

# 点云数据逆向建模的数字图形技术与应用

娄健康<sup>1</sup> 李杰<sup>2</sup>

<sup>1</sup>河南省豫北水利勘测设计院有限公司 河南 郑州 450046

<sup>2</sup>黄河勘测规划设计研究院有限公司 河南 郑州 450011

**摘要:** 本文通过三维激光扫描技术, 阐述逆向建模的概念及方法和点云数据的格式及特点, 对某工程的点云数据进行格式分析, 在Geomagic studio平台上进行建筑物骨骼网架的提取, 将点云数据转换为dxf格式导入Civil 3D中, 利用坐标系统变换进行从三维点到三维实体的逆向建模过程, 在数字图形方法的基础上, 利用图形数据方法和专业软件制作成图形隐含着数据, 数据附着于图形的虚拟现实系统, 应用到具体工程上, 在工程管理、规划等发挥重要作用。

**关键词:** 点云数据; 骨骼网; 逆向建模; 图形数据方法

## 引言

随着社会的进步和工业的发展, 逆向建模技术的应用范围越来越广, 在工业零件设计和制造中, 通过逆向建模技术可以大大加快产品的生产周期, 可以拓宽设计者的思维, 可以丰富产品的种类。在水利工程、土木工程和市政等其他工程中, 可以通过逆向建模技术对建筑物进行变形监测、工程质量检查和工程精度的校核, 可以利用逆向建模技术对工程进行重规划设计、建设和数字化管理等。本文通过逆向建模技术, 对某水利枢纽的坝体进行逆向建模, 建立重力坝的三维实体模型, 在数字图形方法的基础上, 实现坝体的数字化。

## 1 逆向建模的概念及方法

### 1.1 逆向建模的概念

在逆向建模中, 已有建筑物的三维模型重构是整个逆向过程最关键、最复杂的一环。逆向工程(RE, Reverse Engineering)也就是将建筑物原型转化为数字化模型的有关计算机辅助技术、数字化测量技术和几何模型重构技术的总称。因此, 逆向工程曲面重构也就是从一个已有的物理几何原型构造相应的数字化曲面模型的过程

### 1.2 逆向建模的方法

利用三维激光扫描仪, 采集得到建筑物点云数据, 首先进行预处理(包括点云数据的配准、杂点的处理、噪声的去除、冗余点的检测和优化等), 其次, 将点云文件导入到Geomagic Studio软件下再次删除噪音点云, 提取建筑物的轮廓线, 将物体轮廓线导出成为dxf格式的文件, 导入Civil 3D等软件, 建立建筑物的三维实体模型<sup>[1]</sup>。其

**作者简介:** 娄健康<sup>1</sup>, 男, 汉族, 出生于: 1987年9月, 籍贯: 河南 开封, 学历: 硕士研究生, 职称: 工程师, 毕业院校: 华北水利水电大学, 研究方向: 水利水电工程

流程如图1所示:

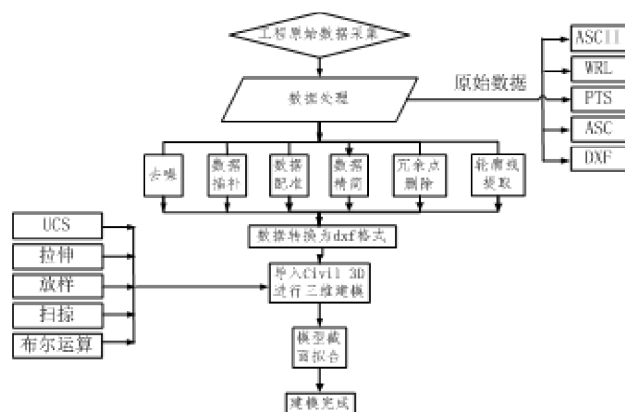


图1 逆向建模流程图

## 2 点云数据的特点及格式

点云是在同一坐标系下表达目标空间分布和表面特征的海量点集合。由三维激光扫描仪得到的点云, 包括三维坐标(X,Y,Z)和颜色亮度(R,G,B,I)等信息。点云数据的属性包括: 空间分辨率、点位精度、表面法向量等。在获得物体表面每个采样点的空间坐标后, 得到的是一个点的集合, 称之为“点云”。

仪器有激光测距系统、扫描系统和支架系统, 且集成有仪器内部校正和CCD数字摄影等系统。通过脉冲测距法获得测距观测值 $S$ , 精密时钟控制编码器同步测量每个激光脉冲横向扫描角度观测值 $\theta$ 和纵向扫描角度观测值 $\alpha$ <sup>[2]</sup>如图2所示

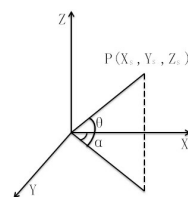


图2

### 3 脉冲测距法的三维激光点坐标

脉冲式激光扫描仪采用高速激光测试测距技术的TOF脉冲测距法，其三维激光点坐标计算方法如下：  
 $X_s = S \cos \theta \cos \alpha$  (2-1)  $Y_s = S \cos \theta \sin \alpha$  (2-2)  $Z_s = S \sin \theta$  (2-3)

得到的点云数据理论上有两种：第一：与我们视点有关的特征点，如轮廓线上的点；第二：建筑物本身的特征点，如边界点等<sup>[3]</sup>。

#### 3.1 原始数据格式分析

获得的点云数据信息，通过仪器本身软件进行数据格式转换，可得到的格式如txt、dxf、wrl、pts、asc等，格式如表1所示：

表1

文件格式	字段1	字段2	字段3	字段4	字段5	字段6
txt	x坐标	y坐标	z坐标	颜色R值	颜色G值	颜色B值
Pts	x坐标	y坐标	z坐标	颜色R值	颜色G值	颜色B值
asc	点编号	x坐标	y坐标	z坐标		

dxf格式文件包括HEADER段、CLASSES段、TABLES段、BLOCKS段、ENTITIES段、OBJECTS段与THUMBNAILMAGE段。图5中wrl格式包含有：x坐标、y坐标、z坐标等，以上数据类型通过Geomagic Studio对数据进行处理并导出成dxf格式在Civil 3D中进行逆向建模。

#### 3.2 某工程点云数据

此工程点云数据采用具有色彩属性的txt格式。部分数据如下所示：

329.603,289.637,48.425,255,255,255  
 331.551,295.245,47.909,255,255,255  
 331.526,295.309,47.918,255,255,255  
 331.877,295.547,47.941,255,255,255

txt数据文件示意图

txt文件数据，各列的含义是：前三列代表扫描离散点的xyz坐标分量；后三列代表离散点的RGB颜色分量。

### 4 骨骼网架的提取

点云数据预处理后，根据建模需要，要对建筑物轮廓线上点进行求解。Geomagic studio可实现这一功能。其计算过程可以用图3表示：

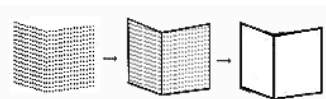


图3 轮廓线求解示意图

#### 4.1 轮廓线计算数据准备及空间直线方程

平面一般方程：

$$Ax+By+Cz+D=0 \quad (3-1)$$

通过一般方程生成平面。

空间直线的方程有：一般方程：

$$\begin{cases} A_1x + B_1y + C_1z + D = 0 \\ A_2x + B_2y + C_2z + D = 0 \end{cases} \quad (3-2)$$

对称式方程：

$$\frac{x-x_0}{m} = \frac{y-y_0}{n} = \frac{z-z_0}{p} \quad (3-3)$$

参数方程：

$$\begin{cases} x = x_0 + mt \\ y = y_0 + nt \\ z = z_0 + pt \end{cases} \quad (3-4)$$

由于m、n、p不能保证全是非零数，故在计算过程中应选择空间直线的参数方程。

#### 4.2 轮廓线计算方法

所有数据组成不同平面的一般方程，不平行的平面会产生公共交线。计算方法为：

首先取公共交线上的x、y、z中任意一个参数的可能取值，将其代入方程组

$$\begin{cases} A_1x_0 + B_1y_0 + C_1z_0 + D = 0 \\ A_2x_0 + B_2y_0 + C_2z_0 + D = 0 \end{cases} \quad (3-5)$$

解出方程组，得到公共点(x0,y0,z0)。

计算直线的方向向量，其方法为：

$$s = n_1 \times n_2 = \begin{vmatrix} i & j & k \\ A_1 & B_1 & C_1 \\ A_2 & B_2 & C_2 \end{vmatrix} \quad (3-6)$$

$$\begin{cases} m = B_1C_2 - B_2C_1 \\ n = A_2C_1 - A_1C_2 \\ p = A_1B_2 - A_2B_1 \end{cases} \quad (3-7)$$

得到

从而得到直线的参数方程，即轮廓线方程。

#### 4.3 三维实体建模

将首次预处理后的点云数据导入Geomagic Studio软件，再次进行去噪、删除点等，进行轮廓线提取，使点云数据由原来190965个点减少到22597个轮廓线点，将轮廓线点转换为dxf格式导入Civil 3D中进行逆向建模。在Civil 3D中，找到建筑物的轮廓点，通过UCS命令建立合适的用户坐标系，做出轮廓面，通过拉伸、放样及扫掠等命令建立三维实体，经过布尔运算得到物体的三维实体模型。

### 5 工程概况

某水利枢纽工程任务以防洪、灌溉为主。水库总

库容6.25亿 $m^3$ ，大(1)型I等工程。水库电站装机容量165MW，保证出力33.9MW，多年平均发电量7.2亿kWh。水库正常蓄水位664m，死水位630m，汛限水位646m，调节库容3.7亿 $m^3$ ，为不完全年调节水库。通过3.3三维实体的建模方法，建立水库中大坝的三维实体模型。

在数据图形方法的基础上，通过专业软件进行模型数据化，将某水利枢纽的信息附着于三维实体模型上，通过模型对某水利枢纽进行数字化管理、规划、建设以及教育等工作。某水利枢纽虚拟现实系统：

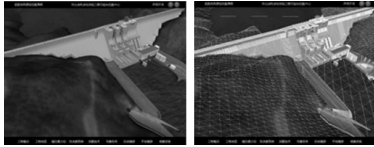


图4 实体模型 图5 实体+线框模型

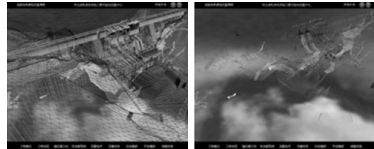


图6 线框模型 图7 点模型

## 6 实用意义

由逆向建模快速得到三维模型，利用虚拟现实软件，在计算机上进行对模型的人机交互，通过交互，使人们了解工程的具体情况，包括：工程的形状、尺寸等各种属性，在人机交互过程中，进行军事等训练，大大

节约人力、物力、财力、空间和时间等，提高效率。对工程进行变形监测、质量检查，提高对工程精度的要求。在数字图形方法基础上对模型进行受力计算和稳定性分析等。

## 结语

逆向工程在当今各行各业已经迅速发展并得到越来越广泛的应用，它是将实物模型进行信息获取得到点云数据从而实现模型数字化的过程。本文以水利工程的逆向设计为背景，介绍了由三维激光扫描仪得到的点云数据进行格式分析、处理、获取骨骼网、建模，实现图形隐含着数据，数据附着于图形的结果，最后就逆向工程及数字图形技术在水利中的实用意义进行描述，对于点云逆向工程用于水利工程提出了新的思想。

## 参考文献：

[1] 宋宏. 地面三维激光扫描测量技术及其应用分析[J]. 测绘技术装备, 2008, 02: 40-43.

[2] Wei Qun, Zhao Helai. Research On The Generating Technology Of The Discrete Element Method Of 3d Tyre Modeling. The 2010 International Conference On Computational Intelligence And Software Engineering (Cise 2010), 2010, Wuhan

[3] 刘林. 麦智晖. 阎汉生. .NET平台下AutoCAD的二次开发. CAD/CAM与制造业信息化. 2006年第1期.