

高等教育安全科学与工程类系列规划教材
高等院校安全工程类特色专业系列规划教材



矿井通风与除尘

蒋仲安 陈举师 杜翠凤 编著



配套教师课件

www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高等教育安全科学与工程类规划教材
高等院校安全工程类特色专业系列规划教材

矿井通风与除尘

蒋仲安 陈举师 杜翠凤 编著



机械工业出版社

本书采用理论与实际相结合的编写方法,系统阐述了矿井通风与除尘的基本概念、基本原理、设计方法、应用技术及测试方法。本书主要内容包括:矿内空气,矿内空气动力学,矿井通风阻力,矿井通风动力,局部通风,采区通风,矿井通风网络风量分配及调节,矿井通风系统及设计,矿井粉尘的产生、性质及危害,矿井综合防尘技术,矿井通风与除尘管理和监测,矿井通风与除尘新技术等。

本书可作为高等院校安全科学与工程类及矿业工程等相关专业的本科教材或教学参考书,也可供从事相关专业的工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

矿井通风与除尘/蒋仲安,陈举师,杜翠凤编著. —北京:机械工业出版社,2017.1

高等教育安全科学与工程类系列规划教材 高等院校安全工程类特色专业系列规划教材

ISBN 978-7-111-55675-6

I. ①矿… II. ①蒋… ②陈… ③杜… III. ①矿山通风-高等学校-教材 ②矿井-除尘-高等学校-教材 IV. ①TD72

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第302715号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:冷彬 责任编辑:冷彬 章承林

责任校对:刘秀芝 封面设计:张静

责任印制:李飞

北京振兴源印务有限公司印刷

2017年3月第1版第1次印刷

184mm×260mm·19.5印张·480千字

标准书号:ISBN 978-7-111-55675-6

定价:42.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

安全科学与工程类专业教材 编审委员会

主任委员：冯长根

副主任委员：王新泉 吴 超 蒋军成

秘 书 长：冷 彬

委 员：(排名不分先后)

冯长根 王新泉 吴 超 蒋军成 沈斐敏

钮英建 霍 然 孙 熙 王保国 王迷洋

刘英学 金龙哲 张俭让 司 鹤 王凯全

董文庚 景国勋 柴建设 周长春 冷 彬

“安全工程”本科专业是在1958年建立的“工业安全技术”“工业卫生技术”和1983年建立的“矿山通风与安全”本科专业基础上发展起来的。1984年，国家教委将“安全工程”专业作为试办专业列入普通高等学校本科专业目录之中。1998年7月6日，教育部发文颁布《普通高等学校本科专业目录》，“安全工程”本科专业（代号：081002）属于工学门类的“环境与安全类”（代号：0810）学科下的两个专业之一^①。据“高等学校安全工程学科教学指导委员会”1997年的调查结果显示，自1958—1996年年底，全国各高校累计培养安全工程专业本科生8130人。近年，安全工程本科专业得到快速发展，到2005年年底，在教育部备案的设有安全工程本科专业的高校已达75所，2005年全国安全工程专业本科招生人数近3900名。^②

按照《普通高等学校本科专业目录》的要求，原来已设有与“安全工程”专业相近但专业名称有所差异的高校，现也大都更名为“安全工程”专业。专业名称统一后的“安全工程”专业，专业覆盖面大大拓宽^③。同时，随着经济社会发展对安全工程专业人才要求的更新，安全工程专业的内涵也发生了很大变化，相应的专业培养目标、培养要求、主干学科、主要课程、主要实践性教学环节等都有了不同程度的变化，学生毕业后的执业身份是注册安全工程师。但是，安全工程专业的教材建设与专业的发展出现了不适应的新情况，无法满足和适应高等教育培养人才的需要。为此，组织编写、出版一套新的安全工程专业系列教材已成为众多院校的翘首之盼。

机械工业出版社是有着悠久历史的国家级优秀出版社，在高等学校安全工程学科教学指导委员会的指导和帮助下，根据当前安全工程专业教育的发展现状，本着“大安全”的教育思想，进行了大量的调查研究工作，聘请了安全科学与工程领域一批学术造诣深、实践经验丰富的教授、专家，组织成立了教材编审委员会（以下简称“编委会”），决定组织编写“高等教育安全工程系列“十一五”规划教材”^④。并先后于2004年8月（衡阳）、2005年8月（葫芦岛）、2005年12月（北京）、2006年4月（福州）组织召开了一系列安全工程专业本科教材建设研讨会，就安全工程专业本科教育的课程

① 按《普通高等学校本科专业目录》（2012版），“安全工程”本科专业（专业代码：082901）属于工学学科的“安全科学与工程类”（专业代码：0829）下的专业。

② 各高校安全工程本科每年招生数量可通过高等学校安全工程学科教学指导委员会主办的“全国高等院校安全工程学科教育数据和信息系统”查询（www.cosha.org.cn）。

③ 自2012年更名为“高等教育安全科学与工程类系列规划教材”。

体系、课程教学内容、教材建设等问题反复进行了研讨,在总结以往教学改革、教材编写经验的基础上,以推动安全工程专业教学改革和教材建设为宗旨,进行顶层设计,制订总体规划、出版进度和编写原则,计划分期分批出版30余门课程的教材,以尽快满足全国众多院校的教学需要,以后再根据专业方向的需要逐步增补。

由安全学原理、安全系统工程、安全人机工程学、安全管理学等课程构成的学科基础平台课程,已被安全科学与工程领域学者认可并达成共识。本套系列教材编写、出版的基本思路是,在学科基础平台上,构建支撑安全工程专业的工程学原理与由关键性的主体技术组成的专业技术平台课程体系,编写、出版系列教材来支撑这个体系。

本套系列教材体系设计的原则是,重基本理论,重学科发展,理论联系实际,结合学生现状,体现人才培养要求。为保证教材的编写质量,本着“主编负责,主审把关”的原则,编审委组织专家分别对各门课程教材的编写大纲进行认真仔细的评审。教材初稿完成后又组织同行专家对书稿进行研讨,编者数易其稿,经反复推敲定稿后才最终进入出版流程。

作为一套全新的安全工程专业系列教材,其“新”主要体现在以下几点:

体系新。本系列教材从“大安全”的专业要求出发,从整体上考虑、构建支撑安全工程学科专业技术平台的课程体系和各门课程的内容安排,按照教学改革方向要求的学时,统一协调与整合,形成一个完整的、各门课程之间有机联系的系列教材体系。

内容新。本系列教材的突出特点是内容体系上的创新。它既注重知识的系统性、完整性,又特别注意各门学科基础平台课之间的关联,更注意后续的各门专业技术课与先修的学科基础平台课的衔接,充分考虑了安全工程学科知识体系的连贯性和各门课程教材间知识点的衔接、交叉和融合问题,努力消除相互关联课程中内容重复的现象,突出安全工程学科的工程学原理与关键性的主体技术,有利于学生的知识和技能的发展,有利于教学改革。

知识新。本系列教材的主编大多由长期从事安全工程专业本科教学的教授担任,他们一直处于教学和科研的第一线,学术造诣深厚,教学经验丰富。在编写教材时,他们十分重视理论联系实际,注重引入新理论、新知识、新技术、新方法、新材料、新装备、新法规等理论研究、工程技术实践成果和各校教学改革的阶段性成果,充实与更新了知识点,增加了部分学科前沿方面的内容,充分体现了教材的先进性和前瞻性,以适应时代对安全工程高级专业技术人才的培育要求。本系列教材中凡涉及安全生产的法律法规、技术标准、行业规范,全部采用最新颁布的版本。

安全是人类最重要和最基本的需求,是人民生命与健康的基本保障。一切生活、生产活动都源于生命的存在。如果人们失去了生命,一切都无从谈起。全世界平均每天发生约68.5万起事故,造成约2200人死亡的事实,使我们确认,安全不是别的什么,安全就是生命。安全生产是社会文明和进步的重要标志,是经济社会发展的综合反映,是落实以人为本的科学发展观的重要实践,是构建和谐社会的有力保障,是全面建成小康社会、统筹经济社会全面发展的重要内容,是实施可持续发展战略的组成部分,是各级政府履行市场监管和社会管理职能的基本任务,是企业生存、发展的基本要求。国内外实践证明,安全生产具有全局性、社会性、长期性、复杂性、科学性和规律性的特点,随

着社会的不断进步，工业化进程的加快，安全生产工作的内涵发生了重大变化，它突破了时间和空间的限制，存在于人们日常生活和生产活动的全过程中，成为一个复杂多变的社会问题在安全领域的集中反映。安全问题不仅对生命个体非常重要，而且对社会稳定和经济发展产生重要影响。党的十六届五中全会首次提出“安全发展”的重要战略理念。安全发展是科学发展观理论体系的重要组成部分，安全发展与构建和谐社会有着密切的内在联系，以人为本，首先就是要以人的生命为本。“安全·生命·稳定·发展”是一个良性循环。安全科技工作者在促进、保证这一良性循环中起着重要作用。安全科技人才匮乏是我国安全生产形势严峻的重要原因之一。加快培养安全科技人才也是解开安全难题的钥匙之一。

高等院校安全工程专业是培养现代安全科学技术人才的基地。我深信，本套系列教材的出版，将对我国安全工程本科教育的发展和高级安全工程专业人才的培养起到十分积极的推进作用，同时，也为安全生产领域众多实际工作者提高专业理论水平提供学习资料。当然，由于这是第一套基于专业技术平台课程体系的教材，尽管我们的编审者、出版者夙兴夜寐，尽心竭力，但由于安全学科具有在理论上的综合性与应用上的广泛性相交叉的特性，开办安全工程专业的高等院校所依托的行业类型又涉及军工、航空、化工、石油、矿业、土木、交通、能源、环境、经济等诸多领域，安全科学与工程的应用也涉及人类生产、生活和生存的各个方面，因此，本系列教材依然会存在这样和那样的缺点、不足，难免挂一漏万，诚恳地希望得到有关专家、学者的关心与支持，希望选用本系列教材的广大师生在使用过程中给我们多提意见和建议。谨祝本系列教材在编者、出版者、授课教师和学生共同努力下，通过教学实践，获得进一步的完善和提高。

“鸢其鸣矣，求其友声”，高等院校安全工程专业正面临着前所未有的发展机遇，在此我们祝愿各个高校的安全工程专业越办越好，办出特色，为我国安全生产战线输送更多的优秀人才。让我们共同努力，为我国安全工程教育事业的发展做出贡献。

中国科学技术协会书记处书记[◎]

中国职业安全健康协会副理事长

中国灾害防御协会副会长

亚洲安全工程学会主席

高等学校安全工程学科教学指导委员会副主任

安全科学与工程类专业教材编审委员会主任

北京理工大学教授、博士生导师

冯长根

2006年5月

◎ 曾任中国科协副主席。

前 言

采矿工业是我国的基础工业，它在整个国民经济中占有重要地位，我国煤炭产量的95%是井下开采，非煤矿山大约11%是井下开采，地下矿山开采的作业地点首先面临的是通风问题，在矿井生产过程中要向井下作业地点供给新鲜空气，供人员呼吸，并稀释和排出井下各种有毒有害气体和粉尘，创造良好的矿内作业环境，保障井下作业人员的身体健康。因此，矿井通风系统是矿山井下开采系统的重要组成部分之一，“矿井通风与除尘”是安全科学与工程类及矿业工程等相关专业必不可少的一门专业课程。

本书是根据高等学校安全科学与工程类及矿业工程相关专业的“矿井通风与除尘”教学大纲编写的，内容涵盖了煤矿和非煤矿，适用面广。本书主要内容包括：矿内空气，矿内空气动力学，矿井通风阻力，矿井通风动力，局部通风，采区通风，矿井通风网络风量分配及调节，矿井通风系统及设计，矿井粉尘的产生、性质及危害，矿井综合防尘技术，矿井通风与除尘管理和监测，矿井通风与除尘新技术等。本书力求阐明矿井通风与除尘的基本概念、基本原理、设计方法、应用技术及测试方法，理论联系实际，加强对学生应用能力的培养。书中编入大量实例和实物照片，内容详实，图文并茂，充分体现了本门课程教学内容的先进性和实用性。

本教材的编写和出版得到了北京科技大学“十二五”教材建设经费的资助。

本书在编写过程中，参阅了大量文献资料，谨向有关参考文献的作者表示衷心感谢！

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

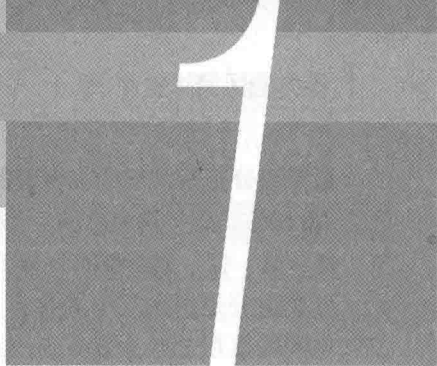
编 者

目 录

序	
前言	
第1章 矿内空气	1
1.1 矿内空气的主要成分	1
1.2 矿内空气中常见的有害气体	3
1.3 放射性气体	8
1.4 矿内气候	11
复习思考题及习题	24
第2章 矿内空气动力学	25
2.1 矿内风流的基本性质	25
2.2 矿内风流能量及能量方程	31
2.3 能量方程在矿井通风中的应用	35
复习思考题及习题	39
第3章 矿井通风阻力	41
3.1 摩擦阻力	41
3.2 局部阻力和正面阻力	51
3.3 降低井巷通风阻力的措施	54
3.4 井巷等积孔和井巷风阻特性曲线	56
复习思考题及习题	60
第4章 矿井通风动力	62
4.1 自然风压	62
4.2 矿用通风机的类型及构造	68
4.3 通风机的性能参数与特性曲线	71
4.4 通风机的相似理论	74
4.5 矿井主要通风机的附属装置	77
4.6 矿井通风机的联合运转	80
复习思考题及习题	86
第5章 局部通风	88
5.1 局部通风方法	88
5.2 局部通风设备	93

	5.3 局部通风系统的设计	100
	5.4 建井时期的通风	106
	复习思考题及习题	116
第6章	采区通风	117
	6.1 煤矿采区通风	117
	6.2 金属矿山采场通风	124
	6.3 采区风量计算	128
	6.4 采区通风构筑物	134
	复习思考题及习题	139
第7章	矿井通风网络风量分配及调节	140
	7.1 概述	140
	7.2 通风网络的基本形式和特性	146
	7.3 复杂通风网络的解算原理及方法	153
	7.4 计算机解算矿井通风网络	161
	7.5 矿井风量调节	168
	7.6 多台通风机联合运转的相互调节	181
	复习思考题及习题	185
第8章	矿井通风系统及设计	187
	8.1 矿井通风系统的拟定	188
	8.2 矿井需风量的计算及分配	197
	8.3 矿井通风阻力的计算	201
	8.4 矿井通风设备选型	202
	8.5 矿井通风费用概算	205
	8.6 通风系统的漏风及有效风量	207
	复习思考题及习题	209
第9章	矿井粉尘的产生、性质及危害	210
	9.1 矿尘的产生及分类	210
	9.2 粉尘的物理化学性质	213
	9.3 粉尘的危害	218
	复习思考题及习题	221
第10章	矿井综合防尘技术	222
	10.1 通风排尘	223
	10.2 湿式作业	227
	10.3 密闭抽尘	242
	10.4 净化风流	245
	10.5 个体防护	257
	复习思考题及习题	260
第11章	矿井通风与除尘管理和监测	261
	11.1 矿井通风管理和监测的主要内容	261

11.2	矿井通风阻力测定·····	265
11.3	矿井主要通风机的性能测试·····	272
11.4	通风除尘系统的测定·····	280
	复习思考题及习题·····	284
第 12 章	矿井通风与除尘新技术 ·····	285
12.1	矿井通风新技术·····	285
12.2	矿井除尘新技术·····	293
	复习思考题及习题·····	301
参考文献	·····	302



矿内空气

【学习要点】

- 了解地面空气与矿内空气的主要成分，掌握两者之间的差异。
- 熟悉矿内空气中有害气体的来源及性质，掌握有害气体的急救及测定方法。
- 了解矿内空气中放射性气体的性质、危害及来源，以及氡及其子体浓度的表示方法。
- 熟悉矿内气候条件的主要构成参数及各参数的表示方法、影响因素及变化规律，掌握各气候参数的测定方法。
- 了解人体的热平衡条件，熟悉矿内气候条件舒适性的影响因素，掌握评价劳动条件舒适程度的方法及指标。

矿井通风的目的：一是在正常生产时期，保证向井下各工作地点输送足够数量的新鲜空气，用以稀释有毒有害气体，排除矿尘和保持良好的工作环境，确保矿井安全生产；二是在发生灾变时，能有效、及时地控制风向及风量，并与其他措施配合，防止灾害扩大。

本章重点阐述矿内空气的主要成分、有毒有害气体的来源和性质、矿内气候条件以及相关参数的测定。

1.1 矿内空气的主要成分

1.1.1 地面空气的组成

地面空气是由多种气体组成的干空气和水蒸气组合而成的混合气体。通常状况下，干空气各组成的数量基本不变，如表 1-1 所示。一般将大气分为恒定组分、可变组分和不定组分。

表 1-1 地面空气的主要成分

主要成分	氮气 (N ₂)	氧气 (O ₂)	二氧化碳 (CO ₂)	氩气 (Ar)	其他气体
质量分数 (%)	75.51	23.17	0.05	0.91	0.16
体积分数 (%)	78.09	20.94	0.03	0.93	0.01

恒定组分是指大气中，含有的氧气占大气总体积的百分比（即体积分数）为 20.94%，氮气为 78.09%，氩气为 0.93%。仅此三种成分，共占大气 99.96%。除此之外，还含有微量的氦、氖、氦、氙、氡等稀有气体。上述组分的比例在地球上任何地方几乎可以看作不变的。

可变组分是指大气中除含有上述恒定组分外，还含有二氧化碳和水蒸气，在通常情况下二氧化碳的体积分数为 0.02% ~ 0.04%，水蒸气为 4% 以下，这些组分在大气中的含量是随地区、季节、气象以及人们的生产和生活活动等因素的影响而有所变化。

不定组分来自自然和人为两个方面。自然界的火山爆发、森林火灾、海啸、地震等自然灾害形成的污染物，有尘埃、硫、硫氧化物、氮氧化物、盐类及恶臭气体，可造成局部和暂时的大气污染。工业化、城市化等人为活动排放的烟尘和其他有害气体，是大气不定组分的主要来源，是大气污染的主要原因。不定组分达到一定含量时，就会对人和动植物造成危害，这是环境保护工作者应当研究的主要对象。

1.1.2 矿内空气的主要成分及其基本性质

地面空气进入井下后，由于受到污染，其成分和性质要发生一系列的变化，如氧气含量降低，二氧化碳含量增加。一般来说，当地面空气进入矿井后，其成分与地面空气成分相同或近似，且符合安全卫生标准，称为矿内新鲜空气（新风）；由于井下生产过程，产生各种有毒有害物质，使矿内空气成分发生一系列变化，这种充满矿内巷道中的各种气体、矿尘和杂质的混合物，称为矿内污浊空气（乏风）。矿内空气的主要成分除氧气（ O_2 ）、氮气（ N_2 ）、二氧化碳（ CO_2 ）、水蒸气（ H_2O ）以外，有时还混入一些有害气体和物质，如瓦斯（主要成分为 CH_4 ）、一氧化碳（ CO ）、硫化氢（ H_2S ）、二氧化硫（ SO_2 ）、二氧化氮（ NO_2 ）、氨气（ NH_3 ）、氢气（ H_2 ）和矿尘等。

我国《金属非金属矿山安全规程》规定，矿内空气中氧气含量不得低于 20%（指体积分数）；有人工作或可能有人到达的井巷中二氧化碳含量不得大于 0.5%，总回风巷中二氧化碳含量不超过 1%。

1. 氧气（ O_2 ）

氧气为无色、无味、无臭的气体，对空气的相对密度为 1.11（标准状态下空气的密度为 $1.293\text{kg}/\text{m}^3$ ）。氧是一种非常活泼的元素，能与很多元素起氧化反应。氧气能帮助物质燃烧和供人和动物呼吸，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，放热量取决于参与反应物质的量和成分，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 $0.25\text{L}/\text{min}$ ，工作和行走时为 $1\sim 3\text{L}/\text{min}$ 。

空气中的氧气少了，人们的呼吸就感到困难，严重时缺氧而死亡。人体缺氧症状与空气中氧气浓度（指体积分数）的关系如表 1-2 所示。

表 1-2 人体缺氧症状与空气中氧气浓度的关系

氧浓度（体积分数，%）	主要症状
17	静止时无影响，从事紧张的工作会感到心跳和呼吸困难

(续)

氧浓度 (体积分数,%)	主要症状
15	心跳和呼吸急促, 耳鸣目眩, 感觉和判断力降低, 失去劳动能力
10~12	会失去理智, 时间稍长对生命就有严重威胁
6~9	会失去知觉, 呼吸停止, 若不急救就会死亡

2. 二氧化碳 (CO₂)

二氧化碳是无色、略带酸臭味的气体, 对空气的相对密度为 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、喉黏膜有刺激作用。

二氧化碳对人的呼吸起刺激作用。当肺泡中二氧化碳的含量增加 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 (如 CO、H₂S) 中毒人员急救时, 最好首先使其吸入含 5% (体积分数) CO₂ 的 O₂, 以增强肺部的呼吸。

当空气中二氧化碳浓度 (指体积分数) 过大, 造成氧气浓度降低时, 可以引起缺氧窒息。二氧化碳中毒症状与浓度的关系如表 1-3 所示。

表 1-3 二氧化碳中毒症状与浓度的关系

二氧化碳浓度 (体积分数,%)	主要症状
1	呼吸加深, 但对工作效率无明显影响
3	心跳加快, 呼吸急促, 头痛, 人体很快疲劳
5	呼吸困难, 头痛, 恶心, 呕吐, 耳鸣
6	严重喘息, 极度虚弱无力
7~9	动作不协调, 大约 10min 可发生昏迷
9~10	数分钟内可导致死亡

1.2 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害气体有: 一氧化碳 (CO)、二氧化氮 (NO₂)、二氧化硫 (SO₂)、硫化氢 (H₂S)、氢气 (H₂) 和氨气 (NH₃) 等。煤矿井下还有瓦斯 (CH₄) 等。

1.2.1 有害气体的来源

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, 种类和数量与炸药的性质、爆炸条件与介质有关。在一般情况下, 产生的主要成分大部分为一氧化碳和氮氧化物。如果将爆破后产生的二氧化氮, 按 1L 二氧化氮折合 6.5L 一氧化碳计算, 则 1kg 炸药爆破后所产生的有毒气体 (相当于一氧化碳量) 为 80~120L。

2) 柴油机工作时产生的废气。柴油机的废气成分很复杂, 它是柴油机在高温下燃烧时

所产生的各种有毒有害气体的混合体，其主要成分为氧化氮、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。

3) 硫化矿物的水解、氧化和燃烧，有机物腐烂。在开采高温矿床时，由于硫化矿物缓慢氧化除产生大量热量外，还会产生二氧化硫和硫化氢气体。

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180mm，两根长2.1m的立柱和一根长2.4m的横梁，体积为 0.17m^3 ）燃烧所产生的CO约为 97m^3 ，这样多的CO足以使断面为 $4\sim 5\text{m}^2$ 的巷道在2000m长范围以内的空气中CO含量达到致命的数量。

5) 煤岩中涌出的各种气体，其主要成分是以甲烷为主的烃类气体，有时专指甲烷（ CH_4 ），是在煤炭发育过程中形成的，在煤矿井下是最有害的一种气体，对煤矿安全生产构成重大威胁。另外也会有硫化氢涌出。

1.2.2 各种有害气体的性质

1. 一氧化碳（CO）

一氧化碳是无色、无味、无臭的气体，对空气的相对密度为0.97，故能均匀散布于空气中，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（指体积分数）在13%~75%时能引起爆炸。

一氧化碳极毒。当空气中CO的浓度为0.4%时，在很短时间人就会失去知觉，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。

影响一氧化碳中毒程度和中毒快慢的主要因素有：空气中一氧化碳的浓度、与含有CO的空气接触时间（接触时间越长，血液中CO量就越大，中毒就越深）、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）、人的体质和体格（人们经常处于CO略微超过允许浓度的条件下工作时，会引起慢性中毒症状）。一氧化碳中毒症状与浓度的关系如表1-4所示。

表 1-4 一氧化碳中毒症状与浓度的关系

一氧化碳浓度（体积分数，%）	主要症状
0.02	2~3h内可能引起轻微头痛
0.08	40min内出现头痛、眩晕和恶心。2h内发生体温和血压下降，脉搏微弱，出冷汗，可能出现昏迷
0.32	5~10min内出现头痛，眩晕。0.5h内可能出现昏迷并有死亡危险
1.28	几分钟内出现昏迷和死亡

我国《煤矿安全规程》规定，井下空气中CO的浓度（体积分数）不得超过0.0024%（质量浓度不超过 $30\text{mg}/\text{m}^3$ ）。

2. 氮氧化物（ NO_2 ）

炸药爆炸可产生大量的一氧化氮和二氧化氮，其中一氧化氮极不稳定，遇空气中的氧即转化为二氧化氮。二氧化氮是一种褐色有强烈窒息性的气体。对空气的相对密度为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、呼吸道及肺组织有强烈的腐蚀作用，对人体危害最大的是破坏肺部组织，引起肺水肿。二氧化氮中毒症状与浓度（指体

积分数)的关系如表 1-5 所示。

表 1-5 二氧化氮中毒症状与浓度的关系

二氧化氮浓度 (体积分数,%)	主要症状
0.004	2~4h 内可出现咳嗽症状,不会引起中毒现象
0.006	短时间内感到喉咙刺激,咳嗽,胸部发痛
0.01	短时间内出现严重中毒症状,神经麻痹,严重咳嗽,恶心,呕吐
0.025	可很快使人窒息死亡

我国《煤矿安全规程》规定,空气中 NO₂ 浓度(指体积分数)不得超过 0.00025% (质量浓度不超过 5mg/m³)。

3. 硫化氢 (H₂S)

硫化氢是一种有臭鸡蛋气味的气体。硫化氢能燃烧,当浓度达到 6% (体积分数)时,具有爆炸性。硫化氢具有很强的毒性,能使血液中毒,对眼睛黏膜及呼吸道有强烈的刺激作用。硫化氢中毒症状与浓度(体积分数)的关系如表 1-6 所示。

表 1-6 硫化氢中毒症状与浓度的关系

硫化氢浓度 (体积分数,%)	主要症状
0.0025~0.003	有强烈臭味
0.005~0.01	1~2h 内出现眼及呼吸道刺激症状,臭味“减弱”或“消失”
0.015~0.02	恶心,呕吐,头晕,四肢无力,反应迟钝。眼和呼吸道有强烈刺激症状
0.035~0.045	0.5~1h 内出现严重中毒,可发生肺炎、支气管炎及肺水肿,有死亡危险
0.06~0.07	很快昏迷,短时间内死亡

我国《煤矿安全规程》规定,井下空气中硫化氢含量(体积分数)不得超过 0.00066% (质量浓度不超过 10mg/m³)。

4. 二氧化硫 (SO₂)

二氧化硫是一种无色、有强烈硫黄味的气体,常存在于巷道的底部,对眼睛有强烈刺激作用。

SO₂ 与水蒸气接触生成硫酸,对呼吸器官有腐蚀性,使喉咙和支气管发炎,呼吸麻痹,严重时引起肺水肿。二氧化硫中毒症状与浓度(体积分数)的关系如表 1-7 所示。

表 1-7 二氧化硫中毒症状与浓度的关系

二氧化硫浓度 (体积分数,%)	主要症状
0.0005	嗅觉器官就能闻到刺激味
0.002	有强烈的刺激,可引起头痛和喉痛
0.05	引起急性支气管炎和肺水肿,短时间内即死亡

我国《煤矿安全规程》规定,井下空气中 SO₂ 含量(体积分数)不得超过 0.0005% (质量浓度不超过 15mg/m³)。

5. 氨气 (NH₃)

氨气为无色、有剧毒的气体,对空气的相对密度为 0.59,易溶于水,对人体有毒害作用。

我国《煤矿安全规程》规定，井下空气中氨气最高容许浓度（体积分数）为 0.04%（质量浓度不超过 $3\text{mg}/\text{m}^3$ ）。但当其浓度达到 0.01% 时就可嗅到其特殊臭味。氨气主要在矿内发生火灾或爆炸事故时产生。

6. 瓦斯 (CH_4)

瓦斯的主要成分是甲烷 (CH_4)。甲烷是一种无色、无味、无臭的气体，对空气的相对密度为 0.55，难溶于水，扩散性较空气高 1.6 倍。甲烷虽然无毒，但当浓度（体积分数）较高时，会引起窒息。甲烷不助燃，但在空气中具有一定浓度（指体积分数，5% ~ 16%）并遇到高温（650 ~ 750℃）时能引起爆炸。

我国《煤矿安全规程》规定，工作面进风流中 CH_4 的浓度不能大于 0.5%，采掘工作面和采区的回风流中 CH_4 的浓度不能大于 1.0%，矿井和一翼的总回风流中 CH_4 的最高容许浓度为 0.75%。

7. 氢气 (H_2)

氢气无色无味，具有爆炸性，在矿井火灾或爆炸事故中和井下充电硐室均会产生，其最高容许浓度为 0.5%。

8. 矿尘

在开采矿物的生产过程中，所产生的一切细散状矿物和岩石的尘粒，称为矿尘。矿尘分为浮尘和落尘。能悬浮于空气中的矿尘为浮尘，沉落于巷道壁的矿尘称为落尘。

矿尘是一种有害物质，它危害人体的健康。当它落于人的潮湿皮肤上，有刺激作用，而引起皮肤发炎。特别是硫化矿尘，它进入五官也会引起炎症。有毒矿尘（铅、砷、汞）进入人体还会引起中毒。矿尘危害最大的是，当工人长期吸入呼吸性粉尘能引起尘肺病，而煤尘能引起爆炸。我国《煤矿安全规程》规定的作业场所空气中粉尘（总粉尘、呼吸性粉尘）浓度（质量分数）如表 1-8 所示。

表 1-8 作业场所空气中粉尘浓度要求

粉尘种类	粉尘中游离 SiO_2 含量 (质量分数, %)	时间加权平均容许浓度 / (mg/m^3)	
		总 粉 尘	呼吸性粉尘
煤尘	<10	4	2.5
	10 ~ 50	1	0.7
矽尘	50 ~ 80	0.7	0.3
	≥ 80	0.5	0.2
水泥尘	<10	4	1.5

注：时间加权平均容许浓度是以时间加权数规定的 8h 工作日、40h 工作周的平均容许接触浓度。

1.2.3 有害气体的急救

当井下工作人员遇到有毒气体中毒或缺氧时，应立即抢救，以便及早脱离危险，保障其生命安全。

中毒时的急救措施，可按下列方法：

- 1) 立即将中毒者移至新鲜空气处或地表。
- 2) 将中毒者口中一切妨碍呼吸的东西如义齿、黏液、泥土除去，将衣领及腰带松开。
- 3) 使中毒者保暖。