



— 2022 年中国农垦智慧农业发展研讨会 —

智慧农业与无人农场技术研发应用

何雄奎 教授

中国农业大学农业无人机系统研究院 院长

Tel: 010-62731446, E-mail: xiongui@cau.edu.cn

2022年11月25日 北京

内 容



一、现状与问题

二、智能农业机械装备关键技术

三、无人农场智慧果园建设与应用

四、结语与展望

一、现状与问题

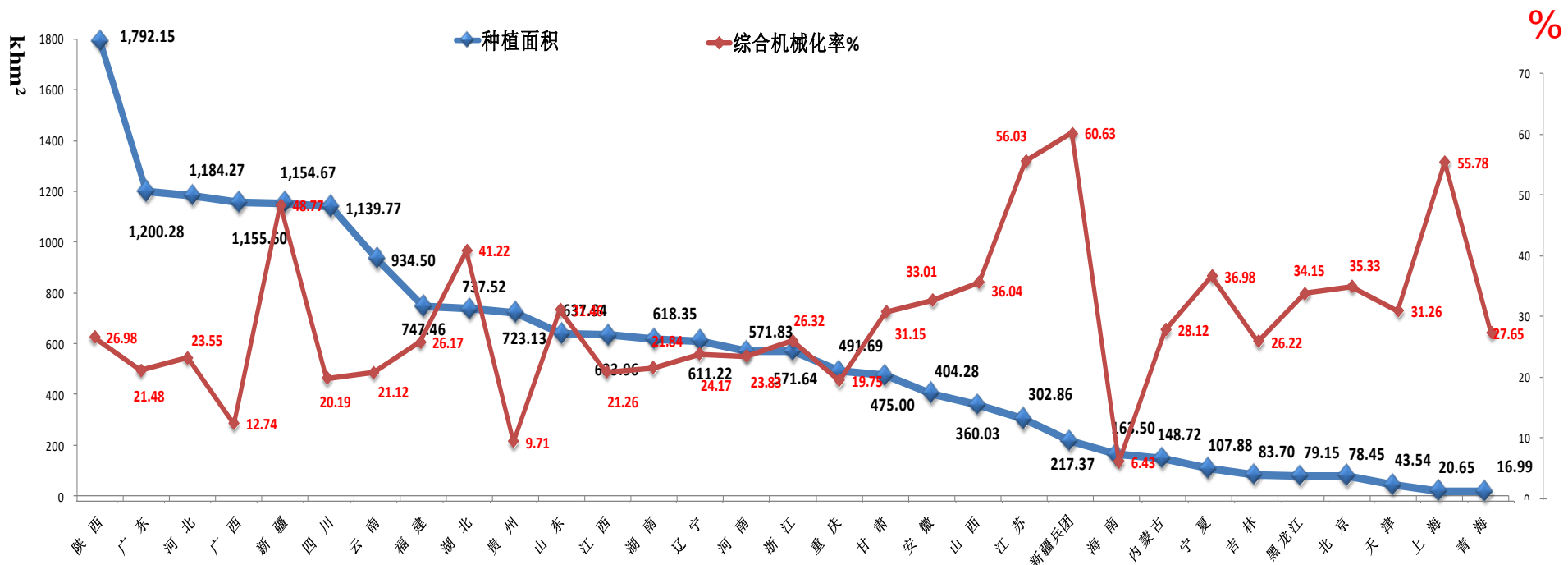


2016-2017年，中国部分地区果园生产成本调研信息

生产环节	物料投入成本 (元) /亩*年	人工投入成本 (元) /亩*年	合计 (元)
租地 (看护)	800	200	1000
套袋	450	350	800
施肥	600	200	800
喷药	100	250	350
除草 (割草)	20	50	70
人工修剪 (疏花疏果)	50	800	850
采收	0	50	50
合计:	2020	1900	3920

果园生产成本中，劳动力成本逐年上升，约占**50-60%**左右

一、现状与问题



数据来自《全国农业机械化统计年报2015》——农业部农业机械化管理局

粮食作物全国平均：综合机械化率 **72.38%**（北大荒农垦：**98.8%**）

果园全国平均：综合机械化率 **26.58%**

机械中耕率 **29.43%**

机械施肥率 **18.56%**

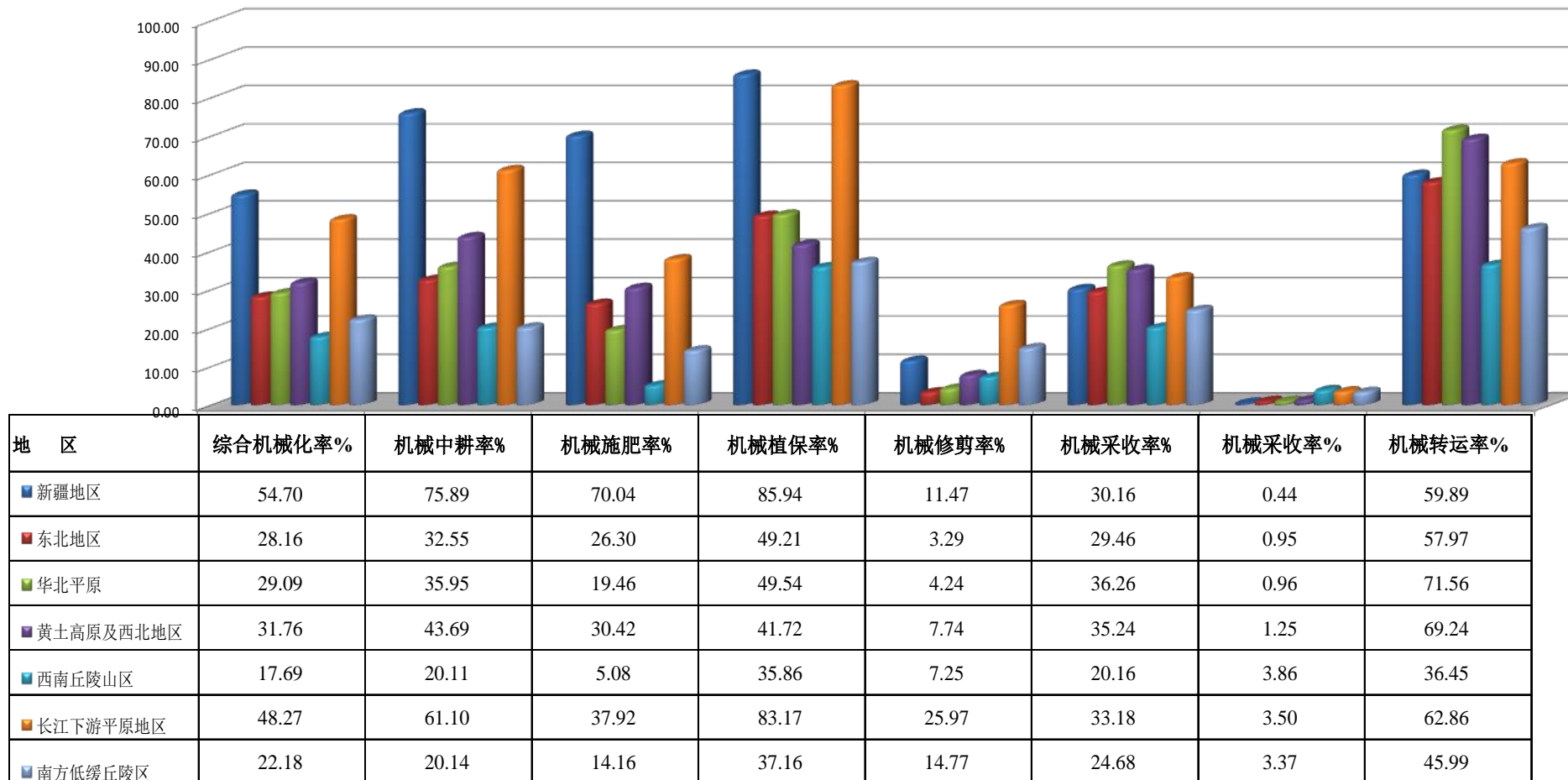
机械植保率 **45.29%**

机械修剪率 **11.32%**

机械采收率 **2.33%**

机械转运率 **54.23%**

一、现状与问题

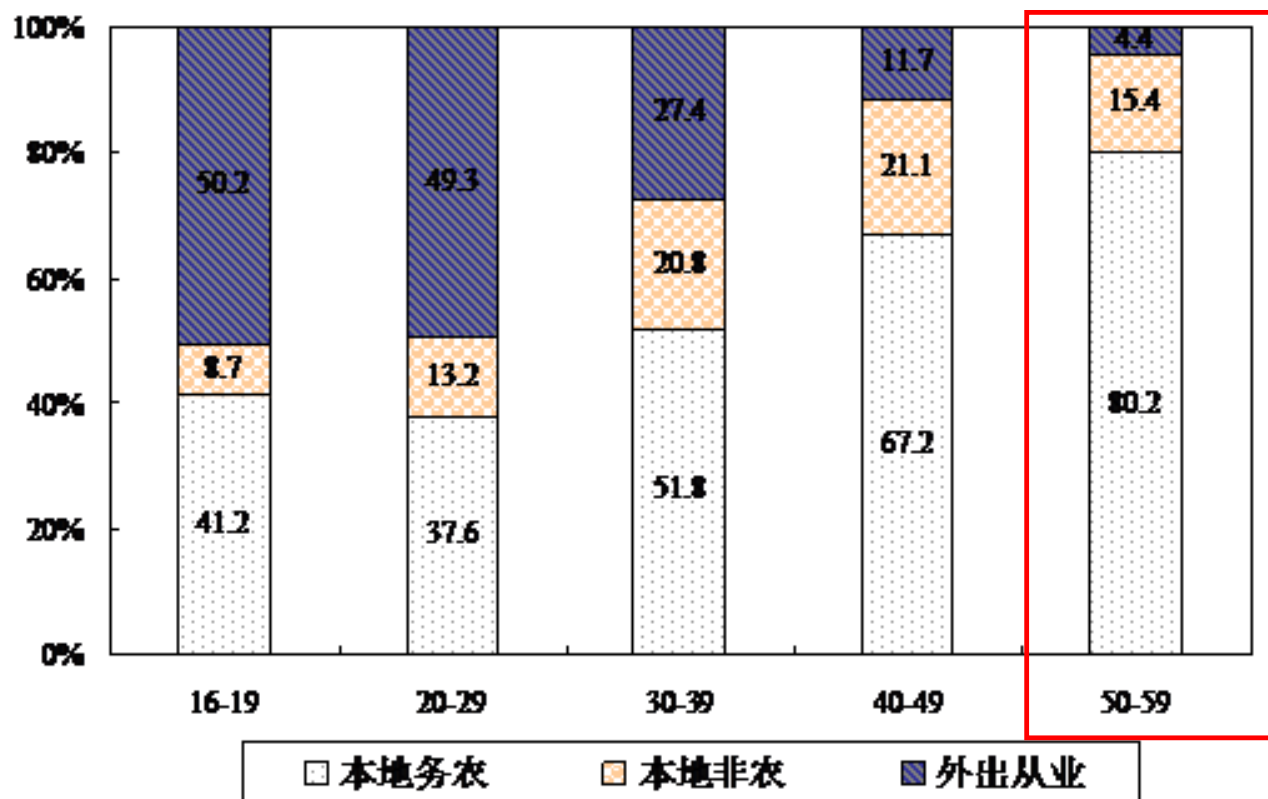


一、现状与问题



不同年龄段的农村劳动力的主要就业选择

2016年：农业劳动力平均年龄高达59.8岁



主要劳动力

数据来源：国家统计局住户调查办公室

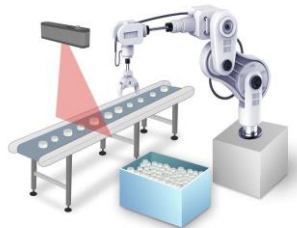


二、智能农机装备关键技术

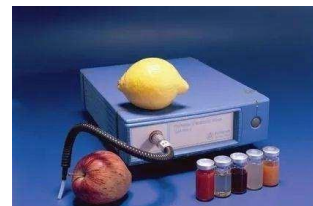
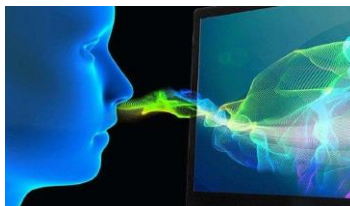
二、重大关键技术



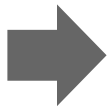
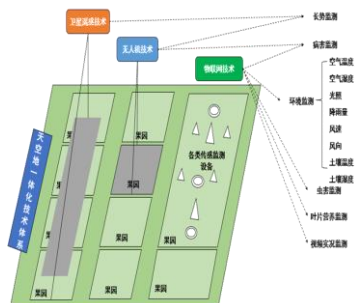
机器视觉



智能传感器



5G+大数据



终极目标：机器代替人

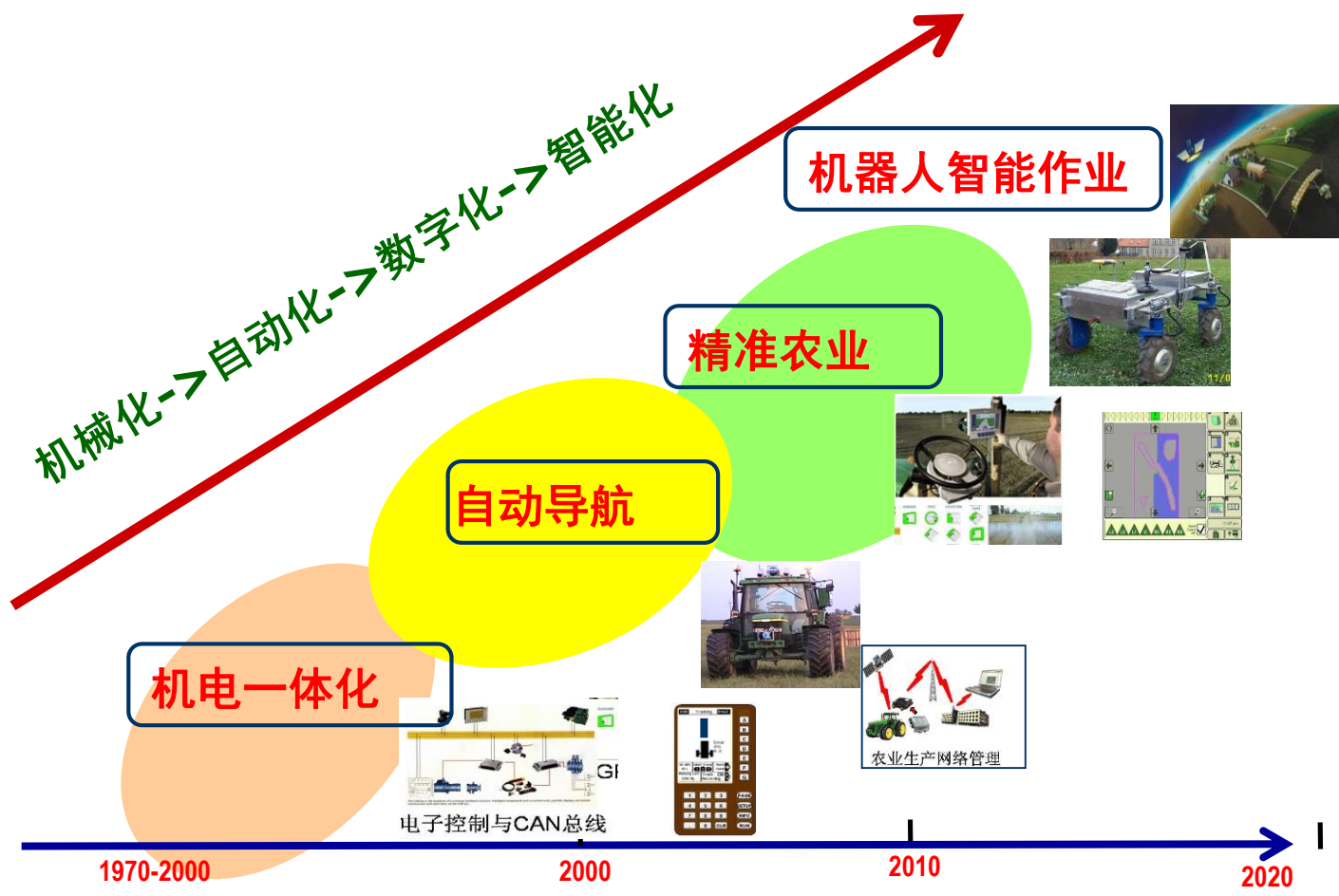
生物技术+人工智能



信息技术+万物互联



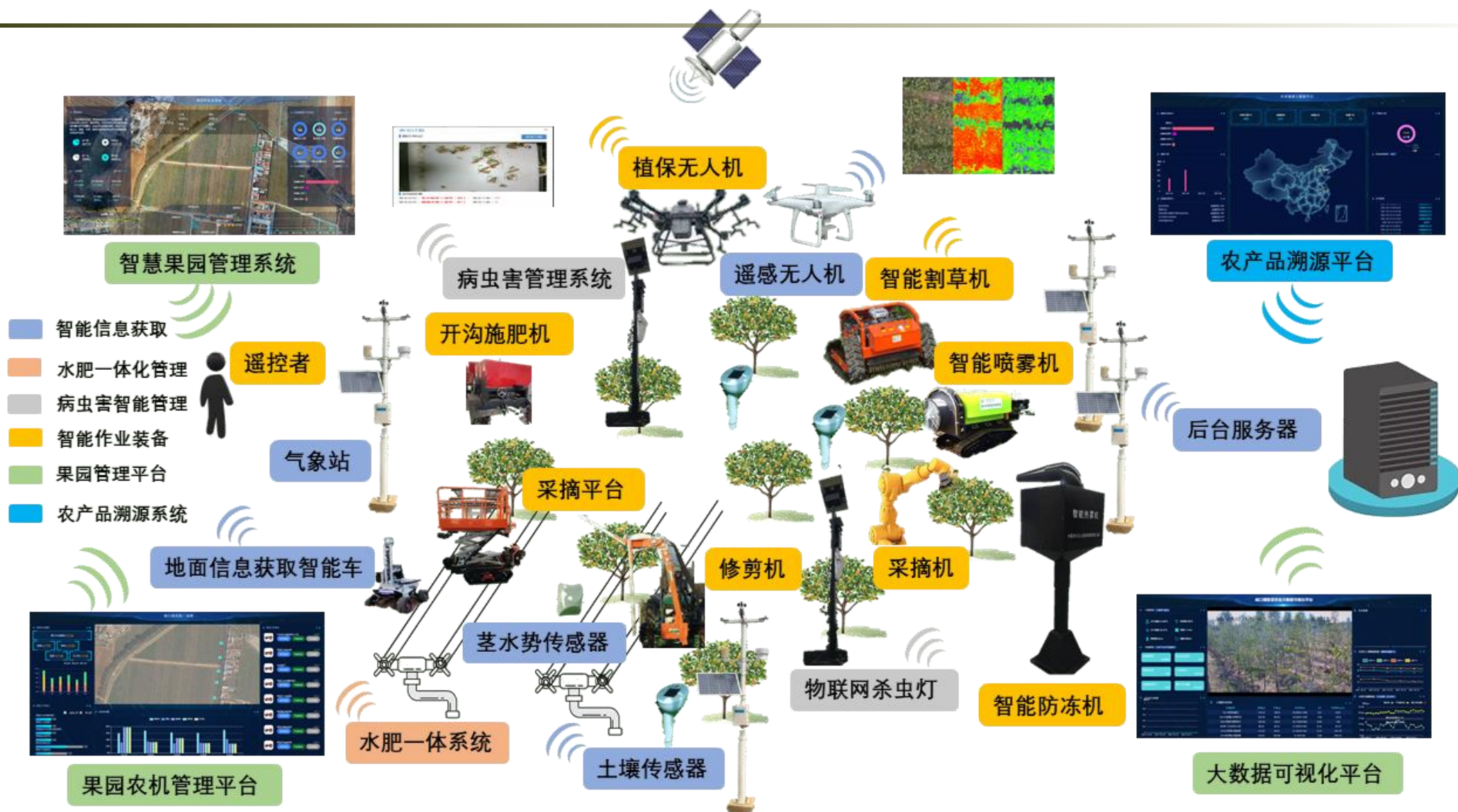
二、重大关键技术

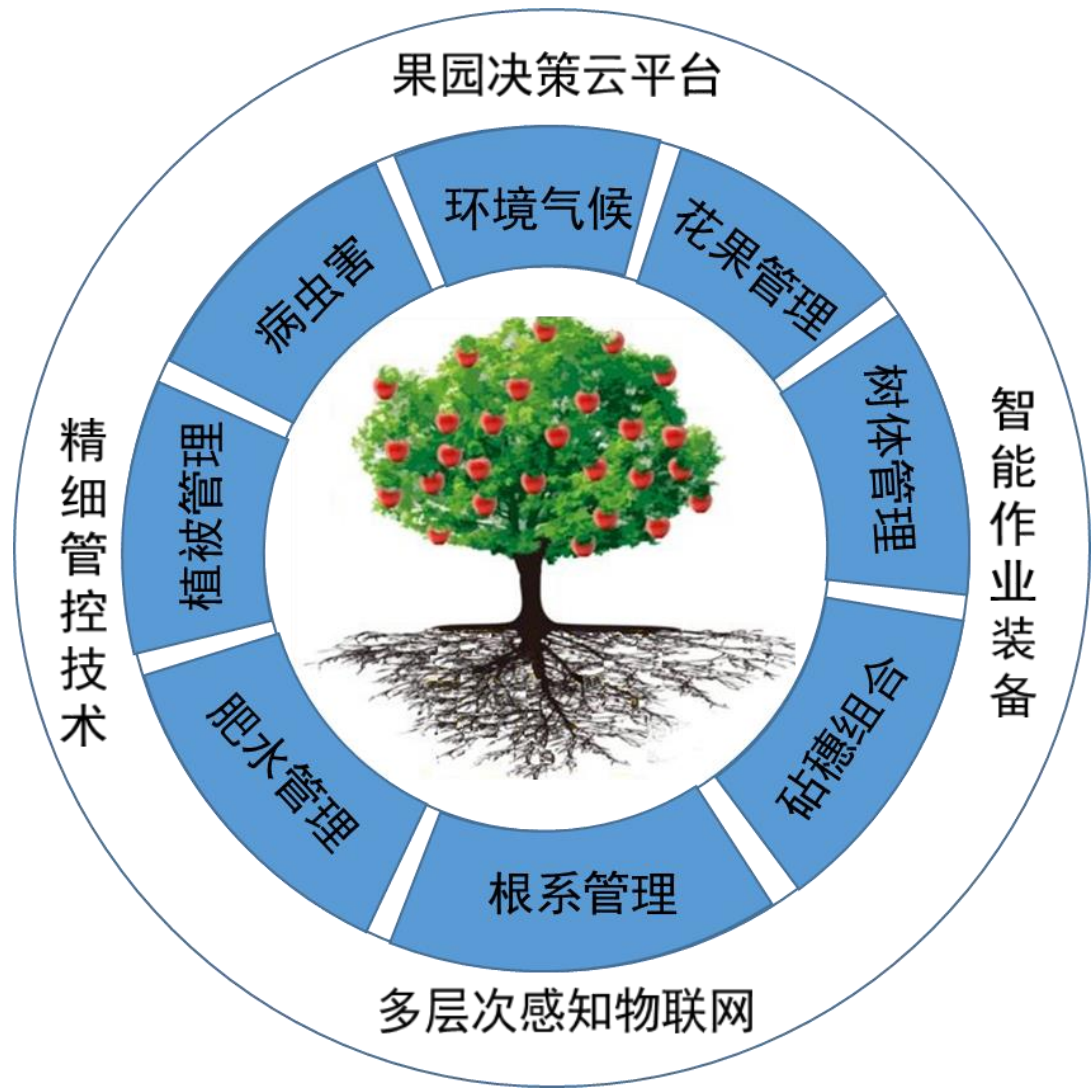


二、重大关键技术



无人农场/智慧果园构建



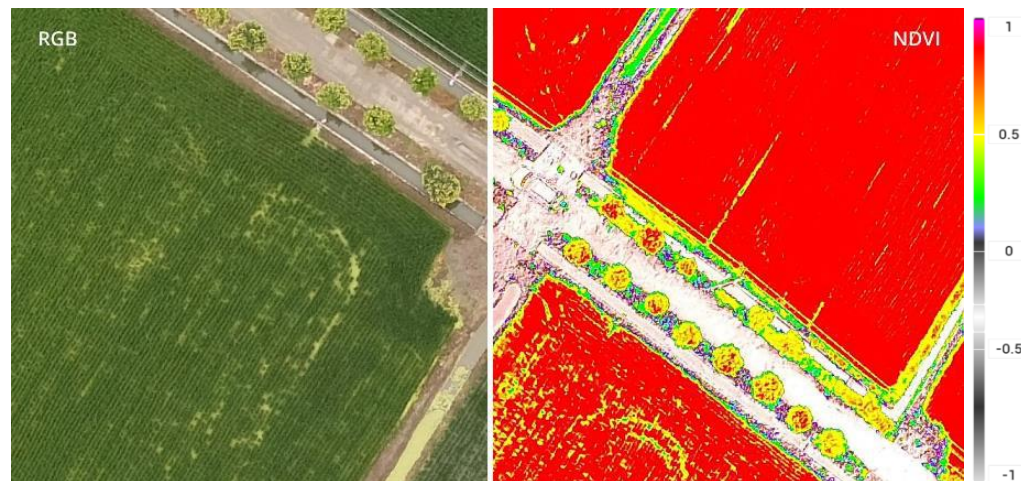


无人农场智能信息获取系统

多光谱：在接收到太阳光照射时，不同物体表面吸收和反射的比例也会有所不同。将不同波段的数据进行组合，可以形成各种植被指数，反应植物的**长势**、**水胁迫**等不同特性。

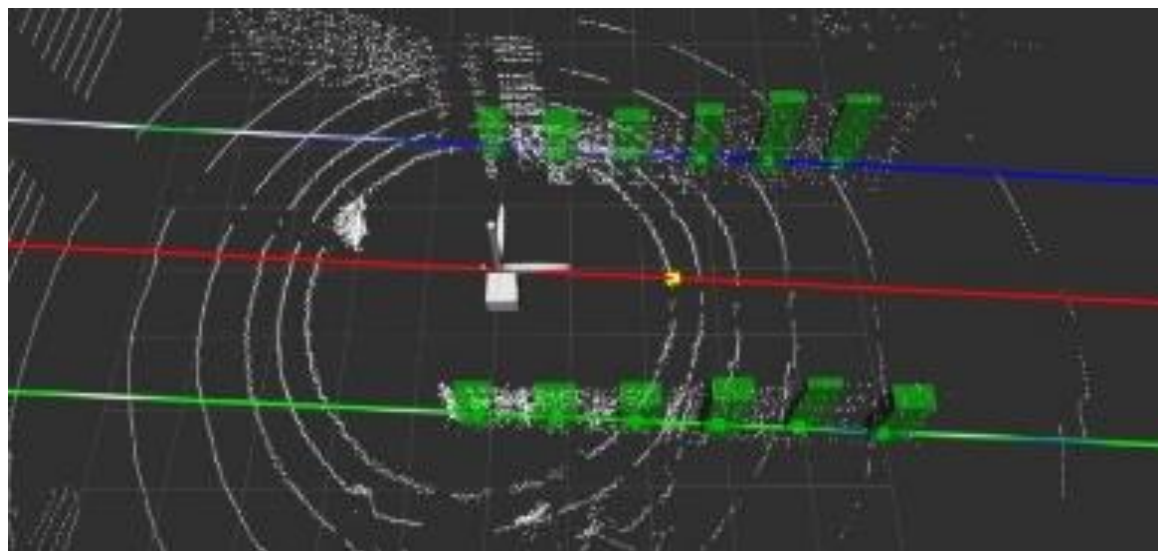
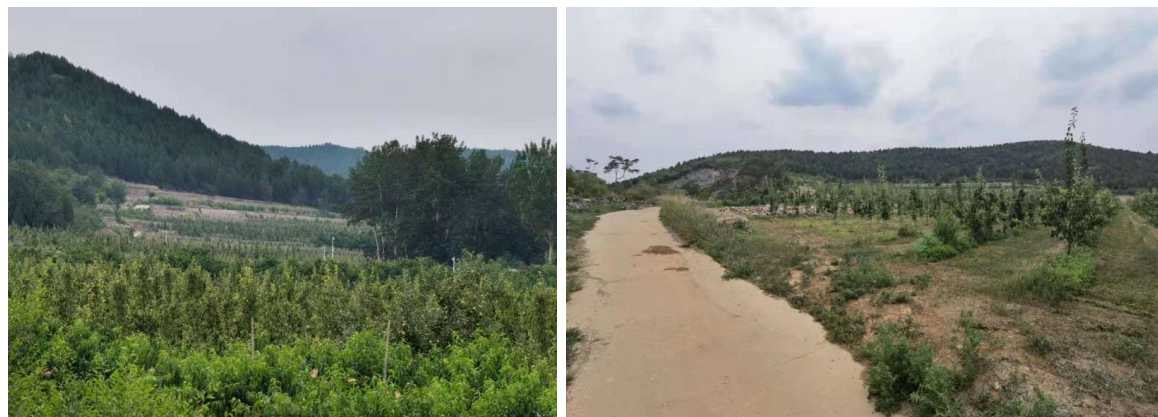


已研发基于无人机飞行平台的**近地多光谱图像信息系统**及**多通道均匀肥料可控变量作业系统**，提高施肥作业工效与防效。预计可实现省肥40 %以上，省水省药50 %以上。



多光谱无人信息采集系统

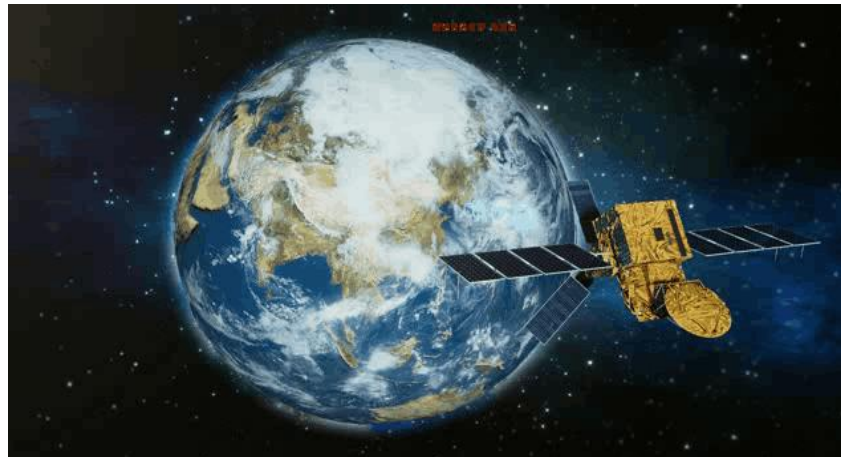
无人农场智能信息获取系统



无人农场智能作业装备系统



变量喷洒技术



喷杆喷雾机无人驾驶技术



油动单旋翼植保无人机



高地隙变量自走式无人喷杆喷雾机



自走式无人喷杆喷雾机



水田自走式无人喷杆喷雾机

无人农场智能作业装备系统

- ◆ 自动驾驶深耕作业系统
- ◆ 基于无人驾驶拖拉机改装，适用于多种作业机具
- ◆ 搭载耕深作业监管系统，实时反馈作业效果



无人农场智能作业装备系统



- ◆ 无人驾驶精量播种机，可自主完成作业
- ◆ 基于rtk技术的自动驾驶有效保证了作业质量
- ◆ 添加喷雾系统可实现水肥药一体的播种机



无人农场智能作业装备系统

地面板块

水旱两用无人喷杆喷雾机

- ◆ 自动驾驶无人喷杆喷雾机，可自主完成作业
- ◆ 较高地隙和水旱两用轮胎可在水稻玉米蔬菜等大田作物上作业
- ◆ 搭载精准变量施药系统，精准作业，省水省药40%以上



无人农场智能作业装备系统



地面板块

高地隙无人驾驶精准变量喷雾机

- ◆ 自动驾驶无人喷杆喷雾机，可自主完成作业
- ◆ 使用锂电池动力，续航时间长，绿色环保
- ◆ 高地隙和水旱两用轮胎可在玉米生长后期开展作业
- ◆ 搭载激光雷达，实现自动驾驶与变量施药，省水省药40%以上

无人农场智能作业装备系统



- ◆ 遥控式喷杆喷雾机,
- ◆ 油电混合动力, 作业续航时间长
- ◆ 高地隙和水旱两用轮胎可在多种作物中开展作业

问题与思路-----Idea???



栽培模式与智能装备???

果园自动对靶施药技术



1) 3WGZ智能型果园自动对靶风送喷雾机系列-中国农大2003年成功研发:



应用机电一体化技术，集成应用风送辅助喷雾技术、静电喷雾技术、自动对靶技术，使农药有效利用率提高到55%。

果园自动对靶施药技术



4) 3WX-1000“II”型循环喷雾机系列 - 中国农大2006年研发:

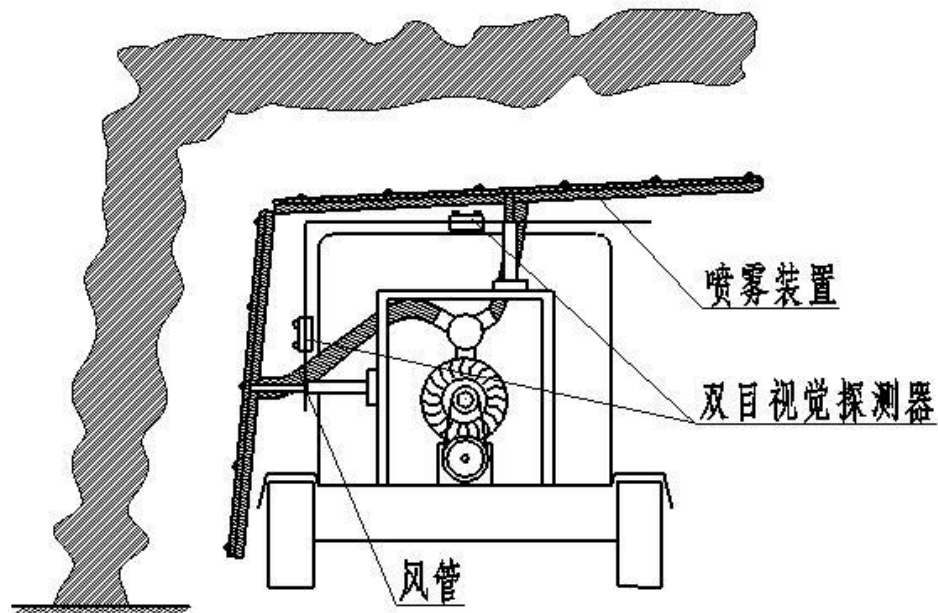


适用于葡萄等篱笆式作物的病虫害防治作业

果园自动对靶施药技术-无人驾驶



6) 3WLJ-700C型“厂”型棚架式智能型自走式自适应仿形喷雾机 -中国农大2008年研发

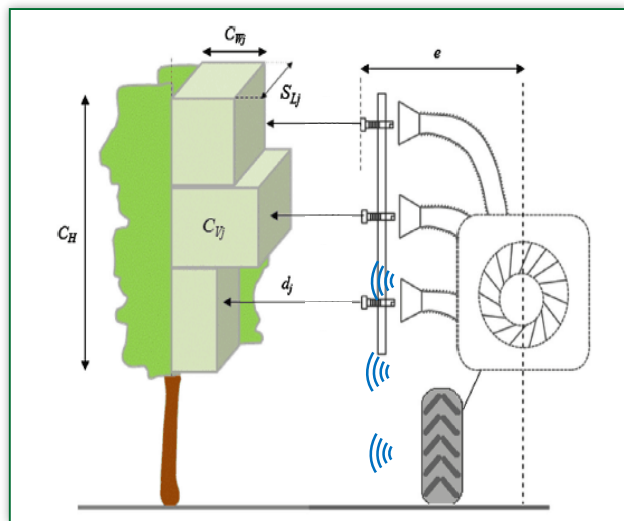


“厂”型棚架式智能型自适应仿形喷雾机

仿形变量喷雾机-中国农业大学CCAT研制



不同大小果树



LIDAR智能探测系统

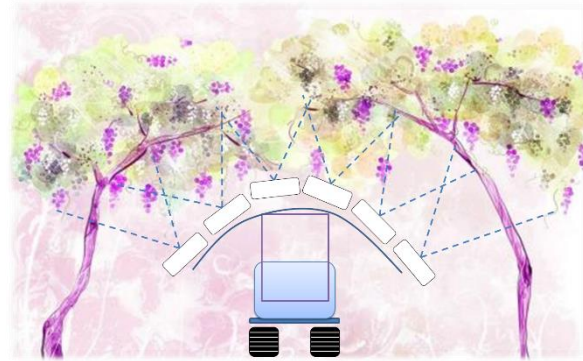
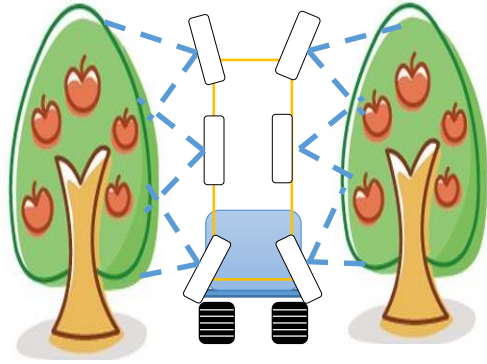


云计算平台



自动精准智能仿形喷雾

果园自动对靶无人喷雾机-中国农大研制



适合不同的地形与栽培模式



药箱容积：150l



药箱容积：100l



药箱容积：50l

中国农业大学-国家智能农机专项2018年研制

仿形变量喷雾机-中国农业大学CCAT研制



果园仿形自动对靶风送变量喷雾机（3WFZB-1000型）：2013-2015年最新研发



3WFZB-1000果园仿形自动对靶风送变量喷雾机实际田间喷雾作业，特点：自动对靶、仿形、变风量、变流量喷雾。

果园采摘装备





已完成的**第三代梨幼果套袋机**研制，该机能够实现自动上袋、套袋、封口，整套动作用时**5秒**，并能自动计数，适合于长柄小型果。根据今年河北、山东、湖北等地的测试评价，依据岗站反馈意见，正在进行第二轮样机改进加工，以适应多种类型梨果套袋要求。



低空无人机装备与技术应用



空中板块:

单旋翼植保无人机系列



CAU-3WDU10-单旋翼电动植保无人机



CAU-3WYU10-单旋翼油动植保无人机



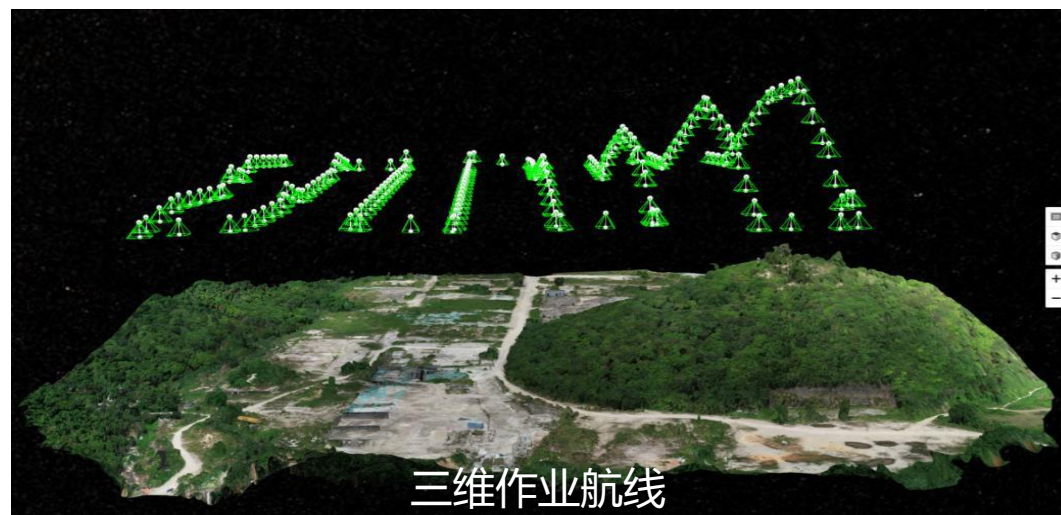
CAU-3WYU20-单旋翼油动植保无人机



空中板块： 多旋翼枝向对靶植保无人机系列



CAU-3WDDU15-18旋翼电动植保无人机



三维作业航线

低空航空施药技术与机具



1) 2010年中国农大研发3WS-Z18型无人机：
多旋翼航空喷雾机（6-24个旋翼）



植保无人机果园应用——授粉技术研究与示范应用



- 时间：2017-2019年的每年3-5月间
- 地点：新疆、湖北、湖南、山东、河北、辽宁、江西、福建等省
- 对象：手持风送式喷雾器、静电喷雾器、背负式喷雾器、植保无人机（大疆MG-1P，极飞P20等各类无人机）
- 目的：测定5种机具的液体花粉授粉效果，对比无人机作业、手持风送作业、静电喷雾作业和传统喷雾作业之间的沉积差异性。

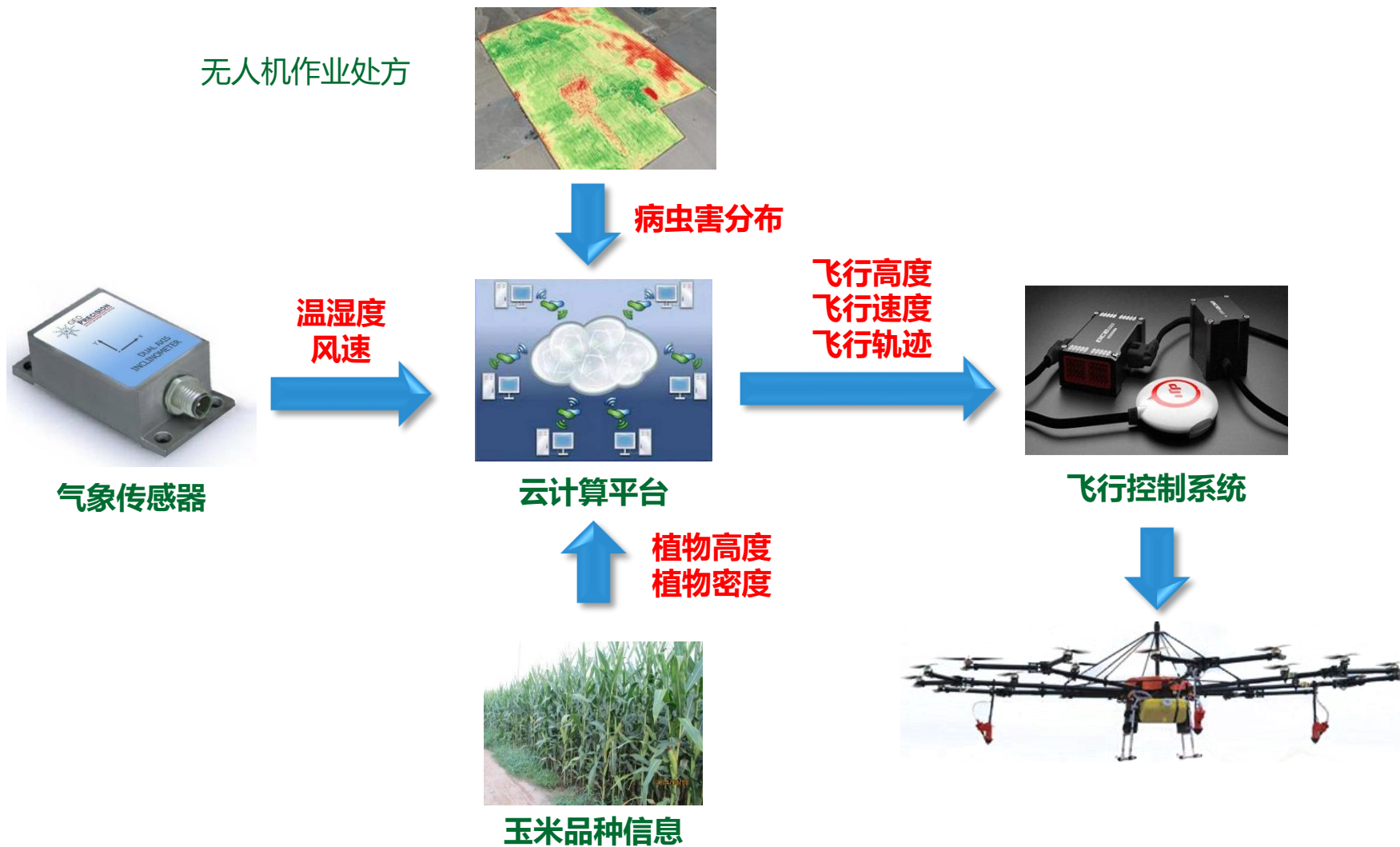


无人机授粉



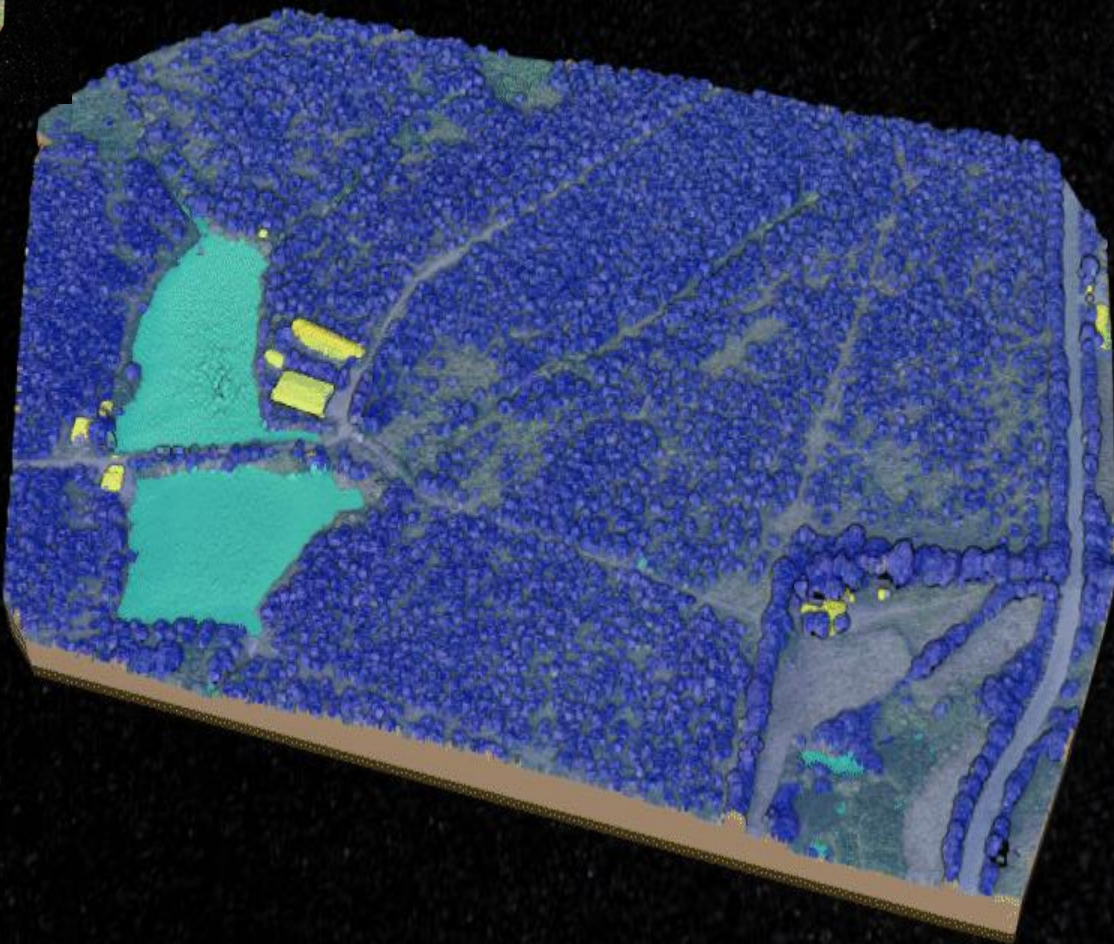
背负式风送授粉机授粉

无人机精准变量施药-中国农业大学CCAT研制





■防地飞行喷雾与近地信息获取技术



■ 果树 ■ 建筑 ■ 地面 ■ 水面 ■ 电线杆





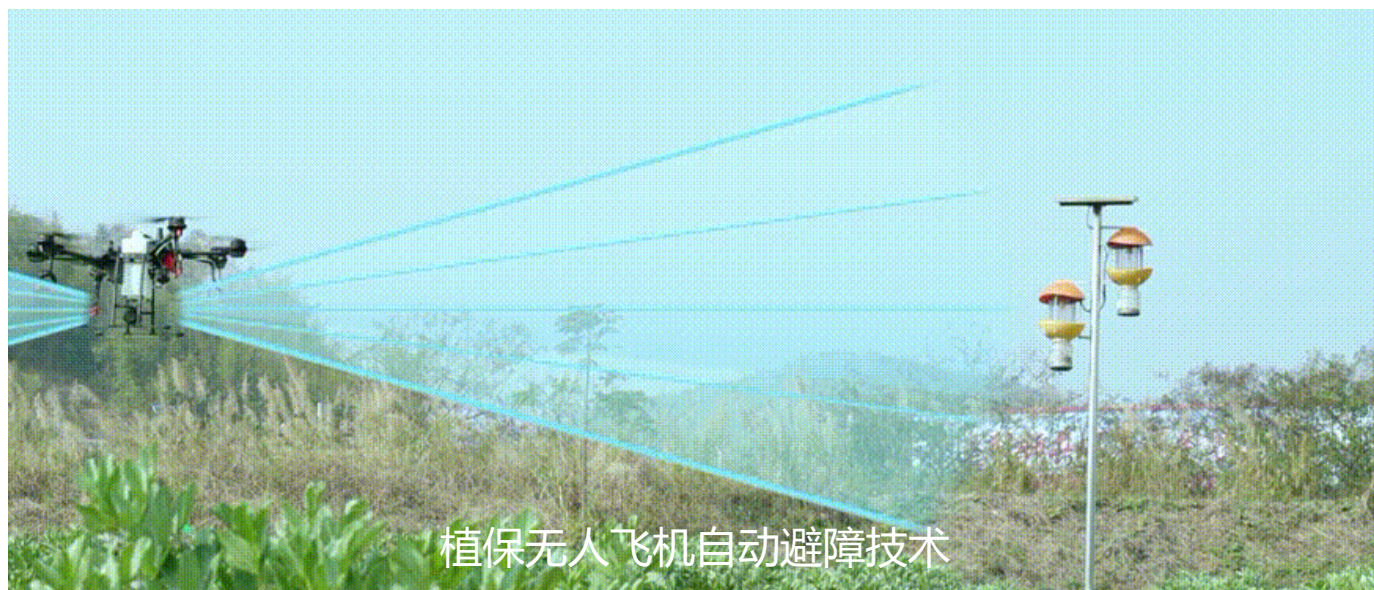
智慧果园智能作业装备系统



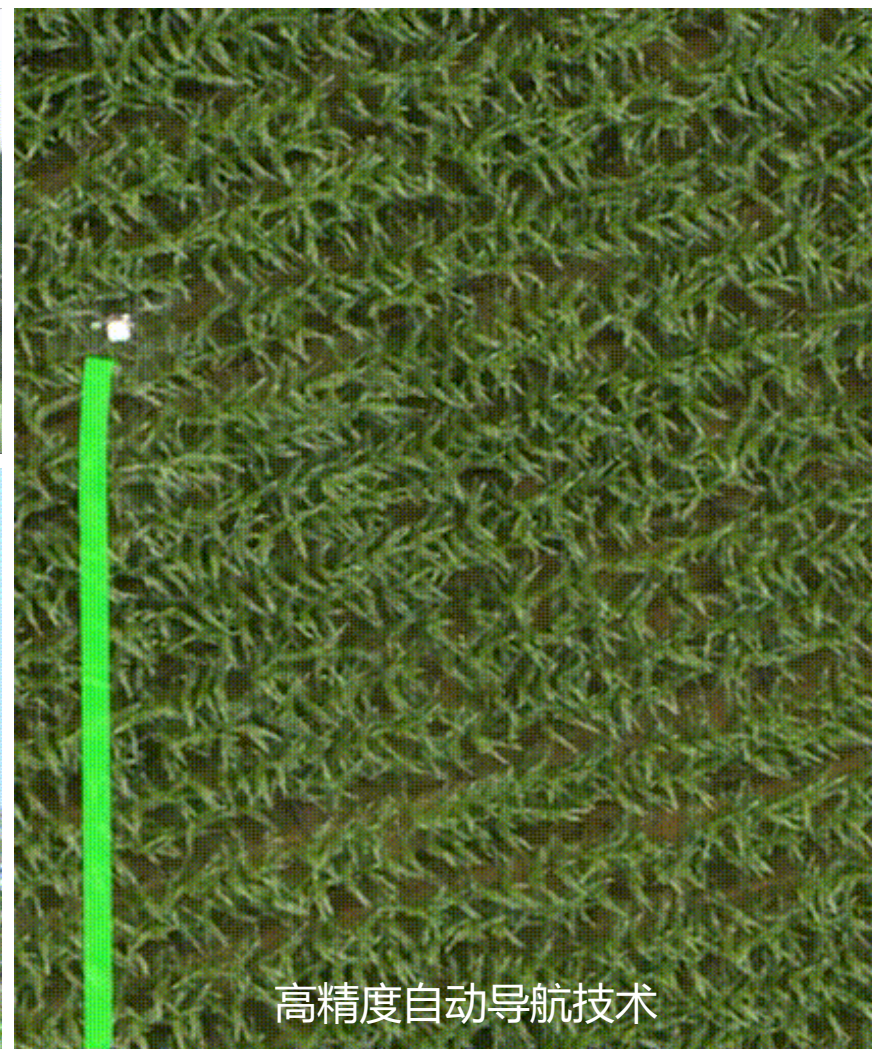
分层叠式可控雾滴雾化系统



植保无人飞机仿地飞行技术



植保无人飞机自动避障技术



高精度自动导航技术

智慧梨园智能作业装备

地面板块

果园自走式多功能土壤耕作开沟施肥机

- ◆ 履带式自走土壤耕作、开沟机，通过性能好
- ◆ 自动仿地，自动避障
- ◆ 柴油动力，履带式底盘通过性强



智慧梨园智能作业装备

地面板块

果园无人/有人除草机

- ◆ 拖拉机悬挂/履带式自走，通过性能好
- ◆ 无人驾驶自动仿地，自动避障，不伤树
- ◆ 油电混动，动力充足，适用于丘陵山地环境



自动无人割草机



行间宽幅割草机

智慧梨园智能作业装备

地面板块

梨园疏花疏果机



智慧梨园智能作业装备

地面板块

多功能开沟施肥机

开沟施肥自动回填**一次性完成**，可单独旋耕、回填、单独开沟、施肥、也可混合搭配使用。产品结实耐用，性能优越，操作方便。

体积小，重心低，操作灵便，**适应性强**，履带式开沟施肥机可以实现大型机械无法进入的果园、小块土地、大棚、茶园、丘陵、山地等不同的地形和土质进行作业。



智慧梨园智能作业装备



地面板块

果树仿形修剪机



智慧果园智能作业装备

地面板块

立体式无人果园喷雾机

- ◆ 喷头两侧布置，角度可调，无缝喷洒，左右两侧分别控制
- ◆ 前侧摄像头提供前进视角，可由遥控器远距离实时监控
- ◆ 油电混动，动力充足，适用于丘陵山地环境



智慧果园智能作业装备

地面板块

智能仿形变量喷雾机器人



- ◆ 基于LIDAR激光扫描测距传感器进行树体冠层**三维点云信息获取和三维建模**，在此基础上进行果树识别定位和冠层特征测量计算。
- ◆ 针对丘陵坡地标准化果园作业要求，坡地履带式**智能化底盘动力驱动**和平衡稳定控制系统，实现平稳作业，并进行模块化接口设计。
- ◆ 果园精准变量风送喷雾系统、果园**精准喷雾决策系统、喷雾姿态自动调整系统**和作业状态监测和故障诊断系统，集成研制果园自动对靶变量喷雾装备。

地面板块

无人驾驶果园管理机

- ◆ 多传感器融合：精确感知，实时监控
- ◆ 云平台管控：云端管理，远程控制



无人驾驶果园管理机T1000

智慧果园智能作业装备

地面板块

多功能管理平台

电动/油动履带式多功能管理作业平台具有体积小、灵活、操作简单、一机多用、可进入多种复杂的地形进行修剪修枝、疏花蔬果、采摘、运输、称重、喷涂等多工种作业特点。重心低矮，适用于丘陵山地果园于温室的管理工作。



多功能管理平台3GYP-250

智慧果园智能作业装备

地面板块

多功能智能采收平台

多功能高空智能作业平台，实现机器人采摘、运输、装载，具有一机多用，体积小灵活，操作简单，适应性强的特点，并且可以自由搭配各种装配实现高空作业。



三、无人农场智慧果园构建与应用



智能信息感知

病虫害监测装备

- **农田信息技术：**陆空结合、智能化测报防治一体化技术体系，监测调查范围小、效率低、费时费力，难以满足新形势下重大病虫监测需求。
- **光谱空地遥感监测技术：**依靠高低空光谱技术获取作物农情、病虫害、水肥与土壤信息连续获取，实现水肥药与作物的全程智能化生产。

环境自动感知测报系统



温度、湿度、风速、雨量

环境感知测报



虫情感知测报

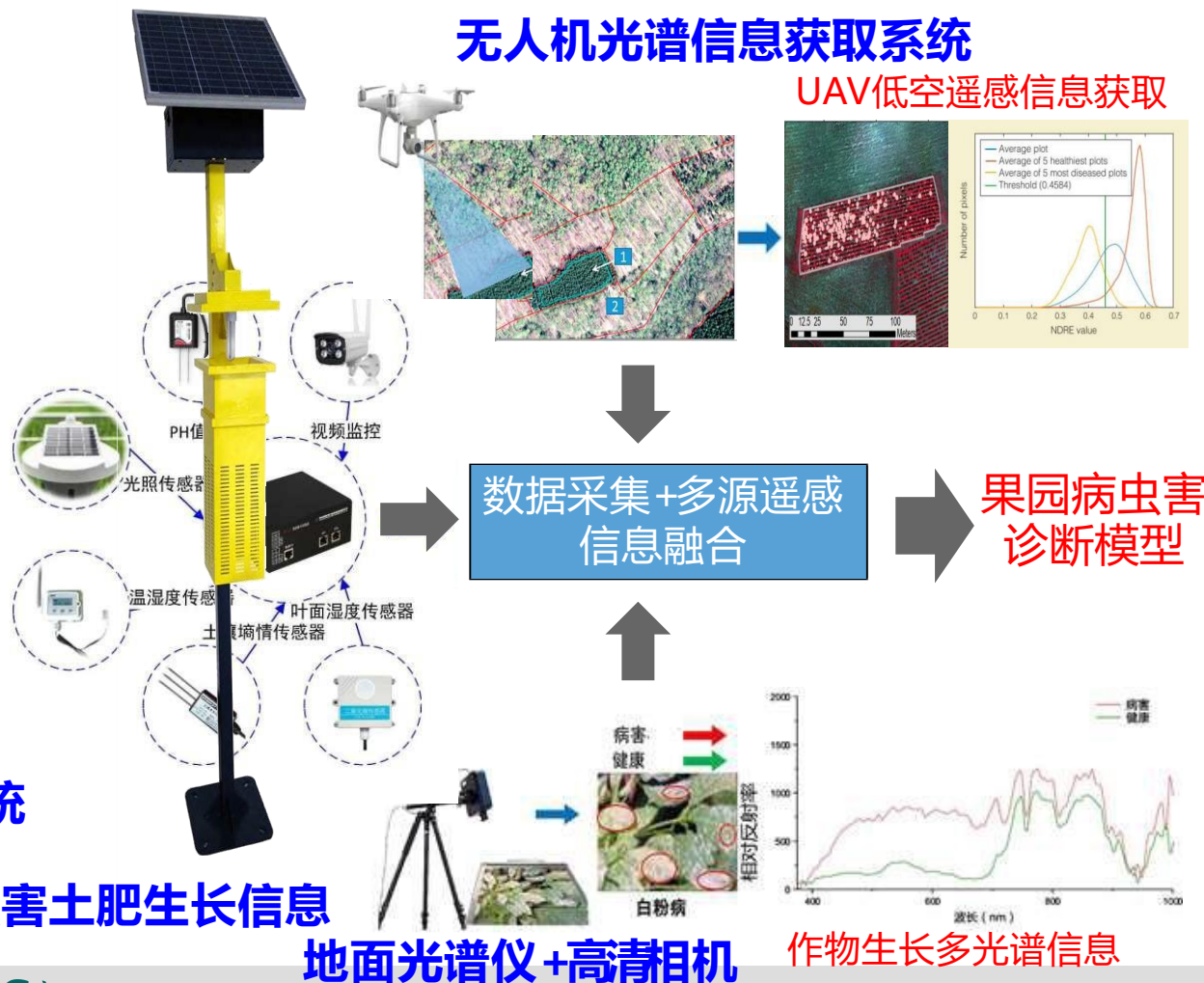


基于生物传感技术的实时监测技术

- 病害位置定位
- 病情分类
- 病虫害定量诊断
- 制定防治措施、精准决策



中农CAUS-I型移动机器人系统



病虫害土肥生长信息

地面光谱仪+高青相机

作物生长多光谱信息

应用：中国农业大学北京峪口西营智慧果园



果园农业无人智能信息获取装备



空地协同无人信息采集系统



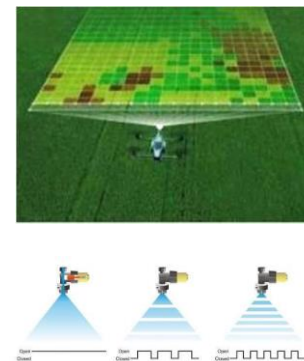
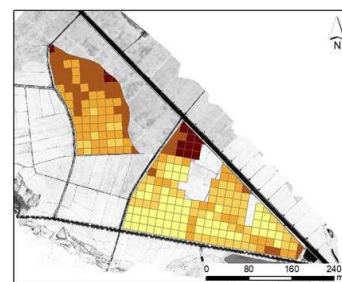
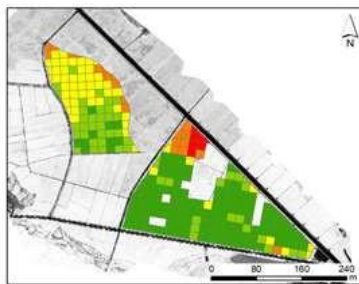
病虫害信息采集系统

应用：中国农业大学北京峪口西营智慧果园



基于无人飞机的病虫害智能预警系统

- 在空中实时获取农田地理位置、作物长势、病虫害害等信息；
- 将农田分为作业网络，结合多源信息对病虫害进行精准预报和监测；
- 制定作业处方图；
- 精准对靶施药系统，实现网格化的农作物精准施药。



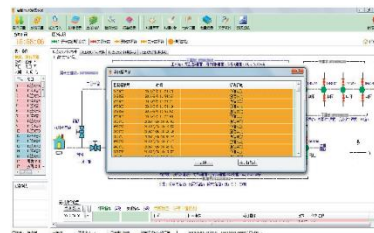
- 应用光谱、仿生视觉等技术准确获得作物表型信息
- 信息解析，预报病虫害
- 基于仿生算法的施药策略智慧决策
- 制定作业处方图
- 精准变量喷雾技术确保农药精准投放

应用：中国农业大学北京峪口西营智慧果园

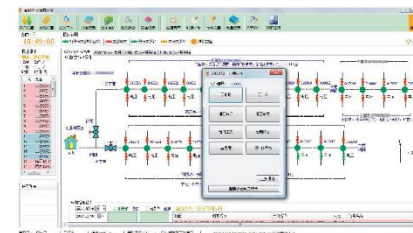


空间立体水肥药一体化系统

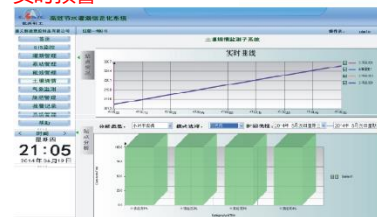
园区配备自动化施肥药机和水处理设备各一台，施肥药机与操作间电脑相连。可根据作物不同生长阶段的水肥需求量进行远程调节控制。



实时预警



阀门精确控制



数据实时监控



水肥药混合精确控制

应用：中国农业大学北京峪口西营智慧果园



果园智能灌溉感知系统

- 无线传感网的果园智能节水和专家系统；
- 利用气象数据，构建果实表面最高温度模型；
- 气象监控主机报警和云平台报警。



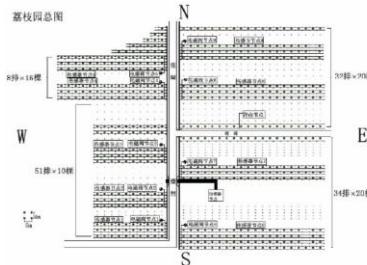
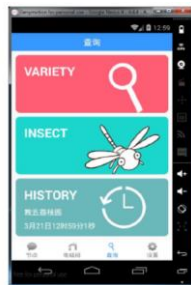
果园智能灌溉系统云平台



a. 传感器节点



b. 电磁阀控制节点



果园土壤水份动态感知与灌溉控制

预防果实高温灼伤的喷灌控制



果园水肥药一体化系统

- 实现精准灌溉，可实现定量灌溉、定时灌溉、按需灌溉；
- 控制方式灵活，支持远程控制、手动控制、自动控制；
- 高精度果园环境信息采集；
- 用水量智能统计。



果园水肥药投入装置



果园水肥药一体化设备管线分布

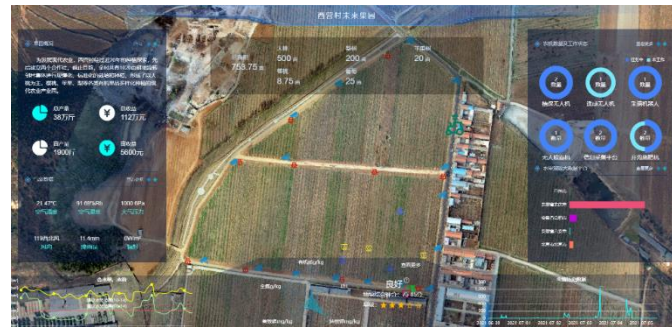


果园水肥药一体化总控装置及系统

应用：中国农业大学北京峪口西营智慧果园



- ◆ 实时查看农机作业数据
- ◆ 当日作业数据回放
- ◆ 历史数据查询回放
- ◆ 向农户推送作业数据
- ◆ 农机作业监管
- ◆ 地块信息管理
- ◆ 机手分配管理



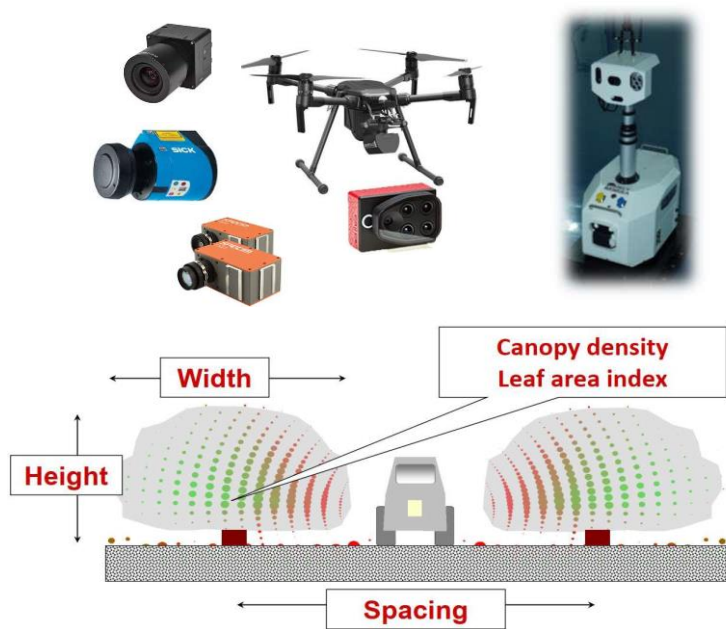
智能农机监管监控平台



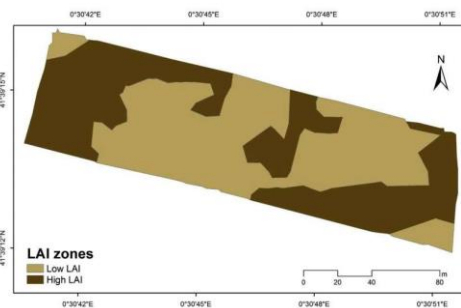
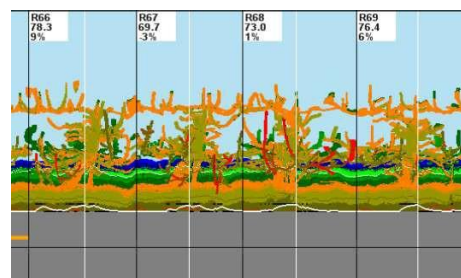
系统化的智能技术与装备

■ 精准变量无人施药机

- 基于多源信息融合的树形感知；
- 果树三维重建；
- 精准变量对靶喷雾；
- 基于北斗和仿生视觉的自主导航。



全方位多源信息感知，获取冠层特征信息



信息解析，建立基于GIS的施药处方图



精准变量无人施药机



果园农业无人智能装备



空地无人智能果园作业系统

立体固定水肥药一体智能系统



果园农业无人智能装备



无人驾驶果园除草、喷雾机



风送式果园无人喷雾机



风送式果园仿形变量无人喷雾机



采摘机器人应用：手眼系统

应用：中国农业大学北京峪口西营智慧果园

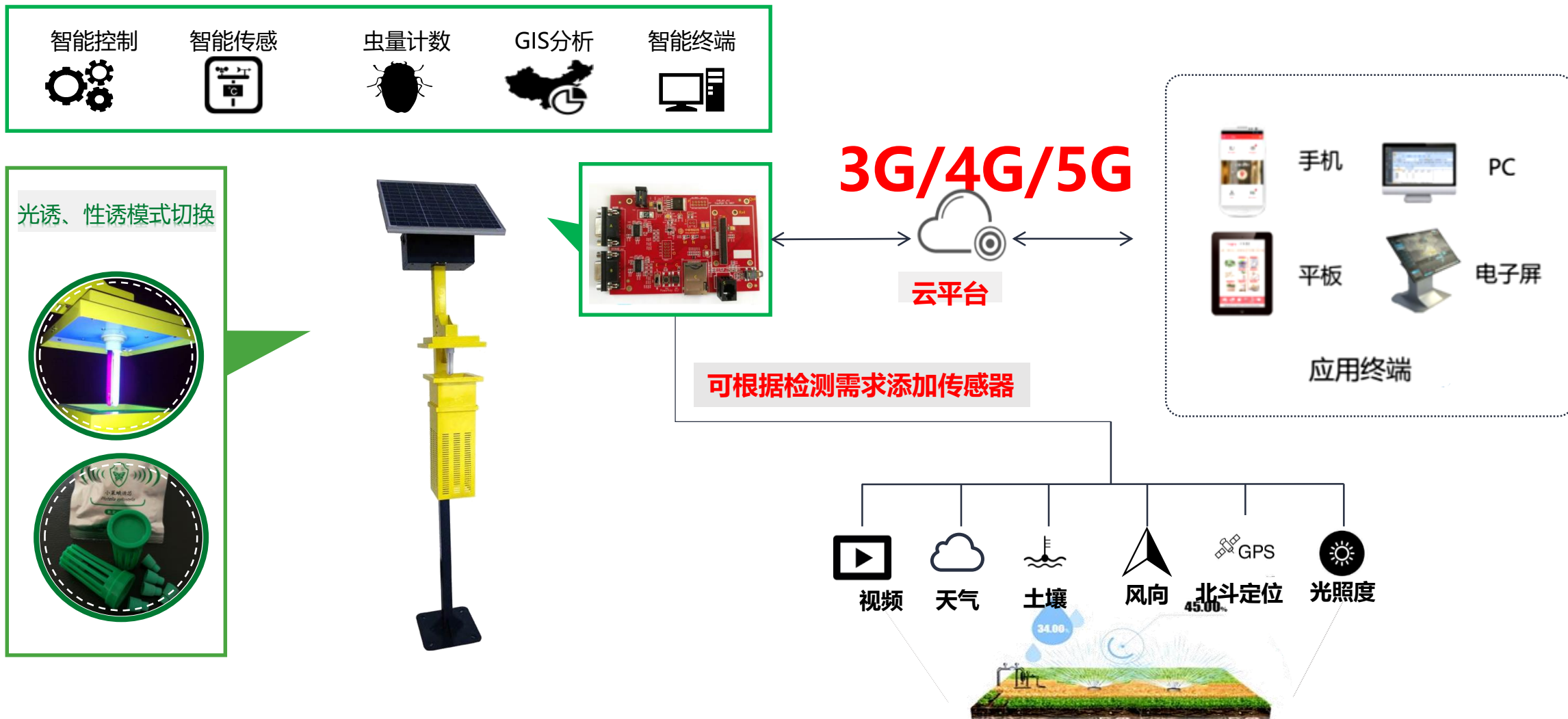


自走式多功能喷雾机

结构紧凑，高度只有1.2米左右，采用**四轮驱动**并可进行侧向行走，适应性强；侧倾斜报警装置可以提前发出侧倾斜警报，避免侧翻；双发动机，行驶和喷洒独立控制；扇形无缝喷洒，左、中、右三段别控制，安装角度多级可调，喷雾方向和喷雾量也可依据作业对象进行变化；用途广，能实现喷雾和载货功能的转换。



病虫害智能管理装备系统



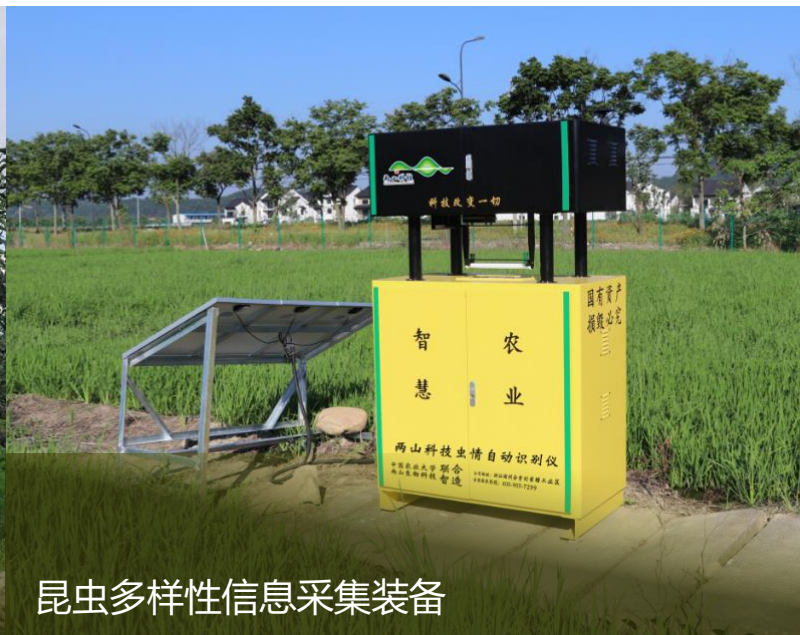
病虫害智能管理装备系统



智能防冻系统



可视化视频监控杆站系统



昆虫多样性信息采集装备



靶标害虫信息
信息采集装备



病虫害测报防治系统



昆虫种群密度监测装备

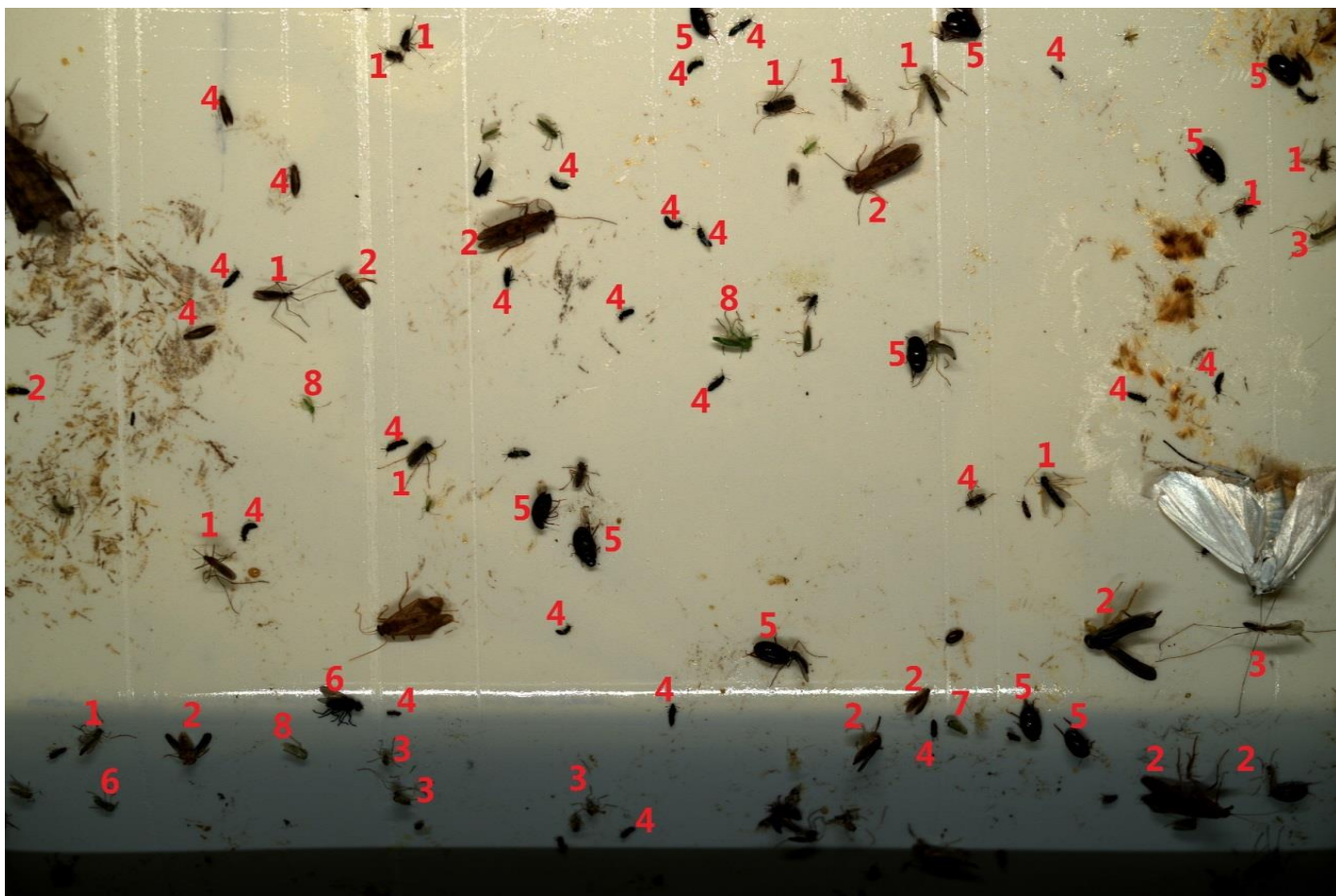


可视化视频监控装备



变焦高清摄像头

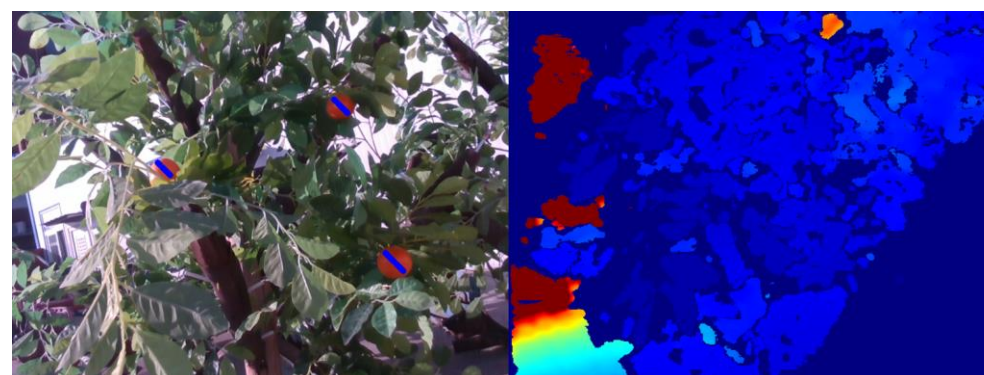
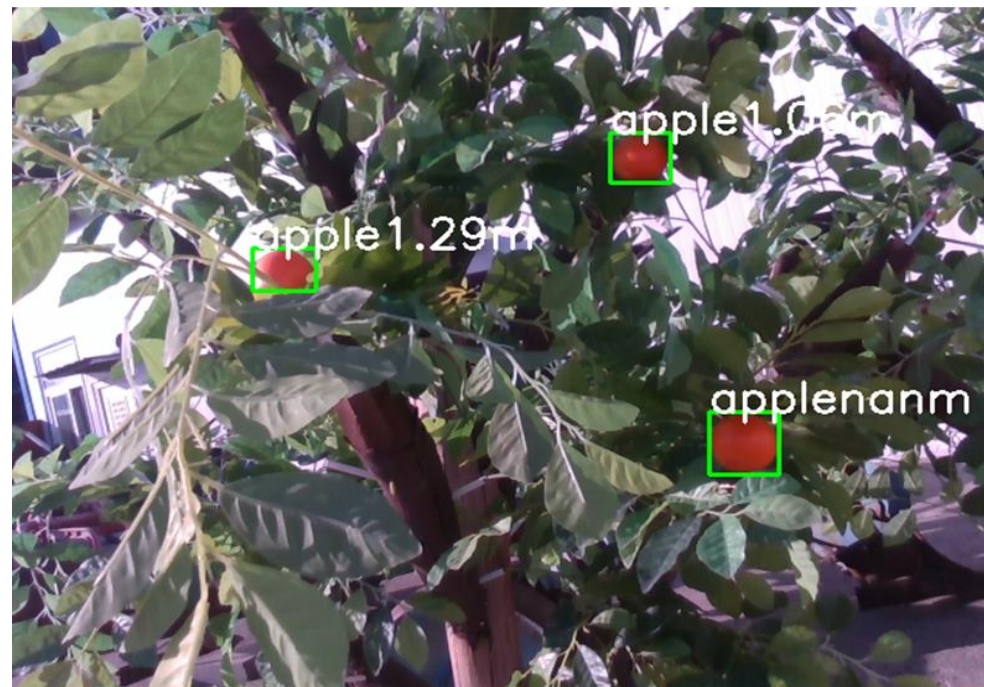
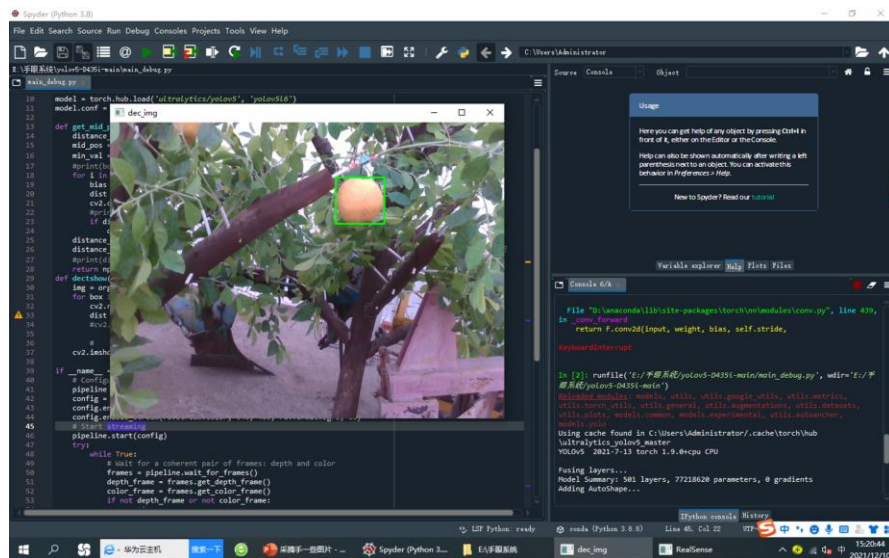
病虫害智能管理装备系统



序号	昆虫种类	总数	密度 (个/m ²)
1	蚊子	12	3
2	划蝽	10	2
3	大蚊	5	1
4	隐翅甲	25	5
5	甲虫	10	2
6	苍蝇	3	1
7	灰飞虱	3	1
8	叶蝉	5	1

手机用户终端APP

果园采摘机器人系统



丘陵山地无人农场/智慧果园运输机械



丘陵山地无人农场/智慧果园运输机械



丘陵山地无人农场智慧果园运输系统



丘陵山地无人农场/智慧果园运输机械



福建省平和县山地柚园钢丝绳索道运输机

丘陵山地无人农场/智慧果园运输机械



丘陵山地无人农场/智慧果园运输机械



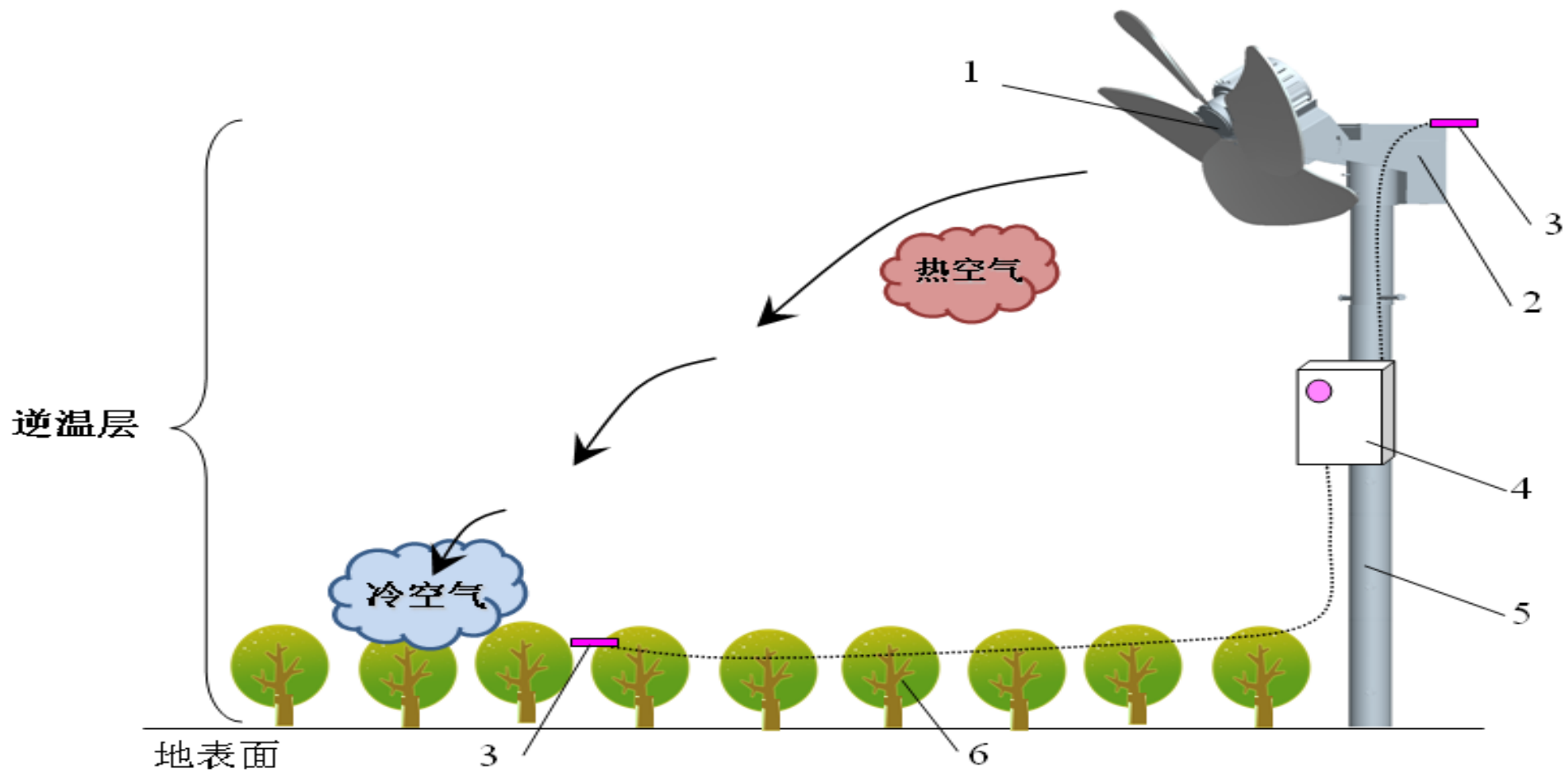
架空索道全景

架空索道

单轨运输

双轨运输

果园早春防冻装备系统



- 1. 轴流风扇
- 2. 转动云台
- 3. 温度传感器
- 4. 控制箱
- 5. 立柱
- 6. 茶树

果园智能防冻系统

- ◆ 1、温度调整范围：0-3°；
- ◆ 2、管理面积：20-30亩；
- ◆ 3、功率消耗：5千瓦



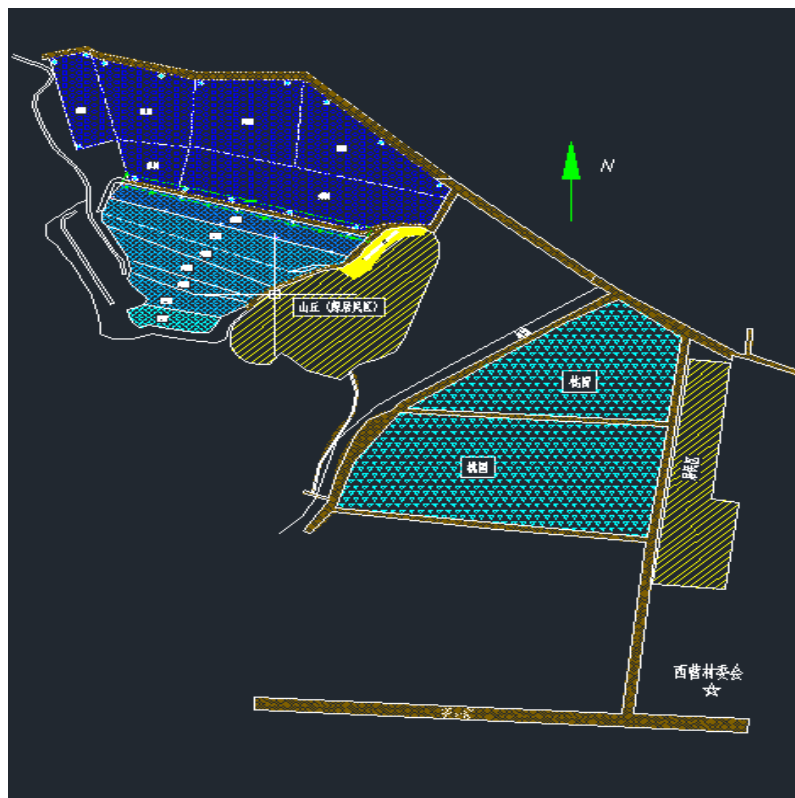
案例1：北京平谷智慧果园

- ◆ **西营智慧果园：**300亩佛见喜梨、150亩大桃、80亩猕猴桃。
- ◆ **智能水肥药管理系统：**空间立体系统实现实现水肥药一体的远程智能管理，结合土壤墒情及气象信息可实现自动水肥管理，结合虫情测报系统可实现病虫害自动防控。
- ◆ **远程自动智能监测系统：**陆空无人化周期性的巡田，远程监控并记录田间作物的生长状况。配合田间固定光学变焦镜头，可以实时查看与记录田间作物农情，远程实时智能评估病虫害的发生态势与防控决策。
- ◆ **虫情测报防治一体化系统：**光诱性诱结合、测报与防治一体化，实现虫情测报并捕杀的绿色智能防控。并预测虫情爆发的可能性，如有爆发的可能，可直接控制陆空系统系统进行预防性用药。
- ◆ **智能农机装备监管系统：**记录机具作业规划，进行作业任务下发以及机具作业情况记录，结合自主控制实现官员农机全程无人化作业。



北京平谷西营智慧果园

案例1：北京平谷西营智慧果园



案例1：北京西营智慧果园社会关注

2021年7月2日，全国政协副主席、前香港特别行政区行政长官梁振英来到峪口镇西营村考察智慧果园，梁振英对现代智慧果园管理与智能机械作业模式给予肯定，勉励研究院师生再接再厉，不断将新模式、新技术运用于智慧果园生产中，打造未来智慧果园建设样板。



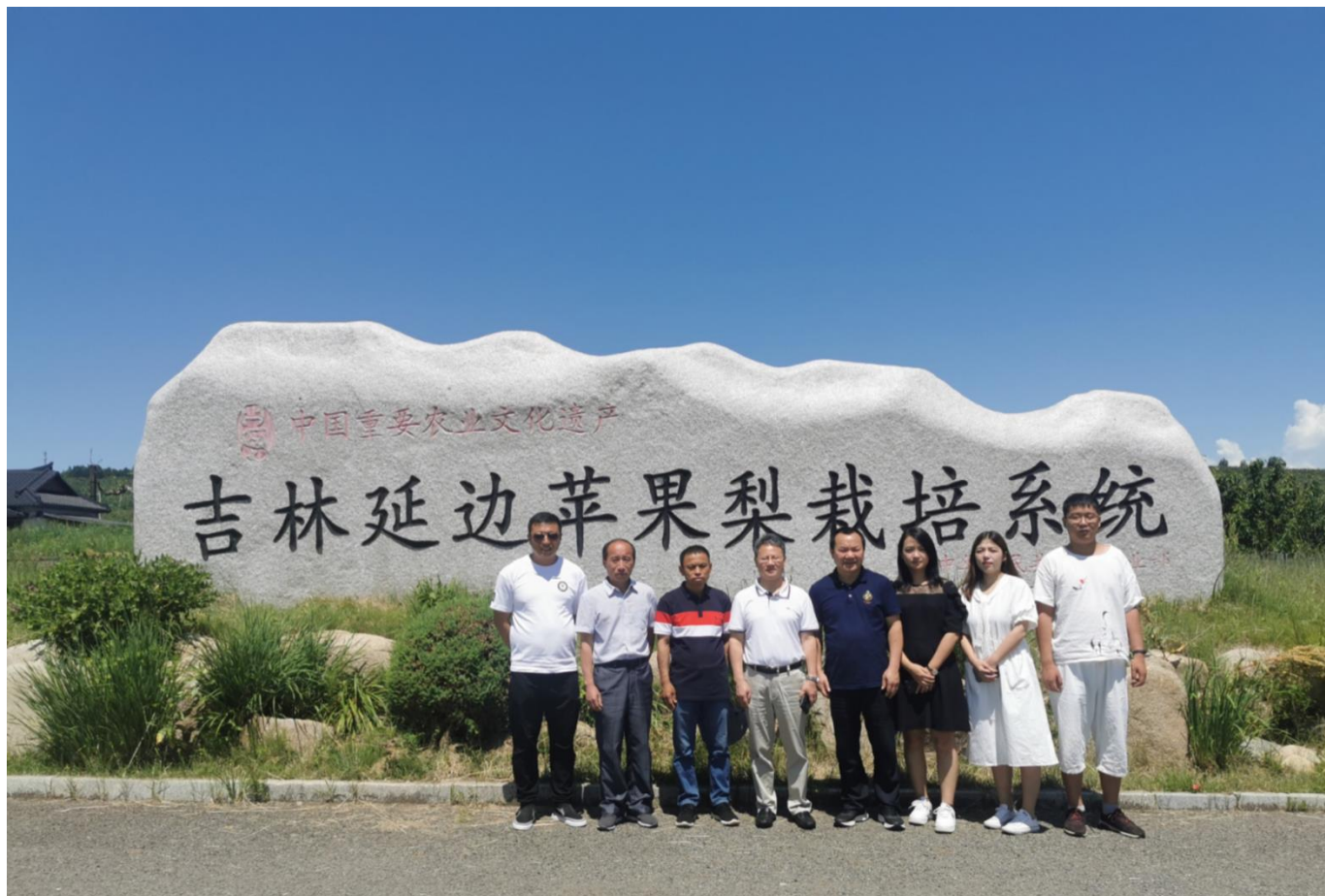
案例1：北京西营智慧果园社会关注

2021年7月26日，**政治局委员、北京市委书记蔡奇**利用一天时间到平谷区调查研究。在峪口镇西营村未来果业示范园内，无人机、履带自走式喷雾机等新设备的应用，开启果园管理的“智慧模式”。蔡奇指出：“科技在农业中大有可为，要推动农业科技迭代更新，加强新型职业农民培训，在提升农业产业竞争力的同时实现农民生产生活方式转变。”



案例2：吉林延边龙口智慧苹果梨园

与吉林延边国家梨综合站合作共建：智慧苹果梨园



案例2：吉林延边龙口智慧苹果梨园

吉林延边智慧苹果梨园：病虫害智能管理、智能防冻系统、智能作业装备。。。。



案例2：吉林延边龙口智慧苹果梨园



案例3: 前进农场有限公司现代农业综合示范区

智能灌溉展示



智能叶龄诊断

蟹稻共作区



现代农业数字化农田管控区

智能本田管控展示

生态池

无人农场作业区



水稻品种展示区

垦川香高端米种植示范区



观景台

为农业插上科技的翅膀

喜迎二十大
永远跟党走

5G基站



科技农业 品牌农业

渠道鱼菜共作

无人化整地



无人化插秧



多机协同收获



规划决策

智能避障

精准作业

按规划路线自动作业

耕、种、管、收全程无人化农机作业,提升作业效率, 实现智慧决策、精准管理目标



建立全自动化叶龄诊断监测点4处，叶龄跟踪调查点40余处，智能叶龄诊断服务利用视觉计算、人工智能技术，智能识别龄期、株高、分蘖等性状参数，突破了人工智能技术在农业领域应用的瓶颈，为农业生产管控提供精准指导服务。





控制模式:智能模式

17° 晴 | 优

未来两小时无降水

今天	明天	后天
17°/26° 良	16°/25° 良	16°/26° 良

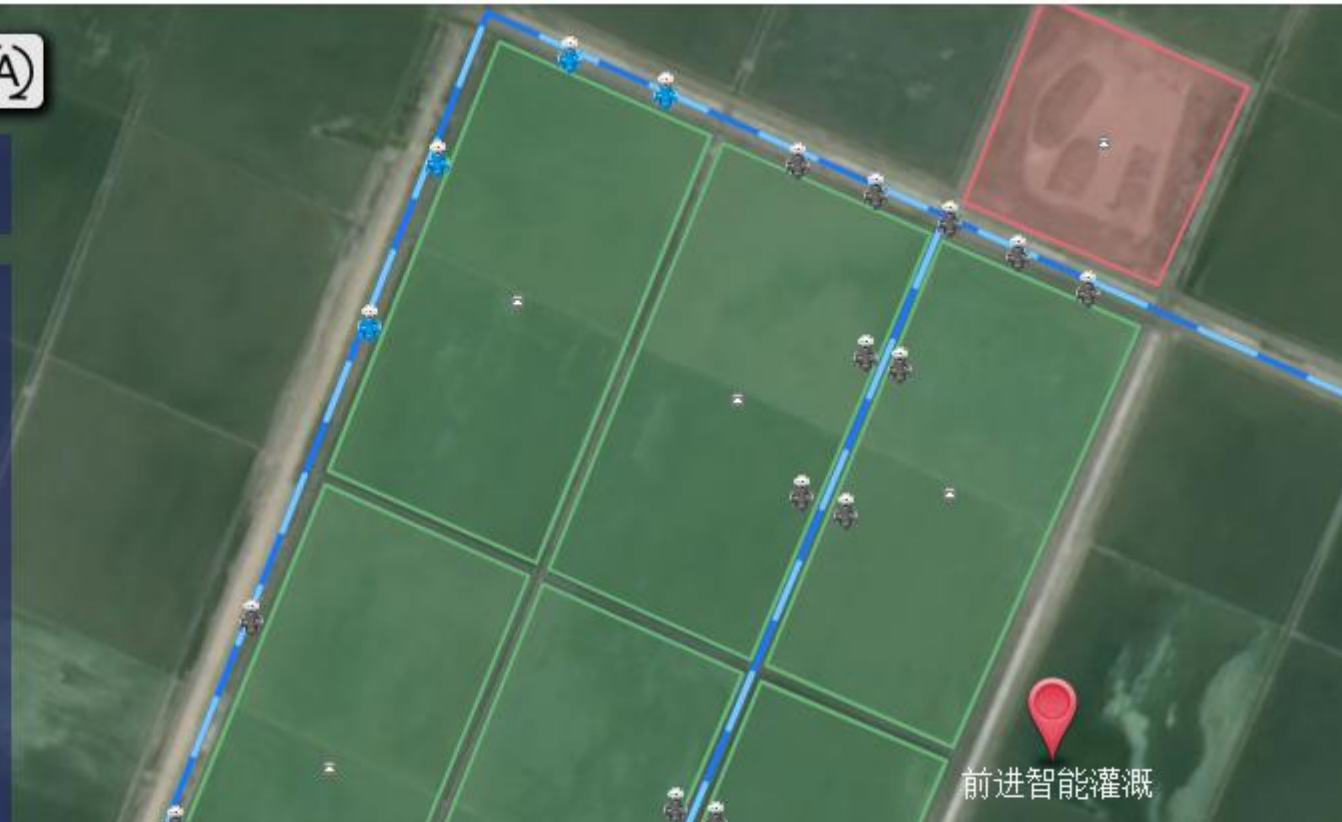
未来七天降雨量预测

当前生育期：结实期 灌溉措施

灌溉策略：浅湿干间歇灌溉 防病促早熟
水稻处于灌浆结实期 1.采取浅湿干间歇灌溉，当前土壤含水量说明田间为干的状态，应当启动灌水。当

叶龄数据来源：前进农场（叶龄采集）

采集时间：2022-08-08





技术优势

种植户的掌上宝

针对种植户定制农业生产全方位信息服务，包括在线物资订购、农业种植信息推送、农机供需信息发布、天气资讯获知等；

技术员的好老师

针对技术人员定制管理及考核功能，包括生产进度统计、日常信息上报、数据汇总应用、技能知识考核等；

管理层的好帮手

针对管理部门定制数据统计与决策功能，包括生产数据汇总、全场生产情况分析、农情信息统计、人员考核情况等、产品宣传营销。



一路贯中 两侧为田 四周布渠

15-30亩一个格田



提升土地利用率4%以上，提升机械作业率30%以上，提升稻米产量及品质，每亩增产60斤以上；减少种植成本，破解了土地资源浪费、费工、费时、费力、费水、费钱6大难题。

四、结语与展望

无人农场/智慧梨园构建目标:

- 1) 机械化智能化作业替代人工作业: 解决我国因经济发展农村劳动力大量转移进城, 造成农村劳动力不够, 农村没有人种地的问题。
- 2) 智能化管理提高农产品的品质: 智能化个性化管理, 实现产品均值、提质、增效。
- 3) 振新农业农村: 培养新一代有知识懂科学的新型专业化职业农民, 让青年人回流农村, 建设美丽的新乡村, 提高应用智能农业机械装备技术, 构建无人农场与智慧果园, 振兴我国农业农村。



结语与展望



- 1) 基础研究：着重是提高果园智能作业的传感器、自动化和智能化技术，识别技术是实现自动化和智能化的关键。研究识别技术时应考虑到地形、环境等外界因素的影响，可将多传感技术进行融合，进而实现高准确度的识别，对装备自动化提供有力支撑。
- 2) 新型梨园装备的研发：重点是适合梨产业农机装备的研究，以及山区、丘陵地区中小型装备的研发；光机电液一体化智能精准装备。
- 3) 应用技术研究：重点研究市场需求，针对不同地域的自然环境及人文条件进行技术推广。





THANKS!

何雄奎 教授

中国农业大学农业无人机系统研究院 院长

Tel: 010-62731446, E-mail: xiongkui@cau.edu.cn

