

快速成型技术在临床医学中的应用

苏亚辉, 吕新生, 曹文钢, 王晓枫

(合肥工业大学 机械与汽车工程学院, 安徽 合肥 230009)

摘 要:根据快速成型和医学影像技术的发展与现状,提出了从医疗设备直接提取数字化信息,利用 CAD 软件及二次开发工具进行三维重建直至原型输出的新思路,着重探讨快速成型技术在临床医学应用中的一些关键技术,并提出了初步解决方法及该技术的应用前景。

关键词:快速成型; DICOM 文件; 三维重建

中图分类号: TH164

文献标识码: A

文章编号: 1003-5060(2002)03-0411-03

Application of rapid prototyping technology in clinical medicine

SU Ya-hui, LU Xin-sheng, CAO Wen-gang, WANG Xiao-feng

(School of Mechanical and Automobile Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: The development and present situation of rapid prototyping technology and medical image technology are introduced, and a new idea is presented that the digital image information shall be picked up directly from apparatuses and instruments, then 3-D reconstruction of the obtained information and the output of the prototype can be achieved through utilizing CAD software and its further exploitation tool. A detailed discussion is made on some key technologic questions in the application of rapid prototyping manufacture technology in clinical medicine, and a primary way of resolving the questions is provided as well as the application prospect of the technology.

Key words: rapid prototyping; DICOM file; 3-D reconstruction

快速成型制造技术(RPM)是将 CAD、CAM、CNC、精密伺服驱动和新材料等先进技术集于一体,基于离散一堆积成形原理,在计算机控制下,生成实物的三维 CAD 模型,并采用相应处理软件对其切片,从而得到二维图形信息,经过转换形成数控加工命令,将加工材料(纸、液态树脂及粉末材料等)层层固化或堆积,由点到线,由线到面,由面到体,叠加形成三维原型,最后制造出较为复杂的制件^[1,2]。

近年来,由于计算机技术的飞速发展,快速成型技术得到了广泛应用,并取得了较大的社会经济效益,尤其在产品设计及模具制造等方面的应用,大大缩短了产品设计与制造周期,加快了产品的更新换代,另外,在矫形医学应用中也取得了一定的进展。

继伦琴发现 X 射线后,计算机断层成像术(Computed Tomography, CT)被认为是对放射学诊断的又一划时代的贡献^[3,4],该技术于 1971 年投入临床应用,在防治人类疾病及延长平均寿命方面取得了较

大成就,成为临床医学中不可缺少的无创诊断手段。20 世纪 80 年代以来,磁共振成像及光学 CT 成像等技术也逐步进入临床应用,与此同时,医学影像技术的数字化趋势日益明显,为了便于不同机理成像与不同设备成像之间的信息交换传输,其信息标准化与传输速率至关重要^[4]。美国放射学会(ACR)和美国电子厂商联合会(NEMA)于 1992 年发布了医用数字图像通讯标准(DICOM)^[5],它的出现预示着放射科无胶片化和远程治疗技术广泛应用时代即将到来。

1 快速成型技术在临床医学上的应用

采用箔材(如纸等材料)的分层实体制造 LOM(Laminated Object manufacturing)方法,以事先涂有热熔胶纸为基本构形材料,厚度 0.125 mm,在计算机控制下,自动将三维数字化模型分割成与纸张同样厚的薄片(平面模型),用二氧化碳激光器逐层精确割出每层的轮廓形状,再逐层热压粘接成型。在不需要切削加工和模具的情况下,数小时内即可快速形成任意复杂形状的三维物体,成型件精度可达 0.2 mm,具有与硬木制品相当的硬度,稍作表面处理后可在 200 ℃ 以下的环境中使用,如果用这种设备制作模具,完全可以用于医学高分子材料(如医用硅橡胶)件的模压制作^[2]。

采用 LOM 方法制作骨骼模型,其基本过程如图 1 所示。

1.1 数字化信息的提取

从医院的 CT、核磁共振及光学扫描等设备中获得患者的 DICOM 格式文件,并保存于硬盘中。

传统的边界提取是通过扫描仪将得到的 CT 图像扫入电脑,然后通过灰度信息识别其边界,并用一系列的简单曲线替代^[1]。这样做存在图像配准误差,在替代过程中又损失了部分边界信息,降低了三维重建精度。所以,利用 DICOMEDGE 软件将 DICOM 文件直接打开,根据 CT 域值和曲率域值选择相应区域进行边界提取,而后并根据边界情况予以取舍,满意后以文本格式将截面轮廓输出。

由于采用直接读取 DICOM 文件的数字化信息,减少了中间转化环节,从建构方式上提高了制件精度。

1.2 数据筛选与匹配

由 DICOM 文件转化后的 IBL 文件可以在 Pro/E 中打开,通过观察分析可知存在如下问题:

- (1) 由 DICOM 文件转化后得到的数据点数量太多,而且匹配状况差。
- (2) 不同截面包含的封闭曲线数目不等。
- (3) 在应该存在平滑过渡的地方,由于扫描间距的存在而由平面替代。

这些问题直接导致三维重建模型的表面扭曲,甚至无法重构,为确保三维模型的建立,应对得到的图形进行分析,按照平滑重构的原则分块重构,通过找出各截面的型心,用扇扫与分段对应的方式保证重构过程中的表面平滑,根据不同数目封闭曲线构成情况将相邻截面求交,得到新的截面后与相应截面重构,而对于因平面替代造成失真的地方,可在合适之处用 1 个较小的圆等分为与相邻截面相同的等份,然后用起点对齐的方式处理,可得到建立三维 CAD 模型数据点,并以 IBL 格式保存该数据文件。

1.3 曲线生成与三维重建

在 Pro/E 环境下,输入处理后的 IBL 格式数据文件,即可得到若干条基准曲线,为了使生成的实体表面光滑,用 3 次有理 B-样条对曲线进一步拟合和逼近,这样就可获得比较真实的用于构造三维实体

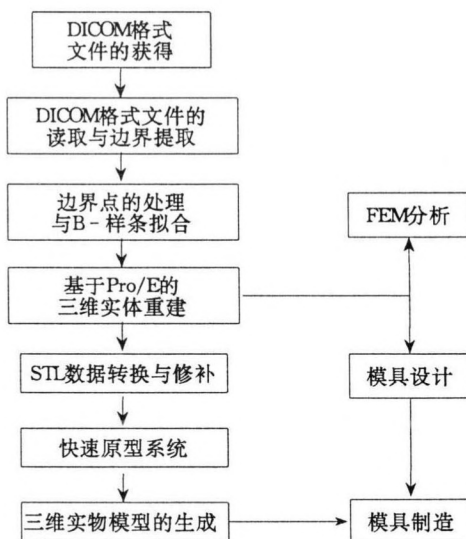


图 1 快速成型技术应用流程图

的基准曲线。用 Pro/E 中的三维处理命令进行三维重建,得到较真实的三维实体模型块,通过各个实体模型块的组合,即可得到所需要的三维实体模型,通过旋转与缩放,仔细观察各模型块之间的结合情况,也可采用一些平滑的方式使结合处更加光滑。

1.4 由 CAD 模型生成 STL 文件

由于人体的骨骼及外形各不相同,而且由复杂曲面构成,因此,Pro/E 软件在将其二维集合信息传输给快速成型系统制造前,必须对模型曲面进行近似处理,用一系列的小三角形平面片逼近自由曲面,经过近似处理的三维模型由 Pro/Interface 产生 STL 格式文件。之后,对三角化后的模型进行修补,因为原有 Pro/E 模型中可能有缺陷,或者 CAD 模型三角化形成 STL 文件过程中产生了数据误差,导致曲线不封闭,故修改后将 STL 文件输入到快速成型系统^[1]。

1.5 快速原型制造

在 STL 文件的三维模型上沿成型的高度方向,每隔一定的间隔自动提取截面轮廓线信息,逐层进行平面切片处理,根据切片处理得到平面截面轮廓,快速成型系统中的成型头(激光头或喷头)在 $z-y$ 平面内,自动按截面轮廓运动,切割纸得到一层截面轮廓,每层截面轮廓成形之后,快速成型系统将下一层材料送至已成型的轮廓面上,然后进行新一层截面轮廓材料的成型,从而将一层层截面轮廓重合在一起,最终形成三维产品^[1]。

利用 Pro/E 生成的三维实体模型,可对实体进行简单的有限元分析(Pro/FEM),还可直接进行模具设计(Pro/Moldesign),通过模型生产模具^[1]。

2 结束语

快速成型制造技术的使用,为临床医学中长期困扰人们的“度身定作”问题的解决提供了较为有效的解决方法和制作手段,而以 Pro/E 和 AutoCAD 等为代表的三维造型软件系统,为快速原型制造技术提供了强有力的模型设计工具。

(1) 采用 DICOM 文件作为三维建模的输入文件,为远程治疗提供了可能,同时在计算机上提供可视化的三维模型,为临床诊疗和教学提供了可操作的工具,为不同层次的医疗人员提供了共同对话的参照物^[1],有利于医疗人才的培养。

(2) 利用医学影像信息快速制造实物模型可作为辅助手术的一种手段,例如采用手术模拟方法使外科医生在未进行手术的情况下,预先模拟手术过程,对可能遇到的问题,事先考虑补救方法和预防措施,并通过不同手术方案的模拟比较各种方案的优劣,找出较好方案,使手术快速准确完成^[6]。

(3) 精确物理模型可直接用于器官移植和矫形手术,一方面可以原型为模具,用传统方法做替代器官或矫形器械;另一方面可采用生物活性或生物相容性材料制成的原型直接植入人体,与合金制品相比,具有更好的生物相容性^[1]。

[参 考 文 献]

- [1] 于力牛,常 伟,王成涛.基于 Pro/E 牙列快速原型制造[J].机械与电子,2001,(4):30—32.
- [2] 王运赣.快速成型技术[M].武汉:华中理工大学出版社,1999.1—61.
- [3] 庄天戈.CT 原理与算法[M].上海:上海交通大学出版社,1992.2—50.
- [4] 曹厚德.21 世纪的数字化医学影像技术[EB/OL].<http://www.cnimage.com./image/discuss/pacs4.html>,2001-12-01.
- [5] NEMA Standards Publication PS3.1(199X) March 27,1992, Digital imaging an Communication in Medicien(DICOM[S].
- [6] 田 捷.三维医学图像处理与分析系统[EB/OL].<http://www.3dmed.net/3dmed2.html>,2001-12-01.