

Discussion on Metro Section Measurement Method and Data Processing

Yonghai Yang Jiango Diwu

Beijing Urban Construction Exploration & Surveying Design Research Institute Co., Ltd, Changchun, Jilin, 13022, China

Abstract

With the sustained and rapid development of China's economy, more and more cities are carrying out rail transit construction. After the completion of the civil construction of the metro tunnel, there will be a certain degree of error between the spatial position of the main structure of the metro tunnel and the design value. In order to provide the basic data for the design of line and slope adjustment, it is necessary to measure the structural cross section and the bottom plate vertical section of the tunnel, station and viaduct, so as to ensure the normal operation of vehicles after the completion of the track. At present, the third round of Changchun rail transit construction plan (2019-2024) has been approved by the National Development and Reform Commission. The construction projects include Changchun Urban Rail Transit Line 2 East extension, line 3 South extension, line 4 South extension, line 5 phase I, line 6 phase I, line 7 phase I and airport line phase I, with a total length of 116 km. There are many types of tunnel cross-section structure, and different design companies have different requirements for measurement. In addition, the measurement accuracy requirements are high, the task is heavy, and the time is short, which requires that the cross-section measurement operation is simple and convenient, and the data processing is accurate and efficient.

Keywords

subway tunnel; design; line and slope adjustment; section survey; data processing

浅谈地铁断面测量方法及数据处理

杨永海 第五江波

北京城建勘测设计研究院有限责任公司, 中国·吉林 长春 130022

摘要

随着中国经济的持续快速发展,越来越多的城市开展轨道交通建设。在地铁隧道分区、分段施工的线路土建结构工程完成后,地铁隧道主体结构的空间位置与设计值会存在一定程度上的误差,为了向设计提供调线调坡的基础数据,需要对隧道、车站和高架桥的结构横断面和底板纵断面等进行测量,保证轨道建成后满足车辆正常运营的要求。目前,中国长春市第三轮轨道交通建设规划(2019-2024)已获得国家发改委的批复,建设项目包括长春市城市轨道交通2号线东延、3号线南延、4号线南延、5号线一期、6号线一期、7号线一期、空港线一期,共七个工程,线路总长度116公里。隧道断面结构形式较多,各设计单位对测量的要求也不尽相同,加之测量精度要求高、任务重、时间短,这就要求断面测量操作简单方便,数据处理精确高效。论文主要结合长春市地铁2号线一期工程,利用Matlab和Excel等工具软件,介绍地铁断面测量方法及数据处理,为设计提供调线调坡的基础数据,介绍地铁断面测量方法及数据处理,为长春市地铁的轨道、设备等内部结构施工提供参考。

关键词

地铁隧道;设计;调线调坡;断面测量;数据处理

1 引言

地铁隧道在施工过程中,现场环境差,同时受其他专业施工作业限制,断面测量条件常常达不到理想条件,且隧道线路长度长、断面多,综合考虑,采用全站仪三坐标法进行测量^[1]。

2 断面数据要求

通常情况下,地铁隧道断面按形状主要分为三类:圆形、马蹄形、矩形;不同结构类型断面的测点位置要求也不同(如图1、图2、图3所示)。

盾构工法圆形隧道的现场测量数据如图1所示:

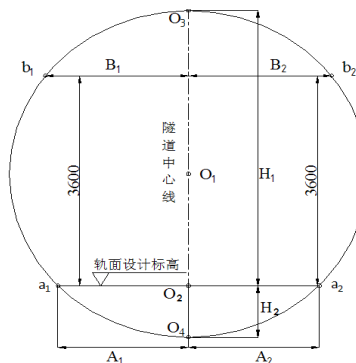


图1 圆形隧道测量图

设计所需的数据为:

- (1) O_2 点的坐标。
- (2) 隧道顶点 O_3 距离轨面的高度 H_1 。
- (3) 隧道底点 O_4 距离轨面的高度 H_2 。

矿山法马蹄形隧道的现场测量数据如图 2 所示:

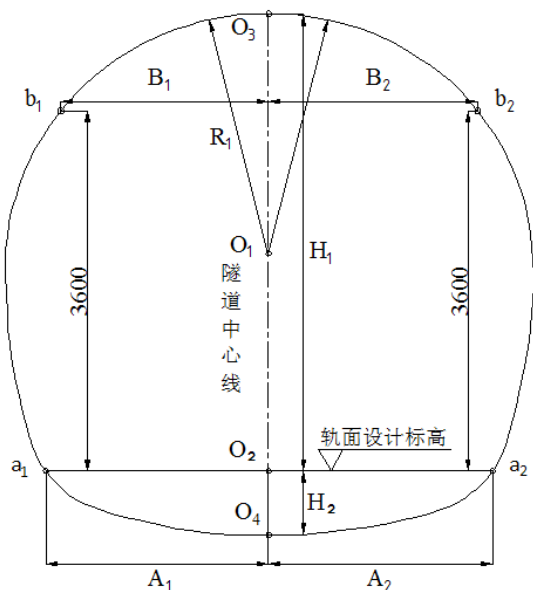


图 2 马蹄形隧道测量图

设计所需的数据为:

- (1) O_2 点的坐标。
- (2) 隧道顶点 O_3 距轨面的高度 H_1 。
- (3) 隧道底点 O_4 距轨面的高度 H_2 。

车站结构的现场测量数据如图 3 所示:

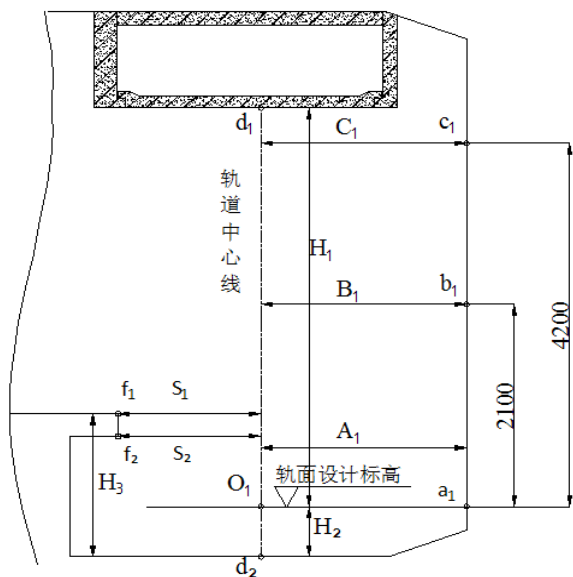


图 3 车站结构测量图

设计所需的数据为:

- (1) O_1 与 a_1 的距离 A_1 (即 a_1 到轨道中心线的距离)。
- (2) b_1 到轨道中心线的距离 B_1 。
- (3) C_1 到轨道中心线的距离 C_1 。
- (4) f_1 到轨道中心线的距离 S_1 。
- (5) f_2 到轨道中心线的距离 S_2 。
- (6) d_1 到轨面的距离 H_1 。
- (7) d_2 到轨面的距离 H_2 。
- (8) f_1 到轨面的距离 H_3 。

3 外业数据采集

测量数据采集主要使用三维坐标法。在隧道内,以贯通测量检测平差过的平面及高程控制点为起算依据,进行断面测量,设站可以采用空间交会法、已知测站法、假设坐标法等。作业前对起算点的点位关系进行检核,检核合格后对目标点位进行测量,直接测取各点位的三维坐标并存入仪器存储卡内。改变测站后,对上一测站所测最后两个断面的特征点坐标进行检核^[1-2]。

盾构圆形隧道数据的采集使用徕卡 TS50 全站仪。该仪器测角精度 0.5", 测距精度 1mm+1ppm, 具有自动照准、锁定跟踪、联机控制等功能,它能够应用 ATR 模式自动识别目标,当全站仪发送的红外光被反射棱镜返回并经全站仪内置的 CCD 相机判别接受后,马达就驱动全站仪自动转向棱镜,并自动精确测定,所以又称为“测量机器人”。采集时将棱镜放置于环片一侧(靠近另一环),从顶部开始,顺时针采集 5 个点位数据。断面测量间距:直线段每 10 环测量一个断面,曲线段每 5 环测量一个断面。区间两端头 20 环,需一环一测^[3-4]。

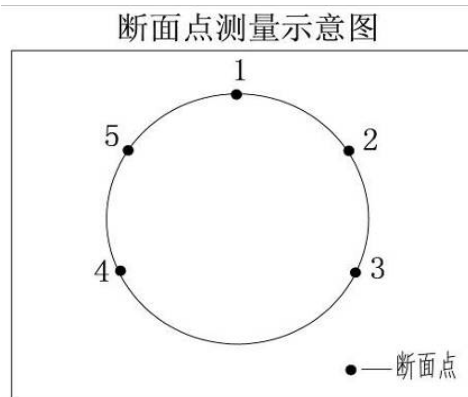


图 4 点位采集位置图

4 内业数据处理

首先，将外业采集的原始数据导入 Excel 表格，经过人工干预，剔除错误数据，纠偏数据。通过 Excel 表格整理出相应的隧道数据（矩形隧道为顶板高程、底板高程和边墙数据），圆形隧道为多个点数据。

利用 Matlab 软件多点拟合圆心程序，拟合出圆形隧道（马蹄形隧道）中心数据和圆形半径。然后根据线路曲线要素，采用交点法，通过 Excel 表格隧道施工测量程序，计算出点位相应的设计里程、坐标和轨面标高，最后得出实测值与设计值的关系，即侵限值，为设计调线调坡提供数据支撑。

5 工程实例

地铁工程由于结构形式的多样化，给断面测量及数据处理也带来了一定的难度，现举一个工程实例进行说明。

以长春市地铁 2 号线解放桥站至建设街站右线为例。长春市地铁 2 号线一期工程线路全长 23.5 公里，其中车站 19 座，区间 18 个。车站包含明挖车站和暗挖车站，区间包含

盾构隧道和暗挖隧道。车站长度平均 200m，区间长度平均 1000m。解放桥站位于西解放立交桥西侧，景阳大路南侧，沿东西向设置。车站总长 154.600m，车站有效站台中心里程为 K28+937.090，主体结构为明挖法施工；建设街站位于解放大路与建设街交汇路口，呈东西走向，为地下岛式车站，车站全长 176.3m，车站有效站台中心里程 K29+786.516。区间隧道采用盾构工法，从西解放立交桥中南部起，经过西解放立交桥中东部至解放大路。线路右线起讫里程为 K29+112.547 ~ K29+678.666，线路右线长度为 566.119m，右线设置 R=300m 曲线一处、R=600m 曲线一处^[5-6]。

(1) 将解放桥站至建设街站右线的平、纵线路要素依次输入隧道施工测量程序，计算平面偏移、竖向偏移。

(2) 将区间的测量数据按照点号、北坐标、东坐标、高程的格式保存为文本，导入 Matlab 软件中五点圆心拟合程序，得出拟合出圆心坐标、半径、一次残差、二次残差和三次残差。通过残差值和拟合的半径值，可以了解测量数据的质量是否可靠^[7-8]。

表 1 平面参数

交点参数:		掘进方向: ● 大里程 ● 小里程						断链参数:			
序号	交点	交点X/N (m)	交点Y/E (m)	半径 (m)	Ls1 (m)	Ls2 (m)	偏移值 (mm)	交点桩号	序号	断链前桩号	断链后桩号
1	28937.0900	1368.4103	-4882.3586					28937.090	1		
2	yjd35	1296.6241	-4728.7492	300	55	55	93		2		
3	yjd36	1338.3641	-4485.7803	600	70	70	93				
4	29854.6890	1346.1903	-3978.0332								
5											
6											
7											

表 2 纵面参数

变坡点参数:					竖曲线要素信息 (系统数据库, 自动生成, 用户勿改)							
序号	路段号	变坡点桩号	变坡点高程	半径	序号	变坡点连续桩号	坡长	坡度 (%)	L	T	E	凹凸
1	1	28831.000	220.632	3000	1	K28+831.						
2	1	29046.765	221.063	3000	2	K29+046.765	215.765	1.998	25.490	12.745	0.027	-1
3	1	29682.222	216.933	3000	3	K29+682.222	635.457	-6.499	13.492	6.746	0.008	1
4	1	29925.473	216.446	3000	4	K29+925.473	243.251	-2.002				
5												
6												
7												

原始断面测量数据 - 记事本

文件(F)	编辑(E)	格式(O)	查看(V)	帮助(H)
10951	1307.273	-4705.556	220.692	
10952	1306.784	-4705.585	223.328	
10953	1309.108	-4705.503	225.077	
10954	1311.649	-4705.25	223.61	
10955	1311.436	-4705.291	220.887	
10911	1306.935	-4700.73	220.766	
10912	1307.007	-4700.681	224.118	
10913	1308.879	-4700.577	225.046	
10914	1310.905	-4700.502	224.283	
10915	1310.998	-4700.544	220.608	
10871	1306.94	-4694.64	220.437	
10872	1306.739	-4694.629	223.988	
10873	1308.665	-4694.583	224.971	
10874	1311.197	-4694.523	223.507	
10875	1310.844	-4694.583	220.59	
10831	1306.759	-4689.792	220.501	
10832	1306.313	-4689.796	223.425	
10833	1308.608	-4689.779	224.943	
10834	1311.1	-4689.812	223.465	
10835	1310.751	-4689.8	220.57	
10791	1306.896	-4684.979	220.329	
10792	1306.201	-4684.992	223.201	
10793	1308.554	-4684.994	224.934	
10794	1311.086	-4685.03	223.444	
10795	1310.709	-4685	220.55	
10751	1306.935	-4680.078	220.335	
10752	1306.315	-4680.105	223.265	
10753	1308.779	-4680.188	224.906	
10754	1311.145	-4680.28	223.429	
10755	1310.758	-4680.264	220.49	
10711	1307.207	-4675.309	220.224	
10712	1306.476	-4675.277	223.272	
10713	1308.814	-4675.364	224.902	
10714	1311.32	-4675.51	223.4	
10715	1310.942	-4675.463	220.527	
10671	1307.299	-4670.476	220.321	
10672	1306.665	-4670.426	223.163	
10673	1309.091	-4670.564	224.874	
10674	1311.508	-4670.751	223.436	
10675	1311.176	-4670.733	220.519	
10631	1307.681	-4665.7	220.217	
10632	1306.992	-4665.596	223.132	
10633	1309.347	-4665.762	224.83	
10634	1311.826	-4665.954	223.387	
10635	1311.456	-4665.974	220.434	
10591	1308.058	-4660.873	220.159	
10592	1307.369	-4660.805	223.08	
10593	1309.782	-4660.955	224.778	
10594	1312.222	-4661.222	223.282	
10595	1311.866	-4661.196	220.426	
10551	1308.579	-4656.048	220.076	
10552	1307.809	-4655.966	223.047	
10553	1310.159	-4656.221	224.759	
10554	1312.655	-4656.486	223.268	
10555	1312.266	-4656.422	220.357	
10511	1309.106	-4651.3	220.023	
10512	1308.294	-4651.193	222.918	
10513	1310.743	-4651.404	224.72	
10514	1313.191	-4651.698	223.195	
10515	1312.722	-4651.645	220.252	

图5 原始断面测量数据

中心坐标断面 - 记事本

文件(F)	编辑(E)	格式(O)	查看(V)	帮助(H)
1	1309.2781	-4705.4325	222.4282	2.6554
2	1309.0325	-4700.6107	222.3954	2.6585
3	1308.8174	-4694.5960	222.3181	2.6612
4	1308.7197	-4689.7963	222.2889	2.6575
5	1308.6954	-4684.9983	222.2827	2.6567
6	1308.7691	-4680.1809	222.2503	2.6555
7	1308.9254	-4675.3834	222.2501	2.6563
8	1309.1466	-4670.5912	222.2236	2.6555
9	1309.4642	-4665.8006	222.1803	2.6550
10	1309.8380	-4661.0107	222.1259	2.6550
11	1310.2796	-4656.2265	222.1075	2.6554
12	1310.7968	-4651.4479	222.0671	2.6556

一次残差断面 - 记事本

文件(F)	编辑(E)	格式(O)	查看(V)	帮助(H)		
1	-0.000274	0.000362	-0.000230	0.000011	0.000132	0.0000
2	0.000238	0.001410	-0.003225	0.002542	-0.000965	0.0000
3	-0.003168	0.005103	-0.003952	-0.000166	0.002184	0.0000
4	-0.003991	0.003881	-0.000993	-0.002425	0.003528	0.0000
5	-0.000589	0.001377	-0.001633	0.001169	-0.000324	0.0000
6	-0.001642	0.001197	0.000191	-0.001505	0.001759	0.0000
7	0.001467	-0.000053	-0.001913	0.003119	-0.002620	0.0000
8	-0.000930	0.003104	-0.004396	0.003695	-0.001473	0.0000
9	-0.000858	0.001987	-0.002378	0.001664	-0.000415	0.0000
10	0.001324	-0.000079	-0.001758	0.002877	-0.002364	0.0000
11	-0.000049	0.000652	-0.001098	0.001054	-0.000559	0.0000
12	0.001251	0.000088	-0.001822	0.002785	-0.002302	0.0000

二次残差断面 - 记事本

文件(F)	编辑(E)	格式(O)	查看(V)	帮助(H)		
1	-0.000274	0.000362	-0.000230	0.000011	0.000132	0.0000
2	0.000238	0.001410	-0.003225	0.002542	-0.000965	0.0000
3	-0.003168	0.005103	-0.003952	-0.000166	0.002184	0.0000
4	-0.003991	0.003881	-0.000993	-0.002425	0.003528	0.0000
5	-0.000589	0.001377	-0.001633	0.001169	-0.000324	0.0000
6	-0.001642	0.001197	0.000191	-0.001505	0.001759	0.0000
7	0.001467	-0.000053	-0.001913	0.003119	-0.002620	0.0000
8	-0.000930	0.003104	-0.004396	0.003695	-0.001473	0.0000
9	-0.000858	0.001987	-0.002378	0.001664	-0.000415	0.0000
10	0.001324	-0.000079	-0.001758	0.002877	-0.002364	0.0000
11	-0.000049	0.000652	-0.001098	0.001054	-0.000559	0.0000
12	0.001251	0.000088	-0.001822	0.002785	-0.002302	0.0000

三次残差断面 - 记事本

文件(F)	编辑(E)	格式(O)	查看(V)	帮助(H)		
1	-0.000274	0.000362	-0.000230	0.000011	0.000132	0.0000
2	0.000238	0.001410	-0.003225	0.002542	-0.000965	0.0000
3	-0.003168	0.005103	-0.003952	-0.000166	0.002184	0.0000
4	-0.003991	0.003881	-0.000993	-0.002425	0.003528	0.0000
5	-0.000589	0.001377	-0.001633	0.001169	-0.000324	0.0000
6	-0.001642	0.001197	0.000191	-0.001505	0.001759	0.0000
7	0.001467	-0.000053	-0.001913	0.003119	-0.002620	0.0000
8	-0.000930	0.003104	-0.004396	0.003695	-0.001473	0.0000
9	-0.000858	0.001987	-0.002378	0.001664	-0.000415	0.0000
10	0.001324	-0.000079	-0.001758	0.002877	-0.002364	0.0000
11	-0.000049	0.000652	-0.001098	0.001054	-0.000559	0.0000
12	0.001251	0.000088	-0.001822	0.002785	-0.002302	0.0000

图7 拟合成果

(3) 已知盾构隧道半径为 2.7m, 拟合结果半径均在 2.665m 左右, 拟合半径加上圆棱镜参数 0.035m, 结果符合要求。

(4) 用每个断面的圆心标高值加 (或减) 拟合半径与棱镜参数之和, 便可得出该处断面的顶板、底板标高。

(5) 将拟合出的中心坐标输入隧道施工测量程序, 计算

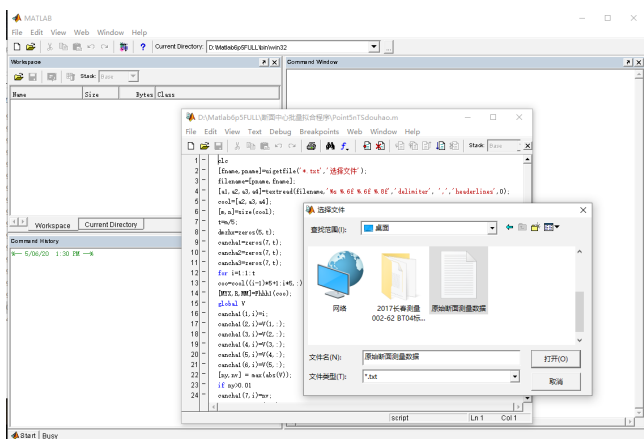


图6 Matlab 软件圆心拟合

出相应的里程、理论坐标和高程,拟合圆心坐标与设计线路的偏差,进而算出顶板、底板的差值,最后整理出设计所需的数据。

能计算出与设计线路的偏差,判断出隧道是否满足设计要求。

6 结果分析

(6) 同样,马蹄形隧道、矩形隧道、U 型槽隧道断面均

考虑隧道施工时不可避免的施工误差、结构变形、隧道

表 3 理论坐标、高程计算

计算基准线:			隧洞圆心与测点高差:				掘进方向: 大里程方向						
序号	测点坐标 (m)			对应位置			隧洞设计偏移量 (m)		理论坐标 (m)			偏差值 (m)	
	N (X)	E (Y)	H (Z)	路段	名义桩号	环号	平面	竖向	N (X)	E (Y)	H (Z)	横向	竖向
	1309.278	-4705.433		1	K29+125.061	305	-0.093	0.000	1309.315	-4705.430	220.554	0.037	-220.554
	1309.033	-4700.611		1	K29+129.89	308	-0.093	0.000	1309.054	-4700.610	220.523	0.022	-220.523
	1308.817	-4694.596		1	K29+135.91	312	-0.093	0.000	1308.838	-4694.596	220.484	0.021	-220.484
	1308.720	-4689.796		1	K29+140.712	315	-0.093	0.000	1308.752	-4689.796	220.452	0.033	-220.452
	1308.695	-4684.998		1	K29+145.511	318	-0.093	0.000	1308.743	-4684.999	220.421	0.048	-220.421
	1308.769	-4680.181		1	K29+150.33	321	-0.093	0.000	1308.812	-4680.182	220.390	0.043	-220.390
	1308.925	-4675.383		1	K29+155.131	325	-0.093	0.000	1308.957	-4675.385	220.359	0.031	-220.359
	1309.147	-4670.591		1	K29+159.929	328	-0.093	0.000	1309.178	-4670.594	220.328	0.032	-220.328
	1309.464	-4665.801		1	K29+164.732	331	-0.093	0.000	1309.477	-4665.801	220.296	0.012	-220.296
	1309.838	-4661.011		1	K29+169.537	334	-0.089	0.000	1309.848	-4661.012	220.265	0.010	-220.265
	1310.280	-4656.227		1	K29+174.343	337	-0.081	0.000	1310.288	-4656.227	220.234	0.009	-220.234
	1310.797	-4651.448		1	K29+179.151	341	-0.073	0.000	1310.796	-4651.448	220.203	-0.001	-220.203

表 4 区间成果表样例

解放桥站~建设街站区间右线隧道断面测量记录表																
工程名称		解放桥站~建设街站区间右线														
里程	隧道中线设计坐标		隧道中线实测坐标		差值 (mm)		轨面设计标高 (m)	隧道顶距轨面高度 (H1)			隧道顶实测标高 (m)	隧道底距轨面高度 (H2)			隧道底实测标高 (m)	备注
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	ΔX	ΔY		设计值	实测值	差值 (m)		设计值	实测值	差值 (m)		
K29+125.061	1309.315	-4705.430	1309.278	-4705.433	-37	-2	220.554	4.560	4.565	0.005	225.119	0.840	0.816	-0.024	219.738	盾构
K29+129.89	1309.054	-4700.610	1309.033	-4700.611	-22	-1	220.523	4.560	4.566	0.006	225.089	0.840	0.821	-0.019	219.702	盾构
K29+135.91	1308.838	-4694.596	1308.817	-4694.596	-21	0	220.484	4.560	4.530	-0.030	225.014	0.840	0.862	0.022	219.622	盾构
K29+140.712	1308.752	-4689.796	1308.720	-4689.796	-32	0	220.452	4.560	4.529	-0.031	224.981	0.840	0.856	0.016	219.596	盾构
K29+145.511	1308.743	-4684.999	1308.695	-4684.998	-48	1	220.421	4.560	4.553	-0.007	224.974	0.840	0.830	-0.010	219.591	盾构
K29+150.33	1308.812	-4680.182	1308.769	-4680.181	-43	1	220.390	4.560	4.551	-0.009	224.941	0.840	0.830	-0.010	219.560	盾构
K29+155.131	1308.957	-4675.385	1308.925	-4675.383	-32	2	220.359	4.560	4.582	0.022	224.941	0.840	0.800	-0.040	219.559	盾构
K29+159.929	1309.178	-4670.594	1309.147	-4670.591	-31	3	220.328	4.560	4.586	0.026	224.914	0.840	0.795	-0.045	219.533	盾构
K29+164.732	1309.477	-4665.801	1309.464	-4665.801	-13	0	220.296	4.560	4.574	0.014	224.870	0.840	0.806	-0.034	219.490	盾构
K29+169.537	1309.848	-4661.012	1309.838	-4661.011	-10	1	220.265	4.560	4.551	-0.009	224.816	0.840	0.829	-0.011	219.436	盾构
K29+174.343	1310.288	-4656.227	1310.280	-4656.227	-8	1	220.234	4.560	4.564	0.004	224.798	0.840	0.817	-0.023	219.417	盾构
K29+179.151	1310.796	-4651.448	1310.797	-4651.448	1	0	220.203	4.560	4.555	-0.005	224.758	0.840	0.826	-0.014	219.377	盾构

表 5 车站成果表样例

建设街站车站右线断面测量记录表																					
工程名称		建设街站车站右线断面测量记录表																			
里程	中心线至轨面右侧侧墙的距离 (A1)			轨面上 2100mm 中心线至右侧侧墙距离			轨面上 4200mm 中心线至右侧侧墙距离			中心线至站台边缘的距离 (S1)			车站顶距轨面高度 (H1)			车站底板距轨面高度 (H2)			站台边缘距轨面高度 (H3)		
	设计值	实测值	差值 (mm)	设计值	实测值	差值 (mm)	设计值	实测值	差值 (mm)	设计值	实测值	差值 (mm)	设计值	实测值	差值 (mm)	设计值	实测值	差值 (mm)	设计值	实测值	差值 (mm)
K29+681.243	3450	3352	-98	3450	3372	-78	3450	3369	-81	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	
K29+689.727	3450	3365	-85	3450	3395	-55	3450	3391	-59	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	
K29+699.867	3450	3476	26	3450	3466	16	3450	3457	7	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	
K29+710.018	2750	2741	-9	2750	2738	-12	2750	2769	19	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	
K29+719.679	2750	2727	-23	2750	2715	-35	2750	2717	-33	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	
K29+730.242	2150	2120	-30	2550	2475	-75	2550	2530	-20	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	
K29+740.065	2150	2204	54	2550	2547	-3	2550	2600	50	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	
K29+748.323	2150	2199	49	2550	2552	2	2550	2613	63	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	
K29+757.205	2150	2164	14	2550	2512	-38	2550	2568	18	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	
K29+767.623	2150	2171	21	2550	2508	-42	2550	2563	13	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	
K29+779.968	2150	2145	-5	2550	2472	-78	2550	2524	-26	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	
K29+790.013	2150	2156	6	2550	2485	-65	2550	2541	-9	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	
K29+800.038	2150	2150	0	2550	2500	-50	2550	2559	9	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	
K29+810.056	2150	2148	-2	2550	2489	-61	2550	2544	-6	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	
K29+820.069	2150	2159	9	2550	2482	-68	2550	2537	-13	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	
K29+830.091	2150	2148	-2	2550	2490	-60	2550	2555	5	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	
K29+839.958	2153	2146	-7	2550	2484	-66	2550	2537	-13	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	
K29+849.568	3350	3356	6	3350	3362	12	3350	3387	37	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	未做站台	

沉降以及测量误差等,在隧道建筑限界周边再预留 100mm 的裕量,通过计算处理后的测量数据,可以判定初支超欠挖,成型后断面限界情况。

论文的测量方法与数据处理最主要的特色就是节约了成本费用,大大提高了工作效率,在地铁 1 号线 2 号线施工过程中得到了推广和应用,受到施工单位的一致好评。

参考文献

- [1] 费先明.基于全站仪的地铁隧道断面测量及数据处理[J].城市勘测,2017(4).
- [2] 陈菊.城市轨道交通线路设计中的调线调坡技术研究[J].铁道标准设计,2014(003):25-28,29.
- [3] 杜昊璇.城市轨道交通施工完成后的调线调坡设计研究[J].地下工程与隧道,2015(002):52-55,59.
- [4] 谭磊,刘继尧,尹鹏涛,等.全站仪测量地铁盾构隧道建筑限界及椭圆度方法研究[J].城市轨道交通研究,2017(12):87-89.
- [5] 徐教煌,王嘉伟.三维激光扫描技术在地铁圆形盾构隧道检测中的应用[J].北京测绘,2018(006):674-680.
- [6] 刘宇,孙士通.地铁隧道断面测量内外业一体化技术研究与应用[J].北京测绘,2017(S1):270-273.
- [7] 王锋.地铁隧道净空限界检测新方法及其在调线调坡中的应用[C].市政技术 2015 增刊(2)——北京地铁 14 号线工程论文专辑.
- [8] GB / T50308-2017.城市轨道交通工程测量规范[S].2018.