

## 振动压路机压实度仪的研究

李熙山 高会敏 张润利 贺杰

(河北工业大学 天津 300132)

**摘要** 本文通过分析振动压路机在压实过程中压实轮对路基的震动加速度的动态响应,提出了检测公路路基压实度的新方法,开发了振动压路机压实度仪,并进行了相应的试验、验证。

**关键词** 振动压路机 压实度仪

### 1 绪论

衡量路基压实质量的一个很重要的指标就是路基的压实度。传统的检测方法有灌沙法、环刀法、核子密度仪法等,都是用人工抽样检测来推测所有压实面积,其结果是人力、物力消耗大,周期长,易造成漏检。我们基于振动压实与加速度检测的原理,开发了一种新的检测压实度的仪器:机载振动压路机压实度仪,它通过测量振动压实轮加速度幅值来反映出路基的压实度。这样,就可以实时地、在线地检测出路基的压实度,既节省时间,减少人力、物力的投入,又能有效地避免欠压和过压的发生。

### 2 “振动轮-土壤”系统模型

为了研究振动轮与土壤的动态响应,我们建立了“振动轮-土壤”系统数学模型。

#### 2.1 假设与简化条件

根据振动压路机实际结构和工作特点,建立模型前提出如下假设和简化:

(1)振动轮中不平衡偏心质量块以角速度  $\omega$  绕轮心轴旋转,且  $\omega = \text{常数}$ ;

(2)振动轮质心及偏心质量块等结构特征对称于振动压路机的纵向轴线,因此振动轮-土壤系统可简化为平面振动模型;

(3)根据振动轮和机架的结构特征,认为振动轮和机架均为刚体,而且可以简化为具有一定质量的集中质量块;

(4)振动轮与前机架间橡胶减振器及被压实土壤被表征为弹簧和阻尼的多自由度系统时,弹簧和阻尼被认为是无质量的;

(5)由振动轮偏心块圆周运动所产生的离心力只以垂直方向的分量作用到模型上,实验证明,振动的水平分量几乎全部通过与被压实材料表面

之间的相互滑动而被分散掉;

(6)假设振动轮在工作时不脱离地面。

#### 2.2 数学模型

由上述简化,振动轮-土壤系统的数学模型如图1所示,它由两个等量参数系统组成,其上部是说明振动压路机的;其下部是说明土壤压实性能的。

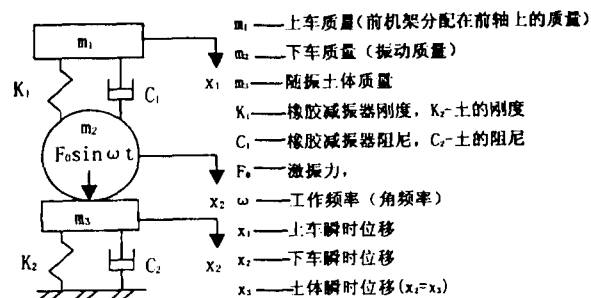


图1 振动轮-土壤系统数学模型

图1中,  $F_0$  表示偏心质量块的离心力,  $F_0 = m_e \omega^2$ ,  $m_e$  为偏心块的静偏心矩,振动轮被以角速度  $\omega$  旋转的激振力  $F_0$  带动进入振动状态。

下一步我们要确定土壤模型中随振土体质量  $m_3$ , Lars Forssblad 给出不同的假设,而文献[4]通过对振动轮-土壤系统的被测性能与等效参数系统所得的振动性能的分析比较,给出可将10%的前桥负荷作为  $M_3$  选择依据的结论。我们在这里也采用这种量值关系。

#### 2.3 运动方程

应用牛顿第二定律,列出其运动方程:

$$\begin{cases} (m_2 + m_3)\ddot{x}_2 + (C_1 + C_2)\dot{x}_2 + (K_1 + K_2)x_2 - \\ C_1\dot{x}_1 - K_1x_1 = F_0 \sin \omega t \\ m_1\ddot{x}_1 + C_1\dot{x}_1 + K_1x_1 - C_1\dot{x}_2 - K_1x_2 = 0 \end{cases} \quad (1)$$

从上式中我们可以得到加速度的幅值为

$$a_{2A} = \omega^2 X_2 = \omega^2 F_0 \left[ \frac{(A_1^2 + B_1^2)}{(C^2 + D^2)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$A_1 = K_1 - m_1 \omega^2;$$

$$B_1 = C_1 \omega;$$

$$C = (m_2 + m_3) m_1 \omega^4 - (m_2 + m_3) K_1 \omega^2 - m_1 K_2 \omega^2 - C_1 C_2 \omega^2 + K_1 K_2 - m_1 K_1 \omega^2$$

$$D = K_2 C_1 \omega + K_1 C_2 \omega - (m_2 + m_3) C_1 \omega^3 - m_1 C_2 \omega^3 - m_1 C_1 \omega^3$$

根据式(2)用数值法就可以得出压实度随  $K_2$  和  $C_2$  的变化趋势。

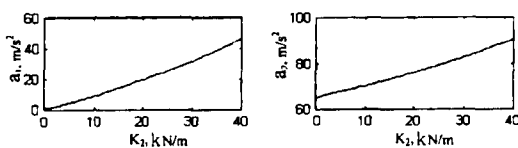


图2 加速度幅值随  $K_2$  的变化趋势图

首先给定除  $K_2$  外其它参数的值,而给  $K_2$  由小到大一系列值,这样就可以得到加速度幅值随  $K_2$  增大的变化趋势。用同样的方法可以计算出加速度幅值随  $C_2$  的变化趋势。计算结果如图2和3所示。

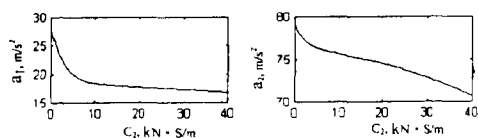


图3 加速度幅值随  $C_2$  的变化趋势图

在实际压实的过程中,随着压实的进行(压实遍数的增加),土的刚度  $K_2$  增加,土的阻尼减小<sup>4</sup>。由图2和图3可知,随着土刚度的增加,压实轮加速度幅值增加,随着土阻尼的减小,压实轮加速度幅值增加。也就是说,随着压实工作的进行(压实度的提高),压实轮加速度幅值在增加。

根据这一原理,我们开发了振动压路机压实度仪。

### 3 仪器的设计

我们选用 9013 型压电式振动传感器。将其安装在振动轮的内框架上。选用与上述传感器配套的 BC-1 型电荷放大器。选用集成电路 AD536A 把交变的正弦电压信号转变成代表其有效值的直流信号,然后把这一信号放大  $\sqrt{2}$  倍,即得

交变信号的峰值,经过 A/D 转换把这一信号读入计算机进行处理。

电信号经 A/D 转换后变成数字,数字的大小代表输入电信号峰值的大小。计算机把数字存储在存储器中以便以后显示、打印、分析用,同时在显示屏上画出代表加速度大小变化的曲线。因为本仪器所测得的数据在关上电源即自行消失,所以我们在仪器上加了一个微型打印机,在压实和检测过程中或者完成后把数据曲线打印出来以留作存档或分析用。打印机上要求能打印汉字。图4为单片机最小系统关系图,图5为液晶显示器连接图,图6为打印机的连接示意图。

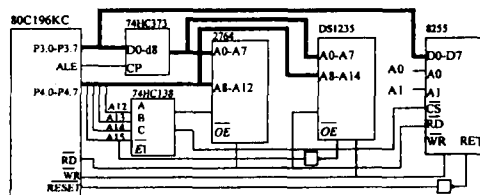


图4 单片机最小系统关系图

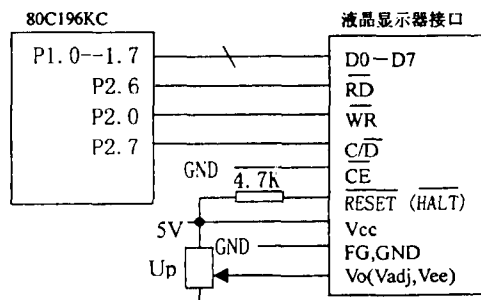


图5 液晶显示器连接图

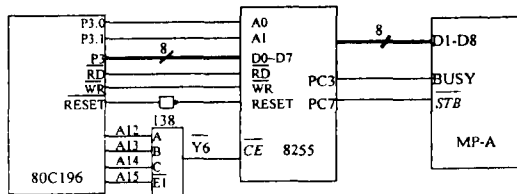


图6 打印机的连接示意图

### 4 试验

为了检验系统的准确性和可靠性,我们到高速公路施工现场进行了试验。选择了具有代表性的典型机型—CA25 振动压路机,

- (1) 压实下层基面到要求的压实度;
- (2) 添上要压实的土料,厚度为 30cm,用平地机刮平;
- (3) 使用振动压路机依规定方法压实一遍,压

实过程中用本压实度仪采集数据;

(4)在压过的地点用人工灌沙法测其压实度,每隔2米测一点,三点平均;

(5)接着压下一遍,每遍都要用本压实度仪采集数据并用灌沙法测压实度;

(6)重复压实和检测,直到压实度不再增大。

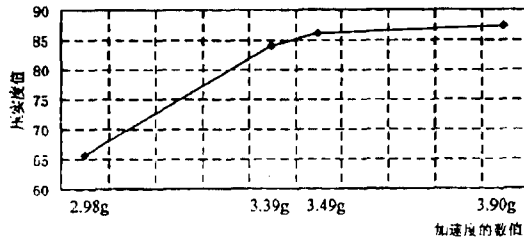


图7 加速度与压实度对应关系图

由图7可知,加速度和压实度之间存在着较好的对应关系。根据这一原理设计制造的振动压路机压实度仪可以准确地反映路基的压实情况,及时地发现问题,解决问题,有效地防止了“欠压”和“过压”的发生。采用这种方法可以实时地有效地控制压实质量,而且所测得的数据能更有效地反映路基的承载能力。

## 5 小结

本文论述了用加速度检测法来检测压实度的基本原理,开发了振动压路机压实度仪,并进行了试验,该仪器取代传统的压实度检测方法,将会产生极大的经济效益和社会效益。

### 参考文献

1. Lars Forsblad, *Vibratory Soil and Rock Fill Compaction*. Sweden. Stockholm. 1981
2. 王戈,王贵慎,张世英. 压实机械. 北京:中国建筑工业出版社,1992
3. 洪毓康. 土质学与土力学. 北京:人民交通出版社,1989
4. 秦四成. 振动压路机振动压实及其系统动力学研究. 吉林工业大学博士学位论文,1998
5. Grabe. j., Vrettos, Chr.: Dispersion Measurements to Estimate Compaction Effect on Granular Soils. Proc., 4th Int. Conf. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Mexico City, 1989
6. Kundt, M.: Zur Optimierung der veränderlichen Maschinenparameter und Vibrationswalzen; Dissertation, TU Magdeburg, 1987

## Development of tester for degree of compaction on vibrating roller

Li Xishan Gao Huimin Zhang Runli He Jie

(Hebei university of Technology Tianjin 300132)

**Abstract** After analyzing the reaction of vibrating wheel when vibrating roller works, this paper found a new way to test degree of compaction of road bed, developed the tester for degree of compaction on vibrating roller, and did some trial experiments.

**Key words** Vibrating roller, tester for degree of compaction

(上接第7页)

## Modern instrumental Analysis the foundation and companion of high-tech development

Sun Shuping, Pei Jing, Sen Jian-Hong, Qin Xiangdong, Wang Xuelin

(Center of Analysis and Testing, Capital Normal University 100037 Beijing)

**Abstract** This paper describes the positions and roles of modern instrumental analysis as a major part of analytical chemistry and high-tech development.

**Key words** Analytical Chemistry Instrumental Analysis.