

高等职业教育工程机械运用与维护专业 系列规划教材

# 现代工程机械 电液控制技术

○ 主编 蒋 波 ○ 副主编 肖心远 严朝勇 ○ 主审 苏汉元



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>



# 现代工程机械电液控制技术

主 编 蒋 波  
副主编 肖心远 严朝勇  
主 审 苏汉元

重庆大学出版社

## 内容提要

本书是根据高等职业教育的特点和工作任务过程导向的要求编写的,全书共分为9个项目。其主要内容包括工程机械机电液一体化系统的识别与应用;工程机械常用电液控制元件的应用与检修;电喷柴油机的应用与检修;工程机械行走电液控制系统的应用与检修;工程机械动力转向与制动系统的应用与检修;挖掘机电液控制系统的应用与检修;沥青混凝土摊铺机电液控制系统的应用与检修;沥青混凝土拌和楼电液控制系统的应用与检修;工程机械电液控制系统故障诊断技术等。

本书可作为高职高专院校工程机械类运用与维护专业的教学用书,可作为继续教育及职业培训教材,也可作为从事工程机械运用与修理工作的人员学习参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代工程机械电液控制技术/蒋波主编. —重庆:

重庆大学出版社,2011.10

ISBN 978-7-5624-6207-1

I. ①现… II. ①蒋… III. ①工程机械—液压控制  
IV. ①TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 110600 号

### 现代工程机械电液控制技术

主 编 蒋 波

副主编 肖心远 严朝勇

主 审 苏汉元

策划编辑:周 立

责任编辑:文 鹏 姜 凤 版式设计:周 立

责任校对:夏 宇 责任印制:赵 晟

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023)65102378 65105781

传真:(023)65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆科情印务有限公司印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:22 字数:549 千  
2011 年 10 月第 1 版 2011 年 10 月第 1 次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-6207-1 定价:39.50 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换  
版权所有,请勿擅自翻印和用本书  
制作各类出版物及配套用书,违者必究

现代工程机械正处在一个机电液一体化技术飞速发展的时代。引入机电液一体化技术,使机械、液压技术和电子控制技术等地融合在一起,可以极大地提高工程机械的各种性能,如动力性、燃油经济性、可靠性、安全性、操作舒适性以及作业精度、作业效率、使用寿命等。目前以微机或微处理器为核心的电子控制装置(系统)在现代工程机械中的应用已经相当普及,电子控制技术已经深入到工程机械的许多领域,如摊铺机和平地机的自动找平系统;拌和设备称重计量过程的自动控制系统;挖掘机的电子功率优化系统;柴油机的电子调速系统;装载机、铲运机变速箱的自动控制系统;工程机械的状态监控与故障自诊断系统等。随着科学技术的不断发展,对工程机械的性能要求不断提高,电子(微机)控制装置在工程机械上的应用将更加广泛,结构将更加复杂,从而对工程机械类专业人才的培养提出了更高要求。

工程机械类专业的学生普遍在学习了工程机械的机械构造、液压技术和电子技术等相关课程之后,亟需一门综合性较强的专业课程对以前的知识节点加以总结、提高,以便做到融会贯通;同时许多工作在生产第一线的工程机械技术人员普遍反应需要加强工程机械电液控制技术方面的理论知识,提高工程机械电液控制技术方面的操作技能。

然而系统地分析工程机械电液控制技术,尤其是面向工程机械类高职高专学生和工作在生产第一线的工程机械技术人员的教材很少。所以我们根据全国交通职业教育指导委员会的要求,按照工作任务过程导向的模式编写了《现代工程机械电液控制技术》一书。全书共分9个项目,其中项目1是工程机械机电液一体化系统的识别与应用;项目2是工程机械常用电液控制元件的应用与检修;项目3是电喷柴油机的应用与检修;项目4是工程机械行走电液控制系统的应用与检修;项目5是工程机械动力转向与制动系统的应用与检修;项目6是挖掘机电液控制系统的应用与检修;项目7是沥青混凝土摊铺机电液控制系统的应用与检修;项目8是沥青混凝土拌和楼电液控制系统的应用与检修;项目9是工程机械电液控制系统故障诊断技术。每一个项目都根据职业教育的特点和工作任务过程导向的要求,循序渐进地分解为项目剖析与目标、任务分解、任务描述、任务分析、知识准备、任务实施、知识拓展、实验实训和项目小结等环节。在编写过程中力求文字通俗易懂,图文并茂,形式新颖活泼,克服了传统教材理论内容偏深、偏多、抽象的弊端,突出了理论与实践相结合的原则。

本书中的项目1、4、5、6、7由广东交通职业技术学院蒋波编写,并负责完成统稿工作;项目2、3由广东交通职业技术学院严朝勇编写;项目8、9由广东交通职业技术学院肖心远编写。全书由蒋波担任主编,肖心远、严朝勇担任副主编,长沙理工大学苏汉元担任主审。

本书在编写过程中,得到了许多工程机械制造企业、公路工程施工企业和交通系统许多兄弟院校的宝贵意见和大力支持,在此表示衷心感谢!

鉴于编者水平有限,时间仓促,尤其是采用工作任务过程导向的高职类规划教材编写经验不足,书中不当之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2011年5月

|             |                                  |    |
|-------------|----------------------------------|----|
| <b>项目 1</b> | <b>工程机械机电液一体化系统的识别与应用</b>        | 1  |
| 任务          | 工程机械机电液一体化技术的应用                  | 2  |
|             | 【任务拓展】工程机械机电液一体化控制系统的组成<br>与工作原理 | 6  |
| 实训 1        | 电液位置伺服系统实验                       | 10 |
| <b>项目 2</b> | <b>工程机械常用电液控制元件的应用与检修</b>        | 13 |
| 任务 2.1      | 工程机械检测元件的选择与应用                   | 14 |
|             | 【知识准备】工程机械常用传感器的结构与工作原理          | 15 |
|             | 【任务实施】传感器的选择与检修                  | 33 |
|             | 【知识拓展】工程机械搅拌设备常用称重传感器的选型         | 37 |
| 实训 2.1      | 霍尔传感器的测量实验                       | 42 |
| 任务 2.2      | 工程机械控制电器的选择与应用                   | 43 |
|             | 【知识准备】工程机械常用控制电器                 | 44 |
|             | 【任务实施】工程机械常用控制电器的选择与检修           | 49 |
|             | 【知识拓展】工程机械电气系统检测与诊断              | 52 |
| 任务 2.3      | 工程机械执行元件的选择与应用                   | 55 |
|             | 【知识准备】工程机械执行元件                   | 56 |
|             | 【任务实施】工程机械执行元件的选择与检修             | 58 |
| 实训 2.2      | 三相交流异步电动机降压启动与正、反转控制实验           | 59 |
| <b>项目 3</b> | <b>电喷柴油机的应用与检修</b>               | 63 |
| 任务          | 工程机械电喷柴油机的选择与应用                  | 64 |
|             | 【知识准备】工程机械电喷柴油机的工作原理             | 64 |
|             | 【任务实施】工程机械电喷柴油机的应用与检测            | 73 |
|             | 【知识拓展】电喷柴油机在工程机械中的应用             | 90 |
| 实训 3        | 康明斯 ISBE 电控柴油机功率不足故障诊断与排除        | 93 |



|             |                                 |     |
|-------------|---------------------------------|-----|
| <b>项目 4</b> | <b>工程机械行走电液控制系统的应用与检修</b>       | 99  |
| 任务 4.1      | 工程机械自动换挡变速器的选择与应用               | 100 |
|             | 【知识准备】工程机械自动换挡变速器的工作原理          | 100 |
|             | 【任务实施】工程机械自动变速器的检测维护、拆装与故障诊断    | 111 |
|             | 【知识拓展】自动变速器在工程机械中的应用            | 121 |
| 任务 4.2      | 工程机械无级变速控制系统的应用                 | 125 |
|             | 【知识准备】工程机械无级变速控制系统的工作原理         | 126 |
|             | 【任务实施】工程机械无级变速控制系统的检测维护、拆装与故障诊断 | 132 |
|             | 【知识拓展】工程机械无级变速控制系统的应用           | 140 |
| 实训 4        | 容积调速性能实验                        | 143 |
| <b>项目 5</b> | <b>工程机械动力转向与制动系统应用与检修</b>       | 149 |
| 任务 5.1      | 工程机械动力转向系统的应用与检修                | 150 |
|             | 【知识准备】工程机械动力转向系统的工作原理           | 150 |
|             | 【任务实施】工程机械动力转向系统的检测维护、拆装与故障诊断   | 159 |
|             | 【知识拓展】电控液压力动力转向系统在工程机械中的应用      | 168 |
| 实训 5.1      | 全液压转向加力器的拆装与检测                  | 173 |
| 任务 5.2      | 工程机械动力制动系统的应用与检修                | 175 |
|             | 【知识准备】工程机械动力制动系统的工作原理           | 176 |
|             | 【任务实施】工程机械动力制动系统的检测维护、拆装与故障诊断   | 181 |
|             | 【知识拓展】线控电液动力制动系统在工程机械中的应用       | 190 |
| 实训 5.2      | 液压动力制动阀动态特性检测实验设计               | 193 |
| <b>项目 6</b> | <b>挖掘机电液控制系统应用与检修</b>           | 197 |
| 任务          | 挖掘机电液控制系统的应用与检修                 | 198 |
|             | 【知识准备】挖掘机的结构与工作原理               | 198 |
|             | 【任务实施】挖掘机电液控制系统的检修与故障诊断         | 214 |

|             |                                     |     |
|-------------|-------------------------------------|-----|
|             | 【知识拓展】液压挖掘机的节能控制技术未来发展趋势 .....      | 232 |
| 实训 6        | PC200-5 型控制器性能检测实验 .....            | 234 |
| <b>项目 7</b> | <b>沥青混凝土摊铺机电液控制系统应用与检修</b> .....    | 237 |
| 任务          | 沥青混凝土摊铺机电液控制系统的应用与检修 .....          | 238 |
|             | 【知识准备】沥青混凝土摊铺机的结构与工作原理 .....        | 238 |
|             | 【任务实施】沥青混凝土摊铺机的维护、监控与故障诊断 .....     | 267 |
|             | 【知识拓展】PWM 脉宽调制技术在沥青混凝土摊铺机中的应用 ..... | 275 |
| 实训 7        | 沥青混凝土摊铺机液压系统的安装与调试实验 .....          | 279 |
| <b>项目 8</b> | <b>沥青混凝土拌和楼电控系统应用与检修</b> ...        | 285 |
| 任务          | 沥青混凝土拌和楼电控系统的应用与检修 .....            | 286 |
|             | 【知识准备】沥青混凝土拌和楼的结构与工作原理 .....        | 286 |
|             | 【任务实施】沥青混凝土拌和楼的维护、拆装与故障诊断 .....     | 302 |
|             | 【知识拓展】影响沥青混凝土拌和楼生产质量的因素 .....       | 310 |
| 实训 8        | 沥青混凝土拌和楼电子秤的安装与调试实验 .....           | 313 |
| <b>项目 9</b> | <b>工程机械电液控制系统故障诊断技术</b> .....       | 317 |
| 任务          | 工程机械故障诊断技术的应用 .....                 | 318 |
|             | 【知识准备】工程机械故障诊断方法 .....              | 318 |
|             | 【任务实施】工程机械远程故障诊断系统的设计 .....         | 329 |
|             | 【任务拓展】PDA 在工程机械现场检测与故障诊断中的应用 .....  | 336 |
| 实训 9        | 工程机械机油品质的识别与检测 .....                | 341 |
| <b>参考文献</b> | .....                               | 343 |



# 工程机械机电液一体化系统的识别与应用

## 项目剖析与目标

一方面由于我国基础设施建设的大力发展,工程机械的需求量越来越大,对工程机械的研究和应用得到了高度重视;另一方面由于近年来国内、外工程机械科技领域以电子、液压和信息技术等为先导,在计算机故障诊断与监控、精确定位与作业、发动机燃油控制和人机工程学等方面,进行大量的研究,开发出与各种工程机械相匹配的软、硬件控制系统,使工程机械产品向大功率、信息化、智能化方向大步前进,工程机械的技术水平显著提高。随着社会的发展,人们对工程机械的发展方向提出了更多的要求,如高性能、低能耗、操纵轻便灵活、安全舒适、可靠耐用等,即对于现代工程机械,人们已不满足其“能工作”,而是要求其“出色工作”,希望能实现省力、自动化、智能化和低耗能等要求。这就对广大工程机械的相关技术人员在工程机械设计、制造和应用的全面质量管理过程中提出了更高的要求。

本项目主要针对现代工程机械的机电液一体化技术的发展趋势、研究的主要内容、基本组成和工作原理进行分析。



## 任务 工程机械机电液一体化技术的应用

### 1. 工程机械机电液一体化技术的发展趋势

现代机械的一个重大特征就是将先进的制造工艺、电子技术与液压技术结合起来,其结合体在各类机械的应用代表了机械水平发展的一个重要方向;而“电液控制技术”是在液压传动技术和自动控制技术的基础上发展起来的一门较新的新兴学科,是机电一体化技术的重要组成部分。

现代工程机械正处在一个以机电液一体化技术发展为标志的时代。引入机电液一体化技术,使机械、液压技术和电子控制技术等有机地结合,可以极大地提高工程机械的各种性能,如动力性、燃油经济性、可靠性、安全性、操作舒适性以及作业精度、作业效率、使用寿命等。目前电液控制系统在现代工程机械中的应用已经相当普及,电子控制技术已经深入到工程机械的许多领域,如摊铺机和平地机的自动调平系统、自动供料和恒速行走系统,拌和设备的自动称量和温度控制系统,挖掘机的电子功率优化系统,柴油机的电子调速系统,装载机和铲运机的自动换挡系统,工程机械的状态监控与故障自诊断系统等。随着科学技术的不断发展对工程机械的性能要求不断提高,工程机械机电液一体化技术的发展必将越来越快,主要表现在以下几方面:

#### 1) 数字化设计与制造技术的广泛使用

数字化设计与制造不仅贯穿企业产品开发的全过程,而且涉及企业的设备布置、物流、生产计划、成本分析等多个方面。数字化技术具有分辨率高、表述精度高、可编程处理、处理迅速、信噪比高、传递可靠迅速、便于存储、提取和集成、联网等重大技术优势。这些技术优势必然给产品的设计与制造带来新的方法和途径。数字化设计与制造技术的应用可以大大提高企业的产品开发能力,缩短产品研制周期,降低开发成本,实现最佳设计目标和企业间的协作,使企业能在最短时间内组织全球范围的设计制造资源,开发出新产品,大大提高企业的竞争能力。在制造企业中全面推行数字化设计与制造技术,通过在产品全生命周期中的各个环节普及与深化计算机辅助技术、系统及集成技术的应用,使企业的设计、制造、管理技术水平全面提升,促进传统产业在各个方面的技术更新,使企业在持续动态多变、不可预测的全球性市场竞争环境中生存发展并不断地扩大其竞争优势。数字化设计与制造技术集成了现代设计制造过程中的多项先进技术,包括三维建模、装配分析、优化设计、系统集成、产品信息管理、虚拟设计与制造、多媒体和网络通信等,是一项多学科的综合技术。

## 2) 系列化、多用途

为了全方位地满足不同用户的需求,工程机械正朝着系列化、多用途方向发展。工程机械发展的重要趋势之一是逐步实现从微型到特大型不同规格的产品系列化。推动工程机械进入微型化发展阶段的因素,首先源于液压技术的发展。通过合理设计液压系统,使执行机构能够完成多种作业功能;安装在工作装置上的液压快速可更换联接器,可使各种附属作业装置的快速装卸及液压软管的自动联接等能在作业现场完成,甚至在驾驶室通过操纵手柄即可快速完成更换附属作业装置的工作。

为占领这一市场,各生产厂商都相继推出了多用途、小型和微型工程机械。如针对市政建筑发展操作优良的小型工程机械。另外,在工程机械的性能上还要做到改善移位和方向变换性能的高速化;安装简便,搬运性好的轻型化;提高作业效率并减少能耗的高效化等。为使用户在不增加投资的前提下充分发挥设备本身的效能,能完成更多的工作,将大力提高工程机械零部件的通用性。如卡特彼勒公司生产的 RLL 系列综合多用途机械、克拉克公司生产的“山猫”系列机械等。产品更新换代的周期明显缩短。

## 3) 多机电系统的总线管理

总线技术的发展,特别是针对运动系统实时控制的现场总线的发展,为工程机械的闭环实时控制提供了方便。广泛采用数据总线、多处理器、信息融合与调度技术,摒弃每个机电液子系统单独配备一套电子控制系统的传统模式,运用先进的系统管理策略,使机电液子系统的控制管理具有冗余度、任务重构和故障覆盖与自修复功能。从根本上改变现有机电液子系统单独控管的体系结构,将大幅度地减轻系统重量、提高可靠性和实现综合显示。如 CAN 总线使多个计算机的并行相互通信成为可能,这就大大地简化了计算机控制系统,降低了成本,推进了计算机控制工业化的进程。

## 4) 控制系统可靠性进一步加强

广泛应用于工程机械产品设计中的集液压、微电子及信息技术于一体的智能控制系统成为主流开发方向。计算机辅助驾驶系统、信息管理系统及故障诊断系统将依托微电子技术与信息技术的广泛应用而不断完善;电子监控和自动报警系统、自动换挡变速装置将被广泛采用;数字系统更容易实现多回路控制,在位置闭环控制中加上压力反馈(动压反馈),可扩展液压系统的频带。这样液压控制系统不仅适用于大功率而且还可满足高精度高响应的要求。液压系统比其他方式更有优越性,使液压技术更具有强大的生命力;用于物料精确挖(铲)、装、载、运作业的工程机械将安装 GPS 定位与载重量自动称量装置。

以施工工艺研究为基础,以计算机技术、微电子技术、信息技术、无线通信技术和自动控制技术的综合应用为手段,各种施工机群,如用于高速公路施工的沥青搅拌站、运输车、转运车和摊铺机,即组成一个施工机群的智能化研究将相继展开。

### 5) 主动维护,提高故障诊断水平

要实现主动维护技术,必须要加强工程机械故障诊断方法的研究,使故障诊断现代化;加强故障诊断的理论研究,提高故障诊断的可行性;深入应用模糊数学理论、灰色系统理论、神经网络理论进行故障诊断,不断提高故障诊断的理论水平和实用性;加强专家系统的研究,要总结专家的知识,建立完整的、具有学习功能的专家知识库,并利用计算机根据输入的现象和知识库中的知识,用推理机中存在的推理方法,推算出引起故障的原因,提出维修方案和预防措施。要进一步开发故障诊断专家系统通用工具软件,对于不同的电液系统,只须修改少量的规则。另外,还应开发工程机械液压系统自补偿系统等,包括自调整、自润滑、自校正,在故障发生之前进行补偿,这是将要进一步努力的方向。

可以预料,未来的工程机械将具备完善的控制系统的高度自动化和智能化。工程机械将进入一个新的发展时期,产品在以信息技术为先导,广泛应用各种新技术的同时,不断涌现出新结构和新产品。继完成提高整机可靠性任务之后,技术发展的重点在于增加产品的电子信息技术含量,努力完善产品的标准化、系列化和通用化。

总之,工程机械机电液一体化的发展趋势可以概括为以下3个方面:性能上向高精度、高效率、高性能、智能化的方向发展;功能上向小型、轻型化、多功能方向发展;层次上向系统化、复合集成化的方向发展。

## 2. 工程机械机电液一体化技术的研究内容

### 1) 机电一体化的产生和发展

机电一体化(Mechatronics)一词最早(20世纪70年代初)起源于日本。它取英文Mechanics(机械学)的前半部和Electronics(电子学)的后半部拼合而成,字面上表示的是机械学与电子学两个学科的综合,我国通常称为机电一体化或机械电子学。但是,“机电一体化”并非是机械技术与电子技术的简单叠加,而是有着自身体系的新型学科。

目前,人们对“机电一体化”存在着各种不同的认识,随着生产和科学技术的发展“机电一体化”本身的涵义也还在被赋予新的内容。因此,“机电一体化”这一术语尚无统一的定义,不过其基本概念和涵义可概括为:机电一体化是在大规模集成电路和微型计算机为代表的微电子技术高度发展,向传统机械工业领域迅速渗透,机械电子技术深度结合的现代工业基础上,综合应用机械技术、微电子技术、自动控制技术、信息技术、传感测试技术、电力电子技术、接口技术、信号变换技术以及软件编程技术等群体技术,根据系统功能目标和优化组织结构目标,合理配置布局机械本体、执行机构、动力驱动单元、传感测试元件、控制元件、微电子信息接收、分析、加工、处理、生产、传输单元和线路以及衔接接口文件等硬件元素,并使之在软件程序和微电子电路之间实现有目的的信息流向导引。

机电一体化的发展大体可以分为3个阶段。

20世纪60年代以前为第一阶段,这一阶段称为初级阶段。在这一时期,人们自觉不自觉地利用电子技术的初步成果来完善机械产品的性能。特别是在第二次世界大战期间,战争刺激了机械产品与电子技术的结合,这些机电结合的军用技术,战后转为民用,对战后经济的恢复起了积极的作用。那时研制和开发从总体上看还处于自发状态。由于当时电子技术的发展尚未达到一定水平,机械技术与电子技术的结合还不可能广泛和深入发展,已经开发的产品也无法大量推广。

20世纪70—80年代为第二阶段,可称为蓬勃发展阶段。这一时期,计算机技术、控制技术、通信技术的发展,为机电一体化的发展奠定了技术基础。大规模、超大规模集成电路和微型计算机的迅猛发展,为机电一体化的发展提供了充分的物质基础。这个时期的特点是:①mechatronics一词首先在日本被普遍接受,大约到20世纪80年代末期在世界范围内得到比较广泛的承认;②机电一体化技术和产品得到了极大发展;③各国均开始对机电一体化技术和产品给予很大的关注和支持。

20世纪90年代后期,开始了机电一体化技术向智能化方向迈进的新阶段,机电一体化进入发展时期。一方面,光学、通信技术等进入了机电一体化,微细加工技术也在机电一体化中崭露头角,出现了光机电一体化和微机电一体化等新分支;另一方面对机电一体化系统的建模设计、分析和集成方法,机电一体化的学科体系和发展趋势都进行了深入研究。同时,由于人工智能技术、神经网络技术及光纤技术等领域取得的巨大进步,为机电一体化技术开辟了发展的广阔天地。这些研究,将促使机电一体化进一步建立完整的基础和逐渐形成完整的科学体系。

## 2) 工程机械机电液一体化技术

工程机械机电液一体化技术仍然属于机电一体化的内容,由于液压与液力传动技术在工程机械技术构成中所占的比例越来越大,为突出这一特点,人们习惯将工程机械机电一体化技术称为工程机械机电液一体化技术。在这一领域内,紧紧围绕着两个方面的内容进行研究:一是以简化驾驶员操作,提高车辆的动力性、经济性以及作业效率,节省能源为目的的机械、电子、液压融合技术。如自动换挡系统、挖掘机多动作复合功能系统等。二是以提高作业质量为目的的机电液一体化控制技术,如摊铺机、平地机自动找平和恒速控制系统,振动压路机“软”起振和停振系统等。

工程机械机电液一体化技术是以机械、液压、电子技术为主,通过信息技术将三者有机结合而形成的高技术,其实质是应用系统工程的观点和方法,综合运用各种现代高新技术进行产品的设计与开发,实现产品内部各组成部分的合理匹配,从而提高产品质量和生产效率。机电液一体化系统的最本质的特征是一种机械,但又不同于一般的机械,它是在机构的主功能、动力功能、信息与控制功能上引进了电子技术,并与软件有机结合而成的一种特殊的机械系统。从功能上讲,是用于完成包括机械力、运动和能量流等多动力学任务的机械和机电部件相互联系的系统。

工程机械机电液一体化系统是一个完整的系统,强调各种技术的协调和集成,各部

分之间是有机结合而不是简单拼凑和堆积。机电液一体化系统综合运用了机械工程、控制系统、电子技术、计算机技术和电工技术等多种技术,机电液一体化系统的执行机构扩展到了广义执行机构,即包括驱动元件和执行机构子系统。机电液一体化具有跨学科性、集成性、融合性、复杂性。机电液一体化系统的最终目的是实现可控的运动行为。它是充分利用电子计算机的信息处理和控制功能、利用可控驱动元件特性的现代机械系统。工程机械的机电液三部分所构成的组合体如能称作机电液一体化系统,必须具备三大功能:一是能检测、识别工作对象和工作条件;二是可根据检测、识别结果和工作目标,自行作出下一步动作的决策;三是有响应决策、执行动作的伺服机构。

## 【任务拓展】工程机械机电液一体化控制系统的组成与工作原理

### 1. 自动控制系统的基本组成

自动控制系统是在无人直接参与的情况下可使生产过程或其他过程按期望规律或预定程序进行的控制系统。任何一个自动控制系统都是由被控对象和控制器有机构成的。自动控制系统根据被控对象和具体用途不同,可以有各种不同的结构形式。图 1.1 是一个典型自动控制系统原理图。图中的每一个方框,代表一个具有特定功能的元件。除被控对象外,控制装置通常是由测量元件、比较元件、放大元件、执行机构、校正元件以及给定元件等组成。这些功能元件分别承担相应的职能,共同完成控制任务。

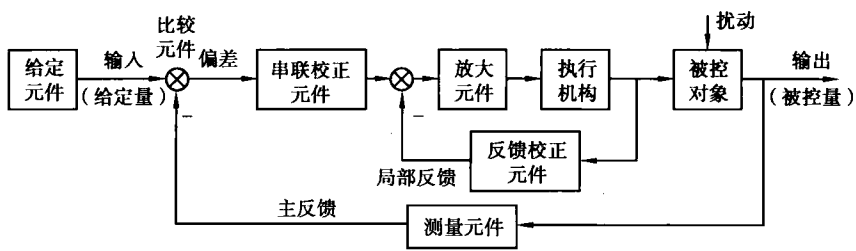


图 1.1 典型自动控制系统原理图

- 被控对象 一般是指生产过程中需要进行控制的工作机械、装置或生产过程。描述被控对象工作状态的、需要进行控制的物理量就是被控量。
- 给定元件 主要用于产生给定信号或控制输入信号。
- 测量元件 用于检测被控量或输出量,产生反馈信号。如果测出的物理量属于非电量,一般要转换成电量以便处理。
- 比较元件 用来比较输入信号和反馈信号之间的偏差。它可以是一个差动电路,

也可以是一个物理元件(如电桥电路、差动放大器、自整角机等)。

**放大元件** 用来放大偏差信号的幅值和功率,使之能够推动执行机构调节被控对象。例如功率放大器、电液伺服阀等。

**执行机构** 用于直接对被控对象进行操作,调节被控量。如阀门,伺服电动机、液压油缸、液压马达等。

**校正元件** 用来改善或提高系统的性能。常用串联或反馈的方式连接在系统中。例如 RC 网络、测速发电机等。

## 2. 典型工程机械机电液一体化控制系统的组成

工程机械是以内燃机作动力源,在野外进行自行式作业的机械设备。它由动力装置、传动装置、行走装置、工作装置和操纵装置等组成。这 5 部分实现一体化,将促进整机性能的提高。工程机械机电液一体化技术的主要内容包括以下几个方面:整机电子控制,如电液传动及操纵控制、仿真控制、远距离控制、无线遥控及智能控制等;发动机电子控制,如燃油喷射、发动机工况和电控泵的监测与控制、冷却系统和润滑系统的检测与保护等;行走系统的电子控制,如自动调速、恒速控制、全轮独立自动转向、直线行驶控制、功率分配控制等;工作装置的电子控制,如自动找平、自动料位控制、自动调频、调幅等。

起重机械是各种物料的起重、运输、装卸、安装和人员输送等现代工业生产作业中不可缺少的设备。

起重机是以间歇、重复的工作方式,通过起重吊钩或其他吊具起升、下降或升降与运移物料的机械设备。下面以工程起重机为例,介绍如何将 iCAN 系列功能模块、ZLG 系列、CAN-bus 接口卡,组建成一个可靠控制、易于开发的 CAN-bus 应用网络,以及在工程机车控制网络中快速应用的方法。

### 1) CAN-bus 总线技术

CAN-bus 总线是国际上应用最广泛的现场总线之一,最初被设计用做汽车电子控制单元(ECU:Electric Control Unit)的串行数据传输网络,现已被广泛应用于欧洲的中高档汽车中。近几年来,由于 CAN-bus 总线极高的可靠性、实时性,CAN-bus 总线开始进入中国各个行业的数据通信应用,并于 2002 年被确定为电力通信产品领域的国家标准。

CAN-bus 网络使用普通双绞线作为传输介质,采用直线拓扑结构,单条网络线路至少可连接 110 个节点,当通信距离不超过 40 m 时,数据传输速率可达 1 Mbps,最远通信距离可达 10 公里(使用标准 CAN 收发器 PCA82C250/251 芯片)。

CAN-bus 网络为多主结构网络,根据信息帧优先级进行总线访问,大大提高了系统的性能;CAN 总线采用短帧报文结构,实时性好,并具有完善的数据校验、错误处理以及检错机制,此外 CAN 总线节点在严重错误下会自动脱离总线,对总线通信没有影



响。CAN-bus 网络中,数据收发、硬件检错均由 CAN 控制器硬件完成,大大增强了 CAN-bus 网络的抗电磁干扰能力。

CAN-bus 总线的适用范围:可适用于节点数目很多,传输距离在 10 公里以内,安全性要求高的场合;也可适用于对实时性、安全性要求十分严格的机械控制网络。

目前,国内的汽车、电梯行业已是 CAN-bus 应用的典型领域,工业控制、智能楼宇、工程机械等行业也得到了广泛的应用。

### 2) CAN-bus 总路线技术在工程机械行业中的发展

由于嵌入式电脑、网络通信、微处理器、自动控制等先进技术的日渐广泛应用,工程机械控制系统的性能和集成度已经有了很大的提高,工程机械的操作便利性、安全性都得到了大幅度提高。

在基于集中控制方式的工程机械中,一方面由于多个 ECU 单元的使用,各 ECU 之间的通信越来越复杂,必然导致了更多的信号连接线,使控制系统安装、维护手续繁琐,运行的可靠性、应用的灵活性有所降低,维修难度增大;另一方面,为提高系统中信号的利用率,要求有大量的数据信息可以在不同的控制单元中共享,大量的控制信号也需要实时交换。传统的集中式控制系统已落后于工程机械中现代通信功能的需求。

传统的控制系统结构示意图如 1.2 所示:

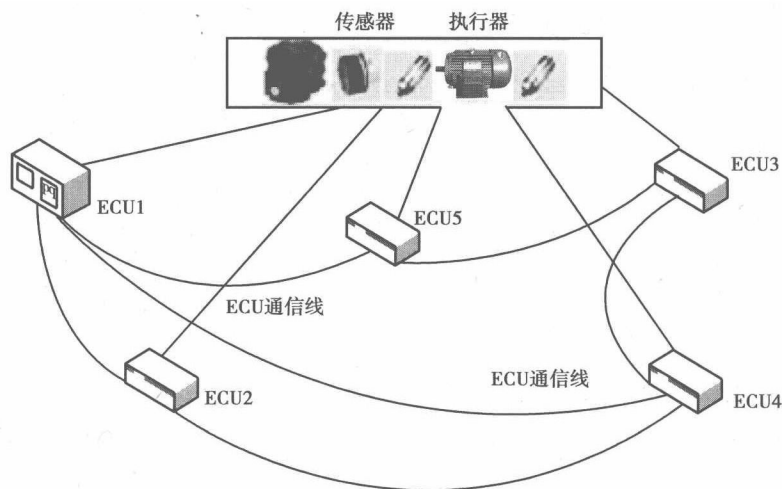


图 1.2 工程机械传统控制系统结构示意图

因此,如何提高系统的性能,开发通信应用的灵活性和方便性,降低使用和维护的成本是必须解决的问题,而 CAN-bus 总线在工程机械控制系统中的应用也能够有效解决这些问题。

无论是在欧洲、美洲,还是在亚洲,CAN-bus 总线技术在工程机械领域都已经存在着广泛的产品实例,也有着良好的发展前景。

CAN-bus 由于良好性能,特别适合于工程机械中各电子单元之间的互联通信。随着 CAN-bus 总线技术的引入,工程机械中基于 CAN-bus 总线的分布式控制系统取代原

有的集中式控制系统,传统的复杂的线束被 CAN-bus 总线所代替。系统中各种控制器、执行器以及传感器之间通过 CAN-bus 总线连接,线缆少、易敷设,实现成本低,而且系统设计更加灵活,信号传输可靠性高,抗干扰能力强。

目前 CAN-bus 总线技术在工程机械上的应用越来越普遍。国际上一些著名的工程机械大公司如 CAT、VOLVO、利勃海尔等都在自己的产品上广泛采用 CAN-bus 总线技术,大大提高了整机的可靠性、可检测和可维修性,同时提高了智能化水平。而在国内,CAN-bus 总线控制系统也开始在工程汽车的控制系统中广泛应用,在工程机械行业中也正在逐步推广应用。

### 3) 汽车起重机 CAN-bus 网络

工程机械的控制系统需要完成对系统中各种传感器、执行器、发动机、变速器等的控制及监测。不同的工程机械产品,其控制系统的组成并不完全一致,但其控制系统的构成方式基本上类似。

以汽车起重机为例,其基于 CAN-bus 总线的典型控制系统基本结构如图 1.3 所示。CAN-bus 总线的应用使工程机械控制系统功能具有良好的可扩展性,易于实现对各分系统的集中监测和管理。此外 CAN-bus 总线的应用使用户的使用、维护、故障诊断更加灵活和方便,例如起重机在出厂调试时,工厂计算机系统可以通过 CAN-bus 总线访问其控制系统,记录保存调试数据,以作为在故障时维修的原始参考数据。

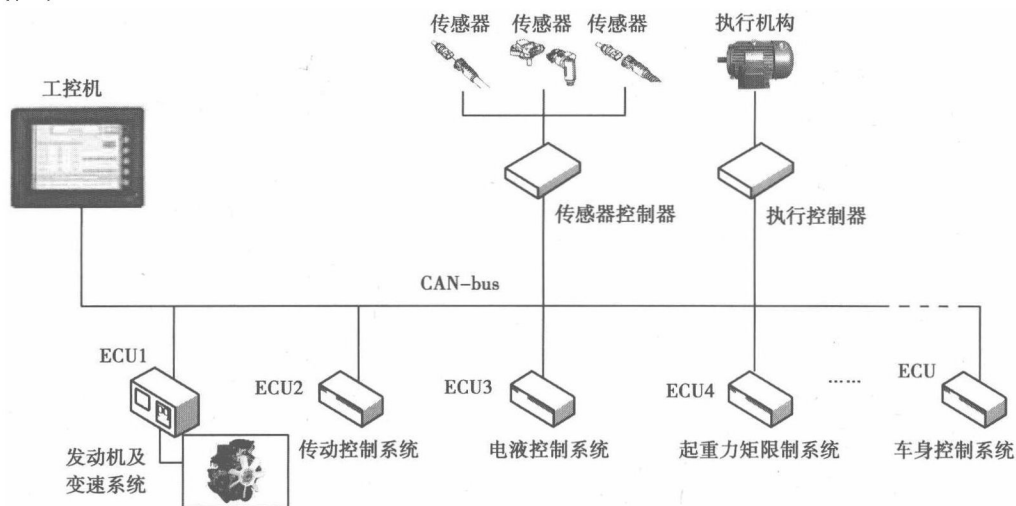


图 1.3 基于 CAN-bus 总线的汽车起重机控制系统结构示意图