文章编号:1673-0062(2016)03-0049-04

基于 MATLAB 齿轮滚刀参数化设计的 CAD 系统开发

胡良斌1,2,李必文2*,李丽慧2

(1.南华大学环境保护与安全工程学院,湖南 衡阳 421001;2.南华大学 机械工程学院,湖南 衡阳 421001)

摘 要:针对齿轮滚刀结构复杂、设计计算繁琐,且能满足快速响应被加工齿轮"量 身定做"的要求.本文基于 MATLAB 软件,开发齿轮滚刀参数化设计 CAD 系统,提高 滚刀设计效率,缩短设计周期,提升设计可靠度,从而为滚刀设计制造的快速响应开 辟可行的途径.

关键词:齿轮滚刀;MATLAB;参数化设计 中图分类号:TH132 文献标识码:B

Research and Development of CAD System for the Parametric Design of Gear Hob Based on MATLAB

HU Liang-bin^{1,2}, LI Bi-wen^{2*}, LI Li-hui²

(1.School of Environmental Protection and Safety Engineering, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China;
2.School of Mechanical Engineering, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China)

Abstract: The structure of gear hob is complicated, and the design calculation is tedious. The design of gear hob can meet the requirement of rapid response to the "tailored" gear. In this paper, based on the MATLAB software, the parametric design of gear hob CAD system is developed, which can enhance hob design efficiency, shorten design cycle, improve design reliability, so as to create a feasible way for the rapid response of gear hob design and manufacture.

key words: gear hob; MATLAB; parametric design

收稿日期:2016-03-18

基金项目:湖南省教育厅基金资助项目(15C1181);衡阳市科技局基金资助项目(2012KG62);机械工程湖南省重点 学科基金资助项目

作者简介:胡良斌(1983-),男,湖南衡阳人,南华大学环境保护与安全工程学院博士研究生,实验师.主要研究方向: 机械制造、材料表面改性技术.*通讯作者.

0 引 言

机械装备朝着高精度、高可靠性方向的发展, 作为传动系统核心传动件齿轮的设计也趋向于根 据齿轮的使用工况进行动态设计^[1-2],进而要求 齿轮加工刀具要为齿轮"量身定做"才能满足齿 轮加工要求.齿轮加工重要加工刀具—滚刀,其设 计制造水平直接影响齿轮精度水平,从而影响齿 轮行业的发展^[3-5].传统的采用手工或通用 CAD 低效绘图的齿轮滚刀设计方法效率低、工作量大, 难以满足滚刀结构复杂、专用性强的设计需要^[6]. 基于 MATLAB 开发的齿轮滚刀参数化设计 CAD 系统,能提高滚刀设计效率,缩短设计周期,提高 设计的可靠度,从而为滚刀设计制造的快速响应 开辟新途径.

1 齿轮滚刀设计原理

齿轮滚刀加工齿轮原理是螺旋齿轮的啮合过程,如图1所示.相啮合的两螺旋齿轮的法向模数和法向压力角必须相等才能保证螺旋齿轮正确啮合.滚刀相当于具有切削角度的渐开线斜齿圆柱齿轮,滚刀的头数相当于螺旋齿轮的齿数.滚刀切削刃在该蜗杆的螺旋表面上,此切削刃所在的蜗杆,称为滚刀的基本蜗杆^[7].



图 1 滚齿加工原理图 Fig.1 Principle of gear processing

滚刀是加工直齿和斜齿齿轮最常用的刀具. 根据刀具结构不同分为整体滚刀和镶片滚刀;根 据刀具模数分为小模数、中模数和大模数;根据刀 具加工用途分为粗加工滚刀和精加工滚刀^[8-10].

2 滚刀基本结构参数设计

2.1 滚刀外径设计

滚刀外径是重要结构尺寸,直接影响到其他 结构参数的合理性. 1)滚刀外径越大,则滚刀分圆螺旋升角越 小,滚刀近似造形误差越小,可提高齿形设计精 度.因而高精度齿轮,滚刀的外径应选择大些;精 度低的可以选择小一些.

2) 滚刀外径越大,滚刀孔径可增大,从而滚 刀心轴的刚度增加,可采用较大切削规范,提高切 齿效率.

3)滚刀外径越大,滚刀容屑槽的数目可增加,则齿轮面包络误差减少,滚刀单齿切削负荷减少,进而可提高滚刀耐用度和齿轮齿面光洁度.

但是如果滚刀外径太大,会给锻造、热处理和 机械加工带来困难,同时也增加高速钢的消耗和 滚刀的成本.

2.2 滚刀长度设计

滚刀的长度是由螺旋部分长度和两端轴台长 度组成.设计要求:

1)滚刀螺旋部分除去两端的不全齿以外,应
 至少具有包络出被切齿面两侧完整齿形所需长度,以及切削斜齿轮所必须的增加量.

2)为避免个别负荷大的刀齿因早期磨损面 造成切削齿不能充分利用的不足,滚刀长度应包 括用作轴向位移的增加量,以延长使用寿命.

3)除 m≤2 的 Ⅱ 型滚刀的长度小于滚刀外径 以外,其他滚刀长度均等于其外径.

滚刀轴台的作用是作检验滚刀安装准确程度的基准,它要求与滚刀孔有严格的同轴度.

2.3 滚刀容屑槽

由于齿轮滚刀容屑槽做成与轴心线平行的直 槽能提高制造和刃磨精度,易于检查,因而其是一 种最常用的一种形式.

滚刀容屑槽数直接决定了切削过程平稳性、 齿形精度和齿面粗糙度,以及滚刀每次重磨后的 耐用度和使用寿命.

1)滚刀容屑槽数越多,切削重迭系数越大, 分配到每一个刀齿上的负荷越小,则切削过程越 平稳,滚刀耐用性越高,齿面包络误差越小,齿轮 齿形精度齿面粗糙度越好.

2) 滚刀容屑槽数过多, 刀齿的宽度减少, 会 使滚刀的可重磨次数减少.

现代动态设计中提出根据齿轮的使用工况, 对滚刀基本蜗杆齿形角进行修形,使滚刀齿形顶 部和根部略有加厚,相当于对被加工齿轮齿形进 行稍许的根切和修缘.

1)少许根切有利于提高齿轮传动,能提高接 触疲劳强度;同时通过根切后的小槽能排去啮合 齿轮间的润滑油,降低温升.

2)修缘是对齿轮齿顶附近进行齿廓修形.可 以减轻轮齿的冲击振动和噪声,减小动载荷,改善 齿面的润滑状态,防止胶合破坏.

3 滚刀切削角度设计计算

1) 滚刀前角设计

精加工滚刀和标准滚刀为便于制造和测量, 一般都采用0°前角.从齿形设计观点出发,0°前角 的滚刀不是最理想的.合理选择滚刀正前角的大 小可提高齿形设计精度.

正前角滚刀不但能改善切削条件,而且对提高滚刀的耐用度,同时提高被加工齿轮的齿面光 洁度有很大好处.所以对精加工用的阿基米德滚 刀,一般顶刃前角取 7°~9°,粗加工滚刀还可以适 当加大到 12°~15°.

2) 滚刀后角设计计算

滚刀顶刃后角与侧刃后角应保持一定的关 系,使滚刀重磨后的齿形不发生变化.同时又要保 证最小的侧刃后角,使滚刀不容易磨损.因此,滚 刀的顶刃与侧刃必须采用相同的径向铲背量.计 算公式如下:

$$K = \frac{z_g K}{\pi D_{eg}} \sin \alpha_g$$

式中:K:滚刀径向铲背量; D_{eg} :滚刀外径; z_g :滚刀 容屑槽数; a_e :滚刀顶刃后角.滚刀顶刃后角一般 取 10°~12°.当K值计算圆整后,应验算其侧刃后 角 α_e 的大小. α_e 应不小于 3°.

$$\alpha_{o} = \arctan \frac{z_{g}K}{\pi D_{eg}} \sin \alpha_{fr}$$

式中: α_{fn} :滚刀分圆法向齿形角.

滚刀铲背形有两种.当采用 I 型铲背形式时, 第二铲背量 K₁ 值计算:K₁=(1.3~1.5)K.计算出 来的 K 和 K₁ 都必须符合铲床凸轮的升距.滚刀常 用铲背量可按表 1 选取.

当采用Ⅱ型铲背形式时,可按表2选取第二 铲背量 K₂

	Table 1 Commonly used shovel back of gear hob													
	第一铲背量 K	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5					
_	第二铲背量 K_1	3	4	4.5	5.5	6	7	7.5	8.5					
	第一铲背量 K	6	6.5	7	8	9	10	11	12					
	第二铲背量 K_1	9	10	10.5	12	13.5	15	16.5	18					

表1 滚刀常用铲背量

表 2 滚刀铲背量(II型) Table 2 Shovel back of gear hob(Type II)

									0	•	• •	-						
K	2	2.5	3	3.5	4		4.5	5	5.5		6	6.5	7	8	9	10	12	
<i>K</i> ₂		0.6~	0.7		0.7~0.8						0.8~0.9							

3) 滚刀分圆直径与螺旋升角计算

随着齿轮滚刀的重磨,滚刀加工齿轮时的节圆直径相应减小,因而滚刀加工齿轮时的安装斜角,应随滚刀的重磨后的分圆螺旋升角面变化.因而,应该设计合理的分圆直径,进而得到合理的分圆螺旋升角,使滚刀加工齿轮时的安装斜角更接近于新旧滚刀的螺旋升角.滚刀分圆直径 $d_{fg} = D_{eg} - 2h_{eg} - 0.2(K + \delta D_{eg}).式中 h_{eg}:滚刀的齿顶高; \delta D_{eg}:滚刀的外径偏差.$

精滚刀的 $\lambda_f \leq 5^\circ$.sin $\lambda_f = \frac{nm_n}{d_{fg}}$ 式中 n—滚刀螺纹头数,精滚刀 n=1;m_n;法向模数.

4 滚刀齿形设计

1) 阿基米德滚刀齿形角计算

对直槽阿基米德滚刀,容屑槽的导程 $T = \infty$, 左右侧铲面的齿形角都等于滚刀的轴向齿形角 $\alpha_z \cdot \alpha_z = \alpha_{zy} = \alpha_z$

阿基米德滚刀是以渐开线蜗杆轴向齿形在分

圆处的斜角作为轴向齿形角的,则:

 $\cot \alpha_{z} = \cot \alpha_{fn} \cos \lambda_{f}$ 2) 滚刀齿厚和齿高设计计算

 πm

法向齿厚: $S_{fng} = \frac{\pi m_n}{2}$; 齿全高: $h_g = h_{eg} + h_{ig}$;

齿顶高: $h_{eg} = (f + c')m_n$;齿根高: $h_{ig} = (f + c')m_n$.

当设计留磨滚刀时,为避免砂轮与齿轮底接触,特别将齿轮齿底切深 0.1 mm,即留磨滚刀的齿顶高等于 1.35m,齿全高等于 2.6m,

5 齿轮滚刀 CAD 系统开发及实例 应用

基于 MATLAB 开发的齿轮滚刀 CAD 系统如图 2 所示.实例:被加工齿轮已知参数法向模数为6.5 mm,齿高系数为1,法向压力角为20°,螺旋角为16.34°,径向间隙系数为0.25,法向弧齿厚9.97 mm,滚刀外径型号为1,铲背形式为1.



图 2 基于 MATALB 的齿轮滚刀 CAD 系统 Fig.2 Gear hob CAD system based on MATALB

经软件计算得到:齿轮外径 110 mm,全长 110 mm,孔径 32 mm,容屑槽数 9 个;齿顶高 8.125 mm,齿全高 16.25 mm,螺旋升角 4.049 24°;

轴向齿距 20.471 5 mm,轴向齿厚 10.235 7 mm,齿顶圆弧半径 1.95 mm;齿根圆弧半径 1.95 mm,铀向齿顶角 20.046 1°;第一铲背量 7.5 mm,第二铲背量 0.85 mm.

通过 MATLAB 开发的齿轮滚刀参数化设计 CAD 系统,使快速设计符合被加工齿轮要求的滚 刀提供了软件支持,提高了滚刀设计效率,缩短了 设计周期,提升响应速度,齿轮快速响应设计需求 提供了加工刀具设计基础.

参考文献:

- [1] 李特文 F L.齿轮几何学与应用理论[M].国楷,译.上 海:上海科学技术出版社,2008:441-463.
- [2] 赵韩,吴其林,黄康,等.国内齿轮研究现状及问题研 究[J].机械工程学报,2013,49(19):11-15.
- [3] 唐进元,陈兴明.考虑齿向修形与安装误差的圆柱齿 轮接触分析[J].中南大学学报,2012,43(5): 1703-1709.
- [4] 李必文.有效提高响应速度的斜齿梳齿刀 CAD/CAM 技术研究[J].工具技术,2008,42(8):56-59.
- [5] 崔元元,李必文.径向跳动在贯彻圆柱齿轮精度新国标中的作用[J].装备制造技术,2011(11):64-66.
- [6] Winkel O. New developments in gear hobbing [J]. Gear Technol, 2010, 3(4):47-55.
- [7] Bodein Y, Rose B, Caillaud E.Explicit reference modeling methodology in parametric CAD system [J]. Computers in Industry, 2014,65(1):136-147.
- [8] Gujarathi G P, Ma Y S.Parametric CAD/CAE integration using a common data model[J].Journal of Manufacturing Systems, 2011, 30(3):118-132.
- [9] 柳文阳.圆孔拉刀的参数化设计及有限元分析[D].长沙:湖南大学,2013.
- [10] Matsumura T, Tamura S. Cutting Simulation of Titanium Alloy Drilling with Energy Analysis and FEM[J].Procedia CIRP, 2015, 31(2):252-257.