第 22 卷 第 3 期
1994 年 7 月
西北农业大学学报
Acta Univ. Agric. Boreali-occidentalis
Vol. 22 No. 3
July 1994

挖坑机钻头螺旋面强度分析及结构参数探讨

任工昌* 朱俊平 薛文灿 郭柏坤
(西北农业大学机械与电子工程学院,陕西杨陵·712100)

摘 要 经对挖坑机螺旋钻头的有限元计算分析,得出螺旋面的位移数据、应力分布规律及钻头易损部位。通过变换钻头结构参数,经模拟对比试验,找到影响强度的主要因素及参数的合理取值。计算值与实际相吻合。计算模型与方法切实可行,为挖坑机钻头的优化设计奠定了基础。

关键词 挖坑机,螺旋钻头,强度分析,结构参数,优化设计,模拟对比,有限元分析
中图分类号 S776.262.02

挖坑机是一种在林业中广泛应用的园林机械。由于园林机械的工作条件复杂,载荷的随机性大,因而要求整机必须具备性能可靠、振动小、重量轻和使用方便等特点。而我国现有的挖坑机,其使用性能和结构等方面,都得不到令人满意的效果。特别是挖坑机的钻头,通常都是采用经验类比设计。由于钻头螺旋面是一个空间曲面壳体,结构复杂,用传统计算方法无法对其强度进行计算,挖坑机钻头螺旋面结构强度的研究在国内尚未开展,因此从理论计算上弄清螺旋面的应力分布状况和易破坏的位置及原因,对钻头的强度、刚度分析是很有意义的。本文运用有限元法的基本理论,建立了挖坑机螺旋钻头的计算模型,对其进行计算分析。在此基础上,通过变换钻头结构参数,在计算机上进行模拟对比试验,对影响钻头强度的结构参数作了分析研究。

1 有限元计算

1.1 钻头螺旋面平衡方程的建立

挖坑机工作时处于旋转状态。根据达郎伯原理,可建立"静力"平衡条件的有限元方程

$$[K]\{\delta\} = \{R\}$$

式中 $[K]$为螺旋面的总体刚度矩阵;$\{\delta\}$为螺旋面全部节点位移向量;$\{R\}$为螺旋面总载荷列阵。

螺旋面是一空间曲面壳体,其单元类型属于板壳元,它是平面应力元和薄板弯曲元的简单组合,因此单元刚度矩阵由两部分组成。

1.2 计算模型的建立

挖坑机钻头主要由钻杆、钻尖、刀片和螺旋面组成。在建立钻头计算模型时,略去一些次要结构,如钻尖和刀片。将螺旋面与钻杆焊接处以端定端处理,螺旋面绕钻杆螺旋上升,采用板壳元中的三角形单元,这样从模型上对结构实体有很好的逼近性。在划分单元时,考虑到受力区和非受力区的不同,对受力区单元划分稠密,对非受力区单元划分相对稀

收稿日期:1992-11-27;修改稿收到日期:1993-06-30.
*现在西北轻工业学院机械系(咸阳,712081)工作.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

疏；同时考虑刀背及刀背附近区域受力更大以及与钻杆固结区域的受力相对大些，故划分的单元密而小。经过对各区的不同处理，螺旋曲面被划分成285个大小不等的三角形板单元，共176个节点，见图1，2. 在实际工作中，挖坑机螺旋钻头外缘和坑壁有一定的间隙，它们之间的摩擦主要是螺旋面上土流和坑壁土壤的接触。对螺旋面来说，外缘边界上作用有面力，可作无约束状态处理。

1.3 载荷处理

钻头工作时，受力状态比较复杂。通过运用现代测试技术，经测试试验并回归分析，得出了土流对螺旋面的正压力 P_{TT}，螺旋面承受摩擦力 F_1，边缘摩擦力 F_2，重力 G，离心惯性力 C 以及刀背上的 $R_{切土}$ 和 $R_{变形}$ 等七种力。其中 $R_{变形}$ 的分布规律如图3所示。然后将各力根据静力等效原则移植到有限元模型的各节点上。

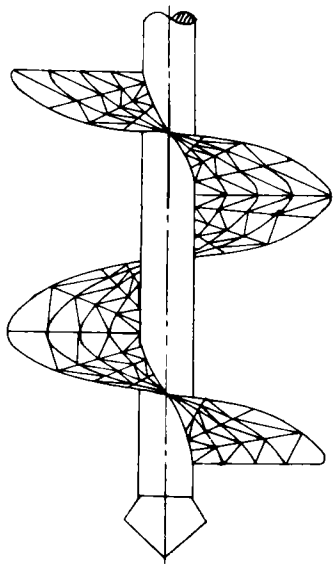

图1 螺旋面立体网格图

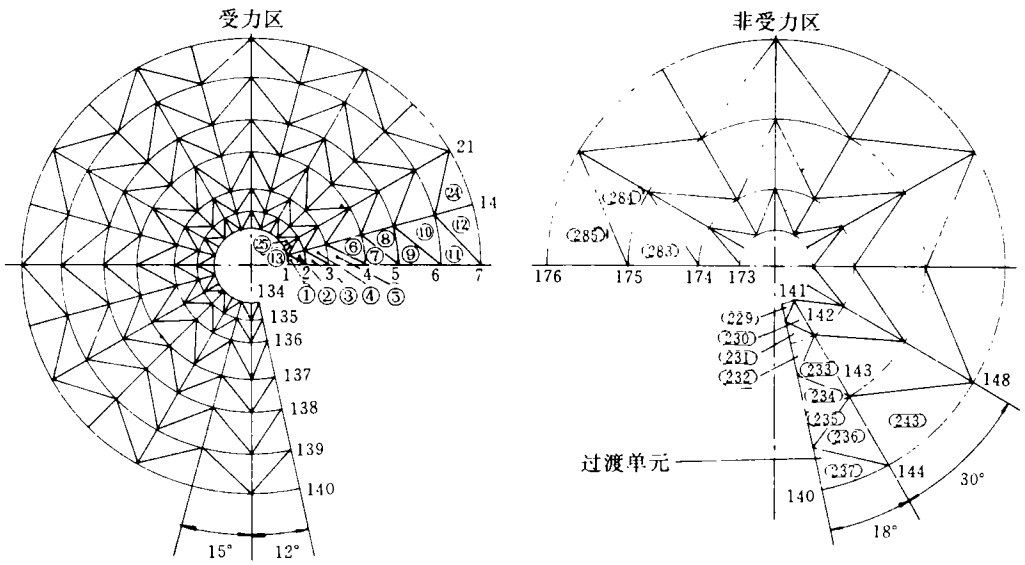

图2 钻头螺旋面平面网格图

1.4 计算结果

应用FEM I中型静力有限元结构分析程序，在M-340S计算机上进行了计算分析。在变换钻头有关结构参数的基础上，应用该软件包计算并得出了位移数据和应力数据。典型部位的应力计算数值如附表所示。

2 钻头螺旋面强度分析

从钻头螺旋面有限元计算可知，螺旋面基本变形为翘曲，主要应力为弯曲应力和扭转

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

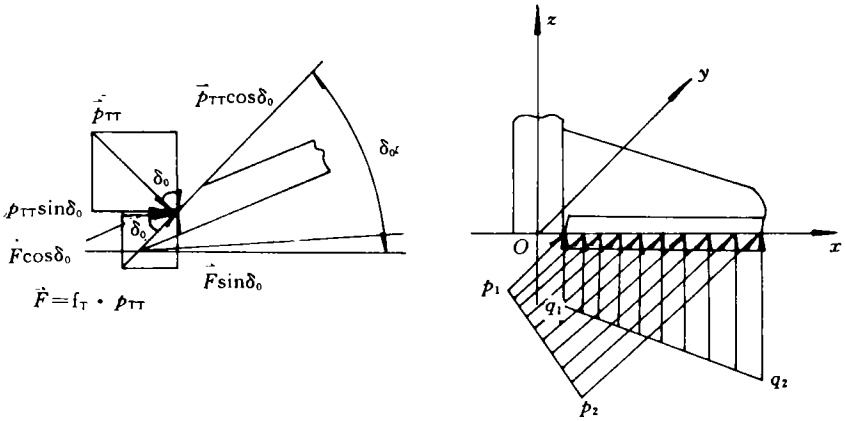

图 3　$R_{变形}$的分布规律

$p=P_{TT}\sin\delta_0+F\cos\delta_0$；$q=P_{TT}\cos\delta_0-F\sin\delta_0$

附表　危险截面应力　　N·m^{-2}

危险截面	最大应力		螺旋升角 α_1(16.5°)	α_2(18.5°)	α_3(20.5°)
1	σ_{max}	$-t/2$	-6.187041×10^5	-6.571776×10^5	-7.116149×10^5
		$t/2$	1.094309×10^6	1.451349×10^6	1.902245×10^6
	σ_{min}	$-t/2$	-2.698596×10^6	-3.082400×10^6	-3.564520×10^6
		$t/2$	8.192335×10^4	8.667286×10^4	9.228010×10^4
	τ_{max}	$-t/2$	1.039946×10^6	1.215080×10^6	1.426453×10^6
		$t/2$	5.061930×10^5	5.505799×10^5	6.087443×10^5
13	δ_{max}	$-t/2$	-3.665407×10^5	-4.125399×10^5	-4.865198×10^5
		$t/2$	1.853301×10^6	2.395482×10^6	2.910207×10^6
	σ_{min}	$-t/2$	-1.259881×10^6	-1.764708×10^6	-2.370884×10^6
		$t/2$	5.175679×10^5	5.706061×10^5	6.478038×10^5
	τ_{max}	$-t/2$	4.466703×10^5	4.924860×10^5	5.318100×10^5
		$t/2$	6.678663×10^5	7.185280×10^5	7.621254×10^5
25	σ_{max}	$-t/2$	-2.956610×10^5	-3.500129×10^5	-4.180237×10^5
		$t/2$	1.737637×10^6	2.324981×10^6	2.670693×10^6
	σ_{min}	$-t/2$	-1.108312×10^6	-1.624842×10^6	-2.143653×10^6
		$t/2$	4.582388×10^5	5.110873×10^5	5.790223×10^5
	τ_{max}	$-t/2$	4.063257×10^5	4.545530×10^5	5.108875×10^5
		$t/2$	6.396989×10^5	6.867328×10^5	7.494490×10^5

注：1. $t=3$ mm；2. σ_{max}为最大主应力(σ_1)，σ_{min}为最小主应力(σ_2)；3. 危险截面编号 1，13，25 所处位置见图 1，2 中的单元编号。

应力。最大应力(危险截面处)发生在接近钻尖和钻杆固结的螺旋面处，即单元①，⑬，㉕的位置(见图 1，2)。这和实际中该处易破坏是一致的。最大应力的分布规律如图 4 所示。

试验用钻头结构参数：坑径 $D_0=800$ mm，螺旋升角 $\alpha_i=16.5°$，螺旋面板厚 $t=3$ mm，材料 A3 钢。通过变换钻头的结构参数，给出 $\alpha_2=18.5°$，$\alpha_3=20.5°$以及钢板厚度 $t=2$ mm. 在计算机上进行了模拟对比试验。由计算结果可看出，螺旋升角 α 对强度的影响是 α 加大，应力值增加；板厚 t 对强度的影响更为显著，比 α 的影响大，这是板厚 t 的变化直

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

接影响截面积大小的缘故。从中还看出，用经验类比设计的螺旋面，钢板取得太厚($t=3$ mm)，强度富裕程度很大，用 $t=2$ mm 的钢板制作螺旋面完全可行。

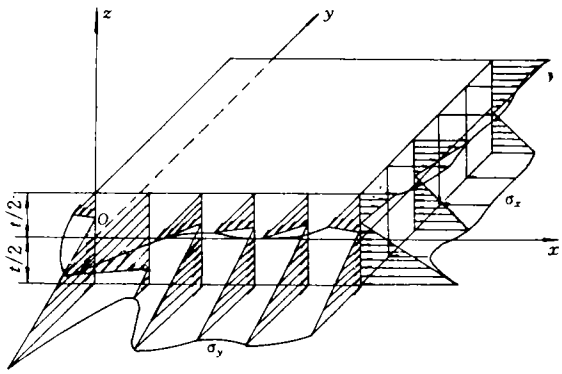

图4 最大应力的分布规律

3 结 论

1)由钻头实际的易损部位和有限元计算结果看出，两者是相吻合的，证明本研究所采用的计算模型和方法是可行的，它同样适用于其他类似结构的分析。该计算方法解决了以前未解决的问题，不仅速度快，且能满足要求。

2)通过变换钻头的结构参数，在计算机上进行模拟对比试验，节约了大量实地试验的人力、物力和财力。对影响钻头强度的结构参数作了分析研究，得出了参数的合理取值，为合理设计钻头提供了依据，同时为挖抗机的优化设计、减轻整机重量及加速产品更新换代奠定了基础。

参 考 文 献

1 赵汝嘉.机械结构有限元分析.西安:西安交通大学出版社,1990.11～42,132～198

2 傅 祺.平面旋转切土问题的有限元分析:[学位论文].北京:北京农业工程大学农工系,1988.10～54

Strength Analysis of Screw Surface and Structure Parameters Study of Auger of Mounted Hole Digger

Ren Gongchang Zhu Junping Xue Wencan Guo Baikun

(The College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract The displacement data of screw surface, the regular patterns of stress distribution and the vulnerable damaging places of auger have been obtained through the finite element calculation and analysis of screw auger of hole digger. Also, the factors affecting the strength and the rational scope of value counts of parameters for auger structure are found out through the changes in structural parameters of auger and the simulation contrast tests. The calculated values are in coincidence with the practical ones. As a result, the calculation model and the method are feasible, thus, laying a solid foundation for the optimal design of auger of hole digger.

Key words hole digger, screw auger, strength analysis, structural parameter, optimal design, simulation contrast, finite element analysis

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net