



光电技术系列丛书

工程光学 计量测试技术概论



■ 主 编 杨照金 副主编 崔东旭



国防工业出版社
National Defense Industry Press

光电技术系列丛书

工程光学计量测试技术概论

主 编 杨照金
副主编 崔东旭

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书系统地介绍工程光学计量测试的基础理论和有关的测量方法,涉及了红外武器系统、激光武器系统、可见光光电系统、综合光电系统、空间光学仪器设备、靶场光学测量设备、微光成像系统和光学隐身等方面的计量测试技术。

本书的读者对象为从事光电系统工程和光学计量测试工作的科技工作者,光学工程专业和仪器仪表专业的硕士研究生和博士研究生。

图书在版编目(CIP)数据

工程光学计量测试技术概论 / 杨照金主编. -- 北京:
国防工业出版社, 2016.2

(光电技术系列丛书)

ISBN 978-7-118-10792-0

I. ①工… II. ①杨… III. ①工程光学-光学计量-
测试技术-概论 IV. ①TB96

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 025627 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

三河市腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 29½ 字数 711 千字

2016 年 2 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 98.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

《工程光学计量测试技术概论》

编审委员会

主 编 杨照金

副 主 编 崔东旭

编 委 (按姓氏笔画排序)

于东钰 马世帮 王 雷 王生云 田民强

闫 杰 孙宇楠 李 杰 李 琪 杨爱粉

吴宝宁 张 佳 陈卫东 岳文龙 周华鹏

赵 琳 胡铁力 南 瑶 郭 羽 解 琪

樊桂云 黎高平

主 审 杨 红

执行编辑 房 薇 丛家铭 段杨子

前 言

光学计量主要是围绕光学物理量测量技术和量值传递开展工作。它的主要任务是不断完善光学计量单位制,复现光学物理量单位,研究新的光学计量标准器具和标准装置,建立量值传递系统和传递方法,发展新的光学测试技术,研究新的光学计量理论。通过多年发展,光学计量基本的计量基准、计量标准已经基本完善,包括光度、色度、光谱光度、光辐射、激光参数、成像光学、光学材料等方面的计量标准体系已经覆盖了光学科学和光学工业的方方面面。随着光学科学和光学技术的发展,新型的光电系统不断涌现,特别是光电技术在国防系统的广泛应用,新一代光电武器系统对光学计量测试提出了新的要求,这就出现了光电武器系统整机性能的测量与校准问题。本书的目的就是在已有光学计量标准的基础上,研究工程光学领域的计量测试问题和光电系统整机性能的计量测试技术。

本书的作者曾于2010年、2013年分别出版了《现代光学计量与测试》和《当代光学计量测试技术概论》两本书,对光学计量测试的基础理论、计量基准、计量标准和光学参数测量方法进行了较为系统的总结。本书是上述工作的继续,较系统地介绍工程光学计量测试有关的测量方法,涉及了红外武器系统、激光武器系统、可见光光电系统、综合光电系统、空间光学仪器设备、靶场光学测量设备、微光成像系统和光学隐身等方面的计量与测试技术。

本书的内容共分为9章。第1章 绪论,介绍工程光学计量测试的内涵和工程光学计量测试的需求等。第2章 红外武器系统参数测量与校准,介绍红外热像仪、红外导引头、光纤红外图像寻的、红外烟幕干扰、红外搜索跟踪、红外告警等光电武器系统所涉及的计量测试问题。第3章 激光武器系统参数测量与校准,介绍激光测距机、激光雷达、激光导引头、空间激光通信、高能激光、激光引信、激光目标指示器和激光告警等系统所涉及的计量测试问题。第4章 可见光光电系统参数测量与校准,介绍可见光 CCD 成像系统、电视导引头等系统所涉及的计量测试问题。第5章 综合光电系统参数测量与校准,介绍光电跟踪仪、多光谱多光轴系统、光电稳定系统、光学陀螺、捷联惯性导航系统、光电对抗系统、光电干扰、闪光爆炸和光电显示器等系统所涉及的计量测试问题。第6章 空间光学计量测试,介绍成像光谱仪、航天相机、太阳模拟器、地球模拟器、星敏感器、太阳能电池等空间光学仪器设备所涉及的计量测试问

题。第7章 靶场光学测量设备及其校准,介绍常规靶场通用的光幕靶、天幕靶、CCD立靶、光电经纬仪、弹道相机、能见度仪、校靶镜和高速摄影机等系统所涉及的计量测试问题。第8章 微光成像系统参数测量,介绍直视型微光夜视系统、微光CCD成像系统、水下微光成像系统及激光距离选通微光成像系统等所涉及的计量测试问题。第9章 光学隐身性能测试与计量,介绍红外隐身、激光隐身和可见光隐身所涉及的计量测试问题。

本书由杨照金、崔东旭组织策划和编写。其中,2.1节由胡铁力撰写;2.2.4、2.8节由岳文龙撰写;3.1节由南瑶撰写;3.4节、3.5节由王雷撰写;第4章由郭羽撰写;5.2节由马世帮撰写;5.3节由黎高平撰写;5.6节、5.7节由杨爱粉、张佳撰写;5.8.1节~5.8.6节由吴宝宁撰写;7.4.2节、7.7节由王生云撰写;8.2节由孙宇楠撰写;8.3节、8.4节由解琪撰写;其余章节均由杨照金撰写,全书由杨照金统稿。西安应用光学研究所科研管理处李杰、情报研究室田民强、人力资源处樊桂云、赵琳等提供很多帮助,解琪、于东钰、张佳、李琪、孙宇楠等负责插图整理。杨红同志对全书进行了认真的审阅,并提出许多中肯意见和建议。

本书内容基于作者所在科研集体(国防科技工业光学一级计量站)的一些科研成果,同时参考和引用了国内许多专家、学者发表的相关著作和文章。西安应用光学研究所和国防科技工业光学一级计量站领导的关心与支持使得作者能在较短的时间内完成本书撰写。在此一并表示衷心感谢。

由于作者知识面和水平有限,错误在所难免,希望广大读者多加批评指正。

作 者

2015年12月于西安

目 录

第1章 绪论	1	2.3 光纤红外图像寻的系统性能测试	32
1.1 工程光学计量测试的内涵	1	2.3.1 光纤红外图像寻的系统	32
1.2 工程光学计量测试的需求	2	2.3.2 光纤红外图像寻的系统性能评价	32
1.3 计量测试有关名词术语	3	2.4 红外烟幕干扰与效果评估	36
参考文献	4	2.4.1 红外烟幕干扰技术概述	36
第2章 红外武器系统参数测量与校准	5	2.4.2 红外烟幕干扰效果的理论计算评价法	38
2.1 红外热像仪参数计量测试	5	2.4.3 红外烟幕干扰效果的试验测定法	39
2.1.1 红外热像仪概述	5	2.4.4 红外烟幕干扰效果的外场测试	40
2.1.2 红外热像仪评价参数	6	2.5 红外搜索跟踪系统性能测试	43
2.1.3 红外热像仪参数测量装置	7	2.5.1 红外搜索跟踪系统概述	43
2.1.4 红外热像仪调制传递函数测量	9	2.5.2 红外搜索跟踪系统参数测量	45
2.1.5 红外热像仪噪声等效温差测量	10	2.5.3 红外搜索跟踪系统的半实物仿真	47
2.1.6 红外热像仪最小可分辨温差(MRTD)测量	11	2.6 红外告警系统性能测试	50
2.1.7 红外热像仪最小可探测温差(MDT)测量	13	2.6.1 红外告警系统概述	50
2.1.8 红外热像仪信号传递函数SiTF测量	14	2.6.2 红外告警系统参数测试	52
2.1.9 红外热像仪参数测量装置的校准	14	2.6.3 红外告警系统的仿真测试	53
2.2 红外导引头性能测试与校准	19	2.6.4 红外告警系统的外场试验方法	56
2.2.1 红外导引头概述	19	2.7 气动光学环境红外成像末制导系统性能测试	57
2.2.2 红外成像导引头性能评估	21	2.7.1 气动光学效应环境的分析	57
2.2.3 红外导引头光学性能测试	26	2.7.2 气动光学效应验证试验	58
2.2.4 红外导引头灵敏度校准	28	2.7.3 地面测试与评估方法	60

2.8 红外目标模拟器校准	62	3.4 空间激光通信性能参数 测量	95
2.8.1 红外目标模拟器概述	63	3.4.1 空间激光通信概述	95
2.8.2 红外目标模拟器校准 原理	64	3.4.2 星间激光通信地面检测 技术的基本要求	96
2.8.3 红外目标模拟器校准 方法	67	3.4.3 卫星激光通信光学跟瞄 检测	97
2.8.4 红外目标旋转模拟器校准 方法	68	3.4.4 远距离光束传播模拟和 通信性能检测验证	98
2.8.5 红外数字微镜阵列(DMD) 目标模拟器的温度标定 ...	70	3.4.5 光束波面分析	100
参考文献	71	3.5 高能激光武器系统性能测试 与校准	102
第3章 激光武器系统参数测量与校准 ...	73	3.5.1 高能激光武器系统概述 ...	102
3.1 激光测距机参数校准	73	3.5.2 高能激光功率与能量测量 技术	103
3.1.1 激光测距机概述	73	3.5.3 高能激光能量的校准与 溯源	105
3.1.2 最大测程校准	74	3.5.4 高能激光光束质量的 测量	107
3.1.3 最小测程校准	79	3.6 激光引信的性能测试	116
3.1.4 测距准确度校准	79	3.6.1 激光引信概述	116
3.1.5 基于时间延迟测距能力和 测距精度检测方法	80	3.6.2 激光引信光学组件综合 参数测量	117
3.2 激光雷达参数校准	81	3.6.3 激光引信测距能力的光学 测试	120
3.2.1 激光雷达概述	81	3.6.4 激光近炸引信半实物仿真 与性能验证	123
3.2.2 激光雷达测量仪的校准 ...	82	3.7 激光目标指示器的性能 测试	124
3.2.3 多普勒测风激光雷达的 校准	85	3.7.1 激光目标指示器概述	124
3.3 激光导引头的性能测试与 校准	87	3.7.2 激光目标指示器整机性能 检测	126
3.3.1 激光导引头概述	87	3.8 激光告警设备的性能测试	128
3.3.2 激光导引头自动评估 系统	88	3.8.1 激光侦察告警设备概述 ...	128
3.3.3 激光导引头综合性能的 半实物仿真测试	91	3.8.2 激光告警设备的仿真 试验	129
3.3.4 激光导引头激光能量特性 半实物仿真测试	92	3.8.3 激光告警设备的外场 试验	131
3.3.5 激光导引头探测灵敏阈 标定	93		
3.3.6 激光导引头灵敏度的 溯源	94		

参考文献	133	参考文献	167
第 4 章 可见光光电系统参数测量与校准	135	第 5 章 综合光电系统参数测量与校准	168
4.1 可见光成像系统概述	135	5.1 光电跟踪仪性能测试与校准	168
4.2 CCD 摄像机的标定	136	5.1.1 光电跟踪仪概述	168
4.2.1 传统的摄像机标定方法	136	5.1.2 光电跟踪仪性能测试	170
4.2.2 基于网格的 CCD 标定方法	140	5.2 多光谱多光轴系统光轴平行性校准	174
4.2.3 线阵 CCD 相机的标定	146	5.2.1 多光轴平行性校准的需求	174
4.3 可见光成像系统的像质评价	148	5.2.2 目前常用的光轴一致性测试方法	174
4.3.1 可见光成像系统像质评价体系分析	148	5.2.3 基于大口径平行光管法校准	177
4.3.2 建立在 <i>MRC</i> 和 <i>MTF</i> 基础上的成像质量测量系统	149	5.2.4 便携式多光轴平行性检校仪	180
4.3.3 斜缝法光电成像系统调制传递函数测量	152	5.3 光电稳定系统性能测试与校准	183
4.3.4 光电成像系统畸变测量	153	5.3.1 光电稳定系统概述	183
4.3.5 光电成像系统像面均匀性测量	155	5.3.2 稳像精度的主要测量方法	185
4.4 可见光动态成像系统的像质评价	156	5.3.3 稳像精度的高准确度测量与校准	188
4.4.1 动态成像质量的基本概念	156	5.4 光学陀螺性能测试	190
4.4.2 CCD 相机动态传递函数测量	157	5.4.1 光学陀螺概述	190
4.5 电视导引头性能测试	159	5.4.2 激光陀螺性能测试	194
4.5.1 电视导引头概述	159	5.4.3 光纤陀螺主要性能参数的测试	196
4.5.2 电视成像导引头半实物仿真测试	161	5.4.4 光纤陀螺全方位性能自动评价系统	199
4.5.3 可见/红外成像精确制导系统仿真试验系统	162	5.5 捷联惯性导航系统性能测试与校准	201
4.5.4 基于光学传递函数的电视导引头动态跟踪特性测试	165	5.5.1 捷联惯性导航概述	201
		5.5.2 捷联惯性导航系统的分立标定	203
		5.5.3 捷联惯性导航系统的	

系统级标定	206	参数	246
5.6 光电对抗系统性能测试	210	5.9.3 彩色显示器颜色特性	
5.6.1 光电对抗技术概述	210	测试	248
5.6.2 光电对抗效果试验		参考文献	249
方法	211		
5.6.3 光电对抗效果评估		第6章 空间光学计量测试	251
准则	213	6.1 空间光学概述	251
5.6.4 光电对抗效果评估		6.2 成像光谱仪的光辐射特性	
方法	214	校准	251
5.6.5 光电对抗仿真测试		6.2.1 成像光谱仪概述	251
系统	215	6.2.2 成像光谱仪数据的信息	
5.6.6 光电对抗效果评估准则的		结构	254
应用	219	6.2.3 成像光谱仪的辐射	
5.7 光电系统抗干扰能力评估	220	定标	256
5.7.1 光电干扰概述	220	6.2.4 成像光谱仪的光谱	
5.7.2 红外、电视导引头抗干扰		定标	258
效果评估	222	6.2.5 干涉型成像光谱仪的	
5.7.3 光电成像系统抗干扰效果		定标	259
评估	224	6.3 航天相机主要参数测量	260
5.7.4 激光角度欺骗干扰效果		6.3.1 航天相机概述	260
评估	227	6.3.2 航天相机的工作原理	262
5.7.5 激光测距机干扰效果		6.3.3 航天相机评价参数	265
评估	231	6.3.4 航天相机整机特性参数	
5.7.6 激光跟踪测量雷达干扰		测试	266
效果评估	233	6.3.5 航天相机成像质量	
5.8 闪光爆炸光辐射参数测量与		评价	276
校准	234	6.3.6 CCD 立体相机定标	284
5.8.1 闪光爆炸光辐射概述	234	6.4 太阳模拟器及其性能参数	
5.8.2 瞬态光及其评价参数	235	测量	286
5.8.3 闪光光谱测量	235	6.4.1 太阳模拟器概述	286
5.8.4 闪光有效光强测量	238	6.4.2 太阳模拟器光学参数	
5.8.5 瞬态光谱测量在烟火药剂		测量	288
燃烧性能测量中的应用	240	6.5 地球模拟器及其性能参数	
5.8.6 瞬态光辐射参数校准	241	校准	291
5.8.7 核爆炸光辐射测量	242	6.5.1 地球模拟器的原理与	
5.9 光电显示器性能参数测试	246	构成	291
5.9.1 光电显示器概述	246	6.5.2 地球模拟器校准	292
5.9.2 光电显示器光色技术		6.6 星模拟器及其性能参数	

校准	293
6.6.1 星模拟器概述	293
6.6.2 恒星辐射模型	293
6.6.3 星模拟器的组成及工作 原理	295
6.6.4 星模拟器的标定与性能 检测	296
6.7 星敏感器及其校准	298
6.7.1 卫星的姿态敏感器 概述	298
6.7.2 太阳敏感器	299
6.7.3 地球敏感器	301
6.7.4 星敏感器	302
6.7.5 红外地球敏感器的 检测	302
6.7.6 星敏感器天文定标	304
6.7.7 太阳敏感器性能检测	306
6.8 真空紫外和极紫外光学系统 性能测试	306
6.8.1 真空紫外和极紫外光学 系统概述	306
6.8.2 极紫外太阳望远镜成像 质量检测	308
6.8.3 EUV 波段 CCD 相机空间 分辨力测试	309
6.9 太阳的辐射及其测量	309
6.9.1 太阳辐射	310
6.9.2 太阳辐射测量仪器	311
6.9.3 我国太阳辐射量值 传递	313
6.10 太阳能电池光电性能计量 测试	313
6.10.1 太阳能电池概述	314
6.10.2 太阳能电池性能检测	315
6.10.3 太阳能电池的光谱响应 测量	317
参考文献	317

第 7 章 靶场光学测量设备及其校准

7.1 光幕靶及其校准	319
7.1.1 光幕靶的工作原理及 组成	319
7.1.2 光幕靶的测速原理	322
7.1.3 光幕靶的性能测试与 校准	323
7.2 天幕靶及其校准	324
7.2.1 天幕靶的工作原理	324
7.2.2 弹丸速度及射击密集度 测量	325
7.2.3 天幕靶的性能测试与 校准	326
7.3 CCD 立靶及其校准	330
7.3.1 单线阵 CCD 相机立靶	330
7.3.2 双 CCD 交汇立靶	332
7.3.3 双 CCD 交汇立靶弹丸攻角 测量	334
7.3.4 CCD 立靶的标定	336
7.4 光电经纬仪及其校准	336
7.4.1 经纬仪概述	336
7.4.2 光学经纬仪的检定	336
7.4.3 光电经纬仪的室内校准	348
7.4.4 光电经纬仪的星体标校 技术	352
7.4.5 光电经纬仪外场测角精度 校准	354
7.5 弹道相机及其校准	354
7.5.1 弹道相机工作原理	354
7.5.2 弹道相机的性能测试与 校准	355
7.6 能见度仪及其校准	361
7.6.1 能见度的基本概念	361
7.6.2 透射式能见度仪	361
7.6.3 散射式能见度仪	363
7.6.4 散射式能见度仪的标定与 校准	366

7.6.5 透射式能见度仪的校准	369	8.3 ICCD 性能测试	402
7.7 校靶镜及其检定	370	8.3.1 ICCD 主要性能参数	402
7.7.1 校靶镜	370	8.3.2 ICCD 主要性能参数 测试方法	404
7.7.2 人工观测检定	371	8.3.3 ICCD 主要参数测量装置的 组成	405
7.7.3 自动观测检定	373	8.4 水下微光成像系统性能 评价	406
7.8 高速摄影技术在弹道测量中 的应用	375	8.4.1 水下微光成像系统的能量 传递过程	406
7.8.1 弹道测量	375	8.4.2 基于能量传递链的成像 性能评价	408
7.8.2 弹道测量的摄影方法	376	8.5 激光距离选通微光成像系统 成像质量评价	408
7.8.3 转镜式高速扫描相机时间 分辨力测量	379	8.5.1 激光主动成像系统图像 特点	408
7.8.4 转镜式高速扫描相机扫描 速度测量	382	8.5.2 图像噪声评价	409
7.8.5 转镜式高速相机光学参数 的校准	383	8.5.3 图像灰度信息评价	409
参考文献	386	8.5.4 图像纹理信息评价	410
第8章 微光成像系统的性能测试	388	8.5.5 激光距离选通成像系统 模拟分辨力测试	411
8.1 微光成像系统概述	388	参考文献	414
8.1.1 直视型微光夜视系统	388	第9章 光学隐身性能测试与计量	415
8.1.2 像增强 CCD 成像系统	388	9.1 隐身技术概述	415
8.1.3 电子轰击 CCD 成像 系统	389	9.2 红外隐身性能测试与校准	415
8.1.4 水下微光成像系统	392	9.2.1 红外隐身原理	415
8.1.5 水下距离选通微光成像 系统	393	9.2.2 红外隐身的性能表征与 评估	416
8.2 直视型微光夜视系统参数 测量	395	9.2.3 红外发射率测量	420
8.2.1 微光夜视仪的视场 测量	395	9.2.4 红外隐身效果外场测试	424
8.2.2 微光夜视仪的视放大率 测量	397	9.2.5 红外隐身计量	425
8.2.3 微光夜视仪的相对畸变 测量	399	9.3 激光隐身性能测试与校准	427
8.2.4 微光夜视仪的分辨力 测量	400	9.3.1 激光隐身原理	427
8.2.5 微光夜视仪的亮度增益 测量	401	9.3.2 激光隐身性能的表征	429
		9.3.3 激光隐身效果的评价 方法	429
		9.3.4 激光隐身性能外场	

测试	433	校准	447
9.3.5 激光隐身性能实验室		9.4.1 可见光隐身的一般原理 ...	447
测试	436	9.4.2 可见光隐身效果评估	447
9.3.6 实际隐身目标的反射散射		9.4.3 可见光隐身性能测试	448
特性测试	441	9.4.4 可见光隐身计量	452
9.3.7 激光隐身计量	445	参考文献	455
9.4 可见光隐身性能测试与			

第1章 绪 论

随着军用光电子技术的发展,红外热成像、激光测距、激光雷达、激光照射、高能激光武器、光电制导、光电跟踪等技术广泛应用于陆、海、空各种作战武器平台,极大地改变了现代战场的攻防态势。随着光电武器系统综合性能的提高,对光学计量测试技术提出了新的更高的要求,对这些武器系统性能的精确测量和准确评价,已经成为光电武器系统研制、生产、试验和使用的一个重要方面,同时也成为国防光学计量测试一个充满活力的新分支。

1.1 工程光学计量测试的内涵

计量是关于测量的科学,是实现单位统一、量值准确可靠的活动,是经济活动、国防建设、科学研究和社会发展的关键技术基础。计量在现代工业、农业、国防和科学技术各个领域发挥着重要作用。

我国目前按专业和被测对象量的不同,把计量学分为十大类,即几何量计量、热学计量、力学计量、电磁学计量、电子学计量、时间频率计量、电离辐射计量、声学计量、光学计量、化学计量。按照计量学的内容和性质、应用的不同领域划分,计量学还可分为通用计量学、应用计量学、技术计量学、质量计量学、理论计量学和法制计量学等。

光学计量是计量学的十大计量专业之一,它是围绕光学物理量测量技术和量值传递开展工作。它的主要任务是不断完善光学计量单位制,复现光学物理量单位,研究新的光学计量标准器具和标准装置,建立量值传递系统和传递方法,发展新的光学测试技术,研究新的光学计量理论。随着科学技术的进步,光学计量技术得到飞速发展,已成为光学产业重要的支撑技术。

按照计量学中的分类方法,光学计量也可分为通用计量学和应用计量学。光学计量中的通用计量应当包括在实验室进行的常规量限的计量检定和校准工作,如以黑体辐射源作为标准的对黑体的检定及对光辐射量的计量,以激光功率标准对激光功率计的检定等。光学计量中的应用计量包括的内容特别多,如在现场对光学整机性能测试装置的检定与校准,对专用测试设备的现场校准等。

工程光学计量属于应用计量,它是以正在研制和装备于部队的光电武器系统为对象,对典型装备性能测试装置进行现场检定和校准,确保光电武器系统性能测试装置的量值受控,并通过一定的方式溯源于国家计量标准。如红外热像仪的性能测试和性能测试装置的校准,激光测距机的性能测试和性能测试装置的校准等。而工程光学计量测试既包括了上面所说的检定和校准问题,同时也包括了对光电武器系统总体性能的测试与评价问题,范围非常广,内容非常丰富,它将成为光学计量测试领域一个新的分支。

1.2 工程光学计量测试的需求

光学计量涉及的分专业有光度计量、光谱光度计量、色度计量、光辐射计量、激光参数计量、光学材料参数计量、成像光学计量、光电探测器参数计量、光纤参数计量、微光夜视计量等。通过多年发展,光学计量各个分专业的计量标准体系已经建立起来,一般的计量器具都可以通过一定的方式溯源于国家计量标准。

在国防领域,为了满足军用光学系统在研制过程中组装调校、现场实验、综合性能评价等需求,需要研制许多综合参数测量系统。例如 CCD 成像系统综合参数测试仪、激光测距机测试系统、红外热像仪评价系统等。这些测试系统是保证整机性能质量的基础,其本身必须通过计量检定,确保测试数据的准确可靠。目前这类仪器越来越多,保证其测试数据的准确可靠是计量部门今后承担的重要任务。归纳起来,当前迫切需要的涉及工程光学计量的有如下一些方面。

1. 红外武器系统参数测量与校准

红外技术在武器系统应用的典型代表是红外热像仪,红外热像仪已经作为主要的夜视观察设备,广泛的应用于陆、海、空部队的各种作战平台。在此基础上发展的红外成像导引头、红外有线制导、红外烟幕干扰、红外搜索跟踪和红外告警等对光学计量测试提出了新的要求,这已经成为国防光学计量一个非常重要的方面。

2. 激光武器系统参数测量与校准

激光技术以及战术激光武器在军事上的广泛应用,对战场目标的生存构成了严重威胁。目前战场上使用的激光武器系统,包括激光测距机、激光雷达、激光目标指示器、激光对抗和激光制导武器。近年来,高能激光武器系统、空间光通信系统、激光引信和激光告警等系统正在受到重视,这些方面对光学计量测试提出了新的要求,需求越来越迫切。

3. 可见光光电系统参数测量与校准

可见光成像系统在各种武器系统中是技术最成熟、应用最广泛的一个方面,其基础是可见光 CCD 成像系统,典型应用是电视观察系统、成像导引头等。对这些成像系统整机性能进行综合评价和现场校准是一项新的任务,需要花大力气开展研究。

4. 综合光电系统参数测量与校准

除了红外武器系统、激光武器系统和可见光成像系统外,在现代光电武器系统中,有些涉及到可见、红外和激光,性能上不仅涉及观察,而且涉及跟踪和瞄准,我们把这一类光电武器系统称为综合光电系统,比较典型的有光电跟踪仪、多光谱多光轴系统、光电稳瞄稳像、光学陀螺、光电对抗和光电干扰等。对这些系统进行整机性能评估、仿真试验及校准已经成为一项迫切的任务。

5. 空间光学计量测试

空间光学仪器和设备在空间探测遥感中发挥着重要作用,随着我国探月工程、对地观测和载人航天计划的实施,在我国掀起了新的空间技术热,与此相关的空间光学仪器与设备受到了重视,一大批新型光学仪器与设备投入使用,对这些新的空间光学仪器设备的性能评价和校准已经受到许多从事空间光学仪器研究与计量测试工作者的关注,这将成为光学计量一个新的分支。典型的空間光学仪器有航天相机、成像光谱仪、星敏感器、太阳模拟器、地球模拟器、星模拟器等。

6. 靶场光学测量设备及其校准

靶场光学测量设备主要指在常规靶场进行打靶试验中用于弹道测量的光学仪器,包括光幕靶、天幕靶、CCD立靶、光电经纬仪、弹道相机等。随着新型光电武器系统的发展,对靶场测量设备提出了更高的要求,新的测量设备不断涌现。对这些测量设备的校准已经成为一项新的任务。

7. 微光成像系统参数测量与校准

微光成像系统是指以微光像增强技术为基础的微光成像系统,与可见光成像系统相比,它具有像增强功能,可以在夜间观察到用可见光成像系统观察不到的目标。典型的微光成像系统有直视型微光夜视系统、增强型 CCD (ICCD)、电子轰击 CCD 成像系统 (EBCCD)、微光水下成像系统和激光距离选通微光成像系统等。

8. 光学隐身性能参数测量与校准

随着红外热成像、激光测距、光电制导等技术广泛应用于各种作战武器平台,极大地改变了现代战场的攻防态势。由于光电系统性能的提高,现代战场上,被发现往往意味着被摧毁。因此,光电隐身技术在现代战争中的作用越来越受到重视。隐身性能的评价和计量测试已经成为工程光学计量一个重要的方面。

1.3 计量测试有关名词术语

我国于 1982 年由国家计量局制定了 JJG 1001—82《常用计量名词术语及定义》,1991 年修订为 JJG 1001—91《通用计量名词及定义》。

作为以后各章的预备知识,我们简要地介绍后面各章要用到的一些计量测试名词术语。

1. 计量学 (metrology)

定义:测量的科学。

计量学研究量与单位、测量原理与方法、测量标准的建立与溯源、测量器具及其特性以及与测量有关的法制、技术和行政的管理。计量学也研究物理常量、标准物质和材料特性的测量。

2. 测量 (measurement)

定义:以确定量值为目的的一组操作。

量值是通过测量来确定的。测量要有一定的手段,要有人去操作,要用一定的测量方法,要在一定的环境下进行,并且必须给出测量结果。

3. 校准 (calibration)

定义:在规定条件下,为确定测量仪器或测量系统所指示的量值,或实物量具、标准物质所代表的量值,与对应的由计量标准所复现的量值之间关系的一组操作。

校准的对象是测量仪器、实物量具、标准物质或测量系统,也包括各单位、各部门的计量标准装置。校准的目的是确定被校对象示值所代表的量值。

4. 检定 (verification)

定义:由法定计量技术机构确定与证实测量器具是否完全满足要求而做的全部工作。

在国际标准化组织制定的 ISO/IEC 导则 25 中定义为:通过检查和提供客观证据表明已满足规定要求的确认。对测量设备管理而言,检定是检查测量器具的示值与对应的被测量的已

知值之间的偏移是否小于标准、规程或技术规范规定的最大允许误差。根据检定结果可对测量设备作出继续使用、进行调整、修理、降级使用或声明报废的决定。

5. 测试、试验(testing、test)

定义:对给定的产品、材料、设备、生物体、物理现象、过程或服务,按照规定的程序确定一种或多种特性或性能的技术操作。

测试的对象涉及面很宽,在工业部门主要是材料和产品。校准与检定的目的是为了保证测量设备准确可靠,而测试是为了确定材料或产品的性能或特性而进行的测量或试验。

6. 检验(inspection)

定义:对产品的一个或多个特性进行的诸如测量、检查、试验或度量,并将结果与规定要求进行比较,以确定每项特性是否合格所进行的活动。

7. 测量误差(error of measurement)

测量结果与被测量的真值之差值,即

$$\text{测量误差} = \text{测得值} - \text{真值}$$

8. 测量不确定度(uncertainty of measurement)

与测量结果相关联的、用于合理表征被测量值分散性大小的参数,它是定量评定测量结果的一个重要质量指标。

9. 测量结果(result of measurement)

由测量所得的赋予被测量的值。

10. 测量结果的重复性(repeatability of measurement result)

在相同测量条件下,对同一被测量体连续进行多次测量所得结果之间的一致性。

参 考 文 献

- [1] 李宗扬. 计量技术基础[M]. 北京:原子能出版社,2002.
- [2] 郑克哲. 光学计量[M]. 北京:原子能出版社,2002.
- [3] 杨照金,范纪红,王雷. 现代光学计量与测试[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2010.