

= 5.6 马力; (2) 计算  $N_k$ , 其中  $Q = \frac{1500 \times (2.3 - 0.3) \times 0.042}{2} = 63$  公斤/秒, 代入公式

(2),  $N_k = \frac{63 \times 10^3}{1470} = 4.28$  马力; (3) 计算  $N_{\text{tran}}$ , 其中  $\alpha_k = \frac{\pi}{2} + \arcsin\left(\frac{\frac{H}{\cos\beta} - R}{R}\right) = 118.7^\circ$  (2.07 弧度)  $\sin\alpha_k = 0.88$ ,  $\cos\alpha_k = 0.48$ ,  $\alpha_{0\text{max}} = 70^\circ$  (1.22 弧度),  $\sin\alpha_{0\text{max}} = 0.94$ ,  $\cos\alpha_{0\text{max}} = 0.34$ ,  $f = 0.84$  将数据代入公式(3)和(4),  $N_{\text{tran,max}} = 12.6$  马力;  $N_{\text{tran,min}} = 8.19$  马力; (4) 计算土与铤盘内表面摩擦功率  $N_f$ :  $R = 0.95$  米,  $L = 0.2$  米,  $\omega_p = 10.52$ ;  $\sin 2\beta = 1$ ,  $f_1 = 0.78$ ,  $i = 2$ ,  $\gamma = 1500$  公斤/米<sup>3</sup>, 代入公式(5), 得  $N_{f\text{max}} = 10.8$  马力; (5) 计算  $N_{v\text{max}}$  与  $N_{v\text{min}}$ , 将上述计算结果代入公式(6)与公式(7), 得  $N_{v\text{max}} = 39.20$  马力,  $N_{v\text{min}} = 21.26$  马力。从此可求出三角土切抛功率最大变异量  $\Delta N_{\text{max}} = N_{v\text{max}} - N_{v\text{min}} = 17.92$  马力, 平均三角土切抛功率  $\bar{N}_v = 30.23$  马力。

### 结论。

1. 上述计算表明, 三角土切抛功率占整个旋转开沟机功率消耗的相当大的一部分。上面是以 1KX-100 双铤盘开沟机为例, 其拖拉机功率为 75 马力, 三角土切抛功率平均值为 30.23 马力, 占总功率的 40% 以上。这样就必须充分注意这一部分功率消耗。

2. 计算也表明, 三角土切抛功率波动量比较大, 以上述计算为例,  $\Delta N_{\text{max}} = 17.94$  马力。这样的波动量我们有时可从电测数据中发现, 即在同一地段, 同一行程, 同一作业深度下, 功率消耗却差相当多。这在实践中更是屡见不鲜, 由于三角土的突然塌落, 造成拖拉机超负荷, 甚至熄火。这说明, 在设计时必须考虑三角土切抛功率的变化量, 否则开沟机不能很好发挥其性能, 同时, 也会造成开沟机强度不足, 发生损坏。为了减少三角土切抛功率的变动量, 从公式中可以看出有以下途径: 减少铤盘的转速, 因为  $\Delta N$  几乎与  $V^2$  成正比; 减少三角土塌落后对铤盘的包角, 这可以增加适宜的中间破土装置, 使土均匀下塌, 以及选择作业时土壤适宜湿度。

3. 对土壤与铤盘内表面摩擦功率的计算公式的分析表明了带内抛刀旋转开沟机的一个优点: 即由于内抛刀的存在大为减少了这一摩擦功率的消耗。  $N_f$  与  $(R-l)^4$  成正比, 当  $R = 1.0$  米,  $l = 0.2$  米,  $N_f$  竟减少到原来的 41%。这在理论上解释了带内抛刀旋转开沟机的优越性之一。

4. 关于铤盘切抛为其限定的容积内土壤所消耗的功率计算在国外已有研究的结果, 作者在一九七九年第九期《农机情报资料》杂志刊登的文章中引用了综合比阻法, 与作者推导的三角土切抛功率计算公式配合使用, 对于校验计算试图解决我国开沟机计算问题, 但是没有对极限值加以分析, 因此对于设计计算仍感不足。这里补充的方法与铤盘铤切抛土功率计算公式相结合则是解决带内抛刀旋转开沟机功率设计计算问题的一个尝试。

### 一种估算构件疲劳寿命的新方法——伍义生 (中国科学院力学研究所)

传统的寿命估算方法是名义应力法, 这种方法根据构件的名义应力历程、构件的  $S-N$  曲线和累积损伤理论估算寿命。这种方法需要做构件的  $S-N$  曲线, 而且估算的结果常常很不精确。近年来国外发展起一种新的寿命估算方法, 这种方法根据构件关键部位的弹塑性分析, 将名义应力历程转化为关键部位的局部应力-应变历程, 根据局部应力-应变历程和材料的疲劳特性及累积损伤理论进行裂纹形成寿命的估算, 称之为局部应力-应变法。这种方法已

在国外汽车、农机、桥梁、工程机械、飞机等各行业推广使用,因此本文对这一方法进行了研究,编制了计算程序,计算了实例。

#### 计算步骤:

1. 该法关键的一步是根据材料的循环应力-应变特性、迟滞回线特性和记忆特性进行循环加载下的局部应力-应变分析。材料的循环应力-应变曲线是需要的的基本数据,通常可以用下列方程表示:

$$\epsilon_a = \frac{\sigma_a}{E} + \left( \frac{\sigma_a}{k'} \right)^{1/n'} \quad (1)$$

$\epsilon_a$ ,  $\sigma_a$  分别应变和应力幅值,  $k'$  为循环强度系数,  $n'$  为循环硬化指数。

弹塑性力学分析方法可以有以下两种:

(1) 利用塑性应力和应变集中系数的 *Neuber* 公式计算缺口应力和应变。

$$\text{单调加载} \quad \sigma \cdot \epsilon = K_T^2 s^2 / E \quad (2)$$

$\sigma$ ,  $\epsilon$  是局部应力和应变,  $s$  为名义应力,  $E$  为弹性模量,  $K_T$  为理论应力集中系数

$$\text{循环加载} \quad \Delta \sigma \cdot \Delta \epsilon = K_f^2 \Delta s^2 / E \quad (3)$$

$\Delta \sigma$ ,  $\Delta \epsilon$  是局部应力和应变变程,  $\Delta s$  为名义应力变程,  $K_f$  为疲劳缩减系数

方程 (1) 或 (2) 联合材料的应力-应变特性、迟滞回线特性和记忆特性可完成循环加载下的局部应力-应变分析。

(2) 利用有限元计算结果

目前有限元计算方法的发展已能对各种结构进行弹塑性分析。根据有限元计算结果,很容易建立构件的循环载荷-缺口应变曲线。该曲线也可用实验方法确定,它代表构件的载荷幅值和缺口应变幅值的关系,是材料和构件形式的函数。该曲线通常可用下列方程描述:

$$\epsilon_a = (p_a/c_1) + (p_a/c_2)^{1/d} \quad (4)$$

$\epsilon_a$ ,  $p_a$  分别为应变和载荷幅值,  $c_1$ ,  $c_2$ ,  $d$  是曲线拟合常数。局部应力-应变分析的步骤如下:

I. 利用循环载荷-缺口应变曲线将载荷历程转换为缺口根部的局部应变历程。

II. 利用循环应力-应变曲线及相应的迟滞回线进行局部应力-应变响应分析。

2. 损伤计算。损伤根据每一应力-应变循环的应变幅值和材料的应变-寿命曲线计算,并考虑平均应力修正。应变-寿命曲线也是需要的基本数据。

材料的应变-寿命曲线

$$\epsilon_a = \frac{\sigma_f'}{E} (2N_f)^b + \epsilon_f' (2N_f)^c \quad (5)$$

$N_f$  为破坏周数,  $\sigma_f'$  为疲劳强度系数,  $b$  为疲劳强度指数,  $\epsilon_f'$  为疲劳延性系数,  $c$  为疲劳延性指数。

考虑平均应力修正的应变-寿命曲线

$$\epsilon_a = \frac{\sigma_f' - \sigma_m}{E} (2N_f)^b + \epsilon_f' (2N_f)^c \quad (6)$$

$\sigma_m$  为每一循环的平均应力。根据每一循环的应变幅值和平均应力值  $\epsilon_a$ 、 $\sigma_m$  可以从方程 (6) 解出  $N_f$ , 这一循环产生的损伤为  $1/N_f$ 。

3. 累积损伤。每一循环产生的损伤按照 Miner 线性累积损伤法则累积。当

$$\sum 1/N_i = 1 \quad (7)$$

时破坏发生, 由 (7) 式可算出寿命。

#### 计算技术:

为了正确反映缺口根部局部应力-应变的变化, 正确考虑载荷之间的相互作用, 必须按照加载的顺序逐次地进行分析, 这个分析过程必须在电子计算机上完成。为了将非线性问题化为线性问题求解, 将循环应力-应变曲线和循环载荷-缺口应变等非线性曲线用若干直线单元代替, 并对这些单元的使用规定一套法则使其满足材料的记忆特性。本文根据局部应力-应变分析方法的不同, 用 Fortran 语言编制了三种计算程序。

1. 用 Neuber 公式进行局部应力-应变分析。

2. 用循环载荷-缺口应变二维单元和循环应力-应变曲线二维单元分两步完成局部应力-应变分析。

3. 用循环载荷-缺口应变-缺口应力三维单元一步完成局部应力-应变分析。

#### 算例和结果:

本文在 FELIXC-512 计算机上对 SAE 疲劳设计和评价委员会累积损伤分部给出的例子进行了计算。包括两种材料的缺口试件, 在三种不同的典型载荷历程及不同应力水平的 20 种情况。计算结果与实验结果吻合良好, 相差在 4 倍以内。特别在高应力水平, 即缺口根部塑性变形显著的情况下计算结果与试验结果十分接近。在三种计算程序中, Neuber 分析方法不需要弹塑性有限元计算结果, 比较简单, 但由于疲劳缩减系数常常不易准确确定, 因此精度较差。利用有限元分析结果较准确。尤其以利用循环载荷-缺口应变-缺口应力三维单元一步完成局部应力-应变分析最简单、迅速, 准确, 平均每秒钟可处理 50 多个峰值。

实例计算表明局部应力-应变寿命估算方法是一种较好的寿命估算方法, 本文编制的程序可用于缺口构件裂纹形成寿命的估算。