

职业卫生五天培训课程

要 点

澳大利亚工作安全委员会
国际劳工组织亚太分局

前 言

这本课程要点由 Gary Foster, Alan Rogers(澳大利亚工作安全委员会)和 David Grantham(顾问医生)起草,用以协助国际劳工组织亚太区域职业安全卫生项目中职业卫生基础知识的培训。

这一课程得到澳大利亚有关方面的大力支持。

澳大利亚工作安全委员会
国际劳工组织亚太分局
一九九三年十月

目 录

一、作业场所的作业人员	
——职业卫生流程.....	(1)
二、作业场所健康危害分类	
——化学性、物理性、生物性.....	(5)
三、有害物质的吸收	
——进入人体的途径.....	(6)
四、化学因素.....	(10)
五、暴露限度.....	(20)
六、健康危害的识别.....	(21)
七、烟气和雾气监测.....	(24)
八、危害控制	
——控制等级	(25)
九、通风.....	(26)
十、个体防护用品.....	(32)
十一、噪声.....	(41)
十二、热应力.....	(45)

职业卫生五天培训课程要点

一、作业场所的作业人员

职业卫生(针对化学、物理及生物危害)流程展示。

这一节主要介绍职业卫生流程。它包含两个重点:作业场所和作业人员。

介绍以下几种较常见物质的危害实例:

- 三氯乙烯溶剂
 - 石英粉尘
 - 铅烟
 - 噪声
 - 曲霉属菌
1. 危害因素
 - 化学因素
 - 物理因素
 - 生物因素
 2. 污染物及其产生过程
 - 各种有害烟雾、气体、蒸气和物理因素及其在作业场所的分布。
 3. 进入体内的途径和吸收介质
 - 呼吸系统吸入
 - 皮肤吸收
 - 消化系统
 - 物理因素的吸收器官(如噪声/耳,光/眼睛,辐射/身体)
 4. 有害物质的毒性和生理反应
 - 局部的还是系统的

- 急性的还是慢性的
 - 5. 基础生理学;疾病的靶器官或系统
 - 肺、血液、肝、皮肤、神经、消化系统、肌肉、心血管、骨骼、肾等
 - 6. 控制过程
 - 识别
 - 实地调查
 - 评价
 - 评价方法
 - 采样和监测
 - 职业接触极限
 - 生物学接触极限
 - 统计学分析
 - 7. 有害物质与物理因素的控制方法
 - 控制等级
 - 消除、替换、通风、管理控制、个体防护
 - 8. 卫生监督
- 课程讲解中将对以上各部分作完整说明和阐述。

〔实例 1〕

一工人手拿刷子和碎布用三氯乙烯清洗电机部件。三氯乙烯用一只敞口罐盛装,因其能彻底清除油污,所以被选用为清洗溶剂。该工作间大小为 $7 \times 5(\text{m}^2)$,通风条件极差。

依照前面所述危害源的识别、评估和控制程序,提出以下问题:

1. 危害因素及其产生过程是什么?
2. 污染物属下面列举中的哪一种:
 - 气体,蒸气
 - 气溶胶——粉尘、雾、烟
 - 生物性危害物
 - 物理性危害物——噪声、振动、热、辐射、压力(人类工效学)
3. 污染物怎样逸出、从何处逸出?

4. 作业场所条件如何?
5. 蒸气是易挥发性的吗?
6. 蒸气是可燃、可爆性的吗?
7. 污染物有否被加热过?
8. 在该工作室内有否潜在点火源存在? 列举出来。
9. 有爆炸的可能性吗?

〔讲座〕:

- 简要介绍爆炸上限、下限、闪点。
- 点火源

10. 污染源接触或进入人体吗?如果是,它在何处接触或进入,怎样接触或进入?

〔讲座〕:

- 进入途径
- 上、下呼吸道
- 呼吸区
- 剂量和暴露标准
- 气体/蒸气吸收
- 呼吸道吸收
- 皮肤吸收
- 局部和系统影响(举例)
- 急性和慢性作用(举例)
- 刺激剂、化学窒息剂

11. 如何测定作业人员对该种污染物的接触量?

12. 怎样清除污染物或降低污染物接触量?列出对应以下控制等级的解决方法。

〔控制等级〕

- 消除
- 替换
- 改变生产工艺
- 隔离

- 通风
- 管理
- 个体防护装置

〔实例 2〕

一个金属制造厂制作小型建筑部件。这些金属部件通过砂喷被清除干净,这一工作在工厂背面的一个露天场所进行。

〔问题〕

1. 危害因素及其产生过程是什么?
2. 污染物呈何种形态?
3. 污染物如何逸出? 从哪里逸出?
4. 作业场所条件如何?
5. 粒径范围是多少?
6. 蒸气是可燃或可爆的吗?
7. 有任何点火源的存在吗?
8. 有否爆炸可能性?
9. 污染物接触或进入人体吗? 如果是,在何处接触或进入? 方式如何?
10. 怎样测定在该种污染物中的接触量?
11. 怎样清除污染物或降低其接触量? 列出对应于如下控制等级的解决方法。

〔控制等级〕

- (a) 消除
- (b) 替换
- (c) 改变生产工艺
- (d) 隔离
- (e) 通风
- (f) 管理
- (g) 个体防护装置

二、作业场所健康危害分类

对于作业场所危害,我们在职业卫生分析流程及其课程提示中采取的都是以下最基本的分类方式:

- a. 化学危害
- b. 物理因素
- c. 生物危害

1. 化学危害

化学危害通过以下方式发生:

(1) 空气暴露,如:

- 粉尘——二氧化硅、煤碳、石棉、铅、棉花、木材、水泥
- 雾——酸雾
- 气体——氯、二氧化硫、臭氧、氧化乙烷等
- 烟——烟道排出的烟、分散度极高的金属烟
- 蒸气——氯化溶剂和芳香族溶剂、胺、乙醚、乙醇

(2) 皮肤接触,如:

- 通过皮肤直接吸收——农药
- 作用在眼睛粘膜上——酸、蒸气的刺激作用
- 对皮肤的腐蚀性——酸、碱、酚
- 溶剂对皮肤的脱脂作用——甲苯、二氯甲烷
- 光敏因素对皮肤的作用——杂酚油、沥青
- 对皮肤的过敏作用——镍、铬

2. 物理因素

• 噪声——绝大多数通过耳朵吸收。一些很低频率(次声)的声音和超声能直接被人体吸收

• 振动——全身振动、局部振动

• 光线——可见光、紫外线、红外线通过眼睛和皮肤来接受。眼睛对激光能量敏感。照明条件太差也是作业场所健康危害因素之一

• 热——通过人体各个部分吸收

• 冷——通过整个人体和四肢的直接接触感受寒冷

- 压力——体内气体空间区域剧烈感受(肺、牙、鼻窦、内耳)

- 非电离电磁辐射——人体直接接受微波、射频和极低频率的电磁辐射

- 电离辐射——人体直接接受 α -射线、 β -射线、 γ -射线

3. 生物危害

因工作性质一些作业人员直接与生物材料打交道,或者是他们所在的工作环境中存在大量微生物,使得这些作业人员面临一些特殊健康危害,这些危害与动物、植物或病人的存在相关。

生物危害可分类如下:

- 细菌类——革兰氏阴性杆菌,布鲁氏菌结构杆菌

- 真菌类

—感染因素,如:癣

—过敏因素,如:曲霉属菌

- 病毒类——乙型肝炎病毒、人类免疫缺陷病毒(即艾滋病病毒)

三、有害物质的吸收

(一)进入人体的途径

1. 吸入

通过呼吸系统的吸入作用是作业场所粉尘、烟、蒸气、雾或气体进入人体的主要途径。

(1)气体和蒸气的吸收

呼吸系统的主要功能是将空气中的氧吸入到肺小泡中,在肺泡膜上同血液进行气体交换,并呼出二氧化碳。一旦吸入有害气体或蒸气,只要这些物质能在肺组织中溶解,那么它们也能通过肺泡膜进入血液。一些可溶性气体,如:二氧化硫、氯化氢等,能溶解在上呼吸道的湿性组织中,并对上呼吸道系统产生作用。另外一些非溶解性的气体和蒸气,如:氯仿、己烷、氯气等,则能顺利通过下呼吸道系统。

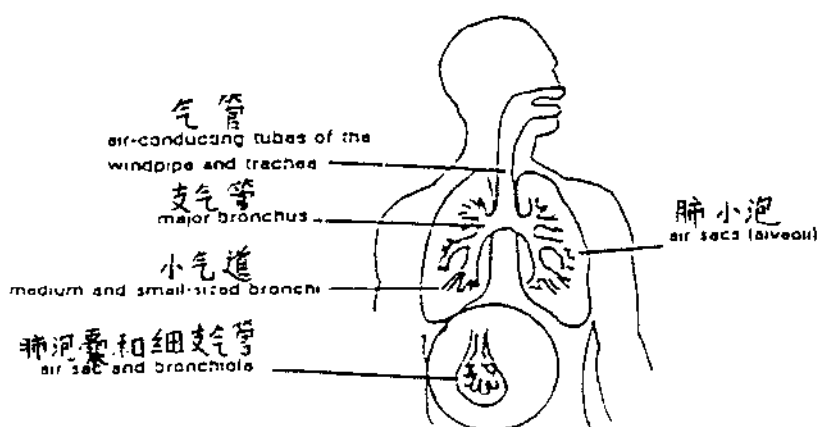


图1: 人体呼吸系统简易图
Simplified representation of the human respiratory system

(2) 粒子吸收

当我们从口腔和鼻腔吸入在气流中运动的粒子,吸入气体的流速则会减慢。较大尺寸的粒子通常因碰撞作用沉积在上呼吸道,而较小尺寸的粒子则因气流速度减慢和重力作用沉降在下呼吸道。粒子的弥漫只发生在肺泡空间。因肺泡膜间的运动距离很小,所以只有粒径非常小的颗粒($<0.1\mu\text{m}$)才能扩散在肺泡表面上。

2. 皮肤接触

皮肤接触是作业场所有害物质进入人体的第二种重要途径。

大多数液体、油、农药等通常都是通过皮肤接触进入人体、也有一些物质既通过皮肤也通过肺部进入人体,如:水银、氢氰化物。少数腐蚀剂(如:酸)和固体物(如:砒霜)则直接对皮肤产生作用。眼睛也是有害物质直接接触产生危害的部位,特别是对那些腐蚀性的蒸气和有害生物。

溶剂、热水、皮肤损伤、热湿环境、皮肤中污染物的吸藏(戴用里面受污染的手套),有害物作用于可渗透的身体部位(如,阴囊)及相似的脂肪/水溶解度等,这些条件均可减少皮肤脂肪含量。皮肤中脂肪含量的减少则可加剧皮肤对有害物质的吸收。

3. 消化

通过吞食进入消化系统是有害物质被人体吸收的又一途径。

物品从手到嘴,使得有害物进入人体成为可能。讲究个人卫生、特别是勤洗手,避免在作业场所吃、喝、抽烟等,有助于防止这类危害的发生。一些物质通过内在的呼吸清理机制被消化,一些物质在口腔呼吸过程中沉积在口腔或咽部。

(二)有害物质的作用

1. 作用部位

(1)局部作用:指对接触有害物质的个别组织产生的有害作用。如:

- 腐蚀剂严重损害眼睛或皮肤
- 有机溶剂使受接触的手产生皮炎
- 刺激性气体(氯气、氨气)强烈刺激呼吸道

(2)系统作用:被人体吸收的有害物质对人体某一系统或若干系统产生有害作用。如:

- 铅对人体神经系统组织、血液、肾脏及再生功能产生影响
- 有机磷农药可能影响神经系统

2. 作用时间

(1)急性作用:指接触有害物质后很快产生的、且持续时间较短的有害作用

a. 刺激性

- 刺激性气体立即刺激眼睛和呼吸道

b. 急性中毒

• 过度接触有机溶剂会立即导致人体的麻醉症状的产生,如:头疼、头昏、共济失调,意识丧失等

- 接触高浓度的金属烟雾会立即产生金属烟雾热病

c. 生殖影响

- 有害物质对发育中的胎儿产生急性作用导致流产

在“物质安全数据表”(MSDS)中列举了有关的急性及系统性的影响参数。

(2)慢性作用:是指有害作用即使不是永久性的,也是长期性的。也许一经接触就会发病。也许要滞后数年。如:

- 过度接触石棉和矽尘会相应导致石棉肺和矽肺
- 水泥中的铬会导致慢性皮炎
- 接触石棉还可导致肺癌和间皮瘤
- 接触铅导致精子或卵子 DNA 结构的永久性损伤,或生殖能力的降低(抑制精子的产生)

(三)DOSE 的重要性

DOSE 是指被吸收的有害物质的剂量。它考虑了下列两个因素:

- 接触浓度
- 接触时间

DOSE 可用下式表达:

$$\text{DOSE} = \text{接触浓度} \times \text{接触时间}$$

下面的曲线反应了高度敏感人体,一般人体和敏感人体对应不同剂量产生的不同后果。

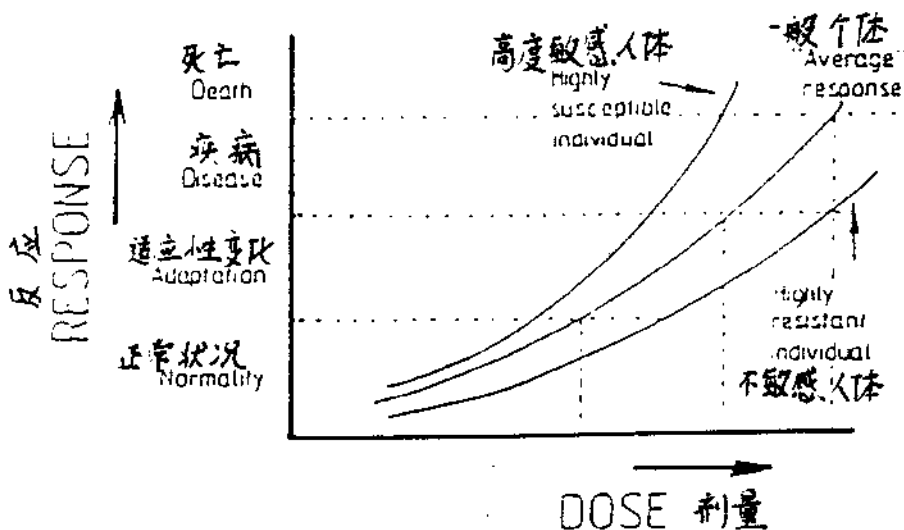


图2: 人体对不同剂量的不同反应

Variability of human response to dose

- 敏感人体只在低接触剂量时才处于正常状态

- 不敏感人体在很高接触量时仍可处于正常状态
- 敏感人体只能在小剂量时产生适应性变化
- 不敏感人体在较大剂量时产生适应性变化
- 从疾病到死亡,敏感人体对应的接触剂量比不敏感人体对应的接触量要小得多。

ALARA 概念:

如果采取控制措施以减少作业人员对有害物质的接触剂量,那么应控制到多少?作为一名工厂监督员,必须尽力减少作业场所作业人员对有害物质的接触剂量,直至达到可能达到的最低剂量(ALARA = As Low As Reasonably Achievable)。

四、化学因素

作业场所污染物通常呈以下几种基本的物理形式:

1. 气溶胶

- 尘,如煤尘、金属尘、纤维尘(石棉)
- 雾(在空气中高度分散的液滴),如:水中酸雾
- 烟(从蒸气状态冷凝成固体状态);同时伴随一种化学反应的发生,如氧化反应

• 烟(有机材料的不完全燃烧),含有固态和液态微滴,如:吸香烟产生的烟。这种烟成分很复杂

- 呈气溶胶状态的有害生物体

2. 气体

• 在室温和正常气压状况下呈真正气体状态的物质,如:一氧化碳、氮、氧

3. 蒸气

- 液体蒸发到空气中的物质,如:乙醇、苯乙烯、丙酮

此外,一些呈液态或固态的物质也可对作业人员产生危害。这些物质只能通过人体(通常是皮肤)的直接接触导致危害。这些危害通常是直接的皮肤损坏或是通过皮肤进入人体的其它危害。如:腐蚀剂导致皮

肤烧灼、溶剂引起皮炎或通过皮肤被人体吸收等,这些都是通过皮肤的接触这一途径而发生的。对于一些传染性的疾病,可能需要作业人员与带病毒的密切接触才能导致感染,对于这种情况,我们应将作业人员与接触物或带病者隔离开来。

从感观上说,物理性危害因素并不“弄脏”作业场所,但是作业人员却是暴露其中的。因此,也可以说,物理因素“污染”作业场所。

(一)粉尘

1. 怎样对粉尘进行分类

物质的物理特性对于理解作业场所污染物是如何产生、扩散及作为吸入性颗粒其行为如何受控是十分重要的,而被吸入物质的化学特性则决定了被吸入颗粒对人体的反应形式。

迄今为止,尚没有一个简单的对作业场所粉尘进行分类的系统,或基于尘粒特性,或基于尘粒大小尺寸或基于其对人体的毒作用。其实,从不同角度看来,这些特性都是很重要的。例如,我们可以将物质进行如下分类:

- 形状——不同的纤维(石棉纤维、玻璃纤维、陶瓷纤维)
- 尘粒尺寸——呼吸性粉尘
- 毒作用——对人体的作用类型

粉尘可对鼻、咽、上呼吸道甚至肺部产生毒害作用,对于某些粉尘,肺脏并不是其最终到达的器官,而只是其进入人体其它部位的途径。还有一些吸入性尘粒对人体产生多种危害,这种危害与作业人员暴露量有关(如:吸入剂量)。

2. 四个基本卫生指标

虽然作业场所中的粉尘差异性较大,但是工厂监察员或职业卫生学家在对各种作业场所吸入性粉尘危害进行评价时应考虑四个基本参数:

- (1)粉尘的化学组成
- (2)尘粒大小

(3)作业人员接触的粉尘浓度

(4)接尘时间——包括长期接触史(年)

3. 肺组织和尘粒沉积

(1)空气必须经过多级呼吸道才能最终到达肺部。主要有以下三级:

a. 鼻部:在到达喉部以前,空气须首先经过鼻或口腔,因此,在职业卫生学中,鼻和口腔同样重要。

- 鼻毛起过滤空气的作用,鼻腔包含嗅觉器和鼻窦

- 接下来是鼻粘膜和有纤毛的上皮

由于被吸入空气的湿度和温度对人体很重要,因此,鼻部毛细血管丰富。

b. 气管、支气管树

- 声带以下便开始分支,且分叉越来越多(约 25 级)

- 左右两侧支气管明显不对称

c. 肺部

- 末端支气管以下的部位,它不含有带纤毛的上皮

(2)尘粒沉积,对气体或蒸气来说,对我们有用的是其总浓度值。颗粒有重量,但其形态和尺寸大小分布范围较广。

两种具有相同质量浓度的尘云可能在数量浓度上存在极大的差异,因为更小的尘粒需要较多的数量才能达到同样的质量。

对于纤维状粉尘,某一粒径范围内的尘粒对职业卫生学来说才是重要的。因此,弄清粉尘的参数是很有必要,也很重要的。

4. 呼吸过程中粒径选择机制的重要性

吸入性尘粒依其沉积部位的不同产生不同作用。我们知道,当尘粒从鼻或口腔经呼吸系统到达肺部时,由于尘粒的重力作用、沉降作用和扩散作用使得不同尺寸的粒子分开且作用于不同部位。

现在,我们必须重视:

- 呼吸系统粒径选择机制

- 吸入性粒子的混合作用和毒作用

例如,结晶二氧化硅粉尘在肺部沉积到一定程度会导致致命疾病,

但如果沉积在口腔或喉部,则可通过吞咽到胃部,且毫无危害地通过人体排出体外。而可溶性的镉盐则无论沉积在何处(呼吸系统或消化系统)都可被人体吸收,且产生危害。一些物质引起鼻部过敏,或导致鼻癌的发生。如果测定对象为不相宜范围内的粉尘,则会误导出许多错误。

测量仪器应该测量或收集空气中与进入人体某部位并导致其受损的相同范围的物质。我们还应对这些物质作进一步地分析,因为尘云中到达人体该部位的所有物质并非都是有害的,即无毒粉尘和有毒粉尘混合在一起。

因此,粉尘收集和测量装置应分为如下两个部分的测量:

- 可吸入性粉尘
- 可呼吸性粉尘

(1)可吸入性粉尘

可吸入性粉尘是指空气中随呼吸进入到鼻或口中的那部分粉尘。由于粒子的惯性,尤其是当空气在运动或人在走动时,并非所有的粒子都可被吸入,并且这种吸入还与风速、风向(相对于作业人员),呼吸速率等相关。

“可吸入”是一个国际通用术语,不要将它同旧教科书中的“总粉尘”相混淆。这也是一个容易使人产生误解的术语,因为由于惯性和沉积性,在采样过程中,我们不可能可靠地收集到所有的物质。注意可吸入粉尘包括空气动力学中大、小可呼吸性粉尘。

(2)呼吸性粉尘

有些物质只有在它们到达肺部并沉积在那里时,才产生危害,特别是在气体交换区域。这类物质是一些尺寸非常小的粒子(即具最小的空气动力学粒径)。“可吸入”近似描绘出这部分粒子的大小。作为一名工厂监察员你并不需要经常作出决定对哪部分粉尘进行测量(你的接尘指导书上将特别指出这种测量是否需要),但是,为了采集到正确的样品,你必须明白你测量的是什么,例如:二氧化硅、金属烟雾,木尘、面粉等。

5. 测量常规

过去,对于尘粒的测量一直没有一个统一的国际性规范。在此,我

们制定一统一规范,其关键在于采样装置必须尽可能与下面所示的采样曲线接近。

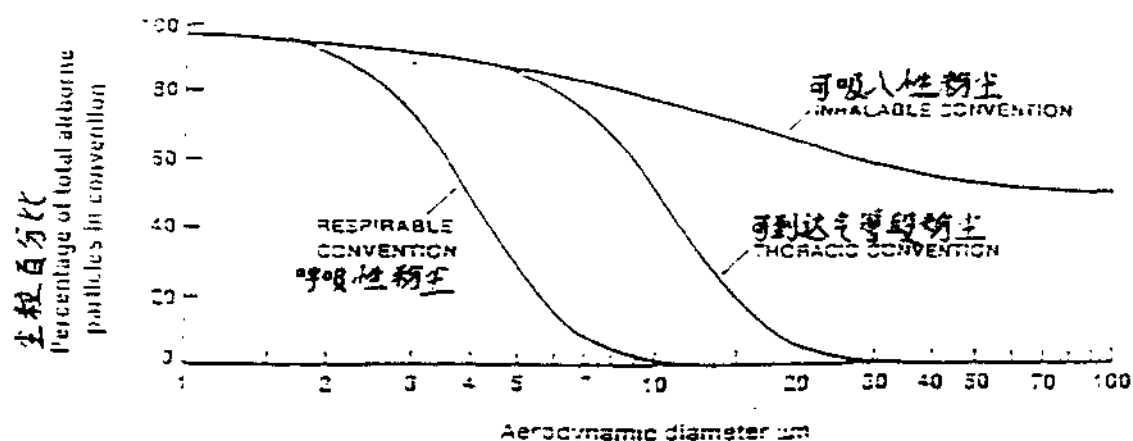


图3:空气动力学直径

可吸入段:曲线从尘粒百分比占 100% 空气动力学直径为 $0\mu\text{m}$ 开始下降,到百分比占 50% 大致粒径 $>100\mu\text{m}$ 处保持水平

可呼吸段:有两种曲线,一种是 USAEC 曲线,适用于美国和加拿大,另一种是 BMRC(亦即约翰内斯堡曲线)适用于其余国家。这两种曲线相差 20%,可能比你所观察的两个不同作业人员间的差异还小。所采用的曲线见图中所示。

气管段:这一曲线对于沉积在气管和支气管段的尘粒有作用。对作业场所尚无可应用的标准,但它接近于环境研究中使用为 PM10 段落所述。

说到“沉积”,它是指粒子真正到达肺脏相应部位。事实上,一些尘粒并没有沉积在肺部,而是被呼出,而且相当多的亚微级呼吸性尘粒都被呼出来。

6. 作业场所呼吸性粉尘

作为一名工厂监察员,你应重视以下这些有可能引起肺纤维化的工业。当这些粉尘对肺部血—气交换区产生影响时,我们就应对其呼吸性石英含量进行测定,并对呼吸性粉尘进行控制(见下一节)。

A. 打磨喷吹

大的钢结构部件、制造厂和露天集料制作混凝土产品都涉及有打