

目录

A 总论	1	3.4 人机工程学研究方法综述	39
1 人机工程导论	1	3.5 资料研究法	39
1.1 人机工程学发展简史.....	1	3.6 调查分析法	40
1.2 人机工程学的概念.....	3	3.7 系统仿真法	44
1.3 人机工程学研究的内容.....	7	3.8 实验室方法	45
1.4 人机系统设计的一般程序.....	10	3.9 现场实测法	50
1.5 对人机工程进行检验的方法.....	13	3.10 不确定规则	51
1.6 人机工程参数标准化.....	14	4 人的信息传递理论	52
2 人机系统的分析与评价	17	4.1 信息量及信息通道.....	52
2.1 系统的特性.....	17	4.2 反射弧与分析器.....	53
2.2 人机功能分配.....	18	4.3 人的信息流假设.....	53
2.3 人的失误.....	21	4.4 人的信息传递率.....	55
2.4 人机系统的可靠性评价.....	24	4.5 影响信息传递能力的因素.....	56
2.5 人机系统联系环的分析与评价.....	31	5 人机系统数学模型	60
3 人机工程学课题的研究方法	34	5.1 人机系统数学模型的概念.....	60
3.1 人机工程学研究方法概述.....	34	5.2 人机系统模型的结构.....	60
3.2 机器控制类课题研究的一般程序.....	35	5.3 人机系统模型的特性.....	63
3.3 作业环境类及作业方法类课题研究的 一般程序.....	39	5.4 人机系统模型简化.....	65
		5.5 人的传递函数的实验建模.....	65
		5.6 人机系统传递函数的解析法.....	69

6.7	人机系统模糊控制模型	73
B	人的因素	78
6	人体力学参数与人体模板	78
6.1	人体力学参数的概念	78
6.2	人体尺寸与测量方法	80
6.3	人体尺寸的应用	87
6.4	用经验公式计算人体参数的方法	89
6.5	人体尺寸模拟及其应用	94
7	人体的运动与劳动能力	98
7.1	人体的运动系统	98
7.2	人体骨骼肌的力学特性	103
7.3	人体的劳动能力	107
7.4	人体的操纵力	108
7.5	人体姿势与耗能量的关系	112
8	视觉	115
8.1	视觉系统	115
8.2	视觉机能	119
8.3	几种常见的视觉现象	123
8.4	视觉损伤与视觉疲劳	129
9	疲劳	130
9.1	疲劳的概念	130
9.2	肌肉疲劳	130
9.3	精神疲劳	132
9.4	疲劳的特点	133
9.5	单调的工作	135
9.6	疲劳的测定方法	138
C	信息传达设计	143
10	仪表显示设计	143
10.1	仪表显示方式的分类	143
10.2	模拟显示与数字显示的比较	146
10.3	仪表显示设计中的人机工程学因素	147

10.4	模拟式与数字式仪表的显示设计	149
10.5	仪表板的总体设计	157
11	图形符号设计	159
11.1	图形符号的概念	159
11.2	图形与背景	160
11.3	轮廓	161
11.4	研制公用信息符号的一般方法	163
11.5	图形符号设计	165
11.6	实验方法举例	169
12	色视觉传达设计	173
12.1	色彩的构成	173
12.2	色视原理	175
12.3	色彩表示	176
12.4	色彩的生理心理功能	181
12.5	色彩传达设计与应用	184
13	听觉传达设计	187
13.1	声波	187
13.2	声音的度量	188
13.3	人的听觉特性	191
13.4	听觉的掩蔽	193
13.5	音响传达及报警装置	194
13.6	语言传达	196
13.7	噪声环境中的语言通讯	198
14	触觉编码	200
14.1	触觉的概念	200
14.2	触觉的特性	201
14.3	触觉编码	203
14.4	按钮触觉的实验研究	205
14.5	对使用触觉通道的建议	207
15	控制器与作业空间设计	207
15.1	控制器的种类	207

15.2	常用控制器的特性	212	18.5	采光与照明效果的评价	273
15.3	控制器设计的人机工程学原则	213	19	其他作业环境	283
15.4	控制器的大小及安全用力范围	218	19.1	环境因素及其影响	283
15.5	操作活动空间设计	220	19.2	热环境的评价方法	284
✓ 15.6	坐姿舒适性	224	19.3	环境温度效应	288
✓ 15.7	座椅尺寸设计	227	19.4	温度环境设计	292
15.8	推荐的各种椅凳形式	229	19.5	非电离辐射	294
D	作业环境	232	19.6	气体环境	299
16	机械振动	232	E	人机工程专题	301
16.1	振动强度及人体振动模型	232	20	作业研究	301
16.2	人体的振动特性	234	20.1	作业研究的概念	301
16.3	全身振动的生理反应	236	20.2	工序分析	302
16.4	全身振动的病理效应	238	20.3	动作分析	308
16.5	全身振动的心理反应	239	20.4	动作经济原则	311
16.6	人体承受全身振动的评价标准	242	20.5	时间研究	313
16.7	人体承受全身振动的评价方法	244	20.6	开动分析	318
16.8	人体承受手传振动的的评价标准	248	20.7	作业的改进	320
16.9	用吸收功率值评价人体振动	249	21	人机系统安全工程	322
17	噪声危害及其控制	251	21.1	系统安全	322
17.1	噪声对人的危害及其评价	251	21.2	事故树的建立	322
17.2	噪声标准	254	21.3	事故树定性分析	325
17.3	控制噪声的基本方法	256	21.4	事故树定量分析	331
17.4	噪声的个人防护	258	21.5	安全评价	333
18	采光与照明	259	21.6	安全防护原理	335
18.1	采光与照明常用的度量单位	259	22	显示终端(VDT)人机关系	337
18.2	良好光环境的作用	262	22.1	引言	337
18.3	采光和照明要素与视觉功能的关系	266	22.2	一般考虑的问题	338
18.4	光环境质量的人机工程学要求	273	22.3	人眼的适应性	340
			22.4	显示器	341
			22.5	键盘	344
			22.6	对新型字母数字键盘操作性能评价	347

22.7 全面评价VDT的人机工程指标	349	✓ 25.6 拖拉机驾驶员座椅的静态舒适性	393
23 代码设计	350	✓ 25.7 拖拉机驾驶员座椅的动态舒适性	395
23.1 代码的形式	350	✓ 25.8 拖拉机座椅结构及位置设计要点	397
23.2 代码差错	350	26 机床及机车间	402
23.3 代码特征	354	26.1 人一机床系统	402
23.4 编制代码的导则	355	26.2 机床的显示系统	403
24 汽车人机工程	363	26.3 机床的控制器	409
24.1 汽车用人体模型	363	26.4 机床辅助装置	413
24.2 驾驶员的手伸界面	365	26.5 机械加工车间	415
24.3 操作部件布置合理性的检验方法	368	27 办公室人机工程学	419
24.4 汽车驾驶员眼椭圆	370	27.1 概述	419
24.5 眼椭圆样板	372	27.2 办公室的空间划分	419
24.6 眼椭圆在汽车车身设计中的应用	375	27.3 办公室的尺度空间	422
✓ 24.7 汽车座椅设计中的人体因素	379	27.4 办公室的环境条件	425
25 拖拉机人机工程	381	附录	430
25.1 拖拉机设计及其使用中的人机工 程问题	381	附录1 单项操作时间及可靠度数据表	430
25.2 拖拉机翻倾特性	383	附录2 疲劳测定用表	441
25.3 翻车防护装置	383	附录3 各种图形符号初选出的三种 图例	443
25.4 驾驶室的声学设计	388	附录4 研制代码组所需各种字符数	446
25.5 驾驶室的小气候	391		

• ≡ A 总论

1 人机工程导论

● 1.1 人机工程学发展简史

1.1.1 人与工具

恩格斯在《自然辩证法》中指出：“劳动创造了人类本身”，而“劳动是从制造工具开始的”，人类借助工具来扩大手和脚的功能。自从人类着手制作工具起，工具就体现出着它的两个最根本的特性：第一，工具应具有人们对它规定的使用功能；第二，工具必须适合人的生理特点（例如适合手或脚使用等）。早期人类制造工具的过程实际上主要是设法使之能适于人手和脚使用的过程。以一件石斧为例，任何一块锋利的石片都具有砍砸野兽皮骨的功能，但要能成为一件工具（石斧），它还必须具备两个条件：一是人手要拿得动、握得住；二是手握的部分要适合人手的形态，不会因反力而将手刺破。由此可见，人类从开始制造工具起，就在研究人如何使用工具及工具如何适宜人使用这样一个人与工具的关系问题。

人类社会就是在不断地改造自然物，使之成为人类自身服务的过程中发展起来的，在这个改造过程中要解决的主要问题之一，就是人和物的相互适应问题。

1.1.2 我国古代的成就——经验人机工程学

我国对人与工具之间相互配合规律性的研究有着悠久的历史 and 辉煌的成就。早在两千多年前的《冬官考工记》中就记载有我国商周时期，按人体尺寸设计制作各种工具及车辆的论述。下面摘录其中一段关于马拉车辆设计中，车轮结构及尺寸如何按人的尺寸

设计,以保证其宜人性,并使马的力量得以很好发挥的论述:“所谓轮六尺有六寸天下中制也,轮过于崇则其辚亦过于四尺矣,故辚为太高而人力有所不能登轮,或已库则其辚亦不及四尺矣,故辚为太下,而马之力有所不能引,人不能登则力怠,马不能引则常若登阪,而信用其力,此非车之善者也……人之登下以车为节,车之崇庳以马为节……六尺六寸之轮,辚高三尺三寸也,加辚与辚焉四尺也,人长八尺登下以为节。”

人体测量学是人机工程学中一门基本学科。我国早在战国时期成书的《黄帝内经》中,对人体尺寸的测量方法、测量部位、测量工具、尺寸分类等就有详细的说明。其中,对于测量对象提出了“其可为度量者,其中度也”的要求,对于体表尺寸测量部位也给出了“夫八尺之士,皮肉在此,外可度量切循而得之”的测量方法。为了精确测量,还提出“其死可解剖而视之”的解剖方法。《骨度篇》中以“人长七尺五寸者”为适中的人体,并给出头部、面部、颈、胸、腹、背、上肢、下肢等七个测量点和相关的测量数据,这些数据与我国现代的测量数据十分相近。

关于操作方法,在我国古代著作中也都有着大量论述,这里不再一一列举。

1.1.3 近代人机关系的研究

应用近代的研究手段,研究作业中的劳动能力和作业效率是美国工程师F.W.泰罗、F.B.吉尔伯雷斯及其夫人心理学家丽莲·吉尔伯雷斯三位先驱人物开始的。泰罗从1898年进入伯利恒钢铁公司之后开始了他的铁块搬运、铁锹铲煤及金属切割作业研究。他发现每个工人的铁锹都是自备的,用同一把铁锹,铲煤只有3.5磅,而铲铁砂却有38磅,于是他开始了著名的用铁锹铲运不同物料的实验,以寻求最佳的作业方法。以他1903年发表的论文《论工厂管理》为标志,开创了人机工程学的研究。吉尔伯雷斯夫妇的年龄虽小于泰罗十多岁,但他们对动作方法研究的时间却很接近,而吉尔伯雷斯夫妇的研究方法较泰罗更细致、更科学。他们把工人的操作摄成电影片,从技术和心理两个方面进行分析,提出了著名的“吉尔伯雷斯基本动作要素分析表”。

他们开拓的这一领域在后来的发展过程中,逐渐形成了两个分支,一支是从作业动作分析的角度来研究工业劳动的效率,形成了动作和时间研究(motion and timestudy);另一支是以人的因素(人体尺寸、人体力学、生理学及心理学因素)为基础,研究人机界面的信息交换过程,进而研究人机系统设计及其可靠性的评价方法,形成人机工程(ergonomics)。这两个分支现已成为工业管理及工程设计中两门重要的应用性科学。

两个分支虽然各有自己的中心课题,但所用的研究方法仍有许多共同之处,在研究问题的过程中既有区别的部分,也有相互交叉的部分。从研究的总目的来看,这两个学科都是为了使劳动过程科学化,以提高劳动效率和保证劳动者的健康;从研究的范围来看,前者主要着眼于作业过程中人机关系的宏观分析,而后者主要着眼于人机对话过程中人机信息交换的微观分析,两者之间有着必然的联系。因此,可以广义地把两者都归结为人机工程学的范畴。

1.1.4 现代人机工程学的建立

人机工程作为一门学科,其成熟前期的基础性发展是在第二次世界大战期间。当时由于战争的需要,使武器系统越来越庞大而复杂,例如:德国制造的80cm口径K(E)-DDR A远程大炮,射程为46公里,弹重达4.8吨,需250名士兵协同操作;美国制造的轰炸机上,仪表及控制装置有100多个,驾驶员的负担过重。对于这样复杂的武器,由于显示部分、联络部分及操作部分的设计不符合人的生理心理特点,设计者没有很好地考虑操作方法而造成操作程序的混乱,不但给士兵训练带来很大的困难,影响了武器效率的发挥,而且还发生过大量的武器事故。据统计,美国在第二次世界大战的飞机事故中,80%是由于人机工程方面的原因造成的。另一方面,为了争取时间,提高武器生产的效率,减少作业事故,对作业方法、作业时间及作业安全的研究本身也是一场争夺胜负的竞赛。因此,第二次世界大战中的主要武器生产国,都建立和发展了专门的机构对武器设计及生产中的人机工程学问题进行研究。

第二次世界大战后,1949年查帕尼斯(A. Chapanis)等合著的《应用实验心理学——工程设计中人的因素》一书,总结了第二次世界大战时期的研究成果,系统地论述了人机工程学的基本理论和方法,为人机工程学作为一个独立的学科奠定了理论基础。1957年美国的麦克考米克发表的《人类工程学》是第一本关于人机工程学的权威著作,标志着这一学科已进入成熟阶段。

1949年英国在克·马勒等人倡导下首先成立了人机工程学研究会,1953年联邦德国成立了人机工程学会,1957年美国成立了人的因素协会(HFS)。到60年代,这一学科已在世界范围内普遍发展起来,1960年建立了国际人机工程学协会(IEA),1961年在斯德哥尔摩举行了第一次国际人机工程学会议,1962年苏联全苏技术美学研究所成立并建立了人机工程学学部,1963年日本建立了人间工学学会,同年法国也建立了人机工程学会。

人机工程学在我国起步较晚,虽在60年代,国防科委的有关研究所曾结合飞机设计作过一些实验研究工作,但是作为一门学科,直到80年代初才确立起来,各大学及研究所开始建立研究室。1980年封根泉编著的我国第一本专著《人体工程学》出版。1981年由中国科学院心理学研究所和中国标准化综合研究所共同建立了“中国人类工效学标准化技术委员会”,并与国际人机工程标准化技术委员会(CIEA)建立了联系。

● 1.2 人机工程学的概念

1.2.1 人机系统(man-machine system)

机器是为人服务的,同时机器也是由人来操纵、调节、检查、运用的。即使是高度

自动化的机器，虽然在正常运行中不需要人进行一般的操作，但是机器的开动、监视以及出现异常或出现特殊情况时，还是需要人来处理。总之，在现代社会中，人离不开机器，机器更离不开人的管理。

人机系统是指由人与机器构成的系统，这个系统可大可小，人与宇宙飞船、人与汽车、人与座椅、人与茶杯、人与室内环境、人与室外环境等都可以构成人机系统。如果把人作为一方，另一方就是人之外的万物，人机系统就是指“人”与他所对应的“物”共处于同一时间及空间时所构成的系统。

在人机系统中，“人”定义为所研究系统中参与系统过程中的人；而“机”则定义为与人处于同一系统中并与人交换着信息、物质和能量的物。“机”可以是机器，也可以是物品。广义而言，影响人机系统的环境条件也属于“机”的范围，如作业空间及场所，物理及化学环境等，但为了研究的方便，往往将环境单独分列出来称为人一机一环境系统，一般可以认为人机系统是人一机一环境系统的简称。

在人机间信息、物质及能量的交换中，一般是以为人为主动的一方，首先是人感受到机器及环境作用于人的感受器官上的信息，由体内传入神经并经丘脑传达到大脑皮层，在大脑分析器中经过综合、分析、判断，最后作出决策，再由传出神经经丘脑将决策的信息传送到骨骼肌，使人体的执行器官向机器发出人的指挥信息或伴随操作的能量。机器经输入人的操作信息（或操作能量）之后，将按照自己的规律作出相应的调整或输出，并将其工作状况用一定的方式显示出来，再反作用于人。在这样的循环过程中，整个系统将完成人所希望的功能。

人机信息及能量交换系统的一般模型如图1.1所示。

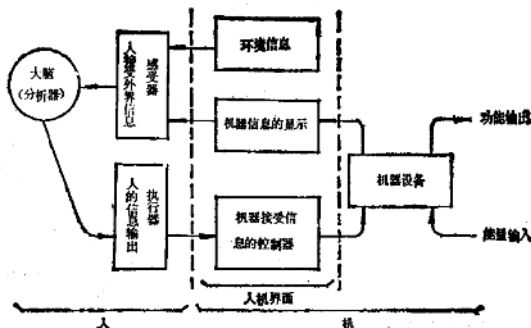


图1.1 人机信息及能量交换系统模型

1.2.2 人机界面 (man-machine interface)

人机界面是指人机间能相互施加影响的区域。人通过感觉器官（眼、耳、鼻、舌、

身)接受外界的信息、物质和能量,又通过人的执行器官(手、脚、口、身等)向外界传递人发出的信息、物质和能量。因此可以认为,机具及环境中凡是参加这两个过程的一切领域均属于人机界面。

按人机界面的性质,可将其大致分为三类:

第一类,控制系统人机界面 如汽车驾驶系统、集中控制系统、调度系统等。这类人机界面的特点是机器通过显示(主要是视听显示)系统将机器的信息传递给人,人通过机器上的控制系统对机器传达操纵指令,使机器按人所规定的状态运行。这类人机界面也称为人机接口。

第二类,工具性人机界面 如工具手柄、家具、被服等。这类人机界面的特点是要求机符合人体的形态尺寸及能力,使之在使用过程中用力适当、感觉舒适、操作方便和安全可靠。

第三类,环境性人机界面 如照明、噪声、小气候及生命保障条件等。这类人机界面的特点,主要是作用于人的生理过程而影响人的舒适、健康及生命安全等。

上述分类只是为了说明人机界面的特点,各类之间并不是毫不相关的,在实际的人机工程系统中,往往兼有各类人机界面,甚至出现各类人机界面交叉的情况。例如在汽车驾驶室人机系统中,显示——控制系统属于第一类人机界面,座椅、各种手柄按钮属于第二类人机界面,而室内小气候及振动、噪声等则属于第三类人机界面。座椅、振动及噪声会影响人对显示——控制系统的操纵能力,而错误的控制器设计又会恶化作业条件,甚至影响系统安全,可见人机界面之间有着复杂的关系。

1.2.3 人机关系

人机关系可以归结为以下两个方面:

1)机宜人 使机器系统尽量满足使用者的体格、生理、心理、审美以及社会价值观念等条件的要求,包括:信息显示既便于接受又易于作出判断;控制系统的尺寸、力度、位置、结构、形式均适合操作者的需要;工具、用品、器具的使用得心应手,能充分发挥使用效率;人所处的作业条件舒适安全,有利于身心健康,能充分发挥人的功能等。

2)人适机 机器的结构有其自身的规律,操作环境或生活环境也会因各种因素在空间和时间上受到某种限制,如经济上的可行性;技术上的可能性,机器本身性能要求的条件(如某些驾驶舱对空间的限制),以及使用机器时的外界环境条件(如高温作业)等。为了适应这种情况,就要求对人的因素予以限制和训练,尽量发挥人的因素有一定可塑性这一特点,让人去适应机器的要求,以保证人机系统具有最佳功效。

机宜人是有限条件的,而人适机也是有限度的。在系统中,人机之间有着相互依存、相互影响、相互制约的关系,因此,尽管系统是以人的因素为主,但机宜人與人适机之间却有着辩证的关系。按机的客观要求而言,人适机是个学习和训练的问题,这里说的

学习和训练既包括专门的培训,也包括平时的教养和习惯。反之,人们在长期生活和劳动中形成的操作习惯又会成为机适人的条件,制约机器控制系统的设计。所以,人机工程设计具有延续性的特点。

人机系统中的机宜人与人适机是相对的,首先是机宜人的程度问题,即机能满足人的因素的程度。人的因素中某些方面可以量化,可以提供基本阈值的均值,但也有许多因素是难以准确量化的,譬如情绪、审美心理、社会价值观等,而且这些因素又是随着时代的进步而变化的,何况人的许多因素还会因时、因地、因人、因年龄不同而变化。图1.2是男性汽车司机意外事故的统计曲线,从曲线中可以明显看出20岁左右是事故的高峰期,35岁以后才趋于稳定。由此可见,即使是同样的机器,系统的可靠性还会因人的因素而变化。其次是机宜人的条件,机器也在不断地发展。总的来说,机宜人的程度在不断提高,但是,由于系统越来越庞大,自动化程度越来越高,控制系统越来越智能化,人与机器的关系由人直接与机器共同参与生产过程逐渐转变为人远离生产过程,人由直接体验机器和控制机器,变为人只与监控系统对话,人机界面逐渐由体力型(感知型)转变为心理型(认知型),这就要求操作者有较高的文化素质和较强的诊断能力与决策能力。

实际上,任何一个人机系统都必然是既要尽量做到机宜人,也需要设法做到人适机。调整人机的这种相互匹配关系最根本的制约条件就是人的可能性与人的可靠性。研究人的可能性是为了在人机的功能分配中,使人的负担控制在人的正常阈值范围之内。研究人的可靠性是为了在人机系统中,充分考虑到人失误的

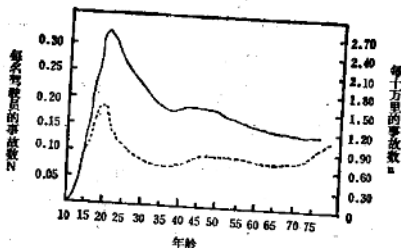


图1.2 男性司机意外事故与年龄的关系

可能性,当人发生失误时,在确保人身安全的前提下,不致严重影响系统的功能。

显然,在做人机工程设计的同时,必须做出人的工作方法设计,不同的工作方法也会对人机系统提出不同的要求。但是,应当指出,对系统中人的工作设计,其目的是为了了解决上述人机矛盾,以保证系统的最佳功能,并不完全是为了使工作者的负担减轻越好。许多研究表明,过分轻松单调的工作,操作者反而会因不能发挥其智力而失去工作兴趣,因而产生心理疲劳和怠慢情绪,导致动作迟缓和失误增加。

1.2.4 人机工程学的定义

一个机器系统的工作质量不单取决于机器本身的性能和质量,还取决于操作者的劳动质量,而操作者的劳动质量在很大程度上又取决于该系统中人机系统的功能质量。一

台机器, 如果其工作职能部分的能力十分优异, 零件强度很大, 机械电气结构可靠度很高, 则可以说它本身具有极好的潜在功能, 但还不能说它一定有很高的生产效率, 它的功能是否能按照理想的状态发挥出来, 将取决于该机器的人机系统质量。如果人机系统不能很好地考虑人的因素, 则可能操纵该机器的劳动强度很大而生产效率却不高。忽视了人的生理及心理承受强度等因素, 机器在运行过程中还可能因为人的失误而造成机损人伤的事故。

在人机系统中, 机有机的参数, 这主要是指为保证其自身功能, 而按其结构、强度、特性等客观规律决定的参数。人也有人的参数, 这是由人的生理、心理、社会等因素所确定的。人机系统的质量取决于在人机界面上人与机参数的匹配程度。人机工程学研究的目的在于揭示人与机的相关参数及其最佳匹配的规律。正如钱学森同志在《系统科学、思维科学与人体科学》一文中指出的: “人机工程是一门非常重要的应用人体科学技术, 它专门研究人和机器的配合, 考虑到人的功能能力, 如何设计机器, 求得人在使用机器时整个人和机器的效果达到最佳状态”。因此可以定义为: 人机工程学就是研究并优化人机系统的科学。

● 1.3 人机工程学研究的内容

1.3.1 人机工程学的学科构成

人机工程学是一门综合性的边缘科学, 它属于系统工程学的一个分支。系统论、控制论、信息论是它的基本指导思想, 其基础理论涉及到许多学科。除与有关的技术工程学科有着密切的关系外, 它还与人体的解剖学、人体测量学、劳动卫生学、生理学、心理学(特别是工程心理学)、安全工程学、行为科学、环境科学、技术美学等有着密切的联系。人机工程学带有横向学科的性质, 其应用范围十分广泛, 从日常用品到工程建筑, 从大型机具到高技术制品, 从家庭活动到巨大的工业系统, 各个方面都在运用人机工程学的原理和方法, 解决人机之间的关系问题。

人机系统的构成, 可以分为人、机、环境三个子系统。对这三个子系统的研究, 各自独立为一门科学, 即人的科学、技术工程科学及环境科学。这三个子系统中两两相互交叉, 又构成三个系统, 即人一机系统, 人一环境系统, 机一环境系统, 这三个系统交叉则构成人一机一环境系统。如图1.3所示。

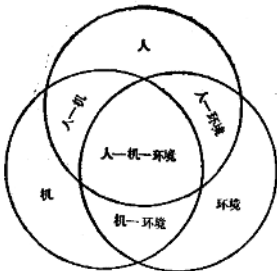


图1.3 人一机一环境系统中三个子系统示意图

在人—机—环境系统中，人、机、环境每个局部的功能由每个子系统的结构所决定，而整个人机系统的功能则由人—机—环境系统的结构所决定。根据系统学第一定律知道，系统的整体属性不等于部分属性之和，其具体状况取决于系统的组织结构及系统内部的协同作用程度，因此，对人机工程学而言，既需要对人、机、环境的每个部分的属性进行深入的研究，又需要对人机系统的整体结构及其属性进行研究，以达到总体优化的目的。

1.3.2 人的因素方面的内容

人是人机系统中最活跃的一环，也是最重要的一个环节，同时也是最难控制的环节。对人的因素的研究，是人机工程学的基础。

人的因素的研究可归纳为以下几个方面的内容：

i) 人体尺寸，包括静态尺寸及动态尺寸两部分。研究人体尺寸的基础学科是人体测量学。

ii) 人体的机械力学功能和机制，包括人在各种静态及动态状况下，惯性、重心、肢体运动速度等的变化规律和人的体力及耐力等。研究人体机械力学的基础学科是人体生物力学。

iii) 劳动生理功能的变化及其机制，包括体力劳动、脑力劳动、静态劳动及动态劳动的人体负荷反应与疲劳机制等。其基础学科是劳动生理学。

iv) 人的信息传递能力及其机制，主要是研究人对信息的接受、传递、存贮和人的信息输出能力及其机制，为系统的信息编码、信息显示及控制装置的设计提供依据。这方面的基础学科是工程心理学。

v) 人的可靠性。影响人可靠性的因素十分复杂，既有主观因素，又有客观因素，这里主要是研究在正常情况下人失误的可能性，为系统可靠性设计提供依据，这是人机工程学特有的内容之一。

vi) 劳动中的心理过程，主要是研究劳动中心理调节的特点、心理反射的机制及疲劳的心理机制等。这方面的基础学科是劳动心理学。

vii) 技术审美及设计，主要是研究技术美学法则、工业色彩及机器艺术造型设计等。这方面的基础学科是工业造型设计学。

1.3.3 机器的因素方面的内容

机器的因素很多，难以列全，这里主要对机械及电气系统进行归纳，在一定程度上也有普遍的代表性。这方面的基础科学主要有机械、电气、仪表、材料、建筑等工程科学。

机的因素方面的内容可概括如下：

i) 信息传达显示方法，包括仪表显示、音响信息传达、触觉信息传达、符号系统。

编码方法(文字编码、图形编码、色彩编码)等。

ii)操纵控制技术,包括机器的操纵装置,仪表控制装置,符号及键盘技术等。

iii)安全保障技术,包括冗余性系统、机器保险装置、防止人失误及失职的设施、事故控制方法、救援方法、安全保护措施等。

iv)机具有关人体舒适性及使用方便性的技术,如振动及噪声的控制、隔离和防护、座椅及用具的宜人化技术等。

1.3.4 环境因素方面的内容

环境是个十分广泛的概念,包括生产环境、生活环境、室内环境、室外环境、自然环境、人工环境等。概括起来,可以将环境归纳为两种形式:一是空间形式,即占有一定的空间,它包围在人的周围,给人以影响;另一种是时间形式,它在人的活动过程中发生、发展和变化着,并给人以影响。这两种形式在某些情况下可因客观条件的变化而相互转化。例如,某个作业的操作空间受限,而全部作业又允许分布在较长的时间里完成,这时就可用延续作业时间的方法来弥补作业空间的不足;反之,也可用作业空间弥补作业时间的紧迫。

环境因素的内容可以归纳为以下五个方面。

i)作业空间,如场地、厂房、机器布局、作业线布置、道路及交通、安全门、紧急脱险方法等。

ii)物理环境,包括噪音、照明、空气、温度、湿度、气压、粉尘、激光、辐射;重力、磁场等各种物理因素。

iii)化学环境,包括有毒物质、化学性有害气体及水质污染等。

iv)生物环境,包括细菌污染及病原微生物污染等。

v)美学环境,如造型、色彩、背景音乐等。

1.3.5 人机系统的综合研究内容

人机系统研究的目的是为了得到系统的最佳效果。所谓最佳效果,主要是指人机系统具有较高的工效、较高的安全性,对人有较高的舒适度及很好的生命保障功能。

人机系统的研究内容可大致归纳如下:

i)研究控制系统中人的功能及与其他各部分功能之间的联系和制约条件,研究人机之间的功能分配方法。

ii)研究人对被控对象状态信息的处理过程,研究人机控制链的优化方法。

iii)研究人机系统可靠性及人机系统安全的设计方法。

iv)研究环境因素对劳动质量及生活质量的影响,研究作业舒适度及生命保障系统的设计方法。

v)动作及时间研究,研究改善作业的途径,进行人的工作设计。

综上所述,可以将人机工程学的课题大致归结为三大类,即机器控制类、作业环境类、作业方法类。关于这三类课题的研究程序见3.2及3.3两节。

● 1.4 人机系统设计的一般程序

人机工程设计的内容十分广泛,如设计良好的显示系统,使操作者能及时方便地接受需要的信息;设计合理的操纵系统,使操作者能更好地操纵机器,提高工效和保证安全;设计和创造舒适的环境,使操作者能精力集中,提高效率;设计生命保障系统等。

人机系统设计中,要注意以下四个要点:

- i)在人机系统中,人与机械的合理分工。
- ii)人与机械的合理配合。
- iii)在系统中做好机具、仪器、空间及作业姿势的分析与设计。
- iv)对全系统作出评价(见第2章)。

1.4.1 人机系统设计程序

要对复杂的人机系统进行全面地、具体地分析和充分地调查研究,然后建立模型并进行评价。一般的人机系统设计程序如图1.4所示,图中的内容简要说明如下:

- 1)人机系统全体的必要条件有:
 - i)系统的使命和目的。
 - ii)系统的使用条件,一般的环境条件。
 - iii)机动性。
 - iv)紧急时的安全性。
- 2)机器系统的外部环境(见1.4.2)。
- 3)人机系统的内部环境(见1.4.3)。
- 4)人机系统分析(见1.4.4)。
- 5)人机系统要素的机能、特性及制约条件:
 - i)人的最小作业空间。
 - ii)人的最大施力。
 - iii)人的作业效率。
 - iv)人的疲劳。
 - v)人的可靠度。
 - vi)费用。
 - vii)系统的输入与输出。
- 6)人机协作关系:
 - i)人与机械的作业分工。

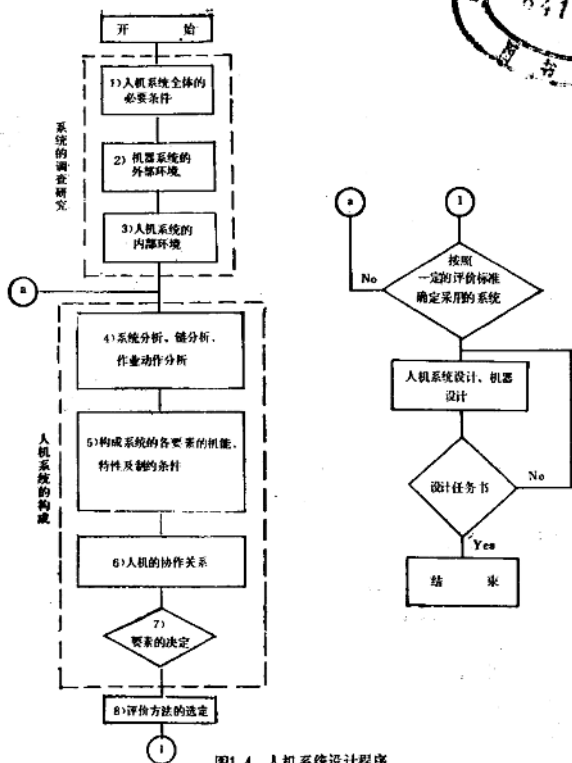


图1.4 人机系统设计程序

- ii) 人机共同作业的程度。
- 7) 要素的决定：
 - i) 决定系统中人的功能。
 - ii) 决定系统中机械的功能。
- 8) 评价方法的选定：
 - i) 参照人机系统评价法。
 - ii) 考虑系统的可靠性、安全性等。

下面进一步详细分析其中的三个主要方面，即：机器系统的外部分析；人机系统的内部环境；系统的模型及分析。

1.4.2 机器系统的外部环境研究

这里主要指妨害机器系统功能完成的外部环境，对此要进行认真的调查和检测。一般外部环境包括：现在的技术水平、自然环境、企业政策、经济条件、人的因素、原材料、市场等等。对于人机系统的设计而言，人的因素是主要，诸如系统中工作人员的职业、年龄、技术水平、心理素质等，都将直接影响机器系统的成功度和可靠度。

1.4.3 人机系统的内部环境研究

人机系统的内部环境对人的能力影响较大，它们主要有：

- i) 温热环境 包括体温调节、最舒适的温度带以及对温度的适应性训练等。
- ii) 气压环境 低压环境下供氧不足及高原适应性训练，高压环境下氧中毒、氮中毒、潜伏病等；
- iii) 重力环境 人体对加速度、减速度的反应及人体忍耐的限度等。
- iv) 其他 如辐射环境，视觉与适应，适当的照度，明适应、暗适应等。
- v) 衣服环境 衣服小气候，衣服材料等。
- vi) 居住环境及气候、噪声与振动环境。
- vii) 放射性环境、粉尘环境及大气污染。

1.4.4 人机系统分析

人机系统分析主要有以下内容：

- i) 系统的使命和要素分析。
- ii) 机械分析。
- iii) 要素分配分析。
- iv) 权衡分析。
- v) 设计优化分析。
- vi) 补给支援分析。
- vii) 人的性能评定及人的潜力分析。
- viii) 安全性、可靠性等分析。

具体进行分析时，首先需在调查研究的基础上规划出系统的模型，明确系统的输入、输出、要求、目的、制约等，并设定问题。问题分析模型如图1.5所示。

该图说明了当从环境等条件出发，提出一个新的系统时，首先要选定系统的目的，并按其评价标准从高的层次开始，依次记录下来。因为系统的目的是分层次的，所以应分阶段进行分析。首先应明确为了达到目的需要解决的问题，然后再进行系统的合成和解析；还要调查有关该系统的文献和专利，论证实现该系统在技术上的可能性。要充分考虑技术、材料等各个部分应具备什么样的机能，并把这些机能组合起来解决问题，以

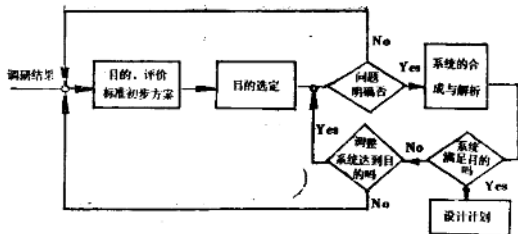


图1.5 系统设定问题的解析模型

达到完善的系统功能。

在把系统分成许多子系统时，要分析调查各子系统的输入、输出关系，并假定该系统是完善的，进而分析实现的可能性。这就要把握住人机关系中的机能分析、联接分析、作业活动分析、动作分析，然后再根据分析结果来改善假定系统的功能。

在机能分析中，要明确构成系统的各要素的机能及其制约条件，明确人和机械功能负担的科学根据，并作好人与机械相互关系资料的准备，根据这些来决定该系统的各个要素。如决定不了，要返回来，再进行系统的合成和解析，调整各要素间的关系；如不可能调整，则重新选定与以前日的相同的系统，再重复以前的程序图，按顺序进行下去，直至满意为止。

● 1.5 对人机工程进行检验的方法

从系统的开发到生产，人机工程的检验可按下列方法进行。

1) 核定设计标准

- i) 应全面系统地搜集有关系统的人机工程设计标准。
- ii) 所采用的技术标准中有关人机工程的内容应尽量详细。
- iii) 搜集的标准应能满足本课题中系统的要求与约束条件的需要。

2) 对机械设计阶段的检验

其中，尤其对机械的控制台、显示器、仪表盘等的设计图，人机工程的检验更为重要。检验要求如下：

- i) 应能满足或适合人机工程学的一般原则。
- ii) 机器的布局应当是根据对各个环节进行分析而确定的。
- iii) 按有关的人机工程标准对设计图进行认真地检验。

3) 对机器功能框图进行检验

绘制表示系统机能的框图（如全系统、辅助系统等）时应考虑预定的故障、机器的