

探究无线通信技术在测绘工程中的应用情况

杨 杰

甘肃省通信产业工程建设有限公司 甘肃 兰州 730030

摘要: 无线通信技术作为测绘工程数据流转的核心纽带,贯穿数据采集、处理、协同及成果交付全流程。本文围绕卫星通信、蜂窝网络、短距通信等技术在测绘场景的适配逻辑展开分析,针对复杂环境信号稳定性不足、大数据传输效率低下、设备协同适配性差等现存问题,提出智能天线增强、5G切片传输、标准化设备中间件开发等优化路径,并探讨技术融合在智慧城市、灾害应急等领域的创新应用方向,为测绘工程智能化转型提供技术支持。

关键词: 无线通信技术; 测绘工程; 数据传输; 技术适配; 智能化转型

引言: 测绘工程作为空间信息获取与处理的基础性行业,贯穿工程建设、地理信息系统更新等关键领域。无线通信技术作为连接测绘全流程的核心纽带,承担着数据实时回传、多终端协同、指令即时传递等关键任务。然而,复杂环境下的信号衰减、大数据传输的带宽瓶颈、异构设备的协同障碍等问题,制约着测绘工程向智能化、实时化方向演进。如何优化无线通信技术与测绘场景的适配性,成为推动行业高质量发展的核心课题。

1 无线通信技术与测绘工程应用基础

1.1 测绘工程的核心工作内容

测绘工程以地理空间信息获取与表达为核心,数据采集环节通过全站仪、GNSS接收机等设备实现地形要素的空间定位与属性记录,激光雷达扫描技术可快速获取高精度三维点云数据。数据处理阶段涵盖坐标转换、误差修正、多源数据融合等操作,需借助专业软件完成不同格式数据的标准化整合,例如将大地坐标转换为工程所需的平面坐标系^[1]。测绘作业流程遵循标准化规范,外业采集的原始观测值需经过平差计算消除系统误差,内业处理通过数据质检确保成果精度,最终形成的数字高程模型、正射影像图等产品经审核后用于工程建设或地理信息系统更新。通信技术为测绘工程提供数据传输支撑,外业设备与基准站间需保持稳定连接以支持动态监测,内业系统多终端协同依赖可靠网络保障,不同作业场景对通信带宽、延迟及可靠性的差异化需求推动技术持续升级。

1.2 适用于测绘工程的无线通信技术类型

卫星通信技术凭借全球覆盖优势成为跨区域测绘的首选,低轨卫星系统通过多星组网实现低延迟传输,中轨卫星在常规测绘中平衡覆盖范围与效率,地球静止轨道卫星则为固定区域提供持续信号支持。蜂窝移动通信技术经历多代演进,4G网络支持高清影像实时回传,5G

网络借助毫米波频段与大规模MIMO技术将传输速率提升至Gbps级,满足无人机测绘、移动测量车等场景需求。短距离无线通信技术呈现多元化发展,Wi-Fi6通过OFDMA技术实现多设备并发传输,蓝牙5.0在2.4GHz频段提供稳定连接,ZigBee凭借低功耗特性适用于长期布设的监测节点。微波通信技术在长距离数据传输中具有独特价值,点对点微波链路在视距条件下可实现数十公里稳定传输,毫米波频段虽受大气衰减影响,但在短距高带宽场景中表现突出。

1.3 无线通信技术与测绘工程的适配逻辑

无线通信技术在测绘领域的应用需满足多重约束条件。频段选择需权衡信号穿透力与抗干扰能力,2.4GHz频段传播损耗低但易受设备干扰,5GHz频段带宽充足但绕射能力较弱,测绘设备常采用双频协同模式以兼顾覆盖范围与传输质量。数据传输协议需与测绘设备接口标准兼容,NMEA协议在GNSS设备中广泛使用,RTCM协议为差分定位提供数据纠错机制。数据传输衔接需解决格式转换与时序控制问题,原始观测值需转换为标准交换格式后方可传输,动态监测场景通过时间戳实现多源数据对齐。可靠性保障机制包含前向纠错编码、自动重传请求及多路径冗余传输,复杂电磁环境中通过频谱感知技术动态规避干扰频段,确保测绘数据传输的稳定性与准确性。

2 无线通信技术在测绘工程各环节的应用

2.1 测绘数据采集环节的应用

现场测绘数据的实时传输依赖无线通信技术构建的数据链路。全站仪、GNSS接收机等设备通过嵌入式通信模块,将观测值以特定编码格式封装后经无线信道发送至基准站或移动终端^[2]。传输过程中采用前向纠错编码与自适应调制技术,在信号衰减场景下动态调整传输参数以保障数据完整性。采集设备的无线联动控制通过分

布式控制协议实现, 主控设备发布操作指令后, 从属设备依据预设逻辑执行协同测量任务, 例如在三维激光扫描作业中, 扫描仪与姿态传感器通过无线链路同步启动, 确保点云数据与设备位姿信息的精确匹配。多采集点数据的传输采用频分复用或时分复用机制, 不同设备占用独立信道或时隙进行数据发送, 接收端通过信道解码与时间戳排序完成数据重组, 该机制在大型工程测绘中可支持数十台设备并行作业。

2.2 测绘数据处理环节的应用

分散式测绘数据的无线汇总依托广域覆盖的通信网络实现。外业采集的原始数据经初步校验后, 通过4G/5G网络或专用无线链路传输至内业处理中心, 传输协议采用支持断点续传的FTP或HTTP协议, 避免网络波动导致的数据丢失。数据处理过程中的无线交互发生在多终端协同场景, 工程师通过平板电脑或笔记本电脑访问云端处理平台, 实时调取中间计算结果并进行参数修正, 修改后的指令通过WebSocket协议即时推送至处理服务器, 触发计算流程的动态调整。处理结果的无线反馈与同步采用增量更新机制, 仅传输发生变更的数据块而非全量文件, 结合版本控制技术确保多用户并发操作时的数据一致性。

2.3 测绘作业现场协同环节的应用

现场作业人员的无线沟通通过数字对讲系统或专用通信终端实现。设备集成语音编解码芯片与降噪算法, 在嘈杂环境中仍可保持清晰通话质量, 部分高端设备支持全双工通信与群组呼叫功能, 满足多工种交叉作业时的即时沟通需求。作业指令的无线传递采用分级推送策略, 指挥中心发布的宏观指令通过卫星通信或蜂窝网络广播至所有作业单元, 局部调整指令则通过短距离无线通信定向发送至特定设备组, 指令解析模块根据预设规则自动触发设备动作。多作业区域的协同联动依赖无线自组网技术, 相邻作业单元的设备自动发现并建立Mesh网络, 通过分布式路由由算法实现指令与数据的跨区域传递, 该机制在山区或城市峡谷等信号遮挡场景中表现突出。

2.4 测绘成果交付环节的应用

测绘成果的无线传输交付通过加密通信通道完成。成果文件经AES-256算法加密后分割为多个数据包, 通过多路径传输策略, 依托不同运营商网络同步发送, 接收端完成数据包校验与重组后解密呈现, 该方式既保障传输效率又增强数据安全性。成果修改意见的无线反馈采用交互式标注系统, 审核人员在电子成果图上直接添加批注信息, 批注内容与对应坐标位置绑定后经无线链路回传至处理终端, 修改者通过颜色标记与历史版本对比

功能快速定位修改点, 形成"提交-审核-修改"的闭环管理流程。

3 无线通信技术在测绘工程应用中的现存问题

3.1 技术应用适配性问题

复杂环境下无线信号稳定性不足成为制约测绘作业的关键因素。在山区、城市峡谷或地下空间等场景, 电磁波传播受地形遮挡与多径效应影响显著, 导致信号衰减与波动超出设备容忍阈值。例如, GNSS信号在高层建筑密集区易产生非视距传播误差, 而UWB技术在金属结构环境中因反射信号叠加导致测距精度下降^[3]。不同测绘场景的技术适配欠缺体现在设备选型与作业模式的僵化, 静态测量场景采用的高精度通信协议在动态监测中因延迟过高无法满足实时性要求, 反之低延迟技术应用于大范围地形测绘时又面临功耗与覆盖范围的矛盾。此外, 极端气候条件对通信设备可靠性提出挑战, 低温导致电池性能衰减、高温引发电子元件热漂移、沙尘侵入造成接口接触不良等问题频发, 现有防护设计尚未形成系统性解决方案。

3.2 数据传输相关问题

测绘大数据无线传输效率不足源于通信带宽与数据量的结构性矛盾。激光点云、高分辨率影像等数据类型单次采集量可达GB级, 而4G网络平均上传速率仅能满足每小时数GB的传输需求, 5G网络虽将理论峰值速率提升至10Gbps, 但实际部署中受基站密度与频谱资源限制, 持续传输能力仍存在缺口。数据传输过程中的安全性隐患涉及多层级风险, 物理层面面临信号截获与干扰威胁, 链路层存在数据篡改与重放攻击可能, 应用层则需防范未授权访问与数据泄露。

3.3 应用保障环节的短板

无线通信设备的适配性不足体现在硬件接口与软件协议的标准化程度低。不同厂商设备在通信频段、数据格式与控制指令上存在差异, 导致多品牌设备协同作业时需额外开发适配层, 增加系统集成复杂度。设备功耗优化机制不完善制约野外作业时长, 高精度通信模块持续工作状态下电池续航普遍不足8小时, 难以满足全天候监测需求^[4]。相关技术应用人员能力欠缺表现为复合型知识结构缺失, 测绘工程师对通信协议、网络拓扑与安全策略的理解停留在应用层面, 通信技术人员则缺乏空间数据处理与误差分析经验, 导致技术实施过程中故障定位效率低下, 系统优化缺乏针对性。

4 无线通信技术在测绘工程中应用的完善路径

4.1 优化技术应用适配性

提升复杂环境下无线信号稳定性需从信号增强与抗

干扰两方面协同突破。物理层可采用智能天线技术,通过波束赋形定向增强目标方向信号强度,结合自适应滤波算法抑制多径干扰。网络层引入认知无线电技术,使设备具备动态频谱感知能力,在主用户未占用频段时自动切换工作频率,规避工业干扰源集中频段。针对不同测绘场景优化技术适配需建立场景化解决方案库,静态精密测量场景优先选用低延迟、高精度的UWB或5G毫米波通信,动态监测场景则采用抗多径能力强的GNSS/INS组合导航与LoRa低功耗广域网协同方案。地下空间测绘可部署漏泄电缆或分布式天线系统,通过有线-无线混合组网解决信号覆盖盲区问题。

4.2 提升数据传输质量与安全性

优化测绘大数据无线传输模式需突破带宽限制与传输效率矛盾。采用数据压缩与分级传输策略,对原始点云数据进行八叉树编码压缩,保留关键特征点后优先传输,非关键数据延后补传。5G网络切片技术可为测绘业务分配专用虚拟通道,通过QoS保障机制确保高优先级数据实时传输。完善数据传输安全防护措施需构建多层次防御体系,物理层采用扩频通信与跳频技术增加信号截获难度,链路层部署IPSecVPN实现端到端加密,应用层引入区块链技术对数据访问行为进行不可篡改记录。零信任安全架构可打破传统边界防护模式,对所有访问请求进行持续身份验证与权限校验。

4.3 强化应用保障能力

优化无线通信设备选型与适配需建立标准化评价体系,从传输速率、覆盖范围、功耗水平、接口兼容性等维度量化评估设备性能。开发设备中间件实现异构系统协议转换,解决多品牌设备协同作业时的数据互通问题。加强技术应用人员能力培养应构建"理论+实践"双轨培训机制,高校增设空间信息通信交叉学科课程,企业定期组织通信协议解析、网络故障诊断等专项实训。建立复合型人才认证体系,将通信技术掌握程度纳入测绘工程师职业资格考核标准。

4.4 推动技术融合应用

促进无线通信技术与测绘技术深度融合需突破传统技术边界,研发集成5G通信模块的智能全站仪,实现观测数据实时回传与远程控制,将边缘计算节点部署于测绘终端,在本地完成数据预处理后再上传云端,降低核心网传输压力^[5]。拓展无线通信技术在测绘中的应用场景可聚焦新兴领域,在智慧城市建设中通过NB-IoT技术实现地下管网形变监测,在自动驾驶领域利用V2X通信构建高精地图动态更新系统,在灾害应急中采用无人机集群组网完成灾区三维快速建模,推动测绘服务向实时化、智能化方向演进。

结束语

无线通信技术与测绘工程的深度融合,有效解决了传统作业模式中数据流转滞后、协同效率低下等痛点,通过智能天线增强、5G切片传输等技术突破,显著提升了复杂环境下的信号稳定性与大数据传输效率。标准化设备中间件与复合型人才培养机制的建立,进一步破解了异构设备协同与跨领域人才短缺的难题。随着技术融合的持续深化,无线通信将持续赋能测绘工程,推动行业向实时化、智能化方向升级,为空间信息产业高质量发展注入新动能。

参考文献

- [1]何锦.通信技术在测绘工程中的应用[J].通信电源技术,2022,39(12):160-161,167.
- [2]曹毅.无线通信监控技术在人防工程中的应用与探析[J].电子乐园,2023,(1):1-3.
- [3]陈德成.无线通信技术在电力通信中的应用研究[J].电力系统自动化,2023,42(12):1-5.
- [4]刘星月.无线通信技术在电力调度通信中的应用分析[J].电力科学与工程,2024,35(2):1-6.
- [5]胡日鹏.无线通信技术在电力通信系统中的应用与挑战[J].电力系统保护与控制,2024,48(4):1-5.