

# 自走式沼渣沼液抽排专用车设计与研究

徐海港, 郭明, 曲成鑫

(山东时风(集团)有限责任公司, 聊城 252800)

**摘要:** 随着我国农村沼气工程建设的快速发展, 沼气池进出料环节的装备条件急需升级和改善, 该文简要介绍了自走式沼渣沼液抽排设备运转及抽排料特点, 阐述了吸排料结构的工作原理, 介绍了相应部件的设计方法, 并形成了完整的研发方案。

**关键词:** 自走式; 沼渣; 沼液; 抽排

**中图分类号:** S216.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-1795(2012)09-0055-04

## Design and Research of Self-propelled Special Vehicle for Biogas Residue and Biogas Slurry Pumping

Xu Haigang, Guo Ming, Qu Chengxin

(Shandong Shifeng (Group) Co., Ltd., Liaocheng 252800, China)

**Abstract:** With the rapid development of rural biogas project construction in China, the equipment condition of input and output material of methane tank were needed to upgrade and improve. Characteristics of running and pumping of self-propelled equipment for biogas residue and biogas slurry pumping were briefly introduced. Working principle of suction feeding structure were described. Design methods of corresponding parts were introduced, and complete R&D program were formed.

**Key words:** Self-propelled, Biogas residue, Biogas slurry, Pumping

### 0 引言

沼气是一种可再生的生物能源, 是一种优质、卫生、廉价的气体燃料, 沼气工程正成为农业增效、农民增收的重要渠道之一。沼气的应用能有效缓解农村生活用能与环境保护之间的矛盾, 实现国家生态建设、农民致富的目标<sup>[1]</sup>。

从2006年起, 我国大幅度增加农村沼气建设投资规模, “十二五”期间国家将投入200亿元用于发展沼气工程, 明确提出“加快户用沼气、养殖小区和联户沼气、大中型沼气工程建设, 完善沼气服务和科技支撑体系”的要求。据统计, 全国农村户用沼气已经发展到3050万户, 小型沼气工程2.4万户。纵观沼气池的维护现状, 投料和出料的作业水平仍很落后, 散户多以人工清池换料为主, 既不卫生, 效率又低<sup>[2]</sup>。中型沼气池排料部分采用切割式浆泵和直吸式真空罐, 但在抽取含有杂草、动物皮毛、作物秸秆等杂物时, 常常会堵塞渣浆泵的进口或卡死叶轮, 影响抽取速度<sup>[3]</sup>。

### 1 整体方案分析

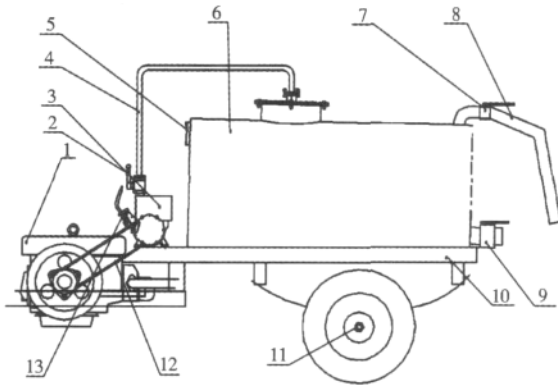
为方便沼渣沼液等物料运输, 适应频繁地装卸

操作。通过充分的市场调研, 认真分析了固定式抽排设备的特点, 结合国内各类运输车辆的行走机构, 开发了用于罐体的具有自装自卸功能的专用车。经分析, 需攻关的关键技术有6个方面。①实现自走, 需借用农村多用的运输车辆的底盘, 柴油机既作为整车驱动的动力源, 又可通过传输装置为真空泵提供动力。②为实现吸液和排液均能高效、快捷, 沼渣沼液抽排专用车需具备强抽、强排功能。③进、出料口均与管道相连, 为提高抽排工作效率, 要求接头具有快换、密闭联接功能。④出料过程防止因控制不当, 出现漫料, 导致真空泵损坏等故障, 因此需防溢装置。⑤为使罐内淤泥等脏物能及时清除罐外, 需具备清淤功能。⑥罐体及抽排系统应能承受0.1 MPa压力, 需进行罐体承压能力设计。

### 2 设计原理

自走式沼渣沼液抽排专用车主要包括行走底盘、动力装置、储液罐和抽排装置。动力装置主要由发动机通过胶带带动真空泵工作。储液罐中的气体由真空泵通过罐体上部的管路抽出, 由于真空泵不断工作, 罐内形成真空, 在大气压的作用下, 沼液、沼渣经吸

液罐进入储液罐。液面的高低可由储液罐前方的观察窗来观察。待液体满时,把四通阀开关拨到中间位置即可。当沼液沼渣抽排设备到达排放指定地点后,打开球阀,沼液沼渣就能自然流出。当需要加压排放时,关闭球阀,把四通阀手柄拨到排放位置,加大发动机的油门即可加压排放。总体设计图如图 1 所示。



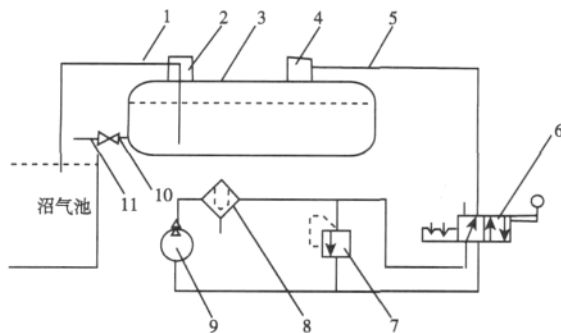
1. 动力装置 2. 控制阀 3. 真空泵 4. 抽气管 5. 湿度传感器 6. 储液罐 7. 电磁阀 8. 吸液管 9. 出液口 10. 底盘 11. 联体后桥 12. 三角带 13. 分离器

图 1 自走式沼液沼渣抽排专用车总体设计图

Fig. 1 Overall design of self-propelled special vehicle for biogas residue and biogas slurry pumping

### 2.1 吸排料四通阀结构及设计原理

动力装置通过分离器与真空泵相连接,当储液罐的液体抽满时,分离分离器手柄,使真空泵不再工作,不消耗有效功。利用四通阀控制气体的流向,实现相应的吸、排料工作。吸料时通过真空泵将液罐体内的空气抽吸出来,使液罐体内部形成真空负压,在吸液口处通过吸液管利用液罐体内的负压将沼液沼渣吸入到液罐体内,完成沼气池的出料工作。吸料工作中要注意排液快开阀以及各密封盖要关紧,防止产生漏气现象影响抽吸工作效果。四通阀吸排料工作示意图见图 2。



1. 吸液管 2. 吸液口 3. 液罐体 4. 进出气口 5. 管道  
6. 四通阀 7. 安全阀 8. 油气分离器 9. 真空泵 10. 快开阀 11. 排液管

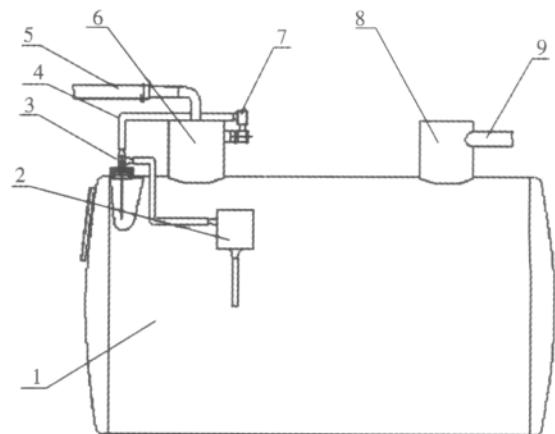
图 2 四通阀吸排料工作示意图

Fig. 2 Schematic diagram of four-way valve suction and exhaust material

吸料完成后出料车将沼液沼渣转运到指定的排放目的地,改变四通阀的控制方向,真空泵向液罐内输入压缩空气,在液罐体内形成正压力,此时即可通过排液管完成沼液沼渣的排放工作。当液罐体需要清淤时,打开液罐体下部排液口处的快开阀,即可完成清淤工作。

### 2.2 防溢流液位控制机构设计原理

该沼液沼液罐液位控制装置<sup>[4]</sup>,包括罐体、第一罐口和第二罐口,电磁阀设在带抽气管的罐口一侧,探测感应装置使用金属探棒感应器,金属探棒感应器直接安装到罐体上端的视镜擦视口上盖上,电器控制盒安装到罐体上,可以设置在比较方便操作的位置<sup>[5]</sup>。从电源过来的导线连接到电器控制盒上,电气控制盒通过导线与金属探棒感应器和电磁阀连接,由于导线容易跟罐体摩擦损坏,所以导线使用塑料外壳包装,同时固定在罐体上,当工作时,真空泵运转使罐内的空气通过抽气管排到大气中,在压力差的作用下,液体通过进料口抽到罐内,当液体的液位到达金属探棒感应器的最下端时,感应器发出信号,通过控制盒操纵电磁阀打开,直接与罐外大气相连,避免再吸罐内的空气,从而达到防止液体被吸到真空泵的后果。沼液沼液罐液位控制装置见图 3。



1. 罐体 2. 电器控制盒 3. 金属探棒感应器 4. 导线 5. 抽气管 6. 第一罐口 7. 电磁阀 8. 第二罐口 9. 进料口

图 3 沼液沼液罐液位控制装置

Fig. 3 Control device of liquid level of biogas residue and biogas slurry digesters

如图 4 所示,电气控制盒内设有启动开关、液位调节装置和声灯报警装置。当真空泵工作时,同时操作手动开关至接通位置,如图手动开关 K 接通后,控制器工作,当探头与液面没有接触时 IC2 输出低电平,LED1 发光(绿色)。探头与液面接触时,有电流通过探头和液面,探头处电压降低,此信号经过 IC1 和 IC2,经过延时使 IC2 输出高电平,使 LED1 截止(绿色),LED2 发光(红色),同时三极管 BG1、

BG2 导通, 蜂鸣器报警, 继电器吸合, 电磁阀打开, 使真空泵的抽气管不再吸罐内液体, 而是与大气相连, 抽吸大气, 由于蜂鸣器的提醒, 使操作者及时地操纵离合器, 使离合器处于断开位置, 从而使储液罐停吸液体, 有效防止液体抽吸到真空泵内; 操作者可调整可调电阻 R, 使时间延迟, 使蜂鸣器报警时间推后。二极管 D1 为电源极性保护; 电容 C1 为电源滤波。

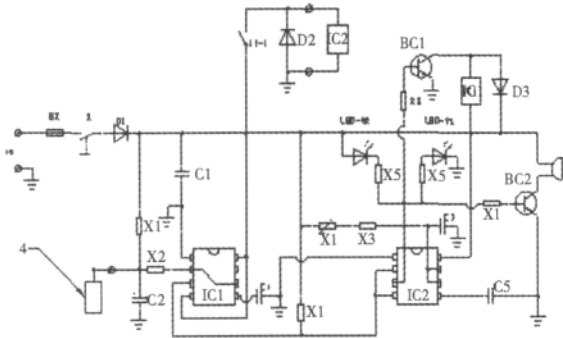


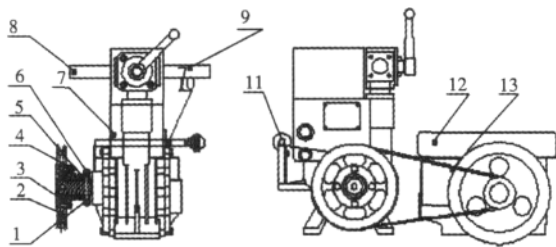
图4 电路控制示意图

Fig. 4 Schematic diagram of electric circuit control

以上操作, 从真空泵开始工作到液体充满罐, 完全达到了本装置自动控制液位和自动防溢的目的。本装置由于采用了 CMOS 电路, 具有价廉、功耗低、可靠性强等特点, 极具产业化推广价值。

### 2.3 泵动力输入离合装置结构及设计原理

如图5所示, 泵动力输入离合装置, 带轮、轴承、固定花键套组装后通过轴承内圈与真空泵花键轴过盈连接, 啮合花键套通过花键安装到真空泵花键轴最里端, 发动机通过三角带与真空泵带轮连接<sup>[6]</sup>。手柄组合(与滑动环焊接在一起)上的滑动环通过滑动环上的四方铁块与啮合花键套上的环形槽相配合, 通过手柄的拨动, 使啮合花键套在真空泵上的花键轴上移动, 使啮合花键套上的3个分离爪与带轮上的固定花键套上的3个分离爪相啮合。由于啮合花键套与真空泵花键轴只有轴向移动, 不能相对转动, 从



1. 方块铁 2. 带轮 3. 轴承 4. 固定花键套 5. 啮合花键套 6. 转动环
7. 真空泵总成 8. 进气管 9. 出气管 10. 手柄总成 11. 支架 12. 发动机 13. 三角带

图5 离合装置工作示意图

Fig. 5 Schematic diagram of clutch

而在带轮的转动中, 通过固定花键套与啮合花键套分离爪的啮合, 实现真空泵花键轴的转动, 使发动机动力能有效传递, 实现动力的输入。拨动手柄组合到分的位置, 使啮合花键套与固定花键套分离, 真空泵不再工作, 带轮空转, 从而对真空泵等零部件不造成磨损, 节省动力。

### 2.4 快换接头设计原理

进料口采用 100 钢制球阀带阳端接头结构, 配套阴端接头通过钢丝透明与吸污口连接; 出料口采用 100 钢制球阀带阳端接头, 结构紧凑, 性能稳定。使吸液和排放液体更加简洁、方便。

### 2.5 罐体承压能力设计

采用  $\delta 4$  加厚钢板制作, 两侧作椭圆形设计, 受压稳定性有效增强, 中间隔浪板增加罐体强度。

## 3 主要设计参数确定

### 3.1 已知条件

(1) 配套动力, 柴油机功率为 14.7 kW, 设备比功率达到 6.12。

(2) 罐体容积为  $1.5 \text{ m}^3$ , 抽吸距离 20 m, 抽吸深度 3 m, 吸排液管口直径 100 mm, 流量  $0.75 \text{ m}^3/\text{min}$ , 罐体内允许残渣率 3%。

### 3.2 计算数据

#### (1) 抽吸时间

抽吸时间计算公式如下:

$$T = \frac{V_0}{Q} \quad (1)$$

式中  $V_0$  —— 罐体额定装载体积,  $\text{m}^3$   
 $Q$  —— 吸入管内介质的流量,  $\text{m}^3/\text{s}$

由此得吸入时间为 120 s。

#### (2) 流速

根据已知条件, 可由下列公式求出其流速<sup>[7]</sup>:

$$V = \frac{4V_0}{\pi T d^2} \quad (2)$$

式中  $V$  —— 介质在吸入管内流速,  $\text{m/s}$

$V_0$  —— 罐体额定装载体积,  $\text{m}^3$

$d$  —— 吸入管直径,  $\text{m}$

$T$  —— 实际吸入时间,  $\text{s}$

由式 (2) 得,  $V = 1.59 \text{ m/s}$ 。

#### (3) 真空泵的功率

真空泵功率计算公式如下:

$$W_1 = \frac{V_0 \gamma H}{T} \quad (3)$$

式中  $W_1$  —— 第一部分功率,  $\text{W}$

$H$  —— 吸程,  $\text{m}$

$T$  —— 实际吸入时间,  $\text{s}$

$\gamma$ ——介质重度

将已知数代入公式(3)得到  $W_1 = 2.2 \times 10^3 \text{ W}$ 。

介质由吸入管被吸入罐内过程中克服各种阻力所需功率设为  $W_2$ ，其计算公式如下：

$$W_2 = \Delta P Q \quad (4)$$

式中  $\Delta P$ ——阻力损失， $\text{N/m}^2$

$Q$ ——吸入管内介质的流量， $\text{m}^3/\text{s}$

真空泵功率  $W \geq W_1 + W_2$ 。总效率一般在 70% ~ 80% 之间，真空泵的功率至少 3 kW。

(4) 强排时间计算

$$T_0 = \frac{4}{\pi \sqrt{2g} C_d \Phi^2} \times \int_0^H \left[ \frac{S(h)}{\sqrt{\frac{P_0}{\gamma} + h}} \right] dh \quad (5)$$

式中  $T_0$ ——强迫排放时间，s

$C_d$ ——流量修正系数，当吸入管有效长度  $l = (3 \sim 4) d$  时  $C_d = 0.82$ ，小于这个范围时  $C_d = 0.61$

$P_0$ ——排放压力， $\text{N/m}^2$

$H$ ——额定载质量时，罐内介质自由液面高度

$S(h)$ ——罐内介质占据部分自由液面面积随高度变化的关系

由式(5)得  $T_0 = 81 \text{ s}$ 。

3.3 测试验证与分析

为验证抽渣车的吸排功能，以罐体容积为  $1.5 \text{ m}^3$  机型在中型沼气池进行了抽排试验，沼渣池中混有杂草、秸秆等杂物，未有因杂物大或冗长堵塞或卡死现象发生，未出现漫料，强排部分 2% 左右残渣，吸入时间为 115 s，排放时间为 75 s。从测试结果看，性能已完全满足了要求，因此强排时间较计算有一定

差别，但从设计角度保证了结构和使用的合理性<sup>[8]</sup>。

4 结束语

自走式沼渣沼液抽排设备的成功研发很好地解决了抽排料装备落后的问题，不同吨位的投料、排料设备，不仅可以满足大、中、小型沼气池用户的需要，同时适合不同运距散户间的流动作业，省时省力，成为我国沼气服务体系建设中的重要工具<sup>[9]</sup>。

参考文献

- [1] 张朝华. 农村沼气综合利用技术[J]. 农业科技与信息, 2010(4): 55.
- [2] 李惠斌, 赵凯, 庞英哲, 等. 农村沼气物业服务体系主要模式介绍[J]. 农业工程技术, 2010(1): 9-11.
- [3] 龚辉, 吴红艳, 朱彩芳. 沼气生态农业建设中的问题探讨[J]. 宁波农业科技, 2009(3): 18-19.
- [4] 山东时风(集团)有限责任公司. 一种沼渣沼液罐液位控制装置: 中国, ZL200920224635. 4[P]. 2009-08-18.
- [5] 杨佳灵. 液态运输车辆吸排性能计算方法[J]. 专用汽车, 1990(1): 24-28.
- [6] 山东时风(集团)有限责任公司. 一种自走式液体抽排车: 中国, ZL201020174511. 2[P]. 2010-04-29.
- [7] NY/T1917-2010. 自走式沼渣沼液抽排技术条件[S].
- [8] 吕建强, 王连. 机械式沼液沼渣出料车的研发[J]. 农机化研究, 2011(3): 223-226.  
Lv Jianqiang, Wang Lian. Development of mechanical biogas slurry cinder bogie[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2011(3): 223-226.
- [9] 付磊. 沼气建设与对策研究[J]. 农业技术与装备, 2009(24): 45-46.

## 行业动态

### 重庆乙醇汽油项目通过国家验收

重庆市自主研发的车用工业乙醇汽油试验项目日前通过国家产业化技术验收。据了解，目前国内有 10 个省使用乙醇汽油。重庆市研发的车用乙醇汽油，是通过添加具有自主知识产权的复合添加剂，将 95% 的工业乙醇调配成变性乙醇，按 1:9 的比例与汽油调配，形成一种新的车用工业乙醇汽油。通过该制备方法，省去了工业乙醇脱水环节。而 1 t 工业乙醇脱水，成本至少在 500 元左右。

国家产业化技术验收表明，该复合添加剂技术填补了我国该领域的空白，总体水平达到国内领先。据介绍，目前国内有 5 家车用乙醇定点生产厂家，由于多用粮食生产，车用乙醇的生产成本依然很高。国家对每吨乙醇的补贴最高达到了 2 000 元，最低补贴 500 元。车用工业乙醇汽油试验项目顺利通过验收，将减少国家财政对车用乙醇生产的巨额补贴，加快我国的可再生能源的发展。  
(晓 渝)