

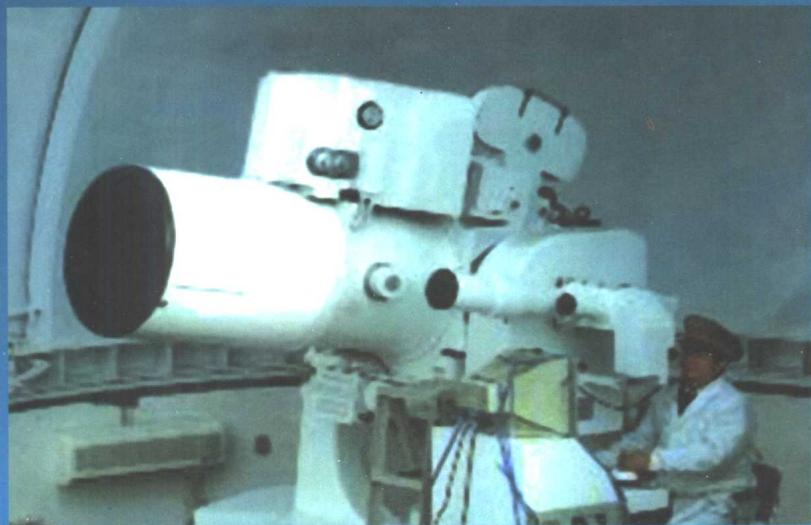


导弹航天测控通信技术丛书

光学测量系统

*Optical Measurement
System*

主编 何照才 副主编 胡保安



国防工业出版社

导弹航天测控通信技术丛书

光学测量系统
Optical Measurement System

主 编 何照才
副主编 胡保安

国防工业出版社
·北京·

图书在版编目(CIP)数据

光学测量系统/何照才主编. —北京:国防工业出版社, 2002.1

(导弹航天测控通信技术丛书)

ISBN 7-118-02590-9

I. 光… II. 何… III. 导弹—测试技术
IV. TJ760.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 041450 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 100044)

三河市腾飞胶印厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 10 $\frac{1}{2}$ 249 千字

2002 年 1 月第 1 版 2002 年 1 月北京第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:25.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。

2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技发展具有较大推动作用的专著;密切结合科技现代化和国防现代化需要的高新技术内容的专著。

3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合科技现代化和国防现代化需要的新工艺、新材料内容的科技图书。

4. 填补目前我国科技领域空白的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

5. 特别有价值的科技论文集、译著等。

国防科技图书出版基金评审委员会在国防科工委的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承

IV

担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技工业战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

国防科技图书出版基金

评审委员会

国防科技图书出版基金 第三届评审委员会组成人员

名誉主任委员 怀国模

主任委员 黄宁

副主任委员 殷鹤龄 高景德 陈芳允 曾铎

秘书长 崔士义

委员 于景元 王小谟 尤子平 冯允成

(以姓氏笔划为序) 朱森元 朵英贤 刘仁 杨星豪

吴有生 何庆芝 何国伟 何新贵

宋家树 张立同 张汝果 张均武

张涵信 陈火旺 范学虹 柯有安

侯正明 莫梧生 崔尔杰

导弹航天测控通信技术丛书

编审委员会

名誉主任委员 沈荣骏

顾问 陈芳允 赵起增

主任委员 尚学琨

副主任委员 赵 军(常务) 罗海银 王文宝 左振平

委员 于志坚 刘 仁 刘蕴才 华仲春

(以姓氏笔划为序) 沈平山 张殷龙 林秀权 赵业福

侯 鹰 贺瑞法 聂 皓 郭詮水

陶有勤 高德江 隋起胜

主 编 刘蕴才(兼)

副 主 编 张纪生

秘 书 李国强

《光学测量系统》

主 编 何照才

副主编 胡保安

编 著 者 何照才 胡保安 刘文喜 王德宝

邢强林 罗俊萍 董书法 乔彦峰

张 涛 陈长喜 王 颖 王建军

苏增立

主 审 程忠民

责任编辑 王祖珮

序

为了发展导弹、航天事业,我们经过40年的艰苦奋斗,自立创新,建成了具有中国特色、先进、实用的导弹、航天测控网,圆满地完成了历次导弹、航天试验任务。

为了总结40年来取得的丰富经验,使其科学化、系统化、理论化,总装备部测量通信总体研究所在有关单位的支持、协同下,已经编著出版了《导弹卫星测控总体设计》、《导弹卫星测控系统工程》(上、下册),受到广大测控、通信技术人员的欢迎。现在,以总装备部测量通信总体研究所为主,组织有关试验基地、院校和原航天工业总公司及电子工业部有关研究所,共同编著一套覆盖测控与通信领域主要专业、包含丰富实践经验、具有较高理论水平的《导弹航天测控通信技术丛书》,这是我国导弹、航天测控领域一件具有重要意义的建设性工作。

本丛书包括《导弹测控系统》、《航天测控系统》(上、下册)、《光学测量系统》、《无线电跟踪测量系统》、《遥测遥控系统》(上、下册)、《计算机在测控网中的应用》、《试验通信技术》(上、下册)、《时间统一系统》、《外测数据事后处理》、《电波大气折射误差修正》和《导弹航天测控通信技术词典》等11卷14册。丛书的出版,将为我国导弹、航天测控与通信技术人员提供一套内容丰富的学习资料,亦为从事导弹、航天工程研制与试验的其它专业技术人员提供一套了解相关专业知识和进行技术交流的图书。期望这套丛书能帮助广大读者加深对导弹、航天测控与通信技术的了解和运用,共同促进我国导弹、航天测控与通信事业的进一步发展。

沈昌俊

1998年8月1日

前 言

《光学测量系统》是《导弹航天测控通信技术丛书》中的一本工程技术专著。

1960年,我国开始研制用于导弹试验的150光学电影经纬仪,开创了我国自行研制大型光学测量系统的历史。近40年来,随着导弹、航天事业的发展,光学测量技术有了很大的发展,研制了多种系列的精密光学测量系统,为我国导弹、航天事业的发展做出了重要贡献。

本书叙述了导弹、航天试验用的光学测量系统的基本概念,各类光学测量设备的工作原理、特点及其在测控系统中的地位和作用,着重论述了光学测量系统总体设计中主要技术指标的分析论证及其检测方法,并探讨了新技术在该领域的应用前景。全书共分9章:第一章概论,由测通所何照才编著;第二章光电经纬仪,由测通所何照才、董书法和长春光机所张涛编著;第三章弹道相机,由测通所罗俊萍编著;第四章实况记录系统,由测通所何照才、王颖和长春光机所乔彦峰编著;第五章激光测量技术,由测通所邢强林编著;第六章红外跟踪测量技术,由测通所胡保安编著;第七章电视测量技术,由测通所胡保安、王建军和长春光机所陈长喜编著;第八章事后判读处理技术,由测通所王德宝、苏增立编著;第九章光电新技术的应用前景,由测通所刘文喜编著。本书体现了理论联系实际、具体实用、针对性强的特点,对测控领域的科技人员,特别是对从事导弹、航天试验光学测量人员有重要参考价值,亦可作为常规兵器试验的光学测量人员和院校有关专业师生及相关研究所的科技人员参考。

全书由何照才、胡保安同志统稿,由程忠民高工主审。本书编

著工作是在《丛书》编审委员会和测通所的直接领导下, 测通所科技处和常规兵器试验总体研究室的具体组织下进行的, 并得到了中国科学院长春光机所的大力支持和刘蕴才、张纪生两位丛书主编的指导与修改, 以及国防工业出版社王祖珮、林秀权的热情支持和帮助, 在此一并表示感谢。

由于我们水平和学识有限, 错误和不当之处在所难免, 敬请读者批评指正。

编著者

1999年10月

目 录

第一章 概论	1
1.1 光学测量系统的地位和作用	1
1.1.1 光学测量系统的地位	1
1.1.2 光学测量系统的作用	1
1.2 光学测量系统的分类及其组成	2
1.2.1 光学测量系统的分类	2
1.2.2 光学测量系统的组成与功能	3
1.3 光学测量系统总体设计的依据和任务	5
1.3.1 光学测量系统总体设计的依据	5
1.3.2 光学测量系统总体设计的主要任务	6
1.4 光学测量系统的发展简况	7
1.4.1 国外光学测量系统的发展现状	7
1.4.2 国内光学测量系统的发展简况	11
参考文献	13
第二章 光电经纬仪	15
2.1 光电经纬仪的主要用途	15
2.1.1 弹道测量	15
2.1.2 可靠性估计	21
2.1.3 精度鉴定	23
2.2 光电经纬仪的工作原理	25
2.3 光电经纬仪主要技术指标的分析论证	26
2.3.1 测角精度	27
2.3.2 测距精度	33
2.3.3 作用距离	34
2.3.4 跟踪性能	43

2.3.5	光学系统焦距和通光口径	51
2.3.6	自动调光调焦系统	51
2.4	光电经纬仪的室内、外检测	53
2.4.1	室内检测	54
2.4.2	外场检测	64
	参考文献	79
第三章	弹道相机	80
3.1	概述	80
3.2	弹道相机的主要用途	80
3.2.1	弹道测量	80
3.2.2	精度鉴定	81
3.3	弹道相机的基本组成和工作原理	81
3.3.1	干板式弹道相机的基本组成	81
3.3.2	干板式弹道相机的工作原理	84
3.4	弹道相机主要技术指标分析论证	87
3.4.1	测角精度	87
3.4.2	干板式弹道相机主距和口径的选取	94
3.4.3	拍摄能力	96
3.5	弹道相机的检测	97
	参考文献	107
第四章	实况记录系统	108
4.1	实况记录系统的主要设备与用途	108
4.1.1	实况记录系统	108
4.1.2	实况记录系统的主要用途	108
4.2	电影望远镜的工作原理	109
4.3	高速摄影机的分类及其工作原理	109
4.3.1	高速摄影机的分类	109
4.3.2	高速摄影机的工作原理及其性能	110
4.4	主要总体技术指标的分析论证	117
4.4.1	摄影频率	117
4.4.2	摄影分辨率	123

4.4.3	画幅稳定性	129
4.4.4	摄影作用距离	131
4.5	主要技术指标的检测原理和方法	132
4.5.1	摄影频率的检测	132
4.5.2	摄影分辨率的检测	134
4.5.3	画幅稳定性的检测	135
	参考文献	136
第五章	激光测量技术	137
5.1	概述	137
5.2	激光测量工作原理	137
5.2.1	激光测距原理	137
5.2.2	激光跟踪原理	140
5.2.3	激光测速原理	142
5.2.4	激光成像原理	144
5.3	主要技术指标论证	148
5.3.1	测量距离	148
5.3.2	激光发散角	155
5.3.3	激光测距精度	156
5.3.4	激光测速精度	161
5.4	主要技术指标检测方法	162
5.4.1	探测能力	162
5.4.2	激光发散角	163
5.4.3	测距精度	164
5.4.4	测速精度	166
	参考文献	167
第六章	红外跟踪测量技术	168
6.1	红外测量技术在试验场中的主要用途	168
6.1.1	目标捕获与自动跟踪	168
6.1.2	实时测量弹道	169
6.1.3	目标红外辐射特性测量	169
6.1.4	红外图像实况记录	170
6.2	红外测量原理	170

6.2.1	红外辐射测角原理	170
6.2.2	红外成像跟踪测角原理	181
6.2.3	各种测角方式的比较	186
6.2.4	红外辐射测量原理	186
6.3	红外测量系统主要技术指标的分析论证	188
6.3.1	红外测量系统的基本构成	188
6.3.2	主要技术指标的分析论证	189
6.4	主要技术指标检测方法	198
6.4.1	室内检测	199
6.4.2	外场技术性能指标检测	204
	参考文献	206
第七章	电视测量技术	208
7.1	电视测量技术的应用	208
7.1.1	概述	208
7.1.2	电视测量技术在试验场测控系统中的应用	209
7.2	电视脱靶量测量原理	211
7.2.1	真空摄像管系统测量原理	211
7.2.2	CCD系统测量原理	213
7.3	主要技术指标的分析论证	215
7.3.1	概述	215
7.3.2	电视视场	215
7.3.3	探测距离	217
7.3.4	脱靶量测量精度	227
7.3.5	系统跟踪速度与加速度的确定	229
7.4	主要技术指标检测原理和方法	229
7.4.1	作用距离检测	230
7.4.2	视场检测	230
7.4.3	脱靶量测量精度检测	230
7.4.4	跟踪性能检测	231
	参考文献	232
第八章	事后判读处理技术	233
8.1	事后判读处理技术的地位和作用	233

8.2 判读仪的工作原理	233
8.2.1 胶片判读仪工作原理	233
8.2.2 干板坐标测量仪工作原理	239
8.2.3 视频判读仪工作原理	239
8.3 判读仪总体设计的几个问题	242
8.3.1 脱靶量测量精度	242
8.3.2 点阵读取误帧率	242
8.3.3 对胶片的适应能力	242
8.3.4 自动化程度	242
8.3.5 图像扫描器选择	243
8.4 主要总体技术指标的分析论证	246
8.4.1 胶片判读误差	246
8.4.2 磁带判读误差	251
8.4.3 判读速度	252
8.4.4 判读自动化	254
8.4.5 可靠性指标	256
8.5 主要技术指标检测原理和方法	259
8.5.1 脱靶量测量精度检测	259
8.5.2 点阵信息读取正确性检测	262
8.5.3 整机可靠性试验	262
参考文献	266
第九章 光电新技术的应用前景	267
9.1 激光测量技术	267
9.1.1 激光测姿	267
9.1.2 激光测旋	272
9.1.3 激光照明	275
9.2 电视测量技术	276
9.3 红外测量技术	277
9.3.1 概述	277
9.3.2 红外焦平面列阵器件简介	278
9.3.3 红外在试验场中的应用前景	280
9.4 现代控制与计算机技术	281

9.4.1 概述	281
9.4.2 发展方向与应用前景	284
9.5 光学自适应技术	285
9.5.1 概述	285
9.5.2 光学自适应技术的应用前景	287
9.6 提高试验场光测能力的新途径	288
9.6.1 其它新技术	288
9.6.2 向空基和天基方向发展	291
参考文献	295