

礦山壓力與頂板管理

賈捷春編譯

遼寧書局出版

252.53
3
2

礦山壓力與頂板管理

賈捷春編譯

煤炭部出版

本書，係作者參照蘇聯及其他各國理論並結合實際經驗編譯的。內容敘述各種礦山的岩石性質、壓力、頂板工程管理方法等項。

書編號 58 印冊數 3,000 書頁數 78 書字數 100,000

地 質 專 著

天津宮北大街通慶里一號 營業許可證津出字第三號

一九五三年六月初版。

天津聯合印刷廠印

前 言

自從我國全面採用新式採煤法以來，在推行新採煤法的整個過程中，首先在技術管理上遇到的困難是頂板管理問題。經驗告訴我們，頂板管理是推行新採煤方法最主要關鍵之一。爲了充分發揮新採煤法的效用，必須克服頂板管理上的困難，也就是我們把握住管理煤層頂板的技術，才能保證採煤工作安全。

頂板管理這一技術，對於我國目前煤礦工作者來說，還是一種新的工作。欲完全掌握這種新的技術，就必須瞭解礦山壓力及礦井中各煤層的地質條件——主要是煤層頂底板岩石的組成、性質和動態。這樣掌握住礦山的自然條件及頂板管理的基本理論，並在其現場具體情況下經過工人羣衆的討論研究，那麼頂板管理就會一定得到成功的。

在先進的蘇聯，關於頂板管理已經得到巨大成就。而在我國，目前對頂板管理工作一般地尚在摸索階段，還未總結出很好經驗來。鑑於各礦工作人員迫切需要參考資料，所以作者才蒐集材料編寫成此書出版，希望它能在選擇、運用頂板管理方法上，在理論研究上起些作用，在大規模經濟建設上有些供獻。

本書內容，前半部以理論敘述爲主，如岩石性質、巷道地壓、場子地壓、地表塌陷等；後半部以理論與實踐相結合的敘述爲主，如頂板管理、如何利用地壓、坑內支保等，並且例舉了幾個我國礦山現場的實例。

作者學識淺陋，經驗有限，並因時間倉促，對頂板管理的具體體會不够深刻，故書中錯誤是所難免。懇切的希望全國煤礦工作者，提出寶貴意見，以資幫助對此書內容再加改進。

本書經張施舟秦嘉驥同志熱心校閱，在此誌以謝意。

賈捷春 於河北唐山一九五二年十月二十五日

主要參考文獻

蘇聯專家 卡爾濱克主講“頂板管理法”(煤礦工業第2期)

教授 格拉赤科夫主講“煤產地開採講授綱要”

“蘇聯吉澤洛夫煤田礦井的衝擊地壓”(煤第40、41期)

“可縮性金屬單柱工作的研究”(煤第36期)

採煤場子人工放頂的機械化 燃料出版社出版

И. В. ПОЛОВ ИЮКЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ P.286

上田秀雄 “頂板壓力測定器”(煤第26期)

三川一一 採炭學 盤壓及塌陷 井下支保

福田政記 “炭坑に於ける地壓問題”(筑豐礦業會報263卷)

福田政記 “長壁式切羽に於ける地壓の統制”(日本礦業會誌51卷)

丹羽陽 “盤壓の研究”(日本礦業會誌50卷583頁)

神島滿足 “論採炭跡影響”(北海道石炭礦業會報149-160號)

“炭礦工學” 採炭法第六章 (日本工學院)

“北支炭礦能率調查報告” 1944. 5.

煤礦工業

煤

Collier 1950. 4. .

Coal, Age 1951. 6.

Mining Engineering 1950. 11.

“Elements of Mining” by young.

“Ground control—Theory and practice” by Jack Spolding.

目 錄

第一章 岩石的性質

第一節 構成煤系岩石的分類.....	1
一、岩石按一般性的分類.....	1
二、岩石按科學基礎分類.....	2
第二節 煤系岩石的物理性質.....	4
一、一般礦山煤層岩石頂板的性質.....	4
二、岩石的破碎膨脹率.....	5
三、岩石的比重.....	6
四、岩石的孔隙性.....	7
第三節 煤系岩石的力學性質.....	8
一、岩石的特性.....	8
二、岩石的應變試驗.....	10

第二章 巷道地壓

第一節 巷道地壓.....	20
一、盤壓與地壓.....	20
二、巷道盤壓之概念.....	21
三、巷道盤壓之狀態.....	22
四、壓力拱形的理論.....	23
五、拱形壓力的計算.....	25
六、免壓高度的計算.....	27
七、橢圓體及頂板的重量.....	28
第二節 巷道地壓的控制.....	30
一、徹底除去巷道中的水分.....	30

二、在巷道中作適當的支撐	30
三、巷道側壓的撤出	31
四、充填側壁的巷道支持	32
五、頂板岩盤的彎曲及其支持力	33
六、巷道用適當的斷面	33

第三章 採煤場子的地壓

第一節 採煤場子地壓	35
一、長壁式採煤的免壓部	35
二、因採掘而生的地壓活動	36
三、採煤工作面的破壞及壓出	41
四、管制地壓和割煤及放炮的關係	43
五、拱形所能支持地層之最大厚度	44
第二節 採煤場子衝擊地壓	46
一、激烈衝擊地壓發生的性質	47
二、衝擊地壓發生的原因	47
三、預防衝擊地壓發生的方法	48

第四章 地表之沉陷

第一節 概論	50
一、地表之塌陷	50
二、破裂角	50
三、地表塌陷之開始、終止及其程度	53
第二節 關於地表之陷落問題的學說	54
一、斐約魯學說	54
二、赫斯學說	55
三、折裂角	56
四、地面塌陷與安全煤柱	58
五、井下採煤工作對地面的影響	59

第五章 頂板管理

第一節 頂板管理	61
一、什麼叫頂板管理	61
二、正確頂板管理所應有的條件	61
三、頂板的分析	61
四、頂板的鑑定	62
第二節 頂板管理方法及種類	67
一、全部陷落法	67
二、部分陷落法	70
三、部分充填法	71
四、緩慢沉落法	74
五、全部充填法	74
第三節 頂板管理的措施	80
一、頂板管理要點	80
二、礦內工作面頂板管理的組織	84

第六章 頂板壓力測定器

第一節 概 論	86
第二節 頂板壓力測定器	86
一、大同式頂板指示器	86
二、油壓式測定器	87
三、試作油壓式頂板壓力測定器說明	88

第七章 坑內支保

第一節 坑內支保的意義	91
第二節 坑內支保的種類	91
一、可縮性金屬支架	91
二、可縮性木材支架	94
第三節 工人放頂	100

一、人工放頂注意事項	100
二、回柱器	102
三、人工放頂程序	104
第四節 機械化放頂	106
一、堅硬頂板岩石之機械化放頂	106
二、不堅硬岩石之機械化放頂	107
三、放頂的勞動組織	108
四、機械化放頂的優缺點	109

第八章 利用地壓採煤

第一節 利用地壓採煤	110
一、利用地壓採煤的特點	110
二、利用地壓採煤的條件	110
三、利用地壓採煤的基本原則	111
第二節 淮南礦緩傾斜煤層的頂板管理	112
一、南八槽頂底板情況及其性質	112
二、頂板管理方法	112
三、利用地壓採煤	117
四、利用地壓採煤的實際情況	120

第九章 礦山現場頂板管理經驗與總結

實例1.	123
實例2.	132
實例3.	139

第一章 岩石的性質

第一節 構成煤系岩石的種類

構成煤系的岩石是水成岩，因其沉積的關係大部形成層狀岩，但也有塊狀岩。若是根據抵抗破壞力之強弱而分類時，又可分為粘質岩（粘土）、軟質岩（頁岩、煤、石灰岩）、硬質岩（砂岩、砂質頁岩）及極硬質岩（礫岩、安山岩、玄武岩、花崗岩）等四種，在煤礦中，主要常見的是粘質岩、軟質岩及硬質岩，有時候也混雜着因地殼的運動後期侵入的火成岩（極硬質岩），如安山岩、玄武岩、花崗岩等。

一、岩石按一般性的分類

在煤礦裏的岩石如上所述，普通常見的為粘質岩、軟質岩、硬質岩、極硬質岩等四種。茲僅就其普通狀態及一般物理性質的大概的加以分類說明如下：

1 粘質岩 如疏鬆的黃土狀的粘土層，疏鬆的黃土；硅藻土，粘泥性的土壤、粗砂、砂質、粘土質的土壤及含有10%石礫（3公分大）的粘土地，疏鬆的泥灰岩。一般的粘質岩是鬆軟的，完全沒有構造上的結合，有時大量摻入微弱的結晶結合的膠狀體。

2 軟質岩 如各種頁岩、煤、石灰岩等。此種岩石和其他岩石相較，一般的全帶有柔軟性。如頂板為這種岩石時，則在距地表淺的地方，成一種無破壞的彎曲沉降，有把其下邊空隙完全閉塞的可能。又在深處受到高壓的時候，即帶來幾許流動性，速度雖屬緩慢，但能自高壓部向低壓部移動。因此頂板之沉降及底板之膨起特

別明顯，遂必次第把空的地方堵塞而不留有空隙。且頁岩類吸收水時，則其容積即顯著地膨脹，並增加柔軟性而呈粘土狀。

3 硬質岩 如砂岩、砂質頁岩、礫岩等。此種岩石是成層岩，一般的在其成層面的地方容易分離，而在多數薄層相重疊的時候更甚。

砂岩類一般雖有脆性，但其結合劑為粘土質時則有幾許彈性。其頂板崩落時內壁雖亦大概成為鐘形，但崩落時因有層面的關係，其內壁一般多呈階段狀。頂板若是累積多數薄層的時候，則自最下層順次崩落；若是厚層時則呈類似塊狀岩的現象，雖不容易崩落，但經日久則厚層即將崩落下來，其勢極其猛烈，附近一帶均起震動。

4 極硬質岩類 如花崗岩類（花崗岩、斑岩、輝綠岩等）。此種岩石是塊狀岩，一般的含有結晶質，在其晶體之間呈合咬的狀態，強韌並且堅硬，除了玄武岩有特殊的節理外，其他的岩石無論是加力的方向如何，其凝聚力是沒有變化的。花崗岩類並且組織緻密，由於其富有韌性，且多少帶有彈性，所以在此種岩石中掘有空洞時，其頂板雖露有很寬廣的面積，但是也不容易崩落，然而當此露出的面積擴大超過某一定限度時，則崩落。其崩落的痕跡的內壁，成一種鐘形的特徵。

二、岩石按科學基礎分類

蘇聯科學家普羅托揚柯諾夫教授對於按堅硬程度來進行岩石分類給予了科學基礎。他將硬度係數的定義引用到到探礦工業的實際工作中去。

任何礦石都有其固有的抵抗粉碎與壓碎的能力，這已由井巷中多次實驗的經驗與觀察所證明。當最大抗張力 $K = 100$ 公斤/平方公分

時，硬度係數等於 1 也就是：

$$f = \frac{k}{100} \times \frac{100}{100} = 1 \quad \text{當 } K=200 \text{ 時 } f=2 \quad \text{也就是 } f = \frac{k}{100} = \frac{200}{100} = 2$$

茲將普羅楊柯諾夫教授岩石硬度係數表列後：

普氏根據礦山岩石的堅硬程度將礦山岩石分為十大類

石樣的極限抗壓力為 0.01 以 f 表示岩石的硬度係數

則 $f = \tan \psi$ ， ψ 為內摩擦角， $\psi = \cot f$ 。

普氏礦山岩石分類表 (1)

類別	堅 硬 度	岩 石 名 稱	硬 度 係 數 f	內 摩 擦 角 $\psi = \cot f$
I	高級堅硬性 岩石	堅固的、高度硬性的、粘結性強的、砂石和玄武岩，以及其他按照堅硬性程度特別堅強的岩石。	20	87°08'
II	高級堅硬性 岩石	最硬性花崗岩，石英質五分石，最硬性花崗質岩石，砂質頁岩，較上述砂石稍弱的砂石最硬性砂岩及石灰岩。	15	86°11'
III	硬 性 岩 石	花崗岩及花崗質岩石，很硬性的砂岩及石灰岩、石英礦、硬性礫岩、很硬性的鐵礦。	10	84°18'
III-a	硬 性 岩 石	硬性石灰岩、無韌性花崗岩、硬性砂岩、硬性大理石、白雲石、黃銅礦。	8	82°32'
IV	相當硬性岩石	普通砂岩、鐵礦	6	80°32'
IV-a	相當硬性岩石	砂質頁岩、片狀砂岩	5	78°41'
V	中 硬 性 岩 石	硬性粘板岩、無硬性砂岩及石灰岩，軟礫岩	4	75°58'
V-a	中 硬 性 岩 石	各種頁岩（無硬性的）緻密泥質	3	71°34'
VI	相當軟性岩石	軟質頁岩、軟性高的石灰岩、白雲、石塊、石膏、凍土無煙煤、普通泥炭、碎砂岩、丸石、砂礫	2	63°26'
VI-a	相當軟性岩石	碎石、碎頁岩，硬性煤、硬化粘土	1.5	56°19'
VII	軟 性 岩 石	緻密粘土、硬性煤、硬性粘土	1.0	45°00'
VIII	軟 性 岩 石	輕的砂質粘土，黃土，砂礫	0.8	38°40'
IX	土 質 岩 石	植物土壤、泥炭，輕的砂質粘土，濕沙	0.6	30°58'
IX	浮 砂 質 岩 石	沙、細砂礫，採出來的煤	0.5	26°35'
X	流 砂 質 岩 石	流沙	0.3	16°42'

第二節 煤系岩石的物理性質

一、一般礦山煤層岩石頂板的性質

1. 由砂岩或礫岩構成的硬質岩石頂板的性質

砂岩或礫岩頂板，普通含70—80%的矽酸質，在煤系岩石中屬於最硬實的。在這種岩石底下採煤，使它失去支持力的時候，頂板不容易破斷，常常是達很大的面積，而一時持續原來位置。這種頂板就是因為不易破壞，並且面積很大，所加煤壁的支端壓力好像很大。但因缺乏彎曲性（韌性）這個壓力分佈到比較大的面積上，因此在場子面上不能有很大的壓力部分，那麼由於場子面的前進單橫樑的頂板增加了長度，逐漸表現出支端（煤壁）壓力的增加，假若到達某種限度（例如20米）最後最在距場子面近的一線破斷。當它降到充填物上的同時，支端壓力就會減少很多了。然而由於場子面的前進又重生出支端壓力，將達到採取容易的時期，再由頂板的破斷又會使其壓力大大減少，如果頂板是硬質的，就如上述情形，場子的盤壓是有週期性的增減傾向；謂之波浪狀盤壓。

2. 由頁岩構成的軟質岩石頂板的性質

頁岩層的矽酸質含量降到50%上下，因它帶有特殊的粘柔性，故不易破壞而容易彎曲，有隨着場子面的進展先向下彎曲，當接觸到充填物的部分有再向下彎的傾向。雖然不成爲單橫梁的形態，因爲由工作面就很強烈的彎曲，所以頂板層間的分離及破斷作用，要向上方很快的進行。再因煤壁上的支端的壓力（彎曲壓）的分佈的面積窄小，加於工作面的壓力作用強，並且沒有週期性壓力的現象因此對採煤工作一般的都是有利的。

3. 由砂質頁岩構成的脆質頂板的性質

在砂質頁岩層含矽酸質60%上下，並不像頁岩層容易彎，又不像砂岩層在頂上懸着很大面積的頂板。由於工作面的前進，面頂板自重增加，生出比較小片破斷和下沉，雖不能加大頂板懸頂距離，因為頂板岩層間的分離和破斷很快，煤壁面上的支端壓力很強，並且壓力分佈的面積也不大，所以加到場子面的壓力有相當強度。

4. 由多種岩石重疊而成的累層頂板的性質

由累層構成的頂板，是要隨着多岩層的厚薄硬軟，在多層間的分離、彎曲、破斷、沉降等作用，呈現出多樣的變化，這樣岩層頂板的性質概略情形是與脆質頂板的性質相似。

在這些頂板性質當中特別要注意的是煤層上方或下部接觸岩石的性質表現出特殊顯著的現象是軟質頁岩，就是因為頁岩的性質如果加到頁岩上的壓力超過一定限度，在它內部就產生無數小破面逐漸變形，呈一種緩慢流動現象；因此若在相當深度的地點，頁岩接觸煤層而構成底頂板時，在這樣地方盤壓自然活動就由後面很穩地推出來，所以就促成了煤理的裂開，或壓理的發生，有利於採掘工作。因此我們要將頂底板的岩石性質分析清楚，充分地利用頂板壓力及處理各種頂板壓力。

二、岩石的破碎膨脹率

根據在井巷中之多次實驗的經驗與觀察所證明；岩石是富有破碎膨脹性，就是破碎了的岩石比原來整塊岩石的體積加大。如破碎岩石之體積為 V_1 ，原來整塊岩石的體積為 V

那麼其岩石破碎膨脹率：

$$K = \frac{V_1}{V} > 1 \dots\dots\dots(1)$$

(1)式中：K = 岩石破碎膨脹率（二種岩石之比率）

剛一採落下來的（即剛一粉碎的）岩石之破碎膨脹率最大，日久以後，岩石本身就逐漸壓實。最大的壓實程度也就是最小的破碎膨脹率，但是它永遠大於 1 的，稱為剩餘的膨脹率。

各種岩石的破碎膨脹率表 (2)

岩石名稱	破碎膨脹率	
	新碎岩石	剩餘的
沙	1.05~1.15	1.01~1.03
黏土	1.20 以下	1.03~1.07
碎煤	1.20 以下	1.05
黏土頁岩	1.4	1.10
砂質頁岩	1.60~1.80	1.10~1.15
硬砂岩	1.50~1.80	—————

三、岩石的比重 岩石的比重與岩石的分類有密切的關係，茲舉一般礦山岩石的比重如下：

岩石名稱	比重
1.花崗岩、硬性砂岩、石灰岩	2.8~3.0
2.普通緻密砂岩	2.5
3.緻密砂質頁岩、韌性泥質頁岩 軟性砂岩、無韌性石灰岩	2.5~2.7
4.玄武岩	2.7~3.0
5.粘板岩	2.6~2.7
6.無韌性頁岩	1.8~2.4
7.無煙煤	1.4~1.7
8.褐煤	1.2~1.4

9. 煤	1.2~1.5
10. 泥炭	1.8~2.6
11. 乾粘土	1.5~1.6
12. 濕粘土	1.6~1.8
13. 粗砂	1.4~1.5
14. 乾土	1.6~1.9
15. 含水沙子	1.8~1.9

四、岩石的孔隙性

在含水岩層中水量的大小，要視其孔隙的情形及其岩層厚度而定。

在含水岩層的孔隙越多厚度越大，則在開採其下部煤層時，危險性也越大。根據開採煤田時，視察所開出礦山岩石情況的結果，確定了石灰岩及砂岩，尤其是在岩層的破裂處孔隙最多。岩層中的裂縫在其全部岩層裏是不相同的。

假如石灰岩及砂岩層的埋藏情況很不穩，那麼這些岩石就具有高度的硬度，並且裂縫也不多。但是遇到地層或岩層埋藏情形發生變動的區域時，這些岩石的裂縫性，就要急劇的增加，並且在岩層的露頭區域由於受了風化的影響，岩石的裂縫性更要達到最大的程度。各種岩石的孔隙性列在第3表中。

岩石的孔隙性表 (3)

岩石名稱	岩石的孔隙性	
	埋藏情況平穩時 (最低數)(%)	地層的露頭及斷層地點 (最大數)(%)
砂岩	3.2	15.2
疏鬆的砂子	6.9	26.9
石灰岩	0.6	16.9
花崗岩	0.3	0.9
玄武岩	0.6	1.3

因此，假如裂縫性的含水岩石（砂岩、石灰岩）的埋藏地點，是在所開採的煤層以上，而且距離高度又超過了煤層厚度的70~80倍時，那麼採用長壁式全部陷落頂法時，對於陷落區域可能達到含水岩層因而發生湧水的危險性，應當加以考慮。

衆所週知，祇要岩石的裂縫寬度達到 0.05~0.1mm 時，就可以發生水的透過。假如岩石裂縫寬度達到 1~10mm 或更大時，則水就可以自由的流動，並且造成緩斜的壓差曲線了。假如煤層的頂板主要是由粘土頁岩構成的，則頂板可能很平穩的落下。在這種情況下雖然含水層的埋藏位置高度並不超過煤層厚度30倍，可是也不致於發生湧水，祇要施行充填，就可以保護抗水層了。

第三節 煤系岩石的力學性質

一、岩石的特性

爲了瞭解物體的性質，及考察物體的狀態，可將該物體製成試樣，在強度不同的外力下，試驗應力與應變的關係，以作工程設計參考的資料。例如金屬材料試驗與混凝土試驗等。根據試驗的結