

高等学校教学用书

矿井通风与安全

冶金工业出版社

高等学校教学用书

矿井通风与安全

东北工学院 王英敏 主编

冶金工业出版社

高等学校教学用书
矿井通风与安全
东北工学院 王英敏 主编

*
冶金工业出版社出版
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 13 3/4 字数 362 千字

1979年12月第一版 1979年12月第一次印刷

印数00,001~6,000册

统一书号: 15062·3509 定价 1.70 元

前 言

本书是根据冶金工业部制定的高等院校采矿专业教学计划和《矿井通风与安全》教学大纲的要求编写的。全书包括矿井通风与安全技术两部分。矿井通风部分主要论述矿内大气的性质、矿内风流运动的规律、矿井通风管理和检查技术以及矿井通风设计和计算方法；安全技术部分主要论述防尘、防火、防水和矿山救护等安全防护措施。

本书由东北工学院王英敏主编。参加编写的有东北工学院陈荣乐，中南矿冶学院李一智，北京钢铁学院李怀宇、王静英、龚竟成，江西冶金学院陈旺星，西安冶金建筑学院陈子芳和昆明工学院赵梓成。

在编写过程中承蒙武汉冶金安全技术研究所、马鞍山矿山研究院、长沙矿山设计院、昆明有色冶金设计院、昆明冶金工业学校等单位给予大力支持，各冶金院校通风安全教研室提供了宝贵意见，在此表示衷心感谢。

这次新编教材由于时间较短和编者水平所限，书中一定存在不少缺点错误，诚恳欢迎读者批评指正。

编 者

1978年12月

绪 论

采矿工业是生产工业原材料的基础工业，它在整个国民经济发展中占有重要地位。矿井通风与安全工作是保护矿工安全健康，促进采矿工业高速度发展的一个重要方面。

安全生产是我们党和国家在领导生产建设中一贯坚持的方针。在社会主义国家里，生产的目的是为了满足不同人们日益增长的物质和文化生活的需要。劳动者是国家的主人，既是物质财富的创造者，又是生产建设事业的组织和管理者。国家利益和劳动人民的根本利益是完全一致的。所以在生产斗争中，不断地改善和创造安全生产条件，保护劳动群众的安全和健康，必然成为党和国家的一项重要方针。它体现了社会主义制度下新的生产关系，体现了社会主义制度的优越性。

解放前，我国的采矿工业，全部控制在帝国主义者、官僚资本家和封建把头的手中，矿工们身受三座大山的压迫，无数阶级弟兄被夺去了生命。

解放后，我国矿山的面貌发生了天翻地覆的变化。在伟大领袖毛主席，敬爱的周总理的关怀下，制定和贯彻了安全生产的方针政策。国务院颁发了“关于防止厂、矿企业中矽尘危害的决定”，以及其他劳动保护法令和安全规章制度，建立了各级劳动保护组织机构和研究机构。国家拨出巨额经费，增设大量安全防护设施。近三十年来，我国冶金矿山安全生产面貌得到了很大的改善。

安全生产的基本含义就是生产必须安全，安全促进生产。同自然作斗争，要尊重客观规律，只有掌握各种有害因素发生、发展的规律性，采取积极有效的防治措施，使生产在安全的条件下进行，才能保持正常生产，促进生产发展。对待采矿过程中的各

种有害因素，既要有敢于战胜各种自然灾害，夺取高产的革命精神，又要尊重客观规律，积极创造安全生产条件，如果不尊重客观规律，置各种威胁安全生产的有害因素于不顾，冒险蛮干，不仅职工的安全健康得不到保障，生产也不能正常进行，甚至造成伤亡事故，破坏生产。在生产过程中，当遇到不能进行安全生产的不利情况时，暂时停止生产，采取有效措施，消除隐患，重新创造有利于安全生产的新局面，是完全正确的。

正确贯彻执行党的安全生产方针，首先要正确处理生产与安全的关系，及时解决安全生产中存在的问题。要大搞技术革新，不断提高安全防护工作的技术水平。要建立和健全安全生产规章制度、岗位责任制度，加强劳动纪律性。还要贯彻“以预防为主”的方针，掌握事故的规律性，防患于未然。

这本《矿井通风与安全》教材，包括矿井通风与矿井安全技术两部分。矿井通风的基本任务是不断地向井下各作业地点供给足够数量的新鲜空气，稀释和排出各种有毒、有害及放射性气体和粉尘，调节矿内气候条件，造成一个良好的工作环境，保证井下工人安全健康，提高劳动生产率。为完成这一任务，必须正确解决以下几个技术问题：1) 研究矿内有毒、有害及放射性气体和粉尘生成和分布的规律，积极采取有效的消烟降尘措施；2) 研究矿内气候条件的变化规律，正确解决入风井冬季防冻和深热矿井的降温问题；3) 正确确定矿井的总供风量和各作业地点所需的风量；4) 正确确定矿井的通风系统、通风网路结构和通风方法；5) 正确计算矿井通风阻力，合理确定矿井所需的通风动力；6) 随着生产的发展变化及时进行风量的调节；7) 对矿井通风状况进行检查、测定，及时发现问题，解决问题。矿井安全的任务是调查研究矿山各种灾害事故的发生、发展的规律，并采取有效的预防措施和安全的工作方法，防止灾害事故的发生，促进生产发展。关于岩石冒落、凿岩爆破、提升运输、采掘机械、电气设备等方面的安全技术问题，由各有关课程讲授，本书只就矿井防尘、防火、防水及矿山救护等技术问题，作扼要的论述。

《矿井通风与安全》是采矿专业的一门重要专业课。学习《矿井通风与安全》课程，应使学生掌握矿内大气的性质和矿内风流运动的基本规律，学会矿井通风与安全工作的检测方法、技术管理措施和设计计算方法。

建国以来，矿井通风与安全方面的科学技术，经过不断革新和充实，已经初步形成一个比较完整的体系。随着我国采矿工业的高速度发展，采掘技术的不断进步，新的通风安全技术课题必将不断涌现出来。科学技术的进步也将有不少新技术需要应用到矿山中去。尽快地把我国矿井通风与安全科学技术水平提高到一个新的高度，赶上和超过世界先进水平，是我国采矿科学技术工作者一项十分光荣的任务。

目 录

绪论	VII
第一章 矿内大气	1
第一节 矿内空气的主要成分	1
第二节 矿内空气中常见的有害气体	3
第三节 放射性气体	9
第四节 矿内气候条件	13
第二章 矿内风流的基本性质	22
第一节 空气的物理性质和状态变化	22
第二节 矿内空气压力及测定	29
第三节 矿内风流的流动(运动)状态	40
第四节 矿内风流的流速及测定	41
第五节 矿内风流的流动(运动)型式	50
第三章 矿内风流运动的能量方程式	54
第一节 理想流体能量方程式	54
第二节 矿内风流的压缩性	57
第三节 不可压缩性实际流体能量方程式及 其在矿井通风中的应用	60
第四节 能量方程在通风阻力测定中的应用	62
第五节 能量方程式在分析通风动力与阻力关系时的应用	66
第六节 有分支风路的能量方程式	74
第七节 可压缩性实际流体能量方程式	77
第四章 井巷通风阻力	80
第一节 概述	80
第二节 摩擦阻力	81
第三节 局部阻力和正面阻力	88
第四节 降低井巷通风阻力的方法	95
第五节 等积孔与井巷风阻特性曲线	96
第五章 矿井自然通风	100
第一节 矿井自然通风的基本概念	100

第二节	矿井自然风压的计算	104
第三节	矿井自然风压的测定	111
第四节	矿井自然通风的特性	112
第五节	矿井自然通风的利用与控制	116
第六章	机械通风 (矿用扇风机及其应用)	119
第一节	扇风机的构造与分类	119
第二节	扇风机的个体特性曲线	123
第三节	扇风机参数的比例定律	131
第四节	扇风机的类型特性曲线	135
第五节	扇风机联合作业	138
第七章	矿井通风网路中风量自然分配	149
第一节	概述	149
第二节	串联、并联通风网路的基本性质	151
第三节	角联通风网路	156
第四节	复杂通风网路解算	160
第八章	矿井风量调节	171
第一节	并联网路的风量调节	171
第二节	矿井总风量的调节	183
第九章	应用数字电子计算机解算矿井通风网路	186
第一节	应用计算机解算通风网路所依据的数学模型	186
第二节	扇风机特性曲线的数学表达式	188
第三节	通风网路解算程序设计概要	191
第十章	矿井通风系统	202
第一节	概述	202
第二节	统一通风与分区通风	204
第三节	进风井与回风井的布置	207
第四节	主扇工作方式与安装地点	210
第五节	中段通风网路结构	214
第六节	采场通风网路结构及通风方法	217
第七节	矿井通风构筑物	224
第八节	通风系统的漏风及有效风量	235
第十一章	局部通风	240
第一节	局部通风的方法	240

第二节	局部通风计算	246
第三节	长巷道、天井掘进时的通风	255
第十二章	矿井通风设计	262
第一节	矿井通风设计的任务与内容	262
第二节	矿井通风系统选择的原则	264
第三节	全矿所需风量的计算	265
第四节	风量分配	272
第五节	全矿通风阻力计算	274
第六节	矿井通风设备的选择	277
第七节	通风井巷经济断面的选择	278
第八节	通风设计经济部分的编制	280
第十三章	矿井通风检查与管理	282
第一节	矿井通风检查与管理的主要内容	282
第二节	全矿风量和风速的检查	283
第三节	矿井通风阻力的测定	285
第四节	矿井主要扇风机工况的测定	292
第十四章	矿井通风的几个补充问题	294
第一节	高山矿井的通风	294
第二节	使用柴油机设备的矿井通风	299
第三节	含铀金属矿山的排氡通风和防氡措施	303
第四节	深热矿井降温措施	306
第五节	空气预热	311
第十五章	矿山防尘	316
第一节	矿尘的产生及危害	316
第二节	通风除尘	323
第三节	湿式作业	330
第四节	密闭抽尘及净化	339
第五节	个体防护	356
第六节	测尘技术	359
第十六章	矿山防火	367
第一节	矿山外因火灾的预防	367
第二节	矿内内因火灾的预防	371
第三节	矿内火灾的消灭	383

第十七章	矿山防水	390
第一节	概述	390
第二节	矿井充水条件	390
第三节	地面防水	393
第四节	井下防水	394
第五节	发生透水事故时应采取的措施	403
第十八章	矿山救护	405
第一节	矿山救护的组织与工作原则	405
第二节	矿工自救措施	406
第三节	安全出口和出入井人员的统计	411
第四节	矿山救护主要设备	412
第五节	编制预防和处理事故计划(简称“防灾计划”)	415
附录 I	有关压力单位互换表	417
附录 II	用不完全的棚架支护的巷道之 摩擦阻力系数 $\alpha \times 10^4$ 值	418
附录 III	其他各种井巷的摩擦阻力系数值	418
附录 IV	各种局部阻力系数 ξ 值	419
附录 V	紊流扩散系数值	423
附录 VI	第九章例题电算的源程序	423

第一章 矿内大气

第一节 矿内空气的主要成分

地面空气一般是由以下主要气体混合组成：

(按体积百分比)

氧	20.96%
氮	79.00%
二氧化碳	0.04%

此外地面空气中尚含有一定量的水蒸气，微生物与灰尘等。

在地球上，经常进行着一系列气体的产生和消失的化学物理的反应过程。往往由于这些过程的相互作用，而使空气的主要成分保持不变。如动物吸气时吸进氧，呼气时放出二氧化碳，而植物的光合作用则相反，吸收二氧化碳，放出氧气。在局部地区（如工业区和城市区），地面空气往往被自然界和人们生活、生产过程产生的各种烟尘及有毒有害气体所污染。但由于地面空气的存在量十分巨大（ 5.1×10^{15} 吨），并具有特别大的流动性和一定的扩散性，因此地面空气的主要组成成分仍能保持稳定不变。然而，从环境保护的角度出发，对于局部污染严重地区，三废（废气、废渣、废水）的处理问题应引起足够的重视，必须采取切实可行的防护措施。

正常的地面空气进入矿井后，当其成分与地面空气成分相同或相差不多时，称为矿内新鲜空气。由于井下生产过程，产生了各种有毒有害的物质，使矿内空气成分发生了一系列的变化。其表现为：含氧量降低，二氧化碳量增加，并混入了矿尘和有毒、有害气体（如CO、NO₂、H₂S、SO₂……），空气的温度，湿度和压力也发生了变化等。这种充满在矿内巷道中的各种气体矿尘和

杂质的混合物，统称为矿内污浊空气。

矿内空气的主要成分是氧、氮和二氧化碳。而氮为惰性气体，在井下变化很小。

1. 氧 O_2

氧为无色、无味、无臭的气体，比重为1.11。它是一种非常活泼的元素，能与很多元素起氧化反应，能帮助物质燃烧和供人与动物呼吸，是空气中不可缺少的气体。

当氧与其他元素化合时，一般是发生放热反应，放热量决定于参与反应物质和生成物质的量和成分，而与反应速度无关。当反应速度缓慢时，所放出的热量往往被周围物质所吸收，而无显著的热力变化现象。

人体维持正常的生命过程所需的氧量，取决于人的体质、神经与肌肉的紧张程度，休息时需氧量为0.25升/分，工作和行走时为1~3升/分。

空气中氧气少了，人们的呼吸就感到困难，严重时 would 因缺氧而死亡。当空气中氧气减少到17%时，人们从事紧张工作会感到心跳和呼吸困难；氧减少到15%时，会失去劳动能力；减少到10~12%，会失去理智，时间稍长对生命就有严重威胁；到6~9%时，会失去知觉，若不急救就会死亡。

我国矿山安全规程规定，矿内空气中氧含量不得低于20%。

2. 二氧化碳 CO_2

二氧化碳是无色，略带酸臭味的气体，比重为1.52，是一种较重的气体，很难与空气均匀混合，故常积存在巷道的底部，在静止的空气中有明显的分界。二氧化碳不助燃也不能供人呼吸，易溶于水，生成碳酸，使水溶液成弱酸性，对眼、鼻、喉粘膜有刺激作用。

二氧化碳对人的呼吸起刺激作用，当肺气泡中二氧化碳增加2%时，人的呼吸量就增加一倍，人在快步行走和紧张工作时感到喘气和呼吸频率增加，就是因为人体内氧化过程加快后，二氧化碳的生成量增加，使血液酸度加大刺激神经中枢，因而引起频

繁呼吸。在有毒气体中毒人员急救时，最好首先使其吸入含 5 % CO_2 的氧气，以增强肺部的呼吸。

当空气中二氧化碳浓度过大时，造成氧浓度降低，可以引起缺氧窒息。当空气中 CO_2 浓度达到 5 % 时，人就出现耳鸣，无力，呼吸困难等现象。达到 10 ~ 20 % 时，人的呼吸处于停顿状态，失去知觉，时间稍长有生命危险。

我国矿山安全规程规定：有人工作或可能有人到达的井巷，二氧化碳不得大于 0.5 %，总回风流中，二氧化碳不超过 1 %。

第二节 矿内空气中常见的有害气体

金属矿山井下常见的对安全生产威胁最大的有毒气体有：一氧化碳（ CO ）、二氧化氮（ NO_2 ）、二氧化硫（ SO_2 ）、硫化氢（ H_2S ）等。

一、有毒气体的来源

1. 爆破时所产生的炮烟

炸药在井下爆炸后，产生大量的有毒、有害气体，有毒、有害气体的种类和数量与炸药的性质、爆炸条件及介质有关。在一般情况下，产生的有毒、有害气体大部分为一氧化碳和氮氧化合物。如果将爆破后产生的二氧化氮，按一升二氧化氮折合为 6.5 升一氧化碳计算，则 1 公斤炸药爆破后所产生的有毒气体（相当于一氧化碳量）为 80 ~ 120 升。

2. 柴油机工作时所产生的废气

柴油机废气成分很复杂，它是柴油在高温高压下进行燃烧时所产生的各种有毒有害气体的混合体。一般情况下有氮氧化合物，含氧碳氢化合物、低碳氧化合物、油烟等。但其中的主要成分为氧化氮、一氧化碳、醛类和油烟等。柴油机排放的废气量由于受各种因素的影响，变化较大，没有统一标准，一九七五年一机部、冶金部召开的废气净化座谈会上，提出了坑内矿用柴油机废气排放指标，列入表 1-1

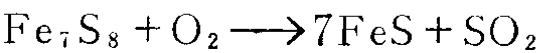
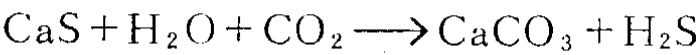
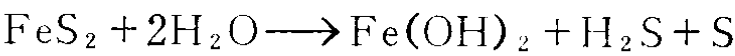
3. 硫化矿物的氧化

坑内矿用柴油机废气排放指标

表 1-1

成 分	135 系 列 柴 油 机	105 系 列 柴 油 机
CO	7.5克/马力小时	7.5克/马力小时
NO _x	5克/马力小时	6克/马力小时
CH	1克/马力小时	1克/马力小时

在开采高硫矿床时，由于硫化矿物缓慢氧化除产生大量的热外，还会产生二氧化硫和硫化氢气体：如



在含硫矿岩中进行爆破工作，或硫化矿尘爆炸以及坑木腐烂和硫化矿物的水解都会产生硫化气体（SO₂，H₂S）。

4. 井下火灾

当井下失火引起坑木燃烧时，会产生大量一氧化碳，如一架棚子（直径为180毫米，长2.1米的立柱两根和一根长2.4米的横梁，体积为0.17立方米）燃烧所产生的CO约为97立方米，这样多的CO足以使断面为4~5米²的巷道在二公里长范围以内的空气中CO含量达到致命的数量。

在煤矿中瓦斯和煤尘爆炸，也会产生大量的一氧化碳，往往成为重大死亡事故的主要原因。

二、各种有毒气体的性质

1. 一氧化碳（CO）

一氧化碳是无色、无臭、无味的气体，对空气的比重为0.97，故能均匀地散布于空气中，不用特殊仪器不易察觉，一氧化碳微溶于水，一般化学性不活泼，但浓度在13~75%时能引起爆炸。

一氧化碳极毒，当空气中CO浓度为0.4%时，在很短的时间内人就会失去知觉，抢救不及时就会中毒死亡。

日常生活中的“煤气中毒”就是CO中毒。一氧化碳的毒性是因为：人体的血液中的血红素是专门在肺部吸收空气中的氧气

以维持人体的需要。而血红素有另一种特性就是它与一氧化碳的亲合力超过它与氧的亲合力的250~300倍。由此，当人体吸入含一氧化碳的空气后，一氧化碳很快与血红素结合，这就大大地降低了血红素吸收氧的能力，使人体各部分组织和细胞产生缺氧现象，引起窒息和血液中毒，严重时造成死亡。

一氧化碳的中毒程度和中毒的快慢与下列因素有关：

1) 空气中一氧化碳的浓度。人处于静止状态时，CO 浓度与人中毒程度关系如表1-2。

一氧化碳的浓度与人体中毒程度的关系 表 1-2

中毒程度	中毒时间	CO 浓度		中毒特征
		(毫克/升)	体积比 (%)	
无征兆或有 轻微征兆	数小时	0.2	0.016	
轻微中毒	一小时以内	0.6	0.048	耳鸣、心跳、头昏、头痛
严重中毒	0.5~1小时	1.6	0.128	头痛、耳鸣、心跳、四肢无力、 哭闹、呕吐
致命中毒	短时间内	5.0	0.400	丧失知觉、呼吸停顿

2) 与含有CO 的空气接触时间。接触时间愈长，血液内CO量就愈大，中毒就愈严重。

3) 呼吸频率与呼吸深度。人在繁重工作或精神紧张时，呼吸急促，频率高，呼吸深度也大，中毒就快。

4) 与人的体质和体格有关。

人们经常处于CO略微超过允许浓度的条件下工作时，虽短时间不会发生急性病状，但由于血液和组织长期轻度缺氧，以及对神经中枢的伤害，会引起头痛，胃口不好，记忆力衰退及失眠等慢性中毒等病症。

我国矿山安全规程规定：矿内空气中CO浓度不得超过0.0016% (按体积计算)，按重量计算不得超过0.02毫克/升，爆破后，通风机连续运转条件下，CO的浓度降至0.02%时，就可进入工作面。

2. 氮氧化物 (NO_2)

炸药爆炸时产生了大量的一氧化氮和二氧化氮，一氧化氮极不稳定，遇空气中的氧即转化为二氧化氮。

二氧化氮是一种褐红色有强烈窒息性的气体，对空气的比重为1.57，易溶于水，而生成腐蚀性很强的硝酸。所以它对人的眼、鼻、呼吸道及肺部组织有强烈腐蚀破坏作用，对人体危害最大的是破坏肺部组织，引起肺水肿。

二氧化氮中毒后有较长的潜伏期，初期没有什么感觉（经过4~12小时甚至24小时以后才发生中毒征兆），即使在危险的浓度下，初期也只是感觉呼吸道受刺激，开始咳嗽吐黄痰，呼吸困难，以致很快死亡。

当空气中二氧化氮浓度为0.004%时，2~4小时，还不会引起中毒现象。当浓度为0.006%时，就会引起咳嗽，胸部发痛。当浓度为0.01%时，短时间内对呼吸器官就有很强烈刺激作用，咳嗽、呕吐、神经麻木。当浓度为0.025%时，很快使人中毒死亡。

我国矿山安全规程规定，氮氧化合物不得超过0.00025%。

3. 硫化氢 (H_2S)

硫化氢是一种无色有臭鸡蛋味的气体。它对空气的比重为1.19，易溶于水，在通常情况下，一个体积的水中，能溶解2.5个体积的 H_2S ，故它常积存于巷道的积水中。硫化氢能燃烧，当浓度达到6%时，具有爆炸性。

硫化氢有很强的毒性，能使血液中毒，对眼睛粘膜及呼吸道有强烈的刺激作用。当空气中硫化氢的浓度达到0.01%时，就能嗅到气味，流唾液，流清鼻涕。达到0.05%时，经过0.5~1小时，就能引起严重中毒。达到0.1%时，在短时间内就有生命危险。

我国矿山安全规程规定：井下空气中硫化氢含量不得超过0.00066%。

4. 二氧化硫 (SO_2)

二氧化硫是一种无色，有强烈硫磺味的气体，易溶于水，对空气比重为2.2，常存在于巷道底部，对眼睛有强烈刺激作用。