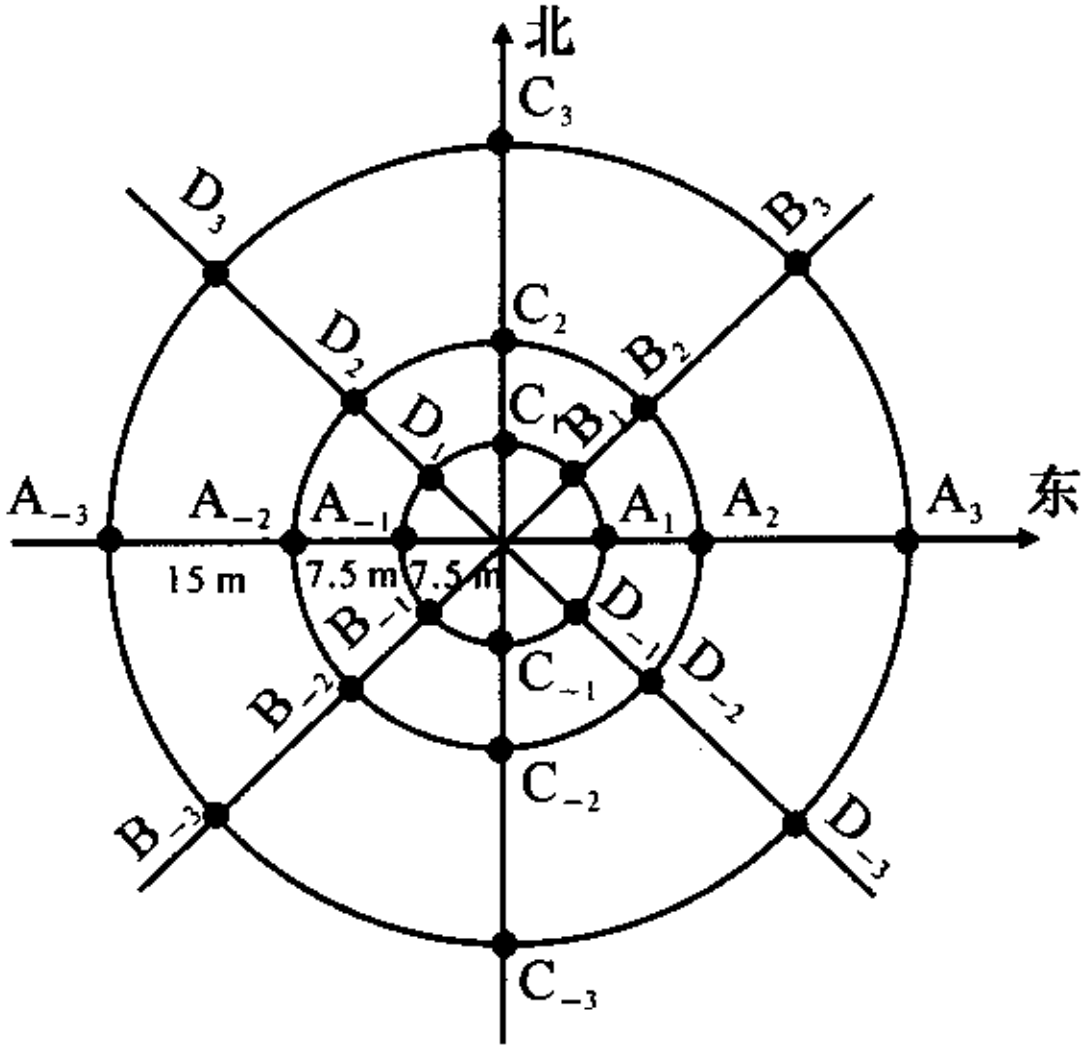


图 3 噪声测点布置

表 3 地面振动加速度随距离衰减的公式

监测 序号	监测 方向	振动 频率/Hz	曲线回归公式	相关 系数	监测 序号	监测 方向	振动 频率/Hz	曲线回归公式	相关 系数
工况 1 (光轮 侧面) 压 2 遍	z 向	28.52	$\alpha = 10.003 R^{-2.010\ 5}$	0.998\ 9	工况 1 (光轮 正面) 压 2 遍	z 向	28.12	$\alpha = 9.980\ 7 R^{-1.325}$	0.945
		23.05	$\alpha = 3.587 R^{-1.273\ 4}$	0.906\ 8			22.66	$\alpha = 12.761 R^{-1.546\ 8}$	0.986
	x 向	28.52	$\alpha = 4.851\ 5 R^{-1.321}$	0.940\ 2		x 向	28.12	$\alpha = 1.759\ 7 R^{-0.6407}$	0.917
		23.05	$\alpha = 5.178\ 2 R^{-1.420\ 4}$	0.964\ 4			22.66	$\alpha = 5.804\ 7 R^{-1.214\ 2}$	0.993
	y 向	28.12	$\alpha = 4.048\ 4 R^{-0.984\ 6}$	0.995\ 2		y 向	28.12	$\alpha = 13.221 R^{-1.543\ 5}$	0.897
		22.66	$\alpha = 6.083 R^{-1.329\ 6}$	0.956\ 8			22.66	$\alpha = 4.114 R^{-1.210\ 5}$	0.951
工况 2 (光轮 侧面) 压 6 遍	z 向	28.12	$\alpha = 3.557\ 8 R^{-1.069\ 2}$	0.953\ 6	工况 2 (光轮 正面) 压 6 遍	z 向	28.12	$\alpha = 8.443 R^{-1.105\ 7}$	0.978
		22.66	$\alpha = 2.151\ 2 R^{-0.921\ 1}$	0.933\ 7			23.05	$\alpha = 3.541 R^{-1.105}$	0.992
	x 向	28.12	$\alpha = 5.657\ 1 R^{-1.433\ 3}$	0.908\ 4		x 向	28.12	$\alpha = 20.579 R^{-2.009\ 2}$	0.966
		22.66	$\alpha = 5.804\ 8 R^{-1.214\ 3}$	0.993\ 0			23.05	$\alpha = 5.389\ 6 R^{-1.501\ 4}$	0.966
	y 向	28.12	$\alpha = 3.161\ 2 R^{-0.806\ 9}$	0.975\ 3		y 向	28.12	$\alpha = 1.447\ 4 R^{-0.773\ 6}$	0.957
		22.66	$\alpha = 4.114 R^{-1.210\ 5}$	0.951\ 0			23.05	$\alpha = 5.506\ 6 R^{-1.058\ 2}$	0.964
工况 3 (光轮 侧面) 压 12 遍	z 向	28.12	$\alpha = 3.557\ 8 R^{-1.069\ 2}$	0.953\ 6	工况 3 (光轮 正面) 压 12 遍	z 向	28.12	$\alpha = 11.255 R^{-1.214\ 1}$	0.972
		22.27	$\alpha = 12.761 R^{-1.546\ 8}$	0.986\ 3			22.27	$\alpha = 11.276 R^{-1.546}$	0.990
	x 向	28.12	$\alpha = 18.868 R^{-1.309\ 2}$	0.962\ 8		x 向	28.12	$\alpha = 2.272 R^{-0.912\ 6}$	0.966
		22.27	$\alpha = 8.508\ 5 R^{-0.930\ 5}$	0.904\ 6					
	y 向	28.12	$\alpha = 3.161\ 2 R^{-0.806\ 9}$	0.975\ 3		y 向	28.12	$\alpha = 15.896 R^{-1.658\ 6}$	0.914
		22.27	$\alpha = 4.114 R^{-1.210\ 5}$	0.951\ 0			22.27	$\alpha = 9.202\ 5 R^{-1.668\ 4}$	0.997
工况 3 (拖碾 侧面) 压 12 遍	z 向	25.39	$\alpha = 7.591\ 1 R^{-1.612\ 7}$	0.984\ 3					
	x 向	23.44	$\alpha = 8.458\ 9 R^{-0.909\ 4}$	0.952\ 5					
	y 向	24.22	$\alpha = 10.519 R^{-1.422\ 5}$	0.943\ 3					

2 振动压实的效能分析

振动压路机一般采用将偏心轴安装在滚轮内的结构,如图 4 所示。偏心轴旋转时产生的离心激振力通过轴承传递给滚轮,再由滚轮传给土壤。为使质量较大的滚轮振动起来,质量较小的偏心机构需产生很大的激振力。一方面,这种结构对支承偏心轴的轴承及其装置要求较高;另一方面,振动在传递过程中不可避免地要产生能量损失。

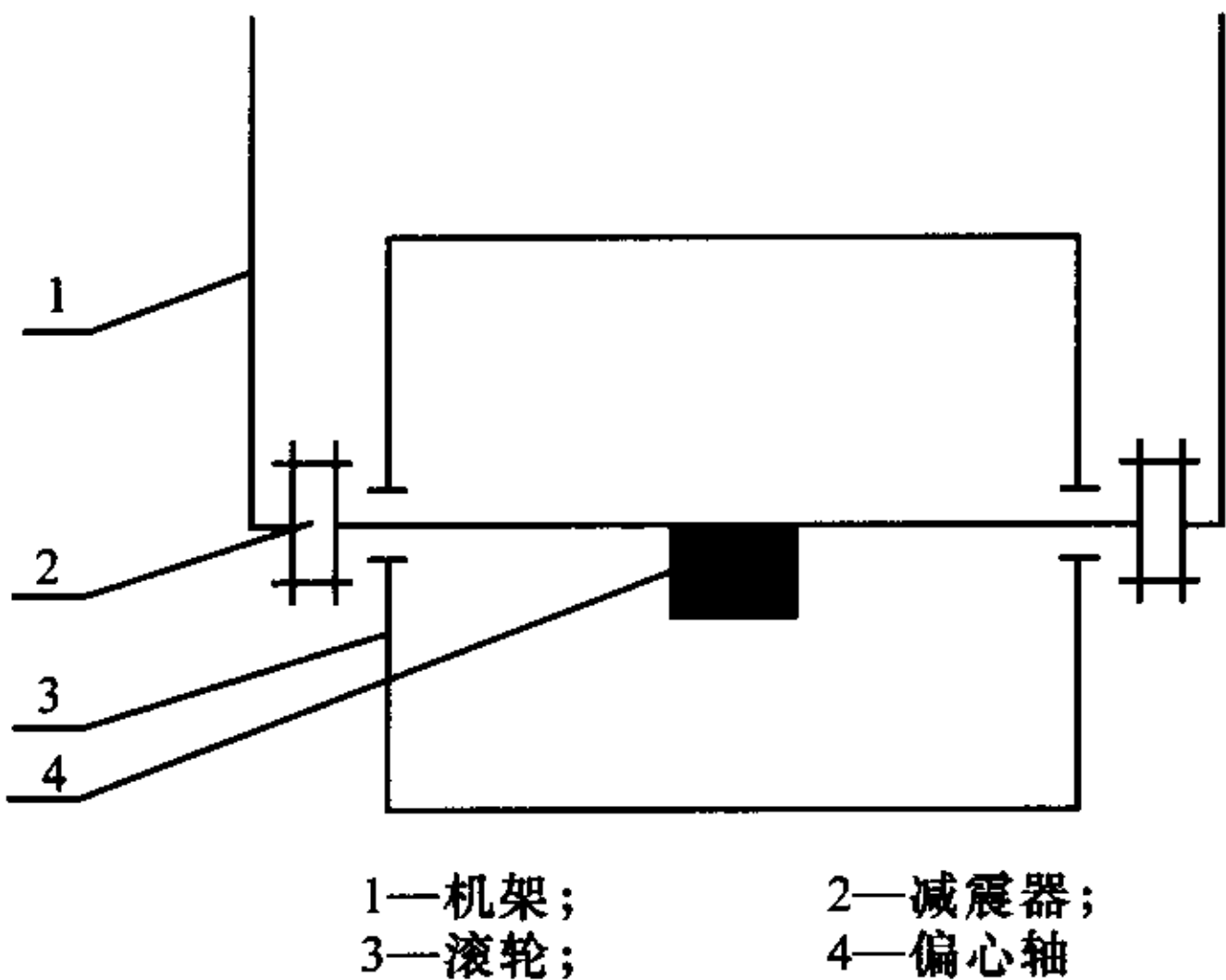


图 4 振动轮结构

在压路机滚轮与地层动态耦合的压实中,所传输的振动能量以空间波(压缩波和剪切波)和界面波两种形式分布(图 5)。界面波是地面振动的主要传播形式,其波形主要与表面或接近表面的土壤结构

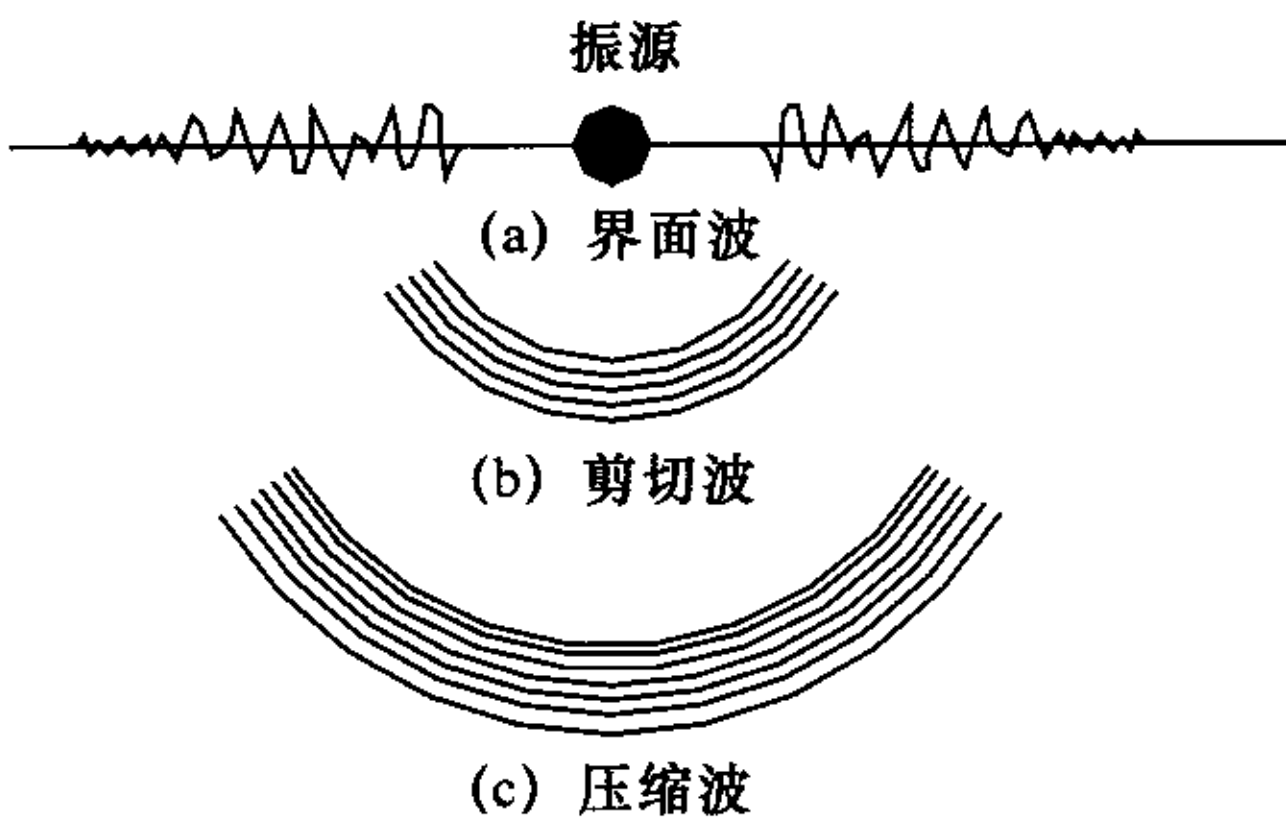


图 5 压路机在土壤表面工作时产生的压缩波、剪切波和界面波有关。界面波的振幅随着离压路机的距离的增加而呈负指数函数规律衰减,振动能量的 2/3 以界面波沿地面表层在大约一个波长区域深度内向四周传播而引起环境振动,其余 1/3 以压缩波和剪切波向纵深传播并起压实作用^[7]。振动波的传播机理决定了振动压实过程中大部分能量耗散掉,造成了对环境的严重影响,也注定了振动压路机效能的降低,能量利用率偏低。

3 振动压路机工作的稳定性

由于振动压路机产生的激振力最大值与振动轮质量之比远大于 1,压路机工作时与地面在瞬间的脱离就是不可避免的。因而分段建立压实过程中机器—土壤系统的微分方程就比较符合客观实际,文献[8]曾对此作了专题探讨。关于其中提出的每当

偏心轴旋转周时,滚轮是否都能和地面相接触一次的问题,可作进一步讨论。由于机器参数的差异,可能会出现几种现象:当偏心轴旋转 1 周、2 周或 3 周时,滚轮离地后才可能与地面接触一次。这时机器工作的平稳性变差,可将这种现象称为振动压路机的稳定性问题。

4 提高振动压路机性能的措施

20 世纪 80 年代,研制成功了振荡压路机,其工作特点是滚轮始终与地面接触,振动波不会向道路两侧发散,从而改善了机器本身的工作条件,大大减轻了对环境的干扰^[9]。非圆形冲击压实是一种路基压实的新技术,其优点就是没有专用的激振机构^[10]。非圆形滚轮就是激振器,能量由它直接作用在被压实介质上。

由此,可提出一种新的压实理论及其设备,使机器作业时与环境、生物群比较和谐,压实效率较高,能量消耗又较低。本课题组已提出了一种新的方案,并进行了方案试验。相关问题将专题论述。

5 结 语

(1)振动压路机对环境有严重的影响,在施工中,可采取相应的防治措施。

(2)振动压路机的能量利用率较低。

(3)振动压路机存在工作稳定性问题。

(4)加强新的压实理论与方法的创新,研制一种节能、与环境和人群相和谐、压实效果好的压实机械,以满足工程建设的需要。

参考文献:

References:

- [1] 孙祖望. 压实技术与压实机械的发展与展望[J]. 筑路机械与施工机械化, 2004, 21(5): 4-7.
SUN Zu-wang. Developing and prospecting of compaction technology and machinery [J]. Road Machinery & Construction Mechanization, 2004, 21(5): 4-7.
- [2] 曹 跃, 赵 翔, 梁开水. 振动压路机工作振动对民宅影响的监测与分析[J]. 交通科技, 2006, (4): 88-90.
CAO Yue, ZHAO Xiang, LIANG Kai-shui. Monitoring and analysis of construction effects on buildings by the vibration road roller [J]. Transportation Science & Technology, 2006, (4): 88-90.
- [3] 韩善灵, 朱 平, 林忠钦. 道路交通噪声评价及预测新方法[J]. 交通运输工程学报, 2005, 5(3): 111-114.
HAN Shan-ling, ZHU Ping, LIN Zhong-qin. Evaluation and prediction new methods of road traffic noise [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2005, 5(3): 111-114.
- [4] 张志峰. 振动压实对环境的影响[D]. 西安: 长安大学, 2004.
- [5] GBJ 11-89, 建筑抗震设计规范[S].
- [6] GB 3096-93, 城市区域环境噪声标准[S].
- [7] 左文军, 谢立扬. 振动压路机引起的环境振动及其危害[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2003, 23(4): 81-84.
ZUO Wen-jun, XIE Li-yang. Environmental vibration and damage effect caused by vibratory rollers [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2003, 23(4): 81-84.
- [8] 冯忠绪, 贺 钊, 王西京. 振动压路机数学模型初探[J]. 西安公路交通大学学报, 1996, 16(3): 102-104.
FENG Zhong-xu, HE Zhao, WANG Xi-jing. Elementary discuss on mathematical model of vibratory roller [J]. Journal of Xi'an Highway University, 1996, 16(3): 102-104.
- [9] 谭 军, 翟丽艳. 振荡压路机压实原理及应用[J]. 东北公路, 2003, 26(3): 143-144.
TAN Jun, ZHAI Li-yan. Compacting principles and application of vibration rollers [J]. Northeastern Highway, 2003, 26(3): 143-144.
- [10] 张 洪, 孙斌煜, 张隆泉, 等. 冲击压路机工作轮动力学分析[J]. 太原重型机械学院学报, 2003, 24(3): 159-162.
ZHANG Hong, SUN Bin-yu, ZHANG Long-quan, et al. Dynamic analysis of working wheel of the impact roller [J]. Journal of Taiyuan Heavy Machinery Institute, 2003, 24(3): 159-162.