

•煤田物探•

文章编号:1001-1986(2003)06-0047-03

根据测井数据评价煤层构造岩顶板抗压强度

王志荣^{1,3}, 谢清莲² (1. 郑州大学工学院, 河南 郑州 450002;
2. 中国地震局地球物理勘探中心, 河南 郑州 450002; 3. 中国矿业大学, 北京 100083)

摘要:河南登封煤田郛城井田二₁煤层顶板为滑动构造形成的构造岩。通过对构造岩顶板测井曲线与其抗压强度指标关系的研究, 明确指出, 利用测井技术可以探测软弱岩体的力学性质。

关键词:构造岩顶板; 测井参数; 回归分析; 抗压强度

中图分类号: P631.8 **文献标识码:** A

1 引言

河南登封煤田郛城井田位于芦店滑动构造区南部。这一滑动构造的主滑面大致沿二₁煤层顶面发育。钻孔揭露该构造岩为平均厚40 m的碎裂岩带, 岩石破碎, 给煤层开发造成极大困难。因此, 寻求合理有效的方法来研究构造岩顶板的力学性质, 以防治矿井地质灾害, 成为煤矿开发阶段的当务之急。

岩体的物理性质、水理性质及其强度, 是工程地质勘探中评价岩体稳定性和进行科学分类的重要指标。多年来, 在工程地质勘察中多以钻探采取岩心试样, 用室内试验的方法测定其各项指标, 然后通过各种数值修正, 再用以评价岩体的力学性质。由于构造岩顶板结构复杂, 通常的勘探很难了解岩体的力学性质在三维空间所固有的, 连续全面的变化规律。笔者在登封煤田郛城井田地质勘探中, 尝试用地球物理测井资料来解释煤层顶板构造岩岩体的力学强度, 收到很好的效果。

2 岩体力学性质测井原理

大量资料表明^[1], 岩体的物性与其力学强度有着紧密的内在联系, 这是进行物性力学参数测井的理论基础。理论与试验表明, 岩石抗压强度与含水率及孔隙率均呈负相关, 而与容重及干容量呈正相

关。通过实例计算, 郛城井田构造岩顶板岩体抗压强度与各种物性之间的相关系数远大于置信度 $\alpha=0.05$ 的临界值, 其间存在着密切的相关关系, 因此可以利用物性来反映岩体的力学强度。

由于目前工程勘探常规测井参数通常包括: 密度、电阻率、声波、天然伽马、自然电位、井径及中子等, 它们都能从各个侧面反映岩体的物性, 因此通过岩体物性这个中间桥梁, 各种测井参数与岩体力学强度也均有一定的关系。

2.1 视电阻率测井

影响岩体电阻率的主要因素有三: 一是岩石的成份与结构, 大多数岩石可视为由均匀相连的胶结物和不同形状的矿物颗粒组成。岩石的电阻率将取决于这些胶结物和矿物颗粒的电阻率及相对含量, 胶结好, 孔隙度小, 致密, 则电阻率高, 如石灰岩电阻率相对就高; 二是岩石的裂隙率(或含水量), 一般裂隙率(或含水量)越大, 则岩石电阻率越小, 反之则电阻率大; 三是岩石的温度, 一般随着温度的下降, 含水岩石的电阻率显著增高。

郛城井田二₁煤层顶板岩石破碎, 物理性质变化较大, 视电阻率也产生相应的变化, 其曲线幅值明显下降, 形态多变, 时而出现大小不等锯齿状、波纹状或犬牙状。就总体而言, 岩石视电阻率与岩体强度也具有一定的正相关关系, 即岩石视电阻率高, 在

收稿日期: 2003-12-11

作者简介: 王志荣(1963—), 男, 浙江嘉兴人, 硕士, 郑州大学工学院副教授, 中国矿大在读博士生, 煤田地质专业。

Applications and studies about grouting on treating the gob areas of coal mine under highway

ZHANG Zhi-pei¹, WANG Hong² (1. Dept. of Geology and Environment, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China; 2. Xi'an Branch, CCRI, Xi'an 710054, China)

Abstract: Based on over ten years' engineering experiences, the basic contents such as treating mechanism, treating standard, grouting design, grouting technics, inspections on qualities act about grouting the gob area of coal mine under highway are discussed carefully. The characteristics about the grouting construction are analyzed and evaluated. In order to guide the similar grouting construction for the future, the present problems of treating gob areas of coal mine under freeway are raised.

Key words: gob areas of coal mine; grouting; highway

一般条件下,反映岩石含水少、裂隙率低、岩石致密,因而其力学强度增加。

2.2 人工伽马测井

理论与实践证明,当所使用的伽马源的能量在一定范围时,散射伽马强度与岩体的密度密切相关。而决定岩体密度的主要因素,一是岩石的矿物成分,二是岩石的孔隙度及孔隙中的含水量。孔隙体积越大,含水越多,岩石密度越小,则人工伽马曲线幅值越高。

2.3 天然伽马测井

一般沉积岩的自然放射性随粘土含量的增加而增加,同时岩石的孔隙率不同,自然放射性也各异。在郜城井田由于岩石破碎,导致原岩密度的降低及其他因素的变化,使自然伽马与人工伽马幅值明显增高,形态多变。

综上所述,一般岩体的单向抗压强度有,与视电阻率呈正相关,与人工伽马、天然伽马强度测值呈负相关的密切关系。据此内在关系来研究郜城井田二₁煤层顶板破碎带岩体的抗压强度是很有意义的。

3 岩体抗压强度的分析方法

根据视电阻率、人工伽马和天然伽马强度测井值估算岩石抗压强度,实质上是用各种回归分析方法建立测井值与岩石抗压强度间的相关关系式。

一元回归分析,由于各种因素的影响,使参加回归的参数可能存在着误差,导致求出的数学公式不具有代表性。多元回归分析虽然可以由多个变量的互相补充而弥补这个缺陷,但变量多计算复杂;同时也可能引入对函数没有显著影响的自变量,使回归效果变坏。因此,笔者采用了对自变量进行“筛选”的数学方法——逐步回归分析来建立这种相关关系式。

逐步回归分析方法,就是把对因变量 y 有显著影响的自变量,逐步地引入回归式。首先选出与 y 相关程度最大的变量,通过统计检验,若表明该自变量的作用显著时,则引入回归式。然后在剩下的自变量中再挑选与 y 关系密切的自变量。当引入的变量由于后来变量的引入,使它对因变量的作用由显著变为不显著时,则随时将它们从回归式中剔除。如此反复,直到没有一个自变量可以引入也没有一个自变量可以剔除为止。

逐步回归分析方法,就是把对因变量 y 有显著影响的自变量,逐步地引入回归式。首先选出与 y 相关程度最大的变量,通过统计检验,若表明该自变量的作用显著时,则引入回归式。然后在剩下的自变量中再挑选与 y 关系密切的自变量。当引入的变量由于后来变量的引入,使它对因变量的作用由显著变为不显著时,则随时将它们从回归式中剔除。如此反复,直到没有一个自变量可以引入也没有一个自变量可以剔除为止。

3.1 取样

求回归方程之前,需先在测井曲线上取得相应的视电阻率、人工伽马强度及天然伽马强度的数值。取样的原则:一是选取岩石力学样的孔深、层位与测井反映该岩层的孔深,曲线特征要严格对应起来;二是测井曲线的岩层界面物理量变化较大,取值时应避开界面,选取有代表性的异常中部;三是在异常变化剧烈层段,应取平均值。

3.2 求回归方程

设视抗压强度值 y 为因变量,测井参数为自变量 x_i ,则其回归方程为:

$$y = b_0 + \sum_{j=1}^N b_j x_i。$$

通过对近 10 个自变量与因变量关系密切的孔进行计算,并利用实测的抗压强度值、视电率、人工伽马、天然伽马强度取样值进行对比,表明上述回归分析效果基本符合实际情况。有部分孔选入 3 个变量,少数孔选入 2 个变量,它们的回归估值与实测值、复相关系数及均方差见表 1。

从表1看出,复相关系数均较大,这说明自变

表 1 构造岩顶板抗压强度回归分析验证表 MPa

13505 孔			付 12208 孔			付 12604 孔		
孔深/m	实测值	计算值	孔深/m	实测值	计算值	孔深/m	实测值	计算值
388.7~390	98.9	95.4	168~168.7	51.1	55.5	673.2~674.9	89.2	89.5
390~391	73.5	73.3	178~179	6.4~14.0	11.5	678	57.5	59.9
397.6~398.6	77.6	80.7	197~202	10.6	12.8	687.8~688.2	83.7	82.3
405.8~406.4	196.3	196.4	203~204.7	28.2	27.0	705.4~706	72.0	72.4
407~408	211.6	212.6	209.5	91.7	89.9	714.8~715.6	55.9	54.8
410~410.5	36.1	33.5	210~213	37.9	38.2	724~725	73.6	73.2
431.8~432.7	116.5	112.0	226~227	1.9	2.1	731~732	65.2	62.5
436	57.4	61.8	233.8~234.4	10.7	10.0			
437	79.8	79.2	236.5~238.5	45.3	46.6			
			238.7~239.6	36.7	36.9			
			244~245	102.7	102.0			
			241	241	190			
E	21			17			10	
R	0.998			0.997			0.999	

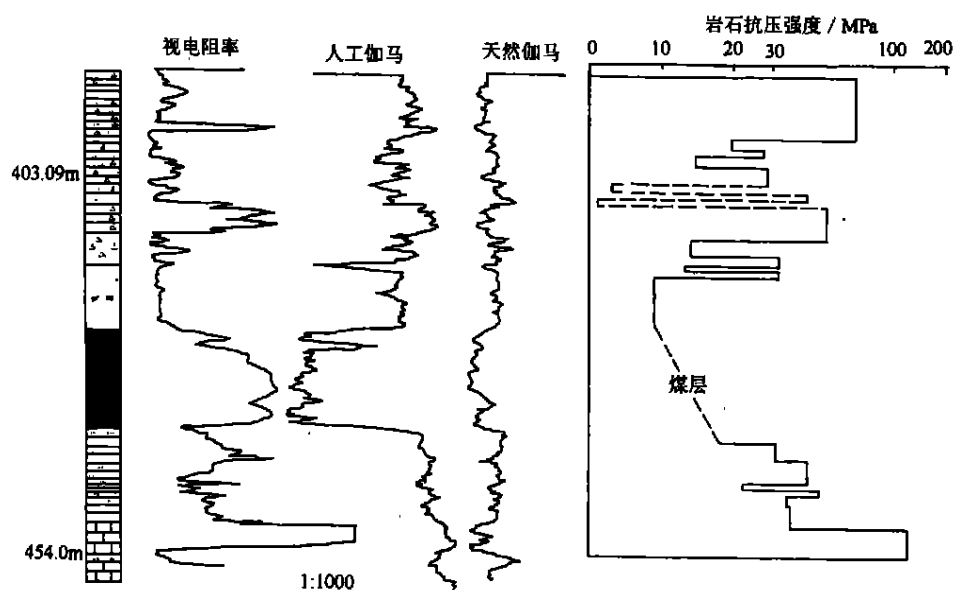


图1 郜城井田12007孔测井曲线 剖面岩性
与岩石抗压强度对照图

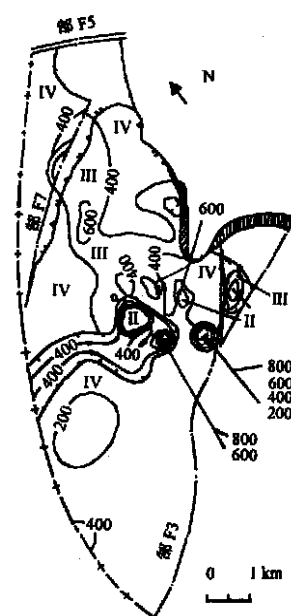


图2 郜城井田二₁煤层顶板
岩石抗压强度分类平面图
II——II类顶板(60~80 MPa);
III——III类顶板(40~60 MPa);
IV——IV类顶板(<40 MPa);

量与因变量之间的线性关系是显著的。误差较小说明选用的回归方程是可用的。下面列举几个方程:

$$13505 \text{ 孔: } y = 7.5x_1 - 0.59x_2 - 70x_3 + 1800$$

$$12203 \text{ 孔: } y = 6x_1 - 0.155x_2 - 26.7x_3 + 603$$

$$13106 \text{ 孔: } y = 7.4x_1 - 0.155x_2 - 19.3x_3 + 253$$

式中 x_1 、 x_2 、 x_3 分别代表视电阻率、人工伽马与天然伽马参数。

选择上述公式,主要是用它来反算其他实测岩样孔的计算值与实测值的误差和岩性与抗压强度的对应性,同时注意视电阻率值、人工伽马值、天然伽马强度值这3列数值之间的比例关系与孔内岩石的破碎程度。

4 工作成果

根据上述统计计算,得出它们的均方差为10~21,复相关系数为0.997~0.999。同时,对所有数据进行了统计计算,相对误差均不超过10%。从数学角度看野外测井成果是完全可信的。

4.1 单孔成果

为了说明测井资料的可靠性,我们在郜城井田12007孔400~450 m构造岩区段密集采样,经室内试验共获得抗压强度成果24个,平均2 m一个样。该钻孔测井曲线与岩石抗压强度对照图(图1),明显反映强度分布与视电阻率、伽马、人工伽马曲线在形态上具有较好的相关性,依此计算获得的估算岩石抗压强度曲线,比较确切地反映了该段岩层的抗压强度分布情况。

4.2 平面成果

为了全面反映井田煤层顶板构造岩力学性质的变化规律,将参与计算的88个钻孔先后取物理点样1300个,每个物理点样又是3~5个岩样的平均值。如此每个钻孔计算或实测的构造岩顶板抗压强度值平均就达9.22个。全井田有计算值或实测值的钻孔达62.4%(平均每平方公里2.93个钻孔),充分说明测井成果在面上有广泛的代表性。据此绘制出井田顶板抗压强度等值线图(图2),在此基础上对构造岩顶板安全等级分为4类,即II、III、IV和正常顶板,这类成果可作为辅助资料供煤矿设计、建设与生产人员参考。

本文得到河南省煤田地质一队陈又新总工程师、河南省煤炭厅基建副总工程师袁振声及安全副总工程师黄体信同志的指导与帮助,在此致谢。

参考文献

- [1] 孔德坊等. 工程岩土学[M]. 北京:地质出版社,1998.
- [2] 于学敏等. 地下工程围岩稳定分析[M]. 北京:煤炭工业出版社,1983.
- [3] 刘国强等. 煤和岩性的多级模糊综合评判识别[M]. 煤田地质与勘探,1993(1):64-69.
- [4] 冯国栋. 土力学[M]. 北京:水利电力出版社,1986.

文章编号: 1001-1986(2003)06-0050-03

去除探地雷达信号直达波的小波变换方法

陈文超¹, 汪文秉¹, 赵荣椿², 石显鑫³ (1. 西安交通大学电信学院, 陕西 西安 710049;

2. 西北工业大学电信学院计算机科学与技术系, 陕西 西安 710072;

3. 煤炭科学研究总院西安分院, 陕西 西安 710054)

摘要: 简单介绍了二维连续小波变换的基本理论, 详细分析了二维连续有向小波变换去除直达波的基本原理, 对比了二维 Cauchy 小波及 Morlet 小波函数的性质, 进而讨论了实际工程应用中小波函数的选择问题。通过实际工程探地雷达资料检验了该方法的有效性。

关键词: 小波变换; 直达波; 小波函数选择

中图分类号: P631.3⁺25 **文献标识码:** A

1 引言

目前, 探地雷达在许多方面都有成功的应用^[1], 主要有: 地下金属或非金属埋设物探测; 地质勘探; 冰层、冻土层厚度测量; 江、河、湖泊的床面测绘及水下目标探测; 道路质量检测; 军事应用(军械和地下军事设施的探测)等。此外, 探地雷达在环境监测及保护方面, 也有过应用^[2]。

探地雷达是准双站雷达, 直达波是探地雷达方法的主要干扰之一。当目标离地表距离较大时, 直达波与目标回波信号在时间上是分开的, 也就是说直达波对目标的估计影响很小; 而当目标离地表较近时, 目标回波信号叠加在直达波上, 这时直达波严重影响目标的探测。如果不很好地去除直达波干扰, 目标根本无法识别。由于回波信号电平很低, 检测极为困难, 例如对浅层埋设的塑料地雷的探测。

文献[2, 3]对比了目前常用的几种去除探地雷达直达波的方法, 给出了二维连续有向小波变换方法去除直达波的应用, 证明了该方法是简单有效的。本文在文献[2]的基础上, 详细分析了二维连续有向小波变换方法去除直达波的数学原理, 进一步研究了在实际工程勘探中二维小波函数的选择问题。

2 去除直达波的二维连续有向小波变换方法

二维连续有向小波变换的基本原理、分辨能力等在文献[3、4]中有详细的表述, 本文着重介绍二维连续有向小波去除直达波干扰的数学原理及小波函数选择问题。

2.1 二维连续有向小波变换的基本原理

和一维情况类似, 一个二维函数 $\varphi(\vec{x}) \in L^2(R^2, d^2\vec{x})$ 如果满足可容许性条件, 则它可以作为一个基本小波函数。可容许性条件为:

$$c_\varphi = (2\pi)^2 \int \frac{d^2\vec{k}}{|\vec{k}|^2} |\varphi(\vec{k})|^2 < \infty, \quad (1)$$

其中 $\varphi(\vec{k})$ 表示 $\varphi(\vec{x})$ 的二维 Fourier 变换。

对一个给定的小波函数 $\varphi(\vec{x})$, 通过对它进行伸缩、平移及旋转, 得到:

$$\varphi_{a, \theta, \vec{b}}(\vec{x}) \equiv a^{-1} \varphi(a^{-1} r_{-\theta}(\vec{x} - \vec{b})). \quad (2)$$

小波函数在频域的形式为:

$$\varphi_{a, \theta, \vec{b}}(\vec{k}) \equiv a e^{-i\vec{b} \cdot \vec{k}} \varphi(a r_{-\theta}(\vec{k})), \quad (3)$$

同一维连续小波变换相比, 二维连续小波变换除了尺度因子 a 及平移因子 \vec{b} 外, 增加了旋转因子 $r_{-\theta}$ 。

$$r_\theta = (x \cos(\theta) - y \sin(\theta), x \sin(\theta) + y \cos(\theta)), \quad (4)$$

$$0 \leq \theta < 2\pi, \vec{x} = (x, y)$$

收稿日期: 2003-09-25

基金项目: 自然科学基金项目(编号: 69831020)

作者简介: 陈文超(1970—), 男, 陕西乾县人, 西北工业大学电信学院副教授, 从事小波分析在探地信号处理中的应用。

The evaluation on compressive strength of tectonite roof according to logging data

WANG Zhi-rong^{1,3}, XIE Qing-lian² (1. Technology College of Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China;

2. Research Center of Exploration Geophysics, China Seismological Bureau, Zhengzhou 450002 China;

3. Beijing Campus, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China)

Abstract: The roof of the 2₁ coal seam in Gaocheng area of Dengfeng Coal Field is constitute of tectonite rock formed by gliding. Based on the re-search of the relation between logging curves and compressive strength of the tectonite rock, this paper reveals that the dynamic properties of soft rock mass measured with logging technique.

Key words: tectonite roof; logging parameters; analysis of regression; compressive strength