

遥测遥控技术

李正廉 王 钢 编著

哈尔滨工业大学出版社

内容提要

本书系统地讲述了遥测遥控技术的基本原理与应用实例。全书共分十一章,分别讲述模拟式遥测系统、数字式遥测系统、计算机遥测系统和遥控系统的基本原理,并简要讲述了传感器的原理、特性与选用原则及数字传输系统的抗干扰编码,最后介绍了三种典型测控系统实例。

本书可以作为通信与电子系统学科的本科教材,也可供从事遥测遥控系统专业的工程技术人员参考。

遥测遥控技术

Yaoce Yaokong Jishu

李正廉 王钢 编著

哈尔滨工业大学出版社出版

新华书店首都发行所发行

哈尔滨工业大学印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 9.875 字数 218 000

1995年4月第1版 1995年4月第1次印刷

印数 1—2 000

ISBN 7-5603-1093-1/TN·37 定价 11.00元

前 言

遥测遥控技术是现代科学技术的一个重要分支。近年来,随着科学技术的发展,特别是计算机技术的发展,遥测遥控技术得到迅猛发展,已在航天领域、军事装备科学领域、核能技术、水文预测预报、森林保护及石油开采等领域得到广泛应用。

本书是在作者多年从事教学科研的基础上,吸取了遥测遥控领域同行的研究成果,编写而成的一本教材。

全书共十一章,分为两部分。第一章至第七章为第一部分,讲述遥测遥控技术的基本原理,讨论了遥测系统与遥控系统的组成和工作原理,介绍了传感器知识和数字传输系统的抗干扰编码,并对计算机遥测系统做了简要的介绍。第二部分包括第八章至第十一章,讲述航天测控技术的基本原理,讨论了空间飞行器的定位及测控原理,简要介绍了雷达定位的基本原理。第十一章着重介绍了三种典型的遥测遥控系统实例,使本书具有较强的实用性。

在本书的编写过程中,贾世楼教授和周廷显教授给予极大的关注和指导,周廷显教授主审了全书,本书的编写还得到了哈尔滨工业大学通信工程教研室同志们的支持和帮助,我们表示衷心的感谢。在全书的筹备和编写中,还得到了兄弟院校和国内同行的许多帮助与支持,在此一并致以谢意。

由于作者水平有限,书中的缺点和疏漏在所难免,恳请读者批评指正。

作 者

1995. 3

目 录

第一篇 遥测遥控基础理论	(1)
第一章 绪论	(1)
1-1 遥测遥控概念	(1)
1-2 遥测遥控的发展与应用	(3)
1-3 遥测遥控系统的构成	(5)
第二章 传感器技术	(9)
2-1 传感器基本概念	(9)
2-2 传感器技术基础	(14)
2-3 改善传感器性能的技术途径	(17)
2-4 传感器的标定与校准	(20)
2-5 典型传感器的原理与特性	(21)
2-6 新型传感器介绍	(28)
2-7 传感器的选用原则	(31)
第三章 模拟式遥测系统	(33)
3-1 脉冲频率方式遥测	(33)
3-2 FM-FM 遥测系统	(35)
3-3 脉冲时间调制遥测	(40)
3-4 游标法提高遥测精度	(44)
第四章 数字式遥测系统	(47)
4-1 数字式遥测系统的组成	(47)
4-2 采样保持电路	(49)
4-3 PCM 调制器	(51)
4-4 ΔM 调制器	(54)
第五章 遥控系统	(58)
5-1 遥控系统的组成	(58)
5-2 遥控系统的实时工作方式	(61)
5-3 遥控系统的循环工作方式	(63)

第六章 系统的抗干扰措施与纠错编码	(67)
6-1 数字传输系统模型和质量要求	(67)
6-2 纠错编码的基本概念	(69)
6-3 常用检错码	(71)
6-4 纠错编码	(76)
第七章 计算机遥测系统	(94)
7-1 概述	(94)
7-2 数据记录	(94)
7-3 数据预处理和存储	(97)
7-4 计算机系统的组成	(99)
7-5 软件	(102)
7-6 用微型计算机作遥测处理机	(105)
第二篇 航天测控技术	(107)
第八章 航天测控概论	(107)
8-1 空间飞行器的弹(轨)道	(108)
8-2 空间定位原理及方法	(110)
8-3 航天测控系统的组成与功能	(114)
第九章 雷达原理	(121)
9-1 雷达的基本工作原理	(121)
9-2 雷达发射机和接收机	(125)
9-3 目标及其显示	(127)
第十章 航天测量技术	(130)
10-1 航天测速技术	(130)
10-2 航天测距技术	(133)
10-3 航天测角技术	(135)
第十一章 遥控遥测系统应用实例	(141)
11-1 PCM-FSK-FM 混合制遥测系统	(141)
11-2 煤气管网的计算机三遥系统	(144)
11-3 工业用分散目标遥控遥测系统	(145)
参考文献	(152)

第一篇 遥测遥控基础理论

第一章 绪 论

1-1 遥测遥控概念

现代科学技术的发展促进了遥测遥控技术的发展,并使之形成一门独立的学科。由于生产过程日益趋向自动化,不断地趋向于对生产过程,特别是对处于分散状态的目标的生产过程进行集中监视和管理。遥测遥控技术就是综合自动控制技术、计算机技术和现代通信技术三大领域的技术成果,为适应上述要求而发展起来的一门学科。

具体的遥测遥控系统由于在设计思想上,在应用场合上,在所要完成的任务方面都有所不同,因而拥有繁多的种类,并各自有着不同的特征。有的可能是一个很简单的单一对象控制,有的可能是一个很大的综合测控系统。然而不管怎样,遥测遥控系统具有远距离的在人(或者机器)和机器之间交换信息、完成测控的功能。

1. 基本概念

所谓遥控,就是对被控对象进行远距离控制。遥控对象可以是固定的,如工厂的机器,输油输气管道上的泵与阀,铁路上的运行控制机构等。也可以是活动的,如无人驾驶的飞机、导弹、卫星等。

所谓遥测,就是对被测对象的某些参数进行远距离测量。在国民经济、科学研究和国防的许多部门,许多被测对象或由于距离较远,或由于分散,或由于其它特殊原因,人们无法接近,都需要通过遥测来了解和监视被测对象的工作情况。采用遥测技术,可以提高各部门的自动化程度,改善劳动条件,提高劳动生产率,提高管理调度质量。

特殊地,把对远距离的被测对象的工作极限状态进行测定称为遥信。被测对象的工作极限状态是指被测对象是否工作或工作是否正常,如机器的启停状态,阀门的开关状态,各种工作状态超过额定范围的上下限等。另外,把对被控对象工作状态进行调节称为遥控。图 1-1 所示是遥测遥控信息交换示意图,它给出了系统的信息流向。

根据上述定义,我们把远距离实现控制、测量、调节、监视的系统称为遥测遥控系统。一个系统如果只具备遥控功能则称为遥控仪;如果只具备遥测功能则称为遥测仪;如

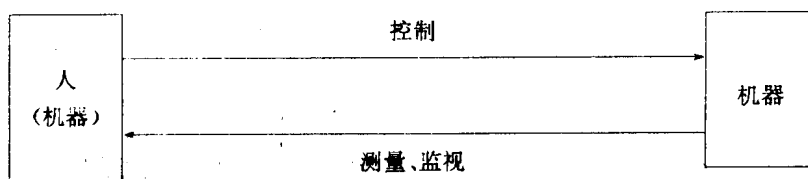


图1-1 遥测遥控信息交换示意图

果同时具备遥测、遥控功能则称为双遥系统。同样，同时具备遥测、遥控、遥信功能的系统，则称为三遥系统；具备遥测、遥控、遥信、遥调功能的系统则称为四遥系统。图1-2是一个典型遥测遥控系统工作示意图。

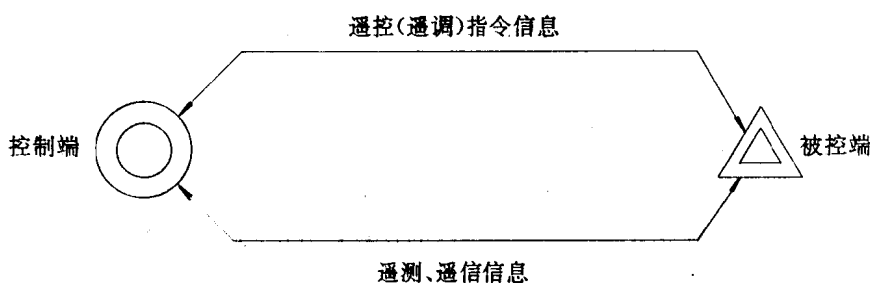


图1-2 典型遥测遥控系统示意图

就其功能来说，遥控和遥调都是控制端(也称调度端)，按其预定的意图对被控目标的内部参数、工作状态进行远距离的操作和控制。所以，从工作原理上说，遥调可以归入遥控范围。遥信和遥测都是被控目标向控制端提供它的内部参数及其对命令的执行情况。所以，我们只要了解遥控和遥测，则遥调和遥信也就解决了。

2. 发展历史

早在本世纪的20年代，就有了无线电遥控系统的雏型，人们试图利用无线电技术来控制无人驾驶飞机，但由于技术不够完善，没有得到实际应用。直到第二次世界大战末期，德国首先制成了V-1和V-2导弹，以及无线电指令制导的防空导弹，才使无线电遥控技术进入到实用阶段。从50年代起，美苏等国都积极发展导弹武器，使遥控技术得到飞速发展。1957年，苏联发射了第一颗人造地球卫星，标志着无线电遥控技术进入了一个新的阶段。1969年，美国“阿波罗-11”将人送上月球，实现了载人登月的往返飞行，从而将无线电遥控技术推向了一个新的高度。

遥测技术的发展历史可以追溯到更远。早在1812年，为了试验地雷就首先应用了遥测技术。以后随着工业的发展，有线遥测逐渐发展起来。在无线电技术有了一定的发展以后，1930年出现了第一部比较完善的无线电遥测设备——无线电测候仪，用来测量大气层内部的气象数据。和遥控一样，直到第二次世界大战以后，无线电遥测才得到广泛运用和飞速发展。随着火箭、导弹、宇宙飞船的不断更新，在飞行器研制过程中不可缺少的遥测系统也飞速发展起来。

1-2 遥测遥控的发展与应用

遥测遥控技术的发展有着不长的历史。就民用系统而言,它的最初发展是由于目标分散或条件不允许将控制机器的操纵盘和机器放在一起,必须使它们远离。远离之后,为了谋求减少联结的导线数目,人们就开始研究如何才能用最少的导线传递更多的信息,即用尽量少的导线实现更大容量的控制和监视,而又不使设备过于复杂。因此,最初的遥测遥控设备都采用有线电传输。采用方法也都是利用电的基本特征,如直流电的极性、中性点、幅度;交流电的频率、幅度、相位等。利用这些基本电参数构成的各种简单而又经济的遥测遥控系统称为直接式遥测遥控系统。尽管采用一些巧妙的方法使设备相当简单,但由于它们的容量太小,故它们的应用仅局限在一个局部范围内或某个环节上,适应不了多个目标的监视和控制。

由于生产过程日趋复杂化,控制端和被控端电气系统的不断扩大,距离变远,在直接式遥测遥控基础上又发展起来同步选择式遥测遥控系统。这种方式的基本设计思想是在单人操作的基础上发展起来的。既然是单人操作,各个动作的控制都在时间上都是错开的,也就是把操纵台的动作分解的结果。它通过选择用的联结线,使控制端和被控端同步地驱动步进器同步地动作。它的工作过程分为选择、监视、控制、复原四个步骤,选择一个控制对象后,通过监视导线将选择命令传到控制端,确认选择无误后,再进行控制操作,当操作完了,就步进为原始状态。

随着控制规模的不断扩大,以及由于集成电路的出现,在上述同步选择式基础上又出现了循环式遥测遥控系统。它相当于使同步选择式系统连续地工作,对控制和监视信息各设一条传输通路。如果只用来做远距离测量用,这就是所谓的巡回检测系统。

随着脉冲数字电路的发展,可以把遥控指令和遥测数据编成码组,于是又出现脉冲编码式遥测遥控系统。将脉冲编码式遥测遥控系统和循环式系统组合起来应用,即用一定的时间间隔周期地发送各自分派的编码信息,这样就构成现代的遥测遥控系统。它具有体积小、结构轻便、可靠性高、工作速度快等优点。它与频率分割型遥测遥控系统一起构成现代遥测遥控系统的两个主要分支。由于脉冲编码循环式遥测遥控系统实质上就是一个数字传输系统,因此现代数字处理及传输技术都有应用。

遥测遥控技术在国民经济的各个部门都有应用,特别是电力系统、输油和输气系统、城市公用事业系统、气象系统都急需设置遥测遥控设施来提高劳动生产率。

现代化的电力系统是一个巨大的生产企业。许多水电站、发电厂、变电站及输电线联合成为一个电力系统。为了合理分配电力,保证系统连续并可靠运行,其繁重的调度任务完全可以由一个集中监控站来完成。这样,系统调度人员不经电话就能直接掌握各发电厂的电力、系统各主要点的电压、主要送电线路的输送功率、主要断路器的开合位置等,从而提高劳动生产率、加快事故处理、减少值班运行人员、提高调度效率。

由于现代电力系统的规模越来越大,需要遥测、遥信的对象可达上千个。为满足调度人员监视电网的安全运行,在系统远动化和系统自动调整的基础上可以实现自动调度。把电力系统的各种参数和状态信号送入电子计算机,经过处理,给调度人员提供必要的

数据和调整的指示，使之随时适应电力系统运行状态的变动，从而达到电力系统最大可能的经济性和稳定性。

输油管线由首站、末站、油库和一些中间热泵站以及调度室组成。为了输送原油，每站要给原油加热、加压，首末站还要计量原油量和库存油量。

输气管线由压气站、调压计量站以及调度室所组成。为了输送天然气，压气站要给天然气升压、调压，计量站要按额定输气量调整用户供气压力，并计量流量。

实现输油、输气自动化，就能适时地完成输油输气计划，降低动力及燃料耗费，保证设备的安全运行。

输油输气管线自动化系统的被控目标分散、距离远，并且全线被控目标构成一个统一体，变动一处正常工艺流程，往往就要牵动全局。根据这些特点，监视系统主要由控制中心、运动通信系统和就地集中管理系统组成。

输油输气管线自动化系统是一个两级管理系统。平时各站就地集中管理，根据控制中心给定的参数自行管理本站输油输气设备的运行；控制中心随时收集各输油或输气站运行情况的数据，进行遥控，以便进行全系统的协调平衡。当系统某处发生故障或需改变输油输气计划时，控制中心就将遥控、遥调命令下达给就地集中管理系统，由就地集中管理系统命令执行机构完成动作。

城市公共事业的遥测遥控系统包括自来水、煤气、取暖用热水分配、下水道排水等集中遥测遥控系统。例如：在中央控制室的自来水遥控站，可以集中监视水源泵及各加压泵的启停状况；可以监视水池水位、出厂水压、流量大小并进行越限报警；可以控制加压泵的运转、停止以及调整加压泵的转速和阀门开闭程度等等。

在城市公共事业的遥测遥控系统中，一般被监控对象比较分散，信息量大。目前，由于计算机的应用，系统能更及时、更经济、更高效地调度和使用动力设备，以适应城市公共事业随着季节、气象、昼夜、节假日等情况对电、气、水供求量变化的要求。

在机器制造业中，特别是在大型机器制造厂和冶金厂，通常都配有庞大的供电、供水、供气系统。这些系统必须保持正常运行，任何事故的发生都将严重地影响生产。采用遥测遥控系统可以把这些系统的控制和监视集中到一个车间之内，从而合理地进行调度管理。

在气候特别恶劣的地区是无法建立人工气象站的，采用无线电遥测遥控技术，可以实现无人管理的气象站。它能提供和搜集气象情报、积累各地区气象资料，并将结果送往几百公里以外的气象中心站。

遥测遥控系统在广播系统、铁路调度、科学研究、医疗事业中均有应用，为其服务的通用或专用系统举不胜举。至于遥测遥控技术在国防建设和空间科学上的应用更是显而易见的：导弹、火箭、无人机、靶场等都离不开遥测遥控技术。

几十年来，遥测遥控技术在导弹武器、空间飞行器、工业自动控制系统的要求促进下，在通信理论、电子元器件发展的基础上，得到了极其迅速的发展。当前发展趋向主要表现为如下几个方面。

(1) 提高系统的适应能力，以满足多种不同用途的需要。60年代以前设计的遥测遥控系统，大都是按照特定的任务来设计的，因此当设备制成后，其性能完全由系统的硬

件所决定。系统传输信号的数目、信息速率、采样频率、帧格式基本上是固定的。虽然在一定程度上能通过更换某些硬件或某些接线来改变工作状态，但其变化范围总是很有限的，不能适应多方面的需要。为此，就要求发展一种灵活通用的可编程序遥测遥控系统，这种系统具有较强的自适应能力与实时性能，能根据需要确定或改变系统的工作状态。其主要设计思想是将计算机引入遥测遥控系统，通过计算机实现对整个系统的控制。当任务改变时，只要改变软件而不必重新设计硬件。

(2) 与其它测量、控制、通信等系统共用一个信道，组成一个综合系统。例如美国阿波罗综合控制系统，将遥控、遥测、电视、通信和信标都综合在一起，共用一对上下行信道。由于综合的结果，大大地简化了设备，提高了系统的可靠性。

(3) 采用先进的信息处理方式和新的多路信号的传送方法，以提高信息传输的可靠性和通信效率。

(4) 采用先进的元器件及工艺设计，以提高可靠性，减少设备体积、重量及系统功耗。

1-3 遥测遥控系统的构成

图 1-3 为遥测遥控系统的构成图，它由遥控、遥调和遥测、遥信两大部分组成。遥控、遥调是在控制端产生遥控遥调指令，通过遥控、遥调信息传输通道送给被控端，通过执行机构实现遥控指令所规定的内容，从而达到按预定意图改变被控对象的状态或参数的目的。遥控发送端的变换器通常都是将指令操作按键变换成适合在信道上传输的具有抗干扰能力的信息序列，接收端进行其反变换。变换和反变换方式要决定于遥测遥控系统所采用的方式，各式各样的遥测遥控系统的主要区别在于变换器和反变换器的组成方式不同。

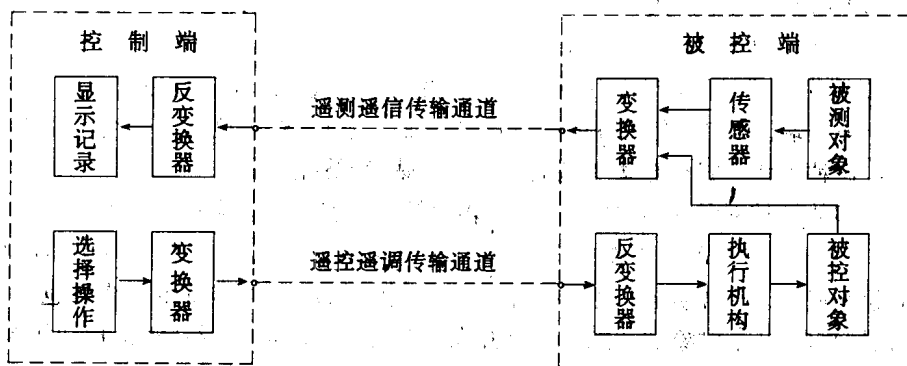


图1-3 遥测遥控系统图

被控端的被测对象的物理量由传感器转换成电量与监视被控对象的遥信信号一起送给变换器，变换为适合遥测遥信信道传输的信息序列，经传输通道送回控制端，在控制端经过反变换送给相应设备进行记录、显示、处理。各种不同类型的遥测方案也是由变换器和反变换器来加以区别的。

由图 1-3 可以看出, 一个典型的遥测遥控系统的工作过程基本上可以分为遥测遥控信息变换和遥测遥控信息传输两个过程。为了达到实时控制和监视, 设置双向传输通道是必要的, 这可以从图 1-4 所示遥调系统工作示意图中明显地看出。图中的监测系统的任务就在于测出被控对象的实际状态, 此实际状态通过遥测遥信监视信道传送给控制端, 在计算机(或操纵人员)那里进行比较。当二者不一致时, 便给出一个误差控制信号。指令信号产生器产生一个和误差信号对应的指令信号, 通过遥控遥调信道送给执行设备, 以改变被控对象的实际状态。改变后的状态又送回控制端的计算机(或操纵人员)那里, 这样继续下去, 直到被控对象的实际状态与预先给定的实际状态相一致时才结束。这样的遥调系统是一个闭环的自动调节系统, 在某些情况下也可以是一个开环系统, 但这时被控对象的实际状态不再作用到输入端。

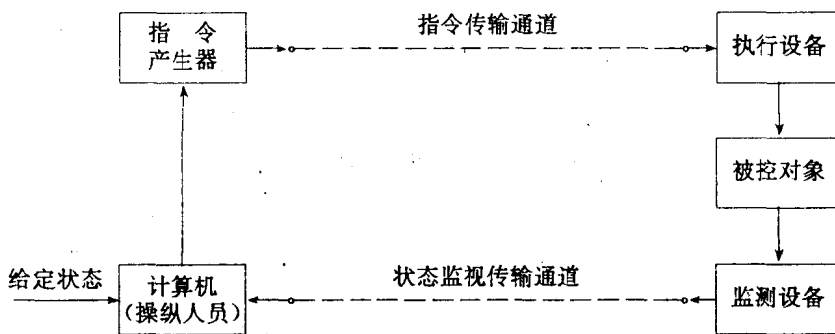


图1-4 遥调系统方框图

根据应用场合不同, 遥测遥控的系统体制可以分为以下四种方式:

- (1) $(1:1)$ 工作方式;
- (2) $(1:1) \times N$ 工作方式;
- (3) $(M:N)$ 工作方式;
- (4) $(1:N)$ 工作方式。

$(1:1)$ 工作方式是最基本的工作方式, 它由特定的被控对象决定系统只需要一个控制端和一个被控端。高空通信气球的遥测遥控系统、飞行器的遥测遥控系统都是 $1:1$ 的工作方式, 这种工作方式适合集中型的(工厂、电站等)被控对象。

对分散型的被控对象(如油田、气田、输油输气管道、铁道等)可以采用 $(1:1) \times N$ 、 $(M:N)$ 或 $(1:N)$ 工作方式。 $(1:1) \times N$ 的方式就是 N 个 $(1:1)$ 遥测遥控系统集中起来使用。非常明显, 这样的组合将导致控制端设备的复杂化, 操作也不方便。 $1:N$ 方式把控制 N 个对象的功能完全合并在一起, 这样既高效又经济, 既解决了集中控制监视, 又体现了分散多目标。分散目标越多, 这种方式的优越性就越明显。这种方式对许多部门都是适用的。从可靠性方面考虑, $(1:N)$ 方式不如 $(1:1) \times N$ 方式优越。如果控制端发生故障, 对 $(1:N)$ 方式来说, 整个系统就要停止工作; 但对 $(1:1) \times N$ 方式来说, 这个故障只能使其中一个被控对象停止工作, 其余的将照常工作。 $(1:1) \times N$ 方式传信率高, 又可以同时对多个被控端进行操作。如果要想扩大系统容量, $(1:1) \times N$ 方式也是非常方便的。当 $N < 4$ 时, 建议采用这种方式, 因为这时造价不见得有什

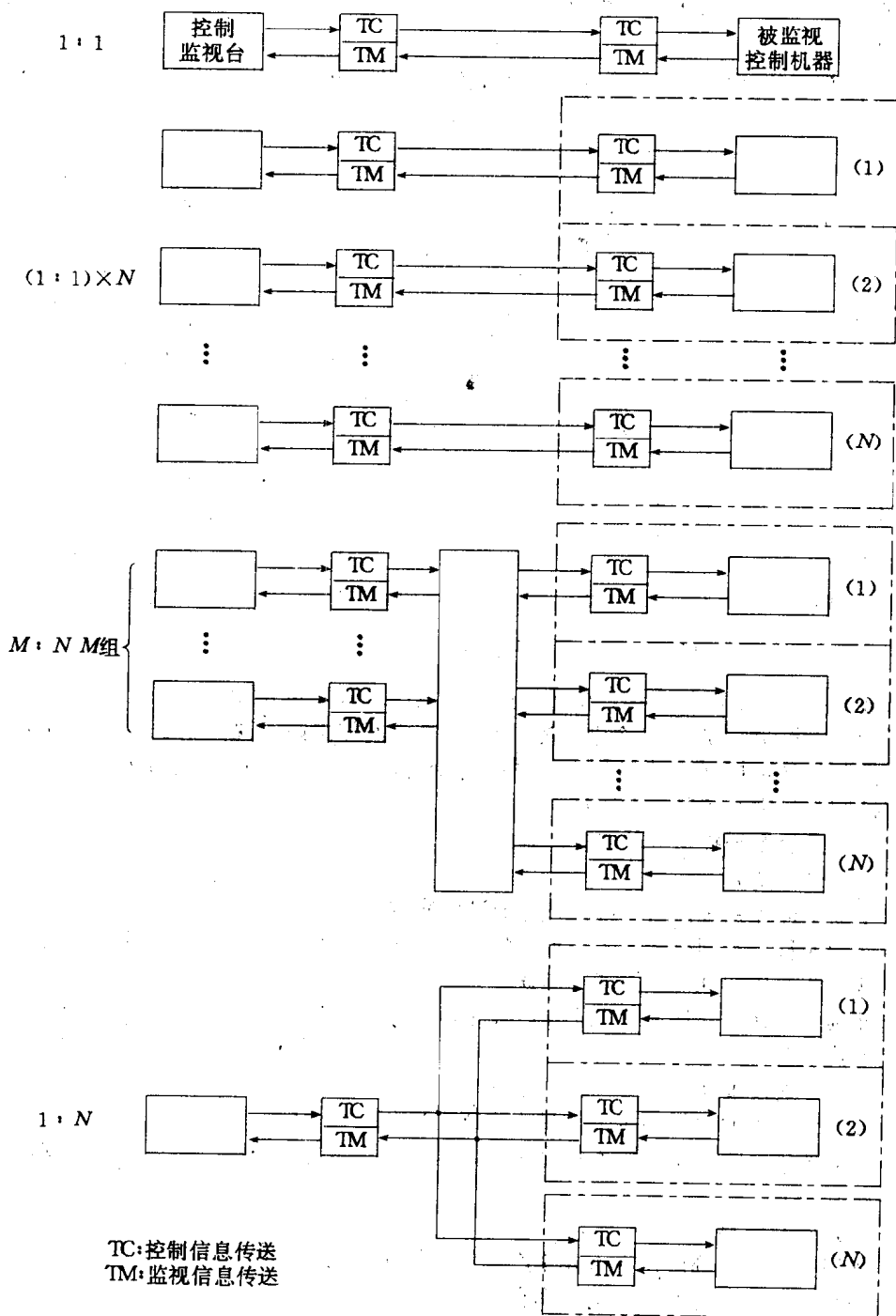


图1-5 遥测遥控系统体制分类图

么显著差别。究竟采用哪种方式要视用户要求、信息性质等全面考虑。 $(M:N)$ 方式是根据具体情况,适当综合上述两种方式的优点出现的另一种方式。图 1-5 是遥测遥控系统的体制图。

根据被控端的地理分布、信息流程以及系统规模又可分为直线式、混合式、网状式和分级控制式,如图 1-6 所示。

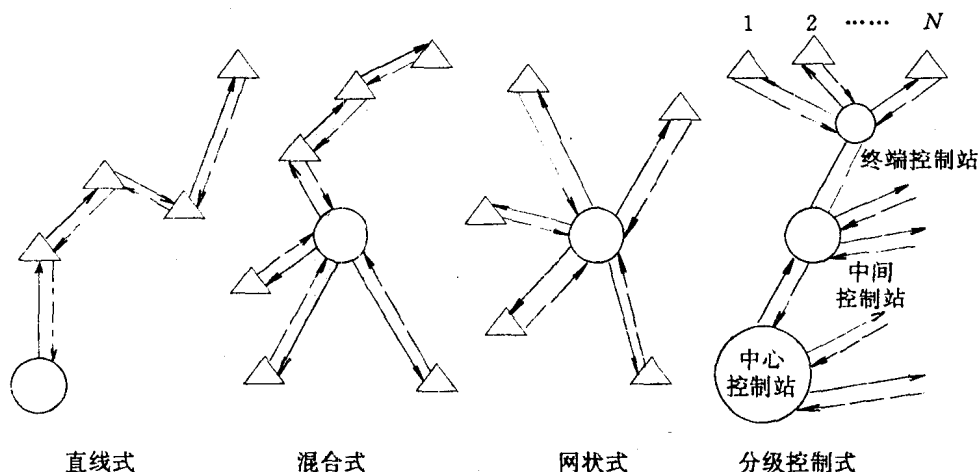


图1-6 遥测遥控系统流程图

当被监视控制的目标太多,分布又过于分散,可以采用分级控制方式。例如一个中心控制站可以控制监视 1—4 个中间控制站,每个中间控制站监视控制 1—6 个终端站,每个终端控制站又可控制 N 个被控端。这样,每个终端控制站除独立完成监控任务以外,还受中间控制站和中心控制站的监控。

对遥测遥控系统提出的技术要求是:

(1) 准确度要高

对于遥测遥控系统而言,准确度具有非常重要的意义。系统执行的遥控命令一定要准确无误地执行,否则会造成不可挽回的损失。同样,系统要测量的参数要有一定的精度。通常遥测遥控的准确度是通过其误差来表现的,误差越小则准确度越高。为了提高系统的准确度,在设计遥测遥控系统时要采取一系列措施,例如采用差错控制技术以及各种抗干扰措施。

(2) 动作速度要快

系统动作速度的快慢决定于信息传输速度和系统的结构。对动作时间的要求是不相同的,有的要求严格,有的则不那么严格,这要视具体情况而定,况且动作速度还与其它指标相互矛盾。

(3) 设备的可靠性

遥测遥控设备大都应用在重要生产部门,往往是无人监视的,所以对设备的可靠性的要求是很高的。通常要求误动作率在 10^{-6} — 10^{-9} 之间。

(4) 抗干扰性

遥测遥控系统要求在有干扰的情况下仍能保证系统正常工作,并且仍能保证系统的准确度。

第二章 传感器技术

2-1 传感器基本概念

一、传感器的概念

何谓传感器?生物体的感官就是天然的传感器。如人的“五官”——眼、耳、鼻、舌、皮肤分别具有视、听、嗅、味、触觉。人们的大脑通过五官就能感知外界信息。

在工程科学与技术领域里,可以认为:传感器是人体“五官”的工程模拟物。它是一种能把特定的被测量信息(包括物理量、化学量、生物量等)按一定规律转换成某种可用信号输出的器件或装置。

应当指出,这里所谓的“可用信号”是指便于处理、传输的信号。当今电信号最易于处理和便于传输,因此,可把传感器狭义地定义为:能把外界非电信息转换成电信号输出的器件。可以预测,当人类跨入光子时代,光信息成为更便于快速、高效地处理与传输的可用信号时,传感器的概念将随之发展成为:能把外界信息转换成光信号输出的器件。

传感器技术,则是涉及传感(检测)原理、传感器件设计、传感器开发和应用的综合技术。传感技术的含义则更为广泛,它是敏感功能材料科学、传感器技术、微细加工技术等多学科技术互相交叉渗透而形成的一门新技术学科——传感器工程学。

传感器之所以具有能量信息转换的机能,在于它的工作机理是基于各种物理的、化学的和生物的效应,并受相应的定律和法则所支配。了解这些定律和法则,有助于我们对传感器本质的理解和对新效应传感器的开发。在本书论述的范围内,作为传感器工作物理基础的基本定律有以下四种类型:

1. 守恒定律:包括能量、动量、电荷量等守恒定律。这些定律,是我们探索、研制新型传感器时,或在分析、综合现有传感器时,都必须严格遵守的基本法则。

2. 场的定律:包括动力场的运动定律、电磁场的感应定律等,其作用与物体在空间的位置及分布状态有关。一般可由物理方程给出,这些方程可作为许多传感器工作的数学模型。

3. 物质定律:它是表示各种物质本身内在性质的定律,通常以这种物质所固有的物理常数加以描述。因此,这些常数的大小决定着传感器的主要性能。

4. 统计法则:它是把微观系统与宏观系统联系起来的物理法则,这些法则常常与传

传感器的工作状态有关，它是分析某些传感器的理论基础。

二、传感器的构成法

传感器是一种能把非电输入信息转换成电信号输出的器件或装置，而其中能把非电信息转换成电（不一定直接可用）信号的转换元件，是构成传感器的核心。但必须指出，转换元件的上述转换功能，对物性型传感器而言，一般都可一次完成，即可实现“被测非电量→有用电量”的直接转换；而对于结构型传感器来说，通常必须通过前置敏感元器件预转换后才能完成，亦即实现“被测非电量→有用非电量→有用电量”的间接转换。此时，传感器就由敏感元件、转换元件和其它辅助器件组成（其组成框图可在图 2-1 前置敏感元件即可）。

实际上，传感器的具体构成方法，视被测对象、转换原理、使用环境及性能要求等具体情况的不同而有很大差异。图 2-1 示出了典型的传感器构成方法。

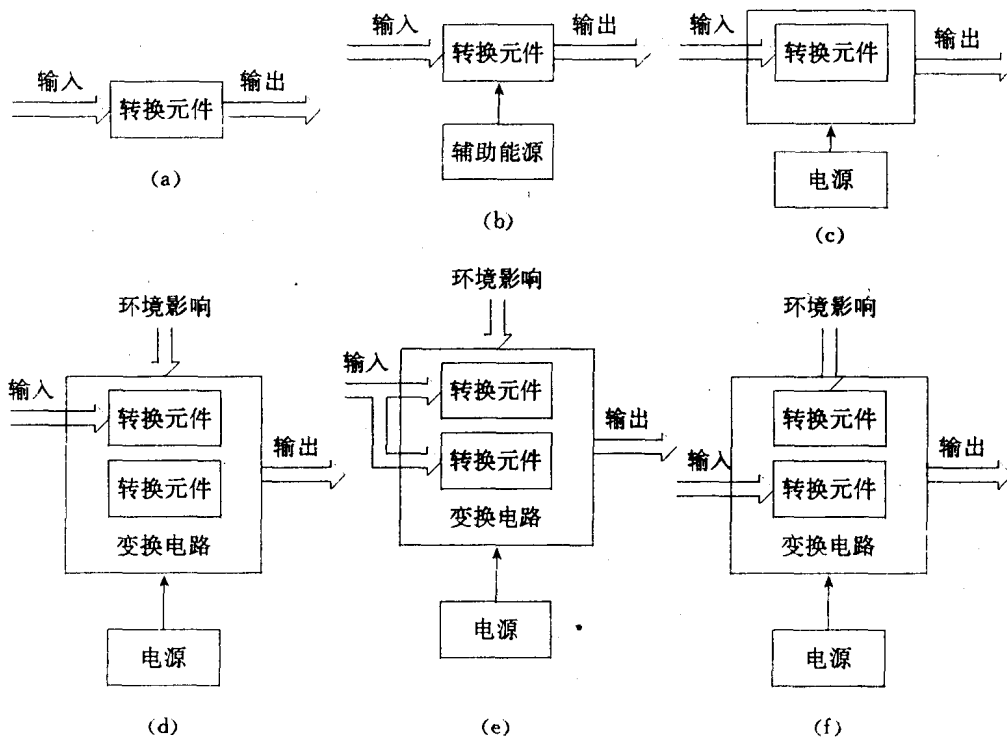


图 2-1 传感器的构成型式

(a) 自源型：它是仅含有转换元件的最简单、最基本的传感器构成型式。此型式的特点是，不需外能源，其转换元件具有从被测对象直接吸取能量，并转换成电量的电效应。但输出能量较弱，如热电偶、压电器件等。

(b) 带激励源型：它是转换元件外加辅助能源构成的型式。这里的辅助能源起激励作用，它可以是电源，也可以是磁源。如某些磁电式和霍尔等电磁感应式传感器即属此型。特点是不需要变换(测量)电路即可有较大的电量输出。

以上两种型式，由于其转换元件起着能量转换的作用，故谓“能量转换型传感器”。

(c) 外源型：由利用被测量实现阻抗变换的转换元件构成，它必须通过带外电源的变换(测量)电路，才能获得电量输出。所谓“变换(测量)电路”是指能把转换元件输出的电信号，调理成便于显示、记录、处理和控制的可用信号的电路，故又称“信号调理与转换电路”。常用的如电桥、放大器、振荡器、阻抗变换器和脉冲调宽电路等。

实用中，传感器的特性要受到使用环境变化的影响，图 2-1 中 (d)、(e)、(f) 是目前消除环境干扰影响而广泛采用的线路补偿法构成型式。

(d) 相同传感器的补偿型：采用两个原理和特性完全相同的转换元件，并置于同一环境中，其中一个接受输入信号和环境影响，另一个只接受环境影响，通过线路，使后者消除前者的环境干扰影响。这种构成法在应变式、固态压阻式等传感器中常被采用。

(e) 差动结构补偿型：它也采用了两个原理和特性完全相同的转换元件，同时接受被测输入量，并置于同一环境中。巧妙的是，两个转换元件对被测输入量作反向转换，对环境干扰量作同向转换；通过变换(测量)电路，使有用输出量增加，干扰量相消。

(f) 不同传感器的补偿型：采用两个原理和性质不同的转换元件，且不一定置于同一环境处。其中一个接受输入信号，并已知其受环境影响的特性；另一个接受环境影响，并通过电路向前者提供等效的抵消环境影响的补偿信号。如采用热敏元件的温度补偿，采用电压补偿片的温度和加速度干扰补偿等，即为此例。

此外，还可根据需要将上述各种基本型式的传感器作选择组合，构成各种各样复合型传感器。

三、传感器的分类和要求

用于测量与控制的传感器种类繁多：一种被测量可以用不同的传感器来测量；而同一原理的传感器，通常又可测量多种非电量。因此分类的方法也五花八门。了解传感器的分类，旨在加深理解，便于应用。表 2-1 列出了目前一些流行的分类方法。

表 2-1 传感器的分类

分 类 法	型 式	说 明
按基本效应分	物理型、化学型、生物型等	分别以转换中的物理效应化学效应等命名
按构成原理分	结 构 型 物 性 型	以其转换元件结构参数变化实现信号转换 以其转换元件物理特性变化实现信号转换
按能量关系分	能量转换型(自源型) 能量控制型(外源型)	传感器输出量直接由被测量能量转换而得 传感器输出量能量由外源供给，但受被测输入量控制
按作用原理分	应变式、电容式、压电式、热电式等	以传感器对信号的作用原理命名
按输入量分	位移、压力、温度、流量、气体等	以被测量命名(即按用途分类法)
按输出量分	模 拟 式 数 字 式	输出量为模拟信号 输出量为数字信号

无论何种传感器,作为测量与控制系统的首要环节,通常都必须具有快速、准确,可靠而又经济地实现信息转换的基本要求,即:

- (1) 足够的容量——传感器的工作范围或量程足够大,具有一定过载能力。
- (2) 与测量或控制系统匹配性好,转换灵敏度高——要求其输出信号与被测输入信号成确定关系(通常为线性),且比值要大。
- (3) 精度适当,且稳定性高——传感器的静态响应与动态响应的准确度能满足要求,并长期稳定。
- (4) 反应速度快,工作可靠性好。
- (5) 适用性和适应性强——动作能量小,对被测对象的状态影响小;内部噪声小而又不受外界干扰的影响,使用安全等。
- (6) 使用经济——成本低,且易于使用、维修和校准。

当然,能完全满足上述性能要求的传感器是很少有的。我们应根据应用的目的、使用环境、被测对象状况、精度要求和信号处理等具体条件作全面综合考虑。

四、传感器的作用和地位

显而易见,科学技术进步的重要作用在于不断用机器来代替和扩充人的体力劳动(第一次产业革命)和脑力劳动(第二次产业革命),以大大提高社会生产力。为此目的,人们在不懈地探索着机器与人之间的机能模拟——人工智能,并不断地创制拟人的装置——自动化机械,以至智能机器人(第二次产业革命的象征)。

由图 2-2 所示的人与机器的机能对应关系可见,作为模拟人体感官的“电五官”(传

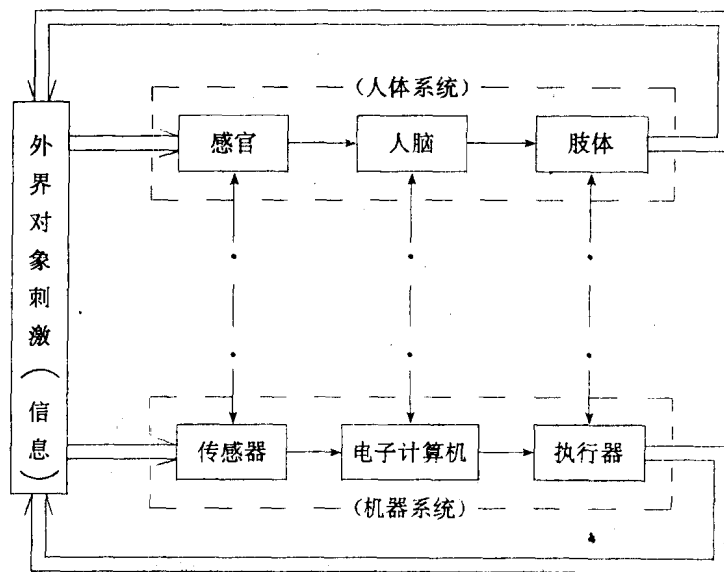


图2-2 人与机器的机能对应关系

感器),是系统对外界猎取信息的“窗口”;如果对象亦视为系统,从广义上讲传感器是系统之间实现信息交流的“接口”,它为系统提供了赖以进行处理和决策所必须的对象信