

文章编号: 1674—8247(2021)03—0066—05
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2021.03.012

基于移动智能平板的线路中线放样程序的设计与实现

蔡建国

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘 要:中线放样是铁路勘察设计重要工作,采用合适的线路模型、放样设备以及放样软件是提高野外作业质量和作业效率的关键所在。本文研究开发的移动智能平板的线路中线放样程序,支持蓝牙通讯、CORS 网络 RTK 等技术,可实现线路坐标的快速统一计算和显示、导入二维或三维地形图、在地形图上实现实时移动导航、平板数据采集、灵活调整放样间距以及作业精度等功能。采用该程序的作业模式,能很好地实现测量工作的可视化、轻便化、自动化、智能化。

关键词:中线放样;实时移动导航;移动智能平板;线路模型;CORS 网络 RTK

中图分类号:U212.24 **文献标志码:**A

Design and Implementation of the Program for Centerline Setting-out Based on Mobile Smart Tablets

CAI Jianguo

(China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

Abstract: Centerline setting-out is important in railway survey and design. To adopt an appropriate route model and the equipment and software of setting-out is the key to improve the quality and efficiency of field operation. The program for centerline setting-out developed for mobile smart tablets in this paper supports Bluetooth communication, CORS-RTK, and other technologies, which can realize fast and unified calculation and display of route coordinates, import two-dimensional or three-dimensional topographic maps, realize real-time mobile navigation on topographic maps, collect flat data, flexibly adjust setting-out distance and work accuracy. Using the operation mode of this program, the visualization, portability, automation, and intelligence of measurement can be well realized.

Key words: centerline setting-out; real-time mobile navigation; mobile smart tablet; route model; CORS-RTK

在铁路勘察设计中,中线放样是十分重要的工作,常采用偏角法、极坐标法和 GNSS-RTK 法等^[1]。这些方法均采用传统的全站仪或 GNSS 接收机作业,该作业模式野外工作强度大,效率低且专业化程度低。虽然已有学者基于 PDA 开发了一些基于全站仪进行中线放样的程序进行铁路勘测数据采集,在一定程度上提高了全站仪作业的效率^[2],但随着移动互联网与通

信技术的迅速发展,移动智能手机和平板等设备,凭借其轻便、智能、续航时间长、人机交互友好、可视化程度高以及能实现无线通信和 GNSS 快速定位导航等优势,已经开始逐步取代传统 PDA,作为全站仪和 GNSS 接收机等传统测绘仪器的手簿,甚至某些高精度智能平板本身就能作为外业数据的采集工具^[3-5],极大优化了传统测绘的野外测量模式。另外,CORS 网络

收稿日期:2020-12-21

作者简介:蔡建国(1974-),男,高级工程师。

基金项目:中铁二院工程集团有限责任公司科技发展计划项目(KSNQ202021)

引文格式:蔡建国. 基于移动智能平板的线路中线放样程序的设计与实现[J]. 高速铁路技术,2021,12(3): 66-70.

CAI Jianguo. Design and Implementation of the Program for Centerline Setting-out Based on Mobile Smart Tablets[J]. High Speed Railway Technology, 2021, 12(3): 66-70.

RTK 作为当今 GNSS 发展的热点技术之一,已经被广泛应用于各领域的建设当中。其中,在铁路方面,李涛^[6]分析了高速铁路 CORS 建设的必要性,提出了高速铁路 CORS 建设的具体方案。张运华^[7]对 CORS-RTK 技术在铁路定测中的应用进行研究和试验,得出其测量精度可达到平面高差 $\pm 5\text{ cm}$ 以内。郭江^[8]通过比较 CORS 系统测量和铁路勘察控制网测量成果,证实 CORS 系统测量的平面坐标精度可达厘米级,满足铁路勘察规范要求。

基于此,本文基于移动智能平板开发了一款铁路勘测中线放样程序,其支持 4G 通信、蓝牙通信、多星定位、CORS 网络 RTK 等技术,能实现数据快速采集和放样点自动引导,实现测量工作的可视化、轻便化、自动化、智能化。

1 线路模型与控制点数据

1.1 线路模型建立

1.1.1 一般线型

铁路线路受地形、地质或技术、经济等因素的影响,不能以一条直线延伸始终,而是隔一定距离就要改变方向,因此,铁路线路由直线和曲线两部分组成。铁路曲线一般由缓和曲线、圆曲线等组成,线路任意一点坐标计算采用交点法以“缓和曲线-圆曲线-缓和曲线”为基本型,其中缓和曲线可以不等长,线路示意图如图 1 所示。

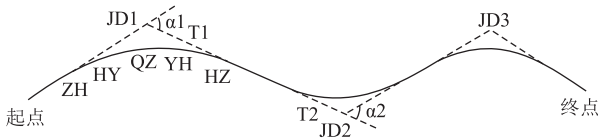


图 1 线路示意图

其交点坐标计算格式如下:
起交点名,北坐标,东坐标,里程 < 回车换行 >
交点名,北坐标,东坐标,[半径,第一缓和曲线,第二缓和曲线,第一缓和起始半径,第二缓和终止半径] < 回车换行 >
.....
终点名,北坐标,东坐标

1.1.2 特殊线型

任何复杂的线路,都是采用 3 个基本曲线单元(直线、圆曲线、缓和曲线)首尾相连组合完成。当线路存在不完全缓和情形时,上述的交点法数据格式已不能满足需要,由几个曲线组成 1 个卵形曲线,卵形曲线示意图如图 2 所示。

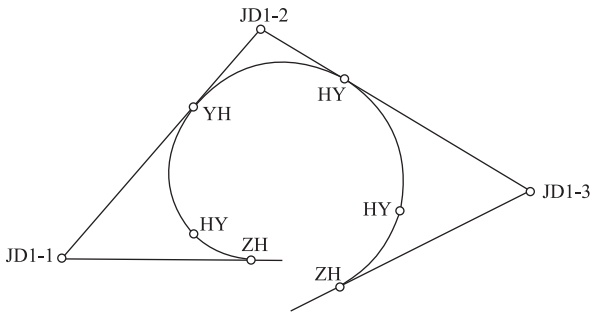


图 2 卵形曲线示意图

像这种“直缓-缓圆-圆缓-缓圆-圆缓-缓直”的特殊曲线,考虑到兼容原有格式,系统设计了两项参数来完成不完全缓和情形。其格式如下:

起交点名,北坐标,东坐标,里程 < 回车换行 >

交点名,北坐标,东坐标,[半径,第一缓和曲线,第一缓和起始半径,第二缓和终止半径] < 回车换行 >

.....

终点名,北坐标,东坐标

1.2 控制点数据

1.2.1 求解基准转换参数

以经典四参数法为例,选取 4 个及以上的控制点参与到水平、垂直校正。公共点平面残差应控制在 1.5 cm 以内,高程残差应控制在 3 cm 以内,东、北斜坡控制在 30 ppm 以内。

1.2.2 单点高程校正法

求解基准转换参数时,选取基准站相邻的控制点 4 个。控制点顺序为:基准站控制点必须为首个,其余顺序随机。所有点水平参加校正,垂直校正仅选择基准点,进行单点高程校正。

内业选取合适的参数校正计算方法求解 GPS 转换参数,导入智能移动设备。

2 程序设计与实现

根据上述模型,在 Android Studio 平台上,使用 Java 语言开发了基于移动智能平板的中桩放样程序。

2.1 硬件平台

本程序采用移动智能高精度平板作为硬件设备,该平板装载 Android 8.1 智能操作系统、2.0 G 八核处理器加上 4 GB 运行内存;同时具有 GNSS + GLONASS + BDS 多星定位技术,能实现严重遮挡环境下的正常工作,同时支持厘米级、亚米级高精度外扩模块;在数据通信方面支持:4G 全网通(移动、联通、电信)网络、Wi-Fi 及无线(无线 AP、Wapi)、蓝牙(BlueTooth 2.0/

4.0)、USB 数据传输 (TypeC, 同时具有 OTG 功能) 以及外置接口 (串口、VBAT、GND)^[9]; 续航方面采用 10 000 mAh/3.7 V 电池, 可连续工作 10 h 以上, 可基本满足全天作业的使用要求, 同时采用可拆卸式电池设计, 方便电池即时更换, 支持在线充电, 保证作业的进行。

2.2 程序的基本功能

- (1) 线路模型计算功能
- 可根据线路设计数据, 自动计算出线路逐桩表, 并生成线路图形。在施测过程中, 可根据任意点的桩号快速定位其坐标信息以及该点在线路图形上的具体位置。
- (2) 平板与仪器的通信功能
- 可实现平板与各种类型的 GNSS 接收机进行蓝牙配对连接, 连接后平板可作为 GNSS 接收机的手簿控制仪器进行测量, 同时仪器测量的数据也会实时传输回平板上。
- (3) 平板直接测量功能
- 支持 CORS 网络 RTK 服务, 在地势开阔、GNSS 卫星信号好且测量精度要求不高的地段, 可直接利用网络 RTK 在平板上完成中线放样数据的采集。

- (4) 坐标数据库管理功能
- 可将需要用到的坐标点数据通过文件导入或手动输入的形式录入到坐标数据中, 数据库可以根据点位类型分为控制点、放样点、其他测量点三类, 以便测量人员在野外随时调用这些点进行作业。
- (5) 图层导入功能
- 可根据作业需要, 导入二维或三维地形图, 中线以及相关点位信息将会显示于该图层之上, 为作业人员提供了更好的可视化效果。
- (6) 坐标系统库管理功能
- 该程序预设了 CGCS2000、WGS84、西安 80、北京 54 等常用坐标系统, 也可以支持用户自定义坐标系统。在进行作业时, 用户可根据需要从坐标系统库中选择或新建合适的坐标系统。
- (7) 实时移动导航
- 在放样作业过程中, 实景二维或三维地形图上会实时显示目前平板或 GNSS 接收机的位置, 并会实时计算出目前位置至待放样点的距离信息和方向信息, 指挥测量人员达到测量位置。

2.3 程序的运行流程

中线放样作业流程如图 3 所示。该程序运行步骤如下:

- (1) 工程项目参数设置。可选择新建工程, 也可

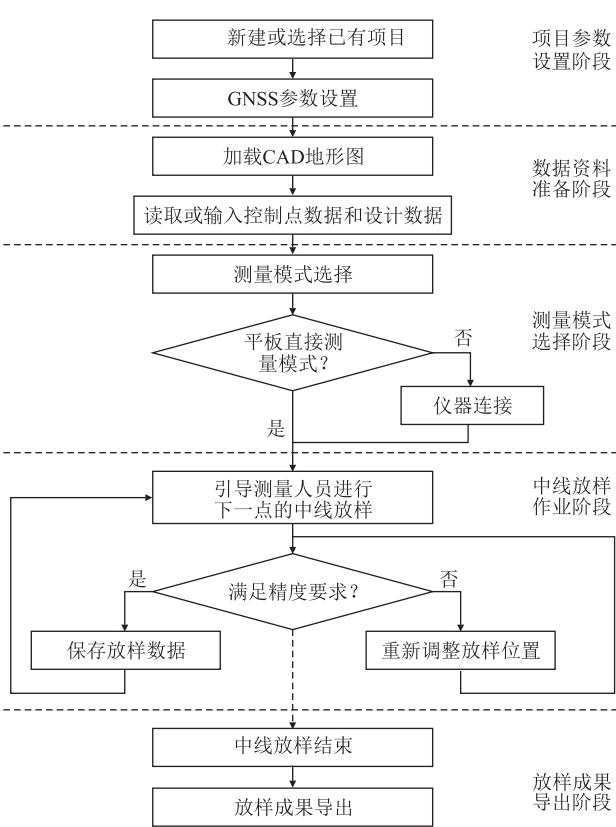


图 3 中线放样作业流程图

- 打开已有工程文件, 新建工程需输入工程名称 (默认为当前日期)、工程存储路径并设置测量精度。
- (2) GNSS 参数设置。包括坐标系统的命名, 目标椭球的选择, 投影方式的设置以及坐标转换方法的设置, 也可以从坐标系统管理库中直接选择已有的坐标系统。
- (3) 地形图读取。选择存储在平板中的二维或三维地形图, 加载到程序中, 配合放样作业的进行。
- (4) 控制点数据读取。手动添加控制点信息或读取控制点文件, 也可从已有的坐标点库中选择控制点。
- (5) 中线设计数据读取。读取中线设计数据, 设置中线桩距, 自动生成线路图形并计算出逐桩表。
- (6) 测量模式选择。
- ① 平板测量模式: 适用于地势开阔、GNSS 卫星信号好且测量精度要求不高的地段, 可直接用千寻网络 CORS 网络 RTK 在平板上完成中线测量, 该模式可不用连接 GNSS 接收机。
- ② RTK 的手簿测量模式: 适用于地物多、GNSS 卫星信号弱且测量精度要求高的地段, 平板可作为 RTK 的手簿, 进行中线测量。
- (7) 仪器连接设置。若为 RTK 手簿测量模式则必须进行仪器连接, 打开平板蓝牙对可连接蓝牙设备进行扫描, 选择 GNSS 接收机进行连接。

(8)线路中线测量。根据设计数据计算出的里程表,平板自动引导测量人员至放样点,误差在设定精度范围以内时测量,并进行数据保存;若需要进行加桩点测量,可在界面上选择加桩功能,直接输入加桩点里程,会自动显示出该点坐标,以及在图上显示出目前至该点的距离和方位信息;同时,可以随时修改放样间距以及放样精度。

(9)成果导出。测量作业完成后,可从程序中导出多种格式的 dat、csv、txt、xlsx 等成果文件。

3 应用分析

以某高铁工程项目为例,在定测阶段采用中海达 Qpad X8 智能 GIS 平板及开发的铁路勘测中线放样程序,基准站采用“千寻知寸”位置服务,完成了约 50 km的中线测量工作,从工作效率、测量流程、精度等方面进行比较总结。

3.1 放样测量

(1)控制网参数设置,控制点校正,明确主站控制点。

(2)在平板上打开 1:2 000 地形图,显示中线测量

线位。

(3)实时显示目前 GIS 平板在图上的位置,并导航指挥测量人员达到测量位置。

(4)导航达到测量位置后开始测量:

①输入里程冠号:K,DK,D1K……;

②里程间距:等距:20 m、50 m……,递增+,递减-;

③输入起点测量里程;

④导航移动至该测量点时测量;

⑤测量后显示 X,Y,H 数据(X,Y 为理论坐标, H 为实测高程),备注(房边、道路、沟坎……);

⑥保存,完成测量;

⑦放样点测量完成后,在放线地形图中线上以“高程数据点”显示。

(5)成果输出。

3.2 放样精度统计

在勘测中,采用全站仪坐标法测量一段中线,并与采用中海达 Qpad X8 智能 GIS 平板测量成果从坐标、高程进行对比,分析其精度,放样精度统计如表 1 所示。

表 1 中桩三维坐标检查表

里程	定测值			检测值			平面坐标标差值		点位差值	对比结果	高程差值 H/m	对比结果
	N/m	E/m	H/m	N/m	E/m	H/m	N/cm	E/cm				
.....
DK10 + 100.0	986 321.436	461 071.435	2 230.479	986 321.465	461 071.466	2 230.434	3	3	4	合格	-4	合格
DK10 + 120.0	986 327.465	461 090.465	2 230.206	986 327.486	461 090.421	2 230.213	2	-4	4	合格	1	合格
DK10 + 146.0	986 335.314	461 115.331	2 231.351	986 335.365	461 115.287	2 231.403	5	-4	6	合格	5	合格
DK10 + 160.0	986 339.536	461 128.678	2 228.817	986 339.564	461 128.688	2 228.876	3	1	3	合格	6	合格
.....
DK12 + 096.0	987 304.405	462 767.402	2 287.424	987 304.467	462 767.441	2 287.466	6	4	7	合格	4	合格
DK12 + 109.0	987 313.153	462 776.96	2 288.521	987 313.181	462 777.013	2 288.570	3	5	6	合格	5	合格
DK12 + 128.6	987 326.405	462 791.462	2 288.347	987 326.364	462 791.480	2 288.365	-4	2	4	合格	2	合格
DK12 + 134.5	987 330.346	462 795.729	2 288.686	987 330.302	462 795.757	2 288.694	-4	3	5	合格	1	合格
DK12 + 156.0	987 344.911	462 811.632	2 289.41	987 344.923	462 811.653	2 289.443	1	2	2	合格	3	合格
.....
DK30 + 000.0	980 447.03	472 824.508	2 053.154	980 447.082	472 824.559	2 053.110	5	5	7	合格	-4	合格
DK30 + 025.0	980 434.485	472 846.042	2 053.382	980 434.544	472 846.100	2 053.389	6	6	8	合格	1	合格
DK30 + 200.0	980 346.597	472 997.374	2 056.386	980 346.615	472 997.401	2 056.419	2	3	4	合格	3	合格
.....

根据表 1 精度统计结果,检测值三维坐标均小于 10 cm,满足铁路工程测量规范对中桩测量精度的要求^[10]。

4 作业特点

基于移动智能平板的中线放样程序,其作业模式既保证了外业数据采集的质量和效率,又很好地实现测量工作的可视化、轻便化、自动化、智能化。该作业

模式有以下几个特点:

(1)可根据设计数据,利用线路模型,计算出中线上任意一点在线路坐标系的坐标并生成线路图形,显示在二维或三维地形图上并能在地形图上提供位置服务,使得测量作业更加具体和直观。

(2)实现了平板与 GNSS 接收机的无线蓝牙通信,平板可作为其手簿,使得数据采集更加方便和智能。

(3)利用多星定位、CORS 网络 RTK 技术,可以不

依赖于其他测绘仪器,直接使用智能平板完成数据采集,进一步减轻了外业工作的负担。

(4)能实时定位当前测量人员的位置,提供移动位置服务,自动引导测量人员准确到达放样点进行数据采集,有效减少了放样时实际位置的调整次数和时间,极大提高了作业效率,经统计其工作效率提高30%左右。

5 结论

(1)基于移动智能平板的中线放样程序,其设计思想符合当前测绘领域逐步从传统人工作业、数字作业模式转型为数字智能、移动采集、高度可视化的作业模式,能够有效提高野外数据采集质量和效率,能很好地减轻测量人员的作业强度和负担。

(2)采用移动智能平板进行铁路放样测量,其精度满足铁路工程测量规范要求。

(3)移动智能设备逐步取代传统的测量模式,随着移动智能平板在铁路勘测领域的应用,必将提高移动测绘技术在铁路勘测领域的技术水平。

随着移动智能设备、多星定位技术、COSR 网络RTK、5G/6G 移动通信技术的进一步发展,未来会有更多、更全面、更专业的移动智能测绘设备和软件系统服务于测绘以及铁路勘测设计领域,以提高铁路勘测设计信息化建设,并进一步改善测量人员的作业条件,真正做到外业测量的可视化、轻便化、自动化、智能化。

参考文献:

- [1] 王大刚. 铁路中线测量数据自动化处理和质检方法研究[J]. 铁道勘察, 2019, 45(6): 17-21.
WANG Dagang. Research on Automatic Processing and Quality Inspection of Railway Midline Measurement Data [J]. Railway Investigation and Surveying, 2019, 45(6): 17-21.
- [2] 周玉辉. 铁路勘测数字化采集系统软件开发研究[J]. 高速铁路技术, 2010, 1(2): 26-29.
ZHOU Yuhui. On Software Development for Digital Collection System

of Railway Survey [J]. High Speed Railway Technology, 2010, 1(2): 26-29.

- [3] 胡海潮, 吴剑, 彭小伟. 基于 android 平板的国土行业外业采集系统设计与实现[J]. 资源环境与工程, 2018, 32(4): 688-692.
HU Haichao, WU Jian, PENG Xiaowei. Design and Implementation of Land Industry Data Acquisition System Based on Android System [J]. Resources Environment & Engineering, 2018, 32(4): 688-692.
- [4] 李文, 曾珍, 陈祥方. 基于移动智能平台的公路勘测野外数据采集系统的设计与实现[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2018, 14(2): 290-292.
LI Wen, ZENG Zhen, CHEN Xiangfang. Design and Implementation of Data Acquisition System for Highway Survey Field Based on Mobile Intelligent Platform [J]. Journal of Guizhou University of Finance and Economics, 2018, 14(2): 290-292.
- [5] 陈轮. 基于平板电脑的测绘成果外业巡检系统研究与实现[J]. 测绘与空间地理信息, 2020, 43(3): 185-187.
CHEN Lun. Research and Implementation of Mapping Results Field Inspection System Based on Tablet Computer [J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2020, 43(3): 185-187.
- [6] 李涛. 关于高速铁路 CORS 建设的思考[J]. 全球定位系统, 2014, 39(2): 68-70.
LI Tao. The Reflections on CORS Construction of High Speed Railway [J]. GNSS World of China, 2014, 39(2): 68-70.
- [7] 张运华. GPS 连续参考站系统(CORS)在铁路定测中的应用研究[J]. 铁道勘察, 2015, 41(1): 22-23, 26.
ZHANG Yunhua. Research and Application of Continuous Operating Reference Station(CORS) in Railway Final Surveying [J]. Railway Investigation and Surveying, 2015, 41(1): 22-23, 26.
- [8] 郭江. CORS 系统应用于铁路勘测的适用性研究[J]. 地理空间信息, 2020, 18(4): 45-47.
GUO Jiang. Application of CORS System to Railway Survey [J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2020, 18(4): 45-47.
- [9] TB 10601-2018 铁路工程测量规范[S].
TB 10601-2018 Code for Engineering Survey of Railway [S].
- [10] 张磊. 基于云计算的勘察设计信息化建设初探[J]. 高速铁路技术, 2015, 6(3): 46-49.
ZHANG Lei. Discussion on Information Construction of Exploration and Design Based on Cloud Computing [J]. High Speed Railway Technology, 2015, 6(3): 46-49.

(上接第39页)

- [8] 张会刚, 张广泽, 喻洪平, 等. 沪昆客专麻拉寨隧道岩溶发育规律及突水原因探析[J]. 路基工程, 2017(1): 208-212.
ZHANG Huigang, ZHANG Guangze, YU Hongping, et al. Analysis of Karst Development Law and Water Burst Cause of Malazhai Tunnel in Shanghai-Kunming Passenger Dedicated Railway [J]. Subgrade Engineering, 2017(1): 208-212.

- [9] 邹陈, 张广泽, 毛邦燕. 沪昆客专白岩脚隧道突水致灾机理分析[J]. 铁道工程学报, 2018, 35(12): 46-50.
ZOU Chen, ZHANG Guangze, MAO Bangyan. Analysis of the Mechanism of Water-Inrush of Baiyanjiao Tunnel in Shanghai-Kunming Passenger Dedicated Line [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2018, 35(12): 46-50.