

中国煤储层压力特征*

煤炭科学研究总院西安分院 钟玲文

煤储层压力是指煤层孔隙中流体(包括气体和水)的压力。煤储层压力对煤层气含量、气体赋存状态起着重要作用;同时,储层压力也是水和气体从煤层流向井筒的功能。当煤储层压力降低时,煤孔隙中吸附的气体开始解吸,向裂隙方向扩散,在压力差的作用下,从裂隙向井筒流动。煤层气开采就是根据这一原理,通过排水降低压力而达到采气的目的。

地质构造演化、生气阶段、区域水文地质条件、埋深、含气量、大地构造位置、地应力等诸多因素都可以对储层压力造成影响。在煤层气开发过程中,储层压力越高,形成的压力差越大,势能也就越大,流速越快,气产量越高;储层压力越小,则相反。了解煤储层压力的分布特征和影响因素,对于煤层气开发选区是极为重要的。

煤储层压力类型划分

为了在储层评价中统一评价标准,以静水压力作为划分储层压力类型的依据,笔者将煤储层压力划分为 3 种类型:储层压力梯度接近静水压力梯度时,即 9.5~10.0 kPa/m 的储层压力梯度属于正常压力储层,大于 10.0 kPa/m 的储层压力梯度者属于高压储层,小于 9.5 kPa/m 的储层压力梯度

到 1.2~2.0 MPa,为气井正常生产创造了条件。同时,在管理上认真执行有关规定,蜀南气矿隆昌采气作业区作为重点井特殊管理,对增压机出现的问题及时进行抢修,采气技术干部也同时配合,抢修完毕立即进行气举,并进行调整垂管流态,使气井尽快恢复正常生产。到 2003 年 3 月底,增产天然气 5 530 ×10⁴ m³。按 0.6 元/m³ 计算,创造经济效益 3 318.0 万元,排水 30.45 ×10⁴ m³。目前 p_d 1.92 MPa, p_{if} 7.0~8.3 MPa。日注气 5.0 ×10⁴~8.0 ×10⁴ m³,平均日产气 2.5 ×10⁴ m³,平均日产水 140 m³。

体会及建议

- (1)高渗透性大水量气水井采用气举复活工艺,必须实行反举工艺,这样才能有效降低垂管流动阻力,加快气井排水速度。加强气井排水有利于气井复活。
- (2)高渗透性大水量气水井必须保持复活工艺达到相对连续,这样才能达到复活工艺的要求,取得比较满意的效果。

者属于低压储层(表 1)。

表 1 煤储层压力类型划分方案

压力梯度(kPa/m)	<9.5	9.5~10.0	>10.0
储层压力类型	低压储层	正常压力储层	高压储层

中国煤储层压力特征

1. 试井储层压力特征

从全国 66 口煤层气井 109 个煤储层压力梯度数据见,压力梯度的变化范围很大,2.3~17.3 kPa/m,从低压储层到高压储层均有,煤储层压力最低矿区是开滦矿区,平均值是 4.01 kPa/m,属于低压储层;最高者是红阳矿区,平均值是 12.43 kPa/m,属于高压储层。平均值大于 10 kPa/m 的矿区还有离柳、韩城、盘江、焦作和淮南矿区;铁法、沈北和松藻矿区属于正常压力储层;阳泉、晋城、淮北、开滦、安阳、鹤壁和屯留等矿区属于低压储层(图 1)。但总体看,中国煤储层压力以低压储层为主。同一矿区内,储层压力梯度也有较大差别,如晋城矿区煤储层压力梯度变化于 3.79~12.01 kPa/m,

- (3)通过改造井站工艺流程和改造输气管网能够减小气井集气阻力和降低输气压力损失。对气井早日复活和延长气井生产时间是非常重要的。
- (4)摸索合理的清管通球制度,保持低而平稳的输气压力对气井的后期生产非常重要。也是提高采收率和经济效益的保证。
- (5)截至 2003 年 3 月底镇 2 井复活后已经生产天然气 5 530 ×10⁴ m³,创造了可观的经济效益,也为大水量气井复活积累经验。现在该井已经不能连续正常平稳生产,主要问题是气井能量降低。为了提高该井的最终采气量,目前要加强排水,提高水气比,方法一是实行正举生产,提高气井的带水能力。方法二是进行反举+泡沫排水复合工艺。
- (6)建议将球筒安装到镇 2 井,使镇 2 井—镇 4 井段也能够通球。同时利用水池安装天然气冷却管线,降低天然气含水量,减轻天然气含水多导致输压上升快对气井的影响。

(编辑 钟水清)

*本文为国家“十五”科技攻关项目中部分内容。

作者简介:钟玲文,高级工程师,1953 年生,1976 年毕业于西安矿业学院;从事煤地质与煤层气地质研究,多次获得省部级科技进步奖。地址:(710054)西安市雁塔北路 52 号。电话:(029)7862528。

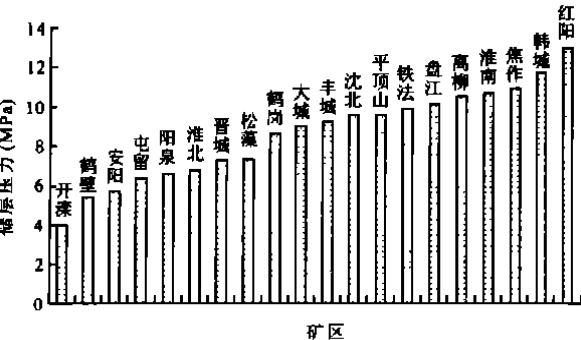


图 1 煤储层压力直方图

红阳矿区煤储层压力梯度分布范围从 9.22 ~ 17.31 kPa/m。

2. 煤层瓦斯压力特征

瓦斯压力是指在煤矿井中测得的煤层孔隙中瓦斯压力。瓦斯压力与储层压力具体含义上有区别,瓦斯压力是指煤层中气体的压力,而不包括液体(水)的压力。另外,其测试条件和测试方法上也与储层压力不同。在此,瓦斯压力的划分标准暂时采用煤储层压力类型的划分方案。

瓦斯压力梯度值的变化幅度很大,从 1.2 ~ 13.4 kPa/m。低压储层到高压储层都有,从平均值见,抚顺矿区的瓦斯压力最低,天府矿区的瓦斯压力最高,绝大部分属于低压储层(表 2)。

表 2 瓦斯压力梯度及储层压力类型

矿区	平均储层压力梯度 (kPa/m)	数据个数	储层压力类型
南桐	9.4	9	低压
松藻	4.8	2	低压
天府	11.4	6	高压
中梁山	8.9	5	低压
芙蓉	4.1	2	低压
六枝	6.9	8	低压
水城	5.5	3	低压
白沙	8.6	9	低压
涟邵	8.1	7	低压
淮南	5.4	10	低压
北票	9.3	6	低压
抚顺	2.9	7	低压

淮南矿区储层压力梯度平均值是 10.71 kPa/m,而瓦斯压力梯度平均值仅 5.4 kPa/m,二者的差别较大,淮南矿区煤储层压力是由西安分院、美国安然公司对 4 口煤气井的 10 个煤层测试获得的,压力梯度变化范围 9.50 ~ 12.76 kPa/m,其结果比较接近,可见,试井获得的煤储层压力数据是可信的。瓦斯压力低与煤层含气饱和度、瓦斯风化带的深度有关。根据地质资料得知淮南矿区在煤变质结束之后,煤系地层在印支、燕山、喜马拉雅构造运动期间经过褶皱、抬升、剥蚀,煤层气相继逸散;新生代时期,地壳下降,接受再次沉积,新生界厚度 200 m 左右,虽然埋深增加,但没有气生成,瓦斯风化带深度 320 ~ 570 m,含气饱和度低,因而造成瓦斯压力低。

3. 钻孔气、水喷出

六盘水含煤区在煤田地质勘探阶段,盘江矿区的火铺、老屋基井田,圭山矿区,水城矿区的大湾、汪家寨、俄嘎、杨梅树井田,织金矿区的大冲头、少普、肥田三号井田钻遇煤层时,发生气、水喷出,喷出的高度有 1 ~ 14 m,火焰高 1 m 左右(引用贵州省煤田地质局的煤田地质勘探资料)。这些现象说明六盘水含煤区煤储层压力普遍高。

以上资料说明全国不同区域储层压力梯度分布仍然具有一定的规律,华北盆地的东北缘、南缘,鄂尔多斯盆地的东缘煤储层压力高,向盆地内部煤储层压力低;六盘水地区煤储层压力高。

煤储层压力的影响因素

1. 煤储层压力与埋深的关系

笔者从单一钻孔中不同埋深煤储层试井所获得的储层压力发现,煤储层压力随着埋深增加而增大。同一地区不同钻孔也有此规律,如淮南矿区(图 2),这种现象在各地普遍存在。

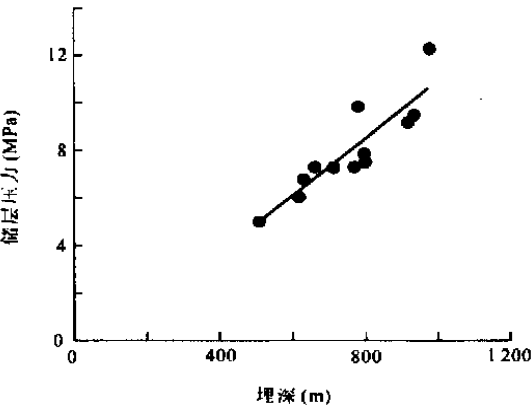


图 2 淮南煤储层压力与埋深关系

煤储层压力获取耗资巨大,为了对我国已获得的煤储层压力资料充分的、广泛的应用,根据我国 20 个矿区获得的储层压力资料,按储层压力类型分别建立煤储层压力与埋深的关系式,以供参考应用(图 3、4、5)。

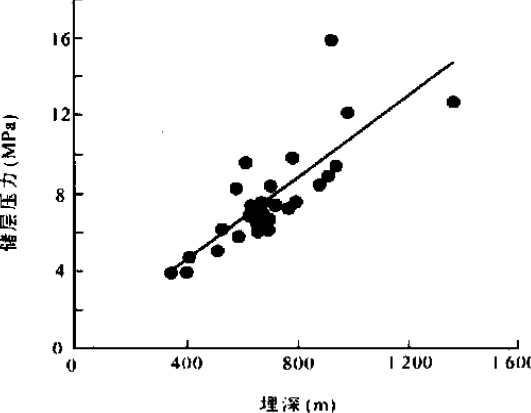


图 3 高压储层压力与埋深关系

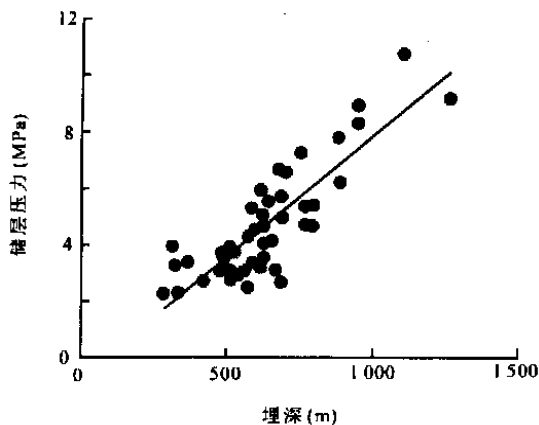


图4 低压储层压力与埋深关系

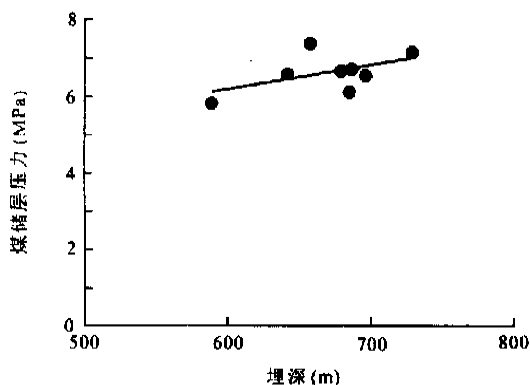


图5 正常储层压力与埋深的关系

2. 水文地质条件与煤储层压力的关系

煤储层压力的大小与区域静水水位的高程有关,水位接近地表时,储层压力接近于正常储层压力梯度,水位越深,储层压力梯度越小。

新集矿区在煤层及上覆地层形成后,经历了褶皱、抬升、断裂,晚第三纪开始凹陷沉积至第四纪。在新生界之前,煤储层是一个开放体系,与外界连通,浅部的煤层气逸散,孔隙中的煤层气被大气中的气体和水置换,浅部形成瓦斯风化带。新生界经历了凹陷沉积,厚170~240 m,随着煤储层埋深增加,煤储层压力并没有减小,而是与区域静水水位的高程有关,水位接近地表,谢桥向斜两翼含水层水位标高+19~+26 m(安徽省煤田一队,花家湖井田地质勘探报告,1987)与地表河流、湖泊的标高一致,与地表标高接近。储层压力属于正常压力储层或高压储层9.65~11.20 kPa/m。

开平向斜基岩的主要构造样式是一个大型不对称线性向斜构造,即开平向斜,向西南方向倾斜,西北翼陡,东南翼缓,基岩标高是西北翼高于东南翼。开平向斜基岩水的补给主要是大气降水,是由西北翼的露头渗入,经东南翼露头泄出,矿区基岩水位低。唐山矿位于开平向斜的西北翼,基岩水位标高低于-500 m,在唐山矿施工了两口煤层气井,试井获得煤储层压力梯度仅为3.61~5.88 kPa/m,主要是由静水水位引起。

3. 原地应力对煤储层压力的影响

原地应力的大小受控于大地构造部位,不同地质时期,

应力的大小是有变化的。同一地质体,储层流量一定时,当应力增大,孔隙体积趋于变小,储层压力变大;当应力变小,孔隙体积趋于变大,储层压力则变小。因此,应力与储层压力存在相关性。

煤层气井的注入/压降试井的微型压裂法可测到煤储层的闭合压力,最小主应力实际上是指煤体被压开的裂缝开启后闭合时的闭合压力。根据煤层气井储层压力与闭合压力测试结果,总体上,煤储层压力随着闭合压力的增加而增大(图6)。说明地应力对储层压力有影响。

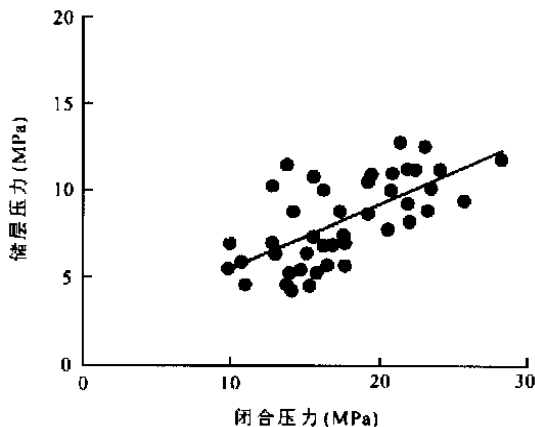


图6 煤储层压力梯度与闭合压力梯度的关系

储层压力与最小主应力之间的这种规律,对于煤层气开采是一对矛盾。储层压力大,容易排水降压,形成压力差,气体易解吸;最小主应力对煤层气开采有负面影响,应力对孔隙起着闭合作用,应力越大,孔隙的开启程度越小,对流体的渗流通道有影响,降低了煤储层的渗透率,也就影响产气量。因此,煤层气开采应选择应力小的区域和储层压力高的区域。

结 论

(1) 将中国煤储层压力划分为3类:高压储层、正常压力储层和低压储层。

(2) 全国不同区域煤储层压力梯度分布具有一定的规律,华北盆地的北东缘、南缘,鄂尔多斯盆地的东缘煤储层压力高,向盆地内部煤储层压力低;六盘水地区煤储层压力高。

(3) 煤储层压力随着埋深增加而增大;煤储层压力的大小与区域静水水位的高程有关。

(4) 煤储层压力随着闭合压力的增加而增大。

参 考 文 献

- 1 孙茂远,黄盛初等.煤层气开发利用手册.北京:煤炭工业出版社,1998
- 2 叶建平,秦勇,林大扬主编.中国煤层气资源.江苏徐州:中国矿业大学出版社,1998

(编辑 黄君权)