

悬挂式挖坑机钻头螺旋面载荷分布规律初探

任工昌* 梁兆兰 吕国华**

(西北农业大学农业工程系, 陕西杨陵·712100)

摘 要 在室内土槽实验的基础上, 经数据采集和动载荷特性分析, 运用数理统计理论, 建立了多元线性正交回归分析模型, 得出了挖坑机钻头螺旋面的载荷分布规律。

关键词 螺旋面, 数据采集, 载荷分布, 挖坑机

中图分类号 S222.55, TH112.6

挖坑机是我国常用的一种园林机械^[1]。但由于对其钻头受载规律缺乏研究, 使现有挖坑机仍存在不少问题。因此探讨挖坑机载荷分布规律, 对其钻头的强度和刚度分析、参数优化及减轻整机重量具有重要意义。本文以本校农工系 1975 年研制的挖坑机为样机, 对其扭矩及螺旋面上的载荷进行数据采集, 通过数量统计分析, 得出了钻头螺旋面载荷分布规律, 为钻头螺旋面的受力分析和强度计算提供参考依据。

1 载荷测试

在对测试方法研究的基础上^[1], 在室内土槽进行实验。螺旋面的测点布置如图 1 所示, 在典型工况下进行了实时数据采集, 土壤湿度 14.41%, 硬度 0.467 kg/cm³, 容重 2 263.3 kg/cm³; 拖拉机输出轴转速为 737 r/min(大油门)。

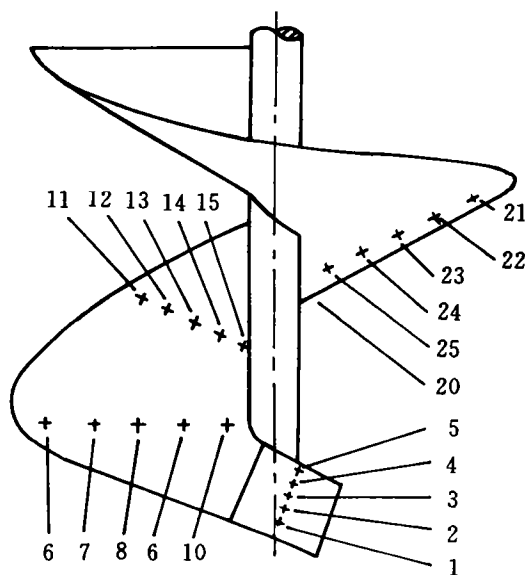


图 1 钻头螺旋面的测点布置

收稿日期: 1992-12-14.

* 现在陕西咸阳西北轻工业学院机械系工作; ** 现在广西玉林市玉林柴油机股份公司信息中心工作。

实验采用的测试系统系统框图如图 2 所示。

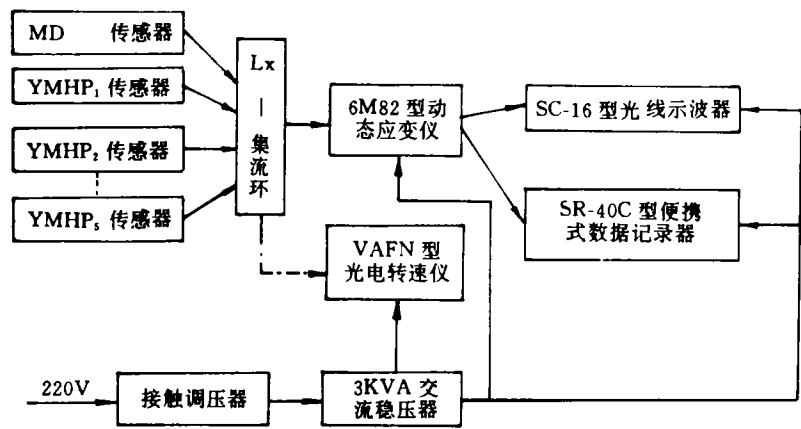


图 2 测试系统框图

2 载荷处理

2.1 载荷特性分析

在挖坑机处于稳定工作状态时对钻头进行了室内载荷数据采集,采用本系自行编制的与 PS-85 专用微机匹配的数据采集分析(SPANS 软件)系统,数据采集完后存盘。实验中有针对性地布置了 25 个点的压力测试,其中第一测点(刀片部靠近钻杆处)的时间历程图如图 3 所示。

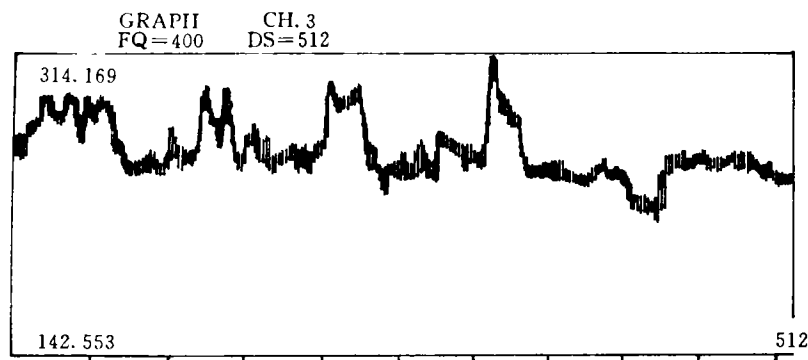


图 3 第一测点的时间历程图

应用 SPANS 软件对数据进行了幅值域分析,测点 1~4 载荷幅值域的特征值如表 1 所示,测点 1 的概率密度如图 4 所示。整个测点的载荷均值见表 2。

表 1 刀片部荷载幅值域特征值

荷 载	均 值	标准差	分 散	尖峰系数
YMHP ₁	107.934	20.801	0.919 3	3.374 4
YMHP ₂	140.414	17.153	0.758 0	3.001 0
YMHP ₃	187.606	26.457	1.169 0	2.635 0
YMHP ₄	214.205	30.755	1.359 2	3.194 0

表 2 测试布点的荷载均值 με

布点编号	荷 载	布点编号	荷 载	布点编号	荷 载
1	250.385	10	95.558	19	84.539
2	215.762	11	169.741	20	69.434
3	180.055	12	148.431	21	89.286
4	144.349	13	126.453	22	81.251
5	108.643	14	104.475	23	72.692
6	210.015	15	82.496	24	64.672
7	182.068	16	129.460	25	56.380
8	153.232	17	114.767		
9	124.397	18	99.653		

注：荷载以应变示之

通过对数据的处理分析表明,在典型工况下,螺旋面上不同测点的荷载均值不同程度地服从正态分布规律,即荷载的幅值特性可由正态分布概率密度函数全面描述;螺旋面上各测点荷载的概率密度图,沿半径方向图形各不相同,而沿螺旋面上升方向,半径相同处的概率密度图基本相同。

2.2 荷载统计分析

对实验测出有限个点的荷载,采用多项式回归模型^[2],寻找螺旋面的荷载分布规律。为了简化计算和消除回归系数间的相关性,在实验时,以等间隔布置测点(图 1),即自变量以等间隔取值,这样就可以克服多项式回归分析时,计算复杂、回归系数间存在相关性的缺点,故采用多元正交多项式回归分析模型。

假设回归模型为:

$$y = a_0 + a_1z_1 + a_2z_2 + a_3z_1z_2 + a_4z_1^2 + a_5z_2^2 + a_6z_1^3 + a_7z_2^3$$

经线性化后为:

$$y = a_0 + a_1z_1 + a_2z_2 + a_3z_3 + a_4z_4 + a_5z_5 + a_6z_6 + a_7z_7$$

在测试实验中,共有两个自变量 z_1, z_2 , 安排 z_1 以等间隔 h 取值,即

$$z_{1i} = a + ih \quad i = 1, 2, \cdots, N$$
$$z_{2i} = c + il \quad i = 1, 2, \cdots, N$$

$$z_2 \text{ 以等间隔 } l \text{ 取值,即}$$

其中 a, h, c 和 l 为常量,则

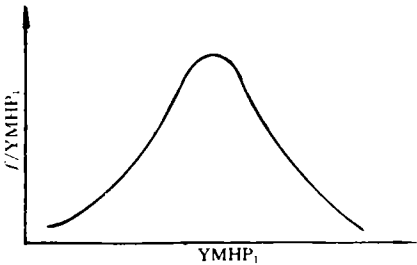


图 4 第一测点的概率密度图

$$\left. \begin{aligned} x_{1i} &= \frac{z_{1i} - a}{h} & i &= 1, 2, \dots, N \\ x_{1i} &= \frac{z_{1i} - c}{l} & i &= 1, 2, \dots, N \end{aligned} \right\}$$

则正交化后的回归模型为

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_6 + b_7x_7$$

2.3 计算机处理

在数据分析时,由于 PS-85 微机的磁盘与 M-340S 计算机不配套,故把数据在 PS-85 微机上打印出来,然后从 M-340S 的终端键入计算机中,采用 ANALYST 统计数据分析处理软件包,在 M-340S 大型计算机上进行计算。

3 结果分析

3.1 载荷分布规律分析

在 M-340S 计算机上对数据进行多次反复计算,将不显著的项(相关性小的项)逐个加以剔除,最终得出的回归方程为:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_5x_5$$

将上式进行逆变换,可得出线性化前的回归模型

$$y = a_0 + a_1z_1 + a_2z_2 + a_3z_1z_2 + a_5z_2^2$$

式中 z_1 ——半径 r ; z_2 ——螺旋面旋转角度 α 。

将 $z_1=r$, $z_2=\alpha$ 代入上式可得:

$$y = a_0 + a_1r + a_2\alpha + a_5\alpha^2$$

上式为挖坑机钻头螺旋面的载荷分布规律

在上式中令 $\alpha=\text{const}$, 则

$$y = c_0 + c_1r$$

由上式可知,在任意一 α 处(给出不同的常数值),载荷沿半径 r 方向的分布均符合线性分布规律,且随着半径的增大而增加。

在式(α)中令 $r=\text{const}$ 则

$$y = d_0 + d_1\alpha + d_2\alpha^2 \quad (\alpha)$$

由上式知,载荷沿导程(螺旋面由下向上)方向符合二次曲线分布规律,曲线是上凹,沿着 α 方向是由大到小变化,变化趋势较为平缓。挖坑机钻头螺旋面载荷分布规律见图 5。

3.2 载荷分布规律的检验

应用 ANALYST 统计分析软件包对回归方程进行检验,结果如表 3,4 所示,证明变量和函数之间的关系是密切的。

表 3 拟合度参数

残差平方和	标准误差	复相关系数 R	决定系数 R^2
2.966×10^{11}	15 435.578	0.947 3	0.897 38

表 4 偏相关系数

变 量	r	α	$r \cdot \alpha$	α^2
$R_{\text{偏}}$	0.620 1	-0.836 4	-0.517 8	0.699 6

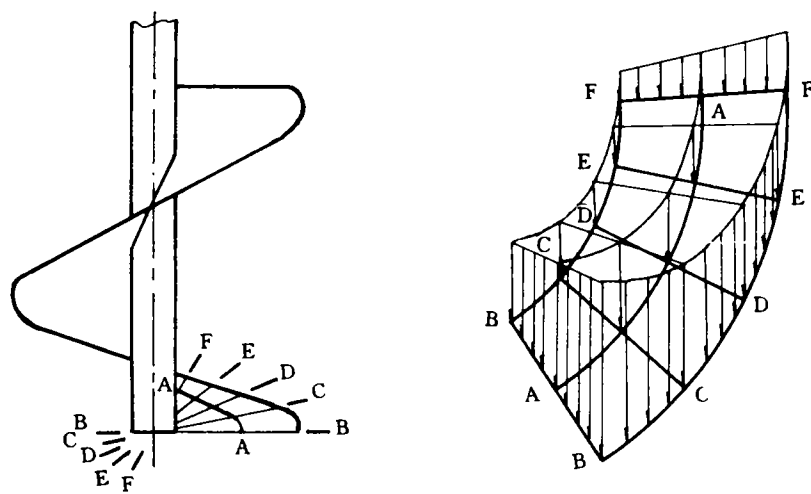


图 5 钻头螺旋面载荷分布规律示意图

4 结 论

1) 通过运用较先进的测试手段, 在实验基础上, 经数据采集、整理, 然后运用 ANALYST 统计分析软件包, 经多元线性正交回归分析, 得出了挖坑机钻头(直立式)螺旋面的载荷分布规律。经理论分析该规律对于其他型号的挖坑机也有一定的适应性。

2) 经理论分析和实践证明该规律是符合实际的, 可作为设计计算的依据。

参 考 文 献

- 1 任工昌, 郭贵生, 杨有刚. 悬挂式挖坑机螺旋钻头载荷测试方法的研究. 西北农业大学学报, 1994, 22(1), 84~88
- 2 西北农学院主编. 概率基础与数理统计. 北京: 农业出版社, 1988
- 3 项静恬编. 动态数据处理. 北京: 气象出版社, 1988
- 4 中国科学院数理高技术公司. DPS-85 微机统计分析程序包(PL-AL010). 1985-04
- 5 西北农业大学计算中心译. 统计数据分析处理软件包《ANALYST》(校内教材). 1985-12

Regular Patterns of Loading Distribution of Auger Face for Mounted Hole Digger

Ren Gongchang Liang Zhaolan Lu Gouhua

(Department of Agricultural Engineering, Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract Based on the in-lab earth channel experiments and through data collection and analysis of characteristics of dynamic loading, the model of porality linear perpendicular regression analysis is established using statistic theory thereby to obtain the regular patterns of loading distribution of auger face for hole digger.

Key words auger face, data collection, loading distribution, hole digger