



全站仪智能化测量与处理系统开发与应用

王民水, 冷 亮*

(吉林大学 地球探测科学与技术学院, 长春 130026)

摘要: 测绘仪器功能集成化和数据处理智能化成为发展趋势。传统全站仪测量存在仪器设置过程复杂、数据处理智能化程度低、需要手动导出数据、无法可视化显示等问题。为了解决上述问题, 开发了全站仪智能化测量与数据处理系统, 该系统由智能化测量软件和 Web 端数据处理软件两部分组成, 智能化测量软件基于 Android 系统开发, 可以实现用户注册与登录、蓝牙通信、创建任务、数据采集、测站精度检核等功能; 数据处理软件基于云数据库和 Web 技术开发, 可以实现用户信息管理、测量数据存储、生成导线电子观测记录手簿、测量平差、坐标成果导出等功能。实验结果表明: 智能化测量与处理系统有效简化了复杂的仪器设置和平差计算过程, 通过网站实时进行数据处理, 方便快捷; 该系统在实践教学取得良好的使用效果。

关键词: 坐标测量; 导线测量; 放样; 测量平差; 云数据库

中图分类号: TP75

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20230604

Development and Application of Total Station Intelligent Measurement and Processing System

WANG Minshui, LENG Liang*

(College of Geo Exploration Science and Technology, Jilin University, Changchun 130026, China)

Abstract: The function integration of surveying and mapping instruments and the intelligentization of data processing have become a development trend. Traditional total station measurements present issues, such as a complicated instrument setup process, low intelligence in data processing, manual data export, and lack of visual display. In order to solve these problems, a total station intelligent measurement and data processing system is developed. The system is composed of intelligent measurement software and Web-based data processing software. The intelligent measurement software, developed on the Android system, supports user registration and login, Bluetooth communication, task creation, data acquisition, and station accuracy verification. The data processing software, built on cloud database and Web technologies, enables user information management, measurement data storage, generation of electronic observation records for traverse, measurement adjustment, and the export of coordinate results. Experimental results demonstrate that the intelligent measurement and processing system effectively simplifies complex instrument setup and adjustment calculation processes, and facilitates real-time data processing via the website, making it convenient and efficient. The system has achieved excellent performance in practical teaching.

Key words: coordinate measurement; traverse measurement; setting out; measurement adjustment; cloud database

随着测绘仪器的更新和相关技术的发展, 仪器功能集成化和数据处理智能化成为发展趋势^[1]。全站仪作为工程测量的常规仪器, 配备了丰富的通信接口, 为自主开发数据采集与数据处理系统提供便利。在测绘仪器智能化测量方面, 文献 [2] 利用 Android 蓝牙实现测量机器人与 Android 手机

软件通信及数据传输, 同时可以实现图形绘制、信息反馈、内业数据处理等功能; 文献 [3] 基于徕卡 TM50 全站仪设计自动放样系统便于放样文件下载与上传。前人的研究侧重于移动端数据采集和传输, 通常对接第三方软件进行平差计算和成果展示, 针对工程实践中数据采集与数据处

收稿日期: 2023-12-20

基金项目: 吉林大学实验技术项目(SYXM2023b017)。

作者简介: 王民水, 硕士, 工程师, 主要从事实验教学管理与测绘仪器功能开发的研究。E-mail: wangminshui@jlu.edu.cn

* 通信作者: 冷亮, 博士, 教授, 主要从事测量平差及遥感数据处理相关教学和科研工作。E-mail: lengliang@jlu.edu.cn

理两个分离环节，自主开发程序，实现了野外测量、内业计算和成果展示的流程化作业，以及多终端协同作业。智能化测量与数据处理系统实现了移动端测量软件与 Web 端数据处理系统的无缝衔接。该系统通过 Android 蓝牙建立手机与全站仪的通信^[4-6]，利用手机软件控制全站仪测距和测角，结合数据处理算法实现全站仪导线测量测站误差检核、坐标测量与坐标放样；为了便于数据处理，以 MySQL 数据库为依托，利用 Python 语言的 Flask 框架开发 Web 端智能化数据处理系统，实现测量任务管理、数据存储、生成电子观测记录手簿、导线测量平差^[7-9]、高德地图显示导线点及坐标点等功能。同时，系统适配了南方 NTS 系列、中海达 HTS 系列和徕卡 TS 系列全站仪的控制，可以实现高精度的多测回导线测

量^[10-11]、坐标测量与坐标放样。对于徕卡 TS60、TS30 等高精度测量机器人，支持自动照准、自动搜索目标、自动换面等特色功能^[12-13]。

1 系统功能设计

全站仪智能化测量与处理系统由移动端数据采集软件和 Web 端数据处理软件两部分组成，如图 1 所示。移动端数据采集软件基于 Android studio3.5.2 平台和 Java 语言开发，使用 MySQL 数据库保存测量结果；Web 端数据处理软件使用 HTML、CSS 技术进行界面设计，基于 Python 语言的 Flask 框架进行功能开发，满足智能化数据处理需求，调用 xlwt 库一键生成 Excel 版电子观测记录手簿和数据成果，通过 Nginx 反向代理将网站功能部署到服务器，方便用户访问。

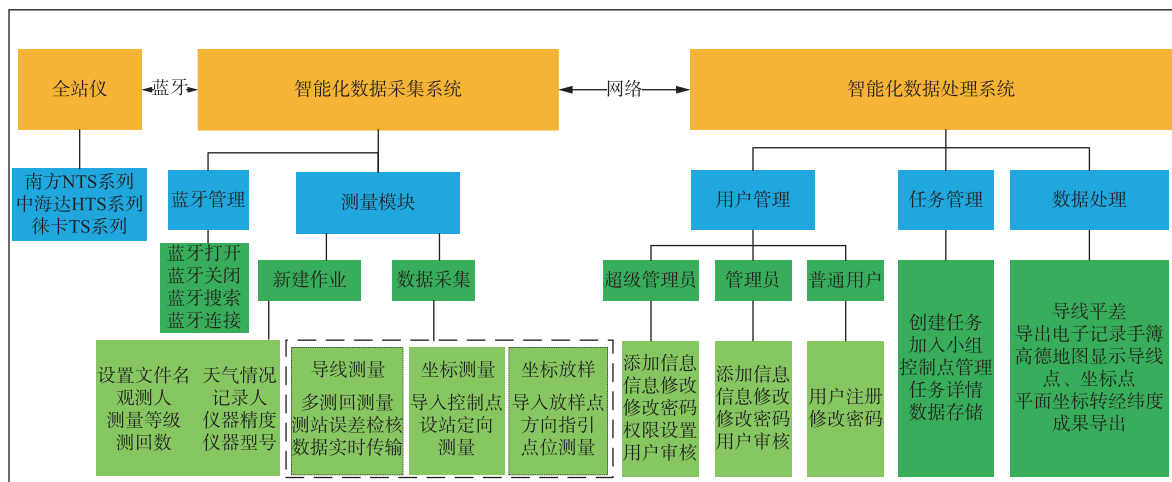


图 1 系统功能设计框架图

1.1 蓝牙通信

蓝牙通信利用 Android 系统自带的 Bluetooth API 开发，在项目 AndroidManifest.xml 中配置蓝牙权限，在蓝牙设置界面，创建简易的 BluetoothAdapter 类。首先检查 Android 终端是否具备蓝牙功能，在蓝牙可用情况下，动态申请蓝牙权限和位置权限；之后打开蓝牙并搜索已配对设备，将扫描到的设备显示在 RecyclerView 中，通过 BluetoothAdapter 类中的 getRemoteDevice() 方法获取要连接的设备的 Bluetooth.Device 对象；调用 Bluetooth Socket.Connect() 函数连接蓝牙，连接成功后，通过 I/O 数据流发送测量指令并监听通讯端口，接收测量结果。为保证蓝牙连接稳定性，通过 Android 广播接收器 (broadcast) 监听蓝牙状

态，当监听到蓝牙断开时，自动重连设备。

1.2 数据库设计

系统需要对用户信息、测量任务、导线测量、坐标测量、坐标放样等模块的相关字段进行管理，并将上述信息存储到 MySQL 数据库中。其中，用户信息数据表中包含序号、账号、密码、小组号、手机号、邮箱等字段；任务管理数据表中包含序号、任务名称、测量等级、仪器型号、任务创建时间等字段；导线测量数据表中包含序号、测站名、后视点名、前视点名、测回数、后视盘左读数、后视盘右读数、前视盘左读数、前视盘右读数、后视盘左水平距、后视盘右水平距、前视盘左水平距、前视盘右水平距、后视平均水平距、前视平均水平距、测回间较差等字

段;坐标测量数据表中包含序号、点名、编码、坐标 x 、坐标 y 、坐标 h 等字段;坐标放样数据表中包含序号、点名、原坐标 x 、原坐标 y 、原坐标 h 、测量坐标 x 、测量坐标 y 、测量坐标 h 、 x 方向误差、 y 方向误差、 h 方向误差、距离误差 s 等字段。为了便于数据存储,导线测量、坐标测量、坐标放样模块中的相应字段 ID 与移动端数据采集软件字段 ID 一一对应,数据表的逻辑结构设计如表 1~表 5 所示,采用面向对象方法对上述 5 个表进行管理,实现数据的分类存储,通过操作类实现对数据的增删改查。

表 1 用户信息数据表

字段名	字段类型	字段描述
ID	Int	序号
userID	String	账号
password	String	密码
groupID	Int	小组号
phonenummer	String	手机号
email	String	邮箱

表 2 任务管理数据表

字段名	字段类型	字段描述
ID	Int	序号
name	String	任务名称
rank	String	测量等级
instuType	String	仪器型号
ceratTime	Date	创建时间

表 3 导线测量数据表

字段名	字段类型	字段描述
ID	Int	序号
stationName	String	测站名
backPoint	String	后视点名
forwardPoint	String	前视点名
note	Int	测回数
backLN	Double	后视盘左读数
backRN	Double	后视盘后读数
frontLN	Double	前视盘左读数
frontRN	Double	前视盘右读数
backLS	Double	后视盘左水平距
backRS	Double	后视盘右水平距
frontLS	Double	前视盘左水平距
frontRS	Double	前视盘右水平距
backMS	Double	后视平均水平距
frontMS	Double	前视平均水平距
CHJC	Double	测回间较差

表 4 坐标测量数据表

字段名	字段类型	字段描述
ID	Int	序号
name	String	点名
encoding	String	编码
PX	String	坐标 x
PY	Int	坐标 y
PH	Double	坐标 h

表 5 坐标放样数据表

字段名	字段类型	字段描述
ID	Int	序号
name	String	点名
originX	Double	原坐标 x
oringinY	Double	原坐标 y
oringH	Double	原坐标 h
PX	Double	测量坐标 x
PY	Double	测量坐标 y
PH	Double	测量坐标 h
dX	Double	x 方向误差
dY	Double	y 方向误差
dH	Double	h 方向误差
dS	Double	距离误差 s

1.3 智能化数据采集

智能化数据采集软件包含新建任务、选择已有任务、数据采集 3 个模块。其中,新建任务一般包括设置文件名、天气情况、观测人、记录人、测量等级、仪器精度、测回数等;任务管理包括加载已创建的任务和选择仪器型号;数据采集包括导线测量、坐标测量和坐标放样 3 个功能模块。智能化数据采集软件可以实现与 Web 端数据处理软件无缝对接,测量结果实时上传至云数据库,防止数据丢失和数据更改。

1.4 智能化数据处理

智能化数据处理软件的功能包括用户信息管理、测量任务管理、数据处理 3 个部分。用户信息管理主要包括用户注册信息保存与修改、用户权限管理、修改密码;测量任务管理主要包括数据分类存储、生成电子观测记录手簿等;智能化数据处理主要包括附和导线、闭合导线的平差计算、导线网形与坐标点在高德地图上显示^[14]、成果导出、平面坐标转换经纬度等。

1.5 数据安全

数据安全涉及用户信息和坐标成果两个方面,首先对数据库设置复杂的登录密码,在云服务器中引入 SQL 数据库防注入机制;兼顾用户安全和便于用户重置密码,针对用户信息中的登录密码采用信息摘要算法(MD5)进行加密,该算法

是不可逆的，当输入的用户名和密码与数据库一致时可进入系统；当用户忘记密码时，可在移动端和 Web 端通过输入账号和手机号，获取手机验证码进行密码重置。针对坐标成果采用坐标转换思想，通过特定的转换参数在数据采集软件将原坐标转换成独立坐标系下的坐标储存在数据库中；导出测量成果时，在 Web 端数据处理软件中通过解密参数将坐标成果还原为原坐标系下坐标。

2 系统主要功能实现

2.1 系统注册与登录

为方便管理，系统权限分为超级管理员、管理员和普通用户 3 种。普通用户可以在数据采集软件和 Web 端数据处理软件进行注册，普通用户在审核通过后可以查看本人创建的任务、进行数据处理和数据导出；管理员账户需要超级管理员手动添加，管理员除了可以赋予普通用户权限之外，还可以协助审核普通用户注册信息；超级管理员权限最高只有 1 个，可以对数据库、用户信息和测量成果进行增、删、改、查。软件登录界面和用户信息界面如图 2(a)和图 2(b)所示。



图 2 软件界面

2.2 移动端数据采集系统

2.2.1 导线测量

数据采集软件通过蓝牙实现自动测量，当全站仪无内置蓝牙时，可在数据传输接口加装外置蓝牙设备，连接蓝牙前需要配置蓝牙参数(波特率、数据位、停止位、检校位)，配置完成后搜索并连接仪器如图 3 所示。导线测量前，进行全站仪对中整平，瞄准目标并调节焦距至物像清晰，然后创建任务，如图 4 所示。软件内置了图根导线测量、一级导线测量、二级导线测量等测量限差，为了满足特殊导线测量需求，支持手动设置限差。



图 3 蓝牙管理界面



图 4 任务设置界面

在导线测量界面(如图 5 所示)进行置盘操作，软件支持置零、快速置盘和自定义角度 3 种模式，其中置零是设置水平角为 $0^{\circ}0'0''$ ，快速置盘模式是设置水平角为 $0^{\circ}0'20''$ ，自定义角度是在 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 之间设置为任意值；置盘完成后，输入测站点名称和待测点名称，点击“测量”按钮，读取水平角度和水平距离；根据设定的测回数，按照盘左(A-B)、盘右(B-A)的观测顺序，完成一个测站的数据采集；测量完成后，点击“测站检核”按钮，提示合格后即可保存数据。重复上述过程直到测量任务结束。



图 5 导线测量界面

2.2.2 坐标测量

坐标测量是全站仪的一个重要功能，在全站仪对中、整平并瞄准定向点的前提下，在坐标测量界面，如图 6(a)所示。点击“坐标定向”按钮，跳转到设站定向界面，如图 6(b)所示。首先查询上传的已知点并显示，选择设站点和定向点

坐标, 并输入棱镜高, 点击“定向”按钮计算出方位角, 点击“测量”按钮对比观测值和原坐标值的误差, 在满足限差要求情况下, 返回测量界面; 输入待测点名称, 点击“测量”按钮, 获取三维坐标, 设置测量点类型并保存数据。当一个测站的数据采集完成后, 重复上述过程直到测量任务结束。



图 6 坐标测量界面

2.2.3 坐标放样

为了方便仪器操作员和棱镜操作人员的协同作业, 坐标放样包含仪器端和放样端两个界面, 如图 7 所示, 通过扫描测量端的二维码加入同一任务。完成全站仪对中、整平并瞄准目标, 在移动端数据采集软件中通过蓝牙连接全站仪, 进行设站和定向, 点击“测量”按钮, 获取定向点坐标, 在满足限差情况下, 开始坐标放样。首先在仪器端界面获取放样点列表, 选择某一待放样点, 瞄准棱镜并测量, 测量完成后将测量结果推送到云数据库, 放样端软件能实时查看测量点与待放样点的坐标差值, 以及方位提示, 按照方位提示移动棱镜并测量直到精确找到待放样点, 重复上述过程直到完成所有点的放样工作。

2.3 智能化数据处理系统

2.3.1 数据存储

在 Web 端智能化数据处理系统中, 提供数据存储和成果导出功能。为了便于 CASS 软件数字化成图, 坐标测量成果可以直接导出为 .DAT 格式; 坐标放样可以查看放样点坐标、放样误差及导出放样结果; 每一测站的导线测量结果保存为一行, 当导线中包含补测或重测数据时, 支持导线结果编

辑, 便于测量平差计算。为了避免修改观测值, 将调整的数据和原始观测记录在数据库中分别存储。



图 7 坐标放样界面

2.3.2 导线测量平差

用户登录 Web 端数据处理系统后, 点击小组任务详情, 显示当前小组所有的测量任务, 如图 8 所示。选择要处理的任务名称, 进入任务详情页面, 显示导线测量结果, 如图 9 所示。点击“导出测量结果”按钮, 可以一键导出为 Excel 格式的电子观测记录手簿; 点击“计算平差”按钮, 可以自动化完成导线平差计算^[15-16], 完成导线的角度闭合差计算、坐标推算和导线示意图生成。点击“导出平差结果”按钮, 可以查看平差后的待测点坐标, 以及角度闭合差和坐标闭合差的数值, 如图 10 所示。

2.3.3 点位显示

为了直观展示各导线点之间位置关系和所在位置, 引入高德地图 API, 将导线点显示在地图上。高德地图使用的是 GCJ-02 坐标系, 该坐标系是国家测绘局在 WGS84 坐标系的基础上加入了偏移算法制定的一套加密地理信息坐标系。实现点位在地图的显示需要以下步骤: 首先根据带号与中央子午线, 将平面坐标(X,Y)通过高斯反算得到同一坐标系下的大地坐标(B,L); 然后将大地坐标(B,L)转换为 WGS84 坐标系的大地坐标(B₁,L₁), 调用高德地图提供的 AMap.convertFrom() 函数转化为 GCJ-02 坐标系下的坐标(B₂,L₂); 以控制点所在区域为地图中心, 使用高德地图的 AMap.Polyline() 方法将所有控制点按照先后顺序连接成导线网并显示在地图上, 利用 AMap.Text 文字标签将导线点的点名标记在对应位置。实验中使用

的是 CGCS2000 坐标系，由于 CGCS2000 坐标系和 WGS84 坐标系的椭球参数非常接近，点位在高

德地图上显示偏差很小，直接从 CGCS2000 坐标系转到 GCS-02 坐标系。



图 8 测量任务显示界面

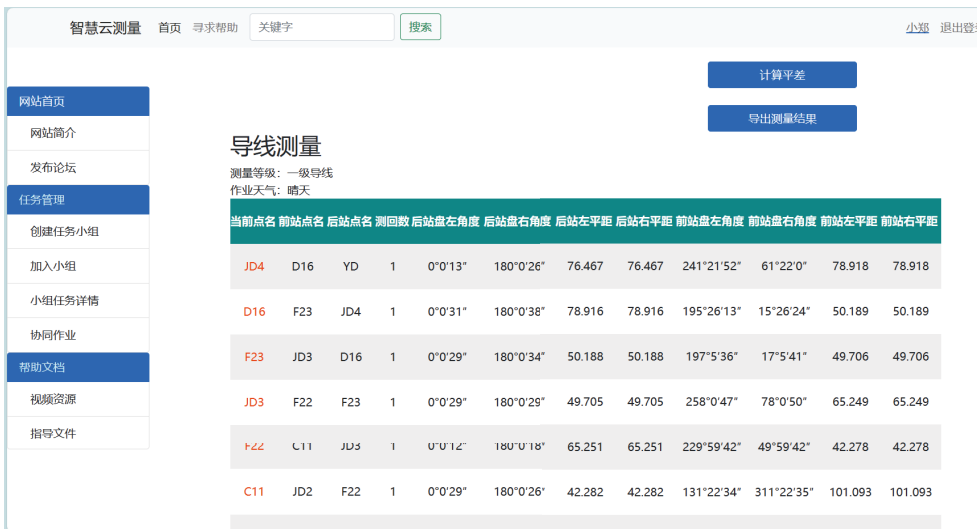


图 9 导线测量结果显示界面

点名	近似坐标	坐标改正数	改正后坐标
YD	X = 4497807.3433, Y = 566524.7267	0, 0	
JD4	X = 4497807.2558, Y = 566601.1976	dX = 0, dY = 0	X = 4497807.2558, Y = 566601.1976
D16	X = 4497737.951939392, Y = 566638.9429303175	dX = -0.001094002132014947, dY = 0.0037053770596041885	X = 4497737.95084539, Y = 566638.9466356946
F23	X = 4497689.079053023, Y = 566650.3567956553	dX = -0.0017897498923534314, dY = 0.00606186953341775	X = 4497689.077632373, Y = 566650.3628575249
JD3	X = 4497639.491525486, Y = 566646.941515605	dX = -0.002478801972043092, dY = 0.008395683786825203	X = 4497639.4890466845, Y = 566646.9499112888
F22	X = 4497630.348770926, Y = 566582.3342169457	dX = -0.003383342680812752, dY = 0.011459356419327367	X = 4497630.345387583, Y = 566582.3456763021
C11	X = 4497658.605980284, Y = 566646.9499112888	dX = -0.003969110767388415, dY = 0.003969110767388415	X = 4497658.602011173, Y = 566646.9499112888

图 10 导线平差计算结果图

3 系统应用

系统已经应用于工程测量学 B、测量学、大地与控制测量等课程实验和实习，以测绘工程专业教学实习为例讲述其应用过程。教学实习地点位于辽宁省兴城市吉林大学实践教学基地院内，实验人数 40 人，分成 6 个组，实验区共有 4 个已知控制点，分别是 B1、JD1、D11、JD4，布设 12 个图根导线点，采用附和导线形式，采用 1 测回，完成图根导线测量。其中 B1 点和 JD1 点作为已知起算点，D11 和 JD4 作为附和点，其他导线点为待测点。按照先控制测量后碎步测量原则，选用徕卡 TS02 型全站仪，完成导线测量、坐标测

量的数据采集和数据存储,利用 Web 端数据处理软件生成导线测量电子观测记录手簿和导线平差计算,得到图根点坐标;进行坐标测量时,直接从数据库读取当前任务的所有图根点坐标,在坐标列表中选择设站点和定向点,设站、定向完成后,进行平面坐标采集与存储。在进入同一个测量任务的前提下,可以多个终端同时进行坐标测量,不同设备的坐标测量结果,采用不同颜色标记在高德地图上。在坐标放样时,两个终端协同作业,有移动方向提示(图 7),提高了沟通效率。实习中省去了大量的人工计算和电子化处理过程,方便快捷;通过地图直观展示不同终端的数据量,提高了野外测量和内业数据处理效率。

4 结束语

全站仪智能化测量与处理系统利用蓝牙通信技术实现软件与全站仪连接,满足高精度多测回导线测量、坐标测量、坐标放样的野外数据采集和传输,提高野外数据采集工作效率;其次,以 MySQL 云数据库为依托,实现用户信息管理,以及导线测量、坐标测量、坐标放样的分类数据存储、智能化处理与显示,省去了大量人工计算和电子化处理过程。虽然研究成果在工程实践中取得良好的使用效果,但是还存在一些不足,如数据采集软件还未适配 GNSS 接收机和徕卡 TS30、TS60 测量机器人的自动化完成多目标多测回测角功能;Web 端数据处理系统功能还需要完善,尤其是在数据安全和智能化方面。

参考文献

- [1] 陈军,刘万增,武昊,等.智能化测绘的基本问题与发展方向[J].测绘学报,2021,50(8):995-1005.
- [2] 高建伟.测量机器人与 Android 通信控制及内外业协

- 同研究[J].地理空间信息,2023,21(10):135-137.
- [3] 张赛,黄声享,张文.基于 Android 的移动端自动放样系统设计与实现[J].测绘通报,2019(S2):181-184.
- [4] 张攀华.测量机器人基于安卓系统在高铁隧道控制测量中设计与应用[J].中国新技术新产品,2022(17):45-48.
- [5] 张广源,盖忠奎,刘哈.测量机器人的基本开发及其数据处理研究[J].测绘与空间地理信息,2022,45(6):223-225.
- [6] 焦丹丹,那宏壮,曹传德,等.机器人自动化数据采集测控方法研究[J].黑龙江科学,2021,12(2):32-33.
- [7] 王春林,姚群.Excel 在导线测量课程教学中的应用[J].赤峰学院学报(自然科学版),2020,36(10):107-110.
- [8] 杨宏斌,孟福军,岳胜如.基于 Matlab 的测量平差程序设计实现[J].黑龙江科学,2021,12(16):33-35.
- [9] 林泽荣.现代精密工程测量中多测回测角平差系统的应用研究[J].测绘与空间地理信息,2022,45(8):171-173.
- [10] 王华为,陈远瞩,黄海龙.多测站测量机器人智能管理系统设计与应用[J].水利水电快报,2024,45(1):109-115.
- [11] 徐朋,岳亭,张裕峰,等.基于安卓平台多传感器的边角测量数据采集系统[J].测绘技术装备,2023,25(1):125-130.
- [12] 侯金波.安卓平台下实现测量机器人进行自动化数据采集的测控方法研究[J].水利与建筑工程学报,2019,17(3):247-250.
- [13] 陈海敢,董新莹,金江涛,等.基于安卓/鸿蒙智能终端的全站仪测量数据采集程序设计与实现[J].城市勘测,2025(2):204-208.
- [14] 陈长军,陈源.地质灾害点位置导航与信息查询软件设计与实现[J].软件导刊,2021,20(11):113-117.
- [15] 武汉大学测绘学院测量平差学科组.误差理论与测量平差基础[M].3版.武汉:武汉大学出版社,2014.
- [16] 张正禄.工程测量学[M].2版.武汉:武汉大学出版社,2013.

编辑 葛晋