

# 中国智慧农业发展研究报告

## ——新一代信息技术助力乡村振兴

中国信息通信研究院政策与经济研究所  
中国人民大学智慧农业与数字乡村发展研究中心  
2021 年 12 月

---

## 版权声明

---

本报告版权属于中国信息通信研究院和中国人民大学，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本报告文字或者观点的，应注明“来源：中国信息通信研究院和中国人民大学”。违反上述声明者，编者将追究其相关法律责任。

## 前 言

民族要复兴，乡村必振兴。改革开放，特别是党的十八大以来，党中央、国务院统筹推进“三农”工作，打赢脱贫攻坚战、部署乡村振兴战略，农业农村发生历史性变革、取得历史性成就。当前，中国正处于乘势而上开启全面建设社会主义现代化国家新征程、向第二个百年奋斗目标进军的开局时期，正处于正确处理工农关系、城乡关系的历史关口时期。全面建设社会主义现代化国家，大头重头在“三农”，基础和潜力也在“三农”；当前和今后一个时期，应对国内外形势复杂变化，把握新一轮科技和产业革命发展主动权，加快构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局，需要进一步巩固农业基础、扩大农村居民有效消费需求，守好“三农”这个战略后院。

习近平总书记指出，当今时代，以信息技术为核心的新一轮科技革命正在孕育兴起，互联网日益成为创新驱动发展的先导力量，深刻改变着人们的生产生活，有力推动着社会发展。他强调，要推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合，加快制造业、农业、服务业数字化、网络化、智能化。当前，以 5G、工业互联网、人工智能、云计算、大数据等新一代信息技术研发和应用为核心内容的数字经济风起云涌，给全球经济和人们生活带来了全方位的影响。经济社会发展与技术范式变迁同步促进农业生产方式变革。农业生产已历经手工劳作时期、机械化时期和简单自动化时期，为有效应对经济社会发展，人口结构变迁产生的新约束、提出的新需求，正在逐步进入以新一代信息技术为核心、数据为主要驱动力的数字时期，需要实现程

度更深、范围更广的信息化变革，并在此基础上进一步向更高级别的数字化、网络化、智能化迈进。

本报告的目的是从理论与实践层面对当前中国智慧农业的发展状况进行分析与研究，以完成以下几方面探索：**第一**，明晰智慧农业的基本概念、运行逻辑与功能作用。**第二**，分析智慧农业的网络与技术基础；**第三**，总结以工业互联网等为代表的新一代信息技术在农业产业的典型应用模式与实践案例；**第四**，研究当前中国智慧农业面临约束，并提出下一步的推进建议。

本报告认为，提升新一代信息技术在农业领域的创新与应用水平，推动农业产业向数字化、网络化、智能化方向不断迈进，既是新时期实现农业产业现代化的客观要求，也是充分发挥广阔农村地区作为中国数字经济发展战略纵深、数字化转型与信息消费潜在市场的重要优势的大势所趋，同时还是“**强化以工补农、以城带乡，推动形成工农互促、城乡互补、协调发展、共同繁荣新型工农城乡关系**”的关键抓手。

当前，中国在推进智慧农业发展机遇与系统约束并存，适度规模化经营的框架下家庭农场、合作社、农业企业、国有农垦等的数字化改造，小农户的数字技能“补课”是当前与未来一个阶段中国智慧农业发展的基本思路与重要着力点。因此，需要权衡由于数字化发展阶段不同带来的智慧农业的特殊性，又需要在广泛吸收服务业、制造业数字化转型（以工业互联网为实现路径）成功经验的基础上确定可行的发展路径，注重体制机制的改革与创新，不断强化政府主导作用、充分发挥市场主体企业家精神，完善“产学研”转化机制，汇聚农业农村、

工信、网信、财政、教育及科技等多方面力量，推动工业互联网网络、平台、安全、标识解析及数据等数字解决方案与标准在农业农村领域的应用，积极构建符合中国“大国小农”“适度规模化”农业经营特征、发展需求的智慧农业体系。

研究报告仍有诸多不足，望请各界批评指正、共同进步。

# 目 录

一、农业进入数字化发展新时期.....	1
（一）智慧农业的基本概念与核心逻辑 .....	1
（二）智慧农业为改造传统农业带来机遇 .....	6
（三）全方位政策红利加速智慧农业发展 .....	10
二、智慧农业的发展基础：技术、设施与通用方法论.....	18
（一）新一代信息技术快速发展释放产业数字化新动能 .....	18
（二）电信普遍服务不断夯实智慧农业网络与服务基础 .....	20
（三）工业互联网为智慧农业发展提供系统性解决方案 .....	22
三、典型案例：新一代信息技术与农业的融合实践.....	23
（一）综合服务：中化先正达“先农数科”打造“三位一体”智慧农业 .....	23
（二）智慧零售：中国电子中电互联以区块链技术实现农产品溯源 .....	32
（三）智慧温室：海尔卡奥斯以工业互联网推动设施农业智能化 .....	40
（四）农业互联网：农信互联以信息技术打造猪联网 .....	45
（五）农资供应链：杉数科技以数据驱动加速农资供应便捷化 .....	53
（六）设施农业：智多莓草莓种植的数字化与智能化实践 .....	59
四、中国智慧农业发展面临约束与推进建议.....	64
（一）中国智慧农业发展面临约束 .....	64
（二）中国智慧农业发展推进建议 .....	71
参考文献.....	75



## 图 目 录

图 1 智慧农业框架结构 1.0.....	2
图 2 2004 年至 2020 年中国智慧农业专利申请数量.....	20
图 3 瑞安“三位一体”智农在线平台建设思路.....	26
图 4 瑞安“三位一体”智农在线管理驾驶舱.....	29
图 5 中电互联产品平台总体架构图.....	34
图 6 线上中电工业电商系统.....	36
图 7 中电互联食品农产品溯源管理系统.....	37
图 8 中电互联数字零售平台.....	38
图 9 海尔卡奥斯水肥一体化系统.....	43
图 10 海尔卡奥斯智慧温室示意图.....	44
图 11 农信互联猪联网产品体系.....	47
图 12 农信互联农业互联网生态.....	48
图 13 农信互联人员手部消洗识别.....	49
图 14 农信互联智能监测平台.....	49
图 15 农信互联猪企网对猪场生产指标 PSY 的分析.....	51
图 16 杉数科技供应链“决策大脑”架构图.....	54
图 17 六国化工与杉数科技共同打造农资产销协同新路径.....	56
图 18 杉数科技杉数求解器.....	57
图 19 杉数科技与六国化工共同实现农资供应链智能化.....	58
图 20 智多莓对于强日照条件下的草莓温室各类参数趋势的分析图.....	61
图 21 智多莓草莓数字化种植生产控制逻辑流程.....	62
图 22 The Climate Corporation 对于农业机械的数字化改造.....	69

## 表 目 录

表 1 部分地区智慧农业与农业数字化相关政策.....	12
表 2 城乡互联网使用情况统计与影响（单位：%）.....	66

## 一、农业进入数字化发展新时期

经济社会发展与技术变迁同步促进农业生产方式变革。为有效应对新阶段的新需求,农业需要实现程度更深、范围更广的信息化变革,并在此基础上进一步向更高级别的数字化、网络化、智能化迈进。

### (一) 智慧农业的基本概念与核心逻辑

#### 1. 智慧农业的基本概念

智慧农业是新一代信息技术与农业决策、生产、流通交易等深度融合的新型农业生产模式与综合解决方案(详见图1),通过对人、机、物等的全面连接,一方面对农业生产进行全流程跟踪式监测、管理,以数据驱动技术流、资金流、人才流、物资流,实现更为高端化、智能化、绿色化的农业产品的种、管、采收、储存、加工等;另一方面打通供需连接渠道,打造快速、高效、精准的农业产销生态系统,重塑农业与消费者之间双向互动关系,构建起覆盖农业全产业链、全价值链的全新生产和服务体系。

智慧农业不是新一代信息技术在农业的简单应用,而是具有更为丰富的内涵和外延,它既是农业数字化、网络化、智能化转型的具象化、系统化呈现,同时也是一种新业态、新产业,将重塑生产形态、供应链和产业链,在推动农业提质、增效、降本、绿色、安全发展等方面蕴含着巨大潜力。





来源：中国信息通信研究院

图 1 智慧农业框架结构 1.0

## 2.核心逻辑：数字孪生与定制化生产

智慧农业是农业产业数字化的具体形态。数字化发展是以新一代信息技术（Next Generation ICT）<sup>1</sup>的研发应用为基础支撑，以实现产业全流程数字化、网络化、智能化为目的的技术范式革新<sup>2</sup>。数字化发展需要具备一个由硬件与软件所共同构筑的，集“感知、传输、计算、存储、应用”等为一体的“闭环”。通过“闭环”的不断迭代与升级，产业发展逐步数字孪生（Digital Twin），以及定制化生产迈进。

<sup>1</sup> 新一代信息技术（Next Generation ICT）是以下一代通信网络、工业互联网（Industrial Internet）、云计算、区块链、人工智能等为代表的新兴信息技术群，它既是信息技术的纵向升级，同时也是信息技术的横向渗透融合。

<sup>2</sup> 技术范式（Technology Paradigm）是指那些能够在一段时间内为实践共同体提供典型解答的科学技术成就（Kuhn, 1962; Dosi, 1982）。技术范式跃迁是一种系统性的技术创新（Freeman and Perez, 1986）。它导致了一系列的产品创新、工艺创新、组织创新和管理创新，给大部分组织和个体带来了生产率的显著提升，创造了非同寻常的投资和盈利机会。

### （1）控制论、闭环、反馈与智慧农业

1948 年诺伯特·维纳（Norbert Wiener）的代表性著作《控制论》出版，成为一个时代开启的标志。维纳将这本书的副标题取为“关于在动物和机器中控制与通信的科学”，指出无论是机器还是动物，一切能够适应周围环境变化，具备自主决策能力的“智能”系统都包含有信息提取、信息传输、信息处理、信息存储和信息利用等环节，而闭环和反馈在整个系统中占据基础性地位（所谓的“智能”行为不过是这套机制运作的外在表现）。控制论以高度抽象的方式揭示了包括生物、机器、经济社会等在内的一切简单或复杂系统在面对不断变化的周边环境与不确定性时自主运行的本质规律。

在新一代信息技术大范围普及的今天，信息的主要表现形式与承载主体就是存储在各类电子计算机中的二进制数据。实现有效控制的前提——对信息的有效组织，本质上就是对承载信息的数据进行采集、传输、分析与利用。在数据大量增长、数据来源和种类多样化、数据快速生成、数据质量有待提升、数据价值密度不高的时代背景下，解决好“数据从物理世界中来，到物理世界去”的问题是实现“智能”的关键。无论是一台智能农机，还是一间智能大棚，或是一个智能农场，构建有效的信息流，消除不确定性，快速做出最优决策的重点都是打造一个完整的数据闭环。

**完整、准确的数据采集是闭环的起点。**对于一个系统而言，其所处的外部环境复杂多变，自身运行状态也会时刻改变，如果不能及时、准确地掌握外部环境情况和内部运行状态，就难以提取出有效信息，减小不确定性。目前能够采集温度、湿度、气压等多物理量的传感器已开始广泛应用，让系统获取的数据量更大、质更优。

**网络为数据在闭环中流动提供管道。**智能行为实现的前提是构建闭环，实现反馈控制，需要系统中各个部分相互连接、相互沟通、相互交流。与动物的神经系统相似，网络为数据采集交互、分析处理和反馈执行联通可靠通道，是“大闭环”各部分连接的纽带。5G 等新一代网络技术是系统内各部分互联互通和无缝集成的关键技术支撑。

**科学、准确的数据分析是闭环核心。**一个系统要实现基于数据闭环和反馈控制的智能行为，除了充分感知周围环境和自身状态以外，还需要对提取的信息进行分析和处理。对数据进行加工、分析和处理，为智能行为的实现提供决策依据。人工智能等技术的快速发展为实现更高层次的智能决策开辟了新路径。

**精准、高效的执行是闭环的终点。**系统的智能行为最终体现为一系列动作及其产生的积极效果。执行是在数据采集、传输、分析的基础上发出指令，做出行为，产生效果。

数字孪生是基于上述理论的高层次实践，其依托知识机理、仿真技术为物理实体在虚拟空间创建数字孪生体或者应用场景，模拟、反映物理世界的状态和行为。基于多维度的实时数据、历史数据，预测物理个体（系统）的未来状态，以实现物理上的组织性加强、精准性提升和不确定性缓解（卢阳光，2020；殷浩栋等，2020）。由于数字孪生在产品开发、监督和验证及应对突发情况等方面的显著成效，数字孪生逐渐在牲畜家禽养殖、作物种植、智能农场管理等农业领域得到了推广与应用。

智慧农业之所以能实现精准、高效、低碳的发展目标，就是将传统农业“靠天靠地靠简单劳动投入”的落后生产模式转变为“可感知、可控制、可预测”智能化生产模式。智慧农业根据各种类型的生产模



型、系统规则与数据集合对农业知识进行数字固化，通过在虚拟空间建构物理对象（动植物、运动轨迹）的实时、精准数字化映射，面向增产、提质等应用需求，展开分析量化的预测和决策反馈，实现农业生产全流程的优化。正因如此，智慧农业需要系统化、全局性的发展方案，任何单一种类和单一环节的技术缺失都无法促成农业数字化转型。任何一个节点存在未连接的问题，整个闭环的数据感知、采集、传输和处理将难以有效实现，整个系统就难以实现“智能”运行。

## （2）服务化延伸：智慧农业的增收逻辑

智慧农业可以通过对农业产业的服务化延伸实现增收增效，这源于新一代信息技术的三次产业融合拓展了农业的多功能性。新一代信息技术能够创新服务供给内容、改变服务供给方式（江小涓、罗立彬，2019）。在传统“人对人”“点对点”的生产过程当中，劳动力是主要的供给要素，难以引入新的技术和设备，缺乏规模经济。劳动生产率不仅长期保持不变（江小涓，2017），也很难对于其他产业产生技术的外溢效应。一些新兴、小众的服务由于相对高昂的获客成本和低频次的需求而难以存活。传统农业具有这个特点，内卷化现象较为常见，没有发挥出多元价值。

新一代信息技术与产业的融合使得产业发展愈发表现出显著的差异化、服务化和敏捷化。不同于一般意义上的效率提升，智慧农业在服务化方面的影响包括依托新一代信息技术的农业产业链的延伸、农耕文明传承、山水田园生活意境表达等。**一方面**通过更多样化的连接形式，重塑生产者与消费者之间的关系，不仅包括物质生产、实物销售，还有内容体验与服务享受等。智慧农业通过订单式作业、云上参与、视频直播等方式，让农业生产凭借“原生态”“定制化”“生活化”

的标签，变现自然景观、文化价值、劳动凝聚等。另一方面新一代信息技术以更为低成本的数字化方式，消除物理隔阂、打通连接渠道，帮助以往难以单独存活的小众供需实现“线上规模化”，有效的将“长尾供需”转变为可以盈利获益的“大市场”。尤其是，中国是一个具有超大规模统一市场的国家，消费者众多、小众消费规模庞大，能够支持多种新模式新业态的发展壮大。如新一代信息技术能够帮助城市消费者以更便捷的方式参与耕种饲养，还能通过认养、认种的方式为农产品溢价买单。

## （二）智慧农业为改造传统农业带来机遇

智慧农业的本质是利用“数据+算法”加速农业的智能化生产、网络化协同、服务化延伸，进而实现效率提升和成本节约。这为农业产业的绿色化生产、集约化经营、个性化供应提供了可行的发展途径。

### 1.以数字化方式促进农业绿色生产

化肥农药等传统技术要素投入对农业生产效率的带动效应日趋递减，同期，粗放型投入的消极影响正在日益显现。在过去 20 年，农业、林业等大约产生了全球温室气体排放量的 27%，几乎与工业相当。自 2000 年以来，中国农业温室气体生产排放量增加了 16%，成为世界最大的农业排放国<sup>3</sup>。化肥农药作为农户提升生产效率最重要的生产投入之一，曾经是农业“绿色革命”的重要标志，并且已被广泛证实是改革开放以来中国农业生产效率提升最为核心的因素（王祖力、肖海峰，2008；孔祥智等，2018）。但是，在当前中国农业生产，

<sup>3</sup> 麦肯锡研究报告：《应对气候变化：中国对策》



特别是普通农户生产中，化肥农药的过量施用十分普遍。例如，农业农村部在《到 2020 年化肥使用量零增长行动方案》中显示，中国农作物化肥施用量偏高，亩均化肥用量达 21.9 公斤，远高于世界平均水平（每亩 8 公斤），是美国亩均化肥用量的 2.6 倍、欧盟亩均化肥用量的 2.5 倍。这不仅造成了生产资料的浪费，也引致了大量氮氧化物温室气体排放。改变这一局面并不容易，因为中国 99% 的农场面积不足 5 公顷，该比例远高于亚洲其他地区和欧洲，因此，要改变农村居民的实际行为，就意味着必须动员到每一家农户（麦肯锡，2020）。

习近平总书记指出，中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和。碳达峰、碳中和“3060 目标”发展目标迫使农业必须走绿色发展道路。但是，要在短时间内系统性、全方位的改变传统生产方式并不容易。基于新一代信息技术的智慧农业为改变传统生产方式、实现绿色低碳发展提供了一种可行路径。通过对设施大棚、农田、畜禽圈舍和农业机械等进行数字化改造，构建相匹配的数字化农业生产体系，提升农业生产者动态获取资源信息、智能精准投入的能力，进一步提高生产效率和质量，这为农药化肥的精准利用、农业绿色低碳发展奠定了基础。

## 2. 以智能化应对劳动力结构性挑战

农业部门劳动力的老龄化与兼业化趋势更加显著。从劳动力年龄结构来看，2010 年前后，中国适龄劳动人口达到了峰值，而后开始呈现负增长趋势，人口老龄化趋势突出显现，进而直接带来了劳动力供给的下降与整体工资水平的上涨。一方面，第七次全国人口普查数据

显示，中国 60 岁及以上人口为 26402 万人，占 18.7%，而且老年人口增长速度将明显加快，到 2030 年占比将达到 25% 左右。可预见，随着农村劳动力的持续转出与老龄化现象加重，农业生产劳动力稀缺、技能稀缺问题将愈发严重。另一方面，根据北京大学新结构经济学研究中心的调查显示，2014 到 2017 年中国工人薪资年均增长了 10%—20%。这也使得中国非熟练工人工资成为世界范围内水平最高、增长最快的国家之一。

从劳动力兼业结构来看，农业村业内部呈现出纯农户、高度兼业农户的比例不断下降，非农户的比例不断上升等显著分化态势。2003 年中国非农户占比仅为 33.28%，2016 年非农户占比增加到 64.04%，年均增长率为 5.16%。同期，农户家庭从事农业劳动的时间从 2003 年的 44.06% 下降到 2016 年的 29.81%，降低了 14.25 个百分点。非农工作时间则呈现快速上升的趋势，由 2003 年的 55.94% 增加到 2016 年的 70.19%（张琛等，2019）。“小规模经营+老龄化+大范围兼业”给农业技术的推广与应用、生产方式的变革带来了更大的挑战。

伴随着智慧农业的加速部署与深入实践，具有实时连接、数据分析、智能应用和反馈控制功能的智能化农业生产体系将逐渐成熟，并将越来越多的农业知识、种植技能转化为智能操作程序，为实现农业集约化生产提供解决方案。如多地通过手机 APP 为小农户开展代耕代种、一条龙、一站式“全程机械化+综合农事”等服务。一些智慧农业的试点项目正在尝试集成无人机、农事管理系统、物联网云平台等软硬件，探索生产管理的“全方位在线化”。

### 3.以定制化满足和扩展多样化需求

实际上,以往农业产业化发展逻辑是农业向着工业化的发展模式靠近,那么农业农村全方位数字化所带来的新经济、新模式、新业态则更加突显“差异化”、“服务化”新逻辑。过去的中国农业发展的思路主要按照工业化的标准,不断追求专业化生产和规模化效益,着重于对传统农业生产技术的改造。这种思路方式在短时期快速实现粮食供给的安全保障,但无法避免对小农户利益的影响,以及随之而来的营销风险。数字技术引致的生产性变革能够在持续提升农业生产效率的基础上,帮助农业农村开辟“差异化”、“服务化”转型新机遇,通过提供城市部门、传统工业难以提供的差异化产品和服务,实现农业农村整体发展方面的突破。数字技术使得“乡愁”可以传递,使得农业生产的自然景观、文化价值等属性可以变现,使得小农户技术应用差、经营规模小、标准化程度低的竞争劣势能够转变为“手工劳作”、“原生态”,以及“定制化”的竞争力标签(殷浩栋等,2020)。

智慧农业可以改善产品同质化现象,提高农业生产者准确把握低频或个性化长尾需求的能力,不断催生社区支持农业(CSA)、订单农业、采摘文旅等新业态。智慧农业能够进一步开发农业的多元属性,延长产业价值链,促进产业深度融合。智慧农业能够通过“数字内容”“云体验”的方式,变现农业农村的自然景观、文化价值等,能够使农户技术应用差、经营规模小、标准化程度低的竞争劣势转变为“手工劳作”“原生态”,以及“定制化”的竞争优势。



### （三）全方位政策红利加速智慧农业发展

近年来，中国在智慧农业领域基本形成了一套从中央顶层设计到地方落实执行，从基础设施建设到技术推广应用、社会化服务的完整政策体系，引导上下联动、多方参与、协同合作促进智慧农业快速发展。

#### 1. 智慧农业政策顶层设计加速完善

2005年，中央“一号文件”首次提出要“加速农业信息化建设”，此后历年“一号文件”均亦提及农业信息化。2012年，党中央国务院印发《关于加快推进农业科技创新持续增强农产品供给保障能力的若干意见》，首次明确提出全面推进农业农村信息化，重点提升农业生产经营、质量安全控制、市场流通等方面的信息服务水平。

党的十八大以来，党中央国务院坚持把解决好“三农”问题作为全党工作的重中之重，高度重视数字农业农村建设，作出“互联网+”现代农业等系列重大部署，系统地规划农业数字化发展方向、发展路径与重点任务，着力推动新一代信息技术在农业农村的应用。2015年，中共中央国务院印发《关于加大改革创新力度加快农业现代化建设的若干意见》，首次将农业现代化作为“一号文件”的首要议题，农业数字化是其中的重点领域，“支持电商、物流、商贸、金融等企业参与涉农电子商务平台建设”“建立全程可追溯、互联共享的农产品质量和食品安全信息平台”“加快农村信息基础设施建设和宽带普及”等多方面内容。同年，国务院办公厅印发《关于促进农村电子商务加快发展的指导意见》，提出农村电子商务是转变农业发展方式的重要手段。

2018 年，中共中央、国务院印发《关于实施乡村振兴战略的意见》，将数字农业、智慧农业、农村电商等与乡村振兴更加紧密衔接。2019 年，《数字农业农村发展规划（2019—2025 年）》发布，从资源体系、生产经营、管理服务、治理体系等角度对农业农村数字化转型进行全方面规划，明确了具体目标以及重点工作任务，系统部署并加快推进数字农业农村建设。2021 年“一号文件”中提出，发展智慧农业，建立农业农村大数据体系，推动新一代信息技术与农业生产经营深度融合。“十四五”规划纲要提出，要加快发展智慧农业，推进农业生产经营和管理服务数字化改造。

## 2. 各地区积极探索差异化发展路径

在党中央、国务院的统筹部署下，各地政府认真贯彻落实中央精神，接连出台相关政策推动智慧农业发展，探索符合各自禀赋优势的差异化发展路径（详见表 1）。

重庆市印发《重庆市智慧农业发展实施方案（试行）》，从标准规范、关键技术和设备、数据采集分析以及试点示范应用等多方面推动农业转型升级，加速实现农业生产智能化、经营网络化、管理数据化、服务在线化。

河北省印发《河北省智慧农业示范建设专项行动计划（2020-2025 年）》，聚焦智慧种植等 6 大任务和智慧农业大数据工程等 6 大工程，加速农业产业数字化进程。

黑龙江省在《“数字龙江”发展规划（2019—2025 年）》中将数字农业发展作为近年“数字龙江”的重要部分，以打造全国数字农业先导区为目标，提出要发展特色数字农业，聚焦数字技术与农业生产融合、



提升农业经营网络化和信息服务水平、培育农业数字化新业态和构建农业数字化管理体系等四大方面，提出了要加快“天空地”一体化信息遥感监测网络建设，推动信息技术与“农业+”加工流通、农业创客空间、乡村旅游、共享农庄等农业经营活动融合发展，打造农林牧业政务信息、安全管理和综合服务系统等系统、推动业务数据互通共享等。

表 1 部分地区智慧农业与农业数字化相关政策

地区	文件名称	相关核心内容
山东省	《数字山东发展规划（2018-2022年）》	瞄准农业“新六产”发展导向，以数字化推进产业链相加、价值链相乘、供应链相通“三链重构”。在全省建设一批示范作用显著的智慧农业园区和示范基地，鼓励成套数字技术解决方案规模部署，提升农业生产实时监控、精准管理、远程控制 and 智能决策水平。加快建设“1+10+N”全省智慧农业云平台，全面提升农业部门服务、监管和决策分析能力。推进益农信息社建设，提供农业政策法规、市场动态、专家咨询、农技普及等信息服务。
黑龙江省	《“数字龙江”发展规划(2019-2025年)》	推进数字技术与农业生产深度融合。围绕大田种植和设施农业，加快“天空地”一体化信息遥感监测网络建设，推进物联网感知、卫星遥感、地理信息等技术在生产监测、精准作业、智能指挥等农业生产全过程的集成应用。加快传统农机设施的数字化改造，推进农业智能传感与控制系统应

		用，提升装备智能化、作业精准化、管理数据化、服务在线化水平。开展农业物联网标准化建设试点，面向粮油、果蔬、乳制品、奶牛、林蛙、黑猪等特色产业，建立基于物联网的全生命周期质量安全管控和疫病监测预警系统，统筹建设一批智慧农牧业特色示范区。推进农业生产大数据应用，整合农业地理、生产经营、科技推广等数据资源，提供大数据分析和决策支撑服务。
重庆市	《重庆市智慧农业发展实施方案（试行）》	制定一批智慧农业应用标准规范，研发一批成本低、实效好的智慧农业技术，推广一批农业智能化关键技术和成套设备，规范一批产业数据采集方式，构建一批生产管理 AI 数据模型，建设一批智慧农业生产示范基地，推广一批节本增效山地特色智慧农业应用模式，试点建成单品种全产业链大数据，探索出可复制的农业全产业链数字化改造模式。到 2022 年，建设 200 个智慧农业示范点。
四川省	《2020 年全省市场与信息化工作要点》	用信息手段重塑农业生产，用信息平台服务农民，用大数据再造三农治理体系。依托益农信息社电商平台，推动农村电商新模式、新业态发展。探索推动 5G、区块链等现代信息技术的应用场景或模式。推广农业物联网技术示范应用，鼓励现代农业园区、产业化龙头企业、家庭农场等新型农业经营主体，积极应用物联网、智能装

		备等信息技术和设施设备，新建一批农业生产物联网示范点，促进数字农业扎根落地。
云南省	《关于加快推进数字乡村建设的实施意见》	完善自然资源遥感监测“一张图”和综合监管平台，对永久基本农田实行动态监测。建设云南农业农村大数据中心，整合涉农数据资源，统一数据管理，实现数据共享。加快推广云计算、大数据、物联网、人工智能在农业生产经营管理中的运用，促进新一代信息技术与种植业、种业、畜牧业、渔业、农机、农产品加工业全面深度融合应用。
江西省	《江西省数字经济发展三年行动计划(2020-2022年)》	发挥数字经济赋能传统农业的作用，重点支持大田种植、园艺作物、畜禽养殖、水产养殖数字化项目建设，争取国家数字农业建设试点项目。到2022年底，建成200个农业物联网示范区。加快推进江西农业数据云，农业指挥调度中心、12316资讯服务中心，农业物联网平台、农产品质量安全监管追溯平台、农产品电子商务平台以及农业技术服务等N个子系统建设。到2022年底，建成系统互联互通、数据在线共享、服务全省“三农”的智慧农业服务体系。
河南省	《河南省人民政府办公厅关于加快推进农业信息	实施数字农业建设工程，加快物联网、大数据、区块链、人工智能等现代信息技术在农业领域的应用，建设小麦、玉米、水稻、花生等大田作物物联网技术应用示范基地，推进设施农业智能

	化和数字乡村建设的实施意见》	化，构建林果业智能化生产管理模式，完善现代畜牧业信息服务体系，发展智慧渔业和智慧种业，提高农产品加工业智能化、自动化、精细化水平。
福建省	《“互联网+”农产品出村进城工程实施方案》	大力推广现代农业生产设施装备，提升农产品生产机械化、信息化、数字化水平。推进农产品生产全产业链数字化转型。从 2020 年到 2022 年，每年建设现代农业智慧园、农业物联网应用基地 100 个以上，累计建设 700 个以上。大力实施数字乡村发展战略，进一步提高农村宽带、光纤、移动网络、卫星网络等基础设施覆盖面，满足农业用网需求。
辽宁省	《辽宁省数字乡村发展规划》	增强数字农业服务能力。完善自然资源遥感监测“一张图”和综合监管平台，对永久基本农田实行动态监测。加强高分辨率对地观测系统在农业生产中的应用。寻求智慧农业突破发展，推进省智慧农业中心建设，加强全省农业农村大数据体系建设，推动行业数据向数据中心集中与共享，提供全产业链服务，推动传统农业转型升级。
河北省	《河北省智慧农业示范建设专项行动计划（2020-2025 年）》	智慧种植、智慧畜牧、智慧渔业、智慧种业、智慧农业农村新业态、智慧监管



江苏省	《关于高质量推进数字乡村建设的实施意见》	推广应用省农业物联网管理服务平台，强化数据采集监测、数据挖掘分析和智能决策调控。通过3-5年努力，新建100个省级数字农业基地。加强数字农业技术装备研发应用。实施农业重点研发计划，加强数字农业核心技术攻关，推进前瞻性产业技术创新。
上海市	《上海市推进农业高质量发展行动方案(2021-2025年)》	建设农业智能化生产基地。打造10万亩粮食生产无人农场，打造一批智能化菜（果）园，建设2万亩高标准蔬菜绿色生产基地。夯实数字农业发展基础。深化上海数字化农业信息平台建设，提升全产业链数字化管理水平。提升现代种业创新能力。建立农业种质资源保护体系，加大地方特色种质资源保护与开发力度。支持基础好的种业企业开展商业化育种，鼓励种业企业开展国际战略合作。
北京市	《关于全面推进乡村振兴加快农业农村现代化的实施方案》	抓好智慧农业创新工场等试点。建设乡村振兴大数据平台，构建全市农业农村数据资源“一张图”，推动主导产业全产业链数字化转型。创建5个国家级现代农业产业园、15个市级现代农业产业园及农业产业强镇，提升7个国家农业科技园区，建设100家左右农业科技示范基地。创建国家农业现代化示范区，示范引领农业设施化、园区化、融合化、绿色化、数字化发展。



吉林省	《吉林省数字农业发展“十四五”规划（2021-2025年）》	构建基础数据资源体系、加快产业、生产、经营、服务体系数字化
天津市	《天津市推进农业农村现代化“十四五”规划》	全面提升以智慧农业为引领的新一代信息技术在农业各领域的应用，以信息技术应用创新为驱动助力农业智能化生产。推动天津智能农业研究院建设，以智能农业研究院为依托，组织研发团队开展农业遥感、无人机、新型传感器、大数据、区块链、机器人等方面的创新性研究，研发熟化面向大田精准作业、设施智能种养、果园智慧管理、农产品智慧供应链等方面的智能农业技术产品，加速相关科技创新和成果产业化进程，推进大田作物、设施园艺、畜禽养殖、水产养殖等重点领域信息技术集成应用。实施“互联网+”农产品出村进城工程，促进本市农产品出村进城更为便捷、顺畅、高效。

来源：中国信息通信研究院

一系列规划、指南、意见和方案陆续出台，基于基础设施、电子商务、信息化服务等智慧农业发展重点环节、重点问题，兼顾各地区的差异化禀赋优势与实际情况，充分发挥政府在战略引领、规则制定、政策支持、标准构建和公共服务完善等方面的作用，引导和鼓励农业企业、互联网企业、农业生产经营个体（集体）、家庭农场等市场多元

主体投入资金、人才、技术等各类要素，逐步形成了一套政府引导、市场主体、多方协同的推进机制，推动数字化、网络化、智能化进程由城镇向农村、由工业与服务业向农业延伸。

## 二、智慧农业的发展基础：技术、设施与通用方法论

当前，新一轮科技革命和产业变革深入演进，人工智能、大数据、区块链、云计算等新兴技术快速迭代，释放巨大发展动能，进一步催生新产品、新业态、新模式。智慧农业是新一代信息技术与农业决策、生产、流通交易等深度融合产物，深入分析与理解新一代信息技术的发展趋势、推进逻辑与运行基础，才能够更好的推动智慧农业的发展。

### （一）新一代信息技术快速发展释放产业数字化新动能

**新一代信息技术深度融合。**当前，信息技术（IT）、通信技术（CT）、大数据技术（DT）等之间耦合度和关联性显著增强，感知、传输、计算、存储等关键环节的优势技术基因加速嫁接重组。感知环节，感知、信息处理与网络通信的融合开辟了智能传感、感知网络等新空间。传输环节，传输的云化与智能化带来云网融合、网络虚拟化、智能网络等新突破。计算环节，计算的网络化与泛在化引领普适计算、边缘计算等技术快速发展。存储环节，存储的网络化与云化带来新领域的繁荣。信息技术、通信技术、大数据技术等持续融合发展将带来更多放大、倍增效应，催生云、管、端的体系化创新，为产业数字化发展提供更充沛动力。

**网络基础设施建设提速。**移动网络全面步入“5G+”时代，高速率、广覆盖、大连接、低时延高可靠的5G网络给移动互联网和物联网带来新的发展机遇。光纤通信技术继续朝着高速率、大容量、智能化、

融合化方向发展，超高速率、超大容量、超长距离光传输成为未来技术发展方向。新型数据中心和云计算技术的成熟与广泛应用，将推动通信网络向“云网一体化”方向发展，促进内容分发网络、公有云等应用基础设施的升级。

**人工智能进入新发展阶段。**基础理论创新速度放缓，应用技术红利的持续释放带动图像识别、机器翻译等多类任务的准确度不断提升。人工智能硬件、算法、软件平台与行业应用场景的结合更加紧密。边缘场景产生出大量的智能算力需求，边缘设备通过芯片、模型、专用加速库以及软件框架等多个环节协同，实现人工智能全栈能力升级。

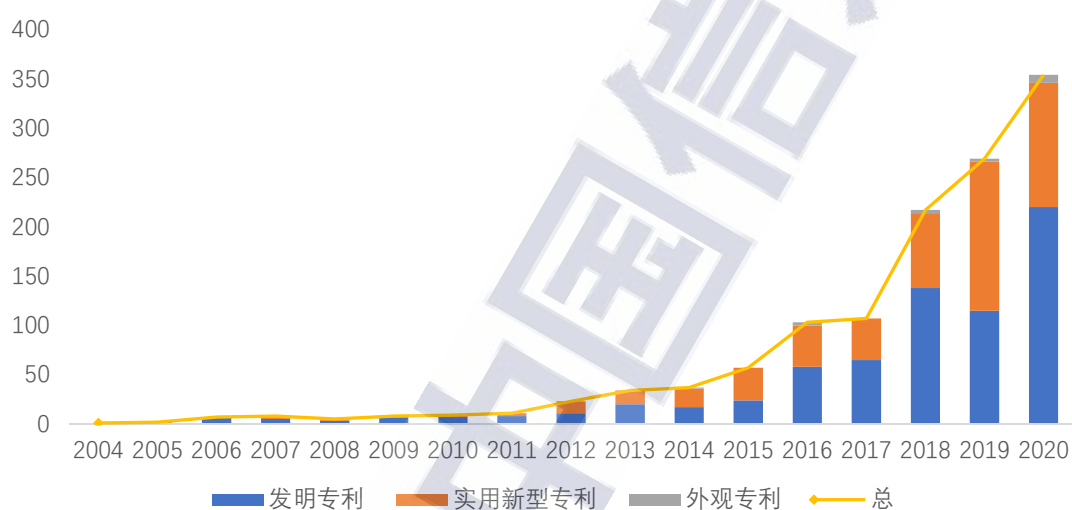
**智能终端普及度不断提升。**一方面智能手机、平板、AR/VR 设备为代表的通用性终端集成更多的、更先进的传感装置与通信模块，与多元化 APP 配合，依托语音、手势、表情等进一步增强操作者与环境进行深度交互的能力。另一方面在农业、工业、服务业、家居等垂直领域应用场景中，专业智能终端将通过智能感知能力、知识模型、体感交互技术，实现自然环境、社会环境、工作环境数据与工作任务的信息融合，为行业工作者带来个性化、智能化与协同化的操作体验。为更多“长尾用户”获得低价格、定制化的数字服务奠定基础。

**新一代信息技术与农业产业融合不断加速。**中国智慧农业相关专利申请数量呈现明显增长趋势<sup>4</sup>。自 2005 年中央“一号文件”首次提出

---

<sup>4</sup> 根据中国国家知识产权局网站 (<http://pss-system.cnipa.gov.cn/>) 公布的信息，截至 2021 年 8 月，涉及“智慧农业”“智慧农业”“互联网农业”“农业信息化”的相关专利共有 1344 项。本报告同时分析了世界知识产权组织 (World Intellectual Property Organization, WIPO) 公布的中国智慧农业专利数据。具体而言，中国在智慧农业方面申请的专利数共 2064 项 (截至 2021 年 8 月)，各环节专利数分别为：管理管控 (661)、生长育种 (580)、监控检测 (304)、信息采集 (276)、采摘加工 (64)、电商物流 (45)、农业决策 (35)、社会服务 (26)，反映出的专利布局情况与中国国家知识产权局智慧农业专利类似。由于 WIPO 数据内容在查询申请主体等内容方面存在一定的限制性，因此，在报告中国分析部分采用中国国家知识产权局网站数据。

“加速农业信息化建设”以来，中国在智慧农业领域开展了持续性的探索。在发展初期（2005-2015 年），专利申请数一直较少。2015 年之后，随着“农业现代化、信息化”成为“一号文件”的重要议题，越来越多的企业和科研机构投入到智慧农业的研究和实践中，智慧农业的成果转化速度有了明显提升。根据世界知识产权组织（World Intellectual Property Organization, WIPO）公布的专利数据对比显示，中国智慧农业相关专利申请数量已超过美国。



来源：国家知识产权局网站、中国信息通信研究院

图 2 2004 年至 2020 年中国智慧农业专利申请数量

## （二）电信普遍服务不断夯实智慧农业网络与服务基础

“十三五”时期，工业和信息化部联合财政部统筹制定电信普遍服务、“宽带中国”政策计划，积极发挥政府部门、国有企业作为承担网络基础设施建设的主体作用，在农村与偏远地区广泛开展系统性的网络设施部署、提速降费行动，农村地区数字基础设施与服务水平得到大跨步提升，夯实智慧农业发展基础。



**网络基础设施部署蹄疾步稳，基本实现城乡网络全覆盖。**2015 年以来，工信部联合财政部组织实施了六批电信普遍服务试点，累计支持 13 万个行政村光纤建设和超过 5 万个 4G 基站建设，其中约 1/3 的设施部署在贫困地区。截止 2021 年 5 月，中国行政村通光纤率、贫困村通宽带率、行政村 4G 覆盖率均超过 99%，建成了全球规模最大的光纤网络和 4G 网络。第七批电信普遍服务任务正在部署，将开展 4G 补盲行动，预计将在农村及偏远地区支持 1 万个 4G 基站建设。

**农村网络速度提升效果显著，全面实现城乡“同网同速”。**截至 2020 年底，全国农村宽带用户总数达 1.42 亿户，较 2015 年底用户总量、接入占比分别增长 7792 万户和 4.6%。电信普遍服务试点地区平均下载速率超过 70M，农村和城市实现“同网同速”。同期，中国 5G 网络建设速度和建设规模位居全球第一，并加速向有条件、有需求的中西部地区、农村地区延伸。截止 2020 年底，中国已开通 5G 基站超过 71.8 万个，5G 终端连接数超过 2 亿。新一代高速网络向农村地区的快速延伸为智慧农业发展、数字乡村建设奠定了网络基础。

**资费价格大幅下降，为人民群众提供用得上、用得起、用得好的信息服务。**截至 2020 年底，中国固定宽带月户均支出资费、单位移动数据流量平均资费，较 2014 年同期分别下降了 34.1%与 97.1%。从国际对比来看，按购买力平价指数价格水平从低到高排名，中国综合各种类型宽带门槛价格、平均价格和中位数价格排名分别位于第 5 位、第 16 位和第 11 位，在全部 85 个国家和地区中排名前列；移动用户月均支出费用在全球 237 个国家和地区中，排名第 93 位，远低于美国、加拿大、韩国、等发达国家平均水平。



### （三）工业互联网为智慧农业发展提供系统性解决方案

在新一代信息技术与制造技术深度融合的背景下，以泛在互联、全面感知、智能优化、安全稳固为特征的工业互联网应运而生。工业互联网通过对人、机、物、系统等的全面连接，构建起覆盖全产业链、全价值链的全新制造和服务体系。工业互联网不是传统互联网技术、模式等在工业领域的简单应用，而是具有更为丰富的内涵和外延。它以网络为基础、平台为中枢、数据为要素、安全为保障，是工业数字化、网络化、智能化转型的基础设施，是互联网、大数据、人工智能与实体经济深度融合的应用模式，是一种新业态、新产业，是近年来国内产业数字化发展的成功实践。

工业互联网的概念与内涵之所以获得社会各界广泛认同，关键在于其提供了一套可供企业开展实践的体系架构与方法论。这套架构由业务视图、功能架构、实施框架三大板块组成，突出数据闭环的核心地位，强调其在生产管理优化与组织模式变革方面的重要作用。工业互联网体系架构的业务视图明确了企业应用工业互联网实现数字化转型的目标、方向、业务场景及相应的数字化能力。功能架构则明确企业支撑业务实现所需的核心功能、基本原理和关键要素。实施框架描述各项功能在企业落地实施的层级结构、软硬件系统和部署方式。转型方法论则覆盖“业务需求—功能定义—实施部署”各部分，使企业能够结合自身业务特点，明确所需要的工业互联网核心功能，并进而指导相应软硬件系统的设计、开发与部署，让“好理念”变成可落地、有效果的“好实践”。工业互联网的成功经验将为各行业数字化发展提供有益参考。

### 三、典型案例：新一代信息技术与农业的融合实践

编写组面向全国征集了一批智慧农业实践案例，从中筛选出六个具有代表性、典型性、开拓性的优秀案例。这些案例从实际出发，将新一代信息技术与农业知识经验相结合，打造综合性解决方案，着力解决中国农业发展面临的效率相对较低、人工成本居高不下、产销协同性差、农产品质量安全追溯管理难等痛点问题，已取得了一定成绩、实现了良好的市场收益。本报告全面总结了这些案例实践成效与具体做法，希望能为社会各界推动智慧农业发展提供有益借鉴与参考。

#### （一）综合服务：中化先正达“先农数科”打造“三位一体”

##### 智慧农业

中国中化控股有限责任公司（简称中国中化，英文简称 Sinochem Holdings）是由中国中化集团有限公司与中国化工集团有限公司联合重组而成，为国务院国资委监管的国有重要骨干企业。先正达集团是中国中化控股有限公司生命科学业务板块下属跨国央企，拥有世界一流植保开发能力和全球顶尖种业生物技术，是全球植保第一、种业第三的农业科技公司，业务包括植保、种子、作物营养以及 MAP（Modern Agriculture Platform）等。

“先农数科”团队是先正达集团 MAP 板块的核心团队。“先农数科”肩负着让数字赋能更多农户和企业的使命，以搭建种植业生产管理一体化云平台为基础，面向生产服务和管理分别打造集农业生产、管理、政务于一体的 APP 端和 PC 端，统一涉农系统门户，并以企业为纽带，实现涉农服务一键办、涉农信息及时达、涉农数据随时采。通过建设生产体系和供销体系，全面打通数据链路，汇聚“生产—服务—

管理”多维数据，构建农户、社会化服务和金融保险机构信用体系和大数据体系，助力地方政府搭建智慧农业与数字乡村智慧决策系统，以数据驱动农村一二三产融合发展，实现传统农业向现代农业的转型跃迁。

## 1. 需求痛点

中国大田农业的发展面临诸多挑战：**一是**“谁来种田”“谁能种田”问题逐步凸显；**二是**生产环节面临的不确定性强。大田农业难以避免受到气象与病虫害的影响，投入容易受到损失；**三是**小农户与大市场存在协调问题，农产品价格波动大；**四是**生产方式传统、机械化投入低、生产效率低。

因此，如何通过新一代信息技术力量助力消弭大田农业发展中所存在的问题，深度利用数字平台整合与挖掘农业大数据、便利农业管理，以智慧农业模型辅助农业生产效率提升，以数字服务拓展农业服务应用场景，是全面推动大田农业高质量发展所需要解决的重要议题。

## 2. 方案概况

项目位于浙江省瑞安市，地处浙江省东南沿海，“七山二水一分田”是对当地地理地貌的形象概括，丘陵、山地占瑞安市总面积的60.8%，且境内土壤类型多样。多山多水多雨的农业环境，给瑞安农业发展提出了进一步挑战：**一是**农业生产受气象灾害影响较平原地区更为频繁；**二是**地理环境复杂，对种植技术和管理经验要求较高，仅靠人工实现规模化种植较为困难；**三是**当地许多作物的生产仍以单家独户小规模分散种植为主，各产区农民合作组织的力量需要得到有效整合。

农村“三位一体”改革是习近平总书记亲自点题、亲自破题的“命题作文”，是推动乡村振兴、实现共同富裕的有效途径。瑞安作为“三位一体”改革的始源地，十五年来持续推进“三位一体”改革探索，但因农业农村的复杂性和农户的分散性，改革效果不明显。2020年以来，浙江瑞安市政府瑞安引入中化 MAP，针对改革遇到的痛点问题，共同探索“政府+合作社+MAP”三位一体创新合作模式。结合区域农业发展痛点，中化 MAP“先农数科”团队制定了智慧农业与数字乡村转型解决方案，将新一代信息技术深度融合应用与种植业的发展，建立“三位一体”智农在线服务平台，建立线上线下相结合的“三位一体”建设模式，以“种得好、卖得好、贷得快”为宗旨，以合作社为组织主体，利用合作社形成规模优势，再引入优质农服、农资和金融保险。

系统设计以数据体系建设和应用需要为结果导向，规划需要连通的已有“云网”基础体系和需要新建的“产前、产中、产后”融合服务体系，并遵循统一门户和用户角色权限的原则，实现农户一次登录，服务一站办理、业务一键申请。

建设思路如下图所示：





来源：中国中化先正达先农数科

图 3 瑞安“三位一体”智农在线平台建设思路

3. 实施路径

以构建数字化农业农村“三位一体”新型合作经济组织体系为目标，“先农数科”团队依托卫星遥感、云计算、物联网、大数据等数字技术，围绕生产、供销、信用服务环节，搭建了“无忧种植”、“无忧销售”、“无忧贷款”、“无感补贴”等服务应用场景，以数字化手段拉动生产、供销、信用服务的全面升级。

（1）“无忧种植”子场景

围绕农户种植过程提质增效，农产品质量安全等问题，“无忧种植”子场景整合了各类涉农组织资源，根据农户实际地块位置、种植作物及种植品种智能化匹配专业合作社、提供全程定制化标准种植方案。该系统能够根据环境数据，灵活推荐农事提醒，智能规划种植安排，并以遥感、气象、AI病虫害识别等智能种植工具实时监控种植风险。结合当地实际情况，该系统建立了灾害的判别标准，对每日气象

数据进行监测，对气象灾害进行分析、判断和预警，帮助种植户提前应对极端天气，避免生产投入品的损失，最大程度提升农业生产效率，保障种植品质。同时，通过全产业地块上图、遥感监测、气象风险预报等技术，智能推荐合作社安排农资投入品统购、统防统治等服务活动，由合作社为农户配套全程优质农业服务资源，最大程度为农户节本。

## （2）“无忧销售”子场景

针对存在小农户供需对接不畅、存在农产品滞销问题，“无忧销售”子场景包含市场行情系统、供销直通系统（供需对接、电商全荟、合作社统销等系统），引入了多家订单农业企业，能够快速对接多类市场及收购主体，实现区域农产品销售通畅。

市场行情系统能够及时感知农产品田间价格、市场价格变化等动态信息，根据农产品的农资农服农机各方面的生产种植成本价格、农产品交易市场价格等多方面数据，进行滞销分析预警。

供销直通系统基于区块链打造全程品质溯源体系，实现种植生产信息全上链，保证生产销售的可追溯；此外，该系统包含了应急响应机制，如对接机关事业单位食堂、农贸市场共享摊位等，合作社及市场主体在系统中实时上报风险，多级联动拉动销售，解决农产品滞销问题。

## （3）“无忧贷款”子场景

针对农民担保物缺失，融资难、融资贵、资金用途监控难等问题，“无忧贷款”子场景基于农户信用评分指数模型，根据种植种类、种植品种及种植成本等经营信息，完成对农户信用资质的精准评分。银行机构根据信用指数给予农户精准授信，提升授信额度，解决农户融资

难题，也让银行及金融机构安心放贷。在种植过程中，农户可根据授信金额购买农资、农技服务，个人无需提前负担种植成本，既实现了农户种植资金全闭环管理，也减轻农户种植经济负担。

#### （4）“无感补贴”子场景

针对现有农业补贴发放流程复杂繁琐，农户申领补贴不便捷、资金到位不及时等问题，“无感补贴”子场景能够根据农户种植地块的权属类型、种植作物、种植面积、农事操作及供销、信用数据等信息智能匹配政策补贴。系统自动汇总应享补贴的农户基本信息，由合作社快速审核，并对接财政部门利民补助一键达等补贴系统，实现多系统连通，简化补贴申领流程，做到农业免申即享、即时兑付、补贴无感。

#### （5）数字化智能驾驶舱

治理端，通过建立数字化智能驾驶舱，并预设业务风险预警模型，可视化展示区域产业动态，实时感知产业风险，辅助精准施策。该系统打通全域生产地块数据、卫星遥感等多方数据源，汇集数字农合联及其生产、供销、信用等方面关键指标，构建了生产综合服务指数、供销综合服务指数及信用综合评价指数等3类指数，使得管理者能实时掌控全市土地撂荒、“非农化”、“非粮化”情况，监控各类业务流程。同时，该系统建立了线上预警、绩效进度监控、业务异常预警等机制，关联相关责任部门，线上跟踪预警响应进度，实现保障管理一体化。





来源：中国中化先正达先农数科

图4 瑞安“三位一体”智农在线管理驾驶舱

## 4. 现实效果

### (1) 生产环节：打造种植全流程服务闭环

生产端，线上依托数字化工具整合涉农资源，线下依托合作社，MAP 及其他涉农机构为加入合作社的农户提供产前、产中和产后一站式服务。产前，为综合服务资源及区域信息，通过历史灾害、品种特征、土壤信息等数据分析，为农户量身定制全程化标准种植方案，让农业种植从过去“看天吃饭”的经验种植模式，变成“知天而作”的智能现代化种植模式，提升种植质量，实现技术无忧。

产中，通过建立自动化遥感分析平台、精准农业气象平台、AI 病虫害识别等数字化平台，实时监控种植风险，为农户提供预警预报、病害分析防治、农事建议等智能服务，帮助种植户准确掌握田间作物的生长状况，将传统农业中依靠经验解决田间问题的方式变为科技化



的手段，及时发现田间存在的问题，如果农户需要植保施肥，系统会自动匹配网上农资商城信息和可用信用授信额度，农户使用授信额度直接购买农资，无需提前垫资，也可以发起采购需求由合作社进行统购，实现生产管理无忧。

产后，分析投入产出情况提供种植结构优化建议，并根据农产品田间价格、市场价格变化等动态信息，建立市场分析系统，使农民了解市场收购行情，根据行情采摘销售，同时通过价格保险、订单销售、合作社统销、政府助销等方式实现销售无忧。

目前，共有 1094 家合作社、1734 家农业经营主体和 1425 家农户上线系统平台，建有 300 亩 MAP beside 示范农场，并授权种植了先正达“金花 1 号”“苜紫 1 号”2 个花椰菜新品种。

## （2）供销环节：打通农资农服供应和农产品销售双向通道

供销端，打通农资农服供应和农产品销售双向通道，以合作社为组织主体，通过平台为农户统采统销，提升服务效率及能力。

生产采购环节，农户通过平台发起采购需求，合作社定期进行归集，并和入驻平台的服务机构进行集采，确定集采价格后，农户可现金支付也可使用信用授信额度，对于使用信用授信贷款采购的，政府对农户进行全额贴息，实现无息贷款统购，降低生产成本。农产销售环节，通过企业订单、合作社统销、政府助销、价格保险等方式实现托底销售，并建立黄色和红色预警机制，确保销量和价格。目前，已有 15 家电商平台、45 家农贸市场、20 家农产品配送企业、7 家生鲜企业、196 家企事业单位食堂与 100 多家示范合作社建立农产品供销直通体系和滞销响应机制。

## （3）信用环节：构建农户信用身份和涉农服务白名单体系

信用端，通过打通跨部门、跨层级、跨业务的各类数据系统，汇聚的多维数据，构建农户信用身份和涉农服务白名单体系，降低农民资金使用成本，提升涉农服务质量。

通过打造农户的精准信用评价体系，构建银行保险等金融机构互认的农户信用身份。对于信用好的农户，保险公司定制开发非政策险，农户可及投及保，并通过数字化手段进行生产全过程监管，实现快速定损和理赔。银行则提供信用授信，农户可及申及用，并可授权银行直接支付给白名单库内的农资农服企业，实现快速审批和放款。补贴则根据农户情况自动匹配补贴类型，无需农户申请，后台自动推送相关信息至审核部门，实现补贴不漏不重和全过程在线监管。同时，由农户和行政管理部门对金融保险和社会化服务组织的服务质量、效率、价格、态度等进行双向评价，建立机构服务信用身份，打造滚动白名单库，促进服务质量持续提升。

目前，已为 1425 户农户建立信用身份，无感授信 8032 万元。与农商行、人保合作推出了“无本种田”和“无忧保险”2 款产品。

#### （4）管理决策环节：建立动态感知和智能预警机制

治理端，通过建立数字化智能驾驶舱，并预设业务风险预警模型，可视化展示区域产业动态，实时感知产业风险，辅助精准施策。

利用数据管理和可视化展示技术建设数据驾驶舱，管理部门和农技服务人员可根据全市的地块信息实时掌握产业动态及风险，对种植户进行精准农事农技指导。通过真实的数据，帮助管理部门了解合作社服务情况，并跟踪相关部门的工作指标完成情况，保障制度政策落实到位，为管理决策提供实时的决策依据；同时建立业务风险模型，

实时预警区域农业风险，线上机制跟踪风险响应进度，提升行政管理效率，最终实现行政管理和指导的精准高效。

目前，已打通了 14 套涉农系统，推出了 28 项涉农服务，建立了全域三位一体智农综合管理驾驶舱，实现了政务问题快速发现、快速决策和实时追踪。

## **（二）智慧零售：中国电子中电互联以区块链技术实现农产品溯源**

中电工业互联网有限公司（简称中电互联）由中国电子信息产业集团有限公司（简称中国电子）与长沙市政府合作共建，于 2018 年 7 月成立，注册资金 10 亿元，是中国电子推动“两平台一工程”，建设国家级工业互联网平台的重要单位。中电互联坚持“安全为本、平台布局、产融结合、联盟创新”发展方针，构建“一个平台+三类用户+五类解决方案”业务体系，即面向大型企业、中小微企业、地方政府三类用户，研发基于 PK 体系（飞腾“Phytium”处理器+麒麟“Kylin”操作系统）的中电云网平台，为千行百业提供数字化转型服务。

中电互联的“中电鲜生”项目以中国电子自主可控的 PK 体系为安全底座，信创云为平台支撑，以区块链技术为应用基础，以中电工业电子商务平台为建设入口，完善数字冷链，以前置仓（智能零售服务终端）为载体，通过“线上+线下”结合的模式，实现产品生产、物流、检验、销售、溯源等全方位管理，发挥其纵向汇聚供应链上下游资源、横向连接仓储、物流、金融等服务商的关键枢纽作用，帮助农户拓宽农产品销售渠道，促进城乡生鲜产品供需高效精准对接，助力国家乡村振兴战略实施。

## 1. 需求痛点

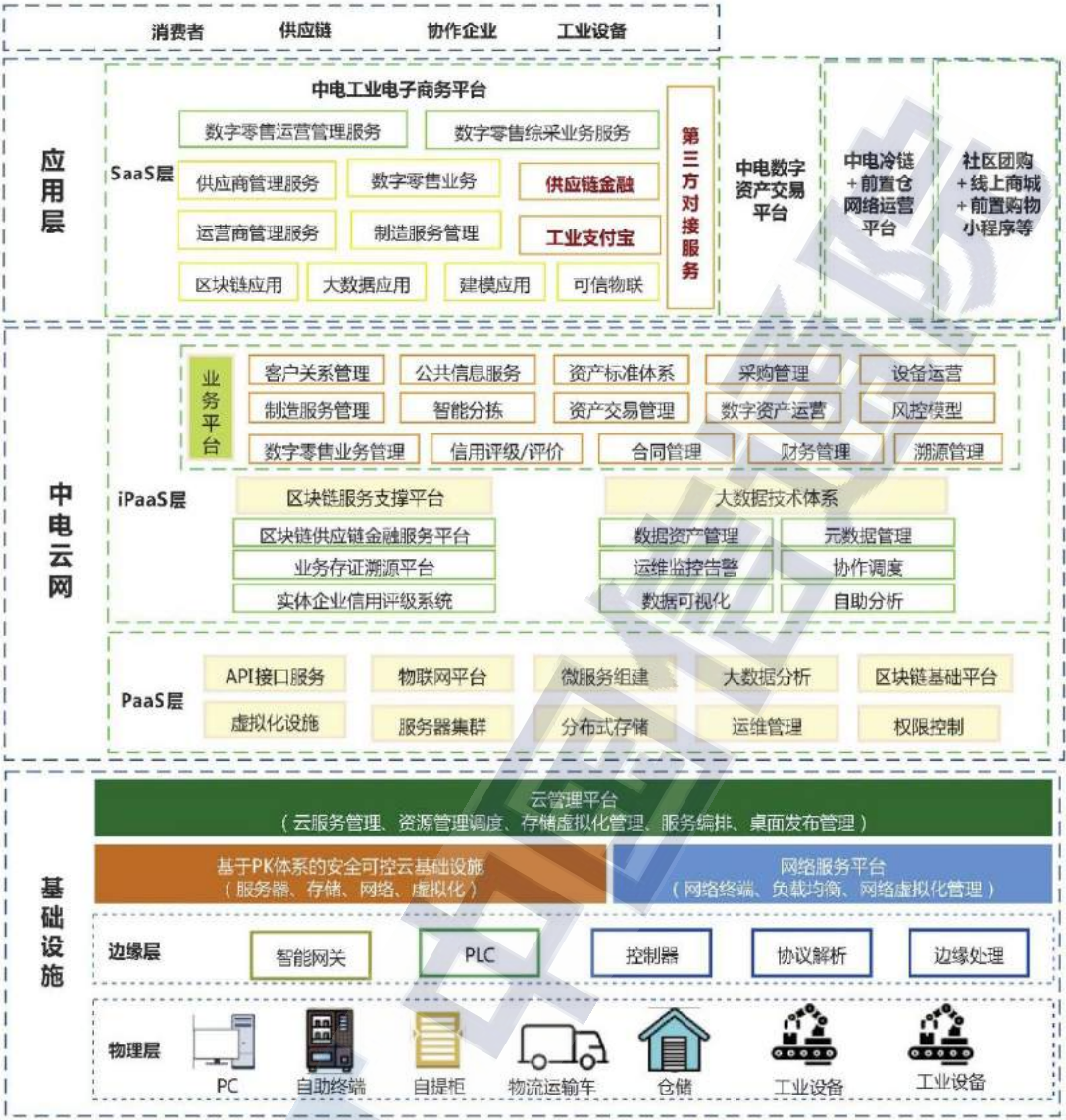
在推广农产品的过程中，存在诸多问题：**一是**农产品的运输保存问题。农产品，尤其是生鲜产品，普遍存在难以运输和保存问题，在农产品的运输保存流程中，经常由于时间过长、冷链设备损坏等原因导致农产品出现各种质量问题。**二是**信息不对称导致的信任问题。消费者依靠产品部分特点或者产品来源来判断，整个农产品销售流程经过许多环节，各环节之间信息壁垒导致信任问题被放大，消费者通常无法验证农产品的实际品种和出产地。

因此，如何通过新一代信息技术助力农产品推广过程中所存在的问题，加快工业互联网与消费互联网融合，线下与线上融合，助力建设创新的可信分布式商业模式体系，帮助广大农民开辟增收新途径，是全面推动乡村振兴所需要解决的重大问题。

## 2. 方案概况

本项目主要包括工业电子商务基础服务平台（由区块链支撑服务平台、工业电商平台、电子签章及认证平台、供应链金融服务平台构成）、中电冷链前置仓网络运营平台、社区团购线上商城前端系统等部分组成。





来源：中电工业互联网

图 5 中电互联产品平台总体架构图

平台分为五层，如下所示：

（1）区块链底层协议层

此层为区块链联盟网络，由数字零售各角色部署相应的节点组成 P2P 网络。此层为区块链底层服务，主要包括分布式账本服务、P2P 网络、加密服务、数据同步与验证、隐私策略（含身份认证和权限控制）、数据存储等功能逻辑。

## （2）区块链支撑服务层

此层主要是介于上层业务服务与下层区块链的之间，是业务服务和底层区块链的连接器。其主要提供一些 API 接口，包括数据存证、区块链溯源、区块链电子合同、区块链支付服务、区块链数字资产、区块链节点部署、区块链浏览器、区块链控制台、CA 管理 API 以及数据查询 API 等。

## （3）业务支撑层

此层主要用于支撑平台整体业务服务，包括角色权限管理、安全管理、电子签章、CA 管理、API 管理、数据报表管理等一系列支撑业务平台和区块链平台的服务能力。

## （4）业务应用层

此层主要是分为工业电商平台、消费端线上电商系统、线下前置仓运营平台、供应链金融服务平台、管理中心。

## （5）服务界面层

此层是平台终端用户的接入入口，提供给运营商、供应商、消费者、金融机构、监管部门及平台各个角色中的各成员登陆使用相应的业务功能。用户可通过浏览器访问平台。

# 3. 实施路径

项目搭建基于工业电子商务平台的线上线下一体化的服务平台，围绕工业电子商务平台，打造“中电鲜生”前置仓网络，完善在线商城，构建的社区分销线上平台以及线下微信集群，并围绕工业电子商务平台，搭建金融服务支撑平台、食品农产品溯源管理系统、交易支付服务支撑系统等一系列工具。

中电工业电商系统：实现工业领域的大宗商品采购系统的平台，利用区块链技术、大数据分析技术等对冷链产业链进行交易、运输环节的开放可信支撑。在端与端之间建立数据、技术、资本、市场等全要素的全面互联，以及供应链、创新链、服务链、金融链上下游的高度协同。



来源：中电工业互联网

图 6 线上中电工业电商系统

食品农产品溯源管理系统：通过二维码、RFID 标签等方式赋予产品“身份码”，可以衔接生产企业、养殖基地、蔬菜生产基地、屠宰加工基地、超市连锁、仓储物流、肉菜市场、批发市场等节点，涵盖原材料、生产、养殖、加工、仓储、物流、营销等环节，与国家、省、地级市的肉类蔬菜流通追溯管理平台对接，确保肉类蔬菜质量安全可溯可控。以信息技术为手段，以法规标准为依据，采用现代信息标识技术，以追溯信息链条完整性管理为重点，建立集养殖、屠宰、食品加工、物流运输、销售的产品质量安全追溯系统，实现产品身份唯一性、全程追溯、有效防伪、产品流通去向管理四大主体功能，实现产



品质量安全顺向可追踪、逆向可溯源，同时运用追溯系统大数据做好畜禽产品质量安全风险预警和风险控制，全面提升产品质量安全管理能力和突发事件的应急处理能力，增强消费者的安全感。

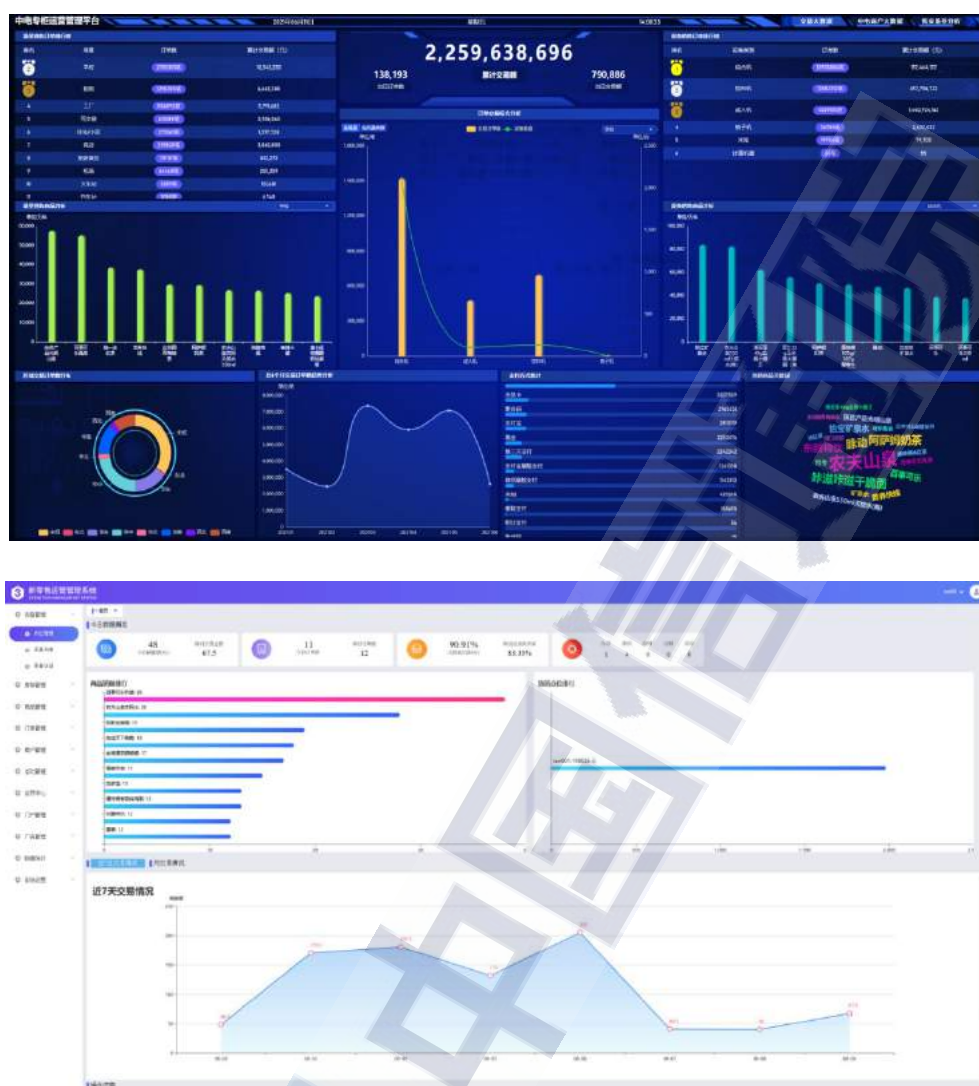


来源：中电工业互联网

图 7 中电互联食品农产品溯源管理系统

社区生鲜前置仓零售网络：基于中电数字零售行业云平台，打造社区生鲜前置仓零售网络，通过打造社区生鲜前置仓零售网络，发挥线上电商和线下实体的纽带作用，更精准地预测销量，调拨库存。生鲜商品进小区，形成一张高密度覆盖的零售网络，提供线下自取、自助售卖、闪电送、当日达等服务。





来源：中电工业互联网

图8 中电互联数字零售平台

区块链支撑服务平台：完成区块链支撑服务建设，多链跨链融合技术的实现，实现通过消息的生命周期管理、高效路由机制、发送者身份证明、接受者的存在证明及消息有效证明一系列消息策略，进行跨链消息机制处理，实现业务资产跨链的定价、兑换与流通，在异构、标准不统一的区块链业务生态之间。提供的简单易用、成熟可扩展、安全可靠、可视化运维等区块链基础环境，区块链开发者、使用者能

够满足快速部署、高安全可靠性的需要，为企业高效地开发出区块链应用。

中电区块链数字零售运营商管理系统：已实现中电区块链数字零售运营商业务模块，运营商审核注册、身份认证、权限授信等系列管理工作。

中电区块链数字零售供应商管理系统：已实现中电区块链数字零售供应商业务模块，运营商审核注册、身份认证、权限授信等系列管理工作。

中电区块链数字零售业务管理系统：已实现数字零售的业务上链管理工作，形成针对各参与者的区块链浏览器管理能力。

中电数字零售产业链制造服务管理系统：已初步实现数字零售产业链的制造服务管理系统上线运行，针对制造商的 CRM 集成、ERP 集成、零部件集采、产品的集售管理业务需求的对接管理。

中电供应链金融服务平台：已初步实现基于数字零售的产业链金融服务，实现自助设备的融资租赁管理服务，并实现自动分账。

中电 CA 电子签章和无纸化办公系统：针对数字零售行业，提供 CA 身份认证、电子合同签署、电子审核签名等一系列服务。

快速部署平台：将业务流程核心技术流程引擎、表单引擎和业务规则引擎封装为中间件，通过快速部署平台组建搭配个性化的企业业务流程，已基本实现流程、表单、业务规则的在线设计。

智能数据分析及可视化系统：运用大数据技术对经营数据进行多维度分析，为公司管理层提供决策参考。

## 4. 现实效果

**线上线下融合。**通过中电互联数字零售社区生鲜前置仓零售网络及线上电商前端入口，利用中电冷链产业链管理平台对接线上电商和线下实体，消费者线上下单，农产品或生鲜产品销售方通过冷链物流提前将产品配送至前置仓存储待售，满足消费者对于食品安全及食品新鲜度的要求，解决生鲜冷链物流“最后一公里”配送问题，为消费者建立更快更近的获取商品便利渠道。

**助力“数字民生”服务。**已在济南推动建设数字便民微菜场，为市民提供“数字菜篮子”服务。

**助力新技术融合。**本方案在韶山市落地时，与 5G 网络建设相结合，共同促进当地智慧文旅产业发展，深度发掘韶山红色文化资源，丰富以红色文创产品、土特产销售为特色的多元旅游业态。

本方案中的“基于中电工业电子商务平台的线上线下融合服务示范”项目入选工信部 2020 年新型信息消费示范名单。

### （三）智慧温室：海尔卡奥斯以工业互联网推动设施农业智能化

海尔集团创立于 1984 年，是全球领先的美好生活解决方案服务商。海尔始终以用户体验为中心，连续 3 年作为全球唯一物联网生态品牌蝉联 BrandZ 全球百强，连续 12 年稳居欧睿国际世界家电第一品牌。卡奥斯(COSMOPlat)是海尔集团推出的具有中国自主知识产权、全球首家引入用户全流程参与体验的工业互联网平台，其核心是大规模定制模式，将用户需求和整个智能制造体系连接起来，让用户可以全流程参与产品设计研发、生产制造、物流配送、迭代升级等环节，



将企业由原来的以自我为中心变成以用户为中心。截至2021年2月，COSMOPlat已在全球布局了10+N创新生态体系、28个工业园、122个制造中心和24万个销售网络，深入全球160个国家和地区，服务全球超过10亿用户家庭。

海优禾是卡奥斯COSMOPlat旗下农业物联网生态品牌平台。秉承“以工业思维赋能农业”的理念，海优禾从智慧农业和健康生活切入，通过物联网赋能农业产业链，实现了交互模式创新和生产模式创新，搭建起从农田到餐桌零距离的交互定制平台，实现生态农业共创共赢。在工信部指导、中国国际电子商务中心等单位主办的2021中国国际电子商务博览会暨数字贸易博览会上，海优禾获得2020年度中国电子商务行业“数字乡村”十佳创新企业奖。

## 1. 需求痛点

我国是一个农业生产大国，农业发展历史悠久。但在设施农业发展上，我国起步较晚。上世纪60年代，我国才出现了结构简单的塑料大棚，在70年代后期，我国才逐渐地开始重视现代化温室大棚的发展和建设。

随着时代的发展，公众对于农产品品质的要求越来越高，国外智慧农业的发展也给国内的农产品市场带来了一定的影响。在传统的温室大棚种植过程中，许多问题开始凸显，其中有三个主要问题：第一，**环境信息数据采集滞后**。设施农业对环境的要求比较高，依赖性强，环境信息采集滞后可能造成险情。第二，**温室大棚管控困难**。传统的温室大棚调节大棚内环境信息时，调控依赖人工完成，费时费力，整体的农业生产模式还是以传统生产模式为主，农业生产效率较低。第



三，人工成本居高不下。目前从事农业的年轻人越来越少，农忙时节雇工困难，难以招到人，费用昂贵。

为适应现代农业发展的客观要求，赵春江院士等专家提出，引入人工智能、物联网等技术，发展智慧大棚，可以有效解决生产效率低、劳动力减少等难题；特别是在新冠疫情长期影响的背景下，在多个领域增加农业机械人的推广应用、增加智能化农业调控设备的使用，可以帮助解决人工操作减少、人员间无法接触等实际困难。

## 2. 方案概况

海优禾智慧温室以高标准玻璃温室为硬件基础，以农业物联网管理平台为软件基础，配套传感器、水肥一体化、采摘机、风机等农业设施，实现温室环境信息自动采集调控、控制灌溉和施肥作业，全流程智能化生产。通过物联网、云计算、大数据等现代信息技术，利用各类传感器监测环境信息、智能高清摄像头采集作物生长信息，通过模型分析，实现自动调控温室环境、控制灌溉和施肥作业，获得作物生长的最佳条件；并利用智能分析可实现产量预估，配套智能采摘机器人，实现设施农业智能化生产。

## 3. 实施路径

为解决环境信息数据采集滞后的问题，海优禾智慧温室设置了较为完善的环境信息采集系统，包括部署在农业生产现场的物联网设备，如采集器、传感器、高清摄像头、摄像机等，实现生产现场温湿度、光照强度、大气压力、风速等环境数据的及时采集，并能实时监测病虫害情、作物长势等生长信息。为科学生产提供数据指导和决策依据，同时可供消费者溯源查询作物原始生长信息。

为解决温室大棚管控困难的问题，海优禾智慧温室搭建了水肥一体化系统（详见图 17），该系统能够根据采集环境数据，自动实现灌溉、排风、降温等作业，智能调节施肥比例、施肥量、灌溉时间以及灌溉量，维持作物的水分和营养平衡。



来源：海尔卡奥斯

图 9 海尔卡奥斯水肥一体化系统

为解决农村用工少、人工成本高的问题，海优禾智慧温室根据不同作物的实际情况配备了智能采摘机器人。智能采摘机器人可 24 小时持续作业，实现果蔬采摘的自动化、降低了果蔬采摘难度，提高了果蔬采摘效率，节约生产成本。此外，为了进一步降低人力成本，减少温室管理压力。海优禾智慧温室搭配了“海优禾·e 农”，实时显示温室内智能设备的工作状态及温室情况，并能够帮助温室管理人员进行人员管理，以此构建规范化、智能化的温室管理体系。



来源：海尔卡奥斯

图 10 海尔卡奥斯智慧温室示意图

#### 4. 现实效果

目前，海优禾智慧温室解决方案已经在多个地区得到应用，使得温室种植的生产效率提升 60%，节约劳动力 50%，果蔬单产增加 30%；并且温室内果蔬产品均具备可追溯特点，整体提升了果蔬产品的种植效果和溢价能力。

除此以外，海优禾智慧温室解决方案还推广至大田种植、农业监管等多个场景。截至 2020 年 8 月，“海优禾”相关农业解决方案已服务 120 多万亩农场，覆盖 287 个品类，涉及粮食、蔬果、水产及肉禽四大领域，取得了较为丰硕的效果，帮助多地农民实现增产增收，切实提升了地区智慧农业发展水平。



#### （四）农业互联网：农信互联以信息技术打造猪联网

北京农信互联科技集团有限公司（简称“农信互联”）是一家农业互联网高科技企业，以“用互联网改变农业”为使命，致力于创建最具影响力的数智农业生态平台，推动中国农业数字化转型升级。2018年9月，农信互联以增资前70亿元的整体估值完成B轮融资，成为农业互联网领域的独角兽企业。

农信互联目前已初步建成“数智+交易+金融”为底层的农业数智生态服务平台。“农信数智”利用互联网、物联网、云计算、大数据、人工智能及现代先进的管理理念，为涉农企业及农户打造农业智慧管理平台。“农信商城”建立产业闭环交易平台，解决产业交易链条过长、产品品质无法保证、交易成本居高不下、交易体验差等问题。“农信金服”以农信数智、农信商城积累的行业大数据为基础，依托自主研发的资信模型，形成一个普惠制的、可持续的产融结合及金融科技新体系，涵盖贷款、保险、支付、理财、保理、融资租赁等多种形式的金融服务。

##### 1. 需求痛点

数字经济时代，农业被普遍认为是最为传统、数字化程度最低的产业之一。

我国是全球第一大生猪生产国及猪肉消费国，拥有超3.8万亿的市场规模。2020年，中国生猪出栏超过6亿头，猪肉产量达到4800万吨，占全球的比重超过50%，但我国养猪业却长期存在生产效率低、管理成本高、交易问题多、金融资源匮乏等问题。2019年国内中小户饲养占比为47.7%，随着我国养猪业散户逐渐退出历史舞台，养殖规



模向中小规模聚集，中小规模猪场将长期占据养猪业的半壁江山。中小规模猪场在生猪饲养过程中面临猪只养殖环境条件差和无法监控，养殖过程数据不清晰和缺失，人工饲喂工作繁冗和浪费严重，造成整个养殖过程效率低下，人猪接触频率高、生物安全风险大、猪场生产管理各阶段整体流程不规范等问题。随着物联网、大数据、人工智能等现代化信息技术的快速发展，中小规模猪场对数字化管理的需求日益凸显，但独立搭建信息化平台成本高，急需农业互联网高科技企业提供相关服务，为猪场提质增效。

## 2. 方案概况

农信互联在企业数字化升级的核心引擎“企联网”的基础上，立足生猪产业，打造生猪产业数智生态服务平台“猪联网”，包括猪企网（猪场 SaaS）、猪小智（猪场 AIOT）、猪交易（投入品采购+生猪销售+网络货运）、猪金融（产业金融）、猪服务（行情宝、猪病通、猪友圈、猪学堂、猪托管）五大核心体系，为生猪产业提供全方位、一站式的数智化服务。



来源：农信互联

图 11 农信互联猪联网产品体系

同时，农信互联打通生猪产业链上下游，提供面向上游投入品企业的“饲联网”，面向中间商和零售商的“企店”，面向屠宰食品企业的“食联网”等，开创数字经济时代的智慧养猪新生态。

在成功打造猪联网基础上，农信互联持续发力田联网、渔联网、蛋联网、羊联网等，将产业互联网的触角不断延伸到涉农各产业。截至目前，已与重庆忠县政府合作成立“柑橘联网”，为杞县政府开发“大蒜联网”，为东阿阿胶开发“驴联网”，为北大荒垦丰种业开发“玉米联网”，以及内蒙“马铃薯联网”、东北“狐狸联网”等 X 联网项目。



来源：农信互联

图 12 农信互联农业互联网生态

### 3. 实施路径

猪联网包括猪小智（猪场 AIOT）、猪企网（猪场 SaaS）、猪交易（投入品采购+生猪销售+网络货运）、猪金融（金融科技）、猪服务（行情宝、猪病通、猪友圈、猪学堂、猪托管）五大核心体系，为生猪产业提供全方位、一站式的数智化服务。

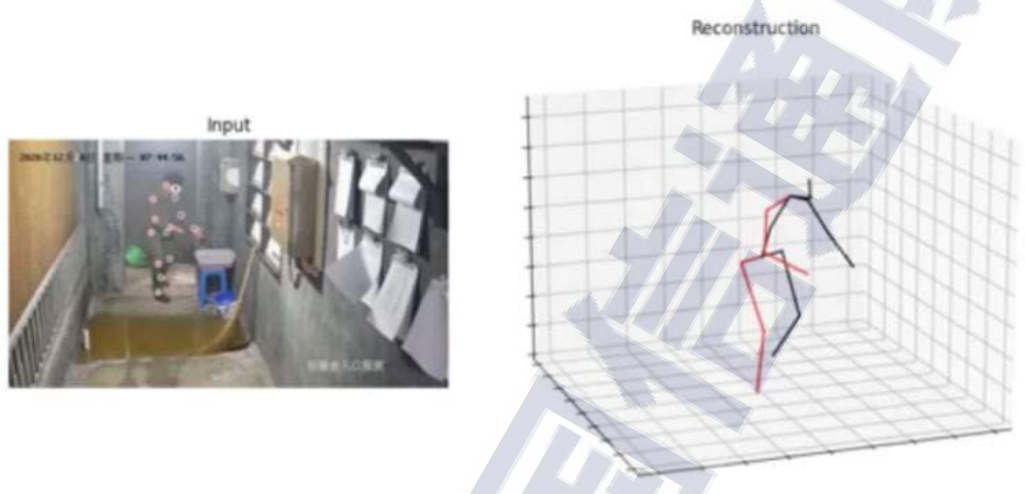
#### （1）猪小智：智能猪场管理专家

猪小智基于“云-端-边”多频交互的智能架构，通过 AI 摄像头对猪场内的人、车、猪、物、场、舍六个维度的行为情况进行采集，根据入侵监测算法、活动侦测算法、人脸识别算法、猪只打架算法、猪只打堆算法、形体姿态算法、车牌识别算法等全方位 AI 算法的分析，为猪场的管理和经营决策提供指导。

人：人员鉴别、生产行为、轨迹记录、清洗规范。

车：车牌识别、车辆监测、行踪监管、实时管控。

猪：档案状态、生产数据、生物数据、异常行为。  
物：入侵预警、安全监察、风险评定、传输事件。  
场：仿真管理、数据概览、事件监控、生产安全。  
舍：生产事件、生产任务、流程监管、事件预警。



来源：农信互联

图 13 农信互联人员手部消洗识别



来源：农信互联

图 14 农信互联智能监测平台



通过打通猪场各种设备、硬件和技术厂商的产品，帮助猪场整合在一个入口和平台上，避免信息孤岛和重复建设，降低猪场采购和应用成本；通过整合的平台，将设备、硬件厂商的产品推广进猪场，帮助其拓展客户，降低其推广成本；将猪场所应用设备、硬件的数据分别反馈给各个厂商，帮助其提高信息反馈效率，不断优化产品，更好的服务产业。目前，猪小智已成功打造包括生产管理系统、AI 巡检预警系统、自动盘估系统、精准饲喂系统、全景智能环控系统、远程卖猪系统、洗消监管系统、疫病监管系统、农户代养系统、远程风控系统、智能环保管理系统、智能能耗系统十二大数智化系统。

## （2）猪企网：猪场在线管理平台

猪企网以猪养殖周期为基础，帮助猪场轻松实现标准化管理和精细化生产，为养殖户提供个性化的日常管理决策支持。猪场管理系统详细记录每头猪从出生、断奶、转舍、饲喂、发情、配种、妊娠、分娩、产仔、哺乳、销售等各种生产数据。

“猪小智+猪企网”的数智化养猪模式则能更好地帮助猪场提升管理效率，通过远程智能化管理，降低人员投入和人力成本；养殖环境在线监测，实现环境异常预警预报与远程调控；基于深度图像与三维重建技术，构建生猪体尺和体重非接触高通量测量系统，实现精准饲喂与日增重的关联，提高饲料利用效率；通过生猪养殖环境和生长状况多因素的耦合分析和智能管理，提升母猪产仔数，减少母猪头数（母猪是猪场的生产工具和投入品），从而减少粪污排放，降低猪场成本。猪联网将传统养殖模式通过万物互联的方式，帮助养殖企业实现生产过程的智能化管理，从而实现生产数据精准采集、自动分析、整体研判、智慧赋能。



来源：农信互联

图 15 农信互联猪企网对猪场生产指标 PSY 的分析

### （3）猪交易：打通上中下游的在线交易平台

猪交易目前主要包括两部分：投入品交易和国家生猪市场。**投入品交易**是面向生猪产业链中生产资料生产企业、经销商、猪场、猪贸易商、屠宰场等各个生产经营主体提供的交易平台，一方面帮助投入品企业拓展销量，另一方面使养殖户购买到优质优价的商品。**国家生猪市场**是农业农村部按照国家“十二五”规划纲要建设的唯一一个和生猪相关的国家级大市场，目前农信互联为运营主体，重点解决商品猪交易问题，提供生猪、仔猪、种猪、白条和肉制品的线上交易服务。

### （4）猪金融：金融科技助力产业金融

在管理+交易的基础上，农信互联一方面具备实时、有效的生猪养殖、交易数据和场景优势，另一方面，为了更加做实生猪产业数智和交易业务，与多家银行、保险公司、基金公司、征信公司开展金融科技合作，因此可为平台上的产业用户提供集征信、贷款、保险、理财、支付等相关金融服务。农信互联与金融机构合作，根据产业实际

生产经营场景而开发的，贴合实际需求的金融产品，根据用户属性及需求不同，设计专属金融产品，如养猪贷、收猪贷、价格险等。

#### （5）猪服务：基于养猪大脑的社会化服务

猪服务是基于养猪大脑形成的海量生猪大数据，依托农信互联数据中台的数据计算及分析能力，通过对数据的加工、脱敏、整理形成对生产、经营、投资有重要价值的大数据，结合专家、智库的经验与资源，打包成农信度、行情宝、猪病通、生猪大数据、猪场报告等风控、管理、资讯类产品，以订阅或数据直连的方式为金融机构、养猪户及其他行业相关者提供的社会化服务。

行情宝基于国家生猪市场的海量真实交易数据，公司制定并发布了生猪市场的（交易）价格指数，并与农业农村部、新华社联合发布。对于成交均重、猪粮比等重要的市场参数均有实时监测。

运营 6 年以来，猪联网得到了市场和社会的广泛认可。初步实现猪场猪只“多生少死早出栏”，降低猪场的管理、交易和金融成本，提升经营效率，增强猪场的经营效益的朴素目标。

截至 2021 年 6 月，农信互联打造的核心产品体系“猪联网”平台已聚集了近 6 万个专业化养猪场，服务 623 万生猪养殖行业从业人员，覆盖生猪超 6100 万头，是国内服务养猪户较多、覆盖猪头数较多的数智养猪服务平台。目前使用猪联网的猪场平均 PSY 水平相比全国平均水平高出 3~4 头。从全产业链测算，每头生猪增收 151 元；每头母猪每年节省 900 元，意味着千头母猪场年节省 90 万元。

在商业化运作的基础上，农信互联探索出以“猪联网平台+养猪公司/养猪合作社+农户”的 AIOT 助力乡村振兴模式，养猪企业或者合作社通过农信数智猪联网平台，在线数字化生产经营管理、在线化采



购投入品和生猪销售的闭环交易、在线物流、在线金融扶持等，从而实现养猪创业，并带动农户就业增收，或以助农资金入股分红，促进当地养猪产业持续发展，实现产业发展与农民增收。

### （五）农资供应链：杉数科技以数据驱动加速农资供应便捷化

杉数科技是一家致力于决策优化技术的人工智能创新企业，由四位美国斯坦福大学华人博士在 2016 年联合创立。依托于世界领先的深层数据优化算法和复杂决策模型的求解能力，杉数科技为企业生产、仓储、配送、销售等环节提供基于数据驱动的决策优化解决方案。安徽六国化工股份有限公司（简称六国化工）是一家集化肥、肥料、化学制品、化学原料、磷石膏、矿渣等生产、加工和销售为一体的大型企业。2004 年，六国化工在上海证券交易所上市（代码 600470）。六国化工现有本部企业 1 家、7 家控股子公司，生产产品超过 1000 多种。

杉数科技与六国化工协同合作，根据农药、化肥等在仓储、生产、销售等方面的具体特征、实际需求，利用人工智能算法引擎，将数据及经验转化成可执行的业务运行方案，系统推动了企业农资产品供应链的数字化、网络化、智能化转型，实现了企业整体效益的快速提升，具有良好参考意义。





来源：杉数科技

图 16 杉数科技供应链“决策大脑”架构图

1. 需求痛点

相较其他化工领域企业，农资企业在供应链领域面临着以下两方面独特问题：**一是**农资供应链冗长，管理沟通成本昂贵。农资企业需要通过建立省级、市级、县（乡、镇）级等代理与分销体系网络才能触及于身处农村地区的终端消费者。但是，由于链条流程长、涉及面积广，导致了上下层级、网点之间在沟通、管理与协调等方面的低下效率；**二是**产销协同性差，“不足”“过量”共存。**一方面**病虫害具有不确定性，企业产销协同未能快速响应突发需求，就意味着错失机遇。**另一方面**农业生产具有周期性，旺季未能销售的农资产品往往需要长期保存。加之，相对于一般化工领域企业，中小农户的需求更具“离散型”、“急迫性”等特征，需要预先在县、乡镇一级的网点进行预先铺货。因此，大量产品积压于各级经销商，导致产品、仓储浪费严重。

近年来，六国化工深入实施数字化转型战略，陆续构建了企业资源管理软件系统（SAPERP）及销售管理系统（SMS）系统等。但是，

企业依然面临着不同系统间数据存在隔阂、数据驱动绩效效果不明显等问题。特别是，在供应链计划编制方面，存在需要线下手工制定、制定计划耗时长（近 3 周）、计划可执行性差（颗粒度粗并存在大量反复调整的过程），产销协同动态性低等问题，“数字化收益”亟待提升。

## 2. 方案概况

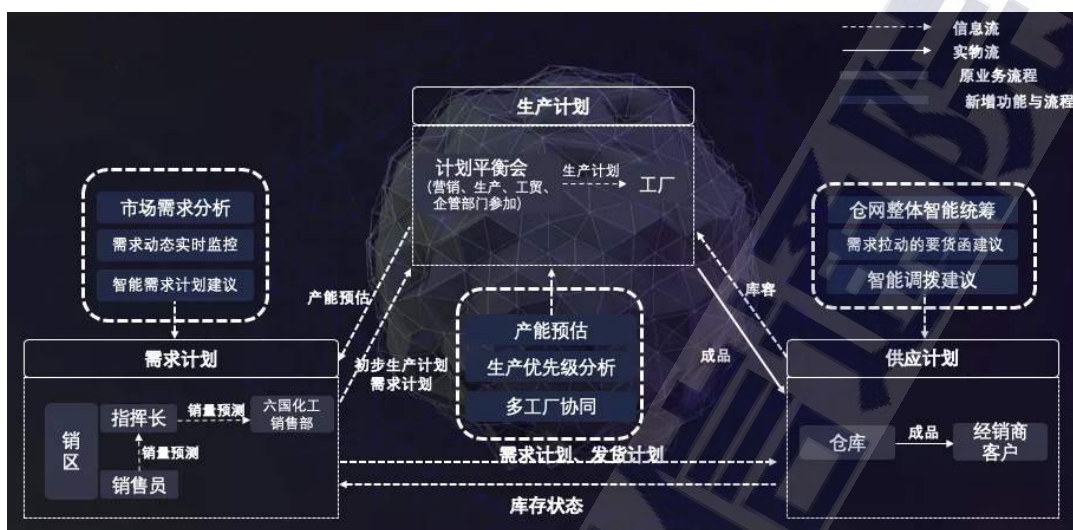
杉数科技针对农资企业流程加工、淡旺季需求差异明显、总体产能过剩，以及供应链层级多与网点广等特殊场景需求，引入人工智能预测算法及运筹优化算法，为六国化工搭建了一整套与企业 SAP ERP 及 SMS 相连接的数字化产销协同系统平台。系统平台通过对六国化工供应链中的原材料、半成品、散料、成品等供需平衡问题进行建模分析，将产能、物料等生产约束条件考虑在内，同时，结合六国化工近 3 年的历史订单和库存、产能等内部数据，及市场信息、天气与病虫害数据等外部数据，快速生成可落地、可执行、有实际效用的生产经营策略。具体而言，解决方案力图实现以下四个方面的优化：

一是需求预测优化：考虑地区、季节、病虫害等因素对需求的影响，提前对未来一段时间（如 6 个月）的潜在需求进行预测，以最大程度避免淡季滞销、旺季生产力不足的情况；

二是库存产品优化：对六国库存进行全局优化，实现统一调配全国可用化肥库存和仓库资源；

三是生产计划优化：将下个月的销量预测结合产能分配到每个工厂每个装置，输出成本最优与实际产量最匹配的产品生产计划；

四是平衡供应优化：实现计划的平衡功能，协调产品的供应与需求相匹配。



来源：杉数科技

图 17 六国化工与杉数科技共同打造农资产销协同新路径

### 3. 实施路径

杉数科技依托于由其自主研发的中国第一款商业级别求解器<sup>5</sup>——杉数求解器（Cardinal Optimizer, COPT）——为六国化工提供解决方案。具体而言，杉数科技将六国化工面临的产销协同问题拆分为销售预测问题、生产计划问题、计划模拟仿真问题三个方面：

一是销售预测问题。将销售优先级数据、历史销售数据等输入机器学习算法引擎进行大规模模拟计算，生成销售计划、生产变更计划等，辅助企业升级决策流程。

<sup>5</sup> 求解器：针对多种已经建立的线性、整数及各种非线性规划模型，进行算法优化的软件系统。2019 年 7 月，杉数求解器（Cardinal Optimizer, COPT）发布，在知名第三方测评网站亚利桑那州立大学的 Mittelmann 教授的公开测试集上将线性规划部分做到了当时世界排名第一。杉数求解器是第一个中国自主研发的商业级别求解器。



二是生产计划问题。将销售预测、目标库存策略、装置产能、换产难易度等输入到规划求解器中，获取科学的生产计划，避免限制条件冲突导致计划完成率损失，提升物料、产能、模具利用率，节约生产成本，提升工作效率。

三是计划模拟仿真问题。将财务数据、产能销售规划、采购计划等输入到算法模拟器，寻求销售端需求与制造端约束直接的最优平衡，生成生产经营计划，权衡优化各部门资源。

杉数求解器（COPT）在规定的时间内解决上亿变量的问题，六国化工产销协同解决方案充分利用了求解器的计算与规划资源，在半个小时之内完成了对于生产销售的最优化的精准求解与规划。



来源：杉数科技

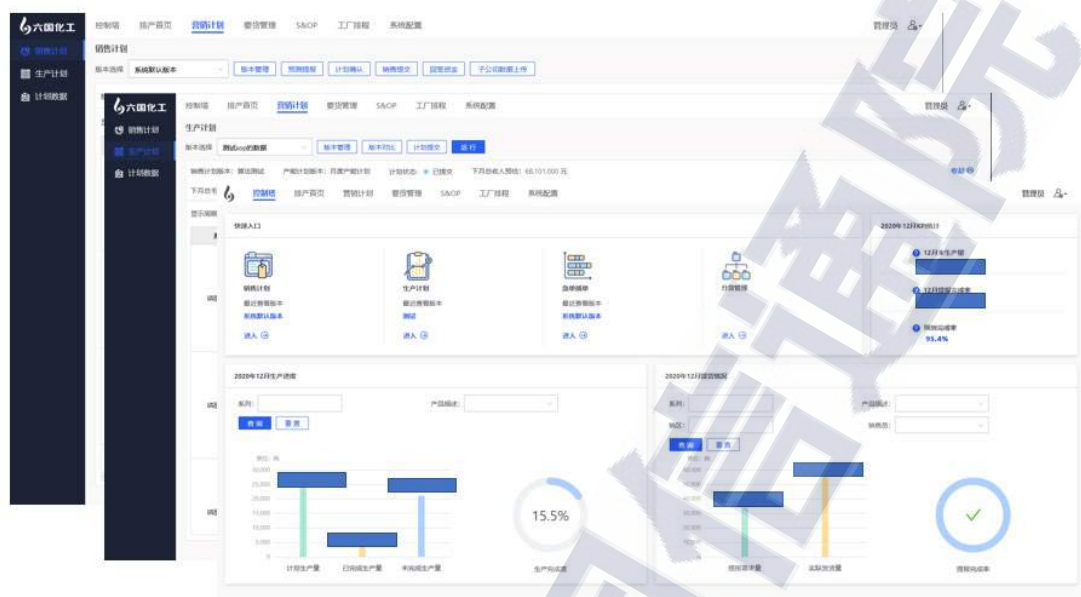
图 18 杉数科技杉数求解器

#### 4. 现实效果

杉数科技的产销协同解决方案瞄准了六国化工的需求痛点，基于数据、算法、业务打造新一代农资供应链解决方案，帮助企业改造传



统的端到端价值链，打通工业互联网各层级、各环节，形成市场、运营、生产、管理等全局互联的高效协作机制，带来了可观的效益提升。



来源：杉数科技

图 19 杉数科技与六国化工共同实现农资供应链智能化

一是提升了响应市场速度，客户满意度提升 5%；上线后 8 个月内，预测满足率稳定提高了 5.1%，且计划（急单插单）的快速响应，保守估计客户满意度提升 5%。

二是优化了库存成本。全面实现了库存网络优化，节省库存成本近千万；上线后 8 个月数据表明，使用产销协同系统后平均库存水平下降至 1.5 个月，使用系统前同期平均库存为 2.1 个月。降低库存金额： $(2.1-1.5) \times 6 \text{ 万吨平均月销量} \times 3000 \text{ 元/吨} = 10800 \text{ 万}$ ；节约资金成本  $= 10800 \text{ W} \times 10\% = 1080 \text{ w}$

三是增强了部门协同能力。企业各部门间协同效率增强 20%。需求计划、生产计划人力投入时间缩短 50%以上。上线后 8 个月数据表明，运用产销协同系统显著提高每次计算的准确性，避免长时间的反

复进行手工调整后再试算，整体计算时间从 2 天（48 小时）降为 3 小时，平均每位计划员工作效率提高了 64%。

## （六）设施农业：智多莓草莓种植的数字化与智能化实践

云南智多莓农业科技有限责任公司成立于 2020 年 10 月，主要研究人工智能、大数据技术在农业场景下的应用。2020 年，智多莓参加由联合国粮食及农业组织指导（FAO）、中国农业大学和拼多多联合举办的“多多农研科技大赛”，获得 AI 组二等奖。目前，智多莓在农业种植领域提供具有独立自主知识产权的硬件、软件、数据产品，并提供基于以上产品的数字化运营服务，满足种植领域不同规模不同层次的客户需求，聚焦于小浆果设施农业种植生产的数字化服务。

### 1. 需求痛点

怒江州是中国民族族别成分最多和中国人口较少民族最多的自治州，也是国家层面的深度贫困地区“三区三州”地区之一<sup>6</sup>。区域内为热带内陆气候，光照充足，昼夜温差大，具有发展草莓产业的生态自然优势、错季上市优势和品质优势等 3 大优势。该区域对草莓的需求量较大，目前供给量不到需求量的 30%，大部分需要外来市场供给。全州市场需求缺口较大。在怒江泸水市发展柑橘、草莓产业，即是因地制宜、发挥区域优势的明智之路、得力之举，也是全面巩固“三区三州”脱贫攻坚成果，推进脱贫攻坚与乡村振兴有效衔接的必然之举。

<sup>6</sup> 2020 年底，已全部脱贫出列

但是，在该地区发展草莓产业面临几个巨大的障碍：

第一，该地技术力量薄弱，地理位置又较为偏远，专家难以有效地进行现场支持；

第二，气候垂直特征显著，小区域气候特点迥异。以泸水县老窝镇老挝村为例，平均海拔大约 1400 米，但最高耕地海拔大约 1900 米，最底耕地海拔大约 1000 米，高差可达 900 米，温差巨大，晴雨同时。

第三，耕地条件恶劣，基本都是在山地上开垦出的小块面积，难以实现规模化种植，必须解决用有限农田实现高效产出的难题。

## 2. 方案概况

自 2018 年开始，老窝村村民逐步尝试最简单的露地草莓栽种。2019 年，在云南省、昆明市两级农科院专家的支持下，当地村民开始摸索结合当地实际情况的草莓科学种植模式。2020 年，智多莓团队开始初步介入，利用有限数字化条件，全面提高专家的效率。2021 年，智多莓与云南省、昆明市两级农科院一道，在云南省农业农村厅支持下，全面设计、实施了基于设施条件下数字化草莓生产体系，包括构建草莓生长的数字化模型，从生产端促进当地草莓增产增收；通过数字化赋能，提高老窝村草莓种植的数字化管理、自动化控制。最终让村民切实体会到数字技术对草莓产业、草莓产业对当地发展的积极作用，对数字化技术支持下的村民共同富裕路径进行了有益探索。

## 3. 实施路径

智多莓针对老窝村草莓产业发展存在的显著瓶颈，提出了数据采集的自动化、生产管理的智能化、管理记录的数字化、产量预测的精确化四个目标，并按照目标进行平台建设。

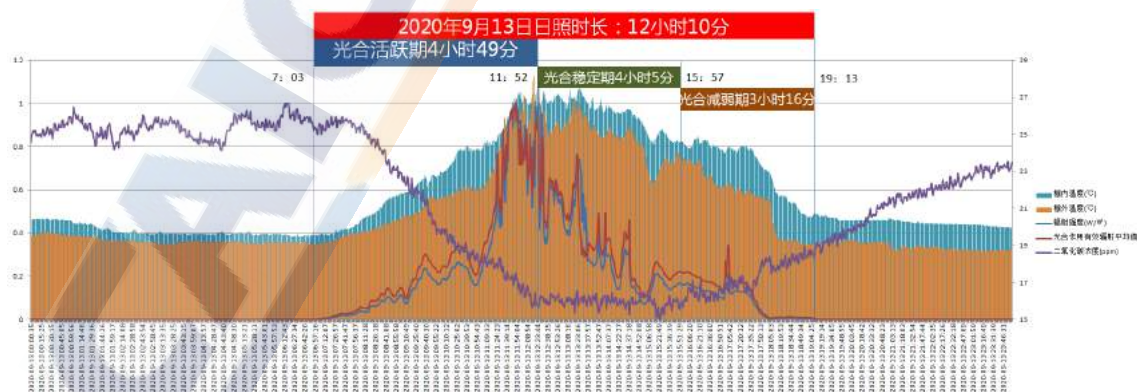


## （1）数据采集的自动化

由于地处偏远，难以实现专家的经常性指导，智多莓通过建设了较为完备的信息采集系统，通过各类传感器（主要是温湿度、日辐照、二氧化碳等）配合物联网技术进行自动化环境参数与作物参数采集，并利用数字工作站提供边缘计算能力，进行数据的及时传输与处理。依靠此平台，专家及农户能够远程观测到草莓生长情况与详细数据，便于商讨进一步的种植决策。

## （2）生产管理的智能化

同绝大多数植物一样，草莓的物质积累依赖于光和作用，而呼吸作用会消耗草莓的物质积累。如图 25 所示，日出后到草莓进入光饱和期前，是一天内草莓最为活跃的物质形成时期；一旦进入光饱和点后，草莓的光合作用与呼吸作用相互平衡，不会再因为光照增加而消耗更多的二氧化碳；而下午以后呼吸作用开始趋强，物质消耗开始增加。因此，智多莓将面临的草莓生产智能化管理模型化为任务管理模式下的光和同化率最大化效应。在光和活跃期内增大肥料供给，而达到光饱和期后，则抑制呼吸作用，减少草莓物质的逸散。从而对草莓生产进行精细化、智能化管理。



来源：智多莓

图 20 智多莓对于强日照条件下的草莓温室各类参数趋势的分析图



基于草莓生长的上述特点，结合专家知识和栽培优化理论，智多莓构建了草莓生长的数字化模型，该模型能够通过气候、土壤、作物和管理参数进行草莓生长情况预测、适宜生长环境调节等。每天，后台会计算、预测当日草莓大约几点进入光饱和点，并根据草莓生长的数字化模型模拟干物质的形成与分配。当传感器完成数据采集后，后台会根据作物的实际生长情况，与模型结果进行比较。如果作物的实际生长在一段时间内是偏离潜在生长模型的，则需要判断是否进行干预，并从专家系统寻找有效的干预方案，或者直接寻求专家指导，最终根据处理结果完成水肥与温湿度的智能化控制；如果不需要进行干预，则继续执行原定的种植计划。逻辑流程见下图。



图 21 智多莓草莓数字化种植生产控制逻辑流程

生长模型的使用和运行也对算力提出了较高的要求，为此，智多莓建立了数字工作站 IAWS（i-agri Work Station），集成了对于当地农业足够的边缘算力，实现了模型的正常运行，并能够有效执行水肥机、温控机的智能化控制指令。

### （3）管理记录的数字化

为了更好地优化生长模型、切实提高草莓产量。智多莓对日常基本农事操作进行数字化记录、评估、管理，比如“打老叶”<sup>7</sup>等。不同于传统的纸质记录，数字化记录较为全面且利于保存。在每一生长周期结束后，智多莓将基于之前的记录数据进行综合评估，比如哪个温室的种植管理好、哪个温室打老叶更加规范、哪个温室的经济效益高、各类农事操作应该控制在什么频率等等，从而对生长模型进行修正优化。

### （4）产量预测的精确化

草莓属于生鲜产品，成熟快、产量高、保存期短，老窝村地处偏远，运输不便，如果运输至外地市场后再安排销售则容易因滞销而承受损失。智多莓通过生长模型在草莓生长过程中对当期草莓进行产量预测，供当地农业销售部门基于预测结果进行销售预安排，包括加工包装、宣传渠道拓展、销售排期等，提高了当地草莓产业“最后一公里”的运作效率。

## 4. 现实效果

智多莓搭建的数字化草莓生产体系，使得老窝村草莓产业的常用工成本下降 30%以上，肥料支出减少 2500 元/亩，植保支出减少 1000 元/亩，草莓产量增加 30%。除此以外，在生态效益方面，智多莓注重使用净化水进行灌溉，并利用数字技术科学地控制水肥投入，一改之前过度灌溉、过度施肥的模式，当地土壤中活性氮和活性磷含量显著减少，土壤 PH 值也趋于平衡。

<sup>7</sup> 农业上一般认为，打掉老叶子更有利于新叶子的生长，果实会结的更多。

智多莓的实践在老窝村重点解决了四个问题：其一，使用基于人工智能的专家系统支持，来替代传统专家到现场支持；其二，通过智能化设施，主动适配当地气候的多样性，最大化满足草莓生长条件要求；其三，极大地改善单位面积的产出，压缩单位面积的种植成本，包括降低水、能源、农资的消耗；其四，提高草莓产业日常管理和销售的数字化程度，让数字技术服务于脱贫攻坚与乡村振兴。

#### 四、中国智慧农业发展面临约束与推进建议

推进智慧农业发展，既需要权衡由于数字化发展阶段不同带来的智慧农业的特殊性，又需要在广泛吸收服务业、制造业成功经验的基础上确定可行的发展路径；既需要了解各项信息技术的实际效用、应用场景和局限性，又需要明确新一代信息技术只有形成“稳固闭环”，才能够实现农业生产的提质、增效，避免陷入“技术黑箱”，从而切实有效加速推动农业生产向数字化、网络化、智能化方向迈进。

##### （一）中国智慧农业发展面临约束

中国在推动智慧农业发展方面已有一些探索，在推进农业生产、产业、经营体系的现代化变革上发挥了一定作用，为缓解农业发展面临的约束提供了有效途径。但是，农业整体数字化发展水平依然滞后于工业和服务业，智慧农业仍面临诸多障碍，需要予以重视，尽快补齐短板，以数字化、网络化、智能化推动农业现代化。

##### 1.经营主体应用能力不足制约了智慧农业推广运用

当前，“大国小农”仍是中国基本国情农情，全国小农户数量占到农业经营主体 98%以上，小农户从业人员占农业从业人员 90%，小农



户经营耕地面积占总耕地面积的 70%。农业经营主体的新技术新模式应用能力相对较差，且缺乏长期投入大量人力、物力的实力，制约了智慧农业推广运用。特别是，小农户存在对传统生产方式的路径依赖，导致“不想用”；农业产业数字化基础薄弱，技术、技能等方面存在较大短板，导致“不会用”；智慧农业使用成本高、有一定技术门槛，导致“不敢用”。一套山区柑橘的自动灌溉系统的每亩投入超万元，一个蔬菜大棚进行简单数字管理改造的成本达到数万元，投入成本高且带来的增效有限，以至于小农户的接受意愿不高。大田作物种植的数字化成本更高，且很难通过产品溢价回收投入成本。因而，目前智慧农业仅应用在一些高价值的经济作物中，且只有一些经济实力较强的企业开展了小规模应用探索。在现有国情农情下，探索智慧农业的落地模式，发挥其实践价值与带动效应，让农业经营主体能够得到实际收益，是突破智慧农业发展瓶颈的必要条件。

### 专栏一：中国农村居民数字技能概况介绍

当前，农村居民数字经济参与程度、结构方面相对城镇地区仍待改善：总量方面，城乡居民网民规模差距依然显著。截至 2020 年 12 月，中国互联网普及率达到 70.4%，但农村互联网普及率仅为 55.9%，农村地区非网民占比为 62.7%，高于全国农村人口比例 23.3 个百分点<sup>8</sup>。同时，非学历教育发展的不足<sup>9</sup>以及高等教育入学率差距，使得农村地区居民能够接触数字技能相关教育或培训的机会远低于城镇居民，制约了相关群体数字技能水平的提升。

<sup>8</sup> 数据来源：《中国互联网络发展状况统计报告（第 47 次）》。

<sup>9</sup> 根据官方数据统计，2015-2019 年间，参加非学历教育的学员人数从 4400 万降低到 3700 万。具体包括职业技术项目（2019 年为 300 万）、农民技术培训项目（2400 万）和其他培训项目（1100 万）的毕业生。



结构方面，多数农村居民对于数字世界的认知和信息消费内容仍停留在简单的社交娱乐方面，工作学习、线上商业等方面的数字经济活动参与均显著落后于城镇居民。根据中国家庭追踪调查（2014-2018）共计 99218 个样本的统计性分析显示（表 2），虽然，农村居民使用互联网的比重已经接近半数（48.09%），但是，利用互联网进行工作学习、商业活动的人口仍仅占总量的三成左右，相关信息消费参与显著落后于城镇居民 19.33、14.30 个百分点。同期，这种技能缺失引致的城乡整体收入增长的差距达到 24.6%（殷浩栋等，2020）。

表 2 城乡互联网使用情况统计与影响（单位：%）

年份	总体		工作学习		社交娱乐		商业活动	
	农村	城镇	农村	城镇	农村	城镇	农村	城镇
2014	20.31	32.28	<b>16.27</b>	<b>37.27</b>	22.86	42.99	<b>9.30</b>	<b>23.94</b>
2016	40.15	52.61	<b>26.62</b>	<b>51.01</b>	41.07	59.16	<b>21.41</b>	<b>35.59</b>
2018	48.09	66.16	<b>28.38</b>	<b>47.71</b>	46.48	64.08	<b>32.98</b>	<b>47.28</b>

来源：中国家庭追踪调查、中国信息通信研究院

未来，随着产业数字化进程不断加速，包含基础计算机、信息通信技术、信息媒介素养在内的数字技能将成为基本的生存技能和职业素养。如果农民缺乏相应的数字技能，那么他们不仅难以参与数字化发展进程并从中获益，而且极有可能被不断变革的劳动力市场排斥在外。

## 2. 财政投入不足且平台低水平重复建设

财政投入是支撑智慧农业前期发展的重要资金来源。从投入力度来看，由于对智慧农业的重要性认知不足，各级政府部门对智慧农业

的投入相对不足。据农业农村部信息中心监测，2018 年全国县域用于农业农村信息化建设的财政投入，25.2%的县域低于 10 万元，仅有 20.0%的县域在 500 万元以上。从投入方向来看，大部分政府投入的智慧农业项目存在不同程度的“平台建设倾向”问题。以“可视化”大屏幕为主要载体的数字平台成为财政资金投入的重点领域。通过对“中国政府采购网”2014—2020 年间各级地方政府关于智慧农业（农业信息化、智慧农业）招投标项目的数据分析发现，在各级地方政府建设的 709 个智慧农业相关项目当中，有 268 个项目是用于平台建设。这些平台投入经费有限，功能较为简单、相似性较高，并且不注重持续迭代升级。很大一部分项目忽视了智慧农业与传统农业基础设施建设工程的差别。大量招投标项目仅准备了系统平台的快速启动资金，没有考虑后期的持续维护、迭代升级以及推广费用，以至于系统平台并不具有成长性，而逐步被淘汰。

### 3.研发投入不足且“产学研”转化机制不健全

智慧农业的研发遵从数字应用开发的基本逻辑，即整个生命周期都需要持续的技术与资金投入，且运行维护与迭代创新投入远大于初期的建设成本。同时，由于农业数字化相较于工业和服务业在技术学科（数字、生物、气象、地理等）方面具有更强的综合性，在研发与生产方面具有更长的周期性，在生产经营绩效方面具有更大的不确定性。诸如此类特性使得智慧农业面临着更大的技术挑战与投入风险，从而导致企业和社会资本的投入意愿不强，研发缺乏有效的资金和人力资源保障。此外，智慧农业的“产学研”转化机制仍不健全。一些研究脱离了实际生产的需要，如过于追求相关技术和设备的先进性，没

有充分考虑农业经营主体的可接受性和现实需求。一些研究以课题立项、文章发表等为最终考核导向，研究成果仅停留在实验室中，既没有完成理论与应用的衔接，也缺乏应有的市场化推广，如机器视觉、云平台、智能终端等应用成果产出较少，未能充分用于实际生产。

#### 4.关键技术自主创新不足的短板较为突出

作物生长模型、生产控制软件等智慧农业的核心领域与国外差距比较明显。大田农业、实施农业等智慧种植平台仍处于商业化探索初期。很大一部分智慧农业项目所使用的生长模型来自荷兰瓦赫宁根大学、美国加州大学戴维斯分校、普渡大学等国外机构。生产控制软件落后于美国、以色列、荷兰等国家。全球智慧农业软件市场主要以 CropX、Trimble Agriculture、Raven Industries、Topcon Positioning Systems，以及 The Climate Corporation 等美国企业为主。这些企业在相关细分领域的垄断地位因为技术壁垒的加强而愈发坚固。

#### 专栏二：美国智慧农业巨头 The Climate Corporation 介绍

The Climate Corporation 是一家总部坐落于美国加利福尼亚州旧金山湾区的农业高技术企业。成立初期，企业的主要业务是为滑雪胜地、大型活动场所和农民提供天气保险。2010 年，The Climate Corporation 开始专注于农业，并于 2010 年秋季推出了玉米、大豆等的农业天气保险产品。

2013 年，The Climate Corporation 被孟山都<sup>10</sup>（Monsanto Company）以 11 亿美元的价格收购。2014 年，The Climate Corporation 与孟山都的综合农业系统、精准种植部门完成了重组与技术整合。同年，The Climate Corporation 收购

<sup>10</sup> 2018 年，德国拜耳集团（Bayer）以 625 亿美元的交易价格收购了孟山都。



了荷兰土壤监测企业 Solum、美国芝加哥农场数据企业 640 Labs、瑞士自动化农业技术平台 Yield Pop 以及欧洲农场管理软件企业 Vital Fields。技术实力得到了巨大的提升。

2015 年，The Climate Corporation 将农作物保险业务出售给了 Am Trust Financial Services，开始专注于智慧农业平台。同年，The Climate Corporation 正式推出升级款智慧农业平台 Climate Field View。截至 2021 年 3 月，The Climate Corporation 的核心智慧农业平台产品 Climate Field View 已经覆盖了美国、加拿大、巴西、法国、德国等超过 22 个国家的超过 1.5 亿英亩（超过 9 亿亩），成为世界上覆盖范围最广泛的农业数字平台。此外，The Climate Corporation 还专注于传统农业机械的数字化改造。截至 2021 年 5 月，通过提供适配性传感设备，Climate Field View 已经与美国玉米种植带中 80% 以上的现代农业机械完成兼容性适配。



来源：The Climate Corporation

图 22 The Climate Corporation 对于农业机械的数字化改造



目前, Climate Field View 已经成为拜耳集团在农业数字化与绿色发展领域的关键承载。一方面, 全方位、多角度、长时期作物种植数据的有效搜集, 能够有效推动拜耳集团在育种、农药研发等方面的发展进程。同时, 种业、农药与数字化种植方案的融合打造了更加体系化的产品生态, 实现了相互之间的增益。另一方面, 在农作物数据和环境信息的综合推动下, 要素投入能够实现最大化利用与计量核算。拜耳集团认为, 在 Climate Field View 的支持下, 他们可以更为有效的量化计量农场温室气体排放量与碳足迹, 并实现动态、精准的实现种植策略的调整。拜耳集团承诺到 2030 年在 Climate Field View 运营的地区将减少 30% 的温室气体排放量<sup>11</sup>。

实际上, The Climate Corporation 已经利用了超过 1400 万英亩大田作物的多年期数据训练了高级作物生长模型, 并通过生长模型与气候预测模型的匹配, 提供了系统性的智能种植服务。综合而言, Climate Field View 智慧种植方案能够对农资化肥进行更有效的利用, 并提升 4-6 蒲式耳/英亩(约 20 公斤/亩)的产量。这种长期积累的优势, 后继者很难对其进行追赶和超越。

## 5. 农业大数据应用及管理水平较低

农业大数据是推动智慧农业发展的重要驱动力。中国农业大数据建设相对滞后, 数据积累较薄弱, 技术及管理水平也较低, 影响了智慧农业的发展。一方面, 农业大数据分布于多个部门和领域, 数据“孤岛化”问题比较严重, 且农业大数据的数据采集与过滤缺乏准确有效的数据提取技术或数据预处理方法, 导致数据不准确, 可用性较差,

<sup>11</sup> “Bayer Says Digital Solutions Are Key To Reducing GHG Emissions”:

<https://www.agweb.com/news/business/technology/bayer-says-digital-solutions-are-key-reducing-ghg-emissions>

在实际应用中存在诸多困难。另一方面，智慧农业所采集的农业生长数据标准化和连续性不够。其平台存储的作物（动物）生长数据存在时间上不连续、结构上不完整、内容上不统一等问题，难以通过连接共享、清洗筛选来改变。实际上，中国大量的科研机构和企业，在推进智慧农业商业化应用时，仍需要花费重金向国外机构购买作物生长数据。

## （二）中国智慧农业发展推进建议

### 1. 发挥政府在智慧农业领域的引导与带动作用

很大一部分智慧农业在“十四五”期间依然将呈现出社会效益大于经济效益的状态，需要政府作为主导力量统筹部署、协调推进。需要汇聚农业农村、工信、网信，以及教育和科研机构等部门力量，充分考虑智慧农业项目与传统农业项目在资金投入、项目折旧、后期维护方面的差异性，实施与智慧农业更加匹配的资金项目管理机制。加大对各级涉农部门、基层部门在数字技术、数字经济，以及智慧农业方面相关知识的培训力度，帮助他们全面地了解智慧农业，改革县域智慧农业项目就是建设可视化平台的思维观念，合理投资智慧农业。

探索更注重实际效用的“产学研”转化机制。推动与智慧农业相关的投资、信贷、税收、知识产权等法规与政策体系的创新，完善科研机构与生产实践主体的联动机制，根据生产实际需求开展研发攻关。突出市场主导力量，让企业在智慧农业推广中发挥更大作用。利用中小企业创新基金、“863 计划”等，引导企业积极参与农业通用性软件与智慧农业社会化服务等领域的应用技术开发。特别是发挥互联网企业和农业信息化企业的核心带动作用，鼓励服务业、工业相关数据服

务型企业开展农情报告、市场分析、数字金融等农业相关业务，引导传统农业企业数字化转型。

## 2.提高涉农新一代信息技术自主创新水平

技术支撑是智慧农业的发展基础，需尽快补齐核心技术自主创新不足的短板。一方面加强智慧农业专门性技术的研发。针对农业生产控制软件、作物（动物）生长模型等关键领域，综合利用专项资金、产业基金等方式开展产业短板协同攻关。将草莓等高产经济作物、畜禽养殖等作为智慧农业商业化的先导领域和实践重点，不断扩展深度和广度。另一方面深化通用性技术在农业领域的创新应用。依托国家农机创新中心整合资源，建立通用性技术研发平台。加大对“人工智能+农业”“工业互联网+农业”等创新创业项目的支持力度，将作物培育、病虫害防治、农药化肥精细化投入等列为重点应用场景。试点实施“新一代信息技术与农业融合发展创新重点任务揭榜工作”，推动前沿技术在农业生产方面的创新与融合应用。

构建符合智慧农业需要的农业大数据体系。完善农业大数据体系需从采集、处理和运用环节入手。一是建立天空地一体化的观测网络和数据采集体系，利用遥感、无人机、物联网等现代信息技术和设施设备，对农业自然资源、种质资源、农业产业链等数据进行采集。依托国家农业大数据平台，建立政府部门之间、政府与企业之间、政府与社会之间的数据共享机制，打破数据“孤岛化”现象。对现有主要智慧农业系统平台的数据质量进行摸底，明晰数据整体存量水平。二是在农作物（动物）生长等重点领域，由行业协会与重点相关企业协同编制数据标准规范，包括数据格式、质量标准、可用性等方面的详细



规范，指导数据采集和处理的物联网模块搭建等。**三是**继续开展农业机械装备、农业生产设施等数字化改造，推动气象、水文、土壤、肥力、育种等数据在农业生产领域的标准化采集、流通与集成应用，为农作物生长监测、重大动植物疫病防治、灾害预警等提供决策服务。

### 3.构建符合中国农业经营特征的推广与技能体系

智慧农业的发展需要与中国“大国小农”长期存在的基本国情农情紧密结合。根据智慧农业实现方式的多样性，探索适用于家庭农场、小农户的智慧农业实现形式。**一是**扩大对新型经营主体在农场管理软件、作物影像分析、农场 ERP 等软件应用、物联网传感器等方面的补贴与支持力度，扩大基础规模、提升应用水平。深化以体验电商、直播带货等为代表的新一代电子商务模式的应用，丰富农业农村数字经济新模式新业态，并逐步实现由消费端的数字化带动生产端的数字化。**二要**鼓励新型农民，尤其是涉农院校、专业的大学生积极投身于智慧农业、数字化农业社会服务的创新创业之中，在有需求、有条件的地区组建“数字合作社”，通过手机 APP 等方式为小农户开展基础性的数字化农业社会服务。**三要**以各级农垦、国有大型农场作为大田作物智慧农业的推广重点，开展全方位、高水准的物联网传感器布设，以及作物生长模型实验，带动大田智慧农业的发展。

**加快构建覆盖全民的数字技能培育体系。**中国的国有农垦系统、大中型农业企业与合作社在发展智慧农业与实施数字化转型方面，和工业、服务业等产业的大中型企业没有本质区别，都是基于 5G、工业互联网、人工智能、云计算、大数据等新一代信息技术进行的数字化、网络化、智能化升级改造。但是，中国存在着大量小农业生产者，



他们大多尚未完全步入数字时代。因此，针对他们的智慧农业、数字化转型方案需要有所差别——既要看到小农生产在应用整套数字化设备方面的局限性，不能盲目设想他们能够在短时期内就从手工与半机械化劳作跨越到智能化生产；又要看到小农户参与数字经济活动的必要性，以及帮助小农户共享数字红利对于实现共同富裕的重要性。一定程度的数字技能是传统农业生产、经营转向数字化、智能化必不可少的基础。

**一是要**谋划覆盖全民尤其是农村地区的数字技能发展战略，结合地区经济水平、居民受教育情况等特征，开展数字技能评估，研究制定“数字技能工具包”，设定分层次、差异化的数字技能培育政策与目标。

**二是**打造多方主体参与的数字技能培育生态。以政府或行业协会等作为发起主体，聚集政教产学研用多方，共同推进农村地区数字技能培育，引导企业在基础性的教育之外，提供平台、人员、资源等多维支持，开展符合市场需求和农业转型需要的技能培训服务。

**三是**构建数字技能普及培育体系。一方面要在学历教育中普及数字技能课程，确保全民能够获得基础性的数字技能，针对特殊群体创新教材和课程形式方法；另一方面，完善数字技能职业教育体系，拓宽相关教育渠道，结合产业数字化发展进程，打造符合农业生产经营需求的职业教育课程。

## 参考文献

- [1]陈栋,张翔,陈能成.智慧城市感知基站:未来智慧城市的综合感知基础设施[J].武汉大学学报(信息科学版),2021(6): 1-39.
- [2]高芸,赵芝俊.中国农业颠覆性技术创新的可能方向与路径选择[J].改革,2020(11): 98-108.
- [3]胡坚波.关于城市大脑未来形态的思考[J].人民论坛·学术前沿,2021(9): 1-8.
- [4]江小涓,罗立彬.网络时代的服务全球化——新引擎、加速度和大国竞争力[J].中国社会科学,2019(2): 68-91+205-206.
- [5]余晓晖.从生产创新范式等多方合力推动互联网发展实现新变革[J].互联网天地,2021(07):17-18.
- [6]江小涓.高度联通社会中的资源重组与服务业增长[J].经济研究,2017,52(3): 4-17.
- [7]李周,温铁军,魏后凯,杜志雄,李成贵,金文成.加快推进农业农村现代化:“三农”专家深度解读中共中央一号文件精神[J].中国农村经济,2021(04): 2-20.
- [8]余晓晖.从生产创新范式等多方合力推动互联网发展实现新变革[J].互联网天地,2021(07):17-18.
- [9]肖荣美,霍鹏.加速产业数字化转型 促进经济高质量发展[J].信息通信技术与政策,2019(09):27-30.
- [10]马红坤,毛世平,陈雪.小农生产条件下智慧农业发展的路径选择——基于中日两国的比较分析[J].农业经济问题,2020(12): 87-98.
- [11]熊航.智慧农业转型过程中的挑战及对策[J].人民论坛·学术前沿,2020(24): 90-95.
- [12]仇焕广,张祎彤,彭奎.生态服务型经济发展:理论、模式与实践[J].改革,2020(08):18-29.
- [13]宋洪远.智慧农业发展的状况、面临的问题及对策建议[J].人民论坛·学术前沿,2020(24): 62-69.
- [14]卢阳光.面向智能制造的数字孪生工厂构建方法与应用[D].大连理工大学,2020.

- [15]温涛,陈一明.数字经济与农业农村经济融合发展:实践模式、现实障碍与突破路径[J].农业经济问题,2020(7):118-129.
- [16]余晓晖.工业互联网展现了巨大的应用前景和赋能潜力[J].中国经济周刊,2020(09):19-20.
- [17]辛勇飞.加快新型基础设施建设,推动经济社会数字化转型[N].人民邮电,2020-03-11(003).DOI:10.28659/n.cnki.nrmyd.2020.000519.
- [18]肖荣美,张巾,霍鹏,殷浩栋.数字经济、税收分配与城乡协同发展[J].信息技术与政策,2021,47(05):26-31.
- [19]霍鹏,王星.水稻与光纤:以城乡一体数字经济大循环助力乡村振兴[EB/OL].  
<https://www.tisi.org/17775>
- [20]霍鹏,张冬,屈小博.城镇化的迷思:户籍身份转换与居民幸福感[J].农业经济问题,2018(01):64-74.DOI:10.13246/j.cnki.iae.2018.01.009.
- [21]殷浩栋,霍鹏,汪三贵.农业农村数字化转型:现实表征、影响机理与推进策略[J].改革,2020(12):48-56.
- [22]殷浩栋,霍鹏,肖荣美,高雨晨.智慧农业发展的底层逻辑、现实约束与突破路径[J].改革,2021(11):95-103.
- [23]牟天琦,刁璐,霍鹏.数字经济与城乡包容性增长:基于数字技能视角[J].金融评论,2021,13(04):36-57+124-125.
- [24]张琛,彭超,孔祥智.农户分化的演化逻辑、历史演变与未来展望[J].改革,2019(02):5-16.
- [25]张云华,彭超,张琛.氮元素施用与农户粮食生产效率:来自全国农村固定观察点数据的证据[J].管理世界,2019,35(04):109-119.
- [26]张在一,毛学峰.“互联网+”重塑中国农业:表征、机制与本质[J].改革,2020(7):134-144.
- [27]朱烈夫,殷浩栋,霍鹏.数字鸿沟:新贫困门槛的作用机制及消弥路径[J].信息技术与政策,2020(07):78-82.
- [28]王祖力,肖海峰.化肥施用对粮食产量增长的作用分析[J].农业经济问题,2008(08):65-68.
- [29]孔祥智,张琛,张效榕.要素禀赋变化与农业资本有机构成提高——对1978年以来中国农业发展路径的解释[J].管理世界,2018,34(10):147-160.DOI:10.19744/j.cnki.11-1235/f.2018.10.013.

- [30]程名望,贾晓佳,仇焕广.中国经济增长(1978—2015):灵感还是汗水?[J].经济研究,2019,54(07):30-46.
- [31]马九杰,唐溧,黄建,胡晓霁.农村人口老龄化、家庭资源限制与养老保险参与[J].保险研究,2021(03):84-98.DOI:10.13497/j.cnki.is.2021.03.007.
- [32]庞晓鹏,曾俊霞,罗斯高,张林秀,史耀疆,王蕾.信息传播媒体对农村小学生学习成绩的影响——以电视、电脑和手机为例[J].广播电视大学学报(哲学社会科学版),2014(01):116-125.DOI:10.16161/j.issn.1008-0597.2014.01.015.
- [33] BOSCHERT S, ROSEN R. Digital twin—the simulation aspect [M]//Mechatronic futures. Springer, Cham, 2016: 59-74.
- [34] Chen, C. CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2006,57(3), 359-377.
- [35] Chen, C. et al. The structure and dynamics of co-citation clusters: A multiple-perspective co-citation analysis. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2010, 10.1002/asi.21309.
- [36] GRIEVES M. Digital twin: manufacturing excellence through virtual factory replication [J]. ResearchGate, 2015: 1-7.
- [37] GRIEVES M, VICKERS J. Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems [M]//Transdisciplinary perspectives on complex systems. Springer, Cham, 2017: 85-113.
- [38] JO S K, PARK D H, Park H, et al. Smart livestock farms using digital twin: Feasibility study[C]//2018 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC). IEEE, 2018: 1461-1463.
- [39] KRITZINGER W, KARNER M, TRAAR G, et al. Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification [J]. IFAC-PapersOnLine, 2018, 51(11): 1016-1022.
- [40] LEE J, LAPIRA E, YANG S, et al. Predictive manufacturing system-trends of next-generation production systems [J]. IFAC Proceedings Volumes, 2013, 46(7): 150-156.



- [41] PARAFOROS D S, SHARIPOV G M, GRIEPENTROG H W. ISO 11783-compatible industrial sensor and control systems and related research: A review [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2019, 163: 104863.
- [42] PYLIANIDIS C, OSINGA S, ATHANASIADIS I N. Introducing digital twins to agriculture [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2021, 184: 105942.
- [43] SIWALINGAM K, SEPULVEDA M, SPRING M, et al. A review and methodology development for remaining useful life prediction of offshore fixed and floating wind turbine power converter with digital twin technology perspective[C]//2018 2nd International Conference on Green Energy and Applications (ICGEA). IEEE, 2018: 197-204.
- [44] SMITH M J. Getting value from artificial intelligence in agriculture [J]. Animal Production Science, 2020, 60(1): 46-54.
- [45] TUEGEL E J, INGRAFFEA A R, EASON T G, et al. Reengineering aircraft structural life prediction using a digital twin[J]. International Journal of Aerospace Engineering, 2011.

中国信息通信研究院 政策与经济研究所

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮编：100191

电话：010-62303061

传真：010-62302476

网址：[www.caict.ac.cn](http://www.caict.ac.cn)

