

礦井通風計算

黃元平 編

盛新書店出版



数据加载失败，请稍后重试！

礦井通風計算

張子壽著 出版

本書，係作者參照蘇聯材料並結合我國實際情況
編寫的，主要敘述礦井通風的物理及計算方法。

書號 61 印數 3,000 頁數 98 字數 71,000

盛 和 書 店

天津宮北大街通慶里一號

天津書刊出版發售證許可證津出字第三號

一九五三年八月初版

天津聯合印刷廠印

前 言

曾經有人這樣說：「礦井通風對於採礦工程，正如肺部對於人體健康，是非常重要的。如果礦井通風的情況不好，輕則影響井下工作人員身體健康和工作效率，重則引起災害嚴重地造成傷亡事故及破壞工程」。這種說法非常恰當。事實告訴我們，在舊社會裏採礦工程上的通風問題是沒有被重視的。解放以來，特別是大建設開始的今天，黨及政府爲了改善井下工作環境，保障工人身體健康以及維護國家資財等，正大力貫徹「安全生產」的方針，因此，礦井通風問題是非常重要的了。

很明顯的，要辦好人民礦山必須依靠廣大的職工同志，換言之，必須使廣大職工同志對於礦山安全工作具備一定的理論水平。唯有這樣，才能保證礦山安全工作的順利進行。近幾年來，個人於工作之餘收集了一些有關資料，編集成書，其目的便是爲了現場職工同志們自學及專科以上學校同學們參考之用。希望它能够直接對於這些有關的同志們在業務理論上有些幫助，間接對於偉大的工業建設能够起一些作用。

這本書在敘述上是「不厭其繁」的，在公式的來源上是「逐步說明」的。正因爲如此，便產生了「文字囉嗦」的毛病。又由於時間的限制，致使內容尚不够全面（缺少機械通風部分）。加以編者學識淺陋，錯誤及編排不當之處，在所難免。熱望着讀者和有關的同志們，針對這些缺點隨時予以指正，不勝感激與冀盼之至。

編寫時所參考的書籍和刊物，已於附表中一一註明，其中一部分係參考一些有關的譯文和譯稿，特此向著者、編者和譯者們謹致謝忱。

編寫之後，一部分荷蒙侯老教授德均熱心審校與鼓勵，一部分又承劉正祥、朱曉嵐二助教予以校閱，深爲感激，謹此致謝。

黃 元 平

1953年2月於天津

書 內 各 表 的 來 處

表 號	來 處
第 一 表	參考公制度量衡制度而得。
第 二 表	Jones: Coal Mining, V.1, 1944, 第237頁.
第 三 表	同 上
第 四 表	同 上
第 五 表	參考嚴濟慈著的大學物理(上冊, 1949)推算而得。
第 六 表	Д. Я. Правденко: Вентиляция и освещение рудников, борьба с пожарами и горноспасательное дело, 1949, 第107頁.
第 七 表	Jones: Coal Mining, V.1, 1944, 第257頁.
第 八 表	Д. Я. Правденко: Вентиляция и освещение рудников, борьба с пожарами и горноспасательное дело, 1949, 第107頁.
第 九 表 甲.乙.丙	Государственный макеевский научно - исследовательский институт «Макнии»: Проветривание каменноугольных шахт, 1951, 第291 - 293頁.
第 十 表	Jones: Coal Mining, V.1, 1944, 第295頁.
第 十 一 表	Jones: Coal Mining, V.1, 1944, 第300頁.
第 十 二 表	東北煤總: 第48期「煤」刊, 1952, 第39頁.
第 十 三 表	煤總: 第25期「煤礦工業」刊, 1952, 第31頁, 上表.
第 十 四 表	Государственный макеевский научно - исследовательский институт «Макнии»: Проветривание каменноугольных шахт, 1951, 第95頁.

表 號	來 處
第十五表	中央燃料部制訂：改善現有礦井通風的規程，1951，第21頁。
第十六表	А. И. Ксенофонтова, В. Д. Карпунин, А. А. Харев: Вентиляционное сопротивление Горныхвыработок, 1950, 第227頁。
第十七表	Государственный мажеевский научно — исследовательский институт «Махний»: Проветривание каменноугольных шахт, 1951, 第84頁。
第十八表	А. И. Ксенофонтова, В. Д. Карпунин, А. А. Харев: Вентиляционное сопротивление Горныхвыработок, 1950, 第233頁。
第十九表	А. А. Скочинский, В. В. Комаров: Рудничная вентиляция, 1949, 第202頁。
第二十表	Государственный мажеевский научно — исследовательский институт «Махний»: Проветривание каменноугольных шахт, 1951, 第61頁。
第二十一表	中央燃料部制訂：改善現有礦井通風的規程，1951，第6及16頁。
第二十二表	煤總：第9期「煤」刊，1953，第38頁。
第二十三表	Государственный мажеевский научно — исследовательский институт «Махний»: Проветривание каменноугольных шахт, 1951, 第110頁。
第二十四表	煤總：第7期「煤礦工業」刊，1951，第62頁。
第二十五表	А. А. Скочинский, В. В. Комаров: Рудничная вентиляция, 1949, 第135頁。

目 錄

第一篇 通風應用物理

第一章 通論	1
第一節 物質的形態	1
第二節 重量	2
第三節 密度	3
第四節 比重	5
第二章 流體的壓力	10
第一節 液體的壓力	10
第二節 大氣的壓力	11
第三節 大氣壓力的計量	12
第四節 氣壓、空氣柱、水柱及汞柱	15
第三章 壓力及溫度對於氣體的影響	19
第一節 氣體壓力與體積的理論	19
第二節 氣體壓力與體積的關係	19
第三節 氣體溫度與體積的理論	22
第四節 氣體溫度與體積的關係	22
第五節 氣體體積、溫度與壓力的關係	25
第四章 氣體的重量和溶解度	29
第一節 乾空氣的重量	29
第二節 濕空氣的重量	32
第三節 氣體的重量與其體積的關係	35
第四節 氣體的重量	35
第五節 氣體對於水的溶解度	36
第五章 自然通風	40
第一節 概說	40
第二節 空氣柱	41
第三節 空氣柱的正負及其影響	42
第四節 自然通風壓力的計算	43

第六章	礦坑空氣中的水分	51
第一節	空氣中的水分對於採礦作業的關係	51
第二節	空間把持水分的能力	51
第三節	飽和溫度與相對溫度	52
第四節	相對溫度的計量	55
第五節	礦坑空氣中水分含量的計算	64
第七章	氣體的比重與擴散	68
第一節	比重與密度的關係	68
第二節	單一氣體的比重計算	69
第三節	混合氣體的比重計算	71
第四節	氣體的擴散理論	73
第五節	氣體擴散的實驗證明	74
第六節	氣體擴散的速率	75
第七節	氣體擴散對於採礦的應用	77
第二篇	通風原理	
第八章	調節風門面積的計算	81
第一節	調節風門的作用	81
第二節	計算調節門面積的準確式	83
第三節	計算調節門面積的近似式	88
第四節	蘇聯調節門面積計算公式	94
第五節	公式之比較	96
第九章	風壓損失的計算	99
第一節	風道突然擴大的風壓損失	99
第二節	風道突然縮小的風壓損失	100
第三節	風道拐彎的風壓損失	102
第四節	風流與風道摩擦的風壓損失	103
第五節	基本公式的討論	111
第六節	通風動力的計算	113
第十章	風道的阻力	120
第一節	風道阻力的表示與計算	120
第二節	風道的阻力特性曲線	123

第三節	串聯式風道系統的阻力	126
第四節	并聯式風道系統的阻力	130
第五節	角聯式風道系統的阻力	138
第十一章	風量定額	144
第一節	瓦斯礦的等級	144
第二節	風量的計算	145
第三節	風量的調節	147
第四節	漏風的測算	149
第十二章	通風測量	153
第一節	大氣壓力、溫度及濕度的測量	153
第二節	風流速度的測量	153
第三節	通風壓力的測量	161
第四節	空氣冷却力的測量	167
第十三章	礦井橫斷面積的計算	173
第一節	計算時必須考慮的因素	173
第二節	計算豎井直徑的舉例	174

第一章 通 論

第一節 物質的形態

物質被發現有三種形態或狀況：

1. **固體** 是一種物質的質量，它裏面的分子與分子之間彼此是堅固地，互相依附着，因此它在相當大的程度內能够抵抗外形的改變，在尋常溫度與壓力的情況下，固體將保持着它的大小和形狀；若固體處於大熱力或大壓力時，則其形狀即被改變或者變成另一種物質的形態。煤塊、鋼軌、木柱、冰塊、金屬貨幣、銅絲及橡膠帶等，都是固體的例子。

2. **液體** 是一種有流動形態的物質。水、油、汽油及石油等，都是液體的例子。固體受了外界的影響，即能變形而成爲這種可以流動的形態。例如岩石處於高溫和高壓之下，即被變成可以流動如水的鎔岩。當鋼鐵被加熱至很高的溫度時，即被失去它的固結性而變成液體。液體的壓縮性通常雖比固體較爲顯著，但仍屬微小，故對於一切實際的功用來說，液體常被認爲是不可壓縮的。液體中的分子是不像固體中的分子彼此那樣堅固地互相依附着，所以液體是不能有一定的外形，而是隨着容器形狀的不同而改變的。

3. **氣體** 是和空氣形態相同的物質，它的分子彼此間的吸引力是很小的，致使氣體可以被認爲是一種無形態的物質。氣體既容易受壓縮，但如外力鬆弛即能自行擴張。若要儲存一種氣體而不使它洩漏，則必須把它儲存在一個密封的容器之中。應用適當的物理情況，則固體、液體都可以變成氣體。例如固體狀態的冰塊受熱而溶化成液體狀態的水，若熱力繼續增加至足够的程度時，則液體的

水，即被蒸發而成水蒸汽。氧氣、二氧化碳氣及一氧化碳氣，在正常的情况下，都是氣體的例子。

第 二 節 重 量

這是一項在應用上比較含糊的名稱，應用者常不能澈底明瞭它的意義。爲了解釋重量的意義，我們必先對重力和質量給予解釋。

重力 通常意爲地球對於在它表面上，或距離它表面一短距離的物體所施的吸引作用。物體之所以會往下墜，是因地球對於它們的吸引所致。重力原理之一，即是說：一切物體的彼此能够互相吸引，是依賴着一種力，這種力是隨着物體的質量及物體互相間的距離而變化的。物體的質量愈大，則彼此間的吸引力愈大；但物體彼此間的距離愈長，則彼此間的吸引力愈小。地球是我們所接觸的最大物體，我們常很自然地想到地球對於在它表面的人和物是有着吸引力的，但我們不能忘記人和物對於地球也是有着吸引力的。

物體的質量，其定義爲物體內物質多寡之量，這個量常是一個恒量。質量大的物體，比質量小的物體所賦有的吸引力要大。質量大的地球，對於它表面上質量小的物體所施的吸引力，是比這些質量小的物體彼此間的吸引力要大得多。因此，一切在地球表面的物體，都有下墜的傾勢。

一物體的**重量**，就是地球吸引這個物體的力。這個引力，是隨着物體的質量及物體與地球中心的距離而變化。地球的重力作用，如同在地球中心置有一塊巨大磁石的作用一樣。我們量度地球對於某一物體的吸引力，或者量度此物體的重量時，若先在地球表面量一次，然後在高空某處量一次，如此處與地球中心的距離二倍於地球的半徑，那麼我們可以發現第二次所量度的重量僅爲第一次的

4。這就是說，某一物體的重量或地球對於它的吸引力，是隨着此物體距離地球中心的長度平方成反比例，亦即增加長度一倍，則引力減少四分之一。雖然在地球表面各處對於地球中心的距離相差不大，但這相差對於物體的重量却有足夠的影響。例如：在地球赤道之處量度一物體的重量，比在地球兩極之處所量度者要小；在高山上量度的，比在海岸量度的要小。

與質量1克物體所受重力相等之物體重量，稱為1「克重」。通常這個「重」字常略去不寫，而稱該物體的重量為1克。此時之「克」，已經不是物體的質量單位而是物體的重量單位了，這點是必須注意的。我國所採用的重量單位，是用鈺（公斤），鎰、鎰、克、勉、鎰或鈺等來表示，其關係如第一表所示。

第一表 公制重量單位表

鈺(公斤)	鎰	鎰	克	勉	鎰	鈺
1	10	100	1,000	10,000	100,000	1,000,000
	1	10	100	1,000	10,000	100,000
		1	10	100	1,000	10,000
			1	10	100	1,000
			0.1	1	10	100
			0.01	0.1	1	10
			0.001	0.01	0.1	1

第三節 密 度

在比較鐵和鋁兩種物質的時候，我們說鐵比鋁重，這並不是說三公斤的鐵比三公斤的鋁要重，而是說鐵比同體積的鋁要重，或者

• 4 •

說鐵的密度比鋁的密度要大。

假設一物體的重量為 6 克，體積為 3 立方公分，則組成這個物體的物質其密度為 2 克每立方公分。所以，密度的定義就是單位體積的質量。因為我們是用地球作用於物體的引力來決定該物體的質量（或該物體的物質多寡之量），而引力的大小是用天平或其他量器來決定的，這引力的大小就是該物體的重量大小，故實際上是利用「單位體積的重量」來決定物質的密度。

某一固體的體積，可以根據它的長寬高來計算。若物體是一種不規則的固體，那麼它的體積可以用水的位移方法而求得。此方法如下：

將水傾入一個有刻度（此刻度用以指示水量）的容器內，在刻度上讀出一水的體積數字，然後將不規則的固體完全潛入器內的水中，於是水面升高，又可在刻度上讀得一新的體積數字。前後二次讀數之差，即為此不規則固體的體積。

水的密度約為 999.973 公斤每立方公尺。這個數字，是當水的溫度為 4°C 或 39.1°F （氣壓為 760 公厘汞柱）及水本身很純淨的條件下始為真確。溫度變更則密度亦變更；即溫度升高則密度降低，而且水中所含的礦物成分也能變更其密度；其變化範圍約在 998 至 1,004 之間。通常水的密度，是取用 1000 公斤每立方公尺。

空氣的重量，是跟隨着溫度與壓力的變化而不同的。在計算的應用上，我們對於空氣的密度，必須在某一定溫度與壓力的情況下取一數字。當溫度為 0°C （ 32°F ）及氣壓為 760 公厘汞柱（29.92 吋汞柱）時，乾空氣的密度為 1.293 公斤每立方公尺（0.08072 磅每立方呎），或者說在此指定的狀況之下，一立方公尺的乾空氣其重量為 1.293 公斤。空氣中所含的水分，常影響空氣的重量甚大，這

點容後詳述。

第四節 比 重

一物質的比重，是用一個數字來表示，這個數字，就是這種物質和一同體積的標準物質彼此重量的比值。液體或固體的比重是與水相比較而得；氣體比重則與空氣相比較。換言之，比重是一種量度，用此量度來表示某一物質比標準物質要密緻的程度為若干倍。

例如，無烟煤的比重在1.4至1.8之間，這就是說一立方公尺的無烟煤其重量為 1.4×1000 或 1,400 公斤及 $1.8 \times 1,000$ 或 1,800 公斤。在標準狀態時 (0°C 及 760 公厘汞柱)，沼氣的比重是 0.555；在此狀態之下，一立方公尺的沼氣其重量為 0.555×1.293 或 0.71762 公斤。在上列二例之中，說明了無烟煤和沼氣的單位重量，是分別用它們的比重乘以同體積的標準物質（液體和固體係用水，氣體係用空氣）的密度而求得的。

第二表 各種固體的比重

固 體	比 重	固 體	比 重
無烟煤.....	1.4 - 1.8	灰口生鐵.....	7.03 - 7.13
鋁.....	2.7	熟鐵.....	7.8 - 7.9
石綿.....	2.0 - 2.8	鋼.....	7.6 - 7.8
烟煤.....	1.2 - 1.5	石灰岩.....	2.68 - 2.76
木炭（櫟木）.....	0.57	鉛（固體）.....	11.01
木炭（松木）.....	0.28 - 0.44	泥炭.....	0.84
焦煤.....	1.0 - 1.7	黃鐵礦.....	4.95 - 5.01
銅（鑄成）.....	8.30 - 8.95	砂岩.....	2.14 - 2.36
銅（抽成）.....	8.89	銀（鑄成）.....	10.42 - 10.53
玻璃.....	2.4 - 2.8	櫟木.....	0.6 - 0.9
金（鑄成）.....	19.3	白松木.....	0.35 - 0.50
冰塊.....	0.92	黃松木.....	0.37 - 0.60
鐵（純的）.....	7.85 - 7.88		

第三表 各種液體的比重

溶 體	比 重	液 體	比 重
醋酸·····	1.06	萘石油·····	0.66
木精 (甲醇)·····	0.81	硝酸·····	1.21
苯·····	0.90	麻油·····	0.94
汽油·····	0.66 - 0.69	石油·····	0.83
鹽酸·····	1.20	蒸溜水·····	1.00
乳質·····	1.03	海水·····	1.03

第四表 各種氣體的比重

(0°/C及760公厘汞柱)

氣 體	比 重	氣 體	比 重
空氣·····	1.000	甲烷 (沼氣)·····	0.555
乙炔 (電石氣)·····	0.907	氧化氮·····	1.037
氫氣·····	0.596	氮氣 (純的)·····	0.967
丁烷·····	2.067	氮氣 (大氣中的)·····	0.972
二氧化碳·····	1.529	氧化亞氮·····	1.529
一氧化炭·····	0.967	氧氣·····	1.105
乙烷·····	1.049	丙烷·····	1.562
乙稀·····	0.975	二氧化硫·····	2.264
氦氣·····	0.138	煤烟·····	0.102
氖氣·····	0.069	水蒸氣 (100°C)·····	0.488
硫化氫·····	1.189	水蒸氣·····	0.622

在計算某一物質的重量時，必須在第二、三、四表中查得它的比重，然後乘以相當的標準物質單位體積（一立方公尺）的重量，因而求得此物質單位體積的重量，再乘以此物質的總體積即可求出此物質的總重量。通常在計算上，液體和固體不必考慮溫度和壓力

的影響，氣體則與溫度和壓力有關。在標準狀態時所測得的氣體重量，才是具有代表性的。對於在不同的溫度及壓力之下，欲求得氣體的重量，必須再加以計算，此計算法容後再述。

例：假設烟煤的體積為3立方公尺，其比重為1.4，求其重量為若干？

解： $1.4 \times 1,000 = 1,400$ 公斤 / 立方公尺

$3 \times 1,400 = 4,200$ 公斤，此即為3立方公尺烟煤的重量。

例：假設二氧化碳的體積為10立方公尺，求其在標準狀態下的重量為若干？

解： $10 \times 1.529 \times 1.293 = 19.77$ 公斤。

習 題

1. 何謂固體？液體？氣體？
2. 重力、質量、重量的意義是什麼？
3. 若地表海岸某處距離地球中心為6,500公里，在該處一物質的重量為2.5公斤，求該物質在距離海平面3.5公里高度的山頂上的重量為若干？
4. 何謂一物質的密度。
5. 體積為3立方公尺的銅其重量為26,000公斤，試求其密度為若干？
6. 體積為5立方公尺的砂岩其重量為8,700公斤，試求其密度為若干？
7. 一立方體的鉛塊，一邊長8公分，重5.5公斤，試求其密度（每立方公尺）為若干？