

蜗轮加工实用齿厚检测方法

西北有色冶金机械厂 马 钦 TQ61

A 摘要 介绍了单个蜗轮加工时其齿形的判定方法;在无专用检测仪的条件下,采用检测法向弦齿厚的方法来保证蜗轮的制造精度;比较了新旧国标齿厚的计算结果。

关键词 金属切削, 蜗轮, 蜗轮加工, 测定 齿厚

在机械加工制造中,经常会遇到普通圆柱蜗杆、蜗轮副的加工检测。我厂无专用综合检测仪,对于蜗轮精度的检测,历年来一直采用检测蜗轮的法向弦齿厚尺寸的方法来保证蜗轮的制造精度。在旧标 JB162-60 中,没有计算蜗轮齿厚的计算公式和相应的齿厚极限偏差规定,对蜗轮精度的检测是用测量加工中心距的方法而不用测量齿厚的方法。新国标 GB10089-88 增加了检测齿厚及齿厚极限偏差的规定。但公式还满足不了生产的使用要求。在设计蜗杆蜗轮传动副中因配凑中心距,改变传动比、提高传动的承载能力和效率,消除蜗轮根切现象,往往要采用蜗轮变位和加厚蜗轮齿形的办法来解决。因此对于蜗轮齿厚形状除了变位之外,还有一个加厚蜗轮齿形及与之相应的蜗杆齿形厚度减薄的问题,现就蜗轮齿形形式的判定及测量齿厚计算方法浅谈一点认识。

一、蜗轮齿形的判定

通常蜗轮和蜗杆是成对制造的,由于设备维修,常常需要配制一些配件或备件,因此在生产实践中往往碰到单件制造。这些蜗轮

有的是加厚齿形,有的是变位齿形,还有的蜗轮两者兼有,所以在应用公式时要区别对待,不能一概而论。怎样才能准确地判定蜗轮齿形式,不论是成对生产,还是单件生产蜗轮,都应由所需备件单位(用户)提供一张蜗杆工作图样或与蜗杆齿形有关的参数。我们根据蜗杆齿厚尺寸,采用校核蜗杆法向齿厚尺寸的方法,跟踪设计、计算分析、推理断定蜗轮齿厚齿形是属哪一种齿形,从而准确的选定相应的计算公式,计算出被加工蜗轮的检测法向齿厚尺寸。为蜗轮滚刀的设计和蜗轮制造提供了理论依据。

二、蜗轮齿厚计算公式的选用

计算蜗轮齿厚我们一直沿用 1976 年天津齿轮机床研究所编的《齿轮工手册》和 1984 年上海市金属切削技术协会编的《金属切削手册》两书中介绍的公式。这两本手册中的公式虽繁琐,但计算结果精确,因为实际测量的是分度圆法向弦齿厚尺寸。而 1991 年 9 月机械工业出版社新出版的《机械设计手册》中新国标 GB10089-88 介绍的蜗轮、蜗杆齿厚计算公式,计算简单方便,不易出错,但公

式实际上测量的不是分度圆法向弦齿厚尺寸。手册中标明的“蜗杆分度圆齿厚公式： $S_{n1} = \frac{\pi}{2} m \cos r$ ，蜗轮分度圆齿厚公式： $S_{n2} = (\frac{\pi}{2} + 2xtg\alpha)m$ ”。实际上两式分别是蜗杆法向弧齿厚、蜗轮分度圆上的弧齿厚，不便于测量弦齿厚。

三、蜗杆、蜗轮齿厚尺寸应用公式

1、不采用加厚蜗轮时蜗杆、蜗轮齿厚的计算

(1) 蜗杆法向齿厚计算公式

蜗杆轴向齿厚：

$$S_{x1} = \frac{\pi}{2} m \quad (1)$$

蜗杆法向弧齿厚：

$$S_1 = S_{x1} \cos r \quad (2)$$

蜗杆分度圆上法向弦齿厚：

$$S_{n1} = S_1 (1 - \frac{S_1 \sin^2 r}{6d_1^2}) \quad (3)$$

式中： m —蜗杆轴向模数(蜗轮端面模数)；

d_1 —蜗杆分度圆直径；

r —蜗杆分度圆上螺旋升角。

(2) 蜗轮分度圆法向齿厚计算公式

蜗轮分度圆弧齿厚：

$$S_{x2} = (\frac{\pi}{2} + 2xtg\alpha)m \quad (4)$$

蜗轮分度圆上弦齿厚：

$$S_2 \approx S_{x2} (1 - \frac{S_{x2}^2}{6d_2^2}) \quad (5)$$

蜗轮分度圆上法向弦齿厚：

$$S_{n2} = S_2 \cos r \quad (6)$$

式中： x —蜗轮变位系数；

α —齿形角；

m —模数；

d_2 —蜗轮分度圆直径。

蜗轮法向弦齿高：

$$h_{n2} = (h_a^* + x)m + \frac{S_{n2}^2 \cos^4 r}{4d_2} \quad (7)$$

式中： h_a^* —齿顶高系数。

2、采用加厚蜗轮时蜗轮、蜗杆齿厚的计算

(1) 蜗杆法向齿厚计算公式

蜗杆轴向齿厚：

$$S_{x1} = (\frac{\pi}{2} - 0.2tg\alpha)m \quad (8)$$

蜗杆法向弧齿厚：

$$S_1 = S_{x1} \cos r \quad (9)$$

蜗杆分度圆上法向弦齿厚：

$$S_{n1} \approx S_1 (1 - \frac{S_1^2 \sin^2 \alpha}{6d_1^2}) \quad (10)$$

(2) 蜗轮分度圆法向齿厚计算

蜗轮分度圆弧齿厚：

$$S_{x2} = (\frac{\pi}{2} + 2xtg\alpha + 0.2tg\alpha)m \quad (11)$$

蜗轮分度圆弦齿厚：

$$S_2 \approx S_{x2} (1 - \frac{S_{x2}^2}{6d_2^2}) \quad (12)$$

蜗轮分度圆法向弦齿厚：

$$S_{n2} = S_2 \cos r \quad (13)$$

蜗轮法向弦齿高：

$$h_{n2} = (h_a^* + x)m + \frac{S_{n2}^2 \cos^4 r}{4d_2} \quad (14)$$

四、举例及对比

我们称蜗杆、蜗轮法向齿厚计算公式为旧式，称新国标 GB10089-88 中的公式为新式。

例：已知一对蜗杆传动副，其模数 $m=9$ ，法向齿形角 $\alpha=20^\circ$ ，蜗杆头数 $Z_1=2$ ，蜗杆螺旋升角 $\gamma=14^\circ 02' 10''$ ，齿顶高系数 $h_a^*=1$ ，蜗杆图样标明蜗杆法向弦齿厚 $S_{n1}=13.072$ ，分度圆直径 $d_1=72$ 毫米，蜗轮齿数 $Z=38$ ，变位系数 $x=+0.333$ ，判定蜗轮齿形，计算检测尺寸。

判定方法：

1、用旧式不加厚蜗轮时公式计算蜗杆法

向弦齿厚尺寸

蜗杆分度圆轴向齿厚,用公式(1)

$$\begin{aligned} S_{x_1} &= \frac{\pi}{2} m \\ &= \frac{\pi}{2} \times 9 \\ &= 14.137(\text{毫米}) \end{aligned}$$

蜗杆分度圆法向弧齿厚,用公式(2)

$$\begin{aligned} S_1 &= S_{x_1} \cos r \\ &= 14.137 \cos 14^\circ 02' 10'' \\ &= 13.715(\text{毫米}) \end{aligned}$$

蜗杆分度圆法向弦齿厚,用公式(3)

$$\begin{aligned} S_{n_1} &= S_1 \left(1 - \frac{S_1^2 \sin^2 r}{6d_1^2} \right) \\ &= 13.715 \left(1 - \frac{13.715^2 \sin^2 14^\circ 02' 10''}{6 \times 72^2} \right) \\ &= 13.710(\text{毫米})(\text{不符合}) \end{aligned}$$

2. 用旧式加厚蜗轮时公式计算蜗杆法向弦齿厚

蜗杆轴向齿厚,用公式(8)

$$\begin{aligned} S_{x_1} &= \left(\frac{\pi}{2} - 0.2 \operatorname{tg} \alpha \right) m \\ &= \left(\frac{\pi}{2} - 0.2 \operatorname{tg} 20^\circ \right) \times 9 \\ &= 13.482(\text{毫米}) \end{aligned}$$

蜗杆法向弧齿厚,用公式(9)

$$\begin{aligned} S_1 &= S_{x_1} \cos r \\ &= 13.482 \cos 14^\circ 02' 10'' \\ &= 13.079(\text{毫米}) \end{aligned}$$

蜗杆分度圆法向弦齿厚,用公式(10)

$$\begin{aligned} S_{n_1} &\approx S_1 \left(1 - \frac{S_1^2 \sin^2 \alpha}{6d_1^2} \right) \\ &= 13.079 \left(1 - \frac{13.079^2 \sin^2 14^\circ 02' 10''}{6 \times 72^2} \right) \\ &= 13.072(\text{毫米})(\text{相符合}) \end{aligned}$$

两种计算结果表明第2种方法求得的 $S_{n_1} = 13.072$ 为蜗杆齿厚,故蜗轮为加厚齿形,因此选蜗轮检测尺寸为加厚及变位时的公式计算。

3. 蜗轮分度圆法向弦齿厚计算

蜗轮分度圆弧齿厚,用公式(11)

$$\begin{aligned} S_{x_2} &= \left(\frac{\pi}{2} + 2x \operatorname{tg} \alpha + 0.2 \operatorname{tg} \alpha \right) m \\ &= \left(\frac{\pi}{2} + 2 \times 0.333 \operatorname{tg} 20^\circ + 0.2 \operatorname{tg} 20^\circ \right) \times 9 \\ &= 16.974(\text{毫米}) \end{aligned}$$

蜗轮分度圆弦齿厚,用公式(12)

$$\begin{aligned} S_2 &\approx S_{x_2} \left(1 - \frac{S_{x_2}^2}{6d_2^2} \right) \\ &= 16.974 \left(1 - \frac{16.974^2}{6 \times (38 \times 9)^2} \right) \\ &= 16.967(\text{毫米}) \end{aligned}$$

蜗轮分度圆法向弦齿厚,用公式(13)

$$\begin{aligned} S_{n_2} &= S_2 \cos r \\ &= 16.967 \cos 14^\circ 02' 10'' \\ &= 16.460(\text{毫米}) \end{aligned}$$

测量法向弦齿高,用公式(14)

$$\begin{aligned} h_{n_2} &= (h_a^* + x) m + \frac{S_{x_2}^2 \cos^4 r}{4d_2} \\ &= (1 + 0.333) \times 9 + \frac{16.974^2 \cos^4 14^\circ 02' 10''}{4 \times (38 \times 9)} \\ &= 12.184(\text{毫米}) \end{aligned}$$

4. 新旧公式对比

GB10089-88 国标中公式没有给出加厚蜗轮时的计算公式,只有变位时的公式,如果将加厚因素考虑进去,则第二节中提到的两个公式变为:

蜗杆分度圆齿厚:

$$S_{n_1} = \left(\frac{\pi}{2} - 0.2 \operatorname{tg} \alpha \right) m \cos r \quad (15)$$

蜗轮分度圆齿厚:

$$S_{n_2} = \left(\frac{\pi}{2} + 2x \operatorname{tg} \alpha + 0.2 \operatorname{tg} \alpha \right) m \quad (16)$$

用公式(15)、(16)计算:

蜗杆分度圆齿厚:

$$\begin{aligned} S_{n_1} &= \left(\frac{\pi}{2} - 0.2 \operatorname{tg} \alpha \right) m \cos r \\ &= \left(\frac{\pi}{2} - 0.2 \operatorname{tg} 20^\circ \right) \times 9 \cos 14^\circ 02' 10'' \\ &= 13.080(\text{毫米}) \end{aligned}$$

蜗轮分度圆齿厚:

(下转 44 页)

矿常规采矿单耗 0.56~0.62 公斤/吨,大块率 18%~20% 低了许多。这次爆破效果较好,是由于在放顶大爆破中,综合应用了多项为实践所证实的爆破技术,它们是:

1. 选用小抵抗线大孔底距的爆破参数

小抵抗线大孔底距的爆破参数改善爆破效果已为爆破界所共识。本次放顶炮孔的邻近系数选取 1.67~2.0,即放顶炮孔的最小抵抗线 1.2 米,孔底距 2.0~2.4 米。这种炮孔邻近系数有利于增强炸药的能量利用率。

2. 多排同段微差爆破技术

多排同段微差爆破技术必须正确地选择多排同段数和微差时间间隔。多排同段数目与爆破面的宽度(采幅)和抵抗线有关。在一定矿岩条件下,同段爆破层内存在一个最优宽厚比,一般为 5~6。本次爆破抵抗线 1.2 米,采幅 10~12 米,所以同段数选取 2 排;另一方面,段与段微差时间间隔是这项技术的关键之一,要求后一段雷管引爆炸药之前,应保证前一段炸药爆炸有足够的时间对矿岩体产生作用,根据本次爆破矿岩体的性质以及和炸药的匹配情况,段之间选择了 50 毫秒的时间间隔。多排同段微差爆破技术既增强了炸药爆炸威力又保证了爆炸应力波反射拉伸作用和残余挠动波作用时间,从而保证了爆炸对矿石的充分破碎。

3. 孔中反向起爆技术

孔中反向起爆技术是根据孔底起爆原

理,针对爆区特定的矿岩条件而制定的一项技术措施。

放射状中深孔与扇形中深孔相似,靠近孔底部分的矿岩炸药能量密度分布较孔口部分低,采用孔底起爆时,加强了爆轰应力波对孔底部分矿岩体的反射拉伸作用,延长了爆轰气体产物的作用时间,从而提高了炸药能量利用率,改善了爆破效果。

前面提到,爆区处于露天转地下开采的第一分段,受露采的影响,矿岩体较破碎、裂隙发育,若在此矿岩条件下采用孔底起爆,爆轰应力波反射拉伸作用减弱,且爆轰气体产物沿裂隙过早“逃逸”,反而不利于炸药能量利用。正因如此,本次爆破采用孔中起爆,使之既具备孔底起爆的优势,又克服了孔口、孔底起爆的缺点。

七、结 语

1. 在顶柱回采的复杂条件下,掘进少量井巷工程,钻凿放射状中深孔,工程量小,安全可靠。

2. 爆破设计中针对特定的矿岩条件,制定相应的技术措施,选取合理的爆破参数,综合运用多项爆破技术,有利于改善爆破效果。

3. 井下大爆破中,为防止冲击波破坏,采取密封和引导可保护重要设施、设备的安全。

(上接 38 页)

$$S_{n_2} = \left(\frac{\pi}{2} + 2 \times 0.333 \operatorname{tg} 20^\circ + 0.2 \operatorname{tg} 20^\circ \right) \times 9 \\ = 16.974 (\text{毫米})$$

与公式(10)、(13)比较:

$$S_{n_1} \text{新} - S_{n_1} \text{旧} = 13.087 - 13.072 = 0.008 \\ (\text{毫米})$$

$$S_{n_2} \text{新} - S_{n_2} \text{旧} = 16.974 - 16.460 = 0.514$$

(毫米)

五、结 语

在无专门检测仪的条件下,采用检测法向弦齿厚的方法,可保证蜗轮的制造精度。

建议加工单个蜗轮时,图样应注明相配蜗杆齿形厚度尺寸,便于生产厂家配件制造。