

学生手册

职业卫生基本原则

2010年10月

鸣 谢

本手册由英国Hirst咨询有限公司Adrian Hirst专门为葛兰素史克开发。

手册开发过程中作者获得大量帮助，借此机会感谢以下人士的支持和贡献。

- 史蒂夫·贝利
- 罗杰·艾尔斯伯瑞
- 菲尔·约翰斯
- 布莱恩·戴卫斯
- 英国石油国际有限公司
- 葛兰素史克

OHTA同时感谢葛兰素史克对本项目的资金支持。

本手册由以下方提供支持：



知识共享“署名-相同方式共享”许可协议授权
-禁止演绎

目 录

1	引言	9
1.1	历史	10
1.2	职业卫生的重要性	13
2	人体生理学和职业病	14
2.1	皮肤	14
2.1.1	皮炎	15
2.1.2	物理危害	16
2.1.3	生物学因素	16
2.1.4	癌症	16
2.1.5	其它影响	16
2.2	肌肉和骨骼系统	16
2.3	神经系统	23
2.4	内分泌系统	30
2.4.1	循环系统	31
2.5	血液	32
2.6	呼吸系统	33
2.7	胃肠系统	35
2.8	肝脏	36
2.9	泌尿系统	37
2.10	眼睛	38
3	毒理学基本原理	39
3.1	简介	39
3.2	术语	39
3.3	基本概念	39
3.3.1	物理形式	40
3.3.2	剂量	41
3.3.3	摄食/吸入路径	41
3.3.4	新陈代谢	42
3.3.5	排泄	42
3.3.6	对毒素的反应	42
3.4	毒理学评价阶段	43
3.4.1	化学原因可以导致哪些副作用?	43
3.4.2	是否发生在动物体内的作用与人类有相关性?	43
3.5	材料安全数据表	44
4	有害物质/工艺实例	45
4.1	晶体硅	45
4.2	机制矿物纤维 (MMMMF)	45
4.3	焊接烟雾	46
4.4	异氰酸酯	46
4.5	木屑	47
4.6	药品	47
4.7	石油产品	47
4.8	采矿-矿物和金属萃取	48
4.9	金属使用和精炼	49
5	健康风险评估	51
5.1	简介	51
5.2	危害和风险	51
5.3	健康风险评估	51

5.3.1	定义评估.....	52
5.3.2	收集信息	52
5.3.3	健康风险评估.....	53
5.3.4	明确应采取的任何行动.....	54
5.3.5	记录风险评估.....	54
5.3.6	采取行动	55
5.3.7	审查风险评估.....	55
5.4	专家系统和控制范围	55
6	大气污染物测量	57
6.1	一般原因	57
6.1.1	抽样技术	57
6.1.2	取样类型	58
6.2	取样设备	61
6.3	抽样记录	61
6.4	空气传播颗粒抽样	61
6.4.1	颗粒尺寸.....	61
6.4.2	取样系统元件.....	63
6.5	气体和蒸汽取样	65
6.5.1	取样设备	65
6.5.2	取样方法.....	68
6.5.3	固定位置取样.....	68
6.6	抽样策略	68
6.6.1	大气污染物识别.....	68
6.6.2	泄漏和溢出.....	69
6.6.3	控制措施有效性评估.....	69
6.7	分析方法	69
6.7.1	有机蒸气	69
6.7.2	无机气体.....	69
6.7.3	有机颗粒物.....	69
6.7.4	金属及其化合物.....	70
6.7.5	矿物粉尘	70
6.7.6	校准和质量控制.....	70
7	卫生标准和职业暴露限值	71
7.1	介绍	71
7.2	卫生标准和暴露限值的设置.....	71
7.3	化学因素的卫生标准	72
7.3.1	大气化学试剂浓度的量化.....	73
7.3.2	暴露限值类别.....	73
7.3.3	“皮肤”符号	73
7.3.4	混合暴露影响.....	73
7.3.5	关于特定参考期内暴露的计算.....	74
7.4	生物监测指导值	75
8	生物监测和健康监测	77
8.1	尿	78
8.2	血	79
8.3	皮肤	79
8.4	呼吸	79
8.5	视觉	79
8.6	x 射线.....	79
8.7	神经测试	79
8.8	听力测定	80

8.9	肺功能测试	80
8.9.1	相应要求肺活量和用力呼气量（FEV1）	80
8.9.2	气道阻力	80
9	控制健康风险的一般方法	81
9.1	控制措施类型	81
9.1.1	消除/代替	82
9.1.2	隔离	82
9.1.3	分离	82
9.1.4	工程控制-通风	82
9.1.5	管理控制	82
9.1.6	信息、指导和培训	84
9.1.7	个人防护装备	84
10	通风	85
10.1	控制类型	85
10.2	LEV 系统的一般特点	85
10.2.1	一般性考虑	86
10.2.2	进气口/风罩	87
10.2.3	管道系统	90
10.2.4	空气清洁设备	91
10.2.5	通风设备	92
10.2.6	向大气排放	92
10.3	通风系统的维护、检查和测试	92
10.3.1	法律要求	92
10.3.2	定期维护	93
10.3.3	彻底检查和测试	93
11	石棉	94
11.1	背景	94
11.1.1	石棉的类型	95
11.1.2	石棉的属性	95
11.1.3	石棉的使用	95
11.1.4	空气中的石棉纤维	96
11.1.5	对石棉纤维的暴露	96
11.2	石棉的健康危害	97
11.3	石棉登记	98
11.3.1	石棉登记的作用	98
11.4	对含石棉材料的补救性处理	98
11.4.1	石棉的清除	98
11.4.2	石棉维修/封装	98
12	生物危害	99
12.1	生物危害介绍	99
12.2	军团病和湿热症	100
12.2.1	军团病	100
12.2.2	湿热症	101
12.3	血液传播疾病	102
12.3.1	乙型肝炎	102
12.3.2	丙型肝炎	103
12.3.3	HIV-（人类免疫缺陷病毒）	103
12.4	人畜共患疾病	104
12.4.1	炭疽（ACDP 组 3）	104
12.4.2	钩端螺旋体病（危害群组 2）	105
12.4.3	沙门氏菌病	105

12.5	霉菌	105
12.6	流行性疾病	106
12.7	基因改造	107
13	噪声	108
13.1	背景	108
13.2	听力	108
13.3	可听声音	109
13.4	过多噪声对健康的影响.....	110
13.5	声级相加	111
13.6	频率分析	112
13.7	分贝权重	112
13.8	等效连续声级 (Leq)	113
13.9	噪声剂量	113
13.9.1	日常等效连续声级的计算.....	114
13.10	噪声限制	114
13.10.1	其它限值	114
13.11	听觉保护	115
13.11.1	工作场所噪声评估.....	115
13.11.2	工作场所噪声控制	116
13.11.3	对处于风险中的人员的防护.....	116
13.11.4	信息指导和培训.....	116
14	振动	118
14.1	介绍	118
14.1.1	频率	118
14.1.2	振幅	118
14.1.3	加速度 (振动强度测量)	119
14.2	振动暴露	119
14.3	振动对健康的影响	120
14.4	振动测量	121
15	热环境：原理、评估和控制	122
15.1	热环境的人体反应	122
15.1.1	热的生物反应.....	122
15.1.2	冷的生理反应.....	122
15.1.3	热环境的心理反应.....	122
15.2	人体热传输	123
15.3	热环境评估	124
15.3.1	代谢速度.....	124
15.3.2	个人隔热.....	124
15.3.3	暴露持续时间.....	125
15.3.4	干球温度.....	125
15.3.5	平均辐射温度.....	125
15.3.6	气流速度.....	126
15.3.7	水分含量.....	126
15.3.8	个人监测.....	126
15.4	热应力指数	127
15.5	热舒适	127
15.6	冷应力	127
15.7	热环境控制	127
15.7.1	舒适条件的改善	128
15.7.2	高温环境的改善	128
15.7.3	寒冷环境的改善	128

15.8	具体环境问题	128
15.8.1	高辐射部件	128
15.8.2	高湿度条件	129
15.8.3	炎热干燥的条件	129
16	照明和非电离辐射介绍	130
16.1	介绍	130
16.2	非电离辐射的几种类型.....	132
16.2.1	紫外线（UV）辐射	132
16.2.2	红外线（IR）辐射。.....	133
16.2.3	激光辐射.....	133
16.2.4	微波辐射	134
16.2.5	非电离辐射的其它影响.....	134
16.3	非电离辐射评价	134
16.4	照明	135
16.4.1	识别.....	135
16.4.2	照明评价.....	135
16.4.3	眩光	136
16.4.4	良好照明.....	136
17	电离辐射	137
17.1	性质	137
17.2	放射性核	138
17.2.1	电离辐射单位.....	138
17.3	外部和内部辐射.....	139
17.4	辐射程度	139
17.5	电离辐射的生物学效应.....	140
17.6	辐射应用	140
17.7	辐射测量	141
17.8	辐射防护	141
17.9	卫生监测	142
18	人体工程学介绍	143
18.1	介绍	143
18.2	工作场所风险评估	143
18.3	人工搬运	144
18.3.1	背部	144
18.3.2	人工搬运评估.....	145
18.3.3	减少风险的办法.....	147
18.3.4	信息、指导和培训.....	147
18.4	重复性任务	148
18.5	显示屏设备（DSE）	149
18.5.1	DSE 的潜在影响	149
18.6	评估	150
18.7	工作台的基本要求	150
18.8	管理控制	151
19	行为和文化	153
19.1	职业卫生中的行为影响.....	153
19.2	动机和行为矫正	154
19.3	健康和安全文化	155
20	工作压力	157
20.1	压力的症状.....	157
20.2	压力评估	157
20.3	压力管理	158

21	职业卫生职业	160
21.1	职业卫生实践	160
21.1.1	内部服务	160
21.1.2	顾问工作	162
21.1.3	国家企业	163
21.1.4	研究和教学.....	163
21.2	卫生师的含义	164
21.2.1	服务的提供	164
21.2.2	人才	164
21.2.3	设施	164
21.2.4	质量保证	164
21.3	卫生师的管理者角色	165
21.4	个人发展	166
21.4.1	加入一个组织	167
21.4.2	参与	167
21.4.3	建立关系网络	168
21.5	职业道德	168

1 引言

国际职业卫生协会（IOHA）对“职业卫生”的定义如下：

“职业健康是对工作场所内健康危害进行预测、识别、评估和控制的一门科学，其目的是保护劳动者的健康和福祉，保障社会安全。”

预测 – 涉及识别工作场所尚未出现的潜在危险。

识别 - 涉及识别化学、物理或生物学因素-或不利的人体工程学因素对健康产生的潜在危险。

化学因素	气体、蒸汽、固体、纤维、液体、灰尘、雾、烟等
物理因素	噪音和震动 冷热 电磁场和照明等
生物学因素	细菌和真菌等
人体工程学因素	抬升、拉伸和重复性动作
心理学因素	压力、工作负荷和对工作的认识

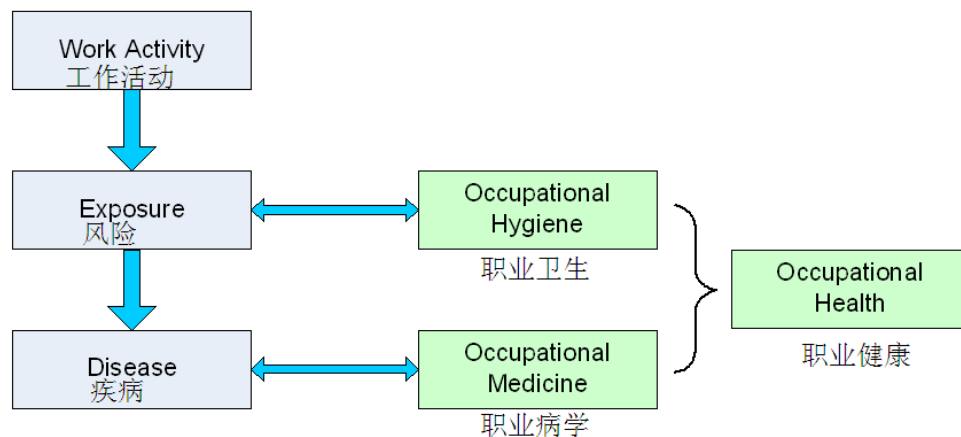
对在工作场所内暴露在化学危险品，物理或生物学因素（或不利的人体工程学环境）中的程度的评估。通常涉及对工作人员的身体暴露在工作场所，尤其是根据适用建议职业暴露限值（OELs）测量环境和身体接触面的有害物/药剂，例如呼吸区域，听力区域和数据评估。

根据评估结果，通过过程、工程或其他手段对化学、物理或生物制剂或不良人体工程学情形进行控制。

因此职业卫生学的重点就是，通过尽量避免接触工作环境中化学、物理和生物学因素和采用合理的人体工程学实践来采取预防措施。

除了职业卫生之外，在职业卫生领域还有许多专门的健康保护学科，它们在保护受到工作活动潜在影响的员工、客户、承包商和公众的健康方面发挥重要作用。

职业病学-涵盖临床实践（医生）和护理，涉及工作对健康，以及健康对工作的影响。而且还涉及健康问题的预防、健康的生活和工作条件的宣传，以及职业病方面的诊断和治疗。



流行病学——涉及对单个群体疾病模式的统计研究。

毒理学——涉及对化学物质对生物体尤其是人类的影响的预测和评估。

职业环境卫生师的主要活动领域包括：

- 预测新的和建议的工作环境的健康危害。
- 认识当前工作环境的健康危害。
- 评估工作场所健康风险；通过定性评估和定量暴露测量进行研究。
- 选择适当的健康风险控制措施，这需要深刻了解消除、替代、局部排气通风等措施。
- 为特殊工作活动开发定制控制解决方案，由于现成的措施不可能适用于所有工作环境，因此许多工作场所要求对控制措施进行修改和开发。
- 调查职业病的原因。
- 在与职业健康相关的活动方面提供帮助，例如卫生监测/生物监测。
- 培训和教育，例如，告知员工与 工作有关的危险，培训他们正确应用控制措施。
- 研究改善识别、评估和控制暴露的方法。

职业环境卫生师需要经常与环境专家、安全人员、医学工作者、项目经理、各领域的工程师、食品保健专家和当地政府官员等密切合作，共同控制和减少工作场所的健康危害。

1.1 历史

职业病这个词在希波克拉底 时代（约公元前 400年古希腊时代）就已出现。有证据显示，古代埃及人早已认识到职业病的存在。随着时间推移，人们越来越认识到职业和疾病之间的关系。今天的科技已经发展到能够评估和控制这类风险。下表为职业卫生学发展过程中发生的一些重要事件。

公元前400	古希腊的希波克拉底第一个注意到与硫化汞打交道的工人经常患有一种疾病。
公元后100	罗马的普鲁塔克指出：“这可不是使好人暴露在矿山散发的毒药中那么简单”。他还留下将“皮气囊”作为一种呼吸防护设备来控制矿山粉尘暴露的文字记录。
1540	奥地利的帕特拉塞尔苏斯描述了矿山中流行的肺病。
1556	波希米亚的阿格里科拉（公元1556年）曾提及“De Re Metallica”，这是一种矿工中流行的职业病，而且他还提到使用通风和呼吸设备来控制气体和粉尘暴露。

1700	职业病之父和帕多瓦医学院教授马兹尼撰写了《职业病》一文，打开了职业疾病正式研究之门。在询问病史时，除了询问希波克拉底问题清单上的内容外，他还新增了“做什么工作？”的问题。
18世纪50年代后	18世纪后期到19世纪后期的工业革命加快了城市化和工业化进程。这些反过来又导致更多职业面对日趋严重的健康风险。
1815	汉弗莱戴维爵士开发了一种戴维灯，这是一种安全的矿山灯，能用来检测矿井中的气体。有趣的是，后来人们指责这种灯反而导致更多事故，因为它使工人能在更危险的环境中继续工作。
1833	英国任命了第一批共4名工厂检查员。
19世纪40年代	查尔斯·狄更斯小说和洛德沙特巴瑞等参加竞选活动的政治家提高了人们对恶劣工作条件的意识。
1855	在英国，专门提供证明的外科医生（在此之前他们的职责是证明年龄）被要求“证明年轻人由于疾病或身体虚弱而无法工作，以及调查工业事故”（先令）。
1858	约翰·斯腾豪斯推出一种充炭面罩，帮助工人避免吸入气体和蒸汽。
1889	英国的棉纺厂设定了湿度和二氧化碳暴露限值，这反过来促使人们开发当地排气通风，而不是普通通风。同时还导致了二氧化碳指示器这种形式的监控设备的发展。
1898	托马斯里格被任命为首席工厂卫生督察，他是第一个研究铅中毒领域的人，在1899年，法律规定铅中毒事件必须上报。
19世纪90年代	霍尔丹致力于一氧化碳毒性研究。在“暴露室”中，他将大鼠、小鼠，甚至自己暴露在不同的一氧化碳浓度中。利用这些实验结果，他设计了一个能指示健康影响的严重性和不适性的“剂量v时间”表。另外，他还介绍了使用小动物，特别是金丝雀作为监测毒气水平的首要方法。
1910	美国的爱丽丝汉密尔顿是世界上第一个工业毒理学家，是毒物学和职业卫生方面的先驱。
1917	第一次世界大战期间，军工厂工作的紧迫导致恶劣的工作条件。众所周知，恶劣的工作条件对生产力和健康具有显著影响。“军工厂工人健康委员会”的工作为后来人类工程学、心理学、福利和倒班制度方面的许多实践奠定了基础。
20世纪 20-30年代	在美国的公共卫生服务署（PHS）和大型民营企业的努力下，工业卫生得到发展和壮大。这些发展为两个专业组织的成立奠定了基础。

1938/9	美国政府工业卫生师大会（ACGIH）和美国工业卫生协会（AIHA）成立。它们是工业/职业保健方面第一批独立专业企业。二战期间，为了配合战争的需要，工业卫生师的数量迅速增长。
1953	英国职业卫生学会（BOHS）成立。1958年，学会开始发布职业卫生年报。
1960	舍伍德和格林哈尔希记录了第一台人体取样泵和取样头的开发过程，这是对人體抽样和静态抽样的第一次比较，以及对人體抽样对被抽样人员的潜在影响的第一次观察。
20世纪70年代	美国《职业安全与健康法案》和英国《健康和工作安全法案》为风险评估和基于绩效的立法开辟了一条路径。
20世纪80-90年代	美国、英国、荷兰和澳大利亚这些国家的法律专门介绍了职业卫生方面的实践，以期引起公众对化学和物理危害的关注。
21世纪	25个国家的不同企业成为国际卫生协会（IOHA）的成员，中国和印度等一些国家的工业化提高了职业卫生的重要性。 职业暴露评估建模技术得到发展。

1.2 职业卫生的重要性

上文对职业卫生的历史和趋势进行了简要的介绍，这显示了人类在健康风险的理解和控制方面的进步，但是目前仍有许多问题需要解释。发展中国家越来越多的工业活动意味着全球范围内有更多的人暴露在职业风险中。技术进步同时意味着工作场所中增加了许多新的危害。据世界卫生组织估计，在全球范围内：

- 职业病患者每年增加 2, 000, 000 人。这个数字听起来很庞大，但是由于缺少可用数据，这还是被远远低估后的数字。
- 每年 386, 000 人因暴露在空气微粒而死亡。（哮喘：38, 000 人；慢性阻塞性肺病*：318, 000 人；尘肺：30, 000 人）。这相当于由于暴露在职业空气微粒中而导致每年损失 660 万个伤残调整生命年**（哮喘：1, 621, 000 人；慢性阻塞性肺病：3733 000 人，p 尘肺：1, 288, 000 人）。
- 每年 152, 000 人因工作场所致癌物死亡。（肺癌：102, 000 人；白血病：7, 000 人；恶性间皮瘤：43, 000 人），这相当于由于暴露在职业空气微粒而导致每年损失近 160 万个伤残调整生命年（肺癌：969, 000 人；白血病：101, 000 人；恶性间皮瘤：564, 000）。
- 37% 的背部疼痛是由于职业引起。由于地区不同，疼痛表现不同。职业背部疼痛每年导致损失 818, 000 个伤残调整生命年。

*COPD =慢性阻塞性肺疾病，包括慢性支气管炎和肺气肿，这两种肺病一般同时存在，使肺部气道变窄。

**DALY =伤残调整生命年 - 由于提前死亡率而缩短的潜在寿命和由于残疾而缩短的工作寿命的总和。

来源：

http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/global/en/（2010年2月）。

职业卫生的有关重要性可以通过比较关于健康事故影响范围的统计数据来说明。在英国，每年由于工作而导致的死亡人数约250人。可能与每年约2500例的道路交通事故死亡率相比，这不算很高，但是由于患有与职业有关的癌症和呼吸道疾病而死亡的人数估计为12, 000人。这三种情形的死亡人数比例为1：10：48。

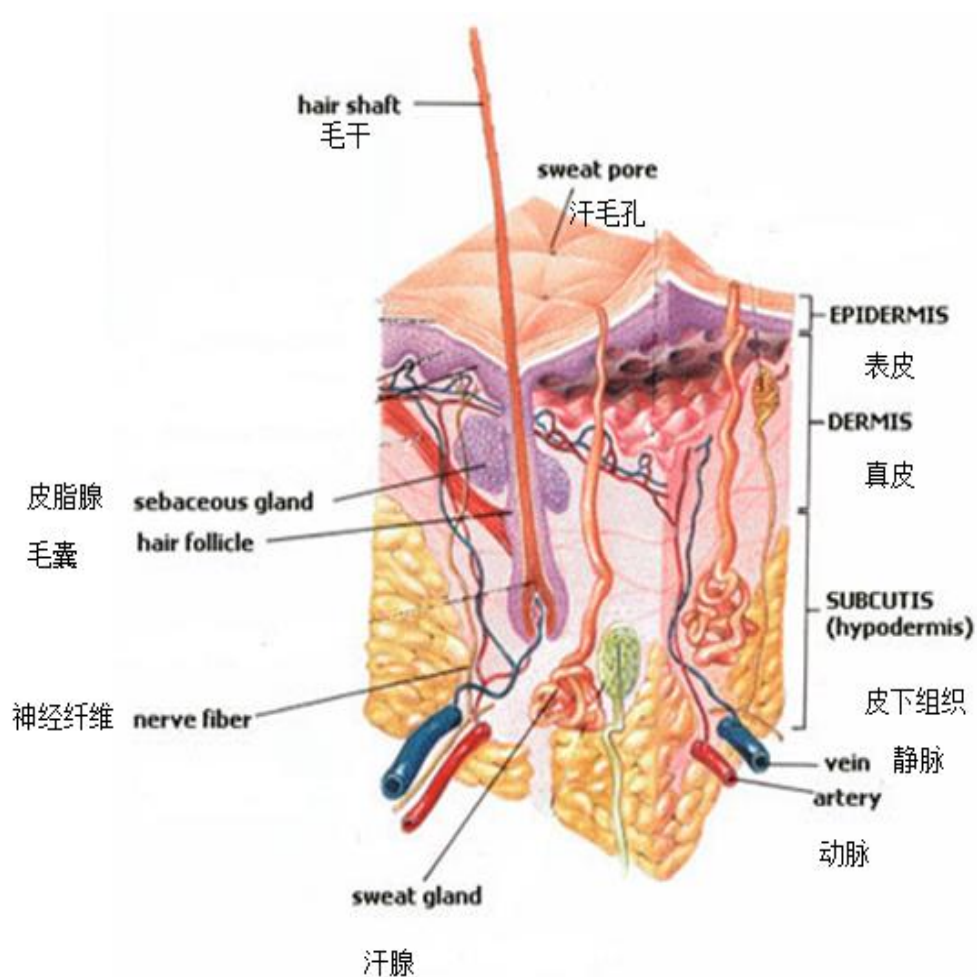
2 人体生理学和职业病

人体是一个复杂的有机体，很容易受到化学和物理危害。但是面对危险时人体也有很多办法来进行自我调节。为了控制对人体的风险，我们应了解它是如何工作的，以及暴露可能会导致的各种伤害。

2.1 皮肤

皮肤是包裹在身体外部，也叫表皮。它是身体的最大器官，由多层上皮组织组成，保护里面的肌肉、骨骼和内脏。

由于皮肤与环境直接接触，它在保护（身体）免受病原体入侵方面发挥重要作用。



来源：美国联邦政府，来自维基共享资源

图2.1 – 皮肤结构图

皮肤具有多种功能：

- 保护功能：在身体防御功能方面，皮肤是解剖学意义上的屏障，使人体免受内部和外部环境的病原体和损害，
- 感觉功能：皮肤包含各种神经末梢，对热、冷、触摸、压力、振动、和组织损伤做出反应。
- 热量调节功能：皮肤包含的血液供给远远大于它的需求，能精确控制辐射、对流和传导导致的能量损失。血管扩张能提高灌注，减少热损失，血管收缩能大大减少皮肤的血液流量，并保存热量。
- 蒸发控制功能：皮肤提供了一个相对干燥的，能防止液体损失的不透水层。失去这个功能就会导致燃烧过程中大量液体流失。
- 存储和综合功能：充当脂质和水的存储中心，同时也是维生素 D 的合成途径。
- 排泄功能：汗水含有尿素，但它的浓度是尿液的一百三十分之一，因此通过出汗进行排泄是温度调节的第二大途径。
- 吸收功能：皮肤具有屏障功能，使某些化学物质很容易通过它被吸收。
- 阻止水分流失功能：皮肤作为防水屏障，防止必要的营养物质流出身体。

皮肤会受到化学、物理和生物学因素的影响，皮肤疾在职业病中占了相当大的一部分。这些影响可分类为皮炎、物理损伤、癌症、生物和其他影响。

2.1.1 皮炎

最常见的皮肤疾病是接触性皮炎，70%的病例是由于对皮肤的直接强烈刺激引起，最常见部位是手部和前臂。刺激物包括直接损害细胞的某种药剂，如果这种药剂以足够浓度，在足够时间（也就是说，所有影响都与剂量有关）内接触皮肤，就会导致刺激性接触性皮炎。碱能溶解角质，某些溶剂能去除皮脂。任何对皮肤的直接影响都能使体表更容易受到其他药剂侵害，减少皮肤的屏障功能。

另一种形式的接触性皮炎是过敏性接触性皮炎。它是由于皮肤反复接触某种物质而变得敏感产生。敏化剂（过敏原）是一种物质，能诱导人体对其产生特定的免疫敏感性。一开始可能需要很高剂量才会产生影响，但是由于淋巴细胞和有关抗体的产生，它会导致迟发型过敏反应。第一个次接触不会带来明显影响，但如果继续接触的话，经常在一分钟之内，就可能导致皮炎。

常见刺激物包括洗衣粉、肥皂、有机溶剂、酸和碱。常见致敏物质包括植物（园艺）、抗生素（制药行业）、染料（颜料、化妆品行业）、金属（镍（通常指非工业镍）和铬酸盐（水泥行业）、橡胶和树脂。

由于受润滑油本身刺激，而且对成份中的生物杀灭剂过敏，与冷却润滑油打交道的人可能同时患

有刺激性和过敏性接触性皮炎。

2.1.2 物理危害

可能导致皮肤伤害的物理因素，例如天气、摩擦和损伤。寒冷、风和雨会导致皮肤干燥裂开，阳光会灼伤皮肤，甚至引起皮肤癌，所以有些暴露在特殊环境的职业（渔业和农业）的人承受一定风险。在繁重的体力劳动中（建筑及采矿业），摩擦损伤很常见，而许多行业使用的锋利设备会导致磨损和撕裂伤害。

2.1.3 生物学因素

皮肤很容易受生物制剂的影响，例如动物源病毒侵入、长期与水接触导致的酵母和真菌感染，以及处理畜产品导致的炭疽感染。

2.1.4 癌症

暴露在木馏油、矿物油和紫外线辐射环境会导致良性皮肤肿瘤和癌症，电离辐射（放射性同位素工作，技师）可引起皮肤癌。从事暴露在紫外线辐射环境下的户外工作也是患皮肤癌的常见原因。

2.1.5 其它影响

涉及矿物油的脏累工作可能导致油痤疮，特别是前臂和大腿部位。毛孔堵塞会导致黑头粉刺和脓包感染。由于某些多氯芳烃对皮脂腺的影响，会形成面部和颈部黑头和囊肿，从而发展成氯痤疮。

化学接触会导致皮肤色素沉着变化。强碱性和酸性的溶液会造成烧伤。

2.2 肌肉和骨骼系统

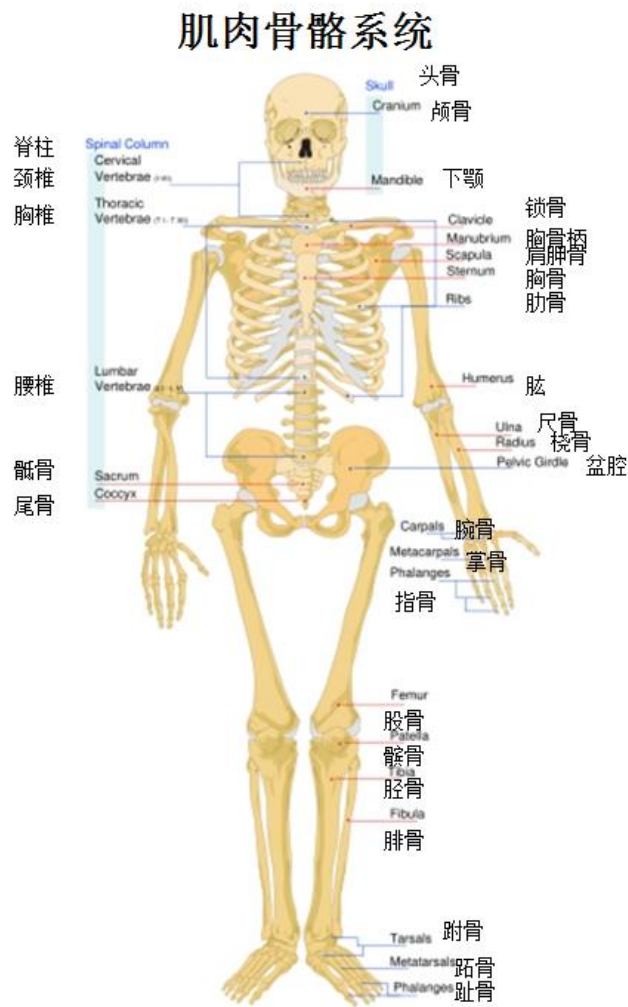
骨骼肌肉系统塑造人体外形、稳定性和运动功能。它由身体骨骼、肌肉、软骨、肌腱、韧带和关节组成。骨骼肌肉系统的主要功能包括支持身体和运动，以及保护重要器官。该系统的骨骼部分是钙和磷，以及其它关键成份的重要存储系统，参与造血。

但是有一些疾病和功能失调可能会对系统的功能和整体效能产生不利影响。由于肌肉骨骼系统与其它内部系统密切相关，这些疾病很难诊断。肌肉骨骼系统是一个确保肌肉附于内部骨骼系统的系统，对于人类发展到一个更有利的阶段起到关键作用。

骨骼系统有许多重要功能，它塑造了人类身体的外形和形式，除了支持、保护和允许身体运动之

外，还能为身体造血和储存矿物质。

骨骼的另外一个功能是存储某些矿物质，其中包括重要的钙和磷。这个重要的存储“装置”能帮助调节血液中的矿物质平衡。当人体接触有害物质时，这个存储能力尤其关键。例如，在暴露后，铅会在血液中存储很长时间，然后突然在此后特定期间，例如怀孕期间释放，引起人体铅中毒。



来源：维基共享资源

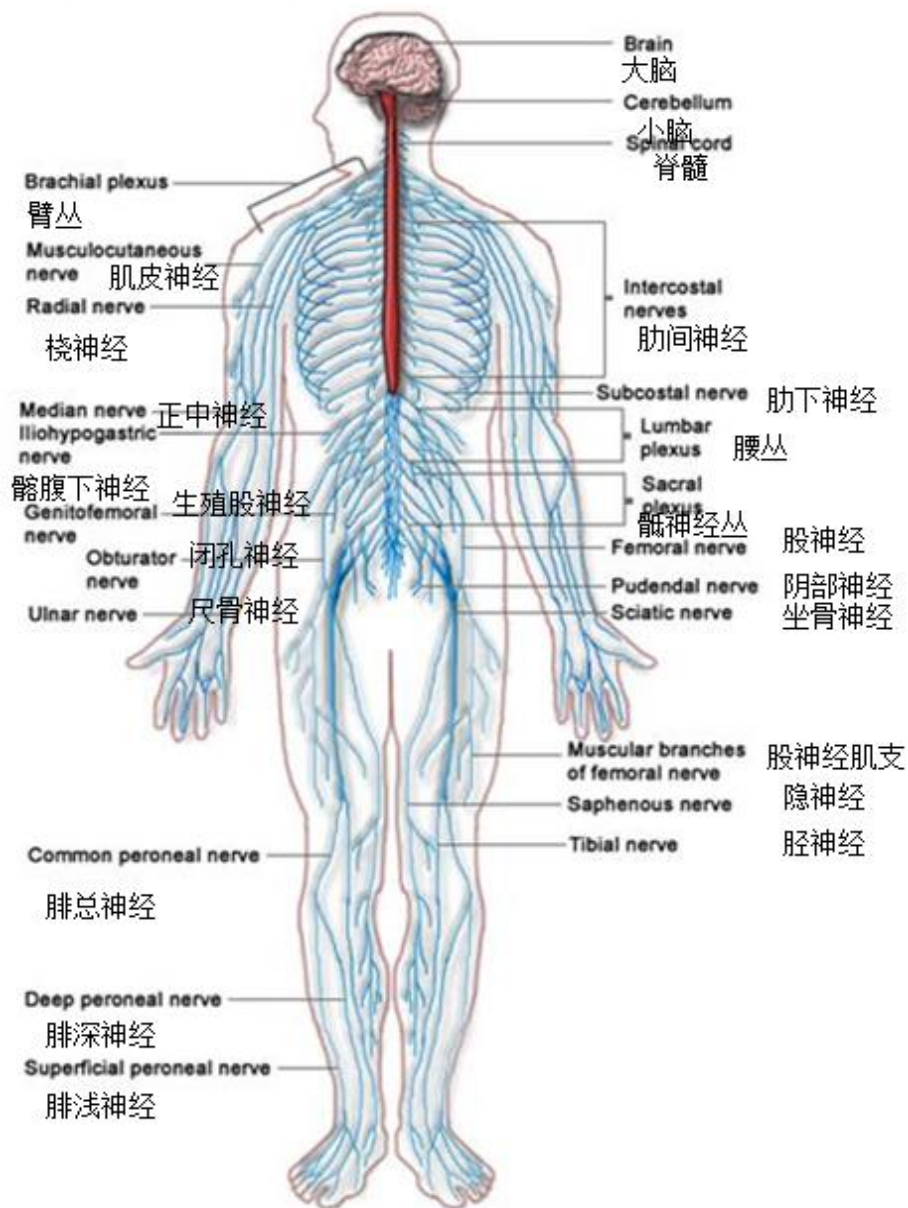
图2.2 – 骨骼系统

2.3 神经系统

神经系统是一个专门的细胞网络，能够交流关于人体外部环境和人体本身的信息。它处理这些信息，引起身体其它部位的反应。神经系统大致分为两类：中枢神经系统和外围神经系统。

中枢神经系统（CNS）神经系统的最大部分，包括大脑和脊髓。

外围神经系统是除中枢神经系统之外全部神经结构的总称。



来源：维基共享资源

图2-3 – 神经系统

工业毒素会对中枢神经系统（大脑和脊髓）或外围神经系统（运动或感觉神经）或两者同时产生影响，诱导条件取决于攻击地点。神经系统与肝脏类似，脂溶性药剂更容易对其导致损伤。它们可以穿透血液-大脑之间的屏障。

中枢神经系统损伤能导致麻醉、毒性器官精神病、癫痫、帕金森症和行为异常。

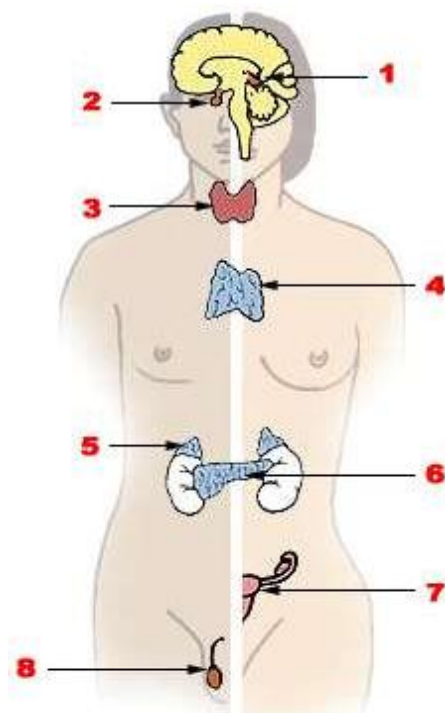
最容易识别的中枢神经系统影响可能就是麻醉剂，例如氯仿、四氯化碳和三氯乙烯（所有脂溶性卤代烃）和丙酮、甲苯和二硫化碳等溶剂引起的突然失去意识。

这些影响主要通过智力、灵巧性和警觉性测试进行识别。人们已发现，由于接触三氯乙烯、乙醇、一氧化碳和二氯甲烷而导致的行为异常比人们通常所认为的可能性要高得多。

2.4 内分泌系统

内分泌系统是释放细胞信号分子，即激素的许多很小的器官的总称。内分泌系统有助于调节新陈代谢、生长、发育、青春期和组织功能。它同时能在很大程度上决定我们的心情好坏。

内分泌系统是一个信息发送系统，就像神经系统一样。但神经系统用神经来传导信息，而内分泌系统主要利用血管来传输激素，从而发送信息。



来源：美国联邦政府，来自维基共享资源

图2.4 – 主要内分泌腺（左侧男性，右侧女性）

1.松果体，2.脑下垂体，3.甲状腺，4.胸腺，5.肾上腺，6.胰腺，7.卵巢，8.睾丸。

制药工人处理内分泌药物如雌激素（“避孕药”）或甲状腺素（用于甲状腺治疗）有可能扰乱自身的内分泌平衡，而且己烯雌酚（DES）可能导致男女工人的后代患有肿瘤。

在怀孕期间与麻醉气体和氯乙烯接触（女麻醉师）可能导致死胎或先天缺陷。电离辐射会损害性腺，减少生育率或增加后代先天畸形和癌症的风险。

2.4.1 循环系统

循环系统为细胞输送和排放营养、气体和废物，以帮助抵御疾病和稳定人体温度和PH值。从严格意义上来说，这个系统可以说是一个血液分配网络。还有一些人认为循环系统包括负责血液分配的心脏血管系统和负责淋巴分配的淋巴系统。

人体循环系统的主要部分包括心脏、血液和血管。循环系统包括：

- 肺部循环：血液通过肺部被氧化。
- 体循环：通过该系统，被氧化的血液通过身体其余部分。

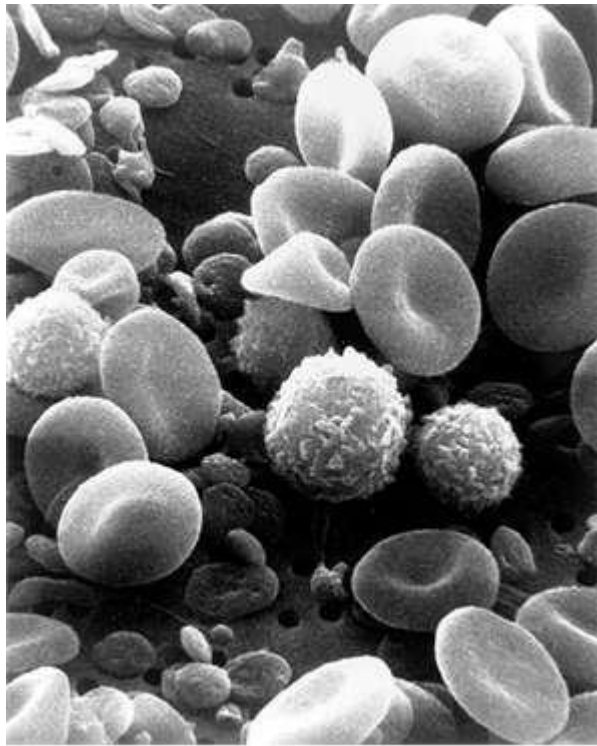
平均每个成年人身体中包含 4.7 到 5.7 升血液，由血浆、红细胞、白细胞和血小板组织。同时，消化系统与循环系统一起提供系统需要的营养来保持心脏跳动。

淋巴系统负责消除空隙中的组织液，并吸收和运输脂肪和脂肪酸。淋巴系统还负责运输抗原提呈细胞（APC）。

血液中携带的任何药剂都能进入心血管系统。人们认为一氧化碳和许多金属（包括铬、锰和铅）是导致心肌损伤的原因，但唯一经过证明的桥梁是钴。氯化碳氢化合物，例如氯氟烃，三氯乙烯和 111 -三氯乙烷可能诱发心律失常（由于心脏的电传导缺陷引起的心律失常）。三氯乙烯能导致猝死。二硫化碳（常见于粘胶行业）能加速动脉粥样硬化（动脉硬化）。

工作环境温度过高或过低都会影响外围循环，对心脏产生压力。

2.5 血液



来源：美国联邦政府，来自维基共享资源

图2.5 – 显示白细胞、红细胞和血小板的血细胞电子显微图

对酶系统产生干扰的无机铅能抑制血红蛋白和红细胞中携氧红色素的产生，导致以皮肤和黏膜苍白、疲劳和有时一用力就呼吸急促为特点的贫血症。肿和锑引起红细胞解体（溶血），导致二次贫血。X射线辐照（核事故）和苯能导致白血病（血细胞生长过度），这有可能是DNA合成的作用。

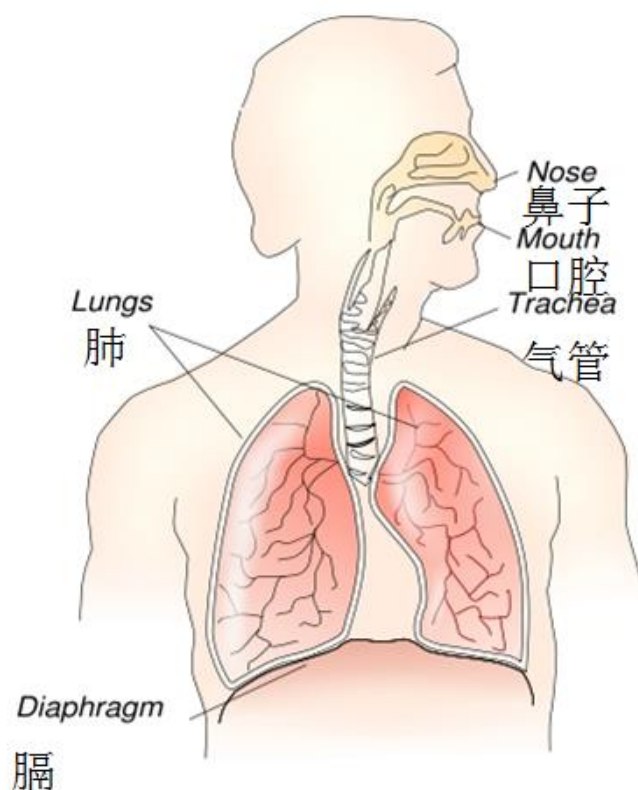
氧的运输会在两方面受到影响，两者都以窒息为形式。在大气层，当正常空气被惰性气体，例如氮气、甲烷、氦和二氧化碳所取代时，氧气含量（一般为21%）被稀释，产生缺氧（血液中的低氧张力）。一开始，这会导致补偿性的脉搏增加和呼吸速度提高。如果缺氧持续，人的判断力就会受损，失去意识，最终死亡。如果吸入100%的惰性气体（将面部对准充气面罩中），就会导致立即失去意识。

其他与职业有关的窒息还包括化学窒息。被完整皮肤所吸收的液体苯胺和硝基苯和被吸入的一氧化碳会降低血液携带能与血红蛋白结合的氧气的能力。苯胺和硝基苯与血红蛋白结合形成高铁血红蛋白，导致黄萎病（蓝色黏膜，尤其表现在嘴唇）。一氧化碳与血红蛋白结合后与氧气竞争，形成碳氧血红蛋白，这是一种很醒目的深红色素，使患者皮肤呈现樱桃红。

2.6 呼吸系统

呼吸系统的主要功能是在外部环境和体内循环系统之间进行气体交换。涉及将空气中的氧气输入血液，将血液中的二氧化碳（和其他气体废物）排放到空气中。

在吸入时，气体交换在肺泡中发生，肺泡由许多小囊组成，它们是肺的基本功能部分。肺泡壁极薄（约0.2微米），包括一层上皮细胞，上皮细胞紧挨着由一层内皮细胞组成的毛细血管。这两个细胞类型的接近性使气体之间能够交换。当过量二氧化碳被释放时，氧气进入血液。



来源：维基共享资源

图2.6 – 呼吸系统

就像皮肤和眼睛一样，肺部也容易受到刺激物和过敏原的影响。由于不同的职业因素，肺部的反应形式为纤维化的尘肺病和恶性疾病。

鼻子能够过滤直径大于 10 微米的颗粒。但气道的分支结构允许直径为 2 – 10 微米的粒子通过，然后这些颗粒通过黏膜系统被清除。在肺泡内，颗粒顺利地通过支气管或被巨噬细胞吞噬后，然后被送往黏膜系统或周围淋巴系统。无论效率如何，大量的颗粒可以突破这些防御机制。

取决于毒性药剂的可溶性，气体和烟雾引起的刺激能导致呼吸道急性或延迟性炎症。而且还可能导致慢性疾病。长期暴露产生的慢性疾病包括慢性支气管炎和永久性肺部损伤。

对物质的过敏反应能引起职业性哮喘。症状包括严重气短以及气喘、咳嗽和胸闷。某些物质，例如异氰酸酯（用于涂料）、面粉尘埃和各种气味会引起哮喘。这些物质被称为“呼吸敏感源”或“哮喘源”。它们会导致人体气道异常，即“高度敏感状态”。

并不是所有人都容易敏感，并患上哮喘。但是一旦肺部变得极度敏感，如果再接触此类物质，即使水平极低，也可能会引起发作。

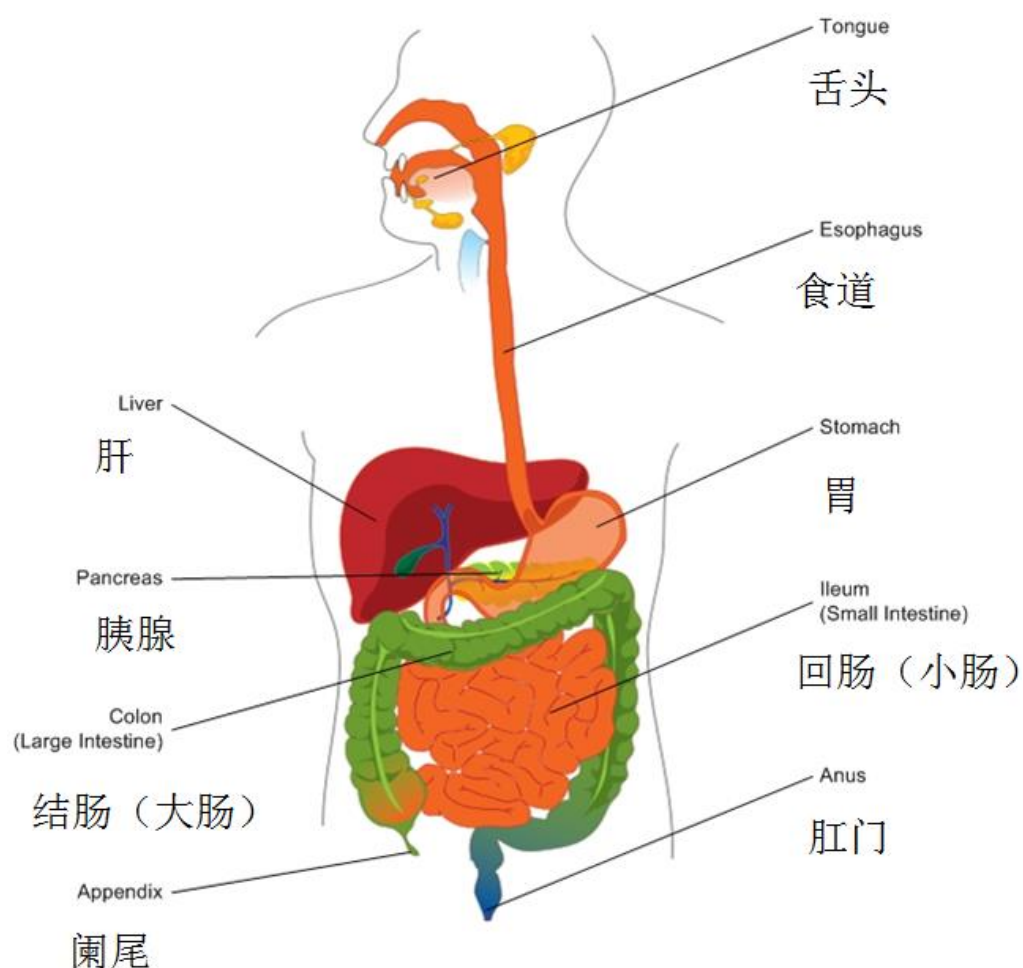
尘肺病是肺部对吸入的矿物灰尘的反应，和由此产生的结构异常。主要原因包括煤粉尘、二氧化硅和石棉，它们会导致肺部形成瘢痕，即胶原纤维。尘肺病可能会潜伏多年，而不会显示任何症状。然而，随着肺的弹性和多孔性降低，功能大大减弱。具体症状包括呼吸急促、咳嗽和一些常见的不舒服感觉。一般情况下，病人开始可能只是呼吸急促，但随着病情发展，病人可能始终表现出气短。最初是咳嗽，但是无痰，但最终可能会被发展到咳血。由于受损肺部的血液含氧量不正常，指甲和嘴唇可能看起来呈苍白或浅蓝色。

慢性阻塞性肺疾病（COPD）是指慢性支气管炎和肺气肿。这两种肺部疾病通常一起发作，导致气道缩小，从而限制肺部空气流动，造成气短。职业性哮喘导致的气道逐渐缩小是不容易逆转的，通常会随着时间推移而恶化。慢性阻塞性肺病可能因各种微粒和气体引发，导致身体组织异常炎症。

工业因素引起的恶性肿瘤会影响肺部和周围组织。接触石棉（矿工，绝缘体）的工人有时会患肺癌，吸烟、砷（农药）、铬（颜料制造商）、多环芳烃（煤气、焦油生产工人）和电离辐射（铀矿）都会导致肺癌。而木屑（硬木家具制造商）、皮革灰尘和镍灰尘会造成鼻窦癌。

2.7 胃肠系统

胃肠系统是身体用来吸收、分解和吸收营养，同时排泄废物的系统。人们不会有意识地服下有毒物品，但如果允许人们在工作岗位吃东西或吸烟，他们的手或被污染的物体表面就可能导致中毒风险。对于摄食的毒素，呕吐和腹泻都是天然的防御机制，胃酸与碱性入侵物产生中和反应，能在某种程度上杀死细菌。因此毒素吸收的危险性相对低于毒素吸入产生的危险性小一些，同时还能限制毒素进入人体。但是任何刺激物或腐蚀剂都能对呼吸道粘膜产生影响，同时引起嘴唇、嘴和会厌（导致窒息）肿胀，以及食管和胃部溃疡。



来源：维基共享资源

图2.7 – 肠胃系统

2.8 肝脏

肝脏是一个主要代谢器官，用于处理从胃肠道或通过吸入等其它途径被吸收进血液的养分。但它的物质分解功能也意味着它很容易受到体内任何毒素的侵袭。肝细胞受到毒素损伤后可以再生，最常见的原因是酒精。但如果吸收毒素的速度超过再生速度，就会造成永久性肝脏损伤，对于患有先天性肝脏疾病的人来说尤其如此。

工业上的脂溶性醇类和卤代烃对肝细胞的损害最为严重。肝部受到损害的最明显标志就是黄疸。

肝损伤，通常是肝硬化和肝癌的重要预兆，从而导致那些在职业中长期受到肝部损害的员工患上肝癌。

肝脏本身是一个保护性器官，其正常排毒过程使潜在毒素转化成安全形式（有时正好相反）。

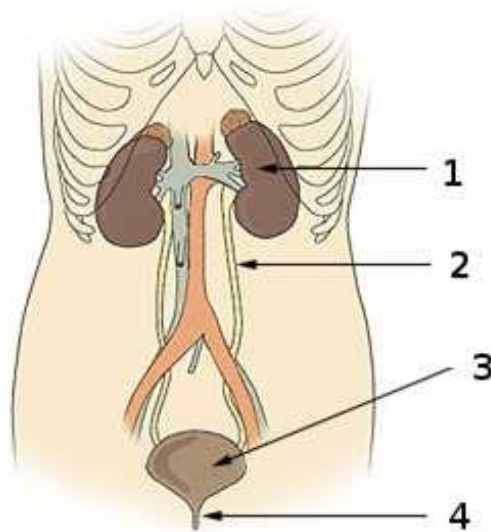


来源：维基共享资源

图2.8 肝脏

2.9 泌尿系统

肾脏在维护流体和电解质平衡方面扮演重要角色，它进行过滤，并将它们选择性地重新吸收进入血液。它排出（通过尿液）多余废物（包括毒素），通过代谢在肝脏中产生可溶性的水。



来源：美国联邦政府，来自维基共享资源

图2.9 – 泌尿系统

1. Kidneys, 2. Ureter, 3. Bladder, 4. Urethra

1. 肾, 2. 尿管, 3.膀胱, 4.尿道

毒素会损害肾脏，后者又会影响钙代谢、酸基平衡和水的再吸收。当患者出现急性肾功能衰竭

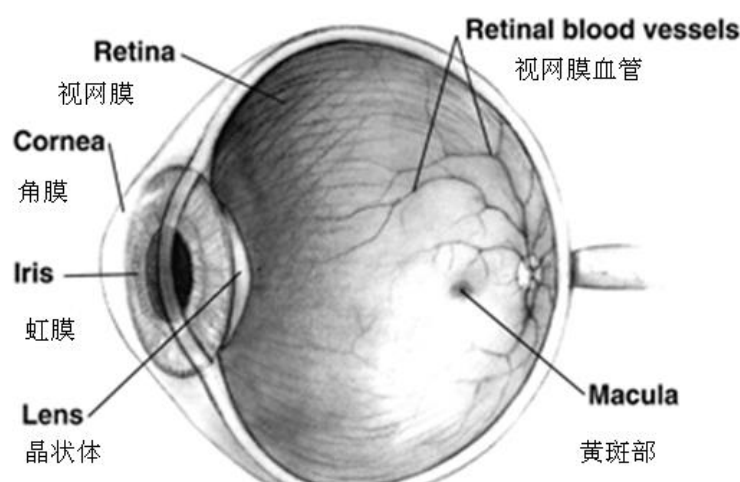
时，可能完全无法排尿。电离辐射能导致肾细胞损伤和纤维化。因为尿液在膀胱中集中和留滞，对这个器官的接触远远超过对尿道其余部分的接触。因此，膀胱更易患职业性癌症。

2.10 眼睛

每个人都知道眼睛的功能。但同样知道它们的相对脆弱性。具有瞬目反射功能的眼睛在一定程度上保护其上面的额骨和眼睑。睫毛能防止尘埃粒子进入，眼泪提供稀释因子，稀释入侵化学品，并具有杀毒和防感染作用。

由于结构脆弱，眼睛特别容易受到伤害。穿透性伤害可导致角膜损伤、白内障、视网膜脱离，以上任何一种都可能导致失明。虹膜损伤能引起另一只眼睛的交感反应，而且可能导致全盲。酸和碱可能会烧伤角膜。碱性金属尤其危险，因为它们产生的刺激感很小。即使受害者意识到，而且进行了清洗，但眼睛前部仍能被溶解。

任何刺激性气体，如二氧化硫、氨，都可能引起结膜炎（特点是发红、不适和眼泪）。植物和染料等过敏原有时会产生类似反应。在暴露在焊接工艺使用的紫外线辐射后几个小时内，操作者会患极其痛苦的结膜炎，表现出畏光（不愿看光）等症状。人们称之为“电弧眼”，通常涉及角膜和结膜（角膜结膜炎）。白内障（晶状体混浊）可能由创伤（贯穿伤或严重打击）、热（玻璃工人）和辐照（激光和微波）引起。视网膜灼伤的原因可能是红外线辐射和激光。白内障可以被切除，用人工眼镜或隐形眼镜进行矫正。视网膜灼伤和泪水会对可视区（盲点）产生不可逆转的伤害。



来源：维基共享资源

图2.10 – 眼睛

3 毒理学基本原理

3.1 简介

毒理学是研究物质对活体有机物的副作用的一门学科。工业毒理学专门研究工作场所处理的物质对员工的不利影响，但通常还会考虑到产品对消费者的不利影响，以及工作场所排放的废物对普通公众的不利影响。

历史上的毒理学是一门关于毒药应用的艺术和科学。但今天它已成为利用各种化学、物理、生物和医学信息来预测种类日益增多的物质对暴露在物质中的人类的潜在负面影响的一门学科。

3.2 术语

毒性是物质伤害活着的東西的天生的能力。

风险评估就是对在特定暴露条件下的毒性作用的预测。

风险评估就是对某个人或某个特定群体在特定暴露条件下受到毒性影响的概率的预测。

物质涵盖各种材料，包括它们的单一化合物或混合物，简单的或复杂的天然或人工合成物质以及微生物。在化学上物质可能是单一物质，或含有添加剂或杂质，可能是固体、液体、气体、粉尘、纤维、烟雾或气溶胶。一些物质（如烟雾、粉尘和气溶胶）可能很难识别。人类在工作场所接触的物质包括使用的、包装的、收集的、存储的、处理的、处置的或以其它方式接触的物质。物质可能是最终产品、配方、中间体、组件、非规范产品、副产品、废弃物或残留物。

物质可能是材料或厂房或建筑维护或维修过程中使用或出现的材料，或研究、开发或测试过程中形成的或使用的材料。

注：许多人对上述术语的使用不是很严谨。例如他们常用“毒性”代替“中毒危险”或用“中毒风险”代替“中毒危险”。尤其是在对于“风险评估”这个术语。

3.3 基本概念

“一切物质都是毒药，没有不是毒药的物质。正确的剂量是毒药和解药之间的区别”——帕拉塞尔苏斯（1525）。

任何物质都是有毒的，在特定条件下能产生不利影响。它可能通过大量的水（特别是当这个人患有某种疾病）和空气中的高氧含量杀死人类，也可能导致早产儿失明和成人肺部受损。

毒性反应的发生取决于剂量。一般来说，与低剂量/短时间暴露相比，高剂量/长时间暴露能产生更广泛，更强烈的毒性。

一般来说，如果低于暴露限值，就不会发生毒性作用。10 克剂量的咖啡因会导致抽搐和呕吐。

在英国。平均咖啡因（包括茶）摄食量为 315 毫克，但许多人每天消耗量比这更高，而且没有出现可怕效果。盐的致命剂量约 250 克，但低得多的剂量也会导致呕吐，在英国，每人每天平均每日盐摄食量为 8-11 克。英国食品标准局建议最大摄食量为每人每天 6 克，为了维持生命基本要求，每天最低摄食 0.5 克。

对同一物质的不同接触形式会产生不同效果。暴露在较高大气浓度的二氯甲烷蒸汽中会压迫神经系统（麻醉），导致心率失常和肝、肾损害。如果继续延长暴露时间，就会在血液中形成代谢产物一氧化碳，减少血液对氧气的运载能力。长期暴露则会导致小鼠肝脏和肺部癌症（但在家鼠或仓鼠身上不会导致，可能在人体上也不会导致）。

不同物种对物质可能会有不同反应。二恶英会引起豚鼠的严重肝损伤和死亡，对于猴子和人类来说，只会导致皮肤病（氯痤疮）。砷这种物质能导致人类癌症，但在实验动物身上不会。小剂量的阿托品能杀死人类，但杀不死兔子。

不同的人对物质也会有不同反应：一些人吸烟会患上肺癌；另一些人则不会。青霉素对于大多数人来说是无害的，对有些人却会导致严重过敏反应。

有毒物质的影响取决于：

- 其物理形式。
- 剂量。
- 进入途径。
- 其吸收、分布、代谢和排泄。

3.3.1 物理形式

固体	在碾碎或压碎后，产生灰尘，可吸入、摄取或污染皮肤
液体	可吞咽或污染皮肤
气体	可吸入或污染皮肤
蒸汽	
烟	
雾	
浮质	

3.3.2 剂量

剂量取决于物质浓度和在该物质下暴露的时间。简单来说，它可以表达为：

剂量 = 暴露x时间

但是，在工业环境下，接触量和时间的差别非常大。例如：在剂量相同的情况下，如某种物质短时间高浓度接触，可能会致命（如酒精），但如果长时间低浓度接触，其实并无坏处。在这两个案例中，剂量可能是一样的。

3.3.3 摄食/吸入路径

共有三种毒素进入体内的途径：吸入、皮肤和摄食。

摄食：摄食是工业中最不常见的侵入方式，但却是环境毒理学中最常见的侵入方式。在进化过程中，内脏产生机制来调节肠道对基本要素的吸收。为了进入体内，有毒元素之间不得不进行竞争，一般情况下，只有很小一部分剂量能被吸收进入体内（通常 10%或更少）。

在工业中，最可能的摄食因素是实验室吸管、吞咽灰尘，在这两种情况下，毒素通过黏膜系统，吸烟，工作场所吃东西或脏手接触嘴部而被吸收或清除。

吸入：在肺里没有类似的选择性吸收机制。颗粒直径小于10微米能到达肺泡。如果是可溶性物质，约40%会被吸收。不溶性化学物质相对安全，例如硫化铅，而碳酸铅高度可溶，能导致迅速中毒。大一点的可吸入颗粒风险小一些，但很难进入呼吸道。

切记，肺部不仅负责将物质吸入体内，它还是一个靶器官。吸入身体的材料可以停留在肺部，导致它的物理和/或化学伤害。

在工业中毒中，吸入原因占 90%左右。

皮肤：皮肤吸收也同样没有选择性。脂溶性化合物与有机溶剂一样，很容易被吸收。健康完整的皮肤与硝基苯、苯酚、汞和苯胺接触，会发生皮肤吸收。几平方英寸的完整皮肤吸收的苯酚可能是致命的。如果防水防护服内被意外污染，衣服就像手套一样会加快吸收。受损皮肤也会促进毒素吸收。

分布：一旦物质进入人体，可以分布到全身血液循环，到达血浆蛋白或红细胞。它们可能以不同形式集中在各个器官。其它有毒物质储存于溶质或被困在脂质中，只有脂溶性物质能通过血液-大脑的屏障。

3.3.4 新陈代谢

物质在整个身体内分布，然后发生新陈代谢。主要代谢器官是肝脏，通过肾脏，肺和皮肤也能代谢一些化学物质。代谢将一种有毒物质可以转换成无毒物质，或正好相反，例如，正己烷在肝脏中被代谢成另外一种能导致神经系统损伤的化合物。但大多数解毒过程是有益的。典型的解毒过程包括氧化阶段和紧随其后的葡萄糖醛酸结合阶段。新陈代谢速度取决于吸收速度（与脂溶性化合物相比，水溶性化合物吸收率一些），和蛋白结合的程度（蛋白结合会减少代谢处的浓度）。酶系统发育不良的年轻人代谢速度更慢。肝脏使疏水物质（即不溶于水的物质）转换成亲水物质（水溶性物质）形式，这样它们可以通过肾脏排泄，或进入胆汁。

3.3.5 排泄

排泄主要通过尿液由肾脏完成，而且还通过胆汁（高分子量化合物）、肺（被排泄的未改变的挥发性碳氢化合物）、胃液（尼古丁）、母乳（农药）和皮肤（铁）完成。排泄速度越快，损害身体健康的毒素的可能性越小。人们通常用排泄物来监测工作暴露情况。

3.3.6 对毒素的反应

身体的排毒反应取决于几个变量：

- | | |
|------|--|
| 年龄 | 老年人和年幼的人的代谢率低于平均水平，排毒反应往往不良。 |
| 性别 | 女性脂肪体重比更高一些，更容易受到脂溶性毒素侵扰。 |
| 潜在疾病 | 一些条件，例如腹泻或肺功能下降，会通过减少吸收限制有毒效应。而其它因素，例如贫血，会进一步减弱身体对铅或一氧化碳的反应。 |
| 药物 | 治疗药物可以影响酶系统，增加或减少有毒物质的影响。 |
| 酒精 | 可能影响肝功能，从而阻碍解毒过程。 |
| 吸烟 | 吸烟加强一些物质的作用，例如石棉。 |
| 个体 | 人们对外部因素（从噪声到煤粉、从化学物质到过敏源）的反应千差万别。这可能归结于遗传效应。 |

反应类型

- 接触点局部作用，例如过敏和烧伤。
- 过敏反应，例如皮炎和哮喘。
- 靶器官的影响。
- 癌症。
- 生殖作用，例如不育和流产。
- 畸形-先天性出生缺陷。

- 接触者后代患有肿瘤。

3.4 毒理学评价阶段

在评估引起健康风险的物质接触时，首先回答以下问题：

3.4.1 化学原因可以导致哪些副作用？

它的毒性怎么样？在各种暴露条件下毒性危害哪些？这两个问题需要通过以下问题回答：

- 基于一种物质已知的物理和化学性质进行的理论研究。
- 对动物（用作人体替代物）和其它有机体或部分生物（细菌、器官、组织、细胞培养）进行的实验。

3.4.2 是否发生在动物体内的作用与人类有相关性？

要回答这个问题，首先需要化学物质如何被吸收，在体内分配和排泄（药代动力学），以及如何分解成其他物质（新陈代谢）方面的知识。对毒性作用机制进行评估是非常必要的-这可能需要进行有针对性的对人体研究等。为证明相关性，可能需要对暴露群组进行流行病学研究。

3.5 材料安全数据表

应由那些在相关方面训练有素，经验丰富的专家来解释毒理学报告。工作场所危害所涉及的大部分工作可以通过查询材料安全数据表（MSDS），或安全数据表（SDS）进行。MSDS 是解释毒理学和其它有关物质信息的标准方式。

在许多国家，公司为每一种出售的产品提供 MSDS 已经成为一项法律规定或通用惯例。这些信息看起来复杂难懂，但如果你要安全地处理化学物质，它们却是可靠的数据来源。它们通常能提供关于物质的物理和化学性质的数据以及相关毒性资料。

各地区法律要求不同，MSDS 内容也不一样，但是一般都要求包含以下信息：

1. 化合物成分/数据：要求提供每一种物质详细的化学成份。一般情况下，要求为包含的每一种化学物质列出化学文摘社（CAS）号码。绝大多数工业用化学物质都有一个唯一识别码-CSA 码。
2. 物质标识：包括商品名和制造商/供应商的详细信息。也可能包括一些紧急联系信息，例如联系人的姓名和电话号码。
3. 有害物标识：材料被分为许多类别，并用象形图表示。
4. 急救措施：对怎样对不同情况下接触有害物质的工人进行处置提出建议。
5. 消防措施：消防注意事项，例如使用什么类型的灭火器。
6. 意外释放措施：一旦化学物质意外释放应采取的措施，包括泄漏清理方法。
7. 处理和存储：预防措施信息，例如易燃物存储柜和温度限制。
8. 暴露控制和个人防护：对个人防护设备和通风等要求的概述。
9. 物理和化学性质：例如形式（固体/液体/气体）、色彩、气味、融化和沸点。
10. 稳定性和反应性：热分解和应避免条件等属性。
11. 毒理学信息：例如对人类和动物的急性和慢性影响。
12. 生态信息：如果物质被释放到工作场所外，会对环境产生什么影响。
13. 处置注意事项：关于物质处置的任何特殊要求。
14. 运输信息：一般为一组代码，指示化学品的危险性。
15. 规定：使用者所在国家的有关法律。
16. 其他信息：任何有关信息。

4 有害物质/工艺实例

4.1 晶体硅

在所有矿物中，石英硅或石英（二氧化硅）的分布最为广泛。它们存在于绝大多数岩石中。硅的最常见的形式是沙子，全世界的海滩上都布满了沙子。在干燥形式下，细石英硅是一种有毒有害物质，因为吸入大气尘埃的会引起矽肺。矽肺就是肺纤维化，人们认为它是最常见和最严重的尘肺病。矽肺风险取决于三个因素：大气中粉尘浓度；尘土中自由二氧化硅的比例和持续暴露时间。许多使用矿物质的工艺都使用二氧化碳，例如采石、采矿、砖、瓦、耐火材料制造、陶瓷和陶瓷、喷砂和玻璃制造。

本世纪初，吸入大量含有高含量石英的粉尘而患上矽肺病的工人在快速发展期（1-3 年）内死亡的案例并不罕见。通过改善工作条件和采用现代灰尘控制方法，事实上人们已经消灭了这种快速发展形式的矽肺病，但它被一种发展速度非常缓慢的矽肺病（15 - 30 年）取而代之。

在矽肺病初始阶段，病人没有任何症状，只有通过周期性放射学检查，才能在那些暴露于自由形式的二氧化硅的工人身上发现这种疾病。矽肺的首要症状是病人只要一用力就“无法呼吸”。严重情况下，即使是稍一用力或休息时也能出现这种症状。通常这种疾病没有其它主观症状。因此诊断矽肺主要依靠临床检查和放射学检查。

在一定程度上，肺变化取决于硅的水晶体形式（目前适用的“英国工作场所暴露限制”提及这一点）和可能观察到的颗粒的大小。

硅，非晶态

总可吸入粉尘 $6 \text{ mg.m}^{-3}/8$ 小时，时间加权平均浓度

呼吸性粉尘 $2.4 \text{ mg.m}^{-3}/8$ 小时，时间加权平均浓度

硅，熔融状态

呼吸性粉尘 $0.08 \text{ mg.m}^{-3}/8$ 小时，时间加权平均浓度

石英（方石英、鳞石英）

呼吸性粉尘 $0.1 \text{ mg.m}^{-3}/8$ 小时，时间加权平均浓度

4.2 机制矿物纤维（MMMF）

机制矿物纤维（MMMF）包括陶瓷纤维、专用纤维和长丝纤维。纤维原料通常包括熔融玻璃、岩石或渣。这种物质表现出良好的抗热性和抗化学性，可用于编织。因此作为一种建筑防火手段，它被广泛应用于隔热和隔音建筑物和厂房，主要包括卷板、空腔墙壁充填物、压制石膏板和管绝缘。随着石棉材料的逐步淘汰，MMMF 的用途越来越广泛。

自从 19 世纪晚期出现以来，人们已经认识到矿棉会刺激皮肤和眼部，在尘土飞扬的条件下会导致上呼吸道的过度刺激。粗纤维会导致皮肤和眼部刺激。

虽然大多数皮肤在很短时期后就会产生抗性，但仍有些人需要采取一些预防措施来保护皮肤，还有少数人不得不转而从其它工作。

对非石棉矿物纤维被植入实验动物的胸腔的研究表明这会导致间皮瘤肿块，但其他动物吸入高浓度矿物羊毛纤维的实验尚未发现它与肺部肿块过度出现之间的关联性。

在这些在动物身上进行的吸入研究中，人们尚未发现临床显著纤维化。根据一个大规模的美国工业死亡率研究，目前尚无间皮瘤病例发生。在本研究中，在几组接触矿棉超过 30 年的工人中，我们发现有些人肺部肿块过量，但是暴露强度与持续时间和肺部肿块过量之间没有任何相关性。事实上，对当前仍在工作的工人进行的 x 射线和肺功能研究尚没有发现矿物棉暴露与肺部异常之间的相关性。

4.3 焊接烟雾

焊烟是大气气体和微粒的混合物，如果吸入或吞下可能导致健康风险。风险程度取决烟气成份、吸入的空气中的烟的数量，以及暴露持续时间。

对健康的主要影响包括：

呼吸道刺激：烟的气体或细小颗粒会引起喉咙干涩、痒、咳嗽、胸闷和呼吸困难。

金属烟雾病：吸入大量刚刚形成的金属氧化物，例如锌、镉、铜等，可能导致急性流感样疾病，即金属烟雾病。除了接触镉烟情况外，很少出现严重并发症。金属烟雾病的最常见病因是焊接镀锌钢。

全身中毒：这可能是由于吸入或吞咽包含在焊烟中的物质，例如氰化物、锰、铅、钡和镉引起。这些物质在烟中的存在取决于所采用的焊接工艺和所焊接的材料。

长期或慢性影响：吸入焊烟可能导致良性 x-射线异常，即铁尘肺的发展。目前研究人员关心，是否焊工会由于焊烟中的一些成份增加罹患癌症的风险，例如六价铬和镍都可能致癌。

4.4 异氰酸酯

异氰酸酯在室温内可以以液体或固体形式存在，主要用于生产聚氨酯、泡沫材料、粘合剂、清漆和油漆。

异氰酸酯对皮肤和粘膜产生刺激。但最严重的问题是，接触异氰酸酯会影响呼吸系统。异氰酸酯被公众认识的最常见原因之一是它能导致职业性哮喘。在对异氰酸酯产生不同程度的接触后，工人可能对极低浓度产生反应，即呼吸道过敏。

4.5 木屑

木屑在木材生产加工或切割时产生。与木屑有关的危害主要来自吸入和皮肤接触。木屑的生物学效应会引起许多不同症状，其性质取决于木质的数量和成分。

因此，暴露于木屑中会产生很多症状，从皮炎和结膜刺激到上呼吸道刺激，在一定程度上也会加速鼻子过敏到鼻癌之间的过程。但这个问题很复杂，因为鼻癌的发病期一般是 40 年。此外，一些软木也能形成呼吸道过敏源。

4.6 药品

制药行业工作也能带来特定危险，尤其是某些高效化合物。制造的药物不同，对健康的影响也不同。例如：

过敏反应：有些药物会引起过敏反应，如瘙痒、红眼、鼻涕、皮疹、哮喘，有时过敏反应也能引起休克。

维生素缺乏症：重复性暴露于抗生素中的工人体内的一些细菌会发生数量和类型的改变，这些细菌一般存在于肠道，它们分解和吸收肠道中的维生素。

真菌感染：对抗生素尘埃的日常接触会导致皮肤和指甲真菌感染。此外，在暴露抗生素后，女性可能会患阴道酵母菌感染。

硝化甘油：通常用于炸药，也是多种心脏病药物的基本成份。硝酸盐作用于体内血管，在多个方面产生影响。几乎每一个曾暴露于硝基尘埃的人都会经历一次颅骨血管松弛导致的严重头痛。硝酸盐能扩张血管，降低血压。其副作用是头晕，甚至可能发生晕厥。

镇静剂：可以稳定情绪，或用作添加剂。与酒精结合后，能导致失去意识，如果剂量较高，能导致昏迷和死亡。生产镇静剂的工人承受这方面的不利风险。有人甚至在下班后喝一杯啤酒就会昏迷。无论在工厂，还是在回家路上，如果工人由于接触镇静剂和巴比妥酸盐而变得昏昏沉沉，就很容易导致严重的事故。

4.7 石油产品

通过萃取/生产工艺和成品，石油行业会带来许多特殊危害。

润滑油：某些油（特别是高芳烃油）在接触皮肤几小时后，就会产生皮肤刺激。对于许多反复接触的人，它会消融皮肤天然脂肪，让皮肤干燥易裂，产生皮炎和随后的感染。万一不小心接触眼部，它会引起瞬态刺激，但是刺激并不持久。低粘度油产生的效果更为明显。

吸入油雾可能导致眼睛、鼻子和喉咙刺激。万一吸入大量石油，会导致肺炎。

大多数的配方都包含不同成份的化学添加剂。此类配方的毒性取决于原油和添加剂的毒性。对于许多添加剂来说，目前人们尚未全面掌握它们在急性和慢性毒性、致癌性和生殖或免疫系统影响方面的信息。

汽油：是一种皮肤刺激剂，长期暴露可能产生起泡。如果反复接触皮肤，会导致脱脂，从而患上皮炎。万一接触到眼部，会引起严重过敏，但通常是短暂过敏。吸入汽油蒸汽会引起失去意识；如果长期吸入高浓度汽油，可能由于中枢神经系统抑制而死亡。汽油含有添加剂（添加剂可能包含四乙铅，它能毒害神经，使诱导有机体突变的化合物溴化）；目前它正被含有醇类（如甲醇）和醚类（如甲基叔丁基醚- MTBE）的无铅汽油替代。过度暴露在甲醇中会导致失明。最新证据表明，大气中的高浓度甲醇可导致畸形。

柴油和燃料油：无论是中间馏分油还是重润滑油，它们的性质相似，可能包含催化裂解物质或其它物质，这些物质在定期涂抹在老鼠身上后会显示高致癌性，也就是说它们可能携带致癌风险。

芳香提取物：包含高浓度的致癌多环芳烃。人们已经证实许多芳香提取物属于皮肤接触致癌物。另外，其毒性与润滑油类似。

苯：直接接触皮肤产生会导致溶脂，如果反复暴露会产生皮炎。暴露会导致中枢神经系统抑制、头痛、恶心，然后失去意识。如果重复暴露在 50 ppm 或更大剂量，就会损害血液和血液形成组织；对于某些个体，会导致造血细胞功能彻底失灵（会导致死亡）。长期接触高浓度苯会引起白血病（一种血液癌症）和损害染色体（在细胞分裂过程中携带遗传物质的部分）。

4.8 采矿-矿物和金属萃取

煤炭、金属矿石和其它矿物质开采活动广泛开展于世界各地。在历史上，与其它重工业企业工人相比，煤矿工人面临更高发病率。长期以来，煤矿一直与尘埃诱导性肺病“尘肺病”和“肺气肿”等其它有关疾病联系在一起。采矿活动由于涉及各种物质，会导致一些特殊的健康危害。这些危害可能来自矿物提取物，或存在于那些不受欢迎的副产品/污染物。但最主要的健康危害来自各种形式的粉尘。

石棉-全球各地仍在开采石棉，其中少量储存于其他矿物质中，例如滑石。本手册使用一个专门的篇幅来说明石棉的危害。

砷-存在于锡和铜等金属矿床。它可能作为一个不受欢迎的成份出现在采矿和加工过程，或作为精炼副产品被大规模生产。砷具有毒性，大剂量或消耗或吸入会导致死亡。

硅-存在于许多矿物质中，尤其是岩石提取物。

采矿同时意味着会产生各种物理危险，例如噪声、振动、辐射、热应力、湿气/湿度和大气压力变化。

4.9 金属使用和精炼

许多硬金属以微量基本元素形式存在于人类体内，形成人体功能的重要部分。但是如果大量接触，就会导致健康状况严重不良。

镉-由于其剧毒性被限制使用。但它仍在航空工业作为防腐涂层使用，而且用于镍镉电池。过度的镉暴露会产生两种生理影响：急性发作包括恶心、呕吐和严重肠道紊乱，而慢性发作包括疲劳和肺气肿，以及肝脏和肾脏损害。有许多严重急性中毒病例，例如有人在气割镀镉螺栓后，会产生化学肺炎，随后迅速死亡。

铬-是一种钢灰色的高光泽硬金属元素。它的熔点很高，达到 1900 摄氏度，而且它还是一种惰性金属，使金属能用于合金材料和电镀。它有许多放射性同位素，人们已经发现这些同位素在医学上的效用。

铬能以种化合价状态存在，盐的排列反映了这种性质，即亚铬、铬和六价铬。其中一些具有刺激性，与三氧化铬（铬酸）相似，会引起皮肤过敏、溃疡和过敏性皮炎。吸入会引起重大刺激、鼻中隔穿孔和肺刺激，而且对铬酸盐的暴露也会导致癌症。

铅是一种柔软的具有延展性的金属，具有良好的防腐性能。它被广泛用于建筑业以及电池、子弹和砵码生产。它还能与其它金属混合，形成用途很大的合金，例如锡/铅焊料。各种铅化合物都有毒、可摄取、可吸入，或通过皮肤吸收。很少有人急性铅中毒，因为铅主要是一种累积性的慢性毒药，但一些有机铅化合物（例如含铅汽油中的铅）可以通过皮肤迅速吸收，作用于大脑，在某些情况下会造成死亡。人们已经观察到，无机铅在人体内逐渐积累，产生慢性作用，而且铅常常沉积在骨骼

中，一旦出现创伤，铅就被释放出来。慢性作用包括胃痛、嗜睡和贫血，最终导致死亡。它还能导致脑损伤，尤其对于幼童和胎儿。

5 健康风险评估

5.1 简介

进行工作评估的主要原因进行是为了评估职工健康风险。如果评估发现问题，必须采取以下措施：

- 明确能实现足够控制的步骤。
- 识别必要的任何其它行动。

5.2 危害和风险

在进行风险评估时，必须清晰理解危害和风险之间的差异。

- 危害系不加控制会造成伤害的物质/情况。
- 危害不加以控制，就会造成伤害。

风险系指出现特定结果的可能性和相关危害的严重程度

5.3 健康风险评估

以下图表大致描述了健康风险评估的过程。



5.3.1 定义评估

首先需要定义流程或活动评估。这可能涉及一个或多个工人在某一段时间内一个或多个活动。任何一种评估中都要包括危害评估，例如噪声评估通常与化学风险评估分开进行，因为它们涉及的评估方法差别很大。但当评估溶剂等化学物质的危害时，人们经常将任何性质相似，控制手段相似的化学物质放在一组进行统一评估。

5.3.2 收集信息

工作场所健康风险评估要求对决策过程中各种因素进行评估，包括以下部分或全部因素，视情况而定- 因此在进行一个有价值的评估时，必须先收集与这些因素有关的所有信息：

- 过程或操作的性质，如连续或批处理、室内或室外。
- 使用和生成的物质（化学、生物）加其他因素（噪音、辐射）和呈现的要素（人体工程学）。一些物质可用商品名表示，但应该理解它们的化学成分。
- 切记，绝大多数职业暴露所涉及的化学物质（吸入，皮肤接触）是混合物，而不是单一物质。在这些情况下，人们必须知道混合物的成分。
- 了解物质形式（气体、蒸气等）和其它因素，以及关于这些东西出现在被评估的工作场所/任务中的具体位置。
- 了解有关因素/要素（化学、物理、生物、人体工程学）对身体的影响。

- 了解关于工作类型（如操作员、维护、监督、实验室）和这些工作中会导致化学、物理或生物学因素的更高暴露或不良人体工程学条件的要素的知识。
- 暴露预测和关于任何根据已颁布职业暴露限值计算的量级。
- 职业暴露的类型和程度。
- 工作/转变模式。
- 推荐的操作实践和预防措施（包括工程控制）。
- 工人健康史，例如检查是否有/曾有任何职业病史、事件、投诉或索赔。
- 任何其它相关信息。要求在观察时考虑到观测资料和数据等信息，以确定它们与“正常”的行为和过程相比所呈现的典型性。

有无物质和非化学类因素（如噪声和辐射源）的清单/登记册和工人的工作类型在评估中很重要。

相关信息来源的可用性也能产生巨大优点，例如：

- 材料安全数据表（MSDS）。
- 制造商标签。
- ACGIH 阈限值文档。
- 其他公开或未公开来源（例如国家、公司、行业协会和技术信息）

5.3.3 健康风险评估

收集到所有相关信息后，具体评估开始。评估包括敏锐的调查和观察。例如，当关系到操作实践和预防措施时，在特定任务中采取的预防措施‘在必要时进行环境测量（如个人暴露监测）。

记得询问是否采用工作许可系统，及其具体应用，而且从健康保护观点检查其应用范围和有效性。

评估应是“适当而充分的”。因此很明显，它应由“能胜任的人”进行，工作场所不同，评估人员的类型也不一样。某些情况下，由于所调查的风险的性质比较复杂，应由一个具有充分资质的职业环境卫生师提供协助。

要知道，“评估”并不等同于职业暴露“测量”或“监控”，它包含更加广泛，如已经提及的因素、相关询问和对被审查的工作/任务的敏锐观察。

另一方面，工作场所化学、物理或生物学因素职业暴露的测量结果可能会构成整体评估中的一个重要要素。但在其他一些情况下，这种监控则是不必要或不恰当的。

工作场所监测

整体健康风险评估要求获得一些监测数据，特别是关于暴露水平的数据。工作场所监测是必要的，它有助于确保员工的健康保护。取样策略应根据调查类型决定。后者涉及为了建立“基准”情形而对厂房或操作进行初步监测；为了维持合理的工作条件，采取定期厂房或操作监测的形式进行定期监测。

5.3.4 明确应采取的任何行动

当评估显示存在任何健康风险时，就要确定行动计划来实现有效控制。这是评估的一个不可或缺的重要部分，如果该部分没有解决，评估就不算完成。

5.3.5 记录风险评估

尽管评估是健康保护的一个重要预防方法，但它的作用有限，除非具备书面记录和日期，上面有顾问签字。当包含评估关键信息的口头信息以任何形式得到验证和记录时，评估质量也随之提高。

5.3.6 采取行动

行动对于有效执行从任何评估中得到的建议十分关键。人们常常只进行了评估，但未能控制暴露，这是因为没有采取行动。

5.3.7 审查风险评估

初步评估也会失效。在任何情况下，只要怀疑评估可能失效，就要定期重新评估。在以下情况下应对健康风险进行再次评估：

以下方面发生重大变更：

- 涉及的物质/因素和/或它们的来源。
- 植物，例如工程控制改良。
- 工作过程或方法。
- 生产量或速度。

以下方面恶化：

- 个人暴露监测。
- 卫生监督监测（例如气体测定法，生物监测）。
- 过程控制监测（例如短时间排放）

职业病病例。

化学、物理或生物学因素的健康风险信息。

如果缺少已知变化/不良结果/案例/新信息，评估周期取决于风险性质、工作和对变化发生的可能性的判断。建议无论任何情况，所有评估都应至少两年审查一次。

5.4 专家系统和控制范围

目前人们已开发出许多专家系统来帮助雇主进行健康风险评估。这些系统都使用“控制范围法”。控制范围法包括以下步骤。

危害分类-危害特征，例如风险术语、OEL 和危害描述，用来将物质按组或危害范围分类。

评估潜在接触-简化模型用于在无须暴露监测情况下评估任务暴露程度。

控制方法的选择-利用预先制定的规则和指导方针进行自动选择。采用控制范围法时，规则和指导方针应是预先制定好的，并经过众多专业职业保健专家的验证。在一个现成书面指南库选择一个标

准来确定控制方法。

国际劳工组织工具包就是控制范围法的一个例子。该工具包是一个互联网程序，可通过国际劳工组织网站获取：

http://www.ilo.org/legacy/english/protection/safework/ctrl_banding/toolkit/icct/index.htm

（2010年2月）。

国际劳工组织工具包最初的开发者为英国的 COSHH Essentials，见 <http://www.coshh-essentials.org.uk/>（2010年2月）。

6 大气污染物测量

6.1 一般原因

物理状态—物质有三个物理形态：

- 气体；
- 液体；
- 固体。

所有物质都能以三种形态中任意一种或两种以上混合形式存在。例如，冷饮中可能同时含有液态的水和冰（固态的水），冷饮上方的空气可能是含有一些水份的气体（即蒸汽）。取决于涉及的物质和活动类型，物质以不同形式存在。

蒸汽-气态物质，在 25°C 和 760 毫米汞柱（STP）时形成液体。

雾-大尺寸液体颗粒，通常在液体起泡、喷洒或沸腾过程中产生。

烟-液体冷凝或两种气体反应产生的固体颗粒。当烟的颗粒直径小于 1 微米（ μm ）时，任何大于这个尺寸的颗粒被视为一个尘埃颗粒。

灰尘-固体物质的尘埃颗粒直径范围很大，从 1 微米到 1 毫米。任何任何大于这个尺寸的颗粒被视为粗砂，由于太重，粗砂无法在大气中滞留。

气溶胶-一个通过术语，指微观尺寸存在于烟雾等气态介质中，仅显微镜下可见的固体或液体颗粒的分散体，通常称为“细液喷雾”（例如气溶胶罐）。

纤维-细长的固体颗粒，也就是长度和宽度之间存在高宽比。

注：微米（ μm ）是一种单位长度，指 1 米的 1000000 分之一或 1 毫米的 1000 分之一。

当然，以上不同物质形态需要不同的取样技术。

6.1.1 抽样技术

任何测量技术的根本要求就是符合测量目的。这意味着它必须有助于提供必要的决策信息。

“监控”或“取样”指使用有效适当的职业卫生技术得出一个职工对危害健康的物质的暴露值量。方法必须经过验证，例如英国 HSE 和美国 NIOSH 公开的方法。其他国家也在开发一些方法，有的方法被地方法律机关指定为强制性措施。大气污染物监测包括工作场所定期或连续大气取样，通常需要在有效呼吸区域用个人取样设备进行取样。

除了个人监测外，固定位置/静态监测还可以提供有限的个体暴露信息。而且它还能提供一个污

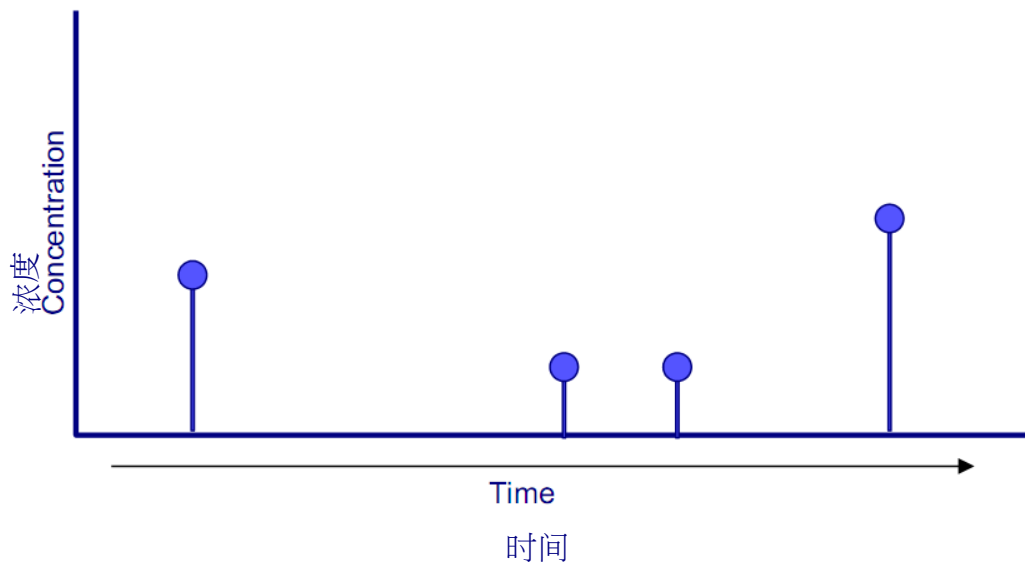
染物来源、控制措施有效性和一般工作场所大气浓度指南。

6.1.2 取样类型

取样包括五种主要类型：

瞬时

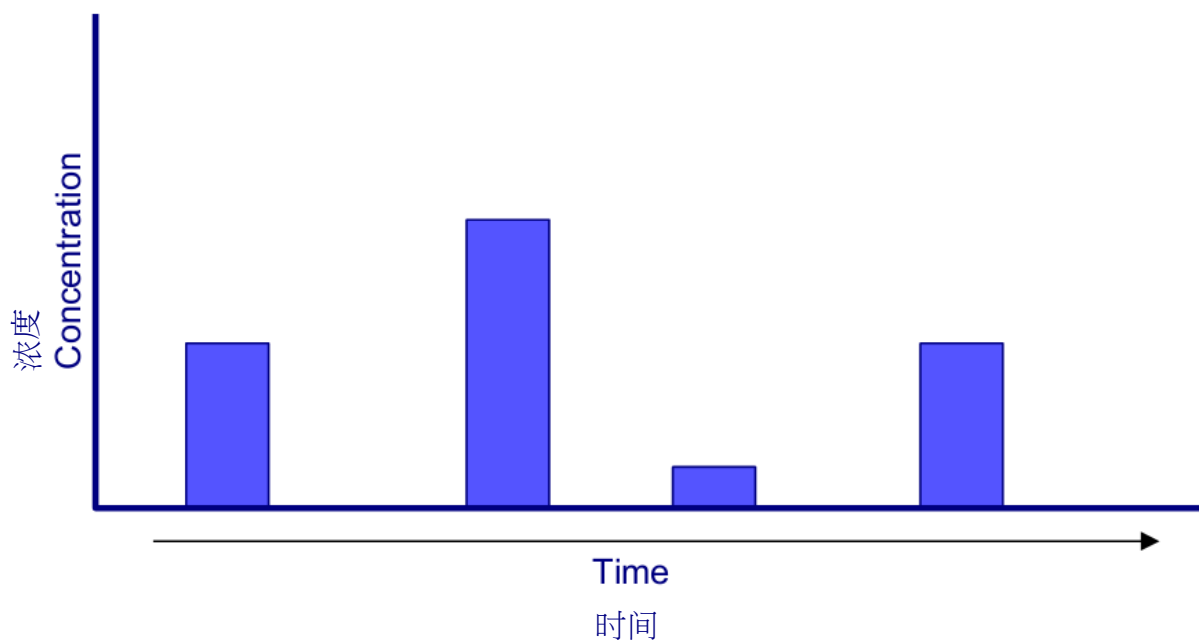
瞬时取样可用作一种筛选技术；通过它能够获得特定时间特定地点某种污染物的浓度，有助于证实可疑污染物的存在和/或识别可疑污染物。



来源：Adrian Hirst

短期

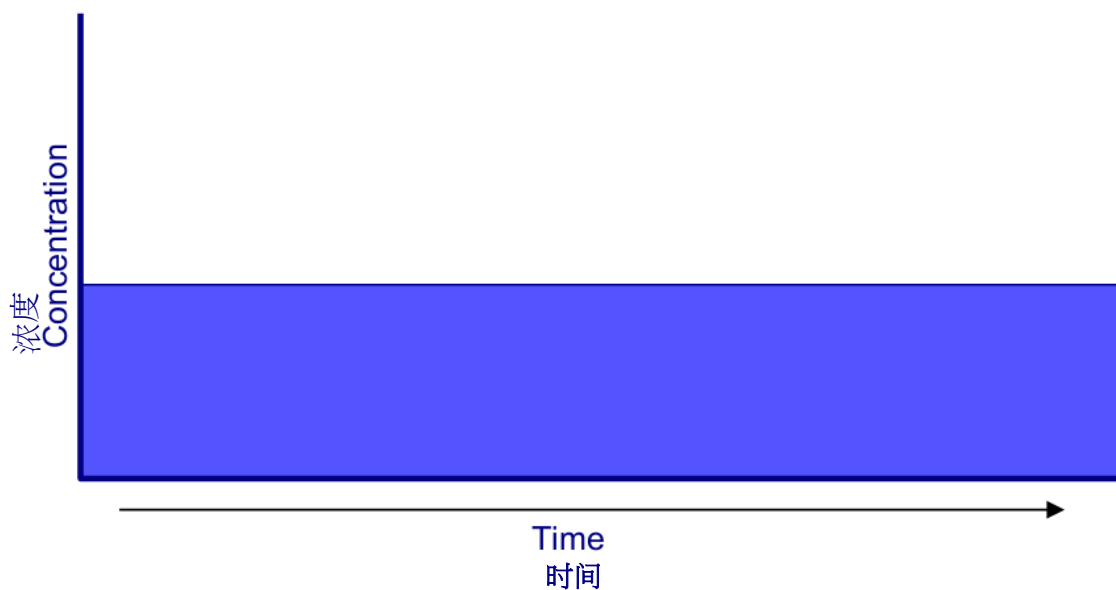
短期监测能确定一个较短时期内的浓度，一般不超过10-15分钟。通常情况下，结果可以是一个时间加权平均值（TW），可用来与任何有关推荐短期暴露限值（尤其是WEL）进行比较，以及用来量化急性危害（例如镭）暴露值。



来源：Adrian Hirst

长期

同样，长期监测由时间加权平均值决定，并与长期（8小时TWA）推荐限值有关。半个班（4小时）或完成特定操作的时间或整个班（正常8小时），通常情况下指监测周期。

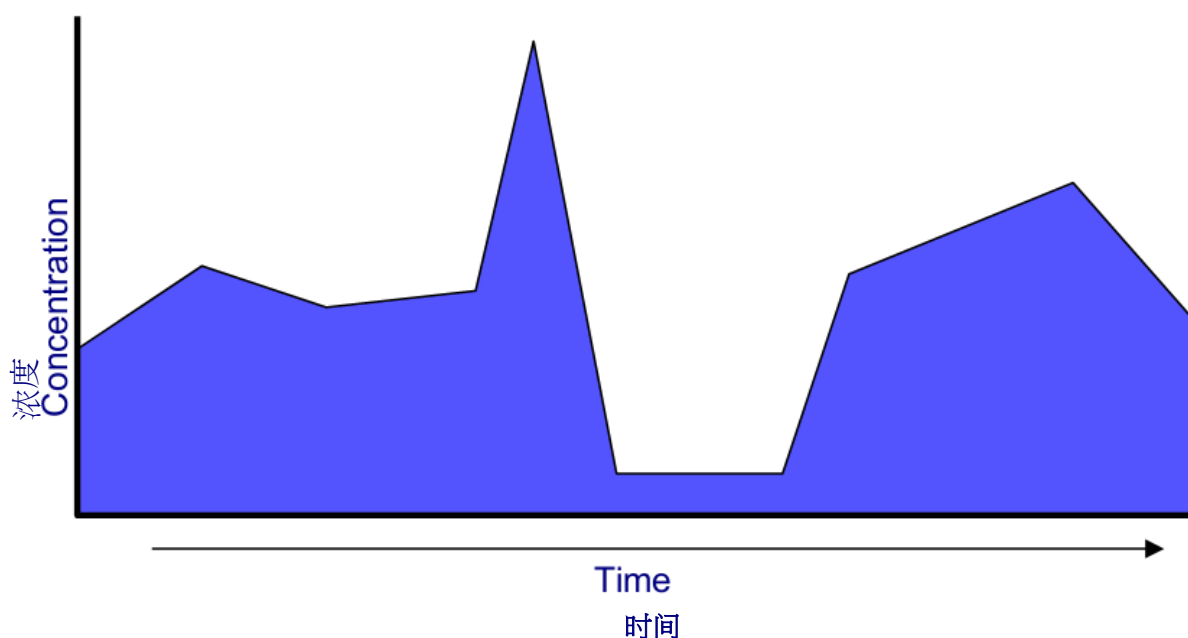


来源：Adrian Hirst

持续

监测结果能指示浓度变化，与瞬时取样类似，监测可识别峰值水平，而且能用来确定平均浓度/暴

露水平。



来源：Adrian Hirst

批量取样

有时为了鉴定目的而批量采取和分析正在处理的物质的样本，但批量样本与采集的大气样本之间却没有关系。但如果含有石棉等一些污染物，批量取样也是鉴定过程的关键部分。

上面描述的抽样类型和在英国 EH40（或其他立法/指令）引用的暴露限制都是基于一个假设：吸收是进入人体的主要途径。但是，吸收和摄食也能通过皮肤进行。测量对通过这些路径进入体内的物质的暴露的唯一可靠的方法就是生物监测法。通常情况下，这种方法能测量在一种或两种以上可进入的体液中的一种物质或一种或多种该物质的代谢物的数量。

——血液或尿液。该取样技术详见本课程手册第八部分。

在特定时间测量特定物质只能提供一部分信息，切记浓度随工艺等变化而变化，因此要必须采用适当取样策略来决定测量哪组工人，工厂哪个位置和哪个班组。

关于取样技术，你要问的第一个问题应该是：我从能取样结果中了解什么信息，采用什么评判标准？

6.2 取样设备

选择什么样的取样设备/装置取决于几个因素：装置的便携性、易用性和效率、可靠性、分析类型和必要信息、特定用途的适用性、所涉及的个人监测和用户可接受性。取样设备不能在任何方面影响员工绩效；它必须穿着舒服，不能影响灵巧性或改变他/她的操作方式，也不能对工人或区域产生危害，例如一些设备要求本身就是安全可靠的。

没有任何一件设备适用于所有取样类型。当前趋势是为特定污染物或污染物群组生产特殊用途监控器。

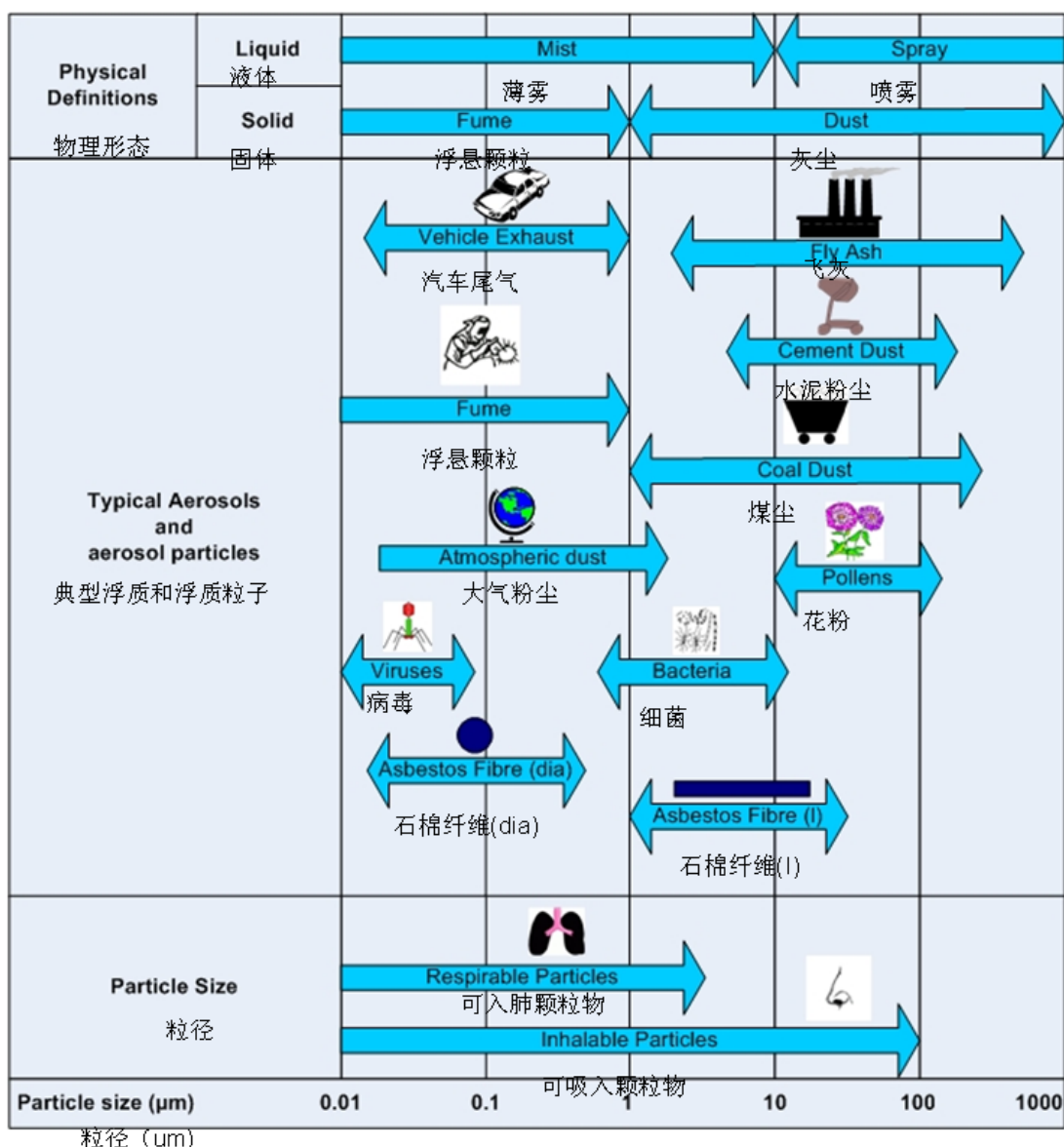
6.3 抽样记录

对取样细节进行记录并进行留存。当监测结束时，记录应表明被监测的人和地点，使用的设备的具体情况、调查过程中进行的操作和取得的结果。在大多数国家，员工或其代表应有权查阅监测记录。

6.4 空气传播颗粒抽样

6.4.1 颗粒尺寸

绝大多数工业浮质包含大小不同的颗粒。



来源：Adrian Hirst

图 6.1 – 颗粒尺寸

任何特定粒子在进入呼吸系统后的行为、沉积和去向和身体反应取决于颗粒性质，例如溶解性和大小。对于职业环境卫生师来说，颗粒共有两个粒度级，即总可吸入和可吸收。

总可吸入粉尘指在呼吸过程中进入鼻子和嘴巴的大气物质碎片，因此它很容易就沉积在呼吸道内任何地方。总可吸入颗粒粉尘最大直径为 100 微米。

呼吸性粉尘指一直渗透到发生气体交换的肺部深层的碎片。呼吸性粉尘最大直径为 10 微米。

必须理解粒子的行为取决于一些因素，例如粒子形状和密度、风速和风向、呼吸频率和呼吸是通过鼻子或嘴巴进行。在实践中，在一个典型的大气尘云中，直径大于 50 微米的颗粒的数量（和尺寸）都很小。

6.4.2 取样系统元件

用于空气微粒个人监测的取样系统包括三个主要组件-泵、过滤器和取样头-共同构成一个取样系统。泵是用来将空气吸入取样头和收集过滤器中任何颗粒。



Source: SKC Limited
来源：SKC有限公司

Figure 6.2 – Elements of a Sampling System
图6.2 – 取样系统元件

这种泵是一个电池供电装置，由工人佩戴在身上。泵能以恒定流量（通常介于 1-2.5 升/分钟）在长达 8 小时的很长一段时期内使用。泵的刻度和取样时间能帮我们计算出被取样的空气的体积。

过滤器必须能收集所有进入的微粒物质，同时需要适用于随后采用的任何分析技术。过滤器通常包括玻璃纤维过滤器和隔膜过滤器。在分析灰尘时要采用玻璃纤维过滤器。在使用前后要对过滤器称重，这样可以确定重量变化。下面公式涉及重量变化与流率和到达待测暴露地区的取样时间：

$$\text{浓度 (毫克/立方米)} = \frac{\text{重量增加 (毫克)} \times 1000}{\text{流量 (升/分钟)} \times \text{时间 (分钟)}}$$

附注-在这个公式的分子中的“1000”用来将分母中的样品体积从升提高到立方米。

上面公式也可以表达为：

$$\text{浓度 (毫克/立方米)} = \frac{\text{重量增加 (微克)}}{\text{流量 (升/分钟)} \times \text{时间 (分钟)}}$$

重量增加用单位微克 (μg) 表示。

取样头不但使过滤器能固定在正确位置，而且能用作一个颗粒分离器。总可吸入粉尘通常使用IOM取样头测量，当然其它设备一些设备也可使用。呼吸性粉尘使用旋风预选择器测量，但是要在颗粒到达过滤器前去除它们。



来源：SKC有限公司

图6.3 - IOM 可吸入总粉尘的取样头（左）和适用于可吸入粉尘的气旋式取样头（右）

6.5 气体和蒸汽取样

6.5.1 取样设备

大多数气体和蒸气大气取样采用主动法，即机械取样泵法。被监测的大气在固定时间，以预设流量通过一个过滤装置/吸附剂材料被泵吸入。

至于气体和蒸气，人们已开发出另一个重要的取样器类型，即“被动式”。通常情况下，空气穿过渗透膜扩散到一个固体吸附剂上，这样就完成被动取样，采集的样本将用于下一步的分析过程。

下表汇总了四种重要抽样技术所使用的主要设备类型，并简短地介绍了它们的操作模式 和主要优点和缺点。但是这个列表并不很详尽，因为可能有许多类型设备都适用当前工作。

在蒸汽抽样时，我们必须记住从液体上释放出的蒸汽的数量在本质上是一个液体沸点函数。如果一种物质容易蒸发，通常称作“挥发性物质”。

物质沸点越低，产生蒸汽越多。然而，物质的分子量和结构也产生一定影响。而且，还有其它一些因素也会影响蒸汽的产生/数量，包括：

1. 表面面积
2. 空气运动搅动和飞溅
3. 温度

瞬时取样设备

设备类型	操作模式	优点	缺点
检测管	化学反应导致颜色变化	结果立即可见，使用方便	精度低、仅适用于常规管道
气体取样袋、注射器和容器	泵将气体充入取样袋或取样器中，随后进行分析	简单、重量轻、价格便宜	无集聚效果，可能出现损耗，不能即时显示
试纸/浸入式滤纸	将试纸浸入化学试剂，出现颜色变化，以此来吸入空气	直接读取，也适用其它取样技术	染色位置会褪色、个人取样器，笨重，无专业性
电化学检测器	用电化学检测器检测物质	直接读取、简单、轻便。也适用其它取样技术。	价格昂贵，需要校准，无专业性。
金膜汞分析仪	汞蒸气会增加金膜传感器的电阻	简单，重量轻、专业	价格昂贵，需要定期清洗和校准

短期和长期取样设备

设备类型	操作模式	优点	缺点
泵送取样器，配置有固体吸附剂陷阱，例如木炭或苯基对苯醚	空气通过物质采集管道吸入	精度高、可靠性高，被许多正式方法采用	需要复杂的分析系统，结果不能即时产生。
扩散式取样器	污染物通过过滤材料吸附剂床上的膜出现扩散	体积小，功能强大，价格便宜，受操作人员欢迎。	需要现场通风，需要复杂的分析系统，结果不能即时产生。
气泡型/冲击式取样器	空气通过溶剂或反应溶液形成气泡	获取溶液时可直接进行分析。	携带者还需要携带玻璃小瓶，设备笨重，会有损耗

连续取样设备

设备类型	操作模式	优点	缺点
火焰电离检测器， 例如有机蒸汽检测仪（OVA）或总蒸汽检测仪	有机物在空气/氢火焰中燃烧，产生离子——电极感应离子，转换成电压信号	便携式，通常是本质安全型	可检测的污染物范围和特征有限
红外线，例如米朗分析仪	吸收红外线，用于测量物质浓度	半移动式，可检测组成专业	笨重，非本质安全型
紫外线	吸收紫外线	便携式	有干扰，需校准，非本质安全型

6.5.2 取样方法

在决定采用哪种抽样类型时，必须考虑许多因素。我们前面已经简单地介绍了取样器设置地点和取样持续时间。不过首先必须全面了解所涉工艺和被监测疑似污染物。细致的工作能尽量减少后面的取样数量，优化结果的价值。另外还应慎重考虑采用的分析类型和评价标准。

取样和分析的验证方法视情况而定，例如 HSE 在《有害物质测定法（MDHS）》系列发布的方法和美国国家职业安全与健康研究所（NIOSH）公布的方法。

必须严格遵守这些方法包含的所有指令，包括取样泵流量、校准时间表和适当的样品收集介质（如吸附剂，滤纸）等，以确保取样方法的有效性。

另外，取样前还应解决以下问题：

所需的材料的数量

- 分析师应获得充分的材料，以确保结果的准确性和代表性。
- 在采取之前随时咨询分析师，讨论所需数量的类型、包装、运输、贮存等。

样品处理

对取样材料不恰当的处理和运输会产生损失或污染。处理要素包括所用容器类型和关于低温避光储存的任何要求。通常情况下可以从有关实验室获得有关建议。

6.5.3 固定位置取样

这种方法可用来提供有关固定来源污染的信息，保证本地排气通风装置等控制措施的有效性。采用以上方法的类似仪器也可用于固定位置取样以及抽样气流流速不超过100升/分钟的大型取样泵。由于流速较高，收集到粒径可能有所差别，因此在测定结果时必须非常小心。此外，固定位置样本不能用于建立个人暴露值或与卫生标准进行比较。

6.6 抽样策略

首先我们必须解监测理由和以下内容。对于职业环境卫生师来说，个人暴露值测量非常重要，但是这里我们也简要说明其它理由。

6.6.1 大气污染物识别

大气污染物识别要求采用能收集代表性样本的抽样技术。这项技术本身与以上一些技术类似，但是可能需要一些改变，以确保为后续分析技术收集充分的样本。

6.6.2 泄漏和溢出

泄漏和溢出要求连续查看仪器读值和根据情况做出快速反应。这种类型的设备通常用于易燃气体和氧气可能随时不足的环境，但是能对健康迅速产生危害的硫化氢和氯等气体也要采用这些监测形式。设备类型可以是便携式或是固定式。

6.6.3 控制措施有效性评估

在进行此类评估时，通常需要使用能提供时间加权平均浓度固定位置取样设备。采取可定期进行，并将结果进行比较。必须小心谨慎，确保每次采取时工作条件都是相同的。可使用持续监控设备来评估短期内发生的任何变化。

6.7 分析方法

目前有许多分析大气污染物的技术。许多技术已发展为该领域内专门的科学分支，要求操作人员为经过训练的，经验丰富的分析师/技术员。并不是任何技术都适用于所有污染物，但大多数化学群组可用类似方法进行分析。主要方法如下：

6.7.1 有机蒸气

这些都是各行各业最常见的污染物，例如油漆、涂料和清洁剂中使用的一些物质。通常首先用取样管收集，然后通过加热或清洗将其直接释放到一台有火焰电离检测功能（FID）的气相色谱仪（GC），或在溶剂中通过解吸附作用将其释放，随后注入部分液层，直至一台GC上。这两种技术都很成熟，能利用自动取样程序和计算机化数据控制系统，全天同时分析多个样品。

6.7.2 无机气体

每种气体都需要使用专门的技术，一些可通过GC/热导率法分析，硫气体需要使用光度和微库仑分析法，而一氧化碳和二氧化碳可采用红外线探测法，氮氧化物和臭氧采用化学发光法。在测量无机气体时，使用省略分析步骤的直接读值设备要更容易一些。

6.7.3 有机颗粒物

将颗粒多环芳烃（PCA）收集在一个过滤纸介质上，利用高压液相色谱法（HPLC）提取和分析溶剂。油雾的收集方式和上述方式差不多，它可用红外线（IR）或紫外线（UV）法进行重量分析或质量分析。

6.7.4 金属及其化合物

用滤纸介质收集金属烟雾，然后用原子吸收（AA）或电感耦合等离子电弧光谱（ICP）法进行分析。

6.7.5 矿物粉尘

石棉分析是在纤维素酯膜过滤纸上收集样本，并且对收集到的样本进行分析的一种专业技术。在分析时要利用相差显微镜法计算过滤纸上石棉型纤维的数量。石英硅的收集方法类似，然后通过x射线衍射（XRD）或红外线对过滤物进行定量分析。

6.7.6 校准和质量控制

为了获得可靠的结果，样本分析只能由具备适当有效的内部质量控制系统的有关企业进行。此外它们还应参加适当的外部专业认证，例如 WASP 或 RICE（英国）或 PAT（美国）认证。在许多国家，实验室工作的评估可由独立评估认证企业进行，例如 UKAS（英国）或 NATA（澳大利亚）。

另外这里还要强调样本的“监管链”，以显示运营商安放的设备 and 实际分析的样本之间的关系。

7 卫生标准和职业暴露限值

7.1 介绍

我们已经知道，如果处理不当，或在工作场所过量出现，当前工业中发现的绝大部分化学和物理因素都具有潜在危害。职业卫生的目的是防止或尽量避免接触此类因素。

卫生标准和职业接触限值（OEL）本身就是非常有用的措施，利用它们就可以对工作场所中化学和物理因素的暴露进行比较，卫生标准有几个要点，具体如下：

- 它们不能用作毒性索引。
- 它们不能用来划分良好和不良实践。
- 它们是基于当前最佳可用信息，可能会发生改变。
- 如果某种化学物质没有相应的卫生标准，并不意味着这种物质是安全的。
- 良好职业卫生实践的目的在于尽量控制大气污染物水平，不仅仅是低于相关卫生标准。
- 它们适用于成年人面临的职业暴露，不适用于孕妇、儿童、体弱等弱势群体的环境暴露。
- 化学品通常与大气浓度有关，即标准只重视吸入途径。
- 它们通常只针对单一物质，尽管一些指南可能针对混合暴露。

7.2 卫生标准和暴露限值的设置

卫生标准主要有三种类型：针对气体、蒸气、粉尘，烟雾，烟雾和气溶胶等化学因素；针对噪声、振动、热、冷和辐射（电离和非电离）等物理因素；最后是生物曝光指数。

在设置针对危害因素的卫生标准时，必须考虑下列因素对人体的影响：

- 接触
- 接触位置（皮肤、眼、呼吸道等）显示的局部毒性反应
- 吸收
- 运输、代谢、存储
- 从接触位置（任何器官系统，例如血液、骨骼、神经系统、肾脏等）传导过来的全身毒性反应。
- 排泄
- 急性毒性，即短期内暴露在单一或多剂量下，从而导致 24 小时内产生不良反应，例如过敏、窒息、昏迷状态

- 慢性毒性，即长期（几周或几年）内每日重复暴露产生的不良反应，例如全身中毒、肺纤维化（致癌物质）和噪声引起的听力损失。

设置卫生标准所需数据，包括使用

- 动物研究
- 人类研究和经验
- 流行病学（对个体群体中疾病模式的统计学研究）
- 类比

另外还有生物差异；人（动物）对相同剂量的化学或物理因素（高度敏感的平均阻力）的反应。因此必须到考虑剂量/反应关系。

7.3 化学因素的卫生标准

只有少数几个国家拥有这样的企业：设有适当机制，能确定和维持不时经过审查的化学因素职业暴露限值。大多数国家都是根据下表某个职业暴露限值确定其指导性标准。

限值	国家/联盟
TLV –阈限值	美国
MAK -最高容许浓度	德国
MAC	俄罗斯
WEL –工作场所接触限值	英国
IOELVs（指示性职业接触限值）	欧洲
OES –职业接触标准	澳大利亚
WES –工作场所接触标准	新西兰

7.3.1 大气化学试剂浓度的量化

空气污染物有几种量化方式，都与相应卫生标准有关：

- 按体积量化-局部大气浓度（百万分之一）
- 按重量量化-每立方米空气中物质重量（毫克/立方米）百万分之一和毫克/立方米之间具有相关性：

$$\text{按重量计算的浓度（毫克 /立方米）} = \frac{\text{按体积计算的浓度（百万分之一）} \times \text{分子量}}{24.06}$$

在20°C和760毫米汞柱时（1个大气压）

- 按数值量化-适用于纤维，每毫升空气中纤维数量（纤维/毫升）

7.3.2 暴露限值类别

长期暴露限制表示为通常在 8 小时内的一个时间加权平均数（TWA）。这样的话，只要平均暴露不超过限值，整个工作日内暴露量可以出现变化。

通常当不超过 15 分钟的暴露发生时，可以采用短期暴露限值（STEL）。

有时人们使用上限，上限就是任何职业暴露部分都不应超过的浓度。

7.3.3 “皮肤”符号

通过大气，尤其是与皮肤的直接接触，每个被指定皮肤符号的物质都能经皮肤路径（包括黏膜和眼睛）产生重要暴露影响。此类物质的暴露限值仅与吸入暴露有关，与通过皮肤接触的吸收无关。

7.3.4 混合暴露影响

在混合暴露发生时，第一步是确保对每个单独的物质暴露得到有效控制。用于定义混合物的 WELS 仅在适用时作为任何有关个体 WELS 的补充使用。不得在不适用情形下使用。然后必须评估是否需要采取进一步控制手段来抵消在暴露中发挥作用的物质产生的任何额外风险。对于一些特定混合暴露评估外，还可采用专家评估，作为类似案例的指南。在其它情况下，必须近距离观察毒理学数据，以确定哪些主要反应类型（如有的话）可用于有关物质的具体组合，应按以下顺序考虑各种类型。

协同作用物质：在混合暴露中其它类型行为相比，已知协同作用案例要少得多，但是它们的影响却是最严重的，需要严格控制。而且它们也最难评估。在任何情况下，如果有理由怀疑此类互动，应听取专家意见。

额外物质：如果有理由相信要素的影响是额外的，如果WELS基于相同健康影响，应利用以下公式对混合暴露进行评估：

$$\frac{C_1}{L_1} + \frac{C_2}{L_2} + \frac{C_3}{L_3} \dots < 1$$

当 C1 C2等是时间加权平均值（TWA）时，空气中要素浓度与L1和L2等与WEL相对应。

当 C / L 分数总和不超过 1，认为暴露不超过名义暴露限值。只有当 L1 和 L2 等与规定的 WEL 列表中相同参考周期有关时，此公式才适用。如果主要健康影响是癌症或呼吸道过敏，那么公式不适用。对于包含这些物质的混合物来说，首要任务是在目前合理可行的范围内降低暴露。

独立物质：如果没有已经或疑似协同或额外效应时，要素可被视为独立作用，对每种物质进行充分控制所必要的措施。必要的混合控制应针对那些需要最严格控制的成分。

7.3.5 关于特定参考期内暴露的计算

8 小时参考期

术语“8 小时参考期”与任何 24 小时内职业暴露被视为与 8 小时单独均一暴露（8 小时时间加权平均值（TWA）暴露）相等的工序有关。

8小时TWA可由以下数学公式代表：

$$\frac{C_1 \times T_1 + C_2 \times T_2 + \dots + C_n \times T_n}{8}$$

这里C1指职业暴露，T1指在24小时内有关暴露时间（以小时为单位）

例1

操作人员在暴露在有健康危害的物质中工作 7 小时 20 分钟。这期间平均暴露时间测量值为 0.12 mg.m⁻³。

因此，8小时TWA表示

在 0.12 mg.m^{-3} 时，为7小时20分钟（7.33 h）

在 0 mg.m^{-3} 时，为40分钟（0.67h）

即：

$$\frac{(0.12 \times 7.33) + (0 \times 0.67)}{8} \\ = 0.11 \text{ mg.m}^{-3}$$

短期参考期

应对特定短期参考期（通常为15分钟）内平均值进行记录，一般情况下，平均值通过在该期取样确定。

如果暴露期少于 15 分钟，取样结果应采用 15 分钟内平均值。例如，如果 5 分钟样本水平为 150，随后马上为零暴露期，那么这 15 分钟平均暴露值为 50ppm.

即：

$$\frac{5 \times 150}{15} = 50 \text{ ppm}$$

暴露期不小于15分钟

测量时间应为 15 分钟，结果为 15 分钟平均暴露值。如果测量期大于 15 分钟，那么测量值不得用于计算 15 分钟平均暴露值。但如果较长时期平均暴露值超过 15 分钟暴露限值，那么在 15 分钟内该限值应已超标。

7.4 生物监测指导值

在只通过取样技术可能无法可靠地指示暴露时，生物监测可以说一种非常有效，被高度评价的空气监测技术。生物监测就是对有害物质或其组织代谢物、排泄物或暴露工人呼气的测量和监测。监测值反映物质通过所有路径的吸收。尤其在以下情形，必须进行生物监测：疑似重大皮肤吸收和/或摄取后由胃肠道吸收；暴露控制取决于呼吸保护设备；生物监测和影响之间有合理的能明确说明的关系；或生物监测能提供与毒性有关的累积剂量和靶器官身体负担的信息。

在大多数情况下，对生物监测的限制不是法定的，任何生物监测的实施都需要在自愿的基础上进行（即，应在提供充分信息的情况下，取得所有有关人员的同意）。BMGV的目的是用作满足雇主主要职责，确保适当的暴露控制的工具。超过BMGV并不意味着超过任何相应的大气标准，或发

生任何不健康情形。**BMGV**的目的是，如果超过限值，就表示对当前控制措施和工作实践的调查是必要的。另外还要注意，**BMGV**不是大气或职业暴露限值的替代品。

8 生物监测和健康监测

健康监测是一个专业术语，包括为了识别或探测任何偏离常态的重大变化的任何评估、审查或监测任何个人健康的程序。谈到为什么要在工作中进行健康监测，有三个原因：

- 确保在早期阶段发现与工作有关的不利影响；有时法律有这方面规定，例如在英国，当工涉及到铅时，就必须进行健康监测。
- 确保某些职业，例如潜水或消防的从业人员的身体能够适应工作要求。
- 促进公众健康水平。

至于为什么需要卫生监测取决于健康风险评估结果，只有在暴露可能导致不利健康影响或疾病，而且具备有效的影响或疾病检测技术时才需要健康监测。

健康监测的目的是：

- 通过对暴露不利影响进行早期检测，维持良好的健康水平。
- 有助于评估控制措施的有效性，
- 收集健康危害检测和评估的有关数据。

健康监测技术应具有高度敏感性和针对性，能在早期和可逆阶段对影响进行检测。技术应安全可靠，最好是非侵入性的，员工可以接受的。成本也是一个考虑因素。

卫生监测的结果应促使人们采取对员工健康有利的一些行动，在进行之前应确定结果记录和分析方法，行动标准与行动方案。

生物监测是不可或缺的健康监测手段，利用一个公认的正常范围的值，它能对人体组织、体液或行为进行测量。个人测量必须遵照临床实践标准，而且要对医疗结果保密。

与环境监测相比，生物监测不仅能确定对某个特定风险的暴露情况，而且能确暴露对个体或群体产生的影响。例如，个体剂量监测可能得出准确的粉尘或有毒蒸汽的暴露值，但不能证明其对个体的影响，因为人的工作速度、肺和循环效率、健康情况、年龄、遗传变异、脂肪比、性别、药物和酒精都对实际吸收量和随后的代谢情况产生影响。

与工作环境中的浓度相比，工人对有毒物质的吸收与其所承受的风险的关系更为直接。生物监测证明，在同样条件下，人们的吸收量可能有 4 倍左右的差异。生物监测持续时机取决于预期的吸收、代谢和排泄速度和物质的已知的半衰期。与单独监测相比，根据某群体中多个个体监测结果的

平均值获得的暴露指数更为准确。

利用精确的抽样技术，分析和质量控制，通过生物监测可以发现易受影响的个体，内部或外部可接受吸收水平，以及环境监测可能遗漏的高暴露人群。理想情况下应同时进行两种形式的监控。

生物措施可用来确定：-

- 有毒物质或其代谢物在血液、尿液和呼吸中的含量（对于砷来说，检测头发和剪下的指甲）。
- 对酶系统或代谢途径的影响，例如，通过对尿中 ALA 的水平可以发现铅暴露对血红素合成的干扰（氨基乙酰丙酸）。
- 早期可逆组织变化，例如伽马 GT（伽马-谷酰基转移酶）
- 生理变化（例如肺功能测试）
- 免疫学变化（例如单刺试验）

尿液和血液是最常见的检测媒体，通过特定物质在人体中的吸收标准来测量尿液或血液有毒物质或其代谢物水平，例如，通过尿液中镉的含量来获得人体中镉的收进量。不过尿液中发现蛋白质（超过正常含量）可能表明肾脏受到损害。

8.1 尿

尿液测试有许多用途：

- 细胞（片状剥落细胞学）——膀胱癌
- 毒素水平，例如汞
- 代谢产物水平，例如柠檬酸（三羧酸）
- 蛋白质（尤其是肾脏损害）
- 胆汁（黄疸）
- 糖分（糖尿病）——与轮班工作和公交车工作（PSV）有关驾驶工作。

8.2 血

与尿液类似，血液分析可用来分析各种物质，分析结果能指示人体不健康情况和特定物质/代谢物水平。

- 全部血球计数和血红蛋白-铅、苯、酒精，在热带地区工作
- 血清（深冻）——基线抗体水平，在病原体暴露情况下
- 肝功能测试——酒精、肝毒素化学物质
- 肾脏功能测试-肾毒素
- 毒素水平——例如铅
- 代谢物水平——例如在阿拉巴马州。

8.3 皮肤

外观——要了解物质知识和个体情况，尤其是在有刺激物的情况下。

皮刺测试——只需要将针尖刺入皮肤表面，就能提取物质溶液。在五分钟测试时间内，如出现一个直径为 1 毫米或大一些的水疱，而且通常还会伴随着发痒和灼痛感，这就属于阳性反应。这个测试用来监测对一些呼吸道过敏原的免疫反应，例如生物清洁剂中的酶，或动物皮屑（针对那些在动物实验室工作的人）。测试也能用于诊断接触性荨麻疹。一般情况下，如果工作环境中含有各种草花粉、皮毛以及室内尘土过敏原时，可用皮刺测试进行上岗前体检。

8.4 呼吸

例如二氯甲烷和一氧化碳暴露。

8.5 视觉

敏度测试（斯奈伦和吉斯通测试）适用于交通运输业，例如卡车司机和飞行员等。

色盲测试（石原测试）适用于涉及色彩匹配的工作，例如交通运输、皇家军队、商船、民航、铁路、显微镜（石棉纤维分析）。

8.6 x 射线

胸部 x 光片用于结核病、农民肺、肺尘等感染性疾病的检查。通常情况下，石棉工人每两年检查一次。

尘肺病胸部 x 光被纳入国际劳工组织国际分类系统，应用来与一组标准影像进行比较。其它可用 x 射线包括肢端骨质溶解（VCM）和潜水员检查。

8.7 神经测试

心理功能-智商、灵巧性和警觉性、

神经传输-肌电描记术（神经肌肉传输）和神经传导速度（常规测试可通过初期变化检测来预防外围神经疾病）。

笔迹测试（检测早期震颤）-汞暴露工人。

8.8 听力测定

记录能听到特定纯音的最低强度。对于特定频率（标准设定为 0 分贝）下听力正常的年轻人来说，测定值为一组标准的阈值。

8.9 肺功能测试

8.9.1 相应要求肺活量和用力呼气量（FEV1）

例如肺活量计（例如肺机能图）用来测量肺容量（FVC）和 1 秒钟用力呼气量（FEV1），然后与预测值。预测值根据身高、体重、性别、吸烟、年龄和种族确定。被检测人员向机器吹气 5 次，以最后 3 次读值或 2 次最高读值的平均值为准。

8.9.2 气道阻力

峰值呼气流量-使用峰值流量计测量。它用来监控由于呼吸道过敏原产生的潜在变化，用于诊断哮喘及对治疗的反应。有时每两小时就要取一下读值。

9 控制健康风险的一般方法

本部分简要介绍了预防或控制大气污染物的释放或一些物理因素传播而采取的各种措施，并举了一些例子。这些步骤通常被称为控制措施，包括为了预防或减少风险暴露同时采用机械工程和操作/工艺系统。

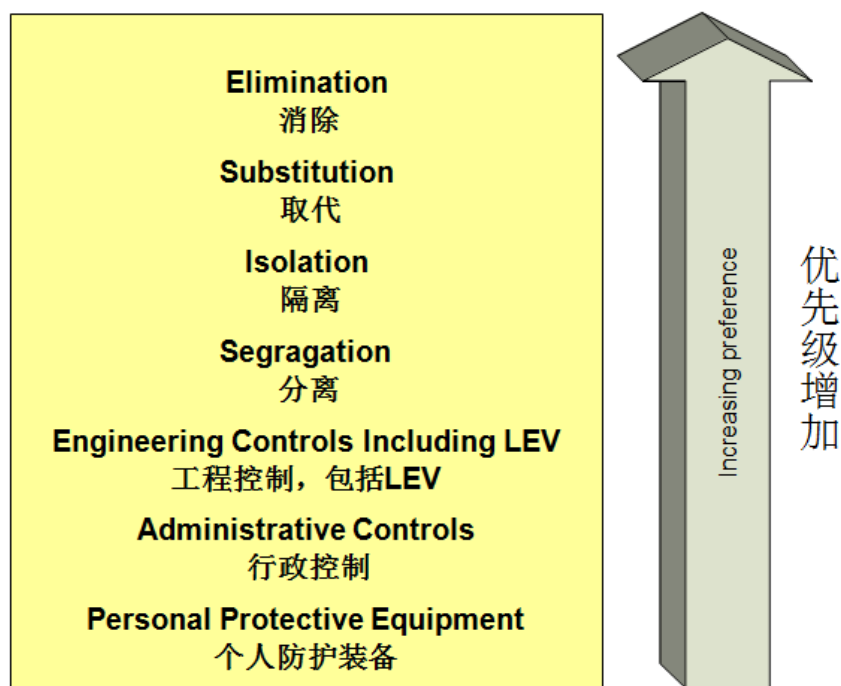
在职业风险方面，有效控制可能是最为重要的话题，它同时也是许多为了解决职业保健问题而采取的法律行动的基础。

如果职业卫生评估/调查识别出某个健康风险，那么就要考虑和实施额外的/改进控制措施。

9.1 控制措施类型

暴露预防是任何控制战略的首要目标，尤其在处理能产生严重的不可逆转的健康影响的致癌物和电离辐射等危险因素时。在其它情况下，危害影响、实用性、经济学等可能不需要预防所有暴露-只要尽量减少暴露就行了。

目前公认的有效方法是用各种方法将工程学和操作/工艺程序控制措施结合使用，详见下图（按实用性从高到低排列）。在大多数情况下，几种措施结合才能实现有效控制，否则就要采取下面所列全部措施。



来源：Adrian Hirst

9.1.1 消除/代替

最有效的预防控制就是不使用有害药剂或改变使用工艺。这听起来显示不现实，但很多情况下，可用一些危害性相对小一些的药剂或流程来取代一些危险药剂或工艺，例如

- 用甲苯代替苯。
- 甲基氯仿代替四氯化碳。
- 用白垩代替滑石。
- 用钢喷砂工艺代替喷砂工艺。
- 用湿处理技术替代干处理技术，这样就能抑制粉尘排放（例如避免使用石棉绝缘层）。

9.1.2 隔离

在任何情况下都应完全隔离涉及一些健康风险的流程或操作，让工人在隔离层外部操作。

9.1.3 分离

将危险工艺操作等安排在车间的远端，一个单独的房间，或一个单独的建筑，使其离开具有较低风险的工艺操作等，尽量减少操作工人承受的风险。

9.1.4 工程控制-通风

对于使工人暴露在有害物质下的工艺，通常采用以下一种或两种机械通风处理方式的控制。

局部排气通风（LEV）

局部排气通风（LEV）——利用机械空气处理技术捕获排放源附近潜在大气污染物，然后进行提取，将其排放到一个安全的地方，或用某种空气净化技术进行处理。这种方式尤其适用于有毒污染物的点源释放。

总体/稀释通风

稀释通风-这是一种广泛使用的工业方式，适用于房间、洗相室、办公室、餐厅和印刷室通风控制。通常它不适用于灰尘、烟雾或中高毒性物质控制，或污染物产生速度不均匀或很高的情形。

加热、通风和空调（HVAC）也可用于各种与热环境有关的危险物控制方法。

9.1.5 管理控制

管理控制与如何组织操作人员和工艺/操作之间互动有关。要认真地确保能观察到每个工序；很明显，随着时间推移，当走捷径和不遵守规则成为习惯和惯例，再进行改变就很难了。

有时危险操作可以在晚上或夜班时进行，因为这时暴露工人要少一些。通过工作模式控制，轮班制是另外一个保护工人的办法。

工人本身因素也能影响他们对大气污染物的暴露，例如在焊接过程中，工人姿态和/或逆风焊接对暴露程度都有影响。

清洁管理

在可能涉及有害物处理的工艺过程和实验室中，清洁管理尤其重要。关于健康和安全建议的清晰的标识、谨慎适当的仓储和良好的操作技术都是需要解决的问题。

粉尘处理具有潜在危险，有效的清洁管理有助于减少从材料和废弃物（斜料）等排入空气的污染物。

杂乱或不整洁的工作场所也会对 LEV 开/关等基本系统控制不利，阻碍对它们的正确使用，而且还能导致员工在操作时无法处于正确位置，从而承受更大风险，甚至可能造成不良人体工程学影响。

加工车间应采用适当的预防性维护时间表和定期检查/泄漏检测，再加上经常维护、检查和工程控制测试，例如 LEV 设施。如果必须采取和维持有效控制必要情况下还应采取高效的纠正措施。

个人因素是所有控制策略的最重要的部分，涉及雇主如何管理员工和员工如何管理自己两方面。

9.1.6 信息、指导和培训

在必要时，为了尽量减少健康风险，对员工进行工作场所内任何健康危害和正确使用所有可用控制措施、采用建议的操作规程，使用个人防护装备的教育。在教育过程中培训课、定期宣传、健康和安全委员会和积极的生产线管理都能发挥重要作用。

训练员工采取适当的控制措施、操作实践，以及涉及个人防护装备（PPE）的正确选用和保养的因素。

采用故障报告来鼓励通过适当渠道及时就遇到的任何关于工艺、装备、控制或个人防护装备的问题。

良好的卫生习惯-涉及工人应用来进行健康保护的步骤，包括以下清洁过程、定期清洗衣服和使用规定的方法和设备等，视情况而定；

良好的个人卫生-经常清洗/沐浴，尤其在午间休息前；在加工区域绝不吃东西或吸烟。

9.1.7 个人防护装备

个人防护装备通常被视作最后的保护手段，只有在前述措施不充分或不合理可行的情况下，为了达到一个令人满意的工作环境才需要使用。个人防护装备的使用必须慎重，防护必须是有效而舒适的，大多数个人防护装备长期使用并不舒适。定期保养是个人防护装备持续有效保护的关键。在任何情况下，如果必须使用个人防护装备时，必须同时制定个人防护装备管理方案，并对方案进行积极的持续支持。

10 通风

本部分对通风系统的重要特征进行概述，包括关于设计的一般原理。

10.1 控制类型

局部排气通风（LEV）是最有效的一种手段，能防止有害物质可用进入工作场所空气中。它将污染物从可能会将有害物质释放到工作场所中的某个工艺或操作中吸走。但是在许多情况下 LEV 这可能是由于设计不合理或或使用不正确造成的。LEV 的特点是在源头消除除污染物。

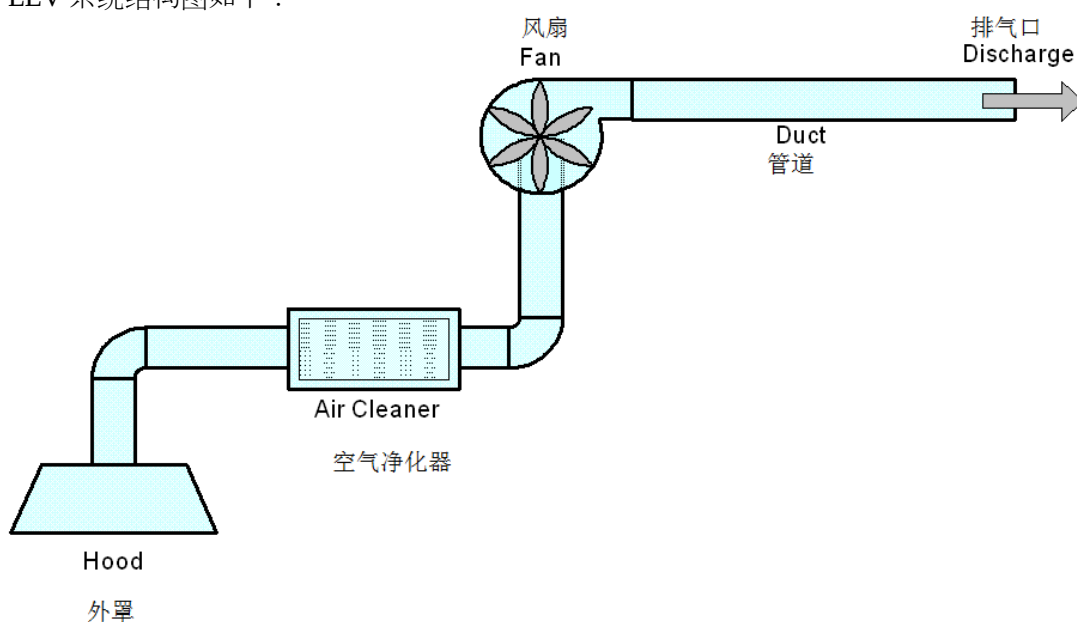
通过引入新鲜的无污染的空气，稀释通风降低了环境中的污染物的浓度。人们很少想到在源头消除或减少污染物。

10.2 LEV 系统的一般特点

LEV 系统常见的基本部件包括：

- 进风口，包括一个棚、风罩、槽或密封壳。
- 管道系统，它可能包含弯头、连接件、转换装置和节气阀，它的截面可能是圆形的或矩形的，材料可能是刚性的或柔性的。
- 一个空气净化装置，例如粉尘过滤器、湿式洗涤器或溶剂回收装置。
- 风扇或者其他空气处理设备。
- 排气管道系统，系统通过一个烟囱、排气口、格栅或只是一个通往大气或某个房间的开放式管道。

LEV 系统结构图如下：



来源：Adrian Hirst

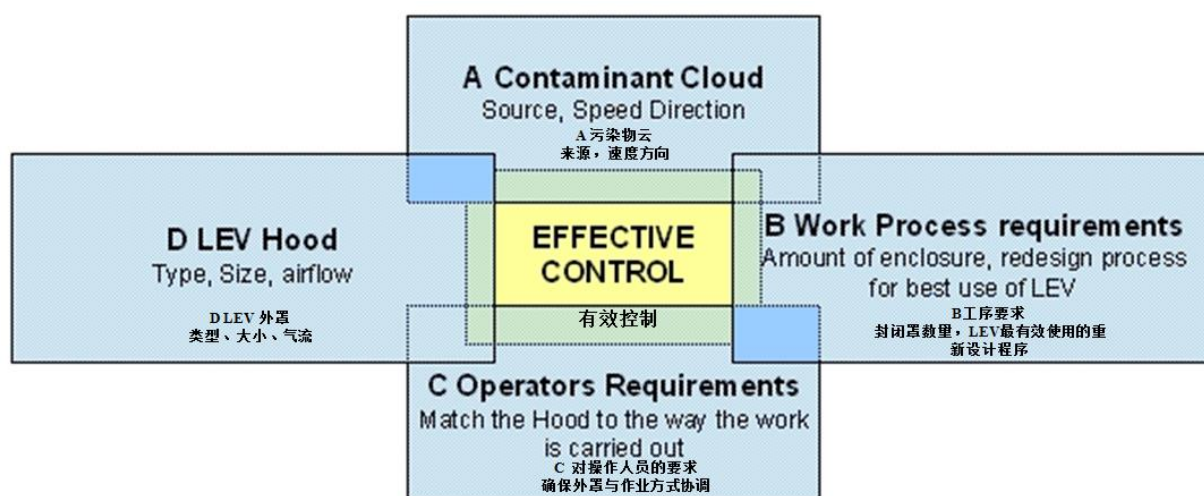
图10.1 -LEV 系统的一般特点

10.2.1 一般性考虑

LEV可以是一个只用于一台机器的简单的系统或用于整个工厂的复合系统。有效的LEV系统的所有零部件都必须能正确工作，但是如果捕获风罩风扇无法提供正确的气流，那么即使整个系统设计合理，定位正确，也可能完全没用。LEV将工作场所的空气排出，因此它必须采取一些手段确保获得充足的补偿空气。对于大型LEV系统来说，这可能意味着门或外壁必须安装格栅或通风口，可能还需要必须安装一个进风风扇。切记，加热空气的成本可能很大，不合理的设计可能会导致不必要的能源成本、因此应安装一个热回收系统。

任何LEV系统的目的都是用于控制工艺。下图显示了一些有助于有效控制的相互依赖的因素。必须充分理解污染物的性质。外界条件下释放的气体会以完全不同的方式对高速释放的粉尘产生影响，而这又会影响捕获系统的设计和任何集成清洗系统。

如果要使用LEV系统，必须考虑工作流程需要和运营商要求。使用之后，操作者和工艺都会不可避免地受到一些影响，但如果影响太大，那么即使安装了LEV系统，人们也不愿意使用它。

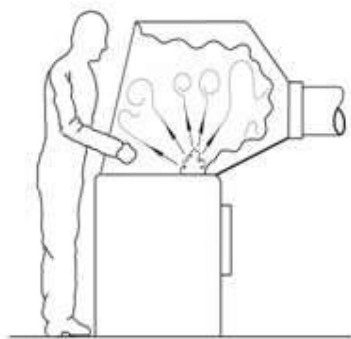


来源：Adrian Hirst, 根据HSE出版物改编— HSG 258

10.2.2 进气口/风罩

LEV进气口设计是实现有效控制的最重要因素，其护风罩大致分为三种类型：

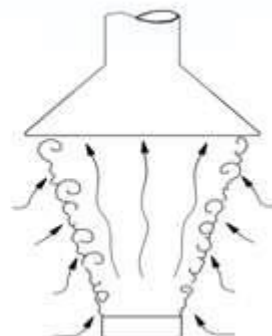
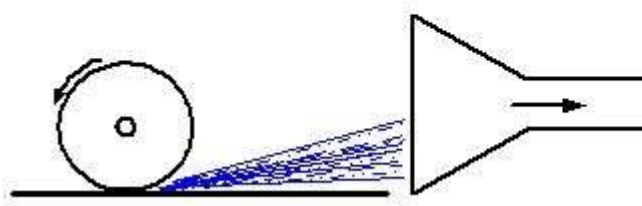
通常情况下封闭式风罩最有效，它能容纳污染物，将其与工人隔离，例如实验室排烟机，部分封闭）和喷砂清理设备（全封闭）。



来源：HSE

图10.2 – 封闭式风罩

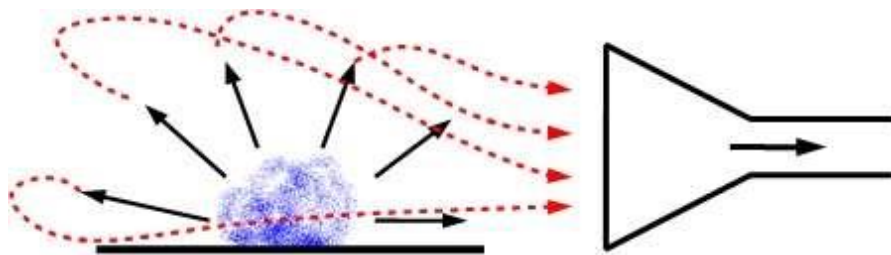
接收风罩利用任何使污染物流向风罩的自然浮力或速度。虽然这种类型的风罩对操作人员和工艺的干扰度最低，但是它容易受该区域气流影响。



来源：HSE

图10.3 – 接收式风罩

捕捉风罩是最常见的一种风罩，能捕获风罩外产生的污染物。风罩产生足够的气流来捕获和引诱污染物。这意味着气流速度和风罩到污染源的距离至关重要，它用于焊接提取工艺等。



来源：HSE

图10.4 – 捕获式风罩

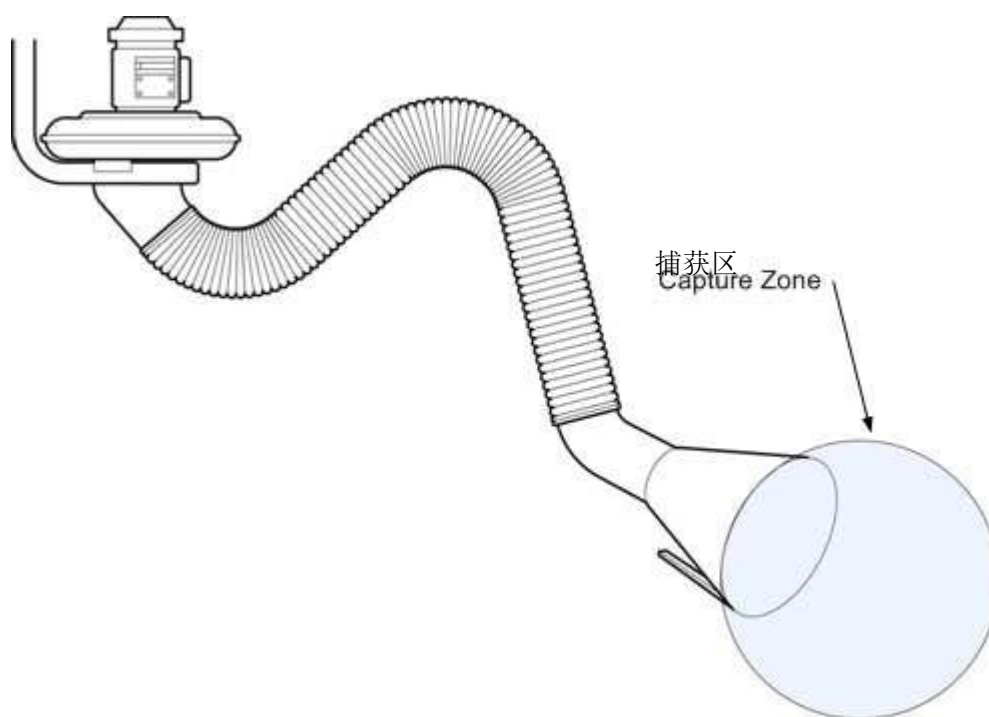
每个系统都根据其控制过程被精确设计。考虑到存在的有害物质的类型和释放方式，下表列举了一些常见的工序和用于控制暴露的 LEV 的类型。

各工序使用的LEV的类型

工序	危险物质性质	LEV 类型
焊接	焊接烟尘：有天然浮力的细颗粒	靠近焊接操作的采集罩；或安装在焊枪末端的焊料提取
喷漆	排放方向和速度受控的漆雾和溶剂	喷漆房内走动 降流外罩
抛光	排放方向和速度受控的金属和抛光粉尘	抛光轮周围的受体外罩和封闭罩
喷砂	以高速变向释放的组件中的钢砂和金属粉尘	全封闭的手套式操作箱（气流受控，可对进气和钢丸循环系统进行补偿）
手持轨道、磨砂机	变向释放的木屑	从砂光机中的提取
涂料固化 烘炉、	热浮力强的热空气和固化蒸汽	从在门口配置有受体外罩的烘炉顶层的提取/排出
实验室分析	低速和小角度排放的酸与溶剂蒸气	部分封闭，从通风橱内提取

来源：HSE

LEV 系统进气口只对附近空气进行有效控制。例如，对于一个直径为 0.3 米，迎面风速为 5 米/秒的风罩来说，只能捕获距离开口 0.3 米的污染物。但是在与开口的距离等于直径（0.3 米）的地方速度就会降至 10%（0.5 米/秒）。在捕获区外部，移动的机器或人之类外部影响能影响进气口的捕获效应。详见次页。



来源：HSE

图10.5 -焊接风罩的捕获区或捕获罩

在捕获装置进气口设计和施工过程应考虑污染源的一些重要因素，具体包括：

- 污染源的大小、形状和位置。
- 污染物的物理性质。
- 污染源的速度和方向。
- 污染物产生速度。
- 操作性质。
- 厂房和人员的位置和动向。
- 任何局部空气运动。

10.2.3 管道系统

管道系统将入口处的空气和污染物传输到空气净化装置。对于颗粒来说，管道的气流速度必须足够高，确保粒子能悬浮在气流中。不同污染物运输（管道）风速建议如下。

污染物类型	管道风速 (m sec-1)
气体（非冷凝）	无最低限值
蒸气、烟雾、烟气	10
轻/中密度粉尘（如木屑，塑料粉尘）	15
工业粉尘平均速度（例如磨削尘、刨花、石棉，硅石）	20
重金属粉尘（如铅、金属屑和潮湿易结块的粉尘）	25

管道系统应足够强大，有支持力，能承受正常磨损和撕裂。弯头数量应保持最少，保持平稳。但清洗、检查和保养工人可能需要接触管道内部。

10.2.4 空气清洁设备

空气净化设备包括三种基本类型。

空气过滤器

这些主要用于清洁空气通风和空调系统，专门用来处理对气流阻力较低的大量空气。高阻高效粒子过滤器（HEPA）过滤器用于超净应用，特别是对于发现的有害粉尘（例如石棉）。

微粒粉尘和烟雾收集器

这些设备专门用来从进气浓度比空气过滤器可处理的空气的浓度高得多的气流中提取大量颗粒。这些收集器包括汽缸、织物过滤器、湿气收集器和静电除尘器。它们都是最常见的 LEV 系统附属空气净化设备。

烟雾、气体和蒸气消除设备

烟雾、气体和蒸气可通过涉及化学吸收、燃烧和冷凝的多种方法从气流中清除。

另外，还要考虑其它一些问题：

- 油脂或蜡质材料可能堵塞过滤器。
- 颗粒磨蚀。
- 潜在自燃和爆炸。
- 腐蚀性和氧化能力。
- 微粒过滤器无法清除气体和蒸气。
- 高温材料。

10.2.5 通风设备

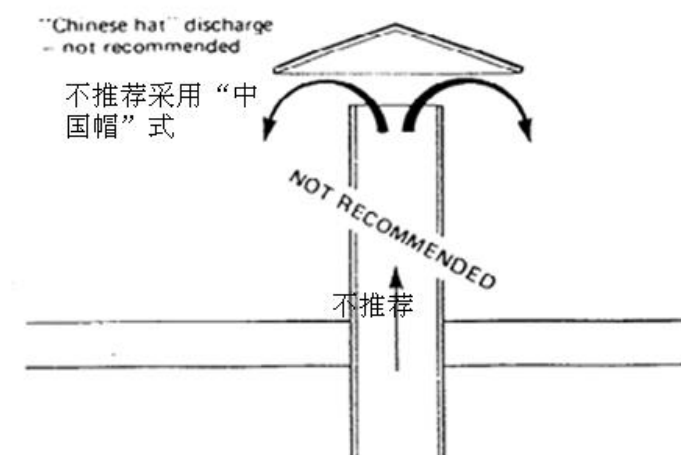
风机包括很多类型和很多尺寸，通常可以分为两大类：离心式和轴流式。

在离心式风机中，空气被吸入叶轮中心，又被旋转叶片卷起，以高速进入风机套管。套管专门用来收集空气，然后将其引入切线卸料口。风机可用来在相当大的阻力下传送气流，它们用于几乎是最简单的 LEV 系统。

轴流式风机有一个圆柱壳，与管道同轴安装。空气经过导管，被旋转叶片加速。轴流式风机只能克服较低气流阻力。

10.2.6 向大气排放

通风系统还要安装一些管道系统，以确保排放的任何物质不会返回建筑物。排放栈可能需要延长到屋顶上方，尤其注意排气终端设计。绝对不能采用“中式帽子”型终端，因为这样的话，向下排放的气流可能会返回建筑物，而且气流阻力较高。



来源：英国石油

图10.6 – 向大气排放

10.3 通风系统的维护、检查和测试

局部排气通风（LEV）是一种最有效的手段，能防止有害物质进入工作场所的大气中。然而为了正确发挥作用，必须确保良好的工作秩序。下面简要介绍一下与 LEV 系统维护、检查和测试有关的一般特性。

10.3.1 法律要求

一些国家法律要求在有效的工作秩序和良好保养条件下持续采取有效控制措施。例如在英国，COSHH 规则要求至少每隔 14 个月进行一次检查和测试，有关记录至少要保存 5 年。另外还要求每周视力检查。

10.3.2 定期维护

维护包括：

- 厂房定期检查，包括每周检查潜在损害、磨损或故障迹象。
- 空气流速、静态压力和耗电量等性能指标的监测。
- 对使用寿命即将结束的部件的常规更换。
- 磨损或损坏组件的及时修理或更换。

检查形式取决于厂房类型和复杂程度。至少每周进行一次外观检查来识别任何明显故障，包括检查：

- 护风罩放置是否正确。
- 护风罩、管道系统和粉尘收集器是否有磨损、撕裂，以及故障或损坏迹象。
- 其它故障或损坏的外部迹象。

检查还应包括对任何长期监控设备的监测。在每周检查后，应进行简单记录，记录包括关于已知故障的书面记录和即将采取的纠正措施。

10.3.3 彻底检查和测试

对 LEV 系统及性能的定期检查，通常包括：

- 对系统所有部分进行彻底的外部 and 内部（在适当时）检查。
- 对控制措施的评估，例如，通过使用尘灯、固定位置空气监测和/或烟雾测试进行控制。
- 厂房性能的测量，例如通过静态压力测量每个护风罩或外壳，此类外壳或发射点表面气流速度，过滤器压力下降，导管中空气流速测量和/或电力消耗。
- 在空气流通的情况下对空气清洁器或过滤器进行性能和完整性评估。

一些 LEV 系统将过滤后的空气送给工作场所，因此至少必须对这些系统进行专门的高标准维护。

11 石棉

11.1 背景

石棉可能是最具争议的有害物质。1898 年美国首席工厂检查员报告提到“石棉尘的有害影响”，并且对石棉显微镜检查进行了详细描述：“锐利、玻璃状、锯齿形...对人体有害”。



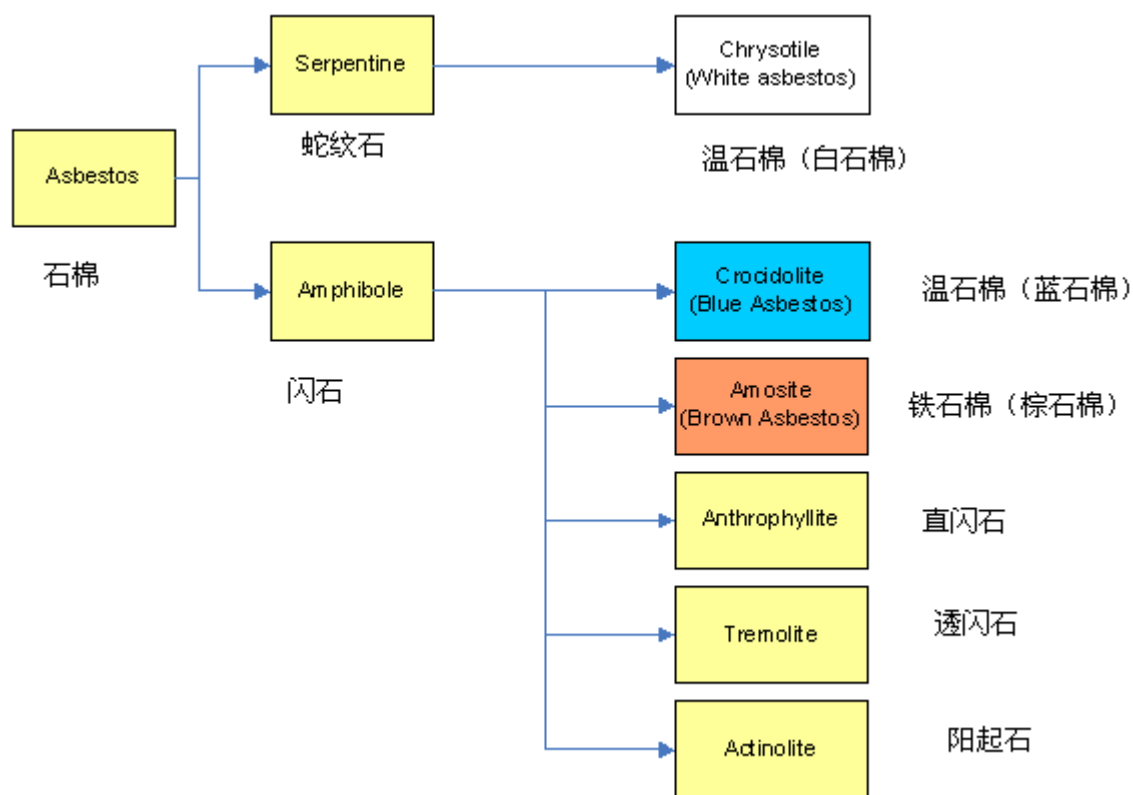
来源：维基共享资源 – 美国地质勘测

图11.1 – 石棉纤维电子显微图（直闪石）

11.1.1 石棉的类型

顾名思义，石棉指自然形成的成团的纤维性晶体硅酸盐，主要分布在俄罗斯、中国、加拿大和南非。

所有类型的石棉纤维状晶体发生一样长，纵向分裂（即纤维沿着长度越来越细）。石棉主要包括以下类型：



Source: Adrian Hirst

来源：Adrian Hirst

两组石棉纤维晶体结构不同，因此形状和属性也不一样。在显微镜下，温石棉（白石棉）的纤维似乎是微微卷曲的，然而青石棉（蓝石棉）纤维却是短而直的。铁石棉（褐石棉）纤维与青石棉的类似，但更易碎一些。应该指出的是，颜色并不是识别石棉类型的可靠方式，特别对于成为产品成份的石棉来说。

11.1.2 石棉的属性

决定石棉广泛使用的主要属性包括不燃性、机械强度、抗化学腐蚀性、隔热性和低成本。各种类型的石棉可能在不同程度上表现这些属性，从而影响其使用。

11.1.3 石棉的使用

下面详细介绍石棉最常见的用途，工业，同时介绍一下石棉的类型和近似含量。

石棉在工业中的用途

产品	石棉类型	含量(%)
水泥材料，如波纹板、水箱、管道、预制建筑组件	温石棉（偶尔会含有青石棉或铁石棉）	10 - 20
防火绝缘板	铁石棉（偶尔会含有温石棉或青石棉）	15 - 40
隔热、保温、防护包括管道和容器保温	铁石棉、温石棉、青石棉	1 - 55
喷涂涂料，如需要防火和/或消声和隔热的结构横梁和天花板。	铁石棉、温石棉、青石棉	60 - 90
织物，如耐热手套、防火毯、防火服和保温床垫。	温石棉（偶尔会采用青石棉）	85 - 100
焊料与填料，例如：衬垫等。	温石棉（偶尔会采用青石棉）	25 - 85
摩擦材料，如汽车刹车片、离合器衬片。	温石棉	30 - 70
地砖。	温石棉	5 - 7
填料和增强材料，如用于毡制品、麻丝板、纸张、防蚀涂层、胶粘剂、粘合剂。	温石棉（偶尔会采用青石棉）	1 - 10
增强热固化塑料和电池盖。	温石棉、青石棉和铁石棉	5 - 20

11.1.4 空气中的石棉纤维

石棉的物理结构可以让它分解成很小的纤维，这些小纤维能悬浮在空中很长时间。这些纤维是可吸入的，一些可能会渗入并储存在肺部。

一根“可数”的纤维被定义为一个长形颗粒，其长宽比大于 3: 1，直径小于 3 微米，长度大于 5 微米。

11.1.5 对石棉纤维的暴露

在制造、使用、加工（切割、钻孔等）、搬运和处置包含石棉的物料或产品时，由于含有石棉材料的现场条件的恶化，石棉纤维（石棉粉尘）可能被排放到工作环境中。旧式建筑物中广泛使用石棉，因此人们认为建筑物维修工人（水管工、电工等）在这方面承受很大风险。从建筑中永久去除残余石棉是一个重大挑战。下面是一些典型的石棉暴露案例：

活动	f/ml
绝缘层材料的干式移除	最高 100
在石棉保温板上钻孔	最高 10
在石棉保温板上进行手锯操作	最高 10
在石棉水泥上钻孔	最高 1
在石棉水泥上进行手锯操作	最高 1
使用圆锯	最高 20

11.2 石棉的健康危害

呼吸道吸入石棉纤维也会导致很多严重疾病。

石棉肺：长期接触空气中超出卫生标准含量的石棉纤维可能导致胸膜局部增厚（胸膜斑）和肺部深处纤维化（疤痕），导致肺组织弹性逐步减少，损害呼吸功能，减少寿命。

支气管和肺部癌症：事实证明石棉工人 承受着更大的支气管和肺部癌症风险。吸烟也能引起这些癌症。事实表明，暴露在空气悬浮石棉纤维的吸烟者罹患癌症的风险比同样暴露下的不吸烟者相比更大（协同效应）。

间皮瘤：暴露于石棉，尤其是青石棉和铁石棉，可能导致间皮瘤发展。这是一种罕见的和无法治愈的癌症，通常发生在胸膜（胸膜和肺），有些在腹膜（腹腔内壁），但很罕见。在短暂暴露后，间皮瘤的发展周期可能达到 20 年或更长。

11.3 石棉登记

11.3.1 石棉登记的作用

石棉登记的作用是记录施工现场所有石棉和包含石棉的产品的使用/存在。对那些过去曾广泛使用石棉的地方，可能需要对一段时期进行记录。应假设这段时间内某些绝缘材料和建筑材料含有石棉，直到建立相应的标志和预防措施。登记信息可用来：

- 记录现场石棉材料的位置。
- 确保经常检查含有石棉的材料条件，一旦有情况发生，立即采取任何必要的补救行动。
- 确保任何使用石棉或含石棉材料的工作经过审批。
- 尽量减少采集和使用可能含有石棉的材料或设备。

11.4 对含石棉材料的补救性处理

11.4.1 石棉的清除

在以下情况下，应清除含石棉材料：

- 受损，易碎的，即处于易粉碎的状态的石棉，它们有可能释放空气传播纤维。
- 预期将来情况会恶化。
- 很可能在维护、施工或拆除时被干扰。

石棉清除工作必须由训练有素的人员通过正确的控制措施进行，尽量减少这些人员和可能在附近工作的其他人员的暴露。你可以获得关于控制暴露风险的详细指导，例如来自英国的 HSE 指南。

11.4.2 石棉维修/封装

为了预防石棉释放，可以封装略有损坏，但由于功能或位置而无法清除的石棉材料。根据损失程度和含石棉材料的类型和功能，封装可通过几种方式来进行。合适的方法包括：

- 包装外表面，例如用帆布或铝包装。
- 用可以将纤维一起密封的密封剂进行密封。有几种密封产品都能使用，其中一些在材料外表面形成一层膜，其它一些会渗透材料，将纤维固定在一起。

12 生物危害

12.1 生物危害介绍

化学和生物危害的一个基本区别是生物学因素：是否细菌、病毒或霉菌能在合适的条件下快速自我复制。这意味着我们要注意，控制不仅要避免药剂暴露，而且要预防有利于有机物生长的条件。

本文涉及三类重要的生物学因素：细菌、病毒和真菌。

- 细菌-单细胞微生物，生活在土壤、水和空气中。世界上有成千上万种细菌——许多是无害的，甚至是有益的，但有些细菌病原体导致疾病。细菌导致的疾病的例子包括军团病、各种类型的食物中毒（如沙门氏菌）和炭疽。目前人们用抗生素来治疗细菌感染。

- 病毒-微小的寄生生物，只能在活细胞中繁殖。包括核酸（RNA 或 DNA）与蛋白质外壳。已知最大病毒比普通细菌小约 1000 倍。病毒能引起许多疾病，包括普通感冒、流感、麻疹、狂犬病、肝炎和艾滋病。抗生素对病毒无效，但许多病毒性疾病可通过疫苗控制。

- 真菌-缺少叶绿素和正常植物结构（如叶子和茎等）的简单植物。真菌包括酵母、霉菌、霉菌和蘑菇。

每个个体对微生物暴露的反应取决于其免疫状态，即个体抵御疾病的力量。免疫涉及许多因素，包括：

- 是否个体已患上特定疾病
- 免疫水平
- 个人抵抗力
- 疲劳
- 年龄

为了简化对于不同生物体引起的风险的管理方式，这里将风险分为几个风险群组。风险群组应与必要的控制措施进行匹配。

- 风险群组 1 -（较低个人和社区风险）。不太可能导致人类或动物疾病的有机体。

- 风险群组 2 -（温和的个人风险，有限的社会风险）。可能引起人类或动物疾病，或对实验室工作人员构成威胁的病原体，但不太可能蔓延到社区、畜群或环境。实验室暴露可能导致严重感染，但可以采用有效的治疗和预防措施，而且传播风险有限。

- 风险群组 3 -（较高个人风险，较低社会风险）。可导致严重人类疾病的病原体，但通常不会在人群中传播。

- 风险群组 4 -（较高个人和社区风险），通常会导致严重的人类或动物疾病的病原体，可直接或间接在人群中传播。

另外，人们还划分为了四个生物安全性等级来指示污染物情况，以控制不同生物危害。污染物等级范围从最低的生物安全 1 级到最高的生物安全 4 级。

- 生物安全级别 1 –污染物很少或采用隔离设施，但采用预警措施，例如隔离或废物标签。
- 生物安全级别 2-员工经过致病原处理的特殊培训，在工作时不能随意进出实验室，在处理被污染的锋利物品时采取极端的预防措施，在生物安全柜内进行可能导致气雾或喷雾传染的工序。
- 生物安全级别 3-所有涉及传染性材料操纵的工序都在生物安全柜或其它物理污染控制设备中进行，或由穿着适当的个人防护衣物和装备的人员进行。实验室采用特殊工程和设计，例如入口区双门设计。
- 生物安全级别 4-设备在一个单独的建筑物内或在建筑物的一个受控区域内。工厂已对通风进行控制，使其保持负压。所有活动都在三级生物安全柜内进行，或二级生物安全柜内进行，其操作人员配备一体式正压增压服，由一个生命支持系统来保证通风。

12.2 军团病和湿热症

12.2.1 军团病

1976 年人们第一次认识军团病。当时一个在费城参加美国退伍军人大会的代表团中爆发了一种疾病。这种疾病的病原体后来被确认为嗜肺性军团菌。

细菌引起两种人类疾病，庞蒂亚克热（轻微流感样疾病）和军团病。当被污染的细小水滴被吸入人体，病菌就进入人体。这种细菌不能人与人之间传播。

庞蒂亚克热是一个短期的自我限制性疾病，和军团病相比，潜伏期较短，症状温和。庞蒂亚克热对暴露人群影响更大，但迄今没有死亡病历发生。

军团病是一种疾病，主要特征是肺炎和流感样症状。约 10 - 15%的病人会不治死亡。相比女性来说，男性更有可能罹患该病；其它危险因素包括年龄和一般健康状况。

军团菌普遍存在于自然淡水中，包括河流、湖泊、溪流和池塘。所有开放水系统都可能存在较低浓度的军团菌，其中包括建筑物中用水。过去军团病爆发最常见的来源是大型建筑物的冷却塔和供水系统，特别是医院和酒店。

预防和控制军团菌的传播的主要方法是控制控制病菌在供水系统中的生长，预防悬浮颗粒的生成。

风险最大的区域包括：

- 冷却塔
- 储水池和热水器
- 使用热水和冷水服务的地方非常敏感（养老院和医院等）
- 增湿器和/或垫圈，它能产生温度超过 20°C 水滴喷雾
- 温泉浴池、游泳池
- 消防洒水系统和喷泉。影响病菌增长的因素包括：
 - 水温- 20- 45°C 温度范围有利于增长（最佳温度 37°C）。细菌增殖环境不太可能低于 20°C，生物体超过 60°C 时就无法生存。
- 停滞的水有利于繁殖
- 存在沉积物、水垢和淤泥
- 存在其它微生物（藻类、变形虫和细菌）或生物膜（包含在一个矩阵中的一层微生物，可能形成表面粘液）。

控制：

- 通过防止军团菌在系统或装置中的扩散，尽量减少与水滴和悬浮颗粒的暴露这些措施减少暴露风险。
- 减少水喷雾释放
- 避免水温处于 20°C-45°C 之间（主要控制机制）。
- 避免水停滞不动
- 避免使用可容纳细菌和其它微生物或支持其生长的材料
- 保持系统清洁（避免沉积物等）
- 使用适当的水处理系统，包括生物杀灭剂
- 确保系统运行安全正确，维护良好抽样评估水质是水处理机制必不可少的一部分，包括化学和微生物测试。

12.2.2 湿热症

湿热症与各种不同类型的微生物暴露有关，包括加湿器储水罐中和空调机组中的各种细菌和真菌。大型通风系统和小型装置都已发现微生物。如果这些生物浓度显著，就会被分散到正常运行的加湿设备产生的气雾的周围环境中。

湿热症通常会导致发烧、寒战、头痛、肌肉疼痛和疲劳。这些症状通常出现在暴露几个小时后出现，一两天内消失。但是在某些情况下它可能表现为过敏性肺炎。

通过控制来预防湿热症，确保储水设备中细菌和真菌不会繁殖，浓度不会提高。具体方法包括

定期清洁和制定维护计划，以及消毒。

12.3 血液传播疾病

在工作场所可能发生通过黏膜或非完整皮肤被锐器损伤或接触被感染血液或其它体液而导致的传播。

血液传播病毒的职业感染风险与以下因素有关：

- 病毒在患者群中流行情况
- 通过简单接触被感染的液体/组织而进行的病毒传播的效率
- 职业性血液接触的性质和频率
- 病毒在血液中的浓度

风险较大的职业包括医疗和急救人员，以及那些在发现高传染性疾病的国家中旅行和工作的人。

避免“血液-血液”接触的预防措施包括：

- 戴防护手套和口罩
- 包扎切口和伤口与使用防水敷料
- 保健与专家
- 确保所有设备经过正确消毒
- 安全处置被感染物质
- 控制表面污染
- 良好的卫生习惯
- 如条件允许，给处于风险中的工人接种疫苗（如乙肝疫苗）。

12.3.1 乙型肝炎

乙型肝炎是一种血液和性传播病毒，可导致肝脏炎症。许多被感染的人没有任何症状，但会患有类似流感的疾病，伴随恶心和黄疸。乙型肝炎会引起肝炎（肝脏炎症），也会导致长期肝损伤。

乙型肝炎在世界上一些地区非常常见，例如东南亚、非洲、中远东和欧洲南部和东部。据世界卫生组织估计，全球有 3.5 亿慢性乙肝病毒携带者。

病毒可通过接触被感染患者的血液或体液传播。如果在乙肝感染 6 个月后未发现，患者就会成为慢性携带者。许多慢性携带者没有任何症状，甚至不知道自己已被感染。

一般预防措施包括防止血液接触。此外所有医务工作者应接种乙肝疫苗，接受疫苗血清反应检查。一般医院都有配有这方面的普遍预防措施。

12.3.2 丙型肝炎

丙型肝炎是一种血液病毒，由肝脏炎症引起。目前仍未研制出预防丙型肝炎的疫苗。丙型肝炎以不同方式对不同的人产生影响；许多患者没有症状，而其它患者却极度疲惫。已知症状包括疲劳、消瘦、恶心、流感症状、各种疾病一同出现、腹痛和黄疸。

据估计，大约 15 - 20%的感染者在前 6 个月能自愈。对其它患者来说，丙型肝炎是一种慢性传染病，可能几十年，甚至终身无法治愈。

80 - 85%的患者无法自愈，感染的后果相当不确定。许多人一生中从来没有发生任何肝脏疾病的迹象或症状，甚至不知道他们已被感染。而其他一些人会患上严重的肝脏疾病。

世界卫生组织估计，在世界范围内 1.7 亿个丙型肝炎病毒携带者。病毒通过血液传播。预防措施主要是阻止血液受感染的个体接触他人。

注射吸毒者感染这种疾病的风险很高，无论何时，他们应使用无菌注射设备。卫生保健机构应坚持采用普遍预防措施，在任何时候，患者所有血液和体液都应视为具有潜在传染性。

12.3.3 HIV-（人类免疫缺陷病毒）

HIV 是一种传染病，它通过特定免疫细胞的进行性破坏导致艾滋病。HIV 是一种性传播和血液传播病毒。

- HIV 携带者通常在很长一段时期没有任何症状，但病毒会慢慢破坏人体的免疫系统。
- 当一个人的免疫系统已经被打破，这个人就很容易受到其它疾病侵袭，尤其是传染病（如肺结核和肺炎）和癌症，其中许多疾病在通常情况下对一个健康的人不会构成威胁。严重感染阶段的病人通常被诊断为艾滋病患者。艾滋病是一种获得性免疫缺陷综合症。
- 通常情况下，人类生病和死亡的原因并不是病毒本身，而是其病毒使人失去抵抗力的疾病。通过治疗，艾滋病患者患有的某种疾病可能被治愈，但艾滋病本身通常会要了他的命。基本上感染艾滋病毒的人都会过早死亡。

艾滋病是一种严重感染。如果不治疗的话，估计绝大多数患者会死于感染。

目前还没有任何疫苗或方法能治愈艾滋病。但是，现在出现一种治疗方法，高度活跃抗逆转录病毒治疗（鸡尾酒疗法）。这种方法能在一段时间内抑制 HIV 病毒，逆转对免疫系统的破坏，从而延长感染者的生命。但病毒不断变化，有时会产生抗性，因此鸡尾酒疗法可能不是一个长远的解决方案，当然这种办法本身也不能治愈这种疾病。

12.4 人畜共患疾病

人畜共患疾病是自然地从人类向动物传播的传染病。目前共发现 150 多种人畜共患疾病，从钱癣到炭疽和狂犬病。人畜共患疾病主要影响那些与动物和动物产品密切接触的人，例如农场工人、实验室人员、兽医、林业工作者和那些在羊毛和制革行业工作的人。

感染途径：

- 动物和动物产品（肉、骨粉、毛皮、羽毛、毛皮、羊毛）
- 动物组织和体液（血液、唾液等）
- 生育产物（胎盘等）
- 废物（尿液，粪便，粪便）
- 受污染材料（地面、击剑、服装等）

感染可通过吸入、摄食或通过受伤皮肤，或粘膜接触产生。

12.4.1 炭疽（ACDP 组 3）

这种疾病是由形成细菌-炭疽杆菌-的孢子导致。许多动物都可能携带炭疽热细菌或孢子，包括牛、马、山羊和绵羊。兽皮、羊毛和动物毛发上的孢子可能对使用这些产品的后续生产过程造成麻烦。孢子具有强耐药性，许多年后，牧场可能仍然被感染。

人类可能感染上的炭疽疾病有两种主要形式：

皮肤炭疽（一种皮肤疾病）或者肺炭疽（对肺部产生影响）。

- 对皮肤的影响——皮肤接触后最常见的形式。感染处的一个红点会发展一个中心是黑色的脓包。如果不治疗，患处 10 天后通常会自愈。在一个小部分病例中，患处细菌会进入血液，产生可能致命的败血症。
- 肺部或吸入性炭疽——由于吸入含孢子的物质引起。孢子进入肺里，然后占领免疫系统。最初症状类似于流感，但当孢子在淋巴组织中生长，繁殖和产生强大毒素后，病情急转直下。在 24-48 小时内，该病就会迅速从呼吸困难、皮肤变色和方位障碍，发展到昏迷和死亡。

高风险职业主要包括农业、屠宰业、动物副产品加工、兽医和羊毛和制革行业。

控制措施包括消除农场动物身上的炭疽，高标准的个人卫生，包括用防水绷带包扎伤口，以及获得及时的信息和培训。

12.4.2 钩端螺旋体病（危害群组 2）

钩端螺旋体病的主要形式是牛钩端螺旋体病，它由老鼠通过尿液传播的钩端螺旋体菌引起，对生命构成潜在威胁。症状与流感类似，例如发热、头痛、呕吐、肌肉疼痛、肺炎和可能的肾脏衰竭和死亡。

这种疾病可能会通过接触老鼠尿液和河道污染而传播。病毒会通过皮肤伤口和切口，以及口腔粘膜的、鼻子和眼球结膜进入体内。

风险职业包括农民、农场工人、建筑工人、渔场工人、建筑工人、休闲产业工人，下水道工人和实验室工作人员。

12.4.3 沙门氏菌病

沙门氏菌病指任何沙门氏菌群细菌造成的感染。大多数农场动物身上都携带沙门氏菌。感染通常与摄食被污染食物或接触有关，或因接触农场动物粪便引起，例如用不洁的手吃东西、喝饮料或吸烟。

感染 12-24 小时后会突然出现，包括不适、头疼、恶心、腹痛、腹泻和发热。症状通常持续 2 到 3 天，但也可能更长时间。患者还可能发生脱水或败血症（血液中毒）。

12.5 霉菌

霉菌是一种仅能用显微镜看见的真菌，它以分支细线或细丝形式生长。通过仅能用显微镜看见的能促进新霉菌的生长的孢子繁殖，而新霉菌反过来又可以产生数以百万计的孢子。

如果吸入的话，真菌孢子可能会导致过敏性鼻炎或其他过敏反应，例如牙龈炎。

哪里有水分、氧气和营养来源，哪里就有霉菌存在。它们生长在死去的有机物上，如腐烂的植被和枯叶，尤其在潮湿的阴暗地方。

在工业条件下，例如面包店、啤酒厂、乳制品和温室就是霉菌生长的理想场所。任何储存新

鲜食物的地方也是霉菌可能生长的地方。详细文件记录涉及粮食商店或谷仓，特别是在当粮食在潮湿条件下储存时。

事实上，霉菌可能生长在潮湿的任何室内环境，例如通风不良的地下室、浴室、加湿器和空调内。事实上，霉菌可以生长在任何潮湿地方或材料表面。减少水分和湿度是防止霉菌的生长的重要因素。

12.6 流行性疾病

流行病可以被定义为在广阔的地理区域（一些国家、大陆乃至全球）传播，影响很大一部分人口的一种正在流行的传染性疾病。

当以下情况出现时，流行病可能会爆发：

- 一个人群第一次遇到一种疾病，或一种疾病病毒的一个特殊菌株
- 对人类产生影响，导致严重疾病的因素
- 易于传播，在人群中持续发展的因素

人类历史上已经发生过许多次大模型爆发的流行性疾病，包括伤寒、霍乱、鼠疫和流行性感冒病毒引起的疾病。在中世纪的欧洲，黑死病杀死成千上万的人。根据记载，最严重的流感病毒爆发于 1918 年和 1920 年之间，当时西班牙流感导致至少 4000 万人死亡。而二十世纪六十年代后期的香港流感大约导致 100 万人死亡。

动物身上不断发现新的流感病毒菌株，任何特定的新菌株都可能导致有一天流行病爆发。这些流感病毒新菌株在从如猪、鸡或鸭等动物传染到人类时出现。

最近的一个例子是流感病毒毒株的新变体，H5N1（禽流感）。2004 年，在越南的鸟群中人们第一次发现这种病毒。到 2007，众多病例出现在亚洲和欧洲的许多地方。与禽类密切接触的人群中已经有死亡案例。但目前尚未发现该病毒能“人-人”之间传播（也许只是有限传播）。

由于病毒不易传播或通过人群传播，H5N1 禽流感不属于流行病。然而，如果病毒与人类流感病毒菌株就会形成一种新的子类型，从而会发展成高度“人-人”传染性疾病。

在流行病方面人们还担忧，许多微生物对当前使用的许多抗生素产生抗性。这些耐抗生素微生物（有时称为“超级细菌”）可能导致许多当前被有效控制的疾病（例如肺结核）卷土重来。

各种常见细菌也对抗生素产生了越来越强的抗药性，导致就医感染患者数量的迅速上升。众所周知的例子是耐甲氧西林金黄葡萄球菌（即 MRSA）。

12.7 基因改造

转基因技术是过去 30 年中开发出的一门用于改变生物体（例如动植物）特征的科技，包括将新遗传物质加入生物体的基因组。

转基因生物（GMO）应用广泛。它们被用于生物和医学研究、药品生产和农业。迄今为止最重要的基因改造应用是粮食作物的生产，使粮食更能抵抗疾病或昆虫的攻击，或增加作物产量。

基因改良具有巨大的潜在利益，具体涉及对于疾病的新疗法，对病虫害更有抵御能力的作物，营养价值更高的食品，以及涉及植物的制药业。

但是在这方面，仍有许多问题没有解决。一些人担心这样会在原则上改变生物系统的自然进化。另外还有许多认为，人们还无法理解遗传操作的所有潜在后果。

还有一件事引起人们的关注：为了生产另一种人们尚未对性质进行评估的物种，将转基因植物与其它植物品种进行交叉授粉（也叫“露头”）的可能性在食物链中，转基因生物的安全性同样受到质疑。

由于这些问题，转基因生物的使用和生产受到严格控制。

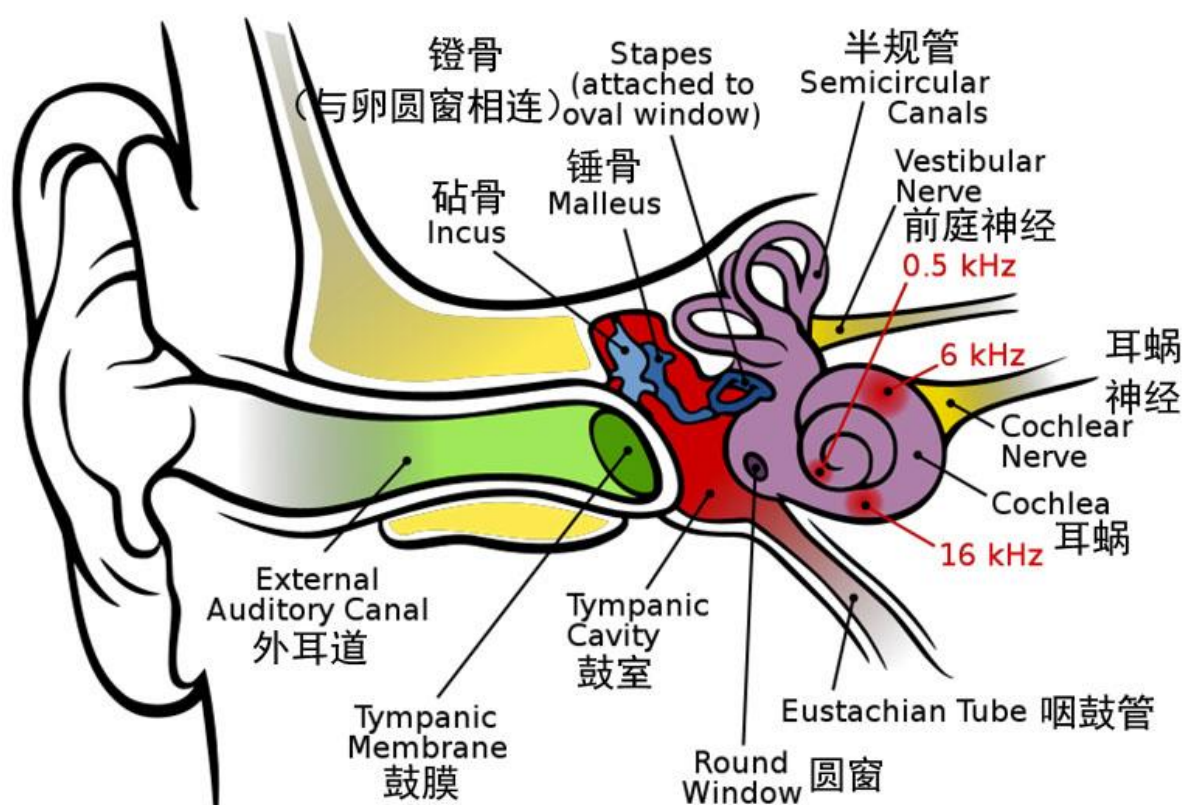
13 噪声

13.1 背景

人们一般将噪声定义为不必要的声音。多年前人们就已经认识到噪声是工业听力损失的一个原因。那么究竟我们的耳朵听到了什么呢？声音是人类或动物大脑由于撞击到耳朵上的空气分子的纵向振动的结果。

声音其实是有一个辐射源的振动体引起的压力波。人类的耳朵可以感觉和感知很小的和快速的压力波（噪声），并将声音信息及其大小（振幅）和频率传到大脑。

13.2 听力



来源：维基共享资源

图13.1 - A 人耳简图

外耳，即我们可以看到的部分，负责接收压力波，并将它们通过外耳朵道传递到颅骨保护下的耳膜。耳膜对声压波响应而产生振动，振动经3块很小的骨头-中耳锤骨、砧骨和镫骨（分别为锤形、砧形和镫形）-被传到另外一个膜，也就是内耳的卵圆窗。

中耳还包含咽鼓管，它有一个与喉咙相连的开口，所以它才能使中耳保持大气压力。这种压力

平衡是必要的，因为耳膜必须对小而快速的压力（不是绝对压力）波动作出响应。

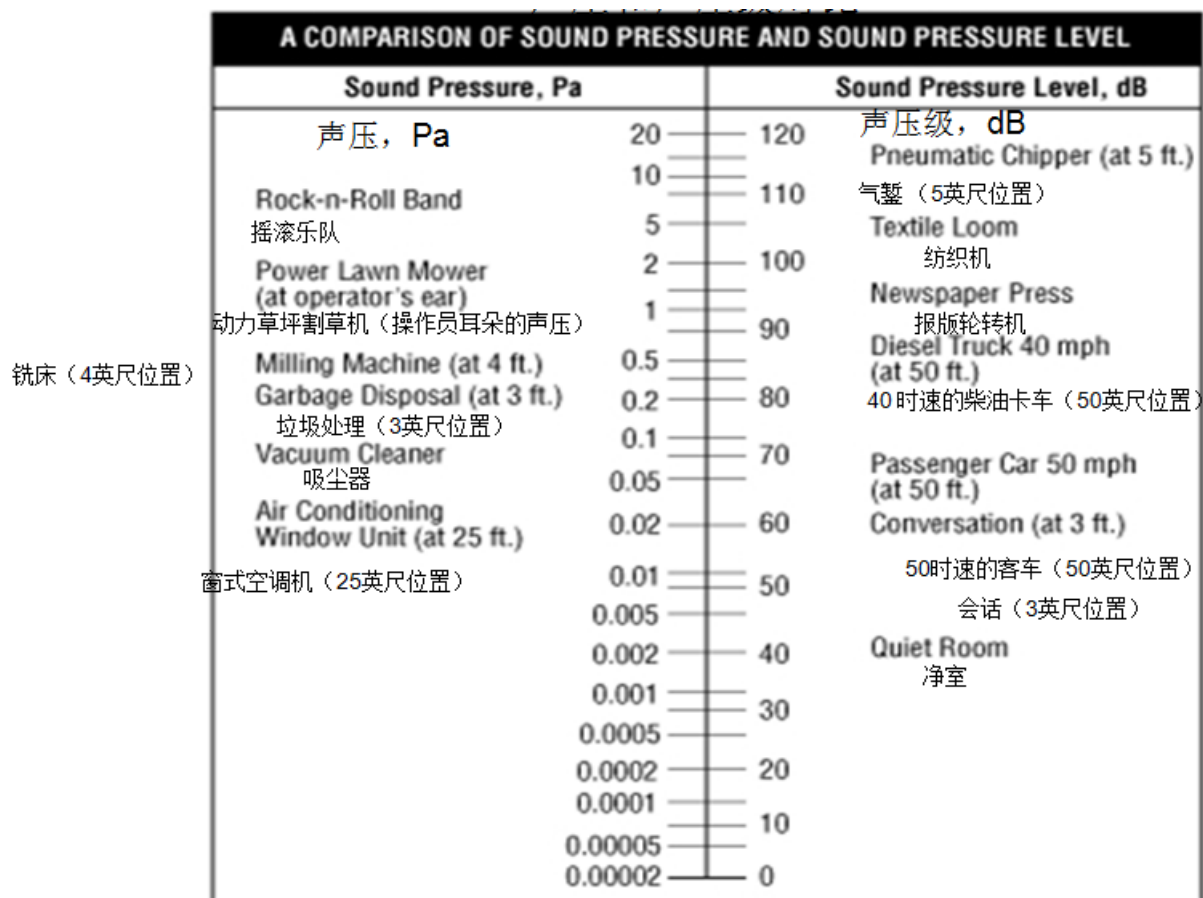
然后卵圆窗又将振动传到耳蜗，耳蜗是一个蜗牛状的包含液体和 25000 个接收细胞器官（神经末梢）的器官。振动在耳蜗内的液体中产生压力波，刺激神经末梢，将相应的电波信号发送到大脑。每个接收细胞都有自己的音调响应，从而能将混合在一起的输入信号分析和分离成单独的频率成分。这个工具使人的耳朵能识别各种声音中的单个音符。

13.3 可听声音

声音的两个关键特征是频率和强度。每秒压力波/振动的数量就是频率，单位为赫兹（Hz），音高随每秒波动数量增加而提高。人耳的频率范围通常为 20 赫兹-20000 赫兹（20KHz）。在音乐中，中央 C 音大约为 260 赫兹（音乐家意见不同，但基本在 255–278 赫兹之间），如果频率加倍，就会提高一个八度音阶，因此中央 C 音（260 赫兹）的频率为 520 赫兹。

我们用强度（I）来解释压力波的平均振幅（大小），将其定义为在单位时间穿透单位面积的能量，单位为瓦/平方米（Wm²）。

用声压（帕斯卡）或强度（瓦/平方米）测量获得的噪音水平来解释噪音等级是一件非常复杂的事，因为数据很难处理。因此为了取得结果，我们将它们与参考水平（这里采用听力阈值）和对数尺度的使用进行联系，这样就能产生容易处理的数据，即分贝，1 贝尔的十分之一。分贝（dB）没有这样的维度；它只是对数尺度中的一个比较单位，所以数量增加与强度提高是对应的。噪声响度也是强度和频率的一个函数。



来源：加拿大职业卫生和安全中心

13.4 过多噪声对健康的影响

人们早已知道，经常暴露在高强度噪音能导致听力机制损伤，损伤程度与进入耳中的综合噪声能量成正比。损伤与强度、性质（连续或间歇）和噪声暴露的持续时间有关，而且对内耳产生在本质上无法修复，无法治愈的显微镜下可以观察到的影响。噪声在五个方面对健康产生影响：

- 噪声导致听力受损（NIHL）是重复暴露的累积效应。这是由于内耳的耳蜗毛细胞受到损伤。听力损失的第一个迹象为听到4千赫左右的声音的能力下降。随着时间推移，如果暴露持续，噪声性听力损伤就会表现为听力损失程度增加，4千赫“噪声空隙”向较低和较高频率扩展。
- 耳鸣-无外部原因的耳中噪声，常常伴有耳聋。
- 暂时性阈移（TTS）-暴露于高噪音水平导致的对内耳毛细胞的损伤，能暂时性损害听力。减少高噪声水平的暴露就能恢复，通常需要数个小时。
- 过高的噪音，例如爆炸引起的鼓膜和听骨的物理损坏。此类听力损失称为传导性听力损失。
- 烦恼/压力，这很难量化，但会导致心理影响，例如注意力不集中，烦躁和压力。

除了造成暂时或永久性听力损失外，噪声也能成为安全隐患。最明显的例子是噪音干扰了语言

沟通，导致对警报声音和呼喊的反应错误和失败。

连续暴露在超过85分贝（A）的噪声中可诱导听力损伤，可个体反应会不一样。20%的人会在连续暴露在超过90分贝（A）的噪声中后患有NIHL。

对于那些听力敏感的人来说，经常暴露在高强度噪声，即大于80 dB（A）的噪声基本都会产生某种程度的听力损失。目前尚无法提前预测哪些特定个体更容易因噪声导致听力损失。

中等强度噪声，即55-80 dB（A），不会对听力造成潜在危害，但可能对浓度产生不利影响，如果大于65 dB（A），就会干扰语言沟通。

低强度噪声，即小于55 dB（A），可能因扰民引起公众投诉，例如造成睡眠障碍。

13.5 声级相加

当两种声音同时发射时，它们的总强度并不是两种声音分贝值的总和。为了获得精确的计算结果，它们必须作为对数相加—通常使用计算器。当然，我们可以利用下表，将分贝等级相加，得出合理的近似值。

分贝（A）差异	增加较高数值
0 或 1	3
2 或 3	2
4 或 9	1
10 个以上	0

因此，如果两台机器发射的噪声的声级都是 90dB（A）。那么总噪声为 93 分贝（A）。注：声级加倍意味着增加 3dB（A）。



13.6 频率分析

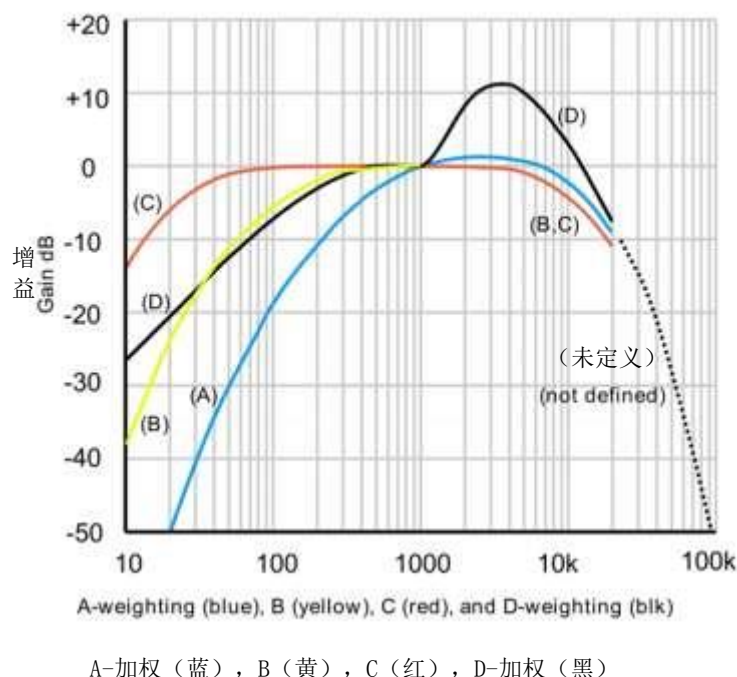
除非声音是一个纯音，但这很少见，大部分声音由频率和强度都不一样的许多声音组成，当评估声音对健康或干扰的影响时，必须了解什么水平超出频率范围。为方便起见，通常人们利用专门测量多个倍频带强度的仪器将频率范围分为若干个倍频带，将其作为一个特定的中端倍频带频率。中端倍频频率选择如下：

31.5 赫兹，63 赫兹，125 赫兹，250 赫兹，500 赫兹，1 千赫，2 千赫，4 千赫，8 千赫，有时 16 千赫

因此，噪声频谱将采用以上中端倍频频率的强度。在频率为 500 赫兹- 4 千赫之间的谈话中，人的耳朵对 20 赫兹-20 千赫之间的声音最为敏感，也就是较低频率元音，较高频率辅音。

13.7 分贝权重

噪声是不同频率和不同强度的声音的组合，噪声强度可用频谱来表达，或用表示所有频率总和的一个值来表达。由于人耳是比其他器官对频率更敏感，因此可用一个声级计电子电路提供辅助。也就是说，当我们提高其它频率时，可能会压抑某些频率，从而了解人耳的反应。这种技术就是加权，A、B、C 和 D 是用于不同目的的权重。人们将工作场所频率范围设为 dB (A)。如果在测量 dB (A) 时采用 A-权重。那么 dB (A) 的相应声级就能准确表示人耳感知到的声音的响度。

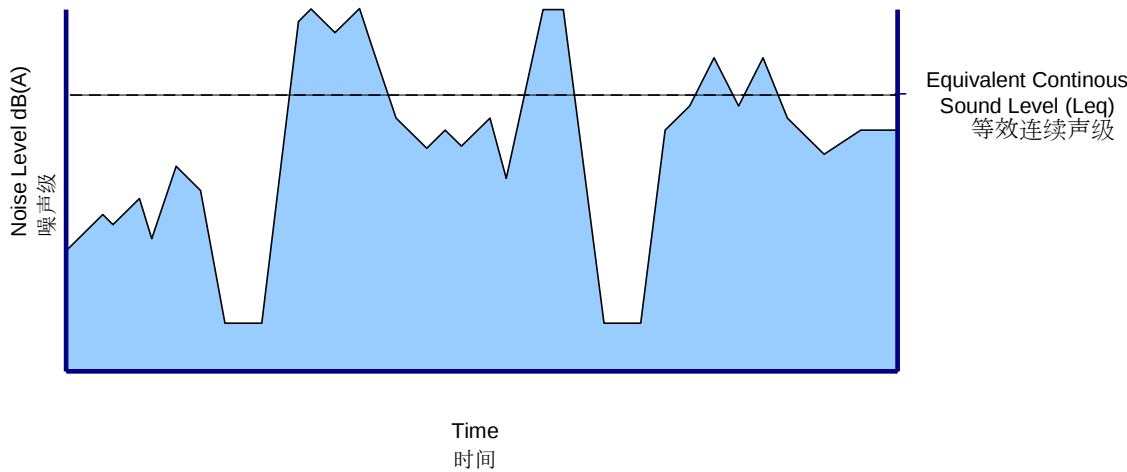


来源：维基共享公共资源

图13.2 -频率权重和相对反应曲线

13.8 等效连续声级 (Leq)

通过采用分贝 (A)，而不是 dB 来去掉频率依赖因素，就能从噪音可能引起听力损失这一角度来简要说明噪声暴露。然而，由于频率不同，一天之中和一天与另外一天相比，工业噪声强度也不一样，往往是间歇性的。因此需要一些平均值，为此人们建立了等效连续声级 (Leq)。



来源：Adrian Hirst

等效连续声级是连续的稳态声级，在一段时间内具有相同的能量，因此，当实际噪音波动时，会出现潜在听力丧失。

13.9 噪声剂量

在欧洲，物理因素（噪声）指令（2003 / 10 / EC）规定每个员工的日常个体噪声暴露（LEP, D）不得超过85 dB (A)。此限值等同于85分贝 (A) 在每天8小时内的等效连续声级，并且代表100%的噪音剂量。通过利于Leq的能量概念，声级增加3分贝的话，允许的暴露持续时间必须减半。例如，当声级由85分贝 (A) 增加到88分贝 (A) 时，必须将暴露时间从8小时减少到4小时。

每天持续时间 (小时)	欧洲限值 (等效连续声级) dB (A)
16	82
8	85
4	88
2	91
1	94
30 分钟	97
15 分钟	100
7.5 分钟	103
3.75 分钟	106

13.9.1 日常等效连续声级的计算

用来计算日常等效连续声级的各种数据表和列线图详见

<http://www.hse.gov.uk/noise/calculator.htm>（2010年2月）。

13.10 噪声限制

在欧洲，物理因素（噪声）指令规定各国雇主职责如下：

- 雇主必须评估与噪声暴露有关的风险
- 保护雇员免受噪声暴露威胁：
- 控制和消除噪声风险
- 提供适当听力保护
- 提供适当信息和指导，向员工提供有关风险的培训，控制措施，听力保护和安全工作实践。
- 向处于风险中的员工提供健康监测（听力检查）。
- 进行设备维护，特别是在所有设备上设置噪声控制装置。
- 定期审查风险评估和适当行动

（通常至少两年一次）。

条例同时对行动和限值进行了规定，具体如下：

- 低暴露行动值：每日或每周个人噪音限值为80dB（A加权），声压峰值是135分贝（C-加权）。
- 高暴露行动值：每日或每周个人噪音限值为85分贝（A加权），声压峰值是137分贝（C-加权）。
- 暴露限值：每日或每周个人噪音限值为87分贝（A加权），声压峰值是140分贝（C-加权）。

13.10.1 其它限值

过去20年中，人们对噪声的限制越来越严格。欧洲日常连续等效声值限值为85分贝（A），而加拿大限值为90分贝（A）。美国的标准更为复杂：将计量与声压等级和时间相关联，即5分贝规则，但在美国境外使用不多。

从一个公司或一个国家采用的标准这个角度来说，通过工程控制措施实现标准的程度首先取决

于对风险评估数据库的解释，然后取决于哪些是合理的可执行的措施。

13.11 听觉保护

工业引入听力保护计划的目的是通过确保对过量工作场所噪声的评估和控制来预防职业听力损失。这可以通过一些包括以下基本特征的计划来实现。

13.11.1 工作场所噪声评估

人们对作业场所噪声的关注主要是由于职业噪声暴露和职业噪声暴露限值规定。因此只要怀疑有人可能暴露在超过噪声暴露限值的工作场所噪声时，就要进行噪声测量，即欧共体成员国第一行动级别。

当工作场所噪音水平一直保持合理的恒定状态时，调查工作必须包括建立噪声等值线图或确定与工作有关的个体整班充分噪声暴露，或两者同时进行。虽然与噪声暴露限值的法规遵从性是首要措施，但行政管理是更简单的办法，通过指定和确保工作区域限值符合噪声暴露限值来实现这一目的。因此我们应采用轮廓线法，并注意以下三种情形：

- 如果只采用轮廓线法，应明确噪声水平在数值等于或大于噪声暴露限值的位置，如噪声危害区域。无论何时，如果无适当听力保护装置，禁止进入这些地区。
- 如果个体整班充分噪声暴露是确定的，应该将其与噪声接触限值进行比较。对于那些预期噪声经常超过限值的工作来说，在噪声通常较高的区域应使用听力保护装置。
- 如果获得噪声等值线图和噪声数据，数值高于噪声暴露限值的噪声水平可用于划分指定区域，但是噪声暴露应始终低于噪声暴露限值。

噪音水平可用一个简单的声级计测定（1 型或 2 型），但是只要获得有意义的数据，就一定要正确使用仪器，例如注意校准，考虑噪声类型等等。

在调查工作场所噪声水平波动（如车间区域）时，应建立与工作有关的个体整班充分噪声暴露，与噪声暴露限值进行比较。对于那些预期超出限值的工作或工作要素，必须使用适当的听力保护装置。

除了检查暴露标准的合规性之外，噪声暴露测量也可用于发现噪声控制的优先领域和风险最大的人员，以及实现听力保护教育目的。

13.11.2 工作场所噪声控制

当工程控制的目的是尽量减少工作场所噪音时，建立采用以下几种一般方法，推荐优先级自上而下。

- 减少噪声源-最好在设计阶段完成。
- 对产生噪声的设备设围栏——虽然散热和保养可能成为问题。
- 将产生噪声的设备与工人隔离开，和/或增加工人与噪声源之间的隔离设施。
- 通过表面上适当的吸声材料将声音吸收，虽然回音可能成为问题。
- 在实行这些措施时，应加定期进行机械保养，这样能有效减少噪声排放。

所有新机械都应有噪声规范。规范应考虑到原有工作场所噪声环境和适用噪声暴露限值。

13.11.3 对处于风险中的人员的防护

如果工程措施和/或其它控制手段不够充分或不够现实，必须采用其它办法来保护暴露在工作环境噪音的工人。可采用以下一个或多个办法：

- 在指定区域提供噪声保护场所，例如在锅炉房。如果每个工作日的一半在噪声保护场所，那么暴露就减少了一半，噪声剂量就降低了 3 dB (A)。
- 改变工作模式，例如通过工作轮班（当然这可能给管理造成困难）减少指定区域的暴露时间，从而减少暴露值。
- 使用个人听力保护装置，例如耳套和耳塞。适当选择、正确使用和保养这些设备对于实现有效保护至关重要。如条件允许，在工序选择时应考虑实际衰减数据。

13.11.4 信息指导和培训

任何可能暴露在超过噪声暴露限值的工作噪声的工人都应获得指导，了解听力损失风险、预防措施及其在听力保护计划中的角色。指导方式多种多样，例如：

- 新员工培训和对问题的书面指导。
- 对于那些在指定地区工作的员工，定期修订课程。
- 生产线管理行动，向处于风险中的个人和群体解释听力保护政策。
- 周期性的听力保护活动，包括比赛、视频和海报。

向承受潜在风险的员工提供的指导还应包括以下信息：

- 噪声性质和听觉机制。
- 暴露在超过噪声暴露极限的噪声对听力的影响。
- 听力保护原则。
- 对有效实施听力保护计划的要求。

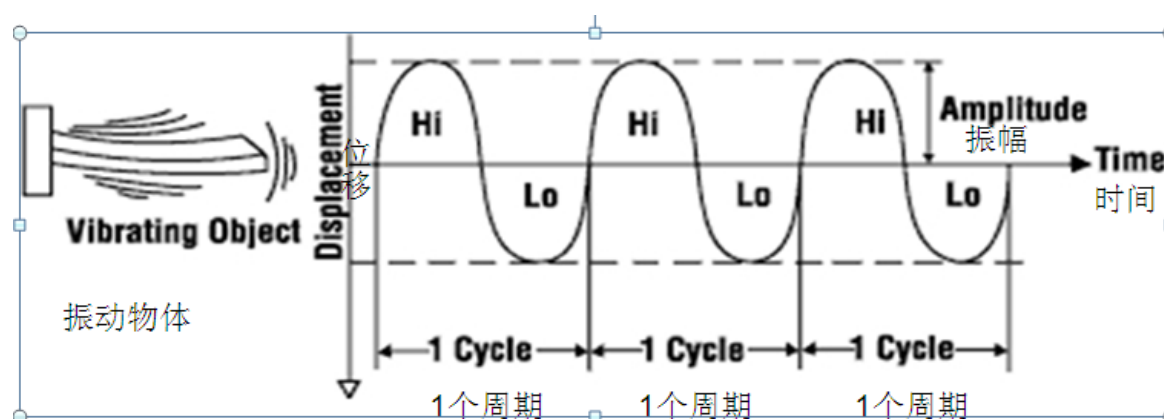
14 振动

14.1 介绍

振动是一个物体围绕平衡点的机械振荡。振荡可以是像钟摆一样有规律，或像碎石路上的轮胎运动一样无规律。研究振动对健康的影响要求对整个振动设备或结构产生的压力波进行测量。

振动通过接触人体器官的振动设备进入人体。当一名工人操作链锯或手提钻等手持设备时，振动对手和手臂产生影响。这种暴露就是手部-手臂振动暴露。当一名工人坐在或站在振动的地板或座椅上时，振动暴露几乎影响整个身体，即全身振动暴露。

如果我们能看到物体振动的慢动作，就会看到向不同方向的运动。任何振动都有两个可测量的值。物体运动的距离（振幅或强度）和速度（频率）有助于确定其振动特性。人们用频率、振幅和加速度来描述这一运动。



来源：加拿大职业卫生和安全中心

图14.1 – 振动暴露测量视图

14.1.1 频率

振动就是物体从正常固定位置前后移动。在一个完整振动周期内，物体从一个极端位置移动到另一个极端，然后又回来。每秒完成的振动次数就是频率。频率的单位是赫兹（Hz）。1赫兹等于每秒1个周期。

14.1.2 振幅

振动物体移动到你固定位置两侧一定的最大距离。振幅是从固定位置到两侧的极端位置的距离以米（m）为测量单位。振动强度取决于振幅。

14.1.3 加速度（振动强度测量）

在每个振动周期内，振动物体速度变化从零到最大值。当它通过其自然的固定位置到极限位置时，它的移动速度最高。振动物体在两个极端减慢速度，停了下来，然后向相反方向移动，通过固定位置，朝向另一个极端。振动速度单位为米/每秒（m/s）。

加速度是速度随时间变化的一个衡量标准。加速度的测量单位为米/每秒（m/s），或米/平方秒（m/s²）。在每个振动周期内，加速度从零达到最大值。当振动物体继续从其正常固定位置移动时，加速度增加。

14.2 振动暴露

振动暴露通常发生在操作手工工具或行驶的机动车等电动机械时。下面是一些振动暴露事例。根据暴露性质，振动往往分为以下类型。

手部-手臂振动属于机械振动，当振动传送到人类手部-手臂系统，可导致血管、骨或关节、神经或肌肉疾病。

全身振动属于机械振动，当传送到全身时，可导致腰部疾病和脊柱受伤。

举例说明职业振动暴露

行业	振动类型	振动共同来源
农业	全身	拖拉机
锅炉制造	手部-手臂	气动工具
建筑	全身 手部-手臂	重型设备车辆、气动工具、手提钻
钻石切割	手部-手臂	振动性手工工具
林业	全身 手部-手臂	拖拉机，链锯
铸造	手部-手臂	振动性切割刀
家具制造	手部-手臂	气凿
钢铁	手部-手臂	振动性手工工具
伐木	手部-手臂	链锯
车床	手部-手臂	振动性手工工具
采矿业	全身 手部-手臂	机动车操作、凿石器
铆接	手部-手臂	手动工具
橡胶	手部-手臂	气动脱模设备
钣金	手部-手臂	冲压设备
造船厂	手部-手臂	手提气动工具
制鞋	手部-手臂	整型机
选矿	手部-手臂	手提气动工具
纺织	手部-手臂	纺织设备
运输	全身	机动车

14.3 振动对健康的影响

振动以缓慢的速度导致健康问题。一开始可能只是感觉到疼痛。随着振动暴露的持续，疼痛会发展到受伤或疾病。疼痛是第一个引起注意的健康问题，为了不再继续受到伤害，必须采取解决方案。

振动性白指症（VWF）是操作手持振动性工具的工人中最常见的疾病。振动可导致肌腱、肌肉、骨和关节的变化，而且还能影响神经系统。

这些影响统称手部-手臂振动综合症（HAVS）。当手部着凉时，VWF症状就会加剧。受HAVS影响的工人一般会报告以下症状：

- 一个或多个手指时在着凉时发白（变白）。
- 手指刺痛，失去知觉。
- 轻触无感觉。
- 周期性白指发作时，感觉疼痛和寒冷。
- 握力丧失。
- 手指和手腕骨囊肿。

HAVS 的发展是渐进的，严重程度随时间推移而增加。可能需要几个月到几年时间才有临床症状。HAVS 属于功能障碍，影响手部、手腕作手臂的血管、神经、肌肉和关节，如果忽视的话，可能造成严重残疾。很多经常使用动力工具和/或电钻的工人都患有振动性白指症（VWF），它往往在寒冷或潮湿天气中发作，受影响的手指会感觉严重疼痛。

14.4 振动测量

振动通常由加速度计测量，加速度计与声级计不同，它的探头必须小而轻，不得改变被测机器的振动模式；有的与某个操作者的手连在一起来测量加速度。与噪声测量不同的是，人们可手持加速度器，将其顶在一个振动的工具测量，或固定在塑料绳等物体上；或固定在操作者手上。以上不同方式会得到不同结果。

15 热环境：原理、评估和控制

人体可以看作是一个加工厂，它利用复杂的化学反应产生机械能；当这些反应的效率不可避免地降低时，人体就会产生一个副产品-热。为了有效发挥功能，我们需要使身体保持在一个恒定的温度范围内，36.5 - 37.5 °C。

15.1 热环境的人体反应

我们大脑中的体温调节中心对极小的血液温度变化也非常敏感，能从皮肤上的感觉神经收到反馈，然后大脑利用这些信息来调整我们的身体对热的反应。

15.1.1 热的生物反应

当暴露在热量中时，皮肤内的血管会扩张，脉搏速度会加快。这样就使血液加速流向身体表面，从而增加热量身体核心转移到皮肤和周围环境的可能性。由于潜热蒸发，出汗也会增加热损失。这就会产生额外效果，增加我们对水的需求。

当天气非常炎热时，出汗有助于在最大程度上调节体温。如果从一个很冷的地方来到一个很温暖的地方，必须使身体能通过增加血液量和出汗能力，同时降低汗水中盐分损失来适应环境。在这种情况下，人体对环境的适应性大约需要三天才能达到60%，10天左右达到100%。但在较凉爽环境下生活几天后，这些增加的出汗能力就会消失。

置身于过高温度可能会产生一些副作用，包括疲劳、行为改变，包括注意力降低、由于盐分损失导致的热痉挛、昏厥，以及轻度和重度中暑。

15.1.2 冷的生理反应

当暴露在低温下时，我们皮肤中的血管就会紧缩，身体表面热流量减少，从而最大限度减少身体热损失。通过体力活动和颤抖就能增加热量的产生。人体对低温不会产生生理适应性。

温度过低可能会产生一些不利影响，包括倦怠/无精打采、冻疮、冻伤和体温过低。

15.1.3 热环境的心理反应

人们常常根据热环境来改变工作方式。他们经常尝试改变局部工作环境，例如挪到一个更舒适的区域，更换衣服，增加或减少通风等。工作绩效和效率也可能受到不利的热条件的影响。

15.2 人体热传输

如果能获得必要的数据的话，可用以下公式来计算个体的热负荷及热平衡。这是一个非常复杂的领域，已超出了本课程范围。但是对机制和热平衡机制涉及的因素的理解有助于我们对热应力问题评估的理解。

在热环境评估或评价中，应考虑 6 个参数。其中 4 个与个体有关，4 个与环境有关，即：

这里：	S	=	存储，长期必须等于 0
	M	=	代谢
	W	=	外部工作完成
	C	=	传送
	R	=	辐射
	Kc	=	传导
	E	=	蒸发

一段时期内热平衡机制受6个参数影响，其中2个与个体有关，4个与环境有关，即：

1	工作速度 (也就是活动或代谢速度)	人
2	着装	
3	气温	环境
4	辐射温度	
5	气流速度	
6	湿度（潮湿）条件	

15.3 热环境评估

15.3.1 代谢速度

代谢速度单位是瓦特（W）或瓦/（体表）平方米。在静止时约 45 瓦/平方米，在站立时约 70 瓦/平方米，通常在最大工作速度时能达到 500 瓦/平方米。人们通常将工作任务和活动类型表进行比较来预计代谢速度。

活动	代谢速度 (瓦/ (体表) 平
睡眠	43
休息	47
静坐	60
站立	70
慢走 (2.5公里/小时)	107
步行 (5公里/小时)	154
慢跑 (16公里/小时)	600
疾跑 (25公里/小时)	2370

15.3.2 个人隔热

个人隔热（衣物） - 衣物的阻热性用克洛值表达， $1 \text{ Clo} = 0.155 \text{ Km}^2/\text{W}$ 。个人隔热一般依靠自我调节，人们根据感觉添加或减少衣物。下面是衣物一般克洛值表，仅供参考。

着装	克洛值
赤身	0
短袖	0.1
夏装	0.5
一般家居服	1.0
厚外套	1.5
冬装	3-4
很多衣服（实际最大量）	5

15.3.3 暴露持续时间

人们在热环境中的持续暴露时间都不一样，这种差别分为许多情况。有时人们自动调整暴露时间，有时为了减少长期暴露于过冷热环境导致的风险而遵守工作/休息制度规定。但是休息期间最好呆在舒服的环境中。

15.3.4 干球温度

干球温度（气温）是由包含一个保持干燥，与辐射热量隔离的传感器的温度计测量。

简单的温度计-在一根毛细管中的流体（水银或酒精）的热膨胀。这种装置价格低廉，准确性高。但缺点是温度范围有限，易碎，反应迟钝。

电气元件-热敏电阻或热电偶等电气设备的测量准确而方便。通常安装在测风装置或热表中。

15.3.5 平均辐射温度

平均辐射温度是围护结构内表面温度的平均值，这个围护结构与作为非均匀围护结构的人体进行等量辐射热量交换。

温度计或热电偶-它们属于定向装置，如果指向发射率已知的表面，就能测定表面辐射温度。利用充分数据就能计算平均辐射温度。

球体温度计-一个简单的粗铜球，一个简单的温度计向其中心伸出。当空气温度和速度已知时，可以使用基本计算公式或借助列线图计算环境平均温度。

15.3.6 气流速度

当气流经过时，除非空气温度高于皮肤温度，对流会使人体降温。空气运动也会对皮肤的水分蒸发速度产生影响，除非空气饱和度等于100%，或蒸汽压力大于皮肤表面压力。

叶轮风速仪-螺旋桨式，定向，电气或机械式。可用于测量波动的单向气流。

电阻计-敏感而易碎的定向装置。

卡塔温度计-玻璃温度计，内部有酒精，底部有一个较大镀银测温包，顶部有一个较小测温包。酒精被加热，直到液体扩展到顶部的泡中，然后释放热量，使气流冷却。由于液体收缩后会返回较低的泡中，它在管上两个标记之间以稳定的速度下坠。通过这个冷却时间可以计算空气速度。

烟追踪-在测量可视气流时非常有用，可测量很低速度。

15.3.7 水分含量

对流和蒸发是释放身体热量的主要方式，因此空气温度和空气水分含量是重要参数。二者相互关联，人们称对二者关系的研究为“心理测验”。

促使水分蒸发的驱动力就是空气和水面蒸汽压力之间的区别。任何温度下最大蒸汽压力即“饱和蒸汽压”，随显示包括干球温度、湿球温度、水分含量和饱和比（相对湿度）这些参数的心理测量图表上的温度曲线（100%饱和度）变化而不同。这条曲线形成指示干球温度、湿球温度、水分含量和饱和度（相对湿度）的心理测量图表的基础。水蒸气压力对环境的影响通过测量露点（水蒸汽凝结时的空气温度）间接获得，或通过测量一个外面覆盖着浸水棉芯的温度计泡的温度下降获得。

天然湿球温度计-一个外面覆盖着浸泡在蒸馏水中的棉芯的简单测温包。

强制湿球-例如旋转式湿度计。在这种情况下空气运动至少4米/秒，被诱导通过棉芯。

注：强制湿球用于测量，而天然湿球用于计算 WBGT 指数。

15.3.8 个人监测

在极端温度条件（高温）下，可能需要对人体进行监测-例如心跳速率和核心温度。在这种情况下

下应听从医生建议。

15.4 热应力指数

为了表现热条件而进行隔热的话，不得采用上述任何参数。各类工人都已制定了指数，即，可以将其与标准应用环境相互融合的指数。其中包括：

- **暑热压力指数**：测量干球、自然湿球和黑球温度后计算出的简单指数。所得数字可用来检查关于工作和休息的建议温度的公开数据。
- **HSI（热应力指数）**：使用各类环境测量数值和工作速率计算出的指数。工程师经常用来评估改变该指数中涉及的一个或多个因素产生的影响。
- **P4SR（预测 4 小时出汗率）**：根据图表计算出的指数，用于评估生理极限。一个健康状况良好的年轻男子的最大出汗速度是 4 小时 4.5 升，但是出汗量低于 2.7 升更好。

15.5 热舒适

热舒适因人而异，非常主观，不同的人对理想的热环境有不同的感觉。与可能导致热应力的条件相比，热舒适问题在罕见的极端条件下更为明显。为了测量热舒适度，人们确定了一些指数。例如，修正有效温度（CET）和Fanger指数。

15.6 冷应力

风寒指数适用于数据范围的冷端，通过该指数，气温和风速的冷却效果与图表上静止空气中等值温度产生联系。

15.7 热环境控制

任何时候，只要涉及舒适性，就应该进行热环境检查。人们对其它一些因素引起的投诉，例如总体不满意、对邻居及其习惯的抱怨、不良人机工程学等可能由于温度导致等等。

在处理关于热舒适性的问题时，切记，我们很难使所有人保持满意，因为每个人的偏好不同。

通过了解热环境对人的影响，利用有价值的参数数据，就有可能预测修改每个参数产生的影响。

15.7.1 舒适条件的改善

不同的人有不同着装要求和活动程度。要视环境分别处理。（例如焊接和装配工人；店员和顾客）。

- 改善着装、活动或行为模式。
- 改善局部环境，例如散热器和鼓风机。
- 总体环境加热/通风。
- 空气调节。

15.7.2 高温环境的改善

改变局部环境。通过筛选使用、隔离和用发射率较低的涂料喷涂辐射表面来改善辐射条件。冷却散热器。增加空气流动。改善行为模式和工作/休息制度。提供经过空气调节的保护设施。增加局部热点之间的距离。空气冷却。除湿。穿戴防护服。提供饮用水，在休息后给员工一些时间适应环境。

15.7.3 寒冷环境的改善

提供干燥防护服，特别注意头部和四肢部位。如果衣服很可能会湿的话，提供更衣设施。

- 改善行为模式。
- 改变散热器等局部环境。
- 总热量环境。

15.8 具体环境问题

15.8.1 高辐射部件

如果辐射温度较高，超过干球温度，那么向环境辐射热量的辐射部件就可能产生重要影响。各种原因都可能导致较高平均辐射温度，每一个都可能需要不同的解决方案。

在某些工作场所，工人附近的所有表面，包括墙壁、地板、天花板和厂房及设备，可能比周围空气温度高好几个摄氏度。这种情况可能发生在锅炉房、发动机和压缩机室、电站和坦克等军用车辆，以及飞机里。强烈阳光下的轻型建筑也具有相似性质。在这些情况下，无法防止工人受到四面八方的热源的威胁。如果空气干球温度低于皮肤温度，那么只要提高空气速度就能缓和局势。如果空气速度已经很高，或者由于其它必要理由，可能需要使用空气冷却器来调节空气；如果湿球温度

很低，使用蒸发冷却器。在军用飞机上，飞行员都要穿着感觉凉爽的衣物。该解决方案可用于任何地方。

屏蔽辐射热源适用于金属冶炼、熔炉区域、炼钢和铸造工作，因为这些环境中，一些物体表面温度极高，特别是处理熔融的和红色或白色灼热金属时。在阳光直射下某些室外环境，特别是在干旱的热带地区，也有类似的辐射部件。通常在这些条件下，对于提高的气流速度来说，干球温度太高了，以至没什么效果了。当然可以使用空调（制冷）装置，但辐射热源的强度经常抵消冷空气产生的最大冷却效果，这样的话，要适当穿着具有屏蔽或热反射功能的衣服。热防护装置趋向于吸收热量，提高温度，从而变成实质上的散热装置。为了尽量避免这种情况，防护装置应具有高反射表面或具有气冷或水冷功能。这同样适用于衣物。但是屏蔽限制了工程的可见性和可访问性，因此必须制定相应规定。可视孔使用热反射玻璃，而人工操作问题可通过远程控制设备来得到缓解。

15.8.2 高湿度条件

在洗衣店和一些矿山，以及在纺织和其它一些制造工艺中，干球温度较高，湿球温度也与前者接近。这就意味着湿度较高。在潮湿的热带地区，许多地方的环境条件也类似。在许多工业环境，来自空调系统的加湿空气只停留在不超过供气喷口大的面积内，但是，如果将气体喷射到工作区，就能提高工人头上的气流速度，有效提高舒适度和消除应力。

15.8.3 炎热干燥的条件

这些条件可能存在于很深干燥的矿山中，干旱的热带地区的建筑内部，和许多车间和机械会释放热量的制造工艺中。最简单的解决方案是提高工人头上的气流速度，但如果无法这样做，采取其它措施，例如引入冷空气。

16 照明和非电离辐射介绍

本部分介绍各种类型的非电离和电离辐射，探讨超标暴露产生的影响，同时简要介绍了一下评价和控制问题。

16.1 介绍

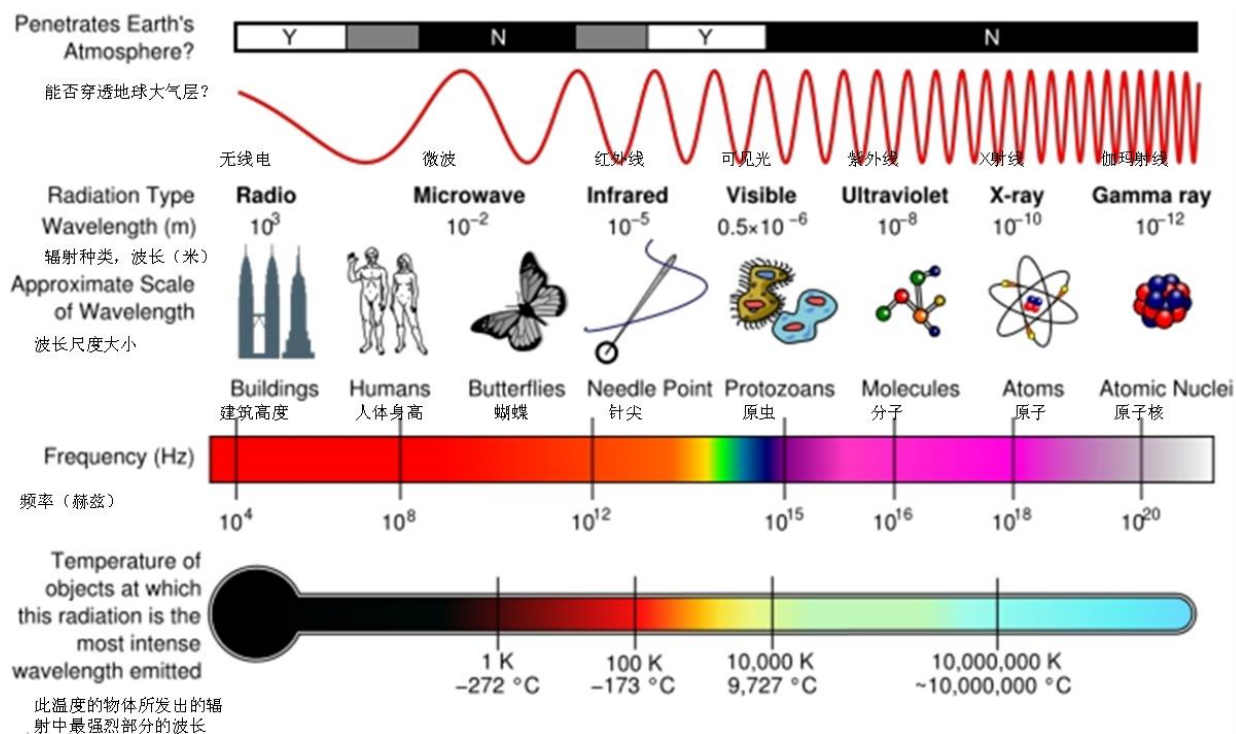
电磁波由带电粒子运动产生。这些波也叫“电磁辐射”，因为它们从带电粒子向外辐射。电磁波穿过真空和空气行进，而且能穿透其它物质。无线电波、微波、可见光和X射线都属于电磁波。

通过声能量，电磁辐射可用频率（或波长）和强度描述。频率（Hz）与波长成反比（NM），所以随着频率的提高，波长缩短：

$$f \propto \frac{1}{L}$$

其中：L=波长，F=频率

强度（mW/cm²）表示能量对单位面积的入射量。强度与离源点距离的平方值成反比。电磁波频谱覆盖很宽的频率范围。可见光、微波和红外光谱等术语都是用来描述频谱的不同部分。



来源：美国联邦政府，来自维基共享资源

图16.1 – 电磁波频谱

电磁波频谱在 10 微米波长处分为两部分：非电离辐射和电离辐射。可见光、红外线和微波是典型的非电离辐射。X 射线和伽马射线是典型的电离辐射。非电离和电离辐射的特征仅仅是一种相关能量。对于电磁波频谱的电离区域来说，入射到材料上的能量大到足以从一个电子轨道中去除一电子，从而产生电离，而非电离区域的能量通常不足以产生离子对。电离辐射详见第 17 章。

16.2 非电离辐射的几种类型

16.2.1 紫外线 (UV) 辐射

紫外线辐射包括阳光自然产生的（太阳辐射）和通过工业高温电弧操作人工产生的（例如焊接）看不见的辐射。普通荧光灯灯泡中产生大量紫外线辐射，但它被荧光粉涂层所吸收，使荧光发射长波可见光辐射。

紫外线辐射很容易被人体组织吸收，尤其是眼睛和皮肤。最常见的暴露是太阳辐射，它能产生晒斑，在严重情况下使皮肤起疱。皮肤长期暴露在紫外线辐射下可导致过早老化和皮肤增厚（角化），甚至今天最常见的皮肤癌。黑色素瘤，也就是皮肤中黑色素细胞受到损伤，是最严重的损伤形式。世界卫生组织估计，全世界每年发生 132, 000 例恶性黑色素瘤（其中 66, 000 例死亡）和 2, 000, 000 多例皮肤癌。皮肤癌是年轻人中最常见的癌症（20–39 岁年龄组），据估计，约 85% 的病例是由过度暴露在阳光下造成的，这包括园艺师和建筑工人等户外工作者的职业暴露。此外，暴露于工作时使用的一些物质，例如筑路焦油中含有的煤焦油或甲酚，会使皮肤对阳光异常敏感。



来源：维基共享资源

图16.2 – 黑色素瘤

眼部的过分暴露会导致结膜炎，就像进了沙子一样，会产生延时的疼痛刺激感。对于焊工，就叫电弧眼，和雪盲类似，长期眼睛受损会导致白内障的形成。



来源：Michael H. Wong, 知识共享“署名-相同方式共享”许可协议3.0授权

图 16.3 – 结膜炎

紫外线辐射又被进一步划分为3个波长递减的波段：UVA的波长最长，UVC最短，UVB 介于两者中间。波长越长，辐射能越少，对身体损害越小。例如，UVA用于“黑灯”，不会导致皮肤癌。

16.2.2 红外线（IR）辐射。

红外线辐射是由热的物体发出，例如熔炉和气焊枪。它的主要效应是使表面组织温度上升。过度暴露在辐射热量中会使人立即感觉不适，警惕可能会发生烧伤。然而眼睛不具备这样的预警机制，过度暴露可能导致晶状体损伤与白内障形成；甚至发生视网膜损伤。

16.2.3 激光辐射

“激光”是“通过受激发射实现的光扩大”的缩写。激光机在电磁波频谱中可视和红外线范围内发射具有单一波长和较窄波段的非电离辐射集中光束，具有潜在危险性，尤其对于眼睛，因为其较高强度和并行光线能被眼睛聚焦到一个点上，损伤程度不同，从可修复灼伤到永久失明都有可能。

而且激光也能导致白内障。今天激光装置应用于各个领域，例如通信、建筑、医学应用、研究和测量。

根据标准 IEC60825-1，激光按波长和最大输出功率分为 4 大类和几个子类。下表简要介绍了一下分类情况。



Warning label for Class 2 and higher
2 级或 2 级以上的警告标签

激光分级表

1 级	安全
4 级	危险，通过漫反射仍然危险。 有火灾风险
3B 级	危险，通过漫反射安全。
3R 级	不安全，但风险低。
1M 级	如未使用光学仪器，安全。
2M 级	可见激光。偶尔接触，未使用 光学仪器，安全。
2 级	可见激光。偶尔接触，安全。

16.2.4 微波辐射

微波由固体分子振动产生，通常用波的频率描述。发射天线和一些医学微波应用就属于微波能量来源。它对人体主要影响是热，事实上，人们早就开始使用特定频率的微波炉来快速烹饪食物。它的主要风险是皮肤和眼睛灼伤。长期暴露于低水平的微波辐射会引起头痛、失眠、烦躁、疲劳和记忆力丧失。

微波的应用非常广泛，例如无线计算和移动电话网络。许多公众担心微波会对健康产生严重的长期影响，例如癌症。但是迄今没有任何研究能证明这种影响。

16.2.5 非电离辐射的其它影响

臭氧可由放电或紫外线、高功率激光、微波等非电离辐射源附近的空气电离产生，超过十分之几 ppm 的短期暴露就会导致不适（头痛、黏膜和喉咙干燥）。

16.3 非电离辐射评价

便携式手持仪表可用来测量近红外光谱。它们能形成光电发射性材料（例如紫外线，可见光或红外线），这样入射辐射就能从表面释放电子。这些电子被阳极收集，成为能用校准后的电流表测量的流动电流（参见下文）。

利用职业接触限值，可对获得的辐射数据进行评定。事实上，ACGIH 已为以下辐射制定或建议了阈限值：

- 紫外线辐射
- 可见光和近红外线辐射
- 激光辐射
- 微波和射频辐射

用 mW/cm^2 表达的辐射强度限值

16.4 照明

16.4.1 识别

电磁频谱的可见光辐射部分很狭窄，范围在400和700纳米之间。眼睛对该可视辐射的敏感度能使我们看清世界。从职业卫生角度来说，我们关心的是视觉舒适度的主观感受，和以数量和质量来描述的良好照明。

数量-照明的任务量，以lux为单位。照明必须充足，使工人能顺利工作。

质量-照明的适宜性，例如一个视觉环境中的亮度分布、光色、方向、扩散性和眩光度。

最不理想的照明类型就是在房间中间悬挂一个灯泡。降低对比度和提高可视度会改善天花板附近的光源。

一般情况下，为了完成每个可视任务，必须保证到达每个单位面积物体的光的最低数量，这主要取决于工作性质。光线太少会导致眼睛疲劳和头痛，太多则会导致眩光。推荐的照明值见美国采暖通风工程师协会（ASHRAE）制定的英国《建筑机构工程师协会准则》（《CIBSE准则》）。

在工厂和办公室的不同区域，照明可分为三类：

- 局部照明
- 局部化照明
- 一般照明

研究表明，如果任务照度为周围三倍左右，而周围照度为总体车间的三倍左右时，就属于良好的照明条件。良好的照明对劳动力及其生产力能产生积极的心理效应。

16.4.2 照明评价

最常用的照明测量仪是一种光电测光表（通常称为 Lux 计）。它的原理是，当光投射在光电池

上时，辐射能转化为电能，这种经校准的测量仪就会以 Lux 为单位记录产生的电流。仪器有一个内置过滤器，当测量日光、水银灯或荧光灯时能自动应用必要的校正因数，而且其“色彩校正”功能使其适应人眼。获得的定量结果应根据 CIBSE 或 ASHRAE 建议的标准或其它适当的指导标准评估。

16.4.3 眩光

光可以被定义视野内为任何光亮，该特性会导致不适、烦恼、视觉干扰或眼部疲劳。三种类型的眩光可能单独或组合存在。

不刺眼的眩光会影响看清楚物体的能力，例如远光车灯或潮湿表面反射的阳光。

令人不适的眩光会随时光推移令人更加不舒服，如可视场景的一部分（白天的窗口，夜晚的灯光）可能与背景比起来过于明亮。

反射眩光可在光亮或抛光表面看到，它对明亮的光、装置或窗口的影像的反射多少有些扭曲。这令人烦恼，甚至使人无法做事，因为这种情况下人们很难看清或根本看不清眩光后面的物体。

16.4.4 良好照明

对于充足数量和适当质量的照明设计的一般准则是：

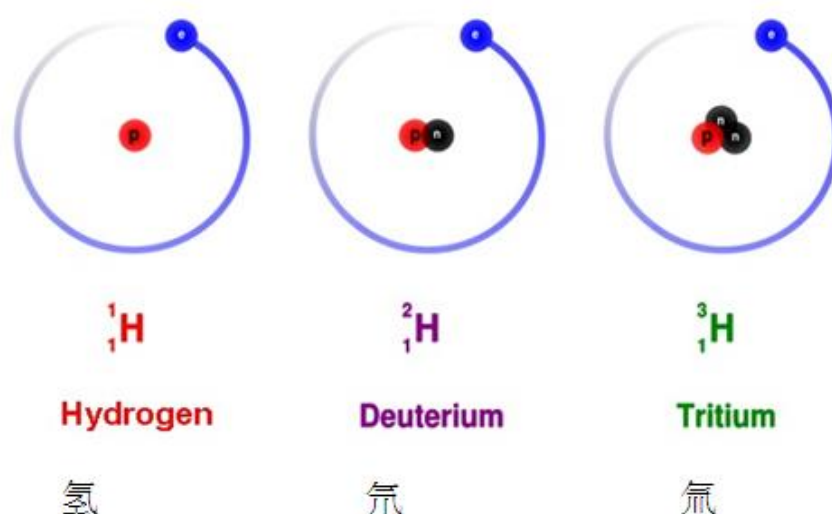
- 在任何建筑物或场所的设计阶段就考虑照明问题
- 根据公认的指南，例如CIBSE准则来设计充分的照明水平。
- 整合天然光和人工光
- 避免眩光
- 减少闪烁
- 确保玻璃表面和光装置各到充分维护

17 电离辐射

17.1 性质

通过假设所有的原子都是由三个基本粒子组成，我们能解释许多原子标度现象，即电子、质子和中子。最简单的原子组合是由一个电子和一个质子-氢原子-组成。一般情况下，多个带负电电子在指定轨道上围绕中心核旋转，该中心核由相同数量的带正电电子和一些中子构成。中子不携带电荷。由于电荷在量级上相等，符号相反，因此相同数量的电子和质子确保了完整原子的电荷中性。

下面图表说明了氢原子的三种变体，其中包括不同数量的中子。这些变体叫同位素。



来源：根据Dirk Hünigier改编，[知识共享“署名-相同方式共享”许可协议3.0授权](#)

图17.1 – 氢同位素

电离辐射是指粒子或电磁辐射有足够的能量来直接影响原子，即电离原子，当其与物质相互作用时，创建带电粒子，或离子。电离辐射分五种类型，即 α 、 β 、中子 (n)、 γ 射线和 X 射线。前三个是粒子，后两个是属于电磁辐射。详见下表。

类型	符号	性质	电荷	相对质量	在空气中范围	渗透性
阿尔法	α	微粒 (氦原子核)	++	4	0.4 - 2 厘米	无
贝塔	β	微粒 (电子)	-	1/1800	5-20 厘米	略微
中子	n	微粒 (中子)	0	1	长	高
伽马射线	γ	电磁	0	0	极长	高
X射线	X	电磁	0	0	极长	高

17.2 放射性核

电离辐射由不稳定衰减原子核随能量释放发射，被称为放射性核素（放射性核素）。

放射性核素通过衰减失去放射性。衰减在性质上属于统计学范畴，也就是说，当特定原子解体时，它是不可预测的，但我们知道特定时间内一定比例的放射性会消失。这种衰变率的特点是一个每个放射性核素独有的特定半衰期，而且是不可改变的。半衰期是一个放射性核素的一半放射性会消失的时间，一般表达为 $T_{1/2}$ 。



表示放射性物质的三叶形符号。

17.2.1 电离辐射单位

测量辐射的单位很复杂。大多数国家采用国际单位制（简称SI，来源于法国国际单位制）来表示电离辐射的单位，该单位是现代公制形式。但是美国为了某些监管目的仍沿用旧的体系。下面简要介绍一下这两种方法，仅供参考：

活动（贝克勒尔）

放射性物质的放射性SI单位是贝克勒尔（Bq），其中1贝克勒尔=1次裂变/秒。

传统放射性单位是居里（Ci），其中1居里= 3.7×10^{10} 裂变/秒。

吸收剂量（灰色）

这是一个通过每个单位质量的材料的电离辐射向物质释放的能量的测量值。吸收剂量单位是戈瑞（Gy），相当于1焦耳/公斤的能量吸收。

传统吸收剂量单位是弧度，其中1戈瑞= 100拉德。

剂量当量（西韦特）

等量吸收剂量可能无法一直产生任何等效生物效应风险。一个特定吸收剂量的相对生物效应可能受辐射类型或辐射条件影响。因此，等效剂量可以表示为：

剂量当量（西韦特）=吸收剂量（戈瑞）×修正因数。

修正因数取决于辐射质量（对于低能量辐射，因数为1，但对于高能量分裂碎片，升至20）和受影响的部位。

传统单元是雷姆，1 西韦特= 100 雷姆。

17.3 外部和内部辐射

在讨论电离辐射暴露对健康的风险和任何危害控制措施时，必须区分外部和内部辐射。

外部辐射危害是具有足以能穿透皮肤外层的能量的外部辐射源。下面简要介绍一下暴露影响、监控原则和类型，具体如下：

外部照射影响基本如下：

α 最小风险

β 处于风险中的皮肤和眼睛

γ 全身风险（穿透辐射）

当人体被一种放射性同位素污染，就会出现内部辐射危害。体内存在放射性物质往往比暴露于外部辐射更为严重，因为放射性物质：

◆与身体组织和器官亲密接触（记住平方反比律）。

◆无法消除或屏蔽（人体辐射168小时/周）。

可通过吸入、摄食或皮肤吸收进入人体，在这种情况下，暴露影响属于：

α 非常严重的危险

β 严重危害

γ 一般不适用

17.4 辐射程度

我们都暴露于天然的和那些工作中碰到的辐射源的辐射。美国洛斯阿拉莫斯国家实验室提供了一个在线工具，它可以计算出你的年辐射剂量，参见：<http://newnet.lanl.gov/info/dosecalc.asp>（2010年2月）。工具涉及到：

- 随海拔高度增加而增加的宇宙辐射
- 家庭装修材料
- 乘飞机的时间
- 吸烟
- 医用X射线
- 其它生活方式因素。

17.5 电离辐射的生物学效应

活体组织电离辐射暴露会损伤组成细胞。此类辐射损伤可能对人类有用（例如在癌症治疗中，受到严格控制的条件下），但大多数情况下，应尽量避免。可能产生的影响见下表。

急性效应	慢性效应
红斑 血液变化 不育 死亡	癌症 遗传性缺陷

任何形式的电离辐射都会对被辐射组织产生同样的损伤。但是产品组织反应的效率随着辐射路径中电离强度不同而有所变化。与能导致更多漫射电离的电磁波辐射，例如伽马射线或X射线相比，会产生密集离子路径的微粒辐射，例如 α 粒子或中子对单位能量的损伤更大。

自从宇宙射线撞击地球所有表面，自然地产生无处不在的放射性元素以来，就必然存在一个对“背景”辐射的特定最小暴露值。在一些地区，放射性氡气在花岗岩等基岩中自然发生。这些气体能使井下工人处于暴露中，而且还能在建筑物地下室积累，因此这些地方尤其要注意通风。

由于放射性材料在工业中的使用和电离辐射在医学和工业中的应用，一些群体暴露在更高的辐射水平下。

17.6 辐射应用

工业

- 测量-辐射（ α ， β ， γ ，中子）可用于测量厚度、密度和水分含量。
- 工业射线照相-检查焊缝完整性（ γ ， χ ）。
- 实验室分析技术-X射线衍射和荧光。
- 追踪剂-放射性核素用于产量测定、磨损试验，以及水和油气储层研究。

医学

- X射线诊断
- 医学成像-放射性核素有时用作标记。
- 癌症治疗-用放射性核素来摧毁肿瘤。

17.7 辐射测量

有许多方式能用来测量各种物体的辐射水平。

辐射：盖革计数器和闪烁计数器可用于测量从特定的辐射源的辐射水平。该设备通常根据被测辐射类型而设计。

辐射剂量：各种设备可用来测量个人剂量。这对区分内部剂量（人体通过呼吸等途径吸收）和外部辐射剂量（仅仅因为处于有辐射存在的环境而吸收）非常重要。

外部剂量可以使用各种放射量测定器来测量。离子室放射量测定器外形像一支钢笔，可夹在衣服上。胶片式放射量测定器将一张照相胶片放入封套，然后将其暴露在穿透性的辐射中。

内部剂量测量涉及使用取样泵收集被测量的放射性物质。

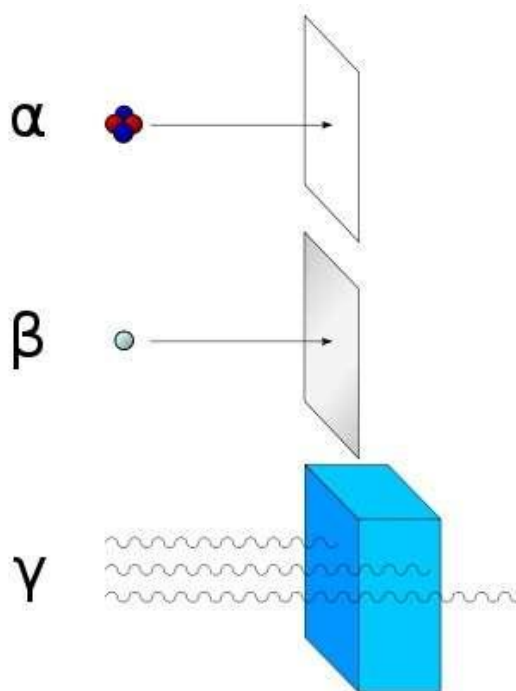
17.8 辐射防护

辐射暴露控制可分为4个重要方法。在实践中，人们经常同时使用所有这些方法。

时间：限制或最大限度地减少辐射暴露时间，从而减少吸收剂量。

距离：辐射强度按照平方反比律，随距离增加急剧下降。此外空气也能衰减 α 和 β 辐射。

屏蔽： α 粒子完全可以被一张纸屏蔽， β 粒子可被铝屏蔽。 γ 射线辐射只能通过更坚固的屏障减少。铅、混凝土或水组成的屏障能有效阻挡 γ 射线和中子等高能粒子。一些放射性材料可在水下存储和处理，或利用加厚混凝土或含铅衬板建造的远程控制室存储和处理。



来源：维基共享资源，知识共享“署名-相同方式共享”许可协议3.0授权

图17.2 – 屏蔽效果

遏制：放射性材料可在密封源中使用，以防止扩散。为了限制放射性材料释放范围，可使用很小的工作空间，在隔离区和控制采取通风措施。

在许多国家，放射防护工作由拥有经过认可的技能和资格的专家进行。例如在英国，卫生和安全署规定了“辐射防护顾问”的资质要求。

17.9 卫生监测

由于辐射性质，接触辐射的工作人员一般要接受各种卫生监测，包括生物监测。控制区员工通常需要：

- 填写问卷
- 接受血液测试
- 接受尿液检查
- 接受血压检查
- 接受身高和体重检查
- 参与关于健康的一般性讨论。

18 人体工程学介绍

18.1 介绍

人机工程学是关于人与机器运行和工作环境的相互作用的一门学科，其目的是最大限度地提高工作绩效，减少身体不适、情绪不满和肌肉骨骼损伤的风险。

简单地说，人体工程学就是使工作适合工作的人。如果匹配不当，最好的办法是重新设计工作任务，使任务更适合人类特性。试图改变员工特性（例如改善选拔和培训工作）并不是一个好办法；

如果要实现好的业绩，显然要对技术因素、组织因素和人的因素之间进行良好匹配。如果这些因素能够保持平衡，就会提高生产力，获得竞争优势，同时产生健康和安全效益。

人机工程学的范围很广泛。人体工程学在一些常见的活动中非常重要：

- 货物的人工装卸；
- 涉及重复性动作的任务；
- 显示屏设备的使用，例如计算机工作。

下文将更加详细地讨论人机工程学的应用。另外还要说一下，人体工程学与人为失误的研究密切相关。当一个人应付超出能力范围的任务或情况时，就容易出现失误。用语含糊的人机界面，培训和能力的不足，以及压力和疲劳等心理因素都会导致失误。失误可能导致事故、疾病和生产力损失。因此在美国，人体工程学经常被称为“人的因素”，相比前者来说，后者的含义更加广泛。我们将在下面的章节中进一步讨论人类失误、行为和工作组织。

人体工程学研究是一个多学科研究领域，它涉及生物力学、生理学、解剖学、心理学、物理学、安全和工程。它以事实为基础，以解决方案为导向，应充分体现在企业的管理过程。

18.2 工作场所风险评估

人体工程学因素评估的出发点是工作场所评估。评估应解决以下问题：

- 硬件，例如机器控制的设计和布局，易于维护性和机械安全性（保护和连锁等）
- 软件，例如标准操作程序和说明书、手册和计算机程序
- 视觉空间，例如任务/展示设计、展示布局、信息量和符号的使用。
- 组织，例如工作方法、工作内容（任务多样性和人员控制程度）、工作速度、满意度、沟通、报告、监控系统、管理冲突等。

- 物理空间，例如进入、间隙、座位、工作位置、影响范围、存储安排、后勤等。
- 物理环境，例如温度、噪声、振动、照明、对健康构成危害的物质等。
- 个体特征，例如体型（通过测量）、力量、耐力、技能、培训、动机、态度等。

为了进行详细评估，可能要求助于人体工程学专家。专家们已经研究出一些人体工程学测量方法，而且他们还会使用体力工作预测模型。一般来说，将完成工作的动作记录下来进行分析是一个很好的办法。

18.3 人工搬运

人工搬运指用手或身体的力量来运输或支撑重物（包括拿起、放下、推、拉、携带或移动）。

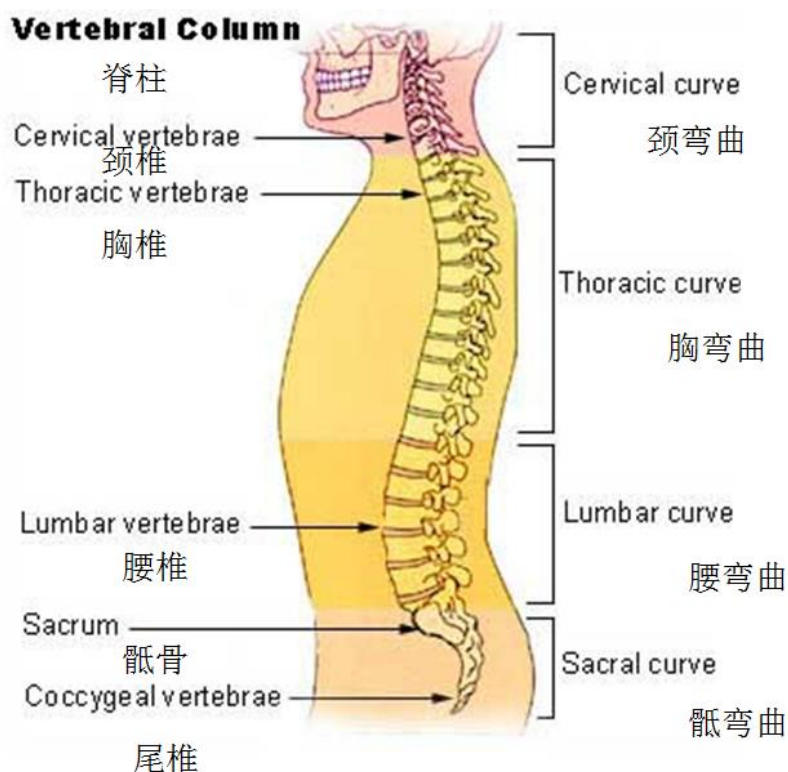
较高比例的事故和数量庞大的健康不良人群与人工搬运有关。大多数人工搬运事故属于扭伤或拉伤，尤其是后者。这些肌肉骨骼疾病由不正确使用和/或伸展身体造成。不良姿势和大量重复性动作是发病的重要因素。其它与人工搬运操作有关的受伤类型包括骨折、割伤、擦伤、截肢和烧伤。

许多人工搬运导致的伤害往往是日积月累的，而不是由于任何一次操作引起。人们往往无法充分恢复，常常导致身体损害或终生残疾。在这种情况下，个体和雇主都要付出不可估量的代价。所以我们的工作预防策略必须是预防性的，而不是反应性的。

18.3.1 背部

脊柱是卓越工程管理的一个重要而复杂的案例。它不仅是身体的中央支持系统和脊髓保护部位，而且对于行走和其它许多身体动作极为重要。但是，像其它任何工程结构一样，一旦超出负荷或滥用，无论是突然的动态过载，还是重复性过载或不按设计参数操作，它就无法作出良好反应。

人类脊柱由 24 块椎骨组成，其中 5 个融合节段形成骶骨，3-5 个融合或局部活动节段形成退化的尾骨。可活动节段之间有 23 块软骨椎间盘，发挥可靠的减震作用。与垂直排列相比，脊柱的弯曲排列使其能多吸收 100 倍的冲击。



来源：美国联邦政府，来自维基共享资源

图18.1 – 背部

椎间盘中含有液体，具有有效的减震功能，但长期压迫会挤压流体，使间盘变形，降低灵活性和弹性。一个健康年轻人的椎间盘的断裂应力为800公斤，椎骨更强一些，老年人会减少到450公斤。

作为重复性应力或突然创伤应力的一个后果，中央液体细胞可能会进入纤维软骨裂缝，最终会向下对邻近神经造成压迫，使患者痛苦不堪。与普遍的看法不同，椎间盘不会滑动！一旦这种情况出现，只能让患者休息，服用止痛药和接受物理治疗。不能随便做手术，因为很难从前部接近脊柱，而且这里结构非常复杂敏感，以至任何从后部进行的修复都受到限制。

一旦背部受到损伤，人们往往几周，甚至几个月无法工作，而且这种损伤容易复发。应为工人制定“回归工作”计划，鼓励他们迅速康复，避免终身残疾。

18.3.2 人工搬运评估

取决于活动的复杂性，评估可能最好由那些最熟悉业务的监理和操作人员等，或健康和安全、职业卫生或人体工程学领域的专家进行，或由一个团队完成。

评估应考虑全部操作过程。它应解决4个关键因素：

- 任务；

- 负荷；
- 工作环境；
- 个人能力。



来源：Steve Bailey

图18.2 – 人工搬运中抬物和转身导致的风险

以下步骤可用来简单评估：

- 操作是否有必要？能否避免？
- 考虑负载物的外形、尺寸、重量和有关特殊难度。
- 怎么处理？
- 从哪里搬来，搬到哪里去，怎么搬运？重复性弯腰转身会增加风险，而抬升也会拉伸手臂。
- 是否工作环境能增加受伤风险？
- 地板是否太滑，高低不平？
- 环境是否拥挤，过热或很糟糕？
- 是否任务和工作场所适合个人？简单地说，这可能只涉及凳子和操作台的高度、滑板输送

器架的尺寸等。

- 考虑可能的补救措施，例如，可使用机械辅助工具或分解负载，或重新安排任务。

18.3.3 减少风险的办法

任何职业卫生风险有都有一个相应的控制级别。

首选的办法是尽量避免消除搬运工作。例如购买重量已经预先称好的材料，这样就避免了称重操作，或者将两个工序放在一起，避免来回搬运材料。

解决方案可能涉及改变任务的位置或高度，例如提供可调桌椅来改善坐姿。通常情况下解决方案会涉及使用搬运工具：在使用人工搬运时提高工作效率，从而降低工伤风险。例如：

- ◆ 升降机可以支持重物重量，使搬运者能自由控制其位置；
- ◆ 货车或滚筒输送机可以减少必要的水平移动负载；
- ◆ 斜道利用重力有效地移动重物；
- ◆ 吸垫和手持钩可以使搬运时物体难以抓握这个问题变得简单。

切记，采用新工作方法就能引起新风险，必须对风险进行管理，例如正确保养新设备。

在为了使工作更容易而尽了所有努力后，仍需要向工人提供关于其它风险的信息、指导和培训。

18.3.4 信息、指导和培训

信息-在合理可行的情况下，应告知人工搬运人员每个重物的准确重量，物体最重的一侧，如果重心位置不在中央的话。必须得到每个重物的重量精确的信息，并对任何负载的重心位置不集中最重的一面。这是不合理和切实可行的建议，应给予的负载的范围内被处理，以及如何处理负载的重量分布不均匀。

培训-培训知识和培训本身并不能确保安全的人工搬运，但它是一个安全可靠的操作系统的一个重要方面。一项适合的培训方案应解决如下问题：

- 如何确认有潜在威胁的载荷？
- 如何处理不熟悉的载荷？
- 良好的装卸技术，包括装卸工具的正确使用；
- 个人防护装备的正确使用；
- 有利于安全的工作环境的特点；
- 物质整洁有序的重要性；

- 影响个人能力的因素，包括身体健康。

同时应培训员工如何认识重量与形状和其它特征有关系的重物，以及在什么情况下会造成工伤。

18.4 重复性任务

重复动作的任务可能会导致肌肉、关节和肌腱疾病，即使当个人不从事繁重劳动力或过度负荷时，也不能避免。

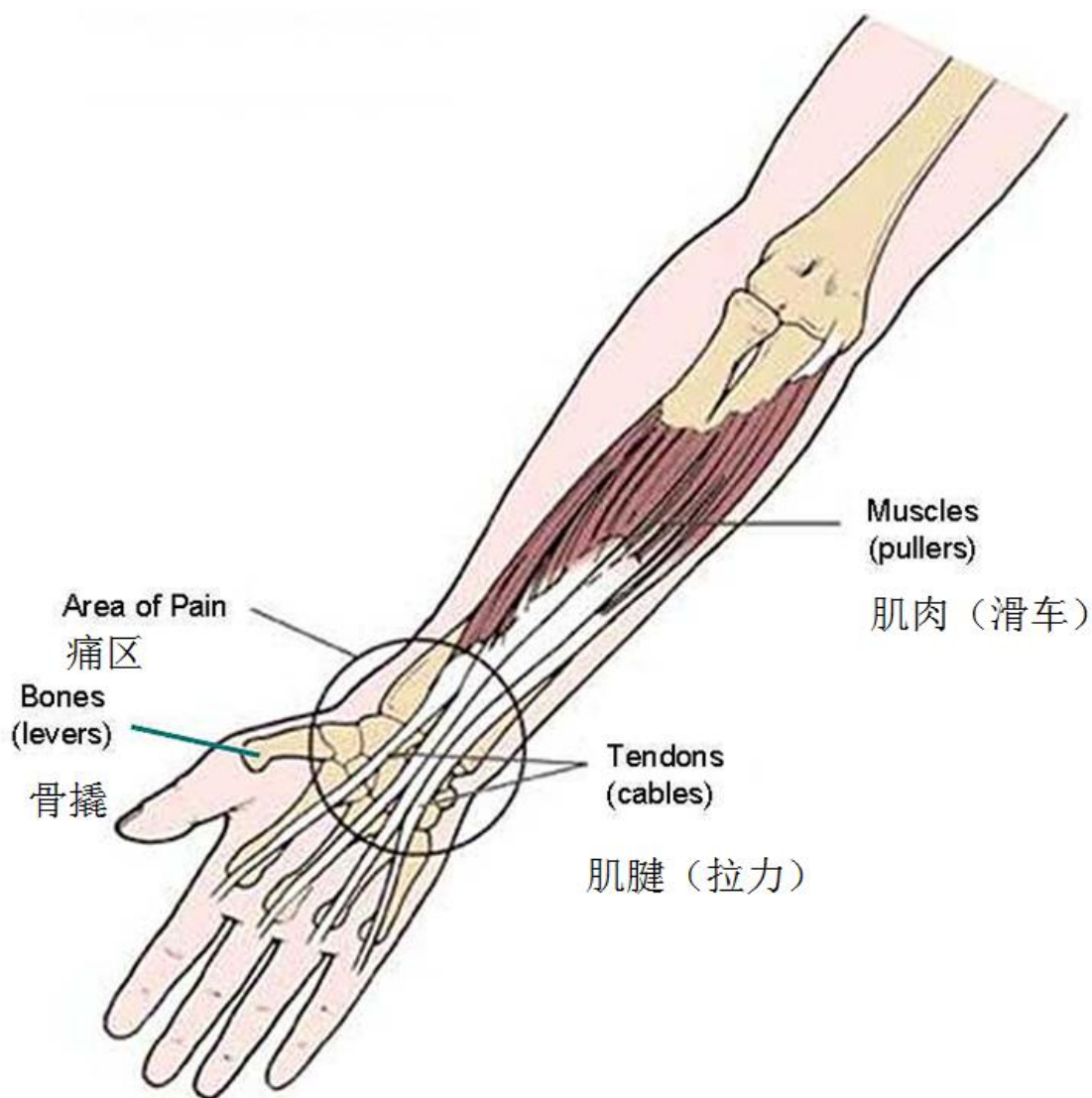


图18.3 – 手臂的推拉-固定-杠杆结构显示手腕肌腱的结构

这些令人痛苦的条件通常称为重复性劳损（RSI）或（尤其是在美国）累积创伤失调（CTD）。手臂和手部的职业条件也被称为职业性上肢功能障碍（WRULD）。

关于RSI，众所周知的例子包括“网球肘”，用于沉迷于计算机游戏导致的“游戏拇指”和长

期接触手机键盘而引起的僵硬手指。腕关节疼痛（肌腱炎）一般也与过度使用键盘有关。

症状包括受影响区域的疼痛和无力，如果继续使用的话，情况会继续恶化。然而，RSI一般很难诊断，往往没有明显的病理学症状。医生认为，RSI经常与心理因素有关、有证据表明，随着压力加重，患者的症状越来越严重。这种症状很难治疗，而且治疗往往失败。因此预防极为重要。

风险评估首先需要经常地或深入地识别任务的职业风险。重复性的装配线工作通常存在职业风险，例如拧瓶盖，连接组件，以及将组件放进困难的位置。如果工作要求有力的捏握，或涉及冲击，那么风险就会增加。为了赶生产任务而产生的不适当的压力，尤其是涉及计件工资或奖金时，会使问题恶化。

在分解自动化流程，拒收一批产品，或工人被要求手工补救性操作时，风险也可能出现。

在复杂情况下，生物工程学家可测量操作所需频率和力量，并预测必要的风险水平。

干预通过按以下顺序进行：

- 避免暴露于潜在的人体工程学风险。
- 降低自动化常规任务的风险，或接触电动螺丝刀等工具。
- 介绍安全的工作程序，例如定期休养和限制工作时间。提供有关风险的信息和安全工作规程方面的指导和培训。

18.5 显示屏设备（DSE）

实验室、工厂、办公室和SOHO中许多类型的计算机化设备都配有显示屏和各种数据输入装置，例如键盘和鼠标。这些装置在人体工程学方面产生几类风险，从而引出全面解决人体工程学问题的需求。

18.5.1 DSE 的潜在影响

■姿势问题（上肢疼痛和不适）

包括手臂，手和肩膀的疲劳或酸痛，慢性软组织结构紊乱，诸如腕管综合症——手指弯曲肌腱周围的腱鞘出现问题。

个人风险因素（例如按键速度）对任何疾病出现的影响尚不明确，这可能涉及各种因素。背部、颈部和头部长保护一个姿势会引起肌肉骨骼问题。手和手腕的不当放置，例如不良操作技术或不适当的工作高度也可能属于影响因素。在键盘操作人员中，软组织疾病的爆发往往与较高工作负荷有关，尤其加上严格的交工期限。显示屏工作风险因素要求采取降低风险的策略，包括

适当的设备、家具、培训、工作设计和工作计划。

■视力问题（眼睛和视力影响）

就像其它要求用眼的任务一样，DSE工作本身不会引起眼睛损伤，也不会恶化原有问题，但它可能，使原本就有视力问题的用户更加意识到这些问题，而且一些用户可能会产生暂时性视觉疲劳，导致一系列症状，如视力受损、红眼或疼痛、头痛或行为异常（例如，姿势改变）。这些症状的原因可能包括长时间保持相同位置和注意力、显示屏设备部署不当、显示屏或源文件可读性差、照明条件恶劣（包括眩光和反射），屏幕图像飘动、闪烁或抖动。

和其它情况相比，未矫正的视力缺陷使显示屏工作更令人疲惫或更有压力。

■疲劳和压力

显示屏用户所描述的诸多症状反映了用户任务所带来的压力。虽然疲劳和压力可能仅次于上肢或视力问题，但是，疲劳和压力由工作设计不佳、工作组织不佳、用户无法控制工作、技能不熟练、高速重复工作或社会隔离导致的可能性较高。

18.6 评估

■DSE 使用者的识别

第一步是编制一份涉及 DSE 的员工名单，连同他们的任务和每天使用 DSE 的时间。这些员工习惯将 DSE 作为其正常工作的一个重要组成部分，因此应被归类为“用户”。

■评估

第二步是评估用户的工作台，评估中必须考虑硬件、环境、因素和个人使用的特定设备。评估者必须寻求用户意见。

简单的检查表或工作表有助于推进评估，识别补救措施，在评估完成后应成为书面记录。

18.7 工作台的基本要求

典型的办公室工作站应具备以下特点(见图)。

- 屏幕亮度和对比度可调，这样使用者就能确保眼睛的舒适度，有助于避免眼部疲劳问题。
- 座位应稳定可调，座椅靠背的高度和倾斜度也应是可调的。一个设计合理，正确调节的座椅有助于培养良好坐姿，避免姿势导致的疲劳。
- 一般来说，键盘应是可倾斜的，与屏幕分离。
- 这样用户就能找一个舒适的打字位置，避免手臂和手掌疲劳。

- 工作台表面应是宽敞的，设备可灵活安排。这样员工就能采取合适的工作位置，有助于预防坐姿和视觉方面的疲劳。
- 文件架的放置应是稳定可调的。一个稳定的，位置合理的文件架能在最大程度上避免不舒服的头部和眼部运动。



来源：美国政府，来自维基共享资源

图18.4 – 办公室工作台正确安排

18.8 管理控制

■ 活动中的休息或变化

应通过任务变更或休息来打破用户的日常例行工作。在大多数任务中，工作设计本来就包括自然休息或中断。显示屏工作设计应尽可能包括多种屏幕或非屏幕工作，以缓解疲劳，不时改变视觉和精神上的需求。

休息应短暂而频繁，例如每小时休息5分钟，很少休息或一次就休息很长时间都不合理。一些

研究人员还提倡一种“微停顿”技术，即每5-10分钟休息10–20秒，这样操作人员可迅速伸展一下身体，向远处眺望一下。

■眼睛或视力检测

在一些国家DSE用户或作为“准用户”的员工可提出要求，请雇主出资提供眼部或视力测试。测试应由医生或验光师进行。

■信息和培训

一旦用户意识到风险，并知道怎么预防此类风险的话，他们也可以想办法使工作台适合自己的需要。

19 行为和文化

19.1 职业卫生中的行为影响

职工行为对接触工作场所的危险因素有着重要的影响，例如接触危险物质可导致：

- 使用污染工具（例如把手被污染的油漆刷）或用手抹化学腻子；
- 使用已污染的个人防护装备（个人防护装备）。在使用或搬运设备时导致污染物转移；
- 管理不善、工作不整洁、完工后清洁不当。
- 未能在需要的时候适当使用个人防护装备，例如在工作中脱下或不正确地穿戴；
- 行为不卫生，诸如未能在就餐前脱下防护服、清洁双手。

此类例子在职业卫生领域内很常见。我们经常遇到尽管和其它工人工作条件相同，但暴露程度更高的“邋遢工人”。

行为问题还包括：

- 未能打开通风系统或将活动风罩放在正确位置；
- 未能谨慎处理材料，从而产生更多空气传播蒸气或粉尘；
- 站在暴露源的顺风位置，而不是对面。

首先提供良好的工程控制，然后制定良好的操作程序，并对工作人员进行培训，这样就会尽量减少行为对暴露产生的影响。然而，不当行为仍会导致高风险情形。因此我们应通过有效类比来建立事故预防机制。“奶酪模型”（见 Reason J.的《管理组织事故》，1997，Ashgate）表明事故防御分多个层次，但仍不完善，如下所示。当所有防御屏障同时故障时，事故就会发生。

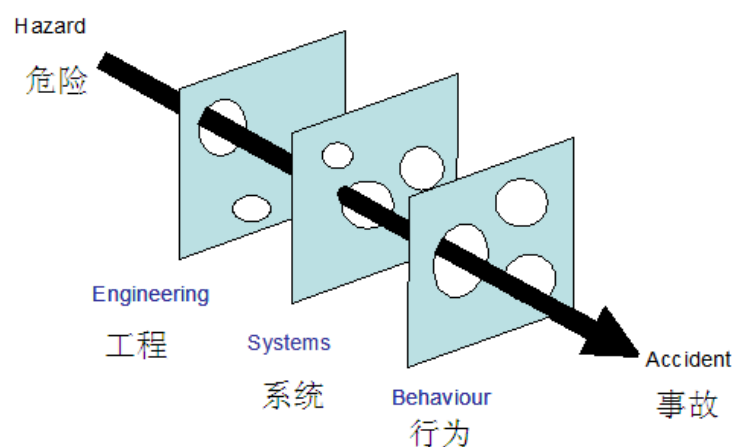


图19.1 – 事故预防的“奶酪”模型

如果出现这种情况，我们会发现：

- 一套由于缺少保养而无法满负荷运行的萃取系统；
- 一个不属于正规安全操作流程的非标准任务；和
- 一个不喜欢使用个人防护装备的工人。

采取任何一两项措施就足以控制暴露，但是如果这几项措施都没采取，就可能发生过度暴露。

19.2 动机和行为矫正

为了改变行为，必须理解和解决那些对我们的行为产生影响的因素。近年来，越来越多企业采用行为矫正方法来实现安全生产，这方面的教训基本与职业卫生有关。对活动涉及人员的行为进行分析和矫正被证明是减少事故和避免职业暴露的有效途径。

行为可以简单地根据“前因-行为-后果”（A—B—C）模型模型来理解（参看Daniels A C的《培养最好的习惯》，1999年，第2版，McGraw-Hill）。

■前因创造行为的初始动机。这些原因可能包括经理的指示，以及职业健康和安全部门的宣传或宣传活动。如何接收这些信息取决于其它原因，包括工人过去对类似信息的经验，习惯的工作方式和同一时间，同一地点的其它活动。“前因”为“后果”创造条件。

■行为是可以观察到的行动。与态度或意图不同，行为可以被观察和量化，是客观的。

■后果是采取行为后发生的事情。工人可能会注意到自己行为的后果。例如他们可能发现如果工作场所干净整洁，工作起来更容易，或者发现自己很不习惯要求使用的个人防护装备。他们也可能从经理或同事那里得到积极或消极的口头反馈。正是这些后果决定了工人倾向于重复过去的行为。

前因能导致变革的开始，但只有加强后果才会保证良好行为的重复性。

一件事经常有可能互相冲突的多个后果，必须加以权衡。例如，工人可能意识到，使用呼吸器能减少对空气中石棉的暴露，这样就会在一定程度上降低将来患癌的风险。但他可能因呼吸器呼吸困难，而且视线受限，使工作更困难。一般的规律是，如果看到很快的、确定的、积极的后果，人们就会放弃那些很慢的、不确定的、负面的后果。因此不难理解为什么很多工人放弃呼吸器，选择眼前利益，相信未来的负面后果可能永远不会发生。

有效的行为矫正需要管理人员和专业保健人员找出减少消极后果的办法，强化良好行为的积极后果。人们常犯这种错误：讨论原因，然后告诉人们，你们本来不该这样。

行为干预可分为三个阶段，详见下文：

1.激励：激励对象，让对象自发想要改变自己的行为。这受多个原因影响，例如：

- 工作能力，以及对有关危害的了解。
- 是否相信暴露于特定危险的后果。
- 他们对控制措施的效果和能力的信心
- 已形成的工作方式（健康和安全文化）。

2.支持：一旦对象受到激励，需要对其提供支持，帮助其改变行为。这需要物质（定期培训和设备等）和社会（来自同事和经理）方面的支持。

3.保持：一旦行为改变，需要努力保持，确保不会旧病复发。一般来说，健康和安全专业人员关注保持较高意识，更新知识和技能等因素。然而最重要的是强化变革的积极后果。

激励、支持和保持中每一个阶段反过来也会受工作情形（工作环境）、组织和外部组织/社会的影响。

19.3 健康和安全文化

当一种行为模式在一个企业中变得普遍时，就称为“企业文化”。文化可以是一个模糊的概念-一个简单的概念就是“我们怎样做身边的事”。这个简单的定义描述了文化和行为之间的关联，提供了一个通过在可观察到的行为中收集信息来确定文化的客观方式。

文化能定义一个企业的非书面规则-事情实际上是怎样运转的，而不是事情应该怎么发生。文化反映了企业的基本态度和价值。

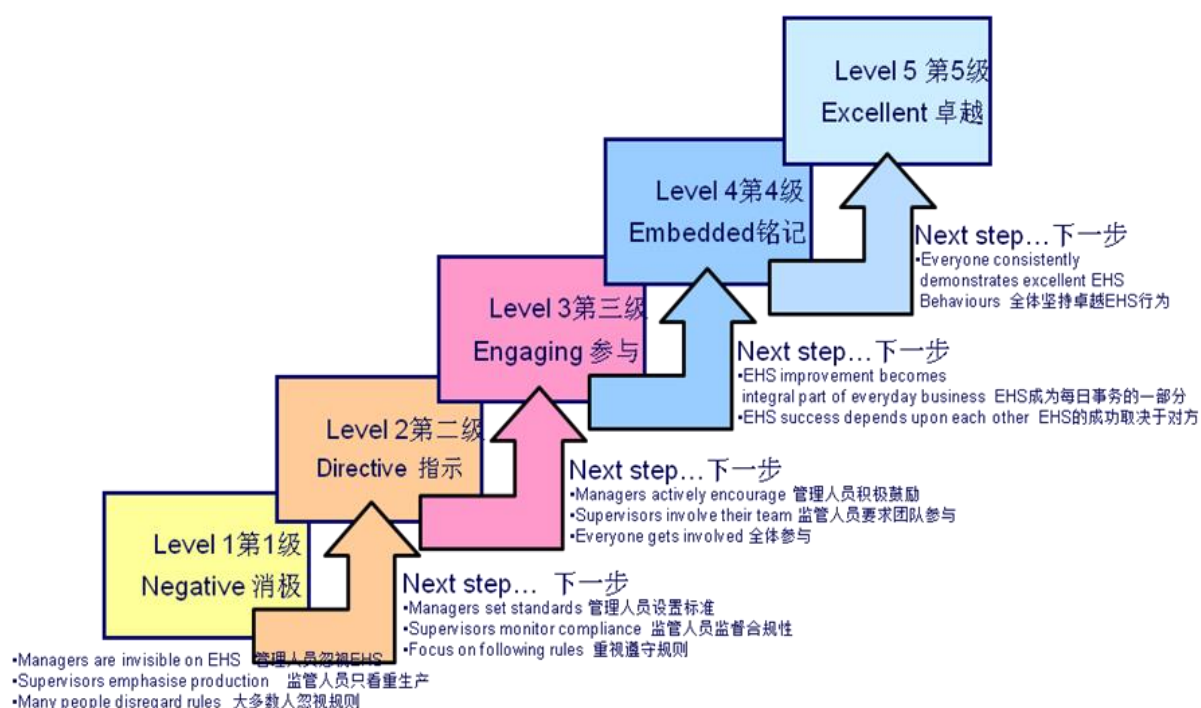
一旦一种行为深植于企业文化时，它就很难改变。鼓励一个人来改变其行为，但是他周围的人仍继续以其它方式行事，这是完全没有意义的。同事压力会使这个人很快又回归到企业文化氛围中。在这种情况下，唯一改变行为的方式就是解决文化问题。文化方面的改变是一个重大的长期项目，要求各方面的准备工作。

如果一种企业文化鼓励尽量避免事故和风险暴露的话，那么它对于健康和安全来说是积极的。例如，在一个积极的文化中，发现控制措施中任何缺陷的工人立即提出报告，使用个人防护装备，遵守安全工作流程是正常的。同样，管理人员也愿意定期观察工作场所，检查健康 and 安全性，与下属讨论健康和安全问题，并根据报告中提到的任何不足采取行动。

消极的文化的特点是恐惧和责备，从而限制们报告危险情况，妨碍改善。员工轻视规则，而管理人员则对问题视而不见。

人们已经观察到，在任何企业中执行同样的安全计划时，但计划的成功程度会有很大差异。在一些地方，计划可能会带来积极的改变，而其它地方计划可能会带来失败。怎么会这样呢？石油和天然气行为初期研究结果表明，此类安全计划成功取决于企业原有的安全文化发展水平。同一企业的不同现场，虽然看起来一样，但是人们有效发展安全文化的方式完全不同，有些现场甚至在这方面还没“准备好”。

为了促使安全文化改善计划的成功，计划需要与现场现有安全文化水平相匹配。这同时意味着最合适的安全文化改善计划必须随着安全文化水平的提高而调整。过去能帮助公司提高较低的安全文化建设水平的计划在当前并不一定能有用。



来源：GlaxoSmithKline

图19.2 – 文化成熟度阶梯图

以上健康和安全管理文化阶梯图将文化分为 5 级。每一级反映现场每个人在健康和安全管理方面的行为和参与。在 1 级，人们强调生产，漠视规则，管理人员缺位，至 5 级，所有层次的人都连续展示正确行为。每上升 1 级都需要采取许多步骤。如果企业急于求成，想从 1 级一下子达到 4 级或 5 级水平，很可能失败。

20 工作压力

近年来越来越多的认识到工作环境的社会心理学问题。与工作压力有关的问题现在被认为是健康和安全管理的一个核心问题。在许多发达国家“不健康的心理”是患职业疾病的最常见原因。

精心设计、组织和管理的工作有助于维护和促进个人的健康和福祉。但是，当始终对工作设计的重视不够时，工作组织和管理，相关的工作的好处和利益可能会丢失。一个共同的结果就是工作压力。

我们认为当各种工作要求及这些工作在一起导致的困难超过人的才能和处理能力时，就会产生工作压力。它是疾病的一个重要原因，人们已经认识到它与疾病、员工流失和其他组织业绩不佳-包括人类的错误-具有较大关系。

工作设计与管理对于预测、识别和预防压力情形具有重要作用。当然生活中许多最大的压力发生在工作场所之外，只关注工作场所存在的问题不可能转移压力。当前许多大企业都向员工提供弹性培训来帮助他们平衡工作与生活，避免产生压力。对于正在承受压力的人来说，他们需要及时诊断和治疗，以尽早康复。

20.1 压力的症状

压力具有一系列症状，可能包括；

行为改变：入睡困难，饮食习惯改变，吸烟或饮酒加重，远离朋友和家人或性生活出现问题。

身体症状：疲劳，消化不良，恶心，头痛，肌肉疼痛或心悸。

精神变化：越来越优柔寡断，注意力很难集中，记忆丧失，缺少自信或自卑。

情感变化：恼怒或生气；焦虑或麻木，敏感，或感觉精疲力尽，无精打采。

20.2 压力评估

进行调查是收集显然会成为工作场所潜在问题的与工作有关的压力的信息的最常见办法。通过它可以发现是哪些人受到这些压力的影响，以及影响情况。调查一般涉及向所有员工提问一系列问题，员工对各种因素的看法可能有助于减少压力和提高工作满意度。这些因素可能包括：

- 任务的多样性。

- 有能力平衡工作要求。
- 持续发展技能。
- 职责和权限。
- 参与开发工作进展。
- 参与规划和解决问题。
- 最后期限（时限压力）。
- 与同事之间的社交支持和互动。
- 整个过程中的透明度。
- 积极的工作环境。
- 身体移动的自由。
- 控制计划（步伐）。
- 工作方法的选择
- 对产量和品质的影响。
- 周期长度。
- 行动的自由度。
- 团队工作的组织。

英国健康安全署提供了此类调查工具的一个范例和一个用来分析结果的电子数据表工具。参看：<http://www.hse.gov.uk/stress/standards/step2/surveys.htm> (2010年2月)。

20.3 压力管理

企业中良好的心理学因素管理有助于宣传安全操作的好处，避免与工作有关的压力。它涉及在整个企业中推广工作实践和文化，包括以下方面：

需要-包括工作量、工作模式和工作环境。

- 对于规定的工作时间来说，需求应是适当的，现实的。
- 规定的工作要求应在员工能力范围之内。
- 对员工的技能要求必须与工作要求相匹配。
- 应解决员工关于工作环境的忧虑

控制-人们对自己怎样工作有多少发言权

- 员工尽量对自己的工作步骤有一些控制权。
- 员工对休息时间也应有发言权。
- 在确定工作模式时征求员工意见。

- 鼓励员工在工作中发挥才能和积极性。
- 鼓励员工发挥才能，承担具有挑战性的新任务。

支持-包括企业提供的鼓励、赞助和资源、生产线管理和同事。

- 企业应制定制度和流程来支持员工。
- 体系应以适当的方式促使和鼓励管理人员对员工进行支持。
- 体系应以适当的方式来促使和鼓励员工支持他们的同事。
- 员工应知道能得到哪些支持，何时寻求这些支持。
- 员工应知道怎样怎样获得必要资源来完成工作。
- 员工应获得对其工作的建设性的定期反馈。
- 员工应得到所需的健康建议和忠告。

关系-包括促进积极工作，避免冲突，处理不良行为。

- 公司应发扬工作中的积极行为，避免冲突，确保公平。
- 员工应分享与工作有关的信息。
- 公司应对制度和流程达成一致意见，预防和解决不良行为。
- 体系应以适当的方式来促使和鼓励管理人员处理不良行为。
- 体系应以适当的方式来促使和鼓励员工上报不良行为。

角色-人们是否理解他们在企业内部的角色，企业是否能确保他们的角色没有冲突。

- 企业应尽量确保他们对员工的要求是一致的。
- 企业应提供信息，让员工理解他们的角色和责任。
- 体系应以适当的方式使员工进一步关注其角色与责任中任何不确定性或冲突。

变革-怎样管理企业变革（大规模或小规模），怎样在企业内部推广变革。

- 企业应向员工提供及时的信息，使其理解提议的变革。
- 企业应确保与适当数量的员工商议变革的问题，使其有机会对提案产生影响。
- 员工应了解变革时间表，并在变革期间得到有关支持。

21 职业卫生职业

21.1 职业卫生实践

根据以下情况，职业卫生服务具有各种各样的方式：

- 用工企业的规模和资源
- 对专家意见的需求
- 外部援助的可用性

涉及剧毒材料的大公司可能雇佣一个或多个全职卫生师。但是一些小公司或职业健康风险较小的公司可能只在必要时才聘请这方面的顾问。

一些国家通过全球职业健康组织提供全国性职业卫生服务。其它地区也要求雇主雇佣专业卫生师或获得职业健康服务。但是仍有一些国家在这方面没有法规要求。

在本节我们会对各种卫生服务的作用和特点进行介绍。

21.1.1 内部服务

一般来说，不超过1000名员工的企业没有必要雇佣全职职业环境卫生师。通过一名提供咨询服务的安全监理或职业医务人员就能确保基本的卫生服务。但是如果公司有很严重的职业卫生问题，就不存在这个限制了，例如在涉及铅的行业。但是本文主要涉及化工、医药、金属冶炼。石油天然气和电子等领域的大型多文化公司。一些卫生机构和行政机构也提供这方面的内部服务。

此类服务部门可设一名卫生师或多名具有不同经验和资历的卫生师。这些人应根据企业特殊要求深入开发职业卫生方面的专门知识，每个人都有机会出版研究论文。但知识范围应与公司业务相符。

企业内部职业卫生方面的职能包括：

*助理卫生师或卫生技术人员。*拥有一定学历，从英国普通中等教育证书（或美国高中文凭）到大学以上学历，而且经过职业卫生监测技术的专门培训（通常是在职培训）。此类职务可从职工实验室的技术人员或药剂师中选拔，或由其兼任。

其职责包括：

- 利用标准技术测量工人暴露情况。
- 校准和维护取样设备。
- 对收集到的样本进行实验室分析。

- 测试通风系统等控制措施。

通常由一名资格较老的卫生师监督这些职责的行使。但此类人员必须机智、具有敏锐观察力、能与外界有效沟通，适应不断变化的科技。

职业环境卫生师应做到：

- 了解工作场所、厂房、工序、材料、接触源和相关人员。
- 了解适用的法律要求。
- 善于发现潜在健康危害，以及其与疾病或不适的相关性。
- 了解公认卫生标准的起源。
- 设计适当的环境或生物采样方案。
- 选择、购买、校准和保持适当的现场设备。
- 对工厂进行调查，熟悉调查的局限性。
- 通过专业判断力，参考可靠的卫生标准来评估对健康的风险。
- 对所获数据进行统计处理。
- 存储和检索数据（如有必要）。
- 通过观察和测量来评估控制方法。
- 向管理层推荐全新或改善的控制措施。

在工作过程中，他们会与管理人员、工人、工会、医务人员、安保人员和工程人员接触。还可能要参与委员会工作、推介会和培训。对于强制执行企业和规划企业等，卫生师还要代表公司。

全职职业环境卫生师应具有本科学历，应具有较强职业献身精神以及其它所有必备要素。

在企业中，具有经过认证的职业能力和经验的高级职业环境卫生师能发挥更重要的作用。

高级卫生师利用过去积累的经验为企业制定适当的职业卫生计划，监测计划执行进度，并且采取必要的行动。职责包括：

- 制定职业卫生制度和标准。
- 审查和监测制度系统。
- 通过审查资料和工厂设计图等和问题预测评估新工艺的风险
- 职业卫生教育和培训管理和人力
- 卫生人员监管和职业发展
- 职业卫生实验室管理
- 卫生度量和计划质量保证

在本级学习中较强的沟通能力是关键。高级卫生师必须能对输入数据进行解释，并有针对性地劝说经理、工人或专家。书面或口头表达能力都很重要。

其它管理能力也很重要，例如挖掘下属工作能力和控制预算的能力。成本效率评估也是任务的关键，另外还要了解最新的立法、诉讼、毒理学和流行病学知识。

大多数高级卫生师对领域活动很积极，喜欢互相学习和分享知识。对于他们来说，委员会工作、出版物和推介会也是跟上时代和传播新知的必要途径。

随着资历增长，卫生师有可能成为决策团队的管理成员，例如职业卫生管理人员和执行卫生师。在跨国公司中，卫生师的职责涉及国际事务。基于多年经验得出判断是首要条件。这样一个卫生师将成为高级管理层所需要的信息和建议的主要来源，同时对职业卫生制度和组织内部实践实行专业控制。

21.1.2 顾问工作

大多数情况下由商业服务公司来提供咨询服务。这些顾问可能是独立的公司或与保险公司或设备制造商有关联。在任何情况下他们的经营目的是为了赢利，用收取的服务费维持运转。费用按日计算或以任务报价。

当然也有一些例外。例如一些行业协会和集团所属企业经常在非盈利基础上提供咨询服务，这些企业一般（至少部分地）利用订阅费或会员费来维持运转。

一些大学也提供咨询服务。他们可能认为这是一种使学术研究人员接触现实社会的方式，或只将其当作一个收入来源。一些独立的基金会可能会拿到补贴，从而能提供费用较低的咨询服务。

咨询公司的卫生师必须具有行业要求的技能，但是他们很少有机会深入开发此类专业能力。因此他们更希望获得关于处理不同类型问题的大量经验。总体来说，他们往往比工业中的卫生师更有能力和经验，因为咨询公司绝对不能失去客户，也没有多少机会来纠正错误。

咨询公司中卫生结构与企业类似，一般包括：

- 卫生技术人员：只局限于日常监测，通常在监督下进行，他们的工作可能只局限于一些学科，例如石棉。
- 卫生师：通常很年轻，大学毕业，工作职责是对各种有害因素进行基本调查。
- 保健顾问：至少五年实践经验，通常具有专业资质。工作职责是对各个行业 and 不同情况进行

调查、研究和报告，一般不需要监督。他们向客户提供关于控制措施和实施的建议，而且可能参与培训。

- 高级卫生师。具有多年经验，具有良好的历史记录，在领域内享有较高声望。通常参与高级管理。对复杂项目进行规划，监督下属的工作，为客户制定制度，对执行过程进行管理。通常在培训中发挥重要作用。

咨询公司的资金来源能够影响其提供的服务和采取的工作方式，例如：

- 独立基金会和大学被视为具有客观性，但可能资源有限。
- 商业公司可以提供更快响应，但服务范围有限，价格较高。

21.1.3 国家企业

由国家提供的服务可能扮演实施者或顾问的角色，或二者皆有。有时两个职能会发生冲突，例如当检查员提供建议时，但如果建议没有采纳，可能就会威胁提出公诉。国家服务企业通常被视为权威，但是如果他们同时也是执法者，就会被人怀疑其权威性。

行业内执法检查人员通常是健康和安全专家，他们提供专业保健服务，同时还要进行调查和提供建议。

卫生师也可能参与：

- 协调数据进行标准设置。
- 在全国和国际委员会服务。
- 与许多全国性科学、工业和学术企业进行联络。
- 调试或研究。
- 对各种预防和控制问题制定指导方针。
- 起草和审查立法。

在一些国家，政府企业通过普通税收获得资助。在其它一些国家，公司支付强制性税费来资助国家提供职业健康服务。除了获得税费资助外，这些企业还为特定项目收取优惠咨询费。在这些国家一般不存在私人商业咨询公司。

21.1.4 研究和教学

各个大学、学院和研究企业为卫生师提供最重要的研究机会。在这里卫生师能：

- 开展对健康危害、测量技术和控制方法的研究
- 教授本科生和研究生课程，将为医生、护士、安全官员、工程师等提供讲座作为副业

- 在企业内部和外部（作为顾问）进行职业卫生学调查。

对于其它一些大学职能来说，讲师、高级讲师和教授是常见的级别分类，这些人不一定需要具备职业职业卫生资质。

21.2 卫生师的含义

各种职业卫生服务具有不同特点，这些特点对其工作方向具有重要影响。企业的目标、管理和融资都会对其运作方式产生限制。我们从以下各个方面来说明这一点：

21.2.1 服务的提供

从理论上来说一个企业可提供各种服务，例如制度编制和审核、现场调研、实验室分析、培训和信息、研究等。在实践中，实际交付的服务取决于客户的基本要求。

21.2.2 人才

服务的质量取决于员工的才能，但今天专业职业环境卫生师和胜任的技术人员供不应求。招聘、培训、薪酬和保持能力都会对企业的地位、形象、资源和制度产生影响。

不同类型服务企业之间争夺人才有利于专业发展，但是也会损害企业工作的连续性其业务发展能力。

一些服务可能需要多学科知识，需要雇佣工程师、医生、安全人员和卫生师等。专业知识程度的开发取决于所提供的服务的范围和可获得的支持。

21.2.3 设施

提供的设施和仪器标准取决于可用资本金的数量，资金分配决策的依据和将提供的服务。

举例来说，研究企业可能会购置一些咨询公司绝对没有的专业设备。

21.2.4 质量保证

为了提供有效服务，检测和咨询质量保证至关重要。不同类型的企业有不同的方法来保证质量。有的企业的质量体系很正规，有的不然，这取决于：

- 企业的大小和状态
- 管理结构和文化
- 从业人员的素质

■提供的服务

咨询公司一般持有全球性认证企业颁发的独立质量认证证书。这些要求大量的资源来维持客户希望的质量标准，但是咨询公司必须其客户证明他们的质量，从而能够合理地收取费用。但是企业内部实验室或大学一般没有此类认证。大学的质量控制严重依赖于有关人员的情况，因此经常不太正规。

21.3 卫生师的管理者角色

对于不同的人来说，卫生师的“管理者”概念可能具有不同含义：

- 管理职业卫生计划-设计方案、规划方案执行，并进行引导和监测；
- 对保健服务进行管理——内部卫生师或外部顾问角色，负责人员、预算等；
- 作为公司管理团队成員，向生产线管理人员提供专业的保健建议，以满足业务需求。
- 基于担任卫生师时积累的能力，改变职业方向，进入一个新领域，例如市场营销或生产线管理。

所有这些都是合理的解释，但卫生师还可以在更多方面发挥管理作用。

是否成功地改善工作环境是判断卫生师的工作效率的标准。在执行职业卫生方案中，卫生师必须争取工人的合作和管理人員的全力支持，最大限度发挥其它保健人员的能力，尤其是实现目标的能力。他的工作可能涉及：

- 影响员工正确采用可用的控制措施；
- 监督其他保健人员达到最佳状态；或
- 促使管理人员做出或支持决策。

以人为本，通过这种方式得到结果一种管理科学。它要求卫生师具有专业态度、知识和技能，一般来说这些不是学来的。

有技术但没有管理能力的卫生师只能扮演专家角色，他们随时根据要求提供数据支持别人做出决策。相比之下，职业保健管理人员对公司的政策、方向和业绩产生重要影响。因此管理能力是对所有高级卫生师的核心要求。高级卫生师必须掌握以下关键技能：

- 执行和管理技能，例如设定目标、计划、监督、解决问题、决策、时间管理、授权、预算和审计；
- 人员管理技能，包括招聘面试、员工培训和开发、咨询、学科交流、团队建设、领导力和激励

励；

- 沟通能力，例如撰写报告、陈述和推介、组织会议、说服他人（或销售）和谈判。

这些技能的发挥必须有的放矢。它们必须结合企业的文件背景。工艺、当前状态和计划。卫生师尤其要熟悉以下情况：

- 企业性质（提供的产品或服务，其相对重要性和前景）；
- 组织结构、管理风格、系统和程序；
- 采用的制造方法。
- 工会的角色；以及
- 公司的财务状况和职业保健部门/职能。

大多数人不是天生的管理人才，但可以后天获得这种能力。经验是最重要的老师，卫生师应制定计划，主动获得管理经验，以利于未来职业发展。他们可以进行简单的自我发展训练，例如：

- 参加当地政府企业召开的公开会议，分析主持人如何引起辩论，哪种类型的论点更有效；
- 对充满怀疑的听众介绍一个敏感的健康话题；
- 请某人对你的时间使用进行跟踪，向你提供反馈；或
- 从一个小公司跳槽到一个大公司（或反向跳槽），体验企业文件的变化。

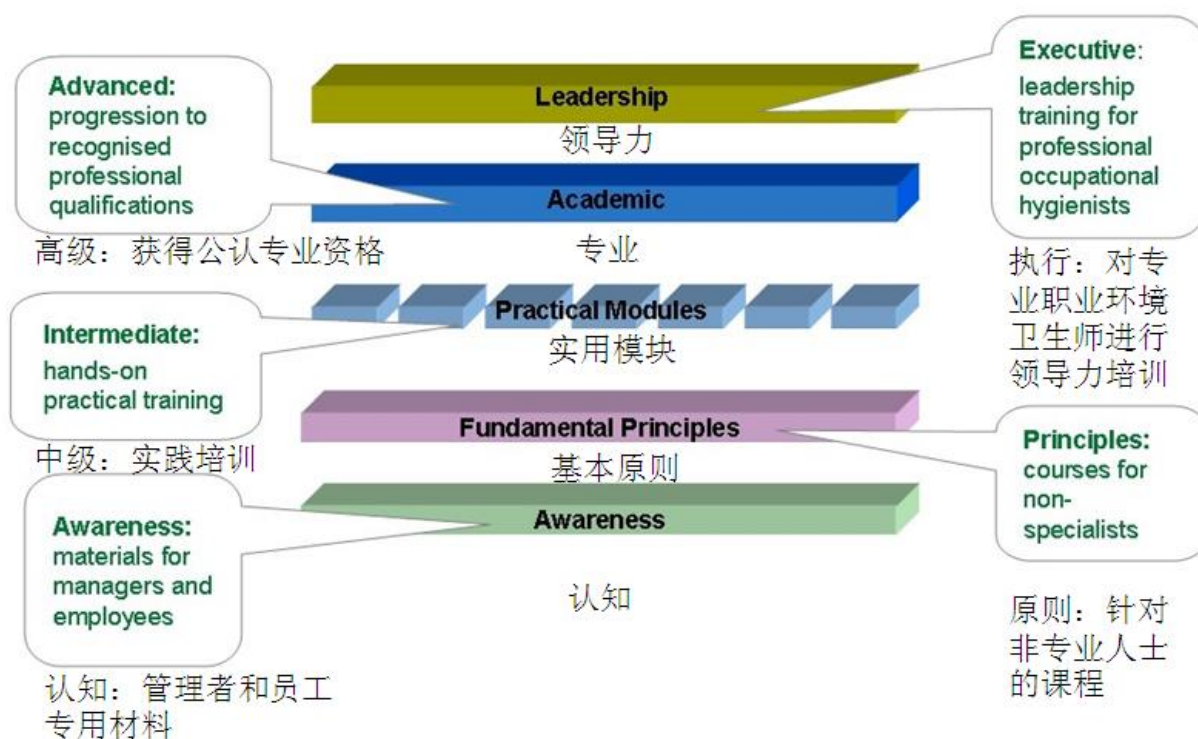
但是自我发展可能是一个痛苦而缓慢的过程。现在人们可以通过学习来获得管理技能，而且很多企业提供这种培训。卫生师应将管理技能培训作为发展计划的一部分。

另外还有一个更艰难的调整：态度的转变。传统上卫生师应是持公正态度的顾问，他们提供事实供他人决策使用。作为管理人员意味着他们还要负责解决问题。管理人员必须保持客观态度，但结果的导向性必须大于公正性。有时管理人员还得基于不完整数据做出决策，而不能将行动推迟到获得科学的证据。

为了发挥作用，卫生师必须将自己视为关注整体工作业绩的集体的一部分，从而在工作满意度、薪酬和职业保健业绩方面获得重要成果。

21.4 个人发展

职业卫生是一门提供终身学习和发展的机会的学科。它不仅涉及许多领域和技术，随着时间推移，这门学科又衍生出许多新的知识领域。目前我们的课程分为五级（参看图表）。



来源：Steve Bailey

图21.1 – 教育和培训需求

许多卫生师只在本单位负责卫生保健工作，可能并不清楚自己需要什么样的培训，以及怎样自我开发。其实卫生师有许多办法能与其同行保持联系，分享信息，互相学习。

21.4.1 加入一个组织

世界上有30个国家设有各种职业卫生组织。详见职业卫生协会（IOHA）网站

（IOHA）– 参看 www.IOHA.net（2009年9月）。

许多组织都召开各种类型的会议，使卫生师会有机会聚在一起，而且这些组织利用通讯和网站来帮助人们保持联系。一些还提供专业资质认证。IOHA 目前承认 11 个此类全国性专业认证项目。而且目前该组织正在建立一个全球性技术培训和资质认证系统，以推动国家之间在该领域的交流。

21.4.2 参与

■参与网上论坛，例如电子邮件列表"UKOH" - 参看 <http://www.mailtalk.ac.uk/ukoh>（2010年2月）。

■参加有关研讨会和推介会

■坚持阅读职业卫生杂志，例如职业卫生年报 -参看<http://annhyg.oxfordjournals.org/>（2010 年 2 月）和职业和环境卫生周刊-参看[http : //www.aiha.org/news-pubs/Pages/JOEH.aspx](http://www.aiha.org/news-pubs/Pages/JOEH.aspx)（2010 年 2

月)。

21.4.3 建立关系网络

- 找到一个你能保持联系的朋友或老师。
- 在你所在地区与一所大学、咨询或培训企业建立伙伴关系。

21.5 职业道德

保健员的主要职责是始终保护劳动力的健康和福祉。但同时对其雇主、客户（如果它是顾问的话）和一般公众负责。然后不可避免地会出现职业道德问题。例如：

- 个人职业健康数据的机密性必须得到保护，但雇主必须知道哪些员工面临风险。
- 卫生师对雇主、员工和客户的忠诚度可能与法律冲突。
- 保健员履行职责的自由可能受到限制，例如现场访问权、设备可用性、时间规定和支持人员的水平。
- 实地调查使用初级员工可能会引起对监管充分性的质疑。
- 咨询公司的广告和销售实践可能需要受职业道德约束。

各个专业机构都制定了书面《职业道德准则》，以确保专业人员能负责任地连续地处理业务。行为准则与其它专业学科，例如医学和法律一样严格。每个成员都有义务遵守准则，否则的话，可能会受到纪律处分，甚至被开除。

除了根据道德准则履行对员工的首要职责外，还有一些次要职责也要履行，例如：

对雇主/客户

- 对关于其操作和工艺的所有信息保密。
- 提出实事求是、负责任和有效的建议。

对员工

- 在健康风险方面保持客观态度。
- 获得的信息只用于为了劳动者的利益而进行职业保健。

对公众

- 对公众关注的问题保持客观态度。
- 仅对自己具有权威性的事情领域发表意见，区分公认事实和知情民意见。

对其他专业人员

- 保持最高的诚信水平和专业能力。
- 尊重其他专业人员，尽量避免冲突情形的出现。

另外，卫生师还要履行许多特殊职责：

- 如有任何可能使自己失去独立性的利益或雇佣关系，必须通知客户。
- 在同一事件中不得同时为多个客户服务。
- 不得接受任何第三方赠款或礼物。
- 不得不适当地招徕业务，例如提供经济刺激，或质疑其他顾问的能力。