

激光全息实时法测量新鲜人体 下颌骨皮质骨骀龈方向泊松比

陈新民 赵云凤

(华西医科大学, 成都)

摘要: 本文应用激光全息干涉术测量了新鲜人体下颌骨皮质骨骀龈方向的泊松比, 采用微机光笔图象分析系统处理全息, 较之传统的方法简便、快速和精确。

**Measurement of poisson's ratio of cortical bone of the
fresh human mandible in the occlusogingival direction
by real-time holography**

实验所测得的实际频带宽度比单程线宽的计算值低出数倍甚至一个量级, 这就说明在色散不变腔Q值增大的情形下激光的频带变窄。如果在图1所示的染料激光腔用一个Littman光栅来替代光栅端面的反射镜, 可望获得更窄的单程线宽, 染料池与掠入射光栅间放置一个棱镜组扩充器, 还可以在压缩单程线宽的同时增加激光器的转换效率。

参 考 文 献

- [1] Appl. Opt., 1972, Vol. 11, P. 895.
- [2] Appl. Opt., 1978, Vol. 17, P. 2222.
- [3] Appl. Opt., 1984, Vol. 23, P. 4465.
- [4] Appl. Opt., 1980, Vol. 19, P. 3651.
- [5] Opt. Commun., 1981, Vol. 36, P. 399.
- [6] Appl. Opt., 1981, Vol. 20, P. 985.

作者简介: 周建英, 男, 1957年12月出生。获英国伦敦大学帝国理工学院物理系博士。现从事波导内的超快非线性光学研究。

黄作柱, 男, 1944年10月出生。讲师, 硕士。现从事CARS光谱及其应用研究。

罗黎明, 男, 1935年1月出生。副教授, 系副主任。主要研究成果有: 外加磁场提高激光显微发射光谱分析灵敏度的实验研究。

收稿日期: 1989年6月23日。

收到修改稿日期: 1990年1月8日。

Abstract: This paper used laser holographic interferometry to measure the poisson's ratio of cortical bone of the fresh human mandible in the occlusogingival direction. The hologram is handled with the picture analyse system of photo-pen microcomputer. The measurement process is fast, simple and convenient; the measuring results are accurate.

用激光全息干涉法测量泊松比, 具有无损检测、非接触式测量和粗面干涉的优点。近年来已有一些关于激光全息测量泊松比的研究^[1,2], 但是研究的对象限于工程材料大型试件, 尚未见到用于测量生物固体材料泊松比的报道。人体下颌骨皮质骨是一种多相、各向异性、非均匀的有生命的复合材料, 其力学性质的准确测定是口腔生物力学的基础。本实验采用激光全息实时法测量了新鲜人体下颌骨皮质骨龈方向的泊松比。

原 理

根据三维弹性理论, 纯弯板的变形公式为:

$$u = \frac{1}{2R} [x^2 - \nu(y^2 + d^2)] + \text{常数} \quad (1)$$

式中, u 为板上各点在离面方向的位移, R 为纯弯板的曲率半径, x, y 为点的坐标, ν 为泊松比, d 为厚度的一半。在截面形心处设置直角坐标系原点, $x-z$ 平面是受弯的主平面, 反翘曲面的位移等高线是双曲线簇 (图1), 可用下方方程表示:

$$x^2 - \nu y^2 = \text{常数} \quad (2)$$

其渐近线为:

$$x^2 - \nu y^2 = 0 \quad (3)$$

渐近线夹角 2α 与泊松比 ν 的关系为:

$$\nu = \frac{x^2}{y^2} = \text{tg}^2 \alpha \quad (4)$$

这样, 只要用激光全息干涉法拍摄皮质骨板在纯弯曲下的双曲线簇干涉条纹图, 在图中测量渐近线夹角, 便可求得泊松比。

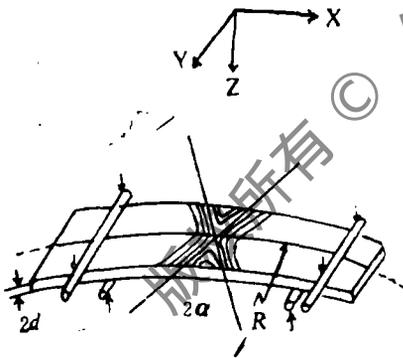


图1 纯弯板变形示意图

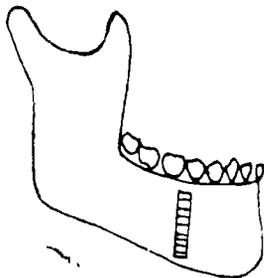


图2 下颌骨形状及骨试件取向示意图



图3 骨试件磨片图: 可见横向定向结构

1. 骨试件的选备

本实验选择青壮年男性、牙周健康的新鲜下颌骨标本，沿颌龈向切取皮质骨(图2, 3)，制备成骨试件进行泊松比测量。形状为平板直条状，尺寸为 $22 \times 4 \times 1\text{mm}^3$ 。骨试件制备时，不断用生理盐水冷却，维持骨的新鲜状态。完成的骨试件仍放在生理盐水中，于 $-20\text{ }^\circ\text{C}$ 的条件下保存在密封的容器中。测试时才从冰箱中取出，在室温条件下放置4h左右，待其温度场恢复正常与室温一致后，擦干净表面进行测试，尽快完成测试过程。

2. 实验技术

(1) 光路布置 实验采用的激光全息干涉法的光路布置如图4。光源为上海激光技术研究所生产的MS120型50mW He-Ne激光器。参考光与物光等光程布置，物、参光强比为1:6，物参夹角约为 30° 。垂直入射，法向观察、记录骨试件表面的双曲线簇干涉条纹。

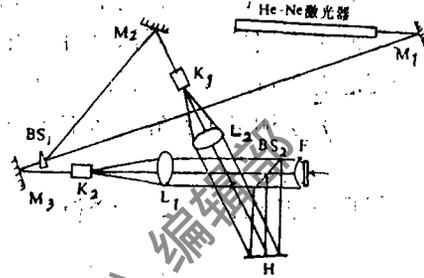


图4 光路布置图

(2) 加载装置 加载方法为四点弯曲法。试件置于两支座中心位置上，支座间距为20mm；加载的一对压头可以调节位置，间距调为16mm。骨试件板宽/加载压头间距之比为0.25，满足圣文南原理，较充分满足纯弯变形条件。

(3) 试验过程 骨试件精确地安放在加载装置的中心对称位置。先对试件加一定初载，目的在于消除加载装置与试件之间的间隙，用激光照明试件进行曝光，实时在位处理，等底片干燥后，借助激光可见试件全息象，然后逐渐缓慢加载，观察到试件表面出现对称、明亮、条纹密度适中且对比度亦好的双曲线簇条纹，用照相机拍照，复制全息象。每一骨试件作5张不同挠度的全息图。为了验证实验装置及方法的可靠性，还用与下颌骨皮质骨相同尺寸的有机玻璃材料在同样条件下进行测试。

M_1, M_2, M_3 —反射镜 K_1, K_2 —扩束镜 BS_1, BS_2 —分光镜 L_1, L_2 —准直镜 H —全息干板 F —试件及加载夹具

(4) 测量 将相机拍摄的全息干涉图冲洗放大成照片，在WJGT-30微机光笔图象分析系统上分析处理。图5是下颌骨皮质骨颌龈方向和有机玻璃的全息干涉条纹图。先用摄影机对全息图摄象并显示在监视器屏幕上，用内游标对渐近线特征点的坐标 (x, y) 采样，数据进入计算机计算，自动计算出共轭双曲线簇两渐近线间的夹角，并按(4)式计算泊松比。每张图测10次，取其平均值。

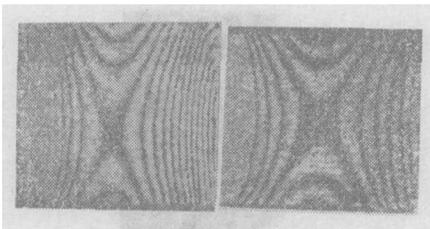


图5 全息干涉条纹图

左—下颌骨皮质骨颌龈方向
右—有机玻璃

测量结果

用激光全息实时法在纯弯曲加载夹具上测量新鲜人体下颌骨皮质骨颌龈方向的泊松比及有机玻璃的泊松比的结果见表1。

与其他作者用其它方法所测的数值相比较, Ashman^[3]用超声波法测得人体下颌骨皮质骨髁颌方向的泊松比为0.244, 陈新民等^[4]用电测法测得有机玻璃的泊松比为0.356, 与本实验结果非常接近。

表1 下颌骨皮质骨与有机玻璃的泊松比测试结果

试件	材料	尺寸 (mm ³)	数目	取向	板宽/加载间距	α°	\bar{X}	SD	Cv
件	下颌骨	22×4×1	5	90°	0.25	24.779	0.2131	0.022	10.3%
	有机玻璃	24×4×1	5	-	0.25	30.83	0.3562	0.0136	3.82%

讨 论

(1) 泊松比是材料的重要力学性质之一, 是工程计算中不可缺少的常数。目前尚无成功的力学方法来确定在体下颌骨皮质骨的泊松比, 离体骨组织是此方面知识的唯一来源, 测量时, 又要求尽量在接近其体内生理状态、接近其生理应力的水平的条件下进行, 这就使得泊松比测量十分困难。激光全息干涉法测量泊松比具有非接触式、无损、全场分析、粗面干涉、瞬态测量、灵敏度及精度高的特点, 所选骨试件生物相似性好, 比其它力学测试方法具有更多的优越性, 所测得的人体下颌骨皮质骨的泊松比值更接近在体骨的水平。

(2) 近几年已有一些学者注意到应用全息干涉法来测量工程材料的泊松比。但他们实验所采用的材料是干燥的无机材料, 试件均为大尺寸, 影响因素少^[1,2]。本实验采用新鲜人体下颌骨皮质骨制备试件, 受到下颌骨自身几何条件的限制, 试件很小, 骨内含有水分和有机物, 增加了加载和获取光信息技术的难度。通过用电测法验证及与其他作者用非光学方法所测结果比较, 证明用激光全息干涉所测得的泊松比是可靠的。

本实验得到朱建堂高级工程师的帮助与支持, 特此致谢。

参 考 文 献

- [1] Jap. J. A. P., 1969, Vol. 8, No. 6, P. 768.
- [2] 《激光杂志》, 1987年, 第6期, 第374页。
- [3] Dent. Res., 1987, No. 10, P. 64.
- [4] 《现代口腔医学杂志》, 1989年, 第3期, 第150页。

作者简介: 陈新民, 男, 1956年4月出生。硕士, 讲师。现从事口腔修复学教学、口腔固定修复、口腔生物力学的研究。

赵云凤, 女, 1932年11月出生。教授, 全国口腔修复学组成员, 中华医学会四川省口腔学术会委员, 中华口腔科杂志编委。主要从事口腔固定修复、生物力学等方面的研究。

收稿日期: 1989年12月26日。