

## 齿轮测量仪器的测量原理

### 齿轮齿单个齿距偏差与齿距累积总偏差的测量

#### 一、测量原理及计量器具说明

单个齿距偏差是指在分度圆上，实际齿距与公称齿距之差（用相对法测量时，公称齿距是指所有实际齿距的平均值）。齿距累积总偏差  $F_p$  是指在分度圆上，任意两个同侧齿面间的实际弧长与公称弧长之差的最大绝对值，即最大齿距累积偏差（ ）与最小齿距累积偏差（ ）之代数差。

我们在实际测量中，通常采用某一齿距作为基准齿距，测量其余的齿距对基准齿距的偏差。然后，通过数据处理来求解单个齿距偏差和齿距累积总偏差，测量应在齿高中部同一圆周上进行，这就要求保证测量基准的精度。而齿轮的测量基准可选用齿轮的内孔、齿顶圆和齿根圆。为了使测量基准与装配基准一致，以内孔定位最好。用齿顶圆定位时，必须控制齿顶圆对内孔的轴线的径向跳动。在生产中，根据所用量具的结构来确定测量基准。

用相对法测量齿距相对偏差的仪器有周节仪和万能测齿仪，若对以下方法不太清楚，请咨询成都斯瑞工具科技有限公司，我们专业研发和供应各类齿轮测量仪器

#### 1. 用手持式周节仪测量

图 1 为手持式周节仪的外形图，它以齿顶圆作为测量基准，指示表的分度值为  $0.005\text{mm}$ ，测量范围为模数  $3 - 15\text{mm}$ 。

周节仪有 4、5 和 8 三个定位脚，用以支承仪器。测量时，调整定位脚的相对位置，使测量头 2 和 3 在分度圆附近与齿面接触。固定测量头 2 按被测齿轮模数来调整位置，活动测量头 3 则与指示表 7 相连。用 齿轮测量仪器 在测量前，将两个定位脚 4、5 前端的定位爪紧靠齿轮端面，并使它们与齿顶圆接触，再用螺钉 6 紧固。然后将辅助定位脚 8 也与齿顶圆接触，同样用螺钉固紧。以被测齿轮的任一齿距作为基准齿距，调整指示表 7 的零位，并且把指针压缩  $1 - 2$  圈。然后，逐齿测量其余的齿距，指示表读数即为这些齿距与基准齿距之差，将测得的数据记入表中。

## 2. 用万能测齿仪测量

万能测齿仪是应用比较广泛的齿轮测量仪器，除测量圆柱齿轮的齿距、基节、齿圈径向跳动和齿厚外，还可以测量圆锥齿轮和蜗轮。其测量基准是齿轮的内孔。

为万能测齿仪外形图。仪器的弧形支架 7 可绕基座 1 的垂直轴心线旋转，安装被测齿轮心轴的顶尖装在弧形架上，支架 2 可以在水平面内作纵向和横向移动，工作台装在支架 2 上，工作台上装有能够作径向移动的滑板 4，借锁紧装置 3 可将滑板 4 固定在任意位置上，当松开锁紧装置 3，靠弹簧的作用，滑板 4 能匀速地移到测量位置，

这样就能进行逐齿测量。测量装置 5 上有指示表 6，其分度值为 0.001 mm。用这种仪器测量齿轮齿距时，其测量力是靠装在齿轮心轴上的重锤来保证（图 3）。

用 **齿轮测量仪器** 在测量前，将齿轮安装在两顶尖之间，调整测量装置 5，使球形测量爪位于齿轮分度圆附近，并与相邻两个同侧齿面接触。选定任一齿距作为基准齿距，将指示表 6 调零。然后逐齿测量其余齿距对基准齿距之差。

#### 四、齿轮测量仪器的测量步骤

##### 1. 用手持式周节仪测量的步骤（参看图 1）

将固定测量爪 2 按被测齿轮模数调整到模数标尺的相应刻线上，然后用螺钉 9 固紧。

##### （2）调整定位脚的相对位置

调整定位脚 4 和 5 的位置，使测量爪 2 和 3 在齿轮分度圆附近与两相邻同侧齿面接触，并使两接触点分别与两齿顶距离接近相等，然后用螺钉 6 固紧。最后调整辅助定位脚 8，并用螺钉固紧。

##### （3）调节指示表零位

以任一齿距作为基准齿距（注上标记），将指示表 7 对准零位，然后将仪器测量爪稍微移开轮齿，再重新使它们接触，以检查指示表示值的稳定性。这样重复三次，待指示表稳定后，再调节指示表 7 对准零位。

（4）逐齿测量各齿距的相对偏差，并将测量结果计入表中。

（5）处理测量数据

齿距累积误差可以用算法或作图法求解。下面以实例说明，

1）用算法处理测量数据

为计算方便，可以列成表格形式（表 1）。将测得的单个齿距相对偏差（ $\Delta_i$ ），记入表中第二行。根据测得的  $\Delta_i$ ，逐齿累积，计算出相对齿距累积偏差（ $\Delta_{\Sigma}$ ），记入第三行。

计算基准齿距对公称齿距的偏差，因为第一个齿距是任意选定的，假设它对公称齿距的偏差为  $K$ ，以后每测一齿都引入了该偏差  $K$ ， $K$  的值为各个齿距相对偏差的平均值，

按齿轮序号计算  $K$  的累加值  $nK$ ，计入表中第四行。由第三行减去第四行，求得各齿的绝对齿距累积偏差（ $\Delta_{\text{绝对}}$ ），计入第五行。

按下式计算：

第五行中的最大值与最小值之差,即为被测齿轮的齿距累积总偏差,即

从 GB/T10095.1 — 2001 查出齿距累积总公差  $F_p$ , 判断被测齿轮的适用性。

一	二	三	四	五
齿序	单个齿距 相对偏差	相对齿距 累积偏差	齿序与平均 值的乘积	绝对齿距 累积偏差
				— nK
1	0	0	$1 \times 0.5 =$ 0.5	— 0.5
2	- 1	- 1	$2 \times 0.5 =$ 1	— 2
3	- 2	- 3	$3 \times 0.5 =$ 1.5	— 4.5
4	- 1	- 4	$4 \times 0.5 =$ 2.	— 6
5	+ 2	- 6	$5 \times 0.5 =$ 2.5	— 8.5

6	+ 3	- 3	$6 \times 0.5 =$ 3	- 6
7	+ 2	- 1	$7 \times 0.5 =$ 3.5	- 4.5
8	+ 3	+ 2	$8 \times 0.5 =$ 4	- 2
9	+ 2	+ 4	$9 \times 0.5 =$ 4.5	- 0.5
10	+ 4	+ 8	$10 \times 0.5 =$ 5	+ 3
11	- 1	+ 7	$11 \times 0.5 =$ 5.5	+ 1.5
12	- 1	+ 6	$12 \times 0.5 =$ 6	0

各齿距相对偏差分别减去 K 值，其中最大的绝对值，即为被测齿轮的单个齿距偏差（ ）

2 ) 用作图法处理测量数据:

以横坐标代表齿序,纵坐标代表上例第三行内的相对齿距累积误差,绘出如图 4 所示的折线。连接折线首末两点的直线作为相对齿距累积误差的坐标线。然后,从折线的最高点与最低点分别作平行与上述坐标线的直线。这两条平行直线间在纵坐标上的距离即为齿距累积总偏差。

## 1. 用万能测齿仪测量的步骤

( 1 ) 擦净被测齿轮,然后把它安装在仪器的两顶尖上。

( 2 ) 调整仪器,使测量装置上两个测量爪进入齿间,在分度圆附近与相邻两个同侧齿面接触。

( 3 ) 在齿轮心轴上挂上重锤,使轮齿 图 4

( 5 ) 退出测量爪,将齿轮转动一齿,使两个测量爪与另一对齿面接触,逐齿测量各齿距,从指示表读出单个齿距相对偏差 ( )。

( 6 ) 处理测量数据 (同前述方法)。

( 7 ) 从 GB/T10095.1 — 2001 查出齿轮齿距累积总公差  $F_p$ ,判断被测齿轮的适用性。

## 齿轮齿圈径向跳动测量

## 一、目的

1. 熟悉测量 齿轮径向跳动 的方法。
2. 加深理解 齿轮径向跳动的 定义。

## 二、内容

用齿圈径向跳动检查仪测量齿轮齿圈径向跳动。

## 三、 齿轮测量仪器 的测量原理及计量器具说明

齿轮 径向跳动  $F_r$  为计量器测头（圆形、圆柱形等）相继置于每个齿槽内时，从它到齿轮轴线的最大和最小径向距离之差。检查中，测头在齿高中部附近与左右齿面接触。（即 ）。 （见图 1 ）。

齿圈径向跳动误差可用齿圈径向跳动检查仪、万能测齿仪或普通的偏摆检查仪等仪器测量。采用齿圈径向跳动检查仪来测量，（图 2 ）为该仪器的外形图。它主要由底座 1 、滑板 2 、顶尖 6 、调节螺母 7 、回转盘 8 和指示表 10 等组成，指示表的分度值为 0.001mm 。该仪器可测量模数为 0.3 — 5 mm 的齿轮。

为了测量各种不同模数的齿轮，仪器备有不同直径的球形测量头。

按机标 JB179 — 81 规定，测量齿圈径向跳动误差应在分度圆附近与齿面接触，故测量球或柱的直径  $d$  应按下述尺寸制造或选取。

$$d = 1.68m$$

式中  $m$  — 齿轮模数 (  $mm$  )。

此外，齿圈径向跳动检查仪还备有内接触杠杆和外接触杠杆。前者成直线形，用于测量内齿轮的齿圈径向跳动和孔的径向跳动；后者成直角三角形，用于测量圆锥齿轮的齿圈径向跳动和端面圆跳动。测量圆柱齿轮的齿圈径向跳动。测量时，将需要的球形测量头装

入指示表测量杆的下端进行测量。

#### 四、 齿轮测量仪器 的测量步骤

1. 根据被测齿轮的模数，选择合适的球形测量头装入指示表 10 测量杆的下端 ( 图 2 )。
2. 将被测齿轮和心轴装在仪器的两顶尖上，拧紧紧固螺钉 4 和 5。
3. 旋转手柄 3，调整滑板 2 位置，使指示表测量头位于齿宽的中部。借升降调节螺母 7 和提升手把 9，使测量头位于齿槽内。调整指示表 10 的零位，并使其指针压缩 1 — 2 圈。
4. 每测一齿，须抬起提升手把 9，使指示表的测量头离开齿面。逐齿测量一圈，并记录指示表的读数。

5. 处理测量数据,从 GB/T10095.2 — 2001 查出齿轮径向跳动公差

$F_r$  , 判断被测齿轮的适用性。

## 齿轮齿厚偏差测量

### 一、目的

1. 掌握测量齿轮齿厚的方法。
2. 加深理解齿轮齿厚偏差的定义。

### 二、内容

用齿轮游标尺测量齿轮的齿厚偏差。

### 三、测量原理及计量器具说明

齿厚偏差 $\Delta E_s$ 是指在分度圆柱面上,法向齿厚的实际值与公称值之差。

图 1 为测量齿厚偏差的齿轮游标尺。它是由两套相互垂直的游标尺组成。垂直游标尺用于控制测量部位(分度圆至齿顶圆)的弦齿高  $h_f$  , 水平游标尺用于测量所测部位(分度圆)的弦齿厚 。 齿轮游标尺的分度值为 0.02mm , 其原理和读数方法与普通游标尺相同。

用齿轮游标尺测量齿厚偏差,是以齿顶圆为基础。当齿顶圆直径为公称值时,直齿圆柱齿轮分度圆处的弦齿高 和弦齿厚 由图 2 可得:

式中  $m$  —— 齿轮模数 ( mm ) ;

$Z$  —— 齿轮齿数。

当齿轮为变位齿轮且齿顶圆直径有误差时, 分度圆处的弦齿高  $h_{ac}$  和弦齿厚  $s_{ac}$  应按下式计算:

式中  $y$  —— 移距系数;

$\alpha$  —— 齿形角;

$r_a$  —— 齿顶圆半径的公称值;

$r_{a0}$  —— 齿顶圆半径的实际值。

#### 四、测量步骤

1. 用外径千分尺测量齿顶圆的实际直径。

2. 计算分度圆处弦齿高  $h_{ac}$  和弦齿厚  $s_{ac}$  (可从表 1 查出)。

3. 按  $s_{ac}$  值调整齿轮游标尺的垂直游标尺。

4. 将齿轮游标尺置于被测齿轮上, 使垂直游标尺的高度尺与齿顶相接触。然后, 移动水平游标尺的卡脚, 使卡脚靠紧齿廓。从水平游标尺上读出弦齿厚的实际尺寸 (用透光法判断接触情况)。

5. 分别在圆周上间隔相同的几个轮齿上进行测量。

6. 按齿轮图样标注的技术要求，确定齿厚上偏差  $E_{sns}$  和下偏差  $E_{sni}$ ，判断被测齿厚的适用性。

(4) 测量时先以任一齿距为基准齿距，调整指示表的零位。然后将测量爪反复退出与进入被测齿面，以检查指示表示值的稳定性。

紧靠在定位爪上。

GAEAS基英示自动化设备科技有限公司