

柔性制造单元监控系统总体设计与研究^{**}

邱 静 温熙森 唐丙阳

(精密机械与仪器系)

摘 要 本文就监控与诊断技术的发展现状与趋势进行了综述。设计并研制 FMS/FMC 监控系统 CMFDS, 给出系统的组成、功能、配制、硬软件系统、总体结构及系统的技术特点。在加工中心、FMS 上的实验表明了该系统良好的通用性和简洁性, 体现了集成化、智能化现代监控技术发展的趋势。

关键词 柔性制造单元, 状态监控, 故障诊断, 总体结构

分类号 TH165.2

1 当前国内外水平及趋势

(1) 当前国际水平及趋势

监测与诊断系统的主要要求是自动识别不同故障情况——早期的、局部的或灾难性的, 使系统能确定和执行补救措施, 在自发的无法处置的局部故障情况下, 处于最佳的运行状态。目前工业环境中的监控系统仅仅是未来高性能要求的监控体系中的初级阶段而已。未来的监控系统必须以同类或相干的方式将目前分别由各种设备完成的监控功能结合起来, 使之性能上大大超过原有的系统, 因而, 这种基本上应是通用的监控系统, 应满足下列要求:

(i) 有能力测量和处理数量众多的模拟和数字信号, 能够很好地预处理被测信号, 有能力做复杂的多参数决策, 可扩展、可重新组合的结构, 有到 CNC/PLC 的标准化双向硬/软件接口。(ii) 能快速生成一定的参考数据, 表征正常或异常的运行状态, 将被监控的过程或机器分类, 决定是否处于正常状态, 因此系统应有建模能力, 其建模手段主要有离线过程建模、在线过程建模、监督学习训练建模等。系统的这一技术要求受计算机能力限制, 目前仍未能很好解决。(iii) 有智能化监测与诊断的能力。专家系统和人工智能的引入势在必行。它也是该技术发展的一个突破口。

西德亚琛工业大学机床实验室和匈牙利布达佩斯计算机和自动化研究所分别在 1985 年和 1986 年开发了一套多目的万能柔性监控系统, 以模式识别技术为核心, 对刀具

* 1991 年 12 月 3 日收稿

** 国家“863”计划资助课题

磨破损、系统振动等进行检测、预报、监控，基本满足上述所提的发展趋势要求。可以说，这两套监控系统代表着该技术的国际水平与发展趋势。

(2) 目前工业状况及我们面临的现实

目前工业监测系统主要问题和困难是：只测量和处理一个信号或在信号中只有潜在的一小部分信息被处理，监控设备的专业性太强，监测的策略简单（如信号电平监测，阈值比较等），可用性和效率受到限制，忽视 CNC/PLC 的接口，等等。在我国，大多采用的是 FANUC、辛辛那提、西门子等公司的加工设备。这类产品具备一定的诊断功能，其原理简单，进一步诊断主要依查手册凭经验来进行，诊断范围小，不能对过程状态作出任何预决策，更谈不上智能化程度。

鉴于目前现状与未来发展趋势差距甚大，因而，我们建立的监控体系既要以现实条件为前提，又要适应未来发展的趋势，结合我国现有的科技水平、设备情况而不能停留在目前的简单、重复、分散研究的水平上。

2 监控系统组成与监控内容

监控系统由五大模块组成，各模块及监控内容为：

(1) 环境参数及安全监控子系统：加工前后及加工过程中，生产环境是否满足现行的加工需要和要求，如温度、湿度、油压、电压等。安全监控主要是火灾、触电和生产过程中非法物进入生产环节等的监控。

(2) 托盘、小车、工件（物流系统）运行状态监控子系统：小车、托盘、工件位置及顺序组合对否，工件夹紧与否，托盘有否重输入或空输入现象等，* 小车运行状态监控与诊断（系统控制器所含功能集成）。

(3) 刀库、机器人（单元级的）运行状态监控子系统：刀库中刀具位置、类别、型号正确与否的识别，传递机器人的抓刀、送刀是否抓紧、抓偏或抓错，* 机器人运行状态监控与诊断（系统控制器所含功能集成）。

(4) 加工设备（加工中心）运行状态监控系统：刀具切削状态监控（包括刀具磨破损监控诊断与刀具切削过程的监控），主要部件、区域性故障的监控与诊断，主轴电机、进给电机功率等过程状态的监控，CNC/PLC 双向硬/软件接口（CNC 自诊断功能的集成与控制）。

(5) * 测量机状态监控子系统：

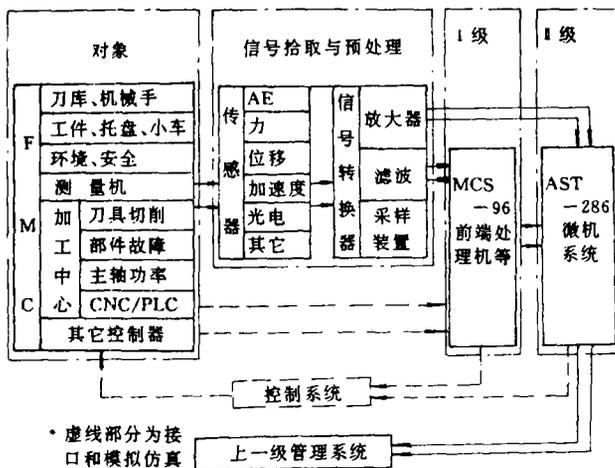


图 1 硬件组成及结构

主要部件、区域性故障的监控与诊断，主轴电机、进给电机功率等过程状态的监控，CNC/PLC 双向硬/软件接口（CNC 自诊断功能的集成与控制）。

系统中,打*者为只做模拟仿真或留下一定的接口,但这是今后进一步集成化,完善该体系所不可缺少的。(2)、(3)中,位置、顺序、型号、好坏等监测任务由光物识别新技术完成。

系统硬、软件及总体结构图,分别如图1、图2、图3所示。

3 各部分功能、任务

所设计的系统为二级。

(1) 监控与诊断这两个逻辑上连贯的过程在速度上和要求上各不相同。监测应在尽量短的时间内进行,以避免额外的损坏;另外,许多实时在线监控要求必须随时随地的反映加工系统的状态,不得间断。而诊断是在监测基础上的进一步深化,是在监测发现异常或故障后,所采取的深入细致的推断、决策,所占时间往往长一些。两者如果混为一体,对于实时在线监控就很难满足,可能一个故障发生了,而系统诊断还未完成,造成设备的损坏或产品质量的下降。因而有必要将两者分开。另外设计MCS-96单片机等仪器仪表为一级,微机AST-286为二级,是

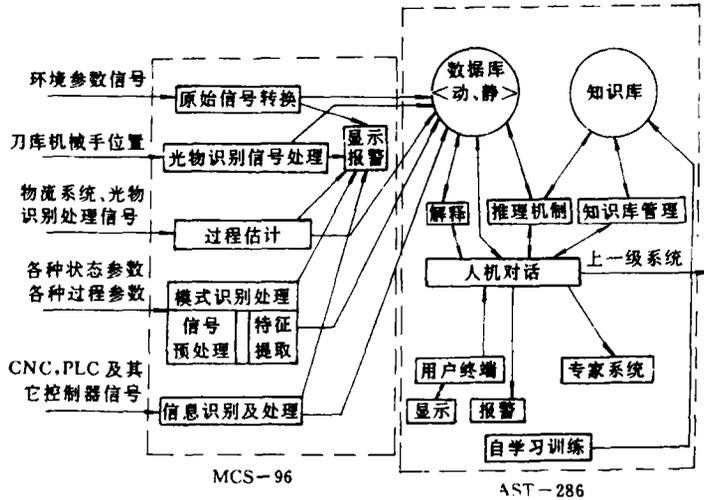
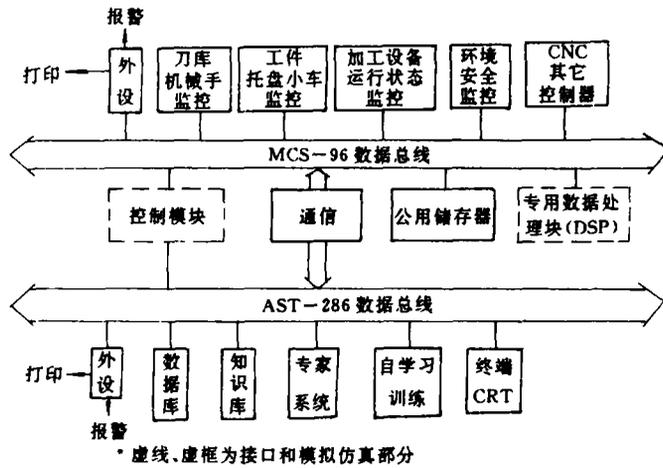


图2 软件结构及组成



*虚线、虚框为接口和模拟仿真部分

图3 系统总体结构

因为加工设备的可靠性均比较高,刀具磨破损也相对有一定时间,如果几天,甚至更长时间没有异常或故障出现,而不必进行诊断,如将监测与诊断混为一体,势必大量占据主机,使之不能充争完成诸如编程、调度、修改等工作;相反,要进行其它工作,就得被迫中止监测过程,这是不允许的,因而,必须将这两个过程分开完成。监测是必须的,是前提,而诊断不一定时刻进行,一旦有相应的信息从一级传来,主机采取中断响应,实

施中断, 保护现场, 进行必要的诊断, 完成监控诊断的全过程, 然后, 返回原来正在工作的地点。这一设计可使目前单任务操作向多任务操作过渡, 充分发挥主机优势, 灵活地工作。这也是该系统设计的一个技术关键和特点。

(2) I、II级任务、功能:

I级监控任务、功能: 过程状态估计, 光物识别, 代码识别、转称、发送, 阈值比较, 必要的数据采集、处理, 初级的粗诊断、判别, 显示报警, *控制码生成、发送等等。

II级诊断任务、功能: 工作数据接收, 存贮当前运行状态及历史有关联的数据特征信息、状态、编码等, 智能化推理、运行状态信息的解释, 确定故障大小、位置、危险程度、可能的原因、修复意见, 显示当前设备运行状态信息的代码, *控制码产生, 发送, 故障信息的记录、存贮, *全局状态监控的调整、监视、查询, 仿真监控、诊断, 数据库、知识库的查询、扩充、修改, 根据实际运行参数或理论数据进行脱机/联机获取知识、数据信息、提取规则及建模, 等等。

I、II级的连接: I、II级主要以串行口 RS232、硬中断引线及相应的转换硬件进行联接, 软硬结合进行控制, 两级以及前置部分与一级之间的数据传输, 代码格式统一安排, 代码主要含: 故障编码、类型、级别、出故障区域的编码等。

打*者, 为接口或仿真, 留待今后进一步扩充、完善。

4 实验研究

4.1 一般单因素实验

(1) 电压变化: 通过安装在电机输入部分的电压值转换器获取电压变动值, 当超过某一阈值 (420V) 则自动报警, 实验中对变化很快的电压脉冲存在监控滞后 (约 0.2 秒) 效应, 对变化很快、变化幅值很大 (大于 450V) 的电压脉动, 由于监控滞后, 有可能带来异外的损失, 这是有待进一步改进的地方。

(2) 温度变化: 安装在主轴电机附近的温度传感器获取主轴电机温度均值, 能很好进行监控, 所设阈值 70°C, 在实验过程中, 未能达到。温度变化主要提供过程状态的综合决策。

(3) 主要部件、区域性故障监测: 以振动监测为主监测主轴箱和进给箱, 传动部件的故障, 长时间实验运行, 在实验过程中, 很难出现故障, 仅发现一例 X 进给轴丝杆疲劳滑移故障。这也验证了我们在调研各生产使用单位中, 得到的“机体这些部分出故障, 尤其是突发故障的概率很小, 一般是疲劳损伤或严重的误操作所造成的”结论。

(4) CNC 故障代码解释 (CNC 自身诊断功能集成)。

当加工控制系统自身诊断出异常时, 通过一定的通讯获取 CNC 报警状态信息, 进行分解、显示、诊断和故障决策, 实验中, 人为造成代码为 ot101 的故障时, 在诊断级计算机上显示如下信息:

CNC/PLC FAULT:

FAULT Time: 6-27-1992 10:5:25.30

Alarm code: ot101

Alarm level: 6

Desision: break off other processes of the computer and stop the program processes which caused the failure information.

Diagnosis:

No: 1 Machining center
spindle motor overheat

4.2 开放、集成式系统的兼容性实验

系统对于一级监控系统是可变更、换代的,使之尽可能保持先进性。所建系统的刀具磨/破损监测模块,全国目前开展研究较多。实验中,我们自己研制的获取刀架/工件振动、力信号进行相关性分析的方法实时性差、误判率大。改用 AE (声发射)方法检测后,效果大大改善,其结果如表1^[6]所示,满足在线实时性监控要求。

表 1 钻削45号钢的测试结果

序号	钻头直径 (mm)	灵敏度		钻削用量		测试结果	报警成功率
		门檻	计数	转速 r/min	进给量 mm		
1	Φ1	中	10	400	0.13	钻头折断报警	
2	Φ1	中	10	590	0.13	钻头折断报警	
3	Φ1	中	10	800	0.13	钻头折断报警	
4	Φ1.5	中	10	400	0.21	钻头折断报警	100%
5	Φ1.5	中	10	590	0.21	钻头折断报警	
6	Φ1.5	中	10	800	0.21	钻头折断报警	
7	Φ2	高	10	400	0.33	钻头折断报警	
8	Φ2	高	10	590	0.33	钻头折断报警	
9	Φ2	高	10	800	0.33	钻头折断报警	

4.3 综合决策实验

(1) 带孔工件加工过程:检测方式有功率监测和刀架/工件振动监测。功率监测以 AR 模型结合正则化残差策略^[6],振动监测以 AR 模型结合 SPRT 检验法^[7]。振动监测能反映切入和退出孔瞬间的状态变化,功率综合决策判明此时不是状态出现故障,不必报警。

(2) 切削用量突然改变:检测方式同 A。振动监测能敏感反映进刀和改变用量及退刀的过程,而功率监测,能迅速反映瞬时进刀冲击引起的状态异常。而切削用量变化引起的冲击消除了,产生报警^{[7][8]}。

(3) 钻削过程实验:检测方式有 AE 检测和功率监测,两者对钻头折损反应灵敏。功率监测对钻头磨损、切屑堵塞、工件刀具松动等异常状态,具有较高的实时性特征^[9]。两种方法结合,对刀具切削状态能很好监测。

(4) 外界电压波动消除:检测方式有电压监测和功率监测。当外界电压波动时,功率监测时常出现不必要的波动,而造成误判,实验中,加入电压参考软件、硬件,合理消除电压波动引起的功率波动,从而使功率监测误判率减少,使功率监测能主要监测加工

过程的正异常状态^[9]。

设计研制的 FMS/FMC 设备运行状态监控系统 CMFDS, 在 JCS-20 加工中心及 FFS-1500-2 FMS 上进行部分调试运行, 表明该系统具有优越的实时在/离线性能, 以及简洁实用、模块化设计的特点, 具备可扩充、可修改、适应性强等特点。

建成的系统有待进一步扩充其实际运行模块, 进一步深化改造, 以适应其真实监控的需要, 这样一个综合监测与诊断系统体现了集成化、模块化、智能化的现代监控技术发展方向和趋势, 具有较高的参考价值。

参 考 文 献

- 1 温熙森, 唐丙阳, 邱静, 郗斌. 单元级设备运行状态监控系统总体结构技术设计报告. 国防科技大学八系. 1990
- 2 林志航. CIMS-集成化质量控制系统网点技术设计 (上、下). 西安交通大学出版社. 1989
- 3 CIMS 情报研究课题组, 机电部210所, CIMS 情况简报. 1988-1990
- 4 CIMS 情报研究课题组, 机电部210所, CIMS 情报资料汇编-质量管理与检测. 1988-1990
- 5 milacic V, Majstrovic V, Report on the IFIP WG3.5 Working Conference on Diagnosis and Preventive Maintenance Strategies in Manufacturing System. Computer in Industry. 1987
- 6 徐荣葆, 张耀辉. 应用 AE 信号分离的刀具状态监视系统. 第一届中国 CIMS 学术会. 北京, 1990
- 7 温熙森, 唐丙阳, 郗斌. 基于 AR 模型和 SPRT 检验法的过程故障检测. CIMS 90-China, 北京, 1990
- 8 刘振主. 状态监控中功率监控技术. 国防科技大学八系硕士论文, 1991
- 9 陈海燕. 基于单片机的功率监控系统. 国防科技大学八系硕士论文, 1992

Overall Design and Research for FMC Condition Monitoring and Fault Disgnosis System

Qiu Jin Wen Xisen Tang Bingyang

(Department of Precision Machinery and Instrument)

Abstract

The present situation and trends of monitoring technology development are summarized in the paper. The FMS/FMC condition monitoring and fault diagnosis system. CMFDS, is designed and developed. The system composition, function, equipment, hardware/software structure, general strategies and technical features are given. The experiments in the machining-center and FMS indicates that the system is of good generality and succinctness. The system designed represents the integrated and intelligence trend of monitoring and diagnosis technology development.

Key words FMC, condition monitoring, fault diagnosis, overall structure