

高 等 学 校 教 学 用 书

矿井通风习题集

72-44

冶金工业出版社

高等学校教学用书

矿井通风习题集

东北工学院 王英敏 主编

冶金工业出版社出版

(北京东直门24号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张 6 字数155千字

1983年10月第一版 1983年10月第一次印刷

印数00,001~4,600册

统一书号: 15062·4059 定价0.78元

前 言

矿井通风习题对学习矿井通风理论、分析实际问题、掌握通风计算方法和培养解决问题的能力具有重要作用。本习题集是根据冶金系统高等院校《矿井通风与安全》教学大纲的教学要求而编写的。它是《矿井通风与安全》一书（冶金工业出版社出版，王英敏主编）的辅助教材。内容包括了该书中第一章至第十五章的主要内容。共编写106个例题，240个习题，并附有部分答案。

本习题集适合于采矿专业学生使用，也可作为科研、设计、生产矿山的工程技术人员进行矿井通风工程计算以及高、中等院校教师进行教学的参考。

本习题集由东北工学院王英敏、陈荣策、刘玉顺、栾昌才、李春英、王福成等同志共同编写。在编写过程中，得到各兄弟院校通风安全教研室的大力支持和协助，在此表示衷心感谢。由于编写时间较短和编者水平所限，错误之处在所难免，诚恳欢迎读者批评指正。

编 者

1982年6月

目 录

第一章	矿内大气	1
第二章	矿内风流的基本性质	5
第三章	矿内风流运动的能量方程式	13
第四章	井巷通风阻力	23
第五章	矿井自然通风	30
第六章	机械通风	48
第七章	矿井通风网路中风量自然分配	63
第八章	矿井风量调节	79
第九章	电子计算机在矿井通风中的应用	90
第十章	矿井通风系统	101
第十一章	局部通风	111
第十二章	矿井通风设计	117
第十三章	矿井通风检查与管理	132
第十四章	矿井通风的几个补充问题	144
第十五章	矿山防尘	150
习题答案		178

第一章 矿内大气

例题 1-1 用干湿球湿度计测得矿内空气的干温度为 15°C ，湿温度为 14°C ，求空气的相对湿度。

解 干温度计与湿温度计指示数差为

$$\Delta t = 15 - 14 = 1^{\circ}\text{C}$$

查附录 I 之一得相对湿度 $\phi = 90\%$

例题 1-2 在夏季地表空气温度为 25°C ，空气的相对湿度为 70% ，进入矿井后，空气温度降至 20°C ，若空气的绝对含湿量无变化，求进入矿井后的相对湿度。

解 当 $t_1 = 25^{\circ}\text{C}$ 时，查附录 I 得该温度下空气中饱和水蒸气量 $\gamma_{B1} = 22.9\text{克/米}^3$ ，因此当相对湿度 $\phi_1 = 70\%$ 时，空气中实际含水蒸气量为

$$\gamma_p = \phi_1 \gamma_{B1} = 0.70 \times 22.9 = 16.03\text{克/米}^3$$

当 $t_2 = 20^{\circ}\text{C}$ 时，查附录 I 得 $\gamma_{B2} = 17.2\text{克/米}^3$ ，故空气进入矿井后的相对湿度近似为

$$\phi_2 = \frac{\gamma_p}{\gamma_{B2}} \times 100\% = \frac{16.03}{17.2} \times 100\% = 93\%$$

例题 1-3 某掘进巷道一次爆破火药量为 20公斤 硝胺炸药，巷道断面为 4.5米^2 ，巷道长 300米 ，爆破后炮烟抛掷带长为 20米 。问爆破后炮烟抛掷带内一氧化碳平均浓度（按体积计算）是多少？又如漫延到全巷道内，其平均一氧化碳的浓度（按体积计算）又为多少？

解 爆破后巷道内炮烟浓度可按下列下式计算

$$C_0 = \frac{Ab}{1000} \times \frac{1}{V} \times 100\% = \frac{Ab}{10V} \%$$

式中 A ——火药量，公斤；

b —— 1公斤 火药爆破后产生的有毒气体量， $b = 100\text{升/公斤}$ ；

V ——空间体积，米³。

炮烟抛掷带内的浓度为

$$C_1 = \frac{Ab}{10V} \% = \frac{20 \times 100}{10 \times 4.5 \times 20} \% = 2.22\%$$

全巷道内的炮烟浓度为

$$C_2 = \frac{20 \times 100}{10 \times 4.5 \times 300} \% = 0.148\%$$

例题 1-4 应用卡他计测定某巷道的气候条件，卡他计常数 $F = 513$ 毫卡/厘米²，干卡他计由38°C冷却到35°C所需的时间为 $t = 69$ 秒，试求卡他度并说明此种大气条件适于何种程度的劳动。

解 卡他度 (H) 应按下式计算

$$H = \frac{F}{t} = \frac{513}{69} = 7.4$$

适于轻微体力劳动。

例题 1-5 某矿井地表的年平均温度 $t_0 = 8^\circ\text{C}$ ，恒温带深度 $Z_0 = 30$ 米，地热增深率 $g_r = 30$ 米/度，计算深500米处岩石的温度。

解 岩石温度随埋藏深度直线增加。500米处岩石的温度 t_r 可按下列式计算

$$t_r = t_0 + \frac{Z - Z_0}{g_r} = 8 + \frac{500 - 30}{30} = 23.7^\circ\text{C}$$

例题 1-6 某井下柴油设备排气中一氧化碳浓度为160 PPM，试换算成百分比体积浓度和毫克/升浓度。

解 PPM单位为百万分比体积浓度，故百分比体积浓度为

$$C(\%) = C(\text{PPM}) \times 10^{-4} = 0.016\%$$

百分比体积浓度 C 与毫克/升浓度 q 之间的关系为

$$q = \frac{1000M}{22.4} \times \frac{C}{100} \text{ 毫克/升}$$

即

$$q = \frac{10M}{22.4} C \text{ 毫克/升}$$

一氧化碳克分子量 $M = 28$

$$q = \frac{10 \times 28}{22.4} \times 0.016 = 0.2 \text{ 毫克/升}$$

例题 1-7 某矿围岩表面氡的析出率 $\delta = 2.2 \times 10^{-11}$ 居里/秒·米²，采空区的总暴露面积 $S = 17000$ 米²，当通过该采空区的风量为 $Q = 9$ 米³/秒·时，求风流中氡的浓度为多少？

解 1) 首先求出氡的总析出量 E

$$E = \delta S = 2.2 \times 10^{-11} \times 17000 = 3.74 \times 10^{-7} \text{ 居里/秒}$$

2) 求风流中氡的浓度

$$C = \frac{E}{Q} = \frac{3.74 \times 10^{-7}}{9 \times 1000} = 0.416 \times 10^{-10} \text{ 居里/升}$$

例题 1-8 某矿井下由于生产作业和人员呼吸所产生的二氧化碳量 $G = 8.28$ 米³/分，当供给井下的空气量 $Q = 1800$ 米³/分时，求 (1) 井下二氧化碳的浓度为多少？(2) 能否进行正常工作？

解 1) 设 x 为井下二氧化碳的浓度， C_0 为标准大气中 CO_2 的浓度 (体积比)，则

$$x = \frac{G}{Q} + C_0 = \frac{8.28}{1800} + 0.0004 = 0.5\%$$

2) 按矿山安全规程规定，可以进行正常工作。

习 题 一

1. 地面新鲜空气由哪些气体所组成？新鲜空气进入矿井后，受到矿内作业的影响，气体成分有哪些变化？

2. 引起矿内空气温度变化的主要原因是什么？

3. 解释卡他度的含义，它反映了哪些因素对气候条件的影响。

4. 试说明矿井进风段 (没有滴水) 为什么会出现冬季空气干燥，而夏季空气潮湿？

5. 冬季入风流的温度为 $+5^\circ\text{C}$ ，相对湿度为 80%，进入矿井后，空气温度增至 $+15^\circ\text{C}$ ，若空气的绝对含湿量不变，求矿内空气的相对湿度。

6. 矿井总的排风量 $Q = 2500$ 米³/分，入风温度 $t_1 = +5^\circ\text{C}$ ，空气相对

湿度 $\phi_1 = 70\%$ ，排风温度 $t_2 = +20^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $\phi_2 = 90\%$ ，求每昼夜风流由矿井中带走的水蒸气量。

7. 夏季地表空气温度为 28°C ，相对湿度为 $\phi = 60\%$ ，若进入矿井后空气的绝对含湿量没有变化，那么井下空气温度降到多少度时，才能达到露点？

8. 某采场一次爆破火药量为150公斤，采场断面为 150米^2 ，采场长度为40米，求爆破后采场内的平均一氧化碳浓度（按体积计算）为多少？是允许浓度的多少倍？

9. 用湿卡他计测定某矿的大气条件，当湿卡他计由 38°C 冷却到 35°C 时，所需的时间为 $t = 23$ 秒，湿卡他计的常数 $F = 508$ 毫卡/厘米²，问此种大气条件可适合何种程度的劳动？

10. 某矿地温的测定值如下：

距地表深度 $Z_i = 30, 60, 90, 120, 180, 210, 240$ 米

对应的地温 $t_i = 7.8, 8.4, 9.1, 9.5, 10.5, 11.0, 12^\circ\text{C}$

求该矿地热增深率平均值为多少？

11. 某矿恒温带深度为 -30 米，井下 -100 米处岩石温度为 14°C ，地热增深率 $g_r = 50$ 米/度，求井下 -370 米处岩石温度为多少？

12. 某矿恒温带的深度为 -30 米，恒温带的温度为 7.5°C 。测得 -60 米处岩石的温度为 8.1°C ， -90 米处的岩石温度为 8.8°C 。试作增温线图，求井下 -200 米处岩石的温度。

13. 某井下柴油设备尾气中 CO 的浓度为152PPM， NO_2 的浓度为220PPM，试分别换算为百分比体积浓度和毫克/升浓度。

14. 某矿由于井下人员呼吸及其它作业产生的 CO_2 量为 $5.52\text{米}^3/\text{分}$ ，求稀释 CO_2 到允许浓度所需的风量。

15. 供人员呼吸及其它需要所消耗的氧气量可折算成每人30升/分，求每人所需新鲜空气量为多少？

16. 某矿井下局部采空区域，由于酸性水对石灰岩的作用及通风不良积蓄了大量 CO_2 气体。已测知 CO_2 的含量为20%（体积比）求空气中氧的含量降低到多少？

17. 某矿涌水量 $B = 100\text{米}^3/\text{时}$ ，涌水中氧浓度 $C_1 = 115 \times 10^{-10}$ 居里/升，排水中氧浓度 $C_2 = 10 \times 10^{-10}$ 居里/升，求地下水中氧的析出量。

18. 某采场用深孔爆破，一次爆破爆下矿石200吨，矿石为含钍品位0.1%的褐铁矿，射气系数50%，求氧气析出量；欲使氧气不超过最大允许浓度，通风量应为多少？

第二章 矿内风流的基本性质

例题 2-1 某矿井，大气压力 $P=760$ 毫米水银柱，温度 $t=20^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $\phi=80\%$ ，求空气重率和密度。

解 湿空气重率按下式计算

$$\gamma = 0.465 \frac{P}{T} \left(1 - 0.378 \frac{\phi P_w}{P} \right)$$

查附录 I 得 $P_w=17.391$ 毫米水银柱，

$$\begin{aligned} \gamma &= 0.465 \frac{760}{273+20} \left(1 - 0.378 \frac{0.8 \times 17.391}{760} \right) \\ &= 1.198 \text{ 公斤/米}^3 \end{aligned}$$

也可按近似公式计算

$$\gamma = 0.461 \frac{P}{T} = 0.461 \times \frac{760}{273+20} = 1.196 \text{ 公斤/米}^3$$

若重力加速度取 $g=9.81$ 米/秒²，空气密度为

$$\rho = \frac{\gamma}{g} = \frac{1.198}{9.81} = 0.122 \text{ 公斤} \cdot \text{秒}^2/\text{米}^4$$

例题 2-2 大气压力 $P=760$ 毫米水银柱，温度为 15°C ，相对湿度为 90% ，求湿空气的气体常数及按气体状态方程计算空气重率。

解 由附录 I 中查得 15°C 饱和时 1 公斤干空气中的水蒸气含量为 $G_2=10.62$ 克，干空气的气体常数 $R_1=29.27$ 米/K，水蒸气的气体常数 $R_2=47$ 米/K，湿空气的气体常数为

$$\begin{aligned} R &= \frac{G_1 R_1 + G_2 R_2}{G} \\ &= \frac{1 \times 29.27 + 0.01062 \times 0.9 \times 47}{1 + 0.01062 \times 0.9} = 29.44 \text{ 米/K} \end{aligned}$$

气体状态方程

$$\frac{Pv}{T} = R$$

则
$$\gamma = \frac{1}{v} = \frac{P}{RT} = \frac{760 \times 13.6}{29.44(273 + 15)} = 1.22 \text{ 公斤/米}^3$$

式中 v ——空气的比容，米³/公斤。

例题 2-3 用皮托管和压差计测得巷道某点风流动压为 $h_v = 2.4$ 毫米水柱，空气重率 $\gamma = 1.2$ 公斤/米³，求巷道中该点的风速。

解 风流动压与风速存在如下关系

$$h_v = \frac{v^2}{2g} \gamma \text{ 毫米水柱}$$

或
$$v = \sqrt{\frac{2g}{\gamma} h_v} \text{ 米/秒}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 9.81 \times 2.4}{1.2}} = 6.26 \text{ 米/秒}$$

例题 2-4 用皮托管和压差计测得 A、B 两风筒的压力分别为 $h_1 = -50$ ， $h_2 = 10$ ， $h_4 = 60$ ， $h_5 = 10$ 毫米水柱（见图2-1）。求 h_3 、 h_6 的压力各为多少？各压差计测得的是什么压力？

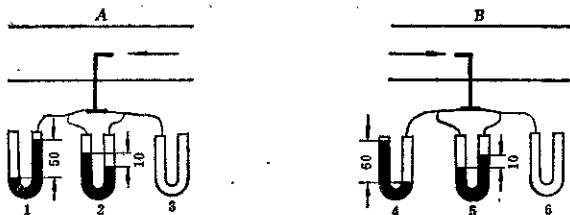


图 2-1

解 1) h_1 为静压， h_2 为动压， h_5 为动压， h_4 为全压

2) 压差计 3 的读数 h_3 为全压

$$h_3 = h_1 + h_2 = -50 + 10 = -40 \text{ 毫米水柱。}$$

3) 压差计 6 的读数 h_6 为静压

$$h_6 = h_4 - h_5 = 60 - 10 = 50 \text{ 毫米水柱。}$$

例题 2-5 某矿井井口标高 +200 米, 大气压力 $P_a = 750$ 毫米水银柱, 矿井空气的平均重率为 1.2 公斤/米³, 求在井下 -500 米深处的大气压力?

解 井下 -500 米深处的大气压力可按式计算:

$$P = P_a + \gamma Z / 13.6 = 750 + 1.2 \times \frac{200 + 500}{13.6} = 811.76 \text{ 毫米水银柱}$$

例题 2-6 某通风管路如图 2-2 所示, 已知 U 型管 1 和 2 的压力值及 $\gamma = 1.18$ 公斤/米³, $g = 9.81$ 米/秒², 求管路中风流的动压, 静压, 全压和中心点的风速。

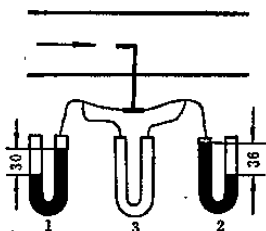


图 2-2

解 1) 用皮托管和压差计测压有如下公式

$$h_t = h_s + h_v$$

由图 2-2 看出, 压差计 1、2 均为负值, 可判断为抽出式通风, 且动压 h_v 永为正值, 所以, 根据上式可知

$$h_1 = -30 \text{ 毫米水柱, 为全压}$$

$$h_2 = -36 \text{ 毫米水柱, 为静压}$$

$$h_3 = h_1 - h_2 = -30 + 36 = 6 \text{ 毫米水柱, 为动压}$$

2) 中心点的风速

$$v = \sqrt{\frac{2gh_v}{\gamma}} = \sqrt{\frac{2 \times 9.81 \times 6}{1.18}} = 9.99 \text{ 米/秒}$$

例题 2-7 某梯形巷道断面 $S=6 \text{ 米}^2$ ，平均风速 $v=1.2 \text{ 米/秒}$ ，问该巷道的风流运动状态是层流还是紊流？

解 判断巷道中风流运动状态的准则是雷诺数 Re 。

$$Re = \frac{vd}{\nu}$$

式中 d ——巷道的等效直径，在梯形巷道中 $d = \frac{4S}{P}$ （周界 $P = 4.16\sqrt{S}$ ）；

ν ——空气运动粘性系数， $t=15^\circ\text{C}$ 时， $\nu=15 \times 10^{-6} \text{ 米}^2/\text{秒}$ ；

v ——平均风速，米/秒。

$$\text{故 } Re = \frac{4\sqrt{S} \cdot v}{4.16\nu} = \frac{4\sqrt{6} \times 1.2}{4.16 \times 15 \times 10^{-6}} = 188415$$

此值大于临界雷诺数 $Re=2320$ ，故是紊流状态。

例题 2-8 某巷道断面为 $S=5.2 \text{ 米}^2$ ，用风表测得（侧面法）平均风速 $v_s=2.3 \text{ 米/秒}$ ，求巷道的风量为多少？

解 用风表测定巷道风速时，因人体占有面积（约为 0.4 米^2 ），故巷道平均风速为

$$v = \frac{S-0.4}{S} v_s = \frac{5.2-0.4}{5.2} \times 2.3 = 2.12 \text{ 米/秒}$$

巷道风量为

$$Q = vS = 2.12 \times 5.2 = 11.02 \text{ 米}^3/\text{秒}$$

例题 2-9 圆形风筒的半径为 R ，用皮托管和压差计测其断面平均风速，若分为 3，4，5，6 个圆环，求各测点距中心点的距离分别为多少？

解 各测点距中心的距离，可按下式计算：

$$R_i = R \sqrt{\frac{2i-1}{2n}}$$

令 $K = \sqrt{\frac{2i-1}{2n}}$, 上式可写为

$$R_i = KR$$

式中 i ——测点序号 ($i=1, 2, 3 \dots n$; n ——圆环数)。

数值 K 经计算如下表:

K 值 表

表 2-1

$n \backslash i$	1	2	3	4	5	6
3	0.408	0.707	0.913			
4	0.354	0.612	0.791	0.935		
5	0.316	0.548	0.707	0.837	0.949	
6	0.289	0.500	0.646	0.764	0.866	0.957

习 题 二

1. 说明影响空气重率大小的主要因素; 压力和温度相同的干空气与湿空气相比, 哪种空气重率大? 为什么?

2. 在压入式通风的管道中, 风流的相对静压在什么情况下能出现负值? 在抽出式通风的管道中, 相对静压能否出现正值?

3. 简要说明测定断面平均风速的方法。

4. 紊流扩散系数的概念是什么?

5. 某矿井地表大气压力 $P_a = 762$ 毫米水银柱, 矿井深度每增加 100 米时, 大气压力递增率为 9.8 毫米水银柱, 求井下 -400 米处大气压力为多少? 若该处气温 $t = 18^\circ\text{C}$, 求空气重率为多少?

6. 已知大气压力为 760 毫米水银柱, 空气温度 $t = 27^\circ\text{C}$, 求湿空气重率为多少?

7. 矿井内空气压力 $P = 780$ 毫米水银柱, 空气温度 $t = 17^\circ\text{C}$, 空气的相对湿度 $\phi = 60\%$, 求空气的重率和密度?

8. 某竖井井口大气压力为 760 毫米水银柱, 若井筒中空气的平均重率 $\gamma = 1.293$ 公斤/米³, 在无风流情况下, 求 -300 米处大气压力为多少?

9. 某通风管道如图 2-3 所示, 测得 $h_1 = 18$ 毫米水柱, $h_3 = 12$ 毫米水

柱，空气重率 $\gamma = 1.2$ 公斤/米³，重力加速度 $g = 9.81$ 米/秒²，求所测中心点的风速为多少？并判断其通风方式。

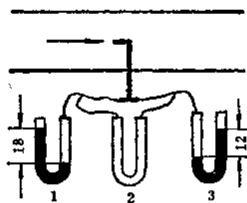


图 2-3

10. 用皮托管和 U 型管压差计测得某通风管道中压力的结果分别如图 2-4 所示。问静压、动压及全压各为多少？并判断其通风方式。

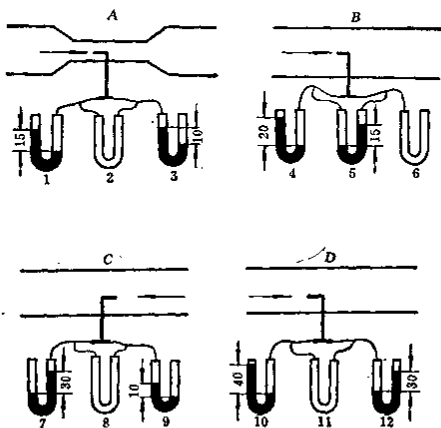


图 2-4

11. 在某井筒中，用胶皮管和 U 型管压差计测量两点的静压差（见图 2-5），如井筒中无风流。求压差计读数为多少？若已知 A 点的静压力为 760 毫米水银柱，两点的标高差为 200 米，空气的重率为 1.2 公斤/米³，求 B 点的大气压力。

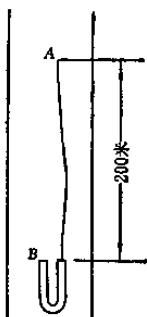


图 2-5

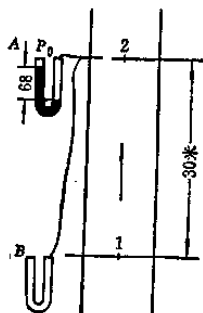


图 2-6

12. 某一段垂直通风管道如图2-6所示,管外2点标高处的大气压为 $P_0 = 760$ 毫米水银柱,压差计A测得的相对静压为68毫米水柱,问2点的大气压力为多少?又如1—2点间的标高差为30米,风流方向由1→2,压差计B放在管外1点所在标高处,求压差计B测得的读数为多少?

13. 若梯形巷道断面分别为4, 9, 16米²,空气运动粘性系数 $\nu = 15 \times 10^{-6}$ 米²/秒。求达到紊流运动时的风速应大于多少?

14. 某通风巷道断面 $S = 4$ 米², $\nu = 0.15$ 米/秒,空气温度是15°C。试判断巷道内风流的运动状态;该巷道内风流在临界雷诺数时的速度为多大?

15. 在直径为500毫米的圆形风筒断面上取5个圆环,测定其断面平均风速,试确定各测点距中心点的距离。

16. 有两梯形巷道,其几何形状完全相似,甲巷道断面为4米²,其风速为6米/秒,乙巷道断面为1米²,欲使两巷道中的风流达到动力相似,求乙巷道中的风速。

17. 某巷道断面积 $S = 8$ 米²,用皮托管和压差计测得中心点处动压 $h_v = 7.8$ 毫米水柱,空气重率 $\gamma = 1.2$ 公斤/米³,重力加速度 $g = 9.81$ 米/秒²,断面平均风速与中心点风速之比为0.82,求该巷道的风量。

18. 某矿井在标高为+400米处测得a-a断面相对静压 $h_s = -226$ 毫米水柱,如图2-7所示(风峒距地表很近),在下部平峒+253米标高处测得大气压力 $P_0 = 737$ 毫米水银柱,气温为 $t = 25^\circ\text{C}$,求扇风机风峒内的绝对静压多大。

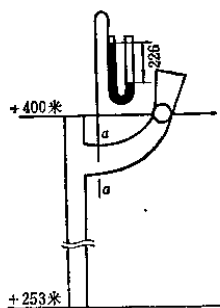


图 2-7

第三章 矿内风流运动的能量方程式

例题 3-1 用空盒气压计测得某倾斜巷道中 1、2 两点的气压分别为 760 与 764 毫米水银柱，若巷道断面相同，两点间的高差 $Z_1 - Z_2 = 100$ 米（如图 3-1），巷道内空气平均重率 $\gamma = 1.2$ 公斤/米³。求 1、2 两点间的通风阻力，并判断巷道中的风流方向。

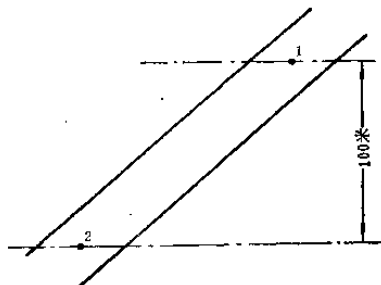


图 3-1

解 假定风流由 1 点流向 2 点，由 1、2 两点列能量方程式，则阻力 h 为

$$h = (P_1 - P_2) + (Z_1 - Z_2)\gamma + \left(\frac{v_1^2}{2g}\gamma - \frac{v_2^2}{2g}\gamma \right)$$

$$\therefore \quad \begin{aligned} P_1 - P_2 &= (760 - 764) \times 13.6 \\ &= -54.4 \text{ 毫米水柱} \end{aligned}$$

$$(Z_1 - Z_2)\gamma = 100 \times 1.2 = 120 \text{ 毫米水柱}$$

$$\left(\frac{v_1^2}{2g}\gamma - \frac{v_2^2}{2g}\gamma \right) = 0$$

$$\therefore \quad h = -54.4 + 120 + 0 = 65.6 \text{ 毫米水柱}$$

因 h 为正值，所以风流方向由 1 $\rightarrow$ 2。

例题 3-2 某巷道如图 3-2 所示，在垂直巷道上下口的水平巷道中，用皮托管的静压端与压差计相连接，测得两断面间的压差