

可视化技术在虚拟圆锥螺纹量规研究中的应用

袁文桥 毛恩荣 苏永昌

(中国农业大学车辆工程学院) (中国计量科学研究院)

摘要 介绍了虚拟量规的概念和特点, 结合可视化技术的发展, 研究了如何建立量规的几何模型, 将可视化技术应用于虚拟量规的设计中, 并给出了部分已经完成的实例。

关键词 虚拟圆锥螺纹量规; 可视化技术; 几何模型

分类号 TP 391. 72; TH 122

The Application of Visualization Technology in the Field of Virtual Gauge for Conical Thread

Yuan Wenqiao Mao Enrong Su Yongchang

(College of Vehicle Engineering, CAU) (National Institute of Metrology)

Abstract The concept and characteristics of virtual gauge are introduced. Combining with the development of visualization technology, some of the finished results are shown. The explanation of building the geometrical modal of virtual gauge and applying the visualization technology in the design of virtual gauge is presented.

Key words virtual gauge for conical thread; visualization technology; geometrical modal

对圆锥螺纹进行检测时, 首先利用某些仪器对 4 个单项参数(中径、螺距、牙侧角、锥度)的误差做检定, 然后用同一精度或更高精度的量规与之旋合后再测得其紧密距值, 从而判断其合格性。目前, 对圆锥螺纹单项参数的测量方法较多, 相对也较完善, 而对紧密距的测量还停留在用与标准实物量规旋合的方法上。这种方法无论是从经济上, 还是从方法本身的局限性上考虑, 都有很多缺点。例如, 制造费、检测费昂贵, 规范性不强, 必须有一更高精度的实物量规检测过程中的磨损等。此外, 从量规的传递系统和公差要求来分析, 螺纹量规的公差要素也存在着不少问题。鉴于此, API(American Petroleum Institute)专门设有螺纹量规和螺纹检测委员会, 并经常对 API 规范进行修改, 试图改变目前量规传递方面存在的严重问题, 遗憾的是一直没能找到一种好方法。

近年来, 由于计算机技术、测试技术等飞速发展, 使得用计算机模拟量规来代替实物量规, 对圆锥螺纹量规进行测量成为可能, 从而提出虚拟量规的概念。

1 虚拟圆锥螺纹量规的概念

虚拟量规是基于测试技术、计算机计算技术和可视化技术, 利用现有的测试手段和设备而提出的一个新的概念, 它通过建立相应的几何模型和数学模型, 在计算机内模拟量规的三维实

收稿日期: 1999-10-08

袁文桥, 北京清华东路 17 号 中国农业大学(东校区)47 信箱, 100083

体(包括理想的标准规和实际的工作规),并计算配对的塞规与环规的紧密距,用数字和三维图像模拟二者的旋合过程,分析旋合质量,从而代替实物量规作为判断工作规是否合格的标准。它具有方便的数据管理功能、三维的量规外形、真实的旋合模拟动画、多种规格和可变参数等基本特点和功能。

2 虚拟量规设计中几何模型的实现方法和可视化技术的应用

在Windows 95/98和Windows NT平台上,笔者利用Visual C++、OpenGL为开发工具,已经实现了虚拟量规的刚体模型。

2.1 几何模型的建立

标准圆锥螺纹量规的牙型线符合阿基米德螺旋线。根据给定特征点的数据,将点与点连接成直线,直线绕中心轴线按阿基米德螺旋线旋转就形成了闭合的螺纹。这是本文中几何模型的基本出发点。图1是螺纹的剖面示意图^[1]。

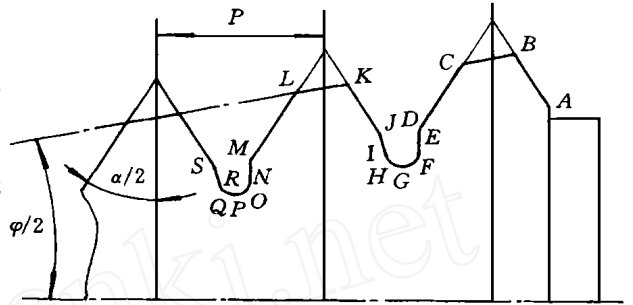


图1 螺纹的剖面示意图

1) 各点的起始位置与轴线的垂直距离。

以A、B、C、D、E、F、G、H、I、J点为例,计算如下。

A点到轴线的距离

$$l_a = d/2 + (f_c + h_g) \sin(\alpha/2) \sin(\varphi/2) / \sin[(\pi + \varphi) \alpha / 2];$$

B点到轴线的距离

$$l_b = l_a + h_g - h_g \sin(\alpha/2) \sin(\varphi/2) / \sin[(\pi + \varphi) \alpha / 2];$$

C点到轴线的距离

$$l_c = l_b - f_c \sin(\alpha/2) \sin(\varphi/2) R;$$

D点到轴线的距离

$$l_d = l_a - (f_c + h_g) \sin(\alpha/2) \sin(\varphi/2) R;$$

E点到轴线的距离

$$l_e = h_d - f_r;$$

F点到轴线的距离

$$l_f = h_e - f_r/4;$$

G点到轴线的距离

$$l_g = l_e - f_r/2;$$

H点到轴线的距离

$$l_h = l_i - f_r/4;$$

I点到轴线的距离

$$l_i = l_j - f_r;$$

J点到轴线的距离

$$l_j = l_b - f_r \sin(\alpha/2) \sin(\varphi/2) R。$$

其中: $R = 1/\sin[(\pi + \varphi) \alpha / 2] + 1/\sin[(\pi - \varphi) \alpha / 2]$, f_r 为螺纹截底高, f_c 为螺纹截顶高, d 为量规螺纹基面小径, h_g 为实际螺纹高; 距离单位均为 mm。

2) 各点坐标的计算。

A 点处于阿基米德螺旋线 $r = a\theta$ 上, 其起始值: $a = (l_r - l_c) / (2\pi)$, $\theta_0 = 2\pi / (1 - l_r / l_c)$ 。

要将 A 点的起始位置坐标转换到 y 轴上, 需计算出 A 点与 y 轴间的夹角 θ :

$$\theta = \theta_0 - 2n\pi - \pi/2$$

其中 $n = \text{floor}(\theta_0 / (2\pi))$ 。最后计算 A 点三维坐标, 以下是计算的一段源程序:

```
SaiGuDot0[i][0] = ZhuanHuan(a * sita0 * cos(sita0 - sitay));    x 坐标
SaiGuDot0[i][1] = ZhuanHuan(a * sita0 * sin(sita0 - sitay));    y 坐标
SaiGuDot0[i][2] = ZhuanHuan(p * sita0 / (2 * P D));            z 坐标
```

其中 ZhuanHuan(x) 函数用于将实际坐标值(单位 mm)转换成屏幕坐标值。

其余各点坐标的计算和 A 点类似。

2.2 量规三维图形的实现

完成三维图形的设计与显示必须涉及计算机图形学。直接利用计算机图形学原理来设计并显示一幅图形需经过烦琐的矩阵运算, 工作量非常大。为此, 笔者采用了 OpenGL 作为工具, 实现了量规的三维图形和动画。用 OpenGL 设计并显示动画过程中的一幅图形, 需经过以下步骤^[2]。

1) 视点变换和模型变换。为了实现从不同的方向、角度和距离来观察物体, 首先对物体进行视点变换和模型变换, 即对物体进行平移、旋转、放大和缩小等变换。

2) 投影变换。利用投影变换将三维图形变换为二维图形。投影变换的实质是定义一个视景物, 使视景物外多余的部分被裁减掉, 最终图像只是视景物内的有关部分。

3) 视口变换。利用视口变换将经过前面几种变换后的图形物体显示于屏幕指定的区域内, 这个区域通常为矩形, 称为视口。

4) 模型绘制。模型绘制实际上是利用 OpenGL 提供的点、线、面、体等几何元素, 根据计算出的点的坐标, 组合出三维图形。下面是绘制螺纹牙的一个面所采用的一段源程序:

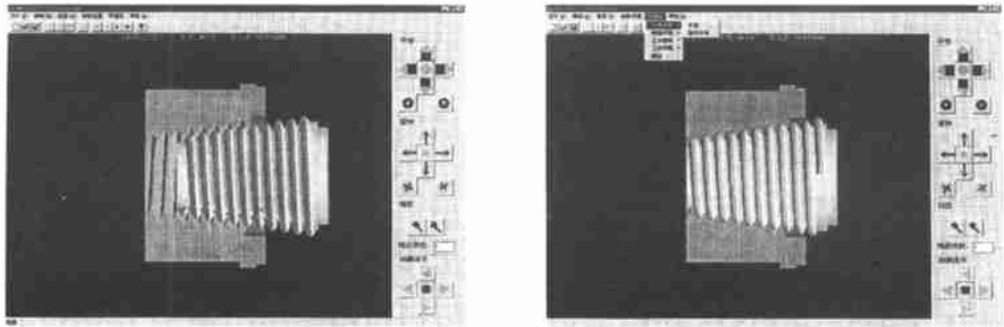
```
glBegin(GL_QUADS);
    getNormal(-Anti, SaiGuDot0[i][0], SaiGuDot1[i][0], SaiGuDot1[i+1][0],
    SaiGuDot0[i][1], SaiGuDot1[i][1], SaiGuDot1[i+1][1], SaiGuDot0[i][2],
    SaiGuDot1[i][2], SaiGuDot1[i+1][2], ddnv); getNormal3dv(ddnv);
    glVertex3d(SaiGuDot0[i][0], SaiGuDot0[i][1], SaiGuDot0[i][2]);
    glVertex3d(SaiGuDot1[i][0], SaiGuDot1[i][1], SaiGuDot1[i][2]);
    glVertex3d(SaiGuDot1[i+1][0], SaiGuDot1[i+1][1], SaiGuDot1[i+1][2]);
    glVertex3d(SaiGuDot0[i+1][0], SaiGuDot0[i+1][1], SaiGuDot0[i+1][2]);
glEnd();
```

其中, getNormal() 函数是自编的用于计算法向量的函数, 其他面的形成与此类似。将所有的面连接起来就形成了闭合的量规实体。

5) 图形真实感处理。对所绘制的模型进行消隐、色彩处理、光照与材质处理、反走样等处理, 如果需要还可以进行纹理映射、雾化、融合等处理。

6) 交换缓存。交换缓存是实现动画时,为了加快显示速度,将后台缓存内绘制完成的一幅图形交换到前台显示,将前台缓存移到后台绘制下一幅图形。

程序运行的一个实例如图2所示。



(a) 旋合开始状态

(b) 旋合最终状态

图2 旋合的状态图

3 结束语

虚拟量规的使用,对螺纹量规的检测将产生积极和深远的影响。

1) 从经济上考虑,用虚拟量规代替实物量规,将节约实物量规的巨大的制造费用、保管费用和检测费用。我国现有地区规 100 付左右,价值约 50 万美元;要定期到美国进行检验,检验费非常昂贵。如果能取消实物量规,将为我国节约大量的外汇。

2) 从检测的科学性考虑,用虚拟量规对量规进行检测,能避免实物量规检测中出现的很多问题,如不再受时间、地理、气候、人为因素的影响;不存在实物量规本身制造的精度误差问题;没有使用过程的磨损问题。

3) 从使用的角度考虑,在程序中,使用者面临的不再仅仅是数据,而是可以实时看到的量规的外形。目前,全世界总共有原始规 50 多副,存于美国国家技术监督局,外人能看到的只是一堆数据,很难看到实际的量规,而虚拟量规则不存在这个问题,操作人员只需将从 3 坐标测量机上测得的数据按要求输入程序中,程序将自动计算、分析,最后输出三维图形和动画,并对检测的结果给出数字评价。

4) 目前,对虚拟量规弹性模型的研究还不很完善,本文作者的研究也仅限对刚性模型的研究,希望能为进一步研究弹性模型打下基础。

参 考 文 献

- 1 American Petroleum Institute. Specification for Rotary Drill Stem Elements. Washington: API Publishing Services, 1997
- 2 廖朵朵,张华军. OpenGL 三维图形程序设计. 北京:星球地图出版社,1996 33~ 169