

基于 Imageware 的汽车灯罩复杂曲面反求设计

王胜强, 冯瑞成, 王 帅

(兰州理工大学 机电工程学院, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 利用逆向软件 Imageware 对汽车灯罩点云数据进行处理, 划分特征线网格和曲面重构, 对重建的三维模型与原始点云进行了误差检测, 最终的封闭曲面可通过 IGES 格式传输到通用商业 CAD/CAM 软件。讨论曲面反求设计主要涉及的技术问题, 以及利用逆向工程技术检测曲面拟合精度的方法。逆向技术缩短了灯罩的开发周期, 节约了灯罩造型设计成本。

关键词: 灯罩; 反求设计; 曲面重构

中图分类号: TH12

反求工程 (Reverse Engineering RE) 是指在已经有了物理原型的情况下, 通过一整套软件解决方案, 将物理原型数据转换成数字化的设计数据, 以保证最终生产出的零件与物理模型一致。反求工程流程, 如图 1 所示。

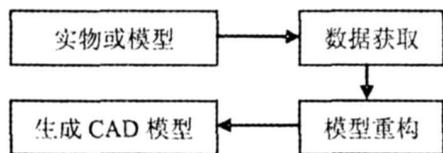


图 1 逆向工程流程图

1 逆向工程软件 Imageware 简介

Imageware 由美国 EDS 公司出品, 是最著名的逆向工程软件, 正被广泛应用于机械、汽车、航空航天、家电、模具等设计与制造领域。Imageware 软件将以下工作流程的高性能工具完整地集成到一起^[4]。

(1) 可以在一个弹性的设计环境里非常方便地直接从测量数据创建曲线、曲面, 支持贝赛尔 (Bezier) 和非均匀有理 B 样条 (NURBS) 曲面。

(2) 可以提供诸如任意截面的连续性、曲面反射线情况、高亮度线、光谱图、曲率云图和圆柱型光源照射下的反光图等多种方法, 在设计的任何时候都可以查出曲面缺陷。

(3) 在复杂的曲面缝补等情况下, 即使曲面进行了移动修改等操作, 也能保证曲面间的曲率连续。

(4) 根据 Rainbow 图法、曲率大小变化云图法将扫描数据分开, 这样可以很快地捕捉产品的主要特征, 并迅速建立各个相应的曲面。

下面将结合某汽车灯罩实例介绍利用 Imageware

软件造型的完整过程。

2 数据预处理

由于测量设备、测量方法和周围环境的影响, 获取的点云数据不可避免的会引入误差。点云数据的处理结果直接影响后期模型重构的质量, 为了下游 CAD 操作的方便, 需对点云数据进行一些初步处理。

2.1 异常点处理

用 Imageware 打开保存为 asc 格式的原始点云数据, 如图 2 所示。可以看到原始的点云数据中包含许多跳点和坏点, 尤其是尖锐边和产品边界附近, 有些点已经偏离了曲面, 在进行线面建构前应将其删除。通过将点群放大, 转换角度, 采用半交互半自动的方法对数据进行检查, 对于坏点多的区域命令 Modify-Extract-Circle Select 将它们清除, 对于个别明显的点可以用 Modify-Scan Line-Pick Delete Points 命令将它们剔除。

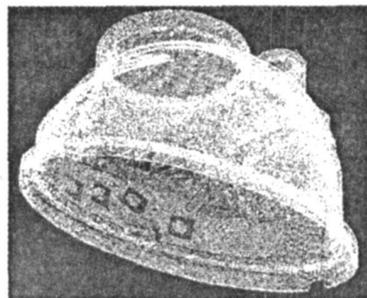


图 2 原始点云

2.2 点云的精简和三角网格化

采集的原始点云数量较大, 所以有必要对数据进行精简, Chordal Sample 将在外形变化平缓的区域

进行点资料筛减, 但会保留外形特征, 而将在点群变化较大的位置的点保留。点总数由 23 万减少到 13 万, 运算速度得到很大的提高。点云的三角网格化即在离散的数据点间建立起清晰的拓扑关系, 一方面它能清楚地勾勒出汽车灯罩的实体轮廓, 方便分析出曲面分块规划的边界线; 另一方面它可提供 STL 数据给快速成型机使用或者用于模具加工, 同时可查看测量的数据是否完整。点云计算生成三角网格时, 对话框中的 Neighborhood Size 应大于最大相似距离, 通常为 1.5 到 3 倍的最大相似距离。结果如图 3 所示。



图 3 三角化网格点云

3 特征线的提取

截面线的提取需要用到 Construct Cross Section 下的 Cloud Parallel, Cloud Circular 和 Cloud Interactive 三个命令一般截取的都是曲面块的边界, 也有的是面的内部线点, 这与准备用何种方法作面有关。对于取出的数据点首先要进行去除噪声点, 然后使用 Smooth Data 根据点的曲率变化的情况选取不同的平滑方法, 如曲率变化大的可以选基于角落点的光顺, 这样保证曲率大的地方能表现完整的特征。再将边界线点拟合成曲线, 由于数据点存储的方式和计算方法的原因, 须对之前提取的点使用 Sort By Nearest 命令, 这将使构建的单条曲线不会产生错乱。线的精度将直接影响到面的精度, 所以在线的拟合过程中要随时检测和修改其与点云的偏差。

4 曲面的拟合

曲面拟合的方法有多种, 路径不唯一确定, 在拟合过程中需反复尝试、修改。Imageware 面通常有两种构建方式: (1) 用点数据直接建构; (2) 利用曲线建构, 其数学理论的基础核心是非均匀有理 B 样条 (NURBS) 拟合算法。第一种方式相对于比较平坦的区域可以使用, 减少曲面建构的繁杂过程。对于

第二种 Imageware 提供很多的方法, 有 Surface By Boundary, Loft, Sweep, Blend, UV Curve Network 等等, 其中有些与一般 CAD 系统功能相似, 在汽车灯罩曲面造型中用的是前两种。它们对线有不同的要求, 边界组面的线要求是封闭的四条曲线, 这可以通过线之间的创建约束实现; 放样面是定义曲面一参数方向的曲线族来构建相对复杂的曲面, 要求曲线光滑、方向相同、起始点一致并尽可能的使每一曲线节点数相等, 否则造出的曲面将会出现变形、扭曲。对于主体部分在精度和光顺性方面都有较高的要求, 而对过渡面一般只要满足足够光顺就可以了。待主体部分的面构建完成后, 留下的任务便是过渡连接, Blend Curve 和 Blend Surface 用来接合两分开独立的曲线和曲面, 并可在边界处设定连续的方式, 使两曲线或曲面光滑过渡, 然后将各曲面座 Match Fille 和 Trim, 最后创建出汽车灯罩的模型, 如图 4 所示。

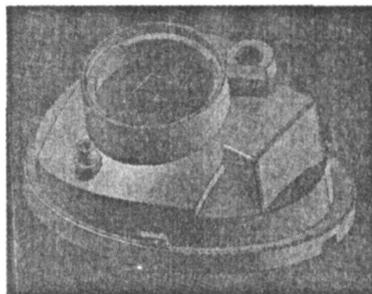


图 4 拟合完成的灯罩曲面模型

5 模型精度评价和曲面的完善

模型的误差来源主要包括测量误差、数据处理误差和造型误差。在目前的技术条件下, 逆向软件对逆向模型精度评价还不能提供一个完整的方法, 可使用命令 Measure Surface To Cloud Difference 来检查曲面和点云之间的差异。设置最大检查距离和最小检查距离, 检查的结果, 如图 5 所示。

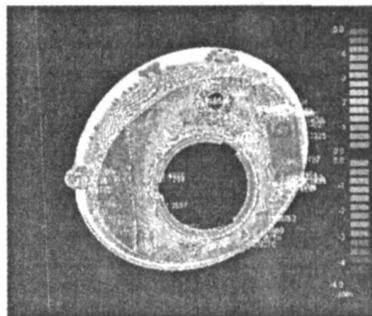


图 5 误差分析图

(下转第 129 页)

力。更为有意义的是把设计和项目管理内容纳入项目承包, 有利于调动承包商的积极性和创造性, 把工程建设的过程上升为节约资源, 提高效率, 提升生产力的过程。一个明智的业主应该是充分利用承包商的能力和经历, 降低经济风险, 而不是为了省钱自己干一些力所不能及的工作, 以致增大风险。

2.5 加强合同履行监控, 预防工程项目参与各方的履约风险

工程建设项目由业主、项目咨询服务单位、设计单位、承包商、供货商等共同构成了复杂的合同关系。必须明确, 不论采用任何类型的合同形式, 工程项目建设最终责任都要由业主承担。采用合同示范文本, 可有效防止拟定的合同出现缺项、漏项及不平等条款, 明确各方责、权、利, 有利于项目建设的顺利实施, 有利于合同全面履行, 有助于合同纠纷的公平解决; 注重合同范围管理, 有助于理顺工程项目各个合同关系, 有效防止各参与方互相扯皮推诿的现象, 有效防止项目的安全、进度、质量、成本管理失控, 维护各方的合法权益; 对合同执行过程动态管理, 可及时掌握合同履行情况, 将实际进展与计划进度进行分析比较, 有助于对各建设参与方履约情况做出客观评价, 有效防止履约风险。

(上接第 75 页)

对于局部误差过大的部位, 可结合 Modify-Control Point 命令实现动态显示修改, 即在通过移动控制点改变曲面形状的同时误差分析显示图自动跟着调整, 方便操作者的应用, 当然在调整的过程中可能会引起曲面的不光顺, 因此需要通过不断调整完善最终达到曲面造型的精度和光顺要求。

6 结束语

通过对汽车灯罩实物的数据测量、数据处理、曲面重构以及结构设计, 逆向工程常用于复杂曲面 CAD 模型的建立。由于一些自由曲面通常无法用常规的几何体来表示, 其 CAD 构建过程就显得十分困难, 即使模型能够建立, 往往精度也很差。而通过专业的测量设备, 将复杂表面进行数字化, 通过逆向工程软件进行数据处理, 甚至可以直接利用逆向软件构建曲面模型, 这样不但节省了设计时间, 还减少了设计的误差。由此可见, 逆向工程是一项实用性

2.6 利用工程担保, 转移建设工程项目的投资风险

工程担保是指担保人 (一般为银行、担保公司、保险公司、其他金融机构、商业团体或个人) 应工程合同一方 (申请人) 的要求向另一方 (债权人) 做出的书面承诺。工程担保是工程风险转移措施的一项重要手段, 常见的工程担保有投标担保、履约担保、预付款担保及维修担保等, 各种形式的工程担保均能有效地保障工程建设的顺利进行。

3 结束语

有投资就会有风险, 面对风险, 业主应遵循科学决策、民主决策、多项目综合决策以及风险责任的原则, 预防为主, 防控结合, 采取积极审慎的态度, 集思广益, 采用先进的管理技术和现代化管理手段, 对投资风险采取有效的防范措施。

参考文献:

- [1] 咨询工程师 (投资) 资格考试教材. 项目决策分析与评价 [M]. 北京: 中国计划出版社, 2008
- [2] 中华人民共和国建设部, 国家质量监督检验检疫总局. GB/T 50326—2006 建设工程项目管理规范 [S]. 2006

很强的新技术, 发展至今, 逆向工程技术已经成为当今工业设计中的一项不可缺少的技术。

参考文献:

- [1] 姜元庆, 刘佩军. UG/Imageware 逆向工程培训教程 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2003
- [2] 王霄. 逆向工程技术及其应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004
- [3] 柯映林. 反求工程 CAD 建模理论、方法和系统 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005
- [4] 冯伟伟, 孙平, 江超, 等. 逆向技术在柴油机气道曲面造型中的应用 [J]. 机械设计与制造, 2008(2): 52-54
- [5] 胡义刚, 沈永刚, 张磊. 基于 Imageware 的鼠标复杂曲面反求设计 [J]. 上海工程技术大学学报, 2007, 21(3): 202-207
- [6] 胡爱田, 缪丹云, 朱双明. 基于 Imageware 和 Pro/E 的反求工程应用 [J]. 机电工程技术, 2006, 35(12): 27-28