



## 第16届国际高速摄影与光子学会议简况

第16届国际高速摄影与光子学会议于1984年8月27日至31日在法国斯特拉斯堡举行,由法国国家科学技术协会(ANRT)主办。与会代表近400名来自16个国家,发表学术论文206篇;除11篇特邀报告在全体会上宣读外,其余按专业分为16个专题在三个分会场同时进行。会议使用三种语言(法、英、德)进行同声转译。此外,会议还举办了一个展览会,有五个国家(法、美、德、英、日)的17家著名的公司参加了展出。展出了各家公司有代表性的先进设备的技术,并作现场表演,引起了代表们的特大兴趣。以中国科学院二部主任王大衍为团长的中国代表因一行五人(中国科学院西安光机所候洵、查冠华,核工业部李承德、赖国吉)参加了会议。

按照论文的内容可归纳为以下8个方面:

- 微微秒变象管相机(46)篇;
- 高速视频相机和高速视频摄影(19)篇;
- 光学—机械式高速相机(10)篇;
- 全息摄影与全息干涉计量技术(15)篇;
- 闪光X射线摄影(14)篇;
- 光源和探测器(10)篇;
- 数据处理技术(28)篇;
- 高速摄影技术的应用(64)篇。

从本届会议上所反映的现状与发展动态,主要有以下几个方面:

### 1. 积极推广高速摄影的应用技术

本届会议发表高速摄影应用的论文64篇,占全部论文的1/3,从中大致可以看出应用方面的广度和深度。特别是近几年来,由于各种技术与高速摄影相结合,如激光、全息、纤维光学、莫尔形貌、纹影等,以及用微处理机,电子计算机进行控制、数据处理、显示和储存,更使高速摄影应用技术出现了崭新的面貌。

高速摄影的应用范围日益广泛,本届会议集中反映在军事上的应用、激光核聚变研究、工业、空气动力学与流体力学、医学等。其中以军事上的应用最为突出,高速摄影起源于靶场弹道测试,现在是核武器研制不可缺少的工具。如法国国防部门用高速摄影研究非球面炸药爆轰波的传播,用光学纤维作压力传感器在10~430万巴范围内测量压力,用光学纤维制成的激光干涉测速仪测量速度;日本防卫所研究弹丸碰靶姿态与穿甲深度;英国对安全炸药的起爆反应区进行研究;西德用多台阶纤维光学探针研究炸药中爆轰波的传播规律等。美国Livermore实验室在10kJ的Novette装置和100kJ的NOVA装置上用微微秒变象管相机与空间成象和色散器件结合进行测试,提供了高功率激光聚焦与多层靶球相互作用动态过程的各种物理数据。苏联、法国等在这方面的研究工作也很活跃。高速摄影在工业上的应用十分广泛,如研究内燃机的燃烧过程、确定空气与燃料的最佳混合比;机械加工中切屑的形成与刀具的关系;激光打孔中金属的消蚀及其机理;造纸工业中纸浆的形成;装配线上故障的产生等。这些研究都是围绕着提高质量、降低成本、减少能源消耗、提高生产率。在空气动力学与流体力学上的应用着重于与其它技术结合,使过程可见化并取得定量的数据。

### 2. 大力发展各种类型的变象管相机

变象管相机目前仍然是高速摄影领域最活跃的一个分支。目前,扫描管的时间分辨率已达 $0.5 ps$ ,扫描速度为 $1.9 \times 10^8 m/s$ ;多画幅分幅管的单幅曝光时间为 $100 ps$ ;光谱范围延伸到 $200 \sim 1080 nm$ ;X射线变象管可探测的能量范围已达 $100 eV \sim 10 keV$ ;特殊用途的变象管已达 $1000 keV$ ;动态空间分辨率 $> 20 Lp/mm$ 。

日本滨松公司最近研究成功的亚 $ps$ 变象管相机时间分辨率为 $0.5 ps$ ,首次突破了 $1 ps$ ,目前居于领先地位。英国Hadland公司为美国Los Alamos和Livermor国家实验室研制的软x射线 $ps$ 扫描相机,对于 $1 KeV$ 的X射线,时间分辨率优于 $10 ps$ ;在时间分辨率为 $30 ps$ 时动态空间分辨率为 $20 Lp/mm$ ;扫描速度从 $5 ns/mm \sim 20 ps/mm$ 可调,最低扫速为 $100 \mu s/mm$ 。同步扫描的重复频率为 $250 MHz$ 。用于分幅摄影时,幅频为 $7.5 \times 10^7 \sim 6 \times 10^8 f/s$ ,可取 $10 \sim 4$ 个画幅。我国西安光机所最近研制成功的 $ps$ 变象管扫描相机,光阴极与网栅均为球形,以减少电子渡越时间畸变,时间分辨率为 $2.5 ps$ ;在时间分辨率为 $10 ps$ 时,动态范围为 $250$ ,达到了国际先进水平。

为了适应不同测试对象的要求,实现从低速到高速跨越 $4 \sim 7$ 个数量级扫速范围的变象管相机正在发展。具有亮度增益,可对低亮度过程进行拍摄。采用低片(或普拉片)与荧光屏耦合的纤维面板直接贴置,与透镜耦合型比较,可提高光能利用率 $\sim 25$ 倍;适用于 $200 \sim 850 nm$ 光谱范围。如美国的Cordin-160型,美国的Imacon 790型,日本的C1587型均属于这一类。

有多篇论文报导了门控式变象管相机发展近况。如近贴聚焦型微通道板增强管(MCPI):幅面曝光时间 $2 \sim 3 ns$ ,快门比 $> 10^3$ ,动态范围 $500 \sim 1000$ 。增强型硅靶摄像管(SITV): $\phi 25 mm$ 幅面曝光时间 $0.4 \sim 1 ns$ ,快门比 $> 10^3$ ,动态范围 $100$ 。

### 3. 迅速发展的高速视频摄影

高速视频摄影是八十年代初迅速兴起的高速摄影领域中一个重要的新分支,其发展之迅速,用途之广泛令人瞩目。从它问世以来,就成为传统的高速电影摄影和中、低速分幅摄影强劲的竞争对手,并大有逐步取代之势。

1980年之前高速视频相机所达到的最高幅频仅为 $200 f/s$ 。随后在技术上实现了某些突破,目前有代表性的美国Spin Physics公司的Sp2000型高速视频相机幅面幅频已达 $2000 f/s$ (也可为 $60$ 、 $200$ 、 $500$ 、 $1000 f/s$ );分割幅面的幅频则为 $12000 f/s$ (或为上述全幅面幅频数的 $2$ 、 $3$ 、 $6$ 倍)。

高速视频摄影的主要特点在于:一套高速视频相机相当于高速电影的摄影机,底片冲洗与拷贝设备,数据判读与放映系统等一整套设备。在拍摄的同时,可即时显示,显示的方式可以是高速的、低速的、逐幅的、停幅的;用高密度磁带作为记录介质,记录的时间长,可以两台或多台以同步的或接续的方式联用;除了同时显示和记录外,还可把数据输入计算机进行存储。

目前,高速视频摄影已广泛应用于科学研究与工业生产的许多领域。高速视频摄影目前存在的主要问题是空间分辨率还不够高,幅频数也有待于进一步提高。

### 4. 光源与探测器的新进展

对于自身不发光的高速运动物体进行高速摄影时,照明光源历来是最困难的技术问题之一。发展方向之一是研制高亮度、高重复频率的频闪光源。会上报导的高频频闪光源重复频率可达 $3 MHz$ 从 $100 kHz$ 到 $1 MHz$ 范围内按 $1\%$ 分度连续可调,峰值光强为 $5 \times 10^5 cd$ 。

近几年来,激光作为高速摄影中的新光源有了飞速的发展。如被动锁模染料激光器所产生的超短光脉冲( $\lambda = 620 nm$ ,脉冲半宽度 $0.2 ps$ ),已成为 $ps$ 变象管相机动态性能标定的有效工具。铜蒸汽激光光源( $\lambda = 510$ 和 $578 nm$ )重复频率 $4 \sim 6 kHz$ ,脉冲半宽度 $= 30 ns$ 。用这种光源( $6 kHz$ )与高速视频相机(幅频 $6000 f/s$ )同步使用,测试速度为 $250 m/s$ 的子弹,两个画幅之间子弹运动了 $4 cm$ ,而在单幅曝光过程中,子弹仅运动了 $7.5 \mu m$ ,不仅可以测量出精确的子弹速度,还可测

出子弹的旋转速率。由于这是一种方向性良好的相干光源，可远离物体几十米之外进行照明，其亮度损失可忽略不计。还可与光学纤维耦合，用于照明普通光源难以照到的区域。

西德报导了一种新型的X射线声学探测器，1983年发现了X射线的声学效应，随后一个基于这种原理的探测器被研制出来，在从紫外到几个keV X射线频谱范内用于探测闪光X射线的总剂量并与频谱特性无关。

苏联报导了一种测量超短光脉冲持续时间和脉冲形状的新装置，利用非线性光学频率转换原理，可测单次或序列超短光脉冲持续时间为0.5 ps，其适用的波长范围为530~5000 nm。

### 5. 数据处理技术

随着高速摄影应用技术的扩大和深入，势必足使数据处理技术的改进和提高，其趋势是向着准确、高速、实时、全自动化的方向发展。从会上发表的论文和展出的判读设备来看，数据处理技术大体可以分为两种类型：

一种是底片图象的半自动处理，凡是用底片作为记录介质的均属这一类。把底片放在判读仪上投影放大，针对要测的运动目标或迹线，依靠人眼和手作为判定被测点的辅助工具，由判读仪进行自动处理。例如由人眼判定y轴各点位置，X轴按所要求步距自动进行，或按等黑密度跟踪，通过转换装置把被测图象数字化，借助于微处理机进行存储、显示、打印，xy记录仪画出图形。所测参数包括x、y座标， $\theta$ 角、速度、加速度、画幅数及时间值等。备有多种程序，以用于不同的判读与分析目的。

另一类是图象的实时处理，把高速相机形成的高速变化的图象经由固体阵列器件(CCD或CIT)构成的高速视频相机，以视频信号输入以微处理为主体的时间分析器，把二维图象按照时序数字化，进行存储、处理、记录和显示。这种直接读出系统可以实现实时数据处理。通过接口可把数据直接输入计算机存储。ps变象管相机，高速视频相机的数据处理系统即属此类。这是数据处理技术的发展方向。

另外，光学—机械式高速相机在时间分辨率、扫描速度接近达到理论极限之后，重点已放在发展新的测试方法和应用技术上。并根据使用要求发展了某些特殊性能的相机。苏联报导了Z E V S - K T (分幅)、Z E V S - R T (扫描)两种等待型高速相机，采用反射型光学系统，并带有宽频色散装置，其主要特点是把光谱范围扩展到0.2~10.6  $\mu\text{m}$ 。全息摄影技术除了在原理和应用上都有新的突破外，其中一个发展方向是高速全息电影，幅频可达300 kHz，可获得4000幅全息图。会议发表闪光X射线摄影技术论文14篇，内容涉及应用技术、新设备研制、衍射技术、多画幅摄影以及闪光X射线层析摄影技术等。

会议期间，举行了各国国家代表会议，会上确定下一届会议(17届)于1986年9月1~6日在南非召开，18届会议于1988年在我国举行。

(李承德 赖国吉)