

GUANGDIAN XITONG  
SHEJI JICHU

# 光电系统 设计基础

吴晗平 编著



科学出版社

[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

# 光电系统设计基础

吴晗平 编著

科学出版社

北京

# 版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303

## 内 容 简 介

本书从总体技术设计、军民用途的角度出发,选择信息光电系统和能量光电系统及其设计的几个典型内容予以论述,围绕着如何提高总体系统性能水平这一主线,介绍了光电系统设计的基础理论和工程方法。全书共分11章,内容包括:绪论、光学系统设计概要、目标与环境辐射及其工程计算、红外辐射大气透过率的工程理论计算方法、红外凝视成像系统、红外传感器工程设计、CCD及其应用系统设计、光电系统作用距离工程计算、LED及其应用设计、太阳能光伏发电及其系统设计、光电伺服控制系统及其设计。本书融合了作者的实际工作经验与科研成果,将基础理论与实际工作相结合,系统性和工程应用性强,概念清晰,易于理解,条理分明。

本书可作为高等院校光电信息工程、光信息科学与技术、电子科学与技术、测控技术与仪器、电子信息工程、机械电子等专业高年级大学生,以及光学工程、物理电子学、检测技术与自动化装置等专业研究生的教材或参考书,同时可供从事光电系统(装备)总体论证、技术设计、研制、试验、检验等方面工作的相关技术与管理人员学习、参考,对于从事电子系统(装备)的科研和工程技术人员亦有一定的参考价值。

### 图书在版编目(CIP)数据

光电系统设计基础/吴晗平编著. —北京:科学出版社,2010.4

ISBN 978-7-03-027064-1

I. ①光… II. ①吴… III. ①光电子技术—设计 IV. ①TN2

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第048385号

责任编辑:曾 莉 / 责任校对:董艳辉

责任印制:彭 超 / 封面设计:苏 波

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

武汉中远印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2010年4月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2010年4月第一次印刷 印张:22 1/4

印数:1—2000 字数:437 000

定价:52.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

# 前 言

光电技术与光电系统的发展历史虽然可追溯到一百多年以前光电效应及光电器件的出现和应用之际,但大量应用是 20 世纪 50 年代中期以后的事。作为现代科技发展的标志性领域,光电技术正全面渗透到人类社会的各个方面,影响甚至部分改变着人们的生活环境与生活模式。借助计算机技术、信息技术、材料科学技术、先进制造技术、电子技术等的推动与支持,以光电技术为核心形成了新的能力,扩展了人类了解自然、改善生存环境和提高主宰能力的空间,尤其在探测、感知、显示、通信、存储、加工等方面显示了极强的发展潜力和扩展力。

现代光电技术主要包括:激光技术、红外技术、微光夜视技术、CCD(CMOS)成像技术、平板显示技术、光纤技术、光通信技术、光存储技术、光电探测技术、光电检测与控制技术、太阳能光伏发电技术、光电照明技术、微纳光电技术、集成光路和光电子集成技术等。以光电技术为核心支撑的光电系统(装备、设备、仪器、产品),在国民经济众多领域和国防领域发挥着越来越重要的作用,甚至是不可替代的作用。

随着科学技术的进步,光学系统(仪器)逐渐拓展到了光电系统,并已发展成从紫外到远红外,多功能、高精度的许多类别的高技术产品。光电系统的设计牵涉到光学、机械、电子、计算机、控制等多学科的内容,由于光电系统类别繁多,发展迅速,光电系统设计至今没有一个完整的规范性定义和内容。

本书从总体技术设计、军民用途的角度出发,选择信息光电系统和能量光电系统及其设计的几个典型内容予以介绍和论述,主要包括:光学系统设计、目标辐射特性工程计算、红外辐射大气传输、红外凝视成像系统、红外传感器设计、CCD 及其应用系统设计、光电系统作用距离计算、LED 及其应用设计、太阳能光伏发电及其系统设计、光电伺服控制系统及其设计。对于其他军、民用光电系统(如光电制导系统、光电搜索系统、光电跟踪系统、光通信系统、激光制造系统、光电检测系统、微纳光电系统等),及其相关内容(如电气系统设计、结构设计、环境与可靠性设计、维修性设计、电磁兼容性设计等),由于篇幅所限、处于发展中或另有专著等原因,则没有涉及,建议读者参阅相关专著或文献资料。

光电系统设计是光电信息工程、光信息科学与技术等光电信息类专业及相关类别专业的一门重要专业主干课程,是培养学生综合运用所学知识解决实际工程问题的一门课程。目前,这种应用性较强、口径较宽的设计技术性教材、专著尚未见到。本书不求面面俱到,但求从培养能力、启发潜能、注重实用的角度,介绍几类典型光电系统和有关重要设计技术内容。本书可作为光电类专业和相关专业高年级本科生、研究生的教材或参考书,也可供从事光电系统(装备)技术及相关技术工作的科技人员、管理人员学习或参考。

本书从立意到成书历时超过十年,融合了作者长期从事光电系统(装备)预先研究、总体论证、技术设计、研制、试验、检验等工作的部分成果、经验和体会。在成书过程中还参考了许多文献资料,在此对这些文献资料的作者表示衷心的感谢。本书属于涉及多学科的应用性学术专著,其中有些技术思路、方法反映了作者的观点和工作感悟,希望其出版能起到抛砖引玉的作用。

本书虽然曾作为讲义在高年级本科生和研究生教学中进行过内容和深度有所区别的多次试用,并且不断修订与完善,但由于作者水平和成书时间所限,以及许多技术内容处在发展之中,肯定仍然存在诸多不足,甚至错误之处,恳请读者批评指正。

# 目 录

<b>第 1 章 绪 论</b> .....	1
1.1 光电系统及其基本组成与设计 .....	1
1.2 光电系统的分类 .....	3
1.3 光电系统的应用 .....	4
1.4 光电系统的发展基础 .....	4
1.5 光电技术及系统发展的制约因素 .....	6
1.6 光电产品工程设计控制程序 .....	6
1.7 光电产品设计图样文件技术要求.....	12
1.8 光电系统设计与仿真软件.....	15
<b>第 2 章 光学系统设计概要</b> .....	18
2.1 光学仪器及其发展.....	18
2.2 光学设计及其发展.....	23
2.3 应掌握的光学设计基础.....	30
2.4 光线追迹及像差校正常用方法.....	31
2.5 光学设计的大致类型及各类镜头的设计差别.....	37
2.6 设计举例.....	41
<b>第 3 章 目标与环境辐射及其工程计算</b> .....	60
3.1 光辐射与度量.....	60
3.2 绝对黑体及其基本定律.....	70
3.3 辐射源及其特性形式分类 .....	101
3.4 点源、小面源、朗伯扩展源产生的辐照度 .....	105
3.5 目标与环境光学特性的分类及特点 .....	108
3.6 环境与目标光辐射特性 .....	110
3.7 目标辐射的简化计算程序 .....	125
<b>第 4 章 红外辐射大气透过率的工程理论计算方法</b> .....	126
4.1 大气衰减与透过率 .....	126
4.2 大气的组成及吸收作用 .....	127
4.3 大气中辐射衰减的物理基础 .....	127
4.4 大气透过率数据表 .....	128
4.5 海平面上大气气体的分子吸收 .....	138
4.6 不同高度时的分子吸收修正问题 .....	141
4.7 大气分子与微粒的散射 .....	144

4.8	与气象条件有关的衰减 .....	147
4.9	平均透过率与积分透过率的计算方法 .....	148
4.10	计算实例 .....	149
<b>第5章</b>	<b>红外凝视成像系统 .....</b>	<b>153</b>
5.1	热成像技术特点 .....	153
5.2	红外凝视成像技术的发展 .....	156
5.3	红外凝视成像系统的工作原理 .....	160
5.4	红外焦平面阵列非均匀性产生的原因及其校正技术 .....	166
5.5	红外凝视系统中的微扫描技术 .....	178
5.6	热像仪产品选例 .....	189
<b>第6章</b>	<b>红外传感器工程设计 .....</b>	<b>197</b>
6.1	红外工作波段的选取分析 .....	197
6.2	系统总体对红外传感器提出的功能及性能指标要求 .....	200
6.3	红外传感器工作原理与组成 .....	200
6.4	红外探测器件及物镜光学参数选取 .....	202
<b>第7章</b>	<b>CCD 及其应用系统设计 .....</b>	<b>205</b>
7.1	CCD 成像器件的特征参量及其评价 .....	205
7.2	CCD 摄像机分类 .....	206
7.3	CCD 的工程技术应用 .....	208
7.4	CCD 图像传感器在微光电视系统中的应用 .....	216
7.5	高灵敏度 CCD 光电信号检测系统设计 .....	218
<b>第8章</b>	<b>光电系统作用距离工程计算 .....</b>	<b>224</b>
8.1	红外系统作用距离计算 .....	224
8.2	脉冲激光测距系统作用距离计算 .....	232
8.3	电视跟踪仪作用距离计算 .....	234
8.4	微光电视作用距离计算 .....	236
<b>第9章</b>	<b>LED 及其应用设计 .....</b>	<b>238</b>
9.1	LED 的工作原理 .....	238
9.2	LED 的发展历史与半导体材料的分代 .....	248
9.3	LED 的工作特性 .....	248
9.4	LED 特性与主要参数 .....	249
9.5	LED 的分类 .....	256
9.6	LED 芯片的制造工艺 .....	258
9.7	大功率 LED 封装散热技术 .....	259
9.8	LED 驱动电路及设计 .....	262
9.9	LED 照明与其他照明方式性能比较 .....	270
9.10	半导体照明灯具系统设计概述 .....	272

<b>第 10 章 太阳能光伏发电及其系统设计</b> .....	277
10.1 太阳能发电概述 .....	277
10.2 光伏发电的历史及应用领域 .....	278
10.3 太阳能电池 .....	280
10.4 太阳能电池生产工艺流程 .....	285
10.5 太阳能光伏发电系统组成 .....	287
10.6 太阳能光伏发电系统设计 .....	297
10.7 住宅用太阳能光伏系统简易设计 .....	307
10.8 10 kW 太阳能并网发电系统设计概要 .....	308
<b>第 11 章 光电伺服控制系统及其设计</b> .....	314
11.1 自动控制基础 .....	314
11.2 控制系统的基本要求与性能指标 .....	317
11.3 控制系统设计的基本问题 .....	321
11.4 控制系统的设计方法 .....	323
11.5 光电伺服系统 .....	326
11.6 光电跟踪控制系统 .....	331
11.7 机械结构因素对光电跟踪伺服系统性能的影响 .....	340
<b>参考文献</b> .....	346



# 第 1 章 绪 论

## 1.1 光电系统及其基本组成与设计

光电系统是用电子学的方法对光学信息进行处理与控制的系统,它是一种用于接收来自目标反射或自身辐射的光辐射,通过变换、处理、控制等环节,获得所需要的信息或能量,并进行必要处理的光电装置。它的基本功能就是将接收到的光辐射转换为电信号,并利用它去达到某种实际应用的目的。例如,测定目标的光度量、辐射度量或各种表观温度,测定目标光辐射的空间分布及温度分布,测定目标所处三维空间的位置或图像等。利用这些所测得的信息,按实际应用的要求进行处理和控制,分别构成诸如成像、瞄准、搜索、跟踪、预警、测距、制导等多种光电系统。光电系统也可以是利用光能、控制光能的系统,如激光制造系统、太阳能光电系统等。

从总体上说,光电系统是指在地面、海洋和空中等环境中使用的,由光学、机械、电子、计算机软硬件等部分组成的综合系统,包括能够独立完成某些规定功能的整机、分系统、分机或单元。通常光电系统也简称光电装备、光电设备、光电仪器或光电产品。尽管它们实际上存在着复杂程度、体积大小、功能多少的差异,但它们都是能够独立完成一种或多种规定功能的集合体。

组成光电系统的基本框图如图 1.1 所示。它大致包括光学系统、探测器、电子系统、输出和控制单元,以及致冷器等。在有的系统内,有些部分可能没有,而有的系统又会因某个特殊功能的需要而增加一些其他的部分,如图 1.2、图 1.3 所示。其中最基本的核心组成单元有辐射源和传输介质、光学系统、光电探测器。

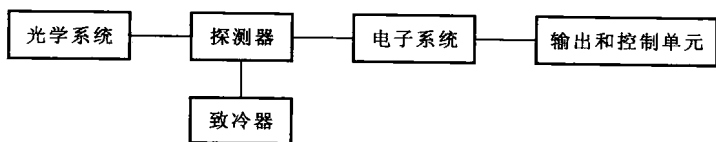


图 1.1 光电系统组成框图

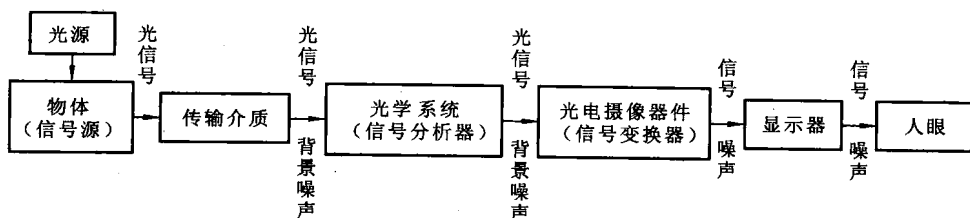


图 1.2 光电成像系统组成示例

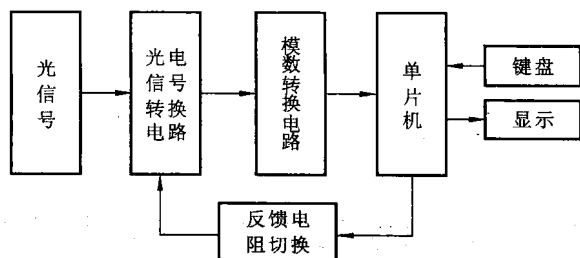


图 1.3 光电检测系统组成示例

近代光学和光电子技术的迅猛发展,使光学仪器的研制发生了很大变化,衍生出了许多学科和成像技术。传统光机结构的光学仪器发展成了光机电一体化光电系统,创造了很多新颖的光电器件和仪器。在继承传统光学的基础上,创新了许多新的成像技术、新的光学材料、形成新的加工方法和新的光学器件,形成了一些新的光学分支。

光学成像技术的变化主要表现在以下几个方面:

(1) 光学成像器件和系统的光谱范围已经由通常的可见光光谱几乎扩展到全光谱范围,包括远红外、中红外、近红外、可见光和紫外光谱区。

(2) 光学成像器件不只是简单的透镜、棱镜和反射镜,已经设计和制造出诸如全息透镜、衍射透镜和微透镜阵列等新型光学器件。

(3) 光学系统的成像不只是遵守折射定律和反射定律,衍射理论已经成为衍射光学器件的基本成像理论。

(4) 光学器件的加工方法不只是传统的粗磨、精磨和抛光工艺,已经创立了全息干涉术法、蚀刻法以及微透镜加工方法。

(5) 光学器件的外形尺寸在两个极端方向发展,一些光电仪器要求每毫米基板上能刻出千百个透镜(微透镜阵列),而另一些光学仪器则要求主反射的通光孔径大到 8.1 m(Gemimi 望远镜),甚至更大,全息光栅和薄膜透镜的应用使透镜的厚(薄)度到了极限。

(6) 光学器件和系统的应用环境已经由实验室和地球表面延伸到了宇宙的其他空间。环境条件对元器件和系统的要求越来越高,也越来越苛刻,或者说环境条件对光电系统具有越来越重要的影响。

光学技术的创新进一步促进了光机系统的发展,为光机零件、组件和系统的设计、制造、装配、检验和测量提出了许多新的研究课题。因而要求进行光电系统设计应具有更宽的知识面和更扎实的理论基础。光电系统往往属于光机电与计算机软硬件一体化的产品(简称光机电一体化产品),在其设计过程中,应特别注意:

(1) 光学设计、机械结构设计和光机系统设计必须整体考虑。

(2) 光机系统设计和软硬件、电子、控制系统设计必须整体考虑。

(3) 按照普通原理(如折射和反射)和特殊原理(如衍射和全息)工作的光电系

统(仪器)的一体化设计。

(4) 宏观和微观光机电系统的一体化设计。

值得指出的是,无论是光学、光机、光机电系统设计,还是各类光电器件和仪器的开发研制及应用,一般要使用许多光学材料及其他材料,以及多种元器件,因此,深刻地了解那些重要、关键材料、器件的基本物理性质及数据就显得格外必要。同时也应通晓和巧妙利用机械结构、信号处理、控制系统、计算机软硬件等,作为设计先进、优良光电系统的必备基础。

## 1.2 光电系统的分类

虽然光电系统的基本组成大体类似,但就其工作原理、应用目的和使用场所来讲可谓千变万化,分类方式也多种多样。例如,按系统工作的光谱区域分类(可分为紫外光、可见光和红外光三大类光电系统);按主动(有源)工作还是被动(无源)工作来分类;按装置的扫描方式分类;按信号处理的方式分类;按用途分类等。由于相互间穿插,很难做到明确的分类。又如,按用途可以分成以下几类:

(1) 光电测绘系统,如多普勒测速(测振),光电测绘(经纬仪),光电准直(激光直仪)。

(2) 光学显微与观测系统,如内窥镜,光电瞄准,(光刻机,全自动对准),光电摄像,可视电话(图像压缩与解码),天文观测(哈勃望远镜)。

(3) 军用光电系统。军用光电系统是以光电器件(主要是激光器和光电探测器)为核心,将光学技术、电子/微电子技术和精密机械技术等融为一体,具有特定战术功能的军事装备,如激光测距仪(相位法测距,脉冲法测距),对潜艇通信(532 nm 激光(蓝绿光)容易通过海水“窗口”),激光探潜(探水雷),激光侦听(红外激光)。

(4) 光电检测系统。用光电的方法对某些物理量(声、光谱、热、电、磁、力)、化学量(浓度等)、几何量(长度、角度、表面粗糙度)进行检测的系统,如粉尘检测,气象雷达,大气光学(光谱),光谱分析。其特点如下:①非接触测量,即适合接触测量易引起误差的场合或无法用接触的方法测量(远程、高温、危险);②精度高;③空间分辨率高;④实时测量,如玻璃管直径测量,光盘聚焦误差测控;⑤有受光学介质的影响大(水、空气、尘土),成本高的缺点。

就军用光电系统的分类而言,通常有两种分类体系:一种是基于其配置和运载方式的“搭载”分类体系;另一种是基于其战术功能属性的“功能”分类体系。按照搭载分类体系划分,可分为车载光电系统、舰载光电系统、艇载光电系统、机载光电系统、弹载光电系统、星载光电系统等;按照功能分类体系划分,可分为预警与遥感系统、侦察与监视系统、火控与瞄准系统、精确制导系统、导航与引导系统、靶场测量系统、光学通信系统和光电对抗系统等八大类。

如果就系统工作的基本目的和原理出发,光电系统可以分为信息光电系统(探测与测量系统、搜索与跟踪系统、光电成像系统)和能量光电系统(能量光电加工系统和能量光电转换系统)两大类。

探测与测量系统主要是通过对待测目标光度量或辐射变量的测量,对其光辐射特性、光谱特性、温度特性、光辐射空间方位特性等进行记录和分析,如光照度计、光亮度计、辐射计、光谱仪、分光光度计、测温仪、辐射方位仪等。这些系统多用于测定或计量目标反射、辐射等基本参量,用于对其基本光辐射特性进行分析。其他类型的光电系统也将对目标辐射特性进行检测,但将应用于不同目的而与此有着很大的差别。

搜索和跟踪系统主要是通过对视场内的搜索,发现特定入侵的或运动的目标,进而测定其方位,进行跟踪,如制导装置、寻的器、光电搜索与跟踪系统、光电预警系统、光电探测系统、光电测距与测角仪、红外导航系统等。

光电成像系统主要通过探测器(如红外探测器、CCD、CMOS、像增强器等)或扫描实现对观察视场内的目标进行光电成像,如主动夜视仪、微光夜视仪、CCD 摄像机、CMOS 摄像机、微光电视、红外显微镜、光机扫描热像仪、周视成像系统等。这里要说明的是,光电成像系统除用于观、瞄外,已大量应用于前述的两类系统中,使上述系统获得更全面的信息,更好地完成各自的功能。一般的光电成像系统在很多其他专著或教材中也有介绍。

能量光电加工系统主要通过光能(激光)进行物质的各种制造工作(如切割、焊接、打孔、材料改性等)和相关军事用途(如激光武器)。

能量光电转换系统主要通过光电转换器件进行光电转换利用。比较典型的有太阳能光伏发电系统、高效“绿色”照明系统(如 LED 照明系统)。

### 1.3 光电系统的应用

由于大气特性的限制,至今所开发利用的波段主要有近紫外波段、可见与近红外波段、 $3\sim 5\ \mu\text{m}$  的中红外波段和  $8\sim 14\ \mu\text{m}$  的远红外波段。当然这些波段加起来也只是光辐射波段的一小波段,其他波段的资源还有待逐步开发。

国民经济各部门是光电系统应用最广泛的领域。光电系统已经在信息传感、信息存贮、信息传递、加工制造、太阳能光电转换及利用、非接触精密检测等方面得到广泛应用,它已深入到了遥感和空间系统、通信装置、工业控制、精密测量、医学与生物仪器,以及办公自动化设备和生活用具等许多领域中。例如,光电检测技术及系统利用现代光电技术作为检测手段,具有无接触、无损、远距离、抗干扰能力强、受环境影响小、检测速度快、测量精度高等优越性,是当今检测技术发展的主要方向,已广泛应用于军事、工业、农业、宇宙、环境科学、医疗卫生和民用等诸多领域。

### 1.4 光电系统的发展基础

光电系统在 20 世纪初问世以来,经过了长期的发展,特别是近 40 年,光电系统在性能、应用范围、使用效果等方面都得到了很大发展,这些都得益于其基础的发展。

(1) 光电系统的性能与光电探测器的发展密切相关。一方面,随着光电系统应用要求的不断增多,对探测器的性能也不断提出种种新的要求,主要是在工作波段、响应度、工作频率、敏感面积和结构工艺等方面,从而促进了光电探测器的发展。另一方面新型探测器的出现又为光电系统的发展开辟了新的途径。目前从近紫外到远红外,均有性能指标很高的光电探测器,14~40  $\mu\text{m}$  长波红外光电探测器的性能也在不断提高,可适用的器件种类越来越多。

综合利用现代探测器的成果,提高应用效果是光电系统发展的重要方向之一。

(2) 光电系统离不开各种类型的光学系统,因此几何光学、物理光学同样是其系统设计的理论基础。在光电系统的性能分析和计算中常用光学传递函数的方法去分析评价系统质量,也常用光学传递函数的方法去进行全系统的设计。

光学材料及各种光学元件,特别是适用于紫外和红外波段的材料和相应的光学元件以及光学工艺的发展也是光电系统发展的重要基础。目前,非球面、任意空间曲面的加工技术已经成熟;真空镀膜工艺、特种工艺亦具有很高的水平。所有这些技术的进展均为光电系统的发展建立了必要的基础。

(3) 信息光电系统从信息观点上看,实质上是一个信息接收系统。在信息光电系统的研究中,首先应当考虑信号检测的问题,而信号检测理论是信息论的重要分支。在光电系统中要研究信号形成、检测准则、检测方法和估值等问题。检测到的信号通过必要形式的处理,抑制噪声以获取所需要的目标信息。现代信号处理技术有模拟和数字两种方法。通常采用的滤波技术、相关技术、图像处理技术以及各种背景抑制技术等,在信息光电系统设计中都得到广泛的应用。信息光电系统通常也是一个控制系统,现代控制理论及技术的发展也对光电系统的应用提供了重要基础。

(4) 新型集成电路和微机技术的发展使光电系统的自动化、智能化程度迅速提高。在军事上,如导弹制导系统、定向系统和预警系统中,新型集成电路和微机都占有重要地位。在工业生产的自动分选、自动检测、机器人视觉等系统中都离不开自动化、智能化的光电系统。

(5) 人造光源的发展,特别是各种新型激光器的出现,为光电系统提供了携带信息优质媒体。利用激光的准直性、相干性特点,亦扩大了系统的应用范围,提高了系统的性能。

(6) 光电系统的发展还与组成系统各部件的技术现状有关。例如,新型探测器的出现,非致冷探测器的应用,致冷器的微型化,探测器规模的增大,伺服机构的新构思,精密结构的新设计,新材料新品种的增多和质量的提高等,都给改进光电系统的性能创造了新的机会。

综上所述,光电系统的发展离不开以下三个基本因素:

(1) 光电系统发展的最基本动力是人类在光波范围内扩展视觉和利用光能的渴望。

(2) 光电系统的发展与各种光电探测器的发展有着明显的依次关系。

(3) 光电系统的发展需要多种学科相互配合。它是物理学、光学、光谱学、电子学、微电子学、半导体技术、自动控制、精密工程、材料学等学科的相互促进和渗透。因此各种学科的最新成果在光电系统的应用,将使光电系统能保持不断创新和发展。

对于光电系统,尤其是军用光电系统的发展,应突破以下关键技术:高性能激光辐射源技术(波长、功率、效率、光束质量、寿命、体积重量和成本等),光电探测器及其阵列技术(灵敏度、波长、工作温度、阵元数、工艺、成本等),波束指向控制及扫描技术(稳瞄、大范围快速线性扫描、电扫描等),高灵敏度接收技术(噪声控制、外差接收等),图像处理 and 自动目标识别技术(滤波、图像分割、特征提取、算法、硬件等),多传感器数据融合技术(融合模型、融合算法等),光学信道共用和结构一体化设计技术(光学材料、结构设计、电磁兼容设计等),精密伺服跟踪瞄准技术(高精度误差信号传感器、复合轴伺服系统、高精密度伺服支架等),系统仿真技术(建模、仿真软件等),目标的光电特性测量和数据库,光频的大气和水下传输特性测量和数据库等。

光波段资源的不断开发和光信息、光能的利用,将推动科学技术的不断进步,亦将促进光电系统技术的发展。

## 1.5 光电技术及系统发展的制约因素

光电技术及系统发展的制约因素如下:

(1) 基础支撑薄弱 与无线电技术相比,光电技术在材料、元器件、工艺等方面都存在较大差距。与光波段相适应的传感、传输、防护材料及器件都无法与半导体技术相提并论。信号变换和感知存在灵敏度低、动态范围小、频率单一等缺点,严重制约了光电技术的应用和发展。

(2) 支持技术不足 光频段所具有的容量大、单色性好、分辨率高等优势,在应用中由于缺乏相应的支持技术与条件,如光频段的光电相关处理、光频段的光电转换与数字化处理、光学精度水平的自动调节系统、光学水平的加工制造技术等,使光电系统大多工作在直接探测、基本处理、简单传递、低级制造水平上,从而使光电系统难以突破作用范围小、手段简单的局限。

(3) 缺乏顶层设计 在先进平台系统、武器系统、电子系统的设计构建过程中,可能由于缺乏光电专家的参与,无法将光电技术的特色自顶层设计起融入系统,因而光电系统的应用和系统规模缺乏顶层设计的支撑,从而影响了光电系统整体优势的发挥。

## 1.6 光电产品工程设计控制程序

光电产品设计应规定过程质量控制要求和工作程序,对产品设计过程进行控

制。产品设计一般可分为初步设计、技术设计和工作图设计。试制过程一般可分为样机(样品)试制、小批试制和正式生产。在 GB/T19001 或 GJB9001A 中,提出产品设计应规定过程要求和工作程序,对产品设计过程进行控制。

从另一个角度来说,光电产品设计一般从设计任务书等输入文件下达开始,将输入文件转化为详细的设计和开发输入,经历总体设计、单机设计、部件设计、专业技术设计等过程。下面将以某类复杂光电产品设计控制程序为例进行介绍,在实际工作中可视产品复杂、难易程度以及其他具体要求进行适当剪裁。详细设计过程控制流程如图 1.4 所示,产品研制(开发)阶段的划分及质量控制点设置见表 1.1。

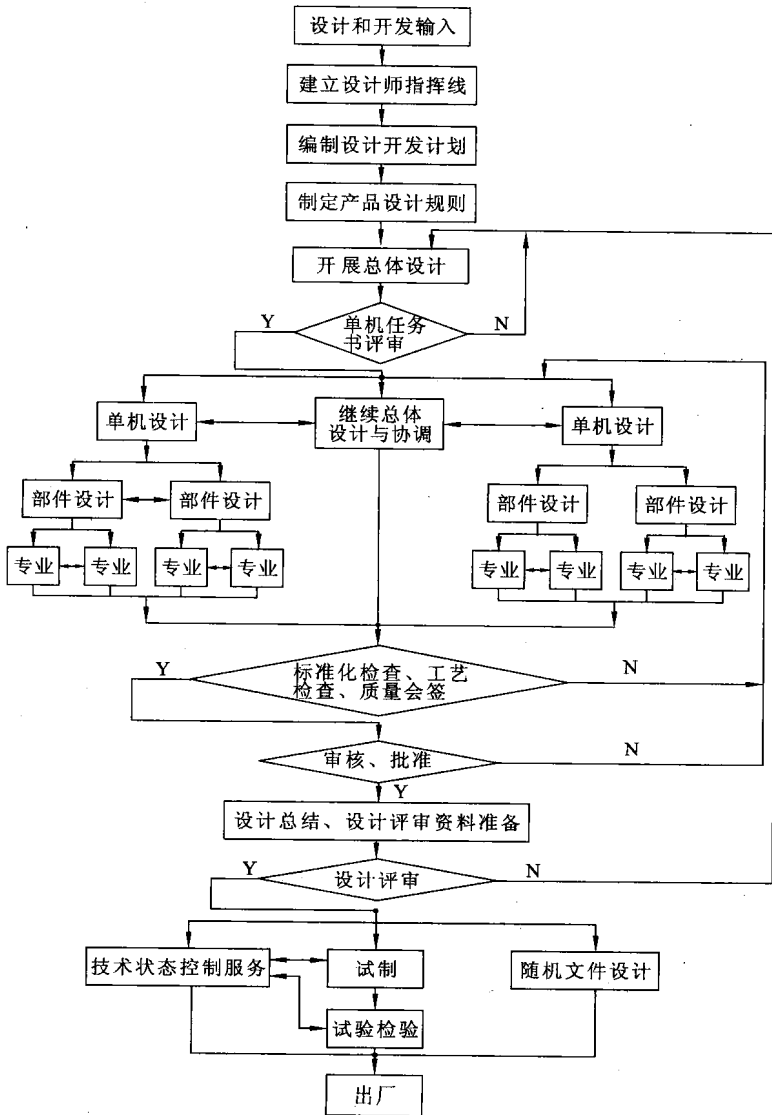


图 1.4 设计过程控制图

表 1.1 产品研制(开发)阶段的划分及质量控制点设置

阶段内容	论证阶段	方案阶段	工程研制阶段				设计定型 (鉴定)阶段	生产定型 (鉴定)阶段
			技术设计	施工设计	试制	现场交验		
输入	顾客方的需求,初步性能力和技术指标要求	顾客方对产 品(设备) 研制总要 求或《方案 论证报告》 及批复	研制任务书、 可靠性保 证大纲、标 准化大纲	合同、技术规 格书、研制 任务书、可 靠性保证 大纲、质量 保证大纲、 标准化大 纲	设计图样及 技术文件、 制造与验 收技术条 件(附所要 求的试验 大纲)	合同、技术规 格书、安装 技术条件、 试验大纲、 顾客方提 出的其他 要求	设计定型(鉴 定)计划, 顾客方反 馈的质量 信息和改 进意见,试 制产品研 制中的质 量信息	生产定型(鉴 定)计划, 试制产 品生产 中的质 量信息, 设计定 型(鉴 定)后 的图样、 文件
主要活动	顾客方的需求分析,针对需求进行技术论证及必要的验证试验,提出总体技术方案,编写方案论证报告	方案设计,编写方案设计说明书,绘制产品总体安装示意图、外形图和原理框图,编写《研制任务书》(报批稿),编制可靠性保证大纲,编制标准化大纲,顾客有要求时,研制原理样机或模型样机	编制设计(开发)计划,开展技术设计,编制质量保证大纲,绘制技术设计图样和编写技术文件,编写技术设计说明书,编写技术规格书(建议稿),编制安装技术要求初样机(合同有要求时)	编制产品设计任务书(含单机),制定产品设计规则、产品设计任务书评审,开展设计活动,关键技术、新技术进行攻关、试验和验证,编制施工设计输出所要求的技术文件,编制《制造与验收技术条件》及其要求的试验大纲,合同有要求时,正样机试制与试验	编制工艺文件、工艺评审,申报元器件采购清单、下料单,采购、外协件试制前准备状态检查,制造,试验前准备状态检查应力筛选试验、环境试验,联调试验,顾客方要求的其他试验,对顾客方进行技术培训	安装技术服务,产品设备恢复、试验、交验	编制产品设计定型(鉴定)工作计划,针对顾客方反馈的质量信息和改进意见及其他质量记录,对设计图样和技术文件进行改进、完善,准备设计定型(鉴定)所需的资料,编写申请报告,为召开设计定型(鉴定)审查会做好准备工作	编制产品生产定型(鉴定)工作计划,针对产品试制生产中的质量信息,改进工艺,使其适应批生产的要求,准备产品生产定型(鉴定)文件资料,编写申请报告,为召开生产定型(鉴定)审查会做好准备
输出	产品《研制方案论证报告》、总体技术方案	方案设计图样及方案设计说明书、研制任务书(报批稿)、可靠性保证大纲、标准化大纲、原理样机(有要求时)	技术设计图样及技术设计说明书、质量保证大纲、安装技术条件、技术规格书(建议稿)、初样机(有要求时)	施工设计图样和技术文件、软件设计文本和设计说明、制造与验收技术条件(附所要求的试验大纲)	验收合格的试制产品、试验报告、检验报告、产品合格证	验收纪要	供设计定型用的图样、技术文件、图像资料,设计定型(鉴定)申请报告、检查报告和审查会审查报告	供生产定型的全套工艺文件及说明,生产定型(鉴定)申请报告、检查报告、审查报告



阶段内容	论证阶段	方案阶段	工程研制阶段				设计定型(鉴定)阶段	生产定型(鉴定)阶段
			技术设计	施工设计	试制	现场交验		
完成标志	顾客方审查通过《研制方案论证报告》并批复	方案设计评审通过,顾客方批准研制任务书	技术设计评审通过,顾客方批准技术规格书,产品外部接口关系明确、固化	施工设计图样和技术文件齐全、完备,施工设计评审通过	试制产品经顾客方验收合格(需要时,召开产品鉴定会),同意出所(厂)	经顾客方、总体责任单位现场验收合格,签字认可	批准设计定型,定型图样和技术文件盖章	批准生产定型,定型图样、文件盖章
应提供的主要文件	研制方案、论证报告、总体技术方案	方案设计说明书(附方案设计图样)、可靠性保证大纲、标准化大纲、研制任务书(报批稿)	技术设计说明书、技术设计图样、质量保证大纲、可靠性设计与分析报告、电磁兼容设计说明书(建议稿)	设计图样、技术文件、关、重件(特性)分析报告、关、重件(特性)明细表、备品备件清单、制造与验收技术条件(附试验大纲)	试验报告、检验报告、履历表、产品合格证、随机文件	试验总结报告,验收纪要	设计定型(鉴定)文件	生产定型(鉴定)文件
评审	研制方案评审	方案设计评审	技术设计评审	设计任务书评审,设计输出评审	工艺评审,产品质量评审,顾客方代表检验确认	顾客方确认	设计定型(鉴定)评审	生产定型(鉴定)评审
硬件状态	试验装置(需要时)	原理或模拟样机(要求时)	初样机(要求时)	正样机(要求时)	试制产品		产品	

### 1.6.1 设计输入控制

光电产品设计输入文件是正式开展产品设计和开发的依据,一般包括下列文件:产品研制任务书、产品技术规格书、产品合同、产品标准化大纲、产品可靠性保障大纲、产品质量保证大纲等。

形成新产品研制的输入文件是在产品要求评审阶段与顾客方达成的共识,并经顾客方确认的产品要求,应在产品设计和开发中严格贯彻、执行和实现,一般不得随意更改。确需更改或顾客方提出更改,应通过相关部门与顾客方协调、协商,求得共识,并履行审签手续。

### 1.6.2 设计过程控制

在设计过程控制中,应明确设计工作中的机构、人员组成及过程控制要求。实