

# 工程机械控制器与控制技术

## Controller and Control Technology of Construction Machinery

张东宝

ZHANG Dong-bao

河北路桥集团有限公司, 河北 石家庄 050011

Hebei Road & Bridge Co. Ltd., Shijiazhuang 050011, Hebei, China

**【摘要】** 基于工程机械控制器的现状,对国内三一重工、西筑、常林等的产品中控制器的应用情况进行了叙述;提出了工程机械控制技术的发展趋势,即嵌入式技术、故障诊断智能化等。研究得出:继续研究完善工程机械专用控制器是今后工程机械控制器发展的必然趋势,也是国内工程机械控制器竞争的主要方向。

**【Abstract】** The application state of controllers produced by SANY, Xi'an Road Construction Machinery and CHANGLIN are expounded according to the current situation of controller of construction machinery. The development trend of control technology like embedded technology and intelligent fault diagnosis is proposed. The research indicates that keeping on improving special controller is an inevitable trend and field to compete.

**【关键词】** 工程机械;控制器;发展趋势;智能化

**【Key words】** construction machinery; controller; development trend; intelligentization

中图分类号:U415.5

文献标识码:B

文章编号:1000-033X(2008)06-0072-04

### 0 引言

随着机械行业智能化水平的不断提高,工程机械控制器及其相关控制系统作为工程机械三大关键核心技术之一,已成为决定产品性能的主要因素。

控制器随着电子技术的进步而发展。它由最原始的基于模拟电路、微控制控制单元的控制器逐步发展,形成了后来的可编程控制器(PLC, Programmable Logic Controller),但由于以可编程逻辑控制器为核心的控制系统在很多方面都难以满足工程机械复杂的作业环境及各项功能的要求,因此正在逐步退出工程机械市场,具备高防护等级的专用运动控制器取而代之。同时,基于数字处理器(DSP, Digital Signal Processor)的控制器也备受青睐。

### 1 工程机械控制器现状

国外的控制器硬件平台处于20世纪90年代的16位CPU水平,开发环境大部分基于PLC的开发模式(只有INTER CONTROL的控制器可以实现C的输入,以完成复杂的控制),而且有些控制器内部没有实时操作系统,这一缺点也限制了其控制能力。即便如此,由于核心技术仍然占据国内的绝大部分市场,在这方面实现突破是非常紧迫的。德国的力士乐、

西门子和芬兰的EPEC、日本的日立、三菱等的相关产品参见图1~图3。其中,力士乐公司开发的控制器中MC系列微控制器在工程机械领域中应用较多。MC微控制器采用西门子16位微处理器C167,以输入、输出点数及内部存储器容量大小不同为标准,硬件可分为MC6、MC7、MC8三大类。通过安装不同的控制软件,可应用于摊铺机、铣刨机、挖掘机、履带式推土机、清扫车等各种工程机械<sup>[1-2]</sup>。

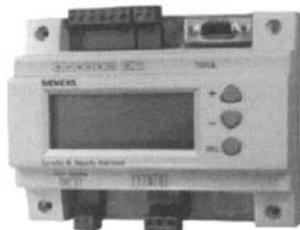


图1 西门子某款控制器

西门子S7-200系列PLC用于各种场合中的检测、监测及控制的自动化,可提供4个不同型号的8种CPU。

芬兰EPEC公司提供的EPEC2000系列模块是用于工程机械的专用车载模块,能够适应恶劣环境,切实做到防震、防水、防尘。其工作温度范围宽,为多点PWM输出,各输出点具有短路和过载保护的功能;驱动能力强;配有控制器局域网(CAN, Controller Area Network)通信接口以及抗电磁

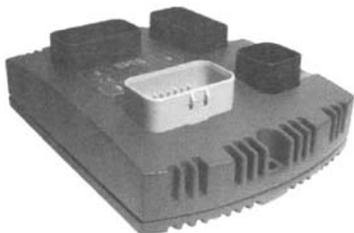


图2 芬兰EPEC某款控制器

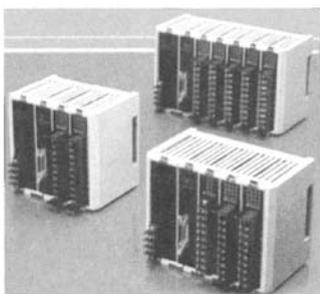


图3 日立某款控制器

干扰点装置。这些优点使其特别适用于电液控制系统。EPEC2000系列模块控制单元程序编写简单,通过开放式PLC应用程序,利用在普通Windows环境下运行的CoDeSys编程工具可进行开发和调试,然后通过CAN总线下载到控制单元中。

## 2 国内工程机械控制器的应用

### 2.1 三一重工SYMC控制器

SYMC(SANY Motion Controller)是三一重工于2006年成功推出的具有自主知识产权的工程机械专用运动控制器。该产品实现的单机IO热备用、浮地PWM电流反馈、智能功率单元等多项技术均为业界首创,其输入输出点数、驱动带载能力、通信能力等控制器关键性能指标居世界第一,而功能设置方面更加适合国内控制器的应用现状。

SYMC被广泛应用于泵车、起重机、摊铺机、小挖、正面吊等三一主机产品。截至2007年11月,累计装机超过700台,并全面装备泵车、拖泵和起重机等产品,极大地提高了三一重工各主机产品的竞争力。与三一重工原来大量使用的进口控制器相比,SYMC在以下几方面极具优势。

(1) 使用更方便。SYMC是一款专为三一工程机械度身定制的控制器。三一重工智能工程研究本院通过对泵车、挖掘机、起重机等产品的大量需求调查,完全根据三一各主机的具体需求配置IO和通信端口的类型和数量,大大简化了外围设备,在提高系统可靠性的同时还有效地降低了成本。

(2) 硬件可靠性高。SYMC考虑了全方位的防护功能,针对电磁干扰、振动、电线的错接或反接、输出短路、过流等各种可能发生的情况都有相应的措施,也因此成为三一重工

首例以全A成绩通过国家汽车质量监督检验中心电磁兼容测试的产品。

(3) 及时、完善的技术支持。三一重工智能工程研究本院针对公司各主机事业部成立了相应的攻关和技术支持小组,为其提供全方位的技术支持和开发培训,并根据特殊需求定制硬件和软件模块。在各事业部对SYMC的使用过程中,积累的算法库也在不断完善。

(4) 处理能力明显提高。SYMC选用当前主流的32位ARM处理器,主频高达60 MHz,在不牺牲可靠性的前提下大大提高了运行速度,为工程机械的智能化提供了一个良好的环境。

(5) 成本低。由于采用自主研发和生产的方式,SYMC的成本大为降低。与三一集团之前使用较多的EPEC2023系列控制器相比,SYMC在IO端口数量多近1倍的情况下成本只为其三分之一,这为主机事业部节约了大量的采购资金。

目前,三一重工智能工程研究本院正在进行SYMC的软、硬件的升级开发,下一代SYMC将拥有更快的处理速度和更强的功能。可预期的功能包括实现所有输入、输出信号毫秒级的采样与录波,直接获取泵车底盘和康明斯等发动机的所有数据。新一代SYMC在为公司主机产品的节能、优化控制和故障诊断提供强大技术支持的同时,也将引领三一重工的智能工程进入一个高附加值、超高利润的产业领域。

### 2.2 西筑WT750履带式多功能摊铺机

西筑WT750履带式多功能摊铺机选用力士乐的MC6控制器进行主行走系统控制,使其具有与ABG423一样的控制功能,整机如图4所示。



图4 西筑WT750履带式多功能摊铺机

WT750履带式多功能摊铺机摊铺厚度大,能满足多用途及多层路面的摊铺要求;具有多种功能配置,可摊铺沥青混合料、水泥稳定土等多种路面材料;双夯振捣器夯击效果好,可根据不同的路面材料选择合适的振捣频率以达到理想的压实度;能实现螺旋、刮板、振捣、振动、自动找平等全自动控制及功能预选,并配有报警功能;摊铺层均匀,功率储备充足,加之螺旋及料槽设计合理,可改善摊铺层表面及深度的离析现象;液压系统、发动机及机械传动机构等功率储备系数大,保证了整机的可靠性;行走系统采用左、右独立驱动的调速液压回路,依靠电控实现比例伺服控制,行驶平稳、转向平滑。

### 2.3 陕西宏大HD1000型路面铣刨机

采用了INTER CONTROL数字式野外用控制系统的陕西宏大HD1000型路面铣刨机(图5)是为城市道路、高速公路、机场、码头等沥青混凝土路面的养护工程而设计开发的高效专用设备。该设备是国际合作的结晶,在动力传动系统、液压系统、转子铣削系统以及全数字电液控制系统中广泛采用了国际上最先进的技术和部件。该机的行走系统为四轮驱动式,具有良好的机动性且通行便捷,是理想的城市道路养护工程施工机械。



图5 陕西宏大HD1000型路面铣刨机

HD1000型路面铣刨机配备CAN总线数字网络控制系统,设有一个中央控制台,其上置有发动机仪表、控制器、开关、手柄、指示灯等。控制面板布置合理,便于操作。

机架的后侧设有2个控制盒,使操作人员可以在地面对机器的前、后立柱和一级皮带拖架、左右侧板、后斗门等进行操作;深度测定仪安装在机器的后部,方便驾驶员在机器的两侧进行深度设定,并且可在机器的任何一侧设定和监视另一侧的铣削深度状况。

该机采用的INTER CONTROL数字式野外用控制系统是目前世界上用于起重运输与工程机械的最先进的控制系统之一,具有很高的可靠性,并且易于维护。该控制器实现了转向系统、切深系统、行走系统、皮带输送系统等电液比例控制和所有逻辑驱动控制。HD1000型路面铣刨机的电液控制系统是西安宏大交通科技有限公司将路面铣刨机的电液控制思想、理论和INTER CONTROL数字式野外用控制系统的硬件相结合的最新研究成果,居国际路面铣刨机械的领先水平,能出色地完成铣刨机的各种复杂动作控制。

它可以实现智能切深控制和转向、自动找平系统的灵敏度控制;配有铣刨机工作状态的在线监控系统、传感器安全监控及锁定系统、故障诊断与记录系统;图形化显示界面使机器的操作更直观、方便和简易;有多种传感器可供选择,增加了使用的灵活性;可靠性高、易于维护。

### 2.4 常林LTU75摊铺机

常林LTU75多功能沥青混凝土摊铺机是一种主要用于高速公路上基层和面层各种材料的摊铺作业的施工设备,见图6。它充分吸收了国外同类产品的先进技术,采用了力士乐MC6控制器、超声波料位传感、电子自动找平、双振幅

压实等当今世界上最先进的技术。该机的关键配套件采用进口元件,使得整机的制造质量和可靠性达到同类进口产品水平,是摊铺基础稳定材料和路面沥青混凝土材料的理想设备。



图6 常林LTU75多功能沥青混凝土摊铺机

常林LTU75多功能沥青混凝土摊铺机行驶时左、右独立驱动,可实现更利于弯道作业的无滑移转向。它采用微电脑控制,摊铺速度采用恒速自动控制技术。

除此之外,MT12000A、MT12000B机械式摊铺机也均采用了德国力士乐MC6微电脑恒速控制系统,从而控制两纵一横找平系统、超声波料位器控制系统,使设备具有实现全自动化作业的可靠性与精确性。

## 3 工程机械控制技术的发展趋势

近年来,国外工程机械产品以电子、信息技术为先导,在计算机故障诊断与监控、精确定位与作业、发动机燃料燃烧控制和人机工程学等方面进行了大量的研究,开发出与各种与工程机械相匹配的软、硬件系统,使工程机械更加信息化、智能化,提高了工程机械的科技含量,促进了工程机械的发展。工程机械施工智能化以及机群的智能化控制迫切要求对机械、电子、液压等学科进行融合。

### 3.1 嵌入式技术

随着信息技术的发展,芯片的处理能力不断加强,价格不断下降,工程机械控制器的CPU也逐步由16位的单片机转向32位/64位的嵌入式微控制器(MCU, Micro Controller Unit)、DSP和片上系统(SoC, System on a Chip)。同时,随着双核概念的出现,双核控制器也必将成为一种发展趋势。不同于传统的采用单一的MCU或DSP作为处理器内核,双核体系结构包含MCU和DSP 2个内核,其中MCU内核完成通常的多任务调度和设备资源管理,DSP内核完成数字滤波、运动轨迹规划中矢量运算等高速计算,两者通过双端口RAM通信,分工协作,使控制器的整体性能和效率大为提升。在32位/64位嵌入式处理器丰富的硬件资源基础上,引入VxWorks、RT-Linux等嵌入式实时操作系统支持,控制器运算处理和对各硬件资源的调度管理能力将大大提高。

欧洲一些主要运动控制器生产厂商仍采用16位芯片的

CPU。但轨迹规划、故障录波与诊断、并行处理以及自学习、自校正等先进控制算法的应用对控制器的软、硬件平台提出了更高的要求。有些厂商紧跟IT技术的发展脚步,充分利用嵌入式软、硬件平台技术发展的成果,不断升级产品,使企业保持持续旺盛的发展势头。

### 3.2 故障诊断智能化

工程机械车载计算机可根据各种传感器的检测信号,结合专家知识库对机器的运行状态进行评估,预测可能出现的故障,并在出现故障时发出故障信息或指导驾驶员查找、排除故障。

### 3.3 信息化

工程机械控制器通过与无线通信、GPS定位紧密结合的方式使其通信能力以及网络处理能力越来越强,一些新的应用模式,如远程诊断、作业指导、远程监控等也应运而生,使工程机械与信息化齐头并进。中国工程机械行业普遍采用银行按揭的销售模式,通过对远程工况数据的采集监控,可及时跟踪评估用户现阶段的还贷能力,从而采取相应措施进行控制。因此,将控制器与GPS、GPRS/GSM相结合,实现远程定位、远程工况数据的采集与监控已成为工程机械的一种趋势,也将成为银行规避风险的有效手段。

### 3.4 高可靠性

性能可靠的移动设备专用控制器与显示器得到广泛采用,如芬兰EPEC公司生产的控制器系列产品。该系列产品防护等级高、工作温度范围宽、具有多个PWM输出端及大电流输出端、CAN总线与RS232通讯接口,是一款专门针对工程车辆等移动设备而开发的控制器。

### 3.5 标准化

运动控制器在发展过程中将逐步形成一些标准,如编程环境、通信接口与协议、驱动能力甚至材质、端子等。这些标准的确立将有助于提高不同厂家控制器的互操作性,同时有利于工程机械行业运动控制器的规范发展。

### 3.6 专业化与知识库集成化

目前,一些厂家(如力士乐)将多年的工程实践经验,尤其是某些特殊机种的控制经验和专用控制算法逐步总结成库函数或功能块,并以知识库的方式提供给用户进行二次开发应用。

由上述可知,当今工程机械控制器的主要研究方向应集中新的硬件平台、整体多任务的调度和规划、集成开发环境(IDE, Integrated Development Environment)、实时操作系统及各种控制库等方面。

## 4 结语

工程机械市场的全球化以及相关技术尤其是信息技术的迅猛发展,使工程机械控制器处于技术更新的发展阶段。

基于国外品牌所依托的软、硬件关键技术还处在20世纪90年代中期水平的现状,国内厂商应抓住这一契机,进行工程机械专用运动控制器的开发,并努力造就一批具有自主知识产权和核心技术的国产强势品牌。

### 参考文献:

- [1] 郝志刚,周宏甫.运动控制器的发展与现状[J].电气传动自动化,2005,27(3):10-14.
- [2] 吴宏,蒋仕龙,龚小云,等.运动控制器的现状和发展[J].制造技术与机床,2004,54(1):24-27.

收稿日期:2007-12-24

[责任编辑:谭忠华]

## 文后参考文献著录规则

《筑路机械与施工机械化》杂志已于2006年开始实行文后参考文献新规范,请作者在投稿时提供的参考文献著录项目要更加齐全。专著必须注明所有作者、题名、其他题名信息、出版地、出版者、出版年份及引文页码;如果是专著中的析出文献,还需要注明析出文献所有作者及析出文献题名。杂志期刊必须注明文章所有作者、文章题名、杂志名称、其他题名信息、年份、卷号、期号、文章析出的起迄页码。专利文献必须注明专利申请者或所有者、专利题名、专利国别、专利号、公告日期或公开日期、引用日期。