

内齿轮副中干涉现象的分析及校核^{*}

朱效波

(盐城职业大学, 盐城, 224003)

摘 要 分析啮合传动和范成切削加工中可能出现的各种干涉现象对内齿轮副工作的影响, 讨论各种干涉出现的情况, 不发生干涉的条件, 以及避免干涉的措施等。

关键词 渐开线干涉 齿廓重叠干涉 径向干涉

分类号 TG61 TH111

要使内齿轮副能正常良好地工作, 除了根据传动比要求和其他要求确定齿数外, 还必须对啮合传动和范成切削加工中可能出现的各种干涉现象给予应有的重视。

1 渐开线干涉

当内齿轮齿顶圆与啮合线交点 B_2 越过小齿轮的理论啮合极限点 N_1 时, 便产生渐开线干涉, 消除的方法是限制内齿轮齿顶圆与啮合线的交点 B_2 不越过极限啮合点 N_1 (图 1)。

(1) 不发生渐开线干涉的条件 不发生此干涉的条件为

$$O_2B_2 \geq O_2N_1 \quad r_{a2} \geq \sqrt{(a_w \sin \alpha_w)^2 + r_{b1}^2}$$

用插齿刀加工内齿轮时, 插齿刀便代替了小齿轮在切齿啮合时若出现渐开线干涉, 内齿轮便产生范成顶切现象。插齿时不发生顶切的条件与啮合传动时完全相似。

(2) 防止产生渐开线干涉的对策 一般采用加大齿轮的变位系数, 或者直接增大内齿轮的齿顶圆直径。

2 过渡曲线干涉

内齿轮副在啮合运动过程中, 发生一轮轮齿的齿顶与另一轮轮齿的齿根过渡曲线接触, 形成渐开线与非渐开线的啮合, 这种现象称为过渡曲线干涉。对内齿轮, 只有当轮齿工作齿廓的边界点 B 不高于 (对外齿轮应不低于) 过渡曲线的起始点 C 时, 才能避免这种干涉。因此不干涉条件可以由 C 点与 B 点处的曲率半径或压力角的大小来确定。

(1) 不发生过渡曲线干涉的条件 根据图 2 所示, 齿廓根部不发生过渡曲线干涉的条件为

$$\rho_{C_2} \geq \rho_{12} \quad \text{或} \quad \operatorname{tg} \alpha_{C_2} \geq \operatorname{tg} \alpha_{B_{12}}$$

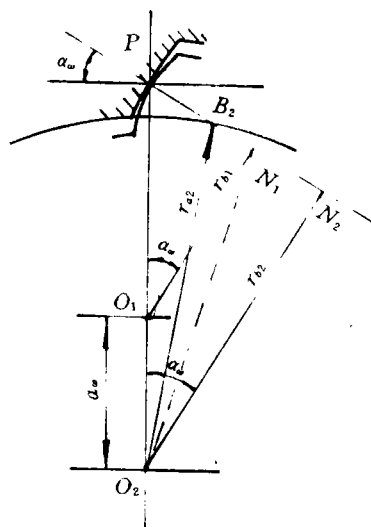


图 1 不产生渐开线干涉的条件

(2) 内啮合传动不发生过渡曲线干涉的校核计算公式

内齿轮 2 的齿根与外齿轮 1 的齿顶不发生过渡曲线干涉的校核计算公式

$$\sqrt{r_{a02}^2 - r_{b02}^2} + a_{w02} \sin \alpha_{w02} \geq \sqrt{r_{a1}^2 + r_{b1}^2} + a_w \sin \alpha_w$$

$$\text{或} \quad (Z_2 - Z_{02}) \operatorname{tg} \alpha_{w02} + Z_{02} \operatorname{tg} \alpha_{a02} \geq (Z_2 - Z_1) \operatorname{tg} \alpha_w + Z_1 \operatorname{tg} \alpha_{a1}$$

外齿轮 1 的齿根与内齿轮 2 的齿顶不发生过渡曲线干涉的校核计算公式:

外齿轮 1 用插齿刀加工时

$$\sqrt{r_{a2}^2 - r_{b2}^2} - a_w \sin \alpha_w \geq a_{w01} \sin \alpha_{w01} - \sqrt{r_{a01}^2 - r_{b01}^2}$$

$$\text{或} \quad Z_2 \operatorname{tg} \alpha_{a2} - (Z_2 - Z_1) \operatorname{tg} \alpha_w \geq (Z_1 + Z_{01}) \operatorname{tg} \alpha_{w01} - Z_{01} \operatorname{tg} \alpha_{a01}$$

外齿轮 1 用滚齿刀加工时

$$\sqrt{r_{a2}^2 - r_{b2}^2} - a_w \sin \alpha_w \geq \frac{m Z_1 \sin \alpha}{2} - \frac{(h_a^* - x_1) m}{\sin \alpha}$$

$$\text{或} \quad Z_2 \operatorname{tg} \alpha_{a2} - (Z_2 - Z_1) \operatorname{tg} \alpha_w \geq Z_{01} \operatorname{tg} \alpha - \frac{4(h_a^* - x_1)}{\sin 2\alpha}$$

以上各式中 α_{w01} 、 α_{w02} 分别为加工外齿轮 1、内齿轮 2 的啮合角, Z_{02} 为加工内齿轮 2 的插齿刀齿数, α_{a02} 为插齿刀齿顶压力角。

应当注意, 内啮合传动通常容易发生外齿轮根部与内齿轮齿顶的过渡曲线干涉。特别在内齿轮齿数 Z_2 愈少, r_{a2} 愈小时, 则这种干涉的可能性愈大。

(3) 避免过渡曲线干涉的对策

通常最有效的方法是增大内齿轮的齿顶圆尺寸。此外, 增大内齿轮的变位系数, 减小内齿轮的齿顶高, 都可以减小此种干涉。

3 齿廓重叠干涉

在内啮合传动中, 内、外齿轮的两个相互啮合的齿廓在脱离啮合时, 两齿发生相互干涉现象, 称为齿廓重叠干涉。

(1) 不发生齿廓重叠干涉的几何条件如图 3 所示: $\angle a_2 o_2 a_1 = \theta \geq 0$

不发生齿廓重叠干涉的校核计算式为

$$G_i = Z_1 (\operatorname{inv} \alpha_{a1} + \delta_1) + (Z_2 - Z_1) \operatorname{inv} \alpha_w - Z_2 (\operatorname{inv} \alpha_{a2} + \delta_2) \geq 0$$

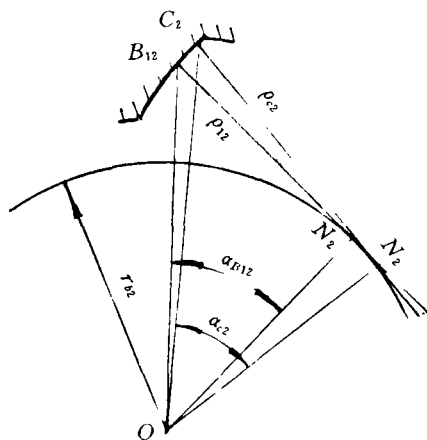


图 2 不产生过渡曲线干涉的条件

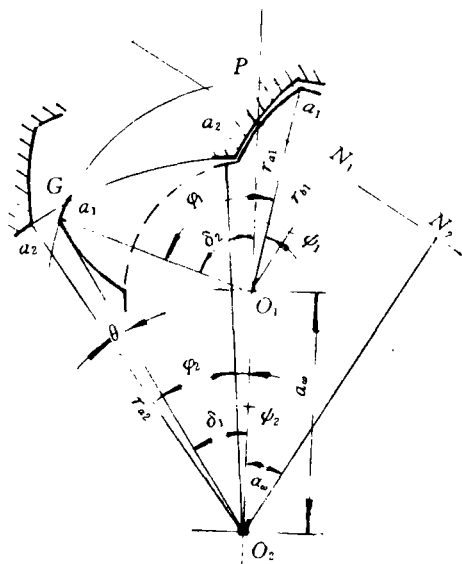


图 3 不产生齿廓重叠干涉的条件

式中: $\delta_1 = \arccos \frac{r_w}{L_{a1}} = \frac{r_{a1}^2 - a_w^2}{2L_{a1}r_{a1}}$; $\delta_2 = \arccos \frac{r_{a2}^2 - r_{a1}^2 + a_w^2}{2a_w r_{a2}}$

用插齿刀加工内齿轮时,若出现这种干涉,内齿轮将产生顶切现象。将上式中有关参数更换成插齿刀的有关参数,即可得到插切内齿轮时不发生顶切的校核计算式。

(2)防止齿廓重叠干涉的对策

可采取适当增大啮合角、减小齿顶高;增大齿数差或增大内齿轮的变位系数等措施。

4 径向干涉

在装配内齿轮副时,外齿轮只能沿轴向安装到啮合位置,而不能沿径向退出来,出现了径向干涉现象。如果是插齿刀对内齿轮作径向切入和范成切削运动时,内齿轮将会出现顶切现象。为避免这种现象必须满足: $L_{a2} >$

L_{a02} 的条件,如图 4 所示。

(1)不发生径向干涉的校核计算式

$$\arcsin \sqrt{\frac{1 - (\cos \alpha_{a1} / \cos \alpha_{a2})^2}{1 - (Z_1 / Z_2)^2}} + \text{inv} \alpha_{a1} - \text{inv} \alpha_w - \frac{Z_2}{Z_1} [\arcsin \sqrt{\frac{(\cos \alpha_{a2} / \cos \alpha_{a1})^2 - 1}{(Z_2 / Z_1)^2 - 1}} + \text{inv} \alpha_{a2} - \text{inv} \alpha_w] \geq 0$$

将上式中外齿轮的有关参数更换为插齿刀的参数,则得到不发生径向切入顶切的校核计算式。

(2)产生径向干涉的对策 通常采用增大内齿轮齿顶圆和变位系数;增大内齿轮与小齿轮齿数;增大齿形角,减小齿顶高等。

综上所述,各种干涉的校核计算比较复杂,但并非各种干涉现象都一定同时出现,应根据传动和加工时的具体条件进行分析,抓住主要问题予以解决。对一般行星齿轮传动,应着重校核是否发生过渡曲线干涉;对少齿差行星传动,则应考虑是否有齿面重叠干涉。用插齿刀加工齿轮时,如果用新刀,注意验算所加工的齿轮副是否会发生过渡曲线干涉;如果采用旧刀,则注意验算所加工的齿轮是否会发生根切或顶切。当插齿刀齿数很少时,加工内齿轮易发生顶切。若内齿轮与插齿刀的齿数差很少时,需校核是否会发生径向切入顶切等。

参考文献

- 1 李华敏等. 渐开线齿轮的几何原理与计算. 1985
- 2 仙波正庄(日)著. 张范孚译. 齿轮变位. 1984
- 3 杨延栋等编著. 渐开线齿轮行星传动. 1986
- 4 上海交通大学. 机械设计与研究. 1985

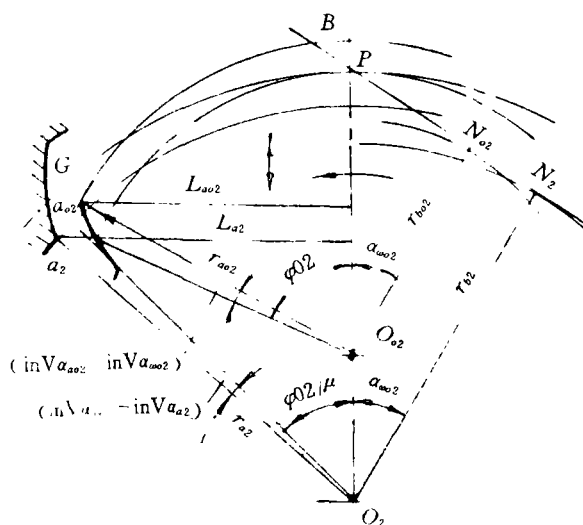


图 4 不产生径向干涉的条件