

《火力与指挥控制技术丛书》第001号

头盔显示/瞄准系统

王永年 祝梁生 孙隆和 编著



国防工业出版社

31005501

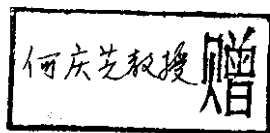
V243

21

《火力与指挥控制技术丛书》第 001 号

头盔显示/瞄准系统

王永年 祝梁生 孙隆和 编著



国防工业出版社



C0300577

V243

21

22

(京)新登字 106 号

图书在版编目(CIP)数据

头盔显示/瞄准系统/王永年等编著. —北京:国防工业出版社, 1994

(火力与指挥控制技术丛书, 第 001 号)

ISBN 7-118-01118-5

I. 头…

II. 王…

III. ①头盔瞄准显示器 ②头盔瞄准具-瞄准系统

IV. ①E933.2 ②V 243.6

《火力与指挥控制技术丛书》第 001 号

头盔显示/瞄准系统

王永年 祝梁生 孙隆和 编著

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)

新华书店经售

北京大兴兴达印刷厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 8 3/8 213 千字

1994 年 3 月第 1 版 1994 年 3 月北京第 1 次印刷 印数: 1—3000 册

ISBN 7-118-01118-5/V·96

定价: 8.65 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

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,这样才能使有取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

第一届评审委员会组成人员

主任委员：冯汝明

副主任委员：金朱德 太史瑞

委员：尤子平 朵英贤 刘瑄德
(按姓氏笔画排列)

何庆芝 何国伟 张汝果

范学虹 金 兰 柯有安

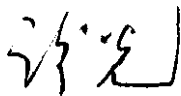
侯 迁 高景德 莫梧生

曾 铎

秘 书 长：刘瑄德

序

我国火控系统研制工作开始于 50 年代,经历了由仿制到自行设计、研究发展的全过程。几十年来,我国在陆用、海用和空用火控研制方面都取得了很大成绩,也积累了不少经验和教训。当然,我们也清楚地看到,和先进国家比较我们还有很大差距。为了总结我们自己的科研成果和研制中的经验教训,为了更快地缩短与先进国家的差距,为了向广大科技人员及从事科技工作的领导干部介绍有关火控方面的知识,国防科技系统一批长期从事火控科研、生产、教学、试验的专家学者,决定编写出版一套《火力与指挥控制技术丛书》。这是一项很有意义的事情,受到了各级领导的重视和支持,受到了广大火控专业科技人员的欢迎。我深信,这一套丛书的出版必将对我国的国防现代化起到积极的推动作用。



1992 年 11 月 22 日

《火力与指挥控制技术丛书》

首届编委会

主 任 谢 光

副主任 范学虹 曾 铎 谭庆海

李 博 柳克俊

委 员 孙隆和 董志荣 太史瑞

戴轶群 朱培中 张兆华

王克勤 郭 治 夏金柱

么树扑 朱如玲 沃长生

王校会 田校斌 张戮山

《火力与指挥控制技术丛书》

第一批出版的书目

1. 头盔显示/瞄准系统
王永年 等编著
2. 航空火控技术
陆 彦 等编著
3. 舰艇指挥系统的理论基础
董志荣 等著
4. 无线电制导
刘隆和 等编著
5. 海军武器系统分析
夏金柱 等著
6. 现代火控理论与技术
郭 治 等著

前 言

头盔显示/瞄准系统的概念是在近 30 年的发展中逐渐形成的。

60 年代初,美国为满足武装直升机火力控制的需要,首先提出了头盔瞄准具的概念。它是一种头戴式的光学瞄准具,其主要功能是用头盔的位置来控制武器,光学部分仅能显示瞄准标线。这种早期的头盔瞄准具虽然简单,但有其突出的优点:其一、它缩短了截获目标的时间,由于头盔瞄准具有利于迅速瞄准目标和发射武器,使直升机减少地面炮火的攻击和降低损失率;其二、头盔瞄准具的视野是全方位的,不受常规光学瞄准具固定安装和窄视场的限制;其三、操纵者引起的噪声效应为零。而且,当飞行员目视搜索和跟踪目标时,武器及有关的传感器可快速地随动到目标的方位,截获目标后可立即发射武器,从而大大改善了人机接口关系,减轻了飞行员的工作负担。

头盔显示器的概念出现较晚。70 年代末,当平视显示器技术日益成熟时,有些专业公司才将头盔显示器通俗地称为安装在头盔上的小型平视显示器。头盔显示器技术,又比平视显示器技术前进了。首先平视显示器从 15 ~ 20kg 的重量减缩到了 0.2 ~ 0.3kg 左右;从庞大的体积微型化到了拟合进头盔。其次解决了很多人机生理和心理工程的问题。由于头盔显示器的视野不受固定安装的限制,更能满足现代化战争的需要。头盔显示器在瞄准线解算方面,是以头盔瞄准具为基础的。世界各国正继续进行着瞄准线探测技术的研究,使瞄准线测量得更为精确,以致将来可有望替代平视显示器。

随着科学技术的发展,头盔显示技术又实现了笔划法和光栅图象的叠加,又将图象增强管综合进头盔……这样,其使用范围从白天型扩展到了夜间和全天候。头盔显示器和头盔瞄准具有机综合的系统,就形成了目前所称的“头盔显示/瞄准系统”。

由于头盔显示/瞄准系统有很多明显的优点,它日益受到各国军方的青睐,它的使用领域已由直升机扩大到了其它作战飞机,由火力控制发展到了导航校正,侦察,通讯和地面模拟训练,由机载使用扩大到了防空火炮,地/空导弹和舰/空导弹的火控使用。头盔显示/瞄准系统的研制和生产由美国一国发展到多国。

由于头盔显示/瞄准技术是一门新兴的科学技术,为了促进我国的这一领域的科研生产,为了陆海空三军的使用和为了高等院校有关专业的发展,我们编著了本书。

本书重点介绍头盔瞄准线测量技术、头盔显示器技术及使用环境下的精度计算等。本书可作为高等院校本科生和研究生的参考书籍,也可作为从事火控技术的专业人员以及生产、使用人员的参考资料。

由于水平有限,不足之处,敬请读者赐教。

编著者

1992年10月

目 录

第一章 概述.....	1
1.1 头盔显示/瞄准系统发展简史	1
1.2 术语	3
1.3 头盔显示/瞄准系统的特点	4
1.4 头盔显示/瞄准系统的用途	6
第二章 头盔瞄准线测量.....	7
2.1 引言	7
2.2 电磁场法	8
2.2.1 时分制电磁敏感测量系统	8
2.2.2 章动制电磁敏感测量系统	29
2.3 光电法	45
2.3.1 红外旋转光束探测器	46
2.3.2 线性比例探测器	53
2.3.3 CCD V型狭缝摄像机(线列型)	72
2.4 超声波法	82
2.4.1 原理几何图形	82
2.4.2 系统的组成	84
2.4.3 系统分析	87
2.4.4 对计算机的要求	89
2.4.5 系统精度	90
2.4.6 角度覆盖	91
2.4.7 对外部干扰的敏感性	92
2.5 机械连杆法	93
2.5.1 机械连杆式头盔瞄准具的应用和存在问题	93
2.5.2 机械连杆式头盔瞄准具的数学模型	96
2.6 其它方法	108
2.6.1 CCD 固体摄像机法(平面型)	108

2.6.2	激光法	110
2.7	头盔瞄准具主要性能汇总	111
第三章	头盔显示器	113
3.1	引言	113
3.2	人眼的视觉特性	114
3.3	头盔显示器的设计考虑和实例研究	125
3.3.1	头盔显示器设计参数要求	126
3.3.2	头盔显示器设计实例讨论	138
3.3.3	头盔显示器的图象源	146
3.4	头盔夜视镜	151
3.4.1	夜视设备分类	151
3.4.2	头盔夜视镜的有关技术问题	154
第四章	头盔显示/瞄准系统使用时误差分析、建模和精度估算	158
4.1	引言	158
4.2	描述误差的术语	159
4.2.1	二维正态分布	162
4.2.2	瑞利分布	164
4.2.3	变换式	165
4.2.4	描述瞄准过程的术语	166
4.3	人的因素引起的误差	166
4.3.1	建立模型的讨论	167
4.3.2	静态瞄准精度	167
4.3.3	动态瞄准精度	170
4.3.4	随瞄准角变化的瞄准精度	178
4.3.5	$+G_z$ 对瞄准精度的影响	179
4.3.6	操作人员误差模型	181
4.4	座舱盖折射引起的误差	182
4.4.1	角偏移	183
4.4.2	座舱盖测量技术	185
4.4.3	模型讨论	187
4.4.4	角偏差模型	189
4.5	振动引起的误差	197
4.5.1	机身振动环境的性质	198

4.5.2	全身振动的生物动态响应	198
4.5.3	试验结果	200
4.5.4	建立振动模型	202
4.5.5	振动模型在仿真中的实现	209
4.6	头盔瞄准具硬件引起的误差	211
4.6.1	空间同步器头盔瞄准具精度讨论	212
4.6.2	座舱的测绘与补偿	213
4.6.3	头盔瞄准具硬件模型的建立	214
4.6.4	模型描述	216
4.7	头盔瞄准具校准引起的误差	217
4.8	误差模型综合和误差估算	217
4.8.1	误差模型综合	217
4.8.2	误差估算	219
第五章	头盔系统综合和头盔系统的应用	221
5.1	头盔系统综合的目标	221
5.2	头盔系统综合设计	223
5.2.1	头盔系统进行“精确”设计的必要性	223
5.2.2	战术飞机中头盔系统的综合问题	224
5.2.3	头盔系统综合设计方法	225
5.3	头盔系统在目视耦合系统中的应用	227
5.3.1	飞行员夜视系统概述	227
5.3.2	与飞行员夜视系统有关的分系统	230
5.4	头盔系统在“超级驾驶舱”中的应用	242
结束语		244
附录 A	迭代法求解本征值和单位指向矢	247
附录 B	方位、俯仰和横滚角的进一步计算	248
参考文献		251

第一章 概 述

1.1 头盔显示/瞄准系统发展简史

早在本世纪初,就出现了射手的头盔瞄准和武器射击系统(*Helmet-Mounted Aiming and Weapon Delivery System*)^[1]。局限于当时的技术基础,这种装置是非常简陋的。典型的装置是第一次世界大战高峰时期爱尔伯特·培康·普拉脱(Albert Bacon Pratt)所发明的头盔综合枪(*Helmet Integrated Gun*),如图 1.1-1 所示。

这种头盔综合枪将瞄准具(三点一线瞄准方式)和枪(在头盔的上半部分)融合于同一个头盔中,由头盔佩戴者的嘴控制射击。

由于战争的需要,头盔瞄准具逐渐向作战飞机的应用上发展。40 年代初,就有人提出了将自然目视和驱动技术进行综合的、由飞行员头部来控制武器装置的、瞄准系统的概念。1940~1960 年期间,行为科学家致力于分析用飞行员的眼睛运动来确定他对仪器扫描和目视搜索的模型。从 1960 年开始,美国由于侵越战争的需求,陆、海、空三军和工业界同时起步致力于研制一种精确的、操作方便的有实用价值的头盔瞄准具(*Helmet-Mounted Sight—HMS*)。这就是现代化头盔瞄准系统的开端。

头盔瞄准有许多潜在的应用,只要增加了头盔显示器,飞行员的作战效率就可大为增加。使用的范围可遍及陆、海、空三军,空间飞行器,并扩展至地面仿真等实验室。

随着科学技术的高速发展,头盔瞄准具、头盔显示器技术逐步完善起来,并投入了战场使用。目前装机使用的主要有武装直升

机,如 AH-1S、AH-64 等型号的机种;战斗机上应用较少些,如 F-4 系列的飞机(美国)以及以色列使用的 F-16 型战斗机。本世纪 90 年代,头盔瞄准系统进入了成年期,世界各国装备军队的需要量将大幅度增加。

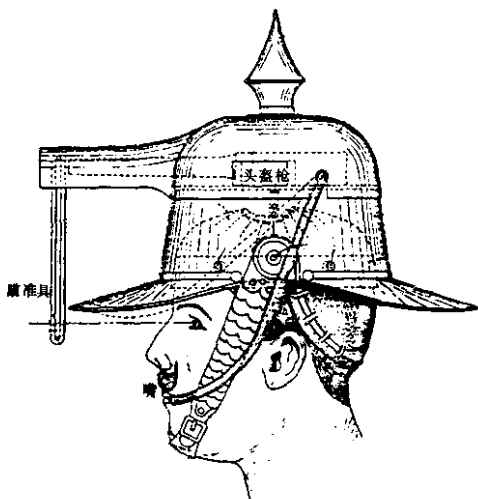


图 1.1-1 普拉脱发明的头盔综合枪

到目前为止,世界各国由于已渐渐认识到头盔瞄准系统在充分发挥人的因素、提高作战效率方面的重要作用,都相继投入了研制工作。据不完全统计,如今开展头盔瞄准系统方面研究和生产的国家,除美国以外,还有英国、法国、前苏联、以色列、南非等国家。我国在这方面的研究工作也取得了很大进展。

1.2 术 语

目前世界各国、各专业公司给头盔显示/瞄准系统的名称是五花八门、各不相同的。例如：美国杭尼韦尔公司(Homeywell)称它为目视目标截获系统(*Visual Target Acquisition System*——VTAS)和综合头盔和显示瞄准系统(*Integrated Helmet And Display Sighting System*——IHADSS)，玻尔希默斯导航科学公司(Polhemus Navigation Science Inc)称它为空间同步器目视目标截获系统(*SPASYN Visual Target Acquisition System*)和磁跟踪器(*Magnetrac*)，英国费伦弟公司(Ferranti)称它为头盔指向系统(*Helmet Pointing System*——HPS)，以色列ELOP公司称它为机载头盔显示和瞄准系统(*Airborne Helmet Display and Sight System*——HADAS)，Elbit公司称它为显示与瞄准头盔(*Display and Sight Helmet*——DASH)……尽管这些名称各异，但按其实质来讲，都有其共同之处：

其一、都是利用头盔来安装所需的设备，并且保留头盔对头部的保护作用 and 头盔上的语音通讯功能；

其二、应该具有显示和(或)瞄准功能。

为了对本书阐述的问题有共同的概念，我们将头盔显示/瞄准系统的术语作如下规定。

头盔瞄准具(*Helmet Mounted Sight*——HMS)是一种使用方便、瞄准迅速、能充分发挥人的作用的头戴式瞄准具。头盔瞄准具一般由头盔、光学瞄准镜、头部位置探测器和电子装置(含计算机)四部分组成。光学瞄准镜装在头盔上也可以随护目镜一起收放。光学瞄准镜一般仅显示瞄准标线和少量离散信息，其光源为白炽灯或发光二极管。瞄准标线通过光学系统而准直。飞行员使用头盔瞄准具时，将瞄准标线重叠在目标上并跟踪目标；头部位置探测器通过测量头部位置获得瞄准线的位置，即目标的相对本机的位置；计算机将目标位置转变成方位角和俯仰角瞄准指令，控制活动武