

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；最后结合实际应用场景，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^[1]。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^[2]。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℃ ± 2℃，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^[3]。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^[4]。

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常报错。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，避免使用中出现触电风险。

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 个月后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).