


DESIGN
普通高等教育工业设计专业规划教材

工业设计人机工程

北京理工大学 阮宝湘 邵祥华 编著



含1CD



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育工业设计专业规划教材

工业设计人机工程

阮宝湘 邵祥华 编著
孙苏榕 主审

机械工业出版社

本书为高等学校本科的人机工程学教材，主要针对工业设计专业的要求编著，除人机学的基本理论、基本方法以外，内容侧重在工业设计的三个领域，即产品设计、视觉传达设计以及室内环境设计中的人机工程问题。书中融入了编著者多年从事人机学研究和教学的部分成果，重视人文层面的设计伦理阐释，同时以丰富的典型案例揭示学科的思想本质和方法要义。在附录“课程设计和课程论文指导书”里，详细说明了大作业的目的、要求、步骤和方法，并列出一百多个供选择的课程设计和论文题目，引导学生进行本课程的自我钻研和应用实践。

本书也可选作建筑、轻工、机械、劳动与管理、环境工程等专业本科生、硕士生选修课的教材或参考用书。

为使用本教材教学提供方便，本书配有电子教案光盘供教师选用。

图书在版编目 (CIP) 数据

工业设计人机工程/阮宝湘, 邵祥华编著. —北京: 机械工业出版社,

2005.2

普通高等教育工业设计专业规划教材

ISBN 7-111-16049-5

I. 工... II. ①阮... ②邵... III. 人一机系统—应用—工业设计—高等学校—教材 IV. TB47

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 005160 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑: 冯春生 版式设计: 霍永明 责任校对: 樊钟英
封面设计: 鞠 杨 责任印制: 杨 曦
北京蓝海印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行
2005 年 5 月第 1 版·第 1 次印刷
787mm×1092mm 1/16·24.25 印张·460 千字
定价: 38.00 元 (含 1CD)

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68326294
封面无防伪标均为盗版

前 言

一、本教材的选材范围和专业适用性

人机工程学是文理渗透型的边缘学科，涉及面广，应用领域宽。本教材主要针对高校工业设计专业本科的教学需要，适当照顾相关的专业。决定选材时的几点考虑如下：

1) 第一章人机工程学概论、第二章人体尺寸及其应用方法、第十章第一节设计心理学概要、第十章第二节人机学与新产品的创意开发，大体是人机学的基本理论及其在某些方面的延伸，是教材的基础部分。

2) 第三、四、五章桌椅设计、显示装置设计和操纵装置设计，是人机学的传统内容。这三章还提供了人机工程研究方法的经典范例，即在设计中如何考虑解剖学、生理学、心理学等人的因素，从而达到安全、舒适、高效的目标。学生学习人机学的研究和应用方法，这部分内容是教材中不可舍弃的。

3) 接下来的第六、七、八、九章，分别针对工业设计的三个领域展开：产品设计、视觉传达设计和室内设计，体现了本教材的工业设计专业适用性。

4) 第九章工作空间与工作岗位设计，对劳动与管理、机械制造等专业较重要，各校工业设计专业，可根据本校专业特色决定课堂讲授中对它的取舍。

5) 人机学中其他与工业设计不直接相关的内容，本教材予以简略或省略。

全面考察本书的选材构成可知，将本书选作建筑、轻工、机械、劳动与管理、环境工程等专业本科生、硕士生选修课的教材或参考用书，也是适宜的。

二、关于本课程教学方法及本教材使用的几点思考

多年来，编著者曾受聘在北京等地7所院校为工业设计专业的学生开设人机工程学课程。在这些院校中，有的教师反映说：“人机学教材里数据资料占的比例大，学



生们觉得听课比较枯燥；这门课不好教”。借本书出版之机，编著者想就此谈一些看法，与同行们讨论研究。不恰当、不正确在所难免，诚心地欢迎给予批评指正。

1. 人机工程学课程的特点与课堂讲授

在下面的表格里，通过对比，指出了人机学课程的特性，提出了教学方法、教学安排的一些参考意见，包括课堂讲授、作业练习和考核评分等几方面。

课程举例	课程类别与特性	课堂讲授	作业、练习	考核方式
数学、物理	科学类 阶梯形知识结构、严谨、系统性强 关键是“学懂”。懂与不懂界限分明 前面没学懂，后面无法学	系统讲授占据大部分课时	几乎每堂课后要做习题	闭卷考试为主
素描、效果图	艺术类 关键是感悟，并非“学懂知识”；重在感受，重在技巧、技艺	只占很少课时	在教师点拨下，靠不断练习积累提高	测评作品的水平
机械设计基础	工程技术类 与先修课构成知识链，严格、细致，先要学懂，还要认真细致才能用好	占较大比例的课时	复习掌握知识，做习题巩固，两者并重	闭卷考试、课程设计
人机工程学	文理渗透的交叉学科 ①基本理论很容易懂，人人都能接受。贵在思路的开阔和敏锐 ②以基本理论为核心，其他的知识是“散点式”而不是“阶梯式”的，涉及面广，但互相间没有紧密关系，多学点少学点均无不可；先学哪部分后学哪部分，也无大碍 ③每一部分深入下去都是无底洞，教学中不宜过分追求深度 ④基本理论不复杂，但要靠精彩、丰富、典型的示例去深刻阐释 ⑤贴近生活、贴近专业，抓住结合实际这个纲，纲举目张，学生的兴趣、钻研潜能都能激发出来 ⑥应重视熏陶人文素质、端正设计伦理，对学生未来发展影响深远	课堂讲授可占总课时的60%左右 基本理论典型案例要精讲，讲深讲透 叙述性内容和资料学生自己看得懂，忌讳在课堂上全讲、细讲，只对其中要点作精彩点拨	不赞成每章出几个问答题让大学生去抄书答题。 建议：全课程设置两个作业。小作业是读书报告，讲授结束时交，不占课内学时。大作业是课程设计、课程论文，占用40%左右的课内课时。详细建议见本书的附录	建议：以大作业（课程设计、课程论文）为主要考核方式，小作业次之，酌情考虑平时的表现。具体建议见下面的“考核与评分”



2. 课时及其分配的建议

高校工业设计专业通常把人机工程学列为必修课，一般为3个学分，48个课时（ $3 \times 16 = 48$ ）或51个课时（ $3 \times 17 = 51$ ）。在这样的条件下，对课内学时分配的参考建议如下：

课堂讲授	28 课时
课程设计、课程论文及答辩	20 课时
其中 完成课程设计或课程论文	16 课时
答辩（即设计或论文的课堂交流）	4 课时

3. 课堂讲授章节选择的建议

教师宜选基本和主要的内容在课堂进行讲授，教材中其他部分留给学生自学阅读。对于工业设计专业，供参考的建议如下：

①应讲章节（约需22课时）

第一章	第二章（不含第五节）
第三章（不含第六节）	第四章（资料性内容点到为止、不细讲）
第五章（资料性内容点到为止、不细讲）	第六章第一节
第七章第一节	第十章第一、二节

以上应讲章节的篇幅，不足本教材总篇幅的60%。

②根据各校情况，教师可酌情选讲少量其他章节或补充其他内容（可安排6课时）。

4. 小作业读书报告与大作业课程设计、课程论文

引导学生完成好作业（尤其是大作业课程设计、课程论文），是提高教学质量的有效环节。希望教师下工夫抓好这一教学环节。本书附录中有关于两个作业的详细说明，此处不再赘述。

配合本教材的出版发行，机械工业出版社还同时出版发行教学参考书《人机工程学课程设计、课程论文选编》，可供使用本教材的师生选购参考。

5. 考核与评分

建议考核评分采用以下分配比例：

大作业（课程设计或课程论文）	70%
小作业（读书报告）	30%

若学校有“平时表现”占评分10%的传统，可将小作业评分降至20%。

编著者在几个院校开设人机学课程时曾经几次被告知，说在该校人机学是一门“考试课”，应该按闭卷考试的方式考核评分。但人机学是不宜闭卷考试的，理由如



下：第一，人机学的基本理论人人都能接受，一般不存在“懂不懂？”的问题；背诵默写定义或结论对学习本课程并无意义。第二，人机学的知识和结论虽不难理解，但涉及面却很广，记忆了多少无关紧要，不应该引导学生去记忆这些东西；关键是培养开阔的思路，对现实存在的问题有敏锐的观察力。第三，学生在这门课程中应该学会的，是应用人机学的理论和技术资料解决实际问题。通过作业（读书报告、课程设计、课程论文）让学生学习应用、经历解决问题的锻炼，是本课程的关键性教学环节；而作业完成的质量如何，也才是衡量学生学习成绩准确可靠的标尺。简而言之就是：闭卷考试对提高教学质量不能起什么正面作用，却可能对学生造成误导；而认真完成作业（主要是课程设计、课程论文），则是一个发挥学生主动性、学习好本课程的有效教学环节。

本书由北京理工大学阮宝湘、邵祥华编著。书中融入了编著者从事人机学研究和教学多年的部分成果。本书由北京服装学院孙苏榕教授主审，编著者对孙苏榕教授的辛勤工作表示感谢。由于受聘到多个院校去开设人机学课程，编著者才有机会多年来不断地积累教学资料，使本书得以成编。在此也向这几所院校的同行教师致以由衷的谢意。

最后，诚挚期盼同行、使用本书的师生们对书中的错误和不当给予批评指正。

编著者
于北京

目 录

前言

第一章	人机工程学概论	1
	第一节 人机学的研究对象和目的	2
	一、引例——人机学的思想萌芽源远流长	2
	二、人机工程学的基本概念和定义	3
	三、日常生活中人机学问题的巡视	5
	第二节 人机学的形成和发展 学科思想的演进	9
	一、中国古籍中的卓越论述	9
	二、人机学的形成、发展和学科思想的演进	12
	三、人机学的学术团体与教育	17
	第三节 人机系统与人机工程设计	18
	一、人机系统与人机界面	18
	二、人机工程设计	20
	三、人机工程技术标准简介	24
	四、人机工程设计软件简介	25
	第四节 人机工程学与工业设计	26
	一、人机工程学与其他学科的关系	26
	二、人机工程与工业设计（课堂讨论，教师小结）	27



第二章	人体尺寸及其应用方法	31
第一节	人体尺寸概述	32
一、	人体测量简史	32
二、	人体测量方法简介	33
三、	人体尺寸数据的部分特性	38
第二节	中国成年人的身体尺寸	39
一、	GB/T10000—1988《中国成年人身体尺寸》简介	39
二、	常用身体尺寸数据摘录及简要分析	41
三、	身体尺寸的地区差异和时代差异	46
第三节	其他国家的人体尺寸 人体各部分尺寸的比例	49
一、	其他几个国家的成年人身体尺寸	49
二、	人体各部分尺寸的比例	49
第四节	产品设计中人体尺寸数据的应用方法	51
一、	尺寸修正量	52
二、	人体尺寸百分位数的选择	53
三、	产品功能尺寸的设定	58
第五节	设施器物的人体尺寸适应性与二维人体模板	59
一、	设施与器物的人体尺寸适应性示例	59
二、	动态身体尺寸与二维人体模板	60
第三章	桌椅设计	67
第一节	桌椅设计概述	68
一、	坐姿工作与座椅	68
二、	桌椅的历史与现状	68
第二节	坐姿生理解剖基础	70
一、	坐姿脊柱形态及其生理效应	70
二、	坐姿下的体压	73
三、	坐姿下的股骨、肩部、小腿与背肌	75
四、	平衡调节理论	76
五、	工作座椅的一般人类工效学要求	76
第三节	座椅的功能尺寸	77
一、	座面（前缘的）高度	77



二、座面倾角	79
三、靠背的形式及倾角	81
四、其他功能尺寸	83
五、GB/T14774—1993《工作座椅一般人类工效学要求》的推荐值	85
第四节 坐垫与靠垫	86
一、椅垫的生理学评价要素	86
二、椅垫的软硬性能	87
三、椅垫材质的生理舒适性	88
第五节 办公桌的功能尺寸	88
一、桌面高度(桌椅配合)	88
二、中屉深度	90
第六节 其他的倚靠器具或设施(学生自学内容)	90
第四章 显示装置设计	93
第一节 人的视觉与听觉特性	94
一、感觉器官与感觉类型	94
二、视觉器官与视觉机制	95
三、人的视觉特性	97
四、听觉器官与听觉特性	106
第二节 显示装置的类型与设计原则	108
一、显示装置的类型与性能特点	108
二、仪表显示设计的一般人机学原则	109
第三节 显示仪表的设计与布置	110
一、显示仪表设计的人机学因素	110
二、显示仪表的布置	116
第四节 信号显示设计	120
一、信号显示的类型与特点	120
二、信号灯设计	122
第五章 操纵装置设计	125
第一节 手足尺寸与人体关节活动	126
一、人体手足尺寸	126



二、人体关节的活动	129
第二节 人体的施力与运动输出特性	130
一、人体的肌力及其影响因素	130
二、反应时和运动时	134
三、肢体的运动输出特性	136
第三节 操纵器设计的人机学原则	140
一、操纵器的类型与选用	140
二、操纵器设计的一般人机学原则	142
三、操纵器的形状和式样	143
四、操纵器的尺寸和操作行程	144
五、操纵器的操纵力	145
六、操纵器的识别编码	147
第四节 操纵器的布置和控制台设计	150
一、操纵器布置的一般原则	150
二、控制台设计	154
第五节 常用操纵器的人机学要素	157
一、按压式操纵器	157
二、转动式操纵器	161
三、移动、扳动式操纵器	167
四、脚动操纵器	169
第六节 操纵与被操纵对象的互动协调关系	172
一、引例——操控主从协调关系的重要性	172
二、操控主从协调的一般原则	174
三、操控主从协调与行为科学简述	179
第六章 产品设计人机学的若干专题	181
第一节 手工具及其使用方式	182
一、手工具设计的人机学因素	182
二、几种手工具	184
三、手工具的使用方式	189
第二节 床、柜等家具	191
一、家具与人体尺寸的适应	191



	二、床、柜尺寸的国家标准简介	192
	三、褥垫与躺卧的解剖生理因素	194
	第三节 安全性设计	197
	一、安全与防护	197
	二、防止触及危险区的距离与防挤压间距	200
	三、安全标志与警示	204
	第四节 维修性设计	207
	一、产品与设备的维修	207
	二、维修性设计概述	207
第七章	视觉传达设计与人机学	213
	第一节 文字设计	214
	一、文字的尺寸	214
	二、字体	216
	三、字形的比例与排布	217
	四、字符与背景的色彩及其搭配	220
	第二节 图形符号及标志设计	221
	一、图形符号设计	221
	二、标志设计	227
	第三节 展示设计	231
	一、展板及其布置	231
	二、展室设置与展示照明	232
第八章	室内设计与人机学	237
	第一节 生活空间与人体尺寸	238
	第二节 光环境与采光照明设计	249
	一、光环境的一般概念	249
	二、天然采光	252
	三、人工照明	255
	四、光源的色温、显色性与室内的色彩环境	258
	五、室内视觉环境评价方法简介	262
	第三节 声音环境和噪声控制	263

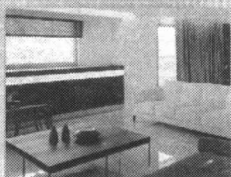
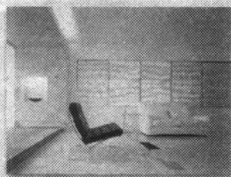
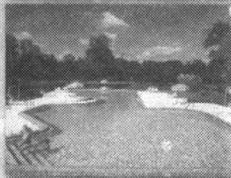
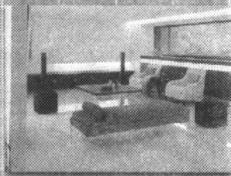


一、声音的计量与人耳的声音感觉	263
二、乐音、噪声与噪声控制	266
三、室内声环境设计的概念	274
第四节 室内热环境	277
一、热环境的评价指标	277
二、热环境对人体及工作的影响	281
三、室内与作业场所的适宜热环境指标	285
第五节 振动环境	288
一、环境振动及人体的振动响应	288
二、振动对人体及工作的影响	291
三、振动的评价及控制标准简介	292
第六节 有利于安全健康的环境因素综述	293
一、关系安全与健康的环境因素	293
二、环境因素的适宜性分级	294
第九章 工作空间与工作岗位设计	295
第一节 工作空间人体尺寸	296
一、GB/T13547—1992《工作空间人体尺寸》简介	296
二、通过小样本测量建立人体尺寸回归方程的方法	298
三、工作空间人体尺寸数据的应用原则	300
第二节 工作空间设计	300
一、工作空间设计的一般原则	300
二、工作高度的安排布置	301
三、水平工作面	302
四、脚的工作空间	302
第三节 工作岗位设计	303
一、工作岗位的类型与选择	303
二、工作岗位的尺寸设计	303
第四节 工作姿势与肢体施力	306
一、工作姿势对工效的影响	306
二、肢体施力的合理方法	310
第五节 设计案例：BFB-X50 半自动粉末包装机	313



第十章	人机学的其他专题及未来展望	319
第一节	人机工程的设计心理学应用	320
一、	综述	320
二、	人机工程设计心理学的应用示例	322
三、	心理测试和心理调查	330
第二节	人机学与新产品的创意开发	334
一、	新产品的人机学创意开发	334
二、	案例及分析说明	335
第三节	人机工程设计的未来展望	344
一、	人机学与可持续发展	344
二、	高技术产品的认知与使用心理	347
三、	坚持健康文明生活方式的导向	348
	附录	351
附录 A	小作业：读书报告	352
附录 B	大作业：课程设计与课程论文	354
一、	大作业的目的和一般要求	354
二、	课程设计	356
三、	课程论文	357
四、	课程设计与课程论文题目	358
附录 C	部分人机工程学方面的国家标准	364
	参考文献	368

第一章 人机工程学概论





第一节 人机学的研究对象和目的

一、引例——人机学的思想萌芽源远流长

花和尚鲁智深在五台山吃酒醉打山门，闹了一阵以后，下得山来找到铁匠，要打一条 100 斤的禅杖，……铁匠对他说：“师父，肥了，不好看，也不中使。依着小人，好生打一条 62 斤的水磨禅杖与师父。使不得，休怪小人。……”

禅杖作为兵器，其使用功能集中体现在它的月牙形铲头上。但值得注意的是：这里铁匠和鲁智深并没有讨论一般意义上的器具“功能”，诸如月牙头的形状、尺寸、材料、锋利程度之类，更不谈彩穗装饰等造型美的问题，而是首先讨论禅杖该多重才可能“中使”。——这实际是一个“器物与人的体能是否相适应”的问题。

从这里我们可以体味到，古代工匠（设计）制作器物时，优先考虑和把握的是哪些因素。《水浒传》里虽然没有再接下去细说什么，但有理由相信，铁匠也能把鲁智深禅杖的粗细和长短处理得大体合适：既不至于太粗了握不住、太细了抓不紧，也不至于太长了耍动不灵、太短了施展不开。——这些便是器物应该与人体尺寸相适应的原则。

器物要和人（使用者）的各种因素相适宜。——这，就是现代人机工程学的基本思想和学术理论的简洁表述。

器物设计与制作的上述基本原则不仅简单、朴素，而且也是很自然、很本能的要求，其思想萌芽可以追溯到人类历史久远的过去。试看考古发掘所见的器物，譬如我国西安半坡遗址中的各种器具——石桌、石凳、陶土餐饮具之类，找不出哪一件、哪一种是与“人的因素”严重背离的，没有哪一个石凳会高得出奇、难以坐上去，或低得离谱、起坐很费劲；也没有哪一个陶土水杯会大得惊人、双手捧饮困难，或小得怪异、盛不下一两口水。即使走出森林之前的原始人，狩猎所用的棍棒、石块或投枪，其尺寸、重量、形状，也大体与原始人的生理条件是适应的。

因此可以说，人机学上述基本思想的萌芽，在人类历史上是源远流长的。因为在一定程度上，它属于人们一种“自发的思维倾向，本能的行为方式”。

大家都知道，《三国演义》里说猛张飞“身高八尺”，惯使一条“丈八蛇矛”，能在“百万军中直取上将咽喉”。古典小说嘛，难免都要掺进一些“戏说”成分，恰到好处的神奇与夸张，常是它的魅力所在，呆子也不会细加深究。不过这里既然是讲器物要与人的因素相适应，不妨从人机工程学方面来对此略加“戏究”。我们且算一算

《三国演义》中张飞的蛇矛长度和他身高的比例： $18/8 = 2.25$ 。——蛇矛是张飞身高的2.25倍！于是得出“戏究”的结论：这不可能，蛇矛太长了，张飞肯定要不开！如若不信，只要考察考察京剧舞台，或翻看翻看《三国演义》连环画小人书，很容易证实这一点。虽然比身高略长一些的枪矛（一般不超过身高的1.3倍）还能舞动，但在京剧舞台或小人书里，张飞的蛇矛通常就跟他身高差不多长，甚至还短一些。请看图1-1，如果在图上试把蛇矛画成张飞身高的2.25倍，不是一眼就能看出太过离谱吗？长达身高2.25倍的道具，也没有一个演员能带上舞台去摆弄。——这番“戏究”表明，与人的因素相适应，的确应该是器物设计和制作中最基本的原则之一。



图1-1 张飞和他的蛇矛

关于人造物应该与之适应的“人的因素”，上面还只提到人体尺寸、人的体能、人的体力等生理条件等。但“人的因素”并不仅限于这些，进一步还应扩展到人的感知、认知、情感、精神、心理、社会等更多、更深的方面。在工业设计的所有领域——产品设计、视觉传达设计、环境设计中，应该怎样分析和处理各种“人的因素”问题很重要，这便是本教材将展开讲述的内容。

二、人机工程学的基本概念和定义

1. 人机工程学的基本概念和定义

在人机工程学发展的不同历史时期，不同的学者提出过多种关于人机工程学的定义，分别反映了当时人机学学科思想的侧重点。这些将结合讲述人机学学科思想的演进，在下一节中加以简介。这里优先介绍国际人机工程学学会（IEA, International Ergonomics Association）对人机工程学下的定义。因为这个定义反映了人机工程学已经相对成熟时期的学科思想，也为各国多数学者所认同。该定义如下：

人机工程学是研究人在某种工作环境中的解剖学、生理学和心理学等方面的因素；研究人和机器及环境的相互作用；研究在工作中、家庭生活中与闲暇时怎样考虑人的健康、安全、舒适和工作效率的学科。

这个定义的四句话，分别阐明了人机学的研究对象、研究内容和研究目的。