

編 号: (77) 001

內 部

出国参观考察报告

英国高速摄影发展概况

科学技术文献出版社

出国参观考察报告

英国高速摄影发展概况

(内部发行)

编辑者：中国科学技术情报研究所

出版者：科学技术文献出版社

印刷者：中国科学技术情报研究所印刷厂

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

开本 $787 \times 1092 \cdot \frac{1}{16}$ 2.5 印张 60千字

统一书号：15776.220 定价：0.40元

1977年3月出版

毛主席语录

列宁为什么说对资产阶级专政，这个问题要搞清楚。这个问题不搞清楚，就会变修正主义。要使全国知道。

古为今用，洋为中用。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

目 录

一、概况	(1)
二、高速摄影机	(5)
三、变象管的研制及生产状况	(15)
四、高速摄影的应用	(24)
五、几种光学检测仪器.....	(31)

英国高速摄影发展概况

中国科学院高速摄影考察组

根据中英两方学术交流协议,中国科学院高速摄影考察组应英国皇家学会的邀请,于一九七五年十月二十九日至十一月二十六日在英国进行了参观访问。在此期间,考察组与英国高速摄影界人士进行了友好活动和学术交流。先后共参观了十七个单位,其中有两所大学,四个研究所和十个公司(详见表1)。

通过这次参观访问,对英国高速摄影技术的发展情况和当前研究动向有了基本的了解,对于某些关键工艺还了解的比较仔细。

遵照毛主席关于“自力更生”,“洋为中用”的方针,现就我们考察的情况综合整理如下供参考。由于了解的情况不够深入全面,加之,我们的水平有限,且未经充分讨论,如有错误和不当之处,请批评指正。

一、概 况

我们这次出访主要是了解英国目前高速摄影机研制的特点、现状、应用情况及发展动向。在技术上,着重了解变象管高速摄影机的关键部件——变象管的制造工艺和光学设计等问题。

英国是第二次世界大战后开始高速摄影研究工作的,当时主要围绕原子武器实验测试工作的需要,其主要承担单位是原子武器研究机构(AWRE)。在一九五七年——一九六四年从原子武器研究机构的成立发展到设立高速摄影委员会,共包括十几个组织(其中工业方面十二个组织,大学有五个组织)。这就扩大了高速摄影研究工作的队伍。特别自一九五六年英国召开的国际高速摄影会议以来,近二十年的时间发展速度是非常快的(国际上从一九五二年华盛顿第一次国际高速摄影会议以来,每隔两年举行一次国际高速摄影会议)。英国皇家摄影协会和高速摄影协会都是比较庞大的组织,其中皇家摄影协会拥有6400会员,而三分之一为国外学者加入的会员,包括科学、艺术摄影等,高速摄影在每年春秋两季各举行一次例会,进行专业学术交流。这说明英国对这方面的工作是比较重视的。

英国在一九六〇年以前最早研制的是旋转反射镜式高速摄影机。典型的为CP5,CP6型;还有电影高速摄影机。随后又研制了克尔盒和电火花高速摄影机,网格式超高速摄影机等。近十几年来,在整体结构原理上没有过多的发展,但随着光学镜头质量的改进以及照像底片的感光度和分辨率的提高,使得记录的空间和时间信息量都有很大增加。在六十年代初期,英国就着手研究变象管高速摄影机,经过十多年的不断改进,才真正在科学实验工作中付诸应用。单从摄影的时间分辨率上来看,可以说一九五〇年左右研制的是微秒(百万分之一秒)或亚微秒的高速摄影机,而六十年代初期就达到了毫微秒(十亿分之一秒)的摄影机,一九七〇年以后就研究微微秒(10^{-12} 秒即一万亿分之一秒)的高速摄影机。

随着电子光学扫描管萃选网格电极的发明,使变象管高速摄影机的时间分辨率短至一个

表1 参 观 单 位

单 位 名 称	单 位 基 本 情 况	天 数	主 要 参 观 内 容
1) 萨拉研究所 (SIRA) (有限公司)	英国第一个研究所, 成立于1890年, 共170人。主要从事光学和电子光学方面的测量和控制仪器的研制。	一 天	透镜质量光电检验仪; 飞点(飞场)激光扫描仪; 离子束抛光和一般光学冷加工方法。
2) 皇家研究院 (The Royal Institution of Great Britain)	主要是波特教授领导的30多人的一个研究组。在该研究院工作要有博士以上的学位。主要应用高速摄影等方法研究分子、原子、自由离子的运动过程及光化学反应等。但因资金不足而发展缓慢。	一 天	用激光脉冲高速变象管相机研究叶绿素的光化学反应, 光能的生物转换等。 克尔盒毫微秒高速相机。 泡克尔盒毫微秒高速相机。 法拉弟实验室。
8) 英国电子管公司 (English Electric Valve Company)	该厂在二次世界大战后建立。共约2000人(研究力量450人), 其中300多人专搞纤维光学元件。主要从事电视广播用管, 象变换管, 象增强器, 储存和显示管以及专用光阴极及其装置等等。	一 天	几种变象管及其制作工艺和性能测试方法。
4) 格林威治天文台 (Royal Greenwich Observatory)	从事天文观测和世界性天文资料处理。研制大型望远镜和天文光谱象变换管等。英帝国学院 C. G. Wynne 教授在此从事天文光学工作。	一 天	天文光谱仪, 天文象变换管。 大型天文望远镜(67年建成), 口径2.5米, f/3。
5) 二十世纪电子有限公司 (20th Century Electronics Ltd)	研制高速快门管, 光电倍增管及阴极射线管等光电转换器件。约有250人。	一 天	FE9A 型象变换管及网格电极的制作工艺。
6) 伊美电子公司 (EMI, Electronics Ltd)	该公司2000多人, 制造各种光电转换器件和仪器。	一 天	高速摄影用象变换管和象增强器的制作工艺。 夜视电视用雪崩二极管。
7) 剑桥大学 (Cambridge University) 哈瓦底什实验室(Cavendish Laboratory)	该实验室有20几人, 主要从事高速摄影的应用研究。	一 天	高速全息照相; 转镜式高速摄影机; 脉冲激光高速摄影机; 高速摄影的应用: 固体和液体的碰撞现象; 破裂过程; 爆炸物的起爆和爆炸过程。

单 位 名 称	单 位 基 本 情 况	天 数	主 要 参 观 内 容
8) 马拉德公司(Mul-lard Ltd)	属于飞利浦公司的子公司, 飞利浦共约6万多人, 马拉德有2500人, 主要从事变象管、象增强器, 光电倍增管等光电器件的生产。	一 天	纤维光学耦合级联象增强器; 纤维面板的制作工艺。微通道板象增强器; 高速快门管分幅及扫描管。光学车间及机加工车间。
9) 国家物理实验室(NPL)	建立于1900年, 约1100人, 共分10个部门。主要搞标准计量, 以机械计量研究较多。光学方面包括光度、色度、干涉表面光洁度、折射率及传递函数测量等。	一 天	几种激光干涉仪; 计算机产生的全息图; 全息摄影和高速全息摄影。
10) 兰克光学公司(Rank Optics Ltd) 泰劳霍普森厂 (Taylor Hobson Optics)	兰克公司有五个分厂, 该厂主要从事电影电视光学镜头的设计和加工。也搞一些纤维光学器件。		电影电视变焦距镜头的设计、加工和装调。光学镜头象质检验。 EROSIVMTF 分析仪, 光学和机械加工车间
11) 皮坎顿兄弟公司(Pilkington P.E.Ltd)	该公司位于北威尔斯, 约有1500人, 主要生产光学玻璃(chance 玻璃厂); 研制几种瞄准具和夜视光学仪器, 光通讯器件, 并承担美国军工订货(P. P. E. Ltd)。	二 天	坦克、飞机瞄准具; 微光夜视象增强器, 光学仪器的装调检验; 高速纹影摄影和高速全息照相。光学玻璃制造工艺; 光色玻璃及纤维光学玻璃熔炼。
12) 海德兰特公司(John Hadland (P.I) Ltd)	该公司约100多人, 主要利用其它公司的元件、部件进行高速摄影机整机装调, 也搞些研制工作。以销售高速摄影机为主要任务。其产品推销到世界100多个国家。	二 天	稜镜补偿式高速摄影机; 转镜式高速摄影机; 三种变象管高速摄影机等的性能演示和讨论。
14) 帝国学院物理系(Imperial College, Department of Physics)	该系光学部共分四个组(相干光学组, 光学设计组, 生理光学组, 激光组)	一 天	主要参观激光组和天文学部。微微秒变象管高速摄影机; 超短脉冲(亚微微秒)的产生及测量。光谱计时仪, 激光压缩装置。四级磁聚焦象增强器。
13) 希尔格·瓦兹厂(Hilger & Watts)	该厂现属于兰克公司的分厂。主要从事高精度光学和光电检测仪器, 干涉仪, 单色仪, 摄谱仪, 分光光度计, 测角仪等的研制和生产。	一 天	测角仪, 干涉仪, 单色仪和光栅摄谱仪等的装调和自动记录系统。

单 位 名 称	单 位 基 本 情 况	天 数	主 要 参 观 内 容
15) 玛奇伍德实验室 (March-Wood Laboratories)	该实验室属于发电站(包括原子能发电)的一个组成部分,共分八个实验室,主要围绕电力工业和原子能工业进行实验室装置和研究工作。	一 天	大功率二氧化碳激光器,激光斯利文(Schlieren)摄影,高速摄影在工业焊接中的应用; 伊美康电弧,等离子体的摄影。 可调谐染料激光器件。
16) 伊林-贝克公司 (Ealing-Beck Ltd)	属于美国的分公司,主要从事光学测量仪器的生产。		EROS-200 型和 EROS IV 型大型光学传递函数分析器。 透镜中心自动检测仪。

微微秒左右。目前英帝国理工学院应用物理系光学部布雷德莱教授领导下所做的亚微微秒光电计时仪,以激光脉冲所做的双光子荧光效应实验,可达到500毫微微秒(500×10^{-15} 秒,即50万亿分之一秒)的时间分辨率。同时波段范围可扩展到艾克斯射线和真空紫外,这反映了英国目前高速摄影研究工作的最新水平。

从研究力量来看,英国高速摄影的理论研究主要在研究所和大学里,同时他们也搞一些试制产品。高速摄影所用的各种象变换管,主要由几家公司(如英国电子管公司,玛拉德公司和伊美公司等)生产。高速摄影机整机的研制和装配工作,主要是在海德兰特公司、原子武器研究机构等单位。通过座谈讨论了解到英国皇家空军组织(ARE)在这方面也做了不少工作。

目前,英国在旋转反射镜高速摄影机和稜镜补偿式高速摄影机方面已经基本定型,没有看见什么新的产品。只是在操作方便、简单可靠、小型化以及形式美观方面进行了些改进。如海德兰特公司的海斯比特型稜镜补偿式相机就是在美国的海堪姆型相机上的改进,它提高了拍摄频率,减少了光学系统的光能损失,分辨率也有些提高,性能比较好。他们的重点是在研制变象管高速摄影机,如伊麦康600型,700型,675型以及X—Chron 400型微微秒摄影机,艾克斯射线扫描摄影机和超短激光脉冲的研究以及两者相结合的测试研究等。

他们在激光全息摄影和高速全息记录方面也做了不少工作。如全息电影,激光干涉两次曝光法,脉冲激光多幅高速全息照相以及激光斯利文(Schlieren)方法等都有一些实验结果。

从应用方面来看,英国对高速摄影的应用研究和使用范围也是比较广泛的。它不单是对开始阶段的原子弹爆炸和核聚变过程的光学测试,同时扩展到生物学、光化学,特别是在技术工程中,如爆炸碰撞、燃烧、焊接等方面的应用研究就更加广泛。特别是随着激光研究的发展,使得高速摄影已成为激光诊断以及等离子体物理方面重要的不可缺少的测试工具。正是由于激光的出现,也促进了高速摄影象变换管的发展,因为激光能产生超短脉冲,而变象管能检测超短脉冲的弛豫时间。另外,应用高速摄影机研究激光压缩和核聚变也是英国当前的一个主要课题。可以看出,目前英国在高速摄影方面研究的重点是变象管高速摄影机以及可见区以外波段范围的特殊摄影(如激光全息高速摄影等),其应用研究看来占有更大的比例。

二、高速摄影机

英国约翰·海德兰特 (John Hadland) 公司主要生产变象管高速摄影机和16毫米 稜镜补偿式摄影机。该公司只有一百多人,它似乎只相当于一个装校车间,主要的零部件都是从其它公司买来的,或由别的公司加工的。如变象管高速摄影机中的变象管、光学镜头以及机械外壳和底座支承等,都是从其他公司买来的和加工的。这个公司只有一台车床、一台钻床和二台台钻。但在研究变象管摄影机方面的国际上较有点名气的人物A·E·休斯顿 (A·E·Huston) 却在该公司工作。另外,该公司还是英国巴尔斯特浪 (Barr & storund) 公司的技术代理和经销者。

约翰·海德兰特 (John Hadland) 公司生产的变象管高速摄影有下列几种型号:

1. 依麦康 (IMACON) 700型; 2. 依麦康 (IMACON) 600型; 3. 依麦康 (IMACON) 675型。

生产一种海斯皮特 (Hyspeed) 16 毫米稜镜补偿式摄影机。此外,还在研制单次拍摄的夜视照相机及触发式转镜相机。

(一) 变象管高速摄影机

1. 依麦康 (IMACON) 700型

该相机外形如图 1 所示。

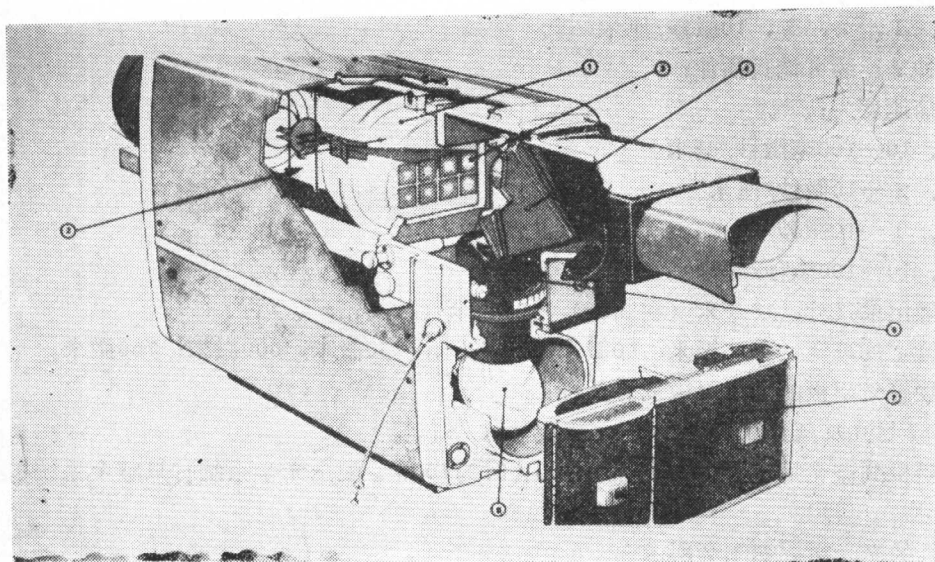


图1 伊麦康700型结构图

1. 变象管, 2. 静电偏转系统, 3. 荧光屏, 4. 可转动反射镜 (图示为记录位置), 5. 带有中心快门的大孔径的投影镜, 6. 固定反射镜, 7. 记录相机 (图示为与整机分离的位置)。

相机可作分幅使用和扫描使用。作分幅使用时其技术指标为：

画幅频率：最低 2.5×10^4 幅/秒；最高 2×10^7 幅/秒。

共分十档： 2.5×10^4 ； 5×10^4 ；

1×10^5 ； 2×10^5 ； 5×10^5 ；

1×10^6 ； 2×10^6 ； 5×10^6 ；

1×10^7 ； 2×10^7 。

画幅数：最少8张；最多50张。

8张：画幅尺寸为 18×16 毫米²

10张：画幅尺寸为 18×12 毫米²

12张：画幅尺寸为 18×10 毫米²

14张：画幅尺寸为 18×8 毫米²

16张：画幅尺寸为 18×7 毫米²

50张：画幅尺寸为 18×2.5 毫米²

在底片上的分辨率：

曝光时间为一微秒时，分辨率为10对线/毫米；

曝光时间为十毫微秒时，分辨率为5对线/毫米。

相机主物镜焦距有几种：最短焦距为18毫米；最长焦距为1000毫米。

作为扫描使用时其技术指标为：

扫描速度有两种插件：

一种是转换式插件：

扫描速度为：

1. 1, 2, 5, 10毫微秒/毫米

2. 10, 20, 50, 100毫微秒/毫米

3. 1, 2, 5, 10微秒/厘米

一种是连续可调式插件：

扫描速度为：

1. 10—100毫微秒/毫米

2. 1—10微秒/厘米

3. 1—10微秒/毫米

4. 10—100微秒/毫米

扫描记录尺寸：18毫米（空间轴） $\times$ 70毫米（时间轴）

狭缝宽度可变：有25微米；50微米；100微米；250微米；500微米；750微米。

变象管光阴极的光谱灵敏度有几种：

S_{11} ， S_{20} 及延伸到红光的 S_{20} ， S_{20}^{UV} ， S_{11} 。

光阴极到萤光屏光增益对 S_{20} 在4600 Å时为100倍。配上光学系统时只整个系统增益为2倍。

相机的光学布置如图2所示。

物镜把目标成象在变象管的光阴极上，光阴极上的目标象经过变象管的作用又在变象管的萤光屏上成象，此象经过二个平面反射镜和投影镜再在底片上成象。把可转动的平面反射镜转到上面，再按下聚焦透镜可对目标取景调焦，作为扫描使用时，换上带有狭缝的透镜组

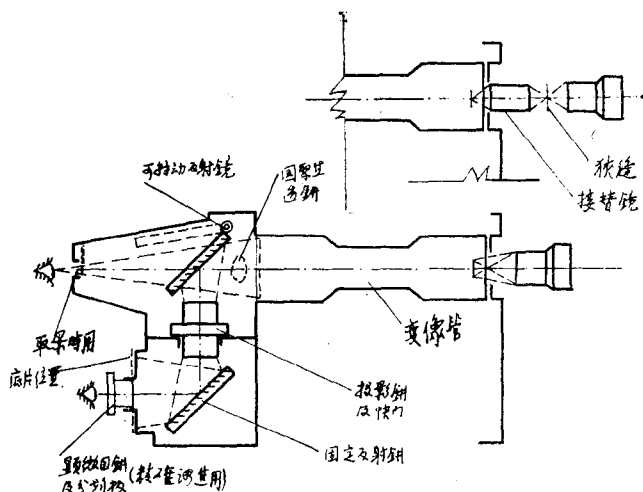


图 2

实现快门的作用。曝光是当正弦波通过它的零点时获得的，也就是说每一周期有两次曝光。曝光量取决于所加正弦电压的振幅和孔径板的孔隙宽度。所加正弦电压的振幅通常调到使有效曝光时间等于画幅间隔时间的五分之一。由于萤光屏的象是移动的，为使象不动，利用补偿板来矫正。在补偿板上加上相同频率和振幅但位相不同的另一正弦电压，并选择一定的位相差，这样既抵消快门板带给电子束的移动又使图象在萤光屏上固定于不同的位置。如在图4中所示，ab所给出的曝光由a'b'来补偿，cd所给出的曝光由c'd'来补偿。但a'b'和c'd'的平均电位是相等的，而极性相反，故象交替地一个在另一个的上面，从而在萤光屏上呈现二排图象。由于a'b'、c'd'和ab、cd不是严格一样的，所以欲使萤光屏上的图象不动，不是十分理想的。但是如果有效曝光时间不超过画幅间隔的五分之一，可以认为图象是足够稳定的。

图 3

快门动作所需的正弦电压由一个真空管振荡器产生，振荡器允许连续工作，因而，如果不进行其它操作，那时在萤光屏上就只出现两个图象，而每一幅象都包含着连续的一系列的叠加的曝光。为把它们分离成单一的分立的象的序列，必须使电子束偏转，其偏转方向与快门板所引起的偏转方向相垂直。这就是用阶梯波加在位移板上来实现。所加阶梯波，应如此地实现同步，即阶梯波的“梯级”发生在每两次曝光之间，且“坪”要足够的长，容许在下一个梯级之前完成两次曝光。一个偏移偏压维持足够的偏转，使电子束保存在刚离开萤光屏边缘一点而直到从目标来的一个触发脉冲到达时，阶梯波发生器开始工作。阶梯波直接从快门振荡产生，这样可以保证正确的位相关系。

当象的序列完成以后，加到变象管上的极高压(20千伏)由于触发一火花隙开关而迅速地

被除去。这实际上就是使高压线短路。从而保证在象的序列完成以后，如果目标继续发光，那时变象管的光阴极就不再被继续激励。

相机还带有备用的同步插件，它可以保证记录到不能被同步的目标的初始光。它的作用原理如图 5 所示。

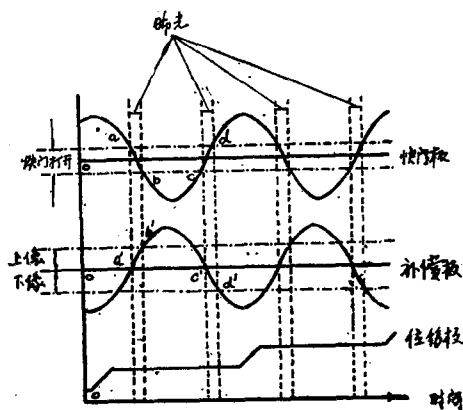


图 4

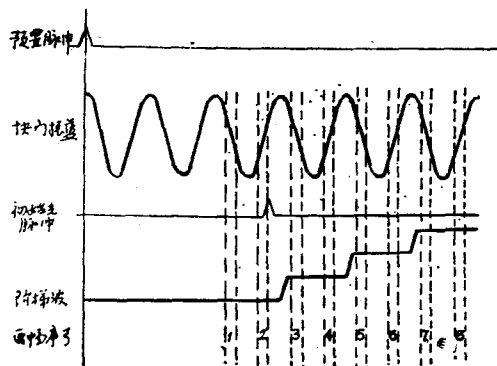


图 5

一个预置脉冲在预料目标发光之前的某一时间（20微秒到500微秒之内）加上，这预置脉冲触发振荡器工作，并且它的振幅直到目标发光和被记录之前维持恒定。如果在这个振荡期间，由光敏二极管接收目标初始光而给出另一脉冲加于相机，那时，而且直到那时，阶梯波才产生新的梯级，开始在萤光屏的横向推进象的位置。这就是说，在相机触发期间，有可能得到一幅或两幅初始光的图象，这主要取决于光敏二极管本身的固有延迟。

b) 扫描式工作原理：

把扫描式插件组插入相机，便自动地改变电路连接，应用触发相机的触发脉冲产生对称的线性斜坡电压，并把它加于第三对偏转板（位移板）上，即实现扫描作用。如图 6 所示。最高的时间分辨率可达50微微秒。

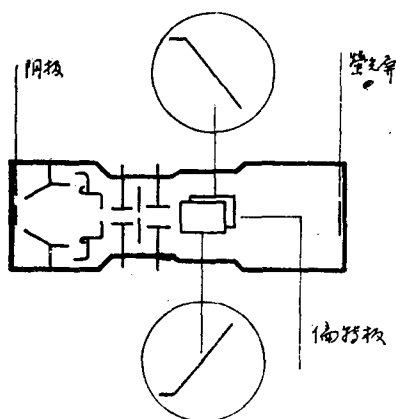


图 6

2. 依麦康 (IMACON) 600型

相机外形如图 7 所示。

这种相机是依麦康(IMACON 700型的改进，它的画幅频率达 6×10^8 幅/秒，画幅有效曝光时间为 1 毫微秒，画幅尺寸为 6×14 毫米²，画幅数为 9 张，动态分辨率为 3 对线/毫米。作为扫描使用时最大扫描速度为 35 毫米/毫微秒。

通常变象管高速摄影机要达到分幅作用首先要间断变象管中的电子束来实现重复的快门动作，其次要把间断的电子束从萤光屏的一个位置移到另一位置，以得到分离的一幅一幅图象。在依麦康600型相机中，电子束中断作用被取消，而且萤光屏上的图象位置从一处移到另一处是非常之快，避免在二个

画幅间隔间的底片曝光。在超高速摄影中使用高对比的底片，也二有助于避免二个画幅间隔间的曝光。

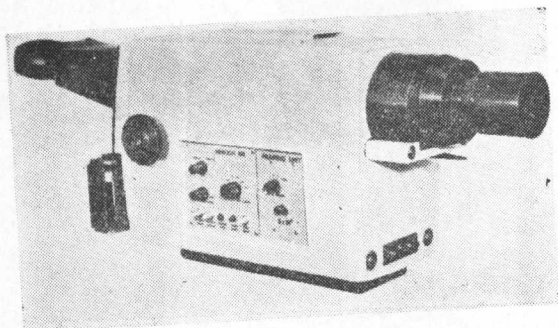


图 7

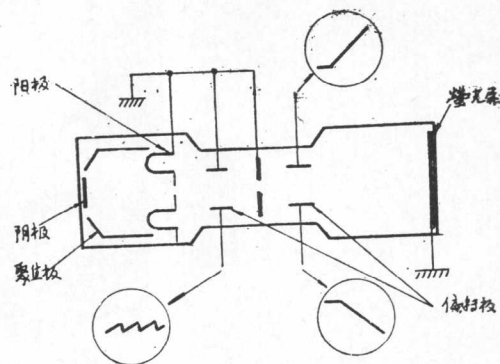


图 8

在依麦康 (IMACON) 600型相机中，变象管只有二对偏转极，并在同一平面内实现电子束的偏转。其作用原理如图 8 所示：在一对偏转板上加重复的锯齿波电压，而在另一对偏转板上加线性斜坡电压。锯齿波电压由锯齿波电压发生器供给，线性斜坡电压是由加到相机上的触发脉冲触发斜坡电压发生器产生。线性斜坡电压是单次冲击电压。当锯齿波电压的线性部份下降速率调到与线性斜坡电压上升速率相一致时，二种波形电压合成的结果得一阶梯波形电压。阶梯波形电压平的部份是锯齿波电压下降部份与线性斜坡电压上升部份相对消的结果。阶梯波电压使电子束产生偏转。由于偏转分成二个部份构成，而每一部份都是独立产生和独立作用于管子的，所以有可能达到非常高的画幅频率。

约翰·海德兰特 (John Hadland) 公司还生产一种带有象增强器的依麦康 (IMACON) 600型扫描相机。其外形如图 9 所示。它用的变象管是英国电子管公司 (E·E·V) 生产的带有网格电极的 P₈₅₅ 管子。它用的象增强器是英国 EMI 公司生产的 9694 型四级磁聚焦象增强器。用 $f/2$ 透镜以 1:1 和变象管耦合。在底片上的扫描速度可达 80 毫米/毫微秒。

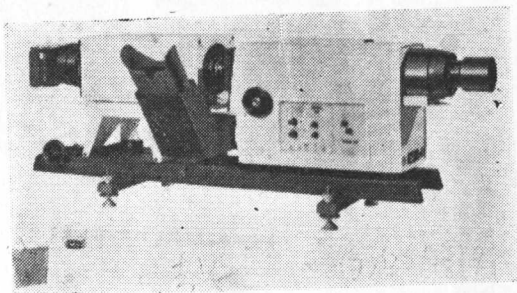


图 9

3. 依麦康 (IMACON) 675型

这是依麦康 (IMACON) 600型扫描相机的改进。它是用具有75毫米直径的纤维面板作变象管的荧光屏直接和微通道板象增强器耦合。而不是用四级磁聚焦象增强器。它的优点是体积缩小很多，光增益高，噪音小，而且微通道板象增强器只需 9 仟伏静电 (磁聚焦四级象增强器要三万伏)。相机的时间分辨率可达 3 微微秒。底片记录长度70毫米。

它还可以去掉微通道板象增强器，用底片直接与纤维面板耦合。这时它的扫描速度可从 0.1~35毫米/毫微秒。时间分辨率约10微微秒。空间分辨率约 6 对线/毫米。相机外形如图 10 所示。

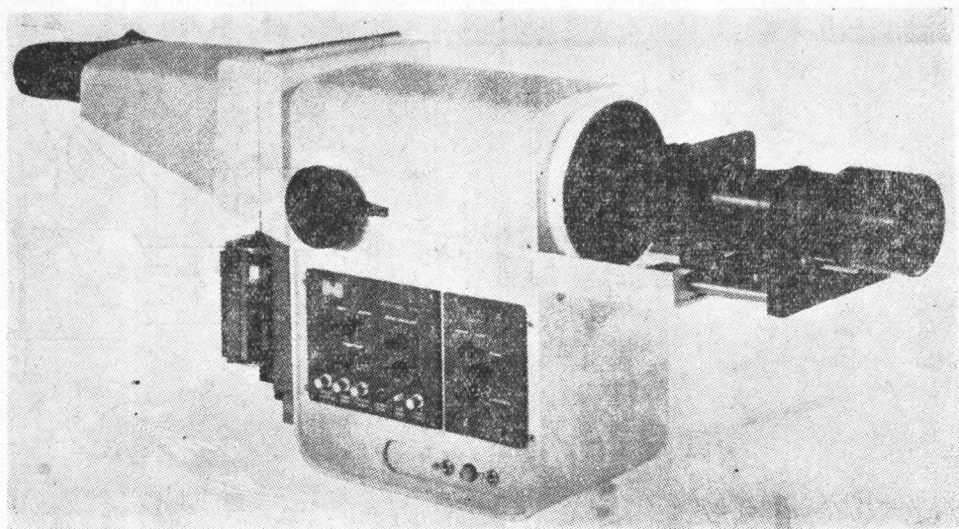


图 10

(二) 海斯皮特 (Hyspeed) 16毫米 棱镜补偿高速摄影机

该相机外形如图11所示。

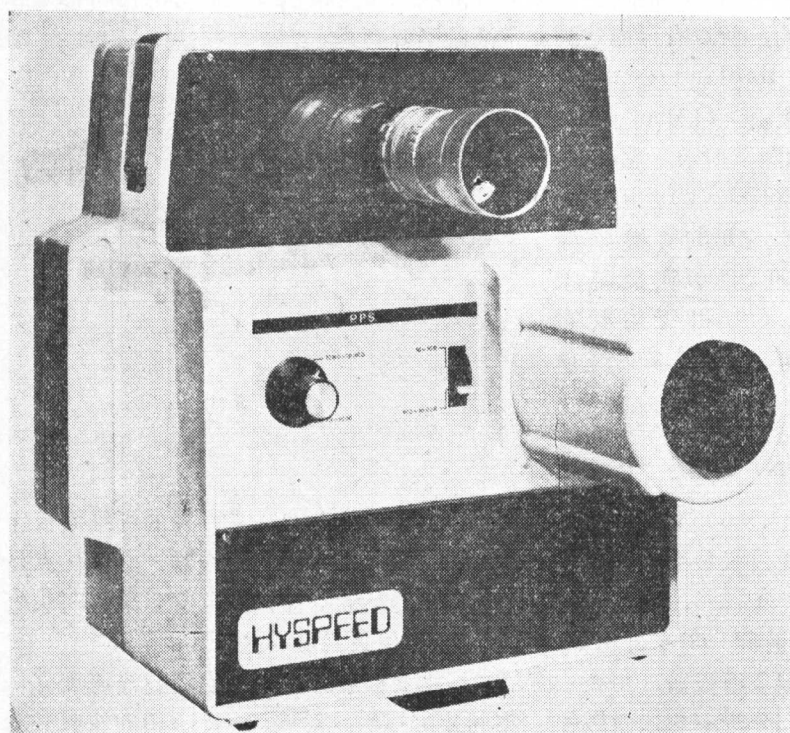


图 11

主要性能指标:

1. 拍摄频率:

10~11,000 幅/秒
(16毫米标准画幅尺寸)

20~22,000幅/秒,
(16毫米标准画幅的 $\frac{1}{2}$
高)

40~44,000幅/秒,
(16毫米标准画幅的 $\frac{1}{4}$
高)

2. 片容量120米。

3. 快门系数有1/
2.5, 1/5, 1/10,
1/20, 1/50, 1/100,
曝光范围从40毫秒到1
微秒。

4. 系统分辨率达
70对线/毫米。

5. 主物镜相对孔
径为f/3。

6. 闪光二极管1000次/秒可调, 30微秒/每个脉冲。

这种相机的特点是快门叶子板、补偿稜镜和输片齿轮三者共轴。可分别换上 8 面体、16面体及32面体补偿稜镜, 以改变拍摄频率和画幅尺寸。可换不同开口角的叶子板, 以改变曝光时间。该相机还可作扫描记录和示波记录。它的原理如图12所示。

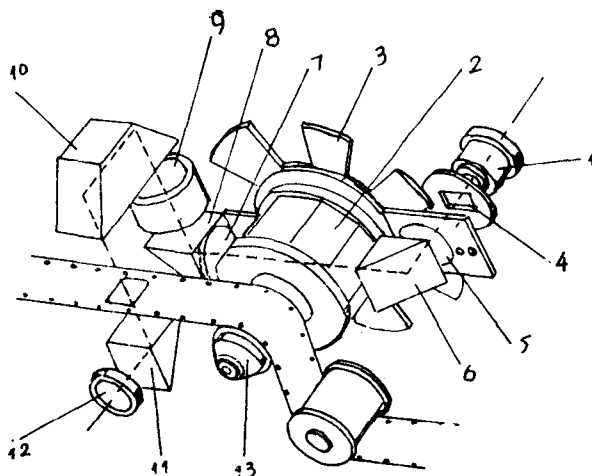


图 12

- | | | |
|------------|-----------|----------------|
| 1. 物镜, | 2. 补偿稜镜, | 3. 叶子板快门, |
| 4. 孔径光栏, | 5. 第一场镜, | 6. 第一稜镜, |
| 7. 第二场镜, | 8. 第二稜镜, | 9. 接替透镜, |
| 10. U 形稜镜, | 11. 取景稜镜, | 12. 目镜或示波记录透镜, |
| 13. 输片齿轮。 | | |

实际上就是美国的海堪姆 (Hycam) 相机系统。据约翰·海德兰特 (John Hadland) 公司讲: 他们只不过作了一些改进。其主要改进有:

1. 用光发射二极管控制速度, 稳定性好。
2. 鉴别率比美国的好, 提高5对线/毫米, (据说可达90对线/毫米, 正常为70对线/毫米)。
3. 改进了镀膜技术, 提高了光透过率。

4. 有计数器和内锁安全装置, 保证精确同步。

5. 主物镜相对孔径为 $f/3$ (美国的为 $f/3.5$)。

相机性能曲线如图13所示。

相机尚有底片用量显示器, 其显示精度为15厘米。

关于八面体补偿稜镜制造上的一些要求:

符号如图14所示。

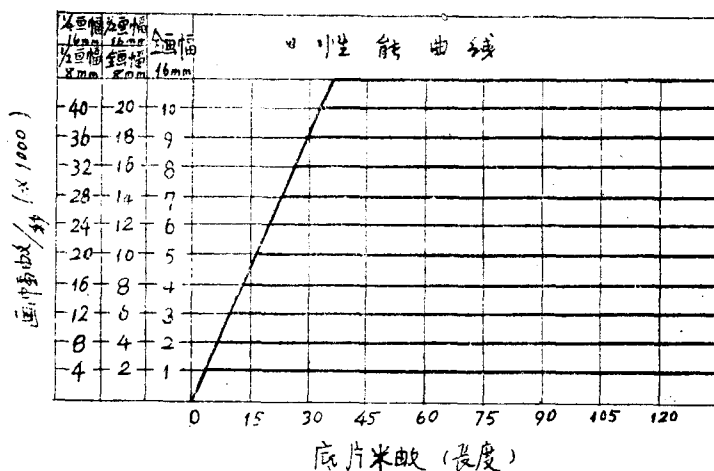


图 13

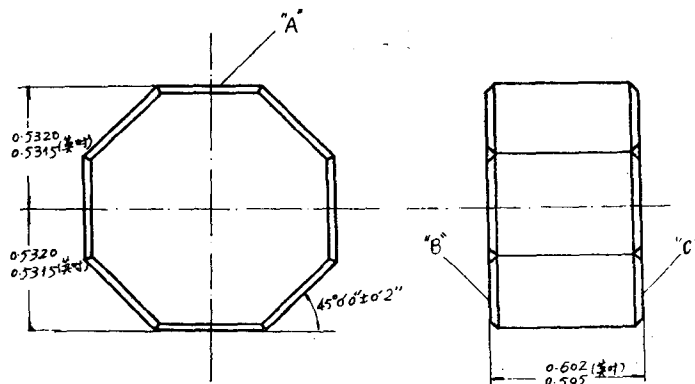


图 14

1. “A”面要求1/2光圈，镀减反射膜，在425—675nm波段内平均反射率0.4%。2. “A”面与其对应平行度在30″内。3. 在二抛光面间最大尖塔差为30弧秒。5. 光圈则量用5461 Å波长。6. 各面平面性在0.0001″以内。7. “B”和“A”的垂直性在0.0001″以内。8. “B”和“C”的平行度在0.0001″以内。9. 棱镜材料——光学玻璃C-1 (523—586) 需精密退火。条纹为A级。

(三) 微通道板增强管作快门的单次拍摄照相机

这种相机用于弱光目标。它用的是英国玛拉德 (Mullard) 公司生产的××1360微通道板增强管，管子萤光屏直径为25毫米。为保持从萤光屏到底片上光输出的最大传递效率，设计了一个直接接触的机构使底片在曝光时直接与微通道板增强器的输出面接触。当移动底片时通过底片的辅助磁化线圈使底片与管子的输出面离开，以保证管子输出面不被磨毛。使用35毫米底片。

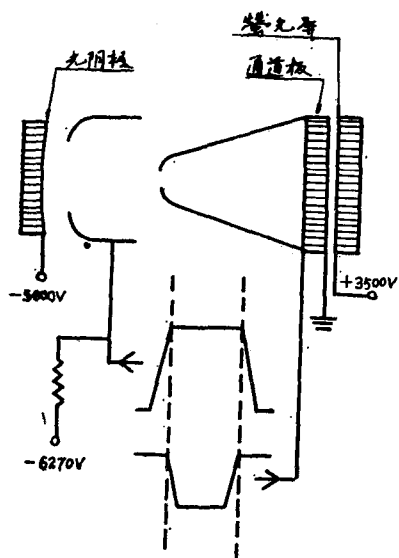


图 15

曝光时间可从 10^{-1} 秒到 10^{-8} 秒，在曝光时间为10毫微秒时分辨率为5对线/毫米。

它的作用原理如图15所示。这是一种双选通脉冲系统。除在通道板上加一选通脉冲外，在聚焦电极和光阴极之间还加一选通脉冲。但重要的是聚焦电极选通脉冲必须先于通道板选通脉冲加上。在通道板打开之前，聚焦极电位必须保证稳定，以保证画幅质量。同样，通道板的电位必须先于聚焦极电位降至零之前移去。利用这种双选通系统可以达到 10^9 的开一关比。

这种相机尚处于研制阶段，还未定型生产。

(四) 触 发 式 转 镜 相 机

在我们通常所说的转镜相机中，都是由相机去触发目标。有时为了减小同步的困难而采用等待型转镜相机，这就要增加设计的复杂性。在触发式转镜相机中，转镜是脉冲马达式的，由目标来触发转镜，这对拍摄频率要求不高时，也是解决同步问题的一种很好的途径。

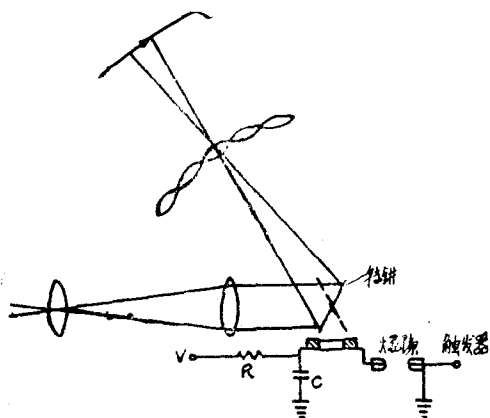


图 16

这种脉冲马达式转镜，转子就是转镜本身。它可以在100微秒内上升到20000转/分的工作速度。转镜为铝合金做的。尺寸为 $32 \times 20 \times 4$ 毫米。它的作用原理如图16所示，电容器C经过馈电阻R充电到5 kv。根据要求由一适当的脉冲触发火花隙接通电路，使电容器放电。放电在100微秒内发生。在转镜底边下的感应电流，通过定子绕组建立起来的磁场产生高的力矩使转镜旋转。但在

放电前，转镜相对定子必须有一固定位置（如图中虚线所示），使它在放电后上升到最大速度时正好转镜面处于起始的工作位置，这时正好接收到目标来的光，然后把目标的光扫过相机的工作角。这种单边驱动转镜的方法，转镜最大转速可达7200转/分。为了增加转镜转速，采用驱动转镜上、下两边的驱动方法。如图17所示。这时转镜可以用轴和轴承装在定子里。在输入与单边驱动的相同能量下，转镜转速可达24000转/分。但转镜的旋转方向相反。把这种脉冲马达式转镜装在Cp 5相机中，频率能达到500000幅/秒。动态分辨率可达20对线/毫米。

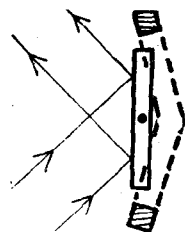


图 17

这种相机仍在研制过程中，尚未定型生产。

(五) 微 微 秒 变 象 管 扫 描 相 机

直到1970年英国伦敦大学帝国理工学院物理系应用光学部D.J.Bradley教授提出在变象管光阴极后加网格电极之前，变象管扫描摄影机能记录到的最短脉冲半宽度为20微微秒到60微微秒。这主要是由于光电子从光阴极到萤光屏的时间分散性大。D.J.Bradley教授提出

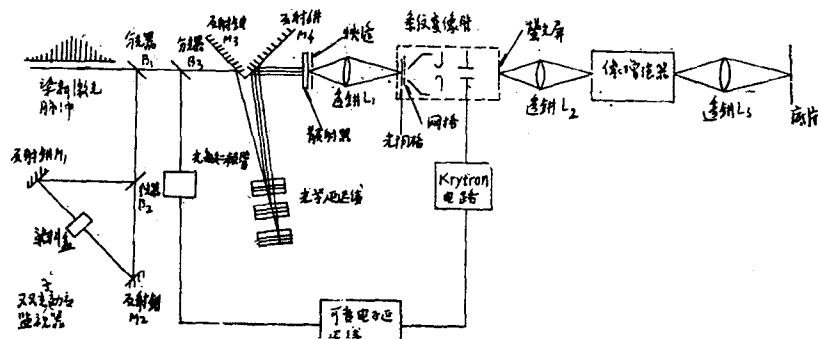


图 18