

doi: 10.7690/bgzd.2014.06.020

挖掘机机器人控制系统

雷巍, 骆云志, 张春华

(中国兵器工业第五八研究所军品部, 四川 绵阳 621000)

摘要: 针对液压挖掘机的多变性、液压系统的高度非线性、整个控制系统存在大量的不确定量等问题, 提出了采用慎思和反应行为结合的复杂控制体系。以山地挖掘机为平台, 根据项目的主要功能和技术指标, 分析慎思和反应行为结合情况下的复合控制体系, 该控制体系通过以太网和 CAN 总线实现信息实时交互。应用结果表明: 该控制系统能实现挖掘机的机器人化, 并已成功应用于某预研项目。

关键词: 液压挖掘机; 机器人化; 复合控制体系

中图分类号: TP242 **文献标志码:** A

Control System of Robotic Excavator

Lei Wei, Luo Yunzhi, Zhang Chunhua

(Department of Military Products, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China)

Abstract: For the problems including the polytrope of hydraulic excavator, highly nonlinear hydraulic system and many uncertain data in the whole control system, so the complex control system of cautious consideration and reaction behavior has been used. The platform of project is the mountain excavator. According to the main features and technical specifications of the project, analysis of complex control system of cautious consideration and reaction behavior. The complex control system transmits information in real-time via Ethernet and CAN bus. Application results show that the control system can achieve the robotic excavator and has been successfully applied to a pre-research project.

Keywords: hydraulic excavator; robotized; complex control system

0 引言

由于挖掘机器人的电液比例位置控制系统由电液先导比例减压阀、多路阀、液压缸和液压系统等组成, 存在滞后、死区、迟滞、液压系统泄漏、摩擦、液压介质粘滞、阻尼变化和负载波动等问题, 所以是一个大滞后、大惯量、时变、不确定和不稳定的非线性系统, 在运动中, 工作装置随着关节角的变化, 其惯性力、负载等呈非线性变化, 并且还受关节间耦合因素的影响, 有较强的非线性因素, 动态响应特性变化大。死区和时间^[1]延滞是产生轨迹跟踪误差的主要原因, 且死区会随负载变化而变化, 当负载增大时死区也会在某一方向上增大, 难以实现稳定的高精度位置控制。为此, 张大庆和赵波等对挖掘机工作装置的运动控制进行了研究^[2-3]; 张强对挖掘机机器人规划控制方法与技术进行了研究^[4]。笔者以山地挖掘机为平台进行机器人化研究, 根据项目的主要功能和技术指标, 提出采用慎思和反应行为结合的复合控制体系, 以解决上述问题。

1 复合控制体系

自主作业挖掘机机器人实质上是以挖掘机为平台进行机器人化研究, 是一个集环境描述、自主决策与规划、行为控制和机器人技术等多种功能于一体

的集成系统^[5]; 因此, 确定合理有效的体系结构就显得尤为重要。经研究、综合和分析, 笔者决定采用慎思和反应行为结合的复合控制体系。如图 1 所示, 该复合控制体系主要由感知层、决策层、规划层和轨迹跟踪协调层等组成。

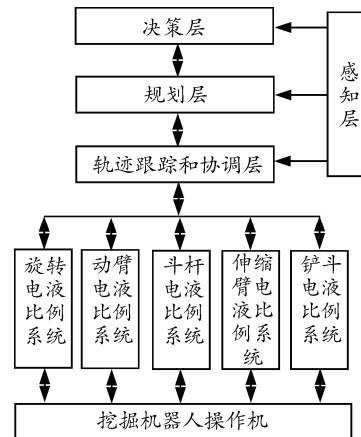


图 1 复合控制体系示意图

规划层根据决策层的命令和感知层的环境信息(挖掘处在挖掘机坐标系内的空间位姿、压力和各液压缸活塞杆位移等信息)作出自主作业挖掘机机器人运动轨迹规划。

轨迹跟踪和协调层根据规划层所作出的轨迹规划, 在系统同步时钟协调下制定出自主作业挖掘机

收稿日期: 2014-01-21; 修回日期: 2014-02-26

作者简介: 雷巍(1984—), 男, 重庆人, 本科, 工程师, 从事自动化控制的研究。

机器人的运动控制。

1.1 正常情况下——慎思

在正常情况下，按决策层、规划层和轨迹跟踪协调层的顺序从上到下依次执行。决策层根据自主作业文件(面向任务的机器人语言)和感知层的环境信息和挖掘机内部信息进行决策，并判断自主作业挖掘机器人的行为。

1.2 非正常情况下的反应行为

在非正常情况的反应行为控制中，轨迹跟踪和协调层一接到感知层(环境感知和内部感知)的异常信号(有不能预测的障碍物、电液伺服系统中的过/欠压和过/欠流、自主作业挖掘机器人角度检测错误等)就立即反应，并采取自保护措施：紧急避障/停止、切断能源、报警和显示相应故障信息^[6]。

2 挖掘机器人组成和控制系统

2.1 自主作业挖掘机器人组成

根据自主作业挖掘机器人的总体方案设计和考核指标要求，自主作业挖掘机器人组成如图 2 所示。自主作业挖掘机器人以现有的反铲式山地挖掘机为基础进行改装，由反铲式山地挖掘机、一台控制系统和一个立体激光雷达组成。自主作业挖掘机器人操作机又由回转装置及回转装置液压马达、动臂及动臂油缸、斗杆及斗杆油缸、伸缩臂及伸缩臂油缸和反铲式铲斗及铲斗油缸等组成。

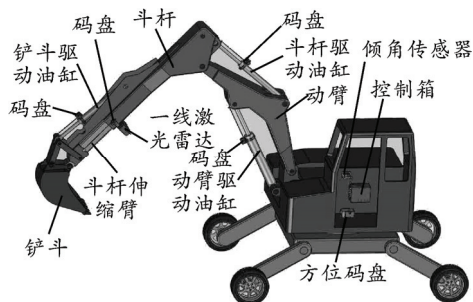


图 2 自主作业挖掘机器人示意图

2.2 自主作业挖掘机器人控制系统配置研究

如图 2 所示，自主作业控制系统由决策层系统、感知层系统、规划层系统以及轨迹跟踪和协调层系统组成。

2.2.1 决策层、感知层和规划层系统

决策层系统、感知层系统和规划层系统由图 3 中的主控计算机、操控盒、挖掘面环境感知传感器(1台立体激光雷达组成)、内部感知传感器(含挖掘机器人的动臂、斗杆和铲斗关节的电液伺服系统的压力传感器)和进行全闭环位置控制所需测量挖掘机器人操作机各关节液压缸活塞杆位移的拉线式绝对码盘等组成。

2.2.2 轨迹跟踪和协调层系统

轨迹跟踪和协调层系统由图 3 中的下位机控制器组成。

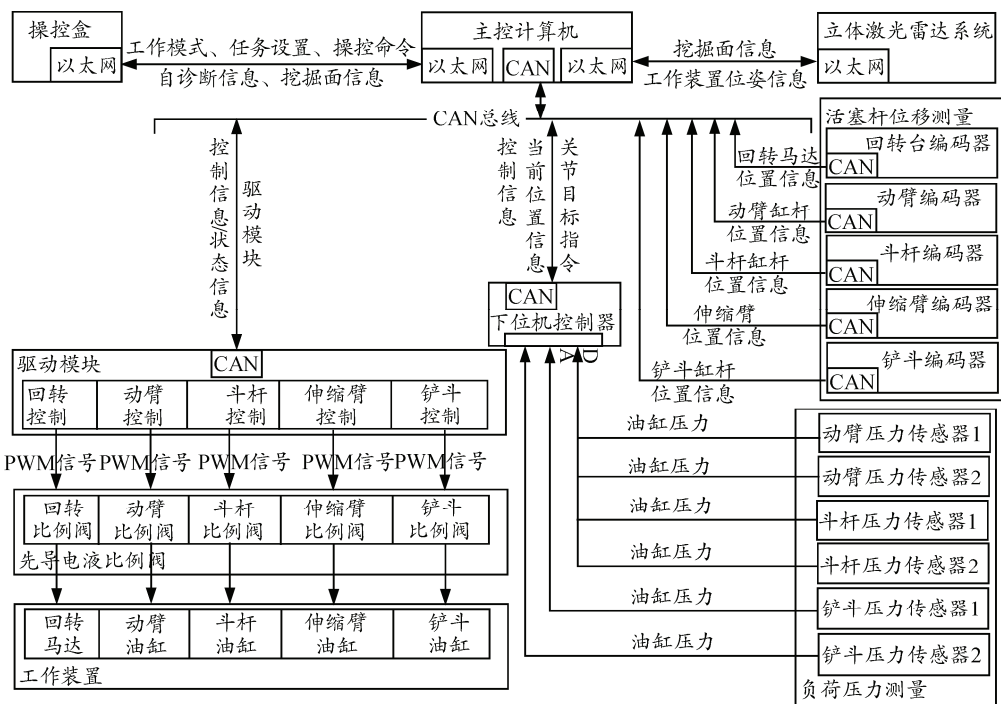


图 3 自主作业控制系统的配置示意图

(下转第 94 页)