

水田精准作业与 信息化技术研究

王熙 庄卫东 李爱传 著



科学出版社

水田精准作业与 信息化技术研究

王 熙 庄卫东 李爱传 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书根据黑龙江垦区水稻机械化高产综合生产技术,结合水田精准作业与信息化技术的研究,介绍了精准农业技术基础知识,重点阐述了水田精准作业技术、水田信息采集技术、生产信息化管理技术、水稻产后信息化技术。本书旨在推广面向现代化大农业机械化生产的水田精准作业与信息化技术,推进水稻智能生产信息化技术。本书既有前瞻性,又有实用性,具有较高的学术价值。

本书可供从事水田精准作业与信息化技术研究、生产的技术人员及有关企业,以及高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

水田精准作业与信息化技术研究/王熙,庄卫东,李爱传著. —北京:科学出版社, 2016

ISBN 978-7-03-048333-1

I. ①水… II. ①王… ②庄… ③李… III. ①水稻栽培—信息化—研究 IV. ①S511-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 112611 号

责任编辑: 刘思佳 王杰琼 / 责任校对: 王万红

责任印制: 吕春珉 / 封面设计: 艺和天下

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

三河市骏杰印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 5 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2016 年 5 月第一次印刷 印张: 17

字数: 339 000

定价: 80.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换(骏杰))

销售部电话 010-62136230 编辑部电话 010-62135741

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

水稻是世界主要粮食作物之一，中国水稻播种面积占全国粮食作物的 1/4，而产量则占一半以上。由于水稻的单产高，种植经济效益好，黑龙江垦区水稻种植面积已超过了 100 万 hm^2 ，成为主要粮食作物，为保障国家粮食安全、推进垦区经济发展起到了巨大的作用。本书根据黑龙江垦区水稻大面积机械化高产综合生产技术，结合开展的水田精准作业与信息化技术的研究，对精准农业技术基础、水田精准作业技术、环境数据采集、生产信息化管理、水稻产后信息化技术等方面进行了论述，推广面向现代化大农业机械化生产的水田精准作业与信息化技术，推进水稻本田管理智能信息化技术，促进水稻机械化生产的智能化、自动化和信息化。

本书得到了黑龙江八一农垦大学“学术专著出版资助计划”和“十二五”国家科技支撑计划课题“水稻本田管理智能信息化技术研究”（课题编号：2012BAD04B01-06）的资助。

本书由黑龙江八一农垦大学工程学院王熙教授、庄卫东教授，信息学院李爱传副教授合著。由于著者水平有限，在内容、结构、文字、图例等方面难免有不足之处，恳请广大读者提出宝贵意见。

王 熙

2015 年 11 月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
第 2 章 精准农业技术基础	4
2.1 全球卫星导航系统	5
2.1.1 GPS 系统	5
2.1.2 格洛纳斯系统	7
2.1.3 伽利略系统	8
2.1.4 北斗系统	8
2.1.5 差分定位系统	9
2.1.6 差分定位应用	11
2.2 地理信息系统	13
2.2.1 GIS 的定义	13
2.2.2 GIS 的内容	13
2.2.3 GIS 的基本功能	13
2.2.4 Web GIS 简介	14
2.3 遥感技术	14
2.3.1 RS 系统的组成	15
2.3.2 RS 的分类	15
2.3.3 RS 的特点	15
2.3.4 RS 在农业中的应用	15
2.4 机电一体化技术	17
2.4.1 机电一体化技术构成	18
2.4.2 机电一体化系统组成	18
2.4.3 机电一体化技术特征	19
2.4.4 机电一体化技术在农机装备中的应用	20
2.4.5 农机装备机电一体化技术特点	30
2.5 农业物联网技术	31
2.5.1 概述	31
2.5.2 大田生产物联网	34

2.5.3 农机物联网	36
第3章 水田精准作业技术	48
3.1 水稻浸种催芽环境控制技术	48
3.1.1 国内外研究情况	48
3.1.2 研究目的和意义	49
3.1.3 水稻浸种催芽温室环境因子分析	50
3.1.4 控制系统硬件结构	51
3.1.5 控制系统软件设计	56
3.1.6 小结	58
3.2 水稻育秧大棚控制技术	59
3.2.1 水稻育秧温室大棚测控系统	59
3.2.2 智能育秧群棚监控系统	66
3.2.3 基于单片机的低功耗水稻育秧棚监控系统	70
3.2.4 基于 GSM 网络的寒地水稻育秧大棚智能监测系统	76
3.2.5 基于 PLC 的智能育秧温室控制系统设计	82
3.3 GNSS 精准搅浆平地技术	86
3.3.1 土地平整方法对比	87
3.3.2 控制系统的组成	87
3.3.3 GNSS 在农田平地作业中的应用及试验	91
3.4 农机卫星导航自动驾驶技术	96
3.4.1 概述	96
3.4.2 农机作业 EZ-Guide 250 光靶导航系统	98
3.4.3 基于农机作业 GPS 导航系统研制	103
3.4.4 JD-9520T 型履带拖拉机 GPS 自动跟踪驾驶系统	106
3.4.5 CASE-500 型履带拖拉机 GPS 自动驾驶系统应用	110
3.5 水稻本田环境监测与控制系统	113
3.5.1 水稻生长环境监测与控制系统的研究	113
3.5.2 基于 PLC 的水田自动灌溉无线监控系统	118
3.5.3 水稻智能化循环节水灌溉系统	131
3.5.4 水稻灌溉晒水池水温监测系统	135
3.5.5 基于 PLC 的寒地水稻水肥一体化灌溉系统	139
3.5.6 基于 PLC 的寒地水稻灌溉控制系统的研究	142
3.6 水稻收获产量监测	148
3.6.1 概述	148
3.6.2 测量水稻产量方法	149

3.6.3	水稻产量监测系统组成	149
3.6.4	产量监测系统传感器标定与校准	154
3.6.5	谷物产量信息数据采集	156
3.6.6	谷物产量测量中的精度	156
3.6.7	谷物产量图的绘制	158
3.6.8	谷物产量图的分析	160
第 4 章	水田信息采集	162
4.1	农田三维地形信息采集	162
4.1.1	农田三维地形信息采集方法	162
4.1.2	农田地形信息处理	163
4.1.3	农田地形 MATLAB 绘图	163
4.2	土壤养分信息采集	166
4.2.1	田间取样	166
4.2.2	土样化验与分析	167
4.3	水稻生长远程视频监视	171
4.3.1	概述	171
4.3.2	系统设备组成	172
4.3.3	网络摄像机	174
4.3.4	无线视频监视	175
4.3.5	小结	176
4.4	水田环境及水稻生长远程监测	177
4.4.1	水稻生长影像采集及长势监测的研究	177
4.4.2	彩信在水稻生长环境监测系统中的应用研究	179
4.4.3	基于 GPRS 的农业病虫害图像无线传输系统	184
4.4.4	基于图像技术的水稻生长参数采集系统	188
4.4.5	基于单片机的明渠流量计的研究	192
4.5	水稻叶龄诊断技术	194
4.5.1	叶龄跟踪方法	195
4.5.2	叶龄识别法	196
4.5.3	茎数调查法	197
4.5.4	叶龄诊断应用	197
第 5 章	水田生产信息化管理	202
5.1	水田地理信息系统	202
5.1.1	高精度卫星遥感图利用	202

5.1.2	光栅图像矢量化	203
5.1.3	建立属性数据库	203
5.1.4	WebGIS 信息发布	204
5.1.5	农田地理信息系统应用	205
5.2	农机管理信息化	205
5.2.1	农机管理信息化需求分析	205
5.2.2	网络农机管理信息系统	206
5.2.3	农机网络监控系统	208
5.3	生产作业进度统计	212
5.3.1	需求分析	212
5.3.2	系统设计	212
5.3.3	系统实现	213
5.3.4	小结	214
5.4	水稻全程沙盘信息化系统	214
5.4.1	沙盘控制系统总体结构	214
5.4.2	沙盘系统工作原理	216
5.4.3	控制软件部分	217
5.4.4	小结	217
5.5	本田合理施肥辅助决策	217
5.5.1	水稻本田合理施肥原则	217
5.5.2	黑龙江省建三江垦区施肥技术标准	219
5.5.3	水稻本田合理施肥辅助决策方法	221
5.5.4	NDVI 测量分析	223
5.6	寒地水稻用水模型的研究	224
5.6.1	气象因素对于水稻用水量的影响	224
5.6.2	寒地水稻灌溉量的确定方法	225
5.6.3	确定水分生产函数的数学模型	225
5.6.4	小结	226
5.7	寒地水稻节水控制灌溉的机理与研究	226
5.7.1	试验背景及地点	227
5.7.2	水稻节水控制灌溉的特点及机理	227
5.7.3	控制灌溉技术与常规灌溉技术的区别	228
5.7.4	试验设计	228
5.7.5	试验结果与分析	230
5.7.6	小结	231

5.8 寒地水稻智能控制灌溉产量分析	231
5.8.1 寒地水稻特点及水稻水分生产函数简介	231
5.8.2 试验区概况与研究方法	232
5.8.3 不同灌溉方式对产量构成因子的影响	233
5.8.4 小结	233
5.9 水稻本田现代化管理系统的应用	233
5.9.1 应用背景	233
5.9.2 国内外研究现状及发展趋势	234
5.9.3 研究内容	235
5.9.4 系统十大功能	239
5.9.5 小结	249
第 6 章 水稻产后信息化技术	250
6.1 粮仓多点温、湿度测控技术	250
6.1.1 数字温度传感器 DS18B20	250
6.1.2 基于 DS18B20 温度传感器的测温电缆	252
6.1.3 温度采集模块	253
6.1.4 RS-485 分布式温度数据采集系统	253
6.1.5 基于 CAN 总线的分布式多点集控测温系统	254
6.1.6 小结	255
6.2 大米质量可追溯信息技术	256
6.2.1 农产品质量安全追溯制度措施	256
6.2.2 大米质量可追溯系统功能分析	257
6.2.3 大米质量可追溯系统结构设计	257
6.2.4 大米质量可追溯系统平台	258
主要参考文献	260

第1章 绪 论

水稻是世界主要粮食作物之一。水稻原产亚洲热带,在中国广为栽种后,逐渐传播到世界各地。按照不同的方法,水稻可以分为籼稻和粳稻、早稻和中晚稻、糯稻和非糯稻。水稻所结子实即稻谷,稻谷(粒)去壳后称大米、香米、稻米。世界上近一半人口,都以大米为食。大米的食用方法多种多样,有米饭、米粥、米饼、米糕、米酒等。水稻除可食用外,还可以酿酒、制糖,做工业原料,稻壳、稻秆可以作为饲料。中国水稻播种面积占全国粮食作物的 1/4,而产量则占一半以上。中国水稻主产区主要是东北地区、长江流域、珠江流域。由于水稻的单产高,种植经济效益好,黑龙江垦区水稻种植面积已超过了 100 万 hm^2 ,成为主要粮食作物,为保障国家粮食安全、推进垦区经济发展起到了巨大的作用。

精准农业(Precision Agriculture, PA)是当今世界农业发展的新潮流,是由信息技术支持的根据空间变异,定位、定时、定量地实施一整套现代化农事操作技术与管理的系统,其基本涵义是根据作物生长的土壤性状,调节对作物的投入,即一方面查清田块内部的土壤性状与生产力空间变异,另一方面确定农作物的生产目标,进行定位的“系统诊断、优化配方、技术组装、科学管理”,调动土壤生产力,以最少的或最节省的投入达到同等收入或更高的收入,并改善环境,高效地利用各类农业资源,取得经济效益和环境效益。

信息技术(Information Technology, IT),是主要用于管理和处理信息所采用的各种技术的总称。信息技术包括信息传递过程中的各个方面,即信息的产生、收集、交换、存储、传输、显示、识别、提取、控制、加工和利用等技术。物联网和云计算是作为信息技术新的高度和形态被提出和发展的。物联网是建立在计算机互联网技术之上,让信息更快更准地收集、传递、处理并执行,是科技的最新呈现形式与应用。信息技术推广应用的显著成效促使世界各国致力于信息化,而信息化的巨大需求又驱使信息技术高速发展。当前信息技术发展的总趋势是以互联网技术的发展和应用为中心,从典型的技术驱动发展模式向技术驱动与应用驱动相结合的模式转变。

信息技术和人工智能技术的高速发展促使一种新颖农业生产管理思想的诞生,从而产生了对农作物实施定位管理、根据实际需要进行变量投入等农业生产的精准管理思想,进而提出了精准农业的概念。精准农业是一种基于空间信息管理和变异分析的现代农业管理策略和农业操作技术体系。它根据土壤肥力和作物生长状况的空间差异,调节对作物的投入,在对耕地和作物长势进行定量的实时诊断,充分了解大田生产力的空间变异的基础上,以平衡地力、提高产量为目标,

实施定位、定量的精准田间管理,实现高效利用各类农业资源和改善环境这一可持续发展目标。显然,实施精准农业不但可以最大限度提高农业现实生产力,而且是实现优质、高产、低耗和环保的可持续发展农业的有效途径。

因而精准农业技术被认为是 21 世纪农业科技发展的前沿,是科技含量最高、集成综合性最强的现代农业生产管理技术之一。可以预言,它的应用实践和快速发展;将使人类充分挖掘农田最大的生产潜力、合理利用水肥资源、减少环境污染、大幅度提高农产品产量和品质成为可能。实施精准农业也是解决我国农业由传统农业向现代农业发展过程中所面临的确保农产品总量、调整农业产业结构、改善农产品品质和质量、资源严重不足且利用率低、环境污染等问题的有效方式,将在世纪之交成为我国农业科技革命的重要内容。

信息技术的典型应用体现在互联网应用上。互联网是大众创业、万众创新的新工具。“互联网+”是创新 2.0 下的互联网发展新形态、新业态,是知识社会创新 2.0 推动下的互联网形态演进及其催生地经济社会发展新形态。“互联网+”是互联网思维的进一步实践成果,它代表一种先进的生产力,推动经济形态不断地发生演变。从而带动社会经济实体的生命力,为改革、创新、发展提供广阔的网络平台。“互联网+农业”是将信息技术应用到农业上的具体体现,“互联网+农业”发展的主要方向包括互联网+农业生产、互联网+农技服务、互联网+农业监管、互联网+农村电商等。

互联网+农业将对农业发展产生积极影响,具体表现在解决信息不对称、创新商业模式、优化资源配置、提高农业智能化程度等方面。

在信息传递方面,“互联网+”通过 IT 技术,突破时空限制实现随时随地互联互通,从而大大促进了农业技术知识、农业资源、农业政策、农业科技、农业生产、农业教育、农产品市场、农业经济、农业人才、农业推广管理等各方面信息的有效传递,解决了各种信息不对称问题。在促进农业生产生活的同时,也能有效对接农产品供求市场,解决传统农业中因信息不畅而导致滞销等问题。在信息使用方面,“互联网+”行动计划能有效打通信息传递的“最后一公里”,使各种农业信息全方位地渗透到农村一线,切实指导生产生活,并通过大数据分析等手段提高农业科学化、现代化的程度。

在创新农业商业模式方面,互联网从土地流转、农资销售、农业信息服务,到农业生产、农产品销售、休闲农业等,在农业产业链每个环节上,正潜移默化地渗透和改变农业,同时创新各类企业的商业模式。传统农业的一大特点就是“靠天吃饭”,有很大的不可预测性。当互联网和农业深度融合后,互联网带来了新的数据、信息以及新的技术手段,使得农业产业链的各个环节、农业领域的各个细分市场,有了更多的工具、条件和可能性来进行创新。目前已经涌现出了几种明显的商业模式创新,如:农资电商、土地流转电商化、城乡流通渠道变革、农产品电商(生鲜电商)、农业大数据、农业物联网、休闲农业互联网平台等。

在优化资源配置方面，互联网对农业生产中所需资源，都具有相当程度的重新组织和配置作用，提高了土地、劳动、资本等各项生产要素资源的配置与利用效率。比如对于“劳动”资源，各大招聘网站会促进农村剩余劳动力的有效配置；近年出现的淘宝村、淘宝县，在为农村创造就业的同时，甚至能促进城市劳动力向农村转移。

在提高农业智能化程度与生产效率方面，互联网借助大数据、物联网等新兴信息技术改造传统农业，可以提升农业各环节智能化程度，大幅提高生产效率，实现“环境可测、生产可控、质量可溯”，同时也能在一定程度上解决食品安全问题。以计算机为中心，集成信息技术，将感知、传输、处理、控制融为一体，推进了农业生产的标准化、智能化、自动化，在节省人力成本的同时，提高了农产品产量质量，增强了作物抗击自然风险能力。

本书根据黑龙江垦区水稻大面积机械化高产综合生产技术，结合黑龙江八一农垦大学开展的水田精准作业与信息化技术的研究，对精准农业技术基础、水田精准作业技术、环境数据采集、生产信息化管理、水稻产后信息化技术等方面进行论述，推广面向现代化大农业机械化生产的水田精准作业与信息化技术，推进水稻本田管理智能信息化技术，促进水稻机械化生产的智能化、自动化和信息化。

第2章 精准农业技术基础

精准农业 (Precision Agriculture 或 Precision Farming) 也称精确农业或精细农业, 国外也称 SSM (Site Specific Management, 定点精确管理)、VRT (Variable Rate Technology, 变量技术)、Farming-by-foot (农作英尺化) 等, 是为了最大化地发挥农田的生产潜力, 通过现代高新技术和管理技术的应用, 使一个地块中每个区域都能获得最大的收益。

精准农业是应用全球定位系统 (Global Positioning System, GPS)、地理信息系统 (Geographical Information System, GIS)、遥感系统 (Remote Sensing, RS)、计算机、自动控制、通信、网络、机电液一体化等技术, 在农业生产过程中对农作物、气候、土壤从宏观到微观进行实时监测, 实现对农作物生长发育情况、病虫害、水肥状况以及相应的环境状况进行定期信息获取和动态分析, 通过诊断和决策, 在 GPS 和 GIS 集成系统支持下, 制定实施措施, 并通过变量控制的农业机械与装备, 根据农田管理单元的作物生长环境的差异性和作物生长发育的需要, 实施定时、定位、定量的农业物料的投入, 实现科学的投入与管理, 以获得最佳的经济效益、社会效益和环境保护的现代农业管理技术体系。

精准农业系统体系结构主要包括:

(1) 全球卫星导航系统 (Global Navigation Satellite System, GNSS)。精准农业广泛采用了 GNSS, 用于信息获取和实施的准确导航定位。为了提高精度广泛采用了差分定位技术, 即“差分校正全球卫星定位技术”。GNSS 的特点是覆盖范围广、定位精度高、应用方便、工作可靠。

(2) 地理信息系统 GIS。精准农业离不开 GIS 的技术支持, 它是构成农作物精准空间信息数据管理的有力工具, 农田信息通过 GIS 系统予以表达处理、管理应用, 是精准农业实施的重要方式。

(3) 遥感系统 RS。遥感技术是精准农业田间信息获取的关键技术, 为精准农业提供农田小区内作物生长环境、生长状况和空间变异信息的技术要求。

(4) 农业信息采集管理系统。如田间肥力、墒情、苗情、杂草及病虫害监测及信息采集处理技术设备, 农机作业位置、速度、作业量、作业质量、作业的音视频、机械工作参数等信息的采集和管理。

(5) 农业生产管理决策系统。它的核心内容是用于提供作物生长过程模拟、投入产出分析与模拟的模型库; 支持作物生产管理的数据资源的数据库; 作物生产管理知识、经验的集合知识库; 基于数据、模型、知识库的推理程序; 人机交互界面程序等, 为农业生产管理提供决策支持。

(6) 智能化农业机械装备。如带产量监测系统的收获机, 卫星导航自动驾驶的拖拉机, 智能自动控制变量施肥、精密播种、变量喷药、节水灌溉、工厂化育秧的农业无人驾驶飞机等机械装备。

精准农业系统示意图见图 2-1。

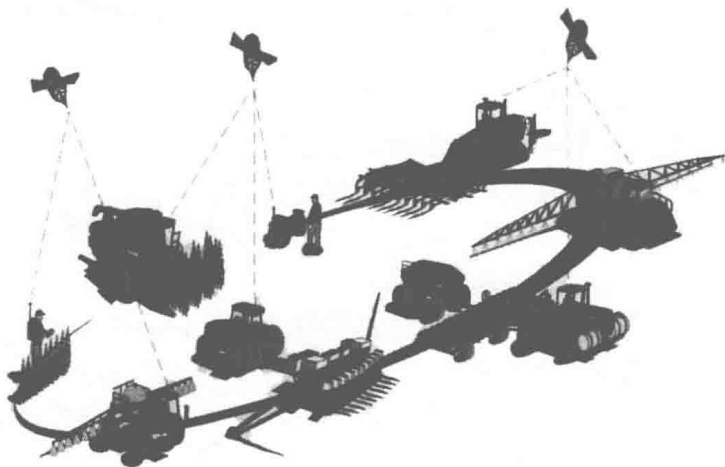


图 2-1 精准农业系统示意图

总之, 精准农业技术在农业领域将发挥重要作用。我国在精准农业技术应用方面已有了一定的发展, 特别是卫星导航自动驾驶系统的应用已得到广大农户的认可, 产生了巨大的经济社会效益, 今后精准农业将结合互联网+农业的发展, 必将在我国现代化农业的建设中起到越来越大的作用。

2.1 全球卫星导航系统

GNSS 是基于卫星的导航定位系统, 能在地球全球范围内进行全天候、全覆盖地提供定位、测速、授时高精度服务的系统。

目前, 全球有四大卫星导航系统, 定位都是利用一组卫星的伪距、星历、时钟等观测量来进行定位的。

2.1.1 GPS 系统

美国的全球定位系统 GPS 是由美国国防部研制建立的一种具有全方位、全天候、全时段、高精度的卫星导航系统, 能为全球用户提供低成本、高精度的三维位置、速度和精确定时等导航信息。它由三部分构成, 一是地面控制部分, 由主控站、地面天线、监测站及通信辅助系统组成。二是空间部分, 由 24 颗卫星组成, 分布在 6 条交点互隔 60° 的轨道面上。三是用户装置部分, 由 GPS 接收机和卫星天线组成。GPS 系统是一种无线电导航定位系统, 民用的定位精度可达 10m 内。

GPS 导航系统的基本原理是测量出已知位置的卫星到用户接收机之间的距离,然后综合多颗卫星的数据就可知道接收机的具体位置。要达到这一目的,卫星的位置可以根据星载时钟所记录的时间在卫星星历中查出。而用户到卫星的距离则通过记录卫星信号传播到用户所经历的时间,再将其乘以光速得到。当用户接收到导航电文时,提取出卫星时间并将其与自己的时钟做对比便可得知卫星与用户的距离,再利用导航电文中的卫星星历数据推算出卫星发射电文时所处位置,用户在 WGS-84 大地坐标系中的位置速度等信息便可得知。由于用户接收机使用的时钟与卫星星载时钟不可能总是同步,所以除了用户的三维坐标 X 、 Y 、 Z 外,还要引进一个 Δt 即卫星与接收机之间的时间差作为未知数,然后用 4 个方程将这 4 个未知数解出来。所以如果想知道接收机所处的位置,至少要能接收到 4 个卫星的信号。

按定位方式, GPS 定位分为单点定位和相对定位(差分定位)。单点定位就是根据一台接收机的观测数据来确定接收机位置的方式,它只能采用伪距观测量,可用于车船等的概略导航定位。相对定位(差分定位)是根据两台以上接收机的观测数据来确定观测点之间的相对位置的方法,它既可采用伪距观测量也可采用相位观测量,大地测量或工程测量均应采用相位观测值进行相对定位。在 GPS 观测测量中包含了卫星和接收机的钟差、大气传播延迟、多路径效应等误差,在定位计算时还要受到卫星广播星历误差的影响,在进行相对定位时大部分公共误差被抵消或削弱,因此定位精度将大大提高。GPS 卫星的载波频率有 2 个,分别为 $L1=1575.42\text{MHz}$ 和 $L2=1227.6\text{MHz}$,采用码分多址(CDMA),根据调制码来区分卫星。双频接收机可以根据两个频率的观测量抵消大气中电离层误差的主要部分,在精度要求高,接收机间距离较远时(大气有明显差别),应选用双频接收机。

GPS 特点主要包括:

(1) 全球全天候定位。GPS 卫星的数目多,且分布均匀,保证了地球上任何地方任何时间至少可以同时观测到 4 颗 GPS 卫星,确保实现全球全天候连续的导航定位服务。

(2) 定位精度高。实时单点定位(用于导航): P 码 1~2m; C/A 码 5~10m。实时伪距差分(RTD): 精度达分米级。实时相位差分(RTK): 精度达 1~2cm。

(3) 观测时间短,测站间无需通视。

(4) 仪器操作简便,可提供全球统一的三维地心坐标。

GPS 接收机数据接口格式。GPS 可以输出实时定位数据让其他的设备使用, GPS 接收机遵循美国国家海洋电子协会(National Marine Electronics Association)所指定的标准规格,采用 NMEA 0183 标准协议,已成 GPS 导航设备统一的 RTCM(Radio Technical Commission for Maritime services)标准协议。现对其中使用最广的 GPS 固定数据输出语句(\$GPGGA)进行介绍。\$GPGGA 语句包括 17 个字段: 语句标识头,世界时间,纬度,纬度半球,经度,经度半球,定位质量指示,使

用卫星数量, 水平精确度, 海拔高度, 高度单位, 大地水准面高度, 高度单位, 差分 GPS 数据期限, 差分参考基站标号, 校验和结束标记 (用回车符<CR>和换行符<LF>), 分别用 14 个逗号进行分隔。

该数据帧的结构及各字段释义如下:

\$GPGGA, <1>, <2>, <3>, <4>, <5>, <6>, <7>, <8>, <9>, M, <10>, M, <11>, <12>*xx<CR><LF>

\$GPGGA: 起始引导符及语句格式说明 (本句为 GPS 定位数据);

<1> UTC 时间, 格式为 hhmmss.sss;

<2> 纬度, 格式为 ddmm.mmmm (第一位是零也将传送);

<3> 纬度半球, N 或 S (北纬或南纬);

<4> 经度, 格式为 dddmm.mmmm (第一位是零也将传送);

<5> 经度半球, E 或 W (东经或西经);

<6> GPS 状态, 0 初始化, 1 单点定位, 2 码差分, 3 无效 PPS, 4 固定解, 5 浮点解, 6 正在估算, 7 人工输入固定值, 8 模拟模式, 9 WAAS 差分;

<7> 使用卫星数量, 从 00 到 12 (第一个零也将传送);

<8> 水平精度因子, 0.5 到 99.9;

<9> 天线离海平面的高度, -9999.9 到 9999.9 米, M 指单位米;

<10> 大地水准面高度, -9999.9 到 9999.9 米, M 指单位米;

<11> 差分 GPS 数据期限 (RTCM SC-104), 最后设立 RTCM 传送的秒数量, 如不是差分定位则为空;

<12> 差分参考基站标号, 从 0000 到 1023 (首位零也将传送);

* 语句结束标志符;

xx 从\$开始到*之间的所有 ASCII 码的异或校验和;

<CR> 回车;

<LF> 换行。

NMEA-0183 协议定义的语句常用的还包括 \$GPRMC、\$GPGSA、\$GPGSV、\$GPVTG、\$GPGLL 等语句, 可获取日期、时间、速度、航向等信息。在精准农业应用中可使用 RS232 串口, 以文本数据的格式读取 GPS 接收机发送的数据, 用于定位导航。

2.1.2 格洛纳斯系统

俄罗斯的格洛纳斯 (GLONASS), 是俄文 Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema 的缩写。俄罗斯 1993 年开始独自建立本国的全球卫星导航系统。该系统于 2007 年开始运营, 当时只开放俄罗斯境内卫星定位及导航服务。到 2009 年, 其服务范围已经拓展到全球。该系统主要服务内容包括确定陆地、海

上及空中目标的坐标及运动速度信息等。它也由 24 颗卫星组成,原理和方案都与 GPS 类似,不过,其 24 颗卫星分布在 3 个轨道平面上,这 3 个轨道平面两两相隔 120° ,同平面内的卫星之间相隔 45° 。每颗卫星都在 19100km 高、 64.8° 倾角的轨道上运行,轨道周期为 11h15min。地面控制部分全部都在俄罗斯领土境内。俄罗斯自称,多功能的 GLONASS 系统定位精度可达 1m,速度误差仅为 15cm/s。GLONASS 系统采用频分多址(FDMA)方式,根据载波频率来区分不同卫星。每颗 GLONASS 卫星发播的两种载波的频率分别为 $L1=1602+0.5625K$ (MHz) 和 $L2=1246+0.4375K$ (MHz),其中 $K=1\sim24$ 为每颗卫星的频率编号。由于卫星发射的载波频率不同,可以有效地防止整个卫星导航系统同时被敌方干扰,因此 GLONASS 抗干扰能力强。

2.1.3 伽利略系统

欧洲的伽利略系统(Galileo Satellite Navigation System)。由欧盟研制和建立的全球卫星导航定位系统,该计划于 1999 年 2 月由欧洲委员会公布,欧洲委员会和欧空局共同负责。伽利略计划是欧洲自主、独立的全球多模式卫星定位导航系统,提供高精度、高可靠性的定位服务,实现完全非军方控制、管理、可以进行覆盖全球的导航和定位功能。伽利略系统由空间段、地面段、用户三部分组成。空间段由分布在 3 个轨道上的 30 颗中等高度轨道卫星(MEO)构成,每个轨道面上有 10 颗卫星,9 颗正常工作,1 颗运行备用;轨道面倾角 56° 。地面段包括全球地面控制段、全球地面任务段、全球域网、导航管理中心、地面支持设施、地面管理机构。伽利略系统的基本服务有导航、定位、授时;特殊服务有搜索与救援(SAR 功能);扩展应用服务系统有在飞机导航和着陆系统中的应用、铁路安全运行调度、海上运输系统、陆地车队运输调度、精准农业。该系统可有保障地提供精度为 1m 的定位导航服务。

2.1.4 北斗系统

中国北斗卫星导航系统(BeiDou Navigation Satellite System, BDS)是中国自行研制的全球卫星导航系统。北斗卫星导航系统(BDS)和美国 GPS、俄罗斯 GLONASS、欧盟 GALILEO,是联合国卫星导航委员会已认定的供应商。北斗卫星导航系统由空间段、地面段和用户段三部分组成,可在全球范围内全天候、全天时为各类用户提供高精度、高可靠定位、导航、授时服务,并具短报文通信能力,已经初步具备区域导航、定位和授时能力,定位精度 10m,测速精度 0.2m/s,授时精度 10ns。2012 年 12 月,北斗系统空间信号接口控制文件正式版 1.0 正式公布,北斗导航业务正式对亚太地区提供无源定位、导航、授时服务。2013 年 12 月,北斗卫星导航系统正式发布了《北斗系统公开服务性能规范(1.0 版)》和《北