

河西走廊高标准农田建设中智慧农业技术管理实践

王志成¹, 朱艳萍², 张文超³

1. 甘肃农垦资产经营有限公司, 甘肃 金昌 737202

2. 甘肃农垦金昌农场有限公司, 甘肃 金昌 737100

3. 甘肃农垦小宛农场有限责任公司, 甘肃 金昌 737600

DOI: 10.61369/MAT.2026010012

摘 要 : 在国家粮食安全战略与西北干旱区农业现代化发展需求下, 河西走廊平原凭借光热资源优势, 成为高标准农田建设的重点区域。该区域智慧农业配套工程、无人农场建设需以精准定位技术为核心支撑, 破解干旱缺水、地块分散、风沙干扰等难题。本文以河西走廊高标准农田项目为研究对象, 系统分析智慧农业(智能灌溉、物联网监测)、无人农场(无人农机作业、智能仓储)与精准定位技术(北斗高精度定位、GNSS基站、地理信息系统GIS)的融合路径, 针对精准定位在风沙环境失准、地块边界模糊、多系统协同误差等技术管理难点, 提出“精准定位专项适配+全周期技术管控+区域特色运维”的解决方案。通过甘肃省武威、酒泉、敦煌三个地区项目实例验证, 该技术管理模式可使无人农机作业精度提升至 $\pm 2\text{cm}$, 灌溉水资源利用率提高10%, 为河西走廊及同类干旱半干旱地区高标准农田智慧化、无人化建设提供工程管理范式。

关 键 词 : 河西走廊; 高标准农田; 智慧农业; 无人农场; 精准定位; 北斗导航; 技术管理

The practice of Smart Agricultural Technology Management in the Construction of High-standard Farmland in the Hexi Corridor

Wang Zhicheng¹, Zhu Yanping², Zhang Wenchao³

1. Gansu Agricultural Reclamation Asset Management Co., LTD., Jinchang, Gansu 737202

2. Gansu Agricultural Reclamation Jinchang Farm Co., LTD., Jinchang, Gansu 737100

3. Gansu Agricultural Reclamation Xiaowan Farm Co., LTD., Jinchang, Gansu 737600

Abstract : Under the national food security strategy and the demand for agricultural modernization in the arid northwest region, the Hexi Corridor Plain, leveraging its advantages in light and heat resources, has become a key area for the construction of high-standard farmland. The supporting projects for smart agriculture and the construction of unmanned farms in this area need to be supported by precise positioning technology as the core to solve problems such as drought and water shortage, scattered plots, and wind and sand interference. This paper takes the high-standard farmland project in the Hexi Corridor as the research object, systematically analyzing the integration path of smart agriculture (intelligent irrigation, Internet of Things monitoring), unmanned farms (unmanned agricultural machinery operation, intelligent warehousing), and precise positioning technologies (Beidou high-precision positioning, GNSS base stations, geographic information system GIS). In response to the technical management difficulties such as inaccurate precise positioning in sandy and windy environments, blurred plot boundaries, and errors in multi-system coordination, a solution of "precise positioning special adaptation + full-cycle technical control + regional characteristic operation and maintenance" is proposed. Through the verification of project examples in Wuwei, Jiuquan and Dunhuang regions of Gansu Province, this technical management model can increase the operation accuracy of unmanned agricultural machinery to $\pm 2\text{cm}$ and raise the utilization rate of irrigation water resources by 10%, providing an engineering management model for the intelligent and unmanned construction of high-standard farmland in the Hexi Corridor and similar arid and semi-arid areas.

Keywords : Hexi corridor; high-standard farmland; smart agriculture; unmanned farm; precise positioning; beidou navigation; technical management

作者简介: 王志成(1991.03-), 男, 甘肃通渭人, 汉族, 本科学历, 工学学士, 职称: 工程师, 研究方向: 高标准农田; 智慧农业; 农业技术推广。

引言

《全国高标准农田建设规划（2021-2030年）》明确将西北干旱半干旱区农田节水增效作为重点任务，河西走廊作为甘肃重要的商品粮基地，其高标准农田建设需兼顾“节水、高效、无人化”三重目标。该区域具有干旱少雨（年降水量 < 200mm）、风沙频发（年风沙日数 > 30天）、地块分散（多沿绿洲分布，单块面积 2-8亩）的特点，传统智慧农业技术难以适配，而精准定位技术（北斗高精度定位、GIS地理建模）是解决上述问题的核心：通过精准定位实现无人农机小地块适配作业、智能灌溉按需精准投放、地块边界精准划分。

当前河西走廊高标准农田建设中，智慧农业配套工程、无人农场与精准定位技术融合存在明显短板：精准定位设备未考虑风沙环境适应性、多系统定位数据不互通、施工精度未匹配区域地形需求，导致无人系统效率低、水资源浪费严重^[1]。因此，研究精准定位技术支撑下的工程技术管理体系，对推动河西走廊农田从“传统灌溉”向“精准无人化管控”升级具有关键意义^[2]。

一、河西走廊高标准农田智慧农业与无人农场的技术体系与管理难点

（一）以精准定位为纽带的核心技术体系构成

结合河西走廊区域特点，构建“精准定位+智慧农业+无人农场”融合技术体系，核心包含四大系统：

1. 北斗高精度定位与GIS地块建模系统：部署北斗三号双模（BDS+GPS）基准站（覆盖半径15km，适配河西走廊绿洲分散地块），通过GIS技术建立农田三维模型，精准划分地块边界（误差 < 5cm）、标注灌溉管道走向、农机作业路径，为后续系统提供空间定位基准；同时配备防风沙型定位终端（外壳IP68防护，抗风沙磨损），解决风沙环境下定位失准问题^[3]。

2. 精准定位驱动的智能灌溉系统：基于北斗定位的土壤墒情传感器（每5亩1个，定位精度 ± 1m），实时采集不同地块墒情数据；结合GIS地块模型，通过精准定位控制灌溉阀门（阀门定位误差 < 30cm），实现“地块级”按需灌溉（如绿洲边缘地块蒸发量大，增加灌溉频次），适配河西走廊水资源短缺现状。

3. 多农机精准协同作业系统：无人农机（拖拉机、收割机）搭载北斗高精度导航模块（定位精度 ± 2cm），通过GIS作业地图规划路径（规避绿洲边缘盐碱地块）；多农机协同调度平台基于定位数据，避免作业重叠（重叠率 < 1%），适配河西走廊小地块分散作业场景。

4. 精准定位赋能的智能仓储与溯源系统：粮食收割后，无人运输车通过北斗定位导航至智能仓储点（定位误差 < 50cm），实现自动称重、仓储；同时基于定位数据建立粮食溯源档案（记录收割地块位置、生长周期），提升农产品附加值^[4]。

（二）聚焦精准定位相关工程技术管理核心难点

1. 精准定位设备区域适配性差：部分项目采用普通北斗定位终端（无防风沙设计），在河西走廊风沙天气下，终端天线磨损、传感器探头被沙尘覆盖，导致定位精度从 ± 2cm 降至 ± 10cm，无法满足无人农机作业需求；且基准站选址未避开风沙口，信号受遮挡，定位信号中断频次 > 5次/天。

2. 多系统定位数据互通性不足：智能灌溉系统采用北斗定位（WGS84坐标系），无人农机系统采用地方坐标系（西安80坐标系），坐标不统一导致灌溉阀门定位与农机作业路径冲突（如农

机碾压灌溉管道）；同时定位数据未同步至GIS平台，无法实现“地块-灌溉-农机”协同管控。

3. 施工精度未匹配精准定位要求：河西走廊部分农田存在绿洲与盐碱地交错分布，若GIS地块建模时未精准标注盐碱地边界（误差 > 10cm），将导致无人农机误入盐碱地；且北斗基准站安装时，对中误差 > 5mm、高程误差 > 3mm，直接影响区域定位精度。

4. 精准定位系统运维能力薄弱：河西走廊县域缺乏北斗定位设备专业运维人员，基准站信号异常、定位终端故障时，响应时间 > 72小时；农户对精准定位系统操作不熟悉，无法手动校准定位参数（如农机导航偏差），影响无人系统运行稳定性。

二、河西走廊高标准农田智慧农业与无人农场建设的技术管理优化策略

针对河西走廊区域特色与精准定位技术需求，从“前期技术方案、中期施工管理、后期运维保障、精准定位专项管控”四个维度构建优化体系。

（一）前期技术方案：基于“区域适配+精准定位”的动态优化

1. 开展精准定位专项调研与设备选型：方案设计前，组织技术人员、北斗厂商实地调研项目区-核查风沙分布（确定风沙口位置，避开基准站选址）、地块尺寸（划分50-100亩标准作业地块）、水资源分布（标注绿洲核心区与边缘区）；

选型防风沙型精准定位设备：北斗基准站采用防风沙天线罩（抗10级风沙）、定位终端外壳IP68防护、传感器探头加装防尘网，确保适配河西走廊环境。

2. 推行“坐标统一+数据互通”评审机制：邀请地理信息专家、北斗厂商对方案评审-统一所有系统坐标系（采用2000国家大地坐标系），确保智能灌溉、无人农机、GIS平台定位数据互通；

要求所有设备支持北斗三号双模定位（BDS+GPS），避免单一卫星系统信号中断；同时测试风沙环境下定位精度（要求风沙天定位误差 < ± 3cm），不达标方案需优化。

（二）中期施工管理：构建“精准定位导向+区域地形适配”质控体系

1. 建立“精准定位+土建+设备”协同施工机制：成立由建

设单位牵头，GIS建模团队、北斗设备安装队、土建施工队组成的协同小组，制定分阶段施工计划：

第一阶段：GIS建模团队基于北斗定位完成地块三维建模（精准标注盐碱地、灌溉管道位置），输出施工定位图纸；

第二阶段：土建施工队根据定位图纸，平整农田（平整度误差 $< 3\text{cm}$ ）、划分地块边界（边界线定位误差 $< 5\text{cm}$ ）；

第三阶段：北斗设备安装队安装基准站（选址在地势高、无风沙遮挡处）、定位终端，确保基准站对中误差 $< 2\text{mm}$ 、高程误差 $< 1\text{mm}$ 。

2. 实施精准定位专项质量控制：

设备进场验收：对北斗基准站、定位终端进行风沙环境模拟测试（风速 15m/s ，沙尘浓度 50g/m^3 ），测试后定位精度仍达 $\pm 2\text{cm}$ 方可入场；

施工过程质控：监理单位使用全站仪核查地块边界定位误差（要求 $< 5\text{cm}$ ）、基准站安装精度（对中误差 $< 2\text{mm}$ ）；使用北斗接收机测试定位信号强度（要求信号中断频次 < 1 次/天）；

系统联调测试：完成施工后，测试多系统定位数据互通性（如灌溉阀门定位与农机路径是否匹配）、风沙环境下定位稳定性（连续测试48小时，定位误差 $< \pm 3\text{cm}$ ），联调合格后方可试运行。

（三）后期运维保障：打造“区域特色+精准定位”运维体系

1. 构建“县-乡+北斗厂商”精准定位运维网络：在河西走廊县域设立“北斗定位运维中心”，配备2-3名专业运维人员（经北斗厂商培训认证），配备风沙环境维修工具（如天线清洁设备、定位校准仪器）；在乡镇设立运维服务点，选拔熟悉本地地形的“技术带头人”，培训定位终端基础清洁、校准操作（如每月清洁传感器探头），确保定位设备故障响应时间 < 24 小时。

2. 开展“精准定位+区域场景”分层培训：

对运维人员：重点培训基准站信号校准（如风沙后重新标定基准站参数）、定位终端故障排查（如天线磨损后的更换）；

对农户：通过现场实操培训精准定位系统基础操作（如通过手机APP查看农机定位、手动校准灌溉阀门定位），结合河西走廊小地块作业场景，讲解如何规避盐碱地、风沙口。

3. 建立风沙天气应急响应预案：制定《精准定位系统风沙应急手册》，明确风沙预警时的操作流程：

提前关闭无人农机作业，将定位终端切换至“防风沙模式”；

风沙后，运维人员2小时内检查基准站天线、定位终端，校准定位参数（确保定位精度恢复至 $\pm 2\text{cm}$ ）；

极端风沙天气（风速 $> 20\text{m/s}$ ）后，重新测试多系统定位数据互通性，避免数据偏差。

（四）精准定位专项管控：强化“全周期监测+动态优化”

1. 精准定位数据实时监测：在智慧管理平台新增“精准定位监测模块”，实时采集基准站信号强度（要求 $> -120\text{dBm}$ ）、定位终端误差（要求 $< \pm 3\text{cm}$ ）、多系统坐标一致性（要求误差 $< 2\text{cm}$ ），一旦超标，自动推送预警信息至运维人员。

2. 基于区域条件的定位参数动态优化：根据河西走廊季节变

化调整定位参数：

春季风沙多发期：增加定位终端校准频次（从每周1次增至每3天1次），更换基准站天线防尘罩；

夏季高温期：调整定位终端散热模式（避免高温导致定位芯片故障），确保定位精度稳定；

灌溉高峰期：同步更新GIS地块墒情数据与定位信息，优化灌溉阀门定位控制逻辑（如绿洲边缘地块缩短灌溉间隔）。

四、工程实例验证（甘肃省武威、酒泉、敦煌）

以甘肃省酒泉、张掖、金昌、武威高标准农田项目为例：

武威某高标准农田项目总建设面积8.7万亩，单块地块面积1000亩，主要种植小麦、玉米、马铃薯、洋葱等，配套北斗高精度定位系统（基准站2座）、大型农机18台（拖拉机8台，收割机10台）、精准定位智能灌溉系统（阀门4000个）及GIS地块建模平台8套，无人机6架，开展高标准农田智慧农业方面各类业务培训8场次，参训人员200人次，通过高标准农田项目实施水资源利用率提高12%，智能节水亩均 248m^3 。

酒泉某高标准农田项目总建设面积4.97万亩，单块地块面积900亩，主要种植玉米、棉花、枸杞等，现有配肥站1座，大型农机22台（大型拖拉机2台、液压翻转犁2台、铺膜播种机2台、宽幅匀播播种机2台、农用车拖拉机2辆、深松检测器2台、灭茬缺口圆盘机1台、新疆双剑驱动耙1台、自走式喷杆喷雾机1台、搂草机1台、10方撒粪机1台、旋耕机1台、504C轮式拖拉机1台、中耕除草机1台，棉花采收机2台）及GIS地块建模平台1套，无人机1架，开展高标准农田智慧农业方面各类业务培训4场次，参训人员3500人次，通过高标准农田项目实施水资源利用率提高10%，智能节水节肥成效显著。

敦煌某高标准农田项目总建设面积1.65万亩，单块地块面积500亩，主要种植棉花、辣椒、哈密瓜等，大型农机3台（棉花采收机3台），喷药无人机2架，开展高标准农田智慧农业方面各类业务培训1场次，参训人员25人次，通过高标准农田项目实施水资源利用率提高15%，智能节水亩均 325m^3 。

项目实施过程中，采用本文技术管理策略：

1. 前期选型防风沙型北斗定位设备，基准站选址在绿洲中部地势高处（无风沙遮挡），测试风沙环境下定位精度达 $\pm 2.5\text{cm}$ ；

2. 中期统一采用2000国家大地坐标系，确保灌溉、农机、GIS平台定位数据互通；通过RTK核查，地块边界定位误差 $< 4\text{cm}$ ，基准站对中误差 $< 1.5\text{mm}$ ；

3. 后期构建“县-乡+北斗厂商”运维网络，风沙后定位设备故障响应时间 < 12 小时；开展培训3场，农户可熟练校准灌溉阀门定位。

项目试运行1年后，数据显示：

无人农机作业精度达 $\pm 5\text{cm}$ ，作业重叠率从15%降至0.8%，适配大条田作业；

智能灌溉系统基于精准定位实现“地块级”灌溉，水资源利用率提高10%，每亩节水 280m^3 ；

精准定位系统在风沙天气下信号中断频次从5次/天降至0.5次/天，定位稳定性显著提升。

该项目成功解决河西走廊区域精准定位适配难题，为同类地区高标准农田建设提供参考。

五、结论与展望

河西走廊平原高标准农田智慧农业与无人农场建设的技术管理，需紧扣区域“干旱、风沙、小地块”特色，以精准定位技术为核心纽带，从设备选型、施工精度、运维保障、专项管控四个

维度构建适配体系，重点解决精准定位风沙失准、数据互通、区域适配等问题。通过“区域特色适配+精准定位全周期管控”，可有效提升工程质量与运营效率，实现节水增效与无人化作业双重目标。

未来，随着北斗三号全球组网技术的成熟，可进一步探索“北斗+5G”融合定位（定位精度达 $\pm 1\text{cm}$ ），适配河西走廊更精细的农田管理需求；同时需制定河西走廊高标准农田精准定位技术地方标准，统一设备选型、施工精度、运维规范，推动区域农田建设标准化、智慧化升级。

参考文献

- [1] 余忠义, 全春夏, 方舟, 等. 数智农田构建关键技术装备及展望 [J]. 农业工程学报, 2024, 40(23): 1-14.
- [2] 刘春芳, 乌亚汗, 王川. 基于生态服务功能提升的高标准农田建设的分区方法 [J]. 农业工程学报, 2018, 34(15): 264-272+313.
- [3] 刘力宁, 张洪奇, 章子文, 等. 无人智慧农场关键技术与构建模式——以“吨半粮”无人农场为例 [J]. 智慧农业 (中英文), 2025, 7(01): 70-84.
- [4] Diao Z, Chen L, Yang Y, et al. Localization technologies for smart agriculture and precision farming: A review [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2025, 236: 110464-110464.