



普通高等教育“十二五”规划教材

实用 Practical 人机工程学 Ergonomics

主 编 陈 波
副主编 张玉萍 郑仁华



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

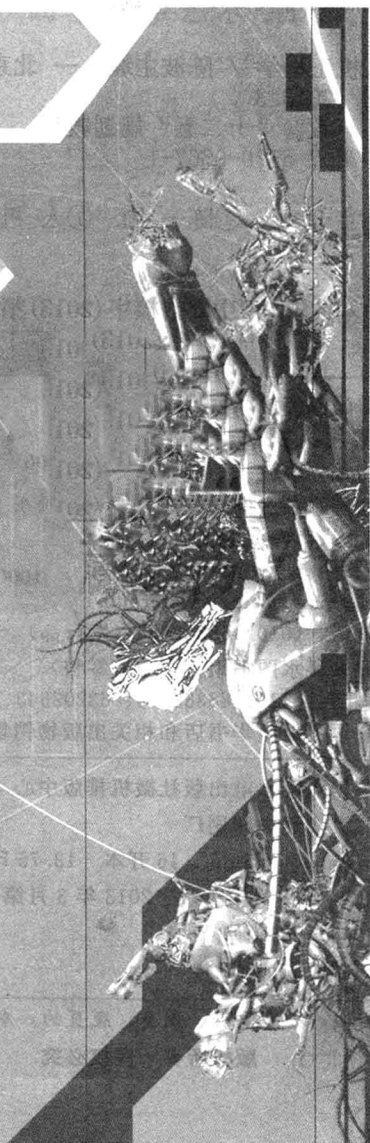
实用 人机工程学

普通高等教育“十二五”规划教材

主 编 陈 波
副主编 张玉萍 郑仁华
参 编 邓 王 李 陵 娜



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



内 容 提 要

本书作为高等学校本科使用的人机工程学教材，主要针对培养工业设计专业学生的能力编写。全书从实用角度出发，力求教会学生使用方法。全书撰写思路是以人体尺寸和人的视觉特性、施力以及运动特性作为产品尺寸设计的主要依据，结合计算机辅助人机设计技术，从人体尺寸、作业姿势分析，到作业空间、工位设计，最后建立人机界面设计方法。对近年来人机工程学的发展也作了简述，以开拓学生的视野。具体讲授内容和时间分配，可以根据各自学校制订的教学大纲进行选择，建议教学学时为 40~48 学时。为了明晰课程内容的讲授主线，对于声、光、电、降噪、减振等方面的专业人机工程学知识，均采取简洁的形式，以利于有兴趣者查找相关资料进行学习。

为便于学生学习，全书以案例的形式介绍如何运用人机工程理论解决实际问题的方法，每章附有学习要点和思考题，并配置有关示例电子文件，相关内容可在 <http://www.waterpub.com.cn/softdown> 查阅下载。一些操纵方法介绍比较详细，目的是便于学生自学和复习。本书除作为在校本科生和研究生的教材外，还可供相关工业设计人员学习、参考。

图书在版编目（C I P）数据

实用人机工程学 / 陈波主编. -- 北京：中国水利水电出版社，2013.3
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5170-0667-1

I. ①实… II. ①陈… III. ①人-机系统—高等学校—教材 IV. ①TB18

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第033407号

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 实用人机工程学
作 者	主编 陈波 副主编 张玉萍 郑仁华
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市北中印刷厂
规 格	210mm×285mm 16开本 13.75印张 416千字
版 次	2013年3月第1版 2013年3月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	32.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

编 委 会

主 编

陈 波 教授 西南石油大学机电工程学院

副主编

张玉萍 副教授 西华大学艺术学院

郑仁华 副教授 成都理工大学核技术与自动化工程学院

参 编

邓 丽 博士 西南石油大学机电工程学院

李 陵 讲师 西南石油大学机电工程学院

王 倩 讲师 成都理工大学核技术与自动化工程学院

祁 娜 讲师 西华大学艺术学院

前 言

人机工程学主要研究的是研究人—机—环境的最佳匹配和人—机—环境系统的优化问题。而设计一切器物都要考虑人们生活和工作的安全性、舒适性和高效性，人机工程学为设计提供了设计尺度的依据，也成为设计的重要理论支柱。在设计和制造产品时都必须把“人的因素”作为一个重要的条件来考虑，建立人与机之间的和谐关系，最大限度地挖掘人的潜能，综合平衡地使用人的机能，保护人体健康，从而提高生产效率。自20世纪60年代以来，科学技术的飞速发展和计算机技术的应用，为人机工程学的研究和应用注入了新的活力。特别是近几年来，随着计算机软硬件技术的飞速发展，计算机图形学、高性能图形系统、虚拟现实、人工智能等技术的进一步发展，人机工程学的理论与方法已发生了质的飞跃。计算机技术的引入不仅为人机工程学的研究提供了新的方法，而且更重要的是为其在实际生产生活中的应用提供了强有力的支持。

本书作者作为多年主讲“人机工程学”课程的工业设计专业教师，一直从事设计和教学工作。为了撰写本书，先后阅读20多部国内外各类《人机工程学》书籍。由于“人机工程学”内容涉及很多方面，并且是由很多研究成果形成的规范、原则组成的，因此很多教材编写得很像设计手册，而没有理出条理，没有介绍如何使用这些知识具体解决实际问题。在经过多次科研和教学实践之后，我们通过对各个知识点进行了梳理，并以能传授给学生使用的方法为导向，经过历时2年的撰写和修改，终完成了本教材。本书吸取了相关教材的优点和部分理论，同时得到了宝鸡石油机械有限公司栾苏、樊春平、张茹新、张文英等工程师的帮助。在此，对上述有关教材的作者和提供帮助的朋友，一并表示深切的感谢。

全书以人体尺寸作为产品尺寸设计的主要依据，以人的视觉特性、施力和运动特性作为设计的生理依据，结合计算机辅助人机设计技术，从作业姿势分析建立作业空间，最后得到人机界面设计方法。为了便于学习，全书以CATIA作为工具穿插在各知识点中，同时提供若干可操作的分析案例，并且将作者的一些科研成果以案例形式介绍给大家，力求让读者了解如何运用人机工程学理论去解决实际问题的方法。

全书由西南石油大学陈波任主编，西华大学张玉萍、成都理工大学郑仁华任副主编，西南石油大学李陵、邓丽，西华大学祁娜和成都理工大学王倩参加编写。其中陈波撰写第1、2章，张玉萍撰写第3章，陈波、邓丽、王倩撰写第4、6章，郑仁华撰写第5章，陈波、邓丽、祁娜撰写第7章和附录，王倩撰写第8章，李陵、邓丽、陈波、祁娜撰写第9章。书中CATIA知识应用及计算机辅助人机示例由邓丽设计、撰写。全书图表处理由李陵完成。全书由陈波策划统稿，许阳双参加部分校对整理，由山东大学赵英新主审。

本书经过西南石油大学工业设计专业2007级、2008级、2009级、2010级学生试

用，编者针对试用中出现的错误进行认真修改和订正，编写正式教材，旨在为人机工程学的教学和研究工作提供一些帮助。

本书配套的案例电子文件为方便读者学习使用，可在 [http://www. waterpub. com. cn/softdown](http://www.waterpub.com.cn/softdown) 查阅下载。

书中使用一些作者的引述与插图，因无法对照标出，在此，谨向书中引用的参考文献作者表示深深的敬意，详见参考文献。

由于时间仓促，加之编者水平有限，书中纰漏和不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2012 年 12 月

于成都

目 录

前言

第 1 章 人机工程学概论	1
1.1 器物与人的因素关系	1
1.1.1 引例	1
1.1.2 本课程在设计中的作用	2
1.2 人机工程学的学科体系与应用	3
1.3 人机工程学的起源与发展	4
1.3.1 人机工程学的起源	4
1.3.2 人机工程学的发展	6
1.4 人机工程设计与技术标准	8
1.4.1 人机工程设计的研究方法	9
1.4.2 人机工程设计的步骤	10
1.4.3 人机工程设计的国际技术标准	12
1.5 人机工程学与工业设计	13
1.6 计算机辅助人机分析案例	13
1.6.1 CATIA 界面简介	13
1.6.2 学生宿舍洗漱间人机分析	16
本章学习要点	19
思考题	19
第 2 章 人体尺寸分析及在设计中的应用	21
2.1 人体尺寸与设计	21
2.1.1 产品设计中尺寸的来源	21
2.1.2 人体尺寸的表达	24
2.2 人体尺寸数据在设计中的应用	27
2.2.1 人体尺寸的应用原则与应用方法	27
2.2.2 人体尺寸的修正	29
2.3 人体模板和数字人体模型	32
2.3.1 人体模板	32
2.3.2 数字人体模型的建立	32
2.3.3 数字人体模型的工作环境	36
2.3.4 数字人体模型的姿态编辑器	37
本章学习要点	40
思考题	40
第 3 章 人体特性分析	42
3.1 人体的感知器官	42
3.1.1 人的感知特性	42

3.1.2 视觉器官的特性	43
3.1.3 听觉器官的特性	51
3.1.4 其他感觉器官的特性	52
3.2 人体关节的活动	53
3.2.1 腕关节	53
3.2.2 人体脊椎	53
3.2.3 人体关节活动范围	54
3.3 人的施力特性	56
3.3.1 坐姿施力	56
3.3.2 立姿施力	57
3.3.3 握力	58
3.3.4 脚操纵力	58
3.4 人的运动特性	58
3.4.1 人的运动速度与频率	58
3.4.2 影响肢体运动准确性的因素	60
3.4.3 运动与施力	61
3.5 个人的心理空间	62
本章学习要点	63
思考题	64
第4章 人体姿势分析	65
4.1 作业姿势研究	65
4.1.1 作业姿势与人体尺寸	65
4.1.2 坐姿下脊柱形态	67
4.1.3 伸及域	68
4.2 数字人体姿态编辑	71
4.2.1 姿态编辑	71
4.2.2 角度界限	73
4.2.3 首选角度编辑	73
4.3 数字人体定位与运动仿真	75
4.3.1 人体及肢体定位	75
4.3.2 绑定与解除	77
4.3.3 人体模型的约束	78
4.3.4 干涉检验	81
4.3.5 人体运动仿真	82
4.4 作业姿势与施力	83
4.4.1 抬起物品	84
4.4.2 运送物品	86
4.4.3 拉和推送物品	87
本章学习要点	88
思考题	88
第5章 人体工位设计	90
5.1 工位姿势选择	90

5.2 工位尺寸设计	91
5.2.1 确定工位尺寸	91
5.2.2 作业台面的深度	94
5.2.3 其他尺寸	95
5.3 工位评价	98
5.3.1 工位评价的原则	98
5.3.2 工位姿势的研究方法	99
5.3.3 虚拟仿真法评价工位姿势	101
本章学习要点	106
思考题	106
第6章 人机界面设计	107
6.1 显示装置设计	107
6.1.1 单个仪表的设计	108
6.1.2 信号灯设计	111
6.2 操纵装置设计	113
6.2.1 操纵器的选用	114
6.2.2 操纵器的设计原则	115
6.2.3 常用操纵器的设计	117
6.3 显示与操控界面布局设计	120
6.3.1 显示仪表布局的设计	121
6.3.2 操纵器布局的设计	123
6.3.3 操纵器的识别编码	131
本章学习要点	133
思考题	133
第7章 专题设计讨论	134
7.1 手持式工具设计	134
7.2 桌椅设计	138
7.2.1 坐姿下的体压	138
7.2.2 座椅设计	139
7.2.3 桌面高度设计	143
7.3 自行车人机分析	144
7.3.1 人机设计	144
7.3.2 人机评价	145
7.4 学生公寓人机尺寸设计	148
7.5 数控机床人机评价	150
7.5.1 课题分析与前期准备	151
7.5.2 人体操作姿态评估	152
7.5.3 快速上肢评价	154
7.6 石油钻机司钻控制人机设计	155
7.6.1 钻井现场设计调查	157
7.6.2 司钻座椅位置设计	159
7.6.3 司钻员作业工位设计	161

7.6.4 司控台显示仪表布局设计	162
7.6.5 司控台操纵元件布局设计	163
本章学习要点	164
思考题	164
第8章 环境中的人机因素	166
8.1 噪音	166
8.2 微气候	166
8.3 照明	167
8.4 振动	169
本章学习要点	170
思考题	170
第9章 发展中的人机工程学	171
9.1 人机工程学研究现状	171
9.1.1 国际人机工程学研究现状	171
9.1.2 国内人机工程学研究现状	175
9.2 现代人机工程学发展趋势	177
9.2.1 交互设计	177
9.2.2 可用性工程与以用户为中心设计	178
9.2.3 用户体验设计	179
9.2.4 无障碍设计与通用设计	181
9.2.5 参与式人机工程设计	182
9.3 现代人机分析技术简介	183
9.3.1 动作捕捉技术	183
9.3.2 眼动跟踪技术	185
9.3.3 脑电事件相关电位 (EEG/ERP) 分析系统	188
9.3.4 行为分析系统	188
本章学习要点	192
思考题	193
参考文献	194
附录	196
附录 A 部分人机工程学国家技术标准	196
附录 B GB/T 10000—1988 中部分常用人体尺寸数据	198
附录 C 操纵元件有关数据	205
附录 D 学生公寓推荐尺寸	207
附录 E 环境中的人机因素	209
附录 F 国外人机工程软件功能	210

第1章 人机工程学概论

1988年的波斯湾战云密布,充满危机。正在巡航的美国海军巡洋舰“文森斯”号收到有不明飞机迫近的信息,从雷达屏上很难区分这架正在逼近的飞机是在爬升还是在俯冲。军舰上的人错误地判断,这架飞机正在向他们俯冲,因此这是一架逼近的敌机。同时,飞机上的驾驶人员又没有回应军舰发出的警告,舰上人员的生命悬于一线,时间十分紧迫,舰长决定向敌机开火,士兵们毫不犹豫地执行了舰长的决定。非常悲哀的是,那架飞机是一架伊朗的民航飞机,该飞机没有俯冲,而是在爬升。这个问题出现在人机系统中,人和机器配合的失败。正是这些问题提醒我们去诊断故障,解决问题,搞清楚究竟发生了什么。而解决这些问题,就要依据人机工程学的有关理论。

在第二次世界大战期间,生理学家、心理学家、人类学家、医生、科学家和工程师们共同解决了复杂的军事装备操作产生问题,第一次将技术与人文科学进行了协调的系统应用,促使人机工程学的诞生。这种多学科合作的理念很快便吸引了大家的注意,之后被应用到了工业领域上,尤其是在欧洲国家和美国备受关注。1949年在英国,诞生了第一个国家级人机工程学会,也就是在这个时候才有了人机工程学这个名词。随后在1961年,国际人机工程学学会(IEA)成立,它包含了全世界40多个国家或地区的人机工程学会,总会员已达到大约19000人。

1.1 器物与人的因素关系

人类的历史是劳动的历史,人类的劳动是从制造工具开始的,人类为了自身的生存,不断地创造、生产工具,拓展自己的能力,同大自然搏斗,改变自然,同时改变自身。这个过程使我们身边出现了大量的人造物(产品),构成了文化的一部分,即代表人的物质需要,又体现了人类的精神寄托,形成人类的文明史。文献[1]指出,设计作为人类生物性与社会性的生存方式,其渊源是伴随“制造工具的人”的产生而产生的。由此可见,设计一开始就是围绕“人的因素(人的生理、心理因素)”,满足人的需要而进行的创造性活动。

1.1.1 引例

《西游记》是大众所熟识的故事,唐三藏(玄奘)骑着一匹白马,随行的还有保护唐三藏并负责探路的孙悟空、负责杂务搬运行李的八戒以及负责牵马的沙僧,经历九九八十一难,终于到达西天印度,取回真经[见图1-1(a)]。但真实的情况是,唐僧的旅程有单人步行[见图1-1(b)]、骑马和跟随商队。当年的玄奘才28岁,正是精神体力最充沛的时候,背上了一个60~80磅的背包,大致不成问题。在西安的石碑林内,有一石碑刻着他步行时的装备,反映了大约公元670年时“背负健行”的装备,下面简单分析其装备特点。

竹制的外架式背包,主要受力点位于两肩,便于分解重力。曲形背包整体中心位于肩部,使得人在背负背包时可以使用扛力,即人体脊椎骨处于正常施力状态,人体本身感觉舒适、轻松。背包底部有脚垂直时可用来靠背,下部长位于腰部,不影响走路。竹架伸到头部上可以遮太阳,架上挂了一个照明灯,以便晚上赶路,将架平放在地上便可以做床之用。脚穿草鞋,以便通风,防止有脚臭的产生。宽大的衣服,可使空气流通,汗水蒸发。由于利用肩与背就可以保持背包稳定,腾出的双手可以做其他事情,故唐僧左手拿着竹制的定位装置,右手拿着毛做的掸子来赶走飞虫和作扇子之用,轻松上路。从上述示例中可以看出,人们设计的器物首先应该满足人的生理、心理需求,尺度应该与人体尺寸相匹配。这是早期人们的设计思想中包含了现代人机工程学的理念。



(a)西游记



(b)真实取经图

图 1-1 唐僧取经图

图 1-2 中的专业照相机从造型上看远不如一些傻瓜相机好看，但是从操作的角度看，专业照相机的造型是最符合人机工程学理念使用的。伸缩式镜头既便于长距离调整焦距，也便于左手托住相机起到稳定作用；相机右侧突出部分正符合右手抓握相机，调焦和快门按钮正位于右手拇指和食指。这也是这种造型成为专业相机经典造型的原因。



(a)专业相机



(b)使用专业相机照相姿势

图 1-2 专业相机

1.1.2 本课程在设计中的作用

1. 人体尺寸提供产品设计参数

用户（人）操作和控制工具（产品）实现特定的功能，人能否舒适、方便地操作和使用产品，很大程度上取决于人的生理能力（手脚控制范围、视觉认读能力、听觉语言沟通能力），这些能力都受到人体尺寸的限制。例如，图 1-3 中不论是小车床，还是大的加工中心，其操作和观察部分的尺寸必须与人体身高尺寸相匹配。

针对不同年龄范围的用户，在产品设计中必须考虑相应的人体尺寸数据。例如针对儿童设计的产品与针对成年人使用的产品在尺寸上相差很大，在产品设计中必须分别考虑。

2. 为人设计便于操作的界面

设计首先应该研究人的需求，探讨人的生活方式，从人的使用方式为产品设计提供设计切入点是一种有效的手段。例如驾驶汽车的方向盘、自行车的把手是“握的界面”；座椅是“坐的界面”；上网使用的浏览器、软件的操作界面“人与计算机”交流的界面。在图 1-4 中，用户通过手脚操纵控制器，机器按照人指令工作的同时，将其运行状态通过显示器显示出来，人的眼耳等



器官接受信息并传递给大脑，大脑经过分析判断，再指挥手脚进行操作。显然显示器和控制器是人（用户）和机器（产品）之间实现信息交流的界面，属于人机界面。图 1-5 是某国家核电站控制室的操作界面设计，从图中可以看到，显示器和控制器布局太密，显示装置和控制装置之间的关系不容易体现，控制元件太多，当人处于疲劳状态下容易产生误操作，造成事故。人需要踩凳子或踮脚才能操作，这种使用方式非常容易因身体无意接触而触动其他控制装置，造成重大事故。在人机界面设计中如何使显示、操纵方式符合人的认知习惯，使其提高工作效率，减少出错率是设计中非常重要的问题。

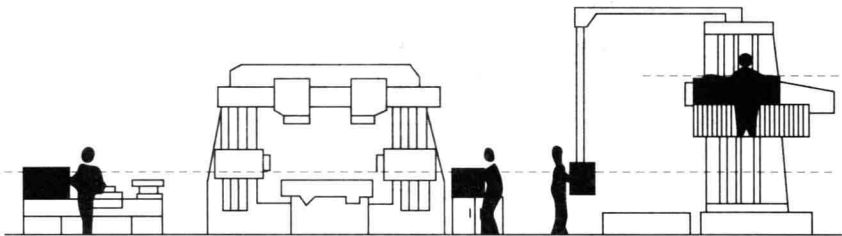


图 1-3 机床操作部分的尺寸与人体尺寸匹配

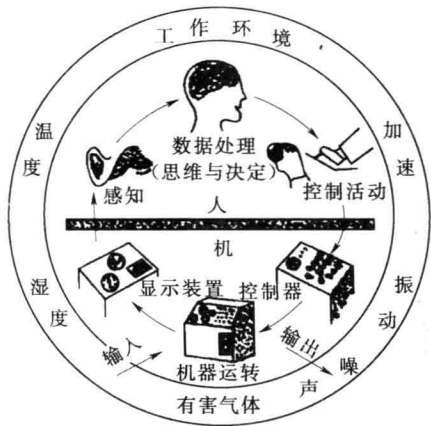


图 1-4 人机界面

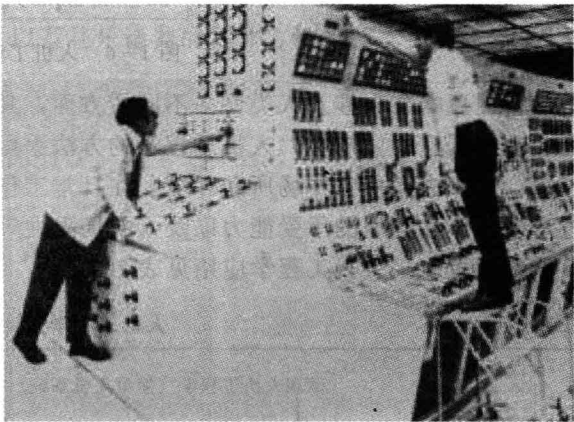


图 1-5 某国家核电站控制室

1.2 人机工程学的学科体系与应用

人机工程学（Ergonomics）一词中包含“ergon”工作、劳动和“nomos”规律、规则的意思。国际人机工程学学会（IEA，International Ergonomics Association）对人机工程学的定义是：人机工程学是研究人和其他系统要素之间相互作用的一门学科；人机工程专业通过利用相关理论、原则、数据和方法来设计应用，以改善人类的健康状况和提高整个系统的工作效率。从该定义中可以看出人机工程学研究对象是工作环境中的解剖学、生理学和心理学等方面的各种因素；研究内容是人—机—环境的最佳匹配；研究目的是设计的一切器物要考虑人们生活、工作的安全、舒适、高效。

Ergonomics 最早在世界上被称为人类工效学。美国称其为人因工程学，侧重工程和人际关系。前苏联称其工程心理学，注重工程心理学研究。日本称其人间工学，侧重宜人性研究。法国侧重劳动生理学。保加利亚偏重人体测量。捷克、印度等注重劳动卫生学。国际标准化组织 IEA 已经正式采纳 Ergonomics（人机工程学）的概念。

人机工程学从人文科学和技术的各个领域吸取知识，包括人体测量学、人体力学、生理学、心理学、环境科学、机械工程、工业设计、信息技术和管理（见图 1-6）。通过借鉴与融合，它将从这些领域中吸取来的知识汇集在了一起，并在应用时，采用了具体的方法和技术。人机工程学方法手段

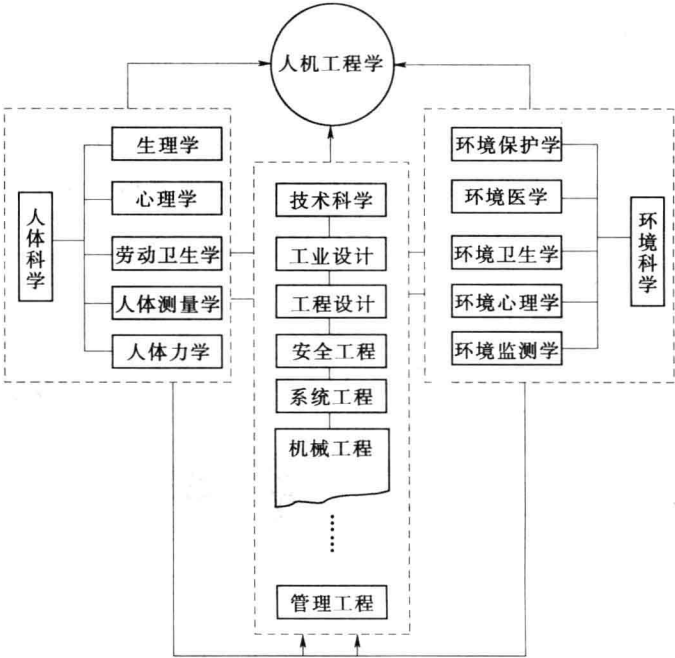


图 1-6 人机工程学学科体系

中的跨学科性意味着它涉及人类许多不同的方面，其他领域的研究区别就在于跨学科方法的应用及其实用性。而根据它的实用性，人机工程学的方法手段是通过设计改善工作场所或环境以适应人，而不是反过来，让人去适应工作场所和环境。在日常工作与生活的应用中，人机工程学强调“以人为本”，它通过考虑人体和心理的承受能力以及人的局限性等问题，来避免任何不安全、不卫生、不舒适或效率低下情况的发生。人机工程学应用见表 1.1。

表 1.1 人机工程学研究内容与应用

类别	微观人机工程学（简单人机系统）		宏观人机工程学（复杂人机系统）
关系	人—机关系	人—环境关系	人—人关系
领域	人体人机工程学	认知人机工程学	组织人机工程学
研究内容	人体解剖学，人体测量学，生理学，生物力学	思维过程：理解，记忆，推理，神经反应等影响人与系统其他部分交互的因素	组织结构，政策，程序
人的因素	人的结构特征，人的物理特征，人的生理特征，人的生物力学，人的环境适应性，人的信息感知、处理，人的心理特征		
设计问题	工作姿势，材料处理，反复运动，肌肉和骨骼的失调，工作场所布局，安全与健康	精神负荷，决策，操作技能，人—机交互，人的可靠性，工作载荷和训练等与系统设计相关的因素	通信，人力资源管理，工作设计，工作时间设计，联合作业，共享设计，团体工效，合作，新作业示范，虚拟组织，远程作业，质量管理
人机设计	空间设计，交互设计（人机界面设计——信息与显示设计，控制设计，软件界面设计，交互方式设计），物理环境设计，辅助设计，作业设计，体验设计，安全性设计，无障碍设计，可靠性设计，人机系统设计程序与方法		组织设计，管理系统

1.3 人机工程学的起源与发展

1.3.1 人机工程学的起源

一切人造工具自诞生以来，都是出于一个共同的观念和目标：为了让人更好、更方便、更安全地



使用人造工具从事各种活动。

砾石是山上的岩石，经河流冲击、带动，沉积到低平的河滩上，形状一般呈椭圆形，故称河卵石。在北京猿人的石器制品中，几乎所有的石器都是选择砾石做原料，这是因为砾石光滑、对称、流畅的形式符合人类美的视觉尺度（见图 1-7）。原始先民选择砾石是因为它比自然岩石更好用，打制一头形成锋利的尖棱刃口作切割，完成其功能作用；而另一端保留圆滑形态便于手握，符合人的操作，可见原始先民在制作工具的时候就考虑方便操作的问题了。

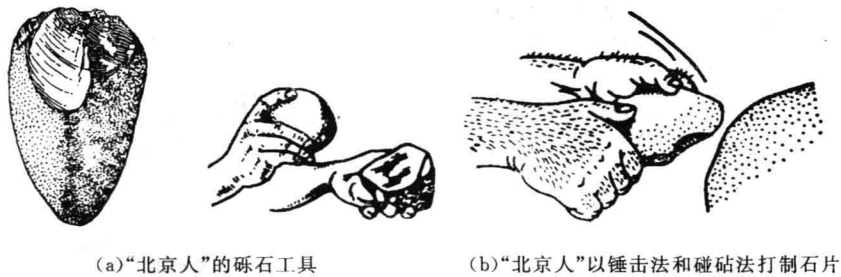


图 1-7 “北京人”使用石器的工具

大约 2400 多年前，战国初期的《考工记》是我国最古老的一部科技汇编名著（见图 1-8）。在这部古代科技名著中，对车舆、工事、兵器、农具以及礼乐诸器的制作方法与技术作了详细的记载。



图 1-8 考工记

例如用于劈杀的兵器：大刀、剑戟，使用中方向性，应该避免容易转动的弊病（见图 1-9），因此它的握柄截面应该做成椭圆形，使用中可凭手握柄杆感知信息，无须眼看，便可掌握刀刃、钩头的方向。用于刺杀的兵器，例如枪矛，使用中没有方向性，为避免握柄在某一扁薄方向容易挠曲，它的截面应该做成圆形（见图 1-10）。



图 1-9 各种刀法



图 1-10 刺杀用扎枪



明代科学家宋应星所著《天工开物》，以丰富插图形式记录了我国农业和手工业生产技术等方面的卓越成就，具有重要的科学价值。图 1-11 中表现的生产作业场景，人们的工作、劳动姿态总是那么自然、舒展，没有强迫体位下的工作姿势或者扭曲不当的劳动动作。作业姿势自然舒展，表示劳动工具、生产设备与人体尺寸有良好的适应性。

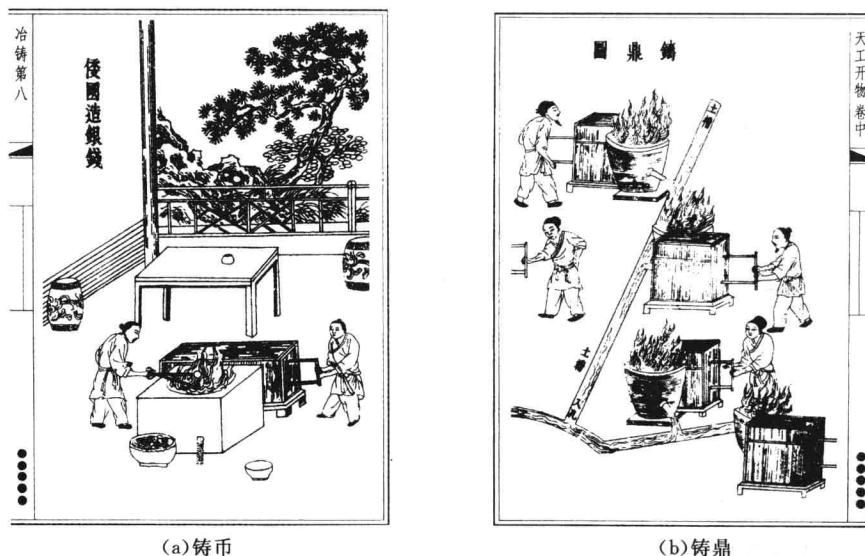


图 1-11 天工开物

图 1-11 中的风箱下面还有个底盘，有了底盘才能使风箱把手达到与人的胸、肘部位平齐的位置，而这正是立姿下推拉施力的最适宜高度，足以说明这是“刻意设计”的结果。铸币台的高度正与操作者上臂放松时的高度平齐，说明古人在设计工作环境时考虑到省力、提高工作效率等问题。

古希腊人相信死亡后灵魂会去另一世界，为了死者在死后的世界以及来世过得舒适一些，他们在坟墓中放置像器物之类的个人物品，其尺寸与死者的年龄和身材相匹配。在早期的建筑中人们不知道选择什么样的比例关系为美，古希腊人就利用人体各部分比例关系作为设计的基本比例。例如庙宇圆柱子的高度是其柱脚直径的 8 倍 [见图 1-12 (a)]，这正是希腊女人身高与脚长之比 [见图 1-12 (b)]。

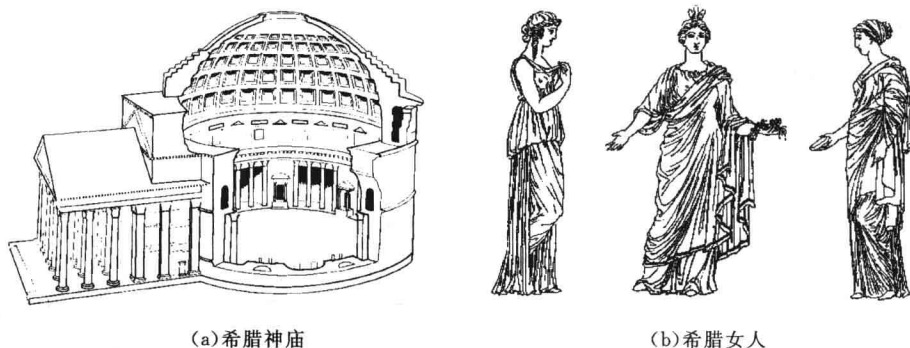


图 1-12 古希腊神庙

以上事例说明人们在开始进行设计、制作工具时，就有强烈的器物与人相协调的人机设计思想。

1.3.2 人机工程学的发展

Hollnagel 对人机工程学研究与应用成果进行总结，给出了比较明晰的人机工程学发展过程，同时也指出了发展方向（见图 1-13）。从该图中可以看出人机工程学发展大致经历了以下几个发展阶段。

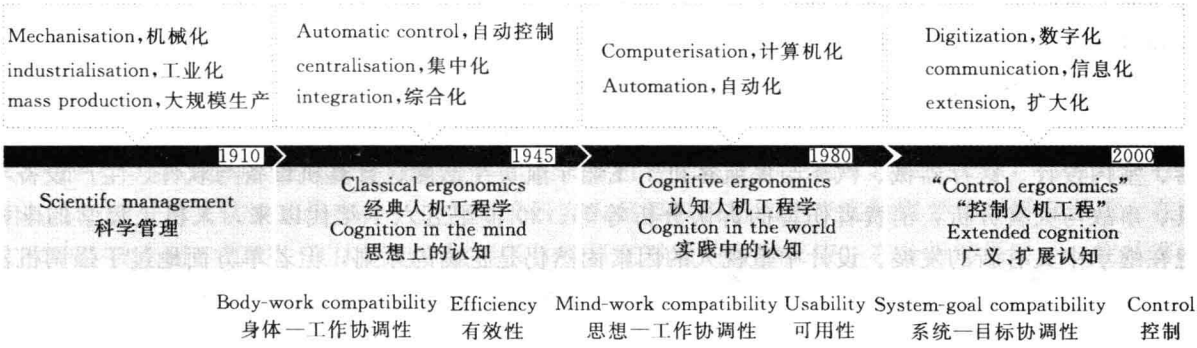


图 1-13 人机工程学的发展过程

1. 对劳动工效的苛刻追求孕育了经验人机工程学（工业革命—1910 年）

自工业革命以来为了适应机械化大生产的要求，提高效率是人们追求的目标。1898 年美国工程师 F. W. 泰勒进行了著名的“铁铲实验”，以确定多大铲量的铁铲工作效率最大，以期通过科学管理提高工作效率（见图 1-14）。



图 1-14 F. W. 泰勒



图 1-15 电影《摩登时代》中的工作场景

图 1-15 为电影《摩登时代》中工人劳动的场景。电影中主人公在老板的威逼下在生产线上连续不断地拧螺钉，工作节奏越来越快，根本不考虑人的承受能力，中间休息离开机器时，全身肌肉还在不停地扭动，重复拧螺钉的动作。这一阶段总体来看是要求人适应机器，最大限度提高人的操作效率，严重违背了“以人为本”的理念，使人们重新思考人与机器之间的关系。

2. 二次世界大战武器设计促使科学人机工程学诞生（1910—1945 年）

由于战争需要，许多国家大力发展高效、威力大的武器，因为片面地研究新武器的功能，忽略使用者——人的因素，因操作失误致使出现重大事故屡见不鲜。美国在研发喷气式飞机时，发现新飞机试飞时经常出现事故，经过技术人员检验机器本身设计不存在问题，最后发现问题出在飞机显示、操纵装置设计上（见图 1-16），飞行员在飞行中既要在复杂多变的气象、地理环境下识别敌方，又要随时通过飞机仪表显示信息操纵飞机，由于显示操纵元件的增加，使得经过严格选拔培训的优秀飞行员照顾不过来，造成飞机失事。

由于制造技术的大力发展，自动控制表现在集中化、综合化，而最初的设计没有顾及人自身生理和心理特点。大量教训使得人们明白，一味追求飞机性能优越，若不能使飞机设计与人的生理、心理相匹配，就不能发挥设计的预期功能。为了使武器设计更能符合士兵的生理特点，武器工程师不得不与解剖学家、生

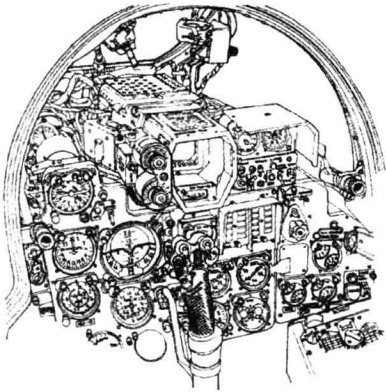


图 1-16 飞机座舱