

# 地埋式自升起多喷嘴高均匀度喷头研发

谢崇宝<sup>1</sup> 张国华<sup>1</sup> 鲁少华<sup>2</sup> 卢文娟<sup>3</sup> 谢瑞环<sup>4</sup>

(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. 中灌润茵(北京)节水灌溉设备有限责任公司, 北京 101302)

**摘要:** 传统的喷头影响耕作及收获, 不适应现代农业的发展需求。在地埋式自升起取水设备日益完善的情况下, 如何开发更多更好的适合地埋的喷头就十分迫切。传统的喷头布设间距一般为设计压力条件下的喷灌半径, 根据风的影响予以调整, 通过适当的间距布设, 实现地块的灌水均匀。但现有的地埋式喷头, 由于各种条件的限制, 射程较短, 无疑会增加单位投资。针对以上问题, 创造性的研发了一种地埋式自升起多喷嘴高均匀度喷头, 以期增加喷头布设间距, 减少投资。

**关键词:** 地埋式; 自升起; 高均匀度; 喷头

**中图分类号:** [TV93]; S275 **文献标识码:** B

## 1 研发目的

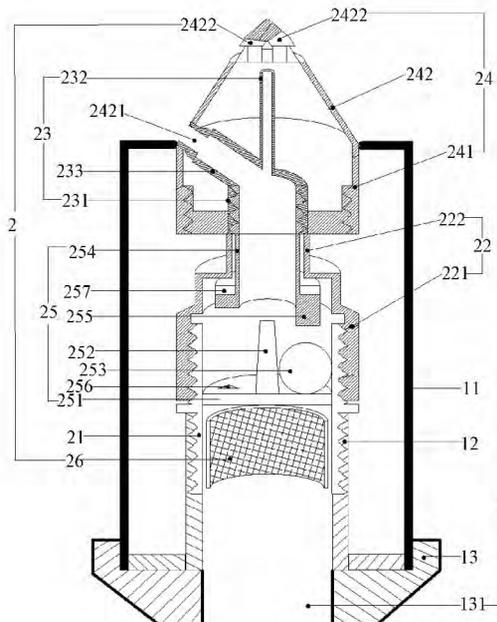
现有园林喷灌技术中采用埋藏式喷头装置, 一般由喷头和保护装置组成。喷头设置在保护装置内, 保护装置一般不低于地表, 喷头与土壤不直接接触。但是, 保护装置无法整体设置在地下, 有部分裸露在地表上, 导致植物修剪、农田耕作和农作物收割时, 机械化作业十分不便。为解决上述问题, 可直接地埋的喷灌装置应运而生, 该喷头能够直接埋设于耕作层以下, 喷头与土壤直接接触。前述的地埋式喷头设有远近 2 个不同射程的喷嘴, 一般情况下能够达到规定的设计均匀度。但为进一步提高这类喷头的均匀度和抗堵塞性能, 扩大喷头布设间距, 减少单位投资, 满足水肥一体化灌溉需求, 亟须研制一种喷洒均匀度高、抗堵塞性能更好、具有多喷嘴的可地埋的喷水装置。

## 2 设计方案

### 2.1 结构设计

本文研发的地埋式自升起多喷嘴高均匀度喷头在借鉴前述地埋式喷头研究成果的基础上, 通过创新研发多喷嘴出水实

现高均匀度功能, 整体结构如图 1 所示。主要包括地埋机构, 进水管、连接管、导流管、喷水管、自旋组件等部分组成。



注: 1-地埋机构; 11-外管; 12-内管; 13-下连接头; 131-进水口; 2-喷灌机构; 21-进水管; 22-连接管; 221-下管体; 222-上管体; 23-导流管; 231-下连接段; 232-上竖直段; 233-上倾斜段; 24-喷水管; 241-柱形管; 242-锥形管; 2421-大径斜喷口; 2422-小径直喷口; 25-自旋组件; 251-导向板; 252-导向柱; 253-球体; 254-空心转杆; 255-传动板; 256-导向孔; 25-7 环形挡板; 26-过滤组件

图 1 地埋式自升起多喷嘴高均匀度喷头结构图

收稿日期: 2016-09-08

基金项目: 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。

如图1所示,地埋机构包括外管、内管、下接头,下接头上设置有进水口;下接头与外管的下管口连接,同时进水口、内管、进水管顺次连通。在内管的下管口外周缘上设置有一圈第一环形挡板,第一环形挡板与外管的内壁可滑动地密封接触;外管的上管口内周缘上设置有一圈第二环形挡板,当内管向上运动至预定位置时,第一环形挡板与第二环形挡板相抵接触;进水管的下管口与内管的上管口可拆卸连接,喷灌机构和内管可轴向滑动地套设在外管内。

连接管由同心不同径的下管体和上管体构成,下管体的内径大于上管体的内径。导流管包括下连接段、分别与下连接段顶部相连通的上竖直段和上倾斜段,上倾斜段的内径为上竖直段的内径的1.5~3倍。连接管与进水管可拆卸连接,同时进水管、连接管、导流管的管腔顺次连通。

喷水管包括同轴连接的柱形管和锥形管。柱形管可转动地放置在连接管的顶部,套设在导流管的下连接段上,导流管的上竖直段和上倾斜段均位于喷水管的锥形管内。上竖直段的管口与锥形管的锥顶相对,并位于小径直喷口下方,上倾斜段的管口连接大径斜喷口。锥形管的侧壁下方设置有大径斜喷口,锥形管的侧壁上方设置有4个小径直喷口,4个小径直喷口绕锥形管的锥顶圆周排布,并且4个小径直喷口的曲率不同。

自旋组件设置在进水管内,用于产生水力自旋,进而使喷水管旋转。自旋组件包括导向板、导向柱、球体、空心转杆、传动板;导向板上设置有绕圆周方向排布的多个导向孔,导向孔用于对水流施加偏心推动力,使水流旋转上升;导向板套装在进水管内,以将进水管的管腔分为上进水腔和下进水腔,并且上进水腔和下进水腔通过导向孔相连通;导向柱竖直固定在导向板的上板面中心位置处,球体放置在上进水腔内;空心转杆的上部与导流管的下连接段可拆卸连接并导通,传动板设置在空心转杆的下端,并位于连接管内。自旋组件还包括环形挡板,环形挡板套接在空心转杆下端外壁上,传动板固定在环形挡板的底板面上;空心转杆的下部位于上管体内,环形挡板和传动板均位于下管体内。

喷灌机构还包括过滤组件与喷嘴组件。喷嘴组件可拆卸地设置在大径斜喷口内部,根据不同的喷灌需求,例如雾化度、射程等,可以选用不同规格的喷嘴组件,如此将有效提高该旋转喷头的适应性。过滤组件放置在进水管的下进水腔内,以对来自地下供水管道的灌溉水进行过滤,防止其堵塞该旋转喷头,可以选用多种类型的过滤组件,例如过滤网、过滤环等。

## 2.2 技术特点

根据前述结构设计,地埋式自升起多喷嘴高均匀度喷头具有明显的优点:一是采用钢珠击打驱动方式,避免了水中杂质可能对喷头转动造成的影响;二是设计采用1个大径斜喷口和4个曲率不同的小径直喷口,这些不同孔径带有特殊设计流道的喷水口,能够各有侧重关注喷头射程的前中后三段的喷洒,提高了喷头的喷洒均匀度;三是进一步简化了现有地埋式喷头的内部结构,提高了喷头的抗堵塞性。

## 3 工作原理及工作流程

在非灌溉状态时,该旋转喷头埋于耕作层以下的土壤中,

同时该地埋机构中的内管和喷灌机构均位于外管内,并且该地埋机构中的下接头与地下供水管道相连通。

在进行灌溉作业时,有压灌溉水由地下供水管道依次进入进水管、连接管、导流管的管腔。而导流管内的灌溉水通过下连接段后将分成两路,一路射入大径的上倾斜段中,并由设置在喷水管侧壁下方的大径斜喷口喷射出来;而另一路射入小径的上竖直段内,并由设置在喷水管侧壁上方的多个小径直喷口喷射出来。由于大径斜喷口内的流道倾斜设置,并且其位于喷水管侧壁下方,如此能够获得较大的射程。由于多个小径直喷口绕锥形管的锥顶圆周排布,其射程小于大径斜喷口的射程,同时能够保证喷灌的均匀度。与此同时,由于自旋组件设置在进水管内,其将产生水力自旋,自旋的水流将带动喷水管的柱形管绕着连接管的顶部自旋,进而带动大径斜喷口和小径直喷口一同转动,如此将进一步提高喷灌的组合均匀度(由0.75提高到0.85)。

## 4 产品及技术性能指标

根据前述产品结构设计,结合实际生产工艺,批量生产出可以实际应用的产品,如图2所示。



(a) 正视图

(b) 顶视图

图2 地埋式自升起多喷嘴高均匀度喷头

经检测,本装置达到了国家标准 GB/T22999-2008 的要求,其中喷头密封性:喷头泄漏量不大于试验压力(0.5 MPa)下出水栓流量的2%;耐压性能:在2倍最大工作压力下保持1h,喷头及其零部件不损坏,不出现泄漏;有效喷洒直径:有效喷洒直径偏差 $\leq \pm 5\%$ ;喷头流量:喷头流量的变化量 $\leq \pm 5\%$ ;水量分布特性:水量分布特性符合 GB/T19795.1-2005 中7.3的规定;有效喷洒半径:0.4 MPa工作压力下,射程15.6 m;喷洒均匀度:喷头间距14 m正方形布置,喷头组合均匀度均不低于0.8;转动稳定性:在整个工作压力范围内,喷头能始终正常工作;启动压力:0.25~0.5 MPa。

## 5 结语

地埋式自升起多喷嘴高均匀度喷头已取得国家授权专利,在解决传统设备不能地埋的同时,成功解决了目前同类地埋式喷头难以达到的高均匀喷洒、高强抗堵塞性能及较大喷洒射程的技术问题,市场前景应用广阔。

(下转第21页)

表 6 规划工况 A 与规划工况 B100 年一遇计算水位  
Tab.6 Hundred years water level of planning conditions  
A and planning conditions B

河流名称	水位/m		水位差值/ mm
	规划工况 A	规划工况 B	
新江海河	3.03	3.43	40
浒通河	2.91	2.81	-10
圩角河	2.82	2.72	-10
立新河	2.57	2.49	-8
日新河	2.78	2.68	-10
民生河	2.68	2.59	-9
大脚河	2.59	2.52	-7
青龙河	2.54	2.50	-4
大洪河	2.60	2.53	-7
海门河	3.00	2.87	-13
通启运河	3.06	2.89	-17

### 3 结 语

本文采用了 MIKE11 模型的水动力 HD 和降雨径流 NAM 模块对研究区域水系的河网汇流和洪水过程进行了数值模拟，在对比了现状工况水位与规划工况水位以及分析了规划实施效果后得到主要结论如下。

(1) 感潮河网地区沿江河道洪水要素受到区域暴雨与长江潮位共同影响，必须考虑区域暴雨与长江潮位的频率组合。当区域发生设计暴雨时，长江潮位需人为确定配合频率。合理选择组合频率，能在避免浪费的同时使规划结果安全可靠。

(2) 改、扩、新建沿江闸站工程措施下，区域排水能力加大，并阻止长江高潮位的顶托倒灌，河道 100 年一遇设计水位

均有所降低。骨干河道新建了闸站阻挡了上游来水，沿江改、扩、新建了主要闸站。骨干河道水位降低，减少了洪水向其余河道的流动及顶托作用，因此，其余河道水位也有较大下降。

(3) 海门市是江海平原区洪水入江的主要通道。治理江海平原区域洪水主要工程是完善海门市骨干河网，在长江低潮期排出江海平原区上游洪水，降低河道水位以保障城市安全。对于低于设计洪水位的建成区，通过规划建设骨干河道沿线控制工程，建立防洪分片，按高低分片排除洪水。对于一些不能自排的低洼区，可以建立联圩抵御洪水。

(4) 本文计算的成果较为合理可靠，表明 MIKE11 模型在平原感潮河网城市防洪规划中具有一定的应用价值。 □

#### 参考文献:

[1] 罗福亮,元媛,范剑斌. SWMM 和 MIKE11 耦合模型在城市感潮河网中的应用[J]. 中国农村水利水电, 2013 (3): 98-102.

[2] Panda R K, Pramanik N, Bala B. Simulation of river stage using artificial neural network and MIKE 11 hydrodynamic model[J]. Computers & Geosciences, 2010, 36(6): 735-745.

[3] 长江水利委员会水文局二队. NAM 模型及其应用[J]. 水文, 1999 (S1): 66-71.

[4] 王领元. 丹麦 MIKE11 水动力模块在河网模拟计算中的应用研究[J]. 中国水运(学术版), 2007, 7(2): 108-109.

[5] 李泉,唐清华,孟庆强等. 基于 MIKE11 的强人工干预平原感潮河网水动力模型的构建及初步应用[C]// 2014 中国水管理、水处理及再生水利用技术论坛论文集, 2014.

[6] 杨松彬,董志勇. 河网概化密度对平原河网水动力模型的影响研究[J]. 浙江工业大学学报, 2007, 35(5): 567-570.

[7] 周宏,刘俊,刘鑫等. MIKE11 模型在望虞河西控工程排涝计算中的应用[J]. 中国农村水利水电, 2016 (1): 39-43.

[8] 武传号,黄国如,吴思远. 基于 Copula 函数的广州市短历时暴雨与潮位组合风险分析[J]. 水力发电学报, 2014, 33(2): 33-40.

(上接第 14 页)

[2] 刘燕,吴文玲,胡安焱. 基于熵权的属性识别水质评价模型[J]. 人民黄河, 2006, 27(7): 18-28.

[3] 马黎华,康绍忠,栗晓玲. 西北干旱内陆区石羊河流域用水结构演变及其驱动力分析[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(1): 125-130.

[4] 耿海青,谷树忠,国冬梅. 基于信息熵的城市居民家庭能源消费结构演变分析[J]. 自然资源学报, 2004, 19(2): 257-262.

[5] Shanmuganathan S. Applications of an unsupervised neural net work to support sustainable development by modeling environmental, social

and economic conditions[C]// Proceedings of the Fourth International Symposium on Digital Earth Japan (ISDE2 Japan) 2005: 28-31.

[6] 王梅. 熵与动态多指标决策[J]. 河海大学学报, 1997, 25(3): 15-20.

[7] 姬桂珍,吴承祯,洪伟等. 武夷山市土地利用结构信息熵动态研究[J]. 安全与环境学报, 2004, 4(4): 41-44.

[8] 雷社平,解建仓. 产业结构与水资源相关分析理论及其实证[J]. 运筹与管理, 2004, 19(1): 100-105.

[9] 范文波,赵建民,何晓华等. 河子垦区种植业用水构成与种植结构调整[J]. 灌溉排水学报, 2011, 30(4): 91-95.

(上接第 16 页)

#### 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] 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.

[5] 王留运,姚宛艳,韩栋等. 我国微灌企业和设备产品存在的问题及整改举措建议[J]. 节水灌溉, 2008 (7): 46-48.

[6] 李仰斌,谢崇宝,张国华等. 地理式自动升起型取水设备研发[J]. 节水灌溉, 2014 (6): 75-77, 81.

[7] 李仰斌,谢崇宝,张国华等. 地理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.

[8] 张国华,谢崇宝,鲁少华等. 基于钢珠驱动的全地理式喷灌装置研发[J]. 农业工程学报, 2016 (12): 102-106.