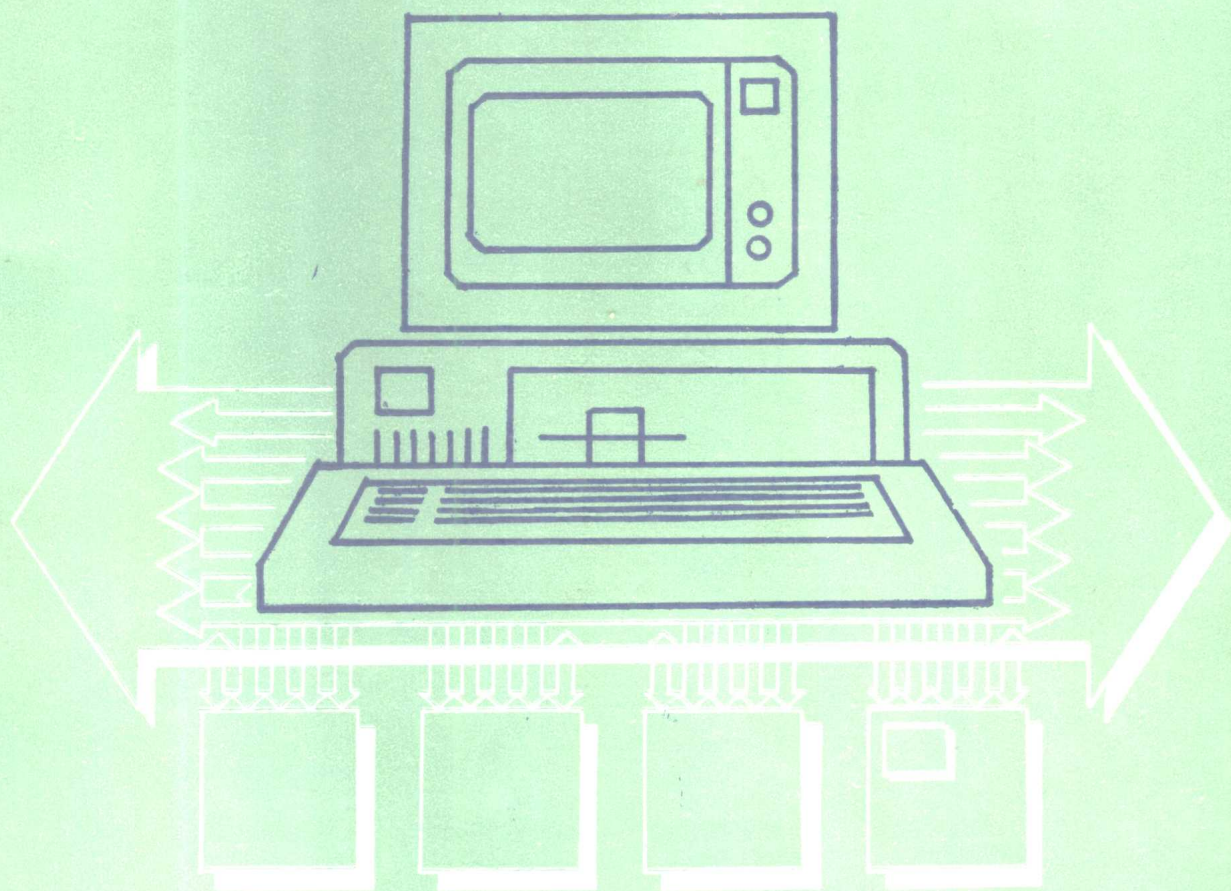


测量与控制核心系统手册

航空航天工业部测控技术情报网编

主 编 庄梓新

副主编 张 纶 梁 恺



航空工业出版社

测量与控制核心系统手册

航空航天工业部
测试技术情报网 编

主 编 庄 梓 新
副主编 张 纶 梁 恺

航 空 工 业 出 版 社

1 9 8 9

内 容 简 介

本手册的基本内容分三部分：1. 测量与控制核心系统的术语、基本电路、数据、误差计算方法、标准等基础技术；2. 三种计算机总线、测控总线与总线转换器、测控软件、接口、屏蔽与接地等实用技术；3. 分布式控制、网络、光纤、遥测技术。本手册采用了大量图表，收编了许多设计与应用实例，每章末均附有参考文献，书末还附有测控专业中英文术语对照，是一部实用性很强的工具书。

本手册可供测控、仪器仪表、自动化、微计算机应用等专业的科学技术人员、工程设计人员及大专院校师生使用。

测量与控制核心系统手册

航空航天工业部测试技术情报网 编

主 编 庄 梓 新

副主编：张 纶 梁 恺

航空工业出版社出版发行

(北京市和平里小关东里14号)

全国各地新华书店经售

航空工业出版社印刷厂印刷

1989年12月第1版 1989年12月第1次印刷

787×1092毫米 1/16 印张：52.375

印数：1-2200 字数：1340千字

ISBN 7-80046-209-9/TN·009

定价：26.50元

前 言

本手册是在航空航天工业部科学技术司与科学技术研究院的直接领导和支持下由航空航天工业部测试技术情报网组织了全国著名的专家、教授、高级工程师、研究员执笔编写而成。它荟萃了国内外测控技术领域内的最新成果和技术精华，集著、编、译于一体，因此具有典型性、先进性和创造性，是一部供测控、自动化系统设计的工程师以及测控专业的高等院校师生使用的必备工具书。

全书共分九章，有五个附录。

各章主要执笔人：第一章杨廷善、林厚华；第二章李宝山；第三章苏长莱、徐德炳、王希之；第四章王希之、周宁、梁捷红；第五章钱为民；第六章张红英；第七章张纶、郑铭、林有义；第八章王述杭、赵负图；第九章庄梓新、孔宪洽、梁恺；附录李振远。

参加编写工作的人员还有：王文海、王剑昆、刘剑国、周莉、常晴、杨根兴、刘雁、王海俭以及情报网的部分联络员。

本书的出版和发行得到了付宽、孙世贵、邵箭、丛选超等同志的大力支持，在此表示诚挚的谢意。

航空航天工业部测试技术情报网
《测量与控制核心系统手册》编写组

1989年6月

目 录

前 言

第一章 测量与控制技术基础	(1)
第一节 测量与控制基本概念、测量基础、术语和定义	(1)
一 测量的基本概念	(1)
二 控制的基本概念	(1)
三 测量基础	(5)
(一) 变量	(5)
(二) 测量单位	(5)
(三) 标准	(12)
四 测量术语和定义	(16)
(一) 信号	(16)
(二) 量程	(17)
(三) 测量结果	(17)
(四) 静态精度	(18)
(五) 动态测量	(21)
(六) 工作环境	(22)
第二节 测量与控制核心系统的定义和组成	(23)
一 定义	(23)
二 组成	(21)
(一) 组成框图	(24)
(二) 各组成部分的基本工作原理	(25)
第三节 测控核心系统的性能指标含义及标定方法	(26)
一 测试条件	(26)
(一) 环境条件	(26)
(二) 电源	(27)
(三) 对测试用仪器仪表的要求	(27)
(四) 信号的输入输出条件	(27)
(五) 测试前的预热和调整	(28)
(六) 标定或测试的通道数	(28)
二 模拟量测量子系统的性能指标含义及标定方法	(28)
(一) 主要性能指标项目及其举例值	(28)
(二) 模入总通道数	(28)
(三) 模入信号量程及输入保护值	(30)
(四) 系统精度	(30)
(五) 采集速度	(33)

(六) 通道间串扰抑制比	(36)
(七) 系统共模抑制比和最高共模电压	(37)
(八) 滤波器截止频率和衰减斜率	(39)
(九) 系统串模抑制比	(40)
(十) 系统零点时漂	(40)
(十一) 系统零点温漂	(41)
(十二) 系统增益时漂	(42)
(十三) 系统增益温漂	(42)
(十四) 系统增益线性度	(42)
(十五) 系统过载恢复能力	(43)
(十六) 系统输入电阻	(44)
三 模拟量输出子系统性能指标含义及标定方法	(45)
(一) 主要性能指标项目及其举例值	(45)
(二) 模出总通道数	(46)
(三) 输出电压或电流范围	(46)
(四) 线性误差	(46)
(五) 微分线性误差	(47)
(六) 零点时漂	(48)
(七) 零点温漂	(48)
(八) 增益时漂	(48)
(九) 增益温漂	(48)
(十) 建起时间	(49)
(十一) 转换速率	(40)
(十二) 输出电压、电流稳定度	(49)
(十三) 共模抑制比	(50)
(十四) 输出电阻	(50)
四 数字、脉冲量输入输出子系统性能指标含义及标定方法	(51)
(一) 数字量输入	(51)
(二) 数字量输出	(53)
(三) 脉冲量输入	(53)
五 系统的可靠性指标	(53)
(一) 平均故障间隔时间	(54)
(二) 长时间运行稳定性	(54)
六 现场考核	(55)
(一) 功能、指标的验证性试验	(55)
(二) 现场实用性试验	(56)
附 参考文献	(55)

第二章 计算机在测控系统中的应用..... (57)

第一节 计算机测控系统发展概况..... (57)

- | | |
|------------------|------|
| 一 开创期 | (57) |
| 二 直接数字控制时期 | (58) |

三	小型计算机时期	(58)
四	微型计算机时期	(58)
五	未来的展望	(59)
第二节	测控用计算机的特点和要求	(59)
一	对可靠性要求较高	(59)
二	实时响应能力强	(59)
三	要求有比较完善的中断系统	(60)
四	要求有较完善的外围设备	(60)
五	对环境的适应性	(60)
六	有丰富的软件系统	(60)
第三节	工业测控计算机的基本组成	(61)
一	控制器	(61)
二	运算器	(61)
三	存储器	(62)
四	输入输出控制器	(62)
第四节	工业测控计算机的分类	(62)
一	可编程序控制器	(62)
二	直接数字控制	(63)
三	集中型计算机测控系统	(64)
四	分布式计算机测控系统	(64)
五	单片微控制器	(65)
第五节	计算机硬件	(65)
一	基本结构与操作流程	(65)
二	中央处理器 (CPU)	(66)
三	总线	(67)
四	中断	(67)
五	举例	(68)
第六节	计算机软件	(69)
一	软件系统组成	(69)
二	系统软件	(69)
	(一) 实时操作系统	(69)
	(二) 实时与分时	(70)
	(三) 实时操作系统结构	(71)
	(四) 实时操作系统的基本功能	(72)
	(五) 实时操作系统的存储器管理和中断管理	(73)
三	应用软件	(67)
第七节	测控系统中的容错技术	(77)
一	容错概念	(77)
二	双机容错系统	(78)
第八节	测控系统计算机的选择	(79)
一	从测控系统特点考虑	(79)
	(一) 可靠性	(79)

(二) 实时性	(80)
(三) 满足测控过程的其它要求	(80)
(四) 软件配置	(80)
二 从测控系统指标考虑	(80)
(一) 速度	(80)
(二) 精度	(80)
(三) 抗干扰能力	(81)
三 从计算机综合性能考虑	(81)
(一) CPU功能	(81)
(二) 总线性能	(81)
(三) 操作系统及软件功能	(81)
附 参考文献	(81)

第三章 测量与控制系统基本技术..... (82)

第一节 模拟量输入子系统	(89)
一 模拟量测量传感器	(91)
(一) 传感器件	(91)
(二) 敏感元件	(92)
(三) 测量与控制系统中常用的传感器	(92)
二 采样	(97)
(一) 采样过程与采样定理	(97)
(二) 子系统总采样率的确定	(98)
(三) 合理安排采样顺序	(98)
(四) 采样器件——多路模拟开关	(101)
(五) 采样误差	(117)
三 信号调节与放大滤波	(123)
(一) 信号调节	(123)
(二) 滤波(信号滤波)	(126)
(三) 放大(信号放大)	(129)
四 采样/保持电路	(157)
(一) 采样/保持电路的作用与工作原理	(157)
(二) 采样/保持器的特性及其误差	(157)
(三) 采样/保持器的传递函数	(160)
(四) 采样/保持器应用	(160)
(五) 采样/保持器的型号及主要技术指标	(168)
五 模/数转换技术	(168)
(一) 模/数转换器工作原理	(169)
(二) 模/数转换器的特性及技术指标定义与说明	(180)
(三) 模/数转换器的应用举例	(188)
(四) 模/数转换器的型号及主要技术指标一览表	(211)
六 模拟量输入子系统设计举例	(241)
(一) 设计举例	(211)

(二) 设计模拟量输入子系统需要考虑的几个问题.....	(247)
第二节 模拟量输出子系统	(248)
一 模拟量输出子系统和数/模转换器.....	(248)
二 数/模转换器功能与技术指标.....	(256)
三 应用举例.....	(262)
四 各种型号数/模转换器主要技术指标一览表.....	(273)
第三节 数字量输入/输出子系统.....	(276)
一 开关量输入子系统.....	(276)
(一) 开关量输入子系统的基本配置.....	(277)
(二) 开关量/数字量输入技术.....	(278)
二 中断开关量输入.....	(283)
(一) 消颤电路的特殊要求.....	(284)
(二) 开关动作分辨率.....	(284)
(三) 中断源寄存器.....	(285)
(四) 中断开关量输入过程.....	(286)
三 频率和脉冲计数量输入.....	(286)
(一) 频率的测量.....	(286)
(二) 脉冲宽度和周期测量.....	(290)
(三) 脉冲计数输入.....	(292)
四 开关量输出子系统.....	(293)
(一) 开关量输出技术.....	(294)
(二) 电路保护方法.....	(298)
(三) 控制安全技术.....	(300)
(四) 开关量控制设计举例.....	(302)
附 参考文献.....	(363)
第四章 接口、总线与总线转换器	(305)
第一节 接口	(305)
一 基本输入/输出接口方式.....	(305)
(一) 串行接口.....	(305)
(二) 并行接口.....	(309)
二 外设接口的寻址方式.....	(311)
(一) 内存映像I/O.....	(311)
(二) 独立I/O.....	(311)
三 输入/输出控制方法.....	(311)
(一) 查询.....	(311)
(二) 中断.....	(312)
(三) 直接存储器存取.....	(315)
第二节 计算机系统总线.....	(315)
一 MULTIBUS I总线.....	(314)
(一) 基本组成与操作原理.....	(314)
(二) MULTIBUS电气特性.....	(321)

(三) 机械特性	(323)
二 STD 总线	(330)
(一) 逻辑特性	(331)
(二) 时序特性	(335)
(三) 电气特性	(337)
(四) 机械特性	(340)
三 IBM-PC总线	(342)
(一) 系统总线操作	(342)
(二) 系统总线信号描述	(348)
(三) 系统总线时序	(353)
(四) 系统总线的电气特性及机械特性	(357)
四 Q 总线	(360)
(一) 数据传输总线周期	(362)
(二) 直接存储器存取	(368)
(三) 中断	(370)
(四) 控制功能	(373)
(五) Q总线电气特性	(374)
(六) 模板插头引脚标号及信号说明	(375)
五 VME总线	(380)
(一) 系统概述	(380)
(二) 功能模板	(380)
(三) 子总线	(382)
(四) 总线选择	(386)
(五) 电气特性	(386)
(六) 电路板尺寸	(388)
(七) 前面板	(389)
(八) P1和P2 底板	(389)
六 MULTIBUS- II 总线	(391)
(一) MB II 总线结构的特点	(391)
(二) PSB并行系统总线	(396)
七 小结	(400)
第三节 测控系统总线和总线转换器	(401)
一 RTP产品概述	(401)
二 RTP I/O总线介绍	(402)
(一) 逻辑特性	(402)
(二) 定时规格	(405)
(三) 电气规范	(407)
(四) 机械规范	(407)
三 RTP I/O总线的基本特点	(407)
(一) 灵活而独具特色的IOBC使总线系统可与多种计算机相连接	(407)
(二) 兼容开放式结构获得了系列化设备强有力的支持	(407)
(三) RTP I/O总线系统具有高可靠性	(408)
(四) 结构简洁, 配置灵活, 连接方便易行	(408)

四	测控系统中的总线转换器	(409)
(一)	利用某种计算机接口板组成简单的 IOBC	(409)
(二)	非智能的IOBC	(409)
(三)	智能的 IOBC	(410)
(四)	多重IOBC	(410)
附	参考文献	(411)
第五章	测控软件	(412)
第一节	程序设计语言及编程技术	(412)
一	程序设计语言及其分类	(412)
(一)	程序设计语言的组成	(412)
(二)	程序设计语言的分类	(413)
二	测控语言	(414)
(一)	语言的选择	(414)
(二)	面向机器的语言	(415)
(三)	带有实时扩展的通用高级语言	(415)
(四)	过程控制语言	(422)
(五)	面向问题的语言	(424)
三	编程技术	(424)
(一)	程序的三要素	(424)
(二)	常用编程方法	(426)
(三)	提高实时性的软件方法	(429)
第二节	实时操作系统	(430)
一	操作系统概述	(430)
(一)	操作系统的定义及分类	(430)
(二)	研究操作系统的观点	(431)
二	实时操作系统原理	(432)
(一)	实时操作系统的特征	(432)
(二)	实时操作系统的基本功能	(433)
三	微计算机监控程序	(437)
(一)	监控程序的特点	(437)
(二)	监控程序的功能	(437)
(三)	监控程序的结构及组成	(437)
四	实时操作系统举例	(438)
(一)	iRMX86的特点	(439)
(二)	iRMX86操作系统的结构和功能	(439)
五	分时操作系统举例	(440)
(一)	UNIX的特点	(441)
(二)	UNIX的系统结构及其功能	(442)
第三节	测控软件及其系统组态	(442)
一	测控软件的基本功能与组成	(442)
二	数据采集与处理软件	(444)
(一)	数据采集	(444)

(二) 数据处理.....	(446)
三 监视及操作指导软件.....	(452)
(一) 参数监视软件.....	(452)
(二) 报警分析及操作指导.....	(453)
(三) CRT 显示软件.....	(455)
(四) 打印输出软件.....	(456)
四 控制软件.....	(458)
(一) 顺序逻辑控制和数值控制软件.....	(458)
(二) 数字PID 控制——单参数控制.....	(460)
(三) 复杂多参数数字控制.....	(463)
(四) 最优控制.....	(467)
(五) 自适应控制.....	(467)
五 测控软件的可靠性及质量评价.....	(469)
(一) 测控软件的可靠性设计.....	(469)
(二) 软件质量评价.....	(469)
六 软件组态.....	(470)
(一) 组态的内容.....	(471)
(二) 组态方法与工具.....	(472)
第四节 实时软件的工程化技术.....	(477)
一 软件工程化的基本思想.....	(477)
(一) 软件工程的形成及其发展过程.....	(477)
(二) 软件工程的基本概念.....	(477)
(三) 实时软件工程化的内容.....	(480)
二 软件开发技术.....	(481)
(一) 可行性研究与计划.....	(481)
(二) 软件需求分析.....	(483)
(三) 软件设计与编码实现.....	(484)
(四) 程序的测试与维护.....	(484)
三 标准化和文档化.....	(487)
(一) 标准化的对象.....	(487)
(二) 标准化中的注意事项.....	(487)
四 软件开发的组织机构.....	(488)
(一) 软件开发人员的能力的分析和各阶段人员分布.....	(488)
(二) 软件开发的组织方法.....	(489)
五 软件工程化的新方向.....	(490)
(一) 速成原型方法.....	(491)
(二) 可重用软件方法.....	(491)
附 参考文献.....	(491)
第六章 信息与人机对话.....	(494)
第一节 信息输入.....	(494)
一 键盘输入.....	(494)

(一) 键盘开关	(494)
(二) 键盘开关译码	(495)
二 图象输入	(496)
(一) 光电转换元件	(498)
(二) 摄像装置原理	(500)
(三) 摄像装置	(500)
三 语言识别与语音合成	(501)
(一) 语音识别	(501)
(二) 说话者判别	(504)
(三) 语音合成	(504)
第二节 信息显示	(508)
一 信息显示概念	(508)
(一) 模拟显示	(508)
(二) 数字显示	(508)
二 信息显示元件	(508)
(一) 发光二极管(LED)	(509)
(二) 液晶显示器(LCD)	(509)
(三) CRT显示(阴极射线管)	(510)
三 字符显示与图象显示	(511)
四 显示系统的组织	(512)
(一) 简单显示系统	(514)
(二) 多重显示	(514)
五 彩色图象显示	(515)
第三节 信息存储	(517)
一 带状图记录仪	(518)
二 圆形图记录仪	(518)
三 X-Y记录仪	(519)
四 示波器记录仪	(520)
五 打印机	(521)
(一) 击打式打印机(Impact Printing)	(521)
(二) 感热式打印机(Thermal Printing)	(521)
(三) 电灼式打印(Electric Writing)	(522)
(四) 静电打印(Electrostatic Writing)	(523)
第四节 汉字人机接口	(523)
一 汉字输入	(523)
(一) 键盘输入方法	(523)
(二) 汉字的字形识别方法	(524)
二 汉字的存储与输出	(524)
(一) 汉字字形存储器(汉字库)	(525)
(二) 汉字输出设备	(526)
附 参考文献	(526)
第七章 分布式测控系统与网络	(527)

第一节 工业控制网络	(527)
一 局部网络的基本概念	(527)
(一) 网络 拓朴	(527)
(二) 介质访问控制	(528)
(三) 通信方式	(529)
(四) 传输介质	(529)
二 局部网络标准	(530)
(一) 开放系统互连模型	(530)
(二) IEEE 802 标准	(531)
三 工业控制局部网络	(532)
(一) 以太网 (Ethernet)	(532)
(二) MAP网	(545)
(三) 令牌环网	(550)
(四) 开放网络 (Open Net)	(554)
第二节 分布式测控系统	(558)
一 概述	(558)
二 分布式测控系统实例	(559)
(一) TDC3000分布式控制系统	(559)
(二) 西屋WDPF分布式控制系统	(565)
(三) 位总线 (Bitbus) 分布式测控系统	(568)
(四) 设计实例	(570)
第三节 远距离数据通信技术	(572)
一 多路数据传输的信号格式	(573)
(一) 频分制遥测信号格式	(573)
(二) 时分制遥测信号格式	(581)
二 传输信道	(588)
(一) 有线专用信道	(588)
(二) 电报、电传机和电话信道	(588)
(三) 宽频带信道	(589)
(四) 电力线载波信道	(589)
(五) 无线电传输信道	(589)
三 调制与多次调制	(592)
第四节 光缆及其在信息传输中的应用	(592)
一 光纤、光在光纤中传播	(594)
(一) 光纤	(594)
(二) 射线传播	(594)
(三) 传播模式	(595)
二 光纤的传输特性	(597)
(一) 光损耗	(597)
(二) 光纤的色散	(598)
三 光发射机	(600)
(一) 光源	(601)

(二) 调制	(603)
四 光接收机	(604)
五 中继系统	(606)
六 光纤的连接、耦合和成缆	(607)
(一) 光纤与光源的耦合	(607)
(二) 光纤的连接	(608)
(三) 光缆	(610)
七 光纤在信息传输中的应用	(611)
附 参考文献	(613)
第八章 屏蔽、接地与安全技术	(614)
第一节 系统的屏蔽	(614)
一 信号线的屏蔽和选择	(614)
(一) 电耦合	(615)
(二) 电耦合的屏蔽	(617)
(三) 磁耦合	(619)
(四) 磁耦合的屏蔽	(620)
(五) 信号线的选择	(624)
二 仪器设备的屏蔽与接地	(629)
(一) 电屏蔽规则	(629)
(二) 系统输入电路结构与信号源的接入方式	(631)
(三) 设备电源的屏蔽接地	(647)
(四) 系统分段屏蔽与屏蔽间联结	(651)
三 屏蔽体屏蔽效果	(656)
(一) 编织网屏蔽体的屏蔽效果	(657)
(二) 高频时电缆的屏蔽接地	(657)
(三) 沟槽、导管布线问题	(658)
(四) 金属板的屏蔽效果	(660)
(五) 磁性材料屏蔽体	(670)
(六) 屏蔽壳上的缝隙和洞孔对屏蔽效果的影响	(671)
第二节 接地技术	(673)
一 接地的概念	(673)
二 安全接地	(674)
三 抗干扰接地	(677)
(一) 对地线中干扰的分析	(677)
(二) 信号地线的接地方式	(680)
(三) 电缆和放大器屏蔽层的接地方式	(682)
(四) 用阻隔法减小地环路干扰	(685)
(五) 抗干扰接地的若干基本规则	(689)
四 接地装置设计	(690)
五 静电防护技术	(691)
(一) 静电场的产生及其性质	(692)
(二) 静电干扰的主要来源	(694)

(三) 静电防护要领	(696)
第三节 恶劣环境下工作的测控系统	(697)
一 电磁兼容性一般设计问题	(698)
二 供电系统的抗干扰措施	(698)
三 共模干扰的抑制	(702)
(一) 超共模抑制系统方案与共模抑制分析	(703)
(二) 模入过程通道全机浮离方案及共模抑制分析	(713)
(三) 不同共模点的共模抑制方案	(715)
四 串模干扰的抑制	(718)
(一) 电流传送信号法	(718)
(二) 用积分型模数转换器抑制串模干扰法	(718)
(三) 工频过零测量编码法	(719)
五 测控系统网络的传输系统的抗干扰问题	(720)
(一) 传输过程衰减和失真的调整	(720)
(二) 电缆选择	(720)
六 软件抗干扰措施	(722)
(一) 软件滤波, 减小测量误差	(722)
(二) 特殊软件处理, 清除假信号	(722)
(三) 抗破坏程序干扰的软件措施	(723)
附 参考文献	(724)
第九章 设计原则与应用实例	(726)
第一节 计算机测控系统的设计原则	(726)
一 计算机测控系统的开放式设计思想	(726)
(一) 为什么要推行开放式设计思想	(726)
(二) 实现开放式设计思想的主要措施	(729)
(三) 推行开放式设计思想带来的技术经济效益	(730)
二 计算机测控系统的基本结构模式	(731)
三 计算机测控系统的设计原则和流程	(732)
(一) 设计的准备阶段	(733)
(二) 设计阶段	(733)
(三) 联调阶段	(745)
第二节 计算机测控系统设计实例	(745)
一 20万千瓦水力发电机组微机计算机监测系统	(745)
(一) 设计要求	(745)
(二) 总体设计方案	(746)
(三) 过程 I/O 子系统	(747)
(四) 人机对话子系统	(750)
(五) 应用软件	(751)
二 内燃机试验用数据采集处理和控制系统	(758)
(一) 设计要求	(758)
(二) 系统硬件设计	(759)
(三) 系统软件设计	(761)

三	单片微控制器数据采集系统设计方法	(763)
(一)	设计实例	(763)
(二)	几点注意事项	(766)
(三)	系统的调试方法	(766)
第三节	测控系统应用	(767)
一	航空航天领域应用	(767)
(一)	气动力试验	(768)
(二)	结构强度试验	(768)
(三)	发动机试验	(769)
(四)	飞行试验	(771)
二	能源领域应用	(773)
(一)	核能反应堆检测监控系统	(773)
(二)	计算机电网监测系统	(773)
(三)	煤碳领域应用	(773)
(四)	石化领域应用	(774)
三	工业、交通、轻纺、农业等领域应用	(775)
(一)	冶金自动测控系统	(775)
(二)	交通运输领域应用的测控系统	(776)
(三)	轻纺工业应用的测控系统	(776)
(四)	食品工业应用的测控系统	(776)
(五)	农业方面应用	(777)
附	参考文献	(777)
附录一	常用单位换算表	(779)
附录二	常见计量单位符号索引	(791)
附录三	电学与磁学量和单位	(796)
附录四	常见光学量和单位	(797)
附录五	中英文词汇对照表	(798)