

低压滴灌系统大流量压力调节器的研制^{*}

臧丽花, 牛文全, 吴普特

(西北农林科技大学 中国科学院水利部 水土保持研究所 国家节水灌溉杨凌工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 针对低压滴灌系统对压力的稳定要求严格, 而现有的压力调节产品不能满足其要求的现状, 提出了一种双流道结构形式的低压系统压力调节器, 并通过单因素试验对影响该调节器调压性能的主要因素进行了研究。结果表明, 在入口端设定压力为 $0.05 \sim 0.35 \text{ MPa}$, 设计出口端压力为 0.1 MPa 时, 弹簧直径和装置的结构形式是影响压力调节的主要因素; 当弹簧直径为 1.5 mm , 长度为 80 mm , 栅栏孔隙宽度为 10 mm 时, 此时入口端实测压力为 $0.049 \sim 0.320 \text{ MPa}$, 出口端压力为 $0.045 \sim 0.144 \text{ MPa}$, 流量为 $3.4 \sim 6.6 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

[关键词] 低压滴灌; 压力调节器; 调压性能; 灌溉技术

[中图分类号] S277.9⁺4

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)07-0142-05

压力是滴灌系统设计运行的重要技术参数, 也是决定滴灌系统造价的主要因素。目前滴灌系统正朝低压、薄壁方向发展, 且多为“蓄调一体式”^[1]控制装置, 如重力滴灌系统^[2-3]等。低压滴灌系统对压力变化很敏感, 对压力稳定要求更高, 所以必须开发相应的压力调节装置, 以保障系统的安全运行和灌溉质量要求^[4]。

压力调节器是一种安装在滴灌系统管道首部的小型部件, 其结构简单, 成本较低。当管网内压力变化时, 通过压力调节器调节可减小下一级管网中的压力变化幅度, 从而控制下一级管网中的压力和流量, 达到简化管网设计, 提高灌水均匀度的目的。

但现有的压力调节器均按照常压条件设计, 不适合在低压滴灌系统中使用。国外 RA NBERG, NATEFM 和 NELSON 等公司生产的压力调节器预设压力为 $0.04 \sim 0.45 \text{ MPa}$, 按流量划分有低流量和高流量 2 种规格^[5-7], 高流量压力调节器对应较大的预设压力, 不适合在低压且流量大的支管上使用, 另外其价格也较为昂贵。

国内虽已经开发了毛管压力调节器, 但尚无流量较大的支管端压力调节器问世的报道^[4]。目前这方面的研究也多处在理论阶段, 如杨纪伟^[8]对调节阀流量调节理论进行了研究; 梁学进等^[9]和何武全等^[10]均提出了利用变频器控制压力调节阀的方法;

徐立新等^[11]通过对阀芯结构、材料进行改进提高压力调节器的调节性能; 吕谋超等^[12]对微灌流量调节器的结构进行了研究。另外, 这些研究均不是针对低压且流量大的情况, 所以低压滴灌系统的支管端压力调节器尚需进一步研究。

为此, 本研究提出双流道结构的压力调节器形式, 并通过单因素试验, 分析比较了该结构各参数对调压性能的影响及其与出口端压力、流量的关系等, 测试了该结构的调节性能, 以期对滴灌系统压力调节器的系列化生产提供理论依据。

1 压力调节器的研制与试验

1.1 结构与工作原理

低压滴灌系统大流量压力调节器由外壳、导流盖、带栅栏的承插式内芯、固定槽和弹簧 5 部分装配而成(图 1), 本结构中弹簧和流道形式是关键部分。水从调节器入口流入双流道结构被分流为两部分, 一部分经矩形栅栏 a 流入内芯, 另一部分经环行通道和矩形口 b 流向出口。带栅栏的内芯和弹簧配合在压差作用下沿水流方向往复移动, 从而调节矩形栅栏的流通面积, 改变局部水头损失, 使压力调节器出口端压力稳定在允许范围内。

1.2 试验方案设计

测试系统由 HFA Y 全自动恒压供水控制柜提

^{*} [收稿日期] 2005-12-29

[基金项目] 西北农林科技大学校青年基金项目

[作者简介] 臧丽花(1977-), 女, 湖南益阳人, 在读硕士, 主要从事节水灌溉设备研究。E-mail: zanglh@sina.com

[通讯作者] 牛文全(1972-), 男, 甘肃甘谷人, 副研究员, 主要从事节水灌溉设备研究。E-mail: nwq@vip.sina.com

供压力, 采用精度等级 0.4 的压力表测量压力调节器进口端和出口端压力, 水表精度为 0.01 m³, 压力表和水表按相关标准安装。由于现有滴灌系统支管设计工作压力多在 0.4 MPa 之内, 所以测试过程中控制压力从 0.05 MPa 逐步上升到 0.35 MPa。在试验中, 对每组测试对象供水 3 min, 待全自动恒压供水控制柜压力稳定后, 分别记录压力调节器进口端、出口端压力和水表的数值。

弹簧是主要的调压控制原件, 所以按照弹簧直径(d)不同采用 3 种规格(d 分别为 1.0, 1.5, 2.0

mm), 每种直径的弹簧又采用长度(l)不同的 2 种规格(l 分别为 80, 50 mm); 承插式内芯的栅栏设计为等宽 6 孔, 孔隙宽度对水流的局部水头损失影响不同, 调压效果亦有差异, 故加工了 3 个内芯, 其栅栏孔隙宽度分别为 10, 6 和 4 mm。不同承插式内芯栅栏的孔隙宽度与弹簧的直径和长度组合, 形成不同的组合如表 1 所示。每一组合的控制压力从 0.05 MPa 逐步上升到 0.35 MPa, 记录下 15 组数据, 并采用单因素试验分析各因素对压力调节器调压性能影响的主次。

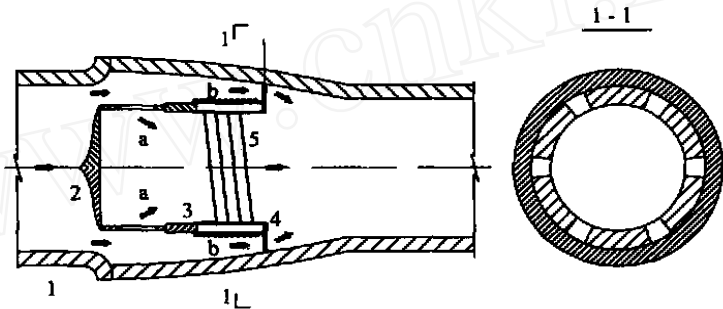


图 1 双流道压力调节器结构示意图

1. 外壳; 2. 导流盖; 3. 带栅栏的承插式内芯; 4. 固定槽; 5. 弹簧

Fig. 1 Structure of double flow channel pressure regulator

1. Shell; 2. Diversion; 3. Inner core; 4. Relining key; 5. Spring

表 1 调压性能试验因素与水平
Table 1 Factors and levels of control
pressure experiment mm

水平 Levels	因素 Factors		
	内芯栅栏的 孔隙宽度 Interspaces	弹簧直径 Spring diameter	弹簧长度 Spring length
1	10	1	80
2	6	1.5	50
3	4	2	

2 结果与分析

2.1 结构形式分析

本研究设计的压力调节器中, 2 个流道的尺寸和结构形式有差异, 当入口端压力较小时, a, b 双流道同时过水, 在压力逐渐增大时, 导流盖在前后压力差的作用下向下游移动, 流道 a 的过水面积减小, 水头损失加大。压力增大到一定值时, 流道 a 过水面积减小为 0, 水流仅从流道 b 中通过。

因为流道中的压力变化是利用弹簧变形来缓冲

的, 所以弹簧是压力调节器中的关键部件。不同粗细弹簧的加工工艺不同, 以直径尺寸居中的工艺最为完善, 相应尺寸的弹簧性能较为稳定, 所以选择 $d=1.5\text{ mm}$ 的弹簧来说明双流道结构入口端压力与出口端压力的关系以及出口端压力与流量的关系(图 2 和图 3)。从图 2 和图 3 可以看出, 当入口端压力从 0.05 MPa 上升到 0.35 MPa 时, 双流道压力调节装置出口端压力为 0.045~0.144 MPa, 流量为 3.4~6.6 m³/h。

2.2 弹簧直径分析

对不同直径弹簧调压效果的测试结果如图 4 所示。从图 4 可以看出, 随着弹簧直径的增加, 双流道结构装置调压效果的变化非常大, 其中弹簧直径为 1.5 mm 时的调压效果较为稳定, 当入口端压力为 0.1~0.3 MPa 时, 出口端压力为 0.085~0.126 MPa。同样条件下, d 分别为 1.0 和 2.0 mm 时, 出口端压力分别为 0.046~0.123 MPa 和 0.083~0.237 MPa。

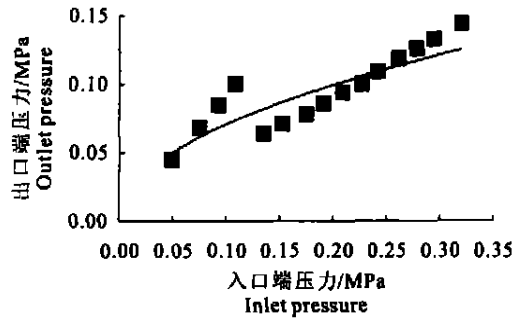


图 2 双流道结构入口端和出口端压力的比较
Fig 2 Comparison of the entrance and exit pressure of the structure

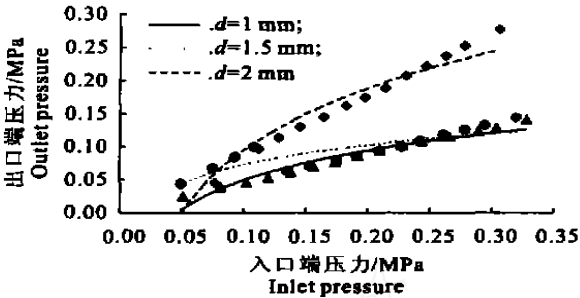


图 3 双流道结构出口端压力与流量的关系
Fig 3 Comparison of the flows and pressures of the structure

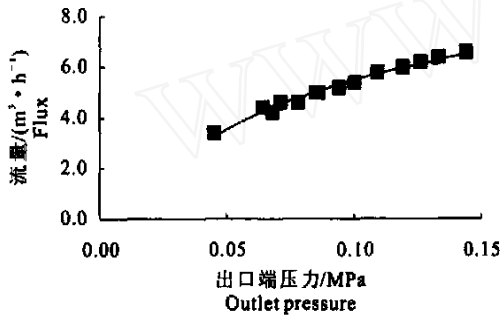


图 4 不同弹簧直径下压力调节器的调节曲线
Fig 4 Curves of the regulated pressure for different spring diameters

压力偏差是反应压力稳定的物理量,是出口端实测压力和出口端设计压力之差与出口端设计压力的比值。压力偏差越大,则压力调节器的调压稳压性

能越差,反之,则调压稳压性能越高。由计算可知,当弹簧直径分别为 1.0、1.5 和 2.0 mm,设计出口压力为 0.1 MPa,调压范围为 0.1~0.30 MPa 时,双流道结构压力调节装置的最大压力偏差分别为 0.54、0.26 和 1.37。目前国内没有压力调节器出口端压力偏差标准,借鉴灌水器设计允许压力偏差率不大于 0.2 进行判断,上述结构均不符合要求,但当弹簧直径为 1.5 mm 时,出口压力为 0.1 MPa 左右,最大压力偏差较小。因此推断若适当减少后期弹簧刚度,就有可能达到设计要求。

2.3 过流孔隙宽度分析

承插式内芯的栅栏为等宽 6 孔,3 个内芯的栅栏孔隙宽度分别为 10、6 和 4 mm,栅栏长度相同。当弹簧直径为 1.5 mm,长度为 80 mm,弹簧中径为 30 mm 时,其测试结果见表 2。

表 2 双流道结构不同过流孔隙宽度调压过流结果

Table 2 Comparison of the pressure and flow for the difference interspaces

序号 No.	10 mm			6 mm			4 mm		
	入口端压力/ M Pa Inlet pressure	出口端压力/ M Pa Outlet pressure	流量/ (m ³ · h ⁻¹) Flux	入口端压力/ M Pa Inlet pressure	出口端压力/ M Pa Outlet pressure	流量/ (m ³ · h ⁻¹) Flux	入口端压力/ M Pa Inlet pressure	出口端压力/ M Pa Outlet pressure	流量/ (m ³ · h ⁻¹) Flux
1	0.049	0.045	3.4	0.050	0.047	3.0	0.049	0.030	2.8
2	0.075	0.068	4.2	0.078	0.074	4.0	0.080	0.036	3.0
3	0.093	0.085	5.0	0.100	0.052	3.4	0.098	0.043	3.6
4	0.108	0.100	5.4	0.118	0.062	3.8	0.115	0.050	3.8
5	0.135	0.064	4.4	0.137	0.072	4.0	0.134	0.057	4.0
6	0.153	0.071	4.6	0.156	0.080	4.2	0.152	0.066	4.4
7	0.175	0.078	4.6	0.176	0.086	4.8	0.163	0.074	4.6
8	0.191	0.086	5.0	0.192	0.096	4.6	0.186	0.082	4.8
9	0.209	0.094	5.2	0.211	0.105	5.0	0.206	0.089	5.0
10	0.227	0.100	5.4	0.228	0.114	5.2	0.225	0.096	5.2
11	0.242	0.109	5.8	0.248	0.122	5.4	0.241	0.103	5.4
12	0.261	0.119	6.0	0.264	0.129	5.6	0.260	0.112	5.6
13	0.278	0.126	6.2	0.283	0.117	5.8	0.276	0.117	6.0
14	0.294	0.133	6.4	0.300	0.143	6.0	0.295	0.125	6.0
15	0.320	0.144	6.6	0.326	0.156	6.4	0.316	0.136	6.4

虽然每组数据测试时首部压力设定值相同,但在试验过程中因为控制柜与压力调节器之间存在水头损失差异,造成每组数据入口端压力值略有差异。

用 SA S (Statistical Analysis System) 软件^[13]对表 2 数据进行方差分析,结果如表 3 和表 4 所示。由

表 3、4 可见,概率值 $P > 0.05$,说明 3 种过流孔隙的压力、流量无显著差异, F 测验不显著,所以过流孔隙宽度大小对调压效果的影响较小,不是主要影响因素。在结构变化设计中,勿需重点考虑过流孔隙宽度因素。

表 3 不同过流孔隙出口端压力的方差分析结果

Table 3 Analysis of variance for the outlet pressure

变异来源 Source	自由度 DF	平方和 Sum of squares	均方 Mean square	F 值 F value	概率值 Probability
因素 Factors	2	19.07	9.54	0.95	0.40
误差 Errors	42	423.81	10.09		
总和 Corrected Total	44	442.88			

表 4 不同过流孔隙流量的方差分析结果

Table 4 Analysis of variance for the flow

变异来源 Source	自由度 DF	平方和 Sum of squares	均方 Mean square	F 值 F value	概率值 Probability
因素 Factors	2	1.64	0.82	0.80	0.45
误差 Errors	42	42.96	1.02		
总和 Corrected Total	44	44.60			

2.4 弹簧长度分析

因为样品结构尺寸的限制,本研究用 50 和 80 mm 2 种长度的弹簧进行了试验比较,用 SA S 软件对数据进行方差分析,概率值 $P > 0.05$ 。该结果表明,弹簧长度不同时压力与流量间差异不显著,因而可以认为弹簧长度不是调压性能的主要影响因素。

3 结 论

1) 本研究提出的压力调节装置在入口端压力为 0.10~0.30 MPa 时,能基本实现压力调节和流量调节。其出口端压力为 0.043~0.126 MPa,流量为 3.4~6.2 m³/h,最大压降可达到入口端压力的 60%,且流量较为稳定。低压滴灌系统要求滴头设计压力不大于 0.04 MPa,如果支管端的压力能稳定在 0.10 MPa 左右,则有可能满足滴头压力的设计要求。本试验分析表明流道结构形式和弹簧直径等是调压效果的主要影响因素,栅栏孔隙宽度和弹簧长度等为次要影响因素。

2) 弹簧是本结构中的主要部元件,但如何确定合适的弹簧参数,则需要综合考虑入口端压力范围和出口端压力。较细的弹簧起调压力低,压降变化明

显,但在试验中发现较细的弹簧因为加工工艺等原因,自身性能不太稳定,多次试验时结果有较大差异,建议谨慎采用。今后应对直径 1.5~2.0 mm 的弹簧进行深入试验,确定调压效果最佳的弹簧直径范围,并确定出口端设计压力、最大压力偏差与弹簧直径之间的关系。

3) 由水力学管道流量计算公式^[14]可知,过流面积 A 与流量有关。但在试验中,栅栏长度相同,过流面积大小由栅栏孔隙宽度决定。由表 2 可知,流量差异远小于过流面积的差异,这一结果也证明过流面积的选择对调压稳流影响较小。

4) 双流道结构是置于管径为 50 mm 的 PVC 管道中进行测试的,加工过程较为复杂,工艺、方法有待改进,结构还有待优化。例如结构中固定槽的空隙过小不易更换弹簧,过大时弹簧可能发生侧向变形,影响调压精度。各部件的相对位置、尺寸还需优化论证。另外,本研究中的压力元件是弹簧,还可以尝试使用弹性膜片、柱塞等其他弹性压力元件。总之,调压是多因素的综合反映,例如结构形式、加工工艺、材料材质、摩擦等对其稳定性、精度有一定影响,还需进一步深入研究。

[参考文献]

[1] 刘晓丽,吴普特,王万忠. 低压滴灌系统中的压力控制方式研究[J]. 灌溉排水学报, 2003, 22(6): 11-13
[2] 仵 峰,范永申,李金山,等. 低压条件下灌水器水力性能试验研究[J]. 节水灌溉, 2003(1): 17-20
[3] 王 伟,李光永,段中锁. 低水头滴灌系统研究[J]. 节水灌溉, 2000(3): 36-39
[4] 牛文全,吴普特,范兴科. 低压滴灌系统研究[J]. 节水灌溉, 2005(2): 29-32
[5] Rainbird. Rainbird Products Guide, 2001[EB/OL]. [2005-12-15]. <http://www.rainbird.com>.

- [6] Netafim. Netafim Products Guide, 2001[EB/OL]. [2005-12-15]. <http://www.netafim.com>.
- [7] Nelson Nelson Products Guide 2000[EB/OL]. [2005-12-15]. <http://www.nelson.com>.
- [8] 杨纪伟. 调节阀流量调节理论研究[J]. 流体机械, 2003, 31(2): 24-26
- [9] 梁学进, 郑明军, 谷 勇. 基于变频控制技术的压力调节方法[J]. 石油仪器, 2005, 19(1): 17-20
- [10] 何武全, 王玉宝. 基于变频恒压控制下的喷微灌单元设计法及应用[J]. 灌溉排水学报, 2005, 24(8): 33-35
- [11] 徐立新, 安慧斌, 孟宪耀, 等. 自力式压力调节阀的改进[J]. 煤气与热力, 2003, 23(3): 158-159
- [12] 吕谋超, 彭贵芬, 杨跃辉, 等. 微灌流量调节器的研制与应用[J]. 灌溉排水, 2001, 20(9): 29-32
- [13] 胡小平, 王长发. SAS 基础及统计实例教程[M]. 西安: 西安地图出版社, 2001.
- [14] 吴持恭. 水力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1979.

Development of the pressure regulator for large flow in lower-pressure drip irrigation system

ZANG Li-hua, NIU Wen-quan, WU Pu-te

(Northwest A & F University, Institute of Soil and Water Conservation Chinese Academy of Sciences and Water Resources Ministry,
National Engineering Research Center for Water-saving Irrigation at Yangling, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The lower-pressure drip irrigation system is sensitive to pressure, yet the existing pressure regulators don't fit in with the system. In this paper, the author discusses the structure of pressure regulator with double flow channel and the data show that the device structure and the spring diameter are more important to keep the pressure stable than the other factors when the setting inlet pressure is the 0.05-0.35 MPa, and outlet pressure is 0.1 MPa. With the spring diameter 1.5 mm and the spring length 80 mm and the interspaces are 10 mm. The pressure regulating performance of the double flow channel device is better, the test inlet pressure is 0.049-0.32 MPa, outlet pressure 0.045-0.144 MPa, and the flow is 3.4-6.6 m³/h.

Key words: lower-pressure drip irrigation system; pressure regulator; pressure regulating performance; irrigation technology

(上接第 141 页)

Abstract ID: 1671-9387(2006)07-0139-EA

Embryogenic somaclones induction derived from immature embryos in Xiaoyan 22

LI Jing-qí¹, WANG Cheng-she²

(1 Department of Life Sciences, Shaanxi Institute of Education, Xi'an, Shaanxi 710061, China;

2 College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: As an experiment material, Xiaoyan 22 was taken from field and cultured in the greenhouse to study inoculation methods and scutella state of Xiaoyan 22 immature embryos of different embryo sizes at 4 treatment time. The results showed: (1) When young seed length/grain husk was from 60 percent to 80 percent, the immature embryo was in a period of transition from semi-transparent to light yellow. The frequency of callus induction was above 95.6 percent. The frequency of embryonic callus induction was from 46.1 percent to 49.4 percent. The phase is just the time to culture immature embryos. (2) Young seeds were preserved at 4 refrigerator with plastic film and inoculated within three days for alleviating the induction tension. The frequency of callus induction of immature embryos was above 95 percent. The frequency of embryonic induction was from 34 percent to 50 percent when the scutellas were inoculated on the culture medium, they were maintained up and full.

Key words: wheat (*Triticum aestivum* L.); Xiaoyan 22; immature embryo culture; embryogenic somaclone; scutellas