

多功能抢险救援车属具控制系统

庄裕锋^{1,2} 李军^{1,2} 张宝海^{1,2}

1.江苏徐工工程机械研究院有限公司 江苏 徐州 221004

2.徐工集团高端工程机械智能制造国家重点实验室 江苏 徐州 221004

【摘要】：设计一种基于数字多路阀的属具控制系统，不同类型属具可以自适应液压压力和流量参数，与全液压快换自动装置配合使用，更换属具全程无需人工辅助，有效地减少了机具更换消耗的时间，大大提高了车辆现场救援效率。

【关键词】：属具；控制；数字多路阀

DOI:10.12417/2811-0536.26.07.095

多功能抢险救援车主要应用在地震、洪涝、塌方、滑坡、泥石流等自然灾害发生时进行道路抢通、石块清理、掩埋人和物体救援、钢筋剪切、废墟清理等方面，其作业要求既要实现挖掘作业，同时还要配备多种作业属具，实现多种工程作业（如切割、抓举、剪切、破碎等）^[1]。目前，现有的抢险救援设备功能单一，作业属具互换性差等突出问题，导致抢险救援时需要不同的作业机械轮流作业，容易引起救援现场拥挤混乱。而且多种属具工作的压力和流量参数不一样，需要操作手动调节，调节起来费时费力，而且容易出错。因此，一种能够实现多种作业属具之间快速、高效切换的属具控制系统是非常必要的。

1 多功能抢险救援车的结构组成

多功能抢险救援车采用轮履互换/轮轨两用底盘，配备随车起重臂和挖掘臂，可配置5种以上作业工具，主要包括底盘、挖掘臂总成、破碎锤、铲斗、快换总成、液压系统、随车起重臂、电控系统、转台、推土铲、驾驶室、回转机构、回转支承、液压剪、切割锯、抓斗、覆盖件等。

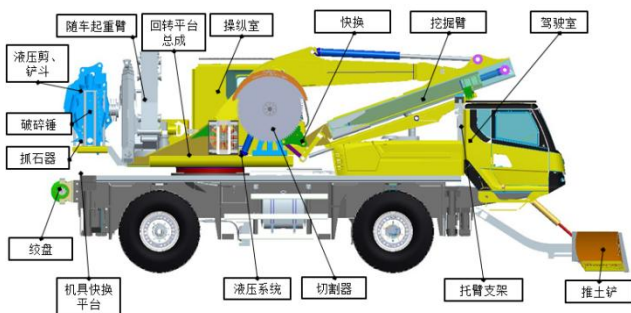


图1 整车布局

2 多功能抢险救援车的属具控制系统设计

属具控制系统主要包括：控制系统、液压系统、属具执行机构、压力传感器、位移传感器。液压系统包括：油箱、负载敏感变量泵、数字多路阀、执行机构油缸。其中属具控制阀采用基于CAN总线通讯的数字多路阀，数字多路阀^[2]是一种新型负载敏感多路阀，主要特点有：集成控制器、采用双阀芯独立设计、集成压力和位移传感器、支持CAN总线通信。数字多路阀主要由进油模块和工作模块组成，其中进油模块包括：溢流阀、减压阀、先导阀、LS负载压力反馈阀、位移传感器、温度压力传感器；工作模块包括：先导阀、主阀、二次溢流阀、位移传感器、温度压力传感器。通过高级控制算法实现双阀芯的独立或协同控制，控制模式多样，具有多种压力控制模式和流量控制模式，对硬件要求不敏感，用户的所有控制指令均可通过CAN bus发送给数字多路阀^[3]。

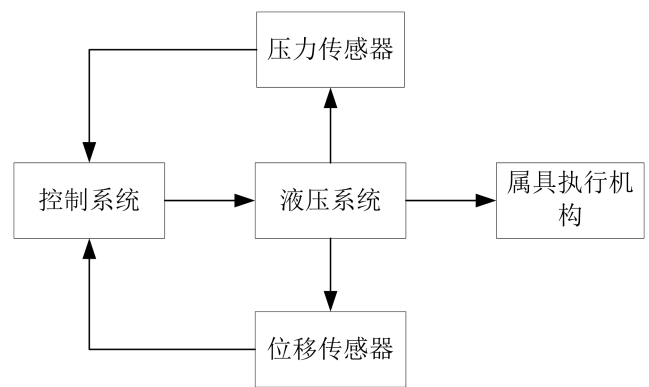


图2 属具控制系统结构图

作者简介：庄裕锋，男（1985.11-），硕士，工程师，福建福州，研究方向：液压系统设计。

基金项目：国家重点研发计划【项目名称：基于数字孪生的灾变结构智能应急救援技术与装备。（项目编号：2024YFC3016300）】

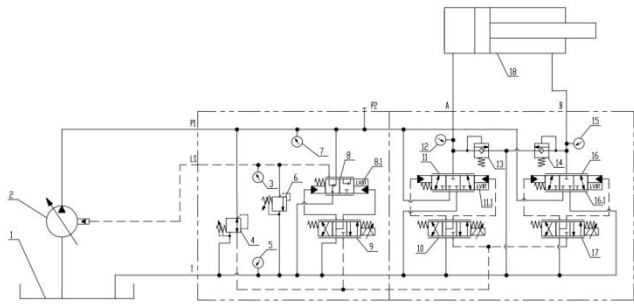


图3 属具液压系统原理图

3 多功能抢险救援车的属具控制系统应用

参照图2，根据操作需求（如切割锯、抓木器、液压剪、破碎锤等），控制系统接收到控制信号，发出相对应的操作指令，集成于液压阀组的控制器接收到控制系统发出的操作指令，驱动液压阀动作，输出液压油到属具执行机构完成相对应的动作。不同的属具（如切割锯、抓木器、液压剪、破碎锤等）在要求的压力和流量参数下工作，集成于液压阀组中的压力传感器和位移传感器将检测到的数值反馈到控制器形成闭环控制，同时也可以根据检测到的数值判断系统是否发生故障。

参照图3，油箱1分别与负载敏感泵2、减压阀4、压力传感器5、溢流阀6、负载压力反馈阀8、先导阀9、先导阀10、先导阀17、负载压力反馈阀16、二次溢流阀13、二次溢流阀14相连，负载敏感泵2出油口分别与减压阀4、压力传感器7、负载压力反馈阀8、三位三通换向阀11、三位三通换向阀16相连，负载压力反馈阀8分别与先导阀9、溢流阀6、压力传感器3、负载敏感泵2LS口相连，减压阀4分别与先导阀9、先导阀10、先导阀17相连，执行机构油缸18分别与三位三通换向阀11、位移传感器11.1、压力传感器12、二次溢流阀13、二次溢流阀14、压力传感器15、三位三通换向阀16相连，位移传感器11.1集成于三位三通换向阀11之中，位移传感器16.1集成于三位三通换向阀16之中。

当操作系统没有控制信号时，电比例先导阀10、17阀芯处于中位，执行机构18没有液压油流通，执行机构18没有动作，此时液压系统处于低压待命状态。当控制系统发出电气信号，电比例先导阀10、17在电气信号的作用下输出与信号对应的先导压力到三位三通换向阀11和三位三通换向阀16的先导口，换向阀三位三通换向阀11和三位三通换向阀16在对应的先导压力的作用下，阀芯开启到相对应的大小，达到压力和流量控制的要求，同时集成于三位三通换向

阀11和三位三通换向阀16的位移传感器、压力传感器12和压力传感器15将检测到的信号反馈给集成在液压阀组的控制器，控制器根据反馈的压力和流量信号对液压阀进行纠偏控制，形成闭环控制回路，使执行机构油缸18准确地按照需要的压力和流量参数下工作。先导动力源来自负载敏感泵2的出油口，经过旁路中减压阀4输出设定的压力，然后分别给先导阀9、先导阀10、先导阀17提供动力源。

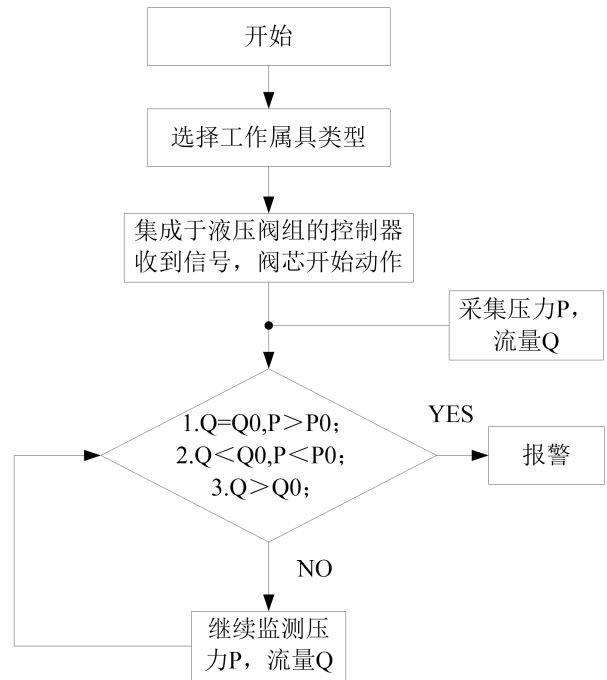


图4 多功能抢险救援车属具控制系统流程图

参数说明：

Q为集成于液压阀中的流量传感器测量值；

P为集成于液压阀中的压力传感器测量值；

Q0为设定的属具流量值；

P0为设定的属具压力值；

实际上，流量是通过公式计算出来的， $Q = CA\sqrt{P}^{1/4}$ ；
C为常数；

A为阀芯的开口面积；

控制流程：属具安装好后，在显示屏选择对应的属具类型，控制系统发出信号给集成于阀组中的控制器，控制器收到信号，液压阀芯在控制信号的作用下开始动作，不同的属具设定的流量值Q0和压力值P0都不一样。通过控制阀芯的开度大小达到控制流量的目的；当负载的压力超过设定P0值时，压力油在阀芯的入口部分分流直接回油箱，从而达到压力控制的目的。不同属具的压力和流量控制根据要求控制系统

自动的调节, 无需额外增加的硬件设施或手动调节液压阀。该控制系统还有自动报警的功能, 当 $Q=Q_0$, $P > P_0$ 或 $Q < Q_0$, $P < P_0$ 或 $Q > Q_0$ 时, 则判断属具有故障, 发出故障警报, 直至故障解除。

4 结语

通过开发基于数字多路阀的属具控制系统, 实现了不同的属具(如切割锯、抓木器、液压剪、破碎锤

等)自动适应各自工作压力流量, 与全液压快换自动装置配合使用^[5], 更换属具全程无需人工辅助, 相比传统的快换装置机械接口和液压接口部分需要人工辅助连接, 有效地减少了机具更换消耗的时间, 大大提高了车辆现场救援效率。下一步将开展属具全自动一键智能更换技术研究, 属具更换时操作员只需控制面板上选择更换的属具, 极大降低操作难度, 进一步提高现场救援效率。

参考文献:

- [1] 李军,张勇,刘玉川.应急救援车概念创新设计中的 QFD_TRIZ_AD 集成方法[J].中国工程机械学报,2018,(2):35-41.
- [2] 庄裕锋,王恒,杜辰蕊.数字多路阀在多功能抢险救援车中的应用[J].建设机械与技术管理,2019(4):33-35.
- [3] 汉京勇,李迎武,李军.基于 CAN 总线的多功能抢险救援车控制系统[J].时代汽车,2020(22):125-126.
- [4] 雷天觉.新编液压工程师手册[M].北京:北京理工大学出版社,1998.
- [5] 陈军印,官培鹏,张勇.抢险救援车全自动快换装置关键技术分析[J].机械研究与应用,2020(3):238-242.