

文章编号: 1674—8247(2022)01—0049—05  
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2022.01.009

## 基于 GNSS 的铁路勘测设计数字化采集系统设计

周玉辉

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

**摘 要:**本文结合铁路勘测设计实际需求,提出基于 GNSS 的铁路勘测设计数字化采集系统,包括中线测量、断面测量、水文测量、单点测量、既有线测量等。并从系统框架设计、功能设计等方面进行了详细阐述。系统利用移动设备、北斗导航、移动计算、CORS 系统、GNSS RTK 等技术资源,实现 CAD 地形图实时导航引导外业测量工作,满足铁路勘测设计工作要求,通过对移动设备功能进行精简和完善,确保系统贴合铁路勘测设计实际需求。

**关键词:**数字化; 采集; 系统; 铁路勘测; 中线测量; 断面测量; 北斗导航

**中图分类号:**U212.2      **文献标志码:**A

## Design of GNSS-based Digital Acquisition System for Railway Survey and Design

ZHOU Yuhui

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

**Abstract:** Combining with the actual demand of railway survey and design, this paper proposes a GNSS-based digital acquisition system for this purpose, including centerline survey, section survey, hydrological survey, single point survey, existing line survey, and so on. Then the design of the system framework and function is detailed. For this system, technical resources including mobile equipment, BeiDou Navigation Satellite System, mobile computing, CORS, and GNSS RTK are used to realize real-time navigation of CAD topographic map to guide the field survey and meet the requirements of railway survey and design. Then the functions of mobile equipment are streamlined and improved to ensure that the system meets the actual needs of railway survey and design.

**Key words:** digitalization; acquisition; system; railway survey; centerline measurement; section measurement; BeiDou Navigation Satellite System

目前,国内大型铁路勘测设计项目对外业勘测技术手段的要求越来越高。结合铁路勘测设计内外业资料收集的特点,李文等人<sup>[1]</sup>提出并实现了一套完整的、基于移动智能平台技术的、适合公路勘测行业特点的野外数据采集系统,该系统显著改进了现有的工作方式和工作效率;陈珂等人<sup>[2]</sup>设计并开发了集测量数

据采集、处理、管理和分析等功能于一体的网络化移动勘测办公系统,实现了测量办公自动化及测量数据信息服务共享,在一定程度上提高了内外业工作效率;周玉辉<sup>[3]</sup>提出并开发了基于掌上电脑 PAD、结合全站仪的线路三维放样内外业一体化测绘系统,实现了线路勘测水平和质量的提高。

收稿日期:2021-05-11

作者简介:周玉辉(1966-),男,教授级高级工程师。

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:周玉辉. 基于 GNSS 的铁路勘测设计数字化采集系统设计[J]. 高速铁路技术,2022,13(1):49-53.

ZHOU Yuhui. Design of GNSS-based Digital Acquisition System for Railway Survey and Design[J]. High Speed Railway Technology, 2022, 13(1):49-53.

上述铁路勘测采集系统有一个共同的缺陷,就是功能不统一、调查项目不能或部分不能根据专业需求进行调整和设置。随着 GNSS 测量仪器国产化率的提高和价格的降低,国产 GNSS 测量仪器逐步普及并作为主要测量仪器应用于工程测绘中。基于 GNSS 测量设备,本文研发了一套针对铁路行业内外业一体化专业性强的数字采集系统。该系统将 1:2 000 和 1:10 000 地形图引入铁路勘测作业中,并结合 GNSS 测量特点对移动设备功能进行精简和完善,使其功能更加贴合铁路外业勘测的实际需求,做到测量时能基于 CAD 地形图实现自动导航、自动质量控制以及成果输出与设计的无缝对接。

1 系统总体介绍

1.1 系统框架设计

本系统采用 B/S 和 C/S 混合架构,分为应用层、服务层和数据层三层,系统构架如图 1 所示。

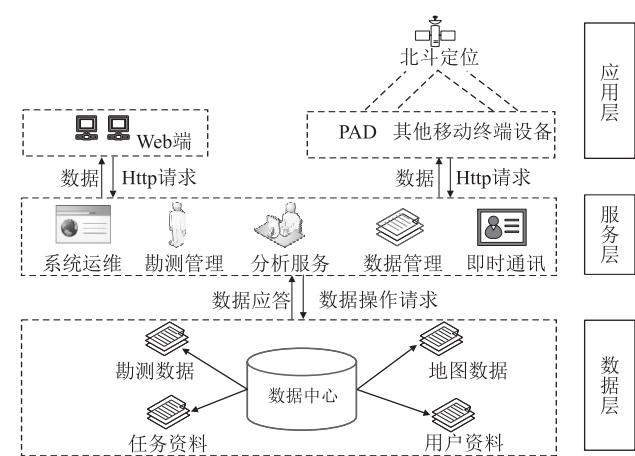


图 1 系统架构图

- (1)应用层
- 用户可通过 Web 浏览器、移动设备进入系统。移动设备端主要针对铁路勘测外业测量人员,进行野外现场作业的查询、数据采集、上传等操作;Web 客户端可进行查询、分析、下载、权限管理等操作。
- (2)服务层
- 分为系统运维、勘测管理、分析服务、数据管理即时通讯 5 个功能模块。
- (3)数据层
- 存储用户资料、项目准备资料、测量数据、地形图数据等。

1.2 系统基本功能设计

按功能划分,系统主要包括外业采集移动设备和管理平台两部分。

(1)外业采集移动设备

外业采集移动设备功能包括数据显示、CORS 系统定位、北斗定位、数据采集、数据查询和数据同步。

(2)管理平台

管理平台功能包括数据处理、查询、分析、数据输出等。

1.2.1 移动设备主要功能

(1)北斗导航

采集设备自带 GNSS 定位模块<sup>[4]</sup>,通过接收北斗导航的定位数据在工作界面上实现实时导航,在 CAD 底图或正摄影像上显示测量人员的运动轨迹。

(2)外业测量

通过自带 GNSS 功能的移动设备进行线路中线、断面、地形、水文测量等数据的采集。数据采集功能是外业设备功能最主要的组成部分。

(3)数据显示功能

通过放大或缩小接触手势修改地形图的显示比例,根据不同的详细程度查看地形图数据。

1.2.2 外业采集移动设备的主要功能

根据铁路勘测工作的需求分析,采集功能精简为以下 5 个功能基本能满足铁路勘测设计工作的日常需要。

(1)中线测量

中线测量是铁路线路纵断面设计的基础。根据线路设计参数和线路模型计算出任意里程中心点的坐标,然后以实时显示的地形图和导入的线位设计资料为基础,使用移动设备的地形图导航至待放样点进行中线测量<sup>[5]</sup>。

(2)断面测量

利用线型数据及待定断面点的里程,按照中线坐标的计算方法,计算出中桩和加桩的坐标,并计算对应横断面处的端点设计坐标;将两端端点设计的坐标数据以文本形式导入移动设备中,测定中线桩两侧地面变化点与中桩点间的距离和高差,在内业数据处理流程中进行横断面图绘制<sup>[6]</sup>。

(3)地形测量

地形测量主要依靠测量终端系统提供的采集工具对地形、地物进行测量。在测量过程中,测量人员可将地物各类特殊信息通过拍照、录像、录音、文本记录等方式在地图上以点要素方式关联记录。

(4)轨道调查

①道岔岔心坐标测量

以普通单开道岔为例,对道岔岔心的坐标测量进行阐述。普通单开道岔示意如图 2 所示。

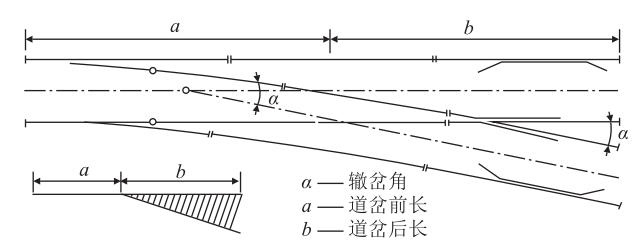


图 2 普通单开道岔示意图

通过相关测量数据及道岔数据库自动查询道岔辙叉号数和道岔后长  $b$  值,计算出道岔前长  $a$  值,根据  $a$ 、 $b$  值的比例,通过计算得到岔心坐标。

- ②车站上部建筑物测量
- 对车站上部建筑物,如警钟标、信号机、接触网等设施设备采用单点测量模式,获取平面坐标及高程。
- 1.2.3 数据同步功能

在进行外业勘测前,使用移动计算技术<sup>[7]</sup>,可将 Web 端相关任务信息同步到移动勘测设备中,在外业采集数据结束后,将移动设备中的成果数据实时同步到 Web 端,实现内外业一体化数据采集<sup>[8]</sup>。

1.2.4 数据查询

在作业过程中,测量人员可根据需要使用数据查询功能对测量控制点数据、测量原始数据、测量目标数据等进行查询,通过进行条件搜索,就可在地形图界面<sup>[9]</sup>上显示搜索的数据,移动设备功能与操作流程设计如图 3 所示。

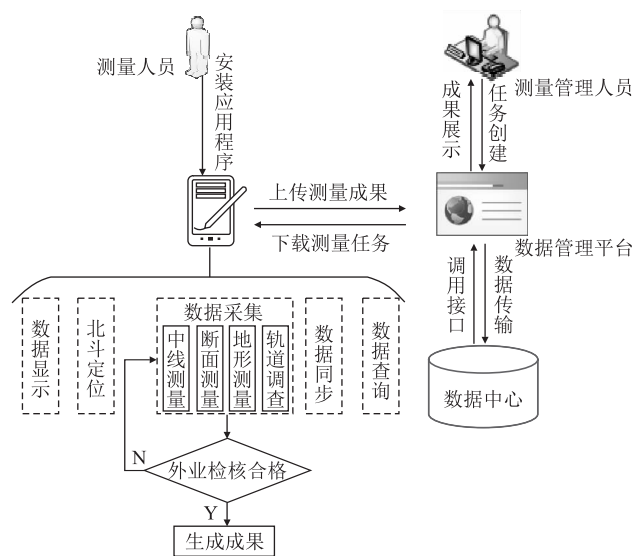


图 3 移动设备功能与操作流程设计图

1.2.5 管理平台

管理平台主要包括勘测管理模块、分析服务模块、数据管理模块、通讯模块和系统运维模块,如图 4 所示。

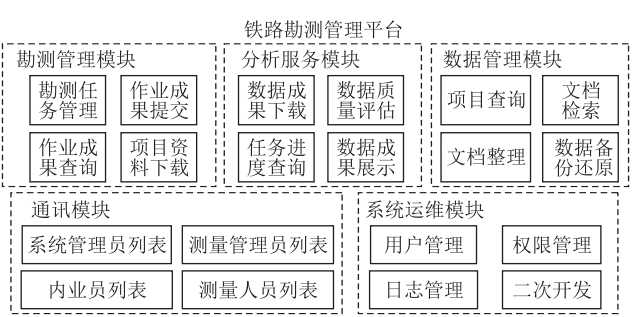


图 4 平台功能模块设计图

(1)勘测管理模块

勘测管理模块包含了从铁路勘测前各勘测人员的任务管理及相应任务项目资料的下载,到采集数据后实时在线上传勘测成果,再到上传数据后的成果查询等功能,实现了对铁路勘测生产活动的信息化管理。

(2)分析服务模块

分析服务模块包含测量成果下载,数据绘图<sup>[10]</sup>、平差<sup>[11]</sup>或沉降预测<sup>[12]</sup>,数据最终成果展示等功能。分析服务模块还能对外业错误采集、遗漏采集进行分析和预警,从而保证数据质量和准确性。

(3)数据管理模块

用户可通过项目或文档关键字对相关数据进行检索查询,系统提供数据的归类存放整理功能,对重要数据进行多重备份,并可对误删数据进行还原操作。

(4)系统运维模块

运维管理是对系统运行过程的基本维护,保证系统的正常运转。主要包括用户管理、权限管理、日志管理和二次开发。系统将用户分为最高管理员、测量管理人员、测量人员和内业处理人员,并分配相应的权限,以方便用户在规定的权限下进行一系列功能操作。用户权限的设置将提升系统的安全性、信息的保密性和业务的流畅性。

(5)通讯模块

为方便各用户之间的联系,将联系人通讯号按职位进行归类。当用户修改自己的通讯方式时,系统能够自动更新存储数据的变化。

2 系统工作流程

2.1 工程管理

本系统对外业测量工作做一个简单的数据库管理,包括项目总文件夹、项目文档、地形图数据、平面高程控制点数据等,并将项目资料、任务要求等数据上传至对应文件夹,系统会导航到新建工程的相关信息页,主要包括工程名称、施测单位、操作员、日期、备注等,方便外业使用和内业资料处理,一般每天新建 1 个工

程文件。

2.2 质量控制

在作业过程中,系统随时检验采集数据是否满足项目精度要求,并进行提醒,然后根据项目需求进行标准化和保密性处理,将数据实时打包上传至指定目录下。

2.3 数据处理

(1) 将外业采集到的数据根据项目要求进行处  
理,形成成果数据后按要求存档管理。

(2) 采集数据与 1:2 000 地形、1:10 000 地形、实景  
三维地形等融合处理,实时更新;与桥梁、隧道、路基、  
站场等专业数据接口无缝对接,实现铁路方案设计的  
优化处理。

3 系统应用

铁路勘测 GNSS 数据采集(简称 RDGS)系统主要  
有工程管理、中线测量、断面测量、单点测量、既有线测  
量、其他模块(单点校正、四参数计算、七参数计算)、  
水文测量等,本文以中线测量为例介绍系统应用。

3.1 系统安装

点击“RDGS. apk”软件 APP 按钮完成软件安装,  
运行铁路勘测 GNSS 数据采集系统(RDGS),如图 5  
所示。

安装后,在移动设备上会自动建立 RDGS 文件夹,  
移动设备可为安卓系统手机、平板电脑、GNSS 手薄  
等。测量准备资料可通过移动设备复制到 RDGS 文件  
夹中,也可从 PC 机拷贝到 RDGS 文件夹中。

3.2 资料准备

- (1) 准备测区范围内的 CAD 地形图。
- (2) 准备测区范围内的平面高程控制点资料。
- (3) 准备中线测量平纵参数资料,数据格式为:  
QD,里程,北坐标,东坐标,0,0,0,0

交点号,0,北坐标,东坐标,0,半径长度,前缓和曲  
线长度,后缓和曲线长度

交点号,0,北坐标,东坐标,0,半径长度,前缓和曲  
线长度,后缓和曲线长度

.....  
ZD,0,北坐标,东坐标,0,0,0,0



图 5 系统界面图

3.3 中线测量

(1) 点击主界面中的“中线测量”,进入中线测量  
模块。若在此之前未导入平纵参数,则系统会提示用  
户进行数据导入。

(2) 采用北斗导航、CORS 系统<sup>[13]</sup>等模式开展测  
量工作。

(3) 设置中线测量的参数:直线段和曲线段的测  
量间距(即每相隔多少米提示测量 1 次)、测量限差半  
径(中桩桩位限差值)、里程取整差(在差值限差内时,  
测量里程在整 10 m 附近可直接取为整桩号)、起始里  
程等。

(4) 参数设置完成后,即可在移动设备中打开  
CAD 地形图(线位图或 1:2000 地形图),显示待放样  
的中线图形信息。中线测量成果如表 1 所示。

表 1 中线测量成果表

里程	理论坐标/m		实测坐标/m		差值/m		中桩高程 /m
	北坐标	东坐标	北坐标	东坐标	$\Delta x$	$\Delta y$	
197 600	3 348 692.072	501 019.286	3 348 692.101	501 019.281	0.029	-0.005	483.226
197 620	3 348 683.302	501 001.312	3 348 683.287	501 001.388	-0.015	0.076	485.653
197 640	3 348 674.533	500 983.337	3 348 674.577	500 983.323	0.044	-0.014	489.561
197 660	3 348 665.763	500 965.362	3 348 665.797	500 965.291	0.034	-0.071	483.058
.....	.....	.....	.....	.....	...	...	...
207 900	3 342 561.410	492 846.209	3 342 561.495	492 846.172	0.085	-0.037	508.346
207 920	3 342 549.617	492 830.055	3 342 549.596	492 830.095	-0.021	0.040	508.986
207 940	3 342 537.828	492 813.899	3 342 537.803	492 813.933	-0.025	0.034	507.564
207 960	3 342 526.041	492 797.742	3 342 526.052	492 797.720	0.011	-0.022	506.365
.....	.....	.....	.....	.....	...	...	...

3.4 质量控制

3.4.1 中线质量控制

在进行中线测量时,系统要求设置测量点中桩桩

位限差。系统能计算出中线理论坐标、放线时的实际  
坐标以及相应的坐标差值,便于测量人员进行中线质  
量控制。根据《铁路工程测量规范》中桩桩位限差设

置为0.1 m,超出这个限差值,系统将不能保存。

### 3.4.2 断面测量

在进行断面测量时,系统要求设置断面点点位限差。根据《铁路工程测量规范》中桩桩位限差设置为0.3 m,超出这个限差值,系统将不能保存,以确保勘测质量<sup>[14]</sup>。

### 3.5 工作效率

系统在成渝中线高速铁路项目上进行了应用,并与中海达、南方GNSS测量仪器等进行了对比,结果表明,本系统在外业数据采集、便捷性方面与其它测量仪器基本一致,且在断面数据处理方面优势明显,原来需近1 h才能处理完的测量数据,采用本系统仅需几分钟即可处理完毕并输出成果,效率提高明显。

## 4 结束语

本文设计的基于GNSS的铁路勘测设计数字化采集系统集成北斗导航、GNSS测量、数据处理为一体,并与铁路工程设计无缝对接,显著提高了生产效率。主要具有以下优势。

(1)在外业采集中,测量用户可在任何地方、任何时间、任何地点手持移动设备进入系统对测量信息进行采集,通过4G/5G信号进行数据实时传输。

(2)系统将地形图导航功能引入到勘测作业中,为野外勘测人员找寻目标点提供了便利。

(3)系统利用移动设备自身强大的多媒体功能(拍照、拍视频、录音)、网络实时传输等功能<sup>[15]</sup>,极大地缩短了各项关操作的间隔时间。

## 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 陈珂,张献州,杨曦,等. 面向服务的网络化移动勘测办公系统设计与实现[J]. 测绘科学, 2014, 39(4): 145-148.  
CHEN Ke, ZHANG Xianzhou, YANG Xi, et al. Design and Implementation of Service-Oriented Network Mobile Surveying Office System [J]. Science of Surveying and Mapping, 2014, 39(4): 145-148.
- [3] 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.
- [4] 田宏图. 基于北斗定位导航系统的区域CORS系统精度与性能分析[J]. 国外电子测量技术, 2020, 39(6): 128-131.  
TIAN Hongtu. Precision and Performance Analysis of Regional CORS System Based on BDS Enhancement [J]. Foreign Electronic Measurement Technology, 2020, 39(6): 128-131.
- [5] 王大纲. 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.
- [6] 陈伟康. 基于Android手机的断面数据自动处理方法[J]. 测绘与空间地理信息, 2020, 43(5): 201-203.  
CHEN Weikang. Automatic Processing Method of Section Data Based on Android Mobile Phone [J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2020, 43(5): 201-203.
- [7] 郎为民,安海燕. 移动计算体系架构研究[J]. 电信快报, 2016(10): 3-6.  
LANG Weimin, AN Haiyan. Study on Mobile Computing Architecture [J]. Telecommunications Information, 2016(10): 3-6.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 贺志军. 测绘数据内外业一体化快速测图技术研究[J]. 科技创新导报, 2020, 17(10): 108-110.  
HE Zhijun. Research on Rapid Mapping Technology of Internal and External Integration of Surveying and Mapping Data [J]. Science and Technology Innovation Herald, 2020, 17(10): 108-110.
- [11] 宋力杰. 测量平差程序设计[M]. 北京:国防工业出版社, 2009.  
SONG Lijie. Measurement Adjustment Program Design [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2009.
- [12] 司文明. 川南城际高速铁路路基变形监测设计探讨[J]. 高速铁路技术, 2021, 12(1): 41-45.  
SI Wenming. A Study on Design of Subgrade Deformation Monitoring for South Sichuan Intercity High-speed Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2021, 12(1): 41-45.
- [13] 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. Research on the Applicability of CORS System in Railway Survey [J]. Geospatial Information, 2020, 18(4): 45-47.
- [14] TB 10101-2018 铁路工程测量规范[S].  
TB 10101-2018 Code for Engineering Survey of Railway [S].
- [15] 廖志伟. 空间信息与移动通信的集成应用分析[J]. 卫星电视与宽带多媒体, 2020(1): 7-8.  
LIAO Zhiwei. Integrated Application Analysis of Spatial Information and Mobile Communication [J]. Satellite TV & IP Multimedia, 2020(1): 7-8.