

工业卫生工程

机械工业出版社
机械工业出版社出版人陈国良敬告读者

庞学群 主编



机械工业出版社

新学社
PDG

本书是按照机械工业企业安技管理人员培训计划及有关课程教学大纲的要求编写的。内容包括工业防尘技术、工业防毒技术、噪声与振动控制和辐射防护基本知识。书中重点介绍了机械工厂生产过程中所产生的粉尘、毒物、噪声与振动、辐射等有害因素对劳动者的危害及常用的技术控制措施,并对防尘系统、有害物质作业点的测定和隔热降温技术措施作了简要介绍。

本书既可作为机械工业企业安技管理人员岗位业务培训教材,也可供其他行业有关专业技术人员参考。

工业卫生工程

庞学群 主编

责任编辑:郝育生 版式设计:王颖

封面设计:姚毅 责任校对:马志正

责任印制:卢子祥

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业登记证出字第117号)

机械工业出版社京丰印刷厂印刷

机械工业出版社发行·机械工业出版社经销

开本 787×1092 $\frac{1}{32}$ ·印张19 $\frac{5}{8}$ ·字数434千字

1991年5月北京第一版·1991年5月北京第一次印刷

印数0,001—5,000·定价:9.60元

ISBN 7-111-02608-X/TB·120



前 言

把提高从业人员本岗位需要的工作能力和生产技能作为重点,广泛地开展岗位培训,这是成人教育的一项重大改革,也是提高劳动生产率和工作效率的重要手段。

为了搞好机械电子行业的岗位培训,我们首先抓了岗位培训的基础建设工作,即制定和编写了机械电子行业企业生产经营系统十四类主管专业管理人员和一般专业管理人员的岗位规范(《机械工业企业专业管理人员岗位业务规格》机械工业出版社1987年11月出版)、培训计划和教学大纲(《机电工业企业专业管理人员培训计划和教学大纲》机械电子工业部教育司1989年7月印发)。

在此基础上,我们聘请了二百多位专家、教授及有丰富实际工作经验的同志编写了相应的培训教材。这套教材分中专(对应一般专业管理人员)、大专(对应主管专业管理人员)两个层次编写,共85种,其中基础课和专业基础课20种,专业课65种。

这套教材的编写体现了岗位培训直接有效地为经济建设服务的指导思想,突破了普教教材编写模式的束缚,符合成人教育的特点,突出了岗位培训的特色。

这套教材也可用于“专业证书”培训。

编写这套岗位培训教材是一项巨大的工程,值此教材出版之际,谨向参加这套教材编写、审稿工作的同志及为这套教材出版付出辛勤劳动的同志表示衷心感谢!同时,真

IV

诚地希望关心和应用这套教材的单位和同志提出批评和建议，以便今后修改时参考，使之更加适应岗位培训的需要。

机械电子工业部教育司

1989年5月

编者的话

工业卫生工程技术是劳动保护科学技术的重要组成部分,是一门对生产过程中产生的有毒有害物质采取防护措施,以改善劳动条件、保障劳动者身体健康的应用科学。

《工业卫生工程》一书是根据“机械工业企业专业管理人员岗位业务规格”中所规定的安全技术管理人员应具备的知识要求所编写的。在编写过程中,编者注意将机械工业企业发展现状和我国工业卫生工程技术理论与实际应用相结合,力图使从事安全技术管理工作的人员,通过一定时间的学习和工作实践后,即可用所学知识解决企业中有关工业卫生方面的实际问题。

《工业卫生工程》一书分四篇共十五章。第一篇工业防尘技术,介绍了机械工业企业粉尘的来源和危害,常用治理设备的原理和结构,以及防尘系统的设计计算等;第二篇工业防毒技术,介绍了工业毒物的分类、危害及国家有关卫生标准,阐述了工业防毒技术的综合管理和技术措施;第三篇噪声与振动控制,介绍了工业噪声与振动对人体的危害以及控制技术;第四篇辐射防护,重点介绍了电离辐射及其防护方法。

参加本书编写工作的同志有:金连生、孙宝林、姜亢、陈蕾。全书由庞学群、金连生同志统稿,经苏汝维教授审定。

在本书编写过程中,编者从企业工作实际出发,在取材、

内容编排以及深度、广度等方面都力求满足企业安全技术管理人员的培训要求，在语言文字上努力做到通俗易懂。但是，由于编者水平所限，加之缺乏深入、细致、全面的调查研究，使本书难免存在问题和缺点，望读者批评指正。

作者

1990年3月

目 录

第一篇 工业防尘技术

第一章 工业粉尘及其危害	1
§ 1-1 工业粉尘及其来源	1
§ 1-2 粉尘危害	3
§ 1-3 卫生标准和排放标准	10
§ 1-4 综合防尘措施	18
思考题	21
第二章 防尘技术措施	22
§ 2-1 吸尘罩	23
§ 2-2 除尘器	52
§ 2-3 通风除尘管网设计	100
§ 2-4 通风机	123
思考题	137
第三章 除尘系统的测试与维护管理	139
§ 3-1 除尘系统风量、风压测定	139
§ 3-2 空气中粉尘浓度的测定	143
§ 3-3 除尘器性能测定	150
§ 3-4 除尘系统的维护管理	152
思考题	153
第四章 其它防尘措施和降温措施	154
§ 4-1 其它防尘措施	154
§ 4-2 降温措施	159
思考题	162

第二篇 工业防毒技术

第五章 工业毒物及其危害	164
§ 5-1 工业毒物的分类及其毒性	164
§ 5-2 毒物进入人体的途径及危害	170
§ 5-3 国家卫生标准	172
思考题	176
第六章 综合防毒措施	177
§ 6-1 防毒管理措施	177
§ 6-2 防毒技术措施	181
思考题	185
第七章 有毒物质测定技术	186
§ 7-1 毒物测定的方法及选择	186
§ 7-2 常用分析技术	197
思考题	214
第八章 有害气体净化技术	215
§ 8-1 燃烧净化法	215
§ 8-2 气体吸收净化	249
§ 8-3 气体吸附净化	291
思考题	319
第九章 有害废气的其它净化方法	320
§ 9-1 典型净化技术	320
§ 9-2 汞和铅的净化	342
思考题	348

第三篇 噪声与振动控制

第十章 噪声控制概论	349
§ 10-1 噪声与噪声控制	349
§ 10-2 声音的传播特性	352

§ 10-3 噪声的物理量	362
思考题	381
第十一章 噪声的危害、主观量度和控制标准	382
§ 11-1 噪声的危害	382
§ 11-2 噪声的主观量度	391
§ 11-3 噪声控制标准	403
思考题	408
第十二章 吸声降噪	410
§ 12-1 室内声场	410
§ 12-2 混响时间的计算	412
§ 12-3 稳态声场与房间常数	420
§ 12-4 吸声降噪设计	426
思考题	450
第十三章 隔声降噪	452
§ 13-1 结构的隔声特性	452
§ 13-2 隔声降噪设计	461
§ 13-3 隔声罩、隔声间与隔声屏	469
思考题	477
第十四章 振动控制	479
§ 14-1 振动	479
§ 14-2 隔振设计	488
§ 14-3 动力吸振与阻尼减振	497
思考题	507
第十五章 消声器	509
§ 15-1 概述	509
§ 15-2 阻性消声器	511
§ 15-3 抗性消声器	521
§ 15-4 宽频带型消声器	529
思考题	536

第十六章 噪声测量	537
§ 16-1 噪声测量仪器	542
§ 16-2 噪声测量方法	547
思考题	550

第四篇 辐射防护

第十七章 电离辐射的基本性质和辐射剂量	551
§ 17-1 电离辐射防护的基本任务和目的	551
§ 17-2 放射性	553
§ 17-3 各种放射线特性	562
§ 17-4 辐射剂量及其单位	565
思考题	573
第十八章 电离辐射对人体的影响和辐射防护标准	574
§ 18-1 电离辐射对人体的影响	574
§ 18-2 辐射防护标准	578
思考题	585
第十九章 电离辐射防护方法与剂量监测	586
§ 19-1 辐射防护一般原则和基本措施	586
§ 19-2 辐射防护监测	599
思考题	603
第二十章 非电离辐射防护基本知识	604
§ 20-1 射频辐射防护	605
§ 20-2 紫外线、红外线防护知识	612
参考文献	614

第一篇 工业防尘技术

第一章 工业粉尘及其危害

§ 1-1 工业粉尘及其来源

一、机械工业粉尘的主要来源及产生原因

工业粉尘是指在工业生产过程中产生并能在作业场所空气中飘浮一定时间的固体微粒。

(一) 粉尘的主要来源

机械工业生产过程中，有许多可产生粉尘的工艺流程，如物料的破碎、筛分、运输、铸造的配砂、清砂、电瓷制造、磨削、冶炼、焊条制造与使用、电碳制造与使用、砂轮制造与使用等。上述生产工艺中产生的粉尘是构成危害职工身体健康，污染环境的重要职业危害因素之一。

(二) 粉尘产生的原因

粉尘产生的原因有以下两方面。

- (1) 由于物料受机械作用而产生，如：
 - 1) 粉状物料的混合、筛分、贮运、装卸等过程。
 - 2) 固体表面加工过程，如用砂轮机磨削刀具或用喷砂清理粘附在铸件表面的粘砂和氧化皮。
 - 3) 固体物的机械破碎或研磨。
 - 4) 粉状物料的成型过程。

(2) 由于物料在生产流程中发生了物理、化学变化而产生，如物质的加热、燃烧过程和金属的冶炼、焊接过程等。

二、粉尘的分类

粉尘可根据多种特征进行分类，通常按下列几种方法分类。

(一) 按理化性质分类

1. 无机粉尘 包括矿物性粉尘（如矽尘、石棉、滑石、石灰石、碳化硅、氧化铝、碳酸钙等）；金属性粉尘（如铅、锌、铜、铁、锰、锡粉尘等），人造无机尘（如金刚砂、水泥、石墨等）。

2. 有机粉尘 包括植物性粉尘（如木尘、橡胶尘、棉尘、麻尘等），动物性粉尘（如兽毛、骨质粉尘等），人工有机粉尘（如有机玻璃尘、树脂尘等）。

3. 混合性粉尘 是指无机粉尘和有机粉尘或多种粉尘的混合物。混合性粉尘是在生产过程中常常遇到的，如水泥厂用烘干机烘干物料时产生的粉尘，既有石灰石和粘土粉尘，又有煤尘；又如用砂轮机磨削金属时产生的粉尘，既有金刚砂粉尘，又有金属粉尘。

(二) 按粉尘的颗粒大小分类

1. 可见粉尘 用眼睛可以分辨的粉尘，粒径大于 $10\ \mu\text{m}$ 。

2. 显微粉尘 在普通显微镜下可以辨别的粉尘，粒径为 $0.25 \sim 10\ \mu\text{m}$ 。

3. 超显微粉尘 在超倍显微镜或电子显微镜下才可分辨的粉尘，粒径小于 $0.25\ \mu\text{m}$ 。

(三) 从卫生学角度分类

1. 可吸入性粉尘 指能进入人的细支气管到达肺泡的

微粒，其粒径在 $5\mu\text{m}$ 以下。由于可吸入性粉尘能到达人的肺泡，并沉积在肺部，故对人体健康危害最大。

2. 不可吸入性粉尘。

此外，还可以分为有毒粉尘（如锰、铅粉尘等）；无毒粉尘（如铁矿石等）；放射性粉尘（如铀矿石粉尘等）。

（四）按燃烧和爆炸性质分类

1. 易燃易爆粉尘 如煤粉尘、硫磺粉尘等。

2. 非易燃易爆粉尘 如石灰石等。

（五）按生成原因分类

1. 粉尘 指因机械过程而产生的固体微粒，如用破碎机破碎矿石时产生的粉尘。

2. 烟尘 指因物理化学过程而产生的固体微粒，如锅炉或窑炉废气中的烟尘。

在本书中所用粉尘一词包括烟尘。

§ 1-2 粉 尘 危 害

一、粉尘的理化特性

从卫生学角度应考虑如下的粉尘理化特性。

（一）化学组成和浓度

粉尘的化学组成和浓度，直接决定其对人体的危害程度。如二氧化硅，游离型和结合型的作用不同；矿物尘和有机尘的作用也不同。同一种粉尘，在作业场所空气中浓度越高，吸入量就愈多，尘肺的发病率也就愈高。在机械工业行业中，危害最大的粉尘是矽尘（海砂、河砂、石英砂），是机械系统防尘的重点。许多工艺，如铸钢、铸铁、电瓷、精铸等作业环境中游离二氧化硅含量常在 $30 \sim 90\%$ 。工业上常用的几种含硅原料的游离二氧化硅含量列于表 1-1。

表 1-1 常用含硅原料的游离SiO₂含量 (%)

原料名称	游离SiO ₂ 含量	原料名称	游离SiO ₂ 含量
水晶石英	99.96	辉石	28.7
石英	99.26	萤石	17.16
白石英块	96.9~98.6	白云石	4.40
砂石英块	95.1	石岩石	1.8~2.0
雨花石块	85.7	黑石	0.78~1.30
石英斑岩	69.0	方解石	0.03
花岗岩	68.9	海砂	93.0
片麻岩	64.4	长石粉	62.5~66
闪长石	53.7	玉石粉	10.1
煤矿石	47.0~78.3	滑石粉	4.0
黄石灰石粉	1.58	粘土	42.6~50
大理石粉	1.5	黄泥	20.65
石棉	5.5	陶土	18.1~44.75
白土	60.89	矾土	16.1
红土	44.4	白泥	9.1~23

(二) 粉尘的分散度

粉尘的分散度是指物质被粉碎的程度，用尘粒粒径范围的个数或质量百分数来表示。粒径小的粉尘占的比例愈大，则其分散度愈大，反之则愈小。粒径的大小影响尘粒的沉降速度。10 μm以上的尘粒在静止的空气中只需几分钟就很快降下来，而1 μm的尘粒从1.5~2 m高处落到地面，需经5~7 h，小于0.25 μm的尘粒，在静止空气中几乎不沉降。尘粒小，在空气中浮游时间长，则吸入人体的机会多。尘粒进入呼吸道的深度与粒径大小有关：10 μm以上的尘粒不易进入肺泡，2~10 μm的有部分进入肺泡，0.1~2 μm的几乎全部进入肺泡。另一方面，粉尘的分散度愈大，则其比表面积愈大。随着比表面积的加大，提高了粉尘在空气中

的稳定性，使得易被机体吸入，而且进入人体后的化学活性也越大。表 1-2列出了铸造车间各种粉尘的分散度。

表 1-2 铸造车间粉尘质量分散度 (%)

工 种	工 作 地 点	粉 尘 粒 径			μm
		<2	2~5	5~10	>10
铸	大件造型	20	45	24	11
	电弧炉炼钢	31	41	23	5
	落砂开箱	30	40	17	13
	清理中小件	38	48	12	2
	切割中小件	65	26	6	3
	混碾旧砂	7	45	26	22
	混碾新砂	16	55	25	4
	碾轧耐火砖	25	61	13	1
	抛丸清理室内	67	15	15	3
	振动落砂地沟内	79	4	3	14
钢	喷砂室内	56	38	4	2
	大件造型	25	57	16	2
	制芯	16	60	20	4
	清理铸造	52	30	12	6
	混碾旧砂	30	36	24	10
	混碾新砂	40	29	20	11
	滚筒破碎筛筛砂	10	46	30	14
	湿型落砂开箱	13	22	35	30
	干型落砂开箱	40	17	10	33
	悬挂砂轮打磨	29	54	6	11
	冲天炉加料处	8	13	53	26
	地沟内	40	9	21	30

(三) 粉尘的溶解度

溶解度的大小对人体的危害有关。某些毒物粉尘如铅、

砷等，随溶解度的增加，对人体的作用增强。有些粉尘如面粉、糖等，在体内容易溶解、吸收、排出，溶解度大对人体的危害反而小；有些矿物尘如石英等，虽然在体内溶解度小，但对人体危害却较严重。因此溶解度只是一个方面，首先应由粉尘本身的化学性质来决定其危害性。

（四）硬度和形状

坚硬的尘粒能引起上呼吸道粘膜损伤，而进入肺泡内的微细尘粒，由于质量小，加之环境湿润，故机械损伤不重要。尘粒的形状影响它在空气中的运动，尘粒越接近球形，在空气中沉降越快，因此不易被人吸入。

（五）荷电性

物质在粉碎过程中和在流动中因互相摩擦、或吸附了空气中的离子而带电。尘粒的电荷量取决于尘粒的大小和密度，也与温度和湿度有关。飘浮在空气中的尘粒 90 ~ 95 % 带正电荷或负电荷。荷电性对粉尘在空气中的稳定程度也有影响，同性电荷相斥，增加了尘粒在空气中的稳定性。异性电荷相吸，使尘粒在撞击时凝聚而沉降。一般认为，电荷尘粒易被阻留在体内，因而危害性大。

（六）爆炸性

爆炸性是高分散度的煤、糖、面粉、硫磺、铝、锌等粉尘所特有的。在高温（火焰、火花、放电）和空气中粉尘浓度极高的情况下会发生爆炸。

二、粉尘对人体健康的影响

（一）粉尘在呼吸道的沉积

粉尘是造成尘肺、矽肺等疾病的原因。粉尘对人体健康的影响与其颗粒大小及化学成分等因素有关。

不同粒径的粉尘微粒在呼吸系统各部位的沉积情况各不

相同。图 1-1 所示为不同直径的粉尘在鼻部、支气管部、肺部的沉积量。

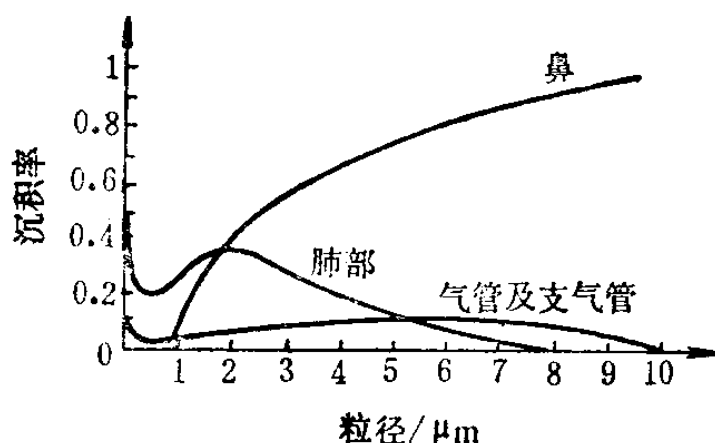


图 1-1 不同粒径的粉尘在呼吸系统各部位的沉积率

微细粉尘一般具有很强的吸附能力。很多有害气体、液体或某些金属元素（如镍、铬、锌等），都能吸附在微细粉尘上而被带入肺部深处，从而促使急性或慢性病症发生。例如1952年英国“伦敦烟雾事件”中二氧化硫就是以微细粉尘为“载体”而被吸入肺泡，以致造成严重的灾害。

（二）人体对粉尘的清除

人体能通过多种途径将大部分吸入的尘粒清除掉。这种机体防御功能是滤尘、运送和吞噬三种功能相互联系的结果。“滤尘”是含尘气流经过弯曲鼻腔的鼻粘膜时，鼻毛将30～50%的粉尘阻挡于鼻腔中。“运送”是滞留在气管、支气管的粉尘绝大部分被气管粘膜上的纤毛推动，伴随着粘液而随咳嗽反射的痰液排出体外。人体通过各种清除功能，可使进入肺腔的97～98%左右的尘粒排出体外。“吞噬”即人体虽有良好的防御和清除功能，但长时间吸入高浓度的粉尘，对人体仍可产生不良的影响，即尘肺的发生。

（三）粉尘对人体的致病作用