

双向钻土型地埋式自升降喷灌设备研发

谢崇宝¹, 张国华¹, 鲁少华², 卢文娟³, 陈娟⁴, 谢瑞环⁵

(1. 中国灌溉排水发展中心, 北京 100054; 2. 北京中灌绿源国际咨询有限公司, 北京 100054; 3. 河海大学, 南京 210098; 4. 扬州大学, 江苏 扬州 225000; 5. 中灌润茵(北京)节水灌溉设备有限责任公司, 北京 101302)

摘要:施工挖方量大和管道成本高是现有地埋式喷灌技术推广过程中亟须解决的两大问题。针对这两个问题, 创新性地研发了双向钻土型地埋式自升降喷灌设备, 该设备可以依靠自带的下钻头直接入地到位安装, 安装设备时无需额外开挖, 设备的稳定性、垂直度等均能很好保证; 同时本设备依靠负压将伸缩管回缩到地下耕作层以下, 一套供水管道即可实现自动上下, 节约了一套与供水管网平行的辅助管道系统。已有示范工程的应用结果表明, 该设备能够满足喷灌工程建设和使用要求, 能够有效提高安装效率、喷灌效率和耕作效率, 降低劳动强度, 节约劳动成本。

关键词:双向钻土; 地埋式; 自升降; 喷灌设备

中图分类号: S275 **文献标识码:** B

1 研发目的

喷灌技术是一种农田高效节水灌溉技术^[1,2], 其能够使水喷洒均匀且能够减轻人工劳动强度, 在当今农事作业中具有广泛的应用^[3,4]。而喷灌装置作为其中的关键设备, 其结构与安放位置十分重要。为了解决传统喷灌设备影响田间的正常耕作或收割等农事作业的问题, 地埋式自升降的喷灌装置^[5,6]应运而生。但现有地埋式自升降喷灌装置在安装时需要依靠人工或机械来开挖安装点上的土壤, 这不仅使喷灌系统成本, 特别是安装成本较高, 而且安装质量较难控制。同时, 现有技术提供的喷灌装置在单套供水系统的情况下只能实现自动升起, 无法实现自动下降, 在非灌溉季节需要依靠外力才能将其回缩至耕作层以下, 无法实现全自动升起和下降, 在劳动力特别紧缺和频繁需要升降的情况下, 其实际应用受到一定限制。

为了解决现有技术的问题, 亟须研制一种施工挖方量小、稳定可靠, 并且依靠单套供水系统可进行自升降的喷灌装置, 该设备是现有地埋式自升降喷灌设备半自动和全自动的更新换代产品。

2 设计方案

2.1 结构设计

本文研发的双向钻土型地埋式自升降喷灌设备, 包括地埋式旋转喷头、内管、外管、止球器、球体、支撑环、钻头, 如图 1 所示。

由图 1(a)可知, 旋转式喷头的顶部设置有出水口; 内管的外径小于外管的内径; 外管的上部侧壁上设置有进水/出水口, 进水/出水口与输水管道连接; 止球器为圆盘, 圆盘上设置有用于水流通过的通孔, 通孔的个数至少为 1 个, 通孔的孔径以及支撑环的内径均小于球体的球径; 支撑环为橡胶圆环; 球体为圆球体或椭球体, 球体为空心铝球; 钻头包括钻杆和钻头本体, 钻杆的端部分别与外管的下端以及钻头本体连接, 钻杆上设置有螺旋状排屑槽。

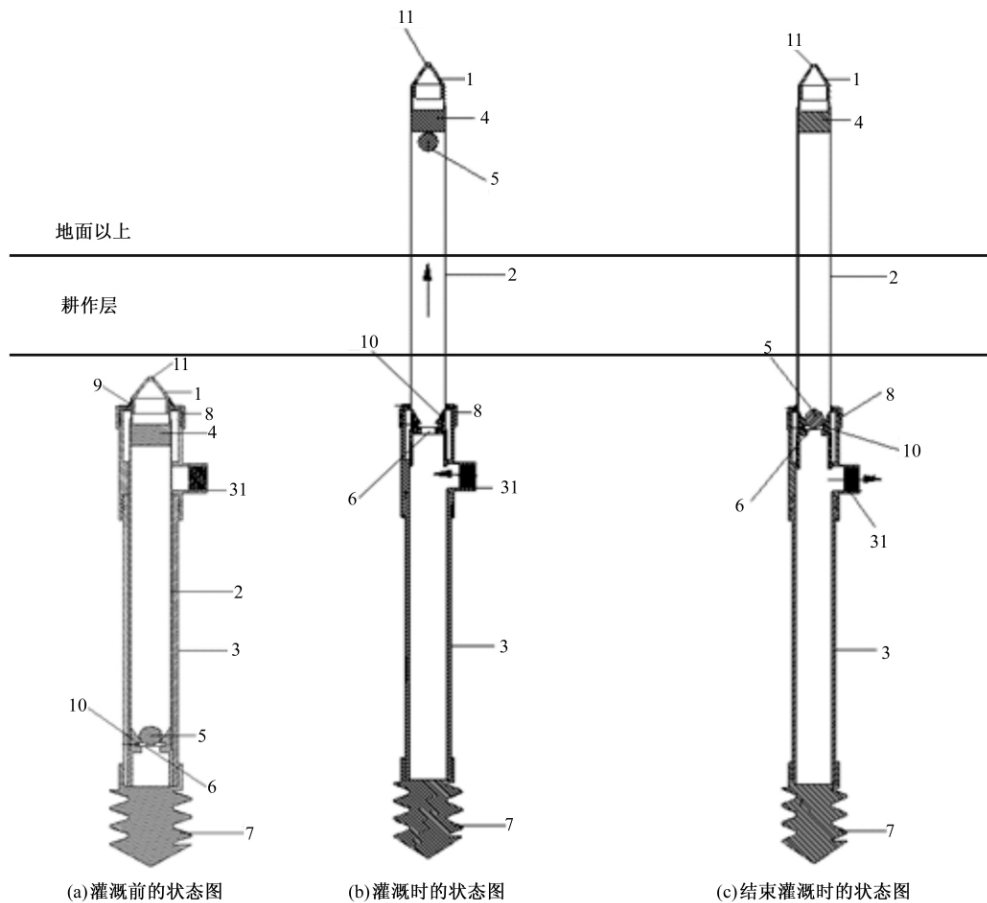
地埋式旋转喷头设置在内管的上端, 且位于外管的外部; 内管套装在外管的内部, 内管与外管的上端密封接触, 且可相对外管轴向运动; 止球器设置在内管上端, 且位于地埋式旋转喷头的下方; 球体设置在内管的内部, 且可在支撑环与止球器之间轴向运动; 支撑环设置在内管的下端, 且与内管的侧壁紧密接触, 形成内管的底部; 钻头设置在外管的下端; 密封件盖装

收稿日期: 2016-03-08

基金项目: 水利部公益性行业科研专项“自驱动多功能高效节水灌溉关键设备研发”(201301010); 水利部技术示范项目“地埋式自动升降喷灌技术推广”(SF-201621)。

作者简介: 谢崇宝(1965-), 男, 教授级高级工程师, 从事农田水利与饮水安全方面的研究, E-mail: xchb@263.net。

通讯作者: 张国华(1980-), 男, 高级工程师, 从事农业水土工程方面的研究。E-mail: zgh311133@163.com。



1-埋地式旋转喷头;11-出水口;2-内管;3-外管;31-进水/出水口;4-止球器;5-球体;6-支撑环;7-钻头;8-密封件;9-刮土器;10-支撑台

图1 双向钻土型地埋式自升降喷灌设备结构示意图

在内管与外管上端的连接处;刮土器设置在密封件的上方;支撑台设置在内管下端相对的侧部,呈对称的楔形布置,通过支撑台,支撑环与内管的侧壁紧密接触。

由此可知,钻头和地埋式旋转喷头及其出水口解决了设备的双向钻土问题,即“上钻出地”、“下钻安装”,大大提高了安装质量。设计的球体是解决单管自升降问题的关键技术。通过单套管路实现自升降,大幅度节约公顷平均投资。双向钻土型地埋式自升降喷灌设备是地埋式自动升降型一体化喷灌设备的升级换代产品。

2.2 技术特点

双向钻土型地埋式自升降喷灌设备的优点:一是本设备依靠自带的下钻头直接入地到位安装,无需因为安装设备额外开挖,减少土壤的扰动,当然,本设备也可以事先打孔安装,其下钻头能够方便地保证设备的稳定性和垂直度等;二是本设备依靠负压将伸缩管吸回耕作层以下,单纯一套供水管道即可实现自动上下,节约了一套辅管系统,降低了成本;三是本设备为地埋式自升降,不影响耕作及其他农事活动。

3 工作原理

本设备通过在外管下端设置钻头,能够在进行安装时依靠外力旋转该喷灌装置带动钻头旋转,使其边切割土壤边向下运动,直至该喷灌装置下行到地下的指定安装位置。可见,本装置无需人工或机械开挖安装点上的土壤,其通过自钻进入地

下,并保持非灌溉状态时位于地下,不仅显著提高了安装质量及安装效率,且避免了对土层造成扰动以及对地上正常耕作及其他农事作业造成影响。

由图1(a)可知,在非灌溉状态时,内管位于外管内部,且由于内管外径小于外管内径,内管和外套之间留有用于水流通过的空隙。此时,球体位于内管下端的支撑环上。可以理解的是,支撑环的侧部与内管的侧壁紧密接触,以使支撑环与内管接触的部分处于密封状态。而支撑环的中间环状部分为圆孔状,此时,由于球体的球径大于支撑环的环内径,球体将位于该支撑环的内环处,并与支撑环一起形成密封的整体。

由图1(b)可知,在灌溉状态时来自输水管道的有压水流由外管上的进水/出水口进入外管内,并在内管下端推动球体,使球体离开支撑环在内管的内部向上运动,直至被止球器阻挡并停靠在止球器的下端。与此同时,有压水流进入内管并推动内管和地埋式旋转喷头向上运动。在此过程中,有压水流进入地埋式旋转喷头中并由其顶部的出水口喷出,形成高速水流。该地埋式旋转喷头通过旋转可以向上钻土,且该高速水流具有冲击并切割上部土壤的能力,如此作用下,更利于内管和地埋式旋转喷头在地下向上运动,直至暴露于地表,进行灌溉作业。

由图1(c)可知,当灌溉结束时输水管道停止供水,球体将在自身重力作用下回落至内管下端的支撑环上,与此同时,内管中的水也随之流回至外管。然后将外管中的水经进水/出水口排出,此时,由于球体下端与支撑环密封接触,将隔绝空气进

入外管内部,从而使外管与外界形成气压差。该气压差将促使内管向下运动,直至完全下降至外管内部,恢复至非灌溉状态时的地理状态。

由上述工作过程可知,本设备能够实现向上钻土及向下钻土的双向钻土功能,利于提高安装效率,减少对土层的扰动;在非灌溉状态时埋于地下,不会影响地上的正常农事作业;灌溉状态时自动升起顶出地面到设计高度,完成灌溉作业。设备依

表 1 双向钻土型埋式自升降喷灌设备技术规格参数

外管		内管		壁厚/ mm	工作压力/ MPa	喷嘴直径/ mm	喷头流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	射程/ m
长度/cm	管径/mm	长度/cm	管径/mm					
125	60	125	45	4	0.2~0.5	6(3)	1~2	12~15

测,本产品达到了国家标准 GB/T22999 的要求,其中管道耐压性能:常温条件下,喷头保持 2 倍的最大工作压力(即 0.5 MPa)保持压力 1 h;管道及其零部件能承受试验压力而不损坏,喷体及其连接部位不出现泄漏,并且喷头不与连接件脱开;升降性能:常温条件下,喷头在规定试验压力下(0.3 MPa)升出地面的时间 ≤ 10 s,断水后喷头回缩地下的时间 ≤ 60 s;有效喷洒半径:有效喷洒半径 12~15 m,其偏差不大于 $\pm 5\%$;喷头流量:在规定试验压力(0.3 MPa)下喷头流量的变化量不大于 $\pm 5\%$;转动速度均匀性:喷头旋转 1/4 圈所需的平均时间,相对于平均值的极限偏差率不大于 $\pm 12\%$;转动稳定性:将喷头旋转轴线偏离垂直线 10° ,在整个工作压力范围内,喷头能始终正常工作;启动压力:0.2 MPa。



图 2 双向钻土型埋式自升降喷灌设备产品图

5 设备安装

本设备安装较为方便,一般安装在地表以下 0.35~0.40 m,具体埋深应根据当地耕作层深度等因素来确定,管道的埋

深根据当地自然条件和施工条件来确定。安装示意图见图 3。

4 技术规格

本设备的技术规格参数见表 1,喷嘴规格、射程和流量等可根据设计需要灵活选用。

图 2 为双向钻土型埋式自升降喷灌设备产品图。经检

测,本产品达到了国家标准 GB/T22999 的要求,其中管道耐压性能:常温条件下,喷头保持 2 倍的最大工作压力(即 0.5 MPa)保持压力 1 h;管道及其零部件能承受试验压力而不损坏,喷体及其连接部位不出现泄漏,并且喷头不与连接件脱开;升降性能:常温条件下,喷头在规定试验压力下(0.3 MPa)升出地面的时间 ≤ 10 s,断水后喷头回缩地下的时间 ≤ 60 s;有效喷洒半径:有效喷洒半径 12~15 m,其偏差不大于 $\pm 5\%$;喷头流量:在规定试验压力(0.3 MPa)下喷头流量的变化量不大于 $\pm 5\%$;转动速度均匀性:喷头旋转 1/4 圈所需的平均时间,相对于平均值的极限偏差率不大于 $\pm 12\%$;转动稳定性:将喷头旋转轴线偏离垂直线 10° ,在整个工作压力范围内,喷头能始终正常工作;启动压力:0.2 MPa。

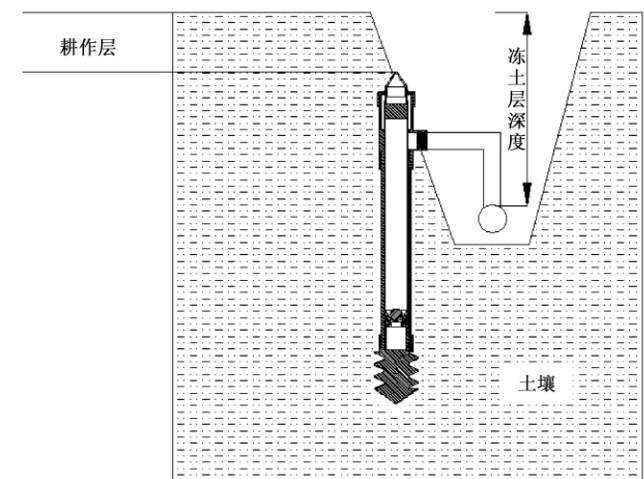


图 3 产品安装示意图

具体施工过程:在田块中确定管网布置线路及设备安装位置,利用人工或机械方式在选定线路上开挖出管网铺设沟渠,深度应达到设计要求;之后铺设输水管道,并在设计位置利用设备自带的旋转钻头向下钻土安装本设备,将进/出水口与输水管道相连;最后,回填开挖出来的土壤直至填平,安装完成。

如果地块中已布设有输水管网,可根据地形地势和配水管道位置进行改造设计,确定设备安装位置,用人工或机械方式开挖安装点上的土壤直至露出输水管道;之后进行本设备的安装和土壤回填,此安装程序与前面相同。

图 4 为现场安装施工,图 5 为正常工作状态。目前已在河



图 4 现场施工 (下转第 126 页)

0.8;当次降雨量大于 50 mm 时, $\alpha=0.70\sim 0.80$; P 为生育期内降雨量, mm。

得出公顷平均净灌溉用水量总量后, 其与实际灌溉面积的乘积, 好为净灌溉用水量。通过计算, 得出马场、小箐、大坝 3 灌区田间净灌溉用水量分别为 6.71、2.14、6.75 万 m^3 。

3 测算结果

采集到各灌区渠首取水量及田间用水量, 根据首尾测算法^[5]原理计算各灌区农田灌溉水有效利用系数, 公式如下:

$$\eta = Q_{\text{净}} / Q_{\text{毛}} \quad (3)$$

式中: $Q_{\text{净}}$ 为净灌溉用水量总量, 万 m^3 ; $Q_{\text{毛}}$ 为毛灌溉用水量, 万 m^3 。

通过计算, 得出马场、小箐、大坝 3 灌区 2015 年农田灌溉水有效利用系数分别为 0.445、0.461、0.438。

4 结 语

农田灌溉水有效利用系数是灌区管理工作的重要组成部分, 对灌区合理输配水起到至关重要的指导作用, 在原有靠人工观测为主的传统数据采集基础上, 开发自动化监测系统, 并将其推广运用, 意义十分重大, 此次采用自动化监测系统获得了马场、小箐、大坝 3 灌区农田灌溉水有效利用系数, 可直观看

出, 小箐灌区由于灌溉面积较小, 渠道输水距离短, 农田灌溉水有效利用系数明显高于其他两个灌区, 这也直观解释了贵州省这样一个经济欠发达省份农田灌溉水有效利用系数高于周边省份的原因, 主要就是该省灌区规模小、分散、单个灌区输水损失小。因此, 全省农田灌溉水有效利用系数偏高。

因试验条件有限, 选取样点灌区少, 结果暂时还不能完全反映该省农田灌溉现状, 系统有待改进的地方较多, 该系统大面积推广运用尚待时日。

参考文献:

- [1] 陶 洁, 左其亭, 薛会露, 等. 最严格水资源管理制度“三条红线”控制指标及确定方法[J]. 节水灌溉, 2012, (4): 64-67.
- [2] 王贤妮, 宋财华. 超声波流量计的应用与前景[J]. 工业计量, 2015, (6): 34-37.
- [3] A S Patwardhan, J L Nieber, E L Johns. 有效降雨量的估算方法[J]. 东北水利水电, 1991, (5): 39-45.
- [4] 刘廷玺, 朝伦巴根, 马 龙, 等. 通辽地区次降雨入渗补给系数和地下水位埋深及次降雨量关系的分析与研究[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2002, 23(2): 40-43.
- [5] 全国农田灌溉水有效利用系数测算分析专题组. 全国农田灌溉水有效利用系数测算分析技术指导细则[Z]. 2015-12.

(上接第 123 页)



图 5 正常工作

南、河北、北京、浙江等地使用推广多达 666.667 hm^2 , 取得了较好的使用效果, 得到了群众的认可。

6 结 语

双向钻土型地埋式自升降喷灌设备已取得国家授权专利,

依靠本身的下钻头直接入地到位安装, 无需因为安装设备额外开挖, 减少了对土层的扰动, 提高了安装效率。在非灌溉时自动回缩至地下耕作层以下, 灌溉时自动升起至设计高度, 节约了一套管道系统, 降低了成本, 提高了灌溉效率, 是地埋式自动升降型一体化喷灌设备的升级换代产品。

参考文献:

- [1] 水利部农村水利司, 中国灌溉排水发展中心. 喷灌工程技术[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2012.
- [2] 李彩凤, 陈建中. 我国喷灌的发展概况和应重视的问题[J]. 水利科技与经济, 2008, (2): 159-160.
- [3] 徐 敏, 李 红, 陈 超, 等. 提高喷灌均匀性的喷头结构改进措施[J]. 节水灌溉, 2013, (2): 44-47.
- [4] 马有国, 燕在华, 李长城. 灌溉取水口位置选择时应注意的几个问题[J]. 节水灌溉, 2001, (2): 17-18.
- [5] 李仰斌, 谢崇宝, 张国华, 等. 地埋式自动升起型取水设备研发[J]. 节水灌溉, 2014, (6): 75-77, 81.
- [6] 李仰斌, 谢崇宝, 张国华, 等. 地埋式自动升降型一体化喷灌设备研发[J]. 节水灌溉, 2014, (7): 75-78, 82.

欢迎投稿
 欢迎订阅
 欢迎刊登广告