

实验室管理丛书

SAFE TECHNIQUE OF  
LABORATORY

SAFE TECHNIQUE  
OF LABORATORY

# 实验室安全技术

陈行表 蔡凤英 编

华东化工学院出版社

《 实验室管理丛书 》 之六

# 实验室安全技术

陈行表 蔡凤英 编

华东化工学院出版社

## 内 容 简 介

本书是实验室管理丛书之六,是编者根据实验室安全特点编写而成的。全书共分6章,包括绪论;燃烧与爆炸的基本原理;防火防爆措施;压力容器安全;毒物及其预防;电气安全;本书内容理论联系实际,结合安全方面的有关(国家)标准和事例进行论述,是从事实验工作(包括管理)者的必读参考书。

本书可作大专院校实验室管理专业教学用书,还可作为从事实验室管理与实验工作者的安全技术方面的参考书。

## 《实验室管理丛书》序

现代科学技术和现代管理是提高经济效益的决定因素，是使我国经济建设走向新的成长阶段的主要支柱。我们要把发展科学技术和发展教育事业放在首要位置，使经济建设转移到依靠科技进步和提高劳动者的素质的轨道上来。而要做好上述这些工作，则和各类实验室的科学技术水平有着密切的联系。

为了加速科技进步，近年来国家对高等院校、科研单位和工矿企业内的实验室给予大量投资，引进了一批先进的仪器设备，使实验室的建设工作得到迅速发展。国家重点开放实验室已经陆续择优布点，各级中心实验室的科学技术水平有了显著提高，为教学、科研和生产等各方面工作，作出了巨大的贡献。但是，要充分发挥实验室的总体效益，以更好地为经济建设和文化建设服务，还有必要进一步加强实验室的管理工作，使其符合现代管理的要求。

国家教育委员会负责同志在全国高校实验室管理研究会成立大会上提出：“要组织撰写实验室管理方面的专著”，“要组织实验室管理干部培训班”，“要研究如何办好实验室管理专业，培养实验室管理方面的高级专门人才”。为此，我们组织从事实验室管理专业教学工作的教师和从事实验室建设和管理工作的工程技术人员编写了一套《实验室管理丛书》。《丛书》包括《实验室管理》、《科学器材管理》、《大型精密仪器设备管理》、《国际贸易实用英语——招标采购》、《实验室建筑原理及应用》、《实验室安全技术》、《实验室通用机械》、《管理原理与方法》、《统计原理及应用》和《汉字dBASE III应用》等十册。

《丛书》围绕实验室建设与管理这一核心问题，从实验室管理系统出发，对系统中各项有关工作，以现代管理科学的理论为指

导,分别加以论述,使系统内各方面的工作,得到密切结合,形成一个整体,以求对实验室的建设工作,达到最佳控制和最优管理这一目标。

本《丛书》可作为实验室管理专业、设备管理专业和物资管理专业中有关课程的教材,也可作为广大从事实验室管理和科学器材管理工作的干部和技术人员自学或岗位培训的参考书,也可供从事实验室工作的教学人员、科研人员和工程技术人员作为参考资料。愿本《丛书》能成为实验室建设和管理工作者的益友。

编写本学科领域的《丛书》在国内尚是新的尝试,且限于编者水平,不足之处,谨请批评指正。

吴东棣

1988年3月

## 《实验室管理丛书》编委会名单

**主 编：**吴东棣

**副主编：**诸葛濂

**编 委**（以姓氏笔划为序）：

刘振道	陆 轶	吴万年
吴东棣	吴鹤年	陈行表
杨明福	杭铮伍	龚 彬
黄志良	诸葛濂	

## 前 言

安全技术是劳动保护科学的组成部分，是保护劳动者在劳动过程中安全和健康的综合性科学。由于工业学科和基础科学的不断发展，本课程的内涵和外延都在不断地完善和提高，并日益受到国家和生产部门的重视。因此我国在1984年经国家教委批准设置安全工程专业，目前全国已有20多所大专院校招收安全工程专业学生，以培养高级安全技术与安全管理人员。安全技术已成为不少工科类专业的必修课和基础知识。鉴于在实验室管理专业中，目前还没有一本适用的实验室安全技术教材，因此编者根据教学需要，在长期从事安全技术教学和科研的基础上，参加实验室管理丛书《实验室安全技术》的编写工作。

实验室安全技术，全书共分八章，其中第一章绪论，第四章压力容器安全，第五章毒物及其预防，第六章电气安全等四章由陈行表同志执笔，第二章燃烧及爆炸的基本原理，第三章防火防爆措施等二章由蔡凤英同志执笔，初稿完成后又经陈行表同志审核。

由于编写时间仓促，加之受资料等条件的限制，缺点和不足之处在所难免，欢迎广大读者和学者提出宝贵意见，万分感谢。

编者

1988.9

# 目 录

<b>1 绪论</b>	
1.1 劳动保护与安全技术 .....	1
1.2 我国的安全生产方针 .....	2
1.3 安全技术的原理和预防原则 .....	4
1.4 实验室在安全上的分类 .....	8
1.5 实验室事故及其在安全上的要求 .....	11
<b>2 燃烧与爆炸的基本原理</b>	
2.1 燃烧爆炸危险物质的分类 .....	14
2.2 燃烧的条件及过程 .....	22
2.3 烧燃的形式与速度 .....	24
2.4 燃烧的种类 .....	26
2.5 燃烧理论 .....	36
2.6 爆炸的种类 .....	40
2.7 爆炸极限的理论及其计算 .....	42
2.8 爆炸极限的影响因素 .....	55
2.9 爆炸的破坏作用 .....	60
2.10 粉尘爆炸 .....	64
2.11 物质火爆危险性的评定 .....	67
<b>3 防火防爆的基本措施</b>	
3.1 防止可燃可爆系统的形成 .....	70
3.2 限制火灾爆炸事故的蔓延扩大 .....	91
3.3 消防措施 .....	94
3.4 疏散措施 .....	103
<b>4 压力容器安全</b>	
4.1 压力容器的几个基本概念 .....	106
4.2 压力容器破裂时造成的事故 .....	110
4.3 压力容器的安全管理 .....	119
4.4 气瓶的安全使用 .....	128



## 毒物及其预防

5.1 毒物的基本概念 .....	138
5.2 毒作用剂量与最高容许浓度 .....	146
5.3 实验中毒的基本预防措施 .....	155
5.4 实验中几种常见毒物简介 .....	171
5.5 实验室中毒的急救原则 .....	177
5.6 某些有害物质污染的处理 .....	179

## 6 电气安全

6.1 电对人体的危害 .....	181
6.2 实验室中触电事故的防止 .....	184
6.3 保护接地和接零技术 .....	203
6.4 防雷技术 .....	212
6.5 触电急救 .....	218

主要参考文献 .....	222
--------------	-----

# 1 绪 论

## 1.1 劳动保护与安全技术

人是世界上第一个最可宝贵的财富。社会主义国家，十分关怀职工在劳动过程中的安全与健康。我国自建国以来，党和政府在法律上、技术上、财政上、组织上、教育上采取了一系列综合措施，统称为劳动保护，旨在保障劳动者的安全、健康与生产的顺利进行。

劳动保护，是一门政策性和技术性相结合的科学，它是由劳动保护管理，劳动卫生和安全技术三大部分组成。

劳动保护管理又称安全技术管理，它是从立法上和组织上研究劳动保护的科学管理方法。其主要内容包括劳动保护的方针、政策，劳动保护立法、安全监察理论、安全思想教育、安全检查制度、工伤事故的分析研究等。故劳动保护管理涉及到法制、政策、组织机构、规章制度等原则问题，它是企业管理体系中的一个重要组成部分。

劳动卫生又称工业卫生，它是研究长期从事于有害健康的、致人机体发生病理变化的、导致职业中毒或职业病的预防科学。它包括对不卫生的、有害健康源的研究，如工业毒物及毒理学，职业病和职业中毒的防治。防治的技术措施有防毒、防尘、通风、采暖、采光照明、防止噪音、防震、防放射性等。

安全技术又称安全工程，它是研究如何发现与预防生产过程中的不安全因素。这些不安全因素包括物理的、化学的及机械的各个方面。其措施主要是改进生产工艺过程、设备、操作方法、防护装置、制订各种安全技术标准及规章、制度等。

由于工业学科的日益发展，生产过程中的安全问题与学科发展密切相关，除了带有共同的安全技术外，还有各学科的独特安全技术问题，如化工安全、机械安全、电气安全、受压容器安全等均有各自的内涵。因此，必须全面考虑，才能提高安全技术水平。

在习惯上，安全技术指包括劳动保护全部内容的广义安全技术和仅指安全技术这部分的狭义安全技术两种。由于劳动过程中的安全与健康往往与火灾、爆炸事故相关，故有的把防火防爆技术也包括在安全技术内。这点，各国的分类略有不同。例如日本则强调防火防爆技术称之为化学安全工学；在苏联则包括劳动保护的全部内容，有时甚至称劳动保护技术；我国在工科专业教学中设置的课程是将防火防爆包括在内的简称为安全技术与防火技术。

实验室安全技术主要是根据在实验中存在的不安全因素，重点在防火、防爆、防毒、压力容器及气瓶的安全、电气安全等方面的内容。这些内容又分属不同技术学科，在这里只是根据安全防护的要求作最基本的介绍。

## 1.2 我国的安全生产方针

(1) 安全生产是我国劳动保护工作的总的指导方针。它要求各级领导在生产建设过程中把安全与生产看成一个整体，树立“生产必须安全，安全促进生产”的辩证统一思想。安全是生产发展的客观需要，又是社会主义制度的基本要求，这点必须引起全社会的重视。在四化建设中，生产规模向大型化、连续化、自动化发展，安全技术问题也就越来越突出。如在化工生产中普遍采用高温高压、高速深冷等新技术来强化生产，若在设计、建设、生产中某一方面出差错，均有可能铸成大祸。例如1984年12月美国设在印度帕布尔市的一个农药厂，由于设备设计欠妥和管理不善，有45吨异氰酸甲酯逸出，结果使这个70万人口的城市，有20多万人中毒，其中

2500人因急性中毒而惨死，直到半年后还有人陆续死去。由此可见，任何一环麻痹不得。我们在社会主义制度下进行生产建设，更应是安全生产，不能也不应该是危险生产，在不断总结国内外事故的教训中，提高我国的安全技术水平，确保安全。

(2) 确立安全与生产统一的思想，就是把安全与生产看成是一个整体，在生产中，特别是任务重、时间紧更不能把安全挤掉，只有把安全搞好，消灭一切不安全因素，才能确保生产建设的顺利进行，才有可能更好地完成生产建设任务。不然一旦发生事故，必将影响生产，甚至在社会上造成严重后果。在解决安全问题的过程中，有时从表观上看似乎与生产相矛盾，但事实上，只有在解决了安全问题的条件下，生产技术水平才能不断提高，生产得到发展。在大规模连续自动化生产中，如果不解决设备间的连锁、自动调节等安全技术问题，也就不可能实现自动化连续生产的目的。同时安全工作搞好了，生产条件改善了，可以使广大职工焕发出生产的积极性，这样将大大有利于促进生产，因此，安全问题实际上就是生产问题，安全与生产的统一，是客观规律的总结。

(3) 树立安全第一的思想，确立安全第一的观念，就是指在考虑生产的时候，必须把安全作为前提考虑进去，采取各方面的措施，包括人员的技术管理水平、体力承受能力、健康及机械设备的负荷运转强度等。只有在确保安全的前提下，才能进行生产，使生产正常进行。

当生产(工作)与安全发生矛盾的时候，生产必须服从安全；各级领导必须牢记保护职工的安全与健康，是一项带根本性的任务。对广大职工来说，则应严格执行安全生产各项规章制度，学习和掌握各项有关安全技术知识，不断提高安全水平。1988年3月5日在国务院常务会议上，李鹏同志严肃指出“各部门，特别是交通、电力、化工、煤炭、冶金、纺织等部门，一定要坚持‘安全第一、预防为主’的方针，以对国家和人民高度的负责。”因此，安全第一的思想不是权宜之计，更不是可有可无，而是贯彻我国安全生产方针的重要组成部分。

(4) 按法办事,认真执行有关安全技术的法律、法令、规章制度。根据我国宪法关于“改善劳动条件,加强劳动保护”的规定,制订各种劳动保护法规、制度、规程和标准,使劳动保护工作有法可依,有章可循,违犯法规制度的要受到国家法律的制裁和处分,用法制保证企业的安全生产,保护职工的安全健康,消除工伤事故和职业病。我国在贯彻安全生产方针中已制订了一系列全国性的、地方性的以及各产业部门的有关安全生产的法律。法令规章制度,并在不断完善中。其中特别是“安全责任制”、“安全教育制”、“安全监察制”、“安全检查制”以及“工伤事故报告制”等。其中“管生产的必须同时管安全。”“负责生产的必须同时负责安全。”是我国几十年来在安全工作上得出的重要经验之一,也是安全责任制的核心。在贯彻安全生产方针中,在法规制度方面,当前存在的问题主要还是执法不严和有法不依。不少事故的发生,绝大多数是可以而且应该避免的,有些事故的发生没有取得应有教训,往往不了了之而造成严重后果。安全规章制度是法律的组成部分,必须严格执行,企业各级领导必须切实做到生产和安全的“五同时”,即同时计划、布置、检查、评比生产,还要同时评比安全工作。对新建、改建、扩建的工矿企业实行“三同时”,即对上述工程项目都必须有保证安全生产和消除有毒物质的设施,这些设施要与主体工程同时设计、同时施工、同时投产,不得削减。国家还规定有关部门负责监督检查。为此,企业领导和有关人员,必须熟悉掌握有关法律、法令、规章制度的内容,切勿以身试法。

## 1.3 安全技术的原理和预防原则

### 1.3.1 安全技术的原理

人们在研究安全生产的过程中,分析了各种因素,提出了如何防止人为事故的原则,其中有三E措施,四M原则及海因利希法则等。

(1) 三E措施,又称三E原则。就是指安全技术 (Engineer-

ring), 安全教育(Education) 和安全管理 (Enforcement) 三个方面, 它认为要确保安全生产防止因人为错误而造成的事故发生必须从这三个方面采取综合措施, 如图 1-1 所示。

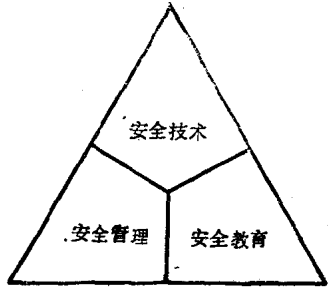


图 1-1 安全措施

安全技术首先是要有一个符合安全技术要求的设计, 包括工艺流程、操作条件、设备性能、选用材料、施工制造等方面, 然后抓住各个环节以达到安全要求。安全教育就是要不断提高人员的安全教养。要达到这一点, 必须通过教育, 提高各类人员的操作技能, 懂得生产过程中不安全因素的所在及如何防止, 一旦事故发生, 能迅速冷静地去排除事故。

这些若不是经常教育, 本身也是一种不安全的隐患, 很难防止人为事故的不发生。其实不希望发生工伤事故和职业病是人类的天性。根据行为科学中A. 莫斯罗(A. Maslow)五阶段学说, 人的行为来自动机, 而动机产生需要。人的需要由低级到高级, 排列为

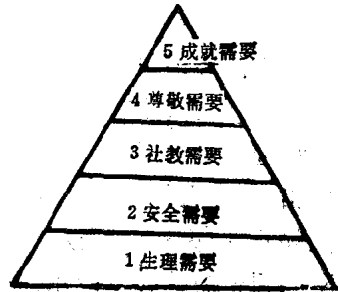


图 1-2

五个层次, 即生理需要、安全需要、社交需要、尊敬需要和成就需要。安全需要是仅次于生理需要的五大需要之一, 如图1-2所示。很多事故的所以发生, 往往是由于不懂得其危险性, 因此对工作人员不断提高安全素质是安全教育的重要任务。安全管理不仅是指生产的组织协调, 而且是包括以法令、章程、标准、制度等内容在内的制订和执行, 使各类人员能各司其职, 明确要求, 统一到安全这个大前提下。这三个方面是相辅相成的, 同时进行的、缺一不可的。

(2) 四M原则。预防事故的四M原则最早是美国全国航空和宇宙航行局(NASA)在分析事故原因, 提出预防措施时所采取的

原则，就是指人 (Men)、机械(Machine)、媒介或环境(Media)和管理(Management)四个方面。它指出：

人是安全生产的关键，这里的人包括直接生产的操作工人、班组长及各级领导，也包括班组、车间、工段、工种间的有关人员，也就是与生产有关的上与下，左与右都在内的人员，要形成一种既和睦又严肃的工作气氛，都能各尽其职互相协调的工作关系。此外，还要求各人都具有预防事故、消除事故的技能与能力，能做到预测预报危险出现的可能和程度，并采取必要的措施，包括应急措施。

机械。就是机械设备，为了减少事故的发生，对机械设备的要求是：设计时从防止操作失误来说应贯彻“越简单越好”的原则，要害部位采用联锁装置或故障安全装置，紧急情况下操作的机构采用“一触即发”的形式，操纵开关应有明显的识别标志，对于高温、转动的部件要有防护罩。

媒介或环境。这是按照心理学的观点，生产应在一个有安全舒适，符合人的心理与生理要求的环境，这里包括适宜的气象条件，温度、湿度、噪音、震动、光线等，不致使人产生异常情绪和负担。所用指令、通话应简明扼要，不能含糊不清，所有识别色标要统一、鲜明、突出，易使人们产生规定的条件反应。例如通常红色表示危险、禁止、停止、防火；黄色表示警告、注意；绿色表示安全；蓝色表示指令小心；黑色为辅助色，音响声号必须突出；活动的标志更易引起注意。

管理。安全管理的目的就是要使人们有安全感与必须安全的欲望。根据心理学研究成果，只有当人们充满欲望和热情洋溢时，才是达到最大工作效能的时候。此时投身于生产建设中，事故的发生才有可能减少，工作的责任性与全局性才能确立。为此，除了制订必要的法令、规章制度外，必须加强各级领导的责职，在生产中没有一个人与安全无关的人。这就是全面安全管理，系统安全管理及安全目标管理的重要内容。

(3) 工伤事故的海因利希法则。美国人海因利希在系统研究了50万件工伤事故的起因及后果后，得出一个规律，即重伤死亡，

轻伤及无伤事故的比例为1:29:300。因此,也有人将此称为330法则。

事故的发生有着一定的规律,它具有因果性、潜在性、再现性、偶然性和必然性的特点,但根本原因还在于人、物、环境诸方面因素交错反映的结果。人有安全教养、技术掌握,精力与注意力集中与否的不同;而物,包括生产劳动对象,如设备、流程,原材料等;环境指温度、湿度、通风、噪音、震动及臭味等。大量事故的发生是必然因素偶然发生,因此对那些必然因素加以解决,安全的可靠性就会大大提高,在日本,根据海因利希法则提出要消除重伤与死亡事故,就要减少轻伤事故,特别要重视那些平日无所谓的无伤事故,只有这样,才能克服那些麻痹大意,由小而引起的重大事故,才能减少事故的再现性。

### 1.3.2 预防生产事故的一般原则

人们在经过长期生产斗争实践后,总结得出一些预防生产事故的原则。

#### 1. 危险因素的根本消除

生产中的不安全因素是客观存在的,要根本消除,并非一朝一夕可以达到,其实质是要面向科学进步,面向未来,不断提高系统的可靠性,达到最大限度的安全保证。

#### 2. 预防原则

有些生产事故,凭现有技术还不能做到根本消除,但可以通过各种途径进行预测预报,事先采取各种防护措施,使受损范围缩小到最低限度,这是完全而且也是应该做到的。

#### 3. 减弱原则

利用薄弱环节,在设备或装置未达到危险程度之前,预先破坏,以减少事态的进一步扩大。如保险丝,安全阀即例。

#### 4. 坚固或加强原则

与减弱原则相反,为了提高设备或装置的安全程度,不惜加大安全裕度,提高安全系数。但要做得合理,否则将造成大量浪费。

#### 5. 隔离原则



生产中的危险因素和有害作用，往往随距离而衰减。人们可根据这一特性而加以利用，如在噪音防护，放射性防护中，可利用这一原则来减弱其对人体的危害。

#### 6. 时间防护原则。

这一原则是指人处在危险和有害因素作用的环境中的停留时间，缩短在安全容许的范围之内，但随着科学技术的不断进步而不断发生变化。

#### 7. 联锁原则

利用机械的或电气的联锁方法，使某些元件发生强制作用，保证设备启闭，或生产操作合理进行，以防止误操作或骤然打开设备而引起的意外事故。

#### 8. 屏蔽原则

在可能存在的危险和有害作用的范围内设置障碍，以达到对人身的防护。障碍可分机械的，光电的，吸收的，以及空间的等等。

#### 9. 取代原则

在不能消除危险和有害因素的条件下，为摆脱不安全因素对人体的影响，可采取自动化技术或智能机器人以代替人的操作。

#### 10. 警告牌示和信号装置

警告牌示是提醒操作人员，注意遵守安全条件。信号装置是预先及时告知生产人员在生产中存在的危险状况。但其效果在相当程度上取决于人员的注意力和对信号的认识程度。

此外，还有如合理布局原则，综合性系统性原则等。可见事故的预防措施是多方面的，不断发展的。总之，技术、教育、管理是三个大原则，而上面提出的十个方面措施，则是从技术方面采取的共同原则。

## 1.4 实验室在安全上的分类

实验室就其工作性质和内容来说，尤似一个小型工厂，有多种多样，没有一个现成的模式。实验室发生的事故与实验有关。故实