

Application of
Ergonomics

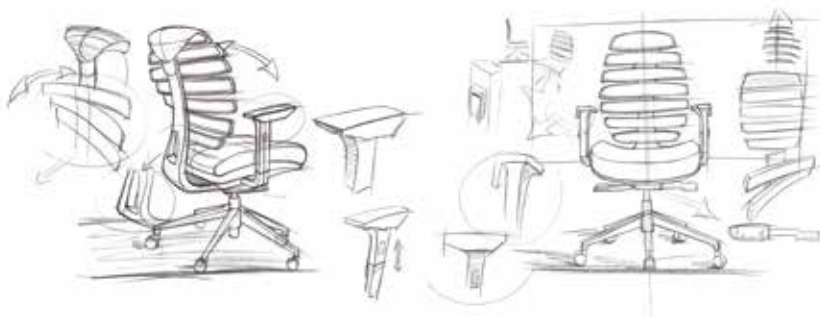
将产品设计得安全、舒适，处理好「人机关系」，实现「以人为本」，提高使用效能，是设计师要考虑的首要问题。在这里，我们从实用角度出发，通过大量案例体会人机工程在设计和生活中的应用。

白平 主编
韩焱 谭亚国 副主编



中国高校艺术专业技能与实践系列教材

人机工程应用



人民美術出版社

中国高校艺术专业技能与实践系列教材

人机工程应用

RENJI GONGCHENG YINGYONG

白 平 ◆ 主 编
韩 焱 谭亚国 ◆ 副主编

人 民 美 術 出 版 社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

人机工程应用 / 白平主编 ; 韩焱, 谭亚国副主编
北京 : 人民美术出版社, 2023.11
中国高校艺术专业技能与实践系列教材
ISBN 978-7-102-09210-2

I . ①人… II . ①白… ②韩… ③谭… III . ①人一机
系统—高等学校—教材 IV . ① TB18

中国国家版本馆 CIP 数据核字 (2023) 第 142878 号

中国高校艺术专业技能与实践系列教材

ZHONGGUO GAOXIAO YISHU ZHUANYE JINENG YU SHIJIAN XILIE JIAOCAI

人机工程应用

RENJI GONGCHENG YINGYONG

编辑出版 人民美术出版社

(北京市朝阳区东三环南路甲3号 邮编: 100022)

<http://www.renmei.com.cn>

发行部: (010) 67517799

网购部: (010) 67517743

主 编 白 平

副 主 编 韩 焱 谭亚国

责任编辑 李春立

装帧设计 翟英东

责任校对 王桢戎

责任印制 胡雨竹

制 版 北京字间科技有限公司

印 刷 天津图文方嘉印刷有限公司

经 销 全国新华书店

开 本: 889mm×1194mm 1/16

印 张: 19

字 数: 294千

版 次: 2023年11月 第1版

印 次: 2023年11月 第1次印刷

印 数: 0001—3000册

ISBN 978-7-102-09210-2

定 价: 89.00元

如有印装质量问题影响阅读, 请与我社联系调换。(010) 67517850

版权所有 翻印必究

序 言

FOREWORD

专业——高校根据社会的专业分工而设立的学业类别，是知识学习的边界。一个人要想把本专业的知识学精学通，需要有对专业的高度认识和对知识的熟练掌握。只有做到熟悉学习方法和路径，才能做到一通百通。在科技高速发展的今天，我们强调学科交叉、多才多艺，强调每个人都应该树立无边界学习的理念，即“进校前有专业，进校后要通学”。平面（视觉设计）、立体（产品和工业设计）、空间（室内、建筑、景观）、时尚（服饰、数字媒体）的交叉，只是同类专业的互补，而文、理、艺的交叉才能培养出全面发展的人才。

课程——学校专业教学的科目，包含专业的主体精神，是知识的具体体现。课程的合理性为个人专业知识的建构和实践能力的培养打下了良好基础。美国著名课程与教育专家格兰特·威金斯（Grant Wiggins）提出的“追求理解的教学设计”（UBD）理论，以及在课程体系中的“逆向设计法”，避开了教学设计中的聚焦活动和知识灌输这两大误区，致力于发掘大概念，帮助学生获得持久、可迁移的理解能力，而不是学了却不会用的知识。该理论被广泛应用于美国大、中、小学的教育课程体系设计中，为人才培养目标进行课程体系的应用技能设计，以证明学生实现了预期的目标。一个好的专业须有课程知识能量的支撑。为什么教育部首先亮红灯的是动画专业？因为该专业的课程结构设置不合理，导致了学生知识的缺失，继而影响了他们的就业与发展。

教材——课程的意志体现并支撑着课程教学。“工欲善其事，必先利其器”，教材是教学最重要的元素，其优劣决定着教学效率的高低。直接影响教学效率的因素有三：一是教师的专业素养，二是教学的配套设施，三是教材的选择。其中，最具有提升空间的就是教材。

好的教材，不仅能够使教师在教学过程中有行云流水般的顺畅感，让教学事半功倍，更能确保学生在有限的时间内学到真东西，达到学习目标。好的教材应具备三种特质：一是课程知识点的科学性；二是教学案例、作业程序的合理性，让学生能创作出好的作品；三是突破纸质教材成本和页数的局限性，通过“相关信息”“相关链接”等拓展内容，使学生得到无限的知识和信息。这些特质虽简单却包含着无限的知识能量。

2018年11月1日召开的教育部高等学校教学指导委员会成立大会强调指出，教育重心要重新回归到本科教学上来，并把教材视为教学质量中最为重要的环节。正是在这样的语境下，本套教材实现了教学精神的回归。



教育部高等学校
设计学类专业教学指导委员会副主任
同济大学教授、博士生导师林家阳

2018年12月

前言

PREFACE

人机工程学是一门多学科交叉的新兴的边缘学科，它的研究范围涉及人体科学、技术科学和环境科学领域，其研究成果在人们工作和生活的各个领域应用广泛。

本书包含人机工程学基本原理及其在不同设计领域的应用，全书分为 11 个模块。基本原理整合在一个基础章节中（模块 1），其他模块分别为基本原理在工业产品设计（模块 2）、家具设计（模块 3 至模块 5）、室内空间设计（模块 6、模块 7）、视觉传达设计（模块 8）等专业领域的应用，影响人机交互的物理和人文环境（模块 9），以及心理学在设计中的应用（模块 10）。因人机工程应用涉及的学科领域众多，学生学习难度较大，本书以案例为载体，将知识颗粒化，知识点中的案例有利于提升学生学习兴趣，增加学生对知识点的理解。项目案例（模块 11）侧重知识的全面应用，注重对学生解决复杂问题能力的培养。书后增加了设计中常用的国家标准供参考。

本书由广东轻工职业技术学院白平主编，四川工商职业技术学院韩焱、广东轻工职业技术学院谭亚国任副主编。白平编写概述、模块 1、模块 3 和模块 11 的第二节；韩焱编写模块 2、模块 4、模块 5 和模块 11 的第一节；谭亚国编写模块 6、模块 7、模块 9、模块 10 和模块 11 的第三节；刘静瑜编写模块 8 和模块 11 的第四节；曹庆喆负责图片和案例整理工作。感谢佛山市米朗工业设计公司、广州哆来咪科技信息公司等提供的案例。

编者水平有限，由于时间仓促，书中难免有不当之处，恳请使用本书的同行和广大师生批评指正。

此外，本书作者还为广大一线教师提供了服务于本书的精品在线开放课程和教学资源库，有需要者可致电 13763326859 或发邮件 113490601@qq.com 索取。

课程网址：

<https://mooc.icve.com.cn/cms/courseDetails/index.htm? classId=0f307a67119a1d0b34a852dab7e4d506>

白平
2023 年 4 月于广州

课程计划

CURRICULAR PLAN

内容分类	模块内容	课时分配	
基础理论	概述：话说人机工程	2	8
	模块1 人体尺寸	6	
专题应用	模块2 产品设计与人机	8	32
	模块3 科学的坐具	8	
	模块4 舒适的床	2	
	模块5 好用的柜子	2	
	模块6 适宜的居住空间	4	
	模块7 合理的公共空间	4	
	模块8 视觉传达与人机	4	
基本概念	模块9 环境与人	2	6
	模块10 心理与人机	4	
案例赏析	模块11 案例欣赏与分析	2	2

目 录

CONTENTS

概述：话说人机工程	2
模块1 人体尺寸	8
第一节 人体测量	8
第二节 人体尺寸	12
第三节 中国成年人人体尺寸	13
第四节 人体尺寸数据的差异	17
第五节 人体尺寸数据的应用场合	19
第六节 人体尺寸修正	21
第七节 人体尺寸数据在设计中的应用	24
第八节 工作空间	27
第九节 百分位数案例	33
模块2 产品设计与人机	36
第一节 人机关系与产品形态	36
第二节 手的构造与机能	44
第三节 设计顺手的工具	48
第四节 设计高效的操控	56
第五节 足部构造与机能	65

第六节 设计舒适的鞋	69
第七节 设计案例	77
模块3 科学的坐具	84
第一节 坐姿的脊柱变化	85
第二节 坐姿的体压变化	88
第三节 座椅的功能尺寸	91
第四节 座椅设计	100
第五节 桌椅系统	107
第六节 设计案例	109
模块4 舒适的床	116
第一节 卧姿与睡眠	116
第二节 床的功能尺寸	122
第三节 设计案例	127
模块5 好用的柜子	130
第一节 柜类家具的作业域	130
第二节 柜类家具的功能尺寸	133
第三节 设计案例	142
模块6 适宜的居住空间	146
第一节 客厅	147
第二节 卧室	150

第三节 餐厅	153
第四节 书房	155
第五节 厨房	156
第六节 卫生间	160
第七节 设计案例	164
模块7 合理的公共空间	174
第一节 办公空间	174
第二节 其他公共空间	181
第三节 设计案例	184
模块8 视觉传达与人机	192
第一节 视觉功能与特性	192
第二节 视觉特性与界面设计	197
第三节 常用字体与字体设计	200
第四节 常用排版与排版设计	206
第五节 设计案例	214
模块9 环境与人	222
第一节 光环境	222
第二节 声环境	230
第三节 设计案例	234

模块10 心理与人机	240
第一节 感觉与知觉	240
第二节 视错觉	244
第三节 色彩的心理效应	251
第四节 心理空间	254
第五节 人的行为习性	257
第六节 设计案例	259
 模块11 案例欣赏与分析	 264
第一节 产品设计中的人机关系	264
第二节 家具设计中的人机关系	274
第三节 空间设计中的人机关系	279
第四节 视觉传达设计中的人机关系	290
 参考标准	 293
 参考资料	 294

概述：话说人机工程

概述：话说人机工程

人机工程学是研究人、机械及其工作环境相互作用的学科，是一门由多学科组成的新兴的边缘学科。它的研究范围涉及人体科学、技术科学和环境科学的多个领域，如生理学、解剖学、生物力学、系统工程学、环境科学、劳动心理学等。

例如，笔是我们经常使用的书写工具，笔与手构成简单的人机关系。我们在使用笔时，需要灵活控制笔尖，在很小的面积内通过“画线条”的方式书写文字，因此，笔杆的粗细、长短都会影响控制的灵活性，进而影响书写准确性和书写效率。源于中国的以兽毛制成的毛笔，在书写时需提腕执笔，

对手腕的灵活性要求较高，书写者需要长期练习才能掌握书写技巧；源于西方的羽毛笔，笔杆较细，灵活性较差，适合书写拼音文字。随着现代工业的发展，钢笔、圆珠笔等现代书写工具在优化笔杆尺寸的同时，通过使用硅胶等软质材料，提高了使用的舒适性，也使书写速度大幅提高。（图1至图4）

作为代步工具的自行车，人们在使用的时候，需要在行进中手脚并用保持平衡的同时快速灵活前进，体现的是比较复杂的人机关系。独轮车、滑板的操控要求使用者有比较好的平衡能力，需要经过一定的训练才能掌握。（图5至图7）



图1 毛笔



图2 羽毛笔



图3 钢笔



图4 圆珠笔



图5 自行车



图6 独轮车



图7 滑板

一、人机工程学的由来与发展

(一) 人机工程学的由来

从200万年前通过打制石器制作劳动工具开始，人类就通过不断改进工具，使工作更方便、更安全。中国古代工匠在制作和使用器物时，对器物的宜人性已经有了深入探究和准确把握。(图8)《考工记》记载，在制作使用中有方向性的兵器时，如大刀、斧子、长戟等，匠人会把握柄截面做成椭圆形，使用时凭借手握的感觉即能判断刃口的方向。羽毛球拍柄的设计采用的是同样的原理：在把握宽窄相间的八棱形拍柄时，人们通过拇指与宽窄面的接触来感知球拍的角度，进行不同握法的转换，实现手与球拍的完美结合，达到人拍合一的效果。(图9)

(二) 人机工程学的发展

人机工程学作为一门独立的学科，从起源到发展经历了几个阶段。

1. 学科启蒙阶段

这一阶段追求劳动工效，是人适应机器的被动阶段。

美国工程师泰勒在1898年做了一个著名的

“铁锹作业实验”，对铁锹的使用效率进行研究。他用每锹铲煤量分别为2.7千克、4.5千克、7.7千克、13.6千克的4种不同大小的铁锹，测试在规定时间内的工作效率。实验结果表明，4.5千克的效率最高。他还研究不同操作方法、动作的工作效率，寻求合理的作业姿势和时间控制，以培养“一流的工人”。

吉尔布雷斯夫妇在“砌砖作业实验”中，用摄影机拍摄作业过程，通过分析研究，精简不必要的动作，并规定严格的操作程序和动作路线，让工人像机器一样“规范”地连续作业，效率大大提高。

喜剧大师卓别林在电影《摩登时代》中把这一现象淋漓尽致地表现出来。这个时候的核心是最大限度挖掘人的潜力，即以机器为中心进行设计，研究的主要目的是如何选拔与培训操作人员以提高工作效率。(图10、图11)

2. 学科诞生阶段

这一阶段强调器物的设计必须与人的解剖学、生理学、心理学等条件相适应。

从第一次世界大战到第二次世界大战，随着科技的不断进步，飞机的性能变得更加优异，机舱内的仪表数量不断增加，要求飞行员要在极短的时间内观察仪表、做出判断，进而操纵飞机做出各种飞



图8 重庆马王场遗址出土的石器



图9 羽毛球拍的握法



图 10 《摩登时代》中流水线上的工人

行动作。这些要求超出了人的能力。人们发现，即使经过严格培训、选拔的“优秀飞行员”，也难以胜任工作，事故和意外伤亡频频发生。通过事故分析，人们意识到不能一味地强调人对机器的适应，毕竟人的心理和生理有一定的承受极限，即使通过严格的选拔和系统培训，也是难以突破的。机器的设计应该与人的解剖学、生理学、心理学等条件相适应。（图 12）

3. 学科成熟阶段

随着科学技术进步，人机工程在各个领域的应用得到迅猛发展，人一机一环境的关系更加复杂。人们更注重人一机一环境的完整研究，认为人机之间应该合理分工，以使综合效能达到最高，至此人机工程学的理论趋于成熟。例如，照相机在机械、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、使用方便性等方面，人机关系的优劣成为竞争的关键。（图 13）

4. 学科发展阶段

展望未来，对工业文明的反思与可持续发展将是人机工程学发展的更高级阶段。随着能源、环境等问题的日益突出，人机工程学将在合理利用资源、实现可持续发展、维护人类健康、提高生活质量等方面发挥积极作用，为实现社会、自然、经济



图 11 《摩登时代》中不影响操作的自动喂饭机

协调发展做出贡献。

二、人机工程学的名称与定义

（一）人机工程学的名称

人机工程学是一门比较年轻的学科，命名也比较多，欧美国家一般命名为“Ergonomics”“Human Engineering”“Human Factors”等名称，在我国有“人机工程学”“人类工效学”“人体工程学”“人因工程”等名称。

（二）人机工程学的定义

国际人类工效学会（IEA）把工效学定义为：研究人在某种工作环境中的解剖学、生理学和心理等方面的因素，研究人、机、环境系统相互作用的各个组成部分，研究在工作中、生活中和休假时怎样统一考虑工作效率，人的健康、安全和舒适等问题的边缘学科。

简单地说，人机工程学就是以人机关系为研究对象，以实测、统计、分析为基本的研究方法，研究人、机、环境相互关系的一门技术学科。研究人机关系的目的是使人能安全、有效、舒适、健康地使用产品。下面对涉及的几个概念作说明：

人是人机关系中的主体，指的就是包括你我他在内的自然人，包括人的心理特征、生理特征以及



图 12 机舱内复杂的仪表和操纵系统

人对设备和环境的适应能力等内容。

机指的是与人发生关系的所有器物，包括人们使用的产品和工程系统，小到铅笔，大到房屋建筑。

环境指人们生活和工作的环境，包括噪声、粉尘、温度、照明、人的行为习惯和人际关系等环境因素。

人机工程学并非孤立地研究人、机、环境这三个要素，而是把它们作为一个相互作用、相互依存和相互制约的整体来分析研究三者之间的关系，即系统。

三、人机工程学的主要研究内容

人机工程学是一门实践性很强的交叉学科，它跨越了不同专业领域，应用到各学科的原理及数据。其研究内容具有多样性、实用性和灵活性等特点，主要包括以下几个方面：

（一）人的形态特征

应用人体测量学测量人体各部分的长度、围度、体表面积等人体尺寸。

（二）人的生物力学特征

应用生理学、解剖学等研究人的肌力、肌电等，研究人力操纵的范围，力的输出，操纵的舒适



图 13 不同品牌照相机操作方式的区别

性、安全性等内容。

（三）人的生理、心理特征

通过血压、心电、脑电、脉搏等分析人的感知机能和精神情感。

（四）人机和谐共处的环境特征

工作环境是影响人机关系的主要因素，直接影响人的工作效率和身心健康。

（五）人机系统

人机系统包括交互界面设计和操控方式设计等。随着信息技术的不断发展，人机交互界面的重点由硬件向软件转移，人们面对大量快速传递的信息，操作需要快速、准确，人与机的功能如何分配、操控如何更宜人是人机系统关注的主要内容。

四、人机工程与设计

设计领域涉及广泛，从工业设计、艺术设计到建筑设计、工程设计，所有这些设计都是为人服务的。人机工程主要研究设计与人的关系，达到安全、高效地工作和健康、舒适地生活的目的。以“人”为本是贯穿整个设计流程的主导思想。

（一）人机工程与工业设计

工业设计涉及汽车、家用电器、五金工具、生活日用品等，品类众多，与人们生活关系密切。在满足功能的前提下，使用的宜人性是人机工程学关注的重点。

工具、服装、鞋帽等产品与人体部位密切接触，使用（穿着）的舒适性与人体尺寸和作业（行为）方式密切相关。

家电类产品的造型、色彩、材质、肌理满足功能的同时兼顾审美，尺寸大小，控制按钮的位置、形状、色彩、顺序设计要易懂易用。

将计算机界面与现有的社会和文化价值相关联，使系统设计符合人的需求，实现高效、有效和安全的人机交互。

（二）人机工程与家具设计

家具是室内空间最大的要素，与人的活动密切相关。应用人机工程学设计的家具可以减轻人体疲劳，给人提供方便，使人身心理健康、心情愉悦。人机工程学在家具设计中的应用主要体现在两个方面：

通过试验评测，分析家具的造型、材质、色彩等因素对人体的生理和心理的影响。

建立人体姿态模型，规范家具尺寸。

（三）人机工程与室内设计

从室内设计的角度讲，人机工程学的主要作用

在于通过对人的生理和心理需求分析，使室内环境的各种因素满足人们舒适健康的生活和工作的需要。

1. 为确定室内活动空间范围提供依据

根据人体尺寸和活动空间要求，划分不同功能空间及确定空间的尺寸，明确家具和设施的摆放位置。

2. 为确定家具和设施的尺寸提供依据

家具和设施的尺寸、造型、色彩必须符合人体生理、心理需求。

3. 为人体感觉器官的适应性提供依据

人体对声、光、热等的适应性，人的视觉、听觉、触觉、嗅觉、味觉等感觉要素对室内环境中的亮度、色彩、温度、湿度、材料的质感等的设计有重要影响。

作业与思考

1. 找出日常生活中接触到的存在人机工程学问题的产品。

2. 举例说明产品中的哪些部分属于人机工程设计对象、哪些不是，例如自行车、电话机、挂钟、椅子等。

3. 根据所学专业，举例说明人机工程学的作用。

学生笔记

模块1 人体尺寸

第一节 人体测量

第二节 人体尺寸

第三节 中国成年人人体尺寸

第四节 人体尺寸数据的差异

第五节 人体尺寸数据的应用场合

第六节 人体尺寸修正

第七节 人体尺寸数据在设计中的应用

第八节 工作空间

第九节 百分位数案例

模块1 人体尺寸

学习目标

本模块是人机工程应用的基础知识模块，要理解人机关系，首先要了解人。作为人机关系的主体，人体尺寸是各种与人体相关设计的基础。

知识目标

了解人体尺寸测量方法，理解人体尺寸分布特性、人体尺寸数据差异、百分位数原则，掌握人体尺寸应用场合，以及产品设计中选择人体尺寸百分位数的一般原则。

能力目标

能够准确判断不同类型产品对应的人体尺寸百分位数。

重点、难点指导

重点

人体尺寸的特征和人体尺寸在设计中的应用。

难点

百分位数的选用原则和百分位与百分位数的概念。

在日常生活中，要想让人们使用的各种工具和设施能够符合人的生理特点，让人能够舒适、安

全、高效地使用，在设计中就必须充分考虑人体的各种尺寸。人体尺寸是人机工程学的基础。

第一节 人体测量

人体测量起源较早，公元前1世纪的罗马建筑师维特鲁威（Vitruvius）从人体比例的角度论述建筑的均衡，并发现人体以肚脐为中心，一个站立的男子，双手侧向平伸的长度等于他的身高，双臂抬高至中指尖与头顶平齐，岔开双腿，双手指尖与双足趾尖刚好在以肚脐为中心的圆周上。文艺复兴时期，列

奥纳多·达·芬奇（Leonardo da Vinci）根据维特鲁威的描述，绘制了著名的人体比例图（图1-1-1）。

人体测量学是一门新兴的学科，它用测量的方法研究人体特征，通过测量人体各部位的尺寸来确定个体和群体在人体尺寸上的差别，用以研究人的形态特征、生理特征及心理特征，为工业设计、工程设计、

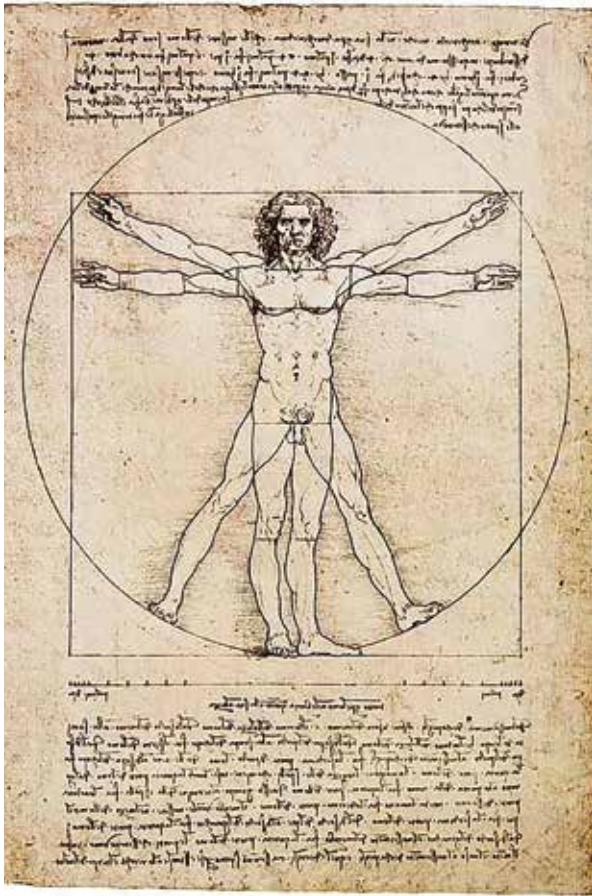


图 1-1-1 维特鲁威人 达·芬奇 意大利

人类学研究以及医学等行业提供人体基础数据。

一、人体测量的分类

人体测量主要分为形态测量、生理测量和运动测量三方面内容。

(一) 形态测量

形态测量包括测量人体长度、人体体型、人体体积和重量、人体表面积等。人体形态测量的数据分为两类：一是人体构造的静态尺寸，也叫人体构造尺寸；二是人体功能的动态尺寸，包括人在各种工作状态和运动状态下测量的尺寸。对应的测量方式分别为静态人体测量和动态人体测量。

静态人体测量是指被测者静止地站立或坐着进

行的一种测量方式。静态测量的人体尺寸用于设计工作区间的大小、室内空间范围、服装纸样大小等。静态人体测量一般测量人体处于站、坐、跪、卧等不同姿势时的限制尺寸，然后测量人体的活动过程和可能的活动范围大小。

动态人体测量是指被测者处于活动状态的所进行的测量，重点是测量人在执行某种动作时的形体特征。我们知道，人在进行任何一种身体活动时，各部位总是协调一致完成的。人体测量通常是对人体各部位所能达到的范围及运动角度进行测量。其中，因运动造成皮肤的伸展和滑移方向图对服装设计有重要的参考意义。

(二) 生理测量

生理测量主要测量人体的主要生理指标，包括人体出力范围、人体感觉反应、人体疲劳等。

(三) 运动测量

运动测量是在人体静态测量的基础上，测量人体运动过程和活动范围的大小，主要有动作范围、动作过程、形体变化、皮肤变化等。

二、人体测量数据来源

人体测量数据是一个不断积累的过程，各国都有自己的数据来源。我们在设计中依据的数据来源主要有《中国成年人人体尺寸》(GB/T10000-1988)、《在产品设计中应用人体尺寸百分位的通则》(GB/T1285-1991)、《工作空间人体尺寸》(GB/T13547-1992)等国家标准。

三、人体测量内容

国家标准《用于技术设计的人体测量基础项目》(GB/T5703-2010)中规定了人体测量的人群、测量条件和工具、测量基础项目等内容。

（一）测量人群

按地域、年龄等方式划分的具有某种共同生活环境或行为的人的群体。

（二）被测者的姿势

1. 立姿

立姿指被测试者身体挺直，头部以眼耳平面定位，眼睛平视前方，肩部放松，上肢自然下垂，手伸直，掌心向内，手指轻贴大腿侧面，左右足后跟并拢，前端分开大致呈 45° 夹角，体重均匀分布于两足。

2. 坐姿

坐姿指被测试者挺胸坐在被调节到腓骨头高度的平面上，头部以眼耳平面定位，眼睛平视前方，左右大腿大致平行，膝弯曲大致呈直角，足平放在地面上。

（三）测量基准面和基准轴

人体测量基准面包括矢状面、冠状面、水平面和眼耳平面，基准轴有铅垂轴、矢状轴和冠状轴。人体测量均在基准面内，沿测量基准轴方向进行。（图1-1-2）

（四）衣着和支撑面

进行人体测量时，被测者应裸体或尽可能少着装（穿单薄内衣），且赤足免冠。立姿测量时，站立在地面或平台上；坐姿测量时，座面为水平面且稳固不变形。

（五）测量工具

《人体测量仪器》（GB/T5704-2008）规定的部分人体测量工具有人体测高仪、直脚规、三脚平行规、弯脚规、角度计和软尺等，如图1-1-3至图1-1-5所示。

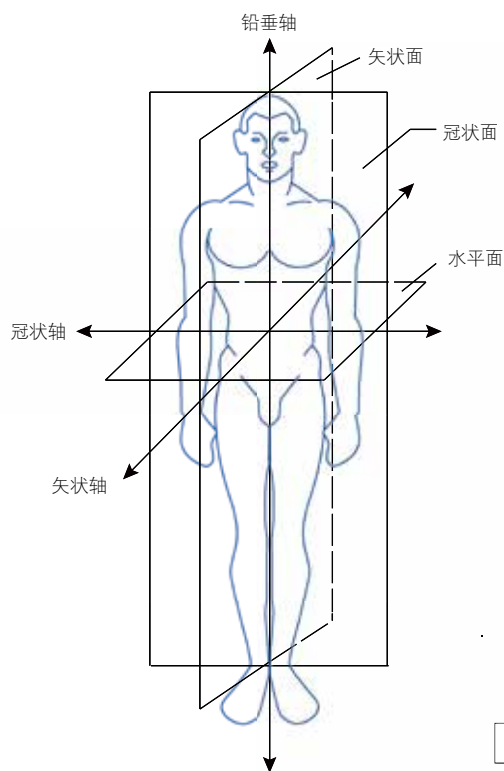


图 1-1-2 人体测量基准面和基准轴

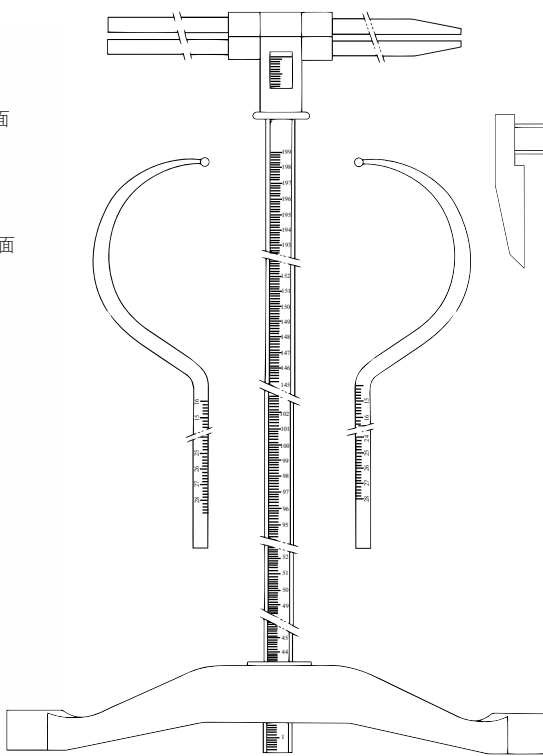


图 1-1-3 人体测高仪

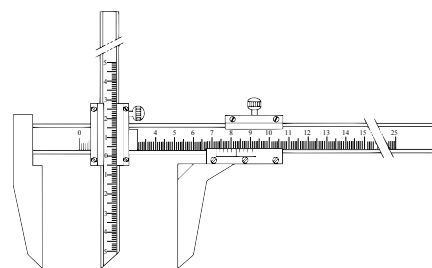


图 1-1-4 三脚平行规

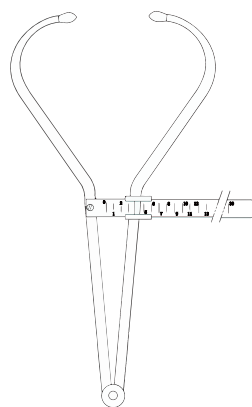


图 1-1-5 弯脚规

四、测量方法

（一）接触式测量法

用人体测量仪器和工具测量人体构造尺寸，如用测高仪测量身高、坐高、肩高等，用直脚规和弯脚规测量人体细部尺寸等。（图 1-1-6）

（二）人体三维扫描

人体三维扫描是利用光学测量技术、计算机技

术、图像处理技术、数字信号处理技术等进行三维人体表面轮廓的非接触自动测量。人体三维扫描系统利用光学三维扫描的快速以及白光对人体无害的优点，在 3 至 5 秒内对人体全身或半身进行多角度、多方位瞬间扫描。通过计算机对多台光学三维扫描仪进行联动控制快速扫描，再通过计算机软件实现自动拼接，能获得精确完整的人体点云数据（图 1-1-7）。该系统广泛应用于服装、动画、人机工程以及医学等领域，是发展人体（人脸）模式识别、特种服装设计（如航空航天服、潜水服）、人体特殊装备（人体假肢、个性化武器装备），以及开展人机工程研究的理想工具。

五、测量项目

国家标准《用于技术设计的人体测量基础项目》（GB/T5703-2010）中列出立姿测量项目 12 项、坐姿测量项目 17 项、特定部位测量项目 14 项、功能测量项目 13 项，共计 56 项个人体测量项目，并对每个测量项目的定义说明、测量方法和测量仪器作了明确规定，详细内容可以参阅标准。

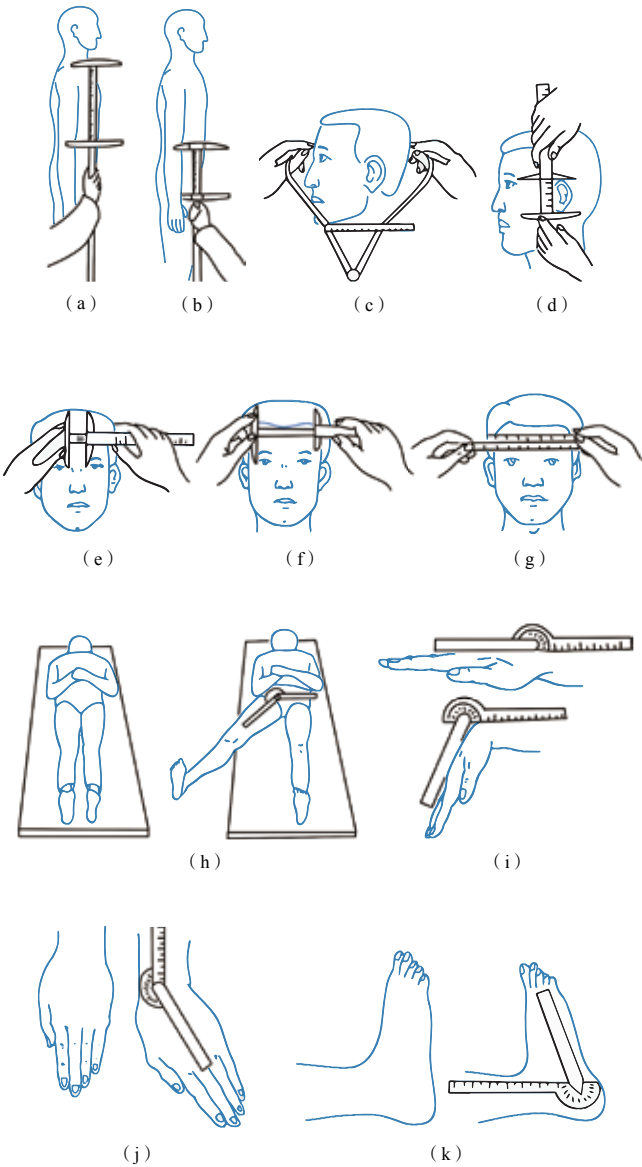


图 1-1-6 人体尺寸测量方法

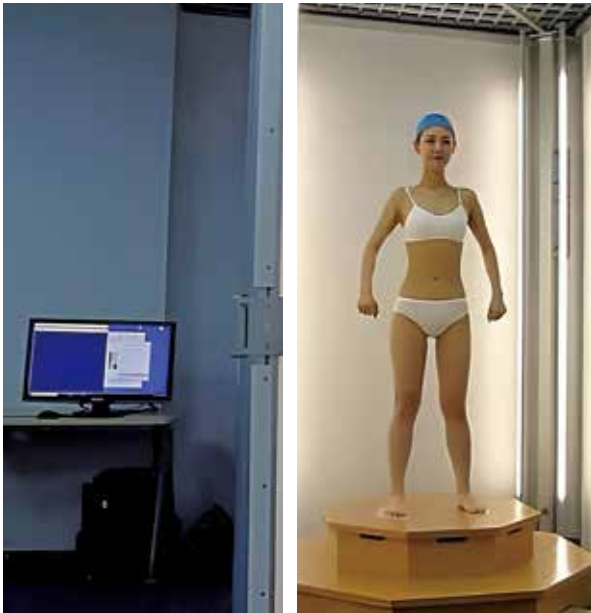


图 1-1-7 人体三维扫描

第二节 人体尺寸

人机工程中所用到的人体尺寸数据是先用随机抽样的方法所获得一组数据，再根据统计学理论推断出的群体数据。

一、人体尺寸数据的来源

因为在群体中个体与个体之间存在着差异，所以某一个体的测量尺寸是不能作为设计依据的。为使产品适合于一个群体的使用，设计中需要的是一个群体的测量尺寸，但是，全面测量群体中每个个体的尺寸又是不现实的。通常，通过测量群体中较少量的个体尺寸，经数据处理后，可获得较为精确的所需群体尺寸。在人体测量中采用随机抽样的方法，从一个群体中获得若干个个体的样本，再运用概率论与数理统计理论对测量数据进行统计分析，从而获得所需群体尺寸的统计规律和特征参数，使得测量数据能反映该群体的形态特征和差异程度。

在制定我国国家标准《中国成年人人体尺寸》（GB/T10000-1988）时，抽取的男性、女性样本量分别为11170人和11151人，每一个人有多个测量项目，测量和数据分析工作量非常大。

二、人体尺寸数据的特性

（一）正态分布特性

人体测量的统计数据基本符合正态分布规律，即大部分属于中间值，只有一小部分过大或过小，分布在两端，数量大致相等。

以中国成年男性（18—60周岁）身高为例，

身高167.8cm的中等身高者分布密度最大，即这一身高附近的人数最多，而与之相差越远，人数越少，并且高于这一数值和低于这一数值的人数大致相等。（图1-2-1）

（二）人体尺寸具有线性相关性

身高、体重、手长等是基本的人体尺寸数据，它们之间存在线性函数关系，可以用如下公式表示： $Y=aX+b$

公式中： Y 代表某一人体尺寸数据， X 代表身高、体重、手长等基本尺寸（其中之一）， a 、 b 代表常数。

例如某人如果身材较高，通常情况下，他的手臂、腿等也会比较长，这也符合我们现实生活中见到的现象。人体尺寸的这种线性相关关系，对不同种族、国家的人群都是适用的，但关系式中的系数 a 和 b 有所不同。

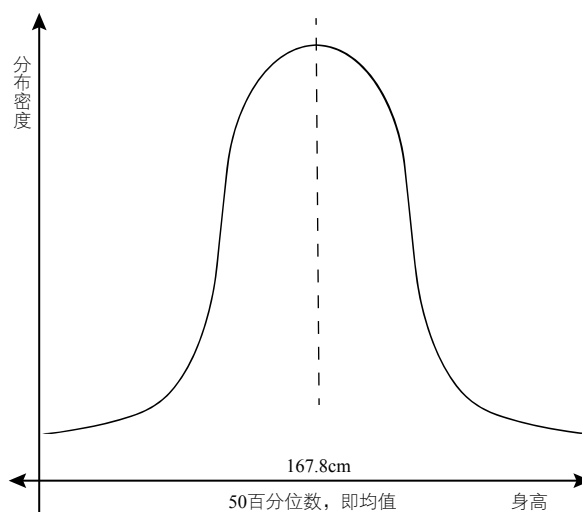


图 1-2-1 人体尺寸正态分布图

第三节 中国成年人人体尺寸

下面以《中国成年人人体尺寸》(GB/T10000-1988)为例介绍中国人的人体尺寸。该标准提供了我国法定成年人(男18—60岁,女18—55岁)人体尺寸的基础数据,适用于工业产品、建筑设计、军事工业、技术改造、设备更新以及劳动保护等。

对每一项人体尺寸,该标准均按男、女各4个年龄段给出数据:男18—60岁、18—25岁、26—35岁、36—60岁,女18—55岁、18—25岁、26—35岁、36—55岁。

一、人体尺寸分布

人有高矮胖瘦之分,任何一项人体尺寸,都有不同的人数比例,要全面完整地显示中国成年人人体尺寸情况,就要描述清楚每一项人体尺寸具有多大的数值的人占多大的比例,这就是人体尺寸的分布状况。在《中国成年人人体尺寸》(GB/T10000-1988)中,分别用人体尺寸的均值和标准差以及人体尺寸的7个百分位数的数值数据来描述人体尺寸的分布状况。下面我们介绍一下在设计中经常用到的百分位和百分位数的概念。

二、百分位与百分位数

百分位:具有某一人体尺寸和小于该尺寸的人占统计对象总人数的百分数。

百分位数:百分位对应的数值,在人体尺寸中就是测量值。

例如中国成年人男子(18—60岁)身高第95百分位数为177.5cm,它表示这一年龄组男性中,身高等于或小于177.5cm者占95%,大于此值只占5%。

三、人体主要尺寸

在《中国成年人人体尺寸》(GB/T10000-1988)中,共列出7组47项静态人体尺寸数据,分别是人体主要尺寸6项(表1-1、图1-3-1)、立姿人体尺寸6项(表1-2、图1-3-2)、坐姿人体尺寸11项(表1-3、图1-3-3)、人体水平尺寸10项(表1-4、图1-3-4)、人体头部尺寸7项(表1-5、图1-3-5)、人体手部尺寸5项(表2-1、图2-2-2)、人体足部尺寸2项(表2-7、图2-5-1)。本书仅列出成年人(男18—60岁,女18—55岁)的一个年龄段数据,其余年龄段数据可参考《中国成年人人体尺寸》(GB/T10000-1988)。

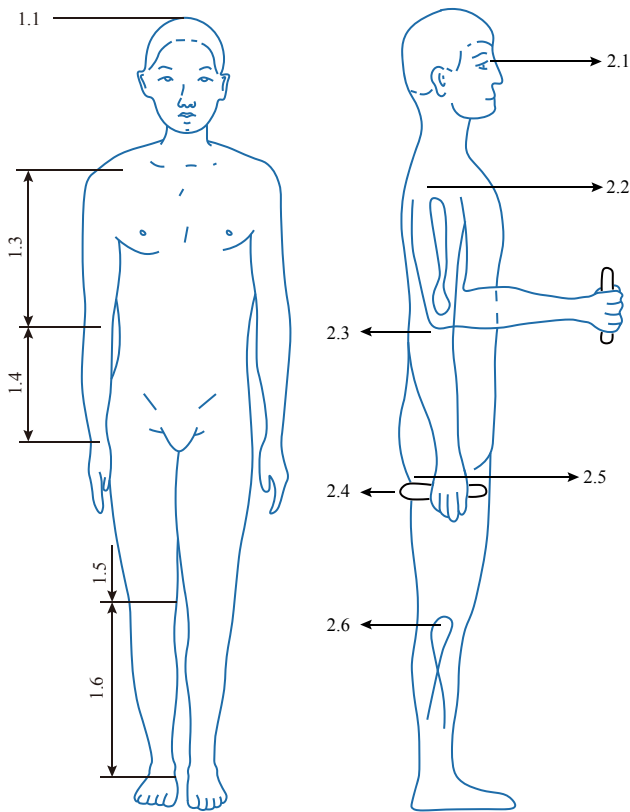


图 1-3-1 人体主要尺寸

图 1-3-2 立姿人体尺寸

表1-1 人体主要尺寸（单位：毫米）

测量项目 \ 年龄分组 \ 百分位数	男（18—60岁）							女（18—55岁）						
	1	5	10	50	90	95	99	1	5	10	50	90	95	99
1.1 身高	1543	1583	1604	1678	1754	1775	1814	1449	1484	1503	1570	1640	1659	1697
1.2 体重 kg	44	48	50	59	70	75	83	39	42	44	52	63	66	71
1.3 上臂长	279	289	294	313	333	338	349	252	262	267	284	303	308	319
1.4 前臂长	205	216	220	237	253	258	268	185	193	198	213	229	234	242
1.5 大腿长	413	428	436	465	496	505	523	387	402	410	438	467	476	494
1.6 小腿长	324	338	344	369	396	403	419	300	313	319	344	370	375	390

表1-2 立姿人体尺寸（单位：毫米）

测量项目 \ 年龄分组 \ 百分位数	男（18—60岁）							女（18—55岁）						
	1	5	10	50	90	95	99	1	5	10	50	90	95	99
2.1 眼高	1436	1474	1495	1568	1643	1664	1705	1337	1371	1388	1454	1522	1541	1579
2.2 肩高	1244	1281	1299	1367	1435	1455	1494	1166	1195	1211	1271	1333	1350	1385
2.3 肘高	925	954	968	1024	1079	1096	1128	873	899	913	960	1009	1023	1050
2.4 手功能高	656	680	693	741	787	801	828	630	650	662	704	746	757	778
2.5 会阴高	701	728	741	790	840	856	887	648	673	686	732	779	792	819
2.6 胫骨点高	394	409	417	444	472	481	498	363	377	384	410	437	444	459

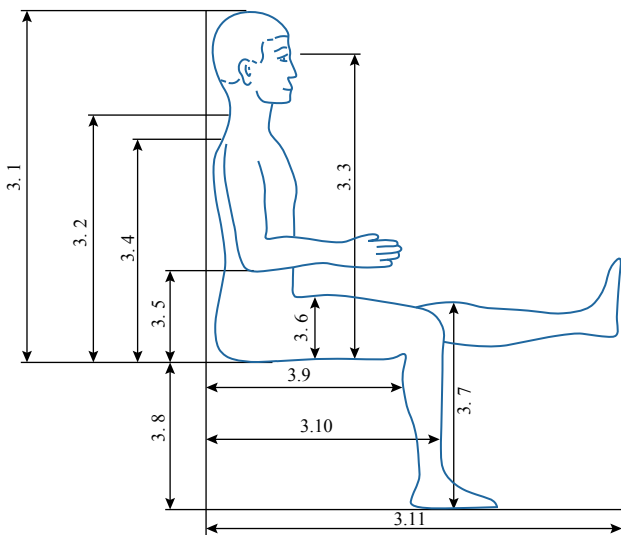


图 1-3-3 坐姿人体尺寸

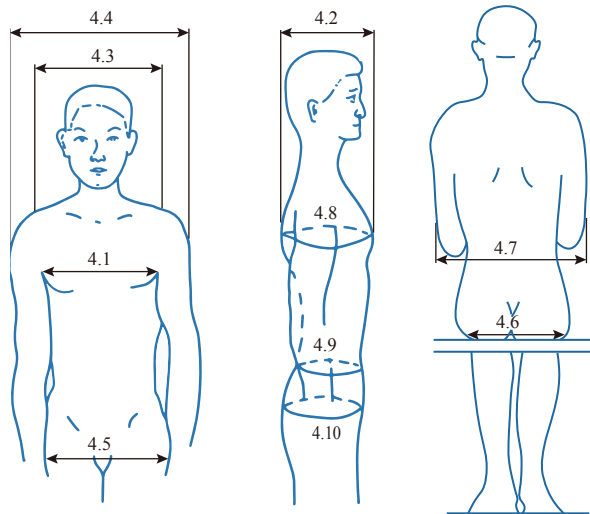


图 1-3-4 人体水平尺寸

表1-3 坐姿人体尺寸（单位：毫米）

测量项目	百分位数	男（18—60岁）							女（18—55岁）						
		1	5	10	50	90	95	99	1	5	10	50	90	95	99
3.1 坐高		836	858	870	908	947	958	979	789	809	819	855	891	901	920
3.2 坐姿颈椎点高		599	615	624	657	691	701	719	563	579	587	617	648	657	675
3.3 坐姿眼高		729	749	761	798	836	847	868	678	695	704	739	773	783	803
3.4 坐姿肩高		539	557	566	598	631	641	659	504	518	526	556	585	594	609
3.5 坐姿肘高		214	228	235	263	291	298	312	201	215	223	251	277	284	299
3.6 坐姿大腿高		103	112	116	130	146	151	160	107	113	117	130	146	151	160
3.7 坐姿膝高		441	456	461	493	523	532	549	410	424	431	458	485	493	507
3.8 小腿加足高		372	383	389	413	439	448	463	331	342	350	382	399	405	417
3.9 坐深		407	421	429	457	486	494	510	388	401	408	433	461	469	485
3.10 臀膝距		499	515	524	554	585	595	613	481	495	502	529	561	570	587
3.11 坐姿下肢长		892	921	937	992	1046	1063	1096	826	851	865	912	960	975	1005

表1-4 人体水平尺寸（单位：毫米）

测量项目	年龄分组 百分位数	男（18—60岁）							女（18—55岁）						
		1	5	10	50	90	95	99	1	5	10	50	90	95	99
4.1 胸宽		242	253	259	280	307	315	331	219	233	239	260	289	299	319
4.2 胸厚		176	186	191	212	237	245	261	159	170	176	199	230	239	260
4.3 肩宽		330	344	351	375	397	403	415	304	320	328	351	371	377	387
4.4 最大肩宽		383	398	405	431	460	469	486	347	363	371	397	428	438	458
4. 臀宽		273	282	288	306	327	334	346	275	290	296	317	340	346	360
4.6 坐姿臀宽		284	295	300	321	347	355	369	295	310	318	344	374	382	400
4.7 坐姿两肘间宽		353	371	381	422	473	489	518	326	348	360	404	460	378	509
4.8 胸围		762	791	806	867	944	970	1018	717	745	760	825	919	949	1005
4.9 腰围		620	650	665	735	859	895	960	622	659	680	772	904	950	1025
4.10 臀围		780	805	820	875	948	970	1009	795	824	840	900	975	1000	1044

表1-5 人体头部尺寸（单位：毫米）

测量项目	年龄分组 百分位数	男（18—60岁）							女（18—55岁）						
		1	5	10	50	90	95	99	1	5	10	50	90	95	99
5.1 头全高		199	206	210	223	237	241	249	193	200	203	216	228	232	239
5.2 头矢状弧		314	324	329	350	370	375	384	300	310	313	329	344	349	358
5.3 头冠状弧		330	338	344	361	378	383	392	318	327	332	348	366	372	381
5.4 头最大宽		141	145	146	154	162	164	168	137	141	143	149	156	158	162
5.5 头最大长		168	173	175	184	192	195	200	161	165	167	176	184	187	191
5.6 头围		525	536	541	560	580	586	597	510	520	525	546	567	573	585
5.7 形态面长		104	109	111	119	128	130	135	97	100	102	109	117	119	123

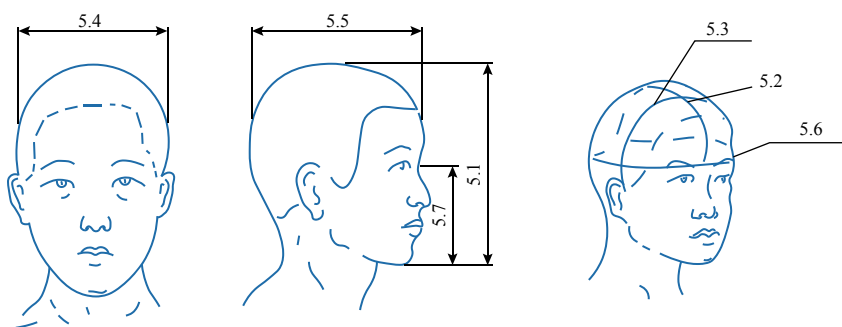


图 1-3-5 人体头部尺寸

第四节 人体尺寸数据的差异

通过数据分析发现，个体与个体之间、群体与群体之间在人体尺寸上存在一些差异，主要表现在以下几个方面：

一、年龄差异

人体尺寸随年龄变化而变化是显而易见的，特别是青少年时期的变化尤为明显。从童年到成人时期，人的身高变化明显，各个部分的比例关系也有很大差异。（图1-4-1）

二、世代差异

随着社会的不断发展，卫生、医疗、生活水平的提高以及体育运动的影响，成年子女们的身高普遍超过了他们的父母。据报道，1997年我国测定男子平均身高为1692毫米，与国标中的数据相比，两者相差1692毫米-1678毫米=14毫米，也就是国标制定的最初10年左右，中国成年男子的平均身高增加了14毫米，属于快速增长。人体尺寸变化趋势的研究资料指出，一个国家或民族，随着生活

水平的提高所导致的人体尺寸增加，一般会延续几十年，但增长速度会越来越慢。我们在使用人体尺寸数据时，要考虑其测量年代，加以适当修正。

三、地域差异

生活在不同国家、不同的地区、不同种族的人群，由于受民族、气候条件、饮食结构、生活方式等方面的长期影响，人体尺寸和各部分比例有比较大的差异。例如欧洲人身材高大，普遍腿比较长，而亚洲人普遍上身较长。以身高为例，越南人平均身高为160.5厘米，比利时人为179.9厘米，世界上身材最高的民族是生活在非洲苏丹南部的北方尼洛特人，平均身高达182.8厘米；世界上身材最矮的民族是生活在非洲中部的格米人，平均身高只有137.2厘米。即使同一国家，不同区域的人也会有差异，寒冷地区的人平均身高高于热带地区，平原地区高于山区。从表1-6可以明显看出，我国北方地区，特别是东北、华北地区，身材较为高大，西南地区较为矮小。

表1-6 我国六个区域成年人体重、身高、胸围数据

项目		东北、华北		西北		东南		华中		华南		西南	
		均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差
男 (18—60岁)	体重/千克	64	8.2	60	7.6	59	7.7	57	6.9	56	6.9	55	6.8
	身高/毫米	1693	56.6	1684	53.7	1686	55.2	1669	56.3	1650	57.1	1647	56.7
	胸围/毫米	888	55.5	880	51.5	865	52	853	49.2	851	48.9	855	48.3
女 (18—55岁)	体重/千克	55	7.7	52	7.1	51	7.2	50	6.87	49	6.5	50	6.9
	身高/毫米	1586	51.8	1575	51.9	1575	50.8	1560	50.7	1549	49.7	1546	53.9
	胸围/毫米	848	66.4	837	55.9	831	59.8	820	55.8	819	57.6	809	58.8

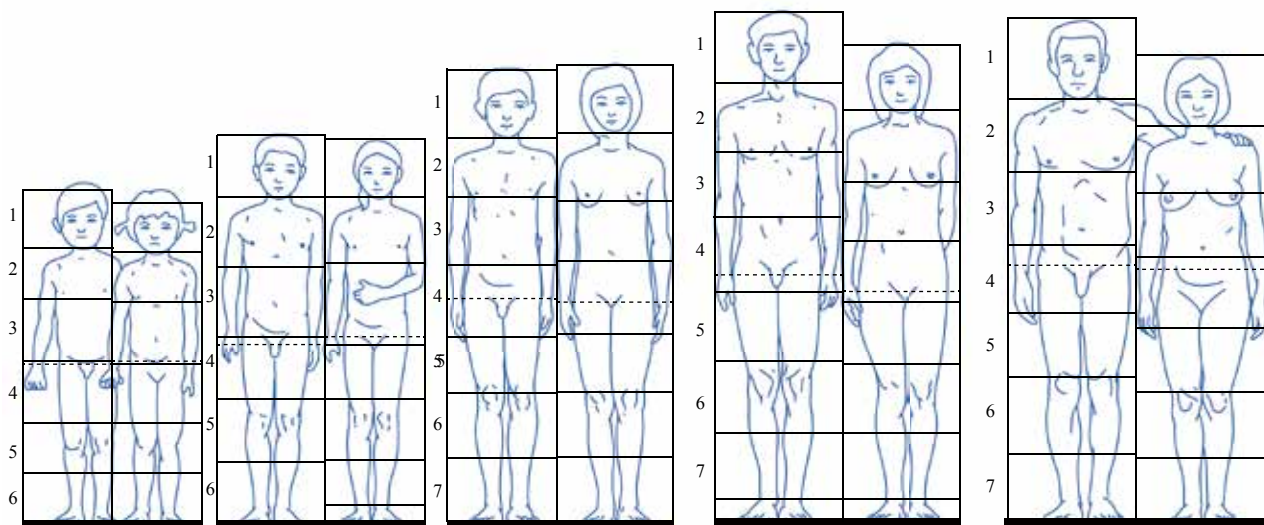


图 1-4-1 随年龄变化，人体各个部分的比例关系不同

四、性别差异

儿童时期（3—10岁），男女人体尺寸差别不大。从少年时期（10岁以后）开始，男性与女性的人体尺寸、重量、比例关系都有明显差别。男性

的大部分人体尺寸数据要大于女性，但胸厚、臀宽、臂部及大腿周长等四个尺寸，女性比男性的大。在身高相同的情况下，女性的手臂和腿较短，躯干和头占的比例较大，肩部较窄，骨盆较宽，皮下脂肪较厚。

第五节 人体尺寸数据的应用场合

我们以立姿和坐姿人体尺寸为例，说明人体尺寸项目的应用场合。

立姿眼高是指在立姿下需要视线通过或需要隔断的场合。例如医生在给病人做检查时，出于保护病人隐私的需要，会用屏风将诊察区域和公共区域隔开，屏风的高度需要略高于人的水平视线，而教室门上窗口的高度恰好是方便管理人员在不干扰教学秩序的情况下查看室内情况。（图1-5-1）

立姿肘高是指在立姿下上臂下垂、前臂大体举平时，手的高度略低于肘高，是立姿下手操作工作的最适宜高度，如工人操作机器站立工作时的工

作台高度和厨师站在案板前切菜时案板的高度等。（图1-5-2、图1-5-3）

立姿手功能高是立姿下不需要弯腰的最低操作高度。例如拉杆箱拉杆的长度应使人在不弯腰的情况下能够轻松拖行箱子。（图1-5-4）

立姿会阴高主要用于设计绿化带护栏高度和自行车鞍座与脚踏板的距离等。（图1-5-5）

坐高，火车卧铺、汽车和飞机座舱的设计都会用到这个项目。（图1-5-6）

坐姿眼高是指在坐姿下需要视线通过或需要隔断的场合，如汽车驾驶室的视野分析、办公桌上隔



图 1-5-1 教室门窗口高度与立姿眼高



图 1-5-2 工作台高度与立姿肘高



图 1-5-3 案板高度与立姿肘高

板的高度等都需要用到。(图 1-5-7)

坐姿臀膝距主要用来确定前后排座椅的间距,如轿车后排座椅和前排间的距离、影剧院排椅间

的距离等。飞机上头等舱和商务舱座椅前后的间距要比经济舱大,带来的舒适性也要好很多(图 1-5-8、图 1-5-9)。



图 1-5-4 拉杆长度与立姿手功能高



图 1-5-5 自行车鞍座与脚踏板距离



图 1-5-6 小汽车内部高度



图 1-5-7 汽车前窗与坐姿眼高



图 1-5-8 A330 客机上的商务舱座椅



图 1-5-9 A320 客机上的经济舱座椅

第六节 人体尺寸修正

我们知道，人体尺寸数据是在裸体或只穿单薄内衣的情况下，要求被测者保持身体挺直站立或挺胸端坐的标准姿势在规定的测量基准面内完成的。但人们在日常生活和工作中，既要穿鞋袜、衣裤，又经常处于全身（特别是躯干）自然放松的状态下，与人体测量的标准条件并不一致。如果在这个时候测量人体尺寸，又会得出一组新的数据。那么，人体尺寸数据该如何应用呢？《在产品设计中应用人体尺寸百分位数的通则》（GB/T 12985-1991）明确规定采用尺寸修正的方法解决。

尺寸修正量包含功能修正量和心理修正量两个部分，见图1-6-1。

一、功能修正量

功能修正量是指为保证产品功能的顺利实现，对作为产品设计依据的人体尺寸所做出的尺寸修正。它包含了着装修正量、姿势修正量和操作修正量三个部分。功能修正量随产品的不同而变化，通常为正值，有时也可能为负值。

功能修正量一般采用实验方法求得，例如人在行走时，脚在鞋内必须要有一定的活动余地，称为“放余量”。在确定鞋的“内底放余量”这一功能修正量时，通过制作内底放余量从0至18毫米不等的一系列实验用的鞋，让一些预先挑选的脚长相同的

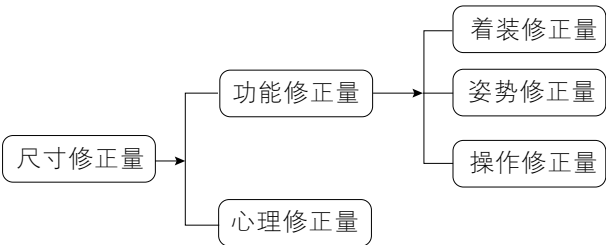


图 1-6-1 尺寸修正量的构成

被试者一一试穿，然后将实验结果进行统计分析，求出不感到顶脚趾所需的“放余量”。

（一）着装修正量

人在不同场景下的着装需求是不同的，在设计时，需要根据穿着情况给衣服、鞋帽等留下余量，即在人体尺寸的基础上增加适当的着装修正量。例如穿衣修正量，坐姿时的坐高、眼高、肩高、肘高加6毫米，胸厚加10毫米，臀膝距加20毫米；穿鞋修正量，身高、眼高、肩高、肘高男子加25毫米，女子加20毫米。如表1-7，给出了通常情况下人着装身材尺寸修正值。

表1-7 着装人体尺寸修正值（单位：毫米）

项目	尺寸修正量	修正原因
站姿高	25—38	鞋高
坐姿高	3	裤厚
站姿眼高	36	鞋高
坐姿眼高	3	裤厚
肩宽	13	衣
胸宽	8	衣
胸厚	18	衣
腹厚	23	衣
立姿臀宽	13	衣
坐姿臀宽	13	衣

如果在寒冷地区身穿厚重的外套，脚穿厚皮靴或者女性穿高跟鞋所引起的变化量，则需要根据具体情况，通过实际测量、实验等方法研究确定。（图1-6-2）



图 1-6-2 寒冷地区的厚外套和鞋

（二）姿势修正量

由于我们在平常工作和生活中经常会采用姿态放松的所谓“舒服的姿势”，因此姿势修正量也是比较容易被忽视的一个功能修正量。有关实验得出的功能修正数据是立姿时的身高、眼高等减 10 毫米，坐姿时的坐高、眼高减 44 毫米。如图 1-6-3、图 1-6-4。

（三）操作修正量

在确定各种操纵器的位置时，应以上肢前展长为依据，但上肢前展长是后背至中指尖点的距离，在实际操作中，按键动作是用手指前端完成的。为确保动作的有效性，需要手指前端接触按键后继续前移一小段距离，也就是实际距离应比上肢前展长

要短，而需要推、扭开关时，手指需跟开关充分接触，因而缩减量应更大些。因此对按按钮、拨动滑板、转动旋钮开关等不同操作功能应做不同的修正，如图 1-6-5、图 1-6-6，即按按钮开关减 12 毫米，拨动滑板开关和转动旋钮开关减 25 毫米。手轮、摇把、档杆等其他操作类型与此类似，缩减量各不相同。

二、心理修正量

心理修正量是为了克服“空间压抑感”“高度恐惧感”等心理感受，或者为了满足人们“求美”“求奇”等心理需求，而在产品最小功能尺寸上附加的一项增量。例如 3 米高的平台上的护栏高度，只要高于人的重心高度，就能在正常情况下

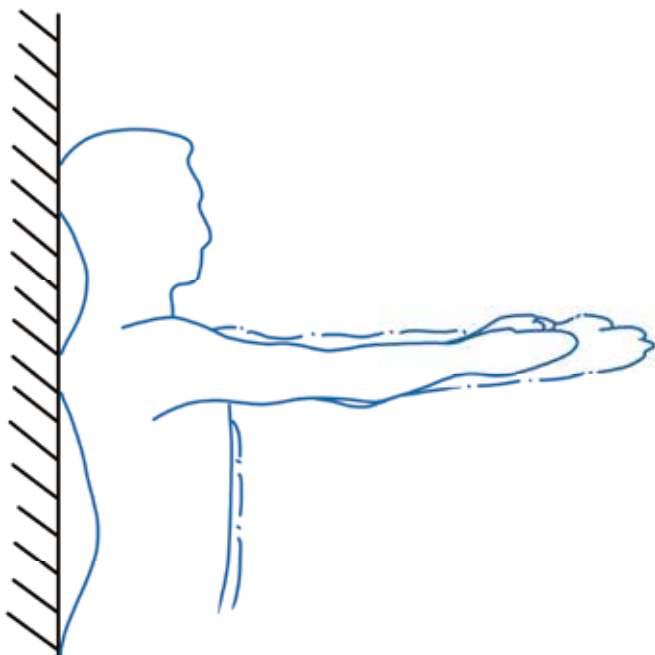


图 1-6-3 立姿修正

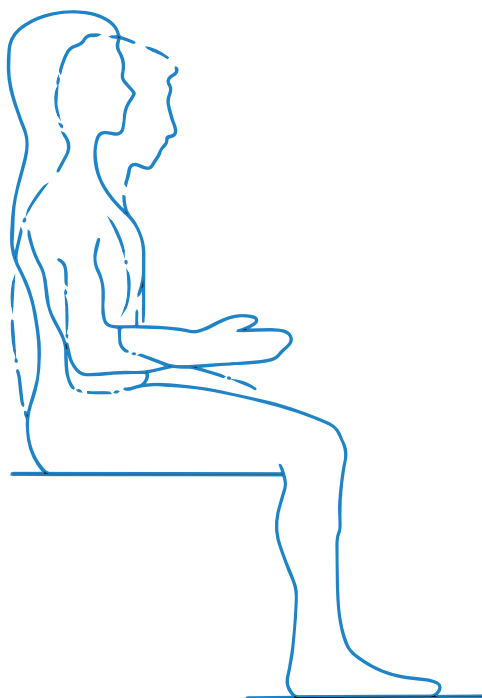


图 1-6-4 坐姿修正



图 1-6-5 按钮开关控制



图 1-6-6 拨动开关控制

防止平台上人员的跌落事故。但是在更高的平台上，人们站在栏杆旁边时会产生恐惧心理，甚至导致脚下发软、发酸，手掌心和腋下出冷汗。因此，有必要把护栏高度进一步加高，这项附加的加高量就是心理修正量。在国家标准《住宅设计规范》

（GB50096-2011）中，对不同层高的阳台护栏高度都做了明确规定。心理修正量一般通过实验，由主观评价统计分析，综合实际需求和条件许可两个因素来研究确定。

第七节 人体尺寸数据在设计中的应用

人有高矮胖瘦之分，我们在设计的时候以高个子还是矮个子为依据呢？能用平均值吗？使用哪一个数值比较合理呢？

一、产品功能分类

在设计中先依据产品的功能特性，将产品尺寸分为以下3类4种，确定采用的百分位数，再确定尺寸。

第一类，为Ⅰ型产品，又称为可调节设计，即产品的尺寸需要进行调节才能满足不同身材的人的使用要求，这种类型属于Ⅰ型产品设计。为了适用于高个子，需要一个大百分位数的人体尺寸作为设计的依据；为了适应矮个子，又需要一个小百分位数的人体尺寸作为设计的依据。例如腰带是一种人们经常使用的产品，通常会在上面开出一排孔，用来适应不同腰围的人使用（图1-7-1）；自行车鞍座高度能在一定范围内自由调节，适应不同腿长的人骑行需求（图1-7-2）；汽车驾驶位座椅的高度、前后位置和靠背倾角需要在一定范围内调整，满足不同身高人群安全驾驶和乘坐舒适性的需要。

第二类，为Ⅱ型产品，这类产品可分为两种

情况。

第一种，ⅡA型产品，又称为大尺寸设计。如果这种产品的尺寸适合身材高大者需要，就肯定也能适合身材矮小者需要，就属于ⅡA型产品的设计，因此，只需要选择一个大百分位数的人体尺寸作为产品尺寸设计的依据就行了。例如床的长度和宽度、门的高度和宽度等，都是只要符合身材高大者的要求，则身材矮小者一定没问题。

第二种，ⅡB型产品，又称为小尺寸设计。这种产品的尺寸适合身材矮小者需要，就肯定也能适合身材高大者的需要，就属于ⅡB型产品设计，因此，只需要选择一个百分位数的人体尺寸作为产品尺寸设计的依据就行了。例如儿童床防护栏杆的间距（图1-7-3）、电风扇防护罩格栅的间距、楼梯踏板的高度等，都是只要符合身材矮小者的要求，则身材高大者一定没问题。

第三类，为Ⅲ型产品，又称为平均尺寸设计。当产品尺寸与使用者的身材大小关系不大，或是虽有一些关系，但是如果要分别予以适应，如从其他方面考量却并不适宜的，就按适合中等身材者的需要，即采用第50百分位数的人体尺寸作为产品设计的依据。例如一般门上的把手、锁孔距离地面的



图 1-7-1 可调节使用长度的腰带



图 1-7-2 可调节高度的自行车鞍座

高度，公共场所休闲椅的高度（图1-7-4）等，一般就是按适合中等身材使用者为原则进行设计的。



图 1-7-3 儿童床护栏



图 1-7-4 公园休闲椅

二、满足度

前面我们了解到，人体尺寸数据中，每一项人体尺寸都有7个百分位数的数值数据，分别是90、95、99三个大百分位数和10、5、1三个小百分位数以及一个50百分位数。在设计时，通常以“满足度”为依据选择具体的数值。

满足度是指产品尺寸所适合的使用人群占总使用人群的百分比。

产品设计的基本要求是使产品满足大多数人的需求，但产品是在一定的场景下使用的，过大的满足度可能会带来其他方面的不合理因素。合理的满足度受多种因素影响和制约，应综合考虑确定。

以火车卧铺铺位长度设计为例。让铺位的长度连身高190厘米的大个子也能很好满足，那么另一侧的通道就会太窄，造成通行不便。其结果是，因照顾了少数人的利益而损害了多数人的方便。如果取男子身高第90百分位的人体尺寸175.4厘米为依据来设计，对成年男性乘客的满足达到90%，而对包括女性、小孩、老年乘客在内的全体乘客群而言，满足显然要高于90%。只有占全部乘客很小比例的高个男子，躺在这样的铺位上，要委屈一点、将就一点，但换来的是另一侧的通道宽了，能给全体乘客们的活动和乘务员的工作带来更多方便，因此综合多种因素考虑才是合理的设计。（图1-7-5）

产品设计中选择人体尺寸百分位数的一般原则



图 1-7-5 火车卧铺车厢

如下：

一般产品，大小百分位数分别选95和5，或酌情选90和10。

对于涉及人的健康、安全的产品，大小百分位数分别选99和1，或酌情选95和5。

对于成年男女通用的产品，大百分位数选择男性的90、95、99，小百分位数选择女性的10、5和1。

Ⅲ型产品设计则选用男、女第50百分位数人体尺寸的平均值。

功能尺寸是指为保证产品实现某项功能所确定

的基本尺寸。它跟工程图上标注的产品轮廓尺寸不同。例如沙发座面高度的功能尺寸是指人坐上后座面被压变形后的高度尺寸（图1-7-6），枕头的高度功能尺寸是指被睡眠者的头部压下以后的高度尺寸等。

产品最小功能尺寸=人体尺寸百分位数+功能修正量。

产品最佳功能尺寸=人体尺寸百分位数+功能修正量+心理修正量。

因此，产品最佳功能尺寸=产品最小功能尺寸+心理修正量。



图 1-7-6 沙发的功能尺寸

第八节 工作空间

人们在生活和工作时通过关节的活动，完成各种各样的动作，做出不同的人体姿势，在这种情况下的人体尺寸称为动态的人体尺寸。人体的基本姿势分为立、坐、跪、卧、爬5种，《工作空间人体尺寸》（GB/T13547-1992）给出了3组17项与工作

空间有关的中国成年人人体尺寸数据。其中，工作空间立姿人体尺寸有6项（图1-8-1、表1-8），工作空间坐姿人体尺寸有5项（图1-8-2、表1-9），工作空间跪姿、俯卧姿、爬姿人体尺寸有6项（图1-8-3、表1-10）。

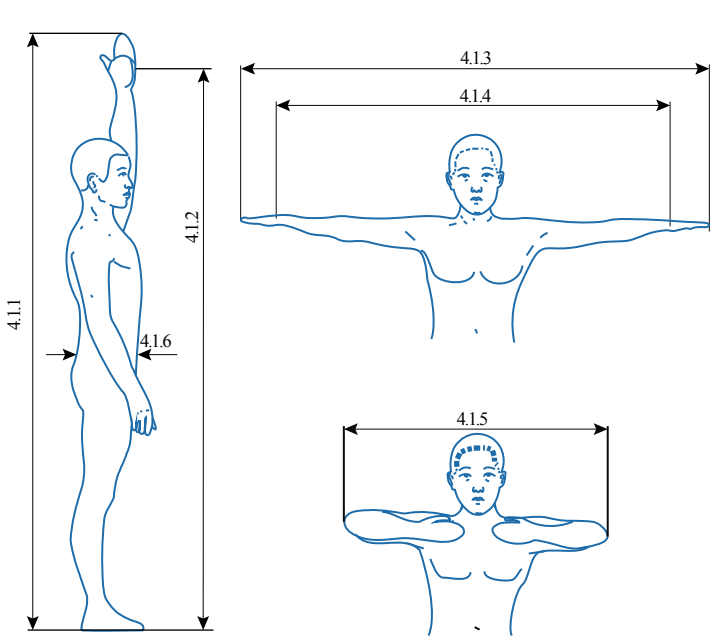


图 1-8-1 工作空间立姿人体尺寸

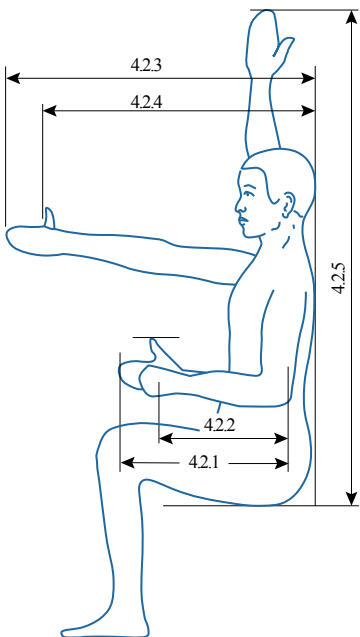


图 1-8-2 工作空间坐姿人体尺寸

表1-8 工作空间立姿人体尺寸（单位：毫米）

测量项目	年龄分组		男（18—60岁）							女（18—55岁）						
	百分位数		1	5	10	50	90	95	99	1	5	10	50	90	95	99
4.1.1 中指指尖上举高			1913	1971	2002	2108	2214	2245	2309	1798	1845	1870	1968	2063	2089	2143
4.1.2 双臂功能上举高			1815	1869	1899	2003	2108	2138	2203	1696	1741	1766	1860	1952	1976	2030
4.1.3 两臂展开宽			1528	1579	1605	1691	1776	1802	1849	1414	1457	1479	1559	1637	1659	1701
4.1.4 两臂功能展开宽			1325	1374	1398	1483	1568	1593	1640	1206	1248	1269	1344	1418	1438	1480
4.1.5 两肘展开宽			791	816	828	875	921	936	966	733	756	770	811	856	869	892
4.1.6 立姿腹厚			149	160	166	192	227	237	262	139	151	158	186	226	239	258

表1-9 工作空间坐姿人体尺寸（单位：毫米）

测量项目	年龄分组 百分位数	男（18—60岁）							女（18—55岁）						
		1	5	10	50	90	95	99	1	5	10	50	90	95	99
4.2.1 前臂加手前伸长		402	416	422	447	471	478	492	368	383	390	413	435	442	454
4.2.2 前臂加手功能前伸长		295	310	318	343	369	376	391	262	277	283	306	327	333	346
4.2.3 上肢前伸长		755	777	789	834	879	892	918	690	712	724	764	805	818	841
4.2.4 上肢功能前伸长		650	673	685	730	776	789	816	586	607	619	657	696	707	729
4.2.5 坐姿中指指尖上举高		1210	1249	1270	1339	1407	1426	1467	1142	1173	1190	1251	1311	1328	1361

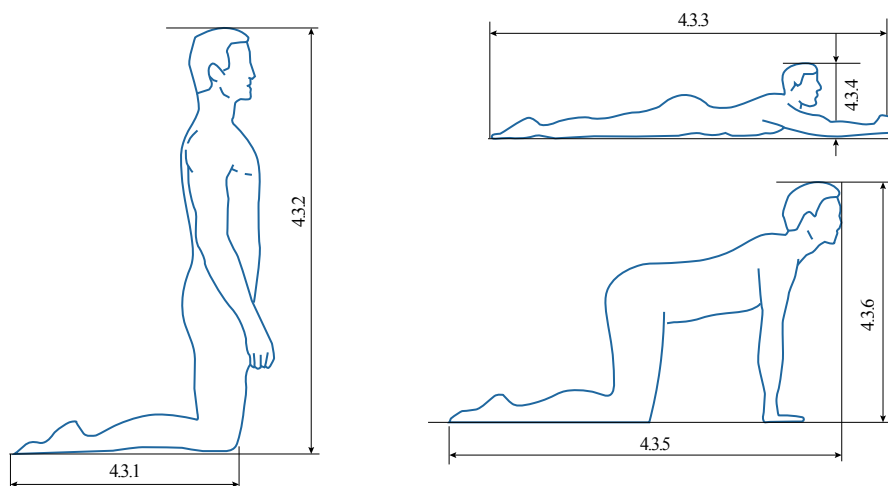


图 1-8-3 工作空间跪姿、俯卧姿、爬姿人体尺寸

表1-10 工作空间跪姿、俯卧姿、爬姿人体尺寸（单位：毫米）

测量项目	年龄分组 百分位数	男（18—60岁）							女（18—55岁）						
		1	5	10	50	90	95	99	1	5	10	50	90	95	99
4.3.1 跪姿体长		577	592	599	626	651	661	675	544	557	564	589	615	622	636
4.3.2 跪姿体高		1161	1190	1206	1260	1315	1330	1359	1113	1137	1150	1196	1244	1258	1284
4.3.3 俯卧姿体长		1946	2000	2028	2127	2229	2257	2310	1820	1867	1892	1982	2076	2102	2153
4.3.4 俯卧姿体高		361	364	366	372	380	383	389	355	359	361	369	381	384	392
4.3.5 爬姿体长		1218	1247	1262	1315	1369	1384	1412	1161	1183	1195	1239	1284	1296	1321
4.3.6 爬姿体高		745	761	769	798	828	836	851	677	694	704	738	773	783	802

人们在实际生活和工作中，为了完成某一动作，身体会进行各种不同的姿势的转换，所需要的活动空间也在变化。通过测量人在执行某种动作时

的身体动态特征，可以获得人体功能尺寸的测量数据。（图1-8-4、图1-8-5）

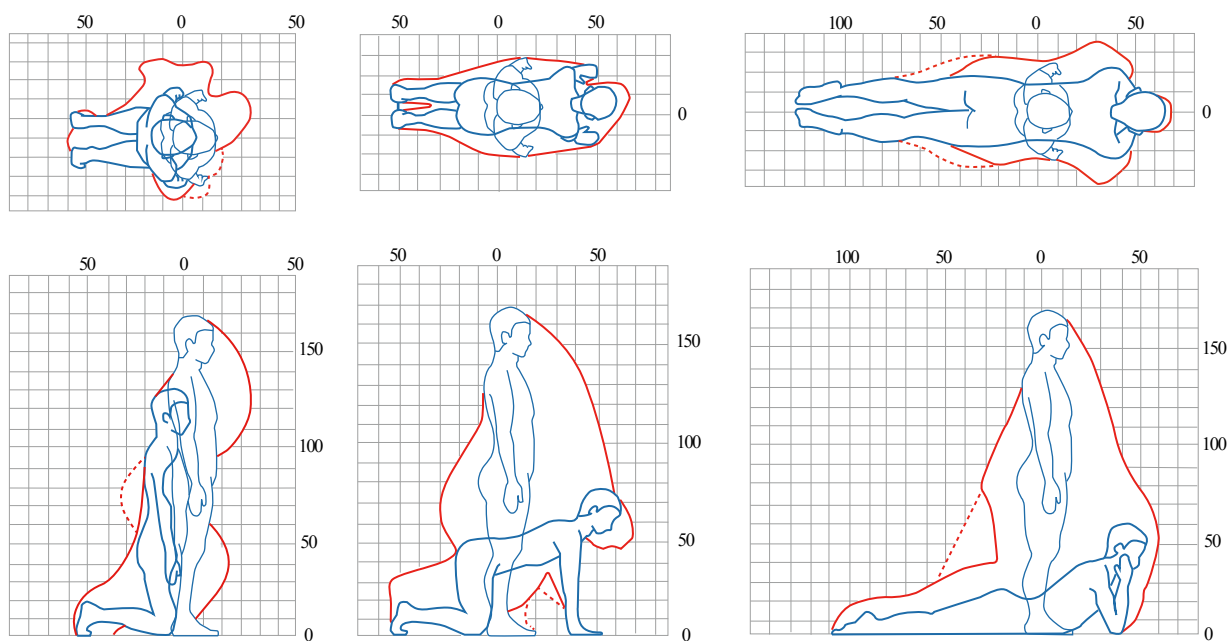


图 1-8-4 立姿转跪姿、爬姿、俯卧的空间变化（单位：厘米）

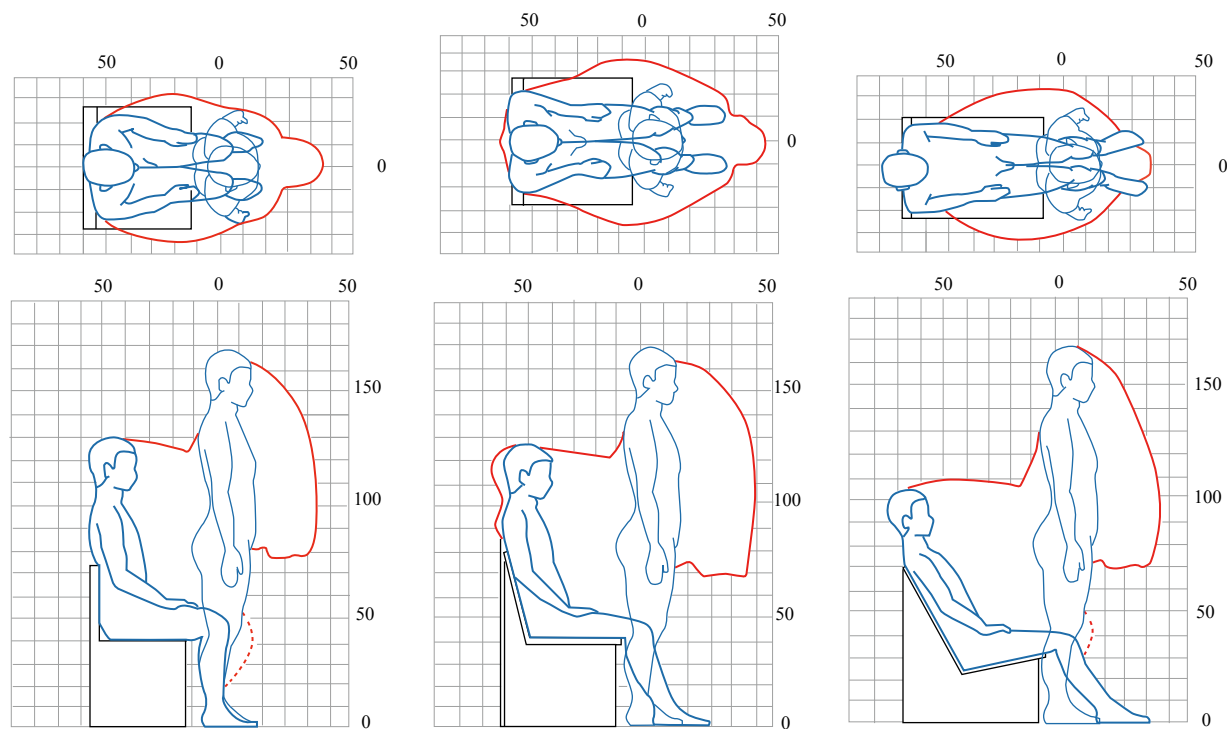


图 1-8-5 立姿转坐姿的空间变化（单位：厘米）

一、作业域与工作空间

人的动作空间可分为作业域和工作空间两种形式。其中，作业域就是肢体静态动作范围，而工作空间是指人体动态活动的空间。在实际生活中，人体总是处于一种运动状态并在空间一定范围内活动的。如图 1-8-6 所示，有一定长度的肢体围绕关节转动，可以覆盖的区域称为作业域，如果同步移动身体，可使活动范围更广，就形成了工作空间。

图 1-8-7 是从俯视角度展示的人手臂在水平面的活动范围，即上肢（手臂）的水平作业域。根据手臂活动的舒适度情况，划分有三个不同的区

域，分别是最佳活动范围、一般活动范围和最大活动范围。在进行桌面和操作台面等平面区域设计时会用到手臂的水平作业域。

图 1-8-8 分别为立姿手臂活动及手操作的适宜范围。图 1-8-8（a）中，粗实线所画的是最大握取范围，是以肩关节为中心、以臂长至肩膀到手掌心的距离为半径所确定的区域，而虚线所画的小圆基本上是以手臂自然下垂时的肘关节为圆心、以前臂长为半径所确定的区域，是最方便的握取范围。图中阴影部分是手操作的最适宜区域。

在图 1-8-8（b）中，细实线所画的大圆弧，是指尖可达到的范围，是在腿、脚与躯干挺直不动的条件下所得到的数据。虽然人通过膝、腰等关节转动就可以明显地扩大手的操作范围，而且在工作中偶尔转动关节、移动躯干还可以接受，但多次转动关节移动躯干将增大工作强度、影响工作效率，特别是高频率的转动关节、移动躯干会对体能消耗、工作效率影响更大。

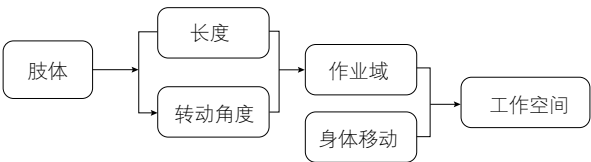


图 1-8-6 作业空间的构成

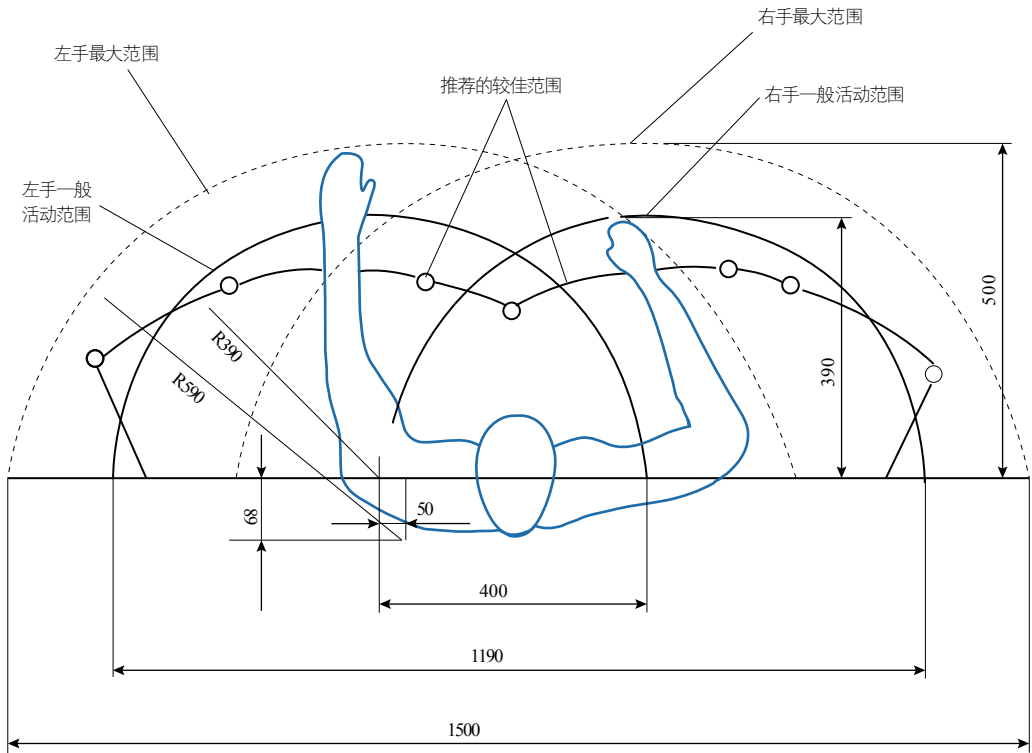


图 1-8-7 上肢（手臂）的水平作业域（单位：毫米）

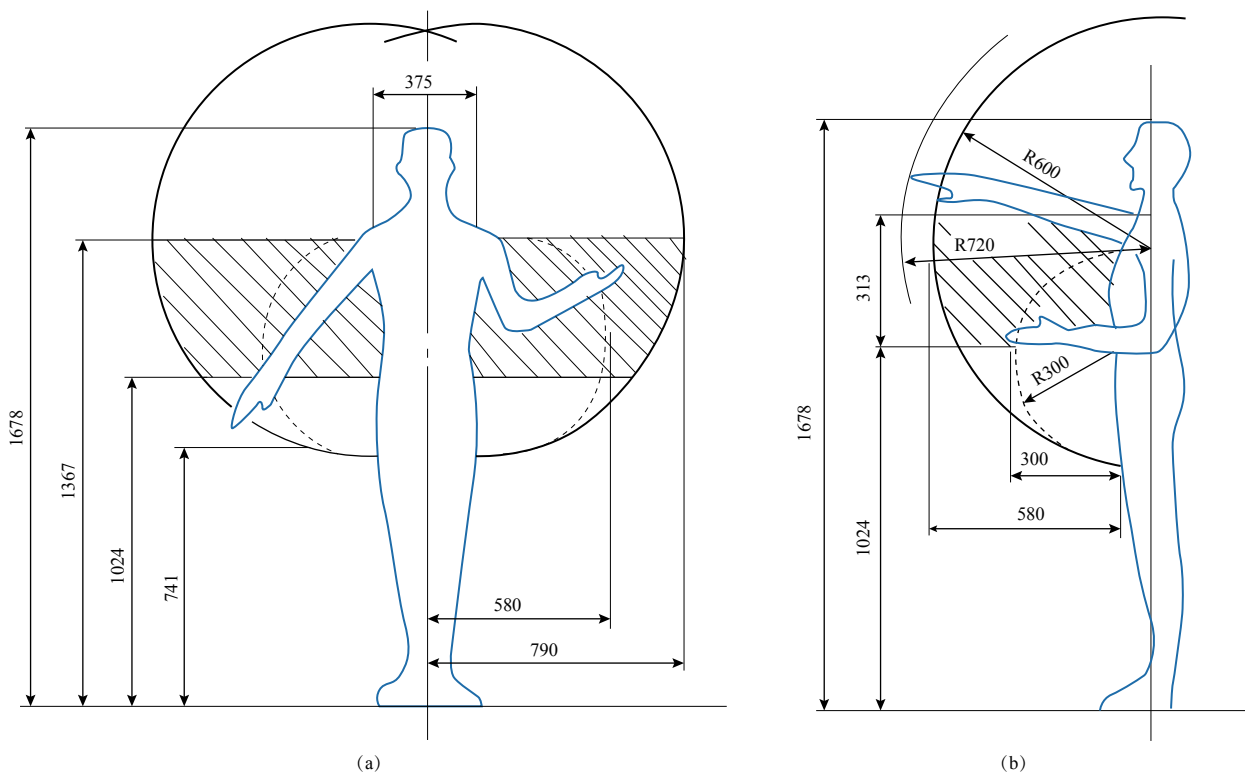


图 1-8-8 立姿手臂活动及手操作的适宜范围（单位：毫米）

二、作业中的身体姿势

在现实工作中，根据作业性质和内容不同，操作人员可能出现躺卧、坐姿、站立等不同的身体姿势。从体能消耗的角度看，躺着最舒服，站着最累。但是，躺着工作时，往往需要举起手臂操作，因为移动不便，所有动作只能由上臂完成，往往工作强度大、效率低。对于汽车底盘维修这样的场景，人们情愿站在车底下仰面操作，以获得更大的移动范围和操作的灵活性，如图 1-8-9、图 1-8-10 所示。

三、作业姿势的设计

工作面是指工作时手的活动面，它可以是工作台面，也可以是一个主要的作业区域。作业性质影响工作面的高度，而工作面的高度又是决定人工作时身体姿势的重要因素。由图 1-8-11 可以看出，

从一般作业、精密作业到重负荷作业，作业面的高度是逐渐下降的。

例如修理钟表等精密作业时，人们会将眼睛、手和工具尽量凑近工件以达到精细操作的目的。考虑到操作的舒适性，会将作业面的高度上移，尽量靠近人眼部，减少躯干过分前倾带来的不适，如图



图 1-8-9 卧姿维修汽车底盘

1-8-12所示。在进行大型或重的零件搬运、装配、维修操作时，会将操作面下移，以便搬运或操作时

能使上臂与腰部、腿部同时发力，增加操作的灵活性、准确性，减少体能消耗。



图 1-8-10 立姿维修汽车底盘



图 1-8-12 修理钟表属于精密作业

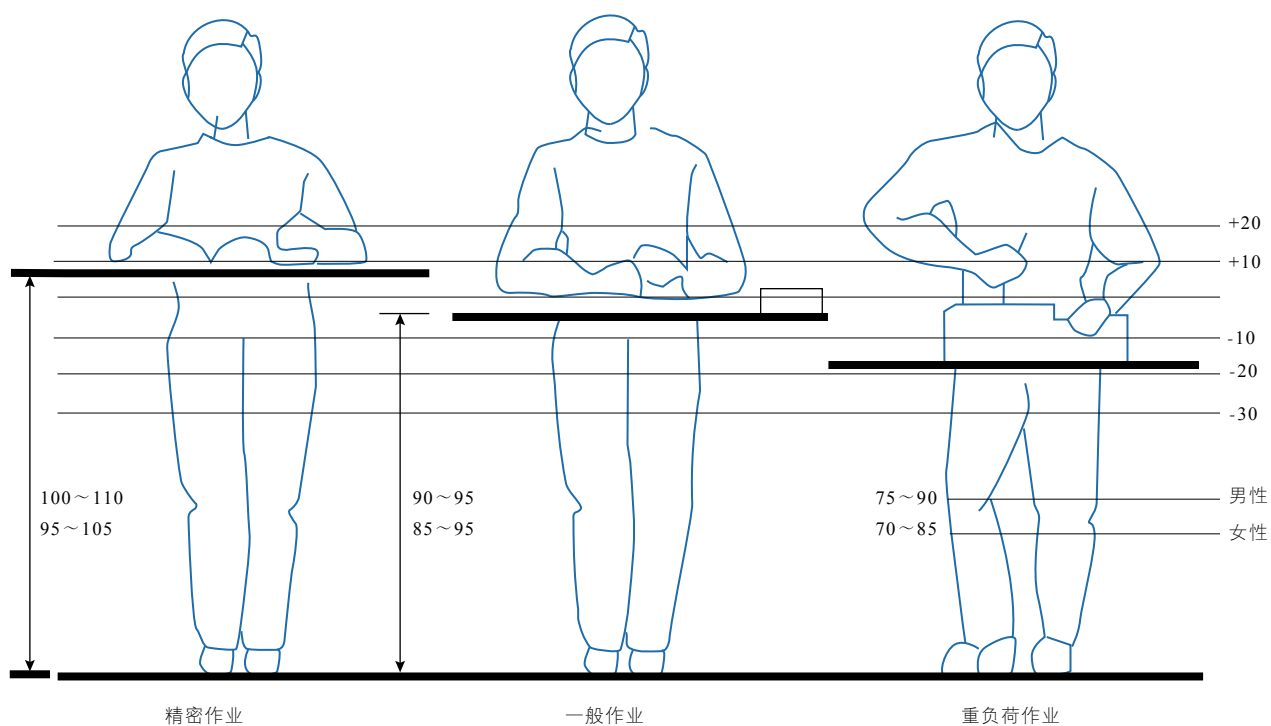


图 1-8-11 作业性质与作业面高度（单位：厘米）

第九节 百分位数案例

如何确定公共汽车顶棚扶手横杆的高度？

公共汽车顶棚的扶手横杆作为车辆的附属设施，主要满足站立的乘客稳定身体的需要。

一、场景分析

（一）从使用功能的角度看

扶手横杆应该让大多数乘客都能够得着、抓得住。只要小个子能够得着，大个子就一定没问题，从这方面分析，扶手横杆的高度应该属于ⅡB型产品的尺寸设计。

（二）从安全角度考虑

以扶手横杆不能碰着乘客的头为好。只要碰不着大个子的头，小个子就一定没问题，从这方面分析，扶手横杆高度设计又属于ⅡA型产品的设计。

二、设计计算

（一）按乘客“抓得住”的要求设计计算

该计算属于ⅡB型男女通用产品尺寸设计（小尺寸设计）问题，根据上述人体尺寸百分位数选择原则， $G_1 \leq J_{10\text{女}} + X_{X1}$ 式中， G_1 代表由“抓得住”要求确定的横杆中心的高度， $J_{10\text{女}}$ 代表女子举手功能高的第10百分位数，男女共用，应取女子小百分位数人体尺寸，不涉及安全问题，取女子第10百分位。查国标《工作空间人体尺寸》得到， $J_{10\text{女}} = 1766$ 毫米， X_{X1} 代表女子穿鞋修正量，取 $X_{X1} = 20$

毫米，带入数值得到 $G_1 \leq 1766 + 20 = 1786$ 毫米。

（二）按乘客“不碰头”的要求设计计算

该计算属于ⅡA型男女通用产品尺寸设计（大尺寸设计）问题，根据上述人体尺寸百分位数选择原则， $G_2 \geq H_{99\text{男}} + X_{X2} + r$ 式中， G_2 代表由“不碰头”要求确定的横杆中心的高度， $H_{99\text{男}}$ 代表男子身高第99百分位数，男女共用，应取男子的大百分位数人体尺寸，涉及人身安全问题，取男子第99百分位，查国标《工作空间人体尺寸》得到， $H_{99\text{男}} = 1814$ 毫米， X_{X2} 代表男子穿鞋修正量，取 $X_{X2} = 25$ 毫米， r 代表横杆的半径，取 $r = 15$ 毫米，带入数值得到 $G_2 \geq 1814 + 25 + 15 = 1854$ 毫米。

（三）计算结果

按第一个“抓得住”的要求，横杆中心要低于1786毫米；按第二个“不碰头”的要求，横杆中心要高于1854毫米。显然，两者互不相容，也就是不能同时满足两方面的要求。

三、解决方案

分析以上两种情况，现实中的解决方法是：横杆做得比1854毫米再高些，确保高个子的安全；在横杆上每隔半米左右挂一条带子，下面连着手环，手环比1786毫米再低些，让更多的小个子也抓得着。为了防止手环随着车的运行荡来荡去碰到头，吊带一般选用较硬、不易摆动的材质和结构形式。（图1-9-1）



图 1-9-1 公共汽车顶棚的扶手横杆

作业与思考

1.商场试衣间的尺寸（长、宽、高）最小值和最佳值多少比较合理？

2.按满足度要求分析火车卧铺铺位宽度设计。

3. 以任一品牌共享单车为例，了解握把和鞍座的调节方式。骑行一段距离后，分析握把、鞍座调整对骑行舒适性的影响。

[illegible]

模块2 产品设计与人机

第一节 人机关系与产品形态

第二节 手的构造与机能

第三节 设计顺手的工具

第四节 设计高效的操控

第五节 足部构造与机能

第六节 设计舒适的鞋

第七节 设计案例

模块2 产品设计与人机

学习目标

知识目标

了解人体手、足构造，理解手足肌肉、关节活动和人体运动输出的特点，能正确处理产品设计中有关尺度、材料质感、稳定性、舒适性、安全性的需求，掌握手动工具和操纵装置设计的功能尺寸要求。了解鞋类产品的结构特点，掌握鞋类产品的设计原则。

能力目标

具备常用手工工具的设计能力，能正确分析复杂工具和操纵装置的人机关系，分析判断鞋类产品的舒适性。

重点、难点指导

重点

手、足部机能，手、足部人体尺寸的应用。

难点

对产品功能尺寸、舒适性与产品形态、质感的关系的把握。

一件产品是否符合人机工程学有如下的几点参考标准：

- 一、产品与人体的尺寸、形状及用力是否配合。
- 二、产品是否顺手和好用。

三、是否防止使用时的意外伤害和错用时产生的危险。

四、各操作单元是否实用，在安置上能否使其意义不被误读。

五、产品是否便于清洗、保养及修理。

第一节 人机关系与产品形态

产品形态设计不只是简单的外观造型设计，更主要的是为实现产品物理功能和人机功能而采取的结构形式以及获得具备特定功能的产品实体形态。

产品形态设计活动要考虑从物理功能和人机原理要求到材料选择和尺寸界定，从细节构造到定位的布局规划等各个造型影响因素，最终确定产品的材

料、构造、布局，以及结构、工艺等因素，形成产品总体形象，使功能和形态和谐统一于产品中。可以看出，基于人的特征的人机关系是决定产品形态的重要因素，在很大程度上直接影响了产品形态特征。因此在产品形态设计中，应以用户需求为中心，深入研究特定目标人群的生理特征、心理和行为特征，设计出人机功能更合理的产品形态。

一、生理特征与产品形态的关系

所有产品都具有一定的人机关系，人体生理特征直接影响产品功能尺寸与形态结构。一件成熟的

产品，其形态不是主观臆造而产生，而是符合人的使用行为，并具有相对安全可靠性的。在产品使用过程中，使用频率最高的两个肢体部位分别是手和脚，因此手与脚的行为动作便决定了产品形态的设计。例如对手部动作而言，手部的运动及动作姿势有握、拉、提、压、按、推、拖、挤、捏、拨、摇、拔、扭、拍、拧、点、扣、旋转等（图2-1-1）。手部动作的研究，便成为我们产品设计至关重要的手段和方法，如手触开关按钮的设计分别有点按开关、旋钮开关、手拉开关、推行开关、摇动开关等（图2-1-2）。下面我们就以手与脚的生理特征结合人的心理特点，来讨论人机工程学在



图 2-1-1 手部动作



图 2-1-2 根据人的手部动作设计的不同形态开关

产品设计中的应用。

图2-1-3是一把安全开箱刀，它有雨伞一样的弯弯握柄，让使用者拥有更舒适的手感，同时环绕紧握刀柄的手，保护你的手以避免意外滑动造成伤害。单手握持时，手柄上的安全开关正好在拇指位置，必须要用力才能让刀刃伸出开始切割，而一松手，刀刃自动回弹收回，安全不伤手。

人体的生理特征在以下三方面为产品形态设计



图 2-1-3 安全开箱刀

提供了设计依据。

（一）人体尺度为产品的形态设计提供参照

产品形态必须以人体尺度为依据与参照，在确定产品功能尺寸的基础上进行设计。产品功能尺寸是指为确保实现产品某一功能而在设计时规定的产品尺寸。该尺寸通常是以设计界限值确定的人体尺寸为依据，选择合理的百分位数据，再加上为确保产品某项功能实现所需的修正量。图2-1-4是由挪威设计师安德烈亚斯·默里和托雷·温耶·布吕斯塔设计的高椅，适合1至6岁的孩子使用。它依据人体尺度的变化设计功能、尺寸与产品形态，能满足儿童成长过程中的需求，并且坐垫能从椅子上分开，方便家长和幼儿进行互动。

（二）人机关系分析为产品人机界面设计提供理论指导

在分析人体施力方式、动作特征与认知特点的



图 2-1-4 适合 1-6 岁孩子的高椅

基础上，设计人机操作界面，能使用户准确识别产品操作方式与流程，提升产品操控的便捷性。如图2-1-5，电饭煲触摸屏操作面板安排在产品的顶部，使用者的视线不会被遮挡，向下按的时候重心稳定，无需弯腰易操作，使用方便。

如图2-1-6，与普通键盘比较，这款人机工程学键盘依据手腕自然垂落的姿势与两手间自然形成的夹角进行按键布局，键面弧度模拟指尖弯曲形状，同时设计了柔软掌托，拱形键盘设计使手腕处

于自然放松的角度，无论采用坐姿还是站立使用，腕部均能保持自然舒适的姿势，手臂自然伸展，很好缓解了久坐办公手指、手腕等部位的疲劳，避免由于长期肩膀酸痛、手臂僵硬、手腕酸痛引发的鼠标手、电脑颈、办公肩等疾病。

（三）人体的局部特征直接影响产品的形态

在许多产品中，人体的局部特征直接决定了产



图 2-1-5 电饭煲顶置触摸屏操作面板设计



图 2-1-6 人机工程学键盘设计

品总体形态特征，特别是与人体有紧密接触的产品，如与头部接触紧密的帽子、头盔（图2-1-7），与手部密切接触的手持产品、穿戴产品与手持工

具等（图2-1-8、图2-1-9）。

如图2-1-10是以臀部局部特征为依据设计的3D打印自行车座，针对骑行中接触的臀部肌肉群设



图 2-1-7 贴合头部形态特征的自行车头盔



图 2-1-8 贴合手掌形态特征的设计



图 2-1-9 贴合手部与头部形态特征的儿童温度计

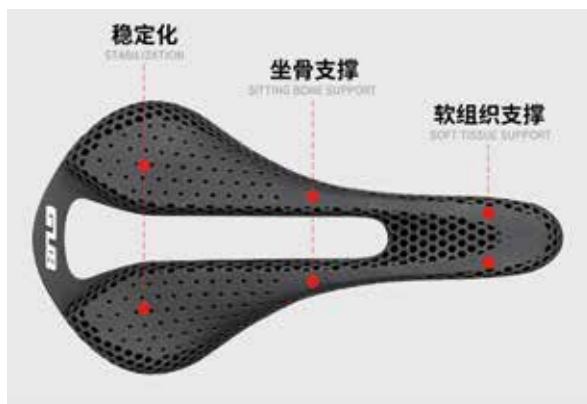
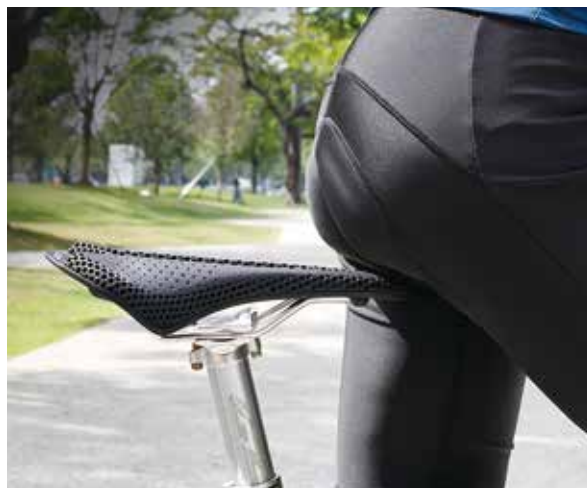


图 2-1-10 贴合人体局部特征的 3D 打印自行车坐垫