

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB/T 51063-2014

大中型沼气工程技术规范

Technical code for large and medium-scale
biogas engineering

2014-12-02 发布

2015-08-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

大中型沼气工程技术规范

Technical code for large and medium-scale
biogas engineering

GB/T 51063 - 2014

主编部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 5 年 8 月 1 日

中国建筑工业出版社

2014 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 672 号

住房城乡建设部关于发布国家标准 《大中型沼气工程技术规范》的公告

现批准《大中型沼气工程技术规范》为国家标准，编号为 GB/T 51063-2014，自 2015 年 8 月 1 日起实施。

本规范由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2014 年 12 月 2 日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2010年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标[2010]43号)的要求,规范编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,编制本规范。

本规范的主要技术内容是:1.总则;2.术语和缩略语;3.基本规定;4.沼气站;5.沼气输送及应用;6.施工安装与验收;7.运行与维护。

本规范由住房和城乡建设部负责管理,由北京市公用事业科学研究所负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送北京市公用事业科学研究所(地址:北京市朝阳区安定门外外馆东后街35号,邮编:100011)。

本规范主编单位:北京市公用事业科学研究所

本规范参编单位:北京市燃气集团研究院

农业部沼气科学研究所

北京科技大学

北京市公用工程设计监理有限公司

北京市燕山工业燃气设备有限公司

杭州能源环境工程有限公司

青岛天人环境股份有限公司

北京盈和瑞环保工程有限公司

北京三益能源环保发展股份有限公司

北京时代桃源环境科技有限公司

盘锦建硕管业有限公司

本规范主要起草人员:车立新 方媛媛 张榕林 施国中

蔡磊 刘林 郑毅 李美竹

常旭宁 丁 斌 孙 平 时 军
宋燕民 刘应书 刘慈恩
本规范主要审查人员：杨 健 李长生 梅自力 杨铁荣
王纯莉 彭武厚 沈震寰 吴兆流
孙明烨 刘 斌 陈文柳

目 次

1	总则	1
2	术语和缩略语	2
2.1	术语	2
2.2	缩略语	3
3	基本规定	5
4	沼气站	7
4.1	选址与总平面布置	7
4.2	原料及预处理	10
4.3	厌氧消化工艺及设备	12
4.4	沼气净化	16
4.5	沼气储存	18
4.6	管道及附件、泵、增压机和计量装置	19
4.7	消防设施及给水排水	23
4.8	电气和安全系统	24
4.9	采暖通风	26
5	沼气输送及应用	27
6	施工安装与验收	29
6.1	一般规定	29
6.2	构筑物与基础施工	29
6.3	钢制厌氧消化器安装	30
6.4	沼气净化、储存设施安装	33
6.5	管道施工	34
6.6	设备、电气及仪表安装	36
6.7	试运转	37
6.8	工程竣工验收	38

7 运行与维护	39
7.1 一般规定	39
7.2 沼气站	39
7.3 管道及附件	42
附录 A 预处理池工艺设计计算	44
附录 B 膜式气柜最大储气量与最大承压的关系	48
附录 C 埋地沼气管道与建（构）筑物或相邻管道之间的 水平和垂直净距	49
附录 D 爆炸危险区域等级和范围划分	51
附录 E 沼气站日常化验项目及检验周期	53
本规范用词说明	55
引用标准名录	56
附：条文说明	59

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Abbreviations	2
2.1	Terms	2
2.2	Abbreviations	3
3	Basic Requirements	5
4	Biogas Station	7
4.1	Site Selection and General Layout	7
4.2	Raw Materials and Pretreatment	10
4.3	Anaerobic Digestion Process and Equipments	12
4.4	Biogas Purification	16
4.5	Biogas Storage	18
4.6	Pipeline Accessories Pump Booster and Measuring Devices ...	19
4.7	Fire Fighting Facilities, Water Supply and Drainage System	23
4.8	Electrical Device and Safety System	24
4.9	Heating and Ventilation	26
5	Transportation and Applications of Biogas	27
6	Construction Installation and Acceptance	29
6.1	General Requirements	29
6.2	Structures and Foundation Construction	29
6.3	Installation of Steel Anaerobic Digester	30
6.4	Biogas Purification and Installation of Storage Facilities	33
6.5	Pipeline Construction	34
6.6	Mechanical Equipment and Electrical Instrumentation Installation	36
6.7	Commissioning	37

6.8	Completion and Acceptance	38
7	Operation and Maintenance	39
7.1	General Requirements	39
7.2	Plant Facilities	39
7.3	Pipeline and Accessories	42
Appendix A	The Calculations and Design of Preprocessing Pool Design	44
Appendix B	The Maximum Volume of the Double Membrane Gas Holder and the Maximum Pressure	48
Appendix C	The Horizontal and Vertical Spacing between Buried Gas Pipeline and Buildings, Structures or Adjacent Pipeline	49
Appendix D	Explosion Hazardous Area Classification and Delineating	51
Appendix E	Biogas Routine Laboratory Tests and the Cycle of Inspection	53
	Explanation of Wording in This Code	55
	List of Quoted Standards	56
	Addition: Explanation of Provisions	59

1 总 则

1.0.1 为规范大中型沼气工程的设计、施工安装、验收及运行维护，保证工程质量和安全生产，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于采用厌氧消化工艺处理农业有机废弃物、工业高浓度有机废水、工业有机废渣、污泥，以供气为主且沼气产量不小于 $500\text{m}^3/\text{d}$ ，新建、扩建和改建的沼气工程的设计、施工安装、验收及运行维护。

1.0.3 大中型沼气工程应在不断总结生产、建设实践经验的基础上，积极采用新技术、新工艺、新材料和新设备，做到运行稳定、设备可靠、技术先进、经济可行。

1.0.4 大中型沼气工程设计、施工安装、验收及运行维护，除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和缩略语

2.1 术 语

2.1.1 沼气 biogas

有机物在厌氧条件下经微生物的消化作用产生的一种以甲烷为主，低位发热量不小于 $17\text{MJ}/\text{m}^3$ 的可燃性混合气体。

2.1.2 沼气站 biogas station

采用厌氧消化技术制取沼气，并净化和储存沼气的场所。

2.1.3 大中型沼气工程 large and medium-scale biogas engineering

采用厌氧消化工艺，处理农业有机废弃物、工业高浓度有机废水、工业有机废渣、污泥，沼气产量不小于 $500\text{m}^3/\text{d}$ ，可用于民用、发电和提纯压缩的沼气工程，包括：沼气站、输配管网和用户工程，简称“沼气工程”。

2.1.4 农业有机废弃物 agricultural organic waste

在农业生产过程中产生的农作物秸秆和在养殖业生产全过程中产生的畜禽粪便等有机类物质。

2.1.5 工业高浓度有机废水 high concentration industrial organic wastewater

在酿造、造纸、食品加工等工业生产中排出的 COD_cr 含量大于 $2000\text{mg}/\text{L}$ 的液态有机废弃物。

2.1.6 工业有机废渣 industrial organic residue

在酿造、制糖、淀粉加工、生物制药、造纸和食品加工等工业生产中排出的固态有机废弃物。

2.1.7 污泥 sludge

城镇污水处理过程中初沉池和二沉池产生的污泥，不包括：格栅栅渣、浮渣和沉砂池的沉砂等。

2.1.8 容积有机负荷 volume organic loading rate

厌氧消化器单位容积每日可消解有机物的量，以 $\text{kgCOD}_{\text{cr}}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 表示。

2.1.9 冷干法 cryochem

通过降低温度使沼气中的饱和水冷凝析出的方法。

2.1.10 生物脱硫 bio-desulfurization

脱硫菌群经培养后在微氧条件下将沼气中的硫化氢脱除的方法。

2.1.11 脱硫剂空速 space velocity

单位体积的脱硫剂每小时处理沼气流量的能力。

2.1.12 硫泥 sulfur sludge

生物脱硫过程中产生的含有单质硫、亚硫酸盐、硫酸盐和生物代谢产物的混合物。

2.1.13 厌氧活性污泥 anaerobic activated sludge

由厌氧消化细菌与悬浮物质和胶体物质结合形成的，具有很强吸附分解有机物能力的絮状体、颗粒物，也可作为厌氧消化器初始原料启动的接种物。

2.2 缩 略 语

CSTR——complete stirred tank reactor (完全混合式厌氧反应器)

USR——upflow solid reactor (升流式固体反应器)

UASB——upflow anaerobic sludge blanket reactor (升流式厌氧污泥床反应器)

IC——internal circulation anaerobic reactor (内循环厌氧反应器)

EGSB——expanded granular sludge blanket reactor (颗粒污泥膨胀床反应器)

HCPF——high concentrations of plug-flow reactor (高浓度推流式反应器)

TS——total solids (总固体)

- SS——suspended solids (悬浮固体)
- VS——volatile solids (挥发性固体)
- VSS——volatile suspended solids (挥发性悬浮固体)
- COD_{cr}——chemical oxygen demand (化学需氧量)
- BOD₅——biochemical oxygen demand (生化需氧量)
- HRT——hydraulic retention time (水力停留时间)
- MLVSS——mixed liquor volatile suspended solids (混合液挥发性悬浮固体浓度)

3 基本规定

3.0.1 沼气工程的设计应符合综合利用、环境保护和职业卫生的要求。

3.0.2 沼气工程的建设规模应根据原料的来源及性质、用户类别和用气量等因素综合确定，并宜符合下列规定：

1 用于民用的沼气工程，沼气产量不宜小于 $500\text{m}^3/\text{d}$ ；

2 用于发电的沼气工程，沼气产量不宜小于 $1200\text{m}^3/\text{d}$ ；

3 用于提纯压缩的沼气工程，沼气产量不宜小于 $10000\text{m}^3/\text{d}$ 。

3.0.3 用于民用、发电和提纯压缩的沼气质量应符合表 3.0.3 的规定。

表 3.0.3 用于民用、发电和提纯压缩的沼气质量

项 目	民用集中供气	发电	提纯压缩
热值 MJ/m^3	≥ 17		
硫化氢 (mg/m^3)	≤ 20	≤ 200	可与提纯压缩 终端用户协商确定
水露点 ($^{\circ}\text{C}$)	在脱水装置出口处的压力下， 水露点比输送条件下最低环境温度 度低 5°C		

3.0.4 沼气工程应配备保证供气安全的设施，且使用的材料、设备应符合国家现行标准的有关规定。

3.0.5 当沼气站建设地区的地震加速度大于 $0.10g$ 时，其建（构）筑物的设计应采取抗震措施，并应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《构筑物抗震设计规范》GB 50191 的有关规定。

3.0.6 用于民用的沼气工程供电系统应按现行国家标准《供配

电系统设计规范》GB 50052 的“二级负荷”的规定设计。

3.0.7 用于民用的沼气应进行加臭，加臭装置和加臭剂应符合现行行业标准《城镇燃气加臭技术规程》CJJ/T 148 的有关规定。

3.0.8 沼气工程应采取措施减少噪声、气味等污染，对排放物的处理应符合国家现行环境保护标准的有关规定。

3.0.9 沼气工程的管道、设备等应设置安全标志，安全标志应符合现行行业标准《城镇燃气标志标准》CJJ/T 153 的有关规定。

3.0.10 沼气工程的设计、施工、运行维护应采取保证人身和公共安全的有效措施。

4 沼 气 站

4.1 选址与总平面布置

4.1.1 站址的选择应符合城乡建设的总体规划，并应符合下列规定：

1 宜在居民区全年主导风向的下风侧，并应远离居民区，且应满足卫生防疫的要求；

2 宜靠近沼气发酵原料的产地，用于民用的沼气工程应根据用气区域分布特点选择合理的站址，用于发电上网的沼气工程应靠近输供电线路；

3 宜选择在岩土坚实、抗渗性能良好的天然地基上，并应避免山洪、滑坡等不良地质地段；

4 宜具有给排水、供电条件，对外交通方便；

5 不应选择在架空电力线跨越的区域；

6 站内露天工艺装置与站外建（构）筑物的防火间距应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定。

4.1.2 站区总平面布置应按生产区和生产辅助区划分，并应符合下列规定：

1 生产区应布置预处理设施、厌氧消化器、净化设施、储气设施和增压机房、发电机房、泵房等；

2 生产辅助区应布置监控室、配电间、化验室、维修间等生产辅助设施和管理及生活设施用房等。

4.1.3 站区总平面布置应根据站内各种设施功能和工艺要求，结合地形、风向等因素进行合理设计，并应符合下列规定：

1 总平面布置应紧凑；

2 生产区应布置在辅助区主导风向的下风侧；

3 增压机、发电机等主要噪声源厂房宜低位布置；

4 生产区、辅助区应分别设置出入口；

5 应便于施工和运行维护。

4.1.4 厌氧消化器应分组布置，厌氧消化器之间及厌氧消化器与站内其他设施的间距应能满足检修和操作的要求。

4.1.5 湿式气柜或膜式气柜与站内主要设施的防火间距应符合表 4.1.5 的规定。

表 4.1.5 湿式气柜或膜式气柜与站内主要设施的防火间距 (m)

主要设施	总容积 V (m^3)	
	$V \leq 1000$	$V > 1000$
净化间、沼气增压机房	≥ 10	≥ 12
锅炉房	≥ 15	≥ 20
发电机房、监控室、配电间、化验室、 维修间等辅助生产用房	≥ 12	≥ 15
粉碎间	≥ 20	≥ 25
泵房	≥ 10	≥ 12
管理及生活设施用房	≥ 18	≥ 20
站内道路 (路边)	主要道路	≥ 10
	次要道路	≥ 5

注：1 防火间距按相邻建（构）筑物的外墙凸出部分、厌氧消化器外壁、气柜外壁的最近距离计算；

2 气柜总容积按其几何容积 (m^3) 和设计压力 (绝对压力) 的乘积计算。

4.1.6 干式气柜与站内主要设施的防火间距应按本规范表 4.1.5 的规定增加 25%；带储气膜的厌氧消化器与站内主要设施的防火间距应按表 4.1.5 的规定执行。

4.1.7 带储气膜的厌氧消化器与气柜及各气柜之间的防火间距不宜小于相邻设备较大直径的 1/2。

4.1.8 当站区沼气工艺管路及设备需设置检修用集中放散装置时，应符合下列规定：

1 集中放散装置的火炬和放散口应设置在站内全年主导风

向的下风侧；

2 火炬或放散口与站外建（构）筑物的防火间距应符合现行国家标准《城镇燃气设计规范》GB 50028 的有关规定；

3 火炬或放散口与站内主要设施的防火间距应符合表 4.1.8 的规定；

4 封闭式火炬与站内主要设施的防火间距应按表 4.1.8 的规定减少 50%。

表 4.1.8 火炬或放散口与站内主要设施的防火间距 (m)

主要设施		防火间距
厌氧消化器组		≥20
湿式气柜或膜式气柜 总容积 V (m ³)	V ≤ 1000	≥20
	V > 1000	≥25
干式气柜 总容积 V (m ³)	V ≤ 1000	≥25
	V > 1000	≥32
净化间、沼气增压机房		≥20
锅炉房		≥25
发电机房、监控室、配电间、化验室、维修间等辅助生产用房		≥25
粉碎间		≥30
泵房		≥20
管理及生活设施用房		≥25
秸秆堆料场		≥30
站内道路（路边）		≥2

4.1.9 秸秆堆料场与站内主要设施的防火间距应符合表 4.1.9 的规定。

表 4.1.9 秸秆堆料场与站内主要设施的防火间距 (m)

主要设施		防火间距
厌氧消化器组		≥20
湿式气柜或膜式气柜总容积 V (m ³)	V ≤ 1000	≥20
	V > 1000	≥25

续表 4.1.9

主要设施		防火间距
干式气柜总容积 V (m^3)	$V \leq 1000$	≥ 25
	$V > 1000$	≥ 32
净化间、沼气增压机房、泵房、锅炉房, 辅助生产用房, 管理及生活设施用房等站内建(构)筑物		≥ 15
站内道路(路边)	主要道路	≥ 10
	次要道路	≥ 5

4.1.10 净化间、沼气增压机房等甲类生产厂房、气柜及秸秆堆料场与架空电力线路最近水平距离不应小于电杆(塔)高度的1.5倍。

4.1.11 沼气站内各类设施之间的防火间距除应符合本规范的要求外,尚应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016的有关规定。

4.1.12 沼气站区的竖向设计应充分利用原有地形高差,做到工艺能耗低、土方平整和排水畅通。

4.1.13 沼气站内应设置消防通道。占地面积大于 $3000m^2$ 的沼气站宜设置环形通道,并应设置车辆行驶方向标志。消防车道的的设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016的有关规定。

4.1.14 沼气站周围应设置围墙,高度不宜小于 $2m$,且与站内建(构)筑物的间距不宜小于 $5m$ 。

4.2 原料及预处理

4.2.1 原料供应量应稳定,农业有机废弃物原料的收集应符合下列规定:

- 1 对畜禽粪便原料,应及时收集和使用;
- 2 对秸秆原料,应在沼气站内或附近设置短期堆放秸秆的场所,秸秆堆料场面积的大小宜根据秸秆收购量和消耗量确定。

4.2.2 工业高浓度有机废水、工业有机废渣、污泥原料中不应含有对厌氧发酵产生抑制作用的有毒物质或抑制剂，且 BOD_5/COD_{Cr} 不应小于 0.3。

4.2.3 厌氧发酵原料应进行预处理，并应根据原料特点设置相应的预处理设施。

4.2.4 农业有机废弃物、工业高浓度有机废水的预处理应符合下列规定：

1 含漂杂物较多的原料，应设置格栅，栅条间隙应根据原料种类、流量、杂物大小及水泵要求确定；

2 含砂较多的原料，应设置沉砂池和除砂装置；沉砂池最小有效容积应根据原料流量、流速、黏度、密度及停留时间计算确定；

3 水质、水量和温度波动较大的原料，应设置调节池，其最小有效容积应能满足原料变化一个周期所排放的全部原料量；

4 格栅、沉砂池及调节池的设计应符合本规范附录 A 的规定。

4.2.5 秸秆的预处理应符合下列规定：

1 干秸秆应在粉碎间进行粉碎，经粉碎后的粒径宜小于 10mm；

2 鲜秸秆应经粉碎后进入青贮池储存，粉碎后的粒径宜为 20mm~30mm；

3 秸秆原料宜在调配池中调质均匀后进入厌氧消化器。

4.2.6 工业有机废渣和污泥的预处理应符合下列规定：

1 工业有机废渣或污泥饼，在进入厌氧消化器前宜设置集料池，其最小有效容积应根据原料的收集周期或厌氧消化器的进料周期确定；

2 湿污泥浓缩后的含水率宜为 96%。

4.2.7 各种原料经预处理后，温度、固体浓度等应调制均匀，且不得含有直径或长度大于 40mm 的固体悬浮物。

4.2.8 预处理构筑物宜采用钢筋混凝土抗渗结构，并应符合现

行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

4.3 厌氧消化工艺及设备

4.3.1 厌氧消化工艺和厌氧消化器应根据原料特性、发酵时间、进料方式、进料条件等经技术经济比较后确定。

4.3.2 厌氧消化工艺温度应根据原料温度、采用热源形式等因素确定，并应符合下列规定：

1 采用中温厌氧消化工艺时，温度宜为 $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ；

2 当原料温度高于 50°C 时，宜选用高温厌氧消化工艺，高温厌氧消化温度宜为 $55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，不宜超过 58°C ；

3 运行稳定后日发酵温度波动范围宜为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

4.3.3 厌氧消化工艺可根据消化阶段的要求按一级消化工艺或两级消化工艺进行设计。当采用两级消化工艺时，一级的厌氧消化器应能和二级的厌氧消化器切换，且均可独立使用。

4.3.4 对于不间断供气的沼气工程，厌氧消化器数量不应少于 2 个。

4.3.5 厌氧消化器进料方式可采用连续进料或批次进料方式，并应根据小时进料量计算进出料管管径、进料设备参数及加热料液到设计温度所需要的热量等。

4.3.6 采用固体含量较高的废弃物为原料时，宜选用完全混合式厌氧反应器（CSTR）、升流式固体反应器（USR）或高浓度推流式反应器（HCPF）。采用溶解性有机物较高的废水为原料时，宜选用升流式厌氧污泥床反应器（UASB）、内循环厌氧反应器（IC）或颗粒污泥膨胀床反应器（EGSB）。

4.3.7 厌氧消化器设计参数宜按表 4.3.7 的要求确定。当不满足需要时，可通过试验确定。

表 4.3.7 厌氧消化器设计参数

消化器类型		CSTR	USR	HCPF	UASB	IC	EGSB
进料条件	TS (%)	6~12	≤ 6	10~15	—	—	—
	SS (mg/L)	—	—	—	≤ 1500	≤ 1000	≤ 2000

续表 4.3.7

消化器类型		CSTR	USR	HCPF	UASB	IC	EGSB
设计参数	高径比	1:1	>1:1	长径比 ≥4:1	<3:1	4:1~ 8:1	3:1~ 5:1
	有效水深 (m)	不限	不限	—	4~8	15~25	15~20
	上升流速 (m/h)	不限	不限	—	<0.8	下: 10~20 上: 2~10	3~7
是否带搅拌装置		是	否	是	否	否	否
是否带布料装置		否	是	否	是	是	是
出料装置		顶部溢流	顶部溢流	顶部溢流	设置三相分离器	设置三相分离器	设置三相分离器

4.3.8 厌氧消化器的设计压力应根据工作液面高度和气相部分工作压力确定，且不应小于工作液面的高度对应的水压，其气相部分的输出工作压力应按下列公式计算：

$$P \geq P_{c1} + \Delta P_y + \Delta P_j + \Delta P_{jh} \quad (4.3.8-1)$$

$$\Delta P_y = \frac{\lambda}{d} l \frac{\rho v^2}{2} \quad (4.3.8-2)$$

$$\Delta P_j = \zeta \frac{\rho v^2}{2} \quad (4.3.8-3)$$

式中： P ——厌氧消化器气相部分工作压力 (Pa)；

P_{c1} ——气柜额定工作压力 (Pa)；

ΔP_y ——管路沿程阻力 (Pa)；

ΔP_j ——管路局部阻力 (Pa)；

ΔP_{jh} ——净化装置阻力 (Pa)；

λ ——摩擦系数；

l ——管路长度 (m)；

ζ ——局部阻力系数；

ρ ——沼气密度 (kg/m^3)；

v ——管道内沼气流速 (m/s)；

d ——沼气管道内径 (m)。

4.3.9 厌氧消化器的总有效容积可根据水力停留时间或容积有机负荷确定，并应符合下列规定：

1 根据水力停留时间确定的厌氧消化器的总有效容积可按下列下式计算：

$$V = Q\theta \quad (4.3.9-1)$$

式中： V ——厌氧消化器的总有效容积 (m^3)；

Q ——厌氧消化器的设计流量 (m^3/d)；

θ ——厌氧消化器的水力停留时间 (d)。

2 根据容积有机负荷确定的厌氧消化器的总有效容积可按下列下式计算：

$$V = \frac{(S_0 - S_e)Q}{U_v} \quad (4.3.9-2)$$

式中： S_0 ——厌氧消化器进水化学需氧量 ($\text{kgCOD}_{\text{cr}}/\text{m}^3$)；

S_e ——厌氧消化器出水化学需氧量 ($\text{kgCOD}_{\text{cr}}/\text{m}^3$)；

U_v ——厌氧消化器的化学需氧量容积有机负荷 ($\text{kgCOD}_{\text{cr}}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$)。

4.3.10 CSTR 应设置搅拌装置，并应符合下列规定：

1 当采用机械搅拌时，机械搅拌器宜设置在厌氧消化器顶部，搅拌器的半径应根据罐体尺寸、料液性质等确定，扰动半径宜为 3m~6m；对于直径较大的厌氧消化器，宜设置多个搅拌器，且应均匀布置；

2 当采用沼气搅拌时，在厌氧消化器内应设置配气环管，且配气环管应均匀布置。

4.3.11 UASB、IC、EGSB 应设置三相分离器，并应符合下列规定：

1 三相分离器应由气封、沉淀区和回流缝三部分组成，可采用整体或组合式的布置方式；

2 三相分离器斜板与水平面的夹角宜为 $55^\circ \sim 60^\circ$ ；

3 沉淀区的沉淀面积可根据原料流量和表面负荷率确定，表面负荷率可按厌氧消化器的上升流速计算确定；

4 沉淀区的水深应大于 1000mm，水力停留时间宜为 1.0h~1.5h；

5 回流缝的水流速度宜小于 2.0m/h；

6 三相分离器可使用高密度聚乙烯、碳钢、不锈钢等材质。当使用碳钢时，应进行防腐处理。

4.3.12 厌氧消化器应设置进料管、出料管、排泥管、安全放散、集气管、检修人孔和观察窗等附属设施及附件，并应符合下列规定：

1 检修人孔孔径不应大于 1200mm；

2 进料管距消化器罐底不宜小于 500mm；

3 厌氧消化器集气管距液面不宜小于 1000mm，管径应经计算确定，且不宜小于 100mm；

4 厌氧消化器排泥管宜设置在消化器的最低处，排泥管的管径不宜小于 150mm；排泥管阀门后应设置清扫口；

5 厌氧消化器进料管和排泥管应选用双刀闸阀门；

6 厌氧消化器罐体应预留各附属管道及附件的接口。

4.3.13 厌氧消化器宜采用钢制或钢筋混凝土结构，钢制厌氧消化器可采用焊接、钢板拼装和螺旋双折边咬口结构。钢制厌氧消化器的罐壁板的材质宜为 Q235 或 Q345。

4.3.14 钢制厌氧消化器应安装在钢筋混凝土基础上，基础外圆直径应大于设备主体直径 500mm 以上。基础设计应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定。

4.3.15 厌氧消化器应设置加热保温装置。总需热量应考虑冬季最不利工况，并可按下式计算：

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (4.3.15)$$

式中：Q——总需热量 (kJ/h)；

Q_1 ——加热料液到设计温度需要的热量 (kJ/h)；

Q_2 ——保持消化器发酵温度需要的热量 (kJ/h)；

Q_3 ——管道散热量 (kJ/h)。

换热装置的总换热面积应根据热平衡计算，并应留有10%~20%的余量。

4.3.16 钢制厌氧消化器内外壁应采取防腐措施，外壁防腐层外侧应设置保温层，保温材料宜选用阻燃、环保的材料，保温层厚度应通过经济技术比较后确定，保温层外侧应设置防护层。

4.3.17 厌氧消化器上部应设置正负压保护装置和低压报警装置。

4.3.18 厌氧消化器集气管路上宜设置稳压装置。采用水封稳压装置时，有效高度应根据厌氧消化器最大工作压力和后端储气压力确定。

4.3.19 厌氧消化污泥的处理应符合下列规定：

1 厌氧消化污泥应采用储泥池储存，储泥池的容积应根据污泥量和消纳量及消纳周期等因素确定；

2 厌氧消化污泥机械脱水可根据污泥性质、污泥产量、脱水要求等选用离心机、板框压滤机、螺旋式压滤机或带式压滤机；脱水后的污泥含水率应小于80%；

3 脱水后的污泥不得露天堆放，并应及时处理；

4 污泥堆场的大小应按污泥产量、运输条件等确定，污泥堆场地面应有防渗、防漏等措施。

4.3.20 厌氧消化液的处置与利用应符合下列规定：

1 厌氧消化液宜优先考虑农用；

2 储存池应能满足所种农作物均衡施肥要求，其容积应根据厌氧消化液的数量、储存时间、利用方式、利用周期、当地降雨量与蒸发量确定。

4.4 沼气净化

4.4.1 厌氧消化器产生的沼气应进行脱硫、脱水净化处理。净化工艺的选择应根据沼气的不同用途、处理量、沼气质量指标，并结合当地环境温度等因素，经技术经济比较后确定。

- 4.4.2 沼气脱硫宜采用生物脱硫、干法脱硫或湿法脱硫。
- 4.4.3 当一级脱硫后的沼气质量不能满足要求时，应采用两级脱硫，第二级宜采用干法脱硫。
- 4.4.4 脱硫工艺的设计应符合下列规定：
- 1 生物脱硫应设置在脱水装置前端；
 - 2 干法脱硫应设置在脱水装置后端；
 - 3 脱硫装置应设置备用设备；
 - 4 脱硫装置前后应设置阀门；
 - 5 脱硫装置前后应预留检测口；
 - 6 废脱硫剂、硫泥的处置应符合环境保护的要求。
- 4.4.5 生物脱硫的工艺设计应符合下列规定：
- 1 生物脱硫系统宜设置生物脱硫塔、循环水箱、循环泵、鼓风机、排渣泵和加药泵等；
 - 2 脱硫塔应易于清理、维护、检修并应设置观察窗及人孔；
 - 3 循环水箱内应设置温度传感器及加热装置；
 - 4 生物脱硫后沼气管路宜设置氧含量在线监测系统，并与风机联动，沼气中余氧含量应小于1%；
 - 5 生物脱硫所需的营养液应满足脱硫菌群生存的要求；
 - 6 生物脱硫装置的脱硫效果应满足工艺要求。
- 4.4.6 干法脱硫的工艺设计应符合下列规定：
- 1 脱硫剂宜采用氧化铁，脱硫剂空速宜为 $200\text{h}^{-1}\sim 400\text{h}^{-1}$ ；
 - 2 沼气首次通过脱硫剂每米床层时的压力降应小于100Pa；
 - 3 每层颗粒状脱硫剂装填高度宜为1.0m~1.4m；
 - 4 沼气通过颗粒状脱硫剂的线速度宜为 $0.020\text{m/s}\sim 0.025\text{m/s}$ ；
 - 5 脱硫塔的操作温度应为 $25^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ ，寒冷地区的脱硫设施应有保温或采暖措施；
 - 6 脱硫塔底部最低处应设置排污阀；
 - 7 每台脱硫装置应有独立的放散管；
 - 8 脱硫剂在塔内再生时应设置进空气管，在线再生时，宜配备在线氧监控系统。

4.4.7 沼气脱水宜采用冷干法脱水装置，也可采用重力法（气水分离器）或固体吸附法等，并应符合下列规定：

- 1 冷干法或固体吸附法脱水装置前宜设置气水分离器或凝水器；
- 2 脱水前的沼气管道的最低处宜设置凝水器；
- 3 脱水装置的沼气出口管道上应设置水露点检测口。

4.5 沼气储存

4.5.1 沼气宜采用低压储存。气柜的选择应根据用户性质、供气规模、用气时间、供气距离等因素，经技术经济比较后确定。

4.5.2 储气容积应能满足用气的均衡性，当缺乏相关资料时应符合下列规定：

1 用于民用的储气容积可按日平均供气量的 50%~60% 确定；

2 发电机组连续运行时，储气容积宜按发电机日用气量的 10%~30% 确定；发电机组间断运行时，储气容积宜大于间断发电时间的用气总量；

3 用于提纯压缩时，储气容积宜按日用气量的 10%~30% 确定；

4 确定气柜单体容积时，应考虑气柜检修期间供气系统的调度平衡，对于不间断供气的用户，气柜数量不宜少于 2 个。

4.5.3 气柜应设自动超压放散装置和低压报警装置。

4.5.4 膜式气柜的工艺设计应符合下列规定：

1 膜式气柜应由气柜本体、气柜稳压系统、泄漏检测系统、气量检测系统、超压放散装置等组成；

2 外膜宜选用防静电，有良好反光效果、抗紫外线、耐老化、耐低温的高强度阻燃材料；

3 内膜、底膜应选用防沼气渗透、耐磨、耐褶皱、耐硫化氢腐蚀的高强度阻燃材料；

4 气柜稳压系统应包括吹膜防爆风机、柔性风管、蝶阀、

调压装置和风道口，吹膜防爆风机应设置备用设备；

5 泄漏检测系统中甲烷浓度传感器宜安装在外膜内侧顶部，并应将报警信号远传至控制室；

6 气量检测系统应能即时显示气柜中的沼气储量；

7 外膜应设置观察窗，观察窗的位置应便于观察内膜的情况；

8 独立式膜式气柜应设置基础，基础应密实、平整，坡度不应小于 0.02，且坡向排水管；

9 独立式膜式气柜的形状宜采用 3/4 球冠或半球形，一体化膜式气柜形状宜为半球形或 1/4 球冠；

10 储气量与最大储气压力的关系宜符合本规范附录 B 的规定；

11 独立式膜式气柜的进出气管路应安装凝水器，管道应坡向凝水器，其坡度不应小于 0.003。

4.5.5 寒冷地区宜采用干式气柜，当采用湿式气柜时应采取相应的防冻措施。湿式气柜和干式气柜的设计应符合现行国家标准《工业企业煤气安全规程》GB 6222 的有关规定。

4.6 管道及附件、泵、增压机和计量装置

4.6.1 沼气管道的管道应符合下列规定：

1 输送物料的工艺管道宜采用钢管，沼气管道宜采用聚乙烯管或钢管；

2 焊接钢管、镀锌钢管应符合现行国家标准《低压流体输送用焊接钢管》GB/T 3091；无缝钢管应符合现行国家标准《输送流体用无缝钢管》GB/T 8163 的有关规定；

3 聚乙烯管应符合现行行业标准《聚乙烯燃气管道工程技术规程》CJJ 63 的有关规定；

4 不锈钢管应符合现行国家标准《流体输送用不锈钢无缝钢管》GB/T 14976 的有关规定。

4.6.2 架空管道的敷设应符合下列规定：

1 车行道与人行道处，管底距道路路面的垂直净距不宜小于 4m；车行道与人行道以外的地区，管底距地面的垂直净距不宜小于 0.35m；

2 支架的最大允许间距应根据管材的强度、管道截面刚度、外荷载大小、水压试验时管内水重及管道最大允许挠度等参数，并经计算确定；

3 支架应采用金属或钢筋混凝土材料，金属材料应做防腐处理，支架应坚固；

4 架空钢质管道的防腐处理应选用干燥快、涂敷工艺简单、不易裂缝剥皮、附着力强、耐水性好的涂料；

5 架空管道宜采取保温措施，保温材料应具有良好的防潮性和耐候性，并应采用阻燃材料；

6 管道宜采用自然补偿的方式；

7 架空管道应采取防碰撞保护措施和设置警示标志；

8 架空沼气管道法兰及阀门等易泄漏沼气的部位应避免与沼气管道共架敷设的其他管道的操作装置；

9 架空沼气管道与水管、热力管共支架敷设时，垂直净距不宜小于 250mm；水平净距不宜小于 200mm；支架基础外缘距建筑物外墙的净距不应小于 4m；

10 架空沼气管道的坡度不宜小于 0.005，管道最低点应设有排水器。

4.6.3 在容易积存沉淀物的物料管道上部，宜设检查管。

4.6.4 埋地管道最小覆土深度应在冰冻线以下，并应符合下列规定：

1 当敷设在人行道下时，不得小于 0.6m；

2 当敷设在机动车道下时，不得小于 0.9m；

3 当敷设在机动车不可能到达的地方，钢管不得小于 0.3m，聚乙烯管不得小于 0.5m；

4 当敷设深度不能满足要求时，应采取有效的安全防护措施。

4.6.5 埋地管道与其他相邻建（构）筑物或相邻管道的最小水平间距和垂直净距，应符合本规范附录 C 的规定。

4.6.6 埋地管道应采取排水措施，排水坡度不应小于 0.003，并应在埋地管道最低点设置凝水器。

4.6.7 埋地钢质管道的连接应采用焊接。

4.6.8 当公称直径小于或等于 50mm 时，管道与设备及阀门宜采用螺纹连接；当公称直径大于 50mm 时，管道与设备及阀门应采用法兰连接。

4.6.9 埋地钢质管道应进行防腐处理。输送物料的工艺管道的防腐应符合现行国家标准《钢质管道外腐蚀控制规范》GB/T 21447 的有关规定，沼气管道的防腐应符合现行行业标准《城镇燃气埋地钢质管道腐蚀控制技术规程》CJJ 95 的有关规定。

4.6.10 阀门的选用应符合下列规定：

- 1 管道阀门应采用燃气专用阀门；
- 2 寒冷地区不应采用灰铸铁阀门；
- 3 防火区域内使用的阀门应具有耐火性能。

4.6.11 沼气站应按工艺和安全的要求设置放散管，并应符合下列规定：

1 当放散管直径大于 150mm 时，放散管口高出建筑物顶面、沼气管道及平台的距离不应小于 4m；当放散管直径小于或等于 150mm 时，放散管管口高出建筑物顶面、沼气管道及平台的距离不应小于 2.5m；

2 放散管前应设置阀门，放散管口应采取防止雨雪进入管道的措施。

4.6.12 泵的选型应根据物料 TS 浓度、固形物粒度、扬程、流量等参数确定，同种用途的水泵宜选用同一型号，备用泵不得少于 1 台。

4.6.13 泵的布置应符合下列规定：

1 水泵布置宜采用单行排列，水泵的布置和通道宽度应满足机电设备安装、运行和操作的要求，其间距应符合下列规定：

- 1) 水泵机组基础间的净距不宜小于 1.0m;
- 2) 机组突出部分与墙壁的净距不宜小于 1.2m;
- 3) 主要通道宽度不宜小于 1.5m。

2 水泵机组的基础高出地坪不应小于 100mm，机座边缘距基础边缘的距离不宜小于 100mm。

3 水泵的进出口管道均应设置切断阀，同种用途水泵之间应能任意切换。

4 2 台及 2 台以上水泵合用 1 根出口管道时，应在切断阀前设置止回阀。

4.6.14 当沼气压力不满足用户要求时，应设置沼气专用增压机。增压机的选择应符合下列规定：

1 增压机流量应按用户小时最大用气量确定，压力应按用户需要的最高压力和增压机出口至用户之间的最大阻力之和确定；

2 增压机组的并联工作台数不宜超过 3 台，且其中 1 台应为备用。

4.6.15 增压机应安装在单独的增压间内，增压机的布置应符合下列规定：

1 增压机之间和增压机与墙通道宽度，应根据增压机型号、操作和检修的需要等因素确定；

2 增压机前应设置缓冲装置，沼气在缓冲装置内停留时间不应少于 3s；缓冲装置应设置切断阀和上、下限位报警装置；当沼气储量位于下限位时应能与加压设备停机和自动切断阀连锁；

3 每台增压机的出口管道上应设置止回阀；增压机组的出口总管道和入口总管道间应设置回流管道；出口总管道处应设置阻火器；

4 增压机组前应设置现场紧急停车按钮。

4.6.16 沼气站内应安装计量装置，计量装置应安装在净化装置后。

4.7 消防设施及给水排水

4.7.1 沼气站消防设施的设置应符合下列规定：

1 沼气站在同一时间内的火灾次数应按一次考虑；气柜、建筑物和秸秆堆场一次灭火的室外消防用水量应符合表 4.7.1 的规定。

表 4.7.1 气柜、建筑物和秸秆堆场一次灭火的室外消防用水量

设施类型	气柜	建筑物		秸秆堆场	
		净化间、增压机房、粉碎间、发电机房、锅炉房、监控室、配电间、泵房、化验室、维修间等辅助生产厂房	管理及生活设施用房	储存量 <500t	储存量 ≥500t
消防用水量 (L/s)	≥15	≥10	≥10	≥20	≥35

注：消防用水量按最大的一座建筑物或堆场、气柜的消防用水量计算。

2 寒冷地区应设置地下式消火栓，其他地区宜设置地上式消火栓。

3 采用天然水源不能满足室内外消防用水量时应设置消防水池；由市政给水管道供水；且室内外消防用水量之和大于 25L/s 时，应设置消防水池。

4 消防水池的容量应按火灾延续时间 3h 计算确定；当火灾情况下能保证连续向消防水池补水时，消防水池的容量可减去火灾延续时间内的补水量。

5 净化间、增压机房、泵房、秸秆堆料场等灭火器的配置应符合现行国家标准《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140 的有关规定。

4.7.2 沼气站内给排水设施的设计除应符合现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015 的有关规定外，还应符合下列规定：

1 沼气站的生产生活用水量应按生产用水量、生活用水量及绿化用水量之和计算。用水指标应按现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015 的有关规定执行；

2 沼气站内应实行雨污分流，雨水宜排入当地排水系统，不含杀菌剂的生活污水宜排入预处理设施；

3 泵房、锅炉房、净化间等应设置排除积水的设施；

4 沼气站排出的生产污水应集中处理。

4.8 电气和安全系统

4.8.1 沼气站内具有爆炸危险的进料间、净化间、锅炉房、增压机间等建（构）筑物应设置甲烷浓度报警器和事故排风机。当检测到空气中甲烷浓度达到爆炸下限的 20%（体积比）时，事故排风机应能自动开启，并应将报警信号送至控制室。甲烷浓度报警器及其报警装置的选用和安装应符合现行行业标准《城镇燃气报警控制系统技术规程》CJJ/T 146 的有关规定。

4.8.2 有爆炸危险的房间或区域内的电气防爆设计，应符合现行国家标准《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB 50058 的有关规定，爆炸危险区等级和范围的划分应符合本规范附录 D 的规定。

4.8.3 沼气站宜设置集中监测系统。集中监测系统的中央控制室的仪表电源应配备在线式不间断供电电源设备（UPS），并宜对下列参数进行在线监测：

- 1 预处理构筑物内、厌氧消化器内物料的液位；
- 2 厌氧消化器内物料的温度、pH 值及沼气压力；
- 3 热交换器进出口水温；
- 4 脱硫装置进出口沼气的硫化氢浓度；
- 5 脱水装置进出口沼气的水含量；

6 气柜进口甲烷含量、氧含量、二氧化碳含量、流量及气柜中沼气的储量、压力；

7 增压机后沼气的压力、温度；

8 风机、增压机、水泵、锅炉等设备的启停状态。

4.8.4 沼气站内具有爆炸危险的进料间、净化间、锅炉房、增压机房等建（构）筑物的防火、防爆设计应符合下列规定：

1 建筑物耐火等级不应低于二级；

2 门窗应向外开；

3 屋面板和易于泄压的门、窗等宜采用轻质材料；

4 照明灯应为防爆灯，照明灯的电源开关应设置在室外；

5 地面面层应采用撞击时不产生火花材料，并应符合现行国家标准《建筑地面工程施工质量验收规范》GB 50209 的有关规定。

4.8.5 当站内工艺系统设置放散火炬时，放散火炬的设计应符合下列规定：

1 放散火炬前沼气管道应设置阻火器；

2 放散火炬应设置自动点火、火焰检测及报警装置；

3 放散火炬燃烧后的排放物质应符合国家现行环境保护标准的有关规定。

4.8.6 厌氧消化器、预处理构筑物、沼液储存池等建（构）筑物应设置防护栏杆及盖板，并应采取防滑措施。沼液储存池等构筑物应配备救生圈等防护用品。

4.8.7 沼气站内设备及建筑物的防雷、接地应符合下列规定：

1 放散火炬应按第一类防雷建筑设防，厌氧消化器、气柜和发电机房应按第二类防雷建筑设防，防雷设计应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 的有关规定；

2 控制室等电子信息系统的防雷设计应符合现行国家标准《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB 50343 的有关规定；

3 当沼气站内不同用途的接地共用一个总接地装置时，接地电阻不应大于其中的最小值。

4.9 采暖通风

4.9.1 沼气站内各房间采暖设计应根据当地环境条件、生产工艺特点和运行管理需要等因素确定，采暖房间的室内计算温度应符合表 4.9.1 的规定。

表 4.9.1 采暖房间的室内计算温度 (°C)

房间名称	计算温度
净化间	15
锅炉房、增压机房、发电机房、配电室	12
泵房	5
监控室、化验室、管理用房及生活设施	18

4.9.2 锅炉房、进料间、秸秆粉碎间和净化间宜采用强制通风，净化间、泵房等宜采用自然通风。当自然通风不能满足要求时，可采用强制排风，并应符合下列规定：

1 当采用自然通风时，通风口总面积应按每平方米房屋地面面积不少于 0.03m^2 计算确定；通风口不应少于 2 个，并应靠近屋顶设置；

2 当采用强制通风时，正常工作时换气次数不应小于 6 次/h；事故通风时，换气次数不应小于 6 次/h；不工作时，换气次数不应小于 3 次/h。

5 沼气输送及应用

5.0.1 沼气输配管网应根据沼气的用气量及分布、施工和运行等因素，经多方案比较，择优选取技术经济合理、安全可靠的中、低压供气方案；并宜按逐步形成环状输气管网进行设计。

5.0.2 管网供气压力可采用低压供气（小于 0.01MPa）或中压供气（大于 0.01MPa 且小于 0.2MPa），并应符合下列规定：

1 当采用低压供气时，管网供气压力应满足下式要求：

$$P - 0.75P_n > \Delta P_y + \Delta P_j \quad (5.0.2)$$

式中： P ——管网供气压力（Pa）；

P_n ——低压燃具额定工作压力（Pa）；

ΔP_y ——储气装置到最远端燃具管道的沿程阻力损失（Pa）；

ΔP_j ——储气装置到最远端燃具管道的局部阻力损失（Pa）。

2 当管网供气压力不满足式（5.0.2）要求时，应设置增压机。

3 当采用中压供气时，应使用增压机升压，增压机的工艺设计应符合本规范第 4.6.14 条和第 4.6.15 条的规定。

5.0.3 中压供气宜设调压装置，调压装置的工艺设计应符合现行国家标准《城镇燃气设计规范》GB 50028 的有关规定。

5.0.4 沼气管道的计算流量、水力计算、管材选择、与其他管道的安全间距等应符合现行国家标准《城镇燃气设计规范》GB 50028 的有关规定。

5.0.5 沼气管道宜采用聚乙烯管道，并应符合现行行业标准《聚乙烯燃气管道工程技术规程》CJJ 63 的有关规定。

5.0.6 沼气管道的阀门的设置应符合下列规定：

1 沼气管道出站后应设置阀门；

2 沼气支管的起点处应设置阀门；

3 中压沼气管道上应设置分段阀门，并宜在阀门两侧设置放散管。

5.0.7 民用低压用气设备的额定压力宜为 1.6kPa，允许的压力范围应为 0.8kPa~2.4kPa。

5.0.8 民用集中供气的室内沼气管道、沼气计量、用气设备的设计应符合现行国家标准《城镇燃气设计规范》GB 50028 的有关规定。

5.0.9 供发电的沼气热值、水露点、硫化氢浓度应符合本规范第 3.0.3 条的规定；温度、压力、压力波动、含尘量等其他参数应符合选用的发电机组的技术要求。

5.0.10 供发电和提纯压缩的沼气进口管道上应设置快速切断阀。切断阀的安装位置应便于发生事故时能及时切断气源。

6 施工安装与验收

6.1 一般规定

- 6.1.1 沼气工程应按设计图纸、技术文件、设备安装图纸等资料编制施工组织设计或施工方案。当需要变更设计或材料代用时，应征得原设计单位的同意后方可实施。
- 6.1.2 对采购的成品设备应有产品合格证和说明书等技术文件，安装前应对所使用的设备、材料、器件进行质量检查，并应符合国家现行标准的有关规定。
- 6.1.3 设备安装应按产品说明书进行，安装后应进行单机调试。
- 6.1.4 钢制厌氧消化器、储气装置的主要组件宜在制造厂预制，并应检验合格。
- 6.1.5 沼气工程应根据施工安装特点，进行中间验收和竣工验收，并应验收合格，所有验收应做好记录。

6.2 构筑物与基础施工

- 6.2.1 构筑物的施工应符合现行国家标准《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141 中的有关规定。
- 6.2.2 构筑物主体结构的混凝土应采用同品种、同标号的水泥拌制，底板和顶部的浇筑应连续进行，不应留施工缝；池墙上如有施工缝，应设置止水带。
- 6.2.3 混凝土浇筑完毕后，应及时养护，养护期不得少于 14d。
- 6.2.4 钢筋混凝土结构的构筑物施工完毕后应进行满水试验，满水试验时，工艺管道应有效断开，渗水量不应大于 $2\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。
- 6.2.5 钢筋混凝土结构的厌氧消化器在满水试验合格后应进行气密性试验，气密性试验时，试验压力应为消化器工作压力，24h 的压力降不应大于试验压力的 3%。

6.2.6 厌氧消化器气密性试验合格后，应对其进行防腐和保温。

6.2.7 设备基础的施工应符合下列规定：

1 厌氧消化器、气柜的基础应进行预压沉降试验并记录，待试验合格后再进行下步施工；

2 设备基础的预埋件位置应准确，浇筑混凝土时应采取防止发生位移的固定措施；

3 膜式气柜基础应预埋底板、地脚螺栓、进出气管和冷凝液排水管，进出气管应高于基础底面，冷凝液排水管不应高于基础底面；

4 当在厌氧消化器基础上设置预留槽时，其宽度宜为150mm~200mm，深度宜为100mm~200mm；预留槽内预埋件的间距不得小于1000mm；

5 设备基础允许偏差应符合表6.2.7的规定。

表 6.2.7 设备基础允许偏差 (mm)

项 目		允许偏差
支撑面	标高	±3.0
	水平度	1/1000
	平整度	±20.0
地脚螺栓	螺栓中心偏移	5.0
	螺栓露出长度	+20.0
	螺纹长度	+20.0
预留槽	宽度	±20.0
	深度	±20.0
	底部水平度	±20.0
	预埋件高度	±20.0

6.3 钢制厌氧消化器安装

6.3.1 钢制厌氧消化器的安装准备应符合下列规定：

1 消化器基础周围应回填土，并应夯实平整，且混凝土基

础强度不应小于设计强度的 75%；

2 安装工具及辅料应配备齐全，脚手架搭建应稳固、安全，吊装设备的吊装能力应满足要求；

3 消化器上的人孔、进料管、出料管、排泥管、检测孔管、取样管、导气管等附属构件应在进场前预制完成，并应验收合格。

6.3.2 焊接厌氧消化器的安装应符合下列规定：

1 宜采用倒装法组装焊接壁板；

2 组装前应将部件的坡口和搭接部位的铁锈、水分及污物清理干净；

3 壁板、支柱等主要构件安装就位后，应立即进行校正、固定，罐壁的局部凹凸变形应平缓；

4 与外界连接的易变形管口和支固角铁等部位，应采取加固或补强措施；

5 焊接式厌氧消化器的焊缝检查及焊缝质量应符合现行国家标准《立式圆筒形钢制焊接储罐施工及验收规范》GB 50128 的有关规定。

6.3.3 钢板拼装厌氧消化器的安装应符合下列规定：

1 钢板拼装前应将构件的预留口和紧固件部位的水分及污物清理干净，两板贴合时，定位应准确、牢固，孔位不得错位；

2 加强筋的松紧度应以腻子带厚度被压缩 1/3 为宜；

3 罐体与底板连接时，应采用角钢加固，并应采用可靠的密封方式；拼板交接处内外部位及螺栓均应满涂密封剂；

4 管道接口应预制完成，不应在现场开孔；当必须开孔时，补口防腐层质量应检验合格。

6.3.4 螺旋双折边咬口结构厌氧消化器的安装应符合下列规定：

1 成型机和咬合机应根据钢板厚度选择。

2 消化器进行咬合操作时，在两块钢板之间应注入密封胶，密封胶的注入应连续均匀，不得间断。

3 咬合操作完成后，螺旋双折咬合筋厚度应符合下式要求：

$$\delta_0 \leq 3\delta_1 + 2\delta_2 + 0.2 \quad (6.3.4)$$

式中： δ_0 ——螺旋双折咬合筋厚度（mm）；

δ_1 ——上层钢板厚度（mm）；

δ_2 ——下层钢板厚度（mm）。

4 罐体落地后应立即将罐体与基础预留沟槽内的预留件固定。

5 当在罐体上开孔时，不得超过 1 条咬合筋；不应直接在罐体上焊接人孔、进料管、出料管、排泥管、检测孔管、取样管、导气管。

6.3.5 钢制厌氧消化器安装的允许偏差应符合表 6.3.5 的规定。

表 6.3.5 钢制厌氧消化器安装的允许偏差（mm）

项 目		允许偏差
罐体	标高	±20.0
	垂直度	1/1000
	罐顶外倾	≤30.0
	圆周任意两点水平度	≤6.0
	半径允许偏差（直径 $D \leq 12.5\text{m}$ ）	±13.0
	半径允许偏差（直径 $D > 12.5\text{m}$ ）	±19.0
人孔	标高	±20.0
外接管道	标高	±10.0
	水平位移量	≤20.0

注：外接管道包括进料管、出料管、排泥管、检测管、取样管、导气管等。

6.3.6 钢制厌氧消化器安装制作完成后应分别进行满水试验和气密性试验，并应符合下列规定：

1 试验前罐体内的所有残留物应清理干净；

2 满水试验介质应采用洁净的淡水，气密性试验介质应采用压缩空气，试验介质温度不得低于 5℃；

3 满水试验时，充水到溢流口并应保持 48h 罐体应无渗漏，

且应无异常变形；试验过程中应对设备基础的沉降进行监测；

4 气密性试验应在满水试验合格后进行；

5 气密性试验前，应将液位降至工作液位，压缩空气应从上部注入消化器，试验压力应为工作压力的 1.15 倍；气密性试验时，压力应缓慢上升至试验压力的 50% 并应保压 5min，所有焊缝和连接部位应确认无泄漏后，再缓慢升压至试验压力并应保压 10min，所有焊缝和连接部位应无泄漏。

6.3.7 钢制厌氧消化器的防腐处理应符合下列规定：

1 焊接厌氧消化器的罐体内外壁的防腐处理应在满水试验和气密性试验合格后进行，内部气液交接线上下 0.5m 处应进行加强防腐处理；

2 钢板拼装厌氧消化器和螺旋双折边咬口结构厌氧消化器各安装组件的防腐处理应在预制时完成，在满水试验和气密性试验合格后应对防腐层进行检查和修补。

6.3.8 钢制厌氧消化器的防腐处理后应进行保温处理。保温层应错缝贴铺，挂壁应牢靠，保温施工不宜在雨雪天气进行。

6.4 沼气净化、储存设施安装

6.4.1 沼气净化设备的安装应牢固、可靠，安装允许偏差应符合设计文件的要求，设计文件未规定时，净化设备安装允许偏差应符合表 6.4.1 的规定。

表 6.4.1 净化设备安装允许偏差 (mm)

检查项目	允许偏差
中心线位置	5
标高	±5
垂直度	$H/1000$
方位偏差 (沿底座圆周测量)	10

注：1 H 为设备高度；

2 方位偏差为进气管与设计方位偏差。

6.4.2 沼气净化设备的管道连接接头、排泥阀、检查口、取样口、排放口应清洁畅通。

6.4.3 独立式膜式气柜的安装应符合下列规定：

1 安装应按底膜、内膜、外膜、压板的顺序进行，底膜应与底板固定牢靠；进出气管和冷凝排水管应与底膜密封，每层之间应涂抹密封胶，并应在地脚螺栓连接处 30mm 范围内连续涂抹；

2 外膜铺设时应在观察窗位置做标示，外膜铺展开后观察窗应位于基础平台的中间位置；

3 吹膜风机与基础固定应牢固，风机出口应连接柔性风管，所有连接处应进行密封；

4 安装完毕后应分别对外膜和内膜进行气密性试验，试验压力应缓慢升高，最大试验压力应为设计压力的 1.15 倍，且应保持 24h，内膜气压降不得超过 3%，外膜应无泄漏。

6.4.4 一体化膜式气柜的安装应符合下列规定：

1 厌氧消化器的上口应预设法兰边；

2 安装应按预设法兰边、内膜、外膜、压板的顺序进行，内膜、外膜及压板应与预设法兰边固定牢靠，密封胶应涂抹均匀，固定螺栓应受力均匀；

3 拉筋带和安全护网应固定牢靠；

4 一体化气柜应在观察窗位置做标示，展开后观察窗应位于围栏平台的中间位置；

5 安装完毕后进行满水试验和气密性试验，并按本规范第 6.3.6 条的规定执行。

6.4.5 湿式、干式气柜的安装与验收应符合国家现行标准的有关规定。

6.5 管道施工

6.5.1 管道施工应符合设计文件要求。埋地沼气管道与建（构）筑物或相邻管道的最小水平间距和垂直净距应符合本规范附录 C

的规定。

6.5.2 站内物料管道的敷设应符合现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的有关规定。

6.5.3 聚乙烯管的连接与敷设应符合现行行业标准《聚乙烯燃气管道工程技术规程》CJJ 63 的有关规定。

6.5.4 架空沼气钢制管道的安装应符合下列规定：

1 架空钢制管道的支、吊架安装应符合设计要求，并应平整、牢固，且应与管道接触良好；

2 滑动支架的滑动面应洁净平整，不得有歪斜和卡涩现象；

3 焊缝距支、吊架净距不应小于 50mm；

4 安装完成且经试压合格后，应对防腐层进行检查、修补。

6.5.5 埋地沼气钢制管道的敷设应符合下列规定：

1 下沟前应对管道防腐层进行 100% 的外观检查；

2 穿越铁路、公路、河流及城市道路时，应减少管道环向焊缝的数量，并应对穿越段管道的所有环向焊缝进行无损探伤检验；

3 管道下沟宜使用吊装机具，吊装时应保护管口及防腐层不受损伤，不得采用抛、滚、撬等破坏防腐层的做法；

4 回填土前应对管道防腐层进行 100% 电火花检漏。

6.5.6 沼气输配管道及附件敷设应符合现行行业标准《城镇燃气输配工程施工及验收规范》CJJ 33 的规定。

6.5.7 沼气引入管和室内沼气管道的施工应符合现行行业标准《城镇燃气室内工程施工与质量验收规范》CJJ 94 的有关规定。

6.5.8 沼气管道安装完毕后应依次进行管道吹扫、强度试验和气密性试验，并应符合现行行业标准《城镇燃气输配工程施工及验收规范》CJJ 33 和《城镇燃气室内工程施工与质量验收规范》CJJ 94 的有关规定；

6.5.9 物料管道应先进行强度试验，强度试验合格后进行管道清洗，并应符合现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的有关规定。

6.6 设备、电气及仪表安装

6.6.1 设备安装应按设备技术文件的要求进行，除应符合现行国家标准《压缩机、风机、泵安装工程施工及验收规范》GB 50275 和《机械设备安装工程施工及验收通用规范》GB 50231 的有关规定外，还应符合下列规定：

1 出厂时已装配和调整完善的机械设备，现场不应随意拆卸；需要拆卸时，应会同建设单位、生产厂家，按设备技术文件的有关规定进行；

2 机械设备就位前设备复查应符合下列规定：

- 1) 基础的尺寸、位置、标高、地脚螺栓孔等应符合设计和设备安装要求；
- 2) 应按技术文件的规定清点零部件，并应无缺件、损坏和锈蚀；管道端口保护物和堵盖应完好；
- 3) 盘车应灵活，不得有阻滞和卡住现象，不得有异常声音。

6.6.2 爆炸和火灾危险环境电气装置的施工应符合现行国家标准《电气装置安装工程爆炸和火灾危险环境电气装置施工及验收规范》GB 50257 的有关规定。

6.6.3 仪表取源部件的安装应符合下列规定：

- 1 应与工艺设备制造或工艺管道的预制、安装同时进行；
- 2 取源部件的开孔与焊接，应在工艺管道或设备的防腐、吹扫和气密性试验前进行；
- 3 在砌体和混凝土浇筑体上安装的取源部件，应在砌筑或浇筑的同时埋设，当无法同时埋设时，应预留安装孔；
- 4 所有传感器的安装孔应设置在管道上侧；
- 5 不宜在焊缝及其边缘上开孔、焊接。

6.6.4 电缆施工应符合现行国家标准《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》GB 50168 的有关规定。

6.6.5 所有导体在安装完成后应进行接地检查，接地电阻值

应符合设计要求，接地装置的安装应符合现行国家标准《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 50169 的有关规定。

6.6.6 放散火炬、厌氧消化器、气柜和发电机房等站内设备及建（构）筑物防雷工程的施工应符合现行国家标准《建筑物防雷工程施工及质量验收规范》GB 50601 的有关规定。

6.7 试运转

6.7.1 工程施工完毕后应对系统进行试运转。试运转应包括无生产负荷的设备单机试运转和分单元模块的联合试运转。

6.7.2 试运转的准备工作应符合下列规定：

1 设备及附属装置、管路等应安装完毕，施工记录及资料应齐全；

2 试运转需要的能源、介质、材料、工机具、检测仪器、安全防护用具等，应符合技术要求；

3 设备及周围环境应清扫干净，设备附近不得进行产生粉尘或噪声较大的作业。

6.7.3 设备单机试运转应符合下列规定：

1 水泵、风机叶轮旋转方向应正确，运转应平稳，且无异常振动和声响，紧固连接部位应无松动，其电机运行功率值应符合设备技术文件的规定；水泵、风机连续运转 2h 后轴承外壳温度应符合设备技术文件的规定；

2 增压机各运动部件应无异常声响，各紧固件应无松动；电动机运行功率值、润滑油或轴承外壳温度应符合设备技术文件的规定。

6.7.4 单机试运转合格后，应对净化单元、储气单元等分别进行联合试运转，联合试运转宜采用空气为介质，并应符合下列规定：

1 联合试运转所使用的测试仪器、仪表，性能应稳定可靠，精度等级及最小分度值应能满足测定的要求；

2 净化单元运行应正常、平稳，进出口压力降、总流量应符合设计要求；

3 储气单元连续运行应正常、平稳；膜式气柜内外膜外形应稳定、无泄漏，内膜储气量应符合设计要求；

4 自动监控设备应与系统的检测元件和执行机构沟通正常，系统的状态参数应显示正确，设备联锁、自动保护应动作正确。

6.8 工程竣工验收

6.8.1 沼气工程在竣工验收合格后，方可投入试运行。

6.8.2 竣工验收的准备工作应符合下列规定：

1 工程应已完成全部建设内容；

2 工程质量应自检合格，无安全隐患，检验记录应完整，并应提出《工程竣工报告》；

3 设备调试、试运转及试压应达到设计要求，维护保养手册、安全操作规程应与项目实际相符；

4 应由第三方提出《工程质量评估报告》。

6.8.3 竣工资料检查应包括以下内容：

1 设备及材料进场验收和检验证明，应包括各类建筑材料、产品、设备、仪器、仪表的出厂证明书、合格证书、材料试验报告单和现场抽查检验试验报告；

2 设计及变更资料，应包括工程用地勘察检测报告、设计图纸、设计变更图纸、竣工图等；

3 施工记录及验收资料，应包括重大施工方案的会议记录，管道试验及检查记录；满水试验、气密性试验、防腐和保温验收、地基验槽、隐蔽工程验收、主体工程验收和竣工验收等验收资料；工程外观质量评定表、工程测量复核表、工程核定质量证明书；工程质量监督部门评定报告；

4 工程试运转资料，应包括单机试运转记录、分单元模块联合试运转记录。

6.8.4 沼气工程竣工验收时，应核实竣工验收文件资料；应对试运转状态进行现场复验，对关键设施设备外观进行现场检查，对各分项工程质量出具鉴定结论，并应将所有验收的技术资料立卷存档。

7 运行与维护

7.1 一般规定

7.1.1 沼气生产、供应单位应根据沼气站的工艺设备系统的结构、性能、用途等制定相应的操作规程，建立健全事故处理应急体系。

7.1.2 沼气站应设化验人员和配备必要的化验仪器设备。

7.1.3 运行管理、操作和维护人员应按规程进行操作，并应记录各项生产指标和能源材料消耗指标。

7.1.4 对沼气站内设施、管道、附件等应定期进行巡检，各连接部位应无泄漏，当发现泄漏时应及时修复。

7.1.5 停气检修后重新使用时，应进行气密性试验，合格后方可使用。

7.1.6 未经批准不得在生产区使用明火作业；必须使用明火作业时，应采取安全防护措施，并应在相关人员监护下操作。

7.1.7 沼气站内管道及设备的压力表、计量装置等仪器仪表应定期校验。

7.1.8 沼气站内应备有应急救护器材，器材应保持完好状态；所有人员应熟悉应急器材的存放地点及使用方法。

7.2 沼 气 站

7.2.1 对格栅、沉砂池、调节池等构筑物内的浮渣、杂物和沉砂等应定期进行清理。

7.2.2 对正在运行的机械设备应进行定期巡检，设备运行应稳定、正常，并应定期对备用机械设备进行检查，对检查不合格的设备应及时进行维修。

7.2.3 对原料的 TS、VS、COD 和 pH 值宜进行定期检测，当

不能满足厌氧消化器进料要求时，应对原料进行调配。

7.2.4 厌氧消化器的启动调试应符合下列规定：

1 厌氧活性污泥宜取自同类物料厌氧消化器，对于以禽畜粪便为原料的消化器，可直接以原料本身进行污泥培养；

2 厌氧活性污泥量宜为消化器有效容积的 10%~30%，污泥浓度宜大于 10kgVSS/m³；

3 厌氧消化器启动过程中的初始负荷宜为 0.5kgCOD/(m³·d)~1.5kgCOD/(m³·d)，并应逐步增加至设计负荷。

7.2.5 厌氧消化器的运行和维护应符合下列规定：

1 应对料液、污泥、沼气等运行指标定期进行化验或监测，检测项目和周期可按本规范附录 E 的规定执行，并应根据化验和监测数据调整厌氧消化器的各项运行参数至设计要求；

2 厌氧消化器的排泥量和排泥频率应根据污泥浓度分布曲线确定；

3 厌氧消化器应保持正压，当沼气压力低于规定值时，应立即采取措施；

4 应定期检查溢流管，不得堵塞；

5 厌氧消化器的反应温度应保持稳定；

6 当采用热交换器换热时，应每日测量热交换器进出口的水温。

7.2.6 厌氧消化器连续运行 3~5 年后，宜清理检修 1 次，并应符合下列规定：

1 应关闭进出厌氧消化器的相关阀门；

2 厌氧消化器停用泄空时，排出的沼液应妥善处理；

3 热交换器中的水应放空；

4 厌氧消化器再启动时，应符合本规范第 7.2.4 条的规定。

7.2.7 厌氧消化器停产备用时，消化器内温度应保持在 10℃以上，水位不宜低于消化器高度的 1/2，并应定期检查，及时补充营养基质。

7.2.8 沼气净化装置的运行维护应符合下列规定：

1 应定期排除脱水、脱硫装置中的冷凝水。当室外温度接近 0°C 时，应每天排除冷凝水，排水时应防止沼气泄漏。

2 生物脱硫启动运行正常后，应定期检查脱硫前后硫化氢浓度变化，硫化氢去除率应满足后端工艺设计要求。当发现脱硫效率明显下降时，应及时补充循环营养液。塔内填料应6~12个月清洗1次。

3 应定期检查干法脱硫塔前后硫化氢浓度、沼气压力变化，当达不到设计要求时应更换脱硫剂或进行脱硫剂再生。

4 干法脱硫再生应符合下列规定：

- 1) 当采用塔内脱硫剂再生时，应关闭沼气进出口阀门，打开旁通管路和放散管路阀门；
- 2) 当采用在线脱硫剂再生时，应根据沼气中硫化氢含量确定空气掺混量及空气流速，塔内温度应低于 70°C ，脱硫塔出口处沼气中氧含量应小于1%；
- 3) 脱硫剂进行2次~3次再生后应及时更换，更换脱硫剂时操作人员应戴防毒面具，室内应进行通风；
- 4) 废脱硫剂堆放在室外空地上时应适当浇水，不得产生自燃，废脱硫剂的处置应符合环境保护的要求。

7.2.9 膜式气柜的运行和维护应符合下列规定：

- 1 吹膜风机应处于连续运行状态；
- 2 进出气柜的阀门开关应灵活；
- 3 凝水器中冷凝水应及时排除；
- 4 当独立式膜式气柜内外膜之间的甲烷浓度超过正常值时，应停产检修；

5 应定期对气柜压板、地脚螺栓的防腐层进行检查，当出现破损时应及时进行修补。

7.2.10 应每天对厌氧消化器、气柜的安全水封液位进行可靠性检查。当室外温度接近 0°C 时，应对水封内介质采取防冻措施。

7.2.11 调压装置的运行维护应符合下列规定：

- 1 调压装置的巡检内容应包括调压器、过滤器、阀门、安

全设施、仪器、仪表等设备的运行工况，不得有泄漏等异常情况；

2 寒冷地区在采暖期前应检查调压装置的采暖及保温情况；

3 当发现沼气泄漏及调压器有喘息、压力跳动等问题时应及时处理；

4 应及时清除调压装置各部位的油污、锈斑，不得有腐蚀和损伤。

7.2.12 操作人员进入集料池、厌氧消化器、沼气的柜、阀门井和检查井等作业前，应采取安全防护措施，并应符合下列规定：

1 应放散沼气，再进行通风换气，当确认安全后，方可进入；

2 操作人员应佩戴个人防护用具，并应设专人监护，作业人员应轮换操作；

3 作业期间，厌氧消化器、气柜内应持续通风和监测。

7.2.13 当对厌氧消化器、生物脱硫装置、放散火炬等检修需要高空作业时，作业人员不应少于2人，并应系安全带和安全帽，在确保安全时，方可攀高作业。

7.2.14 站内给水排水、消防设施应定期检查。

7.3 管道及附件

7.3.1 沼气的输配管网、沼气的引入管、室内沼气的管道、用户设施的运行和维护应符合现行行业标准《城镇燃气设施运行、维护和抢修安全技术规程》CJJ 51的有关规定。

7.3.2 工艺管道应定期进行巡检，发现问题应及时采取有效的处理措施，并应做好巡检记录。

7.3.3 当发现沼气的管道泄漏时，应及时对设施、设备进行修补或更换。当管道附件丢失或损坏时，应及时修复。

7.3.4 对架空安装的工艺管道应定期对防碰撞保护措施、警示标志和管道外表面防腐蚀情况进行检查和维护。

7.3.5 阀门的运行维护应符合下列规定：

1 应定期检查，不得有沼气泄漏、损坏等现象。阀门井内不得有积水、塌陷及妨碍阀门操作的堆积物；

2 应根据管网运行情况对阀门定期进行启闭操作和维护保养；

3 应使厌氧消化器的进料管和排泥管的双阀门的内阀门处于常开位置，且应通过对双阀门的外阀门进行操作；

4 对无法启闭或关闭不严的阀门，应及时维修或更换。

7.3.6 凝水器的运行维护应符合下列规定：

1 应定期排放积水，排放时应防止沼气泄漏；

2 护罩（或护井）及排水装置应定期检查，不得有泄漏、腐蚀和堵塞的现象及妨碍排水作业的堆积物；

3 排出的污水应收集处理，不得随地排放。

附录 A 预处理池工艺设计计算

A.1 格 栅

A.1.1 格栅宜设置在水泵和主体构筑物之前，格栅的设计参数应符合下列规定：

1 栅前流速可按下式计算：

$$v_1 = Q_{\max} / (B_1 h) \quad (\text{A. 1. 1-1})$$

式中： v_1 ——栅前流速 (m/s)；

B_1 ——栅前渠道宽度 (m)；

h ——栅前水深 (m)；

Q_{\max} ——最大设计流量 (m^3/s)。

2 过栅流速可按下式计算：

$$v = \frac{Q_{\max}}{b(n+1)h} \quad (\text{A. 1. 1-2})$$

式中： b ——栅条间隙 (m)；

n ——栅条数目。

3 最大设计流量可按下式计算：

$$Q_{\max} = v \frac{hb}{\sin\alpha} \frac{B}{b+s} \quad (\text{A. 1. 1-3})$$

式中： v ——过栅流速 (m/s)；

B ——格栅宽度 (m)；

s ——栅条宽度 (m)；

α ——格栅倾角 ($^\circ$)，一般可取 $60^\circ \sim 70^\circ$ 。

4 栅条宽度可按下列公式计算：

$$B = sn + (n+1)b \quad (\text{A. 1. 1-4})$$

5 栅条数目可按下式计算：

$$n = \frac{Q_{\max} \sqrt{\sin\alpha}}{Bhv} \quad (\text{A. 1. 1-5})$$

6 过栅阻力系数可按下列公式计算:

1) 当栅条断面形状为正方形时可按下式计算:

$$\zeta = \left(\frac{b+s}{\epsilon \cdot b} - 1 \right)^2 \quad (\text{A. 1. 1-6})$$

式中: ζ ——阻力系数;

ϵ ——收缩系数, 一般取 0.64。

2) 当栅条断面为其他形状时可按下式计算:

$$\zeta = \beta(s/b)^{4/3} \quad (\text{A. 1. 1-7})$$

式中: β ——形状系数, 一般取 1.6~2.4。

7 过栅水头损失可按下列公式计算:

$$h_1 = h_0 k \quad (\text{A. 1. 1-8})$$

$$h_0 = \zeta \frac{v^2}{2g} \sin \alpha \quad (\text{A. 1. 1-9})$$

式中: h_1 ——过栅水头损失 (m);

h_0 ——计算水头损失 (m);

k ——系数, 可按 $k=3.36v-1.32$ 计算或取 2~3;

g ——重力加速度 (m/s^2)。

A. 1. 2 栅条净距应根据水泵型号和运行工况确定, 最小间距不应小于 50mm。

A. 2 沉砂池

A. 2. 1 沉砂池设计参数应按去除相对密度不小于 2.65、粒径不小于 0.2mm 的砂粒设计, 沉砂池的设计参数可按表 A. 2. 1 的规定选取。

表 A. 2. 1 沉砂池的设计参数

设计参数	沉砂池
最大流速 (m/s)	0.30
最小流速 (m/s)	0.15
停留时间 (s)	30~60

续表 A. 2. 1

设计参数	沉砂池
有效水深 (m)	0.25~1.20
池底坡度	0.01~0.02
池(格)宽 (m)	≥0.60
曝气器距池底 (m)	—
曝气量/ (m ³ /m ³ 水)	—

A. 2. 2 沉砂池的设计参数应符合下列规定:

1 池长可按下式计算:

$$L = vt \quad (\text{A. 2. 2-1})$$

式中: L ——池长 (m);

v ——最大设计流量时的流速 (m/s);

t ——最大设计流量时的水力停留时间 (s)。

2 水流断面可按下式计算:

$$A = Q_{\max}/v \quad (\text{A. 2. 2-2})$$

式中: A ——水流断面 (m²);

Q_{\max} ——最大设计流量 (m³/s)。

3 池总宽可按下式计算:

$$B = A/h_2 \quad (\text{A. 2. 2-3})$$

式中: B ——池总宽 (m);

h_2 ——设计有效水深 (m)。

4 池总高可按下式计算:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 \quad (\text{A. 2. 2-4})$$

式中: H ——池总高 (m);

h_1 ——超高 (m), 一般取 0.3m~0.5m;

h_3 ——沉砂斗高 (m)。

A. 2. 3 砂斗容积应按 2d 的沉砂量计算, 且斗壁与水面夹角不

应小于 45° 。

A.3 调节池

A.3.1 调节池的最小有效容积可按下式计算：

$$V_1 = qT = q_1 t_1 + q_2 t_2 + \cdots + q_n t_n \quad (\text{A. 3. 1})$$

式中： V_1 ——调节池的最小有效容积 (m^3)；

q ——调节时间 T 内原料的平均流量 (m^3/h)；

T ——时间间隔总和 (h)；

$t_1, t_2 \cdots t_n$ ——时间间隔 (h)；

$q_1, q_2 \cdots q_n$ ——时间间隔内原料的平均流量 (m^3/h)。

附录 B 膜式气柜最大储气量与最大承压的关系

表 B 膜式气柜最大储气量与最大承压的关系

独立式膜式气柜 (3/4 球冠)		一体化膜式气柜 (1/4 球冠)		独立式膜式气柜、一体化 膜式气柜 (1/2 球冠)	
最大储气量 (m ³)	最大储气压力 (kPa)	最大储气量 (m ³)	最大储气压力 (kPa)	最大储气量 (m ³)	最大储气压力 (kPa)
50	5.0	100	3.0	200	4.0
100		200	2.2	400	2.8
200		400	1.6	800	2.8
400	4.6	800	1.5	1600	2.0
800	3.5	1600	1.1	3200	1.6
1600	2.7	3200	0.8	6400	1.4
3200	2.1	6100	0.3	—	—
5300	1.7	—	—	—	—

附录 C 埋地沼气管道与建（构）筑物或 相邻管道之间的水平和垂直净距

C.0.1 埋地沼气管道与建（构）筑物或相邻管道之间的水平净距可按表 C.0.1 的规定执行。

**表 C.0.1 埋地沼气管道与建（构）筑物或相邻管道
之间的水平净距（m）**

项 目		低压 $\leq 0.01\text{MPa}$	$0.01\text{MPa} <$ 中压 $\leq 0.2\text{MPa}$
建筑物基础		0.7	1.0
给水管		0.5	0.5
污水、雨水排水管		1.0	1.2
电力电缆	直埋	0.5	0.5
	在导管内	1.0	1.0
通信电缆	直埋	0.5	0.5
	在导管内	1.0	1.0
其他沼气管道	$DN \leq 300\text{mm}$	0.4	0.4
	$DN > 300\text{mm}$	0.5	0.5
热力管	直埋	热水	1.0
		蒸汽	1.0（PE管为2.0）
	在管沟内 （至外壁）	1.0	1.5
通信照明电杆（至电杆中心）		1.0	1.0
街树（至树中心）		0.75	0.75

C.0.2 埋地沼气管道与建（构）筑物或相邻管道之间垂直净距可按表 C.0.2 的规定执行。

表 C.0.2 埋地沼气管道与建（构）筑物或相邻管道之间垂直净距（m）

项 目		埋地沼气管道 (当有套管时,以套管计)
给水管、排水管或其他沼气管道		0.15
热力管	沼气管道在直埋管上方	0.15
	沼气管道在直埋管下方	0.15
	沼气管道在管沟上方	0.15
	沼气管道在管沟下方	0.15
电缆	直埋	0.50
	在导管内	0.15

C.0.3 当受地形限制无法满足本规范表 C.0.1 和表 C.0.2 的规定时,应与有关部门协商,采取有效的安全防护措施后,表 C.0.1 和表 C.0.2 规定的净距均可适当缩小。

C.0.4 低压埋地沼气管道不应影响建（构）筑物和相邻管道基础的稳固性;中压埋地沼气管道距建（构）筑物的基础不应小于 0.5m,且距建筑物外墙面不应小于 1m。

附录 D 爆炸危险区域等级和范围划分

D.0.1 干秸秆粉碎室内环境应按现行国家标准《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB 50058 中爆炸性粉尘危险场所的 10 区进行设计。

D.0.2 厌氧消化器外部罐壁上半部外 4.5m 以内，至器顶最高点以上 7.5m 内的范围内，爆炸危险区域应为 2 区（图 D.0.2）。

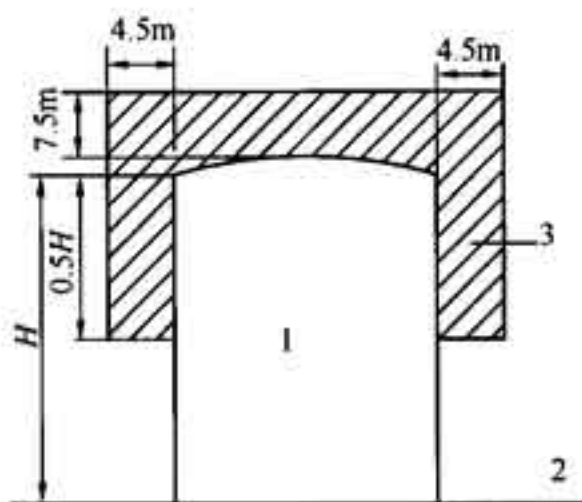


图 D.0.2 厌氧消化器的爆炸危险区域等级和范围划分

1—厌氧消化器；2—消化器基础；3—2 区

D.0.3 一体化膜式气柜的爆炸危险区域等级和范围划分宜符合下列规定：

- 1 反应器外部罐壁上半部外 4.5m 以内，至器顶最高点以上 7.5m 内的范围宜设为 2 区（图 D.0.3）；
- 2 反应器顶部内外膜之间宜设为 1 区（图 D.0.3）。

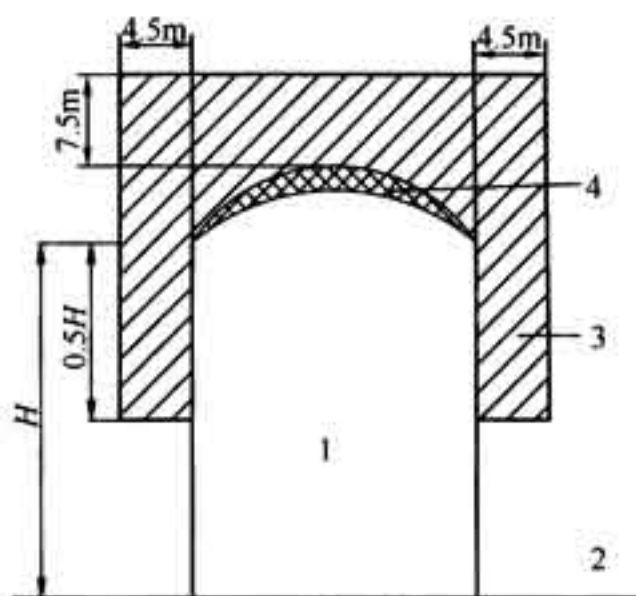


图 D.0.3 一体化膜式气柜的爆炸危险区域等级和范围划分

1—厌氧消化器；2—消化器基础；3—2区；4—1区

D.0.4 膜式气柜的爆炸危险区域等级和范围宜符合下列规定：

- 1 内外膜之间宜设为 1 区（图 D.0.4）；
- 2 外膜最大直径外 4.5m 以内，至柜顶以上 7.5m 的范围宜设为 2 区（图 D.0.4）。

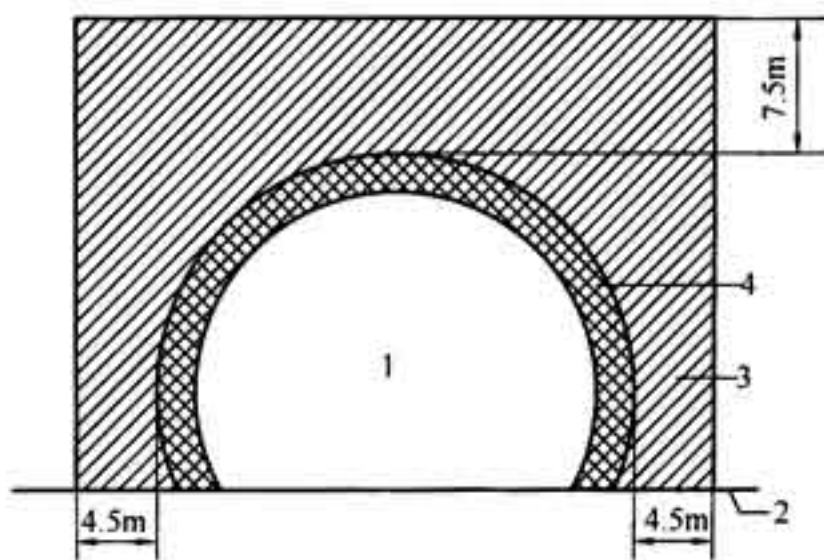


图 D.0.4 膜式气柜的爆炸危险区域等级和范围划分

1—独立式膜式气柜；2—气柜基础；3—2区；4—1区

D.0.5 其他用电场所的爆炸危险区域等级和范围划分应符合现行国家标准《城镇燃气设计规范》GB 50028 的有关规定。

附录 E 沼气站日常化验项目及检验周期

E.0.1 污水分析化验项目及检测周期可按表 E.0.1 选用。

表 E.0.1 污水分析化验项目及检测周期表

检测周期	分析项目
每 日	pH 值
	温度
	COD _{Cr}
	SS
	TS
	VSS
	氨氮
	挥发性有机酸
每 周	氯化物
	MLVSS
	总固体
	溶解性固体
每 6 个月	BOD ₅

E.0.2 污泥分析化验项目及检测周期可按表 E.0.2 选用。

表 E.0.2 污泥分析化验项目及检测周期

分析周期	分析项目		
每 日	含水率		
每 周	pH 值		
	有机组分		
	脂肪酸		
	总碱度		
	上清液	总磷	
		总氮	
悬浮物			

续表 E. 0. 2

分析周期	分析项目
每月	粪大肠菌群
	矿物油
	挥发酚

E. 0. 3 沼气分析化验项目及检测周期可按表 E. 0. 3 选用。

表 E. 0. 3 沼气分析化验项目及检测周期

分析周期	分析项目
每 日	沼气产量
	沼气压力
	沼气温度
每 周	热 值
	沼气含水率
	沼气中甲烷含量
	沼气中硫化氢含量
每 月	沼气全组分分析
	沼气中氧气含量

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 2 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 3 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 4 《建筑给水排水设计规范》GB 50015
- 5 《建筑设计防火规范》GB 50016
- 6 《城镇燃气设计规范》GB 50028
- 7 《供配电系统设计规范》GB 50052
- 8 《建筑物防雷设计规范》GB 50057
- 9 《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB 50058
- 10 《立式圆筒形钢制焊接储罐施工及验收规范》GB 50128
- 11 《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140
- 12 《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141
- 13 《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》
GB 50168
- 14 《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》
GB 50169
- 15 《构筑物抗震设计规范》GB 50191
- 16 《建筑地面工程施工质量验收规范》GB 50209
- 17 《机械设备安装工程施工及验收通用规范》GB 50231
- 18 《电气装置安装工程爆炸和火灾危险环境电气装置施工
及验收规范》GB 50257
- 19 《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268
- 20 《压缩机、风机、泵安装工程施工及验收规范》
GB 50275
- 21 《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB 50343

- 22 《建筑物防雷工程施工及质量验收规范》 GB 50601
- 23 《低压流体输送用焊接钢管》 GB/T 3091
- 24 《工业企业煤气安全规程》 GB 6222
- 25 《输送流体用无缝钢管》 GB/T 8163
- 26 《流体输送用不锈钢无缝钢管》 GB/T 14976
- 27 《钢质管道外腐蚀控制规范》 GB/T 21447
- 28 《城镇燃气输配工程施工及验收规范》 CJJ 33
- 29 《城镇燃气设施运行、维护和抢修安全技术规程》
CJJ 51
- 30 《聚乙烯燃气管道工程技术规程》 CJJ 63
- 31 《城镇燃气室内工程施工与质量验收规范》 CJJ 94
- 32 《城镇燃气埋地钢质管道腐蚀控制技术规程》 CJJ 95
- 33 《城镇燃气报警控制系统技术规程》 CJJ/T 146
- 34 《城镇燃气加臭技术规程》 CJJ/T 148
- 35 《城镇燃气标志标准》 CJJ/T 153

中华人民共和国国家标准

大中型沼气工程技术规范

GB/T 51063 - 2014

条文说明

制 订 说 明

《大中型沼气工程技术规范》GB/T 51063 - 2014，经住房和城乡建设部 2014 年 12 月 2 日以第 672 号公告批准发布。

本规范编制过程中，编制组对国内不同原料和用途的大中型沼气工程进行了调查研究，总结了国内沼气工程设计、施工安装、验收和运行维护的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，如德国的 VDMA4330（沼气工程的调试与运行管理）《Biogasanlagen-Hinweise für Planung, Ausführung und Betrieb》及奥地利的 ÖNORM S 2207-2（沼气工程第二部分：技术要求）《Biogasanlagen-Teil2: Technische Anforderungen an die Verfahrenstechnik》等。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《大中型沼气工程技术规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 次

1	总则	62
2	术语和缩略语	64
3	基本规定	65
4	沼气站	70
4.1	选址与总平面布置	70
4.2	原料及预处理	74
4.3	厌氧消化工艺及设备	77
4.4	沼气净化	88
4.5	沼气储存	93
4.6	管道及附件、泵、增压机和计量装置	94
4.7	消防设施及给水排水	97
4.8	电气和安全系统	98
4.9	采暖通风	99
5	沼气输送及应用	100
6	施工安装与验收	103
6.1	一般规定	103
6.2	构筑物与基础施工	103
6.3	钢制厌氧消化器安装	104
6.4	沼气净化、储存设施安装	106
6.5	管道施工	109
6.6	设备、电气及仪表安装	109
6.7	试运转	110
6.8	工程竣工验收	111
7	运行与维护	112
7.1	一般规定	112
7.2	沼气站	113
7.3	管道及附件	118

1 总 则

1.0.1 近年来大中型沼气工程发展迅速，工艺技术日趋成熟，规模与数量逐步加大，应用于沼气工程的原料来源也越来越广，不仅包括农业有机废弃物，还包括工业的高浓度有机废水，但是在沼气工程建设当中尚存一些问题。如沼气工程的建设标准不齐全，工程质量参差不齐，沼气工程的专用设备和工装水平与发达国家有一定的差距，特别是已建的农业有机废弃物的沼气工程，由于各种原因某些沼气工程不能做到全年稳定运行。

同时，沼气的主要成分是甲烷，具有易燃、易爆等特点。在沼气供民用（集中供气、沼气锅炉、商业燃具）、发电、提纯压缩等应用过程中确保安全供气是非常必要的。

因此，本规范的制定主要是规范沼气工程的设计、施工、验收和管理，确保沼气工程建设质量和安全运行，进一步促进沼气产业的良性、可持续发展。

1.0.2 本规范规定日产气 500m^3 以上的沼气工程为大中型沼气工程，有以下几方面的因素：第一，本规范规定的原料不仅包括农业有机废弃物，还包括了工业高浓度有机废水、工业有机废渣及污泥等，而工业原料的产气能力比禽畜粪便大 10 倍以上，无论是国内还是国外，大型沼气站建在污水处理厂较多，主要用于消化污水好氧生物处理产生的剩余污泥，其产气规模都在几千到几万立方米；第二，根据对现有工程的调查，日产气规模在 500m^3 及以上的沼气站才具备规模效益，基本可自负盈亏，供民用的（ 500m^3 ，约 500 户）基本能回收管网基建等初投资；第三，日产气 500m^3 以上的沼气工程的工艺、配套设备、管线及安全措施等须规范化建设，也是沼气走向产业化的有力支撑。

本规范规定沼气工程站内设施的建设，主要以产气、供气为

主（不包括污废水处理中以减排为目的的厌氧工程），对于用气设备不做详细的规定。因此，所产沼气主要作为民用炊事；如用于发电上网或自用，其界限是提供到发电机前的沼气；对提纯压缩无论是供车用或民用，其界限是指提纯压缩机前的沼气。

1.0.3 在沼气工程建设过程中，应积极引进一些新技术、新工艺、新材料和设备，提升沼气工程的整体水平，推动我国大中型沼气工程技术进步，保证施工和运行过程中的安全。同时，在沼气工程的设计、施工和运行维护需要通过多方案技术经济比较，确定出整体上技术先进、经济合理的方案，故作此项规定。

1.0.4 本条强调在大中型沼气工程设计、施工验收及运行管理中，除执行本规范外，还应执行有关安全、环保、节能、卫生等方面的国家现行有关标准等。

2 术语和缩略语

本章所列术语，其定义及范围，仅适用于本规范。

3 基本规定

3.0.1 综合利用是指在工艺设计中要考虑对沼气、沼渣、沼液的充分利用。例如，沼气不仅可以直接用于民用、发电或提纯压缩，还可以用于沼气发电机组的热电联产，其产生的余热用于厌氧消化器的加温，冷量用于办公区域夏季空调制冷；沼渣、沼液用于还田利用，另外部分沼渣经过无害化处理以后还可以用于制作建筑材料。

沼气工程既是制取沼气的能源工程，又是处理有机废弃物的环境保护工程，所以其在建造和运行过程中应严格执行国家环境保护的相关规定。另外为实施国家卫生法律法规和有关职业健康卫生政策，保护从业人员的健康，在沼气站的设计时还应符合国家职业卫生标准的有关规定。

3.0.2 原料来源和种类是指农业有机废弃物、工业高浓度有机废水、工业有机废渣和污泥等；发酵原料的性质取决于原料的物理化学性质，从而决定了不同的消化工艺、发酵时间和沼气产率；各种原料的性质见表1及表2。

表1 农业有机废弃物性质汇总表

养殖种类	冲粪方式	COD (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	TP (mg/L)	TN (mg/L)	pH值	产气率 (L/kgTS)
猪	干清粪	2500~ 2770	230~ 290	35~ 50	320~ 420	6.3~ 7.5	300~ 350
	水冲粪	15600~ 46800	130~ 1780	30~ 290	140~ 1970		
牛	干清粪	920~ 1050	40~ 60	16~ 20	57~ 80	7.1~ 7.5	250~ 300
	水冲粪	6000~ 25000	300~ 1400	35~ 50	300~ 500		

续表 1

养殖种类	冲粪方式	COD (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	TP (mg/L)	TN (mg/L)	pH 值	产气率 (L/kgTS)
鸡	干清粪	2740~ 10500	70~ 600	13~ 60	100~ 750	6.5~ 8.5	350~ 400
麦秸	—	—	—	—	—	—	320~330
稻草	—	—	—	—	—	—	300~310
玉米秸	—	—	—	—	—	—	330~350
高粱秸	—	—	—	—	—	—	386

注：1 产气率的数据来源于《沼气技术手册》（四川科学技术出版社，1990年9月第一版，ISBN 7-5364-1763-2/S·270）。其发酵温度 35℃，发酵周期秸秆为 90d，粪便为 60d。

2 禽畜粪便的 COD、NH₃-N、TP、TN 和 pH 值的数据来源于《畜禽养殖业污染治理工程技术规范》HJ 497-2009；麦秸、稻草和玉米秸的产气率数据来源于《秸秆沼气工程工艺设计规范》NY/T 2142-2012。

表 2 工业高浓度有机废水的性质汇总表

原料种类	pH	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	
酿造废水	啤酒	4.0~5.0	20000~ 40000	9000~ 26000	—
	白酒	3.5~4.5	10000~ 100000	6000~ 70000	—
	黄酒	3.5~7.0	9000~ 60000	8000~ 40000	—
	葡萄酒	6.0~6.5	3000~ 5000	2000~ 3500	—
	(糖蜜)酒精	3.0~4.5	70000~ 150000	30000~ 65000	—
	(玉米、薯类)酒精	3.5~4.0	30000~ 65000	20000~ 40000	—
	酱油、醋	6.0~7.5	3000~ 6000	1400~ 2500	—

续表 2

原料种类	pH	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)
屠宰废水	6.5~7.5	1500~ 2000	750~ 1000	750~ 1000
肉类加工废水	6.5~7.5	800~2000	500~1000	500~ 1000
(甜菜)制糖废水	6.5~8.0	2500~ 4500	1200~ 2500	2000~ 4000
柠檬酸废水	4.0~4.6	20000~ 40000	6000~ 25000	20000~ 40000
淀粉废水	4.5~5.3	20000~ 25000	1600~ 7000	4000
味精废水	1.5~3.2	20000~ 60000	10000~ 30000	1000~ 12000
马铃薯加工废水	5.6	4300	2860	1080
乳制品加工废水	6.0~7.0	2200	1200	400
制浆造纸废水	6.0~9.0	3200~14000	1200~4000	850~3800
制革废水	8~10	3000~4000	1200~1800	2000~4000
毛皮加工废水	8~10	2000~3500	1000~1800	1000~2500

用户类别是指沼气的最终用途，本规范主要是指供民用（集中供气、沼气供锅炉或商业中的炉灶使用等）、供发电、供提纯压缩，根据不同的产气规模推荐最适宜的用途。例如，作为民用沼气产气量不宜小于 $500\text{m}^3/\text{d}$ ，供发电时的沼气产量不宜小于 $1200\text{m}^3/\text{d}$ ；这是因为在通常情况下 1m^3 沼气可发电 $1.5\text{kWh}\sim 2.2\text{kWh}$ ，目前国内 100kW 以上的发电机组已较为成熟，因此建议日产气量在 $1200\text{m}^3\sim 1600\text{m}^3$ 的沼气工程即可配 100kW 的发电机组进行发电利用；从调研的情况来看，利用沼气用于提纯压缩的沼气工程的日产气量都在 10000m^3 以上，所以规定供提

纯压缩的沼气产量宜为日产气 10000m³ 以上。

3.0.3 沼气质量对后端的用户设施影响较大。为了保证沼气系统和用户安全，减少腐蚀和堵塞管道，减少对环境的污染和保证系统的经济合理性，保持沼气的质量稳定是非常重要的。根据原料种类，本规范规定的沼气热值为 17MJ/m³，综合考虑了不同原料所产沼气的热值；另外，如果低于此值，设备的使用效率将降低，沼气中的硫化氢及水蒸气凝结水还会造成金属管道的腐蚀，缩短管道的使用寿命。

民用沼气质量中水露点和硫化氢是根据现行国家标准《天然气》GB 17820 中二类天然气标准提出的；用于发电的沼气中硫化氢含量，除应符合表 3.0.3 规定外，还应满足发电机组的要求；用于提纯压缩的沼气除应符合表 3.0.3 规定外，可根据用户的需求进行深度处理。

3.0.4 安全供气除具备稳定可靠的气源外，还应具备保证安全供气的必要设施，如沼气净化设施、沼气储存设施和应急供气措施等。

根据《建设工程勘察设计管理条例》（中华人民共和国国务院第 293 号令）中的“设计文件中选用的材料（构）配件、设备，应当注明其规格、型号、性能等技术指标，其质量要求应符合国家规定的标准”的规定制定本条款。

3.0.6 供给民用沼气站承担向城乡小区供气的重要任务，在任何情况下沼气站应做到持续、稳定地供气，而电力供应是保证沼气工程正常运行、不间断供气的必要条件。“二级负荷”（由两回路供电）的电源要求从供电可靠性上完全满足民用沼气供气安全的需要，当采用两回路供电有困难时，可另设沼气或燃油发电机等自备电源。

3.0.7 用于民用的沼气工程包括集中供气、用于食堂炒菜及蒸锅灶和作为锅炉燃气，为保证民用户安全用气，在泄漏时使人及时觉察，沼气应进行加臭。因为沼气中的硫化氢与管道中的水蒸气结合，会对管道和设备造成腐蚀，吸入后对人身体的影响较

大，因此，供民用的沼气应脱除硫化氢，但当硫化氢脱除达标后，因沼气变成无色无味的气体，所以应加臭以便沼气泄漏能及时察觉。

加臭剂的种类很多，参照天然气的加臭剂，其中四氢噻吩（THT）是目前国内外使用最多的加臭剂，在空气中的浓度达到 $0.08\text{mg}/\text{m}^3$ 时即可以嗅到臭味。按沼气爆炸下限为 8% 计算， $8\% \times 20\% = 1.6\%$ ，相当于沼气中应加 THT $5\text{mg}/\text{m}^3$ ，按理论值的 2 倍~3 倍，宜取 $10\text{mg}/\text{m}^3 \sim 15\text{mg}/\text{m}^3$ 。

3.0.8 沼气工程是一项净化环境、回收能源、综合利用、改善生态环境的工程，但是其产生的沼液、沼渣如不进行处理和综合利用而直接排放，不仅会严重污染水源、破坏生态自然环境，还会造成资源的极大浪费。因此，应对沼气生产过程中产生的废弃物、废水进行综合利用和有效处理。沼气工程的建设更应该遵循《中华人民共和国环境保护法》中的相关规定，防止在生产建设或其他活动中产生的废水、废渣和恶臭气体及噪声等对环境的污染和危害。

国家现行环境保护标准主要包括《污水综合排放标准》GB 8978、《大气污染物综合排放标准》GB 16297 等。

3.0.10 沼气工程建设、运行和使用应强调以人为本，防止单纯追求经济效益。在施工和运行过程中不应该忽视安全，减少安全的投入，从而对人身和公共安全造成严重的威胁。如在高空或易发生坠落的构筑物作业时，应采取必要的安全防护措施。另外在更换脱硫剂时散发的恶臭气体、粉碎秸秆时产生的灰尘都会对人体呼吸道造成损害，也必须做好必要的安全防护措施。

4 沼 气 站

4.1 选址与总平面布置

4.1.1 站址的选择应根据《中华人民共和国城乡规划法》中的“城市、镇规划区内的建设活动应当符合规划要求”制定，由相关部门参与选址工作，或及时征求有关部门意见，经过多方案比较确定。沼气管站址的选择需要综合考虑工程地质与水文地质、环境保护、生态资源及交通和基础设施等因素。考虑到沼气管对周围环境影响较大，还需经环境部门和安全部门的认可。

1 沼气在生产过程中，不可避免地产生恶臭气味，在居民区主导风向的下风侧，利用自然通风条件，便于气味的快速扩散。另外沼气管在生产过程中还会产生噪声，因此应尽量远离居民区。

2 原料的种类包括农业有机废弃物、工业高浓度有机废水、有机废渣、污泥等，为了减少运输费用，不能远离原料产地。

5 沼气管不应选择在架空电力线跨越的区域，其与电力设施的距离可以参照现行国家标准执行，如《66kV及以下架空电力线路设计规范》GB 50061、《建筑设计防火规范》GB 50016、《城镇燃气设计规范》GB 50028 和《工业企业总平面设计规范》GB 50187 等。

6 露天工艺装置主要是指厌氧反应器、净化装置、储气装置及放散火炬等。

4.1.2 沼气管内的生产装置、管线、阀门较多，其发生沼气泄漏的概率较高，此外在生产过程中还会产生噪声、气味等污染，以禽畜粪便、市政污泥为原料的沼气管还存在发生病毒传染的可能，为了便于运行管理和保证安全，在沼气管内生产区与辅助区分开设置是必要的。

4.1.3 沼气站总平面布置的设计应在满足功能要求前提下，做到经济合理、施工和运行维护方便。

生产区和辅助区分别设置出入口，合理地组织人流和货流，避免交叉干扰，使物料以最短的路径，顺畅地输送到各生产部位；同时把散发臭味的粪便车、污泥车与办公场所的人员车辆合理分开，符合便捷、卫生的要求。

4.1.4 根据国外场站平面布置的经验，各个厌氧消化器之间距离很近。规范编制的基础研究过程中，认为将厌氧消化器作为生产装置较为合理，因为厌氧消化器上部储气容积只占整个罐体容积的10%~15%，当发生火灾，罐体下的料液兼有灭火作用，不能按气体储罐的消防间距计算。另外分组布置还可以有利于工艺管道的布置，与站内其他设施的间距满足工艺及检修即可。

4.1.5 站内建（构）筑物的火灾危险性、耐火等级和防火间距见表3。

表3 站内建（构）筑物的火灾危险性、耐火等级和防火间距

设施内容	火灾危险性	耐火等级	储气罐总容积 ($\leq 1000\text{m}^3$) 防火间距 (m)	备注
预处理构筑物、污泥储存池、沼液储存池	戊类	三级	12	防火间距参照GB 50016 - 2014表 4.3.1
净化间、增压机房	甲类	二级	10	防火间距参照GB 50028 - 2006表 6.5.3
锅炉房	丁类	二级	15	防火间距参照GB 50028 - 2006表 6.5.3
发电机房、监控室、配电间、	丁类	二级	12	防火间距参照GB 50016 - 2014表 4.3.1

续表 3

设施内容	火灾危险性	耐火等级	储气罐总容积 ($\leq 1000\text{m}^3$) 防火间距 (m)	备 注
化验室、维修间等 辅助生产用房	戊类	二级	12	防火间距参照 GB 50016 - 2014 表 4.3.1
泵房	戊类	二级	10	—
秸秆粉碎间	乙类	二级	20	防火间距参照 GB 50016 - 2014 表 4.3.1
管理及生活设施 用房	民用建筑	二级	18	防火间距参照 GB 50016 - 2014 表 4.3.1

按现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 乙类第六项，生产中可燃物质的粉尘、纤维悬浮在空气中与空气混合，当达到一定浓度时，遇火源立即引起爆炸，粉碎间在粉碎秸秆过程中，空气中充满秸秆粉尘，遇明火后会引引起爆炸，所以粉碎间属于乙类生产厂房。

按现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 中“湿式可燃气体储罐”与其他建构筑物之间的间距见表 4。

表 4 湿式可燃气体储罐与建筑物、储罐、堆场的防火间距 (m)

建筑类别	湿式可燃气体储罐的总容积 V (m^3)			
	$V < 1000$	$1000 \leq V < 10000$	$10000 \leq V < 50000$	$50000 \leq V < 100000$
甲类仓库 明火或散发火花的地点 甲、乙、丙类液体储罐 可燃材料堆场 室外变、配电室	20	25	30	35

续表 4

建筑类别		湿式可燃气体储罐的总容积 V (m^3)				
		$V < 1000$	$1000 \leq V < 10000$	$10000 \leq V < 50000$	$50000 \leq V < 100000$	
民用建筑		18	20	25	30	
其他建筑	耐火等级	一、二级	12	15	20	25
		三级	15	20	25	30
		四级	20	25	30	35

现行国家标准《城镇燃气设计规范》GB 50028 和《建筑设计防火规范》GB 50016 规定，对于式可燃气体储罐与建筑物、储罐、堆场的防火间距，当可燃气体的密度比空气大时，应在湿式可燃气体储气罐与建筑物、储罐、堆场的防火间距的基础上增加 25%，据计算，沼气密度大小主要与 CH_4 含量有关，本规范中沼气的定义是沼气的低位发热量不应小于 $17MJ/m^3$ ，即对应 CH_4 含量约 47%，在对沼气成分分析中，沼气含量大多集中在 47%~55% 的范围内，而此时沼气的密度略大于空气。

4.1.7 与储气为一体的厌氧消化器，兼有储气的作用，因为按国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 - 2014 第 3.1.4 条“同一座仓库或仓库的任一防火分区内储存不同火灾危险性物品时，仓库或防火分区的火灾危险性应按火灾危险性最大的物品确定。”与储气为一体的厌氧消化器按“湿式可燃气体储罐”划分，因此气柜之间的间距不宜小于相邻设备较大直径的 1/2。

4.1.12 充分利用地形、地势和工程地质条件，合理地布置建筑物（构）筑物等设施，不仅可以减少基建工程量，节约工程费用，而且对保证工程质量和沼气站正常生产大有好处。

4.1.13 对于规模较大的沼气站宜设环形通道，这是为了便于消防车在应急过程中能及时到达事故地点进行处理，主要是安全防范的需要。对于占地面积大于 $3000m^2$ 的厂房，应设置环形消防车道的规定是参照了国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 -

2014 第 7.1.3 条的规定。

4.1.14 考虑沼气站安全和卫生防疫的要求，周围宜设有围墙。

4.2 原料及预处理

4.2.1 由于本规范侧重于以供气为主的沼气工程，而连续、稳定的供气是其基本要求。要保证连续、稳定的供气就要求有稳定的原料供应。

畜牧养殖业产生的可用于厌氧发酵的原料通常包括禽畜粪便、垫料和畜禽尸体等固体废物，其产量和性质见表 5。

表 5 畜牧养殖业主要固体污染物产量及性质

养殖种类	日产量 (kg/头或羽)	NH ₃ -N (mg/kg)	TP (mg/kg)	TN (mg/kg)	TS (mg/kg)
猪	2~3	3100	3400	5900	9400
奶牛	20~30	1700	1200	4400	4700
肉牛	15~20				
鸡	0.1~0.15	4800	5400	9800	16300

另外，禽畜粪便还含有丰富的有机质、氮、磷、钾等各种微量元素和活性物质，可被资源化利用；但是如果不及时处理，会产生包括氨气和硫化氢等臭味气体，可导致污染。同时，禽畜粪便还含有大量寄生虫卵、病原微生物等病原体，如不及时收集处理，容易造成人畜疾病传播。

对于秸秆来说，资源比较分散且季节性强，短时间、大规模、大范围收集存在一定困难。以玉米秸秆为例，一般每亩玉米地仅能收集干秸秆 0.5t，收集满足沼气生产的资源量往往需要一定时间，所以应在沼气站内或附近设置秸秆的短期堆放料场，以满足稳定产气的要求。

4.2.2 如果厌氧发酵原料中含有有毒物质，包括有毒有机物、重金属和一些阴离子，这些物质往往对厌氧发酵具有抑制作用。

五氯苯酚和半纤维衍生物，主要抑制产乙酸和产甲烷菌的活动；重金属被认为是使厌氧消化器失效的最普通及最主要的因素，氨是厌氧过程中的营养物和缓冲剂，但高浓度时也产生抑制作用，主要影响产甲烷阶段。据资料介绍，沼气工程中 SO_4^{2-} 浓度达到 COD 浓度的 20% 时，就会抑制厌氧发酵。沼气工程中氨氮浓度达到 3000mg/L 时（指厌氧罐内发酵液），厌氧发酵就受到抑制。因此，对厌氧发酵原料在使用前应进行检测以确定是否含有上述有毒物质。

另外厌氧发酵原料的可生化性也是衡量是否可以用来生产沼气的一个重要指标，而 $\text{BOD}_5/\text{COD}_{\text{cr}}$ 比值法是最经典、也是目前最为常用的一种评价可生化性的方法。目前普遍认为， $\text{BOD}_5/\text{COD}_{\text{cr}} \leq 0.3$ 的原料属于难生物降解的原料；而 $\text{BOD}_5/\text{COD}_{\text{cr}} > 0.3$ 的原料则属于可生物降解的原料。该比值越高，表明原料采用厌氧生物处理产沼气的效果越好。

4.2.3 为了使各种厌氧发酵原料满足厌氧消化器的进料要求，本条规定所有原料在进入厌氧发酵装置之前都应该进行预处理。预处理的设施通常包括格栅、沉砂池、沉淀池、调节池、气浮分离池、水解酸化池等等。设计人员可以根据原料的具体特性选择不同的预处理工艺和设施。

4.2.4 本条所说的农业有机废弃物通常是指畜牧养殖业生产过程中产生的有机污水，其基本特性与工业高浓度有机废水类似，所采取的预处理工艺也基本相同。需要指出的是沼气工程的预处理主要目的是保证后续厌氧发酵系统能够稳定、正常运行，而不是像污水处理的预处理主要目的是降解有机物。所以在设置沼气工程的预处理设施时通常只需基本的处理单元即可，即通过格栅去除较大的漂浮物，通过沉砂池去除粒径较大的砂石，通过调节池来调质匀浆。

1 农业有机废弃物和工业高浓度有机废水中常常混有草屑、木片、纤维、包装物、大块砂石等大小不同的杂物，为了防止水泵及处理构筑物的机械设备和管道被磨损或堵塞，使后续处理流

程能顺利进行，应设置格栅。水泵前设置格栅，栅条间隙应根据水泵进口口径选用。

2 畜牧养殖废水、屠宰及肉类加工废水、制浆造纸废水、制糖废水、麻染整废水等原料中含砂粒较多。另外，在一些废水收集系统中有些渠道盖板密封不严导致部分雨水进入废水收集系统，在废水中会含有相当数量的砂粒等杂质。设置沉砂池可以避免后续处理构筑物 and 机械设备的磨损，减少管渠和处理构筑物内的沉积，缓解排泥难度，减少化学药剂的投加量，防止对厌氧发酵系统的干扰。沉砂池应设在格栅之后，构筑物可采用合建式。一般按去除相对密度 2.65、粒径 0.2mm 以上的砂粒设计。沉砂池的设计计算可参考本规范附录 A。

3 一些原料的水量和水质变化很大，甚至在一日之内或班产之间都可能有很大的变化，过大水量及水质变化的工程，将不利于预处理设施、设备的正常操作。由于厌氧处理单元对水质、水量和冲击负荷较为敏感，因此，相对稳定的水质、水量也是厌氧消化器稳定运行的保证。原料变化一个周期，按生产排水规律确定，没有相关资料时宜按最大日平均时流量的 4h~8h 废水量设计，并适当考虑事故应急需要。

4.2.5 以秸秆作为厌氧发酵原料时，因秸秆含有难以降解的木质素和植物蜡质，存在分解慢，降解率低、管理不便等问题，对此应在秸秆入厌氧消化器前进行物理、化学和生物的预处理。

物理的预处理即通过粉碎、研磨等方法，减小秸秆粒径、增大纤维素与厌氧微生物接触的表面积，同时破坏秸秆表面的蜡质层，以加快分解速度，增加沼气产量。

对青玉米秸秆采用生物预处理通常也叫做青贮，通过添加具有专门纤维素、半纤维素、木质素分解功能的生物预处理菌剂，并加以堆沤。通过青贮能有效提高发酵温度和富集菌种，有助于提高沼气产量。

4.2.6 以工业有机废渣或污泥饼为原料时，其预处理设施中设

置集料池是为了将固态的工业有机废渣和污泥饼溶解，以使用泵输送。另一方面对于含有病原体的污泥还应在此设置加热装置对其进行消毒处理。

对于直接从污水处理装置排出的湿污泥，设置污泥浓缩池，是对污泥进行初步脱水，降低污泥含水率，缩小污泥体积，为后续厌氧处理创造条件。污泥浓缩工艺的选择主要取决于产生污泥的污水处理工艺、污泥的性质、污泥量和需要达到的含固率要求。污泥浓缩池的设计可参考现行国家标准《室外排水技术规范》GB 50014 的有关规定。

4.2.7 本条规定了原料经过格栅和沉砂池后不得含有较大的固体悬浮物，目的是后续用泵输送原料时不受影响，同时也是为了减少厌氧消化器内的沉砂量。原料经过调节池调节后各项指标应均质稳定，能够保证后续厌氧消化器稳定运行，不受大的冲击负荷。

4.2.8 沼气工程处理的原料一般都是含水率较高的物质，而且其COD较高，为防止泄漏而污染环境，在设计相关钢筋混凝土水池的时候还应考虑防渗的措施。使用的防渗混凝土的配合比应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

4.3 厌氧消化工艺及设备

4.3.1 本条规定了选择厌氧消化工艺和厌氧消化器时所应考虑的因素。厌氧消化阶段是指发酵原料在厌氧反应器内所处的消化阶段，包括酸化阶段和甲烷化阶段。原料特性是指发酵原料的种类及性质，例如以禽畜粪便为原料的沼气工程，应根据养殖场规模、养殖场周围可供厌氧残留物综合利用的农田、果园、蔬菜地和鱼塘等设施数量、周围环境容量、沼气利用方式等条件综合考虑，并进行经济技术比较。以工业高浓度有机废水为原料的沼气工程，其原料来源就比较复杂了，且差异性较大，包括酿造废水、糖蜜废水、制药废水等工业高浓度有机废水，应根据具体的

工程选择不同的厌氧发酵工艺。

4.3.2 厌氧消化工艺按温度的划分为中温和高温两类，以产沼为目的沼气工程，推荐使用中温发酵的厌氧消化工艺。

温度是影响微生物生存及生物化学反应最重要的因素之一。各类微生物适宜的温度范围是不同的，一般情况下，产甲烷菌的适宜温度范围是 $5^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ ，在 35°C 和 53°C 左右时可以分别获得较高的消化效率。温度为 $40^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$ 时，厌氧消化效率较低，如图1所示。在中温厌氧条件下，既可以保证厌氧消化器获得稳定、高效的产气率，同时减少了为维持反应温度而消耗的能量。所以推荐以产沼气为目的的沼气工程使用中温发酵的厌氧消化工艺。

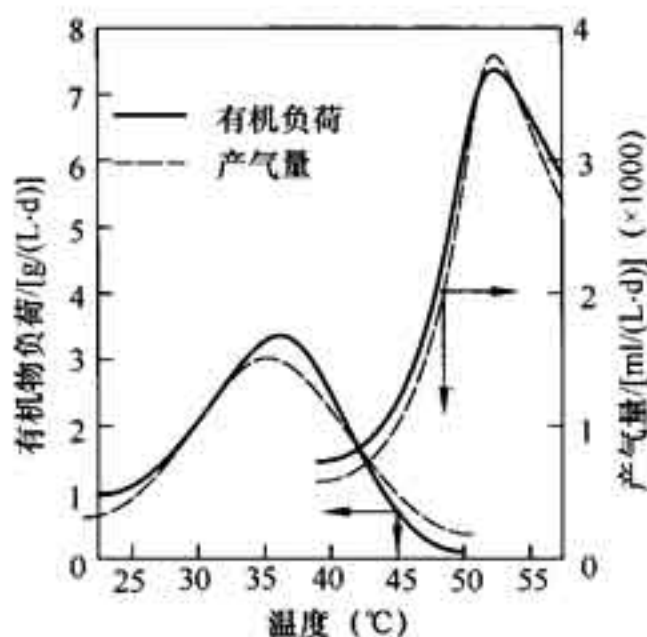


图1 温度对产气量的影响

别外，温度突变会对厌氧微生物的活性产生显著的影响。降温幅度愈大，低温持续时间愈长，产气量的下降就愈严重，升温后产气量的恢复更困难。有研究表明，高温消化比中温消化对温度的波动更为敏感。所以，一般认为，厌氧消化处理系统每日的温度波动为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 为宜。

4.3.3 厌氧消化工艺按厌氧消化阶段的要求可划分为一级厌氧消化和两级厌氧消化。一级厌氧消化只设置一个厌氧消化器，原料在这个反应器内完成厌氧消化过程，两级厌氧消化过程是分在

两个串联的厌氧消化器内进行的，一级厌氧消化工艺建设费用较省，但原料中有机物的分解率不如两级厌氧消化工艺。

4.3.4 对于以供气为主要目的沼气工程来说，保证不间断供气是其基本要求，所以要求此类沼气工程的厌氧消化器数量不得少于2个，以保证其有一个厌氧消化器处于检修状态时仍能不间断供气。

4.3.5 连续进料就是将原料连续不断地打入厌氧消化器，同时连续不断地出料。批次进料方式就是间歇式的进料和出料。在进行进出料设备及管道设计时应考虑进料方式对其的影响。

4.3.6 厌氧消化器通常是根椐原料的特性来选择的。目前应用较为广泛的厌氧消化器包括：完全混合式厌氧反应器（CSTR）、升流式厌氧固体反应器（USR）、升流式厌氧污泥床（UASB）、内循环厌氧反应器（IC）、厌氧颗粒污泥膨胀床（EGSB）和高浓度推流式厌氧反应器（HCPF），如图2所示。

CSTR、USR和HCPF适用于料液浓度较大、悬浮物固体含量较高的有机原料，如：禽畜粪便、污泥、工业有机废渣和秸秆。UASB、IC和EGSB则适用于料液浓度低、悬浮物固体含量少的有机原料，如：屠宰及肉类加工废水、酿造废水、食品加工废水等等。

4.3.7 一般在进行厌氧消化器设计时应对其原料进行试验，以获取设计参数，本条给出的设计参数总结了国内目前CSTR、USR、HCPF、UASB、IC和EGSB的设计经验。设计者可以参考，如不满足需要时可通过试验确定具体的设计参数。

CSTR是目前国内沼气工程中应用最为广泛的一种厌氧消化器，其设有搅拌装置，可使反应器温度均匀，并使微生物和发酵原料充分接触，加快发酵速度，提高产气量。而USR与CSTR相比具有更大的高径比，且不设搅拌装置，底部设有布水系统。USR有比水力滞留期（HRT）高得多的固体滞留期（SRT）和微生物滞留期（MRT），从而提高了固体有机物的分解率和消化器的效率。

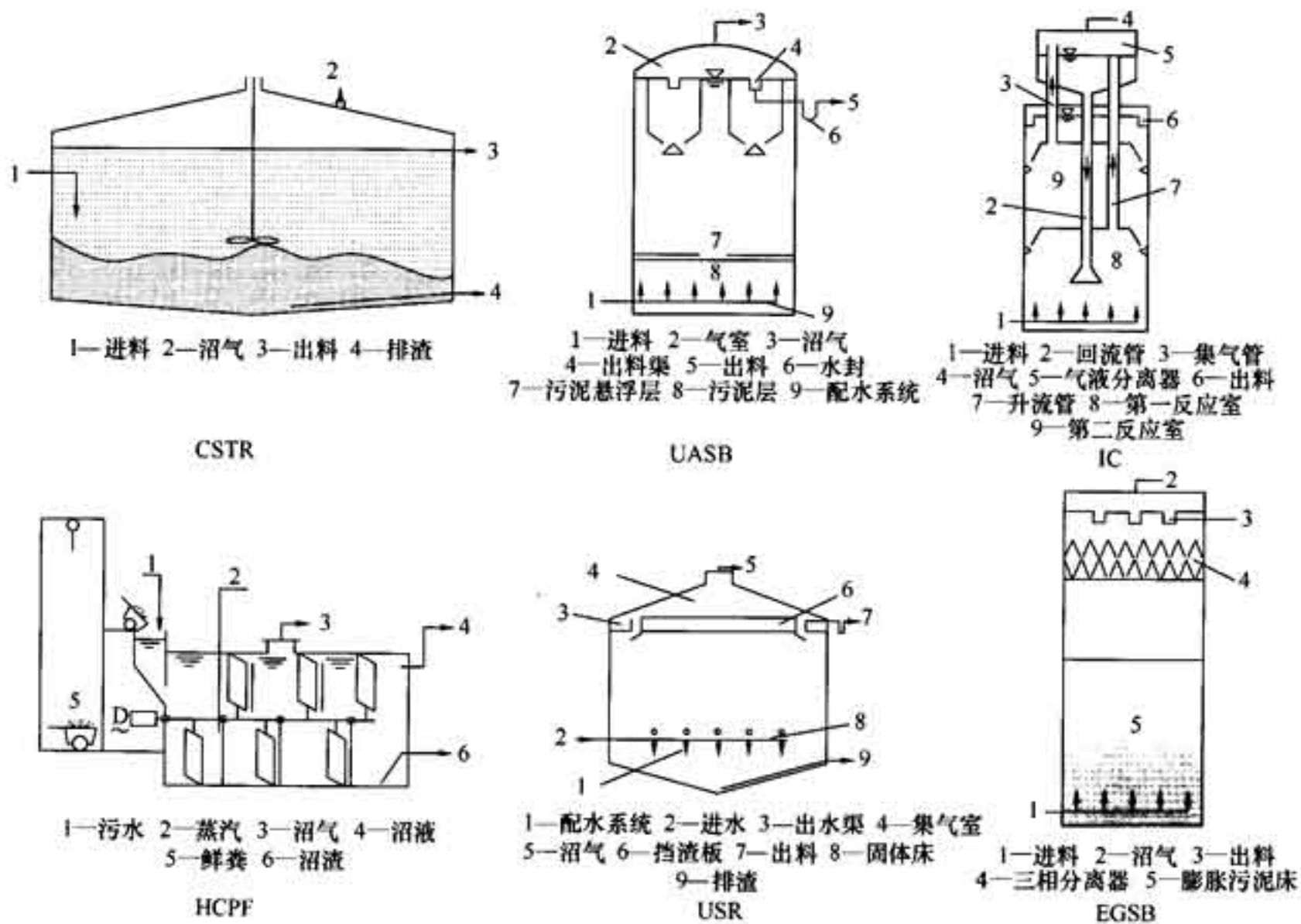


图2 各类厌氧消化器结构示意图

高浓度推流式沼气发酵工艺（HCPF）是塞流式消化工艺的一种。畜禽粪便等原料不需“预处理”直接加入消化器前端，在机械搅拌的作用下呈活塞式状态向后端移动，原料经发酵产生沼气。其进料 TS 浓度一般为 10%~15%。

UASB 由污泥反应区、三相分离器和气室三部分组成。原料从底部流入与污泥层中污泥进行混合接触，污泥中的微生物分解污水中的有机物，把它转化为沼气，沼气上升过程中不断合并形成较大的气泡。沼气、污泥和水一起上升进入三相分离器，沼气碰到分离器下部的反射板折向四周，然后穿过水层进入气室。集中在气室的沼气用导管导出，固液混合液经过反射进入三相分离器的沉淀区。污泥发生絮凝，颗粒逐渐增大，并在重力作用下沉降回反应区内。与污泥分离后的水从沉淀区溢流堰上部溢出，然后排出反应器。

IC 是基于 UASB 的一种改进。其构造特点是具有很大的高径比，一般可达 4~8，反应器高度能达到 16m~25m。IC 可以看作是两个 UASB 上下串联组成的，由第一反应室产生的沼气作为提升的内动力，使上升管和回流管的混合液产生一个密度差，实现了下部混合液的内循环。第二反应室对原料进行继续处理，进一步提高了处理效果，增加了沼气产量。

EGSB 也是一种改进型的 UASB 反应器，EGSB 能维持很高的上升流速，达 3m/h~7m/h，可采用较大的高径比（3~8），细高型的反应器构造可有效减少占地面积。

4.3.8 进行厌氧消化器的结构设计时，其设计压力是一个十分重要的参数。厌氧消化器在正常运行时，厌氧消化液占有大部分的体积，顶部约 10%~20%的空间是沼气。所以，其设计压力应充分考虑厌氧消化器在正常工作时的水压，而厌氧消化器不同位置的水压是不一样的。根据这个压力计算出来的钢板厚度通常也是不一样的。对于体积较大的厌氧消化器一般会根据不同的高度选择上中下三种不同厚度的钢板。

厌氧消化器的工作压力一般指上部气相部分的工作压力，即

沼气的工作压力。厌氧消化器的工作压力与整个沼气系统的工作压力密切相关，厌氧消化器中气相压力应尽可能低，使沼气能够最大量地从消化液中释放出来。根据本条款公式计算得到厌氧消化器的正常工作压力，系统中其余各点的压力根据不同的管路损失可以分别计算出。运行时，一般通过改变储气装置的工作压力来设定和调节厌氧消化器的工作压力。

4.3.9 厌氧消化器的有效容积有两种计算方法，即利用水力停留时间计算或者容积有机负荷来计算有效容积。

不同类型的厌氧消化器或同类型的厌氧消化器对不同的原料，及在不同的条件下其水力停留时间 θ 或容积有机负荷 U_v 都是不同的。在工程实践中一般是从试验数据或同类型原料有效处理的经验数据中确定一个合适的水力停留时间 θ 或容积有机负荷 U_v 。

一般来说，原料在较低浓度的情况下，反应器有效容积的计算主要取决于水力停留时间，而水力停留时间的大小与反应器内的污泥类型（是否形成颗粒污泥）或三相分离器的效果有关。而在较高浓度下，厌氧消化器的容积取决于其容积负荷的大小和进料浓度，而厌氧消化器采用的负荷值与原料的性质和浓度、厌氧消化器的运行温度有关。对于某种特定原料，厌氧消化器的容积负荷一般通过实验确定，也可以参考表6。

表6 厌氧消化器的容积有机负荷与水力停留时间参考表

反应器类型	原料种类	容积有机负荷 kgTS/(m ³ ·d)或 kgCOD _{cr} /(m ³ ·d)		水力停留时间 d或h	
		中温	高温	中温	高温
CSTR	禽畜粪便	0.9~1.1	1.4~1.6	15~25	10~15
	秸秆	0.7~0.9	1.1~1.3	25~30	15~20
	工业有机废渣	1.4~1.6	2.8~3.2	15~20	8~12
	工业高浓度有机废水	4~6	8~10	15~20	8~12
	污泥	0.5~0.7	0.9~1.1	25~35	15~25

续表 6

反应器类型	原料种类	容积有机负荷 kgTS/(m ³ ·d)或 kgCOD _{cr} /(m ³ ·d)		水力停留时间 d 或 h	
		中温	高温	中温	高温
USR	禽畜粪便	3~6	—	12~15	—
	秸秆		—		—
	工业有机废渣		—		—
	工业高浓度有机废水		—		—
	污泥		—		—
HCPF		2~5	—	15~20	—
UASB	酿造废水	5~7	10~20	6~20	—
	屠宰及肉类加工废水	5~10		16~24	—
	制糖废水	3~9		6~20	—
	制浆造纸废水	5~8		12~20	—
	食品工业废水	6~10		6~20	—
IC	酿造废水	10~35	—	—	—
	屠宰及肉类加工废水	10~20	—	—	—
	制糖废水	10~35	—	—	—
	制浆造纸废水	10~25	—	6~12	—
	食品工业废水	10~20	—	—	—
EGSB	酿造废水	10~30	15~40	—	—
	屠宰及肉类加工废水	10~25	—	—	—
	制糖废水	10~23	—	—	—
	制浆造纸废水	10~25	—	—	—
	食品工业废水	10~20	—	—	—

注：对于 CSTR、USR 和 HCPF 容积有机负荷的单位为 kgTS/(m³·d) 水力停留时间的单位为 d；对于 UASB、IC 和 EGSB，容积有机负荷的单位为 kgCOD_{cr}/(m³·d)，水力停留时间的单位为 h。

上表中水力停留时间和容积有机负荷参考了环境部和农业部

的相关标准，主要包括《酿造废水处理工程技术规范》HJ 575、《UASB 污水处理工程技术规范》HJ 2013、《制浆造纸废水治理工程技术规范》HJ 2011、《制糖废水处理工程技术规范》HJ 2018、《制浆造纸废水治理工程技术规范》HJ 2011 和《沼气工程技术规范工艺设计》NYT 1220.1 等。

4.3.10 CSTR 中设置搅拌器是为了使厌氧发酵原料与厌氧消化污泥能够充分混合，使得温度均衡，有利于有机物充分分解并产生沼气，所以有必要在 CSTR 内进行搅拌。常用的搅拌方式有机械搅拌和沼气搅拌。如图 3 所示，机械搅拌一般指螺旋桨式搅拌，根据工艺要求可以在厌氧消化器顶部安装一台或数台机械搅拌器。机械搅拌容易操作，可以通过竖管向上、下两个方向推动，因此在固定的污泥液面下能够有效地消除浮渣层，此种搅拌特别适合于蛋形或带漏斗底的圆形反应器。沼气搅拌是通过收集在厌氧消化过程中所产生的沼气，经过增压机加压后再注入厌氧消化器，从而起到对厌氧消化器内的污泥进行有效混合搅拌的作用。沼气搅拌通过厌氧消化器顶部的配气环管，由均匀布置的立管注入厌氧消化器。搅拌功率一般按单位池容计算确定，单位池容所需功率一般取 $4\text{W}/\text{m}^3 \sim 8\text{W}/\text{m}^3$ 。

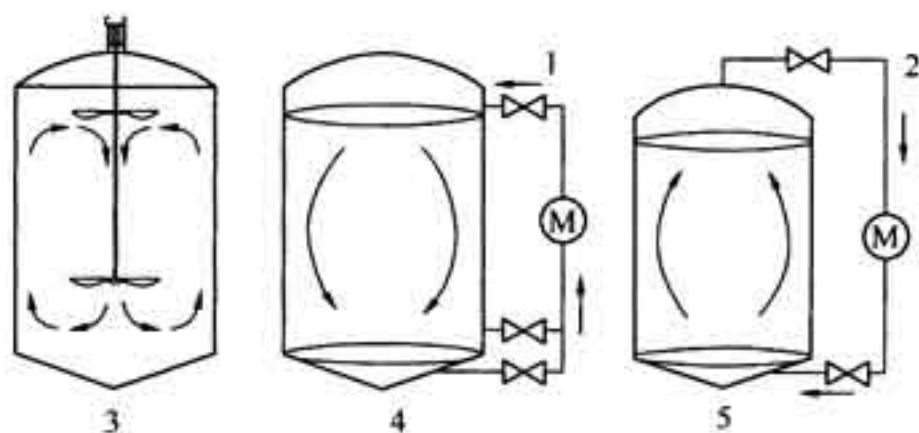


图 3 搅拌装置示意图

1—消化液；2—沼气；3—机械搅拌；4—消化液搅拌；5—沼气搅拌

4.3.11 三相分离器是 UASB、IC 和 EGSB 最有特点和最重要的设备，三相分离器的形式可以有很多种，但应具有 3 个主要功能和组成部分：气液分离、固液分离和污泥回流 3 个功能及气

封，沉淀区和回流缝 3 个组成部分，其基本构造如图 4 所示。

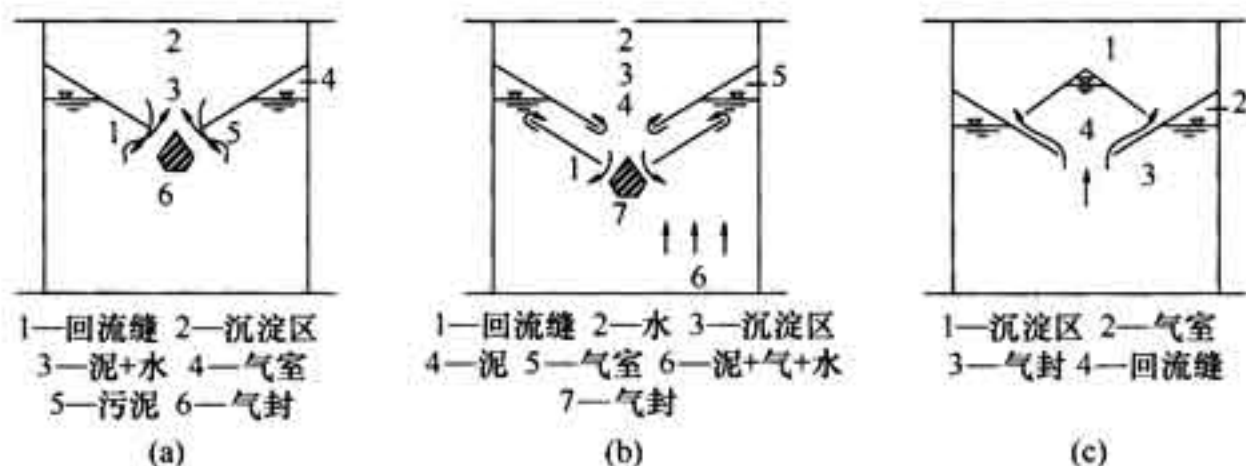


图 4 三相分离器基本结构

三相分离器的设计可分为沉淀区的设计、回流缝的设计和气液分离的设计。沉淀区的固液分离是靠重力沉淀实现的，其设计方法与普通的沉淀池类似，主要考虑沉淀面积和水深这两个因素。

沉淀面积可以根据原料流量和沉淀区的表面负荷率确定，一般表面负荷率的数值等于水流的上升流速，沉淀区设计日平均表面负荷率一般可采用 $1.0\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) \sim 2.0\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。速率过低可能形成浮渣层。速率过高可能形成气沫层，两种情况都可能堵塞气体释放管。

4.3.12 检修人孔的孔径既要考虑操作人员能够顺利出入，500mm 是适宜操作人员进出的最小直径。此外，人孔直径的设置还应保证整个厌氧消化器的承载能力。根据《钢制焊接常压容器》NBT 47003.1 的规定，对于直径大于 1200mm 的圆筒形容器，其开孔孔径不得大于其圆筒直径的 0.4 倍，且开孔的最大孔径不得大于 1200mm。人孔距地面的距离不大于 1000mm 也是基于操作人员进出的方便性考虑的，在实际工程当中，一般取 600mm~800mm。

厌氧消化器的进料管一般设置在底部。考虑到目前沼气工程的实际情况，原料的含砂量较多，且预处理设施并不能完全把砂石全部去除，不可避免地会在厌氧消化器的底部积聚大量的砂石，需要定期排渣。将进料管设置在距离厌氧消化器底部

500mm 的位置上是防止厌氧消化器底部的细砂石沉淀太多而堵塞进料管。厌氧消化器集气管一般设置在顶部，其作用是将产生的沼气导出来，而不能将厌氧消化器内的沼液或浮渣排出罐外，所以其距厌氧消化器的正常工作液面应保持一段距离，通常是 1000mm。另外在厌氧消化器的底部还应设置排泥管，为保证底部聚集的细砂石顺利排出，应保证其管径大于 150mm。

刀闸阀具有自清理的功能，可以防止沉淀物的堆积，适合浓度较高的流体，采用双刀闸阀能保证关闭严密，从安全的角度保证设备正常运行。

4.3.14 为了保证钢制厌氧消化器运行稳定应将其安装在钢筋混凝土结构的基础上，根据经验数据其基础直径比厌氧消化器直径大 500mm 以上，其具体设计应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定。

4.3.15 加热方式可以根据不同原料的特性和工艺要求选择厌氧消化器内加热或厌氧消化器外加热，使厌氧消化器内的温度符合厌氧消化工艺要求，一般来说对于高温厌氧消化工艺或者是含有有毒病菌的原料，通常采用外加热的方式。热源形式从节能环保的角度上考虑应多利用太阳能、地热和锅炉余热，从热源的稳定性和便利性方面可以考虑利用燃煤、燃油或燃气锅炉。

提供给厌氧消化器的热量要考虑将原料加热到设计温度需要的热量、保持消化器温度需要的热量和管道、热交换器等其他装置的散热情况。将原料加热到设计温度所需要的热量可以按公式 (1) 计算：

$$Q_1 = cm(T_D - T_S) \quad (1)$$

式中： Q_1 ——将原料从初始温度加热到设计温度需要的热量 (kJ)；

c ——料液的比热容，可近似取水的比热容 4.2 kJ/(kg·°C)；

m ——单位时间进入厌氧消化器的原料重量(kg)；

T_D ——厌氧消化器的设计温度(°C)；

T_s ——原料的初始温度(°C)。

保持消化器温度需要的热量可以按公式 (2) 计算:

$$Q_2 = 24 \times (T_D - T_A) / [\sum b_i / (\lambda_i \cdot S_i) + 1 / (\alpha \cdot S_o)] \quad (2)$$

式中: Q_2 ——保持厌氧消化器温度需要的热量 (kJ);

T_A ——环境温度 (°C);

b_i ——厌氧消化器各部 (罐顶、罐底、罐壁) 保温层的厚度 (mm);

λ_i ——厌氧消化器各部 (罐顶、罐壁) 的保温层导热系数 [W/(m·°C)];

S_i ——厌氧消化器各部 (罐顶、罐壁) 的散热面积 (m²);

α ——厌氧消化器罐外壁 (罐底、罐壁) 的传热系数 [W/(m·°C)];

S_o ——厌氧消化器外壁 (罐顶、罐壁) 的散热总面积 (m²)。

管道散热损失的热量可以按公式 (3) 计算:

$$Q_3 = \frac{24 \times (T_i - T_A)}{\left[\frac{1}{2\pi L \lambda} \ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right) + \frac{1}{2\pi r_o l \alpha} \right]} \quad (3)$$

式中: Q_3 ——管道散热损失的热量 (kJ);

T_i ——进料管温度 (°C);

r_o ——管道保温层的外半径 (mm);

r_i ——管道保温层的内半径 (mm);

L ——管道长度 (m);

λ ——管道保温层导热系数 [W/(m·°C)]。

换热装置使用一段时间后, 其换热表面结垢, 导致换热效率下降, 所以在换热面积原来的计算基础上, 乘以 1.1~1.2 的系数, 保证后期能满足换热要求。

4.3.16 对钢结构或钢筋混凝土结构的厌氧消化器都应进行防腐处理。

钢筋混凝土结构的厌氧消化器有可能受到化学侵蚀, 其侵蚀

的程度依赖于碳酸盐和钙离子的浓度。如果这两种离子产物低于碳酸钙的溶解度，钙离子将从混凝土中溶出，将造成混凝土结构的剥蚀。因此混凝土结构的厌氧消化器需要采用环氧树脂进行防腐。而对于钢制的厌氧消化器，其最严重的腐蚀出现在消化器上部，主要是气、液交界面处。此处 H_2S 可能造成直接腐蚀，同时硫化氢被空气氧化为硫酸或硫酸盐，这使局部 pH 值下降造成间接腐蚀。硫化氢和酸造成的腐蚀属于化学腐蚀，更严重的是在气液接触面还存在电化学腐蚀。由于厌氧环境下的氧化—还原电位为 $-300mV$ ，而在气液交界面的氧化—还原电位为 $-100mV$ 时，则构成了微电池，形成电化学腐蚀，所以钢制厌氧消化器在气液交界面处应该加强防腐处理。

4.3.17 厌氧消化器正常运行时应保证工作压力的稳定，其工作压力大约在 $3kPa\sim 4kPa$ 之间。厌氧消化器正负压力保护装置应能防止厌氧消化器超压或者负压运行。低压报警装置应能设定一定的压力值，当出现低压时，低压报警装置应能自动报警。

4.3.18 设置稳压装置的目的是保障厌氧消化器的压力稳定，防止压力的突然变化影响消化反应的正常运行。稳压装置可以是水封的形式，水封是根据其液面的高度来调节厌氧消化器的工作压力。

4.3.19 厌氧残留物是厌氧发酵后得到的产物，包含厌氧消化污泥和厌氧消化液，也叫沼渣和沼液。如果处置不当，也容易造成二次污染，因此要求脱水后的污泥严禁露天堆放。

4.3.20 厌氧消化液也叫作沼液。沼液是厌氧发酵后残留的液体，由于消化液中含有少量有机、无机盐类，如铵盐、钾盐、磷酸盐等可溶性物质，具有速效性养分。为了充分利用应配备消化液储存池，如果暂时无法储存和利用，则应进行好氧、过滤等无公害化处理后达标排放。

4.4 沼气净化

4.4.1 净化的目的是脱除会对后续流程产生不利影响的杂质，

包括硫化氢和水。沼气中含有较多的硫化氢和饱和的水蒸气，随着温度的降低，水蒸气凝结成水，与硫化氢结合，对管道和设备造成腐蚀；另外，沼气中的水分凝结，如果管道保温不好容易在冬季造成管道堵塞，甚至会影响阀门正常运行。另外从保护环境的角度，硫化氢随沼气燃烧产生的二氧化硫会污染环境。

脱除沼气中硫化氢方法，可采用物理法、化学法及生物法。物理脱硫法一般采用活性炭法；化学脱硫法中的干法脱硫一般采用氧化铁脱硫剂，化学脱硫法中的湿法脱硫一般采用蒽醌二磺酸钠法（ADA法）和碱液法；生物法主要指的是生物脱硫。本规范重点对生物脱硫和干法脱硫提出了特殊要求。具体方案选择时要考虑沼气中硫化氢含量和要求去除程度。

沼气脱水主要包括重力法脱水、低温冷凝法和深度脱水如分子筛等，本规范重点对重力法脱水和低温冷凝法脱水提出了要求。

4.4.2 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_2S 氧化成单质硫，如供氧过量则转化为硫酸，生成的稀硫酸在营养液的缓冲中和作用下，与营养液一起定期排出系统，此过程周而复始。一般情况下，营养液可自然获得，例如采用消化后的污水、消化或脱水污泥的上清液、垃圾填埋沥出液、人造化肥（NPK886）等。人造化肥（NPK886）的脱硫机理是：① H_2S 气体的溶解过程，即由气相转化为液相；② 溶解后的 H_2S 被微生物吸收，转移至微生物体内；③ 进入微生物细胞内的 H_2S 作为营养物被微生物分解、转化和利用，从而达到去除 H_2S 的目的。适当的温度、反应时间和空气量可以使 H_2S 减少至 $75mg/m^3$ ，可以去除大部分的 H_2S ，为“粗脱”。

化学脱硫包括干法脱硫和湿法脱硫。

干法脱硫是在常温下沼气通过脱硫剂床层，沼气中的硫化氢与活性氧化铁接触，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，脱硫再生可以循环2次~3次，直至脱硫剂表面的大部分孔隙被硫或其他杂质覆盖而失去活性为止。经干法脱硫后的沼气中 H_2S 含量可少于 $20mg/m^3$ ，为“精脱”。

湿法脱硫又称湿式氧化法脱硫，适用于脱除流量、硫化氢浓度较高的沼气，它是利用含有脱硫催化剂组成的碱液吸收硫化氢，通过自吸空气氧化再生析硫的方法进行，然后脱硫液恢复吸收功能，单质硫以硫泡沫的形式浮选出来，脱硫液接着循环使用。此过程周而复始。湿式氧化法脱硫后沼气 H_2S 含量可低于 $50mg/m^3$ 。据调查，湿法脱硫用在日产气 $10000m^3$ 以上的沼气工程中，投资和运行费用降低，且脱硫效果显著。

以某工程为例，沼气流不大于 $650Nm^3/h$ ，进口硫化氢含量不大于 $5000mg/m^3$ ，采用生物脱硫工艺与干法脱硫、湿法脱硫工艺比较见表7。

表7 生物脱硫工艺与干法、湿法脱硫工艺比较

项目	生物脱硫	干法脱硫	湿法脱硫
脱硫效果	可根据需要调控，最高95%	不可调节，主要受脱硫剂质量影响	可根据需要调控，最高97%
运行费用 (元/天)	250	950	460
占地 (m^2)	210	240	210
建筑面积 (m^2)	20	60	20
管理	日常设备巡检、维护	再生、更换脱硫剂，劳动强度大	日常设备巡检、维护
设备防腐	玻璃钢材质，耐腐	需要防腐涂层和一定的腐蚀余量	碳钢材质，防腐
脱硫剂更换 (台/季度)	42	20	2

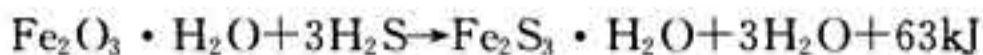
续表 7

项目	生物脱硫	干法脱硫	湿法脱硫
人员 (人)	专职 1, 兼职 2	专职 4	专职 1 人 兼职 1 人
安全	塔外曝气, 安全	脱硫剂再生、更换对操作人员要求高, 应注意安全	塔外曝气, 安全
废弃物	含硫污泥, 可排入沼液池	失活脱硫剂, 经过钝化处理送垃圾填埋场	含硫污泥, 可随污水排放
综合利用	营养液为厌氧液, 可循环利用	综合利用成本较高, 很少可以再利用	脱硫液自吸空气再生循环使用。硫泡沫制硫磺出售

据调研, 对于日供气量在 10000m^3 以上的沼气脱硫采用湿法脱硫才具有经济效益; 用于提纯压缩的沼气不应采用直接通入空气的脱硫方法。因为沼气中通入空气的同时, 氮气也进入沼气中, 而用于提纯压缩的沼气, 甲烷含量要在 90% 以上, 还得脱掉氮气, 对整个工艺显然不经济。

4.4.4 1 生物脱硫设置在脱水装置前端是由于在生物脱硫塔内部, 沼气需要和营养液进行充分接触, 从生物脱硫塔出来的沼气中的水是饱和状态, 所以在工艺流程中, 要把脱水工艺放在生物脱硫后进行。

2 干法脱硫设置在脱水装置后端是由于沼气中的水分过量易造成干法脱硫装置内脱硫剂过湿、结块或呈泥状, 沼气与氧化铁接触不良, 脱硫效率明显下降。所以沼气进入干法脱硫前需要经过初步的脱水, 以保证脱硫剂的最大活性。氧化铁在脱硫过程中因是放热反应, 其含水量呈饱和气态, 沼气出塔后遇冷会产生水, 所以脱硫后宜再次脱水, 反应过程中会产生水, 同时是放热反应。



3 脱硫装置应设置备用主要是为了能够实现倒塔操作, 即

其中一台更换脱硫剂，另一台仍能满足用气要求。

4.4.5 2 生物脱硫中产生的单质硫容易堵塞填料，生物脱硫在设计过程中应保证易于清理和维护。

4 对于甲烷含量不同的沼气，在空气中的爆炸范围不同，沼气中氧含量小于1%是基本的要求，所以必须采取一定的安全措施避免沼气中通入过量的空气引起爆炸。

4.4.6 1 近年来某些厂家生产的脱硫剂活性有所提高，其性能参数以空速代表，空速是表征脱硫剂性能的重要参数之一。不同的脱硫剂因其活性不同，在选择空速时需要根据沼气中 H_2S 的浓度、操作温度、脱硫工作区的高度进行综合考虑。空速值越高，沼气与脱硫剂的接触时间越短。

2 沼气首次通过脱硫剂床层时控制压力降小于100Pa，可以调节沼气进口流速。

3 一般情况下，床层高度超过1.5m时应分层设置，有利于克服偏流或局部短路给脱硫效果带来的影响。经调研，脱硫塔的高径比一般为4:1~3:1。

4 线速度是指沼气通过脱硫剂床层时的速度，线速度取得太低，沼气呈现滞留状态。随着线速度的增加，气流进入湍流区，能在更大程度上减少气膜的厚度，从而提高了脱硫效率。

5 不同脱硫剂有一个最佳适用范围，温度过低使硫化反应缓慢，操作温度宜为 $25^{\circ}C \sim 35^{\circ}C$ ，有利于延长脱硫剂使用寿命，但过低的温度将使脱硫效率降低。

8 脱硫剂在塔内在线再生时应控制空气的进入量，防止塔内温升过快造成脱硫剂过热失效。

4.4.7 1 选用冷干法脱水需要根据工程规模考虑设备的初投资和运行成本，因为冷干法脱水在运行过程中，需要消耗较多电能。

2 由于沼气在输送过程中，随着温度的降低，沼气中会有部分冷凝水出现，在冷干法或固体吸附法脱水装置前设置汽水分离器或凝水器，将沼气中的冷凝水脱除，以减轻后续脱水装置的

负荷，对于整个工艺来说是经济的。

3 水露点检测仪可有效地检测输出沼气中的水含量是否达到沼气质量标准要求的必要设备。

4.5 沼气储存

4.5.2 2 气柜作为缓冲装置，是满足供需平衡的必要设施。对于规模较大的工程，通常能做到均匀进料，因此，产气也是均衡的。以发电的项目为例，发电机是连续运行的，因此，储气容积占日用气量的10%即能满足要求；但对于规模较小的沼气工程，通常无法做到均匀进料。若沼气用于连续发电，储气容积应相应增加，一般取30%。对于发电项目，气柜的容积与沼气供气规模有关，可按表8的情况设计。

表8 规模与储气容积的关系

规模（日产气量）（ m^3 ）	储气容积（占日用气量的百分比）
$500 < Q \leq 1000$	30%
$1000 < Q \leq 5000$	20%
$5000 < Q$	10%

4 本款规定是为了保证民用的连续供气而提出的。

4.5.4 膜式气柜采用特殊加工的聚酯材料作基层，包括独立式膜式气柜和一体化膜式气柜。膜式气柜采用双层膜式结构，其内膜用于储存沼气或其他气体，内外膜夹层充空气用于稳压。

2 气柜采用的膜材是一种强度较高、柔韧性好的薄膜材料，由纤维编织成织物基材，在其基材两面涂以树脂，最常见的为聚氯乙烯树脂（PVC）。如在PVC膜表面处理的基础上加以二氟化（PVDF）树脂涂层，则与一般的PVC膜比较，其耐用年限可增加7年~10年。

膜材的选择应考虑其建筑的规模大小、用途、形式、使用年限及预算等综合因素后决定。

底膜能够有效地保护内膜，防止内膜与基础接触，并能够起

到密封作用。

4 气柜稳压系统，是通过气柜风机的持续供风以保持气柜的工作压力（输出气体压力）不变，能够有效地保护气柜，风机如果在线备用有困难可以另备。

5 泄漏检测系统，能够检测气柜内外膜之间的沼气含量，并在该含量超过设定警戒值时，通过报警通知工作人员对气柜进行及时检修，以达到杜绝隐患的目的。

6 气量检测系统，能够即时显示气柜中的沼气含量，指导后续环节（增压风机）的调节控制。

4.6 管道及配件、泵、增压机和计量装置

4.6.1 输送物料的工艺管道主要是指以农业有机废弃物、工业高浓度有机废水、有机废渣、污泥为原料进行匀浆后的料液进料管，或者厌氧消化器的出料管、排泥管等。采用钢管作为工艺管道主要是因为沼气站内的工艺管道多采用架空敷设，经常风吹雨淋，而 PE 管严禁露天敷设，所以推荐使用钢管敷设。

由于未净化的沼气中含有较多的硫化氢和饱和的水蒸气，随着温度的降低，水蒸气凝结成水，与硫化氢结合，对管道造成腐蚀，所以净化之前的沼气管道推荐使用不锈钢管。

4.6.2 架空敷设是为了能充分利用高差，减少能耗。一般沼气管道从厌氧消化器上部导出，且净化设备一般在地上布置，直接采用架空敷设可以减少管道敷设初始投资。未经净化的沼气管道中含水分比较大，排水方便，运行维护方便。

1 道路上方架空高度主要考虑车辆的通行需要，特别是消防车的通行，根据现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定，消防通道净空高度和宽度均不应小于 4.0m。

2 根据工程的具体条件计算架空管道支、吊架的间距，以保证管道的正确安装和运行。

5 对输送物料的管道进行保温，首先为了保持正常的发酵温度（厌氧发酵一般采用中温发酵，温度在 35℃左右）；对沼气

管道进行保温是因为沼气在输送过程中会随着温度的降低出现冷凝水，不仅与沼气中的硫化氢结合腐蚀钢制管道，在冬季还容易造成“冰堵”。另外在脱硫前进行保温有利于硫化氢的脱除。

4.6.3 当管道流通不畅或发生堵塞时，通过检查管可及时发现物料沉积部位和堵塞情况，并可通过检查管进行清理疏通。

4.6.4 对埋深的规定是因为埋设过浅，当路面出现超出管道负荷能力的荷载时，易造成管道损坏；同时，对站内工艺管道埋设在冰冻线以下，能防止物料或沼气中的水分凝结，堵塞管道及阀门而影响正常运行。

4.6.6 因沼气工程多采用中温发酵，因而沼气的含湿量较高，随着输送过程温度的降低势必产生一些冷凝水，如排出不及时易产生积水，且易腐蚀管道、增加沼气的输送阻力，影响沼气输送的正常运行。因此沼气输送管道应有一定坡度，利于冷凝水的及时排出。

4.6.7 埋地钢制管道的连接若采用非焊接方式，如法兰连接、螺纹连接等，容易在运行过程中出现泄漏等问题，并且较难处理。

4.6.8 小于或等于 50mm 的管径采用螺纹连接，完全能满足安全需要，并且安装方便、便捷；大管径管道与设备、管件连接采用法兰，一方面是设备本身的需要，也是为了保证管道接头的质量。

4.6.9 各种防腐蚀涂层都具有各自特点及使用条件，本条中提出的外防腐涂层在国内应用较普遍，设计人员可视工程具体情况选用。

4.6.10 在调研中发现，使用铸铁阀门时，出现过冬季冻裂的情况，影响正常生产。阀门具有耐火性能是指被测阀门完全被火包围，阀体四周的火焰温度及阀体各部位的温度在一定时间内达到标准要求；并持续焚烧 30min，查看火烧期间阀门的内外泄漏情况及火烧结束冷却后阀门的内外泄漏情况，进而判断是否达到标准要求。

对于软密封阀座的阀门，火烧过程中因为温度升高导致软密封阀座软化乃至完全凝集，在阀座变形及凝集过程中阀门易呈现内泄漏。硬密封阀座阀门的内泄漏量一般较小。

4.6.11 1 设备和管道上的放散管管口高度应考虑放散出有害气体对操作人员有危害及对环境有污染。本规定参照现行国家标准《工业企业煤气安全规程》GB 6222 中放散管管口高度应高出煤气管道、设备和走台 4m 并且离地面不小于 10m 的规定。考虑到对一些小管径的放散管高出 4m 后其稳定性较差，因此本规定中按管径予以分类，为了安全起见对不同管径的放散管提出不同放散高度。公称直径大于 150mm 的放散管定为高出 4m，不大于 150mm 的放散管按惯例设计定为 2.5m，而现行国家标准《工业企业煤气安全规程》GB 6222 规定离地不小于 10m，在本规定中不作硬性规定，应视现场具体情况而定，原则是考虑人员及环境的安全。

2 为了防止雨雪进入放散管，管口要加装防雨帽或将管口做成一个向下的弯。在设计时，应避免放散物进入室内或采取相应措施，以免造成二次污染。

沼气的主要成分是甲烷，而甲烷的温室气体效应是二氧化碳的 21 倍，如果量多的情况下直接排放不但污染大气（硫化氢等），还加重温室气体效应，因此沼气站需设置放散火炬。采用封闭式火炬使外界看不到燃烧火焰，同时也避免受气候的影响，保证安全运行。

4.6.12 根据场站实际调研，在设计时物料泵的选型可参照以下原则：

1 TS 浓度 $\leq 1\%$ ：可选用清水离心泵或污水污物泵；

2 $1\% < \text{TS 浓度} < 3\%$ ：可选用污水污物泵（如潜污泵、立式排污泵等）；

3 $2\% < \text{TS 浓度} < 5\%$ ：可选用杂质泵（一般可用螺杆泵代替，仅在不适用螺杆时采用）；

4 $3\% < \text{TS 浓度} < 12\%$ ：可选用容积泵（如螺杆泵、转子

泵等)；

5 $10\% < TS$ 浓度：可选用其他提升设备（如一体式进料机、螺旋输送机、柱塞泵等）。

水泵的规格型号相同时，运行管理、维护保养等均比较方便，并且可减少备品备件的种类和数量，节约运行成本。

4.6.13 泵房中泵的布置是关键，一般宜采用单列布置，这样对运行、维护有利，且进出料方便。主要机组的间距和通道应满足安全防护和便于操作、检修的需要，应保证水泵转子或电机转子在检修时能够拆卸。

基座尺寸随水泵型号和规格而不同，应按水泵的要求配置。基座高出地坪 0.1m 是为了在泵房少量淹水时，不影响机组正常工作。

4.6.14 从调研情况来看，在沼气工程中，常用的增压设备为罗茨鼓风机和离心鼓风机，压缩机使用得很少。

罗茨鼓风机属于恒流量风机，工作的主要参数是流量，输出的压力随管道和负载的变化而变化，流量变化很小。

如果负载需要恒压效果的情况时就用离心风机，因为离心风机属于恒压风机，工作的主要参数是风压，输出的流量随管道和负载的变化而变化，压力变化不大。而当多台鼓风机并联运行时，其流量因受并联影响有所减少。一般情况下，两台罗茨鼓风机并联时的流量损失约为 10%，两台离心式鼓风机并联时的流量损失则大于 10%。

4.6.15 2 为保证增压机入口沼气的流量和压力的稳定，应在机前设置缓冲罐，工业中缓冲罐的体积通常取所需气体体积分流量的 2 倍~3 倍。如果增压机在站内，由于距低压储气装置较近，可不单独设置缓冲装置，而用储气装置代替。

3 回流管的设置主要是为了保证总出口的压力稳定，同时对于离心鼓风机，还起到防“喘振”的作用。

4.7 消防设施及给水排水

4.7.1 本条是根据现行国家标准《建筑设计防火规范》GB

50016 中有关规定确定。

4 该款制定的条件是消防水池应有 2 条补水管且分别从环状管网的不同管段取水，其取水量要按管径较小、水压较低的补水管计算。供水设备应设置有备用泵和备用电源，以保证供水设备不间断的向水池供水。

4.8 电气和安全系统

4.8.1 由于沼气属于可燃气体，一旦管路漏气，净化间、增压间很容易形成爆炸性混合气体，因此须安装可燃气体检测报警装置，并在报警的同时开启排风机，避免产生爆炸性混合气体。

4.8.3 仪表及计算机监控系统功能的设置原则：

反映主设备及工艺系统在正常运行、启停、异常及事故工况下安全、经济运行的主要参数和需要经常监视的一般参数，应在计算机监控系统中设置指示功能，用于就地操作或巡回检查时，应设置就地指示仪表。

反映主设备及工艺系统安全、经济运行状况并在事故时进行分析的主要参数和用以进行经济分析或核算的重要参数，应在计算机监控系统中设置记录功能。

为进行经济核算、效率核算及计算设备出力用的流量参数，应在计算机监控系统中设置积算功能或单设流量积算仪表。

1 根据预处理构筑物内物料的液位判断是否进料。

2 根据厌氧消化器内物料的温度、pH 值，判断消化器物料的工作状态，是否需要加温或调解 pH 值。

3 根据热交换器进出口水温考虑是否能够满足厌氧消化器内温度需要，并判断是否需要增加热负荷。

4 根据脱硫装置进出口沼气的硫化氢浓度预测脱硫效果。若选用干法脱硫时能判断是否需要更换脱硫剂，生物脱硫是否更换营养液。

5 根据脱水装置进出口沼气的水含量，判断脱水装置工作状态。选用冷干法时，判断是否降低沼气出口温度以提高沼气脱

水率。

6 根据沼气储量，启动关闭放散火炬。

4.8.4 为了防止和减少具有爆炸危险的建（构）筑物发生火灾和爆炸事故时造成重大损失，本条是对其耐火等级、泄压措施、门窗和地面做法等防火、防爆设计提出基本要求。

4.8.5 1 阻火器可保证火焰不会回到管路中，以免对后端设施造成威胁。

2 沼气在点火和熄火时比较容易产生爆炸性混合气体，因此沼气火炬应具有此类安全保护措施。

3 本款要求的目的是使沼气在火炬中燃烧完全。

4.8.7 本条主要对沼气站内设备及构筑物防雷和电气设备安全做出基本规定。沼气站内按用途分为电气设备工作（系统）接地、保护接地、雷电保护接地、防静电接地，由于沼气站一般建在较空旷的地方，容易发生雷击现象，因此应做好防雷措施。

4.9 采暖通风

4.9.2 由于沼气站内各生产或用气房间内存在沼气泄漏的可能性，因此在这类场所设置通风换气设备是必要的防爆措施。

5 沼气输送及应用

5.0.1 对于民用沼气工程，出于安全考虑首选低压供气；对于输送沼气量大的管路可选用中压供气，配备相应的增压机，经管路输送进入小区或村落前设置调压装置，达到调压或稳压的作用。对于传统的枝状供气管网，一处发生问题，将会影响下游所有用户，甚至需全线停气修复，并且首端与末端压力差别较大；而采用环状管网供气，则可避免以上问题。

5.0.2 低压供气，指压力小于 0.01MPa；中压供气指压力大于 0.01MPa 且小于 0.2MPa。本条款推荐了民用供气的室外管路压力不大于 0.2MPa，一是因为目前有些沼气工程采用联村供气，输送的沼气量较大，距离较远，采用中压供气可以使输气管道的管径减小，从而降低管网投资；二是随着技术装备的发展，近年来一些新建工程采用了低压双膜气柜，根据用户分布情况及距离远近，采用增压机升压的方法进行沼气的输送。经过调研，市场上成熟的沼气增压风机为三叶罗茨鼓风机，流量范围为 $0.49\text{m}^3/\text{min}\sim 191.76\text{m}^3/\text{min}$ ，升压范围为 $9.8\text{kPa}\sim 78.4\text{kPa}$ ，压力大于低压，在中压之内；而市场上用于沼气输送的离心式鼓风机的排气压力在 $0.15\text{MPa}\sim 0.2\text{MPa}$ 之间，其压力范围正好适于中压供气管网压力宜小于 0.2MPa 的要求。

为保证距气柜远端的用户用气，设计人员根据实际情况，正确选择管材、管径、计算全程阻力损失并达到公式 (5.0.2) 的要求。

5.0.5 用于输送沼气用的管道一般为埋地管道。近年来新建的沼气工程大多采用聚乙烯管道，因为埋地解决了聚乙烯管道的不耐候（紫外线）性，而且不用防腐，施工方便。因此推荐使用该种材质管道。

5.0.6 阀门设置原则是在某段管线出现故障时，能用阀门将故障段隔离，便于维修，同时不影响其他管段的正常运行。

5.0.7 当燃具前压力波动为 $0.5P_n \sim 1.5P_n$ 的范围内 (P_n 为燃具的额定压力)，燃烧器的性能达到燃具质量标准的要求，在现行国家标准《家用燃气灶具标准》GB 16410 中已明确。

根据现行国家标准《家用沼气灶》GB/T 3606 的规定，灶具前的沼气额定压力规定为 800Pa 或 1600Pa。经实践证明，1600Pa 的灶具具有燃烧稳定性好，不易出现黄焰和回火的现象，燃烧效率高，安全性好。

5.0.9 沼气的性质对发电机的效率至关重要，表 9、表 10 分别是德国 MWM 和 GE Jembacher 对进入发电机机组的沼气的技术要求。

表 9 德国 MWM 沼气发电机组对沼气的主要要求

序号	指标	发电机要求	备注
1	甲烷浓度 (对生物沼气)	>40%	燃气本身的性质，制气环节实现
2	允许甲烷热值波动	1%/30s	燃气本身的性质，制气环节实现
3	燃机燃气入口压力	2kPa~20 kPa	采用增压装置实现
4	允许短时压力波动	±10%/s	对增压装置的控制要求
5	燃料气压力最大波动率	小于 $10h^{-1}$	对增压装置控制要求
6	燃气温度	10℃~50℃	对脱水增压设备过滤要求
7	燃气相对湿度	<80%	对脱水装置的要求
8	硫化氢含量	<200mg/m ³	对脱硫设备的要求
9	杂质颗粒	<3μm; <5mg/m ³	对过滤设备要求
10	其他		对本项目不做要求

表 10 GE Jembacher 沼气发电机组对沼气的主要要求

序号	指标	发电机要求	备注
1	甲烷浓度 (对生物沼气)	>35%	燃气本身的性质, 制气环节实现
2	允许甲烷热值波动	1%/30s	燃气本身的性质, 制气环节实现
3	燃机燃气入口压力	8kPa~20kPa	采用增压装置实现
4	允许短时压力波动	+/-10%/s	对增压装置的控制要求
5	压力变化最大值	<1kPa/s	对增压装置的控制要求
6	燃料气压力最大波动率	小于 10 h ⁻¹	对增压装置控制要求
7	燃气温度	5℃~40℃	对脱水增压设备过滤要求
8	燃气相对湿度	<80%	对脱水装置的要求
9	硫化氢含量	<200mg/m ³	对脱硫设备的要求
10	杂质颗粒尺寸	<3μm	对过滤设备要求
11	杂质颗粒数量	<50mg/10kWh	对过滤设备要求
12	卤素化合物总量 (氟、氯等)	<100mg/10kWh	对过滤设备要求
13	冷凝水、升华物	0	
14	硅总量	<0.02	
15	硫磺总量	<700mg/10kWh	
16	氨	<50mg/10kWh	
17	总含油量	<10mg/10kWh	
18	微量物质总量	<350mg/m ³	

5.0.10 切断阀的设置是在事故状态下的一种保护措施, 以避免事故的扩大造成对后端的设备产生危害。快速切断阀的安装地点既要在事故情况下便于操作, 又要离开事故多发区, 并且能快速切断气源。

6 施工安装与验收

6.1 一般规定

6.1.4 专业制造厂的生产环境、制造设备、检验手段等更能够保证设备质量，因此建议厌氧消化器、储气装置的主要组件尽量在制造厂完成。特别是搪瓷拼装消化器，其所有拼板应在制造厂预制并防腐完毕，现场不应重新开孔或修补。

6.1.5 沼气工程在施工过程中，有许多阶段工程和隐蔽工程，应及时做好阶段验收和记录，出现质量问题时可以启动倒查机制，有据可查，以保证工程质量。

6.2 构筑物与基础施工

6.2.1 现行国家标准《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141 中已经对包括施工方案设计、施工测量等准备工作进行了详细规定，本规范可以参照其执行。本条中的构筑物主要包括沉砂池、调节池、调配池等预处理设施、钢筋混凝土结构的厌氧消化器和厌氧残留物储存池。

6.2.2 构筑物应具有优良的抗渗性能，对钢筋混凝土结构的厌氧消化器，在模板设计、安装及拆除时，保证底板和顶板连续浇筑，是为了保证厌氧消化器有良好的气密性，以防沼气泄漏。

6.2.4 根据现行国家标准《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141—2008 第 9.2.6 条的规定，钢筋混凝土结构的构筑物的渗水量不得超过 $2\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

6.2.6 对于混凝土结构的厌氧反应器，满水试验和气密性试验均应在防腐或保温前进行，主要为了在试验过程中便于观察，及时发现问题并修补。

6.2.7 沼气站的设备基础除了包括钢制厌氧消化器、气柜的基

础外，还包括增压机、泵类等设备的基础。厌氧消化器和湿式气柜属于承重设备，为了保证建（构）筑物的正常使用寿命和安全性，需要对这类设备的基础进行预压沉降测试。

6.3 钢制厌氧消化器安装

6.3.1 安装钢制厌氧消化器前的准备工作包括基础、安装工具及附属构件的准备。该条款中对混凝土强度和吊装设备的吊装能力的规定分别根据现行行业标准《沼气工程技术规范》NYT 1220.3-2006 第3部分“施工及验收”第7.1.1条和第7.3.1条制定的。

6.3.2 焊接厌氧消化器的安装一般采用倒装法。倒装法是目前大型罐体比较常用的安装方法，倒装法是先安装罐顶和最上面一圈壁板，然后用吊装装置或液压装置将组焊好的罐顶板和最上一圈壁板拉起来，接着按从上面数第二圈壁板至最底一圈壁板的顺序依次组装。倒装法可以最大限度地减少高空作业，同时也能减少吊车等大型专用吊装设备的使用。

6.3.3 钢板拼装是由在工厂预制好的特制钢板，在施工现场通过栓接技术拼装而成的一种安装工艺。其钢板是在工厂进行标准化生产，经过特殊的工艺处理，在钢板的内外两面涂上二至三层搪瓷涂层，搪瓷涂层形成的保护层不仅能阻止罐体腐蚀，而且具有抗强酸、强碱、耐高温等特点。拼装厌氧消化器的安装也是采用倒装法，由上到下依次安装，采用专用安装工具，在地面安装罐顶层板，然后由专用工具将其提升起一层板的高度，再接着装第二圈板，如此重复操作，直至罐体安装完毕。钢板与钢板之间采用自锁螺栓连接，并用密封胶进行密封。连接消化器的管道接口应在工厂预制完成。

6.3.4 螺旋双折边咬口结构厌氧消化器俗称利浦罐，利浦制罐技术是采用一台成型机和一台咬合机，在成型机上将薄钢板上部制成 Γ 型，下部制成 \perp 型，通过咬合机将薄钢板的上下部咬合在一起，形成螺旋上升的连续的咬合筋。咬合过程及截面形状如图

5 所示：

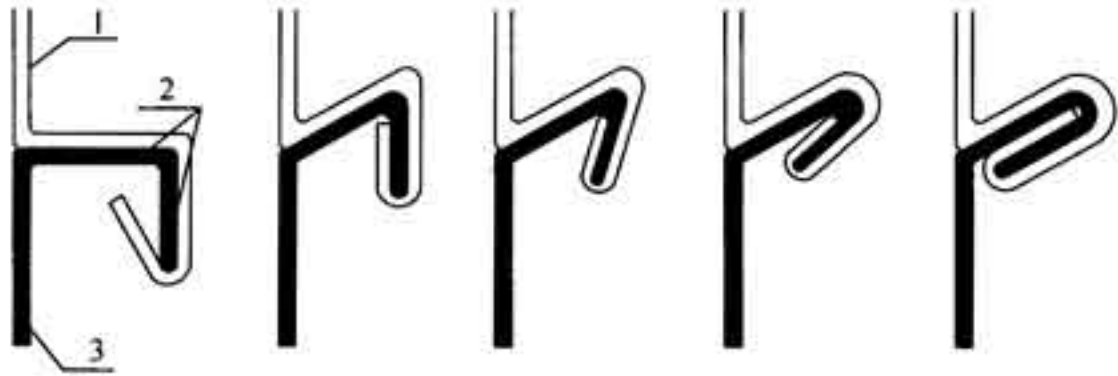


图 5 咬合过程示意图

1—上层钢板；2—专用密封胶；3—下层钢板

从上图可以看出，其咬合筋的厚度应该是 3 层上钢板的厚度加上 2 层下钢板的厚度再加上钢板之间密封胶的厚度。

6.3.5 基础支撑面、地脚螺栓、基础支撑面平整度、预留槽、罐体标高、垂直度、罐顶外倾、厌氧消化器人孔及外接管道允许偏差在现行行业规范《沼气工程技术规范》NYT 1220.3-2006 第 3 部分“施工及验收”中已有规定，罐体圆周任意两点水平度、壁板垂直度和半径允许偏差在现行国家标准《立式圆筒形钢制焊接储罐施工及验收规范》GB 50128 中已有明确的规定，经过调研和实践，这些数据在工程安装中一直使用，所以本规范继续采纳。

6.3.6 厌氧消化器在正常运行时，底部是液态的消化液，顶部是沼气。所以可以采用满水试验和气密性试验来进行质量检验。满水试验是检验罐体机械强度的重要方法，在满水过程中，对罐体强度、基础沉降、有无渗漏等都能进行准确的检验；气密试验是检验罐体上部气室密封性的重要方法，对于正常生产时的安全性有很大的保证作用。试验方法是根据现行行业标准《钢制焊接常压容器》NB/T 47003.1-2009 第 4.8.3 条制定的。

6.3.7 这里需要指出的是，对于钢制焊接的厌氧消化器是在现场焊接完成及液压试验合格后，并将罐内试验淡水放出再进行防腐处理，最好是对内外壁都进行防腐处理。同时，内壁气液交界处是最易发生腐蚀的区域，因此，应对此区域通过增加防腐涂层

或其他有效方法进行加强防腐处理。但是，由于厌氧消化器在正常运行时，其内部是处于厌氧状态的，不会发生腐蚀反应，所以丹麦、德国一般是不做厌氧消化器的内防腐处理，只在气液交界处进行防腐处理。但是考虑到国内的材料制造、安装质量及运行维护水平与国外都有很大的差距，所以本规范还是推荐在焊接厌氧消化器内外壁都要进行防腐处理。对于钢板拼装和螺旋双折边咬口结构的厌氧消化器，其钢板一般是在工厂预制好的，防腐处理也是在工厂做好的，在现场安装完毕并经液压、气压试验合格以后再对防腐层进行检查和修补。

6.3.8 厌氧消化反应对温度的要求比较高，日温度波动不宜超过要求范围，所以在钢制厌氧消化器外壁进行保温，阻止热量的流失是很有必要的。雨天施工会使保温材料含湿量增加，使热阻减少，进而影响保温效果。

6.4 沼气净化、储存设施安装

6.4.1 净化设备一般为立式设备，在安装时应严格控制安装偏差，避免因偏差过大而在设备或管道上产生安装应力，影响运行时的稳定性。

6.4.2 管道、接口等内部清洁与否是施工质量的重要标志，是投料试车一次成功的关键前提之一。安装完毕的管道接头等，外部脏物都容易进入管内，从而影响试车进程和产品质量。所以，安装完毕的管道接头、排泥口等一定要保证内部清洁畅通。

6.4.3 由于双膜气柜是近年来出现并应用的新产品，国内尚无专门标准。通过调研，在安装后进行气密试验时，内膜气密性试验方法为：

- 1) 进行气密性检验时，可先将正负压保护器卸下，安装阀门后连接风机进行检验。
- 2) 一次充气：在观察进风管上压力表达到 0.3kPa 压力后，关闭风机及进风管上阀门，保压 2h，观察气柜有无变化或明显泄漏。如无泄漏可继续充气。

- 3) 二次充气：在观察进风管上压力表达达到 0.5kPa 压力后，关闭风机及进风管上阀门，对所有安装螺栓预紧一遍，严防螺栓松动的现象。保压 2h，观察气柜有无变化或明显泄漏。如无泄漏可继续充气。
- 4) 三次充气：在观察进风管上压力表达达到 0.7kPa 压力后，关闭风机及进风管上阀门，保压 2h，观察气柜有无变化或明显泄漏。如无泄漏可继续充气。
- 5) 四次充气：在观察进风管上压力表达达到 1kPa 压力后，关闭风机及进风管上阀门，所有安装螺栓预紧一遍，严防螺栓松动的现象。保压 24h，观察气柜有无变化或明显泄漏。
- 6) 停放 24h 后，观察气压表下降情况，内膜在气压降不超过 3%情况 (0.97kPa)，为合格。
- 7) 根据以上检测内容，如内膜出现泄漏，则可按表 11 所示方式进行检查。

表 11 内膜泄露原因及整改方法

泄漏原因	整改办法
沼气进出气管 阀门泄漏	检查沼气管路、阀门连接是否可靠，密封是否失效，阀门是否存在质量问题
正负压保护器 处泄漏	正负压保护器内填充液的位置是否正确，如不足，则应补充填充液至正负压保护器观察窗刻度线范围之内
气密性检验 口泄漏	检查管路法兰连接、压力表安装口、阀门安装是否可靠，密封是否失效，阀门、柔性风管是否存在质量和损伤问题
内膜与底膜 之间连接	用肥皂水检查连接处是否存在泄漏，如泄漏，可调节紧固螺栓或更换密封垫解决
内膜柜体 泄漏	用肥皂水检查热合缝是否泄漏，如泄漏可用备用内膜材和 502 胶修补

外膜气密性试验方法为：

- 1) 外膜与内膜不同，由于其一直有风机供风，因此无严

格气密要求，允许轻微泄漏，并以此排出风机所充空气携带来的凝结水。

- 2) 一次充气：调节单向调压阀弹簧，使单向调压阀上压力表示值达 0.5kPa，保压 2h，观察气柜外膜有无变化或明显大的泄漏。如无泄漏可继续充气并调高气柜压力。
- 3) 二次充气：调节单向调压阀弹簧，使单向调压阀上压力表示值达 1.0kPa，保压 24h，观察气柜外膜有无变化或明显大的泄漏。
- 4) 观察外膜有无变化、有无明显的或可能逐渐加大的泄漏，以致将使风机供风不及时而影响气柜的运行，可能明显存在大泄漏的部位及整改办法见表 12。

表 12 外膜泄漏原因与整改方法

泄漏原因	整改办法
风机出口、干式调压阀进出口及外膜进风口柔性风管、管箍部位泄漏	紧固管箍，消除泄漏
观察窗处泄漏	检查观察窗法兰是否紧固，密封是否可靠，如存在问题，则紧固螺栓、更换密封垫或用密封胶进行封堵
顶盖，探位仪等安装口	检查安装是否可靠，法兰密封是否失效，螺栓是否紧固，采样管安装是否稳固，如有松动则应解决
外膜与内膜之间连接	用肥皂水检查连接处是否存在较大泄漏（允许存在轻微泄漏），如有泄漏，可调节紧固螺栓、更换密封垫或用密封胶进行封堵
外膜柜体泄漏	用肥皂水检查热合缝是否泄漏，如有泄漏，可用备用外膜材和 502 胶修补

6.4.4 1 一体化膜式气柜应先做满水试验，合格后方可安装膜式气柜。膜式气柜在厌氧消化器上安装完毕后应进行气密性试验。

2 在一体化膜式气柜的沼气出气管上设有阀门，在内膜做气密性检验期间应关闭该阀门。

6.4.5 低压湿式气柜的安装与验收应按现行行业标准《钢制低压湿式气柜》HGJ 20517 的有关规定执行。低压干式应参照国家相关标准的有关要求执行。

6.5 管道施工

6.5.4 1 管道支、吊架的平面位置和标高应按设计要求安装，外观应平整，固定应牢固，支、吊架与管道接触良好是为了保证支、吊架起到支撑作用，避免管道自身受力而造成变形。

3 要求当管道焊缝出现问题时支、吊架距焊缝有一定距离，以便于维修操作。

6.5.5 1 管道一旦下沟后，如果防腐层不合格，其补偿难度较大，质量难以保证，所以下沟前应全面检查防腐层的完整性。管道下沟，安装就位的过程中和管沟回填时，很难保证管道防腐层不会损坏，所以管道回填前应对防腐层进行 100% 的电火花检漏。

2 管道穿越铁路、公路、河流及城市主要道路的施工环境较复杂，难度较大，所以应尽量减少接口。减少管道接口及穿越前对管道进行强度、气密性试验均可减少返工的概率。

4 主要是检查管道防腐层的完整性。

6.6 设备、电气及仪表安装

6.6.1 1 在出厂时已装配、调整完善的机械设备通常是不允许拆卸的。但实际上有时由于管理不善而产生碰损、锈蚀或超过防锈保质期等原因，确实需要拆卸复装的，应会同有关部门研究后进行。

2 设备开箱后安装过程中应进行更详细的检查，如发现问题，应及时提出，并会同有关人员分析原因，妥善处理；对于管口等保护盖不完好的，应确认无异物进入设备内才能继续安装。

机械设备有运转件，产生卡阻的原因除了装配原因外，还有安装过程中的质量原因，因此在安装前认真检查尤其重要，对产生的问题有针对性地进行分析处理。

6.6.3 1 设备和管道取源部件的安装位置和安装要求由仪表工程专业设计提出，由设备和管道工程专业设计文件予以规定，并由设备和管道专业队伍安装，仪表专业人员配合施工。这样有利于保证工程安装质量，符合设备和管道施工过程控制的要求。

2 当设备和管道防腐、衬里施工完毕后，在其上开孔及焊接取源部件，必然会破坏防腐或衬里层。在压力试验后再开孔或焊接必然将铁屑、焊渣溅落到设备或管道内，焊缝也可能不合格。

5 根据现行国家标准《工业金属管道工程施工及验收规范》GB 50235 的有关规定，不宜在管道焊缝及其边缘上开孔。

6.7 试 运 转

6.7.1 工程施工完毕，应及时对系统进行试运转。对于单机试运转，如具备条件，一般在设备安装完毕后即可进行；对于单元模块试运转，主要是联通工艺流程，模拟生产工况，及时发现问题，及时处理解决。

6.7.2 设备在试运转过程中，内部故障产生时，在外部会以烟雾、异常噪声等显示出来，为保证能检测到试车的真实情况，不受环境干扰，对设备周围环境有较高要求。

6.7.3 对水泵、风机及增压机的单机试运转中，主要观察是否有震动、异响，轴承温度及电机负荷是否正常等，如有故障及时排除，以保证联合试运行的正常进行。

6.7.4 沼气工程场站中主要包括厌氧消化单元、净化单元、储气单元等，相对较为独立，能自成循环。因此在工程完工，投料试运行前，有必要对每个单元进行试运行，确保各单元的正常运行。

6.8 工程竣工验收

6.8.1 本验收是对大中型沼气建设工程的验收，工程验收合格后，才可进行投料试运行、联合调试等，逐步进入正常生产过程。

6.8.2 竣工验收主要包括工程外观验收和隐蔽工程资料验收，工程现场应具备竣工验收条件。如工程应已完成全部建设内容，工程质量应自检合格，无安全隐患，检验记录应完整，设备调试、试运转及试压应达到设计要求等，避免因自身问题造成损失。因此，竣工验收应在施工单位自检合格后方可进行，避免因条件不具备而进行多次验收。

6.8.3 在工程施工的全部过程中，对于隐蔽工程、分项工程等都应具有相应的过程验收，并有相对应的验收记录和报告等资料。在竣工验收时，主要检查相关资料的完整性，以保证工程质量。

6.8.4 工程竣工资料是反映工程质量的重要内容，也是提供良好售后服务的基本要求之一。相关资料正式归档，标志着建设工程的正式完成。

7 运行与维护

7.1 一般规定

7.1.1 建立事故应急机制的目的是通过有效的应急救援行动，尽可能地降低事故的后果，包括人员伤亡、财产损失和环境破坏。事故应急预案在应急系统中起着关键作用，它明确了在突发事故发生前，发生过程中及刚刚结束之后，谁负责做什么、何时做及相应的策略和资源准备等。它是针对可能发生的重大事故及其影响和后果的严重程度，为应急准备和应急响应的各个方面所预先作出的详细安排，是开展及时、有序和有效事故应急救援工作的行动指南。应急预案的定期演练是检查、评价和保持应急能力的一个重要手段，目的是通过演练发现预案和程序的缺陷，发现应急资源的不足，改善各应急部门机构和人员之间的协调，提高应急人员的熟练程度和技术水平，提高整体应急反应能力。

7.1.2 沼气站应建立化验室，并应建立健全质量保证体系，设立专门的化验人员，并应符合国家计量认证的要求。

1 人员：现行在编人员要经过培训并经过考核；管理人员要具有实验室管理的相应资质和经验；有相应人员的技术和培训管理档案。

2 设备：实验室具备所检测各项项目所需的各类仪器设备，并经过校核或检定。实验室有相应管理程序或制度。

7.1.3 沼气站运行管理、操作和维护人员只有掌握好工艺流程和设施、设备的运行维护要求及有关技术参数，才能管理好沼气站，保证沼气场站正常、稳定、经济运行，杜绝各类事故发生，为运行提供保障。沼气站处理的原料量、生产的沼气量等生产指标及供水量、供油量、供煤量、供电量等能源指标及材料的耗用量，都应有准确的计量，作为衡量沼气站的经济效益和社会效益

的依据，同时，为沼气站运行管理及成本核算奠定基础，提高沼气站运行管理效能。

7.1.4 操作人员除负责各预处理池、厌氧消化器、净化装置、储气装置等的正常工作外，还应按工艺流程和各池、各种设施的管理要求进行巡视。如：进出料是否通畅，搅拌是否均匀，各种机电设备的运转部位有无异常的噪声、温升、振动和绝缘是否正常等，尤其是要检查各连接部位有无泄漏情况，以保障安全运行。

7.1.6 在厌氧发酵作业区和沼气净化、储存作业区不应明火作业。日常操作中，严禁石器或铁器过激碰撞。如果必须要进行使用明火的检修作业时，应按要求逐级申请，检测动火点周围无沼气，并且采取安全防护措施，在企业分管安全的经理和相关人员监护下方可作业。

7.1.7 安装在厌氧消化器和储气装置上面的压力仪表是衡量沼气系统是否正常运行的重要仪表，其检修调校应有周期、有计划，保证测量精度和灵敏度，提高仪器仪表的完好率、开表率、控制率和信号联锁的投运率。运行人员应正确使用仪器仪表，保持仪器仪表的完整和清洁。

7.1.8 因沼气站的安全特性，容易发生事故，对操作人员人身造成伤害。因此，在严格遵守操作规程和安全规程外，还应有必要的安全防护设施，按要求佩戴。所有人员应熟悉防护设施的位置、用途、使用方法等，以便于在紧急情况下开展有效的自救与互救。

7.2 沼 气 站

7.2.1 操作人员应当根据工艺流程和对各种预处理构筑物的管理要求进行巡视，同时规范、准确地填写运行检查记录。应保持各设施、设备清洁，及时处理跑、冒、滴、漏等问题，目的是保证设施、设备符合工艺卫生要求，减少浪费，实现清洁生产。格栅运行期间应定时巡检，及时清理格栅上卡住和缠绕的杂物。

操作人员应根据沉砂量的多少及变化规律，合理地安排排砂次数。排砂间隙时间过长，会堵塞砂管、砂泵和刮砂机械；排砂间隙时间太短，会使排砂量增大，含水率高。下雨时，由于上游排水系统可能是合流制、路面风化，或者有明渠砂土进入等，应加大排砂次数或连续排砂。

7.2.2 操作人员应定期检查设备运转情况，掌握设备的运行状态，检查各种机电设备的运转部位有无异常的噪声、温升、振动和漏电等现象，及时发现设备存在的缺陷，通过紧固各种设备连接件，定期更换易损件等，做好预防性和周期性维护保养工作，可以减少设备突发故障的发生。在巡视中还应观察各种仪表是否工作正常、稳定，同时规范、准确填写运行检查记录。

7.2.3 本条规定了在原料进入厌氧消化器前应进行检测，以保证厌氧消化反应能够正常运行。

TS 和 VS 是衡量禽畜粪便、秸秆、污泥、工业有机废渣等原料有机物和无机物含量的指标。总固体 (TS) 指试样在一定温度下蒸发至恒重所剩余的总量，它包括样品中的悬浮物、胶体物和溶解性物质，既有有机物也有无机物。挥发性固体 (VS) 则表示水样中的悬浮物、胶体和溶解性物质中有机物的量。

COD 是指在一定条件下，样品中的有机物和强氧化剂作用所消耗的氧含量。COD 可以较为准确地反映样品中的有机物含量，因此成为评价进水 (料) 的重要指标之一。根据理论计算， 1gCOD 经厌氧消化后可产生 0.35m^3 的甲烷。

pH 值也是厌氧消化最重要的影响因素之一。厌氧消化过程中，水解菌与产酸菌对 pH 有较大范围的适应性，大多数这类细菌可以在 pH 值为 5.0~8.5 范围生长良好。通常情况下，甲烷菌适宜生长的 pH 值范围为 6.5~7.8，这也是厌氧消化器所应控制的 pH 值范围。

7.2.4 用于厌氧消化器启动时的厌氧活性污泥又称做接种物，选择同类工程的活性污泥作接种物 (菌种) 可以加快系统的启动速度。菌种的驯化富集可在厌氧消化器内进行，也可在其他容器

内进行。富集的菌种投入厌氧消化器内，对于较小容积的消化器，菌种量约占 30%；较大容积的消化器，富集的菌种可以在 10%~30% 之间。然后按正常运行状态接通系统，使富集的菌种逐步升温至系统的运行温度。

进料时要控制好初始的浓度、温度和 pH 值，初始浓度不宜太大。原料在预处理阶段的温度宜高出系统温度 3℃~5℃，并将 pH 值调节到 6.5~7.0 范围内，每次进料量是厌氧消化器内料液的 5%~10%。进料的多少，可以根据厌氧消化器内的料液 pH 值高低来确定，直至料液向外溢流。此后逐步增加容积负荷至设计负荷。

7.2.5 本条规定了厌氧消化器在正常运行时应符合的要求。消化器是完全生化反应的封闭反应器。运行管理人员要确定厌氧消化过程是否正常，可通过定期监测产气量、pH 值、挥发性 VFA、总碱度等几项工艺运行参数，并结合对沼气成分进行测定，得到可靠数据。同时，根据监测数据调整厌氧消化器的运行工况，以获得最佳状态。正常的厌氧消化系统指标见表 13。

表 13 厌氧消化系统正常时的指标和参数表

项 目	允许范围	最佳范围
pH 值	6.5~7.8	6.5~7.5
氧化还原电位 (mV)	—	<-330
挥发性 VFA/(mg/L, 以乙酸计)	50~2500	50~500
碱度 ALK/(mg/L, 以 CaCO ₃ 计)	1000~5000	1500~5000
VFA/ALK	0.1~0.5	0.1~0.3
沼气中 CH ₄ 含量(体积比)(%)	>50	>60
沼气中 CO ₂ 含量(体积比)(%)	<45	<35

沼气产量降低：温度或负荷的突然变化都可使甲烷菌受到抑制，影响到它的代谢作用及对有机物的降低过程，从而使产气量降低。

pH 值降低：当原料投配率过高，池内产生大量的挥发酸

时，导致 pH 值低于正常值，从而抑制生物消化过程，使污泥消化不完全。

挥发酸与总碱度的比值低于 0.5 保持在 0.2 左右时，说明所提供的缓冲作用足够。当消化过程在稳定地进行，且挥发酸的含量应保持在 500mg/L 以下。挥发酸与总碱度应一起测定。

对沼气成分进行分析：测定 CO_2 与 CH_4 的含量是掌握消化过程反常现象的最快方法，特别是可反映出厌氧消化器内存在有毒的或有抑制作用的物质，重金属和某些阳离子，如硫化物等。

正常运行时，厌氧消化器内产酸菌和产甲烷菌会自动保持平衡，并将消化液的 pH 值自动维持在 6.5~7.5 的近中性范围内，此时碱度一般在 1000g/L~5000g/L(以 CaCO_3 计)，典型值在 2500mg/L~3500mg/L。但是，由于水力超负荷、温度的波动、投入的有机物超负荷或甲烷菌中毒等，都会导致系统的 pH 值、脂肪酸、总碱度发生变化。

对一定的处理系统而言，沼气中甲烷和二氧化碳的含量接近固定的数值。若沼气中出现二氧化碳百分含量突然增加，表明负荷有可能偏大，系统受到某种抑制。若氮气和氧气的含量同时增大，表明处理系统气密性差或进水空气量高。

厌氧消化器进料管和排泥管阀门因操作频繁，常采用双刀闸阀。正常操作时使用外侧的阀门，如外阀门出现故障，可关闭内侧的阀门，实现不停产更换或检修外阀。

7.2.6 厌氧消化器使用一段时间后，应停产检修，进行全面的防腐防渗检查与处理。厌氧消化器内既有电化学腐蚀，也有生物腐蚀。电化学腐蚀主要是消化过程中产生的硫化氢在液相形成氢硫酸导致的腐蚀。此外，用于提高装置的气密性和水密性的一些防水涂料，经一段时间后，被微生物分解掉，而失去防渗效果。厌氧消化器停运后，还应对金属部件进行防腐处理，对内壁进行防渗处理，检查池体结构等。根据国内大型污水处理厂厌氧消化器的运转经验及国外相关资料，建议运行 3~5 年对厌氧消化器进行一次停产检修。

7.2.7 在厌氧消化器暂时停止运行时，为了保证厌氧消化器内的厌氧活性污泥具有一定的活性，需要在厌氧消化器内保持一定量的营养基质及适宜的温度，以便再次投入运行时能够快速启动。一般认为，产甲烷菌的温度范围为 $5^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ ，本规范规定在厌氧消化器停产时的温度控制在 10°C 左右，既考虑了一定的温度余量，又不至于浪费大量能源。

7.2.8 3 监测沼气压力，发现明显下降时，说明塔内阻力变大，应检查确认脱硫剂是否粉化或结块；当采用塔内再生时，进行倒台，首先将塔内沼气排净，然后用气泵将空气缓慢打入塔内，同时控制塔内再生温度应低于 70°C ，防止脱硫剂失去活性。在线再生时，沼气继续通过管路，脱硫剂反应与再生反应同时进行。但应严密监视后端沼气中的氧含量及硫化氢含量，随时调整进入脱硫塔中的空气流量。

废脱硫剂的处置应符合环保要求，将废脱硫剂存放在指定地点，避免污染地下水，数量大时可送回硫酸厂。

7.2.9 气柜鼓风机应处于无故障连续工作状态，以保证气柜外膜的稳定和抗风雪雨能力。从安全、节能及防止污染角度出发，当沼气泄漏（如：内层膜破损）达到一定浓度时，遇火会有火灾及爆炸危险，泄漏报警仪应自动报警，操作人员应立即关闭气柜进、出口阀门，打开放散阀将沼气放空后进行检修。

7.2.11 1 本款指的调压装置的安全设施应包括安全切断阀、安全放散阀及水封等，并在运行过程中对其进行可靠性检查。

2 当调压器内具有电加热采暖时，应对电采暖器的外壳温度进行测定，如其温度超过 115°C 应查找原因并加以解决。调压装置的采暖在寒冷地区极为重要，特别是当沼气中冷凝水较多时，在低温下会产生冻堵，使调压器失灵，造成下游无气或高压送气，为防止事故发生应保证采暖设施的正常运行。

7.2.12 停用的厌氧消化器、沼气的柜，运行的阀门井内容易产生沼气聚集，造成有毒有害气体超标，危害人身健康。所以在这些设施内作业时，应做好通风和监测。因为厌氧消化器、沼气的

柜、阀门井等装置的作业环境较复杂，维护和保养不便，所以操作人员要穿戴齐全劳动保护用品，实行一人操作，一人监督的工作方式。对于生物脱硫装置、放散火炬等需要采取攀高作业时，由于其作业面积较小，在维修和保养时同样有较大的危险性，所以也应穿戴齐全劳动保护用品，且应不少于 2 人时方可进行工作。

7.3 管道及附件

7.3.2 埋地沼气管道泄漏后，沼气可能沿地层的缝隙扩散到管道周围的阀门井、地沟、建筑物等处，沿上述地方进行检测可有效发现漏气点及漏气影响范围。为防止安全事故的发生及沼气的漏损，应及时对漏气点进行修补或更换。

7.3.6 根据不同季节环境温度的变化及输气量的增减，按确定排水的周期进行排水。