

②
7-12

某矿煤和瓦斯突出与煤层物理力学性质 之间关系的实验研究

0712.52

THE STUDY OF THE RELATION BETWEEN COAL—GAS
OUTBURST AND PHYSIC AND MECHANIC PROPERTIES
OF COAL SEAM IN A COAL MINE

谭学术 李通林 蒋为民 姜德义
Tan Xueshu Li TongLin Jiang Weimin Jiang Deyi
(重庆大学)

李正森 传志福
Li Zhengshen Chuan Zihfu
(四川省涪陵五·七煤矿)

摘 要 对某矿煤层的物理力学性质进行了实验研究,并在此基础上,根据实验结果分析了煤和瓦斯突出与煤层的强度、弹性模量以及变形特性等因素的关系。

关键词 煤与瓦斯突出; 物理力学性质; 实验研究. **煤层. 矿井.**
中国图书资料分类法分类号 TD712.52; TD713.1

ABSTRACT The experimental study of physic and mechanic properties of coal seam in a coal mine is presented, and the relation between coal-gas outburst and the strength, the elastic modulus, as well as the deformation property of coal seam is analysed on the basis of the experimental results.

KEY WORDS coal—gas outburst; physic and mechanic property; experimental study

0 引 言

煤与瓦斯突出是矿井中的一种复杂的动力现象,它的发生将给煤矿生产带来极大的危害。因此,国内外采矿学者和岩石力学学者对此问题的研究十分重视,并把煤与瓦斯突出列为矿井生产中的重大自然灾害之一。

随着煤炭生产规模的日益扩大和矿井开采深度的增加,煤与瓦斯突出事故亦不断增多,其突出发生强度亦不断增大。迄今为止,全世界已发生了三万多次煤与瓦斯突出事故,我国发生的煤与瓦斯突出事故也超过了一万次。因此,为了保证煤矿安全生产,有必要对煤与瓦斯突出的发生机理及其预防措施作理论分析和实验研究。

现在,国内外学者普遍认为,瓦斯、地应力以及煤岩体的物理力学性质是决定矿井煤与

瓦斯突出发生的主要因素。本文以四川省某矿作为研究对象,对该矿突出倾向性煤层和非突出倾向性煤层的物理力学性质进行实验研究,拟找出这两种煤层之间在物理力学性质之间的差异,为该矿深部开采时预防煤与瓦斯突出的发生提供一定的理论参考依据。

1 矿区基本情况

该煤矿位于四川省南川县境内,矿区地形为一东南部高、西北部低的向斜盆地,基本上与区域地形相吻合。该矿区的地理位置为四川盆地与贵州接壤的东南边境,恰在类山关褶皱带与弧褶皱带相会之处,属于龙骨溪复背斜北西翼之一段,为一呈东北至西南向的狭长褶皱带。区域内主要出露地层有:震旦纪“灯影灰岩”,下寒武纪“石碑贡岩”,中上寒武纪“类山关灰岩”,下奥陶纪的“牛河统”,中奥陶纪的“交家山统”,下志留纪的“龙马溪流”,中志留纪的“小河坝建造”,上志留纪的“韩家店南岩”。各岩层依序分布在龙骨溪复背斜轴部。该区域之东南部岩石多以石灰岩为主,石灰岩多形成险峻的高山,突出发生于二迭纪、三迭纪、侏罗纪等地层之上。

乐平煤系为本区域最主要的含煤地层。在该矿区内,乐平煤系中的一部分煤层为可采煤层,其厚度变化大,不稳定。其规律是在地表浅部,煤层厚度一般不大,但属于可采煤层;在地表深部,煤层厚度变化较大,只有部分区域可采。

该地区地质构造比较复杂,贯穿该矿区的主要地质构造是向斜构造,全长70余公里,向斜轴遭受断裂破坏,局部呈轴褶皱,其轴线略呈弓形。该向斜构造在该矿3203、3205采区、740川水坪巷道的掘进头处出现明显扭转等异常现象。

从现有开采情况上看,该矿共有840、740m两个开采阶段。第一阶段有3101、3102两个采区,现煤层已基本开采完毕。第二阶段共有3203、3103、3104、3106以及3205六个采区,其中3103、3104、3203三个采区位于高水平部位,3105、3106、3205三个采区位于下水平部位,六个采区的煤层正处于开采过程中。

从瓦斯含量分布情况上看,上水平部位的3101、3102、3203、3103、3104采区以及840m巷道中的瓦斯含量较低,采区一般在0.5%以下(多数为0.12%左右);下水平部位的3105、3106、3205采区以及740m巷道中的较高,多在0.5%以上,甚至超过1%。

在该矿生产史上,尽管煤与瓦斯突出事故发生尚未灾难性的后果,但在该矿+900水平四号上山南一工作面中发生的突出现象表明,随着煤层开采深度增加,采区瓦斯含量增大,煤与瓦斯突出事故的发生亦会随之增多。因此,研究该矿煤层物理力学性质等问题,对于预防该矿深部煤与瓦斯突出事故发生是有意义的。

2 煤样试件的采取及其制作

为了能较全面地研究该煤矿煤层的物理力学性质,煤层取样部位分别设在该矿井3101、3102、3103、3104、3105、3106、3203、3205各个采区以及740、840m两个巷道掘进头处。由于采样地点处有些煤层比较软,因此,采样部位的选择十分关键。我们选择的原则是截取的煤样完整,并能较好地反映煤层的物理力学性质。

需要说明的问题是,3105、3106采区以及740m巷道采样部位又处于弹子山向斜发生偏

转处,因此,该处地质构造复杂,煤层也较分散。

根据煤层抗压实验的要求,其煤样试件的几何尺寸定为:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{长} = \text{宽} = 50\text{mm} \\ \text{高} = 100\text{mm} \end{array} \right.$$

煤样制制定作过程主要分粗加工、细加工和成型精加工三个阶段,其具体制作过程分别简述如下:

1)粗加工 将原始采集的煤样注胶后,在大型煤岩切割机上进行切割,使之成为所需的煤样块体,并且,经过粗加工后的煤样加工面需要重新注胶。

2)细加工 按照 $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的标准,将经过粗加工后的煤块放在小型煤岩切割机上进行切割加工。考虑到成型精加工过程中要消耗掉一部分煤体,因此,在此细加工过程中留有一定的加工裕量。具体的加工裕量为:

长、宽均约为 10mm ;高为 20mm 。

3)成型精加工 将细加工后的煤样分别在特制制定的砂轮上进行研磨,使得煤样表面平整,各端面之间保持平行。然后,再将煤样试件用0号或1号砂纸进行小心研磨,以保证其所需的光滑度。

需要说明的问题是:我们在现场选择的采样部位是3103、3102、3101、3104、3105、3106、3203、3205采区以及以740、840m巷道掘进头,但由于煤层松弱,易破碎,在搬运等过程中损失了部分煤块。因此,最后精加工成型的煤样只包括3102、3103、3104、3106、3203、3205采区以及740m巷道掘进头处所截取的煤块。尽管如此,这七个部位的煤样已能基本上反映该矿各个部位的煤层情况,并不影响实验结果分析。

3 实验过程简介

煤样试件抗压实验是在材料试验机上进行的。该试验机的输油压力共有 $0 \sim 20\text{MN}$ 、 $0 \sim 50\text{MN}$ 以及 $0 \sim 100\text{MN}$ 三个档次。

本文实验过程中,采用对煤样试件贴应变片来测量变形,即在煤样试件的两平面各粘贴一对应变片,每对应变片中一支贴纵向(轴向),另一支贴横向(水平方向)。每只应变片分别接在YJD—I型动静态应变仪的接头上,而该动静态应变仪又与P20K—14714静态平衡箱相联结,并由此测定煤样试件的应变值以及相对应的应力值。

4 实验结果及其分析

煤样试件的实验结果如表1所示,该表中的符号 σ_c 、 E 、 f 分别表示煤层的抗压强度、弹性模量以及普氏坚固性系数。下图表示各采样点煤层的应力应变曲线,各采样点煤层的抗压强度值 σ_c 、弹性模量值 E 、普氏坚固性系数 f 等均是一组实验结果的加权平均值。

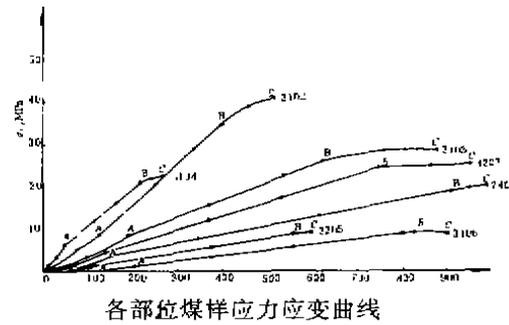
根据实验结果以及结合该矿的瓦斯、地质等条件,现作如下分析和讨论。

4.1 煤的强度

煤岩体的强度不仅取决于煤岩体本身的性质,而且还取决于煤岩体的受力状态以及所处的地质环境等因素。

由下表展示的实验结果可知,3102、3103、3104、3203 采区煤层的抗压强度 σ_c 值比较大。

上述结果表明,3102、3103、3104、3203 采区的煤层在外力等作用下不易发生破坏,而 740、3106、3205 部位的煤层在外力作用下却容易发生破坏。大多数的煤与瓦斯突出研究成果均证明煤层的强度与煤和瓦斯突出的发生密切相关。多数情况下认为煤层的强度越低,则发生煤和瓦斯突出的可能性越大。因此,从强度特性分析结果上讲,该矿 740、3106、3205 部位发生煤与瓦斯突出的可能性较大,而 3102、3103、3104 以及 3203 部位发生煤与瓦斯突出的可能性相对要小些。



4.2 煤层的弹性模量

有关文献认为,煤层的弹性模量 E 与煤层的弹性势能 \bar{W}_e 相关,两者具有下述数学关系:

$$\bar{W}_e = \frac{\sigma^2}{2E} \quad (1)$$

式中: \bar{W}_e 表示煤层的弹性势能; σ 表示煤层的应力。

从上式可以看出,煤层的弹性模量 E 越大(在煤层应力 σ 一定的情况下),则煤层的弹性势能 \bar{W}_e 就越小;反之, E 越小,则 \bar{W}_e 就越大。众所周知,矿井中煤与瓦斯突出的发生是储存在煤岩体中强大瓦斯潜能和弹性势能高速、猛烈和突然释放的结果。由此可知,如果煤层的弹性模量 E 越小,则煤层的弹性势能越大,从而发生煤与瓦斯突出的危险性就越大。

从表 1 实验结果,可知 3102、3103、3104、3203 部位煤层的弹性模量 E 较大,因此,在应力 σ 一定的前提条件下,煤层的弹性势能值 \bar{W}_e 较小,从而发生煤与瓦斯突出的可能性较小;而 740、3205、3106 部位煤层的弹性模量 E 较小,煤层的弹性势能值 \bar{W}_e 较大,从而这些部位发生煤与瓦斯突出的可能性较大。

4.3 煤层的坚固性系数

从表 1 实验结果可以看出,位于上部水平的 3102、3103、3104、3203 部位的煤层坚固性系数 f 一般较大,位于下部水平的 740、3205、3106 部位煤层的坚固性系数 f 比较小。这说明

煤样物理力学性质测定结果 (平均值)

采样点部位	σ_c (MPa)	E (GPa)	f
3102	4.0	11	0.53
3103	3.1	10.5	0.49
3104	2.3	11.2	0.56
3203	2.5	11.3	0.48
3205	0.9	9.5	0.42
3106	0.9	10	0.38
740	2.0	8.8	0.39

3102、3103、3104、3203 部位的煤层不易发生破坏,而 740、3205、3106 部位的煤层比较容易发生破坏。

国内外有关研究表明,容易发生破坏的煤层发生煤与瓦斯突出的可能性较大。这是因

为所有的煤与瓦斯突出等矿井动力现象的产生都是从煤岩体发生破坏而开始的。显而易见，下部水平的740、3205、3106部位发生煤与瓦斯突出的可能性要比上部水平的3102、3103、3104、3203部位大些。

4.4 煤层中的瓦斯含量

根据对该矿各部位瓦斯含量的考察，位于下部水平的740、3205、3106部位处的瓦斯含量一般较高，位于上部水平的和采区的瓦斯含量一般较低。

有关研究表明，煤层中的瓦斯能量的计算公式如下：

$$\bar{w}_v = \frac{P_1 \nabla_1}{n-1} \left[\left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \quad (2)$$

式中： P_0 ：突出煤层的瓦斯压力；

P_1 ：采掘工作面的瓦斯压力；

∇_1 ：煤层瓦斯含量；

n ：突出气体的绝热指数。

由上式可以看出，当煤层瓦斯压力 P_0 一定的条件下，煤层瓦斯能 \bar{w}_v 与瓦斯含量 ∇_1 成正比关系。

由有关文献可知，煤与瓦斯突出发生主要与瓦斯能量等因素关系极大。因此，该矿下部水平的740、3205、3106部位发生煤与瓦斯突出的可能性较大，而上部水平的3103、3102、3104、3203部位处发生煤与瓦斯突出的可能性相对较小。

4.5 煤层的变形特性

各煤层采样点的应力应变曲线分别表示在上图中。由这些实验结果可以看出：所有采样点煤层的应力应变曲线都具有程度不同的三个变形阶段，即压密阶段、弹性阶段和塑性阶段。

压密阶段 OA 曲线产生的原因是煤样试件中存在着裂隙等空间，在外力作用下，将使这些裂隙空间压密闭合。

弹性阶段 AB 曲线的主要特点是应力应变关系呈直线性（或近似直线性）关系，这说明煤层在一定外力作用下显示弹性变形特征。

塑性阶段 BC 曲线的主要特点是煤层呈永久性变形等。

尽管所有采样点的煤层应力应变曲线均存在着上述3个变形阶段，但是我们也注意到各样点煤层的应力应变曲线也存在着差异。例如3102、3103、3104、3203部位煤层的应力应变曲线中塑性区阶段不很明显，或塑性变形量较小或不存在。在岩石力学中，称这种煤（岩）体发生破坏时不存在塑性变形或塑性变形较小的特性为脆性。许多研究已经证明，脆性煤岩体发生煤与瓦斯突出的可能性较大（例如四川南桐矿务局等煤矿就是如此）；非脆性煤岩体发生煤与瓦斯突出的可能性相对要小些。

由此可知，该矿740、3205、3106部位因其煤层呈脆性破坏，所以，发生煤与瓦斯突出的可能性较大，其它部位（3102、3103、3104、3203）发生突出的可能性较小。

4.6 其它因素

煤与瓦斯突出发生除了与上述诸因素有关外，还与地质构造和煤层的埋藏深度有较大关系。

根据对该矿的考察，3205、740等部位处在地质构造异常区域，即明显的褶皱和扭转现

象等。并且 3205、3106、740 部位煤层处于该矿下水平部位,即煤层埋藏深度较大。而 3102、3103、3104、3203 部位煤层处于该矿上水平部位,即煤层埋藏深度相对较小,并且,其地质构造相对来讲要简单些。

显然,从这两个因素来看,3205、3106、740 部位发生煤与瓦斯突出的可能性较大,3103、3102、3104、3203 部位发生煤与瓦斯突出的可能性较小。

5 参考性结论

通过上述分析,可得下述参考性结论:

1) 该矿 740、3205、3106 等部位,因其煤层的抗压强度小、弹性模量小、坚固性系数小、瓦斯含量高、埋藏深度大、地质构造较复杂以及煤层呈脆性破坏特征等。所以,这些部位发生煤与瓦斯突出等矿井动力现象的可能性较大,并且,我们称发生煤与瓦斯突出可能性较大的煤层为突出倾向性煤层。

2) 该矿 3102、3103、3104、3203 等部位,因其煤层的抗压强度较大、弹性模量较大、坚固性系数较大、瓦斯含量较低、埋藏深度较小、地质构造较简单以及煤层主要呈非脆性破坏特征等。所以,这些部位发生煤与瓦斯突出等矿井动力现象的可能性相对较小。并且,我们称发生煤与瓦斯突出可能性极小和不存在发生煤与瓦斯突出可能性极小和不存在发生的煤层为非突出倾向性煤层。

3) 可以预言,随着该矿煤层开采深度的增加,发生煤与瓦斯突出的可能性亦随之增大。因此,在该矿深部开采中,要特别注意预防煤与瓦斯突出等矿井动力现象发生。

4) 在突出倾向性煤层中进行采掘,要采取相应的防突措施,如钻孔排(抽)放瓦斯、大直径钻孔卸压、水力冲孔、解放层开采等预防方法。

5) 突出倾向性煤层和非突出倾向性煤层是相对而言的,只要在该矿采掘过程中出现煤与瓦斯突出的征兆,均应采取相应的预防措施。

注:参加实验研究工作的还有赵春晓、刘祖岗、陈德清、代强、张代钧、刘洪洲、刘新荣等同志。

参 考 文 献

- 1 谭学术. 突出倾向性煤层中能量释放诸问题的探讨. 浙江煤炭科技, 1986, (4)
- 2 谭学术、傅志福等. 国内外煤和瓦斯突出机理的综合评述. 中州煤炭, 1989, (1)
- 3 Farmer, I W, Tan X S. Outburst and Rockbursts in coal Mines. In Syd S. Peng Proceedings of 7th Int Conference on Ground Control in Mining, West Virginia Uni, Morgantown, 1989
- 4 中国矿院. 煤与瓦斯突出的防治. 北京: 煤炭工业出版社, 1978, 78~101
- 5 Tan X S and Nian X F. The Stresses and Strains on The Common Boundary Surface and strength of Composite Rock Masses. Acted by 3-D Compressive stresses. In: Research and Engineering Application in Rock Masses, U. S. A.; IRM, 1985, 992~998
- 6 谭学术、傅志福、李正森. 煤层瓦斯压力分布及其影响因素探讨. 广西煤炭科技, 1989, (4)