

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

MS60全站扫描仪在隧道断面自动化检测中的应用研究

许子扬，硕士研究生

2018. 09

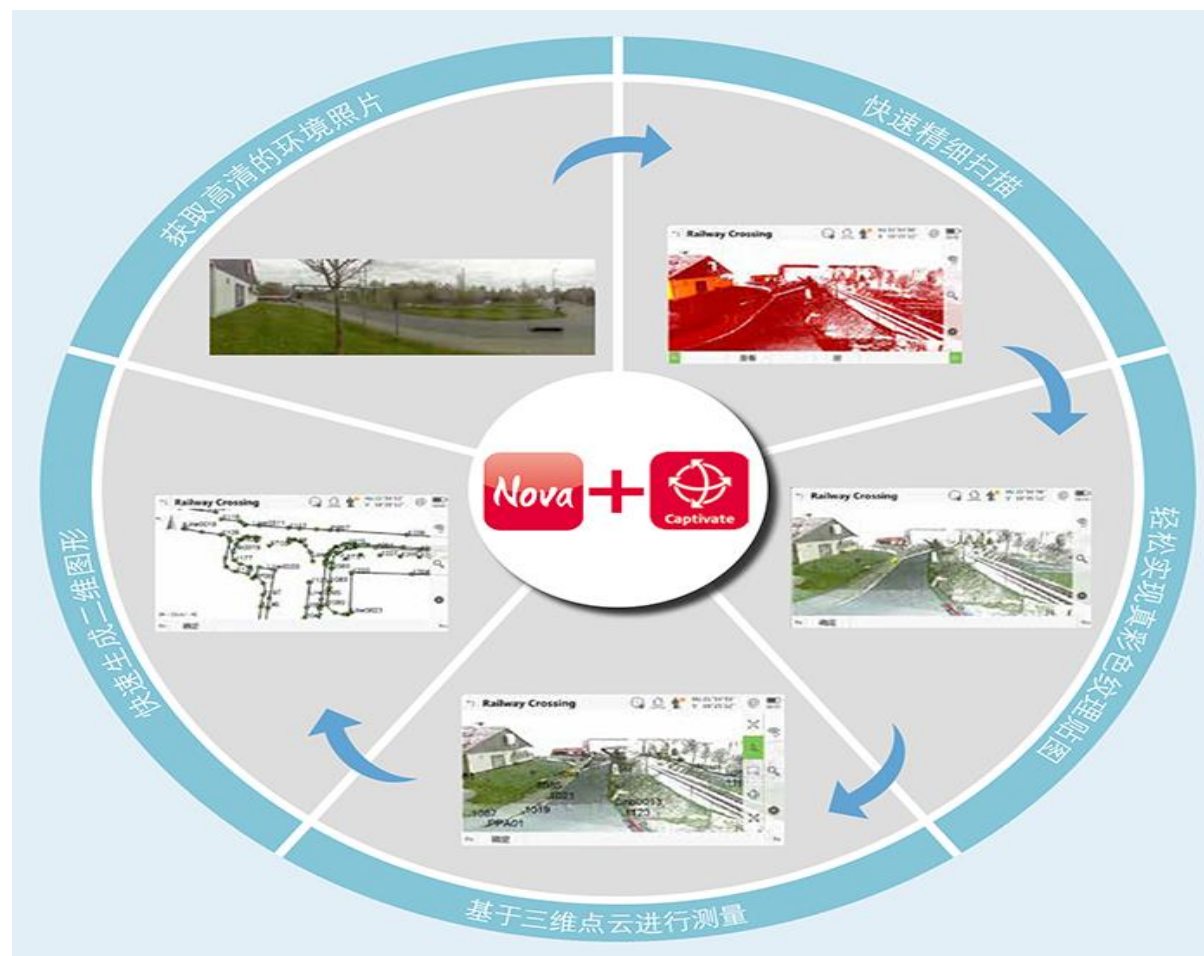
目录

- a) MS60全站扫描仪的特点
- b) 单点法断面检测
- c) 点云法断面检测
- d) 对比与分析



MS60全站扫描仪的特点

- 1.测量精度高
- 2.直观外业3D测量
- 3.长距离自动化测量
- 4.智能学习型功能



角度测量		
精度 ¹ (Hz 和 V)	绝对编码, 连续, 四重轴系补偿	0.5" (0.15mgon) / 1" (0.3 mgon)
距离测量		
范围 ²	棱镜 (GPR1, GPH1P) ³	1.5 m 至 >10000 m
	无棱镜 / 任何表面 ⁴	1.5 m 至 2000 m
精度 / 测量时间	单次 (棱镜) ^{2,5}	1 mm + 1.5 ppm / 典型 1.5 秒
	单次 (任何表面) ^{2,4,5,6}	2 mm + 2 ppm / 典型 1.5 秒
光斑大小	50 m 处	8 mm x 20 mm
测量技术	波形数字化(WFD)	同轴, 红色可见光
扫描		
最大距离 ⁷ / 距离噪声 (1 sigma) ⁴	1000 Hz 模式	300 m / 1.0 mm, 距离 50 m
	250 Hz 模式	400 m / 0.8 mm, 距离 50 m
	62 Hz 模式	500 m / 0.6 mm, 距离 50 m
	1 Hz 模式	1000 m / 0.6 mm, 距离 50 m
点云可视化	机载 3D 点云查看功能, 真彩色点云	
图像		
广角相机和望远镜相机	传感器	500万像素 CMOS 传感器
	视场 (广角相机 / 望远镜相机)	19.4° / 1.5°
	帧频率	高达 20 帧每秒

• 徕卡NOVA MS60全站扫描仪技术参数

直驱, 压电陶瓷技术	转速 / 换面时间	最大180° (200 gon)每秒 / 典型 2.9 秒
自动照准 (ATR)		
范围 ATR模式 ² / 跟踪模式 ²	圆棱镜 (GPR1, GPH1P)	1500 m / 1000 m
	360° 棱镜 (GRZ4, GRZ122)	1000 m / 1000 m
精度 ^{1,2} / 测量时间	ATR plus 测角精度(Hz, V)	0.5" (0.15 mgon) / 1" (0.3mgon) 典型 2.5 秒
超级搜索		
范围 / 搜索时间 ⁸	360° 棱镜 (GRZ4, GRZ122)	300 m / 典型 5 秒
导向光 (EGL)		
工作范围 / 精度		5-150 m / 典型 5 cm, 100 m处
一般参数		
机载软件系统	徕卡最新的Captive软件 (含应用程序)	
处理器	Ti OMAP4430 1GHz 双核 ARM® Cortex™ -A9 MPCore™	操作系统-Windows EC7
自动对焦望远镜	放大倍数 / 焦距范围	30 x / 1.7 m 至无穷远
显示屏和键盘	5英寸, WVGA, 彩色, 触屏, 双面	37 个按键, 带照明功能
操作	3个无限位驱动, 1个伺服对焦驱动, 2个自动对焦按键, 用户自定义快捷键	
电源	可更换内置锂电池, 具有给电池充电功能	使用时间 7-9 小时
数据存储	内存 / 存储卡	2GB / SD 卡 1 GB 或 8 GB
接口	RS232, USB, Bluetooth®, WLAN	
重量	包括电池	7.7 kg
环境参数	工作温度范围	-20° C 至 +50° C
	防尘防水 (IEC 60529) / 防雨	IP65 / MIL-STD-810G, 方法 506.5-I



工程应用背景

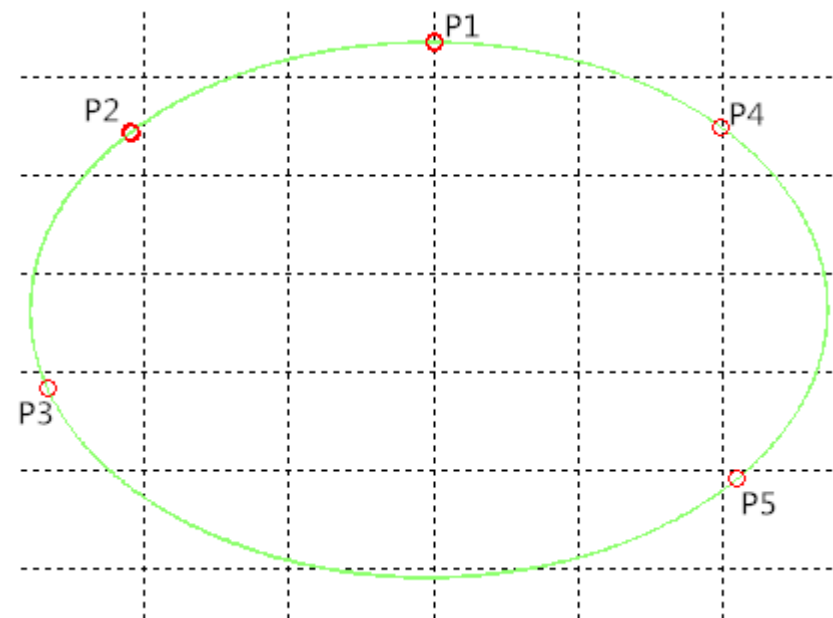


断面测量是一项在隧道施工中和竣工验收阶段必须进行的测量工作，在隧道工程建设及运营管理阶段占有相当的比重。

因工程项目需要，在武汉市某地铁盾构隧道内利用全站扫描仪进行断面检测试验。分别利用单点法和点云法进行数据采集与处理。相互对比验证两种方法在断面自动检测上的优缺点与可靠性。

单点法断面检测

为了便于与点云法提取的断面进行比较，本实验选择隧道中的一个断面（Y=0m处）进行测量分析。为了便于与扫描方法得到的数据对比，在该断面处选择5个较为均匀分布的点位嵌入全站扫描仪配套的小棱镜，点位分布如图。通过软件的学习测量利用方向观测法依次对P3、P2、P1、P4和P5进行观测，最后回到P3方向归零。



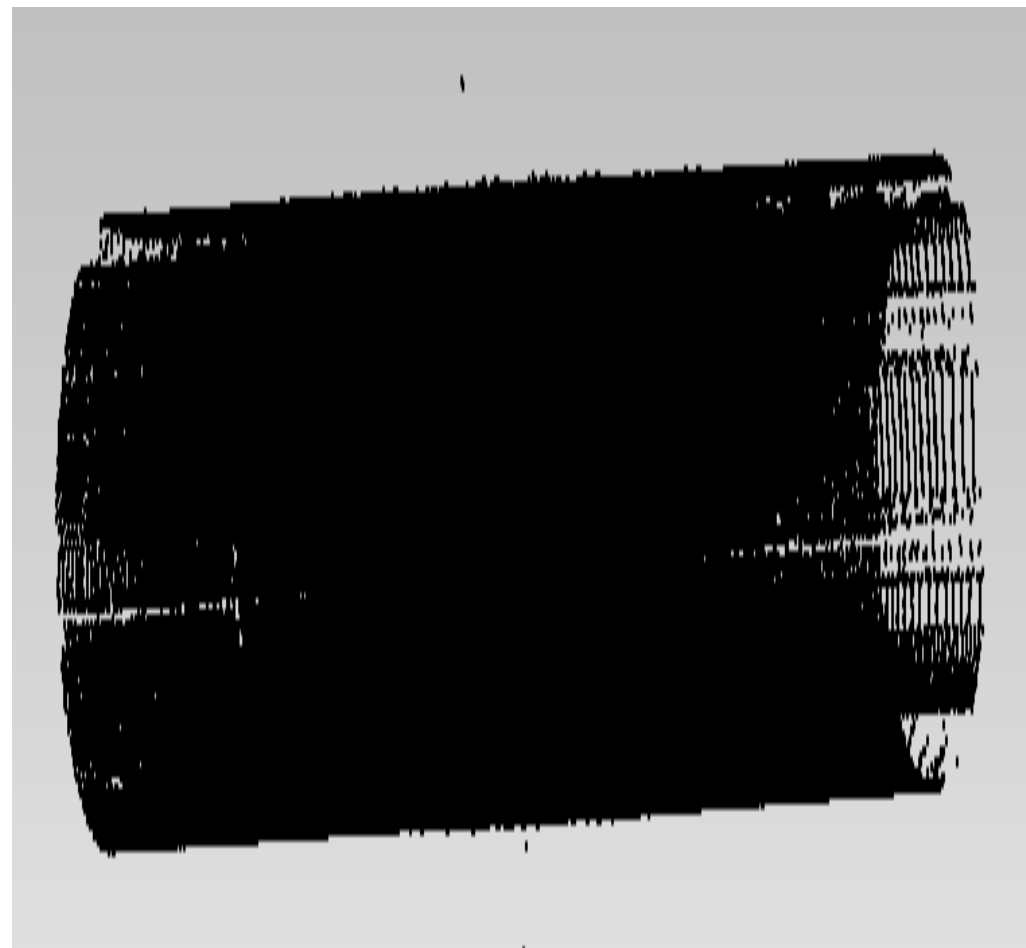
单点法测得断面点坐标

期数	点号	X坐标(m)	Y坐标(m)	Z坐标(m)
第一期	P1	0.011	0.021	3.361
	P2	-2.082	-0.017	2.441
	P3	-2.660	0.032	-0.174
	P4	1.981	0.006	2.500
	P5	2.096	-0.015	-1.092
第二期	P1	0.012	0.021	3.360
	P2	-2.083	-0.016	2.439
	P3	-2.661	0.032	-0.175
	P4	1.983	0.005	2.498
	P5	2.095	-0.016	-1.093
第三期	P1	0.011	0.022	3.358
	P2	-2.082	-0.016	2.439
	P3	-2.661	0.032	-0.176
	P4	1.980	0.006	2.496
	P5	2.094	-0.014	-1.095
第四期	P1	0.013	0.019	3.357
	P2	-2.081	-0.016	2.438
	P3	-2.661	0.031	-0.178
	P4	1.982	0.004	2.495
	P5	2.095	-0.016	-1.095

点云法断面检测

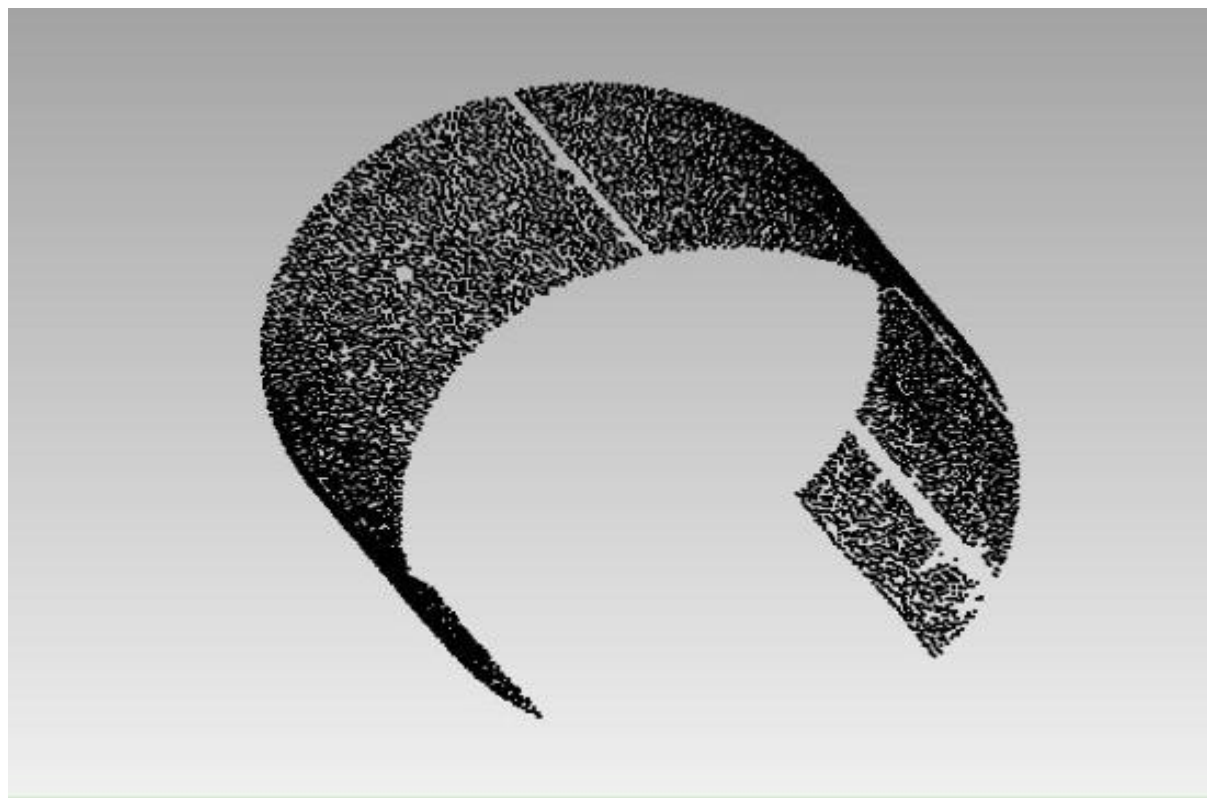
利用MS60全站扫描仪先后等时间间隔地采集此地铁隧道四期点云数据，利用随机软件和商用软件对点云数据进行重采样和去噪等预处理，编程实现每一期点云数据的中轴线提取和断面拟合

分5站扫描长约40米的地铁隧道。采用全站仪设站定向法进行扫描，采集到的点云均在同一坐标系下，因此无需进行拼接。采集到的隧道原始点云数据如图所示。

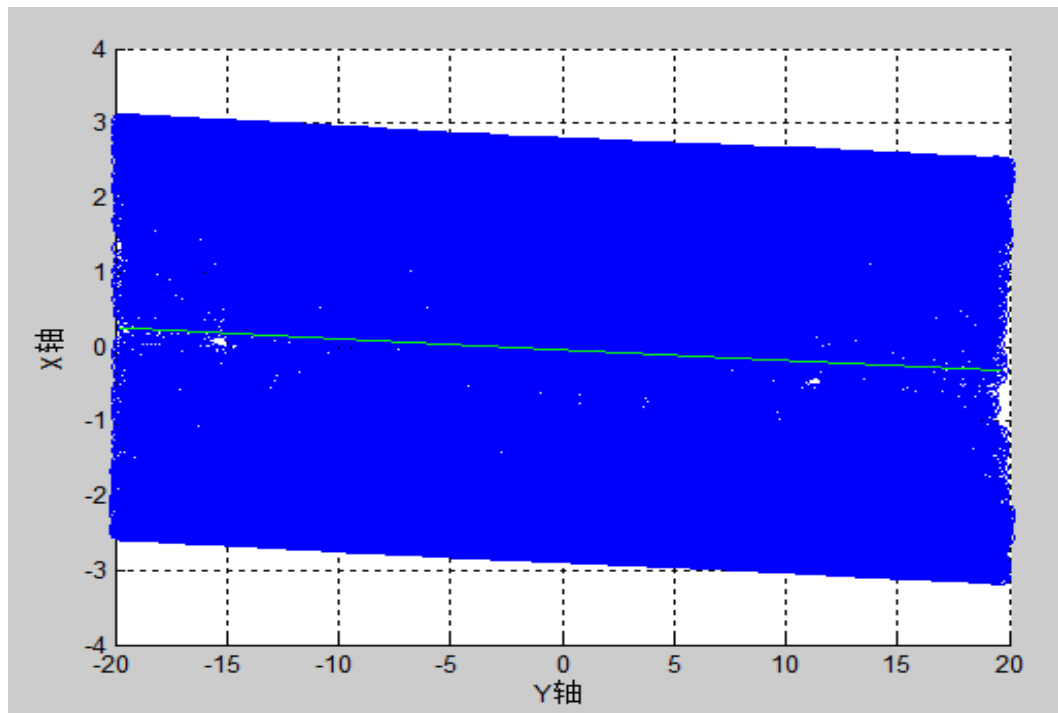


点云法主要流程

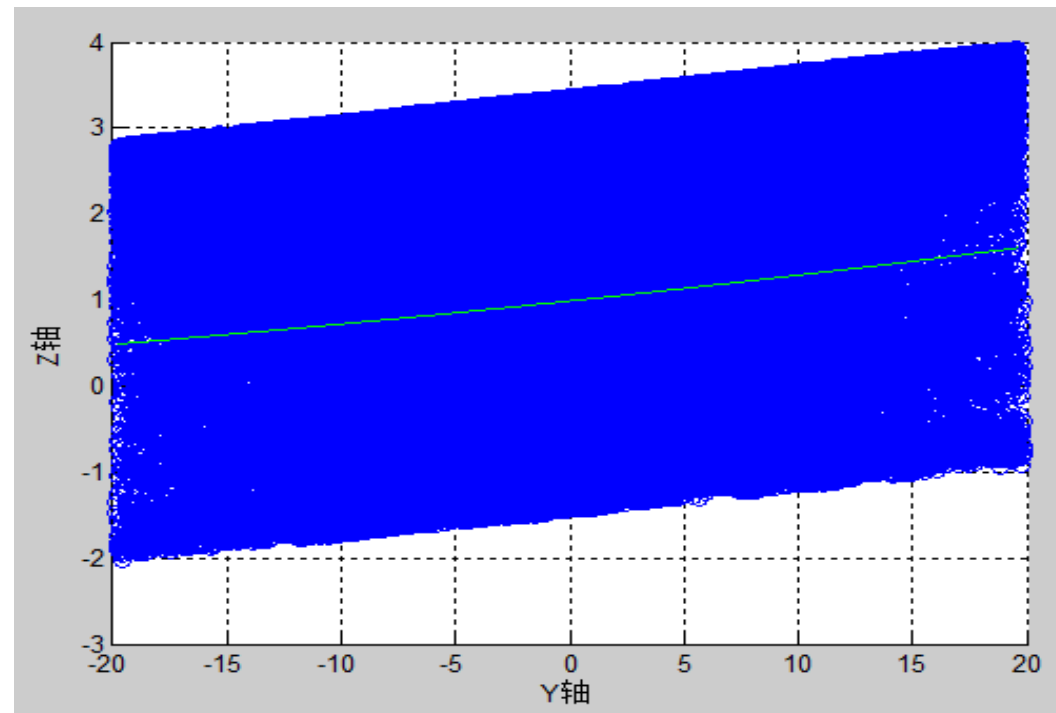
- 1.点云数据预处理
- 2.中轴线提取
- 3.断面轮廓线拟合



点云预处理后效果图



点云在XOY平面投影中轴线



点云在YOZ平面投影中轴线

以第一期隧道点云数据为例，在XOY平面和ZOY平面上投影的中轴线如图，将两个平面投影的中轴线组合即可得到隧道点云中轴线方程。

$$\begin{cases} x = 3.0499e^{-5}y^2 - 0.0145y - 0.0421 \\ z = 1.5791e^{-4}y^2 + 0.0284y + 0.9895 \end{cases}$$

断面轮廓线拟合

求得隧道点云中轴线以后，截取中轴线上任意一点处的断面。为了方便与单点法采集到的断面进行对比，此处截取Y=0处的隧道断面。具体过程如下：

①生成Y=0处的断面平面

Y=0处中轴线上的点的坐标为M（-0.0421， 0， 0.9895），在点M处中轴线的切线方程为：

$$\frac{x+0.0421}{-0.0145} = \frac{y}{1} = \frac{z-0.9895}{0.0284}$$

根据某点中轴线的切线与该点处断面垂直的几何关系，可以求得Y=0处的断面平面方程为：

$$-0.0145(x+0.0421)+y+0.0284(z-0.9895)=0$$

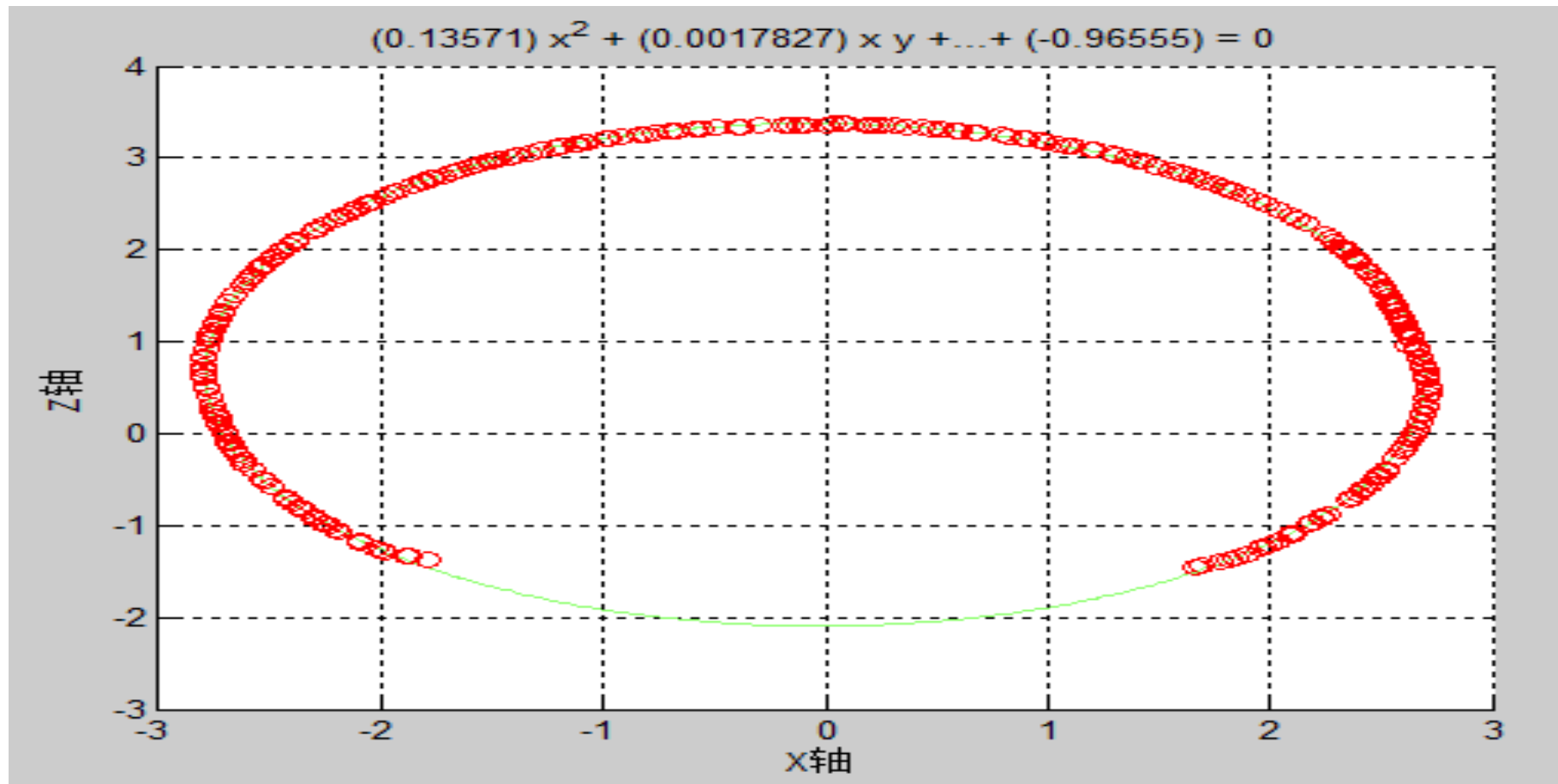
②邻域内的点投影至Y=0断面

③断面轮廓空间拟合

拟合的椭圆方程为：

$$F(a,x)=0.1357x^2+0.0018xy+0.1366y^2+0.0112x-0.1747y-0.9656=0$$

断面轮廓拟合效果



对比与分析

采用单点法采集到的Y=0处第一期断面点坐标进行最小二乘椭圆拟合，可以得到椭圆方程：

$$0.135x^2 - 9.7411e^{-4}xy + 0.137y^2 + 0.0087x - 0.173y - 0.9656 = 0$$



$$a=2.7506m \quad b=2.7286m \quad e=0.1261m$$

单点法

采用点云法拟合得到的Y=0处的断面轮廓拟合方程可以算出由点云拟合的椭圆参数：



$$a=2.7495m \quad b=2.7296m \quad e=0.1202m$$

点云法

对比与分析

单点法点位精度较高，采集方式简单，但采集速度较慢，整体的自动化程度较低。

点云法采集速度快，自动化程度高，但点位精度和数据处理的复杂程度上逊于单点



整体而言，本文采用的这两种基于MS60全站扫描仪的隧道断面自动化检测方法都是切实可行的，为今后的工程应用提供了新的思路。这两种方法的不断完善和融合，今后将有着非常大的发展前景。

—— 谢 谢 ——

A decorative graphic at the bottom of the slide consisting of multiple nested chevrons pointing upwards. The chevrons are colored in a gradient from light blue to dark blue, with a green chevron at the very bottom.