

# Model Construction and Application of Center-Pivot Sprinkler in Integration of Water and Fertilizer Based on the Remote Control

Yanliang Zhang, Lianhao Li, Yuling Ji, Tiemin Ma, Hongyu Li

College of Engineering, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing Heilongjiang  
Email: [lianhao8002@126.com](mailto:lianhao8002@126.com)

Received: May 28<sup>th</sup>, 2019; accepted: June 12<sup>th</sup>, 2019; published: June 19<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

In view of the present center-pivot sprinkler and integration of water and fertilizer model in some problems in the process of practical application, in this paper, a kind of control method and model of integration of water & fertilizer with the center-pivot sprinkler based on the remote control were made, which were made by remote control system, constant pressure water supply unit, flow control unit and flow execution unit module, etc. The field test shows that the remote control center-pivot sprinkler in integration of water and fertilizer model evenness index CU and DU increase 5.65% and 2.39% respectively. The yield increased by 533.8 kg/hm<sup>2</sup>. The results of the study are helpful for guiding center-pivot sprinkler and integration of water and fertilizer technology popularization and application.

## Keywords

Remote Control, Center-Pivot Sprinkler, Integration of Water and Fertilizer

---

# 基于远程控制的中心支轴喷灌机水肥一体化灌溉模式构建及应用

张燕梁, 李连豪, 纪玉玲, 马铁民, 李宏宇

黑龙江八一农垦大学工程学院, 黑龙江 大庆  
Email: [lianhao8002@126.com](mailto:lianhao8002@126.com)

收稿日期: 2019年5月28日; 录用日期: 2019年6月12日; 发布日期: 2019年6月19日

## 摘要

针对目前中心支轴式喷灌机和水肥一体化技术在实际应用过程中存在的一些问题,本文开发一种基于中心支轴式喷灌机远程控制和施肥控制方法,构建基于远程控制的中心支轴喷灌机水肥一体化灌溉模式,其主要由远程控制系统、恒压供水单位、流量控制单元和流量执行单元等模块组成。通过田间试验表明,远程控制中心支轴式喷灌机水肥一体化模式喷洒赫尔曼-海恩均匀度 $C_u$ 和分布均匀度 $D_u$ 分别提升5.65%和2.39%;产量提高533.8 kg/hm<sup>2</sup>。研究结果有利于指导中心支轴式喷灌机和水肥一体化技术的推广应用。

## 关键词

远程控制, 中心支轴喷灌机, 水肥一体化

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

## 1. 引言

随着中国农业生产过程中土地经营方式朝着集约化方向转变[1],传统的漫灌等灌溉模式逐渐不能够适应农业生产的需要。

中心支轴式喷灌机灌溉方式是近年来在中国推广使用的一种模式,其具有使用方便、单次灌溉面积大和灌溉均匀等优点逐渐被广大农户所接受。

水肥一体化技术是在作物灌溉时肥料随水一起灌溉在作物周围,实现精量灌溉,达到节水、省肥和降低劳动力强度等目的。目前,水肥一体化灌溉方式已在中国多地推广应用。

中心支轴式喷灌机灌溉方式和水肥一体化技术在实际应用过程中也存在一些问题,一方面,中心支轴式喷灌机作业面积大[2][3],同时作业时间长,如何能够实现远程控制?一方面对于水肥一体化技术,在实际作业过程中,由于水位等因素变化,对入口压力影响较大,如何实现水肥精量和均匀喷施?这些问题局限了中心支轴式喷灌机灌溉模式和水肥一体化技术的进一步推广应用[4][5]。

基于以上问题,开发一种基于中心支轴式喷灌机远程控制和施肥控制方法,构建基于远程控制的中心支轴喷灌机水肥一体化灌溉模式。该模式能够有效解决上述问题,并在田间试验应用。

本研究成果对于丰富中心支轴式喷灌机灌溉方式和水肥一体化技术内涵以及增进其推广空间具有重要意义。

## 2. 中心支轴式喷灌机简介

中心支轴式喷灌机主要由金属(钢)结构系统(中心支座、桁架、塔架车和悬臂)、行走驱动系统(电机、减速器、万向节和传动轴)、电气控制系统(主控箱、集电环、塔盒、指示灯和电缆)、灌水系统(弯管、悬吊管、压力调节器、喷头、配重和末端喷枪组件)和可选配置(地角(臂)系统、施肥/施药装置)等组成。

工作时中心支轴式喷灌机在电气控制系统调控下绕中心支座转动和完成灌溉作业,作业范围为圆形[6][7];选配末端喷枪时作业范围为矩形[8][9]。

### 3. 模式构建单元

基于远程控制的中心支轴喷灌机水肥一体化灌溉模式主要由远程控制系统、恒压控制单元、流量控制单元和施肥执行单元等组成，其结构如图 1 所示。

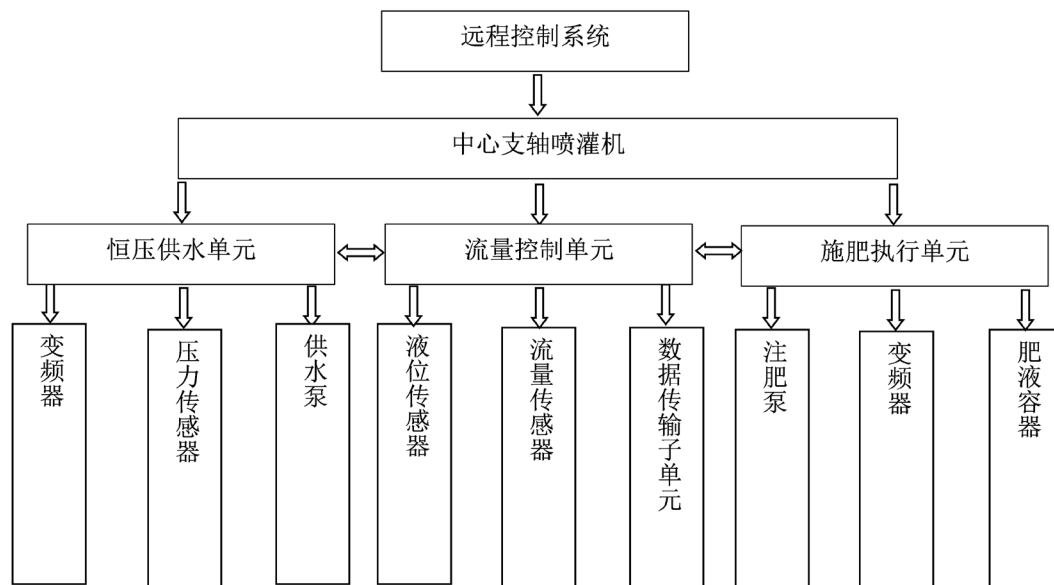


Figure 1. Unit of model

图 1. 模式结构单元

#### 3.1. 远程控制系统

利用现有的 3S 技术，通过 GSM 模块、有线网络发送到监控中心服务器上，与远程服务器建立链接，完成数据存储和处理，从而达到实现了中心支轴喷灌机远程控制的目的。系统模块如图 2 所示，控制页面如图 3 所示。

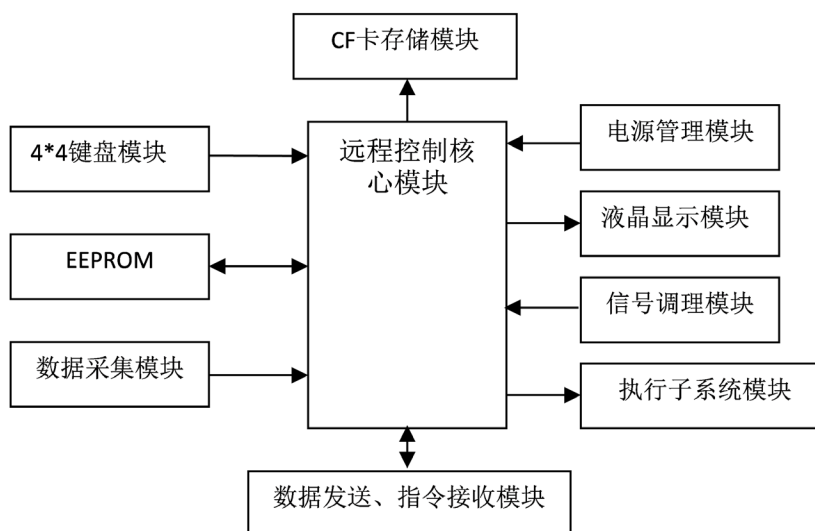


Figure 2. Model of remote control

图 2. 远程控制系统模块



Figure 3. Main screen of remote  
图 3. 控制页面

### 3.2. 恒压供水单元

由压力传感器监测中心支轴喷灌机入口水压力的变化，并将水压力变化数据传送到控制系统，控制系统将信号传递给变频器[10]，供水泵在变频器的作用下保持供水压力恒定。

### 3.3. 流量控制单元

由液位传感器监测水位变化情况，并将水位变化数据传送到控制系统，控制系统将信号传递给变频器，供水泵在变频器的作用下保持流量均匀。

### 3.4. 施肥执行单元

其主要由注肥泵、施肥灌和变频器等组成。

#### 3.4.1. 注肥泵

注肥泵如图 4 所示，工作参数如表 1 所示。



Figure 4. Injection pump  
图 4. 注肥泵

**Table 1.** Working parameters**表 1.** 工作参数

最大工作压力/MPa	电机功率/kW	行程长度/mm	柱塞直径/mm	行程调节范围/%	设计流量/L/h
1.0	0.75	40	45	10~100	300

采用单缸卧式单作用柱塞式注肥泵，结合灌溉地块面积和供水机井出水量等影响，灌溉系统入口压力小于 0.4 MPa。

### 3.4.2. 肥液容器

肥液容器采用圆形筒体状，顶部加装电动搅拌器，提高水肥混合效果；为利于排出作业后的肥液和清洗肥液容器，底部采用成锥形结构(支架支撑)。

## 4. 田间试验应用

### 4.1. 试验地点及时间

地点为中国农业大学通州实验站；时间：2017~2018 年度。

### 4.2. 试验装置

试验装置如图 5 所示，结构参数如表 2 所示。

**Figure 5.** Test apparatus**图 5.** 试验装置**Table 2.** Basic parameters of center-pivot sprinkler for test**表 2.** 试验用中心支轴式喷灌机基本参数

参数	数值	参数	数值
喷灌机长度/m	272	末端增压泵扬程/m	22
末端喷枪额定流量/(m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	15.96	首部入机压力/MPa	0.16
末端喷枪额定压力/MPa	0.329	水泵流量/(m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	80
压力调节器预置压力/MPa	0.103	跨数/跨	5
悬臂长度/m	12	单跨长度/m	52

### 4.3. 试验对象

冬小麦，品种为农大 211。

#### 4.4. 试验结果与分析

试验设置 2 个处理, 每个处理设置重复 3 次, 作业范围为扇形, 结果如表 3 所示。

**Table 3.** Results of test

**表 3.** 试验结果

处理	指标		
	$C_U/\%$	$D_U/\%$	产量(kg/hm <sup>2</sup> )
传统中心支轴式喷灌机水肥一体化模式	87.13	76.90	8594.7
远程控制中心支轴式喷灌机水肥一体化模式	93.48	79.29	9128.5

试验结果表明, 较传统中心支轴式喷灌机水肥一体化模式, 远程控制中心支轴式喷灌机水肥一体化模式喷洒均匀度指标  $C_U$  和  $D_U$  分别提升 5.65% 和 2.39%; 产量提高 533.8 kg/hm<sup>2</sup>, 其主要得益于能够保证中心支轴喷灌机入口压力恒定和流量均匀。

#### 5. 结论

本文开发了一种基于中心支轴式喷灌机远程控制和施肥控制方法, 构建基于远程控制中心支轴喷灌机水肥一体化灌溉模式。田间试验表明远程控制中心支轴式喷灌机水肥一体化模式能够提升喷洒均匀性和提高产量。该结果有助于丰富中心支轴式喷灌机灌溉方式和水肥一体化技术内涵以及增进其推广空间。

#### 基金项目

黑龙江省农垦总局重点项目“基于大型喷灌机灌溉模式的垦区水资源高效利用技术研究”(编号: HNK125B-04-05)。

#### 参考文献

- [1] 严海军, 姚培培, 朱勇, 等. 圆形喷灌机喷头配置技术与软件研究[J]. 农业机械学报, 2011, 42(6): 84-87.
- [2] William, K. (2012) Center Pivot Sprinkler Nozzle Replacement and Maintenance. *Proceedings of the 24th Annual Central Plains Irrigation Conference*, Colby, Kansas, 21-22 February 2012, 102-110.
- [3] Ascough, G.W. and Kiker, G.A. (2002) The Effect of Irrigation Uniformity on Irrigation Water Requirements. <http://www.wrc.org.za>  
<https://doi.org/10.4314/wsa.v28i2.4890>
- [4] Bremond, B. and Molle, B. (1995) Characterization of Rainfall under Center Pivot: Influence of Measuring Procedure. *American Society of Civil Engineers*, **121**, 347-353. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(1995\)121:5\(347\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(1995)121:5(347))
- [5] Hussein, M. (2006) Effect of Maintenance on the Performance of Sprinkler Irrigation System and Irrigation Water Conversation. *Food Science and Agricultural Research*, **17**, 5-19.
- [6] Dukes, M.D. and Perry, C. (2006) Uniformity Testing of Variable-Rate Center Pivot Irrigation Control Systems. *Pre-cise Agriculture*, **7**, 205-218. <https://doi.org/10.1007/s11119-006-9020-y>
- [7] 江苏大学. 中国农业机械化科学研究院. 农业灌溉设备中心支轴式和平移式喷灌机水量分布均匀度的测定[S]. 北京: 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 2013.
- [8] Kincaid, D.C. (2006) Application Rates from Center Pivot Irrigation with Current Sprinkler Types. *Applied Engineering in Agriculture*, **21**, 605-610. <https://doi.org/10.13031/2013.18570>
- [9] 中国农业机械化研究院. GB/T.19797-2005 农业灌溉设备中心支轴式和平移式喷灌机水量分布均匀度的测定[S]. 北京: 机械电子工业部, 2005.
- [10] 王永辉, 兰才有, 仪修堂. 中心支轴式喷灌机地角漏灌问题解决方案探讨[J]. 节水灌溉, 2012(3): 72-74.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2164-5507，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[hjas@hanspub.org](mailto:hjas@hanspub.org)