

文章编号 1000-5013(2005)02-0176-04

一种装载机工作装置电比例操纵器的研制

陈扼西 冯培锋 龚志坚 叶连福

(集美大学机械工程学院, 福建 厦门 361021; 厦门奥伦控制工程有限公司, 福建 厦门 361012)

摘要 基于装载机工作装置电液比例先导操纵控制的原理, 并考虑其实际工作环境, 以可靠性高的涡流式电感传感器为电比例传感转换元件, 进行电比例操纵器的方案、结构设计. 通过操纵器研制、实验和装载机的装机测试, 表明该操纵器能输出所需要的操纵控制电信号. 经控制器处理后, 可满足装载机工作装置电液比例先导操纵控制对前端装置的要求.

关键词 装载机, 操纵器, 传感转换, 电比例控制

中图分类号 TD 421.7⁺ 40.2; TP 271⁺.4; TP 212.12

文献标识码 A

装载机工作装置的动臂和铲斗的操纵控制动作, 在传统的装载机上都是由纯机械装置来完成的. 为提高工作装置操纵控制的技术水平, 可以采用机电一体化技术, 将电液比例控制技术和传感器等控制转换元件与机械装置结合在一起. 取消原机械装置的中间环节, 利用传感器输出的电信号进行控制. 文献[1]对工程机械的机电一体化的一般问题进行介绍, 文献[2]介绍一种形式的装载机工作装置电液比例控制系统, 文献[3]则介绍一种基于电阻变位器的矿山机械电液比例操纵器. 电比例操纵器是装载机工作装置电液比例先导操纵的前端装置, 将机械结构和传感器等电子元件相结合. 通过机械结构带动传感电子元件的运动, 将操纵位置的变化转换为对应的比例变化电信号, 输出到先导控制模块, 控制先导模块输出的压力油的大小. 通过控制装载机多路阀, 达到工作装置操纵的目的. 电比例操纵器首先应保证操纵器的操作符合传统的习惯, 其次要考虑装载机特殊的工作环境, 以确保选择的传感电子元件在恶劣的工作环境下能持续工作而不失效. 在操纵器的研制中, 需要建立机械结构运动部件与电子元件之间的运动位置关系, 使电子元件在有效的角度或位移范围运动, 保证正确的运动位置与转换输出电信号之间的关系. 这一点可以采用参数化实体建模技术进行设计, 建立操纵器的参数化实体运动模型. 在计算机上进行“操纵控制”实验, 检验所设计操纵器的操纵参数变化情况. 开发完成的操纵器最终必须通过试制和操纵控制测试, 检验操纵器的工作的有效性和可靠性. 本文根据装载机工作装置的操纵控制要求, 研究其电比例操纵控制的信号转换和结构设计等问题, 成功地设计了一种操纵器. 经试制和实际使用测试, 取得良好的操纵控制效果.

1 控制的原理

如图 1 所示为工作装置电子化控制的方案图. 其中 1A, 1B, 2A 和 2B 分别表示铲斗操纵杆和动臂操纵杆的前推和后拉信号, 是开关信号, 用于铲斗和动臂的运动方向的控制. 1A_n 和 2A_n 反映铲斗操纵杆和动臂操纵杆推拉的角度大小, 利用传感转换元件转换成连续变化的电信号, 经过主控制器处理后, 送入先导控制模块控制输出到多路阀先导压力油的大小, 实现对工作装置运动速度的控制. 1E 或 2E 是操纵器操纵杆往后搬到极限位置时发出的开关信号, 通过主控制器发送 F1 或 F2 信号使锁位电磁铁通电, 将操纵杆保持在该位置. 当铲斗到达自动放平位置时限位器发出信号 1L 或动臂到达极限位置时

收稿日期 2004-09-30

作者简介 陈扼西(1948), 男, 副教授, 主要从事机电液控制的研究. E-mail: exchen@public.xm.fj.cn

基金项目 福建省科技计划课题基金资助项目(2001H026)

限位器发出信号 2L, 经主控制器处理后再次发出 F1 或 F2 信号, 使锁闭电磁铁断电. 铲斗操纵杆或动臂操纵杆自动回中位, 切断信号 1An 和 2An, 停止铲斗或动臂的运动. 这时再次搬动铲斗操纵器操纵杆, 可以使铲斗继续向下翻转. 动臂的浮动控制, 通过主控制器将动臂操纵杆向前搬动到达极限位置时, 发出的信号 2E 及方向信号 2B 处理后发出信号 f 实现.

2 操纵器结构设计

2.1 传感转换元件的选择

操纵器的核心工作元件是传感转换元件. 操纵器工作时有直线和角度两种运动位移, 可以采用其中的一种为传感转换元件的输入量.

传感元件的可靠性是第一个需要考虑的因素. 从理论说, 所有能将角度或直线位移转换为电信号的传感器, 都可以作为传感转换元件. 但由于装载机的工作环境通常都较为恶劣, 大部分在实验室或工厂车间环境下工作正常的传感器, 在装载机这种工作环境下都会很快工作不正常或完全失效. 传感元件的耐用性, 即工作寿命是选择时需要考虑的另外一个重要因素. 涡流式电感位移传感器是基于金属中的感应涡流信号进行工作的, 其测量范围大、灵敏度高、抗干扰能力强、可以非接触测量. 这些特点使它非常适合于装载机的工作环境. 因此, 本文采用涡流式电感直线位移传感器作为传感转换元件, 其测量范围为 0~10 mm, 输出值是电压信号, 结构形式如图 2 所示. 该传感器应用于本操纵器上时, 目的不是测量, 而是利用其将操纵器中的被测直线位移量与输出电信号的转换关系.

2.2 电比例操纵器运动方案

操纵器工作时, 必须输出上述操纵控制原理所要求的对应的控制信号. 输出的控制信号中, 表示铲斗和动臂运动方向的开关信号 1A, 1B, 2A 和 2B, 可以采用微动开关来分别进行判断. 控制铲斗翻转和动臂升降速度的连续信号 1An 和 2An, 是操纵器输出信号中关键的部分. 由于选择的传感转换元件是直线式涡流电感位移传感器, 其检测的对象必须是平行移动的表面. 因此, 操纵器上必须设置对应的被检测件, 将铲斗操纵杆和动臂操纵杆推拉的角度位移变换成被检测件的直线位移. 铲斗的自动放平或动臂的最高上升位置控制, 通过将操纵杆向后搬动到极限角度时, 对应处的微动开关发出的 1E 或 2E 信号接通定位电磁铁将操纵杆锁定来实现. 动臂的浮动控制通过将动臂操纵杆向前搬动到极限角度时, 对应处的微动开关发出的信号 F 和方向信号 2B, 接通定位电磁铁将操纵杆锁定来实现. 操纵杆的回中位在电磁铁断电后, 通过弹簧力来完成. 电比例控制器操作时, 应保持与装载机工作装置传统的操纵习惯一致. 如图 3 所示为操纵器的运动方案, 图中的感应片为传感器的测量对象, 其与传感器底面的距离 H 随操纵杆的搬动而变化, 在操纵杆的搬动角度($^{\circ}$)为 0~28 时, H 的变化范围应为 0~10 mm. 吸铁片也随操纵杆的搬动上下移动, 在上极限位置时触动该处的微动开关而被锁定位置. 铲斗操纵器和动臂操纵器采用相同的方案. 由于它们有不同的操纵控制要求, 可通过主控制器对各个位置处的信号进行的逻辑处理来分别完成.

2.3 操纵器的结构设计

操纵器的结构在满足上述运动方案的前提下应尽量简化. 如图 4 所示为根据上述要求完成的操纵器结构设计图, 由传感器、微动开关、电磁铁、操纵杆、支架、感应片和吸铁片等组成. 在手柄支架上梁的中部转动轴的两侧, 分别安装有一个用于判断手柄转动方向的微动开关; 在电磁铁的下部, 安装有一个用于发出电磁铁通断电或动臂浮动信号的微动开关. 其中感应片和吸铁片的位置, 可以根据测试情况进

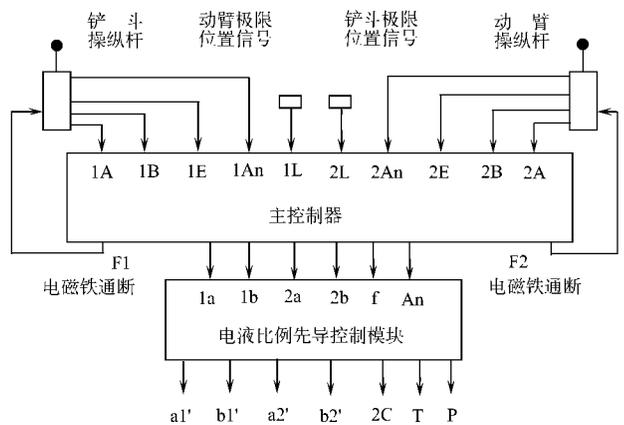


图 1 工作装置电比例操纵控制的原理

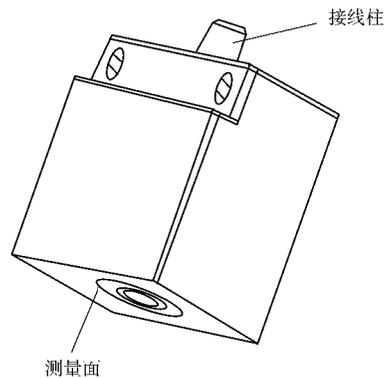


图 2 涡流传感器

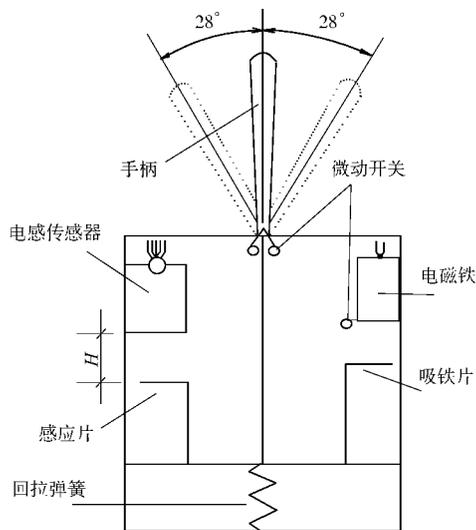


图 3 操纵器运动方案

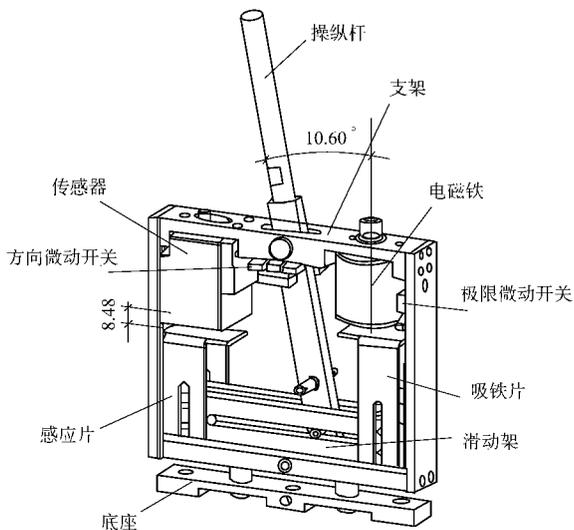


图 4 比例控制操纵手柄结构

行调整. 感应片的材料为非磁性材料铝合金, 目的是增强涡流传感器传感测量的灵敏度.

3 电比例操纵器测试

如图 5 所示是系统实验台, 是根据装载机工作装置电液比例先导控制系统的原理, 进行设计的操纵

控制模拟试验装置. 操纵器在实验台上有两个测试项目. (1) 铲斗操纵控制. 铲斗操纵杆向后运动触动方向判别微动开关时, 铲斗运动模拟驱动油缸活塞的运动方向的对应情况. 操纵杆连续运动时, 感应片的位移变化情况及铲斗运动模拟驱动油缸活塞的运动速度变化情况. 铲斗操纵杆旋转到极限位置并触动电磁铁下部的微动开关时, 操纵杆被锁定的情况及铲斗放平模拟限位器被触动时操纵杆自动复位情况. (2) 动臂操纵控制. 动臂操纵杆前后运动触动方向

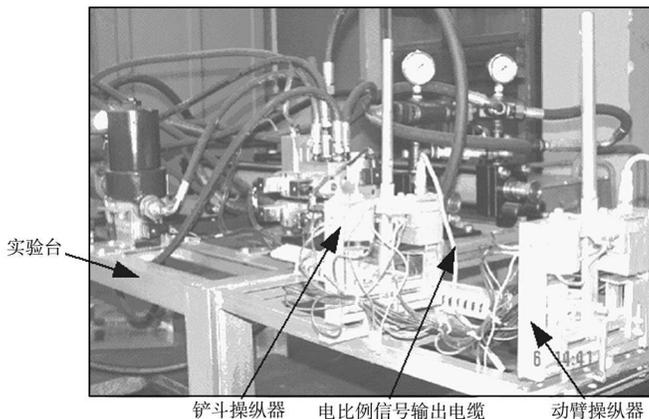


图 5 电比例操纵器测试实验台

判别微动开关时, 动臂运动模拟驱动油缸活塞的运动方向的对应情况. 操纵杆连续运动时, 动臂运动模拟驱动油缸活塞的运动速度变化情况. 动臂操纵杆向后旋转到极限位置并触动电磁铁下部的微动开关时, 操纵杆被锁定的情况及铲斗放平模拟限位器被触动时操纵杆自动复位情况. 动臂操纵杆向前运动到极限位置, 触动电磁铁下部的微动开关后操纵杆被锁定时, 动臂运动模拟油缸活塞的浮动情况; 搬动操纵杆脱离极限位置后, 动臂运动模拟油缸活塞

脱离浮动状态的情况. 模拟当发动机熄火而动臂处于上升状态时, 操纵动臂操纵杆时动臂模拟油缸活塞退回的情况. 如图 6 所示为操纵器操纵时, 传感器转换输出的电压信号曲线, 其横坐标为操纵杆回转角度(φ), 纵坐标为电压信号(U). 在操纵杆回转角度($^\circ$)为 0~ 5 的范围内, 输出曲线非线性, 可以由 PLC 处理成操纵杆位于中位时操纵控制的安全区域. 超出该区域时, 操纵杆则处于正常的比例控制范围. 由于动臂和铲斗的操纵器的机构设计和采用的电子元件设计完全一样, 其信号输出曲线也完全一样. 正因为这样,

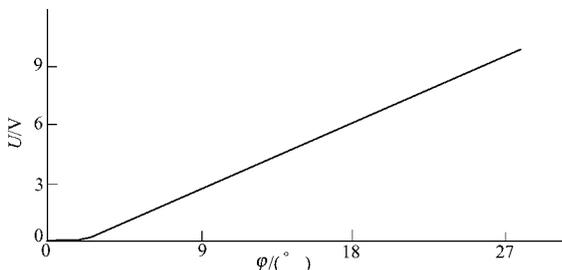


图 6 操纵器输出信号曲线

超出该区域时, 操纵杆则处于正常的比例控制范围. 由于动臂和铲斗的操纵器的机构设计和采用的电子元件设计完全一样, 其信号输出曲线也完全一样. 正因为这样,

可保证操纵器的通用性. 操纵器测试情况见表 1. 从表中可知, 操纵器的手柄操作力理论设计值要求小

表 1 操纵器功能测试结果

测试项目	测试结果	测试项目	测试结果
铲斗手柄操纵与铲斗翻转关系	逻辑关系正确	发动机熄火时动臂放下与动臂手柄关系	符合操纵要求
动臂手柄操纵与动臂升降关系	逻辑关系正确	手柄操纵力	8~9 N
手柄复位与工作装置限位器关系	回位关系正确	手柄回转角度	$\pm 28^\circ$
动臂手柄位置与动臂浮动关系	逻辑关系正确	系统响应时间	< 45 ms
铲斗操纵优先于动臂操纵关系	逻辑关系正确		

于 10 N, 实测结果为 8~9 N, 满足设计指标. 本操纵器的主要电子元件, 采用无接触式涡流电感传感器. 它在理论上可操作次数限制, 保证操纵器较长的使用寿命. 这种机构形式的操纵器因需采用较多的转换机械结构, 使得操纵器的操作力大于采用电位器式的操纵器. 操纵器其余功能完全达到了比例操纵控制的要求. 操纵器在装载机上的测试项目: (1) 操纵器在装载机上的安装; (2) 操纵器的操纵是否符合传统操作习惯; (3) 操纵器的各项控制功能在装载机实际工作环境下的操纵控制情况; (4) 装载机实际装载测试. 操纵器在 ZL60 装载机驾驶室中的安装情况, 如图 7 所示. 其安装位置与原手动先导阀的位置相同. 经实际装机测试, 操纵器操纵杆的操作力为 8~9 N, 其操作习惯与传统的相同. 操纵器的操纵控制效果良好.

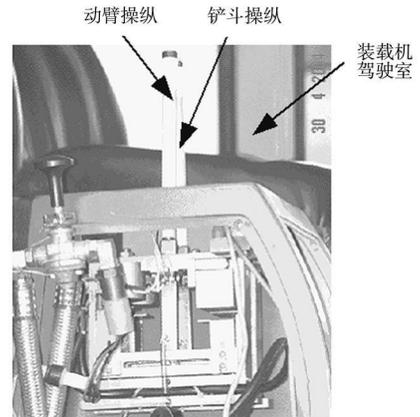


图 7 电比例器装载机测试

4 结束语

本文根据装载机工作装置电液比例操纵控制的要求, 研制了电比例操纵器. 这种操纵器可输出各种操纵控制电信号. 其工作可靠, 能满足装载机工作装置电液比例先导控制对前端操纵器的要求.

参 考 文 献

- 1 黄宗益. 工程机械机电一体化、机器人化[J]. 中国机械工程, 1996, 7(3): 64~66
- 2 杨力夫. 装载机工作装置电液比例控制系统[J]. 工程机械, 2002, 4(1): 1~81
- 3 石 峰, 曹开明. 6BFK12/24 型电液比例控制的研制[J]. 有色金属, 2000, 52(3): 15~17

Development of an Electric Proportional Joystick for the Use of Loader's Working Devices

Chen Exi Feng Peifeng Gong Zhijian Ye Lianfu

(Institute of Mechanical Engineering, Jimei University, 361021, Xiamen, China;

(Xiamen Alliance Controls Limited Company, 361012, Xiamen China)

Abstract Based on the principle of electrohydraulic pilot control for loader's working devices, the authors carry out a design of electric proportional joystick including structural plan and details. The joystick is designed by taking an eddy type inductance sensor with high reliability as electric proportional element on sensing and transducing. It is designed by taking practical work environment into consideration. As shown by development and experiment of joystick and by installing and testing of loader, this joystick is able to send out electric signals needed in operation control, it will meet the requirements by electrohydraulically proportional pilot control for the front end device.

Keywords loader, joystick, sensing and transducing, electric proportional control