

# 3D 仿真建模技术在食品安全过程控制中的应用

徐书亮, 钱亚林

(云南出入境检验检疫局)

**摘 要:** 随着社会生产力的发展, 企业技术装备的改造升级, 立体厂房、综合车间以及自动化技术, 网络协同、集成制造、并行工程等先进数字制造技术的应用, 食品生产在质量控制过程中出现了许多新问题。计算机 3D 建模与仿真技术的兴起与发展, 给食品安全控制复杂系统的要素展现、分析、验证, 带来了技术支撑。

**关键词:** 食品安全; 质量控制; 3D 建模; 动态仿真

随着先进制造技术在食品生产企业的广泛应用, 食品国际贸易的进一步发展, 食品安全, 无论是在质量控制还是政府监管过程中, 都面临着许多前所未有的挑战。

## 1 食品安全过程控制需要应对的问题

### 1.1 食品安全控制要素的有效表现问题

自上世纪 90 年代, 食品工业营业额就超过了汽车、航空、信息等行业雄居世界工业霸主地位, 以信息集成为核心的计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)、以过程集成为核心的并行工程(Concurrent Engineering, CE)技术以及网络、集成、智能、自动化技术, 人一机—环境分布并行处理等先进制造技术在食品生产企业的广泛应用, 超临界萃取、微胶囊技术、反渗透装备的普及, 新工艺自动流水线作业的投产, 以及立体厂房、综合车间的建设(如图 1、3、4、5)……食品安全管理的许多要素, 如立体车间布局, 工艺流程, 设备的结构原理等用车间实景照片只能局部反映, 甚至生产现场也不能有效地形成审核发现, 用二维正投影图表达这类产品的构思显得力不从心, 即使用多个剖视图加以表达也是有局限性的, 且绘图工作量大, 又缺乏直观性, 至于人流、物流、汽流的干涉分析, 自动流水线的动态演示等更是无从谈起。传统的文件、图纸、照片等媒介的信息承载能力受限, 严重制约



图 1 食品企业的先进技术装备

了许多食品安全管理要素的有效表现。

### 1.2 应对发达国家/地区的验证检查问题

随着关税的降低, 发达国家开始以技术法规、标准、合格评定等作为保护其民族工业的技术壁垒手段, 例如许多外商都把食品企业是否通过相关注册, 是否取得 HACCP 认证等作为考核合作方的硬性指标。欧美等发达国家/地区的官方检查、审核验证提出更苛刻的细节要求, 审核要素也更为繁多。为了缩短认证(验证)周期, 减轻企业负担, 在文件审核、现场审核之外, 需要寻求一种更便捷、更有效的迎检审核方式。特别是实物对象无法展现的要素, 例如关键设备的构造、原理、流程, 甚至车间工序流程的整体规划布局等, 需要提前建模, 以便应对现场的模拟演示。

### 1.3 食品企业一线员工资质、能力问题

对企业来讲, 无论技术、管理人员, 还是一线的

\*作者简介: 徐书亮, 男, 轻工技术工程硕士(在读), 研究方向: 出口食品企业认证监管, 食品安全控制现场管理, Email: xushuli-ang0871@163.com

员工, 有效的岗位技能培训、合格的从业素质, 既是企业管理的需要, 更是认证审核的关键要素。

食品企业大多属于劳动密集型产业, 或是由于当前廉价的劳动力成本远小于先进流水线设备的购置、维护成本, 因此多数企业通常招聘大量农民工, 他们中的大部分跳槽频繁、流动性强并且专业素质普遍不高, 即便是有中专、技校或高校学历, 但是学校的课程设计以理论为主, 没有岗位专业具体操作经验, 这样企业在管理、培训方面, 迫切需要一种更快捷、更直观、更有效的方式。

#### 1.4 职能部门的监管、审核问题

食品专业涉及化学、物理、生物、农学、机械、管理等多个领域, 具有多学科交叉渗透的特点。食品工业单元操作: 输送、清洗、分级、破碎、分离、混合、乳化、传热、浓缩、干燥、制冷、真空操作和包装等各不相同。具体产品如: 肉、乳制品与果蔬、粮油制品工艺流程千差万别, 评审要求更是不尽相同……

以出口食品生产企业备案评审为例, 由于受岗位编制所限, 并且还时有行政职务的轮岗, 现有的审核员, 只能实施“万金油”式的审核, 即便是食品专业的评审员也根本不可能对监管范围内的产品面面俱到, 何况与食品根本不搭边的专业。以云南检验检疫系统评审员的专业结构为例, 截至 2011 年 12 月, 共计 121 名, 其中生工、食品专业只占 11%, 如图 2。

综上, 无论是在企业质量控制还是政府监管的需要, 一种突破传统, 直观、快捷、行之有效全新的管理模式呼之欲出。

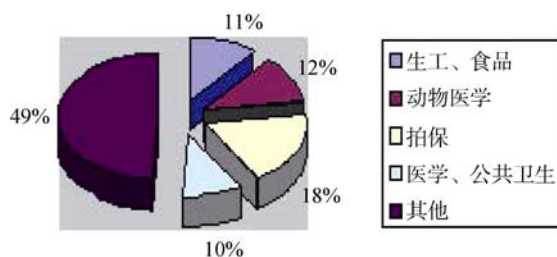


图 2 云南检验检疫系统评审员的专业结构

## 2 3D 仿真技术及应用情况简介

产品设计原始构思是基于一个三维的概念, 最终产品也是三维实体, 但是在人类漫长的历史进程中, 受技术条件的限制, 无法简便、直接、快捷地

用直观三维的方式来描述这个三维的世界, 只能在沙土、羊皮、纸张的二维平面上, 用影像表达和传递对这个世界的认识和创造, 如平面投影和透视等, 并基于纸张平面形成了抽象的 2D 平面文明体系……直到计算机三维技术的诞生, 人类历史才进入了 3D 文明。

3D(Three Dimensions)是指三维, 是相对于只有长和宽的平面(2D)而言。今天的 3D, 特指基于电脑/互联网的数字化 3D/三维/立体, 也就是三维数字化。

视景仿真, 即利用计算机技术, 构造仿真对象的三维模型或再现真实的环境, 达到逼真的效果。仿真动画是仿真技术和动画技术相结合, 是最为直接地表现模型行为的图形技术方法, 除了在三维空间模型基础上加一个时间维, 并且还能赋予模型色彩、光泽、材质等外观质感, 使用户产生身临其境感觉的交互式仿真环境。

3D 建模仿真技术已经在现代生活中的工程设计、数控编程、仿真分析、虚拟现实、展览展示、影视动漫、教育训练等领域获得了广泛的应用。

## 3 虚拟对象的建模步骤

限于普通 PC 机的性能以及显示器的观察效果, 本文所提及的三维模型, 主要是结构建模以及部分场景的仿真, 没有做到完全的视景仿真。考虑到该技术的推广应用, 比较快捷的建模步骤是:

### 3.1 建模

是通过三维建模软件在计算机中绘制出角色模型。常见方式有: 多边形建模、样条曲线建模以及结合上述两种建模的优点的细分建模。

### 3.2 赋材质

材质即材料的质地, 就是把模型赋予生动的表面特性, 如: 物体的颜色、透明度、反光度、反光强度、自发光及粗糙程度等特性。最快捷的方式为“贴图”, 即把二维图片通过软件的计算贴到三维模型上, 形成表面细节和结构。

### 3.3 动画

根据镜头剧本与动作设计, 运用已设计的造型在三维动画制作软件中制作出动画片段。动作与画面的变化通过关键帧来实现, 关键帧之间的过渡由

计算机来完成。

### 3.4 渲染

是指根据场景的设置、赋予物体的材质和贴图、灯光等,由程序绘出一幅完整的画面或一段动画。造型的最终目的是得到静态或动画效果图,而这些都需要渲染才能完成。必要时结合灯光,摄影机的控制达到实景仿真的效果。

当然,也可建模、赋材质后,直接在3D应用程序中展示模型效果。

## 4 3D 仿真模型在认证审核及企业质量管理过程中的应用

三维建模常用的软件如:AutoCAD, 3DS MAX, Light Wave 3D, Pro/Engineer 等。其强大的曲面功能,能轻易构造出各种复杂的异形对象,而且可以自动生成二维正投影图。用三维实体模型全方位展示产品的设计结果,能多方位、多角度地剖切,生成工程剖视图或断面图以及“三维透视图”,实时展现对象不同视角的观察效果。图3、4、5为作者用3DS MAX应用程序建立的某综合料理车间3D模型透视图及功能布局剖视图;图6为某产品工艺流程及车间功能布局图;图7为关键设备的原理及构造的三维模型。



图3 某综合料理车间3D模型透视图

三维实体模型形象、直观、精确和便于参数修改,在食品生产关键工序设备装配图中可对装配体的结构、工作原理,主要零件的结构形状、装配、连接关系、动力传动路径等进行动态装配演示(如图7)。可应用于:

### 4.1 企业GMP车间工程规划设计

GMP(Good Manufacturing Practice),是食品企业的加工过程、原料采购、运输、贮存、工厂设计与设施的基本卫生要求及管理准则,包括:选址、布局、给/排水、排污等的设计;设备、工具、管

道等的材质、结构、安装、设置;建筑物通风、采



图4 某综合料理车间功能布局剖视图

光、照明,防鼠、防蚊蝇、防尘设施;车间的高度、面积、门窗、地面结构;洗手、消毒、更衣、淋浴等卫生设施……

构造车间三维实体模型,可以形象、直观地进行布局、参数等的修改(如图4、5、7)。

### 4.2 企业程序文件、作业指导书

《出口食品生产企业安全卫生要求》,要求企业建立和实施以危害分析和预防控制措施为核心的食品安全卫生控制体系,并保证体系有效运行。3D仿真模型完全可以应用于企业程序文件或作业指导书,例如:

(1) 食品防护计划。对照企业三维模型,分析加工、储藏安全,运输/接收安全,水/冰、人员、供应链、实验室安全等,确认有哪些适当的食品防护措施,并重点关注车间出入口:锁、封条、传感器等装置能否有效控制非许可人员的进入。

(2) 加工设备、设施维护程序。结合关键设备的三维模型(如图7-1、7-2),分析原理,构造,并在此基础上制定设备的卫生消毒作业指导以及维护控制程序等。

(3) 在交叉污染控制程序中,可用于工厂选址、设计、车间工艺布局,并以此为基础,科学规划人流、物流、气流、水流等。

(4) 在复杂产品的HACCP计划中,结合车间功能区域的规划,对于整个工艺流程进行危害分析,确定关键控制点(如图6)。

当然,并不限于上述几种,凡是文字、图纸、照片等表现受限的内容,都可以通过三维建模的方式来实现。

### 4.3 岗位技能训练模块、专业技术培训案例

对企业来讲,无论技术、管理人员,还是一线的





- [硕士学位论文]. 成都: 电子科技大学机械电子工程学院, 2007
- [3] 李洪宪. 基于数字化工厂的车间布局仿真与优化研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安电子科技大学经济管理学院, 2008
- [4] 贾晨辉. 基于数字规划验证的数字化工厂技术研究与应用[D]: [博士学位论文]. 上海: 同济大学电子与信息工程学院, 2006
- [5] 许琦. 复杂三维地层融合建模与可视化研究[D]: [硕士学位论文]. 东营: 中国石油大学(华东) 地球资源与信息学院, 2010
- [6] 王冠. SketchUp 在生物化工工艺流程设计方面的运用[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 湖北工业大学工程学院, 2010
- [7] 张艳蕊. 数字化车间设备集成技术的研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 河北工业大学机械工程学院, 2007
- [8] 王文静. 三维 CAD 机械制图教学技术实践与探索[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 合肥工业大学, 2011
- [9] 耿晶晶. Smart Plant 3D 概述及其在化工设计中的应用[J]. 石油化工建设, 2011(3): 12-16
- [10] 杨蕊, 孔德钦. 三维制图在综合管线施工设计中的应用[J]. 建筑技术, 2010, 41(6): 524-527
- [11] Ye Jun, Sun Gen-zheng. The research on introducing 3D modeling into engineering graphics curriculum[J]. J of Eng Graph, 2008, 29(2): 168-172
- [12] 曹恩国. 产品设计中机械制图的革命——关于先三维后二维的制图体系[J]. 甘肃科技, 2005, (12): 54-55
- [13] 张栋梁, 刘飞. 三维软件在机械制图教学中的运用[J]. 桂林航天工业高等专科学校学报, 2007, (1): 56-57
- [14] 李雪玮, 卢建红. 基于 Solidworks 的三维模型库在工程制图中的应用[J]. 山西大同大学学报: 自然科学版, 2008(1): 59-61
- [15] marine affairs and fisheries republic of indonesia. Requirements for quality assurance and safety of fishery products during production and distribution, 2007
- [16] ISO Technical Management Board Working Group On Risk Management. Risk Management—Principles And Guidelines, ISO31000, 2009
- [17] U.S. FDA. Current Good Manufacturing Practice in Manufacturing, Packing, or Holding Human Food, 2005