

# 基于 LabVIEW 的三维可视化温度 在线监测系统设计

方俊雅, 李倩, 马鑫

(北京航天试验技术研究所, 北京 100074)

**摘要:** 主要对低温真空球罐三维可视化温度在线监测系统进行介绍, 为了直观显示低温真空球罐的整体温度信息, 提高测试监控效率, 在真空球罐外罐内壁、内罐内壁、夹层、垂直支架等部位安装温度传感器, 通过 LabVIEW 数据采集卡实时采集温度信号, 在 Pro-E 中建立球罐三维模型, 划分网格后导入到 LabVIEW 环境中, 将采集到的温度信号通过空间插值算法映射到模型中, 直观显示真空球罐的整体温度场分布信息, 同时, 通过 LabVIEW 增加场景对象、创建截断平面、绘图样式子 VI 开发了模型隐藏、剖分、透视以及拾取传感器点等多样化功能, 采用三维可视化模型显示方法, 增加了显示的整体性和相关性, 提高了数据分析的效率, 达到了对低温球罐进行实时监测的目的; 该套在线监测系统已经投入使用, 整体性能表现优异, 尤其是直观新颖的三维可视化操作界面受到操作人员的一致好评。

**关键词:** 低温真空球罐; 在线监测; 空间插值算法; 三维可视化

## 3D Visualization Data Acquisition System Based on LabVIEW

Fang Junya, Li Qian, Ma Xin

(Beijing Institute of Aerospace Test Technology, Beijing 100074, China)

**Abstract:** 3D visualization temperature online monitoring system is introduced. In order to display the overall temperature information of low-temperature vacuum spherical tank and improve the efficiency of test monitoring, temperature sensors are installed in the inner wall of outer tank, the outer wall of inner tank, sandwich, vertical bracket and other parts of the vacuum tank. Temperature signal is acquired real-time through LabVIEW data acquisition card, 3D model and mesh map of spherical tank is established in Pro-E and is imported into the LabVIEW environment. Temperature signal value is mapped into the model by spatial interpolation algorithm. The overall temperature field distribution information of vacuum tank can display intuitively. At the same time, a variety of functions are developed by the subprogram of increasing scene object, creating clip plane and setting drawstyle, such as model hiding, partition, perspective and picking up sensor points and so on. Adopting the method of 3D visualization, the integrity and correlation of model displaying is increased, the efficiency of data analysis is improved, the goals is accomplished for real-time monitoring of low temperature vacuum tank. The online monitoring system has been accepted and put into use. Excellent overall performance, especially a visual and novel 3D visualization interface has been praised by operators.

**Keywords:** low temperature vacuum tank; online monitoring; spatial interpolation algorithm; 3d visualization

## 0 前言

传统的数据采集显示系统通常采用列表或二维曲线显示方式, 在长时间数据监测过程中, 测试人员会产生一定程度的疲惫感<sup>[1]</sup>; 同时, 对于测点位置分布广泛、测点密集, 数据量大的测量系统, 不能快速全面掌握系统整体情况, 不能快速锁定突变区域。而三维云图可以直观反映待测体整体物理场分布情况, LabVIEW 2013 引入全新的数据可视化概念<sup>[2]</sup>: 3D 传感器映射, 将三维立体模型集成到 LabVIEW 环境中, 实时输入传感器测量值, 可以形象直观地显示待测体三维模型中传感器位置的采集数据, 根据空间插值算法<sup>[3]</sup>, 待测体表面各个位置将会根据数值区间显示出不同颜色, 整体物理场分布信息便在待测三维模型上显示出来。

## 1 三维云图映射原理介绍

三维云图映射是基于距离倒数加权插值算法进行显示的, 距离倒数插值算法的基本思想是: 已知观测点和未知点的坐标值, 按照已观测点到未知点的距离的远近, 对已观测点的属性

值赋予相应的权重, 距离未知点较近的已观测点的属性值被赋予大的权重, 距离未知点较远的已观测点的属性值被赋予较小的权重<sup>[4]</sup>, 如式 (1) 所示:

$$P(Z) = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{Z_i}{[d_i(x,y)]^u}}{\left(\sum_{i=1}^N \frac{1}{[d_i(x,y)]^u}\right)} \quad (1)$$

其中:  $P(Z)$  表示未知点  $P$  的属性  $Z$  的值,  $N$  表示已观测点的数目,  $Z_i$  表示第  $i$  个已观测点的属性值,  $d_i(x,y)$  表示第  $i$  个点到  $P$  点的距离, 即  $d_i(x,y) = \sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}$ , 一般情况下  $u$  取值为 2,  $u$  值越大, 得出的插值结果变化越平缓, 或者可以表示成:

$$P(Z) = \frac{\sum_{i=1}^N (\omega_i Z_i)}{\sum_{i=1}^N \omega_i} \quad (2)$$

其中:  $P(Z)$ 、 $N$ 、 $Z_i$  与式 (1) 中含义相同,  $\omega_i$  表示  $Z_i$  所占的权重,  $\omega_i$  满足:

$$1 = \sum_{i=1}^N \omega_i$$

$$\omega_i = \frac{1}{[d_i(x,y)]^u} / \left(\sum_{i=1}^N \frac{1}{[d_i(x,y)]^u}\right) \quad (3)$$

本系统三维云图映射流程是: 绘制模型网格, 获取网格节点坐标, 采集模型中的传感器数据, 判断传感器点与模型节点的位置关系, 依据位置关系设置空间插值算法的权重系数, 对

收稿日期: 2015-09-11; 修回日期: 2015-10-19。

作者简介: 方俊雅 (1989-), 女, 北京人, 硕士研究生, 工程师, 主要从事测量与控制技术和工业测控方向的研究。

于每个网格节点, 判断传感器点是否与该网格节点重合, 若重合, 则该网格节点的值为该传感器点的值, 若不重合, 计算每个传感器点对该网格节点的权重系数, 根据距离倒数插值算法计算每个网格节点的插值结果, 再对比颜色条的标尺属性赋予每个网格节点相应的渲染颜色值, 从而得到整个模型的实时三维温度场表征图像, 用于对模型进行实时的温度场监控, 其映射流程图如图 1 所示。

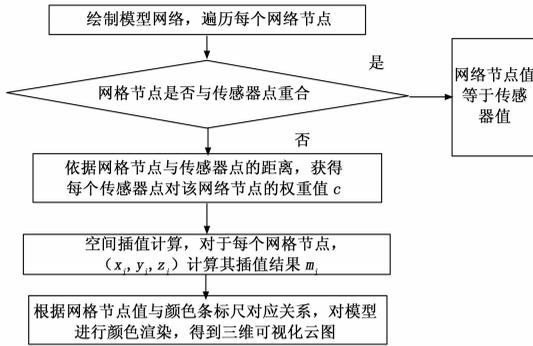


图 1 三维云图映射流程图

## 2 总体方案设计

本系统主要包括 PT100 铂热电阻温度传感器、20 通道 (24 位) RTD 输入 NI PXIE-4357 采集板卡, 18 槽 3U PXI Express 机箱、PXIe-1075 控制器 (下位机)、工控机 (上位机)、信号电缆、供配电系统、数据服务器等, 如图 2 所示。

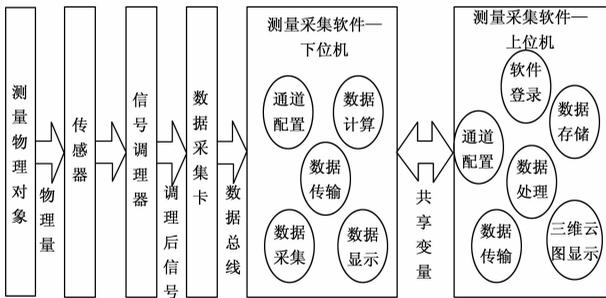


图 2 总体思路图

总体思路是传感器采集被测对象 PT100 铂热电阻信号, 经过信号调理器将调理后的信号传输至 NI PXIE 数据采集板卡, 通过数据总线将原始数据传输至下位机软件中。当上位机发送采集指令, 下位机接收指令后开始进行通道配置, 配置完成后, 经过电阻—温度计算转换, 通过共享变量将数据传输至上位机中, 上位机将采集到的数据进行三维云图显示及数据存储处理。

三维可视化在线监测系统的主要功能要求如下:

- 1) 能够实现灵活的通道配置, 即能够灵活设定采集参数的名称, 物理通道, 采集电阻量程, 电阻接线方式、电流激励值以及灵活撤销或添加测量通道, 硬件采集板卡能够按照新的配置文件进行配置;
- 2) 能够实现多样化的三维模型操作功能, 即操作者可以随意缩放、旋转、移动三维模型, 还可以隐藏、透视、剖分三维模型以及改变三维模型的颜色区间;
- 3) 能够实现传感器拾取功能, 操作方式为在三维云图显示界面下, 鼠标移动到传感器点上, 可以实时显示传感器参数名和采集值;

4) 能够实现三维云图和列表同时显示, 通过主 VI 中下拉菜单, 可实时切换云图显示和列表显示, 还可以同时显示进行数据对比;

5) 可进行数据管理, 包括数据存储、历史数据查询回放、数据统计以及多机共享等。

## 3 软件设计

### 3.1 三维云图映射方法

在 Pro/E 中建立三维模型, 导出为 STL 文件格式, STL 文件中包含有模型的网格节点坐标信息和法向量坐标信息<sup>[5-6]</sup>。传感器三维坐标的确定就是在三维模型定义区域下, 根据实际传感器安装位置, 确定传感器的三维坐标, 将网格节点编号, 根据距离倒数加权插值算法, 按序遍历每个网格节点, 逐个计算传感器点对每个网格节点的权重值, 生成网格映射二维数组<sup>[7]</sup>, 如图 3 所示, 再将颜色条颜色区间值、传感器采集值、网格映射数组、模型纹理值通过差比算法生成模型映射纹理数组, 通过映射纹理数组, 模型将实时显示传感器的测量信息, 不同颜色对应不同数值区间, 从而实现低温球罐的三维可视化显示功能, 如图 4 所示。

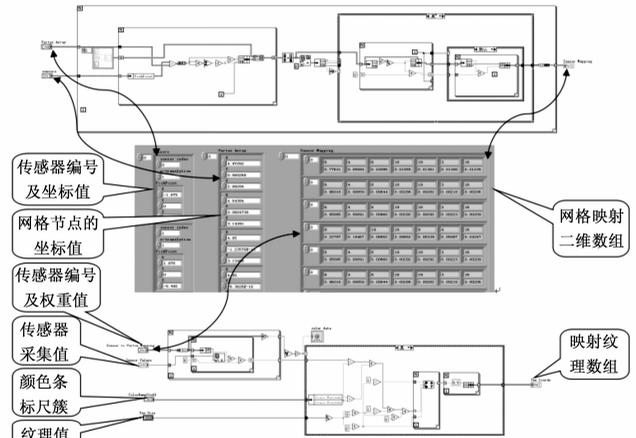


图 3 三维映射算法子 VI

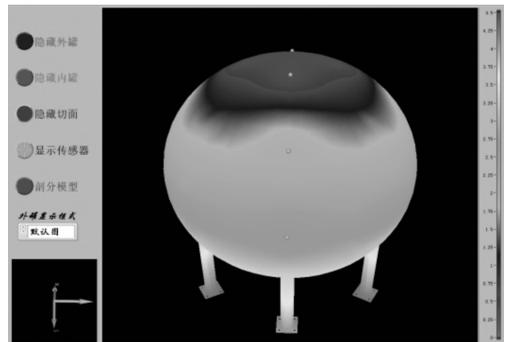


图 4 在线监测系统面板

### 3.2 模型多样化操作方法

1) 模型剖分方法: 模型的剖分, 需要创建截断平面和设置截断平面两个子 VI, 如图 5 所示。首先用创建截断平面子 VI 创建截断平面, 根据平面公式 (4) 进行参数 A、B、C、D 的设置。

$$AX + BY + CZ = D \quad (4)$$

其次, 用设置截断平面子 VI 剖分模型, 将待剖分的模型、创建的平面以及新截断平面引用句柄作为设置截断平面子

VI 的输入端, 最终输出的场景对象就是剖分后的模型, 如图 6 所示。

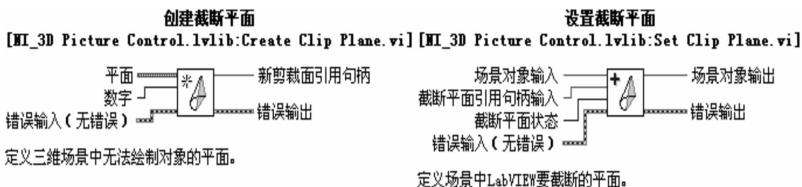


图 5 模型剖分子 VI

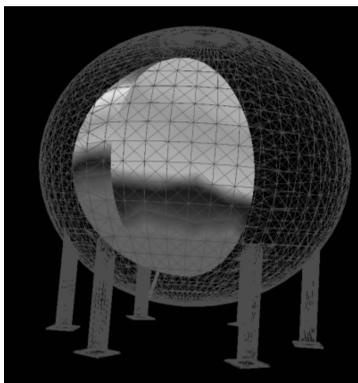


图 6 三维云图显示效果图

2) 模型透视方法: 模型的隐藏或者透视, 通过设置绘图样式子 VI 进行设置, 如图 7 所示。Mode 中包含 Points、Wireframe、Polygons、Inherit Value 三种显示模型, 本项目中采用点状图、网格图绘制对象, 保证外层模型透视, 可以观察到内部模型, 如图 8 所示。

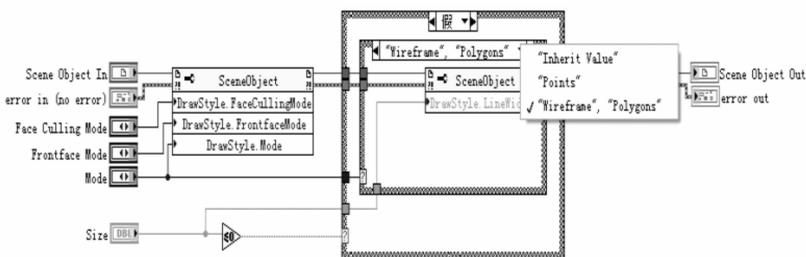


图 7 模型透视子 VI

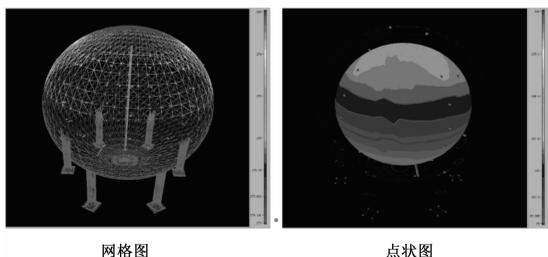


图 8 外罐显示模式

3) 模型隐藏方法:

方法 1: 通过设置绘图样式中的 Face Culling Mode 中的绘图面剔除模式功能将模型隐藏;

方法 2: 建立条件结构, 通过添加对象子 VI, 如图 9 所示, 模型隐藏按钮为假时新建对象添加至原场景对象中, 隐藏按钮为真时新建对象不添加至原场景对象中, 从而实现新建对象模型隐藏功能。

添加对象

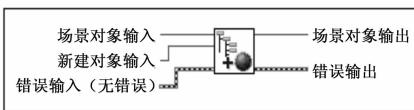


图 9 模型拼接子 VI

方法 1 与方法 2 的区别在于: 方法 1 中的模型隐藏, 只是将该模型透明化, 实质上还在三维场景中, 而方法 2 的模型隐藏, 是将该模型从三维场景中删除, 需要显示的时候, 再加入到三维场景中。

本项目涉及到传感器点拾取功能, 若使用方法 1, 鼠标点击屏幕后, 软件无法获取模型内部的传感器点的引用句柄, 即无法实现拾取模型内部传感器点的功能, 因此, 本项目采用方法 2 实现模型隐藏功能。

本系统中, 隐藏了外罐和内罐, 可以看到传感器密密麻麻分布在整个低温球罐内部, 如图 10 所示。

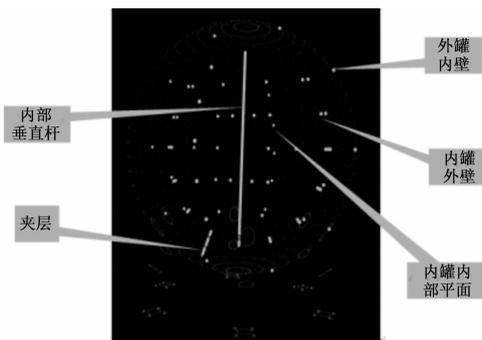


图 10 低温球罐内传感器分布图

### 3.3 拾取传感器点方法

拾取传感器点功能主要通过鼠标事件来完成, 鼠标移动到传感器点上, 界面上能够实时显示出该传感器点的信息, 在场景对象中选取模型, 找到自点坐标投射穿越三维场景的射线, 确定场景中 与射线相交的模型, 如图 11 (a) 所示, 获取与射线相交的第一个模型的场景对象引用句柄, 在已知的传感器点的引用句柄中查找, 若匹配成功, 则鼠标成功拾取传感器点, 继而获得该传感器点的参数名、坐标位置和采集值, 如图 12 所示, 显示在程序主界面右侧的列表框中。

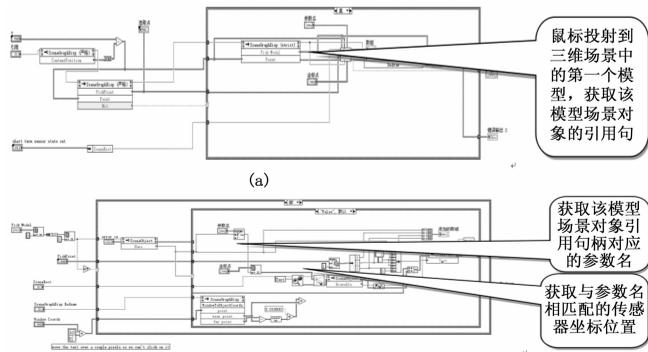


图 11 传感器拾取子 VI