

JIANCE JIANKONG XITONG YUANLI JI YINGYONG

监测监控系统

原理及应用

郭秀才 杨世兴 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

监测监控系统

原理及应用

郭秀才 杨世兴 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书全面而系统地阐述了监测监控的基础理论、技术原理和监控方法。全书共分9章,以监测监控系统的构成为主线,详细介绍了监测监控系统的基础知识、传感器技术、检测信号采集技术、数据通信技术、数据处理技术、测控网络技术、干扰及干扰抑制技术,最后落实于工程设计实践,介绍了监测监控系统的设计与监测监控系统的工程应用。

本书适合从事监测监控系统研究、设计、制造、施工及运行的工程技术人员阅读,也可作为高等院校测控技术与仪器、自动化、计算机应用、安全工程等专业的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

监测监控系统原理及应用 / 郭秀才, 杨世兴编著. —北京: 中国电力出版社, 2010.7

ISBN 978-7-5123-0537-3

I. ①监… II. ①郭… ②杨… III. ①计算机监控—控制系统 IV. ①TP277

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 110960 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2010年9月第一版 2010年9月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 18.75印张 454千字

印数 0001—3000册 定价 38.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

“测量”与“控制”是人类认识世界和改造世界的重要任务，开展监测监控技术的研究，对有效减少事故隐患、预防和控制重大事故的发生、保障国民经济与社会的可持续发展具有重要的现实意义。因此，监测监控技术是人类生活、生产、科学研究等必不可少的工具和手段。

本书以工业监测监控系统为主要研究对象，系统地阐述了信息的采集、传输、处理以及对被控对象参数的控制，涉及传感器技术、计算机技术、控制技术、通信技术等。本书立足点高、内容新、环节全、重实践，力图给读者一个监测监控系统完整的概念，最终能达到让读者学会分析监测监控系统和设计监测监控系统的目的。

本书共分为9章：第1章概述，介绍了监测监控系统的基本概念、分类与组成、主要性能指标以及发展趋势；第2章传感器技术，重点介绍了新型、集成、智能常用类型传感器；第3章检测信号采集技术，介绍了模拟、脉冲、开关量信号的采集原理与方法和虚拟仪器信号采集；第4章数据通信技术，介绍了数据通信的概念、原理和方法及无线数据通信技术；第5章数据处理技术，介绍了多传感器数据融合技术，数字PID、模糊与人工神经网络控制算法；第6章测控网络技术，介绍了监测监控网络的概念，重点介绍了现场总线技术及以太网技术；第7章干扰及干扰抑制技术，介绍了干扰产生的原因、种类，干扰抑制技术；第8章监测监控系统的设计，介绍了监测监控系统设计的步骤与原则、监测监控分站设计、软件设计、组态软件、监测监控系统的防爆措施、监测监控系统的集成；第9章监测监控系统工程应用，介绍了几个典型的监测监控系统工程应用实例。

本书由郭秀才和杨世兴编著，编写了第1章、第2章、第5章、第6章、第8章、第9章，审定全稿；杨世兴编写了第3章、第4章、第7章。

在本书的编写过程中，程岩研究员给予了大力的支持与帮助，在此表示衷心感谢。作者参考与引用了大量相关资料，在此向这些作者以及为本书的编写提供资料的常州自动化研究院和重庆梅安森科技股份有限公司等单位致以诚挚的谢意。另外，研究生张倩男、余伟、张修同、李艳涛等参加了本书的资料整理工作，在此表示衷心的感谢。同时，感谢中国电力出版社的大力支持。

限于编者水平，加之时间仓促，书中难免存在一些不足之处，敬请广大读者提出宝贵意见。

编者

2010年5月

前言

第1章 概述	1
1.1 监测监控系统的基本概念	1
1.2 监测监控系统的分类与组成	1
1.2.1 监测监控系统的分类	1
1.2.2 监测监控系统的组成	2
1.3 监测监控系统的主要性能指标	4
1.4 监测监控系统的发展	6
1.4.1 监测监控技术的发展	6
1.4.2 控制策略与算法的发展	7
第2章 传感器技术	9
2.1 传感器概述	9
2.1.1 传感器组成与分类	9
2.1.2 传感器的主要性能指标	10
2.2 温度传感器	15
2.2.1 温度测量的主要方法	15
2.2.2 PN结温度传感器	15
2.2.3 集成温度传感器	16
2.2.4 光电温度计	18
2.2.5 红外测温仪	19
2.2.6 光纤温度传感器	20
2.3 压力传感器	21
2.3.1 压力传感器的类别与性能	21
2.3.2 电感式压力(差压)传感器	22
2.3.3 霍尔压力传感器	22
2.3.4 集成压力(差压)传感器	23
2.4 流量传感器	25
2.4.1 流量测量方法	25
2.4.2 超声波流量传感器	26

2.4.3	卡曼涡街流量传感器	27
2.4.4	激光流量传感器	28
2.4.5	光纤流量传感器	30
2.5	气体传感器	31
2.5.1	半导体式气体传感器	31
2.5.2	电化学式气体传感器	33
2.5.3	固体电解质气体传感器	35
2.5.4	接触燃烧式气体传感器	36
2.5.5	光学式气体传感器	43
2.5.6	高分子气体传感器	43
2.6	固态图像传感器	44
2.6.1	CCD 图像传感器	44
2.6.2	CMOS 图像传感器	50
2.7	开/停传感器	52
2.7.1	KGKT-C10 型开/停传感器	52
2.7.2	KGT15 型开/停传感器简介	53
2.8	超声式物位传感器	55
2.9	智能传感器概述	58
2.9.1	智能传感器的概念	58
2.9.2	智能传感器的组成与特点	58
2.9.3	智能传感器的体系结构	60
2.9.4	智能传感器的基本功能	62
2.9.5	智能传感器的发展趋势	63
第 3 章	检测信号采集技术	65
3.1	模拟信号的采集	65
3.1.1	模拟信号的采样与量化	65
3.1.2	模拟信号输入通道的一般结构	67
3.1.3	信号调理电路	67
3.1.4	多路转换模拟开关 (MUX)	73
3.1.5	数据放大器	75
3.1.6	采样保持器	77
3.2	A/D 转换器	78
3.2.1	A/D 转换器的分类	78
3.2.2	A/D 转换器的主要技术指标	79
3.2.3	并行接口 ADC	79
3.2.4	串并行输出 ADC 接口	83
3.2.5	串行接口 ADC	86
3.2.6	片内集成 A/D 转换模块	88

3.3	脉冲信号的采集	91
3.3.1	脉冲信号检测原理	91
3.3.2	51 单片机用于频率测量	92
3.3.3	8098 单片机用于频率测量	92
3.3.4	V/F 转换	93
3.4	开关量信号的采集	95
3.4.1	开关量输入信号的调理	95
3.4.2	光电耦合器	96
3.4.3	开关量输入信号与光耦的连接	96
3.4.4	开关量输入信号与 CPU 的连接	97
3.4.5	数字量输入信号的采集	97
3.5	虚拟仪器信号采集技术	98
3.5.1	VI 的结构	99
3.5.2	VI 的软件开发平台 LabVIEW	101
第 4 章	数据通信技术	106
4.1	数据通信基础	106
4.1.1	数据通信系统的基本组成	106
4.1.2	信道	106
4.1.3	数据传输的形式	108
4.1.4	串行通信	109
4.1.5	差错控制	111
4.2	数字信号的基带传输	113
4.2.1	基带信号	113
4.2.2	基带信号传输接口	114
4.3	数字信号的频带传输	122
4.3.1	数字信号的频带传输	122
4.3.2	频移键控法 FSK	122
4.3.3	调制解调器集成电路	124
4.4	数字信号的无线传输	126
4.4.1	发射电路	126
4.4.2	接收电路	127
4.4.3	采用 CC2400 的收发器电路	128
4.4.4	采用 nRF24E2 的发射电路	132
4.4.5	蓝牙技术	135
4.4.6	实现远程数据无线通信的一种方案	139
第 5 章	数据处理技术	140
5.1	多传感器数据融合技术	140

5.1.1	数据融合系统的建模	141
5.1.2	层次化融合结构	148
5.1.3	融合算法与分布式多传感器数据融合	149
5.1.4	基于模糊理论的分布式一致性数据融合	153
5.2	数字 PID 控制算法	158
5.2.1	PID 控制原理	158
5.2.2	数字 PID 控制算法	159
5.2.3	数字 PID 控制器的参数整定	161
5.3	模糊控制算法	163
5.3.1	模糊控制原理	163
5.3.2	模糊控制器设计	167
5.4	人工神经网络及其应用	170
5.4.1	概述	170
5.4.2	人工神经网络基础	171
5.4.3	神经网络在监测监控系统中的应用	175
第 6 章	测控网络技术	179
6.1	测控网络概述	179
6.1.1	测控网络在企业网络系统中的地位与作用	179
6.1.2	测控网络与现场总线	181
6.1.3	测控网络的特点	181
6.1.4	测控网络的发展与标准化	182
6.2	测控网络技术基础	183
6.2.1	测控网络的节点	184
6.2.2	测控网络的拓扑	184
6.2.3	网络信道的访问控制方式	186
6.2.4	网络互联	189
6.3	具有代表性的现场总线	192
6.3.1	CAN 总线	192
6.3.2	FF 总线	196
6.3.3	LonWorks 总线	199
6.3.4	PROFIBUS 总线	201
6.3.5	HART 总线	202
6.4	以太网技术	203
6.4.1	以太测控网络的组成及其特点	204
6.4.2	以太网用于工业现场的关键技术	205
第 7 章	干扰及干扰抑制技术	209
7.1	噪声与噪声耦合方式	209

7.1.1	噪声与信噪比	209
7.1.2	噪声源	209
7.1.3	噪声的叠加	212
7.1.4	噪声耦合方式	212
7.2	干扰的种类	213
7.2.1	模拟通道的常模干扰 (NMN)	213
7.2.2	模拟通道的共模干扰 (CMN)	214
7.2.3	数字通道的内源干扰	215
7.2.4	数字通道的外源干扰	215
7.3	常用干扰抑制技术	215
7.3.1	屏蔽技术	215
7.3.2	隔离技术	217
7.3.3	浮置技术	219
7.3.4	平衡电路	219
7.3.5	滤波器	219
7.3.6	接地技术	219
7.4	干扰源的抗干扰措施	222
7.4.1	抑制电源引入的干扰	222
7.4.2	抑制机械触点产生的干扰	223
7.4.3	屏蔽干扰源	224
7.5	传输通道的抗干扰措施	224
7.5.1	常模干扰的抑制	224
7.5.2	共模干扰的抑制	225
7.6	监测监控系统的抗干扰措施	229
7.6.1	改善数字系统固有干扰的措施	229
7.6.2	对数字线路的各种外源性干扰采取的措施	230
7.6.3	各级别的抗干扰设计	230
7.7	软件抗干扰	230
7.7.1	数据采集误差的软件对策	230
7.7.2	控制状态错误的软件对策	231
7.7.3	程序跑飞的软件对策	232
第8章	监测监控系统的设计	233
8.1	监测监控系统设计步骤及原则	233
8.1.1	监测监控系统设计步骤	233
8.1.2	监测监控系统设计原则	235
8.2	监测监控系统总体方案的确定	235
8.2.1	确定系统的结构	235
8.2.2	选择传感器	236

8.2.3 选择分站通道	236
8.2.4 选择外围设备	236
8.3 监测监控分站的设计	237
8.3.1 监测监控分站设计方案的确定	237
8.3.2 KJF86N(16)型监测监控分站设计举例	238
8.4 监测监控系统软件设计	244
8.4.1 监测监控系统软件设计原则	244
8.4.2 监测监控系统软件设计步骤	245
8.4.3 程序设计方法	246
8.5 组态软件	247
8.5.1 组态软件的特点及设计思想	248
8.5.2 组态软件的数据流	251
8.5.3 使用组态软件的一般步骤	251
8.5.4 MCGS 组态软件简介	252
8.6 监测监控系统的防爆措施	256
8.6.1 设计本安电路应注意的问题	256
8.6.2 安全栅	256
8.6.3 隔爆兼本安型电源	257
8.7 监测监控系统的集成	257
8.7.1 监测监控系统的集成	258
8.7.2 监测监控系统集成的原则	259
8.7.3 监测监控系统集成的方法	259
第9章 监测监控系统工程应用	263
9.1 煤矿综合监测监控系统	263
9.1.1 KJ95N 型煤矿综合监测监控系统的组成	263
9.1.2 KJ95N 型煤矿综合监测监控系统主要技术指标	266
9.1.3 KJ95N 应用举例	266
9.2 矿井人员管理系统	268
9.2.1 矿井人员管理系统组成	268
9.2.2 矿井人员管理系统功能	270
9.2.3 矿井人员管理系统特点	271
9.2.4 矿井人员管理系统主要技术指标	272
9.3 提升机变频控制系统	272
9.3.1 提升机的速度图和力图	272
9.3.2 调速原理和方法	272
9.3.3 构成提升机变频控制系统的环节	273
9.3.4 PLC 的程序流程	273
9.4 煤矿瓦斯抽放监控及泵站自动控制系统	274

9.4.1	煤矿瓦斯抽放监控及泵站自动控制系统组成	274
9.4.2	煤矿瓦斯抽放监控及泵站自动控制系统功能	274
9.4.3	煤矿瓦斯抽放监控及泵站自动控制系统工作原理	275
9.4.4	煤矿瓦斯抽放监控及泵站自动控制系统主要技术指标	277
9.5	风机在线监测系统	278
9.5.1	风机在线监测系统的组成	278
9.5.2	风机在线监测的主要内容与系统功能	278
9.5.3	风机在线监测系统的主要技术指标	281
9.6	煤与瓦斯突出实时诊断预警系统	281
9.6.1	煤与瓦斯突出实时诊断预警系统的组成	281
9.6.2	煤与瓦斯突出实时诊断预警系统的功能	282
9.6.3	煤与瓦斯突出实时诊断预警系统的工作原理	283
9.7	供水工程工业以太网监测监控系统	285
9.7.1	供水工程工业以太网监测监控系统网络结构	285
9.7.2	供水工程工业以太网监测监控系统的组成	286

参考文献	289
------------	-----

第7章

概述

人类在认识世界和改造世界的过程中,一方面是要采用各种方法和手段去观察、认识世界,另一方面也要按照人类的意愿去改造世界。

在科学试验和工业生产过程中,需要对描述被控对象特征的某些参数进行“检测”,获得表征它们的有关信息,以便对被测对象进行定性了解和定量掌握。另外,还需要根据检测的结果采用一定的策略去“控制”用于描述被控对象特征的某些参数,以便能稳定、快速、准确地达到人们预想的目标。

“检测”与“控制”是人类认识世界和改造世界的两项工作任务,而监测监控系统则是人类实现这两项任务的工具和手段。

1.1 监测监控系统的基本概念

监测监控系统就其功能而言,一是“测”,即检测被控变量,二是“控”,即根据检测参数去控制执行机构;就其技术而言,监测监控系统是传感器技术、通信技术、计算机技术、控制技术、计算机网络技术等信息技术的综合;就其应用而言,监测监控系统是现代化生产和管理的有利工具,广泛应用于国民经济的各个领域,如化工、冶金、纺织、能源、交通、电力和城市公共事业的自来水、供热、排水、医疗等,在科学研究、国防建设和空间技术中的应用更是屡见不鲜;就其组成而言,监测监控系统是分布式的计算机管理系统;就其地位而言,监测监控系统是企业综合自动化 CIMS (Computer Integrated Manufacturing Systems, 计算机集成制造系统) 中的子系统,是计算机网络中的节点;就其理论基础而言,监测监控系统是维纳 (Wiener) 提出的控制论,香农 (Shannon) 提出的信息论,贝塔朗菲 (Bertalanffy) 提出的系统论的综合与实践。

1.2 监测监控系统的分类与组成

1.2.1 监测监控系统的分类

监测监控系统有多种分类方法,按功能分类,可以分为检测系统、控制系统和测控系统。

1. 检测系统

单纯以“检测”为目的的系统,一般用来对被测对象中的一些物理量进行测量并获得相应的测量数据。图 1-1 为检测系统原理结构图,它由下列功能环节组成。

(1) 敏感元件环节:从被测对象感受信号,同时产生一个与被测物理量成某种函数关系的输出量。

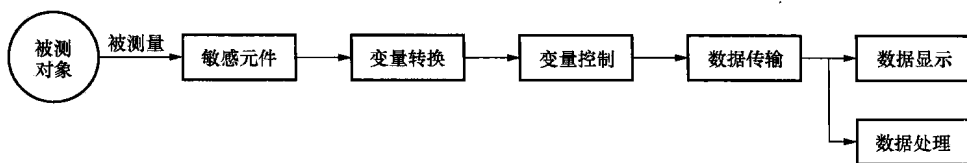


图 1-1 检测系统原理结构图

(2) 变量转换环节：将敏感元件的输出变量做进一步变换，即变换成更适于处理的变量，并且要求它应当保存原始信号中所包含的全部信息。

(3) 变量控制环节：为了完成对检测系统提出的任务，要求用某种方式去控制以某种物理量表示的信号。这里所说的控制意思是在保持变量物理性质不变的条件下，根据某种固定的规律，仅仅改变变量的数值。

(4) 数据传输环节：当检测系统的几个功能环节被分隔开时，必须从一个地方向另一个地方传输数据。

(5) 数据显示环节：有关被测量的信息要想传给人以完成监视、控制或分析的目的，则必须将信息变成人的感官能接受的形式。完成这种转换机能的环节称为数据显示环节，例如数字显示和打印记录。

(6) 数据处理环节：检测系统要对测量所得数据进行数据处理。数据处理工作由机器自动完成，不需要人工进行繁琐的运算。

若系统仅用于生产过程的监测，当安全参数达到极限值时产生显示及声、光报警等输出，同时，还参与一些简单的开关量控制，如断电、闭锁等，此种系统一般称为监测系统。

2. 控制系统

单纯以程序控制为目的的系统，其原理结构如图 1-2 所示。这是一种开环控制系统，程序控制的基本思想是将被控对象的动作次序

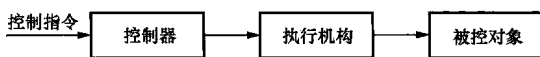


图 1-2 控制系统原理结构图

和各类参数输入控制器，去指挥执行机构按照固定的程序，一步一步地控制被控对象的动作。

但是，其控制精度不高。

3. 测控系统

既“测”又“控”的系统，依据被控对象的被控参数的检测结果，按照人们预期的目标对被控对象实施控制，测控系统是本书研究的主要内容。

1.2.2 监测监控系统的组成

不同类型的监测监控系统之间存在较大的差异，但都具有相似的结构和许多共同特征，其基本原理结构如图 1-3 所示。

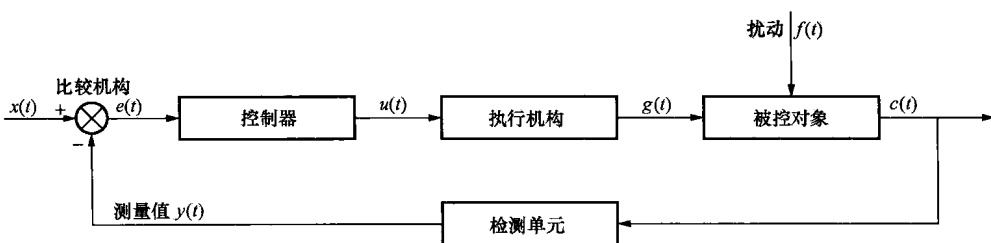


图 1-3 测控系统原理结构图

简单的测控系统由以下 4 个基本单元组成。

(1) 被控对象。

被控对象是指被控制的装置或设备。被控变量（被控参数） $c(t)$ 则是影响系统安全性、经济性、稳定性的变量（参数）。

(2) 检测单元。

检测单元的功能是感受并测出被控变量的大小，变换成控制器所需要的信号形式 $y(t)$ 。一般检测单元是由敏感元件、转换元件及信号处理电路组成的传感器，若检测单元输出的是标准信号，则称检测单元为变送器。

(3) 控制器。

将检测单元的输出信号 $y(t)$ 与被控变量的设定值信号 $x(t)$ 进行比较得出偏差信号 $e(t)$ ，根据这个偏差信号的大小按一定的运算规律计算出控制信号 $u(t)$ ，然后将控制信号传送给执行机构。

(4) 执行机构。

执行机构接受控制器发出的控制信号 $u(t)$ ，直接改变控制变量 $g(t)$ ，使被控变量 $c(t)$ 回复至设定数值。

在一个监测监控系统中，除了上述最基本的四部分之外，还有一些辅助装置，例如，给定装置、转换装置、显示、报警单元等。

现以煤矿安全监测监控系统为例，介绍监测监控系统的组成。

【例 1-1】煤矿安全监测监控系统是两级管理的集散控制系统，通过中心站和测控分站实现“集中管理、分散控制”的目的。典型煤矿安全监测监控系统的组成如图 1-4 所示。

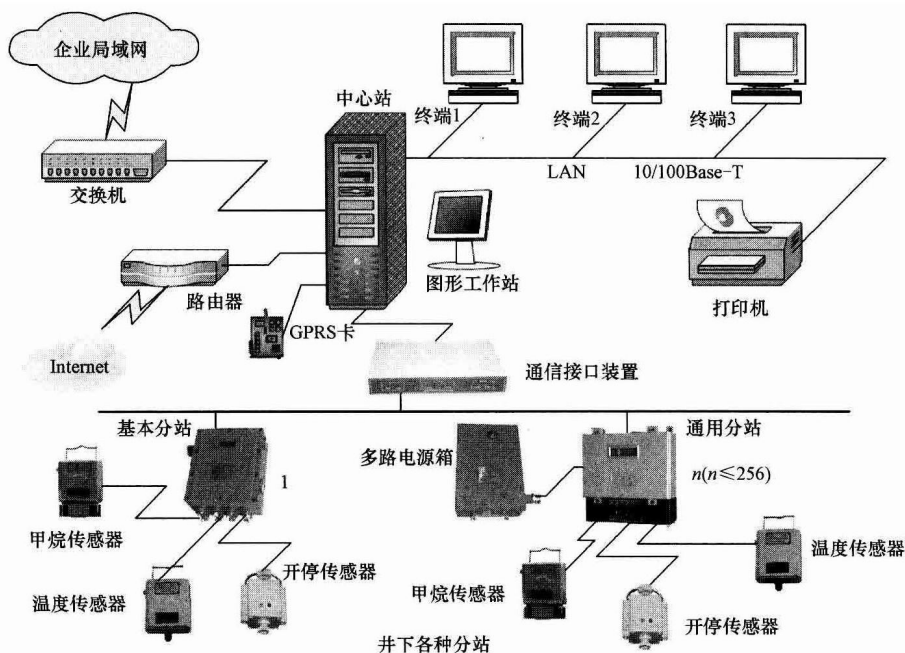


图 1-4 煤矿安全监测监控系统组成

(1) 中心站。

中心站是整个监测监控系统的核心，通过测控分站实现对煤矿井下环境监测、故障报警、

设备运行工况等信息的采集、处理、存储、显示等，并根据预设实施远程控制。中心站的主要由监控主机、主控软件数据传输接口、打印机、大屏幕显示、网络终端等组成。

(2) 测控分站。

测控分站通过传感器实现对煤矿井下生产环境监测、供电、报警、断电和复电状态、机电设备开停和运行状态等信息的采集、存储，实时上传中心站；同时接受中心站的控制命令，控制执行机构的动作；还可以根据预设进行就地控制。

1.3 监测监控系统的主要性能指标

在实际生产过程中，对被控参数都有一定要求。有些被控参数直接表征生产过程，对产品的产量和质量起着决定性的作用；有些被控参数虽然不直接影响产品的产量和质量，而保持其平稳却是使生产过程顺利进行的前提。因此，在生产过程中，对各种类型的被控参数都必须进行严格的控制。

在设定值突变或阶跃扰动作用下，人们提出了被控参数稳定性、快速性、准确性的要求。下面以图 1-5 为闭环控制系统对设定值突变的阶跃响应曲线为例，说明监测监控系统的主要性能指标。

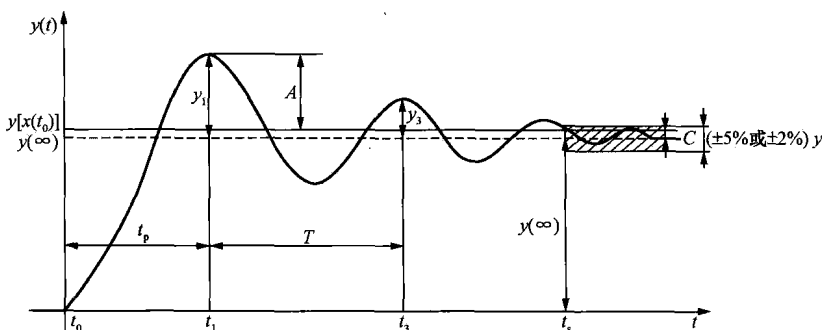


图 1-5 闭环控制系统对设定值突变的阶跃响应曲线

1. 稳定性指标

(1) 衰减比。

$$n = \frac{y_1}{y_3} \quad (1-1)$$

(2) 衰减率。

$$\psi = \frac{y_1 - y_3}{y_1} = 1 - \frac{y_3}{y_1} = 1 - \frac{1}{n} \quad (1-2)$$

若 $n > 1$ ($0 < \psi < 1$) 曲线为衰减振荡过程或 $n \rightarrow \infty$ ($\psi = 1$) 曲线为单调衰减过程，系统是稳定的；若 $n = 1$ ($\psi = 0$) 曲线为等幅振荡过程（要求等幅振荡除外）或 $n < 1$ ($\psi < 0$) 曲线为发散振荡过程，系统是不稳定的。一般希望 $n = 4 \sim 10$ ($\psi = 0.75 \sim 0.90$)。

稳定性指标是首先考虑的指标，系统不稳定就无法正常工作，只有在系统稳定的条件下才考虑系统的快速性和准确性。

此外，在系统稳定的条件下，最大动态偏差为 A ，振荡次数也是衡量系统稳定性的指标。

2. 快速性指标

- (1) 调节时间 t_s —— $t_0 \sim (\pm 5\% \text{ 或 } \pm 2\%)y(\infty)$ 所需时间, t_s 越小, 快速性越好。
 (2) 振荡周期 T ——曲线中相邻两同相波峰 (或波谷) 之间的时间间隔。
 (3) 振荡频率。

$$f = \frac{1}{T} \quad (1-3)$$

- (4) 振荡角频率。

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (1-4)$$

T 越小 (f 、 ω 越大), 快速性就越好。

- (5) 上升时间 t_r —— $t_0 \sim t_1$ 所需时间, 在 ψ 一定的情况下, t_r 越小, 快速性就越好。

此外, 在系统稳定的条件下, n 和 ψ 也可作为系统快速性指标。

3. 准确性指标

- (1) 最大动态偏差。

$$A = y(t_1) - y[x(t_0)] \quad (1-5)$$

- (2) 超调量。

$$\sigma = \frac{y_1 - y(\infty)}{y(\infty)} \times 100\% \quad (1-6)$$

A 、 σ 越大, 说明被控参数瞬时偏离设定值 $y[x(t_0)]$ 越远。

以上参数为系统的动态参数, 与系统的动态过程有关。

- (3) 残余偏差 (稳态误差, 静差)

$$C = y(\infty) - y[x(t_0)] \quad (1-7)$$

C 为系统的静态参数, C 越小, 系统的准确性越好。

4. 综合性能指标

单项指标虽然清晰明了, 但如何统筹考虑比较困难, 有时希望用一个综合性的指标全面反映控制系统的品质。因此, 常采用偏差积分的形式。偏差幅度和偏差存在的时间都与偏差积分指标有关, 无论是控制系统过渡过程的动态偏差增大, 或是调节时间拖长, 都表明控制品质变差, 使偏差积分值增大。因此, 偏差积分指标可以兼顾衰减比、超调量、调节时间等方面的因素。设偏差 $e(t) = y(t) - y(\infty)$, 偏差积分指标通常采用以下几种形式。

- (1) 偏差积分 (Integral of Error, IE)

$$IE = \int_0^{\infty} e(t) dt \quad (1-8)$$

- (2) 绝对偏差积分 (Integral Absolute value of Error, IAE)

$$IAE = \int_0^{\infty} |e(t)| dt \quad (1-9)$$

- (3) 平方偏差积分 (Integral of Squared Error, ISE)

$$ISE = \int_0^{\infty} e^2(t) dt \quad (1-10)$$

- (4) 时间与绝对偏差乘积积分 (Integral of Time multiplied by the Absolute value of Error, ITAE)

$$ITAE = \int_0^{\infty} t |e(t)| dt \quad (1-11)$$

采用不同的偏差积分指标意味着评价过渡过程优良程度时的侧重有所不同，可以根据控制系统的实际需要选用，但是偏差积分的综合性能指标不能很好地反映控制系统的静差指标。

5. 防爆、本安性能指标

在石油、化工、煤矿等行业，某些生产场所存在着易燃易爆的固体粉尘、气体或蒸汽，他们与空气混合成为具有火灾或爆炸危险的混合物，使其周围空气成为具有不同程度爆炸危险的场所。安装在这些场所的电气设备如果产生的火花或热效应能量能点燃危险混合物，则会引起火灾或爆炸。因此，仅仅依靠对被控参数进行严格的控制还不足以消除安全隐患，必须使监测监控系统符合防爆、本质安全性能指标的要求。

根据国家标准的规定，爆炸危险环境电气设备分为两类，即有瓦斯爆炸危险的矿井使用的电气设备为Ⅰ类，除瓦斯矿井以外的爆炸危险场所使用的电气设备为Ⅱ类。

防爆型电气设备在外壳上的总标志为“Ex”，按防爆结构的不同，还分为几种不同的类型，如图 1-6 所示。其中，Ⅱ类电气设备又分为 A、B、C 三级，这是根据使用场所的爆炸性气体混合物最大试验安全间隙或最小点燃电流来分的。Ⅱ类电气设备还按最高表面温度的不同，分为 T1~T6 共 6 组，如图 1-7 所示。

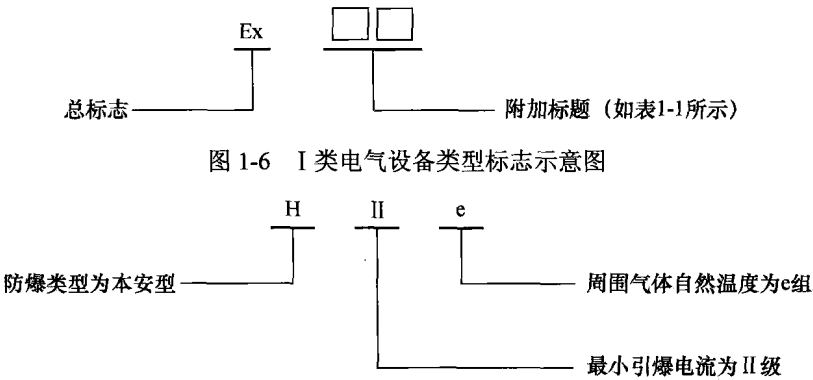


图 1-6 Ⅰ类电气设备类型标志示意图

图 1-7 Ⅱ类电气设备类型及标志符号

表 1-1 防爆型电气设备的防爆类型及标志符号

增安型	隔爆型	本质安全型	通风充气型	充油型
e	d	ia ib	p	o

1.4 监测监控系统的发展

1.4.1 监测监控技术的发展

1. 手动控制

20世纪40年代初，由于当时的生产规模较小，检测控制仪表尚处于发展的初级阶段，所采用的仅仅是安装在生产现场、只具备简单测控功能的“基地式气动仪表”，其信号仅在本仪表内起作用，一般不能传送给别的仪表或系统，即各测控点只能成为封闭状态，无法与外界沟通信息。因此，操作人员只能通过生产现场的巡视，了解生产过程的状况，进行手动控制。