

满版字数：44 字 × 38 行（不含书眉页码）

人机工程学

主 编 吴 江 王 增 黄凌玉

赣版权登字-02-2025-481

版权所有 侵权必究

图书在版编目(CIP) 数据

人机工程学 / 吴江, 王增, 黄凌玉主编. -- 南昌 :
江西教育出版社, 2025. 11. -- ISBN 978-7-5705-5232
-0

I . TB18

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 20257495QH 号

人机工程学

RENJI GONGCHENGXUE

吴 江 王 增 黄凌玉 编

江西教育出版社出版

(南昌市学府大道 299 号 邮编: 330038)

出 品 人: 熊 炜

策 划 编辑: 周 欢

责 任 编辑: 顾志伟 柳心海

封 面 设计: 唐韵设计

各 地 新 华 书 店 经 销

北京荣玉印刷有限公司

889 毫米 × 1194 毫米 1/16 开本 14 印张 395 千字

2025 年 11 月第 1 版 2025 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5705-5232-0

定 价: 68.00 元

赣教版图书如有印装质量问题, 请联系我社调换 电话: 0791-86710430

编辑部电话: 0791-86710430 总编室电话: 0791-86705643

投稿邮箱: JXJYCBS@163.com 网址: <http://www.jxeph.com>

目录

第1章 人机工程学基础

1.1 人机工程学的概念	002
1.2 人机工程学的学科体系	007
1.3 人机工程学的研究内容和方法	009

第2章 人体测量与数据应用

2.1 人体测量的基础知识	014
2.2 人体测量数据的处理与应用	031
2.3 人体测量的挑战与未来趋势	040

第3章 人体感知与运动特征

3.1 人体感知的基础知识	044
3.2 人体感知系统	052
3.3 人体运动系统与人体力学	064

第4章 人体认知过程心理特征与行为模式

4.1 人的心理特性与感知心理特征	076
4.2 注意与记忆	079
4.3 行为学基础	082
4.4 行为分析	088
4.5 用户画像与行为建模	093

第5章 视觉传达与人机界面

5.1 视觉传达设计与人机界面基础	102
5.2 人机界面的视觉设计	108

第6章 人机交互设计

6.1 人机交互设计基础	126
6.2 信息交互设计	136

第7章 人机工程与工作系统设计

7.1 工作台椅与工具设计	156
7.2 作业岗位与作业空间设计	168
7.3 工作系统设计	189

第8章 人机工程学的应用与展望

8.1 人机工程学的技术革新	200
8.2 人机工程学的社会挑战	207

参考文献	213
------	-----

后记	215
----	-----

第2章

人体测量与数据应用

| 本章导读 |

人体测量学作为人机工程学的重要组成部分，涉及用科学的测量方法和工具，对人体各部位的尺寸、比例及动态活动范围进行量化。这些数据不仅是理解人体特征的基础，也是进行合理设计和优化产品的关键依据。本章将深入探讨人体测量学的基础知识、测量方法及其在产品设计中的应用，并且介绍传统的手工测量法、现代的三维数字化测量法及动态人体测量技术，同时重点分析如何在不同设计领域中应用测量数据来提高产品的功能性和舒适性。随着社会和技术的进步，人体测量学也面临着不断变化的挑战，本章将展望人体测量技术的未来发展趋势，特别是在智能化、个性化和数据共享方面的创新。

| 学习目标 |

知识目标

1. 了解人体测量学的基本概念与发展历程。
2. 熟悉人体测量的基本方法与工具。
3. 了解人体测量数据的处理与分析方法。
4. 熟悉人体尺寸数据在产品设计中的应用原则。

能力目标

1. 独立完成典型人体尺寸的采集，并进行数据清洗与描述性分析。
2. 基于目标用户人群特征，选取合适的百分位数并计算功能 / 心理修正量。
3. 将人体测量结果转化为产品关键尺寸，并制订可调节或系列化设计方案。

素养目标

1. 树立尊重生命个体差异、包容多样化人群的价值观。
2. 增强安全、绿色、可持续的设计意识，主动关注弱势群体与特殊群体的需求。
3. 养成严谨求实的作风，践行国家标准与行业规范。

2.1 人体测量的基础知识

人体测量是通过科学的方法对人体各部位的尺寸、比例和动态活动范围进行测量和记录的过程。其中包括对身高、臂长、腿长、握力、动作幅度等多种人体特征数据的采集。人体测量是人体测量学的基础数据来源。

人体测量学 (anthropometry) 是研究人体形态、结构和功能尺寸的学科，主要对人体各部位的尺寸、比例及动态活动范围进行测量和分析。现代人体测量学的目标不仅是获取人体数据，还在于分析和应用这些数据，为各种应用场景提供支持，从而使设计与交互体验更高效、更安全、更人性化。

2.1.1 人体测量的发展

人体测量的发展可以追溯到古代文明时期的古埃及和古希腊。大约在公元前 3000 年，古埃及人就已经开始进行一些人体测量，如他们会使用人体比例来设计神庙雕像。公元前 1 世纪，罗马建筑师马克·维特鲁威·波利奥 (Marcus Vitruvius Pollio) 在他的作品《建筑十书》(*The Ten Books on Architecture*) 中，提出了“人的比例”理论，强调建筑设计应符合人的身体比例。到了 15—16 世纪，文艺复兴推动了人们对人体的研究。文艺复兴的伟大先驱达·芬奇 (Leonardo da Vinci) (图 2-1)，根据维特鲁威的描述，绘制出著名的人体比例图《维特鲁威人》(图 2-2)，展现了人体的理想比例，人们对人体测量的理解逐渐深入。1870 年，比利时著名数学家和统计学家奎特莱特 (Quetelet)，出版了最早的人体测量专著《人体测量学》。19 世纪末到 20 世纪初，各国开始制定人体测量的标准，这些标准为产品设计和人机工程提供了统一的参考框架。并且，许多国家开始进行人口体质调查，收集有关人体特征的数据。第二次世界大战时期，人体测量在军事中得到广泛应用，人体测量数据用于设计符合士兵体型的武器、装备和座椅，提高了士兵操作的舒适性和效率。这一时期的数据为战后各国的人机工程发展奠定了基础。



图 2-1 达·芬奇

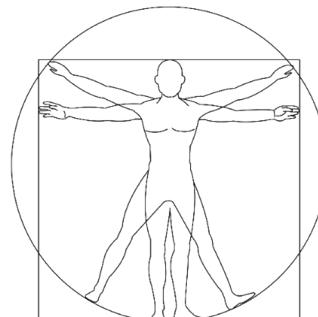


图 2-2 人体比例图《维特鲁威人》(简图)

中国人体测量学的发展历史具有独特的文化背景和发展路径。早在《周礼·考工记》中就出现了对工匠和工艺的技术规范的讨论。例如，在设计工具的尺寸和形状时，工匠需要考虑人的手掌大小和握持方式；在建筑和器物的设计中，强调要符合人体的使用习惯，确保人们在使用时的舒适性和实用性。这些设计思想正是对人体测量的实际应用。到 20 世纪初期，中国人体测量学开始逐步科学化。

一些人类学家和医学专家借鉴西方人体测量方法，进行了体质学、人口学方面的研究，主要集中在大学等学术机构中。中华人民共和国成立后，人体测量学得到了更多关注。1960年，国家组织了人体测量的基础数据调查，主要用于人口统计、军事体能评估和医学研究。改革开放后，人体测量学在工业设计和人机工程方面的应用逐渐增加。中国国家标准化管理委员会（SAC）发布了多项人体测量相关的国家标准。此时，国内部分高校也开始设立人机工程学和人体测量课程，进一步推动了这一学科的发展。

随着时代发展，世界各国分别建立人体尺寸国家标准或数据资料库，以满足不同领域对精准人体尺寸信息的迫切需求。1988年，我国颁布了《中国成年人人体尺寸》（GB/T 10000—1988）。2024年3月1日，该标准被正式废止，新版标准《中国成年人人体尺寸》（GB/T 10000—2023）开始实施。

2.1.2 人体测量的基本方法与工具

1. 人体测量的基本方法

人体测量的基本方法有传统的手工作人体测量方法和现代数字测量方法两类，从事设计的人员一般可以直接应用人体尺寸的标准数据资料。为保证人体尺寸数据的科学性，中国国家标准化管理委员会制定了相关标准。

人体测量方法主要有三种：普通测量法、摄像法、三维数字化人体测量法。

1) 普通测量法

普通测量法是最常用的方法，主要通过使用各种测量工具（直尺、卡尺、测高仪等）来测量人体的构造尺寸。例如，使用人体测高仪测量身高，使用圆角直脚规测量肩宽等。此种方法耗时耗力，测量所得的数据容易出现偏差，因此在测量中通常会使用专用的人体测量仪器来保证测量数据的相对准确性。

2) 摄像法

在人体功能尺寸测量中，由于人体活动和姿势的变化，用一般的测量方法很难获得准确数据，而摄像法可以解决这个问题。摄像法的具体操作是采用有背景光源的投影板，人在投影板的前面进行相应的活动，让摄像机能够获得清晰的人体轮廓。板上刻有 $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ 的方格，每一个方格又分为若干 $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ 的小方格，以便人体动态尺寸能够有确切的参考标准。在拍摄时，一般将摄像机放置在离投影板距离为其高度10倍的地方，以避免镜头夹角导致人体变形。

3) 三维数字化人体测量法

三维数字化人体测量法是一种先进的技术，通过三维扫描和建模技术对人体进行精确的尺寸测量和分析。这种方法利用光学测量、激光扫描、深度感知等技术，能够在非接触的情况下快速获取人体表面的三维数据（图2-3），从而生成精确的三维模型。在进行测量时，首先使用光学扫描仪或激光扫描仪对人体进行多角度扫描，获取人体表面的点云数据；其次通过计算机软件对这些数据进行处理和拼接，生成完整的三维模型；最后通过特征点识别和关键尺寸计算，提取出人体的主要尺寸参数。但非接触式人体尺寸测量及其数据



图2-3 三维人体尺寸非接触式测量

应用目前还存在两个关键问题：第一，虽然三维扫描技术可以提供丰富的形状信息，但在实际应用中，不同系统之间的测量数据可能存在差异；第二，三维人体测量技术主要关注静态的身体尺寸和形状，对于动态的人体运动捕捉和人体细节（如皮肤的皱褶、肌肉的伸缩），其分析能力有限，这对于需要考虑人体动态特性的应用来说是一个限制。

为推动非接触式人体尺寸测量方法的发展，我国已更新了《三维扫描人体测量方法的一般要求》（GB/T 23698—2023）。

2. 人体测量的常用仪器

《人体测量仪器》（GB/T 5704—2008）规定了直接测量法常用人体测量仪器的结构、测量范围、技术要求、检定规程以及包装与标志。该标准适用于人体测高仪、直脚规、弯脚规、三脚平行规的设计和研制。

1) 人体测高仪

人体测高仪（图 2-4）由直尺、固定尺座、管型尺框、活动尺座、弯尺、主尺杆和底座组成。主尺杆由相互连接的四节金属管（每节长 500 mm）及固定装配在第一节金属管顶端的固定尺座组成。各金属管末端可加注适当标记，以便连接。固定尺座为被固定安装在第一节金属管顶端的尺座，第一节金属管与固定尺座装配固定后的总长度为 510 mm，固定尺座内可插入直尺或弯尺。活动尺座为可以沿主尺杆做上、下活动的尺座，可插入直尺或弯尺。活动尺座上有一个管型尺框，管型尺框上有一个长方形小窗，小窗上缘与插在活动尺座中的直尺或弯尺的下缘处于同一水平面，小窗上缘是用直尺测量的读数（测量值）位置。为了便于读数，在靠近固定尺座一端的小窗上缘可漆成红色。直尺共两支，若将一支直尺插入活动尺座内，则可用于测量人体的各种尺寸；若将两支直尺分别插入固定尺座及活动尺座内，与第一、二节金属管配合使用时，即构成圆杆直脚规，可用于测量人体的各种宽度。弯尺共两支，若将两支弯尺分别插入固定尺座和活动尺座内，与第一、二节金属管配合使用时，即组成圆杆弯脚规，可用于测量人体的各种宽度和厚度。底座的作用是使主尺杆与地面保持垂直。

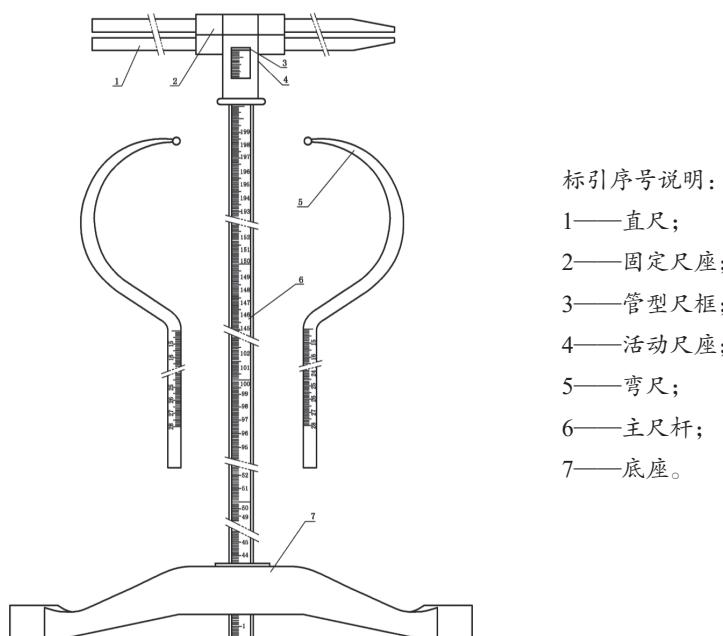


图 2-4 人体测高仪

2) 直脚规

直脚规(图2-5)由固定直脚、活动直脚、尺框和主尺组成。直脚规根据有、无游标读数分为两种型式: I型无游标读数; II型有游标读数。I型直脚规又根据测量范围不同,分为IA型及IB型两种。表2-1为直脚规主要参数。

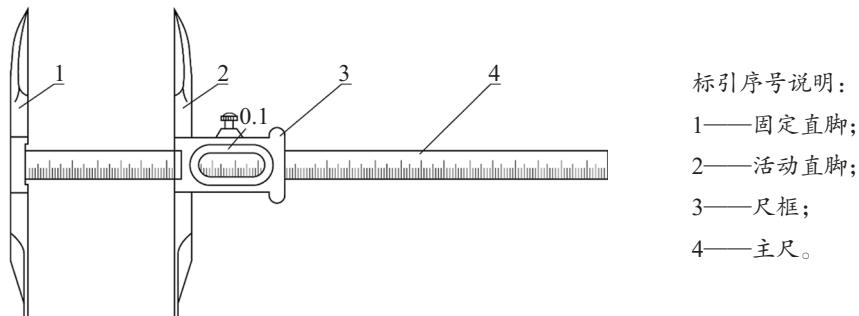


图 2-5 直脚规

表 2-1 直脚规主要参数

单位: mm

型式	测量范围	分度值	分辨力
IA	0 ~ 200	1	0.1
IB	0 ~ 250	1	0.1
II	0 ~ 200	0.1	0.1

注: 分辨力适用于带数字显示的直脚规。

3) 弯脚规

弯脚规(图2-6)的测量范围均为0 ~ 300 mm, 分度值为1 mm。

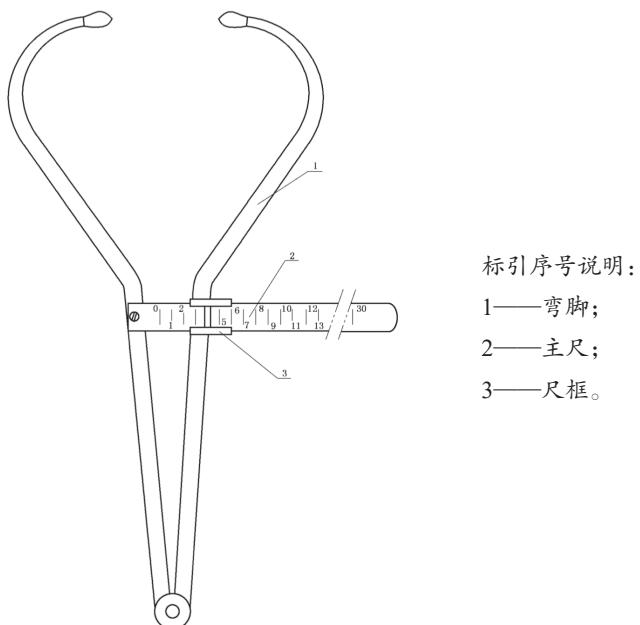
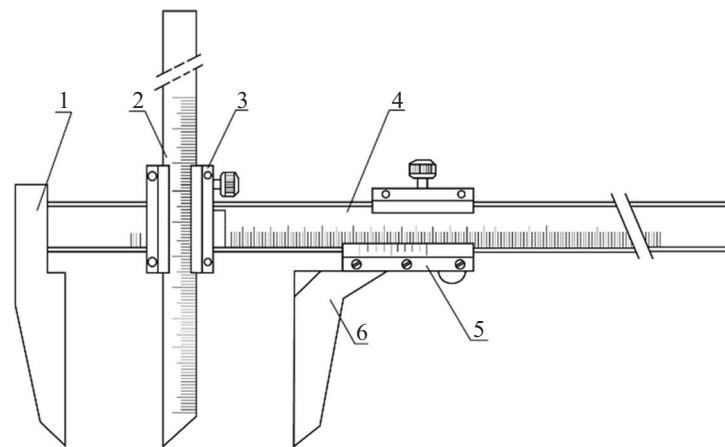


图 2-6 弯脚规

4) 三脚平行规

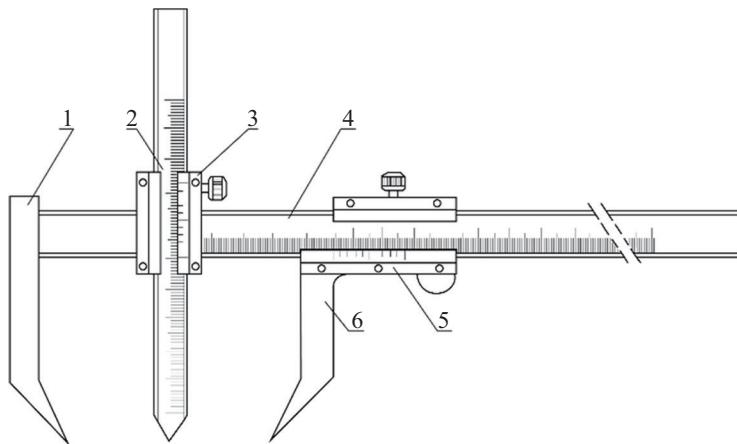
三脚平行规的型式按量脚形状的不同分为Ⅰ型(直角型)三脚平行规(图2-7)和Ⅱ型(弯脚型)三脚平行规(图2-8)两种,其测量范围和游标分度值应符合表2-2的规定。



标引序号说明:

- 1—固定量脚;
2—竖尺;
3—活动尺框;
4—主尺;
5—尺框;
6—活动量脚。

图2-7 Ⅰ型三脚平行规



标引序号说明:

- 1—固定量脚;
2—竖尺;
3—活动尺框;
4—主尺;
5—尺框;
6—活动量脚。

图2-8 Ⅱ型三脚平行规

表2-2 三脚平行规主要参数

单位: mm

型式	主尺		竖尺	
	测量范围	分度值	测量范围	分度值
I	0~220	0.1	-50~50	0.1
II	0~220	0.1	-50~50	0.1

人体测量仪表面不应有缺损或锈蚀,刻线应清晰、均匀。尺框在主尺杆上移动时应平稳、灵活,移动到任意位置时,尺框与主尺不应有晃动现象。直尺或弯尺在尺座内移动时也应平稳、灵活,移动到任意位置时不应有晃动现象。

2.1.3 人体测量的基本术语

最新发布的《用于技术设计的人体测量基础项目》(GB/T 5703—2023)等国家标准,对于人体尺寸测量的被试者姿势、测量基准面和基准轴、测量方向、支撑面和衣着等测量条件都做了规定。

1. 被试者姿势

1) 立姿

被测者身体挺直站立,头部以法兰克福平面(由外耳道最上方点与眼眶下缘点连线定义的解剖学基准平面)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

被测者躯干挺直,头部以法兰克福平面定位,眼睛平视前方,膝弯曲大致呈直角,足平放在地面上。

2. 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,它们的定位由三个互相垂直的基准轴决定。

1) 测量基准轴

- (1) 铅垂轴。通过各关节中心并垂直于水平面的一切轴线称为铅垂轴或垂直轴。
- (2) 矢状轴。通过各关节中心并垂直于冠状面的一切轴线称为矢状轴或纵轴。
- (3) 冠状轴。通过各关节中心并垂直于矢状面的一切轴线称为冠状轴或横轴。

人体测量基准面和基准轴如图2-9所示。

2) 测量基准面

- (1) 矢状面。通过铅垂轴和矢状轴的平面及其平行的所有平面都称矢状面。其中,通过人体正中线的矢状面称为正中矢状面,正中矢状面将人体分成左右对称的两部分。
- (2) 冠状面。通过铅垂轴和冠状轴的平面及其平行的所有平面都称冠状面。冠状面将人体分成前、后两部分。
- (3) 水平面。与矢状面及冠状面同时垂直的所有平面都称为水平面。水平面将人体分为上、下两部分。
- (4) 眼耳平面。通过左右耳屏点及右眼眶下点的水平面称为眼耳平面或者法兰克福平面。

3. 测量方向

- (1) 上下方向。在人体的上下方向上,上方称为头侧端,下方称为足侧端。
- (2) 左右方向。在人体的左右方向上,靠近正中矢状面的方向称为内侧,远离正中矢状面的方向称为外侧。
- (3) 四肢方向。在四肢上,靠近四肢附着部位的方向称为近位,远离四肢附着部位的方向称为远位。

(4) 上肢方向。在上肢上, 桡骨侧称为桡侧, 尺骨侧称为尺侧。

(5) 下肢方向。在下肢上, 胫骨侧称为胫侧, 胫骨侧称为腓侧。

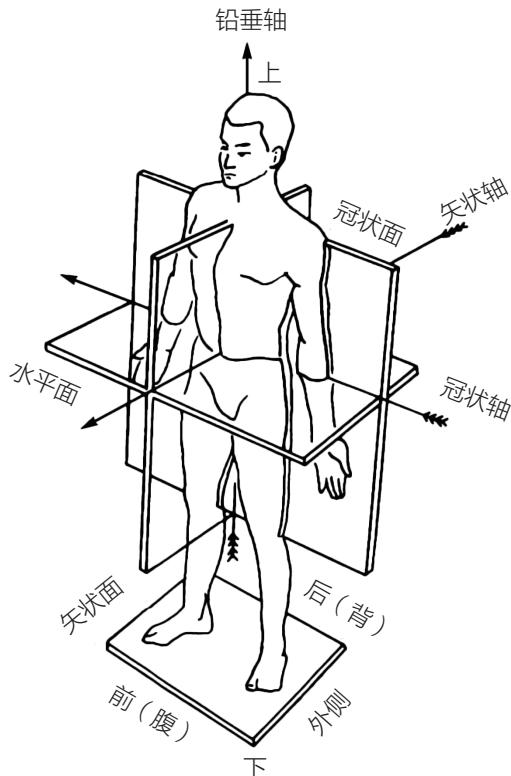


图 2-9 人体测量基准轴和基准面

4. 支撑面和衣着要求

立姿测量时的支撑面包括站立的地面或平台; 坐姿测量时的支撑面是椅子的平面。这些支撑面应是水平、稳固且不可压缩的。被测者在测量时衣着方面的要求包括, 被测者穿着尽量少的内衣测量。测量胸围时, 男性需要撩起贴身上衣, 女性则需松开内衣后进行测量。

2.1.4 人体尺寸

随着社会的发展和人们的生活变化, 许多人体测量数据需要进行更新与完善, 《中国成年人人体尺寸》(GB/T 10000—2023)结合了现代社会发展和人群变化等因素进行更新和完善, 适用范围更广, 数据也更具代表性和准确性。它为工业生产(特别是军事工业)、建筑设计以及技术改造、设备更新及劳动安全保护等领域, 提供了更科学的人体尺寸依据。本书中的人体测量数据在工业设计中的应用是在最新国家标准基础上进行研究的, 以保证设计内容的时效性与准确性。《中国成年人人体尺寸》(GB/T 10000—2023)代替了《中国成年人人体尺寸》(GB/T 10000—1988)和《工作空间人体尺寸》(GB/T 13547—1992)。与《中国成年人人体尺寸》(GB/T 10000—1988)相比, 新国标(GB/T 10000—2023)除结构调整和编辑性改动外, 主要技术变化在于更改了所有人体尺寸, 增加了上臂围、大腿围、瞳孔间距、掌围、足围共5项人体尺寸测量项目, 更改了年龄分组, 增加了人体功能尺寸。

1. 我国成年人人体结构尺寸

新国标对1988版国标中的7组测量项目进行了优化整合,列出了5组静态人体测量项目,共计52项人体尺寸数据,其中5组静态测量项目包括立姿测量项目、坐姿测量项目、头部测量项目、手部测量项目和足部测量项目。

(1) 立姿人体尺寸。立姿人体尺寸的测量项目有身高、眼高、肩高、肘高等22项。部分立姿人体测量项目示意图如图2-10所示,我国成年人立姿人体尺寸数据如表2-3、表2-4所示。

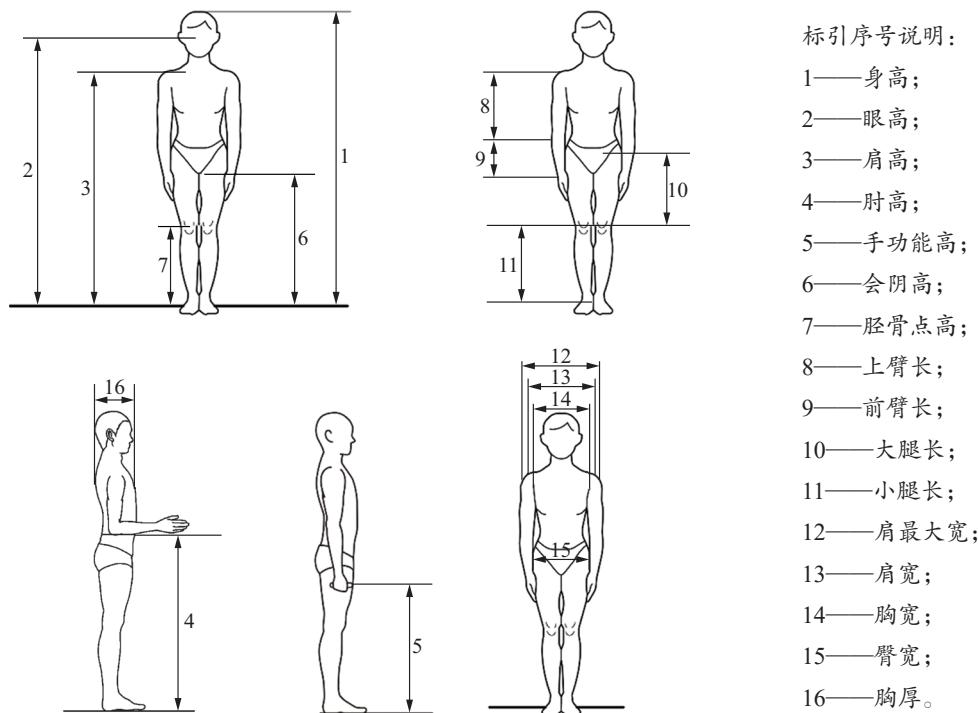


图2-10 部分立姿人体测量项目示意图

表2-3 18岁~70岁成年女性立姿人体尺寸

测量项目		百分位数						
		P1	P5	P10	P50	P90	P95	P99
1	体重/kg	41	45	47	57	70	75	84
立姿测量项目/mm								
2	身高	1 440	1 479	1 500	1 572	1 650	1 673	1 725
3	眼高	1 328	1 366	1 384	1 455	1 531	1 554	1 601
4	肩高	1 161	1 195	1 212	1 276	1 345	1 366	1 411
5	肘高	867	895	910	963	1 019	1 035	1 070
6	手功能高	617	644	658	705	753	767	797
7	会阴高	618	641	653	699	749	765	798
8	胫骨点高	358	373	381	409	440	449	468
9	上臂长	256	267	271	292	311	318	332

续表

测量项目		百分位数						
		P1	P5	P10	P50	P90	P95	P99
10	前臂长	188	195	202	219	238	245	256
11	大腿长	375	395	406	441	476	487	508
12	小腿长	297	311	318	345	375	384	401
13	肩最大宽	366	377	384	409	440	450	470
14	肩宽	308	323	330	354	377	383	395
15	胸宽	233	247	255	283	312	319	335
16	臀宽	281	293	299	323	349	358	375
17	胸厚	168	180	186	212	240	248	265
18	上臂围	216	235	246	290	332	344	372
19	胸围	746	783	804	895	1 009	1 042	1 109
20	腰围	599	639	663	781	923	964	1 047
21	臀围	802	837	854	921	1 009	1 040	1 111
22	大腿围	443	470	485	536	595	617	661

表 2-4 18 岁~70 岁成年男性立姿人体尺寸

测量项目		百分位数						
		P1	P5	P10	P50	P90	P95	P99
1	体重 /kg	47	52	55	68	83	88	100
立姿测量项目 /mm								
2	身高	1 528	1 578	1 604	1 687	1 773	1 800	1 860
3	眼高	1 416	1 464	1 486	1 566	1 651	1 677	1 730
4	肩高	1 237	1 279	1 300	1 373	1 451	1 474	1 525
5	肘高	921	957	974	1 037	1 102	1 121	1 161
6	手功能高	649	681	696	750	806	823	854
7	会阴高	628	655	671	729	790	807	849
8	胫骨点高	389	405	415	445	477	488	509
9	上臂长	277	289	296	318	339	347	358
10	前臂长	199	209	216	235	256	263	274
11	大腿长	403	424	434	469	506	517	537
12	小腿长	320	336	345	374	405	415	434
13	肩最大宽	398	414	421	449	481	490	510

续表

测量项目	百分位数						
	P1	P5	P10	P50	P90	P95	P99
14 肩宽	339	354	361	386	411	419	435
15 胸宽	236	254	265	299	330	339	356
16 臀宽	291	303	309	334	359	367	382
17 胸厚	172	184	191	218	246	254	270
18 上臂围	227	246	257	295	332	343	369
19 胸围	770	809	832	927	1 032	1 064	1 123
20 腰围	642	687	713	849	986	1 023	1 096
21 臀围	810	845	864	938	1 018	1 042	1 098
22 大腿围	430	461	477	537	600	620	663

(2) 坐姿人体尺寸。坐姿人体尺寸的测量项目包括坐高、坐姿颈椎点高等 13 项。坐姿人体测量项目示意图如图 2-11 所示，我国成年人坐姿人体尺寸数据如表 2-5、表 2-6 所示。

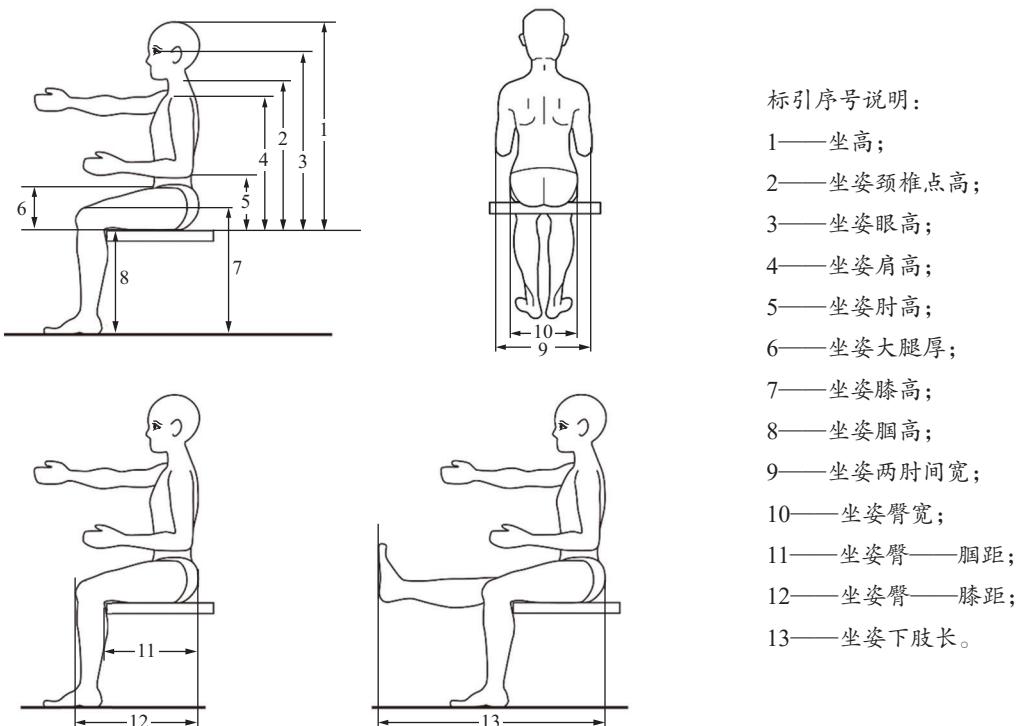


图 2-11 坐姿人体测量项目示意图

表 2-5 18岁~70岁成年女性坐姿人体尺寸

单位: mm

测量项目	百分位数						
	P1	P5	P10	P50	P90	P95	P99
1 坐高	780	805	820	863	906	921	943
2 坐姿颈椎点高	563	581	592	628	664	675	697
3 坐姿眼高	665	690	704	745	787	798	823
4 坐姿肩高	500	521	531	570	607	617	636
5 坐姿肘高	188	209	220	253	289	296	314
6 坐姿大腿厚	108	119	123	137	155	163	173
7 坐姿膝高	418	433	440	469	501	511	531
8 坐姿腘高	341	351	356	380	408	418	439
9 坐姿两时间宽	317	338	352	410	474	491	529
10 坐姿臀宽	293	308	317	348	382	393	414
11 坐姿臀-腘距	396	416	426	459	492	503	524
12 坐姿臀-膝距	489	506	514	544	577	588	607
13 坐姿下肢长	792	833	849	904	960	977	1015

表 2-6 18岁~70岁成年男性坐姿人体尺寸

单位: mm

测量项目	百分位数						
	P1	P5	P10	P50	P90	P95	P99
1 坐高	827	856	870	921	968	979	1 007
2 坐姿颈椎点高	599	622	635	675	715	726	747
3 坐姿眼高	711	740	755	798	845	856	881
4 坐姿肩高	534	560	571	611	653	664	686
5 坐姿肘高	199	220	231	267	303	314	336
6 坐姿大腿厚	112	123	130	148	170	177	188
7 坐姿膝高	443	462	472	504	537	547	567
8 坐姿腘高	361	378	386	413	442	450	469
9 坐姿两时间宽	352	376	390	445	505	524	566
10 坐姿臀宽	292	308	316	346	379	388	410
11 坐姿臀-腘距	407	427	438	472	507	518	538
12 坐姿臀-膝距	509	526	535	567	601	613	635
13 坐姿下肢长	830	873	892	956	1 025	1 045	1 086

(3) 头部人体尺寸。头部人体尺寸的测量项目包括头宽、头长、形态面长等8项。头部人体测量项目示意图如图2-12所示,我国成年人头部人体尺寸数据如表2-7、表2-8所示。

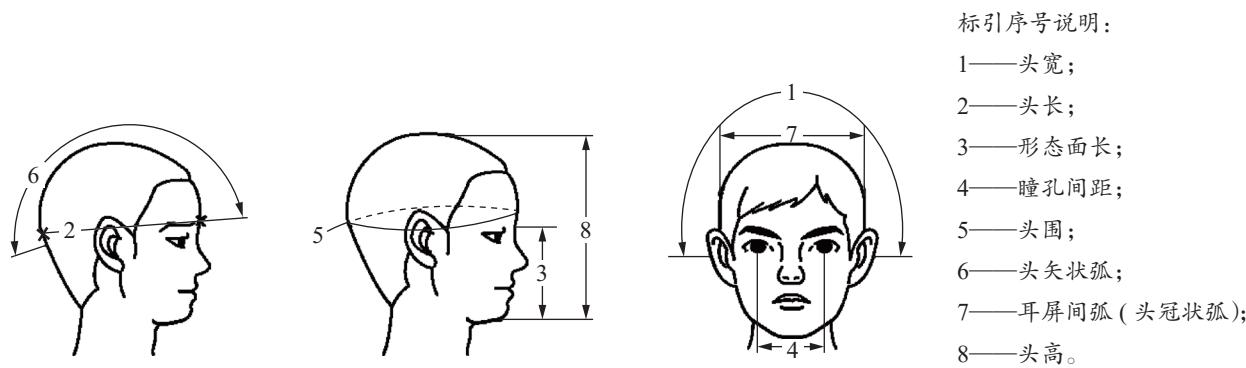


图2-12 头部人体测量项目示意图

表2-7 18岁~70岁成年女性头部人体尺寸

单位: mm

测量项目		百分位数						
		P1	P5	P10	P50	P90	P95	P99
1	头宽	137	141	143	151	159	162	168
2	头长	162	167	170	178	187	189	194
3	形态面长	96	100	102	110	119	122	130
4	瞳孔间距	50	52	54	58	64	66	71
5	头围	517	528	533	552	571	577	591
6	头矢状弧	280	303	311	335	360	367	381
7	耳屏间弧(头冠状弧)	313	324	330	349	369	375	385
8	头高	199	206	213	227	242	246	253

表2-8 18岁~70岁成年男性头部人体尺寸

单位: mm

测量项目		百分位数						
		P1	P5	P10	P50	P90	P95	P99
1	头宽	142	147	149	158	167	170	175
2	头长	170	175	178	187	197	200	205
3	形态面长	104	108	111	119	129	133	144
4	瞳孔间距	52	55	56	61	66	68	71
5	头围	531	543	550	570	592	600	617
6	头矢状弧	305	320	325	350	372	380	395
7	耳屏间弧(头冠状弧)	321	334	340	360	380	386	397
8	头高	202	210	217	231	249	253	260

(4) 手部人体尺寸。手部人体尺寸的测量项目包括手长、手宽、食指长等6项。手部人体测量项目示意图如图2-13所示,我国成年人手部人体尺寸数据如表2-9、表2-10所示。

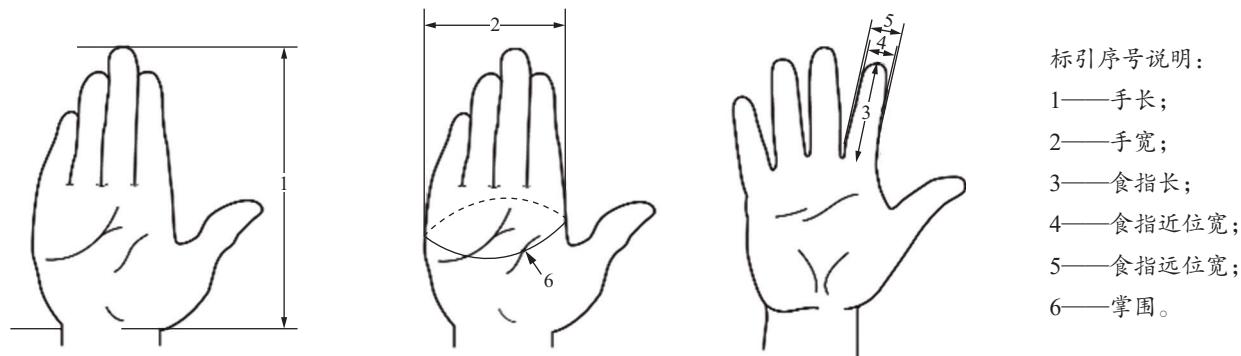


图2-13 手部人体测量项目示意图

表2-9 18岁~70岁成年女性手部人体尺寸

单位: mm

测量项目	百分位数						
	P1	P5	P10	P50	P90	P95	P99
1 手长	153	158	160	170	179	182	188
2 手宽	70	73	74	80	85	87	90
3 食指长	59	62	63	68	73	74	77
4 食指近位宽	16	17	17	19	20	21	21
5 食指远位宽	14	15	15	17	18	18	19
6 掌围	163	169	172	185	197	201	211

表2-10 18岁~70岁成年男性手部人体尺寸

单位: mm

测量项目	百分位数						
	P1	P5	P10	P50	P90	P95	P99
1 手长	165	171	174	184	195	198	204
2 手宽	78	81	82	88	94	96	100
3 食指长	62	65	67	72	77	79	82
4 食指近位宽	18	18	19	20	22	23	23
5 食指远位宽	15	16	17	18	20	20	21
6 掌围	182	190	193	206	220	225	234

(5) 足部人体尺寸。足部人体尺寸的测量项目包括足长、足宽、足围共3项。足部人体测量项目示意图如图2-14所示,我国成年人足部尺寸数据如表2-11、表2-12所示。

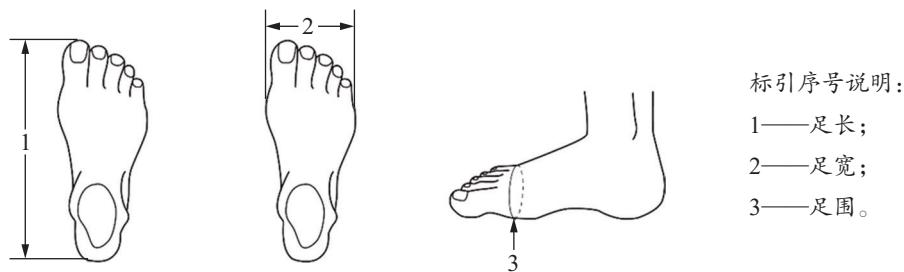


图 2-14 足部人体测量项目示意图

表 2-11 18岁~70岁成年女性足部人体尺寸

单位: mm

测量项目		百分位数						
		P1	P5	P10	P50	P90	P95	P99
1	足长	208	215	218	230	243	247	256
2	足宽	77	82	83	90	96	98	102
3	足围	200	207	211	225	240	245	254

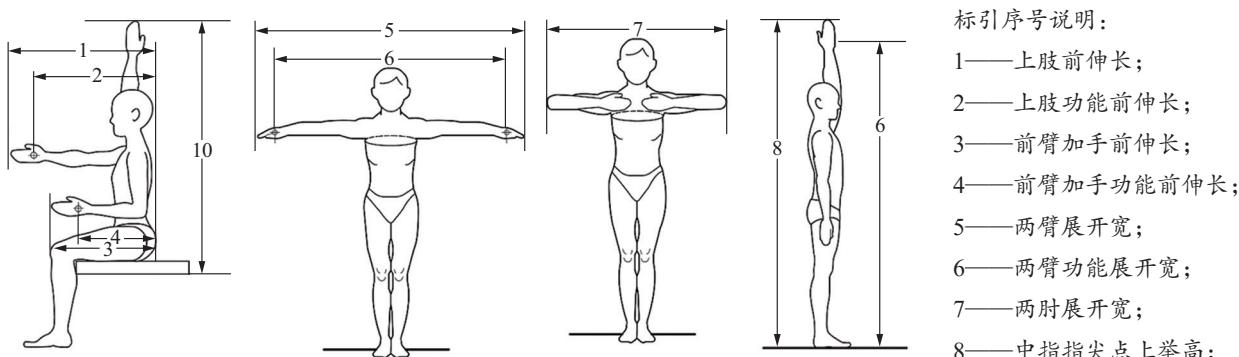
表 2-12 18岁~70岁成年男性足部人体尺寸

单位: mm

测量项目		百分位数						
		P1	P5	P10	P50	P90	P95	P99
1	足长	224	232	236	250	264	269	278
2	足宽	85	89	91	98	104	106	110
3	足围	218	226	231	247	263	268	278

2. 我国成年人人体功能尺寸

在新国标中新增加了用于工作空间设计的人体功能尺寸，并详细给出不同年龄段成年男性和成年女性人体功能尺寸的百分位数。在不同的工作空间中常见的作业姿势有站姿、坐姿、跪姿、卧姿等。工作空间设计用人体功能尺寸示意图如图 2-15 所示，我国成年人工作空间设计用功能尺寸百分位数如表 2-13、表 2-14 所示。



标引序号说明：
 1—上肢前伸长；
 2—上肢功能前伸长；
 3—前臂加手前伸长；
 4—前臂加手功能前伸长；
 5—两臂展开宽；
 6—两臂功能展开宽；
 7—两肘展开宽；
 8—中指指尖点上举高；

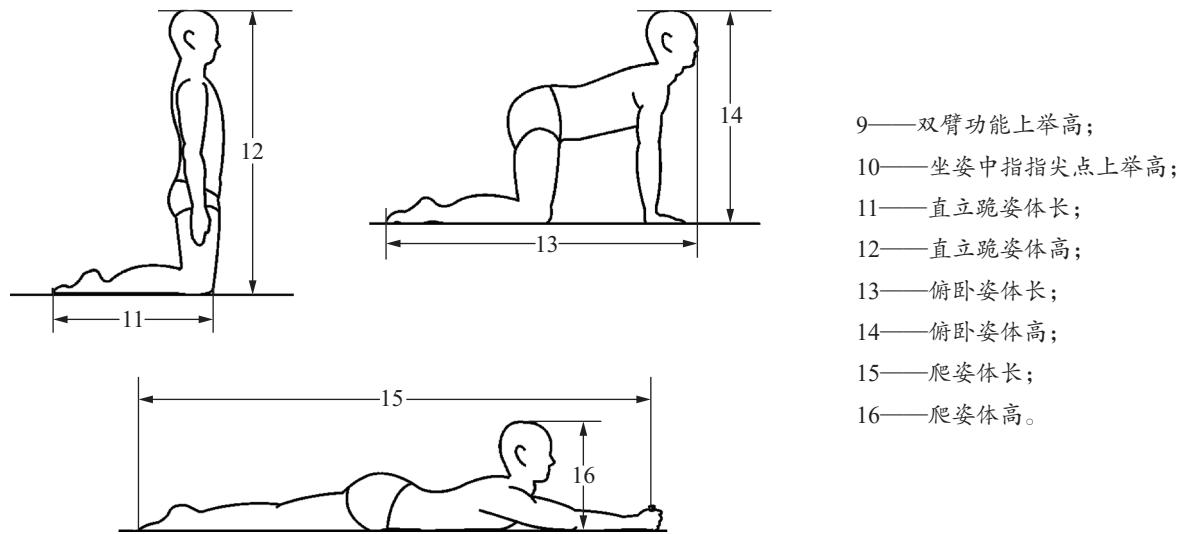


图 2-15 工作空间设计用人体功能尺寸示意图

表 2-13 18岁~70岁成年女性工作空间设计用功能尺寸百分位数

单位: mm

测量项目	百分位数						
	P1	P5	P10	P50	P90	P95	P99
1 上肢前伸长	640	693	709	755	805	820	856
2 上肢功能前伸长	535	595	609	653	700	715	751
3 前臂加手前伸长	372	386	393	416	441	448	461
4 前臂加手功能前伸长	269	284	291	313	338	346	365
5 两臂展开宽	1 435	1 472	1 491	1 560	1 633	1 655	1 704
6 两臂功能展开宽	1 231	1 267	1 287	1 354	1 428	1 452	1 509
7 两肘展开宽	753	770	780	813	848	859	882
8 中指指尖点上举高	1 740	1 808	1 836	1 939	2 046	2 081	2 152
9 双臂功能上举高	1 643	1 709	1 737	1 836	1 942	1 974	2 047
10 坐姿中指指尖上举高	1 081	1 137	1 159	1 234	1 307	1 329	1 372
11 直立跪姿体长	610	621	627	647	668	674	689
12 直立跪姿体高	1 103	1 131	1 146	1 198	1 254	1 271	1 308
13 俯卧姿体长	1 826	1 872	1 897	1 982	2 074	2 101	2 162
14 俯卧姿体高	343	351	353	362	375	379	388
15 爬姿体长	1 097	1 117	1 127	1 164	1 203	1 215	1 241
16 爬姿体高	707	720	728	753	781	789	808

表 2-14 18岁~70岁成年男性工作空间设计用功能尺寸百分位数

单位: mm

测量项目		百分位数						
		P1	P5	P10	P50	P90	P95	P99
1	上肢前伸长	729	760	774	822	873	888	920
2	上肢功能前伸长	628	654	667	710	758	774	808
3	前臂加手前伸长	403	418	425	451	478	486	501
4	前臂加手功能前伸长	291	308	316	340	365	374	398
5	两臂展开宽	1 547	1 594	1 619	1 698	1 781	1 806	1 864
6	两臂功能展开宽	1 327	1 378	1 401	1 475	1 556	1 582	1 638
7	两肘展开宽	804	827	839	878	918	931	959
8	中指指尖点上举高	1 868	1 948	1 986	2 104	2 228	2 266	2 338
9	双臂功能上举高	1 764	1 845	1 880	1 993	2 113	2 150	2 222
10	坐姿中指指尖点上举高	1 188	1 242	1 267	1 348	1 432	1 456	1 508
11	直立跪姿体长	581	612	628	679	732	749	786
12	直立跪姿体高	1 166	1 200	1 217	1 274	1 332	1 351	1 391
13	俯卧姿体长	1 922	1 982	2 014	2 115	2 220	2 253	2 326
14	俯卧姿体高	343	351	355	374	397	404	422
15	爬姿体长	1 128	1 161	1 178	1 233	1 290	1 308	1 347
16	爬姿体高	743	765	776	813	852	864	891

3. 人体尺寸数据的地域性差异

由于不同地区存在着气候条件及饮食结构上的差异，并且随着时间的长期影响，各地区之间的人体尺寸数据也发生了许多的变化，新国标中给出了国内6个自然区域内18岁~70岁成年女性和成年男性人体尺寸的均值及标准差，包含身高、体重、胸围3项人体尺寸数据，如表2-15、表2-16所示。

表 2-15 6个自然区域内成年女性人体尺寸的均值及标准差

测量项目	东北华北区		中西部区		长江中游区		长江下游区		两广福建区		云贵川区	
	均值	标准差										
身高 /mm	1 584	61.9	1 577	58.7	1 564	54.7	1 582	59.7	1 564	60.6	1 548	58.6
体重 /kg	60	9.8	60	9.6	56	7.9	57	8.5	55	8.4	56	8.5
胸围 /mm	908	86.0	915	81.0	892	73.6	896	76.7	882	72.9	908	77.2

表 2-16 6 个自然区域内成年男性人体尺寸的均值及标准差

测量项目	东北华北区		中西部区		长江中游区		长江下游区		两广福建区		云贵州区	
	均值	标准差										
身高 /mm	1 702	67.3	1 686	64.8	1 673	65.8	1 694	67.4	1 684	72.2	1 663	68.5
体重 /kg	71	11.9	69	11.3	67	10.4	68	11.0	67	10.9	65	10.5
胸围 /mm	949	80.0	930	80.3	920	74.8	929	75.5	915	74.1	913	73.7

2.1.5 现代人体测量的新方法

与传统测量方法相比，现代人体测量方法结合了高科技手段，可以实现更高效、更精确和更多维度的数据获取，主要包括传感器与可穿戴设备、动态人体测量（Dynamic Anthropometry）等。

1. 传感器与可穿戴设备

可穿戴传感器是一种集成分析器件，有助于持续监测人体日常活动和行为，其种类从生理、生化到运动传感器，不一而足。最早的可穿戴器件可追溯到 20 世纪 60 年代，为了测量心脏活动，人们发明了霍尔特氏心电动态监护仪。

第一代传感器可以测量生命体征，如体温、心率、血氧饱和度、身体活动状态、血压等，常见的第一代传感器包括智能手表、护膝、手套和其他可附着在皮肤上的设备。它们嵌入传感器后，可通过智能手机应用程序将信息传输到服务器。这项技术是一种创新的医疗保健解决方案，可用于疾病预防与管理、健康促进、心理状态监测、急性事件预测或报警以及患者康复，并且能显著减少患者就诊频率和降低护理支出。结合其他技术，该技术还支持精准医疗的实施，帮助患者获得更佳的恢复效果。

某品牌手表是一款内置传感器的智能手表。该手表除了具备基础的心率监测、情绪记录等功能，还附带心肺功能评估、血管健康研究（动脉弹性监测）以及高原反应评估功能，其创新性功能还包括女性健康研究。女性健康研究功能通过配套的创新研究 App 实现，复旦大学附属妇产科医院发起的女性健康研究项目中使用了该 App。用户仅需在 1 个生理周期内的除经期外的时间内佩戴该智能手表，即可通过内置传感器测量体温、心率及呼吸率等指标，结合用户记录的经期症状，评估用户的卵巢健康度，帮助用户更加直观地了解自己的卵巢健康情况。

随着时间的推移，科技的发展使得普通消费者级和专业医用级可穿戴器件之间的界限越来越模糊。随着第一代可穿戴器件的广泛应用，第二代传感器的发展重点逐渐转向无创或微创生化多模式监测，向真正实现个性化健康护理迈出关键一步。与第一代相比，第二代穿戴器件的形式更加丰富精巧，如出现了皮肤贴片、牙齿贴片、隐形眼镜等新型器件，其中也包括具有侵入性的微针和注射形式的器件。第二代可穿戴器件还具有一个关键特征可以收集生物流体，并用生物识别元件将特定分析物转化为可检测信号。人们普遍认为，更加先进的可穿戴传感器有望通过对物理参数和生化标志物进行实时和连续的多模式或多路测量，推动诊断技术的革命性发展。

某品牌智能穿戴人因生理记录仪主要包含两通道耳夹智能穿戴传感器、六通道手腕智能穿戴传感器、四通道手指智能穿戴传感器和六通道胸带智能穿戴传感器。该记录仪可实时监测人体的血氧含量、呼吸频率、心跳速度、心电变化、皮电变化、脉搏变化、体温、肌电等生理指标，还可以实时

提取人体的姿态体位变化和 GPS (全球定位系统) 空间位置数据。

2. 动态人体测量

动态人体测量是指在人体运动或姿态变化过程中，实时捕捉和分析其空间位置、形态变化及运动轨迹的方法。其核心技术是运动捕捉技术，通过红外摄像机与标记点（如反光球）记录人体的动态姿态与动作轨迹；使用加速度计、陀螺仪或柔性压力传感器，实时测量人体动态数据，如关节角度和步态分析。其具有以下优点：第一，实时性，适合快速捕捉人体动作过程；第二，高精度，可以捕捉复杂运动，如步行姿态、跑步姿态等；第三，多样性，支持全身和局部动态分析。动态人体测量技术主要应用于医疗康复、体育科学、工业设计等行业。



2.2 人体测量数据的处理与应用

在人机工程学的研究框架内，人体测量数据具有显著的群体性指向性，旨在勾勒特定群体的人体形态轮廓，而非聚焦于孤立个体的生理特征。鉴于不同群体在生活环境、职业特性、遗传因素等层面存在差异，精准捕捉目标群体独有的形态特质与内部差异程度，便成为该领域关键的研究诉求。而为了能够得到特定群体的形态特征和差异程度，必须在测量过程中对该特征群体下的多个测量个体的数据进行统计分析处理。

2.2.1 人体测量数据的统计与分析

1. 基础统计工具

人体测量常用的统计工具有以下几种：总体和样本，用于界定研究范围、区分整体与局部的概念；均值，刻画数据集中趋势的指标；方差与标准差，衡量数据离散状况的指标；抽样误差，反映抽样随机性所致偏差的指标；百分位数，精准定位个体数据在群体中相对位置的指标。这些工具相辅相成，共同为人机工程学研究夯实数据基础，提升人体测量结果的科学性与实用性。

1) 总体和样本

在统计学中，总体和样本分别代表所要测量的全体研究对象的集合与在该集合中抽取出的部分个体所形成的集合。总体通常代表的是某类特定人群，如中国成年男性等；样本则代表从该类特定人群中抽取的单个对象所形成的集合。由于在实际情况中总体的数量过于庞大，无法对所有观察单位进行逐一测量，因此在通常情况下，总体与样本是不完全相同的。

2) 均值

均值 (mean value) 用于表示某一测量数据的集中值，是衡量数据集中趋势的重要指标。它直观呈现出所有测量样本数值朝特定数值聚拢的态势，该特定数值即为样本的算术平均值，简称“均值”，典型范例包括人群身高均值、腰围均值等，借此可扼要勾勒数据的聚集情况，凸显数据集的位置特征。给定含有 n 个样本的测量值，记作： x_1, x_2, \dots, x_n 。其均值计算遵循如下公式：

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2-1)$$

3) 方差与标准差

方差 (Variance) 是表示在均值附近上下波动程度差异的值。它表明测量值既趋向均值，又在一定范围内来回波动，可以体现出测量值是变量。给定均值为 \bar{x} 的 n 个样本测量值，依次记作： x_1, x_2, \dots, x_n 。其方差记作 S^2 ，定义式如下：

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (2-2)$$

从方差的计算公式中可以看出，测量值量纲的平方等于方差的量纲，为使其量纲和均值保持一致，则取其均方根，即标准差 (standard deviation)，用来表示变量距离平均值的分布状况或者离中情况。给定均值为 \bar{x} 的 n 个样本测量值，依次记作： x_1, x_2, \dots, x_n 。其标准差记作 S_D ，计算公式一般如下：

$$S_D = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2-3)$$

4) 抽样误差

抽样误差 (sampling error) 是通过样本数据估计总体特性时产生的误差。它与标准差密切相关，准确来讲，抽样误差在数理意义上等同于全部样本均值的标准差。在实际测量和统计分析中，凭借有限的样本信息对总体特征进行推断与估量，进而揭示总体的内在规律，此即为抽样推断。但是样本毕竟只是总体的一部分，受制于随机抽样的固有特性，样本与总体之间通常难以达成完全一致，其间存在的差异正是抽样误差产生的根源。抽样误差数值偏大时，样本、总体均值偏离大，推断结果可靠性低；偏小时则二者趋近，意味着样本均值代表性强，所得结论信度、效度高。当样本数据列的标准差为 S_D ，样本容量为 n 时，则抽样误差的 $S_{\bar{x}}$ 计算公式为：

$$S_{\bar{x}} = \frac{S_D}{\sqrt{n}} \quad (2-4)$$

5) 百分位数

在人体测量学范畴内，鉴于个体间客观存在的生理差异，各项人体测量项目的数据均会呈现出不同程度的大小差异，为了精准把控每项测量项目中各数值的分布占比，进而全面、直观地反映人体尺寸数据的整体分布态势，需借助科学、有效的量化方法。前文中提及的均值及标准差就是表示人体尺寸数据分布情况的工具，我们还可以通过百分位数来表示人体尺寸的分布情况。

人体测量的数据常以百分位数 P_k 作为一种位置指标。从统计学意义来讲，任意一个给定的百分位数 P_k ，均可将群体或样本涵盖的所有测量值一分为二：其中 $K\%$ 的测量值处于该百分位数及以下水平，余下 $(100-K)\%$ 测量值则高于它。我国现行的推荐性国家标准《中国成年人人体尺寸》(GB/T 10000—2023) 中，对于人体每一项测量尺寸都给出了 1%、5%、10%、50%、90%、95%、99% 共 7 个百分位数，分别用 $P1, P5, P10, P50, P90, P95, P99$ 与之对应。

例如，在中国成年男性身高这一人体尺寸中， $P_5=1578$ mm，即代表整个测量样本数据中有 5% 的样本测量数值小于或等于 1578 mm，有 95% 的样本测量数值大于 1578 mm；在体重百分位数中，

$P_{95}=88\text{ kg}$ ，即代表有95%的样本测量数值小于或等于88 kg，而有5%的样本测量数值大于88 kg。

在新国标(GB/T 10000—2023)与旧国标(GB/T 10000—1988)间隔的30多年中，我国成年人人体尺寸特征发生了显著变化。随着工作模式及生活习惯的演变，人体测量范畴顺势拓展，新国标适时增设多项契合当下需求的测量项目，进一步细化国人身体数据维度，填补过往空白。从表2-17中可以看出，新国标中给出的中国成年男性身高这一测量项目的 $P_{95}=1800\text{ mm}$ ，而在旧国标里中国成年男性的 $P_{95}=1775\text{ mm}$ 。这直观映射出我国成年男性身高不同百分位数在时代更迭间的变化趋势，为工业设计、健康评估等多领域的研究及应用，提供了关键量化依据与全新参照基准。

表2-17 中国成年男性主要人体尺寸新旧国标对比

测量项目	百分位数													
	P1		P5		P10		P50		P90		P95		P99	
1 身高/mm	1 543	1 528	1 583	1 578	1 604	1 604	1 678	1 678	1 754	1 773	1 775	1 800	1 814	1 860
2 体重/kg	44	47	48	52	50	55	59	68	70	83	75	88	83	100
3 上臂长/mm	279	277	289	289	294	296	313	318	333	339	338	347	349	358
4 前臂长/mm	206	199	216	209	220	216	237	235	253	256	258	263	268	274
5 大腿长/mm	413	403	428	424	436	434	465	469	496	506	505	517	523	537
6 小腿长/mm	324	320	338	336	344	345	369	374	396	405	403	415	419	434

注：白色为新国标数据，灰色为旧国标数据。

2.2.2 人体尺寸的应用原则及方法

在产品设计中，合理运用人体尺寸数据是确保功能性、安全性提升和用户舒适度的关键。采用系统的方法论和精确的数据处理方法，设计师可显著优化人机交互体验，满足用户需求。

1. 人体尺寸的应用原则

应用人体测量数据时，应遵循以下原则，来指导设计者对尺寸而进行合理选择和科学调整学的设计决策。

1) 综合设计原则

(1) 最大最小原则。该原则强调设计时需同时考虑人体尺寸的极端值。最大尺寸设计应依据人体尺寸的高百分位数，最小尺寸设计则参考低百分位数。例如，门框(图2-16)高度和床(图2-17)的长度应基于男性高百分位身高数据进行设计，而踏步高度和操作力设计应参考最低人体尺寸数据。

(2) 平均尺寸原则。该原则适用于大多数通用产品，强调使用平均尺寸数据满足大部分用户需求。例如，门把手(图2-18)距地面的高度和锤子手柄长度等，应依据平均值进行设计，以提高通用性。同样，肘部平放高度(图2-19)设计应选用P50百分位数，以确保手臂舒适休息。

(3) 合理选择百分位数原则。该原则要求系统根据产品功能和使用需求，选取适当的人体尺寸百分位数作为设计依据。例如，若为极少数身材高大的个体设计过长的火车卧铺，可能导致通道过窄，影响其他乘客活动的舒适性与便利性。因此，应选用适当的百分位数以平衡各类用户的需求，确保设计合理性。



图 2-16 门框



图 2-17 床



图 2-18 门把手



图 2-19 肘部平放高度

2) 动态设计和可调适应性原则

(1) 动态设计原则。该原则要求产品设计可以适应用户在不同场景和状态下的活动与需求。这意味着设计需要同时适应用户的静态尺寸和动态任务中可能出现的姿势与动作范围。这种设计原则要求产品或环境能够灵活应对用户的身体运动和任务需求的变化。

(2) 可调适应性原则。该原则强调在产品设计中融入可调节特性，以适应不同用户的身材尺寸和个人偏好，进而满足个性化需求并提升产品灵活性与用户满意度。例如，办公椅设计(图 2-20)包含可调节的扶手高度、座椅高度和靠背倾斜角度，用户可根据身高和坐姿偏好进行调整，帮助用户找到最佳舒适位置。



图 2-20 办公椅设计

3) 数据的时效性和地域性原则

(1) 时效性原则。受种族、遗传，以及营养、运动等外部条件的影响，人体尺寸会随时间发生缓

慢演变。因此，产品设计应基于最新的人体测量数据，以确保适用性和精准性。

(2) 地域性原则。不同地区和民族的人群在身体尺寸和形态特征上存在差异，设计时应考虑目标市场的地理和民族特征，使用该地区对应的人体尺寸数据，以提高产品的地域适应性和市场接受度。

4) 功能与心理修正原则

(1) 功能修正原则。指对人体尺寸数据进行调整，以适应用户实际使用时的状态和需求。人体测量数据通常在受控环境下获得，而用户的着装、姿势和操作方式等因素会影响用户实际使用产品时所需的空间和尺寸。功能修正量包括穿着修正量、姿势修正量和操作修正量，这些都是为了满足特定功能需求而进行的尺寸调整。我们应考虑用户可能的各种姿势（如坐姿和站姿），以确保产品在这些状态下均能提供舒适体验。例如，在设计汽车座椅（图 2-21）时，应考虑驾驶员在长途驾驶中的身体舒适性，对座椅尺寸和形状进行功能修正，以适应不同驾驶姿势并减少疲劳。



图 2-21 汽车座椅

(2) 心理修正原则。强调设计需关注用户的心理感受与美学需求。心理修正量通过尺寸调整缓解压迫感、恐惧感，并满足美观等用户心理需求。设计元素（如颜色、形状和材质）不仅影响产品外观，还直接影响用户的情绪和感受。例如，设计汽车内饰时，暖色调可以营造舒适氛围，中性色调则传达现代感（图 2-22）。汽车仪表盘（图 2-23）的设计需兼顾操作便捷性与视觉舒适性，同时通过设计元素改善驾驶员的心理状态，提升驾驶体验。

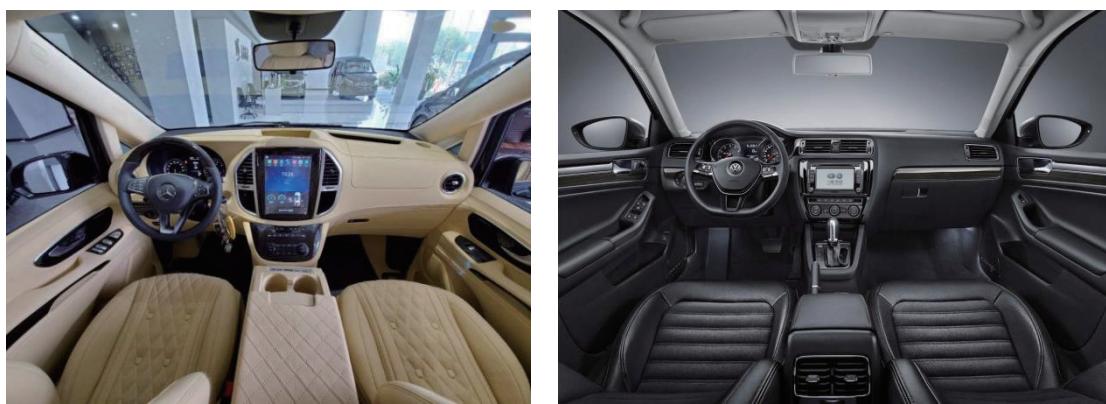


图 2-22 暖色调和中性色调的汽车内饰

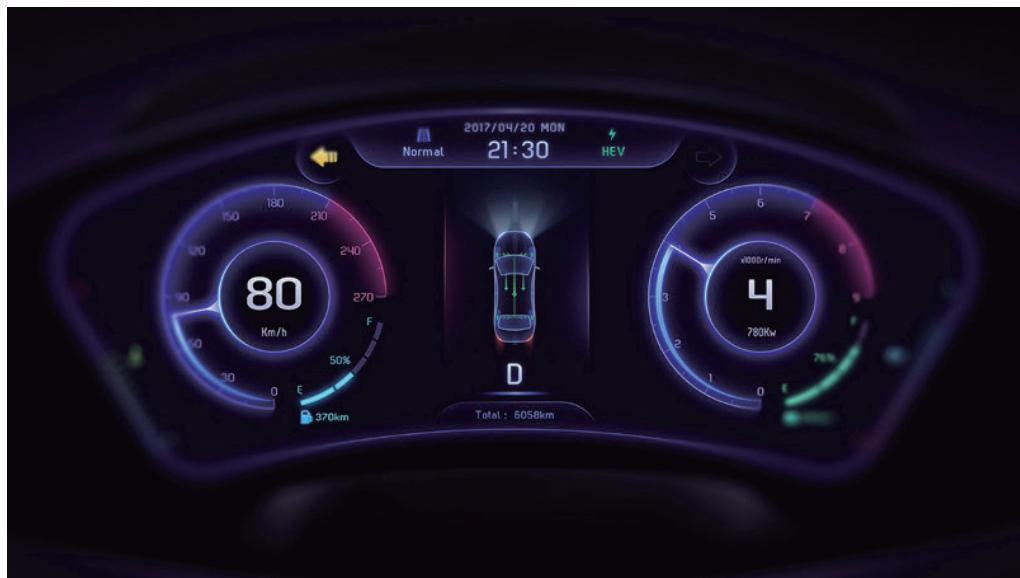


图 2-23 汽车仪表盘

5) 智能自适应原则

这一原则是指通过集成先进的传感技术、动态调整功能和机器学习算法，设计者赋予产品自学习和自调整的能力，以适应用户的行为模式和环境变化。这些技术使产品能够实时收集和分析用户数据，自动调整以满足个性化需求，并通过持续学习优化用户体验。实施智能自适应原则可增强产品的互动性与适应性，同时显著提升用户满意度与产品使用价值。例如，智能家居系统（图 2-24）根据用户活动模式与习惯自动调节照明，满足不同活动场景和视觉需求。

(1) 光线亮度：在阅读场景下，系统将灯光强度调整至 300 ~ 500 lux；在夜晚或低光需求场景下，调节至 100 ~ 200 lux，避免强光导致眼疲劳。

(2) 光源颜色温度：清晨，系统将灯光调至 5 000 K 以上的白光，以增强清新感；夜晚则调至约 2 700 K 的暖光，避免影响睡眠质量。



图 2-24 智能家居系统

2. 人体尺寸的应用方法

人体尺寸的应用方法如图 2-25 所示。

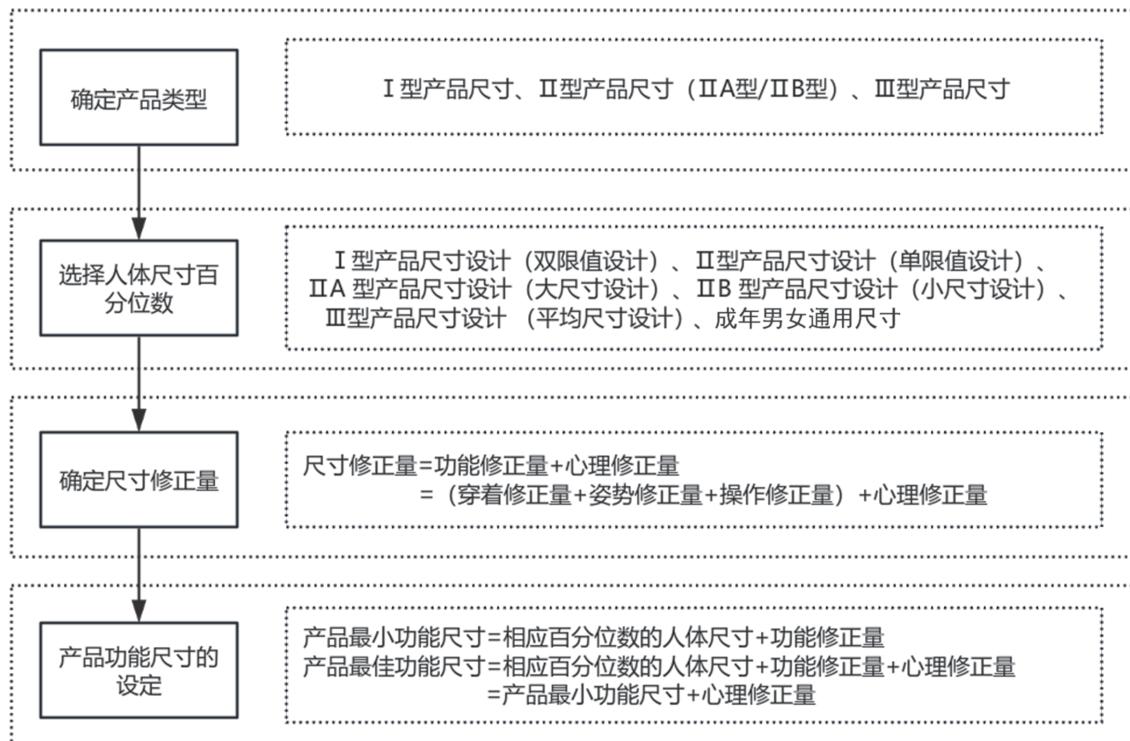


图 2-25 人体尺寸的应用方法

1) 确定产品类型

在设计过程中，确定产品的类型是首要步骤，产品类型直接影响人体尺寸百分位数的选择与应用。产品尺寸根据使用者人体尺寸的设计上限（最大值）和下限（最小值）进行分类（表 2-18）。在进行人体尺寸相关设计时，应先依据分类方法明确产品类型。

表 2-18 产品尺寸设计分类

产品类型	产品类型定义	说明
I型产品尺寸设计 (双限值设计)	需要两个人体尺寸百分位数作为尺寸上限值和下限值的依据	产品尺寸需要调节以适应不同身材的人
II型产品尺寸设计 (单限值设计)	只需要一个人体尺寸百分位数作为尺寸上限值或下限值的依据	—
IIA型产品尺寸设计 (大尺寸设计)	只需要一个人体尺寸百分位数作为尺寸上限值的依据	设计满足身材高大者需要，通常也适合身材矮小者
IIIB型产品尺寸设计 (小尺寸设计)	只需要一个人体尺寸百分位数作为尺寸下限值的依据	设计满足身材矮小者需要，通常也适合身材高大者
III型产品尺寸设计 (平均尺寸设计)	只需要第 50 百分位数 (P50) 作为产品尺寸设计的依据	尺寸与使用者身材大小关系不大，适合中等身材者使用

2) 选择人体尺寸百分位数

合理选择人体尺寸百分位数是满足多样化用户需求并提升适用性与效率的关键。表 2-19 展示了产品类型、产品重要程度与适用人体尺寸百分位数等的对应关系，为设计者提供参考依据。

表 2-19 人体尺寸百分位数的选择

产品类型	产品重要程度	人体尺寸百分位数的选择	满足度
I型产品	涉及人的健康、安全的产品	选用 P99 和 P1 作为尺寸上、下限值的依据	98%
	一般工业产品	选用 P95 和 P5 作为尺寸上、下限值的依据	90%
II A型产品	涉及人的健康、安全的产品	选用 P99 或 P95 作为尺寸上限值的依据	99% 或 95%
	一般工业产品	选用 P90 作为尺寸上限值的依据	90%
II B型产品	涉及人的健康、安全的产品	选用 P1 或 P5 作为尺寸下限值的依据	99% 或 95%
	一般工业产品	选用 P10 作为尺寸下限值的依据	90%
III型产品	一般工业产品	选用 P50 作为产品尺寸设计的依据	通用
成年男女通用产品	一般工业产品	选用男性的 P99、P95 或 P90 作为尺寸上限值的依据；选用女性的 P1、P5 或 P10 作为尺寸下限值的依据	通用

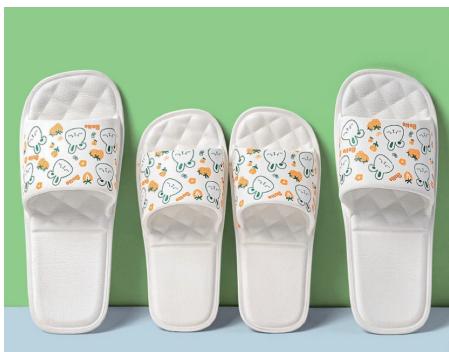


图 2-26 不同尺寸的鞋

3) 确定尺寸修正量

尺寸修正量旨在确保产品能够适应不同环境和使用情境，从而提升用户体验。功能修正量与心理修正量的设置使设计师能够根据具体需求调整人体测量数据，确保产品更具人性化。各种尺寸修正量有正值也有负值，总的尺寸修正量是各修正量的代数和。

(1) 功能修正量是指在产品设计中，根据人体实际使用情况对原始尺寸数据进行必要的调整，以满足用户在穿戴、姿势变化和操作需求方面的要求。它通常包括穿着修正量（穿戴衣物的调整）、姿势修正量（姿势变化的调整）和操作修正量（操作便捷性的调整），以确保产品在不同场景中的适用性与舒适性。

① 穿着修正量是指根据用户穿戴衣物或鞋履等因素对人体测量数据的影响，在原始数据基础上增加适当余量。例如，设计座椅或安全带时，应考虑厚重衣物或鞋高对人体尺寸的影响，增加适当修正量以确保舒适性和安全性。

② 姿势修正量是指根据人体在实际操作或使用产品时的姿势变化对尺寸进行调整。人体测量通常以挺直姿势为基准，但实际使用中人体可能处于工作、放松或动态姿势。例如，办公座椅设计需考虑用户不同坐姿，将坐高和眼高减少 44 mm，以适应放松状态下的姿势变化。

③ 操作修正量是指根据产品实际操作需求调整的尺寸，用以确保用户能够方便、舒适地触及所有

控制元件。例如，在设计汽车驾驶舱按钮开关时，按钮开关的布置位置需要在上肢前展长的基础上减少 12 mm，以满足操作便捷性和距离需求。

(2) 心理修正量是指关注用户使用产品时的心理反应与舒适感而调整的尺寸，用以缓解空间压迫感、恐惧感或满足审美需求。例如，在火车卧铺设计中，为避免头顶压迫感，通常增加 115 mm 的心理修正量。

4) 产品功能尺寸的设定

产品功能尺寸是指在设计过程中，根据产品的具体功能需求和人机工程学数据，为产品的关键部件或整体设定的尺寸。例如，床垫高度的功能尺寸是指人在躺下后，床垫因压力压缩后的高度尺寸。产品功能尺寸有最小功能尺寸和最佳功能尺寸两种。

3. 人体测量数据在产品设计中的应用案例

产品与人体尺寸的适配性是人机工程设计中的基本问题之一。以下通过公交车扶手设计为例，详细展示如何运用人体尺寸数据和人体工学原理展开产品设计，并阐明具体的设计步骤。

1) 确定产品类型

公交车扶手设计属于 I 型产品尺寸设计（双限值设计），根据产品分类的标准，此类设计需要以上、下限值作为设计依据，来满足不同身高乘客的需求。

上限值需求是“避免碰头”，即扶手高度应高于大多数乘客的头部。

下限值需求是确保“抓得着”，即扶手高度应适合低身高乘客的抓握需求。

2) 选择合适的百分位数

根据不同设计需求的功能特性，选择合适的人体尺寸百分位数作为设计依据。

(1)“避免碰头”需求，选取男性身高的 P99 百分位数 (1 860 mm) 作为设计上限，能够有效覆盖人群中绝大多数个体，避免因扶手过低造成头部碰撞。

(2)“抓得着”需求，选取女性立姿双臂功能上举高的 P5 百分位数 (1 709 mm) 作为设计下限，能够保证低身高乘客的抓握便利性。

3) 确定尺寸修正量

在原始百分位数的基础上，进一步结合实际使用场景对尺寸进行修正，确保设计能够适应复杂的现实需求。

(1)“避免碰头”修正量。

穿鞋修正量：+30 mm，考虑乘客穿鞋后的身高变化。

扶手横杆半径修正量：+30 mm，确保抓握时的安全性和舒适性。

身高增长修正量：+14 mm，作为预测补偿，适应未来人群身高增长趋势。

(2)“抓得着”修正量。

穿鞋修正量：+30 mm，考虑低身高乘客穿鞋后的变化。

身高增长修正量：+14 mm，作为预测补偿，适应未来人群身高增长趋势。

舒适抓握修正量：-150 mm，反映人体在自然抓握状态下的实际需求。

4) 功能尺寸的确定

基于百分位数选择和修正量的计算结果，最终确定扶手的功能尺寸如下：

$$h_{\text{避免碰头}} \geq 1860 \text{ mm} + 30 \text{ mm} + 30 \text{ mm} + 14 \text{ mm} = 1934 \text{ mm}$$

$$h_{\text{抓得着}} \leq 1709 \text{ mm} + 30 \text{ mm} + 14 \text{ mm} - 150 \text{ mm} = 1603 \text{ mm}$$

“避免碰头”要求横杆中心高于1934 mm,“抓得着”则要求横杆中心低于1603 mm,两者互不相容,两方面的要求不可能同时满足。因此,在满足扶手杆不碰头的基础上,在横杆上每隔0.5 m左右挂一条带子,带子下连着手环,这样不仅满足了“避免碰头”的需求,而且满足了“抓得着”的需求。



2.3 人体测量的挑战与未来趋势

人体测量作为人机工程学的关键基础之一,在现代技术与设计的要求下不断提升数据获取与应用的精确性。

2.3.1 人体测量的挑战

人体测量面临的数据多样性与个体差异性等问题使得该领域具有高度的复杂性和不确定性。以下具体分析人体测量中的主要挑战。

1. 数据的个体差异性

人体尺寸因个体间差异而具有高度变异性,不同人群在年龄、性别、种族、地理位置等维度上存在显著差异。这一挑战在全球化背景下尤为突出,例如,面向全球用户设计的产品必须兼顾不同地区人群的体型差异。传统测量中往往采用平均值或百分位数来表示群体特征,然而,简单的统计指标难以准确捕捉各类用户的需求。

2. 数据的动态性

人体测量数据在时间上是动态变化的,这种变化受生活方式、营养状况、医疗水平、社会文化等因素影响。随着社会发展,人群的平均身高、体重、四肢比例等尺寸也在不断变化,这要求设计与研发必须定期更新数据集。此外,测量数据随个体年龄增长而变化,因此不同生命周期阶段所需的数据也不同。例如,3~9岁的儿童、青少年和老年人群体的尺寸需求差异显著,必须在设计中予以考虑。



3. 数据采集的高成本与技术壁垒

传统的人体测量方法多采用接触式测量工具,虽然能够获得高精度数据,但在规模化应用中成本较高且耗时耗力。此外,现代非接触式技术逐步推广,如三维扫描技术(图2-27),但因其设备和软件的成本高昂、技术复杂度高、数据处理能力有限,导致这些技术在某些场景下难以推广。特别是在资源有限的发展中国家和地区,数据采集效率与设备成本依然是重要限制因素。

图2-27 三维扫描技术

4. 人体姿态与环境条件的影响

人体测量对姿态和环境条件非常敏感，微小的姿态变化（如站立、坐姿、屈膝等）可能会对测量结果产生显著影响。这种条件限制要求测量必须在标准化环境中进行，但在实际应用中，姿态不一致是常见问题。为此，复杂环境下的姿态矫正、标准化操作和误差修正技术成为测量的必要手段，特别是在运动科学、康复医学等精度要求极高的应用领域。

5. 隐私保护与数据合规性

人体测量数据中包含大量个人隐私，特别是在面部数据、体表形态、体脂比例等敏感信息的采集中，隐私问题成为重要议题。随着《通用数据保护条例》(General Data Protection Regulation, GDPR)等数据隐私法规的逐步推行，设计人员和研究人员需在数据采集、存储和处理时采取严格的数据保护措施。缺乏隐私保护机制可能会导致用户隐私泄露，引发法律风险和用户抵触。因此，数据匿名化、加密存储、访问控制等措施已成为人体测量的标准实践。

2.3.2 人体测量的未来趋势

在应对上述挑战的过程中，人体测量领域逐渐向智能化、个性化、隐私保护和全球化应用方向发展。随着科技的进步，人体测量将逐步应用最新技术来提升数据精度、便捷性和应用广度，以下是未来的发展趋势。

1. 非接触式测量与智能设备

现代测量技术正向非接触式方向快速发展，通过3D扫描、光学成像、深度传感器等技术获取高精度数据，逐步取代传统接触式测量。新型设备不仅提高了测量速度，还能通过多角度捕捉形成全方位的立体数据，尤其在自动化制造、服装设计、虚拟试衣等领域应用广泛。例如，沃尔玛在其应用中推出了AR功能，用户可以上传自己的照片来模拟衣服的穿着效果。该功能利用机器学习技术，将服装图像叠加在用户身上，展现贴合度、阴影、颜色和织物悬垂等细节。通过智能设备进行人体扫描可以大幅提高数据获取效率，减少传统测量中的误差，快速而精确地完成数据采集。图2-28展示了研究者使用激光成像检测和测距技术对运动员进行非接触式3D身体扫描。



图2-28 非接触式3D身体扫描

2. 云端数据共享与实时数据更新

人体测量数据的云端化趋势使得全球设计团队能够快速访问和共享实时数据，这种共享系统尤其适用于国际化设计需求。在大规模应用场景中，云端数据更新可提供不同地区、年龄段、职业等维度的动态变化数据，推动产品的全球适应性。例如，Humanetics（首美）公司利用其仿真软件（图2-29），帮助汽车和工业制造商通过实时人体模型优化内饰设计，改进人体工效学性能和产品舒适性。以BOMAG（宝马格）公司为例，其与Humanetics公司合作进行针对全球不同区域定制的驾驶室设计。

这种实时数据支持设计决策的迅速调整，减少了因数据滞后导致的偏差，并有效提高了设计的市场适应性。

人体测量面临的挑战反映了该领域对于技术精度、数据安全和全球适应性的多重要求，而未来趋势则侧重于智能化分析、数据共享等协同发展。这些趋势将推动人体测量在各行业的广泛应用，促进设计的个性化、科学性和全球适应性，为人机工程学的创新应用奠定坚实基础。

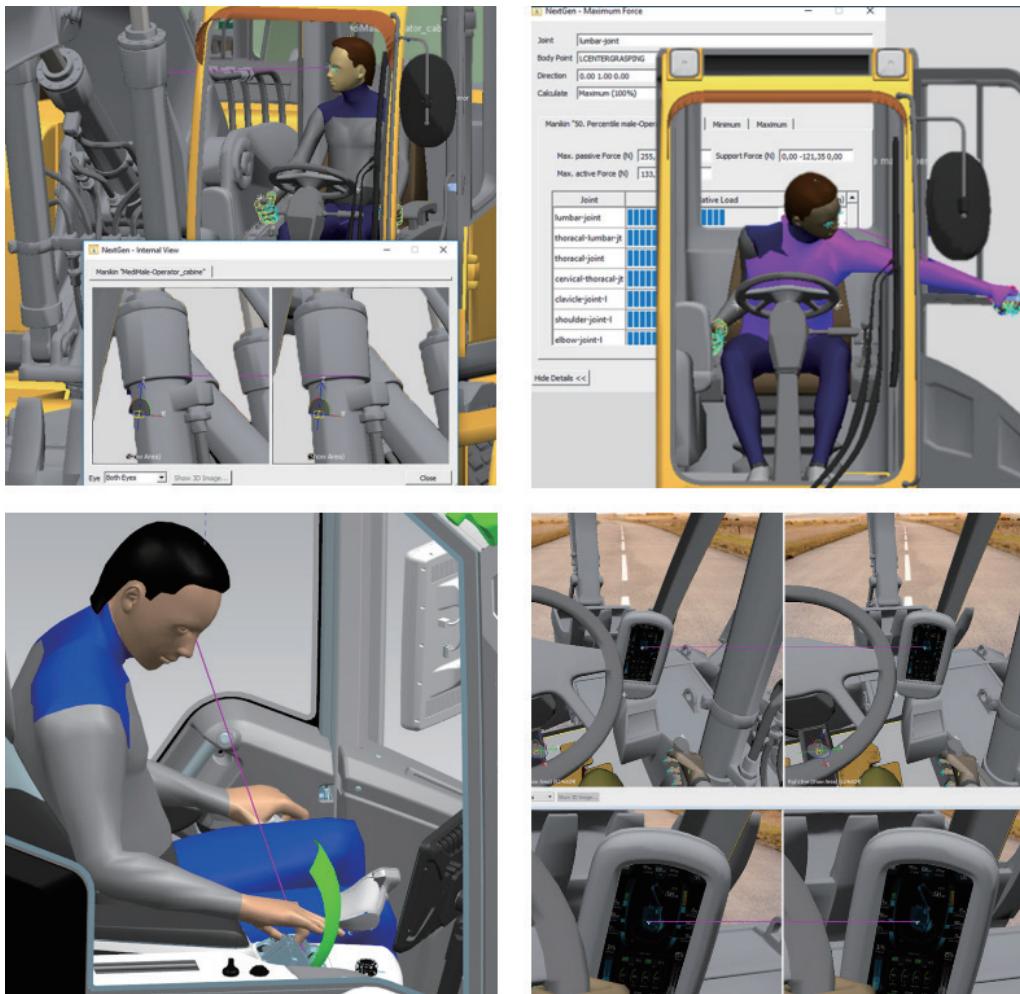


图 2-29 Humanetics 公司开发的仿真软件界面

课外思考及实践

1. 人体测量学的核心定义及其在工业设计中的关键作用是什么？
2. 如何利用三维数字化测量法提升人体数据的精确性和应用范围？
3. 现代人体测量面临哪些隐私与数据合规性挑战？
4. 根据《中国成年人人体尺寸》(GB/T 10000—2023) 中的数据，试着设计一款适合中国成年男性的办公椅，并说明尺寸修正量的计算过程。
5. 尝试分析智能手表中的传感器是如何实现动态人体测量数据的采集与应用的。
6. 针对老龄化社会需求，提出一款基于人体测量学的公共设施优化方案。