

人机工程学在数字化设计与制造中的应用研究

1. 前言:

人是任何一个系统中最无标准和最不可预测的因素之一，人的能力是设计、制造等工作中具有限制性的因素。在现代化的工厂中，我们必须在产品生命周期中将人的因素考虑到工厂布局、产品设计、工装设计、工艺设计等各个环节，这要求我们对人机工程学方面进行研究。对于制造业来说，我们关注工厂布局、工装设计、工艺设计等方面的人性化，因为人在实际工作环境中可能发生的操作不便或错误通常要到实际生产时才发现，这会对生产效率产生非常大的影响。为了能够制定出有效的工作方式，传统的统计方法是不够的，必须引入人机工程技术以提高工厂布局设计质量、工装设计质量和工艺编制质量。

在我国，1980年，国家标准局成立了全国人类工效学标准化技术委员会，统一规划、研究和审议全国有关人类工效学的基础标准的制定。1984年，国防科工委成立了国家军人—机—环境系统工程标准化技术委员会。这两个技术委员会的建立，有力地推动了我国人机工程学的发展。此后在1989年又成立了中国人类工效学学会，再在1995年9月创刊了学会会刊《人类工效学》季刊，虽然人机工程学在国内已经有所发展，但应用的范围和应用的深度与国外还有很大的差距。随着国家科技和经济的发展，人们对工作条件、生活水平要求不断提高，企业对人力配置，生产效率的要求不断提高，人机工程学已显得日益重要。国内制造业的人机工程设计及分析的应用尚属于起步阶段，基于DELMIA HUMAN模块，我们对这方面进行了一些探索和研究。

2. 人机工程设计及分析

DELMIA的人机工程设计及分析模块是针对人体姿态、运动和任务的分析工具，它提供了人体模型创建、人体模型编辑、人体姿态分析、人体动作分析和人机任务仿真等人因分析的相关工具，将人因因素量化，以便我们分析从事制造、安装、操作、维护工作的人员的能力和局限。在此基础上通过在三维数字工厂中进行人机工作的仿真，可以快速而准确地分析人体在工作过程中诸如伸、举等动作、人体姿态和工作循环、人眼视觉范围及运动等，优化人体与其所制造、安装、操作与维护的产品或资源之间的关系。

2.1 人体模型创建和编辑

DELMIA HUMAN提供了多种国家人体模型参数，如图1，我们在创建人体模型时，可以选择人的国家、性别、百分点等参数建立人体模型。根据实际需要，我们也可

根据我国人体工程学方面的统计或工厂实际的统计建立人体模型参数库，如图 2 所示，我们在 DELMIA HUMAN 中可以很方便地编辑人体尺寸，如身高、体重、四肢长度等等，使之与工人的实际情况相符。

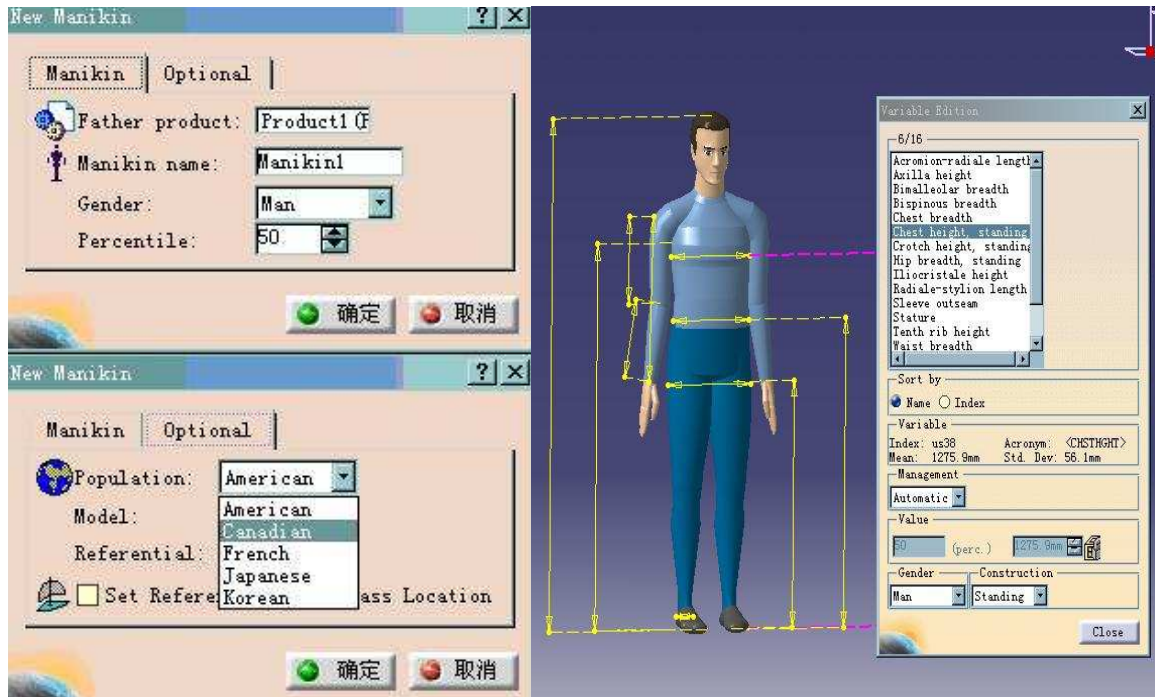


图 1

图 2

在某些特定的工作中，比如在狭小的空间里钻孔、铆接、或者打保险等等，我们需要模拟手的详细动作，分析手的操作空间，对于这种情况，我们可以单独建立人的局部三维模型。

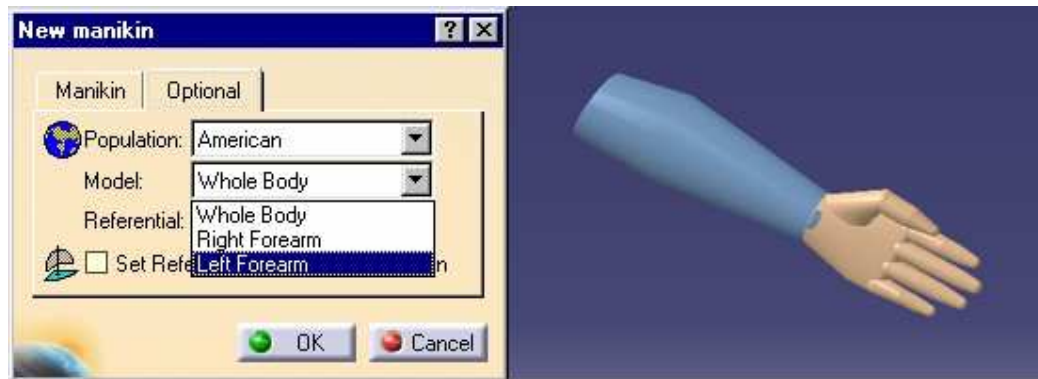


图 3

2.2 人体姿态的编辑与分析

人体的各种姿态可以用 Posture Editor 来编辑，调整头、颈、肩膀、手臂等约 30 个部位创建工人工作中的各种姿态。图 4 为姿态编辑器的界面，我们选择需要更改姿态的人体部位和其自由度，通过修改自由度的值得到人体不同的姿态，我们也可以选择 Human Posture 的

其他工具直接对人体三维模型进行操作，创建和修改某个部位姿态。

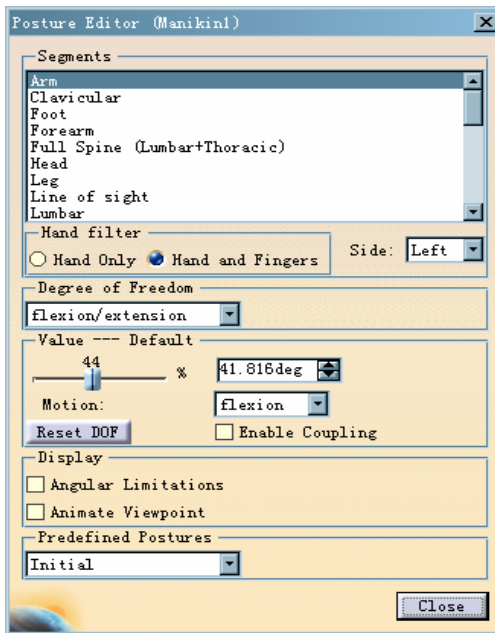


图 4

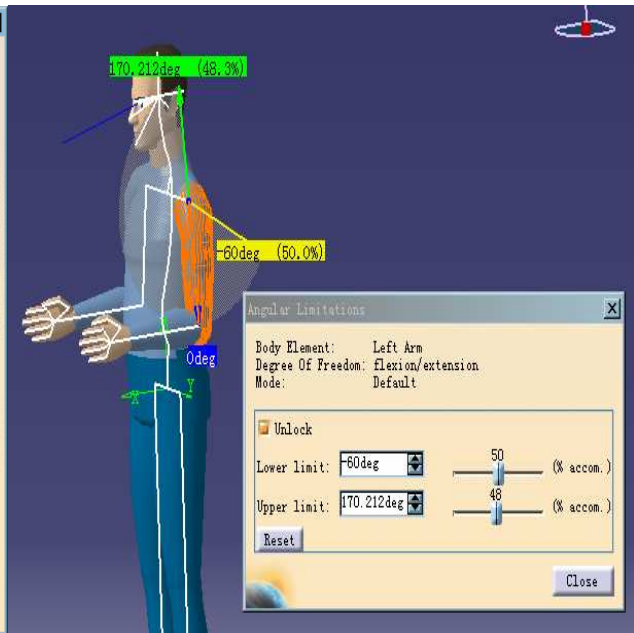


图 5

对人体的各个关节，我们可以对其自由度进行编辑，比如更改自由度范围，锁定某个自由度，如图 5，我们选择编辑人手臂伸展的自由度，其默认的自由度为-60 度到 170.212 度，选择 Unlock，可以根据我们所依据的人机工程学有关标准在一定范围内对其进行修改。

2.3 人体模型运动分析

因为人因是生产中具有限制性的重要因素，我们必须要对人体工作中的运动进行分析，在基于数字工厂的人机任务仿真中，我们可以得到人工作时的各种动作姿态，对这些运动进行分析，以合理配置工人与其所制造、安装、操作与维护的产品或资源。

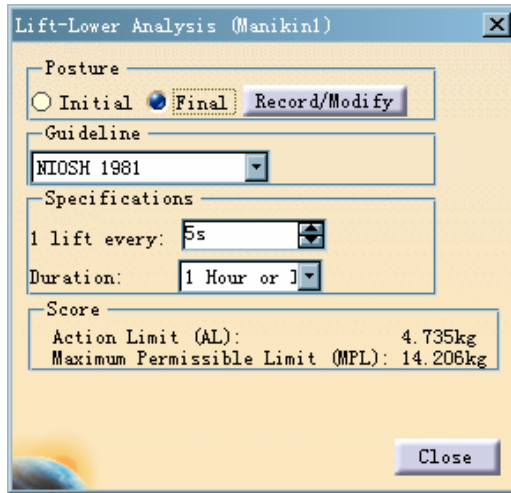


图 6

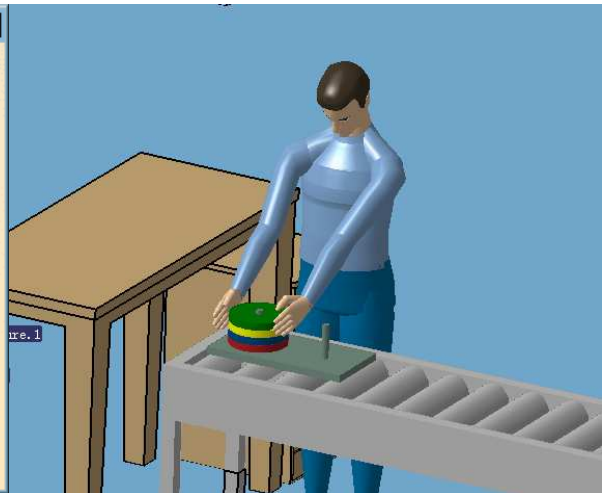


图 7

如图 6 和图 7 所示，我们分析在人机任务仿真中人所进行的朝上递放物品的动作，用举放分析工具记录他放下手的位置和举起手放物品的位置，输入单次动作的时间，及持续进行该动作的时间，你就可以得到人在这种工作情况下所能操作物品的最大重量，若所做仿真中被操作物品超过这个重量，就需要调节单次动作的时间或持续时间来适应工人能力的局限性。

同样我们还可以分析人的推、拉、搬运的能力。在分析这些能力时，我们都是基于人的某种姿态，不同姿态的人体模型在进行相同的运动时，其能力肯定是不一样的。DELMIA 已经向我们提供了进行这些分析的标准，可以让我们方便地对工人工作能力进行评估。

2.4 人机任务仿真

DELMIA Human Task Simulation 是一个用于创建、验证和仿真人体动作的强有力的工具，根据工人的实际工作可创建如行走、移动到某一姿态、拿起或放下物体、上台阶、结合机构工作等动作，并对这些动作进行分析。

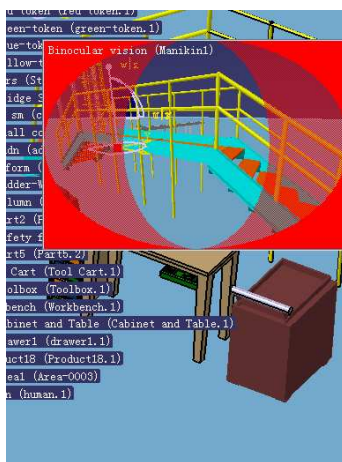


图 8

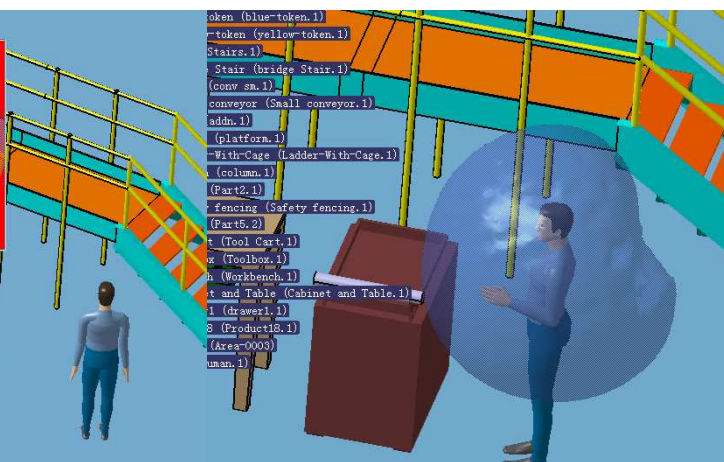


图 9

我们利用 DELMIA 仿真模块建立起一个包括产品、工艺、资源（工装、工具及操作人员人体模型）的数字工厂，通过任务仿真，分析人工作时与所操作产品和所涉及工装、工具等的关系。图 8 显示了我们在仿真中能得到的人眼视觉窗口，在加入人的三维数字工厂中，我们能直观地得到人在不同位置，不同姿态的视觉范围，并且在人机任务仿真中，人的视觉范围随着人的行走，头部摆动而变化，我们可以分析人在工作中的实际感觉。基于仿真中人的某种姿态，我们可以计算人手所能达到的空间范围，图 9 为通过计算后得到的人手可达区域。通过这些分析，我们可以优化车间布局，如通道设计是否合理，工装、工具摆放位置是否合理，工人在这种环境中工作是否方便。

在工装初步设计的基础上，进行人机任务仿真，以分析工人是否有能力在我们设计的工装上工作，操作是否方便。发现工装设计中与人相关的错误，如工作梯高度不对，工作梯台面间距不合理，或工装设计的定位器位置阻挡了工人操作的通路等，及时对工装设计进行修改。图 10 中对人上工作梯的工作进行仿真分析，我们通过任务仿真的工具自动生成人体模型爬梯的一系列动作，通过分析这个过程的不同姿态，可以验证工作梯设计是否安全；工作梯的每层距离是否合理，如果不合理，系统会给出警报。

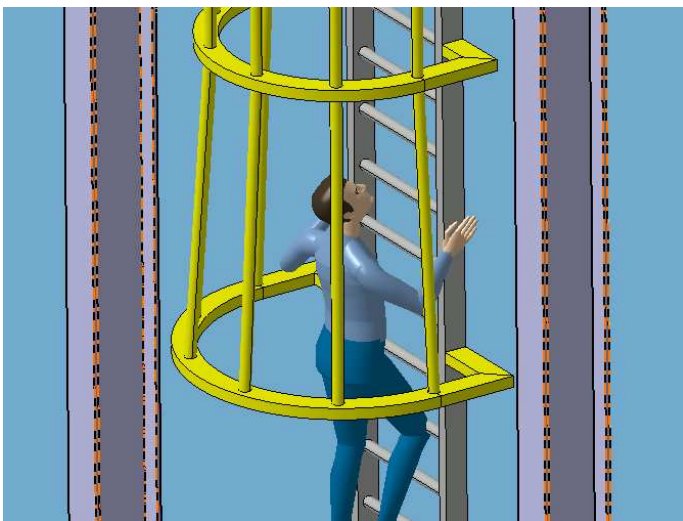


图 10

同时，我们也可以验证我们所选用的工具的合理性，如工人手拿工具进行操作时，在特定的生产环境中是否有操作通路，在操作过程中与周围物体的干涉，我们都能清楚地看到。

在仿真过程中，我们也可以发现工艺设计的错误，特别是在装配中，如工艺顺序的合理性，会不会因为工艺顺序安排的不合理而导致工人无法操作。

我们通过人机任务仿真创建工人的工作流程，如在车间中运送产品、上下工作梯、加工、

装配等，将人力资源的数量配置、分工安排与在 DPM 中所做的产品制造工艺流程或装配工艺流程仿真结合起来计划，按我们采用的统计标准输入人的行走、动作速度，可利用仿真得出的时间对不同方案进行评估，以选择最优的人力资源配置。

通过验证后，我们所作出的仿真结果能够模拟工人的整个工作过程，可以在工厂实际生产前，利用做出的人机仿真对工人进行培训，使工人熟悉工作流程。并且，我们可以利用人机仿真编制产品的维修说明书。

3. 总结：

人机工程学是一门多学科的交叉学科，研究的核心问题是不同的作业中人、机器及环境三者间的协调，研究方法和评价手段涉及生理学、医学、人体测量学和工程技术的多个领域，研究的目的是通过各学科知识的应用，来指导工作器具、工作方式和工作环境的设计和改造，使得作业在效率、安全、健康、舒适等几个方面的特性得以提高。

我们利用 DELMIA 提供的人机工程学设计与分析模块，在工厂实际生产前进行人机工程学设计、分析和仿真，在工厂布局、产品设计、工装设计、工艺设计等环节将人的因素纳入其中，使我们的工作得到了很多实际的效果：

1. 通过对人体运动的分析，评估工人生产能力，合理配置工人人数和工作时间。
2. 优化工作环境的布局，使工人工作的安全、舒适、健康方面得到提高，同时减少不必要的空间和时间浪费，提高工人工作效率。
3. 优化工装设计，避免了与人因相关的工装问题，减少投入生产后可能发生的工装问题，有效减少工装返修，节约工装生产时间和成本。
4. 减少工艺设计中与人因有关的错误，对工人可操作性进行仿真，优化工艺设计。
5. 通过人机任务仿真，对操作人员进行培训。
6. 可通过仿真生成三维的维修手册。

4. 结束语：

随着信息技术的不断进步，我们正面临着一场数字化的工业革命。从计算机二维设计到三维设计，数字化工艺设计到虚拟现实，数字化技术不断的发展，已经能覆盖从概念设计、详细设计、工程分析、数控加工、虚拟制造模拟到产品维护等各个产品开发和生产的流程。现在，如何使人与数字化信息的交流变得没有阻碍，将人的因素融入产品生命周期的各个环节，实现人的数字化，将成为我们面临的一个重要课题。我们相信通过这方面的研究与应用，会使我们的数字化设计与制造水平得到更大的提高。