

灌溉管路用快速连接件产品的研发及其水力性能

邓忠,冯俊杰,翟国亮,宗洁,张文正

(中国农业科学院农田灌溉研究所,河南新乡 453003)

摘要:在现有各类连接件结构的基础上,设计出一种灌溉管路用快速连接件产品,该产品整体结构设计合理,操作简单方便,具有快速组装与拆卸的特点,实现了插入自动通水、拔移自动断水的功能。分析快速连接件产品的结构组成和工作原理,并进行水力性能测试。测试结果表明:快速连接件产品具有过水流量稳定、局部水头损失小、插拔灵活性强、密封性能优等特点,能起到降低系统投资和提高工作效率的作用,适用于移动灌溉和抗旱灌溉工程。

关键词:微灌系统;快速连接件产品;移动灌溉;抗旱灌溉;水力性能

中图分类号:S277.9⁺9 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-7647(2013)01-0070-04

Design of a rapid connection part used in irrigation pipes and its hydraulic performance//DENG Zhong, FENG Junjie, ZHAI Guoliang, ZONG Jie, ZHANG Wengzheng (*Farmland Irrigation Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Xinxiang 453003, China*)

Abstract: On the basis of research on several kinds of existing connection parts, a new kind of rapid connection part was designed for irrigation pipes. The new connection part is of reasonable structure, has a simple and convenient operation procedure, and can be quickly assembled and disassembled. Assemble it water will flow automatically; disassemble it water will be cut off automatically. The working principle and the structure of the connection part were described. In order to analyze its hydraulic performance, tests were performed. Tests results show that the flow discharge is stable, the local water head loss is small, the operation procedure is convenient, and the sealing performance is good. Hence, it can be used in a mobile irrigation system, with the benefits of reducing investment and improving efficiency of the irrigation system.

Key words: micro-irrigation system; rapid connection part; movable irrigation; anti-drought irrigation; hydraulic performance

根据灌溉系统管路形式的不同,灌溉系统通常分固定式和移动式两种^[1-2],不同形式的灌溉系统投资和管网利用率相差很大。固定式灌溉系统管网全部在田间固定铺设,灌溉时不需移动,特点是施工和操作方便,但不利于田间机械化作业,且设备易老化和损坏,工程投资约为15 000元/hm²^[3-5]。移动式灌溉系统的干管、支管和毛管均可在田间移动,灌溉完一块地后可移动到另一块地继续灌溉,大幅度提高了灌溉系统的使用率^[6],克服了固定式灌溉系统不利于田间作业和工程建设投资高的缺点,平均投资约为3 000元/hm²,较固定式灌溉系统节省投资75%左右^[7-8]。随着我国旱情的日益严峻,操作简便、实用性强、可移动的抗旱机具和产品亟待研发和推广应用,

以增强我国应对突发性旱情的快速处理能力。快速连接件产品是实现灌溉系统管路快速拆卸、移动和安装的重要零部件,其具有广阔的应用前景^[9]。

1 快速连接件产品的研发

1.1 设计原则

在借鉴工业用钢制气动连接接头、供水行业用自动取水口和各种用途的快速连接管件产品结构的基础上^[10-11],设计出既具有快速连接和拆卸特点,又具有良好止水和通水效果的产品。在系统运行过程中,不需要关闭上游阀门,仅通过产品部件的快速插拔即可实现毛管的轮灌,体现出移动灌溉或抗旱灌溉系统投资低廉和节水节能的优势^[12-13]。

1.2 结构组成

快速连接件产品主要由 4 个部件组成,分别是左接头、活动芯、中间体和右接头,各部件材质采用工程塑料 ABS,密封配件采用橡胶圈,具体结构如图 1 所示。

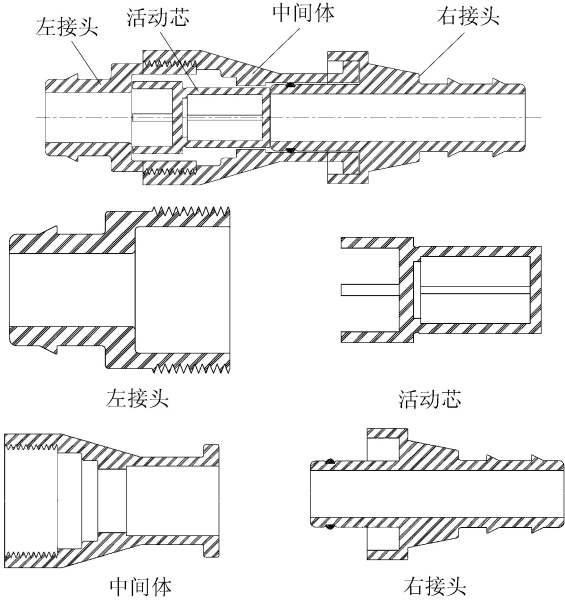


图 1 快速连接件产品整体及各组成部件

1.3 工作原理

当需要通水时,把右接头的凹槽端与中间体的凸牙端直插相连,右接头推动活动芯向左接头端移动,直到活动芯的左肋接触到左接头的内腔面,此时内部水流通渠道打通,上游来水从活动芯的肋间空隙经过,从左流向右,并从右接头流到下游管路,实现了插入自动通水的功能(图 2)。当需要断水时,把右接头倒转,并从中间体的端口拔出,此时活动芯底面受到较大的上游水压推动,活动芯沿中间体内腔向右移动,直到活动芯上的密封圈与中间体内腔表面相接触并将其压紧,此时内部水流通渠道被隔断,起到切断水流的作用,从而实现了拔移自动断水的功能(图 3)。因此,该产品既可作为管路连接件使用,又可作为堵头使用。

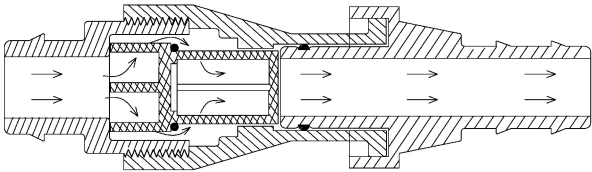


图 2 插入自动通水工作原理示意图

2 快速连接件产品的水力性能

为检验快速连接件产品的水力性能,对产品进行过流能力与水头损失试验以及插拔灵活性和密封性试验^[14]。

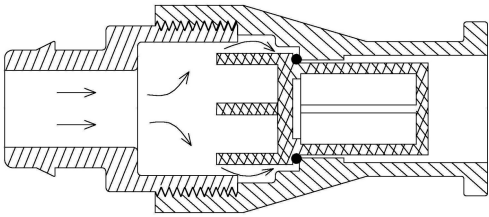


图 3 拔移自动断水工作原理示意图

2.1 过流能力与水头损失试验

任意选择 3 个快速连接件产品,分别编为 1 号、2 号、3 号,进行不同供水压力条件下的过流能力试验。快速连接件产品的首端连接供水毛管,尾端自由出流,在 20 ~ 200 kPa 的范围内设计 8 个供水压力水平,逐渐升压,待压力平稳后用 50 L 的塑料容器收集 2 min 内的出水量,分别称其质量,计算其均值。

为研究过水流量引起的水头损失,进行不同过水流量下的水头损失试验。将快速连接件产品的首、尾端连接供水毛管,在快速连接件产品尾端的毛管上安装滴头,封堵毛管末端,通过安装不同数量的滴水器来控制快速连接件产品的过水流量,同时读取快速连接件产品两端的压力值,从而分析过水流量与水头损失间的关系。快速连接件产品在不同供水压力条件下的压力与流量测试数据及压差与流量测试数据分别见表 1、表 2。

表 1 快速连接件产品的压力与流量测试数据

供水压力/ kPa	各产品的流量/(L·h ⁻¹)			流量均值/ (m ³ ·h ⁻¹)
	1 号	2 号	3 号	
21.3	291.2	499.6	463.0	0.4179
52.0	442.6	702.1	619.0	0.5879
82.6	546.5	817.0	713.7	0.6924
105.3	609.7	898.4	795.5	0.7679
122.6	650.2	955.0	875.8	0.8270
156.8	752.4	1095.4	971.6	0.9398
186.1	817.0	1172.7	1057.3	1.0157
208.8	834.0	1180.8	1069.8	1.0282

表 2 快速连接件产品的压差与流量测试数据

首压/ kPa	尾压/kPa				压差/ kPa	流量/(L·h ⁻¹)			流量均值/ (m ³ ·h ⁻¹)
	1 号	2 号	3 号	平均		1 号	2 号	3 号	
23.5	21.7	18.8	19.0	19.8	3.7	182.1	129.6	135.8	0.149
50.3	44.2	35.0	48.3	42.5	7.8	267.4	236.2	216.6	0.240
84.6	66.9	77.7	69.5	71.4	13.2	338.3	204.5	255.5	0.266
107.2	78.8	97.5	97.1	91.1	16.1	368.6	256.1	297.7	0.308
123.5	89.7	115.1	111.7	105.5	18.0	397.9	278.8	323.2	0.333
155.0	111.7	144.0	126.9	127.5	27.5	442.2	310.6	349.4	0.367
186.5	134.3	169.8	156.6	153.6	32.9	490.0	344.0	392.6	0.409
204.5	143.7	188.2	176.4	169.4	35.1	500.2	357.6	405.1	0.421

分别以供水压力或首尾压差为横坐标,流量为纵坐标,绘出快速连接件产品的供水压力-流量关系曲线和压差-流量关系曲线,分别见图 4 和图 5。从图 4 和图 5 可以看出,快速连接件产品的过水流量

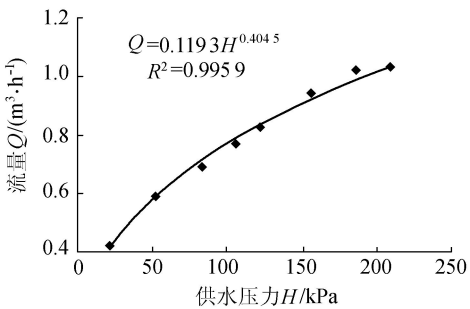


图4 供水压力-流量关系曲线

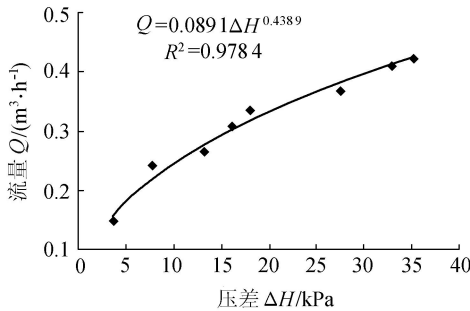


图5 压差-流量关系曲线

随供水压力的增大而增大 ($R^2 = 0.9959$), 两端的压差 (水头损失) 也随过水流量的增大而增大 ($R^2 = 0.9784$), 均呈显著的正相关关系。但是通过拟合曲线也可以看出, 过水流量随供水压力的增大趋势较过水流量随压差的增大趋势明显。试验结果表明: ①快速连接件产品即使在低压 (或无压) 水头下, 初始最小过水流量也较大; ②虽然快速连接件产品的过水流量随供水压力增大而增大, 但流量的变化率小于供水压力的变化率, 说明快速连接件产品的过水流量相对较稳定, 随供水压力变化而变化的趋势不明显; ③快速连接件产品在通水过程中产生的局部水头损失较小, 当过水流量小于 $0.15 \text{ m}^3/\text{h}$ 时, 其水头损失几乎为零, 仅当流量大于 $0.15 \text{ m}^3/\text{h}$ 时才有水头损失, 并随着过水流量的增大而增大, 过水流量和水头损失之间的变化趋势基本相同。

2.2 插拔灵活性和密封性试验

插拔灵活性是指快速连接件产品的左接头部分 (由左接头、活动芯和中间体组装而成) 与右接头在相互承插组合和拔移分离时的难易程度。这两个组成部分仅通过对接—承插—旋转—旋转—拔移—分离的操作过程就可快速装配和拆卸, 具有插接自动连通和拔移自动闭合两种工作状态。试验对若干个快速连接件产品进行多次插拔, 计算整个过程的所用时间。

对快速连接件产品进行多次插拔试验, 平均每分钟能插接 10 个或拔移 12 个, 即单个快速连接件产品从开始插接到装配完成平均约需 6 s, 从开始拔移到分离完成平均约需 5 s, 说明该产品在使用过程

中插拔灵敏性强, 具有操作方便、简单快速的特点。密封性试验是在快速连接件产品多次插拔之后进行, 将快速连接件产品两端分别连接供水毛管, 按水流方向分别在插接自动连通和拔移自动闭合两种工作状态下测试组合部件在不同供水压力 ($10 \sim 350 \text{ kPa}$) 时的渗滴水量, 每一压力水平持续保压 3 min, 如有渗滴水, 测其水量并记录该压力值。两种工作状态下快速连接件产品的渗滴水量试验数据见表 3。

表3 两种工作状态下快速连接件产品的渗滴水量

供水压力 /kPa	插接自动连通状态的 渗滴水量/(mL·h ⁻¹)				供水压力 /kPa	拔移自动闭合状态的 渗滴水量/(mL·h ⁻¹)			
	1号	2号	3号	平均		1号	2号	3号	平均
10	0	0	0	0	10	45.6	31.5	23.6	33.6
50	0	0	0	0	20	28.7	18.3	15.7	20.9
100	6.8	11.5	0	6.1	30	15.4	8.9	7	10.4
150	13.4	20.4	8.5	14.1	40	6.7	0	0	2.2
200	21.1	28.6	11.9	20.5	50	0	0	0	0
250	37.3	38.7	20.6	32.2	60	0	0	0	0
300	55.6	47.5	27.4	43.5	100	0	0	0	0
350	79.2	59.1	33.3	57.2	200	0	0	0	0

从表 3 可以看出, 在插接自动连通状态下, 当试验的供水压力低于 50 kPa 时, 快速连接件产品均无渗水或滴水现象, 只有当供水压力超过 100 kPa 时才开始有少量的渗滴水, 随着供水压力的增加, 快速连接件产品的渗滴水量缓慢增大, 但最大值不超过 80 mL/h, 这与目前滴灌系统中单个灌水器的滴水流量 (一般在 1000 mL/h 以上) 相比, 其渗滴水量可以忽略不计。在拔移自动闭合状态下, 其密封性与插接自动连通状态下相反, 当供水压力在 50 kPa 以下时, 快速连接件产品有少量的滴水, 渗滴水量随着供水压力的增大逐渐减小, 当供水压力超过 50 kPa 甚至达到 200 kPa 时, 快速连接件产品无任何渗滴水量, 说明只要供水压力大于 50 kPa, 快速连接件产品可达到完全密封, 表明快速连接件产品具有较好的密封性能, 基本达到了预期设计要求。试验中出现的渗滴水现象, 特别是拔移自动闭合状态下的渗滴水量, 可能是由快速连接件产品内部弹性密封圈与快速连接件产品壳体间配合精度不高引起的, 需从模具结构、加工工艺和材料等多方面进行优化和完善, 提高各部件间的配合精度, 以达到理想的密封效果^[14]。

3 结 语

快速连接件产品结构设计合理, 通过简单的插拔接头就可实现插入自动通水和拔移自动断水的功能, 具有快速组装和拆卸的特点, 在移动灌溉或抗旱灌溉工程中可体现出系统投资低廉和节水节能的优势。快速连接件产品装配简单, 插拔灵活方便, 内部过水断面较大, 过水流量稳定, 密封性能强, 具有较

好的水力性能。快速连接件产品在实际过程中还存在一些问题,如整体外观、内部结构及其与各部件间配合程度和防堵措施等还不够完善,需从模具结构、加工工艺等方面加以改进和优化,进一步提高快速连接件产品的整体性能。

参考文献:

[1] 付琳,董文楚,郑耀泉. 微灌工程技术指南[M]. 北京: 水利电力出版社,1987.

[2] 段巍巍. 半固定式移动灌溉技术在振安区节水灌溉工程中的应用[J]. 东北水利水电, 2009 (8): 46-48. (DUAN Weiwei. Application of semi-fixed moving irrigation technique in water-saving irrigation project for Zhen'an area [J]. Water Resources & Hydropower of Northeast,2009(8): 46-48. (in Chinese))

[3] 买卫星. 首部移动式滴灌系统的研制及运行分析[J]. 农业机械,2006(5):143. (MAI Weixing. Development of head-control mobile dripping irrigation system and its operation system[J]. Farm Machinery,2006(5):143. (in Chinese))

[4] 赵亚丽,王长余. 移动式滴灌在齐齐哈尔市抗旱灌溉中的应用与推广[J]. 黑龙江水利科技,2010,38(3): 220-221. (ZHAO Yali, WANG Changyu. Application and popularization of mobile dripping irrigation in anti-drought irrigation of Qiqihar City [J]. Heilongjiang Science and Technology of Water Conservancy,2010,38(3):220-221. (in Chinese))

[5] 夏春华,方部玲,金永奎. 节水灌溉系统自动控制的研究应用[J]. 农业网络信息,2004(12):18-20. (XIA Chunhua, FANG Buling, JIN Yongkui. Application and research of auto-control in micro-irrigation[J]. Agriculture Network Information,2004(12):18-20. (in Chinese))

[6] 罗健恩,田润青,赵东辉. 宁夏南部窑水区移动式滴灌应用技术[J]. 人民黄河,2001,23(1):27-28. (LUO

Jianen, TIAN Runqing, ZHAO Donghui. Practical techniques of mobile dripping irrigation in water collecting cellar area [J]. Yellow River,2001,23(1):27-28. (in Chinese))

[7] 冯俊杰,翟国亮,仵峰,等. 可移动地下滴灌装置的研制开发[J]. 中国农村水利水电,2007(11):34-36. (FENG Junjie, ZHAI Guoliang, WU Feng, et al. The study and development on a device of removable subsurface drip-irrigation[J]. China Rural Water and Hydropower,2007(11):34-36. (in Chinese))

[8] 林书竹,常桂峰,任广云,等. 旱地农业区膜囊水袋抗旱灌溉技术及效益[J]. 水利水电科技进展,2003,23(5):51-53. (LIN Shuzhu, CHANG Guifeng, REN Guangyun, et al. Water sack drought resisting and irrigation technique for drylands and its benefit [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources,2003,23(5):51-53. (in Chinese))

[9] 冯俊杰,翟国亮,邓忠,等. 灌溉管路联接件: 中国, 200720187715. 8[P]. 2008-10-08.

[10] 胡铨森. 气动接头: 中国,301289473S[P]. 2010-07-21.

[11] 李良福. 国外可拆卸静联接件用接触密封[J]. 流体传动与控制,2006,16(3):41-43. (LI Liangfu. Some static seals of connecting flange in foreign country [J]. Fluid Power Transmission and Control,2006,16(3):41-43. (in Chinese))

[12] 牛文全,吴普特,范兴科. 低压滴灌系统研究[J]. 节水灌溉,2005(2):29-30. (NIU Wenquan, WU Pute, FAN Xingke. Study on lower-pressure drip irrigation system [J]. Water Saving Irrigation,2005(2):29-30. (in Chinese))

[13] 冯俊杰. 移动地下滴灌系统研究及配套产品开发[D]. 西安:西安理工大学,2008.

[14] NFEN 12734—2000 移动灌溉供水的快速联结管技术特性和试验[S].

(收稿日期:2012-03-20 编辑:骆超)

(上接第 65 页)

[8] TAY Y Y, STEWART D I, COUSENS T W. Shrinkage and desiccation cracking in bentonite-sand landfill liners[J]. Engineering Geology,2001,60:263-274.

[9] 姚海林,程平,吴万平. 基于收缩试验的膨胀土地基变形预测方法[J]. 岩土力学,2004,25(11):1688-1692. (YAO Hailin, CHENG Ping, WU Wanping. A simplified method for predicting heave in expansive soil grounds based on three dimensional shrinkage tests[J]. Rock and Soil Mechanics,2004,25(11):1688-1692. (in Chinese))

[10] 张华,陈守义,姚海林. 用收缩试验资料间接估算压力板试验中的体积含水量[J]. 岩土力学,1999,20(2): 22-26. (ZHANG Hua, CHEN Shouyi, YAO Hailin. Estimation of volumetric water content in the pressure plate test by use of shrinkage test data[J]. Rock and Soil Mechanics,1999,20(2):22-26. (in Chinese))

[11] 肖宏彬,张春顺,何杰. 南宁膨胀土变形时程性研究[J]. 铁道科学与工程学报,2005,2(6):47-52. (XIAO

Hongbing, ZHANG Chunshun, HE Jie, et al. Study on the relationship between deformation and time of Nanning expansive soils [J]. Journal of Railway Science and Engineering,2005,2(6):47-52. (in Chinese))

[12] 吴珺华,袁俊平,杨松,等. 膨胀土湿胀干缩特性试验[J]. 水利水电科技进展,2012,32(3):28-31. (WU Junhua, YUAN Junping, YANG Song, et al. Experimental study on swell-shrink performance of expansive soil due to moisture change[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources,2012,32(3):28-31. (in Chinese))

[13] 杨和平,张锐,郑健龙. 有荷条件下膨胀土的干湿循环胀缩变形及强度变化规律[J]. 岩土工程学报,2006,28(11):1936-1941. (YANG Heping, ZHANG Rui, ZHENG Jianlong. Variation of deformation and strength of expansive soil during cyclic wetting and drying under loading condition [J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering,2006,28(11):1936-1941. (in Chinese))

(收稿日期:2012-04-12 编辑:熊水斌)