

科研成果

文章编号: 1671- 251X(2011)03- 0001- 05

DOI: CNKI: 32- 1627/ TP. 20110226. 1613. 009

# 基于 M-II型瓦斯压力测定仪+套管法的穿多煤层测定瓦斯压力技术

王法凯, 蒋承林, 公衍伟, 黄鑫业

(中国矿业大学安全工程学院, 江苏 徐州 221008)

**摘要:** 针对穿多煤层条件下测定煤层瓦斯压力时存在的钻孔封孔段密闭问题、所穿多煤层段松软孔壁垮塌问题以及由于多煤层孔壁裂隙连通造成 的压力区分问题, 提出了一种基于 M-II型瓦斯压力测定仪+套管法的穿多煤层测定瓦斯压力技术, 阐述了该技术的原理及工艺, 介绍了该技术在某煤矿煤层瓦斯压力测定中的具体应用。经煤层瓦斯压力间接计算法检验可知, 该穿多煤层测定瓦斯压力技术能够准确、快速地测定煤层原始瓦斯压力, 效果良好。

**关键词:** 煤矿; 多煤层; 瓦斯压力; 瓦斯压力测定仪; 套管法

**中图分类号:** TD712      **文献标识码:** B      **网络出版时间:** 2011- 02- 26 16:13

**网络出版地址:** <http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20110226.1613.009.html>

Technology of Detecting Gas Pressure by Puncturing Multi-seam

Based on M-II Gas Pressure Detector and Casing Method

WANG Fa-kai, JIANG Cheng-lin, GONG Yan-wei, HUANG Xin-ye

(School of Safety Engineering of CUMT., Xuzhou 221008, China)

**Abstract:** For problems of obturation of drilling hole's sealing section, collapse of soft hole-wall of multi-seam and pressure distinguishing caused by hole-wall fissure connecting of multi-seam in detecting gas pressure by puncturing multi-seam, the paper proposed a technology of detecting gas pressure by puncturing multi-seam based on M-II gas pressure detector and casing method. It expounded principle and technique of the technology and introduced concrete application of the technology in detecting gas pressure in some coal mine. The test result by indirect calculation method of gas pressure in coal seam showed that the technology can detect original gas pressure in coal seam accurately and quickly with good effect.

**Key words:** coal mine, multi-seam, gas pressure, gas pressure detector, casing method

## 0 引言

煤层瓦斯压力是决定煤层瓦斯含量、瓦斯流动动力以及瓦斯动力现象潜能的基本参数。在研究与评价瓦斯储量、瓦斯涌出、瓦斯抽放和煤与瓦斯突出

的问题中, 掌握准确可靠的瓦斯压力数据至关重要<sup>[1]</sup>。

目前, 采用在岩石巷道中打穿层钻孔测定煤层原始瓦斯压力是最主要、最普遍的方法。该测压方法的成功率受多种因素的影响, 一般只有 70%, 当测压钻孔遭遇松软、易垮围岩时其成功率更低, 不仅浪费大量的人力和财力, 而且延长了生产周期<sup>[2]</sup>。一般来说, 煤炭较岩石松软, 在测压钻孔施工后, 卸压煤体容易收缩失稳, 孔壁易出现垮塌现象。而穿多煤层测压更增加了这种风险, 极易造成煤壁垮塌,

收稿日期: 2010- 11- 29

基金项目: 国家重点基础研究专项经费资助项目  
(2006CB202204- 3)

作者简介: 王法凯(1983- ), 男, 山东费县人, 硕士研究生, 主要研究方向为矿井瓦斯防治。E-mail: wangfakai316@126.com

致使孔壁出现裂隙, 从而连通外界漏气, 使测出的瓦斯压力值往往低于真实的煤层瓦斯压力。这样, 一来会导致错误的技术判断, 极易造成事故隐患; 二来会造成封孔仪器被埋, 使测压成本大大提高。然而, 随着煤矿开采深度的进一步增加及开采条件的进一步复杂化, 为了快速测得瓦斯压力, 为安全生产提供保障, 越来越多的煤层需要穿多煤层进行瓦斯压力的测定。因此, 本文通过综合分析穿多煤层测压存在的问题, 结合对目前测压成功率最高的 M-II 型瓦斯压力测定仪整套封孔测压工艺的研究, 提出了采用 M-II 型瓦斯压力测定仪+ 套管法来解决穿多煤层测定瓦斯压力的难题。

## 1 穿多煤层测压存在的问题

穿多煤层测定瓦斯压力技术作为一种特殊的测压技术, 受其自身条件的限制, 存在着诸多技术难题, 主要包括钻孔封孔段的密闭问题、所穿多煤层段松软孔壁垮塌问题以及由于多煤层孔壁裂隙连通造成的技术区分问题。

钻孔封孔段的密闭问题直接关系到测压成功与否, 倘若不能彻底密闭测压煤层瓦斯气室, 则会导致测压失败。因此, 需要选取一种封孔成功率较高的测压方式。

所穿多煤层段松软孔壁垮塌问题实际上是正常现象, 这是由于煤层较松软且多煤层本身无法保证各煤层煤质均一造成的。因此, 在穿多煤层测定瓦斯压力前必须对钻孔前多煤壁段进行处理、加固, 以预防极有可能出现的威胁。

压力区分问题是由于测压时封孔位置选择不当而造成多煤层瓦斯串联, 测得的瓦斯表压力是多煤层合层瓦斯压力, 因而无从准确区分煤层瓦斯压力, 除非各层皆单测一次压力, 但这显然是不经济的。为了杜绝该问题的出现, 在选用测压封孔工艺时, 需注意选取封孔位置可轻松调整的封孔工艺。

然而, 传统的煤层瓦斯压力测定方法大多针对石门或围岩条件直接测定单煤层瓦斯压力, 测定环境比较单一。根据穿多煤层测定瓦斯压力存在的技术问题, 使用传统的煤层瓦斯压力测定方法并不能保证测压成功率及测压仪的安全。

## 2 M-II 型瓦斯压力测定仪+ 套管法原理及工艺

### 2.1 技术原理

M-II 型瓦斯压力测定仪是 20 世纪 80 年代由中国矿业大学周世宁院士根据流体密封理论并结合

多年瓦斯压力测定实践提出的。该仪器的基本原理为“固体封液体, 液体封气体”, 即利用 2 个胶囊膨胀构筑一个密闭空间, 在该密闭空间内压入一定压力的黏液, 并保持黏液的压力略高于瓦斯压力表所示的煤层瓦斯压力, 则黏液在压力作用下渗入钻孔周边裂隙, 隔绝瓦斯泄漏通道, 从而测得煤层真实的瓦斯压力<sup>[3-4]</sup>。该测压仪操作简单, 封孔长度可根据测压需要通过连杆自主调节, 真正做到了精确定位封孔, 杜绝了多煤层瓦斯串联带来的压力区分问题。

M-II 型瓦斯压力测定仪+ 套管法正是基于“固体封液体, 液体封气体”的原理, 利用套管支撑所穿松软、易垮多煤层段孔壁, 防止可能给 M-II 型瓦斯压力测定仪带来的测压风险, 保证测压环节可靠稳定。此外, 该工艺可视目标煤层顶底板情况使用带压注浆技术。顶底板岩性致密均一, 可不用注浆; 倘若岩性疏松或含水, 则可在看见目标煤前整段钻孔带压注浆, 浆液在裂隙面上形成网络骨架, 充填破碎岩体细小裂缝, 封堵、隔绝含水裂隙通道, 凝固后生成对岩体具有较高黏结性的有机塑性体, 人为地改善目标煤层顶底板物理力学性能<sup>[5]</sup>, 加固、充填密实钻孔壁, 增强岩体的强度, 达到彻底封堵围岩裂隙、隔绝承压水对钻孔测压影响的目的。也就是说, 通过套管注高压水泥浆构筑完整均一的测压围岩环境, 可支撑、保护 M-II 型瓦斯压力测定仪顺利完成测压工作, 并可成功回收测压仪。

### 2.2 技术工艺

从 M-II 型瓦斯压力测定仪的技术原理分析可知, 该仪器的具体适用环节还要依据目标煤层顶底板岩性情况而定, 而该情况可通过煤层探测地质资料查出。

#### 2.2.1 顶底板岩性致密情况下的技术工艺

对于顶底板岩性致密情况下的穿多煤层测压封孔工艺, 首先利用较大钻头(直径大于 108 mm)开孔下套管(直径为 94 mm), 套管要进入目标煤层顶板(或底板)1.0~1.5 m。打钻过程要带导向, 以防钻孔弯曲造成套管下放不便, 成孔后迅速下放套管, 以防煤层段孔壁煤体卸压垮塌, 套管长度应穿过多煤层进入目标煤层顶板(或底板)。套管顺利下放后, 换用直径为 75 mm 的钻头顺套管扫孔钻进, 见煤后换压风继续钻进至进入目标煤层 1.0 m 处停, 并利用压风吹净孔内钻屑, 起钻, 立即用 M-II 型瓦斯压力测定仪进行封孔测压(见图 1), 预留瓦斯室 1.0 m。该操作为压力快速上升的关键所在, 要求快速, 这是因为钻孔目标煤体瓦斯卸压带会随暴

露时间的延长而扩大,卸压带越大,排放的瓦斯量就越大,瓦斯压力上升的速度就越慢。

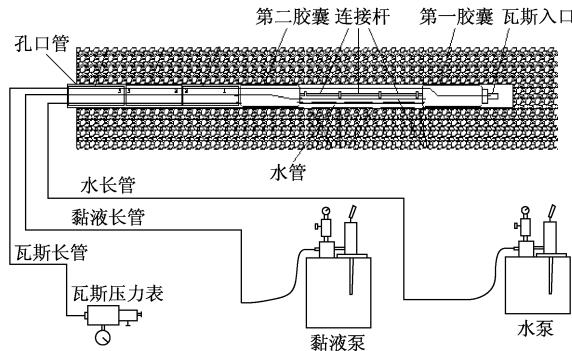


图1 M-II型瓦斯压力测定仪封孔测压示意图

## 2.2.2 顶底板岩性疏松或含水情况下的技术工艺

针对顶底板岩性松软或含水情况,设计为两级套管,并注高压浆。具体过程:(1)首先利用 $\phi 133$  mm钻头开2 m长钻孔,退出钻杆,利用压风扫净孔内岩粉;下2 m带法兰的 $\phi 120$  mm孔口管,外露300 mm;利用聚氨酯迅速发泡膨胀的特性在孔口段孔口管与孔壁间做一个初期浆液堵塞,等待发泡30 min;将水和水泥按一定比例制成水泥浆,通过法兰盘注入钻孔内加孔口管,即一次注浆固管操作。水泥浆凝固后,用 $\phi 110$  mm的钻头扫孔2 m,起钻做耐压试验,要求最低压力为10.0 MPa。该孔口管是阶梯注浆固孔的基础,也是该固孔工艺成败的关键,因此,耐压试验一定要严格。(2)孔口管耐压试验合格后,继续钻进至距目标煤1.0 m处即停,换压风吹净钻屑,退出钻杆,下 $\phi 89$  mm套管,长度与钻孔等长,然后进行高压注浆,注浆压力不得低于耐压试验压力。(3)等二次注浆水泥浆凝固后,再用 $\phi 75$  mm钻头扫孔钻进,至进煤1.0 m停,然后用M-II型瓦斯压力测定仪进行快速封孔测压。

## 3 M-II型瓦斯压力测定仪+套管法的应用

平顶山天安煤业股份有限公司十矿位于平顶山市区东北,行政划属平顶山市卫东区管辖。井田位于李口向斜南翼中东段,井田发育2个北西向剪切带:其一为原十一矿逆断层与郭庄北斜断褶带;其二为牛庄逆断层与十矿向斜断褶带。

井田含煤地层有石炭系上统太原组、二选系下统山西组、下石盒子组和上统上石盒子组。含煤岩系总厚度约为900 m,含44层煤。

可采煤层为丁、戊、己、庚4组煤层,其中丁组煤灰分偏高,庚组煤含硫量高,属不经济煤层,主要开采煤层为戊组和己组煤层。本次测压试验的煤层为

戊<sub>10</sub>煤,煤厚为2.4~3.5 m(平均煤厚为2.8 m);戊<sub>9</sub>与戊<sub>10</sub>间泥岩、砂质泥岩局部夹砂,层间距为0.4~4.14 m;戊<sub>9</sub>与戊<sub>8</sub>煤层间为砂质泥岩,厚度为1.8~6.0 m,戊<sub>8</sub>煤厚度为0.8 m左右,戊<sub>8</sub>顶板为黑色致密泥岩,老顶为灰白色中粒砂岩,层间距为0.2~10.79 m;从戊组顶板到丁组底板,其间主要有戊组老顶砂岩含水层和丁煤底板砂岩含水层,总厚度约为20 m。

### 3.1 测压点的选择

为了准确测定煤层瓦斯压力,根据以往经验,测压地点应选在围岩致密且无断层、裂隙等地质构造带,且测压钻孔应避开采动、瓦斯抽采及其它人为卸压影响范围,不受断层影响和裂隙较小的地区。按照该原则,结合地质资料、巷道布置及测压钻孔长度不宜过长( $\leq 20$  m)这一实际情况,经分析和计算,最终将测压地点选在三水平戊组轨道下山轨23点(即图2中G23点)前后20 m处的巷道左帮测压,钻孔布置如图2所示(图2中长度单位均为m)。

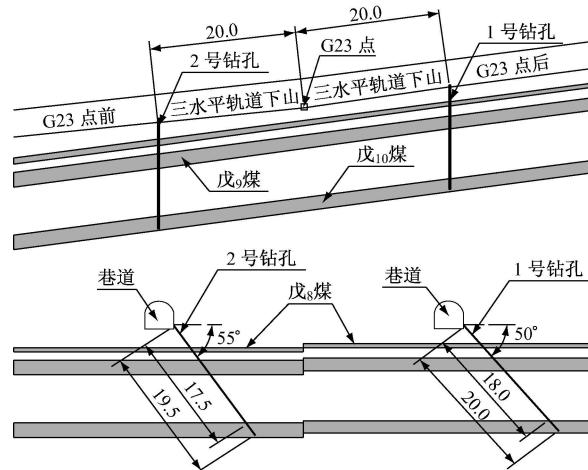


图2 测压钻孔布置示意图

### 3.2 工艺应用

由于戊组煤顶板含水,因此,试验按照顶板含水情况共设计两级套管,先进行2.2.2节中步骤(1)、(2)的操作,即耐压试验合格后,用 $\phi 110$  mm钻头继续扫孔钻进,至距戊<sub>10</sub>煤约1.0 m时停,下同长度 $\phi 89$  mm二级套管,并再次利用套管高压注浆,最低注浆压力要求不低于耐压试验压力,以固结和封堵戊组煤顶板含水裂隙,巩固二级套管,彻底封堵戊<sub>8</sub>、戊<sub>9</sub>段煤,保证钻孔扫孔后无水和不漏气。之后用 $\phi 75$  mm钻头扫孔钻进至见戊<sub>10</sub>煤停,改用压风继续钻进,进煤深约2.0 m停(下行孔,防止钻屑沉积影响测压气室),用压风吹净孔内煤屑、水泥渣,以保证钻孔壁圆滑,使M-II型瓦斯压力测定仪能够顺利

安放到最佳测压位置。起钻完毕后, 立即使用 M-II 型瓦斯压力测定仪封孔测压, 基本参数如表 1 所示。

表 1 设计施工钻孔基本参数

钻孔号	开孔位置	方位角 / (°)	俯角 / (°)	一次注浆深度 / m	二次注浆深度 / m	见煤长度 / m	终孔长度 / m
1 号	底板上 0.5 m, 垂直左帮	125	50	2.0	17.0	18.0	20.0
2 号	底板上 0.5 m, 垂直左帮	125	55	2.0	17.0	17.5	19.5

### 3.3 测压结果及瓦斯压力曲线

1 号钻孔、2 号钻孔测得的  $\text{戊}_{10}$  煤层瓦斯压力曲线分别如图 3、图 4 所示, 2 个钻孔测得的最终压力分别为 2.52 MPa(压力表最大读数为 2.58 MPa)、2.60 MPa。1 号钻孔由于首先施工完毕, 待瓦斯压力升至 2.58 MPa 时, 为检验钻孔内的干燥情况, 特进行了一次放气试验, 放气时间为 10 min, 瓦斯卸压阀内喷出的气体干燥, 手试无润湿感。测压结束回收胶囊时, 发现钻孔瓦斯气室内干燥无水, 且 2 个钻孔数据相差不大, 排除局部瓦斯压力的影响, 可认定所测得的是煤层原始瓦斯压力, 数据准确可靠。

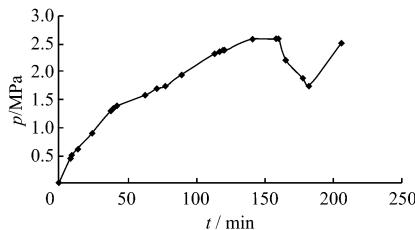


图 3 1 号钻孔测得的瓦斯压力曲线

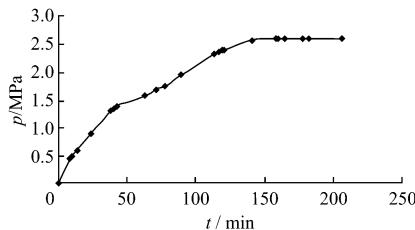


图 4 2 号钻孔测得的瓦斯压力曲线

从图 3 可看出, 1 号钻孔瓦斯压力曲线在上升时出现弯折, 这是由于在瓦斯压力正常上升期间会放气查看钻孔内是否有水, 致使气室高压瓦斯在短时间内大量释放, 从而造成曲线向下弯曲; 之后随着钻孔周围集中应力向深部媒体推进, 卸压瓦斯向气室内大量渗透补充, 使得钻孔瓦斯压力曲线较之前上升更快。从图 4 可看出, 2 号钻孔瓦斯压力自然

恢复曲线在开始阶段上升较快, 之后随着时间的延长, 上升速率逐渐放缓并趋于稳定。这与理论上无水分干扰时的瓦斯压力上升曲线相一致。

根据图 4 及设备回收现场钻孔水分的存在情况可以得出: 使用 M-II 型瓦斯压力测定仪+ 套管注浆封孔工艺能够实现彻底填充钻孔顶板裂隙、含水通道, 使得测压钻孔坚固、稳定, 并排除了承压水对测压结果的干扰, 解除了由于钻孔垮塌对测压封孔方式适用性的限制, 且 M-II 型瓦斯压力测定仪能够准确定位、预留瓦斯气室, 使得瓦斯压力恢复较快, 结果准确可靠。

### 4 效果检验

为检验 M-II 型瓦斯压力测定仪+ 套管法穿  $\text{戊}_8$ 、 $\text{戊}_9$  煤所测  $\text{戊}_{10}$  煤层瓦斯压力的准确性, 利用煤层瓦斯压力间接计算法验证  $\text{戊}_{10}$  煤瓦斯压力。

根据煤样选取的代表性区域要求以及瓦斯压力分布可能带有的局部性特质, 决定利用中国矿业大学蒋承林教授研制的取芯器采取测压点附近  $\text{戊}_{10}$  煤层煤样。考虑到取芯操作占用时间较短及取芯孔施工可能对测压造成的卸压影响, 取芯工作应待测压工作全部结束后再进行或在相对见煤点超过 20 m 的区域同时进行。本次煤样取芯是在 G23 点及其前 40 m 打 2 个垂直巷道底板的钻孔与测压同步取新鲜煤样, 在实验室测定瓦斯吸附常数、孔隙容积等瓦斯参数。

根据以往大量研究可知, 煤层瓦斯含量  $X_0$  与瓦斯压力  $p$  满足郎格谬尔吸附方程<sup>[6]</sup>, 即

$$X = \frac{abp}{1 + bp} \frac{1}{0.31M_{ad}} \exp[-n(t_s - t)] + \frac{100Kp}{k} \quad (1)$$

$$X_0 = X \frac{100 - M_{ad} - A_f}{100} \quad (2)$$

式中:  $X$  为不考虑水分、挥发分等因素影响的煤层瓦斯含量,  $\text{m}^3/\text{t}$ ;  $X_0$  为考虑水分、挥发分等因素影响的煤层瓦斯含量,  $\text{m}^3/\text{t}$ ;  $a$ 、 $b$  为瓦斯吸附常数, 单位分别为  $\text{m}^3/\text{t}$ 、 $\text{MPa}^{-1}$ ;  $p$  为煤层瓦斯压力,  $\text{MPa}$ ;  $M_{ad}$  为煤中水分含量, %;  $n = \frac{0.02}{0.993 + 0.07p}$ ;  $t_s$  为实验室作吸附试验的温度, 取  $28^\circ\text{C}$  (即平均矿井大气温度);  $t$  为井下煤体温度, 取  $23^\circ\text{C}$ ;  $K$  为煤的孔隙容积,  $\text{m}^3/\text{t}$ ;  $k$  为甲烷的压缩系数, 取 1.08;  $A_f$  为煤中灰分含量, %。

利用式(1)、式(2)可计算出各含量点的瓦斯压力, 具体所测参数如表 2 所示。

文章编号: 1671- 251X(2011)03- 0005- 05

DOI: CNKI: 32- 1627/ TP. 20110226. 1614. 010

# 带式输送机可控变速装置电气控制系统的设计

张宏伟, 王新环, 余发山

(河南理工大学电气工程与自动化学院, 河南 焦作 454003)

**摘要:** 针对带式输送机 CST 软启动装置存在初期投资大、结构复杂的问题, 提出了一种带式输送机可控变速装置的设计方案; 简单介绍了该装置的组成及工作原理, 给出了带式输送机软启动功能及多机驱动功率平衡控制策略的实现, 详细介绍了该装置电气控制系统的硬件及软件设计。实验测试结果表明, 该装置性能优良, 性价比高, 是大运量、长距离带式输送机比较理想的驱动装置。

**关键词:** 带式输送机; 软启动; 变速装置; 电气控制系统; PLC; 功率平衡

**中图分类号:** TD634. 1      **文献标识码:** B      **网络出版时间:** 2011- 02- 26 16:14

**网络出版地址:** <http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20110226.1614.010.html>

收稿日期: 2010- 11- 26

基金项目: 河南理工大学横向科研项目(124095)

作者简介: 张宏伟(1980- ), 男, 安徽宿州人, 讲师, 博士研究生, 主要研究方向为工业过程控制。E-mail: zhenghw@hpu.edu.cn

表 2 煤层瓦斯压力间接计算结果

采样地点	$X_0/$ ( $m^3 \cdot t^{-1}$ )	$a/$ ( $m^3 \cdot t^{-1}$ )	$b/$ $MPa^{-1}$	$M_{ad}/$ %	$A_f/$ %	$p/$ $MPa$
G23 点	39.25	48.274	1.73	5.14	20.13	2.60
G23 点 前 40 m	40.07	49.139	1.84	6.22	21.07	2.61

从表 2 可看出, 煤层瓦斯压力在 2.60~2.61 MPa 之间, 与 M-II 型瓦斯压力测定仪+套管法所测得煤层瓦斯压力(2.58~2.60 MPa)基本相符, 即所测煤层瓦斯压力为  $\text{戊}_{10}$  煤层原始瓦斯压力, 不含有其它干扰因素。

## 5 结论

(1) 通过应用 M-II 型瓦斯压力测定仪+套管法, 排除了穿多煤层测压时钻孔封孔段的密闭问题、所穿多煤层段松软孔壁垮塌问题等客观因素对测压钻孔施工过程造成的干扰, 能够快速准确地测得煤层瓦斯压力。

(2) 利用 M-II 型瓦斯压力测定仪+套管法注浆封孔工艺能够彻底封堵多煤层复杂围岩裂隙, 加固煤层段钻孔孔壁的稳定性能, 隔绝瓦斯气室与围岩顶(底)板裂隙的连通, 消除因不能严密封闭钻孔周边的裂隙而易于漏气等问题的干扰, 实现对目标煤层原始瓦斯压力的准确测定。

(3) 该技术稳定、可靠, 可避免在松软煤层段、围岩段测压过程可能造成的钻孔因煤岩间隔性交替导致的稳定性不均一、阶段性塌孔等导致测压设备埋入孔中而无法回收的问题, 降低了突出危险性预测的资金投入。

(4) 利用 M-II 型瓦斯压力测定仪+套管法可精确定位测压仪、及时封孔。若在此基础上采用煤层瓦斯压力间接计算法结合补充气体压力法测定瓦斯压力, 则瓦斯表压力上升速度将会非常快, 从而大大缩短测压时间。

## 参考文献:

- [1] 中华人民共和国煤炭工业部. 防治煤与瓦斯突出细则 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1995.
- [2] 何书建, 张仁贵, 王凯, 等. 新型封孔技术在煤层瓦斯压力测定中的应用 [J]. 煤炭科学技术, 2003(10): 33-35.
- [3] 俞启香. 矿井瓦斯防治 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1992.
- [4] 王轶波, 陈彦飞, 王凯, 等. 煤层瓦斯压力测定钻孔新型封孔技术 [J]. 煤炭科技, 2003(2): 17-19.
- [5] AQ 1047-2007 煤矿井下煤层瓦斯压力的直接测定方法 [S/OL]. [2010-09-20]. <http://wenku.baidu.com/view/170d2b22aaea998fcc220ed4.html>.
- [6] 唐本东. 煤层瓦斯压力计算 [J]. 煤炭工程师, 1997(1): 45-48.