

新编安全工程专业系列教材

通风工程学

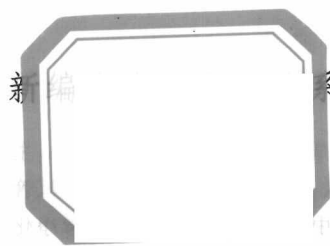
Tongfeng Gongchengxue

主 编 / 陈开岩 鲁忠良 陈发明

主 审 / 王新泉

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press



新编

系列教材

通风工程学

主 编 陈开岩 鲁忠良 陈发明

主 审 王新泉

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是《新编安全工程专业系列教材》之一。全书系统讲述了通风工程学的基本概念、原理和方法,主要内容包括:作业场所空气及其有害物、通风工程基础、全面通风、自然通风、置换通风、局部通风、通风管道系统、通风机、隧道运营通风、矿井通风、隧道与井巷掘进通风、通风排气中粉尘的净化及有害气体净化的方法等。全书共计 14 章,每章配有练习题,并附有常用的通风计算图表,以方便读者学习。

本书可作为高等院校安全工程本科专业教材,也可供建筑环境与能源应用工程、采矿工程、城市地下空间工程、土木工程等专业的技术人员及管理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

通风工程学 / 陈开岩,鲁忠良,陈发明主编. — 徐州:中国矿业大学出版社,2013.11

新编安全工程专业系列教材

ISBN 978-7-5646-2124-7

I. ①通… II. ①陈…②鲁…③陈… III. ①通风设备—建筑安装工程—高等学校—教材 IV. ①TU834

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 268248 号

书 名 通风工程学
主 编 陈开岩 鲁忠良 陈发明
责任编辑 陈红梅
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 24.25 字数 602 千字
版次印次 2013 年 11 月第 1 版 2013 年 11 月第 1 次印刷
定 价 48.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

《新编安全工程专业系列教材》 编审委员会

顾问 周世宁

主任 袁 亮

副主任 景国勋 蒋军成 刘泽功

李树刚 程卫民 林柏泉

执行副主任 王新泉 杨胜强

委员 (按姓氏拼音为序)

柴建设 陈开岩 陈网桦 贾进章 蒋承林

蒋曙光 廖可兵 刘 剑 刘章现 吕 品

罗 云 马尚权 门玉明 孟燕华 倪文耀

宁掌玄 撒占友 沈斐敏 孙建华 孙金华

谭世语 唐敏康 田水承 王佰顺 王宏图

王洪德 王 凯 王秋衡 吴 强 解立峰

辛 嵩 徐凯宏 徐龙君 许满贵 叶建农

叶经方 易 俊 易赛莉 余明高 张德琦

张国华 张敬东 张巨伟 周 延 朱 锴

秘书长 马跃龙 陈红梅

前 言

通风工程对于改善生产车间、隧道、矿井和其他建(构)筑物的空气品质、保护人员健康、提高劳动生产率起着重要作用。在电子、半导体等工业部门,通风工程又是保证正常生产、提高产品质量必不可少的条件。对于地铁、地下厂房、超市、停车库等地下建(构)筑物,通风工程则是维持人生存的必要设施。

通风工程学是应用工程流体力学、工程热力学、传热传质学、物理化学等学科的原理和方法以实现生产安全的工程技术学科,主要研究作业场所有害因素的来源、性质及危害,空气的物理性质,粉尘的特性,全面通风与局部通风、通风系统的设计和安全、除尘系统和有害气体的净化等。从作业场所空间围护结构、性质及其外界环境影响的特点出发,通风工程大体上可以归结为建筑室内通风、隧道通风和矿井通风 3 种典型类型,其风流组织和通风系统各具特色。

本书在选材上力求新颖,尽量吸取近年来教学实践和国内外最新的研究成果,对自然通风、置换通风进行了系统归纳和总结;体系上注意完整性、条理性,并从学科发展的高度,充实和完善其内容;对于难点,通过由感性到理性、从现象到本质的方法,用通俗易懂的语言来阐述原理,同时注意结合工程实践要求给出相应的实例,以便于学生理解,有利于培养学生分析问题和解决问题的能力。本教材的参考教学时数为 48 学时,每章后均有相当数量的思考与练习题,供学生思考和练习。

本书注重基本概念、基本原理、基本方法,各章之间联系紧密但又相对独立,便于教师在讲解中的取舍和学生的自学。全书共分 14 章,内容包括:绪论、作业场所空气及其有害物、通风工程基础、全面通风、自然通风、置换通风、局部通风、通风管道系统、通风机、隧道运营通风、矿井通风、隧道与井巷掘进通风、通风排气中粉尘的净化及有害气体净化的方法。

本书由中国矿业大学陈开岩、河南理工大学鲁忠良和南京工业大学陈发明主编,由陈开岩负责统稿、定稿。其中,陈开岩拟定全书内容提纲并编写了第 1,2,3,5,6,9,11,12 章和附录,同时与鲁忠良、张攀(河南理工大学)合作编写了第 4 章;鲁忠良、沈玲(河南理工大学)和王志军(河南理工大学)联合编写了第 13 章;陈发明编写了第 7,10 章;王志军编写了第 8 章;时鹏辉(河南城建学院)编写了第 14 章,其中 14.4 节由张攀编写。

本书的编写计划得到了中原工学院王新泉教授的主审,并提出了宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢!本书编写过程中参考了相关教材、专业书籍和期刊资料或网络中的最新资料,在此谨向被引用的文献作者和引用但未注明的文献作者们一并表示衷心感谢!同

时,本书的编写与出版得到了国家自然科学基金项目(No. 51134023)的资助,特此感谢!最后,特别向中国矿业大学出版社的领导和编辑们为本书的出版给予的支持和帮助表示诚挚的谢意!

限于编者的水平,书中难免疏漏和不当之处,敬请广大专家和读者提出宝贵意见,编者不胜感激。

编 者

2013 年 9 月

目 录

1 绪论	1
1.1 通风的目的与任务	1
1.2 通风工程学的研究内容和方法	2
思考与练习题	3
2 作业场所空气及其有害物	4
2.1 作业场所空气的主要成分及性质	4
2.2 作业场所有害物的来源及危害	5
2.3 有害物浓度的表示方法及控制标准	8
2.4 高温作业环境热强度的表示方法及控制标准	10
2.5 有害物的排放标准	12
2.6 防治工业有害物的综合措施	13
思考与练习题	15
3 通风工程基础	17
3.1 湿空气的物理性质	17
3.2 湿空气的状态变化	20
3.3 粉尘的特性	24
3.4 通风工程基本方程	32
思考与练习题	36
4 全面通风	37
4.1 概述	37
4.2 全面通风量的确定	38
4.3 全面通风的气流组织	41
4.4 全面通风的热气平衡	50
4.5 全面通风的技术原则	52
思考与练习题	54
5 自然通风	56
5.1 自然通风的作用原理	56
5.2 自然通风计算	60

5.3	避风天窗与风帽	64
5.4	自然通风与工艺和建筑设计的配合	67
	思考与练习题	70
6	置换通风	71
6.1	置换通风的基本原理	71
6.2	影响置换通风系统的因素	75
6.3	置换通风系统的设计	76
6.4	置换式自然通风	82
6.5	通风效果的评价	85
	思考与练习题	86
7	局部通风	87
7.1	概述	87
7.2	局部排风系统的设计原则	88
7.3	密闭罩	89
7.4	通风柜	92
7.5	外部吸气罩	96
7.6	槽边排风罩	106
7.7	接受式排风罩	111
7.8	吹吸式排风罩	114
	思考与练习题	122
8	通风管道系统	123
8.1	管道空气流动的基本方程	123
8.2	风流压力及其分布	125
8.3	风道内空气流动阻力	130
8.4	风道的水力计算	137
8.5	均匀送风管道的设计	142
8.6	通风管道设计中的有关问题	145
	思考与练习题	149
9	通风机	151
9.1	概述	151
9.2	风机分类	151
9.3	风机的结构及工作原理	152
9.4	通风机的特性曲线	158
9.5	通风机工况点及合理工作范围	163
9.6	通风机的比例定律与类型特性曲线	164
9.7	通风机联合运转	167

9.8 通风机选型与工况节能调节	173
思考与练习题	175
10 隧道营运通风	176
10.1 概述	176
10.2 隧道通风方式	177
10.3 隧道内空气中有害物质的容许浓度	183
10.4 隧道需风量的计算	185
10.5 隧道通风设计	188
思考与练习题	193
11 矿井通风	194
11.1 矿井通风系统	194
11.2 采区通风系统	198
11.3 矿井通风网络分析	203
11.4 矿井通风设施	225
11.5 矿井通风设计	230
思考与练习题	240
12 隧道与井巷掘进通风	241
12.1 掘进通风方法	241
12.2 风筒	248
12.3 掘进通风系统设计	253
思考与练习题	257
13 除尘器及通风除尘系统	259
13.1 除尘机理及除尘器分类	259
13.2 除尘器的性能指标	261
13.3 重力沉降室与惯性除尘器	265
13.4 旋流除尘器	269
13.5 袋式除尘器	275
13.6 湿式除尘器	285
13.7 电除尘器	291
13.8 除尘的选择	308
思考与练习题	310
14 通风排气中有害气体的净化	312
14.1 有害气体净化的方法	312
14.2 吸收设备与工艺	325
14.3 吸附设备与工艺	338

14.4 有害气体的高空排放·····	344
思考与练习题·····	348
附录 ·····	350
附录 1 不同温度下饱和水蒸气分压 ·····	350
附录 2 相对湿度表 ·····	351
附录 3 湿空气焓湿图 ·····	352
附录 4 风管单位长度摩擦阻力线算图 ·····	353
附录 5 管件局部阻力系数表 ·····	354
附录 6 通风管道统一规格 ·····	363
附录 7 井巷摩擦阻力系数 α 值 ·····	365
附录 8 井巷局部阻力系数 ·····	367
附录 9 几种典型通风机的性能特性曲线 ·····	368
附录 10 几种常用填料的特性数据 ·····	372
参考文献 ·····	373

1 绪 论

通风工程学是以流体力学、热工学、传热传质学、机电工程学、物理化学等为理论基础,专门研究在有限空间内安全地进行生产和科学实验所要求的空气环境,解决生产和科学实验过程中产生的有害因素控制问题,保障人体安全健康、预防灾害事故发生和控制灾害发展扩大的一门技术学科。

1.1 通风的目的与任务

人类从事各种生产和科学实验活动主要是在受限空间内进行的,在生产和科学实验过程中由于受各种因素影响不间断地产生一定的有害因素,在受限空间内扩散传递,污染作业环境,对人体、生产和生态环境造成各种各样的危害。因此,必须采取有效的技术方法和措施,对作业空间的空气污染、气候条件进行控制。

人、生产过程和科学实验所要求的空气环境,是指某一特定空间的空气清洁度、温度、湿度和空气流动速度能满足安全生产、工艺、人体健康和舒适的要求。采用人工的方法,创造和保持满足一定要求的空气环境,就是通风的任务。

通风是用自然或机械通风的方法把自然界或进风流中的空气直接或经处理后送入作业空间内,将其中的污浊空气进行稀释,再通过净化除害后排放至大气或回风流中,从而保证作业空间内空气品质满足一定的安全和卫生要求,且应使排放的废气符合规定的标准。简言之,通风就是用清洁空气来置换作业空间内空气,以改善其空气品质和气候条件。

通风的作用主要是提供人呼吸所需要的清洁空气、稀释和排除作业空间内生产过程中产生的污染物、除去作业空间内多余的热量、湿量,保护作业人员的安全健康,提高劳动生产率,保障设备正常运转和产品质量。合理的通风不仅是创造正常生产环境 and 安全生产条件的基础,而且也是预防各种灾害事故、实现安全生产的基本手段。在发生灾变时,通风技术又能作为保障人员撤退和救灾的安全手段,可根据不同灾变的情况及撤人救灾的需要,合理控制系统内风流流动的方向、路线和流量,以达到快速、有效地控制、扑灭灾害的目的。

随着社会经济的发展和科技进步,现代大规模高效集约化生产模式逐步向前推进,人类社会走可持续发展之路已成必然趋势。一方面,人类对自身生活和工作场所的空气环境条件以及对节能减排、绿色环保提出了更高的要求;另一方面,生产规模能力的扩大,集中化程度的提高,使得生产过程中作业空间内的有害物产生强度加大、气候条件恶化。当通风能力不足或单靠通风解决问题不合理时,应附加其他相配套的技术措施(如除尘净化、加热或冷却、加湿或减湿等),对作业空间内以及送入和排出其中的空气进行各种处理;同时,根据有

害物、热湿生成量的变化以及受外界空气状态变化的影响进行实时调节与控制,使作业空间内的有害物浓度、温度、湿度、洁净度、风速等空气条件参数值能保持在合理的范围内。由于不同作业环境对空气品质指标的要求不尽相同,因此对空气处理所采取的措施也就不同。以温湿度调节为目的的空气处理技术称为空调,以控制空气中粉尘为目的的技术称为除尘,以控制空气中有害气体为目的的技术称为净化。对空气的这些处理无一例外地都要与通风方法联合使用才能发挥应有的作用。通风因其使用的设备简单、投资少、见效快、适用性强、功能齐全,故作为一项安全环保的基本措施被广泛应用。

通风、空调、除尘和净化在许多工业部门中起着重要作用。在矿井和隧道的建设与生产或营运过程中,以及冶炼、铸造、锻造、选矿、烧结、蒸煮、洗染和热处理等工业车间在生产过程中,都会产生大量的粉尘、有害和可燃气体、余热和余湿等,工人在这种环境中工作会感到身体不适、疲倦、头晕,甚至中毒;长时间在此环境中工作容易产生职业病,甚至死亡。工业排放的粉尘和有毒有害气体是大气环境中的主要污染物之一。通风作为治理空气污染、改善气候条件的一项基本技术在工业安全生产和节能减排中起着重要的作用。

在现代精密仪器仪表、电子计算机、精密机械制造业,为避免元器件加工时由于温度、湿度变化和粉尘污染而影响产品的质量和使用寿命,不仅要求一定的温湿度,而且对空气洁净度的要求也很高,一般都规定了严格的温度、湿度和细微尘粒的控制范围,如作业场所的温度要求为 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 $50\% \pm 5\%$;空气中悬浮尘粒粒径小于 $0.1\text{ }\mu\text{m}$,并且大于等于 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 的尘粒总数量不超过 3.5 个等。在纺织、印刷、造纸、烟草等工业对相对湿度的要求较高,相对湿度过小可使纺纱过程中产生静电,纺纱变脆变粗、造成飞花或断头;空气过于潮湿又会使纺纱黏结而影响纺纱的质量。在制药、食品工业及生物实验室、医疗手术室等,不仅要求一定的空气温湿度,而且要求控制空气中的含尘浓度及细菌数量。总之,随着社会经济的发展和人民生活水平的提高,通风技术的应用将更加广泛。

1.2 通风工程学的研究内容和方法

通风工程学的研究对象是有限作业空间内的空气环境(如各种建筑、地下工程、矿井、交通工具、潜水艇、宇宙飞船等内部空间),至于其外部的大气环境是环境工程学所研究的范畴。一般地,一个有限作业空间内的空气环境不仅要受到其内部生产过程和人所产生的热、湿和其他有害物的干扰,而且也要受到作业空间外部的太阳辐射和气候变化所产生的热作用及外部有害物侵入的干扰。因此,通风工程学不仅要研究并解决对空气的各种处理方法(如加热、加湿、干燥、冷却、净化等),还要研究和解决作业空间内、外干扰量的计算以及空气的输送和分配,为处理空气所需的冷热源、除尘和净化设备以及在干扰变化情况下的运行调节问题。

由于通风工程涉及面广,从人类赖以生存的居住建筑,到各种生产工作场所,通风技术的应用到处可见。从作业场所空间围护结构、性质及其外界环境影响的特点出发,本书主要涉及建筑室内通风、隧道通风与矿井通风、除尘与有害气体净化等问题。这 3 类通风因作业性质和场所空间围护结构及其内外部条件不同,其气流组织形式和通风系统各具特色。

建筑室内通风:建筑室内空间形式多种多样,取决于生产性质、规模大小、工艺和设备以及有害因素产生的种类、危害程度和数量。一般建筑空间三维尺度固定且相当,故通常以三维流动扩散理论与方法研究室内有害物的稀释和排除过程,进而研究相适应的通风系统优

化设计、管理、监测、控制、评价等问题。建筑室内通风受外部环境气象条件影响,在系统设计和管理中应加以考虑,以便能充分利用自然风压加强通风,实现通风节能之目的。

隧道通风:隧道通风分为施工隧道通风和营运隧道通风两种。该通风系统属于地下空间,其形状结构主要取决于隧道系统的布置。一般地,隧道系统布置较为简单,仅有一条或几条隧道连接组成。隧道通风主要是解决交通工具,如内燃机车、各种汽车排出的含有多种有害气体和烟雾的尾气污染问题。隧道中空气污染程度与交通工具尾气的排放强度和交通量有关。由于隧道断面积较大、长短不一,因此隧道通风稀释和排除有害物的过程一般也按三维流动扩散问题进行研究,与建筑室内通风一样,然后研究相适应的通风系统优化设计和管理等问题。由于隧道一般为近水平布置,离地表较近,与建筑室内通风一样,其通风系统也受自然风压的作用,故也存在研究隧道自然通风的问题。

矿井通风:矿井通风系统取决于矿井开拓开采系统的布置。由于开拓开采系统的不断发展,开采工作面的推进、结束与封闭、新工作面巷道的掘进准备、投产等生产活动,导致矿井通风系统中井巷通风网络结构随时间发生可预见的变化。由于受采矿活动和矿压作用的影响,矿井通风网络结构和空气动力学参数会发生变化,使其呈现出鲜明的动态性。与隧道通风系统相比,矿井通风系统要复杂得多,矿井井巷数目多,少则几十条,多则上百条,并且连接成一个复杂的网络结构。其中每条巷道的三维尺度不平衡,绝大多数巷道断面积仅有 $10\sim 20\text{ m}^2$,而一条巷道的长度却可达几百或上千米,其纵向尺度一般远大于其横向尺度,故把矿井通风网络中空气或瓦斯混合气体的流动简化为一维紊流扩散,即沿着井巷纵向各种风流气体参数均用该处断面上的平均值来描述。在矿井通风中,有时需要对井巷或工作面采场空间内风流瓦斯场进行二维或三维描述。矿井生产环境不仅受地下岩层所含气体(如甲烷、二氧化碳等)涌出的影响,作业空间的空气污染加剧;而且受地温、机电设备等热源散热的影响,空气的温湿度和密度沿通风流程发生变化,使得具有一定深度的进回风井筒之间所形成的闭合风路中产生自然风压,并随季节的变化而变化,对通风的稳定性、可靠性和经济性会产生一定的影响。因此,在对风流稳定性和可靠性要求较高的系统中,仅依靠自然通风是很难满足工业安全与卫生要求的,必须进行机械通风。

通风工程学的研究方法可分为理论分析、实验和数值模拟。理论分析方法是流体力学、工程热力学、传热传质学等为基础,对作业场所有限空间内的通风、空调、除尘和净化的原理,风流流动与污染物稀释扩散的基本规律进行解析分析;实验方法是以理论分析为基础,建立实体或相似模型,进行实验室模拟试验和现场实验分析;数值模拟方法是将通风问题抽象描述为数学模型,采用计算流体力学的方法,借助计算机进行数值模拟分析,并与实验进行对比分析。理论分析是实验和数值模拟的先导和基础,而实验和数值模拟则是验证、完善和发展理论的重要手段。

思考与练习题

- 1.1 通风的目的与任务是什么?
- 1.2 通风工程的主要研究对象有哪些?各有何特点?
- 1.3 通风的作用有哪些?
- 1.4 通风系统的基本通风方法有哪些?
- 1.5 通风系统的基本风流组织方式有哪些?

2 作业场所空气及其有害物

2.1 作业场所空气的主要成分及性质

工作场所通风的流体介质来源于大气。大气是由干燥清洁的空气、水蒸气和各种杂质组成的,称其为湿空气。大气中的各种杂质由自然过程和人类活动排到大气中的各种悬浮微粒、气态物质组成,所占比例很小。水蒸气含量平均不到 0.5%,且随着时间、地点和气象条件等不同而有较大的变化,可达 0.01%~4%。大气中的水蒸气含量虽然很小,但其含量的变化对湿空气的物理性质和状态的影响非常显著。

清洁干空气是大气最主要组成部分,由氧气、氮气、二氧化碳、氩气和其他一些微量气体所组成,其组分比较稳定。为使空气物理参数计算有统一标准,一般将标准状态下(101 325 Pa, 20 °C)的清洁干空气成分作为标准组分,见表 2.1。

表 2.1 清洁干空气的标准组分

气体名称	相对 分子质量	体积分数/%	气体名称	相对 分子质量	体积分数/%
氮气(N ₂)	28.01	78.084	氙气(Xe)	131.30	0.000 008 7
氧气(O ₂)	32.00	20.946	氢气(H ₂)	2.016	0.000 05
氩气(Ar)	39.94	0.934	甲烷(CH ₄)	16.043	0.000 15
二氧化碳(CO ₂)	44.01	0.031 4	氧化氮(N ₂ O)	44.013	0.000 05
氖气(Ne)	20.18	0.001 818	臭氧(O ₃)	47.998 2	0.000 002~0.000 007
氦气(He)	4.003	0.000 524	二氧化硫(SO ₂)	64.082 8	0~0.000 1
氪气(Kr)	83.80	0.000 114	二氧化氮(NO ₂)	46.005 5	0.000 002

1) 氧气

氧气是无色、无味、无臭的气体,对空气的相对密度为 1.11。其化学性质活泼,具有一定的氧浓度是维持人体正常呼吸、氧化反应、燃烧和爆炸的必要条件之一。人类在生命活动过程中,必须不断地吸入氧气、呼出二氧化碳。人体维持正常生命过程所需的氧气量,取决于人的体质、精神状态和劳动强度等。

2) 氮气

氮气是无色、无味、无臭的惰性气体,对空气的相对密度为 0.97,不助燃,也不能供人体呼吸。在正常情况下,氮气对人体无害,但若受限空间内积存大量的氮气,可使氧浓度相对

减小,使人因缺氧而窒息。利用氮气的惰性,可将其用于防灭火和防止气体及粉尘的爆炸。

3) 二氧化碳

二氧化碳是无色、略带酸味的气体,对空气的相对密度为 1.52,不助燃,也不能供人体呼吸,可溶于水生成碳酸,使水溶液呈弱酸性,对眼、鼻、喉黏膜有刺激作用。空气中微量的二氧化碳对人体无害,人体正常呼吸也需要一定量的二氧化碳,但二氧化碳浓度升高,氧浓度会相对降低。

地球大气成分受自然和人为两大因素的影响。自然因素的影响,如火山爆发时喷出的大量粉尘和二氧化碳,森林和煤层露头发生大面积自然火灾时散发的大量二氧化碳和烟粒等,都会使该地区一段时间内大气成分发生变化。随着现代工业和交通运输业的发展,向大气中持续排放的有害物数量不断增加,其主要成分有粉尘、烟雾、一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物等,使得大气成分发生长期变化。当大气正常成分之外的物质达到对人类健康、动植物生长以及气候环境产生危害的时候,则认为大气受到了污染。然而,一般的大气污染程度对大气物理性质的影响很小,可忽略不计。

由于作业场所的空气来源于大气,在通风动力的作用下,进入作业场所,将其中散发的有害物进行稀释后又排入大气中,再由大气稀释和净化后,重新被送入作业场所,形成一个大闭合循环的通风过程。因此,在工业通风系统中,进风口与出风口应有足够的距离,并远离其他的污染源,以防止受污染的大气进入作业空间。必要时,可以对进入系统的空气进行前置预处理,使其满足对作业场所更高的空气品质要求。另外,为了控制工业有害物对大气的污染,有时还必须对排出系统的空气进行后置处理,减少有害物排放浓度和排放速度,增加排放高度,使其满足污染源大气污染物排放标准的要求。

2.2 作业场所有害物的来源及危害

工业有害物主要是指工业生产中散发的粉尘、有害气体和蒸气、余热和余湿等。

2.2.1 粉尘的来源及危害

1) 粉尘的来源

粉尘是指能较长时间悬浮于空气中的固体微粒。粉尘的来源比较广泛,在采矿、冶金、机械、建材、化工、轻工、电力等许多工业部门的生产中均会产生大量粉尘。粉尘的来源主要包括以下几个方面:

(1) 固体物质的机械破碎和研磨 在矿层(石)开采、隧道和建筑施工中,使用钻具进行凿岩钻孔时,岩石被钻具冲击破碎和研磨后变成微小岩尘,从钻孔中排出,弥散在空气中;在矿物和建材加工中,使用破碎机或球磨机将矿石破碎和研磨成不同规格的粒状物料,在破碎过程中大量微小尘粒从机壳的缝隙逸出,成为污染空气的尘源。

(2) 粉状物料的混合、筛分、包装及运输 在水泥、面粉等粉状成品的包装过程中,成品由容器下的漏斗装入包装袋时,粉状成品将从包装袋与漏斗间的缝隙逸出。

(3) 有机物质的燃烧 煤锅炉燃烧时,因氧气供应不足发生不完全燃烧,产生的烟气中除含有微小的炭粒外,还伴有不完全燃烧的游离炭黑,形成黑色烟尘。据测算,每燃烧 1 t 标准煤可产生 3.11 kg 的粉尘。

(4) 物质被加热时产生的升华物或蒸气在空气中的凝结和氧化 炼钢过程中,对炉内吹氧冶炼时产生大量的氧化物粉尘;铝溶化或冶炼时,有大量的含铝蒸气从铝液表面蒸发出

来,在空气中冷却凝结、氧化,形成氧化铝固体微粒。

2) 粉尘的分类

(1) 按粉尘生成的原因可分为粉尘和烟尘。粉尘:因力学作用过程而产生的能悬浮于空气中的固体微粒,即在粉尘的形成过程中没有任何物理或化学的变化,如固体物质的机械破碎和研磨以及粉状物料的混合、筛分、包装及运输过程中生成的粉尘。烟尘:烟尘是指在燃料的燃烧、高温熔融和化学反应等过程中形成的漂浮于空中的颗粒物,典型的烟尘是烟筒里冒出的黑色烟雾,即燃烧不完全的较小黑色碳粒。

(2) 按粉尘的性质可分为无机粉尘、有机粉尘和混合性粉尘。无机粉尘包括矿物性粉尘(如石英尘、滑石粉尘、煤尘等)、金属粉尘(如铁尘、锡尘、铝尘等)和人工合成无机性粉尘(如金刚砂尘、水泥尘、耐火材料尘等)。有机粉尘包括动物性粉尘(如皮革尘、骨质尘等)、植物性粉尘(如棉尘、亚麻尘、谷物尘等)和人工合成有机粉尘(如塑料粉末尘、合成纤维尘、有机玻璃尘等)。混合性粉尘是指含两种及以上粉尘的混合物,大气中的粉尘通常都是混合性粉尘。

(3) 按粉尘的颗粒大小可分为可见粉尘、显微粉尘和超显微粉尘。可见粉尘是指直径大于 $10\ \mu\text{m}$ 、用眼睛可以分辨的粉尘。显微粉尘是指粒径为 $0.25\sim 10\ \mu\text{m}$,在普通显微镜下可以分辨的粉尘。超显微粉尘是指粒径小于 $0.25\ \mu\text{m}$,在超倍显微镜或电子显微镜下才可以分辨的粉尘。工程技术中有时用到超微米粉尘(亚微米粉尘)一词,指的是粒径在 $1\ \mu\text{m}$ 以下的粉尘。

(4) 从卫生学角度可分为全尘和呼吸性粉尘。全尘是指悬浮于空气中粉尘的总量,也称总粉尘。呼吸性粉尘是指随呼吸能进入人体肺泡并沉积在肺泡内的粉尘,其颗粒直径一般小于 $5\ \mu\text{m}$ 。

(5) 按有无爆炸性可分为爆炸性粉尘和无爆炸性粉尘。爆炸性粉尘是指本身能发生爆炸和传播爆炸的粉尘,如煤尘、面粉尘、硫黄粉尘。无爆炸性粉尘是不能发生爆炸和传播爆炸的粉尘,如石灰石粉尘、水泥粉尘。

(6) 按粉尘的存在状态可分为浮尘和落尘。浮尘是指悬浮在空气中的粉尘,也称为飘尘。落尘是指沉积在机器表面、地面及有限空间四周的粉尘,也称积尘。浮尘和落尘在不同的条件下可相互转化。

3) 粉尘的危害

粉尘的危害性与粉尘的毒性、粒径、浓度和接触时间有关。毒性越大,粒径越小,接触时间越长,危害性越大,主要表现在以下几个方面:

(1) 对人的危害 粉尘的化学成分是直接决定其对人体危害性质和严重程度的重要因素。因其化学成分不同,可导致纤维化、刺激、中毒和致敏等不同作用,引起多种职业病。

① 无机、有机粉尘:人体长期接触会引起慢性支气管炎。

② 游离硅石、石棉、炭黑等粉尘:被人体吸入会引起“矽肺”、“石棉肺”等肺病,甚至并发肺癌。

③ 金属粉尘:具有一定的毒性,如铅使人贫血,损害大脑;镉、锰损坏人的神经和肾脏;镍可以致癌等。

(2) 对生产的影响

① 降低产品的质量、机器运行可靠性和使用寿命。粉尘沉降在感光胶片、集成电路、化工试剂、医药、精密仪表等洁净度要求较高的产品上,会影响其质量,甚至使产品报废;降落在仪器设备的运转部件上,会使其磨损加剧而导致工作可靠性的降低和使用寿命的缩短。

② 降低光照度和能见度,影响作业环境的视野。当粉尘浓度较高时,容易导致误操作,增加工伤事故发生的可能性。

③ 对于谷物、煤、铝、织物纤维、硫化物等具有爆炸性的粉尘,当其悬浮在空气中达到一定浓度时,遇到明火会引起燃烧爆炸,对相关行业的安全生产造成严重威胁。

(3) 对环境的危害

① 对大气的污染。当空气中悬浮的粉尘超过一定浓度时,就会形成大气污染。大气污染对建筑物、自然景观、生态等都会造成危害,进而影响人类的生存环境,如“煤烟型”污染和沙尘暴等。

② 对水和土壤的污染。粉尘进入水中将破坏水的品质,长期饮用会引起疾病,用于生产会降低产品质量。粉尘进入土壤将破坏土壤性质,从而影响植物的生长。

2.2.2 有害气体和蒸气的来源及危害

1) 有害气体和蒸气的来源

在火力发电、采矿、交通运输、有色金属冶炼、铸造、电镀、酸洗、橡胶、化工、炼焦、造纸等许多生产过程中,都会产生和散发出大量的有害气体和蒸气。有害气体和蒸气的主要来源有以下几个方面:

(1) 化学反应过程,如火电、锅炉、汽车等燃料的燃烧都会放出一氧化碳、二氧化氮、二氧化硫等有害气体。

(2) 产品的加工处理过程,如炼油、农药、化肥生产等。

(3) 含有害气体的矿层开采过程,如煤层开采中涌出甲烷和二氧化碳等。

(4) 有害物表面的蒸发,如电解槽溶液表面散发含金属化合物的蒸气。

(5) 有害气体的生产和储运过程,如输运管道和储气柜(罐)的泄漏等。

2) 有害气体和蒸气的危害

有害气体在空气中扩散传播,对人、生产、环境都有不良的影响,其危害程度主要取决于有害气体的毒性、浓度、接触时间、人的劳动强度和身体素质等因素的综合影响。

(1) 对人的危害 有害气体对人的危害主要表现是呼吸道疾病与生理机能障碍,以及眼、鼻等黏膜组织受到刺激而患病。当人体吸入含高浓度有害气体的空气时,会造成急性中毒;而长期吸入含低浓度有害气体的空气时,也会引起慢性中毒。

(2) 对生产的影响 某些有害气体和蒸气对产品和机器产生腐蚀性破坏,影响产品的质量和机器的使用寿命。

(3) 对环境的危害

① 对大气的污染。某些有害气体和大气中的水雾结合在一起,形成酸雾,对动物、植物和建筑物造成危害,影响人类的生存。

② 对水、土的污染。各种气体在水中均有一定的溶解度,有害气体进入水中将破坏水质,若溶于雨水中被带入土壤,则对土壤也造成危害。

2.2.3 余热和余湿的来源及对人体的影响

1) 余热和余湿的来源

作业场所的余热主要来源于生产性热源和自然性热源。生产性热源是指在生产过程中能够产生和散发热量的生产设备、产品或工件等。如炼焦、炼铁、炼钢、轧钢、铸造、锻压、纺织、印染等车间在生产时因产品的热加工处理、设备运转、灯具照明等大量散发出热量。而