

自控变频调速式灌溉水注肥装置的研究

朱志坚¹, 早熟木¹, 尼加提·依¹, 赵万华², 卢秉恒², 秦茂²

(1. 新疆大学机械工程学院, 乌鲁木齐 830008; 2. 西安交通大学先进制造研究所, 西安 710049)

摘要: 为现代农业节水灌溉与精准施肥所需的配套注肥装置的开发, 研究采用输液泵将肥料原液和酸碱调节液强行注入灌溉管网, 并与灌溉水按比例混合获得一定浓度和酸碱度(EC & pH)的灌溉液。灌溉液浓度和酸碱度通过EC传感器和pH传感器检测并反馈PLC控制系统, 通过变频调速进行EC值与pH值动态调节, 实现节水灌溉系统的精准施肥灌溉。采用自控变频调速技术的灌溉水注肥装置经过实际运行, 完全满足设计要求, 可实现灌溉液的正常输送和EC值与pH值的动态调节。特别是射流自吸泵变频调速技术的实现, 不仅有效实现了灌溉液浓度(EC值)的动态调节, 同时降低了设备成本, 完全可用于节水灌溉注肥装置的开发。

关键词: 注肥装置; EC与pH调节; 变频调速; 射流自吸泵

中图分类号: S275

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2005)09-0094-04

朱志坚, 早熟木, 尼加提·依, 等. 自控变频调速式灌溉水注肥装置的研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(9): 94-97.

Zhu Zhijian, Zao Remu, Ni Jiaoti Y, et al. Autocontrol variable voltage variable frequency type of irrigation fertigation device[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(9): 94-97. (in Chinese with English abstract)

0 引言

施肥灌溉是指肥料随同灌溉水进入田间的过程, 是施肥和灌溉相结合的一项新技术, 是精确施肥与精确灌溉相结合的产物。采用灌溉施肥技术可以很方便地调节灌溉水中营养物质的数量和浓度, 使其与植物的需要和气候条件相适应, 可以大幅度提高化肥利用率, 提高养分的有效性, 促进植物根系对养分的吸收, 提高作物的产量和质量, 减少养分向根系分布区以下土层的流失。灌溉施肥的原则是根据作物的吸收规律提供养分, 按需提供。

将肥料溶液与灌溉水相混合, 实现施肥与灌溉同时进行, 是现代节水灌溉的一个重要发展方向。在灌溉施肥的同时, 向灌溉液中注入适量的酸液或碱液还可调节土壤的酸碱度。灌溉液肥料浓度(EC值)、灌溉液酸碱度(pH值)都应能根据作物生长需要精确调节至合理值。由于灌溉施肥时, 混合液浓度在不同时段需要调整, 而肥料原液浓度不均匀或管路工作状况改变等因素又会导致混合比波动, 因此注肥装置在运行过程应具有灌溉液浓度(EC值)以及酸碱度(pH值)的实时调节功能。

目前国内外微灌技术发展比较迅速, 以色列、美国等一些国家已采用先进节水灌溉技术以及精准施肥技术, 但从这些国家进口的自动注肥机不仅价格昂贵, 售后服务难以得到保证, 而且注肥机操作界面为英文界面, 用户使用极为不便。而中国目前对注肥装置的研发

基本停留在压差式和文丘里式方面, 设备相对简单, 注肥精度不高, 难以满足精准农业的灌溉施肥要求, 因此, 研究开发一种适合中国节水灌溉农业需求的注肥装置, 具有十分重要的现实意义。

1 自控变频调速式灌溉水注肥装置

所研制的滴灌系统自控变频调速式灌溉水注肥装置采用PLC控制技术、输液泵变频调速技术以及EC值和pH值检测技术, 通过调节输液泵流量, 将灌溉施肥所需的肥料原液和酸碱调节液按所需比例与灌溉水进行混合, 借助于EC值和pH值传感器对混合液的肥料浓度和酸碱度进行检测并反馈闭环控制, 从而实现EC值和pH值实时调节控制, 得到具有一定肥料浓度和酸碱度的灌溉液, 并注入微滴灌系统灌溉管网中, 从而实现精细施肥灌溉。该装置同时还具有灌溉水和肥料原液流量检测和数码显示功能, 可实时监视灌溉水和肥料原液流量的变化情况。基本原理如图1所示。

该自控变频调速式灌溉水注肥装置采用机械注入式结构, 主要功能是灌溉液的配制、pH值和EC值的调节控制以及灌溉施肥。根据作物的需要, 在控制系统的控制下由3台输液泵(17)将储液罐中的氮、磷、钾3种肥料分别按一定的比例注入混肥器中。注入的肥料原液在混肥器搅拌叶片搅拌下得到成分均匀的混合液, 并由调速泵(15)按一定的比例要求注入注肥装置的管路中与主管线中的水进行混合, 得到具有一定EC值(浓度)的灌溉液; 同时, 根据农作物对灌溉液pH值(酸碱度)的要求, 可由调速泵(18)将适量的酸液(或碱液)注入灌溉管道中以调节灌溉液的pH值。经过调节的灌溉液EC值和pH值是否满足要求, 则由EC值和pH值传感器进行检测, 并由控制系统进行数据处理和运算, 输出给变频器分别对调速泵(15)和(18)进行流量调速控制, 最终实现EC值和pH值的闭环控制。经过闭环精确控制的

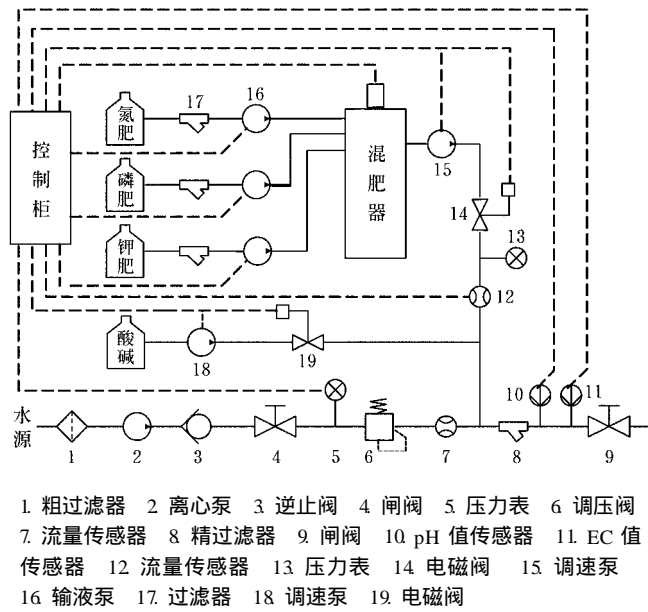
收稿日期: 2004-12-21 修订日期: 2005-03-25

基金项目: 国家“863”重大专项“节水产品激光快速成型技术研究与开发”(2002AA2Z4081)

作者简介: 朱志坚(1961-), 博士生, 主要从事机电液一体化技术研究。乌鲁木齐市友好北路21号 新疆大学机械工程学院, 830008。

Em ail: zhuzhi0315@163.com





- 1. 粗过滤器 2 离心泵 3 逆止阀 4 闸阀 5 压力表 6 调压阀
- 7. 流量传感器 8 精过滤器 9 闸阀 10 pH 值传感器 11 EC 值传感器
- 12 流量传感器 13 压力表 14 电磁阀 15 调速泵
- 16 输液泵 17 过滤器 18 调速泵 19 电磁阀

图1 自控变频调速式灌溉水注肥装置原理图
Fig 1 Principle chart of autocontrol VVVF type of irrigation fertigation device

灌溉液, 可以获得理想的浓度和酸碱度, 在系统压力作用下进入滴灌管网实现精细施肥灌溉, 所研制的注肥装置水肥混合液排放能力达到 15 m³/h, 灌溉面积则由注肥装置的排放能力和植物 (或农作物) 对灌溉液的浓度要求决定。

2 自控控制逻辑

要实现 EC 和 pH 自控控制和灌溉系统的精准施肥, 注肥装置自控控制逻辑如图 2 所示。

系统启动后, 根据作物对氮、磷、钾 3 种肥料的比例需求, 首先在控制面板上进行氮、磷、钾 3 种肥料的比例设定, 设定结束后, 即可启动氮、磷、钾 3 种肥料源液的输液泵向混肥罐中进行注肥。同时, 启动搅拌电机进行搅拌工作。氮、磷、钾 3 种肥料源液的注入量是跟据输液泵的流量, 由注入时间进行控制。当氮、磷、钾 3 种肥料源液达到设定的注入量 (注入时间) 后, 由控制软件分别切断输液泵电机电源, 停止肥料源液注入。如果因为计算或操作失误, 造成混肥罐中的液肥超过设定的报警液面后, 由液位传感器向 PLC 发出报警信号, 由 PLC 紧急关闭输液泵电机和搅拌电机, 以避免液肥溢出。

当肥料源液注入混肥罐搅拌均匀后, 即开始灌溉施肥, 首先是进行 EC 值和 pH 值设定。当 EC 值和 pH 值设定完成后, 即可打开灌溉主管道的阀门, 将灌溉水注入主管道, 同时启动混肥罐出口的混合液输出泵的变频调速电机, 将混合液注入主管道中与灌溉水进行混合。水肥混合后即得到一定浓度的灌溉液, 在水源压力和混合液输出泵的驱动下进入灌溉管网进行施肥灌溉。在此过程中, EC 值和 pH 值传感器将检测到的 EC 值和 pH 值通过 A/D 转换器反馈给主控部件 PLC, 对数据进行

运算处理, 给变频调速系统发出控制信号, 对混合液输出泵和酸碱液输出泵进行调速处理, 调整灌溉液的 EC 值和 pH 值, 检测和调整过程始终处于动态连续工作中。经过 EC 值和 pH 值控制的灌溉液不断流入灌溉管网进行精细施肥灌溉。施肥灌溉总量也可计时方式进行控制, 当灌溉施肥结束后, 控制系统即自动关闭系统。

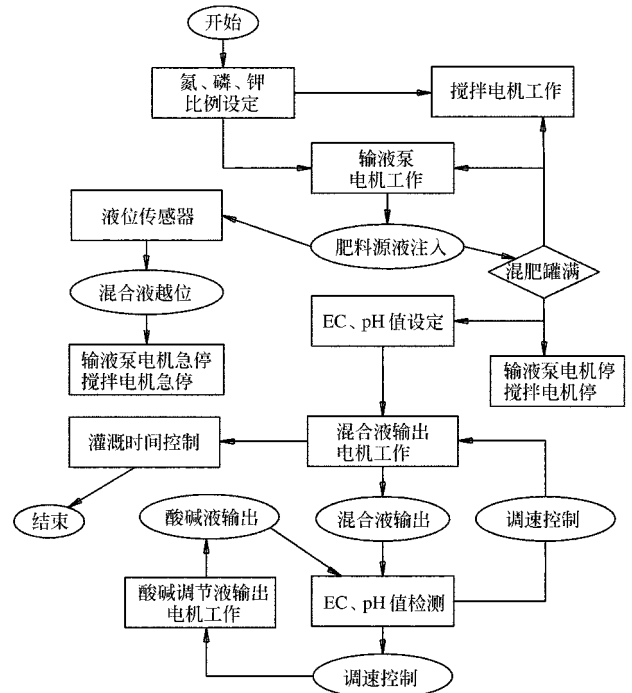


图2 自动控制逻辑流程图
Fig 2 Autocontrol logic flow chart

3 射流自吸泵变频调速试验

该装置对输液泵 (15) 和 (18) 的调速是通过驱动电机的变频调速实现的, 可调节输液泵的输出流量, 实现灌溉液 EC 值和 pH 值的动态调节。输液泵 (15) 和 (18) 的驱动电机均为三相异步电动机, 调速泵 (18) 用于酸碱调节液的输送, 可选用耐腐蚀能力强的小流量隔膜泵。该泵为柱塞泵, 在调速运行时工作稳定性较好, 可满足变频调速的要求。而调速泵 (15) 用于肥料原液的输送, 流量大, 从便于选型以及经济性考虑, 选用农田灌溉用不锈钢 SZD—100 型射流自吸泵, 该泵价格低于隔膜泵, 且具有一定的耐腐蚀性, 可满足肥料原液输送的要求。但该泵为射流自吸式定量离心泵, 在一定的压力下进行变频调速运行, 其工作稳定性能否满足使用要求则有待于试验验证, 需要进行变频调速试验。

自控变频调速式灌溉水注肥装置对调速泵 (15) 设计工作压力为 0.1~0.2 MPa, 工作流量为 0.5~2.5 m³/h, 所选 SZD—100 射流自吸式定量离心泵的额定工作压力为 0.23 MPa, 最大流量为 3 m³/h。变频调速试验在专门搭建的试验平台上完成, 试验压力 0.15 MPa, 共做 3 组, 试验数据如表 1 所示。

表1 射流自吸泵变频调速试验数据

Table 1 Data of experimentation of VVVF on jet pump

电机频率/Hz	26.0	27.0	28.0	28.5	29.0	29.5	30.0	30.5	31.0	31.5	32.0	32.5	
泵流量 /m ³ ·h ⁻¹	1	0.03	0.14	0.52	0.58	0.59	0.63	0.74	0.82	0.93	0.95	1.09	1.18
	2	0.03	0.13	0.47	0.52	0.57	0.61	0.68	0.75	0.85	0.94	1.02	1.11
	3	0.03	0.13	0.45	0.49	0.51	0.61	0.69	0.77	0.85	0.93	1.02	1.11
电机频率/Hz	33.0	33.5	34.0	34.5	35.0	35.5	36.0	36.5	37.0	37.5	38.0	38.5	
泵流量 /m ³ ·h ⁻¹	1	1.23	1.30	1.34	1.45	1.56	1.62	1.71	1.78	1.86	1.95	2.05	2.14
	2	1.20	1.25	1.32	1.42	1.50	1.59	1.65	1.75	1.82	1.91	1.97	2.05
	3	1.18	1.27	1.33	1.42	1.50	1.57	1.66	1.74	1.80	1.90	2.00	2.08
电机频率/Hz	39.0	39.5	40.0	40.5	41.0	42.0	43.0	44.0	45.0	46.0	47.0	48.0	
泵流量 /m ³ ·h ⁻¹	1	2.22	2.31	2.39	2.47	2.58	2.65	2.70	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76
	2	2.16	2.25	2.32	2.41	2.52	2.67	2.68	2.70	2.71	2.72	2.72	2.72
	3	2.16	2.23	2.34	2.36	2.47	2.63	2.66	2.70	2.72	2.72	2.72	2.72

由表1可见,当电机工作频率小于28 Hz时,所选射流自吸泵的流量随电机工作频率的下降而急剧变化,出现不稳定状态;当电机工作频率大于45 Hz时,所选射流自吸泵的流量不再随电机工作频率的变化而变化;当电机工作频率介于28~45 Hz之间时,射流自吸泵的流量基本能随电机工作频率的变化而稳定变化。虽然3组试验数据在同一频率下存在一定差异,但调速泵15的调速控制是根据对其实际输出流量动态检测并进行动态调节的,因此只要射流自吸泵的流量能随电机工作频率的变化而稳定变化,即可实现EC值的动态调节控制。当电机工作频率介于28~45 Hz之间时,已能满足自控变频调速式灌溉水注肥装置的流量调节要求,因此所选的射流自吸泵可用于自控变频调速式灌溉水注肥装置肥料原液输送和EC值调节。

4 实际应用及结论

射流自吸泵在自控变频调速式灌溉水注肥装置中经过实际运行,完全满足设计要求,可实现灌溉液的正常输送和灌溉液浓度(EC值)的动态调节。所研制的自控变频调速式灌溉水注肥装置经过计量测试部门的技术测试,EC值最大控制误差为0.07, pH值最大控制误差为0.09。该研究成果已经通过了国家有关部门组织的科学技术成果鉴定。

射流自吸泵在自控变频调速式灌溉水注肥装置中的实际应用表明,采用变频调速技术进行射流自吸泵的流量调节是完全可行的,不但实现了施肥灌溉的基本要求,而且有效的降低了设备成本。该研究成果同时表明,采用三相异步电动机进行变频调速也是行之有效的,相对于调速电机而言,成本有所降低。

[参 考 文 献]

[1] 时新宁,马 晖,王锦秀 以色列现代农业的命脉——节水

灌溉与精准施肥[J] 宁夏科技, 2002, (2): 17- 18

- [2] 李浩亮,刘廷章 温室灌溉系统中营养液的计算机控制[J] 自动化仪表, 2001, 22(10): 43- 45
- [3] 钟诗恩 智能灌溉施肥控制系统在温室中的应用[J] 广东农机, 2003, (1): 9- 10.
- [4] 余剑东,倪吾钟,杨肖娥 肥水管理新技术—肥灌[J] 土壤通报, 2003, 34(2): 148- 153
- [5] 李 凯,毛罕平,李百军 实时施肥灌溉自动控制系统的研制[J] 江苏理工大学学报, 2001, 22(1): 12- 15
- [6] Chen Xi The pH control optimization in the crop Fertigation system using ANN [J] Agricultural Science & Technology New sletter, 2004, 5(1): 21- 24
- [7] Singandhupe R B, Rao G G S N, Patil N G, et al Fertigation studies and irrigation scheduling in drip irrigation system in tomato crop [J] European Journal of Agronomy, 2003, 19(2): 327- 340
- [8] Hebbar S S, Ramachandrapa B K, Nanjappa H V, et al Studies on NPK drip fertigation in field grown tomato [J] European Journal of Agronomy, 2004, 21(1): 117- 127.
- [9] A sadi, Mohammad Esmail; Clemente, Roberto S ; Gupta, Ashim Das, et al Impacts of fertigation via sprinkler irrigation on nitrate leaching and corn yield in an acid-sulphate soil in Thailand [J] Agricultural Water Management, 2002, 52(3): 197- 213
- [10] Li Jiusheng, Zhang Jianjun, Rao Minjie Wetting patterns and nitrogen distributions as affected by fertigation strategies from a surface point source [J] Agricultural Water Management, 2004, 67(2): 89- 104
- [11] Xu Huilian, Gauthier, Laurent; Gosselin, André Effects of fertigation management on growth and photosynthesis of tomato plants grown in peat, rockwool and NFT [J] Scientia Horticulturae, 1995, 63(1- 2): 11- 20
- [12] Jess Stryker's Drip Irrigation Design Guidelines www.irrigationtutorials.com.

Autocontrol variable voltage variable frequency type of irrigation fertigation device

Zhu Zhijian¹, Zao Remu¹, Ni Jiaoti Y¹, Zhao Wanhua², Lu Bingheng², Qin Mao²

(1. Mechanical Engineering college, Xinjiang University, Urumqi 830008, China;

2. Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: It figures out how to design the fertigation device used in modern water saving irrigation, which can inject liquid fertilizer and acid liquid or alkali liquid into irrigation pipe net by rust-resistant pump, and should bring irrigation liquid in finite concentration and acidity or basicity (EC & pH) and fertilize the field in precision. The Variable voltage variable frequency (VVVF) system regulates the parameters (EC & pH) of irrigation liquid dynamically, when it receives the signal from EC & pH sensors that detect the values of EC & pH of the irrigation liquid. This device works very well when it is put in operation and reaches the standard of designing. Especially the VVVF technology for jet pump that not only regulates the concentration (EC value) of irrigation liquid dynamically, but also depresses the cost of device obviously. As a result, it shows that the VVVF technology for jet pump can be effectively used to develop the fertigation device.

Key words: fertigation device; EC & pH regulation; VVVF; jet pump

(上接第84页)

3) 全国农业工程教学指导委员会

联系人: 张文立 100083 北京市清华东路17号

中国农业大学校办

电话/传真: 010- 62736446

Email: zwl@cau.edu.cn

4) 专业委员会工作会议

请拟在年会期间召开工作会议或安排其它活动的专业委员会负责人于11月15日前与学会秘书处联系。

联系人: 武耘 管小冬

中国农业工程学会秘书处

100026 北京市朝阳区麦子店街41号

Email: hqcsae@agri.gov.cn

电话: 010- 65910066- 2502/3502

传真: 010- 65929450

联系方式

1) 大会承办单位: 华南农业大学

联系地址: 510642 广州市天河区华南农业大学

工程学院 2005 CSAE 年会筹备办公室

联系人: 刘瑛, 区颖刚

电话: 020- 85280221 传真: 020- 85288201

Email: ouying@scau.edu.cn

2) 大会主办单位: 中国农业工程学会

联系地址: 100026 北京市朝阳区麦子店街41号

中国农业工程学会秘书处

联系人: 武耘 席枝青 管小冬

电话: 010- 65910066- 2502 或 3502

传真: 010- 65929450

Email: hqcsae@agri.gov.cn

请各有关单位认真组织科技人员和专家学者撰写高质量的科技论文及与学会建设、学科发展有关的文章并报名参加中国农业工程学会2005年学术年会(2005 CSAE Annual Meeting)。

欢迎关心农业工程事业的各界人士踊跃参加!

(中国农业工程学会秘书处)