

第一届 全国计算机应用联合学术会议

论文集

I

庆祝中国科协成立三十周年



中国科协学会工作部

1988、1、北京

第一届全国计算机应用联合学术会议

论文集

纪念中国科协成立三十周年

联合组织筹备单位

中国计算机学会

中国电子学会

中国电机工程学会

中国仪器仪表学会

中国土木工程学会

中国航空学会

中国机械工程学会

中国电工技术学会

中国兵工学会

中国自动化学会

中国通信学会

中国宇航学会

中国铁道学会

中国造船工程学会

中国石油学会

中国金属学会

中国工程图学学会

中国质量管理协会

第一届全国计算机应用联合学术会议

程序委员会

主任：刘世骅

副主任：龚炳铮

委员：张莫成 缪兆杰 吴风书 王正中 林鼎贻 张鹤年
兰云吉 李珊 陈炳从 石光源 王慧芝 王子江
章以钧 王维兴 万遇良 吴鹤年

组织委员会

主任：陈树楷

副主任：兰云吉

委员：蒋似柳 章以钧 江涛 姜言璠 李竞锋 胡崑山
王慧芝 潘天敏 焦建群 陈际明 王景瀛 杨正材

前 言

中国科协学会工作部委托中国计算机学会等十八个学会及其所属分支学会联合组织筹办“第一届全国计算机应用联合学术会议”。本届会议由中国计算机学会主办，中国计算机学会计算机应用专业委员会承办。

这次会议是一次加强横向联合，集中反映全国计算机技术在国民经济“四化”建设中的应用效果和学术水平的盛会。

为提高本届学术会议的质量，这次会议应征的论文，主要采取三种方式：一是由各级学会推荐，如电工、土木工程、造船、宇航、金属、铁路、通信等学会推荐了一批论文；二是公开征集；三是特约征文。经过近半年的时间，应征论文共计484篇。经本届程序委员会和邀请有关专家评审之后，录用论文共计249篇。由于其他原因，最后汇编成I、II、III册的论文共计237篇。本论文集主要涉及的专业范围有：

一、工业生产过程检测控制

二、信息管理与网络系统

三、计算机辅助技术

四、软件、语言与计算方法

五、人工智能与专家系统

六、图象处理及其它

七、专题综述报告

汇编的论文，从应用领域上看，主要涉及有：石油化工、电力、冶金、交通、轻工纺织、造船、建筑、医疗、国防等。从应用技术上看，有些项目已接近或达到国际先进水平。从应用效果上看，有较多的项目在生产上取得了较好的经济效益和社会效益。这充分反映了我国计算机事业在技术开发、生产、应用和信息服务方面，特别是微型机的应用都有很大的提高和发展，初步形成了一支勇于创新，勇于实践的技术队伍。

通过这次会议，希望全国从事计算机事业发展的专家教授、科研和工程技术人员，各级领导干部，在科协的领导下，进一步加强合作，继续努力，勇于探索，开创计算机应用新局面，为社会主义“四化”建设作出更大贡献。

对本届会议积极支持与赞助单位：长城计算机集团公司、北京科海总公司、中国计算机系统工程公司、电子部计算机系统工程研究所及其编辑部、开明电子开发有限公司在此表示感谢。

第一届全国计算机应用联合学术会议

程序委员会 刘世骅

一九八七年十月

目 录

一、工业生产过程检测控制

造纸过程的微机控制系统	李华春(1)
带钢厚度自适应控制的计算机仿真及应用	徐 光等(5)
自校正调节器在冷轧卷取张力控制系统中的应用	张海洲等(9)
活动目标的微机监测系统	钟衣光等(11)
天然气球罐站的高精度计量与监视装置	徐贞熙(16)
几何造型的基本模式及其发展	萧从昌(20)
单片微机控制的电脑马达节电器	赵 军等(23)
微机在坦克火控系统中的应用	陶瑞兴(27)
APPLE-II 微机控制的继电器失误检测系统	郭仁龙(31)
冷连轧机交流压下自适应厚度计式 AGC	赵嘉蓉等(33)
分布式计算机控制系统中人机接口的设计与实现	郭立新等(37)
微计算机控制的钢管飞锯系统	赵经政等(40)
微机在指挥显示系统中的应用	朱珍祥等(44)
橡胶制品硫化生产过程微机群控及管理系统	刘立人等(47)
用于工业机器人的两级计算机控制系统	周 蓉等(50)
SDG—01 微型机电厂锅炉数据采集处理系统	邓中才(53)
中断方式多微机分布处理监控系统	王金生(56)
模糊控制器构成串级调节系统的研究	姜永成(60)
STD 总线工业控制机在外圆磨床数控系统中的应用	刘秀英(63)
TP801 单板机实现频率测量	周浩群等(65)
兰炼同轴式催化裂化装置计算机控制应用	应素霞等(68)
湖北电网计算机辅助调度软件及后备系统	于尔铿等(72)
分散型火电厂化学水处理控制管理系统	饶纪杭等(75)
纺织厂温湿度计算机控制系统	万太福等(78)
变换系统微型计算机控制与串级随机过程自校正调节器	黄明琪等(82)
YDS—120 分布式监控系统	任兆兰等(85)
食品营养分析及膳食优化设计系统的实现	崔金兰等(89)
微型机盐湖及盐自动检测系统	祁永唐等(92)
光导纤维拉丝过程微机自适应控制系统的设计与实现	朱志祥等(94)
通用型数据采集处理分析系统	杜毅仁等(98)
分布式智能数据采集系统	张长缨(101)
味精厂发酵车间微型机两级控制系统	张治辉(104)
箱式电阻炉微机控温及保温时间的计算机最优控制	彭仲康(106)
微机异步电机节电控制器	汤为民(111)

立式碳化炉多点炉温微机控制	孟 强等 (114)
单板机在氯碱系统中的应用—氯乙烯流量配比实时控制系统	李 瑾 (118)
微型计算机在变电所运动控制系统的应用	包华德等 (123)
采用YS—80列仪表实现锅炉双交叉限幅串级燃烧控制系统	赵锡龄 (126)
以长城86/360微型计算机为主控机在运动系统中心站的实现	瞿 坦等 (131)
微机直接数字式炉温自动化群控	陈大明等 (135)
微机用自适应PIDB复合控温数学模型	王虎朝等 (139)
太钢七轧厂八辊可逆冷轧机过程控制计算机系统	薛兴昌等 (144)
R6.5/12—1200板坯连铸机微型计算机控制系统	曹国栋 (148)
炼钢厂板坯连铸计算机控制系统	谭栋材 (151)
R6.5/12—1200弧形板、方坯连铸工程二冷水微型计算机控制系统	晏仁恩 (156)
模糊控制用于加热炉控制	吕 川 (159)
氨合成塔温度的最佳预测控制	张厚杼 (163)
导弹系统CAC软件的设计与实现	雷英杰 (166)
微机通用遥测遥控系统	郭建帮 (170)
微机在啤酒糖化过程中的应用研究	陈文刚 (174)
采用STD总线和多处理机的线切割数控系统	刘惠民 (179)
食品电烤炉微机闭环控制系统	朱家兴 (181)
一个气流动态测试用微机数据采集系统	熊 璋等 (185)
微机故障监视系统的研制	幸云辉 (187)
在罐头杀菌条件计算中应用微型计算机的研究	邱澄宇 (192)
三峡工程船舶通航模拟试验CTS系统	金正权 (195)
计算机在高炉上应用	马竹梧等 (199)
编组站计算机实时控制速度系统	牟广森 (203)
转炉顶底复吹中底吹供气的自动控制系统及微型计算机的应用	姚家平等 (208)
关于微型机在线检测机械量的研究	沈宪章 (212)
双工运动与控制机的数据通信	王力生 (217)
葛洲坝水利枢纽活动桥导引随动同步系统微机控制	魏国强等(Ⅲ-1)
硫酸生产过程微机自控系统的设计	郭泾平等(Ⅲ-5)
ICS—02型微型计算机电解制铝自动控制系统	张 枯等(Ⅲ-8)
用单片计算机处理海洋机器人航向信息	封锡盛等(Ⅲ-11)
微型计算机在连续推钢式加热炉上的应用	张禹纯等(Ⅲ-17)
1180 MICRO系统在新闻纸生产中的应用	黄炫英(Ⅲ-20)
复杂过程计算机管理—控制系统	潘家净等(Ⅲ-24)

二、信息管理与网络系统

宝钢炼钢生产实绩输出系统的开发	马亚平 (220)
通用信息管理系统设计与开发	李东来 (223)
计算机辅助企业管理信息系统(MIS)	赵佩珊 (226)
宝钢MIS的初期开发	吴文彬 (230)

微机仿真处理国家标准统计报表	刘建工 (232)
计算机在铁路上的应用	石炳坤 (236)
计算机企业管理系统的信息防错及自检技术	章 钢 (239)
工业企业的计算机集成制造系统—CIM	张 毅 (241)
电脑调房管理信息系统 CEHMIS	屠玉利等 (245)
大连电业局管理系统	高正兴 (248)
西安地区自动化航管飞行计划系统	陈碧珍 (251)
省级经济信息系统数据库模型库方法三库系统研究	何继潮等 (256)
计算机管理信息系统可行性的专家评估法	赵彦民 (259)
单片数据通信控制器原理及设计	牧聪林 (264)
管理决策支持系统的设计	胡运来等 (271)
一个应用于工厂企业的综合管理信息系统	凌 澄 (274)
企业实物型投入产出程序及其初步应用	郑立平 (278)
电力系统经济调度	于尔铿等 (281)
建设具有特色的计算机网络	沈阳铁路局电子计算所 (284)
局部网络应用系统设计与应用	刘 斌等 (288)
DISCNERV 1600+IBM—PC/XT	
十六位微机分布式局部网络系统	沈嘉麟等 (291)
数据链中的网络控制器	邱安定等 (296)
Gordon B.Daris的Mis计划的三阶段模型	
在国家经济信息系统总体设计中的应用与发展	杜 链 (301)
城市级EIAMs规划设计问题研究	余 莲 (304)
西安电机厂微型计算机材料管理系统	东小峰等 (308)
水电工程局施工计算机管理信息系统开发	刘润广等 (312)
大型普查计算机数据处理系统的特点	吴本中 (315)
中国工业普查数据库设计要点	吴亚非 (320)
大型数据处理系统的移植	盛济平 (322)
采用低标号铸造生铁微型计算机配料提高灰铁铸件材质	陆 云 (326)
计算机辅助营运调度CAD系统	王端光等 (328)
计算机自动广播系统	张兆璞等 (332)
灰色系统理论在生产计划DSS中的应用	黄晓波 (336)
大数据量报表处理的四个关键问题	姜玉华 (340)
工普运行操作管理系统	吴本中 (344)
大中型计算机系统汉字化途径的探讨	张和之等 (348)
区域宏观经济管理决策支持系统的设计与实现	柏国华 (352)
工厂综合管理信息系统的设计和实现	王国良 (355)
宏观价格模型	国家计委经济预测中心等 (360)
纵横制交换机中应用微机构成的原理系统	胡浦泉等 (364)
计算机在宝钢供排水系统的应用	戚宗信 (368)
计算机辅助决策管理系统	陈 伟 (372)

多微机系统通讯的互连分配器及其应用·····	李 航等 (375)
计算机信息系统的设计原理及方法·····	曹有江等 (378)
上海钢铁研究所管理信息系统·····	诸克明 (382)
关于表格的信息处理的研究·····	李 刚等 (385)
环境卫生清运工作计算机辅助管理系统·····	方建群等 (389)
铁路货车动态信息库管理系统——	
PDP-11KCS系统的设计与实现 ·····	阴殿骏(Ⅲ-28)
一种适用于通用计算机的汉字制表软件包·····	吕 宏(Ⅲ-32)
铁路上计算机应用和网络建设·····	姜言坤(Ⅲ-36)
小型机械工厂综合管理信息系统 ·····	汪锡华 李云虎 龚志荣(Ⅲ-40)
PLAN2000和Ethernet局部网络互连系统的设计与实现 ·····	宣 理(Ⅲ-44)
大型数据处理中的数据净化系统·····	孙淑冰 沈林康(Ⅲ-49)
纵横制电话交换机复式计费系统·····	薛 颢(Ⅲ-52)
在大中型企业开发和建立管理信息系统的探讨	
·····上海电机厂工厂管理处计算机室(Ⅲ-61)	
大型信息管理系统·····	曲成义(Ⅲ-65)
大中型企业数据处理的实施·····	乔秀芹(Ⅲ-70)
大型数据处理录入质量管理问题	
——工普录入质量管理问题分析·····	叶 红(Ⅲ-74)
用于工业控制的局部网络的结构问题·····	冯 龙(Ⅲ-77)
微机远程调度统计信息系统·····	李东一(Ⅲ-82)

造纸过程的微机控制系统

黑龙江大学计算机科学系 李华春

〔摘要〕本文介绍在3150造纸机运行的“纸张定量水份检测及计算机控制系统”，主要陈述系统的功能和组成，应用软件的开发技术，多变量控制的非解耦方法和系统的应用效果。系统设计合理，指标先进，软件功能齐全，是造纸行业中成功运行的微机控制系统，有推广价值。

一、前言

目前我国有纸机数千台，绝大部分还处于半手工操作方式。如果在当前技术改造过程中能迅速的应用微机控制，实现生产自动化，必然对提高产品质量，降低成本产生立竿见影的效果。

造纸过程是一个复杂的生产过程，如果在定量、水份、灰份、紧度、平滑度和光洁度等所有指标上加以控制那是不现实的；实践证明定量和水份是两个重要指标，它们基本上反映了纸张的质量。我们研制的纸张定量水份检测及计算机控制系统实现了纸张生产的闭环控制。该系统自1986年投入运行以来，已经收到了明显的经济效益和社会效益，有推广价值。本文介绍了纸机控制系统的功能和组成，软件开发技术，多变量控制的非解耦方法和系统应用效果。

二、系统的组成及主要功能

1. 硬件组成

纸机控制系统是个大型控制系统，包括在线检测仪表，纸浆浓度调解，定量检测控制，水份检测控制，扫描架、两台单板机和一台微机。系统选用IBM PC/XT微主控制机。两台TP801单板机分别和定量仪水份仪构成智能化检测仪表。计算机除一般外部设备打印机、显示器、时钟、软硬盘之外，还配有16路12位A/D、4路12位D/A和多

路开关量通道。

2. 软件组成

应用软件由数学模型辨识程序，总控程序，采集通道程序，断纸处理程序，故障处理程序，诊断与补偿程序，打印制表程序，班产量、日产量和辊产量处理程序，控制方式转换程序以及命令解释程序组成。

3. 系统功能

(1) 数据采集与控制。控制扫描架在8.15米宽的纸幅上往复运动。固定在扫描架上的定量仪和水份仪在系统控制下采集24个纸幅上的定量值和水份值；同时采集纸浆浓度、气缸管道的蒸气压力和纸机车速等值。上述数值连同定量和水份的希望值一起交给数学模型处理，求出控制料阀开度和气阀开度的数据，通过各自的执行机构回控两个阀门。构成定量和水份两个闭环控制回路。在每个控制周期内，微调一次阀门，使纸张定量和水份两个重要指标控制在比较理想的范围之内。

(2) 监测功能。目前实现纸张全幅闭环控制还不现实。但是，可以根据系统提供的纸幅横向定量和水份变化的有关数据，手工调解纸张24个幅面上的控制纸浆流量的延板，达到横向控制的目的。目前，本系统在每个控制周期里，在屏幕上显示定量和水份值的横向变化曲线及其最大值、最小值、平均值和希望值；显示并打印一小时的24个幅面上定量和水份的纵向平均值和纵向变化曲

线、提供主要工艺参数超限报警和故障报警，操作人员根据上述的数据和曲线，可以分析出造成生产波动的环节及工艺条件不稳定的因素，给管理和指导生产提供有力的条件和依据。

(3) 生产数据管理。生产数据管理功能是过程控制系统的重要组成部分。本系统能定时和随时打印班产量，日产量，辊产量和断纸数据等十几种生产报表和主要工艺参数；能建立和长期存储各种数据文件并可随时查询打印。

(4) 监控方式与自动方式的自动转换。系统运行进程中，当定量和水份两个数值在希望值上下做微小波动时，为了减少料阀的磨损，可以通过命令使系统由自动控制方

式转到监控方式（通常有几分钟到几十分钟的稳定时间）这时只提供监控信息而不微调两个阀门。一旦上述两个数值超出应控制的范周时，系统会自动地由监控方式转到自动控制方式。经过几分钟的控制又使系统处于稳定状态。

三、控制系统的主要实现技术

1. 有序分层结构

为了提高程序的可靠性和便于调试维护，我们在应用软件设计中采用了有序分层结构。在 CC-DOS, Compiler BASIC 和 Assembler 的支持下开发了四层软件，如表 1 所示。各层模块只有单向依赖关系，高层模块只能调用低层模块，同层模块之间很少联

表1 应用软件层次表

层 次		主 要 组 成 模 块	
第 0 层	系统程序	CC-DOS, Compiler BASIC, Assembler	
第一层	核 心	初始化模块；	采集通道模块
		计算时间模块；	打印模块
		读文件模块；	写文件模块
		数学模型模块；	显示模块
第二层	各种处理	异常处理模块；	诊断处理模块
		超限处理模块；	断纸处理模块
		补偿处理模块；	故障处理模块
		一小时处理模块；	取文件模块
		存文件模块；	
第三层	控制与管理	扫描架控制模块；	采集模块
		料阀控制模块；	气阀控制模块
		生成曲线模块；	制表模块
		生成辊产量模块；	生成辊产量模块
		生成日产量模块；	检查模块
第四层	命 令	转换控制方式命令；	打印主参数命令
		显示绝干量曲线命令；	换辊命令
		打印班断纸数据命令；	切换命令
		显示跟踪曲线命令；	修改主要参数命令
		打印纵向数据命令；	打印纵向数据命令
		打印班报表命令；	

系。这种结构也给功能扩充提供了便利条件,要想在命令层和管理层增加模块或命令,只要写好子程序并填写好入口地址即可现实。

2. 高级语言调用汇编语言程序

应用软件的主要程序是用 Compiler BASIC编写的,考虑到控制系统要在秒级的控制周期内完成多种数据采集,加工处理,有关曲线数据的显示和执行机构的控制,要求系统较快的处理速度。为此我们把一些使用频繁和要求速度快的程序,如采集通道子程序,用汇编语言编写,主程序通过CALL调用汇编子程序。

3. 汉字制表

为了使操作人员从直观上了解系统进展情况,我们把开工、数据采集、数模加工、显示打印、回控执行机构,扫描架退出纸幅和换班等各个阶段,以及随时发生的断纸、换辊、越限和故障等报警都给出醒目的汉字提示;系统显示和打印的曲线都配有汉字说明;系统生成的各种生产报表全部汉化。

4. 软件补偿与诊断

纸张控制系统在运行中有时会受到干扰(如大电机的启动),在采集数据中出现不应有的信息,影响系统的控制精度。由硬件解决这种干扰十分困难,本系统软件可对采集来的数据进行筛选,滤掉干扰信号,既保证了系统的精度又能使系统照常运行。

控制系统中的一些机械设备,如扫描架、送料阀等,长期运行会出现磨损,影响采集和控制的精度,尤其是扫描架长达5米,每时都在不停的往复运动,磨损较大直接影响定量仪和水份仪对数据的采集,本系统能定期(如两月)确认设备磨损误差,实现软件补偿,使系统恢复到原来的控制精度。

5. 提供人工干预手段

本系统除提供可随时显示打印生产报表和系统主要参数功能之外,在系统运行中还给操作人员提供修改控制参数、数模参数和补偿参数的命令,这样,在纸张原料配方

改变、冬季气温过低时,可用命令随时修改系统参数,从而得到更好的控制效果。

6. 生产数据的长期保存和检索

纸机生产过程中有大量的数据需要保存,根据保存数据类型不同,系统设有临时文件和常期文件;按存取方式又设顺序文件和索引文件。在数据量越来越多的情况下,为提高查找速度,系统采用hash查找方式。用户在控制系统不停的情况下,能够查到任何一天(或班)的产量或其它数据并能打印其报表。

四、纸机多变量控制的非解耦方法

3150纸机是我国制造的大型纸机,其主要部分有:抄纸、烘干、压光、卷曲等。纸浆通过高位箱的给料阀门进入纸机。纸中的水份通过各段烘缸被逐渐排除。烘缸的热量是由过热气供给的,所以控制送料阀门和蒸气阀门是控制纸张定量和水份的重要手段。但在料阀开度不变的情况下,纸浆浓度变化或纸机车速的变化,都会使纸张的定量产生变化,同时也会影响水份的变化。一段烘缸的气压可以作为全体烘缸温度的重要代表。温度的变化也影响水份与定量的变化。实践证明,造纸过程是复杂的,存在许多不确定因素。定量和水份相互关联制约,又与许多其它因素有着密切的关系。目前完全掌握它们并清楚地写出它们的关系和变化规律是十分困难的;从实践的观点来看,这也不一定是必要的。

系统的非明确随机因素可以用系统参数的随机化和相应的改变来补偿,所以我们最终确定了纸张定量水份控制系统的数学模型中所涉及的有关变量,即该系统的被控变量是定量 $Y_1(k)$,水份 $Y_2(k)$ 。该系统的控制变量是送料阀门的开度 $U_1(k)$ (用电压来表示),蒸气阀门的开度 $U_2(k)$,另外还有三个可观测的重要影响因素:纸浆的浓度 $S_1(k)$ 、一段烘缸的蒸气压力 $S_2(k)$

和造纸机的车速 $S_3(k)$ 。

纸机的周围条件和本身的条件是在不断变化的。例如铜周的逐渐磨损、毛布的变脏和压光机的条件变坏等等。有时这些条件经修复又变好了。所以纸张定量水份控制系统应该是一个慢时变参数系统。因而根据目前生产过程所得的数据而建立起来的系统数学模型、应该是一个含有非明确随机因素的具有时变参数的模型。具有时变参数的线性动态模型是有一定普遍意义的。所以我们有理由设想，该系统的数学模型是线性的。这一分析与我们进行的现场实验是吻合的。

依据控制理论和造纸工艺原理分析，我们能够用一个二阶差分方程模型描述定量水份的生产过程、对于水份和定量两个被控制量采用非解耦的自适应方法来处理。其数学模型为：

$$Y(k) = A_1(k) y(k-1) + A_2(k) y(k-2) + B_1(k) U(k-1) + B_2(k) U(k-2) + C(k) S(k-1) \quad \dots\dots(1)$$

其中： $A_i(k)$ 、 $B_j(k)$ ($i=1,2$;
 $j=1,2$)、 $C(k)$ 均为时变参数矩阵。并且有

$$y(k) = \begin{pmatrix} y_1(k) \\ y_2(k) \end{pmatrix}$$

$$U(k) = \begin{pmatrix} U_1(k) \\ U_2(k) \end{pmatrix}$$

$$S(k) = \begin{pmatrix} S_1(k) \\ S_2(k) \\ S_3(k) \end{pmatrix}$$

$$A_i(k) = \begin{pmatrix} a_{11}^i(k) & a_{12}^i(k) \\ a_{21}^i(k) & a_{22}^i(k) \end{pmatrix} \quad i=1, 2$$

$$B_j(k) = \begin{pmatrix} b_{11}^j(k) & 0 \\ 0 & b_{22}^j(k) \end{pmatrix} \quad j=1, 2$$

$$C(k) = \begin{pmatrix} C_{11}(k) & C_{12}(k) & C_{13}(k) \\ C_{21}(k) & C_{22}(k) & C_{23}(k) \end{pmatrix}$$

具体地写开，定量的数学模型为：

$$\begin{aligned} y_1(k) = & a_{11}^1(k)y_1(k-1) \\ & + a_{12}^1(k)y_2(k-1) \\ & + a_{11}^2(k)y_1(k-2) \\ & + a_{12}^2(k)y_2(k-2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & + b_{11}^1(k)U_1(k-1) \\ & + b_{11}^2(k)U_2(k-2) \\ & + C_{11}(k)S_1(k-1) \\ & + C_{12}(k)S_2(k-1) \\ & + C_{13}(k)S_3(k-1) \quad \dots\dots(2) \end{aligned}$$

水份的数学模型为：

$$\begin{aligned} y_2(k) = & a_{11}^1(k)y_1(k-1) \\ & + a_{12}^1(k)y_2(k-1) \\ & + a_{11}^2(k)y_2(k-2) \\ & + a_{12}^2(k)y_2(k-2) \\ & + b_{11}^1(k)U_2(k-1) \\ & + b_{12}^1(k)U_2(k-2) \\ & + C_{21}(k)S_1(k-1) \\ & + C_{22}(k)S_2(k-1) \\ & + C_{23}(k)S_3(k-1) \quad \dots\dots(3) \end{aligned}$$

首先对系统中的未知时变参数用递推算法进行辨识。辨识中要充分考虑被控对象的某些特点和系统的稳定性。以定量模型为例，假定通过辨识我们得到稳定的参数自适应控制系统的参数初值为：

$$\begin{aligned} & a_{11}^1(k_0), a_{11}^2(k_0), a_{12}^1(k_0), a_{12}^2(k_0), \\ & b_{11}^1(k_0), b_{11}^2(k_0), C_{11}(k_0), C_{12}(k_0), \\ & C_{13}(k_0) \end{aligned}$$

则稳定的定量参数自适应的控制系统的数学模型是：

$$\begin{aligned} y_1(k) = & a_{11}^1(k_0)y_1(k-1) \\ & + a_{12}^1(k_0)y_1(k-2) \\ & + b_{11}^1(k_0)U_1(k-1) \\ & + b_{12}^1(k_0)U_1(k-2) \\ & + a_{11}^2(k_0)y_2(k-1) \\ & + a_{12}^2(k_0)y_2(k-2) \\ & + C_{11}(k)S_1(k-1) \\ & + C_{12}(k)S_2(k-1) \\ & + C_{13}(k_0)S_3(k+1) \quad \dots\dots(4) \end{aligned}$$

在这个模型中，参数 $a_{11}^1(k_0)$ 、 $a_{11}^2(k_0)$ 、 $b_{11}^1(k_0)$ 、 $b_{11}^2(k_0)$ 是非时变的。从而保证了系统的稳定性。

由于系统是慢变的，所以在应用参数递推估值公式对时变随机参数进行估计时，参数预报的步骤可以省略。

由(4)可以得到自适应控制规律是:

$$\begin{aligned}
 U_1(k-1) = & [b_{11}^1(k_0)]^{-1} \{Y_1^* \} \\
 & - a_{11}^1(k_0)Y_1(k-1) \\
 & - a_{11}^2(k_0)Y_1(k-2) \\
 & - b_{11}^3(k_0)U_1(k-2) \\
 & - \hat{a}_{12}^1(k-1)Y_2(k-1) \\
 & - \hat{a}_{12}^2(k-1)Y_2(k-2) \\
 & - \hat{C}_{11}(k-1)S_1(k-1) \\
 & - \hat{C}_{12}(k-1)S_2(k-1) \\
 & - \hat{C}_{13}(k-1)S_3(k-1) \dots \dots (5)
 \end{aligned}$$

其中 Y_1^* 是定量的希望值, $\hat{a}_1(k-1), \dots, \hat{C}_{1j}(k-1)$ 等表示相应的参数在 $k-1$ 时刻的估值。

五、系统应用效果

纸机控制系统投入运行以来,控制效果比较好。在生产正常情况下,定量检测误差为 $\pm 0.5g$;水份控制误差为 $\pm 0.5\%$ 。该系统对环境诸因素的干扰(如纸浆浓度的突然变化)、部分设备的不正常(如真空泵工作失常)都有一定的适应能力。在定量不超过 $\pm 2g$,水份不超过 $\pm 2\%$ 的干扰情况下,能在

12分钟左右使系统恢复到正常状态。

系统投入运行以来经济效益比较明显,有以下几个方面:

1. 增加产量。随着自动化程度的提高,控制效果稳定,减少了纸机断头次数,提高了2.5%的产量,每年可增产472吨纸,创产值51.92万元。

2. 降低平均定量。该控制系统能将定量控制在 $\pm 0.5g$ 之内,系统投入运行后的定量离差为 $0.778g/M^2$,平均降低定量2%左右,可节省木材1084立米,每立米按160元计算,每年可节约17.3万元。当定量平均降1克/ M^2 时,每年可多出报纸,其价值约73.4万元。

3. 提高平均水份。纸机控制系统能将水份控制在 $\pm 1\%$ 之内,投入运行后,水份离差为 $\pm 1\%$,实践证明水份可提高1%,3150纸机每年可多出报纸187吨(在同样原料下),可得经济效益20.5元。

4. 节省能源。系统投入运行后,可降低定量2%,节电0.9元/吨纸,每年节省1.53万元。纸张含水率每增加1%,节省蒸气5%、煤150吨,价值3.57万元。

参考资料(略)

带钢厚度自适应控制的计算机仿真及应用

武汉钢铁学院冶金系 徐 光 杨 节

北京钢铁学院自动化系 童朝南

摘要: 本文分析了冷连轧机张力AGC系统,表明该系统是动态系统,从而确定最小方差自校正调节器应用于该系统。本文介绍了最小方差自校正调节器的结构及算法,利用对实际系统辨识得到的二阶模型进行了大量的计算机仿真研究,仿真结果表明,自校正调节器控制效果优于PID调节器;渐消记忆递推最小二乘法是一种较好的在线辨识算法。把自校正调节器应用于上钢十厂350mm三机架冷连轧机组的张力AGC系统,实际应用结果表明,这种应用是成功的,控制后的带钢厚差得到明显改善。

一、控制思想的提出

最近几十年, 计算机控制轧制过程获得了迅速发展。其中一个主要的控制功能是轧制产品的厚度自动控制。为了不断提高轧制产品纵向厚度精度, 研制了各种厚度自动控制系统, 提出并应用了前馈、反馈、张力、x射线监控、厚度计式等AGC系统。它们的共同特点是把被控过程当作定常系统来处理, 控制器参数固定不变, 这并不符合轧制生产这种复杂的物理过程的实际情况。以冷连轧生产为例, 它的一个重要特点是机械、电气控制系统和轧件间紧密相联, 形成了一个复杂的综合系统。工艺参数和机械、电气设备参数处于不断变动状况之中, 而且这些参数之间存在着相互联系、相互影响、相互制约的关系, 某一个参数的波动同时也引起其它参数的变动, 使整个连轧机组的动态特性不断变化, 使轧制产品的厚度不断波动。显然, 对这样的动态系统采用固定参数控制器进行控制是不合理的, 由于这种控制器不能跟随被控系统动态特性的变化, 影响了控制精度。

到目前为止, 轧制过程厚度自动控制系统的设计还限于固定参数控制器, 为了开辟新的厚度自动控制的途径, 进一步提高轧制产品厚度精度, 有必要设计一种能在线自动跟踪被控系统动态特性变化, 并修正控制动作的控制器。自适应控制理论为我们提供了理论基础。

自适应控制理论提出了各种控制器。为了满足实时性要求, 决定把最小方差自校正调节器应用于冷轧轧AGC系统。

二、最小方差自校正调节器的结构及算法

1. 自校正调节器的构成

自校正调节器的构成示意图1。它由参数估计器和控制器两部分组成。参数估计器的作用是不断的在线采集系统的输入、输出数据, 利用某一种递推算法在线辨识系统的参数并送入控制器中。控制器的作用是

根据最新辨识出来的参数 $\hat{\theta}$ 组成控制算法, 再根据量测的输出值 $y(R)$ 计算下一步应输出的控制量进行闭环控制。最小方差控制也就是使输出值 $y(R)$ 相对于目标值波动的最小。在张力AGC系统中也就是使轧制产品厚度波动在最小方差意义下为最小。

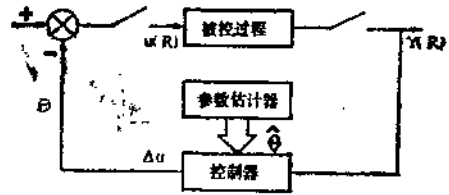


图1 自校正调节器的构成

2. 最小方差自校正调节器算法

把被控对象的数学模型写成预报模型:

$$y(R+d) + d(Z^{-1}) \cdot y(R) = \beta(Z^{-1}) \cdot u(R) + \varepsilon(R+d) \dots\dots (1)$$

经过一系列推导, 可导出最小方差控制律为:

$$U(R) = -\frac{\alpha(Z^{-1})}{\beta(Z^{-1})} \cdot Y(R) \dots\dots (2)$$

式中: $\alpha(Z^{-1}) = \sum_{i=1}^P \alpha_i \cdot Z^{-i+1};$

$$\beta(Z^{-1}) = \sum_{i=1}^q \beta_i \cdot Z^{-i};$$

$$P \geq n; \quad q \geq n+d-1;$$

d ——系统输出对输入的延迟;

n ——系统模型阶次。

实时控制时, 首先辨识出预报模型的参数 $\alpha(Z^{-1}) \beta(Z^{-1})$, 然后用式(2)计算出控制量进行控制。

三、系统辨识和数字仿真

1. 系统辨识

在进行仿真研究以前, 对上钢十厂350mm三机架冷连轧机组2*~3*机架间张力AGC系统进行了系统辨识实验。实验信号为6阶最大长度伪随机二电平信号, 信号参数

为：基本间隔 $\lambda=200\text{ms}$ ；基本序列长度 $N_p=2^6-1=63$ ；信号幅值 0.5V ；信号周期 $T=N_p\cdot\lambda=12.6\text{ (S)}$ 。系统的输入为第3机架主电机速度控制信号，输出为成品带钢厚差。用广义最小二乘法进行离线辨识，得到如下二阶系统：

$$y(R)=0.64541\cdot y(R-1)-0.10888\cdot y(R-2)-0.34669\cdot u(R-1)-0.78074\cdot u(R-2)\dots\dots\dots(3)$$

该系统的两个极点均在Z平面的单位圆内，故该系统是最小相位系统。

2. 数字仿真

用离线辨识得到的二阶线性系统在IBM—PC机上进行了仿真研究。

(1) 自校正调节器和PID调节器控制效果比较

在系统的输出端加一按正弦规律变化的干扰信号，信号幅值为 5.0 ，在一个正弦周期内等间距取 90 个干扰量加到系统上。系统的输出设定值为零，用增量式PID调节器和最小方差自校正调节器分别进行控制。经过多次调试，找到PID调节器的最佳参数为：

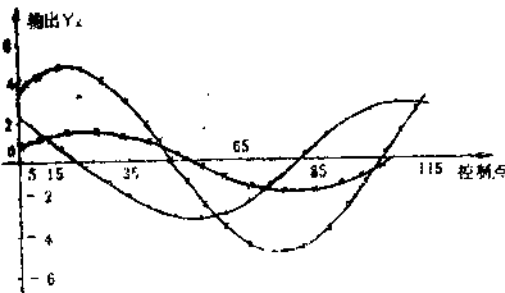


图2 自校正调节器和PID调节器控制效果比较

比例系数 1.2 ；积分系数 0.9 ；微分系数 1.00 ，取 100 个控制点计算输出值 y_k 的方差，控制前系统输出方差为 1137.0 ，PIC控制（最佳参数）后，方差降为 376.6 ，而采用自校正控制后方差降为 169.5 。自校正调节器和PID调节器控制效果的比较见图2。可以看出，自校正调节器控制效果优于PID调节器。

(2) 无干扰噪声时，参数估计的收敛

情况

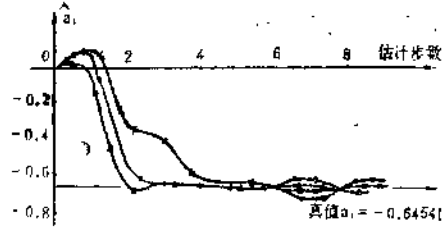


图3 参数 a_1 的递推估计

图3表明了参数 a_1 的递推估计收敛情况。其中分别表示递推最小二乘法、渐消记忆递推最小二乘法、递推增广矩阵法、递推辅助变量法的参数估计结果。参数估计的初值为零。图4和图5中各符号代表的参数估计算法与此相同。由图3可以看出，无干扰噪声时，几种参数估计的递推算法收敛很快，估计的参数很快地接近真值。递推增广矩阵法收敛速度慢，其它三种递推算法收敛速度、精度均很接近。渐消记忆递推最小二乘法选用遗忘因子 $\lambda=0.9$ 。图4和图5中遗忘因子也选用此值。

(3) 有干扰噪声时，参数估计的收敛情况

图4表明了参数 a_1 的收敛情况，参数估计的初值选用离线辨识得到的结果。其它参数的收敛情况与 a_1 相同。系统受到噪声干扰后，参数估计的收敛速度降低，收敛精度下降。这些曲线是在系统输出受到 10% 左右的噪声干扰下作出的。这时，递推辅助变量法已不能对参数进行正确的估计。递推最小二乘法、渐消记忆递推最小二乘法、递推增广矩阵法估计的参数都不同程度地发生了波动，

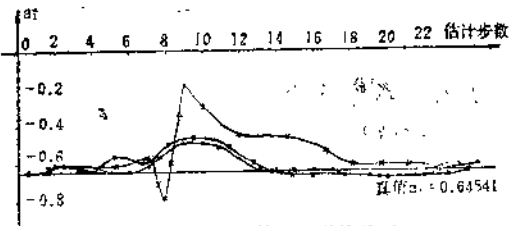


图4 参数 a_1 的递推估计

但均可趋向真值。后一种算法估计参数精度低于前两种算法，前两种算法估计参数收敛

情况基本相同。

(4) 模型参数突变时, 参数估计的收敛情况

把式(3)描述的二阶系统的模型参数改变为式:

$$y(R) = 0.34541 \cdot y(R-1) - 0.78879 \cdot y(R-2) - 0.04669 \cdot u(R-1) - 0.48074 \cdot u(R-2) \dots \dots \dots (4)$$

对这种情况的仿真可表明各种参数估计算法能否适应模型参数较大的变化。

在递推辨识过程中, 从第七步开始把模型各参数由原值改变为新值, 几种递推估计算法对参数的跟踪能力见图5。这时, 递推辅助变量法不能跟踪参数的变化。比较另外三种递推算法, 渐消记忆递推最小二乘法具有较强的参数跟踪能力, 当模型参数有较大变动时, 它能很快地逼近新的参数值; 其它

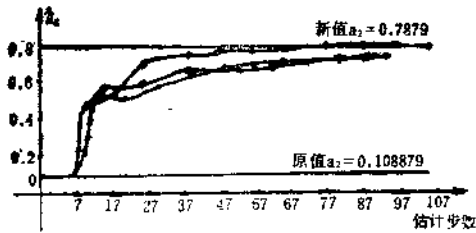


图5 参数 a_1 的递推估计

两种算法则较缓慢地逼近新的参数值, 而且它们估计的参数精度也较低。仿真结果说明, 渐消记忆递推最小二乘法是一种较好的在线辨识算法。为了使自校正调节器具有较强的

自校正能力, 在线实时控制时, 应选用渐消记忆递推最小二乘法。

四、实际应用效果

把最小方差自校正调节器应用于上钢十厂350mm三机架冷连轧机组2*~3*机架间张力AGC系统, 控制计算机采用crome-mco II 微型计算机。自校正张力AGC控制程序用FORTRAN语言编号。现场控制时的控制周期为350ms, 软件尺寸为: 来料2.5×198mm; 成品0.9×198mm, 钢种为By₂F。用计算机大量采集了人工操作和自校正控制时的成品带钢厚度偏差。根据实测数据整理出图6。由该图可以看出, 人工操作时, 带钢纵向厚度波动达45μ, 采用自校正控制后, 厚度波动减小到20μ。由此可见, 自校正控制效果是比较好的。自适应控制应用于冷连轧张力调厚这种快过程的控制是可行的。

五、结 论

自适应控制是现代控制理论的新分支, 它适用于时变系统的控制。本文探讨了自适应控制理论应用于冷连轧AGC系统的可能性。通过仿真研制和实际应用工作, 可以初步得到以下几点结论:

1. 本文首次把自适应控制理论应用于轧制过程厚度自动控制中。本文提出的自校正

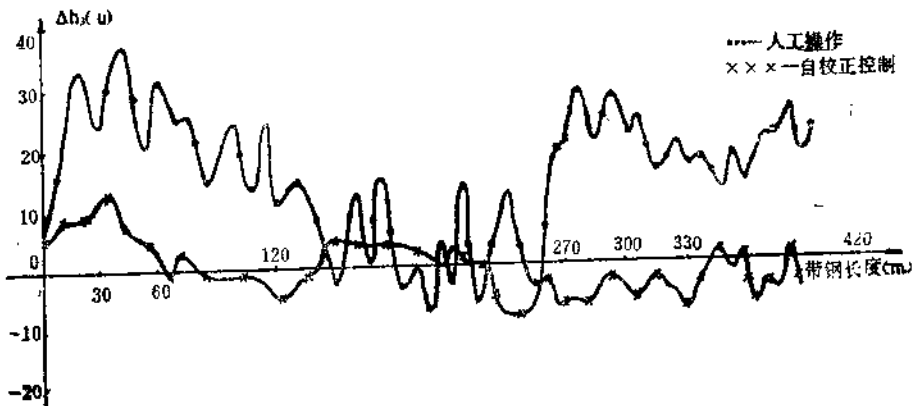


图6 自校正控制效果

张力 AGC 系统不仅提供了进行带钢厚度控制的一种新方法,而且对自适应控制理论应用于其它快过程的控制也有一定的参考价值。

2. 最小方差自校正调节器应用于冷连轧张力 AGC 系统这类快过程的控制是可行的,而且控制效果较好。

3. 自校正调节器控制效果优于 PID 调节器。

器。

4. 渐消记忆递推最小二乘法是一种较好的在线辨识算法。

5. 本文实现了汇编语言与 FORTRAN 语言的混合编程,它能结合两种语言的优点编写控制程序,简化了程序设计

参考文献(略)

自校正调节器在冷轧卷取张力控制系统中的应用

武汉钢铁学院冶金系 张海洲 杨 节

北京钢铁学院自动化系 童朝南

〔摘要〕本文在上钢十厂二车间 $\phi 170/\phi 400 \times 350\text{mm}$ 三连轧计算机控制系统研制中,针对原卷取张力系统存在的问题,确定了利用计算机采用具有在线辨识对象参数,调整控制量算法的自校正调节器取代原卷取张力系统中的张力调节器的方案。经过一段时间在线控制,表明自校正调节器应用于卷取张力的控制是有效的。

一、前 言

带钢带张力卷取是冷轧生产的特点。卷取张力控制的精度影响带钢的厚度和板形,过大的卷取张力波动还易使带钢跑偏而影响正常生产。所以带钢卷取过程中,卷取张力的恒定控制是必要的。一般的卷取张力控制均采用张力闭环形式,张力调节器是固定参数的模拟调节器。由于卷取张力控制系统中存在变参数被控对象问题,所以采用常规的模拟调节器,其控制效果会随着被控对象参数的变化而变差。解决变参数被控对象的控制问题,根本方法是采用自适应控制技术。本文介绍了自校正调节器在上钢十厂二车间 $\phi 170/\phi 400 \times 350\text{mm}$ 三连轧卷取张力控制系统中应用的情况。

二、原系统存在的问题及本方案的确定

上钢十厂二车间的三连轧卷取张力系统,采用的是非独立弱磁的电枢电压和磁场联合调速系统。主回路有张力环、速度环、电流环和电压环。为保证卷取张力恒定,电动机必须提供一个与卷径成比例的转矩,为此设有卷径模拟测量环节。为了在张力开环状态下自动跟踪机组轧制速度,还设有成品机架速度的补偿环节。主回路的框图如图1。

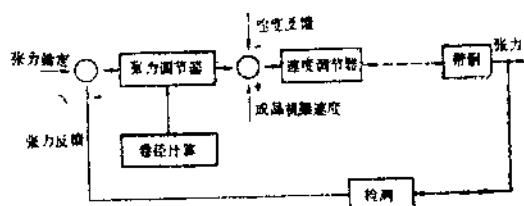


图1 卷取张力控制系统框图