

# 塑造智慧变革

2018年海克斯康新产品新技术发布暨用户大会

HxGN Local Beijing 2018

2018年9月10日-12日 北京·国家会议中心

# 塑造智慧变革



HEXAGON

海克斯康



北京  
国家会议中心

2018年

9月10-12日

[2018.hexagonchina.com.cn](http://2018.hexagonchina.com.cn)

# 基于三维激光扫描的自动化隧道变形分析方法研究

---

谢雄耀，同济大学土木工程学院 教授

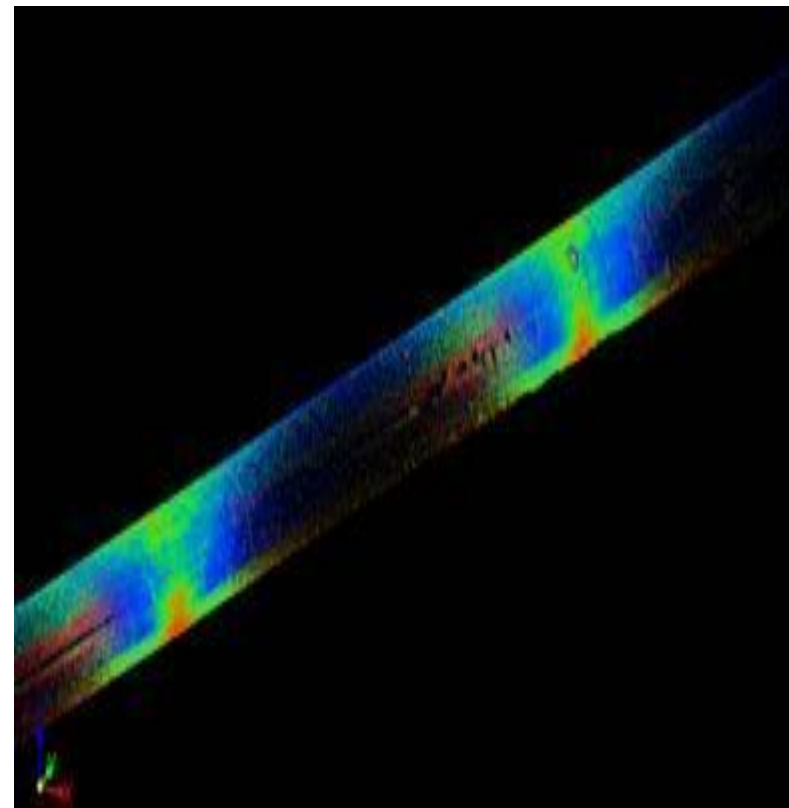
2018年9月12日

# 目录

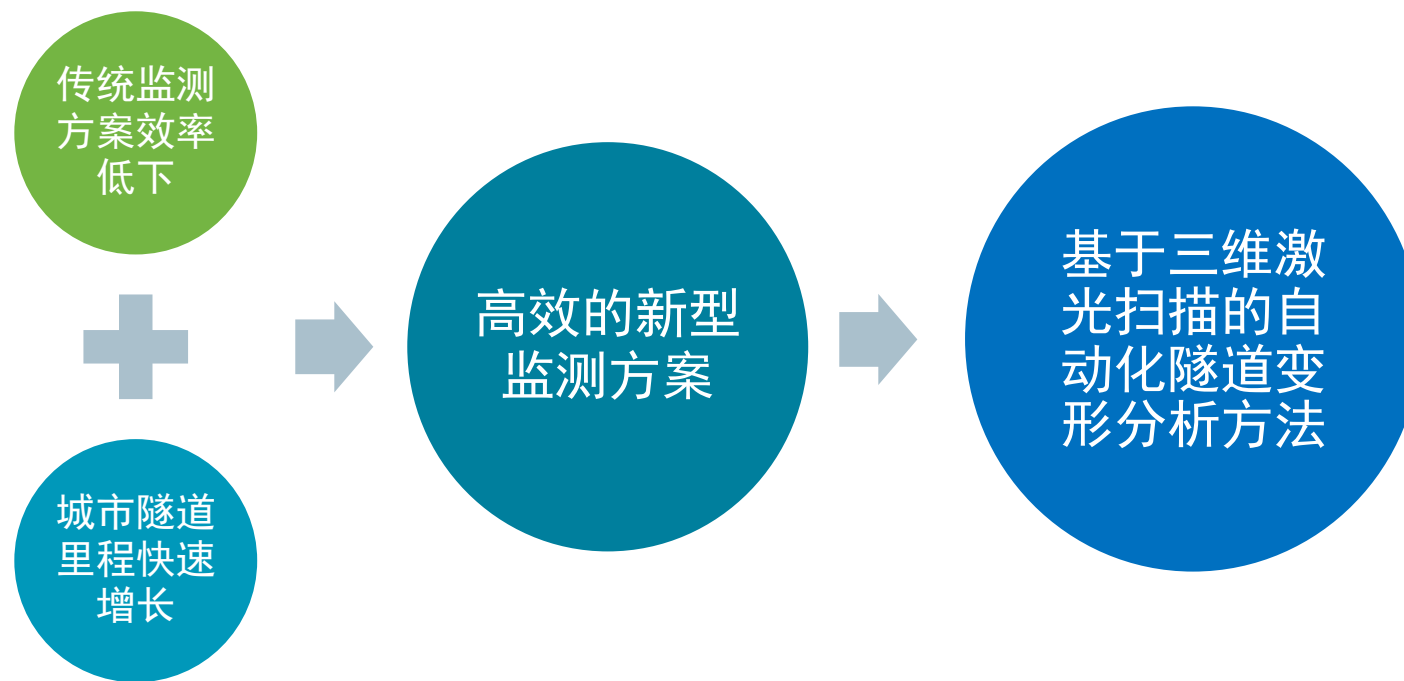
1. 简介
2. 自动化隧道变形分析系统
  - a) 点云拼接模块
  - b) 轴线提取模块
  - c) 衬砌分段模块
  - d) 二次去噪模块
  - e) 变形提取模块
3. 误差分析
4. 工程应用

## 简介

- 基于三维激光扫描仪的全自动化隧道变形监测技术以非接触的方式直接并自动对结构进行三维监测，能够全面提升目前隧道结构监测方案的效率和范围，将会是结构健康监测领域未来的重要发展方向之一



# 简介



# 自动化隧道变形分析系统

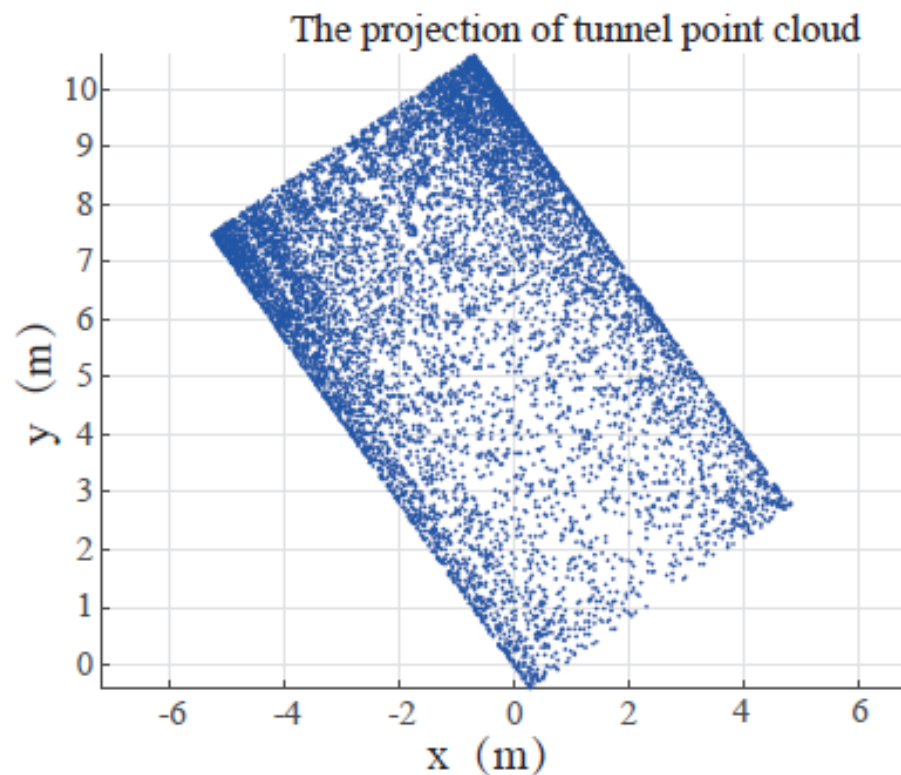
- 点云拼接模块

使用Leica Cyclone完成点云拼接工作

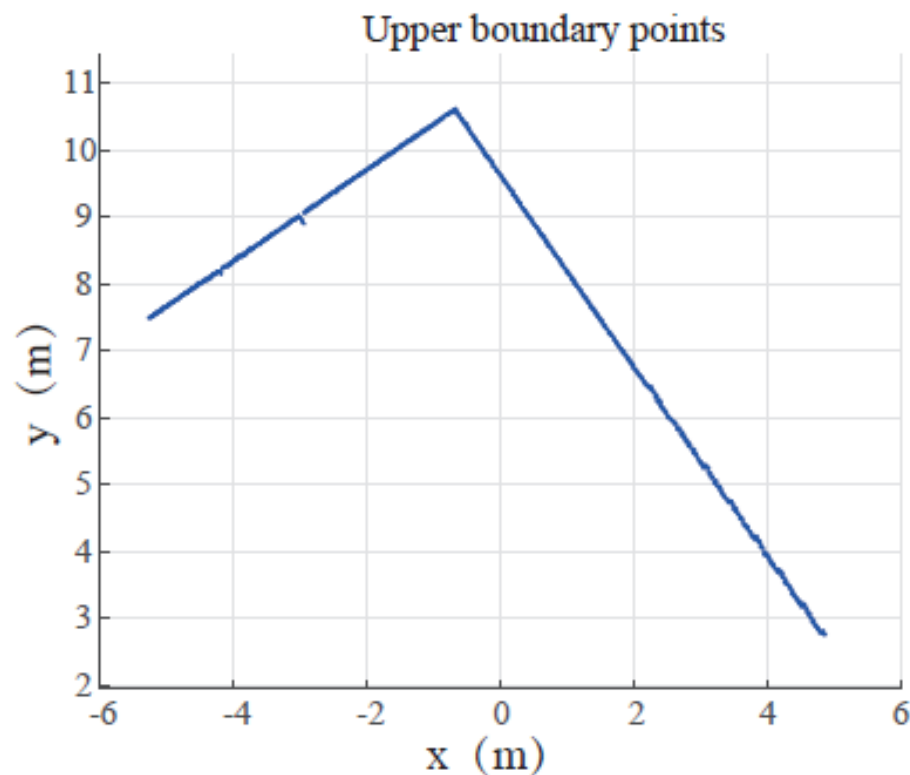


# 自动化隧道变形分析系统

- 轴线提取模块



1.将点云投影到XOY平面

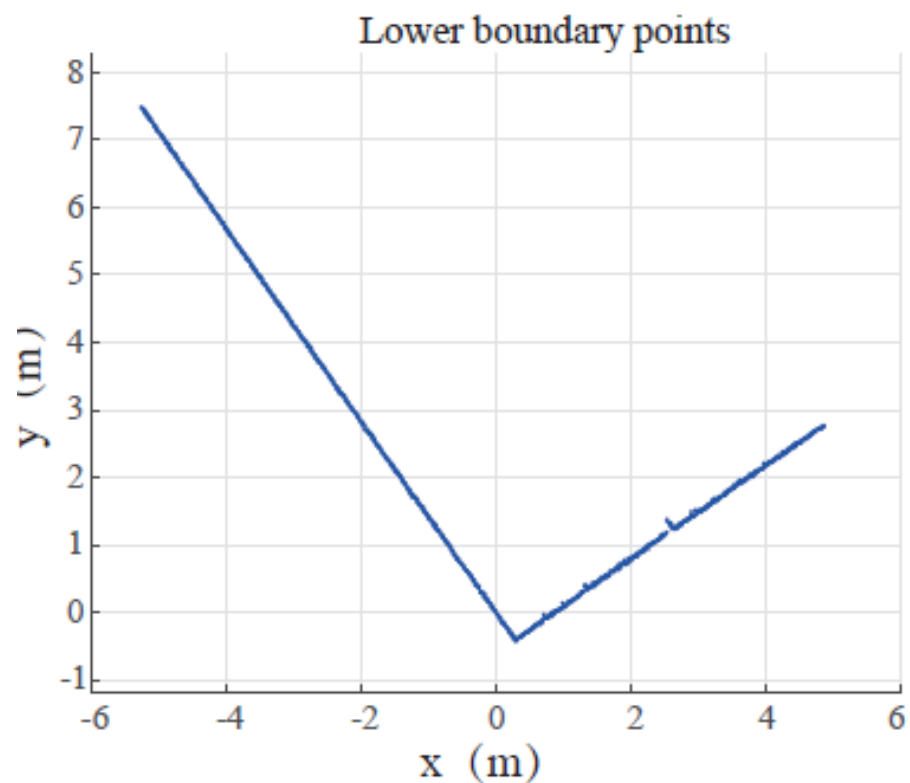


2.提取上边界点

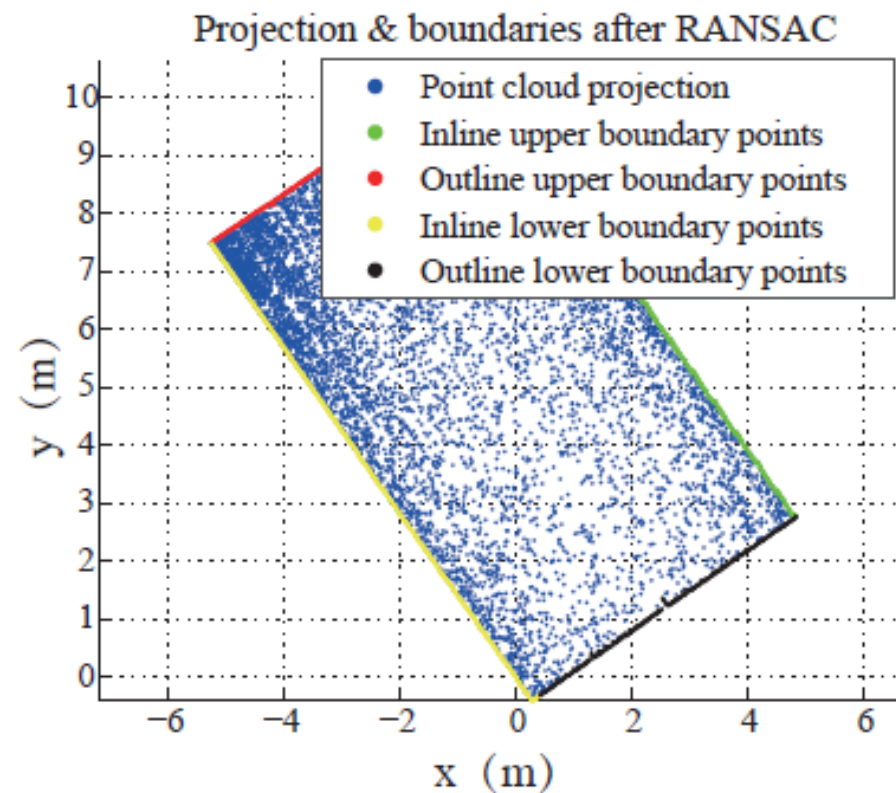


# 自动化隧道变形分析系统

- 轴线提取模块



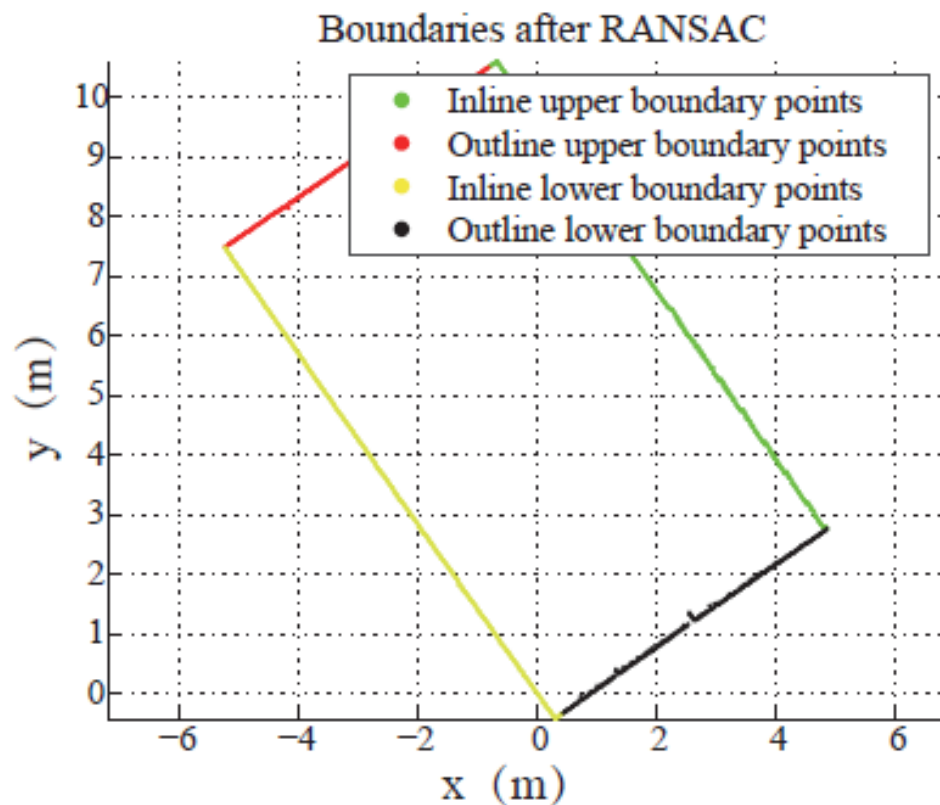
3.提取下边界点



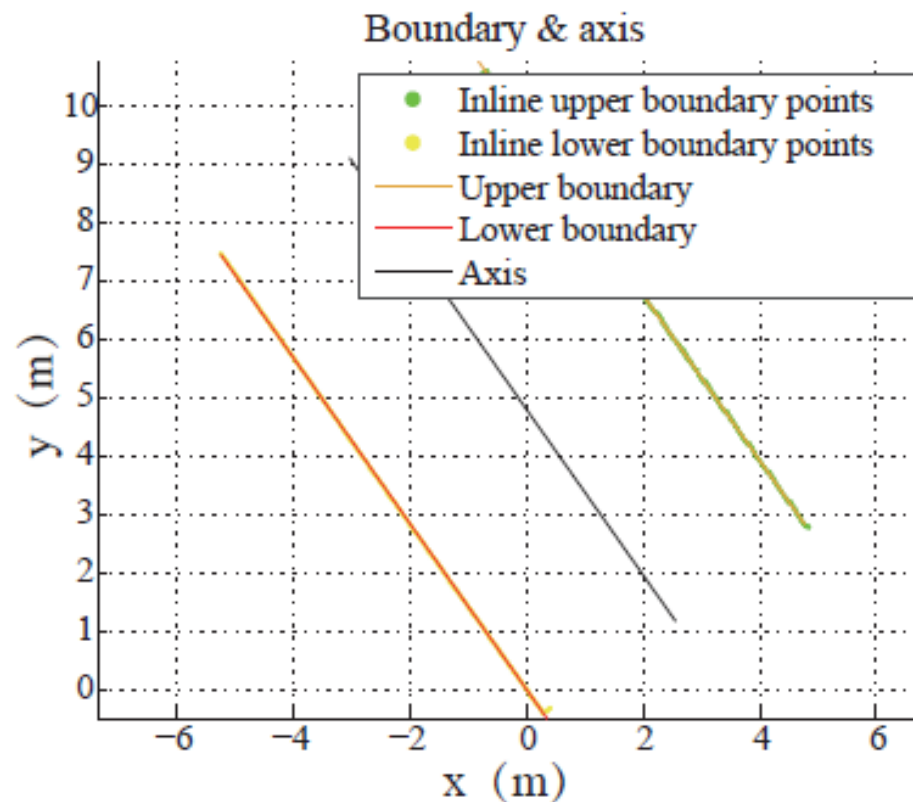
4.基于RANSAC算法提取优化边界点

# 自动化隧道变形分析系统

- 轴线提取模块



5. 优化后边界点



6. 基于RANSAC算法提取隧道轴线

# 自动化隧道变形分析系统

- 轴线提取模块

相关计算公式

上下边界方程

$$\begin{cases} Y_{ub} = a_{ub}x^2 + b_{ub}x + c_{ub} \\ Y_{lb} = a_{lb}x^2 + b_{lb}x + c_{lb} \end{cases}$$

隧道轴线方程

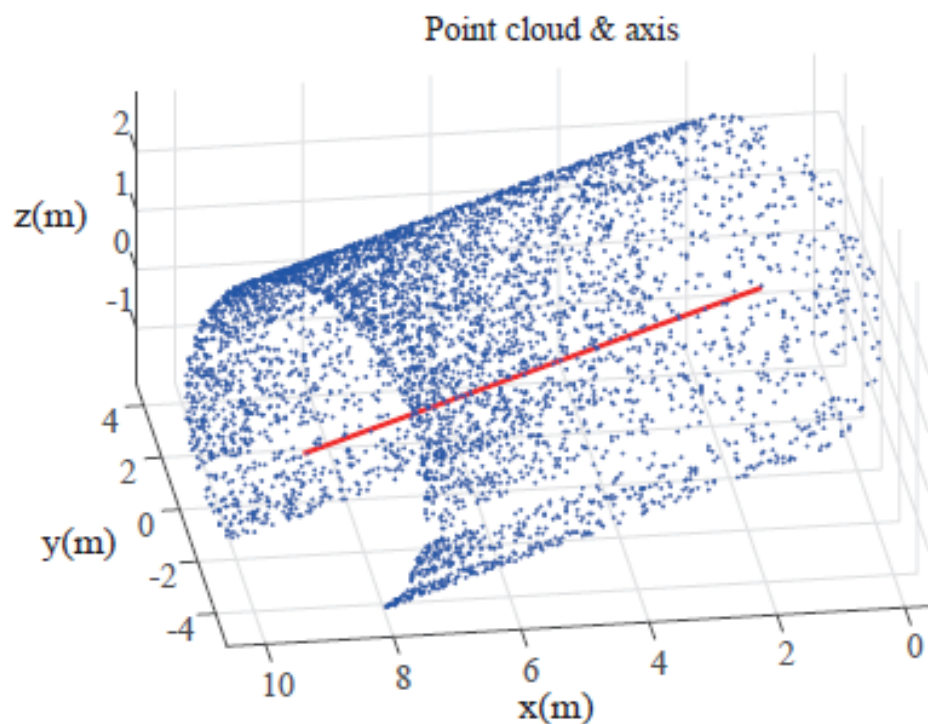
$$Y_{ax} = a_{ax}x^2 + b_{ax}x + c_{ax}$$

参数计算公式

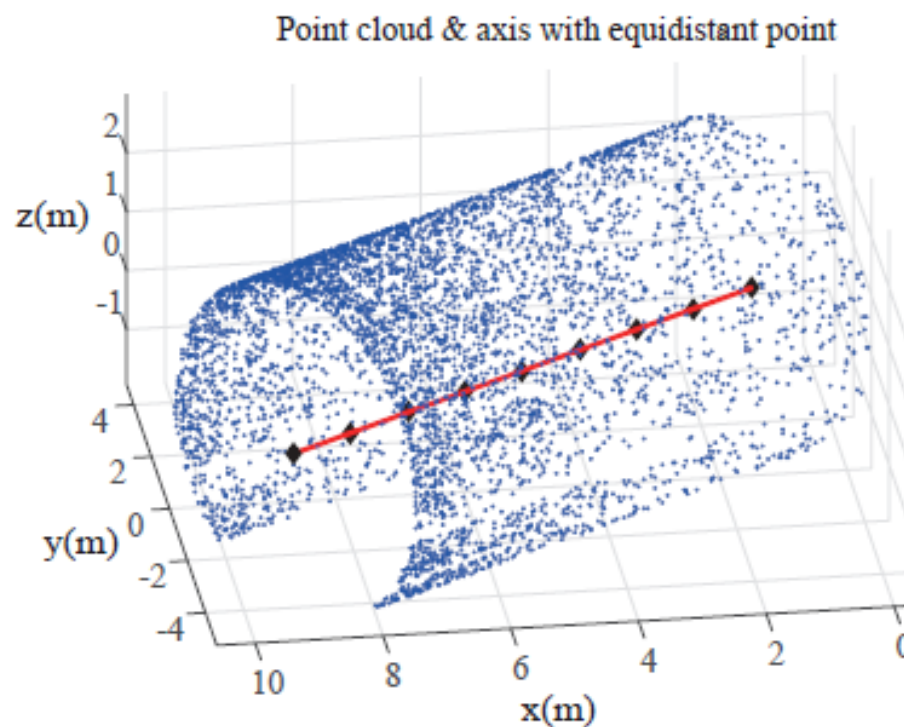
$$\begin{cases} a_{ax} = a_{ub} = a_{lb} \\ b_{ax} = \frac{b_{ub} + b_{lb}}{2} \\ c_{ax} = \frac{c_{ub} + c_{lb}}{2} - \frac{(b_{ub} - b_{lb})^2}{16a_{ax}} \end{cases}$$

# 自动化隧道变形分析系统

- 衬砌分段模块



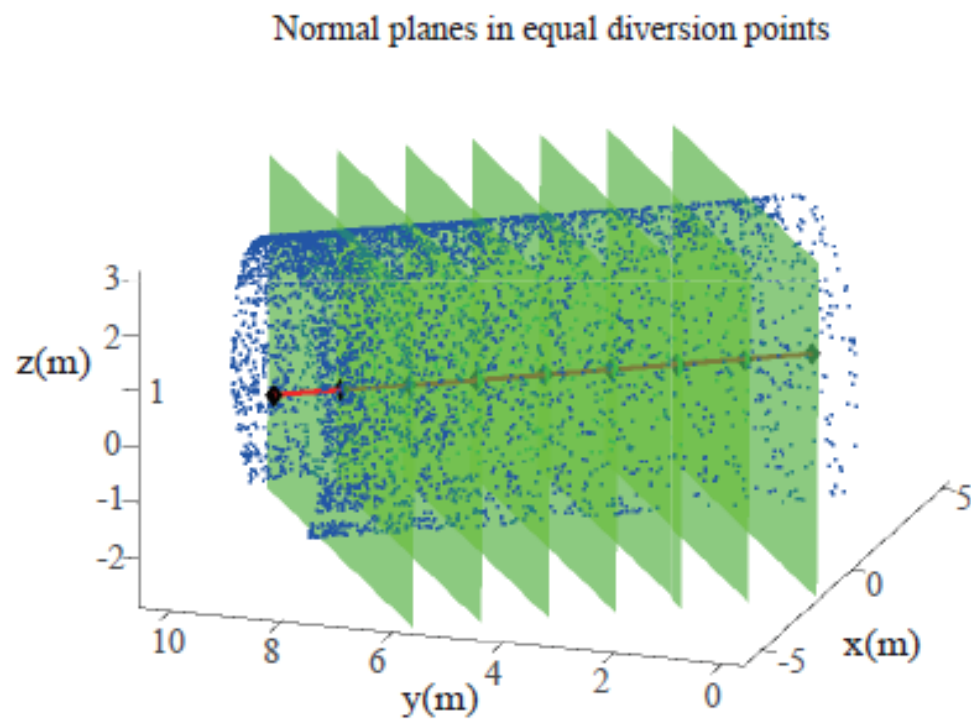
1.隧道点云及轴线



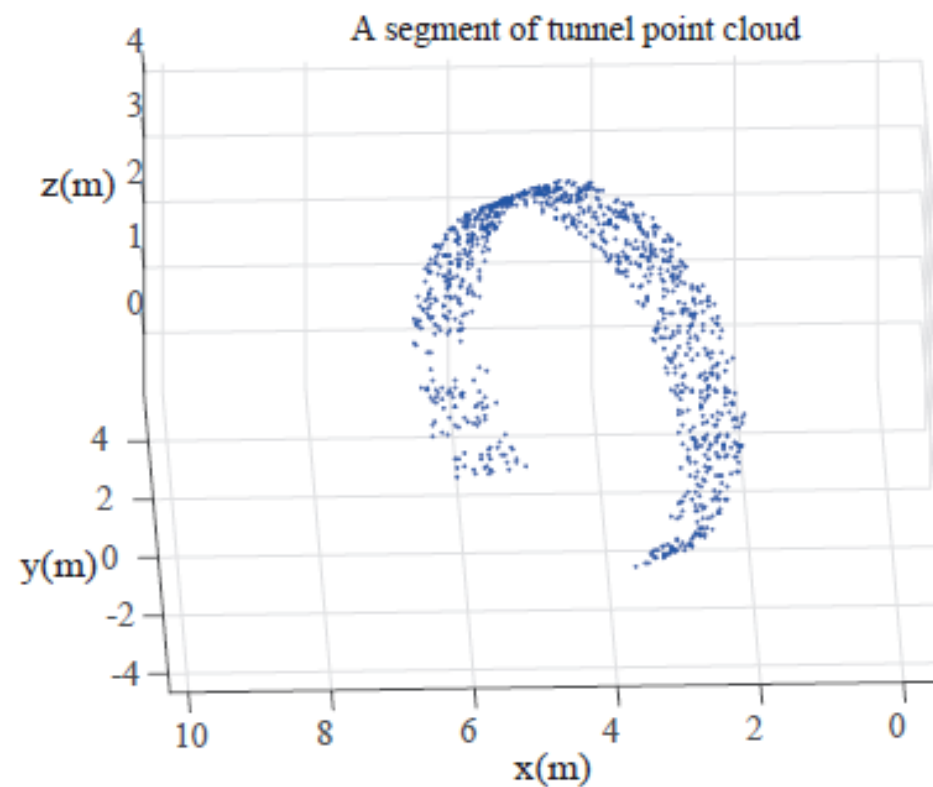
2.根据衬砌宽度等分隧道轴线

# 自动化隧道变形分析系统

- 衬砌分段模块



3. 轴线等分点处作轴线法平面

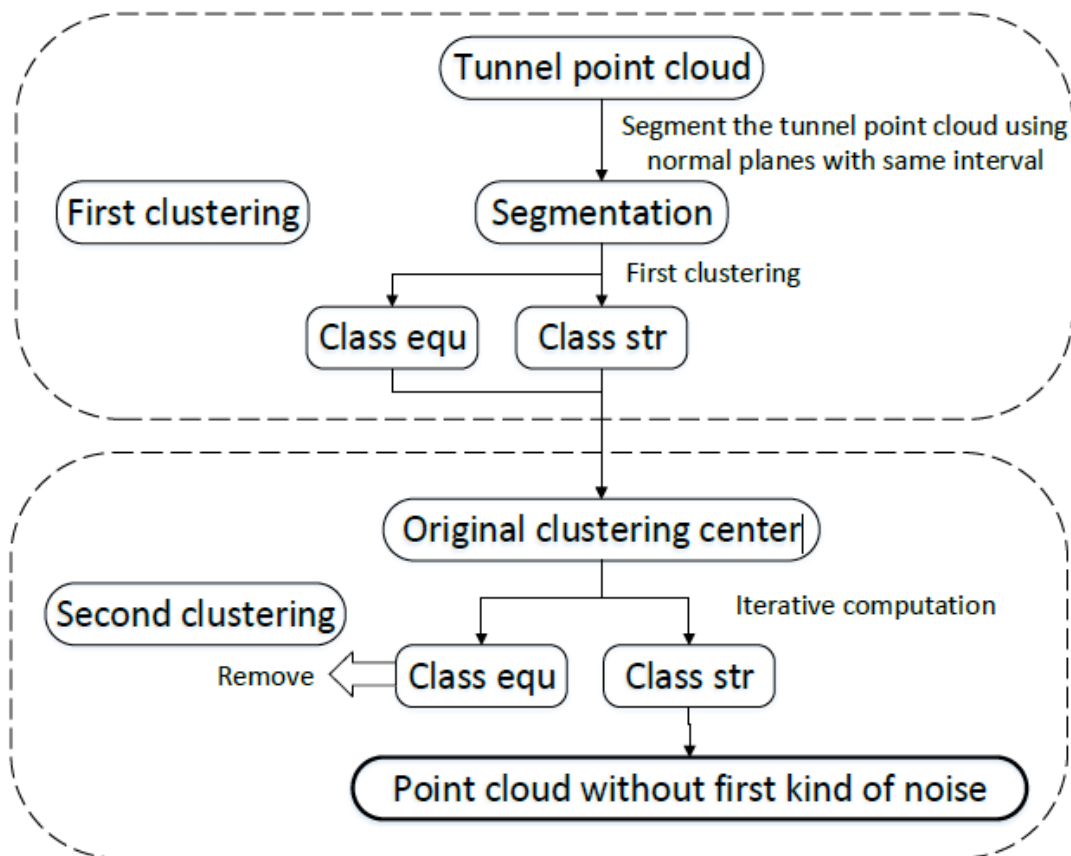


4. 提取相邻法平面之间衬砌点云

# 自动化隧道变形分析系统

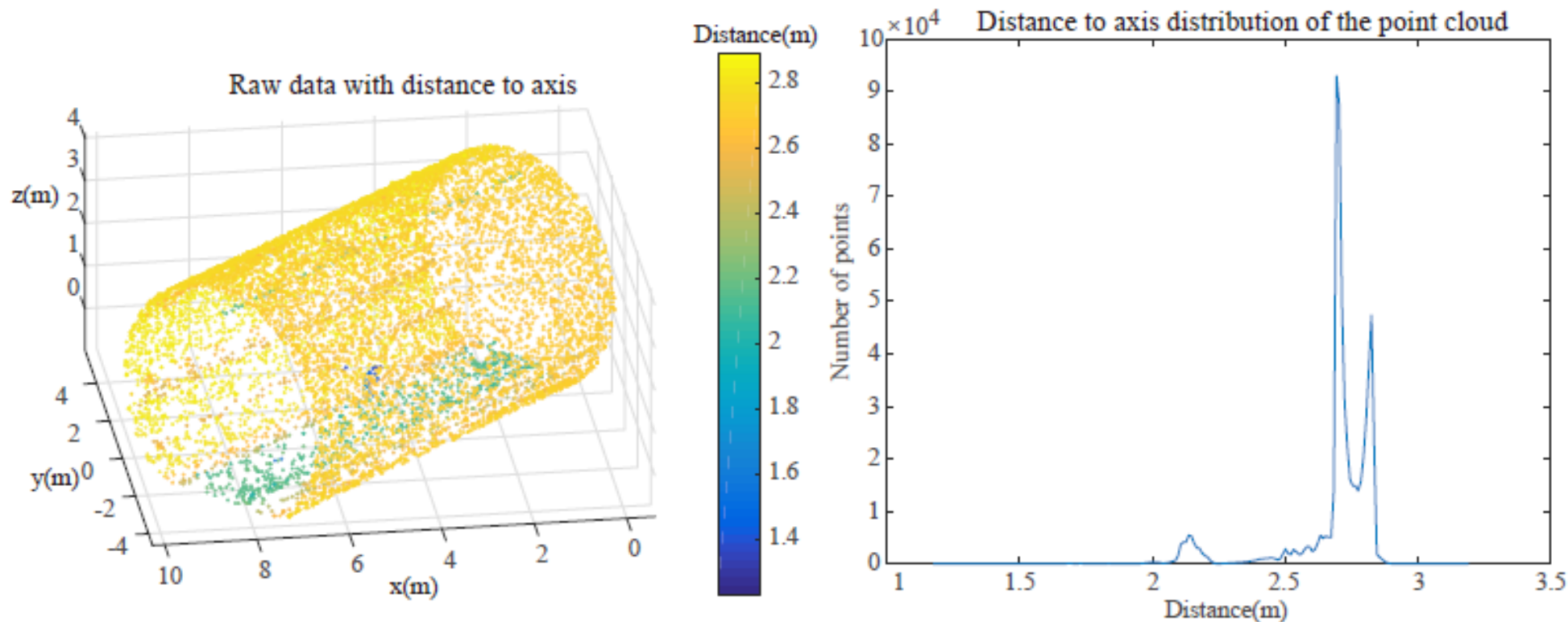
- 二次去噪模块

二次去噪模块流程图



# 自动化隧道变形分析系统

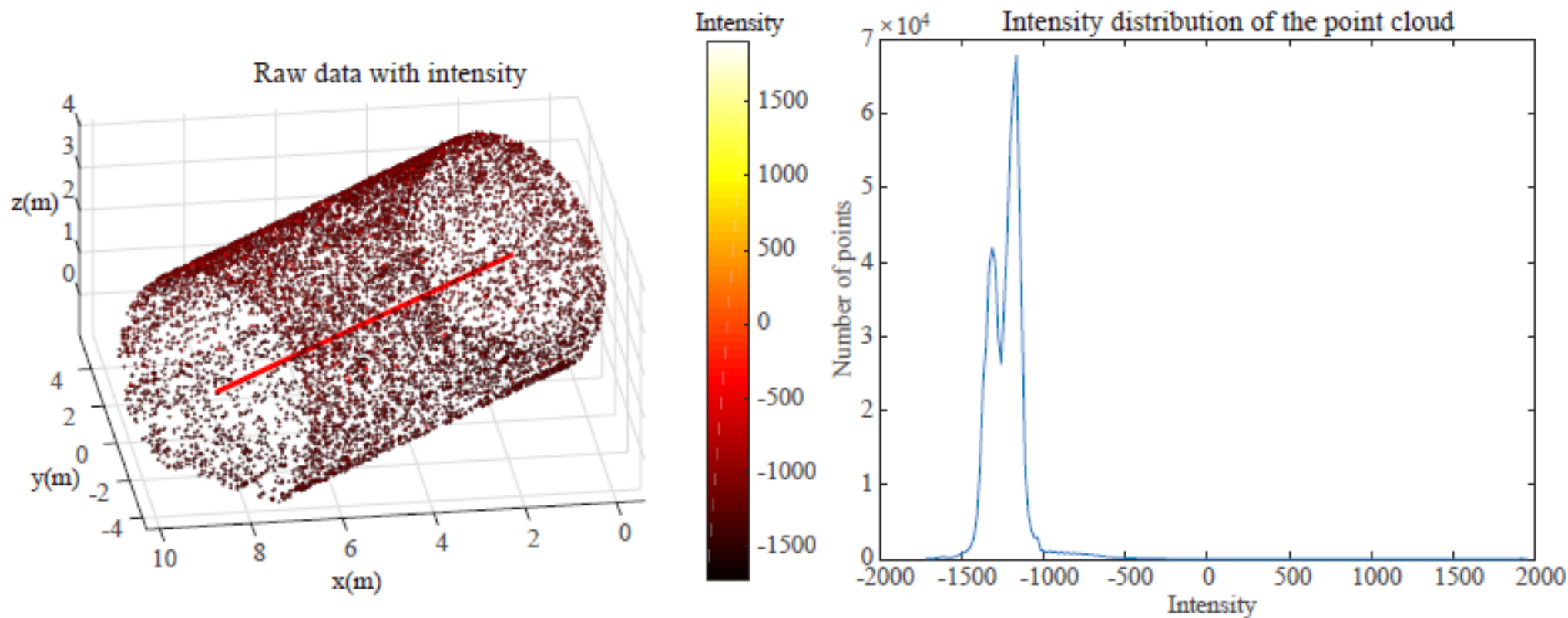
- 二次去噪模块



基于距离的第一次聚类去噪

# 自动化隧道变形分析系统

- 二次去噪模块

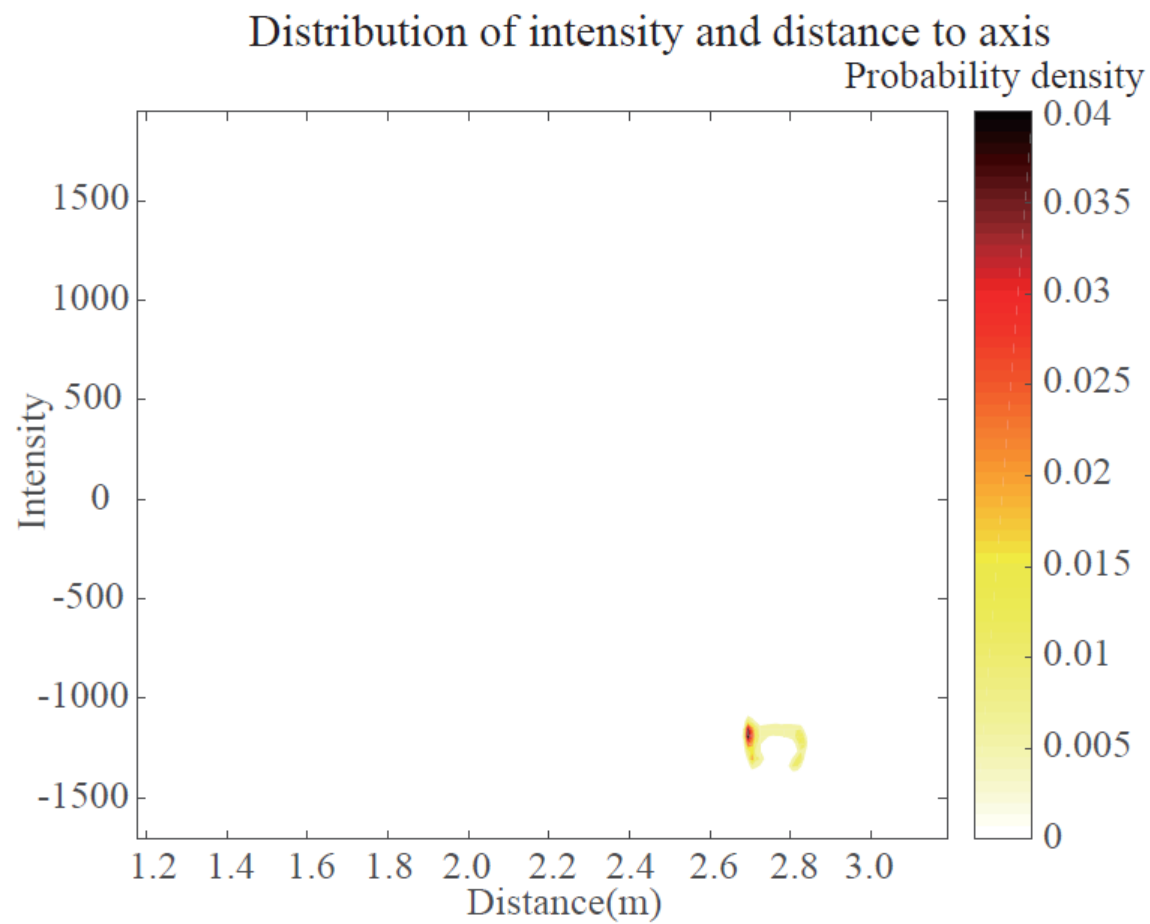


基于灰度的第二次聚类去噪



# 自动化隧道变形分析系统

- 二次去噪模块



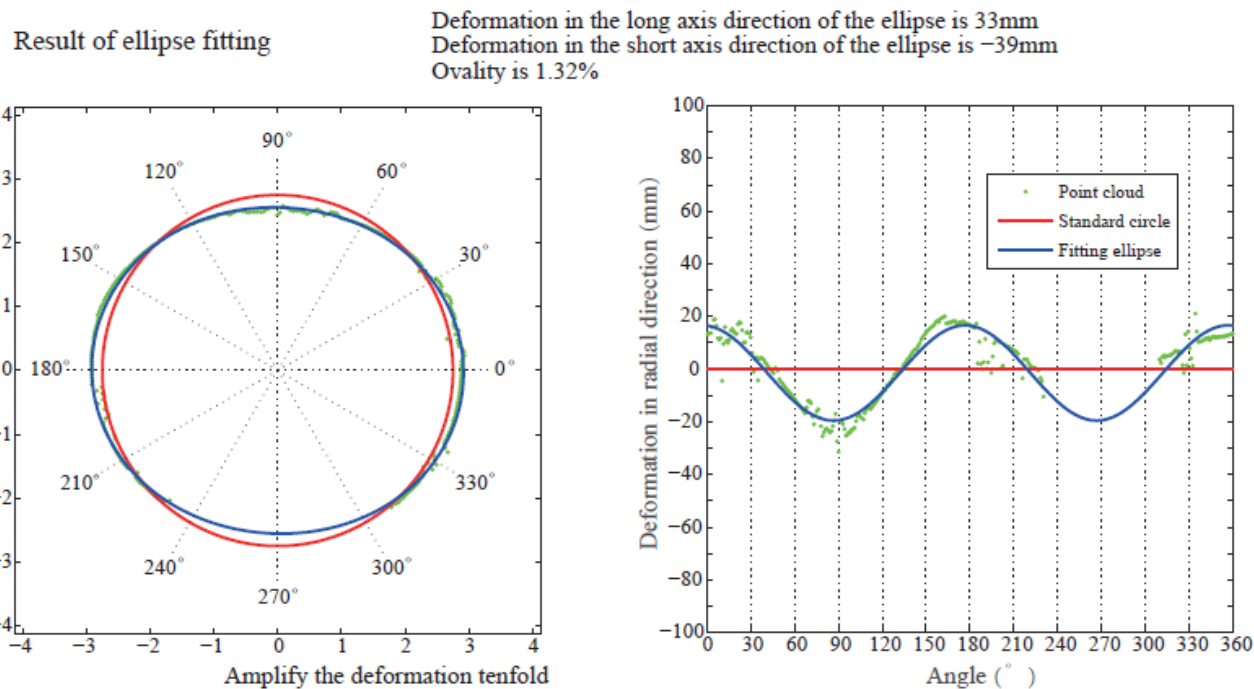
点云基于距离和灰度的二维聚类分布

# 自动化隧道变形分析系统

- 变形提取模块

基于RANSAC算法提取椭圆度指标

$$T = \frac{F - f}{D}$$

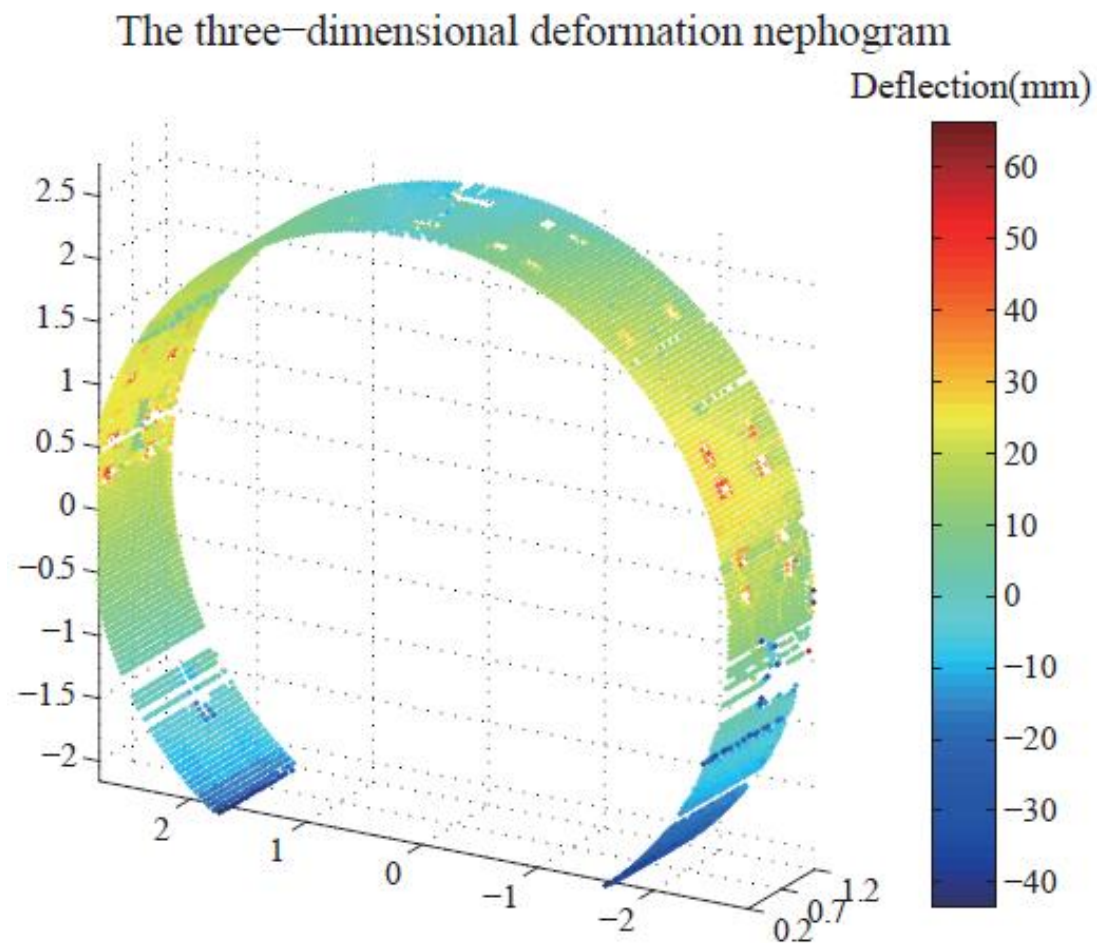


基于点云拟合椭圆同设计圆比较

隧道变形展开图

# 自动化隧道变形分析系统

- 变形提取模块
- 点云三维变形云图



## 误差分析

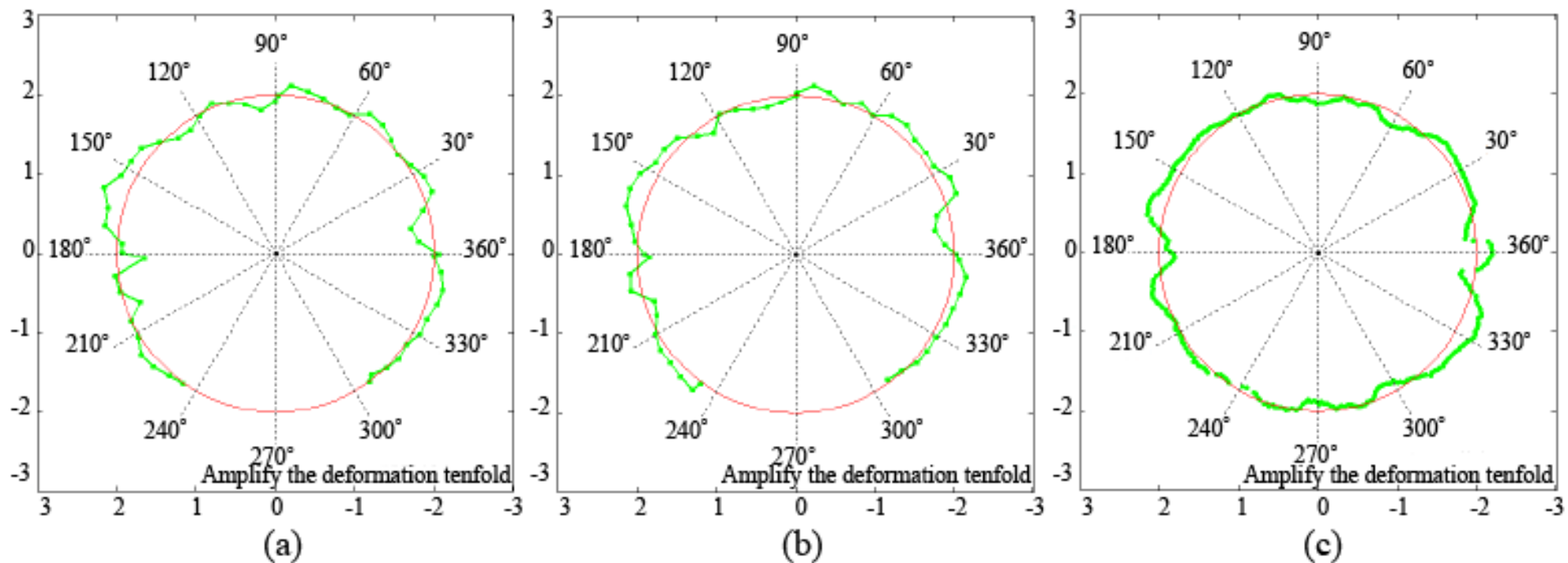
- 误差对比分析
  - 分别选用三维激光扫描仪和全站仪对同一试验管段进行变形测试对比

	Total station	Laser scanner
Name	Leica TS30	Leica C10
Angle accuracy	0.5"	12"
Range accuracy	2mm+2ppm	4mm(50m)

上表为全站仪与三维激光扫描仪参数对比

# 误差分析

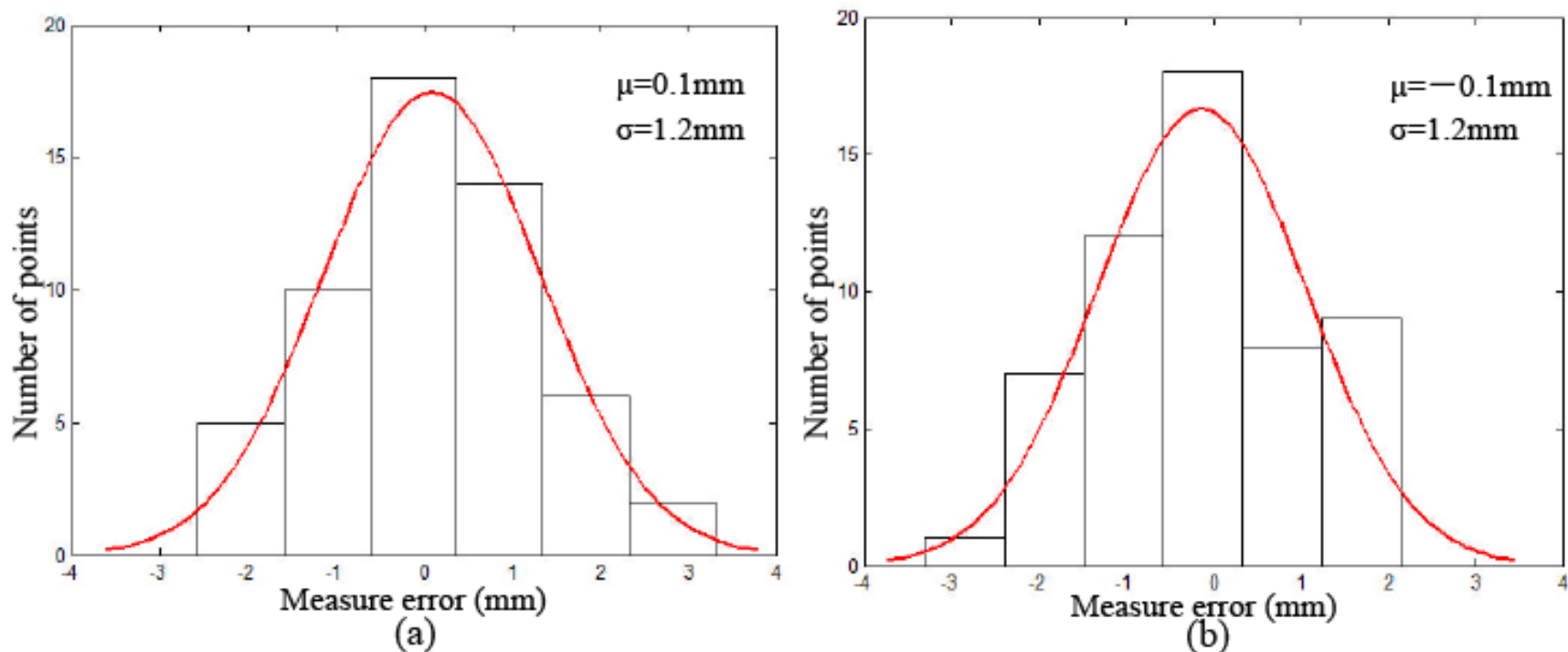
- 误差对比分析



拟合结果，其中(a)(b)为全站仪数据拟合结果，(c)为三维激光扫描仪拟合结果

# 误差分析

- 误差对比分析



误差分析结果，其中(a)(b)分别为两组全站仪数据同三维激光扫描仪数据对比误差分析结果

## 工程应用

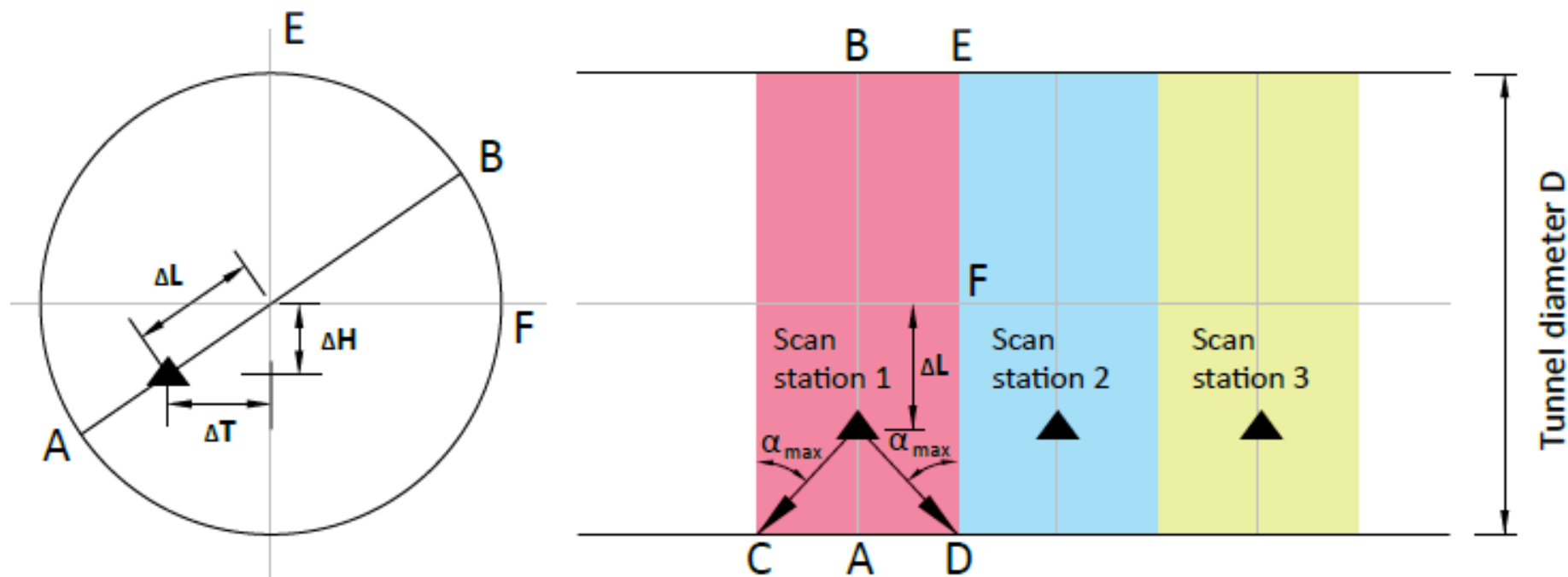
- 应用本系统于上海地铁7号线工程.



- 现场外业照片

## 工程应用

- 应用本系统于上海地铁7号线工程.

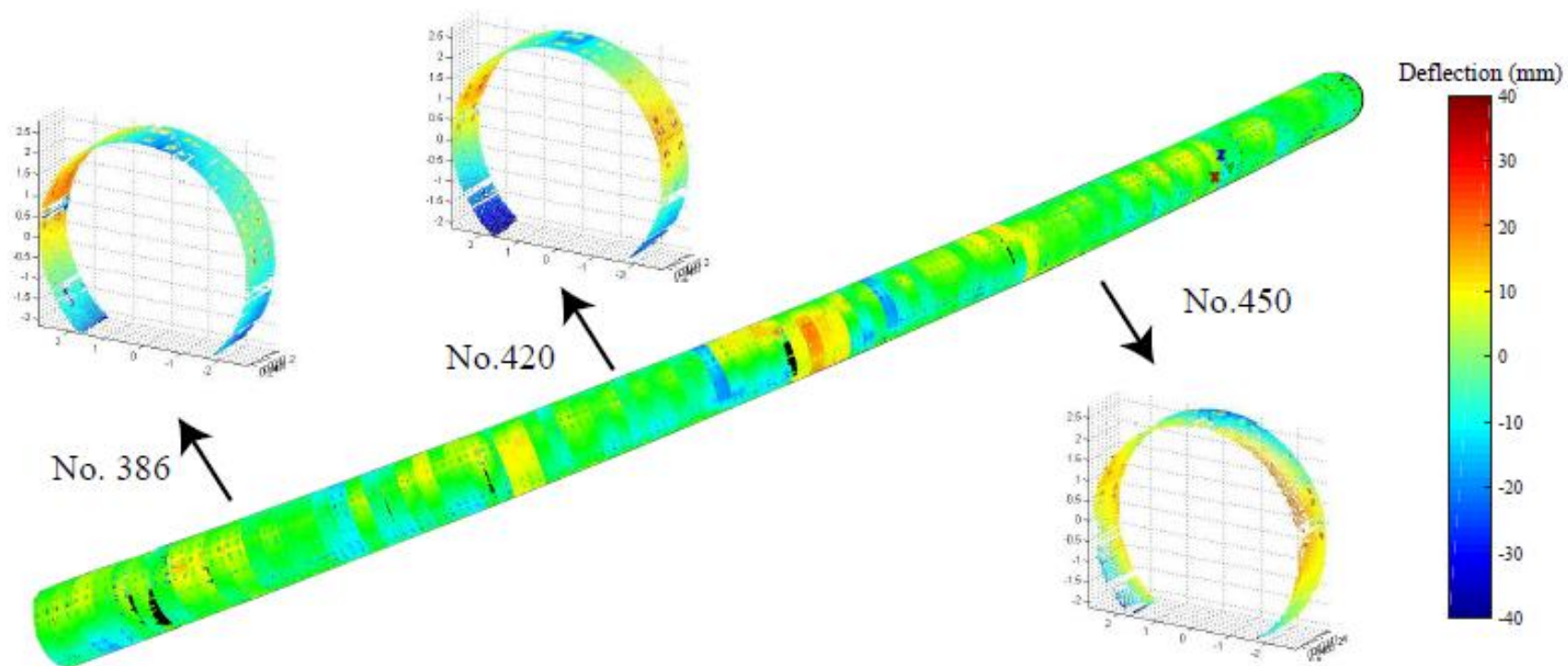


确定测站间距



## 工程应用

- 应用本系统于上海地铁7号线工程.



- 变形三维云图全景

## 工程应用

- 应用本系统于上海地铁7号线工程.

The proposed monitoring system		Conventional manual way	
Steps	Times/second	Steps	Times/second
Axis acquisition	30	Label linings	5000
Segments extraction	2.5	Segments extraction	6500
Denoising	17.5	Denoising	8000
		Axis extraction	10000
		Error correction	5000

- 新型全自动数据处理系统同传统手工处理效率对比

—— 谢 谢 ——





如果您对此篇PPT感兴趣，请扫描二维码

---