

吴卫峰. 新型稻田节水系统研究[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(3): 184–186.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.03.052

新型稻田节水系统研究

吴卫峰

(浙江水利水电学院, 浙江杭州 310018)

摘要: 为了实现节水灌溉和生态环境保护, 达到成本低廉和知识结构简单要求, 提出了一种基于电气开关控制灌溉和人工控制回收的新型稻田节水系统。该系统分为灌溉和回收 2 个部分, 液位开关控制稻田水位实现节水灌溉, 废水通过自然回收加以净化利用。设计了系统的总体结构、硬件结构和电气控制原理图, 有一定的实用价值。

关键词: 新型稻田; 节水灌溉; 系统原理; PLC; 废水回收; 利用; 废水净化利用

中图分类号: S274 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)03-0184-03

我国水稻种植面积占粮食总面积近三成, 而其耗水量占全国总用水量的一半左右, 占农业总用水量的近七成, 但利用率只有四成左右^[1], 大力发展水稻节水灌溉, 是缓解农业用水供需矛盾、促使农业高产高效的有效措施, 对保证我国粮食安全及农业可持续发展具有重大意义。

生态节水、降本增效是节水灌溉的 2 个重要方面。生态节水不仅重视节约水资源, 还要重视废水回收处理利用; 降本增效要求以低劳动力和成本实现高收益。技术和成本是一对矛盾体, 强调技术就得提高成本, 控制成本就得牺牲技术, 如何统筹技术和成本从而有效达到生态节水、降本增效, 是节水灌溉的重点和难点。将“3S”、电子信息、自动控制等先进技术应用于节水灌溉是目前研究的热门课题。匡迎春采取田间试验、实物制作、统计学分析和人工智能等方法研究水稻节水灌溉的自动调控管理体系^[2]; 纪建伟等运用传感器、PLC 控制和组态软件实现稻田灌溉自动控制系统设计^[3]; 石建飞等以 PLC 为控制核心, 通过无线通信、数据采集分析实现农田灌溉和施肥自动控制^[4]; 刘超等设计一种采用无协议通信方式 PLC 监控系统^[5]; 夏洪等通过传感器信号 PLC 控制自动实现稻田灌溉^[6]。专家学者做了大量研究工作, 取得了不少成果, 促进了稻田自动灌溉技术日益成熟, 但成果现实应用推广却不尽如人意, 究其原因主要存在 3 个方面问题: (1) 技术复杂、不经济。现今稻田自动灌溉过分强调自动化, 采用了大量先进技术, 系统设计复杂, 前期建设工作量大, 一次性成本投入大, 后期使用维护难度大, 对操作人员技术要求很高。(2) 脱离国情, 成本效益差。水稻种植经济效益不高, 是国家重点扶持产业。农民文化程度普遍偏低, 传统耕作观念根深蒂固, 面对大投入低回报对先进技术自然产生抗拒, 市场推广前景暗淡。(3) 重视前端灌溉节水, 忽视后端废水循环利用。废水含有较多化肥和农药, 正确处理废水不尽, 可以减轻对环境污染, 还可变废为宝, 节约大量水资源。

因此, 建立在不计成本, 过分强调先进理念, 田间地头布

满管路闸阀、监测元件和控制设施, 技术结构复杂上的稻田自动灌溉技术不是水稻节水灌溉的发展方向, 符合国情、技术简单、经济性高、使用简便, 注重废水回收的实用型灌溉模式才是现实之需。其难点在于: (1) 灌溉控制原理简单可靠, 控制设施操作维护方便、经济实用; (2) 田间闸阀、监控设备无投入, 灌溉不受影响; (3) 废水回收利用因地制宜, 不增加额外成本。我国水稻种植分布范围广, 地形复杂, 主粮区大多地势较平坦, 本项目选取平坦稻田开展研究。

1 系统总体设计

1.1 设计思想

本着系统的实用性和推广性要求特作如下设计: (1) 稻田采用自动灌溉; 排放、回收废水靠自流完成, 无需借助动力和控制设施; 废水集中净化或利用。稻田自动灌溉关键是如何监测田间水位及根据水位的变化采用何种最简洁、经济的方式控制泵的运行; 废水排放回收关键是如何人为地构造高低面; 废水利用关键是收集。(2) 基于平坦农田基本处于等高面水位, 若将出水池底面做成与稻田面等高, 只需在出水口一处监测水位就大致反映田间水位状况, 省去田间布满监测元件和闸阀等控制设施。水位监测采用 3 点位连杆浮球液位开关, 系统控制采用质高价廉的电气开关控制, 以减少控制设备数量, 降低布线复杂度和成本。(3) 系统输水首尾由一根主管直通, 管道采用薄壁钢丝混凝土管, 价格为同口径混凝土管的 33%^[7], 田间地头无需埋设其他管网。田间开挖沟坑相通, 主管与稻田通过管接头相通。(4) 为了废水自然排放回收, 根据薄露灌溉^[8-9]常用水位 2 cm 量程范围, 主管安装和全部稻田面沿主管方向要人为形成小于 0.5 cm 的落差以构造高低面。(5) 在出水池旁设置回水池, 废水经由出水池自动流向回水池进行处理, 还可作为另一水源向稻田灌溉。

通过以上设计, 该系统与传统灌溉系统相比技术结构复杂程度不高, 成本投入很少。水泵和电机可与传统灌溉的水泵和电机通用, 只增加了几只普通电气开关、1 只接触器、1 只 3 点位连杆浮球液位开关管道和土石方量大量减少。电气开关控制系统成本仅需 300 元左右, 操作简单可靠; 3 点位连杆浮球液位开关只需 50 元左右, 安装容易可靠。整个系统增加的成本与减少成本相比可以忽略不计, 因此无论从经济效益

收稿日期: 2016-03-15

基金项目: 浙江省水利厅科技计划(编号: RC1441)。

作者简介: 吴卫峰(1966—), 男, 江西上饶人, 硕士, 副教授, 主要从事机电控制研究。E-mail: wuwf@zjweu.edu.cn。

还是技术分析来看系统设计都是可行的。

1.2 系统组成及工作原理

系统由泵站、输水管路、监控装置和回收利用设施等组成。泵站由水源 1、电机 4、混流泵 6、吸水管 3、吸水管开关 2 和泵排水管 7 构成;输水管路由排水池 8、出水池 9、主管 12、短管 13 和回水挡板 18 组成,排水池与出水池相通,出水池与主管连通,另一侧经由回水挡板与回水池通断;监控装置由电气控制器 5 和水位传感器 10 等组成;回收利用设施由回水池 14、回水管 15、废水吸管 16 和废水管开关 17 组成(图 1)。

自动灌溉和自然回收是系统节水两大功能。为使灌溉和回收能及时切换而互不影响,特设了回水挡板,挡板启闭由人工操作完成。为调节水温 and 稳定水位,增置了出水池,一方面增加晾晒时间以提高水温,另一方面可消弱水泵排水冲击波动对水位传感器干扰。灌溉时,关闭回水挡板阻止灌溉用水流向回水池;回收时,打开回水挡板让出水池和稻田的水回流到回水池。

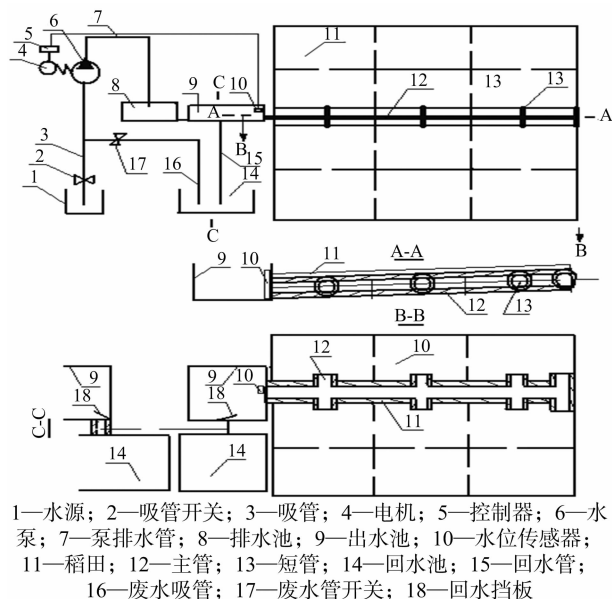


图1 新型稻田节水系统原理

系统结构简单,功能原理清晰,操控方便,只需人工开关几个按钮和挡板就可自动实现灌溉和回收,省心省力。其工作原理如下:灌溉时,关闭回水挡板 18,关闭泵废水吸管手动

开关 17,打开泵吸水管手动开关 2,启动电气控制器 5 使电机 4 工作,驱动混流泵 6 从水源 1 提水,水由排水池 8 流经出水池 9 过程中日晒升温后进入主管 12,由主管经由稻田短管 13 流向稻田 11,当稻田的水位达到规定高度时,水位传感器 10 开关断关闭电动机,提水泵停止工作直至下一次供水过程。回收时,打开回水挡板 15,废水自然流向回收池 14 进行净化储存以待利用。废水利用时,关闭泵吸水管手动开关 2,打开泵废水管开关 17,废水流向回水池,启动电机驱动泵 6 提废水灌溉稻田 11,方法同上。

2 控制系统设计

2.1 控制方案及原理

系统采用自动和手动相结合的方法控制。稻田自动灌溉采用电气控制方式,通过水位传感器——常闭式连杆浮球液位开关监测水位变化,决定电气控制线路通断,实现对水泵控制,其他设施由人工操作。废水自然回流,无需专门控制。

常闭式连杆浮球液位开关主要由浮球、磁簧开关和环状磁铁组成,使用磁力运作,无机械连接件,运作简单可靠。当被测介质浮动浮球时,浮球带动主体移动,同时浮球另一端的磁体将控制开关动作杆上的磁体。在密闭的金属或塑料管内,设置一点或多点的磁簧开关,然后将管子贯穿一个或多个,中空而内部装有环型磁铁的浮球,并利用固定环,控制浮球与磁簧开关在相关位置上,使浮球在一定范围内上下浮动。利用浮球内的磁铁去吸引磁簧开关的接点,产生开与关的动作。

控制原理如图 2 所示,按下按钮开关 SB2,由于连杆浮球液位开关浮球没浮动一定位置一直常闭,控制线路导通,继电器 KM 通电,接触器 KM 闭合进而三相开关 KM 闭合,电动机通电运转带动水泵提水,当水位上升浮动连杆浮球液位开关的浮球移动到一定位置时,浮球内的磁铁吸引 2 磁簧片分离造成控制线路断开,继电器 KM 失电导致接触器 KM 断开,三相开关 KM 分离,电动机失电停转,水泵停止工作,此水位就是当前稻田所需控制水位,从而实现稻田自动灌溉。水位控制的关键在于连杆浮球液位开关浮球浮动范围设定。按钮 SB1 为系统急停开关,按钮 FR 为熔断保护开关。

2.2 水位控制方案

水稻的生长期约需 130 d。水稻需水规律是节水灌溉的重要依据,常以建立水层来满足水稻对水的需求^[7-9]:(1)浅

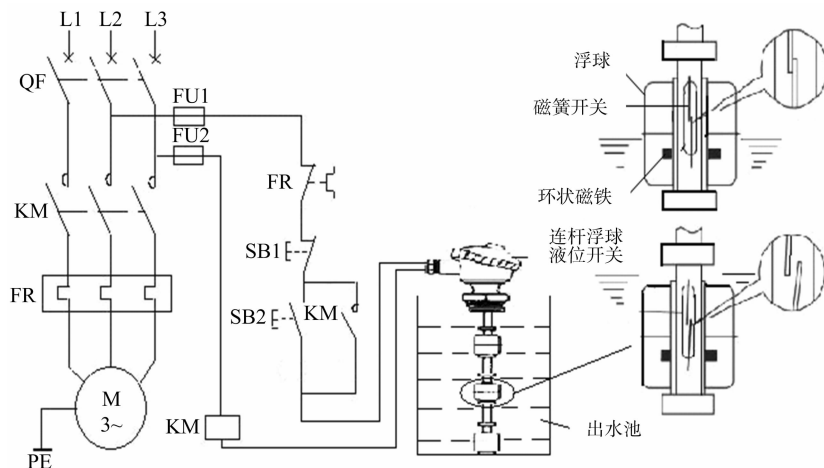


图2 控制原理

水栽秧,湿润定苗。定苗水层约 1 cm,维持 3 d 左右。(2)寸水返青,薄水分蘖。定苗后稻田应保持 1.5~2 cm 浅水层返青促蘖,维持 34 d 左右。(3)够苗晒田,控苗搭架。当田间苗数达到预期穗数的 80% 时,要适度排水晒田,以控制后期无效分蘖。晒田时,放水落干 3~5 d,再上新水 1.5~2 cm,保水 2~3 d,再放水落干,如此往复 2~3 个回合。(4)足水孕穗。稻田保持 3.5~5 cm 水层,确保穗大粒多,维持 31 d 左右。(5)抽穗保水。水层是 1.5~2 cm,此时无水受旱,造成抽穗不齐或抽不出穗来,维持 10 d 左右。(6)干湿壮籽。灌浆结实期后应进行干湿交替间歇灌溉,水层是 1~2 cm,维持 30 d 左右。(7)进入黄熟阶段后,稻田应排水落干。

水稻生长期需 1、2、5 cm 3 段水位,因此需设置能实现 3 点控制的连杆浮球液位开关来控制水位。水位控制方案如图 3 所示。浮球 1 实现 1 cm 水位控制,浮球 2 实现 2 cm 水位控制,浮球 3 实现 5 cm 水位控制。

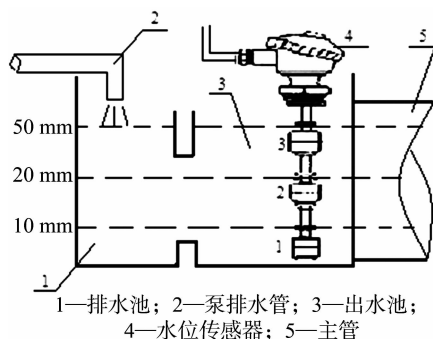


图3 水位控制方案

2.3 硬件设计

水稻不同生长期的水位由液位开关控制,液位开关选 LP-RF 连杆浮球液位开关,所有的开关出线在同一接线盒,外部施工配线成本低廉,单价最低,使用磁簧开关不需供应电源,接点寿命可达 200 万次,长度 7.6 cm,精确度 ± 0.3 cm,竖直安装 $\pm 30^\circ$,触电输出常闭,触点类型 SPST 簧片,开关设定点 3,安装高度 13.2 cm。3 个按钮的作用分别是启动、急停和保护,都选择价格低廉、功能可靠的普通型;电机选用普通 Y 型电机。

3 废水回收利用

废水回收对生态环境保护、水资源循环利用都有重要意义,是节水灌溉系统的重要环节。废水回收利用重点解决废水怎么回收、怎么净化、怎么利用等关键问题,同时又要考虑投入成本少、回收净化利用设施简单。

3.1 废水回收

废水回收采用自然流态回收,即起点与终点有一定的落差,借助液体重力自然流向终点。因此在出水池设置一回收池,回收池应能容纳所有稻田最大正常排水量,连接出水池的主管安装和全部稻田面沿主管方向要人为形成小于 0.5 cm 的落差以构造高地面,以便实现废水的自然回流。灌溉与回收通过人工操作回收挡板完成,如图 4 所示。

3.2 废水净化利用

为补充水稻成长所需的 N、P、K 等多种微量元素以增加产量,需向稻田施加化肥;为防稻虫害,需向稻田喷洒农药。

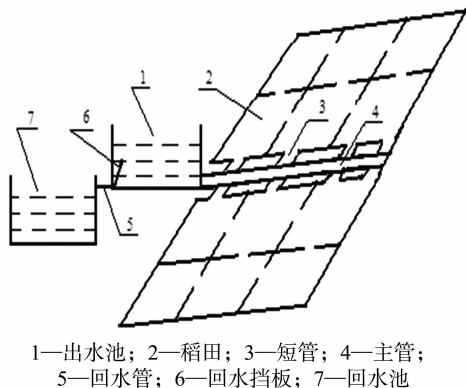


图4 废水回收

未被吸收的化肥和农药大量存储在稻田间水里,会随着淋洗、田间排水、地表径流等方式进入周围的土壤和水体,造成的环境危害。因此对田间的废水进行净化处理已成为化肥和农药使用中广泛关注的问题。废水净化利用可以采用 2 种截然不同的方法:(1)废水灌溉模式。废水不做任何净化处理直接灌溉稻田,稻田废水中含有较多氮、磷、钾、锌、镁等多种养分,丰富的有机质悬浮物,所以用废水灌溉稻田节省肥料、节省水资源和降低成本,而且土壤肥力不断提高,尤其水稻生长的干湿交替期更为有利。废水利用参照系统工作原理方式进行。(2)生物净化模式。栽植狐尾藻、苦草、水葫芦、伊绿藻等具净化功能的水草,吸附分解水里的污染物,以达到排放标准。

4 结论

稻田灌溉采用电气开关控制水位,实现灌溉的自动化,省去了人工看护和浪费水资源,在不增加成本的投入基础上考虑废水回收净化利用,以低成本高效率节约水资源 and 环境保护,同时又不排斥劳动者参与其中。因此该系统是一个从灌溉、回收、净化和利用的循环节水系统,实现了人、机、水和环境的和谐统一,具有现实意义和推广价值。

参考文献:

- [1]水利部农村水利司. 水稻节水灌溉技术[M]. 郑州:黄河水利出版社,2012:1-22.
- [2]匡迎春. 南方丘陵区水稻节水灌溉自动调控系统的研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2011.
- [3]纪建伟,邓巍巍,赵毅勇. 基于 PLC 的稻田灌溉自动控制系统研究[J]. 沈阳农业大学学报,2013,44(3):257-261.
- [4]石建飞,曹洪军,衣淑娟,等. 基于 PLC 的寒地水稻水肥一体化灌溉系统设计[J]. 农机化研究,2014(12):58-60,64.
- [5]刘超,石建飞,李爱传,等. 水稻节水灌溉无线远程 PLC 监控系统[J]. 农机化研究,2011,33(11):19-23.
- [6]夏洪,林刚勇,朱兆优,等. 一种 PLC 控制的自动灌溉系统[J]. 机床与液压,2007,35(7):64-65,28.
- [7]栾永庆,陈吉江,沈海标. 余姚市节水型社会建设实践[M]. 郑州:黄河水利出版社,2014.
- [8]魏铁军,刘福林,刘东. 几种水稻节水灌溉技术[J]. 现代化农业,2008(11):19-20.
- [9]郑世宗,陈雪,张志剑. 水稻薄露灌溉对水体环境质量影响的研究[J]. 中国农村水利水电,2005(3):7-8,11.