

浅谈三维虚拟人体模型的构建与应用

撰文 / 无锡技师学院 高巍

计算机辅助人机工程分析软件目前正成为设计师手中的利器。三维虚拟人体模型正是这些软件的科学基础。本文主要介绍了构建人体模型的科学依据、建立方法及应用现状,以期能对其进行科学地选用、维护和再开发,不断推进人机工程学的实践应用研究。

一、前言

近年来,随着计算机辅助工业设计技术的飞速发展,人机工程学分析模块成为了各种软件的热门开发方向。设计师可以方便地使用软件中提供的人体模型库、姿势库等对产品的人机效应进行直观验证,大大提高了设计效率。三维人体模型在这个过程中发挥着巨大的作用,了解这些模型的构建原理与应用现状,有助于设计师对其进行科学地选用、维护和再开发,不断推进人机工程学的实践应用研究。

二、构建三维虚拟人体模型的科学依据

三维虚拟人体模型的构建必需基于经过科学采集并处理的数据以及人体结构原理。这样的人体模型才能对设计进行明确有效的指导。

1. 人体测量数据的采集与统计

(1) 人体测量数据的采集。

人体的数据受来源不同的影响,有很大的差异性,主要影响因素包括地区、年龄、性别、民族、工作以及气候等。建立人体模型首先要找准特定的目标部族,有的放矢地测量和整理人体数据,从数据中寻找线索,帮助设计师开展科学的设计。

人体测量数据大体可分为四类:静态数据、运动区域数据、生理数据和力学数据。其中静态数据是指人在静止不动的状态下测量获得的形态数据,其主要内容是人体规格(体型、身高和体积等),可采用站立、静坐、跪下和躺卧四种姿态;运动区域数据是指人在运动状态时四肢的有效作用范围,主要分析两种:一种是肢体的活动角度范围,一种是肢体所能达到的距离范围;生理数据是指人体的主要生理指标,主要内容有:皮肤面积、各器官体积、耗氧量、心率、疲劳度和反应度等;力学数据主要考量人体的主要力学指标。如人体的重量与重心位置、各转动器官的惯量、受力与出力等。

(2) 人体测量数据的统计。

人体测量所针对的是一个群体而非个人。基于人与人之间差异性的考量,个别或少数的人体测量数据不能作为建立三维虚拟人体模型的依据。比较科学高效的做法是,首先测量群体中少量、部分的个体样本,这些数据是离散的随机变量,再根据概率论与数理统计理论对测量数据进行统计处理,从而获得所需特定群体的数据。常用的统计特征参数有平均数、方差和百分比等。

(3) 我国国家标准规定的成年人人体结构尺寸。

我国人体的尺寸参数受地域、民族的影响与其他国家差异较大,针对我国的人体测量数据,建立符合国情的数据标准并指导开展人机工程学的应用是必然的要求。我国成年人人体尺寸的国家标准 GB10000-88 于 1998 年 7 月开始实施,该标准给出了我国成年人身体尺度的通用数据,可以运用在各类产品、建筑装修和军工装备等各个设计领域。该标准列明了 47 项人体尺寸通用数据,共分为 18 ~ 25 岁(男、女),26 ~ 35(男、女),36 ~ 60(男)、55(女)三个年龄层次。

2. 人体测量数据与人机分析的联系

基于科学数据建立的人体模型常被用于视野分析、触及范围分析及疲劳分析等。以做视野分析时所依据的数据模型“眼椭圆”为例。

不同身高的操作人员以正常的姿态使用产品时,他们的眼睛位置在产品坐标系中的统计分布图形呈椭圆形。“眼椭圆”是研究产品视野范围性能的重要基准,能比较准确地代表几乎所有人群的特点,图 1 为眼椭圆的三维示意图。

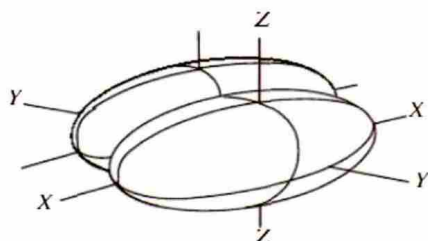


图 1 眼椭圆的三维空间表达图



图 2 第 90、95、99 百分位眼椭圆模型

由于眼椭圆代表了大部分使用者在正常使用时眼睛在产品坐标系中的分布。因此,眼椭圆是指导和评价产品设计视野范围是否符合人机工程学要求的关键要素。在 CAID 软件中,眼椭圆样板库可以通过二次开发得到,如图 2 所示为样板库中生成的眼椭圆模型。这些模型在进行定位后可以精确直观的进行视野分析。

三、三维虚拟人体模型的构建方法

被肌肉和表皮覆盖的骨架构成了外观上的人体模型。在对人体进行三维虚拟建模的时候,需要综合考虑骨架模型

和外表模型的关系。

1. 骨架模型

骨架模型可以描述人体躯干与各个主次肢体间的位置联络与运动联系,可以表达人体肢体段的数目、肢体的长度和联接关系,在三维软件中更可以进一步对各联接关节的自由度和活动范围进行设定。头、躯干、上肢和下肢是外型上人体的四大组成结构,每部分结构又可以再做进一步的细分,如上肢还包括上臂、下臂和手等。在实际设计过程中,三维虚拟人体的骨架应忠实于实际情况以保障不丢失重要分析数据,又应同时考虑适当简化不必要的部分以减少使用难度。以 Creo 软件为例,其提供的人体模型骨架一共被简化为 14 个关节,每个关节都使用了正确的约束,如腰关节为了模拟真实的腰部运动定义了球面副和移动副的组合约束关系,而转动副则被用于膝关节的约束。人体模型一共设置了 33 个自由度,如图 3 所示。

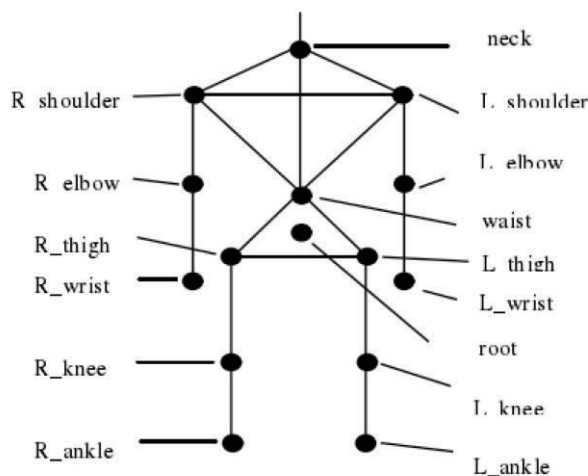


图 3 人体骨架模型

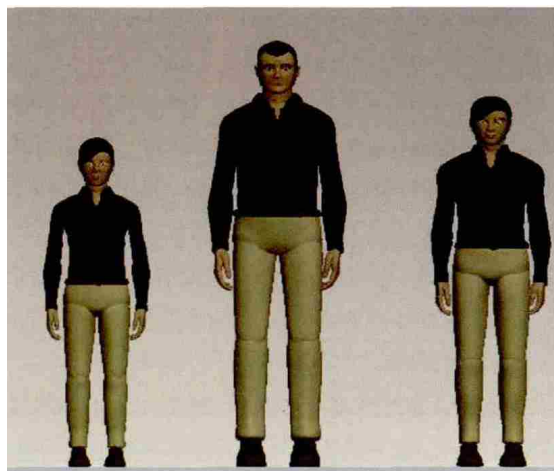


图 4 Creo 软件的人体模型外表精致



图 5 Creo 自带的 Manikin 菜单

2. 外表模型

外表模型表述了皮肤、毛发和穿着等外在因素，精确的外表模型可以提高人体模型的真实性和渲染效果。随着计算机图形技术的发展，人体模型的曲面精度和质量以及渲染效果都在不断提升，越来越精致的人体模型开始被应用到产品设计中，如图 4 所示为 Creo 软件所提供的人体模型。

四、三维虚拟人体模型的人机应用

三维虚拟人体模型已被各大软件厂商付诸实践，形成了各具特色的计算机辅助人机分析模块，以美国 PTC 公司产品 Creo 所附带的 Manikin 模块为例。

Manikin 允许设计人员将虚拟人体模型添到产品的装配场景中，同时定义该模块提供的精确人体特征和力学特征，例如体态、视野、运动类型、力和舒适度等。可以针对一定性别和人种的基本数据对模特进行自定义与操纵，帮助设计人员更好地了解产品与人（包括用户、销售者、安装者和维修者等）之间的关系。

Manikin 共包含人体模型放置、运动、视效、人机分析和任务分析五大功能模块，均与三维虚拟人体模型有着直接的联系，如图 5 所示。

(1) 人体模型放置：该功能可以将虚拟人体模型插入装配环境中，并根据人体库的数据定义性别、种族、体型及其他关联可变因素。根据相关国家标准，Manikin 提供了人体模型库供设计师调取使用，从而简化了人机功率设计的步骤，提高了设计效率。如图 6 所示。

(2) 运动：允许设计者定制人体模型的附件和姿势，可以深入地调整模型身体骨节的位置和角度，并提供了包括 2D 拖动、体节拖动和旋转等直观的操作方式，用于帮助生成真实的人体方案。同时也可以快速访问包含标准姿势（站立、蹲坐和下跪等）和手型（握拳、指向和并紧等）的全套姿态库，便捷设置体态姿势。而其中的包络工具可帮助确定模特的有效作业区域。

(3) 视觉：通过生成视野窗口，模拟仿真用户能够“看到”对象的范围，这一范围的主要表现形式是视野圆锥，它可帮助设计人员了解该尺度的人能看到的外围、双眼视野以

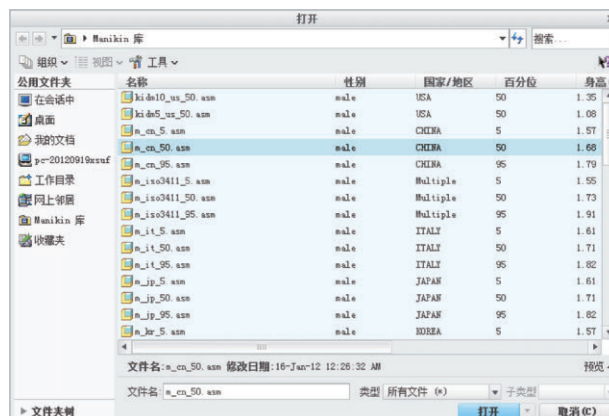


图 6 人体模型库

及最佳视野等。

(4) 人机工程学分析：允许从性质和体量两个维度分析人的多样化姿态。校验分析的结果通过与舒适性数据库中的标准进行比较，得出舒适度分析结论。这一功能可以帮助设计者快速发现有问题区域，重新做出设计调整。

(5) 任务分析：可以模拟、传递和优化常见的手工处理任务，例如举起、放低、推、拉和携带。

五、结语

三维虚拟人体模型为计算机辅助工业设计的开展奠定了基础，设计师能够更加直观、科学地进行人机分析及产品改进，创造出更宜人宜用的产品。放眼未来，三维虚拟人体模型将在包括医学、建筑和服装等诸多领域大显身手。