

水力直击自旋型地埋式自升降喷头

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:针对已有地埋式喷头易堵塞问题, 创新性地研发了水力直击自旋型地埋式自升降喷头。该喷头可直接埋入土中, 不影响耕作; 同时, 喷头直接使用水力击打偏向侧板推动旋转, 无任何附件设备, 而且偏向侧板位于喷头流道的外面, 可很好避免各类潜在的内部堵塞。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, 运行稳定, 使用方便, 经济合理, 经久耐用。

关键词:地埋式; 水力直击; 自旋; 自升降; 喷头

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, 能够使水喷洒均匀且能够减轻劳动强度, 在当今农事作业中具有广泛的应用^[1-3]。喷头装置作为其中的关键设备, 在提高喷灌效率方面具有举足轻重的作用。为了避免影响田间的正常耕作或收割等农事作业, 近年来出现了一些可埋于地下的喷头装置^[4]。

现有埋地旋转喷头, 包括壳体结构、齿轮传动结构、出水结构以及调节机构, 齿轮传动结构、出水结构以及调节机构从低到高依次设置在壳体结构的内部, 壳体结构的底部设有进水口, 顶部则设有使其他部件能够伸出的开口, 壳体结构还设有使伸出的部件能够还原的弹性装置, 齿轮传动结构在通过进水口进入的水流作用下旋转, 并驱动出水结构随之旋转。若直接将该类喷头用于农业灌溉, 其齿轮传动结构仍然容易被水中的泥沙或者其他杂质堵塞; 而且其构造复杂, 装配工序多, 无法有效保证装配的一致性和可靠性, 影响喷头的喷水效果^[5]及旋转功能。

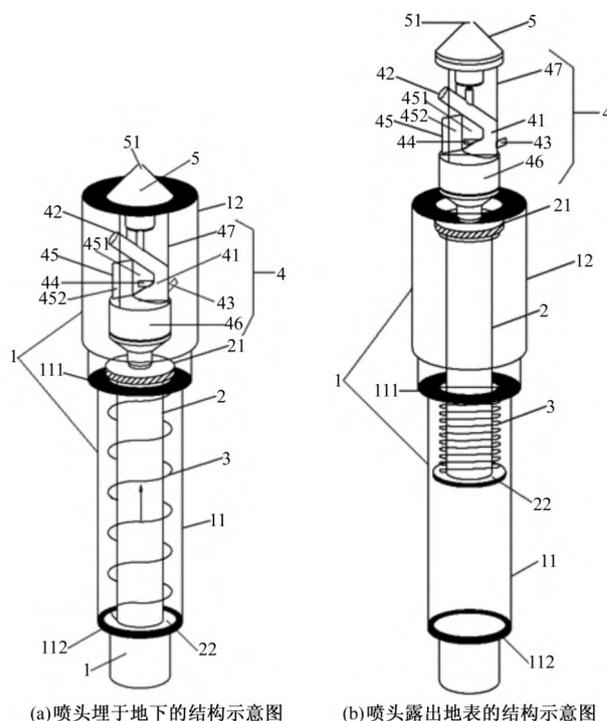
为解决现有技术的问题, 亟须研制一种能够直接埋入土中、不易堵塞且装配工序少、喷水效果好的喷头。

2 设计方案

2.1 结构设计

本文研发的水力直击自旋型地埋式自升降喷头, 包括外管, 内管, 弹性件, 自旋式出水机构, 空心锥体, 如图 1 所示。

如图 1 所示, 空心锥体设置在外管的上端外部, 且与外管



1-外管; 11-第一管体; 111-第一挡板; 112-第二挡板; 12-第二管体; 2-内管; 21-第三挡板; 22-第四挡板; 3-弹性件; 4-自旋式出水机构; 41-配水管; 42-远射程喷嘴; 43-近射程喷嘴; 44-射流孔; 45-偏流板; 451-第一子偏流板; 452-第二子偏流板; 46-空心安装套; 47-连接件; 5-空心锥体; 51-出水口

图 1 水力直击自旋型地埋式自升降喷头结构示意图

收稿日期: 2015-09-08

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)。

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。

密封接触,空心锥体的顶部设置有出水口;外管包括自下而上顺次密封连接的第一管体和第二管体,第一管体的上端和下端分别设置有第一挡板和第二挡板;内管设置在外管内部,并可沿外管轴向运动,内管的上端设置有与第一挡板阻挡配合,且位于第一挡板上方的第三挡板,内管的下端设置有与第一挡板和第二挡板阻挡配合,且位于第一挡板和第二挡板之间的第四挡板;弹性件套装在内管外部,且位于第一挡板和第四挡板之间;自旋式出水机构的两端分别与内管和空心锥体密封连接,自旋式出水机构包括配水管以及设置在配水管上的远射程喷嘴、近射程喷嘴、射流孔和偏流板,偏流板与射流孔对应设置,近射程喷嘴设置在配水管上偏流板背向射流孔的一侧。

其中,第一挡板、第二挡板、第三挡板、第四挡板均为圆环形挡板,且第一挡板和第二挡板的小半径均小于第三挡板和第四挡板的大半径;内管的管半径小于第一挡板的小半径;弹性件的下端固定在第四挡板的板体上,弹性件为压缩式弹簧;自旋式出水机构还包括设置在配水管下端,且与配水管密封连接的空心安装台,自旋式出水机构还包括连接件,用于连接空心锥体和空心安装台,远射程喷嘴设置在配水管的上端,且远射程喷嘴的轴线方向与水平方向呈正 $20^{\circ}\sim 40^{\circ}$,射流孔设置在配水管的下部,且射流孔的轴线方向与水平方向呈负 $20^{\circ}\sim 40^{\circ}$,射流孔与远射程喷嘴位于配水管的同一侧部,偏流板包括第一子偏流板和第二子偏流板,第一子偏流板与射流孔的轴线平行,第二子偏流板与第一子偏流板的夹角为 $120^{\circ}\sim 140^{\circ}$ 。

2.2 技术特点

结构简单,不易堵塞。直接使用时水力击打偏向侧板推动喷头旋转,而且偏向侧板位于喷头流道的外面,可很好避免各类潜在的内部堵塞。喷灌均匀性高。3个喷水口设计成不同流道,分别喷洒控制半径内不同区域的作物,保证灌水的均匀性。不影响耕作。可直接埋入耕作层以下,不影响耕作,是地埋式可升降齿轮驱动喷头的升级产品,适合不同的使用环境。同等条件下,同样直径的喷头,自旋喷头射程较远,节约公顷平均投资。

齿轮驱动喷头转动均匀,但极易堵塞,适合水质好的园林绿化中使用。驱动喷头转速随压力盒的随机运动而变化,但一定时间内,各点的喷水量是均匀的,具有一定的抗堵塞功能。水力直击自旋型地埋式自升降喷头转速随压力而变,减少了中间环节,大大增强了系统的抗堵塞功能;设计的不同射程的喷嘴提高了喷洒的均匀性。

3 工作原理

水力直击自旋型地埋式自升降喷头,包括外管、内管、弹性件、自旋式出水机构,以及空心锥体,通过在水流作用下,使得弹性件推拉内管、自旋式出水机构和空心锥体能够沿外管进行轴向运动,实现在非灌溉状态时喷头可埋于地面以下,而灌溉状态时钻头自升至地表以上。由于自旋式出水机构包括设置在配水管上的远射程喷嘴、近射程喷嘴、射流孔和偏流板,通过使偏流板与射流孔对应设置,近射程喷嘴设置在配水管上偏流板背向射流孔的一侧,能够使有压水流击打偏流板形成偏心

力,驱动该出水机构旋转,而从近射程喷嘴喷出的水流所形成的反作用力则进一步促使该出水机构旋转,从而实现了该喷头边旋转边喷射的功能,并避免了采用齿轮等旋转驱动机构导致的堵塞问题,有效提高喷灌的均匀性及喷灌效率。

当水力直击自旋型地埋式自升降喷头处于地下且为非灌溉状态时,由于空心锥体与外管密封接触,将保证该喷头外部的土壤或者其他杂质进行喷头内部,保证该喷头的使用寿命。

由图1(a)可知,当喷头仍在地表以下时,由于土壤的阻碍作用,空心锥体与外管仍然密封接触,外部土壤或杂质仍然无法进入喷头内部。且弹性件也处于松弛状态。此时,与外管下端相连接的输水管道将水输送至喷头装置内,该水流将进入内管,随后进入远射程喷嘴、近射程喷嘴和射流孔中并由此喷出,但是由此而来的水流受外管内壁的阻挡将无法射出,在此情况下,水流将进入空心锥体内,并由其上的出水口喷出。由于从出水口喷出的水流的流速很大,其具有切割上部土壤的能力。待位于喷头上部的土壤被水流切割挤压带走后,喷头将在水压的作用下向上运动。

由图1(b)可知,当喷头运动至地表时,空心锥体将不再受土壤的阻挡。此时,在水流作用下,空心锥体连同自旋式出水机构和内管沿外管逐渐上升,待空心锥体与外管逐渐分离,直至内管下端的第四挡板与外管上端的第一挡板阻挡配合时停止上升。此时,弹性件处于压缩状态,远射程喷嘴、近射程喷嘴和射流孔均处于外管外,并完全暴露于地表之上,此时,水流将分别从远射程喷嘴、近射程喷嘴和射流孔射出。当有压水流通通过射流孔后将打击偏流板形成偏心力,驱动自旋式出水机构旋转,而从近射程喷嘴喷出的水流所形成的反作用力也能够作为驱动自旋式出水机构进行旋转的偏心力,从而使该出水机构具有了边旋转边喷灌的功能。

灌溉结束后,停止给喷头供水,此时处于压缩状态的弹性件将使空心锥体与外管重新密封接触,直至该弹性件恢复至松弛状态。由于灌溉时该喷头上形成的土壤通道,使得借助较小的外力作用即可将喷头压回土壤耕作层以下,而空心锥体与外管的密封接触保证了外部土壤和杂物无法进入喷头内部,从而起到保护喷头内各部件的作用,避免了杂物堵塞喷头。

由上述工作过程可知,本喷头在非灌溉状态时可埋于地面以下,而灌溉状态时可自升至地表以上,同时,本喷头具有边旋转边喷射的功能,避免了采用齿轮等旋转驱动机构而导致的堵塞问题,能够有效提高喷灌的均匀性及喷灌效率。

4 技术规格及设备安装

本设备技术规格:远射程喷嘴直径6 mm,近射程喷嘴直径3 mm;射程5~15 m;远射程喷嘴流量 $1\sim 2\text{ m}^3/\text{h}$,近射程喷嘴流量 $0.5\sim 1.0\text{ m}^3/\text{h}$ 。本设备外管下端设计为螺纹,可与取水管直接连接,十分方便(见图2)。

经检测,本装置达到了国家标准GB/T22999的要求。其中,密封性能:喷头流量 $0.41\sim 0.66\text{ m}^3/\text{h}$,喷头泄漏量不大于试验压力(0.5 MPa)下水栓流量的2%;耐压性能:常温条件下,喷头保持2倍的最大工作压力,喷头及其零部件能承受试



图2 水力直击自旋型埋式自升降喷头产品

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;喷头流量:在规定试验压力下喷头流量的变化量不大于 $\pm 5\%$;组合均匀度:喷头间距14 m正方形布置,喷头组合均匀度不低于0.75;旋转速度均匀性:喷头转动每 $1/4$ 转所需的平均时间,相对于平均值的极限偏差,不超过 $\pm 12\%$ 。

图3为实际应用现场。目前已进行了示范应用,取得了较好的效果。

5 结 语

水力直击自旋型埋式自升降喷头已取得国家授权专利,它有效避免了采用齿轮等旋转驱动机构而导致的堵塞问题,设计远射程和近射程2个喷嘴,有效提高喷灌的均匀性及喷灌效率。本设备不仅可以安装在地表以上,也可以安装在地表以下。当其安装在地表以下时,在土壤中向上运动时将具有钻土



图3 实际应用

功能,而暴露在地表后,则实现喷灌功能。可见,当将喷头安装在地表以下,尤其是土壤耕作层以下时,利于田间的正常耕作,且当灌溉结束时,无需对地上喷灌设施进行拆卸,利于节省劳动力。

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] 姚彬,王一球. 节水灌溉工程建设中存在问题的探讨[J]. 节水灌溉,2008,(7):53-54.
- [3] 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.
- [4] 李仰斌,谢崇宝,张国华,等. 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.
- [5] 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.
- [6] 南林业科技大学,2012:48-50.
- [7] 杨晖,梁巧玲,赵鹏,等. 7种蔬菜型作物重金属积累效应及间作鸡眼草对其重金属吸收的影响[J]. 水土保持学报,2012,26(6):209-214.
- [8] BaoYan He, Ling Ling, LuYin Zhang. Cultivar-specific differences in heavy metal (Cd, Cr, Cu, Pb, and Zn) concentrations in water spinach grown on metal-contaminated soil[J]. Plant and Soil, 2015,386(1):251-262.
- [9] 廖钢. 水稻对重金属镉胁迫响应的品种间差异[D]. 长沙:湖南农业大学,2011:19-29.
- [10] 朱宇恩,赵焯,李强,等. 北京市郊污灌区镉、铜在小麦中的富集特征[J]. 安全与环境学报,2011,11(2):15-20.
- [11] Malle Mandre. Heavy metals uptake and accumulation by the hybrid aspen in alkalisied soil[J]. Water, Air, & Soil Pollution, 2014,225(2):1-9.
- [12] 谢钧宇. 小麦品种对汞污染响应的差异和整合剂对汞污染土壤及小麦生长的影响[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2014:66-67.
- [13] 郑宏艳,姚秀荣,侯彦林,等. 中国土壤模式-作物系统重金属生物富集模型建立[J]. 农业环境科学学报,2015,34(2):257-265.
- [14] 王爱云,黄姗姗,钟国锋,等. 铬胁迫对3种草本植物生长及铬积累的影响[J]. 环境科学,2012,33(6):2028-2037.
- [15] 贡晓飞,鄂尔丁夫,王琪,等. 不同价态铬在不同水分条件下的生物有效性及其对水稻的毒性[J]. 生态毒理学报,2015,10(4):170-176.
- [16] 汤镇远. 含重金属及砷废水处理研究[D]. 兰州:兰州大学,2010:4-5.
- [17] 宋晓旭. 氯化物对土壤包气带中镉的吸附和迁移的影响研究[D]. 天津:天津师范大学,2013:56-58.
- [18] 郑顺安,李晓华,徐志宇. 污灌区盐分累积对土壤汞吸附行为影响的模拟研究[J]. 环境科学,2014,35(5):1939-1945.
- [19] 李琦,韩亚芬,许东升,等. 煤矸石场附近3种粮食作物的重金属富集特征及污染评价[J]. 安全与环境学报,2014,14(5):321-326.
- [20] 黄娇,郑智溢. 农作物土壤中镉含量分析及作物镉富集系数评价研究[J]. 农业与技术,2015,35(3):20-22.
- [21] 方玲. 太原小店区污灌土壤重金属形态分布及其作物响应研究[D]. 山西晋中:山西农业大学,2013:42-43.
- [22] 吕高明. 湖南矿区重金属低累积蔬菜作物的筛选[D]. 长沙:中

(上接第79页)