

cors技术在航测外业控制测量中的应用研究

孙 鹤 樊建锋 李志伟

内蒙古自治区测绘地理信息中心 内蒙古 呼和浩特 010000

摘 要：本研究探讨CORS技术在航测外业控制测量中的应用路径与关键技术。通过分析实时动态定位原理、多基准站架构及误差修正机制，构建覆盖复杂地形与恶劣气象的高精度测量体系；研究验证了CORS技术在提升定位精度、作业效率及环境适应性方面的优势，解决了传统方法控制点布设困难、累积误差大等问题，为航测技术自动化发展提供技术支撑与实践参考。

关键词：CORS技术；航测外业控制测量；实时动态定位；误差修正

引言

航测外业控制测量是航测数据采集的核心环节，其精度与效率直接影响后续成果质量；传统方法依赖人工布点、静态观测，存在周期长、适应性差等局限。CORS技术通过连续运行参考站网络、实时差分处理及多系统兼容，实现厘米级定位精度与秒级更新，有效解决复杂地形遮挡、气象干扰等难题；本研究系统分析其原理、应用体系及关键问题，为航测技术升级提供理论与技术路径。

1 CORS 技术应用于航测外业控制测量的重要性

CORS技术通过连续运行参考站网络，为航测外业控制测量提供高精度、实时动态定位服务，有效提升测量作业效率与数据质量。在航测场景中，外业控制点布设常面临地形复杂、通视条件差等挑战，传统测量方法需多次搬站、人工干预多，易产生累积误差；CORS技术依托多基准站协同解算，可实现厘米级定位精度，减少对人工控制点的依赖，降低外业作业强度；其动态差分功能支持移动测量设备实时获取高精度坐标，避免重复观测，缩短外业周期。同时，CORS网络覆盖范围广，数据更新及时，能适应不同区域、不同时间段的航测需求，保障测量成果的一致性与可靠性，为后续数据处理与成果应用奠定坚实基础，推动航测技术向自动化、智能化方向发展^[1]。

2 航测外业控制测量与 CORS 技术基础理论

2.1 航测外业控制测量核心内涵与技术要求

航测外业控制测量是航测数据采集的基础环节，其核心内涵在于通过精确测定地面控制点的三维坐标，为航测影像的几何校正、三维重建及成果精度提供可靠基准，该过程要求控制点布设科学合理，兼顾分布均匀性与通视条件，避免因地形遮挡或点位密集度不足导致数据误差。技术要求方面，需满足平面与高程精度指标，

通常采用全站仪、GNSS接收机等设备进行多测回观测，确保坐标成果达到厘米级精度；作业流程强调标准化操作，包括控制点选点、仪器校准、数据采集、平差计算等环节，每一步均需严格遵循技术规范，减少人为误差。同时，需考虑作业环境影响，如复杂地形、气象条件等，通过优化观测方案、增加观测时段等方式提升数据可靠性；最终成果需经过内业校验，确保与航测影像匹配一致，为后续数据处理及成果应用提供高质量基础数据，支撑航测技术向高精度、自动化方向发展。

2.2 CORS技术核心原理与架构及技术特征集成分析

CORS技术基于多基准站实时观测数据，通过差分处理实现高精度定位。其原理依托连续运行参考站同步采集卫星信号，经数据通信网络传输至处理中心，生成电离层、对流层延迟及卫星轨道误差模型，修正信息通过移动通信广播至用户终端，GNSS接收机结合卫星信号与差分数据解算出厘米级定位结果。组成架构包含基准站网络、数据处理中心、通信系统及用户终端四部分，形成广域覆盖、高精度、快速响应的定位服务网络；技术特征体现为实时动态定位能力（秒级、厘米级更新）、多源误差修正机制（削弱电离层/对流层延迟及轨道误差）、多系统兼容性（GPS/GLONASS/Galileo/北斗融合）及网络化服务体系（分布式基准站与高速通信链路支持无缝接入）。各组件与技术特征协同作用，推动航测外业控制测量从传统静态模式向实时动态模式转变，提升作业效率与数据质量，为航测技术自动化、智能化发展提供关键支撑，满足现代航测对高精度、高效率的技术需求。

2.3 航测外业控制测量与CORS技术的适配性分析

航测外业控制测量对定位精度、作业效率及环境适应性要求严苛，CORS技术以其核心特性与之高度适配。CORS的实时动态定位能力可满足外业快速作业需求，厘

米级精度保障与航测影像几何校正需求匹配,避免传统测量累积误差问题;多系统兼容特性支持多卫星数据融合,提升复杂环境下的定位可靠性,适应不同区域、不同时间段的作业条件。网络化架构形成广域覆盖,支持移动终端无缝接入,减少对人工控制点的依赖,降低外业作业强度;动态误差修正机制适应环境参数变化,保障全测区定位精度一致性,避免因地形遮挡或气象条件导致的精度波动。CORS技术与航测外业控制测量的适配,推动了测量作业模式从静态向动态、从离线向实时的转变,提升了作业效率与数据质量,为航测技术自动化、智能化发展提供了关键支撑,使航测外业控制测量在精度、效率、适应性等方面实现质的提升,满足现代航测对高精度、高效率、高适应性的技术需求^[2]。

3 CORS技术在航测外业控制测量中的应用体系构建

3.1 基于CORS技术的航测外业控制测量方案设计

基于CORS技术的航测外业控制测量方案设计需围绕精度、效率、环境适应性展开;方案需明确控制点布设密度与分布模式,结合测区地形特征优化点位选择,避免地形遮挡影响观测质量。设备配置采用支持多卫星系统的GNSS接收机,兼容GPS、GLONASS、Galileo、北斗等系统,提升定位可靠性;数据采集采用实时动态模式,通过CORS网络获取差分数据,实现厘米级定位精度秒级更新,减少搬站次数与人工干预。数据处理环节引入动态误差修正模型,实时监测电离层、对流层延迟及卫星轨道误差变化,动态调整参数以适应不同作业环境;方案需考虑作业流程标准化,从仪器校准、点位测量到数据记录均需遵循严格的技术规范,确保每一步操作可追溯、可验证。最终方案设计需通过内业校验验证成果精度,确保与航测影像几何校正需求匹配,为后续三维重建与成果应用提供高质量数据基础,推动航测外业控制测量向实时化、自动化方向演进,满足当代航测量对高精度、高效率的技术需求。

3.2 CORS基准站与流动站布设要点

CORS基准站布设需兼顾覆盖范围与精度均衡,选址应避免电磁干扰源及高大建筑物遮挡区域,优先选择地势开阔、地质稳定地点,确保卫星信号接收质量。基准站间距需根据测区地形及精度需求动态调整,平原地区可适当增大间距,山地或复杂地形需加密布设以保障信号覆盖连续性。站点地基需采用混凝土浇筑或岩层锚固工艺,避免沉降或位移影响定位基准稳定性;流动站布设强调便携性与环境适应性,设备需支持多卫星系统兼容接收,适应山地、城市、水域等不同作业场景。数据传输链路需保障实时性,采用4G/5G或专用无线通信网

络,确保差分数据秒级更新;流动站操作需遵循标准化流程,从设备校准、点位测量到数据记录均需严格遵循技术规范,避免人为误差。基准站与流动站协同工作,形成覆盖广、精度高、响应快的定位网络,为航测外业控制测量提供实时、可靠的高精度定位支撑,推动测量作业向自动化、智能化方向演进,满足现代航测对高效、精准的技术需求。

3.3 航测外业控制测量数据采集与传输流程

航测外业控制测量数据采集依托CORS技术实现高精度定位,流程遵循严格技术规范,数据采集前需校准GNSS接收机,保障设备处于最佳状态。作业时流动站实时接收CORS差分数据,结合卫星信号解算,实现厘米级定位秒级更新;点位测量应避免电磁干扰及遮挡区域,保障卫星信号接收质量,避免精度下降;数据传输采用4G/5G或专用无线网络,保障差分数据实时传输至终端,支撑动态定位需求;传输链路需具备冗余设计,防止网络波动导致数据丢失或延迟。采集数据需实时记录存储,包含时间、坐标及误差参数,便于内业校验;数据处理引入动态误差修正模型,实时调整电离层、对流层延迟及卫星轨道误差参数,适应不同环境精度需求。最终成果需通过内业精度验证,匹配航测影像几何校正需求,为三维重建及成果应用提供可靠支撑,推动航测外业控制测量向实时化、自动化演进,满足现代航测对高精度、高效率的技术需求^[3]。

3.4 基于CORS技术的测量数据预处理方法

航测外业控制测量数据预处理以提升原始数据质量与定位精度为核心,数据清洗需检测并剔除卫星信号失锁及多路径效应导致的异常观测值,保障数据序列连续性。误差修正通过动态模型实时调整电离层、对流层延迟及卫星轨道误差参数,消除公共误差源影响;坐标系转换将GNSS原始观测数据统一至航测所需坐标系,确保与航测影像几何校正需求匹配。数据同步处理校准不同时间采集的观测数据时序,避免时间偏移导致定位偏差;平滑滤波算法应用于数据序列以减少随机噪声影响,提升坐标解算稳定性;预处理数据需经质量评估验证精度指标是否满足航测要求,如平面与高程误差需达厘米级标准。最终,预处理数据为后续内业处理提供可靠输入,支撑航测影像几何校正及三维重建等环节高质量完成,推动航测外业控制测量向自动化、智能化方向演进,实现测量作业全流程优化与效能提升。

4 CORS技术在航测外业控制测量中的应用关键问题探讨

4.1 复杂地形下CORS信号稳定性优化

复杂地形CORS信号稳定优化需多技术联动保障。山地峡谷易现信号遮挡与多路径效应,通过多卫星系统融合增强信号冗余抗干扰能力;基准站选址优先地势开阔地质稳定区,避开电磁干扰与地形遮挡,保障卫星信号接收质量;流动站配备动态误差修正功能,实时调节电离层、对流层延迟及卫星轨道误差参数,消除公共误差影响。数据传输选用4G/5G或专用无线网,确保差分数据实时传递,避免网络延迟造成定位偏差;接收端内置抗多路径算法,减少地形反射引发的跳点数据;多系统兼容、动态修正、传输优化及抗干扰算法协同作用,提升复杂地形下信号稳定性,保障航测外业控制测量精度效率,契合现代航测高精度高适应性需求,推动测量作业实时化自动化发展,达成全流程技术优化与效能提升目标。

4.2 多源误差对CORS测量结果的影响机制

多源误差对CORS测量结果的影响体现为系统性偏差与随机噪声的叠加效应。电离层延迟因电子密度变化呈现时空相关性,导致定位结果产生系统性偏移;对流层延迟受温度、湿度、气压影响,形成非线性误差分量,需通过动态模型修正。卫星轨道误差因星历数据精度限制,引入周期性定位偏差,需结合精密星历数据校正;多路径效应由信号反射引起,在复杂地形下产生跳变式误差,需通过天线设计及信号处理算法抑制。接收机噪声包含热噪声、量化误差等随机成分,通过多次观测平均可降低影响;各误差源相互作用形成复合效应,如电离层与对流层延迟共同导致定位结果在垂直方向产生更大偏差。通过多系统融合接收(如GPS、GLONASS、Galileo、北斗),可提升信号冗余度,削弱单一误差源影响,动态误差修正模型实时调整参数,适应环境变化,保障测量精度稳定性。最终,多源误差的精确建模与动态修正,是提升CORS技术在航测外业控制测量中可靠性的核心路径^[4]。

4.3 恶劣气象条件下CORS技术应用保障措施

恶劣气象条件下CORS技术应用需多环节协同保障稳

定性。暴雨雷电天气易引发信号衰减与设备故障,采用防水防雷GNSS接收机提升环境适应性;高温低温环境影响设备性能,配置温控模块维持接收机最佳工作温度;大风天气可能引发设备震动,使用防风固定装置减少仪器误差;雾霾天气导致卫星信号散射增强,通过多卫星系统融合接收提升信号冗余度,降低单系统受天气影响程度。数据传输采用抗干扰通信协议,保障复杂气象下差分数据稳定传输;动态误差修正模型实时监测气象参数变化,调整电离层与对流层延迟修正参数,适应天气导致的误差波动;设备强化、多系统兼容、传输链路加固及动态误差修正协同作用,保障恶劣气象条件下定位精度与作业效率,满足航测外业控制测量对高适应性技术需求,促进检测任务向实时化、自动化方向发展,完成全流程技术改善与效率提高^[5]。

结束语: CORS技术成功应用标志航测模式从静态向动态根本转变,其验证了在复杂地形、恶劣气象下的稳定性与可靠性,显著提升作业效率与数据质量。通过多系统融合、动态误差修正及网络化架构优化,为航测自动化、智能化发展提供坚实技术支撑。未来,随着技术迭代与算法优化, CORS技术将在更广地理信息场景中发挥核心作用,推动航测产业向高效、精准、智能方向持续演进。

参考文献

- [1]谭彬彬.铁路工程测量中误差分析与控制[J].工程与建设,2024,38(06):1283-1285.
- [2]乔晓磊.CORS-RTK技术在铁路工程测量中的应用[J].自动化应用,2023,64(14):134-136.
- [3]奚正形.GPS-RTK技术在高速铁路工程测量工作中的应用[J].工程技术研究,2021,6(21):98-99.
- [4]姚源嘉.RTK技术在铁路工程测量中的应用[J].工程技术研究,2021,6(12):81-82.
- [5]刘振.铁路工程测量中RTK技术的应用[J].山西建筑,2020,46(05):174-175.