

# KA-92摄影机系统—摄影侦察 的一种新手段

摘 要

KA-92 摄影机是最近美国海军发展的全景摄影机,是由费尔柴尔德空间和防卫系统设计和制造的。所设计的系统在飞机飞行状态的目前和未来范围内可以提供高分辨率的 $180^\circ$ 视场角的全景摄影。这是在单一传感器内用两个可选择的透镜焦距提供的独特系统来完成的。在飞行中,操作者可以最大灵活性遥控选择透镜信道以改变飞行计划。此设计包括新型自动调焦特性,不需要获得最佳性能的预先得定条件就能直接使用。机内的稳定系统已经合并使在摄影期间免除了对飞机运动要作一个稳定装置去补偿的必要性。一个高速度、固态数据注释系统,在运动的胶片上记录飞行数据,以满足 MIL-SID-782 的要求。

## 引 言

1969年美国海军发布一项对全景摄影机系统的要求,此系统应满足目前和未来的以航空母舰为基地的侦察喷气式飞机的侦察需要。对系统的主要设计目的的规定为:

整个的飞机飞行状态中只操作单独一个传感器。

整个飞行过程中要有最高实际均匀的地面分辨性能。

除飞机环境系统提供的正常条件外,摄影机系统不要求什么热调节。

要有垂直于飞机飞行方向,沿着飞行路线的 $180^\circ$ 视场的长距离复盖。

KA-92 摄影机示于图1,设计已满足实际要求。包含着对低、中、高各种高度飞行的整个范围内满足全景视野( $180^\circ$ 扫描角)。在一个单独工作的摄影机内利用两个摄影信道已经实现了这个性能而提供的宽视野。在摄影机内有几个附加分系统提供必要的控制和调整以保证整个宽阔的工作区域内的高性能。设备做成对很多类型胶片成象(包括不同灵敏度和分辨率的黑白乳剂胶片,红外彩

色胶片和 EK-tachrome 型彩色胶片)。使用 5 吋宽薄基底的穿孔片。两个互换的胶片暗盒供给储存胶片。设计的小轮廓摄影机结构已在高性能海军飞机中安装和作飞行实验。这种结构的摄影机将适应其他目前和未来海军飞机的需要

## 系 统 概 念

所实施的全景摄影机系统由单一摄影机系统引入两个摄影信道以提供信道的选择在单一象面上成象(见图2摄影机结构)。这两个摄影信道以两种可选择的焦距(9吋和24吋)提供全景性能,而主次分系统功能有最少的重复。(之所以选择这两个特殊焦距是考虑到在整个所要求的高度和速高比范围和为了延长寿命和高度稳定性而存在的机械和胶片动态极限允许范围内能有高性能)。

结果,提供给使用者的设备具有最大的共用性和最小的重复性,同时为了满足整个系统所要求的高性能和宽范围复盖具有最大的可靠性和整个的最小复杂性。

以同样的基本原理操作两个摄影信道,即都是由光棒装置绕一共同轴的旋转获得全

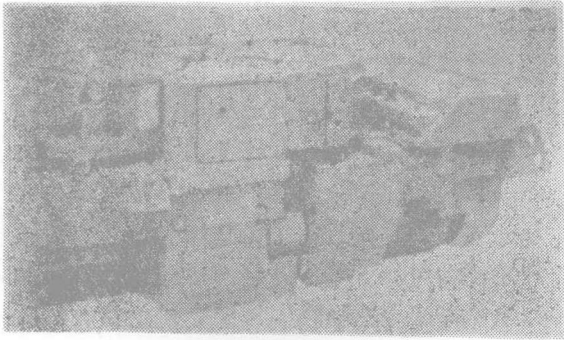


图1 KA-92全景摄影机

景成象，这个装置包括前扫描反射镜，透镜和后方的图象定向反射镜。在单一成象面上后方反射镜仅取出要求成象的光束的方向作为信道选择。选择的信道在旋转的象面上成象。象速与扫描速率和光棒的半径成比例。位于旋转象面上的胶片以一个速率对图象反转，并要求获得图象对胶片相对速度（与选择的焦距和扫描速率成比例）同步。在旋转成象面上一个单独的胶片输送机构提供适应的反转胶片速率。

一个供片和抓片装置对旋转的象面提供必要的胶片输送。利用一个可变宽度的狭缝机构成象。调焦的范围是用光棒扫描旋转中心对于反转胶片输送轮装置偏心来完成的，并且也代表了两个信道具有单一的共同作用。在这双信道摄影机中，只有分开的光阑装置为透镜口径各自控制是必要的，以及由于质量和动量要求向前运动补偿机械装置慎重的设计成分开的和重复的功能设备。另外，对于24吋信道给予一个单独的温度/压强改变调焦，在没有热调节条件下获得最佳性能。

每个信道只在提供全部高度和速度范围需要的复盖才以自动周期方式操作。由两个信道结构引进的控制的大部分问题，由于免除了通常的脉冲方式操作控制以及伴随发生的复杂性就弥补了。平常用的高价的陀螺稳定多向常平台装置（各有一套复杂的电气机械系统）来平衡飞机的运动，现在摄影机内部应用摄影机扫描/胶片同步的校正装置和向前运动补偿装置达到简单可靠的目的。滚动和俯仰速度陀螺装置安装在摄影机内以提

供信号来决定飞机的运动。

摄影机结合瞬时数据注释系统实现了MIL-STD782的数据组。注释系统中，在运动胶片上（高达250吋/秒）进行记录，标志着一项重要的进展，这个记录系统利用镓灯发射二极管阵列。

单一的KA-92摄影机传感器代替了两个或三个（同时伴有一个或多个稳定平台）完整的摄影机系统，因此，由于机构复杂性的简化，使耗费下降并获得了较高的可靠性。

此摄影机参数摘要在表1中给出

表1 KA-92摄影机系统参数

摄影机类型:	侦察全景, 双摄影信道, 运动胶片, 低空—高空
信道名称:	低空信道, 高空信道。
透 镜:	9吋, f/4.0, 24吋f/4.0
标 称 格 式:	固定式: 4.5×28.3吋 可选择式: (A) 4.5×75.4吋 (B) 4.5×37.3吋
胶 片 容 量:	4800呎 5吋薄片基
操 作 方 式:	自动周期和人工进行两个信道的选择。
前 向 重 叠:	55%
曝 光 控 制:	相对快门速度和透镜口径自动化。AEI和滤光要素的人工选择。
数 据 记 录:	以MIL-STD782 编码固态数据矩阵记录和固定数据
速 / 高 范 围:	0.119到1.79弧度/秒 0.015到0.121弧度/秒 (0.090到1.06海里/呎) (0.009到0.75海里/呎)
自动周期速率:	0.53到8.0周/秒 0.1167到1.5周/秒 (55%重叠) (55%重叠)
快 门 速 度:	1/60到 1/1500秒 (0.53周/秒) 1/450到 1/1100秒 (1.5周/秒) 1/900到 1/2200秒 (8周/秒) 1/48到 1/1200秒 (10.167周/秒)
动态实验台的实验分辨率:	(EK-3400胶片高衬度) 95条线/毫米 (3周/秒) 90条线/毫米 (0.5周/秒)
焦 距 范 围:	机内自动校正
透 镜 焦 距:	在摄影没有控制条件(温度和压强)要求的24吋信道中, 机内有自动调焦系统。
象移运动补偿范围:	1.10到16.1吋/秒 0.36到3.03吋/秒
电 部 分:	交流: 三相115/220伏, 400赫, 最大功率1200瓦 直流: 24到26.5伏, 最大功率170瓦 (没有滚动校正), 最大功率310瓦(最大滚动校正)
运载工具运动补偿:	机内的滚动和俯仰校正 (机内的速度陀螺)

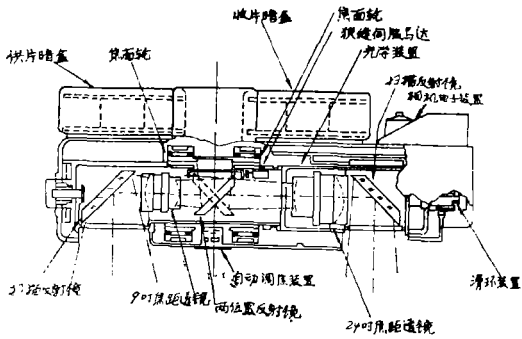


图2 KA-92 摄影机结构

### 扫描驱动系统

全景扫描是用光棒绕纵轴旋转而完成的。前面反射镜扫描地面。反射镜使光束拐90°角直接进入透镜，这个进入透镜的光束又由焦面反射镜拐90°通过快门狭缝到柱形焦面上成像摄影(见图3)由于焦面半径小于任何一个透镜焦距，相对图象线速度必定比扫描线速度大。因此，胶片必须对狭缝作相反运动。

两个信道都是180°扫描角。如果胶面轮

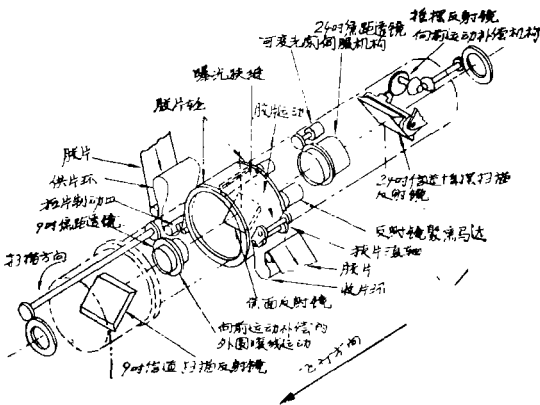


图3 光学结构

半径是9吋透镜焦距一半，光棒和胶片运动是连续的，当扫描反射镜由摄影机遮挡时曝了光的胶片刚好扫清180°角的焦面。因此，曝光胶片的末端和180°摄影扫描的始端相遇。由于间断运动胶片不存在，所以实际应用允许高周期速率，已经为9吋信道选择了这种操作方式。(实际上焦面半径是4.25吋，以提供帧与帧之间的数据空间)。24吋透镜信道必须间断运动方式操作，然而，因为用单一

焦面，所以上面所考虑的不能被满足。9吋信道的最大周期速率是8周/秒，以便得到55%重叠。24吋信道的最大周期速率是1.5周/秒，胶片操作系统和其他摄影机组件在下面叙述。

扫描驱动伺服系统为光棒装置和焦面胶片轮提供驱动力矩并控制通过扫描狭缝的胶片曝光速度。控制扫描速度是正比于由俯仰速度修改的速/高输入和操作方式(9吋和24吋信道)信号输入。(所涉及的俯仰速率本质上与周期速率相同)。

摄影机分辨率水平要求光棒的扫描运动和胶片速度之间必须保持极端精确的同步。这由无抖动的摩擦驱动系统提供给光棒和轮。一个电马达驱动的机械速度变换器改变光棒和焦面轮之间的速度比例，以适应两个信道。

### 胶片输送系统

胶片输送系统控制摄影机从供片轴到收片轴的胶片输送量。胶片输送系统能自动地满足两信道胶片运动的要求。这系统由三个分系统组成，上面胶片驱动系统，下面胶片驱动系统和焦面输送系统。胶片在摄影机中的输送由两个分开的电源来推动的，胶片驱动伺服电源带动上下胶片驱动分系统而扫描驱动伺服电机带动焦面输送分系统和光学扫描器。

上面胶片驱动控制从供片轴来的松开的胶片，胶片进出前后贮存区域并在收片轴上卷起曝过光的胶片。在两个信道中任何一个工作时，胶片驱动伺服马达通过三种速度连续输送胶片。在胶片驱动装置中用合适的离合器为摄影机的不同工作方式提供与周期速率成比例的额定胶片速度。两个胶片张力臂控制供片轴制动转矩和收片轴驱动转矩，它们是胶片张力的函数。供片力臂作用像对基座联接的可变拉力矩，收片力臂作用

像收片轴和驱动之间的可变转矩的离合器。

下面胶片驱动装置控制上面胶片驱动装置和焦面输送之间的胶片运动。这就意味着在焦面输送分系统按要求得到新胶片，而在输出端接受曝光胶片。下面胶片驱动在摄影机工作在9吋信道时以连续方式计量而在24吋信道时以间断方式计量。

焦面输送分系统控制胶片运动通过焦面区域，即越过胶片轮。这个分系统包含在焦面轮上提供适当胶片张力和制动必须的机械装置，以及挟片滚，其以胶片轮速度提供胶片输送。摄影机工作在9吋信道时连续地计量胶片，工作在24吋信道时间断的计量胶片。如前所述，扫描驱动伺服马达以与摄影机周期速率有关的适当速率驱动胶片轮。

## 片环控制

在摄影时，通过焦面区域的胶片速度必须精确的与扫描速度同步，而摄影机其余部位则不需要这样精确，就是只要求长时间平均胶片速度相同。

为了防止由于上下胶片驱动的相互影响而引起瞬时速度的不同，在胶片焦面输送分系统的供片和收片边保持松弛的片环以作隔离之用。片环与其他输送系统抑制结合起来的极限存储量要在所有时间内接近片环的控制尺寸。

利用三个发光二极管和光敏检测器（在红光光谱范围内工作）去监视供片环尺寸。胶片驱动速率的校正以监视片环尺寸为依据的。

在下面片环制导装置中有两个片环传感器（每个传感器由一个发光二极管和一个光敏二极管组成）。如果片环移动超越适当的限制范围传感器就发出信号，指出片环已超越了短、长片环的极限，同时切断摄影机电源。

## 胶片驱动伺服电子系统

胶片驱动伺服跟踪在焦面轮的胶片速度，这个速度是由扫描驱动速度和滚动校正来决定的。一个光学增量转速计以一速比与扫描驱动轴相接，这一比率以适当间隔提供触发数据注释头的脉冲，转速计的旋转频率与焦面轮速度成比例，因此也与胶片的速度成比例。

在转换成比例的直流电压后，这信息是用来作为胶片驱动伺服的输入指令。胶片驱动伺服的跟踪精度是由频率到直流转换精度和随动增益来决定的。然而，在这些单元之中即使可能有最好的精度，速度中的一个小误差将呈现出来。在胶片轮上这小误差将积累到耗尽这个自由片环。为避免这种误差的积累，用片环长度传感器获得速率校正信息用来调整胶片驱动的尺寸以保持适当的片环长度。

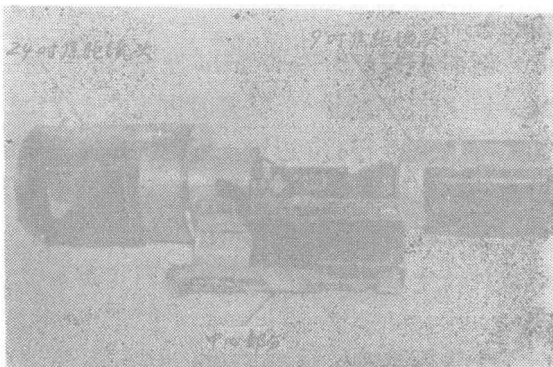


图4 光棒（打开的中心部分）

## 飞机运动的补偿

飞机俯仰和滚动引起摄影机姿态的扰动，图象运动的补偿是利用两个速率陀螺产生俯仰和滚动速度信息，使这摄影机能得到响应来完成的。陀螺安装在光棒上（摄影机的前端）。

滚动速率信息反馈到伺服系统，在胶片轮驱动系列中驱动一个机械牵引驱动差分

机械装置的行星托架去调制胶片轮的速度。

俯仰速率信息与速/高信息结合输入到扫描随动系统并驱动光棒。

因此，光棒（扫描速率）速度和胶片输送的速度之间保持适当同步，因为这些元件是用同一马达驱动的。

## 相机光学系统

如图3所示，在物空间有两个反射镜（扫描反射镜），每个透镜前有一个，将光路转 $90^\circ$ 。光棒沿纵轴旋转使扫描反射镜对物空间扫描一个线性结构，焦面反射镜位于象空间，转光路大致 $90^\circ$ ，成象在弯曲焦面上。两个摄影物镜面后方的元件，通过适当的定位在象空间二个透镜共用的焦面反射镜能够适当的选择焦距。焦面反射镜安装在光棒内的枢轴上，绕位于反射镜表面光轴旋转。旋转的角度要选择透镜使其聚于焦面。这旋转是操作者从飞机控制仪表盘远距离控制的调节器马达执行的。

两个透镜是由 Fairchild 设计和制造的，短焦距透镜是一个反摄远物镜式低畸变的9吋焦距的  $f/4.0$  透镜，可提供足够的后顶焦距以便在象空间可以作  $90^\circ$  折光轴。另外，顶点到顶点的设计尺寸限制到最小值，这设计是一个八个镜片的非对称双重高斯结构。

长焦距透镜是低畸变的24吋焦距的  $5/4.0$  的透镜，顶点到顶点的距离仅有焦距长的一半。这紧凑结构允许足够后顶焦距以便在象空间折摺光轴 $90^\circ$ 。这紧凑结构有9个镜片，每个都是球面镜。

两个透镜结构以减少与口径有关的象差（球差、轴外球差和彗差）而得到最佳化的低衬度分辨率。特别注意在这个结构中给出颜色的校正。通过特殊玻璃的选择和光强度分布，残留色差（二次色差）已经减少到允许在较大范围选择航空胶片的多样性，特别是新的彩色胶片。

特别注意给出了折摺装置和它的安装结构的热和机械稳定性。这稳定性在目前应用中是特别关键的，就是从飞行开始到工作状态，要时间极短。这样短的期间不能提供足够散去工作温度的时间而使反射镜/支架装置达到热平衡，因此反射镜/支架易受温度和机械上的变形。这趋向会使弯曲平面反射镜表面以不能控制的焦度影响光学系统和降低成象能力。此外，由于光棒的高速转动而产生的在9吋信道中对反射镜上作用的力也予以考虑以保证光学性能。

通过适当的选择材料并结合新的反射镜架结构的设计，这些问题已经消除。用 Cer-Vit 作为基底材料使反射镜和机架结构有满意的热性能和刚性。为三个反射镜提供了极好的安装装置，使由热和机械力引起的变形最小。这三个反射镜用反射镜杆进入通过反射镜中性面的小孔匹配到光棒底座上。压紧的衬垫隔开杆和反射镜以提供必要的刚度来保持反射镜瞄准并且还能满足允许的熱变化。

所有的光学组件全部安装在一个铝制结构的筒内。这个结构分成三部分，对准和锁定是同时进行的。在焦面反射镜装配和调正过程中，为容易进行，中心部分按纵向分成二部分。图4示出了光棒的结构。整个光棒处于动态平衡而使自振减到最小。光棒两端安装在精密的球轴承中，在后端是预负荷的一对轴承，它提供了轴向定位。而在前端是单一的轴承，它允许在前后方向（轴向）自由运动。必须考虑到由于温度变化光棒膨胀和收缩在一端提供轴向自由度。用扫描/胶片伺服马达经过一个由坚固橡皮圆盘做的精密摩擦驱动系统，驱动光棒旋转。

当光棒旋转时，光棒末端一个旋转的集流环装置输送电信号到转鼓。另外，每周一次旋转的定时圆盘直接接上并由光棒驱动。这个定时圆盘是一个码盘轮，它是时序记时系统的一部分，这个时序系统控制摄影机的周期作用，如：间歇式胶片输送，基准启动

和数据打印。

## 向前运动的补偿

在9吋焦距信道中，向前运动的补偿是使摄影机透镜沿着一个轴移动获得的。该轴垂直于光棒的主光轴。透镜的运动是对光棒旋转中心具有位移的固定峰值和随着扫描角相适应的同位相的正弦曲线。这相位关系是：在扫描中心（天底）时，透镜达到峰值线速度（离开棒中心零位移）。透镜的移动在一外圆摆线机械装置中完成，这机械装置使透镜枢轴构件以同样方向2倍光棒速率旋转。结构和机械装置相对运动的结果造成对于随着光棒旋转的座标系透镜中心做直线正弦运动。

在24吋焦距信道中，图象向前运动的补偿是靠通过对于标称的45°倾斜角与扫描角同相位，用一个固定角度位移的正弦摆动的扫描反射镜来获得。这扫描反射镜角位移由一个装配在反射镜支架内旋转着的偏心凸轮和随动器来完成的。这凸轮是由光棒的旋转来驱动的，旋转一周摄影机恰好是一个周期。机械动力是经过从反射镜支架上的行星齿轮到光棒轴上一个作圆周运动的固定式太阳齿轮传动系统来传递的。这太阳齿轮轴在摄影机体上由积分爪保持固定。

## 聚焦补偿

在KA-92摄影机中设有由于距离、温度和压强变化使焦距改变的补偿装置。两个信道各有供距离调焦校正的设备。24吋信道附加设备是为温度和压强补偿而用的。在9吋信道中，由于温度和压强的改变而使焦距产生小位移，这不要求校正。如果目标距离比透镜超焦距的距离短，焦距范围发生改变。Fairchild已经研究了一种新的补偿技术，适用于具有柱形焦面的摄影机，却不要求对作为高度函数的扫描角作动态跟踪，从而在

高周期速率中较可靠。

这技术已经用在本摄影机系统中。胶片轮（焦面）的中心旋转轴根据飞机高度作相对于光棒主轴而向上移动以便在对天底时作适当焦距的补偿。在水平线上时焦距变动基本上为零，并逐渐增加（作为扫描角的函数）到天底点时达到适当的位置。计算指出，在所提出的补偿系统中全部摄影机扫描角剩余几何误差小于0.0002吋。应该指出，焦点范围变化自动地造成图象速度自动补偿变化，而不要求胶片速度的调整。

这个机构的实现是安装胶片轮在托架上，而该托架又支撑在摄影机壳体上一个单一枢轴和凸轮/随动机构上。枢轴平行于光棒轴（亦即胶片轮轴）移动大约9吋。两个凸轮的旋转驱动托架上下移动，因而使轮轴离开棒轴。一个随动系统响应于从飞机来的高度信号信息，驱动凸轮因而也就驱动托架到适当的位置。

24吋焦点漂移是由于温度和压强变化引起焦距变化和摄影机结构的热胀冷缩而发生的。在这个信道中如果没有自动调焦系统，则应在控制的热环境中使摄影机长期停留可得到最高摄影性能。这种独特的性能在温度和压强宽范围的条件下自动补偿小的偏差使光学特性有最好焦点摄影。自动调焦系统的作用是在24吋透镜焦距中直接感觉出焦距偏差（由于温度和/或压强变化）并自动恢复摄影机到最好焦点的条件。每当24吋信道转换成“准备”方式时将进行自动调焦的过程。

自动调焦系统如图5所示，为提供自动调焦特性其增加了二个元件，其一是光学发射

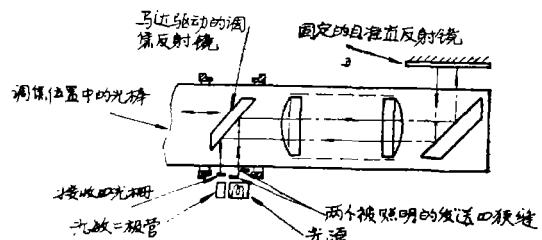


图5 自动调焦系统

器/接收器装置,其刚性的直接固定在马达驱动调焦反射镜下面的摄影机机体上。其二是固定在摄影机机体上的平面反射镜,其位于24吋焦距透镜扫描反射镜上面。在光学发射器/接收器单元中,光源照明沿光轴纵向交错和对另一个狭缝横向有微小偏移的两个发送器狭缝。光能通过两个狭缝由24吋焦距透镜收集并发送,靠瞄准反射镜回,再通过透镜并回到发送器/接收器单元接收部分。这接收器由在同一平面(即沿主光轴不分开)中的两个光栅组成,在光栅后有一光敏二极管检测器。

在接收器中,24吋焦距透镜形成每个发送狭缝的图象,一个在接收光栅之前和另一个在后。光棒旋转使发送器光栅图象被扫描横过接收光栅,其结果使每个发送狭缝通过接收器光栅的光能两次触发。光能通过接收光栅落在快速响应的光敏二极管上,在给定时间内光能转化为落在检测器上的光能总量成比例的电脉冲。

发送器/接收器装置沿着主光轴安装,对于24吋焦距透镜的后顶焦距来说,最佳点是当焦面反射镜在给定的位置时,此时在接收光栅前后等距离处形成发送器狭缝的像。这种情况的结果落到检测器上有等光能的脉冲,而从这发出同样的电脉冲。摄影机中发生任何变化之后,相应引起发送光栅像在光栅的前后作不相等的配置,结果导致不平衡的能量脉冲。在放大和处理以后对两个脉冲形状比较,将误差信号施于步进马达,以增量方式驱动焦面反射镜,直到后顶焦距达到平衡为止。

这光学发送器/接收装置由光源、聚光镜、一个棱镜、一个场镜和光敏二极管检测器组成。为了封装方便发送器光路是被折叠的,发送器狭缝和接收光栅两者配置在棱镜表面作为间隔和配置的永久控制。整个装置是用合板钉钉在相机体上,为了常规清洗光栅表面和灯泡替换可以卸下,而不致有光学装置调节的损耗。

## 自动曝光控制

曝光控制是用一个可变狭缝和一个可变透镜头光阑来实现的。自动曝光控制系统设计成自动选择最小可能狭缝宽度和最大光阑开口。这保证照片曝光是在最大快门速度和由运动引起的象质变劣减少到最小,对于地形的高照明光平和低周期速率,狭缝保持最小而光阑闭合一些。对于地形的照明下降或增加周期速率时,则光阑开到最小的 $f$ 数同时增加狭缝宽度。而9吋和24吋的光阑有它们自己的随动马达和反馈电位计。一个单个的随动放大器用焦距选择继电器转换到适当的马达。

狭缝控制是从0.020吋到0.500吋,光阑从 $f/4$ 到 $f/16$ 。光阑控制范围两个透镜是同样的。因此这个摄影机具有大约8.65挡范围的控制曝光性能。这系统也能适应各滤光器,其滤光系数从1.0到4.0。这里9吋和24吋系统分别控制。以操作手在控制仪表盘上发出的指令为依据,自动曝光控制系统备有可以加上或减去一档的曝光变化的装置。

## 数据记录

数字记录分系统具有用MIL—SID782数据块光学地标志每帧的能力。在9吋信道的操作方式中,胶片以极高速度(高达125吋/秒)连续运动,要求高速度高强度的记录技术。记录设备是一个镓砷磷化物发光二极管阵列,阵列排列方式是要能形成一个图象对应于MIL—SID782块的一行并同时印出32点的一整行。这图象是用小的记录透镜投影到胶片上。这些镓砷磷化物二极的高强光输出允许数据存储器一行记录用约10微秒的曝光时间。曝光时间短到足够防止小点的过度拖影(即使在250吋/秒最大速率下)。在恰当的时间间隔为18列块,用传感器查出胶片运动并重复闪光二极管阵列,在适当间隔上记

录其他的数据行。

在飞机信号转换器和固体记录头之间有一小接合装置包含在这系统中，以接合电路而允许保留现存飞机布线。

## 摄影机实验程序

摄影机系统在实验室进行了大量的实验。用3400型胶片在9吋信道和动态工作台进行分辨能力的实验，产生每毫米95条线分辨率和在24吋信道产生每毫米90条线分辨率。

另外，1973年在NAS Albang Leargia用高性能海军飞机作了初步的飞行实验。这摄影机系统牢固的安装在侦察舱中。在这次实验中，因为机内提供的聚焦特性，所以证

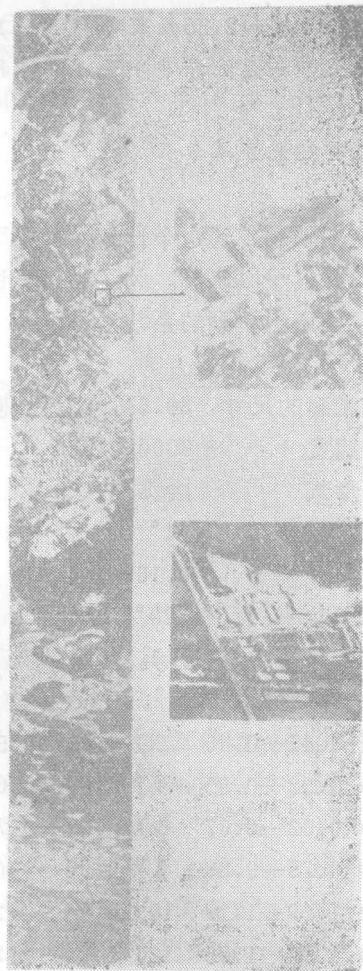


图6 KA-92 摄影机照片

明了仪器对预先作的热控制条件不作要求。初步飞行实验结果表明摄影机系统具有高性能的潜力。图6中表明这些实验时的典型照片。

因为实验室试验程序和飞行试验程序在摄影机上作了大量的周期试验（超过480000次）。为了在1974年初下一次飞行试验，准备革新摄影机、增加振动绝缘设备。这些将在下一步的试验中评价。

## 结束语

KA-92 摄影机系统是近年来发展的最先进的全景摄影机之一。摄影机以单一传感器为目前侦察飞机整个范围提供高性能全景图片的性能。

摄影机的独特聚焦特点是在目标距离，温度和压强/高度变化时保持胶片适当调焦。这特殊光学系统的热设计和不用大块光学玻璃，保证在要求时间中系统的热稳定性能。这种性能与调焦特性相结合，免除了设备的热条件控制而能获得最佳性能。而目前在所有长焦距摄影机系统中热条件控制是严重的限制。滚动和俯仰运动误差是在扫描和向前运动补偿系统内用附加的适当差分校正消除。这样不需复杂而又庞大的常平装置，使飞机的这些运动影响减少到最小。

高速度数据注释系统工艺状态是以完全满足 MIL—STD782的严格公差，这是在飞行中用固体发光陈列曝光胶片的作用来完成的。这是目前发展和利用这种独特系统的第一个摄影机。

最后，此设计鉴定指出，这不是一个非常成熟的摄影机。但是其构成了实用的军用设备，同时它具有一个低的总寿命周期成本，在适当的价格范围内和一个允许的交货期限是可能大量生产的。

译自“Photogrammetric  
Engineering”1974  
年10月P 1225—1235