

doi:10.16576/j.ISSN.1007-4414.2024.06.025

微型电动升降平台的数字化设计与制造*

谢峰,宋宜振,崔广军

(江苏安全技术职业学院,江苏徐州 221011)

摘要:针对职业院校技能大赛数字化设计与制造赛项比赛试题要求,设计了一种具有安装拆卸方便、稳定性强、一致性好和方便携带等特点的微型电动升降平台。该平台由电动机、行星齿轮减速机构、剪叉升降机构、丝杠传动机构等部分组成。完成设计后对部件进行了虚拟装配、受力分析、3D打印和装配验证,最后通过样机检测实验,验证了升降台的升降高度和承重能力满足使用要求。

关键词:技能大赛;升降平台;数字化设计与制造

中图分类号:TH122

文献标识码:A

文章编号:1007-4414(2024)06-0088-03

Digital Design and Manufacturing of Micro Electric Lifting Platforms

XIE Feng, SONG Yi-zhen, CUI Guang-jun

(Jiangsu Vocational College of Safety Technology, Xuzhou 221011, Jiangsu, China)

Abstract: In view of the requirements of the vocational college skills competition and the digital design and manufacturing competition, a miniature electric lifting platform is designed in this article, which has the advantages of convenient installation and disassembly, strong stability, good consistency and easy to carry. The platform is composed of an electric motor, a planetary gear reduction mechanism, a scissor lifting mechanism, a lead screw transmission mechanism and other parts. After the design is completed, the virtual assembly, force analysis, 3D printing, and assembly verification of the parts are carried out; through the prototype testing experiment, the lifting height and load-bearing capacity of the lifting platform are verified to meet the application requirements.

Key words: skills competition; lifting platform; digital design and manufacturing

0 引言

数字化设计与制造赛项融合了高职装备制造大类的核心技能与核心知识,它主要针对工业产品及零部件进行数字化建模、创新设计和数字化制造。此项赛事按照工业设计岗位真实的工作过程选择竞赛内容,可促进“双师型”师资队伍建设和工业设计专业人才培养模式、课程体系的改革,可提高专业建设水平,从而达到以赛促教、以赛促改、以赛促学的目的。笔者作为教师组的参赛选手,针对赛题要求,对微型电动升降平台进行了创新设计、3D打印、装配验证,实现了升降平台结构简单、运行平稳、随时自锁、操作方便等功能。重点对微型电动升降平台中的行星齿轮减速机构和升降传动机构进行了分析和设计,验证了升降平台的升降高度和承重能力满足使用要求,研究结果对微型产品的检测和微调具有重要意义。

1 系统组成

微型电动升降平台由电动机、行星齿轮减速机构、剪叉升降机构、丝杠传动机构等部分组成,结构总图如图1所示。行星齿轮减速机构由齿圈、行星架、行星齿轮、输入齿轮等组成,结构如图2所示;剪叉升

降机构由剪叉连杆、销轴、升降台、底座等组成,结构图如图3所示;丝杠传动机构由丝杠、移动螺母、支撑座等组成,结构图如图4所示。

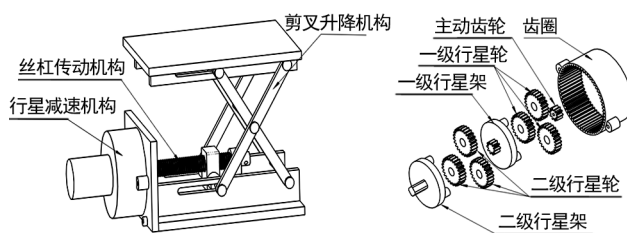


图1 结构总图

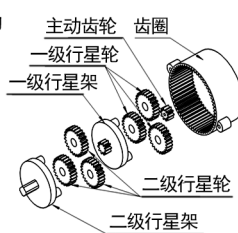


图2 行星齿轮减速机构图

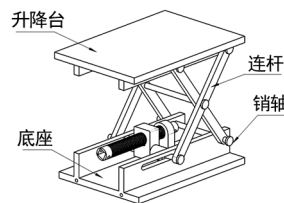


图3 剪叉升降机构图

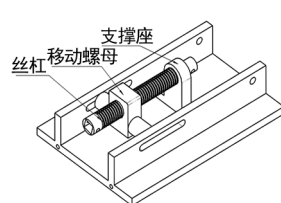


图4 丝杠传动机构图

2 设计思路

为提高升降台的传动精度和灵活性,设计方案需

* 收稿日期:2024-05-06

作者简介:谢峰(1982-),男,山东枣庄人,助教,研究方向:机械设计与制造。

利用电机驱动,且升降机构采用单级剪叉式结构。确定选用螺旋传动和连杆机构实现。螺旋传动可将转动转变为直线移动并提供动力,连杆机构可实现工作台的上线平移。由于提供的电动机的转速较高(2 500~8 100 r/min),因此设计二级行星齿轮传动,利用其降速比大的特点,使输出的转速与扭矩达到使用要求。升降平台需要做上下移动并保持水平,设计四杆机构实现,该机构的基本模型是在曲柄滑块机构基础上将两个曲柄滑块机构进行剪叉式布局,以实现升降台的上下平移。

传动过程为电动机通过行星轮传动,带动螺杆转动和螺母移动,螺母推动连杆机构实现平台上下移动。

3 关键结构设计

3.1 行星齿轮减速机构设计

齿轮减速机构作为一种常见的机械传动机构,具有传递动力大、传动效率高、使用寿命长、工作可靠性高以及传动平稳性好等优点,因此其在机械传动中得到了广泛的应用。而行星齿轮减速机构具有机械结构紧凑、传动比大、可靠性高等优点^[1]。

此方案设计的二级行星齿轮减速机构将齿圈固定,将行星架作为输出轴。行星齿轮减速机构由齿圈、主动齿轮、一级行星齿轮、一级行星架、二级行星齿轮、二级行星架组装而成,见图2。根据提供的370型号电动机参数可知,电动机转速范围为2 500~8 100 r/min,而设计行星齿轮减速机构要求行星齿轮输出轴的转速范围为30~60 r/min。此设计选取电动机的转速为2 500 r/min,齿圈齿数为60齿,输入齿轮齿数为10齿,行星轮齿数为24齿,齿轮模数为1,即减速比为: $[Z_3(\text{齿圈齿数}) + Z_1(\text{输入齿轮齿数})] / Z_1(\text{输入齿轮齿数}) = 7$,二级行星齿轮减速机构减速比为49,计算出输出轴的转速约为51 r/min,满足设计要求。齿圈底部设有定位孔,可实现电动机紧固可靠安装;齿圈外部设有螺纹孔凸台,齿圈外圆与立板台阶圆配合后再通过螺钉紧固;行星齿轮中心孔与行星架采用间隙配合;行星齿轮减速机构输出轴采用圆角方形台设计,与丝杠配合,实现传动。

3.2 升降及传动机构设计

该机构应满足以下基本条件:①机构的升降运动平稳、升降移动精度较高且控制简单可靠;②结构简单、负载能力强且满足刚度要求;③失电状态下有自锁功能,防止平台下坠对人员与相关设备造成损害^[2]。

剪叉升降机构由底座、连杆、销轴、升降台组成,见图3。升降台需要做上下移动并保持水平,设计四杆机构实现。升降台前端与连杆构成转动副,升降台后端与连杆构成移动副,四个连杆通过销轴装入底

座,通过升降台上支架的直槽和销孔进行固定,实现剪叉式运动。底座前端与连杆构成转动副,剪叉式连杆与丝杠上的螺母构成移动副。在升降台和底座的侧面支架中设有直槽,通过设置直槽的长度来将销轴控制在一定的范围内移动,从而实现升降台在0~40 mm范围内上下平移。

丝杠传动机构由丝杠、移动螺母、支撑座组成,见图4。丝杠上设计为三角螺纹,使其传动平稳,丝杠连接端面设计为四方型腔和侧面螺纹孔,以便与行星齿轮减速机构的输出端配合和固定,丝杠末端设计支撑座,可使丝杠转动平稳。移动螺母中心螺纹孔设计为三角螺纹,与丝杠配合构成转动副,螺母两端设计有轴套,在运动时可避免产生轴向位移,提高传动精度。

通过控制电动机的正反转,使行星齿轮机构转动,带动螺杆转动,带动螺母移动,移动螺母推动剪叉连杆机构实现升降台上下平移。

4 关键部件受力分析

根据赛题要求,对升降机构中的丝杠进行有限元力学分析,分析结果如图5、6所示,相关参数如下:①材料为:某塑料,密度 $1\ 150\ \text{kg}/\text{m}^3$,泊松比0.38,弹性模量 $1.0\text{E}+10\ \text{N}/\text{m}^2$;②升降机构中的丝杠承受的扭矩为 $5\ \text{N}\cdot\text{m}$ 。

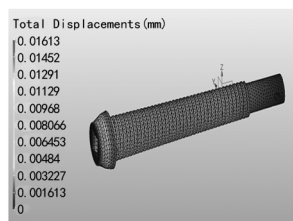


图5 总位移计算结果云图

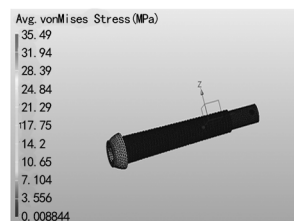


图6 等效应力云图

由于该零件在工作时发生的是回转运动,考虑到该零件在工作时的安全性,所以对该零件进行应力分析。为确保数据的收敛性,在应力分析时进行三次不同的网格单元尺寸划分,第一次单元尺寸划分为3 mm,第二次单元尺寸划分为1.5 mm,第三次单元尺寸划分为1 mm。该零件受到最大等效应力值(35.49 MPa)小于该材料的屈服强度,所以零件受力时发生的变形为弹性变形,在力取消后,该零件会恢复至初始状态,所以该零件是安全的。

5 3D 打印

为了提高零件打印精度并保证零件装配后机构能正常运行,此次选用光固化3D打印机打印零件。光固化3D打印工艺主要是利用光敏树脂为主要原材料,利用一定波段和频率的激光(紫外光)聚焦在紫外光固化树脂的面上,使其由点到线、由线到面的方式依次凝固,这样就进行了一次截面的绘制工序。

接着再从垂直方向移动打印台到层厚单位的层面,然后再光固化下一层次。如此交替进行凝固、移动的工艺,就可以层层重叠完成了一个三维立体的印刷工程^[3]。

在打印前,首先打开切片软件,对打印参数进行设置,打印参数设置图如图7所示;再将设计好的零件三维模型导入切片软件,为节省时间并提高加工效率,在打印范围允许的情况下,尽可能导入更多的零件,进行布局调整,添加支撑,设置支撑参数,支撑添加后效果如图8所示;最后进行切片保存打印程序,将打印程序导入3D打印机进行打印;打印后要对零件进行去除支撑、清洗、固化等处理,以保证零件后续能更好地进行装配。



图7 打印参数设置图

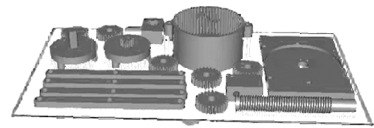


图8 添加支撑后效果图

6 装配验证

将打印完成的零件和提供的标准件进行装配和调试。安装时先将电动机与齿圈固定,主动齿轮与电动机轴进行过渡配合;然后在齿圈内安装行星齿轮和行星架,并在齿轮里加入润滑脂进行润滑,再通调电确保行星齿轮减速机构能正常运转。其次安装剪叉式升降机构和丝杠传动机构,最后将行星齿轮减速机构通过立板固定,输出轴与丝杠连接并锁紧,完成装配,装配效果图如图9所示。装配完成后,将电动机通电,通过开关控制电动机旋转方向,实现升降平台上下平移。验证①:升降平台初始高度为60mm,

如图10所示。验证②:升降平台终止高度为100mm,如图11所示。验证③:升降平台可承载0.5kg以内的零件产品,如图12所示。

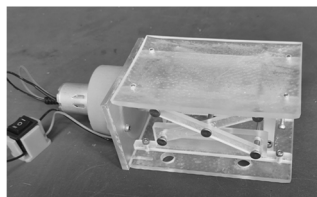


图9 升降平台装配效果图

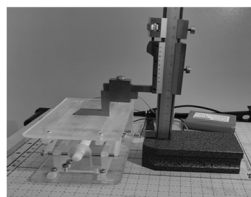


图10 升降平台初始高度验证图

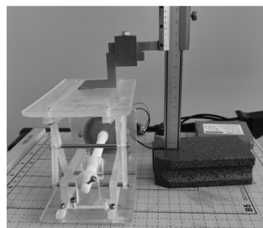


图11 升降平台终止高度验证图

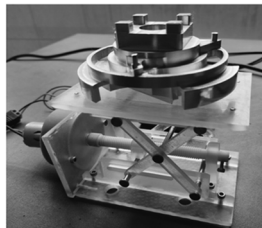


图12 升降平台承重验证图

7 结语

通过对微型电动升降平台中的减速机构、升降机构及传动机构的设计与制造,并对升降平台进行装配和验证得到以下结论:升降平台结构简单、安装方便、运行平稳可靠;利用普通螺旋传动自锁特点,无需其他机构即可实现升降台的随时停止;通过控制电动机的旋转方向来控制平台的升降,操作简单方便;升降平台可以在初始高度60mm、终止高度100mm的范围内实现升降;升降平台可以承载0.5kg以内的产品重量;在产品检测中使用效果较好,具有一定的实用价值。

参考文献:

- [1] 赵雅珠.微型行星齿轮减速机构制造工艺概述.[J].机械设计与制造,2010(9):242-243.
- [2] 龙文龙,史家顺,洪建红,等.精密剪叉升降机构的设计与精度分析[J].组合机床与自动化加工技术,2023(3):25-27.
- [3] 卢依婷,杜鑫,段悦,等.光固化3D打印成型工艺参数对样条性能的影响[J].现代塑料加工应用,2022,34(3):13-16.