

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2020.12.054

一种优化的陀螺全站仪+激光铅垂仪联合定向方法 在地铁暗挖竖井中的应用

段军朝¹, 张能¹, 赵旭坤²

(1.中建三局集团有限公司, 湖北 武汉 430064; 2.陕西铁路工程职业技术学院, 陕西 渭南 714000)

摘要: 随着城市轨道交通的建设规模不断扩张, 复杂的施工工艺、地质情况及周边环境也越发普遍。特别是在地铁隧道施工中, 这些不利因素限制了常规的联系测量方法的应用。介绍了一种经过优化改进的激光铅垂仪联合定向方法, 并在地铁暗挖竖井施工中得到了应用, 并取得了良好的效果, 为今后同类工程施工提供可借鉴的经验。

关键词: 地铁; 陀螺全站仪; 激光铅垂仪; 竖井定向; 联系测量

中图分类号: U231.3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2020)12-0202-03

0 引言

随着城市轨道交通建设的日益发展, 地铁网络规模也在不断扩张, 很多城市在建的地铁线路穿越繁华的商业地段、密集的老旧居民区、交通主干路等特殊区域, 施工单位面临着施工场地狭小、场平布置困难等诸多不利因素的影响。同时, 测量工作也因视线不通畅、控制点间距过短、施测困难、测量精度无法保证等问题而难以开展, 特别是在竖井联系测量中表现得更加突出。

地铁施工过程中, 竖井联系测量是一项必不可少的工作, 其作用是将地面控制网中的坐标方向准确无误地传递到地下, 建立起地面和地下统一的坐标控制网。竖井联系测量的成果精度对隧道贯通有着极为关键的影响, 因此地铁测量工作者必须认真对待竖井联系测量工作。

1 联系测量的原理和方法

竖井联系测量包括平面联系测量和高程联系测量两部分, 其中平面联系测量方法主要有一井定向、两井定向、陀螺全站仪+激光铅垂仪联合定向、导线直传等。本文主要讨论平面联系测量中的一井定向、陀螺全站仪+激光铅垂仪联合定向。

1.1 一井定向

如图1所示, 一井定向是在一个竖井中悬挂两根钢丝, 在地面近井点与钢丝组成三角形, 并测定近井点与钢丝的距离 a 、 b 、 c 和角度 ω 、 α , 从而算出两根钢丝 O_1 、 O_2 的坐标和方位角。在井下,

井下近井点也与钢丝组成三角形, 并测定井下近井点与钢丝的距离 a' 、 b' 、 c' 和角度 ω' 、 α' , 由于钢丝处于铅直状态, 可以认为钢丝的坐标和方位角与地面一致, 从而推算出井下导线起算点的坐标和方位角 M 。

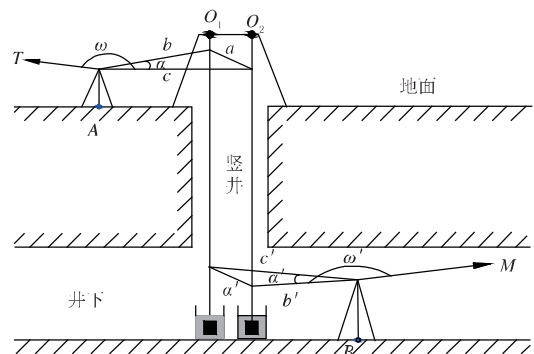


图1 一井定向示意图

在实际工程应用中, 一井定向的精度受联系三角形的形状影响很大, 必须严格满足以下三个条件:

(1) 连接三角形最有利的形状为锐角 α 、 α' 不大于 1° 的直伸三角形。

(2) 计算角 β (或 β') 的误差, 随 α 角的误差增大而增大, 随边长比值 b/a (或 b'/a') 的减小而减小, b/a 及 b'/a' 宜小于 1.5。因此在一井定向测量时, 应尽量使连接点 A 和 B 靠近最近的钢丝垂线, 并精确地测量 α 角。

(3) 竖井中悬挂钢丝间的距离 a 应尽可能长, 不得小于 5 m, 则计算角的误差就越小。

1.2 陀螺全站仪+激光铅垂仪联合定向

《城市轨道交通工程测量规范》(GB/T 50308—2017) 中介绍的陀螺全站仪+激光铅垂仪联合定

收稿日期: 2020-04-24

作者简介: 段军朝(1978—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事市政路桥工程、城市轨道交通工程施工与管理工

向是基于—井定向测量做出的改进：一是用两台激光铅垂仪代替 $\phi 0.3\text{ mm}$ 钢丝和重锤，既能消除悬挂钢丝的麻烦，又提高了竖井投点的精度；二是在井下采用陀螺全站仪来测定陀螺方位角 α'_T ，进而根据式(1)换算成坐标方位角，最后利用竖井投点坐标进行地下导线计算(见图2)：

$$\alpha = \alpha_0 - (\alpha_T - \alpha'_T) + \Delta\gamma \quad (1)$$

式中： α 为地下待定边的坐标方位角； α_0 为地面已知边的坐标方位角； α_T 为地面已知边的陀螺方位角； α'_T 为地下待定边的陀螺方位角； $\Delta\gamma$ 为子午线收敛角改正数。

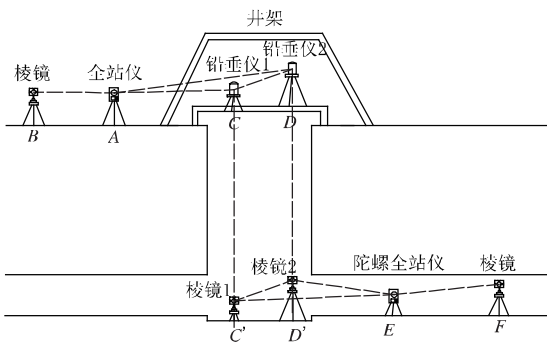


图2 传统的陀螺全站仪+激光铅垂仪联合定向示意图

在竖井联系测量中，为了提高测量工作效率，减少仪器设备投入，可对上述联合定向方法进行优化和改进。如图3所示，在地面控制点A上设站，后视控制点B，测量激光铅垂仪的角度和距离，计算出铅垂仪的坐标C，将地面控制点投测至地下C'，并利用陀螺全站仪精确指北的特点，在地下的控制点C'上架设陀螺全站仪，照准D，测定C'D的陀螺北方位角，利用式(1)换算成坐标北方位角，从而求得地下控制点的方位角，指导隧道掘进施工。为了提高井下陀螺定向边的精度，可在控制点D上架设陀螺全站仪，照准C'，测定C'D的反陀螺北方位角，增加多余观测检核条件。

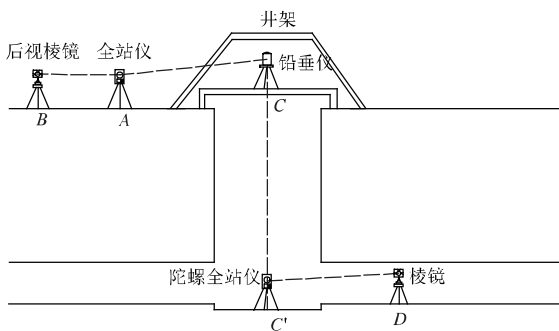


图3 优化后的陀螺全站仪+激光铅垂仪联合定向示意图

2 工程应用

成都地铁6号线三期沈阳路站—青岛路站区间为高瓦斯暗挖隧道，小里程端为沈阳路站，大里

程端为青岛路站，设计里程为YDK57+533.060~YDK57+910.783、ZDK57+535.386~ZDK57+910.783，其中右线长377.723 m，左线长378.627 m(长链为3.230 m)。根据设计文件要求，为缩短单个工作面施工长度，优化施工阶段通风条件，施工单位采取从3#、4#竖井分别向两侧车站开挖的施工组织模式，竖井内净空尺寸为4.6 m×6.6 m，狭小且深度较大，竖井周边场平布置紧密，影响了测站之间的通视，导致—井定向联系测量现场施测困难，几何图形很差，观测数据平差精度不合格，测量成果不可靠，无法保障暗挖隧道顺利贯通(见图4)。

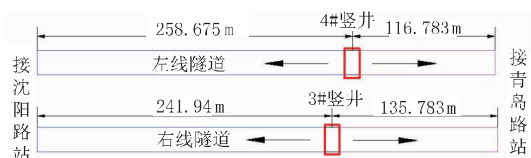


图4 沈青区间暗挖竖井平面示意图

为节约测量设备和劳动力投入，保证工期和隧道贯通质量，经过测量方法比选，采用陀螺全站仪+激光垂准仪联合定向测量的方法，并在确保定向测量精度的前提下做了部分改进和优化，减少了测量工作量。

优化后的陀螺全站仪+激光铅垂仪联合定向主要测量设备投入见表1。

表1 组合定向测量仪器清单一览表

序号	仪器名称	标称精度	数量	主要用途
1	TS09plus 全站仪	测角精度 1"，测距精度 $1.5+2 \times 10^{-6}$	1台	地面导线测量
2	BTJ-5 陀螺全站仪	陀螺定向精度 $\pm 5''$	1台	地下陀螺定向测量
3	DZJ2 激光铅垂仪	投点精度 1/4 500	1台	竖井投点
4	GPR1 棱镜组		2套	导线测量
5	三脚架		5个	安置仪器

如图5所示，此次陀螺定向采用交接桩资料提供的精密导线点D11193及DT11194作为地面基准定向边，采用中国航天陀螺仪BTJ-5全自动一体式积分法仪器，上架徕卡2 s TS06全站仪进行对向观测陀螺方位角。在3#竖井处布设一条未知边SQZZD~SQZ1及4#竖井处布设一条未知边SQYZD~SQY1，根据陀螺方位角与坐标方位角的转换计算，解算出隧道内未知边坐标方位角；经严密平差后，评定地下控制导线定向精度的可靠性。陀螺定向方位角成果一览表见表2。

根据对外业观测数据的整理、平差、分析得出：陀螺仪观测的陀螺方位角后验单位权中误差最大

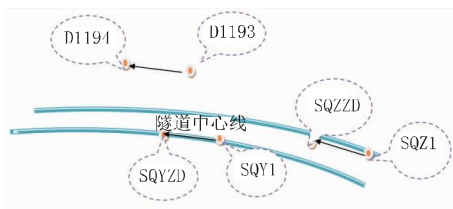


图5 地面基准边、地下待定向边位置略图

表2 陀螺定向方位角成果一览表

起点	终点	陀螺方位 /dms	坐标方位 /dms	坐标方位 角精度 /"
D11194	D11193	8.495 50	358.074 46	0.0
SQYZD	SQY1	15.283 81	4.462 76	2.2
SQZZD	SQZ1	17.290 85	6.465 80	2.6

为2.9",未超过陀螺全站仪标称精度 $\pm 5''$;坐标方位角采用手工概略计算及隧道GYROM软件进行严密平差,结果一致;此次测量成果精度真实可靠,符合相关规范要求。该定向测量成果用于指导隧道双向开挖,左、右线隧道最终顺利贯通,隧道贯通误差在允许范围之内。

3 结语

采用改进优化的陀螺全站仪+激光铅锤仪联

合定向方法主要有以下三点经济、社会效益:

(1)克服了周边环境带来的不利影响,提高了地下控制点测量精度,沈青区间左、右线均已顺利贯通,且贯通误差较小,满足《城市轨道交通工程测量规范》(GB/T 50308—2017)中贯通限差的要求。

(2)保障了工期节点目标的顺利完成,未造成窝工现象。

(3)使项目部取消了在青岛路站新开暗挖工作面的计划,节省了一套高瓦斯隧道施工安检设备和通风设备投入、劳动力和机械设备投入,节约大量资金投入。

(4)该方法外业施测快捷,测量设备投入少,内业计算简单,降低了测量人员的工作强度,值得推广应用。

参考文献:

- [1] 张正禄,等.工程测量学[M].武汉:武汉大学出版社,2005.
- [2] GB/T 50308—2017,城市轨道交通工程测量规范[S].
- [3] 韩兵.关于联系测量在地铁工程中的应用[J].建材与装饰,2020(4):268-269.
- [4] 王伟.地铁建设中的竖井联系测量方法研究[J].水利水电施工,2016(3):82-84.
- [5] 闫星,张明媚.竖井平面联系测量方案探讨[J].山西焦煤科技,2010,34(10):34-36.

(上接第201页)

病害。

6.3 高温稳定性能好

高温稳定性能好,90℃高温下车辙稳定度可达12000次/mm(企业标准)。这是因为ECO改性聚氨酯混凝土的结合料采用100%热固性高分子材料,其弹性形变占比较高,塑形形变非常小,完全不会出现车辙或推移病害。

6.4 防水性能极佳

6h氯离子透过率小于100C,有效防止雨水侵蚀钢筋、渗透铰缝,提高桥梁整体寿命。而且这种抗氯离子的效应非常持久,对梁体的保护可以持续10a以上。

6.5 耐磨性能好

ECO改性聚氨酯混凝土摩擦系数能满足安全行车需要,且耐磨性是普通混凝土的12倍以上。

6.6 机械化程度高,便于施工

主要工艺,计量、搅拌、整平、振动均采用大型机械避免人工误操,不需要拌合站,利于城市抢修项目或新建钢桥面面层施工。材料固化时间短(常温2h达到设计强度的70%)且常温固化,无须加热拌合。

根据ECO规定的材料指标要求,选取4.75-9.5mm、2.36-4.75mm、2.36mm以下三档集料粒径,确定合理的集料配合比例、胶剂量即可。

7 结语

北虹全互通立交已经施工完成,并于2019年10月25日通行,目前运行情况良好。通过该项目高精度大面积施工首次采用RB-ECO,为以后新建大面积钢桥面施工、取得了宝贵的施工经验。