

JIXIEANQUAN
SHOUCE

机械安全手册

孙桂林 主编



中国劳动出版社

机械安全手册

孙桂林 主编

中国劳动出版社

(京)新登字114号

内 容 简 介

本手册较系统地介绍了各种机械(特别是危险机械)的事故情况,设计制造过程中应遵照的安全卫生原则、安全监察的内容和方法。手册贯彻最新的国家标准和国际标准,内容丰富实用,便于查找。

手册共分12部分,有机械安全技术基础;系统及设备可靠性工程;人机工程;安全设计结构要素与安全技术;典型零部件安全技术;加工机械安全技术;起重搬运机械安全技术;矿山机械安全技术;化工机械安全技术;林业机械安全技术;农业机械安全技术;设备管理与润滑等内容。

手册可供机械设计制造、设备管理、安全监察等部门的工程技术人员阅读,也可供大专院校有关师生参考。

机械安全手册

孙桂林 主编

责任编辑:任 萍 蒋运茂

中国劳动出版社出版

(北京市惠新东街1号)

北京怀柔东茶坞印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

787×1092 毫米 16开本 47.5印张(彩插1) 1176千字

1993年5月北京第1版 1993年10月北京第1次印刷

印数:2500册

ISBN 7-5045-1245-1/T·024 定价:41.00元

前 言

机械是现代社会进行生产和服务的五大要素之一，机械种类繁多，服务领域广阔。现代机械按服务领域可分为：用以生产产品的机械；为生产和工作服务的机械；能量转换机械；武器机械；为家庭和个人生活提供服务的机械。本手册与一般的机械设计手册不同，本手册的宗旨是“安全”，所以首先把机械中出事故较多的危险机械作为要点，在内容编排上，从设计制造、管理操纵检验报废全过程提出安全卫生技术要求，对曾发生过的事故进行较为全面的统计分析，以引导出安全卫生监察的工作重点。

手册包括机械安全技术基础(常用数据和公式、单位换算、常用力学公式)；可靠性工程；人机工程；安全设计要素与安全技术；典型零部件安全技术；加工(生产)机械安全技术；起重搬运机械安全技术；矿山机械安全技术；化工机械安全技术；林业机械安全技术；农业机械安全技术；设备管理与润滑等内容。

手册中还给出较多的事故案例，供读者借鉴。

限于我们的知识水平，书中难免有不少的缺点甚至不妥之处，敬请读者批评指正。

主 编 孙桂林

副主编 孙连捷 蒋运茂 任萍 范俊广

编审人员 宫本智(第1、7部分)

孙连捷(第1、4部分)

孙德林(第2部分)

曹 琦(第3部分)

苏金镛(第6部分)

陈风林(第6部分)

祁建和(第6、12部分)

高 荣(第8部分)

刘湘臣(第9部分)

娄茂达(第10部分)

刘 敏(第11部分)

焦 刚(第11部分)

徐树仁(第12部分)

高 禾(第12部分)

李改香(第12部分)

孙桂林(第5、7部分)

蒋运茂(第4、8部分)

任 萍(第5、9部分)

范俊广(第2、4部分)

孙燃(第3、7部分)

沈伯雄(第5、11部分)

丛惠珠(第3部分)

吕海燕(第4部分)

王乃康(第10部分)

张孝芳(第4部分)

目 录

1 常用数据和公式	1
1.1 常用资料和数据	1
1.2 常用力学公式	13
2 系统及设备可靠性工程	31
2.1 系统可靠性的基本概念	31
2.1.1 可靠性、可靠度、累积失效分布函数	31
2.1.2 失效率	33
2.1.3 可靠性寿命特征	34
2.1.4 维修性	36
2.1.5 有效度	36
2.2 系统可靠性模型与可靠度计算	37
2.2.1 串联系统	37
2.2.2 并联系统	38
2.2.3 表决系统	39
2.2.4 混合系统	40
2.2.5 冷贮备系统	41
2.2.6 复杂系统	42
2.3 故障(失效)树分析	44
2.3.1 事件符号	44
2.3.2 结构函数	44
2.3.3 FTA的定性分析	46
2.3.4 顶事件发生概率的计算	46
2.4 系统可靠性分配	47
2.4.1 等分配法	47
2.4.2 加权分配法	47
2.4.3 最优化分配	47
2.4.4 贮备度分配法	49
2.4.5 系统可靠性预测	51
2.5 可靠性数据处理	51
2.5.1 定数截尾与定时截尾	51
2.5.2 直方图	56
2.5.3 失效频率计算法	58

2.5.4	可靠度函数算法	59
2.6	累积失效分布函数	60
2.6.1	正态分布与威布尔分布	60
2.6.2	对数正态分布	63
2.7	分布函数点估计	66
2.7.1	图估法	66
2.7.2	最小二乘法	70
2.8	失效模式影响及其后果分析	71
2.8.1	FMECA	71
2.8.2	失效机理与失效分析	71
2.8.3	风险与致命度	71
2.9	机械设计的可靠性分析	74
2.9.1	应力—强度模型	74
2.9.2	正态分布函数的代数运算	76
2.9.3	静强度可靠性计算	80
2.9.4	安全系数与可靠性	82
3	人机工程	83
3.1	人机工程学的基本知识	83
3.1.1	人机系统	83
3.1.2	人机工程学	84
3.1.3	人机工程实施要点	86
3.1.4	人机工程参数标准化	88
3.2	人体基本参数	88
3.2.1	人体尺寸	88
3.2.2	人体模板	92
3.2.3	人体力学参数	93
3.2.4	合理用力	96
3.3	视觉及视觉显示	98
3.3.1	视觉特征	98
3.3.2	视野	100
3.3.3	仪表显示功能	102
3.3.4	刻度盘指针显式设计要点	103
3.3.5	图形符号概述	107
3.3.6	图形符号设计	108
3.4	听觉及听觉显示	112
3.4.1	声波与听觉	112
3.4.2	声音掩蔽	113
3.4.3	语言传递	114
3.4.4	听觉显示	114

3.5	触觉及控制器	115
3.5.1	人的触觉特性	115
3.5.2	控制器的类型选择	117
3.5.3	控制器设计中需考虑的问题	117
3.5.4	手控制器设计	122
3.5.5	脚、膝控制器设计	124
3.6	显示—控制协调设计及其操作可靠度	125
3.6.1	控制—显示调节比	125
3.6.2	信号竞争	126
3.6.3	显示器与控制器的逻辑位置一致	126
3.6.4	显示器与控制器运动方向一致	127
3.6.5	显示与控制的概念一致	129
3.6.6	控制系统与被控对象的方位一致	130
3.6.7	显示—控制操作可靠度	130
3.7	作业空间	132
3.7.1	作业空间与作业姿势	132
3.7.2	控制作业空间设计	133
3.7.3	装配作业空间设计	139
3.7.4	作业危险空间	141
3.8	工业色彩	143
3.8.1	三原色理论	143
3.8.2	色彩心理学参数	144
3.8.3	色彩模型	145
3.8.4	色彩设计原理	147
3.8.5	工业色彩设计	149
3.9	作业物理环境	151
3.9.1	振动	151
3.9.2	噪声	153
3.9.3	高低温环境	155
3.9.4	光环境	157
4	安全设计结构要素与安全技术	166
4.1	冷加工安全技术	166
4.1.1	安全设计结构要素	166
4.1.2	冷加工安全设计注意事项	188
4.2	铸件安全技术	200
4.2.1	铸件安全设计结构要素	200
4.2.2	铸造安全设计注意事项	210
4.3	锻件安全技术	222
4.3.1	锻件安全设计结构要素	222

4.3.2 铸件安全设计注意事项	224
4.4 冲压件安全技术	225
4.4.1 冲压件安全设计结构要素	225
4.4.2 冲压件安全设计注意事项	231
4.5 铆焊结构安全设计	233
4.5.1 焊接结构安全设计注意事项	233
4.5.2 铆接结构安全设计注意事项	236
4.6 特殊材料零件安全设计	237
4.6.1 工程塑料零件安全设计注意事项	237
4.6.2 粉末冶金零件安全设计注意事项	241
5 典型零部件安全技术	245
5.1 高强度螺栓	245
5.1.1 高强度螺栓工作特点及安全技术	245
5.1.2 高强度螺栓安全承载能力	246
5.1.3 高强度螺栓安全连接计算	247
5.2 滚动轴承	248
5.2.1 滚动轴承寿命与常见故障	248
5.2.2 滚动轴承故障预防技术	251
5.2.3 滚动轴承故障诊断分析	251
5.3 齿轮	253
5.3.1 齿轮常见故障	253
5.3.2 常见的塑性变形破坏	255
5.3.3 运转条件与齿轮破坏	256
5.3.4 齿轮破坏诊断分析	257
5.4 钢丝绳	258
5.4.1 钢丝绳的种类	258
5.4.2 钢丝绳的选用	275
5.4.3 钢丝绳的安全检查	277
5.4.4 钢丝绳的报废	280
5.4.5 ISO4309—81钢丝绳检验和报废实用规范	280
5.5 链条	286
5.5.1 起重用短环链	286
5.5.2 安全技术检验	289
5.5.3 传动链	291
5.6 联轴器与离合器	291
5.6.1 联轴器	291
5.6.2 离合器	292
5.7 制动器	296
5.7.1 带式制动器	296

5.7.2	块式制动器	297
5.7.3	制动器的安全技术	303
5.7.4	制动器的常见故障与维护	305
5.7.5	常用制动器的结构与特点	306
6	加工机械安全技术	310
6.1	冲压安全技术	310
6.1.1	冲压生产安全技术	310
6.1.2	冲压设备的安全技术要求	314
6.1.3	冲压自动化送料装置	319
6.1.4	模具的安全技术要求	321
6.1.5	冲压设备的安全装置	326
6.1.6	作业环境	343
6.1.7	安全技术管理	346
6.1.8	安全技术操作规程	348
6.2	磨削加工安全技术	352
6.2.1	磨削加工	352
6.2.2	砂轮	352
6.2.3	砂轮防护罩的安全技术	356
6.2.4	磨削加工的安全技术	358
6.2.5	砂轮与磨削机械的管理及维护	360
6.3	木工机械安全技术	360
6.3.1	概述	360
6.3.2	木工车间的安全技术措施	361
6.3.3	几种主要木工机械的安全技术	363
6.4	涂装作业安全技术	369
6.4.1	涂装作业厂房与车间的安全卫生要求	370
6.4.2	涂装车间的通风和净化	371
6.4.3	主要喷涂工艺过程的安全技术要求	375
6.4.4	涂料的管理、使用及干燥过程安全技术要求	377
7	起重搬运机械安全技术	379
7.1	起重安全	379
7.1.1	起重事故	379
7.1.2	起重机械分类	383
7.1.3	起重机主要参数	383
7.1.4	起重机工作类型	389
7.1.5	起重机工作级别和机构工作级别	390
7.2	起重机安全装置	398
7.2.1	超载限制器	398
7.2.2	力矩限制器	399

7.2.3	位置限制器	402
7.2.4	联锁保护装置	403
7.2.5	缓冲器和止挡器	404
7.2.6	夹轨钳和锚定装置	407
7.2.7	防碰撞装置	414
7.3	起重机机构的安全设计	416
7.3.1	起升机构	416
7.3.2	运行机构	425
7.3.3	回转机构	430
7.3.4	变幅机构	433
7.4	桥架型起重机安全技术	434
7.4.1	葫芦式起重机	434
7.4.2	桥式起重机	448
7.5	流动式起重机安全技术	467
7.5.1	流动式起重机及其主要参数	467
7.5.2	流动式起重机稳定性能与安全	468
7.5.3	流动式起重机构造及工作原理	471
7.5.4	流动式起重机安全管理	480
7.6	塔式起重机安全技术	486
7.6.1	塔式起重机分类	486
7.6.2	塔式起重机的构造及性能	486
7.6.3	塔式起重机稳定性	491
7.6.4	塔式起重机的验收	494
7.6.5	塔式起重机事故	495
8	矿山机械安全技术	498
8.1	矿山机械事故分析	498
8.1.1	矿山机械事故机理	498
8.1.2	矿山机械事故统计分析	502
8.2	矿山机械设计的安全卫生原则	505
8.2.1	矿山机械设计的安全原则	505
8.2.2	矿山机械设计的卫生原则	508
8.3	矿山机械安全工作原理及故障诊断	510
8.3.1	凿岩机械	510
8.3.2	钻机	512
8.3.3	采煤机	518
8.3.4	液压支架	525
8.3.5	掘进机	534
8.3.6	装载机械	538
8.3.7	矿用提升机	541

8.3.8	矿用输送机	545
8.3.9	破碎机和球磨机	553
9	化工机械安全技术	560
9.1	化工机械事故分析	560
9.1.1	化工机械事故机理	560
9.1.2	化工机械事故统计分析	567
9.2	化工机械设计的安全卫生原则	572
9.2.1	材料的选用	572
9.2.2	安全装置	576
9.3	化工机械安全工作原理及故障诊断	585
9.3.1	往复活塞式压缩机	585
9.3.2	离心式压缩机	595
9.3.3	汽轮机	598
9.3.4	离心机	602
9.3.5	石油化工用泵	605
9.4	化工机械安全操作	611
9.4.1	往复活塞式压缩机的安全操作	611
9.4.2	离心式压缩机的安全操作	613
9.4.3	汽轮机的安全操作	615
9.4.4	离心机的安全操作	617
9.4.5	离心泵的安全操作	619
10	林业机械安全技术	622
10.1	林业机械事故分析	622
10.1.1	林业机械事故机理	622
10.1.2	林业机械事故的统计分析	622
10.2	林业机械设计安全卫生原则	627
10.2.1	基本原则	627
10.2.2	一般要求	627
10.2.3	林业机械中几项特殊的安全卫生设计要求	628
10.3	林业机械安全工作原理及故障诊断	629
10.3.1	林业机械安全工作原理	629
10.3.2	苗圃机械	631
10.3.3	营造林机械	632
10.3.4	木材采伐机械	633
10.3.5	木材集材机械	635
10.3.6	木材装卸机械	636
10.3.7	木材运输机械	637
10.3.8	林火消防机械	638
10.4	林业机械安全操作技术	639

10.4.1	割灌机的安全操作技术	639
10.4.2	油锯的安全操作技术	640
10.4.3	集材拖拉机安全操作技术	641
10.4.4	林用架空索道安全操作技术	641
10.4.5	木材装卸机械安全操作技术	642
10.4.6	运材的安全操作技术	643
10.4.7	林火消防机械安全操作技术	645
10.4.8	旋刀式草坪剪草机安全操作技术	645
11	农业机械安全技术	647
11.1	农业机械事故分析	647
11.1.1	农业机械事故机理	647
11.1.2	农业机械事故统计分析	648
11.2	农业机械设计安全卫生原则	649
11.2.1	农业机械设计安全原则	649
11.2.2	农业机械设计卫生原则	659
11.3	农业机械安全工作原理及故障诊断	661
11.3.1	耕地机械	661
11.3.2	整地机械	663
11.3.3	植保机械	665
11.3.4	谷物收获机械	669
11.3.5	农副产品加工机械	672
11.4	农业机械安全操作技术	676
11.4.1	拖拉机的安全操作技术	676
11.4.2	脱粒机的安全操作技术	678
11.4.3	柴油机的安全操作技术	679
11.4.4	谷物收获机械的安全操作技术	679
11.4.5	植保机械的安全操作技术	680
12	设备的管理、维修及润滑	681
12.1	设备管理	681
12.1.1	设备管理组织	681
12.1.2	设备的使用及维护保养	683
12.1.3	设备的保养、检查评比	684
12.1.4	设备的故障	687
12.1.5	设备维修的技术资料	693
12.1.6	设备修理、改造与更新的决策	695
12.2	设备修理	701
12.2.1	设备维修	701
12.2.2	设备维修的各种定额	702
12.2.3	设备修理周期及间隔期	705

12.2.4 设备的修理标准.....	705
12.2.5 机械设备大修零件更换标准.....	723
12.3 设备润滑.....	725
12.3.1 润滑原理.....	725
12.3.2 润滑剂.....	727
12.3.3 典型零部件的润滑.....	729
12.3.4 工厂企业设备润滑管理.....	735
参考文献.....	742

1 常用数据和公式

1.1 常用资料和数据

表 1-1

国外部分标准代号

代 号	表 示 意 义	代 号	表 示 意 义
ISO	国际标准化组织标准	NEN	荷兰国家标准
IEC	国际电工委员会标准	DS	丹麦国家标准
ASA	美国国家标准 (1969年前)	SIS	瑞典国家标准
ANSI	美国国家标准 (1970年后)	SNV	瑞士国家标准
ASAE	美国农业工程学会标准	EN	欧洲(共同体)标准
ASME	美国机械学会标准	JUS	南斯拉夫国家标准
ASTM	美国材料试验协会标准	MSZ	匈牙利国家标准
JEEE	美国电工学会标准	JGL	原民主德国国家标准
IFI	美国紧固件协会标准	CSN	捷克斯洛伐克国家标准
NEMA	美国电气制造协会标准	PN	波兰国家标准
SAE	美国汽车协会标准	STAS	罗马尼亚国家标准
CSA	加拿大国家标准	CT C3B	经互会标准建议
BS	英国国家标准	ГОСТ	原苏联国家标准
ABC	英、美、加联合标准	MH	苏联机器制造通用标准
DIN	原联邦德国国家标准	AS	澳大利亚标准
NF	法国国家标准	NZSS	新西兰标准规格
UNI	意大利国家标准	JIS	日本国家标准
NBN	比利时国家标准	IS	印度国家标准
NEMKO	挪威国家标准	PS	巴基斯坦国家标准

表 1-2

国家、部、局(工业)标准代号

名 称	标准代号	名 称	标准代号
国家标准	GB	砂轮、磨料	GS
国家内部标准	GBn	锻压机械	GD
国家标准(建筑)	GBJ	电 工	电(D)、Q/D
		仪器、仪表	Y、ZBY
		农业机械	NJ、NIJ
		工程机械	GJ
		兵器工业	WJ
专	JB、JZ		
	Q/ZB、ZJ		
业	GC	核工业部	EJ
	GL	航空工业部	HB
	GR	电子工业部	SJ
	汽	煤炭工业部	MT

续表

名 称	标准代号	名 称	标准代号
石油工业部	SY	商业部	SB
冶金工业部	YB	公安部	GN
化学工业部	HG	卫生部	WS
航天工业部	QJ	劳动部	LD
林业部	LY	教育部	JJY(JY)
地质矿产部	DZ	文化部	WH
铁道部	TB	中央广播电视部	GY
交通部	JT	国家建材局	JC
邮电部	YD	国家计量局	JJC
水力电力部	SD	国家物资局	WB
纺织工业部	EJ	国家海洋局	HY
轻工业部	QB,SG	国家测绘总局	CH
农牧渔业部	NY,NK,SC	中国民用航空局	MH
城乡环境保护部	JZ,JG	中央气象局	QX
中国造船总公司	CB	中国科学院	KY
对外经济贸易部	WM	全国供销合作总社	GH
粮食部	LS	中央手工业管理局	SC

注：在代号后加“/Z”为指导性技术文件，如“YB/Z”为冶金部指导性技术文件。

表 1-3

机械传动效率的概略数值

类 别	传 动 型 式	效 率 η
圆 柱 齿 轮 传 动	很好跑合的6级精度和7级精度齿轮传动(稀油润滑)	0.98~0.99
	8级精度的一般齿轮传动(稀油润滑)	0.97
	9级精度的齿轮传动(稀油润滑)	0.96
	加工齿的开放式齿轮传动(干油润滑)	0.94~0.96
	铸造齿的开放式齿轮传动	0.90~0.93
圆 锥 齿 轮 传 动	很好跑合的6级精度和7级精度齿轮传动(稀油润滑)	0.97~0.98
	8级精度的一般齿轮传动(稀油润滑)	0.94~0.97
	加工齿的开放式齿轮传动(干油润滑)	0.92~0.95
	铸造齿的开放式齿轮传动	0.88~0.92
蜗 杆 传 动	自锁蜗杆	0.4~0.45
	单头蜗杆	0.7~0.75
	双头蜗杆	0.75~0.82
	三头和四头蜗杆	0.8~0.92
	圆弧面蜗杆传动	0.85~0.95
皮 带 传 动	平皮带无压紧轮的开放式传动	0.98
	平皮带有压紧轮的开放式传动	0.97
	平皮带交叉传动	0.90

续表

类 别	传 动 型 式	效 率 η
皮带传动	三角皮带传动	0.96
链 轮 传 动	焊接链	0.93
	片式关节链	0.95
	滚子链	0.96
	无声链	0.97
丝 杠 传 动	滑动丝杠	0.3~0.6
	滚动丝杠	0.85~0.95
绞车卷筒		0.94~0.97
滑 动 轴 承	润滑不良	0.94
	润滑正常	0.97
	润滑特好(压力润滑)	0.93
	滚体摩擦	0.99
滚 动 轴 承	滚珠轴承(稀油润滑)	0.99
	滚柱轴承(稀油润滑)	0.98
复 滑 轮 组	滑动轴承($m=2\sim6$)	0.98~0.90
	滚动轴承($m=2\sim6$)	0.99~0.95
摩 擦 传 动	平摩擦传动	0.85~0.92
	槽摩擦传动	0.88~0.90
	卷绳轮	0.95
联 轴 器	浮动联轴器	0.97~0.99
	齿轮联轴器	0.99
	弹性联轴器	0.99~0.995
	万向联轴器($\alpha \leq 30^\circ$)	0.97~0.98
	万向联轴器($\alpha > 30^\circ$)	0.95~0.97
	梅花接轴	0.97~0.98
	液力联轴器(在设计点)	0.95~0.98
减 (变) 速 器	单级圆柱齿轮减速器	0.97~0.98
	双级圆柱齿轮减速器	0.95~0.96
	行星圆柱齿轮减速器	0.95~0.98
	单级圆锥齿轮减速器	0.95~0.96
	双级圆锥——圆柱齿轮减速器	0.94~0.95
	无级变速器	0.92~0.95
	轨机人字齿轮座(滑动轴承)	0.93~0.95