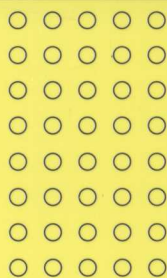


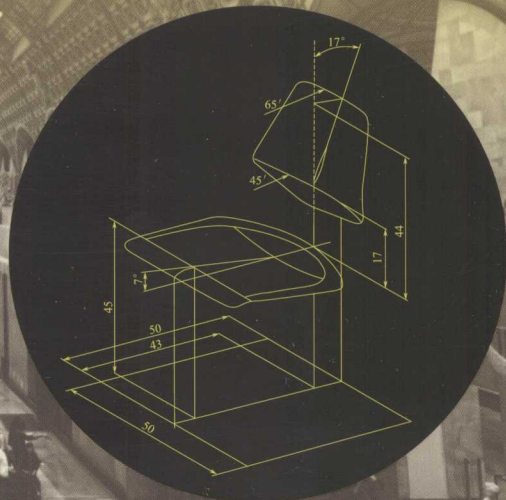
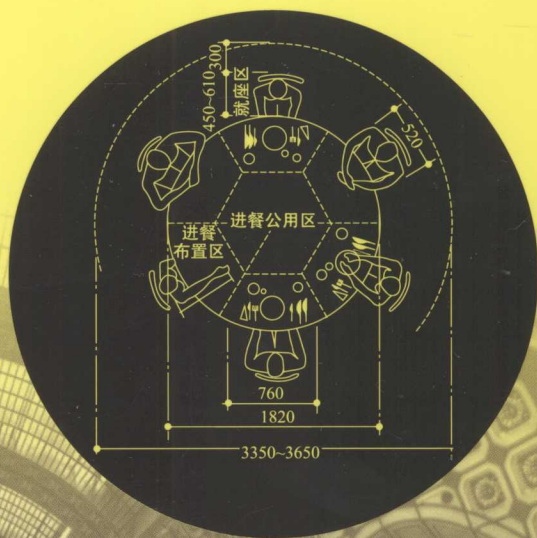
# ERGONOMICS

普通高等教育规划教材

# 人体工程学



殷陈君 主编 | 王璞 晋海燕 副主编



化学工业出版社

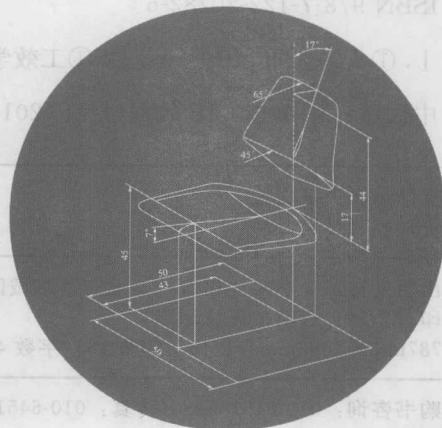
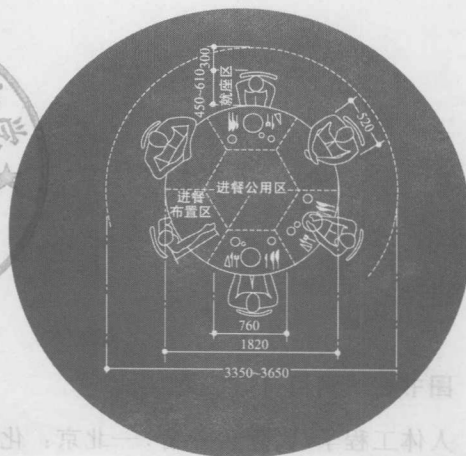
## ERGONOMICS

普通高等教育规划教材

## 人体工程学



殷陈君 主编 | 王璞 晋海燕 副主编



化学工业出版社



北航

C1742457

TP18-43

44

版权所有 违者必究

# 前言

随着 21 世纪我国建设进程的加快,特别是经济的全球化大发展和我国加入 WTO 以来,我国对从事艺术设计类相关工作的复合型高级专门人才的需求逐渐扩大,而这种扩大又主要体现在对应用型人才的需求上。这使得高校艺术设计类学科专业人才培养面临新的挑战与机遇。本书是在总结以往教学经验、研究成果和参阅大量有关文献资料的基础上编写的,主要突出以下几个特点。

(1) 专业的融合性 根据国家提出的“宽口径、厚基础”的高等教育办学思想,本书按照该专业指导委员会制定的平台课程的结构体系方案来规划配套。编写时注意不同的平台课程之间的交叉、融合,不仅有利于形成全面完整的教学体系,同时又可以满足不同类型、不同专业背景的院校开办艺术设计类学科专业的教学需要。

(2) 知识的系统性和完整性 因为产品设计、环境艺术设计、视觉传达设计等专业人才是在国内外从事相关艺术与技术相结合的工作,同时可能是在政府、教学和科研单位从事教学、科研和管理工作的复合型高级专门人才,所以本书所包含的知识点较全面地覆盖了不同行业工作实践中需要掌握的人体工程学方面的基础知识,同时在组织和设计上也考虑了与相邻学科有关课程的关联与衔接。

(3) 内容的实用性 本书遵循教学规律,避免大量理论问题的分析和讨论,提高可操作性和实践性,特别是紧密结合了设计与应用的内容,与后续学习本专业系列设计课程的要求相吻合,并通过具体的案例练习,使学生能够在本专业领域获得系统深入的专业知识和基本技能。

(4) 教材的创新性与时效性 本书及时地反映了人体工程学基础理论与实践知识的更新,将本学科最新的创意思维、标准和规范纳入教学内容。

本书充分考虑了艺术设计类专业学科学生的知识结构以及相关专业水平,力求简明扼要、浅显易懂,注重基本概念及实际操作的要求,划定了基本的知识范围。为了有利于教学工作的开展,结合案例,以方便教学。

本书由天津城建大学殷陈君主编,天津城建大学王璞和晋海燕担任副主编,参加编写的还有天津城建大学张文举和宋钢,具体编写分工如下:张文举编写第 1 章,殷陈君编写第 2 章、第 5 章和第 8 章,王璞编写第 3 章和第 4 章,宋钢编写第 6 章,晋海燕编写第 7 章,最后由殷陈君进行统稿。

特别感谢天津城建大学尚金凯教授在百忙之中对本书进行审校,并提出建设性的宝贵意见。

由于时间匆忙,专业水平有限,本书内容存在不足之处,希望广大读者提出宝贵意见,以便再版时不断完善。

编者  
2014 年 4 月

# 目 录

|                        |    |
|------------------------|----|
| <b>1 绪论</b>            | 1  |
| 1.1 人体工程学概述            | 1  |
| 1.1.1 人体工程学的基本概念和定义    | 1  |
| 1.1.2 人体工程学的研究对象和目的    | 3  |
| 1.2 人体工程学的发展史          | 4  |
| 1.2.1 人体工程学的形成与发展      | 4  |
| 1.2.2 人体工程学学科思想的演进     | 7  |
| 1.2.3 人体工程学学术组织        | 8  |
| 1.3 人机系统与人机界面          | 10 |
| 1.3.1 系统               | 10 |
| 1.3.2 人机系统             | 10 |
| 1.3.3 人机界面             | 11 |
| 1.4 人机工程设计             | 11 |
| 1.4.1 人机工程设计的内涵和目的     | 11 |
| 1.4.2 人机合理分工           | 12 |
| 1.4.3 人机关系             | 13 |
| 1.5 人体生理机制             | 14 |
| 1.5.1 骨骼肌              | 14 |
| 1.5.2 人体活动能源           | 15 |
| 1.5.3 活动能耗与效率          | 17 |
| 1.5.4 静态施力及其效应         | 19 |
| 思考练习题                  | 21 |
| <b>2 人体尺寸及应用</b>       | 22 |
| 2.1 人体测量学              | 22 |
| 2.1.1 人体测量方法与常用仪器      | 22 |
| 2.1.2 人体尺寸的测量项目与方法     | 23 |
| 2.1.3 百分位、标准差、均值及相关系数  | 24 |
| 2.1.4 人体测量数据的差异        | 24 |
| 2.2 我国的人体尺寸与测量         | 28 |
| 2.2.1 我国人体尺寸的地区差异      | 28 |
| 2.2.2 我国成年人人体尺寸        | 29 |
| 2.2.3 我国人体尺寸与各国人体尺寸的比较 | 33 |
| 2.3 人体尺寸的设计应用          | 36 |
| 2.3.1 人体身高应用方法         | 36 |

|          |                   |    |
|----------|-------------------|----|
| 2.3.2    | 人体尺寸百分位的选择        | 36 |
| 2.3.3    | 修正量               | 41 |
| 2.3.4    | 产品功能尺寸的设定         | 43 |
| 2.3.5    | 人体模板(型)及其应用       | 43 |
|          | 思考练习题             | 47 |
| <b>3</b> | <b>显示装置设计</b>     | 48 |
| 3.1      | 人的感觉知觉特性          | 48 |
| 3.1.1    | 感觉与知觉             | 48 |
| 3.1.2    | 人体的主要感觉器官与感觉类型    | 48 |
| 3.1.3    | 感觉与知觉的基本特征        | 49 |
| 3.2      | 人的视觉与听觉特征         | 50 |
| 3.2.1    | 视觉机制              | 50 |
| 3.2.2    | 视觉特征              | 52 |
| 3.2.3    | 听觉特性              | 53 |
| 3.3      | 显示装置的类型与设计原则      | 54 |
| 3.3.1    | 显示装置的类型与性能特点      | 54 |
| 3.3.2    | 显示装置设计的一般人机学原则    | 55 |
| 3.4      | 视觉显示设计            | 55 |
| 3.4.1    | 显示仪表的设计           | 55 |
| 3.4.2    | 信号显示设计            | 62 |
| 3.4.3    | 图形符号设计            | 64 |
| 3.5      | 听觉显示设计            | 68 |
| 3.5.1    | 音响及报警装置           | 68 |
| 3.5.2    | 语言传示装置            | 69 |
| 3.6      | 显示装置案例分析          | 70 |
| 3.6.1    | 教师课堂计时器人体工程设计要求   | 70 |
| 3.6.2    | 学生《人体工程学》课程设计作品赏析 | 71 |
|          | 思考练习题             | 71 |
| <b>4</b> | <b>操纵装置设计</b>     | 72 |
| 4.1      | 人体的施力与运动输出特性      | 72 |
| 4.1.1    | 人体的肌力及其影响因素       | 72 |
| 4.1.2    | 反应时和运动时           | 74 |
| 4.1.3    | 肢体的运动输出特性         | 76 |
| 4.1.4    | 人的手足尺寸与人体关节活动     | 79 |
| 4.2      | 操纵器设计的人机学原则       | 81 |
| 4.2.1    | 操纵器的类型与选用         | 81 |
| 4.2.2    | 操纵器设计的一般人机学原则     | 82 |
| 4.2.3    | 操纵器的形状和式样         | 82 |
| 4.2.4    | 操纵器的尺寸和操作行程       | 82 |
| 4.2.5    | 操纵器的识别编码          | 83 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 4.3 常用操纵器的设计           | 85  |
| 4.3.1 按压式操纵器           | 85  |
| 4.3.2 转动式操纵器           | 86  |
| 4.3.3 移动和扳动式操纵器        | 89  |
| 4.3.4 脚动操纵器            | 90  |
| 4.4 操纵器设计中的其他因素        | 92  |
| 思考练习题                  | 93  |
| <b>5 工作空间设计</b>        | 94  |
| 5.1 工作空间范围             | 94  |
| 5.1.1 立姿工作空间范围         | 94  |
| 5.1.2 坐姿工作空间范围         | 101 |
| 5.2 工作空间设计             | 105 |
| 5.2.1 受限作业的空间尺度        | 105 |
| 5.2.2 工作面              | 105 |
| 5.3 坐与椅子设计             | 109 |
| 5.3.1 椅子的问题            | 109 |
| 5.3.2 桌子和椅子            | 110 |
| 5.3.3 坐姿的工效学           | 111 |
| 5.3.4 椅子设计             | 114 |
| 思考练习题                  | 130 |
| <b>6 建筑室内外环境中的人机因素</b> | 131 |
| 6.1 建筑室内外环境空间与人体尺寸     | 131 |
| 6.1.1 建筑室内环境空间与人体尺寸    | 131 |
| 6.1.2 建筑室外环境空间与人体尺寸    | 143 |
| 6.2 建筑室内外环境的声环境问题      | 152 |
| 6.2.1 噪声的生理影响          | 152 |
| 6.2.2 噪声的控制            | 154 |
| 6.2.3 声景设计             | 155 |
| 6.3 建筑室内外环境的光环境问题      | 156 |
| 6.3.1 光的本质             | 156 |
| 6.3.2 采光与照明设计          | 158 |
| 6.4 建筑室内外的热环境问题        | 161 |
| 6.4.1 热环境的测量           | 161 |
| 6.4.2 热舒适与感觉           | 161 |
| 6.5 建筑室内外空间行为与设计       | 164 |
| 6.5.1 交往与空间            | 164 |
| 6.5.2 私密性、领域性与场所       | 178 |
| 思考练习题                  | 185 |
| <b>7 视觉传达设计与人体工程学</b>  | 186 |
| 7.1 文字与图像标志设计          | 186 |

|    |       |                  |     |
|----|-------|------------------|-----|
| 38 | 7.1.1 | 字符               | 186 |
| 38 | 7.1.2 | 文字与标志            | 186 |
| 38 | 7.1.3 | 标志设计的形式          | 187 |
| 38 | 7.2   | 图形的设计            | 189 |
| 38 | 7.2.1 | 图片的性质            | 189 |
| 38 | 7.2.2 | 标识设计             | 190 |
| 38 | 7.2.3 | 插图设计             | 192 |
| 38 | 7.2.4 | 版面设计             | 194 |
| 38 | 7.3   | 书籍的设计            | 197 |
| 38 | 7.3.1 | 书籍的性质            | 197 |
| 38 | 7.3.2 | 传统书籍的结构          | 198 |
| 38 | 7.3.3 | 数字书籍的结构          | 199 |
| 38 | 7.4   | 展示设计             | 199 |
| 38 | 7.4.1 | 展示的基本结构          | 199 |
| 38 | 7.4.2 | 展示的陈列要素          | 201 |
| 38 | 7.4.3 | 展示的类型            | 202 |
| 38 | 7.4.4 | 企业形象展示           | 204 |
| 38 | 7.5   | 包装设计             | 208 |
| 38 | 7.5.1 | 包装的功能            | 208 |
| 38 | 7.5.2 | 包装容器的造型形式        | 208 |
| 38 | 7.5.3 | 包装的视觉效应          | 210 |
| 38 | 7.5.4 | 包装在购买行为和使用过程中的作用 | 211 |
| 38 | 7.5.5 | 包装设计的方法          | 213 |
| 38 | 7.6   | 多媒体界面设计          | 216 |
| 38 | 7.6.1 | 软件界面设计的发展        | 216 |
| 38 | 7.6.2 | PC 软件界面的现有类型     | 217 |
| 38 | 7.6.3 | 多媒体界面图标设计        | 217 |
| 38 | 7.6.4 | 目前流行的软件界面风格      | 218 |
| 38 | 7.6.5 | 网页设计             | 219 |
| 38 | 7.7   | 广告设计             | 222 |
| 38 | 7.7.1 | 广告的属性与功能         | 223 |
| 38 | 7.7.2 | 广告的类型            | 223 |
| 38 | 7.7.3 | 广告图像类型           | 224 |
| 38 | 7.7.4 | 广告媒体             | 227 |
| 38 |       | 思考练习题            | 227 |
| 38 | 8     | 无障碍化设计           | 228 |
| 38 | 8.1   | 无障碍化设计概述         | 228 |
| 38 | 8.1.1 | 无障碍化设计的定义        | 228 |
| 38 | 8.1.2 | 无障碍化设计的发展        | 229 |
| 38 | 8.1.3 | 无障碍化设计的现状分析      | 230 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 8.1.4 无障碍化设计的效益分析 .....     | 233 |
| 8.1.5 无障碍化设计的原则 .....       | 233 |
| 8.2 无障碍化设计中“人”的研究 .....     | 236 |
| 8.2.1 弱势群体研究 .....          | 236 |
| 8.2.2 无障碍化设计对象的延伸 .....     | 240 |
| 8.3 无障碍产品研究 .....           | 240 |
| 8.3.1 无障碍产品的功能分析 .....      | 240 |
| 8.3.2 无障碍产品的特征 .....        | 242 |
| 8.4 设计中的感官代偿研究 .....        | 243 |
| 8.4.1 感官代偿的概念 .....         | 243 |
| 8.4.2 认知过程对感官代偿的影响 .....    | 244 |
| 8.4.3 感官代偿研究 .....          | 250 |
| 8.4.4 感官代偿对无障碍产品设计的指导 ..... | 252 |
| 思考练习题 .....                 | 253 |
| 附录 人体工程学课程设计作品 .....        | 254 |
| 参考文献 .....                  | 278 |

# 1 绪论

## 1.1 人体工程学概述

### 1.1.1 人体工程学的基本概念和定义

人体工程学是研究“人-机-环境”系统中人、机、环境三大要素之间的关系，为解决该系统中人的效能、健康问题提供理论与方法的科学。这个定义有下面几个重点。

(1) 在人、机、环境三个要素中，“人”是指作业者或使用者，人的心理特征、生理特征以及人适应机器和环境的能力都是重要的研究课题。“机”是指机器，但其较一般技术术语的意义要广得多，包括人操作和使用的一切产品和工程系统。怎样才能设计出满足人的要求、符合人的特点的机器产品，是人体工程学探讨的重要问题。“环境”是指人们工作和生活的环境，这包括声音、照明、气温等环境因素以及无处不在的社会文化，它们对人的工作和生活的影响，是人体工程学研究的主要对象。

(2) “系统”是人体工程学最重要的概念和思想。人体工程学的特点是，它不是孤立地研究人、机、环境这三个要素，而是从系统的总体高度，将它们看成是一个相互作用、相互依存系统。“系统”即由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合成的具有特定功能的有机整体。人体工程学讨论的“人机系统”具有人和机两个组成部分，它们通过显示仪、控制器以及人的感知系统和运动系统相互作用、相互依赖，从而完成某一个特定的生产过程。

(3) “效能”主要是指人的作业效能，即人按照一定要求完成某项作业时所表现出的效率和成绩。工人的作业效能由其工作效率和产量来测量。一个人的效能决定于工作性质、人的能力、工具和工作方法，决定于人、机、环境三个要素之间的关系是否得到妥善处理。

(4) “健康”包括身心健康和安全。近几十年来，人的心理健康受到广泛重视。心理因素能直接影响生理健康和作业效能，因此，人体工程学不仅要研究某些因素对人的生理损害，如强噪声对听觉系统的直接损伤，而且要研究这些因素对人的心理损害，如有的噪声虽不会直接伤害人的听觉，却造成心理干扰，引起人的应激反应。安全是与事故密切相关的概念。事故一般是指发生概率较小的事件，研究事故主要是分析造成事故的原因，人体工程学着重研究造成事故的人为因素。

(5) “舒适”就是要使工作者、生活者和操作者觉得满意和舒适。当然，这是人体工程学的更高要求，因为不安全的、不健康的环境肯定是不令人满意和舒适的。在美国本学科称为“Human Engineering”（人机工程学）、“Human Factors Engineering”（人的因素工程学），在英国称为“Ergonomics”（人类工效学），有许多国家也引用英国的学科名称。我们来考察一下“Ergonomics”一词的词源，该词是由希腊词根“ergon”（即工作、劳动）和“nomos”（即规律、规则、法规、学问、研究等意思）复合而成的，其本义为人的工作法则，或工作的学问，是研究如何在工作中省力、省事、安全、正确的学问。

由于该词能够较全面地反映本学科的本质，词义能保持中立性，不显露它对各组成学科的亲疏和间疏，又源自希腊文，便于各国语言翻译上的统一，因此，目前较多国家采用“Ergonomics”一词作为该学科的命名。

2000 年之前,国际人机工程学学会对人机工程学的定义如下:人机工程学是研究各种工作环境中人的因素,研究人和机械与环境的相互作用,研究工作中、生活中的休闲时怎样考虑工作效率、人的健康、安全、舒适等问题的学科。

2000 年 8 月,国际人机工程学学会对人机工程学重新定义如下:人机工程学是研究人与系统中其他因素之间的相互作用,以及应用相关理论、原理、数据和方法来设计以达到优化人类和系统效能的学科。人机工程学的工作任务旨在设计与评估任务、工作、产品、环境和系统,使之满足人类的能力、限度和需要。

而建筑、环境艺术设计界越来越喜欢采用人体工程学或简称人体工学。它首先基于一种理念,把使用产品的人作为产品设计的出发点,要求产品的外形、色彩、性能等都要围绕人的生理、心理特点来设计。其知识基础来源于工程心理学、人体测量学、预防医学、技术美学等。然后是整理形成的设计技术,包括设计准则和标准等。这些设计技术再和特定领域的其他设计技术及制造技术相结合,就形成了符合人体工学的产品,这些产品让使用者更健康、高效、愉快地工作和生活。

所以,Chapanis 关于人因工程学的说法完全适合人体工程学,即“人体工程学是将人类因素学知识应用到工具、机械、系统、作业、工作和环境等的设计中去,使之安全、舒适与有效使用的一门应用学科”。

了解了上述几个基本概念以后,就能更好地理解关于人体工程学的定义。另外,我们还应掌握两点:

第一,人体工程学是在人与机器、人与环境不协调,甚至存在严重矛盾的这样一个历史条件下逐步形成建立起来的,而且还在不断发展;

第二,人体工程学研究的重点是人、机、环境系统之间的交互关系,所以人体工程学就是对人、家具、设施、空间和环境系统的研究,以优化人的生活和生产环境,适合人的身心活动要求。安全、健康、高效和舒适是这个系统优化的四个目标。

人体工程学的应用涉及环境和建筑、室内设计、工业设计的各个方面,从座椅、课桌、卧具、沙发、厨具到服装、运动鞋、牙刷,到汽车驾驶室、电站控制室、宇航员座舱,处处离不开人体工程学。有的时候,设计者无需专门的知识,也会根据亲身体验和常识自觉遵循,而有的时候,设计者则可能对使用者的需求特点难以把握或者视而不见,既影响产品使用的效能,也会在竞争中处于劣势,使设计最终走向失败。

从设计角度来说,人体工程学主要通过对人、家具、设施、空间和环境系统的研究,提高设计人员对该系统的正确认识,使设计人员在设计中利用人体工程学的知识,主动创造安全、健康、高效和舒适的工作和生活环境。具体来说,人体工程学可以为设计提供以下指导:

- ① 为确定活动空间范围提供设计依据;
- ② 为家具设计提供依据;
- ③ 为环境系统的优化提供设计依据;
- ④ 使设计中考虑对事故的预防;
- ⑤ 为重要类型(如住宅、办公室和学校等)的环境设计提供人体工程学理念和设计指导;
- ⑥ 为弱势群体的环境和设施设计提供设计依据。

人体工程学是一门关于人、机、环境的协调关系的科学,是一系列的知识基础和研究方法,其知识基础来源于工程心理学、预防医学、技术美学、人体测量学等,其研究方法包括自然观察、访谈和问卷调查、现场或实验室的对照比较和测试、有关的统计分析等;然后是整理形成的设计技术,包括设计准则、标准、计算机辅助设计软件等;这些设计技术再和特定领域

的其他设计技术及制造技术相结合,就形成符合人体工学的产品,这些产品让使用者更舒适、安全、高效地工作和生活。

人体工程学是一门多学科的交叉学科,研究的核心问题是不同的作业中人、机器及环境三者间的协调,研究方法和评价手段涉及心理学、生理学、医学、人体测量学、美学和工程技术的多个领域,研究的目的是通过各学科知识的应用,来指导工作器具、工作方式和工作环境的设计和改造,使得作业在效率、安全、健康、舒适等几个方面的特性得以提高。

人体工程学从不同的学科、不同的领域发源,又面向更广泛领域的研究和应用,是因为人机环境问题是人类生产和生活中普遍性的问题。其发源学科和地域的不同,也引起了学科名称长期的多样并存,在英语中,主要有 Ergonomics (欧洲)、Human Engineering (美国)等,在汉语中,则还有“人类工效学”、“人类工程学”和“人体工学”。我国一般把“人类工效学”作为这个学科的标准名称,比较起来,前者指明人类和工效的研究是学科的主要内容,但后者更能抓住问题的核心在于人机关系,也更适合学科目的的丰富内涵。

人体工程学的应用领域有电话、电传、计算机控制台、数据处理系统、高速公路信号、汽车、航空、航海、现代化医院、环境保护、教育等,人体工程学甚至可用于大规模社会系统。

### 1.1.2 人体工程学的研究对象和目的

#### 1.1.2.1 人体工程学的研究内容

(1) 人与产品关系的设计 在人与产品关系中,作为主体的人,既是自然的人,也是社会的人。在人的自然因素方面的研究内容有人体形态特征参数、人的感知特性、人的反应特性、人在工作和生活中的生理特征和心理特征等。在人的社会因素方面的研究内容有人在工作和生活中的社会行为、价值观念、伦理道德、风俗习惯等,目的是解决机器设施、工具、作业、场所以及各种用具的设计如何适应人的各方面特征,为使用者创造安全、舒适、健康、高效的工作条件。

(2) 人机系统的整体设计 人机系统设计的目的就是创造最优的人机关系、最佳的系统效益、最舒适的工作环境,充分发挥人、机各自的特点,取长补短、相互协调、相互配合。如何合理分配人与机在系统功能以及人机间有效传递信息是系统整体设计的基本问题。

(3) 工作场所和信息传递装置的设计 工作场所设计得是否宜人,将对人的舒适、健康和工作效率产生直接的影响。工作场所设计一般包括作业空间设计、作业场所的总体布置、工作台或操纵台设计、座椅设计、工具设计等,工作场所设计的研究目的是保证工作场所适合操作者的作业目的,工作环境符合人的特点,使人在工作过程中健康不会受到损害,高效而又舒适地完成工作。

(4) 环境控制和安全保护设计 人机工程学研究环境因素,如温度、湿度、照明、噪声、振动、粉尘、有害气体、辐射等对作业过程和健康的影响;研究控制、改良环境条件的措施和方法,为操作者创造安全、健康、舒适的工作空间。人机系统设计的首要任务应该是保护操作者的人身安全,要求在产品的设计过程中,研究产生不安全的因素时,如何采取预防措施。这方面的内容包括防护装置、保险装置、冗余性设计、防止人为失误装置、事故控制方法、救援方法、安全保护措施等。

#### 1.1.2.2 人体工程学的研究方法

(1) 自然观察法 自然观察法是研究者通过观察和记录自然情境下发生的现象来认识研究对象的一种方法。观察法是有目的、有计划的科学观察,是在不影响事件的情况下进行的。

(2) 实测法 这是一种借实验仪器进行实际测量的方法,也是一种比较普遍使用的方法。

(3) 实验法 实验法是当实测法受到限制时所选择的实验方法。实验可以在作业现场进

行,也可以在实验室进行。

(4) 分析方法 美国人类工程专家亨利·威尔(Henry Well)对人机系统的分析和评价提出的方法如图 1.1 所示。

(5) 计算机辅助研究 随着计算机技术和数字技术的发展,在数字环境中建立人体模型成为可能,可利用人体模型模仿人的特征和行为,描述人体尺度、形态和人的心理(如疲劳等)。

数字人体模型可以使产品设计与产品的人机分析过程可视化,对于产品设计师和人机工程学专家来说,数字人体模型具有以下优点:

① 它能使产品的变数在设计早期得到了了解,且易获取这些变化的发展趋势;

② 它可以控制产品的特性,即依人的特性决定产品的功能参数;

③ 可以用人的数字模型进行产品的安全测试。随着虚拟现实技术的发展,完全虚拟人与产品各种参数的技术逐步走向成熟,因此计算机辅助人机研究将会进一步深入。

### 1.1.2.3 人体工程学的研究目的

在前面讨论过人体工程学的研究目标是创造健康、安全、舒适、协调的人-机-环境系统,其目的就在于让工作状态、工作条件和工作人员的活动之间的关系得到协调。这样的目的是很明确的,但是这却不是那么容易就能达到的。因为虽然人类本身是有弹性和适应性的,而且个体之间的差异性还是非常大的,有一些差异,如体型、力量大小是非常明显且可以测得的,但是,有一些差异,如文化差异、经验差异或操作技术好坏就不是那么容易就可以定义出来的。所以,最后的结果通常是工作人员用不好的方式,或是在不好的环境之下工作了好几年。因此,建立一个系统性的方法是必要的,在一个完整的系统概念之中,会设定一些可以测量的目标,然后了解这些目标的完成情况,以此作为设计产品的依据。

## 1.2 人体工程学的发展史

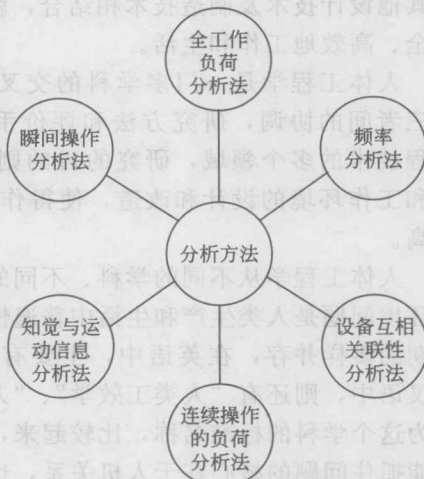
### 1.2.1 人体工程学的形成与发展

#### 1.2.1.1 早期的人体工程学

早在两千多年前的《考工记》中,就有我国商周时期以按人体尺寸设计制作各种工具及车辆的论述。

在 18 世纪末期的欧洲,英国和其他资本主义国家发生了产业革命,机器大工业代替了手工工业,人们的工作条件与用于生产的设备发生了很大的变化;为了适应新生产模式,出现了许多新的机器设备和工具用于生产与生活,从而引发新的人与机器的关系问题。

为了解决新的人机关系问题,出现了对工作时间与作业的研究。美国工程师泰勒是较早从事这方面的研究人员之一,他从 1881 年开始,在米德瓦尔钢铁厂(Midvale Steel Works)进行了一项“金属切削试验”,由此研究出每个金属切削工人每个工作日的合适工作量。1898 年,泰勒受雇于伯利恒钢铁公司,并着手进行了著名的“搬运生铁块试验”和“铁锹试验”。美国工程师 F. W 泰勒(Frederick W. Taylor, 1856~1915,如图 1.2 所示)开



创的“时间与动作研究”(Time and Motion Study)包括泰勒的“铁锹作业试验”和吉尔布雷斯夫妇的“砌砖作业试验”等多项研究。“铁锹作业试验”是将大小不同的铁锹交给工人使用,比较他们在每个班次8h里的工作效率,结果表明工效有明显差距。这其实是关于体能合理利用的最早科学实验。另一个专题是对比各种不同的操作方法、操作动作的工作效率。这就是关于合理作业姿势的最早科学研究。



图 1.2 F. W 泰勒

砌砖作业试验是用当时问世不久的连续拍摄的摄影机,把建筑工人的砌砖作业过程拍摄下来,进行详细分解分析,精简掉所有非必要动作,并规定严格的操作程序和操作动作路线,让工人像机器一样刻板“规范”地连续作业,他们合著的《疲劳研究》(1919年出版)更被认为是美国“人的因素”方面研究的先驱。

1914年,美国哈佛大学心理学教授闵斯特伯格(Minsterberg),把心理学与泰勒等人的上述研究综合起来,出版了《心理学与工业效率》一书。1915年英国成立了军火工人保健委员会,研究生产工人的疲劳问题;1919年此组织更名为“工业保健研究部”,展开有关工效问题的广泛研究,内容包括作业姿势、负担限度、男女工体能、工间休息、工作场所光照、环境温湿度以及工作中播放音乐的效果等。

至此,提高工作效率的观念和方法开始建立在科学实验的基础上,具有了现代科学的形态,但这一时期研究的核心是最大限度地开挖人的操作效率。从对待人机关系这个基本方面考察,总体来看是要求人适应于机器,即以机器为中心进行设计;研究的主要目的是选拔与培训操作人员。在基本学术理论上与现代人机学是南辕北辙,存在对立的。因此,应该把这段时期看成是人机学产生前的孕育期。

#### 1.2.1.2 科学人机工程学

本学科发展的第二阶段是第二次世界大战期间。在这个阶段中,由于战争的需要,许多国家大力发展效能高、威力大的新式武器和装备,但由于片面注重新式武器和装备的功能研究,而忽视了其中“人的因素”,因而由于操作失误而导致失败的教训屡见不鲜。

科学人机工程学一直延续到20世纪50年代末。在其发展的后一阶段,由于战争的结束,学科的综合研究从军事领域向非军事领域发展,并逐步把应用在军事领域中的研究成果用来解决工业与工程设计中的问题,如飞机、汽车、机械设备、建筑设施以及生活用品等。

在这一发展阶段中,学科的研究课题已超出了心理学的研究范畴,使许多生理学家、工程技术专家参与到该学科中来共同进行研究,从而使本学科的名称也有所变化,大多称“工程心理学”。本学科在这一阶段的发展特点是:重视工业与工程设计中“人的因素”,力求使机器适应于人。

20世纪的两次世界大战期间,制空权是交战各国必争的焦点之一。飞行员在高空复杂多变的气象条件下控制飞行,本来就不轻松。驾驶战斗机与敌机对战,还要高度警觉地搜索、识别、跟踪和攻击敌机,躲避与摆脱对方的威胁,短短几十秒内,在警视窗外敌情的同时,要巡视、认读各种仪表,立即做出判断,完成多个飞行与作战操作,更是不易。从第一次世界大战到第二次世界大战,随着科技进步,飞机逐渐实现了飞得更快更高、机动性更优的技术升级。与之相应,机舱内的仪表和操作件(开关、按钮、旋钮、操纵杆等)的数量,也急剧增多,如

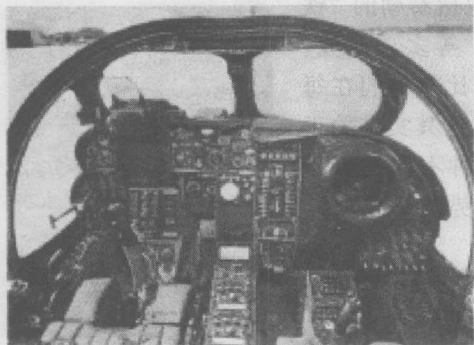


图 1.3 飞机驾驶舱里的仪表和操纵器

图 1.3 所示。例如，第一次世界大战时期英国 SE. 5A 战斗机上只有 7 个仪表，到第二次世界大战时期的“喷火”战斗机上增加到了 19 个。第一次世界大战时期美国“斯佩德”战斗机上的控制器不到 10 个，到第二次世界大战时期 P-51 上增加到了 25 个。这就使得经过严格选拔、培训的“优秀飞行员”也照顾不过来，致使意外事故、意外伤亡频频发生。投入巨资研制出了“先进”的飞机，却未必能打胜仗，使人们惊愕，也使人们醒悟过来：一味追求飞机技术性能的优越，倘若不能与使用人的生理机能相适配，那实在是器物设计方向上的歧途和误区，必不能发挥设计的预期效能。而人的各项生

理机能都有一定限度，并非通过训练就能突破再突破的。出现在飞机上的问题擦亮了人们的眼睛，再去考察其他的兵器和民用产品，才发现从复杂机器到简单工具，类似的问题原来程度不同地普遍存在着。例如，第二次世界大战中入侵苏联的德国军队的枪械问题，也是一个典型的事例。俄罗斯冬季极冷，枪械必须戴上手套使用。但德军的枪械扳机孔较小；在天寒地冻的苏联广袤大地上，戴了手套手指伸不进扳机孔，不戴手套手指立即冻僵，甚至能被冰冷的金属粘住。这说明，器物不但要与人的生理条件相适应，而且还必须顾及环境因素。

针对前面这些问题，有的国家开始聘请生理医学专家、心理学家来参与设计。仪表还是那么多，改进它们的显示方式、尺寸、读值标注方法、指针刻度和底板的色彩搭配，重新布置它们的位置和顺序，使之与人的视觉特性相符合，结果就提高了认读速度、降低了误读率。操作件也还是那么多，改进它们的形状、大小、操作方式（扳拧、旋转或按压）、操作方向、操作力、操作距离及安置的顺序与位置，使之与人手足的解剖特性、运动特性相适应，结果就提高了操作速度、减少了操作失误。这些做法并不需要增加多少经费投入，却收到了事半功倍的效果。

从第二次世界大战到战后初期，上述正反两方面的现实，使各国科技界加深了这样的认识：器物设计必须与人的解剖学、生理学、心理学条件相适应。这就是现代人机工程学产生的背景。1947 年 7 月，英国海军部成立了一个研究相关课题的交叉学科研究组。次年英国人默雷尔（K. F. H. Murrell）建议构建一个新的科技词汇“Ergonomics”，并将它作为这个交叉学科组的学科名称。新的学科名称及其涵盖的研究内容为各国学者所认同，意味着现代人机学的诞生。一些专家在当时对人机工程学所做的阐释，便反映了这一时期的学科思想。例如美国人伍德（Charles C. Wood）说：“设备设计必须适合人的各方面因素，使操作的付出最小，而获得最高的效率。”与人机学的孕育期对比，学科思想至此完成了一次重大的转变：从以机器为中心转变为以人为中心，强调机器的设计应适合人的因素。

1949 年恰帕尼斯（A. Chapanis）等三人合著的《应用实验心理学——工程设计中人的因素》一书出版，该书总结了此前的研究成果，最早系统论述了人机学的理论和方法。这是新学科建立时期的另一重要事件。

#### 1.2.1.3 现代人机工程学

到了 20 世纪 60 年代，欧美各国进入了大规模的经济发

展时期，在这一时期，由于科学技术的进步，人机工程学获得了更多的发展机会。

从 20 世纪 60 年代至今，可以称其为现代人机工程学发展阶段。随着人机工程学所涉及的研究和应用领域的不断扩大，从事本学科研究的专家所涉及的专业和学科也愈来愈多，主要有

解剖学、生理学、人类学、工业卫生学、工业与工程设计、工作研究、建筑与照明工程、管理工程等专业领域。

直到 20 世纪中叶,在设计和工程方面,人机学的研究和应用还主要局限于军事工业和装备(但在劳动和生产管理方面的研究和应用不局限于军事部门)。从那以后,迅速地延伸到民用品等广阔领域,主要有家具、家用电器、室内设计、医疗器械、汽车与民航客机、飞船宇航员生活舱、计算机设备与软件、生产设备与工具、事故与灾害分析、消费者伤害的诉讼分析等。事实上,近几十年来,人机工程常常成为设计竞争的焦点之一。例如在相机的机械、光学、电子性能水平趋同之时,竞争在较长时期内集中在产品的造型、使用方便等方面,其中“使用方便”即优良的人机性能尤为关键。

20 世纪五六十年代以来,人机学的学科思想在继承中又有新的发展。设计中重视人的因素固然仍是正确的原则,但若单方面地过于强调机器适应于人、过于强调让操作者“舒适”、“付出最小”,在理论上也是不全面的。宇航员远离地球进行空间探索,心理、生理负担都很重,理当为他们提供优良适宜的生活与工作环境。但即使如此,也需要在多种因素中确定合理的平衡点。美国阿波罗登月舱设计中,原方案是让两名宇航员坐着,即使开了 4 个窗口,宇航员的视野也有限,无论倾斜或垂直着陆,都看不到月球着陆点的地表情况。为了寻找解决方案,工程师们互相争论,花了不少时间。一天,一位工程师抱怨宇航员的座位太重,占的空间也太大,另一位工程师马上接着说,登月舱脱离母舱到月球表面大约只一个小时而已,为什么一定要坐着,不能站着进行这次短暂的旅行吗?一个牢骚引出了大家都赞同的新方案。站着的宇航员眼睛能紧贴窗口,窗口虽小,而视野甚大,问题迎刃而解,整个登月舱的质量减轻了,方案也更为安全、高效和经济。今天说到这件往事,会觉得新方案并无出奇之处,但当时确实囿于“让宇航员尽量舒适”这一思维定式,硬是打不开思路。这一特殊事例是发人深省的,它告诉人们此前过分强调“让机器适应人”也有片面性。

20 世纪五六十年代系统论、信息论、控制论这“三论”相继建立与发展,对多种学科的思想有所影响,受到上面所述事例的启发,也由于“三论”,尤其是系统论的影响与渗入,人机学的学科思想又有了新的发展,前面已经介绍的国际人机工程学学会(IEA)关于人机学的定义,就是在这时期提出的,反映了新转变之后的学科思想。与人机学建立之初强调“机器设计必须适合人的因素”不同,IEA 的定义阐明的观念是人机(以及环境)系统的优化,人与机器应该互相适应、人机之间应该合理分工。人机学的理论至此趋于成熟。

### 1.2.2 人体工程学学科思想的演进

#### 1.2.2.1 现代人机工程学发展特点

国际人机工程学学会在其会刊中指出,现代人机工程学发展有以下 3 个特点。

(1) 不同于传统人机工程研究中着眼于选择和训练特定的人,使之适应工作要求,现代人机工程学着眼于工程设计及各类产品的设计。

(2) 密切与实际应用相结合,通过严密计划规定的广泛的实验性研究,尽可能利用所掌握的基本原理进行具体的产品设计。

(3) 力求使实验心理学、生理学、功能解剖学、人类学等学科的专家与物理学、数学、工程技术等方面的研究人员共同努力、密切合作。

现代人机工程学研究的方向是:把人-机-环境系统作为一个统一的整体来研究,以创造最适合于人的各种产品和作业环境,使人-机-环境系统和谐统一,从而获得系统的最优综合效能。

#### 1.2.2.2 人机工程学的未来发展

随着科学技术、信息技术的进一步发展,人机工程学朝着以下几个方向发展。(1)

(1) 高科技化 信息技术的革命,带来了计算机业的巨大变革。计算机越来越趋向平面化、超薄型化;便捷式、袖珍型电脑的应用,大大改变了办公模式;输入方式已经由单一的键盘、鼠标输入,朝着多通道输入化发展。

(2) 自然化 由于硬件技术的发展以及计算机图形学、软件工程、人工智能、窗口系统等软件技术的进步,图形用户界面(graphic user interface)、直观操作(direct manipulation)、“所见即所得”(what you see is what you get)等交互原理和方法相继产生并得到了广泛应用,取代了旧有“键入命令”式的操作方式,推动人机界面自然化向前迈进了一大步。

(3) 人性化 当今产品设计风格已经从功能主义逐步走向了多元化、情感化和人性化。消费者纷纷要求表现自我意识、个人风格和审美情趣,反映在设计上亦使产品越来越丰富、细化,体现一种人情味和个性。一方面要求产品功能齐全、高效,适于人的使用;另一方面又要满足人们的审美和文化认同需要。

(4) 和谐的人机环境 未来的产品应能听、能看、能说,而且应能“善解人意”,即理解和适应人的情绪或心情。未来产品的设计应以人为中心,必须易用好用,能让人以语言、文字、图像、手势、表情等自然方式与产品进行信息交流。

人机学和其他一切事物一样,只要还存在着,就必然会继续发展和演变。人机学如今在如何演进、今后还将如何演进呢?以下是一些提供探讨的刍议。

人机学的应用,除了上一段中所列的种种方面会继续下去以外,以下方面可能形成热点:计算机的人机界面;永久太空站的生活工作环境;弱势群体(残疾人、老年人)的医疗和便利设施;海陆空交通安全保障;生理与心理保健产品与设施等。数字技术、信息技术、基因技术急剧地改变着人类的文明进程,可能带给人们空前的福祉,同时也可能潜伏着更多危及人们身心健康的负面影响,人机学以提高人们的生活质量为目的,今后无疑任重而道远。

反思 200 年以来,尤其是近半个多世纪工业文明的负面后果,可持续发展的理念成为当代文明的强音,影响了当代很多学科的思想。可以认为,由于可持续发展理论的渗透,现今人机学的学科思想也正经历着又一次新的演进。可持续发展理论下的设计观有节能设计、再生设计(可回收利用)、生态设计等。总的说是要求保护生态环境、人与自然保持持久和谐,设计伦理回归到中国古代“天人合一”的理念。人机学此前的观念是:要求人、机、环境三者和谐统一,吸取可持续发展理念以后,可以表述为:要求人、机、环境、未来四者和谐统一,即由原先的三维(人、机、环境)和谐统一,加上一维(时间、未来),演进为四维的和谐统一。

### 1.2.2.3 人机工程学的相关学科

人机工程学的相关学科之间的关系见表 1.1。

表 1.1 人机工程学的相关学科之间的关系

| 工程技术                                                        |   | 人体科学                                                      |   | 环境科学                                             |
|-------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------|---|--------------------------------------------------|
| 工业设计<br>制造工程<br>建筑工程<br>交通运输<br>企业运输<br>家居生活<br>材料工程<br>管理学 | ↔ | 人类学<br>生理学<br>心理学<br>卫生学<br>解剖学<br>生物力学<br>人体测量学<br>劳动卫生学 | ↔ | 生态学<br>环境保护学<br>环境医学<br>环境心理学<br>环境检测技术<br>环境行为学 |

### 1.2.3 人体工程学学术组织

#### 1.2.3.1 国际的和各国的学术团体及其主要活动

(1) 各主要工业国的学术团体及其活动 最早建立的人机学学术团体是英国人机工程学