

# 农业大棚智能控制系统设计

周培豪\*, 孟令启

广州科技职业技术大学智能工程与未来学院, 广东 广州

收稿日期: 2026年3月23日; 录用日期: 2026年4月29日; 发布日期: 2026年5月11日

## 摘要

本文设计农业大棚智能控制系统, 经资料调研与方案论证后确定最终方案。针对温度、湿度、CO<sub>2</sub>浓度及光照强度等关键环境因子, 结合作物需求选定传感器, 完成控制电路设计与程序编写, 并开展控制模拟。系统可精准营造适宜作物生长环境, 有效提升作物质量与产量, 具备功能完善、控制稳定、自动化程度高的特点。

## 关键词

农业大棚, 智能控制, 系统设计

# Intelligent Control System Design of Agricultural Greenhouse

Peihao Zhou\*, Lingqi Meng

Smart Engineering and Future College, Guangzhou Vocational University of Science and Technology, Guangzhou Guangdong

Received: March 23, 2026; accepted: April 29, 2026; published: May 11, 2026

## Abstract

This paper designs an intelligent control system for agricultural greenhouses. After data research and scheme argumentation, the final scheme is determined. Focusing on key environmental factors such as temperature, humidity, CO<sub>2</sub> concentration and light intensity, sensors are selected in combination with crop requirements. The control circuit design and program writing are completed, and control simulation is carried out. The system can precisely create an environment suitable for crop growth, effectively improve crop quality and yield, and has the characteristics of complete functions, stable control and high degree of automation.

\*通讯作者。

## Keywords

### Agricultural Greenhouse, Intelligent Control, System Design

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

我国作为农业大国,但我国的农业温室大棚大多仍是人工塑料大棚,随着科技的进步与发展,现代社会对于工作效率和降低成本的消耗要求更加严格,且中国的农业并没有完全普及自动化、机械化[1]。本文的设计任务是去设计一套可以控制温室大棚内温湿度、光照强度、CO<sub>2</sub>浓度等的农业大棚智能控制系统[2]。

## 2. 农业大棚控制系统方案设计

### 2.1. 控制系统总体方案设计

方案设计的控制系统采用单片机 STM32 做控制器,整个控制系统先用一系列传感器来检测大棚内温度、湿度、光照强度以及 CO<sub>2</sub> 浓度等环境参数[3] (图 1)。

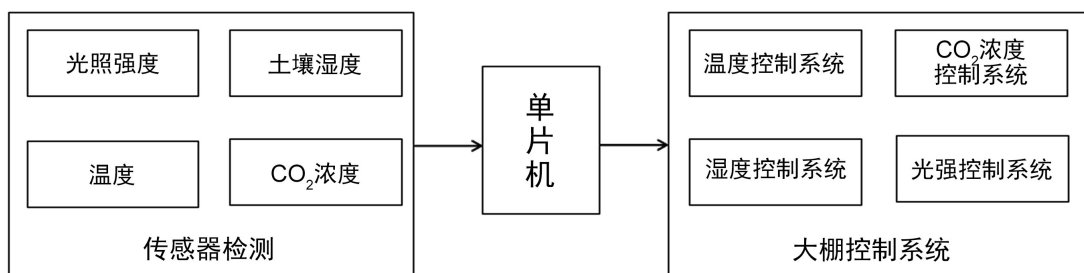


Figure 1. General structure diagram of the greenhouse control system

图 1. 大棚控制系统总结构图

### 2.2. 温室大棚环境参数的控制

#### 大棚内环境参数

(1) 温度: 酶对呼吸和光合作用影响很大,而温度对酶活性影响巨大[4]。温度控制系统如图 2 所示。

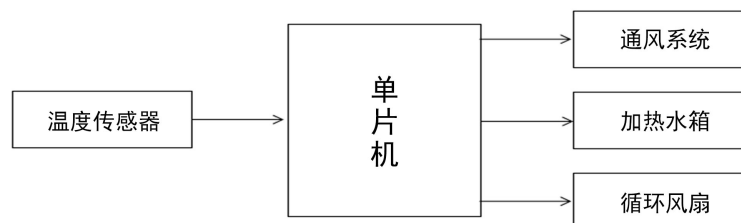


Figure 2. Structure diagram of the temperature control system

图 2. 温度控制系统结构图

(2) 湿度: 大棚水气来自土壤水蒸发和叶片水的蒸腾。通过湿度传感器检测湿度[5]。湿度控制系统如图3所示。

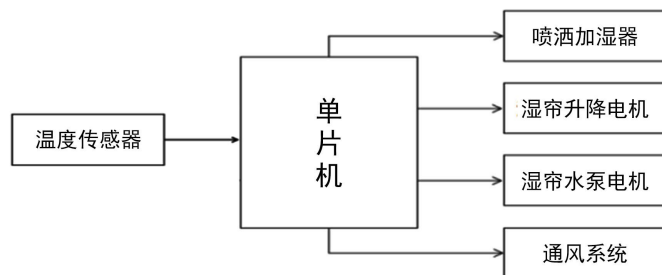


Figure 3. Schematic diagram of the humidity control system  
图3. 湿度控制系统结构图

(3) 光照强度: 通过光照强度传感器对室外、棚顶以及作物生长处进行监控[6]。光照强度控制系统如图4所示。

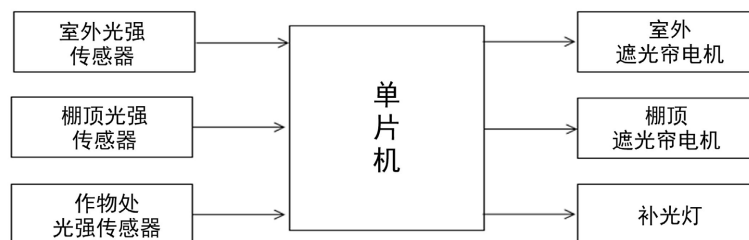


Figure 4. Structure diagram of the light intensity control system  
图4. 光照强度控制系统结构图

(4) CO<sub>2</sub> 浓度: CO<sub>2</sub> 浓度不足, 作物产量质量大大降低[7]。二氧化碳浓度传感器如图5所示。

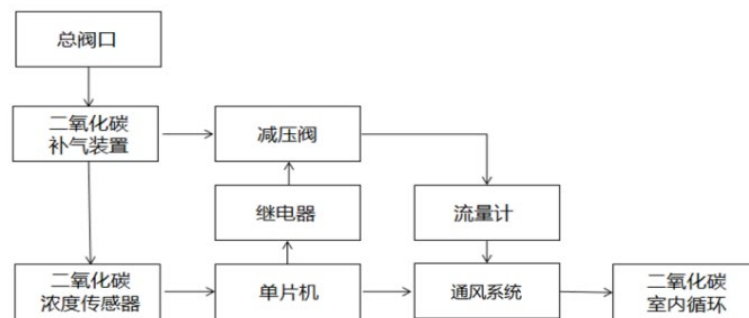


Figure 5. Carbon dioxide concentration sensor  
图5. 二氧化碳浓度传感器

(5) 水、气肥: 将水和液肥一起放入输水管再通过喷头喷洒到作物根处。而气肥则是在适时向温室大棚内通入适量的氮气、氧气和二氧化碳等[8]。

### 2.3. 温室大棚控制系统

温室大棚控制系统组成由多个子系统组成如图6所示。

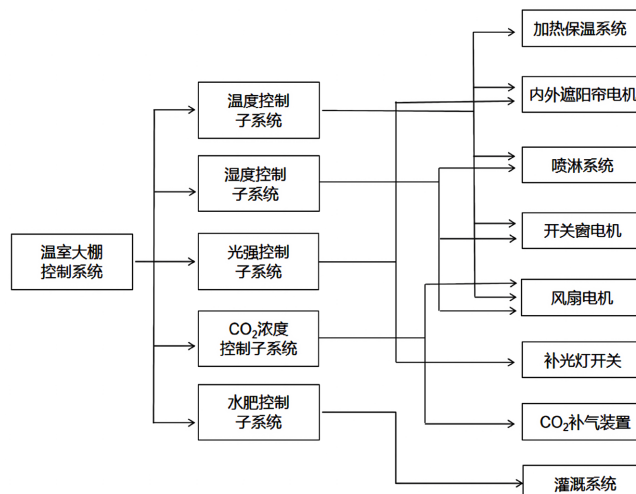


Figure 6. Composition diagram of greenhouse control system  
图 6. 温室大棚控制系统组成图

### 3. 温室大棚结构选择及结构校核

#### 3.1. 温室大棚玻璃及框架结构选择

此温室大棚应选择高强度，具有良好的热稳定性，安全可靠的钢化玻璃，实地材料如图 7 所示。



Figure 7. Physical picture of tempered glass frame structure  
图 7. 钢化玻璃钢架结构实物图

#### 3.2. 大棚梁的强度校核

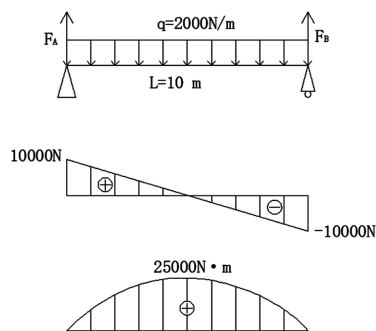


Figure 8. Shear-moment diagram  
图 8. 梁的剪力弯矩图

梁的弯矩图如图 8 所示, 挠度的极值在跨度中点:

$$w_{\max} = w_{x=l/2} = -5ql^4/384EI = 0.024 \text{ m} \quad (1)$$

梁的许可挠度为

$$[w] = \left[ \frac{w}{l} \right] \times l = \frac{1}{400} \times 10 = 0.025 \text{ m} \quad (2)$$

由于

$$[w] > 0.024 \text{ m} = w_{\max} \quad (3)$$

因此梁满足刚度条件。

### 3.3. 大棚立柱的稳定性校核

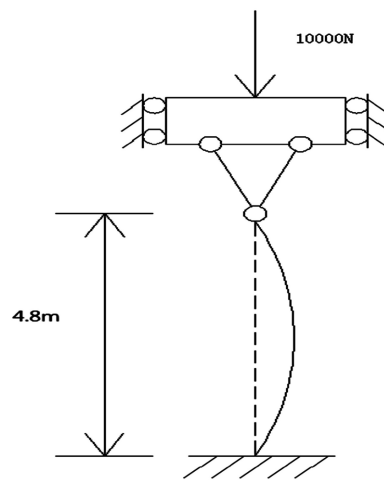


Figure 9. Diagram of column instability  
图 9. 压杆失稳示意图

如图 9 为压杆失稳图, 稳定许用应力为:

$$[\sigma]_{st} = \varphi[\sigma] = 0.159 \times 170 = 27.03 \text{ MPa} \quad (4)$$

钢柱的工作应力  $\sigma$  是:

$$\sigma = F/A = 10000 \div (21.94 \times 10^{-4}) = 4.56 \text{ MPa} \quad (5)$$

工作应力小于压杆的稳定许用应力, 所以压杆满足要求。

## 4. PID 控制系统设计

### 4.1. 控制原理

模糊神经网络是神经网络和模糊控制二者的结合, 其不仅能够根据模糊规则进行模糊逻辑的推理, 而且对一些非线性系统有较强的逼近能力, 融合了神经网络和模糊控制的优点。PID 控制器和模糊神经网络结合组成了模糊神经网络 PID, 控制器是以打捆机捡拾喂入量的测量值和设定值的偏差  $e$  及偏差的变化率  $ec$  作为系统的输入, 经模糊神经网络和 PID 控制的组合运算之后输出控制器的三个调控因子变化量  $\Delta K_p$ 、 $\Delta K_I$ 、 $\Delta K_D$ , 使 PID 控制器的控制效果最优, 结构由图 10 所示。

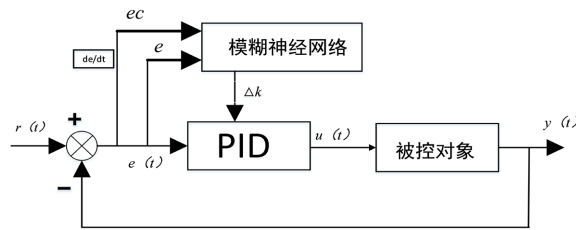


Figure 10. Structure of fuzzy neural network PID controller  
图 10. 模糊神经网络 PID 控制器结构

对于常规 PID 控制器参数  $K_p$ 、 $K_I$ 、 $K_D$  是基本不变的其表达式为:

$$u(t) = K_p \left[ e(t) + \frac{1}{K_I} \int e(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (6)$$

式中:

- $u(t)$  —— 控制器的输出量;
- $K_p$  —— 控制器比例因子;
- $K_I$  —— 控制器积分因子;
- $K_D$  —— 控制器微分因子。

用增量式算法整定模糊 PID 的三个参数如下式:

$$K_p = K'_p + \{e, ec\} K_p = K'_p + \Delta K_p \quad (7)$$

$$K_I = K'_I + \{e, ec\} K_I = K'_I + \Delta K_I \quad (8)$$

$$K_D = K'_D + \{e, ec\} K_D = K'_D + \Delta K_D \quad (9)$$

式中:

- $K$  —— 调控因子;
- $K'$  —— 调控因子的初始值;
- $\Delta K'$  —— 调控因子的变化值。

### 农业大棚系统控制器仿真与分析

在农业大棚控制过程中根据控制系统的特点, 温度控制值得到实测值与设定值对比测得误差, 经过模糊控制器控制过程中, 要经过一小段时间的延时才会发生变化, 具有滞后性。因此控制系统可以近似等效为具有非线性和时滞的一阶系统, 其数学模型可近似为:

$$G(S) = \frac{K_c}{T_0 S + 1} e^{-\tau s} \quad (10)$$

式中:

- $K_c$  —— 系统增益;
- $T_0$  —— 表示系统惯性时间常数;
- $\tau$  —— 表示系统滞后时间。

取各参数为  $K_c = 0.55$ 、 $T_0 = 10.3$ 、 $\tau = 2.5$ , 本文将结合建立的喂入量数学模型, 在 MATLAB 中使用 Simulink 搭建仿真模型并进行仿真实验。

根据经验法进行多次 PID 参数整定, 最终取得  $K_p$ 、 $K_I$ 、 $K_D$  的值为 0.85、1.5、0.05。分别搭建 PID 仿真模型和模糊神经网络 PID 仿真模型。PID 仿真模型如下图 11 所示。

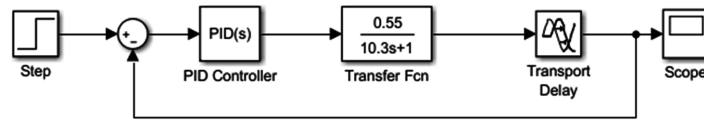


Figure 11. Simulation diagram of traditional PID controller

图 11. 传统 PID 控制器仿真图

### 4.2. 阶跃干扰下仿真

在 Simulink 中搭建传统 PID 控制和模糊神经网络 PID 控制模型, 且  $\eta = 0.1$ ,  $\lambda = 0.05$ 。仿真系统设置采样周期为 0.05 s, 最大训练次数为 400 次, 调节时间为 0.001 s, 仿真时间 10 s, 通过仿真可以得到两种控制模式仿真结果单位阶跃曲线。

### 4.3. 模拟仿真数据分析

(1) 传统 PID 控制: 在前 1 s 内数据从初始值达到最高峰, 超调量最大值达到 50%, 在 1 s~2 s 内调整量在 [22%, -10%] 之间不断震荡和调整, 具有明显的波动, 在 2.5 s 后趋于平稳, 从上仿真图可以看出传统 PID 控制模式对参数调整所需时间较长且波动幅度大。

(2) 模糊神经网络 PID 控制: 在 1.5 s 内数据从初始值达到峰值, 此时超调量为 9%, 在 2 s 后趋于平稳, 从仿真图可以看出这种模式调整量波动较小, 且所需调整时间短。

通过以上 2 种模式可以看出, 模糊神经网络 PID 控制效果比传统 PID 控制好, 体现在调整迅速、运行较平稳、波动小等方面。

系统在稳定之后, 在 PID 控制系统仿真模型和模糊神经网络 PID 控制系统仿真模型  $t = 6$  s 时加入 10% 阶跃信号干扰以检测两种控制模式的抗干扰及快速反应能力。

仿真结果分析: 传统 PID 控制在 1.5 s 内实现调整的平稳并且有少许负值波动现象, 模糊神经网络 PID 在 1 s 内即可实现平稳调整, 由此可见模糊神经网络 PID 能够迅速达到稳态, 说明神经网络 PID 控制具有更强的自适应能力及抗干扰能力。

### 4.4. 农业大棚控制系统原理图

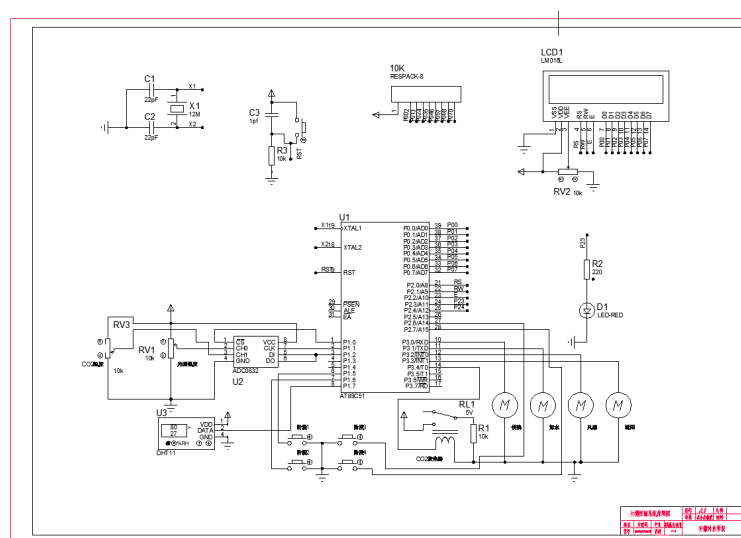


Figure 12. Dapeng control system principle diagram

图 12. 大棚控制系统原理图

大棚控制系统原理图如图 12 所示。

#### 4.5. 农业大棚控制系统硬件组成

硬件由多个模块组成：单片机，采用 AT89C51 单片机；液晶显示模块电路，采用 LCD1602 输出信息[9]。按键电路设计，内部的簧片在按压后会弹动，进而实现开关的打开关闭[10]。照明电路设计，采用单颗高亮 LED 灯[11]。温湿度控制设计，采用 DHT11 传感器，在恶劣环境适用，适合大棚内使用[12]。光照强度控制设计，选择用光敏电阻来检测光照。A/D 采样电路设计，选择 ADC0832 作为 A/D 采样芯片[13]。控制仿真图如图 13 所示。

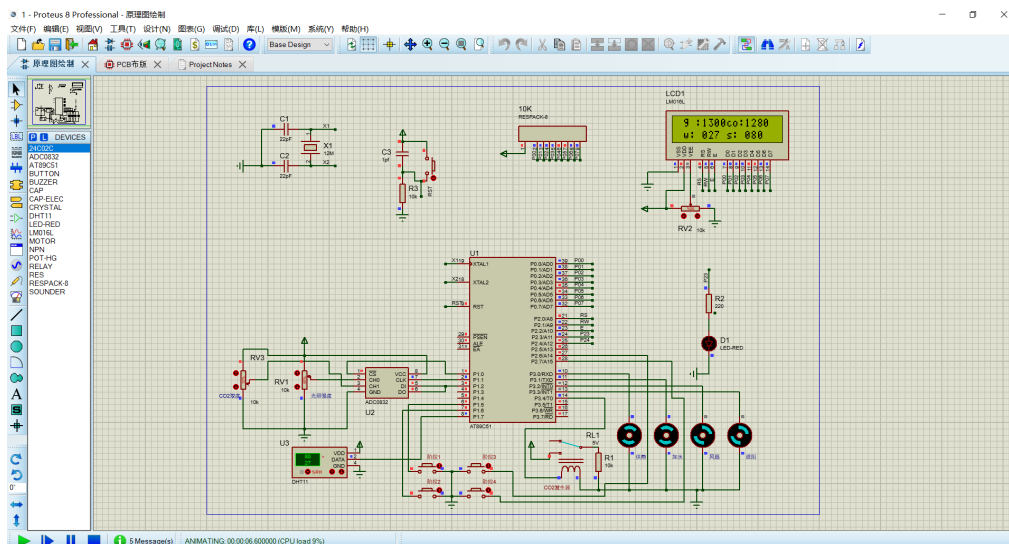


Figure 13. Control simulation diagram  
图 13. 控制仿真图

#### 5. 温室大棚控制系统设计

软件由多个模块组成编程语言，采用 C 语言，结构简洁紧凑，语法活泛，使用范围广[14]。开发软件，采用 Keil C51，库函数十分巨大，开发工具也很强大。编程烧录软件，采用 STC-ISP 包含多种功能[15]。程序烧写模块，采用 CH340 串口烧写模块[16]。

#### 6. 结语

本文完成了集环境监测、智能决策与自动调控于一体的农业大棚智能控制系统设计。该设计实现了对大棚内温湿度、光照、土壤肥力等关键参数的实时感知与动态调节，为作物生长提供稳定适宜的环境。完成该设计能提高以下性能和效率：

- (1) 自动控制温湿度、光照、CO<sub>2</sub> 浓度，适宜环境保持率从人工调控的 60%~70%提升至 95%以上，作物生长周期缩短 10%~15%。
- (2) 系统监测精度可达±1%，调控响应效率提升 40%以上。
- (3) 人力成本降低 60%到 80%，每亩年省工 15 到 25 工时。

一旦实现产业化落地并投入市场，将有效降低农业生产劳动强度与资源消耗，推动设施农业向精准化，对助力乡村振兴、促进农业可持续发展具有重要的效益。

本项目已在安徽省固镇县楚汉绿色食品有限公司实施。上图 7 钢化大棚为现场大棚。

## 基金项目

课题系安徽省高校协同创新重大项目, 课题号: AHGU2023008。

## 参考文献

- [1] 张翼飞, 李志伟, 王冰, 等. 农业大棚环境控制系统设计[J]. 机械工程与自动化, 2024, 10(5): 174-176.
- [2] 张建强, 张莹, 许兴. 基于物联网的智慧农业监测管理系统研究[J]. 湖北农业科学, 2024, 63(8): 176-181.
- [3] 朱斌. 基于物联网技术的智慧农业大棚监测系统研究[J]. 南方农机, 2023, 54(6): 84-86.
- [4] 李延堂, 陈春英. 智慧农业技术在蔬菜大棚中的有效实践[J]. 农业工程技术, 2024, 44(14): 38-39.
- [5] 苏世雄, 李川, 马新华, 等. 基于单片机的智慧农业大棚系统设计[J]. 电子设计工程, 2024, 32(15): 30-34+40.
- [6] 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.
- [7] 陈浩杨, 刘丹, 樊亚妮. 智能温室大棚控制系统的设计与实现[J]. 电子制作, 2024, 32(16): 45-47.
- [8] 蒋丰霞, 李炳梅. 智慧农业技术在蔬菜大棚中的有效实践[J]. 农业工程技术, 2023(2): 43-44.
- [9] 贾璐, 李静宇, 董芳娟. 物联网技术在智慧农业大棚监测系统设计中的应用探讨[J]. 智慧农业导刊, 2023, 3(13): 9-12.
- [10] 葛礼姣, 程玉静, 仇亮, 等. 农业物联网技术在温室大棚生产中的应用进展[J]. 浙江农业科学, 2024(1): 242-248.
- [11] 刘旺, 王若楠, 张孟浩, 等. 农业大棚温湿度智能控制与应用[J]. 工业控制计算机, 2024, 37(4): 132-134.
- [12] 陈丽萍. 智慧农业技术在蔬菜大棚中的有效实践[J]. 农业工程技术, 2024, 44(5): 39-40.
- [13] 方增奎, 张学燕. 智能化温室控制技术的应用[J]. 电子技术, 2023, 52(11): 186-187.
- [14] 王红杰. 智能控制温室大棚实际应用探究[J]. 河北农业, 2023(10): 78-79.
- [15] 李家璇, 杨洁. 基于 PLC 与组态王的农业大棚温湿度监测系统设计[J]. 农业装备技术, 2023, 49(4): 42-48.
- [16] 吴彬, 刘煜, 马鑫磊. 智能温室大棚自动控制系统的的设计[J]. 现代农机, 2024(1): 76-78.