

基于 KISSsoft 的齿轮箱减振降噪研究

周凯 袁斌 方理邦

(华东理工大学机械与动力工程学院,上海 200237)

摘要:通过 KISSsoft 软件里的 KISSsys 模块建立齿轮箱模型,设定好轴系及齿轮基本参数,输入功率。修改齿轮相关参数,利用该软件进行动力学分析。通过对比轴系的最大变形量来研究齿轮箱振动及噪音情况。

关键词:KISSsoft; 齿轮箱; 减振; 降噪

1 引言

齿轮箱在机械传动中有着广泛的应用。由于齿轮在制造安装过程中存在着齿距、齿形等误差,一对齿轮啮合时,会由于啮合冲击而产生与齿轮啮合频率相对应的噪声,齿面之间也会由于相对滑动产生摩擦噪声。齿轮作为齿轮箱传动中的基础零件,降低齿轮传动中的振动和噪声对控制齿轮箱振动和噪声有着重要意义。本文主要研究齿轮螺旋角和端面模数对齿轮振动噪音的影响。

2 齿轮振动噪音产生的机理

2.1 齿轮的脉动冲击

一对渐开线齿轮在传动过程中,各对齿轮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:

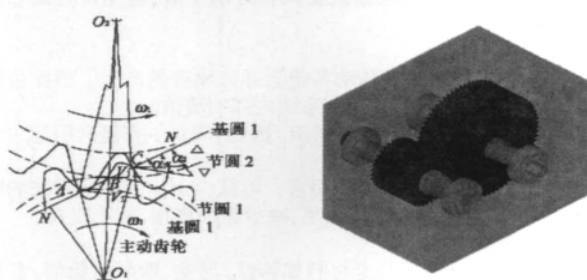


图 1 一对啮合齿轮

图 2 齿轮箱模型

图中,轮 O_1 为主动齿轮,角速度为 ω_1 ,顺时针回转;轮 O_2 为被动齿轮,角速度为 ω_2 ,逆时针回转,两齿轮从 A 点开始啮合。传动过程中,两齿廓的啮合点将沿着啮合线 NN 移动,当啮合进行到主动轮的齿顶圆与啮合线交点 C 时,两轮齿即脱离接触。齿轮副在啮合过程中,相同的基圆展开角所对应的渐开线弧长是不相等的,由此产生齿面相对滑动,并且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。在节圆切点 B 的相对滑动方向开始改变,相对滑动的存在必将产生滑动摩擦力,摩擦力的方向也随相对滑动速度方向的改变而改变。摩擦力的大小与方向的改变,导致节点上发生了力的脉动,齿轮的传递功率越大,转速越高,表面粗糙度越

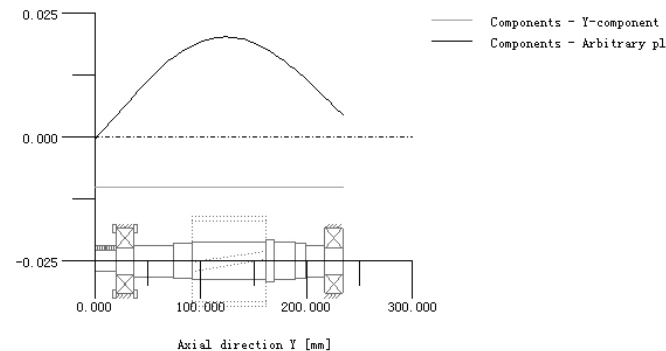


图 3 轴段变形量

差,则节点脉动冲击也就越大,这种脉动冲击使齿轮传动产生振动与噪音。

2.2 齿轮的啮合冲击

齿轮在啮合过程中,会产生一定程度的弹性变形。当一个轮齿啮合上时,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,使新啮合的轮齿不能得到设计齿廓的平滑接触而发生碰撞,形成所谓“啮合冲击力”。

3 KISSsoft 齿轮箱建模研究

在 KISSsys 模块中,输入实物

原始参数。齿轮材料使用 18CrNiMo7-6,轴材料使用 45 钢,轴承为角接触球轴承。端面模数 $m_n=2.5\text{mm}$,螺旋角 $\beta=14.1411^\circ$, $z_1=66$,齿宽 64mm ,右旋 $z_2=33$,齿宽 70mm ,左旋。建立如图 2 所示齿轮箱模型。

对该齿轮箱进行动力学分析,可得到输出轴各段变形量曲线如图 3:

欲进行齿轮箱的减振降噪研究,可通过减小图 3 曲线最大变形量来实现。在工程实际允许的条件下,适当修改齿轮的相关参数,以实现齿轮箱的减振降噪。

3.1 螺旋角对齿轮啮合的振动影响

对于斜齿轮传动来说,螺旋角过小斜齿轮的优点不明显,过大则轴向力增大,一般取 $\beta=8^\circ\sim 25^\circ$ 。这里以螺旋角为自变量,其他参数不变。分别取如下表所示的螺旋角值,利用 KISSsys 动力学分析得到输出轴变形量曲线,再将各曲线导入 AUTOCAD 中,测出轴上最大变形量,统计如表 1:

作出最大变形量-螺旋角曲线:

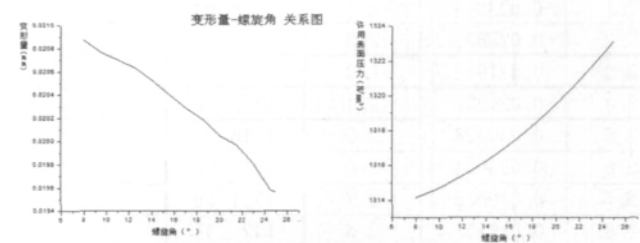


图 4 轴上最大变形量-螺旋角

图 5 齿面许用压力-螺旋角

由以上曲线可知,在工程领域螺旋角允许的 $\beta=8^\circ\sim 25^\circ$ 内,随着螺旋角的增大,输出轴的最大变形量有明显的下降趋势。这说明,随着螺旋角的增大,齿轮传动振动减小,因此,由振动带来的噪音也随之减小。该结论与齿轮传动平稳性随螺旋角增大而增大相吻合。

齿轮表面的磨损和工作温度在一定程度上也影响着齿轮传动的振动及噪音。统计齿轮表面(大齿轮)许用压力以及表面最大的接

为缓慢,这同临海市的经济发展趋势、产业结构调整总趋势是相符合的。

3 结束语

Compertz 模型既包含了解以前经验的成分,又包含了对当地过去若干年数据的理论分析和综合。实际应用表明,该模型对于预测城镇综合用水指标是可靠的,在城镇综合用水指标预测方面具有很好的应用前景。

参考文献

[1]童晓光,黎丙建,老油区石油储量增长趋势预测及应用[J],石油勘

探与开发,1991,19(6):25-31,39.

[2]高丽,依 Compertz 模型生长的林木砍伐问题,中山大学研究生学刊(自然科学版)[J],2001,22(4):28-35.

[3]冯敏山,李祥龙,波尔山及其级进杂交后代生长模型研究,黑龙江畜牧兽医[J],2003,7(4):1-3.

[4]蔡述健,保持捕鱼业持续收获的 Compertz 模型,宁德师专学报(自然科学版)[J],2008(02):74-75.

[5]李曙光,鲁港,李金玉,王刚,高险峰,Compertz 模型参数估计的新方法,特种油气藏[J],2009,16(3):41-43.

触温度,以此来研究螺旋角的变化对齿轮抗点蚀、抗胶合能力的影响。

表2 齿面许用压力、最大接触温度

螺旋角(°)	齿面许用压力(N/mm ²)	齿面最大接触温度(°C)
8.0	1314.14	81.07
9.5	1314.55	80.92
11.0	1315.03	80.75
12.5	1315.59	80.55
14.0	1316.22	80.34
14.1411	1316.28	80.32
15.5	1316.92	80.10
17.0	1317.70	79.85
18.5	1318.55	79.58
20.0	1319.49	79.30
21.5	1320.50	79.00
23.0	1321.60	78.69
24.5	1322.77	78.37
25.0	1323.19	78.26

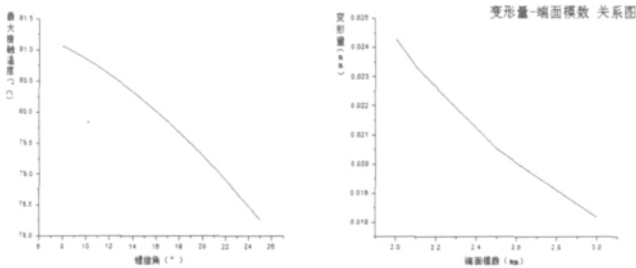


图6 齿面最大接触温度-螺旋角 图7 轴上最大变形量-端面模数

由以上曲线可知,随着螺旋角的增大,齿面许用压力呈上升趋势,齿面最大接触温度呈下降趋势。这说明随着螺旋角的增大,齿轮抗点蚀和抗胶合能力都有所提升。这些变化在一定程度上都有利于齿轮的减振降噪。

3.2 端面模数对齿轮振动的影响

以齿轮的端面模数为自变量,其他参数保持不变。分别取如下表所示的端面模数值,得到输出轴最大变形量统计如下:

表3 轴上最大变形量

端面模数(mm)	最大变形量(mm)
2.0	0.024113
2.1	0.023344
2.2	0.022635
2.3	0.021922
2.4	0.021236
2.5	0.020528
2.6	0.020034
2.7	0.019556
2.8	0.019105
2.9	0.018630
3.0	0.018167

表4 齿面许用压力、最大接触温度

端面模数(mm)	齿面许用压力(N/mm ²)	齿面最大接触温度(°C)
2.0	1300.68	83.19
2.1	1304.04	82.50
2.2	1307.27	81.87
2.3	1310.38	81.31
2.4	1313.38	80.79
2.5	1316.28	80.32
2.6	1319.08	79.88
2.7	1321.79	79.48
2.8	1324.41	79.11
2.9	1326.96	78.76
3.0	1329.43	78.44

作出最大变形量-端面模数曲线:

由以上曲线可知,随着端面模数的增大,输出轴的最大变形量有明显的下降趋势。这说明随着端面模数的增大,齿轮传动振动减小,因此,由振动带来的噪音也随之减小。

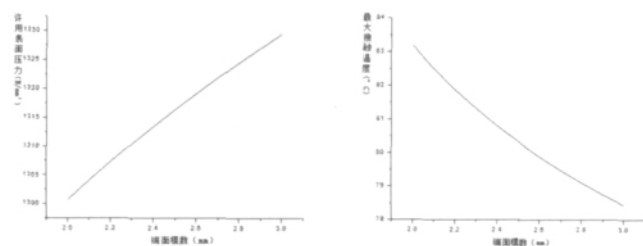


图8 齿面许用压力-端面模数 图9 齿面最大接触温度-端面模数

进一步统计齿轮表面(大齿轮)许用压力以及齿面最大接触温度,以此来研究端面模数的变化对齿轮抗点蚀、抗胶合能力的影响。

由以上曲线可知,随着端面模数的增大,齿面许用压力呈上升趋势,齿面最大接触温度呈下降趋势。这说明随着端面模数的增大,齿轮抗点蚀和抗胶合能力都有所提升。这些变化在一定程度上也都有利于齿轮的减振降噪。

4 其他减振降噪方式

4.1 制造方面

(1) 减少齿面粗糙度值可采用齿面研磨、剃齿、油中热身等手段,提高齿轮精度可采用减小齿形误差、齿向误差、周节误差等手段。以上措施对降低齿轮传动噪声都有很好的效果。

(2) 齿轮顶侧修成直线或均匀凸形曲线,可减小轮齿弯曲变形所造成的瞬间顶撞,采用鼓形齿或两端减薄齿,可减小齿的干涉,减小齿顶宽和采用逐渐啮合的正齿轮等都可有效实现齿轮传动减振降噪。

(3) 装配质量对齿轮传动影响很大,选用同一台机床加工出来的左右旋齿轮组装,将有利于降低齿轮的啮合噪音。

(4) 箱体使用高阻尼材料或在箱体内壁涂一层橡胶亦可起到衰减噪音的作用。

4.2 安装方面

(1) 在安装时,要尽量避免机身与基础支撑及连接件之间发生共振,产生噪声。

(2) 在安装时,齿轮传动系统要调整好动平衡,避免齿轮偏心产生传动不平衡。

4.3 使用维护

(1) 杂质污物进入齿轮传动系统会导致噪音的产生,因此齿轮正常运转的基本条件是保证传动系统内部的清洁。

(2) 工作温升过大将会产生噪音。因此,应对工作温升引起注意和重视。

(3) 注油润滑相比飞溅润滑而言,可减少由搅动油所带来的噪音。粘度较大的润滑剂可增加阻尼,减少齿面磨损,减小噪音。

4.4 阻尼处理

(1) 齿轮选用高阻尼合金材料如铸铁、尼龙、酚醛树脂等,都可以降低噪音。

(2) 阻尼材料涂敷在齿轮上或填入齿轮内部,既可以吸收部分声能,又能阻止声能的传播,可有效减振降噪。

(3) 可利用由铸铁或阻尼合金制成阻尼环,其与齿轮体间的滑动摩擦阻尼对齿轮振动起抑制作用,从而降低噪音。

(4) 齿轮淬火后,衰减率降低,噪声增大。对于强度要求不高的齿轮,为了降低噪音,可不必淬火。

5 结束语

齿轮箱的振动噪声与齿轮的设计、制造、安装和维护等方面有关,欲实现齿轮箱的减振降噪任何一个环节都不可忽略。本文通过借助 KISSsoft 软件模拟,主要从螺旋角和端面模数这两个参数来探讨其对齿轮振动噪音及抗点蚀、抗胶合性能的影响,并根据数据得出随着螺旋角、端面模数增大,齿轮传动振动噪音下降,齿轮抗点蚀抗胶合性能增强的定性结论。

参考文献

[1]陈建玲.改善齿轮噪声的措施[J].机械传动.2004,28(1):61-63.
 [2]夏卿坤,胡冠显.齿轮传动噪声的控制[J].机械设计与制造.2005,3(3):85-86.
 [3]张晓莉,林和荣.低噪声齿轮的设计[J].液压与气动.2009,(9):58-60.
 [4]苗耀华.齿轮传动的噪声分析与降噪方法[J].北京工业职业技术学院学报.2006,5(2):58-61.
 [5]邓小君,杨自明.谈谈齿轮传动中的减振降噪[J].水利电力机械,2000,(3):23-25
 [6]安琦.机械设计[M].北京:科学出版社,2011.
 [7]高志.机械原理[M].上海:华东理工大学出版社,2011.