

佛山城市轨道交通3号线疏散平台无轨施工研究 及大数据分析应用

李长娥 杨国栋

中易天建设工程技术(深圳)有限公司 广东 深圳 518000

【摘要】：城市轨道交通疏散平台一般在铺轨完成后开展测量施工，受制于整体站后工程工期紧张和轨道专业精调影响，疏散平台测量及安装往往处于抢工状态，有些安装后甚至出现侵限现象需要整改，造成施工成本大幅提升。为扭转这种状况，佛山城市轨道交通3号线开展了疏散平台无轨施工研究及大数据分析应用，解决了疏散平台施工存在的抢工和侵限现象，节约了限界检测次数和整改时间，大幅降低了施工成本。

【关键词】：疏散平台；无轨施工；侵限；大数据分析与应用

1 疏散平台无轨施工方法原理

1.1 无轨测量原理

在传统的城市轨道交通疏散平台测量过程中，常采用定制的疏散平台专用测量尺卡在已铺设的轨道上测量，而在无轨测量中，我们采用全站仪进行测量，具体原理如下。

1.1.1 直角坐标系间可借转动和平移相互转化

现有基准坐标系MCN和变动坐标系m'C'n'，m'C'n'坐标系可以先通过平移(-ΔM, -ΔN)，让C'和C重叠，再逆时针转过α角进行转化。采用数学表达式描述为{M}=[P]{m'}+{q}，其中{M}代表MCN坐标系的坐标向量，{m'}代表m'C'n'坐标系内的坐标向量，[P]代表转动矩阵

$$\begin{bmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha \\ -\sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix}, q \text{ 代表平移向量 } \{-\Delta M, -\Delta N\}。$$

现设定全站仪的轴线中心为变动坐标系，可通过转动矩阵P和平移向量q，将其测量坐标转移至基准坐标系，该方法称为全站仪设站法。

1.1.2 全站仪设站及测量方法

(1) 设站过程为先整平仪器，设定测站点基准坐标(MC, NC)，输入后视点基准坐标(Md, Nd)，照准后视点测距定向，设站结束后可开始测量。

输入测站点基准坐标，可得到变动坐标C'至基准坐标C之间偏移量。输入后视点基准坐标(Md, Nd)，得到方向向量C'd，其方位角即为α，完成坐标系的转换。

(2) 具体测量方法采用固定测站测量法、转站法和后方交汇法。

1.2 激光扫描原理

我们常用一般采用经纬仪、全站仪测量物体位置关系，但全站仪测量仅能得到点或点的信息，无法全部记录空间信息。随着三维激光扫描技术发明，作为全新的测绘专业技术

可通过连续发射激光，将空间信息以点云(Point Cloud)存储，采集范围广，扫描距离长。随着拼接等技术手段发展，可测量更大方位和获取全局效果，再通过一系列处理获取目标表面的点云数据。在隧道建模中，我们通过三维激光扫描技术，采集隧道坐标、质量信息，建立隧道三维矢量模型，进行几何形态分析和隧道质量研究分析，真实展现隧道形态。

2 疏散平台计算方法

以佛山城市轨道交通3号线为例，曲线段疏散平台的计算方法为：

曲线地段，平台距轨面高度900mm，线路中心线至平台边缘净距按下列公式计算。

(1) 平台位于曲线外侧时：

$$B_s = 1700 - \frac{900 \times h}{1500} + \frac{29570}{R} + 15$$

(当计算结果小于1700mm时，取值1700mm)

(2) 平台位于曲线内侧时：

$$B_s = 1700 + \frac{900 \times h}{1500} + \frac{31593}{R} + 15$$

h —— 轨道超高值(mm)；

R —— 曲线半径值(m)。

在隧道缓和曲线区段，平台要求实现均匀过渡，如图1所示。

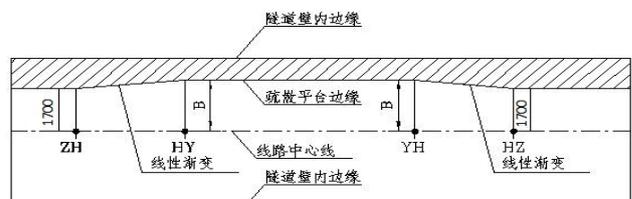


图1 缓和曲线段疏散平台宽度过渡示意图

3 大数据分析与应用

3.1 点云大数据处理

(1) 点云拼接。扫描完成后，在三维点云软件中导入测站数据和标靶数据，拼接后误差符合范围，扫描无误，拼接后的点云数据合格可用，如图2所示。

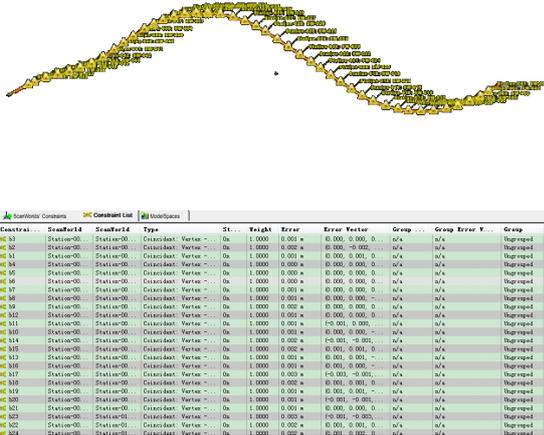


图2 点云拼接及标靶拼接误差排除

(2) 坐标匹配。使用拼接好的的三维点云数据，进行坐标匹配。在三维点云软件中导入控制点坐标，匹配后误差符合要求，如图3所示控制点匹配后的隧道点云数据及隧道模型。

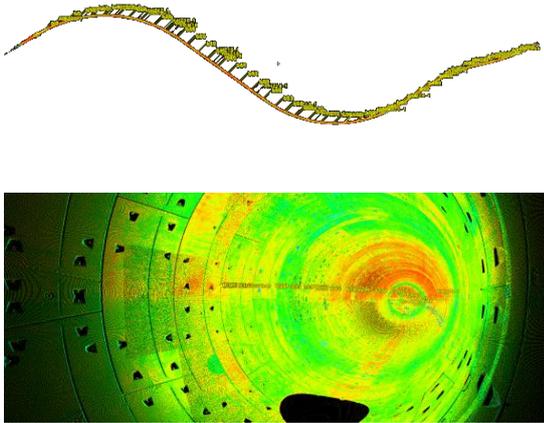


图3 控制点匹配后的隧道点云数据及隧道模型

3.2 断面提取

匹配点云后提取相关断面坐标，在软件平台设置相关参数，导入点云数据进行数据后处理，输出断面成果，如图4所示提取的隧道断面图及隧道净空。

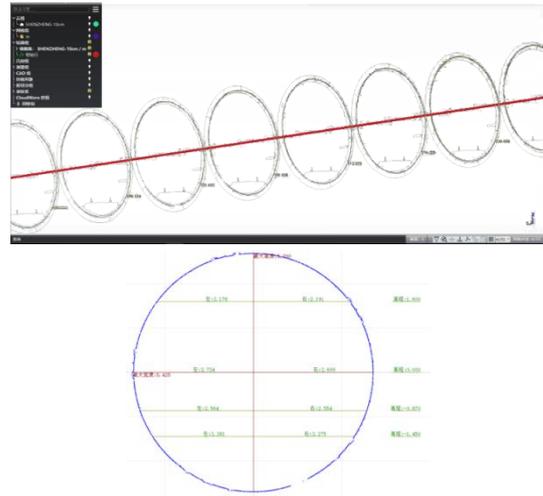


图4 提取的隧道断面图及隧道净空

3.3 疏散平台计算

基于 Revit 软件在设计好 BIM 模型，实现三维模型和点云数据匹配，分析隧道设计和现场情况，如图5所示。

根据点云数据以及平、纵断面参数，从点云数据中抽取任意里程对应断面的10个关键点侵限值的计算，从而求出疏散平台宽度。通过软件运算输出计算区间范围内的每个疏散平台支架的里程、支架宽度、疏散平台板预制尺寸、总数量等数据，如表1所示。

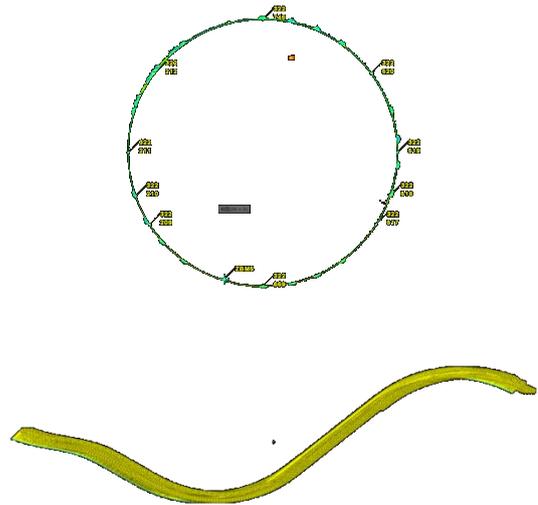


图5 点云隧道断面测点位置标记

表1 疏散平台计算表

里程	宽度 (mm)	分段线路长度	平台分段尺寸
16355.50	913.70	28.50	910.00
16385.50	905.98	61.50	880.00
16448.50	914.30	21.00	900.00

16471.00	926.23	22.50	920.00
16495.00	908.93	186.00	900.00
16682.50	887.50	171.00	860.00
16855.00	837.00	21.00	810.00
16877.50	852.99	40.50	850.00
16919.50	902.08	15.00	900.00
16936.00	875.46	76.50	850.00
17014.00	859.37	129.00	860.00

3.4 数据反馈 BIM 快速建模进行验证

把上述通过软件基于点云数据和调线调坡图综合应用软件计算得到的各专业的里程、尺寸、形状等数据，通过快速建模把各专业核心参数转化为三维 BIM 可视的模型，并在

同一个坐标系里面，进行多专业模型综合加载，通过限界检测、列车驾驶员视角检测、标示悬挂预览检测等检查验证软件输出的结果，对有较大误差的再进行深度分析，找出原因修正后满足设计要求。

4 疏散平台无轨施工工艺流程

三维激光扫描→点云数据处理→收集调线调坡数据资料→轨行区大数据软件计算→区间 BIM 模型限界复核检测→疏散平台安装里程坐标→预制加工尺寸图表→施工现场测量定位→画线打孔→疏散平台安装及复核。

5 结论

基于隧道激光点云数据进行计算的，计算得到的是尺寸的精度较高。实践证明，本系统无轨计算的设备尺寸与设计要求的尺寸偏差在 2cm 以内，解决了疏散平台施工存在的抢工和侵限现象，节约了限界检测次数和整改时间，大幅降低了施工成本，值得大规模推广应用。

参考文献：

[1] 胡雷,邱运军,王熙照,张志轶.面向调线调坡的点云大数据分析及深度模型研究[J].智能系统学报,2020,15(04):795-803.

[2] Shuyue Chen,Hongjie Wang,Qin Wang,Guohua Zhang. Fine-tuning of line and slope based on evolutionary mechanism[J]. International Journal of Machine Learning and Cybernetics, 2020, 11(10).

[3] 方海龙,曾亚武.基于 Revit 的 BIM 技术在地下结构设计中的应用研究[J].建筑技术,2016(04):353-356.

[4] 吴冰,邱运军,曾晓超,曾天成.BIM 技术在城市轨道交通工程施工中的应用和研究[J].现代城市轨道交通,2021(S1):126-129.

作业简介：李长娥，1978 年生，学历：大学本科，主要研究方向为 BIM、建筑智能化、机电安装工程、计算机软件研发、智慧工地。