

圆柱齿轮分度圆压力角的精确测绘方法

黄富贵 张认成

(华侨大学机电及自动化学院, 福建 泉州 362021)

摘要 针对传统的圆柱齿轮分度圆压力角测绘精度低, 容易产生错误判断等缺陷, 采用传统测绘方法与齿形比较法相结合的方法, 实现对渐开线圆柱齿轮分度圆压力角的测绘. 同时, 以实际齿轮分度圆压力角的测绘为例, 介绍该方法的实现原理和步骤. 结果表明, 文中提出的测绘方法, 能实现对齿轮分度圆压力角的精确测绘.

关键词 齿轮, 压力角, 测绘, 精度

中图分类号 TH 132.417; TG 807

文献标识码 A

在生产过程中, 往往遇到渐开线圆柱齿轮参数的测绘问题. 测绘主要有 2 个目的. (1) 对引进的各种具有较高水平的齿轮箱样品进行仿制, 必须从实物齿轮通过测绘得到齿轮的各项几何参数. (2) 在修配行业, 当设备上的齿轮磨损到不能使用时, 也需要对磨损的实物齿轮的各项几何参数进行测绘, 以便加工出符合修配精度要求的齿轮. 由于对被测绘齿轮各项参数测绘精度的好坏, 将直接影响到仿制精度与修配精度. 因此, 如何获得齿轮几何参数的精确测绘结果, 一直以来都是齿轮加工、测量技术人员的研究热点之一. 众所周知, 渐开线圆柱齿轮的基本几何参数包括齿数、模数、分度圆压力角、齿顶高系数、顶隙系数、分度圆螺旋角和变位系数等^[1], 各项参数之间存在一定关系. 本文主要针对传统的分度圆压力角测绘精度低、容易产生错误判断等缺陷, 提出一种新的分度圆压力角的精确测绘方法.

1 分度圆压力角的传统测绘方法及其缺陷

齿轮的分度圆压力角是指工作齿轮在分度圆位置啮合时, 其受力方向与该啮合点的线速度方向的夹角. 分度圆位置压力角的加工误差将直接影响到工作齿轮的啮合性能. 相互啮合的一对齿轮, 正确的设计必须保证它们的分度圆压力角一致. 齿轮分度圆的压力角已经实现标准化与系列化, 对于公制齿轮, 其分度圆压力角通常采用 20° , 14.5° , 15° , 17.5° , 22.5° , 25° 和 30° 等; 而对于英制齿轮, 其分度圆压力角通常首先采用 20° , 14.5° , 15° , 其次采用 16° , 17° , 17.5° 和 22.5° 等.

根据渐开线圆柱齿轮分度圆压力角的定义, 测绘实际齿轮的分度圆压力角十分困难, 因为无论是接触法还是影像法, 都很难调整测头或成像点, 使其准确与实际齿轮齿面的分度圆位置接触. 目前, 分度圆压力角一般采用两种间接测绘方法实现.

(1) 方法 1^[2]. 通过测量齿轮的两相邻齿的公法线长度 W_{k+1} 及 W_k , 其基差值为

$$\Delta W_k = W_{k+1} - W_k = p_b. \tag{1}$$

利用基节 p_b 与模数 m 、分度圆压力角 α 的关系, 有

$$p_b = \pi m \cos \alpha \tag{2}$$

由式(2)计算理论基节. 将从基节表中查得的理论基节与由式(1)所得实际基节比较, 实际测量基节相近似的理论基节所对应的模数 m 及压力角 α 即为所求的 m 及 α . 这样也就辨认出了被测齿轮是公制还是英制, 即模数制还是径节制.

收稿日期 2005-05-13

作者简介 黄富贵(1966-), 男, 副教授, 硕士, 主要从事精密测量及误差理论的研究. E-mail: hgm@hqu.edu.cn

基金项目 国务院侨务办公室科研基金资助项目(03QZR03)

(2) 方法 2^[3]. 通过测量齿轮轮齿的固定弦齿厚 \overline{s}_c 和固定弦齿高 \overline{h}_c , 由固定弦齿厚 \overline{s}_c 和固定弦齿高 \overline{h}_c 与分度圆压力角 α 模数 m 、变位系数 x 等参数的关系, 得

$$\overline{s}_c = m, \tag{3}$$

$$\overline{h}_c = \frac{d_a - d}{2} - \frac{1}{2} \overline{s}_c \tan \alpha \tag{4}$$

在式(3), (4)中, d_a 为被测齿轮的齿顶圆直径, d 为被测齿轮的分度圆直径. 由式(3)和(4)可间接判定被测齿轮的分度圆压力角 α

由以上测绘方法可知, 渐开线圆柱齿轮分度圆压力角传统测绘方法的主要测量手段, 是直接测量被测齿轮跨 k 的公法线长度 W_k 、跨 $k+1$ 的公法线长度 W_{k+1} 、固定弦齿厚 \overline{s}_c 和固定弦齿高 \overline{h}_c . 然后, 根据直接测量的各参数与被测齿轮分度圆压力角 α 的关系, 间接判定待测参数 α . 由于齿轮公法线长度、固定弦齿厚和固定弦齿高的测量结果, 存在较大测量误差, 特别是当待测齿轮磨损后, 齿轮实际基节、固定弦齿厚和固定弦齿高等参数的直接测量结果明显小于齿轮的设计参数. 由此间接判定得到的齿轮分度圆压力角 α 存在较大的误差, 甚至会得到错误的判定结果^[4, 5]. 若被测齿轮为内齿轮时, 根据传统的测绘方法根本无法实现, 这是因为内齿轮的公法线长度、固定弦齿厚与固定弦齿高的测量十分困难. 因此, 研究一种渐开线圆柱齿轮分度圆压力角的精确测绘方法, 具有十分重要的意义.

2 分度圆压力角的精确测绘方法

虽然传统的测绘方法可能会产生对分度圆压力角的错误判定结果, 但是对除齿轮分度圆压力角之外的其他各项几何参数的测绘结果还是精确的. 我们知道, 无论是公制齿轮或是英制齿轮, 分度圆压力角都已标准化、系列化了. 利用这一点, 可以对实际齿轮除齿轮分度圆压力角之外的其他各项几何参数的测绘结果, 绘制几种可能形式压力角的理论齿形. 将几种可能形式压力角的理论齿形与实际齿形进行比较, 判断实际齿形与哪种形式压力角的理论齿形吻合, 从而精确测绘出实际齿轮的压力角. 这就是渐开线圆柱齿轮分度圆压力角精确测绘的基本思路.

下面以福建泉州双阳齿轮厂的渐开线圆柱直齿轮分度圆压力角的测绘为例(渐开线圆柱斜齿轮分度圆压力角的精确测绘与此类似), 具体介绍本文所提出的齿轮分度圆压力角的精确测绘方法与步骤.

- (1) 首先测定实际齿轮的齿数 Z 和齿顶圆直径 d_a , 即 $Z=25$, $d_a=124.515\text{ mm}$.
- (2) 考虑到实际齿轮可能存在变位, 根据变位齿轮齿顶圆直径与齿数、模数、变位系数等参数的关系, 即

$$d_a = mZ + 2h_a^* m + 2xm.$$

由对实际齿轮齿数 Z 和齿顶圆直径 d_a 等的测量结果, 可以初步判定实际齿轮的模数 $m=4.5\text{ mm}$, 齿顶高系数 $h_a^*=1.0$, 变位系数 $x=+0.335$.

- (3) 测量实际齿轮跨 $k+1$ 齿的公法线长度 W_{k+1} 和跨 k 齿的公法线长度 W_k . 根据 $k=\frac{Z}{9}+0.5$, 取 $k=3$, 则 $k+1=4$. 经测量, 实际齿轮跨 4 齿与跨 3 齿的公法线长度分别为 $W_4=48.79\text{ mm}$, $W_3=34.79\text{ mm}$. 又根据式(1)可得, 被测齿轮的实际基节为 $p_b=W_4-W_3=13.18\text{ mm}$. 若根据式(2), 查理论基节表可知, 被测齿轮的分度圆压力角可能是 20° , 也可能是 22.5° . 为了得到准确的分度圆压力角的测绘结果, 必须将上述两种可能形式压力角的理论齿形与实际齿形进行比较, 判断实际齿形与哪种形式压力角的理论齿形吻合, 从而精确测绘出实际齿轮的压力角.

- (4) 如图 1 所示, 采用接触法(或影像法)获取被测齿轮一个完整轮齿齿廓的数据. 将擦洗干净的被测齿轮的定位端面放在 Global FX 777 型三坐标测量机的大理石工作台上, 安装并校验 SP 600 传感器扫描探针(探针球直径为 1 mm), 测量齿轮定位孔的孔心线, 以此孔心线作为新建坐标系的原点并找正 Z 平面, 对

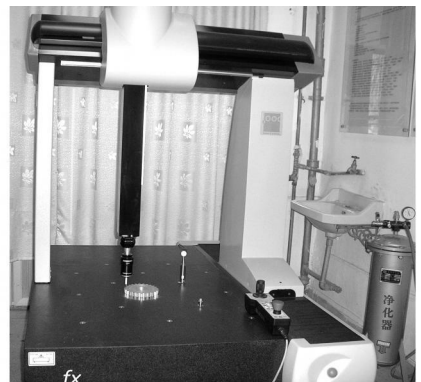


图 1 实物齿轮齿面数据点扫描图

定位孔在 Z 平面或与 Z 平面平行的平面上作闭曲线扫描, 扫描数据点的间隔为 0.5 mm; 对待测量齿面在 Z 平面或与 Z 平面平行的平面上作开曲线扫描或闭曲线扫描, 扫描数据点的间隔为 0.2 mm (扫描触发力控制在 0.12 N 以内). 通过规划扫描路径的起始点、矢量方向点, 以及终止点的坐标, 使扫描点严格位于垂直于轴向的横截面内. 实验所测量的数据以 DWG 格式的文件导出, 以备数据处理使用.

(5) 根据上述步骤对被测绘齿轮几何参数的判断结果, 以及可能的两种分度圆压力角形式, 利用 CAD 软件画出被测齿轮可能的两种分度圆压力角形式理论齿形. 本文采用线切割编程软件, 生成上述两种可能的分度圆压力角形式理论齿形轨迹, 并以 DXF 格式的文件导出, 以备比较测量用.

(6) 将测量所得实际齿轮齿形与理论齿形比较, 分析判定被测实际齿轮的分度圆压力角, 实际齿形与理论齿形的比较如图 2 所示. 比较分析结果表明, 被测实际齿轮的齿形与分度圆压力角为 20° 的理论

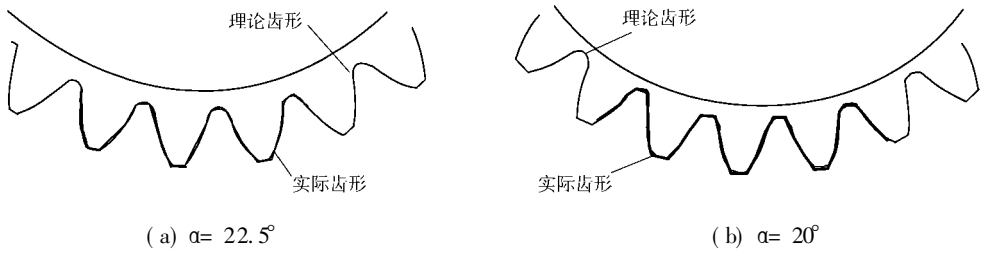


图 2 理论齿形与实际齿形比较图

齿轮齿形吻合良好, 从而判定被测齿轮的分度圆压力角为 20° .

3 结束语

本文提出了一种用传统测绘方法与齿形比较法相结合的方法, 实现对渐开线圆柱齿轮分度圆压力角的精确测绘. 该方法克服了传统的分度圆压力角测绘精度低的缺点. 测绘实践表明, 本文提出的渐开线齿轮分度圆压力角的测绘方法精度高、测量过程简单, 易于向生产实际推广.

参 考 文 献

- 1 叶克明, 石凤山, 许洪基, 等. 齿轮手册: 下册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1995. 19~ 30
- 2 黄富贵, 傅师伟, 张认成. 渐开线圆柱直齿轮齿形误差的测量新方法[J]. 工具技术, 2004, 38(6): 46~ 49
- 3 陈丽萍, 帅 梅, 杨 川, 等. 一种反求渐开线齿轮(或花键)参数的实用方法[J]. 机械科学与技术, 2001, 20(3): 353~ 358
- 4 李月美, 兰 红. 齿轮测绘的计算方法[J]. 工具技术, 2001, 35(5): 41~ 42
- 5 黄富贵. 测头的调整对齿向精度测量结果的影响[J]. 华侨大学学报(自然科学版), 1997, 18(3): 275~ 278

A Precise Method for Mapping Pressure Angle in Pitch Circle of Cylindrical Involute Gear

Huang Fugui Zhang Rencheng

(College of Mechanical Engineering and Automation, Huaqiao University, 362021, Quanzhou, China)

Abstract A novel method, which is integrated conventional mapping method with method of comparing tooth shape, is proposed to realize the mapping of pressure angle in pitch circle of cylindrical involute gear so as to overcome the disadvantages brought by the conventional method. Meanwhile, the principle and the steps of the method are presented, and a case study is given in detail, in which the results show that precise mapping pressure angle in pitch circle of gear can be realized by the proposed mapping method.

Keywords gear, pressure angle, mapping, precision