



国际矿山测量会议论文选

中国矿业学院
煤科院北京开采所 译
煤科院唐山分院

煤炭工业出版社

国际矿山测量会议论文选

中国矿业学院 煤科院北京开采所
煤科院唐山分院 译

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书编入的四十六篇论文,是从第五届国际矿山测量学术讨论会发表的161篇论文中选译的。内容包括岩层与地表移动、矿山沉陷的损害、矿体几何、矿山测量方法、仪器、电子计算机应用等方面。它反映了当前世界主要产煤国家在矿山测量技术领域内的最新成就和科学研究动态,展示了各国在这方面的新技术,新设备。可供煤炭院校矿山测量专业师生及有关科研、生产技术人员参考。

责任编辑:聂孟荀

国际矿山测量会议论文选

中国矿业学院 煤科院北京开采所

煤科院唐山分院 译

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本737×1092¹/₁₆

印张12³/₄

字数303千字

印数1—2,100

1985年7月第1版

1985年7月第1次印刷

书号15035·2674 定价2.45元

译者的话

第五届国际矿山测量学术讨论会，于一九八二年九月十九日至二十五日在保加利亚瓦尔那城举行。参加会议的有二十三个国家和团体的代表共六百三十四人。会上有十九个国家的代表宣读了一百六十一篇论文。其内容包括：（1）矿山测量发展史、教育、法规；（2）矿体几何；（3）矿山测量仪器、方法和制图；（4）岩层与地表移动、矿山沉陷的损害；（5）采矿与区域规划的关系；（6）电子计算机应用等六个部分。这些论文从不同角度反映了世界主要产煤国家在矿山测量技术方面所取得的最新成就和科学研究动态。为使我国的同行们能及时了解到这方面的新技术、新设备、新动态，我们选择了其中四十五篇论文翻译出版，供煤炭院校矿山测量专业师生及有关科研、生产技术人员参考。

本译文集由仲惟林、周国铨高级工程师和马伟民副教授负责选定，煤炭科学研究院北京开采所、唐山分院和中国矿业学院等单位的部分同志参加了译校工作。由于水平所限，编译中难免存在不妥之处，谨请读者指正。

一九八三年十一月

目 录

1	描述开采倾斜煤层地表下沉盆地的数学模型	1
2	从岩层变形的随机性确定地表下沉和水平变形之间的关系	6
3	下沉盆地变化与开采程度高的鲁尔煤系地层动态压缩显现的相互影响	10
4	提高地表移动预计精度的新途径	15
5	地下开采引起的地表沉陷遥测	20
6	“克莱米柯维奇”露天矿地区建筑物和构筑物移动和变形的研究	25
7	“保保夫·道尔”经济联合公司巴比诺矿区住宅、公共建筑物和构筑物 受采动影响的评价	30
8	由开采引起的岩层动态变形过程的数学模型	35
9	采用局部开采和防护措施以减少地面损害	40
10	威布尔型影响函数在地表移动预计中的应用	44
11	道伯鲁斯煤田岩石强度与变形的规律	51
12	根据断裂高度预计地面断裂	55
13	影响岩层与地表移动的地质、采矿因素	61
14	在房柱式开采中产生的与时间有关的地表下沉	65
15	关于约克夏煤田低洼地下面的采煤问题	69
16	旨在减少矿产资源损失的房柱式开采法的岩体应力和变形状况的研究	74
17	开采钾盐矿岩体的动态变形特性	78
18	开采两个钾矿层对铁路干线的影响及其保护措施	83
19	采用开采措施解放呆滞煤量的经验	86
20	地面摄影测量在保加利亚露天矿中的应用	89
21	英国露天煤矿地表变形监测仪器设备及技术的发展	93
22	波兰矿山测量工作的几点改进	98
23	论“马里查依兹托克”煤田露天边坡变形预测的可能性	101
24	坚硬裂隙岩石的露天矿边坡稳定性	105
25	利用统计模拟在电子计算机上解决有关矿体几何制图和储量计算精度 评定问题	108
26	煤炭损失定额的确定	113
27	保加利亚对煤储量资源合理利用的定额和监督	116
28	用激光测量检查井塔的移动	119
29	精密三边网的测量及其处理	123
30	矿山测量装置的自动化发展方向	128
31	地球物理方法在矿山测量中的应用	133
32	用带有自动照准透镜的经纬仪进行竖井定向的两个几何系统	136
33	用光电测距仪测量井深的精度	139

34	掘进14公里长排水平峒的矿山测量技术	145
35	用陀螺经纬仪高精度测量方位	151
36	矿山测量科学研究工作二十五年	155
37	竖井和提升设备位置在标定和运转时的允许偏差	162
38	稳定元件安装在滚珠轴承上的矿山测量水准仪	169
39	利用He-Ne激光设备确定竖井的垂直度	173
40	罐道空间位置的校正与计算	176
41	确定网状脉矿床中矿物损失和矿石掺混的新途径	182
42	在矿山建设中采用激光垂球及垂直投点仪的可能性	186
43	卡拉岗达煤矿管理局矿山测量工作实施的专业化	190
44	美国摄影测量在地面开采中的应用	192
45	矿山测量在褐煤开采中的发展	196

1 描述开采倾斜煤层地表下沉盆地的数学模型

[波] J. 米阔莱扎克

[摘要]文章给出了在克诺特理论上推导出来的描述开采倾斜煤层地表下沉盆地的三种数学模型。在下沉函数式中利用了影响半径 r_1 和偏移值 p 的非线性方程。在此做了单元下沉盆地是对称形状的假设。提出的数学模型间的区别在于影响半径 r_1 和偏移值 p 的表达式不同。

一、引言

由采矿损害引起的地面保护问题中,对采区上方地表、目的物、地面构筑物由回收保安煤柱引起的开采影响预计工作取得了巨大的进展。

由于开采水平煤层引起的采矿损害的保护问题,因开采事例很多,研究的比较充分。开采倾斜煤层时,受煤层倾角的影响,地表下沉盆地的底部向下山方向偏移。开采倾斜煤层下沉值的计算,按克诺特理论,仍然是对影响函数 $f(r)$ 在开采区段范围内取其积分^[3]。应当以开采倾斜煤层时地表形成的下沉盆地的几何形状为依据确定影响函数的表达式。需要考虑到煤层不同位置的采深变化以及采动影响向地表呈非线性传播这一因素。不同作者关于非水平煤层上方产生变形的观点不同,区别在于:

——在岩体内部传播采矿影响几何方式不同^[2];

——影响半径的变化度(方程式)以及与此有关的煤层开采单元采深变化。

采矿影响传播的几何方式可理解为描写在不同水平(z)上连接盆地相应部位的曲线。至今,关于在岩体内部采矿影响的几何方式(图1-1)没有进行过详细的探讨。在采矿实践中,关于岩体内部产生单元盆地从垂线位置按直线偏移 p 值的观点应引起注意(图1-1)。采矿实践和理论研究都认为,开采倾斜煤层时岩体移动和变形的传播现象是复杂而又难以解决的问题。因从倾斜煤层采出的煤量少,缺乏足够的观测资料,是对开采倾斜煤层引起的现象研究不充分的原因。用几何方法评价采矿对地表和岩体的影响是采矿实践中普遍采用的方法。这种方法给出开采区段的几何要素与地表移动变形值之间的数学关系。

本文将提出描述开采非水平煤层产生的地表下沉的几个数学模型。这里考虑了用于水平煤层的克诺特理论的基本观点。

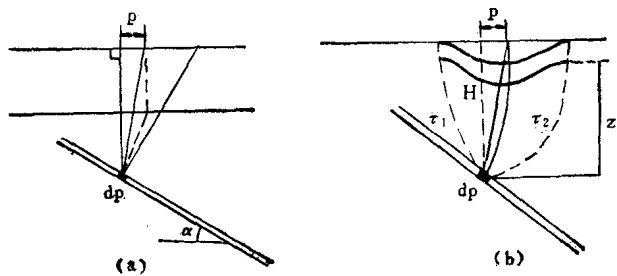


图 1-1 倾斜煤层影响的传播
a—有冲积层; b—无冲积层时按抛物线传播

我们提出的能保证预计值和实测值相符合的数学模型,可使上述问题得到合理的解决。

二、概 论

克诺特理论认为,开采水平煤层的小单元 dp 引起单元下沉^[3]

$$dW = a \cdot g f(r) \cdot dp \quad (1)$$

式中 a ——下沉系数;

g ——煤层的平均采厚;

$f(r)$ ——反映上覆岩层地层结构和采深的单元影响函数。

克诺特建议的曲线^[1]有两个参数:主要影响半径 r 和下沉系数 a 。通过对开采倾斜煤层上方地表区域的大地测量得出,其产生的下沉盆地特征是^[2,3,4]:

——非对称形状;

——盆地下山一侧的范围大,倾斜值小。

此时,认为在冲积层内按铅垂线传播开采影响(图1-1),而在岩体内部开采影响按复杂的几何线路传播。例如,按抛物线传播。正确确定开采倾斜煤层传播开采影响的几何线路,对设计保安煤柱有巨大意义。至于理论价值更不待言了。

例如按克诺特理论,用 r 可确定开采了单元 dp 时煤层上覆岩层各个水平的直接开采影响范围(图1-1)。几何半径 r_1 和 r_2 是限定上山和下山一侧由开采单元 dp (图1-1)而产生的破坏范围的曲线。

三、下沉的数学模型

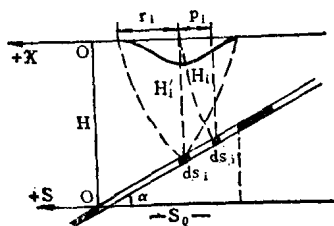


图 1-2 数学模型 I 的单元下沉盆地几何形状

静态下沉盆地的方程是按公式(1)并考虑到克诺特理论的假设推导出来的。建立下述影响函数 $f(r)$ 的前提是考虑了下沉盆地几何要素 dW 。由于各数学模型的前提不一,导致用不同的数学公式来描述具体条件的几何关系。此处给出的描述开采倾斜煤层引起的下沉的数学模型考虑了下述三个总体的建议:

1) 坐标系:煤层任意一点的横坐标为 S ,地表点的横坐标为 X ,原点在开采区段的下边界(图1-2和1-3)。

2) 开采单元体 ds_i 在地表产生向下山方向偏移(偏移值为 p_i)的对称单元盆地 dW_i (图1-2、1-3)。

3) 单元下沉盆地的表达式为

$$dW_i = agf(s_i, r_i, p_i, x) ds \quad (2)$$

$$f(s_i, r_i, p_i, x) = \frac{1}{r_i} \exp \left[-\pi \frac{(s_i - x + p_i)^2}{r_i^2} \right]$$

将(2)式用空间坐标系表示,很容易变成普通形式。其它的假设与描述偏移值 p_i 和影响半径 r_i 的数学公式有关。

模型 I: A, 单元 ds'_i 与 ds 相同,即开采 ds'_i 单元也产生单元盆地 dW_i , $ds' \neq ds$ 。

B, 线性偏移值 p_i 和影响半径 r_i 按下面公式确定:

$$p_i = (H_i - h)' \cdot d \quad (3)$$

$$r_i = \frac{(H'_i)^n}{K} \quad (4)$$

式中 h ——冲积层厚度；

d ——线性偏移值的参数；

t ——决定传播影响几何形状的参数；

K ——反映岩层物理性质的参数 ($n = 1$ 时, $K = \text{tg}\beta$) ;

n ——决定影响半径几何形状的参数；

$c = \text{tg}\alpha$ 。

用公式 (2) 和图1-2中的几何关系可确定单元盆地方程为

$$dW = \frac{agK}{[H + c \cdot s + dc(H - h + c \cdot s)']^n} \exp \frac{-\pi K^2 [s - x + d(H - h + c \cdot s)']^2}{[H + c \cdot s + d \cdot c(H - h + c \cdot s)']^{2n}} ds' \quad (5)$$

考虑到

$$s' = s + p(s) = s + d(H - h + c \cdot s)' \quad (6)$$

(4) 式变为

$$W = a \cdot g \cdot K \int_{s_1}^{s_2} \frac{e^{-\frac{\pi K^2 (s' - x)^2}{(H + c \cdot s)^{2n}}}}{(H + c \cdot s')^n} ds' \quad (7)$$

式中 $s'_1 = (H - h)' \cdot d$

$$s'_2 = S_0 + (H - h + c \cdot S_0)' \cdot d \quad (8)$$

在 (7)、(8) 式中考虑了五个空间坐标的参数 $Q(\theta, K, n, d, t)$ 。其它的数学模型纯粹建立在几何描述地表静态下沉盆地的基础上。不考虑A假设条件。

模型 II: A, 用式 (3) 确定线性偏移值 p_i 。下山一侧单元 ds_i 的几何影响半径用下式表示:

$$r_{s_i} = \frac{(H + c \cdot s_i)^n}{K} \quad (9)$$

B, 单元下沉盆地 dW_i 的主要影响半径 r_i 为

$$r_i = r_{s_i} - p_i = \frac{(H + c \cdot s_i)^n}{K} - d(H - h + c \cdot s_i)' \quad (10)$$

由前述假设可得表达式

$$dW = a \cdot g \cdot \frac{e^{-\frac{\pi [s - x + d(H - h + c \cdot s)']^2 \cdot K^2}{[(H + c \cdot s)^n - dK(H - h + c \cdot s)']^2}}}{\frac{(H + cs)^n}{K} - d(H - h + c \cdot s)'} ds \quad (11)$$

开采宽度为 s_0 的地表下沉为 (11) 式的积分值。

模型 III: A, 单元 ds_i 上山和下山一侧的几何影响半径 r_{u_i} , r_{s_i} 和 r_i 的表达式为 (见图1-3)。

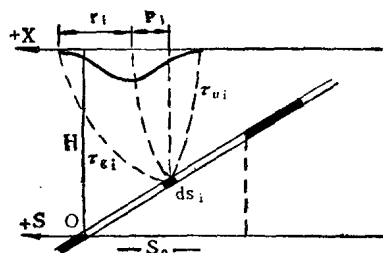


图 1-3 数学模型 I 的单元下沉盆地

$$\left. \begin{aligned} \tau_{ui} &= \frac{(H + c \cdot s_i)^m}{K} \\ \tau_{gi} &= \frac{(H + c \cdot s_i)^n}{K} \\ r_i &= \frac{(H + c s_i)^n + (H + c s_i)^m}{2K} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

B, 线性偏移值 P_i 是几何影响半径 τ_{ui} , τ_{gi} 的函数 (图 1-3)。

$$P_i = \tau_{gi} - \tau_{ui} = \frac{(H + c \cdot s)^n - (H + c \cdot s)^m}{2K} \quad (13)$$

将上述假设用数学公式表示, 得

$$dW = ag \cdot K \cdot \frac{e^{\frac{-\pi [(S-X) + K + (H+c \cdot s)^n - (H+c \cdot s)^m] \cdot 2}{(H+c \cdot s)^n + (H+c \cdot s)^m}}}{(H + c s)^n + (H + c \cdot s)^m} \quad (14)$$

积分限为倾斜煤层的开采范围, 对式 (14) 取积分值, 即是地表任意点下沉的量度。我们建议的三种数学模型可作为建立其它任何一种模型的基础。将式 (3) 变换成

$$P_i = (H_i)^n d$$

可减少参数 Q 的空间坐标 (尺度) 的数目, 模型 II 的公式 (11) 也将简化。

四、结 论

上述三种数学模型表达式形式复杂。公式 (7), (11), (5) 的积分不是简单函数式。实际上, 不用数值法, 不加简化是积不出来的。参数 Q 有 5 个或 4 个量度必然限制了在实践中的应用。较多的参数可保证数学模型与大地测量结果很好的符合。但对参数的物理意义的解释更复杂化。上述所提出的下沉公式是对现象概括的描述。可以用来分析各参数对最终下沉值的影响。

粗浅分析不同地质采矿条件的下沉盆地表明, 上述公式可以大大简化。当比值 $\beta = \frac{cS_0}{H}$ 很小, 减少个别的数学模型的参数数目不影响理论下沉盆地与实测值的接近程度, 而计算工作大为简化。对于模型 I, $\beta < 0.2$ 时, 取 $c = 0$, $t = 1$, $n = 1$, 地表区段下沉可用 (7) 和式 (8) 计算。这就归于积分限被变换了的克诺特公式。由于计算过程没有完全结束, 现在还不能完全展示出结果来。由于事例太少, 不可能选取出能保证计算的下沉值与实测值符合很好的数学模型。对电子计算机计算的结果进行数理分析 (高散度, 误差和相关矩阵) 可做为评价建议的公式是否可用的基础。

参 考 文 献

- [1] KNOTHE S.: Neue auschaugen uber das problem der Bestimmung von Schacht sicherheistfeileren. Archiwum Górnictwa t. IV z. 2 Warszawa 1961 r.
- [2] KOT A.: Badanie czynników wpływających na kształtowanie się niecek osiadania wywołanych eksploatacją pokładów nachylonych i stromych. Zeszyty Naukowe politechniki Śląskiej, Górnictwo z. 48 Gliwice 1971 r.

- [3] SKINDEROWICZ B.: Określenie na podstawie pomiarów geodezyjnych kryteriów kształtowania się niecek osiadań w przypadku eksploatacji pokładów nachylonych. Rozprawa doktorska. AGH
- [4] Сдвижение горных пород при подземной разработке угольных и сланцевых месторождений, издательство "Недра", Москва 1970.

仲惟林译 刘天泉校

2 从岩层变形的随机性确定地表 下沉和水平变形之间的关系

〔波〕 E. 波波维克
J. 奥斯特洛夫斯基

〔摘要〕本文根据对开采影响的观测, 论述了地表下沉和水平移动之间的关系
的最新研究成果。由于岩层变形过程的统计偏差很大, 这就使得进一步提高预计
精度受到限制。

一、引言

评价地表损害的基本变形值是水平移动 U 和水平变形 ε 。已发表的大多数有关地下采动影响的理论, 在预计上述两个基本变形值时, 利用了水平移动和垂直移动的经验关系式。因此, 对地表损害的估计, 在很大程度上取决于这个关系式的可靠性。在这个关系式中出现的经验系数是根据一些下沉盆地来确定的。而过去形成这些下沉盆地的开采情况与当前的开采情况并不相同。本文作者根据大量(30个以上的下沉盆地)观测资料的分析, 从当前开采情况出发, 对这些理论中采用的经验关系式进行评价。考虑到岩层变形过程的随机离散性, 本文将利用数理统计的方法来讨论。

二、关于目前的地表水平变形和垂直变形的观点

阿维尔申第一次在文献〔2〕中提出地表垂直变形和水平变形的理论。水平变形 ε 和曲率之间的关系, 可用下列微分方程来表达:

$$\frac{du}{dx} - B \frac{d^2W}{dx^2} = 0 \quad (1)$$

由此,

$$U = B \frac{dW}{dx} = BT \quad (2)$$

式中 W 、 U 和 T 分别表示下沉盆地剖面的下沉值、水平移动和倾斜值。阿维尔申根据观测资料确定的系数 B 相当于地表至弯曲岩层中性轴的距离, 与开采深度有关, 其值为:

$$B_{AW} = (0.15 \sim 0.18) H \quad (3)$$

按照波兰预计开采影响普遍采用的克诺特-布德雷克理论、水平变形值 ε 和水平移动值 U 可按季特维尼申推导的公式(1)和(2)来预计系数 B_B :

$$B_B = 0.4r \quad (4)$$

式中 r ——克诺特-布德雷克理论的影响半径。

公式(4)中的系数 B 之值, 由布德雷克根据波兰矿井观测资料在论文〔3〕提出的关系式求得:

$$e_{\max} = 0.6T_{\max} \quad (5)$$

由公式(5)确定的关系同阿维尔申关于岩层中存在中性轴的假设是矛盾的,而且系数 B_B 也因而应看作与地表最大影响范围有关的值。应当强调指出:确定公式〔4〕中 B 值的观测资料,肯定同波兰目前开采情况是不一致的。

阿基莫夫给出另外一种系数 B 的求法。他认为系数 B 同矿山地质条件有关。论文〔4〕指出:系数 B 等于松散层的厚度 N ,或者等于地表至不同岩层分界面的距离:

$$B_{AK} \cong N \quad (6)$$

这就是说,中性轴位于松散层的底板或者位于不同岩性的地层的接触带处。

三、根据波兰煤矿目前的观测资料分析倾斜 $T_{\max}$ 和水平移动 $U_{\max}$ 之间的关系

为了确定系数 B 的有现实意义的数值及其与地质、采矿条件的关系,分析研究了31个下沉盆地,这些下沉盆地是在目前典型开采条件下大面积开采所形成的。考虑到变形过程的不规则性(这种不规则性表现为倾斜 T 和水平移动 U 观测的偏差), T 和 U 的最大值是用论文〔4〕给出的随机因素消去法确定。用这种方法确定的有关参数平均值比观测值约大5~10%。

表2-1列举了最大水平移动 $U_{\max}^*$ 对最大倾斜 $T_{\max}^*$ 的比值,即系数 B_p 的计算值。该系数值为5.8~79.1,平均为:

$$B_p^* = 34.4 \text{ 米}$$

B 值同采矿、地质条件的函数关系是用所谓预计模型确定的。这一模型可以用来评价对系数 B 有影响的单个因素的特性,此外还可以预计给定地质、采矿条件下系数 B 的值。

为了建立预计模型,使用了多元回归法。多元回归法是分析多种相互矛盾关系数量值的基本统计方法。多元回归中使用最多的一种模型是:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \xi \quad (7)$$

式中随机因子 ξ 是期望为零和方差为 σ^2 的正态分布的随机变量。

这种预计模型得到的最后公式为:

$$\bar{B} = 0.156H + 53.7U_{\max} - 17.1W_{\max} \quad (8)$$

上述公式的多元相关系数是很大的,达到0.997。表示 B 值同最主要的因素,即开采深度之间相互关系的回归方程为:

$$B = 0.16H \quad (9)$$

这个方程的残值图没有表现出异常,残值的标准偏差为 ± 9.7 米。

四、各种现有观点同下沉盆地观测资料分析结果的对比

表2-1中列举了按阿维尔申的公式(3)、布德雷克公式(4)、阿基莫夫公式(6)和作者的公式(9)计算的 B 值,以及平均观测值 B_p 。经过分析后可以看出:阿基莫夫的观点,即 B 值等于松散层厚度的观点,最多在相同开采深度时才是正确的。实际观测资料表明, B 值同表土层厚度无关。按布德雷克的观点计算出来的 B 值,同观测值比较,特别是在开采深度较大时,是应给以高度评价的。如果 r 值按下式计算:

$$r = 0.5H \quad (10)$$

则按阿维尔申的公式(3)确定的 B 值,最符合实际情况。深入分析 H 的相关性后,可从

表 2-1

N,	H (米)	N (米)	$W_{\max}$ (米)	$U_{\max}$ (米)	$T_{\max}$ 0/00	B_p (米)	B_{AW} (米)	B_{AK} (米)	B_B (米)	B (米)
1	36	36	0.598	0.325	22.00	14.8	5.9	—	7.2	5.8
2	40	40	0.566	0.347	23.10	15.9	6.6	—	8.0	6.4
3	48	48	0.603	0.267	18.40	14.5	7.9	—	9.6	7.7
4	56	56	0.556	0.275	22.40	12.2	9.2	—	11.2	9.0
5	60	40	1.127	0.240	41.60	5.8	9.9	—	12.0	9.6
6	60	40	1.180	0.326	48.90	6.7	9.9	—	12.0	9.6
7	60	40	1.117	0.351	52.80	6.7	9.9	—	12.0	9.6
8	60	3	0.213	0.040	3.68	10.9	9.9	3	12.0	9.6
9	70	5	1.375	0.321	38.20	8.4	11.6	5	14.0	11.2
10	70	40	1.161	0.326	38.60	8.4	11.6	40	14.0	11.2
11	95	10	1.275	0.240	31.20	7.7	15.7	10	19.0	15.2
12	100	12	1.360	0.430	32.30	13.3	16.5	12	20.0	16.0
13	110	12	1.194	0.327	28.00	11.6	18.1	12	22.0	17.6
14	190	30	1.332	0.320	11.60	27.6	31.3	30	38.0	30.4
15	200	25	0.827	0.200	6.96	28.7	33.0	25	40.0	32.0
16	230	50	1.138	0.427	11.60	36.8	38.0	50	46.3	36.8
17	240	20	1.026	0.458	9.93	46.1	39.6	20	48.0	38.4
18	243	172	1.790	1.000	16.00	62.3	40.0	—	48.6	38.9
19	260	20	0.976	0.287	9.08	31.6	42.9	20	52.0	41.6
20	260	230	1.625	0.559	14.50	38.6	42.9	—	52.0	41.6
21	260	20	1.016	0.427	8.42	50.7	42.9	20	52.0	41.6
22	260	150	1.084	0.344	7.01	40.1	42.9	150	52.0	41.6
23	265	15	0.739	0.160	3.57	44.8	43.7	15	53.0	42.4
24	280	230	1.337	0.628	15.60	40.4	46.2	230	56.0	44.8
25	330	26	0.748	0.240	4.37	54.9	54.5	26	66.0	52.8
26	330	15	2.520	0.480	14.40	33.2	54.5	15	66.0	52.8
27	355	40	1.170	0.600	7.88	76.1	58.8	40	71.0	56.8
28	355	40	1.050	0.433	5.47	79.1	58.6	40	71.0	56.8
29	500	300	0.840	0.202	2.62	77.1	82.5	—	100.0	80.0
30	540	6	0.564	0.182	2.43	74.8	89.1	6	108.0	86.4
31	574	30	0.420	0.091	1.15	79.1	94.7	30	114.8	91.8
					中数 B	34.4	33.4	38	41.9	33.4

回归方程 (9) 中看出, 观测资料充分证实了阿维尔申关于计算 B 值的公式 (3) 的假设。

在这种情况下, 建议对布德雷克-克诺特理论公式进行修正。这一公式涉及 $T_{\max}$ 和 $U_{\max}$ 之间的关系, 而这种关系在用公式 (9) 求得的系数 B 值而进行预计时, 也是同样存在的。对于以公式 (10) 为特征的一般岩层, 有

$$B = 0.32r \quad (11)$$

因此, 计算最大水平移动的公式应改变为:

$$U_{\max} = 10.16HT_{\max} \quad (12)$$

相反, 水平变形应按下式计算:

$$\varepsilon_{\max} = 0.48T_{\max} = 0.5T_{\max} \quad (13)$$

将计算最大水平变形的克诺特-克德雷克理论公式 (5) 同作者建议的公式 (13) 加以比较后,

可以看出：目前预计的 B 值平均约大 25%。

最后应当指出，虽然倾斜值 T 和水平移动值之间有很好的相关性，但是由于水平移动的预计不像下沉预计那样准确，预计值的偏差有时较大，如 $U_{\max}$ 的偏差平均为 $\pm 65\%$ [5]。这说明一般假设的均质岩层模型与岩层的实际情况有很大的出入，特别是对于水平移动有决定性影响的靠近地表的岩层。

五、本课题进一步研究的方向

上述研究结果表明，提高水平移动和变形的预计精度问题愈来愈有重要意义，地表下沉，即垂直移动分量的精度也要进一步提高。由于岩层变形过程的随机性偏差很大，显著提高地表水平移动预计的可靠性是没有很大希望的。目前正在进行的有关从介质空间变化角度建立岩层移动过程新的理论模型，则提供了某种可能性。采用真实比例的模型实验研究，无疑会改善人们对这一问题的认识。

参 考 文 献

- [1] Акимов А.Г. - К расчету наибольших горизонтальных сдвижений земной поверхности при разработке пологих пластов. Труды ВНИМИ, сб. XXXI, остотехиздат, 1960, Ленинград.
- [2] Авершин С.Г. - Сдвижение горных пород при подземной разработке кс. угле-хиздат, 1947, Москва.
- [3] Budryk W. - Wyznaczanie wielkości poziomych odkształceń terenu. Archiwum Górnicztwa i Hutnictwa t. I, z. 1, 1953 r., Kraków.
- [4] Popiołek E. - Próba oceny dokładności prognozowania maksymalnych poeksploatacyjnych odkształceń terenu. Ochrona Terenów Górniczych Nr 39, 1977 r., Katowice
- [5] Popiołek E., Ostrowski J. - Próba ustalenia głównych przyczyn rozbieżności prognozowanych i obserwowanych poeksploatacyjnych wskaźników deformacji. Ochrona Terenów Górniczych Nr 58, 1981 r.

王茂松 译

陈于恒 校

3 下沉盆地变化与开采程度高的鲁尔煤系地层

动态压缩显现的相互影响

〔联邦德国〕H. 劳慈

〔提要〕本文的论述介于矿山地表运动学说与岩石力学之间。前者为矿山测量的领域，后者一般可直接看作为采矿的专业原理。但除了兼有两者的性质之外，这种论述也含有一些根本性的知识。

这一说法依据以下一个明显的事实：必须把岩层中与井下工作面煤壁运动直到地表变化有关的全部过程视为最终有联系的总过程。

无论是从岩层移动过程对地表的作用，还是从其井下现象上看，近年来都有现象证明：用现有的理论根本无法或难以圆满解释这些现象。例如，过去利用超位原理判断若干次开采的作用总合。当时认为还是足够准确的。而现今既不能适用于地面，也不能适用于井下。根据该原理估计地面的矿山损坏和考虑井下开采集中化并选择回采方法时出现了一些错误，常常造成相当大的经济损失。

这些现象主要有：在地面上常出现意料不到的、极大的压缩、拉伸和倾斜值，直至形成裂缝；即使进行充分和超充分开采，或在上覆岩层极厚情况下开采时，也会出现这种情况。

而在井下表现为，在一定时间内（时而是强烈的）压力作用妨碍了开采。情况严重时，对工作面和巷道产生的压力作用迫使开采停止下来。

是什么东西造成岩层的这种不同于过去的、不断产生变化的性能呢？

回顾鲁尔区硬煤矿业的发展，其特点是生产效率的大幅度提高，尤其是提高了工作面效率，使回采效率大幅度提高。随着井下机械化和自动化的不断改进，下列原因促成了上述发展：

——区段式开采，回采线尽可能集中并且同时或先后推进；

——回采速度极高，推进速度快。回采推进速度按时间差别可分为年推进速度、月推进速度、日推进速度和纯推进速度。纯推进速度指煤层条件理想且回采设备连续工作时，回采线能够达到的推进速度。有时也可称作瞬时推进速度；

上述工作面推进时间愈短，越是说明回来速度快；

——充填式开采改变为冒顶法开采。

然而，还有一种情况的作用往往被忽视，即上述生产集中化主要是在这样一些岩层范围内完成的：这样的岩层位于老采区下方，而老采区多数用充填法开采、多煤层开采及较大面积开采。

为了更好地阐述和解释岩石力学过程不断变化的原因以及由此造成的地层运动，此处介绍两个概念并指出它们在岩石力学过程中的作用：

1) 开采程度；

2) 动态附加压力。

从广义上讲, 开采程度指开采造成的天然构造裂隙的任何变化。这种变化主要与下列因素有关:

——狭义开采程度表示在有关开采作用范围内, 已采煤层的面积数以及该面积内各个回采区的推进在时间和空间上的顺序。在准确地表述这个概念时, 须考虑到某个基本构造范围内, 煤层的开采接续可影响到开采程度的初始值和增加值。这一点与经验是符合的: 相邻的第二次开采对地面的作用大于初次采动。还要注意一点: 当两次开采相邻很近时(400~600米), 相邻构造范围的开采程度就能与正在开采的构造范围的开采程度作用叠加在一起。

——开采集中程度取决于基本构造范围内同时推进的回采线的数目及它们的空间关系。在预计井下作用时, 也要考虑相邻构造范围的作用有时可能会与本范围的作用叠加起来。

——回采速度: 如前所述, 至少应区别时间单位。

——开采接续速度: 前面介绍的概念中已包含了这个概念。对于某些问题和分析来说, 恰恰是开采时间和空间顺序尤为重要。因此, 应当特别指出, 这个概念主要指出各次开采是如何以及以怎样的顺序在井田内发展的。

——大构造, 在所提到的题目中, 是从两个方面考虑大构造的:

1) 褶皱和断裂构造将鲁尔煤系地层的煤层划分为许多基本地质构造范围。在这些范围内, 有的已经采过、有的正在开采, 有的尚未开采或不开采。

2) 随着开采程度的增加值不等, 地表产生了裂缝和错位(断层)。这类裂缝和错位又与开采范围的构造组合有关。

简而言之, 开采改变了岩层的构造裂隙, 从而改变了岩层的运动形式, 使其主要表现出下列趋势:

——在缓倾斜开采的岩层中, 构造裂隙的改变表现为: 产生了新的构造裂隙, 使得受重力作用的向下运动较为顺利(与开采水平内的侧向运动相比较而言)。在倾斜和急倾斜煤层中, 随着倾角的变化, 这个区的形状是逐渐变小的。在开采上方300米以内可以测出这种构造裂隙的变化(图3-1)。这种变化的作用主要表现为:

——如果采区有一定基础宽度(目前井工开采中总是有基础宽度的), 那么有关采区的下沉盆地中心部分的下沉量增加。

——下沉盆地中心的压缩增加。

——如果狭义开采程度高, 回采推进速度比普通开采快若干倍, 那么下沉盆地的边缘变陡(图3-2)。

——下沉量很微小时, 下沉盆地外围地区的拉伸范围就扩展。在极端情况下, 即使没有构造破坏, 也会形成裂缝。

——如果制造一个岩石力学“尾波”, 那么在地面上、回采线垂直向上投影的后面不

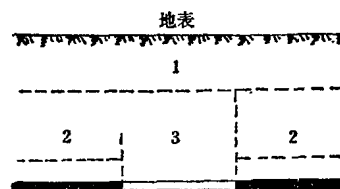


图 3-1 开采区上方构造裂隙不同变化的示意图

1—构造裂隙相对于地表变化大大减少的范围; 2—构造裂隙变化小的区域; 3—构造裂隙变化大的区域