

T/CIEP

中国工业环保促进会团体标准

T/CIEP XXXX—XXXX

生物质制天然气高效装置技术要求

Technical requirements for high-efficiency equipment of biomass to natural gas
systems

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国工业环保促进会 发布

目 次

1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 基本规定	2
5 工艺与设备	3
6 消防设施与给水排水	7
7 电气与自控	8

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国工业环保促进会提出。

本文件由中国工业环保促进会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

生物质制天然气高效装置技术要求

1 范围

本文件规定了生物质制天然气高效装置的术语定义、基本规定、工艺与设备、消防设施与给水排水、电气自控的相关要求。

本文件适用于以农业废弃物发酵沼气、城市生活垃圾发酵沼气、工业有机废水废渣发酵沼气、污泥发酵沼气、垃圾填埋气等为原料生物质制天然气高效装置的设计和施工。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 150 压力容器
- GB/T 4272 设备及管道绝热技术通则
- GB 8978 污水综合排放标准
- GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
- GB 17945 消防应急照明和疏散指示系统
- GB/T 20801 压力管道规范工业管道
- GB/T 50102 工业循环水冷却设计规范
- GB 50013 室外给水设计规范
- GB 50014 室外排水设计规范
- GB 50015 建筑给水排水设计规范
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50028 城镇燃气设计规范
- GB 50032 室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范
- GB/T 50034 建筑照明设计标准
- GB 50052 供配电系统设计规范
- GB 50057 建筑物防雷设计规范
- GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范
- GB 50116 火灾自动报警系统设计规范
- GB 50140 建筑灭火器配置设计规范
- GB 50156 汽车加油加气站设计与施工规范
- GB 50264 工业设备及管道绝热工程设计规范
- GB 50316 工业金属管道设计规范
- GB 50343 建筑物电子信息系统防雷技术规范
- GB 50493 石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范
- GB 50974 消防给水及消火栓系统技术规范

GB 51102 压缩天然气供应站设计规范
TSG D0001 压力管道安全技术监察规程
TSG 21 固定式压力容器安全技术监察规程
CJJ/T 148 城镇燃气加臭技术规程
CJJ/T 153 城镇燃气标志标准
HG/T 20675 化工企业静电接地设计规程
HG/T 20679 化工设备、管道外防腐设计规范

3 术语和定义

3.1

生物制天然气 Bio-naturalgas

生物制天然气，又称为生物甲烷，是指农业废弃物发酵沼气、城市生活垃圾发酵沼气、工业有机废水废渣发酵沼气、污泥发酵沼气、垃圾填埋气等原料气经除尘、脱水、脱硫和提纯后达到城镇燃气品质要求的可燃性气体。

3.2

脱硫 Desulfurization

通过干法、湿法及生物脱硫法等脱除原料气中 H_2S 的工艺过程。

3.3

提纯 Purification

通过吸附法、水洗法及膜分离法等，提高净化后气体中的甲烷含量，使产品气质量达到城镇燃气品质要求的工艺过程。

4 基本规定

4.1 生物质制天然气高效装置的设计应符合综合利用、安全生产、环境保护和职业卫生的要求。

4.2 生物质制天然气高效装置宜与原料气生产工程同时设计、同时投入生产和使用。

4.3 提纯制气工程的站址、总平面布置、辅助生产设施、公用设施应纳入统一规划。

4.4 生物质制天然气的设计能力和工艺路线应根据原料气类型、流量、组分以及产品气用途等综合确定。

4.5 生物质制天然气的工艺流程、总平面布置、主要设备、设施等应能最大限度地满足生产和使用的需要，并具备 50%~100%的负荷调节能力。

4.6 生物天然气的技术指标应符合表 1 的规定。并入现状燃气输配管网或压缩天然气供应系统的生物天然气发热量和组分的波动应符合当地城镇燃气互换的要求。

表 1 生物天然气的技术指标

项目	一类		二类	
	用户	车用	用户	车用
高位发热量, MJ/m ³	≥35.2		≥31.4	
甲烷 y _{CH₄} , %	≥95		≥85	
总硫 (以硫计), mg/m ³	60	60	200	100
硫化氢, mg/m ³	6	15	20	15
二氧化碳, y _{CO₂} , %	2	3	3	3
氧气, y _{O₂} , %	1	0.5	1	0.5
水露点, °C	在最高操作压力下, 水露点应比输送条件下最低环境温度低 5°C, 并不应高于-13°C			
固体颗粒直径	≤5μm			
注: 本标准中气体体积的标准参比条件是 101.325kPa, 20°C。				

- 4.7 生物质制天然气的甲烷回收率宜大于等于 95%。
- 4.8 供给用户或车用的生物质制天然气应具有可以察觉的臭味。加臭剂的最小量应使人在生物天然气泄漏到空气中达到爆炸下限的 20%时能够察觉。加臭剂质量及添加量的检测应符合 CJJ/T 148 的相关要求。直接供给工业用户生产用的生物天然气, 当采取可靠的泄漏报警和切断控制等措施时, 可不加臭。
- 4.9 生物质制天然气高效装置的设计使用年限应不小于工程投运时原料气生产工程的使用年限。
- 4.10 生物质制天然气高效装置的噪声应符合 GB 12348 的相关要求。
- 4.11 生物质制天然气高效装置的抗震设计应符合 GB 50032 的相关要求。
- 4.12 生物质制天然气中的危险场所和其他相关位置应设置安全标志和专用标志, 并符合 CJJ/T 153 的相关要求。
- 4.13 生物质制天然气工程中压缩天然气储气设施的总容积, 压缩机、站内储气设施、加卸气设备区的平面布置和工艺设计应符合 GB 51102 和 GB 50156 的相关要求。

5 工艺与设备

5.1 一般规定

- 5.1.1 提纯制气工艺应根据原料气组分、处理量, 产品气的用途, 并结合当地环境、温度等因素, 经技术经济比较后确定。
- 5.1.2 原料气进站管道上宜设计量装置, 产品气出站管道上应设置计量装置, 出站管道上计量装置可与提纯系统出口的计量装置合并。用于贸易结算的流量计量装置, 其计量精度应满足国家相关要求和供需双方的合同约定。
- 5.1.3 原料气进站和产品气出站管道上应设置切断阀。
- 5.1.4 原料气进站管道上应设置测定原料气组份、温度、压力的仪表。
- 5.1.5 原料气压力如不能满足提纯制气工程除尘、脱水、脱硫系统阻力损失和原料气增压机最低入口压力要求, 应设置增压风机。
- 5.1.6 寒冷或严寒地区室外设置的设备、仪表应采取防冻措施。
- 5.1.7 提纯制气工艺与设备应满足原料气特性的要求, 应采取防爆、防腐蚀措施。

- 5.1.8 属于压力容器工艺设备的设计应符合 GB 150 和 TSG 21 的相关要求。
- 5.1.9 设备、管道绝热材料的选择和设计应符合 GB 50264 和 GB 4272 的相关要求。
- 5.1.10 仪表气应采用压缩空气或氮气。

5.2 除尘、脱水

- 5.2.1 应根据脱硫、增压、提纯系统的工艺要求和产品气质量要求设置除尘、脱水设备。
- 5.2.2 除尘系统应符合下列规定：
 - 进入压缩机的含尘量和微尘直径等质量指标应符合所选用的压缩机的相关要求；
 - 进入变压吸附装置气体的微尘直径应小于 $1\mu\text{m}$ ；
 - 进入膜组件气体的微尘直径宜小于 $0.1\mu\text{m}$ 。
- 5.2.3 脱水系统应符合下列规定：
 - 进入压缩机的原料气不应含游离水；
 - 游离水、可挥发性有机物冷凝液不应进入提纯设备，采用膜提纯工艺时，进膜组件前宜采用冷干法脱水；
 - 采用水洗法提纯工艺时，提纯装置出口应设置脱水设备，脱水深度应满足产品气水露点的要求；
 - 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；
 - 脱水前的沼气管道的最低处宜设置凝水器；
 - 固体吸附法脱水系统宜设置备用脱水设备；
 - 脱水设备的出口管道上宜设置露点检测取样口，产品气应设置在线露点检测仪。

5.3 脱硫系统

- 5.3.1 原料气应进行脱硫处理。脱硫宜采用干法脱硫、湿法脱硫或生物脱硫。
- 5.3.2 当一级脱硫后的沼气质量不能满足要求时，应采用两级或多级脱硫。
- 5.3.3 脱硫系统的设计应符合下列规定：
 - 脱硫宜在原料气增压前进行，生物脱硫应设置在脱水装置前端，干法脱硫应设置在脱水装置后端；
 - 脱硫设备宜设在室外；
 - 脱硫塔前后的工艺管道上应设置硫化氢含量检测取样口，宜设置硫化氢含量在线检测分析仪；
 - 生物脱硫后的沼气管路宜设置含氧量在线监测系统，沼气中余氧含量应小于 1%；
 - 废脱硫剂、硫泥的处置应符合环境保护的要求。

5.4 原料气增压系统

- 5.4.1 原料气压缩机数量和调节能力应满足提纯制气工程的负荷调节要求，宜采用变频调速装置。当选用 1 台原料气压缩机能满足负荷调节和检修需要时，可只设置 1 台。多台并联运行压缩机的总排气量应按各台压缩机公称容积流量之和的 80% 计算。
- 5.4.2 压缩机组进口应设缓冲罐，出口宜设排气缓冲罐，缓冲罐的设置应符合下列规定：
 - 缓冲罐应设在进、出口总管上或每台机组的进、出口管路上；
 - 出口缓冲罐宜设置在机组排气除油过滤器之后；
 - 缓冲罐的设计停留时间不宜小于 10s；
 - 容积大于 0.3m^3 的缓冲罐应设压力指示仪表，并应有超压安全泄放措施。

- 5.4.3 采用往复式压缩机时，往复式压缩机宜采用气缸无油润滑压缩机。采用有油润滑时，应设置油污过滤设施，油污除净率及压降应满足后续工艺要求。
- 5.4.4 原料气压缩机排气压力应满足提纯系统的工作压力，膜提纯系统排气压力波动不宜高于 0.1Mpa/10s。
- 5.4.5 压缩机组吸气、排气管道应避免振动对管道系统、压缩机和建（构）筑物造成有害影响。
- 5.4.6 压缩机周边应具备操作、检修的场地和通道，压缩机的主要通道宽度不宜小于 2m，其他通道宽度不宜小于 1.5m。压缩机宜根据设备情况设置检修用起吊装置。
- 5.4.7 压缩机的卸载排气宜回流至压缩机入口，不应对外放散。
- 5.4.8 压缩机应设置安全阀及甲烷浓度报警器，安全阀放散管的设置应符合本规程第 8.2.7 条的规定。报警器与报警联动控制装置关联。
- 5.4.9 压缩机近旁应设有紧急停车启动装置。
- 5.4.10 压缩机、冷却器、分离器排出冷凝水的处理应符合下列规定：
- 冷凝水应集中收集，不得直接排入下水道；
 - 共用冷凝水汇总管道的设备应设置避免冷凝水排放相互影响的装置；
 - 压缩机应设置自动排出冷凝水的装置。

5.5 提纯系统

- 5.5.1 提纯系统工艺可采用水洗法、变压吸附法或膜分离法等。
- 5.5.2 采用催化脱氧装置除氧的工艺应设置氧含量分析仪和温度监测报警，并与脱氧装置前的紧急切断阀连锁。
- 5.5.3 垃圾填埋气、污泥沼气和生活垃圾发酵沼气提纯系统前应设置吸附器去除挥发性有机物、硅氧烷等杂质。
- 5.5.4 提纯系统能耗宜小于 0.3kwh/Nm³ 原料气。
- 5.5.5 膜提纯工艺与设备应符合以下要求：
- 应选用高分离性能的膜组件；
 - 进入膜组件的原料气应根据膜材的特性满足相应的条件，当原料气杂质含量超过膜材的耐受范围时，应增加预处理工艺；
 - 膜组件的操作温度应稳定，宜为 25~50℃。在低温地区使用时，宜设增温系统。当膜提纯系统环境温度低于 4℃时，应采取防冻措施；
 - 膜组件不宜露天布置，不应安装在多尘、高温、振动的地方。
- 5.5.6 变压吸附提纯工艺与设备应符合以下要求：
- 宜采用真空解吸变压吸附系统；
 - 应选用高分离性能的吸附剂；
 - 提纯装置入口压力宜为 0.3~1.0MPa；
 - 变压吸附均压次数宜大于等于两次；
 - 吸附器应进行疲劳分析设计；
 - 程序控制阀应具备长时间频繁开启、关闭动作不出现泄漏的性能。程序控制阀安装前宜逐个进行气密性试验；
 - 气动程序控制阀应设置阀位传感器；
 - 真空泵可选用液环式或活塞式机组；
 - 真空泵机组的性能、结构和材质应满足解吸气特性的要求；
 - 采用液环式真空泵时，真空机组宜设置与其泵前程序控制阀的停机连锁措施。

5.5.7 水洗法提纯工艺与设备应符合以下要求：

- 宜选用填料塔以保证连续生产；
- 宜选用陶瓷或尼龙材质的整装波纹填料；
- 富液管路的法兰垫片宜选用聚四氟乙烯或尼龙材质；
- 吸收塔操作压力宜介于 1.05MPa~1.6MPa 之间，解吸塔操作压力可以为环境压力；
- 当吸收塔操作压力大于等于 1.35MPa 时，应在吸收塔与解吸塔之间设置缓冲罐。缓冲罐压力宜介于 0.6MPa~0.8MPa 之间；
- 若选用缓冲罐，应设置罐内液面保持装置；
- 富液出口管路应选用气动阀门；
- 贫液出口管路所使用的多级泵应选用不锈钢泵体；
- 冬季生产严防缓冲罐出口及紧急放散口结冰；
- 吸收塔高径比宜控制在 9~12 之间，解吸塔高径比宜控制在 5~8 之间；
- 解吸塔顶应设置除沫器。

5.5.8 提纯系统尾气可根据需要回收利用或直接排入大气，排入大气应符合相关排放标准。

5.5.9 提纯产品气应设流量、压力、温度检测装置。

5.5.10 提纯产品气应设置甲烷、二氧化碳、氧气、硫化氢含量在线检测分析仪。如脱硫后管道设置硫化氢在线检测分析仪，产品气可不再重复设置。不合格产品气应回流至提纯装置入口。

5.5.11 尾气应设置取样口，定期检测尾气中甲烷、硫化氢含量。

5.6 管道及附件

5.6.1 工艺管道的设计应符合现行国家标准 GB 50316 的相关要求。当属于压力管道时，应 GB/T 20801 和 TSG/D 0001 的相关要求。

5.6.2 管道、管件、设备与阀门的设计压力或压力级别不应小于相应的系统设计压力，其材质应适应原料气和产品气介质。管道之间宜采用焊接连接，管道与容器、设备及阀门等宜采用法兰连接。

5.6.3 除不锈钢管道外，站内钢质管道应进行外防腐，其设计应符合 HG/T 20679 的相关要求。

5.6.4 站内设备、仪表、管道等安装的水平间距和标高均应便于观察、操作和维修。膜组件和变压吸附装置的阀门、管道应对称或同型布置。

5.6.5 提纯制气工程进站原料气管道或出站天然气管道应设置紧急切断阀。紧急切断阀应与甲烷浓度报警器的二级报警浓度信号连锁。

5.6.6 放散装置的设置应符合下列规定：

- 提纯制气工程的尾气放散可直接排入大气，或并入原料气生产工程的火炬或集中放散装置；
- 集中放散装置的放散管口高度应符合 GB 50156 的相关要求；
- 脱硫塔、压缩机、提纯装置等工艺设备的操作放散、检修放散、安全放散，当放散管直径大于 150mm 时，放散管口高出建（构）筑物或露天设备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（构）筑物或露天设备平台的距离不应小于 2.5m，且距地面高度不应小于 4m；
- 不同压力级别的放散管宜分别设置。不同排放压力的管道接入同一放散管时，应确保不同压力的放散点能同时安全排放；
- 从放空阀门排气口至放散管接入点之间的管道不应缩径。

5.6.7 站内工艺管道宜架空敷设，架空敷设应符合下列规定：

- 应敷设在非燃烧材料的支架上；
- 在同一支柱或栈桥上敷设时，其上下敷设的垂直净距宜不小于 250mm；
- 与高温热源在同一管架敷设时，应采取隔热措施；
- 与输送腐蚀性介质的管道共架敷设时，应架设在上方，对敷设于输送腐蚀介质管道容易泄漏部位上方的工艺管道应采取保护措施。

5.6.8 架空敷设与在同一支架上平行敷设的其他管道的最小水平净距应符合表 2 的规定

表 2 最小水平净距

序号	其他管道公称直径	沼气、生物天然气管道公称直径 (mm)		
		<300	300~600	>600
1	<300	100	150	150
2	300~600	150	150	200
3	>600	150	200	300

5.6.9 架空敷设与道路、其他管线交叉的垂直净距应不小于表 3 的规定。

表 3 最小垂直净距

建筑物和管线名称		最小垂直净距 (m)	
		燃气管道下	燃气管道上
人行道路路面		2.2	—
车行道路路面		5.0	—
架空电力线，电压	3kV 以下	—	1.5
	3~10kV	—	3.0
	35~66kV	—	4.0
其他管道，管径	≤300	同管道直径，但不小于 0.1	同管道直径，但不小于 0.1
	>300	0.3	0.3

5.6.10 生物天然气注入燃气输配管网时调压系统应符合以下规定：

- 调压器选型应满足最大设计流量和输配管网压力的要求；
- 调压器宜设置备用；
- 在调压器入口处应安装过滤器；
- 应设有防止燃气出口压力过高的超压紧急切断装置和安全放散装置，超压紧急切断装置应采用人工复位型。

5.6.11 产品气埋地敷设的管道应符合 GB 50028 的相关要求。

6 消防设施与给水排水

6.1 消防设施

6.1.1 灭火器的配置应符合 GB 50140 的相关要求。

6.1.2 消防设施设计和建筑物消防用水量的确定应符合 GB 5001 和 GB 50974 的相关要求。

6.1.3 露天工艺装置区可不设消防水系统。

6.1.4 建筑物消防给水宜利用城市或原料气生产工程已建的消防给水系统。当无消防给水系统可依托时，应自建消防给水系统。

6.2 给排水系统

- 6.2.1 生物质制天然气工程给水系统设计应符合 GB 50013 和 GB 50015 的相关要求。
- 6.2.2 生产用水应满足工艺设备的水质、水量和连续性要求，且应循环使用。循环水系统设计应 GB/T 50102 的相关要求。
- 6.2.3 排水应采取雨污分流制。排水系统设计应符合 GB 50014 的相关要求。
- 6.2.4 生产区雨水可散流排出站外，生产区不得采用暗沟排水。生产污水应集中处理。
- 6.2.5 排出站外的污水应符合 GB 8978 及当地环保部门的相关要求。

7 电气与自控

7.1 电气

- 7.1.1 生物质制天然气的供电负荷等级可为三级，供电设计应符合 GB 50052 的相关要求。
- 7.1.2 控制系统、可燃气体报警系统应配备不间断供电电源设备（UPS）。
- 7.1.3 控制室、变配电室及生产区等处应设置应急照明；当采用蓄电池作为灯具备用电源时，其连续供电时间不应小于 90min。应急照明和疏散指示标志的设置应符合 GB 17945 和 GB 50034 的相关要求。
- 7.1.4 爆炸危险场所电力装置设计应符合 GB 50058 的相关要求。
- 7.1.5 可燃气体工艺装置和具有爆炸危险的生产厂房、罩棚等应设防雷接地装置，并应符合 GB 50057 中“第二类防雷建筑物”的相关要求；控制室等电子信息系统的防雷设计应符合 GB 50343 的相关要求。
- 7.1.6 爆炸危险区域内可能产生静电危险的设备和管道，应采取防静电措施，静电接地设计应符合 HG/T 20675 的规定。
- 7.1.7 工艺装置区入口处和加气作业区应设置人体静电消除装置。
- 7.1.8 具有爆炸危险的场所应采用防爆型电话。

7.2 自控

- 7.2.1 生物质制天然气工程自动控制系统应具有工艺过程监控、可燃气体探测报警功能。
- 7.2.2 工艺过程监控系统应满足工艺装置启动、正常运行工况的监视和调整、停机和事故处理的要求。
- 7.2.3 自动控制系统应有完善的数据采集和处理、模拟量控制、顺序控制、联锁、保护和报警等功能。
- 7.2.4 自动控制系统的配置应符合下列要求：
 - 系统应采用模块化设计、成熟的应用软件、硬件和通讯方案；
 - 系统设计应符合国家现行的标准，并与同期的智能控制器、计算机软硬件技术水平相适应；
 - 系统操作模式可为自动控制或手动控制；
 - 对现场的工艺变量进行数据采集和处理；
 - 应对重要参数、重要设备状态、事件和报警信息进行查询、存储，并支持打印输出和声光报警；
 - 电路和接口设计应符合国家现行有关标准的规定，并具有通用性、兼容性。系统应具有可扩展性；
 - 硬件和软件应有较高的可靠性，并应设置系统自身诊断功能，软件和关键的硬件宜

采用冗余技术；

——应具有针对全站和特定设备的报警和紧急切断功能，报警装置应预留联网接口，紧急切断系统应只能手动复位；

——远程通信应采用认证、加密、访问控制等技术措施，应能实现数据的远程安全传输。

7.2.5 自控设备和仪表选型应满足使用环境的要求。

7.2.6 压缩机应设置就地操作盘及成套控制柜，对关键参数设有超限自动停车保护，以保护机组的运行正常，安全可靠。

7.2.7 有可能产生可燃气体泄漏的压缩机室、提纯室、加气区应设置甲烷浓度报警器，室内应设置事故风机。

7.2.8 当检测到空气中甲烷浓度达到爆炸下限的 25%（体积比）时，事故风机应能自动开启，并将报警信号送至控制室。甲烷浓度报警器和报警控制器的选用和安装应符合 GB 50493 和 GB 50116 相关要求。

7.2.9 当检测到空气中甲烷浓度达到爆炸下限的 50%（体积比）时，紧急切断阀切断。
