

## 汽车电机爪极去毛刺机的研究与设计

郑 蓬, 邹凤楼

(浙江科技学院 机械与能源工程学院, 杭州 310023)

**摘 要:** 针对汽车电机爪极人工去毛刺工作强度大、效率低且毛刺不易完全去除等问题,设计了一款爪极去毛刺机。规划去毛刺机的工作流程,设计其总体结构,并利用三维软件 Solidworks 建立爪极去毛刺机的实体模型。选择确定在升降机构及整个爪极去毛刺机中起重要作用的动力源电机。对去毛刺机整机结构中可能发生较大变形和应力集中的十字形座板零件进行有限元静应力仿真,结果表明十字形座板满足使用要求。

**关键词:** 汽车电机爪极;去毛刺机;Solidworks;应力分析

**中图分类号:** TG502.3      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1671-8798(2018)06-0496-05

## Research and design of the car motor claw pole deburring machine

ZHENG Peng, ZOU Fenglou

(School of Mechanical and Energy Engineering, Zhejiang University of  
Science and Technology, Hangzhou 310023, Zhejiang, China)

**Abstract:** In response to the problems confronting manual deburring of car motor claw pole, such as high intensity, low efficiency and incomplete removal of burrs, a deburring machine for car motor claw pole was designed. The work flow of the deburring machine was planned with its overall structure designed, and the entity model of automobile claw pole deburring machine was established by using 3-D software Solidworks. Moreover, the power source motor was selected and determined for it plays an important role in the lifting mechanism and the whole car motor claw pole deburring machine. On this basis, the finite element static stress simulation was conducted for the cross-shaped seat plate parts with large deformation and stress concentration taken separately from the overall stucture of the car motor claw pole deburring machine. The results showed that the design of the cross-shaped seat plate satisfied the demands in use.

**Keywords:** car motor claw pole; deburring machine; solidworks; stress analysis

---

**收稿日期:** 2018-06-13

**基金项目:** 浙江科技学院研究生科研创新基金项目(2017YJSKC005)

**通信作者:** 邹凤楼(1958— ),男,黑龙江省伊春人,教授级高级工程师,主要从事汽车零部件自动化制造技术研究。

E-mail: 79876064@qq.com。

随着装备质量、精度的提升,对避免零件毛刺给机械设备带来各种问题的要求也越来越高,毛刺的存在不仅会影响机械设备的组装和运行,同时还会加快零部件表面的磨损速度,严重时甚至会损坏机械设备<sup>[1-3]</sup>。为了能够有效地解决毛刺带来的问题,许多国家专门成立了毛刺技术研究组织,以期从根本上解决毛刺给人们带来的困扰<sup>[4-7]</sup>。针对不同零件上毛刺的生成机理及去除方法,市场上出现了不同种类的去毛刺设备,如齿轮去毛刺机、刀具去毛刺机、汽车铝合金车轮去毛刺机等<sup>[8-11]</sup>,然而汽车电机爪极去毛刺设备却没有出现,由此可见对汽车电机爪极去毛刺的研究相对较少。目前,大部分汽车电机爪极制造商仍采用传统手工方式去除汽车电机爪极经机械加工后产生的毛刺,由于汽车电机爪极为大批量生产,而采用手工去毛刺方式会出现以下问题:一是手工打磨下的微小铁屑颗粒会在人工操作四周形成环境污染区,对长时间处于该环境中的人员造成伤害<sup>[12]</sup>;二是不仅费时费力,而且也很难满足企业对去毛刺的一致性和质量稳定性要求。对此,本文基于三维软件 Solidworks 设计了一款汽车电机爪极去毛刺机,并利用计算机技术对其关键部位进行应力分析。

## 1 汽车电机爪极去毛刺机工作流程及结构设计

汽车电机爪极如图 1 所示,箭头所指为爪极爪指顶端经机械加工后由于刀具作用而产生的毛刺边。该毛刺在爪极圆周方向上呈均匀分布,且毛刺多为凸起状。

汽车电机爪极去毛刺机要完全去除爪极爪指顶端的毛刺,其工作流程如下:首先打开门将爪极放入定位旋转机构的工作位置,并且利用爪极压紧机构把爪极压紧<sup>[13]</sup>,以防止其在高速旋转的情况下飞出;然后去毛刺的毛刷在上下升降机构的驱动下,下移清除爪极上的毛刺;最后开门将去除完毛刺的爪极放入收集装置内。

基于汽车电机爪极去毛刺机工作流程,我们设计了一款独立的去毛刺机,其去除爪极顶端毛刺机构由定位旋转机构、压紧机构、升降机构、去毛刺机构组成。将各子机构的功能有机合成,并进行合理结构设计后得到如图 2 所示的整机结构。为了更清晰地展现出汽车电机爪极去毛刺机各部件的结构及分布情况,我们对门框架进行隐藏,隐去机罩后,去除爪极顶端毛刺的机构内部结构如图 3 所示。

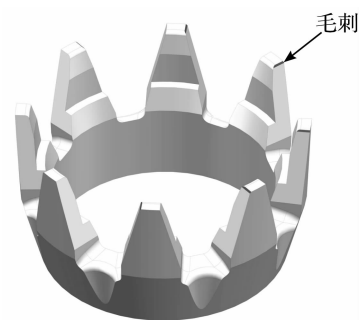


图 1 汽车电机爪极

Fig. 1 car motor claw pole

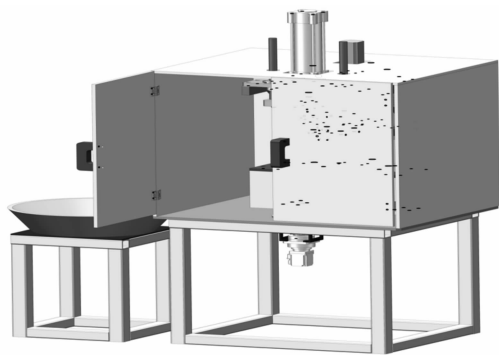
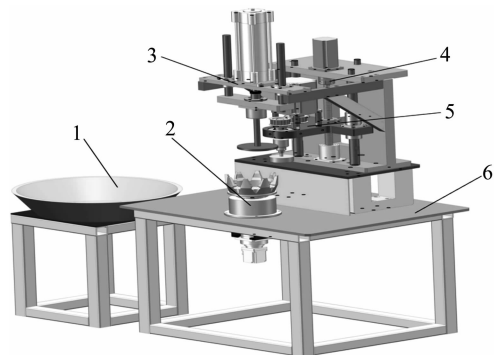


图 2 汽车电机爪极去毛刺机整机结构

Fig. 2 Whole structure of car motor claw pole deburring machine



1—爪极收集装置;2—定位旋转机构;3—压紧机构;  
4—升降机构;5—去毛刺机构;6—底架。

图 3 汽车电机爪极去毛刺机内部结构

Fig. 3 Internal structure of car motor claw pole deburring machine

## 2 升降电机的确定

升降电机为升降机构中的动力源,通过滚珠丝杠副驱动十字形座板上下移动,从而实现对去毛刺的毛刷进行升降,可见其在升降机构中及整个汽车电机爪极去毛刺机中都起着非常重要的作用,故对其单

独说明。由于实际工作需要电机传送速度可调控,且被传送的对象需要传送到较精准的位置,因此升降电机选用伺服电机<sup>[14]</sup>。根据实际传动情况做出升降机构受力简图(图 4)。

根据图 4 列出求解滚珠丝杠的预负载  $F_0$  及总负载转矩  $T_L$  的方程组:

$$\begin{cases} F = F_A + Mg(\sin\theta + \mu\cos\theta), \\ F_0 = \frac{F}{3}. \end{cases} \quad (1)$$

式(1)中: $F$  为运行方向负载, N;  $F_0$  为滚珠丝杠的预负载, N;  $M$  为工作台及工作物的总质量, 25 kg;  $F_A$  为外力, 0 N;  $g$  为重力加速度,  $9.8 \text{ m/s}^2$ ;  $\theta$  为滚珠丝杠的倾角,  $90^\circ$ 。

$$\begin{cases} T'_L = \frac{FP_B}{2\pi\eta} + \frac{\mu F_0 P_B}{2\pi}, \\ T_L = n_s T'_L. \end{cases} \quad (2)$$

式(2)中: $\mu$  为预压螺母的内部摩擦系数, 0.3;  $P_B$  为滚珠丝杠的导程, 5 mm;  $\eta$  为滚珠丝杠的效率, 0.9;  $n_s$  为安全系数, 2。

求解方程组(1)~(2), 得滚珠丝杠的预负载:  $F_0 = 83.33 \text{ N}$ , 总负载转矩  $T_L = 0.188 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。综上计算, 选取型号为 SGMAV-C2A 的伺服电机, 其基本参数为额定功率 150 W, 额定转矩 0.477 N, 额定电流 1.3 A, 额定转速 3 000 r/min, 额定电压 200 V。

### 3 基于 ANSYS 的十字形座板有限元力学模型的建立

在整个汽车电机爪极去毛刺机中发生较大形变和应力集中的是去毛刺机构的十字形座板, 故对其进行形变分析及强度校核<sup>[15]</sup>。在使用两个轴承的情况下, 初选十字形座板总厚度为 30 mm; 结合毛刺机整体结构实际使用情况, 并遵循节省材料的原则, 初选其总长度为 325 mm, 总宽度为 270 mm。对十字形座板配置 A6061 铝合金材料, 该材料弹性模量  $6.9 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ , 泊松比 0.33, 摩擦因数 0.3, 抗剪模量  $2.6 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ , 屈服强度 55.15 MPa。

#### 3.1 模型网格的划分

将十字形座板模型导入 ANSYS 软件后, 考虑到十字形座板的几何形状, 在有限元模型化时采用三维实体单元。根据力学分析, 在 4 个 M8 的螺纹孔周围是受力较大部位, 故划分得较密, 且在靠近边界约束点的位置是应力集中部位, 是十字形座板危险点, 故划分密集, 而在其他部位划分得疏一些。定义材料属性中弹性模量  $E_x = 6.9 \times 10^{10} \text{ N} \cdot \text{m}^2$ , 泊松比  $P_R = 0.33$ , 摩擦因数  $M_U = 0.3$ 。网格划分结果如图 5 所示, 该模型网格划分的雅可比点为 4 点, 单元大小为 5.675 3 mm, 公差为 0.494 8 mm, 网格为高品质, 节点数为 36 075 个, 单元数为 22 723 个。

#### 3.2 边界条件与载荷

作用在十字形座板上的外载荷均为固定载荷, 外载荷主要作用在 4 个 M8 的螺纹孔周围及直径  $\varphi$  为 62 mm 的底槽面上, 外载荷的大小分别为  $N_1 = 150 \text{ N}$ ,  $N_2 = 60 \text{ N}$ , 如图 6 所示。

#### 3.3 求解

完成建模以后, 进行加载约束、定义分析类型、分析选项、

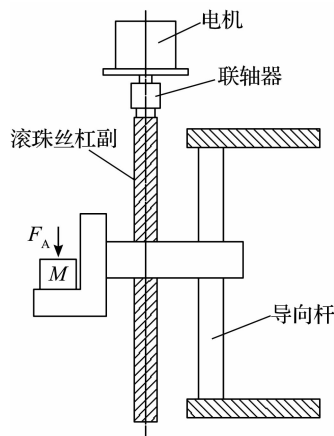


图 4 升降机构受力简图

Fig. 4 Force diagram of lifting mechanism

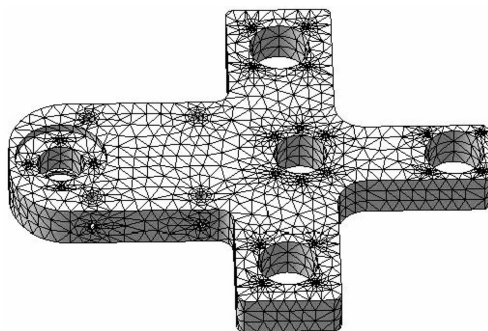


图 5 十字形座板网格划分结果

Fig. 5 Gridding results of cross-shaped seat plate

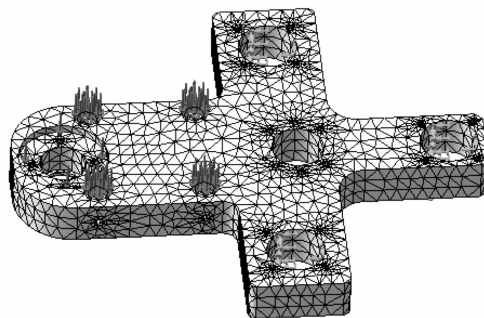


图 6 施加载荷及边界条件

Fig. 6 Applied loading and boundary conditions

载荷数据等,然后开始有限元求解。ANSYS 处理后可生成结构应力、位移、安全系数等参数的等值线图及彩色云图。

### 3.4 计算结果分析

#### 3.4.1 位移分析

受外载荷作用时,十字形座板各部分 Z 轴方向的位移量在  $0.000\ 1\sim 0.076\ 08\ \text{mm}$  范围内,在十字形座板最左侧端点有最大的 Z 轴方向位移,其值为  $0.076\ 08\ \text{mm}$ ,位移云图与数据见图 7~8。由此可见,十字形座板的变形量很小,能满足使用刚度的要求。



图 7 位移云图

Fig. 7 Displacement cloud map

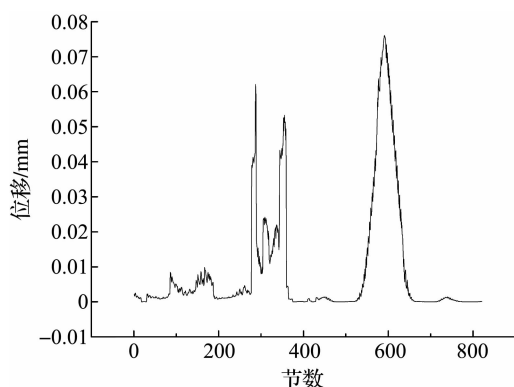


图 8 位移数据

Fig. 8 Displacement data

#### 3.4.2 应力分析

由应力云图(图 9)及应力数据(图 10)可以看出,应力较大值发生在十字形座板两伸臂与板身相连的过渡圆角处,其数值为  $12.6\ \text{MPa}$ 。而 A6061 铝合金材料的许用应力  $\sigma$  为  $55.15\ \text{MPa}$ ,可见十字形座板上所受的最大应力小于该材料的许用应力,因此本研究设计的尺寸及材料的选取能满足使用强度的要求。

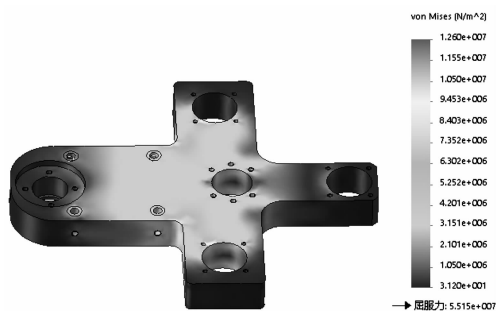


图 9 应力云图

Fig. 9 Stress cloud map

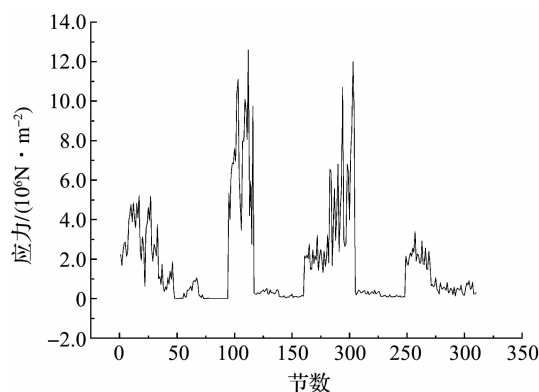


图 10 应力数据

Fig. 10 Stress data diagram

#### 3.4.3 安全系数分析

位移、应力及安全系数的分析(表 1)来自安全系数云图(图 11)及安全系数数据(图 12),从图 11 及图 12 可以看出,十字形座板整体安全系数都大于 4.0,且安全系数最小值为 4.375,而根据实际需要,安全系数为 2.5 便可达到设备使用要求,因此所设计的十字形座板具有安全性。

表 1 位移、应力及安全系数的分析报表

Table 1 Analysis report of displacement, stress and safety coefficient

项目	位移/mm	应力/( $\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$ )	安全系数
RMS	$1.738 \times 10^{-2}$	$2.801 \times 10^6$	$1.909 \times 10^4$
最小值	$1.000 \times 10^{-3}$	$9.935 \times 10$	4.375
最大值	$7.608 \times 10^{-2}$	$1.260 \times 10^7$	$3.23 \times 10^4$
平均数	$7.393 \times 10^{-3}$	$1.974 \times 10^6$	$2.802 \times 10^3$
总和	25.31	$6.759 \times 10^9$	$9.596 \times 10^6$



图 11 安全系数云图

Fig. 11 Safety factor cloud map

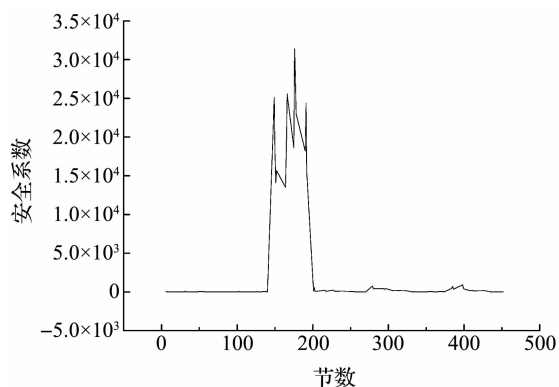


图 12 安全系数数据

Fig. 12 Safety coefficient data

## 4 结 论

本研究利用三维软件 Solidworks 在机械设计方面的优越性,对汽车电机爪极去毛刺机的机械结构进行三维建模设计及装配,同时利用有限元软件 ANSYS 对其关键部位进行应力分析,确定了十字形座板设计的合理性,所设计的汽车电机爪极去毛刺机能够快捷有效地去除生产过程中产生的毛刺,该设备使用方便、效率高,节省人力成本,能够满足企业使用要求。

## 参考文献:

- [1] 于庆. 基于 ANSYS/LS-DYNA 的杯形件椭圆角凸模拉深模拟[J]. 浙江科技学院学报, 2016, 28(3): 195.
- [2] 王君, 陈红杰, 龚雅静, 等. 3D 打印机喷头组件结构优化设计[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2017(10): 157.
- [3] 王吉岱, 郝亚东. 鼓式制动器自动装配生产线的设计与研究[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2016(10): 145.
- [4] 张玉美, 王智明, 刘建岭. 铝合金车轮的发展现状及展望[J]. 铝加工, 2010(5): 25.
- [5] 李莉莉. 关于铝合金轮毂设计初期减少尖角毛刺的建议[J]. 工业设计, 2012, 30(3): 271.
- [6] 肖仁强. 非标自动化设备设计开发过程研究[J]. 中国设备工程, 2017(18): 203.
- [7] 李艳. 梅钢去毛刺机液压系统改造的设计和分析[J]. 梅山科技, 2011(1): 49.
- [8] 陈德立, 陈振宇, 舒奎, 等. 一种固定后组合灯 LED 模组的热熔设备设计[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2018(4): 165.
- [9] 李文虎, 刘福田. 锤刀表面硬质合金覆层的性能及失效机理分析[J]. 工具技术, 2008, 42(11): 54.
- [10] 付泽民, 李延平, 常勇, 等. ANSYS 环境中柴油机曲轴静动特性的有限元分析[J]. 柴油机, 2006, 28(1): 34.
- [11] 卢红, 毛尔东, 范维. 数控双驱二维工作台的控制方法与联合仿真研究[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2018(4): 111.
- [12] 牟如强, 李乐. 基于单片机的新型太阳能双轴跟踪装置设计[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2018(3): 148.
- [13] 永当, 任慧娟, 武欣竹. 基于 SolidWorks Simulation 的有限元分析方法[J]. CAD/CAM 与制造业信息化, 2011(9): 48.
- [14] 余晨辉, 葛张峰, 罗向东, 等. 器件网格划分方法的教学总结与归纳[J]. 大学教育, 2017(1): 92.
- [15] 郭芳娟. 基于有限元分析的载荷加载与矩阵求解系统设计与实现[D]. 沈阳: 东北大学, 2012.
- [16] 王翔. 某微型电动汽车总体设计与性能研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2016.