

矿内通风及其检查方法

上 册

A.X. 扎索霍夫 Л.В. 扎索霍娃 合著

冶金工業部黑色冶金設計院專家办公室 譯

冶金工業出版社

矿内通风及其检查方法

— 2 —

著者 山崎 清太郎 山崎 清太郎 著
译者 山崎 清太郎 山崎 清太郎 译

中国工业出版社

礦內通風及其檢查方法

(上 冊)

A.X. 札索霍夫
Л.В. 札索霍娃 合著

冶金工業部黑色冶金設計院專家辦公室 譯

冶 金 工 業 出 版 社

統一書号: 15062 · 525

定价: 1.90 元

本書內容包括兩部分：第一部分「礦內通風」，第二部分「礦內通風的檢查方法」。

第一部分論述礦山巷道內空氣運動的一些規律，礦內通風的主要類型，通風機的選擇方法，盲巷通風的方法，以及其它一些與礦內通風有關的問題。書中所有計算都附有例題說明。

第二部分闡述通風儀器及其運用和校正規程，並說明使用測量儀器檢查通風狀況的方法。

本書可供礦山企業工程技術人員參考，並對高等學校的學生及設計人員亦有所裨益。

參加本書翻譯工作的為原重工業部黑色冶金設計院北京分院翻譯科柳鴻元、樊萬傑、龔亞鐸、曹煜祖、尙德韞，參加俄文校對工作的為黃桂煌、萬家欣；參加技術校對工作的為原北京分院採礦選礦科曾之駿、王子清。

А.Х. ДЗАСОХОВ, Л.В. ДЗАСОХОВА: РУДНИЧНАЯ
ВЕНТИЛЯЦИЯ И МЕТОДЫ ЕЕ КОНТРОЛЯ
МЕТАЛЛУРГИЗДАТ (Москва - 1954)

礦內通風及其檢查方法(上冊) 冶金工業部黑色冶金設計院專家辦公室 譯

1956年十一月第一版 1956年十一月北京第一次印刷 (1—3,050)

850×1168·1/32·202,000字·印張8 $\frac{16}{32}$ ·插頁21·定價(10) 1.90元

冶金工業出版社印刷廠印

新華書店發行

書號 0525

冶金工業出版社出版(地址：北京市燈市口甲45號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號

目 錄

前言	7
----	---

第一篇 礦內通風

第一章 空氣的物理性質	8
密度	8
比重	9
粘度	12
溫度	13
濕度	14
比熱	17
基本定律	17
空氣狀態變化過程	18
第二章 地下巷道內的空氣流動	20
1. 理想液体或气体的伯諾里公式	20
2. 实际气体与粘性液体的伯諾里公式	22
3. 礦內風流的流動狀態及其結構	25
4. 相似定律	28
5. 井巷的摩擦系数	29
6. 阻力之單位	34
7. 礦井通風網路的特性	35
8. 局部阻力	38
9. 礦山巷道系統的总阻力	42
串联	42
並联	43
角联	45
10. 風量分配及其調節	47
風窗的計算	47
漏風的防止	49

第三章 通風的主要类型	52
第四章 通風机	54
1. 通風机的特性	54
2. 根据通風机轉数、尺寸和空气密度换算特性 曲綫	57
3. 無因次（抽象）特性曲綫	65
4. 通風机联合工作	72
5. 供主要通風用的礦井軸流式通風机	81
6. 离心式通風机	87
TГM3 C-2型通風机	88
BPH 低压通風机	91
BPC 中压通風机	94
ЦП 中压 ЦАГИ 除塵通風机	94
ЦВ-55 中压 ЦАГИ 通風机	94
莫斯科西老口工厂所產高压通風机与 BBД 高压通風机	97
7. 主要通風机的选择	99
选择单独工作作用的通風机	100
根据抽象特性曲綫表选择通風机	100
根据單独特性曲綫表选择通風机	112
8. 礦井通風机裝置	114
9. 局部通風机	117
供局部通風用的軸流式通風机	118
BM-200 通風机	118
BM-300 通風机	120
「掘進500」双級通風机	120
BП-4 風动通風机	122
供局部通風用的离心式通風机	124
雷辛式 ЭВР 通風机	124
BЧПУ-100 通風机	125

第五章 局部通風	130
1. 利用全井負压進行盲巷通風.....	130
2. 利用噴射器進行盲巷通風.....	131
3. 利用管子和通風机進行盲巷通風.....	140
盲巷通風方法的選擇.....	140
盲巷通風所需風量的計算.....	142
局部通風裝置的計算.....	144
局部通風机的選擇.....	151
4. 利用鑽孔進行盲巷通風.....	158
利用从地表鑽進的鑽孔進行盲巷通風.....	159
利用階段巷道之間的鑽孔進行盲巷通風.....	160
利用水平巷道之間的水平鑽孔進行平行巷道的通風.....	161
利用兩個平行鑽孔，以一台通風机進行盲巷的通風.....	166
局部通風机工作制度的調整.....	169
通風管.....	170
金屬管子.....	170
膠布管.....	176
第六章 通風和防火設施	181
1. 風峒和「反風」設施.....	181
2. 礦井空氣閘.....	183
3. 井上建築物的密閉.....	184
4. 水平巷道和傾斜巷道內的通風設施.....	185
風牆.....	186
風門.....	188
風帘或風幕.....	190
風橋.....	191
防火門.....	192
井下瓦斯掩蔽室.....	201

第七章 井筒的採暖.....	207
第八章 礦井通風設計的編制.....	213
1. 所需風量的計算.....	213
2. 礦內通風系統的擬制.....	217
附錄.....	224

前 言

苏联共产党和政府，对採礦工人劳动条件的健全問題，極其重視。

在战后五年計劃期間，随着採礦工業的飛躍發展，採礦工作的劳动和安全条件也就更須進一步改善。因此，在礦井和礦山中都設有專門的除塵通風部門。

苏联科学家协助生產部門不断地發展和充实礦內通風的理論和實踐、制造新型的礦井通風機和控制測量儀器、修正巷道通風的計算方法，及制定盲工作面通風和冬季通風的空氣加熱的有效方法。

礦內通風不僅对劳动条件的健全有影响，而且也是提高採礦工人劳动生產率的一个重要因素。实际經驗証实，随着地下巷道通風的改善，劳动生產率有顯著的提高。

本書出版的目的是在於闡述礦內通風的一些主要实际問題。

本書第一篇說明選擇主要礦井通風機和局部通風機的工程計算方法及利用鑽孔通風的計算方法等。

本書第二篇闡述利用控制測量儀器來檢查礦內通風的方法，並附有对通風工作人員在实际工作中所用的主要裝置的說明。

通風機都用有因次和無因次的特性曲線圖說明，這便於設計人員選擇所需要的設備。書中所述的計算方法都有实例証明。

在附錄中列有軸流式通風機和离心式通風機的空氣動力特性曲線圖，這兩種通風機大部分都在我國工廠里成批制造。

作者对技術科学博士 B.H. 沃罗寧和技術科学 副博士 Л.Д. 沃罗尼娜，在本書評閱和編審時曾給予寶貴的指示，表示感謝。

A.X. 札索霍夫

Л.В. 札索霍娃

章一篇 礦內通風

第一章 空氣的物理性質

密 度

空氣的質量 M 與其體積 V 之比，叫做空氣的質量密度。密度由下面公式表示：

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{G}{g} \times \frac{1}{V}, \quad (1)$$

式中 G ——重量；

g ——重力加速度。

質量密度是氣體介質最重要的機械性質，它表明質量在介質中分布的情況。

氣體密度的數值，由氣體的本性及其存在條件決定。例如，在標準條件下，即當表壓為 760 公厘水銀柱，溫度為 15° 時，干空氣的密度為 0.125 公斤·秒²/公尺⁴。在溫度為 15°C 時，水的密度為 102 公斤·秒²/公尺⁴。

一定氣體或液體在任何一點的密度值，為該氣體或液體的溫度及其在該點上所受壓力的函數，即：

$$\rho = f(p, t),$$

式中 p ——壓力；

t ——溫度。

在礦內通風中通用的標準條件下，即當 $t = t_0 = 15^\circ$ 、 $p = p_0$ 、 $= 760$ 公厘水銀柱、相對濕度為 60% 時，空氣密度等於：

$$\rho_0 = 0.122 \text{ 公斤} \cdot \text{秒}^2 / \text{公尺}^4.$$

根據已知 p 和 t ，利用繪於圖 1 的曲線，可求出干空氣的密度 ρ ，此曲線圖表示空氣密度與表壓及溫度的關係。

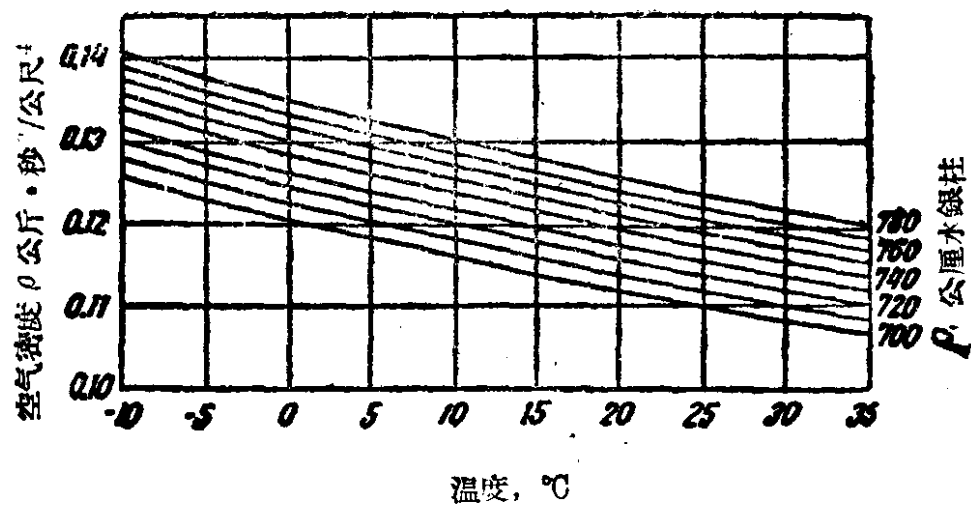


圖 1 空气密度与表压及溫度之关系

当表压为 760 公厘水銀柱时，干空气的比重和質量密度如表 1 所示。

表 1

	溫 度, °C					
	-20	-10	0	10	20	40
空气比重 (重量密度), 公斤/公尺³.....	1.39	1.34	1.29	1.24	1.20	1.12
空气质量密度, 公斤·秒²/ 公尺⁴	0.142	0.137	0.132	0.127	0.123	0.114

比 重

空气重量 G 与其体积 V 之比，叫做空气的比重。

$$r = \frac{G}{V} \quad \frac{\text{公斤}}{\text{公尺}^3} \quad (2)$$

在实际应用中，往往以表示某一气体比空气重若干倍或輕到若干倍的值作为該气体的比重。

例如，在标准条件下碳酸气的比重为 1.85 公斤/公尺³； 在同一条件下碳酸气与空气相比，其比重則等於 1.52 公斤/公尺³。

在計算中採用 1 立方公尺空气的标准比重 r_0 較为方便， 該比重在表压为 760 公厘水銀柱、溫度 $t = 15^\circ$ 、相对湿度为 60%

时，等於 1.2 公斤/公尺³。

气体常数 $R = 29.27$ 公斤·公尺/公斤·°C 的干空气的比重为：

$$\gamma = \frac{1}{R} \times \frac{p}{T} \left[\frac{\text{公斤}}{\text{公尺}^3} \right], \quad (3)$$

式中 T ——绝对温度。

在 $t = 20^\circ$ 、 $p = 10,330$ 公斤/公尺² 时干空气的比重（或重量密度）可用质量密度来表示。

$$\gamma = \rho \times g, \text{ 故 } \rho = \frac{\gamma}{g} \text{ 公斤} \cdot \text{秒}^2 / \text{公尺}^4, \quad (4)$$

式中 g ——重力加速度。

在标准条件下

$$\rho = \frac{1.2}{9.81} = 0.122 \text{ 公斤} \cdot \text{秒}^2 / \text{公尺}^4.$$

若温度为 T_1 、压力为 p_1 ，则空气的容重和密度可按式求出：

$$\frac{\gamma_1}{\gamma} = \frac{\rho_1}{\rho} = \frac{p_1 T}{p T_1}, \quad (5)$$

$$\text{故 } \rho_1 = \rho \frac{p_1 \times 293}{p (273 + t_1)}. \quad (6)$$

在这些公式中未考虑空气湿度的影响。

当矿内空气温度为 $+20 \sim +30^\circ\text{C}$ 时，由于空气湿度改变而引起的空气容重和密度的变化率不超过 1%，故此变化不予计算。若空气温度更高、湿度更大，则必须计算湿度。

湿空气的密度较干空气的密度小。

$$\rho_{\text{湿}} = \rho - \frac{\Delta x}{100}, \quad (7)$$

式中 x ——相对湿度，%；

Δ ——视空气温度而变化的系数，其值取自表 2。

在矿井条件下，通常 $x = 80 \sim 90\%$ 。

表 2

$t, ^\circ\text{C}$	20	25	30	35	40	45	50
Δ	0.0011	0.0014	0.00185	0.00245	0.00316	0.004	0.0051

根据海拔高度 z (公尺) 的不同, 相当於國際标准大气的空气密度, 按下式求出:

$$\rho_z = \rho_0 \left(1 - \frac{z}{44300} \right)^{4.256} \text{ 公斤} \cdot \text{秒}^2 / \text{公尺}^4 \cdot \quad (8)$$

由於巷道內的压力和溫度变化不大, 空气体積 (空气密度) 变化亦極微, 因此, 在实际計算礦內通風时認為空气是非压缩性气体。

表 3

國 際 标 准 大 气

海拔高度 z (公尺)	溫 度 t_z ($^\circ\text{C}$)	表 压 P_z 公厘水銀柱	密 度 ρ_z 公斤·秒 ² /公尺 ⁴	比 重 γ_z 公斤/公尺 ³
-1000	21.50	854.58	0.1374	1.3476
-500	18.25	806.16	0.1311	1.2854
-300	16.95	787.44	0.1286	1.2612
-100	15.65	769.06	0.1262	1.2372
0	15.00	760.00	0.1250	1.2255
200	13.70	642.12	0.1226	1.2021
400	12.40	724.62	0.1202	1.1791
600	11.10	707.45	0.1179	1.1564
800	9.80	690.60	0.1156	1.1340
1000	8.50	674.09	0.1134	1.1120
1200	7.20	657.89	0.1112	1.0903
1400	5.90	642.00	0.1090	1.0690
1600	4.60	626.44	0.1069	0.0480
1800	3.30	611.19	0.1048	1.0272
2000	2.00	596.23	0.1027	1.0068
2200	0.70	581.56	0.1006	0.9868
2400	-0.60	567.19	0.0986	0.9670
2600	-1.90	553.10	0.0966	0.9475
2800	-3.20	539.32	0.0947	0.9283
3000	-4.50	525.79	0.0927	0.9094

國際标准大气以海平面为計算高度 ($Z=0$)，此海平面的大气状态用下列原始数值來表示：溫度 $t_0=15^{\circ}\text{C}$ ($T_0=288^{\circ}\text{K}$)， $p_0=10,330$ 公斤/公尺² (760 公厘水銀柱)，空气密度 $\rho=0.125$ 公斤·秒²/公尺⁴，比重 $r_0=1.225$ 公斤/公尺³。

标准大气的溫度、表压、密度及比重列於表 3 內。

粘 度

空气对切線应力所產生的阻力的性質叫做粘度。

絕對粘度的計量單位 $[\mu] = [\text{公斤} \cdot \text{秒} / \text{公尺}^2]$ ；除絕對粘度 μ 之外，还使用运动粘度 λ ，它是粘度对液体或气体的密度之比：

$$\lambda = \frac{\mu}{\rho} \text{ 公尺}^2/\text{秒}。$$

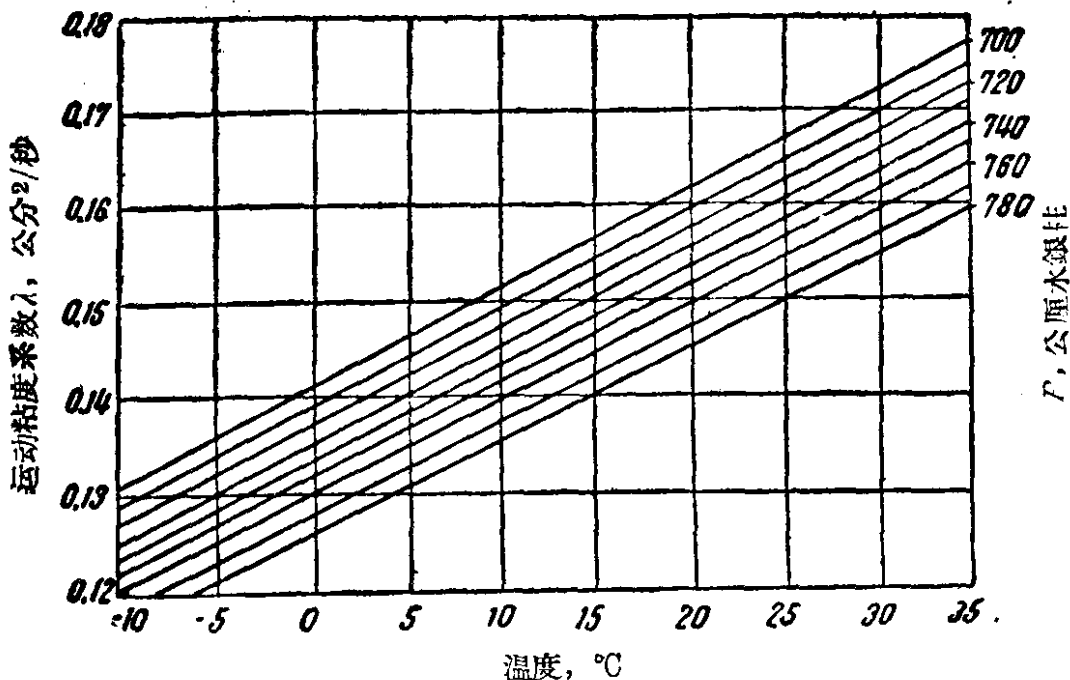


圖 2 运动粘度与表压和溫度之关系

此 λ 量不說明液体的粘度；液体粘度表現在切線应力內，它是用系数 μ 來表示的。运动粘度表示粘性力所引起的質点加速度。

气体的 λ 量實質上視压力和溫度而变化（压力增加則 λ 減小）。在各种不同的表压和溫度下 λ 的近似值可利用圖 2 所示之

圖線求出；圖中橫座標軸上標有溫度，縱座標軸上標有 λ 值（公分²/秒）。因為 λ 單位是公分²/秒，故所得的結果尚須換算。

在標準條件下空氣的 $\lambda = 1.45 \times 10^{-5}$ 公分²/秒，而 $\mu = 1.85 \times 10^{-6}$ 公分·秒/公分²。

空氣的 λ 值可按庫茲涅佐夫公式求出：

$$\mu = 1.712 \times 10^{-6} + 0.0058 \times 10^{-6} t \text{ [公斤·秒/公分}^2\text{]}, \quad (9)$$

式中 t ——空氣溫度。

當表壓不變、 $p = 735.5$ 公厘水銀柱時，視溫度而變化之干空氣的 μ 和 λ 值列於表 4 內。

表 4

溫 度 $t^{\circ}\text{C}$	絕 對 粘 性 $\mu \cdot 10^{-6}$ 公斤·秒/公分 ²	運 動 粘 性 $\lambda \cdot 10^{-5}$ 公分 ² /秒
-50	1.49	0.95
-20	1.66	1.19
0	1.75	1.37
10	1.81	1.47
20	1.86	1.57
30	1.91	1.66
40	1.96	1.76
50	2.00	1.86
60	2.05	1.96
70	2.08	2.05

溫 度

根據分子運動論可給溫度下一個較為簡單的定義，即溫度是與分子運動平均動能成比例的量。溫度以攝氏度數測定。

溫度的量度單位是一定的溫度間隔，此間隔界限（即溫度表上的兩個點）在正常條件下是採用水由固體狀態（如冰）變成液體狀態，及由液體狀態變成氣體狀態（如蒸汽）時的溫度。列氏分此溫度間隔為 80 份，而攝氏分此為 100 份；所用的測量儀器

均为水銀溫度計。

水銀相同体積的增長是与相同溫度的間隔（度）相對应的。

湿 度

一立方公尺的空气和蒸汽之混合物中所含的水蒸汽之重量叫做空气的絕對湿度。

混合物中空气的干燥部分的分压^①与水蒸汽分压之总和等於表压 B 。

$$B = P_{\text{B}} + P_{\text{H}}, \quad (10)$$

式中 P_{B} ——干空气的分压；

P_{H} ——空气混合物中的水蒸汽之分压。

空气中水蒸汽含量与該溫度下蒸汽的最大含量之比叫做相对湿度；或者，把空气中水蒸汽的分压 P_{H} 对同一溫度下使空間飽和的水蒸汽分压 P_{H} 之比也叫做空气相对湿度 φ ，即

$$\varphi' = \frac{P_{\text{H}}}{P_{\text{H}}}, \quad (11)$$

或以百分数計

$$\varphi = 100 \frac{P_{\text{H}}}{P_{\text{H}}}, \quad (12)$$

式中 φ' ——絕對單位之空气相对湿度；

φ ——空气的相对湿度（%）。

一公斤干空气中混入的水蒸汽克数叫做空气的含湿度 d ：

$$\begin{aligned} d &= 622 \frac{P_{\text{H}}}{B - P_{\text{H}}} \\ &= 622 \frac{\varphi \times P_{\text{H}}}{B - \varphi P_{\text{H}}} \text{ 公分/公斤.} \end{aligned} \quad (13)$$

湿空气的比重是由于空气比重 r_{B} 与水蒸汽比重 r_{H} 之和組成的：

① 几种气体的混合物中每种气体的压力，假若某一气体佔有混合物之全部体積，則此压力即是該气体之分压。总压力等於各分压之和（道尔顿定律）。