

淡水工厂化循环水健康养殖技术

一、技术概述

我国工厂养殖目前受水处理成本的压力，仍主要以流水养殖、半封闭循环水养殖为主，真正意义上的全封闭循环水养殖企业较少。流水养殖和半封闭养殖方式产量低 [单位水体产量 10~15 千克/(米²·年)]、耗能大、效率低，与先进国家技术密集型的循环水养殖系统相比，在设备、工艺、产量 [先进技术的产量达 100 千克/(米²·年) 以上] 和效益等方面都存在着相当大的差距。

淡水工厂化循环水养殖设施技术领域已具有一定的应用水平，在系统的循环水率、系统辅助水体的比率等关键性能方面基本接近国际水平，但是在生物净化系统的构建、净化效率和稳定性、系统集成度、系统稳定性等方面还存在着差距。

目前已经在广东、新疆、重庆、湖北、上海等地建立了多个工厂化循环水养殖示范基地，示范面积达到 6 000 米² 以上，并将研究得到的成果成功应用于循环水养殖系统的构建中，取得了良好的收益。

二、增产增收情况

1. **经济效益** 每套水处理系统服务 300 米³ 养殖水体，年产达 100 千克/米³ 以上，可年产 30 吨优质商品鱼，产值达 180 万元，毛利润达 40 万元，则 100 套系统可年产 3 000 吨，年产值 1.8 亿元，年利润 4 000 万元，经济效益十分可观。

2. **社会、环境和生态效益** 应用该技术可以使产出 1 千克鱼的能耗降低 20% 以上，每千克鱼的耗电小于 2.5 千瓦时，大幅降低循环水工厂化养殖系统的运行管理成本，达到可广泛推广应用水平。同时，相同规模的工厂化循环水养殖设施系统与池塘养殖系统相比可以减少 10%~20% 的土地以及 8~10 倍的养殖用水，并不再对水域生态环境造成影响，可以实现很高的生态效益。

三、技术要点

(一) 转鼓式微滤机

传统的转鼓式微滤机存在筛网网目大小选择不合理的问题，颗粒物在接触细筛时，会长时间翻滚摩擦造成破碎，产生难去除的微小颗粒。同时存在传动效率低、反冲洗效果欠佳等问题。该技术研发人员根据养殖水的特点，在对循环水养殖水体中颗粒物粒径分布规律研究的基础上，对滤网网目与去除率、反冲洗频率、耗水耗电等关系进行了实验研究。研究表明，200 目滤网处于目数与去除率、电耗关系曲线的拐点，是技术经济综合效果的最佳点。在结构优化方面，转鼓采用低阻力的中轴支撑结构，配置二级摆线针轮减速驱动。研究开发出能根据筛网阻塞程度智能判断的反冲去污装置。形成了 WL 型智能型转鼓式微滤机的系列产品。通过结构升级优化，显著提高了微滤机的节水节电性能，对 60 微米以上悬浮颗粒物的去除率达 80% 以上，每处理 100 吨水耗电小于 0.3 千瓦时。设备不仅提高了水处理能

力、而且降低了运行能耗，与现有设备相比，去除率提高 20%，耗电节省 45% 以上。生产应用中，该设备运行稳定、可靠，已达国内先进技术水平，并实现了出口（图 1）。

（二）生物净化设备

1. 导流式移动床生物滤器 移动床生物滤器是 20 世纪 80 年代后期，由挪威的 M. Kaldnes 和 SINTEF（挪威科技工业研究院）研究机构合作开发的技术。该技术采用生物膜接触法，通过滤料表面附着生长的硝化细菌和亚硝化细菌群来降解水体中的氨氮、亚硝酸盐氮等有害有毒物质，净化水质。由于使用的浮性颗粒滤料，在剧烈鼓风曝气作用下，能够与水呈完全混合状态，微生物生长的环境为气、液、固三相。养殖回水与载体上的生物膜广泛而频繁地接触，在提高系统传质效率的同时，加快生物膜微生物的更新，保持和提高生物膜的活性。与活性污泥法和固定填料生物膜法相比，移动床生物过滤器既具有活性污泥法的高效性和运转灵活性，又具有传统生物膜法耐冲击负荷、泥龄长、剩余污泥少的特点。

根据移动床生物滤器结构及工作特点，并结合近年来的相关研究成果，对其进行结构优化和流态分析，使其充分满足循环水养殖的水处理使用要求（图 2）。在结构优化方面，由于传统移动床生物滤器存在滤料运动不均匀、易出现较大运动死角等弊端，研究人员在其腔体内引入了导流板，将反应器分隔成提升和回落两个区，在提升区底部安装有曝气装置，从而引导滤器中水体更好的循环流动，以提升过滤效率。该新型导流式移动床生物滤器的具体尺寸为：长度为 1 米，高度为 1.4 米，宽度为 0.5 米，有效水深为 1.2 米，升流区与降流区面积比为 3/4，导流板底隙高度为 0.25 米，导流板上液面高度为 0.35 米，反应器四角倒成斜面以方便水体循环。在结构确定以后，进一步对导流式移动床生物滤器的内部水流流态进行分析，采取的方式是利用计算流体力学软件 FLUENT 对其进行二维流态模拟，结合滤料挂膜最佳水流速度的相关知识，将模拟曝气速度优化为 0.6 米/秒，此时反应器中最高有效流速为 0.3 米/秒，最低有效流速为 0.06 米/秒，涡流区域的面积约占 10%，可最大化地保证反应器的生物处理效率。

滤料选择带外脊的空心柱状 PE 材质生物滤料，比重（相对密度）为 0.95。结果显示：在填充率为 40%，进水氨氮浓度为 2 毫克/升，水力停留时间为 15 分钟，曝气速度为 0.6

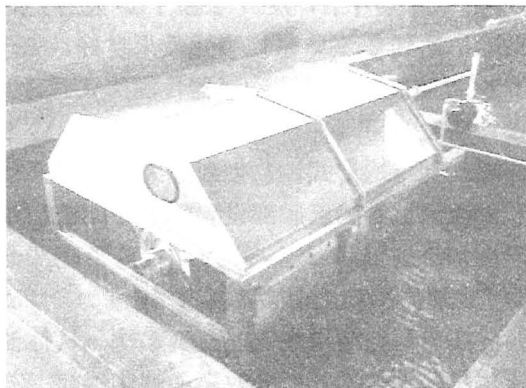


图 1 转鼓式微滤机

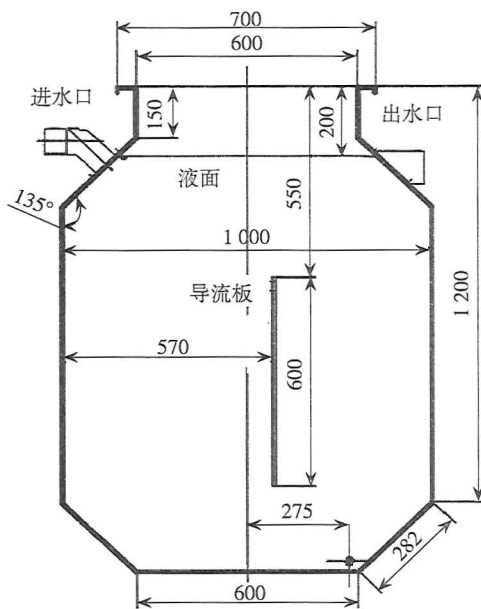


图 2 导流式移动床生物滤器（单位：毫米）

米/秒的初始条件下，反应器运行 30 天后其滤料内表面的实际平均挂膜厚度为 80 微米，氨氮去除率达到 25%，水质净化效果良好，完全达到推广使用要求。

2. 沸腾式移动床生物滤器 沸腾式移动床生物滤器是根据移动床生物过滤技术基本原理设计研发的另一种新型生物滤器（图 3）。区别于导流式移动床生物滤器采用矩形反应器单侧曝气的结构形式，它创新地采用了圆形反应器。内部设计成为 2 个反应区，分别为沸腾区和降流区。沸腾区底部设置环形布气槽，在剧烈曝气条件下滤料上升移动，到达降流区后由于在水流的带动下逐步下沉到反应器底部，形成一种相对稳定的运动状态。此次选用的滤料为 PE 材质的空心柱状滤料，比重为 0.95，比表面积 $500 \text{ 米}^2/\text{米}^3$ ，滤料填充率 40%~50%。实验研究结果表明，在气水比（气体流量和水流量的比值）1:2 条件下，沸腾式移动床生物滤器的氨氮处理效率能够达到 30% 以上。

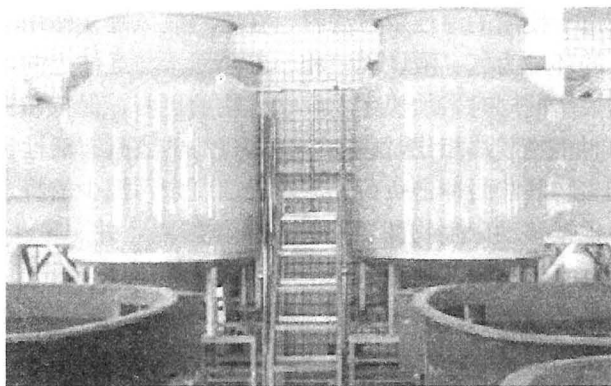
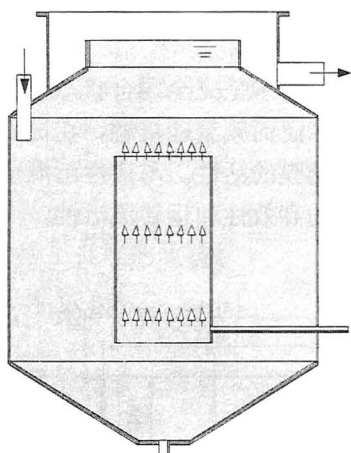


图 3 沸腾式浮动床生物滤器

（三）低压溶解氧技术及其设备

低压纯氧混合装置主要是根据气液传质的双膜理论，通过连续、多次吸收来提高氧气的吸收效率。该装置的工作流程为：水流经过孔板布水并形成一定厚度的布水层，以滴流形式进入吸收腔。吸收腔被分割成了数个相互串联的小腔体，提供了用以进行气液混合的接触空间。整个装置半埋于水下，使吸收腔密闭，水流从各个吸收腔底部流出。气路方面，纯氧从侧面注入，并从最后一个吸收腔通过尾气管排出吸收腔（图 4）。

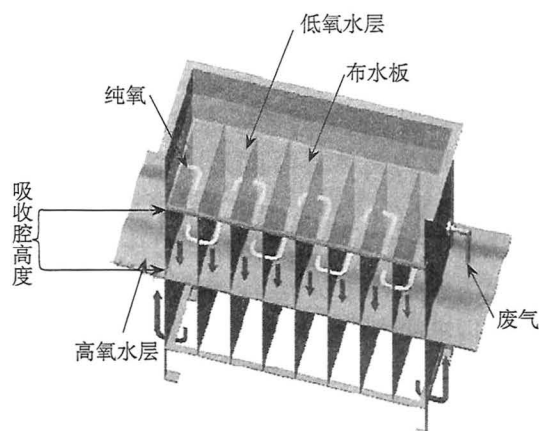


图 4 低压纯氧混合装置

在基于上述理论研究的基础上，进行设备试制及性能研究。试验用的低压纯氧混合装置使用了 7 个小腔体作为吸收腔，装置尺寸为 $0.20 \text{ 米} \times 0.35 \text{ 米} \times 1.00 \text{ 米}$ ，截面积 0.07 米^2 ，布水板开孔率 10%。试验采用单因子试验方法分别研究气液体积比、布水孔径、吸收腔高度等对溶解氧增量、氧吸收效率、装置动力

效率的影响。结果显示,在水温 26~27℃,单位处理水流量 18 米³/小时,吸收腔高度 38 厘米条件下,当气液体积比从 0.0067:1 上升到 0.0133:1 后,平均氧吸收率从 72.62% 下降到了 57.27%,而平均出水溶解氧增量从 6.57 毫克/升上升到 10.37 毫克/升。低压纯氧混合装置的理想工作点在气液比 0.01:1 左右。此时,出水溶解氧相对于源水增加 10 毫克/升左右,氧吸收率大约为 70%,在吸收腔高度 40 厘米,出水溶解氧增量达到 10.9 毫克/升,低压纯氧混合装置的动力效率就能达到每千瓦时 6.63 千克氧。由此可见,该装置在节能效果上的表现是比较突出的,可以满足循环水繁育系统节能、节本和减低维护强度的要求。

(四) XW 系列漩涡分离器

XW 系列漩涡分离器是一种分离非均相液体混合物的设备,主要由 6 大部分组成,分别为筒体、溢流堰、进水管、出水管、排污管和支架等。该设备采用水力旋流分离技术,根据在离心力的作用下两相或多相之间的密度差来实现两相或多相分离的。由于离心力场的强度较重力场大得多,因此漩涡分离器比重力分离设备(沉淀池)的分离效率要高得多。其工作原理为:养殖废水沿切向进入分离器时,在圆柱腔内产生高速旋转流场,混合物中密度大的组分(固体颗粒)在旋转流场的作用下沿轴向向下运动,形成外旋流流场,在到达锥体段后沿器壁向下运动,最终沉淀在锥体底部(定期排污),密度小的组分(水)沿中心轴向运动,并在轴线方向形成一向上运动的内旋流,越过溢流堰从出口流向下水处理环节,从而实现固液分离集污排污的功能(图 5)。

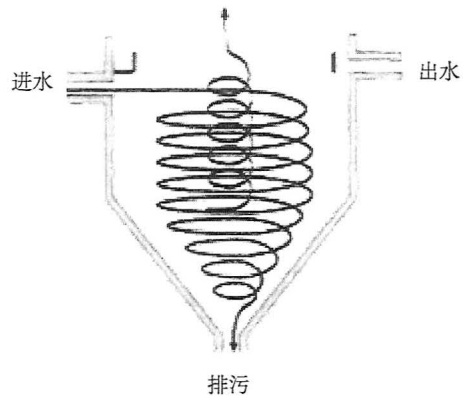


图 5 漩涡分离器

在养殖中,一般多与鱼池双排水系统相结合配套使用,作为底部污水的初级过滤处理设备。具有以下工作特点:占地面积少、结构紧凑,处理能力强;易安装、质量轻、操作管理方便;连续运行、无需动力,固体颗粒物去除率最高可达 50% 以上;效果好、投资少、不易堵塞等。

(五) CO₂ 脱气塔

在高密度循环水养殖系统中,CO₂ 浓度很高,需采用装置及时将其从系统中去除。CO₂ 去除试验装置为一直立式圆筒,主要由筒体、出水口、进气口、液体分布器、填料支撑板和填料等组成。液体分布器的开孔率为 15.6%,填料高度为 1 米,填料种类选择为 $\phi 25 \times 25$ 鲍尔环,由聚丙烯塑料制成。内有填料乱堆或整砌在靠近塔底部的支撑板上,气体从塔底部被风机送入,液体在塔顶经过分布器被淋洒到填料层表面上,在填料表面分散成薄膜,经填料间的缝隙流下,亦可能成液滴落下,填料层的表面就成为气、液两相接触的传质面。CO₂ 在水中的溶解度符合亨利定律(Henry's law),即在一定的温度下,气体在水中的溶解度与液面上该气体的分压成正比,因此只要水面上气体中 CO₂ 的分压很小,水中的 CO₂ 就会从水中逸出,这一过程称为解吸。空气中 CO₂ 的含量很少,其分压约为大气压的 0.03%。因此,常用空气作为 CO₂ 去除装置的介质,其经鼓风机被送入 CO₂ 去除装置的底部,在填料表面与水充分接触后,连同逸出的 CO₂ 一起从塔顶排出,含有 CO₂ 的水从塔体上部进入经

液体分布器淋下，在填料表面与空气充分接触逸出 CO_2 后，从下部的出水口流出，从而实现 CO_2 的去除。

根据气体交换原理，设计了养殖水体的 CO_2 去除装置，采用试验设计 (DOE) 的方法，对 CO_2 去除效果进行研究。三因子二水平的正交试验结果表明： G/L 对 CO_2 去除率的影响最显著，水力负荷 HLR，进水 CO_2 浓度，以及因子间的交互作用对 CO_2 去除率影响不显著。因此，在 CO_2 去除装置的实际运行过程中，应通过调节 G/L 来提高 CO_2 去除率。

G/L 变化对 CO_2 去除率影响的试验结果表明：当 $G/L=1\sim 5$ 时，随着 G/L 的增加， CO_2 去除率增加较快；当 $G/L>8$ 时，随着 G/L 的增加，去除率增加平缓。综合考虑系统节能和 CO_2 的去除效果，本装置在 $G/L=5\sim 8$ 时运行最佳，去除率为 $80\%\sim 92\%$ 。

(六) 多参数水质在线自动监控系统

水质自动监测系统通过相关模块的功能，实时将水质参数如氨氮浓度、溶解氧、pH 等显示出来，便于工作人员及时地了解水质情况，实现监测、调控一体化，提高设备的自动化程度，减轻工人劳动强度。

该系统采用手动和自动两种控制方式进行调控，上位机采用 mcgsTpc 嵌入式一体化触摸屏，作为本监控系统的人机交互界面，实现监控工程显示，通信连接，参数设置，实时曲线显示和历史数据的保存、查询和导出、数据采集与处理等功能。下位机选用 PLC，用于控制 CO_2 去除装置和计量泵的启停，上位机与下位机采用 PPI (Point to Point) 通信协议， CO_2 去除装置和计量泵的启停可通过在上位机监控工程窗口中触发。pH 传感器实时自动监测养殖水体中的 pH，因 pH 是模拟量，故采用 A/D 转换模块进行转换，然后通过 PPI 接口将数据送给上位机，并在上位机内显示、保存数据，由控制算法计算出控制结果，再通过 PPI 接口将数据送给 D/A 转换模块，驱动执行机构动作，自动加碱调节 pH，使其与期望值一致。pH 控制算法采用的是增量式 PID 控制算法，通过在上位机中编写脚本程序实现，执行机构采用能够无级调节流量的计量泵。

本监控系统还具有 pH 上下限报警功能，由于设备具有长期连续运行的特殊性，在无人值班看管设备期间，若设备发生故障，可以第 1 时间内通过短信报警方式通知相关的责任人，从而避免不必要的损失。在上位机监控工程窗口内，可以自由设定 pH 上下限报警值，报警手机号码以及超时时间。方案流程见图 6。

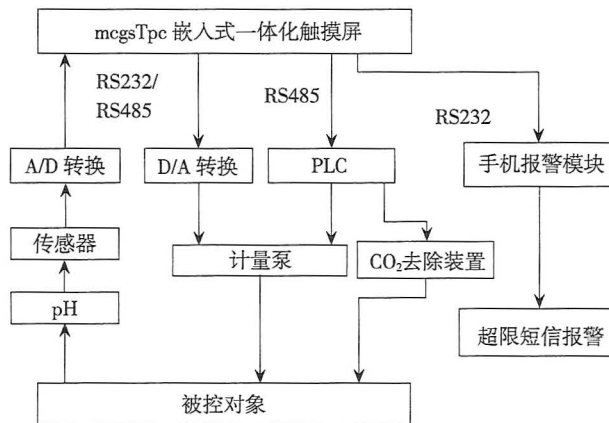


图 6 pH 在线调控系统流程

在农业农村部渔业装备与工程重点开放实验室淡水高密度循环水养殖系统对循环水养殖水体 pH 实时监控系统进行现场调试和试运行（图 7）。调试结果表明，CO₂去除装置的应用能够有效地去除养殖水体中的 CO₂气体积聚，使养殖池的 CO₂保持在较低水平，此时的 CO₂浓度对 pH 的影响极小，可忽略不计；PID 参数的整定结果为 $K_p=120$ 、 $T_i=150$ 、 $T_d=37.5$ ，系统在此参数下能够很快调节 pH 至目标值，且保持稳定，控制效果显著；不同浓度 NaHCO₃对控制效果影响不同，当 NaHCO₃=37.31 克/升，系统的稳定性、精度和鲁棒性都较好；采用 PID 控制算法的系统具有明显的优越性，与计量泵恒定加药的系统相比，系统的稳定性和控制效果都较好。试运行结果表明，该监控系统运行稳定可靠，控制效果显著，人机界面良好，操作简单灵活，实用性强，有效地实现了 pH 的恒定控制，满足了循环水养殖对 pH 的要求，具有较高的推广价值和实用价值。

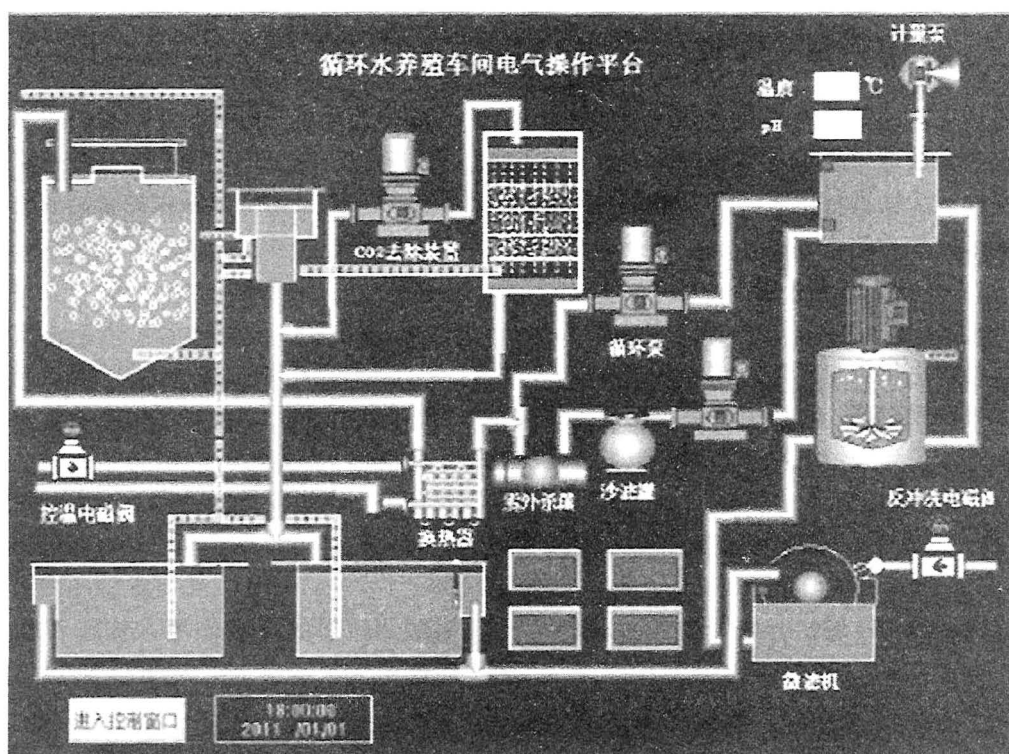


图 7 pH 在线调控系统控制界面

（七）系统集成

通过物理、生物等手段和设备把养殖水体中的有害固体物、悬浮物、可溶性物质和气体从水体中排出或转化为无害物质，并补充溶氧，使水质满足鱼类正常生长需要，并实现高密度养殖条件下水体的循环利用的一个适用性强、通用性好、节能高效的高密度工厂化循环水养殖系统。

总体技术路线如图 8 所示。

四、适宜区域

工厂化循环水养殖是一种现代工业化生产方式，基本上不受自然条件的限制，可以根据

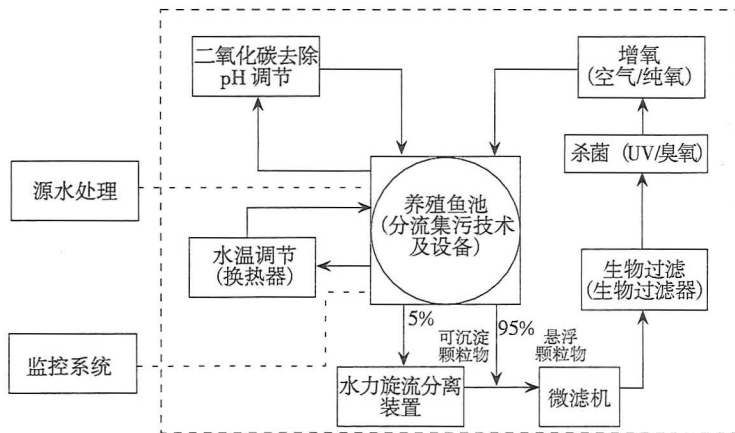


图 8 总体技术路线

需要在任何地点建立海水或淡水的养殖生产系统，达到生产过程程序化、机械化的要求。一般来说，此技术更适宜在水资源匮乏、气候条件恶劣的情况进行推广，因为在这种条件下传统养殖模式无法进行正式运作，构建循环水养殖系统进行生产必将带来巨大的经济效益，这也体现了此技术的优越性。

五、注意事项

该技术汇集了水产养殖学、微生物学、环境科学、信息与计算机学等学科知识于一体，本身科技含量较高，企业需配有掌握一定此方面技术的养殖人员，以便科学、高效地管理构建的循环水养殖系统。总体来说、最需注意的有以下几点：

(1) 确保电力充足。此技术最怕停电，一旦突然停电，需进行及时处理。

(2) 定期查看设备运行情况。如水泵是否正常运转，管路是否有漏水地方，发现问题及时处。

(3) 确保 pH 稳定。由于生物滤器硝化反应耗碱及鱼类的呼吸作用，养殖水体中的 pH 会持续下降，pH 的下降会影响生物滤器的性能及鱼类的生长，因此需确保 pH 的稳定。

(4) 定期检测水质。养殖水质的好坏直接影响鱼类的生长，需定期检测养殖水体的水质，如发现问题要及时做出调整。

(5) 定期排污。由于是高密度封闭养殖，投饲量较大，养殖对象排泄物较多，需及时将排泄物排出系统。

六、技术依托单位

1. 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所

联系地址：上海市杨浦区赤峰路 63 号

邮政编码：200092

联系人：吴凡

联系电话：021-65975955

电子邮箱: wufan@fmiri.ac.cn

2. 黑龙江水产研究所

联系地址: 哈尔滨市道里区松发街 43 号

邮政编码: 150070

联系人: 陈惠

联系电话: 0451-84602266

电子邮箱: hljcgzh204@163.com

63. 池塘“一改五化”集成养殖技术

一、技术概述

池塘“一改五化”集成养殖技术以池塘 80:20 养殖技术为主要模式,按照“一改五化”的技术要点,结合养殖新技术、新理念,注重池塘水质调节和节能减排技术的应用,使池塘条件并不优越的山区池塘实现亩产 1 吨鱼以上,收入万元以上的有效实用技术。

该技术对于山地丘陵多,平原面积小,水源不足、提灌不方便,养殖成本高的地方具有极其重要的意义。按照“一改五化”技术要点在生产各个环节严格把控,首先从技术层面保证养殖池塘的健康、高效运转,同时通过微孔增氧技术和水上蔬菜种植技术,在基础设施上进一步保证池塘养殖的节能、环保和高效运作。微孔增氧技术高效、均衡控制水体高的溶解氧确保高的养殖密度,通过水上蔬菜种植技术,不用换水便可持续稳定地改良水质,同时收获蔬菜,赚取除养鱼之外的边缘经济效益。池塘“一改五化”集成养殖技术的成功推广,使一些不具备成熟渔业养殖条件的地方也能获得与养殖条件优越地区一样的产品产量,缩短地区养殖技术和养殖产量的差距,是一种综合技术好、综合效益高的技术。

该技术于 2010 年试验成功,从 2011 年开始到 2015 年在重庆全市推广面积达 18.2 万亩,渔民喜获丰收,技术成熟、技术推广成功。

二、增产增效情况

使用微孔增氧与传统增氧机相比,可平均节省电费约 30%,池塘养殖的鱼、虾、蟹类等发病率平均降低约 15%,鱼产量每亩提高 10%,虾每亩提高 15%,蟹每亩提高 20%,综合效益提高 20%~60%,同时有利于提高成活率和养殖品种的生长速度。

使用水上蔬菜种植技术与不种植水上蔬菜技术相比,能够减少换水,有效控制水中有害物质,减少鱼病发生,节约了抽排水电费,同时获得了蔬菜副产品。采用池塘底部排污系统,极大地减少了池塘底泥厚度,减少底层有害病原的富集,降低底层的耗氧量,对提高产量、改良水质预防病虫害有良好效果。按照“一改五化”的技术要点,从养殖技术层面,保证高密度养殖池塘健康持续高效运转。

池塘“一改五化”集成养殖技术从 2010 年开始推广。2010 年重庆市池塘总面积 62.64 万亩,产量 17.83 万吨,平均亩产仅有 285 千克,渔业专用塘面积 30 万亩,平均亩产也仅

有451千克，低于全国专业池塘平均产量。推广池塘“一改五化”集成养殖技术后，从2011年开始到2015年重庆市推广面积达到18.2万亩，实现平均亩产1251.3千克，总产量达到22.8万吨，亩均收入达到1.6万元，保证了渔民的养殖产量成倍提高，收入增加，经济效益显著。

三、技术要点

池塘养殖以池塘“一改五化”技术为核心，“一改”指改造池塘基础设施，“五化”包括水质环境洁净化、养殖品种良种化、饲料投喂精细化、病害防治科学化、生产管理信息化等。

(一) “一改”即改造池塘基础设施

(1) 小塘改大塘。将用于成鱼养殖不规范的小塘并成大塘，池塘以长方形东西向为佳(长宽比约为2.5:1)，面积10~20亩为宜。

(2) 浅塘改深塘。通过塘坎加高、清除淤泥实现池塘由浅变深，使成鱼池水深保持2.0~2.5米，鱼种池水深1.5米左右，鱼苗池水深0.8~1.2米。

(3) 整修进排水系统。整修进排水、排洪沟渠等配套设施，要求每口池塘能独立进排水，并安装防逃设备。

(4) 改装池塘底排污设施。在池塘低洼处建设安装底排污收集管，在池塘中铺PVC管，并在池塘外低洼处建设底质分级处理池。

(5) 小塘改大塘，不规则塘改规则方形塘。池塘条件和成本投入情况允许的情况下实施内循环流水养鱼，进一步集约化控制管理，减少劳动力投入，提高养殖效益。

(二) 池塘管理“五化”

1. 水质环境洁净化

(1) 池塘水质的一般要求。

①悬浮物质：人为造成的悬浮物含量不得超过10毫克/升。

②色、嗅、味：不得使鱼、虾、贝、藻类带有异色、异味。

③漂浮物质：水面不得出现明显的油膜和浮沫。

④pH：淡水pH 6.5~8.5。

溶解氧：24小时中16小时以上，溶解氧必须大于5毫克/升，任何时候不得低于3毫克/升，保持水质活、嫩、爽。

(2) 池塘水质调控。

①生物调控：

a. 鱼菜共生调控：以菜净水，以鱼长菜；通过水上种植蔬菜，能够通过绿色植物的根系吸收养殖水体中过量的氮磷物质，提供植物的生长营养，不用换水就能改良水质，不仅促进了水中蔬菜的生长，也进一步增加了水体对水产养殖动物的承载量。

b. 微生物制剂调控：使用光合细菌、芽孢杆菌、硝化细菌等有益细菌，实现净水。

c. 以鱼养水：适当增加滤食性鱼类和食腐屑性鱼类投放量，改善池塘的生态结构，实现生物修复。

保持池水肥、活、爽、嫩，透明度在35厘米以上。

②物理调控：

a. 合理使用增氧机：晴天中午开，阴天清晨开，连绵阴雨半夜开，傍晚不开，浮头早开；天气炎热开机时间长、天气凉爽开机时间短，半夜开机时间长、中午开机时间短，负荷面大开机时间长、负荷面小开机时间短等，实现增氧、搅水、曝气的作用。推广使用微孔增氧机和涌浪机。

微孔增氧机：该机可以有效保证池塘中较高的溶解氧，能够解决传统的水车式、叶轮式等增氧机存在的只能解决池塘上层水体溶解氧、难以为池塘中底层提供充足氧气及能耗高等问题，且更为先进。微孔增氧技术采用在池塘底部铺设管道的方法，把含氧空气直接输到池塘底部，从池底以纳米管的微孔均匀地往上向水体补充氧气，使池塘水体同样保持高的溶解氧，防止底层缺氧引起的有害菌繁殖和有毒气体产生，同时有利于上、中、底层水体交换，有利于池塘有毒气体的排放和水体温度的大体一致。加注新水：根据池塘水体蒸发量适当补充新水，有条件的地方可每半月加注新水1次。

涌浪机：该机是利用搅拌原理对水体进行搅拌，产生漩涡的方式起到上下层水体的对流和交换，具有增氧、造浪调水的功能，同时在局部范围内能够将池塘底泥搅动起来，补充池塘表层碳源。除此之外，还具有性能稳定、故障率低和节能省电等优点，是不错的增氧设备。但是涌浪机在阴雨天和夜间增氧效果较差，需要与其他增氧机配合使用效果才更佳。

b. 适时适量使用环境保护剂：在养殖的中后期，根据池塘底质、水质情况每月使用1~2次。生石灰20~30千克/亩；沸石粉30~50千克/亩。

2. 养殖品种良种化

(1) 主养品种。选择优质鱼类（如鲫鱼、草鱼、松浦镜鲤、斑点叉尾鲴、团头鲂、泥鳅、翘嘴红鲌、黄颡鱼等）为主养品种，选择须具备3个条件，一是具有市场性（适销对路），二是苗种可得性（有稳定的人工繁殖鱼苗供应），三是养殖可行性（适应当地池塘生态系统）。

(2) 养殖模式。池塘80:20养殖模式。

(3) 鱼种质量。各种鱼种标准参照已有的标准和鱼种质量鉴定标准执行。要求品种纯正、来源一致、规格整齐、体质健壮、无伤病。

(4) 鱼种规格。主养鱼类规格整齐，重量个体差异在“10%”以内，搭养鱼类个体大小一般不得大于主养鱼类个体大小。

3. 饲料投喂精细化

(1) 饲料的选择。为不同养殖品种仔细选择特定营养组成的优质饲料，饲料有良好的稳定性和适口性，饲料要求新鲜、不变质、物理性状良好、营养成分稳定；饲料加工均匀度、饲料原料的粒度符合饲料加工的质量要求。

(2) 饲料投喂量的确定。

限量投喂：根据养殖鱼类的生长速度、阶段营养需要量和配合饲料的质量水平确定每天的饲料投喂量。

$$\text{日投饲量} = \text{鱼的平均重量} \times \text{尾数} \times \text{投饲率}$$

$$\text{全年投饲量} = \text{饲料系数} \times \text{预计净产量}$$

(3) 选择合适的投饵机。自动投饵机抛撒面积大、抛撒均匀，自动投喂能显著降低劳动量。投饵机按适用范围不同分为小水体专用型、网箱专用型和普通池塘专用型。大水面建议

适用风送型投饵机，由风通过管道推送饲料，在池塘中间投喂，投送范围大，饲料抛撒呈圆形。投饵机应根据池塘情况合理选择。

4. 病害防治科学化

(1) 疾病的预防。

①优化池塘养殖环境：在养殖的中、后期根据养殖池塘底质、水质情况每月使用水质改良剂1~2次。

②合理放养和搭配养殖品种，保持养殖水体正常微生物丛的生态平衡，有效预防传染性、暴发性疾病的发生与流行。

(2) 切断传播途径，消灭病原体。

①严格检疫：加强流通环节的检疫及监督，防止水生动物疫病的流行与传播。

②鱼种消毒：入塘前对鱼种消毒的药物主要有以下几种：食盐（浓度2%~4%，浸洗5~10分钟，主要防治白头白嘴病、烂鳃病，杀灭某些原生动物、三代虫、指环虫等）、漂白粉（浓度10~20克/米³，浸洗10分钟左右，能防治各类细菌性疾病）。

③饵料消毒：水草用6克/米³水体漂白粉溶液浸泡20~30分钟，经清水冲净后投喂；陆生植物和鲜活动物性饵料用清水洗净后投喂。

④工具消毒：网具用10克/米³硫酸铜溶液浸洗20分钟，晒干后再使用；木制工具用5%漂白粉液消毒后，在清水中洗净再使用。

⑤食场消毒：及时捞出食场内残饵，每隔1~2周用漂白粉1克/米³，或强氯精0.5克/米³，在食场水面泼洒消毒，或在食场周围挂篓或挂袋消毒。

(3) 流行病季节的药物预防（3~9月）。

①体外预防：食场挂袋、挂篓。

②全池遍洒：每隔半月用生石灰30克/米³等消毒。

③体内预防：选用中草药（每100千克鱼用大黄30克、黄芩24克、黄柏16克、小苏打30克）粉碎后拌饲投喂。

(4) 增强鱼体抗病能力。

①放养优良品种：选择抗病力强、体质健壮、规格整齐、来源一致的养殖品种放养，严禁放养近亲繁殖和回交种类。

②投喂优质适口饲料：投喂营养全面、新鲜、不含有毒成分，并通过精细加工，在水中稳定性好、适口性强的饲料。

③免疫接种：注射疫苗，使鱼类产生抗体，获得免疫力。

(5) 严禁乱用药物。使用水产养殖用药应当符合《兽药管理条例》和农业部行业标准《无公害食品渔药使用准则》（NY 5071—2002）。

5. 生产管理信息化 在有了优良的养殖条件，优质苗种，高效全价饲料，合理的池塘水质管理和病害防治技术后，能够保证高产高效高收入，但是水产养殖生产始终存在劳动力投入大、养殖生产风险高的问题。如何有效规避这些风险，解决水产养殖面临的困境，就是采用现代的信息管理技术，对生产的各个环节进行实时监控可以有效降低风险和劳动力投入，并且通过市场信息化分析，每年选择合适的养殖品种可以保证每年有较好的水产养殖收益。具体要求如下：

(1) 针对规模化池塘建设水产养殖水质在线监测及物联网控制系统，其中包括池塘水质

在线检测系统，能够通过手机实时监测池塘水质状况，并能及时通过手机端进行操作。

(2) 水产品质量安全溯源系统，通过从苗种阶段将养殖鱼苗的信息录入数据库，并实时跟踪检测，保证水产品质量的安全，增加消费者对水产品安全的认可。

开设多种质量安全追溯查询方式，开设大显示屏公示、网站查询、触摸屏查询和手机查询等多种查询方式。

(3) 渔业生产技术服务平台系统，通过电话、手机及远程控制系统为渔民提供帮助，实现高效准确的技术指导。

(4) 通过渔业信息系统平台分析当年鱼价走势，预测明年市场，结合本地实际，合理规划养殖品种，保证养出来的鱼都有好市场。

四、适宜区域

全国所有精养池塘，尤其是老旧池塘，对于养殖成本高、水源少、换水困难的池塘更应该采用该技术。

五、注意事项

(1) 高密度养殖鱼、虾的池塘，配合使用水车式增氧机，增加水体流动，使水体的溶解氧均匀。

(2) 使用微孔增氧的池塘应适当增加苗种的放养量和饲料的投喂量，充分发挥池塘生产潜力。

(3) 上下两层网片要绷紧，形成一定间距，控制蔬菜向上生长和避免倒伏。

(4) 蔬菜种植品种应多样化。

(5) 浮架应呈带状布局，可以整体移动，以便根据需要变换水域和采摘。

(6) 加强对水质变化的观察和监测，了解实施效果。

六、技术依托单位

重庆市水产技术推广站

联系地址：重庆市江北区建新东路3号

邮政编码：400020

联系人：翟旭亮

联系电话：023-86716361

64. 机械化深松整地技术

一、技术概述

20世纪80年代以后，我国许多地区农户普遍用小型拖拉机带铧式犁或旋耕机进行常年浅翻、旋耕作业，致使在10~15厘米耕层处形成了坚硬的犁底层，导致地力逐年下降。20世纪90年代末期，黑龙江等省份开始试验推广深松整地技术，即以打破犁底层为目的，通

过使用大中型拖拉机牵引深松机具，在不打乱原有土层结构的情况下松动土壤的一种机械化整地技术。

实践证明，机械化深松整地是改善耕地质量，提高农业综合生产能力，促进农业可持续发展的重要举措。

二、增产增效情况

开展机械化深松整地作业主要有以下效果：一是可以打破坚硬的犁底层，加深耕层。二是降低土壤容重，提高土壤通透性，北京市2009年针对春玉米开展了深松技术的试验，验证了深松处理对20~40厘米土壤层的容重有明显降低作用，降低幅度在2%~6%。三是蓄水保墒，增强作物抗旱抗涝能力，吉林省多点测试数据表明，深松达到30厘米，每亩地块可多蓄水27米³左右，伏旱期间平均含水量为11.6%，比未深松提高7个百分点，作物耐旱时间延长10天左右。四是增加土壤有机质含量，促进农业可持续发展。综合各地应用情况看，实施土壤深松，可改善土壤耕层结构，增强土壤保墒和抗旱防涝能力，促进农作物增产，增产10%左右。

三、技术要点

1. 作业条件

(1) 采用深松作业方式的土壤质地主要为黏质土和壤土。适宜深松的土壤含水量一般为12%~22%。

(2) 长期采用旋耕、翻耕作业方式而产生犁底层的地块，或当土壤容重大于1.4克/厘米³，并且影响作物生长时，应适时进行深松整地作业。

(3) 25厘米以下为沙质土的地块和水田区，不宜开展深松整地作业。

2. 深松时间 深松整地作业主要在耕整地和苗期进行，大部分地区以耕整地环节深松为主，主要集中在秋季和春夏两季，以秋季为主。秋季作物收获后、土壤封冻前土壤含水量适宜，不易形成垡块，利于土壤蓄存秋冬季天然降水；苗期深松应在株高50厘米以下、降雨前进行，便于机车通过，可疏松耕层土壤，提高蓄水能力，促进农作物根系下扎，增强抗旱、抗涝、抗倒伏能力。

3. 深松周期 原则上深松作业可3年左右进行1次，不同地区可根据作物种类、耕作制度、土壤状况和气候条件，适当调整深松周期。

4. 机具选择 深松机具类型多样，按照作业形式可分为间隔深松机和全方位深松机两大类；按作业功能可分为单一深松机和复式作业机两种，单一深松机又可分为振动式和非振动式深松机，复式作业机可完成灭茬、旋耕、深松、施肥、播种、覆土等多项作业。非振动式深松机比较常见，主要分为凿式、箭形铲式、翼铲式、全方位、偏柱式等5种类型。各地可根据当地土壤类型、作业方式等要求，选用不同类型的深松机具。

一般来讲，以松土、打破犁底层为主要目的的采用全面深松法，选用全方位、偏柱式、松旋、松耙、松翻联合作业机；以蓄水、散墒和造墒为主要目的常采用局部深松法，凿铲式深松机适合作物行间深松和中耕深松；易干旱地区或旱情加重时段，要采用表土扰动小的深松机进行深松作业，最大限度地减少表土扰动造成土壤水分散失。各类深松机应加装性能良好的碎土、合墒等装置。

间隔深松机也称行间深松机，利用带有较强入土性能的铲柄和铲尖深入土壤，使得土壤被抬起、放下而松动，同时穿破犁底层。为了扩大土层深松范围，可在深松铲上安装双翼铲。间隔深松后形成虚实并存的耕层结构，虚部保墒蓄水，实部提墒供水。此类深松机可根据生产实际调整深松铲间隔，工作阻力较小，平均每个深松铲需要的功率在 30 马力左右，应配备相应功率的拖拉机。

全方位深松机多采用 V 型铲刀部件，耕作时从土层的底部切离出梯形截面的土堡条，并使它抬升、后移、下落，使得土堡条得以松碎。偏柱式深松机利用偏置铲柄扩大对土壤的耕作范围，效果与全方位深松机近似。这两类深松机具具有松土范围大、碎土效果好的特点，但动力消耗较大，应配备较大功率的拖拉机。

振动式深松机主要分为驱动式、自激式等两种类型。驱动式振动深松机利用拖拉机动力输出轴来驱动深松铲，边振动边深松，从而降低耕作阻力。自激式振动深松机是在深松铲上安装具有一定预紧力的弹簧，通过弹簧的压缩与伸展，使深松铲产生振动。此类深松机结构复杂，造价偏高，但可降低功率消耗，平均每个深松铲需要的功率在 25 马力左右，应配备相应功率的拖拉机。

复式作业机包括能同时完成两项或多项作业的浅翻深松机、旋耕深松机、秸秆还田深松机、免耕播种深松机，以及旋耕深松施肥联合整地机、旋耕深松起垄联合整地机、灭茬深松镇压联合整地机等。有的大型联合整地机与大功率拖拉机配套使用，能同时完成灭茬碎土、耕层浅松、底层深松、整平合墒、镇压碎土等多项作业。复式作业机具具有生产效率高、一机多用等特点，但功率消耗较大，应配备较大功率的拖拉机。

5. 作业质量 机械深松作业应最大限度地实现深、平、细、严、实的目标，作业后地表平整，无明显大土块和沟痕，无重松、漏松和地表残茬堆积现象。深松整地作业深度以打破犁底层为原则，与土壤条件、配套功率大小密切相关，即使在同一省份的不同地方，深松深度也可能出现很大差异，但总体上讲，深松深度一般在 25 厘米以上。深松深度偏差控制在深松深度 ± 3 厘米以内，各行间深度偏差不超过 ± 2 厘米。深松间距的确定以满足农艺要求和机具行走与牵引平衡的要求为前提，相邻两个深松部件间距一般不大于 2 倍深松深度。

四、适宜区域

我国适宜机械化深松整地作业的耕地面积约为 5.74 亿亩，主要分布在东北一熟区、黄淮海两熟区、长城沿线风沙区、西北黄土高原区、西北绿洲农业区、南方旱田种植区、南方甘蔗区等 7 个类型区。

东北一熟区主要包括黑龙江、吉林、辽宁东北 3 省及内蒙古东部，该区域的深松整地作业以保护黑土地、打破犁底层、增强土壤抗旱能力为目标；黄淮海两熟区主要包括北京、天津、河北中南部、河南、山东等 5 省份以及江苏北部、安徽北部、陕西关中平原等，该区域深松整地作业以打破犁底层，增加土壤积蓄夏季雨水的的目标；长城沿线风沙区主要包括河北北部、内蒙古中南部、山西北部、陕西北部，该区域深松整地作业以打破犁底层、保蓄夏季雨水、减少土壤水分无效蒸发、减轻土壤风蚀为目标；西北黄土高原区主要包括山西大部、陕西中北部和南部、宁夏南部、甘肃中东部、青海，该区域深松整地作业以打破犁底层、保蓄夏季雨水、减少土壤水分无效蒸发为目标；西北

绿洲农业区主要包括新疆及甘肃河西走廊、内蒙古西部、宁夏中部北部，该区域深松整地作业以打破犁底层、加深蓄水层、减少土壤水分无效蒸发为目标；南方旱田种植区主要包括湖北、湖南、重庆、云南等南方省份中全年不种植水稻的旱田，该区域深松整地作业以打破犁底层、加深蓄水层、减少土壤水分无效蒸发为目标；南方甘蔗区主要包括广东、广西、福建、海南等甘蔗种植区，该区域深松整地作业以打破犁底层、加深耕层、增加土壤蓄水能力为目标。

五、注意事项

(1) 作业机手应认真阅读农机具说明书，掌握安全操作规程。

(2) 作业中随时检查作业情况和机组工作情况，发现深松铲柄上有挂草或杂物时应及时清除，发现机具异常及时停车检查排除故障。

(3) 深松作业机具必须在行进中入土，不可原地依靠液压强制入土；作业行进中不得在未提升工作部件至离开地面前转弯和倒退。

(4) 深松机调整或维修必须在升起离开地面并切断动力、确保主机稳固不移动后进行，同时要采取可靠支撑或挂接；带有旋转或振动部件的深松机，必须停车熄火、切断动力输出后进行调整和清理作业。

(5) 转移地块时，必须将机具升起至运输状态，并采取安全措施（如销钉、挂链等），保证可靠挂接。

(6) 作业和运输中，严禁在深松机上站人或坐人。

(7) 每个班次作业后，对深松机具进行保养，清除机具上的泥土和杂草，检查各连接件紧固情况，检查各操纵机构是否灵活可靠，向各润滑点加注润滑油，深松铲尖严重磨损影响作业性能时应及时更换。

六、技术依托单位

1. 吉林省农业机械化管理中心

联系地址：吉林省长春市绿园区西安大路 6430 号

邮政编码：130062

联系人：郑铁志

联系电话：0431-87988295

电子邮箱：jlztz@126.com

2. 河北省农机化技术推广服务总站

联系地址：河北省石家庄市富强大街 6 号

邮政编码：050021

联系人：史家益

联系电话：0311-86066877

电子邮箱：sjy3113855@163.com

55. 农作物秸秆机械化还田技术

一、技术概述

农作物秸秆机械化还田技术主要是通过机械将秸秆粉碎后抛撒覆盖在地表，然后利用复式播种机直接播种，或再利用机械将粉碎后的秸秆和根茬一起埋入土壤中的一项综合机械化技术。该技术可细分为：秸秆粉碎地表覆盖还田、秸秆粉碎混埋还田、秸秆粉碎翻埋还田、秸秆整株还田、秸秆高割茬还田。秸秆机械化还田技术的实施不仅可以增加土壤有机质含量，培肥地力，提高作物产量，而且可以争抢农时，解决秸秆出路，避免焚烧秸秆，减少环境污染。

二、增产增效情况

(1) 增加土壤有机质含量。通过利用秸秆还田可以使土壤中的碳源得到增加，秸秆中的碳经过土壤微生物腐熟后形成大量的有机碳存储在土壤中，增加了土壤有机碳的含量，培肥地力。

(2) 有效提高土壤酶活性。秸秆还田改善了耕层土壤物理性质，引起土壤中生化反应进程发生改变，从而提高了耕层中土壤酶活性。

(3) 改善土壤蓄水能力。秸秆还田后随着土壤中团粒结构和团聚体数量的增加，土壤孔隙度也逐渐增大，可以提高土壤的渗水能力和保水能力。

(4) 促进根系发育。秸秆还田可以促进作物根系的生长和发育，提高农作物的产量。

(5) 减少环境污染，改善环境。秸秆还田避免了秸秆焚烧所造成的大气污染和资源浪费的问题，对改善环境和农作物资源的有效利用有重要意义。

三、技术要点

(一) 水稻秸秆机械化还田技术

1. 东北一熟区水稻秸秆翻埋还田技术 采用带有秸秆粉碎功能的水稻收获机收获水稻，秸秆粉碎后均匀覆盖地表，或用双轴水田旋耕机于秋季水稻收获后适时进行秸秆粉碎作业，粉碎后秸秆均匀覆盖地表。秸秆粉碎长度 ≤ 10 厘米，残茬高度 < 15 厘米；采用水田型翻地犁进行耕翻作业，达到扣垡严密、深浅一致、无立垡无回垡、不重耕不漏耕的要求；耕翻深度 $18\sim 22$ 厘米，秸秆残茬掩埋深度 > 10 厘米，埋茬起浆平地作业深度 > 10 厘米。

2. 水旱轮作稻区 在收获水稻时，将秸秆直接切碎，并均匀抛撒覆盖于地表；要求：割茬高度 ≤ 15 厘米，秸秆切碎长度 ≤ 10 厘米，切断长度合格率 $\geq 90\%$ ，抛撒均匀度 $\geq 80\%$ 。秸秆粉碎覆盖还田要求有足够的秸秆覆盖量、腐熟较快；秸秆粉碎混埋还田要求旋耕深度 ≥ 12 厘米，秸秆覆盖率 $\geq 80\%$ ，碎土率 $\geq 50\%$ ；秸秆粉碎翻埋还田要求耕翻深度满足当地农艺和土壤条件要求，秸秆覆盖率 $\geq 90\%$ ，断条率 ≥ 2 次/米，立垡回垡率 $\leq 5\%$ 。

3. 双季稻区 在收获水稻时，将秸秆直接切碎，并均匀抛撒覆盖于地表，要求：割茬

高度 ≤ 15 厘米, 秸秆切碎长度 ≤ 10 厘米, 切断长度合格率 $\geq 90\%$, 抛撒均匀度 $\geq 80\%$ 。秸秆粉碎混埋还田要求秸秆覆盖率 $\geq 90\%$, 地表平整, 田面高差 ≤ 3 厘米; 秸秆粉碎翻埋还田要求耕翻深度满足当地农艺和土壤条件要求, 秸秆覆盖率 $\geq 90\%$, 断条率 ≥ 2 次/米, 立袋回袋率 $\leq 5\%$ 。

(二) 玉米秸秆机械化还田技术

1. 东北一熟区

(1) 秸秆粉碎覆盖还田技术。有如下3种方法。

①玉米收获时秸秆直接粉碎还田覆盖地表, 留茬高度 < 5 厘米, 秸秆粉碎长度10厘米左右, 覆盖均匀, 无集堆现象; 翌年春季不整地、不动土(宽窄行种植形式可用搂草机搂草归行, 露出播种带), 直接免耕播种。

②玉米收获时高留根茬30厘米, 上部秸秆直接粉碎还田覆盖地表, 粉碎长度在10厘米左右, 覆盖均匀, 无集堆现象; 翌年春季不整地、不动土, 直接免耕播种。

③玉米收获时移除或切断秸秆, 秸秆直接压倒, 形成不规则、长短不一的秸秆还田覆盖地表, 无明显集堆现象; 翌年春季不整地、不动土, 直接免耕播种。

(2) 秸秆粉碎混埋还田技术。玉米收获时秸秆直接粉碎还田覆盖地表, 粉碎长度5~10厘米, 覆盖均匀, 无明显集堆现象; 用秸秆打包机等将秸秆捡拾、移除田间, 捡拾移除量 $\geq 60\%$; 翌年春季采用联合整地机进行灭茬、旋耕、起垄、浅松和施底肥联合作业, 起垄后及时镇压, 以利于保墒。灭茬旋耕要求达到土壤细碎, 作业耕深 ≥ 12 厘米, 起垄要达到直线度好, 垄距均匀一致, 交接垄无明显宽窄不一现象, 地头整齐, 施肥均匀、连续, 无明显断条、漏施现象。

(3) 秸秆深翻还田技术。玉米收获时秸秆直接粉碎还田覆盖地表, 秸秆粉碎长度5~10厘米, 覆盖均匀, 无集堆现象; 采用双向翻转犁深翻25~30厘米, 要求扣袋严密, 无重翻漏翻、无回袋立袋和明显袋条现象, 翻后无垄沟, 地表10米内高低差 ≤ 10 厘米, 裸露残茬 $\leq 10\%$; 翻后及时耙压, 耙深均匀(轻耙8~10厘米, 重耙16~18厘米), 秸秆、根茬耙碎、搅拌均匀, 不漏耙、不拖堆, 地表平整, 土壤细碎, 达到起垄状态; 耙后及时起垄, 垄高17~22厘米, 垄距均匀, 直线度好, 交接垄无明显宽窄不一现象, 地头整齐; 起垄后及时镇压, 以利于保墒。

2. 黄淮海两熟区 采用玉米联合收割机配套秸秆还田机一次进地对秸秆进行粉碎还田, 还田完成后秸秆覆盖要相对均匀, 地表平整, 以便机器作业; 玉米秸秆粉碎还田作业质量要求割茬高度 ≤ 8 厘米, 秸秆切碎长度 ≤ 10 厘米, 切碎长度合格率 $> 90\%$, 抛撒不均匀率 $\leq 20\%$, 漏切率 $\leq 1.5\%$ 。秸秆粉碎覆盖还田要求土质应为沙土或壤土, 要有足够的秸秆覆盖量、腐熟较快; 秸秆粉碎混埋还田要求旋耕深度 ≥ 12 厘米; 秸秆粉碎翻埋还田要求翻耕深度 ≥ 20 厘米, 耕深稳定性 $\geq 85\%$, 破土率 $\geq 80\%$, 覆盖率 $\geq 80\%$ 。

3. 西北一熟区

(1) 秸秆粉碎覆盖还田技术。粉碎后的秸秆长度 ≤ 10 厘米, 秸秆粉碎率 $\geq 90\%$, 抛撒均匀, 根茬高度 ≤ 8 厘米。机械收获的割茬高度、切碎长度、抛撒均匀度可适当增减, 有利于提高收获机械的工作效率。

(2) 整耕地表覆盖还田技术。玉米收获后应趁茎秆水分含量较高、韧度较好时进行压倒, 保证压倒的秸秆不分段, 减少被风刮走或集堆的可能性; 尽量用机械压倒, 如拖拉机悬

挂旋耕机、粉碎机（工作部件不转）等，保证有较大的压倒力，防止压倒后反弹，影响覆盖效果；顺行压倒，并根据免耕播种机播种行数决定秸秆压倒方向，为下茬玉米播种创造良好的播种条件。

(3) 粉碎混埋还田技术。通过秸秆粉碎还田机作业使粉碎后的秸秆长度 ≤ 10 厘米，秸秆粉碎率 $\geq 90\%$ ，粉碎后的秸秆应均匀抛撒覆盖地表，根茬高度 ≤ 8 厘米；机械收获的割茬高度、切碎长度、抛撒均匀度可适当增减，有利于提高收获机械的工作效率；通过旋耕或耙地等作业将地表的秸秆与土壤混合，防止大风将粉碎后的秸秆吹走或集堆，秸秆混埋后田间秸秆覆盖率 $\geq 50\%$ 。

(4) 粉碎翻埋还田技术。通过秸秆粉碎还田机作业使粉碎后的秸秆长度 ≤ 10 厘米，秸秆粉碎率 $\geq 90\%$ ，粉碎后的秸秆应均匀抛撒覆盖地表，根茬高度 ≤ 8 厘米。机械收获的割茬高度、切碎长度、抛撒均匀度可适当增减，有利于提高收获机械的工作效率。

(三) 小麦秸秆机械化还田技术

1. 黄淮海两熟区 小麦秸秆粉碎地表覆盖还田技术，采用小麦联合收割机自带粉碎装置对秸秆直接切碎，并均匀抛撒覆盖于地表；割茬高度 ≤ 15 厘米，小麦秸秆切碎长度 ≤ 10 厘米，切断长度合格率 $\geq 95\%$ ，抛撒不均匀率 $\leq 20\%$ ，漏切率 $\leq 1.5\%$ 。

2. 西北一熟区 采用小麦联合收割机自带粉碎装置对秸秆直接切碎，并均匀抛撒覆盖于地表；割茬高度 ≤ 15 厘米，小麦秸秆切碎长度 ≤ 10 厘米，切断长度合格率 $\geq 95\%$ ，抛撒不均匀率 $\leq 20\%$ ，漏切率 $\leq 1.5\%$ 。秸秆粉碎混埋还田要求旋耕深度 ≥ 12 厘米；秸秆粉碎翻埋还田要求翻耕深度 ≥ 20 厘米，耕深稳定性 $\geq 85\%$ ，碎土率 $\geq 80\%$ ，覆盖率 $\geq 80\%$ 。

3. 西南两熟区 小麦机械收获后进行灭茬作业，并均匀抛撒覆盖于地表，小麦秸秆切碎长度 ≤ 10 厘米，切断长度合格率 $\geq 95\%$ ，抛撒不均匀率 $\leq 20\%$ ，漏切率 $\leq 1.5\%$ ；秸秆粉碎混埋还田要求浅水旋耕埋草，水深以第1次打浆后不出现明水为宜，水深会导致秸秆漂浮，旋耕深度 ≥ 15 厘米。秸秆粉碎翻埋还田要求小麦机械收获后捡拾打捆收集60%秸秆离田，剩余秸秆翻埋还田，翻埋深度 ≥ 20 厘米。

(四) 大豆秸秆机械化还田技术

1. 东北一熟区 机械收获大豆时秸秆全部粉碎还田，粉碎后秸秆均匀覆盖地表，无明显堆积现象；收获后及时进行机械深松作业，深松深度 > 30 厘米，增强土壤蓄水保墒能力；翌年春季采用灭茬旋耕起垄施肥联合整地机，在秸秆粉碎与土壤混拌同时进行底肥施入与起垄，并镇压保墒，达到播种状态；大垄双行或三行种植的，应使用专用起垄机进行起垄作业，垄距110厘米，垄高20厘米；起垄作业直线度要好，交接垄距要均匀，无明显宽窄不一现象，地头整齐。

2. 黄淮海两熟区 选择具有秸秆粉碎功能的大豆收割机，在收割大豆的同时粉碎秸秆并均匀抛撒覆盖于地表。在使用大中型拖拉机配套的旋耕机旋耕埋茬时，耕深 ≥ 15 厘米，使秸秆与土层混合；使用大中型拖拉机配套的铧式犁深耕翻埋秸秆时，耕深 ≥ 18 厘米，耕后耙透、镇实、整平。由于大豆秸秆量较小，秸秆粉碎后也可直接应用旋耕施肥播种机、免耕播种机播种。大豆割茬高度以不留底荚、不丢枝为标准，一般 ≤ 10 厘米，秸秆切碎长度 ≤ 10 厘米，切碎长度合格率90%以上，抛散不均匀率 $\leq 20\%$ ，收获损失 $\leq 3\%$ ，破碎率 $\leq 3\%$ ，泥花脸 $\leq 5\%$ 。

（五）油菜秸秆机械化还田技术

1. 春油菜区

（1）秸秆粉碎覆盖还田技术。有如下2种方法。

①采用油菜联合收获机一次性完成油菜切割、脱粒、清选和秸秆粉碎还田作业，留茬高度 <20 厘米，秸秆粉碎长度 <10 厘米，覆盖均匀，无集堆现象；翌年春季机械深松整地后免耕播种。

②油菜机收后残茬覆盖地表，白菜型油菜留茬高度 <15 厘米，甘蓝型油菜留茬高度 <30 厘米，秸秆覆盖地表；翌年春季采用机械深松旋耕联合整地（深松深度 >25 厘米，旋耕深度 <15 厘米）后免耕播种（播种深度 <3 厘米）。

（2）秸秆粉碎翻埋还田技术：油菜收获时秸秆直接粉碎还田覆盖地表，秸秆粉碎长度 <10 厘米，覆盖均匀，秋季或冬季深翻；翻耕深度 ≥ 20 厘米，耕深稳定性 $\geq 85\%$ ，碎土率 $\geq 80\%$ ，覆盖率 $\geq 80\%$ 。

2. 冬油菜区

（1）秸秆粉碎混埋还田技术。有如下2种方法。

①油菜机收同时秸秆粉碎均匀抛撒于田里，留茬高度 <10 厘米，秸秆粉碎长度 <10 厘米，泡田1~2天（水深1~3厘米），旋耕作业秸秆混埋还田，旋耕深度 >15 厘米。

②机收油菜留高茬，留茬高度10~30厘米，使用秸秆粉碎灭茬机将油菜秸秆粉碎，泡田1~2天（水深1~3厘米），再旋耕作业将秸秆混埋还田；或使用双轴灭茬旋耕机复合作业一次性完成旋耕灭茬秸秆混埋还田，旋耕深度 >15 厘米。

（2）秸秆粉碎翻埋还田技术。有如下2种方法。

①油菜机收同时秸秆粉碎均匀抛撒于田里，留茬高度 <10 厘米，秸秆粉碎长度 <10 厘米，秸秆机械深翻还田，翻耕深度 ≥ 20 厘米。翻耕3~5天后（如茬口不够也可立刻泡田），泡田1~2天（水深1~3厘米），旋耕平地。

②机收油菜留高茬，留茬高度10~30厘米，使用秸秆粉碎灭茬机将油菜秸秆粉碎，油菜秸秆机械深翻还田，翻耕深度 ≥ 20 厘米。翻耕3~5天后（如茬口不够也可立刻泡田），泡田1~2天（水深1~3厘米），旋耕平地。

（六）棉花秸秆机械化还田技术

棉花机械采收后，一种方式是机械捡拾地表残膜，再用秸秆还田机进行粉碎还田；另一种方式是用秸秆还田残膜回收一体机进行秸秆粉碎还田和残膜捡拾作业。地表残膜要尽量捡拾干净，秸秆抛撒覆盖要基本均匀。棉花秸秆粉碎还田作业质量要求割茬高度 ≤ 8 厘米，秸秆切碎长度 ≤ 10 厘米，切碎长度合格率 $\geq 90\%$ ，抛散不均匀率 $\leq 20\%$ ，漏切率 $\leq 1.5\%$ 。秸秆粉碎翻埋还田技术要求采用铧式犁耕翻覆盖秸秆，耕深 ≥ 25 厘米，不漏耕重耕，秸秆掩埋深度10厘米，覆盖严密，耕后用残膜回收机回收地膜。耕后用联合耕整地机或旋耕机将地表平整，第2年播种前再用联合整地机或旋耕机进行平整地，要保证上虚下实，利于播种。整地后进行机械铺膜播种。秸秆粉碎混埋还田技术要求秸秆粉碎还田后，进行机械深松，深松深度30~40厘米。耕后用联合耕整地机或旋耕机、圆盘耙将地表平整，第2年播种前再用联合整地机或旋耕机、圆盘耙把地整平，要保证上虚下实，利于播种。整地后进行机械铺膜播种。

四、适宜区域

北方一年一熟区、一年两熟区，南方水旱连作区、双季稻区。

五、注意事项

(1) 配合施用氮肥。农作物秸秆机械化直接还田时，作物与微生物争夺速效养分的矛盾，特别是争氮现象，可通过补充化肥来解决。

(2) 选择适宜时机还田。选择青秸秆进行粉碎，青秸秆相对较脆，易于粉碎；在秸秆粉碎后应立即进行混埋或翻埋，避免水分的损失导致不易腐熟。

六、技术依托单位

中国农业大学工学院

联系地址：北京市海淀区清华东路 17 号

联系人：何进，王庆杰

联系电话：010-62737300

电子邮箱：wangqingjie@cau.edu.cn

农业物联网与大数据服务技术

一、技术概述

(一) 提出背景

信息技术与农业的深度融合发展，促进了物联网、云计算、大数据等新兴技术对农业领域的渗透，大量物联网采集、传输、控制等硬件设备，桌面、移动、嵌入式软件产品涌入农业生产、经营、服务等领域，促进了农业信息服务范围的快速扩张和服务时效的显著提升。但由于农业生产的地域性、季节性、周期性等特点约束，在农业物联网技术推广过程中迫切需要解决服务主体软硬件产品接口不统一、资源分散、服务缺乏针对性，服务受体需求差异大、IT 技能水平低、成本承担能力弱等主要问题；同时，市场经济条件下农业的分散经营和生产模式，使得市场竞争参与者对信息的依赖比任何时候都更为迫切，大数据技术和数据应用的支持让农业数据得到规模化、多样化、实现高效率运用，将助力现代农业的发展。

(二) 拟解决的主要问题

1. 农业信息采集与传输困难问题

(1) 采集困难。农业信息采集缺乏开放的设备接口、系统接口、数据接口，各类物联网设备协同能力不足，难以做到实时采集、高效集成和无缝对接，导致农业物联网大数据采集基础支撑不足。

(2) 传输困难。农业生产现场的基础网络条件薄弱，不同生产场景环境复杂多变，造成采集数据传输存在成本高、实时性差等问题，难以满足农业物联网实时监测与数据在线服务

的要求，对农业生产数据的网络传输与汇集能力支撑不足。

2. 农业信息孤立与应用滞后问题

(1) 农业领域条块分割、资源分散，在缺乏数据采集标准体系的情况下难以实现共享协作，无法适应农业领域多产业、跨地域、多成因、强关联的应用需求。目前，国内研究普遍专注多源、异构、大规模等特征的农业物联网数据整合，但缺乏对多维度数据间隐含关系的利用，整合多流于形式，难以满足农业领域多品种、多成因、强关联的应用需求。

(2) 农业数据利用率普遍较低，应用层次较浅。农业领域通过各类传感器、网络挖掘、仪器检测、人工观测等途径产生了大量数据，这些数据通常包含位置、时间、气象、土壤、作物营养等内容，数据项之间存在强弱不一的关联性，如作物营养状况可能与气象、土壤、灌溉、施肥、施药等多维度数据项存在直接或间接的因果关系，基于单一维度、传统算法的数据分析无法充分挖掘农业大数据潜在隐含价值，应用层次较浅。

3. 农业信息服务缺乏针对性问题 农业物联网大数据分析主要服务区域是农村，主要服务对象是农民，受农业生产具有地域性、季节性、周期性等特点约束，当前的农业信息服务普遍存在着信息质量低、不能满足农民现实生产需要，农民实际应用信息不多，信息服务与农业、农民、农村关联紧密度不高等问题。

(三) 成熟程度

本项目团队在农业物联网与大数据分析方面开展了大量工作，重点进行了农业物联网设备接口技术集成、不同农业生产环境下物联网传输解决方案研究、农业大数据分析技术与产业应用。团队承担各类相关课题 20 余项，获得国家发明专利 20 余项，发表学术论文 60 余篇。已研发农业物联网与大数据精准服务平台——绿云格平台，覆盖了京津冀及农业主产区 500 个以上新型农业生产经营主体、农业园区、涉农企业，以及各级农业主管部门，打造了标准化生产、产业化经营和品牌化营销等农业物联网技术集成应用平台，实现了“互联网+”时代的农业生产经营新模式，提高了应用主体生产经营综合能力和核心竞争力，促进了农业资源的合理化利用，平均每亩节水 10% 以上、节约肥料成本 10~20 元、节约农药成本 4~5 元，同时节约农事操作的人力支出。

(四) 先进性

该技术先进性体现在以下方面：

(1) 创新性地提出设施、大田、畜禽等多环境采集方法，主要包括农业数据传感体系、网络通信体系、传感适配体系、智能识别体系及软硬件资源接入系统，实现对结构化、半结构化、非结构化的海量数据的智能化识别、定位、跟踪、接入、传输、信号转换、监控、初步处理和管理等。

(2) 针对农业大数据的数据海量、数据源异构、数据结构多样和数据变化快等特点，应用大数据去冗降噪、数据存储、融合技术、非结构化和半结构化数据的高效处理技术，以及适合不同行业的大数据挖掘分析工具和开发环境等技术。

(3) 构建了运行稳定、灵活扩展、响应及时的设备、数据和系统接口资源池。支持万余种市场成熟物联网设备；全类型、全格式数据库及数据文件；跨平台多终端信息系统的无障碍接入，实现了行业软硬件产品的高效集成和协同服务，极大提升我国农业软硬件行业的国际竞争力。

(4) 通过移动互联网、物联网、云计算、大数据等现代信息技术与装备集成应用,为新型农业生产经营主体、农业园区、涉农企业等用户提供低门槛、低投入、零运维、高可用的个性化农业技术咨询、农业生产技术指导等信息服务,解决了信息化建设投入资金受限、一线生产人员文化水平偏低等现实问题,促进了农业新技术装备的快速落实和精准服务。

(五) 应用价值

该技术应用价值主要体现在以下方面:

(1) 提升农产品品质。通过互联网设备和信息采集设备全面采集土壤、气象、水质、肥料、病虫害等各种信息,及时进行智能控制,减少病虫害发生,对水肥进行精准管理,让农作物在良好的环境中健康成长,提升农产品品质。

(2) 提升农业精准服务水平。通过对气候、土壤和空气质量、作物成熟度,甚至是设备和劳动力的成本及可用性方面的实时数据收集,帮助农民在播种、施肥和收获等方面做出更明智的决策。

(3) 提高农业生产管控智能化水平。采用云服务模式,在农业生产环境部署信息监控设备,实现生产现场数据的采集、传输;在云服务中心整合农业知识和采集的农情数据,实现农业生产需求信息快速处理、挖掘。

(4) 改善粗放的农业生产经营管理方式。帮助合作社即时掌握农业生产与农业经济运行的状况,监测农业生产经营的成本收益变化,对经营过程中的收支记录进行持久化存储,并为农业生产经营活动提供分析决策,提高了农业企业事务监管的电子化、网络化水平,提高了工作效率,降低了运营成本。

二、增产增效情况

随着信息技术与农业产业的深度融合,农业物联网与大数据精准服务平台的需求将逐渐增加,因此该技术的应用前景广阔。预计可在设施、大田、畜禽农业产业较发达的 5 个以上省市得到推广,成套推广产品不少于 50 套,可实现移动互联网、物联网、云计算、大数据等现代信息技术与装备的成果转化落地,促进示范基地肥、水、药等生产资料的合理化利用以及秸秆/畜禽粪便的资源化利用,提高了农业生产效率和资源利用率,亩节水 10% 以上,亩节约肥料成本 10~20 元,亩节约农药成本 4~5 元。从源头减少农业生产过程中水肥的过量施用和废弃物排放,使农田灌溉水有效利用系数达到 0.55 以上,主要农作物化肥利用率达到 40% 以上,农作物秸秆综合利用率达到 85% 以上,畜禽粪便综合利用率达到 75% 以上,实现土壤改良、化肥和农药减施,提高农产品质量,形成良性循环系统,可有效地推动生态农业快速健康发展,减少农业污染,改善作物品质,有效保持和改善周边生态环境。

三、技术要点

(一) 技术体系

农业物联网与大数据精准服务技术模型的通用体系架构如图 1 所示。

技术体系具体包含以下 4 大部分:

1. 信息采集接口技术 为解决农业物联网中的多类型设备数据泛在接入问题,采用柔性化可定制信息采集接口,该技术体系中集成了动植物生长环境、动植物生理、视频采集等设备信息采集接口,提供网络、协议、数据等接口适配技术实现多类型设备的兼容,支持数

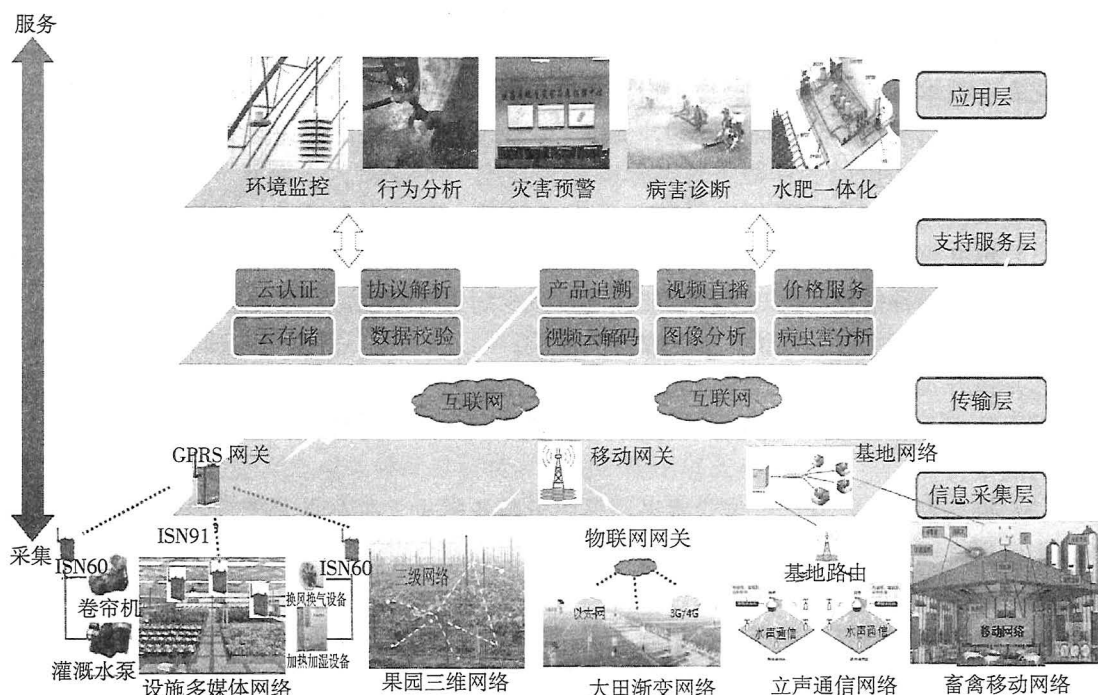


图 1 农业物联网与大数据精准服务技术模型体系架构

据协议解析定义，支持数据校验、支持接入认证；支持 M-JPEG、H. 264 等多种视频编码格式，支持 Windows、Android、iOS 等多平台，支持无插件化应用，对多种不同品牌摄像机的云平台控制协议提供支持，具备整合统一视频接入平台的能力，能够实现视频设备的控制、管理以及视频浏览功能，实现环境、土壤、动植物生理、视频图像等农业物联网信息的无缝接入。

2. 网络传输与汇集技术 物联网技术在农业中大规模应用，信息采集设备获取数据的有效传输和互联网接入是急需解决的关键问题。面向大田、果园、设施、畜禽养殖等不同类型复杂农业环境的信息可靠传输汇集需求，集成以太网、无线通信、自组织网络和多网络融合关键技术，整合多类型传输通信协议，实现本地农业物联网在不同农业生产场景下的多源信息融合与汇聚、数据压缩、差错控制技术。将农业生产环境、动植物生理、农机装备控制等多种、多源信息的汇聚与融合，并通过多种通信网络满足不同环境、不同使用条件下的实时稳定数据传输，实现本地物联网与互联网间有效的多网络协议、多种带宽方式、多源数据的无缝融合。

3. 大数据处理分析技术 因农业生产的地域性、季节性、周期性、多样性等造成农业物联网大数据来源广泛、类型多样、结构复杂等内在特征，难以应用通常方法处理和分析的数据集合。本系统根据农业的产业链不同应用场景特点，集成图像识别、大数据分析、深度学习、多任务协同调度、人工智能等先进技术实现农业多源异构大数据的多维度融合及领域化应用，深度挖掘农业生产、管理、流通过程中的数据间隐藏关联性，实现精准科学化的农业生产决策，辅助农业经营者提高生产经营效率。

4. 精准服务技术 面向农业生产环境监测、动植物本体信息监测、营养与疾病诊断、水肥智能决策、管控设备自动启停、多方远程协同诊断等生产经营主体核心需求，构建集数据采集、传输、处理、决策支撑等业务于一体、软硬件高度集成的农业精准服务技术体系，

搭建硬件设备接口资源池、信息推送泵等应用支撑环境和业务应用系统，满足零延迟生产环境与作物生理信息监测、全时态数据稳定传输、毫秒级控制反馈与响应和定制化功能灵活组装需求，通过手机、电脑等多种渠道为农业生物环境精准监测、最优生长环境智能调节调控、作物营养多因子综合诊断和多专家协同的远程诊断与精准服务等提供技术支撑，有效提升农业生产管理效率和农业资源利用率，提高劳动生产率和农产品品质质量。

（二）技术的详细构成与技术组装

1. 信息采集设备 针对农业不同场景物联网信息采集需求，集成多类型信息采集终端，主要包括动植物生长环境监测设备、动植物生理监测设备、视频监控设备等，可全面监测农业全产业链各环节的水、土、气环境，动植物生理、生长环境等关键信息，为农业信息快速获取、生产环境智能预警与调控、肥水药精准施用等提供技术支撑，全面提升农业生产管理效率和农业资源利用率，提高劳动生产率和农产品品质质量，节约水、肥、药、饲料投入及人力成本。

（1）水、土、气环境监测设备。水、土、气环境监测设备主要对农业生产环境中的大气、土壤、降水等生长环境信息进行监测，监测指标包括土壤温湿度、空气温湿度、降水量、太阳辐射、风速风向、有害气体浓度等，监测数据可通过手机、电脑等多终端实时查看并可进行共享分发。

①土壤墒情监测设备：土壤墒情速测仪为土壤墒情数据、土壤温度数据的采集、处理提供软硬件基础，主要由 GPS 终端设备和水分探测仪组成，可以探测不同监测站、不同土层的土壤温湿度值及经纬度信息（图 2）。设备具有 GPS 模块定位功能，通过 GPS 定位模块实现测墒地块的经纬度定位，设备可通过 GPS 进行地块面积量算。数据传输到墒情在线系统，完成墒情监测分布状态图，并按照用户要求的时间出具墒情简报，操作简单、方便快捷。设备能够支持全天候作业，在墒情数据采集的同时进行 GPS 自动定位，并能满足基本的数据处理和墒情自动评价功能。



图 2 土壤墒情监测仪

②便携式气象站设备：便携式气象站设备有单独的 GPRS 传输模式和 ZigBee 组网通过 GPRS 无线上传两种模式。设备主要由采集节点、路由采集节点、网关节点、服务器、用户终端组成，在服务器上配置了数据库和网页远程服务，用户可以远程实时监测到温室环境作物生长的环境数据，并可以远程配置单个采集节点的报警上下限和采集节点的上传时间间

隔。建立了多方位的智能报警系统，支持对环境异常情况的报警，满足在当环境异常时及时准确的报警来提醒用户以减少异常环境对温室作物产生的伤害和损失的要求，并且便于安装和使用(图3)。

③室外气象站设备：室外气象站设备用于基本气象数据和土壤信息的采集、存储、远程发送。数据可通过U盘导出历史记录，也可通过打电话和发送短信实时获取测量数据，并能够根据设置定时通过GPRS网络发送测量数据到监控中心。室外气象站通常在野外独立安装使用，配套太阳能供电系统结合超低功耗设计可完全独立运行，主要采集风速/风向、空气温湿度、降水量、太阳辐射、土壤温度、土壤湿度等气象墒情数据(图4)。

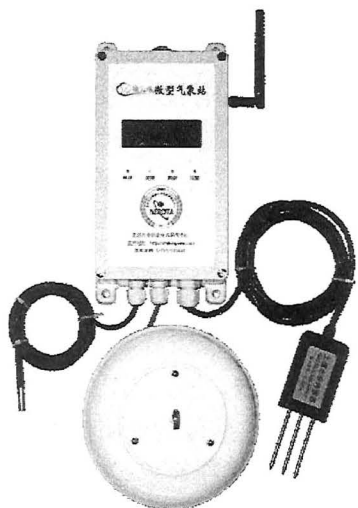


图3 便携式气象站设备



图4 室外气象站设备

④畜禽棚舍有害气体监测设备：畜禽棚舍有害气体监测设备主要由空气温度、空气湿度、CO₂浓度、NH₃浓度等传感器和网络传输模块组成，可实时监测畜禽棚舍内空气温度、空气湿度、CO₂浓度、NH₃浓度等关键指标，缩短数据采集周期，实时监测环境变化，为畜禽异常行为分析提供数据源(图5)。

⑤水产养殖水质监测设备：水产养殖水质监测设备在线实时测量显示水温、pH、DO(溶解氧)、NH₄⁺、NO₃⁻、电导率等多个参数(图6)。pH传感器可配三复合或两复合电

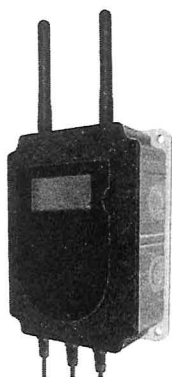


图5 有害气体监测设备

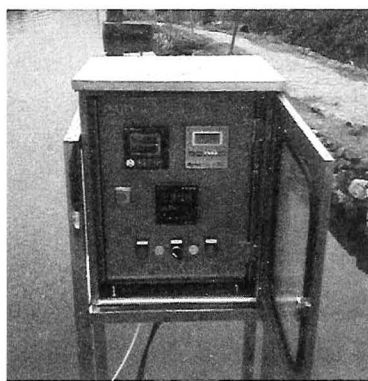


图6 水质监测设备

极，以满足各种场所使用。该设备处理速度快，测量指标分辨率低，测量精度较高，信息全面可靠，数据保存功能强大，最大可储存 12 万条数据。

(2) 植物生理监测设备。植物生理监测设备主要对作物生产过程中各阶段本体信息进行监测，监测指标包括叶片形态、叶片病斑、茎秆抗倒伏、作物叶绿素相对值 (SPAD)、作物归一化植被指数 (NDVI)、植物茎流速度、穗部形态、种子特征信息 (颜色、尺寸、数量) 等，监测数据可通过手机、电脑等多终端实时查看并可进行共享分发。

① 叶片形态及病斑测量仪：叶片形态及病斑测量仪采用机器视觉技术，通过高分辨率摄像头获取作物叶片图像，并实时进行图像处理，现场获取叶片及病斑的形态参数，主要应用于作物育种中抗病性分析、植物生理研究、作物栽培管理、生态系统研究等领域，与传统的直尺、网格纸方法相比，测量过程更加快速、准确，能够方便地用辅助材料进行抗病性分析和鉴定 (图 7)。



图 7 叶片形态与病斑测量仪

② 植物叶绿素、NDVI 集成测量仪：植物叶绿素、NDVI 集成测量仪利用可见、近红外光照射植物叶片，快速预测叶绿素相对值和归一化植被指数 (图 8)。系统可快速、及时、高效地了解农作物的缺肥情况，辅助管理人员准确掌握施肥时机。

③ 插针式茎流测量设备：插针式茎流测量设备基于 ZigBee 无线通信模块进行设计，通过两个探针处的高精度温度传感器测量到被加热的茎流温度变化的时间差计算茎流速度，测量精度高，并通过无线传输的方式远程在系统主机上对茎流信号进行监测和定位，通过数据分析可用于指导林木生产，适用于大规模种植园区的生理监测，节省人力物力 (图 9)。



图 8 植物叶绿素、NDVI 集成测量仪

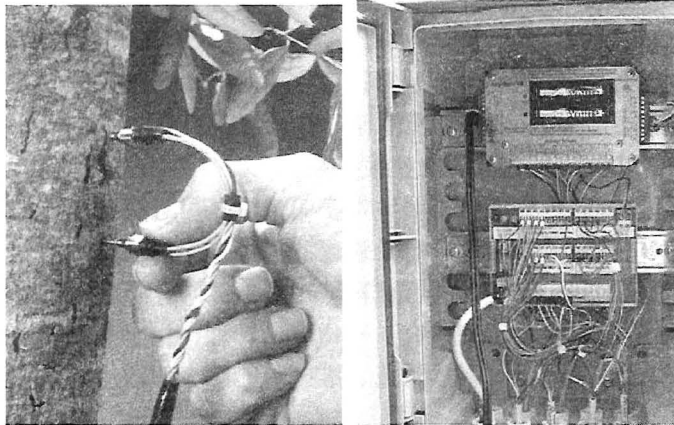


图9 植物茎流测量设备

④光合呼吸测量设备：光合呼吸测量设备基于高灵敏度二氧化碳传感器、温湿度传感器、光合有效辐射传感器和嵌入式数据采集分析模块，结合适用于不同作物叶片的密闭叶室，可实现作物光合/呼吸/蒸腾速率的快速、无损测量，为作物生长状态分析提供支持。该设备支持野外使用（图10）。

⑤便携式茎秆抗倒伏性测量仪：便携式茎秆抗倒伏性测量仪采用无损检测方式，在田间实时获取作物茎秆受力大小及对应倾斜角度，通过无线通信方式把数据传输到智能采集终端（图11）。智能采集终端能够直观显示受力及倾斜角度对应曲线关系，并通过内嵌抗倒伏模型，得出抗倒伏性能等级，为客观评定抗倒伏能力提供有力的数据支持，为筛选抗倒伏性强的种质资源提供高效、快速的测量设备。



图10 光合呼吸测量设备

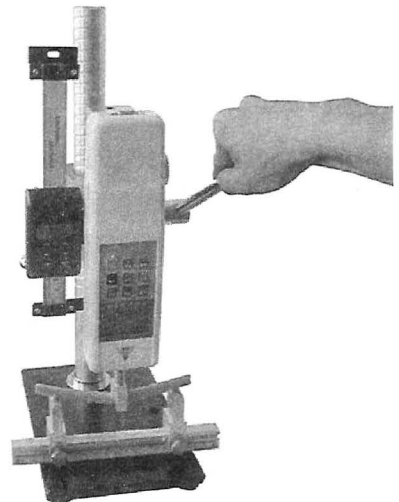


图11 便携式茎秆抗倒伏性测量仪

⑥穗部形态测量仪：穗部形态测量仪采用机器视觉技术，通过高分辨率摄像头获取小麦穗部图像，并实时进行图像处理，现场获取穗长、穗宽、小穗数等形态参数，主要应用于小麦育种、小麦遗传研究、栽培等领域，与传统的直尺、人工目测等方法相比，测量过程更加快速、准确（图12）。

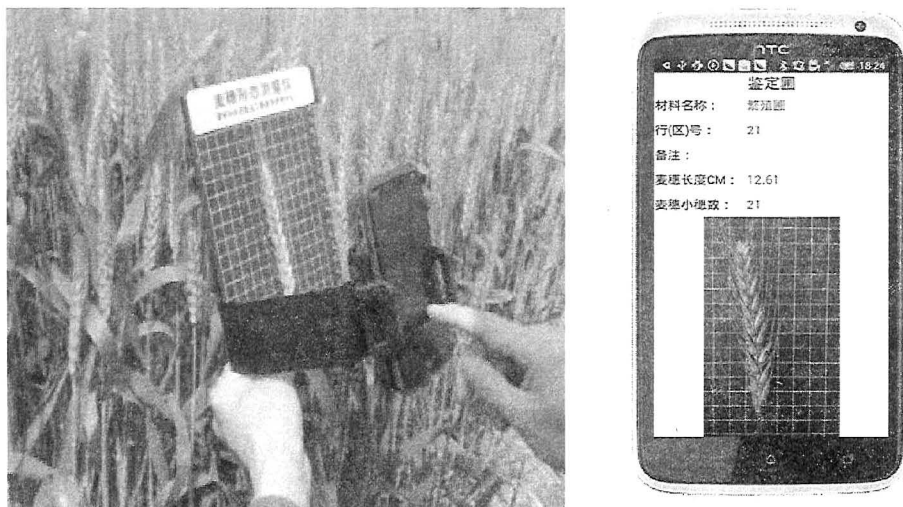


图12 穗部形态测量仪

⑦室内快速考种设备：室内快速考种设备采用高精度摄像头和高精度称重传感器，基于图像处理技术，可针对不同水稻、小麦、玉米、大豆、油菜等作物种子进行测量。不但能实现待检测种子的颜色、尺寸、数量等信息的获取，而且能获取种子的重量并测算千粒重，极大地方便了工作人员考种过程的测量（图13）。

(3) 动物生理监测设备。动物生理监测设备主要对动物生长过程中各阶段本体信息进行监测，监测指标包括动物运动量、动物体温、动物产奶量、奶质等，监测数据可通过手机、电脑等多终端实时查看并可进行共享分发。

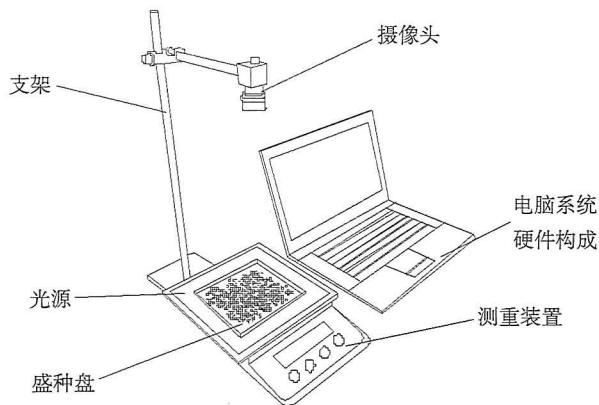


图13 室内快速考种设备

①动物运动量监测设备：动物运动量监测设备系统由动物计步器、计步控制器、动物行为视频采集汇集设备、动物行为分析与异常行为预警软件系统组成，实现对猪、牛、羊、鸡等动物的运动量、发情等异常行为的监测与预警。图14为对奶牛运动量的监测设备。

②动物体温监测设备：体温是体现动物生长状态的重要生理指标，采用红外摄像头的方式进行群体动物体温监测，适用于大规模养殖环境，可实现群体中的发热个体快速甄别，提高对动物疫病的早期检测与防治（图15）。

③奶量自动计量设备：奶量自动计量设备由电子奶量计、奶量计量控制面板、动物电子识别设备、主控单元以及奶量自动计量软件系统等组成，实现对牛、羊、马等动物个体单次产奶量的精确计量，为动物分群与精准饲喂提供重要依据。通过对动物产奶量的实时电子计量，获取动物挤奶时长、产奶量、奶位号等信息，通过控制主机将产奶数据与动物个体信息

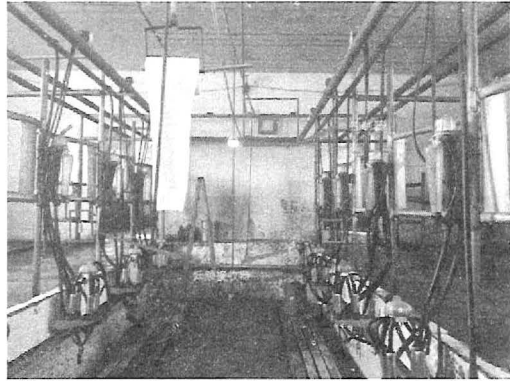
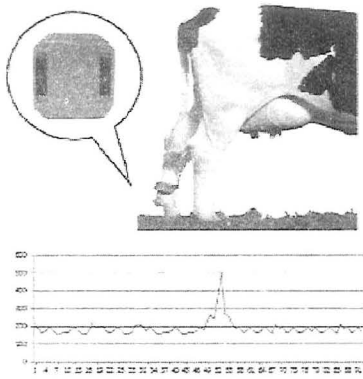


图14 奶牛运动量监测设备

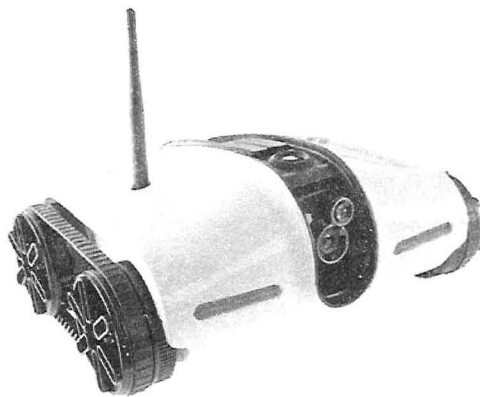


图15 养殖畜禽红外测温设备

进行关联，实现了动物产奶量的自动化计量与电子化归档，提高效率；通过云管理平台实现多平台的数据查看与管理（图16）。

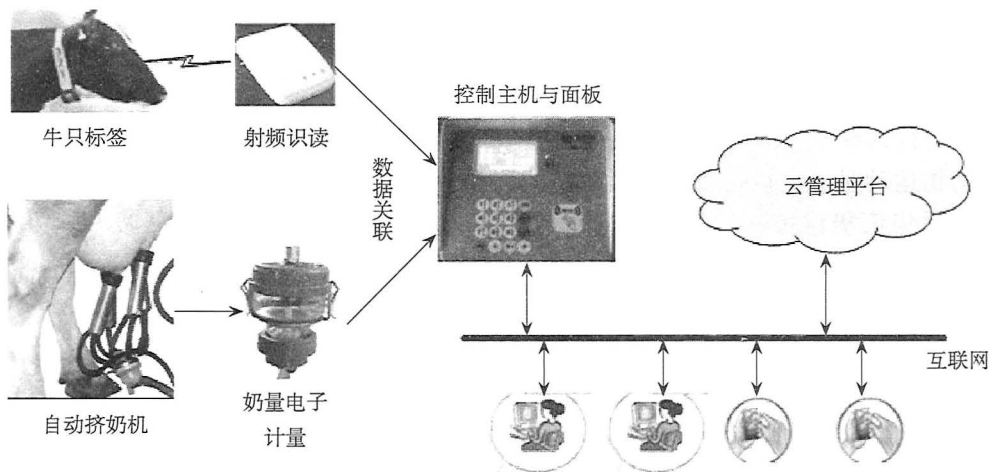


图16 动物（奶牛）产奶量自动计量

④奶质监测设备：奶质监测设备由奶温监测报警设备与奶质监测预警软件系统组成，集成双路温度传感器监测，避免温度不均匀漏警，系统可通过现场声光、短信、微信、APP、服

务平台等多报警方式，保证奶温异常时的及时通知响应。实时数据随时随地在线查看，历史记录可追溯实现生鲜乳存储、运输过程中的奶温实时监测与预警，保证生鲜乳品质（图 17）。

（4）农情图像监控设备。农情图像监控设备主要实现农业生产现场环境的实时、远程监控，具有定时执行预置点、巡航扫描、花样扫描、自动扫描，超宽动态范围、背光补偿和低照度自动/手动转换等功能，通过高分辨率摄像头实时获取作物图像，直观获取作物长势，通过图像处理算法进行识别分析，获取作物生长速度、形态参数及病虫害程度等信息（图 18）。

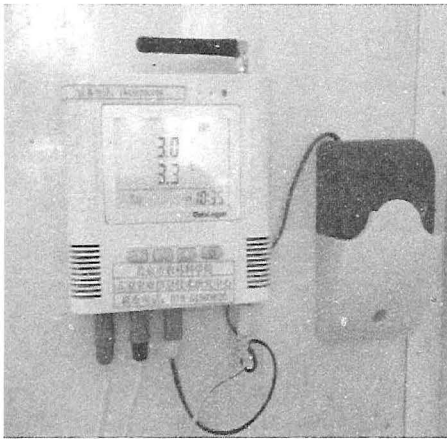


图 17 奶质监测设备



图 18 农情图像监控设备

（5）信息采集设备接口资源池。集成多链路通信协议协作接口技术，实现设备接口、数据接口、系统接口的快速精准定制，形成接口资源池，实现气象、墒情、水质、动植物生理等多类数据监测、计算、分析、处理软硬件产品无缝接入，同时支持数据接口自定义，使主流设备数据能及时汇聚。

2. 信息传输网络系统 信息传输网络系统针对大田、果园、设施、畜禽养殖等不同类型复杂农业环境信息采集需求提供高效的传输汇集方案，具体可分为：

（1）大田规模化生产环境物联网组网方案。根据大田种植规模、周边高建筑/自然地形成遮挡影响，以及作物密度、高度、叶面积等变化特点，结合不同区域电力、通信网络条件差异性，集成无线网桥、无线传感器网络、移动通信网络、农村虚拟专网等技术方案，满足大田复杂渐变环境高效传输需求。

（2）设施作物图像采集物联网组网方案。针对设施作物图像视频等信息采集以及设施智能装备在线控制交互问题，考虑设施作物图像数据量大以及多源监测数据和控制数据上下行数据量不对称导致的网络通信问题，集成图像采集、无线宽带通信、光纤通信等技术方案，满足设施物联网高带宽传输和数据传输稳定性需求。

（3）果园三维空间物联网组网方案。根据果园监测网络中果树枝、叶、果空间分布对网络数据传输的影响，结合果树生长的季节性变化特点，集成嵌入式网络、微波传输、动态路由等技术方案，形成果园监测自动优化重组网络，满足果园环境监测信息传输的数据归一化与低能耗等需求。

（4）畜禽养殖移动物联网组网方案。根据畜禽养殖监测网络中动物个体移动对网络信号传输的影响，考虑畜禽移动速度、相对距离变化与个体目标位置间对应关系，集成电子标签

识别、无线网络定位、个体目标追踪等技术方案，实现移动条件下的畜禽养殖物联网动态组网传输。

(5) 水产养殖水声物联网组网方案。针对水产养殖物联网传输中无线电水下信号衰减大、难以有效组网通信等问题，根据水产养殖水质监测点分布特点，集成有线传输、无线电传输、声波通信等多介质网络传输技术与路由组织方案，实现水产养殖监测的高效组网与无损传输。

农业信息传输网络系统（图 19）从硬件上分为信息传输网络节点与网关节点。

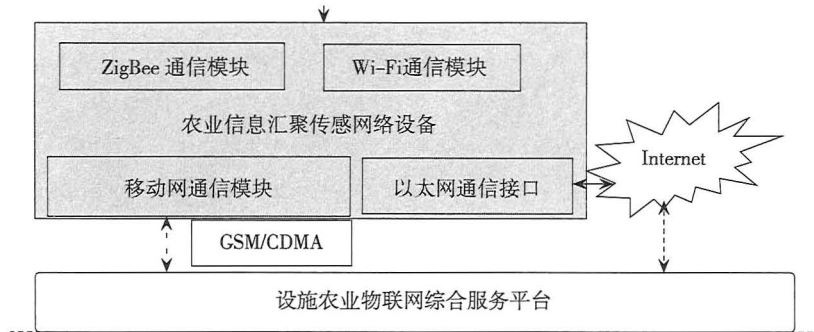


图 19 农业信息传输网络系统架构

信息传输网络节点支持通用的信息采集设备数据接口，只需要更换信息采集设备种类，即可满足不同现场参数测量需求，传输节点支持 RS485/RS232/CAN/USB 等本地有线接口以及 ZigBee/Wi-Fi/GPRS/3G/水声通信等无线网络传输方式，可进行点对点数据传输或星型/树型网络组织结构，兼容 ModBus、PROFIBUS 等数据协议，在上述协议的基础上增加自组网功能，实现自组织多跳网络，适应较大规模的网络传输应用，满足在大面积温室群的实用需求。

信息汇聚网关设备以嵌入式高性能处理器为核心，硬件集成多种类型的网络接口模块如无线传感器网络、Wi-Fi 无线网络、3G（移动通信）网络以及以太网接口。软件上集成 WSN 协议、PPP 协议、TCP/IP 协议、WLAN 协议、GSM/3G 通信协议等多类型网络通信协议栈，支持开放的数据协议接口，将农业环境、动植物生理、环境调控等多种、多源信息的汇聚与融合，并通过多种通信网络满足不同环境、不同使用条件下的实时稳定数据传输，实现农业生产现场物联网系统与互联网云管理平台的数据互联互通。

3. 大数据服务平台 平台针对农业生产、流通、经营等不同产业链环节的实际需求，基于用户需求主动服务发现技术提供生产环境动态在线监测、作物营养诊断、病虫害多专家协同诊断、农产品生产过程追溯、动物生理监测、环境在线智能调控、水肥一体化控制、农产品市场价格、标准化生产等服务，实现信息服务的智能化、个性化及主动化变革。平台包含三大通用功能模块：大数据资源池、大数据云服务、数据服务工具。

第一，大数据资源池：包含农业物联网数据资源池、物联网设备接口资源池、涉农网站互联网数据资源池、农业人员信息资源池、大数据分析模型库资源池、农情遥感数据的全领域农业信息化数据；依托农业大数据存储技术，实现对容量为 PB 级^①数据存

^① P 为国际单位制词头，名称为拍 [它]，所表示的因数为 10^{15} 。

储，支持多维度农情数据查询、个性化定制市场数据推送、热门分析模型推荐等数据接口功能。

第二，大数据云服务：提供大田、设施、畜牧等近 10 个农业行业大数据服务的同时还实现了舆情、农情、市场等公共服务，并且针对用户群体提供培训、网络书屋、专家问答等知识仓库以及提供信息交互的平台。

第三，数据服务工具：集成了大数据智能采集、大数据分析工具，实现对用户数据的快速采集和分析；提供学科群、蔬菜物联网、农保姆等专业系统的接口，了解更详细的专业信息；专业的移动端 APP，辅助用户移动办公、从口袋中掌握数据动态。

大数据服务平台的架构、首页和区域性农业大数据中心网页见图 20 至图 22。



图 20 大数据服务平台架构

针对不同农业生产应用以及网络传输条件，提供定制化精准服务解决方案。

(1) 生产环境动态在线监测。通过接入无线环境传感器（空气温湿度、土壤温湿度、土壤水分、光照等）、图像视频等实时监测设备对无人值守农业生产环境进行 24 小时不间断环境监测，提供现场、网页、手机等多平台的实时数据查看，能够准确及时地观测到空气温湿度、光照度、CO₂浓度、土壤温湿度、有害气体浓度等生产环境关键数据。设备采用远程无线传输技术，无需现场布线，数据的采集、存储、信息与短信推送均由远程服务器统一完成，减少新型农业经营主体和农业企业的前期投入及后期维护成本，使用简单方便。同时，支持 Web Service 传输接口、SQL Server 数据库交换接口、HTTP 交换接口、文件采集接口等，方便历史数据的导入和管理。

对农业生产实行智能预警，在环境参数超出预设值时对现场声音、网页提醒以及手机短信等多种方式进行及时报警；同时，实现农业生产现场各类监测数据的分类管理，提供历史

图 21 大数据服务平台首页





图 22 区域性农业大数据中心

数据查询、统计分析对比等全方位支持。当环境数据的单项值或综合因子值达到预警条件时，系统立即进行声音及标识自动报警，并将预警预测信息通知给用户（图 23）。

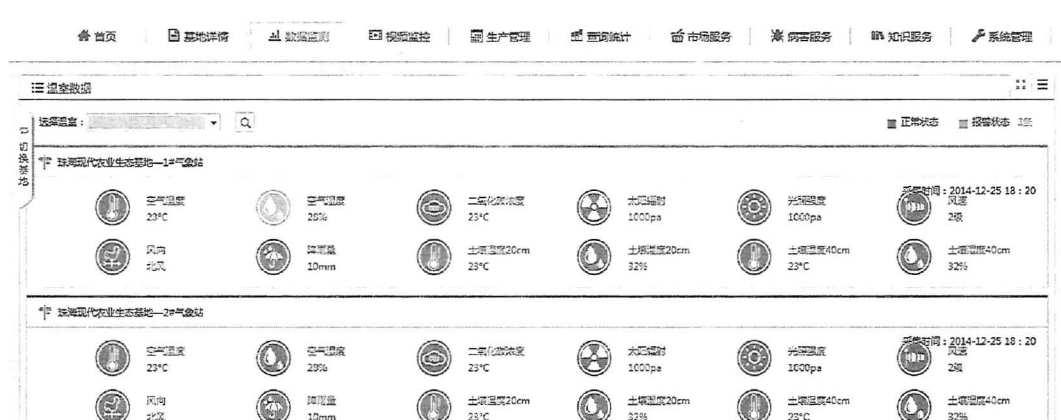


图 23 生产环境监测预警

(2) 作物营养诊断。综合运用物联网、图像分析等信息技术，围绕作物关键时期进行作物营养状况诊断，构建叶片图像特征数据快速提取和基于网络深度学习的作物营养综合分析模型，定制作物营养多因子综合诊断系统，进行土壤肥力、土壤墒情、气象、叶片图像特征数据的综合分析，对作物营养状况进行智能诊断，实现从单一维度、传统数据分析向多维度、深度学习与综合分析转变，提高诊断精度，使反馈的影响因素更全面，对生产的决策指导更直接有效（图 24）。

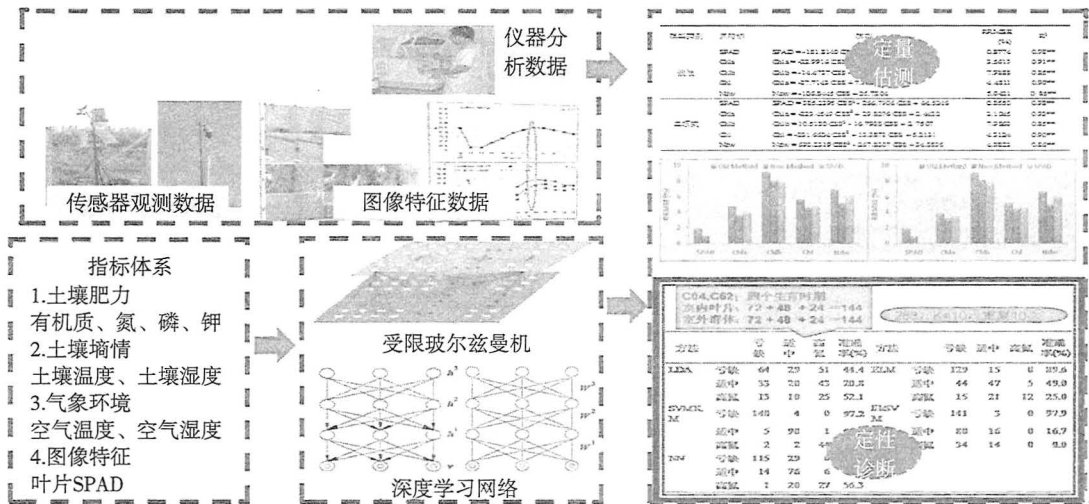


图 24 作物营养诊断流程

(3) 病虫害多专家协同诊断。多专家协同诊断：利用网络深度学习模型对历史病虫害数据和专家数据进行分析，建立专家匹配模型库，实现病虫害问题与专家的智能匹配，自动选择多个具有问题处理经验的专家共同参与病虫害问题解答，专家可以基于现场物联网监测数据（环境因子数据、图像、视频等）进行病虫害实时诊断和解决方案的推荐，提高了病虫害监测预警的科学性和实用性。

解决方案精准推送：利用网络深度学习模型对历史病虫害数据和解决方案进行分析，建立解决方案匹配模型库，实现病虫害问题与解决方案的智能匹配，并利用生育期定时推送、地域产业定点推送、兴趣记录追溯推送等技术，实现解决方案的精准化推送。

病虫害多专家协同诊断流程及病虫害分析决策系统网页见图 25 和图 26。

(4) 农产品生产过程追溯系统。通过农事采集 APP 实现生产基地农事管理、地块管理、生产记录、生产预警等功能；通过应用农药残留速测设备及农药残留检测管理系统，实现检测数据无缝对接、检测超标预警、检测统计分析等功能；通过应用条码打印机及追溯码打印系统，实现追溯标签定制、追溯标签打印等功能；通过集成各系统数据，构建追溯服务平台，提供面向生产基地及消费者的企业申报、生产指导、多方式追溯、统计分析等功能，从而保障农产品的产品质量（图 27）。

①农事信息采集：以智能手持终端为载体，实现种植或养殖过程生产履历信息的现场采集，如采集施肥、防治病虫害、灌溉等农事操作的时间、用量等；同时，系统可与生产履历多源信息采集设备交互，实现环境信息查询功能；系统提供数据远程上传功能（图 28）。

②生产履历管理：系统提供生产基地管理、生产资料管理、生产履历管理、产品检测管

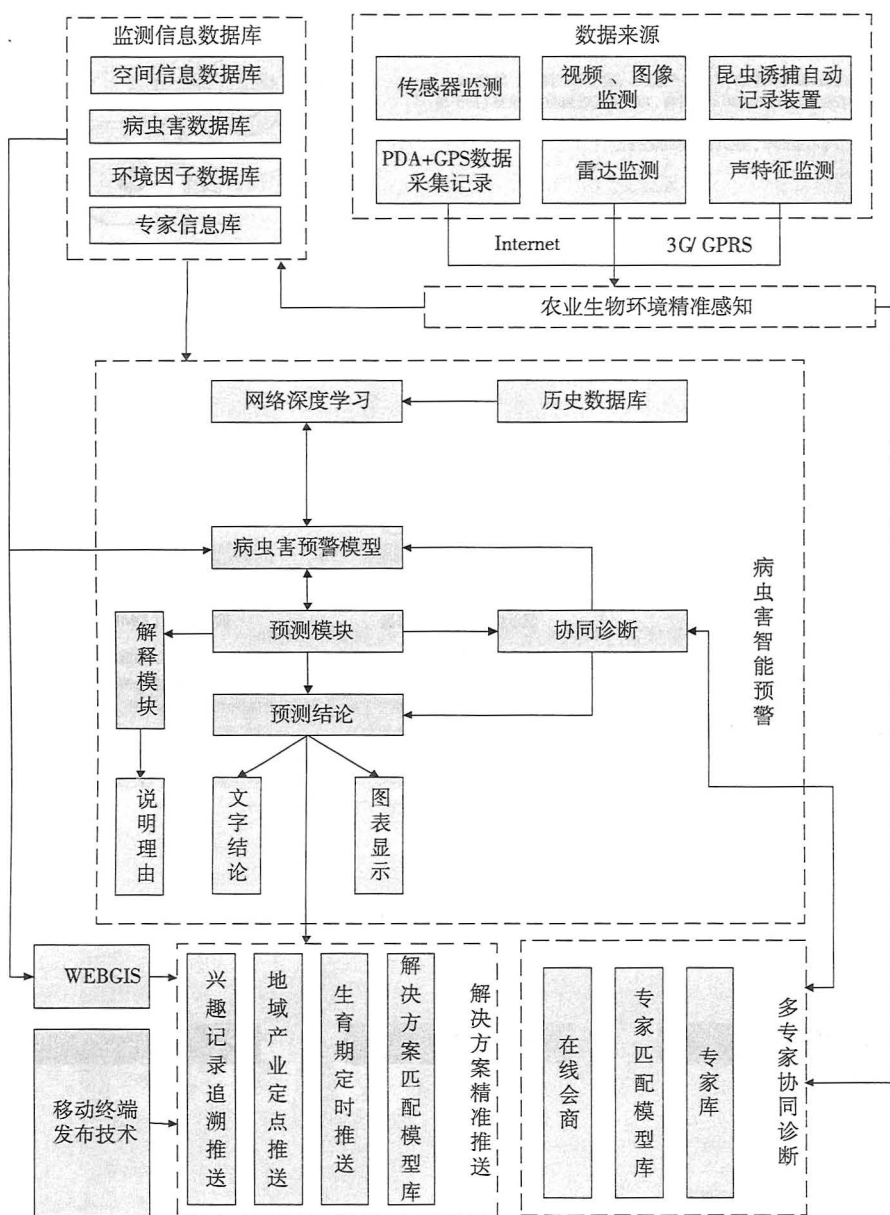


图 25 病虫害多专家协同诊断流程

理、生产过程预警、追溯标签生成与打印等功能。系统融合用药防治决策模型，可实现生产管理与质量预警的一体化（图 29）。

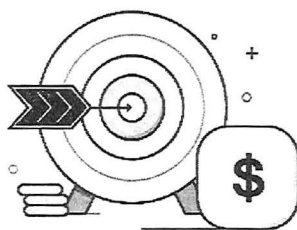
③追溯码生成：系统根据农产品品种、地块、生产方式、过程信息等，在综合农产品的个体属性、包装形式、生产方式基础上生成农产品批次追溯码。

④追溯服务：建立农产品质量安全追溯平台，提供面向消费者的网站追溯、手机扫描条码追溯、触摸屏追溯等服务；面向生产基地提供基地备案申请、生产指导、统计分析等服务功能（图 30）。

(5) 动物生理监测。定制动物生理监测系统，以奶牛为例，实现对奶牛运动量、发情行

病虫害决策分析

通过农场的无人职守气象站，完成空气温度、湿度、光照强度、风速风向、降雨量等农业环境参数的实时动态采集，以及人工采集的生物数据（孢子捕捉、虫口密度等），集成地理信息（GIS）数据、卫星遥感（RS）光谱数据和病虫害防治专家知识库，提供病虫害决策分析。



应用场景	方案优势	客户案例
------	------	------

应用场景

搜索推广 (SEM) 场景	展示广告 (RTB) 场景	数据管理 (DMP) 场景
<p>对于进行搜索推广的客户，百度云提供一系列搜索推广数据 API，帮助企业便捷、快速获取进行营销决策所需数据，更好地理解用户行为，助力广告代理商、大型广告主、有自动化搜索营销需求的客户从关键词搜索、展现、自动化调优等方面，全面升级搜索推广过程，使搜索推广更有依据，更自动，更高效。</p> <ul style="list-style-type: none"> · 搜索推广 API · 搜索Referer API <p>了解更多 ></p>	<p>展示广告场景下的解决方案包括工程级全开源 DSP、ADN 框架，投放策略模型（点击率/转化率预估），同时，百度云提供与百度流量交易（BES）的内网互联和弹性可靠的云资源。助力客户具备业务拓展能力，在实现稳定可靠投放的同时提升广告投放效率。</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cloud DSP - Cloud ADN - 广告点击率预估 - 商品优选 - 广告审核 <p>了解更多 ></p>	<p>通过数字营销解决方案，用户可以便捷的打通自有数据与第三方数据，为营销决策提供更丰富更多维度的信息。同时，完善的数据收集、数据处理、数据存储、数据分析产品助力企业快速打造属于自己的数据管理平台。</p> <ul style="list-style-type: none"> · 营销数据收集 · 营销数据存储 · 营销数据分析 · 营销洞察 <p>了解更多 ></p>

方案优势

- 场景覆盖全面，灵活易用**
 从云基础设施到营销云解决方案，从搜索推广到实时竞价展示广告，从大数据收集存储到数据分析，营销云解决方案都提供对应的产品/服务解决您的业务问题。
- 行业经验丰富**
 产品设计与研发人员均拥有深厚的行业知识、投放优化策略及相关模块开发经验。提供专家咨询服务。
- 百度核心业务多年技术积累**
 点击率预估等机器学习模型经过百度海量数据反复训练与调优。云基础设施支撑百度上亿用户及内部各项业务。更有专为营销广告行业定制的硬件与网络设施。
- 全面整合百度生态多样资源**
 结合百度已有搜索广告与展示广告生态，整合众多产业链合作伙伴，汇集全网大数据。

图 26 病虫害分析决策系统

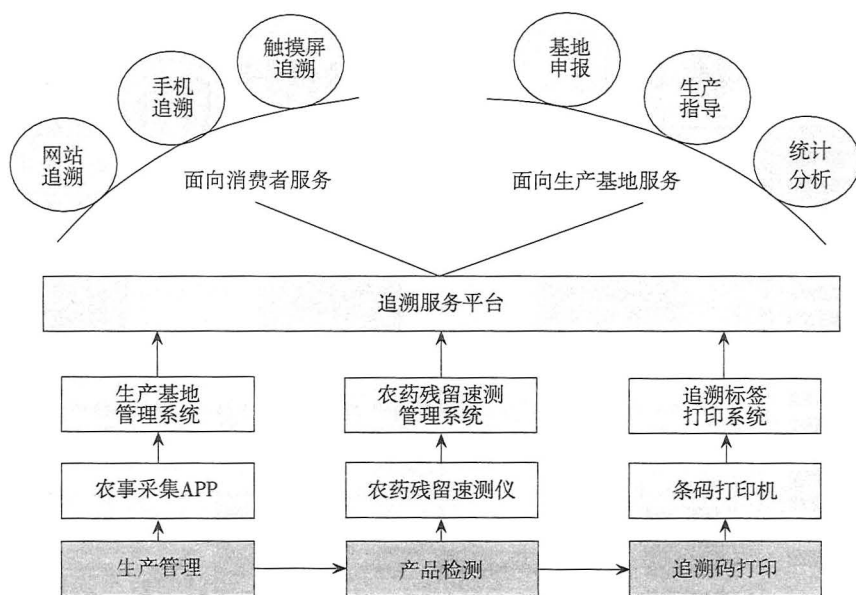


图 27 设施蔬菜生产过程追溯系统框架



图 28 农事信息采集系统示例

为、奶量、奶质等的监测与分析预警。

①奶牛行为监测：根据奶牛运动量变化则可较为准确地发现奶牛发情问题。平台汇集相关奶牛活动视频数据（非结构化数据）与运动量数据（矢量数据）的物联网监测数据，并与奶牛唯一标识进行关联，建立奶牛表型特征数据集，采用卷积神经网络大数据分析、机器学习等大数据分析对奶牛的表型特征进行提取与识别，建立多特征融合的奶牛行为分析模型，在运动量监测数据的基础上，基于视频的奶牛行为分析可实现奶牛发情、蹄病、临产等行为的监测预警，进而为奶牛生产管理提供辅助决策等支持，提高发情检出率与配种受胎

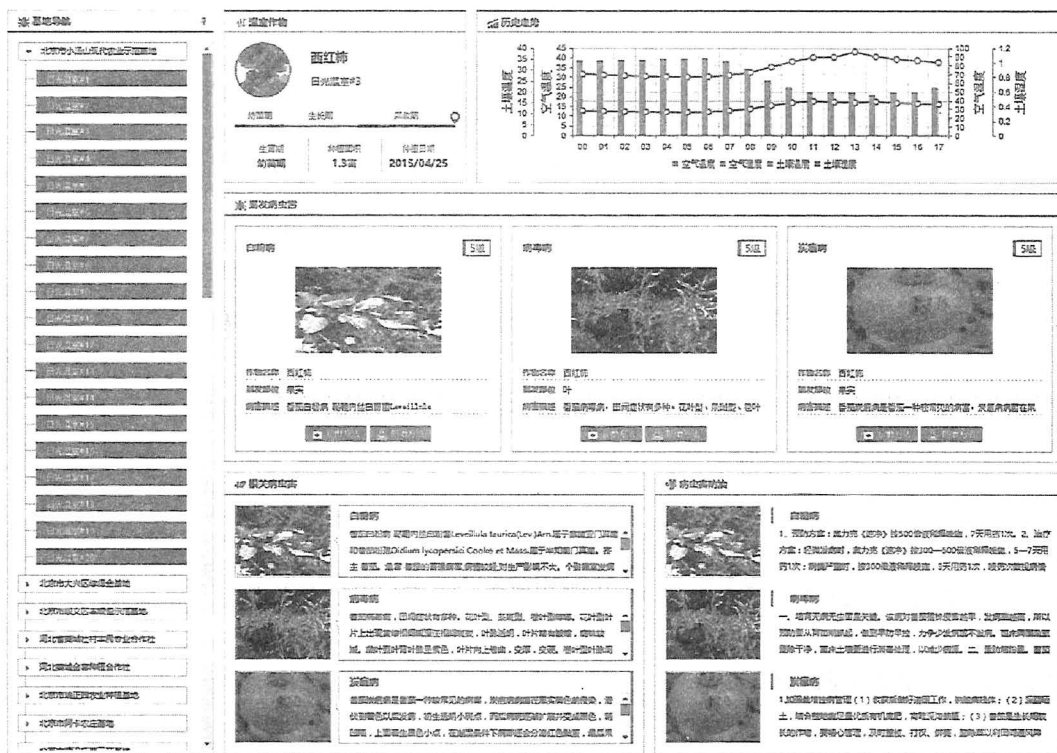


图 29 农产品绿色履历

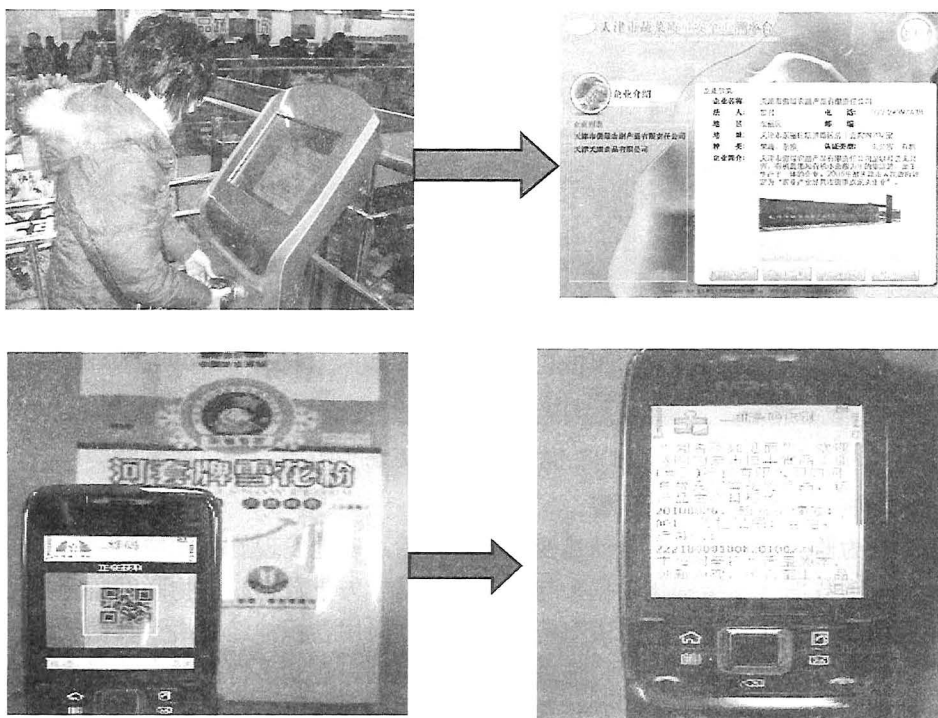


图 30 农产品追溯码与追溯流程

率,减少空怀天数,在减少投入的同时提高产量(图 31)。

②奶量自动计量:定制基于物联网技术的奶牛个体产奶量智能计量技术与系统,系统由电子奶量计、奶量计量控制面板、奶牛电子识别设备、主控单元以及奶量自动计量软件系统等组成,实现对奶牛个体单次产奶量的精确计量,为奶牛分群与精准饲喂提供重要依据。通过对奶牛产奶量的实时电子计量,获取奶牛挤奶时长、产奶量、奶位号等信息,通过控制主机将产奶数据与奶牛个体信息进行关联,实现了产奶量的自动化计量与电子化归档,提高效率;通过云管理平台实现多平台的数据查看与管理;并且为奶牛养殖平台的奶牛多维多源数据挖掘提供数据基础。

③奶质监测预警:实时数据随时随地在线查看,可通过现场声光、短信、微信、APP、平台等多报警方式,保证奶温异常时的及时通知响应。历史记录可追溯实现生鲜乳存储、运输过程中的奶温实时监测与预警,保证生鲜乳品质(图 32)。

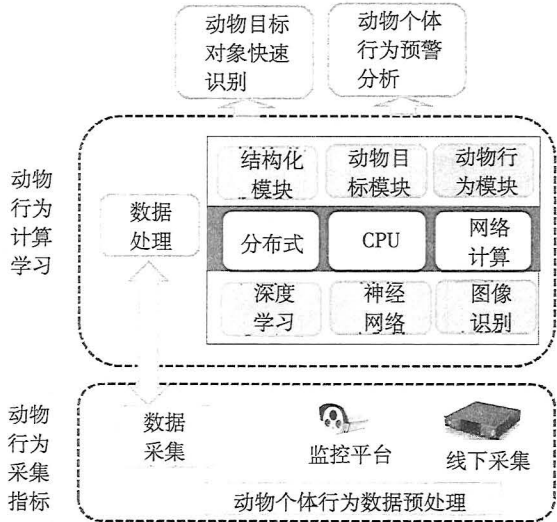


图 31 基于视频大数据分析的奶牛行为识别

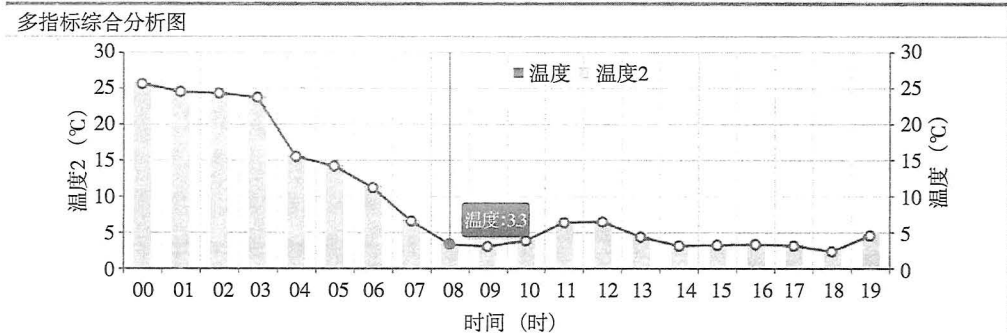


图 32 奶温实时数据曲线

(6) 环境在线智能调控。构建生长环境数据在线挖掘与分析模型,针对农业水、肥、药与作物生长关系的非线性难以建立精确数学模型问题,结合 WSN 实时采集数据插值反馈,采用模糊控制的方法确定灌溉、排风、卷帘、补光等设备的智能控制,基于智能预警模块的阈值控制实现异常情况下的设备自启动,以及基于人工自主设定的设备自启动,提高控制准确性和及时性(图 33 和图 34)。

(7) 水肥一体化控制。基于农业物联网采集的空气温度、空气湿度、土壤温度、土壤湿度、光照度、CO₂ 浓度等关键指标数据,结合测土配方数据,根据种植作物品种、土壤类型等各个关键点设置,利用专家知识和系统内嵌经验模型,通过服务器指令控制设备的开关,实现温室内水肥一体化设备的远程控制,指导用户科学化施用肥料,降低投入,提高环境效益(图 35 和图 36)。

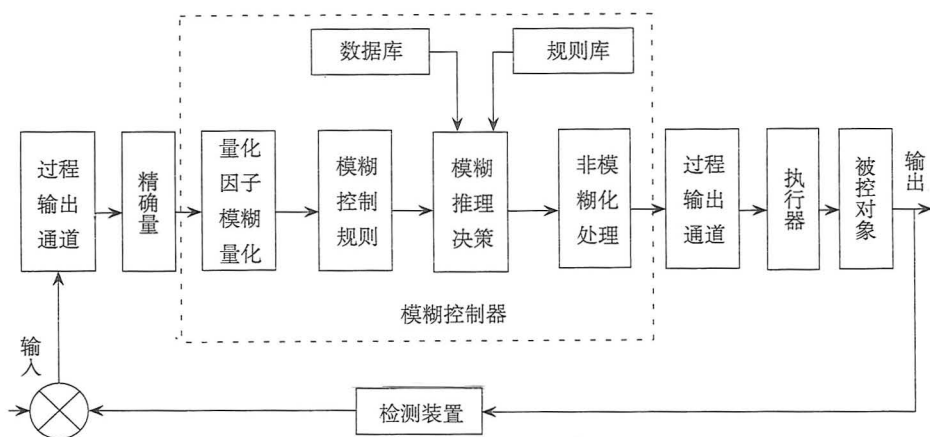


图 33 环境在线智能调控流程



图 34 温室环境监测及控制

(8) 农产品市场价格服务。面向农业政府主管部门、涉农企业、农民专业合作社等用户提供农产品市场价格信息与知识检索服务，可从海量农业网络资源中针对市场价格、供求信息

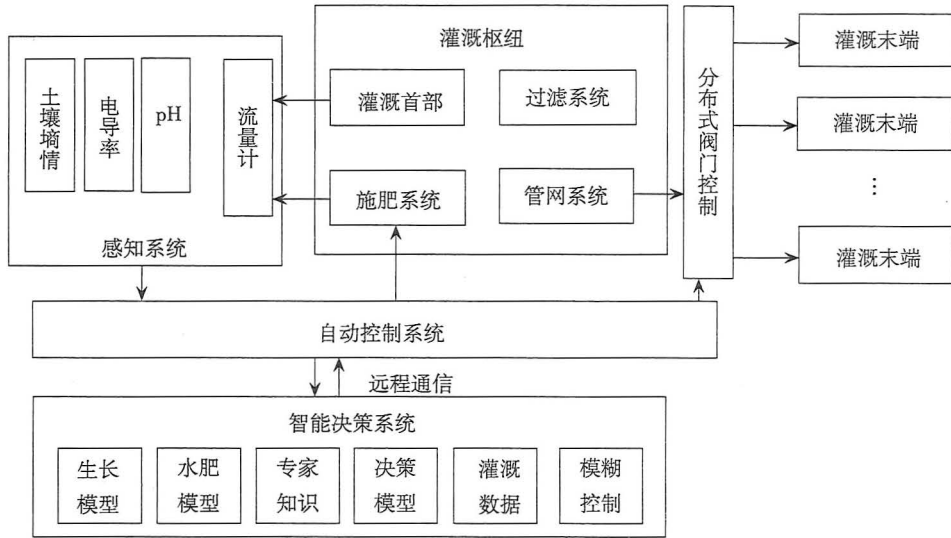


图 35 水肥一体化控制系统框架

息等特定资源，通过定向抓取、精确解析，形成可增量更新的农业网络资源数据库。系统提供针对地域、市场、品种等的农产品价格查询，还可以以走势图形式提供不同品种、地域间的农产品价格走势对比分析，并提供农产品价格变化趋势预测。系统可通过 APP、短信、Web、微信等数据服务接口，根据用户需要推送农产品市场价格、市场供求、市场预测等服务（图 37 和图 38）。

(9) 标准化生产。平台通过对比农业生产的地域性、季节性、周期性等特征，从多维度分析用户需求，提供服务个性化定制功能，定制标注化生产管理系统，对日常生产履历进行管理记录，对比标准化方案对施肥、打药、灌溉等生产措施进行调整，结合平台中知识模型与实时监测数据，提供动植物生长期管理、农事操作推荐、收获期管理等服务。

4. 农业物联网与大数据精准服务 为解决农事咨询服务通道固化、服务方式不够灵活、互动交流困难等问题，使农业生产和管理智慧化、便利化、科学化、高效化，为农民提供各种与农业生产相关的信息，平台提供农资查询、农事在线记录、标准化农事历关键点提醒、技术规程在线学习、农业问题远程咨询、农产品市场行情等服务模式，使得农民可分类查询新品种、新农药、新肥料等农资信息；提供操作记录以及资金消费记录，帮助农户把握生产过程，了解并控制生产成本；制定标准化农事操作流程，根据生长期关键节点实时提醒生产者进行相应操作；推送个性化农业技术规程，农民可以在线点播学习；对生产中遇到的各项问题可以直接通过语音、图片、文字的方式向专家咨询，获得专家的实时指导，以解决农业生产中的各项问题。

四、适宜区域

适宜应用于大田管理、果园管理、设施蔬菜生产、畜禽养殖、蜂产业、水产养殖、草原牧场等规模化种养殖生产基地、试验场站、企业，能够满足不同条件下物联网设备部署、田间网络组建、分析决策平台定制的需要。

该技术已在以下单位进行应用示范：北省石家庄市藁城区农林畜牧局、山东思远农业开

| 市场服务

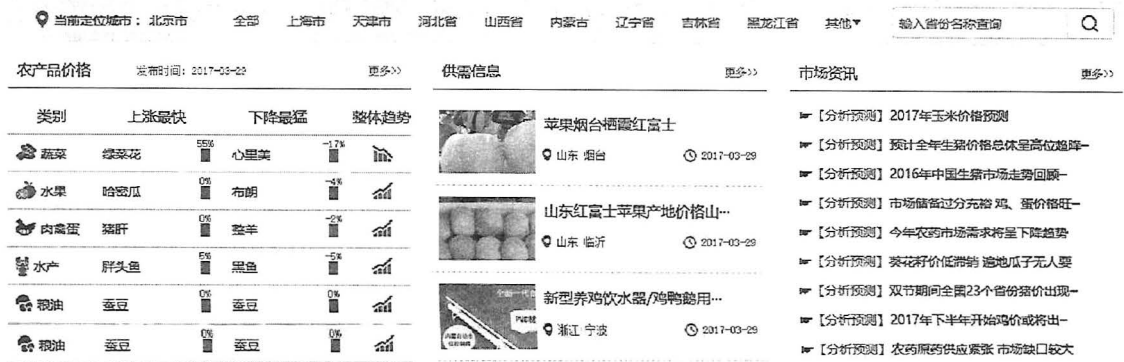


图 37 全国农产品实时价格及供需示例

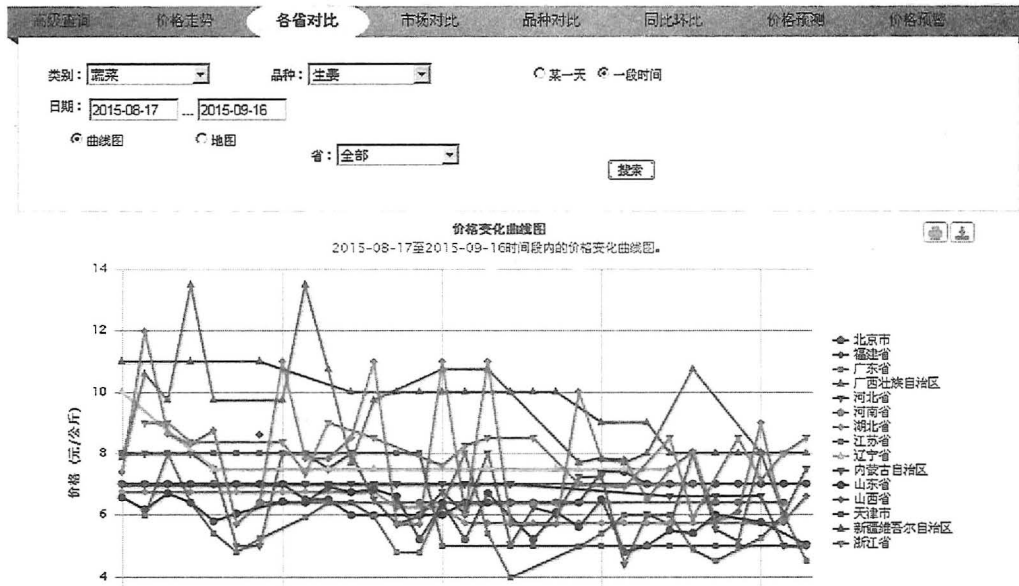


图 38 价格走势对比分析

发有限公司、北京爱农生态农业基地、中国农业科学院植物保护研究所、中国农业科学院作物科学研究所、中国农业科学院北京畜牧兽医研究所、中国农业大学、西北农林科技大学、北京市农林科学院、中国农业科学院沼气科学研究所、华中农业大学、中国水产科学研究院黄海水产研究所、中国水产科学研究院淡水渔业研究中心、中国农业科学院南京农业机械化研究所、山东农业大学等。

五、注意事项

推广应用中应注意根据大田种植、设施园艺、畜牧养殖、水产养殖、林果种植等不同产业选择不同型号和用途的物联网设备，并根据实际需求对软件平台功能进行组选，保证平台服务内容与生产实际需求紧密贴合。

平台的物联网设备采用购买和租赁相结合的方式推广应用，对于经济基础较好的用户可选择购买设备，对于前期资金紧张的用户可选择租赁设备，每年支付一定的租赁费，以

便减少前期投入；软件平台采用托管式云服务模式，用户不必配置系统运行所需的服务器等设备，可直接通过互联网使用平台的所有功能，有效解决服务门槛高、服务受体信息化水平受限、第三方参与不足等问题，实现低门槛、低成本、零运维、可持续的农业物联网服务。

六、技术依托单位

北京农业信息技术研究中心

联系地址：北京市海淀区曙光花园中路11号北京农科大厦3-11层

邮政编码：100097

联系人：缪祎晟

联系电话：010-51503140, 13810345861

生石灰改良酸性土壤技术

一、技术概述

耕地土壤酸化会导致土壤理化性状变差、持续产出能力降低，影响农产品产量、质量和农业生态安全。纵向对比第二次土壤普查和测土配方施肥补贴项目实施以来的64.4万个土壤样品pH，结果表明，湖南省耕地土壤平均pH由6.46下降到5.96，下降了0.5个单位，相当于土壤酸量（ H^+ ）在原有基础上增加了2.2倍。全省 $pH < 6.0$ 的酸性土壤耕地面积达3397.03万亩，占总耕地面积的60.26%，是我国酸化最严重的省份之一。

在土壤严重酸化的典型稻作区，通过施用生石灰，配合土壤综合培肥技术和其他农艺措施，以减轻土壤酸化对耕地质量与农产品质量安全危害的影响，达到调酸改土培肥和提高耕地综合生产能力的目的。

二、增产增效情况

通过对湖南省8个县（市、区）的40个定位对比监测点试验表明，通过施用生石灰，土壤有机质含量、pH、盐基离子总量比实施前均有不同程度的提高，土壤有机质含量为33.35克/千克，比实施前增加2.52克/千克；土壤pH平均为5.45，比实施前提高2.09；土壤盐基离子总量为7.01，比实施前提高0.12。土壤中交换性氢和交换性铝分别为0.13和0.85，比实施前分别降低了0.08和0.07。通过数据表明，施用生石灰能中和土壤永久负电荷引起的酸度（交换性氢和铝），提升土壤pH，生石灰的施用，伴随 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 在土壤胶体表面，增加土壤盐基离子总量。

监测点数据显示，撒施生石灰比未撒施生石灰平均折稻谷亩增28.4千克，亩增收73.8元，按照平均亩施生石灰80千克，每吨生石灰533元计算，需要增加开支42.64元，每亩实际增收31.16元。

三、技术要点

生石灰一般选择氧化钙（CaO）含量大于70%、细度为80%通过10目标标准筛、汞含

量 ≤ 2 毫克/千克、砷含量 ≤ 10 毫克/千克、镉含量 ≤ 3 毫克/千克、铅含量 ≤ 50 毫克/千克、铬含量 ≤ 50 毫克/千克的生石灰精粉作为施用的产品。

1. 施用量确定方法 主要依据不同质地稻田土壤反应(pH高低)确定生石灰施用量(详见表1)。生石灰施用采用5年1个轮回方法进行,即第2年、第3年施用量分别减至第1年的75%、50%,第4年、第5年停止施用。

表1 不同质地酸性稻田第1年生石灰施肥用量参考(千克/亩)

土壤反应	黏土	壤土	沙土
强酸性(pH 4.5~5.0)	100	75	45~60
酸性(pH 5.0~6.0)	60~85	45~60	30~45
微酸性(pH 6.0)	45	30~45	30

2. 施用时期确定方法 为避开农忙和高温季节施用生石灰,每年1次的生石灰施用时期应根据不同种植制度确定,以方便农民使用。

(1) 早稻—晚稻—冬闲耕作制度区:选择在冬季或早稻移栽前1个月左右将生石灰均匀撒施水田内,随即翻耕或在早稻移栽前翻耕。

(2) 早稻—晚稻—油菜/绿肥耕作制度区:选择在油菜秆或绿肥翻耕前2~3天将生石灰均匀撒施水田内,随即翻耕移栽早稻。

(3) 油菜—中稻耕作制度区:选择在油菜收获后中稻移栽前15天左右将生石灰均匀撒施在水田内,随即翻耕或在中稻移栽前翻耕。

(4) 烤烟—晚稻耕作制度区:选择在冬季或在烤烟移栽前1个月左右将生石灰均匀撒施水田内,随即翻耕。

四、适宜区域

在土壤严重酸化的水田、旱土、果园等均可实施。

五、技术依托单位

湖南省土壤肥料工作站

联系地址:湖南省长沙市岳麓区枫林一路9号

邮政编码:410006

联系人:李志明

联系电话:13974844479

电子邮箱:lern54321@126.com

5.2 农田鼠害 TBS 监测与防控技术

一、技术概述

农区害鼠是威胁农牧业生产、农牧民生命财产安全的重要有害生物之一。全国农田鼠害

年发生面积约4.5亿亩,农舍年发生1.3亿户左右,全国危害农业的害鼠主要种类有褐家鼠、黄胸鼠、小家鼠、长尾仓鼠、高原鼯鼠、甘肃鼯鼠等50余种。鼠害造成的粮食年均损失约100多亿千克,折合人民币约100多亿元,极大地制约了我国农业发展,影响了农民增收。

为了有效控制农区鼠害的发生危害,20世纪90年代以前主要使用磷化锌、毒鼠强、甘氟等高毒急性杀鼠剂,对农区环境和人、畜、天敌造成了极大的伤害。为有效地控制农田鼠害,2007年,全国农业技术推广服务中心在内蒙古、青海、吉林、新疆、安徽等地开展TBS技术试验示范。研究表明,TBS技术控鼠效果55%~80%,农作物挽回损失5.73%~8.9%,取得了很好的效果。

TBS技术还具有非常好的监测害鼠的功能,能够全天候、不间断、完整地记录各类农田害鼠在田间发生时期、发生程度,以及种群消长情况、优势种群等数据,充分弥补了鼠夹法在调查监测害鼠发生时的不足。监测结果表明,农区鼠种有黄胸鼠、小家鼠、褐家鼠、长尾仓鼠、灰仓鼠、藏仓鼠、柴达木根田鼠、甘肃根田鼠、青海田鼠、松田鼠、达乌尔黄鼠、阿拉善黄鼠、大林姬鼠(朝鲜姬鼠)、黑线姬鼠、子午砂鼠、五趾跳鼠、三趾跳鼠、林跳鼠、花鼠、巢鼠、小毛足鼠、中国蹶鼠、高山鼠平、高原鼠兔、喜马拉雅旱獭、间颅鼠兔、臭胸、高原鼯鼠、甘肃鼯鼠、斯氏鼯鼠等30种。

二、技术要点

一个TBS系统是由4个200米²围栏组成的方形设施,围栏间距大于等于100米,每个围栏长20米、宽10米的金属筛网围成,围栏长边下埋设4个PVC筒,短边下埋设2个PVC筒,每个围栏埋设12个PVC筒,每个PVC筒上口与地面齐平,且筒内保持空心,围栏金属筛网用固定杆固定牢固,与地面垂直。一个TBS系统监测控制鼠害面积约为500亩农田。TBS技术控鼠的条件是春季农田鼠密度3%以上或上年秋季农田鼠密度5%以上。

三、适宜地区

适用于旱作农田、草原、林区的鼠害防控。

四、注意事项

在开展鼠类调查及TBS技术操作过程中,操作人员必须穿防护服,戴口罩和乳胶手套、雨鞋、防蚤袜,随身携带灭杀病媒生物药剂和消毒液,禁止吸烟、饮酒、进食、裸手直接接触鼠类进行测量和解剖及制作标本,保障鼠情监测人员的生命安全。操作结束后,必须用肥皂洗手、洗脸,清水漱口,及时清洗防护用品。鼠情监测人员应以身体健康的中、青年人为宜。期间,注意维护好TBS技术配套设施,以保证监测和防控质量。

五、技术依托单位

青海省农业技术推广总站

联系地址:青海省西宁市建新路4号

邮政编码:810000

联系人：张宇卫，祁生源
联系电话：0971-8211966
电子邮箱：qhzb@vip.sina.com

果（菜、茶）—沼—畜循环农业技术

一、技术概述

农村沼气作为重要的民生工程，是处理畜禽粪便等农业有机废弃物的主要技术措施，不仅为农村地区提供了清洁可再生能源，而且为生态循环农业发展提供了有机肥源。随着农业生产方式、农民生活方式和农村用能方式的重大变化，沼肥需求在增强，把沼气产业与大宗高效经济作物和畜牧业发展紧密结合起来，形成以沼肥为纽带的果（菜、茶）—沼—畜良性循环农业，即推进果（菜、茶）—沼—畜循环农业发展，既可以消纳农业废弃物，又可以为社会提供更多的优质农产品，推进农业供给侧结构性改革。

农业部为推动沼肥的综合利用，根据农村沼气十大模式发展现状，从2015年开始在所遴选的陕西省延川开展以晨明模式为基础的沼肥在苹果种植区利用模式和机制的探索与研究。2016年农业部部长韩长赋调研该模式后提出“以果定沼、以沼定畜、以畜促果”的果—沼—畜模式，并进一步推动了2017年的果菜茶有机肥替代化肥行动。果（菜、茶）—沼—畜循环农业技术模式，是以沼肥施用为纽带的循环农业技术模式。畜禽养殖粪污等原料经过厌氧发酵生产沼气和沼肥，沼肥为果园、菜园和茶园提供有机肥料。一方面，沼肥施用能够有效提高土壤有机质含量，改善农作物的生长环境，抑制土壤中病原菌生长，生产的农产品口感好、品质优、价格高，有利于形成品牌农业，可以更好地满足市场对优质农产品的需求。另一方面，沼肥施用能够有效替代或部分替代果园、菜园、茶园的化肥施用，有助于将过量施用的化肥降下来，推进化肥使用量零增长行动方案的落实。因此，果（菜、茶）—沼—畜循环农业技术模式，可上接养殖业，下联种植业，有效消纳畜禽养殖粪污等废弃物，推动农业面源污染治理，为优质高端“菜篮子”“果盘子”和“茶盒子”产品供给和农业增效、农民增收提供重要支撑。

二、增产增效情况

在陕西延川梁家河村千亩沼肥苹果示范园，果园地头有4.5米³田间沼肥储存池132个，通过3年沼肥利用，该苹果园土壤有机质含量明显提高，果树叶色深厚、脱落晚、病虫害减少，苹果品质优、口感好，单果增重22.8克，通过“老沼农”“梁家河”等沼肥品牌，在销售单价方面提升增加了农民的收入。

三、技术要点

(1) 厌氧发酵技术。沼气工程推广中高温厌氧发酵、多元物料混合发酵等先进技术，规模化生物天然气工程推广中高温混合原料发酵工艺以及沼气提纯等先进技术。

(2) 沼气高值化利用技术。依据不同区域特点及实际需求，采用沼气供热供暖、沼气发电并网或生物天然气并入天然气管网、罐装和作为车用燃料等不同技术。适宜地区可推广沼

气制备合成氨、醇等化工产品等沼气高值利用技术。

(3) 沼肥生产施用技术。基于新建和优化提升的沼气工程,沼渣沼液固液分离后,沼渣堆制生产有机肥,沼液与氮磷钾营养元素进行调配制肥。针对果、菜、茶等主要经济作物,果树主要采用沼肥穴施,设施蔬菜采用固肥撒施、液肥提纯后通过水肥一体化施用,茶叶采用固肥撒施、液肥喷灌等方式。沼肥施用量及施用时间依据不同区域果、菜、茶作物养分需求确定。

(4) 智能化管理系统。结合云计算、大数据、物联网和“互联网+”等新一代信息技术和互联网发展模式,建设覆盖全国的信息化科技服务和监控平台,对果(菜、茶)一沼一畜循环系统运行情况进行研判和评价,对循环模式运行水平进行优化提升。

集成方式:在果园、菜园和茶园“三园”种植和畜禽养殖均具有优势的区域,通过新建或优化提升已建沼气工程,配套建设沼肥生产运输、沼气利用、“三园”沼肥施用机具及设施,根据区域特点和不同品种养分需求,推广适宜的沼肥施用技术。

四、适宜区域

适用于具有高附加值的果树、葡萄、蔬菜、茶叶等农产品种植区域和畜禽养殖优势产区推广应用。

五、注意事项

(1) 在模式推广应用过程中,应加强沼肥生产施用轻简化装备的研发和推广,为果(菜、茶)一沼一畜循环农业技术模式推广提供技术支撑。

(2) 因地制宜推广沼肥高效低成本输配模式和高值化产品开发,提高效益,保证沼气和循环农业基地的稳定有序运行,保障运行主体和农民的收入水平。

(3) 强化社会化服务组织的培育,通过专业化社会化服务组织的培育,加强对沼肥生产施用等关键环节运行支持,推动果(菜、茶)一沼一畜循环农业技术模式的示范推广。

(4) 加强剩余沼气的利用和排放控制,杜绝沼气排空造成严重的温室气体排放和大气污染。

六、技术依托单位

农业农村部规划设计研究院

联系地址:北京市朝阳区麦子店街 41 号

邮政编码:100125

联系人:孟海波,沈玉君

联系电话:13671058003,15901213895

电子邮箱:newmhb7209@163.com;shenyj09b@163.com

70. 农田地膜污染综合防控技术

一、技术概述

1. 技术提出背景 农膜是继种子、农药、化肥之后的第 4 大农业生产资料。地膜覆盖

技术已在全国范围得到广泛应用,覆盖作物种类也从最初的经济作物扩大到大田作物。地膜覆盖技术促进了农业生产力的飞跃发展,为保障我国“米袋子”和“菜篮子”做出了重大贡献。目前,我国地膜覆盖面积近3亿亩,年使用量145万吨,并呈逐年递增的趋势。随着地膜用量和使用年限的不断增加,农田残留地膜污染已呈现日趋严重的态势,造成土壤结构破坏、耕地质量下降、作物减产、品质降低以及农事操作受阻等一系列问题,影响了农业生产的可持续发展,迫切需要切实有效的治理技术和成套方案。

2. 拟解决的主要问题 集成PE地膜减量化、降解地膜替代、回收机械化和处理再利用等方面技术,覆盖地膜使用、回收、处理、再利用四大关键环节,初步建立农膜污染综合防控体系,有效减少农膜污染、节约资源,实现农业生态环境可持续健康发展。力争到2020年,当季农膜回收率达到80%,资源化利用率达到60%。生物降解地膜当年基本降解,动态平衡周期严格控制在3年以内,在部分区域和作物上逐步替代传统地膜。

3. 成熟程度、先进性、重要性、应用价值

(1) 一膜多用技术。该技术是全膜双垄沟播技术的创新和发展,已经在甘肃、内蒙古西北得到一定应用,如甘肃会宁县以头茬新膜玉米—二茬残膜玉米—三茬残膜胡麻为核心的轮作种植制度,已成为不保灌水川区独特的少免耕轮作节水节本增效种植模式,穴播胡麻面积已占胡麻播种面积的70%以上。

(2) 生物降解地膜替代技术。农业部已经在东北风沙区、华北集约农区和丘陵区、西北内陆灌区和西北旱作区、西南山地丘陵的全国13个省份的27个县(市、区)开展了可降解地膜对比试验,共涉及玉米、棉花、蔬菜、马铃薯、花生、烟草等6种主要覆膜作物。从两年的试验和部分地区开展的大面积示范来看,在一定地区和部分作物上,生物降解地膜具备推广条件,可以开展较大面积的推广示范。

(3) 机械化地膜回收技术。目前,国内较为成熟的有新疆棉田耕前残膜回收技术和西北旱地玉米地残膜机械化回收技术。秸秆还田搂膜联合作业机(棉田耕前残膜回收技术)解决一次作业完成粉碎棉花秸秆、抛撒碎秆、起膜边、将残地膜搂集成条、自动卸膜等关键问题,该机无需搂膜后再次打秆,并可不停机自动卸膜,作业效率高,已经在新疆主要植棉区选建4个技术应用示范点进行了大规模应用示范,示范应用面积超过20万亩,新疆主要植棉区将大面积推广应用。旱地玉米地残膜回收机(西北旱地玉米地残膜机械化回收技术)解决起膜、膜和杂物分离、地膜缠绕性和脱膜等问题,已在甘肃、宁夏等进行了大范围应用,应用面积达到10万亩,未来将通过农机补贴进一步推广。

(4) 残膜处理再利用造粒技术。2012—2015年,农业部在西北、东北、华北等地膜使用集中区,建立了229个地膜清洁生产示范县,扶持建设废旧地膜回收加工企业419家、回收网点2673个,形成废旧农膜加工能力18万吨,初步构建了地膜回收加工再利用体系。

4. 技术成果鉴定(第三方评价)及获奖情况 由中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所、新疆农垦科学院等单位完成的“农田地膜残留污染防控技术与产品”在2015年获得农业部中华农业科技奖二等奖。该成果系统揭示了我国地膜应用的变化特点,构建了可降解地膜适宜性评价体系。率先提出了农事操作与地膜回收相结合的研发理念,研制了多种新型地膜回收联合作业机具,实现农事操作与地膜回收的有机结合,回收率达80%以上,节约回收成本30~50元/亩,并在西北其他省份得到应用。中国农学会组织的专家组评

审认为该成果“技术整体处于国际先进水平”。

二、增产增效情况

1. 一膜多用技术 该技术是全膜双垄沟播技术的创新和发展，一次覆膜，连续多年免耕，种植多茬作物，降低生产成本，延长地膜地面覆盖时间，储蓄秋冬降水，最大限度地利用自然降水，有效地减少地膜用量，防治地膜残留污染。

2. 生物降解地膜替代技术 从农业部近两年的试验和部分地区开展的大面积示范来看，在一定地区和部分作物上，具备推广条件，可以开展较大面积的推广示范。比如在南方地区的经济作物，如蔬菜、烟草等。在马铃薯上，特别是覆土种植的马铃薯也可以开展相关推广工作。多点的试验都表明，使用该技术在一定程度上可以促进马铃薯增产。

3. 机械化地膜回收技术 该技术可一次完成多项作业，提高劳动生产率和残膜回收率，方便了播种、施肥、田间管理等环节机具的作业，提高了机械化作业效率和质量，为农业生产增产创造了有利条件，有效降低土壤地膜残留量，对保护耕地及实现农业的可持续发展有着巨大生态效益。

4. 残膜处理再利用造粒技术 废旧农膜资源再生产业是以资源回收、综合利用和形成新的资源为主要内容的产业链。从产业组织上看，包括废旧物资回收、加工处理、再利用等主要环节。残膜处理再利用造粒技术就是将废旧地膜通过加工企业实现资源化再生利用的过程，是地膜污染治理的末端环节，也是地膜污染治理完成闭环周转的关键环节。

三、技术要点

核心技术包括一膜多用技术、生物降解地膜替代技术、机械化地膜回收技术和残膜处理再利用造粒技术。

1. 一膜多用技术 该技术是指覆膜前茬作物收获后，不揭膜保护地膜，当年或翌年春季，在原有地膜上播种后茬作物的一种免耕抑蒸保墒增温技术。特点是不破坏土壤结构，集蓄降水，抑制土壤水分蒸发，提升早春地温和增加积温，减轻冬春季土壤水蚀、风蚀危害，增加作物复种指数，尤其是减少地膜重复性投入造成的环境污染和资源浪费，达到增产增收、节本增效和缓解污染加重的目的。

2. 生物降解地膜替代技术 该技术主要包括产品选择和配套农艺技术。

(1) 根据区域和作物对地膜覆盖时间的需求，选择能够满足生产需要的生物降解地膜产品。一是操作性，产品抗拉强度能否满足覆膜操作的要求，在大规模的机械化作业农区，抗拉强度要较高，能够进行机械化铺膜作业；而在西南山区，人工覆膜，则可以对其强度要求降低。二是功能性，即覆膜后能够在农田中保持合适的时间后才开始破裂，同时要具有增温保墒抑草等利于作物生长的特性。三是可控性，即地膜破裂和降解时间应该在完成其基本功能后才开始，尤其是不能过早开裂和降解。四是经济性，产品成本要通过材料规模化、配方精准化等措施和方法逐渐下降，最终达到综合经济成本低于普通 PE 地膜。

(2) 配套作业机械和水管理措施。考虑到生物降解地膜原料特点，覆膜机械应对原来进行普通 PE 地膜作业机械进行适当改进，尤其是在覆膜机构上加装防过分拉扯装置，避免覆膜时将地膜拉得过紧，播种的鸭嘴应该增加锋利程度，便于降低对地膜的拉扯和有效下

种。同时，在农田水分管理方面，应该适当增加灌水次数，弥补生物降解地膜保墒性能略差的不足。

3. 机械化地膜回收技术 该技术是针对覆膜栽培技术发展起来的配套技术，是指使用残膜回收机械对农田当年地表残膜以及历年存留在耕层的残膜进行回收，按照农艺要求和作业时间分为3类。

(1) 秋后残膜回收技术。秋后收膜是在作物收获后、耕整地前，将田间的残膜收起。北方地区受气候影响，秋后收膜常常与灭茬、耕地作业结合在一起形成复式作业，残膜回收率应达80%以上。

(2) 作物苗期（头水前）残膜回收技术。苗期收膜是根据农艺需要，在作物浇头水前将地膜揭去，以便于中耕除草、施肥和灌溉。此时地膜使用时间短、未老化、并有一定强度，而且膜上积土少，起膜容易，有利于收膜。主要适用于玉米、棉花等作物中耕作业前的地膜回收，残膜回收率应达80%以上。

(3) 耕层内残膜回收（清捡）技术。针对历年耕层内的残碎膜，结合秋翻、春耕犁地作业（作物播前）进行残膜回收作业。主要采用搂膜机、配置有搂膜齿的犁和整地机等机型，可将地表及耕层10厘米内的残碎膜搂起或捡拾，当年残膜回收率应达20%（指占耕地中历年累计残碎膜总量的比例）。

4. 残膜处理再利用造粒技术 该技术主要是将废旧农膜加工转化和再利用的过程。主要流程：回收环节（承重、量方）—堆料区—破碎区—清洗区—造粒区（烘干、切割）—循环水利用—深加工。废旧地膜再生加工站通过引进破碎效率高、清洗及干燥能力强、再生颗粒质量高的塑料薄膜，清洗脱水干燥后再造粒的生产设备，将废旧农膜处理加工成再生PE颗粒，后再加工成PE管材、塑料容器、地面井盖等再生塑料制品，有效实现资源循环再利用。

由于区域、作物和种植方式的差异，在一个区域，或一个作物上需要通过单项技术应用和多项技术组合应用，实现农田地膜污染综合防控。

四、适宜区域

1. 一膜多用技术 适宜于西北地区，以新疆、甘肃为重点，包括宁夏、陕西、青海、山西和内蒙古的部分地区。

2. 生物降解地膜替代技术 在一定地区和部分作物上，具备推广条件，如在南方地区的经济作物（如蔬菜、烟草）和覆土种植的马铃薯上。

3. 机械化地膜回收技术 适宜于田块地势平坦、集中连片的地区，尤其是东北、西北等大面积地膜覆盖栽培区域。

4. 残膜处理再利用造粒技术 适宜于在年覆膜面积和年覆膜量大的县（市、区）建设废旧地膜再生加工站。

五、注意事项

1. 一膜多用技术 一是需要注重优化田间管理方式，地力在一膜多用中有着重要作用，第1次覆膜时宜一次性施足底肥，尤其磷钾肥，是提高后作生产的关键。二是前季作物收获后及时覆土，或用作物秸秆覆膜，保护地膜完好。

2. 生物降解地膜替代技术 一是需要与当地的气候、土壤和作物对覆膜功能需求相适应,对于旱寒区水热条件较差的区域,要避免用于覆盖对水热条件要求很高的农作物。二是要针对不同区域和作物,选择合适的生物降解地膜产品。三是要注重覆膜质量,杜绝地膜的边和头没有压严实,露风或者易被风掀起和撕裂等。

3. 机械化地膜回收技术 一是选用机具应考虑残膜与茎秆、叶片、杂草混杂及裹土问题,如果能分离,干净的地膜可以回收再利用,从而提高经济效益,而且可减轻机具作业的负荷,提高集膜箱的有效容积。二是缠绕问题,应尽量使各工作部件表面光滑,同时应在易发生缠绕处放置刮刀和卸膜机构,以便及时刮断缠绕的残膜,将收起的残膜卸掉,送入集膜箱,这些措施都可以有效防止残膜的缠绕和返带。

4. 残膜处理再利用造粒技术 一是要注重水资源的循环再利用,考虑到回收残膜中会夹杂茎秆、土等杂物,清洗步骤必不可少,务必在废旧地膜再生加工站建设之初设计好循环水利用系统。二是要积极争取地方增值税和电价补贴,受到近年来国际石油价格大幅下跌影响,废旧地膜再生产品价格大幅下降,经济上可行是关键所在。

六、技术依托单位

1. 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所

联系地址:北京市海淀区中关村南大街12号

邮政编码:100081

联系人:严昌荣

联系电话:13910020499

电子邮箱:yanchangrong@caas.cn

2. 新疆农垦科学院

联系地址:新疆石河子市乌伊公路221号

邮政编码:832000

联系人:郑炫

联系电话:13319930066

电子邮箱:jiazhengxuan@sohu.com