

安全检测原理与技术

董文庚 刘庆洲 高增明 编著

 海洋出版社

安全检测原理与技术

董文庚 刘庆洲 高增明 编著

海军出版社

2004年·北京

内 容 摘 要

全书共八章,在简要介绍通用分析仪器原理的基础上,又较为详细地说明了作业场所空气样品的采集、空气中粉尘的测定、常见有毒有害物质的测定、工业噪声的测定、检测结果的质量控制,以及简易检测方法和现代快速检测技术等内容。该书尤其注重理论与实践的结合、与现行国家标准检测方法的结合,力求增加新方法、新技术,尽量使内容能够比较全面地反映出当前的发展水平。

本书主要作为高等学校安全工程专业的教学用书,以及预防医学和环境监测类专业的教学参考书,也可供相关的工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

安全检测原理与技术/董文庚等编著. —北京:海洋出版社,2004.1

ISBN 7-5027-6075-X

I. 安… II. 董… III. 环境监测 IV. X83

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 004204 号

责任编辑:高显刚

责任印制:严国晋

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)

北京蓝空印刷厂印刷 新华书店发行所经销

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 1 次印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:15.25

字数:340 千字 印数:1~4500 册

定价:32.00 元

海洋版图书印、装错误可随时退换

前 言

在人民生活水平达到小康水平的今天,职业安全已被普遍高度重视。“安全第一,预防为主”是我国安全生产的总方针,也是进行安全管理工作的基本出发点。安全检测的主要任务是及时、准确地为安全管理的决策提供丰富、可靠的现场安全因素信息,为采取安全技术措施,预防伤害事故的发生提供数据依据。作业场所空气中粉尘、有毒有害物质及工业噪声是工矿企业生产过程中对从业人员健康的主要危害因素,也是以职业健康为主要目的的安全检测的重要检测对象。各级安全管理人员希望高等院校培养能够从事或掌握安全检测工作的安全工程技术人才,因此安全工程专业有必要设置安全检测课程,作为本科生必须掌握的专业课程。

本书共分八章,分别为:安全检测绪论、常用分析仪器及其原理、作业场所空气样品的采集、作业场所空气中颗粒物的测定、作业场所空气中有毒有害物质的测定、空气中有毒有害物质的快速测定、作业场所噪声的检测和安全检测的质量控制。为使学生充分理解各种有毒有害物质的检测原理,第二章专门介绍了常用定量分析仪器的测定原理和基本构成,在第三、四、五、六、七章也穿插介绍了各种专用仪器的工作原理,同时对典型物质的常用检测方法及原理作了比较详细的叙述。典型物质包括颗粒物和无机、有机气态物质及液态挥发性物质,检测方法的基本原理可应用于本书未涉及到的有毒有害物质的检测。在第七章的快速检测方法中,介绍了便携式及手持式检测仪器。该类仪器使用方便、灵活、快速,检测结果也比较准确,在突发事件现场、临时特殊工作场所等需要快速检测的地点能发挥不可替代的重要作用,是今后重要的发展方向之一。第八章重点介绍检测数据的统计处理和检测结果的质量控制,方法也可用于其他检测的数据处理及质量控制。为便于复习,每章后边都附有复习思考题。

本书作者在多年从事仪器分析、环境监测、安全检测及产品检验的教学和科研实践的基础上,同时参阅大量其他院校及科研单位出版的教材、专著和论文编写完成本书。在此,对引用文献的作者致以谢意,对编写出版此书给予帮助、支持、鼓励的专家致以谢意。

本书由河北科技大学董文庚、刘庆洲和河北省产品质量监督检验院高增明共同编写完成。

由于作者水平有限,错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

作 者

2003年12月

目 次

第一章 安全检测绪论	(1)
第一节 安全检测的地位和任务	(1)
一、安全检测在安全科学中的地位及任务	(1)
二、安全检测与监控技术的内容与分类	(1)
第二节 安全监控的方法与发展趋势	(2)
第三节 安全检测的技术标准	(3)
第四节 空气的组成及其参数	(4)
一、空气的组成	(4)
二、空气温度	(5)
三、空气压力的测定	(6)
第五节 作业场所空气中有毒有害物质的来源及其危害	(8)
一、有毒有害物质的来源	(8)
二、工业毒物的毒性表示方法和毒理作用	(11)
三、空气中有毒有害物质浓度的表示方法	(12)
复习思考题	(13)
第二章 常用分析仪器及其原理	(14)
第一节 气相色谱法	(14)
一、气相色谱仪的基本构成	(14)
二、色谱流出曲线	(15)
三、色谱分离条件的选择	(15)
四、检测器	(16)
五、定量分析方法	(18)
六、一氧化碳的测定	(19)
第二节 高效液相色谱法	(19)
一、方法原理	(20)
二、仪器结构与原理	(21)
三、实验技术	(23)
四、离子色谱法	(26)
第三节 紫外可见分光光度法	(27)
一、原理	(27)
二、吸收定律	(28)

三、紫外可见分光光度计	(31)
四、测定方法	(33)
五、示差分光光度法	(34)
第四节 原子吸收光谱法	(35)
一、原子吸收分析的原理及仪器	(35)
二、定量分析方法	(37)
三、冷原子吸收法	(38)
四、氢化物发生法	(40)
第五节 荧光光度法和化学发光分析	(40)
一、紫外荧光法	(40)
二、化学发光分析法	(42)
第六节 红外气体分析器	(44)
一、红外气体分析器的原理	(44)
二、红外气体分析器的结构和类型	(45)
第七节 电位分析法	(47)
一、离子选择性电极类型	(48)
二、离子选择性电极的性能	(49)
三、离子选择性电极测定离子活度的方法	(50)
第八节 电导分析法	(51)
一、方法原理	(51)
二、电导的测量	(52)
第九节 库仑分析法	(53)
一、基本原理	(53)
二、应用实例	(53)
第十节 极谱分析法	(55)
一、直流极谱分析原理	(55)
二、示波极谱法	(56)
三、阳极溶出伏安法	(57)
复习思考题	(58)
第三章 作业场所空气样品的采集	(60)
第一节 概述	(60)
第二节 样品气体采集量和采样效率	(61)
一、最小采气量	(61)
二、采样效率及其评价	(62)
三、影响采样效率的因素	(63)
第三节 采样方法	(64)
一、直接采样法	(64)
二、富集(浓缩)采样法	(66)

第四节 采样仪器	(72)
一、采气动力	(73)
二、气体流量计及其校正	(75)
三、专用采样器	(79)
复习思考题	(81)
第四章 作业场所空气中颗粒物的测定	(82)
第一节 生产性粉尘的来源与理化性质	(82)
一、生产性粉尘来源与分类	(82)
二、粉尘的理化特性	(83)
第二节 粉尘粒度及其对人体健康的危害	(84)
一、颗粒物粒径表示方法和粒度分布	(84)
二、粉尘颗粒物的分类	(86)
三、粉尘的危害	(87)
第三节 作业场所粉尘浓度的测定	(88)
一、空气中可吸入粉尘采集	(88)
二、滤膜重量测定法	(90)
三、压电晶体差频法	(91)
四、 β 射线吸收法	(92)
五、光散射法	(93)
六、可吸入粉尘测定	(94)
第四节 粉尘分散度的测定	(94)
一、滤膜溶解涂片法	(95)
二、自然沉降法	(95)
三、用物镜测微尺标定目镜测微尺	(96)
第五节 粉尘中化学成分测定	(97)
一、粉尘中游离二氧化硅的测定	(97)
二、粉尘中金属元素的测定	(100)
第六节 粉尘的可燃性及爆炸性测定	(104)
一、基本概念和定义	(105)
二、粉末可燃性特征值的测定	(105)
三、粉末爆炸性特征值的测定	(106)
复习思考题	(108)
第五章 作业场所空气中有毒有害物质测定	(109)
第一节 标准气体配制方法	(109)
一、静态配气法	(109)
二、动态配气法	(111)
第二节 有毒作业分级与职业性接触毒物危害程度分级	(115)
一、职业性接触毒物危害程度分级	(115)

二、有毒作业分级	(118)
三、有毒作业场所空气采样的规范化	(119)
第三节 汞及其化合物	(120)
一、双硫脲光度法	(121)
二、冷原子吸收分光光度法	(122)
第四节 氟化氢和氟化物	(123)
第五节 一氧化碳	(124)
一、气相色谱法	(124)
二、非色散红外吸收法	(125)
三、紫外分光光度法	(125)
第六节 硫化氢	(126)
一、硝酸银比色法	(126)
二、对氨基二乙替苯胺比色法	(126)
第七节 砷化氢	(127)
一、二乙氨基二硫代甲酸银比色法	(127)
二、结晶紫-砷钼酸光度法	(128)
第八节 氨	(128)
一、纳氏试剂分光光度法	(128)
二、靛酚蓝光度法	(129)
第九节 氯气	(130)
第十节 氮氧化物	(131)
一、盐酸萘乙二胺光度法(溶液吸收采样法)	(131)
二、化学发光法	(132)
三、原电池库仑滴定法	(134)
第十一节 二氧化硫	(134)
一、盐酸副玫瑰苯胺光度法	(134)
二、紫外荧光法	(135)
三、恒电流库仑滴定法	(136)
第十二节 苯、甲苯、二甲苯	(137)
一、直接进样-气相色谱法	(138)
二、溶剂洗脱-气相色谱法	(138)
三、热解吸-气相色谱法	(139)
第十三节 甲醛	(139)
一、酚试剂光度法	(140)
二、示波极谱法	(141)
第十四节 甲醇	(142)
一、气相色谱法(直接进样法)	(142)
二、气相色谱法(热解吸进样法)	(143)

三、变色酸光度法	(143)
第十五节 甲基对硫磷	(144)
一、气相色谱法	(144)
二、盐酸萘乙二胺分光光度法	(145)
第十六节 氰化氢和氰化物	(146)
第十七节 锰及其化合物	(146)
一、磷酸-高碘酸钾法	(147)
二、火焰原子吸收光谱法	(147)
第十八节 铍及其化合物	(148)
一、桑色素荧光光度法	(148)
二、石墨炉原子吸收光谱法	(149)
第十九节 铅及其氧化物	(149)
一、双硫脲分光光度法	(150)
二、火焰及石墨炉原子吸收光谱法	(151)
复习思考题	(151)
第六章 空气中有毒有害物质的快速检测	(153)
第一节 检气管法	(154)
一、检气管的原理	(154)
二、载体	(155)
三、显色剂和保护剂	(155)
四、检气管的标定	(156)
五、影响检气管变色长度的因素	(157)
六、检气管的特点	(158)
七、一氧化碳检气管	(158)
第二节 试纸比色法	(160)
一、试纸比色法的原理	(160)
二、试纸比色法的应用	(160)
第三节 溶液比色法	(161)
第四节 仪器测定法	(162)
一、光离子化检测仪	(162)
二、热学式气体检测仪	(163)
三、光学式气体检测仪	(164)
四、电化学式气体检测仪	(165)
五、差频式气体或粉尘检测仪	(165)
复习思考题	(165)
第七章 作业场所噪声检测	(166)
第一节 工业噪声概述	(166)
一、噪声的定义和特征	(166)

二、噪声的产生与分类	(167)
三、噪声的危害	(167)
第二节 声学基础	(169)
一、声音的发生、频率、波长和声速	(169)
二、声功率、声强和声压	(169)
三、分贝、声功率级、声强级和声压级	(170)
四、噪声的叠加和相减	(171)
第三节 噪声的物理量和主观听觉的关系	(173)
一、响度和响度级	(173)
二、计权声级	(174)
三、等效连续声级、噪声污染级和昼夜等效声级	(176)
四、噪声的频谱分析	(178)
第四节 噪声测量仪器	(179)
一、声级计	(179)
二、其他噪声测量仪器	(181)
第五节 噪声标准	(181)
第六节 噪声测量	(183)
一、城市区域环境噪声监测	(184)
二、工业企业噪声检测	(184)
三、城市交通噪声监测	(185)
复习思考题	(186)
第八章 安全检测的质量控制	(187)
第一节 质量控制的概念和意义	(187)
第二节 检测实验室质量控制的基础	(188)
一、实验用水	(188)
二、试剂与试液	(191)
第三节 检测数据的统计处理及结果表述	(192)
一、基本概念	(192)
二、检测数据处理	(196)
三、检测结果的统计检验—— t 检验	(200)
四、检测结果的表述及均值置信区间	(202)
五、线性回归分析与相关分析	(204)
第四节 检测方法的特性检验	(208)
一、空白试验	(208)
二、校准曲线	(208)
三、检出限、灵敏度与检测下限	(209)
四、精密度	(210)
五、准确度	(211)

第五节 实验室内部质量控制·····	(212)
一、均值控制图(\bar{x} 图)·····	(212)
二、百分回收率控制图(P 图)·····	(214)
三、极差控制图(R 图)·····	(215)
复习思考题·····	(217)
附录:我国作业环境空气中有害物质容许浓度与职业接触生物限值·····	(218)
主要参考文献·····	(230)

第一章 安全检测绪论

第一节 安全检测的地位和任务

一、安全检测在安全科学中的地位及任务

在学科分类标准中,我国把安全科学学科定名为“安全科学技术”,为一级学科,其中包括安全科学技术、安全学、安全工程、职业卫生工程和安全工程五个二级学科^①，“安全检测与监控技术”属安全工程学科中的三级学科。这表明,安全检测与监控技术学科的任务是为有效的实施安全管理提供丰富、可靠的安全因素信息。安全工程中各种安全设备、安全设施是否处于安全运行状态?职业卫生工程中的防尘、防毒、通风与空调、辐射防护、生产噪声与振动控制等工程设施是否有效?作业场所的环境质量是否达到有关标准要求?这些安全管理决策的基础信息都需要通过安全检测来提供。使生产过程或特定系统按预定的指标运行,避免和控制系统因受意外的干扰或波动而偏离正常运行状态并导致故障或事故,这属于安全监控的内容。因此可以认为,安全检测与监控是安全管理工作的“眼睛和耳朵”。

由上述可知,安全检测的工作对象是劳动者作业场所所有毒有害物质和物理危害因素的检测,安全监控的对象是对生产设备和设施的安全状态和安全水平进行监督检测。另外一种划分意见是把安全检测与安全监控统称为安全检测,认为安全检测是指借助于仪器、传感器、探测设备迅速而准确地了解生产系统与作业环境中危险因素与有毒因素的类型、危害程度、范围及动态变化的一种手段。安全检测的目的是为职业健康安全状态进行评价、为安全技术及设施进行监督、为安全技术措施的效果进行评价等提供可靠而准确的信息,达到改善劳动作业条件,改进生产工艺过程,控制系统或设备的事故(故障)发生。本书安全检测的概念系指前一种。

二、安全检测与监控技术的内容与分类

工业事故寓于工业危险源,后者通常指“人(劳动者)——机(生产过程和设备)——环境(工作场所)”有限空间的全部或一部分,属于“人造系统”,绝大多数具有可观测性和可控性。表征工业危险源状态的可观测的参数称为危险源的“状态信息”。状态信息是一个

^① 这种学科分类法不同于高等教育专业学科,安全工程专业与此处的安全工程二级学科含义不同。

广义的概念,包括对安全生产和人员身心健康有直接或间接危害的各种因素,例如反映生产过程或设备的运行状况正常与否的参数、作业环境中化学和物理危害因素的浓度或强度等。安全状态信息出现异常,说明危险源正在从相对安全的状态向即将发生事故的临界状态转化,提示人们必须及时采取措施,以避免事故发生或将事故的伤害和损失降至最小程度。

为了获取工业危险源的状态信息,需要将这些信息通过物理的或化学的方法转化为可观测的物理量(模拟的或数字的信号),这就是通常所说的安全检测和安全监测,它是作业环境安全与卫生条件、特种设备安全状态、生产过程危险参数、操作人员不规范动作等各种不安全因素检测的总称。

不安全因素具体包括:

① 粉尘危害因素:浓度、粒径分布;全尘或呼吸性粉尘;煤尘、石棉尘、纤维尘、岩尘、沥青烟尘等。② 化学危害因素:可燃气体、有毒有害气体在空气中的浓度和氧含量。③ 物理危害因素:噪声与振动、辐射(紫外线、红外线、射频、微波、激光、同位素)、静电、电磁场、照度等。④ 机械伤害因素:人体部位误入机械动作区域或运动机械偏离规定的轨迹。⑤ 电气伤害因素:触电、电灼伤。⑥ 气候条件:气温、气压、湿度、风速等。

前三种危险因素的检测是安全检测的主要任务。

担负信息转化任务的器件称为传感器(sensor)或检测器(detector)。由传感器或检测器及信号处理、显示单元便组成了“安全检测仪器”。如果将传感器或检测器及信号处理、显示单元集于一体固定安装于现场,对安全状态信息进行实时(real time)检测,则称这种装置为安全监测仪器。如果只是将传感器或检测器固定安装于现场,而信号处理、显示、报警等单元安装在远离现场的控制室内,则称之为安全监测系统。将监测系统与控制系统结合起来,把监测数据转变成控制信号,则称为监控系统。

安全检测方法依检测项目不同而异,种类繁多。根据检测的原理机制不同,大致可分为化学检测和物理检测两大类。化学检测是利用检测对象的化学性质指标,通过一定的仪器与方法,对检测对象进行定性或定量分析的一种检测方法。它主要用于有毒有害物质的检测,例如有毒有害气体、水质和各种固、液体毒物的测定。物理检测利用检测对象的物理量(热、声、光、电、磁等)来分析对象,如噪声、电磁波、放射性、水质物理参数(水温、浊度、电导率)等的测定均属物理方法。

本教材定名为安全检测,其包括的主要内容有:作业场所粉尘的检测、有毒有害物质的检测、危害劳动者健康的辐射与噪声的检测、分析仪器原理等,即主要包括与职业健康安全有关的检测内容。其他物理参数检测仪器与方法及监控技术则由《传感器原理与应用》课程来完成。

第二节 安全监控的方法与发展趋势

安全监测与控制常简称为安全监控,它具有监测和控制的综合能力。在安全检测与控制技术学科中所称的控制可分为两种。

1. 过程控制

在现代化生产中,一些重要的工艺参数大都由变送器、工业仪表乃至计算机来测量和调节,以保证生产过程及产品质量的稳定,这就是过程控制。在比较完善的过程控制设计中,有时也会考虑工艺参数的超限报警,外界危险因素(如可燃气体、有毒气体在环境中的浓度,烟雾、火焰信息等)的检测,甚至紧急停车等连锁系统。然而,这种设计思想仍然着眼于表层信息捕获的习惯模式。

2. 应急控制

在对危险源的可控制性进行分析之后,选出一个或几个能将危险源从事故临界状态拉回到相对安全状态,以避免事故发生或将事故的伤害、损失降至最小程度。这种具有安全防范性质的控制技术称为应急控制。监测与控制功能合而为一称为监控,将安全监测与应急控制结合为一体的仪器仪表或系统,称为安全监控仪器或安全监控系统。

从安全科学的整体观点出发,现代生产工艺的过程控制和安全监控功能应融为一体,综合成一个包括过程控制、安全状态信息监测、实时仿真、应急控制、自诊断以及专家决策等各项功能在内的综合系统。这种系统既能够对生产工艺进行比较理想的控制,从而使企业受益,又能够在出现异常情况时及时给出预警信息,紧急情况下恰到好处地自动采取措施,把安全技术措施渗透到生产工艺中去,避免事故的发生或将事故危害和损失降到最低程度。

监控技术的发展主要表现在:① 监控网络集成化,它是将被监控对象按功能划分为若干系统,每个系统由相应的监控系统实行监控,所有监控系统都与中心控制计算机连接,形成监控网络,从而实现对生产系统实行全方位的安全监控(或监视)。② 预测型监控,这种监控即控制计算机根据检测结果,按照一定的预测模型进行预测计算,根据计算结果发出控制指令。这种监控技术对安全具有重要的意义。

预警(early-warning, pre-warning)一词用于工业危险源时,可理解为系统实时检测危险源的“安全状态信息”并自动输入数据处理单元,根据其变化趋势和描述安全状态的数学模型或决策模式得到危险态势的动态数据,不断给出危险源向事故临界状态转化的瞬态过程。由此可见,预警的实现应该有预测模型或决策模式,亦即描述危险源从相对安全的状态向事故临界状态转化的条件及其相互之间关系的表达式,由数据处理单元给出预测结果,必要时还可直接操作应急控制系统。

报警(alarm)和预警区别甚大,前者指危险源安全状态信息中的某个或几个观测值,分别达到各自的阈值时而发出声、光等信号而引人注意的功能。达到阈值之前或之后的变化通常是未知的,即使有的检测报警系统具有记录检测值的功能,或者设定两个以上的阈值,试图判别观测值的走势,但此观测值都是相互独立的,难以描述危险源状态转化的全过程。后者在一定程度上是对危险源状态的转化过程实现在线仿真。二者的本质区别在于有无预测模型或模式。

第三节 安全检测的技术标准

安全检测涉及到许多领域的知识,所使用的方法也很多。为了得到准确可靠、可比性

强的检测结果,最好采用标准的检测方法,没有标准检测方法的检测项目,可采用权威部门推荐的方法,或能被广泛认可的检测方法。我国颁布了许多车间空气中粉尘、有毒物质、噪声和辐射的卫生标准,包括最高容许量(浓度)和检测方法,这些是进行安全检测的依据。

在作业场所空气的尘毒检验中,常常需要进行定量分析,几乎所有的化学分析和现代仪器分析方法都可以用于空气理化检测,但是每种分析方法都有其各自的优缺点,至今尚无能适用于各种污染物的万能分析方法。目前,空气尘毒检验常用的分析方法有紫外-可见分光光度法、气相色谱法、高效液相色谱法、薄层色谱法、原子吸收光度法、电化学分析法、荧光光度法以及滴定分析等分析方法。对于待测的空气污染物,选择分析方法的原则是尽量采用灵敏度高、选择性好、准确可靠、分析时间短、经济实用、适用范围广的分析方法。

根据居住区大气和车间空气中有害物质的最高容许浓度,全国环境空气质量卫生监测检验方法科研协作组和车间空气监测检验方法科研协作组经过多年的标准化、规范化和实际应用,总结出版了《车间空气监测检验方法》(第三版),提出了168个毒物项目203种方法,有的已成为国家标准方法,《环境空气质量监测试验方法》提出47种有害物质,95种分析方法,在工作实践中可以作为参考。

第四节 空气的组成及其参数

一、空气的组成

安全检测,尤其是尘毒检测和装有有毒有害物质设备设施泄漏情况的检测,都是检测空气中有毒有害物质的浓度。无论是实验室方式检测,还是监测设备或便携式检测仪器,都是在空气的背景成分中测量,所以了解空气的组成是非常必要的。

在标准状况下,按体积百分比计算大气的正常组成是:氮气78.09%,氧气20.94%,这两种气体占空气总体积的99.03%,称为主要成分;其余的主要是氩气和二氧化碳,称为空气的次要成分;此外,在大气中还有微量的氮、氟、氦、氖、臭氧、一氧化碳、二氧化氮、二氧化硫等,称为空气的痕量成分。空气的平均分子量为28.966。大气的正常组成见表1-1。

表1-1 大气的正常组成

成分	浓度(%)	质量($\times 10^6$ t)
氮	78.09	3 850 000 000
氧	20.94	1 180 000 000
氩	0.93	65 000 000
二氧化碳	0.031 8	2 500 000
氟	0.001 8	64 000
氦	0.000 52	3 700

续表

成分	浓度(%)	质量($\times 10^6$ t)
甲烷	0.000 13	3 700
氮	0.000 1	15 000
氢	0.000 05	180
一氧化二氮	0.000 025	1 900
一氧化碳	0.000 01	500
臭氧	0.000 002	200
氨	0.000 001	30
二氧化氮	0.000 000 1	8
二氧化硫	0.000 000 02	2

作业场所空气的温度、压力、湿度、风速等气象参数反映了劳动者作业环境好坏,也是安全检测的内容。多数情况下,测定气象参数是为了配合空气污染的检测,即为了把测定的浓度结果校正到某种特定的气象参数条件下的浓度,便于比较。这就要求在采集空气样品的同时测量气象参数,样品采集点就是气象参数测量点。一般测定高度选择在人的呼吸带附近,大约1.5 m高。注意呼吸带的位置随人活动地点的变化而变化。

二、空气温度

衡量温度高低的标准体系有:开氏温标(Kelvin's thermometric scale)、摄氏温标(Celsius's thermometric scale)、华氏温标(Fahrenheit's thermometric scale),其中开氏温标和摄氏温标属国际单位制,两者的换算关系为

$$T(K) = t(^{\circ}\text{C}) + 273.16 \quad (1-1)$$

气温(air temperature)即空气的温度,主要取决于太阳辐射,某些作业场所尚与设备辐射有关。若无特别说明一般指离地面(或工作点)1.5 m上下,在通风、防辐射的条件下用温度计读取的温度。

人体感觉最舒适的气温为21~25℃,人所处的环境温度在此范围内时,体温相当稳定,人体产热和散热保持动态平衡。若环境温度过高或过低,可使机体热平衡受到破坏而处于温度应激状态,所以,劳动场所的气温是评价工作条件好坏的一个参数。气体体积与温度有关,故采样时,应同时测量现场气温,便于进行结果计算时的体积换算。

温度计(thermometer)或温度表都是利用物体的某一属性随温度变化作为测温依据的。通常使用的水银、酒精玻璃温度计,就是利用水银、酒精的体积与温度间的热胀冷缩效应而制成的。水银作为测温物质具有比热小、导热系数大、沸点高、对玻璃无湿润作用等优点。其缺点是凝固点高,不能测较低温度;热胀系数小,影响仪器的灵敏度。水银温度计的测定范围为-35~350℃。酒精作为测温物质,优点是凝固点低,可测较低的温度;热胀系数也较大。缺点是沾湿玻璃,易发生断柱现象;比热大,不易达到热平衡;饱和蒸气压高,当温度先升后降时会有小滴凝结在毛细管上部。酒精温度计测定范围为-100~75℃。

为准确测定气温,在实际工作中要考虑几个注意事项:

1. 生产环境中当有热辐射存在时,不能使用普通水银或酒精温度计,这是由于空气对辐射能的吸收率低,而测温元件却会受四周辐射的严重影响,使温度计的显示值高于空气温度的实际值,产生所谓的辐射误差(radiation error)。这时应选用通风或手摇温湿度计。若没有此条件,也可在普通温度计和热源间放一隔热的石棉板、金属片,或用铝箔、锡纸将温度计下端球部轻轻围住,防止辐射的影响。

2. 使用前应检查温度计是否完好,水银或酒精柱有无间断,如有间断可通过离心、冷却或加热的方法使其连接。平时保存时,尽可能垂直放置,切不可倒置和放在振动处。

3. 测定时,应注意测定点的温度,选择合适的温度计。避免水滴沾附在温度计的球部或手捂着球部,注意呼吸和体温对温度计的影响。

4. 使用干湿球温湿度计时,在纱布未浸水前,应检查干球与湿球温度计的读数,其差值不应超过 0.1°C 。

5. 由于温度与测温物质的感温属性之间并不严格遵循线性关系,因此温度计的示度划分理论上不能采用等分的线性划分。为清除这种差异,则要求校正温度计。其方法有标准温度计法和水沸点-冰熔点法。

三、空气压力的测定

大气压强简称为气压(atmospheric pressure)。像液体内的压强一样,大气流体中的压强,即气压由空气产生的压强。测定空气压力,实际上是测定空气的压强。表示气压的常用单位为帕斯卡(Pascal, N/m^2),简称帕(Pa),另外还有百帕(hPa)、千帕(kPa)、兆帕(Mpa)。过去常用巴(bar)、毫米汞柱(mmHg)等。其换算关系为

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mmHg} = 133.32 \text{ Pa}$$

通常把北纬 45° 的海平面上,气温为摄氏零度时的正常气压作为一个标准大气压力,其数值为 101.325 kPa 。

气体的体积与气压有关,故采样时应测量现场气压,便于计算结果时将采样体积换算为标准状态下的体积。

测定气压常用的仪器有动槽式水银气压计(cistern barometer)和空盒气压计(aneroid barometer)。前者准确、精密,但体积较大、较重,不便于携带,故现场使用较少,常用于校准空盒气压计或悬挂于实验室内。空盒气压计轻巧,携带方便,使用简单,常用于现场测定。

(一) 动槽式水银气压计

1. 构造原理

动槽式水银气压计(图1-1)的结构为一装有水银的直立玻璃管,其上端封闭呈真空状态,下端插入水银杯中。当大气压升高时,玻璃管上端的水银柱随之升高,维持水银柱的压强与大气压相等;反之,下降。其组成包括感应、刻度、附属部分等(图1-1a)。感应部分分为水银、玻璃内管和水银槽等(图1-1b)。刻度部分由标尺、游标尺和象牙针组成。从标尺上的刻度线读取的是气压的整数值,从游标尺上读取的是小数值。所以借助