

新疆呼图壁

日产 10000Nm<sup>3</sup> 生物天然气项目

设计方案

四方格林兰清洁能源科技有限公司

德国 EnviTec 沼气公司

二零一五年十月

## 目 录

第一章 项目名称及概况 .....	1
第二章 设计依据及项目建设背景 .....	3
第三章 工艺流程设计 .....	7
第四章 工艺参数设计 .....	16
第五章 核心设备说明 .....	22
第六章 工艺单元设计 .....	27
第七章 建筑与结构设计 .....	37
第八章 电气设计 .....	40
第九章 自动化控制设计及仪表 .....	44
第十章 给水排水及暖通设计 .....	47
第十一章 消防设计 .....	49
第十二章 劳动保护和安全生产 .....	51
第十三章 总投资概算 .....	55
第十四章 进度计划 .....	60
第十五章 经济效益分析 .....	61
第十六章 技术支持及培训方案 .....	64

## 第一章 项目名称及概况

### 1.1 项目名称

新疆呼图壁日产 10000Nm<sup>3</sup>生物天然气项目

### 1.2 项目建设单位

新疆呼图壁 3000 头奶牛场

### 1.3 项目建设地点

新疆呼图壁 3000 头奶牛养殖场内

### 1.4 项目概况

新疆呼图壁新建存栏 3000 头奶牛场项目，为处理奶牛场产生的粪污，同时结合周边丰富的玉米秸秆资源，利用奶牛场产生的粪污和玉米秸秆作为发酵原料，进行沼气生产，进而提纯为生物天然气，项目建设规模为日产生物天然气 10000Nm<sup>3</sup>。

### 1.5 建设目标

选用国际上先进处理工艺、最成熟可靠的设备，确保长期稳定运行；

建成行业精品示范工程、实现环境效益最大化。

### 1.6 建设内容及规模

本项目主要建设内容及规模如下：

(1) 混合进料系统 1 套；

(2) 一体化发酵罐 3 座，单体  $\Phi 32.74 \times 7.0\text{m}$ ，容积为 5952m<sup>3</sup>，有效容积为 5262m<sup>3</sup>；

(3) 罐顶双膜储气柜 3 套，单体容积为 2230m<sup>3</sup>。

(4) 发酵罐内搅拌器 12 台；

(5) 系统增温保温系统 1 套，包括锅炉、加热盘管、罐体保温等；

(6) 沼气净化提纯系统一套，沼气处理量为 800Nm<sup>3</sup>/h；

(7) 公共部分：综合办公楼、技术间、青贮窖等建构筑物以及相应道路、绿化等公共配套工程。

项目达产后，年产沼气 693.5 万 Nm<sup>3</sup>，年产并销售生物天然气 365 万 Nm<sup>3</sup>，年产沼液 9.91 万 t，年产沼渣 2.46 万 t。

### 1.7 核心工艺

采取以“预处理+一体化厌氧发酵+沼气净化提纯+沼渣沼液综合利用”为核心的

处理工艺，所产沼气全部用于沼气提纯。

### **1.8 “三沼” 利用方案**

以奶牛养殖场的粪污和农作物玉米秸秆为原料，通过沼气发酵工艺生产沼气，进行沼气脱硫脱水净化后进行提纯为生物天然气。沼渣、沼液进行有机肥的生产，作为有机肥施用于周边农田，推动当地生态农业的发展。

### **1.9 劳动定员**

项目的运行人员 4 人。

### **1.10 建设工期**

项目的建设工期为 12 个月

## 第二章 设计依据及项目建设背景

### 2.1 设计依据

#### 2.1.1 相关国家法律、法规和政策

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》
- (2) 《中华人民共和国水污染防治法》
- (3) 《中华人民共和国水污染防治法实施细则》
- (4) 《中华人民共和国可再生能源法》
- (5) 《中华人民共和国畜牧法》
- (6) 《畜禽养殖污染防治管理办法》
- (7) 《中华人民共和国农业技术推广法》
- (8) 《中华人民共和国电力法》
- (9) 《中华人民共和国节约能源法》
- (10) 《中华人民共和国循环经济法》
- (11) 《资源综合利用条例》
- (12) 《中共中央国务院关于积极发展现代农业扎实推进社会主义新农村建设的若干意见》
- (13) 《全国生态环境保护纲要》
- (14) 《可再生能源发电价格和费用分摊管理试行办法》
- (15) 《关于发展生物能源和生物化工财税扶持政策的实施意见》
- (16) 《可再生能源发展专项资金管理暂行办法》
- (17) 《国家鼓励的资源综合利用认定管理办法》

#### 2.1.2 相关规范与标准

- (1) GB 3836.1-2010 爆炸性气体环境用电设备
- (2) GB 12348-2008 工业企业厂界环境噪声排放标准
- (3) GB 12801-2008 生产过程安全卫生要求总则
- (4) GB 18596-2001 畜禽养殖业污染排放物标准
- (5) GB 8978-2012 污水综合排放标准
- (6) GB 50011-2010 建筑抗震设计规范
- (7) GB 50014-2006 室外排水设计规范

- (8) GB 50015-2010 建筑给水排水设计规范
- (9) GB 18596-2001 畜禽养殖业污染物排放标准
- (10) GB 4284-1984 农用污泥中污染物控制标准
- (11) GB 5084-2005 农田灌溉水质标准
- (12) GB 14554-93 恶臭污染物排放标准
- (13) GB 50016-2014 建筑设计防火规范
- (14) GB 50037-2013 建筑地面设计规范
- (15) GB 50040-96 动力机器基础设计规范
- (16) GB 50046-2008 工业建筑防腐蚀设计规范
- (17) GB 50052-2009 供配电系统设计规范
- (18) GB 50054-2011 低压配电设计规范
- (19) GB 50069-2002 给水排水工程构筑物结构设计规范
- (20) GB 50187-2012 工业企业总平面设计规范
- (21) GB 50194-2014 建设工程施工现场供用电安全规范
- (22) GB 50303-2012 建筑电气工程施工质量验收规范
- (23) GB50736-2012 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范
- (24) GBJ 22-87 厂矿道路设计规范
- (25) GB 3096-2008 声环境质量标准
- (25) GBJ 87-85 工业企业噪声控制设计规范
- (26) GB/T 18883-2002 室内空气质量标准
- (27) NY/T1220.1-2006 沼气工程技术规范第 1 部分：工艺设计
- (28) NY/T1220.2-2006 沼气工程技术规范第 2 部分：供气设计
- (29) NY/T1220.3-2006 沼气工程技术规范第 3 部分：施工及验收
- (30) NY/T1220.4-2006 沼气工程技术规范第 4 部分：运行管理
- (31) NY/T1220.5-2006 沼气工程技术规范第 5 部分：质量评价
- (32) NY/T1220.6-2014 沼气工程技术规范第 6 部分：安全使用
- (33) NY/T1221-2006 规模化畜禽养殖场沼气工程运行、维护及其安全技术规范
- (34) NY/T 667 -2003 沼气工程规模分类
- (35) NY/T2065-2011 沼肥施用规范
- (36) NY/T 2374-2013 沼气工程沼液沼渣后处理技术规范

- (37) NY/T2598-2014 沼气工程储气装置技术条件
- (38) NY/T2599-2014 规模化畜禽养殖场沼气工程验收规范
- (39) NY/T2600-2014 规模化畜禽养殖场沼气工程设备选型技术规范
- (40) NY 884-2012 生物有机肥
- (41) GB 18047-2000 车用压缩天然气
- (42) GB 17820-2012 天然气
- (43) GB 50028-2006 城镇燃气设计规范

## 2.2 设计原则

### (1) 资源化原则。

畜禽粪污和玉米秸秆是一种有价值的宝贵资源，充分利用畜禽粪污和玉米秸秆资源是污染防治的重要原则。畜禽粪污和玉米秸秆经过处理后，可以产出再生能源（沼气），具有较好的经济价值。

### (2) 可靠性原则

遵循技术先进、工艺成熟的原则，在设计中吸取国际上先进的处理工艺和施工技术，使工程达到国际先进水平。选用最成熟可靠的设备，确保长期稳定运行。

### (3) 生态化原则。

遵循循环经济指导思想，依据物质循环、能量流动的生态学基本原理，强化种养平衡，促进种植业与养殖业结合，实现生态系统的良性循环。

### (4) 综合效益原则。

兼顾环境效益、社会效益、经济效益，将治理污染与资源开发有机结合起来，减小养殖粪污治理的陈本费用，提高污水处理工程的综合效益。

### (5) 管理简便原则

合理处理人工操作和自动控制的关系，对不便人工操作，且人工成本较高的工艺，采用自动化技术，提高系统运行管理水平。

## 2.3 设计范围

本设计范围包括：沼气工程工艺设计；建筑与结构设计；机械设备设计；电气设计；控制及仪表设计；平面与高程设计；劳动生产保护与人员编制设计等。

## 2.4 建设背景及必要性

中国沼气产业发展经历了较长的时间，在生物发酵技术的不断发展、我国新农村

建设和城镇化步伐加快以及国家支持政策的持续引导等多种因素推动下，我国沼气产业经历了长期跨越式发展。长期以来我国政策支持的方向重点在于农村小型户用沼气工程，虽然普及率逐年提高，但诸多问题的出现导致实际运行率不高，高额的投入没有带来预期的效果。行业的发展面临重要的瓶颈，越来越需要新的发展思路和方法。近年来，行业出现了新的发展趋势——“集约化、规模化、专业化”的大中型沼气工程的建设力度得以加强，企业化经营的沼气工程项目取代了以“三改”为特点的小型户用沼气工程的推广普及而成为行业热点，这种变化是我国沼气产业发展的客观需求和必然结果，同时也完全符合世界沼气利用先进国家和地区的运作模式和发展方向。

随着技术的进步和分化发展，沼气工程已经呈现出原材料选择及技术工艺的“多元化”趋势，大型沼气工程依托先进的技术，采用能够适用广谱原料的发酵工艺，一方面改善了工程运行的原料供应状况，同时集中提高了对周边地区秸秆资源、禽畜粪便等的消化利用能力。在产品出口端，建立天然气、有机肥等产品的多联产系统，实现多个产品的深加工处理，如沼气净化为车用燃气，沼渣深加工为生物有机肥等。在实现经济效益的同时，有力的支撑了农村地区的能源、有机肥供应，促进了周边地区循环农业经济的发展和生态环境问题的改善。

同时，以沼气为纽带的农村循环经济模式，通过利用粪便、秸秆生产沼气和有机肥，推进农业生产从主要依靠化肥向增施有机肥转变，从根本上改变了传统的粪便利用方式和过量施用农药及化肥的农业增长方式，有效地节约水、肥、药等重要农业生产资源，减少环境污染，是发展循环经济、显著节约资源的生产模式和消费模式，是建立节约型社会的有效途径。



## 第三章 工艺流程设计

通过对比，本项目拟选用 CSTR 一体化发酵工艺。该工艺具有适应范围广、产气率高等优点，是目前欧洲等沼气利用发达地区主流的工艺，也是我国最近几年在大型、特大型沼气工程中得到广泛成功运用的工艺。

本项目采用世界先进的德国 EnviTec 的湿发酵厌氧处理工艺，沼气提纯采用 EnviTec 膜处理工艺。

### 3.1 预处理和进料工艺

预处理工艺主要是对发酵原料进行预处理：

**玉米秸秆：**采用的玉米秸秆为黄贮玉米秸秆，此处的黄贮玉米秸秆主要是指收获玉米后的玉米秸秆及时收割，粉碎进行后再青贮窖进行储存，利用时，用铲车运送至固体进料箱，固体进料箱内的秸秆通过螺旋输送进入 Kreis-Dissolver 混合搅拌罐。同时固体进料箱配备计量单元。

**粪污：**由于奶牛场产生的粪污含有一定的砂，在进入厌氧发酵罐之前需要进行除砂，本项目采用旋流除砂工艺进行除砂，除砂后的粪污进行粪污接收池，粪污接收池配有搅拌器和出料泵，出料泵把粪污泵送至 Kreis-Dissolver 混合搅拌罐。

**Kreis-Dissolver 混合搅拌罐：**玉米秸秆和粪污输送到搅拌罐后，罐中心安装有带锯齿转盘的搅拌器，用来进行物料混合。Kreis-Dissolver 设备采用密封结构，常压状态运行。搅拌时间、进料间隔时间、日进料量都均可输入计算机控制系统，并根据运行要求来调整。当搅拌完成后，物料由泵输送至厌氧发酵罐内进行发酵。泵送过程由安装在设备底部的地秤控制。

### 3.2 CSTR 产气储气一体化工艺

连续搅拌反应器系统（Continuous Stirred Tank Reactor, CSTR），也称完全混合厌氧反应器，是指带有搅拌浆的槽式反应器。搅拌的目的在于使物料体系达到均匀状态，以利于反应的均质和传热。投料方式采用连续投料或半连续投料运行，新进入的原料由于搅拌作用很快与发酵罐内的全部发酵液菌种混合，使发酵底物浓度始终保持相对较低状态。发酵温度多采用中温发酵，利用罐内加热盘管为原料增温，同时做好反应器外部保温，大大提高了产气率，同时使得反应器一年四季均可正常工作。

CSTR 工艺主要特点为：

(1) 发酵罐内设置机械搅拌，物料均匀分布，避免了分层状态，增加了物料和

微生物接触的机会；

(2) 原料适应性广泛，采用机械搅拌技术，适用于高浓物料发酵；

(3) 沼渣沼液 COD 浓度和 TS 浓度含量高，经固液分离即可直接用于农田施肥。

### **CSTR 产气储气一体化工艺的形成**

随着沼气技术的发展，德国、捷克、荷兰等发达国家的沼气工程装备已达到设计标准化、产品系列化、生产工业化，质量得到有效控制。工程装备的组装技术也达到模块化、规范化。厌氧消化装置（立式罐）顶部常常装有双膜储气柜，构成了发酵、储气一体化装置，既节省了单独设计储气装置的费用和占地面积，又解决了在寒冷地区冬季储气装置水封防冻的问题。

双层膜式沼气储存器由外层膜、内层膜、底膜组成，外层膜和内层膜之间气密，外层膜构成存储器外部球体形状，内层膜则与底膜围成内腔以存储沼气。储存器设有防爆鼓风机，防爆送气鼓风机自动按要求调节气体的进/出量，以保持存储器内气压的稳定，同时在恶劣天气条件下保护外层膜。气体的体积由进入与排出的气体体积决定。外层膜设有一道上下走向的软管，由上述鼓风机把外面空气经此软管送进外层膜与内层膜之间的空间，使外层膜保持球体形状并同时把生物气体压送出去。

内外层膜及底部膜均经过 HF 熔接工序熔接而成，所用材料包括经过表面特殊 PVC 处理的高强度聚酯纤维和丙烯酸脂清漆。PES 纤维的最大拉伸强度是根据 DIN 53354 标准测试的，且在经纬方向均达到了每 5cm 宽的长条可以承受 5,000N 拉力的标准。根据 DIN4102-B1 标准，该纤维具有高度防火性能，特殊表面处理的配方使之具有防紫外线及防泄漏功能。双层膜沼气储存器的建造和面积符合所有相关标准。此外，存储器可抵抗强风的吹刮及积雪的重压，保证设备安全运行。适用温度为-30℃至+70℃。

膜式沼气储存器在世界各地已经有超过 1000 多个以上的应用业绩，包括奥地利、中国、英国、德国、法国、挪威、比利时、丹麦、以色列、日本、韩国、马来西亚等国家，应用已经有超过 25 年的历史。

一体化工艺的优势：

- 相比传统分体式工艺节省工程占地约 10-20%；
- 相对分体式工艺可节省造价约 10-15%；
- 可大大节省工程施工周期；
- 工艺简化、方便维护管理；



图 3-1 CSTR 产气储气一体化工艺

产气储气一体化工艺在欧洲已经成为一种典型的工艺模式，有超过 80%以上的工程均选用了一体化模式。如下图是德国最大的沼气发电工程，该工程日产沼气量为 24 万立方米，该沼气工程由 EnviTec 公司建造。



图 3-2 CSTR 产气储气一体化工艺

本项目选择工艺为 CSTR 产气储气一体化工艺。且工艺的提供商为德国 EnviTec 公司。发酵罐采取预制拼装钢筋混凝土板结构，该结构不仅高度高，钢筋混凝土板在工厂进行生产，可保证混凝土板质量，建设的发酵罐的容积大。本项目采用的发酵罐的单体尺寸为  $\Phi 32.74 \times 7.0\text{m}$ ，容积为  $5952\text{m}^3$ ，有效容积为  $5262\text{m}^3$ 。

发酵罐墙上安装有采样管、事故排放装置带滑阀、监视孔带 DN600 不锈钢盖。

发酵罐还应配备正负压保护器和观察窗。正负压保护器为不锈钢材料，安装在控制平台附近，用于保护气密膜。它反应了专业的农业协会颁布的安全规定的严格要求。正负压保护器包括两个贮水仓，一个负责过压，一个负责低压。响应压力由浸没罩的重量设定。

观察窗设在罐顶气密膜检修孔上。两块可视玻璃安装在平台上的发酵墙上。观察窗和可视玻璃上面装有雨刮器。在其中一块可视玻璃上装有防爆灯。

罐体工艺则主要包括进料、出料、搅拌、排泥、增温、保温等关键环节，下面将对各个环节进行设计说明。

### 3.2.1 进料方式

本项目设计进料为底部进料，半连续进料方式。利用螺杆泵将混匀的物料泵入发酵罐，进料的同时启动搅拌器，促进物料的混匀。

### 3.2.2 出料方式

目前，在大中型沼气工程中，厌氧反应器的出料方式可分为液下出料、液面出料和出水堰收水出料。液下、液面出料适用于高 SS 含量的出料，出水堰收水出料适用于处理低 SS 含量的废水出料。

液下出料是一种常见的典型 CSTR 反应器出料方式，这种方式结构简单，采用了连通器的原理，可有效地密封沼气。

液面出料方式适用于无充分搅拌的物料发酵过程。溢流的口径达到 500mm，加上适当的搅拌，结壳可以从溢流口排出。为防止溢流管道跑气，在出料管的末端设置一个水封井。但是当物料浓度较高时，大量高浓物料会充满水封井，大大增加了人工清理的难度及工作量。

本项目采用液下出料方式。发酵罐内的物料经出料管的通风管排入循环器中。为平衡压力，液面上部的空间通过管道与贮气室相连，循环器的排放管装有气动滑块，在出现停电的情况下安全地将排放管密封起来。循环器的直径为 0.6m，容器约为 1.3 m<sup>3</sup>，为 PE 材料结构，带绝缘和铝合金板。

### 3.2.3 搅拌方式

机械搅拌借助搅拌桨叶的转动来打碎发酵原料，可以产生强大的剪切作用，使发酵罐内的物料达到均质的效果，适用于高浓度物料的搅拌混合。本项目采用潜水式高速推流搅拌器，每个发酵罐配备 4 台搅拌器，以确保物料和热量的均匀分布。为避免

出现浮渣层，可使用提升和倾斜装置来调整搅拌器位置。

搅拌器用托架牢固地安装在池壁上，在控制平台上十分便利操作。搅拌器叶轮材质为聚亚安酯玻璃钢。所有与水接触的部件材质均为不锈钢或球磨铸铁，可适用于物料温度达到 60℃。搅拌器的运行时间可调，满足不同的要求。

### 3.2.4 排泥方式

发酵罐底部设置泥斗，利用静水压力定期将沼渣和沉砂通过厌氧罐底部沼渣管排出。

打开排泥管刀阀，利用罐内水压将沼渣排出，刀阀的使用应遵循“慢开快关”的原则，间隔时间一般 1-2 周排放一次。发酵罐排泥管堵塞时，将高压水打入排泥管清理口进行疏通。

### 3.2.5 增温方式

国内许多大、中型沼气工程加热增温方式主要有两种：一是用热水或蒸汽直接通入发酵反应器进行加热，另一种是将热水或蒸汽通入设在发酵反应器内的盘管进行间接加热。直接加热对罐内微生物的影响较大，而微生物对温度又非常敏感，为避免直接加热对发酵系统的温度冲击，本项目将采用热水盘管间接加热的增温方式。

### 3.2.6 保温方式

厌氧消化反应过程受温度影响很大，本项目厌氧处理单元设计为中温，其最佳温度范围为 35±2℃。为了保证厌氧反应在冬季仍可正常运行，必须对系统实施整体保温措施。

系统整体保温包括管道、阀门保温、厌氧反应器的保温。对于各种管路能地埋的则地埋，地上管路采用常规保温方式实现；在满足工艺及消防要求的情况下，尽可能缩短管道距离，减少热量损耗。

对厌氧发酵罐采用 100mm 硬泡聚氨酯保温外加彩钢板围护等材料进行强化保温。

## 3.3 沼气储存工艺

根据储气压力的不同，沼气储存方式可以分为低压和高压储气。从安全和沼气发电用途来考虑，本工程采用低压储气。目前，常见的低压储气柜有低压湿式储气柜和双层膜式储气柜。常见的双层膜式储气柜可以为分体式落地储气柜和灌顶双膜储气柜。本工程采用灌顶双膜储气柜的储气方式。

本项目发酵罐灌顶，双层膜灌顶的材质是带 PVC 涂层的聚酯织物，这种材质是专门为沼气厂开发生产的。该材料具有阻燃和抗紫外线功能。膜的气体渗透性在

<200cm<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> d bar) 和<500 cm<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> d bar)之间。材料采用高频焊接，气体进出口和冷凝液排口全部在在外层膜上。储气膜顶的设计可抗 85 kg/m<sup>2</sup> 雪荷载，最大风速 25m/s.

储气膜顶的材料为带涂层的织物。在有些情况下会发生脱色，这就是所谓的硫脱色。当 PVC 涂层中以稳定剂、颜料和阻燃剂的型式存在的金属成分与硫化物发生反应时，就出现脱色。脱色现象是可见的，但对顶部的密闭性和寿命没有影响。

### 3.4 沼气净化工艺

沼气净化包括沼气脱硫、沼气脱水等。常用的沼气脱硫主要有生物脱硫和化学脱硫两种方法。

生物脱硫法是利用无色硫细菌，如氧化硫硫杆菌、氧化亚铁硫杆菌等，在微氧条件下将 H<sub>2</sub>S 氧化成单质硫。其优点是：不需要催化剂、不需处理化学污泥，产生很少生物污泥、耗能低、可回收单质硫、去除效率高。同时，该工艺也存在运行不稳定，对运行要求较高等缺点。这种脱硫的技术关键是如何根据 H<sub>2</sub>S 的浓度来控制脱硫塔中氧化还原反应过程。因此适用于工程规模较大，气体中含硫较高的工程中。

化学脱硫是将沼气通过脱硫剂床层，沼气中的 H<sub>2</sub>S 与活性氧化铁接触，生成三硫化二铁，然后含有硫化物的脱硫剂与空气中的氧接触，当有水存在时，铁的硫化物又转化为氧化铁和单体硫。这种脱硫再生过程可循环多次，直至氧化铁脱硫剂表面的大部分空隙被硫或其它杂质覆盖而失去活性为止。再生后的氧化铁可继续脱除沼气中的 H<sub>2</sub>S。化学脱硫适用于工程规模较小，气体含硫量较低的工程中。

本工程日产气量规模较大，拟采用罐内生物粗脱硫+后端活性炭吸附精脱硫的方式对沼气进行脱硫处理，确保达到后续沼气提纯的要求。

本工程采用罐内生物脱硫的方式，通过氧气发生器向发酵罐内充入氧气，利用脱硫菌把沼气中的大部分硫化氢去除。从发酵罐出来的沼气经过冷却脱水后进入活性炭过滤器进行精脱硫，后经过增压等净化单元进入沼气提纯单元。

沼气管道上设置冷凝水井，冷凝水井为钢筋混凝土圆形罐，直径最小为 1 米，提供水密封防止沼气泄漏。从沼气中分离出的冷凝水通过潜水泵从冷凝水罐送至沼液池，冷凝水井中设置液位传感器来控制。

沼气干化脱水系统用于气体冷却和冷凝水分离，通过冷却装置进行。蓄积的冷凝水送至冷凝水箱。

### 3.5 沼气利用选择

沼气利用有三种选择：第一种是沼气全部用于燃气使用；第二种是沼气全部用于发电；第三种是沼气用于提纯作为压缩天然气。本工程选择沼气提纯为生物天然气 CNG。沼气提纯主要的目的是把沼气中的 CO<sub>2</sub> 分离出来，得到的是富含 CH<sub>4</sub> 的气体，也成生物天然气。目前沼气技术主要有 4 大类，一是吸附法，包括变压吸附 PSA 工艺等；二是吸收法，包括利用无机溶剂的物理吸收，如水洗工艺；利用有机溶剂的物理吸收、利用无机溶剂的化学吸收和利用有机溶剂的化学吸收 4 种。三是渗透法，包括高压膜分离和低压膜分离 2 种。四是低温法。目前，4 种方法中有 6 种工艺比较常用，这五种工艺的比较如下表：

表 3.1 6 种沼气提纯工艺技术的关键参数比较

参数	PSA 变压 吸附工艺	水洗 工艺	有机溶剂物 理吸收工艺	有机溶剂化 学吸收工艺	高压膜 分离工艺	低温 工艺
耗电量 (kWh/m <sup>3</sup> 粗沼气)	0.16-0.35	0.20-0.30	0.23-0.33	0.06-0.17	0.18-0.35	0.18-0.25
需热量 (kWh/m <sup>3</sup> 粗沼气)	0	0	0.10-0.15	0.40-0.80	0	0
运行温度 (°C)	5-35	5-10	40-80	106-160	-	-
运行压力 (bar)	1-10	4-10	4-8	0.05-4	7-20	18-25
甲烷损失率 (%)	1.5-2.5	0.5-2	1-4	~0.1	1-15	0.1-1.0
甲烷回收率 (%)	97.5-98.5	98-99.5	96.0-99.0	~99.9	85.0-99.0	99.0-99.9
尾气处理要求 (甲烷 损失>1%时)	需要	需要	需要	不需要	需要	需要
精脱硫要求	需要	不需要	不需要	需要 (根据 厂家要求)	推荐使用	需要
耗水需求 (L/(m <sup>3</sup> 粗 沼气·d))	不需要	需要 (2.1-3.3)	不需要	需要	不需要	不需要
化学物质需求	不需要	不需要	需要	需要	不需要	不需要

本项目拟采用膜分离的技术对其进行提纯，且采用三级膜提纯工艺，工艺流程图如下：

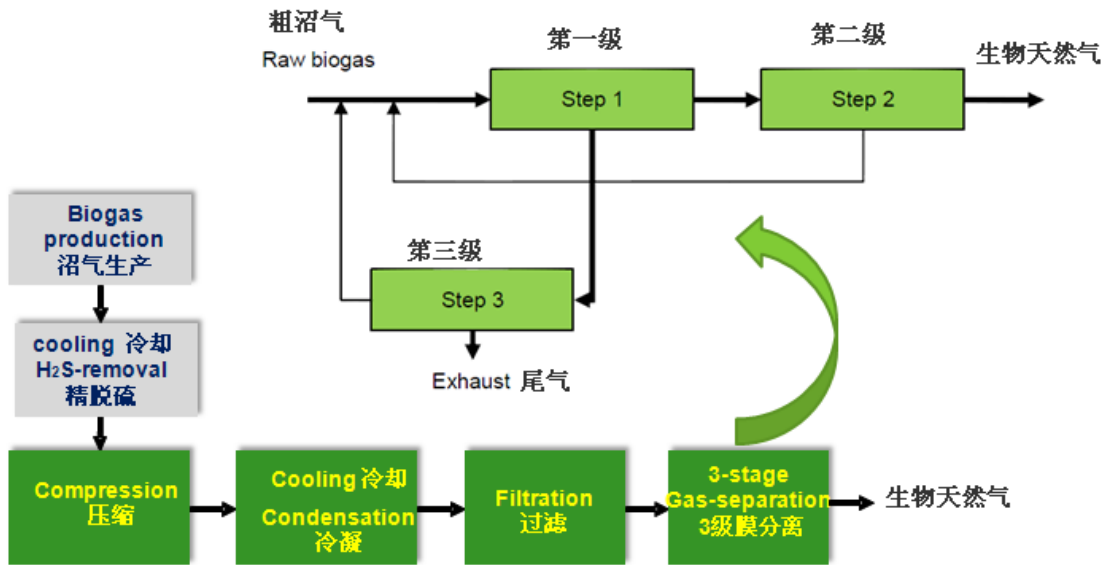


图 3.3 膜提纯工艺流程图

膜提纯的原理是利用膜的选择透过性。采用一种特殊的膜，甲烷不容易穿透，而二氧化碳、硫化氢等气体容易穿透，从而去除沼气中的二氧化碳等气体，得到富含甲烷的气体，即生物天然气。

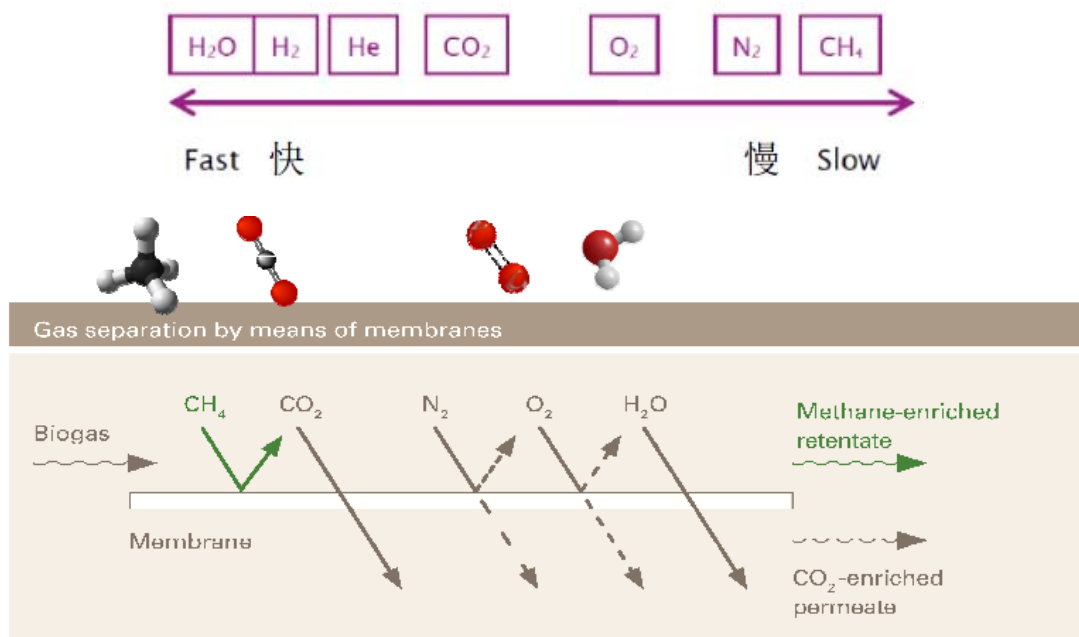


图 3.4 气体穿过膜的速度示例

### 3.6 沼渣沼液处理工艺选择

物料经厌氧发酵后产生的沼渣沼液可直接用于农业施肥，也可利用固液分离机将出料进行固液分离，分别形成沼渣固肥和沼液液肥，分别作为农田的基肥和追肥进行利用。



鉴于本项目沼渣沼液产量较大的具体情况，选择直接对其沼渣沼液进行肥料利用。

### 3.7 工艺流程框图

本项目的工艺流程简图详见附件 1：工艺流程图。

## 第四章 工艺参数设计

### 4.1 物料平衡计算

#### 4.1.1 发酵原料产量计算

根据牧场养殖存栏情况，以及养殖工艺、清粪工艺和挤奶厅废水的收集方式，可计算出每牧场的粪污产量。牧场采取机械铲车清粪，运动场的粪污不进行收集，目前，牧场存栏量为 3000 头，每天可收集到的粪污 255/d，年产粪污量 93075t/a，粪污的干物质含量 TS 为 7.09%。

表 4-1 粪污产量计算

项目		备注
存栏量 (头)	3000	
产粪量 (kg/头)	45	收集系数取 0.7
产粪量 (t/d)	135	
粪 TS (%)	12.50%	
挤奶厅耗水量 (L/头)	40	
挤奶厅废水量 (m <sup>3</sup> /d)	120	
废水 TS (%)	1.00%	
总粪污量 (t/d)	255	
年产粪污量 (t/d)	93075	
总 TS (t/d)	18.075	
粪污的 TS (%)	7.09%	

另外一种发酵原料为玉米秸秆，新疆属于北方玉米区，是我国玉米的主产区之一。据了解，预计该生物天然气项目大概每年需要 4.015 万吨玉米秸秆，当地的玉米秸秆产量完全符合要求，按照每亩地产 2t 黄贮玉米秸秆计算，需要约 2 万亩的玉米种植面积，就能满足本项目的玉米秸秆需求。本项目采用的玉米秸秆为收获玉米后的玉米秸秆，玉米秸秆进行及时收割，避免水分的流失，然后进行粉碎黄贮处理。处理后的玉米秸秆的平均干物质 TS 含量在 35%左右，有机干物质的含量 VS 为 90%TS。

#### 4.1.2 物料平衡计算

物料平衡计算详见表 4-2，按照各个牧场的产生粪污量，按照粪污和玉米秸秆混合原料厌氧发酵的配比要求，计算出所需的黄贮玉米秸秆量，从而确定项目的发酵原

料量和产气规模。

计算参数选取：

- (1) 产气率：奶牛粪污的 VS 产气率为 350Nm<sup>3</sup>/tVS，黄贮玉米秸秆的 VS 产气率为 500Nm<sup>3</sup>/tVS；
- (2) 沼气质量：标准状况下，沼气的干密度按照 1.28kg/m<sup>3</sup> 计算，中温发酵条件下，沼气中的含水量按照 4%计算；
- (3) 固液分离效率：沼渣沼液采取螺旋挤压式固液分离机，分离得到的固体部分沼渣按照含固率 25%计算，得到的液体部分沼液按照含固率为 3%计算。
- (4) 沼气提纯采用膜提纯工艺，沼气中甲烷的含量按照 52%计算，提纯过程中甲烷的损失率按照最大损失率 0.5%计算。

日处理粪污量 255t/d，黄贮玉米秸秆 110t/d，总进料量为 365t/d，日产沼气量为 19000Nm<sup>3</sup>/d，日产生物天然气量为 10000Nm<sup>3</sup>/d，出料固液分离后产沼渣量 67.38t/d，沼液量为 271.54 t/d。

表 4-2 物料平衡计算

物料种类	奶牛粪污	挤奶厅废水	黄贮玉米秸秆	合计
日处理量 (t/d)	135.00	120.00	110.00	365.00
年处理量 (t/a)	49275.00	43800.00	40150.00	133225.00
干物质 TS (%)	12.50%	1.00%	30.00%	13.99%
有机物 VS (%TS)	75.00%	75.00%	90.00%	
TS 量 (t/d)	16.88	1.20	33.00	51.08
VS 量 (t/d)	12.66	0.90	29.70	43.26
含水量 (t/d)	118.13	118.80	77.00	313.93
VS 产气量 (m <sup>3</sup> /tVS)	350.00	350.00	500.00	
产沼气量 (m <sup>3</sup> /d)	4429.69	315.00	14850.00	19594.69
产沼气量工程取值 (m <sup>3</sup> /d)				19000.00
年产沼气量 (m <sup>3</sup> /a)				6935000.00
日产生物天然气量 (m <sup>3</sup> /d)				10445.53

日产生物天然气量工程取值 (m <sup>3</sup> /d)				10000.00
年产生物天然气量 (m <sup>3</sup> /a)				3650000.00
沼液量 (t/d)				271.54
沼渣量 (t/d)				67.38
年产沼液量 (t/a)				99111.33
年产沼渣量 (t/a)				24592.85

## 4.2 发酵单元工艺计算

在发酵单元，本项目采用中温发酵，CSTR 一体化发酵工艺，厌氧发酵罐的设计计算详见下表 4-3，厌氧发酵罐进料的有机负荷取 2.8 kg/ (m<sup>3</sup>·d)，可计算得项目所需的厌氧发酵罐的有效容积，根据我们的钢筋预制混凝土板的规格，选取厌氧发酵罐的直径为 32.74m，总高度为 7m，即 Φ32.74×7.0m，单体有效容积为 5262m<sup>3</sup>，单体总容积为 5952m<sup>3</sup>。项目选择 3 个厌氧发酵罐。

表 4-3 厌氧发酵罐的设计计算

罐体计算	
有机负荷率(kg VS/m <sup>3</sup> /d)	2.80
每天的进料量 (t/d)	365.00
每天的进料 VS 量 (kg/d)	43256.25
需要的发酵罐有效容积 (m <sup>3</sup> )	15448.66
发酵罐的停留时间 (d)	42.33
发酵罐的个数 (个)	3.00
单体发酵罐的有效容积 (m <sup>3</sup> )	5149.55

## 4.3 热能供需平衡计算

由于底物在发酵罐内需要保持在中温发酵，罐内的发酵温度设定为 38℃。系统的需热量主要包括 2 各方面，一个是物料的升温所需要的温度，另一个是发酵罐本身在自然环境中所散失的热量，即使在罐体有保温的情况下。

根据查找相关资料，呼图壁地区的四季气温如下表 4-4，室外设计温度，春季按照-4℃、夏季按照 20℃、秋季按照 15℃、冬季按照-11℃进行计算。

表 4-4 项目地四季平均气温情况

四季天气	春季	夏季	秋季	冬季
日均最高气温 (°C)	4	26	21	-4
日均最低气温 (°C)	-4	16	11	-11
平均降水总量 (mm)	17	28	19	12

发酵底物的计算来料温度，春季按照 5°C、夏季按照 20°C、秋季按照 15°C、冬季按照 0°C 进行计算。

以项目春季计算为例，计算系统的热量需求。详见表 4-5、4-6 和 4-7，春季需热量为 864.63kW，需热量为 74.70GJ/d。

表 4-5 底物加热需求量计算

物料种类	比热容 (kJ/(kg·K))	进料流量 (kg/s)	来料温度 (°C)	发酵罐内温度 (°C)	需要的热功率 (kW)	需热量 (GJ/d)
粪污	3.85	2.95	5.00	38.00	374.97	32.40
黄贮玉米秸秆	3.19	1.27	5.00	38.00	134.02	11.58
合计					<b>509.00</b>	<b>43.98</b>

表 4-6 发酵罐散热量计算

项目	传热系数 (W/(m <sup>2</sup> ·k))	传热面积 (m <sup>2</sup> )	罐外温度 (°C)	罐内温度 (°C)	发酵罐个数	需要的热功率 (kW)	需热量 (GJ/d)
发酵罐罐顶	2.63	841.45	-4.00	38.00	3.00	278.84	24.09
发酵罐侧壁	0.32	642.52	-4.00	38.00	3.00	25.91	2.24
发酵罐底部	0.48	841.45	-4.00	38.00	3.00	50.89	4.40
合计						<b>355.64</b>	<b>30.73</b>

表 4-7 春季需热量合计

	需要的热功率 (kW)	需热量 (GJ/d)
发酵底物	509.00	43.98
发酵罐散热	355.64	30.73
合计	864.63	74.70

按照同样的计算方法和步骤，可计算该项目其它季节系统所需要的热量，夏季需热量为 430.05kW，秋季为 549.51kW，冬季为 1001.03kW。

整个系统中沼气提纯单元可回收压缩机的余热，回收的热能以 55℃ 的热水计，可回收的热量如下表 4-8，可回收的热功率为 150.42kW，可回收的热量为 13.0GJ/d。

表 4-8 提纯系统压缩机余热回收计算

沼气产量 (Nm <sup>3</sup> /d)	热回收系数 (kWh/Nm <sup>3</sup> )	回收的热功率 (kW)	回收的热量 (GJ/d)
19000.00	0.19	150.42	13.00

本项目供需热量计算如下表 4-9，冬季最大热量缺口为 850.61kW，为保证系统正常运行，需向系统补充热量，可采取利用太阳能、地热能等方式，也可配置 1.5 吨的热水锅炉来保证系统的运行。

表 4-9 项目供需热量平衡计算

季节	总需热量 (kW)	可回收的热量 (kW)	热量缺口 (kW)
春季	864.63	150.42	714.22
夏季	430.05	150.42	279.63
秋季	549.51	150.42	399.09
冬季	1001.03	150.42	850.61

#### 4.4 沼渣沼液利用设计

经过厌氧发酵罐发酵产生的沼渣沼液固液分离后，沼渣可进行固体有机肥的生产，也可以作为牛床的垫料。沼液进行无害化处理，制成液态菌肥，后输送到沼液储存池中，然后用沼液车运到周边农田中，用于农田灌溉；农田附近有田间蓄水池的，可将沼液储存在田间蓄水池中。冬季消耗沼液较少时，沼液主要存放在沼液储存池中，沼液储存池按 120 天停留时间计。大的沼液储存池建设在厂区外面，靠近农田，以方便沼液灌溉利用。该沼液储存池由业主负责建设，不在本方案的设计范围。

沼液的成分很高，不仅含有作物生长所需要的氮、磷、钾等营养元素，还有丰富的氨基酸、B 族维生素、各种水解酶、某些植物激素和对病虫害有抑制作用的特质或因子，因此还对作物的某些病虫害有一定的防治作用，同时提升农产品的品质。其主要的营养成分含量如下表 4-16：

表 4-16 沼液的营养成分

样品	总氮	总磷 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	总钾 (K <sub>2</sub> O)	性质
沼液	0.03-0.08%	0.02-0.07%	0.05-1.40%	速效

根据相关研究资料，综合沼液提高玉米产量和品质的因素来考虑，当沼液施用量

控制在 5000-7000kg/667m<sup>2</sup> 的范围内时，玉米的产量最高、品质最佳。计算取值为 6000kg/亩。

利用沼液栽培优质冬小麦，每亩最佳施用量为取 4.6t；根据银川实际情况，按照种植小麦或者玉米计算，按照每亩土地需要沼液 5 吨，主要用于追肥、叶面施肥、浸种等。项目沼液消纳所需土地量计算如下表 4-17，本项目总共需要 1.98 万亩土地用于沼液消纳。据了解，2014 年呼图壁玉米播种面积达到 7.1 万亩，项目所需要的土地量仅为玉米种植面积的 27.88%，完全能消纳项目所产生的沼液。

表 4-17 项目沼液消纳所需土地量计算

项目	产沼液量 (万 t/a)	每亩土地消纳的沼液量 (t/(亩·a))	所需土地量(万亩)
	9.91	5.00	1.98

## 第五章 核心设备说明

### 5.1 混合搅拌罐进料设备

Kreis-Dissolver 混合搅拌罐是我们引进的 EnviTec 的专利技术，为进口设备。可同时接受多种原料，包括固体原料和液态原料，如粪污、粉碎后的秸秆等。可实现粪污和秸秆等原料混合后进料的可能性，同时还可以回流沼液至混合搅拌罐，对进料浓度进行调配。搅拌罐顶部还配备有锯齿转盘的高速旋转搅拌器，可快速对物料进料均值混合，进一步粉碎物料，有利于后端的物料厌氧发酵。



工程实践表明，添加该台设备，可提高物料的产气率，最终沼气产量可提高 9%。同时搅拌后的均质物料，使发酵罐内搅拌能耗降低。

混合搅拌罐底部配备重量传感器，可控制和记录进料量。高速旋转搅拌器采用变频控制，罐内还配备 H<sub>2</sub>S、CH<sub>4</sub> 传感器和高液位传感器，对运行进行安全和精准控制。

### 5.2 一体化预制钢筋混凝土拼装结构厌氧发酵罐

沼气发酵罐按照材质不同可分为现浇钢筋混凝土罐、焊接钢罐、拼装钢罐、利浦罐和预制钢筋混凝土拼装罐。各种发酵罐的比较如下：

表 5-1 各种发酵罐比较

项目	现浇钢筋混凝土罐	焊接钢罐	拼装钢罐	利浦罐	预制钢筋混凝土拼装罐
可建设最大容积 (m <sup>3</sup> )	15000	6000	3000	3000	6000
建设周期	长	一般	较短	较短	短
施工难度	大	较大	较小	较小	小
防腐能力	较好	差	较好	差	较好
耐久性	好	一般	一般	一般	好



由上表可得，由于预制钢筋混凝土罐具有的优点，且考虑物料在发酵罐内需要搅拌和加热，我们选择这种发酵罐的结构形式，且预制钢筋混凝土板一般在预制厂进行生产，商品化的生产有利于保证施工质量。发酵罐容积大，且采用产气储气一体化的结构，可减少项目发酵罐的个数，节省项目的投资。



预制钢筋混凝土板生产



发酵罐的拼装施工

预制钢筋混凝土生产的模板是进口设备，在国内生产混凝土板，降低工程造价。罐顶的储气膜单元采用全进口设备。能抵抗压力、介质、紫外线、温度和风雨雪等。其特点如下：

- 每平米的重量不小于 900g；
- 抗撕裂强度可达 4200N/5cm；
- 高的抗紫外线能力；
- 低的沼气透过率；
- 工作压力：+3.5mbar，短时间可承受+10mbar 压力；
- 直径最大可做到 45m；
- 使用年限：不少于 15 年。



### 5.3 沼气膜提纯设备

本项目拟采用膜分离的技术对其进行提纯，膜提纯技术为我方引进 EnviTec 的技术，膜提纯设备为全进口设备。相比其它的提纯技术，我们膜分离技术有如下的技术优势：

- 甲烷的浓度大于 97 %
- 每立方米沼气提纯的能耗约为 0.26 - 0.28 kWh
- 每立方米沼气提纯回收热能 0.19 kWh
- 可部分荷载情况下运行，提供压力和流量准确控制
- 低运行维护成本
- 满负荷情况下系统快速启动
- 无药剂和热消耗
- 产品气出口压力略低于运行压力 11/16bar，运行温度为 25-28℃
- 提纯系统模块化
- 甲烷损失率小于 0.5 %
- 占地面积小
- 不需要额外干燥

沼气提纯系统为隔音集装箱结构。在进入提纯系统前，需对沼气进行脱水，所产生的冷凝液排入冷凝水池。提纯系统的上游安装有变频压缩机。发酵罐内的剩余沼气送至燃烧火炬烧掉。

为保证 EnviThan 型提纯设备内的清洁沼气，必须采用沼气压缩机对沼气进行增压。压缩机安装在室内，采用压力和平率调节。在压缩机的管道上前装有火焰捕捉器。

提纯膜材采用赢创公司聚酰亚胺膜，为中空纤维膜，膜材如下图所示。





提纯膜组件



提纯集装箱

以我们实际应用中的两种型号的沼气提纯设备，EnviThan 400 H 型和 EnviThan 700 H 型为例，来说明一下膜提纯的优越性，详见下表

表 5-2 EnviThan 400 H 型和 EnviThan 700 H 型设备实际应用

项目	EnviThan 400 H	EnviThan 700 H
处理沼气流量 (Nm <sup>3</sup> /h)	743	1273
生物天然气 (kWh/a)	34998653	61247642

压缩机处理量范围	最大处理量的 60-100%	最大处理量的 60-100%
甲烷浓度 (体积比%)	>97%	>97%
单位处理粗沼气电耗 (kWh/Nm <sup>3</sup> )	大约 0.22	大约 0.22
热量回收 (55℃的热水) (kWh/Nm <sup>3</sup> 粗沼气)	大约 0.15	大约 0.15

注：纯度高于 97.0%的成品天然气产量取决于沼气中甲烷的含量。

单位处理粗沼气电耗是在工作压力 11bar 条件下计算的,如果工作压力增加,则电耗也会增加。电耗的大小还取决于压缩机的处理量范围。

## 第六章 工艺单元设计

工艺单元设计主要包括预处理单元、发酵单元、沼气净化利用单元和沼渣沼液利用单元的设计、建构筑物的设计、主要设备选型。

### 6.1. 预处理单元

#### 6.1.1 粪污接收池

拟建粪污接收池 1 座，收集从养殖场输送过来的粪污。接收池为地下钢筋混凝土结构。大小为  $\Phi 8.0 \times 4.0\text{m}$ ，总容积为  $200.96 \text{ m}^3$ ，有效容积为  $175.84\text{m}^3$ 。

配备设备如下：

(1) 潜水搅拌机

数量：2 台

型号：Xylem, TMR-4660

功率：10kW

(2) 粪污提升泵

数量：1 台，带热保护

型号：Seepex, BN130 – 12

流量： $60\text{m}^3/\text{h}$

功率：26kW

扬程：30m

#### 6.1.2 固体进料系统

固体进料机：用于秸秆等固态发酵原料的进料

1、固体进料机基础

尺寸： $21.63 \times 5.0 \times 0.3\text{m}$ ，体积为  $32.445\text{m}^3$ ，钢筋混凝土结构。

2、固体进料机系统

数量：2 台

型号：Terbrack, Vario 444, 产地德国

单台容积： $96\text{m}^3$

单台功率：7.5kW。

(1) Vario 444 称重系统 1 套，带显示屏。

(2) 横向螺旋输送机

数量：2 台

型号：槽式螺旋，螺旋直径 300mm

单台输送能力：最大 30m<sup>3</sup>/h

单台功率：7.5kW。

(3) 上升螺旋输送机

数量：2 台

型号：槽式螺旋，螺旋直径 300mm

单台输送能力：最大 30m<sup>3</sup>/h

单台功率：7.5kW。

(4) 反向螺旋输送机

数量：2 台

型号：槽式螺旋，螺旋直径 300mm

单台输送能力：最大 30m<sup>3</sup>/h

单台功率：5.0kW。

(5) 填充螺旋输送机

数量：4 台

型号：槽式螺旋，螺旋直径 300mm

单台输送能力：最大 30m<sup>3</sup>/h

单台功率：4.0kW。

### 6.1.3 混合搅拌进料系统

混合搅拌进料系统主要是把从接收池来的粪污和秸秆以及回流的物料进行充分高效搅拌，然后经过物料泵输送至厌氧发酵罐。

1、Kreis-Dissolver 混合搅拌罐

数量：4 台，产地德国

型号：KBDV790-100，采用无极变速

单台容积：3m<sup>3</sup>

单台功率：75kW

材质：不锈钢。

2、发酵罐进料螺杆泵

数量：4 台

型号：Seepex, BN130 – 12

流量：60m<sup>3</sup> /h

功率：26kW

扬程：30m

### 3、泵坑潜水泵

数量：1 台

型号：Xylem, F 3068.180

流量：10m<sup>3</sup> /h

功率：1.7kW

扬程：20m

## 6.2 厌氧发酵系统

厌氧发酵系统是项目的核心，物料在该系统通过发酵产生沼气。

### 1、厌氧发酵罐基础

数量：3 座

尺寸：Φ 33.74×0.5m，体积为 446.81m<sup>3</sup>；

结构：钢筋混凝土结构

### 2、厌氧发酵罐

数量：3 座

尺寸：Φ 32.74×7.0m，总容积为 5952m<sup>3</sup>，有效容积为 5262m<sup>3</sup>

结构：预制钢筋混凝土拼装结构，单体发酵罐的包括 68 块预制板

### 3、膜式储气柜

数量：3 套

单体容积：2230m<sup>3</sup>

材质：PES 聚醚砜树脂，产地德国

### 4、发酵罐搅拌器

数量：12 台，每个发酵罐 4 台

型号：Xylem, 4460.010-5027 Midsized

单台功率：11kW

### 5、观察窗

数量：6 个，每个发酵罐 2 个

型号：VETROLUX，产地德国

单个大小：Φ250×15mm

#### 6、发酵罐循环泵

数量：3 台

型号：Seepex，BN35-6L

流量：20m<sup>3</sup>/h

扬程：30m

单台功率：5.5kW。

#### 7、循环器

数量：3 套

材质：PE

单个大小：Φ0.6m，容积为 1.3m<sup>3</sup> 每个

循环器保温系统：3 套

#### 8、氧气发生器

为罐内生物脱硫提供氧气

数量：1 台

型号：PSCA-PR-CO 80，产地德国

氧气产量：6.5Nm<sup>3</sup>/h

最大工作压力：10bar

功率：7.5kW。

#### 9、正负压保护器

数量：3 套，每个发酵罐 1 套

#### 10、发酵罐加热系统

采用热水盘管的形式

数量：3 套，每个发酵罐 1 套

加热盘管为 DN80 不锈钢管，每套长度为 717m，总长度为 2150m。

#### 11、发酵罐保温系统

数量：3 套，每个发酵罐 1 套

每个发酵罐保温面积为 675m<sup>2</sup>，总保温面积为 2025m<sup>2</sup>。

#### 12、爬梯和操作平台



数量：3 套，每个发酵罐 1 套

13、活塞压缩机

数量：1 套

罐内容积：40L

吸入流量：350L/min

最大压力：10bar

功率：1.7kW

### 6.3 沼渣沼液利用单元

出料单元主要是对沼渣沼液进行处理，包括固液分离等单元。

1、固液分离机

数量：2 台

型号：PSS3.2-780，产地德国

单台处理能力：8-14m<sup>3</sup>/h

单台功率：7.5kW。

2、沼液暂存池

数量：1 个

结构：钢筋混凝土结构

大小：Φ8.0×4.0m

总容积：200.96 m<sup>3</sup>

有效容积：175.84m<sup>3</sup>

3、沼液暂存池出料泵

数量：1 台

型号：Seepex，BN70-12

流量：43m<sup>3</sup>/h

扬程：30m

单台功率：15kW

4、沼液暂存池潜水搅拌机

数量：2 台

型号：Xylem，TMR-4660

功率：10kW

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/986112155152010212>