

蘇聯採礦新技術小叢書之一

厚煤層的開採方法

蘇聯 阿·普·蘇朶普拉托夫著

張 岐譯

燃料工業出版社

目 錄

一、緒言.....	3
二、蘇聯的厚煤層產地.....	4
三、急傾斜厚煤層的開採方法.....	5
四、緩傾斜及傾斜厚煤層的開採方法.....	30
五、結論.....	37

一、緒 言

煤層開採工作在世界上雖已有 150 年的經驗，但至今我們尚未獲得一個相當完善的開採厚煤層（厚 3.5 公尺以上的煤層）的方法。這種情況是由於厚煤層的開採困難所造成，因為在開採厚煤層時，維護工作地點的岩幫和控制岩石壓力，比開採薄煤層和中厚煤層要複雜得多。尤其是在開採急傾斜厚煤層時困難更大。

用落頂法採煤，在地下要保留巨大的煤柱，或者要使用構造複雜的支架。在第一種情況下就要損失大量的煤，此外，遺留在地下的煤還經常發生自燃現象。在第二種情況下，由於在採煤工作面內使用長而沉重的坑木，工作的進行就會很繁重和不方便，有時還很危險。

採用全部充填法採煤時，在地下採出每噸煤的地點，必須從地面運入井內大約與煤的重量相等的岩石進行充填，同時，如果充填工作不能很好地機械化，則比落頂法開採還不經濟。

在蘇聯，厚煤層的開採還是一種新的事業。偉大的十月社會主義革命以前，主要是開採頓巴斯煤田的薄煤層，當時該煤田產煤佔全國總產煤量的 87%。

最近三十年來，蘇聯的煤產量中，厚煤層所佔的比重不斷提高，並且今後還將繼續提高。在發展頓巴斯煤田的同時，蘇聯的許多其他煤田更是迅速地發展着，這些煤田的埋藏量中有很大的部分是厚煤層。

從第 1 表中所載數字可以明顯地看出蘇聯煤礦工業的突飛猛進的發展。

蘇聯煤產量發展表

第 1 表

年 度	1913	1927/28	1932	1937	1940	1950	備 註
煤產量 (百萬噸)	29.1	35.5	64.7	127.4	166	250 (計劃)	1950 年產量計劃已 超額完成

隨着全國煤產量的迅速增加，根本上改變了沙皇俄國煤礦工業簡

陋落後的面貌(參看第2表)。

蘇聯各煤田產量變化表

第2表

煤 田 名 稱	佔總產煤量的百分比 (%)		
	1913 年	1940 年	1950年(計劃)
頓巴斯煤田	87.0	55.0	35.2
庫茲巴斯煤田	2.6	14.0	} 64.8
莫斯科近郊煤田	1.0	7.0	
卡拉甘達煤田	—	4.0	
其他煤田	9.4	20.0	

約·維·斯大林同志於1946年2月9日所作具有歷史意義的關於大力發展蘇聯煤產量的報告，以及關於今後散開發展工業的方針，又進一步地提高了厚煤層在煤礦工業中的作用。

所以，合理地開採厚煤層問題，對於進一步發展蘇聯煤礦工業具有極重要的意義。

這本小冊子適合採礦工程師們參考，它簡要地敘述了蘇聯現時開採厚煤層的情況，並且指出了在這方面改進工作的方向。

二、蘇聯的厚煤層產地

在蘇聯許多煤田內都可遇到厚的煤層，並具有豐富的埋藏量。這裏可舉出下列一些主要的厚煤層產地：

(1)石炭紀的——莫斯科近郊、卡拉甘達、基傑洛夫和艾基巴斯圖茲等煤田，以及烏拉爾的耶果爾辛斯克產地；

(2)二疊紀的——庫茲巴斯、米努辛斯克和圖古斯克等煤田；

(3)侏羅紀的——齊略賓斯克、邱雷姆-也尼謝斯克、卡恩斯克、依爾庫斯克和布列依恩斯克等煤田，以及高加索的特克瓦爾契里和特基布里等產地，中亞細亞的蘇留克金、舒拉布、凱載爾-基斯克、扣柯-雅嘎克斯克和那雷恩斯克等產地，烏拉爾的包格斯洛夫產地、外貝加爾湖的許多產地，遠東的蘇察斯克產地；

(4)第三紀的——遠東的阿爾傑莫夫和達夫利察產地，以及烏拉爾的許多褐煤產地。

三、急傾斜厚煤層的開採方法

我們首先必須把「開採方法」這一名詞下個定義(根據爾·德·舍維亞科夫的定義): 配合空間與時間來進行預備巷道與採礦巷道的開掘的一定程序, 就叫做礦體的開採方法(或部分礦體的開採方法)。

我們說礦體合理的開採方法是: 能够保證採礦工作的高度安全性和衛生的環境, 最大限度的採掘煤炭, 從可採區內採出大量的煤, 高的勞動效率和最低的生產成本。

急傾斜厚煤層開採方法的著作「各國開採厚煤層的經驗」, (舍維亞科夫等著), 主要適合於庫茲巴斯煤田, 在該煤田對此種煤層的開採問題是極為重要的。

庫茲巴斯煤田的主要厚煤層區域, 就是普羅克皮也夫-基謝列夫斯基區, 該區位於煤田的西南部分, 靠近斯大林斯克城。

該區的地質構造特殊: 蘊藏有豐富的煤層羣, 其含煤係數達18%。於該區域內構成許多的褶皺, 並形成傾斜的翼面和急驟的折曲。個別煤層厚度有達16公尺的。大部分煤層構造簡單, 構造複雜的很少。煤層的構造和厚度變化不大, 但是也經常遇到較小的地質斷層。煤層的頂板和底板為: 砂岩、粘土質和煤質頁岩。除了某些主要靠近斷層地帶以外, 在開採時岩幫是穩固的。煤的硬度較大, 可是在靠近地質斷層附近硬度則大為減小。本區內大部分都是有瓦斯和煤塵危險的礦井。在瓦斯礦井內沼氣的噴出量隨其開採深度的加大而增加。整個煤田沼氣噴出梯度為20—30公尺, 也就是開採深度每增加20—30公尺, 巷道中採煤1噸的沼氣噴出量便增大1立方公尺。該區內某些開採深度超過100公尺的礦井, 每採煤1噸的沼氣噴出量為5立方公尺。本區域內所有煤層尤其是厚煤層的煤, 都是具有自然發火傾向的。

庫茲巴斯煤田內的煤礦工業, 幾乎全部是由蘇維埃政權建立起來

的。革命前的庫茲巴斯煤田，僅能以一些裝備簡陋的小型坑井採出少量的煤(1917年的產量在一百萬噸以下)。

擺在蘇聯採礦工程師們面前曾經有這樣一個極其艱難的問題，即對有自燃性的急傾斜厚煤層的開採問題。經過了大約25年的對庫茲巴斯煤田的研究試驗，我們的工程師和技術人員們終於完成了尋找急傾斜厚煤層開採方法的這一巨大工作。設計和實驗了許多各種各樣開採方法的方案，其中可分為兩種主要的類型：第一種是以落頂法開採厚煤層；第二種以採空區充填法來開採。

1938年前，庫茲巴斯煤田的普羅克皮也夫-基謝列夫斯基區主要是用落頂法開採急傾斜厚煤層的。在這一時期中，採用了倉房法、順傾斜帶狀落頂法以及其他採煤方法，伴隨着這些採煤方法而來的就是地下煤的大量損失和部分的地下火災。可以說，當時在普羅克皮也夫-基謝列夫斯基區的個別礦井內，一半以上已經勘查、開發和準備好的煤藏量就這樣丟掉了。

我們再簡單敘述一下，庫茲巴斯煤田在1938年以前所普遍採用的開採方法——倉房法和順傾斜的帶狀開採法。

使用倉房法開採時，把礦體開掘成一些個別的、較為寬大的採煤倉房。分隔各個倉房及維護岩幫平衡(至少在進行採煤工作期間)用的倉間煤柱便永遠被遺棄在地下。

煤田中急傾斜煤層所採用的倉房式開採方法的特徵，是要在即將開掘倉房的地點，預先開掘相當於整個倉房高度的風眼。倉房內採煤是利用放炮方法。從風眼起打炮眼。工人從上面經過風眼進入工作地點。採下的煤先堆在倉房內。倉房內不保留任何巷道。各倉房之間的煤柱不予採掘，等到煤倉內的存煤放出後，岩幫、倉房頂棚上覆蓋的岩石以及倉房間的煤柱便自行破碎而冒落下來。這種開採方法在此煤田曾叫做倉房落頂法。

圖1表示在庫茲巴斯煤田開採急傾斜(65°)厚煤層(10公尺)時曾使用過的有貯煤倉的倉房式開採方法。階段高50公尺，是根據中間巷道的高度開切的，但在開採中並不再分小階段。倉房寬度為10—12公尺，倉房間的煤柱寬3公尺。風眼是沿倉房的邊緣開掘的，每個倉

圖 1 中的詳圖 *C* 為主要運輸巷道上的卸煤台，詳圖 *D* 為風巷和通風巷道連接情況。

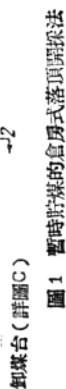


圖 1 暫時貯煤的倉房式落頂開採法

12—23%，每月沿煤層走向的開採進度為10—15公尺，採區的月產量為5000—11 000噸，每採煤1000噸的坑木消耗量為5—28立方公尺，開採中煤的損失為34—50%，採區內每班每工的勞動效率為6—8噸。

所以，倉房式落頂開採法的技術經濟指標是比較高的，但是此種方法要損失大量的煤，同時火災危險也相當嚴重。

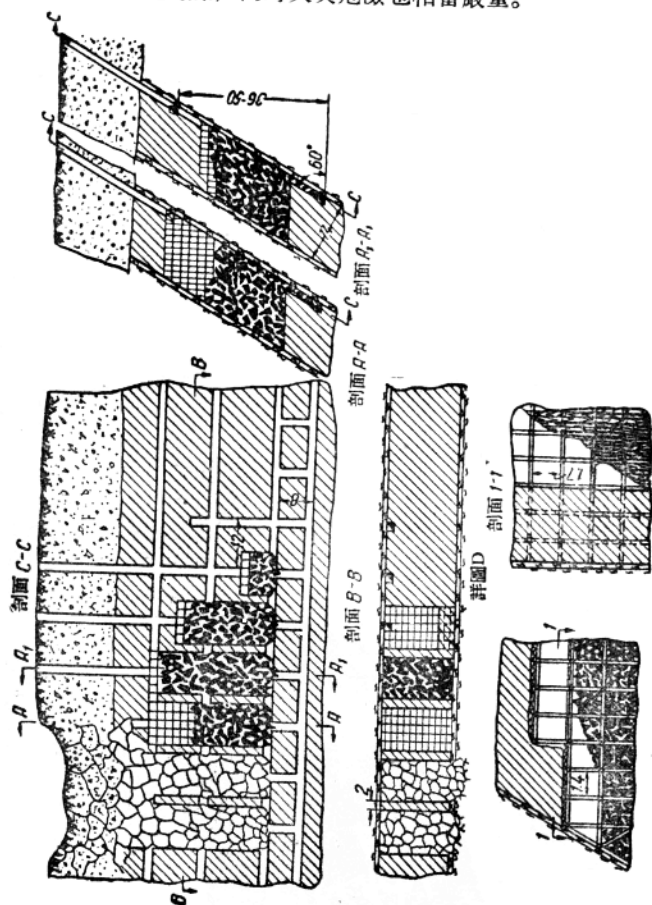


圖 2 採取暫時貯煤和方格支架的帶狀落頂開採法

順傾斜帶狀落頂並暫時貯煤的開採方法(圖2)和倉房法相類似，主要的區別就是順傾斜帶狀開採法在採煤工作面中使用「方格」木支架(圖2的詳圖D)。此種支架是用方木或圓木柱構成，並將其造成似乎一種空間的格柵。它是由12根木材構成的，形成平行六面體的骨架。在這種支架的每個聯結處，結合有兩根立柱和四根橫樑。在支架的橫樑上經常是鋪上臨時性的蓋板，以便工人站在上面進行打眼、落煤和運煤以及工作面的支架工作。採落的煤暫時貯存在煤倉內。在庫茲巴斯煤田岩石鬆軟的地區開採急傾斜(60° 以上)厚煤層(6—15公尺)，大半都採用帶方格支架的順傾斜帶狀落頂開採法進行採煤。採區長度約為120公尺，階段高40—80公尺；每次所採分層厚約3公尺。其技術經濟指標如下：每月沿煤層走向開採進度為4—7公尺，採區月產量為4400—6800噸，每採1000噸煤坑木消耗量為44—65立方公尺，採區每班每工的勞動效率為2—4.2噸，開採中煤的損失為32—50%。順傾斜帶狀落頂開採法是經不起考驗的，因為它的技術經濟指標不高，同時還要損失大量的煤、消耗大量坑木以及經常有發生地下火災的可能。

隨着庫茲巴斯煤田普羅克也夫-基謝列夫斯基區隨着煤產量的逐年提高和開採深度的增大，用落頂法開採厚煤層開採方法的缺點就愈加增大。

由於發現了開採方法上的嚴重缺點，黨和政府曾專門頒佈了指令，指責了庫茲巴斯煤田採用倉房式和帶狀式的落頂開採法是一種濫採方式。同時這個指令也提出要在本區內，轉為使用採空區充填的分層開採法。

1938年以後，在整個煤田內對開採工作開始了根本的改革。分層充填的開採方法的比重增加了，主要採取自流式的充填方法。1940年普羅克皮也夫-基謝列夫斯基區，採用此種開採方法的佔總產煤量的18.1%(見第3表)。

除了分層充填開採方法的採用日益擴大外，在本區內大量地採用了齊那喀爾教授所建議的蘇聯新的開採方法——沉下岩石陷落法，後來叫做「掩護支架」開採法。1940年普羅克皮也夫-基謝列夫斯基區

用此種方法採煤所佔比重達 9%。相應地減少了倉房式和帶狀式的落頂開採方法的採用。

第 3 表

1940 年庫茲巴斯煤田普羅克皮也夫-基謝列夫斯基區總產煤量中各種開採方法所佔比重

開 採 方 法	佔全區總產量的百分比 (%)
I. 附帶落頂的開採法	
1. 沿走向長柱式	52.0
2. 水平分層法	10.0
3. 掩護支架法	9.0
4. 開採煤柱法	6.0
5. 傾斜分層法	2.5
6. 倉房法	2.5
計	82.0
II. 附帶充填採空區的開採方法	
7. 上行傾斜分層法	14.0
8. 沿走向長柱式	3.0
9. 對角分層法	1.0
10. 下行水平分層法	0.1
計	18.0
總 計	100.0

採用掩護支架開採方法工作時(圖 3), 階段高 50—100 公尺, 沿走向劃成 100—250 公尺長的採區。於各採區的邊界需留 10—15 公尺寬的防火煤柱。每個採區以內又沿走向劃分成寬 20—25 公尺的單獨開採煤柱。各開採煤柱之間保留 2—3 公尺寬的護頂煤柱。根據每個開採煤柱的寬度, 在其中利用仰式鑽孔機打 4—5 個風眼, 穿過階段的高度。開採時是在掩護支架下面進行放炮。崩落的煤沿溜煤眼自行滑落裝入停在主要運輸巷道上的礦車裏。掩護支架本身則藉其自重和塌落岩石的壓力隨着工作面的移動而沉下。

爲了工人們能在掩護支架下通行, 可利用爲便利採煤工作所掏的

槽溝作人行道。根據此種開採方法設計的意圖，掩護支架最後應一直沉到主要運輸巷道，並應在此處全部拆卸下來，但是實際工作經驗證明，很少能實現這種意圖。

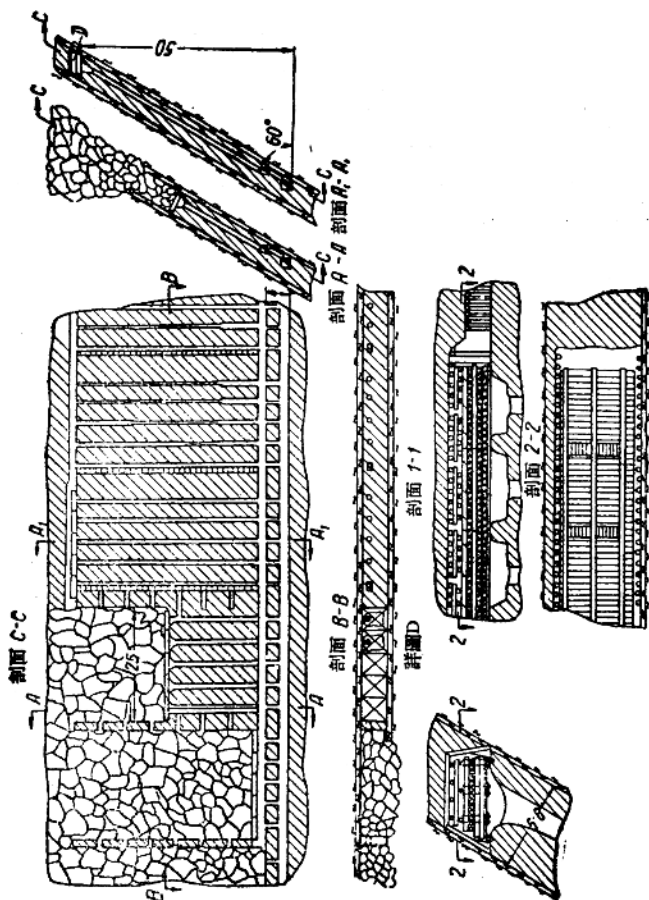


圖 5 岩層陷落的掩護支架開採法

在接近採空區的溜煤眼中，設有人行隔間，採煤工作面的通風就是使新鮮空氣從主要運輸巷道順溜煤眼內之人行道流入工作面的，空

氣通過工作面(在掩護支架下面)後，回風便向上流入通風巷道。

掩護支架由數個部分——分節構成，用鋼絲繩互相連接在一起。掩護支架的分節是金屬構成的框架，在框架上面鋪置數層木料的棚蓋(4—8層)。用鐵夾頭將棚蓋與金屬框架連結成一整體——一節掩護支架。掩護支架採取各種類型：單式的、雙式的和多排式的掩護支架，其結構也分為數種——輕型的和重型的。

圖3所示為掩護支架的開採方法——採用單式的掩護支架採煤。庫茲巴斯煤田急傾斜(60° 以上)的厚煤層(5—7公尺)即採用此法進行開採。階段高為50—100公尺，掩護支架長25公尺，由五個分節組成。每節支架上鋪置有4層木料的棚蓋，並與金屬框架連結成一個整體。圖上所示的詳圖D是通風水平上掩護支架安裝的[斷面圖]。

掩護支架法中的雙式支架，是為開採厚9公尺以下的煤層，掩護支架是根據煤層的厚度由兩個部分組成，並將其安裝與煤層走向成垂直的互相連結在一起的支架。掩護支架各部分的寬度為9公尺——靠近頂板方面3.5公尺和底板方面5.5公尺。

掩護支架開採法的特點是有高的技術經濟指標：準備巷道中產煤佔總產量的22—28%，每月沿煤層走向的開採進度14—25公尺，採區的月產量為5000—12000噸，每採煤1000噸的坑木消耗量為18—37立方公尺和金屬消耗量為1—2.5噸。開採中煤的損失為19—33%，採區每班每工的勞動效率為3.5—6.5噸。但是掩護支架開採方法同樣也存在許多嚴重的缺點——損失大量的煤(因不能採完整個煤層的全厚和整個面積)，以及發生地下火災現象等。掩護支架開採方法可利用於煤層構造變化小及其厚度穩定的情況下。

由於1938—1940年間採取了整頓採礦工作的措施，全區各礦井開採中煤的損失量降低了二分之一，並大大減少了發生地下火災的次數。

為了鑑定1940年所採用的各種開採方法，在這裏我們引證一下各種方法的主要平均技術經濟指標(見第4表)。

為了比較各種開採方法的火災危險性，曾提出一新的指標——各種開採方法每採一百萬噸煤所發生火災的數量。為此目的，普羅克皮

也夫區炮滅地下火災專門監察處編製了 10 年火災情況表(1931—1940 年)。

第 4 表

1940 年庫茲巴斯煤田各種開採方法的主要平均技術經濟指標

開 採 方 法	技 術 經 濟 指 標			
	採 區 產 量 (噸/月)	採區每班每 工的勞動效 率(噸)	採1000噸煤 坑木消耗量 (立方公尺)	開 採 損 失 (%)
I. 附帶落頂的開採法				
1. 沿走向長柱式	5000	5.0	50	21
2. 倉房法	7000	6.5	20	45
3. 掩護支架法	6000	6.0	15	28
II. 附帶充填採空區的方法				
4. 沿走向長柱式	4000	4.0	50	15
5. 上行傾斜分層開採法	3500	3.5	65	30
6. 下行水平分層開採法	2500	2.5	67	10

第 5 表

普羅克皮也夫-基謝列夫斯基區採用各種開採方法發生火災數量比較表

開 採 方 法	每採一百萬噸煤的火災次數
1. 順傾斜帶狀落頂開採法	10.3
2. 水平分層落頂開採法	9.5
3. 倉房式落頂開採法	5.6
4. 帶狀式充填開採法	3.5
5. 傾斜分層落頂開採法	3.4
6. 掩護支架開採法	1.2
7. 其他落頂開採法	1.0
8. 沿走向長柱式落頂開採法	0.8
9. 上行傾斜分層充填開採法	0.5

根據第 5 表的材料作出了並且還在繼續研究各種開採方法的發火危險性的結論。但是這些結論至少應該認為是沒有根據的。這是因為全區各礦井內火災數量的統計只是根據所採出的燃燒物判斷的，沒有對煤自然發火的根源進行判定，也就是說，在確定這種或另一種開採方

法而引起火災原因時是假定的。除此之外，上表中某些開採方法只在很小的範圍內採用了，也就是在利用這些方法開採的情況下，每採一百萬噸煤的發火數量是按特殊假定計算方法算出的。

但是，從第5表中的數字或多或少地可以確鑿說明這個問題，即採用落頂的各種開採方法要比採空區充填的各種開採方法的發火危險性大得多。

同樣應該指出，普羅克皮也夫-基謝列夫斯基區各礦井因煤的自然而引起火災的時間，有時是在採區開始採煤後的一個月，也有時是在採區開始採煤後數年才發生的。

1931—1940年期間，採區從開始採煤計算起，發生火災的各種不同時間：

三個月以下的佔	5%
三個月至五個月的佔	11%
五個月至七個月的佔	16%
七個月至十個月的佔	14%
十個月以上的佔	54%

由此證明，大部分的火災都發生在採空區內。

偉大衛國戰爭時期，由於採煤工人尤其是熟練工人的不足，在庫茲巴斯煤田實際上已禁止了採用採空區充填的開採方法。這種情況一直繼續到1949年，即在普羅克皮也夫-基謝列夫斯基區用落頂法採煤已佔總產量大約99%。當時主要採用三種開採方法——掩護支架法（佔總產量的41%）、沿走向長柱式（30%）和倉房式（19%）。

上面已經講過，帶落頂的煤層開採方法有着一系列的缺點，當開採深度加大時尤甚。所以，又重新提出了關於根本改進庫茲巴斯煤田急傾斜厚煤層的開採方法問題。

談到蘇聯其他煤田的急傾斜厚煤層的開採方法時，值得提出1935—1941年間齊略賓斯克煤田的耶曼日林斯克褐煤產地開採的經驗。

在該礦區內，30公尺深度以上的礦體是以露天方法開採的。然後開一72公尺深的水平，再由井下開採深部煤。煤層厚度為20—50公尺，傾斜角70—85°。階段高為42公尺。採區沿走向的距離為160公

尺。使用採空區自流式充填的下行傾斜分層開採法(圖4)。分層厚度為2—3.5公尺。每分層採煤是由上向下採成2公尺寬的煤帶。工作面內只有一個採煤工人工作。預先用放炮工作炸鬆煤層，然後用風鎬落煤。隨着落煤工作的推進，進行支架和安設煤帶的檔板工作，以便進行充填。充填材料可利用煤層頂幫岩石和舊捨石場的廢石——含相等數量砂子和粘土之砂質粘土。充填材料特別容易堆實並能固結得很穩固。為此目的，亦可利用煤層的湧水濕潤充填材料。雖然在進行放炮工作過程中有時崩塌充填材料的檔板，但充填材料並沒有倒出現象。每班每個採煤工人的勞動效率為25—30噸，採完和充填完每條煤帶需要6—7個班，每個煤帶可採煤192噸。所以雖然已達到可能利用充填的下行傾斜多分層開採急傾斜厚煤層的方法，但此種開採方法的缺點是採煤工作面窄小，同時技術經濟指標低。

最後，再談一下其他國家對急傾斜厚煤層開採工作的經驗。

目前羅馬尼亞、匈亞利、波蘭、捷克斯洛伐克、法國、西班牙、加拿大以及美國都在開採急傾斜厚煤層的礦體。

美國的經驗可以不加考慮，因為這裏急傾斜厚煤層都是無煙煤，開採時不易自然發火。加拿大的經驗也可以不考慮，因為這裏的急傾斜厚煤層較少。所以，對我們最感興趣的關於急傾斜厚煤層的開採方法，主要還是上述的各西歐國家。這裏的礦體照例是具有一定的蘊藏範圍，礦體形狀不規則並有斷層構造。煤層含有瓦斯，煤質具有自燃性。礦體很久就已進行開採(例如法國從1850年)，並且採掘工作已達到相當大的深度。

在所有西歐國家都已停止了採用落頂法來開採急傾斜厚煤層，各地也都停止了使用倉房式和房柱式的開採方法。產生上述情況的原因，是由於採用落頂法尤其是倉房法時，要損失大量的煤、引起部分的火災，以及由於煤和岩石的冒落而發生很多撞傷的事故。

現在西歐各國開採急傾斜厚煤層是使用採空區充填的方法。羅馬尼亞試圖再用落頂的水平分層開採法，由於進行這種試驗的時間還比較短促(將近一年多的時間)，尚未改變它的整個面貌。

用充填法工作時採取下列各種開採方法：長柱式、傾斜和水平分

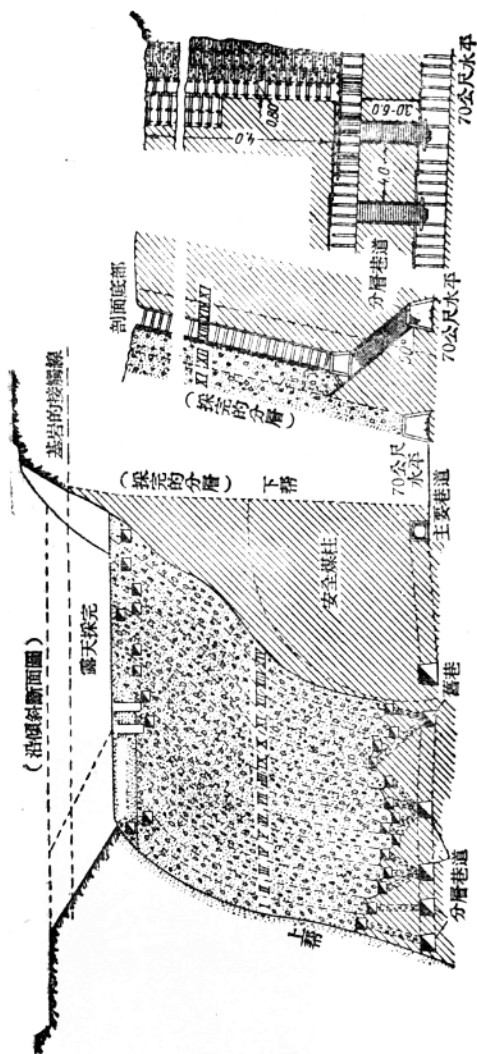


圖 4 採空區充填的下行傾斜分層開採法