

文章编号:1007-1180(2010)12-0038-06

国外传输型航空相机的发展现状与展望

许永森, 田海英, 惠守文, 董 斌, 丁亚林

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

摘 要: 航空相机是获取地面信息的重要手段之一, 传输型航空相机是目前国外航空相机发展的主流。本文从传输型航空相机实际应用的角度出发, 分析了目前国外的线阵、面阵、红外与双波段航空相机的发展现状与技术特点, 并对国外航空相机的发展趋势进行了总结与展望。

关键词: 线阵 CCD 相机; 面阵 CCD 相机; 双波段航空相机; 像移补偿

中图分类号: V447.3

文献标识码: A

DOI: 10.3788/OMEI 20102712.0038

Trend and Development Actuality of the Real – time Transmission Airborne Reconnaissance Camera

XU Yong-sen, TIAN Hai-ying, HUI Shou-wen, DONG Bin, DING Ya-ling

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: Airborne reconnaissance camera is an important technology for the airborne based information-obtained systems. The real-time transmission aerial reconnaissance cameras become the mainstream abroad. This paper analyses the application of linear array CCD camera, area array CCD camera, infrared camera and dual-band aerial camera and the technical characteristics of them, based on the practical view of the aerial camera, and summarizes the prospect for the aerial reconnaissance development trends.

Keywords: line array CCD camera; area array CCD camera; dual-band aerial camera; image motion compensation (IMC)

1 概述

航空遥感是获取地面信息的重要手段,航空相机作为航空遥感器主要载荷形式之一,被世界各国广泛用于资源普查、地形测绘、军事侦察等诸多领域。世界发达国家(如美国、英国等)从20世纪初开始研制以胶片为信息载体的航空相机。早期的相机焦距较短、载片量小、画幅窄、地面分辨力低;随着科学技术的发展和对航空相机需求的增加,20世纪70年代,研制出长焦距、大载片量、宽画幅、地面分辨力高的航空相机。至20世纪80年代,国际先进国家的胶片型相机已经发展至相当高的水平,比较成熟的航空相机产品有仙童公司的KA-112全景式航空相机,以及芝加哥工业公司的KS-146画幅式航空相机^[1]。

随着技术发展和CCD探测器技术的日益成熟,从20世纪80年代开始,发达国家开始研发CCD实时传输型相机,至今已发展至很高的水平。目前,设计与制造航空相机的公司与主要产品有:美国ROI(侦察与光学公司)CA系列相机^[2-5];Goodrich(古特里奇公司)SYERS系列、DB-110系列相机^[6];法国Thales Optronics公司的MAEO、8010、8040相机;英国BAE系统公司F-985C、F-9812相机^[8];以色列EOLP公司的LOROP相机;Rafael公司的RecceLite战术侦察吊舱等。

胶片型相机照相分辨率高,实时性差;CCD传输型相机照相分辨率相对低,但实时性强,成为发展的主流。目前,传输型航空相机沿着从低分辨率到高分辨率、从短焦到长焦距、从线阵到面阵、从可见光到红外及双波段的方向发展。本文主要分析国外传输型航空相机的发展现状、技术特点及发展趋势。

2 国外传输型航空相机的分类

传输型航空相机按照其使用的高度可分为中空、中空、中空、中空相机;按照成像原理的不同可分

为推扫、摆扫、分幅(步进/全景);按照成像介质的不同可分为线阵CCD相机与面阵CCD相机;按照成像的光谱范围可分为可见光相机、红外相机、双波段相机、多光谱相机等。

中低空相机的焦距一般<300 mm,工作高度为200~4 000 m,主要采用垂直成像的方式,用于对目标打击毁伤效果的评估。中空相机的焦距在300~1 000 mm之间,工作高度为3 000~10 000 m,主要采用垂直或倾斜的成像方式,用于对地(海)面固定和活动目标执行战役战术侦察。中空相机的焦距在1 000~3 000 mm之间,工作高度为8 000~20 000 m,主要采用倾斜的成像方式,用于高空远距离对地(海)面战略、战术侦查。

3 国外典型传输型航空相机的发展现状

国外传输型航空相机的种类很多,为了讨论的方便,本文从相机使用高度和应用领域的角度,分析航空相机目前的发展现状。

3.1 中低空相机的发展现状

目前,应用较多的中低空相机有:中低空可见光相机(线阵、面阵);中低空红外相机(线阵、面阵)。

3.1.1 中低空线阵航空相机

中低空线阵可见光相机主要包括Thales的8010、8040相机;BAE公司的MAEO(中空光电)相机。中低空线阵红外相机主要有BAE的AN/AAD-5、D-500, D-500A红外相机等。中低空可见光线阵CCD相机的主要技术参数如表1所示。

MAEO相机是比较有代表性的线阵CCD相机,它采用推扫的成像方式,通过TDI线阵CCD的时间延时积分功能,补偿相机的前向像移;在相机镜头的前方,还有一个转向棱镜,它能够扩大相机的横向视场,同时具有稳定相机光轴的作用,保证相机不受飞机滚动的影响;相机同时还具有偏流补偿机构与俯仰补偿机构,能够较好地补偿飞机的多种运动对成像的影响。目前,该相机也是美国依然在应用的可见光线阵CCD相机之一。

表1 中低空线阵可见光CCD相机主要技术参数

技术参数	8010相机	8040相机	MAEO相机
探测器像元数	4 096	12 228	12 000
像元尺寸	12 μm	8 μm	10 μm
焦距	38 mm/152 mm	450 mm	304.8 mm
成像方式	推扫	摆扫	推扫



图1 Thales 8040相机

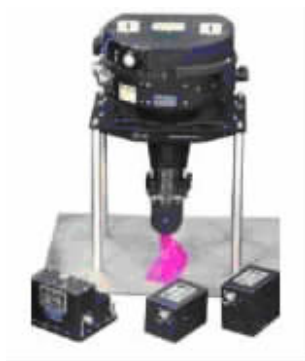


图2 BAE MAEO航空相机

线阵 CCD 相机虽然采用了多种方法减小载机飞行中姿态对成像的影响,但在成像时依然很容易受到飞机姿态快速变化和环境中振动等因素的影响,图像的清晰度与几何保证度不容易得到保障。

面阵探测器能够对地面目标区域同时成像,曝光的时间更短,受载机姿态变化的影响小。20 世纪 90 年代初期,美国开始研发以面阵 CCD 为成像介质的航空相机。

3.1.2 中低空面阵航空相机

目前,较为先进的中低空面阵可见光航空相机有:ROI 公司的 CA-260、CA-261,BAE 系统公司的 F-985C 相机。中低空面阵红外相机主要有:ROI 公司的 CA-265、CA-247 等相机。中低空面阵可见光相机的技术参数如表 2。

中低空相机的视场角一般都比较大,为了使这

表2 中低空面阵可见光CCD相机

	CA260	CA261	F-985C
像元数	2 048×2 048	2 048×2 048	9 216×9 216
感光单元尺寸/ μm	5 040×5 040	5 040×5 040	8.75×8.75 μm
焦距/mm	12×12	12×12 μm	8.75×8.75 μm
	37.5 f/4.5	304.8 f/6	25.4
	300.0 f/4.0	405.7 f/8	457.2
成像方式	分幅	步进分幅	分幅
NIIRS		5	5



图3 ROI CA-261相机



图4 BAE F-985C相机

类相机具有较好的成像质量,伴随着面阵 CCD 成像传感器的应用,出现了集成于成像器件上的嵌入式像移补偿技术。CA260、CA261 相机采用了嵌入式分段式像移补偿技术,它实质上是将航空相机的视场分成若干区域,在不同的区域内通过驱动 CCD 的行频与像移速度的匹配,来补偿该区域内的像移^[3]。F-985C 相机采用了嵌入式渐变式像移补偿技术,这种像移补偿方法需要将面阵 CCD 传感器与焦面的帘幕式快门相互协同工作,实现相机的像移补偿。据报道,该相机的动态分辨率已达到其探测器的极限分辨率 57 lp/mm^[9]。

红外相机虽然分辨率较低,但受光照条件影响小,能够全天时使用,因此也得到了广泛的应用。

国外典型的红外面阵航空相机有美国 ROI 的 CA-265, 它也采用具有像移补偿能力的面阵 PtSi 探测器, 能够以前视或斜视的方式成像, 其主要的技术参数如表 3。

表3 CA-265相机主要技术参数

焦距(mm)	304.8/150
相对孔径	1/2
光谱范围(μm)	3~5
像元数(元)	1 968×1 968
帧频(帧/s)	2.5

8010、8040、MAEO、D-500A、CA-260、F-985C 等航空相机主要应用于英国的联合侦察吊舱(JRP)、美国的先进机载战术侦察系统(ATARS)与空用战区侦察系统(TARA)。

3.2 中高空 CCD 航空相机的发展现状

国外中高空传输型航空相机主要有: 长焦距可见光航空相机与长焦距可见光/红外双波段航空相机。长焦距双波段航空相机具有可见光与红外两个工作的波段, 能够执行全天时远距离的侦察任务, 得到了快速的发展。

在这类航空相机中具有较高技术成熟度的相机有: Goodrich 公司的千禧年系列(SYERS)航空相机、DB-110 系列航空相机; ROI 公司的 CA270、CA279、CA-295 相机^[3]; BAE 系统公司的 F-9812 相机与 ELOP 公司的双波段 LOROP 相机; 以及 Raytheon 公司的全球鹰相机。其中一些相机的主要技术参数如表 4 所示。

DB-110 相机是一种多功能、多波段的航空相

表4 双波段长焦距航空相机技术指标

相机参数	DB-110		全球鹰相机		CA-295	
	可见光	红外	可见光	红外	可见光	红外
焦距 (mm)	2 794	1 397	1 750	1 750	1 270~2 540	1 270
像元数	5 120×64	512×484	1 024×1024	640×480	5 040×5 040	2 048×2 048
像元尺寸 (μm)	10×10	25×25	9×9	20×20	10×10	25×25
飞行高度 (km)	3.05~24.38		19.8		15.25	
NIIRS	5		5		5	

机。它具有 4 组光学系统, 其中的一组长焦距、双波段共光路光系统在成像时, 以摆扫全景成像的方式工作; 另外 3 组短焦距的光学系统采用推扫与分幅的方式成像, 相机能在低、中、高 3 种不同的高度条件下工作^[7]。



图4 DB-110 航空相机

全球鹰相机是一种具有广域侦察与目标定位能力的高精度、长焦距、双波段航空相机。它采用了全反射式的光学系统, 光学系统安装在两轴稳定框架的内环中; 通过两轴稳定框架配合快速反射镜的视轴复合控制技术, 相机的视轴稳定精度达到 $3\mu\text{rad}$, 稳定带

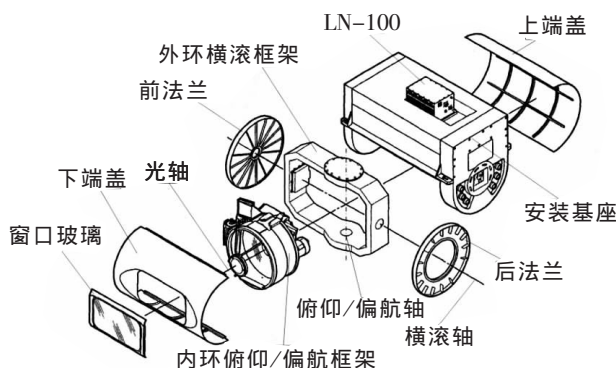


图5 全球鹰相机



图6 CA-295 航空相机

宽为 300 Hz; 相机可以实现 30 帧/s 的高帧频步进凝视成像。

CA-295 相机使用大面阵成像传感器, 采用全景分幅的方式成像。相机通过旋转卡塞格林式光学系统的主、次镜与子反射镜的方法, 补偿由飞机向前飞行所产生的像移; 在扫描方向上像移通过成像传感器的嵌入式补偿技术进行补偿。

4 集成化战术侦察吊舱

上述种类的相机主要装载于有人或无人侦查平台, 用于战略与战术侦察任务。随着作战任务的需求, 具有跟踪、监视、侦察于一体的集成化战术侦察吊舱的应用越来越广泛。

RecceLite 战术侦察吊舱是此类集成化战术侦察

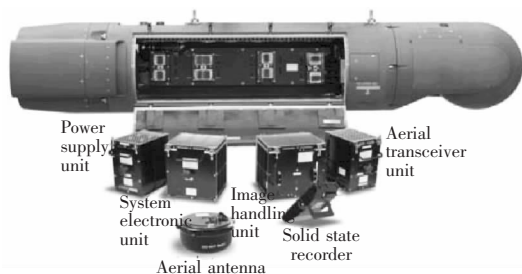


图7 RecceLite战术侦察吊舱

吊舱中比较有代表性的。它采用透射式的光学系统, 能够以垂直、前视、斜视等多种方式成像, 并且具有自动与手动工作模式; 吊舱配备了数字化存储系统与航空数据链系统, 可以实时地传输信息。

5 多光谱、超光谱航空相机

多光谱与超光谱航空相机是利用目标与背景杂波的固有光谱差别成像, 因此, 它具有更好的反伪装、反隐身和反欺骗的能力。多光谱与超光谱航空相机对于沿海沿岸的空中侦察是十分有效的。

美国雷神公司的 MTS-A、MTS-B 系列光电载荷就是一种机载超光谱传感器。此外, 美国海军为 EP-3 飞机设计了具有远距离大范围探测能力的长波红外超光谱成像系统 HISTAR, 并探索 HISTAR 与 APY-6 合成孔径雷达的结合。

6 国外传输型相机的发展趋势

目前, 在国际上基于有人机的侦察系统已逐渐萎缩; 但基于战斗机的机载战术侦察吊舱依然存在着发展潜力, 它可在需要时执行侦察任务; 而且在作战时可携带武器, 不影响战机的作战性能。无人机侦察系统具有重量轻、结构简单、造价便宜、使用安全方便、战场生存能力强、可昼夜敌方地域进行连续不间断的侦察监视等优点, 它已经成为军事侦察装备发展的重点。

在航空相机的研究领域, 具有全天时侦察能力的长焦距、双波段航空相机, 具有广域搜索与目标定位能力的战场监视与实时跟踪航空相机, 以及具有反伪装、反隐身和反欺骗的多光谱与超光谱航空相机将成为未来航空相机发展的主要趋势。

参考文献

- [1] 刘明, 修吉宏. 国外航空侦察相机的发展[J]. 光电与控制, 2004(11): 56-59.
- [2] Lareau A G. Advancements in E-O framing[J]. SPIE, 1998, 3431: 96-107.
- [3] Lareau A G. Electro-optical imaging array with motion compensation[J]. SPIE, 1993, 2023: 65-79.
- [4] Lareau A G. Partynski A J. Dual-band framing cameras: technology and status[J]. SPIE, 2000, 4127: 148-156.

- [5] Lareau A G. E-O framing: technology overview and demonstration results[J]. *SPIE*, 1995, 2662: 589-603.
- [6] Riehl K. RAPTOR (DB-110) reconnaissance system: in operation[J]. *SPIE*, 2002, 4824: 1-12.
- [7] Iyengar M, Lange D. The goodrich 3rd generation DB-110 system: operational on tactical and unmanned aircraft [J]. *SPIE*, 2006, 6209: 6209-01-6209-09.
- [8] Mathews B. An ultra high resolution, electro-optical framing camera for reconnaissance and other applications using a 9216 by 9216 pixel, wafer scale, focal plane array[J]. *SPIE*, 1998, 3431: 144-154.
- [9] Mathews B, Zwicker T. Flight test results from the ultra high resolution, electro-optical framing camera containing a 9216×9216 pixel wafer scale focal plane array[J]. *SPIE*, 1999, 3751: 133-144.

作者简介：许永森(1981-)，男，汉族，河南信阳市人，博士，助理研究员。2009年于中科院长春光机所获得博士学位，主要从事航空遥感器的研制。E-mail: pm13l@sina.com

新探针可测量纳米材料相互作用

美国加州大学洛杉矶分校11月17日表示，该校纳米系统科学主任保罗·维斯领导的研究小组开发出了研究纳米级材料相互作用的工具——双扫描隧道显微和微波频率探针，可用于测量单个分子和接触基片表面的相互作用。

过去50年中，电子工业界努力遵循着摩尔定律：每两年集成电路上晶体管的尺寸将缩小大约50%。随着电子产品尺寸的不断缩小，目前已到了需要制作纳米级晶体管才能继续保持摩尔定律正确性的地步。

由于纳米级材料和大尺寸材料所展现的特性存在差异，因此人们需要开发新的技术来探索和认识纳米级材料的新特征。然而，研究人员在研发纳米级电子元器件方面遇到的障碍是，人们没有相应的能力去观察如此小尺寸材料的特性。

元器件间的连接是纳米级电子产品至关重要的部分。就分子设备而言，分子极化性测量的范围涉及到电子与单个分子接触的相互作用。极化性测量有两个重要方面，它们分别是接触表面以次纳米分辨率精度进行测量的能力，以及认识和控制分子开关两个状态的能力。

为测量单个分子的极化性，研究小组研发出能够同时进行扫描隧道显微镜测量和微波异频测量的探针。借助探针的微波异频探测，研究人员将能确定单个分子开关在基片上的位置，即使开关处于“关”的状态也不例外。在开关定位后，研究人员便可利用扫描隧道显微镜变换开关的状态，并测量每个状态下单分子和基片之间的相互作用。

维斯说，新开发的探针能够获取单分子和基片之间物理、化学和电子相互作用以及相互接触的数据。

据悉，研究小组新的测量探针所提供的信息集中在电子产品的极限范围，而不是针对要生产的产品。此外，由于探针有能力提供多参数的测量，它有可能被研究人员用来鉴定复杂生物分子的子分子结构。