

辽宁省安全生产监督管理局统编教材

安全生产管理 培 训 教 程

(下册)

ANQUAN SHENGCHAN GUANLI
PEIXUN JIAOCHENG

胡才修 陈宝智 主编



NEUPRESS
东北大学出版社

辽宁省安全生产监督管理局统编教材

安全生产管理培训教程

(下 册)

胡才修 陈宝智 主编

东北大学出版社

• 沈 阳 •

© 胡才修 陈宝智 2005

图书在版编目 (CIP) 数据

安全生产管理培训教程 (下册) / 胡才修, 陈宝智主编. — 沈阳: 东北大学出版社,
2005.6

ISBN 7-81102-148-X

I. 安… II. ①胡… ②陈… III. 安全生产—生产管理—教材 IV. X92 / 8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 059565 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph @ neupress.com

http: // www. neupress. com

印 刷 者: 沈阳农业大学印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 184mm × 260mm

印 张: 39.875

字 数: 1046 千字

出版时间: 2005 年 6 月第 1 版

印刷时间: 2005 年 6 月第 1 次印刷

责任编辑: 牛连功 张德喜

封面设计: 唐敏智

责任校对: 张雅荣

责任出版: 杨华宁

定价(上、下册): 95.00 元

目 录

第一章 系统安全概述.....	1
第一节 系统安全的基本概念.....	1
一、系 统.....	1
二、系统安全的基本观点.....	2
第二节 可靠性与安全.....	4
一、可靠性的基本概念.....	4
二、简单系统的可靠性.....	5
三、提高系统可靠性的途径.....	6
第三节 系统安全性设计.....	7
一、工业设计的安全要求.....	7
二、设备设计、制造的安全要求.....	7
三、人一机—环境匹配	10
第二章 危险源辨识、控制与评价	14
第一节 能量意外释放	14
一、能量在事故致因中的地位	14
二、能量意外释放论	15
三、屏 蔽	16
第二节 两类危险源	17
一、第一类危险源	17
二、第二类危险源	17
三、两类危险源与事故	18
第三节 第一类危险源的辨识和评价	18
一、第一类危险源的辨识原则	18
二、重大事故危险源	19
三、第一类危险源评价	24
四、重大事故后果分析	26
第四节 第一类危险源控制	28
一、防止事故发生的安全技术	28
二、避免或减少事故损失的安全技术	30
第五节 系统安全分析	31
一、系统安全分析的内容和方法	31
二、预先危害分析	33
三、故障类型和影响分析	36

四、危险性和可操作性研究	39
五、事件树分析	42
六、故障树分析	44
七、故障树分析实例	50
第六节 第二类危险源控制	52
一、物的因素控制	52
二、防止人失误	55
第七节 危险性评价	58
一、危险性评价方法	58
二、生产作业条件危险性评价	60
三、火灾爆炸指数法	62
四、概率危险性评价	64
第三章 防火防爆技术	66
第一节 燃烧和爆炸的基本原理	66
一、燃烧及其特性	66
二、爆炸及其特性	75
第二节 防火防爆措施	89
一、采取防火、防爆措施的原则	89
二、工艺防火、防爆措施	92
三、建(构)筑物防火防爆措施	97
第三节 火灾与爆炸监测	106
一、火灾报警器	106
二、可燃气体泄漏检测	108
第四节 防火与防爆安全装置	108
第五节 消防设施	111
一、火灾的分类	111
二、灭火的基本方法	112
三、灭火剂	112
四、灭火装置	115
五、消防用水及设施	116
六、消防站	117
七、消防供电	117
第四章 电气安全	119
第一节 电气伤害事故	119
一、电气事故的特点	119
二、电气事故的种类	119
三、触电事故发生规律	122
四、电流对人体的伤害	123
第二节 直接接触电击防护	124
一、绝 缘	124

二、屏护与安全间距·····	125
三、安全电压·····	126
第三节 间接接触电击防护·····	128
一、IT 系统的触电防护 ·····	128
二、TT 系统 ·····	130
三、TN 系统 ·····	131
第四节 漏电保护·····	135
一、漏电保护装置的原理·····	135
二、漏电保护装置分类·····	136
三、漏电保护方式·····	137
四、漏电保护装置的选用、安装及使用·····	138
第五节 电气安全管理·····	140
一、电气安全管理的基本内容·····	140
二、电气检修的安全管理·····	141
三、停电的安全措施·····	144
第五章 机械设备安全·····	147
第一节 金属切削安全·····	147
一、金属切削机床的安全技术·····	147
二、车削安全·····	151
三、磨削安全·····	153
四、铣床安全·····	157
五、钻床安全·····	158
六、刨床安全·····	160
第二节 冲压机械安全·····	160
一、模具的安全要求·····	160
二、冲压作业方式与安全·····	161
三、冲压作业的安全技术措施·····	163
四、冲压作业的安全管理·····	167
第三节 木工机械安全·····	171
一、木工机械的特点·····	171
二、圆锯机·····	172
三、带锯机·····	175
四、木工刨床安全技术·····	176
五、木工作业的安全技术措施·····	177
第六章 起重机械与厂内机动车辆安全·····	179
第一节 起重机械概述·····	179
一、起重机械的工作特点·····	179
二、起重机械的种类·····	179
三、起重机械的主要参数·····	180
第二节 起重机主要零部件·····	181

一、吊钩	181
二、钢丝绳	181
三、滑轮及滑轮组	182
四、卷筒	183
五、制动器	183
第三节 起重机械安全防护装置	184
一、上升极限位置限制器	184
二、运行极限位置限制器	184
三、偏斜调整和显示装置	184
四、缓冲器	185
五、防风防爬装置	185
六、安全钩	185
七、防后倾装置	186
八、回转锁定装置	186
九、起重量限制器和起重力矩限制器	186
第四节 桥门式起重机安全技术	186
一、主梁的构造形式	186
二、小车轨道铺设	187
三、梯子、走台、栏杆、司机室	187
第五节 塔式起重机安全技术	189
一、塔式起重机的组成	189
二、塔式起重机的安全装置	189
三、塔式起重机的安装架设	190
四、塔式起重机的安全使用	193
第六节 流动式起重机安全	196
一、流动式起重机的结构	196
二、流动式起重机的安全使用	197
第七节 电梯	200
一、电梯的主要参数	200
二、电梯的分类	200
三、电梯的系统组成	201
四、安全保护系统	202
第八节 起重机械的安全管理	207
一、起重机械的制造、安装、维修和改造	207
二、起重机械的使用	207
三、电梯制造、安装、改造、维修和使用单位的特殊要求	211
第九节 厂内机动车辆安全	212
一、厂内机动车辆的特征与种类	212
二、防止机动车辆事故	212
第七章 锅炉、压力容器、压力管道安全	219
第一节 锅炉安全	219

一、锅炉及其分类	219
二、锅炉组成及工作原理	220
三、锅炉的参数及型号	222
四、锅炉主要安全附件	224
五、锅炉安全监察	226
第二节 压力容器安全	228
一、压力容器及其分类	228
二、压力容器主要参数	230
三、压力容器组成	231
四、压力容器的主要安全附件	232
五、压力容器安全监察	233
第三节 压力管道安全	235
一、压力管道及其分类	235
二、压力管道组成	236
三、压力管道安全监察	236
第四节 锅炉、压力容器、压力管道事故	237
一、事故危害	237
二、事故分类	238
三、事故报告	239
四、事故原因	239
五、事故案例	239
第八章 重点行业安全	241
第一节 建筑施工安全	241
一、建筑施工的特点	241
二、建立以施工项目为核心的安全生产管理程序	242
三、建筑施工组织设计及其安全技术措施	243
四、施工现场的安全技术要求	246
五、拆除工程	248
六、土方与基础工程	250
七、脚手架	253
八、高处作业	257
九、施工现场临时用电	260
十、建筑施工机械	270
第二节 冶金与热加工安全	277
一、炼铁安全	277
二、炼钢连铸安全	279
三、轧钢安全	284
四、铸造安全	288
五、锻压安全	292
六、焊接安全	294
第三节 化工安全	297

一、工厂的定位、选址和布局	297
二、化工工艺设计	299
三、化工单元区域规划	303
四、化工装置的维护	308
五、公用工程设施安全	312
第四节 矿山安全	314
一、矿山安全概述	314
二、矿山危险源	315
三、坠落事故预防	316
四、矿山机械、车辆伤害事故预防	318
五、矿山电气伤害事故预防	321
六、矿山防火与防爆	323
七、矿山防水	330
八、矿山救护	337
第九章 职业危害与防护	343
第一节 概 述	343
第二节 职业毒害和防毒措施	344
一、工业毒物的基本概念	344
二、毒性物质分类	344
三、毒 性	345
四、化学物质毒性的影响因素	346
五、工业毒物对人体的危害	349
六、职业接触限值	350
七、职业接触毒物危害程度分级	355
八、防毒技术措施	358
九、职业中毒与现场急救	360
第三节 粉尘危害及防治	362
一、粉尘的分类	362
二、粉尘的特性	363
三、粉尘危害	366
四、尘 肺	367
五、工作场所空气中粉尘容许浓度	368
六、防尘对策措施	370
七、工业通风除尘	371
第四节 噪声与振动危害防治	383
一、噪声危害与防治	383
二、振动及振动控制	388
第五节 辐射的危害和防护	388
一、辐射线的种类与特性	389
二、非电离辐射的危害与防护	390
三、电离辐射的危害与防护	391

第一章 系统安全概述

第一节 系统安全的基本概念

一、系 统

系统是由相互作用、相互依存的若干元素组成的、具有特定功能的有机整体。一部机器是由若干零部件组成的、可以实现一定生产目的的有机整体，可以被看作一个系统。由机器、工具、材料和人员组成的生产作业单元可以被看作一个系统。由若干生产作业单元组成的班组，由若干班组组成的车间，由若干车间组成的工厂也可以分别被看作系统。

1. 系统的基本特征

系统具有整体性、层次性、目的性和适应性等。

(1) 整体性

系统是由若干不同元素组成的、具有特定功能的有机整体。系统的功能不是各元素功能的简单叠加，而是由元素之间相互作用产生的一种新的整体功能。元素在系统中的作用是由系统整体规定的，是为实现系统的整体功能服务的。元素一旦离开了系统就失去了它在系统中的作用，也就不再是系统的元素了。

(2) 层次性

一个系统是一个有机的整体，具有一定的功能。一个系统可以分割成若干较小的部分，这些较小的部分也是一个有机的整体，具有一定的功能，也是一个系统，它是原系统的子系统。依次，子系统又可分割成更小的子系统，一直分割到元素为止。例如，工厂可以划分为车间，车间是工厂这个系统的子系统；车间可以划分为班组，班组是车间的子系统。由于系统具有层次性，在进行系统安全分析时可以把系统分割为若干子系统再分析。

(3) 目的性

系统具有特定的功能和特定的目的，为了实现其特定的目的而把元素组织起来形成系统。

(4) 适应性

任何系统都存在于一定的环境之中，与环境间进行能量、物质和信息的交换。系统的适应性是指系统通过自我调节适应环境变化的性质。

2. 研究系统的方法

研究系统需要利用系统论方法。系统论方法的显著特征是强调整体性、综合性和最优化。

(1) 整体性

系统是具有特定功能的有机整体，系统的构成应保证其整体功能的发挥，实现系统的整体目标，各个子系统、元素都应为系统的整体目标服务，服从于整体目标。

(2) 综合性

从系统元素、系统构造、元素间联结方式等多方面进行综合研究。

(3) 最优化

根据需求和可能,定量地确定系统性能的最优目标,然后动态地协调系统与子系统、元素间的关系,使子系统、元素的性能和目标服从系统的最优目标,实现系统的最优。

二、系统安全的基本观点

系统安全是人们为解决复杂系统的安全性问题而开发、研究出来的安全理论、原则、方法体系。所谓系统安全,是在系统寿命期间内应用系统安全工程和管理方法,辨识系统中的危险源,并采取控制措施使其危险性最小,从而使系统在规定的性能、时间和成本范围内达到最佳的安全程度。从安全科学理论的角度,系统安全包含如下许多创新的安全观念。

1. 没有绝对安全

长时间以来,人们一直把安全和危险看作截然不同的、相互对立的事情,认为某一事物或者安全或者危险,没有中间状态。许多辞典里把安全一词解释为“没有危险的状态”;在日常安全工作中把安全理解为“不会发生事故,不会导致人员伤亡或财物损失的状态”。系统安全与以往的安全观念不同,认为世界上没有绝对安全的事物,任何事物中都包含有不安定的因素,具有一定的危险性,安全只是一个相对的概念。

一个工厂、一个生产过程在一段时间内可能没有发生事故,但是却不能保证永远不发生事故。事故是一种出乎人们意料之外的事件,其发生与否并不取决于人的主观愿望。“事故为零”只能是安全工作的奋斗目标,通过安全工作的艰苦努力使事故发生间隔时间尽可能延长,使事故发生率逐渐减少而趋近于零,却永远不能真正达到事故为零。平时人们说某工厂、某生产过程安全时,是把它与本厂某阶段或其他不安全的工厂、生产过程相比较而言。“安全的”工厂、生产过程,并不意味着已经杜绝了事故和事故损失,只不过相对地事故发生率较低、事故损失较少并在允许限度内而已。

既然没有绝对的安全,系统安全所追求的目标也就不是“事故为零”那样的极端理想的情况,而是达到“最佳的安全程度”,一种实际可能的、相对的安全目标。

安全是相对的,危险是绝对的。所谓安全,就是没有超过允许限度的危险,也就是发生事故、造成人员伤亡或财物损失的危险没有超过允许的限度。这里的“允许的限度”是人们用来判别安全与危险的基准。

2. 安全工作贯穿于系统的整个寿命期间

这是系统安全的一个基本原则,即早在一个新系统的构思阶段就必须考虑其安全性问题,制定并开始执行安全工作规划,进行系统安全工作,并把系统安全工作贯穿于整个系统寿命期间,直到系统报废为止。

该项原则充分体现了系统安全的重要特征:安全工作不仅仅是在系统运行阶段进行,而是贯穿于整个系统寿命期间。即,在新系统的构思、可行性论证、设计、建造、试运转、运转、维修直到废弃的各个阶段都要辨识、评价、控制系统中的危险源。特别是在新系统的构思、可行性论证和设计阶段进行的系统安全工作,包括预测新系统中可能出现的危险源及其危害,通过良好的工程设计消除或控制它们,更能体现预防为主的安全工作方针。

3. 危险源及危险性

系统安全认为,系统中存在的危险源(Hazard)是事故发生的根本原因。危险源是可能

导致事故的潜在的不安全因素。系统中不可避免地会存在着某些种类的危险源。系统安全的基本内容就是辨识系统中的危险源，采取措施消除和控制系统中的危险源，使系统安全。

危险性(Risk)是指某种危险源导致事故、造成人员伤亡或财物损失的可能性。一般，危险性包括危险源导致事故的可能性和一旦发生事故造成人员伤亡或财物损失的后果严重程度两方面问题。在定量描述危险源的危险性时，采用危险度作为指标；在概率地评价危险源的危险性时，一般认为危险度等于危险源导致事故的概率与事故后果严重度的乘积。

在控制系统中的危险源方面，有著名的系统安全三命题：

- ① 不可能彻底消除一切危险源和危险性；
- ② 可以采取控制措施控制危险源，减少现有危险源的危险性；
- ③ 宁可降低系统整体的危险性，而不是只彻底地消除几种选定的危险源及其危险性。

由于人的认识能力有限，有时不能完全认识系统中的危险源及其危险性；即使认识了现有的危险源，随着科学技术的发展，新技术、新工艺、新能源、新材料和新产品的出现，又会产生新的危险源。对于已经认识了的危险源，受技术、资金、劳动力等诸多因素的限制，完全根除也是办不到的。因此，系统安全的目标是努力控制危险源，把后果严重的事故的发生可能性降到最低，或者万一发生事故时，使人员伤亡和财产损失达到最少。

导致系统发生事故的危险源种类很多、非常复杂，它们在导致事故发生、造成人员伤亡和财产损失方面所起的作用很不相同。根据危险源在事故发生、发展中的作用，把危险源分为两大类，即第一类危险源和第二类危险源。

(1) 第一类危险源

根据能量意外释放论，事故是能量或危险物质的意外释放，作用于人体的过量的能量或干扰人体与外界能量交换的危险物质是造成人员伤亡的直接原因。于是，把系统中存在的、可能意外释放的能量或危险物质称作第一类危险源。

(2) 第二类危险源

在生产、生活活动中，为了利用能量，让能量按照人们的意图在系统中流动、转换和做功，必须采取措施约束、限制能量。实际上，绝对可靠的控制措施并不存在。在许多因素的复杂作用下，约束、限制能量的控制措施可能失效，能量屏蔽可能被破坏而发生事故。导致约束、限制能量措施失效或破坏的各种不安全因素称作第二类危险源，包括人、物和环境三个方面的问题。

一起事故的发生是两类危险源共同起作用的结果。第一类危险源的存在是事故发生的前提，没有第一类危险源就谈不上能量或危险物质的意外释放，也就无所谓事故。另一方面，如果没有第二类危险源破坏对第一类危险源的控制，也不会发生能量或危险物质的意外释放。第一类危险源决定了事故发生的后果严重度，而第二类危险源出现的难易决定了事故发生的可能性大小。

4. 不可靠是不安全的原因

可靠性(Reliability)是判断、评价系统性能的一个重要指标，表明系统在规定的条件下和规定的时间内完成规定功能的性能。系统由于性能低下而不能完成规定的功能的现象称作故障(Failure)或失效。系统的可靠性越高，发生故障的可能性越小，完成规定功能的可能性越大。当系统很容易发生故障时，则系统很不可靠。

安全性(Safety)也是判断、评价系统性能的一个重要指标，它表明系统在规定的条件下和规定的时间内不发生事故、不造成人员伤亡或财物损失的情况下，完成规定功能的性

能。许多情况下,系统不可靠会导致系统不安全。当系统发生故障时,不仅影响系统功能的实现,而且有时会导致事故,造成人员伤亡或财物损失。例如,飞机的发动机发生故障时,不仅影响飞机正常飞行,而且可能使飞机失去动力而坠落,造成机毁人亡的后果。提高系统安全性的一个重要方面,应从提高系统可靠性入手。

可靠性着眼于维持系统功能的发挥,实现系统目标;安全性着眼于防止事故发生,避免人员伤亡和财物损失,两者的着眼点不同。可靠性研究故障发生以前直到故障发生为止的系统状态;安全性则侧重于研究故障发生后故障对系统的影响。故障是可靠性和安全性的连接点。在防止故障发生这一点上,可靠性和安全性是一致的。许多情况下,采取提高系统可靠性的措施,既可以保证实现系统的功能,又可以提高系统的安全性。

第二节 可靠性与安全

一、可靠性的基本概念

可靠性是指系统或系统元素在规定的条件下和规定的时间内,完成规定功能的性能。可靠性是判断和评价系统或元素的性能的一个重要指标。当系统或元素在运行过程中因为性能低下而不能实现预定的功能时,则称发生了故障。故障的发生是人们所不希望的,却又是不可避免的。故障迟早总会发生,人们只能设法使故障发生得晚些,让系统、元素能够尽可能长时间地工作。一般来说,机械设备、装置、用具等物的系统或元素的故障,可能导致系统事故;人作为系统的重要元素,其行为、动作也有可靠性问题,人的不可靠也可能导致系统事故。因此,可靠性与安全性有着密切的因果关系。

故障的发生具有随机性,需要应用概率统计的方法来研究可靠性。系统或元素在规定的条件和规定的时间内,完成规定功能的概率叫作可靠度。可靠度是可靠性的定量描述,其数值在0~1之间。可靠度与运行时间有关。随着运行时间的增加,可靠度逐渐降低。这符合“旧的不如新的”的一般规律。用 R 表示可靠度,则可靠度随运行时间 t 的变化规律可以表达为

$$R(t) = \exp\left[-\int_0^t \lambda(t) dt\right] \quad (1-1)$$

式中, $\lambda(t)$ 为故障率,等于单位时间内发生故障的比率,表明系统、元素发生故障的难易程度。

根据故障率随时间变化的情况,把故障分为初期故障、随机故障及磨损故障三种类型。

初期故障发生在系统或元素投入运行的初期,是由于设计、制造、装配不良或使用

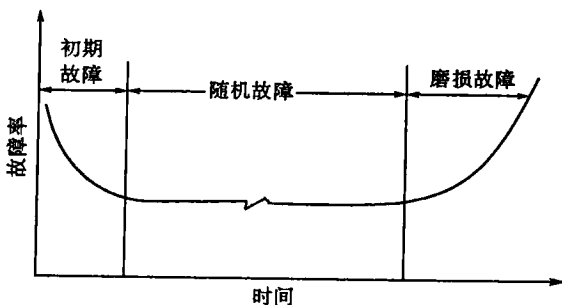


图 1-1 浴盆曲线

方法不当等原因造成的,其特点是故障率随时间的增加而减少;随机故障发生在系统或元素正常运行阶段,是由于一些复杂的、不可控制的,甚至未知的因素造成的,其故障率基本恒定;磨损故障发生在运行时间超过寿命期间之后,由于磨损、老化等原因,故障率急剧上升。图 1-1 所示为典型的故障率随时间变化曲线,习惯上把它叫作浴盆曲线。

工业生产中经常遇到的系统或元素故障主要是随机故障。由于随机故障的故障率近似于常数, 即 $\lambda(t) = \lambda$, 因此式 (1-1) 变为

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (1-2)$$

到 t 时刻系统或元素发生故障的概率 $F(t)$ 为

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

系统或元素自投入运行开始到故障发生的时间间隔叫作故障时间。故障时间的平均值 θ 是故障率 λ 的倒数, 即: $\theta = \frac{1}{\lambda}$ 。在故障发生后不再修复使用的情况下, 故障时间的平均值称为平均故障时间, 记为 $MTTF$; 对于故障后经修理重复使用的情况, 把它叫作平均故障间隔时间, 记为 $MTBF$ 。

二、简单系统的可靠性

系统是由若干元素构成的。系统的可靠性取决于元素可靠性及系统结构。按系统故障与元素故障之间的关系, 可以把简单系统分为串联系统和冗余系统两大类。

1. 串联系统

串联系统又称基本系统, 从实现系统功能的角度, 它是由各元素串联组成的系统。

串联系统的特征是, 只要构成系统的元素中的一个元素发生了故障, 就会造成系统故障。图 1-2 所示为串联系统的可靠性框图。



图 1-2 串联系统可靠性框图

由 n 个元素组成的串联系统的可靠度 R_s 等于各元素可靠度 R_i 的乘积:

$$R_s = \prod_{i=1}^n R_i \quad (1-4)$$

由于可靠度是 $0 \sim 1$ 之间的数, 所以系统的可靠度低于元素的可靠度, 并且组成系统的元素越多, 系统的可靠度越低。

【例 1】 组成系统的三个元素的平均故障时间分别为 200h, 80h, 300h, 求系统的平均故障时间。

解 由式 (1-2), 得系统可靠度

$$R_s = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 = e^{-\lambda_1 t} \cdot e^{-\lambda_2 t} \cdot e^{-\lambda_3 t} = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)t}$$

于是

$$\lambda_s = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = \frac{1}{\theta_1} + \frac{1}{\theta_2} + \frac{1}{\theta_3} = \frac{1}{200} + \frac{1}{80} + \frac{1}{300} = \frac{1}{48}$$

系统的平均故障时间

$$\theta_s = \frac{1}{\lambda_s} = 48\text{h}$$

2. 冗余系统

冗余是把若干元素附加于构成基本系统的元素之上来提高系统可靠性的方法。附加的元素叫作冗余元素; 含有冗余元素的系统叫作冗余系统。冗余系统的特征是, 只有一个或几个元素发生故障时系统不一定发生故障。按实现冗余的方式不同, 冗余系统分为并联系统、备用系统和表决系统。

(1) 并联系统

在并联系统中冗余元素与原有元素同时工作，只要其中的一个元素不发生故障，系统就能正常运行。图 1-3 所示为并联系统的可靠性框图。并联系统的故障概率 F_s 等于各元素故障概率 F_i 的乘积：

$$F_s = \prod_{i=1}^n F_i \quad (1-5)$$

系统的可靠度与元素可靠度之间的关系可用下式表达：

$$R_s = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i) \quad (1-6)$$

【例 2】某种元素的故障率为 0.0021 (1/h)，试计算由三个这种元素构成的并联系统投入运行 100h 后的可靠度。

解 按式 (1-2) 计算元素运行到 100h 后的可靠度

$$R_i = e^{-\lambda t} = e^{-0.0021 \times 100} = 0.81$$

根据式 (1-6)，系统可靠度

$$R_s = 1 - (1 - R_i)^3 = 1 - (1 - 0.81)^3 = 0.993$$

并联系统的可靠度高于元素的可靠度，并且并联的元素越多，则系统的可靠度越高。但是，随着并联元素数目的增加，系统可靠度提高的幅度却越来越小，如图 1-4 所示。

(2) 备用系统

备用系统的冗余元素平时处于备用状态，当原有元素发生故障时才投入运行。图 1-5 所示为备用系统的可靠性框图。为了保证备用系统的可靠性，必须有可靠的故障检测机构和使用备用元素及时投入运行的转换机构。

(3) 表决系统

构成系统的 n 个元素中有 k 个不发生故障，系统就能正常运行的系统叫作表决系统。表决系统的性能 A—主系统；B—备用系统；C—检测、转换机构处于串联和并联系统性能之间，多用于各种安全监测系统，使之有较高的灵敏度和一定的抗干扰能力。

三、提高系统可靠性的途径

一般来说，可以从如下几个方面采取措施来提高系统的可靠性。

(1) 选用可靠度高的元素

高质量的元件、设备的可靠性高，由它们组成的系统可靠度也高。

(2) 采用冗余系统

根据具体情况可采用并联系统、备用系统或表决系统。

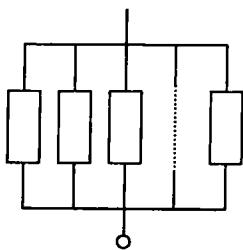


图 1-3 并联系统可靠性框图

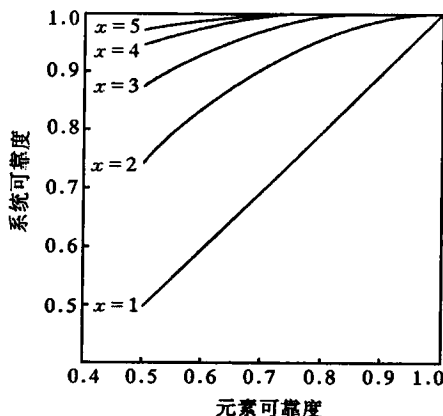


图 1-4 并联元素个数对系统可靠性的影响

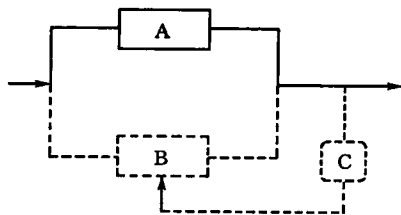


图 1-5 备用系统可靠性框图

(3) 改善系统运行条件

控制系统运行环境中的温度、湿度,防止冲击、振动、腐蚀等,可以延长元素和系统的寿命。

(4) 加强预防性维修保养

及时、正确的维修保养可以延长系统的使用寿命;在元素进入磨损故障阶段之前及时更换,可以维持恒定的故障率。

第三节 系统安全性设计

一、工业设计的安全要求

通过工业设计,可以消除和控制系统中的危险源,创造安全的生产条件,实现系统的“本质安全”。通过设计来消除或控制危害,是提高系统安全水平的主要措施之一。有关技术标准、规范中的安全要求及内容,是设计的主要依据。

1. 进行工业设计时采用的安全措施

在进行系统安全性设计时,采用的安全措施应按照如下顺序进行。

① 最小危险设计。首先应在设计上消除危险源,若不能消除已经判定的危险源,应通过选择设计方案将危险性减小到可接受的水平。

② 采用安全装置。若不能通过最小危险设计来满足规定的要求,则应采取永久的、自动的或者其他的安全防护装置,使危险减小到可以接受的水平。

③ 采取报警装置。若采用最小危险设计及采用安全装置都未能有效地满足要求,则应采用报警装置来监测危险状态,并向有关人员发出报警信号。

④ 制定专用规程和培训措施。若采用以上措施均不能满足规定要求,则应另行制定专门的规程和相应的培训计划,以达到系统安全性要求。

2. 系统安全性设计的要求

在进行系统安全设计时,应做到:

① 通过设计消除已判定的危险源或减少其危险性。

② 危险的物资、零部件和危险的活动应当与其他活动、区域、人员和不相容的物品隔离。

③ 设备的位置安排应使工作人员在操作、维护、修理或调试过程中,尽量避免危险(如危险化学品、辐射、高压电、尖锐锋利的物件等)。

④ 尽量减少恶劣环境条件(如温度、压力、噪声、毒性、加速度、振动、冲击和辐射等)所导致的危险。

⑤ 系统设计时,应尽量减少在系统的使用和维护中人失误所导致的危险。

⑥ 为把不能消除的危险源的危险性减少到最低的程度,应考虑采取补偿措施。此类措施包括:连锁、冗余系统、故障—安全设计、系统防护、灭火和个体防护、防护设备、应急规程等。

二、设备设计、制造的安全要求

这里的设备主要是指生产设备,即生产过程中所用到的各种机械、电气设备及其附件。

设备的设计、制造应符合国家标准所规定的基本安全要求。

1. 设备设计、制造的基本原则

为了符合安全要求，在设备设计、制造时应遵循如下基本原则：

① 设备及其零部件，必须有足够的强度、刚度和稳定性。在按规定条件制造、安装、运输、储存和使用时，不得对人员造成危险。在设计时，必须确定合适的安全系数，做到安全性和经济性的统一。

② 在使用过程中，设备不得排放超过标准规定的有害物质。如果设备本身达不到这一要求，必须另外增加处理有害物质的设备。

③ 设备设计必须符合人机学的原则，以便最大限度地减轻操作者的体力、脑力消耗以及紧张心理。

④ 选择最佳设计方案，并严格按照标准制造、检验；合理地采用机械化、自动化和电子计算机技术，在经济许可的条件下，危险作业应尽量用机械代替人进行操作；采取有效的防护措施使人与危险源隔离；安装、运输、储存、使用和维修的技术文件中应标明安全要求。

⑤ 设备设计时应进行安全性评价。当安全技术措施与经济性发生矛盾时，应优先考虑安全技术上的要求。安全技术措施分为直接安全技术措施和间接安全技术措施两类。直接安全技术措施是指设备本身危险性很小，实现了本质安全；间接安全技术措施是指直接安全技术措施不能或不完全能实现时，依靠一种或多种可靠的安全防护装置来实现设备安全。在设备设计时应优先考虑采取直接安全技术措施。除了采取直接安全技术措施和间接安全技术措施外，还应当在设备上适当采用指示性安全技术措施，如信号灯、报警器等。

⑥ 设备在整个使用期限内都应当符合安全卫生要求。

⑦ 电气设备及其附件，均应符合安全要求，并考虑设备制造过程中的安全性。如果按规定使用设备时，遇有特殊的环境和运行条件，则必须将设备设计的在特殊条件下也符合国家标准的要求。这里的特殊条件包括有爆炸或燃烧危险，异常高温或异常低温，异常潮湿，以及特殊的化学、物理、生物作用等。

2. 设备的一般安全要求

设备的一般安全要求包括涉及设备安全的设备适应能力，防止断裂能力，材料性能，稳定性，表面、角和棱，运动零部件防护，防止飞出物，过冷和过热防护，防火与防爆，电气设备，防止电能直接作用人体，噪声和振动，防尘、防毒，防液体引起事故，操纵器、信号和显示器，润滑，紧急开关等方面的要求。

① 设备在规定的寿命期间内，必须具有适应环境（如温度、湿度、气压、风载以及雨雪、辐射、粉尘、负载、冲击、振动等）的足够能力，特别是防腐蚀、耐磨以及抗疲劳的能力。

② 必须合理地选择设备的各种受力零部件等的结构、材料、加工工艺和安全系数，以免产生断裂和破碎。用来制造设备的材料必须能够承受可能出现的各种物理的、化学的和生物的作用。不得使用对人有危害的材料来制造生产设备，在必须使用的场合应采取可靠的安全技术措施，以保障人员的安全。设备的零部件如因材料老化或疲劳可能引起危险时，必须选用耐老化或抗疲劳材料制造，并规定更换期限，其安全使用期限应小于材料老化或疲劳期限。设备易被腐蚀或空蚀的零部件，应选用耐腐蚀或耐空蚀材料制造，或采取某种方法加以防护。禁止使用能与工作介质发生反应而造成危险（爆炸、生成有害物质等）的材料。