

苏联 尔·德·舍維亞科夫等著

矿井排水

煤炭工业出版社

礦井排水

苏联 尔·德·舍維亞科夫院士 阿·恩·布列吉辛講師著

張岐譯 金則雍校訂

煤炭工業出版社

內 容 提 要

本書內容包括：水文地質述要，礦山巷道內湧水現象及其原因，礦井水的性質，預防酸性水的措施；礦井排水設備系統，排水所需之礦山巷道、管道及其他設備；各種排水方法，局部排水的自動化系統，預防對人員和生產有危險的湧水的措施；產地預先疏水以及被淹井巷的排水問題。

ШАХТНЫЙ ВОДОУЛИВ

苏联 Л. Д. ШЕВЯКОВ А. Н. БРЕДИХИН 著
根据苏联国立煤礦技術書籍出版社(УГЛЕТЕХИЗДАТ)
1954年莫斯科增訂第4版譯

385

礦 井 排 水

張岐譯 金則雍校訂

*

煤炭工業出版社出版(地址：北京阜成門外德勝門外大街)

北京市書刊出版業營業證許可證出字第084號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

*

開本78.7×109.2公分 1/32 * 印張11 1/4 * 插頁4 * 字數201,000

1956年9月北京第1版

1956年9月北京第1次印刷

統一書號：15035·245 印數：0,001—3,600冊 定價：(10) 2.10元

序 言

水在採礦企業中，如同在几乎所有國民經濟各部門的生產企業中一樣，起着極其重要的作用，它被廣泛地應用來滿足經濟上和技術上各種各樣的需要。

但是，在採礦工作中，水也經常給生產造成許多困難甚至危險。

在絕大多數的採礦工作中都遇有湧水現象，由於此種緣故，就不得不實行許多預防和制止湧水的措施，或者是將其從礦井中排除。

排水的組織及湧水排除的措施，是採礦企業中特殊的生產性困難。

平常礦井尤其是深井和有酸性水的礦井，為實行排水以及預防湧水的措施，需要付出巨額的基本設備費及維護費，耗費大量電能和勞動力，這就成為生產中一項很大的費用。巷道中的湧水使工作條件惡化，有時並威脅工作人員的安全。

排水設備可靠的及安全的工作，是完成黨第十九次代表大會關於發展蘇聯第五個五年計劃指示草案中提高煤炭工業生產能力所必需的條件之一。

因此必須研究有關井巷中有水或可能發生湧水的所有問題。

這些問題對於開發新的礦產地更具有特殊的意義，因為其中有些產地湧水量很大，例如：莫斯科近郊煤田的許多井田，謝里亞羅沃和中烏拉爾的布拉那史礦區；格得夫斯基油母頁岩礦產地；庫爾斯克的地磁異常區域的鐵礦產地；北烏拉爾鋁土礦產地等。

礦井排水工作必須配合有特殊的機器（各種水泵等），同時也

需要开鑿許多新的或者至少是適應礦井排水用的巷道。所以在闡述有關礦井排水問題時，自然要將機械部分及礦務部分分別開。

因為有關排水機器之構造及計算的論述是機械學科的綜合知識，其與採礦排水部分有着顯著的區別，所以在闡述有關採礦學的篇幅中，有時完全放棄有關排水機器的說明，對這方面的知識，讀者可參考現有很多的專門書籍。本書的編寫即採取了這樣的程序。

本書內容綱要：

第一章 簡要地闡述了水文地質問題。

第二章 論述礦山巷道中的湧水現象及其原因，並描述了礦井水的性質。

第三章 礦井的主要排水方式，排水所需各種巷道。本章中並簡要地敘述了特殊排水設備。

第四章 包括預防礦井滲水的措施，煤田預先疏水的措施以及已被淹沒井巷的排水措施。

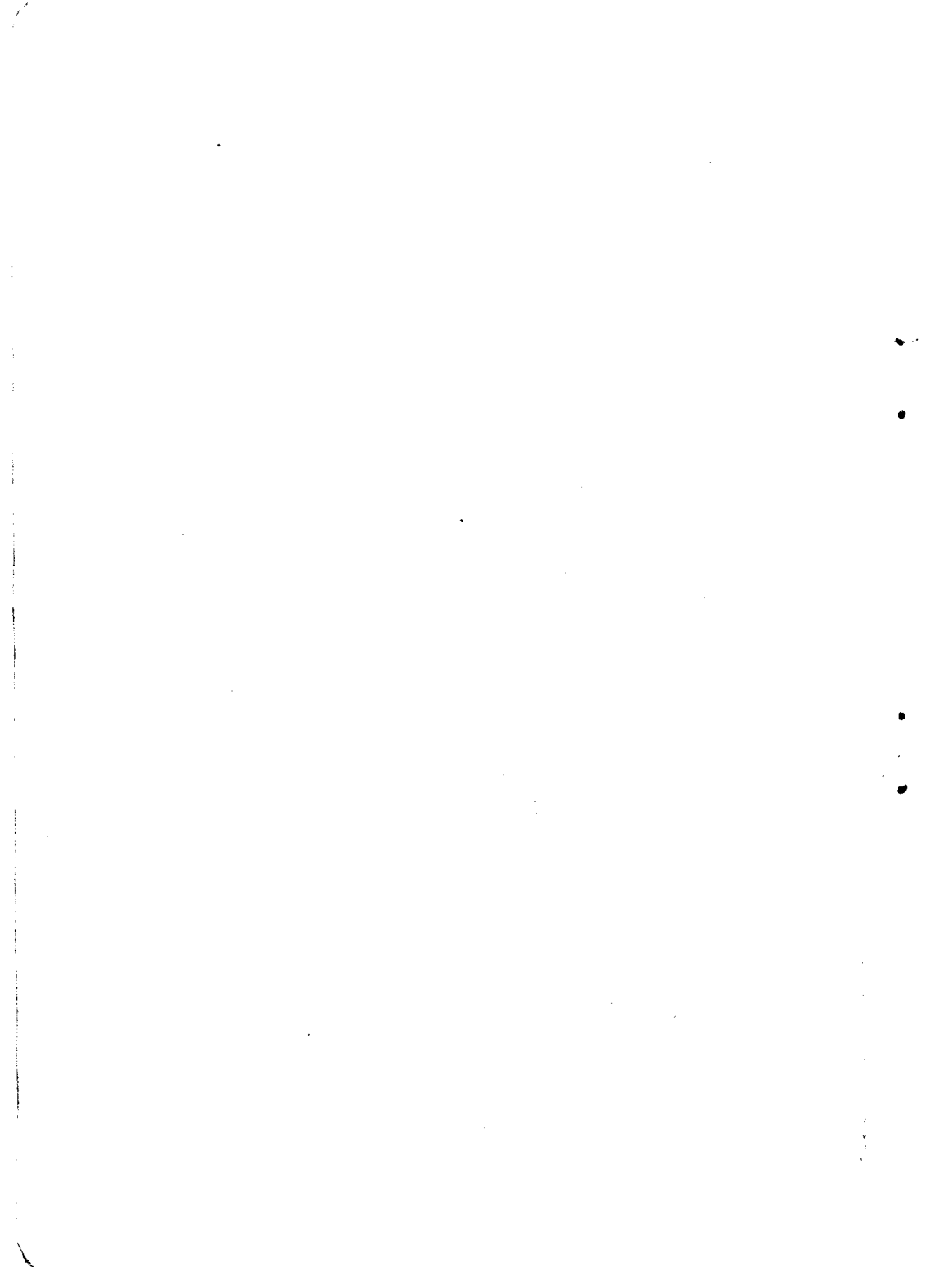
目 錄

序 言

第一章 水文地質述要	7
第 1 節 与水有关的岩石性質	7
第 2 節 各种重要岩石与水有关的特征	9
第 3 節 地下水	14
第 4 節 地下水的起源	22
第二章 礦井湧水及礦井水的性質	25
第 5 節 开採礦体时对地下水天然規律的破坏	25
第 6 節 巷道掘進时的湧水	25
第 7 節 开採工作中的湧水	29
第 8 節 从旧巷道和地表流入的湧水	33
第 9 節 湧水量	36
第 10 節 湧水量的測量	44
1. 观测水溝內水的流速	44
2. 計算水溝內的水流速度	45
3. 根据貯水池或容器內水位上升量測量湧水量	46
4. 帶有溢水堰的測量箱	46
5. 根据水泵的能力測量湧水量	48
6. 量水仪器	50
第 11 節 礦井水的性質	50
第 12 節 如何消除礦井水的酸性及硬度	60
第三章 礦山巷道及排水設備	65
第 13 節 主要排水方式	65
第 14 節 排水平峒	70
第 15 節 排水溝	73
第 16 節 水倉及水泵峒室的佈置	85

第 17 節	水倉及其清除	86
第 18 節	水泵硃室	102
第 19 節	排水的特殊方法	121
1.	用盛器排水	121
2.	噴水泵	122
3.	吹氣揚水器	124
4.	虹吸管	131
5.	手動水泵	133
6.	移動式水泵	133
第 20 節	從礦井井底水窩中排水	135
第 21 節	輔助排水設備的自動化	137
第 22 節	排水管道	143
1.	垂直管道的敷設	143
2.	傾斜及水平巷道中排水管道的敷設	153
3.	敷設垂直排水管道用鑽孔	157
4.	鑄鐵管及鋼管、管子的連接及直徑的選定	159
5.	出水管道直徑的選定	164
6.	排水管道的安裝	171
7.	管子的襯料及防蝕層；耐酸管子	175
8.	礦井排水管道的清洗	184
第 23 節	礦井井筒開鑿及延深時的排水	189
第 24 節	水力氣力壓縮空氣貯氣室	207
第 25 節	地面上礦井水的引出及利用	209
第 26 節	排水的費用	211
第四章	防止向井下滲水的措施	217
第 27 節	地面上的措施	217
第 28 節	預防露天礦被淹沒的措施	222
第 29 節	關於防止井下巷道中有危險性湧水的措施的簡述	226
第 30 節	防水密閉	227
第 31 節	封閉式的防水密閉	228
第 32 節	帶門的防水密閉	235

第 33 節	在水底下構築密閉	242
第 34 節	過濾密閉	246
第 35 節	防止突然湧水的安全煤柱	247
第 36 節	前探鑽孔	249
第 37 節	通過鑽孔放水	252
第 38 節	地下水淹沒井巷的情形	253
第 39 節	遇有大量含水或流砂層時的井下工程	256
第 40 節	利用井下工程進行礦產地的預先疏水	259
	1. 用開鑿普通的巷道進行疏水	260
	2. 開鑿特殊的巷道進行疏水	262
	3. 打入式過濾管	262
	4. 穿透式過濾管	267
	5. 吸取式過濾管	263
	6. 深井水泵	269
第 41 節	露天開採時對礦體的預先疏水	274
第 42 節	被淹礦井的排水	277
	1. 礦井被淹沒的原因	277
	2. 排水用技術設備	279
	3. 被淹井巷中的水量	289
	4. 單位時間湧水量的計算	291
	5. 被淹礦井排水時井下巷道的通風	292
	6. 潛水工作	294
	7. 頓巴斯煤田被淹礦井的排水	294



第一章 水文地質述要

第 1 節 与水有关的岩石性質

为了了解水在地殼中存在的形式以及關於礦井中湧水的現象，將岩石分为透水的(即可以透渗过水的)及不透水的(隔水的)兩種是非常重要的。

典型的透水岩石为：

1. 由个别微粒或塊狀体構成的疏松岩石^①。此类岩石包括砂及礫石，以及天然堆積的石堆或人工堆積的塊石填方。水通过此类岩石可以自由地滲透。但是，如果砂粒十分微小，那么，砂粒之間的孔隙亦同样非常細小，这样就会促使水滲透的很慢或者是完全不能滲透，所以粒度較小的砂，如果其直徑不超过0.1—0.2公厘时，則为不透水的岩石。

2. 如果个别大塊岩石本身非常坚固、致密(例如：火成岩、石炭紀的石灰岩、致密的砂岩、坚实的泥質頁岩)，那么就不可能滲水，实际上也屬於不透水的岩石。但是，在大自然中，此种岩体經常被裂縫所破坏，这时水亦可沿岩層中的裂縫透过，所以將坚固的、致密的但是具有多裂縫的岩石仍列为透水岩石之类。

典型的不透水岩石为粘土。实际上所有坚固及結实的岩層，不論是沉積岩和火成岩，只要沒有裂縫皆屬於不透水的岩石。正

①根据疏松岩石的微粒或塊狀体的粗度不同可分(以公厘表示大小)：1)直徑 100 以上的漂石 和石塊；2)直徑 100—10 的礫石；3)直徑 10—2 的礫石；4)直徑 2—1 的粗砂；5)直徑 1—0.5 的粗砂；6)直徑 0.6—0.25 的中等砂粒；7)直徑 0.25—0.10 的細砂；8)直徑 0.10—0.01 的石粉；9)直徑 0.01—0.001 的淤泥；10)直徑 0.001 以下的黏土。

如前面所述及的一样，粒度極微小的砂亦可能不透水。

岩石透水性程度各有不同。同样結实的岩石，如果沒有裂縫即不透水，如果具有少数細裂縫就成为半透水的岩石，而具有大量裂縫时即可能大量滲水。第二个例子：当水經過純礫石时滲透的非常自由，但是如果在礫石之間充滿細砂或淤泥时，則会阻滯水的滲透。由此可見，岩石的透水和不透水的划分，不是絕對的，並且在大自然中，兩種岩石之間互有轉变。透水性程度与水所受的压力也有关。

就岩石与水的关系來講，岩石的其他种性質分为：孔隙度、毛細管現象、水容量、吸湿性、可溶性。

岩石的孔隙度——这是說明在岩石中有孔隙存在的性質。其数量的計算是以孔隙量与所在岩石的体積相比，並以百分数表示之。

在砂、礫石以及类似的岩層中，固体粒子間の間隔內可以蓄水。如果把此类岩層之实际性質加以簡單化，想像岩石是由相同大小之球狀顆粒均匀佈列的，那末用理論方法来計算孔隙就不困难了。例如，假設互相靠接球狀顆粒之中心佈列於想像的正六面体的各个頂点，則孔隙量为47.6%。如果球狀顆粒之中心位於四面体之頂点，那末孔隙只佔26.2%，也就是說在此种情況下，球狀顆粒較大地充实了空間。但是，在大自然中是沒有那样規整的以及顆粒大小相同的岩石的。就是由塊狀顆粒組成的岩層，往往也会被某种岩石所充塞。因此，以上所引証的以及类似的計算数字對於岩層孔隙度的計算意义極小。所以为測土壤之孔隙度备有專門的儀器。許多研究家們判定砂之孔隙度为33—42%，礫石为24—38%。

大家知道，毛細管現象是液体从穩定水位通过細的孔隙流上或流下的現象。某些岩石具有从下方吸水的性能，便是毛細管現象促成的。毛細管現象的產生，是借助於水溝側壁岩石分子对水

的分子之吸引作用，以及水之分子的互相吸引作用。毛細管現象一方面借力於分子吸引現象，一方面只能在孔隙細密而相通的岩石中產生。在細砂及細小顆粒的土壤中，因毛細管作用水可能上升至 2.5 公尺，有時還更高些。白堊的毛細管作用很強。

水容量乃為岩石本身的吸水及容水的性能。決定水容量的因素就是岩石的孔隙度、毛細管現象或裂縫程度。表示水容量的單位為公升/立方公尺(每立方公尺岩石中容水若干公升)或按體積之百分比計算(即 10 公升等於 1%)。

幾種主要岩石的水容量(%):

致密的火成岩及沉積岩(例如花崗岩、閃長岩、致密的砂岩、致密的頁岩)	1 左右
白堊	14—44
粘土及鹽母	30—50
砂	36—42

容水程度最大者有泥炭，其吸水量達 1500% (按重量計算)。

岩層的吸濕性是岩石從周圍大氣中吸取水蒸汽，使其凝縮在岩石的表面以及空隙中的性能。一般岩石中以粘土的吸濕性較大(2—4%)。鉀鹽類吸濕性最大，例如光鹵石等。

鉀鹽以及岩鹽具有很大的可溶性，因此，對於鉀鹽及岩鹽礦井必須採取特殊的防水措施，以便防止向井下巷道中滲水。

第 2 節 各種重要岩石與水有關的特徵

大家知道，岩石按其地質成因可分為三種，即沉積岩、火成岩(岩漿岩)及變質岩。

從採礦技術觀點來說，沉積岩可以分成致密的和松軟的岩石。在採掘有用礦物中經常遇到的沉積岩有砂岩、頁岩和石灰岩。

在許多情況下，砂岩均非常致密，如果此種岩層為整的岩體

时，实际上屬於不透水的。但是大多数的砂岩層皆为多裂縫性的，尤其是在有褶皱及断層等地質擾动时更为嚴重。所以在有裂縫的砂岩中經常積蓄有水，同时这些裂縫起着“河道”的作用，水也可能从其他岩層中沿此“河道”流入。屬於例外的，特別是地質年代較淺的砂岩，可能尚因其本身的粘結性較差，所以还直接透水。

泥質和砂質頁岩之本身同样是不透水岩層，但是，由於岩層中具有裂縫，在岩体中可能積聚一定数量的水。泥質頁岩的机械强度愈小，則其不透水性愈大，在这方面 近似典型的不透水層——粘土。

在石灰岩中不僅可在因为地質擾动而形成的裂縫中蓄水，同时在因浸析作用(由於具有可溶性)而形成的孔隙中也可能蓄水。

所以，在蘊藏有厚層石灰岩的地方，經常呈現有喀斯特溶洞。溶洞是在石灰岩的露头或岩層中，因岩石被水所溶解和浸析而形成的空洞。此种溶洞大小不同，有細小的裂縫，亦有巨大的洞穴。溶洞的形狀亦極為复雜。虽然如此，仍有可能觉察出一些規律性：一般溶洞总的方向与石灰岩層理一致。这足可以解釋作水沿岩層層理易於滲流，因此，石灰岩正是在这些地方被水溶解和浸析，道理就更明顯了。但也有的时候，許多不正規和雜亂的溶洞的溝或裂縫形成其他的方向。因为整个石灰岩岩層中各分層到处的可溶性程度不同，而溶洞便在溶解程度大的分層內激烈發展。

因为溶洞是由於流水的浸析作用產生，所以它比水流所向的聚水地点的水平要高些。此种溶洞是干的，或者至少也是僅能在底部蓄水，或者在融雪和降雨时期水才能間歇地流过溶洞。但是，由於某些溶洞產生的年代已相当久远，在形成溶洞当时与現時的地势和聚水的窪地情况不同，因此可能存在比現今聚水窪地水平还低的古老溶洞，同时，这些溶洞会經常地有水充滿(蓄水

的溶洞)。

本書所以要提到溶洞的問題，是因為在許多礦區中溶洞對於礦體的含水性均有很大的影響。蘇聯開採烟煤較大的區域之一，在隣近被開採的煤層便普遍地存在着溶洞，這就是在北烏拉爾西面斜坡上的基傑洛夫礦區。“基建”1號礦井在穿過大量含水和具有多溶洞的石灰岩時，因大量湧水而給工作造成了極大的困難。礦井於1932年完成了井筒的開鑿，雖然這是個具有普通深度的井筒(300公尺)，可是却開鑿了7年之久，而發現的溶洞均在距地表180公尺以上的深度。由於所通過岩層溶洞湧水量之大，使用一般水泵排水的鑿井方法已不能滿足要求，所以曾採用了注灰漿和泥漿的方法開鑿井筒(即利用特殊的高壓水泵，預先經過鑽孔將水泥漿或粘土漿注入石灰岩的孔隙中)。在該6號礦井井筒延深時，同樣也遇到了很大困難。因為基傑洛夫及其附近礦區的開採煤層，具有離多溶洞和大量含水之石灰岩較近的特點，所以關於預防溶洞湧水問題，無論是在井筒開鑿和生產期間，都成為北烏拉爾烟煤礦體開採中重要問題之一。

莫斯科近郊煤田含煤系下為較厚的泥盆紀石灰岩，其中同樣具有大量的溶洞。這些溶洞有些地方還影響煤層的埋藏形狀並影響煤田的含水性質。

列寧格勒油母頁岩礦田之格得夫區，亦有許多含水溶洞石灰岩。

在烏拉爾東面斜坡開採鋁土礦時，預防溶洞的湧水問題極為複雜。

不僅僅在石灰岩中有溶洞，同時在具有可溶解性的其他岩層中亦可形成溶洞。例如在頓巴斯煤田內阿爾傑莫夫斯克城附近，在開採石膏的礦井巷道的側幫上發現有特別明顯的溶洞。鹽田之上部也形成有特殊的“鹽溶洞”(例如奇卡洛夫州之索里-依列茨基礦)。如果在鹽的溶洞上部有含水層時，溶洞就會被鹽水充滿，

因此，在确定探掘工作第一水平的深度时必须十分谨慎，使峒室之上的鹽岩層——防止鹽水透过的岩層具有相当的厚度，並需考虑到鹽体表面溶洞之不平整程度。

烟煤煤層根据其致密的程度可能含水或僅在裂縫中含水，或者因煤層呈疏松狀的構造时，則整个礦体皆可能含水。尤其是褐煤煤層的含水性最大。

几乎是所有火成岩及变質岩，如果是未經風化作用破坏，都是非常致密的岩石，因此，除个别情况外，这些岩石的含水性皆与其本身的裂縫有关系。此种岩石中含水量大的，經常是跟地質擾动相关的。

各种地質年代生成之沉積、火成、变質各类基岩，往往是被最新地質年代生成之冲積岩層所复盖。

冲積層土壤是以疏松性为其特点的。冲積層的構成除表土外，尚有砂、粘土及兩者的中間土壤。有时在冲積層与基岩相接触处遇有礫石及漂礫層。

有时在含有用礦物之基岩層上部复盖相当厚的地質年代較新的岩層。为了与冲積層区别，称此种岩層为复岩。复岩中常有飽和的含水層。为此可举頓巴斯煤田东部第三紀岩層和北部白堊紀之岩層为例。

位於叶果尔沈斯基区之石炭紀無烟煤產地(烏拉尔)的东部有侏罗紀的布拉那史斯基煤田，該煤田被許多褶皺及断層所嚴重破坏，並被几乎水平蘊藏的地質年代較新的地層复压着，同时，在这些地層中蘊藏的泥灰石大量含水。

如上所述，如果粘土为不透水層，則砂層为透水層。其中間土壤若与砂比較則为透水程度較小的岩層。假若礫石或漂礫層下面襯有不透水岩層时，那末在这些岩層之間就会大量含水，同时，在遇有井巷通过时即有大量的水湧出。

疏松的、为水所飽和的土壤冻结时，其性質將急剧变化。对

於机械力的抗力大为增强。飽含水和冻结的純石英砂之抗压極限强度，根据下列不同温度的变化为：

温度(度)	臨界抗压强度(公斤/平方公分)
0	20
-5	70
-10	115
-15	150
-21	180
-25	270

冻结粘土之抗压力上漲比較小，在同样的温度下，粘土的抗压力約等於砂的一半。

飽和水的透水岩層在冻结的情况下，不再透水。

根据此两种現象，即在較低的温度条件下，岩層具有很大的抗压强度及不透水的性能，奠定了以冻结法开掘井巷的原理。

在苏联境内有巨大面積的永冻土地区，那里的土壤从地表一直到某种深度皆經常全部地或部分地处于冻结状态，而岩層中的含水呈冰狀。永冻土的發展深度主要取決於当地的年平均温度。永冻土地区之南部境界有着異常奇怪的輪廓。靠近該境界附近的地区有的形成“島嶼”，而在永冻区中却有融解土壤地帶的“斑点”。目前除了別邱尔斯基礦区及东西伯利亞的某些較小礦区外，正在开採的煤田几乎全部位於永冻土地帶範圍之外，例如赤塔市附近的布卡契勒斯基煤田。但是在西伯利亞的北部暫时尚未开採的通古斯煤田，几乎完全处于永冻土区域内。东西伯利亞的金礦区，經常要在永久冻结的条件下進行开採工作。

在考查岩層含水性問題时，必須特別提出關於流砂的問題。

採礦工作中遇到的流砂乃为含水的、非常細微的砂，有时其中还含有細泥成分。因为經過此种岩層开掘巷道时，它具有“浮动”及流出性能，所以獲得了这个具有特色的名称。流砂層中的水是难於排出的，而有些流砂層甚至根本不能排出，这是因为水

在極為微小的孔隙中被分子力吸住不放。正因為其中含水之故，流砂才具有流動性。流砂按其顆粒大小和含水量之不同，其流動程度亦各有不同。顆粒微小的液狀流砂，能透過井巷支架的最小的孔隙。流砂層上部的壓力愈大，則對預防流砂滲漏的工作就愈加困難。流砂的壓力隸屬於靜水力學規律，同時，在進行計算時採用的比重為 1.7。開鑿井巷中發現流砂和流砂湧出時，如果有礦物粒子隨水一起流出，則這是非常壞的現象，因為這就會使井巷支架背後形成空洞，並將引起上部岩層的下沉和崩落，同時也會使支架承受單面壓力。總之，沿流砂層掘進井巷是採礦工作中最複雜工作之一。

典型的流砂層和含水砂層應加以區別。當井巷通過含水砂層時，也可能滔滔地流出大量的水並帶有大量的砂，但是，其所區別於流砂層之處，在於當向外湧出砂的過程中，可設堤牆將礦物粒子隔住，然而水可穿過堤牆流出。

第 3 節 地 下 水

我們說，凡是地表以下地殼中的水都叫做地下水。

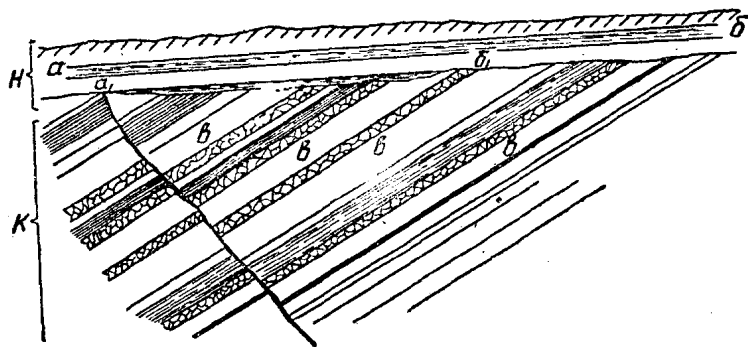


圖 1 地層中地下水的分佈特征

對於成層狀的礦體，特別是煤層，其地質構造特征如圖 1 所示，年代古老的基岩 K 與其上部復蓋之較新地質年代的沖積層 H