

齿轮噪声及其控制*

吴春祥

(江苏江淮动力股份有限公司, 江苏 盐城 224001)

摘 要: 分析了影响齿轮噪声的一些因素, 说明要控制齿轮噪声, 在设计与制造阶段应合理地确定齿轮的结构参数及其制造精度, 并根据实际情况进行综合利用。

关键词: 齿轮噪声; 分析; 对比; 控制

中图分类号: TH707

文献标识码: A

文章编号: 1671-532X(2002)01-0068-04

机械噪声是机械零部件在运转过程中相互间发生碰撞、摩擦、冲击, 产生振动而发出的噪声。一对齿轮啮合时, 由于不可避免地存在着不同程度的齿距、齿形、齿向等误差, 再加上外加载荷的变动, 在运转过程中会产生啮合冲击而发出与齿轮啮合频率相对应的噪声, 齿面之间由于相对滑动也将发生摩擦声。齿轮是发动机传动中的基础零件, 降低齿轮噪声对控制发动机噪声十分必要, 本文就一些有关齿轮噪声产生原因及在设计、制造过程中所应采取的措施作一探讨。

1 齿轮噪声产生的机理

1.1 啮合齿轮节点的脉动冲击

一对渐开线齿轮在传动过程中, 各对轮齿的接触点所走的轨迹始终在啮合线上连续地依次运转, 如图 1 所示。 O_1 为主动齿轮以图示方向驱动 O_2 的被动齿轮, 这对齿轮的两齿在 A 点开始接触至 C 点脱开, B 点为两齿轮节圆的切点, N-N 为其啮合线^[1]。齿轮 1 以角速度 ω_1 绕轴线 O_1 顺时针回转, 齿轮 2 受齿轮 1 的驱动以角速度 ω_2 绕轴线 O_2 逆时针转动, 齿轮对在传动过程中整个啮合线上齿廓间相对滑动速度的大小将随啮合点位置不同而改变, 其中以啮合开始点 A 和终止点 C 的相对滑动速度为最大, 在节圆切点(即 B 点)上相对滑动速度为零, 同时相对滑动速度的方向也在 B 点开始改变, 由于啮合齿面上存在着相对滑动, 则必将产生滑动摩擦力, 当相对滑动速度

在 B 点改变方向时, 摩擦力方向也开始改变, 由于摩擦力的大小与方向改变, 导致节点上发生了力的脉动冲击, 称为节点脉动, 其大小与持续时间与齿轮啮合时的传递力, 轮齿间的摩擦系数和相对滑动速度的回转速度成正比。由此可知, 当齿轮的传递功率越大, 转速越高, 齿轮表面粗糙度越差, 则节点脉动冲击也就越大, 由于这种脉动冲击, 使齿轮产生振动并伴有摩擦声, 所以对于一对“理想”齿轮来说, 假设传动轴上无脉动扭矩, 但它在啮合过程中产生的脉动冲击是难以避免的, 这将使传动齿轮产生振动与噪声。

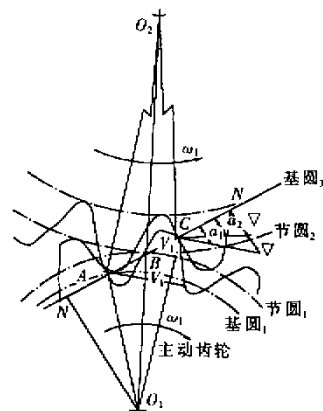


图 1 “理想”渐开线齿轮啮合

Fig. 1 Ideal involute gear meshing

1.2 齿轮的啮合冲击

一对齿轮在啮合过程中, 由于轮齿受力后必

* 收稿日期 2001-09-30

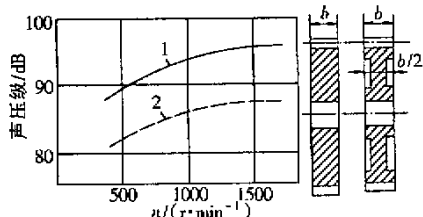
作者简介: 吴春祥(1945-)男, 江苏东台市人, 江动集团公司工程师。

将产生一定程度的弹性变形,因此,每当一只轮齿啮合上时,原来啮合的轮齿的载荷就会相对减少,它们就会立即向着载荷位置恢复变形,从而给齿轮体一个切向加速度,再加上原有啮合轮齿在受载下的弯曲变形,使新啮合上的齿不能得到理论齿廓的平滑接触而发生碰撞,形成所谓“啮合冲击力”,齿轮在这种激振力作用下,也将激发起齿轮的周向振动、径向振动、轴向振动,从而产生出噪声并通过空气及固体媒介传播出去。因此齿轮啮合过程中所产生的脉动冲击力和啮合冲击力使一对传动齿轮产生振动,从而辐射出噪声。

2 齿轮设计和制造上的降噪措施

2.1 改变齿轮的结构,有利于噪声的降低

在同样齿宽的条件下,改变轮体的形状可降低齿轮噪声,如图2所示。在其它条件相同时,将辐板形轮体改为整体形,使噪声得到下降^[2]。



1. 辐板形 2. 整体形

图2 改变轮体形状与噪声的关系

Fig.2 Change the relationship between the wheel body and noise

由于齿轮齿宽与轮齿的弯曲变形成正比,即齿宽增加了,齿的弯曲变形减少。那么,噪声也将

随齿宽的增加而减少,但是齿宽的增加,在制造过程中,容易引起齿向误差和接触不良等情况,不利于噪声控制。

试验表明,针对性采取以上措施,以利于噪声的降低。

2.2 齿轮制造时,控制周节误差

一对啮合齿轮运转时由于存在着周节误差,使轮齿产生啮合冲击及角速度的急剧变动,引起整个齿轮轴系的振动发生噪声。这在齿轮高速运转时影响更大,但是从齿轮啮合过程来看,从动齿轮的轮齿在开始啮合时弯曲最大,再加上周节误差的存在,这就使各轮齿发生时大时小的振动^[3];而主动齿轮的轮齿则在啮合终点处弯曲最大,故周节误差对主动齿轮的轮齿的振动影响较小,齿轮周节误差对噪声的影响如图3所示。

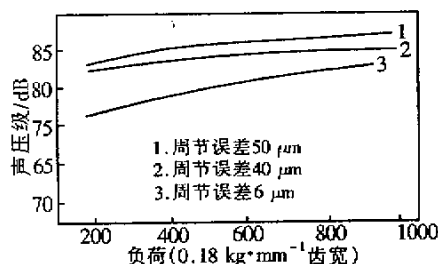


图3 齿轮周节误差对噪声的影响

Fig.3 The effect of pitch error on noise

因此,在齿轮制造加工时,齿轮滚刀也必须符合下列技术要求:

- ①容屑槽的相邻周节误差 $25 \mu\text{m}$
- ②容屑槽周节的最大累积误差 $50 \mu\text{m}$

容屑槽周节误差用于表示滚刀前刀面在圆周上分布的不均匀性,如图4所示。

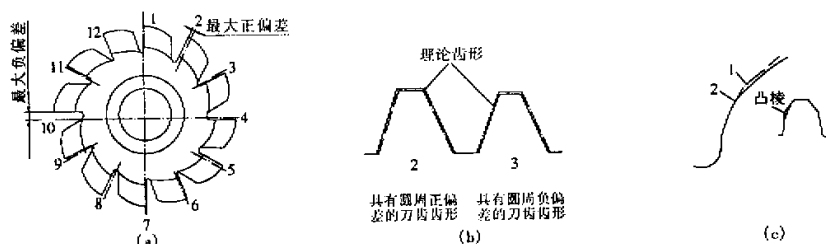


图4 滚刀容屑槽周节的最大累积误差

Fig.4 The maximum accumulative error of cutting pitch of hobbing cutter

齿轮滚刀加工齿轮过程,犹如一对相错轴渐开线圆柱齿轮的啮合过程,为了能切正确的渐开线齿轮,滚刀刀齿的左右两侧刀口应完全符合理

论切削刃之形状,无论是新制滚刀或是重磨后的旧滚刀,其刀齿刀口均符合这一原则^[4]。

同样,齿轮制造加工时,盘形剃齿刀,必须符

合下列技术要求:

齿距误差: $\pm 4 \mu\text{m}$

齿距累积误差 $20 \mu\text{m}$

确保齿轮的制造精度,对滚齿机、剃齿机的加工精度提出了严格的要求,采用“滚剃”工艺成批生产齿轮时,由于在剃齿加工中会将一部几何偏心误差转化为运动偏心误差,故要求滚齿加工具有较高精度,以免在剃工序后公法线误差超差。

滚齿加工过程可以发现,引起工件周节累积误差的原因除工件安装因素以外,其主要原因一是滚齿机分度传动链的传动误差,二是滚齿机工作台轴线深移,工件周节累积误差 $2/3$ 是由于滚齿机的分度蜗杆蜗轮造成的,因此要特别注重蜗轮的制造及安装误差,确保周节误差达到规定要求。

2.3 齿轮制造时,控制齿形误差

不同的齿形误差在不同转速下,对噪声的影响如图 5 所示。由于齿形误差的存在,会导致瞬时的速度变化,从而破坏了传动的平稳性,产生振动和噪声。齿形误差在一个齿面上往往是多次起伏,因之齿轮在啮合所产生的冲击次数较多,高速运转时其发出的声音往往还伴有尖叫声,在单项误差中它对噪声影响最大。

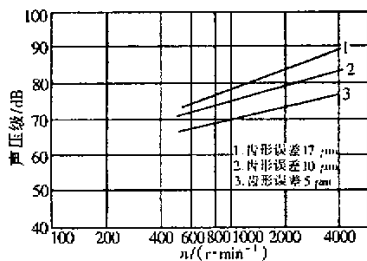


图 5 齿形误差对噪声的影响

Fig.5 The effect of serrated form error on noise

2.3.1 滚齿产生齿形误差

①齿形不对称 原因 滚刀安装对中不好,刀架回转误差大,滚刀前刀面有导程误差。消除方法:保证滚刀安装精度,提高滚刀刃磨精度,控制前刀面导程误差,微调滚刀回转角。

②齿形周期性误差 原因 滚刀安装后,径向或端面圆跳动大,机床工作台回转不均匀,分齿交换齿轮安装偏心或齿面有磕碰,刀架滑板松动,齿坯装夹不合理,产生振动。消除方法:控制滚刀的安装精度,检查、调整分度蜗杆副传动精度,重新调整分齿交换齿轮、滑板和齿坯。

万方数据

2.3.2 剃齿产生齿形误差

原因 ①剃齿刀齿形误差 ②工件和剃齿安装偏心 ③轴交角调整不准确 ④剃齿刀磨损。消除方法 ①提高剃齿刀刃磨精度 ②仔细安装工件和剃齿刀 ③正确调正轴交角 ④及时刃磨剃齿刀。

例举公司一对齿轮及部分参数

调速齿轮

模数 $m = 3$ 压力角 $\alpha = 20^\circ$

齿数 $z = 44$ 齿形公差 $\Delta f_t = 13 \mu\text{m}$

起动齿轮

模数 $m = 3$ 压力角 $\alpha = 20^\circ$

齿数 $z = 36$ 齿形公差 $\Delta f_t = 11 \mu\text{m}$

3 齿轮噪声的控制方法

3.1 齿顶修缘

由上面分析可知,当齿轮啮合时轮齿有弯曲变形和齿轮本身具有齿形误差和周节误差,将导致齿轮啮合时的瞬时冲击,产生振动和噪声。因此为了减少齿轮在啮合时由于齿顶凸出而造成的啮合冲击,使齿轮均匀而圆滑地传动,将齿顶的干涉部分切除,如图 6 所示。

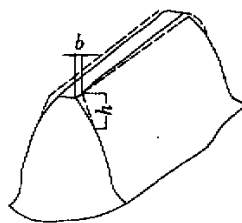


图 6 齿顶修缘

Fig.6 Edge trimming of addendum

切除部位:齿顶直线方向 $b = 0.08 m$

齿高方向 $h = 0.4 m$

m 为齿轮模数。

3.2 轮齿的修整

为了改善由于齿轮齿形误差、齿间误差或安装轴的不平行度等因素的影响,提高轮齿方向的接触精度,使齿面负荷均匀,采用齿形修整的方法,即所谓“鼓形齿”,其修正的方法是使齿厚沿齿向连续变化,根据本集团公司的生产现状,齿轮齿面修形的尺寸公差 $25 \pm 5 \mu\text{m}$,如图 7 所示。使齿面成鼓形,这样在啮合时,轮齿接触处于中部,减小了由于接触精度不好造成的噪声,加工方法采用剃齿刀修形工艺。

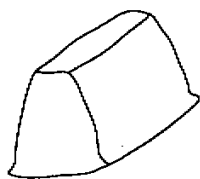


图 7 齿向修整

Fig.7 Trimming in tooth direction

4 结语

齿轮制造技术是控制齿轮噪声的关键。周节误差、齿形误差的数值在齿轮制造过程中,要稳定在一个区域内。齿顶修缘及轮齿的修整是齿轮噪声控制的好方法。

参考文献:

- [1] 黄锡恺.机械原理[M].北京:人民教育出版社,1981.
- [2] 王学飞.噪声与降噪技术[M].北京:机械工业出版社,1986.
- [3] 雷光.齿轮制造手册[M].北京:机械工业出版社,1998.
- [4] 袁哲俊,刘华月.刀具设计手册[M].北京:机械工业出版社,1999.

Talking about gear noise and control

WU Chun-xiang

(Jiangsu Jiang Huai Engine Co.LTD ,Jiangsu Yancheng 224001 ,China)

Abstract :This paper analyses the factors which affect gear noise ,describes that we should determine gear structure parameters and accuracy of manufacture on designing and manufacturing stages and utilize in practice in order to control gear noise .

Keywords :gear noise ; analysis ; comparison ; control

(上接第 57 页)

Determination of Thiourea by Oscillographic Titration

WANG Wei

(Department of Chemical Engineering of Yancheng Institute of Technology ,Jiangsu Yancheng 224003 ,China)

Abstract :The method for indirect determination of thiourea by oscillographic titration. In the pH 10.0 , the thiourea was completely precipitated by excessive silver nitrate , and the excessive silver nitrate was completely precipitated by sodium tetraphenylborate , the sodium tetraphenylborate was detected by oscillographic titration for calculating the content of thiourea. The method was applied to determination of thiourea with precision of RSD 0.5% .

Keywords :oscillographic titration ; thiourea ; sodium tetraphenylborate