

# 电子测绘仪器的校准与调修

罗路明

邵阳市计量测试检定所 湖南邵阳 422000

**摘要:** 电子测绘仪器是测绘工作的核心设备,其测量精度直接影响测绘成果的可靠性,而校准与调修是保障仪器精度的重要环节。本文围绕电子测绘仪器的校准与调修展开深入研究,首先明确校准的核心原则与技术要点,分析不同类型电子测绘仪器的校准差异,探索校准过程中环境因素、标准器具精度对校准结果的影响机制;然后针对仪器常见故障类型,系统阐述调修的技术流程与方法,包括故障诊断的逻辑思路,核心部件的修复技巧,调修后的验证手段等;最后结合应用场景,提出校准与调修工作的优化策略,旨在为提升电子测绘仪器计量结果的可靠性。

**关键词:** 电子测绘仪器;校准技术;仪器调修;精度保障;故障诊断

在现代测绘工程中,电子测绘仪器因其自动化程度高、测量速度快、数据处理便捷等优势,已全面取代传统光学仪器,成为地形测量、工程建设、地质勘探等领域的核心工具。但电子测绘仪器在长期使用过程中,由于外界环境的干扰、机械部件的磨损、电子元件的老化等原因,其测量精度会逐渐偏离标准值,若不及时进行校准与调修,不仅会造成测绘数据的失真,而且可能出现工程质量的隐患<sup>[1]</sup>。因此,深入研究电子测绘仪器的校准与调修技术,掌握科学的操作方法与核心要点,是确保测绘成果质量的重要前提。

## 1 电子测绘仪器校准的核心技术与规范

### 1.1 校准的前期准备与环境控制

校准前期准备的核心是选取符合精度要求的标准器具,其精度等级需高于被校准仪器至少一个等级,且需经法定计量检定机构检定合格并在有效期内。例如校准全站仪角度精度时,选用的高精度角度标准仪最小分度值应不大于仪器角度最小读数的 1/10;校准 GNSS 接收机则需采用经认证的 GNSS 标准参考站数据,保障卫星信号稳定准确<sup>[2]</sup>。环境因素对校准结果影响显著,需严格控制温度、湿度、气压与振动。温度宜保持在  $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ,避免机械部件热胀冷缩引发角度、距离测量误差;湿度控制在 45% ~ 65%,防止湿度过高导致电子元件受潮短路或过低产生静电干扰;气压变化会影响电磁波传播速度,需实时记录并修正 GNSS 接收机、电子测距仪的测量结果;振动易造成光学系统偏移、机械结构松动,仪器需置于防震工作台。此外,校准前需预处理仪器:清洁外观与光学部件,检查电源状态,开机预热 30 分

钟以上,确保电子元件工作稳定,减少温度波动带来的误差。

### 1.2 典型电子测绘仪器的校准方法

不同电子测绘仪器功能特性不同,需制定针对性校准方案。

#### 1.2.1 全站仪的校准

主要技术依据为国家或行业技术标准,如 JJG100-2003《全站型电子速测仪》检定规程、GB50026-2020《工程测量规范》、CJJ/T8-2011《城市测量规范》、CH/T2009-2010《全球定位系统实时动态测量(RTK)技术规范》等,重点校准角度测量系统、距离测量系统与轴系误差。角度校准中,水平角用“多测回法”,将仪器与角度标准仪对准同一目标,测不同角度位置读数并修正误差;竖直角用高精度水准器检查竖轴铅垂度,调整补偿器。距离校准分短、长距离:短距离用标准金属尺(或经精确标定的标准长度)在室内恒温环境下修正测距常数;长距离在室外标准基线场测量,修正比例误差与固定误差<sup>3]</sup>。轴系误差中,视准轴误差用“二倍照准差法”,通过正倒镜读数计算并修正;横轴误差通过不同竖直角位置的水平角变化量调整支架高度;竖轴误差通过旋转水平度盘观察水准器气泡,调整补偿器参数。

#### 1.2.2 GNSS 接收机的校准

主要技术依据为 JJG1200-2023《全球导航卫星系统(GNSS)接收机(测地型和导航型)》国家计量检定规程,对其卫星信号接收灵敏度、定位精度与时间同步精度进行校准。灵敏度校准在屏蔽室进行,用 GNSS 信号模拟器模拟不同强度信号,测定定位成功率以保障弱信号环境稳定性;定位

精度校准在标准测试场,将接收机置于已知坐标基准点,测坐标数据并与基准值比对,超差则调整天线相位中心偏差或更新固件;时间同步精度用高精度时间频率标准仪测信号偏差,调整同步模块参数。

### 1.2.3 电子水准仪的校准

主要技术依据为国家计量检定规程:JJG425-2003《水准仪》和由国家测绘地理信息局发布的行业标准:JJG(测绘)2101-2013《数字水准仪》,主要对其视准轴与水准管轴平行度、电子读数系统精度进行校准。视准轴误差用“往返测法”,在50~100米水准点间,分别在中点与近点测高差,差值即为误差,通过调焦螺丝修正;电子读数系统用经检定的标准水准标尺,读取不同刻度电子读数并与实际值比对,超差则调整感光元件位置或更新读数算法固件。

### 1.3 校准结果的处理与验证

校准过程需详细记录数据,包括日期、环境参数(温、湿、压)、标准器具与被校准仪器信息、各项目读数及误差值,以规范表格记录确保完整可追溯。根据数据计算误差值,对比仪器说明书或计量规范的允许范围判断合格性:合格则出具校准证书,注明结果、日期与有效期;不合格需标注问题项目并提出维修建议。校准后验证可采用“比对法”,用两台同型号同精度仪器在相同条件下测同一目标,结果差异在允许范围即精度可靠;或用“重复测量法”,多次测同一目标,标准差小于允许误差1/3即稳定性良好<sup>[4]</sup>。

## 2 电子测绘仪器调修的实践方法与故障处理

电子测绘仪器长期使用易出现光学系统、电子系统、机械结构三类故障。调修需遵循“先诊断后修复、先检测后更换”原则,通过科学诊断定位故障,采用合理技术恢复仪器性能。

### 2.1 故障诊断的逻辑思路与方法

故障诊断需结合仪器工作原理与结构特性,遵循从外到内、从简单到复杂的逻辑展开。首先进行外观检查,查看仪器外壳是否破损变形、光学部件有无划伤污渍、接口是否松动损坏、电源指示灯是否正常亮起,若发现外壳破损、接口松动等问题,可先进行简单处理如更换外壳、紧固接口螺丝。接着开展功能测试,按照仪器操作流程逐一测试各功能模块以定位故障所在,比如全站仪出现角度读数不稳定时,可先测试水平角若读数波动大再测试竖直角,竖直角正常则说明故障集中在水平角测量系统;GNSS接收机无法接收卫星信号时,先检查天线连接是否正常,再测试接收机内部卫星信号处理模块,判断故障出在天线还是内部模块。对于仪器内

部故障需借助专用设备诊断,电子系统故障用万用表测量关键元件的电压与电阻值,对比标准值判断元件好坏,用示波器观察电子信号波形查找信号传输故障;光学系统故障用光强计、分辨率测试卡测量光强与分辨率,判断镜片是否老化或光学系统是否偏移。此外可启动仪器自带的自检功能,通过仪器显示的故障代码查阅维修手册,快速定位故障部位。

## 2.2 核心部件的调修技术

### 2.2.1 光学系统调修

常见故障为镜片划伤、元件偏移、成像模糊。镜片轻微划伤用专用研磨膏抛光,控制力度与方向;划伤严重则换同型号镜片,更换后调整位置确保光轴重合。光学元件偏移需用光学对中仪固定仪器,调固定螺丝使元件光轴与基准轴重合,反复测试至成像清晰无偏移。成像模糊先清洁光学部件,用专用镜头纸蘸清洁剂擦镜片;仍模糊则调镜头焦距或感光元件,感光元件老化需更换并校准成像精度。

### 2.2.2 电子系统调修

电子系统含电路板、传感器、显示屏、电源模块,故障多为短路、失效、黑屏、损坏。电路板短路需断电后用万用表找短路部位,更换烧毁元件、修复老化线路,严重损坏则换同型号板并校准参数。传感器失效先查连接,松动则重新插拔紧固;连接正常用信号发生器测输出,失效则换同型号传感器并校准灵敏度。显示屏黑屏先查电源模块电压,异常则修换电源;电源正常查驱动电路,故障则修换驱动芯片,显示屏损坏需更换并调试亮度对比度。

### 2.2.3 机械结构调修

机械结构含支架、轴系、制动装置、微动装置,故障多为松动、卡死、失效、失灵。支架松动需紧固螺丝,变形则用校正工具校准垂直度与稳定性。轴系卡死需拆部件清洁异物油污,轻微磨损涂专用润滑脂装配,严重磨损则换部件并调间隙确保转动灵活。制动装置失效需查刹车片与弹簧,磨损则更换,调整松紧度确保制动牢固、松开灵活。微动装置失灵需查螺杆螺母,磨损则更换,调传动间隙确保调整平稳精确。

## 2.3 调修后的验证与性能测试

调修完成后需严格依照仪器校准规范开展全面测试,确认故障彻底排除且性能恢复正常。精度测试需借助标准器具,针对不同电子测绘仪器核心参数检测,如核验全站仪的角度与距离测量精度、GNSS接收机的定位精度、电子水准仪的高程测量精度,测试结果需符合仪器说明书要求或相关

计量规范标准。功能测试要对仪器所有功能模块逐一操作验证,像全站仪的测量、坐标计算、数据存储与传输,GNSS接收机的卫星信号接收、定位计算与数据输出,电子水准仪的高程测量、数据读数与存储等,确保各模块运行正常无异。稳定性测试需让仪器在规定环境下长时间连续运行,比如持续测量 24 小时,实时记录数据并分析波动,波动在允许范围则稳定性良好,超出则需重新检查故障并二次调修。此外还需开展外观与安全测试,外观检查确认仪器外壳、接口、操作面板无损坏且标识清晰,安全测试通过测量绝缘电阻与接地电阻保障电气安全,避免使用中出現触电风险。

### 3 电子测绘仪器校准与调修的优化策略

为提升电子测绘仪器校准与调修工作的效率与质量,保障仪器长期稳定运行,需结合实际应用需求,从管理、技术、人员三个维度制定优化策略。

#### 3.1 完善校准与调修管理体系

建立健全电子测绘仪器台账,详细记录仪器的型号、出厂编号、购置日期、校准日期、调修记录、使用情况等信息,实现仪器全生命周期管理,确保每台仪器的校准与调修工作可追溯。制定科学的校准计划,根据仪器的使用频率、工作环境与计量规范要求,确定仪器的校准周期,例如常用的全站仪、GNSS 接收机校准周期为 1 年,使用频率较低的仪器校准周期可延长至 2 年,但最长不得超过计量规范规定的有效期;对于在恶劣环境下使用的仪器,需缩短校准周期,确保仪器精度始终符合要求。建立调修档案,详细记录仪器每次故障的发生时间、故障现象、诊断过程、修复方法、更换部件信息等,通过分析调修档案,总结仪器常见故障类型与故障规律,提前制定预防措施,减少故障发生频率。

#### 3.2 提升校准与调修技术水平

关注行业技术发展动态,及时引进先进的校准与调修设备,如高精度角度标准仪、GNSS 信号模拟器、光学检测系统等,提升校准与调修的精度与效率。例如,采用全自动校准系统可实现电子测绘仪器的自动化校准,减少人为操作误差,同时缩短校准时间,提升工作效率。推动校准与调修技术的数字化转型,建立仪器校准数据库,将每台仪器的校准数据、故障记录、调修方案等信息录入数据库,通过数据分析技术挖掘仪器精度变化规律与故障发生趋势,为校准周期调整、预防性维护提供数据支持。例如,通过分析某批全站仪的校准数据,发现仪器使用 10 个月角度测量误差增长速度加快,可将该批仪器的校准周期从 1 年缩短至 10 个月,

提前规避精度超差风险。加强与仪器生产厂家、科研机构的技术合作,参与校准与调修技术的研发项目,及时掌握新型电子测绘仪器的结构特性与维修技术。

#### 3.3 强化技术人员专业能力的培养

技术人员的专业能力直接决定校准与调修工作的质量,需建立完善的人员培训体系。定期组织技术人员参加行业培训课程,学习最新的校准规范、调修技术与仪器原理,例如参加计量机构举办的电子测绘仪器校准技术培训班,掌握全站仪、GNSS 接收机等仪器的新型校准方法。开展内部技术交流与实操训练,组织经验丰富的技术人员分享故障诊断与调修案例,通过“师带徒”模式提升新入职人员的实操能力。定期开展实操考核,模拟常见的仪器故障场景,要求技术人员在规定时间内完成故障诊断与修复,考核结果与绩效挂钩,激发技术人员提升专业能力的积极性。鼓励技术人员考取专业资格证书,如注册计量师证书、电子测绘仪器维修工程师证书等,通过资格认证规范技术人员的操作行为,确保校准与调修工作符合行业标准与技术规范。

### 4 结语

电子测绘仪器的校准与调修电子测绘仪器是保障测绘成果精度的核心环节,其技术水平直接影响测绘工程的质量与效率。本文从校准的前期准备、环境控制、典型仪器校准方法,以及调修的故障诊断、核心部件修复、调修后验证等关键技术进行深入分析,明确校准与调修工作的规范流程与实践要点,从管理体系、技术水平、人员能力三个维度提出优化策略。同时,在实际工作中,还要结合电子测绘仪器的技术发展趋势,不断地更新校准与调修技术,完善管理机制,提高技术人员的专业素养,使仪器始终处于良好的工作状态。

#### 参考文献:

- [1] 周颖熙,余庆滨.水准仪高精度校准技术研究及其在高程测量中的应用[J].电子元器件与信息技术,2024,8(10):160-163.
- [2] 孙兴旺,李昆仑,陈述.测绘仪器检定(校准)平台构建与应用[J].测绘与空间地理信息,2024,47(03):163-166.
- [3] 柏雯娟;赵仕宝;雷远丰;林元茂;刁宇.测量仪器检校与维修[M].重庆大学出版社:202308.294.
- [4] 郭晨晨,陈晗.测绘仪器计量检定自动校准系统设计[J].自动化技术与应用,2022,41(04):122-126.
- [5] 孙川.分析测绘仪器的管理与维护[J].百科论坛电子杂志,2020(20).