

高等学校教学用书

实用露天矿通风学

时裕谦 编

煤炭工业出版社

高等学校教学用书

实用露天矿通风学

时裕谦 编

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书是国内首次出现的专论露天矿通风的书籍,它阐述了当今露天矿生产中出现的通风问题和解决的方法,其内容以实用为目的,主要包括露天矿大气,露天矿自然通风,露天矿人工通风,防治措施及计算,露天矿大气治理效果评价及治理方案的经济评价,有关的公式、扩散模式及实例等。

该书可作为高等院校露天开采专业的教材,亦可供现场工程技术人员和从事露天矿通风研究的人员直接参考。

责任编辑:刘 社 育

高 等 学 校 教 学 用 书 实 用 露 天 矿 通 风 学 时 裕 谦 编

煤炭工业出版社 出版
(北京安定门外和平里北街21号)
北京京辉印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

开本787×1092mm¹/16 印张 14
字数 340 千字 印数1—1,115
1990年9月第1版 1990年9月第1次印刷
ISBN 7-5020-0443-2/TD·402
书号 3229 定价 2.80元

前 言

随着露天矿的种类、生产规模、采深的不断增加，露天矿大气污染问题也日趋严重。因此，改善露天开采的劳动条件、实现文明生产、促进劳动生产率的提高、降低露天矿大气污染对安全生产造成的损失等，已成为急待解决的重要生产问题。

露天矿通风学是近30年来在露天采矿学和气象学的基础上逐渐发展起来的一门新兴学科，它属于露天开采技术的范畴。

在我国，露天矿通风的问题早已存在，而且已发展到相当严重的程度。近年来，才逐渐为人们所重视，并进行了一定的研究工作。

本书在选材上，主要以实用为目的，即以实用公式、实用数据、实用图表为主，尽量减少理论上的公式推导过程，以满足一般工程计算的需要。

目前，露天矿通风学中的公式，一部分是从流体力学和气象学中直接引用的，另一部分是从现场实测和实验模拟的数据中整理出来的经验公式。因此在使用时，应充分考虑其应用条件，否则难免会出现计算误差，这是需指出的一点。另外，书中所列的风机，均是苏联产品，因为包括我国在内的其它国家在这方面还处于研制阶段。

本书得到了矿山通风专家钱仲德的审阅，时蔚同志也参与了此书的整理工作。在此一并表示感谢。

由于编者水平所限，不妥之处在书中难免，诚望读者斧正。

编 者

1989.12

目 录

第一章 大气	1
第一节 大气的成分及分层	1
第二节 气象要素	2
第三节 大气热力过程的几个参量	4
第四节 大气质量标准	9
第二章 露天矿大气	15
第一节 成分及性质	15
第二节 稳定度分类及逆温对露天矿大气的影响	17
第三节 质量标准	18
第四节 污染源、源强及排放量	20
第五节 污染源及其排放计算	23
第六节 矿区气象条件	29
第三章 露天矿自然通风	34
第一节 分类	34
第二节 风流结构及扩散角 α_s 的统计值	36
第三节 通风的开采分期与计算风向	42
第四节 风量计算	46
第五节 露天矿内任何一点大气有害杂质浓度的计算	48
第六节 沟道的自然通风	49
第七节 工作点的自然通风	52
第八节 大爆破后通风时间的计算	53
第九节 静风后通风时间的计算	54
第十节 全矿通风计算	56
第十一节 湍流对露天矿自然通风的影响	61
第四章 露天矿人工通风	64
第一节 目的及方法	64
第二节 人工通风的一般计算	66
第三节 局部人工通风及计算	77
第四节 全矿人工通风及计算	82
第五节 风机布置	98
第六节 几种风机的使用经验	109
第五章 防治措施及计算	129
第一节 污染因素及防治措施	129
第二节 防尘与抑尘	129
第三节 防有害气体	136
第四节 矿山设备司机室的空调	141
第五节 防尘措施的方案选择及计算	145

第六节	水防尘的水量计算	151
第七节	露天矿公路抑尘方法的选择及材料消耗	153
第八节	防有害气体措施的方案选择及计算	164
第九节	露天矿大爆破及其治理	155
第十节	露天矿大气污染水平的预测方法	161
第六章	露天矿大气治理效果评价及治理方案的经济评价	164
第一节	大气污染水平评价及效果系数	164
第二节	治理方案的经济评价	181
第七章	常用公式、扩散模式、露天矿实例	192
第一节	空气的物理参量	192
第二节	空气的基本定律及气象热力学第一定律	195
第三节	运动方程及气体参数	198
第四节	大气扩散浓度的估算方法	201
第五节	风洞模拟及相似参数	207
第六节	苏联露天矿通风研究中心——高尔金露天煤矿简介	211
第七节	我国抚顺西露天煤矿简介	215

第一章 大 气

第一节 大气的成分及分层

一、成分

大气是由多种气体、悬浮物（包括液态的和固态的两种）、水蒸气混合而成的。不包括悬浮物和水蒸气的空气称为干空气，其成分见表 1-1-1。

干空气成分的数量用体积浓度（某种气体的体积在干空气总体积中所占的百分比，%）或质量浓度（某种气体的质量在干空气的总质量中所占的百分比，%）来表示。水蒸气的浓度随地区和季节而变化，其体积浓度平均约 1%。此外，在空气中，还含有粉尘和烟雾等杂质，有时能污染局部地区的地面空气。

新鲜的空气，无色无味无臭，是维持生命所必须的。空气能助燃。

表 1-1-1 干 空 气 的 成 分

气 体	体积浓度, %	质 量 浓 度		克分子量, g
		%	mg/m ³	
氮(N ₂)	78.13	75.55	976825.0	28
氧(O ₂)	20.90	23.10	298571.4	32
二氧化碳(CO ₂)	0.03	0.05	589.3	44
氩(A)	0.93	1.27	16582.2	39.94
其他稀有气体	0.01	0.01	—	—

注：体积浓度(%)与质量浓度(mg/m³)的换算是，任何气体的克分子量是该气体在标准状况下 22.4L=0.0224m³ 的质量。克分子量用mg表示(1g=1000mg)。以CO₂为例，相当于0.03%体积浓度的质量浓度是 $\frac{44 \times 1000}{0.0224} \times 0.03\% = 589.3$ mg/m³。

二、分层

按气温的垂直分布，大气自上而下分为：

1. 自由大气层

距离地面 10000m 以上的大气层称自由大气层，它不受地面摩擦的影响，可视为理想气体。

2. 对流大气层

从地面至自由大气层的厚约 10000m 的大气层称对流大气层。其特点是：温度随高度的增加而降低；集中了整个大气质量的 3/4 和全部的水蒸气；云、雾、雨、雪等主要大气现象都发生在这一层。对流层含有以下两个影响大的分层：

(1) 大气边界层（从地而算起厚 500~1000m），又称混合层（因太阳的辐射而产生自由对流作用，能很好地混合）。从日出到午后的时间段内，该层厚度可达 1000m 左右。在一般情况下，大气边界层厚约数百米（随风速、地面的粗糙度而变化），在晴朗的夜间，厚 100~200m（由辐射冷却面形成的稳定层）。风向和风速，随高度而变化。

(2) 贴地层 (近地层)。

贴地层从地面算起厚 50~100m, 是边界层 (混合层) 最下部贴近地面的气层, 在贴地层中, 空气的热量和动量, 沿高度的变化甚微, 可视为常量。

第二节 气象要素

气象要素有气温、气压、气湿 (含水量)、风、云、能见度等。

一、气温

常用的温度单位是摄氏温度和开氏温度两种, 其换算关系是:

$$T = t + 273, \text{ K} \quad (1-2-1)$$

式中 T ——开氏温度, K;

t ——摄氏温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

二、气压

气压用下式表示:

$$P = \frac{\rho V g}{S}, \text{ Pa} \quad \left(\text{或} \frac{N}{m^2} \right) \quad (1-2-2)$$

式中 P ——气压, Pa;

ρ ——空气密度, kg/m^3 ;

V ——体积, m^3 ;

g ——重力加速度, m/s^2 ;

S ——面积, m^2 。

若用 P_0 表示一个标准大气压, P_z 表示工程大气压, 换算关系为: $P_0 = 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$, $P_z = 0.98 \times 10^5 \text{ Pa}$ ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$)。〔有时用 kPa (千帕) 和 mbar (毫巴) 的单位来表示气压, 即 $1 \text{ kPa} = 1000 \text{ Pa}$, $1 \text{ mbar} = 100 \text{ Pa}$ 。另外, 气压通常用水银气压来表示, 换算关系为: $P_0 = 760 \text{ mmHg}$, $1 \text{ mmHg} = 1.333 \text{ mbar} = \frac{4}{3} \text{ mbar}$, $1 \text{ mbar} = 0.75 \text{ mmHg} = \frac{3}{4} \text{ mmHg}$ 〕。

气压 P 与高度 Z 的关系是, 由状态方程 $P = \rho R T$ (式中: ρ 为密度; R 为气体常数, $R = 0.287 \text{ J}/\text{g} \cdot \text{K}$; T 为气温) 和静力方程 $\frac{dP}{dz} = -\rho g$ (式中: g 为重力加速度), 将前者代入后者, 对高度 Z 进行积分, 即从 $Z = 0$ ($P = P_0$) 积到 $Z = Z$ ($P = P_z$), 可得出气压 P 与高度 Z 的关系式为:

$$P_z = P_0 e^{-\int_0^Z \frac{g}{RT} dz} \quad (1-2-3)$$

三、湿度

常用的表示方法有: 绝对湿度 f_a , 饱和绝对湿度 f_s , 相对湿度 φ , 水气压, 饱和差等。 f_a 、 f_s 及 φ 的关系是:

$$\varphi = 100 \frac{f_a}{f_s}, \% \quad (1-2-4)$$

式中 f_a ——绝对湿度, g/m^3 (或 g/kg)。 f_s 表明单位容积 (或质量) 的湿空气中所含水蒸气质量的绝对值 (含一定量水蒸气的空气, 温度升高时, 容积增大, f_s 值

变小)；

f_s ——饱和绝对湿度， g/m^3 (或 g/kg)。 f_s 值表明单位容积 (或质量) 的湿空气中所含饱和水蒸气质量 (水蒸气的最大质量) 的绝对值 (空气温度升高时，容积增大，空气分子间的孔隙度加大，容纳的水蒸气量亦增大，即气温愈高， f_s 值愈大)；

φ ——相对湿度，%。当 $\varphi=0\%$ 时 (即 $f_a=0$ 时)，意味着空气中没有水蒸气，即绝对干燥空气；当 $\varphi=100\%$ 时 (即 $f_a=f_s$ 时)，意味着空气中所含水蒸气已达到饱和程度，在一定温度和压力的条件下， f_s 值是常量，即 φ 值和 f_a 值呈正比关系。

在实际工作中，因 f_a 值不易直接测量，常以水气压 $e=P-P_d$ (式中： P 为大气压， mmHg ； P_d 为干空气分压， mmHg) 来代替。理由是，由状态方程可导出 f_a 值与 e 值的关系 (e 值用 mmHg 单位)，为：

$$f_a = \frac{289}{T}, \text{ g/m}^3 \quad (1-2-5)$$

式中 T ——气温， K 。

当气温的摄氏温度为 $t=0^\circ\text{C}$ 时， $\frac{f_a}{e}=1.06$ ； $t=16^\circ\text{C}$ 时， $\frac{f_a}{e}=1$ ； $t=40^\circ\text{C}$ 时， $\frac{f_a}{e}=0.92$ 。即在 $t=0\sim 40^\circ\text{C}$ 时， $f_a \approx e$ 。

相对湿度 φ 可用水气压 e 和饱和水气压 E 之比来表示：

$$\varphi = \frac{e}{E} \times 100, \% \quad (1-2-6)$$

$$E = E_0 \times 10^{\frac{7.45t}{235+t}}, \text{ 毫巴} \bullet \quad (1-2-7)$$

式中 E_0 ——摄氏温度为 0°C 时清水水面的饱和水气压， $E_0=6.1$ 毫巴；

E ——摄氏温度为 $t^\circ\text{C}$ 时的饱和水气压，毫巴。

式1-2-7称为马格努斯经验公式。

当 $e=E$ 时， $\varphi=100\%$ ，称为空气的饱和状态；当 $e>E$ 时， $\varphi>100\%$ ，称空气的过饱和状态。露天采场经常起雾的原因是：若空气中水气含量不变，只温度变化时：温度愈高，相对湿度 φ 值愈小，因 E 值随温度的增加比 e 值增加得快。增温，能使原来饱和的空气变为不饱和；反之，温度愈低， E 值随温度的降低比 e 值快。降温，能使原来未饱和的空气变为饱和。如在露天矿大量出现的辐射式逆温，夜晚冷空气沿四周边帮进入采场，使露天矿大气降温，空气达到饱和状态，即产生雾。

饱和差 $d=E-e$ ，表明了空气距饱和状态的程度。

四、风

空气的对流形成风。在水平方向上的空气流动称为风，在垂直方向上的流动称升降气流。风向、风速是描述风的重要指标。

风向用角度法和方位法表示：角度法是以正北为 0° ，将圆周分为 360° ，按顺时针方向增加，东为 90° ，南为 180° ，西为 270° ；方位法是把圆周分为16个方位 (在4个象限内，

● 气象上气压的单位为毫巴 (mbar)。由于气压通常用水银气压表来测量，因而常用水银柱 mmHg 作为气压单位。国际上规定，温度 0°C ，纬度 45° 的平均海平面上的气压为一个标准大气压 (P_0)，换算关系见前。

每个象限含有4个方位,一个方位角为 22.5°),正北为 0° ,按顺时针方向分北为,北(N)、北东北(NNE)、东北(NE)、东东北(ENE);东(E)、东东南(ESE)、东南(SE)、南东南(SSE);南(S)、南西南(SSW)、西南(SW)、西西南(WSW);西(W)、西西北(WNW)、西北(NW)、北西北(NNW)、北(N)。

风速是指空气在单位时间内的水平移动距离,用m/s表示。

气象部门所测定的风向和风速都是指一定时间的平均值。根据需要,可测定瞬时风向和风速。

风向的出现频率(用%表示)与该风向的平均风速(m/s)的比值称为污染系数。例如,SSW风向的出现频率是12%,平均风速是3m/s,则污染系数是 $\frac{12}{3}=4$ 。污染系数和风向一样,可绘制污染系数玫瑰图。

五、云

云高和云量是描述云的两个重要指标。

云高,是指云底至地面的距离,可分为:高云(约5000m),白色,薄,透明,由冰晶构成;中云(云高约2500~5000m),白色或灰白色,无光泽,云体稠密,由冰晶及过冷的微水滴构成;低云(云高在2500m以下),云体结构稀松,常分散为孤立的大云块,黑灰色,由飘浮的水滴构成。

云量,是指云遮蔽大气的成数。我国将天空分为十份,云遮蔽了几份,云量就是几。例如碧空无云,云量为零;阴天为十。记录方式是用分数来表示:分子表示总云量(不分云的层次和云高);分母表示低云量(低云遮蔽天空的成数)。如10/7, 5/5, 6/3等(在任何情况下,都是总云量大于低云量,即分子大于分母)。

六、能见度

视力正常的人,在当时的天气条件下,能看到目标物的最大水平距离。能见度表示了大气的清洁和透明程度。

第三节 大气热力过程的几个参量

一、干绝热直减率 γ_d

干空气块绝热上升时,因气压减小而膨胀,温度降低;下降时,气压增大,温度上升。

干空气在绝热升降过程中,每升降单位距离(100m)时的温度变化数值称为干空气温度的绝热垂直递减率(干绝热直减率) γ_d :

$$\gamma_d = -\frac{dT}{dZ}, \text{ } ^\circ\text{C}/100\text{m} \quad (1-3-19)$$

公式中的“-”号,表示干气块在绝热过程中温度随高度而降低。微商 $\frac{dT}{dZ}$ 表示个别梯度的固定值。 γ_d 的求法:

$$\gamma_d = -\frac{dT}{dZ} \approx \frac{Ag}{c_p} \approx 1^\circ, \text{ } ^\circ\text{C}/100\text{m}$$

未饱和湿空气的绝热直减率 γ_d 同于干空气的。

① 式中 $A=0.24 \times 10^{-7} \text{ cal/erg}$, $g=980 \text{ cm/s}^2$, $c_p=0.24 \text{ cal/gK}$, $\gamma_d=0.98^\circ\text{C}/100\text{m} \approx 1^\circ\text{C}/100\text{m}$ 。

二、气温直减率 γ (气温梯度)

由高度不同而引起的气温变化, 用气温直减率 γ 来表示:

$$\gamma = -\frac{\partial T}{\partial Z}, \text{ } ^\circ\text{C}/100\text{m} \quad (1-3-2)$$

公式中的“-”号, 表示气温随高度是降低的。

对流层实际大气的平均气温直减率 $\gamma = 0.65^\circ\text{C}/100\text{m}$ 。

γ 值可用探空仪或其他仪器测得。

三、位温 θ 和位温梯度 $\frac{\partial \theta}{\partial Z}$

为比较在不同气压条件下的气块温度, 定义一种不受气压变化影响的温度, 即位温 θ 。其定义是: 干空气绝热位移到标准气压为 1000 毫巴处的温度, 以 θ 表示。

$$\text{由} \quad \frac{T_1}{T} = \left(\frac{P_1}{P}\right)^{0.289} \quad (1-3-3)$$

令

$$T_1 = \theta$$

$$P_1 = 1000 \text{ 毫巴}$$

则

$$\theta = T \left(\frac{1000}{P}\right)^{0.289} \quad (1-3-4)$$

式中 T ——气块的实际温度, K;

P ——气块的实际气压, 毫巴。

干绝热直减率 γ_d 、气温直减率 γ 、位温梯度 $\frac{\partial \theta}{\partial Z}$ 的关系用下式表示:

$$\frac{\partial \theta}{\partial Z} = \frac{\theta}{T} \left(\gamma_d + \frac{\partial T}{\partial Z} \right) = \frac{\theta}{T} (\gamma_d - \gamma) \quad (1-3-5)$$

四、大气垂直稳定度及判断方法

1. 垂直稳定度

一气块受外力产生向上或向下的运动。解除外力作用后, 气块减速并返回原来高度, 则此时的大气是稳定的; 气块加速, 大气是不稳定的; 气块不加速亦不减速, 大气处于中性平衡状态。

2. 判断方法

(1) 阿基米德浮力定律法

一气块向上位移了一个距离 dZ 后, 气块的温度为 T' , 密度为 ρ' ; 而周围空气的温度为 T , 密度为 ρ 。气块受到的浮力 f (阿基米德定律) 为:

$$f = g(\rho - \rho')$$

式中 g ——重力加速度。

力 f 使气块产生的加速度 $\frac{d\omega}{dt}$ 为:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{g(\rho - \rho')}{\rho'}$$

若气块气压 P' 与周围气压 P 相等 ($P' = P$),

则

$$\frac{\rho}{\rho'} = \frac{T'}{T}$$

$$\frac{\rho - \rho'}{\rho'} = \frac{T' - T}{T}$$

即
$$\frac{d\omega}{dt} = g \left(\frac{T' - T}{T} \right) \quad (1-3-6)$$

因气块温度 T' 值难以测得, 可用以下方法转换: 气块在起始高度处的温度为 T_0 , 周围空气的温度亦为 T_0 ; 气块在干绝热条件下向上位移一个高度 dZ , 则气块温度 T' 为:

$$T' = T_0 - \gamma_d dZ$$

式中 γ_d ——干绝热直减率。

新高度处周围空气的温度 T 为:

$$T = T_0 - \gamma dZ$$

式中 γ ——气温直减率。

将 T' 值和 T 值代入上式, 则:

$$\frac{d\omega}{dt} = g \left(\frac{\gamma - \gamma_d}{T} \right) dZ \quad (1-3-7)$$

由上式可知:

$\gamma > \gamma_d$, $\frac{d\omega}{dt} > 0$, 气块加速, 大气不稳定;

$\gamma < \gamma_d$, $\frac{d\omega}{dt} < 0$, 气块减速, 大气稳定;

$\gamma = \gamma_d$, $\frac{d\omega}{dt} = 0$, 大气处于中性平衡状态。

(2) 位温梯度法

由式(1-3-5) $\frac{\partial \theta}{\partial Z} = \frac{\theta}{T} (\gamma_d - \gamma)$ 可知,

$\gamma > \gamma_d$, $\frac{\partial \theta}{\partial Z} < 0$, 大气不稳定;

$\gamma < \gamma_d$, $\frac{\partial \theta}{\partial Z} > 0$, 大气稳定;

$\gamma = \gamma_d$, $\frac{\partial \theta}{\partial Z} = 0$, 大气处于中性平衡状态。

五、大气稳定度分级

目前有帕斯奎尔法和特纳尔法等。

1. 帕斯奎尔法

该法是根据太阳的辐射(日照、云量)和距地面 10m 高处的平均风速, 将大气的稀释扩散能力划分为 A(极不稳定)、B(不稳定)、C(弱不稳定)、D(中性)、E(弱稳定)、F(稳定)共 6 个稳定度级别(见表 1-3-1)。

帕斯奎尔法适用于开阔的乡村地区及矿区。

在实际工作中, 根据常规气象观测资料来估算污染物在大气中的扩散参数, 帕斯奎尔扩散曲线法及特纳尔扩散曲线法基本上满足了这一要求(见第七章第五节)。

2. 特纳尔法

特纳尔针对帕斯奎尔划分大气稳定度级别有时不准确的问题,对帕斯奎尔法作了改进,对太阳辐射、云量、云高作了更细致的规定(见表1-3-2和表1-3-3),但仍认为,对太阳辐射的定量不太准。

特纳尔法是,根据云量与太阳高度角 h_0 按表1-3-3查出辐射等级,再由辐射等级和地面风速按表1-3-2查出稳定度的等级。

表 1-3-1 帕斯奎尔法划定大气稳定度级别表

地面风速(距地面10m处), m/s	白 天 的 太 阳 辐 射			白天阴天或 夜 间	有云的夜间	
	强	中	弱		薄云遮盖面积或低云量 $\geq \frac{10}{5}$	云量 $\leq \frac{10}{4}$
<2	A	A~B	B	D	E	F
2~3	A~B	B	C	D	E	F
3~5	B	B~C	C	D	D	E
5~6	C	C~D	D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D	D

注:强辐射:碧空的太阳高度角 $h_0 > 60^\circ$;中纬度地区仲夏晴天的中午;

弱辐射:碧空的太阳高度角 $h_0 = 15^\circ \sim 35^\circ$;中纬度地区寒冬晴天的中午;

云量折减:有碎云(云量10/6~10/9)时,强辐射减为中辐射,中辐射减为弱辐射。

表 1-3-2 特纳尔法划定大气稳定度级别表

地面风速 (距地面10m处),m/s	太 阳 辐 射 等 级					
	+3	+2	+1	0	-1	-2
≤ 2	A	A~B	B	D	E	F
2~3	A~B	B	C	D	E	F
3~5	B	B~C	C	D	D	E
5~6	C	C~D	D	D	D	D
≥ 6	C	D	D	D	D	D

表 1-3-3 特纳尔法划定太阳辐射等级表

云 量 总云量/低云量	太 阳 高 度 角 h_0 , 度				
	夜 间	$h_0 \leq 15^\circ$	$15^\circ < h_0 \leq 35^\circ$	$35^\circ < h_0 \leq 65^\circ$	$h_0 > 65^\circ$
$<4/ <4$	-2	-1	+1	+2	+3
5~7/ <4	-1	0	+1	+2	+3
$>8/ <4$	-1	0	0	+1	+1
$>7/5 \sim 7$	0	0	0	0	+1
$>8/ >8$	0	0	0	0	0

注:太阳高度角 h_0 的计算方法,

$$h_0 = \arcsin[\sin\phi\sin\delta + \cos\phi\cos\delta\cos(15t + \lambda - 300)], \text{度}$$

式中 ϕ ——当地的地理纬度,度;

λ ——当地的地理经度,度;

δ ——太阳倾角,度。按当时的月份与日期查取(见表1-3-4);

t ——观测时的北京时间, h。

表 1-3-4 太阳倾角 δ 的概略值

月	旬	倾角, °	月	旬	倾角, °	月	旬	倾角, °
1月	上	-22	5月	上	+17	9月	上	+7
	中	-21		中	+19		中	+3
	下	-19		下	+21		下	-1
2月	上	-15	6月	上	+22	10月	上	-5
	中	-12		中	+23		中	-8
	下	-9		下	+23		下	-12
3月	上	-5	7月	上	+22	11月	上	-15
	中	-2		中	+21		中	-18
	下	+2		下	+19		下	-21
4月	上	+6	8月	上	+17	12月	上	-22
	中	+10		中	+14		中	-23
	下	+13		下	+11		下	-23

六、对流层气温的铅直分布与逆温的分类

1. 铅直分布

在对流层中, 气温的铅直分布, 是随高度的增加而降低的, 是辐射作用所致。分以下四类:

- (1) 递减——温度随高度的增加而降低, $\gamma > \gamma_a$;
- (2) 中性——温度梯度接近或等于 $1^\circ\text{C}/100\text{m}$;
- (3) 等温——气温随高度的增加不发生变化;
- (4) 逆温——气温随高度的增加而增加, 温度梯度出现负值。

2. 逆温的分类

由式 1-3-2 可知, γ 值越小, 大气就越稳定。当 γ 值为负值时, 大气就十分稳定了。

在逆温层内, 大气的垂直运动很难发展。处于逆温层中的烟、尘和水气凝结物, 因不易扩散, 会大量积聚, 能见度下降, 空气质量恶化, 严重时会造成污染。

按形成的条件, 逆温分为 5 种: 辐射逆温、平流逆温、下沉逆温、湍流逆温、锋面逆温。

(1) 辐射逆温

辐射逆温出现在晴朗无云或少云的夜间。当风小时, 因地面的强烈辐射而很快冷却, 近地面的气温也随之下降。离地面越近的空气层, 降温越甚, 于是形成了自地面开始的逆温。之后, 随着地面冷却的加剧, 逆温逐渐向上扩展, 黎明时达到最强。日出后, 太阳辐射加强, 地面增温, 逆温由下而上逐渐消失。

辐射逆温在大陆上常年可见, 以冬季最强。中纬度地区冬季的辐射逆温厚度可达 200~300m。高纬度地区可达 2000~3000m, 白天也不会消失。

辐射逆温最常出现, 与大气污染的关系最为密切。

常伴随辐射逆温同时出现的还有地形逆温。在山谷、河谷、盆地发生辐射逆温时, 冷空气沿斜坡(边帮)流入底部, 加强了逆温强度。凹陷露天矿大气经常出现的逆温现象, 具有明显的典型性。

(2) 平流逆温

暖空气平流到冷地面的上方, 下层暖空气受地表影响降温, 上层降温少, 下层降温多, 致形成逆温。

冬季, 中纬度地区海上温度高, 陆上温度低, 海上暖空气流到大陆上时常形成平流逆温。暖空气流到低地、盆地(如露天矿)内积聚的冷空气上面也可形成平流逆温。

(3) 下沉逆温

由于空气下沉压缩增温形成的逆温。

某高度处的厚为 h 的一气块, 下沉时(绝热)因压力加大, 使气块面积加大, 厚度变薄(厚度变为 h'), $h' < h$ 。顶部下降的距离比气块底部的下降距离大, 故顶部的增温大于底部的增温, 遂形成逆温。

下沉逆温多出现在高压区内, 范围广, 厚度大(数百米), 往往覆盖整个矿区或更宽广的范围(称“盖帽”), 有时数天内方可解除, 此间, 往往形成污染事件, 导致露天矿停产。

(4) 湍流逆温

低层空气湍流混合形成的逆温称为湍流逆温。

空气的不规则运动称为湍流运动。运动的结果, 是大气中包含的热量、水分、动量、污染物可充分的变换、混合, 形成混合层。混合前, 气温梯度 γ 小于干绝热直减率 γ_d ($\gamma < \gamma_d$), 升降的空气温度均按干绝热直减率变化, 上升空气的温度比周围空气的温度下降得快(即温度低于周围的); 下沉空气的温度比周围空气的温度高。混合的结果, 使上层空气降温, 下层空气增温($\gamma = \gamma_d$), 在混合层以上, 混合层与不受湍流混合影响的上层空气间出现一过渡层, 即逆温层。

(5) 锋面逆温

在对流层中, 冷暖空气相遇时, 密度小的暖空气会爬到密度大的冷空气的上方, 形成一斜面过渡区, 即锋面。在锋面上即形成逆温。

第四节 大气质量标准

一、空气质量

空气质量标准分为: (一) 大气环境质量标准, 是为了保障人们的健康和生产条件, 在地面的大气中允许含有各种污染物的最高允许浓度; (二) 车间空气质量标准, 是在生产岗位上的空气里, 长期从事劳动的工人, 不会引起急性或慢性职业危害的各种污染物的最高允许浓度。显然, 大气环境质量标准比车间空气质量标准严格。

1963年, 世界卫生组织提出四级标准作为制定空气质量标准的依据。这四级分别为:

第一级: 对生物(人、动物、植物)没有直接或间接影响的浓度和接触时间;

第二级: 对人体感官有刺激, 对植物有危害的浓度和接触时间;

第三级: 对人能引起慢性病, 使人的生理机能发生障碍或衰退、而导致生理机能缩短的浓度和接触时间;

第四级: 对污染敏感的人能引起急性症状或导致死亡的浓度和接触时间。

我国的大气质量标准量介于上述的第一级与第二级之间的标准。

为有效地控制空气污染(见表1-4-1及表1-4-2)、须同时对污染物的排放量及地面浓度

进行控制，为此制定了大气环境质量和工业废气排放标准。

二、我国的大气质量标准

1. 大气环境质量标准

1982年，我国制定了“大气环境质量标准”GB3095—82，按三级标准将大气环境质量分为：

一级标准：为保护自然生态和人群的健康，在长期接触的情况下，不会发生任何影响的空气质量要求（适用于自然保护区、风景名胜疗养区）。

二级标准：为保护人群的健康和城乡的动植物，在长期和短期接触的情况下，不会发生伤害的空气质量要求（适用于首都、旅游城市、居住区、文化区、名胜古迹区、农村等）。

表 1-4-1 几种主要污染物

污 染 物	成 分
粉尘微粒	碳粒、飞灰、碳酸钙、氧化锌、二氧化铅等
硫化物	二氧化硫、三氧化硫、硫酸、硫化氢等
氮化物	一氧化氮、二氧化氮、硝酸、氨等
氧化物	臭氧、过氧化物、一氧化碳等
卤化物	氯、氟、氯化氢、氟化氢等
有机化合物	碳化氢、甲醛、有机酸、焦油、有机卤化物等

表 1-4-2 几种危害较大的工业废气

废 气	来 源
粉尘废气	钢铁厂、有色金属冶炼厂、热电厂、建材工业等
重金属废气	冶炼过程及原材料的生产过程
含硫废气	燃料燃烧、有色金属冶炼、石油炼厂、硫酸厂等
含氟废气	氯碱工厂、有机化合物的氯化反应过程
含氟废气	炼铝厂、以磷矿石为原料的工厂

注：1970年美国城市大气污染源统计表明：汽车废气（尾气）和燃烧产生的污染物占全部污染物的77%。

表 1-4-3 空气污染物三级标准浓度限值

污 染 物	浓 度 限 值, mg/m^3			
	取值时间	一 级	二 级	三 级
总悬浮微粒	日 平 均	0.15	0.30	0.50
	任 何 一 次	0.30	1.00	1.50
飘 尘	日 平 均	0.05	0.15	0.25
	任 何 一 次	0.15	0.50	0.70
二氧化硫	年 日 平 均	0.02	0.06	0.10
	日 平 均	0.05	0.15	0.25
	任 何 一 次	0.15	0.50	0.70
氮氧化物	日 平 均	0.05	0.10	0.15
	任 何 一 次	0.10	0.15	0.30
一氧化碳	日 平 均	4.00	4.00	6.00
	任 何 一 次	10.00	10.00	20.00
光化学氧化剂(O_3)	一小时平均	0.12	0.16	0.20

注：日平均：为任何一日的平均浓度不许超过的限值；

任何一次：为任何一次采样测定时不许超过的限值；

年日平均：为任何一年的日平均浓度均值不许超过的限值。

三级标准：为保护人群不发生急性的和慢性的中毒，城市一般动植物（敏感者除外）正常生长的空气质量要求（适用于污染较严重的工业城镇和工业区，城市交通枢纽、干线等）。

空气污染物三级标准浓度限值见表1-4-3。

1973年我国制定的“居住区大气中有害杂质的最高允许浓度”见表1-4-4。

车间空气质量标准见国家或部门的有关规定。

表 1-4-4 居住区大气中有害杂质最高允许浓度, mg/m^3

有 害 杂 质	一 次	日 平 均	有 害 杂 质	一 次	日 平 均
一氧化碳	3.00	1.00	吡啶	0.08	—
乙酰苯	0.008	—	苯	2.40	0.80
乙醛	0.01	—	苯乙酚	0.01	—
二甲苯	0.30	—	苯胺	0.10	—
二氧化硫	0.50	0.15	环氧氯丙烷	0.20	—
三硫化碳	0.04	—	氟化物(换算成氟)	0.02	0.007
五氧化二磷	0.15	0.05	氨	0.20	—
丙烯腈	—	0.05	氧化氮(换算成 NO_2)	0.15	—
丙烯醛	0.10	—	砷化物(换算成砷)	—	0.003
丙酮	0.80	—	敌百虫	0.10	—
戊烯	1.50	—	氢氰酸	—	0.01
甲基对硫磷	0.01	—	酚	0.02	—
甲基丙烯酸甲酯	0.10	—	碳化氢	0.01	—
甲醇	3.00	1.00	硫酸	0.30	0.10
甲醛	0.05	—	硝基苯	0.01	—
汞	—	0.0003	铅及其无机化合物(换算成铅)	—	0.0007
汽油(换算成碳)	5.00	1.50			
铍	—	0.00001	大气中的灰尘:		
氟	0.10	0.03	自然沉降量	$3\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{月}$	
氯丁二烯	0.10	—	煤尘	0.15	0.05
氯化氢	0.05	0.015	飘尘	0.50	0.15
六价铬	0.0015	—			
锰及其化合物(换算成 MnO_2)	0.03	0.01			

注：一次最高允许浓度：任何一次测定时的最大容许值；

日平均最高容许浓度：任何一日的平均浓度的最大容许值；

灰尘自然沉降量：在当地清洁区的基础上容许增加的数值。

表 1-4-5 我国城市大气污染情况

污 染 物	日 平 均 浓 度, mg/m^3	备 注
飘尘(北方城市)	0.24~0.195	特别严重的城市
飘尘(南方城市)	0.19~0.095	
二氧化硫	0.18~0.39	
一氧化碳	3.00~12.00	
氧化氮	0.04~0.22	
臭氧	0.06~0.21	
铅(普通城市)	0.10~0.60	
铅(交通量大的城市)	0.24~4.99	
降尘, $\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{月}$	30~70	