

生态工程自动灌溉系统的设计

焦一之¹ 余新晓¹ 关轶¹ 李金海² 武军²

(1 北京林业大学水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室 2 北京市园林绿化局防沙治沙办公室)

摘要:该文介绍了一种新型灌溉自动化系统的设计。该系统由控制系统和喷水系统两个串联的系统组成。手动控制系统和由报警系统、开关式土壤水分传感器、开关式温度传感器构成的自动控制系统共同参与控制;并且可以提供故障报警信号。该系统可长时间开启,自检、自控性好;可远程监控,节能、节水、省人力、实用,在较大程度上实现了灌溉系统自动化。

关键词:生态工程;灌溉系统;开关式土壤水分传感器;开关式温度传感器

中图分类号: S774 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1522(2008)增刊 2-0188-05

JIAO Yi-zh¹; YU Xin-xiao¹; GUAN Yi¹; LI Jin-hai²; WU Jun². **Design of auto-irrigation system in ecological engineering.** *Journal of Beijing Forestry University* (2008)30(Supp. 2)188-192 [Ch, 8 ref.]

¹ Key Laboratory of Soil and Water Conservation & Desertification Combating of Ministry of Education, Beijing Forestry University, 100083, P. R. China;

² Sand Prevention and Control Office, Beijing Gardening and Greening Bureau, 100029, P. R. China.

The authors specifically elaborated a new designed auto-irrigation system used in ecological engineering. The system is a connection of a control system and a shower system. The automatic control system, which is composed of alarm system, switching soil moisture sensor and switching temperature sensor, makes joint control with the manual control system. It can sound the alarm bell when the system is in trouble. The system not only can bear long time operation, but also can do automatic examination, automatic control and remote monitor. This practical system can save energy, water, manpower, and realize the automation of the irrigation system.

Key words ecological engineering; irrigation system; switching soil moisture sensor; switching temperature sensor

生态工程(ecological engineering),这个概念是 20 世纪 60 年代分别由美国生态学家 Odum H T 及我国生态学家马世骏提出的^[1-2]。20 世纪 30 年代之后国际上多次公害事件的发生,引发了全球范围内对人类发展对生态环境影响的深思,并进而在关注全球性的粮食、人口、环境、资源等的背景下逐渐掀起了生态工程的热潮^[3]。

生态工程是指依据生态学和生态控制论原理,针对自然资源环境特征和社会经济发展现状,设计、建造与调控以植物措施为主体的复合生态系统的工程技术,其目的在于保护、改善与持续利用自然资源与环境。在促进良性循环的前提下,充分发挥

物质的生产潜力,防止环境污染,达到经济与生态效益同步发展^[4]。大型工程施工项目中都不可避免的存在开挖土石、扰动地表的情况,会对生态环境造成较大的破坏,尤其是在自然条件恶劣的干旱、半干旱地区,生态环境一旦遭到破坏,便很难自然恢复^[5],所以在施工项目中后期需要实施生态工程以确保生态环境的安全。现行的生态工程措施主要是工程措施和生物措施。工程措施包括修梯田、挖截流沟、治侵蚀沟等,是基础辅助措施。生物措施是生态工程中的主体措施,它主要是利用植被的保水固土、改善小气候、净化空气等特征,对工程区域生态环境进行持续有效的改善。

收稿日期:2008-06-15

http://www.bjfujournal.cn; http://journal.bjfu.edu.cn

基金项目:北京市科委重大项目(D0706001000091)、“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD03A0201)。

第一作者:焦一之,博士生。主要研究方向:水土保持、工程绿化、林业自动化。电话:13810028949 Email: jyzbjfu@126.com 地址:100083 北京林业大学 416 信箱。

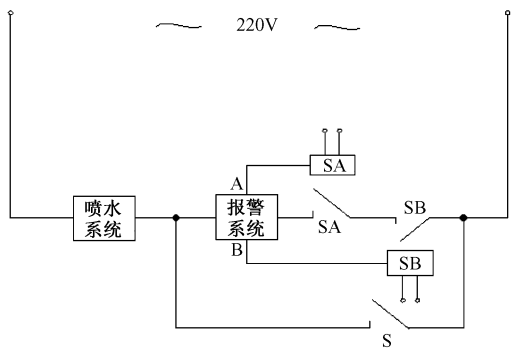
责任作者:余新晓,博士,教授,博士生导师。主要研究方向:水土保持、生态学、生态水文。电话:010-62338846 Email: yuxinxiao@bjfu.edu.cn 地址:100083 北京林业大学水土保持学院。

生物措施中,为保证地表覆植幼苗的成活率,首要保证的就是水量供应充足,而天然降水受季节影响较大,雨量又很难控制,大多都难以达到幼苗成活成荫所需的用水量。因此,生态工程在幼苗生长初期常使用人工辅助灌溉措施。我国人工辅助灌溉措施主要分为粗放型的大水漫灌和相对节约型的现代灌溉技术。漫灌既费水,灌溉效果也不佳,将渐渐退出历史舞台;而现代灌溉技术主要以喷灌和滴灌为主,虽然在一定意义上节约了灌溉用水量,但是无法控制有效灌溉量和合适的灌溉时间,仍会导致水资源的浪费,尤其是在干旱缺水、蒸发量大的西部地区,还是难以达到预期效果。本文针对这一现状,对现行的灌溉系统进行了一些改进,让灌溉系统更加有效地达到节约化、智能化、可控制化的标准。

1 系统设计

本系统在交流电灌溉系统的基础上,介入开关式土壤水分传感器、开关式温度传感器和开关式故障报警装置,在大回路上实现根据现场水热情况,自动控制喷水时间和喷水量,从而达到省人力、节水和可监视、可控制的目的。

在系统中,土壤水分的临界值和温度的临界值,是让大系统喷水的两个必要条件,二者缺一不可。对覆植幼苗的区域进行土壤水分和温度的监测,可以有效地让水用在该用的时候,用到该用的量,还可以根据气温状况选择是否用水。这大大增加了水的利用率。



SA· 开关式土壤水分传感器; SB· 开关式温度传感器;
S· 手动系统开关; A、B· 接入口

图 1 生态工程自动喷灌系统示意图

FIGURE 1 Diagram of auto-irrigation system in ecological engineering

系统整体是一个串联型回路(图 1),当 SA 和 SB 达到合适条件时,相对应的开关自动闭合,系统形成一个通路,喷水系统供电,开始喷水。SA 和 SB 至少有一项条件不满足时系统自动关闭,喷水停止。若遇特殊情况,如有消防或降尘任务时,可开启手动系统开关 S,系统直接喷水。

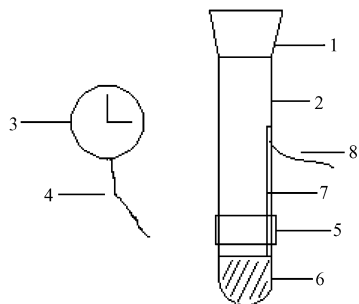
2 元件设计

2.1 开关式土壤水分传感器设计

开关式土壤水分传感器是利用张力计的原理制成的,它利用特制的电接点真空表将土壤湿度信号转换为开关式电信号。土壤水吸力的大小与土壤水分含量有关。一般来说,土壤含水量愈小,吸力愈大;土壤含水量愈大,吸力愈小。土壤水吸力大小与水分对植物的有效性密切相关。因此,土壤水吸力大小已被普遍用作植物是否需要灌溉的依据。传感器提供的信号为开关电信号(触点信号),通过电接点真空表上拨杆的定位,可获得 0~85 kPa 范围内任意点土壤水吸力的开关电信号。这个土壤湿度检测范围,正好适合多数植物指示是否需要灌溉。

2.1.1 结构与工作原理

开关式土壤水分传感器(图 2)主要由集气管、陶土头、连接管、电接点真空表、水位检测杆等部分组成。集气管上有注水口,使用时,打开橡皮塞,向集气管里注满水,塞紧橡皮塞。当将陶土头埋入土中后,土壤水吸力通过多孔陶土头内水膜的传递,作用于仪器内部,仪器内部产生真空度(负压)。此真空度作用于电接点真空表上,使其指针走动。当指针走到预设的某一土壤水吸力值位置时,电接点真空表上触点接通,即得到触点(开关)电信号。当集气管内水量少于一定量,传感器不能正常工作时,管内水位低于水位检测杆某预设高度,通过连接线导通报警设置,并自动断开土壤水分传感器的开关,同时将报警信号发送出去。传感器连接管的长度,按不同植物材料根系分布深度的不同,有 20、30、40、50、60、70 cm 等不同规格可供选用。



1. 橡皮塞; 2. 集气管; 3. 电接点真空表; 4. 真空表连接线;
5. 连接管; 6. 陶土头; 7. 水位检测杆; 8. 检测杆连接线

图 2 开关式土壤水分传感器示意图

FIGURE 2 Diagram of switching soil moisture sensor

2.1.2 使用方法

2.1.2.1 传感器的准备

为使传感器达到最大灵敏度,使用前必须将传感器内部的空气除净,操作步骤如下:

1)将陶土头浸于水中 24 h 以上。

2)从集气管注入无气水(刚冷却的冷开水),注满后塞上橡皮塞。

3)让陶土头在空气中蒸发,至集气管一半空间被空气充满时为止。拍打塑料杆,使仪器下部与真空表腔体内的空气集中于传感器上部。然后,将陶土头浸入冷开水中,使真空表指针回零,再打开橡皮塞,向传感器里注满水。

4)再一次让陶土头蒸发,重复上述操作 2~3 次,这样传感器内空气基本上被除净。

5)将传感器的陶土头垂直浸入一水杯中(水浸没陶土头一半高度处),待真空表指针移动结束后,指针所指读数即为该传感器的零位读数。然后将传感器的陶土头浸于清水内备用^[6]。

2.1.2.2 现场安装

1)根据地形、植物长势、行株距、土壤岩石情况以及灌溉水分布状况等,将传感器埋设于具有代表性的地段。再根据坡度、土壤结构、层次性及植物种类等,确定每支传感器所能控制的面积。

2)用稍大于传感器直径的土钻,在已选定的地方开孔,根据作物根系分布状况和灌溉水入渗深度等参数,将洞打至一定深度,在洞内倒入少许细沙类泥浆,将传感器插入。再在传感器四周将土塞实,以免雨水和灌溉水漏入。埋设传感器的地方,表土勿踩实,表土状况应保持与周围土地一样。

3)将电接点真空表的拨杆拨到预定的吸力数值位置上。例如,在早熟禾(*Eremopoa persica*)生长的前期,当土壤水吸力达 50 kPa 时需灌溉,如果传感器的零位读数为 2 kPa 时,则应将拨杆拨到 52 kPa 位置处。

2.1.2.3 日常管理

1)在传感器运行过程中,集气管内空气容量太多时,系统会通过水位检测系统报警。收到报警信号时,需注入冷开水将气排出去。

2)为防止雨水或灌溉水进入电接点真空表,使用中最好用塑料袋套住真空表。

3)要注意防止陶土头沾上油污,以免其细孔堵塞而造成灵敏度下降。

2.2 集气管内水位检测系统设计

水位检测系统是位于集气管内的水位监测杆和 外接系统的总称,它利用水是导体的特征,将两条不相接的引线分别布置于集气管底和最低水位线上。管内水、气处于相对平衡状态时,水位较高,引线导通;水位低于最低水位线,两引线便断开。

2.2.1 结构与工作原理

水位检测系统电路(图 3)是用 CMOS 与非门组

成的。当集气管内水位高于预设值时,管底引线 U 和预设值引线 a 通过水接通,这时与非门 G 的输入为高电平,输出为低电平,相应发光二极管 D 亮,表示工作正常,同时向故障报警系统输入状态 1。当水位低于预设值引线时,a 端和 U 端之间断开,G 的输入端变为低电平,输出端为高电平,三极管 T 因而导通,开关 Ka 受电,通路即被中断,送往故障报警系统的状态变为 0。

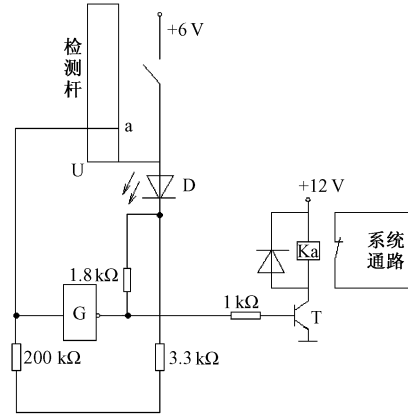


图 3 水位检测系统电路示意图

FIGURE 3 Circuit diagram of water-level monitoring system

2.2.2 使用方法

2.2.2.1 水位检测系统的安装

1)将水位监测杆竖直的放入集气管内,尽量保持紧贴管壁,并予以固定。

2)检查开关 Ka,确认其处于无电闭合状态。

3)检查系统,除集气管内引线外,其余元件均需绝缘,以免发生漏电或短路。

2.2.2.2 日常管理

1)在接到报警信号、向集气管注水时,一定要保证将两条引线均浸没,使其再次处于导通状态。

2)在部分高寒地区,二极管、三极管在冬季露天时需要密封保护,以免低温损坏晶体管。

2.3 开关式温度传感器

开关式温度传感器采用现有的 XMK-010 型双限数显温度控制仪,该仪器有如下功能:被控对象的温度测量和显示,温度下限、上限的设定和被控设备开、停控制,温度传感器故障显示(开路或短路)。

2.3.1 工作原理

设置温度下限,例如在 0℃ 以上才可以进行灌溉,即可将 0℃ 设为开关点。温度高于 0℃,可以根据土壤含水量进行灌溉;温度低于 0℃,即便土壤很干燥,灌溉系统仍不工作。该控制仪可能出现的故障主要是电导线与元件接触不良,故将控制仪的通路一端接入故障报警系统,正常通电时输出状态 1,接触不良时输出状态 0。

2.3.2 使用方法

2.3.2.1 双限数显温度控制仪的安装

1) 参数设定时, 为防止误操作, 需连接“set”键 3 下, 方可进入设定状态。

2) 在模式上选择制冷模式, 根据需要设定下限温度。

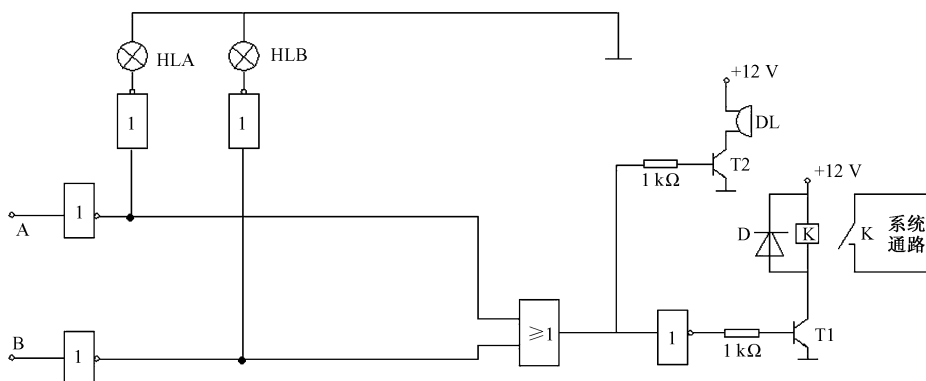
3) 检查仪器线路的通断, 保证运行正常。

2.3.2.2 日常管理

1) 若要退出自动工作状态, 需切断电源才能退出。

2) 修改设定值时, 重新按“set”键 3 下, 修改后再按 1 下, 使设定值确认并保存。

3) 温度传感器应置于空旷区域, 以免受人为活动的干扰, 影响温度测量的准确。



A·土壤水分传感器接入点; B·温度传感器接入点; HLA·土壤水分传感器状态指示灯;
HLB·温度传感器状态指示灯; K·触电开关

图 4 故障报警系统示意图

FIGURE 4 Diagram of alarm system

2.4.2 使用方法

2.4.2.1 故障报警系统的安装

1) 将指示灯和蜂鸣报警器置于监控室内, 方便观测和远程控制。

2) 初始状态保证 A、B 端接受状态均为 1。

2.4.2.2 日常管理

1) 定期清洁报警系统中的尘土等, 避免有水渗入系统, 而发生短路或者误报现象。

2) 在部分高寒地区, 二极管、三极管在冬季露天时需要密封保护, 以免低温损坏晶体管。

2.5 手动系统开关设计

手动系统开关并联于自动控制系统, 直接与喷水系统串联, 设置于监控室内。在紧急情况(如火情、扬尘等)时, 可直接开启喷水系统, 完成地表覆水任务。

2.6 喷水系统

喷水系统采用当前较为节水的喷灌或滴灌^[7], 串联于整体控制系统, 直接受控制系统操控。

2.4 故障报警系统设计

故障报警系统串联于两个传感器的同侧, 两个传感器正常通电时, 报警器处于通路状态; 当传感器有断路信号, 报警器收到信号, 即断开系统通路, 发出报警声音信号, 并显示发生故障。

2.4.1 结构与工作原理

故障报警系统(图 4)工作正常时, 输入端 A、B 均为 1(表示温度和土壤传感器工作均为正常)。这时, 三级管 T1 导通, 系统为通路; 三级管 T2 截止, 蜂鸣报警器 DL 不响; 状态指示灯 HLA 和 HLB 全亮。如果系统中某路出现断路故障, 其状态将由 1 状态变为 0 状态。这时, T1 截止, 系统变为断路; T2 导通, 蜂鸣报警器 DL 报警; 故障端对应的指示灯熄灭, 让人对故障源一目了然。

3 结论与讨论

自动灌溉系统分为控制系统和喷水系统两大部分, 控制系统又由自动控制和手动控制两部分组成。自动控制部分分别由开关式土壤水分传感器、开关式温度传感器和故障报警系统构成, 可令该系统更加自动化、人性化的完成灌溉任务。

与目前普遍采用的智能灌溉系统相比, 该系统不仅继承了自动化、节水、省人力的优点, 还具有以下优点:

1) 有效地将土壤水分传感器和温度传感器结合在一起, 实现两种传感器对灌溉系统的同时、同步控制, 进一步向智能化系统迈进。

2) 增加了故障报警装置, 令系统更加有效的运行, 而且远程报警、故障定位等功能让人更加及时准确地掌握故障信息。

3) 手动开关功能的设置, 令该灌溉系统更加人性化, 具备了在特殊情况的自主操控性能。

近年来,随着工农业发展脚步的加快、人类活动能力的加深,生态环境问题日趋紧迫^[8]。该系统在进行生态修复工程中,响应国家“发展和谐社会,提倡节约型生产”的号召,有效节约了水资源,在节水生产的实践中可起到一定的积极作用。

参 考 文 献

- [1] ODUM HT. *Environment, power and society*[M]. New York:Willy, 1971.
- [2] 马世俊.生态工程——生态系统原理的应用[J].生态学杂志,1983,2(3):177-309.
MA S J. Ecological projects—the application of principles of ecosystem[J]. *Ecology Magazine*, 1983, 2(3):177-309.
- [3] 方萍,陈聿华.丘陵旱地农桐生态工程模式的生态效应分析[J].干旱地区农业研究,2006,24(3):72-77.
FANG P, CHEN J H. Ecological effects of the ecological engineering model “crop-paulownia” on dry-land fields in hilly[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2006, 24(3): 72-77.
- [4] 李朝晖,王丽敏.论林业生态工程的实施与发展趋势[J].防护林科技,2007,2(3):50-51.
LI Z H, WANG L M. On the implementation of forest ecological projects and development trends[J]. *Shelterbelt Technology*, 2007, 2(3):50-51.
- [5] 李自强.运用层次分析法解决宁夏石中高速公路北段边坡绿化植物的选择问题[J].宁夏大学学报(自然科学版),2004(3):72-76.
LI Z Q. Solving the problem of selecting the plant for virescence of side-slope of north part of Ningxia Shizhong freeway by the analytic hierarchy process[J]. *Journal of Ningxia University (Natural Science Edition)*, 2004(3):72-76.
- [6] 张致学,朱世贤.TS-3型开关式土壤水分传感器在农田灌溉中的应用[J].现代化农业,2006(12):32-33.
ZHANG Z X, ZHU S X. TS-3-type switch-soil moisture sensor in the application of irrigation[J]. *Modernizing Agriculture*, 2006(12):32-33.
- [7] 李有田.旱区农业要大力推广喷灌与滴灌机械化[J].中国农机化,2007(1):37-38.
LI Y T. Popularizing the mechanization of spray irrigation and drop irrigation in dry land[J]. *Chinese Agricultural Mechanization*, 2007(1):37-38.
- [8] 王东兴.建设节约型社会的现状与对策[J].河北大学学报(哲学社会科学版),2007(6):89-92.
WANG D X. The present situation and meaning of constructing an economical society[J]. *Journal of Hebei University (Philosophy and Social Sciences Edition)*, 2007(6):89-92.

(责任编辑 李文军)