

激光超声及其在无损检测中的应用

尹向宝

(黑龙江科技学院, 哈尔滨 150027)

摘要:概述了激光超声技术的基本特点,介绍了激光超声产生及接收的基本原理,综述了激光超声技术在无损检测领域的应用简况,评述了激光超声技术今后的解决方向。

关键词:激光超声; 无损检测; 岩体超声检测

中图分类号: TN24

文献标识码: A

文章编号: 1008-8725(2005)09-0004-03

0 引言

在某些恶劣的环境中,比如在高温、高压、高湿、有毒、检测环境或被测工件具有放射性或腐蚀性、以及被测工件具有较快的运动速度时,传统的无损检测方法已不能完全满足要求。为此,人们一直都在努力寻找合适的无损检测方法。激光超声检测技术就是利用激光脉冲激发并检测超声,以实现无损检测的一种方法。已逐渐成为材料无损检测的一种重要手段和发展方向。

1 激光超声检测的特点

(1)无需耦合剂,避免了传统的超声检测中由于耦合层的变化而带来的对信号的干扰,以及由于耦合剂的使用而对材料产生的各种污染;

(2)激光束的优秀品质使得被测超声波场可以不受任何

干扰,或者受到的干扰很小,具有极强的抗干扰能力;

(3)超声波的产生和探测都是通过激光进行的,因而易于实现远距离的遥控激发和接收,并能实现工件的在线检测;

(4)可以通过一玻璃窗口将激光束导入特定的空间,从而使其能方便地应用于高温、高压、高湿、有毒、酸、碱等检测环境或被测工件存在核辐射、强腐蚀性和化学反应等恶劣环境。

2 激光超声的基本原理

2.1 激光超声产生

激光超声的产生是由固体媒质直接与脉冲激光相作用,由吸收的光能而转变成声能。激光超声源是直接由媒质体内,因此,激光超声的产生,不仅与激光束的时间、空间特性有关,而且还与材料本身的光学、热学及力学特性有关^[1]。

宇,面积为 20 000 m²,庙宇的长轴与煤层走向斜交 30°,地面标高为 +300 m,表土层厚度为 20 m,庙宇中心处煤层的埋藏深度为 500 m,煤层倾角 α 为 15°。庙宇的保护等级按 II 级对待(围护带的宽度 s 为 15 m),移动角参数 $\delta = \gamma = 80^\circ$, $\beta = 62^\circ$,表土层移动角 $\varphi = 45^\circ$ 。分别按似椭圆法和垂直断面法设计保护煤柱,如图 5 所示。

在相同的地质采矿条件下,垂直断面法只利用了主断面上的移动角 δ, β, γ ,所以它们在角点处均留下了过多的煤柱。而且随着煤层倾角 α 的增大,多余煤柱急剧增加,甚至使保护煤柱的留设难以进行,四条直线难以两两相交。在图 5 中,梯形 $MNPQ$ 所围的区域为用垂直断面法所作的保护煤柱;曲线 $ABCDEFCH$ 所围的区域为似椭圆法所作的保护煤柱。在该例中,通过分析,似椭圆法留设保护煤柱的面积比用垂直断面法所作的保护煤柱面积约少 25%。所以,似椭圆

法留设保护煤柱既可以保证矿区地面建(构)筑物的安全,又避免了在建(构)筑物的“角点”处多留设保护煤柱。

在保证煤矿安全生产的条件下,似椭圆法留设保护煤柱可以大大解放“三下”压煤量,使煤炭资源得到合理的开采和利用,在我国煤炭资源日渐紧张的今天,对于提高煤炭企业的经济效益以及矿区的可持续发展具有十分重要的意义。

参考文献:

- [1] 何国清,杨伦,凌庚娣,等. 矿山开采沉陷学[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,1989.
- [2] 邹友峰,邓喀中,马伟民. 矿山开采沉陷工程[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2003.
- [3] 姚顽强,汤伏全. 用影响椭圆法确定建筑物保护煤柱[J]. 西安矿业学院学报,1997,(3).
- [4] 邹友峰,马伟民. 留设保护煤柱的临界面标高投影法[J]. 矿山测量,1995,(2).

Researching Method of similar Ellipse to Design Coal Pillar for Protection of Buildings

CHEN Jun - jie, ZOU You - feng

(Department of Surveying Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003, China)

Abstract: Based on principle of protection a point and a line on the ground, this paper puts forward the principle of similar ellipse method to design coal pillar for protection of buildings, and the method and step are proposed. In the light of practice instance, compared with traditional vertical section method, using similar ellipse method to design coal pillar, may liberate greatly "three underground" stagnant coal. Besides, the scheme is designed to draw coal pillar using similar ellipse method automatically.

Key words: similar ellipse method; coal pillar for protection of buildings; vertical section method

基金项目: 2004 年黑龙江科技学院青年基金项目(编号 04-27)

收稿日期: 2005-06-10; **修订日期:** 2005-06-28

作者简介: 尹向宝(1978-),女,黑龙江科技学院教师,大连理工大学理论物理专业在读硕士,从事岩石声场的研究及物理教学工作,已发表论文近 10 篇。

目前最常用的激光超声激发技术是用约 10 ns 脉宽的脉冲激光束来照射试样表面,如果激光束通过一球面透镜聚焦到试样表面,就可以形成一很好的点声源。如果通过一柱面透镜聚焦,就可以形成一线声源。若照射试样表面的激光功率密度低于试样表面的损伤阈,这时形成的是对试样表面无损伤的热弹源,理论上它相当于时间上是阶跃函数 $H(t)$ 的切向力源。当激光的光功率密度大于试样表面的损伤阈,这时由于试样表面材料气化而对试样产生一法向冲力,形成了时间为脉冲函数 $\delta(t)$ 的法向力源,称为烧蚀激发源。图 1 是由热弹线源和烧蚀线源产生的表面波理论波形及用干涉仪接收的实验波形。图 1 中实验与理论完全一致的结果表明激光超声的激发不仅是有效,而且是十分理想的阶跃或脉冲声源,它对于声传播理论的研究是非常重要的。为了使激光超声技术成为高检测信噪比的无损检测技术,近年来又发展了各种表面修饰技术。湿表面技术是一种最简单而又有效的表面修饰技术。在试样表面涂一层油蒸一层吸光膜,或放一滴水,就可以产生类似烧蚀激发源相当的效果,而又不损伤试样表面。脉冲激光产生的超声脉冲是一宽带的信号,很容易受到宽带噪声的干扰。如果把激光脉冲功率分散照射到试样表面,如图 2 所示那样通过一空隙宽度是渐变的掩膜板,在试样表面形成一线性调频源阵。这样可以用匹配滤波技术来提高信号的检测信噪比。

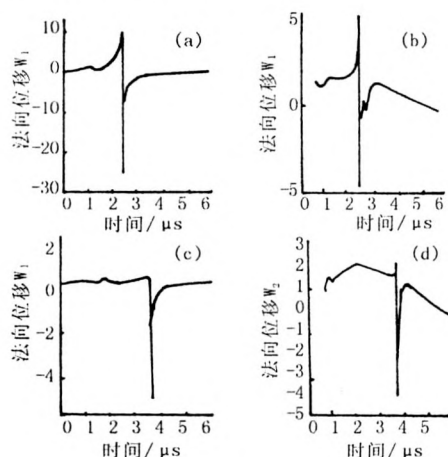


图 1 烧蚀和热弹线源时铝介质半空间表面法向位移值与实验结果

烧蚀源:(a)数值 (b)实验 热弹源:(c)数值 (d)实验

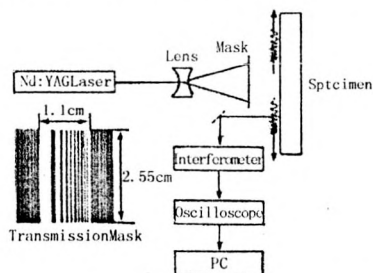


图 2 产生调频表面波的实验系统

2.2 激光超声的接收

激光超声的接收主要有传感器检测和光学法检测两类,利用 PVDF 压电薄膜直接与试样耦合或利用静电传感器、电磁声换能器等宽带换能器可以十分简便地接收到激光超声信号,但传感器必须与试样接触,或者非常接近试样表面,以获得高的检测灵敏度^[2]。

光学法是真正意义上的非接触、宽带检测技术。它主要有刀刃法和干涉法两类,而光干涉法又可分为线性和非线性光干涉仪。而相位共轭干涉仪、双波混合干涉仪以及光感生

电动势(Photo-EMF)干涉仪则属于非线性光学仪,因为它们使用了非线性晶体。共焦 F-P 干涉仪具有带宽、灵敏及较大的人射孔径的特点。但通常只能测量法向位移。如果在试样表面用一薄膜光栅加以修饰,这样就可以同时测量表面的法向和切向位移。当检测激光束入射到一粗糙试样表面时,反射光的波前由于表面散射而畸变。相位共轭干涉仪是将这畸变的反射波前再经一相位共轭镜(如 BaTiO₃ 晶体)反射而变成有共轭相位的畸变波前。当这光束再入射到反射区时,畸变的相位得到了补偿而“复原”。这样,它与原入射波前相干涉,就可获得试样表面的运动信息。而双波混合干涉仪是由试样表面反射信号光束与参考光束在非线光学晶体(像 BaTiO₃ 等)中相干涉而形成动态光栅,再让参考光束通过这光栅而形成一波前“畸变”的参考光束,它与“畸变”的信号光束再相干涉,达到测量试样表面的目的。光感生电动势(Photo-EMF)干涉仪是利用了像 GaAs 这类晶体的干涉仪。这类晶体能生成和贮存一个内电场,而这内电场的分布与入射光束的空间强度分布相对应。当这空间光强分布作横向移动时,贮存的空间电荷场会发生一时变的电流输出。所以,它不需要额外的光电检测器,它可以通过晶体上干涉条纹图像的移动而测量试样的法向位移。Photo-EMF 器件像普通的半导体器件一样,可以集成。而且有较高的截止频率,像 GaAs 的 Photo-EMF 器件的截止频率可高达 80 MHz。所以,它是一种极有发展前景的激光干涉仪。

3 激光超声技术的应用概况

3.1 恶劣环境下的材料特性测量

激光超声的非接触式激发与接收、以及无损、非侵入性等特点,使得其特别适合于在恶劣环境下,对工件进行在线检测。这一方面的应用研究较多^[3],如德国的 Keck 等利用准分子激光作为超声波的激发源,利用 Nd:YAG 激光接收,在热轧无缝钢管(管长 55~12 m,温度 1 230 ℃,延伸速度 2 m/s)生产线上成功地进行了管坯壁厚均匀性的在线检测;美国 EG&G 公司的 M.H. O'Brien 等利用激光超声对核反应堆中的石墨特性进行了分析;可测范围在 15~25 mm。

上述各例说明了在高温、核辐射等环境下,激光超声是工业上定位、在线监测的重要手段。

3.2 岩体超声检测

由于该技术能进行大面积的无损检测,因而得到人们的重视而被广泛采用。图 3 是岩体超声波测试系统。向岩石试件发射脉冲,通过岩体后的超声波检测信号,携带了大量反映岩体特性的各种信息,而超声波频谱测试技术是利用全波形,借助于快速傅立叶变换(FFT),将时域波形变为频域谱,在频域上研究被测岩体的特性,即频谱分析。如果向岩石试件发射一窄脉冲,由于它在试件中传播的时间比其他(反射)波时间要短,因此有利于提高纵向分辨率及将直达波与后续波分开,避免界面反射影响提高信噪比。而且窄脉冲含有丰富的频率成分,比由方波调制的正弦波优越,因此采用窄脉冲发射、宽频带接收,减少透射波失真。

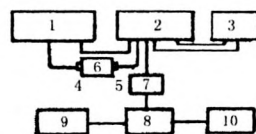
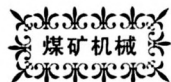


图 3 岩体超声谱测试系统

1. 脉冲发生器 2. 瞬态变换器 3. 示波器 4. 发射换能器 5. 接收换能器 6. 试件 7. 接口 8. 微机 9. 打印机 10. 绘图仪

4 结束语

岩体超声频谱特性与岩体力学特性相关,因此,超声频谱测试技术为工程岩体特性检测、岩石分类、解决工程岩体问题等提供了新的手段。此外,超声检测还可用来测物位、



矿井提升机减速方式的合理确定及性能分析

刘 志

(徐州师范大学 工学院, 江苏 徐州 221116)

摘 要:针对目前提升系统采用的自由滑行减速、电动机拖动减速和制动减速这三种减速方法的特点,通过对提升系统运动学和动力学的分析,得出了三种减速方式下提升系统正常减速度的算式,这些算式可用于矿井提升系统的造型设计计算和矿井提升系统改造中的运动学和动力学的计算。

关键词:矿井提升机; 减速方式; 选型设计; 性能分析

中图分类号:TD53

文献标识码:A

文章编号:1008-8725(2005)09-0006-03

0 前言

提升系统正常减速度的合理确定对提升系统安全正常运行具有重要意义。矿井提升系统减速度的大小与减速方式密切相关,目前提升系统的减速方式主要有自由滑行减速、电动机拖动减速和制动方式减速。但是在这三种常用的减速方式中,其减速度的确定通常做法是在很大程度上按估计或经验的方法取得,如何精确与合理地确定制动系统的减速度,本文将分别就自由滑行减速、电机拖功减速和制动减速等三种减速方式下单绳缠绕提升系统正常减速度的确定进行探讨。

1 自由滑行减速度的计算

所谓自由滑行减速即是在提升容器到达减速点时,通过深度指示器上的减速开关切断提升机的拖动电机的电源,整个提升系统在系统的惯性力的作用下继续运行并克服提升系统的静阻力从而实现减速的减速方式。由于这一减速方式具有一系列的优点,一般在提升系统的运动学与动力学设计与计算时,应先考虑采取这种减速方式。

现设提升系统的最大速度为 v_m ,爬行速度为 v_4 , v_m 和 v_4 亦即是自由滑行减速始末2点的速度,根据自由滑行减速的功能原理可以求得:

$$\frac{1}{2} \sum m(v_m^2 - v_4^2) = F_{3j}h_3 \quad (1)$$

测厚、测距、测流量和用来探测鱼群的位置等方面。

目前,激光超声无损检测系统逐渐发展起来,由于其具有不需耦合剂、非接触以及能对曲面和复杂形状的几何形体进行检测等优点,在某些领域得到广泛的应用,所以随着激光和传感器技术的发展,超声在检测领域的应用前景会越来越广阔。

参考文献:

式中 $\sum m$ ——提升系统运动部件的总变位质量, kg;

F_{3j} ——提升系统减速阶段的静阻力, N;

h_3 ——提升容器在减速阶段的运动距离, m。

$$h_3 = (v_m^2 - v_4^2) / 2a_3 \quad (2)$$

式中 a_3 ——提升容器的减速度, m/s^2 。

现以(2)代入(1)式并简化得:

$$F_{3j} - \sum ma_3 = 0 \quad (3)$$

由此可见,自由滑行减速方式下减速度的大小仅取决于提升系统运动的相关参数,而不能由人为地任意控制。所以精确地计算出自由滑行减速方式下的减速度大小对准确地控制提升系统的运动是非常重要的。

对于(3)式中的提升系统减速阶段的静阻力,由提升系统的动力学^[1]可知:

$$F_j = KQg + (p - q)(H - 2x)g \quad (4)$$

式中 K ——矿井阻力系数;

Q ——一次提升有益载荷质量, kg;

p ——提升钢丝绳单位长度质量, kg/m;

q ——尾绳单位长度质量, kg/m;

H ——提升高度, m;

x ——容器在井筒中的运动距离, m。

[1] 章肖融. 激光产生短应力脉冲的研究相当活跃[J]. 国际学术动态, 1987, 3(1): 42-46.

[2] 章肖融. 激光超声若干问题的进展[J]. 物理学进展, 1996, 14(3-4): 466-475.

[3] 李晓春. 激光超声及其在无损检测中的应用[J]. 光电技术, 1997, 17(1): 37-44.

Can't Harm the Application While Measuring in Laser Supersound

YIN Xiang - bao

(Heilongjiang Institute of Science and Technology, Harbin 150027, China)

Abstract: This text sum up laser ultrasonic basic characteristic of technology, introduce laser supersound produce and basic principle that receive, can't harm the application briefing of measuring the field in ultrasonic technology of survey laser, comment the settlement direction in the future of ultrasonic technology of laser.

Key words: laser supersound; measure harmlessly; the rockbody supersound measuring

收稿日期: 2005-04-01; 修订日期: 2005-06-28

作者简介: 刘志(1981-), 男, 现为徐州师范大学工学院机械设计制造及其自动化专业学生。