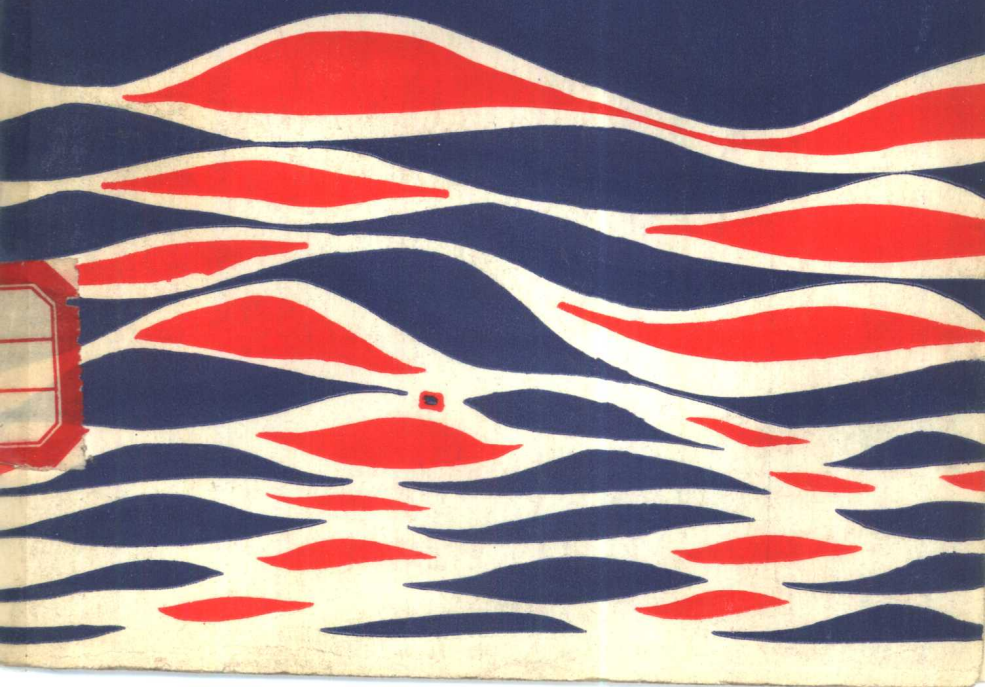


特种摄影

TEZHONGSHEYING

〔苏〕H·H·库德里雅绍夫著

张汉玺译



特种摄影

TEZHONGSHEYING

《中国摄影》编辑部 编

（北京）

（中国摄影出版社）

（北京）



特 种 摄 影

〔苏〕H·库德里雅绍夫著

张 汉 玺 译

人民艺术出版社

《特种摄影》(СПЕЦИАЛЬНЫЕ КИНОСЪЕМКИ)一书系根据苏联艺术出版社(ИЗДАТЕЛЬСТВО «ИСКУССТВО»)1979年版译出。

特 种 摄 影

(苏) Н·库德里雅绍夫 著

张 汉 玺 译

文化艺术出版社出版

(北京前海西街17号)

新华书店北京发行所发行

河北省南宫县印刷厂排版

北京通县潮白印刷厂印刷

开本787×1092毫米 1/32 印张12.5 字数227,000 插页2

1985年10月北京第一版 1985年10月北京第一次印刷

印数00,001—12,600册

书号6228·083 定价2.90元

前 言

不同于普通摄影的要求使用专用摄影装置、光学器件、滤色镜及电影胶片或者采用特殊摄影方法的纪录形式摄影，称为特种摄影。

特种摄影包括：快速摄影、高速摄影及慢速摄影；大比例与超远距离的微小景物的摄影；偏光摄影、非可见光中的摄影及低照度与黑暗环境中的摄影；与光学器械及电子光学器械相配合的摄影；非正常条件下的摄影以及各种可能形式的科学纪录电影摄影和测量摄影。特种摄影在各种电影中，其中包括艺术电影、纪录电影、科学普及电影、教学电影及科学研究电影中得到了应用。

摄制艺术电影作品时，经常应用快速摄影及慢速摄影，用以加深一定戏剧情节中银幕形象对观众的激情效果。摄影师采用偏光摄影、红外摄影、紫外摄影及荧光摄影可以获得全新的影像处理方法。

特种摄影对于纪录电影也有重大的意义。例如，常常应用高速摄影机向观众表明运动员的敏捷动作，应用望远镜头拍摄远方景物，在特低照度下显示某些过程等。拍摄纪录片是在特殊条件下进行的，要求使用专用设备、特殊

装备及一定的拍摄方式，例如，水下摄影，从飞机、直升飞机与宇宙飞船上进行的摄影以及低温条件下的摄影等。

最广泛应用特种摄影的领域是教学电影及科学普及电影。在银幕上表现大自然的许多过程，如果不应用特种摄影方法是不可能实现的。

特种摄影对于实验科学具有不可估量的意义，这是由它的显著的人人皆知的性质所决定的。

特种摄影可做为科学纪录方法及研究方法。电影摄影装置可以在电影胶片上纪录下来运动景物的影像及各种可能变化的情景。

本书作者力图为广大电影创作人员、工程技术人员及电影学院师生提供已成功应用在影片摄制中的特种摄影的现状。

目 录

前 言	1
第 一 章 快速摄影和高速摄影	1
第 二 章 超高速摄影	32
第 三 章 有时间间隔的定格摄影	60
第 四 章 小景物的大比例摄影 (放大摄影)	74
第 五 章 显微摄影	94
第 六 章 红外线摄影	124
第 七 章 紫外线摄影与光激发光的光线摄影	146
第 八 章 X光摄影	163
第 九 章 偏振光摄影	186
第 十 章 透明介质中光学非均质性的摄影	206
第十一章 低照度时的摄影	223
第十二章 远距离摄影	243
第十三章 严寒气候条件下的摄影	270
第十四章 应用光导向装置、内窥镜及潜望镜 对难接近的地点进行摄影	275

第十五章	外科手术的摄影·····	284
第十六章	水下摄影·····	297
第十七章	空中摄影·····	321
第十八章	测量摄影·····	346
第十九章	科研摄影资料的分析·····	364
第二十章	从发光荧光屏上拍摄影像·····	372
结语	·····	383
参考书目	·····	385

第一章 快速摄影和高速摄影

以超过影片额定放映频率24画格/秒的频率进行的摄影称为快速摄影和高速摄影,因此放映时会看到减速运动。

在银幕上运动减速的倍数取决于,电影摄影频率 n_c 比影片放映频率 n_{ap} 大多少倍,即

$$K = \frac{n_c}{n_{ap}} \quad (1-1)$$

例如,电影摄影频率为600画格/秒,而影片放映频率为额定频率24画格/秒时,则我们从银幕上看到的运动将减速 $\frac{600}{24} = 25$ 倍。换句话说,实际中1秒钟的过程将在银幕上放映25秒钟。

用做使银幕上的时间过程减慢的快速摄影和高速摄影可以让人们详细地看出景物的快速运动及不可能直接观察到的短暂的物理过程。

需用减速倍数及摄影频率的计算

由试验方法规定,为了详细看出银幕上的运动着的景物就要使其速度不超过1米/秒,而物理过程的延续时间不小于3秒钟。

从这些前提着手,已知景物的实际速度及暂短过程的

延续时间就可以计算出需用减速倍数及摄影频率。需用减速倍数是指，表示景物运动速度在银幕上应该减速的倍数或可以详细观察快速运动与被拍景物在银幕上变化过程的延续时间，此倍数是不名数。需用减速倍数由下式计算：

$$K = \frac{V}{V_0} \quad (1-2)$$

式中：V——景物的实际线速度； V_0 ——银幕上表现景物的线速度。

假定银幕上影像运动速度应为1米/秒，则

$$K = \frac{V}{1} = V \quad (1-3)$$

或者说，景物的需用减速倍数等于景物的实际速度（米/秒）。

例题1：圆锯锯齿的线速度为75米/秒。为了看清圆锯切割木材的过程必须使锯齿在银幕上运动速度为1米/秒。

因此

$$K = \frac{75}{1} = 75$$

快速过程存在时间的需用减速倍数按下式计算：

$$K = \frac{t_0}{t} \quad (1-4)$$

式中： t_0 ——被拍过程在银幕上的存在时间； t ——过程的实际延续时间。

因为详细看清银幕上被拍过程或现象的时间应为3秒，则（1—4）式为

$$K = \frac{3}{t} \quad (1-5)$$

例题2：飞鸟的翅膀每秒钟挥动五次（一次为0.2秒）。为了详细看清鸟翅膀的运动，应该使翅膀每挥动一次在银幕上延续三秒，则

$$K = \frac{3}{0.2} = 15$$

在景物的复杂运动形式下及影像的大比例情况下，需要较大的倍数。

当考虑需用减速倍数时，电影摄影频率按下式计算：

$$n_c = n_{np} \cdot k \quad (1-6)$$

式中： n_c ——电影摄影频率； n_{np} ——影片放映频率； k ——需用减速倍数。

因为有声影片的放映频率为24画格/秒，则公式（1—6）变为

$$n_c = 24 \cdot k \quad (1-7)$$

为了科学分析快速摄影和高速摄影资料，常常应用减速电影放映，从而可以用相当低的频率进行电影拍摄。有声影片的放映频率为24画格/秒。

为了看清有声影片中圆锯切割木材的过程（参照例题1），电影拍摄的频率为：

$$n_c = 24 \cdot 75 = 1800 \text{画格/秒,}$$

而为了表明飞鸟翅膀的运动（参照例题2），则

$$n_c = 24 \cdot 15 = 360 \text{画格/秒。}$$

表1-1所示是为了在影片中表明数种过程与现象所必

须的按公式 (1—3) 及 (1—5) 计算的需用减速倍数和按公式 (1—7) 计算的电影摄影频率。

模型摄影的需用减速倍数的计算

银幕上常常需要表現在自然条件下很难或不可能摄制的事件, 诸如山崩、地震时巨大建筑物的破坏、大型建筑物火灾、海上风暴、火车遇险、飞机失事、汽车碰撞及桥梁被毁等。

为了在银幕上表现上述场景要应用模型, 此种模型是缩小了许多倍的汽车、飞机、火车、各种建筑物、城镇、工厂及城市的复制品。

为了在银幕上造成模型场景的逼真印象, 需要使缩小规格的模型部件的速度减低, 此时要应用快速摄影。

拍摄模型时根据自由落体定律得出的需用减速倍数为

$$K = \sqrt{\frac{1}{m}} \quad (1-8)$$

式中: m ——模型的比例 (缩小的模型的尺寸对自然景物的实际尺寸之比)。

在此种模型场景的情况下, 按公式 (1—7) 确定的摄影频率变换为

$$n_c = 24 \sqrt{\frac{1}{m}} \quad (1-9)$$

为了分析银幕上快速运动景物与暂短过程

所要求的需用减速倍数及摄影频率

表1—1

景物、过程或现象	运动速度, 米/秒	延续时间, 秒	减速倍数, K	拍摄频率, 画格/秒
人的一般运动	1	—	1	24
降落伞圆顶打开	—	4/5	4	96
跑步的短跑运动员	10	—	10	240
飞翔的鸟(挥动5次/秒)	—	1/5	15	360
缝纫机工作(360针/分)	—	1/6	18	432
以90公里/小时速度开动的汽车	25	—	25	600
眨眼	—	1/10	30	720
金属钻孔(钻头转动750转/分)	—	1/13	38	900
车床切削金属	50	—	50	1200
圆锯锯木材	75	—	75	1800
汽车轮胎的转动	—	1/100	300	7200
空气中的声波	330	—	330	7900
飞翔的蜜蜂(挥动200次/秒)	—	1/220	660	15840
飞行的子弹	800	—	800	19200
水中的声波	1500	—	1500	36000
爆炸波	4000	—	4000	96000
玻璃破裂时产生的压力波	5000	—	5000	120000
空气中的电火花	—	1/200000	600000	14400000

快速摄影和高速摄影的范围

普通电影摄影装置用做拍摄24画格/秒，而某些35毫米摄影机容许提高摄影速度到32—48画格/秒，16毫米电影摄影机容许提高拍摄频率到64画格/秒。应用普通摄影机以32—64画格/秒的拍摄频率进行的电影摄影称为加速电影摄影。

装有速动抓片机构的胶片间歇移动的专用电影摄影装置可以用35毫米胶片得到300画格/秒的拍摄频率，而用16毫米胶片得到600画格/秒的拍摄频率。此种摄影称为快速摄影。

用高速摄影机进行比较高频率的电影摄影，此时胶片是连续移动的。为了应用连续移动胶片的摄影机得到清晰的画面影像，要使用光学补偿器或采取超短曝光时间，此时拍出的影像的模糊度是低于人眼解像力极限的。

应用高速电影摄影机可以使35毫米胶片的连续移动速度达40米/秒，以致可以得到2000画格/秒的拍摄频率。16毫米的窄胶片可以用60米/秒的速度从一个卷片轴上往另一个卷片轴上缠绕。在这样胶片移动速度下，16毫米电影胶片的拍摄频率可达8000画格/秒，而 2×8 毫米电影胶片的拍摄频率可达16000画格/秒。

这些便是用高速摄影拍摄影片的可能性，并且在电影画面规格上及影片画面对片孔的配置上符合电影标准。

对于快速摄影和高速摄影，窄胶片比35毫米胶片具有明显的优点，因为窄胶片比35毫米宽胶片可以获得更高的拍摄频率。

以缩小画格高度的办法提高摄影频率，这对于某些连续移动胶片的摄影机是可以做到的。但是，将35毫米胶片的画格高度减少二分之一，拍摄频率增加一倍时，将超过电影摄影标准，因此，35毫米胶片的拍摄频率为2000~4000画格/秒。在电影摄影标准范围内，16毫米胶片的拍摄频率为8000画格/秒以下。

进一步增大拍摄频率要采用超高速摄影方法，这将在第二章里叙述。

断续移动胶片的快速摄影装置

在断续移动胶片的快速摄影装置中，感光层的曝光是在胶片不动时进行的。此种摄影装置的主要优点就在于此，因为，保证了获得高清晰度影像的条件，并保证了胶片上的画面准确地对准片孔的位置。在此种摄影装置上可配用包括广角镜头及长焦距镜头在内的任意焦距的镜头。

由快进抓片机构带动电影胶片在快速摄影机片道中作断续移动，此抓片机构上的全部凸轮都是用做得到正弦加速运动的。抓住电影胶片是由数个抓片齿同时进行的（4~8个齿），使得抓片力均匀地分布在两个片孔之间的一段胶片上。在生产电影摄影机中，抓片机构的高精确度及严

格的平衡是十分重要的。运用控制抓片齿是必要的，因为电影胶片通过片道的速度很高，会引起电影胶片的振动及出现影像不清晰的情形。

快速电影摄影机上通常装有带可调开启角的遮光器或者配有一套带各种开启角的可换遮光器，使得在必要时不致使快速运动的拍摄对象的影像十分模糊。

快速电影摄影机在极限速度下的连续拍摄时间是有限的，因为存在损坏抓片机构的危险性。

对于供快速电影摄影机拍摄用的电影胶片，在几何尺寸，即片宽及片孔精确度上提出了较高的要求。电影胶片的收缩率不应超过正常尺寸的0.2%。在其他方面，对待断续移动电影胶片的快速电影摄影机与使用普通电影摄影机的规则没有区别。

苏联工业部门生产了四种类型快速摄影机：ПСК-24M型、1-KCK型及1-CKJI型（即杰姆波型），用于拍摄35毫米电影胶片；70KCK型，用于拍摄70毫米电影胶片。在电影制片厂及科学研究机构中也有使用外国造的快速摄影机的。

连续移动胶片的高速摄影机

在高速摄影机上，供片盘上的电影胶片是连续地快速绕到收片盘上的。画面的曝光是在移动胶片的过程中进行的。

用固定速度移动的胶片怎样得到画面清晰的影像呢？

第一，最简单的方法是用超短曝光时间对胶片进行曝光的，此时，影像的不清晰程度被排除的所剩无迭，显然已低于眼睛的分辨能力。高速摄影机上的超短曝光时间是利用带有狭缝的快速转盘（缝隙法）或者采用使胶片的移动和被拍对象相同步的方法得到的。使用电火花或闪光灯进行同步发光的（即火花照明法及闪光灯照明法），此时，应避免外面光线对拍摄对象的影响。

第二种方法是利用各种光学补偿装置。

光学补偿方法在于，运用移动的光学元件，把等于胶片移动速度及方向上的运动传送给电影胶片感光层表面上由镜头形成的光学影像上。换句话说，在电影胶片上得到清晰画面的原因在于，曝光时光学影像是按胶片移动的同样速度及方向进行移动的。

利用平面平行玻璃片或棱镜的光学补偿装置

如果将平面平行玻璃片置于光路上(图1-1)，则当它转动时，光线方向不会改变，但是将向箭头表示的方向移动。变化值决定于光线入射角、折射率及玻璃片厚度，按下式计算：

$$SS' = \frac{d \cdot \sin(i - i')}{\cos i'} \quad (1-10)$$

式中：SS'——位移值；i——光线入射角；i'——光