

上部回流三位一体户用沼气装置设计及应用

董照锋¹, 王立录²

(1. 商洛市农产品质量安全检验检测中心, 陕西 商洛 726000; 2. 陕西省柞水县农村能源办公室, 陕西 柞水 711500)

摘要:针对旋流布料沼气池在山区推广的局限性, 依据山区特殊的地质条件、养殖习惯和庭院用地实际, 以沼、圈、厕三结合设计为出发点, 优化了户用沼气工艺、结构和应用技术, 解决了沼液冲圈冲厕、沼气池料液循环不畅、浮渣结壳、冬季增温以及安全限压等长效运行技术问题, 推动了户用沼气的发展。

关键词:上部回流; 三位一体; 户用沼气池; 沼气技术

中图分类号: S216.4

文献标识码: B

文章编号: 0439-8114(2013)11-2665-04

Design and Application of Upper Back-Flow Three-in-One Household Biogas Installations

DONG Zhao-feng¹, WANG Li-lu²

(1. Agricultural Products Quality and Safety Inspection Center of Shangluo City, Shangluo 726000, Shaanxi, China;

2. Rural Energy Office of Zhashui in Shaanxi Province, Zhashui 711500, Shaanxi, China)

Abstract: To resolve limitations of revolving-flow digester application in mountain promotion, according to the special geological conditions, culture habits and actual courtyard sites, using biogas digester, hogpen and washroom combination design as a starting point, the technology, structure and application of household biogas digester had been improved. It solved some technical problems including biogas fluid flush for flushing, poor biogas digester circulation, scum crusts, long-term winter warming and safety limit pressure, promoted the development of household biogas digester.

Key words: back-flow; three-in-one; household biogas digester; biogas technology

陕西省商洛市位于秦岭南麓, 地跨长江、黄河两大流域, 位于暖温带和北亚热带过渡地带, 气候温和, 雨量充沛, 四季分明, 属半湿润山地气候。辖 6 县 1 区, 从 20 世纪 70 年代开始发展农村沼气, 经过 40 余年的发展, 历经了 3 次重大的技术革新, 建池技术逐渐成熟^[1]。20 世纪 80 年代和 90 年代主要以标准水压式沼气池为主^[2], 进入 21 世纪以来, 开始推广邱凌等^[3]设计的旋流布料沼气池, 从很大程度上解决了传统水压式沼气池存在的发酵盲区和料液“短路”的问题, 但结壳现象仍比较严重, 导致池内沼气聚集受阻, 原料利用率低, 产气量少^[4], 在商洛山区推广存在很大的局限性。

针对国标池和旋流布料沼气池存在的结壳和排渣问题, 很多农村能源工作者都进行了研究和探讨, 张邦安^[5]提出了沼气池自动排渣设计与施工方

法, 在一定程度上解决了沼气池除渣难的问题。根据山区实际, 2003~2007 年在旋流布料沼气池的基础上开展技术研究, 集成了上部回流三位一体户用沼气装置, 2008 年对该技术的可行性进行论证评估、示范和推广, 截至 2011 年底共建设上部回流三位一体沼气池 44 494 口。董照锋等^[6]2012 年初曾对该技术进行了初步报道, 下面主要就该户用沼气装置的技术创新和技术实施效果予以阐述。

1 结构设计

旋流布料沼气池在商洛山区推广出现许多问题, 主要有 4 个方面: 一是山区地质条件较差, 开挖标准的池坑费时费力, 建造、防渗难度大, 在水压间底部或侧边易出现漏水现象; 二是当地饲养量相对较少, 大多数农户饲养 1 头猪, 一般池内要加入相

收稿日期: 2012-10-23

基金项目: 陕西省农业科技推广及科技示范项目(2009078); 陕西省农业技术推广项目(2010183)。

作者简介: 董照锋(1977-), 男, 陕西洛南人, 高级农艺师, 主要从事农村能源技术的研究和推广工作, (电话)13991460099(电子信箱)lyq7720@126.com。

当一部分草料,发酵时容易上浮结壳,影响产气;三是料液运动是以两侧分流为主,单向阀易失效,回流量较少,发酵料液在池内往复运动带到水压间的原料多,这部分产气排放于空气中;四是自动回流与人工强制回流路线重复,只是作平面的环形运动,不能将更多菌种带到顶部最需要的地方。针对这些问题,依据山区农家小院特点和户外养殖习惯,在旋流布料沼气池基础上,以沼、圈、厕三结合设计为出发点,改进沼气池技术,重点解决了沼液冲圈冲厕、沼气池料液循环不畅、浮渣结壳、冬季增温以及安全限压等问题。

上部回流三位一体户用沼气装置设计主要突出上部回流技术和三位一体结构,由进出料通道、发酵间、水压间、沼液池及自动循环系统组成,各部位尺寸参考旋流布料沼气池结构尺寸优化设计^[7]。上部回流三位一体沼气池设计见图1(图中数据单位为mm,其他图同)。

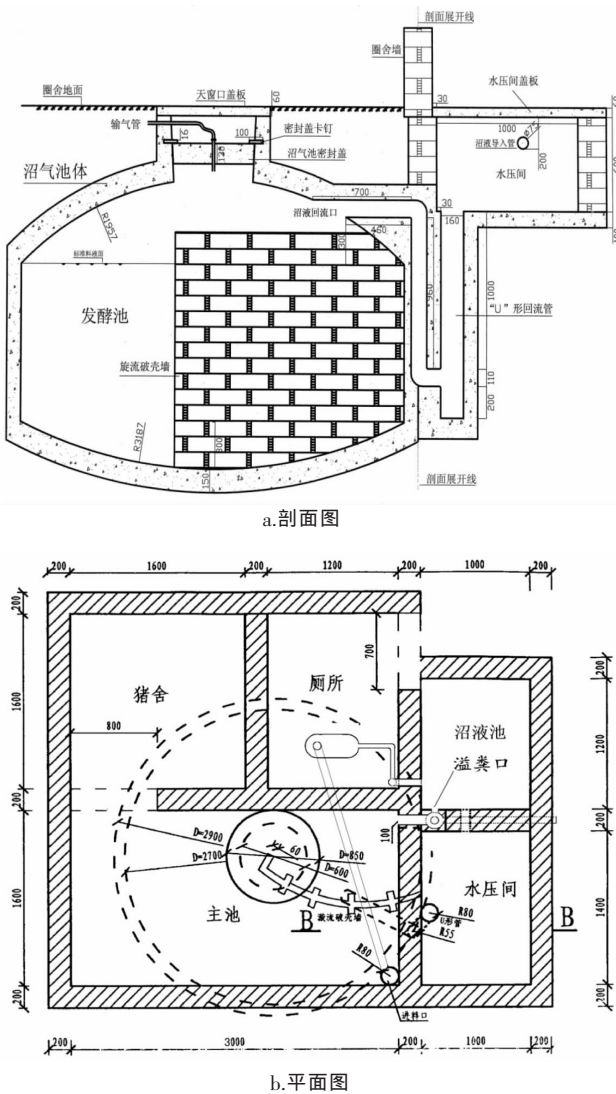


图1 上部回流三位一体沼气池设计图

2 上部回流三位一体沼气池创新技术

2.1 U形导管设计安装

在沼气池壁的砼内预置安装U形导管后,将水压间底部与沼气池上部的气室连通,形成池内外的上下回流通道。池内的发酵料产气时,沼气压将沼液从出料管压到沼液池,经过沉淀后再到水压间,使用沼气或人工回流时,水压间的沼液顺着U形管回流,从沼气池内料液上40 cm处流下到料液面,起到输送菌种、上下冲刷搅拌、湿润沉降浮渣、消除结壳、安全排气和室内监测管理的作用。U形管设计如图2。

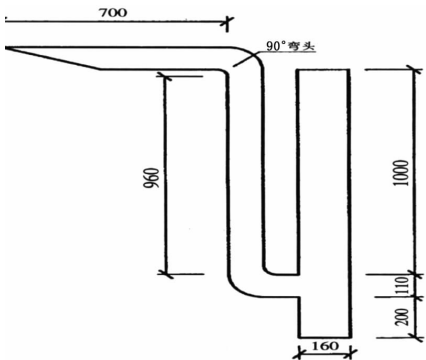


图2 U形管分解图

2.2 出料管的设计安装

在沼气池壁砼内预置安装PVC管作为出料通道,底部达到沼气池最低处,上部在水压间与沼液池隔墙中,产气压出的沼液先到沼液池,一方面满足冲厕的需要,另一方面经过沉淀沼渣,沼液达到40 cm后进入水压间,用气时回流到沼气池内。出料管设计如图3所示。主要优点:一是提高了稳定性和强度。抽渣器是一个需要经常频繁抽动吸取沼气池底部沉渣,以便人工强制回流、半自动搅拌发酵的装置,其稳定性、可靠性十分重要。采用主池墙体砼内浇筑安装抽渣管,避免了使用老化松动造成漏气、跑气问题,提高了抽渣器的整体强度,延长了抽渣器的使用寿命。二是抽渣管改到圈舍墙外部,扩大了猪圈的有效空间,有利于增加生猪饲养量,方便农户经常性循环搅拌,便于清除沼渣,极具实用价值。

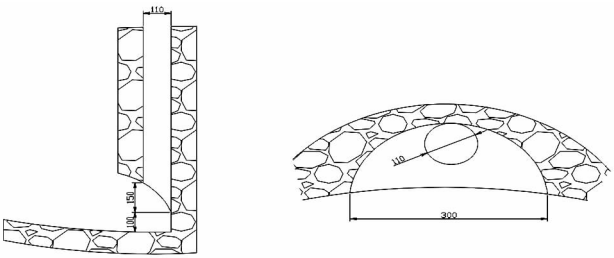


图3 出料口下端剖面图和平面图

2.3 进料管的制作安装

采用 DN160 PVC 管预置到沼气池壁的砼内作为进料口,设计和安装如图 4 所示。

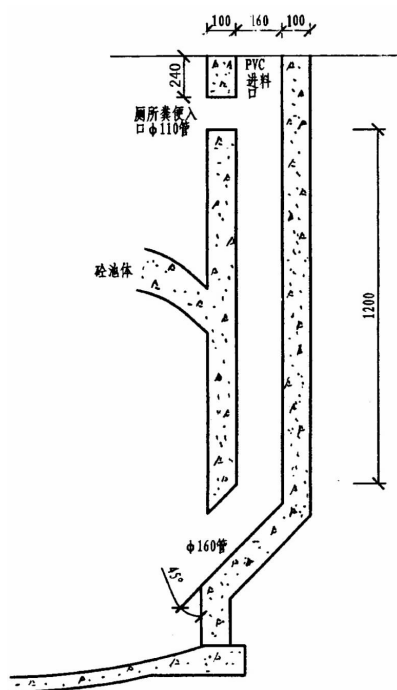


图 4 进料管分解图

2.4 水压间、沼液池设计与施工

该设计水压间 $1.4 \text{ m} \times 1.0 \text{ m} \times 0.6 \text{ m} = 0.84 \text{ m}^3$, 沼液池 $1.2 \text{ m} \times 1.0 \text{ m} \times 0.6 \text{ m} = 0.72 \text{ m}^3$, 在水压间与沼液池的隔墙内靠近圈厕是出料口的缓冲分流装置, 高于水压间 20 cm, 在水压间隔墙中距上口 20 cm 处安装 DN75 管, 是沼液流向水压间的通道, 沼液池下 40 cm 起沉淀和冲刷作用, 上 20 cm 还是水压间容积范畴, 容积 $1.2 \text{ m} \times 1.0 \text{ m} \times 0.2 \text{ m} = 0.24 \text{ m}^3$, 水压间总容积 $0.84 \text{ m}^3 + 0.24 \text{ m}^3 = 1.08 \text{ m}^3$ 。改进后的水压间也具有酸化池的作用。因此, 可将水压间与酸化池合二为一。制作水压间时可将底部升高 10~20 cm, 可加大回流料液的冲刷力度, 增加沼气压力, 同时也加大了沼气的输送距离。

2.5 沼气池底改进技术

在沼气池底的中心至池墙一半处做一个从进料口方向到出料口底部的圆弧形旋流导槽, 导槽落差 40 cm, 从而形成涡流底面, 促进了料液旋转运动, 延长发酵料运动路线, 减少池内沉积。

2.6 沼液冲刷圈装置改进技术

增设沼液冲刷圈设施是在沼液池靠厕所拐角的池墙底部安装冲刷管, 制作材料和方法: DN110 PVC 管 120 cm、DN50 PVC 管 80 cm、DN90 和 DN50 直角弯头 1 个、DN110 伸缩接 1 个、DN110 胶木板 1 个、DN110 变 DN50 PVC 三通 1 个。将 DN110 PVC 管截成 20、40、60 cm, DN50 PVC 管截成 50、30 cm, 安装

好后放入 1.2 m 长的沼液抽吸器就可使用。冲刷圈装置在沼液池的出料管内放入 2 m 长的沼液抽吸器, 配合使用分流挡板就可完成冲刷圈(进出料口底部平面搅拌)、出渣和人工强制上部回流(上下冲刷式立体搅拌)。改进后在沼液池安装沼液抽吸器, 用清液冲刷, 卫生效果好。涡流底面与出料管配合使用, 能及时清出沉渣, 冲刷圈顺畅方便, 也为清液喂猪提供了便利。

2.7 三位一体设计

合理配置沼、圈、厕是推广沼气技术的一个重要环节, 也是发挥性能的关键。通过对各地沼、圈、厕的调查分析, 结合当地养殖习惯, 按照科学养殖要求, 设计了与沼气池相配套的、适合秦岭山区的上部回流三位一体沼气池圈厕模式(图 5)。圈厕占地面积为 $3.4 \text{ m} \times 3.8 \text{ m} = 12.92 \text{ m}^2$, 水压间和沼液池占地 $3.2 \text{ m} \times 1.2 \text{ m} = 3.84 \text{ m}^2$, 共计建筑总面积 16.76 m^2 。把圈厕建在沼气池的正上方, 进料口设在圈内与食槽较远的拐角地, 出料口放在另一拐角墙外, 墙上预留冲刷圈孔。食槽与猪舍门相邻。猪舍上做鸡舍或贮藏间, 高 2.4 m, 顶做成 10 m^2 晒台, 水压间和沼液池置于圈墙外, 从厕所上部顶檐到圈墙作小拱棚, 朝南向, 秋冬季气温低时可用塑料农膜封闭猪舍建成暖圈。

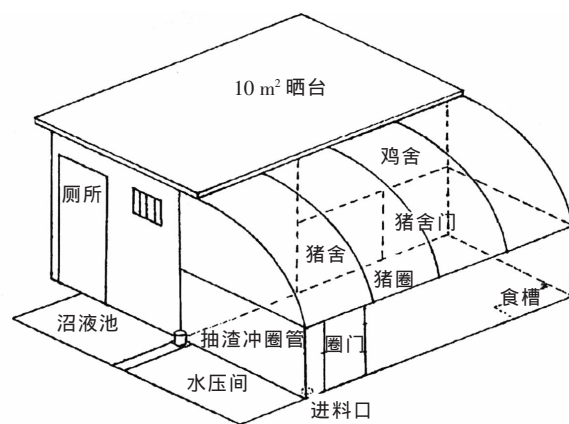


图 5 沼圈厕模式图

3 技术论证

为了弄清上部回流三位一体沼气池的周年使用情况和产气量, 在全市冬季气温最低的洛南县寺坡镇水墨村、三要镇永平村和高海拔山区柞水乾佑镇芦柴沟、小岭镇常湾村、镇安县云盖寺镇云镇村、永乐镇典史村这 6 个村选择 50 家农户作为监测点(其中柞水、镇安县分别选择了 1 个海拔 1 200 m 以上的村), 开展产气量及周年使用情况监测。监测方法: 用户统一安装沼气流量表, 在每月 30 日对监测户流量进行记录。监测时间为 2008 年 4 月至 2009 年 6 月, 监测结果见表 1。表 1 结果表明, 上部回流

三位一体户用沼气池一年正常产气使用 12 个月,海拔 1 200 m 以上的山区寒冷冬季仍能正常产气。对比试验表明,4~10 月份每口上部回流三位一体户用沼气池平均日产气 1.50 m^3 ,每口旋流布料沼气池平均日产气 1.28 m^3 ,前者比后者提高 17.19%;11 月和 12 月每口上部回流三位一体户用沼气池平均昼夜产气分别为 0.98 m^3 和 0.64 m^3 ,每口旋流布料沼气池分别为 0.77 m^3 和 0.44 m^3 ,前者比后者分别提高 27.3%和 45.5%;1 月和 2 月,上部回流三位一体户用沼气池平均昼夜产气分别为 0.44 m^3 和 0.40 m^3 ,而旋流布料沼气池大多数不能正常使用,多数监测点水压间液面变化不明显,平均昼夜产气分别为 0.07 m^3 和 0.09 m^3 ;3 月份气温回升,每口上部回流三位一体户用沼气池平均日产气 0.87 m^3 ,每口旋流布料沼气池平均日产气 0.61 m^3 ,前者比后者提高 42.6%。根据监测结果分析,上部回流三位一体户用沼气池 1 年 12 个月均能正常产气使用,每口平均年产气 414.9 m^3 ,旋流布料沼气池每年可正常使用 10 个月,每口平均年产气 328.2 m^3 ,可见上部回流三位一体沼气池比旋流布料沼气池每年多使用 1~2 个月,平均年产气量多 86.7 m^3 。

表 1 产气量监测数据分析表

月份	上部回流沼气池 平均日产气量/ m^3			旋流布料沼气池 平均日产气量/ m^3		
	柞水	镇安	洛南	柞水	镇安	洛南
1	0.48	0.44	0.40	0.11	0.09	--
2	0.41	0.41	0.37	0.15	0.12	--
3	0.95	0.88	0.79	0.63	0.61	0.59
4	1.33	1.27	1.19	1.08	1.11	0.97
5	1.46	1.44	1.32	1.22	1.19	1.14
6	1.59	1.52	1.41	1.28	1.35	1.25
7	1.64	1.67	1.59	1.45	1.43	1.38
8	1.61	1.65	1.62	1.47	1.45	1.42
9	1.55	1.61	1.51	1.31	1.37	1.29
10	1.55	1.42	1.49	1.38	1.22	1.19
11	1.01	0.95	0.97	0.77	0.81	0.74
12	0.69	0.70	0.52	0.49	0.44	0.38

4 效果评估

4.1 单池投入减少

改进后的沼气池单池增加 PVC 等材料费 61 元,但减少 2.4 m^3 开挖土方量,节省红砖 394 块,减少制作粉刷用工 1.3 个,总计 248.2 元,单池共节省投入 187.2 元。

4.2 池型结构简单,容易密封

改进后的沼气池只需开挖一个圆坑池。建池时将作好的 U 形管和进出料管浇筑于池壁上,减少了开挖土方量,结构简单,容易密封,不易发生池漏现

象。

4.3 产气旺盛

利用 U 形管在单纯的平面底部弧形回流线路的基础上,增加了上下冲刷式立体搅拌回流形式,解决了沼气发酵的层析矛盾,搅拌充分,发酵彻底,同时减少了产气损失,有效地提高了产气效率。

4.4 避免大换料

该池型是自动进料,在保持勤进料勤出料,出多少进多少的情况下,不需要大换料。在每天冲圈发现料液黏稠时表明需要出料,出料时应将黏稠沉渣出完,直到抽出液基本变清为止。因此,不会在沼气池底部出现大量沉积层。

4.5 消除了浮料和结壳现象

改进后料液从顶部向下冲流,充分搅拌浮料,增加气室湿度,彻底消除了料面因失水而结壳或产生浮料的现象。在出现草料上浮时,通过人工上部回流就可达到开顶盖搅拌的效果。

4.6 具备安全阀功能

84 国标池和旋流布料沼气池都没有安装安全装置,不具备安全排气功能,易发生冲盖或损池现象。安装 U 形管以后,沼气压力在 80 cm 水柱时出料管的溢流口向沼液池自动溢流,压力达到 160 cm 水柱时自动排气,彻底避免了冲盖或损池现象发生。

4.7 自动显示池内料液水位

通过压力表或水位计可以判断料液水位,标准水位 0 位线为 1 m,设计池内料液在 80 cm 水柱出料管溢流口向沼液池开始溢流,室内观察压力表或水位计较长时间(3 h 左右)维持在 80 cm 水柱时,证明料液水位正常;如果压力表水位超过或低于 80 cm 水柱多少,证明料液低于或高于 0 位线多少,这时就应该给池内加料或出料。另外,还可以根据压力表停留数值判断沼气池是否漏水漏气。

4.8 扩大了沼气池的适应范围

一是可以在 1 200 m 较高海拔寒冷地区推广应用;二是可以在秸秆资源丰富地区推广应用。用秸秆作为发酵原料需要对秸秆进行粉碎处理,一般要求秸秆段长度在 3 cm 以下(粉碎机 $\phi 12 \text{ mm}$ 筛片)。由于该技术解决了草料漂浮结壳问题,适应范围进一步扩大。

4.9 池圈厕结构合理

在沼气池上部建暖棚猪圈和厕所,一口 8 m^3 上部回流三位一体沼气池占地面积 16.76 m^2 ,旋流布料沼气池占地 25 m^2 ,前者比后者节约用地 8.24 m^2 左右。该结构科学紧凑,既节约了用地面积又美化

(下转第 2683 页)

基因聚成一大类, 序列 Ig-31 与菊芋抗病相关基因之间氨基酸序列的同源性为 49.11%, 可能属于同一基因家族。

3 讨论

同源序列克隆法具有过程相对简单、适用对象广泛等优点, 采用同源序列克隆法已在水稻、甘蔗、结球甘蓝、柚等多种植物上获得了 RGA, 显示了广泛的应用前景^[13-15], 这些 RGA 有的定位在某些抗病基因附近, 为分子标记辅助育种提供了可能。本研究利用抗病基因的保守序列设计简并引物进行同源扩增, 首次从甘薯近缘野生种 *I. grandifolia* 中分离出 RGA, 比较 *I. grandifolia* 和甘薯 NBS-LRR 类 RGA 的氨基酸序列, 发现两个物种在第 92 个氨基酸位置上存在一个氨基酸的差异, 该氨基酸的改变可能使 *I. grandifolia* 具有更强的抗病抗逆能力, 同时该氨基酸可能是甘薯近缘野生种特有类型的抗病基因序列, 这些序列的获得可为进一步分离并克隆甘薯的全长抗病基因奠定基础。

参考文献:

- [1] 王红意, 翟红, 王玉萍, 等. 30 个中国甘薯主栽品种的 RAPD 指纹图谱构建及遗传变异分析[J]. 分子植物育种, 2009, 7(5): 879-884.
- [2] 李强, 刘庆昌, 马代夫. 甘薯近缘野生种研究利用现状及展望[J]. 分子植物育种, 2006, 4(6S): 105-110.
- [3] 曹清河, 张安, 李鹏, 等. 甘薯近缘野生种的抗病性鉴定与新型种间杂种的获得[J]. 植物遗传资源学报, 2009, 10(2): 224-229.
- [4] 阙友雄, 许莉萍, 林剑伟, 等. 甘蔗 NBS-LRR 类抗病基因同源序

列的分离与鉴定[J]. 作物学报, 2009, 35(4): 631-639.

- [5] 陈观水, 周以飞, 林生, 等. 甘薯 NBS 类抗病基因类似物的分离与序列分析[J]. 热带亚热带植物学报, 2006, 14(5): 359-365.
- [6] 林巧玲, 曾会才. 甘薯中 NBS-LRR 类抗病基因同源序列的克隆及序列分析[J]. 西北农业学报, 2007, 16(2): 65-69.
- [7] CHEN G S, PAN D R, ZHOU Y F, et al. Diversity and evolutionary relationship of nucleotide binding site-encoding disease-resistance gene analogues in sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.)[J]. Journal of Biosciences, 2007, 32(4): 713-721.
- [8] 陈观水, 潘大仁, 周以飞, 等. 三裂裂野牵牛 NBS 类抗病基因同源序列的克隆与分析[J]. 西北植物学报, 2007, 27(9): 1728-1734.
- [9] 王钰, 王荣富, 何国浩. 甘薯抗病基因同源序列的克隆与分析[J]. 南京农业大学学报, 2008, 31(3): 81-86.
- [10] LIN Q L, ZENG H C. Cloning and analysis of NBS-LRR type resistance gene analogues in sweet potato (*Ipomoea batatas*) [J]. Agricultural Science and Technology, 2008, 9(2): 76-80.
- [11] WANG Y, ROSEN B, SCOFFIELD J, et al. Isolation and analysis of resistance gene homologues in sweetpotato [J]. Plant Breeding, 2009, 129(5): 519-525.
- [12] CORDERO J, SKINNER D. Isolation from alfalfa of resistance gene analogues containing nucleotide binding sites [J]. TAG Theoretical and Applied Genetics, 2002, 104(8): 1283-1289.
- [13] 郑先武, 翟文学, 李晓兵, 等. 水稻 NBS-LRR 类 R 基因同源序列[J]. 中国科学: C 辑, 2001, 31(1): 43-51.
- [14] 曹必好, 雷建军, 夏勇, 等. 结球甘蓝 NBS-LRR 类 R 基因同源序列的分离[J]. 中国农业科学, 2004, 37(7): 1081-1084.
- [15] 黄代青, 王平, 吕柳新. 柚 cDNA 中 NBS-LRR 类 R 基因同源序列的分离[J]. 中国农业科学, 2005, 37(10): 1580-1584.

(责任编辑 向 闹)

(上接第 2668 页)

了院落。圈厕粪便自动流入, 冲洗管理方便。暖棚养猪, 不仅促进了养殖业的发展, 还为沼气池增加了温度, 使其在寒冷的冬季能旺盛产气。

5 小结

沼液冲刷冲圈装置解决了冲圈冲刷问题, 但在抽拉过程中比较费劲。将汉中市农村能源办公室发明的沼气池可更换底阀装置^[8]应用其中, 可以明显减轻冲圈冲刷力量。

暖圈是比较传统的冬季增温技术, 但在北纬 40°以北地区要实现全年高效产气, 需要对该模式进一步完善。用魏兆凯等^[9]的沼气池太阳能增温技术对该模式进行优化, 可以有效扩大上部回流三位一体沼气池推广区域。

参考文献:

- [1] 董照锋, 田书印, 王立录, 等. 山区农村沼气发展问题调查研

究[J]. 农学学报, 2012, 2(1): 26-30.

- [2] 余海宁, 熊小龙. 几种贵州农村沿用沼气池分析及改进设计[J]. 中国沼气, 2011, 29(1): 51-54.
- [3] 邱凌, 杨改河, 王兰英, 等. 砖混结构旋流布料沼气池建池工艺[J]. 中国沼气, 2005, 23(1): 47-49.
- [4] 焦瑞莲. 旋流布料沼气池为何结壳[J]. 北京农业, 2008(2): 45-46.
- [5] 张邦安. 水压式自动排渣沼气池的设计与施工[J]. 科学种养, 2010(11): 53-54.
- [6] 董照锋, 王立录, 张建锋, 等. 上部回流沼气池技术[J]. 中国沼气, 2012, 30(1): 31-33, 41.
- [7] 邱凌. 庭园沼气高效生产与利用[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2008.
- [8] 丁跃茹, 岳平, 郑兴华, 等. 沼气池出料系统可更换底阀[P]. 中国专利: CN201110403Y, 2008-09-03.
- [9] 魏兆凯, 刘凯, 王晓洲. 沼气池太阳能增温技术研究[J]. 农机化研究, 2009(5): 212-216.

(责任编辑 王晓芳)