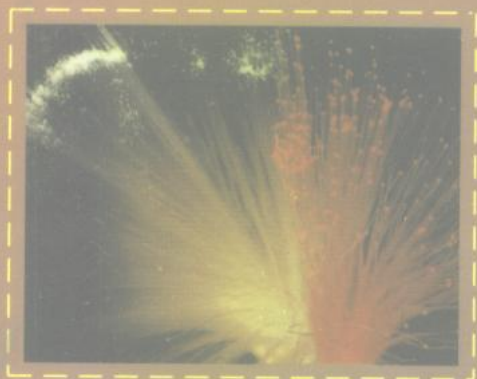


智能光电系统

王永仲 琚新军 胡心 编著



科学出版社

内 容 简 介

光电系统是集中体现当今高新技术的重要方面,它们的智能化发展使其性能产生重大变革。本书直接针对光电系统讨论智能化问题,内容包括MCS-51单片机和智能光电系统基础知识、光学传感技术、光电信号的采集、信号输出与控制、人机接口与信息交互、数据处理与误差修正,以及智能光电系统设计实例等。

本书主要适于在光学工程、仪器科学与技术、测试计量技术、兵器科学与技术领域从事系统论证、设计、制造、试验及理论研究的科技人员及相关专业的大专院校师生阅读,也可作为从事微型计算机相关应用研究的专业人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

智能光电系统/王永仲等编著. -北京:科学出版社,
1999. 3
ISBN 7-03-007081-X

I. 智… II. 王… III. 智能控制-应用-光电子技术
IV. TN201

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 32375 号

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1999 年 3 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

1999 年 3 月第 一 次印刷 印张:11½

印数:1—2 600 字数:261 000

定价:18.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

微型计算机在光电系统中的成功应用,使传统的光学仪器、光电子仪器以及复杂的跟踪测量装置发生了许多革命性变化,其中一个突出表现是系统中包含了智力性运作,即具备一定的人脑智慧功能,常称之为“智能”。例如:自主识别和跟踪运动目标;“记忆”某些特征信息和自主辨识;自我诊断、校准和本体规正;实时修正误差,自动实施高精度的快速测算;进行在线检测和间接测量,实现复杂的控制;组成大型多用户系统并方便灵活地改变其实用功能,等等。而且,许多光电系统还在追求“高级智能”,以期解决专家才能解决的技术问题,即构成所谓“专家系统”。毫无疑问,光电系统智能化的不断发展是一种必然趋势。

相对于其它系统来说,光电系统的突出特征是以光波作为基本的信息载体,并能把信息光波变成直观的图像,使先进的图像处理技术在光电系统中得到广泛应用。这就为智能光电系统的发展创造了得天独厚的条件,使之有可能成为智能化程度最高的一类实用系统。

当前,在智能控制、智能检测和智能仪器方面已有若干成功的著述,但具体结合光电系统阐述“智能”化的图书还不多见。作者不揣冒昧捧出此书,试图寥补现有图书的这种不足。同时也想以此表达一种诚挚的愿望,期待更多的学者、专家关注该领域的发展,繁荣这方面的著作。

本书以光电系统智能化作为主线,讨论光信号的产生、探测、接收、采集、处理及人机对话和误差抑制问题。全书共七章,前六章围绕主线阐述有关技术内容,第七章则是实例。

如果本书能对从事这方面工作的读者有所帮助,对智能光电系统的发展有所裨益,我们将无限欣慰。同时,我们诚恳地期待各位同仁指点和赐教。

1998年10月

目 录

第一章 智能光电系统基础	1
1.1 光电系统概述	1
1.2 光电系统智能化	3
1.3 微型计算机	8
1.4 光源.....	11
1.5 光学系统.....	13
1.6 光电探测器.....	16
第二章 光学传感技术	20
2.1 基本原理.....	20
2.2 莫尔条纹法.....	26
2.3 干涉传感技术.....	31
2.4 CCD 图像测量技术	34
2.5 光纤传感技术.....	40
第三章 光电信号的采集	46
3.1 光电信号的拾取.....	46
3.2 光电信号的调理.....	50
3.3 信号的量化.....	55
3.4 模拟量数据采集系统.....	66
3.5 频率及开关量采集系统.....	71
3.6 CCD 视频信号处理与数据采集系统	74
3.7 莫尔条纹信号处理与采集.....	78
第四章 信号输出与控制	84
4.1 信号驱动与信号隔离.....	84
4.2 执行电动机及其驱动.....	87
4.3 离散量输出信号控制接口.....	93
4.4 模拟量输出信号控制接口.....	97
4.5 自动调焦	105
第五章 人机接口与信息交互	109
5.1 键盘、显示器及其接口.....	109
5.2 可编程键盘/显示器接口.....	115
5.3 打印机及其接口	120
5.4 串行通信及其接口	124
第六章 数据处理与测量算法	129
6.1 克服随机误差的算法	129

6.2	克服系统误差的算法	135
6.3	故障自检算法	141
6.4	系统自动恢复算法	143
6.5	数字图像处理算法	146
第七章	智能光电系统设计	153
7.1	智能光电系统设计方法与要点	153
7.2	双频激光干涉测量系统设计分析	156
7.3	CCD 尺寸测量系统设计分析实例	165
附录	MCS-51 指令表	172
	参考文献	176

第一章 智能光电系统基础

1.1 光电系统概述

光电系统是在光学仪器的基础上,融合电子技术、光电技术、激光技术和计算机技术而发展起来的。一般来说,光电系统比传统的光学仪器具有更高的精度、更高的自动化程度和更先进的显示手段,具有新的性能特点和使用优势。例如,它能把辐射通量中包含的目标尺寸、形状、位置、能量等信息转变为电信号,并经特种处理(包括从噪声中提取信息)提取有用信息,再予显示或记录。

1.1.1 光电系统的构成

光电系统种类繁多,按系统工作的光谱区域,可分成紫外光谱区工作光电系统、可见光谱区工作光电系统和红外光谱区工作光电系统三大类;按照照明方式的不同,可分为主动式和被动式两类,被动式光电系统利用目标自身的辐射探测目标,而主动式光电系统则需要另外的照明光源;按用途不同,可分为光学计量系统、物理光学系统、显微系统、测绘系统、光学测试系统、天文光学系统、医用光学系统和军用光学系统等。

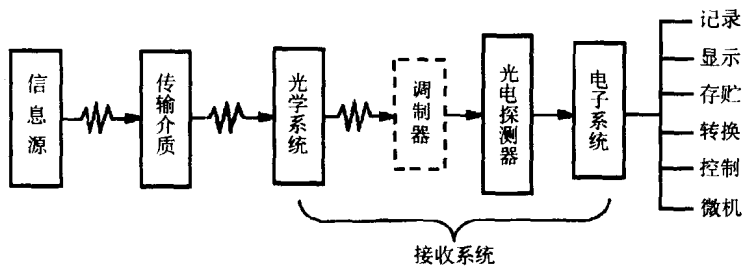
图 1-1(a)是被动光电系统方框图,其中信息源是自然辐射源。例如所需探测的飞机、舰船、地形、星体、火焰、人体等物体,它们自身都辐射红外或可见光。由于它们的辐射性质与周围环境有差别,光电系统就能获取它们的有关信息。信息源的辐射经过传输介质——大气,到达接收光学系统。接收光学系统获得的部分辐射被会聚到光电探测器上,光电探测器将光信号转变为电信号。通常,为了尽可能使检出信息的质量较高,系统中加入调制环节,使光电探测器的输出信号是调制信号。调制信号经电子系统放大、处理后,就能检出所需信息。某些系统还加微机进行处理,由于检出的信息是由电信号表示的,所以可与后面各种环节连接。根据具体需要,后面可以接显示、记录、存贮环节或者控制环节,以形成自动控制系统,或接计算机完成智能性任务,还可以接转换环节把电量变成非电量,等等。

图 1-1(b)为主动光电系统的方框图。其中,采用人造光源的辐射去照射被测物体,使所需信息能载到反射、透射或散射光波上去,然后由光电系统进行检测。对于某些非光学物理量,例如语言,可先将声音变成电信号,然后通过调制器把信息载到光波上而进行传输。在接收端,主动光电系统与被动光电系统有同样的方框图,同样接收辐射后转换为电信号,经过电路处理检出信息,并能和显示、记录、控制、转换等环节相连。传输介质大多是大气。

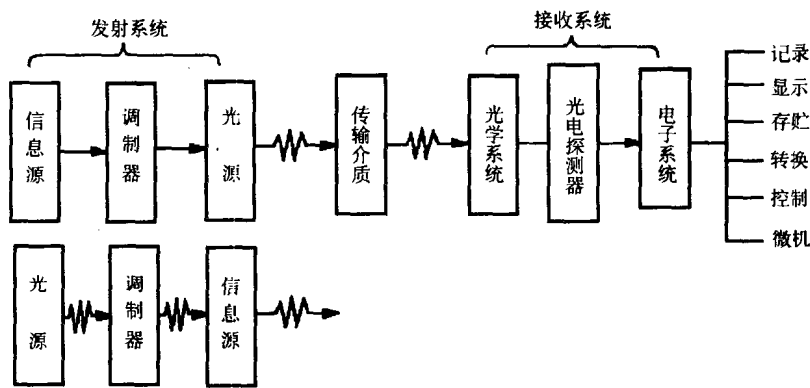
1.1.2 光电系统的组元

1. 辐射源和传输介质

通常把辐射源分为天然光源和人造光源两种。地面辐射、大气辐射、宇宙辐射以及由



(a)



(b)

图 1-1 (a)被动光电系统方框图 (b)主动光电系统方框图

自然光照明的物体或背景属于天然光源,余者统称为人造光源。

光电系统的每个零件或组件,如物镜、保护玻璃、挡板,也发射出一定的辐射,称为仪器辐射。

在辐射源和系统之间总是存在着某些介质,因此引起辐射传输的衰减。随着光电系统作用距离的增加,对介质如大气、海水等的光学传输特性研究就显得愈加重要。

2. 光学系统

光学系统由保护窗口、透镜、反射镜、棱镜、光阑、狭缝、滤光器、光栅等组成。光学系统的作用有两个:一个是尽可能多地收集到达的辐射,并以最小的损失投射到探测器上;另一个是对进入的辐射进行光学滤波,以提高光学信号的信噪比。光学滤波分为光谱滤波和空间滤波两种。光谱滤波利用各种滤光器或光学薄膜来达到;空间滤波利用各种空间滤波器来达到。

3. 光电探测器

光电探测器是光电系统的关键,其作用是把光能转换成电能。

4. 电子系统及其它

光电探测器输出的信号一般都比较弱,必须经放大后才能作后继处理。光电系统中常

采用交流放大器,因为光学信号常经机械、光学或电学方法调制。光电探测器接收的光辐射可能是正弦信号,也可能是脉冲信号,通常是经过幅值、相位或频率调制的。

在光电探测器和放大器之间有一匹配电路,主要用于实现两者之间的阻抗匹配,获得必要的通带宽度和响应速度。

放大器的输出信号中包含有被测物体的信息和噪声,为了从中取出有用信息,常在放大器后连接着各种线性和非线性电路,如滤波电路、整形电路、鉴频或鉴相电路、A/D 或 D/A 电路,以及实现各种所需功能的解调电路。

为了记录和显示获得的有用信息,需配备记录和显示装置。

1.1.3 光电系统的基本特性

1. 极限灵敏度

以最小的辐射通量入射到光学系统的入瞳中,能保证以规定的概率发现目标,保证跟踪目标的精度或目标像的复现精度,这个最小的辐射通量代表了系统的极限灵敏度。其另一表述方法是,使信噪比达到规定值时所需的信号辐射通量。对在红外区工作的光电系统,常用最小可分辨温差来表示。使信噪比等于 1 的辐射功率称为噪声等效功率。有时还用归一化的探测率来表示。

光电系统的极限灵敏度决定了系统在规定工作条件下的作用距离。

2. 视场

它是光学系统入瞳中心为顶点的空间角,在此范围内系统可发现目标。在对称系统中,可用水平和垂直方向上的线角度表示空间视场角。瞬时视场是以入瞳中心为顶点的空间角,在此范围内系统可在规定的瞬间发现目标。扫描系统的瞬时视场是视场的一部分,利用扫描系统可减少背景的干扰,增加作用距离。

3. 鉴别率和精度

鉴别率常用可分辨的两个点光源对系统入瞳中心的最小张角来表征,有时也可用每毫米的线对数表示。精度常用误差的均方根表示。

1.2 光电系统智能化

1.2.1 微电子技术的应用

1. 瞄准与定位技术

瞄准与定位是光学仪器的重要环节。随着微电子技术的应用,瞄准技术已由人眼瞄准向自动对准方向发展,既排除了人眼的主观瞄准误差,提高了仪器的瞄准精度,又使仪器的自动化成为可能。光学瞄准方法是利用刻划在光学仪器分划板上的标志,对物体的刻划或轮廓进行瞄准,瞄准精度受人眼分辨率的限制,其最好精度也只能达到 $0.2 \sim 0.3 \mu\text{m}$ 。随后发展起来的光电对准方法对标尺刻线像进行对准,不但提高了对准精度,而且使对准和测量自动化成为可能。光电对准的实质在于:通过一定的光电转换系统,将被对准的线

纹与一个选定的测量基线之间的位置关系用电信号来描述,然后以电信号的相位关系、幅度关系或脉冲的宽度比例等作为对准的依据。在对准系统中,通常利用聚光系统和显微成像系统将线纹放大,同时在光路中加入一些特殊的部件(如双狭缝、振动镜等)来对影像进行一定的调制,投影到光电接收器上,最后经电路放大显示出来。光电显微镜的对准精度可达 $0.01\sim 0.05\mu\text{m}$,可实现自动化测量;光电准直管的对准精度可达 $0.1''$,甚至更高。

随着电子技术的发展,光电自动对准系统应运而生,光电自动对准系统由高质量的光学图像传递系统、信噪比好的光电转换系统、能提供高反差的对准标记、三个自由度微位移机构、高灵敏度的电子处理和控制系统等几个部分组成,它实际上是一个闭环控制系统,即根据对准标记 X, Y, θ 三个自由度的坐标偏差量,驱动微位移机构按坐标偏差量自动补偿,直到对准误差达到允许的范围。

2. 读数测微技术

读数测微系统形式很多,按读数方式可分为机械式、光学式和数字式三种。机械式读数测微是利用机械结构对微小尺寸进行细分读数,最常用的是丝杆测微器。光学式读数测微是利用光学放大原理,把标尺或度盘上刻线间隔通过物镜放大后成像在分划板上(或直接成像在投影屏上),经测微器细分后,再通过目镜(或投影测微器)进行读数。

数字式读数测微利用计量光栅或光电码盘以及其它光学方法,将光信号转换成电信号,再对电信号进行电子细分,最后用数字显示。它具有测量精度高(可达亚微米级)、读数快(读数速率可达每秒数万次以上)、分辨率高(可达 $0.1\mu\text{m}$)、易实现自动化等特点。

3. 简化仪器结构

在光学仪器中,贵重的精密机械部件、机械光学部件和机电元件可用电子器件或简单的机械部件与微电子器件的结合来代替。例如,在三坐标测量机中,原用装有机电传动的精密机械导向装置,现改用装有增量发送器和微型计算机的反馈式伺服传动装置,降低了对机械部件的精度要求;又如,机械变速机构可用装有伺服马达的反馈传动系统代替,利用面阵 CCD 器件可以取代机械式十字台、步进马达和图像扫描仪,等等。这些都大大地简化了仪器结构。

1.2.2 计算机在光学仪器中的应用

目前的光学仪器,特别是大型精密光学仪器已不再是光学和机械的简单结合,也不单纯是那种典型的光学、机械、电子相结合的产品,而是一种综合各类科学技术的科学仪器。光学仪器从一般的目视观察、照相、摄影读数、数字显示向着数据处理、自动检测和图像自动识别等方向发展;从采用大型通用计算机向采用专用计算机、从采用小型计算机向采用微型计算机的方向发展。

计算机在光学仪器中的应用,可达到以下几个方面的目的:

- 1) 进行大量的数据采集和处理,减轻劳动强度,增强仪器的实时性。
- 2) 提高光学仪器的自动化程度,甚至使整个仪器的操作、测量、分析完全按程序自动地进行,并用数字或图表形式显示结果。
- 3) 解决一般光学仪器解决不了的问题,提高和扩展仪器的功能。

- 4)对影响仪器精度的某些误差进行自动修正,提高仪器精度。
- 5)利用计算机高速运算和存贮功能,提高仪器的分析、测量速度。
- 6)对图像信息进行自动处理和自动识别。

下面就计算机在国内外典型光学仪器中的应用作一介绍。

1. 计算机在显微镜中的应用

传统显微镜从物镜放大倍数的选择、调焦、图像观察到图像分析都是靠人工完成的,显微图像难以实时记录和传输。而电视显微镜则在光学显微镜的目镜上加装一个电视摄像机,显微图像通过监视器显示。电视显微镜用电子放大代替了光学显微镜的目镜放大,能及时记录和传输显微图像,减轻人眼的疲劳。

70年代研制的带计算机的显微镜装置,其分析测量速度比人工操作要快几十倍到几百倍,并且解决了过去不易实现的测量分析难点。到目前为止,国际上带计算机的图像自动分析显微镜已有很多品种,功能也越来越齐全。其基本原理是:由显微镜放大得到物体图像,摄像机把图像的光学信息转变成电信息,再经数字化后输入计算机进行处理,然后将结果输出打印,或在电视屏幕上再度显示。如果发现图像上有阻碍分析的遮盖或缺陷,就可用光笔把不必要的部分抹掉或作局部切割分离。此外,这类仪器还可实现自动调焦。

2. 计算机在物理光学仪器中的应用

由于计算机的应用,光谱仪的自动化程度提高,性能增强。配置计算机的光电光谱仪的工作程序完全由计算机自动控制,仪器的操作极为方便可靠。如光强-含量的确定,在老式的光度计上必须事先用一套标准样品测定光强,然后作出光强-含量曲线,再根据被分析样品在相同条件下激发所测得的光强值,从曲线上求得元素的含量,不仅速度慢,而且精度也低。采用计算机后,可按近似公式计算含量,而且可对分析过程中由于各种原因引起的曲线漂移进行修正。并且,元素名称、含量等分析结果可以用打印机按操作人员需要的格式打印出来,不必再经人工处理。

美国佩肯-爱尔姆公司的5000型原子吸收分光光度计能在无人操作的情况下完全自动地分析多达50个样品中的6种元素。操作人员只要规定好波长、狭缝宽度、灯电流,选择正确的灯位、所用标准样品的浓度、气体流量和积分时间,仪器便把这些设置值存贮起来。波长、狭缝宽度和高度的改变、灯源与灯电流的切换、自动校准与更换样品等都由计算机来控制。仪器上共有6个存储单元,可以准确地同时存贮6种元素的正确操作条件。仪器还附有磁卡阅读器、自动取样器和数据阅读装置。

3. 计算机在军用光学仪器中的应用

微型计算机在军用光学仪器中的应用大约三个方面,即解算与记录、实时控制、实时图像处理。军用光学仪器强调实时性,需处理的数据量较大,这使计算机的高速运算、大存贮量的特点得到了充分的发挥。

以靶场光学测量仪器为例,靶场光学测量仪器主要用于测量空间飞行器的轨迹、姿态和辐射特性。靶场光学测量设备较多,如弹道照相机、光电经纬仪、跟踪望远镜、激光雷达、

红外跟踪仪、电视跟踪仪,以及相应的判读处理设备等。光电经纬仪是靶场光学测量设备中用得较为广泛的一种军用光学仪器。

1968年,Contraves公司研制了K400型电影经纬仪,它装备有红外跟踪器、激光跟踪器、激光测距、电视跟踪和高速摄影机等装置,采用了很多新技术,代表了60年代末的最高水平。稍晚,西德Askania厂研制了红外、电视、激光多用途积木式数字化电影经纬仪系列,它采用19位编码盘,静态精度达到 $\pm 3''$ 。仪器的电子伺服传动装置使底座自动跟随电影经纬仪主体转动,底座上设有操作手座位,仪器有专用拖车,适合于机动布站使用。进入70年代后,电影经纬仪等靶场光测设备表现为少而精的趋向。如为解决多弹头和高精度测量,美国的Photo-sonics研制了专用于再入段轨道测量和事件记录的通用高质量的Super RADOT系统,这是一种利用恒星校准原理,准实时校准的高精度、远距离、高自动化靶场光测设备,它的作用距离达到1000km,测角精度 $1''\sim 2''$ 。它配有激光测距装置,测距精度达0.5m,由计算机及所带的专用软件控制操作仪器。

计算机在军用光学仪器中的应用所带来的优点表现在提高仪器的作用距离和测量精度、输出实时或准实时数据、判读自动化、操作检测跟踪自动化、提高仪器的机动性和环境适应性等方面。值得一提的是,计算机应用于军用光学仪器的图像处理、识别和跟踪技术。在国外,这项技术已用于夜视、制导、火控等军用光学仪器上。例如美国白沙试验场实时视像跟踪系统,自1974年研制,它有控制处理器、跟踪处理器、投影处理器、视频处理器和I/O处理器等,这些处理器的CPU都是德克萨斯的四位74LS481,分别配有不同容量的RAM和其它硬件、软件,这个经纬仪的光学图像接收器是硅靶摄像管,配有变焦物镜系统,变焦系统由Z-80单板机控制。据报道,这个系统的计算机采样一个象素,八位256个灰度级,只要96ns时间。每个处理器处理一场景象的时间也只有几个到十几个毫秒,能满足每秒处理60场景象的要求。

1.2.3 智能光电系统的构成与特点

1. 基本构成

智能系统由硬件和软件两大部分组成,硬件组成如图1-2所示。软件主要包括监控程序、中断服务程序以及实现各种算法的功能模块。监控程序是系统软件的中心环节,它接收和分析各种命令,管理和协调整个程序的执行;中断服务程序是在人机对话通道或其它外围设备提出中断申请,且由计算机响应后直接去执行的程序,以便完成需实时处理的任任务;功能模块用来实现仪器的数据处理和控制任务,包括各种测量算法和控制算法等。

微型计算机是智能系统的核心,它通常由CPU、程序存储器(ROM)、数据存储器(RAM)、输入输出端口(I/O)和定时器/计数器(CTC)等单元组成。

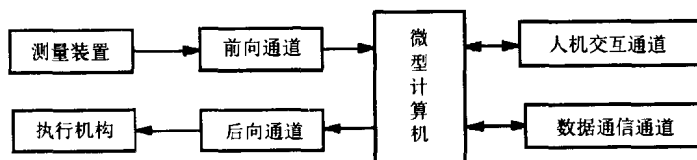


图 1-2 智能系统结构图

前向通道是微型计算机与测量装置相连接的单元,是系统的信息输入通道。前向通道与测量对象相联,是各种干扰串入系统的主要通道。前向通道是一个模拟与数字混合电路单元,各种传感器的输出信号(模拟量、数字量或开关量)经前向通道变成满足微型计算机输入要求的信号,故有形式多样的信号变换、调节电路,如信号放大、整形、滤波、A/D转换等。前向通道性能的优劣将影响整个系统的性能。

后向通道是系统的伺服驱动控制单元,是信息输出通道,大多数需要功率驱动。后向通道靠近伺服驱动现场,伺服控制系统的大功率负荷引起的干扰易从后向通道进入微型计算机,故后向通道的隔离对系统可靠性影响极大。后向通道根据输出控制的不同,有多种多样电路,如模拟电路、数字电路、开关电路等。

人机交互通道是操作者对系统进行干预以及了解系统运行状态和运行结果的单元,主要有键盘、显示器、打印机、语音电路等。智能系统的人机对话设备都是按最小规模配置的,以满足用户需要为目的。

数据通信通道是智能系统与其它系统间交换信息的接口,通常是串行通信口。

尽管智能系统基本结构相同,但不同用途或者基于不同测量原理而设计的智能系统,其具体结构还是有相当大的差异,其差异主要表现在测量装置和执行机构上。以智能光电系统为例,智能光电系统具有如图 1-3 所示的基本结构,图中表示了智能光电系统测量装置的基本结构及其与执行机构间的关系。目标的被测量经光学系统光学处理后被光电探测器接收,以电量形式输出,再经电信号处理后转换成测量信号输入前向通道。后向通道输出的控制信号通过执行机构控制智能光电系统测量装置的有关环节,如切换灯源、切换光电探测器、移动目标位置、自动调焦、自动对准、自动光圈等。因此,微型计算机应用于光电系统是通过前向通道和后向通道渗透到光电系统的各个组成部分。

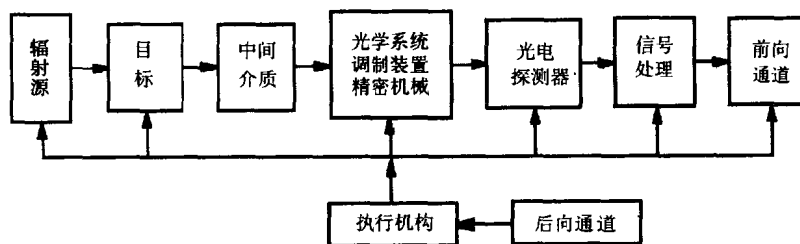


图 1-3 智能光电系统的结构

2. 主要特点

1)具有自动校准能力。智能系统采用软硬件相结合的方法进行自动校准,如零点校准、非线性校准等。当传感器的特性呈非线性时,智能系统则可将传感器的传感特性以数学模型编入程序或者利用表格与插值相结合的方法,实时地修正测量数据。

2)具有处理数据能力。微机具有很强的分析和运算能力,智能系统可完成复杂的数据处理,这是传统仪器难以比拟的。智能系统能从原始测量数据中提取反映被测对象特征的信息,并将经加工处理后的数据恢复成原来的物理量形式,再以直观的形式显示和记录下来。

3)能自动修正测量误差。确定了某项误差的规律,智能系统就可建立起该项误差的修正模型。测量时,利用误差修正模型,选用适当的算法,可消除或减小误差,提高测量精度。例如美国 Super RADOT 型电影经纬仪利用校准系统误差的误差模型,修正跟踪空中飞行器时的测量数据,提高测量数据的精度。

4)具有自适应能力。智能系统能根据被测对象或工作环境的变化自动修正测量算法。如智能激光干涉仪能跟踪气温、气压和湿度等环境参数的变化,修正激光波长,保证仪器的精度不受环境变化的影响。

5)具有自检和自诊断能力。智能系统通常都具有自检和自诊断能力,能自行测试仪器各部分的运行是否正常,一旦发现故障,还能诊断出是哪一部分出了故障,并能在显示装置上显示故障的类型和故障的部位。

6)具有对外接口功能。智能系统带有 RS-232 标准接口,能方便地与其它仪器或计算机组成自动测试系统。

7)具有良好的用户界面。微型计算机的应用给用户提供了丰富的信息,用户可从键盘上输入命令和数据,从显示器读取数据,还可借助打印机记录数据、图表,并且系统可以直接显示输出汉字。操作者只要从中文菜单中“点菜”即可,操作者能迅速地掌握仪器操作。

1.3 微型计算机

1.3.1 MCS-51 单片机的基本配置

MCS-51 系列芯片内部包括 1 个八位的中央处理机、内部程序存储器、内部数据存储器、32 根 I/O 线、两个十六位定时器/计数器(8052/8032 为 3 个)、1 个具有 5 个中断源和 2 个优先级的嵌套中断结构(8052/8032 为 6 个中断源)、1 个全双工串行口、1 个振荡器和时钟电路。其地址总线(AB)宽度为十六位,外部存储器直接寻址范围为 64K 字节。十六位地址总线由 P0 口经地址锁存提供低八位地址($A_0 \sim A_7$),P2 口直接提供高八位地址($A_8 \sim A_{15}$);数据总线(DB)宽度为八位,由 P0 口提供;控制总线(CB)由 P3 口的第二功能和 4 根独立控制线 \overline{RST} , \overline{EA} , ALE , \overline{PSEN} 组成。

1.3.2 MCS-51 单片机指令系统

MCS-51 指令系统用汇编语言表示的指令格式为:

[标号:] 操作码助记符 [目的操作数] [,源操作数] [;注释]

MCS-51 指令系统的全部指令分为五类,即数据传送类指令、算术操作类指令、逻辑操作类指令、控制程序转移类指令和布尔变量操作类指令。指令表参见书后附录。

1.3.3 定时器/计数器的设定

1. 定时器方式控制寄存器 TMOD(字节地址 89H)

TMOD 各位的定义说明如下:

D ₇				D ₀			
GATE	C/ \bar{T}	M1	M0	GATE	C/ \bar{T}	M1	M0
定时器 1				定时器 0			

C/ \bar{T} ——当 C/ \bar{T} =1 时,计数器方式;当 C/ \bar{T} =0 时,定时方式。

GATE——当 GATE=1 时,只有 $\overline{INT0}$ (或 $\overline{INT1}$)引脚为高电平且 TR0(或 TR1)置 1 时,相应的定时器/计数器才被选通;若 GATE=0,则只要 TR0(或 TR1)置 1,定时器/计数器就被选通,而不管 $\overline{INT0}$ (或 $\overline{INT1}$)的状态。

M1,M0——为模式控制位,可形成 4 种编码,对应于如下 4 种方式:

M1	M0	工作方式	功 能
0	0	模式 0	TL _x 中低 5 位与 TH _x 中 8 位构成十三位计数器
0	1	模式 1	TL _x 与 TH _x 构成十六位计数器
1	0	模式 2	自动重载的八位计数器,TH _x 送 TL _x
1	1	模式 3	定时器 0 分成两个八位计数器,定时器 1 关闭

2. 定时器控制寄存器 TCON(字节地址 88H)

TCON 各位的定义和作用如下:

D ₇				D ₀			
TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

TF1,TF0——定时器溢出标志位。当定时器溢出时,由硬件置位,发出中断申请。进入中断服务程序后,由硬件自动清零。

TR1,TR0——定时器运行控制位。由软件置位或清除,置位时,启动定时器/计数器;清除时,关闭定时器/计数器。

TCON 的低 4 位与外部中断有关,其含义将在中断控制的设定中介绍。

1.3.4 串行口的设定

1. 串行口控制寄存器 SCON(字节地址 98H)

SCON 用于控制和监视串行口的工作状态,各位的定义和作用说明如下:

D ₇				D ₀			
SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

SM2——模式 2 和 3 中多处理机通信使能位。

REN——允许接收位。由软件置位或清除。REN=1 时,允许接收。

TB8——发送数据位 8,是模式 2 和 3 中要发送的第 9 位数据。

RB8——接收数据位 8,是模式 2 和 3 中接收到的第 9 位数据。

TI——发送中断标志。硬件置位,软件清除。

RI——接收中断标志。硬件置位,软件清除。

SM0,SM1 为串行口操作模式选择位,其编码如下(表中 UART 为通用异步接收和发送器的英文缩写, f_{osc} 是振荡器频率):

SM0	SM1	方式	功能	波特率
0	0	0	同步移位寄存器	$f_{osc}/12$
0	1	1	八位 UART	可变
1	0	2	九位 UART	$f_{osc}/64$ 或 $f_{osc}/32$
1	1	3	九位 UART	可变

2. 串行口的操作模式

(1)模式 1

模式 1 时,串行接口为 8 位的异步通信接口。传送一帧信息为 10 位,即 1 位起始位,8 位数据位,1 位停止位。数据位的顺序是先低位后高位。

(2)模式 2 和模式 3

串行口工作于模式 2 和模式 3 时,传送一帧信息为 11 位,即 1 位起始位、8 位数据位(先低位后高位)、1 位可编程位(第 9 位数据)、1 位停止位。发送时,第 9 位数据是 SCON 中的 TB8。接收时,第 9 位数据是 SCON 中的 RB8。模式 2 和模式 3 的区别在于模式 2 的波特率固定不变,而模式 3 的波特率可变。

3. 波特率设计

常用定时器 1 作为波特率发生器,其波特率由下式确定:

$$\text{波特率} = (\text{定时} / \text{计数器 1 溢出率}) / (32/2^{\text{SMOD}}) \quad (1-1)$$

其中 SMOD 为特殊功能寄存器 PCON 中的第 8 位特征位;定时/计数器的溢出率取决于计数速率和定时时间常数。

T_1 工作于自动重载方式的工作模式 2 时, TL_1 作计数用,自动重载的值放在 TH_1 中,溢出率可由下式确定:

$$\text{溢出率} = \text{计数速率} / [256 - (TH_1)] \quad (1-2)$$

当 $C/\bar{T}=0$ 时,计数速率= $f_{osc}/12$ 。

1.3.5 中断控制的设定

1. 定时器控制寄存器 TCON

关于控制寄存器 TCON 中与中断有关的位,说明如下:

TF1,TF0——定时器溢出中断标志。

IE1,IE0——外部中断请求源标志。当 $IE_i=1$,外部中断 i 向 CPU 请求中断,当 CPU 响应中断时,由硬件将 IE_i 清零(边沿触发方式)。

IT₁,IT₀——外部中断触发方式控制位。IT_i=0时,外部中断*i*编程为低电平触发方式;IT_i=1时,外部中断*i*编程为下降沿触发方式。

2. 中断允许寄存器 IE(字节地址 A8H)

中断允许寄存器 IE 各位的定义说明如下:

D ₇							D ₀
EA	×	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

EA——总允许位。EA=0,屏蔽所有中断。

ET₂,ES,ET₁,EX₁,ET₀,EX₀——分别是定时器 2 中断、串行口中断、定时器 1 中断、外部中断 1 中断、定时器 0 中断、外部中断 0 中断的允许位。置位时,允许相应中断。

3. 中断优先寄存器 IP(字节地址 B8H)

各位的定义说明如下:

D ₇							D ₀
×	×	×	PS	PT1	PX1	PT0	PX0

PS,PT₁,PX₁,PT₀,PX₀——分别是串行口中断、定时器 1 中断、外部中断 1 中断、定时器 0 中断、外部中断 0 的优先级控制位。置位时,相应中断为高优先级中断。

1.4 光源

光电系统中所用的光源可简单地划分为自然光源和人造光源两类。根据光源的工作机理,光源可分为热辐射源、气体放电光源、激光器和电致发光器件等。

1.4.1 热辐射光源

热辐射光源具有发射连续光谱、波长范围宽、价格便宜、使用方便等特点。

自然辐射源有太阳的辐射、地面的热辐射、天空的辐射、飞行器的热辐射、人体热辐射等。这些自然辐射源中,有的辐射对光电系统来说是背景。

人造辐射源也有多种。最典型的是各种类型的卤钨灯,它的光谱范围是可见光和 2~3μm 范围以内的近红外光。

卤钨灯和人造黑体作为标准光源用于辐射的标定。卤钨灯可作为可见光区的标准光源,在红外区(0.75~2.5μm 或 0.75~6μm)则用人造黑体作为标准光源。此外,能斯脱灯和硅碳棒在红外分光光度学研究中用作 2~14μm 波段的标准辐射源。

1.4.2 气体放电光源

气体放电光源的光谱不连续,而且光谱与气体或金属蒸气的种类及放电条件有关。气体放电灯发出的热量少,对光电探测器件的温度影响小。

根据充气气压的不同,可分为低气压放电灯和高气压放电灯。低压汞灯($546.1\mu\text{m}$ 和 $578.0\mu\text{m}$)、氢灯、钠灯、氙灯、氦灯($0.8\sim 2.95\mu\text{m}$)是光谱仪器中常用的光源,统称为谱灯。氙灯的光谱与日光非常接近,是高亮度的点光源。

1.4.3 激光器

激光器是主动光电系统中具有重要地位的光源。与其它普通光源相比,它具有亮度高、方向性好、单色性好、相干性好等优点,使用范围很广。

半导体激光器是一种注入式电致发光器件,它除了具备一般激光器的特点以外,还具有体积小、效率高,能直接利用电源对输出激光进行调制等优点,但其光束的单色性和方向性较其它激光器差。因此,在要求装置轻便,对激光输出功率要求又不很高的场合有广泛应用前景。

1.4.4 电致发光器件——发光二极管(LED)

LED发射的是非相干光,辐射波长在可见光或红外区域。它所发出的光波波长与所用材料有关,如砷化镓红外发光二极管的峰值波长在 $0.8\sim 0.9\mu\text{m}$;发绿光的GAP发光二极管峰值波长在 $0.5\mu\text{m}$ 。与半导体激光器相比,LED在单色性、方向性和亮度等方面都比半导体激光器差得多。但LED有其独特的优点:驱动电路比较简单,输出功率无需反馈控制,体积小,寿命长,可在很宽的温度范围内工作。因此,LED成为光纤通信、光纤传感、光电传感系统的重要光源。

1. 发光二极管的特性

发光二极管的伏安特性与普通二极管的伏安特性相似。发光二极管的正向压降 U_F 与材料及正向电流 I_F 有关。小功率管的 U_F 为 $1\sim 1.3\text{V}$,中功率管的 U_F 为 $1.6\sim 1.8\text{V}$,大功率管的 $U_F\leq 2\text{V}$ 。发光二极管的反向电压不得超过 5V ,否则会损坏器件。

发光二极管的输出光功率 P_O 与正向工作电流 I_F 之间的关系曲线如图1-4所示。由图可见,在 I_F 较小时,输出光功率 P_O 与 I_F 成线性关系;当 I_F 较大时, P_O 与 I_F 不再成线性关系。

发光二极管的响应时间一般在几个纳秒至几十纳秒之间。

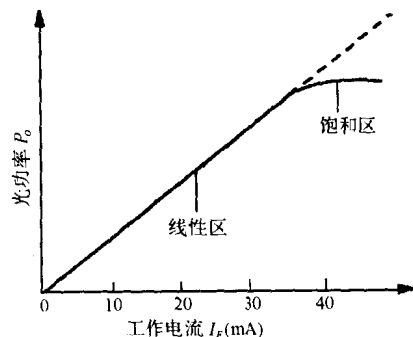


图 1-4 发光二极管的响应曲线



图 1-5 恒定直流驱动方式