

机械安全工程学

白恩远 编

太原机械学院

一九八九年十二月

目 录

绪论	1
§ 0.1 安全与生产	1
§ 0.2 机械事故及其种类	1
§ 0.3 机械事故的原因分析	3
§ 0.4 机械事故的安全技术	4
§ 0.5 安全工程学的前景	7
第一章 安全设计	8
§ 1.1 可靠性设计	8
§ 1.2 维修性设计	19
第二章 机械传动装置的安全技术	26
§ 2.1 机械传动装置的常见事故及原因分析	26
§ 2.2 安全防护装置	27
§ 2.3 典型传动装置的安全技术	31
第三章 热加工设备的安全技术	38
§ 3.1 铸造生产中的安全技术	38
§ 3.2 锻造生产中的安全技术	51
§ 3.3 焊接生产中的安全技术	65
§ 3.4 热处理安全技术	84
第四章 金属切削加工设备的安全技术	92
§ 4.1 概述	92
§ 4.2 车削加工的安全技术	98
§ 4.3 磨削加工的安全技术	110
§ 4.4 钻床和镗床的安全技术	117
§ 4.5 铣床的安全技术	119
第五章 冷冲压设备的安全技术	122
§ 5.1 冷冲压设备	122
§ 5.2 冲压加工常易发生的事故及主要原因	124
§ 5.3 冲压设备安全防护装置	125

第六章 木工机械的安全技术	134
§6. 1 木工机械的伤害事故及其原因	134
§6. 2 圆锯机的安全技术	135
§6. 3 带锯机的安全技术	138
§6. 4 其它木工设备的安全技术	140
第七章 起重安全技术	144
§7. 1 起重机械分类	144
§7. 2 起重机的基本参数	144
§7. 3 桥式起重机及其零部件的安全技术	148
§7. 4 起重机的安全装置	188
§7. 5 起重机的安全操作	200
§7. 6 桥式起重机常见故障的原因分析及故障的排除方法	205
第八章 厂内搬运安全技术	210
§8. 1 概述	210
§8. 2 厂内装卸安全技术	211
§8. 3 厂内无轨车辆运输安全技术	214
§8. 4 厂内铁路运输安全技术	216
§8. 5 连续运输机械的安全技术	220
第九章 化工机械安全技术	223
§9. 1 概述	223
§9. 2 化工工艺流程中的安全技术	223
§9. 3 化工机械的安全技术	234
第十章 设备诊断技术与状态监测维修	256
§10. 1 概述	256
§10. 2 设备故障诊断技术与状态监测	264
§10. 3 实用诊断技术	276
第十一章 设备维修中的安全技术	292
§11. 1 维修作业	292
§11. 2 试运转中的安全问题	294
§11. 3 停机维修作业中的安全问题	298
§11. 4 检修及维修保养作业中的安全问题	300

§ 11. 5	机床维修作业中的安全问题	302
§ 11. 6	盛装易燃易爆物品的压力容器维修作业中的安全问题	305

绪 论

§ 0.1 安全与生产

0.1.1 安全工程学

安全工程学是防止灾害所必要的科学以及有关技术的知识体系。它主要是研究现代社会发生灾害的原因和过程以及消除灾害的措施。传统的各类工程学都是研究有关正常生产的学科，而安全工程学正是在它们的基础上建立起来的，并正在发展成为防止生产中的灾害，把生产活动纳入正常生产轨道的一门独立的学科。

一般所说的灾害，可分为天灾（自然灾害）和人灾（人为灾害）两大类。前者一般难以预防，后者能够预防。安全工程学主要是把人为灾害作为研究对象，它包括的内容很广泛，除了研究生产中的灾害，以及环境公害外，还研究人们日常生活中的灾害，即交通事故、城市火灾、公共场所事故、家庭事故等，而在生产灾害中，除了包括伴随生产、输送、贮存和其他生产活动所发生的灾害之外，还包括伴随使用工业产品时所发生的灾害，使用危险品、有毒物时所发生的灾害。按学科分，生产活动中的安全问题包括化工安全、机械安全、电气安全、以及热力、辐射、土木设施等方面的安全问题。所以，安全工程学是一门多学科相互渗透的新兴学科。本书所讨论的机械安全工程学是研究人们在生产活动中，由机械设备及装置引起的灾害的原因、过程和预防措施。

0.1.2 安全与生产

“生产必须安全，安全促进生产”这个方针，比较客观地反映了安全与生产之间的辩证关系。“安全第一”是实现安全生产的基本指导思想，在劳动生产过程中必须为劳动者创造安全、卫生的劳动条件（包括生产环境和操作条件），克服不安全、不卫生因素，防止人、机事故；另一方面，安全工作必须紧紧地围绕生产活动来进行，否则，离开了生产，安全工作就毫无实际意义。

§ 0.2 机械事故及其种类

0.2.1 安全与事故

安全是贯穿整个人类活动的一项基本要求，那么什么是安全，W. W. 劳伦斯（William W. Lowerance）博士于1977年3月在美国化学会全国会议上对“安全”提出一个被多数人公认的定义，他提出，“对大多数实用场合，我发现把安全定义为可容许危险性的判断是有用的，又把危险性作为衡量损害人类健康的可能性或严重性。如果一个事物所伴随的危险性被判定为可容许的，则该事物是安全的”。

在我国的劳动保护条例中指出，在生产过程中，劳动者的生命得到保障，身体免于伤害，

就是安全，劳动者的劳动条件良好，身体保持健康、作业能力强，就是劳动卫生。安全与劳动卫生，不能截然划分，一般通称劳动保护。有些场合，“安全”二字可以代替劳动保护，总之、目前还尚无更确切的、定量的定义。

与“安全”相反的一个术语是“事故”，所谓事故是一种意外的，但未必是致伤的或造成破坏的事件，这种事件妨碍预定任务的完成。事故发生之前一定有不安全的行为和（或）不安全的条件，或者既有不安全行为，又有不安全条件。所以，安全与事故的关系可以用一句流行的话来概括，即“安全即无事故”。

Q 2.2 工厂中常见的事故

1. 工厂的设备、

工厂的设备很多，分类方法也不同，按使用目的分有：

1) 生产设备

包括机械设备（如机床、木工机械、锻压设备、铸造设备、起重运输机械、专用生产设备等）、动力设备（如电气设备、热力设备、工业锅炉等）、辅助装置（如贮槽、蒸馏塔、热交换器，工艺装备、测试仪器等）。

2) 公用设备

如发电设备、给水设备（泵站）、冷冻设备、空气压缩设备、蒸气发生设备等。

3) 输送设备、

如装卸设备、运输车，输送带等。

2. 工厂中常见的事故

工厂中常见的事故归纳为如下几类，

1) 化工性事故

包括火灾（如由可燃物、自然发热物等引起的火灾），爆炸（火药爆炸、容器爆炸、锅炉爆炸）中毒（化学毒物中毒，有害粉尘、窒息性气体窒息等）。

2) 物理性事故

包括由放射线、声波、高压高温和低温等造成的事故，如放射性损害、烫伤、冻伤等。

3) 机械性事故 （下面评述）

4) 电气性事故 由于电气设备和输电线路等引起的触电和电气火灾等事故。

5) 土木设施事故 如土木设施倒塌、基础塌方、地盘下沉等引起的灾害。

本书主要研究机械性事故，据日本劳动省1973~1981年于劳动灾害付给保险金的统计数据中看出，其中机械原因占总原因的35.2~36.6%。据此，足以说

明机械事故发生的频繁性，故应引起足够的重视。

3. 机械事故及其分类

机械事故主要有坠落、跌倒、飞来物、坠落物、冲撞、夹住、卷进、割伤、动作过猛、触电、接触有害物、接触高温等引起人身事故。其中因夹住和卷进受害者占47.7%割伤、擦伤占19.5%，由飞来物和坠落物致伤的占10.2%。

设备经长期运行后，由于磨损、变形、腐蚀、疲劳、断裂、制造、安装、调整不良等造成设备丧失功能、甚至破坏的设备事故，除造成经济损失外，操作工也可能受伤害，甚至危及生命。

§ 0. 3 机械事故的原因分析

设备都是人设计和制造出来的，在使用中又是由人来操作和管理，所以，可以说造成设备和人身事故最根本的原因是人的过失引起的。当然分析原因的方法也很多，下面我们具体把造成机械事故的原因分为直接原因和间接原因两大类，作简要分析。

0. 3.1 直接原因

直接原因的大都是涉及与伤害有直接关系的致害物。主要有以下几种：

1. 操作者在如下不安全状态下工作。

1) 设备、设施、工具、附件等机械本身有缺陷，如设计不当、结构不符合要求，设备失修，带“病”运转，或超负荷运转等，

2) 防护、保险、信号等装置缺乏或有缺陷，如无防护罩，无安全保险装置，无报警装置，无安全标志，无护栏等，或者这些装置调整不当，或已损坏，

3) 个人防护用品用具（服装、安全帽等）缺少或有缺陷，

2. 操作者有不安全行为，当然这些不安全行为可能是有意的，也可能是无意的。

1) 操作错误、忽视安全、忽视警报、如未经许可开启关停、移动机器，开启关停机器时未给信号，开关未锁紧造成意外转动、通电、或泄漏等，忘记关闭设备，操作错误（指按钮，手柄等），机器超速运转，违章作业，如冲压机作业时，手伸进冲压模，在起吊物下作业、停留，工件紧固不牢，用压缩空气吹铁屑等，

2) 接近危险部位，操作者在作业中或无意接近两个相互运动的零部件之间可能造成挤伤、夹断、切断、压碎、将人体的某一部分卷入、或卡住等造成严重的伤害，其中，主要是由于机器结构设计上的不合理所致。

3) 在机器运转时进行清扫、加油、检修、调整等，

4) 其他，如私自拆除安全装置、使用不安全设备，用手代替工具操作（如用手

清理切屑，不用夹具，而手持工件进行机加工），物体，工具存放不当，如扳手在夹紧工件后没取下，穿戴不安全装束，如穿过肥大服装，机加工戴手套操作等等。

0.3.2 间接原因

属于间接原因的主要包括工作场地条件、操作者的精神状态和组织、管理等方面。

1. 生产（施工）场地环境不良，

如照明光线不良，过强或过弱，工作场地有烟雾、尘弥漫，视物不清，通风不良，工作场所狭窄、杂乱，设备排列不当等，

2. 意外的飞来物或坠落物

这些物体可能是从工人头顶上方掉下来的，如起吊物，也可能是从附近其它设备上飞过来的，如未夹紧的工件、工具等。它们都具有足够的动能，当碰到人体或另一物体，将会造成人员伤害及物体损坏。

3. 操作者缺乏安全知识，精神状态不良，

如技术不熟练、注意力不集中，工作态度不负责、不遵守安全操作规程等。

4. 组织管理方面的缺陷，

安全培训、教育不够，劳动组织不合理，对工作场地缺乏检查指导，没有安全操作规程或不健全，没有或不认真实施事故防护措施。

以上分析事故的直接原因也好，间接原因也好都是围绕人来进行的，下面我们再从设备本身从设计、制造、运行到报废整个周期内分析事故的原因。为了清楚显目，我们用图示法来表示造成事故的主要因素及顺序，见图0—1。

由图可见，设备由于设计、制造不当造成导致事故的潜在因素是设备的先天不足，在运行过程中暴发出来，酿成事故。所以，为了从根本上彻底消除设备故障，免除事故，应该在设备图纸设计阶段就把安全因素考虑进去，当然，这里需要安全技术管理方面的工程技术人员，以及操作者提供有关设备安全方面的资料，以供改进设计时参考。这才是保证设备安全运行和避免事故主动的根本的途径。而当设备出现故障，造成设备和人身事故以后，才去添设安全设施，这种被动的作法，往往花钱多、效率低、效果差。

§ 0.4 机械设备的安全技术

“安全技术”一词是一个外来语，其原意是“…技术的安全”，逐步演变成为安全所需要的技术，为安全而采用的技术措施。现在它的含义远远超过这一范围，不仅是技术措施，还包括组织措施，

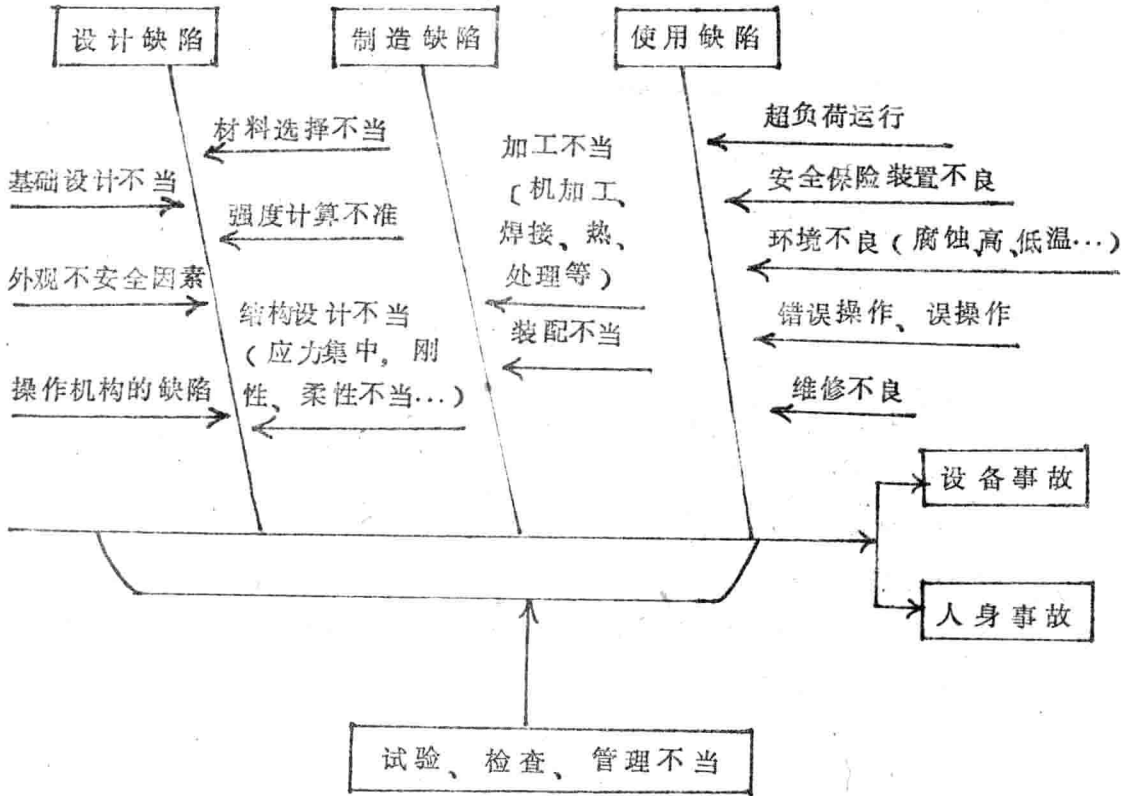


图0—1 造成事故的主要因素及顺序

为了预防各种事故及其他一些对工人健康有害的影响，消除引起这些事故和影响的因素，进一步改善工人的劳动条件，必须采取的各种措施的综合，叫作安全技术。

安全技术是劳动保护的组成部分，因为保护劳动者在劳动生产过程中的安全和健康，预防伤亡事故是离不开安全技术的。工业安全技术包括煤矿安全技术、冶金安全技术、机械工程安全技术、化学工程安全技术、建筑工程安全技术、电气工程安全技术、工业锅炉安全技术、起重运输安全技术等等。它们所阐述的问题和采取的措施是以技术为主的，所以应该属于实用技术学科，同其他技术学科一样，也是运用观察、试验、分析、设计、计算等方法来研究生产中的安全技术问题的。本书是专门讨论工业生产过程中机械设备的安全技术。其内容主要包括以下三方面：安全检查、试验，安全措施和安全技术规程。

0.4.1 安全检查、安全试验

安全检查和试验是安全技术的重要内容之一，其目的在于了解和掌握企业对设备安全管理情况及设备的实际运行状况，检查劳保管理规章制度的健全与否及执行情况，

通过检查可以发现不安全状态、不安全行为和不安全环境 等不安全因素，以利及时采取措施，避免事故的发生。

安全检查和 安全指标 试验的重点是生产线上的关键设备，要害设备，如蒸气锅炉、高压容器、起重运输设备，冲剪、锻压设备、焊接设备等。此外，对厂区、工作场地的安排和组织也要检查，如重要人行和车辆通道，车间设备排列的安全距离，有无放置工具箱 和堆放产品、毛坯及材料等的必要空间，厂房是否结实牢固，采光、通风是否良好等。

0.4.2 安全措施

设备上的各种安全装置，在设计阶段就应考虑齐全，制造时应确保安全装置的质量和功能，使用时应注意维护保养。

1) 防护装置

对设备的危险部分加以隔离防护，使操作者不致触及危险部分。

2) 保险装置

当设备操作中出现危险情况时，能自行动作，消除危险情况的装置，如安全销、安全阀、熔断器、限位器、继电保护装置、自动脱落装置、和卸荷装置等。

3) 联锁装置

为了防止事故，使设备的操作步骤要求按一定次序进行的装置，如高频电炉的电气柜门装有联锁装置，能保证在开门时自动切断电源。必要时，设备上还应配置防止误操作的装置。

4) 制动(刹车)装置

设备上的自动装置必须可靠，以便在应急时使用。特别对各种运输设备和车辆等更为重要。

5) 信号装置

利用各种方式发出信号，使操作者了解设备运行的情况。信号装置包括各种指示、声响(电铃、喇叭、汽笛等)，以及各种仪表(温度表、压力表、流量表、报警器、限荷器等)。

0.4.3 安全技术规程

安全技术规程是指国家为防止和消除生产过程中的伤亡事故，保证劳动者安全和减轻繁重的体力劳动而规定的各种法律规范。它不仅包括安全技术规范，还包括安全技术组织管理制度。

各行各业的安全技术规程和制度，都是前人在长期的生产实践中摸索得来的，甚至是用流血牺牲换来的经验教训总结。它们是生产客观规律的反映，是不以人的意志为转移的。因此，对于安全生产的各项技术规程和制度，都必须严格遵守，认真贯彻执行，不能随意违反或破坏，否则就要受到客观规律的“惩罚”，就会发生事故。这是无数事实早已证明了的。

有关机械安全技术规程有：“锅炉、压力容器安全监察 暂行条例”、“磨削机械安全规程”、“压力机的安全装置技术要求”、“剪切机械安全规程”、“起重机械安全规程”、“厂内运输安全规程”等等。

§0.5 安全工程学的前景

如前所述，安全工程学主要是研究生产过程中发生的各种事故的原因、经过及对策的科学技术。简单地说是研究如何防止发生事故，把生产纳入正常的轨道。但这只能说是消极的，确保安全的态度。我国，目前各工厂正在改变“重生产轻安全、先生产后安全”的恶性循环状态，但是，还没有引起高度的重视。往往当安全与生产发生矛盾的时候，安全就得让步。

从国内先进单位，和国外工业发达国家的经验可见，越是科技领先、工业发达的国家，越重视安全技术，在生产过程中遵循的是良性循环。安全工程师是直属厂长领导干部，享有很大的权限。在选拔安全工程师时，严格考核，条件很高，不仅要有广泛的知识丰富的经验，而且还需要熟悉各种业务，要熟悉科学地进行各种测定、检查的方法和调查事故的原因，及安全工程学的预防技术研究等。要有健康的身体、活动能力和耐力，并且有进行教育、指导、说服的能力。而且还要精通工厂的全部情况，这样才能成为合格的安全工程师。

安全工程师的任务是能预先发现不安全行为和不安全条件，防止酿成事故，而且在熟悉国家制定的各种安全法规的基础上，通过实践，不断对安全法规提出补充、修改意见，使之更加完善。

我们相信，随着科学技术的发展、工业生产的发达，安全技术会越来越引起各方面的重视，安全工程学将会给工厂的正常生产、消除威胁人们的各种灾害和事故，以及给社会作出重大贡献。

第一章 安全设计

任何一种产品（包括制造产品的设备本身）都必须具备一定的工作性能，而且要求好使用、好维修，还要耐使用。就是说，设计时首先要考虑满足用户对产品工作性能的要求（包括性能指标、生产率、精度和可靠性等），同时应考虑产品在运行过程中易操作，在维修中易检查、易发现故障，对易损零件易更换等。一般把安全设计分为可靠性设计和维修性设计。另外，再加上经济、成本核算。所以，要设计一个比较理想的合格产品，必须对其性能、使用维修和成本等各种因素进行全面的权衡和综合，最后作出合理的评定。

§ 1.1 可靠性设计

“可靠性”并不是一个新名词，我们对日常用品和设备，习惯上时常会提出、该产品是否耐用，或可靠不可靠等问题，不过这种提法只是对某些产品质量给出一个定性的评价，并没有给出明确的数值上的量度。随着现代科学技术的不断发展，许多产品所承担的工作在质的方面高级化了，它与人类的生产和生活密切相关，在量的方面更趋向复杂化了，由于彼此相关的任何一部分失效而导致整个系统或设备发生故障的机会显著地增加了，而整个系统或设备一旦发生故障将会给企业带来经济上的重大损失甚至危及职工的生命，其后果不堪设想，危害极大，尤其是宇航、核能、电力、化工、冶金等工程。这样，使得可靠性问题，受到越来越多的军用和民用工业部门的重视。

自五十年代初期以来，对可靠性技术的研究不断发展，形成了一门新兴学科，即可靠性工程学。它是一门综合性技术。现在，在许多系统和设备的设计中都把可靠性作为产品的一项重要技术指标来考虑。也就是说，可靠性已与性能、成本、时间等技术经济指标同时作为评价系统或设备好坏的主要指标之一。

有关可靠性设计和维修性设计细节可参阅有关专著。这里只介绍设备维修管理人员应该了解的可靠性技术方面的基本知识，着重是一般概念，以使他们能运用所介绍的知识去指导如何正确地处理设备维修和管理中的日常工作问题。如，①如何比较和选择可靠性好的设备，②懂得对设备故障进行记录、分析、研究设备故障机理的重要性，随时将设备的故障档案资料反馈给设备设计、制造单位，以提高设备的可靠性，③对现有设备在运行过程中暴露出来的一些不安全因素，针对性地设计一些简单、可靠的安全防护装置，以确保设备的安全可靠运行，④指导制订提高设备可靠性、维修性的方案。

1.1.1 故障统计理论浅说

在设备的运行过程中正常或异常状态往往是随机的，需要用统计的方法作出判断。即利用统计技术和方法，对零、部件或设备的故障模式进行描述和分析。下面先介绍几个基本的统计概念。

1) 均值、方差、和标准偏差

我们通过一个例子来说明这些参数的实际含义。例如，有一百个白炽灯泡连续工作，经统计计算得到如表1—1所示的、有关无故障工作时间的数据。关于“故障”的概念下面将述。

利用第4行的值，可将相对频率密度取为直方图1—1。方法如下：按照无故障工作时间的大小，分成若干类别，对每一分类间隔画出一个矩形，并使矩形的面积等于该间隔的故障相对频率，即使

表1—1 白炽灯泡的损坏数据

分类间隔	发生次数	相对频率	相对频率密度
无故障工作时间 (小时)	灯泡数	与总数的 比值	每小时的 比值
300~400	2	0.02	0.0002
400~500	9	0.09	0.0009
500~	21	0.21	0.0021
600~	40	0.40	0.0040
700~	19	0.19	0.0019
800~	8	0.08	0.0008
900~	1	0.01	0.0001
	100	1.00	

间隔不等宽，方法也相同，有时不等宽可能更方便些。

现假设100个灯泡所反映的故障模式(对灯泡来讲当然就是损坏模式)，可近似地代表所有这类灯泡的模式，换句话说，从100个灯泡中所观察到的相对频率，基本上能真实地反映预期的故障频率。此时，一个灯泡能用700小时以上的概率，相当于直方图内阴影部分的面积，即

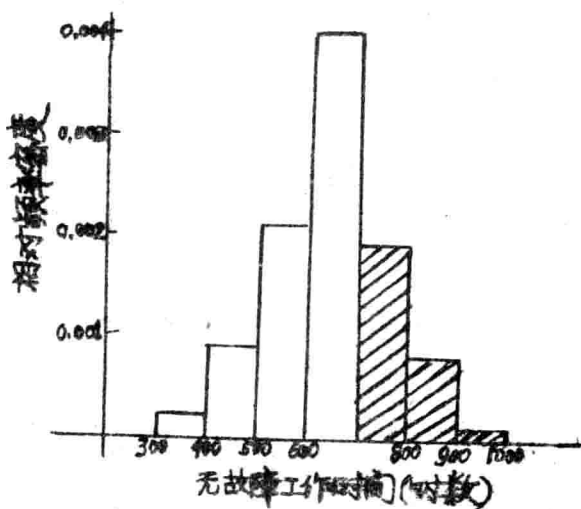


图1—1 数据直方图

$$0.19 + 0.08 + 0.01 = 0.28$$

对无故障工作时间的分布情况了解之后，就可以计算一些参数，以便从不同角度说明这种分布的特征。

①均值，它是反映无故障工作时间集中趋势的特征值，为算术平均值，用 m 来表示，其定义为

$$m = \sum f_r t_r \quad (1-1)$$

式中 \sum —对各项求和，

f_r —与第 r 个分类间隔相对应的相对频率，

t_r —第 r 个分类间隔的中值。

这样灯泡抽样的 m 值为

$$m = (0.02 \times 350) + (0.09 \times 450) + (0.21 \times 550) + \dots = 643 \text{ (小时)}$$

②方差，反映无故障工作时间的离散程度时用方差来表示，其定义为

$$\text{方差 } \sigma^2 = \sum f_r (t_r - m)^2 \quad (1-2)$$

因此，灯泡的方差

$$\sigma^2 = 0.02(350-643)^2 + 0.09(450-643)^2 + \dots = 13500 \text{ (小时}^2\text{)}$$

③标准偏差。当要表达有关离散程度的信息时，总希望它和被观察的量有相同的单位（如小时），为此又引入标准偏差这一概念，它等于方差的平方根，用 σ 表示。

上述灯泡的标准偏差

$$\sigma = \sqrt{13500} = 116 \text{ (小时)}$$

2) 概率密度函数

假设试验的灯泡数不是100，而是非常之多，则图1—1内的间隔宽度就应相对缩小。结果，直方图的阶跃特性基本上消失，变成图1—2所示的连续概率密度分布图。

很多故障形成机制（理）所引起的无故障工作时间的分布规律，很接近于某些确定的数学形式，即可以用一个函数来表示，称为概率密度函数。这种函数能提供故障模式的数学模型，因而在进行性能预测和计算时，十分有用。

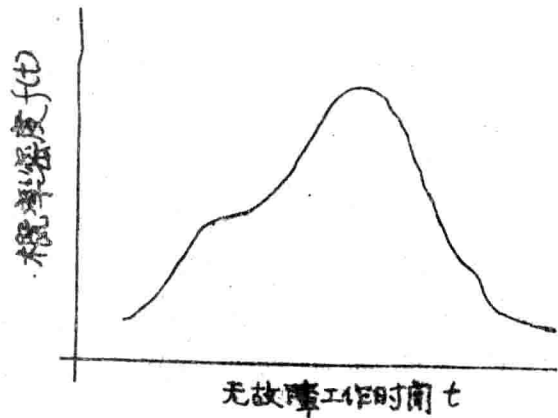


图1—2 连续概率密度分布

负指数概率密度函数。根据很多元件和设备的使用经验，可知，在正常工作条件下，在正常使用期限内，它们很少出现损耗故障，因为损耗故障是进入“老年”的标志。相反，设备或装置安装以后一周内失效的可能性，同几个月以后某一周内失效的可能性一样大。换句话说，出现故障的概率为常数，而与工作时间的长短无关，它和新一样有效。这种现象表明，故障原因对它来说是外来的。一个熔断器通常象新的一样，直到一旦有短路电流，才立即烧断。再如，一个化工设备、一个泵的密封圈经常损坏，但这个故障的出现同工作时间长短无关，经查明原因是这样的，由于物料通道内有些零件设计不妥，因而引起气阻和热裂，而导致密封圈的损坏。

在这种情况下，可以证明无故障工作时间 t 的概率密度函数可用下式表示，

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (1-3)$$

式中 λ 为每一台设备的平均故障率 (即单位时间内平均发生的故障数, 显示 $\frac{1}{\lambda}$ 为无故障平均工作时间)。上述函数 $f(t)$ 称为负指数概率密度函数, 它表示单位时间的相对概率。

1.1.2 可靠度及故障概率

1) 可靠性与可靠度

可靠性是评价设备在使用过程中可信赖程度的指标, 确切地说, 可靠性是指产品 (对象) 在规定的条件下, 规定的时间内, 完成规定功能的能力或性质。这个抽象的可靠性是不能象设备的几何精度, 速度等技术性能指标用仪表来测定的, 需要定量地加以衡量和测定的标准尺度, 这个尺度就是可靠度。它是用概率数值加以量化的。具体定义是, 产品 (设备) 在规定的条件下, 在规定的时间内, 能够完成规定的功能的概率。有了可靠度后, 就可以对设备的可靠性进行具体的试验, 测量, 比较。下面就对可靠度的有关条件作具体解释。①研究对象, 它可以是系统, 也可能是某一台设备, 或其一个零部件。②规定的条件, 包括设备所处的环境条件 (温度、湿度、压力、振动、冲击、尘埃、淋雨), 使用条件 (负荷的大小和性质, 操作者技术水平), 维修条件 (方法和技术水平) 等, 及条件的变化。③规定的时间, 设备随使用时间 (或存放时间) 的延长, 其性能劣化, 可靠性也将下降, 即可靠性是时间的函数。使用时间不同的设备其可靠性是不能等价地进行比较的, 对于工业企业的生产设备, 规定的时间一般应以能达到最少修理费用和停工损失的原则, 机床可选为两次计划修理之间的时间, 而季节性生产的设备 (如加工农产品的设备) 则应以整个生产旺季周期作为考核可靠性的规定时间。④规定的功能, 指既有明确的功能指标 (如功率、流量、速度、等) 也有明确的失效 (发生故障, 不能正常工作) 界限 (如设备质量下降到制造时质量的百分之几就应报废, 或容器壁厚腐蚀到多薄就得报废, 等)。

2) 故障及故障概率。上面介绍的可靠性, 表示设备的运行状态是处于正常的, 而现在要介绍的故障, 则表示设备所处的运行状态是不正常的, 或称故障状态。所谓设备故障可定义为: 设备在投入生产使用和运行过程中, 由于某种原因, 使设备或构成设备的零、部件丧失了其规定机能的事件。对照可靠性的定义, 可见可靠性与故障是分别反映设备运行状态的正反两面, 就象生物的生存状态与死亡状态的区别一样, 二者是一种正反关系。

故障概率, 是指在任意给定的时间内, 产品或设备出现故障的概率, 也就是在这个时间内出现故障的设备数 N_f 在总的观测设备中所占的百分率, 也可以这样说, 它表示

任何一个设备工作时间达到给定时间以前出现故障的概率。F(t)表示。时间越长，故障概率也增加。

而可靠度所表示的意思正好与故障概率相反，即它表示，在观测的设备中工作了给定的时间之后没出现故障的设备(幸存部分)数N₀所占的百分率，故有的书上称为幸存概率，用R(t)表。

根据概率论理论，可靠度与故障概率应有如下关系，即

$$R(t) + F(t) = 1, \text{ 或 } R(t) = 1 - F(t) = 1 - \frac{N_f}{N}, \quad (1-4)$$

式中N为所观测的设备总数。

根据故障概率的定义，并利用故障概率密度函数f(t)式(1-3)，则故障概率就可以写成如下的表达式

$$\begin{aligned} F(t) &= \int_0^t f(t) dt & (1-5) \\ &= \int_0^t \lambda e^{-\lambda t} dt = 1 - e^{-\lambda t} \end{aligned}$$

于是，将式(1-5)，代入式(1-4)，可靠度可写成如下形式，

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\lambda t} \quad (1-6)$$

3) 零部件可靠度与设备(装置)可靠度的关系

一台设备是由若干零、部件组成的，各类不同设备构成的方式也不同，有的以串联方式构成，有的以并联方式构成。

①串联系统装置、这种装置工作时，其组成部分需要同时工作。所以，在串联装置中，任何一个零件失效，整个装置就无法工作，即失效。因而，为了使装置不发生故障，所有的零件在同一时间内都不能发生故障。为了简化概率计算，进一步假定各零件的故障具有独立性，即其它任意零件的故障概率不会因某个零件的失效而变化，即故障的发生相互之间没有关系。如设备零件的故障概率和可靠度各为F_i(t)、R_i(t)(i=1, 2, ..., N)，因整个装置的可靠度要由全部零件的不发生故障来保证，则整个装置的可靠度应该等于构成装置的所有零、部件的可靠度的乘积，即

$$R(t) = R_1(t) \times R_2(t) \times \dots \times R_N(t) = \prod_{i=1}^N R_i(t) \quad (1-7)$$

当各零件的故障概率、可靠度相等时，F_i(t)=F₀(t)，R_i(t)=R₀(t)，则