

## 节水灌溉自动控制技术的应用

张璐<sup>1</sup>, 孙文轩<sup>1</sup>, 王秀茹<sup>1</sup>, 柳立兵<sup>2</sup>

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083; 2. 延庆县水土保持工作站, 北京 延庆 102100)

**摘要:**分析了节水灌溉中自动控制技术的现状、类型、组成及主要设备,以某灌溉区为例全面介绍了节水灌溉中的自动控制技术,并对我国节水灌溉中自动控制技术的应用做出了展望。

**关键词:**节水灌溉;中央控制系统;数据采集系统;灌水系统

**中图分类号:**S274.2;TP273.5

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2007)05-0414-03

## The Application of Automatic Control Technology in Water-Saving Irrigation

ZHANG Lu<sup>1</sup>, SUN Wen-xuan<sup>1</sup>, WANG Xiu-ru<sup>1</sup>, LIU Li-bing<sup>2</sup>

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Soil and Water Conservation Station, Yanqing, Beijing 102100, China)

**Abstract:** The authors analyze the current situation, type and main equipments of automatic control technology in water-saving irrigation. And introduce the automatic control technology in water-saving irrigation by analyzing a typical area, and predict the trend of the use of the automatic control technology in water-saving irrigation in China.

**Key words:** water-saving irrigation; central control system; the data collecting system; irrigation system

节水灌溉,是按照作物需水要求,通过管道系统与安装在末级管道上的灌水器(包括喷头、滴头、微喷头等),将水及作物生长所需养分以适合的流量均匀、准确地直接输送到作物根部附近土壤表面和土层中的灌水方法<sup>[1]</sup>。通常节水灌溉是以人工为主,利用单一的监测手段,如湿度计、温度计等作一些简单的观测,并没有准确全面了解作物需水、施肥状况、生长状态等。随着电子、信息技术的迅速发展,自动控制技术得到了越来越多的应用,使节水灌溉有了新的发展。目前,我国农业用水量约为总用水量的 80%,农业灌溉用水的利用率普遍低下,水的利用率仅为 45%,而水资源利用效率高的国家已经达到 70%~80%,建立农田的自动化灌溉系统,采用高效的灌水方式已势在必行<sup>[2]</sup>。

### 1 节水灌溉自动控制技术的现状

国外一些先进国家,如美国、以色列等,运用先进的电子技术、控制技术,在节水灌溉方面起步较早,并日益成熟。这些国家从最早的水利控制、机械控制,到后来的机械电子混合协调式控制,到目前应用广泛的计算机控制、模糊控制和神经网络控制等,控制的精度和智能化程度越来越高,操作也越来越便捷<sup>[3]</sup>。国内在开发应用自动控制系统方面还处于研究试用阶段。国外灌溉控制器虽较为成熟,但大多价格昂贵。国内虽然有多家研制灌溉控制器,但多数是小规模、实验性质的,且应用较少。

### 2 节水灌溉自动控制技术的类型

节水灌溉中自动控制技术经历了从早期的机械定时到

目前同时控制多个物理量的计算机控制系统。自动控制灌溉系统是将灌溉节水技术、农作物栽培技术及节水灌溉工程的运行管理技术有机结合,通过计算机通用化和模块化的设计程序,构筑供水流量、压力、土壤水分、作物生长信息、气象资料的自动监测控制系统,能够进行水、土环境因子的模拟优化,实现灌溉节水、作物生理、土壤湿度等技术控制指标的逼近控制,从而将农业高效节水的理论研究提高到新的现实应用水平<sup>[4]</sup>。节水灌溉中的自动控制技术可分为以下类型:

#### 2.1 按系统结构划分

按结构形式的不同,自动控制分为开环和闭环两种。自动控制系统中具有反馈信号,称为“闭环系统”,否则就叫做“开环系统”。同样,自动控制灌溉系统也分为闭环控制灌溉系统和开环控制灌溉系统。例如,中央计算机控制系统就是典型的闭环控制灌溉系统,而时序控制系统则是典型的开环控制灌溉系统。

#### 2.2 按系统的复杂程度划分

(1) 简易型:由一台控制器控制一个水泵和少数几个电磁阀,适合灌溉面积较小的情况。

(2) 多路控制型:由多台控制器其控制一个以上水泵和多个电磁阀,适合面积较大的情况。

(3) 中央计算机控制型:使用计算机作为中央控制主机,配合专业软件,多路控制系统作为其子系统,并可根据需要无限扩展。该系统可以将田间收集的数据反馈至计算机,由计算机根据事先编好的程序统一决策,控制田间水泵和电

磁阀等的开启和关闭,从而完成灌溉任务。

### 2.3 按控制的物理量划分

(1)时间型。控制的物理量为灌水时间,可以通过预先设定好的开启和关闭时间自动运行。(2)压力型。控制的物理量为灌溉系统管道中的压力,一般与变频控制器结合使用。(3)空气湿度型。控制的物理量为空气湿度,此类系统在温室、大棚中应用较多。(4)土壤湿度型。控制的物理量为土壤湿度,目的是控制土壤中的含水量,一般与滴灌、渗灌结合使用。(5)雨量型。控制的物理量为降雨量,目的是控制灌水量,一般与喷灌、微喷灌结合使用。(6)综合型。就是同时控制上述物理量中的几种,达到较高自动化程度<sup>[1]</sup>。

### 2.4 按数据来源划分

一般的简易和多路的控制系统是事先设定好一定的值,多按设定好的时间完成灌溉。中央控制系统得数据来源可分为三类:(1)用时间来控制灌溉。(2)以气象站为数据采集点,将采集的数据反馈至中央控制系统,中央计算机对搜集的气象数据进行汇总和分析,从而指导灌溉。(3)以田间传感器作为数据采集点,例如:土壤湿度传感器、温度传感器、流量传感器和压力传感器等,用传感器解码器或者相应的模块收集数据,并将收集的数据反馈至中央控制系统,中央计算机对搜集的数据进行汇总和分析,从而指导灌溉。

## 3 节水灌溉自动控制系统的组成

自动控制灌溉系统由灌溉系统和控制系统两部分组成。灌溉系统的组成与一般灌溉系统的组成完全相同。闭环自动控制系统一般由中央控制器、电磁阀、传感器及电线等组成。开环自动控制系统一般由控制器、电磁阀及电线组成。

控制器是自动控制系统的主要部件,控制器根据事先输入的灌溉程序(灌溉开始时间、灌溉延续时间、灌水周期)控制电磁阀的启闭。控制器的容量可大可小,最小的控制器可控制一个电磁阀,最大的可控制数百个电磁阀。

在自动灌溉系统中常用的隔膜式电磁阀,采用的是电控水动的工作方式。电磁阀受电信号控制,但最终依靠水压力启闭,因此到电磁阀处的水压力不得低于它启闭所要求的最小工作水压。一些瞬时启闭的电磁阀不得用于灌溉系统,只适用于需要瞬时爆发、营造景观的场合,如喷泉系统。用于灌溉系统的电磁阀,不仅要有自动功能,而且还应具备手动功能,即使自控暂时失效,仍能保证灌溉<sup>[5]</sup>。

控制器与电磁阀之间是以普通地理电线实现电信号传输的,无论何种电磁阀,都有允许最低工作电压的指标,因而由控制器输出的电压,经过电线损耗后送至电磁阀,此时的电压不得小于电磁阀的允许最低工作电压,才能保证电磁阀上的电磁头工作,从而打开电磁阀。

## 4 应用实例

北京顺义区某灌区预备建立温室大棚蔬菜滴灌全自动控制系统,总面积 3.3 hm<sup>2</sup>,大棚 34 栋,规格为:60 m×8 m。

该地区年平均降水量为 614.9 mm,全年降水量集中在汛期 6~9 月,约占全年降水量的 80%以上;多年平均水面蒸发量为 1 175 mm,年内蒸发量以 4,5,6 月最大,占全年的

42.7%,冬季 12,1,2 月最小,仅占全年的 10.4%。大多数年份 7,8 月份降水多于蒸发,其他月份蒸发大于降水。该地区温室所在区土壤质地为黏性砂壤土,土壤容重为 1.45 g/cm<sup>3</sup>,田间持水量 23%,土壤允许入渗速率为 10 mm/h,最大冻土层深度 0.8 m。

### 4.1 中央自动控制系统的选择

本系统是基于土壤湿度传感器的中央计算机控制灌溉系统,属于闭环控制灌溉系统。数据采集系统中的土壤湿度传感器作为系统的信号反馈设备,将监测到的土壤湿度数据以电信号形式反馈到中央计算机。此信号供中央计算机采集和决策后,由中央计算机自动指挥灌溉系统运行。

整个灌区设置一个中央控制室,内配一套中央控制系统,包括计算机、LDI 控制器等。首先由数据采集系统将采集的土壤湿度数据反馈到中央计算机,再由中央计算机通过预先设定的程序分析数据,确定是否需要灌溉,哪个棚需要灌溉,最后发出指令,控制某一个或几个电磁阀的启闭,从而完成整个系统灌溉的自动控制。

数据采集系统包括 SD210 传感器解码器和 FDR(MP-406)精密土壤湿度传感器。FDR 土壤湿度传感器由一个内含电子器件的防水室和与之一端相连的 4 个不锈钢针形成的探针组成。这些探针直接插入土壤,探头尾部的电缆线连接适宜的电压源和输出模拟信号。它是一种模拟设备,不断产生电信号和电压比表示土壤性质。每一个 FDR 土壤湿度传感器需与一个 SD210 传感器解码器相连,通过 SD210 将数据返回至中央控制系统分析数据。

整个自动控制系统选用雨鸟公司的 SiteControl 中央控制系统。灌溉控制系统选用 SiteControl 中央控制系统和 IDI 控制器、田间解码器、电磁阀、PRS-D 压力调节器等。SiteControl 中央控制系统具有高级绘图特性,可通过地图及屏幕显示图表显示所有站点的运行情况、流量过程线等,并会有状态报告显示。

### 4.2 系统布置

系统共有机井 1 眼、泵等提灌设备 1 套,泵连接一个一控一变频控制器,型号为 MBS(K)-15。大棚规格 60 m×8 m,数量为 34 栋,轮灌组数为 4 组,同时开启的电磁阀数为 8 或 10 个。选用毛管与灌水器相结合的单翼迷宫式滴灌带,滴孔间距 0.3 m,毛管间距 0.6 m。通过计算,选用的干管和支管管径分别为:φ110 U PVC、φ50 PE。

(1)数据采集系统。每个棚内设置 FDR 土壤湿度传感器(MP-406)1 个,对于整个灌区,共需要 FDR 精密土壤湿度传感器(MP-406)34 个;每个 SD210 传感器解码器连接一个土壤湿度传感器(MP-406),共需要 SD210 传感器解码器 34 个。

(2)灌溉控制系统。IDI 自动控制器与中央控制系统连接,从 IDI 自动控制器接出 2 根主电线,每根主线上连接一定的 FD-401 田间解码器和 SD210 传感器解码器。每个 FD-401 解码器可单独控制 4 个电磁阀(在每个大棚的进棚支管上设置电磁阀来控制棚内的灌水,共需要支管电磁阀 34 个,FD-401 解码器 9 个)。每个电磁阀处添加一个 PRS-D 压力调节器,以保证在电磁阀出口处有一个恒定压力。SiteCon-

trol 中央控制系统会自动显示每个站点的流量情况和流量过程线,并进行记录以供日后查询,则共需要 PRS-D 压力调节器 34 个。泵的电源处设置电磁继电器和转换开关,电磁继电器与中央控制系统相连。

#### 4.3 系统工作原理

数据采集系统中的土壤湿度传感器通过信号线将采集的数据反馈给中央控制系统 Sitecontrol,通过中央计算机预装的专业软件运算出是否需要灌溉。若需要灌溉,则中央计算机向 IDI 自动控制器发出指令,IDI 自动控制器将指令解译后发至由其控制的各解码器(FD-401);解码器接到指令即控制泵的抽水以及其辖区内电磁阀的启闭,在一定的时间内按一定的顺序自动完成大棚的灌溉并自动停机。

中央计算机土壤湿度传感器之间为单向通讯,通过有线方式实现数据传输。中央计算机和 IDI 自动控制器之间可采用有线双向数据传输。IDI 自动控制器与各个解码器之间,解码器与电磁阀和传感器之间是单向信号传输。

#### 5 节水灌溉自动控制技术的发展趋势

目前,国内的灌溉控制器研制方面还没有形成规模大、应用广泛的成套灌溉控制产品。另外,现在开发出来的灌溉控制器价格昂贵,农民尽管知道能节省人力、节约用水、提高产量,但由于一次性投入太大,多数农民承担不起,在一定程度上限制了灌溉自动控制的普及。随着中国农业现代化进程的加快、农业结构调整,农业灌溉对自动化技术的要求会越来越高、越来越广泛,灌溉控制器在我国会有着广大的市场。节水灌溉控制器近期在中国应朝着价格低、性能可靠、

操作简便的方向发展。但从长远利益考虑,新的智能化技术、传感技术和农业科技的引入和普及,将促使智能化程度更高、功能更强、性能更稳定的灌溉控制器的出现<sup>[3]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 金永奎,方部玲,夏春华. 自动控制在节水灌溉中的应用[J]. 计算机与农业,2003,(12):18-20.
- [2] 张金波,胡刚,张学武,等. 自动化控制系统在节水灌溉中的应用[J]. 微计算机信息,2003,19(1):9-10.
- [3] 张兵,袁寿其,成立. 节水灌溉自动化技术的发展及趋势[J]. 排灌机械,21(2):37-41.
- [4] 徐征和,吴俊河,丁若冰,等. 自动化灌溉控制工程技术的研究与应用[J]. 中国农村水利水电,2006,(6):66-67.
- [5] 楼豫红. 自动控制灌溉系统介绍[J]. 四川农机,2003,(1):25.
- [6] 胡刚,沈波,宋培卿,等. 节水灌溉自动控制系统研究[J]. 排灌机械,22(2):39-42.
- [7] 陈文清. 节水灌溉自动化控制系统研究与应用[J]. 节水灌溉,2004,(6):27-32.
- [8] 黄滨,吴钟鸣. 大棚综合环境监测与自动控制系统探讨[J]. 南京农专学报,2001,(6):56-61.
- [9] 范伟,王文生,李世云. 滴灌自动化系统在大田中的应用示范[J]. 石河子科技,2003,(3):36-37.
- [10] 迟天阳,杨方,果莉. 节水灌溉中土壤湿度传感器的应用[J]. 东北农业大学学报,2006,(2):135-137.
- [11] 贾平,白中科,等. 山西煤矸石山风化层中重金属元素及盐分对复垦种植的影响[J]. 煤矿环境保护,1994,9(4):32-34.
- [12] 张军,杨芳,林华. 半干旱地区煤矸石山生态分类研究[J]. 生态学杂志,1995,14(6):7-10.
- [13] 刘青柏,刘明国,刘兴双,等. 阜新地区矸石山植被的恢复的调查与分析[J]. 沈阳农业大学学报,2003,34(6):434-437.
- [14] 谷金锋. 煤矿矸石山植被恢复机理研究——以鸡西市滴道矿区和城子河矿区为例[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2004.
- [15] 武冬梅,张建红,吕珊兰,等. 山西矿区矸石山复垦种植施肥策略[J]. 自然资源学报,1998,13(4):333-336.
- [16] 段永红,赵景逵. 矸石山覆盖种植对植物根系的影响[J]. 煤矿环境保护,1999,13(1):41-43.
- [17] 苏铁成. 煤矸石山复垦造林树种选择的试验研究[J]. 林业科技通讯,1998,(1):24-26.
- [18] 胡振琪,张光灿,毕银丽,等. 煤矸石山刺槐林分生产力及生态效应研究[J]. 生态学报,2002,(5):621-628.
- [19] 苏强平. 植被恢复下矸石山土壤改良效益研究[D]. 北京:北京林业大学,2004.
- [20] 蒋文琼. 绿化造林改善矸石山生态环境效应的研究[D]. 北京:北京林业大学,2004.

(上接第 413 页)

#### 参考文献:

- [1] 邓寅生,李仪琼,张玉贵. 我国煤矸石分类探讨[J]. 煤炭加工与综合利用,1998,(3):26-30.
- [2] 孙绍先,李树志. 我国煤矿土地复垦与塌陷区综合治理的技术途径[J]. 中国土地科学,1994,(5):41-46.
- [3] 韦朝阳. 我国煤矿区生态环境现状及综合对策[J]. 地理学报,1997,52(4):300-307.
- [4] 李海珍. 煤矸石的综合利用[J]. 煤炭技术,1999,(18):5.
- [5] 胡立宏. 煤矸石综合利用初探[J]. 辽宁城乡环境科技,2005,(6):37-38.
- [6] 谷庆宝. 煤矸石的组成及综合利用[J]. 中国矿业,1997,(9):14-16.
- [7] 胡振琪. 半干旱地区煤矸石山绿化技术研究[J]. 煤炭学报,1995,(6):322-327.
- [8] 高建钰,白中科,焦志芳. 煤矸石山立地条件与林业复垦研究——以山西统配煤矿为例[J]. 山西林业科技,1999,(3):18-21.
- [9] 段永宏,白中科,赵景逵. 阳泉煤矸石上浅层矸石风化物水分特性初探[J]. 煤炭学报,1999,(10):533-537.
- [10] 段永宏,赵景逵. 煤矸石山表层矸石风化物的盐分状况与复垦种植[J]. 山西农业大学学报,1998,18(4):337-339.