

# 径节制花键套的配制

郭剑 刘洁 郝春阳 李燕伟

山西北方机械制造有限公司 山西太原 030000

**摘要:** 某些拆炉机液压泵输入轴为径节制渐开线花键, 配套的花键套需要专用刀具来加工, 因数量较少, 加工周期长, 费用高。为了解决径节制花键套的配制, 文中介绍了利用模数制程序的线切割设备加工径节制花键套的方法, 为小批量或维修性质的径节制花键套加工提供了一种简易的加工方式。

**关键词:** 径节制; 模数制; 花键套配制

拆炉机液压系统中一些进口的液压泵采用径节制渐开线花键的输入轴, 配套的花键套需要专用插刀制作, 且不同规格的花键套需要配相应的插刀, 制作成本较高。现有的线切割设备只能通过输入参数的形式制作模数制花键, 程序不支持径节制花键参数。为了实现小批量或维修性质的径节制花键套配制, 通过径节制花键的模数制参数转化, 可以实现在模数制程序的线切割设备上加工径节制花键套。

模数制程序的线切割设备需要输入模数、齿数、压力角、齿顶圆直径、齿根圆直径和变位系数通过自带程序生成图形进行线加工。

## 1、径节制花键套参数的模数制转化

径节制花键是一种获得短齿齿形的方式, 在英、美国家多用于汽车行业, 适用于经常正反转的机构, 包括平齿齿根侧配合、平齿大径配合和圆齿齿根侧配合三种形式, 目的是提高抗弯强度。径节制包括两个径节参数, 较小的径节  $p_2$  用来计算分度圆, 较大的径节  $p_1$  用来计算轮齿的尺寸, 标记为  $p_2/p_1$ 。

齿数  $z$  和压力角  $\alpha$  径节制与模式制相同, 不需要转化。

1.1 用较小的径节  $p_2$  来计算模数制的模数  $m$ 。

$$m = \frac{25.4}{p_2} \quad (1)$$

查阅标准 *ANSI-B92.1-1970* 花键标准, 计算内花键的大径、小径、量棒及量棒间隙, 因标准中的尺寸单位为英寸, 所以最终计算结果需要将单位转换为毫米。

**通讯作者:** 郭剑, 出生年月: 1987年7月, 民族: 汉, 性别: 男, 籍贯: 山西省交城县, 单位: 山西北方机械制造有限公司, 职位: 技术人员, 职称: 工程师, 学历: 本科, 邮箱: 18735371807@163.com, 研究方向: 工程机械领域。

1.2 内花键大径尺寸  $D_{ri}$

$$D_{ri} = \frac{z+a}{p_2} \times 25.4 \quad (2)$$

式中:  $a$ —内花键大径常数; 当  $\alpha=30^\circ$ , 平齿根, 齿侧配合时,  $a=1.35$ ; 当  $\alpha=30^\circ$ , 平齿根, 大径配合时,  $a=1$ ; 当  $\alpha=30^\circ$ , 圆齿根, 齿侧配合时,  $a=1.8$ ; 当  $\alpha=37.5^\circ$ , 圆齿根, 齿侧配合时,  $a=1.6$ ; 当  $\alpha=45^\circ$ , 圆齿根, 齿侧配合时,  $a=1.4$ 。

1.3 内花键小径尺寸  $D_i$

$$D_i = \frac{z-b}{p_2} \times 25.4 \quad (3)$$

式中:  $b$ —内花键小径常数; 当  $\alpha=30^\circ$ , 平齿根或圆齿根, 齿侧配合时,  $b=1$ ; 当  $\alpha=37.5^\circ$ , 圆齿根, 齿侧配合时,  $b=0.8$ ; 当  $\alpha=45^\circ$ , 圆齿根, 齿侧配合时,  $b=0.6$ 。

1.4 量棒直径  $d_i$

$$d_i = \frac{c}{p_2} \times 25.4 \quad (4)$$

式中:  $c$ —量棒常数; 当  $\alpha=30^\circ$ 或 $37.5^\circ$ ,  $c=1.728$ ; 当  $\alpha=45^\circ$ ,  $c=1.92$ 。

1.5 量棒间隙  $M_i$

$$\text{inv}\varphi_i = \left(\frac{\pi}{2p_2} + f(m_0 + \lambda)\right) \frac{p_2}{z} + \text{inv}\alpha - \frac{d_i \times p_2}{z \times \cos\alpha} \quad (5)$$

$$M_i = \left(\frac{z}{p_2} \times \cos\alpha \times \cos\left(\frac{90}{z}\right) \times \sec\varphi_i\right) - d_i \quad (6)$$

式中:  $\varphi_i$ —啮合角常数;

$m_0$ —加工公差: 径节 2.5/5 ~ 3/6 时,  $m_0 = (0.18z + 14) \times 10^{-4}$ ; 径节 4/8 ~ 5/10 时,  $m_0 = (0.15z + 13) \times 10^{-4}$ ; 径节 6/12 ~ 8/16 时,  $m_0 = (0.15z + 11) \times 10^{-4}$ ; 径节 10/20 ~ 12/24 时,  $m_0 = (0.1z + 11) \times 10^{-4}$ ; 径节 16/32 ~ 20/40 时,  $m_0 = (0.07z + 11) \times 10^{-4}$ ; 径节 24/28 ~ 48/96

时,  $m_0 = (0.07z + 11) \times 10^{-4}$ ; 径节 64/128 ~ 80/160  
时,  $m_0 = (0.06z + 9) \times 10^{-4}$ ; 径节 128/256 时,  
 $m_0 = (0.05z + 9) \times 10^{-4}$ ;

$f$  — 齿轮加工精度系数:  $f$  共分为 4、5、6 和 7 级, 对应的系数为 0.71、1、1.4、2;  $s$

$\lambda$  — 综合公差; 径节 2.5/5 ~ 3/6 时,  $\lambda = (0.35z + 20) \times 10^{-4}$ ; 径节 4/8 ~ 5/10 时,  $\lambda = (0.23z + 18) \times 10^{-4}$ ; 径节 6/12 ~ 8/16 时,  $\lambda = (0.2z + 15) \times 10^{-4}$ ; 径节 10/20 ~ 12/24 时,  $\lambda = (0.17z + 14) \times 10^{-4}$ ; 径节 16/32 ~ 20/40 时,  $\lambda = (0.12z + 13) \times 10^{-4}$ ; 径节 24/28 ~ 48/96 时,  $\lambda = (0.12z + 11) \times 10^{-4}$ ; 径节 64/128 ~ 80/160 时,  $\lambda = (0.1z + 9) \times 10^{-4}$ ; 径节 128/256 时,  $\lambda = (0.08z + 9) \times 10^{-4}$ 。

### 1.6 变位系数 $\chi$

使用中, 为了增加花键的强度, 通常会增加变位系数来调节齿形, 而变位系数又无法直接测量出来, 因此通过量棒、量棒间距以及其他参数来计算变位系数  $\chi$ , 为了简化计算过程, 采用图 1 变位系数计算程序来计算。

Φ量		Φ量	
m		m	
α		α	
Z(奇)		Z(偶)	
M棒间距		M棒间距	
变位x	=DIV/0!	变位x	=DIV/0!

图 1 变位系数计算程序

通过上述所得的  $z$ 、 $m$ 、 $D_{ri}$ 、 $D$  和  $\chi$  即可实现在模数制程序的线切割设备中加工径节制花键套。

### 2、应用举例

以 160 镗铣床液压站阿托斯 PFG 串联齿轮泵的花键套为例, 其花键为 12 齿, 24/48 径节, 压力角  $45^\circ$ , 等级 7, 将参数带入 (1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(6) 可得。

$$m = \frac{25.4}{24} = 1.0583 \quad (1)$$

$$D_{ri} = \frac{12 + 1.4}{24} \times 25.4 \approx 14.18mm \quad (2)$$

$$D_i = \frac{12 - 0.6}{24} \times 25.4 \approx 12.07mm \quad (3)$$

$$d_i = \frac{1.92}{24} = 0.08'' = 2.032mm \quad (4)$$

$$m_0 = (0.07 \times 12 + 11) \times 10^{-4} = 0.001184''$$

$$\lambda = (0.12 \times 12 + 11) \times 10^{-4} = 0.001244''$$

$$\text{inv}\varphi_i = \left( \frac{\pi}{2 \times 24} + 2(0.001184 + 0.001244) \right) \times \frac{24}{12} + \quad (5)$$

$$\text{inv}45^\circ - \frac{0.08 \times 24}{12 \times \cos 45^\circ} \approx 0.1289$$

查渐开线函数表可得,

$$\text{inv}45^\circ = 0.2146$$

$$\varphi_i \approx 38.98^\circ$$

$$M_i = \left( \frac{12}{24} \times \cos 45^\circ \times \cos \left( \frac{90}{12} \right) \times \sec 38.98^\circ \right) - 0.08 \quad (6)$$

$$\approx 0.371'' = 9.42mm$$

将计算所得带入变位系数计算表, 见图 2, 可得  $\chi \approx 0.016$

Φ量	2.032
m	1.058333
α	45
Z(偶)	12
M棒间距	9.42
变位x	0.016081

图 2 变位系数计算结果

在模数制的线切割设备上输入所得参数试制加工的花键套与 PFG 齿轮泵配合间隙合适, 经检验满足使用要求。

### 3、结语

PFG 串联齿轮泵花键套经常磨损, 备件不单卖, 需整套更换, 周期长, 成本高, 通过线切割加工花键套, 满足使用要求, 缩短维护周期, 降低制造费用, 为径节制花键套的配制提供了一种简易的方式。

通过模数制转换的方法, 使得原来的模数制程序的线切割可以加工径节制花键套, 扩展了设备的加工能力, 为使用线切割设备加工非标准渐开线花键提供了有效地技术支持。

### 参考文献:

- [1] 高学径, 张亚福. 美制双径节制渐开线花键套的配制[J]. 凿岩机械气动工具, 2010, 01: 56 ~ 59.
- [2] 李建华, 王兵强, 刘建梅. 英制渐开线花键加工工艺[J]. 金属加工(冷加工), 2012, 03: 36 ~ 38.
- [3] 机械设计手册. 第 3 卷, 机械设计手册编委会, 北京, 机械工业出版社, 1991.9.