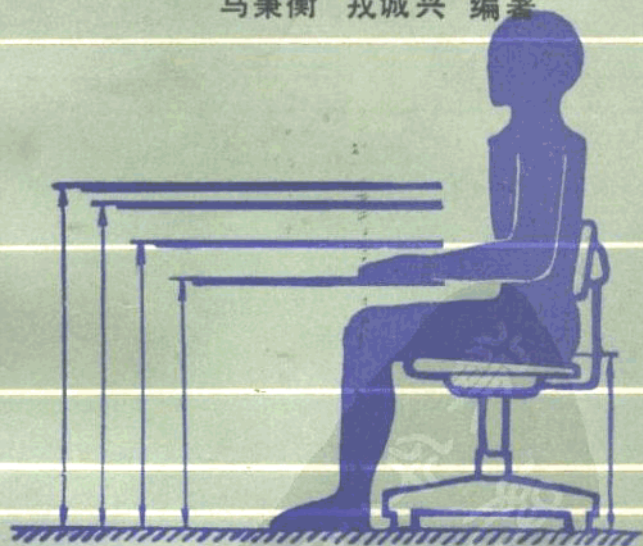


职工安全教育丛书

人机学

*REN JI
XUE*

马秉衡 戎诚兴 编著



冶金工业出版社

前 言

为了教学的需要，著者曾于1987年编写了《人机学》一书（内部发行）。鉴于近年我国人机学的发展，以及根据两年来教学实践体会，颇感原书有进一步增补、修订和出版的必要。

在生产中，人、机械和环境共同组成一个系统，人机学则是研究这个系统中三者如何协调、适合的科学。其目的在于创造良好舒适的作业条件，提高生产效率，避免事故发生，保障作业人员的安全和健康。由于机械本来就是按人的意图被设计制造出来的，局部环境也可以由人进行控制，因而人和机械、环境的互相适合问题，实质上是使机械、环境如何适合于人，更具体地说，是如何适合于人的特性的问题。

为了研究如何使机械、环境适合人的特性，就需要对人体形态、人的生理以及人的心理等方面有相应的了解。而这些方面对于工程技术人员来说，却往往是比较生疏的。正是出于这一点考虑，本书以略多的篇幅加以介绍。

人机学是软科学，具有广泛的实用性，与作业安全的关系尤为密切。过去，人们解决生产中的安全问题，大多孤立地从硬件入手，缺乏与人联系密切的人机学这条纽带，所以解决得不那么妥贴、彻底。实际上，解决安全上的技术问题

题，决不能撇开人的特性于不顾，也就是说脱离不开人机学。可以说，人机学是解决生产中安全问题的基础。

人机学是近几十年才发展起来的年轻学科，由于它在安全生产中已显示出作用，受到各国的重视，许多国家都在大力开展研究，并已在现场推广应用。人机学在我国起步较晚，但也引起人们越来越多的注意，有些高等院校已开设这门课程。相信不久它在我国也会得到迅速发展。

各国学者研究提出的人机学有关参数很不一致，这主要是由于各国人体平均高度的差异，研究条件和研究方法不同，各国的技术规范 and 卫生标准不一致，以及技术水平、经济条件和生活方式的差别所造成。本书仅引用基本符合我国实际情况的数据。

本书以介绍人机学基本原理和必要的设计参数作为重点，目的在于帮助读者掌握和运用这些原理，去解决生产实际中的问题。在广泛开展研究和应用的基础上，大量更符合实际的人机系统设计参数，相信会逐步积累和完善。

我国目前还很缺乏这方面的教材或参考书，此书乃著者参考有关图书、资料编写而成，书中取材不当、片面甚至误谬之处在所难免，希望读者给予指正。

本书大量引用了国内外专家的数据。冶金部安全环保研究院陈祥东高级工程师对书稿提出了许多很好的修改意见。在此，一并表示感谢。

著者

1989年于武汉

目 录

1 绪论	1
1.1 人机学及其发展	1
1.2 人与机械、环境的关系	4
1.3 人机学与安全	7
1.4 人机学的试验研究及相关学科	8
2 神经系统与信息处理	12
2.1 人的神经系统与功能	12
2.1.1 中枢神经系	12
2.1.2 周围神经系	15
2.1.3 反射活动	18
2.2 高级神经活动	19
2.2.1 大脑皮层的神经中枢	19
2.2.2 条件反射	23
2.3 信息处理过程	25
2.3.1 信息处理	25
2.3.2 三要素基本模型	26
2.4 信息处理能力	29
2.4.1 处理能力的限度	29
2.4.2 处理能力的变化	30
2.5 记忆	34
2.6 脑电活动与意识水平	35
3 感受器与感觉量	38

3.1 视觉	38
3.1.1 视觉器官与视觉	38
3.1.2 色觉	41
3.1.3 视力与视野	43
3.1.4 眼球运动规律和视区分布	45
3.2 听觉	46
3.2.1 听觉器官与听觉	46
3.2.2 听力	49
3.2.3 听觉掩蔽	51
3.3 位觉与平衡觉	51
3.4 味觉与嗅觉	53
3.4.1 味觉	53
3.4.2 嗅觉	54
3.5 皮肤感觉	54
3.5.1 触觉与压觉	54
3.5.2 痛觉	55
3.5.3 温度觉	55
3.6 感觉阈限和韦伯定律	56
3.7 感觉量及其有关定律	58
3.7.1 感觉量与物理量	58
3.7.2 费希纳定律	59
3.7.3 斯蒂文斯定律	60
3.8 刺激与反应时间	64
3.8.1 反应时间	64
3.8.2 不同感觉通道的反应时间	65
3.8.3 刺激强度与反应时间	65
3.8.4 刺激的空间特性与反应时间	66

3.8.5 年龄与反应时间	68
4 人体测量及肢体活动范围	70
4.1 人体外形及骨骼	70
4.1.1 人体标准解剖姿势	70
4.1.2 人体骨骼	73
4.2 人体测量仪器	73
4.3 人体尺寸	82
4.3.1 人体各部分尺寸	82
4.3.2 人体各部尺寸与身高的比例	85
4.3.3 人体表面积	85
4.4 上下肢活动度	89
4.4.1 关节及关节运动	89
4.4.2 上肢关节活动幅度	90
4.4.3 下肢及脊柱关节活动幅度	95
4.5 作业域	96
4.5.1 作业域的确定	96
4.5.2 上肢作业域	97
4.5.3 下肢作业域	101
5 人体力学	103
5.1 肌肉组织及其特性	103
5.2 肌肉收缩与肌力	105
5.2.1 肌肉收缩与作功	105
5.2.2 肌肉等长收缩与等张收缩	106
5.2.3 肌力	107
5.3 用力的杠杆原理	109
5.4 肌力测定	112
5.4.1 握力测定	112

5.4.2	背力测定	114
5.4.3	腿力测定	115
5.5	肌电图	116
6	能量代谢及疲劳与休息	120
6.1	能量代谢	120
6.1.1	物质代谢和能量代谢	120
6.1.2	能量代谢测定	122
6.1.3	基础代谢率	127
6.1.4	能量代谢率与劳动强度	129
6.2	呼吸、循环与氧供应	132
6.2.1	呼吸全过程的三个环节	132
6.2.2	肺的通气功能	135
6.2.3	心输出量	136
6.3	氧需和氧债	137
6.3.1	氧需、氧债及总需氧量	137
6.3.2	氧债与劳动负荷	138
6.4	疲劳	141
6.4.1	疲劳及其表现特征	141
6.4.2	生理性疲劳和心理性疲劳	144
6.4.3	急性疲劳和慢性疲劳	145
6.4.4	静疲劳和动疲劳	146
6.5	休息	149
6.5.1	休息时间比	149
6.5.2	作业连续可能限界强度与小休息	152
6.5.3	休息时间估算	154
6.5.4	休息方式	154
6.5.5	睡眠	155

6.6 营养和食物	157
7 心理现象	160
7.1 心理学概念	160
7.1.1 心理过程	161
7.1.2 个性心理	162
7.1.3 心理现象中的相互联系	162
7.2 情感与情绪	164
7.2.1 情感、情绪的基本形态	164
7.2.2 情感与情绪的外部表现	165
7.2.3 情感、情绪的生理反应	166
7.3 气质与性格	167
7.3.1 气质类型和特征	167
7.3.2 性格类型和特征	168
7.3.3 性格形成的影响因素	169
7.3.4 性格与事故	170
7.4 意志	171
7.4.1 意志过程和意志行动特征	171
7.4.2 意志品质与事故抢险	172
7.5 注意	173
7.5.1 注意和不注意	173
7.5.2 不随意注意和随意注意	175
7.5.3 意识水平与不注意	177
7.6 心理环境和心理时间	179
7.6.1 心理环境与物理环境	179
7.6.2 心理时间与物理时间	180
7.7 性别及年龄上的心理差异	181
7.7.1 男女心理上的差异	181

7.7.2 年轻人和老年人的心理差异	182
8 人的自然倾向	184
8.1 习惯	184
8.1.1 群体习惯	184
8.1.2 惯用一侧	185
8.2 错觉	186
8.2.1 视错觉	186
8.2.2 其他错觉	194
8.3 作业单调感	195
8.3.1 单调作业	195
8.3.2 防止单调感的对策	196
8.4 人为错误	197
8.5 精神紧张、慌张及惊惶	201
8.5.1 精神紧张	201
8.5.2 慌张	202
8.5.3 惊惶	203
8.6 躲险行动	205
8.6.1 对前方飞来物的躲避	205
8.6.2 对落下物的躲避	206
8.6.3 逃离行动	208
8.7 人的生理节律	208
8.7.1 日周节律	208
8.7.2 其它周期节律	211
8.7.3 生理节律与事故	212
8.7.4 时差与生理节律	216
8.7.5 PSI 周期	217
9 作业姿势和作业动作	221

9.1 作业姿势	221
9.1.1 姿势类别	221
9.1.2 姿势特点	222
9.1.3 人体对各种姿势的负担	225
9.2 作业动作	225
9.2.1 动作的种类	225
9.2.2 上肢动作特点	227
9.2.3 人体对各种动作的负担	228
9.3 作业桌椅	231
9.3.1 坐姿作业台面高度	231
9.3.2 坐椅	234
9.3.3 生产车间用椅	237
9.4 物理空间与作业空间	237
10 显示器和控制器	240
10.1 信息与显示	240
10.2 视觉显示器	241
10.2.1 视觉感受	241
10.2.2 视觉显示器的种类	243
10.2.3 视觉显示器的选用	244
10.2.4 视觉显示器的认读	246
10.3 视觉标志	249
10.3.1 各种视觉标志比较	249
10.3.2 文字、数字标志	249
10.3.3 颜色标志	251
10.4 听觉显示器	253
10.4.1 听觉显示器的特征	253
10.4.2 音响提示报警装置	253

10.5	控制器	255
10.5.1	控制器及其操作	255
10.5.2	控制器种类及其选用	256
10.5.3	可能发生的操作错误	259
10.5.4	控制器的误触防止	260
10.5.5	控制器的标记	261
10.6	控制器的设计和布置	263
10.6.1	控制器设计原则	263
10.6.2	控制器布置	266
10.7	人机信息交换面	270
10.7.1	显示-控制盘的设计原则	270
10.7.2	显示-控制盘布置区的划分	271
11	人机系统分析	274
11.1	人机系统类型	274
11.1.1	开环和闭环人机系统	274
11.1.2	人工和自动化人机系统	275
11.2	人机系统设计	276
11.2.1	人和机械的机能比较	276
11.2.2	人和机械机能的合理分配	277
11.2.3	人机系统设计的注意事项	278
11.3	人机系统的链式分析法	279
11.4	人机系统可靠度分析	284
11.4.1	人的可靠度和机械的可靠度	284
11.4.2	直列式配置和并列式配置	286
11.4.3	多数决定方式	293
11.5	人机系统的故障树分析	297
11.5.1	故障树分析	297

11.5.2	故障树的建立	299
11.5.3	故障树分析法的优缺点	302
11.5.4	故障树分析法实例	302
11.6	异常事态决断表	304
11.7	机械装置的可靠性	306
11.8	机器人	308
12	作业环境	310
12.1	温湿度	310
12.1.1	温湿度与人体热平衡	310
12.1.2	湿度与湿球温度	312
12.1.3	实效温度	312
12.1.4	黑球温度	317
12.1.5	湿球黑球温度	318
12.1.6	卡他度	319
12.1.7	温湿度与劳动效率及事故的关系	323
12.1.8	热适应和热防护	326
12.2	作业环境照明	328
12.2.1	照明与照度	328
12.2.2	照度标准	329
12.2.3	眩光	331
12.2.4	照明及眼睛疲劳与作业率	334
12.3	色彩	335
12.3.1	光源色与色温	335
12.3.2	彩色	337
12.3.3	色彩感情	342
12.3.4	安全色彩	343
12.4	环境噪声	344

12.4.1	噪声的度量	344
12.4.2	噪声标准	353
12.4.3	噪声危害	354
12.4.4	噪声治理	360
12.5	振动	363
12.5.1	振动的特性	363
12.5.2	振动的生理效应	364
12.5.3	振动的允许标准	366
12.5.4	振动测量	367
12.5.5	振动防护	368
12.6	环境空气	368
12.6.1	空气主要成分含量与人体反应	368
12.6.2	作业场所有毒气体的允许浓度	370
12.7	高原作业环境	370
12.7.1	高原环境的特点	370
12.7.2	低压对人体的影响	371
12.7.3	缺氧对人体的影响	372
12.8	电磁辐射	373
12.8.1	非电离辐射	374
12.8.2	电离辐射	374
12.9	各种环境因素的平时状态	376
13	职业适合性及人机学核查表	378
13.1	职业适合性检查	378
13.1.1	职业适合性与适合性检查	378
13.1.2	安全与适合性检查	381
13.2	性别、年龄与劳动能力	382
13.2.1	性别上的劳动能力差别	382

13.2.2 年龄上的劳动能力差别.....	385
13.3 作业人员的体力和安置	386
13.4 人机学核查表	390
13.4.1 国际人机学会方案.....	390
13.4.2 日本人机学会方案.....	390
附录	395
参考文献	398

1 绪 论

1.1 人机学及其发展

人、机械和环境在生产作业过程中组成一个整体系统。人机学则是研究这个系统中的人与机械、人与环境之间的相互关系,探讨如何使机械、环境符合人的形态学、生理学、心理学方面的特性,使人-机械-环境相互协调,以求达到人的可能性与作业活动要求相适应的学科。其最终目的在于设计合适的机械,创造最舒适的劳动条件,改善作业环境,提高生产效率,减少作业中的差错,最大限度地避免事故的发生。

人机学中所指的机械,其概念是广义的,它除了人们通常所说的机械以外,还包括各种各样的设备、设施、仪器、仪表、工具、器具、家具、交通车辆以及劳动保护用具等等。总而言之,凡和生产活动有关的物,在人机学中都被赋予“机”的概念。

人机学作为一门学科,是在第二次世界大战期间诞生的,但人机学的思路,却在地球上出现人类的同时已经存在。原始人为了生存和生活,开始使用工具和器具,尽管当时并没有意识到“人机学”的问题,但在日常的生活,却想到了怎样使生产工具和器具便于使用。例如,与动物搏斗用的棒子、农耕用的锄头和锹、钓鱼用的钓具以及居住的洞穴或围圈等,都是考虑了如何适合他们的体格、体力,适于

他们身体各部位活动而逐渐摸索和改进出来的。这与现在的人机学意图，没有什么本质上的差别，有的构思至今仍为人们在日常生活中所运用。

20世纪初，英国的 F.W.Taylor 研究设计出一套关于工人操作的实验方法。他的研究，阐明了怎样操作和怎样组织操作才能省力而又能提高效率，并据以订出相应的操作制度。这在当时被称为“时间和动作的研究 (Time and Motion Study)”。可以认为，这是正规研究人机学的开端。第一次世界大战时期，英国成立了疲劳研究所，研究如何安排工作和休息，以减轻疲劳、提高工效等问题。到第二次世界大战期间，一些国家，特别是美国，由于全神贯注地致力于发展效能高、威力大的新式武器和装备，而对操纵者、使用者的生理特征和心理特征问题的研究却有所忽略，造成不少事故的发生。飞机驾驶员因为容易错读驾驶台上的仪表数值，曾不止一次地发生过意外失事和贻误战机的事例，从而使决策者和设计者痛感在机械设计中，操作者这个特殊的重要因素是万万不可忽视的。从这个认识出发，人与机械设备如何适合的问题，受到了重视，认为设计制造机械设备，不单纯是工程学领域的问题，对操纵者或使用者的生理学和心理学以及其它各方面的因素也应该加以考虑。

50年代以后，机械设备朝着大型化、复杂化、自动化方向突飞猛进，人和机械以至和环境如何适合的问题更加突出。而且，人机学不仅可用于当代生产中高级复杂的机械，就是人的日常生活，也常常离不开它。例如服装的设计，要求适合体型、穿脱方便，同时还要适于人体的日常活动（工作、招手、迈步等）；居室、家具也是如此。可以说，人机学已经渗透到人类生产和生活的各个方面。于是，人机学作

为一门新兴学科，便脱颖而出。

人机学在欧洲是以劳动科学为基础发展起来的，英国则是欧洲开展人机学研究最早的国家。1950年成立“英国人机学研究会”，1957年创办会刊《Ergonomics》，并在一些大学里开设了人机学课程。

美国为迎合系统工程学的需要，积极开展对人机学的研究，是当前研究人机学最发达的国家，1957年成立“人机因子工程学会”，同时发行了会刊，并在一些大学里大力开展了研究。

日本对人机学的研究，不仅综合欧美两方面的特点，并重视心理学方面的因素。1963年成立“日本人间工学研究会”，1964年发展为“日本人间工学学会”，1966年出版了《人间工学手册》。

除上述国家外，苏联、德国、法国、荷兰、瑞典、瑞士、丹麦、芬兰、澳大利亚等国也先后开展了人机学研究。

国际上，1960年成立国际人机工程协会，1961年在瑞典的斯德哥尔摩举行了第一次国际会议。

我国的人机学研究是进入80年代以后起步的，现在处于开始发展阶段，有的高等院校已设立人机学课程。1988年还在北京召开了国际性学术会议，与各国学者进行人机学方面的学术交流，以促进我国人机学的发展。可以预料，随着我国大规模经济建设的进行，人机学在我国将会得到广泛重视与高速发展。

人机学的命名，各国有所不同，欧洲把它叫作 Ergonomics（工作规律），美国叫做 Human Engineering（人类工程学）和 Human Factors Engineering（人类因子工程学）。在国际上，有的叫做 Human Conditioning