**高速摄像机可获取的信息**

科学研究离不开信息的采集和分析。满意可靠的研究结果，必须有满足分析需要的大量真实而精确的信息作支持。高速摄像正是获取研究对象瞬间流逝过程高分辨率空间和时间信息的手段之一。

**1.空间信息**

影像的空间分辨率也叫解像能力，一般指能分辨出物空间相邻点的最小线间隔，常用线对数／ｍｍ或最小角度量表示。它由系统的镜头动态分辨率、像感应器的光敏像元的大小和尺寸而定。系统的信息量因图像传感器的不同而不同。

一幅图像由若干个像元组成，不同的摄像系统具有不同的像元数。假如像元数为Ｚ，每个像元有Ｋ个信息级（强度和色度或动态范围），那么图像的信息就有$K^{Z}$个可能性。信息理论中把$K^{Z}$的以２为底的对数$log\_{2}k^{z}$定义为空间信息量$I\_{R}$：

$I\_{R}$=$log\_{2}k^{z}$=Z$log\_{2}K$

信息量$I\_{R}$的单位为比特，属于二进位制信息单位。对目视而论，人眼能分辨200个左右的灰度级和1000个左右的色度级。这样对应的Ｋ值就可达200×1000＝2×$10^{5}$，$log\_{2}K$＝173。

**2.时间信息**

用高速摄影机来研究事物的运动和变化需要获得清晰的图像，也就是获得丰富的空间信息。但这还不够，更重要的是高速摄影还要求有精确的时间信息。

影像的时间信息量同系统的画幅时间分辨率相关联。时间分辨率是指能够识别运动物体的最小时间间隔。时间信息粗略的可以用摄影频率来表示，它表征了摄影仪器能够把物体的运动或变化在时间上分开的能力。如上所述，对于人眼来说，从接收光信号到这光信号消失需要一定的时间，我们可以认为是1/48ｓ。若比这变化速度更快的运动现象，人眼就分辨不出来了。

高速摄影是要求时－空耦合的信息系列，其中突出点是它的时间信息要求。可以说高速摄影机是一个摄影的仪器，也是一个记时仪器。它的时间信息$I\_{t}$就是前后两画幅间隔时间Ｔ的倒数1/T，这倒数就是拍摄频率N。也就是每秒钟拍摄的次数。摄影就是取样，所以摄影频率就是取样频率。取样频率越高，则时间分辨率也愈高。这里需要引进曝光系数η的概念。它是曝光时间ｔ与画幅周期Ｔ之比。即

η＝ｔ／Ｔ

一般摄影机的时间信息是指前后两画幅间隔时间Ｔ，也称画幅周期。但是它并不等于一张画幅的曝光时间。在这一周期中，只有部分时间是对画幅进行曝光的，其他时间由于设计上的需要或使用上的需要而有意识地设法把光路遮挡，不让光线到达成像器件，限制曝光时间，保证成像质量。时间信息量可由下式表示为

$I\_{t}$＝Ｎ·$g^{\frac{2}{3}}$

式中：Ｎ为摄影频率；ｇ为摄像机的品质因素，是曝光系数η的倒数，若ｇ＝１时，则时间信息可用摄影频率来代替。

在一个画幅摄影周期并不是全部时间都在曝光，如VISARIO系统的快门时间最短可达10μs，在使用中采用缩短曝光时间来限制运动物体的速度所形成的模糊量，保证一定的成像质量。

应该指出，从设计上和使用上要求缩小曝光系数以保证成像质量，但正确的曝光量往往不能满足。所以，在使用时要根据具体情况来进行选择，找到一个最佳折衷方案。

**3.高速摄像系统总的信息量**

高速摄像系统总的信息量是空间信息容量与时间信息容量的乘积，即

I＝$I\_{R}I\_{T}$＝Ｚ$log\_{2}Kg^{\frac{2}{3}N}$（bit/s）

高速摄像系统的分辨率一般按照感应器水平和垂直方向上的像元数表示。像元为图像的最小单元，可按照独立的地址进行读取。目前，高速摄像系统的分辨率从（128×128）像元到（1024×1024）像元或更高，一般地说图像感应器限制了高速摄像系统的分辨率。信息的流量和系统的分辨率、摄像速度密切相关，其信息流量为

信息流量（或带宽）（maximum data rate）＝分辨率（resolution）×动态范围（dynamic range）×摄影频率（frame rate）

典型感应器的分辨率及带宽在表１．２中给出。

表１．２典型感应器的分辨率及带宽（假如动态范围为１０ｂｉｔ）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 帧频/帧/s | 感应器尺寸（像元） | 带宽/($10^{6}$bit/s) | 分辨率/像元 |
| 200 | 256×256 | 130 | 65536 |
| 400 | 260 |
| 500 | 330 |
| 1000 | 660 |
| 200 | 1024×1024 | 2100 | 1048576 |
| 400 | 4190 |
| 500 | 5240 |
| 1000 | 10490 |

**4.时间放大**

我们通常看的电视是以24幅／ｓ的摄影频率拍摄下来，通过事后处理制成拷贝后，以同样的频率放映出来的。这样，人们就可以以原来物体同样运动的速度来欣赏电视里的事件。电视上的各个画幅彼此是断续的，但是在屏幕上我们却能看到事件运动和变化是连续的，这是由于人的眼睛在生理上具有“视觉暂留”现象和视察运动过程的“心理作用”。人眼的感光和消光都需要一定的时间。当某一个画幅出现在屏幕上并引起视觉后，在该画幅从屏幕消失后的一定时间内，在视觉上仍能暂时的保留上述画幅的影像，这就是“视觉暂留”现象，由于这一作用，人眼就观察不到画幅交替时屏幕上全暗瞬间，在视觉上将一系列画幅联系起来。正因为人眼有这种“视觉暂留”的作用，使我们感觉不到电视机画面是由15625行／ｓ的扫描线组成，也感觉不到日光灯以50Ｈｚ频率在闪动。电影上的（２×24）幅／ｓ的放映频率的倒数可以粗略看成是人眼分辨的时间极限。低于这个时间极限，人眼就能分辨出两个连续动作的断续性，也就是说我们就能来得及把人物的阶段动作看清楚。高于这个时间极限，人眼所看到的事物变化只能用“一刹那”、“一瞬间”来形容了，甚至根本无法描述。这时，采用高速摄影的手段来进行“快摄慢放”，对于解决许多具体问题有着特殊的意义。“快摄慢放”对我们大家来说并不陌生，体育运动记录片中看到的所谓“慢动作”就是这种情况。它可以帮助教练员、运动员对动作进行分析研究、提高成绩，也可使观众悉心欣赏体育运动。但是体育上的动作速度毕竟是“高速现象”中的“最低速”了。在近代科学技术中经常碰到大量的以极高速运动和变化的现象。如高速运动的机器，金属的切削，材料的断裂，火药的燃烧，子弹的飞行，核爆炸，激光核聚变等现象，它们变化和运动速度从几十米每秒到数万米每秒，要想通过摄影来对这些瞬变事物进行记录分析研究，首先要求摄影机有极高的摄影频率或记录速度。若把高速摄影下来的画幅用正常的24幅／ｓ的放映频率进行放映，则快速变化的事件就以缓慢的动作重现在银幕上，这就有利于对过程的分析研究。如同显微镜能够将微观物体放大那样，高速摄影机（摄像机）起到了时间“放大”的作用。摄影频率$N\_{1}$和放映频率$N\_{2}$之比称为时间放大率：

βｔ＝$N\_{1}/N\_{2}$

例如用1200幅／ｓ的摄影频率来对蜜蜂翅膀在飞行时的振动进行拍摄，再用24幅/s的放映速度放映出来，那么这振动的过程就被“放大”了50倍。

“时间放大”的概念一般只是针对高速摄影机而言的，即是对“快摄慢放”而言的。对快速现象进行定性研究时，它只要求能帮助人眼把快速的动作放慢看得清各分解动作就行了，如体育上的一般快速运动，机器的故障分析，脱壳弹的部件分离等。而大部分的科学技术问题不但要做出定性的观察，更重要的是要给出定量的数据，建立起现象的变化与时间、空间甚至与电量、温度等物理量之间的关系。所以高速摄影机不但是一种时间放大的工具，而且还是一种精密的时间空间的测量仪器。要研究一个运动或变化的物体，必须要用一定的时间和空间相关关系来表达。从数学角度上来看，就是要使事物的空间坐标和时间坐标建立起一定的关系来。因此，高速摄影的主要技术指标就是空间信息和时间信息。