

行星齿轮双曲面孔的加工

齿轮传动是机械传动中普遍应用的传动机构，齿轮的制造精度和安装精度直接影响其啮合与使用寿命。在锥齿轮传动中，保证锥顶重合，则锥齿轮的啮合接触区位于齿长齿高中部略偏小端。一对啮合良好的锥齿轮正常情况下的接触区如图1所示。

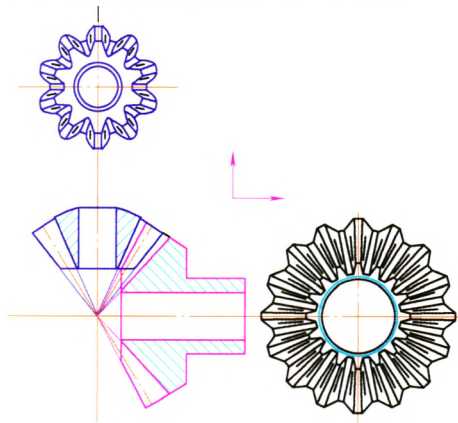


图1 正常接触区示意图

然而由于加工误差和安装误差等各项因素的作用，往往在齿轮啮合中会有异常的接触区。例如，在差速器中有一对半轴齿轮和行星齿轮进行啮合，由于行星齿轮轴与壳体的孔均存在不可避免的制造误差和

装配误差，行星齿轮轴又影响到行星齿轮的安装精度，当轴出现偏摆时，行星齿轮与半轴齿轮的接触区会出现图2~图4所示的三种异常接触。这些异常的接触会对齿轮的啮合精度和寿命产生严重影响。

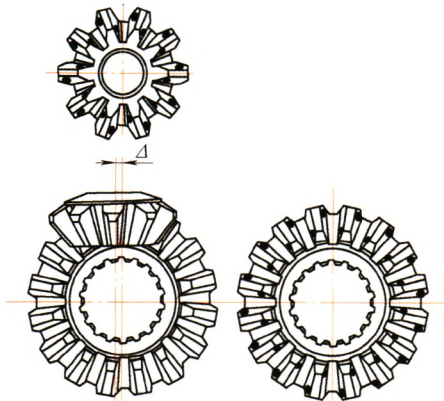


图2 锥顶平移 Δ （即偏接触）

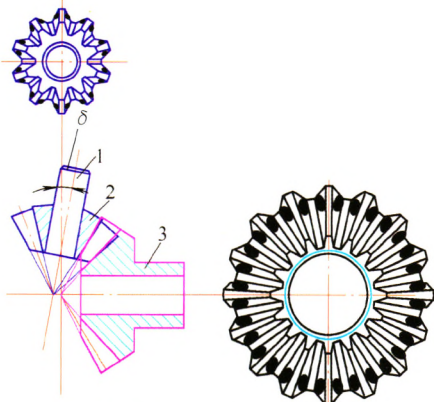


图3 锥顶有 δ 摆角（即齿轮大端接触）

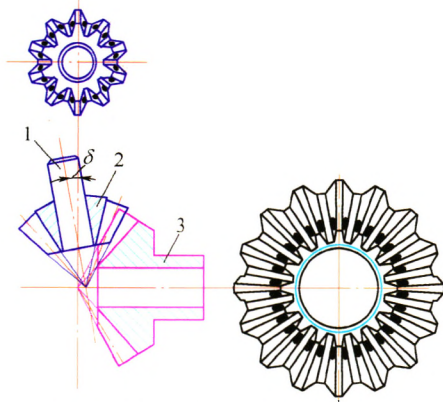


图4 锥顶有反方向 δ 摆角（即齿轮小端接触）

1.行星齿轮轴 2.行星齿轮 3.半轴齿轮

双曲面孔概念

为解决上述技术问题，我公司在普通行星齿轮孔

的设计上引入了“双曲面孔”概念。国外图样中行星齿轮内孔有做成鼓形的，相当于圆柱形内孔的母线是一条半径为 R 的圆弧，这样行星齿轮在其轴上与半轴齿轮啮合时能自动调整啮合间隙和接触区。但是，由于鼓形行星齿轮孔与行星齿轮轴的接触只是中间部分，这会加快行星齿轮孔和齿轮轴的磨损，而双曲面孔则能解决这个问题。

双曲面是由一条直线绕一条与它异面的直线旋转而形成的（见图5）。把其中一条直线比作轴的外圆母线的話，就相当于轴在孔中转动，它们的接触区是一条直线。理论上，与普通孔与轴的间隙配合一样，还是线与线接触，这样不仅保证了齿轮啮合时的自动调整，而且没有减小轴与孔的接触长度。

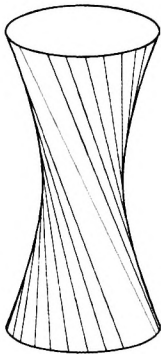


图 5

双曲线孔加工方法

在普通数控车床上加工孔时，刀尖固定于 X 轴，单独沿 Z 轴进给时，加工出普通的直孔；如果 Z 轴和 X 轴插补进给，就会加工出锥度孔或圆弧。但是用这种普通 X 、 Z 轴插补却不能加工非圆曲线。根据双曲面的形成原理，加工双曲面孔时，需要 Y 轴与 Z 轴走插补才能加工双曲线，也就是需要在普通数控车床增加一个 Y 轴，所以这种加工方法对于普通数控车床来说是无法实现的。

加工双曲面的另一种方法，就是双曲线绕虚轴的回转来形成单叶双曲面。在普通数控车床上，只要 X 轴与 Z 轴按照双曲线的方程走插补，就能形成双曲面。

单叶双曲面方程：

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1$$

双曲面内孔的示意图与数学模型如图6所示。已知工件长度 L 、加工孔的直径 ϕ_1 和 ϕ_2 ，将数值代入双曲线方程中，可以确定 A 、 B 两个系数，从而得到一个焦点在 Y 轴的方程：

$$\frac{y^2}{A^2} - \frac{x^2}{B^2} = 1$$

由上式得出 y 的表达式。式中 y 相当于车床的 X 轴， x 相当于车床的 Z 轴。

在实际应用中，双曲面内孔的轴截面曲线直径最小处位于孔长中间，两端直径差可控制在 $0.05 \sim 0.1\text{mm}$ 。

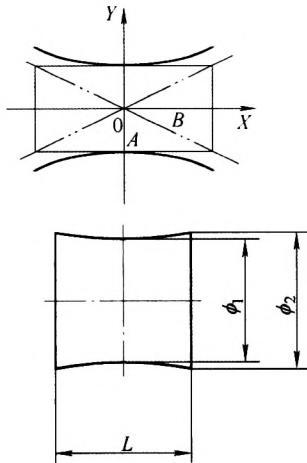


图 6

结语

本文阐述了双曲面孔的提出背景、数学模型和加工方法。双曲面孔的应用，可以自动调整差速器内锥齿轮啮合。双曲面孔的概念不仅应用于锥齿轮啮合，也可以用于圆柱齿轮等，对整个齿轮行业有着重要的意义。

关键词：

行星齿轮 双曲面孔 数控车床

(收稿日期20130127)



随手发CIMT讯息赢精美奖品

两年一届的制造业饕餮盛宴CIMT将于4.22~4.27在北京新国际展览中心举办，只要您身处CIMT，无论展商还是观众，无论是需求还是新闻，只要您随手发条关于展会的微博并@现代零部件，成为我们的粉丝，就可到现代零部件展台N-016领取精美礼品一份，数量有限，先到先得！



新浪微博二维码，关注我们
欢迎关注新浪微博 @现代零部件
<http://e.weibo.com/mc1950>