

The Discussion of Human-Machine Study Method Based on Simulation

Xiao-na LI¹, Qing-sen XIE²

¹Tianjin University of Commerce, Tianjin, China

²Tianjin University, Tianjin, China

1. xnsmile@163.com, 2. idpublic@eyou.com

Abstract: In the future consumption society, people begin to require the immaterial functions of the product when they are satisfied with the material functions which are becoming perfect. The immaterial functions include satisfaction, human-considered, emotional performance, and so on. The study methods of ergonomics based on the simulation method will contribute to the humanize product design combining other subjects. The thesis discussed the simulation study method, and tried to find a new simulation and analysis method for human-machine system study by researching the application of the simulation software of ADAMS-Life MOD.

Keywords: Human-machine System; Simulation; Industrial Design

基于仿真分析的人机学研究方法探讨

李晓娜¹, 谢庆森²

¹天津商业大学, 天津, 中国, 300134

²天津大学, 天津, 中国, 300072

1. xnsmile@163.com, 2. idpublic@eyou.com

摘要: 在未来消费社会中, 人们对产品在“有形”(物质)功能日趋完善达到满足的同时, 逐渐趋向对“无形”(非物质)功能的更多需求, 如舒适性能、宜人性能、情感性能等。基于仿真分析的人机工程学研究融合了其它诸多学科知识, 将对更加人性化的产品设计做出贡献。本文就人机系统研究方法——仿真分析进行讨论, 并通过对生物力学仿真软件 ADAMS-Life MOD 软件的应用分析探讨一种新的工业设计人机系统仿真和研究方法。

关键词: 人机系统; 仿真; 工业设计

1 引言

随着现代社会信息和技术的发展, 当今工业产品除了已由传统的机械产品模式向信息电子产品等方向发展, 技术含量不断增高的同时, 人们的生活质量不断提高, 社会的消费观念也不断发生变化, 产品的功能已不再是消费者决定购买的最主要因素。产品作为社会和生活文化中的“硬体”, 其价值的体现, 越来越多地通过“软体”形式体现出来, 比如舒适性能、宜人性能、情感性能等。

工业设计的产品在满足人们的各种目的需求和方式需求的同时, 必然与人进行各种各样的交互, 在此过

程中, 人与产品组成的人机系统是工业设计研究的重点, 因此, 探讨一种人机系统的研究方法, 将会对产品设计提供新的思路。进行人机系统的模拟仿真, 真实体现人在与产品进行交互过程中人体的各种反映, 然后根据仿真的结果去判断设计的合理性和准确性, 据此在设计的过程中即可预知产品的使用状态, 通过反馈, 调整设计, 依次循环, 直至达到最好设计效果, 即最适合用户的人机系统。因此, 人机系统的仿真分析方法成为当今人机学研究的重点。本文将就此展开讨论。

2 人机工程学

人机学(Ergonomics)是以人的生理、心理特征为依据, 以提高人的工作、生活质量为目的, 运用系统工程和信息加工心理学的观点和方法, 研究生产领域内人与

资助信息: 天津商业大学青年科研培育基金项目(项目编号: 090103)

机械、人与环境以及机械与环境之间的相互作用，为设计操作简便省力、准确安全、高效舒适的人—机—环境系统提供理论依据和方法的科学^[1]。其目的就是如何让产品及工作环境的设计，能更适合人的生理和心理特点，满足人的生理和心理需求，减少疲劳，更加适合人的操作习惯。人机学在产品设计和制造过程中业已得到了广泛应用，尤其在产品设计领域中，人机标准数据库、三维人体模型及一些简单的人机软件系统，已被广泛应用于设计过程，并作为检验和分析产品设计方案人机关系的工具。特别是在航天飞行器安全设计、汽车设计、机械产品设计、家居环境设计、办公室空间设计等方面已经成为了设计是否成功的决定因素。同时在 CAD 技术领域，人机界面技术和虚拟仿真技术的人机交互技术的研究也有了重大进展。在虚拟仿真技术中通过计算机软硬件系统的虚拟仿真，进而有效地进行人机关系的设计、评估、检验等工作。

产业界的这种趋势促使企业在着手进行新产品开发的同时，把面向产品的人机学设计方法的研究提到一个新的高度，摆上议事日程。从而间接地迫切要求对人机学设计方法的研究能有进一步的突破，以提高产品的设计水平和市场竞争力。

人机工程学的研究广泛采用了人体科学和生物科学等相关学科的研究方法及手段，也采取了系统工程、控制理论、统计学等其他学科的研究方法，而且本学科的研究也建立了一些独特的新方法，以探讨人、机、环境要素间复杂的关系问题^[2]。目前常用的研究方法有：观察法、实测法、实验法、模拟和模型试验法、计算机数值仿真法、分析法、调查研究法等。其中，计算机数值仿真法是现今发展最为迅速的方法之一，它逐渐被应用到人机学研究的各个领域。由于人机系统的操作者是具有主观意志的生命体，传统的物理模拟和模型研究人机系统，往往不能反映真实的用户的操作特征，且存在周期长、成本高等弊端，因此基于计算机系统的数学模型分析进行仿真性实验研究，可以于设计阶段即可对设计效果进行真实的模拟，可以最早得出设计的分析，从而帮助设计者发现问题，解决问题。

3 仿真分析方法

人机系统中的主体是人和机器，其中，仿真的重点和难点是人，人体模型的准确性、相似性成为人机仿真的重点。自从人机系统计算机仿真技术问世以来，已经有许多国家的科研机构对此做了相关的研究，并先后开发了人机系统计算机仿真方面的软件。国外在

这方面所进行的研究主要有：

60 年代英国诺丁汗大学开发的商业化软件 SAMMIE 系统^[3]。人体模型采用多面体运动模型，并且建立了生成各种常见姿态和完成特定任务姿态的姿态库。1991 年，ESA 开发的一套交互式的图形仿真软件包 DYNAMAN^[4]，用于仿真航天员的活动过程。Pennsylvania 大学计算机图形实验室开发的 JACK 软件^[5]。JACK 软件 1992 年投入商业使用，已经被许多飞机公司、汽车制造商和军用车辆机构应用。美国麦克唐纳道格拉斯飞机制造公司，在计算机上把人的模拟系统和飞机模拟系统结合起来，在飞机设计阶段就能把可能遇到的装配、使用和维护问题暴露出来并加以解决，便于修改设计、降低设计费用。美国麻省 SensAble Technologies 公司研制开发的具有力反馈的三维交互设备 PHANTOM 及其配套的软件开发工具 GHOST，其性能良好。国内，北京航空航天大学的袁修干教授与温文彪教授等人^[6]从 80 年代末开始从事人一机—环境计算机仿真技术的应用与研究，取得了一系列的研究成果，领导开发了人一机—环境计算机仿真软件，填补了我国在该领域的空白。此外，浙江大学、江苏理工大学也正在从不同的角度对此进行研究。目前，国内这方面的软件主要有：北京航空航天大学开发的人机系统仿真软件 MMES 和浙江大学的人机工程仿真与评价系统(Ergonomics Simulation and Evaluation System ZUCC)。

可以看到，现今的人机系统计算机仿真软件主要应用于飞机、汽车等领域内，对于日用产品以及交通工具等的人机系统的仿真还没有合适的方法选择。目前国内外对产品的人机系统仿真的研究，集中在采用各种软件和方法的静力学研究以及动力学研究方面，

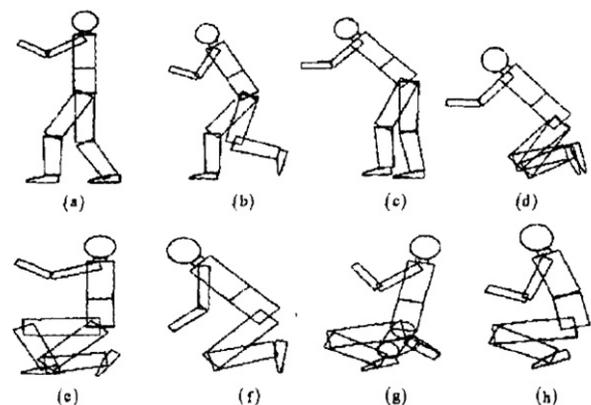


Figure 1. Simulations of typical human model gestures
图 1 典型人体模型姿态模拟

对人机系统中人的研究，更是少之又少。大部分在研究中采用的人体模型是多刚体模型、弹簧模型等，采用的人机学原理都只是采用简单的人体数据，通过对产品外观尺寸数据的调节达到与人体测量数据的匹配，并没有进行过对真正具有肌肉和关节等具体人体组织模拟的真正的模拟仿真。因此，目前的人机系统仿真研究具有进一步深入探索的迫切要求。

4 基于 ADAMS-Life MOD 的人机系统仿真研究

ADAMS，即机械系统动力学自动分析(Automatic Dynamic Analysis of Mechanical Systems)，该软件是美国 MDI 公司(Mechanical Dynamics Inc.)开发的虚拟样机分析软件。目前，ADAMS 已经被全世界各行各业的数百家主要制造商采用。ADAMS 软件使用交互式图形环境和零件库、约束库、力库，创建完全参数化的机械系统几何模型，其求解器采用多刚体系统动力学理论中的拉格朗日方程方法，建立系统动力学方程，对虚拟机械系统进行静力学、运动学和动力学分析，输出位移、速度、加速度和反作用力曲线。ADAMS 软件的仿真可用于预测机械系统的性能、运动范围、碰撞检测、峰值载荷以及计算有限元的输入载荷等。

生物力学建模软件 BRG.LifeMOD，它是由生物力学公司 (Biomechanics Research Group) 开发，可用于建立任何生物系统的真实的基于物理的生物力学模型，是当今最先进、最完整的人体建模软件。Life MOD 是常用的 ADAMS 软件的外插件软件，以提供完整的建模环境，精确地生成被动的、动力学的生物模型，这些模型可与环境、工具、设备交互作用。该建模技术可使研究人员能够建立各种各样的生物学模型，并深入地了解在生物学动作背后的控制策略的自然特性及力学特性。LifeMOD 具有广阔的建模范围，可用于人体测量的虚拟碰撞、CNS 驱动的步态模型、盘状物的压缩评估以及关节复原仿真等领域。人体模型可加入到在 ADAMS/View 建立或导入到 ADAMS/View 中的任何机械系统或环境中。

因此，生物力学仿真软件 ADAMS-LifeMOD 将人体肢段视为多连杆系统，进行人体动作模拟，从而仿真人——机之间的真实互动情况，并可对人体的真实反映进行仿真输出，帮助设计者分析设计中可能存在的问题并进行相应的改进。如对自行车的研究如下图 2 所示。

人使用机器必然会产生相关的运动，如果时间较



Figure 2. Simulation of rider-bike system

图 2 自行车人机系统仿真

长则会产生疲劳的感觉。关于疲劳的产生机理有非常复杂的研究，但是不管哪种机理，都可以看到疲劳产生的一个很重要的原因在肌肉，因此，通过分析肌肉及关节，可以发现人机交互中疲劳的特性。通过 ADAMS-Life MOD 的输出结果，可对人机交互过程中人体的肌肉进行张力的分析，以及关节的舒适度进行分析，这是影响人的使用感受以及人体疲劳的分析基础。在此基础上，即可分析人机系统可能存在的问题，发现了问题，通过寻找相应对策，改进设计，并可反复验证，直至最佳。因此，通过该软件的人机系统仿真和分析，为产品设计的人机系统研究提供了一种新的方式。

5 总结

通过对产品设计中人机系统的研究方法进行分析，可发现现有研究方法的一些不足，为了将产品设计更加理性和合理化，探讨一种新的仿真分析方法，ADAMS-Life MOD，它可以建立非常准确的人体模型，并通过与产品模型的配合，得出人体的肌肉和关节等生理的反应，从而为设计的人性化提供设计依据。

References(参考文献)

- [1] Ding Yulan. Man-Machine Engineering [M]. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 2001.
丁玉兰, 人机工程学[M], 北京: 北京理工大学出版社, 2001
- [2] Xie Qingsen, Huang Yanqun, Ergonomics[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2009.
谢庆森, 黄艳群, 人机工程学(第二版)[M], 北京: 中国建筑工业出版社, 2009
- [3] Keith Case, Mark Porter, Virtual fitting trials in 'design for all' [J], *Journal of Materials Processing Technology*, 2001, 117(1-2): 255-261.

- [4] Wren C, Pentland A. Dynam: A recursive model of human motion[Z]. Cambridge, MA: MIT Media Lab, 1998
- [5] B.Kays, Hoang, Static three-dimensional modeling of prolonged seated posture.[J], *Applied Ergonomics*.1999(30):255-262
- [6] Yuan Xiugan. Probe into the Ergonomic Evaluation of Cockpit Design[J], *China Safety Science Journal*, 2002,12(2):64-66
袁修干等, 飞机座舱设计人机工效评价探讨, 中国安全科学学报, 2002, 12(2): 64-66