中国兵工学会

第五届测试技术学术年会

論　文　集

（光测技术与检测技术）

4

烟　台　　1990

中国兵工学会测试技术学会

需要全本请访问 www.ertongbook.com

中 国 兵 工 学 会

第五届测试技术学术年会

论 文 集

（光测技术与检测技术）

4

江苏工业学院图书馆
藏书章

烟台 1990

中国兵工学会测试技术学会

目　　录

光 测 技 术

1、测速度及密度分布的两种仪器……夏生杰　陈海锷　唐抵砫　(1)
2、激光干涉法诊断液桥振荡对流的产生
……解京昌　曹重华　胡文瑞　(5)
3、一种新型弹道靶道摄像机系统……何照才　(9)
4、GSJ—Ⅱ型高速摄影机同步控制仪……田贵义　(13)
5、高速摄影在尾翼测试中的应用……王向东　(16)
6、高速摄影在兵器研制中的应用……韩立石　(20)
7、高速摄影及闪光X射线照相技术在枪弹测试中的应用
……史振林　(27)
8、狭缝高速摄影机拍摄弹丸飞行弹道的分析……宋河金　(30)
9、狭缝联动系统及其外弹道参数测量
……欧阳金生　施浣芳　温志敏　高洪尧　(34)
10、用X射线源作为中间弹道段的弹丸速度测量区截装置的研究
……杨　波　王圣佑　陈安世　(44)
11、飞行弹丸摆动波长测试方法研究……李　贵　(49)
12、子母弹抛射试验中子弹的视差修正问题……仇运国　(53)
13、测取水下微爆炸冲击波的全息法……孙永达　贾有权　(55)
14、光学杠杆式火箭弹起始扰动参数测试技术研究
……潘宏侠　赵　剑　张旭翔　(58)
15、固体壁面的红外辐射光谱特性及其测量……山其襄　(68)

16、介绍一种光电靶光源聚集系统……钟厚海 (72)
17、高速摄影氙灯闪光源……张高宏 (74)
18、狭缝高速摄影章动角测量室内模拟设计……施浣芳 刘群华 (74)

检 测 技 术

19、镜板平面度测量仪……刘兴占 何 真 梁晋文 (75)
20、雷达光机轴偏差测试方法……何照才 (82)
21、浅论发动机零件上的延时裂纹……余继唐 (88)
22、TNT、RDX、HMX混合炸药薄层色谱定性定量分析…… 黄奕刚 (97)
23、收缩齿圆锥齿轮模数和压力角的测绘……范连仲 (102)
24、TZT—A型铁针探测器的研制……刘德志 姚 力 徐红旗 (108)
25、红外制导武器探测器的装调及检测……赵桂芝 (112)
26、HF20型湿度检测仪研制报告……戴 维 (115)
27、高空压、温、湿处理中的几个计算公式及辐射订正方法
…… 郭山河 (119)
28、胀裂剂膨胀压力测试……李日忠 王小妤 (127)

无损检测技术

29、激光全息无损检测技术现状及展望……王圣佑 邵自强 (133)
30、X射线工业电视数字图像处理器国内外概况…… 朱森元 (137)
31、贝叶斯(Bayes)判别分析方法在无损检测中的应用
…… 韩 焱 路宏年 梁溥墉 (140)
32、固状药柱密度的微波统计回归测量……赵川东 (146)
33、投射式X射线显微术在无损探伤中的应用…… 王占山 (153)

测速度及密度分布的两种仪器

夏生杰　陈海韬　唐抵砥
（中国科学院力学研究所）

[摘要] 用于定量显示流场的速度，加速度以及密度和温度二维分布的两种光学仪器已经研制成功并得到推广应用。文中介绍了仪器的特点并给出了各种使用实例和照片。

一、密度、密度梯度及温度场的显示

定量显示密度场，折射率场及温度场在许多基础研究和型号研制中是十分重要的。没有这些参数测量结果及直观的图象，使研制和理论计算缺少实验的依据。例如在对新获得的带尾翼炮弹的解剖分析中，尽管对其外形的分析能得到许多有关其性能的有用结论，但是有些结论还必须通过实验来证明其可靠程度。如对该弹的研究，如果不在超音速风洞中作模型的吹风试验并用光学摄影方法纪录其张翼过程，就很难判断出张翼的机制和张翼的不同步对飞行参数的影响，特别是在超音速飞行中的气动参数及激波系的相互作用等等。如果在超音速风洞中用纹影仪及高速摄影机记录下张翼过程的激波形成全貌，这对武器的研制是极有价值的。实际上这就是对超音速流密度场的测量。纹影仪只能对流场中密度梯度的变化进行定性观查，而干涉仪则能对流场的密度值进行定量测量。我们从70年代起就开始研制并使用了错位及双镜干涉仪，[1] [2]。近来我们又研制出错位及双镜两用干涉仪，这是一种大口径，防振性能极好的干涉仪。它可以调出两种干涉功能，以非接触法定量显示流场的密度，折射率及温度的二维分布，其原理已在[3] 中作过介绍，下述原理图很明显地表达了两种功能如图1。这里我们将举一些应用实例。

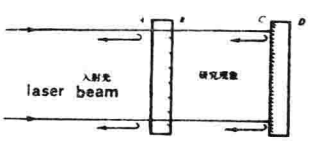


FIG. 1

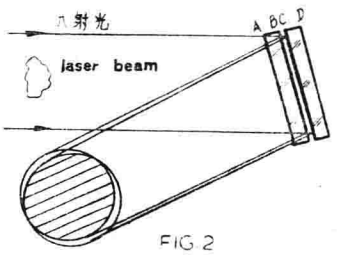


FIG. 2

图1　两种干涉功能原理

对于显示某型号模型在超音速流场中的激波结构，仪器的两种干涉功能都能达到预期目的。如图2是一个锥模型在M=2.5时的激波结构。用双镜干涉法拍得。 而图3则为一管状模型在M=2.5的超音速流中头部及尾部的激波结构，这是用错位法拍得。 干涉仪还可用来对光学元件或晶体材料作均匀性检验。图4为一块光学窗口玻璃的均匀性检验。图

需要全本请访问 www.ertongbook.com

5是一块激光倍频晶体在干涉仪中显示出的均匀性。由于温度可以引起介质密度的变化，因而干涉法很容易测量出温度场，如图6就是一块被加热的板在垂直于其表面的温度二维分布，这是用双镜法拍得。而图7则是用错位法拍得。由于错位干涉法有较为低的灵敏度，所以对于高温度梯度场的显示十分有利。图8的照片明显显示加热板两边存在一定的温度差，这是由于虽然是同一加热源但两边热传导不均匀而引起的温度差别。图9则为对运动的激击波进行高速干涉摄影的照片，可以看出激波的传播及反射过程。图10为两用干涉仪照片。



图2　在M=2.5超音速流中锥模型的激波（双镜干涉法）

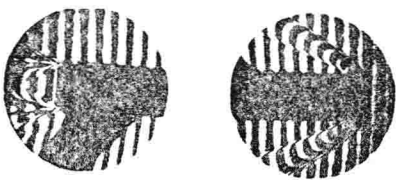


图3　管模型在M=2.5超音速流中头部及尾部的激波结构（错位干涉法）

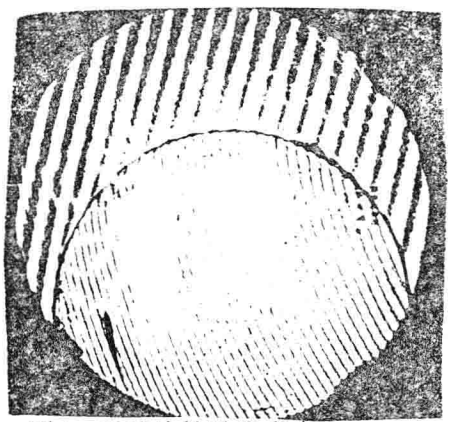


图4　干涉法检验光学窗口



图5　干涉法检验激光倍频晶体均匀性

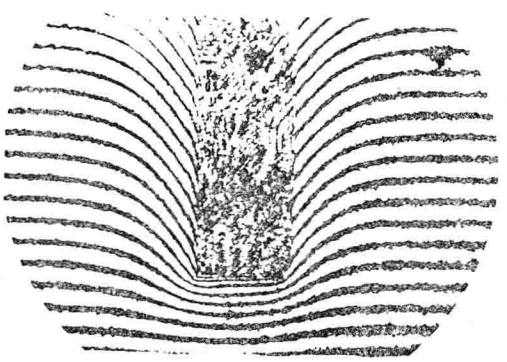


图6　加热板的温度场（双镜法）

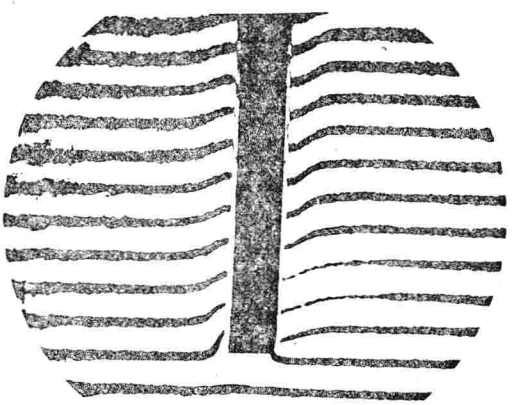


图7　加热板的温度场（错位法）错位距0.41mm

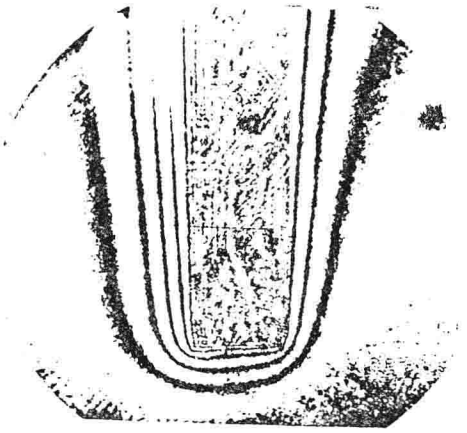


图8　不对称的温度场

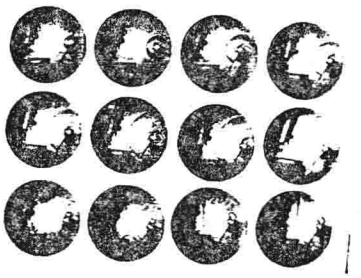


图9　高速干涉摄影冲激波的传播及反射7590000幅/秒

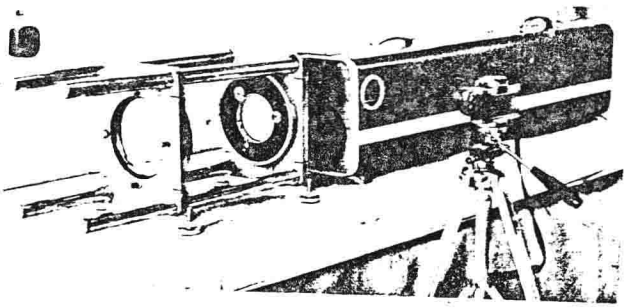


图10　双镜及错位两用干涉外形

二、速度及加速度场的定量显示

流场中速度及加速度场的测量一直是研究人员极为关注的课题。国际上目前较先进仪器如多普勒测速仪及热线风速仪等，尽管其价格昂贵，但仍被许多单位采用。这两种仪器都是对流场中某一点在某一瞬时的速度进行测量，如果要了解全场信息，无疑测量工作量就很大而且只能对重复性极好的流场进行测量。我们近来研制了一种对流场中某断层的速度场和加速度场进行定量显示的可调扫频激光片光源，它能定量流场中速度及加速度的二维分布，它的原理是用精确频率的扫描光束扫过流场某一断层，在被照明断层上的示踪粒子就散射激光束，由于激光束未经扩束，具有较强的功率密度因而散射光强很大。用相机把散射粒子在受激光照射时位置记录下来，光束每扫过流场一次运动粒子有一个新的被照明的位置。底片上将记下由许多曝光点组成的粒子的运动轨迹。曝光点之间的距离除以扫频的倒数就可精确算出粒子的速度，相邻曝光点间距不等则必然算出加速度。在这种情况下，相机的快门时间是不重要的，它只决定粒子轨迹的总长度，从一张底片上就可求出整个照明断层上的速度二维分布。当然信息量是很大的，测量精度也较高处理也较简单，由于研制中把激光源及片光源发生器设计在同一机体内，这就使得仪器不但结构紧凑而且能实现对活动目标的跟踪照明，照明区的光斑直径约3～5mm，

这样，用10mm的激光，照射区的功率密度达160～440mm/cm 粒子足以散射强光使底片曝光，仪器还有几个特点是：频率可调，可测不同速度的场；振幅可调，可以照明不同大小的区域；片光源可360°旋转，以照明不同的垂直或水平或倾斜的断层，图11为典型的线圆柱流的速度场照片，图12为激光片光源照片。

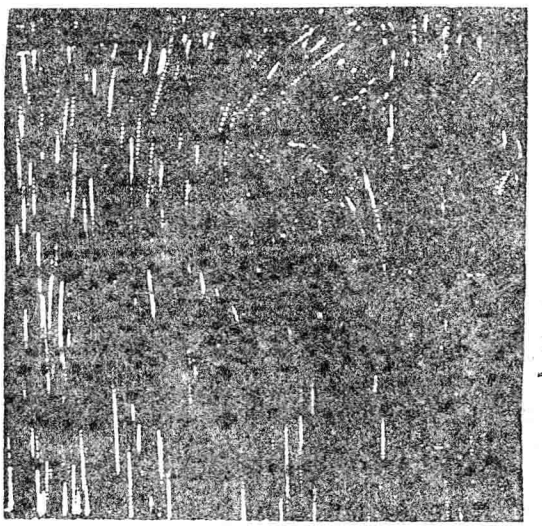


图11 典型绕圆柱流的速度场

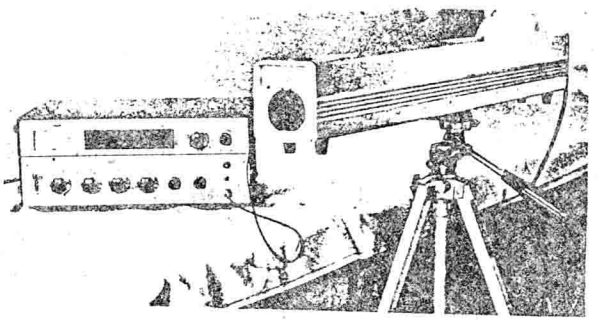


图12 LLS10—可调扫频激光片光源外形

参考文献

[1] 刘建邦 夏生杰 力学学报 1978(2) P147

[2] Xia Sheng Jie, Dreceedings of 3rd ISFV, Michigan 1983

[3] Xia Sheng Jie, Droceeding of ICFDMA, Beijing, 1989

激光干涉法诊断液桥振荡对流的产生

解京昌　曹重华　胡文瑞
（中国科学院力学研究所）

[摘要] 液桥的表面张力驱动对流是空间微重力科学的研究课题之一。本文提出了判别液桥对流产生振荡的一种新的方法——激光干涉法。这种方法具有灵敏度高、对液桥流场无干扰等特点，很有推广应用的价值。

一、引言

“液桥”是两个相距很近的共轴圆板之间注入液体而形成的液体的“桥”。液桥实验是用来模拟空间浮区法生产晶体过程中的流动现象的实验。微重力条件下液桥的表面张力驱动的对流——Marangoni 对流，对空间材料的生产有着密切的关系。当液桥的尺度取得很小时，重力与表面张力相比是一个小量，对流动的影响可忽略不计，可以模拟微重力环境。实验中在液桥的上、下圆板之间施加一个温度场，由于上、下圆板之间有温度差，因此液桥的自由表面有温度梯度存在，表面各点处的表面张力不平衡而驱动的对流是导致流动的主要原因。与液桥表面张力驱动对流有关的相似参数有表示携带热与传导热之比的Marangoni数；表示惯性力与粘性力之比的Reynolds数； 表示重力与表面张力之比的Bond数。 表示浮力与粘性力之比的Grashof数以及表示动量扩散与热扩散之比的Drandtl数等等。许多空间与地面模拟实验证实， 液桥中的流态有稳态层流对流和振荡对流两种。人们极为关心且对空间材料生产具有实际意义的一个问题是：对流是如何从稳态转变为振荡流态的，流动的相似准则是什么，进而如何延时或减弱振荡。因此，在实验中首先要找到一种判据，在一些相似参数确定之后，可以确定出在什么条件下振荡开始产生。目前所采用的判据，一是在液桥中加入示踪粒子，观察液桥对流从稳态层流到振荡流时示踪粒子所显示的流谱的变化，以确定振荡的产生；二是由于液桥中的流场和温度耦合在一起，因此在液桥中插入热电偶、记录、观察温度振荡的产生。第一种方法，对于加入的示踪粒子的多少，大小及跟随性有所要求，用眼睛判断流谱的变化，在变化不大时较难确定。对较高的灵敏度和分辨率的要求难以满足。第二种方法，由于需要在流场中插入热电偶，对流场产生了干扰。经实验证明，在不同的位置，插入不同直径的热电偶，对液桥振荡的产生有较大的影响，接触式测量对流场的影响肯定是存在的。基于这些情况，我们在实验中采用了灵敏很高，对液桥非接触测量判断振荡产生的方法—激光干涉法。

二、实验装置、原理及结果

激光干涉法判断振荡产生的装置很简单，由一个激光片光源及光屏幕构成。片光源由一台5mw的He—Ne激光器及一组透镜组成。如图1所示。图2为液桥实物照片， 液桥中的液体选用了硅油n=1.4。

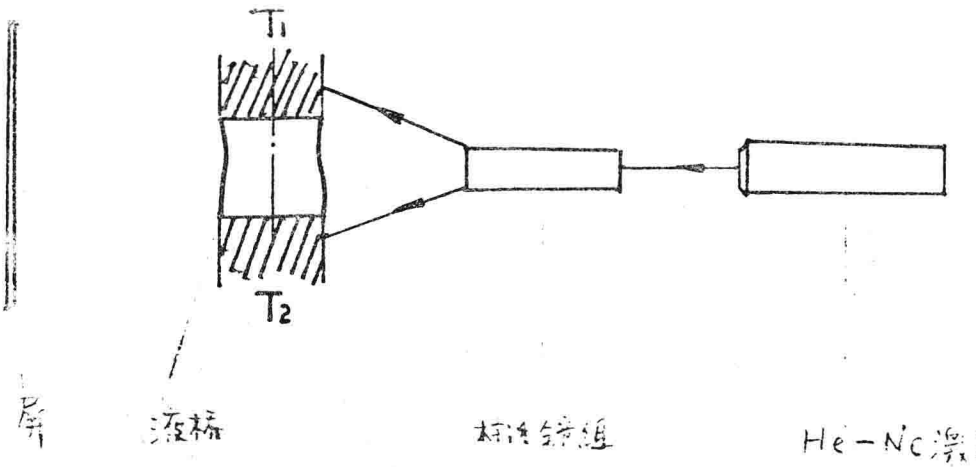


图1　液桥实验装置示意图

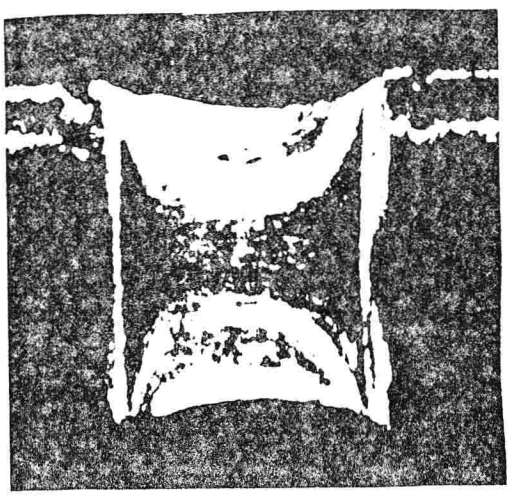


图2　液桥

由He—Ne激光器产生的光束经柱透镜组后产生出片光源，其厚度为0.4mm。液桥上、下圆板直径为2～4mm。片光经液桥中心轴穿过液桥，如果液桥是个完全轴对称的液柱，在屏上便可看到一组平行的干涉条纹，如图3。

干涉条纹是由经过液桥的直接透射光波与液桥内表面两次反射后的光波相干涉得到的。图4为示意图。

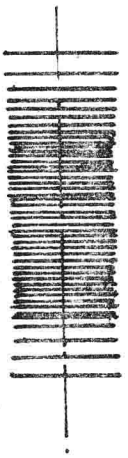


图3 平行干涉条纹

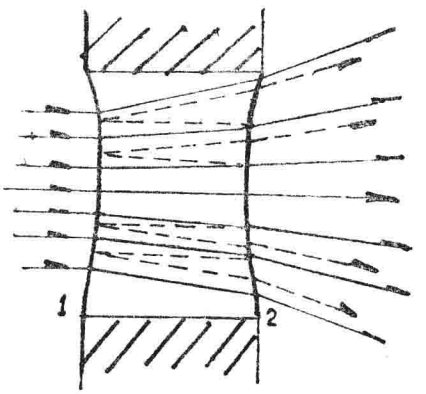


图4

从片光源来的光线，部分经液桥的前面1折射后进入液桥，再经后面2折射后从液桥出来。同时有部分先后在后面2和前面1两次反射后再从后面2折射出液桥。由于液面存在着曲率，这两部分光形成两组上、下散开的光线，并在空间叠加，产生干涉。由于片光源存在一定的厚度，所以在屏上看到一组水平干涉条纹，不再和透射光形成明显的干涉条纹。

实验证实，液桥在振荡流态时，存在着表面形变，并且流场、温度场与表面形变耦合在一起。从周期上看，振荡对流的流谱变化周期、温度振荡周期与表面形变周期一致。因此当液桥开始产生振荡，其自由表面存在微小的曲率变化时，立即可以在干涉条纹的上、下移动上表现出来，只要把屏幕放在距离液桥适当远的位置上，便可起到放大作用，能清楚地分辨出干涉条纹的移动。实验表明，使用激光干涉法做为观察液桥振荡产生的判据与示踪方法观察流谱变化相比较，由于前者灵敏度高，观察判别容易，因此可先于后者确定出振荡的发生；和热电偶测量温度振荡方法相比，在将热电偶测量温度振荡的灵敏度提高到很高的灵敏度时，二者接近同时判断出振荡的产生。

三、讨论

由于在液桥振荡对流流态时，流场、温度及自由表面的形变耦合在一起，因此用激光干涉法判断液桥振荡的产生是一种灵敏度高，装置简单、判别容易、方便有效的方法，在我们大量的液桥实验中已作为主要的方法被采用。在使用这一方法的过程中，我们可以看到，当振荡产生时，平行干涉条纹的间距会发生上、下的压缩、伸展移位，这反映液桥自由表面产生了轴向的曲率变化。同时我们可以看到在干涉条纹上、下压缩、伸展移位时，由干涉条纹构成的纵向光柱发生了扭曲变形，这种变形反映出了液桥自由表面产生了经向形变。图5、图6为干涉条纹与干涉条纹构成的光柱在液桥振荡时的形状变化示意图。最后我们指出，用该判据结合其它判据可望进而研究探讨液桥振荡流态时的整个自由表面的振型。

需要全本请访问 www.ertongbook.com



图5



图6

参考文献

[1]Dreisser,F,Schwabe,&, Scharmann,A.J,Fluid Mech.126(1983),545.

[2]黄晓波 力学进展 1989年第3期

[3]Ostrach S.Ann.Rcv.Fluid Mech.14(1982),313

一种新型弹道靶道摄像机系统

何照才

（洛阳跟踪与通信技术研究所）

[摘要]本文介绍一种新型弹道靶道摄像机SV—553BR系统，它是英国最新研制的一种CCD视频摄像机系统。本文是实地考察基础上，参考有关资料而编写成的。文中综述了新型弹道靶道摄像机SV—553BR系统的特点、用途、组成和工作方式，提供了该系统的基本技术性能。本文对致力于常规兵器测试的科技工作者具有一定的参考价值。

SV－553BR是英国哈德兰德光电有限公司最新(89)研制的常规靶场弹道靶道摄像机系统。它是一种CCD视频摄像机系统，是SV(Still Video)系列改进后新的独特产品。它能获取静态视频摄像的优质电子图像，具有很高的图像分辨能力。SV－553BR系统优点是实时性强、图像快速可见、便于瞬时重现，并可通过电缆或微波线路传输和经转换，把视频数字图像直接送入计算机进行处理和分析，从实时采集图像到计算机给出所需结果只需0.5秒种时间。该系统在图像获取中开创了计算机图像处理和分析的新途径。

SV－553BR系统中在SV－553系统的基础上改进发展研制的。SV－553是适合于密封弹道靶道使用的摄像机系统。这两种摄像机系统的组成基本上相类似，其主要差别是SV－553BR系统的摄像机头部增设有增强器，可记录短曝光图像。另外SV－553摄像机系统具有标准型CCD探测器和高分辨率型CCD探测器，即两种类型的CCD探测器，而SV－553BR摄像机系统只设有一种分辨率型CCD探测器。

SV－553BR弹道靶道摄像机系统可用于野外测量。它是专门为弹道研究和检验而设计制造的瞬时高速电子图像记录系统，可记录飞行中的射弹图像和爆炸事件有关的高速运动现象。适用于炮弹软壳脱落现象的观察测试；终点弹道效应和穿透侵彻过程的分析，爆炸形成的抛射物和其它高速事件的记录分析；室外弹道多种参数测试，例如飞行偏航角测量，弹丸速度测量，弹丸姿态参数测量，火炮跳角测量等。详见图1、图2、图3。

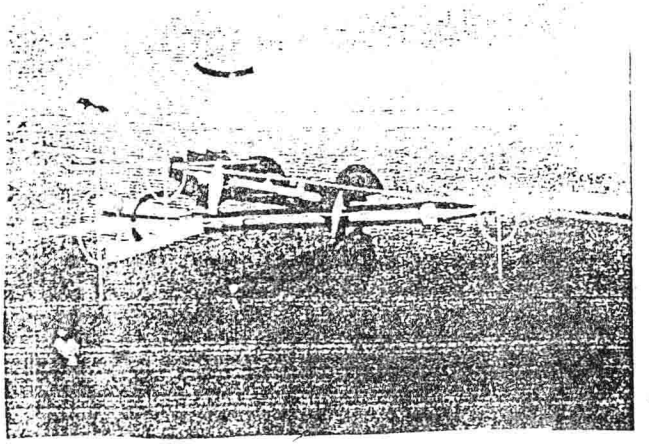


图1 炮弹软壳脱落现象图

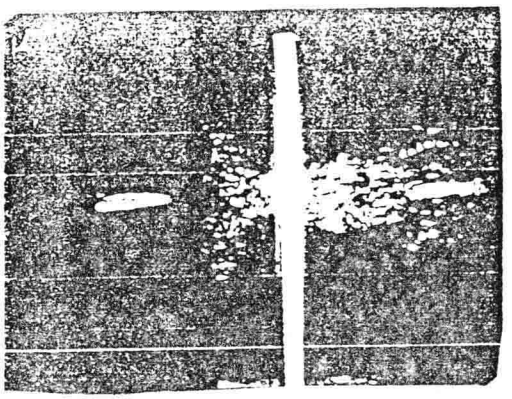


图2　步枪弹丸穿透塑料二次曝光摄像记录图

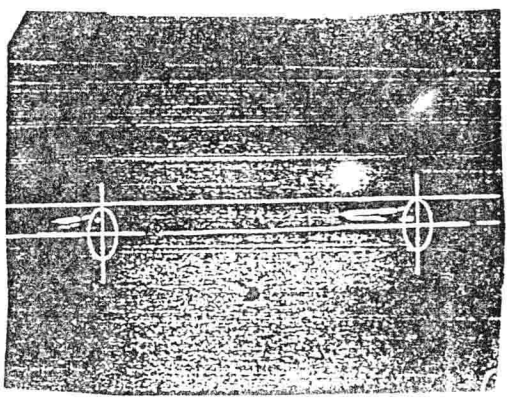


图3　弹丸飞行二次曝光摄像记录图

SV—553BR弹道靶道摄像机系统是由摄像机组、光源、外部触发装置、内部时延装置、电缆或微波传输线路、视频数字图像变换器、多路接口装置器、标准分辨率监视器、高分辨率监视器、S－VHS录像机、帧存储器组、微机、打印机以及波拉罗伊德(Polaroid)型胶片相机等部份组成。详见图4，弹道靶道摄像机系统标准型SV－553BR系统组成连接框图。

SV－553BR摄像机系统的实时视频图像可在监视器上直接显示，并可记录在标准的S－VHS磁带上(或光盘上)。另外硬考贝采用波拉罗伊德型(Polaroid) 8801SV胶片相机瞬时印制到4寸×5寸的相纸上，供分析和资料保存用。上述图1、图2、 图3的照片就是用这种相机拍摄显示屏上的图像所获得的(这几张图片是复制时缩小了一定比例的， 实际得到的是4×5时)。

SV－553BR摄像机系统的控制是由计算机来完成的。经初始目视的检查的视频图像，

变换成数字图像送到计算机可作永久性存储。控制信号的传送，可调出操作软件程序来

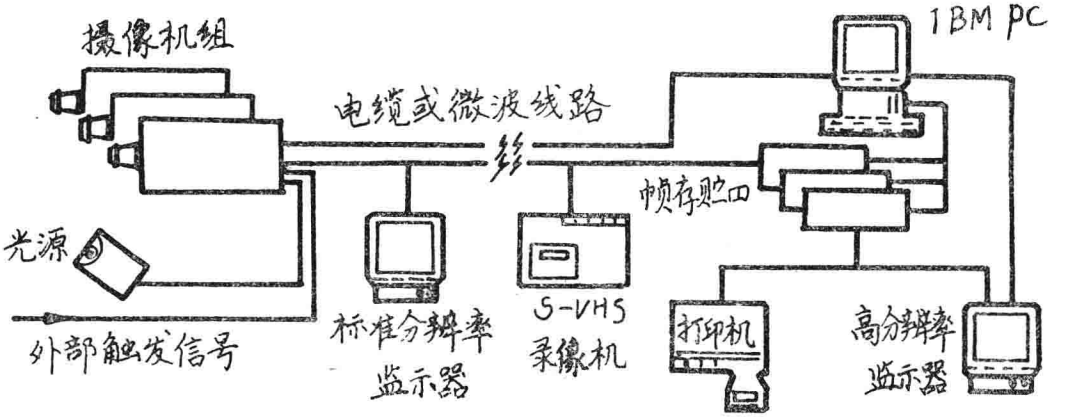


图4　SV—553 BR摄像机系统框图

实现，计算机可控制摄像机参数，例如曝光时间、触发延时、拍摄幅数等都可事先装定，并通过RS－232接口送到摄像机部份。也可实现变焦和旋转、距离和角度计算、 边缘局部放大等功能。摄像机与计算机之间，当使用普通电缆连接时，该摄像机能在距计算机500米范围内遥控工作。当采用微波线路时，计算机控制摄像机的距离可扩大到几公里。IBM－PC(AT)机或相应的兼容机在MS－DOS控制下就可遥控摄像机。在摄像机头部也设有摄像机所有参数和图像记录的控制按钮。

在计算机控制下，SV－553BR系统拍摄图像， 首先要给每个摄像装定各种有关参数和拟定控制程序。然后选择状态，并由外部和内部触发源提供系统来启动摄像机。接着把图像从帧存储器送入计算机。最后，显示图像和完成图像边缘局部放大，进行距离和角度测量计算，这样就可很快得到所需的测量结果。

SV－553BR摄像机系统主要技术性能：

探测器：单片CCD，帧转移器件

光敏区：8.8㎜×6.6㎜(对角线11㎜)

象元尺寸：7.8μ㎜×13.6μ㎜

有效象素：1134(n)×486(v)

分辨率：850(n)×486(v)TV线

镜头：标准尼康(Nikon)卡口镜头(F>0—210㎜)

像增强器：高分辨率近贴聚焦双平面型，直径φ25㎜，S_{20}光阴极

触发器：激波压力触发器或光幕触发器，均具随机触发能力

曝光时间：200ns—1ms，每隔100ns分档可调

曝光幅数：1－16任选(曝光时间和曝光间隔独立可调，最小间隔200ns)

触发输入：TTL脉冲触发，正或负(发射接通或断开)

同步输出：TTL脉冲，与每次曝光启动同步

时延装置：内部时延装置，时延200ns—100ms，每隔100ns分档可调

闪光前输出：TTL脉冲触发，曝光前每隔100ns分档可调，直至100μs前点燃外部光源

视频输出：RS170，1.0V_{p-p}，75欧姆，不均衡型

远程控制：RS232

帧存储器：行频31.5KHz，场频60HZ

监视器：标准分辨率型监视器，高分辨率型监视器，类型黑白，分辨率2000TV线，屏对角线14寸

计算机系统：计算机：IBM—PC(AT)或兼容机，可控制16台摄像机

操作系统：MS—DOS

最小系统：640K RAM

配置：2个扩展通道(其中一个通道为16位，另一个通道为8位)；

2个串行通道；

硬盘20Mb；

软盘驱动(1.2Mba或1.44Mb)

功率要求：

摄像机：90－240V可选，50或60HZ，功耗100W

帧存储器：200－260VAC，100—130V，　47－440HZ，功耗额定20W

监视器：90—250VAC，50或60HZ，功耗90W

体积重量：

摄像机：长755mm，宽254mm，高210mm，重20Kg

帧存储器：长432mm，宽330mm，高76mm，重4.5Kg

监视器：长549.3mm，宽428.6mm，高301.6mm，重23Kg

GSJ－Ⅱ型高速摄影机同步控制仪

田贵义
（机电部208所）

[摘要] 目前，国内有一定数量的PENTAZET35mm高速摄影机，均无同步控制系统。本文将简要介绍我们根据各种试验要求而研制的延时同步控制装置，供参考。

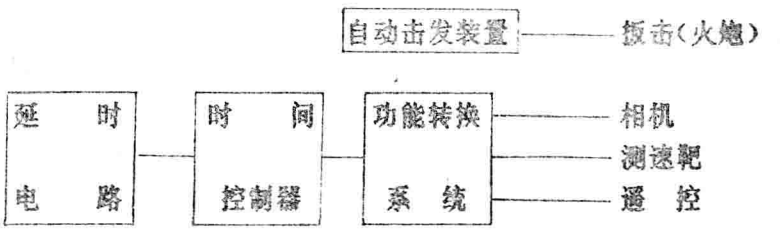
引言

众所周知，高速摄影机是军事和民用科学研究的重要测试仪器。它可用来验证和修正有关的理论计算方法，记录、观察和分析各种弹道参数的一些复杂过程。

在试验中，要想拍摄到各种理想的弹丸飞行姿态和各物体的瞬间变化过程，观测飞行目标在摄影点的飞行速度、旋转速度、加速度等，靠人工控制很难同步，必须配有高精度的同步控制系统，才能达到同步目的。本仪器就是为此目的而研制的一台延时同步控制装置。现将该装置的基本结构原理、性能特点及技术指标简单介绍如下。

一、基本结构原理

本系统主要由延时电路，时间控制器、功能转换系统及自动击发装置等组成。电原理示意图如下：



原理示意图

当电源接通，进入准备状态时，摄影机快门线圈开关通电，电磁铁将衔铁吸住。延时电路输出的时间同步信号在时间控制器控制下产生的1ns宽、幅度为15V的触发脉冲，使相机启动，胶片开始曝光。经过一定的预置延迟时间，自动击发装置自动吸合，扣动火炮击机，弹丸出膛。在相机进入正常工作时，目标进入摄影点，此时，可将目标的运动状态完整地记录下来。摄影结束时，电源自动切断，快门关闭。

预置延时时间，用波段开关从0～1.5S任意调节。控制方式可通过功能转换系统来选择。

需要全本请访问 www.ertongbook.com