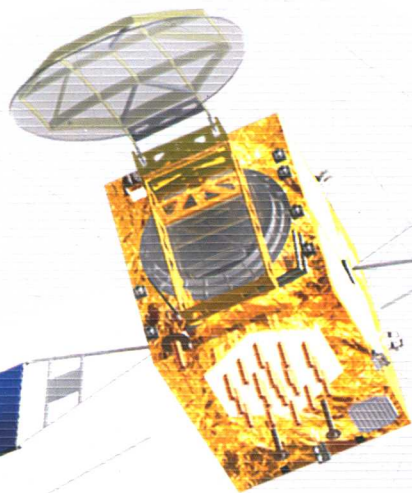


北斗系统与应用出版工程
“十二五”国家重点图书出版规划项目
国家出版基金项目



应用篇

北斗在农业 生产过程中的应用

◎ 吴才聪 苑严伟 韩云霞 著



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

北斗系统与应用出版工程

“十二五”国家重点图书出版规划项目

国家出版基金项目

北斗在农业生产 过程中的应用

吴才聪 苑严伟 韩云霞 著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

全球卫星导航系统 (GNSS) 是精准农业的基础支撑, 在水资源管理、土地整理、播种、养分管理、病虫害管理及收获等各个农业生产环节, 均发挥着重要作用。北斗卫星导航系统 (BDS) 是中国自主建设的 GNSS 系统, 目前其服务范围已覆盖亚太地区, 并在中国的精准农业实践中发挥着重要作用。本书结合国际国内 GNSS 农业应用新进展, 论述北斗与农业的相互关系, 并结合著者的研究与实践, 介绍北斗在农业中的具体应用, 主要内容包括: 绪论、农用 GNSS 增强技术与基础设施、农用 GNSS 导航定位终端、农机自动驾驶导航系统及应用、北斗农机作业精细管理应用、北斗农业信息获取应用、北斗农机作业精确操控应用及北斗短报文渔牧业应用。本书突出典型性、新颖性、创新性、实用性, 除了少部分典型案例外, 大部分内容均为著者的亲身实践和首次发表。

本书可供从事 GNSS 应用开发的工程技术人员, 以及从事精准农业技术与应用的科技人员阅读, 也可作为相关院校师生的教学参考书。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

北斗在农业生产过程中的应用 / 吴才聪, 苑严伟, 韩云霞著. —北京: 电子工业出版社, 2016.4
北斗系统与应用出版工程

ISBN 978-7-121-28521-9

I. ①北… II. ①吴… ②苑… ③韩… III. ①全球定位系统—应用—农业生产 IV. ①S127

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 069431 号

策划编辑: 宋 梅

责任编辑: 刘真平

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 720×1000 1/16 印张: 16.25 字数: 338 千字

版 次: 2016 年 4 月第 1 版

印 次: 2016 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 68.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: mariams@phei.com.cn。

北斗系统与应用出版工程

指导委员会

主任

孙家栋：中国科学院院士，两弹一星功勋奖章获得者

副主任

张履谦：中国工程院院士

刘经南：中国工程院院士

沈荣骏：中国工程院院士

杨元喜：中国科学院院士

杨小牛：中国工程院院士

谭述森：中国工程院院士，北斗卫星导航系统副总设计师

杨长风：北斗卫星导航系统总设计师

李祖洪：北斗卫星导航系统副总设计师

夏国洪：原中国航天科工集团公司总经理，党组书记，科技委主任

张荣久：中国卫星导航定位协会会长

委员（以下按姓氏汉语拼音排列）

敖然 陈少洋 刁石京 高晓滨 李忠宝 刘九如 柳其许 苗前军
冉承其 宋起柱 于春全 赵坚

编审委员会

主任

曹冲

副主任（以下按姓氏汉语拼音排列）

郭树人 景贵飞 李冬航 陆明泉 施闯 王传臣 王飞雪 王俊峰

王莉 魏永刚 夏青 肖雄兵 杨强文 郁文贤 张代平 赵丽松

周建华

委员（以下按姓氏汉语拼音排列）

鲍志雄 蔡毅 陈涤非 陈洪卿 陈向东 高玉平 韩云霞 何在民

华军 金永新 李变 李成钢 鲁郁 潘高峰 蒲小兵 施洙立

王李军 吴才聪 吴海涛 武建锋 夏建中 夏林元 熊立 姚铮

俞能杰 苑严伟 郑瑞锋

秘书组成员（以下按姓氏汉语拼音排列）

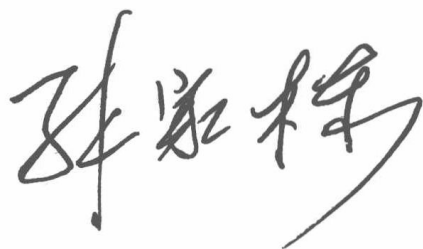
来春丽 宋梅

策划编辑

宋梅

总 序

“北斗系统与应用出版工程”丛书，能作为国家出版工程推进，是件很好的事情，我表示热烈的祝贺，欣然作序予以鼓励支持。北斗系统不仅是项充满活力的新兴技术，而且是国家重要的时空信息基础设施，同时由于它与其他技术和产业的多重关联性和融合性，故成为现代智能信息产业群体的重大技术支持系统和具有巨大带动力的时代产业发展引擎，与国家安全、国民经济和社会民生密切相关，与两个“中国梦”密切相关，能够服务全中国和全世界。北斗系统的建设和运营，给国家和社会的兴邦强国、行业和企业的光荣立业、团队和个人的著书立说与创新创业创造精神的大发挥、大发展，提供了百年难遇的良好机会。“北斗系统与应用出版工程”丛书，也承载着同样的使命，它所包括的内容包括系统、技术和应用三个方面，这种选择非常符合实际需要，很全面，且顾及了眼前和长远，而且应用方面所占的分量相当大。我建议在实际应用的服务领域要多下点功夫，这是北斗系统和时空信息服务体系的关键。在当今的条件下，推进这个出版工程，具有明显的现实意义和长远价值。为此，我在这里要强调三点：一是一定要把国内外 GNSS 领域的成功经验和教训，进行系统总结，作为良好的参考；二是应该将我们在系统建设中的实践，上升为理论与模式，进一步推进我们的工作与事业；三是在上面两点的基础上，我们要有所前进，有所创造，在理论、实践、产业和体系化发展推进上有所突破，逐步走向世界的前列，真正把这一出版工程，做成北斗系统伟大工程的一个不可分割的组成部分，反过来对于系统工程发挥指导促进作用，发挥其 GNSS 里程碑效应和效能。



2015年12月

序

精准农业是我国实现农业现代化的重要技术途径，通过精准控制生产要素的投入，达到农业可持续发展的目标。我国农业部和科技部等有关部门，高度重视精准农业技术的研究和实践。精准农业技术也是当前国际农业工程领域研究的热点，在美国等发达国家已经日渐普及并取得了可喜的应用效益。

全球卫星导航系统（GNSS）是精准农业的重要技术支撑，在土地规划利用、农业信息采集、农机驾驶导航、肥药变量控制、农机作业管理等方面，有着重要和广泛的作用。北斗卫星导航系统是我国自主研制，具有导航、定位、授时与短报文功能的全球卫星导航系统。发展具有中国特色的现代农业，离不开我国自主建设的北斗系统。同样，北斗系统也需要紧密结合我国现代农业的发展需要，拓展广阔并有显著特色的农业应用。近年来，在黑龙江和新疆等地得到快速应用的拖拉机自动驾驶导航系统，以及农机作业管理调度系统，无不预示着卫星导航定位技术在农业领域的应用将进入快速增长期，其应用前景不可限量。

卫星导航定位技术可以提高农业生产效率、农机管理效率、农机作业质量，促进农机农艺的融合，甚至为农业生产带来革命性的变革。但卫星导航定位技术的应用，也不是一项简单的事情。从一个国家或地区的角度出发，这涉及应用模式探索、基础设施建设、应用产品研制、服务体系建立、政策标准制定等，需要我们做好顶层设计、做好发展规划。那么，国外发达国家是如何推进卫星导航技术农业应用的？我国北斗系统又该如何为现代农业发展提供支撑？正是在这一时代背景下，《北斗在农业生产过程中的应用》一书应运而生。

三位著者结合自己的研究、实践以及国内外的亲身调查研究而撰写的这本书，脉络清晰、内容全面、案例翔实、文字流畅，较好地反映了我国北斗系统农业应用需求、存在问题和应用现状，并具有显著的特色与创新。例如，在第1章中，在总结前人研究成果的基础上，绘制了全新的导航定位技术农业应用环形图。在第2章中，结合农业应用实践，总结出农用GNSS增强技术与基础设施，并通过实例说明农用星地联合增强技术的重要性和必要性，该结论有助于读者系统地掌握高精度卫星导航技术体系，并对我国建设农用GNSS基础设施提出具有重要参考价值的建议。本书的第3章，科学地研究了农用导航终端分类方法及远程管理技术与系统。第4章，介绍了拖拉机导航技术的发展，提出了作业精度评价指标体系，分析了误差来源与消除或削弱的方法。后续各个章节，全面介绍了卫星导航技术在各个农业领域的应用方法、技术及案例。其中，农机作业服务模式、精细监管与导航方法、农机时空调度与辅助调度方法等，指导用户作用明显。第8章介绍短报文在渔牧业中的应用，加深了人们对北斗特色功能的全面了解。

全书汇聚了三位著者多年辛勤工作的研究成果。通读全书，可以发现该书资料

丰富、图文并茂，可谓我国介绍精准农业技术与应用具有代表性的著作。作为在农业工程领域工作多年的工作者，我很乐意为该书作序，向读者们引荐这本适用性不错的著作。我国农业现代化之路任重道远，需要一代又一代的农业工作者不断地探索、试验和总结。我也衷心地希望著者能够继续心系中国农业的发展，在今后的科研与实践中，取得更为丰硕的成果。

谨此为序！

中国工程院院士



2016年1月8日

前 言

半个世纪前，美国海洋生物学家莱切·卡尔（Rachel Carson）女士发表的《寂静的春天》在世界范围内引发了人类关于发展观念的争论。人类在现代生产方式下所遭遇的种种困惑和环境压力，随着该书的出版，引发了人们的热议讨论和思考，最终推动了环境保护和可持续发展的兴起。可持续农业正是在这一背景下提出并倡导起来的。那么，如何实现农业的可持续发展呢？随着全球定位系统（GPS）的建成与民用化，人们找到了一条可行的途径，即发展精准农业（Precision Agriculture），通过定点、定时、定量地精准控制农资施用，在尽可能保护生态环境的同时，提高农业的产出和效益。

GPS 是美国继阿波罗登月计划、航天飞机后的第三大航天工程，具有全球性、全天候、连续性和实时性等特点，在测绘、交通运输、农业等行业及大众领域得到了广泛的应用。全球卫星导航系统（GNSS）已经成为当前不可或缺的空间信息基础设施，俄罗斯、欧盟、中国等国家和地区都在发展各自的 GNSS 系统；日本、印度等国家也在发展区域导航与增强系统。在 GNSS 兼容与互操作的大氛围下，全球和区域的卫星导航系统为农业提供了丰富的定位、导航与授时信号，农业用户可以根据作业范围、作业精度选择所需要的定位方式和应用产品。短报文也为远海通信提供了快捷经济的通信与保障手段。与此同时，精准农业技术也日趋进步并形成体系，美欧等发达国家的精准农业发展已初见成效，为数众多的农场取得了较好的经济效益。GNSS 是精准农业的重要基础支撑，几乎在农业生产的各个环节均可以发挥重要作用，特别是在基于 GNSS 开展农资施用控制、自动驾驶导航、农机监控等方面。针对精准农业的发展需要，甚至初步形成了专门或主要服务于农业的 GNSS 空间段和应用段。例如在空间段，OmniSTAR 等星基增强系统主要为农业用户提供厘米级和分米级的信号服务；WAAS 也为近 7 成的美国农业应用提供了亚米级的增强服务；美国的 DigiFarm 公司所建设的农业地基增强系统则专门服务于农业高精度应用，目前已建成 CORS 站近 400 个，覆盖美国多个州。至于应用段产品，早在二十余年前，以天宝（Trimble）为代表的商业公司就研发了农业专用的 GNSS 终端产品，以适应农业的特定需要。近五年来，随着我国土地流转与农机购置补贴等政策的持续实施、农机社会化服务体系的逐步建立，我国在激光平地、自动驾驶导航、农机监控导航等精准农业应用技术方面发展迅速。而我国自主建设的北斗卫星导航系统（BDS）也开始提供覆盖亚太地区的卫星导航信号，北斗卫星信号、北斗终端产品已进入农业生产领域。

如何借鉴国外的发展经验，基于中国自主的北斗卫星导航系统，发展具有中国特色的精准农业技术体系，业界和著者认为是时候进行总结了。因此，本书从北斗应用的视角出发，总结并研究 GNSS 农业应用技术、案例与特点。本书第 1 章简要

介绍精准农业和 GNSS 发展的背景,介绍发达国家和中国精准农业发展的基本现状,论述北斗与精准农业的相互关系,并提出农用 GNSS 综合增强服务网络和农业生产数据管理服务系统是精准农业两个重要的支撑平台。第 2 章介绍可满足农业应用需要的 GNSS 增强技术与基础设施,分单基准站增强、多基准站增强和星基增强,结合实例介绍其具体应用案例与应用方法,并总结国内外应用经验,论述发展农业星地联合增强的必要性和方法。第 3 章主要介绍农用 GNSS 终端的分类方法,并列举数据采集终端、远程管理终端、远程管理系统和北斗短报文终端的实例。第 4 章重点介绍自动驾驶导航系统的工作原理、系统组成、精度评定、误差分析、商用系统、应用实例及应用效益。自动驾驶导航是当前中国发展较快的精准农业技术,因而用单独一章进行详细介绍。第 5 章介绍北斗在农机作业精细管理中的应用。第 6 章介绍北斗在农业信息获取方面的应用。第 7 章介绍北斗在农机作业精确操控方面的应用。第 8 章介绍北斗短报文在渔牧业方面的应用。书中案例大部分取自于著者的研究思考与应用实践,并部分借鉴了同行的工作成果。由于中国的北斗应用刚刚起步,在本书的案例中,难免少量地用到了 GPS 的应用案例。而且,为了便于读者综合了解行业的发展情况,本书不仅介绍北斗/GNSS 兼容产品,同时也介绍相应的 GPS 单系统产品。

本书的撰写,第 1~5 章及 6.2 节、7.2 节、7.4 节、8.2 节和 8.3 节由吴才聪承担,第 6 章、第 7 章主要由苑严伟承担,8.1 节由韩云霞承担。参加本书编写的还有梅淑月、乔鹏、周琳、王杰、胡冰冰、杨曦、赵晶、杜宇晨和郑已明。全书由吴才聪负责审定。张书慧教授参与了本书的章节规划工作。

在本书编写过程中,得到了汪懋华院士、陈学庚院士、过静珺教授、曹冲研究员、沈雁教授等老一辈科学家的亲切指导,得到了李民赞教授、兰玉彬教授、施闯教授、杨成海研究员、张显峰教授、张国忠教授、王海深研究员、孟志军研究员等的指正,也得到了罗小全、肖雄兵、马飞、韩友东、丁志刚、徐海涛、翟传润、罗树江、刘伟、李沅、岳鹏飞、曹雪勇、徐少瑜、Tim Tan 等产业界人士的帮助,并得到了景贵飞、李斯华、戚亮、李小龙、李作虎等有关部门领导的指导。王应宽博士在百忙之中,对本书的内容和文字进行了全面的修订,提出了有益的建议。著者的同事张峻宁及学生贾全、蔡亚平等参与了资料收集与整理工作。没有他们的帮助,我们难以想象能如期完成著作的写作和校订。在此,对他们的帮助一并表示感谢。在编写过程中,著者还走访了美国的 AgJunction、DigiFarm、NoVariant、HeadSight 等公司及若干精准农业农场,在此也对国际友人的帮助表示诚挚的谢意。

限于著者的学术素养与能力,书中定有不足之处,敬请读者批评指正。

著者

2016年3月21日

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 精准农业发展概述	2
1.1.1 农业的发展阶段	2
1.1.2 可持续发展农业	2
1.1.3 精准农业技术	3
1.2 全球卫星导航系统发展概述	4
1.2.1 卫星导航系统发展	4
1.2.2 卫星导航工作原理	5
1.2.3 全球卫星导航系统	6
1.2.4 区域卫星导航系统	9
1.3 卫星导航农业应用概述	10
1.3.1 卫星导航定位技术的作用	10
1.3.2 农业对卫星导航定位技术的需求	13
1.3.3 国际 GNSS 农业应用概况	13
1.3.4 中国 GNSS 农业应用概况	17
1.3.5 北斗农业应用的意义	18
第 2 章 农用 GNSS 增强技术与基础设施	19
2.1 卫星定位误差分析	20
2.1.1 卫星定位误差来源	20
2.1.2 卫星定位误差处理	22
2.1.3 卫星定位精度评定	23
2.2 卫星定位增强技术	23
2.3 单基准站增强技术与系统	24
2.3.1 工作原理	24
2.3.2 差分类别	25
2.3.3 应用实例	26
2.3.4 应用分析	27
2.4 多基准站增强技术与系统	28
2.4.1 工作原理	28

2.4.2	常用软件	29
2.4.3	应用案例	30
2.4.4	应用分析	36
2.5	广域差分增强技术与系统	36
2.5.1	工作原理	36
2.5.2	国家或区域星基增强系统	37
2.5.3	商业星基差分增强系统	40
2.6	精密单点定位技术与系统	44
2.6.1	工作原理	44
2.6.2	系统实例	44
2.7	农业星地联合增强技术	47
2.7.1	天宝农用差分技术	48
2.7.2	农业先行者农用差分技术	49
2.7.3	约翰迪尔农用差分技术	50
2.7.4	徕卡农用差分技术	51
2.7.5	瑞农农用差分技术	51
第3章	农用 GNSS 导航定位终端	53
3.1	农用 GNSS 终端分类	54
3.1.1	按使用用途分类	54
3.1.2	按精度等级分类	55
3.1.3	按应用载体分类	56
3.1.4	按通信方式分类	56
3.2	农用 GNSS 数据采集终端	58
3.3	农用 GNSS 远程管理终端	59
3.3.1	国产 GNSS 终端	60
3.3.2	国外 GNSS 终端	61
3.4	农用 GNSS 远程管理系统	62
3.4.1	新郎迪采棉机远程管理系统	63
3.4.2	农业先行者 SMS 管理系统	64
3.4.3	天宝互联农场管理系统	65
3.4.4	凯斯 AFS 远程管理系统	66
3.4.5	克拉斯 Telematics 远程管理系统	67
3.4.6	其他远程管理系统	68

3.5	北斗短报文终端	69
3.5.1	常用北斗短报文终端	70
3.5.2	北斗短报文工作原理	71
3.5.3	北斗民用分理服务	73
第4章	农机自动驾驶导航系统及应用	75
4.1	拖拉机转向系统	76
4.1.1	转向方式	76
4.1.2	转向系统	78
4.1.3	助力转向	79
4.2	拖拉机导航控制原理	84
4.2.1	光靶视觉辅助驾驶导航	85
4.2.2	自动驾驶导航工作原理	86
4.2.3	自动驾驶导航系统基本组成	87
4.2.4	自动驾驶导航前装应用	95
4.2.5	自动驾驶导航作业模式	97
4.3	农机具导航控制方法	97
4.3.1	机具主动导航	98
4.3.2	机具被动导航	98
4.4	作业精度与误差分析	99
4.4.1	作业精度	99
4.4.2	误差分析	103
4.5	商用自动驾驶导航系统	105
4.5.1	盛恒天宝公司	106
4.5.2	合众思壮公司	107
4.5.3	上海司南公司	109
4.5.4	中海达公司	110
4.5.5	北斗华宸公司	111
4.5.6	上海华测公司	112
4.5.7	联适导航公司	113
4.5.8	瑞农公司	114
4.5.9	农业先行者公司	114
4.5.10	克拉斯公司	116
4.5.11	徠卡公司	116

4.5.12	约翰迪尔公司	117
4.5.13	拓普康公司	118
4.5.14	天宝公司	120
4.5.15	诺瓦良特公司	122
4.6	应用实例及效益	123
4.6.1	应用实例	123
4.6.2	应用效益	124
第 5 章	北斗农机作业精细管理应用	127
5.1	农机作业服务模式	128
5.1.1	C2C 模式	128
5.1.2	C2B 模式	129
5.1.3	B2B 模式	129
5.1.4	云组织模式	132
5.1.5	自组织模式	133
5.1.6	小结	133
5.2	农机作业精细监管与导航	134
5.2.1	体系与结构	134
5.2.2	移动终端及 APP	136
5.2.3	监控终端、系统及移动监控 APP	140
5.2.4	中心调度导航方法与软件	143
5.2.5	应用实例	145
5.3	农机作业时空调度	147
5.3.1	概述	147
5.3.2	模型解算	148
5.3.3	模型试验与应用	149
5.4	采棉机作业辅助调度	152
5.4.1	应用背景	152
5.4.2	管理流程	153
5.4.3	应用需求分析	154
5.4.4	软件实现	155
5.5	采棉机作业远程管理	159
5.5.1	工作原理	159
5.5.2	北斗/GPS 远程管理终端	160


5.5.3	系统平台	161
5.5.4	移动互联网 APP	162
5.5.5	应用效益及成果	163
5.6	农机深松作业监测	164
5.6.1	深松作业意义	164
5.6.2	耕深检测研究进展	165
5.6.3	深松面积监测方法	166
5.6.4	深松耕深检测方法	167
5.6.5	小结	171
5.7	秸秆还田精准管理	172
5.7.1	系统结构	172
5.7.2	系统功能	173
第 6 章	北斗农业信息获取应用	175
6.1	产量监控应用	176
6.1.1	谷物测产	176
6.1.2	采棉机测产	180
6.2	农业气象信息获取应用	186
6.2.1	工作原理	186
6.2.2	应用实例	187
6.3	土壤采样应用	191
6.3.1	土壤采样方法	191
6.3.2	土壤养分分析	191
6.3.3	应用实例	192
6.4	无人机信息获取应用	195
6.4.1	系统组成	196
6.4.2	应用实例	199
第 7 章	北斗农机作业精确操控应用	201
7.1	暗管改碱应用	202
7.1.1	系统组成	203
7.1.2	作业导航控制	205
7.1.3	作业高程控制	208
7.1.4	应用实例	210
7.2	土地整理应用	211

7.2.1	工作原理	211
7.2.2	系统组成	211
7.2.3	工作步骤	212
7.2.4	应用实例	213
7.3	变量施肥应用	214
7.3.1	工作原理	214
7.3.2	系统结构	215
7.3.3	应用实例	216
7.4	无人机植保应用	219
7.4.1	应用背景	219
7.4.2	技术发展	220
7.4.3	自动导航工作原理	220
7.4.4	应用实例	220
第 8 章	北斗短报文渔牧业应用	223
8.1	海洋渔业监管应用	224
8.1.1	发展概况	224
8.1.2	系统结构	225
8.1.3	系统功能	226
8.1.4	应用产品	227
8.1.5	应用模式	229
8.1.6	运营服务	230
8.1.7	应用实例	230
8.2	农牧生产监管应用	233
8.2.1	青海放牧智能引导系统	233
8.2.2	内蒙古杭锦旗北斗数字牧场	234
8.3	野生动物保护应用	236
8.3.1	藏羚羊保护应用	237
8.3.2	麋鹿种群保护应用	240
	参考文献	241

第1章

绪论

本章要点

- 精准农业发展概述
 - 全球卫星导航系统发展概述
 - 卫星导航农业应用概述
- 



1.1 精准农业发展概述

1.1.1 农业的发展阶段

人类从古至今，从农业生产方式转变的角度，农业发展大体可以划分为原始农业、传统农业和现代农业等几个发展阶段。

原始农业是指在原始的自然条件下，采用简陋的石器、棍棒等生产工具，从事简单农事活动的农业。使用石器工具从事简单活动的农业是由采集、狩猎逐步过渡而来的一种近似自然状态的农业，属于世界农业发展的最初阶段，其特征是使用简陋的石制工具，采用粗放的刀耕火种的耕作方法，实行以简单协作为主的集体劳动。

传统农业是指在自然经济条件下，采用人力、畜力、手工工具、铁器等为主的手工劳动方式，靠世代积累下来的传统经验发展，以自给自足的自然经济居主导地位的农业，是采用历史上沿袭下来的耕作方法和农业技术的农业。传统农业具有低能耗、低污染等特征，在当今时代依然发挥着重要作用。

现代农业是指应用现代科学技术、现代工业技术、新一代信息技术等提供的生产资料以及应用科学管理方法的社会化农业，是最新发展阶段的农业。现代农业是一个动态的和历史的概念。特别是在 20 世纪第二次世界大战之后，现代化的科学技术和生产要素大量装备农业，良种、化肥、农药、机械等得到普遍应用，农业生产实现生物化、机械化和电气化，同时农业组织管理方式也迈向现代化，实现了农业生产的专业化、社会化、区域化和企业化。现代农业的显著特征是高效率、高投入、高能耗和高污染。

人类对土地的索取直接推动农业生产方式的转变，特别是由传统农业向现代农业发展。

1.1.2 可持续发展农业

20 世纪 50~60 年代，经济增长、城市化、人口增长、资源消耗等对环境造成了巨大的压力。1962 年，美国女海洋生物学家 Rachel Carson（莱切尔·卡逊）发表了一部引起很大轰动和争论的著作——《寂静的春天》，作者描绘了一幅由于农药污染导致的可怕景象，地球可能将面临一个没有鸟、蜜蜂和蝴蝶的世界，惊呼人们将会失去“春光明媚的春天”。《寂静的春天》是一本很有争议的书，是标志着人类首次关注环境问题的著作。它那惊世骇俗的关于农药危害人类环境的预言，不仅受到与之利害攸关的生产与经济部门的猛烈抨击，而且也强烈震撼了广大社会民众，在世界范围内引发了人类关于发展观念的争论。数千年以来，人们往往认为大自然只