

沼气工程电气设计探讨

Discussion on the Electrical Design of Biogas Engineering

王红旗

(中广电广播电影电视设计院,北京 100045)

WANG Hong-qi

(Radio, Film & TV Design and Research Institute, Beijing 100045, China)

【摘要】沼气是清洁的可再生能源之一,随着人类对沼气认识的不断深入,沼气的利用越来越广泛,论文介绍了沼气工程电气设计的主要方法,供相关设计人员参考。

【Abstract】Biogas is one of the clean renewable energy. With more and more thorough understandings of biogas by human beings, the biogas is becoming widely used. Therefore, the main electrical design method for biogas engineering is introduced. Valuable references for the related designers were provided.

【关键词】沼气,爆炸和火灾危险环境,工程电气设计

【Keywords】biogas; explosion and fire dangerous environment; engineering electrical design

【中图分类号】TQ221.1⁺1;TM921.02 **【文献标志码】**A **【文章编号】**1007-9467(2014)09-0082-04

【DOI】10.13616/j.cnki.gcjsysj.2014.09.0017

1 引言

沼气可用于照明、发电、做饭、洗澡,沼气生产过程中产生的沼肥(包括沼液和沼渣)可作为优质有机肥提供作物营养,刺激和调节作物生长,进而提高农作物产量,改良土壤,改善整个农业生态环境。沼气的应用是解决农村能源的重要途径,也是解决有机废物的环保方法。当前,沼气工程的设计与建设越来越多,本文对部分类型沼气工程的设计做了一定的概括和

总结。

2 沼气的特性

沼气是在厌氧条件下利用人畜粪便、秸秆、污泥、有机工业废水等各种有机物在密闭的沼气池内,由发酵微生物分解转化成的气体。沼气是无色无味的气体,含有50%~70%甲烷(CH₄)、30%~40%二氧化碳(CO₂),还有少量的氢气(H₂)、氮气(N₂)、一氧化碳(CO)、硫化氢(H₂S)、氨(NH₃)等。可见,沼气的主要成分是甲烷(CH₄),所以根据甲烷(CH₄)的理化参数(见表1)来分析沼气的特性。

由甲烷的理化参数可以看出,甲烷是易燃易爆气体。甲烷在爆炸性混合气体中的分级、分组见表2。

【作者简介】王红旗(1965~),男,河北望都人,高级工程师,从事电气设计与研究(电子信箱)whq_sgz@126.com。

表1 甲烷(CH₄)的理化参数

颜色	气味	熔点 /°C	沸点 /°C	溶解度	分子结构	分子直径/nm	蒸汽压 / (kPa/-168.8°C)	饱和蒸汽压 / (kPa/-168.8°C)	相对水密度(-164°C)	相对空气密度	临界温度/°C	临界压力 /MPa
无色	无味	-182.5	-161.5	在 20°C、0.1kPa 时, 100 单位体积的水, 能溶解 3 个单位体的甲烷	正四面体	0.414	53.32	53.32	0.42	0.5548 (273.15K 101 325Pa)	-82.6	4.59
爆炸下限 /%(V/V)	闪点 /°C	引燃温度 /°C	燃烧热 / (kJ/mol)	总发热量 (产物液态水) / (kJ/kg) / (kJ/m ³)	净热值 (产物气态水) / (kJ/kg) / (kJ/m ³)	H-C-H 键角	C-H 键 / (kJ/mol)	晶体类型	水溶解性 / (mg/100 mL) (17 °C)	摩尔质量 / (g · mol)	密度 / (g/L) (标准状态下)	特殊性质
5.0	-188	538	890.31	55900/40020	50200/35900	109°28'	413	分子晶体	3.5	16.042 5	0.717	极难溶于水

表2 甲烷在爆炸性混合气体中的分级、分组

类和级	最大实验安全间隙 MESG/mm	最小点燃电流比 MICR	引燃温度 t/°C	分组
IIA	0.9 < MESG < 1.4	0.8 < MICR < 1.0	> 450	T1

3 沼气工程设计依据

《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB 50058—1992

- 《工业企业照明设计标准》(GB50034—92)
- 《供配电系统设计规范》(GB 50052—2009)
- 《民用建筑电气设计规范》(JGJ 16—2008)
- 《建筑照明设计标准》(GB 50034—2004)
- 《建筑物防雷设计规范》(GB 50057—2010)
- 《电力工程电缆设计规范》(GB 50217—2007)
- 《建筑设计防火规范》(GB 50016—2006)

4 沼气生产车间环境的分类及设备选型

4.1 沼气生产车间环境的分类

4.1.1 以粪便生产沼气

生产车间 进料间、固液分离间、出料间、砂滤间、沼液罐、一体化发酵罐、净化间、锅炉房、发电机房。辅助用房 配电、控制室、会议室、休息室为一般房间。

根据各个车间的生产工艺,将进料间、固液分离间、出料间、砂滤间确定为潮湿场所;根据《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》(GB 50058—1992),将沼液罐边缘外 3m 内、一体化发酵罐边缘外 3m 内、净化间、锅炉房内从地面到锅炉的燃烧器垂直上方 7.5m,燃烧器两边水平 15m 范围内确定为爆炸性气体环境 2 区,将罐体的放散管、呼吸阀管帽 1.5m 半径范围内(随压差而变)确定为爆炸性气体环境 1 区;发电机房为一般环境场所。爆炸和火灾危险环境在通风良好的状态

下可降低一级。

辅助用房 配电、控制室、会议室、休息室为一般环境场所。

4.1.2 以秸秆生产沼气

生产车间 秸秆预处理车间、固液分离间、出料间、厌氧发酵罐、沼液罐、落地储气膜、净化间、锅炉房、发电机房。辅助用房 配电、控制室、会议室、休息室为一般房间。

根据各个房间的生产工艺,将固液分离间、出料间确定为潮湿场所;根据《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》(GB 50058—1992),将秸秆预处理车间确定为火灾危险环境 22 区,将厌氧发酵罐边缘外 3m 内、沼液罐边缘外 3m 内、落地储气膜边缘外 3m 内、净化间、锅炉房内从地面到锅炉的燃烧器垂直上方 7.5m,燃烧器两边水平 15m 范围内确定为爆炸性气体环境 2 区,将罐体的放散管、呼吸阀管帽 1.5m 半径范围内(随压差而变)确定为爆炸性气体环境 1 区;发电机房为一般环境场所。爆炸和火灾危险环境在通风良好的状态下可降低一级。

辅助用房 配电、控制室、会议室、休息室为一般环境场所。

4.2 不同环境分区的电气设备选型

根据工程的爆炸性气体环境确定电气设备选型见表 3,防爆电气设备的类别、级别及温度组别见表 4,根据工程的火灾危险环境确定电气设备的防护等级见表 5。

根据以上原则,潮湿场所灯具、配电箱、插座箱采用防尘式 IP55 级;火灾危险环境 22 区灯具、配电箱、插座箱采用防尘式 IP55 级,爆炸性气体环境 2 区灯具、配电箱、插座箱采用隔爆型 d A 系列,当配电箱、插座箱设置在爆炸性气体环境 2 区室外时,采用防尘式 IP55 级。

表3 根据工程的爆炸性气体环境确定电气设备选型

电气设备	爆炸危险区(2区)					
	防爆类型					
	隔爆型 d	增安型 e	本质安全型 ia, ib	充油型 O	正压型 P	N 型 n
旋转电动机类	鼠笼型感应电动机	√	√		√	√
	开关、断路器	√				
	熔断器	√				
	控制开关及按钮	√		√		
低压开关	启动用金属电阻器	√	√		√	
和控制器类	电磁阀用电磁铁	√	√			
	操作箱、柱	√			√	
	控制盘	√			√	
	配电盘	√				
灯具类	固定式	√	√			
	移动式	√				
	携带式	√				
	指示灯类	√	√			
	镇流器	√	√			
信号报警装置	信号、报警装置	√	√	√	√	
	插接装置	√				
信号报警装置	接线箱(盒)	√	√			
等电器类设备	电气测量表计	√	√		√	

表4 防爆电气设备的类别、级别及温度组别

防爆型式	防爆标志			温度组别
	型式	类别	级别	
隔爆型	d	I	A、B、C	T1~T6
		II		
增安型	e	I	A、B、C	T1~T6
		II		
本质安全型	ia, ib	I	A、B、C	T1~T6
		II		
正压型	p	I	A、B、C	T1~T6
		II		
充油型	o	I	A、B、C	T1~T6
		II		
N 型	n	II		T1~T6

表5 根据工程的火灾危险环境确定电气设备防护等级

电气设备	大灾危险区(22区)	
	防护等级	
电机	固定安装	IP54
	移动式、携带式	
电器和仪表	固定安装	IP54
	移动式、携带式	
照明灯具	固定安装	
	移动式、携带式	IP5X
配电装置		
接线盒		

表6 照度要求及功率密度表

房间	光源种类	标准照度/lx	标准功率密度/(W/m ²)
发电机房	三基色荧光灯或金卤灯	200	8
锅炉房	三基色荧光灯或金卤灯	100	6
预处理间	三基色荧光灯或金卤灯	150	7
值班室、会议室、控制室	三基色荧光灯	300	11
进料间、出料间、砂滤间	三基色荧光灯或金卤灯	150	7
固液分离间、净化间	三基色荧光灯或金卤灯	200	8

注 厂房灯具安装高度为5m以上时,采用金属卤化物灯。

5 照明设计

5.1 光源及灯具

工程以节能荧光灯、金属卤化物灯为主,光源显色指数 $Ra \geq 80$ 。采用节能灯具,灯具采用节能电子镇流器或节能电感式镇流器,功率因数不小于0.9。照度要求及功率密度见表6。

5.2 照明系统

工程设置一般照明系统、应急照明系统。应急照明系统采用双电源进线,应急灯自带蓄电池,应急时间不小于30min,满足火灾时人员逃生要求。

6 供配电设计

发电机房控制设备、锅炉房设备、控制室设备、消防设备、应急照明等为二级负荷,采用双电源供电,其他为三级负荷,单电源供电即可。

在负荷中心设置配电室,配电方式以放射式供电为主。总配电柜(箱)进线设防火剩余电流监测装置,整定为500mA,各个出线设防火剩余电流监测装置,整定为300mA;防火剩余电流监测装置只报警,不跳闸,各个插座回路设置漏电保护,整定值为30mA 0.1s。

7 线缆选型及敷设

消防设备的电缆选用低烟无卤阻燃耐火铜芯电缆WDZN型,导线选用耐火交联聚乙烯绝缘铜芯电线NHBYJ型。

一般设备的电缆选用低烟无卤阻燃铜芯电缆WDZ型,导线选用耐火交联聚乙烯绝缘铜芯电线NHBYJ型。

室外电缆采用铠装型。

室内导线、电缆穿热镀锌钢管暗敷,室外电缆采用直埋方式敷设。

8 防雷、接地及安全

8.1 防雷

1)根据《建筑物防雷设计规范》(GB 50057—2010)、《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》(GB 50058—1992),工程的净化间、沼液罐、一体化发酵罐、厌氧发酵罐、落地储气膜等为二类防雷(第二类防雷建筑物占建筑总面积30%及以上时,该建筑物为二类防雷;第二类防雷建筑物占建筑总面积小于

30%时,该建筑物为三类防雷),需防直击雷、闪电感应、闪电电涌侵入等。

2) 需防雷的建筑物屋面接闪网采用 $\phi 10\text{mm}$ 热镀锌圆钢沿屋面敷设,突出屋面的金属物体与接闪网可靠连接。

3) 各个罐体的壁厚均不小于 4mm 钢板,罐体顶部设置接闪杆防直击雷;罐体、罐体基础主筋及接地极可靠连接防闪电感应。在净化间、秸秆预处理车间、锅炉房等需防雷的建筑物屋顶设置网格不大于 $10\text{m}\times 10\text{m}$ 的接闪网,防直击雷;各个建筑物内设置等电位联结,防闪电感应,电源进入的总配电箱内设置电涌保护器,防闪电电涌侵入。

4) 利用建筑物的柱内主筋(直径不小于 10mm)做防雷引下线,其上与屋面接闪网,其下与基础内主筋可靠连接构成电气通路。

5) 引下线 3m 范围内的地表层电阻率不小于 $50\text{k}\Omega\cdot\text{m}$ 时,应敷设 5cm 厚沥青层或 15cm 厚砾石层。

6) 当工程需设置独立接闪杆时,防直击雷的独立接闪杆的接地装置与电气设备的接地装置分开。

8.2 接地及安全

1) 低压配电系统为 TN-S 系统,所有电气设备采用专用的接地线,接地干线在不同方向不少于两处与接地体连接。

2) 工程的防雷(防直击雷、防闪电感应)接地与电气系统的接地(工作接地、保护接地)等共用接地极(独立接闪杆的接地除外)。在场区内用 $40\text{mm}\times 4\text{mm}$ 不锈钢做大环形水平接地极,做为罐体、池体的防雷接地极,利用净化间、秸秆预处理车间、锅炉房等建筑物基础主筋,做为防雷(防直击雷、防闪电感应)接地与电气系统的接地(工作接地、保护接地)的共用接地极。建筑物基础主筋与场地内大环形水平接地极可靠连接。两个共用接地极的工频接地电阻分别不大于 4Ω 。如果经实测,工频接地电阻不满足要求,则沿水平接地极的位置均匀增打垂直接地极,由建筑物基础主筋引出端增打垂直接地极,直至两个共用接地极的工频接地电阻满足要求。垂直接地极为不锈钢 $L50\text{mm}\times 50\text{mm}\times 5\text{mm}$,顶端埋深地下 1.5m 。

3) 各建筑物做等电位联结,设置等电位联结箱,在建筑物内设置接地干线,接地干线与建筑物基础主筋、场地内大环形水平接地极可靠连接。建筑物内的设备、管道、构架等金属物就近接至接地装置上,并与引入建筑物的金属管线做等电位

连接。

4) 在建筑物电源线路引入的总配电箱内,装设一级实验的电涌保护器,电涌保护器的电压保护水平小于或等于 2.5kV ,冲击电流值不小于 12.5kA 。

5) 输送火灾爆炸危险物质的埋地金属管道,当其从室外进入户内有绝缘段时,在绝缘段处跨接一级实验的密封型电涌保护器,电涌保护器的电压保护水平小于或等于 2.5kV ,冲击电流值不小于 12.5kA 。输送火灾爆炸危险物质的埋地金属管道在进入建筑物处的防雷等电位连接,应在绝缘段之后管道进入室内处进行,将电涌保护器的上端头接到等电位连接带。

9 结论

1) 沼气是易燃易爆气体,设计沼气工程时应正确理解相关规范,选择与环境相适宜的设备。

2) 罐体的直击雷防护,采用独立接闪杆还是在罐顶设置接闪杆,应根据罐体的高度、体积、罐体的数量、罐内与外界压差等有关条件而定。在罐顶设置接闪杆时,接闪杆距放散管、呼吸阀管帽的距离应不小于 2m (跟压力差有关),且引下线躲开放散管、呼吸阀管帽不小于 2m (跟压力差有关)的距离。

保护罐体防直击雷的接闪杆,除保护罐体外,罐体的放散管、呼吸阀管帽垂直上方 1m (跟压力差有关),管口水平距离 2m 内(跟压力差有关)也应在保护范围内。

3) 为防止电化学反应对接地干线、接地极的腐蚀,与建筑物主筋连接的室外接地干线、接地极采用不锈钢材质。

【参考文献】

- [1] GB 50058—1992 爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范[S].
- [2] GB 50052—2009 供配电系统设计规范[S].
- [3] JGJ 16—2008 民用建筑电气设计规范[S].
- [4] GB 50034—92 工业企业照明设计标准[S].
- [5] GB 50034—2004 建筑照明设计标准[S].
- [6] GB 50057—2010 建筑物防雷设计规范[S].
- [7] GB 50217—2007 电力工程电缆设计规范[S].
- [8] GB 50016—2006 建筑设计防火规范[S].
- [9] 中国航空工业规划设计研究院.工业与民用配电设计手册(第三版)[K]北京:国电力出版社,2005.

【收稿日期】2014-02-19