



“十二五”普通高等教育规划教材

# 工业通风与除尘

王志 主编

Gongye Tongfeng Yu Chuchen



中国质检出版社  
中国标准出版社



“十二五”普通高等教育规划教材

---

Gongye Tongfengyu Chuchen

---

# 工业通风与除尘

主 编 王 志

副主编 林秀丽

中国质检出版社  
中国标准出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

工业通风与除尘/王志主编. —北京:中国质检出版社, 2015.6

“十二五”普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-5026-4136-8

I. ①工… II. ①王… III. ①通风除尘—教材 IV. ①TU834

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 082598 号

## 内 容 提 要

本书共分 10 章,系统介绍了工业通风与除尘的基本理论和方法。主要内容包括:通风方法、通风机、局部排风罩、通风管道系统设计、粉尘及含尘气体特性、除尘装置、有害气体净化、通风除尘系统测试、典型场所的通风设计。本书可作为高等院校安全工程、环境工程、卫生工程和相关专业的本科教材,也可作为政府监管、中介服务机构、企业管理人员的参考用书。

中国质检出版社  
出版发行  
中国标准出版社

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)

北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址: www. spc. net. cn

总编室: (010) 68533533 发行中心: (010) 51780238

读者服务部: (010) 68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

\*

开本 787×1092 1/16 印张 19.75 字数 471 千字

2015 年 6 月第一版 2015 年 6 月第一次印刷

\*

定价: 46.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话: (010)68510107

# — 审 定 委 员 会 —

主 编 宋守信 (北京交通大学)

副主编 吴 穹 (沈阳航空航天大学)

委 员 罗 云 (中国地质大学)

蒋军成 (南京工业大学)

钮英建 (首都经济贸易大学)

王述洋 (东北林业大学)

许开立 (东北大学)

# — 本 书 编 委 会 —

主 编 王 志 (沈阳航空航天大学)

副主编 林秀丽 (东北大学)

参 编 李 丽 (长春工程学院)

付林志 (西安建筑科技大学)

# 序 言

---

众所周知，安全是构建和谐社会的基础。安全生产事关人民群众生命和国家财产安全，是保护和发展社会生产力、促进社会和经济持续健康发展的基本条件，是社会文明与进步的重要标志，也是提高国家综合国力和国际声誉的具体体现。在全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化、实现中华民族伟大复兴的进程中，安全生产在国家安全、经济和社会发展中占据越来越重要的地位。安全工程则是指在具体的安全存在领域中，运用的种种安全技术及其综合集成，以及保障人体动态安全的方法、手段、措施。安全工程的实践，为使人们在生产和生活中，生命和健康得到保障，身体及其设备、财产不受到损害，提供直接和间接的保障。安全工程专业是培养适应社会主义市场经济发展的需要，掌握安全科学、安全技术和安全管理的基础理论、基本知识、基本技能，具备一定的从事安全工程方面的设计、研究、检测、评价、监察和管理等工作的基本能力和素质，德、智、体全面发展的高级专业人才。随着现代工业生产规模日趋扩大，生产系统日益复杂，加之高新技术的不断引入，生产过程中涉及的环境、设备、工艺和操作的危险因素变得更加复杂、隐蔽，产生的风险越来越大，事故后果也越来越严重。因此，社会对安全工程专业人员的要求越来越高，安全工程专业的人才市场需求也越来越大。

安全工程专业的本科教育是我国培养安全工程专业高级人才的重要途径，也是确保安全科学与技术能够蓬勃发展的重要基础。如何培养能适应现代科学技术发展，满足社会需要的安全科学专门人才，是安全工程高等教育的核心问题。为此，教育部和国务院学位委员会对安全工程专业作出了调整，将“安全科学与工程”升级为一级学科，下设“安全科学”、“安全技术”、“安全系统工程”、“安全与应急管理”、“职业安全健康”等5个二级学科。而教育部高教司给出的安全工程（本科）专业的培养目标是“培养能够从事安全技术及工程、安全科学与研究、安全监督与管理、安全健康环境检测与监测、安全设计与生产、安全

教育与培训等方面复合型的高级工程技术人才”。

我国绝大多数高校的安全工程专业都是为适应市场需求而于近些年开设的，其人才培养的硬件、软件和师资等都相对较弱，在安全工程专业课程体系的构成上缺乏共识，各高校共性核心的内容少，而且应用性课程多，理论性课程少；工具性课程多，价值性课程少。课程设置的差异，导致安全工程专业的教材远不能满足本专业教学的需要和学科发展的需要，为此，中国质检出版社根据教育部《“十二五”普通高等教育本科教材建设的基本原则》，组织北京交通大学、中国地质大学、沈阳航空航天大学、南京工业大学、河北科技大学、东北林业大学、西安石油大学等多所相关高校和科研院所中具有丰富安全工程实践和教学经验的专家学者，编写出版了这套以公共安全为方向，既有自身鲜明特色又体现国家和学科自身发展需要的系列教材，以进一步提高安全科学与工程类专业的教学水平，从而培养素质全面、适应性强、有创新能力的安全技术人才。该套教材从当前社会生产的实际需要出发，注重理论与实践相结合，满足了当前我国培养合格安全工程专业人才的迫切需要。相信该套教材的成功出版发行，必将会推动我国安全工程类高等教育教材体系建设的逐步完善和不断发展，对国家新世纪应用型人才培养战略的成功实施起到推波助澜的作用。

教材审定委员会

2015年4月

# 前 言

## • FOREWORD •

本书系统介绍了工业通风与除尘的基本理论和方法。力求内容全面，深入浅出，通俗易懂；注重理论联系实际，紧密结合我国通风除尘领域的发展与实践，突出实用性和实效性。重点介绍通风除尘的方法和途径，使读者掌握工业通风与防尘的基本概念、基本原理、设计方法和应用技术，掌握国内外常用的除尘器的工作原理、通风管道的设计计算、通风机的选型等知识，了解近年来通风与防尘领域取得的新经验、新成果和新进展，为将来从事工业通风与防尘设计、科研及企业职业卫生管理等相关工作打下良好的基础。

全书共分为十章。第二章、第五章、第十章第二节至第三节由东北大学林秀丽编写；第六章、第九章由长春工程学院李丽编写；第八章、第十章第四节由西安建筑科技大学付林志编写；沈阳航空航天大学王志编写第一章、第三章、第四章、第七章、第十章第一节并负责全书统稿。

本书在编写过程中，参考和引用了同行专家的大量文献资料，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在错误或不妥之处，敬请广大读者和专家赐教。

编 者

2015年4月



# 目 录

## • CONTENTS •

第 1 章 绪论 .....	(1)
1.1 引言 .....	(1)
1.2 工业有害物质的来源及危害 .....	(2)
1.3 卫生标准及排放标准 .....	(6)
1.4 工业有害物综合防治措施 .....	(8)
第 2 章 通风方法 .....	(11)
2.1 通风方法分类 .....	(11)
2.2 全面通风量的计算 .....	(17)
2.3 风量平衡与热量平衡 .....	(23)
第 3 章 局部排风罩 .....	(27)
3.1 排风罩基本形式和设计要求 .....	(27)
3.2 密闭式排风罩 .....	(27)
3.3 柜式排风罩 .....	(29)
3.4 外部排风罩 .....	(31)
3.5 接受式排风罩 .....	(37)
3.6 吹吸式排风罩 .....	(39)
第 4 章 通风机 .....	(43)
4.1 通风机的分类 .....	(43)
4.2 通风机的构造和原理 .....	(45)
4.3 通风机的性能参数及性能曲线 .....	(48)
4.4 通风机管网中的运行及启动 .....	(52)

4.5	通风机的命名规则	(55)
4.6	通风机的选型	(57)
4.7	通风机的安装与维护	(57)
<b>第5章</b>	<b>通风管道系统设计</b>	<b>(60)</b>
5.1	管道内流动状态	(60)
5.2	管道内气体流动阻力	(61)
5.3	管道内的压力分布	(66)
5.4	通风管路设计计算	(72)
5.5	通风管路系统布置设计	(80)
<b>第6章</b>	<b>粉尘及含尘气体特性</b>	<b>(84)</b>
6.1	粉尘及分类	(84)
6.2	粉尘的粒径及粒径分布	(85)
6.3	粉尘的理化特性	(94)
6.4	粉尘的监测与评价	(102)
6.5	含尘气体特性	(105)
<b>第7章</b>	<b>除尘装置</b>	<b>(117)</b>
7.1	除尘机理及分类	(117)
7.2	除尘器性能指标	(118)
7.3	重力沉降室	(120)
7.4	惯性碰撞除尘器	(123)
7.5	旋风除尘器	(124)
7.6	湿式除尘器	(135)
7.7	过滤式除尘器	(139)
7.8	电除尘器	(152)
7.9	除尘器的选型	(165)
<b>第8章</b>	<b>有害气体净化</b>	<b>(168)</b>
8.1	有害气体特性	(168)
8.2	燃烧与冷凝净化	(170)
8.3	吸收净化	(175)
8.4	吸附净化	(195)
8.5	催化与光催化净化	(202)
8.6	其他净化方法	(210)

<b>第9章 通风除尘系统测试</b> .....	(226)
9.1 风速、风量和风压的测定 .....	(226)
9.2 含尘浓度的测定 .....	(232)
9.3 粉尘主要物理性质的测试 .....	(241)
9.4 有害气体测试 .....	(255)
<b>第10章 典型场所的通风设计</b> .....	(265)
10.1 建筑防排烟设计 .....	(265)
10.2 地下建筑通风设计 .....	(270)
10.3 隧道通风设计 .....	(275)
10.4 密闭空间通风及空气质量控制 .....	(279)
<b>附录1 工作场所空气中粉尘容许浓度</b> .....	(290)
<b>附录2 通风管道单位摩擦阻力线解图</b> .....	(293)
<b>附录3 典型局部构件阻力系数</b> .....	(294)
<b>附录4 通风管道统一规格</b> .....	(300)
<b>参考文献</b> .....	(303)

# 第1章 绪 论

## 1.1 引 言

现代工业生产中散发的尘毒物质污染室内外环境,严重威胁着劳动者的身心健康。特别在采矿、冶金、机械、建材、化工、电力等工业部门,会产生大量的粉尘、有毒气体、余热、余湿等有害物质,人们长期在这种环境中工作就会造成身体的损伤,甚至引发尘肺、中毒等严重的职业病患。因此,如何有效控制有害物质对室内外空气环境的影响与破坏,保护劳动者的身体健康,已成为做好职业安全与健康工作首要解决的问题之一。

通风除尘是一门控制工业有害物质的散发与传播,保护劳动者的健康在职业活动过程中免受伤害的综合性应用学科。通风除尘作为目前控制尘毒危害最有效和最经济的一种技术手段,在改善车间空气质量、保护大气环境及维护人民健康中发挥着重要作用。通风除尘包含通风工程与除尘技术,二者既可独立存在,也可联合使用。在通风除尘中,利用通风方法控制尘毒的散发,排出室内污染气体,送入新鲜空气,保持室内空气的新鲜度及洁净程度;利用除尘技术净化产生的污染气体,满足排放标准后排入大气,保证大气环境不受污染。由于通风产生的含尘气体只有经过除尘净化才能满足排放标准,因此在工业有害物治理中通风与除尘多数情况下都结合起来应用,简称为通风除尘。

最早的通风可以追溯到几千年前。我国古代就知道利用“穿堂风”和“烟囱效应”实现民用建筑的自然通风。在工业生产领域,孔平仲在《谈苑》中记载了铜矿开采中利用通风技术防止有害气体的方法,宋应星的《天工开物》中对煤矿竖井中采取大竹筒来排出瓦斯的技术进行了描述。现代工业的发展,对作业环境提出了更严格的要求。为了防止粉尘、化学毒物等有害物质的危害,世界各国都制定了作业场所的卫生标准和排放标准。标准的日益严格,大大地促进了通风除尘技术的迅速发展,出现了多种新型通风方法和高效的除尘技术。然而,工业生产设备的发展更新、新兴技术产业的不断涌现,都要求通风除尘技术要随之不断进步,以适应新形势的需求。

在我国,随着经济的快速发展,公众的环境意识和自我保护意识迅速增强,人们更加关注工作环境和生活环境,由尘毒等有害物质导致的职业卫生问题已经成为社会各界关注的热点。我国对尘毒等职业危害的防护工作高度重视,相关法律、法规及标准体系已日趋完善,特别是《中华人民共和国职业病防治法》实施以来,尘毒引起的职业危害高发势头得到一定遏制。然而,我国目前生产装备水平和工艺技术相对落后,在煤炭、冶金、建材等职业危害严重行业,改善工作环境需要一个过程。在城镇化、工业化的过程中,大量农民工进城就业,他们流动性大,健康保护意识不强,职业防护技能缺乏,加大了职业危害防治监管的难度。另外,随着经济和科技的发展,新技术、新工艺、新材料的广泛应用,新的职业危害风险及职业病不断出现,防治工作也面临着新的挑战。

卫生部通报的2010年职业病防治情况显示,自20世纪50年代以来,全国累计报告职业病



749970 例,其中尘肺病 676541 例,长期居各类职业病之首,尘肺病仍是我国最严重的职业病。近年来我国报告职业病新发病例数据出现了逐年大幅度上升的趋势:2009 年全国报告职业病 18128 例,较 2008 年增加了 32%;2010 年全国报告职业病 27240 例,较 2009 年增加了 50%。由于现在发布的职业病病例数是从覆盖率仅达 10% 左右的职业健康监护中发现的,因此我国职业病实际发病情况要远远高于报告数据,预计今后 10 年~15 年职业病发病总数还将呈上升趋势。国际上,国际劳工组织(ILO)和世界卫生组织(WHO)职业卫生联合委员会提出一项全球消除矽肺的国际规划,目标是在 2015 年消除矽肺这一职业卫生问题。虽然我国通风与防尘工作得到了快速发展,在保护职工安全与健康、环境污染防治等方面发挥了重大作用。但无论是行业发展还是技术进步与国际先进水平都有较大差距,欲达到消除矽肺目标,任务仍很艰巨,这就要求广大通风除尘工作者迎头赶上,使通风除尘技术在高效、低耗、可靠、方便等方面达到一个新的水平。

## 1.2 工业有害物质的来源及危害

工业生产中产生的有害物质种类繁多,其中影响空气质量的主要包括粉尘、有毒有害气体、蒸气、余热和余湿等。

### 1.2.1 粉尘

#### 1.2.1.1 粉尘的来源

粉尘是指能够较长时间悬浮于空气中的固体微粒。在生产过程中形成的粉尘称为生产性粉尘。在采矿、冶金、机械、建材、轻工、电力等许多工业部门的生产中均会产生大量粉尘,如果防尘措施不完善,就会使生产环境中粉尘浓度超标,造成严重的职业危害。粉尘按产生方法可分为两类。

(1)物理作用产生的粉尘。即通过破碎、研磨、混合、运输、筛分、包装、装卸、固体表面加工等生成的粉尘。如冶金工业中的原料准备、矿石粉碎、筛分、配料等,机械制造工业中原料破碎、配料、清砂等,耐火材料、玻璃、水泥、陶瓷等工业的原料加工等,这类粉尘一般尺寸较大,多在  $1\mu\text{m}$  以上,甚至数百微米。

(2)化学作用得到的粉尘。即通过加热、燃烧、升华、蒸发等生成的粉尘。高温金属冶炼时,升华物或蒸气在空气中凝结或氧化形成的细小尘粒,如铅熔炼时产生的氧化铅烟尘;有机物质不完全燃烧时产生的微细尘粒和烟雾,如煤炭不完全燃烧的烟尘、烃类热分解产生的碳黑等,这类粉尘颗粒一般粒度较小,在  $1\mu\text{m}$  以下。

粉尘的来源决定了接触粉尘的种类、粒径、浓度及其危害性。不同的行业、生产场所接触的粉尘是不同的。在采矿、建筑、铸造、耐火材料及陶瓷等行业,接触的粉尘以二氧化硅粉尘为主;金属冶炼、金属加工、焊接等行业主要接触金属类及其化合物粉尘;农业、畜牧、粮食、纺织等行业,以接触植物性或动物性有机粉尘为主。

#### 1.2.1.2 粉尘的危害

粉尘的危害可归纳为对人体健康的危害、对环境的污染和对生产的影响 3 个方面。

### (1) 粉尘对环境的影响

排入大气中的粉尘可成为其他有害物质和细菌病毒等微生物的载体,生物体吸入可引起各种疾病,文物、古迹、建筑物表面会被腐蚀、污染。另外,大量粉尘悬浮于空气中,可降低大气的能见度,促使烟雾形成,使太阳的热辐射受到影响,影响动植物的生长。

### (2) 粉尘对生产的影响

粉尘会降低产品质量和机器工作精度,如感光胶片、集成电路、化学试剂、精密仪表和微型电机等产品。粉尘还使光照度和能见度降低,妨碍操作,甚至引发事故。爆炸性粉尘如煤尘、铝尘和谷物粉尘在一定条件下会发生爆炸,造成经济损失和人员伤亡。

### (3) 粉尘对人体的危害

由于种类和理化性质不同,粉尘对机体的损害也不同。按其作用部位和病理性质,可将危害归纳为呼吸系统损害、局部作用和中毒作用三大类。

局部作用是指粉尘对呼吸道黏膜产生的局部刺激作用,引起鼻炎、咽炎、气管炎等。刺激性强的粉尘还可引起鼻腔黏膜充血、水肿、糜烂、溃疡等;金属磨料粉尘可引起角膜损伤;沉着于皮肤的粉尘颗粒可堵塞皮脂腺,易于继发感染而引起毛囊炎、脓皮病等;作用于眼角膜的硬度较大的粉尘颗粒,可引起角膜外伤及角膜炎等。

中毒作用则指可溶性有毒粉尘,如含铅、砷、锰等有毒物质的粉尘可在呼吸道黏膜很快溶解吸收,导致中毒,呈现出相应毒物的中毒症状。

粉尘对机体影响最大的是呼吸系统,损害主要包括尘肺病、粉尘沉着症、有机粉尘引起的肺部病变、呼吸系统肿瘤和呼吸系统炎症等,危害性则以尘肺最为严重。

#### 1) 呼吸系统损害分类

①尘肺。是指长期吸入粉尘而发生的以肺组织纤维化为主的全身性疾病,是粉尘对人体最主要的危害。我国职业病目录规定的法定尘肺病有13种:矽肺、煤工尘肺、石墨尘肺、碳黑尘肺、石棉肺、滑石尘肺、水泥尘肺、云母尘肺、陶工尘肺、铝尘肺、电焊工尘肺、铸工尘肺、其他尘肺。

②粉尘沉着症。某些生产性粉尘如锡、钡、铁、锑尘,沉积于肺部后,可引起一般性异物反应,并继发轻度的肺间质非胶原型纤维增生,但肺泡结构保留,脱离接尘作业后,病变并不进展甚至会逐渐减轻。

③有机粉尘引起的肺部病变。吸入棉、亚麻、大麻等粉尘可引起棉尘症;吸入被真菌、细菌或血清蛋白等污染的有机粉尘可引起职业性变态反应性肺泡炎;吸入被细菌内毒素污染的有机粉尘也可引起有机粉尘毒性综合征。

④呼吸系统肿瘤。某些粉尘本身是或者含有致癌物质,如石棉、游离二氧化硅、镍、铬、砷等,含有这些物质的粉尘就可能引发呼吸和其他系统肿瘤。此外,放射性粉尘也可能引起呼吸系统肿瘤。

⑤呼吸系统炎症。人体具有本能的排异反应,当粉尘作为异物进入人体后,在粉尘沉积的部分会积聚大量的巨噬细胞,导致炎性反应,引起粉尘性气管炎、支气管炎、肺炎、哮喘性鼻炎和支气管哮喘等疾病。

#### 2) 化学组成及粒径对粉尘危害性的影响

粉尘化学组成是决定粉尘危害性质和严重程度的重要因素。化学成分不同分别导致肺纤维化、刺激、中毒、致敏及致癌。含有游离二氧化硅的粉尘,可引起矽肺,而且含量越高,病变发

展越快,危害性就越大,如游离二氧化硅含量在 70% 以上的粉尘短期暴露即可引发疾病;石棉尘可引起石棉肺;某些金属(如铅及其化合物)粉尘通过肺组织吸收,进入血液循环系统,可引起全身中毒;另一些金属(如铍、铝等)粉尘可导致过敏性哮喘或肺炎;棉、麻、谷物、茶等粉尘不但可阻塞呼吸道,还会引起呼吸道炎症和变态反应等肺部疾患。

不同粒径的粉尘对人体的危害程度也不同。一般而言,粒径越小,进入体内的机会就越多,对人体的危害越大。如图 1-1 为不同粒径粉尘在呼吸系统各部位的沉积情况,图中表明大于  $5\mu\text{m}$  的粉尘主要阻留在鼻腔、喉头、气管上呼吸道中,在这些器官的纤毛和分泌黏液作用下,粉尘经咳嗽、喷嚏等保护性反射作用而排出,小于  $5\mu\text{m}$  的粉尘则会深入并滞留在肺泡中。有研究表明,矽肺死者肺中粒径  $1.6\mu\text{m}$  以下的粉尘占 86%,  $3.2\mu\text{m}$  以下的粉尘占 100%。鉴于直径小于  $5\mu\text{m}$  的粉尘可以进入呼吸道深部及肺泡内,因此在职业卫生领域称之为呼吸性粉尘,这部分粉尘是通风除尘工程防治的重点。

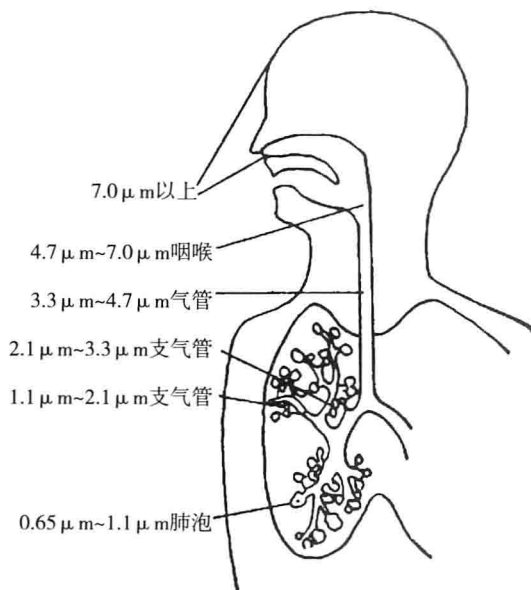


图 1-1 不同粒径粉尘在呼吸系统的沉积情况

### 1.2.2 有害气体和蒸气

指对人和生态环境有害的气体 and 蒸气,是由自然过程和人类活动产生的排放到空气中的气态有害物质,如常见的有二氧化硫、一氧化碳、汞蒸气、苯蒸气和硫化氢等。工业生产、交通运输、人的日常生活是有害气体和蒸气的主要来源。如锅炉燃烧煤炭向大气排放的二氧化硫、氮氧化物,火力发电、钢铁冶金、水泥工业排出的具有刺激性、腐蚀性、异味的有机、无机气体,石油炼制和有机化工生产排放的挥发性有机化合物等。这些有毒有害气体通过呼吸道或消化道、皮肤侵入人体,对人体的组织、器官产生毒物作用,严重危害人类的健康和生命。下面对主要的有害气体的特性、危害和来源进行简要介绍。

#### (1) 二氧化硫

二氧化硫( $\text{SO}_2$ )主要来自含硫矿物燃料的燃烧,在金属矿物的焙烧、毛和丝的漂白、化学纸

浆和制酸等生产过程亦有含  $\text{SO}_2$  的废气排出。 $\text{SO}_2$  是无色、有硫酸味的强刺激性气体,易溶于水,与水蒸气接触生成硫酸,对眼睛、呼吸道有强烈的刺激和腐蚀作用,可引起喉痛和支气管发炎、呼吸麻痹,严重时引起肺水肿。它是一种活性毒物,在空气中可以氧化成三氧化硫,形成硫酸烟雾,其毒性要比  $\text{SO}_2$  大 10 倍。 $\text{SO}_2$  对呼吸器官有强烈的腐蚀作用,使鼻、咽喉和支气管发炎。当空气中  $\text{SO}_2$  浓度达 0.0005% 时,嗅觉器官就能闻到刺激味;达 0.002% 时,有强烈的刺激,可引起头痛和喉痛;达 0.05% 时,可引起支气管炎和肺水肿,短时间内即可造成死亡。

### (2) 一氧化碳

一氧化碳(CO)是无色无味气体,能均匀散布于空气中,微溶于水,一般化学性质不活泼,但浓度在 13% ~ 75% 时能引起爆炸。CO 多数是工业炉、内燃机等设备不完全燃烧时的产物,也有来自煤气设备的渗漏。CO 毒性大,它与人体血红素的亲和力是氧与人体血红素的亲和力的 250 ~ 300 倍。人体吸入含 CO 的空气后,CO 很快与血红素结合而大大降低血红素吸收氧的能力,使人体各部分组织和细胞缺氧,引起窒息和血液中毒,严重时造成死亡。当空气中 CO 浓度达到 0.4% 时,人在很短时间内就会失去知觉,若抢救不及时就会中毒死亡。

### (3) 汞蒸气

汞蒸气有剧毒,吸入或接触后可以导致脑和肝损伤。汞可以在生物体内积累,它破坏中枢神经系统,对口腔黏膜和牙齿有不良影响;长时间暴露在高汞环境中可以导致脑损伤和死亡。汞蒸气一般来源于汞矿石的冶炼和使用汞的生产过程,如用于制造科学测量仪器、药物、催化剂、汞蒸气灯、电极、雷汞等。汞常温下即可蒸发,在室温下饱和的汞蒸气就可达到中毒剂量的数倍。

### (4) 氮氧化物

氮氧化物主要来源于燃料的燃烧及化工、电镀等生产过程。其中的  $\text{NO}_2$  是棕红色气体,对呼吸器官有强烈刺激,能引起急性哮喘病。实验证明, $\text{NO}_2$  会迅速破坏肺细胞,可能是肺气肿和肺肿瘤的病因之一。 $\text{NO}_2$  浓度在 1ppm ~ 3ppm<sup>①</sup> 时,可闻到臭味;浓度为 13ppm 时,眼鼻有急性刺激感;浓度为 16.9ppm 时,呼吸 10min,会使肺活量减少,肺部气流阻力提高。

### (5) 硫化氢

硫化氢( $\text{H}_2\text{S}$ )是强烈的刺激神经毒物,可引起窒息,即使低浓度  $\text{H}_2\text{S}$  对眼和呼吸道也有明显的刺激作用。低浓度时可因其明显的臭蛋气味而被察觉,然而持续接触会使嗅觉变得迟钝,高浓度  $\text{H}_2\text{S}$  能使嗅觉迅速麻木,大量吸入立即产生缺氧,可发生“电击样”中毒,引起肺部损害,导致窒息死亡。工业上很少使用  $\text{H}_2\text{S}$ ,多是工业生产或生活中产生的废气,或是某些化学反应产物。含硫石油的开采和炼制,含硫矿石的冶炼,含硫化合物的生产如农药、制药、化纤、橡胶、造纸、皮革、制毡、食品加工等行业均有  $\text{H}_2\text{S}$  产生,化学分析实验室也可能接触到  $\text{H}_2\text{S}$ 。含硫有机物腐败时也能产生  $\text{H}_2\text{S}$ ,如在疏通阴沟、开挖和整治沼泽地以及清除垃圾等作业时均可接触到  $\text{H}_2\text{S}$ 。

### (6) 苯

苯是一种挥发性较强的液体,苯蒸气是一种具有芳香味、易燃和麻醉性的气体。急性苯中毒主要损伤中枢神经系统,表现为对中枢神经系统的麻醉作用。慢性苯中毒主要损害造血系统,可引起各种类型的白血病。苯在工农业生产中被广泛使用,人们接触机会很多。苯的制

<sup>①</sup> 1ppm =  $10^{-6}$ 。





造,如焦炉气、煤焦油的分馏,石油的裂化重整与乙炔合成苯;作为有机化学合成中常用的原料,如制造苯乙烯、苯酚、药物、农药、合成橡胶、塑料、洗涤剂、染料、炸药等;作为溶剂、萃取剂和稀释剂,苯可用于生药的浸渍、提取、重结晶以及油墨、树脂、人造革、粘胶和油漆等制造;用作燃料,如工业汽油中苯的含量可高达10%以上。苯中毒易发生在制鞋、油漆生产和使用、箱包生产等行业。

### 1.2.3 余热和余湿

人体保持恒定的体温( $36.5^{\circ}\text{C} \sim 37^{\circ}\text{C}$ ),对于维持正常的代谢和生理功能都十分重要。但在高温、强辐射和高湿环境中作业时,劳动者自身的散热受到阻碍,就容易发生机体蓄热过度而导致中暑性疾病的发生。中暑是高温环境下发生的急性疾病,是我国职业病目录中规定的物理因素所致职业病中的一种,按发病机理分为热射病、热痉挛、热衰竭3种类型。环境温度过高、湿度过大、风速小、劳动强度过大、劳动时间过长是中暑的主要致病因素。

工业生产中,各种工业炉窑和其他加热设备、热材料和热成品等都会散发出大量的余热,如铸造、锻造、轧钢、炼焦、冶炼车间具有辐射强度大、空气温度高和相对湿度低的特征,易形成干热环境。人在此环境下劳动时会大量出汗,如通风不良,则汗液难以蒸发,就可能因蒸发散热困难而发生蓄热和过热。

浸洗、蒸煮设备等散发的大量水蒸气是造成湿热环境的主要原因。印染、造纸、纺织等工业中液体加热或蒸煮时,气温可达 $35^{\circ}\text{C}$ 以上,相对湿度常高达90%以上,如通风不良就形成高温、高湿和低气流的不良气象条件,即湿热环境。人在此环境下作业,即使温度不很高,但由于蒸发散热极为困难,虽大量出汗也不能发挥有效散热作用,易导致体内热蓄积或水、电解质平衡失调,从而发生中暑。

人体散热主要是通过皮肤与外界的对流、辐射和表面汗液蒸发三种形式进行,与空气的温度、相对湿度、流速和周围物体表面温度等因素有关。因此在生产车间内必须采用必要的隔热、通风、降温、除湿等措施,防止和排除生产中大量散发的热和水蒸气,并使室内空气具有适当的流动速度,消除高温、高湿职业危害。

## 1.3 卫生标准及排放标准

### 1.3.1 卫生标准

卫生标准是为保证职工身体健康,对工作场所的职业病危害因素强度加以限制的标准。国家卫生标准是贯彻、实施职业卫生法规的技术规范,是执行职业卫生监督和管理的法定依据。卫生标准的目标是预防、消除、限制或降低职工工作过程中的职业病危害,力图减少职业病伤害事故的发生,减少职业病的发病率,保护职工的生命安全和身体健康。我国现行的卫生标准是《工业企业设计卫生标准》及与之配套的《工作场所有害因素职业接触限值》。

#### (1) 工业企业设计卫生标准

适用于工业企业新建、改建、扩建和技术改造、技术引进项目的卫生设计及职业病危害评价,规定工业企业选址与总体布局、防尘、防毒、防暑与防寒、防噪声与振动、防非电离辐射与电离辐射、辅助用室以及应急救援的基本卫生学要求。《工业企业设计卫生标准》(GBZ 1—2010)