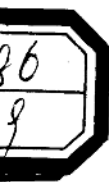


高 速 摄 影

间 歇 式 高 速 电 影 摄 影 机

译 文 集 (一)



中国科学院西安光机所

情报资料室

1973.7.

7524/3

TB 86/19

毛主席语录

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化强国。

我国人民应该有一个远大的规划，要在几十年内，努力改变我国在经济上和科学文化上的落后状况，迅速达到世界上的先进水平。

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。

外国有的，我们要有的，外国没有的，我们也要有的。

引进新技术不是一味摹仿，照抄照搬。学习外国必须同独创精神结合起来。引进新技术必须同自己钻研结合起来。

目 录

1. 一种每秒 1000 幅的间歇式相机 (1-16)
2. 抓片机构输送电影片带时片带的运动和动力特性 (17-28)
3. 在抓片工作循环开始时片孔上的运动力的研究 (29-41)
4. 滚环——一种新的输片概念 (42-51)
5. 滚环输片系统的胶片动力学 (52-73)

一种每秒1000幅的间歇式相机

John Jurgens

序言 很多年来，工程师们探索了一个设想的目标——设计一种具有每秒1000幅分幅能力的间歇式相机。由于这种努力，对胶片的输片设计取得了许多进展，但是直到目前相机最大速度刚刚超过每秒600幅。

在1969年底 Photo-Sonics 公司技术部门通过一系列计算，确实了设计每秒1000幅能力的16毫米相机是可行的。这些计算根据两个必要条件：胶片强度和 Photo-Sonics 公司 35 毫米-4E 相机的性能特徵，该 4E 相机是具有每秒360幅分幅能力的35毫米相机。

这些计算和在16毫米胶片上作挠曲试验一道表明，在这里的主要问题不是在胶片而是在输送胶片的机械。计算是建立在偏心形式运动的基础上，计算指出胶片由每秒500幅时加速度为 $3800 \times 9.8 \text{ 米/秒}^2$ 而上升到每秒800幅时加速度是 $9750 \times 9.8 \text{ 米/秒}^2$ 而到每秒1000幅时加速度则上升到 $15200 \times 9.8 \text{ 米/秒}^2$ 。

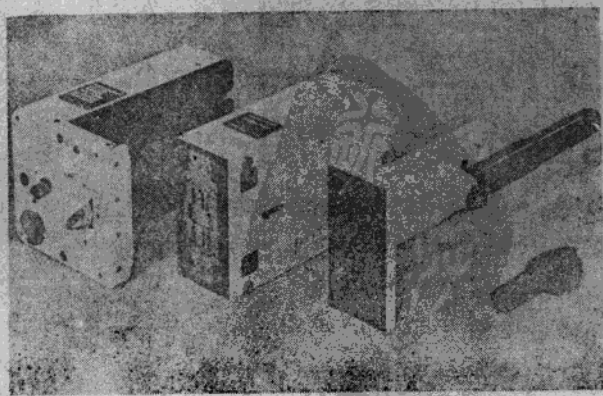
该机械最可疑的问题弄清楚了是球轴承润滑的破坏。这种润滑破坏限制了操作，直到现在以每秒1000幅速率仅能跑一子。

短暂的时间。然而，该相机在900幅/秒的情况下使用是可靠的。该相机在900幅/秒速率和每次用相同的胶片卷反复跑片，其可靠性是得到证明的。

根据 Photo-Sonics 公司留有余地的对其产品的评价，16mm-1w 相机在市場上不限制使用场合能以800幅/秒运行。

下文叙述用素达到1000幅/秒这个目标的极好方法以及结合16mm-1w 相机叙述其他设计特徵。

一般描述 16mm-1w 相机的外形如图一所示，它是一个片盒装配式相机，是适用于空中和陆地靶场两用的装置。选择这样的外形是因为它保证了多用性和简便性，从一个操作者的观点看，这是有用的。这种片盒特点是允许一个没有经验的操作者在几秒钟内把片盒重新装到相机上，而不扰动而先相机的瞄准。



图一. 16毫米相机、片盒、取景口

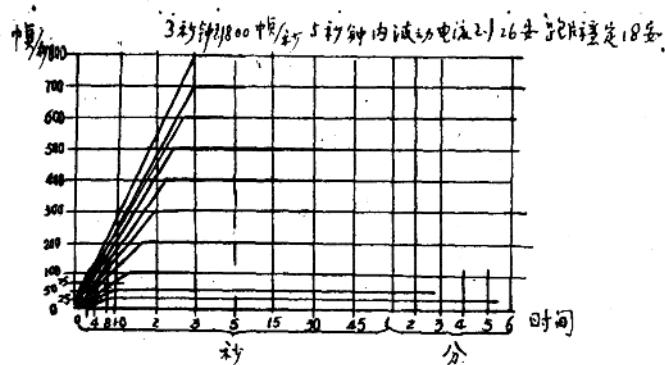
(1) 相机本体是一个铸铝件，它包括马达驱动系统，快门机械，时标光流，加热口，饼头座和片门。片门窗的尺寸是标准的，它充满了整个16毫米画幅(294X410吋)，饼头座能连接所有的标准C型饼头。

片盒包括全部必须的输送胶片的机械，如抓片机械，底片运转机械，输片齿轴，供片和收片机械。片盒还包插有胶片尺磅指示窗，一个胶片资料长片和在操作前核对输片合适情况用的二个观察窗，片盒本体和相机本体一样是由高强度铝铸件制成。

片盒的安装是一项简单而又极容易的操作，使片盒与相机对准，滑入到确定地点，旋转锁紧旋钮半转就能固定在锁紧位置上。旋转锁紧旋钮自动地啮合一个链式驱动齿轮，该齿轮将动力从相机传送到片盒。

取景或调焦和瞄准是靠移去片盒，装上—个取景窗，取景窗借助于同样的锁紧机械装在和片盒相同的确定位置上。

相机的操作特性和功率要求由图二中曲线指出，每条画幅速率线表明了加速过程用的时间，总的跑片时间和用115V



查 = 16 mm - 1W 相机的操作特性

交流电流供给的拖动电流。

底片输送，抓片机构基本上是采用三根偏心轴的一种偏心驱动系统，两根偏心轴是用作抓片，第三根轴是用来驱动片针。图三说明了该基本的机构原理。

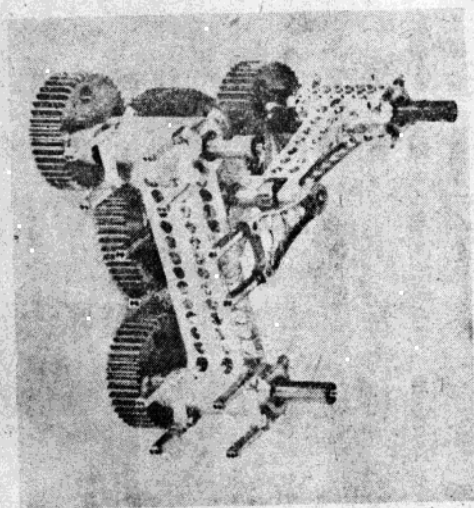
所以选择偏心系统是因为它具有正弦的加速度和减速度，对这种类型的高速机构有机加工到高精度的要求，而用偏心系统相对地来说是简单的。该偏心系统允许整体动平衡，以达到该机构设计速率为 6 转/分 所要求的平衡精度。

如图三所示，该抓片机构使用了四个片针和八个抓片爪，抓片爪四个一组分开布置于二个位置，一个位于片门窗的上面，一个位于片门窗的下面。按照计算得知的参与试验的胶片的最大加速度和由计算得知在最大加速度时的负载和

* 指胶片上的负载力 $F = ma$

参与试验的胶片的强度而确定了选取八个抓片爪。该负载是
被捆一次抓片的总重量来计算的。

更正确地说，这种偏心型式的抓片机械在1000幅/秒的情况下
下使胶片受到最大加速度为 $15200 \times 9.8 \text{ 米/秒}^2$ 。在16毫米相机中，在
片门中胶片有3.5吋，在 $15200 \times 9.8 \text{ 米/秒}^2$ 加速度条件下相当于4434呎胶
片的重量和10磅力。按10磅力算，在各种类型胶片上试验，
结果是每个抓片爪在胶片上至少产生2磅力负载而胶片不产
生永久变形。



图三 抓片机械

底片输送通过片门，因为抓片爪对胶片的作用而产生高
频振动。这种振动引起分辨率损失很大。四个垫片针被用来
箱止住曝光位置上的胶片。进一步保证了把振动衰减掉，免

片針是完全充滿片孔尺寸的。這樣結構的片針實際上使得在片門窗內的膠片在曝光時被片針的鼓形頭所張緊。在16mm—1W相機上用這種片針法，相機採用爆炸脈沖圖綫攝影膠片(Jinagraph Snellburst film)在800幅/秒時得到10.0002吋的畫幅穩定度和每毫米40條綫的分辨率。

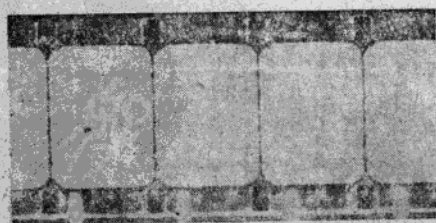
在任何高速機構中材料選擇是一個很重要的因素，在這裡特別重要的是要求材料具有最大的剛性。在高的畫幅速率的情況下，這種剛性要求是這樣的，如有二百分之一吋變形誤差發生，其結果不是嚴重地損傷膠片就是產生巨大的膠片堆擠。所有膠片輸送元件的材料是選用7075-T6 鋁。所以選擇該材料是因為它有高的強度對重量的比率和以前曾成功地應用於Photo-Sonics公司生產的其他膠片輸送機構中。全部支承面和膠片接觸表面鍍以硬鉻並研磨和拋光以保證與膠片平滑接觸，達到支承面磨損最小。

如圖三中所見，抓片機構的另件必須把重量減到絕對的小，要減輕結構的理由是為了減小反映到支承軸承上的負載。所有構件設計成容許的最小材料厚度(在大多數情況下，厚度用0.015吋)和在剛度要求許可的情況鑄了許多卸重孔。這些另

件又是如何的轻便，现举例如下，抓片臂组件的重量为31克，每个炭片针单重为0.4克，驱动炭片针的连杆组重26克，应当指出，一克或454分文一磅在加速度为 15000×9.8 米/秒²时力为33磅。

如序言中所指出，要能达到1000幅/秒这转的主要问题是在支承抓片臂的球轴承。八个特殊的球轴承在800幅/秒这转时必须负载66.5磅力，在1000幅/秒这转时必须负载104磅力。另外，轴承保持圈经受到很大的离心力，该离心力使得该保持圈去制动轴承的钢珠。由于大负荷和保持圈的制动这样两个条件在高速情况下产生足够的热而引起润滑破坏。在Photo-Sonics公司日常工作着很多轴承制造和润滑专家为了解决保持圈设计和润滑问题。

在图四中可以看到(一张带有1000周时标的样片)比1000幅/秒还要高的而又没有损伤胶片的输片是完全可能的，这段样片真实的拍摄频率是在1031幅/秒。

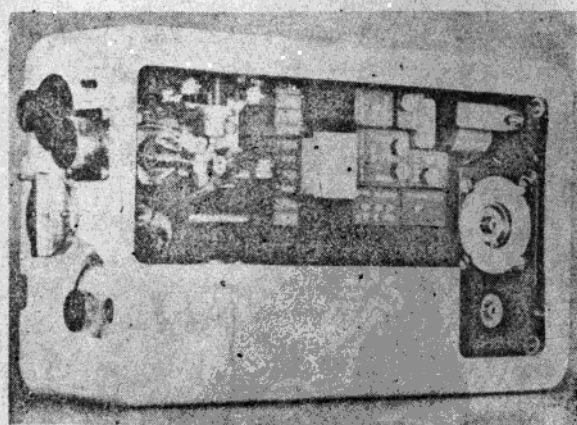


图四. 实际频率为1031幅/秒的样片。

相机本体

16mm-1W 相机本体是个12磅重的部件，包括相机的驱动马达、电控制、传动齿轮、快门机构、时基光流、针头座和快门。相机本体是由经稳定处理的高强度铝铸件经机加工制成，铸件上有9个 $\frac{1}{4}$ -20的装配孔，三个在底面，三个顶部，三个在背面。在本体的底表面上还备有一个 $\frac{3}{8}$ -16和 $\frac{1}{4}$ -20三脚架安装孔。

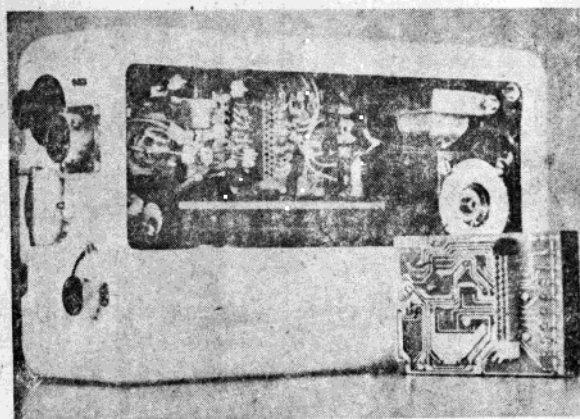
相机的驱动马达是专门设计的95V直流电机，它在2400转/分时有 $\frac{3}{4}$ 马力的功率。相机分幅速度(马达速度)是用一个闭环SCR伺服系统来控制，该系统控制精度为 $\pm 2\%$ ，这个系统的输入功率是用115V 60赫的单相电源。电流连接是通过装在相机背面的一个抽头座接通的，系统如图所示，该系统提供了10种相机速度。



图五、相机的电子学系统

这些速度是藉助于安装在相机本体背面的旋转开关来选择。目前的标准速度是每秒 24, 48, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800 幅。用户要求其他速度只要简单地调节一下系统也是能够提供的。

电子插件概念用于相机工业是有优点的，在这里电子插件被设计成组件式的，图五指出这些个体单元。控制线路组件被装在了更换方便的印刷线路板上，而动力部件和接线插头则直接装在相机本体的零件上。图六表示去掉控制线路板的相机，这种插件的概念可以做到简化维护和简化系统的调整。



图六、取下电子控制线路板的背视图

相机的快门是两片带开口的旋转圆盘机械，它提供了简单的开口调节方法。在相机本体的前面，向前拉出一个手把

并旋转这个机件到新的位置就完成了开口角的调节。快门开口角的位置而现在相机的前窗中，前窗刚好在控制手把的左边。最大开口角是 144° 递增调节位置是从 9° ， 18° ， 36° ， 72° ，到 144° 。

两个NE-2J氙灯时林光源装在相机本体内，刚好位于物镜区域的上方。通过两个光学纤维束作的光导管把氙灯头照明光线引到片盒。在这两个光导管的端头带有一个宽为 0.02 吋狭缝的面射光源，如图四中所看到的时林记号被打在胶片两侧的片孔边和膜片边之间。

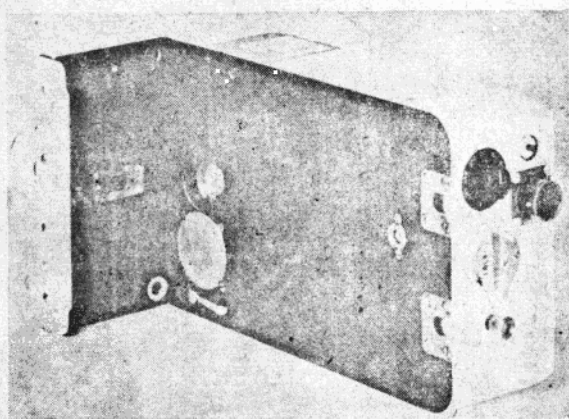
为了保证焦面准确度相机的片门窗在相机本体上。如果装上片盒，则片盒上具有四个精密平台的压板与片门窗接触，自动地获得片门间隙。片盒相对于相机本体是靠片盒前表面的三个定位销和片盒侧面的可滑动的定位销来定位的。这三个销钉和各自的销孔套为了保证精确性和长的寿命全部用淬过火的并经研磨过的440C不锈钢制造。片盒更进一步的防止移动还系用两个锁扣和锁栓，锁扣装在相机本体上，锁栓装在片盒上。

相机的传动系统是通过一系列的精密齿轮和伞齿轮来驱

动的，这些齿轮都装在经密封的球轴承上。从相机到片盒动力的传递是通过一个锁式连接口，当片盒锁紧族扣转到锁紧位置时，该锁式连接口就啮合上了。驱动连轴节接合是靠一个高压力的弹簧的弹力作用而使连轴节和片盒进入啮合的。假如连轴节的锁和锁槽不在一条直线上，则机构转过半转即能啮合上。

为了低温操作时的加热，相机配备了一个恒温控制加热口，装在片盒和相机本体之间的相机内表面上，这样的设计能使加热口向相机和片盒两者提供热量，而不要通以任何电气连接片盒上。

图七表示了除去片盒的相机本体和在本文讨论过的各种部件的外观



图七. 除去片盒的相机本体

片盒

在研制 16mm-1W 相机片盒中建立了一个完全是机械系统的设计概念是可取的，对于相同的或大量量的片盒能完全地互换。所以采用这样的设计概念是因为在 Photo-Sonics 公司研制 16mm-1W 和 1P 相机中已证明了它的多用性和广泛地为使用者所接受。

如前所述，夹持胶片的片盒是在片盒中运动，因此片盒必须应满足如下要求来加工，它构成胶片运动的基座，也是抓片、供片、收片机构的主要支承构件。上述四个主要构件的集合给 1W 相机提供了一个非常结实严密的片盒系统。它装卸容易，并允许输片齿轮获得和胶片运动部位极为接近，而使得胶片环路尺寸非常短。

跟相机一样，片盒完全由齿轮驱动，所有轴都装在精密球轴承上。在胶片运动的情况下，这些轴承是 ABEC 7 级，齿轮的制造要接近标准齿轮公差。

在任何的相机机械设计，胶片的穿过常是一个重要的考虑因素。16mm-1W 相机也不例外。在这相机中还解决了两个主要问题。第一是片道长度保持最短而符合于高速度的要求，第二是采用同轴片盒，但通常在同轴片盒中使用

的爬高输片齿轮，在片盒中基本上不用了。设计为1W相机提供了一个半自动穿片系统。供片轴装在片盒上，胶片起始面发到供片输片齿轮上，一个上片导形成凹按钮被压下则胶片自动地通过，一个下片导形成凹按钮被压下，则胶片自动地沿着收片输片齿轮穿过。从这时起，胶片再沿着三个滚轮穿过，其中两个滚轮是倾斜的，胶片走向收片轴。倾斜滚轮移动胶片从下平面位置(供片轴所在平面)移到上平面位置(收片轴所在平面)，于是爬高输片齿轮不要了。

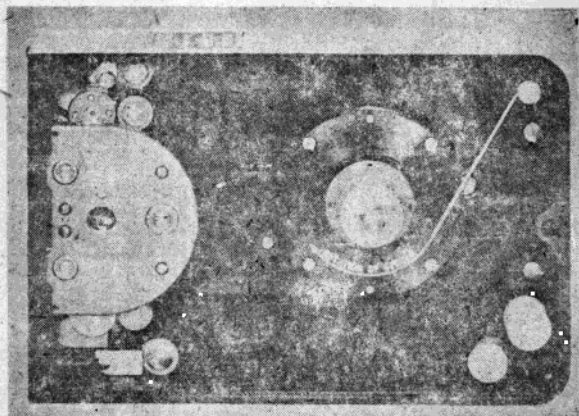
一个胶片跑完开关是由一个装在片盒内可活动的机械(执行元件)和一个装在相机本体内的开关相组合而组成。当片盒装到相机本体上的时候，执行元件和开关自动地形成机械的沟连接。当供片耗尽时，胶片跑完开关自动地切断相机驱动马达的电源。

一个胶片余数指示器装在片盒本体内部。该指示器备有一个胶片跟随机械，它在胶片片孔区域上运动。通过在片盒本体的背面一个窗口指面供片轴上残留的胶片长度。

该片盒在设计中引入的其他特点包括有一个在片盒外表面的资料长片，为了记录有关胶片的断据资料。为了检查运

转是否正正常恰当开有观察门，保险丝用蜘蛛安装在盖子上，各个润滑点有明显的标记。

图八所示的片盒是一张取去盖子的片盒插图，其内容项目已在前面讨论过。



图八、取去盖子的 200' 片盒

取景口

片盒的设计概念已经证明了对于通常是麻烦的问题提供了一个简单的解决办法。这个麻烦问题是每次把片盒从相机上取下后再装上去时整体式相机必须重新瞄准，再有如果胶片装进相机准备使用时该整体式相机取景口的安排是不简单的。

而对 16 相机来说取景口是简单的，它只相当于加上片盒这样的概念，把片盒再装后不再要求取景了。事实上，如图九所插画的，只是一次简单的取下片盒而装上取景口进行取