

悬挂式挖坑机螺旋钻头载荷测试方法的研究

任工昌 郭贵生 杨有刚

(西北农业大学农工系, 陕西杨陵·712100)

摘要 根据传感器设计理论及实验测试技术, 研制出挖坑机钻头载荷测试系统, 分别设置YMHP、 M_D 传感器, 且实现同步测量, 实际应用证明该方法是正确的。同时还系统地介绍了压力传感器的设计制造。

关键词 挖坑机, 螺旋钻头, 传感器, 集流环

中图分类号 S222.550.2, S222.550.3

挖坑机是一种重要的农林机械, 主要用于植树造林、果树栽植、树木移植和挖追肥坑穴等。近年来, 我国相继生产了几种类型的挖坑机, 由于设计时主要采用仿制和类比的方法, 使挖坑机有关参数不适应生产要求, 性能不稳定、整机重量大。产生以上现象, 其中有一个主要原因就是没有搞清钻头螺旋面的受力状况。因此, 首先进行挖坑机钻头载荷测试方案的研究是十分必要的, 这将对挖坑机钻头的载荷分布规律初探, 强度、刚度分析, 参数优化及减轻整机重量有着重要意义。作者以西北农业大学研制的悬挂式挖坑机为样机, 针对具体结构特点, 自行研制出有关测试元件、合理布置, 构成了挖坑机钻头合理的测试系统, 实现力、力矩同步测量的方法。

1 测量的对象与工作原理

对悬挂式挖坑机的测试主要是测量钻头螺旋面的压力和钻杆的扭矩。将螺旋面沿半

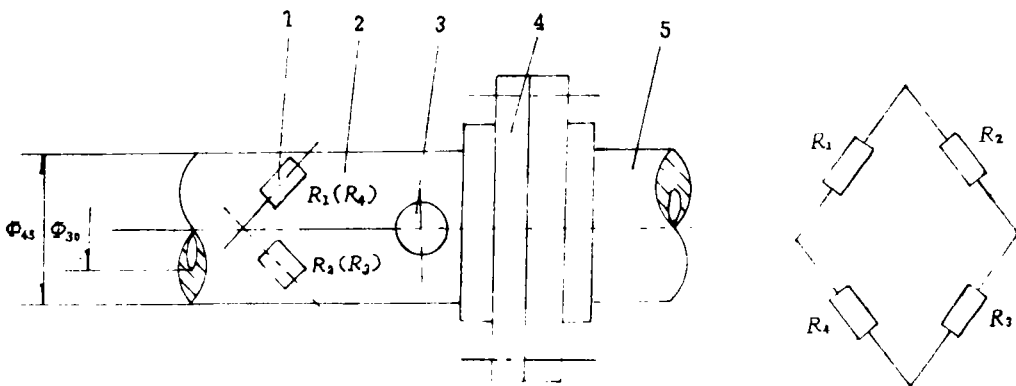


图1 M_D 传感器示意图

1. 应变片; 2. M_D 传感器; 3. 引线孔; 4. 法兰盘; 5. 钻杆

收稿日期: 1992-12-09.

径方向的压力分别记为: $YMHP_1, YMHP_2, \dots, YMHP_5$ 和钻杆扭矩记为 M_D 。通过在适当部位设置压力传感器及扭矩传感器,使各传感器在工作过程中只感受所测量的载荷,经自制的拉线式集流环将电量引出,实现 $YMHP_1, \dots, YMHP_5$ 和 M_D 的同步测量。

1.1 M_D 传感器工作原理

根据挖坑机的总体结构特点,设制了扭矩传感器。按照图1方案贴上阻值和灵敏度系数相同的应变片 R_1, R_2, R_3, R_4 , 并采用测扭小八字在同一截面内布片组成全桥(以消除弯曲对扭矩的影响)即可测取 M_D , 如图1所示。测量原理详见参考文献^[1]。传感器的性能检验见表1。

1.2 YMHP 传感器工作原理

钻头在工作时,螺旋面螺距之间是升运的土壤,欲测螺旋面压力,要求传感器感应元件必须和土壤接触且与螺旋面欲测部位保持在一面内。传感器的整体结构又不能太长,否则与升运土壤相互碰撞,将影响传感器正常工作。由于以上特殊要求,设计出了一种独特的压力传感器——测压膜盒(YMHP)。

应变式膜片压力传感器是由应变片、膜片式弹性元件和一些附件组成。该传感器的弹性元件是周边固定的圆形薄板如图2所示,当一均匀载荷 q_0 作用其上时,圆形薄板就会产生弯曲变形,用粘贴在其适当部位的应变片组成电桥电路,就可用来测量载荷 q_0 。

根据弹性力学理论可得出该问题的挠度公式^[2]:

$$W = \frac{3q_0 R^4}{16Eh^3} (1 - \mu^2) \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)^2$$

同样可得出圆形薄板非承载面上的应变分布规律如图3所示。可知在感应圆片中心($r=0$)的应变为:

$$\epsilon_{r0} = \frac{3q_0 R^2}{8Eh^2} (1 - \mu^2)$$

在感应圆片边缘($r=R$)的应变为:

$$\epsilon_{rR} = -\frac{3q_0 R^2}{4Eh^2} (1 - \mu^2)$$

式中: ϵ_{rR} ——圆片中心处的径向应变; ϵ_{rR} ——圆片边缘处的径向应变。

图3 感应圆片应变分析

当用感应圆片测定压力时,若采用半桥工作方式贴片和组桥,则电桥输出应变为:

$$\epsilon = \epsilon_1 - \epsilon_2 = \epsilon_{r0} - \epsilon_{rR} = \epsilon_{r0} (1 - \epsilon_{rR}/\epsilon_{r0}) = \epsilon_{r0} [1 - (1 + \mu) \frac{\sigma_{rR}}{\sigma_{r0}}] = 3\epsilon_{r0}$$

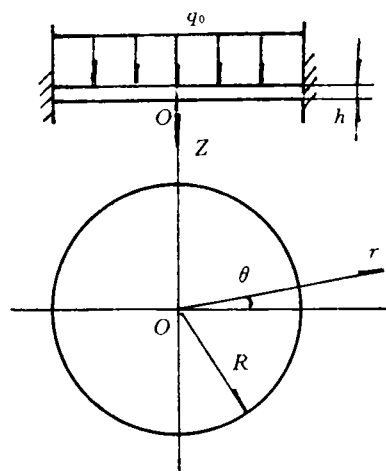
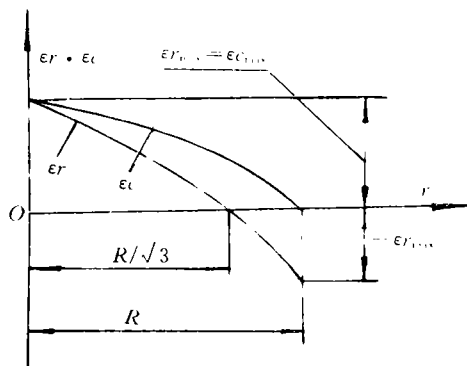


图2 圆形薄板受力分布



将 ϵ_0 的公式代入上式可得:

$$q_0 = \frac{E}{1-\mu^2} \cdot \frac{8h^2}{3R^2} \cdot \frac{\epsilon}{3}$$

由以上可知,圆形膜片的 ω, ϵ 均与 q_0 成线性关系。这是设计传感器所希望的,但是在实际测试中,测压膜盒承受均载的情况是较少的,尤其在动态测量中,因此为提高测量的精度,设计时力求膜盒的半径尽可能地小,这样作可近似认为载荷是均布的。问题的另一个方面,由推导的公式知,即使在均载作用下,弹性元件的应变 ϵ 也不是径向坐标 r 的线性函数,因此为了提高输出的灵敏度,应变片的纵向标距 L 应尽可能地小一些。根据上述理论设计出了膜片式压力传感器。采用半桥电路,压力传感器的结构示意图如图 4 所示。根据测试的需要设计出两种量程的传感器(I型和II型)。该传感器在自行设计制造的的压力标定装置上进行了静态标定,传感器的性能参数见表 2。

1.3 拉线式集流环工作原理

根据挖坑机钻头是一旋转部件的特点以及测试对象较多的特性,自行设计制造了适应于多通道测试的拉线式集流环,其示意图见图 5。

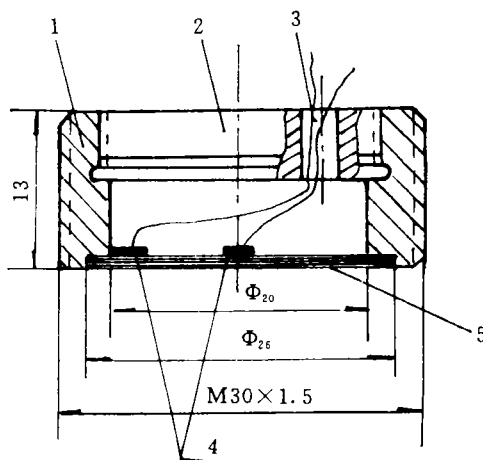


图 4 测压膜盒结构示意图

1. 膜盒; 2. 膜盖; 3. 引线孔; 4. 应变片; 5. 弹性膜片

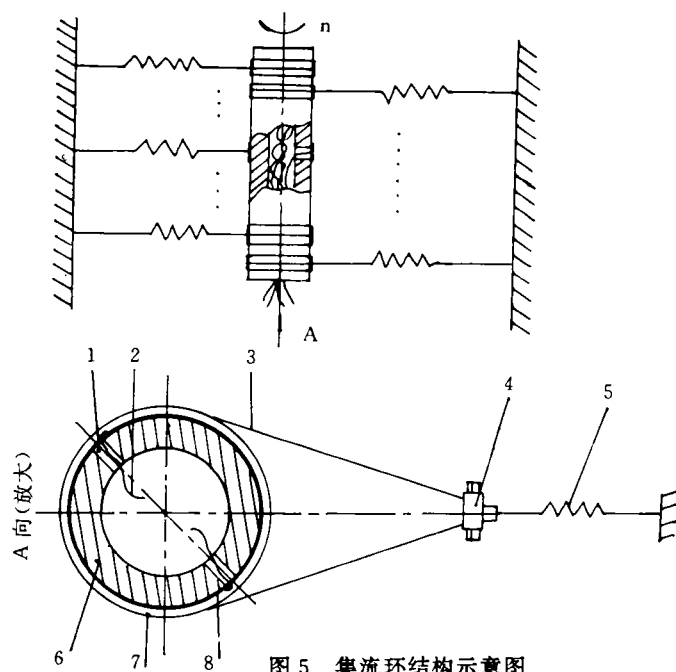


图 5 集流环结构示意图

1. 引线孔; 2. 电桥连线; 3. 铜线; 4. 绝缘棒; 5. 拉紧弹簧; 6. 集流环轴; 7. 铜波; 8. 绝缘层

工作时,集流环轴随旋转部件一起转动,电桥连结 2 和铜皮 7 也随之转动,这样铜线

3 在弹簧作用下与铜皮 7 紧密接触,且铜线 3 不转动,将旋转部件上的电测信号引出,以便与测试仪器系统相连。

2 测试元件的布置

悬挂式挖坑机悬挂于拖拉机的后部,动力由动力输出轴经传动轴输送给挖坑机变速箱,由变速箱减速后传递给螺旋钻头。扭矩传感器显然不能装在传动轴上,否则测出的扭矩不是钻头的扭矩,故把其安装在变速箱输出轴与钻头之间,但这样将影响挖坑的深度,我们在室内土槽中采取了补救措施(使土壤表面离地面高度等于扭矩传感器高度),使其满足了要求。压力传感器布置在螺旋面的背面,避免了土流对传感器的影响。为了对应力和应变有一个较全面的了解,根据线向五点布点原则^[3],沿螺旋面的半径方向及导程方向均布置了 5 个点(共 25 个测点)。

由于是旋转部件故钻杆及扭矩传感器采用空心轴结构,使其测试引线走轴的内部。集流环为了不影响挖坑的深度,将其安装于变速箱的上部,用螺柱把变速箱输出轴与集流环联接起来。测试元件布置示意图如图 6 所示。然后在室内土槽进行了实验,试验顺利、效果理想。

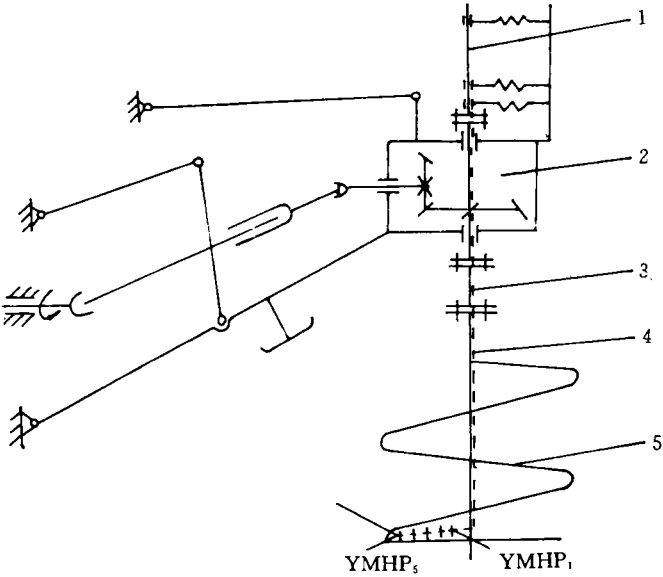


图 6 测试元件分布示意图
1. 集流环;2. 变速箱;3. 扭矩传感器(M_D);
4. 测试引线;5. 钻头;6. 压力传感器。

表 1 扭矩传感器性能检验指示

项 目	相关系数	方程效果	非线性	滞 后
M_D 传感器	0.999 97	理 想	0.005 6%	0.007 7%

表 2 I 型压力传感器性能检验指标

I 型传感器	相关系数	方程效果	非线性	滞 后
YMHP ₁	0.998 36	理想	0.016 2%	0.023 1%
YMHP ₂	0.999 7	理想	0.011 2%	0.018 9%
YMHP ₃	0.999 5	理想	0.014 6%	0.019 4%
YMHP ₄	0.999 5	理想	0.017 8%	0.017 8%
YMHP ₅	0.999 45	理想	0.015 5%	0.027 6%

3 结束语

(1)实际运用和理论分析均证明本文所研制的悬挂式挖坑机钻头动载荷测试装置方法是可行的。

(2)所研制的动载荷测试装置,完全适应于各种型号的悬挂式挖坑机,对手提式挖坑机也有一定的适应性。也适应于测试螺旋输送器的动载荷。

(3)所研制的压力传感器(测压膜盒)适应于与土壤或液体直接接触的压力测量,特别适合于空间位置受到限制的场合。

致谢:(1)在传感器的设计、试验及论文撰写中,曾得到邵维民教授的指导,在此表示衷心的感谢。

(2)在传感器的加工中,得到马海乐和杨巧绒老师以及红渭机械厂、西北农大农机工厂的大力协助,深表谢意。

参 考 文 献

- 1 北京农业工程大学主编. 农机测试技术. 北京: 农业出版社, 1983
- 2 西北农业大学农业工程系力学教研室编. 弹性力学(试用教材). 1989
- 3 赵清澄, 石 沅主编. 实验应力分析. 北京: 科学出版社, 1987

The Measuring Method of Screw Auger Load of Mounted Hole Digger

Ren Gongcheng Guo Guisheng Yang Yogang

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

Abstract Based on the design theory of transducer and the testing measuring techniques, the measuring system of auger load of hole digger was developed. Also, YMHP and M_D transducers were set up to achieve the synchronized measurement. It was proved by practical applications that this method is correct. At the same time, this paper systematically introduces the design and manufacturing of pressure transducers.

Key words hole digger; screw auger; transducer; ring pull slip