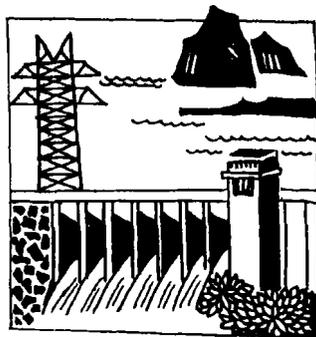


# 力学参数的光测技术 及其在农业工程中的应用

陆 生 海

(苏州大学物理科学与技术学院 江苏苏州 215006)



光测技术又称光测法,是用光学方法测定非光学量的测试技术,也是实验应力分析的重要方法,主要用来测定模型或实物的应力、应变和位移。由于光测法具有能直观、全貌地反映结构物中的应力分布情况;可以方便、迅速地获得边界条件,求出结构物内部任意位置处的应力,测出各种应力集中系数;适合于几何形状、受力情况比较复杂的结构应力分析,能经济、省时和有效地解决问题等特点,长期以来为人们所重视,被广泛应用于航空、航天、造船、机械、建筑、医学、军事等,在农业工程方面也有着较广泛的应用,解决了大量的复杂问题。光测法除常用于测定静载下构件的应力、应变和位移之外,在对测定接触应力、动应力、热应力、弹塑性变形等方面也有很好的发展前途。

## 光测技术的基本原理

等)、反射光为线偏振光,则  $\Psi$  和  $\Delta$  均为可直接测量。只要测得  $\Psi$  和  $\Delta$ ,原则上可以解出  $d$  和  $n_2$ 。样品光学参数的测量方法主要有光度法和消光法。

对比于其他表面分析技术,椭圆偏技术有着它独特的优点:第一,椭圆偏技术中探测信息的载体为光束,而对比于各种粒子束而言,光束对样品表面的损伤以及导致表面结构的改变是最小的,因而对样品具有非破坏性和高精度。第二,椭圆偏技术通过光波在物质相互作用前后偏振态的变化,可检测出材料表面信息的微弱改变,具有原子层级的灵敏度。第三,椭圆偏技术对样品没有特殊的要求,样品可以是体样品、薄膜样品、不均匀样品、各向异性样品等。第四,椭圆偏技术对测量环境具有非苛刻性,测试环境可以是空气、真空或特定条件,测试温度范围也较宽。

## 三、应用及展望

椭圆偏技术从问世以来,无论在理论上还是在应用上人们都做了大量工作。特别是随着薄膜技术在信息存储材料、光学及空间技术等领域的广泛应用,薄膜光学常数的精确测定也是越来越重要,而为具

在光测技术中,以测定应力为主的方法主要有三维光弹性冻结切片技术、激光全息光弹性技术和激光散光光弹性技术。

## 三维光弹性冻结切片技术

三维光弹性冻结切片技术是一种解决三维问题的模型模拟技术,它是利用模型受载后表现为光学各向异性,平面偏振光通过受载模型所产生的双折射现象,在光弹性仪下呈现应力条纹图像来观测断面的应力分布和测定任意点应力的方向和大小。实测时,把光弹性材料如环氧树脂等,用蜡模或硅橡胶膜制成与实物成一定比例的模型,在烘箱内加温至冻结温度后,模拟实际情况加载一定时间,再缓慢降至室温,然后根据需要切成薄片,在光弹性仪或偏光显微镜的光场中便可观测到该断面的应力分布情况。应用光弹性冻结切片技术对应力定量分析的基

有诸多优点的椭圆偏技术打开了广阔的应用空间。椭圆偏技术不仅可以测定单层介质膜、吸收膜的复折射率和厚度,采用适当的程序和计算方法,也可以测定多层复介质膜、吸收膜的复折射率和厚度等光学参数。椭圆偏技术具有非接触性、高精度等特点,可以实时地监测各种薄膜地生长。椭圆偏技术可以测量材料的电光、磁光、压光、热光等多种物理效应。

利用椭圆偏技术可以获得使偏振态发生改变的材料的相关信息。椭圆偏技术同其他测量分析技术相结合,可以获得材料更丰富的信息。在材料科学方面,例如对量子阱和超晶格材料、高温超导材料、铁电材料等多种功能材料的研究中,都可发现椭圆偏技术应用的踪迹;椭圆偏技术的实时测量将在复杂材料的研究和开发中发挥重要作用。CCD 图像技术同椭圆偏技术相结合,使我们可以监测到薄膜生长中原子的堆积过程。

展望未来,椭圆偏技术的应用将越来越广泛。随着现代科技的发展和知识经济的需求,“椭圆偏技术的发展将比过去更激动人心”。

本理论是三维应力-光学定律。光弹性模型可将冻结应力永久地保存下来。

### 激光全息光弹性技术

激光具有高的方向性、单色性和高强度;全息照相能记录物体的全部信息,包括振幅和相位,能将携带物体信息的光波以干涉图样的形式记录下来,并在一定的条件下可使其再现,形成原物体逼真的立体像。激光全息光弹性技术就是利用激光和全息照相建立的不同于普通光弹性的新技术。图1是应用激光全息光弹性技术测试元件的典型光路,由激光器产生的光源通过快门、分光镜,将光波分成物光和参考光,物光经全反射镜、准直镜、偏振镜,通过模型到达全息底板;参考光同样经全反射镜、准直镜、偏振镜,但不通过模型直接到达全息底板,两束光产生干涉,其干涉条纹就被记录在全息底板上。将冲洗好的全息底板放在记录原位,遮挡物光,用原来的参考光照射,就可实现物光再现。

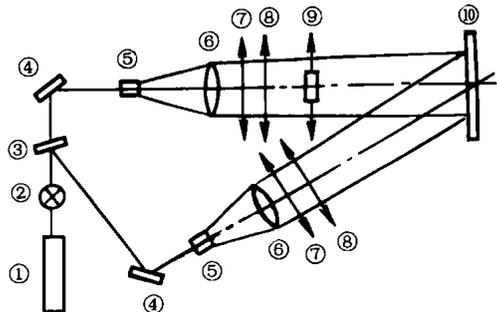


图1 激光全息光弹性法测试光路

- ①激光器 ②快门 ③分光镜 ④全反射 ⑤扩束镜  
⑥准直镜 ⑦偏振片 ⑧1/4波片 ⑨模型 ⑩全息底板

采用激光全息光弹性技术测试通常有二次曝光法和实时法,前者是在模型加载前后均用物光和参考光在全息底板上各曝光一次,处理后获得的干涉全息图,在参考光的照射下就可实现物光再现;后者是在模型未加载前进行一次曝光,将底板保持在原位,再对模型加载,在参考光的照射下,使受力模型的物光透过全息图与再现物光干涉,由此获得实时条纹图。用激光全息光弹性技术获得的干涉条纹图中,由于包含应力条纹图(等和线),简化了主应力的分离。

### 激光散光光弹性技术

激光散光光弹性技术,简称散光法,是解决平面问题和三维问题的又一种光测法,该方法是用高光强、短波长的激光作为光源,在模型材料里加入直径较小的悬浮颗粒或选用有机玻璃作为模型材料。由于光线入射到透明介质里时,悬浮于物质里的微小颗

粒和材料分子被激发发光,入射光通过它们扩散,形成沿着与入射光传播方向正交的散射光。当激光光源形成的平面偏振光(或圆偏振光)射入受力模型后,光在双折射介质中产生散射,且沿着模型中入射点的次主应力方向分解为两束平面偏振光,两光的相位差沿光传播方向呈周期性变化,在垂直于入射光传播方向上便可观察到连续的亮暗条纹-散光应力条纹图,测取条纹级数及相应的间距,根据应力-光学定律就可确定次主应力差值。图2为激光散光光弹性仪的光路,激光器发出的光束经反射镜反射、柱面镜扩散、由准直镜会聚成平行光片,再经偏振片、1/4波片形成平面偏振光(或圆偏振光)射入受力模型,在与入射光垂直方向上用近拍照相机便可拍摄到散射条纹,或直接用读数显微镜测读条纹级数及相应的间距,由此确定次主应力的差值,求得应力分布。

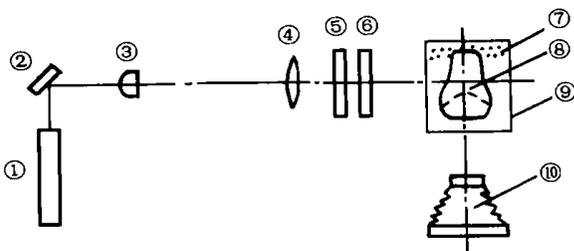


图2 激光散光光弹性仪光路图

- ①激光器 ②反射镜 ③柱面镜 ④准直镜 ⑤偏振片 ⑥1/4波片 ⑦浸渍液 ⑧受力模型 ⑨浸渍液容器 ⑩近拍照相机

采用激光光弹性技术测透明材料内部应力,不需要切片,模型不受破坏;对一些构件不必冻结,可直接加载进行应力分析,对解决三维问题具有实验周期短、模型使用率高等突出的特点。

### 光测技术在农业工程中的应用

在农业工程中,许多机械装备的重要零件及结构的应力分析问题都属于三维问题,不仅几何形状复杂而且承受空间力系的作用,如拖拉机的转向轴、万向节叉和后桥壳体,水泵的叶片和轮壳体,柴油机的缸体、曲轴和活塞,液来自卸车的车架,大型液压挖掘机的挖掘斗等。应用光测技术可以了解这些重要零件和结构的应力分布,对于改进产品的设计,提高产品的可靠性具有重要意义。如应用三维光弹性冻结切片技术,可掌握农用万向节叉的应力分布规律,找到受力破坏点,为合理选材提供依据;用冻结法可求出发动机曲轴主轴颈和连杆轴颈等处的应力集中系数,为产品设计的疲劳计算提供依据,还能解决如水坝应力分布等重要工程的实际问题;应用激

# 基于 INTERNET 的物理资源

刘海顺 安英莉

(中国矿业大学 江苏徐州 221008)

随着 INTERNET 的迅速发展和教育国际化时代的到来, INTERNET 中的物理资源越来越丰富, 中文网络资源也越来越多, 为广大物理工作者进行科研和教育提供了费用低廉、更加快捷迅速、时效性强的物理资源。

## 搜索引擎

可以利用诸如雅虎(<http://www.yahoo.com>)、搜狐(<http://www.sohu.com>)、Infoseek(<http://infoseek.go.com/>)等搜索引擎寻找关于物理的网络资源, 但是在众多的杂乱信息中筛选出相关内容是相当耗时的, 如选择专业的搜索引擎如天网(<http://e.pku.edu.cn>)主要覆盖教育科研信息, 可以使检索更有针对性, 提高检索效率。

## 国际期刊及数据库

### OCLC 数据库

全名为 Online Computer Library Center, Inc. (图书馆联机计算机中心), 是世界上最大的提供文献信息服务的机构之一。中国高等院校文献保障系统全国工程中心以年订购的方式购买了 OCLC 的 13 个数据库, 提供给 211 工程的 61 所院校共同使用 10 个“并发用户”免费(检索费和通讯费全免)检索。其中, 4 个数据库中可见到物理及教育方面的文献。即 ERIC——教育方面的期刊文章和报告, 囊括数千个教育专题, 覆盖从 1966 年到现在的资料; Wilson SelectPlus——科学、人文、教育和工商方面的全文文章, 包括 1300 多种期刊, 覆盖从 1994 年到现在的资料; Article1st——12500 多种期刊的文章索引, 覆盖 1990 年到现在的资料, 大多数期刊是英文资料; PapersFirst——国际学术会论文索引, 覆盖了自 1993 年 10 月以来在“大英图书馆资料提供中心”会议录收集的每一次会议上发表的论文。

光全息光弹性技术, 除了能解决一般平面光弹性问题外, 还能解决非自由边界应力分布和接触应力等, 如水泵叶片根部、连杆轴瓦、轴承瓦盖的接触应力等问题, 还可用于求解断裂力学中的强度因子等; 应用激光散光光弹性技术, 可求解如水泵叶轮轴、汽轮机转子轴等的扭转问题, 确定轴扭转截面上的剪应力

CALIS UnCover Gateway

(<http://csi.carl.org:3001/scripts/gateway.cgi>)

UnCover 是美国 CARL 公司

(Colorado Alliance of Research Libraries) 的一个主要产品, 是当今

世界上规模最大、内容更新最快的期刊篇名目次数据库之一, 向用户提供联机检索服务和网络检索服务。UnCover 数据库覆盖了多学科主题, 收录期刊已超过 17000 种, 同时拥有期刊文章索引 700 多万篇, 并以每天 5000 篇的速度不断更新。

UMI PQDD (<http://www.lib.umi.com.dissertations>)

ProQuest Digital Dissertations 是美国 UMI 公司出版的博士、硕士论文数据库, 是世界上最大和最广泛使用的学位论文检索工具。收录了 1861 年以来世界各国 1000 余所大学和著名研究机构的 150 多万篇学位论文, 可以阅读论文的文摘索引和前 24 页原文。

Elsevier SDOS China Consortium

(<http://elsevier.lib.tsinghua.edu.cn/>)

是 Elsevier 中国公司推出的一个主要产品。该数据库覆盖了多学科主题, 收录科技期刊超过 1568 种, 同时拥有 1995 年以来期刊文章 185 万多篇。

Physics Review Online (物理评论在线)

(<http://prola.aps.org>)

收录了从 1893 年以来的相关期刊文献, 收录的期刊有: *Physics Review A, B, C, D, E*; *Physics Review Letters*; *Review of Modern Physics*; *Physics Review Focus*; *Physics Review PRST-AB*。

物理通讯期刊(<http://www.elsevier.nl>)

收录的期刊有: *Physics A, B* (《物理通讯 A, B》); *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, B* (《原子核仪器与物理方法 A, B》); *Nuclear A, B* (《原子核物理 A, B》) 等。

Institute of Physics 瑞典物理评论期刊

(<http://www.physics.org>)

主要刊登物理研究和实验进展方面的文章, 可

分布状态, 为校核强度及变截面轴的等强度设计提供依据。此外, 力学参数的光测技术已扩展到生物力学、断裂力学等领域, 在求解动应力、热应力以及弹塑性变形等问题方面已取得进展, 有着很大的发展潜力。