

图2 退耕还林最优规模的变化

Fig. 2 Changes in the optimal scale of Converting Farmland to Forestry

个体对于未来预期及时间偏好导致 MR_L 小于 MR'_L , 与 MR_g 相交于 E_1 点, 对应的耕地规模数量 K_{g1} 高于 K_{g2} , 在此情况下农民将获得激励进行复垦, 不利于退耕还林成果的保护。

1.2 “补贴”作为一种变量引入后的主体行为模式变迁

在中国由于某些退耕还林地区耕地资源并不丰富, 土地保障功能大于经济功能, 因此在保障功能状态下农民选择的贴现率将会增大, 导致林地收益几乎为零^[10]。如图3所示, 在中国部分退耕还林地区的土地保障功能导致农民个体决策的最佳退耕还林规模(K_{g1})与社会最优退耕还林规模(K_{g2})之间差距进一步拉大。

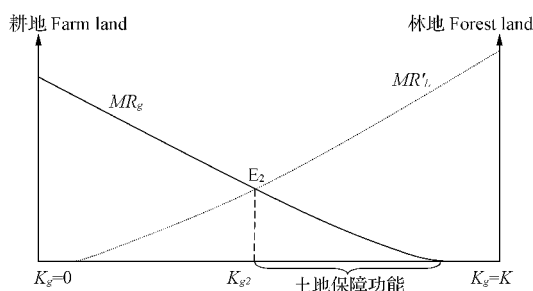


图3 土地保障功能大于经济功能对个体决策的影响

Fig. 3 The function of land protection is greater than the influence of economic function on individual decision making

退耕还林的出发点为保护并改善生态环境, 因此具有外部性。根据奥尔森集团集体行动理论, 农民个体并不会为了均等分享的外部性收益

而承担($K_{g1} - K_{g2}$)耕地收益损失, 因此政府必须运用行政补贴手段以实现生态保护的目的。

当补贴运用之后, 对于农民个体而言林地的总收益折现率 r 固定, 并且年均收益 R 固定(其中 R 仅为补贴收益, 不含经济林收益), 因此农民个体总收益现值公式为:

$$S = \frac{R}{(1+r)} + \frac{R}{(1+r)^2} + \frac{R}{(1+r)^3} + \dots + \frac{R}{(1+r)^n} \quad (2)$$

当 n 足够大时可以近似运用极限得出 $S = R/r$ 。

政府补贴根据退耕单位面积决定补贴数量, 因此边际补贴值即补贴率 MR_s 为固定值, 它与耕地边际净收益 MR_g 相交于 E 点, 对应的个体决策最佳利益规模 K_{g1} 与退耕还林最优规模 K_{g2} 相等(图4)。因此补贴的采用能够使得农民具有退耕还林的积极性, 在补助状况下, 农民希望采用退耕还林提高个人收入。

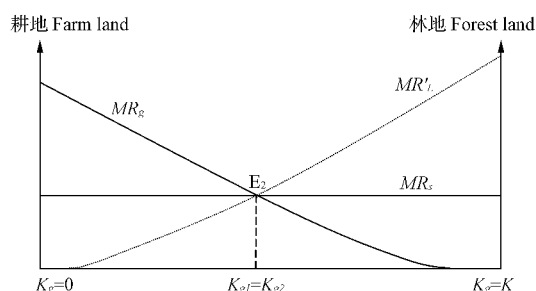


图4 政府补贴后的农民个体决策规模

Fig. 4 Individual decision scale of farmers after government subsidy

2 退耕还林工程中农户与政府的动态博弈分析

假设农户在退耕还林工程中的收益为 R , 在项目实施初期, 由于大多数退耕农户的原始积累较低, 因此退耕农户的收益 R 仅为政府补贴。如果农户与政府(按照“主体二分说”理论, 政府是一个整体的概念, 既包含中央政府也包含地方政府)只进行一次非完全信息博弈, 那么农户与政府的博弈支付收益可以用表1所示的支付矩阵表示。

表 1 农户与政府之间的非完全信息博弈
Table 1 Game between household and government

参与主体及其策略 Participants and their strategy		政府 Government	
		发放补贴 Subsidies	不发补贴 No Subsidies
农户 Household	退耕还林 Cooperate	(R, D)	$(0, 2D)$
	林地复垦 Not Cooperate	$(R+X, -D)$	$(X, D/2)$

其中农户可以有 2 种选择:“退耕还林”或“林地复垦”;对于政府也可以有 2 种选择:“发放补贴”或“不发补贴”。如果农户选择“退耕还林”而政府发放补贴的话,那么农户的收益为 R , 政府的收益为 D ;如果农户选择“退耕还林”而政府失信,不发放补贴的话,那么农户的收益为 0 , 政府的收益为 $2D$;如果农户选择“林地复垦”而政府没有察觉继续发放补贴的话,那么农户的收益为 $R+X$, 政府的收益为 $-D$;如果农户选择“林地复垦”而政府不继续发放补贴的话,那么农户与政府均为“退耕还林”工程实施前状态,即农户的收益为耕种收益 X , 政府从农户耕种中继续获得原来收益 $D/2$ 。

理论上讲,为使得农户在退耕还林工程中采用合作激励机制,因此对于农户补贴之后的收益 R 应当大于退耕还林工程之前的收益 X , 即 $X \leq R$ 。

在一次静态博弈的情况下,由于 $(R+X) > R$, $X > 0$, 因此无论政府选择哪种策略,对于农户而言最优的策略都是选择“林地复垦”;同样道理,对于政府而言,由于 $2D > D$, $D/2 > -D$, 因此无论农户选择哪种策略,政府的最优策略都是选择“不发补贴”。

因此在一次静态博弈的情况下,农户与政府的纳什均衡解必然是 $(X, D/2)$, 显然该均衡解是个体理性选择的结果,但是却不是最有效率的结果。从表 1 可以看出,农户和政府如果都选择合作,其二者的总收益 $(R+D)$ 大于纳什均衡解的总收益 $(X+D/2)$ 。

但是现实并非是农户与政府进行一次博弈,而是反复进行无限次的博弈结果。假设农户可以把其财富进行继承,因此其会从长期进行博弈结果的考虑;假设政府也将永续存在,其必须考虑退耕还林工程的长期收益。在此动态博弈中,假定

农户与政府均采用“冷酷策略”。该策略的含义是:一开始,参与方都采取配合策略,农户积极参与退耕还林,政府按合约要求及时拨付足额的补贴;在以后的时期,只要对方采取配合策略,另一方都不改变策略,但若有一方突然违约或采取不合作的策略,则另一方会永久性地采取不合作的策略。这会使先违约者永远没有机会改正错误^[11]。根据实际调研,在政府违背承诺的情况下,大多数农户会采取退林还耕行为,尤其是在农户没有非农就业机会的情况下毁林的意愿更强;同样作为理性人的政府没有理由会对不愿退耕还林或违背承诺的农户发放补贴,故冷酷策略的假定与实际相一致。

对于农户而言,由于博弈期间的折现率 r 比较大,因此意味着未来一系列收益流量经过折现后的总收益比较小,农户对于选择结果的长远利益考虑较少,从而增加了其选择机会主义的行为。如果博弈双方采取长期配合的策略,即农户选择“退耕还林”而政府选择发放补贴,那么无限次动态博弈情况下,农户的未来一系列收益的总贴现值为:

$$S_1 = R + \frac{R}{(1+r)} + \frac{R}{(1+r)^2} + \frac{R}{(1+r)^3} + \frac{R}{(1+r)^4} + \dots = \frac{R(1+r)}{r} \quad (3)$$

政府未来一系列收益的总贴现值为:

$$P_1 = D + \frac{D}{(1+r)} + \frac{D}{(1+r)^2} + \frac{D}{(1+r)^3} + \frac{D}{(1+r)^4} + \dots = \frac{D(1+r)}{r} \quad (4)$$

如果在 N 期有一方突然违约,那么在第 $N+1$ 期另一方就会采取报复策略,永久性的选择不合作。假设农户优先选择违约,那么农户选择违约之后的总收益为:

$$S_2 = R + X + \frac{X}{(1+r)} + \frac{X}{(1+r)^2} + \frac{X}{(1+r)^3} + \frac{X}{(1+r)^4} + \dots = R + X + \frac{X}{r} \quad (5)$$

政府如果选择优先违约,那么政府选择违约之后的总收益为:

$$P_2 = 2D + \frac{D/2}{(1+r)} + \frac{D/2}{(1+r)^2} + \frac{D/2}{(1+r)^3} + \frac{D/2}{(1+r)^4} \dots = 2D + \frac{D/2}{r} \quad (6)。$$

若使得农户与政府双方持续合作下去,对于政府而言必须使得 $P_1 \geq P_2$, 那么计算:

$$\frac{D(1+r)}{r} \geq 2D + \frac{D/2}{r} \quad (7)。$$

计算可得 $r \leq 1/2$ 。因此对于政府而言,如果要使得合作继续进行其折现率必须低于 50%;现实是对于社会整体或政府主体来讲,由于其对于退耕还林的未来预期积极,尤其社会整体认为随着时间推移退耕还林的收益将会逐渐增大,因此其选择的折现率较低,即 r 低于 50% 很容易实现,政府没有违约的动机,政府选择合作是其理性的选择。

对于农户而言,若使得与政府的双方合作持续下去,农户的收益必须满足 $S_1 \geq S_2$, 经过计算:

$$\frac{R(1+r)}{r} \geq R + X + \frac{X}{r} \quad (8)。$$

计算可得:

$$r \leq \frac{R-X}{X} \quad (9)。$$

在公式(9)中显示,对于农户而言的折现率必须小于“退耕还林”之后增加的收益与原来耕地状况下收益的比值,可以称这一比值为退耕还林工程的农户收益增长率。在实践中,这种收益增长率如果仅仅来自于补贴而非其它非农产业所形成的收益增长,那么较容易使得一旦出现补贴违约而耕地复垦的情形。

例如,江西省在 1995 年曾经宣布基本消灭了宜林荒山荒地,但是在实施退耕还林工程时江西退耕还林省级规划方案中又突然出现大量宜林荒山荒地 75 667 hm^2 (根据国家林业局 2010 统计数据)。然而据报道江西省部分地区实际情形是“一些基层政府官员最先了解政策动向,疏通基层党政,先承包山林,后伐木种苗,原有林木可以砍掉卖一笔,新栽的苗木又可以拿补贴,几年之后林木

成材的话赚头更大,没有成材也不会太亏,至少免费承包了山林。”面对此种寻租情形,江西省曾于 2012 年暂停了部分退耕还林地区的农户补贴,这种“一刀切”的行政行为导致了在实践中的补贴违约行为,加之部分地区缺少非农产业的经济支撑,进而使得大量退耕还林区域农户采取耕地复垦行为,进一步增加了宜林荒地的面积。

然而面对退耕还林过程中的违约行为监督,则又会在现实中形成庞大管理费进而增大地方财政压力。例如陕西省延长县是国家级贫困县,在 2016 年仅林业部门支出的检查收费、资料费和其它费用就已经接近千万元,严重超出了当地林业部门正常财政开支,这种退耕还林过程中的补贴执行与检查给地方财政造成了巨大的压力。

因此在退耕还林工程的农户与政府动态博弈过程中,在制定有效补贴标准与方式的同时,也应该进一步增加非农产业建设、增加农户的非农经济收入,还应该优化监督监管方式,形成政策制定、政策执行、政策监督的协同效应。

3 结论与建议

如果政府在“退耕还林”工程中给予补贴后农户的收益与农户原来在耕地状况下的收益相等,那么农户的收益增长率等于零,则在动态博弈中农户有激励选择机会主义行为,即农户有非常大的可能选择违约。为使得农户在“退耕还林”工程中持续选择合作,则需要使得农户收益增长率大于农户的折现率,那么就需要增加农户“退耕还林”之后的收益 R , 或者降低农户选择复垦的收益 X , 具体策略如下。

一是,确定合理的补贴标准与形式。补贴之后的农户需要相较于原来有所增长,才会有可能使得农户收益增长率大于折现率,这就需要根据各地实际情况及经济水平因地制宜的制定补偿标准,而且需要将现金补贴与粮食补贴 2 种补贴形式相结合,粮食补贴与现金补贴各自具有不同的经济、制度优势,目前实行的统一补贴政策并不能够有效解决退耕还林地区农民生活和经济发展问题,导致补贴手段的局部性失效。

二是,大力发展非农产业经济。在“退耕还林”工程施行之后,农户的收益除了从政府补贴中

获得之外,农户还可以通过其它劳作获得经济收入,而政府大力发展非农经济对于退耕农户选择非农产业进而增加收入具有非常大的现实意义。

三是,增强“退耕还林”工程成果的监管及惩罚力度。在“退耕还林”工程中,农户选择林地复垦的施工成本几乎为零,因此当农户的折现率非常大的时候,农户依然会选择复垦;但是如果通过行政手段增加农户的复垦成本,则农户将会极大降低选择机会主义的行为。

参考文献

- [1] 翁奇. 退耕还林工程对区域农业发展的结构性影响[J]. 林业经济问题, 2018, 38(3): 26-30.
- [2] FARROW S. Environmental equity and sustainability: Rejecting the Kaldor-Hicks criteria[J]. Ecological Economics, 1998, 27(2): 183-188.
- [3] 田爽, 孟全省. 基于农户视角的生态补偿政策绩效评价[J].

北方园艺, 2018(14): 191-196.

- [4] 黄富祥, 康慕谊, 张新时. 退耕还林还草过程中的经济补偿问题探讨[J]. 生态学报, 2002, 22(4): 471-478.
- [5] 李国平, 石涵予. 退耕还林生态补偿标准、农户行为选择及损益[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(5): 152-161.
- [6] ZHEN N, FU B, LU Y. Changes of Livelihood due to land use shifts: A case study of Yanchang county in the loess plateau of China[J]. Land Use Policy, 2014, 40: 28-35.
- [7] 皮泓漪, 张萌雪, 夏建新. 退耕还林生态补偿标准研究: 基于宁夏泾源县农户调查数据[J]. 林业经济问题, 2018, 38(2): 39-44.
- [8] 曼瑟尔·奥尔森. 集体行动的逻辑[M]. 上海: 上海人民出版社, 1995.
- [9] 危丽, 杨先斌, 刘燕. 退耕还林中的中央政府与地方政府最优激励合约[J]. 财经研究, 2006(32): 47-55.
- [10] 戴兴安, 胡曰利. 退耕还林的经济特性及其风险分析[J]. 林业经济问题, 2007(1): 63.
- [11] 向玉琼. 实际制度供给滞后与政府行为分析: 博弈论的视角[J]. 社会主义研究, 2007(4): 51.

Effect of Subsidy Policy for Converting Farmland to Forestry on Game Behavior Between Farmers and Governments

WU Zijing¹, LIU Simeng²

(1. School of Government Management, Peking University, Beijing 100871; 2. College of Agriculture, Guangxi University, Nanning, Guangxi 53004)

Abstract: The Converting Farmland to Forestry Projection is an ecological construction project with strong public attributes. Its project income takes into account long-term social benefits such as ecological and environmental benefits rather than current vested economic benefits. As the main actors of the project, the farmers and the government have different demands for the benefits of the project, which makes the government mainly use administrative subsidies to achieve the purpose of ecological protection. According to the game relationship between farmers and the government, subsidies, as an incentive means, must meet certain standards in terms of quantity and form, and have adaptability to local conditions in order to enable subsidies to achieve their functions. Therefore, the subsidy system of Converting Farmland to Forestry should not be unified. It is suggested to improve the existing subsidy methods, combine the subsidy with the supervision and punishment mechanism, and establish a subsidy system of Converting Farmland to Forestry according to local conditions.

Keywords: Converting Farmland to Forestry; ecological compensation; dynamic game

基于 PLC 控制的单通道水肥灌溉系统 构建与决策方法

王琨琦¹, 赵倩², 贾冬冬², 郭文忠², 贾海遥¹, 王晨健¹

(1. 西安工业大学 机电工程学院, 陕西 西安 710021; 2. 北京农业智能装备技术研究中心, 北京 100097)

摘要:针对在传统农业生产区面临的农业设施基础建设程度低及专业化人才短缺的问题,开发了一套单通道水肥灌溉系统,并嵌入了基于土壤含水量和光累积辐射的水肥耦合综合决策控制方法,由原液组件、灌溉首部及控制单元 3 个部分组成。硬件部分,以可编程控制器(PLC)作为控制核心,利用控制面板上多个旋钮组合,实现水肥的多层次耦合供给。软件部分,利用双因子条件启动方法及基于水分传感器的控制方法,综合进行灌溉决策;利用 PID 控制原理,进行灌溉液 EC 值的动态调控。系统有手动和自动 2 种工作模式,相较传统施肥机,取消了本地上位机,免除了繁琐的触摸设置过程,避免了触摸屏在高温高湿温室环境中的故障事件,提高了系统鲁棒性;同时,配置的自动灌溉方法将传统大水大肥的灌溉模式替换为少量多次的水肥耦合供液模式,解放了劳动力,减少了水分渗漏,提高了水分利用效率。在实际的推广应用,该系统安装方便、功能实用,适用于塑料大棚、日光温室等节本投入土壤栽培,符合当前传统农业发展需求。

关键词:单一肥料;水肥一体;可编程控制器(PLC);PID 控制

中图分类号:S 607⁺.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2019)11-0158-07

我国水资源稀缺,呈现总量大但人均占有量小的特点,且分布不合理。因此在农业生产中,将水肥一体化这种国内外公认的高效节水节肥新技术向西北地区推广,在提高水资源利用效率,促进农业节本增效方面意义重大^[1-3]。近年来,随着政策的支持^[4-5]及我国设施园艺的发展,西北地区塑料大棚和日光温室等设施结构面积在逐渐扩大,

相关的配套装备和新技术也在进一步推广^[6-7],水肥一体的耦合灌溉方法也得到了示范应用^[8-10]。但是,目前西北地区的自动灌溉施肥系统仍处于发展阶段,存在专业化人才短缺、农业科技投入略显不足的问题,在进行水肥耦合控制时,仍以经验灌溉为主导,人工参与程度高,施肥体系陈旧,灌溉制度滞后,机理性差,容易引起肥料的过量供给,形成恶性循环^[7,11]。而所配套的水肥一体装备,是利用基础的机械压差式吸肥装置,或集成化程度和智能化程度较高,且配备有上位触摸屏,不仅使用前需要进行一系列参数设置,而且长期处在高温高湿的塑料大棚或日光温室中,稳定性和触摸性能保障性差。基于以上问题,结合当地环境条件、设施程度及园区劳动力配置条件,开发一种安装制约条件少、操作方便、功能实用的单通道水肥灌溉系统尤为必要。

第一作者简介:王琨琦(1955-),男,博士,教授,博士生导师,现主要从事工程测试与智能控制等研究工作。E-mail:372122167@qq.com.

责任作者:郭文忠(1970-),男,博士,研究员,现主要从事设施园艺工程技术与智能装备等研究工作。E-mail:guowz@nrcita.org.cn.

基金项目:陕西省农业科技创新与攻关资助项目(2016NY-149);陕西省教育厅产业化资助项目(2013JC26)。

收稿日期:2018-08-30

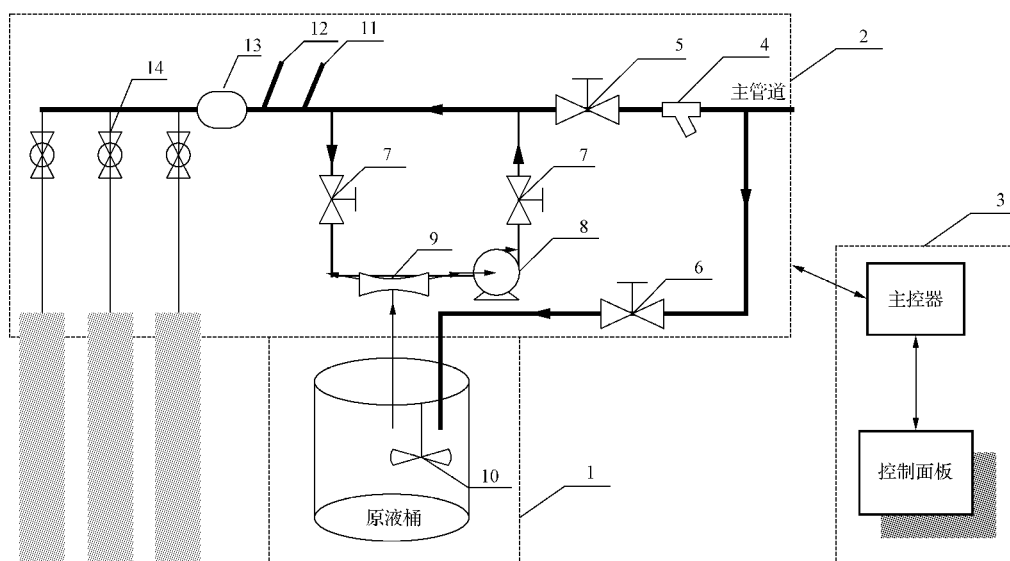
1 单通道水肥灌溉系统

针对上述问题,开发了一种面向传统农业生产区的简单位通道水肥灌溉系统,配套集成了果菜的经验灌溉水肥管理方法;利用多个旋钮的组合,实现了水肥的多层次耦合供给,具有功能完善、操作简单、鲁棒性高等特点,适用于日光温室、塑料大棚等节本投入土壤栽培。

1.1 系统结构

单通道水肥灌溉系统由原液组件、灌溉首部及控制单元 3 个部分组成(图 1)。原液组件用来存储和搅拌高浓度浓缩肥液,可根据种植作物品种,选配不同的可溶性肥料。灌溉首部包含过滤单元、吸肥单元、灌溉单元及传感单元;过滤单元目的是阻挡温室主管道中的可见杂质,以保证灌溉单元和田间滴灌系统不被堵塞;吸肥单元利用

文丘里进出水两端不同水流速度在文丘里内产生的负压,吸入浓缩肥液,并提供混肥腔使之与水充分均匀混合,以实现水肥的均一化供施;灌溉单元提供分区阀门接口,受控于清水灌溉或肥液灌溉的脉冲指令;传感单元用来采集当前的温室环境信息、土壤墒情信息、总辐射照度信息、灌溉液实时浓度信息及单次灌溉流量信息,以供系统软件按需及时地进行水肥的耦合调控。控制单元包含控制面板和控制器;控制面板提供不同需求的输入接口,包括系统上电控制、水肥耦合供给控制、灌溉时间控制及灌溉液浓度控制等;控制器向下传递面板交互的控制要求及控制逻辑,并进行重要参数存储。该单通道水肥灌溉系统相较传统的施肥机,去掉了触摸设置式人机交互接口,接近“傻瓜”式控制方法,在节本的同时对操作人员专业要求低,更符合西北地区农业劳动力配置情况。



注:1. 原液组件;2. 灌溉首部;3. 控制单元;4. 叠片过滤器;5. 灌溉总阀;6. 清水补充电磁阀;7. 吸肥阀门;8. 增压泵;9. 吸肥单元;10. 搅拌机;11. EC 传感器;12. pH 传感器;13. 涡轮流量计;14. 分区阀门。

Note: 1. Stock component; 2. Irrigation head; 3. Control unit; 4. Disc filter; 5. Irrigation valve; 6. Water supplement valve; 7. Suction valve; 8. Booster pump; 9. Suction unit; 10. Blender; 11. EC sensor; 12. pH sensor; 13. Turbine flow meter; 14. Partition valve.

图 1 单通道水肥灌溉系统结构

Fig. 1 The structure of single channel irrigation system about water and fertilizer

1.2 系统硬件组成

为了达到良好的用户交互效果,实现水肥的多层次耦合供给,设计使用三菱 PLC (FX_{1N}-24MR) 作为控制核心,并通过扩展线缆连接模拟

量输入模块 (FX_{2N}-4AD) 作为数据采集接口 (图 2)。核心控制器接受用户通过控制面板交互的手自动运行模式、灌溉时长、清水或肥水灌溉模式、浓度档位和快速启动的脉冲信号,并根据梯形

图的控制逻辑,发出控制指令,继电器吸合,从而达到按需控制增压泵、灌溉总阀及吸肥阀门的目的。同时,模拟输入模块实时采集环境温湿度及总辐射照度的环境参数、土壤墒情参数及灌溉液 EC 值、流量值的灌溉参数,并传送数据至主控模块,以根据系统状态、运行参数进行判断及逻辑运算,根据运算结果实现自动控制。

1.3 系统硬件电路

系统的硬件电路包括主电路和控制电路。主

电路通过 QF 总开关给 PLC 供电,通过中间继电器 KA1 主触点的通断启停灌溉总阀 YV1;通过中间继电器 KA2 主触点的通断,启停吸肥阀门 YV2;通过中间继电器 KA3 主触点的通断控制增压泵 M 的启停。所选的灌溉总阀及吸肥阀门供电规格为 AV 24 V,因此变压器 T01 提供 AC 24 V 的输出电压;所选的中间继电器工作电压为 DC 24 V,因此开关电源 T02 提供 DC 24 V 的输出电压。

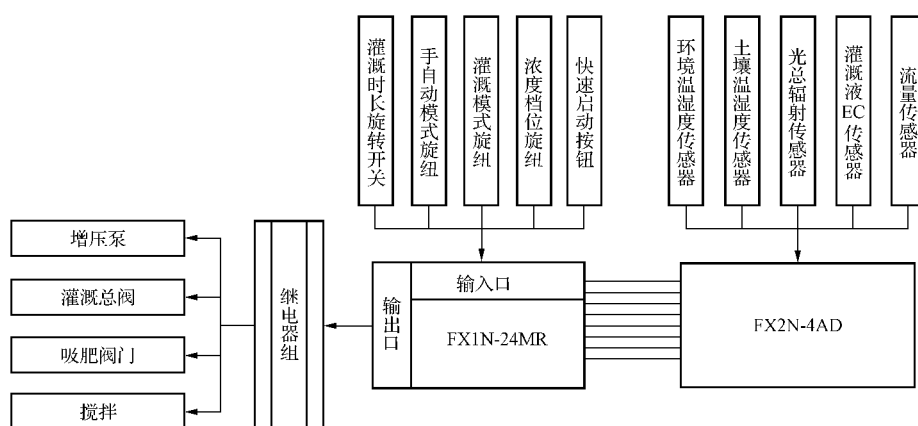


图2 灌溉系统硬件组成

Fig. 2 The hardware composition of irrigation system

系统的控制电路包括 PLC、数据采集模块及输入输出单元。输入单元中,X0 接收快速启动点动按钮 SB 的脉冲信号;SA1 为手动/自动运行模式旋转开关,X1 接收手动模式脉冲信号,X2 接收自动模式脉冲信号;KT 为延时断电继电器,最长

设定时间为 2 h;SA2 为清水灌溉/肥水灌溉档位选择旋钮,X4 接收清水灌溉脉冲信号,X5 接收肥水灌溉脉冲信号;SA3 为灌溉液浓度档位旋钮,X6 接收低档位目标浓度 $1.8 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$,X7 接收高档位目标浓度 $2.8 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。输出单元中,

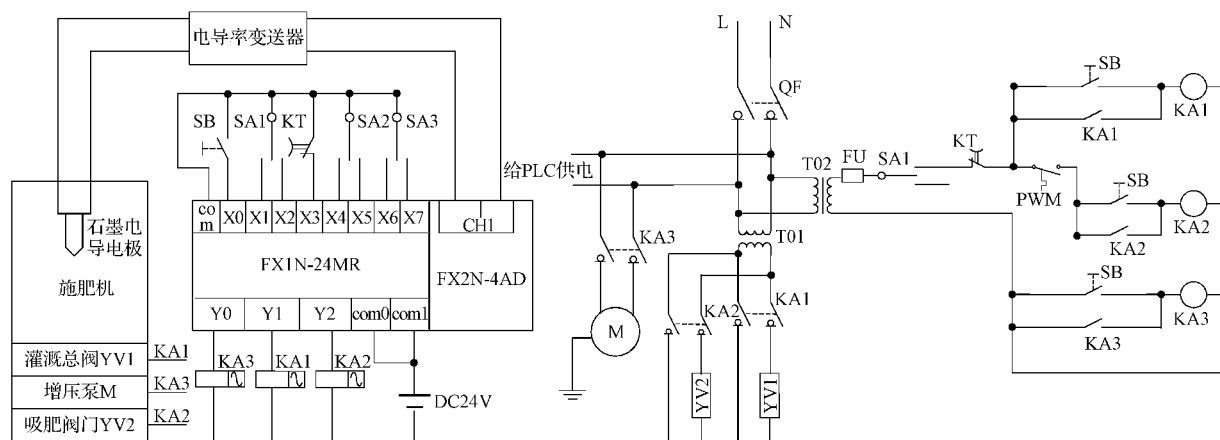


图3 PLC 接线图及电路原理图

Fig. 3 PLC wiring diagram and circuit schematic