

PXSB 型双向步进式全射流喷头的原理及结构设计

李 红, 杨炎财, 向清江, 徐红霞, 谢福祺

(江苏大学 流体机械工程技术研究中心, 江苏 镇江 212013)

摘 要: 针对目前国内摇臂式喷头存在结构复杂、使用寿命较短和成本较高等不足, 提出一种新型的大中型旋转式 PXSB 型双向步进式全射流喷头. 研究了 PXSB 型双向步进式全射流喷头的基本工作原理, 对喷头整个工作过程作了具体分析, 提出喷头正常工作的条件为喷头的射流元件体出口处盖板两侧均要设有间隙, 正向导管和反向导管需在适当的位置开有补气小孔. 结果表明: 喷头的双向步进是通过射流元件体和双向步进换向机构的切换配合来实现, 即通过控制信号水的流向来实现喷头的正向步进和反向步进, 使喷头具有优越的水量分布和喷洒均匀性等水力性能. 喷头的双向步进结构提高了喷头工作的稳定性和可靠性. 滚动轴承装置和密封结构, 优化了喷头的密封性能.

关键词: 全射流喷头; 双向步进; 射流元件体; 换向机构; 信号水

中图分类号: S277 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-6254(2008)05-0059-05

Theory and structure design of two-ways step running complete fluidic sprinkler of PXSB type

LI Hong, YANG Yan-cai, XIANG Qing-jiang, XU Hong-xia, XIE Fu-qi

(Technical and Research Center of Fluid Machinery Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013, China)

Abstract To overcome the problems existed in domestic inpack sprinklers, such as complex structure, short service life, and high cost, a new type of large and middle rotary two-ways step running complete fluidic sprinkler of PXSB type is proposed. Its basic working principle is described. The normal work conditions are proposed, such that both sides of cover plate at the outlet of sprinkler need gaps, and both positive and reverse pipes need air compensating holes in proper position. The results show that the two-ways step running of sprinkler is achieved by cooperation of fluidic elements and two-ways step running inverting mechanism switching. The forward and reverse step runnings of sprinkler are achieved by controlling the flow direction of signal water, which improve the hydraulic performance such as water distribution uniformly. The two-ways step running structure improve the stability and reliability of the sprinkler performance, and the rolling bearing device and seal structure optimize the sealing performance of sprinkler.

Key words complete fluidic sprinkler; two-ways step running; fluidic element; inverting mechanism; signal water

农业灌溉过程中, 水资源浪费严重, 灌溉水利用率在 40% ~ 50% 之间. 大力发展节水灌溉是解决我

国农业用水短缺的根本出路, 而喷灌技术是目前高效的节水技术之一, 喷头是喷灌系统的关键设备之

收稿日期: 2008-04-28

基金项目: 国家 863 计划项目 (2006AA100211); 国家农业科技成果转化资金项目 (2006GB2C100098)

作者简介: 李 红 (1967-), 女, 江苏泰州人, 研究员, 博士生导师 (hl@ujss.edu.cn), 主要从事流体机械及排灌机械研究.

杨炎财 (1983-), 男, 福建漳州人, 硕士研究生 (fluid2006@163.com), 主要从事流体机械及排灌机械研究.

一,其性能的优劣直接影响到喷灌喷洒的质量^[1].在工业等生产实践中,如港口、焦化厂、冶金工厂散状物料的露天堆场,煤粉、精矿粉等许多有用矿物容易流失,其中一些细粉还会严重污染周围环境,损害人民身体健康和动植物的正常生长^[2].

大中型旋转式喷头^[3]主要用于大型喷灌机的末端喷头,也可用于电力、冶金、港口码头、矿山、煤场的粉尘抑制、饲养场降尘、防火、农业、灌溉和污水处理等.目前,国内外大中型喷头均为摇臂式喷头,国内生产厂家少,且质量不过关,结构复杂,喷头寿命较短.如江苏七洲、常州科能、常州盛龙等.工业等生产实践中应用的大中型喷头主要从美国 Rainbird Nelson 意大利 Drogolia 等公司进口,虽然质量好,但价格昂贵.大中型旋转式喷头的研制仍是国内喷头研究和生产的重点.

为此,笔者从工作原理和结构创新设计等方面介绍一种新型的双向步进式全射流喷头.与传统的摇臂式喷头相比,其具有结构简单、成本低廉、性能稳定等优点^[4].

1 PXSB 型全射流喷头结构及原理

1.1 PXSB 型全射流喷头结构特点

全射流喷头是通过水流的反作用力获得驱动力矩,利用水流的附壁效应改变射流方向的旋转式喷头^[2].相比江苏大学流体机械工程技术研究中心之前开发的 PXH 型全射流喷头, PXSB 型双向步进式全射流喷头增加双向步进换向机构、滚动轴承装置、密封结构和法兰连接等,提高了喷头工作的稳定性和可靠性,优化了喷头的密封性能和喷洒均匀性.双向步进换向机构结构示意图如图 1 所示, PXSB 型喷头射流元件结构示意图如图 2 所示.

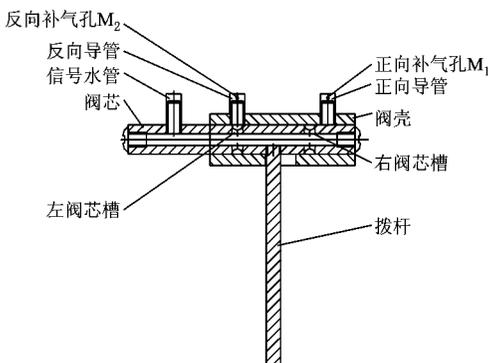


图 1 PXSB 型喷头换向机构

Fig 1 Structure of inverting mechanism typed PXSB

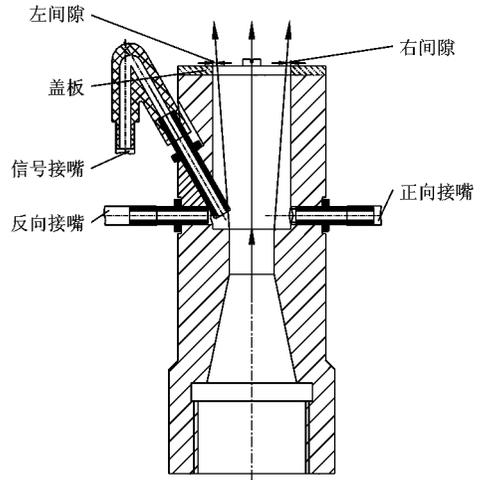


图 2 PXSB 型喷头射流元件结构示意图

Fig 2 Structure of fluid element typed PXSB

1.2 PXSB 型全射流喷头基本工作原理

PXSB 型全射流喷头利用水流的附壁效应进行工作的.射流附壁效应原理用于 PXSB 型全射流喷头的射流元件体,其基本模型如图 3 所示.射流从喷嘴进入相互作用区时,射流左右两侧间距相等 ($S_2 = S_1$),通过控制孔 C 把射流控制讯号传送至控制孔 C₁ 或 C₂,使相互作用区两侧形成足够的压差,射流偏向压力低的一侧,最后达到附壁流动状态时稳定下来,从而推动喷头旋转,即“射流附壁效应”现象^[5,6].

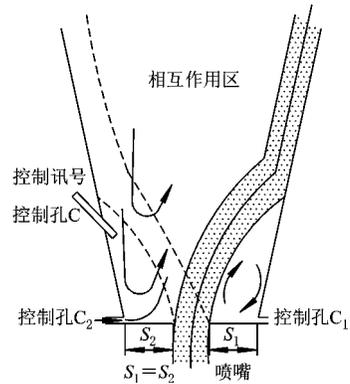


图 3 射流附壁效应原理图

Fig 3 Principle diagram of jet wall- attachment effect

如果在射流的两侧设置压差,破坏水束四周压力相等的条件,水束必然被推向该侧而附壁^[7-9].如图 4 所示,可通过调节控制压力,使 $p_2 > p_1$ (或 $p_2 < p_1$) 来改变射流的附壁方向. PXSB 型全射流喷头是利用其射流元件体与双向步进换向机构的切换配合来调节喷体左右两侧的压力,通过信号水的流向来实现主射流向左附壁和向右附壁,喷头在附壁力的驱动下,实现向左或向右转动.

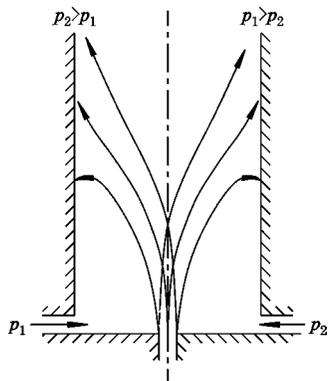


图 4 附壁流动控制示意图

Fig 4 Diagram of wall-attachment flow control

2 PXS B型全射流喷头工作过程分析

PXS B型全射流喷头的工作过程^[10]可分为直射、正向步进和反向步进。其三个过程之间的切换主要由射流元件体、双向步进换向机构及拨杆限位装置来实现。PXS B型全射流喷头工作的初始状态下,图 2 喷头信号接嘴和图 1 信号水管连通,图 2 中的正向接嘴和反向接嘴分别与图 1 的正向导管和反向导管连通。PXS B型全射流喷头工作原理图如图 5 所示。

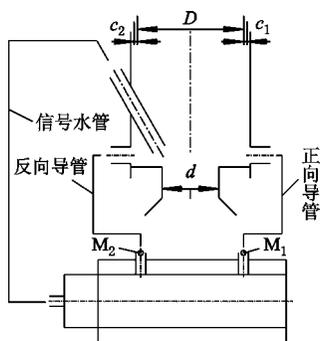


图 5 PXS B型全射流喷头工作原理图

Fig 5 Diagram of working principle for complete fluidic sprinkler typed PXS B

直射状态: 水流进入射流元件体, 喷体左侧由元件出口处与水流形成的左间隙和反向导管中补气孔 M_2 来补充空气, 喷体右侧靠元件出口处与水流形成的右间隙和正向导管中补气孔 M_1 来补入空气。由于左侧信号接嘴与反向接嘴形成小漩涡, 被卷入主射流的空气量少于右侧, 左侧补气所产生的压力损失比右侧小些, 即左侧的绝对压力比右侧略大, 左右两侧略有压力差, 但压力不足以推动主射流附壁, 主射流呈直射状态。与此同时, 信号接嘴取到的信号水由信号水管逐步积累并通过换向机构缓慢流入正向

导管, 部分信号水进入喷体右侧。

正向步进状态: 如图 1、2 所示, 换向机构中的右阀芯槽与正向导管连通, 而左阀芯槽与反向导管为闭合状态, 信号水通过右阀芯槽直接进入正向导管到达正向接嘴。通过正向导管进入喷体右侧的信号水受到主射流的卷吸, 一部分加入主射流, 一部分留在漩涡区, 使右间隙变小。随着时间的推移, 漩涡区内水流越积越多, 而从右间隙补入的空气则越来越少。主射流左右侧形成的压力差就越来越大。当漩涡区的水流积累到临界体积时, 左右侧的压力差足以把主射流推向右侧附壁, 右间隙堵死, 喷头正向步进。此时, 主射流弯曲, 信号水接嘴脱空, 不再取到信号水, 但可使 M_1 补入空气, 正向导管中的信号水被迅速抽空, 空气进入右侧, 射流恢复直射状态, 同时右间隙重新形成。如此反复实现喷头“正向步进 - 直射 - 正向步进”。

反向步进状态: 当喷头正向步进到某一角度, 由限位杆推动拨杆, 使得换向机构中的左阀芯槽与反向导管连通, 而右阀芯槽与正向导管为闭合状态, 信号水通过左阀芯槽直接进入反向导管到达反向接嘴, 在拨杆切换到信号流进入接嘴止的这一瞬间射流元件的左右侧压力相当, 喷头恢复直射状态, 当信号水进入反向接嘴, 经过水流的积累到临界体积时, 左间隙被堵死, 右侧的压力大于左侧, 主射流向左附壁, 推动喷头反向步进, 此时信号接嘴脱空, 不再取到信号水, 而反向补气孔 M_2 补入空气, 左右两侧压力基本平衡, 喷头恢复直射状态, 如此反复实现喷头“反向步进 - 直射 - 反向步进”。反向步进至某一角度, 由限位杆推动拨杆, 再次进入正向步进状态。

从而 PXS B型双向步进全射流喷头自动控制完成“直射 - 正向步进 - 直射 - 反向步进”喷洒作业, 如此反复实现正步进。

3 PXS B型全射流喷头结构设计

PXS B型双向步进全射流喷头的主要特征是在喷管上设有换向机构, 增加滚动轴承装置和法兰密封结构, 喷头可实现正反近似对称的步进转动, 使喷头具备更优越的水量分布和均匀性等水力性能。

3.1 换向机构

PXS B型双向步进全射流喷头的换向机构是由阀芯、阀壳、拨杆等组成。阀壳结构简图如图 6 所示, 阀芯结构简图如图 7 所示。该机构主要目的是控制信号水的流向来实现喷头的正向和反向转动。由喷

体取到的信号水进入阀芯的信号水接嘴,通过左右阀芯槽把信号水送入阀壳相应的正向或反向接嘴管,信号水则断续进入喷体的左侧或右侧来实现喷头在人为设定的工作范围内作正向或反向步进工作,该工作范围可通过调节左右限位杆的相对位置来控制。

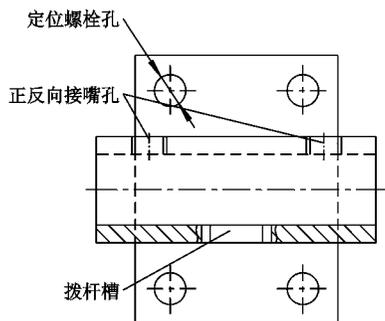


图 6 换向机构阀壳结构图

Fig 6 Structure of valve chest of inverting mechanism

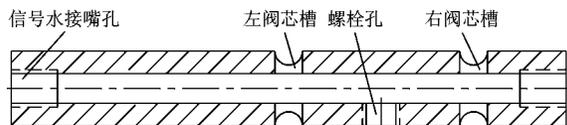


图 7 换向机构阀芯结构图

Fig 7 Structure of valve core of inverting mechanism

3.2 滚动轴承装置和法兰密封结构

PXSB型双向步进全射流喷头在转体部分增设滚动轴承和法兰密封如图 8所示.对于 PXSB 50型,采用 7012AC的角接触球轴承,减少转体部分的摩擦力,有效地解决了全射流喷头转动转矩相对较小的问题,为变量喷洒全射流喷头的开发打下基础.密封装置包括 4处 O型圈密封和 1处橡胶垫密封.独特的法兰结构设计,连接固定密封圈、轴承和空心轴,起到很好的密封作用,提高了喷头工作的稳定性和可靠性。

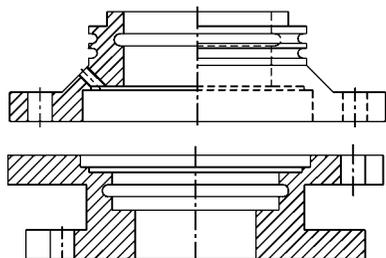


图 8 法兰连接座结构图

Fig 8 Structure of flange connection bed

3.3 其他结构设计

针对 PXSB 型双向步进全射流喷头的应用场合,喷头的仰角进行了调整.根据煤场等场合堆煤角

度 ($40^\circ \sim 45^\circ$)及堆存高度 ($8 \sim 10\text{m}$)^[11].为保证水射流超过料堆,应满足 PXSB 型全射流喷头仰角处于该范围 ($40^\circ \sim 45^\circ$).

PXH 全射流喷头工作的主要特征为正向步进转动、反向连续转动,而 PXSB 型全射流喷头的特点是均为正反步进转动.盖板则由原来的右侧有间隙左侧不能有间隙改为两侧均设有间隙,以满足喷头工作时正反向的步进要求。

为满足喷头正反向步进^[12],需在换向阀壳接嘴出口处的正向导管和反向导管上分别设计一补气小孔 M_1 和 M_2 ,如图 5 所示。

4 结 论

1)基于附壁射流原理的 PXSB 型双向步进全射流喷头是利用喷头的射流元件体和双向步进换向机构来完成喷头的正反向步进,具有优越的水量分布和喷洒均匀性。

2)PXSB 型双向步进全射流喷头增设双向步进换向机构、滚动轴承装置、密封结构,提高喷头工作的稳定性和可靠性。

3)为使 PXSB 型双向步进全射流喷头能够正常工作,盖板两侧均要设有间隙,正向导管和反向导管需开有补气孔。

参考文献 (References)

- [1] 李红,谢福祺,郎涛,等.全射流喷头的研究现状及发展趋势[J].中国农村水利水电,2004(5):80-92
LI Hong XIE Fu-qi LANG Tao et al Research status in quo and development trend in full jet flow sprinkler head [J]. China Rural Water and Hydropower, 2004 (5): 80-92 (in Chinese)
- [2] 李世英.喷灌喷头理论与设计[M].北京:兵器工业出版社,1995
- [3] 农业节水灌溉新技术及设备[EB/OL]. [2006-05-18]. <http://www.zgny.com.cn/Tech/11/5/4/3/43245.html>
- [4] 朱兴业,袁寿其,李红,等.全射流喷头产业化开发中的问题及其改进[J].排灌机械,2006,24(6):24-27.
ZHU Xing-ye YUAN Shou-qi LI Hong et al Problems and improvements in batching process of complete fluidic sprinkler [J]. Drainage and Irrigation Machinery, 2006, 24(6): 24-27. (in Chinese)
- [5] 朱兴业,袁寿其,李红,等.全射流喷头的原理及实

- 验研究 [J]. 排灌机械, 2005, 23(2): 23- 26
- ZHU Xing-ye YUAN Shou-qi LI Hong et al Theory and experimental research of fluidic sprinkler [J]. *Drainage and Irrigation Machinery*, 2005, 23(2): 23- 26 (in Chinese)
- [6] Tribok A, Marchal D. Stability analysis of the mechanism of jet attachment to walls [J]. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2001, 45: 2769- 2775.
- [7] 刘 孟. 全射流微喷头的研制 [D]. 镇江: 江苏大学, 2007
- [8] Gu R. Modeling two-dimensional turbulent offset jets [J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 1996, 11: 617- 624.
- [9] Scibilia M F. Heat transfer in forced wall jet on a heated rough surface [J]. *Journal of Thermal Science*, 2000, 9 (1): 85- 92
- [10] 李 红, 袁寿其, 谢福琪, 等. 隙控式全射流喷头性能特点及与摇臂式喷头的比较研究 [J]. 农业工程学报, 2006, 22(5): 82- 85.
- LI Hong YUAN Shou-qi XIE Fu-qi et al Performance characteristics of fluidic sprinkler controlled by clearance and comparison with impact sprinkler [J]. *Transactions of the CSAE*, 2006, 22(5): 82- 85. (in Chinese)
- [11] 崔殿凯. 焦化厂煤堆的自然与防治 [J]. 天津冶金, 2007 (3): 52- 56
CUI Dian-kai. Autoignition and the prevention of coal in pile in coking plant [J]. *Tianjin Metallurgy*, 2007 (3): 52- 56 (in Chinese)
- [12] 朱兴业, 袁寿其, 李 红, 等. 对 PSF30 型全射流喷头的分析 [J]. 节水灌溉, 2005 (6): 17- 19.
ZHU Xing-ye YUAN Shou-qi LI Hong et al Analysis for complete fluidic sprinkler typed PSF30 [J]. *Water Saving Irrigation*, 2005 (6): 17- 19. (in Chinese)

(责任编辑 贾国方)

欢迎订阅 2009 年《通用机械》杂志

《通用机械》杂志由机械工业信息研究院主办, 是一本关于通用机械制造领域(泵、阀、风机、压缩机、减变速机、气体分离机械、真空获得及应用设备、干燥设备、分离机械)及石油、化工、电力、冶金、矿山、轻工、环保等通用机械的运行、使用与维修应用领域的实用性技术类期刊。

2009 年我刊全新改版, 栏目将更加贴近通用机械产品的应用领域, 印刷将变为全彩印刷, 内容将更加精彩! 我们也希望得到您更多的支持和关注!

读者对象: 通用机械制造领域及产品应用领域的科研、设计、生产中的工程技术人员, 管理人员、销售及采购人员; 大专院校及科研院所的科研设计人员; 企业高层决策者及相关的政府管理人员。

栏目设置: 产经要闻、GM 前沿、GM 论坛、GM 经理人、运行与维修、自控与监测、新技术新产品、配套技术与产品、开发与设计、制造技术与工艺、项目信息、展会推荐、产品推荐、商务书店等。

发行领域: 通用机械制造业及石油、化工、水利、电力、冶金、环保、轻工、医药、食品、矿山、船舶、国防、城市建设等行业。

《通用机械》杂志大 16 开, 月刊, 每月 10 号出刊, 每期定价 10.00 元, 全年定价 120 元, 国内公开发行。可直接与读者服务部联系, 也可通过邮局等方式订阅, 邮发代号: 82- 350

通讯地址: 北京市百万庄大街 22 号《通用机械》杂志社 邮编: 100037

订阅热线: 010- 88379790~ 98 转 708 709 传真: 010- 68326910

E-mail: hgmdy@126.com http://www.tyxj.net