

doi:10.13301/j.cnki.ct.2017.08.040

寺河矿区煤岩纵横波速度及密度的关系*

曾 葫¹, 吕玉增¹, 汤小明², 邹冠贵²

(1. 桂林理工大学 地球科学学院, 广西 桂林 541000; 2. 中国矿业大学(北京) 地球科学与测绘工程学院, 北京 100083)

摘 要: 煤岩的纵、横波速度是煤田地震勘探中不可或缺的参数。采集寺河矿区的 8 个煤样, 通过脉冲透射法测试并拾取初至, 进而得到各样品的纵、横波速度。结合实测的视密度数据分析表明: 各煤样纵波速度-密度、横波速度-纵波速度之间有很好的正相关关系, 进行线性拟合并得到回归公式。在煤田地震勘探中建议使用根据煤岩纵、横波速度测试结果得到的关系式。

关键词: 纵波速度; 横波速度; 经验公式; 误差对比

中图分类号: P631.4 文献标志码: A 文章编号: 1008-8725(2017)08-0101-03

Relationship between P-wave & S-wave and Density of Coal and Rock in Sihe Mining Area

ZENG Hu¹, LYU Yu-zeng¹, TANG Xiao-ming², ZOU Guan-gui²

(1. College of Earth Sciences, Guilin University of Technology, Guilin 541000, China; 2. College of Geoscience and Surveying Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: Velocities of coal are important parameters in coalfield seismic exploration. 8 samples are collected from Sihe mine. Get p and s wave velocity by picking up the travel time of wave through the samples and based on the measured apparent density. Comparative analysis of formulas with Gardner and Castagna. The Results show that there was a good correlation between p-wave and density velocity, s-wave and p-wave velocity. The regression equation is established. The empirical relationship of p and s wave velocity get from coal-rock wave speed testing are recommended in coalfield seismic prospecting.

Key words: P-wave; S-wave; empirical formula; error analysis

0 引言

岩石物理对地震正演模拟和反演的定性解释起着举足轻重的作用。岩石物理的主要研究内容是各弹性参数之间的关系。

地震反演是利用地表观测地震资料, 以已知地质规律和钻井、测井资料为约束, 对地下岩层空间结构和物理性质进行成像(求解)的过程。叠前反演的必要测井数据为纵横波速度和密度, 不过由于部分工区测井资料的年代久远, 缺少反演中必要的横波曲线甚至纵波曲线。在此情况下通常的做法是选用 Castagna 和 Gardner 经验公式进行求取。虽然经验公式广泛用于油气勘探中, 但是应用于煤田勘探, 会产生巨大的误差, 对最后的反演精度造成巨大的影响。所以需要找到一个适用于煤的经验公式。

1 实验方法

本次实验测试样品来源于沁水盆地东南部的寺河井田。采样地点均为新鲜面且在平面上分布均匀。根据实验室仪器测量规格, 对所采煤样在垂直层理方向进行钻、切、磨等加工, 制成 $\phi 38 \text{ mm} \times 66 \text{ mm}$ 的标准圆柱体, 磨光两端面使其互相平行且垂直圆柱

体轴线, 共计制样 8 个。

1.1 密度测量

密度在岩石物理纵、横波速度与各弹性参数换算过程中起着桥梁的作用。本次实验所测密度为地球物理行业中的密度, 即相对视密度又称视密度, 其测量按照国家行业规范进行测量, 测量结果如表 1 所示。

1.2 超声测试

本次超声测量基本原理是通过脉冲透射法, 利用人工激振方法向介质发射超声波, 在穿过一定空间距离的介质后接受声波, 并记录声波的传播时间、振幅等参数, 进而分析介质的物理特性。超声测试系统如同 1 所示。样品速度

$$v=L/(t_1-t_2) \quad (1)$$

式中 L ——样品长度, m;

t_1 ——样品中超声波传播时间, s;

t_2 ——系统零延时, s;

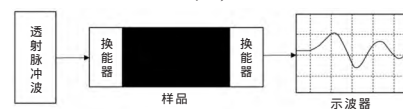


图 1 超声测试系统示意图

* 国家自然科学基金青年基金(41602168;41402143)

本次测试采用美国 GCTS 超声测试系统,如图 1 所示。首先利用与煤样相同尺寸规格的铝块进行标定,通过标准铝块的速度(纵波速度为 6 300 m/s,横波速度为 3 150 m/s)来确定系统误差。为了减少声波能量衰减造成的影响,利用 Sonotech 耦合剂对换能器与煤样端面进行耦合,确保实验数据的准确性。进行超声测试得到实际波形数据,拾取波形的初至时间,计算获得纵、横波速度。纵、横波速度测试结果如表 1 所示。

表 1 超声测试结果

煤样编号	纵波速度 $v_p/m \cdot s^{-1}$	横波速度 $v_s/m \cdot s^{-1}$	密度 $/g \cdot cm^{-3}$
1	1 899	965	1.38
2	2 175	1 204	1.45
3	2 314	1 272	1.45
4	2 495	1 446	1.52
5	2 130	1 069	1.43
6	2 295	1 237	1.44
7	2 508	1 466	1.52
8	2 210	1 117	1.45

2 数据分析

2.1 纵波速度与密度的关系

无论是在地震资料处理还是在反演过程中,纵波速度都是必须用到的参数。但是由于测井仪器年代的不同,在早前的测井曲线中一般只有密度曲线而缺少纵波测井曲线。所以 Gardner 在大量砂泥岩测试数据基础上,总结的纵波速度与密度经验关系式极其常用,但 Gardner 公式对煤的适用性不好。为此,针对寺河矿区的煤岩进行纵、横波速度测试,分析并得到一个适合该区煤层的纵波速度与密度关系。

如图 2 所示,纵波速度 v_p 与密度 ρ 具有明显的正相关关系,线性拟合的相关系数为 0.911 8。其线性关系

$$v_p = 4\ 106.7\rho - 3\ 721.9 \quad (2)$$

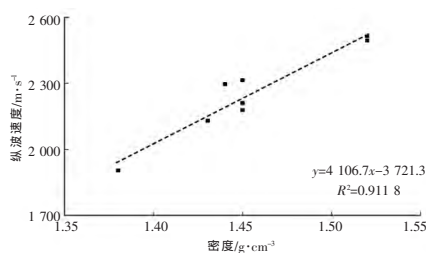


图 2 纵波速度与密度关系

对比在油田得到广泛应用并认可的 Gardner 经验公式,二者计算结果以及与实测数据对比的误差如表 2 所示。可以看出 Gardner 公式用于煤岩的时候会造巨大的误差,利用本文回归公式的结果精度更高,一般误差低于 6%。

表 2 实测纵波速度与经验公式计算结果对比

煤样编号	密度 $/g \cdot cm^{-3}$	纵波速度 $v_p/m \cdot s^{-1}$	Gardner 公式 $v_p/m \cdot s^{-1}$	相对误差/%	本文公式 $v_p/m \cdot s^{-1}$	相对误差/%
1	1.38	1 899	393	79.32	1 956.47	3.03
2	1.45	2 175	479	77.99	2 207.53	1.50
3	1.45	2 314	479	79.31	2 207.53	4.60
4	1.52	2 495	578	76.83	2 458.58	1.46
5	1.43	2 130	453	78.74	2 135.80	0.27
6	1.44	2 295	466	79.71	2 171.66	5.37
7	1.52	2 508	578	76.95	2 458.58	1.97
8	1.45	2 210	479	78.34	2 207.53	0.11

2.2 横波速度与纵波速度的关系

在叠前地震反演中,横波速度是一个必要的参数。但是很多矿区测井资料中,缺少横波测井资料或者 VSP 测井资料。为此,多数技术人员以及软件公司采取的利用是 Castagna 公式,通过纵波速度来间接求取横波速度。Castagna 公式是通过大量测试的砂泥岩纵横波速比得出的一个经验公式,即使该公式在石油勘探中广泛使用,但是对于非均质行极强的煤来说,适用性也有待检验。

通过实验室测量,煤岩纵、横波速呈正相关关系(见图 3),相关系数为 0.94。在此基础上,总结适合寺河矿区煤岩的横波速度

$$v_s = 0.85v_p - 693.18 \quad (3)$$

通过表 3 对比可以看出,直接使用 Castagna 公式会造成巨大的误差,误差值一般在 30%以上,而使用本文公式误差精度可以控制在 7%以内。

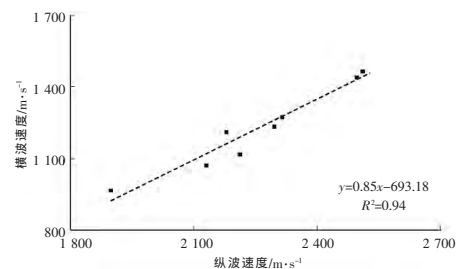


图 3 横波速度与纵波速度关系

表 3 实测横波速度与经验公式计算结果对比

煤样编号	纵波速度 $v_p/m \cdot s^{-1}$	横波速度 $v_s/m \cdot s^{-1}$	Castagna 公式 $v_s/m \cdot s^{-1}$	相对误差/%	本文公式 $v_s/m \cdot s^{-1}$	相对误差/%
1	1 899	965	463	52.01	920.97	4.56
2	2 175	1 204	701	41.82	1 155.57	4.024
3	2 314	1 272	820	35.53	1 273.72	0.14
4	2 495	1 446	976	32.52	1 427.57	1.27
5	2 130	1 069	662	38.09	1 117.32	4.52
6	2 295	1 237	804	35.03	1 257.57	1.66
7	2 508	1 466	987	32.68	1 438.62	1.87
8	2 210	1 117	731	34.59	1 185.32	6.12

3 结语

(1)由于煤岩的强非均质性以及特殊的结构构造特征,如果简单照搬适合于油气勘探的经验公式,会对煤田地震勘探结果的精度造成较大的影响。

(2)在勘探区内缺少横波测井资料以及只有密度测井曲线时,在寺河煤田地震勘探中建议使用本

doi:10.13301/j.cnki.ct.2017.08.041

基于图像处理的煤矿污水颗粒浓度检测系统设计

来学伟

(三门峡职业技术学院,河南 三门峡 472000)

摘 要: 依据图像处理的基本理论,以煤矿污水的颗粒浓度为设计思想,提出一种基于图像处理的煤矿污水颗粒浓度检测的方法,通过对煤矿污水的图像采集、预处理、灰度图二值化处理,再借助计算机软件系统自动识别煤矿污水的颗粒浓度,进而实现煤矿污水的监控。

关键词: 图像处理;颗粒浓度检测;系统设计

中图分类号: TP317.4;X751;TD926.5 文献标志码: A 文章编号: 1008-8725(2017)08-0103-03

Design of Coal Mine Sewage Particle Concentration Detection System Based on Image Processing

LAI Xue-wei

(Sanmenxia Polytechnic, Sanmenxia 472000, China)

Abstract: Based on the basic theory of image processing, the particle concentration of sewage in coal mine design, puts forward a method of coal mine sewage concentration detection based on image processing, through the processing of coal mine sewage image acquisition, preprocessing, grayscale value of two, and with the help of computer automatic recognition of particle concentration of sewage in coal mine machine software the system, so as to realize the monitoring of coal mine wastewater.

Key words: image processing; particle concentration detection; system design

0 引言

为了有效地监控煤矿污水处理过程中颗粒浓度的变化,以及快速检测处理后水中颗粒物的浓度,以便实现对煤矿污水的处理和监控,本文运用图像处理技术,设计开发了煤矿污水颗粒浓度的检测系统,可简单快速地检测煤矿污水中颗粒的浓度,可为煤矿污水的自动化处理提供技术依据。

1 图像处理原理

为了能够应用计算机来处理图像,首先将图像 $f(x,y)$ 进行空间离散化,即图像的采样,然后对图像的幅值 $f(x,y)$ 进行离散化,即图像的量化,图像经采样和量化 2 个过程后可转变成计算机能有效识别的数字信号,进而成为计算机可处理的数字图像,计算机可对数字图像进行平移、旋转、去噪、平滑、增强、

分割、压缩等操作,进而实现图像的计算机处理。

在光学成像系统中,物体若处于一个垂直于光轴的一个平面,那么 CCD 感光元件在它理想共轭面位置以及其前后景深范围内均可以获得清晰而真实的物体的像,采集到的图像为一定体积的水与水中颗粒物的总图像。因此,如果已知图像这一空间区域的体积,再结合这一空间区域中统计到的颗粒数目与粒径,即可计算出图像中颗粒物的浓度,从而实现对污水中颗粒物浓度的检测。成像的空间区域体积

$$V=WH\Delta L \quad (1)$$

式中 W ——图像的视野宽度;

H ——图像的视野高度;

ΔL ——镜头景深。

文的纵波速度-密度、横波速度-纵波速度关系式,可以有效地控制误差。

(3) 对于其他工区,建议在地震资料处理、解释、反演等工作前都选取该工区样品进行岩石物理测试,其结果能更好地指导工作。在无法做出测试的前提下,本文关系式也具有一定的参考价值。

参考文献:

- [1]葛瑞·马沃可(美).岩石物理手册:孔隙介质中地震分析工具[M].合肥:中国科学技术大学出版社,2008.
- [2]袁晓宇,张哨楠,孟祥豪,等.一种添加修正项的 Gardner 公式[J].石油地球物理勘探,2013,48(2):279-282,160.

- [3]熊晓军,吕文正,周东红,等.岩石物理测试分析的 V_p-V_s 关系式的适用性分析[J].地球物理学进展,2015,30(4):1 941-1 945.

- [4]王赞,许小凯,张玉贵.六种不同变质程度煤的纵横波速度特征及其与密度的关系[J].地球物理学报,2012,55(11):3 754-3 761.

- [5]李琼,何建军,李春旭,等.沁水盆地煤层气储层纵波、横波速度与地层压力关系研究[J].物探化探计算技术,2013,35(4):382-386,369.

- [6]王云刚,李满贵,陈兵兵,等.干燥及饱和含水煤样超声波特征实验研究[J].煤炭学报,2015,40(10):2 445-2 450.

作者简介:曾荫(1991-),重庆人,硕士研究生,从事煤岩岩石物理测试方面的研究,电子信箱:hoo_tsang@foxmail.com.

责任编辑:王凤英 收稿日期:2017-03-30