

一种用于排爆作业的可快速更换末端执行器的设计

郑柏,钱瑞明

(东南大学 机械工程学院,江苏 南京 211189)

摘 要:基于排爆机器人的作业需求,提出了一款可更换末端执行器的实现方案。分别设计了机械臂腕部搭载平台、四款末端执行工具和快速更换接头以满足排爆作业中可能需要的夹持、打孔、剪线、切割等工作要求。使用有限元软件校核了连接头的强度以及末端执行器与平台手动插拔的可行性。

关键词:排爆机器人;可更换末端执行器;快速接头

中图分类号:TH122 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2019)04-0153-03

Design of Quick Changeable End-effector For Explosive Ordnance Disposal Operation

ZHENG Bai, QIAN Ruiming

(School of Mechanical Engineering, Southeast University, Nanjing 211189, China)

Abstract: To meet the needs of operation of explosive ordnance disposal robot in complex environment, a quick changeable end-effector is developed. A carrying platform, four end-effector tools and a quick changeable connector are designed for clamping, drilling, trimming and cutting in EOD operation. The strength of the connector and the feasibility of manual insertion and removal between the end effector and the platform are checked by FEM software.

Keywords: explosive ordnance disposal robot; changeable end-effector; quick connector

0 引言

排爆机器人主要用途为代替人工在案发现场直接完成对疑似爆炸物的排爆工作。这就要求机器人必须具备对爆炸物的识别、现场销毁或搬运至防爆罐中的能力^[1]。对于小型排爆机器人,其行走底盘上会安装多自由度机械手臂,手臂上装有两指或多指夹持装置以实现疑似爆炸物的抓举、搬运或其他操作。

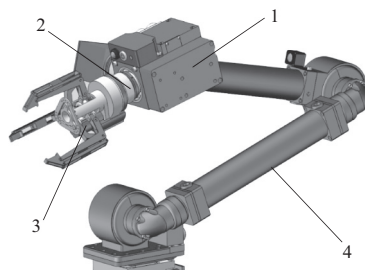
暴恐活动多发于人口密集的地区,而对于爆炸物袭击频繁出现的车站、酒店等公共场所,爆炸物也往往被犯罪分子藏匿于沙发、柜子等隐蔽地点^[2]。在搜寻和排除爆炸物的过程中,排爆机器人可能需要进行破障作业,机械手臂上也需要配备相应的作业工具^[3]。而传统机械臂上的夹持装置无法实现上述的作业要求,为此,本设计对传统机械臂的腕部进行改造,使其成为一个末端执行器的通用安装平台。同时配套排爆作业中可能使用到的作业工具如夹持器、剪线装置、手电钻、电锯等作为末端执行器模块。通过使用一个可快速拆卸的接头实现作业工具与腕部平台的连接,从而达到执行器模块的快速更换效果。

本文通过改造机械臂腕部和末端执行器将传统的排爆机械臂变成多功能操作臂,同时介绍了多种配套工具以及与腕部平台之间的更换方法。

1 机械臂整体方案

本文所研究的可更换末端执行器搭载在一款5自由

度机械臂上(包括腰部回转、大臂回转、小臂回转、腕部两个不同轴线方向的回转),可实现末端执行器三维位置要求和二维姿态要求,以满足排爆作业的需求^[4]。机械臂结构三维模型如图1所示。



1—臂上腕部平台;2—快速接头;
3—末端执行器模块(图示为夹持模块);4—机械臂
图1 机械臂与可更换末端执行器结构三维模型

2 可更换末端执行器结构设计

2.1 臂上腕部平台设计

引入可更换末端执行器可大大提高排爆机器人对不同形状目标的抓取能力和执行各种排爆任务的能力。为实现此功能,提出了一种通用的执行器安装平台为特定执行器模块、传感器和相应的电气设备提供搭载平台。

图2为腕部平台的外形图,其外形尺寸为 $167\text{ mm}\times 107\text{ mm}\times 102\text{ mm}$ 。腕部平台采用模块化设计,将平台所需的动力装置、传感器以及与其配套的驱动器分别制成不同的模块安装在传动箱上。在使用中可以根据排爆作业的需要和接头搭载的负载更换传感器和动力装置,由此提高了机械臂在排爆作业中的多功能要求和通用性。腕部平台采用内走线方式,传动箱上开有走线槽以实现传感器、传动电机和驱动器之间的导线连接。平台前段输出轴和与机械臂的连接轴皆为空心轴,以满足平台与末端执行器、机械臂的走线要求。

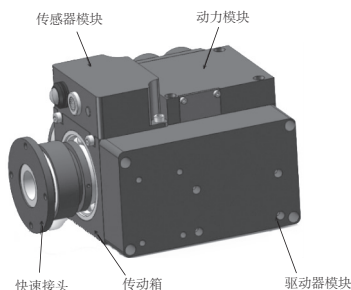


图2 腕部平台外形图

为了实现末端执行器的姿态调整,腕部平台可以为末端执行器提供1个转动自由度,平台的传动简图如图3所示。考虑到使用电钻电锯作为末端执行器时存在一定的冲击载荷,平台主轴采用可自锁蜗轮蜗杆的传动方式,以减小对电机的影响,提高控制精度。蜗杆与电机采用并列布置的方式以减小蜗杆轴向上的长度。排爆作业时需要采集现场环境信息,所以在平台的顶部安装有摄像头、麦克风以及光源。

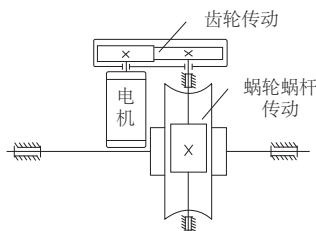


图3 腕部平台传动简图

2.2 系列末端执行器设计

图4为系列化4套末端执行器,每个末端执行器分别具有一个自由度以实现特定的排爆作业要求。执行器模块自带动力装置,通过执行器上安装快速接头实现末端执行器与机械臂上腕部平台的电气和机械结构的连接。

图示三指夹持器可以实现对直径 $30\sim 180\text{ mm}$ 块状物体的夹持操作,最大抓举质量为 10 kg ;剪线钳可完成对金属导线、铁丝网的剪线工作,其设计最大剪线直径为 5 mm ;电钻和电锯模块选用市面上成熟的手电钻和马刀锯进行改装,去除其手持的外壳并安装在带快速接头的安装座上实现其与平台的连接和更换,完成简单的破障作业。

图5为部分执行器模块机构简图,其中:图5a)为夹持机构运动简图,单个夹持手指为平面6杆机构,其张合



图4 末端执行器外形图

的原理为:电机带动丝杆转动使驱动螺母产生轴向移动,手指通过移动副与螺母连接进而产生绕铰接点的转动实现手指的张合;图5b)为剪线装置,该模块采用不完全蜗轮传动。

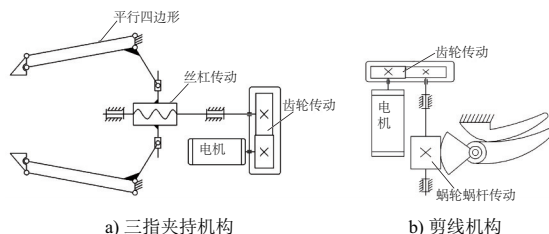


图5 末端执行器机构简图

2.3 快速接头设计

为了方便实现末端执行器的快速更换,设计了一种快速接头,其结构如图6所示。

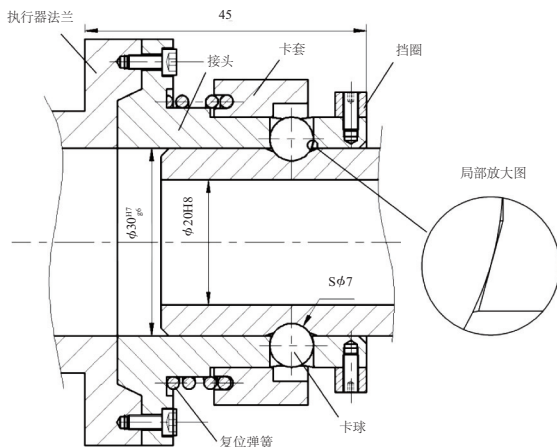


图6 快速接头结构图

快速接头支撑在平台带凹坑的轴上,左端法兰固定在执行器上。在不受外力作用时,外圈卡套在弹簧力的作用下将卡球压下锁死在轴上的凹坑里。若向左拨动卡套打开卡球,同时将接头向左拉出,即可实现接头的分离。

3 快速接头仿真分析

接头处不仅需要承载执行器的质量还需承受执行器工作时的载荷。为保证工作时的可靠性,使用ANSYS Workbench校核其力学性能,如图7所示,验证接头从带

凹坑轴上插拔的可行性。

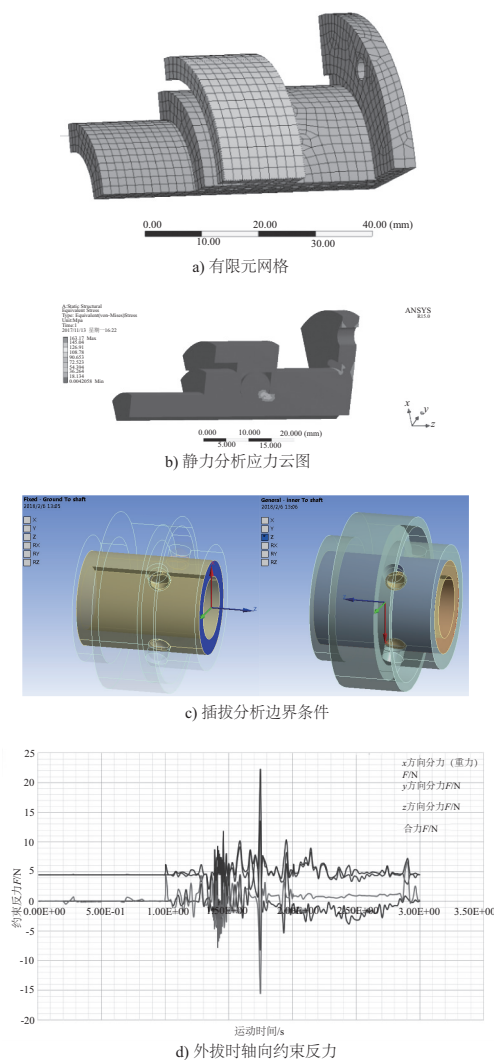


图7 快速接头有限元分析

在接头被卡套锁死时,接头需要承受由末端执行器工作所引起的弯扭组合应力以及轴向的拉力。静力分析时,采用对称分析简化仿真模型,为减少计算时间在平台承载

轴的截断处施加固定约束,在螺钉安装孔处施加轴向力 200 N,力矩 $20 \text{ N} \cdot \text{m}$,最大应力如图 7b) 所示为 163.17 N/mm^2 ,仿真结果满足强度要求。计算插拔力时,舍去了接头处的法兰并将承载轴、接头、卡球定义为刚体以减少网格数量,接触处设置摩擦系数 0.1,通过运动副施加接头与承载轴的运动以及平台承载轴的截断处的固定约束,对接头的卡套施加运动速度以模拟人工插拔的情况,采集固定处的约束反力。图 7c) 显示在向外拔接头时接头的位移与轴向约束反力的曲线图,最大反力为 22.206 N,结构未发生自锁,满足人工插拔的需要。最大反力发生位置为即将离开轴上凹坑,将与轴外表面接触时。

4 结语

本文提出一种可快速更换末端执行器的操作臂方案。通过快速接头和臂上搭载平台的配合,可实现排爆机械臂与多款排爆工具的快速更换。整套设备采用模块化设计理念,安装方便,结构紧凑。此外,所有导线与电气接口全部隐藏在装置内部,提高防护等级。最后,对快速接头进行了强度校核以及插拔反力的仿真以验证人工插拔的可行性,防止结构的不合理所带来的自锁。

参考文献:

- [1] Gondokaryono R, Wibowo P, Salman Y, et al. Budiarto A and Budiyo A, 2015, Design and manufacturing and explosive ordnance disposal robot chassis[J]. The Journal of Instrumentation, Automation and Systems, 2015, 2(1):31-36.
- [2] Li J, Song N, Tang Y, et al. Battlefield Explosive Ordnance Disposal Robot[C]// International Conference on Sustainable Energy and Environmental Engineering, 2016.
- [3] Kececi, E Faruk. Completely mechanical quick changeable joints for multipurpose explosive ordnance disposal robots[J]. Robotica, 2009, 27(4):28-31.
- [4] 明添. 排爆机器人操作臂机械系统设计与工作性能与作业规划研究[D]. 南京:东南大学, 2015.

收稿日期:2018-02-08