

岩層移动觀測成果的 分析和地表移动的預計

唐山煤炭科學研究院礦山測量研究室編

煤 炭 工 業 出 版 社

內 容 提 要

在采矿业中，岩層移动对于地面建筑和矿井巷道，都有很大的危害。我国采矿业虽然有了几十年的历史，但以往对这一问题的注意是很不够的；因而，曾造成不少损失。解放后，在党和中央人民政府的正确领导下，我們才重視了这一問題，自1954年第一季起，陸續地在开滦林西等矿設立了正式观测站，几年来已积累了不少宝贵資料。这本书就是唐山煤炭科学研究所該院矿山測量研究室周国銓同志根据这些資料編写的，並經紀鉅鎧和張德謙兩位同志作了校訂。

本書詳細地敘述了观测成果的整理、变形曲綫的繪制、岩層移动角的确定、观测成果的分析、岩層移动的特征和地表移动的預計；同时，还列举出有关的整理表格、曲綫圖、測角圖、和計算公式。

本書是国内关于岩層移动观测較為有系統的著作，可供煤矿測量人員閱讀，也可供其他矿业測量人員閱讀。



岩層移动观测成果的分析 和地表移动的預計

唐山煤炭科学研究所矿山測量研究室編

煤炭工業出版社出版 社址：北京東長安街煤炭工業部

北京市書刊出版業營業許可證出字第084号

煤炭工業出版社印刷厂排印 新华書店發行

开本 787×1092 公厘 $\frac{1}{32}$ 印張 $2\frac{3}{16}$ 字數 45,000

1958年12月北京第1版 1958年12月北京第1次印刷

統一書号：15055.674 印數：0,001—5,000册 定价：0.33元

目 錄

第一章 緒 言	3
§1. 概 說	3
§2. 岩层移动研究的途径	4
第二章 观测成果的整理	6
§1. 水准测量成果的整理	6
§2. 水准点間长度的整理	7
§3. 水平移动和水平变形值的整理	12
§4. 傾斜和傾斜变化值的整理	14
§5. 各种变形值的計算	16
第三章 变形曲綫的繪制	18
§1. 下沉曲綫	18
§2. 傾斜曲綫	20
§3. 傾斜变化曲綫	20
§4. 水平移动曲綫	20
§5. 水平变形曲綫	20
第四章 岩层移动角的确定	21
§1. 移动角和破坏角的概念	21
§2. 确定与岩层移动角有关的各种数值	25
§3. 确定移动角的方法	27
第五章 观测成果的分析	32
§1. 地表的最大下沉值	32
§2. 确定衰退系数	34
§3. 确定最大下沉角	34

§ 4. 地表最大傾斜值.....	36
§ 5. 地表最大傾斜變化.....	37
§ 6. 地表最大水平移動.....	37
§ 7. 地表最大水平變形.....	37
§ 8. 安全開采深度.....	38
§ 9. 地表移動過程時間的連續性.....	39
§ 10. 地表移動速度.....	42
§ 11. 計算影響下沉值的各種因素系數值.....	44
第六章 岩層移動的特徵	46
§ 1. 岩體移動過程的一般特徵.....	46
§ 2. 移動盆地的分布.....	47
§ 3. 地表移動變形的分布.....	48
§ 4. 地表移動過程同回采工作的關係.....	54
第七章 地表移動的預計	55
§ 1. 關於地表移動預計的概述.....	55
§ 2. 計算地表移動的經驗公式.....	58
§ 3. 水平煤層和緩傾斜煤層.....	60
§ 4. 傾斜和急傾斜煤層.....	64

目 錄

第一章 緒 言	3
§1.概 說	3
§2.岩层移动研究的途径	4
第二章 观测成果的整理	6
§1.水准測量成果的整理	6
§2.水准点間长度的整理	7
§3.水平移动和水平变形值的整理	12
§4.傾斜和傾斜变化值的整理	14
§5.各种变形值的計算	16
第三章 变形曲綫的繪制	18
§1.下沉曲綫	18
§2.傾斜曲綫	20
§3.傾斜变化曲綫	20
§4.水平移动曲綫	20
§5.水平变形曲綫	20
第四章 岩层移动角的确定	21
§1.移动角和破坏角的概念	21
§2.确定与岩层移动角有关的各种数值	25
§3.确定移动角的方法	27
第五章 观测成果的分析	32
§1.地表的最大下沉值	32
§2.确定衰退系数	34
§3.确定最大下沉角	34

§ 4. 地表最大傾斜值.....	36
§ 5. 地表最大傾斜变化.....	37
§ 6. 地表最大水平移动.....	37
§ 7. 地表最大水平变形.....	37
§ 8. 安全开采深度.....	38
§ 9. 地表移动过程时间的連續性.....	39
§ 10. 地表移动速度.....	42
§ 11. 計算影响下沉值的各种因素系数值.....	44
第六章 岩层移动的特征	46
§ 1. 岩体移动过程的一般特征.....	46
§ 2. 移动盆地的分布.....	47
§ 3. 地表移动变形的分布.....	48
§ 4. 地表移动过程同回采工作的关系.....	54
第七章 地表移动的預計	55
§ 1. 关于地表移动預計的概述.....	55
§ 2. 計算地表移动的經驗公式.....	58
§ 3. 水平煤层和緩傾斜煤层.....	60
§ 4. 傾斜和急傾斜煤层.....	64

第一章 緒 言

§1. 概 說

采矿工作的进行，破坏了岩层的平衡，以至使岩层移动，引起地表下沉、破裂或塌陷，进而威胁着地面建筑物。当采区上方有河流、湖泊或水塘时，水流就有可能沿着裂缝透入井下，引起水灾或淹没矿井。采空区上方岩层移动所造成的严重后果，引起了人们对岩层移动问题的注意。

中华人民共和国煤炭工业部制订的“地面建筑物及主要井巷保护暂行规程”第九章第58条规定：每一矿井都应系统地观测由于采矿而引起的地表移动。这充分可以说明这项工作对中国各矿具有特殊重要的意义。

目前我国正重视这一工作的开展，煤炭工业部于1956年3月设立唐山煤炭科学研究院，该院矿山测量研究室对于这一工作正在进行全面的研究。

我国对地表移动问题的研究可以说是在1954年第一季度起始的，当时北京矿业学院矿山测量教研组在开滦林西矿设立了最早的观测站；在这以前，虽有个别矿曾设有观测站，但其设置原则与方法大都是不正确的，求得的移动角的可靠性是不大的。

为了编制“维护建筑物免受采矿工程有害影响规程”，我们就需要积累大量的仪器观测资料，也就是说，要积累

在各种不同地質、采矿条件下的移动过程的資料和各級建築物临界变形的資料。为此，今后将在国家的統一計劃內有步驟地大力展开对岩层移动規律的探討与研究。

現在，各矿已經能够根据不同地質条件設置观测站，并进行观测。但是岩层移动規律的研究，不是設置好观测站，就可以得出規律；最重要的是，整理仪器观测成果和对成果进行分析，以便得出实际上有价值的結論。

根据我室的了解（主要是依据开灤煤矿和济南煤矿管理局所屬各矿的情况），各矿都沒有及时地将观测站成果系統地用解析法和图解法进行整理；这样，即便我們有很多宝貴資料，也不能加以利用。

我室在整理开灤所屬各矿的全部观测站資料时，发现其中有很多錯誤；这些錯誤是，有某几条边沒有测量和高程測錯了。象这类性質的錯誤，只要我們能及时地加以核对与整理，就可以发觉和补救。

这本小册子詳細地敘述了实际仪器观测成果的整理和分析（应用了林西矿黑鴨子观测站的部分数据），并簡略地介紹了一些岩层移动預計經驗公式，以便矿山測量工作者在工作中参考。

§ 2. 岩层移动研究的途径

在采矿工程影响下所产生的岩层及地表移动問題，早在十五至十六世紀就已引起注意；然而，尽管已經有了几个世紀的研究，但是这个問題的解决是很慢的，直到現在还没有建立起完整的理論。

移动的性質及强度决定于一系列的地質和采矿因素。因而，没有对这方面全面的研究，要正确地选择保护建筑物方法是不可想象的。

綜合苏联和波兰等国的学者对这方面的研究及意見，可归納为下列几点：

1. 理論的研究；
2. 实际仪器的观测；
3. 移动預計。

关于理論的研究，这里必須指出：苏联С. П. 阿維尔辛教授曾应用可塑性理論来解决地面移动的問題；波兰E. 李特維申曾应用連續介質力学方法推导出岩层移动方程式；其他学者也曾根据在不同条件下研究的結論，发表过自己的意見（介紹出各种現象情况）。他們的論述各不相同，他們的結論常常是不一致的，而且与观察和試驗的資料也不是經常相符合。現象的复杂性目前还限制着純理論的研究；这就迫使人們走向实验研究的道路。

这个道路（即在矿上采空区上方設置仪器观测站进行实验研究的道路）在研究的第一个阶段，起了主要作用，直至目前也沒有失去其实际意义。仪器观测在过去、現在和将来都能給出大量可以闡明实际問題的資料。

研究岩层移动問題既可采用理論研究方法，也可采用实验研究方法。实验研究方法便于解决局部問題，但缺乏适当理論基础，不能研究全部現象。理論研究方法不能包括物理过程中所有各种各样的条件，在数学上时常碰到大的困难；但是理論研究方法有着很大优点，能总结各种現

象及創立規律。因此，研究岩层移动問題应当采取实验与理論两者兼顧的方法。

岩层移动預計的方法，开始研究还不久，但其远景是无可怀疑的。岩层移动預計的方法，在目前阶段还不是一個包罗万象的和唯一解決問題的方法。但是在水平和緩傾斜煤层条件下，岩层移动預計的公式可以比較有把握地和比較完全地解決实际問題，当然这种公式还需要更进一步地研究与精确化。

第二章 觀測成果的整理

所有觀測成果应按唐山煤炭科学研究院矿山測量研究室印制的或本書所列的各种手簿和整理表格整理。在整理之前，先要校正野外記錄，取两次或两次以上觀測数据的平均值为最后值。

在以后各次觀測中，控制点的高程与第一次相应控制点的高程不同时（在容許誤差范围内时），应将其差数进行近似的平差；若証明控制点有移动威胁时，就要延长补設。

§1. 水准測量成果的整理

首先用平面測量学上的水准測量方法，整理水准測量成果，求出各水准点高程（計算到0.1公厘），并将公厘后的数值按四捨五入的方法①湊成公厘整数，填写到“水

① 1)若最后一位数字小于5 不进(例如: 16.3834 $\approx$ 16.383)。 2)若最后一位数字是5，其前面的数字是偶数也不进(例如: 29.3625 $\approx$ 29.362)。 3)若最后一位数字是5，其前面的数字是奇数就增加1(例如: 7.3675 $\approx$

水准点下沉成果整理表”(表1)内。

水准点下沉成果整理表

表 1

矿名:

校对者

观测站

剖面线:

计算者:

审核者

测点 编号	第一次 观测, 1955年 3月21日	第二次 观测, 1955年 9月底	2-1 公厘	第三次 观测, 1955年 11月9日	3-2 公厘	3-1 公厘	最后 一次观测, 1957年 5月2日	* II-(II-1) 公厘	II-1 公厘	备 註
R ₃	32.032	32.062	0	32.062	0	0	32.062	0	0	
22	31.978	31.980	+2	31.976	-4	-2	31.970	-2	-8	
23	32.029	32.034	+5	32.027	-7	-2	32.016	-2	-13	
24	32.016	32.022	+6	32.012	-10	-4	31.982	0	-34	
...										
39	31.787	31.791	+4	31.787	-4	0	31.771	+1	-16	
40	31.832	31.836	+4	31.831	-5	-1	31.827	-3	-5	
41	31.848	31.857	+9	31.851	-6	+3	31.851	-3	+3	
42	31.960	31.963	+3	31.962	-1	+2	31.967	0	+7	
R ₄	32.065	32.065	0	32.065	0	0	32.065	0	0	

* n——表示最后一次; n-1——表示最后一次的前一次。

§ 2. 水准点間长度的整理

当整理长度时,应加上各种改正数。各种改正数的计算公式如下。

1. 比长改正数的计算公式:

$$\Delta K = l \times \Delta l, \quad (1)$$

7.368)。4)若最后一位数字大于5,其前面的数字增加1(例如:4.3286≈4.329)。此进位法可适用于任何测量计算中。

式中 l ——量得的綫段长；

Δl ——測量时所用的鋼尺与标准鋼尺每公尺之差数。

例如：20公尺长的鋼尺的实际长度为20.004公尺則每公尺的改正数为：

$$\frac{20.004 - 20.000}{20.000} = 0.2 \text{ 公厘/公尺.}$$

若綫段长为 9.864 公尺，在这种情况下，計算比长改正数的公式如下：

$$\Delta K = 9.864(+0.2) = +2 \text{ 公厘.}$$

在进行长度改正时，应注意下列規則：“如果鋼卷尺真长大于其尺面长度，則改正数为正（如上述情况）；反之，如果鋼卷尺真长小于尺面长度，改正数为負。”

2. 傾斜改正数的計算公式①：

$$\Delta h = -\frac{h^2}{2l} - \frac{h^4}{8l^3}, \quad (2)$$

式中 h ——相邻两水准点間的高差；

l ——量得的綫段长。

上列公式中，等号后第二項 $\frac{h^4}{8l^3}$ 只有当高差很大和綫

段間距离很短的情况下才用（改正数的符号为負）。

① 1. 当高差 h （或支距 d ）和綫段間距离 l 在这样范围内可以不加改正： $h=0.045$ 公尺； $l=10.000$ 公尺； $h=0.055$ 公尺； $l=15.000$ 公尺； $h=0.063$ 公尺； $l=20.000$ 公尺； $h=0.078$ 公尺； $l=30.000$ 公尺。2. 可采用煤炭工业出版社1957年出版的弗·弗·巴甫洛夫等著的“矿山測量計算諸謨图集”中諸謨图公式之12計算。

例如： $h=0.173$ 公尺， $l=9.963$ 公尺在这种情况下，改正数为：

$$\Delta h = -\frac{0.173 \times 0.173}{2 \times 9.963} = -0.0014 \text{公尺} = -1.4 \text{公厘}.$$

3. 支距改正数的计算公式：

$$\Delta y = -\frac{d^2}{2l} - \frac{d^4}{8l^3}, \quad (3)$$

式中 d ——相邻两点支距的差数或和数（当相邻两点間相反方向偏离准綫情况下）。

上列公式与傾斜改正数計算公式相同（參閱8頁脚註）。

4. 温度改正数的計算公式①：

$$\Delta t = l K (t - t_0), \quad (4)$$

式中 l ——量得的綫段长；

K ——鋼的綫膨胀系数（ $K=0.0000115$ ）；

t ——測量时的温度；

t_0 ——檢驗鋼尺时的温度（ t_0 通常是 20°C ）。

这个公式改正数的符号由（ $t - t_0$ ）的符号来决定，也就是說：当 $t > t_0$ 时为正；当 $t < t_0$ 时为負。

5. 拉力改正数的計算公式：

$$\Delta LP = \frac{l(P - P_0)}{E \cdot S}, \quad (5)$$

式中 l ——量得的綫段长；

P_0 ——檢驗鋼尺时的拉力；

①，可采用煤炭工业出版社1957年出版的弗·弗·巴甫洛夫等著的“矿山測量計算諸誤图集”中諸誤图公式之11計算。

P —— 測量時的拉力;

E —— 鋼的彈性系數($E=2 \times 10^6$ 公斤/平方公分);

S —— 鋼尺的斷面積。

鋼尺斷面積最好按每公尺重量求之, 如表 2 所示。

如果用 Q 表示每公尺鋼尺重量公斤數, 而鋼的比重 $\gamma=7.8$ 時, 則鋼尺斷面積 S 的平方公分數按下式求得:

$$S = \frac{10Q}{7.8}. \quad (5)$$

表 2

測量儀器名稱	S , 平方公分	Q , 公斤	尺寬, 公厘
20公尺鋼帶尺	0.103	0.080	20
20公尺鋼卷尺	0.026	0.0203	10
50公尺鋼尺	0.038	0.0296	12.8

註: 20公尺的數據取自 Н.М. 巴胡林教授著“礦山測量術”專門部分。
50公尺的數據由本室周國鈺檢定。

若測量綫段長度時, 所採用的拉力等於鋼尺檢驗時的拉力, 則不需要加以拉力改正數。

6. 鋼尺垂曲改正數的計算公式:

$$\Delta f = \frac{Q^2 l^3}{24P_{\text{H}}^2}, \quad (6)$$

式中 P_{H} —— 鋼尺拉力的水平分力;

Q —— 鋼尺每公尺的重量;

l —— 量得的綫段長。

長度測量整理如表 3 所示。

表 3

长度测量整理表

矿名: 剖面线: R_3-R_4 观测者: 校对者:
 观测站: 观测日期: 1956年3月7日 计算者: 审核者:

段	量得长度, 公尺	高差, 公尺	支距差, 公尺	距温度差, $t-t_0$, $^{\circ}\text{C}$	改正值, 公尺				总改正值, 公尺	改正后的长度, 公尺	距起始测点的距离, 公尺	测点编号	与图对照
					比长改正值	倾斜改正值	支距改正值	温度改正值					
R_3-22	71.501	0.086	0.007	-18	+20.8	0	0	-15.4	0	+11.471	71.512	22	
22-23	19.957	0.048	0.007	◇	+7.5	-0.1	0	-4.3	0	+3.119	91.472	23	
23-24	19.977	0.016	0	◇	◇	0	0	◇	0	+3.219	111.452	24	
24-25	20.027	0.057	0	◇	◇	-0.1	0	◇	0	+3.120	131.482	25	
25-26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
26-27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

§3. 水平移动和水平变形值的整理

长度测量，根据表 3 所列各种改正数加以改正后，应计算水平移动和水平变形值。

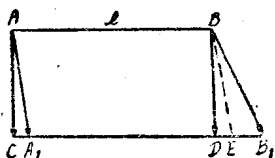


图 1 水平变形示意图
($AB < A_1B_1$)

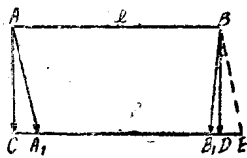


图 2 水平变形示意图
($AB > A_1B_1$)

地表水平移动的不均衡性（水平变形）如图 1 和图 2 所示。

在图 1 中，A 和 B 表示未开采前点的位置，AB 的长度为 l ； A_1 和 B_1 表示开采后该两点的位置， A_1B_1 的长度为 l' ； AA_1 和 BB_1 为移动向量； CA_1 和 B_1D 为 A 点和 B 点的水平移动； DB_1 减 DE ($DE = CA_1$) 之差称为水平移动（绝对伸张），亦即 $\Delta\xi = l' - l$ ；水平变形（相对伸张）则按下式求得：

$$\xi = \frac{B_1E}{l} = \frac{l' - l}{l} \text{ 公厘/公尺。} \quad (7)$$

图 2 表示压缩变形， EB_1 为水平移动（绝对压缩）而水平变形（相对压缩）则按下式求得：

$$\xi = \frac{EB_1}{l} = \frac{l' - l}{l} \text{ 公厘/公尺。} \quad (7')$$

相对伸张与相对压缩的计算公式相同，计算结果所得

表 4

水平移动及水平变形成果整理表

矿名: 剖面线: 计算者: 校对者: 审核者:

测点编号	第一次观测距控制点之距离, 1954年 11月 9日		第二次观测距控制点之距离, 1955年 2月 1日		第三次观测距控制点之距离, 1955年 11月 11日		最后一次观测距控制点之距离, 1955年 11月 11日		水平移动, 公厘		水平变形, 公厘/公尺	备注
	水平移动, 公厘	水平变形, 公厘/公尺	水平移动, 公厘	水平变形, 公厘/公尺	水平移动, 公厘	水平变形, 公厘/公尺	水平移动, 公厘	水平变形, 公厘/公尺	n-(n-1)	n-1		
29	211.390	211.384	-6	-0.25	211.436	+52+46	211.745	+16	+355	-5.25		
30	231.443	231.432	-11	-0.20	231.479	+47+36	231.693	+15	+250	-13.65		
31	251.422	251.407	-15	0	251.395	-12-27	251.399	+15	-23	-11.00		
32	270.205	270.190	-15	-0.14	270.129	-61-76	269.920	+13	-285	-6.30		
33	291.438	291.420	-18	-	291.564	-56-74	291.019	+12	-419	-		