

礦井巷道的掘進和支架

蘇聯 伊·恩·普洛克賓克 約·格·謝仁曼 姆·雅·馬甫留托夫著

李 洪 白靖宇譯 姜 楨校訂

燃料工業出版社

第一篇 礦井巷道和採礦工作

第一章 礦井巷道

1. 基本概念

爲探勘、開拓及開採地下煤炭或其他有益礦物，必須進行一系列探掘工作；由此結果，在岩幫或有益礦物層內形成的空洞，叫做巷道。

巷道的起端叫做巷道口，可經它到達地面，或進入其他的巷道裏。如該巷道處於掘進階段中，則它的終端叫做工作面。如在工作面裏經常進行採礦工作時，則該工作面叫做生產工作面。

每條巷道均有中心線，沿着它可測量巷道長度或距離。垂直巷道中心線的巷道切面，叫做橫斷面。

巷道兩側的界面，叫做巷道幫或巷道壁；巷道的上部界面叫做頂板，而巷道的下部界面叫做底板或底盤。巷道頂底板可與開採的煤層頂底板相同，也可以不相同。

2. 巷道的分類

在有益礦物礦區開採時，開鑿很多不同的巷道，這些巷道按其特點即：按其對地面的關係，橫斷面的形狀，佔空間的位置及其用途等可分爲幾類。

按其對地面的關係來說，可分爲露天巷道及地下巷道。

露天巷道是以露天法開採的結果。當有益礦物直接露出地面或距地面很近而覆蓋表土層厚度不大時，可採用露天法開採。以露天法開採，通常說來，在經濟上要比地下巷道的掘進來得合算。

屬於露天巷道的有：探槽、整溝及露天等。

探槽即是長度很大，而橫斷面不大，常呈梯形的巷道（圖 1）。

露天（圖 2）即是許多巷道的總和，這些巷道是剝離表土層及採掘

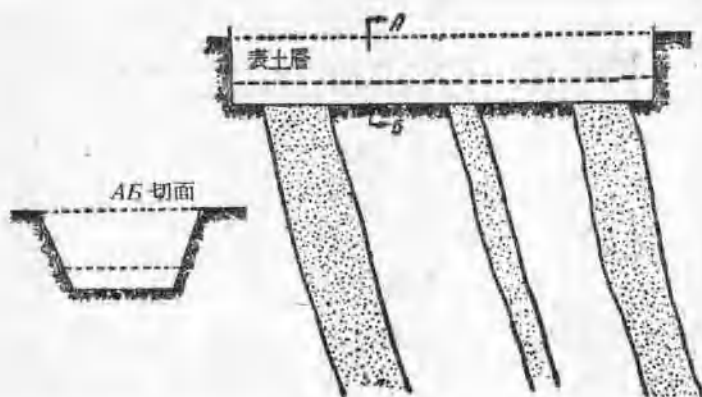


圖1 探 槽

有益礦物而形成的，雖然，在個別情況下其深度可以達到200米甚至大於200米，但在深度不大時，多半是長度很大的，並且是很寬的。

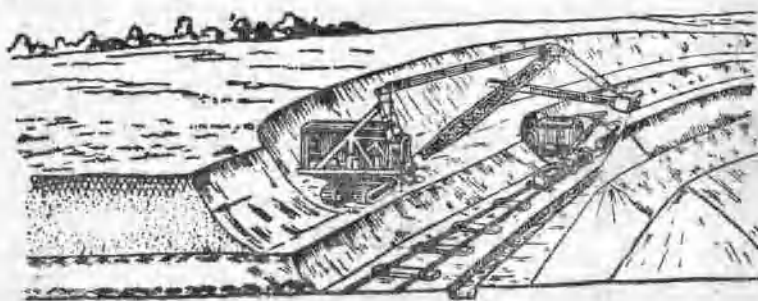


圖2 露 天 礦

在所有礦體(地面下)裏掘進的巷道，均叫做地下巷道。

根據各種巷道的用途，可分為：探勘巷道，開拓礦區巷道，準備巷道，開採(回採)巷道等等。

開拓礦區的各種巷道(如礦井，平峒，井底車場，石門等)均是為保證自地面進入礦區而開鑿的。這些作為長時期使用的巷道，叫做基本巷道。

探勘巷道是為探勘有益礦物礦區開鑿的；準備巷道是為準備開採礦區用的；開採巷道是作為自身回採或從礦區採出有益礦物用的。

按其橫斷面形狀，巷道可分為：矩形的（圖 3），圓形的（圖 4），梯形的（圖 5），拱形的（圖 6），橢圓形的（圖 7）等等。

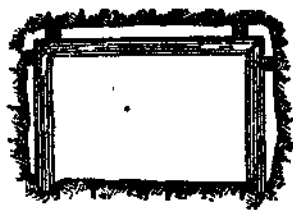


圖 3 矩形巷道

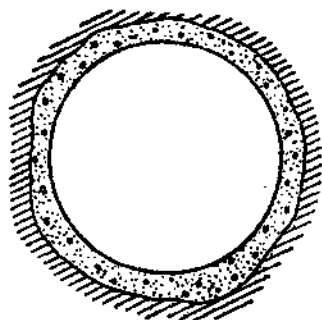


圖 4 圓形巷道

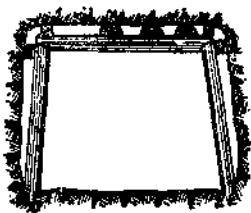


圖 5 梯形巷道

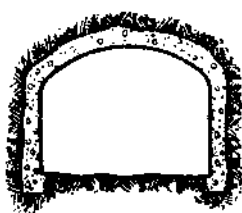


圖 6 拱形巷道

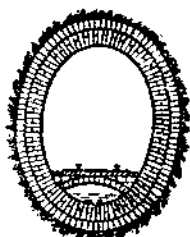


圖 7 橢圓形巷道

巷道橫斷面形狀，是以開鑿巷道的兩幫岩石性質，巷道服務期限以及所用的支架材料為轉移。

對服務期限長的，而且在穩固性很小的岩層中掘進的巷道，一般地是採用拱形或圓形的。這樣的巷道用石材，拱形鐵，混凝土或鋼筋混凝土作為支架。而以木材來支架的巷道，大都採用梯形的。

按其空間位置來說，礦井巷道根據中心線與水平面所形成的角度的不同，可分為垂直的，水平的及傾斜的三種。

凡是中心線與水平面成垂直的巷道，均叫做垂直巷道。屬於這一類的巷道是：礦井，探井及暗反井。因為這一類的巷道的主要代表是礦井，所以這一類的巷道叫做井式巷道。

凡是在礦區開採時期，為探勘或開拓，以及為地下開採工作服務而

開掘的，在地面上有直接出口的垂直巷道叫做礦井（圖8）。

按其用途來分，如礦井供提昇有益礦物用時，叫做提昇礦井；如作為排風或送風用時，則叫做風井；如沿其送下地下工作用的充填材料時，則叫做充填井；如用於排水時則叫做排水井等等。

一般地，一個井筒要作數種工作，例如：提昇礦井同時用作排水並向地下巷道內送風；而風井用作上下人員及材料，以及排出廢風等等。

如設有數個井筒時，提昇井筒叫做主井，而其他所有的井筒叫做副井。

礦井位於井底車場水平下面並作為集儲從井筒上流下來之水用的一段，叫做水窩子或仰井。

一般呈小斷面，很淺，在地面有直接出口，並作為探勘有益礦物、通風以及上下人用的垂直巷道，叫做探井（圖8的18~19）。通常探井沿煤層是不開鑿兩側巷道的。探井多係開成矩形斷面。

在地面沒有直接出口，並作為上下人（沿梯子）、通風以及放煤或矸石用的垂直巷道叫做暗反井（圖8的8~9）。

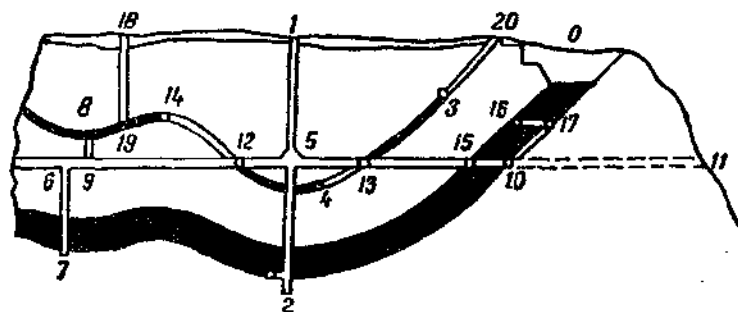


圖8 各種井巷示意圖

1~2—豎井；3~20—斜井；5—井底車場與井筒的交叉處；6~7—豎井；8~9—暗反井；10~11—平峒；5~12，5~13—石門；3，4，10，12，13，14，15，16，17—平巷；16~17—煤門；12~14—輪子坡；4~13—下山；0—露天；10~17—溜煤眼；18~19—探井。

水平巷道 為便於運輸煤或矸石及為便於排水，在開掘時使其傾向井底車場方面具有不大的坡度（0.004—0.007）。屬於這一類的巷道有：平峒，隧道，石門，平巷（順槽），煤門，小橫巷。所有這一類的巷道均

叫做平峒式巷道。

在地面有直接出口，並作為探勘或開拓礦區，以及在探礦期間為地下開採工作服務用的水平巷道叫做平峒（圖8的10~11）。根據用途，平峒可分為探勘的，開採的，排水的三種。排水平峒係作為礦區放水之用。

平峒僅在多山地形條件下才可開掘，它既可與走向成角度開鑿，又可沿走向開鑿。

在地面上有兩個直接出口的水平巷道叫做隧道（圖9）。

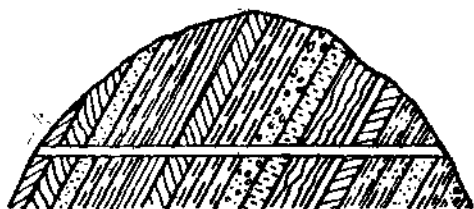


圖9 隧道

在地面上沒有直接出口，與岩層成角度開掘的並作為運輸煤或矸石、來往行人、通風、排水用的水平巷道叫做石門（圖8的5~12, 5~13）。

在地面上沒有直接出口，沿有益礦物走向開鑿的水平巷道叫做平巷（順槽）（圖8的4, 12, 15），其用途與上述石門一樣；當煤層為水平時，平巷可按任何方向開鑿。有時平巷沿走向開在岩層中，則該種巷道叫做岩石大巷。

在地面上沒有出口，並在有益礦物內部與走向成角度開鑿的水平巷道叫做煤門（圖8的16~17），通常煤門開在急傾斜厚煤層內。

在有益礦物層內開鑿並為實現掘進工作或在其掘進期間供掘進巷道通風用的輔助巷道叫做小橫巷。

中心線與水平面成各種角度的巷道叫做傾斜巷道。諸如斜探井，斜井，斜峒，輪子坡，溜煤眼，下山，人行道以及風眼等。

傾斜巷道既可開在岩層中，又可開在有益礦物內。

在地面上有直接出口，並供探勘或開拓礦區用，以及在該礦區開採期間為地下工作服務的傾斜巷道叫做斜井（圖8的3~20）。

因此，根據其用途的不同，斜井可分為探勘的，開採的，通風的三種。

斜峒所具有的主要特徵及用途與斜井相同。二者之間的區別在於：前者是下向開鑿，後者是上向開鑿。地下水從斜井內排出時，必須使用機械設備。從斜峒內排水時，可任其自行流向井口。

在地面上沒有直接出口並藉機械設備放煤和運送各種材料用的傾斜巷道叫做輪子坡(圖 10)。

在地面上沒有直接出口並藉各種物料自重滑下用的傾斜巷道叫做溜煤眼(圖 11)。

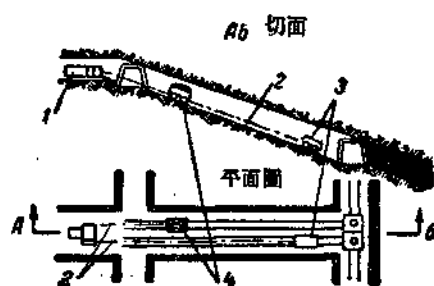


圖 10 輪子坡

1—絞車；2—鋼絲繩；3—空車；4—重車。

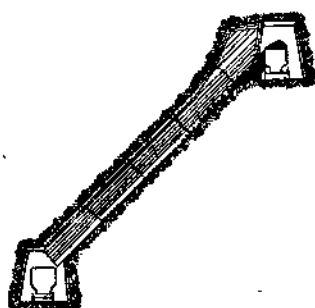


圖 11 溜煤眼

溜煤眼在急傾斜或傾斜煤層中開鑿，並不挑頂打底。

在地面上沒有直接出口並藉機械設備自下部水平向上部水平提昇各種物料用的傾斜巷道叫做下山(圖 8 的 4~13)。

與輪子坡及下山平行開鑿，並供上下人用的傾斜巷道叫做人行道，因為根據保安規程規定，輪子坡及下山是禁止人員來往的。

在地面上沒有直接出口，在煤層內向下或向上開掘，並供通風及運送材料用的傾斜巷道叫做風眼。

在地面上沒有直接出口並作為兩個相鄰的礦井或平峒之間連絡用的巷道叫做小連絡巷。

在地面上沒有直接出口，與長度比具有較大的橫斷面，並為有關礦區開採各種目的(安置各種機器，儲藏備用的設備，工具，材料等)服務的水平巷道叫做峒室。

屬於峒室這類的巷道有：井底車場、水泵房及機器房、火藥庫、電機

車庫、候車室、醫務所、調度室、消防室等。

佈置在井筒附近，為井下工作服務的用以將井筒與主要運輸大巷及通風大巷連起的巷道總和，叫做井底車場。

在井底車場內進行提昇盛器的裝卸全部操作。通常井底車場是設在井筒的兩邊，一面作從罐籠裏放出空車用，另一面作進重車用。

水泵房(圖12的7) 即是安置水泵的巷道，通過水泵把各巷道流來的水抽至地面。水泵房通常是設在井底車場區域內距井筒不遠的地點。

在水泵房下面設有集水池，把來自各井巷的水聚集起來，然後用水泵排至地面。集水池藉垂直管子道與水泵房相連，在管子道內安有水管。水泵的吸水高度不要超過5.5—7米。

機器房 是供安置各種固定機器，變電所設備等用的。

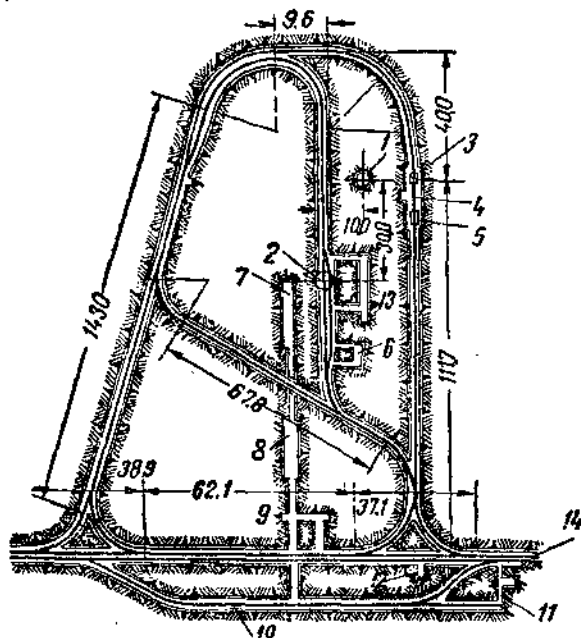


圖 12 井底車場及各峒室位置的示意圖

- 1—主井(提昇用井); 2—副井; 3—翻籠; 4—推車器; 5—量重器; 6—醫務所;
7—水泵房; 8—變電所; 9—消防室; 10—電機車庫; 11—火藥庫; 12—調度
室; 13—候車室; 14—石門或平巷。

火藥庫 是供儲放炸藥及火工品用的峒室。

電機車庫(圖 12 的 10) 是供修理、檢查、充電及停放電機車用的峒室。

候車室(圖 12 的 13) 是供工人到工作地點或等候提昇到地面時用的峒室。

醫務所(圖 12 的 6) 是緊急醫療救護用的峒室。醫務所設有醫療上所必需的醫療器具並作為醫務工作人員工作之用。

調度室(圖 12 的 12) 在調度室裏設有地下配電盤，藉以集中管理地下信號、井下運輸，並保證集中的經常監督和有效的領導生產過程的進行，以及按照操作圖表運轉各種機器等。調度室設在主要運輸大巷區域之內。

消防室(圖 12 的 9) 通常是設在井底車場區域內，供存放防火及消滅地下火災所必需的材料及工具用的。

以打鑽方法打的斷面很小的圓形巷道叫做鑽孔。鑽孔既可在地面上打，也可以在地下巷道裏打；它可在空間中佔有各種不同的位置。

打鑽孔的目的是為探勘及開採地下有益礦物的礦區。

第二章 岩石的性質

3. 岩石的物理機械性質及其對巷道掘進法選擇的影響

岩石的物理機械性質是各種各樣的。其最主要的性質是：節理，層理，硬度，粘結性，彈性，可塑性，鬆散性，解理等。

由噴出岩或破壞岩石的顆粒沉積所生成的沉積岩（如砂岩），或由小生物介殼沉積並經溶液膠結作用所生成的沉積岩（如石灰岩），對機械外力均具有各種不同的抵抗能力。

該類岩石抵抗力的大小要由岩石成層面的相對外力的方向決定。沉積岩對壓力的抵抗力，在壓力垂直成層面作用時最大。反之若壓力與成層面平行作用，則其抵抗力最小。

節理應理解為岩粒之間的較弱的凝結，有時在整體岩石內的個別

地段根本就不凝結。如存在節理時，對開鑿井巷的岩層的穩固性是有很大的影響的。

沿一個或數個方向容易使煤從它的整體分開的性質，叫做解理。

在實際進行採煤工作中，利用解理以便將煤從煤層上分裂下來。

岩石的孔隙性是證明岩石體積內有空洞（有氣孔）；因此，岩石單位體積重量比組成岩石的礦物比重小。

岩石的孔隙性以數字比率表示，則該比率叫做孔隙率，即

$$P = \left[\frac{\delta - v}{\delta} \right] \cdot 100\%,$$

δ = 岩石比重，噸/立方米；

v = 岩石的單位體積重量，噸/立方米。

比重與單位體積重量的區別在於：前者於岩石內沒有節理及孔洞，後者俱存。所以，一般岩石的比重要比其單位體積重量稍大些。

岩石的孔隙性決定於它的吸水能力。孔隙性大的岩石——滲水的岩石——其堅固性及穩定性就會降低。

岩石對銳利工具打進的抵抗性，叫做硬度。

當岩石一部分與其整體分離時，對外力具有的抵抗性質叫做粘結性。一般細粒岩石的粘結性最大。粘結性在同類岩石內，對所有方向均相等；在層狀岩層內，粘結性沿成層方向較小，沿垂直方向則較大。因此，岩石是易於沿成層方向與整體分離的。

岩石因受外力作用變形並當外力作用停止後，仍具有恢復原來形狀的性質（彈性變形）叫做彈性。同時向岩石上作用的外力，不應超過彈性限度。否則，當外力停止後，變形不消失，即發生殘留變形。

當彈性很大時，打擊岩石的工具就要被岩石彈開。

因外力作用，岩石改變原來形狀，同時不遭破壞，並當外力作用停止後，仍保留該種形狀的岩石性質叫做可塑性。

岩石由緻密狀態變成碎塊而使體積增大的岩石性質，叫做鬆散性。鬆散性的大小以膨脹係數表示，該膨脹係數等於鬆散岩石體積對同體積母岩體積之比的比值。

膨脹係數之值以岩石的構造及開採時岩石破碎的程度為轉移。膨

脹係數大約為 1.1 至 2.5 的範圍。例如：對疏散的及鬆軟的岩石（沙子，粘土，砂質粘土），其膨脹係數為 1.1—1.3，中等堅硬的岩石（頁岩，硬質粘土）的膨脹係數為 1.25—1.5，硬岩石的膨脹係數為 2—2.5。

岩石對不同機械外力具有抵抗的性質，叫做強度。

岩石的可採程度，是由上述的岩石物理機械性質決定。岩石可採程度應理解為岩石在各別場合下一部分與母岩分離的抵抗力。岩石可採程度對選擇採礦法有很大影響。

因此，精確地研究岩石物理機械性質的意義，就在於使之能夠正確地解決巷道掘進方法以及支架材料及其結構的選擇問題。

4. 岩石的分類

所有岩石，根據物理機械性質，一般地分為四類：鬆散狀的，流沙性的，可塑性的及堅硬的。但這樣的分類是有條件的，因為它並不能概括這些岩石的全部性質。

例如：堅硬（緻密）岩石，在巨大的礦山壓力作用下可變成層狀的；鬆散岩石，在有足夠量的水的條件下，會變成流沙性的等等。

所謂鬆散性的岩石，即是同類或異類硬粒彼此不凝結的含水材料的混合物，按其大小及形狀，這些岩石的碎粒能保持在傾面上到一定限度，則該斜面的角叫做安息角。當安息角增大時，岩石碎粒即將滑下。

鬆散性的岩石，明顯的孔隙為其特徵並具有透水性。

所謂流沙性岩石，即是由飽和以水的細砂及粘土並具有流動性質的岩石所組成的。這些岩石的特徵是粒度不大的沙子並於其中混有粘土（其粒度為 0.5—0.1 毫米或更小些）。

在鬆散及流沙層中掘進井巷時，經常會碰到很大困難，這時就必須採用特殊掘進方法及特殊的支架才行。

彈性很小或者沒有彈性並具有大的粘結性的岩石叫做可塑性岩石。該種岩石具有防水性。

屬於可塑性岩石的有：肥粘土，石臘等。

具有彈性、硬度、粘結性及很大的凝結性，並具有很大抵抗機械外

力能力的岩石叫做堅硬岩石。

岩石的分類,有很多種方法,其中一種分類法,是姆·姆·普洛托基雅可諾夫教授的硬度分類法(第1表)。

第1表

級 別	硬 度	岩 石	硬度係數
I	最硬岩石	最硬的,緻密及粘結的石英及玄武岩,比其他岩石的硬度都大	20
II	很硬的岩石	很硬的花崗岩質的岩石,石英斑岩,很硬的花崗岩,砂質頁岩,較上列各岩石稍軟的石英岩,最硬的砂岩及石灰岩	15
III	硬岩石	花崗岩(緻密的)及花崗岩質的岩石,很硬的砂岩及石灰岩,石英礦脈,硬礫岩,很硬的鐵礦石	10
III-a	硬岩石	石灰岩(硬的),不硬的花崗岩,硬質砂岩,硬質大理石,白雲石,黃鐵礦	8
IV	相當硬的岩石	普通的砂岩,鐵礦石	6
IV-a	相當硬的岩石	砂質頁岩,頁岩狀砂岩	5
V	中等硬度岩石	硬泥質頁岩,硬度不大的砂岩及石灰岩,軟質礫岩	4
V-a	中等硬度岩石	各種頁岩(不堅硬的),緻密泥灰石	3
VI	相當軟的岩石	軟質頁岩,很軟的石灰岩,白堊,岩鹽,石膏,凍結土,無煙煤,普通泥灰石,已破壞的砂岩,膠結卵石及砂礫,石質土壤	2
VI-a	相當軟的岩石	粗粒土,破壞的頁岩,碎卵石及碎石,硬煙煤,硬粘土	1.5
VII	軟岩石	粘土(緻密),軟質煙煤,硬表土——粘質土壤	1.0
VII-a	軟岩石	軟砂質粘土,黃土,礫石	0.8
VIII	土質岩石	腐植土,泥煤,輕沙質粘土,濕沙	0.6
IX	鬆散性岩石	沙子,軟碎石,土方,採出的煤	0.5
X	流沙性岩石	流沙,含水土壤,稀軟黃土及其他稀軟土壤	0.3

這一種分類法,每種岩石是以前既定的硬度係數 f 表示。

所謂岩石硬度係數,即是以某種岩石硬度作為1,而被鑑定的岩石硬度對它的比值。

普氏教授分類法,是以100 仟克/平方厘米 的荷重才能破壞的岩石硬

度作為普氏岩石硬度單位($f=1$)。這樣的岩石是硬質粘土。

按硬度係數的大小來分,所有的岩石可分為10組,其硬度係數 f 自0.3至20。

按照可鑽性^①岩石的分類

可鑽性及爆破性,和岩石硬度一樣,藉岩石對機械外力的抵抗程度決定。可鑽性及爆破性指標,則以用於將岩塊從母岩上分下的時間、材料和電力測定。

該岩石分類較為簡單,主要是供採礦工作定額時用。

根據礦井建築公司採用的岩石的硬度分類列於第2表。

在該表中所列的岩石,係以放炮法採掘的。同時,在等級表中岩石硬度的指數,是以鑽眼1米的鈍鑽頭數來表示。該岩石分類法,供掘進定額時用。

第2表

級 別	開掘1米長巷道的 鈍鑽頭的數目	分 級 岩 石 說 明
I	5.7	細粒緻密砂岩及石灰岩,緻密石英砂岩
II	2.5	細粒帶節理面的砂岩,緻密石灰岩
III	1.4	粗粒中等硬度砂岩
IV	1.0	緻密砂質頁岩,硬泥質頁岩,軟砂岩
V	至 0.6	緻密泥質頁岩,軟砂質泥質頁岩

此外,現有的岩石及煤的分類法,是供個別煤田和採礦工作定額時用的。

5. 岩石壓力概論

一切岩石,在巷道掘進之前,均呈平衡狀態。這是由於岩石位於地殼內的不同深度地方承受着上部地層全部重量的一定壓力所致。所有岩塊在完整地層內承受上部岩石重量將被垂直壓力壓縮並同時力圖向水平方向擴展。但該岩塊的變形將被相鄰的處於同一狀態的岩塊所阻

① 見統一的岩石分類法,蘇聯科學院鑽眼爆破委員會1944年版。

礙。因此岩塊不僅要受到來自上部及下部的壓力，同時還要受到來自側面的壓力。因之這就引起了其內部的大小相等、方向相反的內力，即所謂彈力。

在未經開採的岩層中，外力（重力）與內力是平衡的。因此，岩石在任何深度內，在掘進井巷之前，均處於平衡狀態。

當井巷掘進時，這種岩層的均衡狀態遭到破壞，因為岩石的顆粒，向已掘進的井巷方向移動，即在其中發生重新分佈內應力現象。如在該種情況下，於岩層內發生的內力與外力不平衡時，岩石的整體性即遭到破壞。

如在掘進井巷時，岩石變形未超過彈性限度，可長期不用支架。該種岩石係屬於堅硬及極硬的岩石（石灰岩，硬質砂岩等）。尋常，由於岩石硬度很小，而井巷斷面很大，彈性變形則變成可塑變形（殘留變形），引起整體性破裂和岩石冒落。這些變形的外部現象，通常是巷道頂板彎曲並於其上形成裂縫，在開始時並不明顯，但到後來則要擴大起來。伴隨形成的裂隙定會出現岩石成層狀剝落或掉下岩塊，至於岩塊墜下的大小，則因岩石性質及其裂隙程度而定。在該種情況下，欲將巷道保存原狀不動，不使岩石冒落，則須於其中架以相適應的支架，而支架是將岩石自身彈力與外力的不平衡求得平衡以防止巷道岩石可能發生的冒落。

在地下巷道中，岩石冒落的形狀是各種各樣的。一般地，在冒落時在頂板上形成拱形。它的形狀以巷道的尺寸、岩石的性質及煤層傾斜

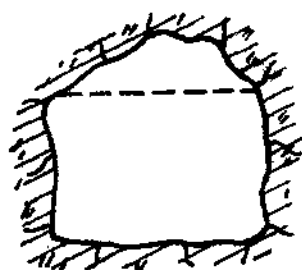


圖 13 在層狀岩層中的免壓圖

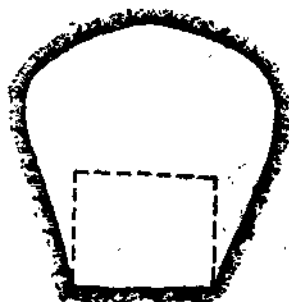


圖 14 在疏鬆岩石中的免壓圖

角決定。堅硬的層狀岩石形成緩拱形（如圖 13），在疏鬆不堅固的岩層中則形成陡而高的拱形。此外，將在兩幫處冒落岩石，促使拱形增大（圖 14）。

在裂隙岩石中頂板沿着破斷線冒落。

在支好支架以後，因岩層彈力不均衡所造成的岩石壓力部分，將為支架的彈力所補償。該岩石壓力，在採礦工作中具有實際的意義。

為瞭解岩石壓力的真實情況，就必須知道在巷道掘進後於岩層內發生的現象。

在岩層內開鑿平峒式及傾斜巷道之後岩層活動的解釋理論，為姆·姆·普洛托基雅可諾夫教授提出。該理論的實質如下：在巷道掘進時，被裂罅分開的岩石並限至在叫做免壓圈的範圍內，對巷道給予以壓力。該免壓圈之上的岩石則處於互相牽引的平衡狀態，在井巷支架上將要呈現出僅僅是該拱形內部的岩石壓力。如欲使巷道支架能承受上部岩層全重時，則保持巷道至礦區開採的深度根本是不可能的。

設有已經開好的矩形巷道（圖 15 a），如不加支架，則頂板岩石因

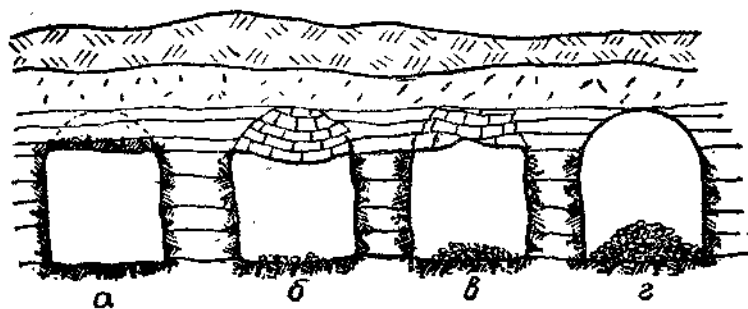


圖 15 免壓圈的形成

上部岩石重力作用開始凹陷（圖 15 b），以後當該凹陷狀態達至一定限度時，則岩層頂板開始形成裂縫，並逐漸增加，擴展，致使岩塊冒落在巷道裏（圖 15 b, r）。

巷道頂板冒落以後往往形成拱形。這個新形成的拱形是最穩定的，因為在該拱形限界以外的岩石已不受彎曲力作用，而只受壓縮力作用了。

如巷道兩幫岩層鬆軟時，由於拱形兩邊的壓力，兩側沿着兩幫外所形成的曲線片幫。

如在巷道掘進後，立即於巷道內施以支架，那麼支架就使頂板彎曲及形成裂縫過程減緩，並可阻止岩石的冒落。同時，在巷道支架上可能出現壓力，或在井巷掘進後立即出現，或經過一些時間才出現。該壓力即為初期岩石壓力。

當在支架上的岩石壓力發展到最大限度以前的這個階段叫做初期壓力期。

當拱形構成後，施在支架上的岩石壓力逐漸減少到使其停留到相對穩定狀態的程度。這是第二次或是靜止的岩石壓力。

當施在支架上的壓力保持在相對地穩定狀態的這個階段，叫做第二次的或者叫做靜止壓力期。

施在支架上的壓力的永恆性直至拱圈擴展到穩固時為止，即直至拱形內之岩石的體積及重量不再增大時為止。

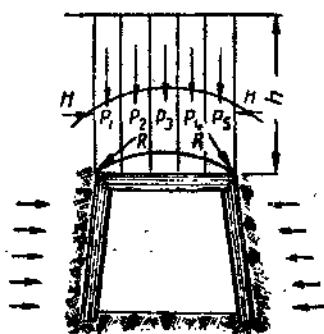


圖 16 施在支架上的壓力示意圖

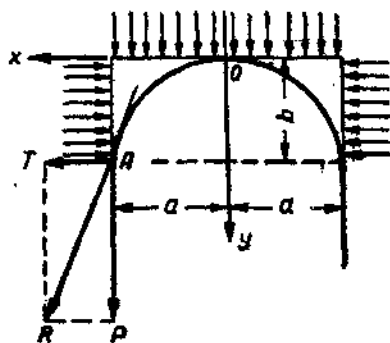


圖 17 根據普洛托基雅可諾夫教授的理论確定岩石壓力的示意圖

在平峒式巷道內或在緩傾斜的巷道內的支架，一般地是要經受頂板及巷道側幫(壁)的壓力的。

巷道頂板在上部岩層的重壓之下儼如上部荷載的樑一樣。如將巷道頂板作成拱形，那麼巷道頂板則不受彎曲力作用，而僅受壓縮力作用了。側幫岩石也同樣受上部岩石的壓縮力作用，並力圖向巷道那面擴

大，並將壓力傳給巷道支架上。如為傾斜煤層，就可能因片幫帶來側壓力。一般的說沿垂直方向來的壓力是最大的。

由巷道底板來的壓力，通常是所謂底板岩石隆起或者是突起。岩石的隆起多半是由於上部地層的重量作用而使巷道的泥質岩層受到壓力所致；若含有水時，一般地是助長岩層隆起的。

由於岩層隆起發展的壓力，有時可能相當大，這時，用一般的支架方法是不行的。

茲將蘇聯學者所創造的關於根據巷道空間的位置情況，來計算支架所受岩石壓力之值的理論，介紹如下。

在平峒式巷道中的岩石壓力

姆·姆·普洛托基雅可諾夫教授主張，應根據免壓圈的理論來求出平峒式巷道所受的岩石壓力。根據這一理論，在平峒式巷道頂板上應形成無負荷的叫做免壓圈的拋物線（圖 17），該拱形的高度用下式決定：

$$b = \frac{a}{f},$$

式中 b ——拱高，米；

a ——拱形的半個跨度，即巷道上部寬度的二分之一，米；

f ——普氏岩石硬度係數。

藉作用到支架上的岩石量表示的拋物線拱形面積，可按下式求出：

$$S = \frac{4}{3} ab.$$

同樣作用到支架上的巷道頂板壓力，與拱形內岩石的重量相等，並為巷道單位長度所受的壓力，該壓力可按式求出：

$$P = S \cdot \gamma = \frac{4}{3} \gamma ab.$$

將 $b = \frac{a}{f}$ 式代入上式，則得

$$P = \frac{4}{3} \gamma a \frac{a}{f} = \frac{4}{3} \gamma \frac{a^2}{f},$$

式中 γ ——岩層的單位體積重量，噸/立方米。

這樣，1 米長巷道所受的岩石壓力，可按式求出：

$$P = \frac{4}{3} \gamma \frac{a^2}{f},$$

式中 P ——1 米長巷道所受的岩石壓力之值，噸。