

文章编号: 1007-4929(2014)07-0075-04

地埋式自动升降型一体化喷灌设备研发

李仰斌¹, 谢崇宝¹, 张国华¹, 鲁少华², 谢瑞环³

(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. 中灌润茵(北京)节水灌溉设备有限责任公司, 北京 101302)

摘要:影响田间耕作和劳动强度大是推广管道式喷灌技术过程中亟须解决的两大问题。针对这一问题, 创新性地研发了地埋式自动升降型一体化喷灌设备, 该设备埋于耕作层以下, 不影响耕作; 同时集成出地管、竖管、升降式喷头于一体, 同时具有喷水 and 顶出功能, 喷灌作业前后不需要安装或拆卸任何设施, 大大减轻了劳动强度, 提高了工作效率。已有示范工程的应用结果表明, 该设备能够满足喷灌工程建设和使用要求, 运行稳定, 使用方便, 经济合理, 经久耐用。

关键词:地埋式; 自动升降; 一体化; 喷灌设备

中图分类号: S275.4 文献标识码: A

1 研发目的

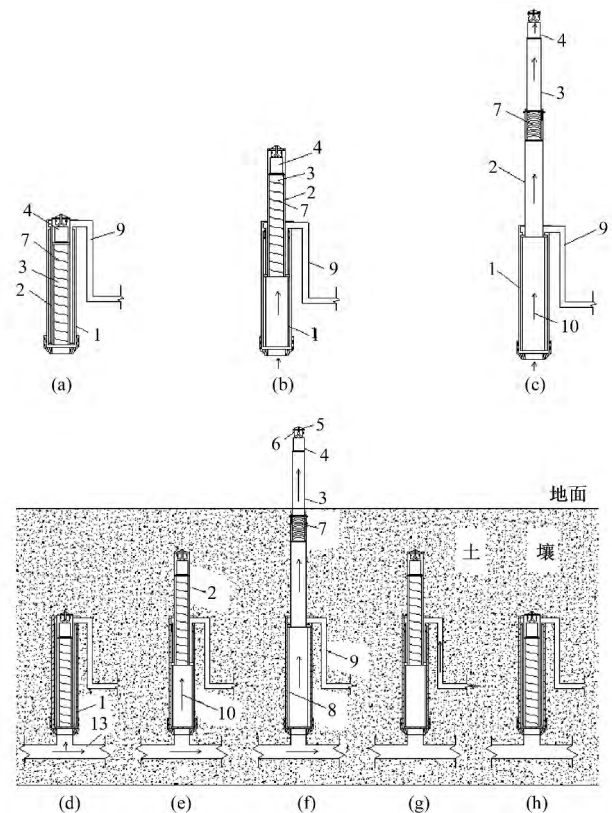
目前使用的喷灌系统通常有两类, 一是固定管道式喷灌系统; 二是移动式、半固定式管道喷灌系统。固定管道式喷灌系统是目前最常用的喷灌系统, 由于具有适应性强、技术简单的特点, 以及具有节水、节能、省工和增产等优点, 广泛用于粮食、露地蔬菜及其他经济作物。固定管道式喷灌系统不利于机耕, 尤其是在平原地区, 田间的固定管道对机械很有妨碍, 耕作时经常碰坏出地竖管。尽管国外采用免耕法解决这一问题, 但是在我国, 对于大田全固定式喷灌, 审查时一般均予否定, 理由: 一是投资过高, 二是影响机械化作业。在我国大田通常采用移动式、半固定式管道喷灌系统。移动式、半固定式管道喷灌系统搬运管道困难, 尤其是刚刚喷过的土壤, 还容易伤苗和破坏土壤, 所以尽量选用轻质管道, 如薄壁金属管道和塑料管道。考虑在刚喷完的位置移管困难, 一般设计时都采用一套或两套备用管道, 因而增加了管道总用量。为了解决现有技术的问题, 因此, 亟须研制一种非灌溉时不影响耕作, 灌溉时又能够省工省劳的喷灌设备, 同时还应满足经济合理、经久耐用、便于推广应用等需求。

2 设计方案

2.1 结构设计

本文研发的地埋式自动升降型一体化喷灌设备(专利申请号: 201310006949.8), 由外至内包括顺次套接的套管、一级伸

缩管和二级伸缩管以及升降式喷头、旁通支管和弹簧, 如图 1 所示。

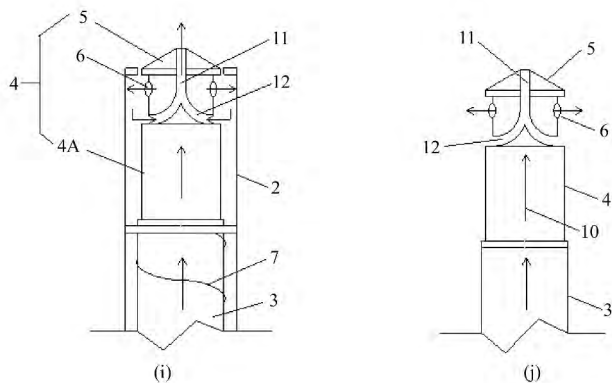


收稿日期: 2014-04-02

基金项目: 水利部公益性行业科研专项“自驱动多功能高效节水灌溉关键设备研发”(201301010)。

作者简介: 李仰斌(1957-), 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: wyq3205@163.com。

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。



1-套管;2-一级伸缩管;3-二级伸缩管;4-升降式喷头;4A-本体;
5-锥形;6-喷嘴;7-弹簧;8-滑槽;9-旁通支管;10-水流方向;
11-竖直流道;12-孔道;13-输水管道

图1 地埋式自动升降型一体化喷灌设备结构及工作过程

如图1(d)所示,套管埋于地面下,并且套管与输水管道相连;一级伸缩管与套管相连,并且一级伸缩管可相对套管壁上下滑动;二级伸缩管与一级伸缩管相连,并且二级伸缩管可相对一级伸缩管管壁上下滑动;升降式喷头设置在二级伸缩管的顶部,并且升降式喷头随二级伸缩管联动,升降式喷头上升过程中,升降式喷头用于钻土及喷水,升降式喷头伸出地面之后,升降式喷头用于喷灌;弹簧套接在二级伸缩管上,升降式喷头上升过程中,弹簧处于压缩状态,升降式喷头下降过程中,弹簧处于正常伸展状态;旁通支管与套管内壁相连通,升降式喷头上升过程中,旁通支管处于关闭状态,输水管道(见图4)处于开启状态,升降式喷头下降过程中,旁通支管处于开启状态,输水管道处于关闭状态。

具体地,如图1(i)、图1(j)所示,升降式喷头包括本体、喷嘴及竖直流道,本体的顶部为锥形,竖直流道设置在锥形中心位置,竖直流道通过孔道与升降式喷头外部导通,升降式喷头上升过程中,升降式喷头始终位于一级伸缩管内部,水流经过喷嘴喷出后在一级伸缩管管壁的作用下经孔道回流,最终汇集至竖直流道后喷出,升降式喷头伸出地面之后,水流由喷嘴喷出实现喷灌。

进一步地,如图1(c)所示,喷灌设备还包括导向装置,导向装置设置在套管与一级伸缩管之间,导向装置用于为一级伸缩管运动提供导向,采用上述结构,使得喷灌设备升降平稳。更具体地,如图1(c)所示,导向装置包括滑槽及滑块,滑槽设置在套管管壁上,相应的一级伸缩管中设有滑块,采用上述结构,具有结构简单易于实现的优点。

2.2 技术特点

地埋式自动升降型一体化喷灌设备的优点:①设备埋于耕作层以下,不影响耕作;②集成出地管、竖管、升降式喷头于一体,同时具有喷水和顶出功能,无需寻找田间出水口位置;③喷灌作业前及作业后均不需要再安装或拆卸任何设施,灌溉结束后又能自动回缩至耕作层以下;④大大减轻了劳动强度,提高了工作效率。

3 工作原理

如图1所示,图1(a)是本设备在灌溉前的状态图;图1(b)

是本设备在灌溉时一级伸缩管上升状态图;图1(c)是本设备在灌溉时二级伸缩管上升并开始灌溉状态图;图1(d)是本设备在灌溉前的使用状态图;图1(e)是本设备在灌溉时一级伸缩管上升过程的状态图;图1(f)是本设备在灌溉时二级伸缩管上升并开始灌溉过程的状态图;图1(g)是本设备在灌溉结束一级和二级伸缩管回缩过程的状态图;图1(h)是本设备恢复灌溉前的状态图;图1(i)是升降式喷头未伸出二级伸缩管时的水流状态图;图1(j)是升降式喷头伸出二级伸缩管时的水流状态图。

具体工作过程为:当升降式喷头未露出地面前,其位于一级伸缩管内,其喷射出来的水流受一级伸缩管壁阻挡,回流进入置于喷头内部的竖直流道,形成向上具有更大压力的高速水流,这种高速水流能够挤压并切割升降式喷头上端的土壤;随着升降式喷头上端的土壤不断被清除,一级伸缩管连同升降式喷头会持续上升直至露出地面时,一级伸缩管停止上升,升降式喷头在水压力作用下继续上升并伸出一级伸缩管外,同时内置于一级伸缩管内连接升降式喷头的弹簧被压缩形成具有回缩拉力的状态,而此时喷射出来的水流因不再受一级伸缩管壁阻挡而向四周散射;当升降式喷头上升到最大距离时停止上升,散射射程达到最大并开始进行正常喷灌工作。当灌溉停止时,关闭输水管道阀门,打开旁通支管阀门,在内置于一级伸缩管内的被压缩的弹簧的作用下,升降式喷头及二级伸缩管缩进一级伸缩管内(确保了泥土不进入喷头和装置内容),一级伸缩管在旁通支管内有压水流作用下,被缓慢压回进入套管,关闭旁通支管,恢复到初始状态。

由上述工作过程可知,本设备具有自动伸出和回缩两种功能,无需外力作用,设备所有部件埋于土壤耕作层以下,对田间耕作活动不产生影响,同时也避免了传统固定管道式喷灌立管遭受人为破坏的影响,也无需安装和拆卸设备,大大减轻了劳动强度。

4 技术规格

经国家农业灌排设备质量监督检验中心检测,本产品达到了国家标准 GB/T22999 的要求(见图2),其中喷头密封性:喷头泄漏量不大于试验压力下出水栓流量的2%;喷嘴接口密封性:泄漏量不大于喷头流量的0.25%;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:有效喷洒直径偏差应不大于±5%;喷射高度:喷射



图2 地埋式自动升降型一体化喷灌设备产品

高度大于制造厂规定的明示值;喷头流量:喷头流量的变化量不大于±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;压力~流量关系: $Q=0.0537 H^{0.5488}$ ($r=0.9989$);旋转速度均匀性:喷头旋转速度的最大偏差,不超过±12%;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:0.2~0.4 MPa。

本设备的技术规格参数见表 1 和表 2,其中 SD-03 型号产品工作时高出地面 0.8 m,适合中低秆作物使用;SD-04 型号产品工作时高出地面 1.5 m,适合高秆作物使用;喷嘴规格、射程和流量等均可根据设计需要灵活选用。

表 1 地埋式自动升降型一体化喷灌设备技术规格参数(SD-03)

设备名称	型号	套管		伸缩管		壁厚/ mm	工作 压力/ MPa	喷嘴 直径/ mm	喷头流 量/(m ³ ·h ⁻¹)	射程/ m
		长度/ cm	管径/ mm	长度/ cm	管径/ mm					
地埋式一体化喷灌设备	SD-03	130	60	120	50	4	0.2~0.4	1~6	0.1~2.0	10~20

表 2 地埋式自动升降型一体化喷灌设备技术规格参数(SD-04)

型号	套管		一级伸缩管		二级伸缩管		壁厚/ mm	工作 压力/ MPa	喷嘴 直径/ mm	喷头流 量/(m ³ ·h ⁻¹)	射程/ m
	长度/ cm	管径/ mm	长度/ cm	管径/ mm	长度/ cm	管径/ mm					
SD-04	110	80	100	65	90	50	4	0.2~0.4	1~6	0.1~2.0	10~20

5 设备安装

本设备安装较为方便,一般安装在地表以下 0.35~0.40 m,具体埋深应根据当地耕作层深度等因素来确定,管道的埋深根据当地自然条件和施工条件来确定。根据实际需求,本设备可以实现自升自降型和自升人降型两种功能,其中实现自升人降型功能不需要安装旁通支管。

5.1 自升自降型安装方法(安装旁通支管)

(1)若管道埋深大于或等于 165 cm,如 180 cm,则设备直接安装在管道上,见图 3。

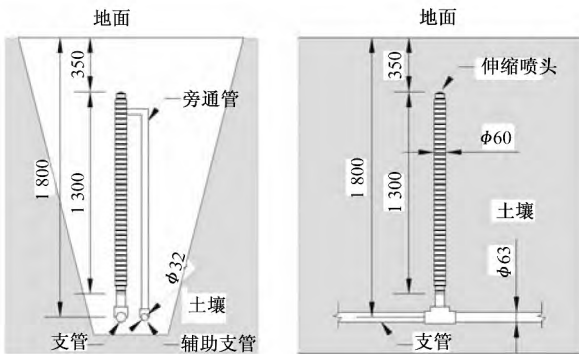


图 3 自升自降型安装示意图(埋深 180 cm)(单位:mm)

(2)若管道埋深小于 165 cm,如 100 cm,则设备安装在管道一旁,通过软管相连,且设备下端要设置有水泥或其他材质垫块,以防止设备下沉,见图 4。

具体施工过程:在田块中确定管网布置线路及设备安装位置,利用人工或机械方式在选定线路上开挖出管网铺设沟渠,深度应达到设计要求;之后铺设输水管道和辅助支管,并在设计位置安装本设备,利用三通分别将设备套管下端与输水管道连接,将旁通管与辅助支管相连;然后,将输水管和辅助支管采用尼龙绳捆绑固定,套管和旁通支管也采用此方法捆绑固定,如图 5 所示;最后,回填开挖出来的土壤直至填平,安装完成。

如果地块中已布设有输水管网,可根据地形地势和配水管道位置进行改造设计,确定设备安装位置,用人工或机械方式

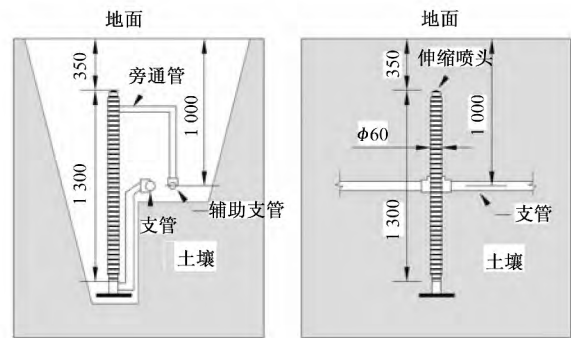


图 4 自升自降型安装示意图(埋深 100 cm)(单位:mm)

开挖安装点上的土壤直至露出输水管道;之后进行地埋式自动升降型一体化喷灌设备安装和土壤回填,此安装程序与前面相同。

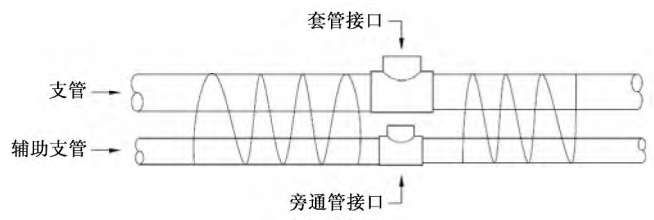


图 5 输水管和辅助支管捆绑示意图

5.2 自升人降型安装方法(不安装旁通支管)

如果一些地区因经济条件、地形条件、作物需求等原因,无需自动下降功能,可不安装辅管系统,即取消安装辅助支管和旁通管。本设备在不安装辅管系统的情况下,也可以正常运行。

(1)若管道埋深大于或等于 165 cm,如 180 cm,则设备直接安装在管道上,见图 6。

(2)若管道埋深小于 165 cm,如 100 cm,则设备安装在管道一旁,通过软管相连,且设备下端要设置有水泥或其他材质垫块,以防止设备下沉,见图 7。

具体施工过程:在田块中确定管网布置线路及设备安装位置,利用人工或机械方式在选定线路上开挖出管网铺设沟渠,

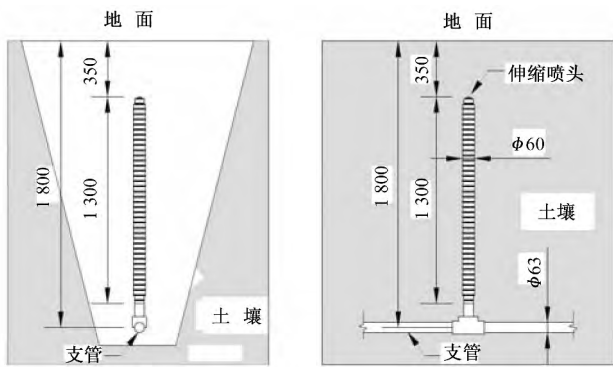


图6 自升人降型安装示意图(埋深 180 cm)(单位:mm)

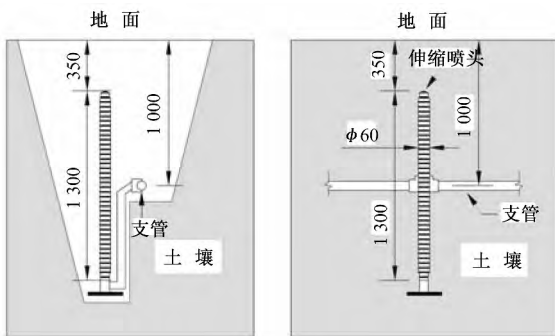


图7 自升人降型安装示意图(埋深 100 cm)(单位:mm)

深度应达到设计要求;之后铺设输水管道,并在设计位置安装本设备,利用三通分别将设备套管下端与输水管道连接;最后,回填开挖出来的土壤直至填平,安装完成。

如果地块中已布设有输水管网,可根据地形地势和配水管道位置进行改造设计,确定设备安装位置,用人工或机械方式开挖安装点上的土壤直至露出输水管道;之后进行喷灌专用自动伸缩取水器安装和土壤回填,此安装程序与前面相同。图8为地理式自动升降型一体化喷灌设备田间设计示意图,其设计方法与常规固定式喷灌工程相同,如果仅需实现自升人降型功能,则无需安装旁通支管。图9为地理式自动升降型一体化喷灌设备的实际应用过程,图9(a)为钻土过程中形成的高速水流,图9(b)为实际工作时的状态。目前该产品已在浙江、辽宁、宁夏等地的工程中成功应用,取得了良好的效益,对推动节水灌溉具有重要的作用,市场前景广阔。

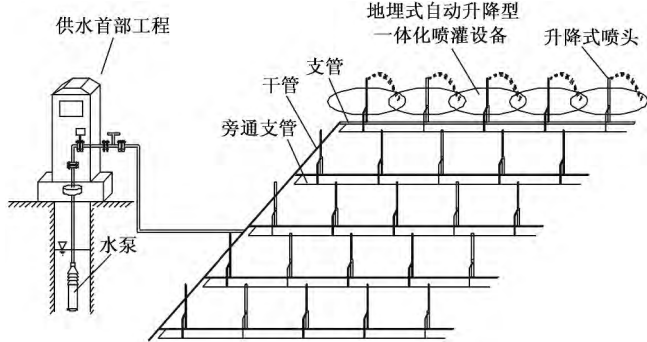


图8 田间设计示意图

6 结 语

地理式自动升降型一体化喷灌设备是将传统喷灌系统中



(a) 钻土时形成的高速水流



(b) 实际工作时状态

图9 实际应用过程

的竖管、立管、升降式喷头集成于一体的喷灌设备,不但在喷灌作业前不需要再安装这些设施,喷灌后也不需要拆卸,大大减轻了田间劳动强度,而且本设备在非灌溉时不影响耕作,灌溉时又能够省工省料,同时还能够满足经济合理、经久耐用、便于推广应用的需求。目前,该产品已被水利部鉴定为总体上达到国际领先水平。

与传统固定式喷灌系统相比,本设备喷水点的运行方式不同,因此地理式自动升降型一体化喷灌设备本质上仍属于固定式喷灌系统。在实际使用中,本设备有自升自降型和自升人降型两种功能可供选择使用,考虑到使用频率及可靠性及经济性,本文推荐采用自升人降型功能。

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. (下转第82页)

时,关闭充电,否则改为涓流充电,涓流充电是蓄电池即将饱和时的充电方式,通过采用微小电流的脉冲充电,可以确保蓄电池真正饱和,延长蓄电池的使用时间。

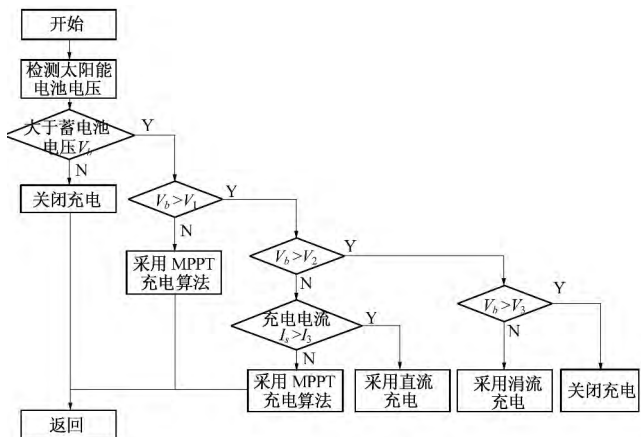


图 6 蓄电池充电算法流程

Fig. 6 Algorithm Flow of the storage battery charging

2.3 蓄电池放电算法设计

针对蓄电池放电,必须要做到有计划,有步骤,使蓄电池始终保持在良好的运行状态,避免过放。图 7 为蓄电池的放电控制流程图。

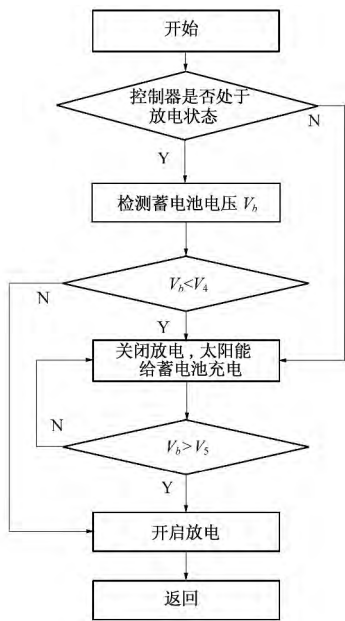


图 7 蓄电池放电流程图

Fig. 7 Flow of storage battery discharging

3 光伏智能灌溉系统的实际应用

本系统作为工程示范,安装在保腾高速第十标段的中央分隔带,总灌溉区长度 500 m,面积约为 800 m²。该地区每年以 8 月平均气温最高,假定辐射、蒸发、干旱以该月为最大。所以本微灌溉系统设计有关水文水利计算以 8 月为依据。设定本灌溉系统开启土壤湿度值 H_1 为 70%,结束灌溉湿度值 H_2 为 80%;安装 1 条灌溉干管和 10 条支管;安装电磁阀 12 个,包括 1 个总阀、10 个支阀和 1 个泄水阀,所有电磁阀正常工作电压为 DC 24 V; t_1 和 t_2 设定为 25 min, t_3 设定为 250 min, t_4 设定为

480 h, t_5 设定值为 25 min。

采用 SHT11 数字土壤湿度传感器,本灌溉系统安装地理位置程斜坡状,湿度传感器选在灌溉区地势最高处,埋入地面深度为 20 cm。

灌溉系统实行高程轮灌方式,通过手动调节阀调节各支管起点水头压力至 1 m 水头;选用直径 $D=20$ mm 的管道组成灌溉支管,每根灌溉支管长 50 m,每隔 0.8 m 打一个孔,共 63 个孔;第 1~7 孔,孔径为 1.5 mm;第 8~28 孔,孔径为 1.4 mm;第 29~42 孔,孔径为 1.3 mm;第 43~63 孔,孔径为 1.2 mm。

中央绿化带蓄水缓释灌溉绿化示范路段每次灌水 4.4 t,全长 500 m,630 个孔,单孔单次设计灌水量 $Q=7$ L,在最大蒸发量的情况下,可以管 1.5 d,一般情况下,可以管 4~5 d。灌溉系统在正常运行过程中,无需人工干预,完全实现自动化。

实际项目应用中,系统按照设定轮灌程序,运行稳定,灌溉区水分分布均匀,土壤湿度能够达到预期值,植被生长状况良好。

4 结 语

本光伏智能灌溉系统完全自主开发设计,通过 MPPT 技术优化和蓄电池充放电算法优化,可以确保灌溉系统持久稳定的电力供给;在基础灌溉设施运行良好的条件下,通过轮灌控制方式,可以确保灌溉区水分分布均匀,土壤湿度始终保持在适宜植被生长的范围内;节约水资源,节约电能。本系统在之后的研究发展中将会加入网络通信和远程监控等功能,可以为自动化、信息化、智能化和具有 3S 技术的网络化灌溉提供新的思路和借鉴。

参考文献:

- [1] 南纪琴,肖俊夫,刘战东,等. 灌溉基本理论及发展趋势研究[J]. 节水灌溉,2012,(6):75-78.
- [2] 李明顺,张香台. 节水灌溉理论新探与技术措施分析[J]. 水利水电技术,2006,37(10):64-66.
- [3] 逢焕成. 我国节水灌溉技术现状与发展趋势分析[J]. 中国土壤与肥料,2006,(5):1-6.
- [4] 樊铭京,谢清华,宋玉娟. 作物智能化精准灌溉监测控制技术应用研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2012,43(2):299-303.
- [5] 吴理博,赵争鸣,刘建政. 用于太阳能照明系统的智能控制器[J]. 清华大学学报,2003,43(9):1195-1198.
- [6] 张为民,李晓武,雷霆. 太阳电池-铅酸蓄电池充电控制器的研究[J]. 电源技术,2004,28(1):43-46.
- [7] 冯显争,李训铭. 智能型太阳能充电电路设计[J]. 东南大学学报(自然科学版),2008,38:194-198.

(上接第 78 页)

- [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.