

电子技术在智慧农业温室环境 自动化控制系统中的应用

窦 晨

晋中信息学院

摘 要：随着电子技术和信息化水平的不断提升，智慧农业已经成为现代农业发展的重要趋势，其中温室环境自动化控制系统是智慧农业的核心应用场景之一。本文基于智慧农业发展的背景，系统梳理了电子技术在温室环境自动化控制系统中的应用价值与意义，并回顾国内外相关研究现状。在理论分析部分，论文详细探讨了传感器技术、无线通信技术和自动化控制技术在温室环境中的作用机理，进一步剖析温室环境控制系统的需求与系统架构。在应用层面，论文围绕温湿度监测与控制、光照强度调节、水肥一体化管理及病虫害监测与预警四个方面展开说明，结合实际案例，介绍了基于 AI 视频分析的智能安防系统以及蜂窝物联大棚系统的运行效果与实践价值。最后，论文总结了电子技术为农业生产效率提升、绿色可持续发展和远程管理带来的积极效益。

关键词：精准农业；物联网；大数据分析；智能决策支持系统

当前社会对农产品的需求不仅体现在数量的增加，更集中在质量的提升上。传统的农业生产方式往往存在资源浪费严重、环境依赖度过高、产量和品质不稳定等问题，难以满足人们日益增长的需求。智慧农业的提出与发展，正是基于电子技术、物联网和人工智能等新兴科技，为农业生产注入新的活力。通过自动化和信息化的手段，可以在很大程度上降低外部气候对农业生产的不利影响，从而提高整体效益和可持续性。

电子技术在温室环境自动化控制系统中的应用，使得环境参数如温度、湿度、光照、二氧化碳浓度等能够实时监测和动态调节。传感器与控制单元相结合，通过精准的数据采集与反馈，为农作物提供最适宜的生长环境。站在农民收益角度，这不仅能提升产量和品质，还可以减少农药与化肥的过度使用，进而降低农业面源污染，对生态环境保护意义重大。同时，电子技术推动农业数字化与智能化转型，增强农业国际竞争力，也有助于国家乡村振兴战略的落实。

在国际上，相关研究起步较早且体系成熟。例如，美国开发的温室网络管理系统集成了施肥、灌溉和生产管理功能，并通过传感器实现智能化操作；加拿大则借助计算机辅助管理软件，对温室生产过程进行实时分析与优化，减少农药使用并提升经济效益。

国内的研究虽然起步较晚，但发展迅速。近年来，大型农业园区与龙头企业普遍建立智慧农业温室系统，借助无线传感器网络实时采集与传输环境数据，提升系统的灵活性与可扩展性。同时，国内研究也逐步引

入模糊控制、神经网络等智能算法，提高系统适应性。然而，目前在核心技术自主创新方面仍存在不足，部分关键技术依赖进口，且在区域适配性和作物差异化控制方面仍需进一步突破。

1 电子技术在温室环境控制中的应用原理

1.1 传感器技术：环境参数的实时监测

传感器技术是整个温室控制系统的核心环节。温度、湿度、光照、二氧化碳浓度等传感器被部署在温室的不同区域，实现连续、精准的数据采集。例如，当温度超过设定阈值时，系统会自动联动风机或加热设备；当湿度不足时，灌溉系统自动启动；光照不足时，补光灯则会开启。这些传感器一般内置信号调理电路，避免数据漂移和失真，为系统控制提供可靠依据。

1.2 无线通信技术：远程传输与数据分析

温室中的各类传感器数据通常通过无线通信传输到中央系统或云端，从而实现远程监控与智能化决策。无线通信不仅能支持实时性，还能结合历史数据进行预测分析，为生产者提前制定调控策略提供参考。例如，基于历史数据模型预测未来气候变化趋势，自动调整灌溉与通风策略，保障作物稳定生长。

1.3 自动化控制技术：智能决策与精准调节

自动化控制单元如 PLC、微控制器和工业计算机，承担着对监测数据进行实时分析和执行控制的任务。它们能够根据传感器反馈，精准调控加热、灌溉、遮阳、通风等设备，从而保持温室环境在最佳区间。与传统人工经验相比，自动化控制显著提升了决策速度与准确性，为农业生产提供强有力的支撑。

2 智慧农业温室环境自动化控制系统的需求与架构

2.1 作物生长的环境需求

不同作物对温度、湿度、光照和土壤条件的要求差异显著。例如,番茄适宜温度为22~28℃,而生菜则偏好18~22℃。若温度和湿度不在合理范围内,将导致病虫害加剧或产量下降。因此,自动化控制系统必须基于作物特性,提供针对性的环境调节方案。

2.2 系统对自动化的基本需求

现代温室必须具备实时监测、智能调控、故障诊断和预警功能。自动化系统不仅需要针对不同作物和生长阶段灵活调整,还要在发生异常时快速响应,保障生产安全。随着规模化和集约化趋势增强,农户对智能化控制的依赖度越来越高。

2.3 系统架构层次划分

智慧农业温室控制系统主要包括感知层、传输层、控制层与应用层:

(1) 感知层: 各类传感器采集环境参数并转换为电信号。

(2) 传输层: 通过RS-485、4G/5G等方式传输数据,保障稳定性与实时性。

(3) 控制层: 由微控制器和工业计算机组成,执行数据分析和控制任务。

(4) 应用层: 提供远程监控、数据展示与智能诊断功能,结合大数据和AI技术,为农户提供决策支持。

这一架构的设计保证了系统的稳定运行,同时具备可扩展性和兼容性。

3 电子技术在温室环境自动化控制中的具体应用

3.1 温湿度监测与控制

温湿度是温室大棚环境调节中最基本也是最核心的参数之一。不同作物对温湿度的要求差异显著,如果不能维持在合适区间,就容易出现生长停滞、病虫害滋生或品质下降等问题。电子技术的引入使得温湿度调控更加精准和高效。系统通过在大棚内部署多点温湿度传感器,实时采集空气和土壤中的环境数据。这些传感器的精度普遍达到 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 和 $\pm 3\%\text{RH}$,能够在波动较大的条件下依然保持较高的测量可靠性。当采集到的温湿度超过设定阈值时,控制系统会立即联动风机、加热器或喷雾系统进行调节。例如,在冬季寒冷时段,当温度降至20℃以下,系统会自动开启加热装置,以确保番茄等作物能够在适宜温度区间生长。又如在湿度过低时,喷雾设备会自动运转,避免土壤干旱和空气干燥对植株造成胁迫。与传统依靠人工经验判断相比,这种基于实时数据的自动控制方式明显提升了环境调节的灵活性和准确性。

3.2 光照强度调节

光照作为植物光合作用的必要条件,对作物产量和品质有直接影响。温室中自然光照条件往往会受到季节和天气的限制,过强或过弱的光照都不利于作物生长。电子技术通过感光传感器实时检测光照强度,并与预设的作物生长曲线进行比对,从而实现光照的动态调节。当光强过高时,系统会自动调节遮阳网的开启程度,防止强光灼伤叶片;当光照不足时,补光灯会被自动开启,并且能够根据环境变化实现分区补光。以生菜为例,在生长期需要2000~3000勒克斯的光强,系统会通过遮阳与补光的组合方式维持在这个区间。合理的光照控制不仅能加快植物生长,还能改善果实的外观和口感,例如番茄在适宜光照条件下,其糖分积累更高,商品价值更大。光照调节功能与温湿度控制结合使用,可以形成更加稳定的综合环境优化效果。

3.3 水肥一体化管理

在传统农业生产中,施肥与灌溉通常依赖人工经验,容易出现过量施用或不足的问题,既浪费资源又影响作物品质。水肥一体化管理技术结合了电子技术中的传感器、执行器和控制算法,能够实现精确的水肥供应。通过土壤湿度传感器和电导率(EC)传感器,系统能够实时监测土壤的水分含量和养分浓度,并根据不同作物的生长阶段制定动态施肥灌溉方案。例如,在番茄结果期,系统可以自动设定每天3~4毫米的灌溉量和每公顷40~60千克的肥料供应,保证果实膨大和品质提升。控制系统通过自动滴灌装置将水肥均匀输送到作物根系附近,避免水分蒸发和养分流失,同时提升肥料利用率。与传统大水漫灌相比,这种方法显著节约了水资源,并减少了对地下水 and 环境的污染,实现了节能环保与高效生产的统一。

3.4 病虫害监测与预警

病虫害是制约温室生产稳定性的另一大因素。传统的防控方式往往依赖人工巡查和农药喷洒,不仅劳动强度大,而且容易出现防治不及时或用药过量的问题。随着电子技术与人工智能的发展,基于图像识别的病虫害监测系统逐渐普及。该系统通过高清摄像头对作物叶片和果实进行实时拍摄,并利用深度学习算法对图像进行分析,识别是否存在病斑、虫害或生长异常。一旦检测到可疑情况,系统会立即通过预警平台提醒管理人员,并提供相应的防治建议。例如,在辣椒生长期,系统能够通过识别叶片斑点提前判断可能的真菌感染,从而及时采取喷洒生物农药或调整湿度等措施,避免病害大规模蔓延。与传统方式相比,

这种技术显著降低了农药的使用量,有助于提升农产品的安全性和市场竞争力,同时也符合绿色可持续发展的理念。

3.5 综合效益分析

温湿度控制、光照调节、水肥一体化和病虫害监测四项技术在温室环境中相辅相成,形成了一个完整的闭环控制体系。它们不仅分别解决了作物在不同生长阶段的关键问题,还通过数据共享和系统联动实现了整体优化。例如,光照调节与温度控制之间存在紧密联系,当补光灯开启时会带来额外热量,此时温度调节模块能够自动修正参数,保证环境的稳定性。再如,水肥供应过多时容易造成湿度上升,系统会通过通风装置及时排湿,避免滋生病害。整体来看,电子技术的应用让温室管理从“经验驱动”转向“数据驱动”,使农业生产更加精细化、智能化,也提高了农户对环境调控的掌控能力。

4 创新应用案例分析

4.1 基于AI视频分析的智能安防监控系统

该系统通过高清摄像头和深度学习模型,实现对温室出入口和作物区的实时监控。一旦发现异常人员或车辆,系统立即发出警报并通知管理人员。其优势在于大幅减少人工巡检压力,提高安防效率和可靠性。尽管初期投资较高,但长期运行能够显著降低成本并提升农产品竞争力。

4.2 蜂窝物联智慧农业大棚系统

该系统将电子技术、物联网与蜂窝通信结合,构建了涵盖水肥一体化、环境监测与设备远程控制的综合管理平台。用户通过手机应用即可查看实时数据和历史趋势,系统还能自动联动风机、水帘等设备进行调控。在花卉种植等高附加值领域,该系统表

现尤为突出,可精准控制花期与品质,提升市场竞争力。

5 结论

电子技术在智慧农业温室环境自动化控制系统中的应用,已经成为推动农业现代化与绿色发展的关键路径。从传感器技术到无线通信,再到自动化控制与人工智能,电子技术贯穿于整个系统架构与运行过程中,实现了环境调节的精准化和智能化管理方式的智能化。通过实践案例可以看到,这些系统显著提升了生产效率、降低了资源浪费,并为远程管理与决策提供了科学依据。

参考文献:

- [1] 徐凯,徐兰婷,张怡文,等.智慧农业及其在设施蔬菜生产中的应用[J].辣椒杂志,2024,22(1):60-66.
- [2] 李文洋,薛浩,白艳艳.智慧农业技术在榆林市温室大棚中的应用[J].农业科技通信,2024(3):134-136+217.
- [3] 郝艳华,张娜,张芊睿.基于物联网的智慧农业智能温室控制系统[J].电脑知识与技术,2024,20(3):8-10.
- [4] 朱婧玮.智慧农业温室管控系统研究[J].南方农机,2023,54(14):58-61.
- [5] 常强.基于智慧农业的温室大棚智能测控系统构建.福建省,福建省亚热带植物研究所,2023-06-16.
- [6] 郝艳华,张娜,张芊睿.基于物联网的智慧农业智能温室控制系统[J].电脑知识与技术,2024,20(3):8-10.
- [7] 周德锋.基于物联网的智慧农业温室大棚环境智能调节管理系统设计[J].办公自动化,2023,28(10):58-60.
- [8] 田朝杰,汪婷,陆翔.物联网和大数据技术在温室大棚农业生产中的应用[J].农业工程技术,2023,43(17):22-23.