

# 基于Jack仿真的家用学习桌的改进设计

孙金宝, 朱盈霏\*, 王卫星

贵州大学机械工程学院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2023年10月25日; 录用日期: 2023年12月21日; 发布日期: 2023年12月28日

## 摘要

为了设计改良初高中生学习桌, 提高使用者对桌面的使用率和使用时的舒适性和便捷性, 本文通过对学习桌进行人机工程分析, 确定基本的结构和尺寸, 然后运用Jack仿真软件构建使用者的仿真环境, 根据使用者手臂的可达范围和人体舒适程度, 进一步确定书柜、书架的位置和大小。对优化设计后的学习桌方案再次进行人机仿真分析, 验证优化设计方案的合理性。结果显示, 优化设计后的学习桌具有更好的便捷性和舒适性, 也极大提高了学习桌的桌面利用率。

## 关键词

Jack, 人机工程, 工业设计, 学习桌, 虚拟仿真

# Improved Design of Home Study Table Based on Jack Simulation

Jinbao Sun, Yingfei Zhu\*, Weixing Wang

School of Mechanical Engineering, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: Oct. 25<sup>th</sup>, 2023; accepted: Dec. 21<sup>st</sup>, 2023; published: Dec. 28<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

In order to design and improve the middle and high school students' learning desk, improve the user's utilization rate of the desk and the comfort and convenience of using it, this paper determines the basic structure and size of the learning desk through ergonomics analysis, and then uses Jack simulation software to build the user's simulation environment. According to the user's arm

\*通讯作者。

文章引用: 孙金宝, 朱盈霏, 王卫星. 基于 Jack 仿真的家用学习桌的改进设计[J]. 设计, 2023, 8(4): 3906-3916.

DOI: 10.12677/design.2023.84481

reachable range and human comfort level, the position and size of the bookcase and bookshelf are further determined. The human-machine simulation analysis of the optimized design of the learning desk is carried out again to verify the rationality of the optimized design. The results show that the optimized design of the study table has better convenience and comfort, and also greatly improves the utilization rate of the study table.

## Keywords

Jack, Ergonomics, Industrial Design, Study Desk, Virtual Simulation

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. Jack 虚拟仿真技术概述

Siemens Jack 是西门子工业软件有限公司旗下的一款人因工程分析软件。目前该软件已成为集三维仿真、数字人体建模、人因功效分析等主要功能于一体的高端仿真软件。

Jack 仿真软件使用一个三维虚拟环境来模拟和分析物体的运动和行为。用户可以通过创建虚拟物体和环境来模拟不同情景下的物体行为，比如机器人的动作、汽车的行驶以及工艺流程的操作等。用户可以自定义物体的形状、尺寸和材质等属性，并设置其在不同环境条件下的运动规律和动力学特性。Jack 仿真软件具有丰富的功能和工具，可以帮助用户进行多种物体运动的分析和优化。它可以模拟物体的运动轨迹和速度，并可以通过数值计算和仿真实验来预测物体的运动特性。用户可以通过调整物体的属性和环境条件，比如重力、摩擦力和空气阻力等，来观察物体的运动变化。此外，Jack 还可以进行碰撞检测、力学分析和运动路径规划等功能，从而帮助用户解决物体运动中的各种问题。Jack 仿真软件的应用范围非常广泛。它可以应用于机械工程、汽车工程、航空航天、物流仓储等领域，用于模拟和优化产品的运动性能和操作流程。

## 2. 学习桌的设计现状和用户需求

为了整体了解用户需求，本文从 3 个角度对用户的要求进行分析和评估，如表 1。

学习桌的人性化设计。现代学习桌注重人体工学设计，使得使用者在长时间的学习或工作中能够保持良好的姿势，减轻颈椎、腰椎等部位的压力。学习桌的高度可调节，适合不同身高的人使用。桌面有一定倾斜角度，有助于保持正确的坐姿。此外，学习桌上还可以设置一些人性化的功能，比如可以放置手机或平板电脑的支架，方便使用者查看学习资料。

学习桌的多功能设计。学习桌不再仅仅是一个平面的桌面，而是可以实现多种功能的设计。比如，学习桌上可以配备电脑显示器、键盘、鼠标等设备，形成一个专门用于电脑办公的工作台。学习桌上还可以加装抽屉和隔板，方便使用者存放书籍、文件等物品。有些学习桌还可以折叠，节省空间，方便搬运。

学习桌的智能化设计。随着人工智能技术的发展，学习桌也逐渐加入智能化的元素。学习桌可以与智能手机或平板电脑连接，通过 APP 控制桌面高度、倾斜角度等参数，实现智能调节功能。学习桌上还可以配备触摸屏，方便使用者进行电子笔记、阅读电子书等操作。有些学习桌还可以自动调节环境温度、光线亮度等，提高使用者的学习效率和舒适度。

**Table 1.** Design needs analysis  
**表 1.** 设计需求分析

| 角度  | 核心要求           | 具体指标                 | 重要程度 |
|-----|----------------|----------------------|------|
| 使用者 | 健康             | 桌板材料<br>油漆成分         | 5    |
|     | 安全             | 桌子稳定<br>细节处理         | 5    |
| 功能  | 功能齐全<br>使用方便合理 | 升降方式<br>倾斜方式<br>分区设计 | 4    |
| 桌子  | 性价比            | 外观<br>价格             | 3    |

学习桌的环保设计。现在人们对环境保护的意识越来越高，学习桌的设计也不例外。学习桌材料的选择越来越注重环保，比如使用无毒、无污染的材料，减少对环境的负面影响。学习桌的生产过程也越来越注重节能减排，减少能源消耗和废弃物排放[1]。

### 3. 学习桌人因分析

学习桌的使用者主要包括小学生、中学生、大学生。在本文中的设计针对的主要是中学生。

**身体健康：**学生可能因为坐姿不正确、桌椅高度不适等原因导致身体不适或疲劳。身体健康问题可能影响学习效果和学习动力。

**学习环境：**学习桌周围环境的干净程度、噪音水平和灯光状况等因素，可能会对学习效果产生影响。学习环境的舒适度和适应性是学生专注力和学习效果的重要因素。

**学习工具：**学生使用的学习桌是否提供足够的储存空间和功能，例如抽屉、书架、插座等。学习工具的齐全性和易用性可能影响学生使用学习桌进行学习和组织学习材料的效率[2]。

**学习桌设计：**学习桌的高度、宽度和深度等尺寸要与学生的身体尺寸相匹配，以确保学生在学习时能够保持正确的姿势，避免姿势不良带来的影响。

**组织和管理：**学生使用学习桌的组织和管理方式可能会影响其学习效果。例如，学习桌上的书籍、文具和学习资料如何布置和整理，可能会影响学生的学习动力和学习效果。

**学习桌的耐用性和维护：**学习桌的质量和耐用性会影响其使用寿命和使用时的稳定性。

### 4. 学习桌设计方案

本文学习桌设计主要面向中学生，主要分辅助工具摆放区、常用书籍摆放区、文具、水杯摆放区、不常用书籍收纳区、可调节工作面。由于受众为中学生，具有一定的自学能力，所以取消了家长陪伴区的设计，增加了收纳空间。其次中学生学业繁重，与学习相关的书籍较多，所以本文学习桌设计对书籍收纳的空间进行了相关扩充。为了矫正中学生的写字姿势，基于人机工程学将写字区域设置了 5 个合理的调节档位。为了方便受众查找书籍，将两侧书籍收纳区进行了角度的调节，方便中学生查找书籍的同时，缩小了相对距离，更方便拿取。见图 1。

### 5. 仿真基本流程

Jack 人机工程学仿真的建立主要包括两个方面，一个方面是分析对象的数字模型的建立，另一个方面是仿真主体的建立。本文的仿真基本流程具体见图 2。

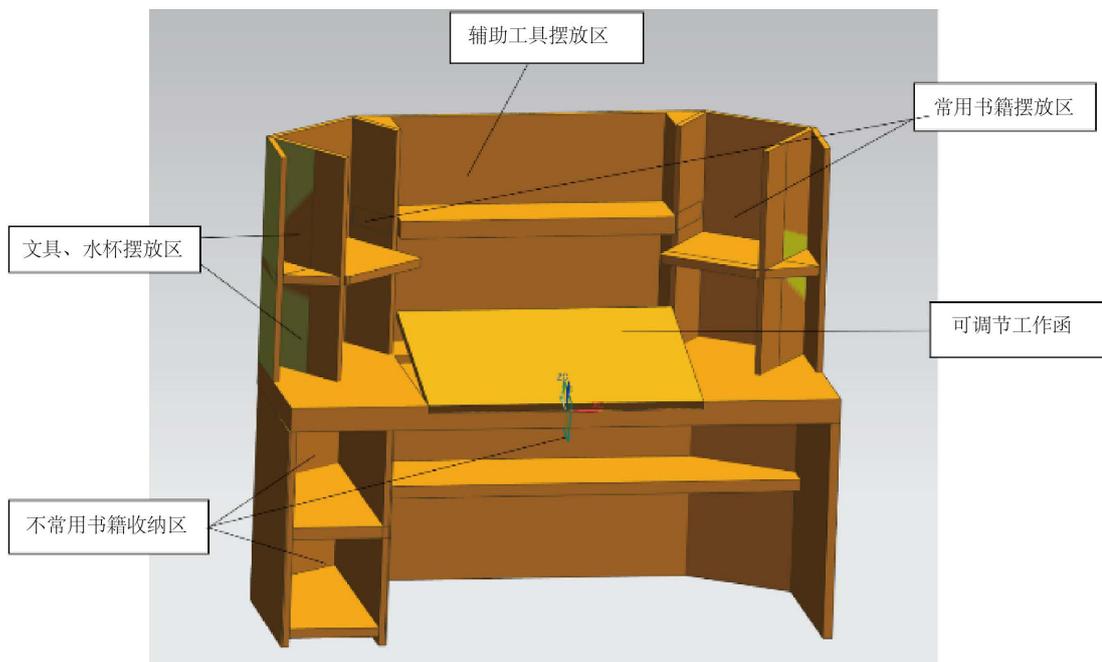


Figure 1. Basic structure chart

图 1. 基本结构图

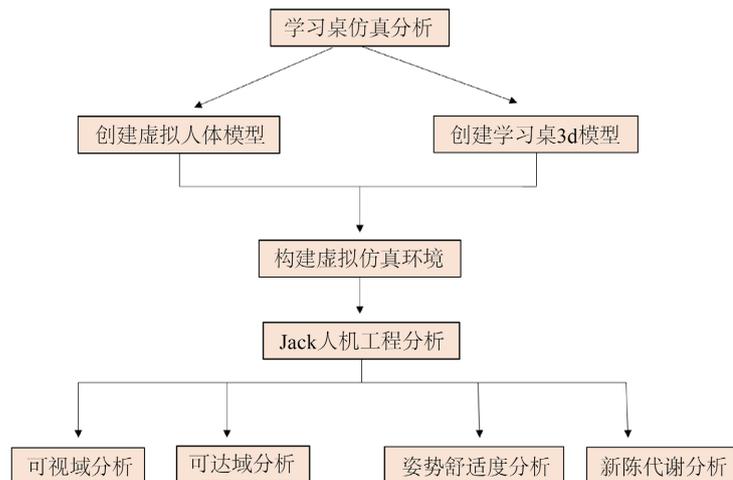


Figure 2. Simulation flow chart

图 2. 仿真流程图

## 6. Jack 虚拟仿真改良设计学习桌的过程

### 6.1. 创建学习桌模型

将用 ug 创建的学习桌简易模型转换文件格式为 jt，然后导入 Jack 软件中，并调整合适位置。

### 6.2. 仿真人体模型的创建

本文所设计的学习桌主要面向年龄在 12~18 岁左右的初高中生，而这个年龄阶段的学生身高差距较大[3] [4] [5]。本文运用 Jack 软件来进行人机工程学仿真分析。Jack 软件本身具备强大成熟的数字人体模

型库，所以本文中的数字人体模型直接在 Jack 软件中进行创建。Jack 软件可以通过反向运动原理来进行数字人体模型的调节，即只需要对关键部位进行运动调节，不需要对所有部位进行运动调节，可以准确地进行动作的设定[6]。本文选取 CHINESE 数据库中百分位数为 95 的 male、百分位数为 50 的 male 和百分位数为 5 的 female 进行人机工程仿真分析。如图 3。

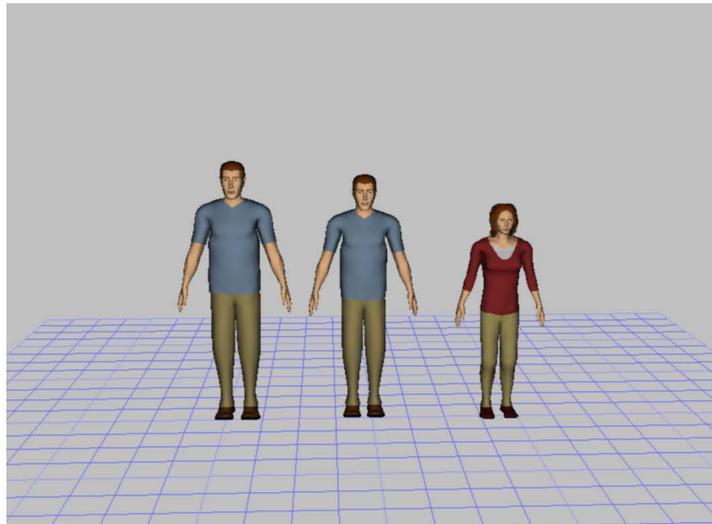


Figure 3. Human body model diagram  
图 3. 人体模型图

### 6.3. 基于 Jack 的仿真分析

#### 6.3.1. 舒适度分析

使用 Jack 软件 OPT (Occupant Packaging Toolkit)模块中的舒适度评价(Comfort Assessment)功能，分别选择 Porter (1998)数据和 Krist (1994 数据)作为数据来源[7]。本文利用 Jack 软件对使用者正常使用学习桌优化前后分析结果如图 4~7。

在使用者日常学习的姿势下，各个关节的柱状数值均未超过指标限定值，舒适度良好，符合生理要求[8] [9]。

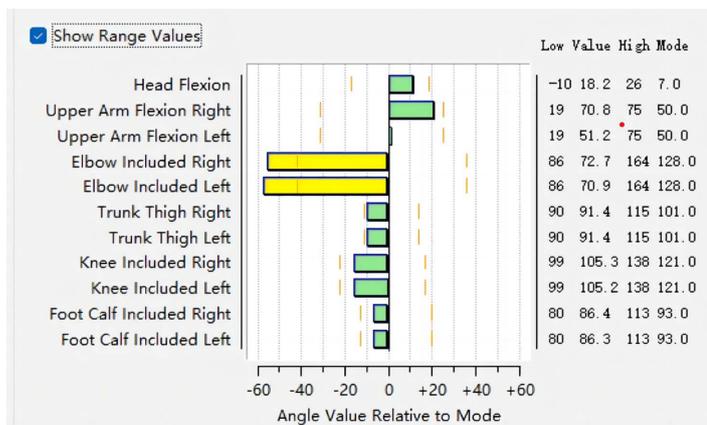


Figure 4. Comfort analysis diagram before correction  
图 4. 矫正前舒适度分析图

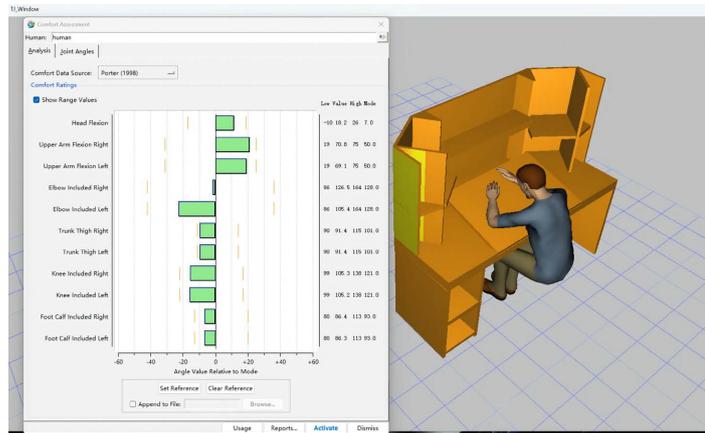


Figure 5. Comfort analysis diagram after correction  
图 5. 矫正后舒适度分析图

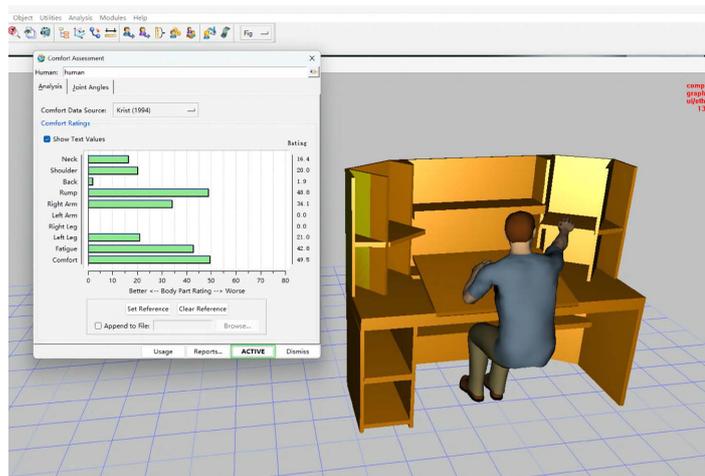


Figure 6. Krist (1994) comfort analysis diagram  
图 6. Krist (1994)舒适度分析图

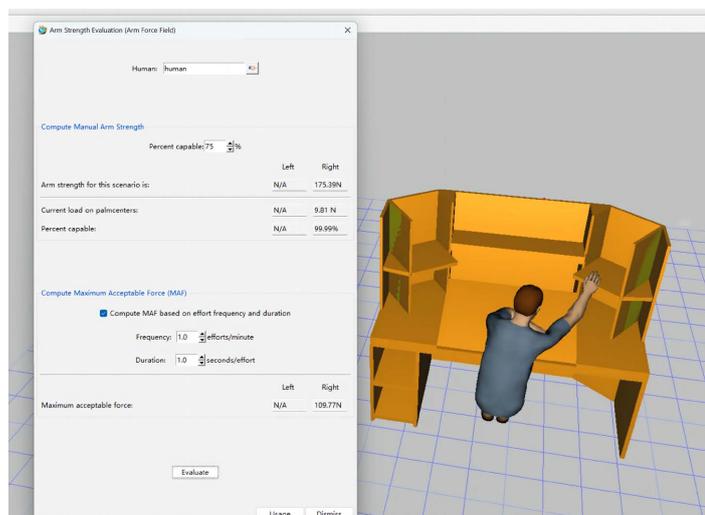


Figure 7. Static strength analysis diagram of arm  
图 7. 手臂静力学强度分析图

### 6.3.2. 工作姿势分析

工作姿势分析(Ovako Working Posture Analysis)是评价背部、手臂、腿部等在工作状态下不舒适程度的一种工具。评价这一姿势对操作者造成损害或损伤的概率大小。对于指定的姿态，[OWAS]工具制定了背部、手臂的评分，腿的位置及负荷要求。这些评分及工作姿势的“纠正需求”等级显示在一个对话框中，[OWAS]将工作姿势需要改进的紧迫程度、工作姿势疲劳等级按 1~4 进行划分。四个级别如下：1) 级别 1 (AC1)：姿势是正常的，没有纠正的必要；2) 级别 2 (AC2)：姿势可能有一定的不良影响，虽不需要立即采取行动，但也应近期调整；3) 级别 3 (AC3)：姿势有不良影响，应尽快纠正；4) 级别 4 (AC4)：姿势有害，必须立即纠正[10]。

本次分析选择 CHINESE 数据库中的百分位数为 50 的 male 进行仿真，模拟人体正常工作姿势，工作姿势分析结果如图，图 8 和图 9 为改进前的人体模型的工作姿势，处于级别 2，姿势有一定的不良影响，图 10 为改进后的人体模型的工作姿势，处于级别 1，姿势较为合适。

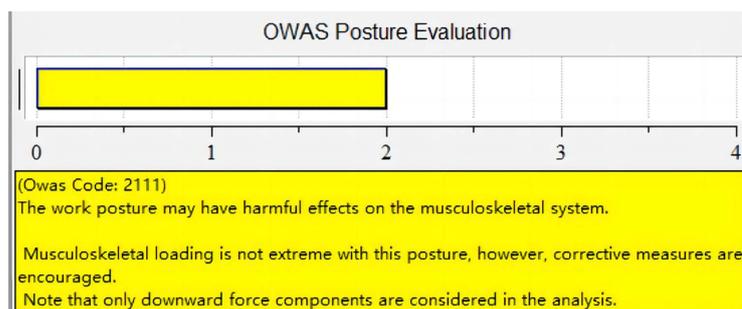


Figure 8. Working postural analysis diagram before correction  
图 8. 矫正前工作姿势分析图

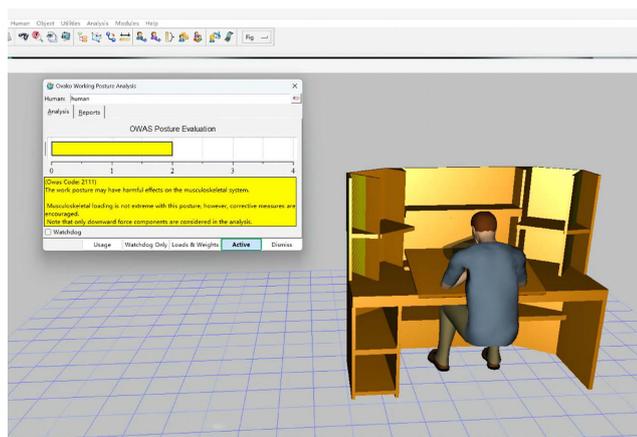


Figure 9. OWAS posture assessment diagram  
图 9. OWAS 姿势评估图

### 6.3.3. 可视域分析

本次分析选择 CHINESE 数据库中的百分位数为 50 的 male 进行仿真，使用 View Cones 工具，长度设为 70，角度范围为 80 度[11]。见图 11 和图 12。因为在保持躯干和肩膀不动的情况下，分别向左右侧转头属于颈椎左右旋转的活动方向。在颈椎左右旋转的过程中，通过测量与肩膀之间的夹角，可以判断左右旋转的活动度，正常情况下颈椎左右旋转的活动范围在 60°~80°。角度越大，颈椎承受压力越大，所以本产品两侧向内倾斜 20 度，在便于使用者识别的同时，减小了颈椎承受压力。

### 6.3.4. 可达域分析

可达域作为 Jack 的一个分析模块，可以生成一个区域，这个区域能够为特定尺寸的数字人描绘出其手部最大可触及范围。本次分析选择 CHINESE 数据库中的百分位数为 5 的 female 进行仿真，使用

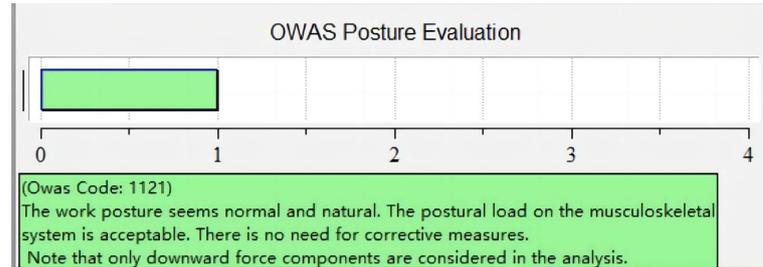


Figure 10. Working postural analysis diagram after correction

图 10. 改进后工作姿势分析图

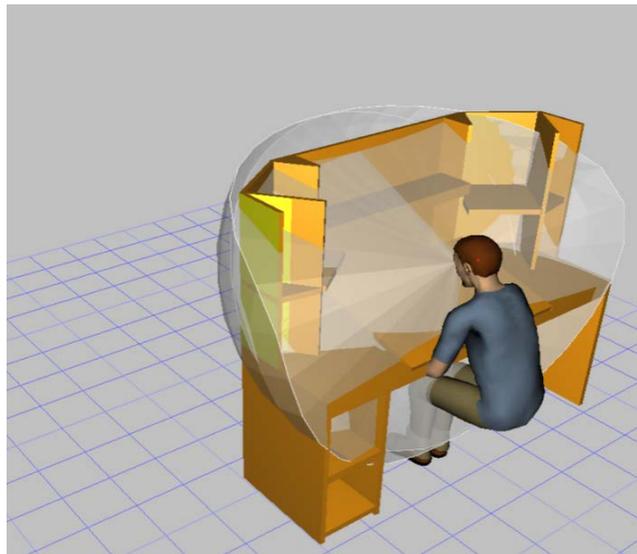


Figure 11. Overall visual field analysis diagram

图 11. 整体可视域分析图

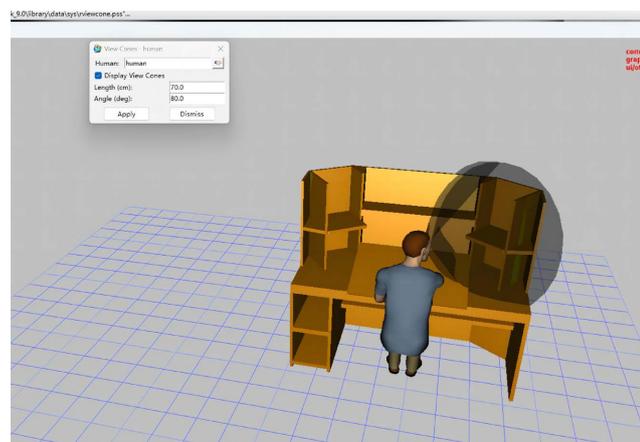


Figure 12. Side visibility analysis diagram

图 12. 侧身可视域分析图

Advanced each Analysis 工具进行分析, 描绘出最大可触及范围, 然后对学习桌的书架设置合理的位置[12][13]。

因为人坐在学习桌中间, 所以仅针对书架分析右手的运动范围即可, 选取右手掌为轨迹点, 建立右手的运动区域, 如图 13, 图 14 所示, 百分比为 5 的 female 的人体模型在不用起身的情况下能够触摸到右侧及中间的书架。

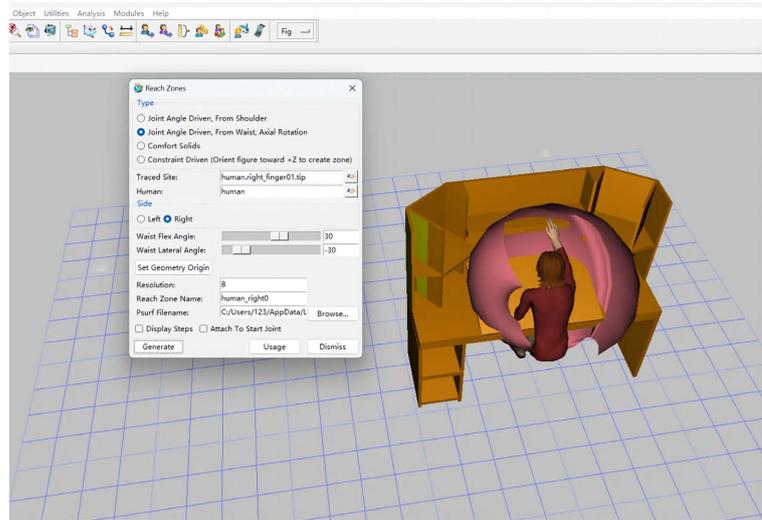


Figure 13. Analysis diagram of proper body reachability

图 13. 正身可达域分析图

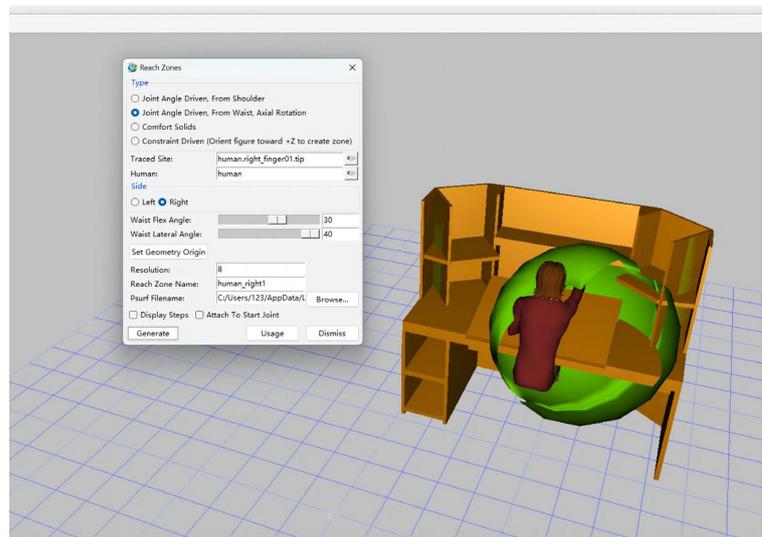


Figure 14. Side reachable region analysis diagram

图 14. 侧身可达域分析图

### 6.3.5. 新陈代谢分析

新陈代谢分析能求得做某一项任务所消耗的能量大小。该分析可以分析现有的任务也可以分析新任务的能量消耗, 明确该值不超过[NIOSH]的标准值。每项任务的代谢能量消耗包括动作代谢能量和姿势能量消耗[14]。

$$E_c = \sum_i = \ln E_i l = + E_{\text{posturs}}$$

$$E_{\text{posturs}} = K_{\text{posturs}} \cdot \text{Weight} \cdot T_{\text{posturs}}$$

其中,  $K_{\text{posturs}}$ ——是姿势的能耗系数;  $T_{\text{posturs}}$  是姿势的积累持续时间;  $\text{Weight}$ ——人体重量, 本次分析选择 CHINESE 数据库中的百分位数为 50 的 male, 将坐姿占比设为 80, 屈身占比设为 20, 手臂工作和躯干工作各占 50, 每次工作时间按照合理学习时间设为 40 min, 大概设为 4 个循环, 最后结果如图 15。

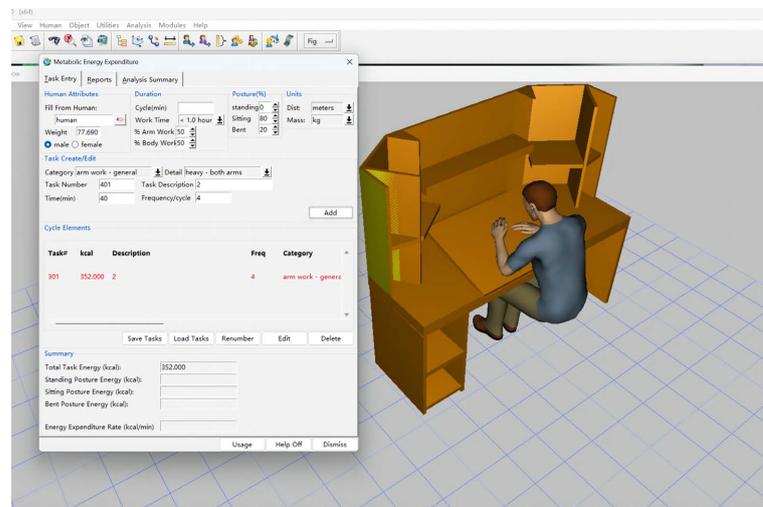


Figure 15. Metabolic analysis diagram

图 15. 新陈代谢分析图

## 7. 结论

Jack 仿真软件具有高度的精确性和可靠性, 可以准确地模拟复杂的过程和系统, 为用户提供准确的仿真结果。Jack 仿真软件还提供了丰富的模型库和模板, 可以帮助用户快速创建和修改模型。用户可以根据自己的需求, 灵活地定制和调整模型参数, 以便更好地满足实际仿真需求。此外, 该软件还具有强大的数据分析功能, 可以对仿真结果进行统计和可视化分析, 以便用户更好地理解 and 解释仿真数据。

本文通过使用 Jack 仿真软件对学习桌进行研究分析, 可以评估使用者使用学习桌时的舒适性、工作姿势分析、便捷性, 由此找出设计不足, 再进行优化设计, 优化后又进行 Jack 仿真分析, 直至达到设计目的。但采用 Jack 仿真仅是虚拟试验, 后续将结合本体实际使用感受进行进一步研究。

## 注 释

文中所有图片均为作者自绘或者自摄

## 基金项目

贵州省科学技术基金重点项目, 编号: 黔科合基础-ZK[2023]重点 015, 面向车载终端自然人机交互控制的用户共识手势动作图像识别研究, 2023-01-01~2026-12-31。

## 参考文献

- [1] 史小娟, 杨创创, 谢晓燕, 等. 可调节儿童学习桌椅的设计[J]. 包装工程, 2007(5): 104-105+125.
- [2] 景瑶, 于娜, 呼慧敏, 等. 儿童学习桌功能结构与功能尺寸调查研究[J]. 家具, 2019, 40(3): 105-109+125.

- <https://doi.org/10.16610/j.cnki.jiaju.2019.03.022>
- [3] 呼慧敏, 晁储芝, 赵朝义, 等. 中国成年人人体尺寸数据相关性研究[J]. 人类工效学, 2014, 20(3): 49-53. <https://doi.org/10.13837/j.issn.1006-8309.2014.03.0011>
- [4] 吕文生, 吴姗, 韩巧云. 大学生身高调查及合理课桌椅设计[J]. 中国教育技术装备, 2012(15): 3-6.
- [5] 王志愿. 基于人机工程学的中学生课桌椅设计[J]. 包装工程, 2020, 41(14): 188-192. <https://doi.org/10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.14.028>
- [6] 杨勤, 王嘉斌, 王卫星. 基于 Jack 的老年人辅助座椅需求研究及仿真分析[J]. 计算机与现代化, 2020(9): 106-111.
- [7] 兰爽. 基于 Jack 虚拟仿真技术的人因工效分析[J]. 工业工程, 2017, 20(6): 96-100.
- [8] 刘光辉, 唐德红, 高喜雷. 基于 Jack 仿真的颈椎康复训练器人机工程设计[J]. 机械设计, 2022, 39(6): 155-160. <https://doi.org/10.13841/j.cnki.jxsi.2022.06.017>
- [9] 陈伟伟, 杨光, 徐伟. 基于 Jack 的地铁驾驶室人机舒适性分析[J]. 南方农机, 2020, 51(21): 189-191+198.
- [10] 王平凯, 钟岭. 基于 Jack 虚拟仿真技术的校园床位设施优化设计[J]. 工业设计, 2021(9): 157-158.
- [11] 苏胜, 王晗宇. 基于 Jack 软件进行人机工程仿真分析的要点[J]. 工业设计, 2017(11): 115-116.
- [12] 马智, 薛红军, 苏润娥. 基于 Jack 的人体建模与人机工效分析[J]. 航空计算技术, 2008(1): 97-100.
- [13] 周艾, 张建敏, 杨勤, 等. 基于 Jack 的工业搬运车驾驶室人机工程仿真分析[J]. 机械设计, 2020, 37(1): 26-34. <https://doi.org/10.13841/j.cnki.jxsi.2020.01.005>
- [14] 杨秀芳, 李宗和, 范佳惠, 等. 基于 Jack 的拖拉机驾驶室人因分析及仿真[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2020, 41(4): 46-50. <https://doi.org/10.16853/j.cnki.1009-3575.2020.04.009>