

发电机叶片的应力分析*

杨国战**

(郑州工学院力学系)

摘 要: 本文采用 3-D 有限单元法, 对发电机叶片进行了应力分析计算。在形成单元刚度矩阵时, 采用了不协调位移模式和协调位移模式。本文还给出了叶片在危险截面处的应力变化曲线以及应力集中因子, 为叶片的寿命估计、可靠性分析提供了依据。

关键词: 有限单元法, 应力集中因子, 应力分析

中国图书分类号: O346

发电机叶片如图 1 所示, 最大厚度为 16.88mm, 最大宽度为 120.0mm, 最大长度为 140.0mm, 横截面为流线型截面。在工作时, 由于受周围空气压力、惯性力的作用, 在根部圆弧过渡处发生疲劳断裂破坏。通常做实验时, 由于条件的限制, 往往是在端部作用一法向集中载荷, 然后测出根部的应力大小, 并给出根部的应力集中因子。而空气压力的影响、惯性载荷的影响等很难用实验测得, 由于叶片本身的尺寸又较小, 做起实验来机器的误差, 使实验精度也很难保证。出于经济方面的考虑 (试件造价昂贵), 大量的实验测试又是不可能的, 实验只能给出几个表面点处的应力。采用 3-D 有限单元法对叶片进行应力计算, 可以弥补在实验中遇到的缺陷, 不仅能算得各种工况下表面处的应力, 而且还算得应力随截面的厚度的变化, 应力随宽度的变化等。这是由电算方法本身的长处决定的。

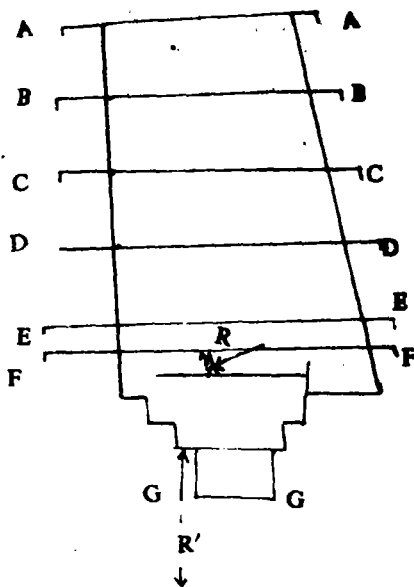


图 1

* 收稿日期: 1990.04.13

** 郑州机械研究所委托课题

1 模型简化

在对整个叶片进行模型简化时, 由于考虑到叶片的尺寸较小, 因此为了能较好地反映出叶片的真实形状, 我们首先在计算纸上, 将叶片放大十倍描出来, 然后再进行网络剖分。在对叶片进行三维有限元计算时, 采用 8 节点六面体单元和 8-21 节点六面体单元。

工程实践告诉人们, 在叶片根部圆弧处可能会出现应力集中, 而远离根部的地方应力可能不会出现大的变化, 因此, 在根部应将单元加密; 在远离根部的地方, 即 A-A 截面至 F-F 截面之间段, 单元的划分相对稀疏。

在 A-A 截面至 F-F 截面之间部分, 进行单元网格划分时, 在横截面沿厚度方向划分出二层单元, 该段共计划分出 380 个单元, 有 671 个节点。采用 8 节点六面体等参单元, 在形成单元刚度矩阵时, 假设有九个不协调位移模式。在 F-F 至 G-G 截面之间部分, 单元加密, 沿模截面厚度方向划分出四层单元, 该段共计划分出 368 个单元, 有 553 个节点, 采用 8-21 节点六面体次等参单元和协调位移模式。G-G 截面为固定。

整个结构共划分出 748 个单元, 1224 个节点。

2 载荷工况及弹性参数

2.1 载荷工况

第一种, 叶片底部受均布力的作用, 同时认为 $\bar{q} = qb = \text{常数}$, q 为均布载荷, b 为底部宽度, 即沿中线线分布载荷 \bar{q} 为常数, 本题取 $\bar{q} = 1.0 \text{ (Kg/cm)}$ 。

第二种, 在叶片端部即如图 1 所示的 A-A 截面受均布拉力 $q = 1.0 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$ 。

第三种, 在如图 1 所示的 B-B 截面的中点作用有切向集中力 $X = 1.0 \text{ Kg}$ 。

第四种, 在如图 1 所示的 B-B 截面的中点作用有法向集中力 $Y = 1.0 \text{ Kg}$ 。

第五种, 惯性力, 取角速度 $\omega = 1.0 \text{ (rad/S)}$, 以图示半径 $R' = 405 \text{ mm}$ 旋转。

2.2 叶片由铝合金制成, 因而有物理参量如下: $E = 1.45 \times 10^6 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$, $\nu = 0.3$, $\rho = 2.75 \times 10^{-3} \text{ (Kg/cm}^3\text{)}$ 。

3 计算结果分析

用 SAP5 程序对该结构进行计算, 在郑州工学院计算中心王安 VS-300 机上运行, CPU 时间约为 1 小时 12 分钟。

计算结果表明, 在底面根部中间圆弧处, 应力达到最大值。这与计算前的预想结果相符合。图 2 表示在第一种工况下应力沿厚度的变化曲线。

图 3 给出了在第四种工况下, 应

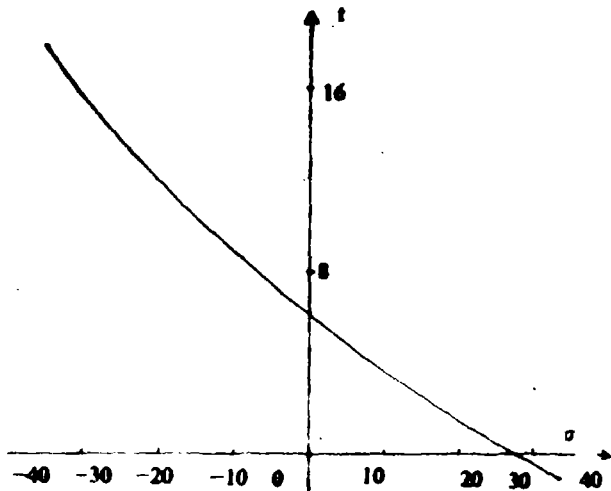


图 2

力沿厚度的变化曲线。可以明显地看出, 在接近叶片底面处, 应力随厚度的变化很大。图4给出了在第二种工况下应力随厚度的变化曲线。

图5给出了在第五种工况下应力随厚度的变化曲线。由图4和图5可以看出, 在端部拉力及惯性力作用下应力在底面圆弧处变化较大, 在厚度中心附近应力的变化较平缓。

图6表示在第三种工况下应力沿厚度的变化曲线。

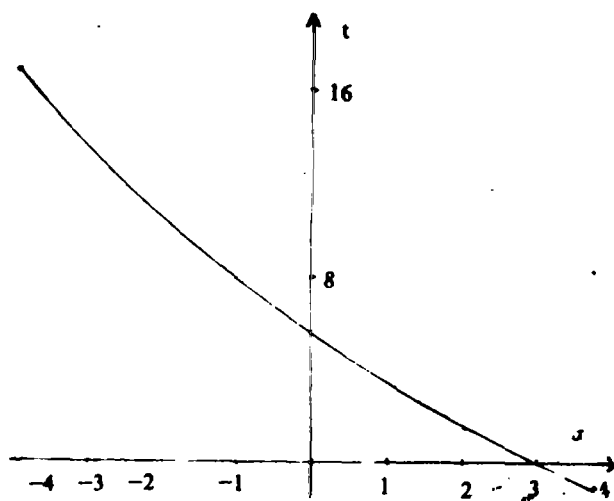


图 3

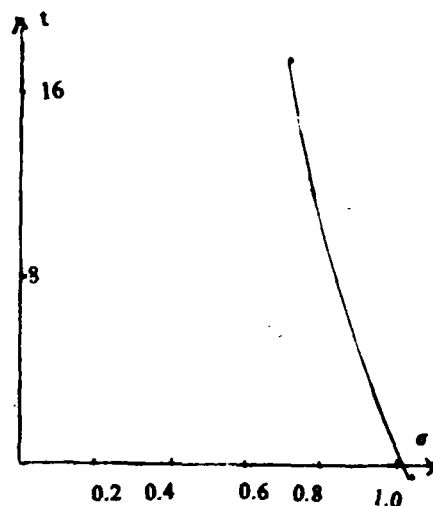


图 4

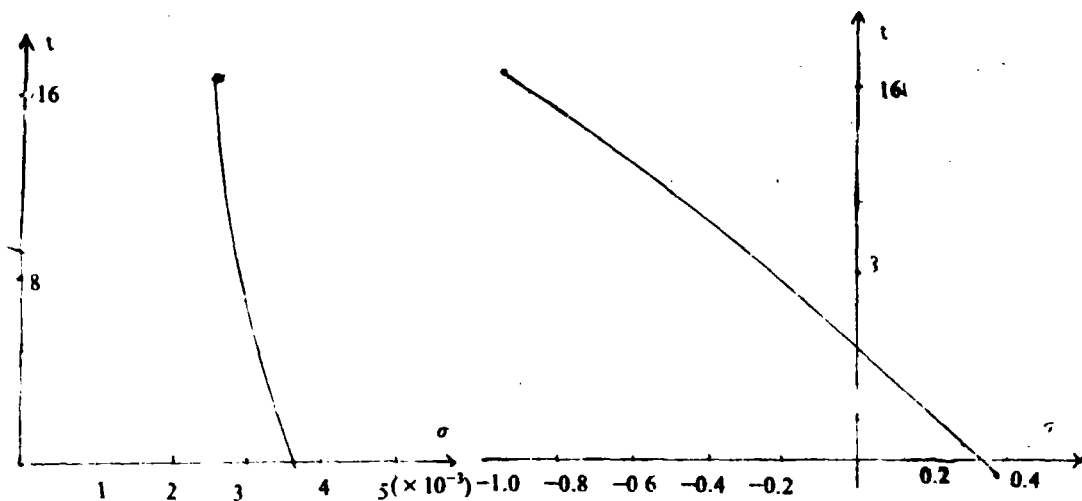


图 5

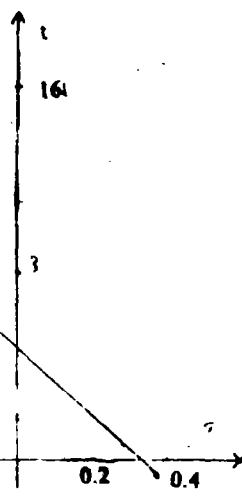


图 6

图7给出了在第一种工况下应力沿 F-F 截面宽度的变化曲线。在底面中点应力达到极值。

图8给出了在第二种工况下应力在 F-F 截面沿宽度的变化曲线。

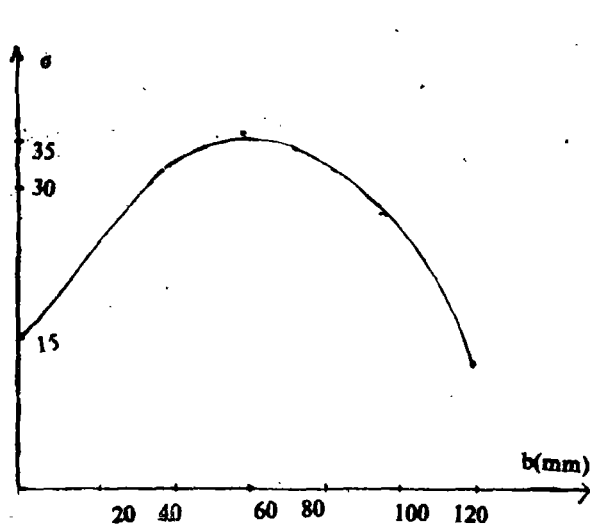


图 7

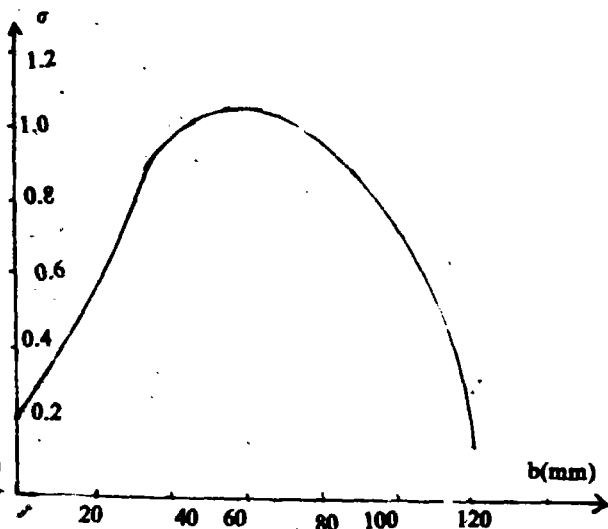


图 8

同时我们可以算得在受集中法向力作用下 (第四种工况), 在 F-F 截面 (最危险截面), 应力集中系数 $K_2 = 1.19$ 。

4 结束语

在工程中, 对应力集中这样的问题进行计算, 往往采用边界元法和有限单元法。但对具有流线型表面且边界较复杂的叶片, 用边界元法处理起来难度较大; 采用三维有限单元法及其通用的 SAP5 程序对叶片进行应力计算, 是一种尝试, 其结果令人满意。

在完成本文计算过程中, 曾得到郑州机械研究所方钦志和赵明喈同志的帮助, 得到了郑州工学院计算中心各位教师的大力支持, 在此, 作者向他们表示感谢!

Stress Analysis of the Fan of the Engine

Yang Guozhan

(Zhengzhou Institute of Technology)

Abstract: By use of the s-D finite element method, the stress analysis of the fan of the engine is given. In this paper, the discontinua displacement models and continua displacement models have been followed. And the stress and stress intensity factor at the dangerous place are calculated. These parameters are fundamental datum for the estimate of the service life and prediction of reliability.

Keywords: finite element method(FEM), stress intensity factor, stress analysis