

较好地反映泥岩介质内部结构的变化过程。

7. 对全波列波形图的研究表明, 试件在全应力应变过程中的波形图也在发生变化。试件在不同力学阶段波形的变化, 是由于试件在受力作用后, 宏观上或压密强化, 或松弛破坏; 微观上或旧裂隙的闭合与张开、或新裂隙的产生、贯通与扩展, 最终致使首波到达时间延迟, 振幅衰减, 能量损耗, 散射波成分增加等, 进而引起各振幅谱参数的变化。

由此可见, 岩石的结构特征和力学状态的改变与各振幅谱参数的变化有其内在的相关性, 这为现场声测数据的分析、处理与利用奠定了理论基础和依据。

## 五、结 论

泥岩试件单轴受压全应力应变过程声学特性的实验研究表明: 泥岩声学参数的改变与其试件中原有裂隙的压密、新裂隙的产生、贯通与扩展, 以及试件的破坏过程有着密切的关系, 由此可用泥岩声学参数的变化来推断其内部的损伤状况。现归纳如下:

1. 充分利用岩石内传播的声波信息, 借助振幅谱参数来推断岩石的内部结构特征及所处的力学状态是一种有效的新方法, 它为岩石损

伤状况及岩石声学特性的研究开辟了一条可行的新途径。

2. 泥岩振幅谱参数的变化, 集中反映了泥岩内部裂隙的闭合、张开、产生、贯通及扩展的微观变化过程。

3. 泥岩在受力作用过程中振幅谱参数的变化是泥岩在不同力学阶段声波传播特性的反映。试件由弹性状态进入塑性状态, 振幅谱参数先递增后又呈现明显的衰减现象。因此, 可用振幅谱参数由递增到递减的变化来判别岩石的弹性、屈服和破坏状态, 以及岩体的破坏区、塑性区和原岩应力区。

4. 在各振幅谱参数中, 时域振幅( $A_t$ )和谱面积( $M_0$ )的变化较为敏感, 能较好地反映泥岩介质内部结构及力学状态的变化过程。

5. 岩石声波技术仍在发展和完善之中。声波信息的开发和利用, 如不同力学阶段波形的变化规律、高次谐波的产生原因、以及尾波的识别与利用等都还有待进一步的研究。

## 参 考 文 献

- [1] 蔡忠理等, 岩土工程学报, 11-3 (1989), 60—69.
- [2] Toksoz M. N., et al., *Geophysics*, 44-4 (1979), 681—711.
- [3] 王正光等, 数据采集与处理, 国防工业出版社, 1983.
- [4] 孙永联, 中国矿业大学学报, 21-2 (1992), 52—58.

## 压电复合材料换能器

压电复合材料是将压电陶瓷与聚合物材料按一定的连通方式、一定的体积百分比和一定的空间分布复合而成的。它可以提高材料的某些压电性能, 并具有常用压电陶瓷材料所没有的某些优良性能。在过去的十几年中材料研究者们做了大量工作并取得实用性进展。

1—3 型压电复合材料, 由于其具有较高的厚度模机电耦合系数  $k_t$  ( $\sim 0.6—0.7$ ), 较低的特性阻抗  $\rho C$  ( $\sim 10 \text{ Mrayls}$ ), 较小的机械品质因素  $Q$  值、厚度模单纯, 易于做成高频、窄脉冲等特点, 得到了广泛的研究与应用。

中国科学院声学研究所八室超声换能器课题组研制的 1—3 型压电复合材料, 其性能不仅达到国外同类产品的先进水平, 而且在消除横向结构共振模式方面以及在可以灵活设计以适应一些特殊需要方面优于国

外产品。已率先把压电复合材料用于制做横波换能器, 研制出厚度切变模式单纯、灵敏度高、脉冲窄的横波换能器。

目前已用压电复合材料研制出下列几类换能器产品。

· 超声空气换能器 (频率从 200kHz—1200kHz), 宽频带换能器 (频率从 300kHz—5MHz), 点聚焦换能器与绳声束聚焦换能器, 声波测井换能器, 无损检测用直探头和斜探头, 岩石测量用纵波换能器和横波换能器 (频率从 200kHz—3MHz), 医学超声用换能器, 以及首次波幅比大于 1 的测量用换能器和高斯型声场换能器等。还可以按要求研制供特殊用途的专用换能器。

(中科院声学所 耿学仓)