

南通市三联灌区节水灌溉自动控制系统研制

胡 钢¹, 沈 波², 宋培卿¹, 张学武¹, 黄 勇²

(1. 河海大学计算机及信息工程学院, 江苏 常州 213022; 2. 江苏省南通市水利局, 江苏 南通 226006)

摘要:为改变过去不合理的灌溉方式, 节约水资源, 研制了南通市三联灌区节水灌溉自动化控制系统。该系统需要在约 150 hm² 的耕地上实现农田节水灌溉的自动化、智能化、信息化, 优化水资源配置。系统采用三级结构的计算机远程控制, 实时采集各种数据, 并依此控制灌区泵站、各阀门。系统控制软件以 Delphi6 为软件开发平台, 所有灌溉事件自动插入数据库, 并自动形成各种报表, 以便对灌溉数据进行统计分析。系统运行 2 年来, 性能稳定, 节水效果显著, 取得了良好的经济效益和社会效益。

关键词:灌区; 节水灌溉; 远程控制; 自动化控制系统; 南通市

中图分类号: S274.2; TP273+.5

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2004)04-0033-04

在经济迅速发展的同时, 我国水资源的匮乏问题却日益突出, 节约水资源已是势在必行, 而传统的农业灌溉方式却又在大量浪费着宝贵的水资源。为改变不合理的灌溉方式, 节约水资源, 由河海大学计算机及信息工程学院(常州)与南通市水利局组成的课题组承担了南通市三联灌区节水灌溉自动化控制系统的设计。该系统需要在约 150 hm² 的耕地上实现农田灌溉的自动化、智能化、信息化, 优化水资源配置。南通市三联灌区节水灌溉自动控制系统(以下简称系统)的控制方式采用三级结构的计算机远程控制, 利用 Delphi6 作为开发平台。

1 系统功能与组成

1.1 系统总体功能

三联灌区由 1 个泵房、10 块田地和约 1 000 m 的干渠、支渠组成。本控制系统由计算机远程控制 3 台水泵和 8 个阀门, 同时对 23 台现场仪表进行数据采集, 并作相应的处理。系统具有以下功能: ①自动采集和处理灌区内墒情、水情、雨情及泵站电机的电压、电流数据; ②自动控制泵站电机开关、渠系闸门及田间分配水口闸门的启闭; ③实现计量供水; ④系统告警及保护。

1.2 系统结构与组成

系统由数据采集及控制系统和 IC 卡水费智能管理系统组成。

1.2.1 数据采集及控制系统

为确保系统通信的正常运行, 数据采集及控制

系统采用由控制主机、RS-485 通信总线、现场控制单元、传感器构成的具有三级结构的集散型控制系统(DCS)^[1], 结构如图 1 所示。可同时对 10 个灌溉小区农作物生长水分状况进行监测和控制。1 台计算机作为中央控制级, 其主要任务是完成对灌区各种仪表的控制; 现场服务器(通信控制器)作为中间控制级, 其主要任务是负责各仪表和计算机之间的通信; 在各个灌溉小区, 均有一套现场控制单元作为就地控制级, 对采集的数据进行存储和预处理, 并控制现场电动闸阀和水泵动作。系统吸收了现场总线的做法, 将现场 23 个仪表挂接在 RS-485 通信总线上, 利用 RS-485 通信距离长、抗干扰性能强的特点, 实现整个灌溉区域内控制设备的通信和控制。

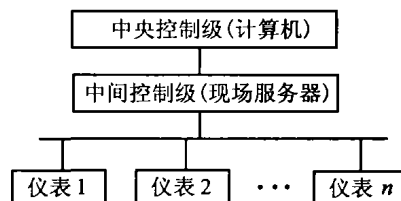


图 1 三级结构示意图

在集散型自动控制系统中, 使用现场控制单元去控制现场设备, 通过现场总线实现现场单元和总控制台的沟通, 使得整个控制系统的可靠性提高, 并易于实现整个控制系统的网络化、智能化, 课题组结合三联灌区的实际情况, 构造了一个网络集成式分布的节水灌溉控制系统。系统的运行结果表明, 系统具有性能稳定、功能完善、易于扩充、施工简便、性价

比高等优点。

1.2.2 IC卡水费智能管理系统

IC卡水费智能管理系统是将计算机和IC卡自动控制技术应用与灌溉自动化的管理系统,其结构形式见图2。由1套软件和1个读卡机,利用控制计算机,选用双脉冲农田量水器实行用水计量,配套低价位的MN1型民用智能水表读卡器就可方便地组成水费智能管理系统,实现先交费后用水的智能化管理模式。

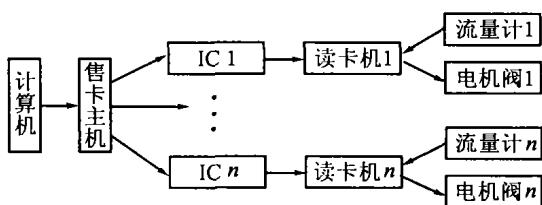


图2 IC卡水费智能管理系统

2 数据采集及控制系统

2.1 数据采集

数据采集主要包括4方面的内容:

2.1.1 田间墒情采集

课题组结合三联灌区处长江下游雨水比较丰沛,浅层地下水埋深比较浅,与田间土壤水分相关关系密切的特点,通过试验建立了稻田土壤水分与浅层地下水埋深关系曲线。

通过试验发现,南通市沙性土壤田间持水量的吸力值,实测值在 $-5.7 \sim -6.3$ kPa之间变化,可取用 -6 kPa。根据实测土壤含水率和相应的土壤水吸力,并以饱和含水量和田间持水量为控制点,绘制稻田土层含水率与吸力相关曲线。运用曲线可由吸力推求土壤含水率,获取稻田根层土壤水动态变化规律,为建立稻田土壤水分和地下水埋深关系提供相应的土壤水分数据,亦可由此获取灌水下限的土壤水吸力指标。

根据稻田浅层地下水由地表向下消退的过程,建立 $0 \sim 20$ cm和 $0 \sim 30$ cm土壤含水率 W_0 与地下水埋深 H 的相关曲线,结果表明,根层土壤水分与地下水埋深大致呈幂函数的变化规律,即随浅层地下水埋深加深,土壤含水率由大变小。由绘制的土壤含水率与地下水埋深关系曲线知,稻田土质不同,其曲线有所差异。

根据土壤含水率与地下水埋深的关系曲线,即可按土壤含水率占饱和含水量的百分比推算确定灌水下限的地下水埋深指标。这样,只要在稻田设置地下水观测井,在一次灌水后逐日观测地下水埋深,当达到灌水下限时,就进行下一

轮的灌水。在水稻各生育期均依此进行。这种操作方法不仅简便,而且适应当前农村的管理水平。

专家处理系统在灌区选择有代表性的点布设地下水位观测浅井,测定水位变化,即可直接反馈灌区土壤墒情。然后根据不同作物的节水灌溉制度,根据稻田土壤水分与浅层地下水埋深关系建立的专家系统就可以确定是否需要灌溉。

系统采用直接控制稻田的方法,按照浅湿灌溉的要求,根据稻田各个生育期需水量(换算成水层深度),预置本生育期灌溉水层上下限值,从低到高逐级引导上级动作。即农田水位传感器对稻田水位实施自动跟踪检测,将检测信号传输给农渠闸门信号处理传输子系统,信号放大后与预置值比较,根据比较结果,农渠闸门、支渠闸门和水泵依次启闭而完成自动灌溉过程。

2.1.2 河、渠水位测量

针对灌区水位测量处于高温、高湿、水质较差的恶劣环境的情况,课题组自行开发了浮球式磁感应水位传感器^[2]。磁感应水位传感器的主导检测管内装有干簧管和精密电阻。当管外装有磁性材料的浮子随液位上下变化时,检测管内位于液面处的干簧管依次接通,使传感器电阻值发生变化。传感器内的电压、电流转换电路将阻值的变化转换成变化的电流信号,一方面能在传感器内由广角度表直接现场显示液位,另一方面把二线制 $4 \sim 20$ mA直流标准信号输出给显示仪表。磁感应水位传感器可以做到高密封、防泄漏,能适应高温、高压、高低温巨变、腐蚀性条件下的液位测量。与其他液位传感器相比,磁感应水位传感器没有“零漂”、“温漂”、“时漂”等问题,测量稳定可靠,精度高,非常适合野外长期使用。

2.1.3 雨水利用与雨量观测

充分利用雨水量是发展节水灌溉的重要环节,课题组开展了水旱作物雨水利用研究,通过试验观测提出了节水灌溉条件下的雨水拦蓄控制指标^[3]。雨水利用研究的成果^[3]表明,在水稻节水灌溉技术推广中,应注重雨水利用,除烤田和黄熟期不允许拦蓄雨水外,其他各生育期均可根据田埂高度尽量拦蓄,即使在返青期,只要不淹没稻苗最上一个叶耳,也应多拦蓄雨水,使灌溉真正成为补充天然降水不足的重要手段,提高天然降水的利用率。

2.1.4 计量供水

系统设置了3处2种水量计量设备,一是泵站,二是渠系,三是田间。泵站主要采用管道流量计。渠系和田间属明渠量水,目前还没有比较好的计量设备,对此课题组研制了适用于中小型渠道的数字式长喉道明渠量水计^[2],并申请了国家专利(ZL02-2-

62780.4). 数字式长喉道量水计是基于传统长喉道量水槽测流原理,利用目前最新的数字显示技术和稳定可靠的水位传感技术研制开发的新型量水设备,由长喉道量水槽、磁感应水位传感器和流量积算仪三部分组成,并配有计算机标准输出接口,与计算机连接,可以实现大型灌区灌溉用水的自动控制.所用电源有 220 V 交流、24 V 直流和 4.5 V 直流等多种形式,能够方便地进行野外各种条件下的量水工作.

数字式长喉道量水计有两种类型,一类是分离式,流量积算仪和水位传感器是独立的两部分,可自由选配组合,各部件固定安装在长喉道量水槽上游水位观测井处;另一类是整体式(或称即插式),流量积算仪和水位传感器组合在一起,形成一个整体,可以自由移动,灌溉季节将其插入观测井中即可使用.

各种数字式长喉道量水计的现场测试结果表明,在不同水位条件下,累计水量相对误差小于 5%,具有很高的测流精度,完全能够满足灌区各种情况的量水精度要求.

2.2 泵房、闸门控制

控制操作方式分两种:①实现有人值守的计算机远程控制.需要工作人员通过该系统的图形界面直接控制泵站的启闭.先发送检测泵站启闭状态命令,若检测到泵站处于闭状态,再真正发送开泵命令.为保证命令的可靠传输,命令以帧格式发送,带有纠错、检错字段,保证命令的可靠传输.开闸成功后,图形界面形象地显示主干区的水流状态.②无人值守的自动控制.操作人员依据用户的蓄水量和用水时间进行系统设置,设置成功后,其设置参数被保留,系统依据设置参数对各泵进行自动定时启闭,实现了泵站无人值守的自动化控制.

闸门控制方式与泵站控制类似,主要是对田间 8 个支渠闸门实现开启操作.

2.3 系统管理

系统管理共分 4 个子模块:泵房管理子模块、闸门控制子模块、土壤监测子模块和数据库管理子模块.①泵房管理子模块主要负责对水泵的控制,实时显示河水水位、降雨量、水泵流量等数据;②闸门控制子模块主要完成对每块田地阀门的开关控制,实时显示流量;③土壤监测子模块负责对土壤的监测,记录土壤的状态,并反映出田地对水的需求量;④数据库管理子模块的功能是处理各种采集到的数据,根据用户的要求查看各种数据,并以曲线图或柱状图进行显示.

3 IC 卡水费智能管理系统

IC 卡水费智能管理系统的结构形式见图 2,其

工作原理是:利用 IC 卡,对用水户进行建档管理,配合计算机进行控制.整个系统由 1 台主机和若干台分机构成.主机由管理员操作使用,负责读写卡、系统维护及查询、统计、打印报表等.分机安装在每个用水户的进水口田头控制箱内,用于读卡和按预交水费控制用户使用水量.在使用前,用户需先到供水站买水,由供水站将用户购买的水通过主机写入用户卡中.用水时用户将该卡插入系统,分机识别正确后,在显示器上显示分机内的水量总数,将用户卡拔出后,即可正常用水.在使用过程中,分机内的剩余水量随用水量的递增而递减,当剩余水量接近用完时,分机将提示用户买水.若用户仍未购买水量,在剩余量使用结束时,分机将自动关闭闸门,切断电源,并打入锁定销,停止供水,直到用户重新购买水量,方可使用.售卡机还具有打印用水户购买水量及用水总量报表功能.

管理系统具有自动计量用水量,自动识别本系统智能卡,自动判别地区代码和设备代码,根据购买量自动判别开关电动阀,显示累计用水量,显示剩余购买水量,根据设定值进行下限报警,停电数据保持和死机可自动恢复等主要功能.

就目前的运行情况看,使用 IC 卡智能收费管理系统比较明显的成效有以下几个方面:①节水节电,使用 IC 卡收费管理后,用户节水意识提高了,跑、冒、漏水的现象大为减少;②杜绝了大锅水、人情水,无论何人都必须先交费后用水;③变拖欠水费为先交费后供水的预交水费灌溉模式;④管理人员的劳动强度降低,增强了水费收缴的透明度,减轻了农户负担.

4 系统软件设计

三联灌区节水灌溉自动控制系统总体架构如图 3 所示.系统控制界面均采用动画设计,用动画的方式显示整个系统的流程,方便美观.在前 3 个子模块中,界面上的数码表可以实时显示各种数据,使操作管理员随时了解控制区范围内的情况.当硬件发生损坏或其他异常情况时,系统还会自动报警,提醒操作管理员迅速采取相应的措施.

系统在开发研制过程中应用 3Dmax, Flash, Photoshop 作为图形界面的开发软件工具,利用 Delphi 编程语言作为软件开发工具,使系统不仅功能强,而且界面直观,易学易操作,并具有语音提示功能.

为保证整个系统可靠、安全、不间断地长时间工作,客观上要求对系统的关键设备进行适时检测,做到早发现、早处理、早解决各种故障,以免造成重大损失.因此,对泵站和各支渠闸门的电机设备进行了

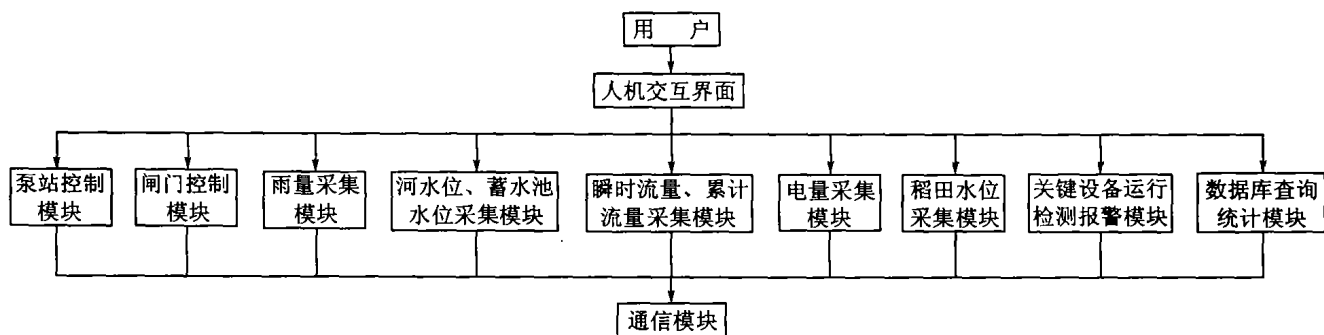


图3 系统总体架构

实时监测,及时反馈缺相、断相、过压、过流等故障状况,并配有相应的声光报警,以便提醒管理人员及时做出相应处理。

系统工作前,需完成通信接口的初始化,设置通信所需的波特率、数据位、停止位、奇偶校验位等通信参数,发送采集命令,接收各泵站的累计流量、各闸门的瞬时流量、各泵站的用电量、河水水位、出水池水位、稻田水位、土壤水分、雨量等信息,各种命令的收发必须携带地址信息,便于正确收发数据。以上各模块的正常运行离不开通信模块的后台支撑,通信模块的可靠性直接影响系统的健壮性。

5 结 语

由于采用了三级结构的计算机节水灌溉远程自动控制系统,本系统具有结构简单、性能稳定、响应时间短、数据实时性好、对操作员的要求比较低等特点。系统投入运行2年来,性能稳定,节水效果显著,深受用户的好评。

系统一次性投资较大(为1705元/hm²),但系统运行以来,取得的节水、节电和节省管理费用效益都

很明显(粮食增产效益未作统计):①节水:水稻全生育期灌溉水量4615 m³/hm²,加上利用雨水量(有效降雨)4220 m³/hm²,耗水共8835 m³/hm²,仅相当于全市平均水平的73.6%;②节电:实现灌溉自动控制后,耗电由以前的240 kW·h/hm²下降到177 kW·h/hm²;③管理人员减少5人,节省大量管理费用。

本系统的部分研究成果已在南通市及江苏省其他地区的灌区续建配套、节水改造、农村水利现代化建设中得到应用,产生了良好的经济效益和社会效益,尤其是农户用水量的精确计量,消除了以前农户与水利局之间的紧张关系。显然,将这些技术应用于中西部水资源短缺的地方,将会产生很大的社会效益和经济效益。

参考文献:

- [1] 齐维贵,丁宝.单片微型机原理·接口·通信·控制[M].哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1997.187~190.
- [2] 陈建康,沈波.长喉道量水槽的应用研究[J].灌溉排水,2001,20(4):26~29.
- [3] 沈波,洪宝鑫,瞿益民.水稻利用雨水量试验分析[J].灌溉排水,2002,21(2):58~59.

(收稿日期:2003-11-05 编辑:熊水斌)

·简讯·

抗泥沙磨损的新技术——高压、高速燃氧喷镀技术

日本东芝公司开发并应用的喷镀技术——高压、高速燃氧喷镀技术(简称 HP-HVOF),是一种黏结力很强的高硬度喷镀技术。经该技术处理的部件表面,具有优良的耐磨损特性。同时东芝公司还独立开发了喷镀用粉末材料——东芝陶瓷合金(TCC),这是一种专门适用于 HP-HVOF 喷镀的材料,以碳化钨(WC)为主体,硬度高,黏合力强。

HP-HVOF 喷镀为气体式喷镀,采用高压内部燃烧方式,由煤油燃料与氧在燃烧室内由火花塞点火燃烧,在高温下给高压、高速的气体提供粉末等喷镀材料,在超高速状态下向母材喷镀半熔化状态的粒子(见图1)。喷镀形成的保护膜具有以下特点:①黏结力强(通常为100~150 MPa);②镀层细密,气孔少;③可形成厚的保护膜(0.5~2 mm);④喷镀材料结构中几乎不产生变形;⑤抗弯曲、抗扭转能力强。

现场试验表明,经 HP-HVOF 喷镀表面处理以后,水轮机过水部件的材料喷镀层(包括修补材料的镀层)将具有4倍

以上的耐磨损特性。此外,从应用结果中最大磨损深度之差的对比来看,已证实其耐磨特性是不锈钢修补材料 SUS₃₀₉ 的25倍以上。

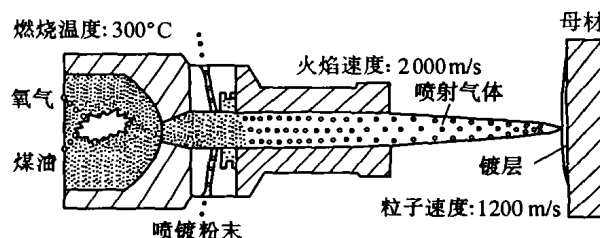


图1 HP-HVOF 喷镀枪示意图

HP-HVOF 喷镀不仅能获得比目前所用材料更优的耐磨损特性,而且可现场进行修补。对不便送到车间处理的大尺寸部件,或只能局限于现场修补的埋设部件均能使用该技术。

(邓隼北供稿)