

气体发动机燃料特性参数计算软件开发及应用

牟善祥

(胜利油田胜利动力机械集团有限公司, 山东 东营 257032)

摘 要: 不同气体燃料物理、化学性质不同, 直接关系到气体发动机的结构设计及各项性能指标; 对各种气体燃料特性进行分析及评价是气体发动机设计首先要解决的问题。开发了气体燃料特性参数计算软件, 对各种气体燃料的物理、化学特性进行了分析、计算, 并就这些参数对气体机性能的影响进行了分析, 供气体发动机设计做参考。

关键词: 气体燃料; 气体发动机; 特性参数; 软件

中图分类号: TK423.4⁺3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2015)01-0021-06

Development and Application of Calculation Software for Gas Engine's Fuel Characteristic Parameters

Mou Shanxiang

(Shengli Oilfield Shengli Power Machinery Group Co., Ltd., Shandong Dongying 257032)

Abstract: Different gas fuel has different physical and chemical characteristics, which directly influence the gas engine's construction design and performance parameters. Analysis and evaluation on gas fuel's characteristics are the key issues to be solved. A kind of fuel characteristic parameter calculation software has been developed, through which gas fuel's physical and chemical characteristics are analyzed and calculated. How these parameters influence the gas engine's performance are studied, which offers references for gas engine design.

Keywords: gas fuel; gas engine; characteristic parameter; software

0 引 言

能用作发动机燃料的可燃气体一般由氢气、一氧化碳、甲烷、乙烷、丙烷、乙烯等可燃气体和二氧化碳、氮气等不可燃气体及部分杂质等按一定比例组成, 不同组分的气体性质也不同。目前用于发动机的可燃气体主要有: 天然气、沼气(垃圾填埋沼气、污水处理沼气)、煤矿瓦斯、液化石油气、炼化尾气、焦炉煤气、油母页岩气、发生炉煤气、秸秆气、兰炭气、垃圾气化合成气、高炉煤气、转炉煤气等气体。

各种气体燃料的组分相差很大, 同一气体由于生产方法不同、季节不同其组分也有变化。气体燃

料组分不可能有统一的标准, 只有对气体燃料组分进行分析, 了解气体燃料的物理、化学性质后, 才能对气体燃料做出较全面的评价。

气体发动机(简称气体机, 下同)的工作性能在很大程度上取决于所用气体燃料的理化特性。空燃比(如无特别说明, 本文所说的空燃比皆为体积空燃比)、混合气热值和甲烷值是影响发动机结构设计、技术经济指标的重要参数。

如何根据气体燃料的组分分析计算其空燃比、热值、混合气热值、爆炸极限、稀燃范围等特性参数; 根据燃料的热值估算气体机发出的功率、燃料消耗量, 以及依据燃料的特性合理地确定气体机的结构形式与各项工作参数(例如混合器、进气方

收稿日期: 2014-10-25

作者简介: 牟善祥(1964-), 男, 高级工程师, 主要研究方向为气体发动机的研发与技术管理, E-mail: dlcmxs@sina.com。

式、压缩比、点火正时等), 保证气体机正常运行是本文讨论的重点。针对这些问题, 开发了计算机管理软件, 对气体燃料物理、化学特性数据进行分析计算。软件于 2009 年设计完成, 初期仅有 PC 版、PPC 手机版。投入使用后, 经过不断改进、完善和功能扩展, 近期又开发了安卓手机版。PC 版和手机版具有完全一样的功能。本文重点介绍改进后的 PC 版和安卓手机版的开发与应用。

1 气体燃料特性参数计算

实际使用的气体燃料均是多种可燃成分的混合物, 而且还含有某些不可燃成分。不同的气体燃料中可燃成分的体积百分比、可燃成分种类均不相同, 完全燃烧需要的理论空气量也不相同, 放热量也相差较大。所以, 要得到气体燃料的实际热值、空燃比、混合气热值等参数, 必须根据气体燃料的组分进行计算。

1.1 标准基准状况

GB/T 11062-1998 规定, 计量参比条件和燃烧参比条件相同, 均为压力 $p=101.325\text{ kPa}$, 温度 $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。而 GB/T 21404-2008 规定为 $p=100\text{ kPa}$, $t=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为发动机标准基准状况。考虑到本软件所涉及的气体燃料主要用于发动机, 所以在计算气体燃料特性参数时, 计量参比条件和燃烧参比条件相同, 并规定为: 压力 $p=101.325\text{ kPa}$, 温度 $t=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。在该条件下的气体体积, 为标准立方米, Nm^3 。使用时把气体燃料的物理、化学性质折合成到 $p=101.325\text{ kPa}$, $t=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的数值。

1.2 理想气体和真实气体

考虑到气体的非理想性, 在计算体积流量、体积发热量、密度等参数时, 需要对气体体积进行修正。对非理想气体(真实气体)的体积修正通过压缩因子来进行的。在软件设计时已考虑到真实气体的参数修正。1.3~1.7 节只给出了理想气体的计算公式, 真实气体的计算公式没有列出(软件包含真实气体的计算功能)。

1.3 空燃比计算

完全燃烧 1 m^3 可燃气体燃料所需要的理论空气量, 即为理论空燃比。而实际燃烧时供给的空气量并不正好等于理论所需空气量, 这时的空燃比为实际空燃比, 计算公式为:

$$AFR_a = \sum_{i=1}^n x_i AFR_i \quad (1)$$

$$AFR = AFR_a \lambda - \frac{x_{O_2}}{0.209\ 3} \quad (2)$$

当 $\lambda=1$ 时, 为理论空燃比;

$$AFR_0 = AFR_a - \frac{x_{O_2}}{0.209\ 3} \quad (3)$$

式中: AFR_a 为中间变量, 为燃气中可燃成分完全燃烧时的空燃比(即燃气中不含氧气时的理论空燃比), $(\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3})$; AFR_0 为理论空燃比, $(\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3})$; AFR 为实际空燃比, $(\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3})$; x_i 为气体燃料中各单一可燃组分的摩尔分数; AFR_i 为气体燃料中各单一可燃组分完全燃烧时的理论空燃比, $(\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3})$; λ 为过量空气系数; x_{O_2} 为气体燃料中氧气的摩尔分数; 0.209 3 为空气中氧气的摩尔分数。

1.4 低热值计算

气体燃料低热值的计算公式为:

$$H_L = \sum_{i=1}^n x_i H_{Li} \quad (4)$$

式中: H_L 为气体燃料低热值, $(\text{kJ} \cdot \text{Nm}^{-3})$; H_{Li} 为气体燃料中各单一可燃组分的低热值, $(\text{kJ} \cdot \text{Nm}^{-3})$ 。

1.5 混合气低热值计算

混合气低热值的计算公式为:

$$H_{Lm} = \frac{H_L}{1+AFR} \quad (5)$$

式中: H_{Lm} 为混合气低热值, $(\text{kJ} \cdot \text{Nm}^{-3})$ 。

1.6 烟气流计算

单位体积的气体燃料按理论空燃比与空气量完全燃烧, 产生的烟气流为理论烟气流, 它的组成为水蒸气、二氧化碳和氮气; 当有过剩空气时, 烟气中除上述组分外尚含有过剩空气, 这时的烟气流称为实际烟气流, 计算公式为:

$$VF = \sum_{i=1}^n x_i VF_i + \sum_{j=1}^m x_j + AFR_a (\lambda - 1) - 3.778 x_{O_2} \quad (6)$$

式中: VF 为实际烟气流, $(\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3})$; x_j 为气体燃料中各单一不可燃组分的摩尔分数; VF_i 为气体燃料中各单一可燃组分完全燃烧产生的理论烟气流, $(\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3})$; 3.778 为空气中氮气与氧气的摩尔分数之比值。

1.7 爆炸极限计算

判别混合气体爆炸危险性的方法有多种, 本文采用由波兰矿山救护总站提出的爆炸三角形法, 该方法直观实用, 易于编程。该法的特点是事先画好一个固定的爆炸三角形(见图 1), 横坐标 x 为燃气浓度百分数, 纵坐标 y 为氧气浓度百分数, 其三个顶点: B(5, 19.88) 点为甲烷与空气混合的爆炸下限, C(15, 17.79) 点为爆炸上限, E(5.18, 9.47) 点为掺入超惰气(过量的惰性气体)得到的爆炸临界点; 线段 BE 是爆炸下限线, 线段 CE 是爆炸上限线, 三角形 BCE 区域内称为爆炸三角形; 凡混

合气体中可燃气体、氧浓度在此三角形内时, 该混合气体就处于爆炸范围之内, 否则处于爆炸范围之外。利用图 1 判别爆炸危险性时, 应根据混合气体的组分分析, 按公式换算成固定的爆炸三角形坐标系内的点, 来判断其危险程度。具体步骤如下:

(1) 绘制固定的爆炸三角形, 如图 1 所示。

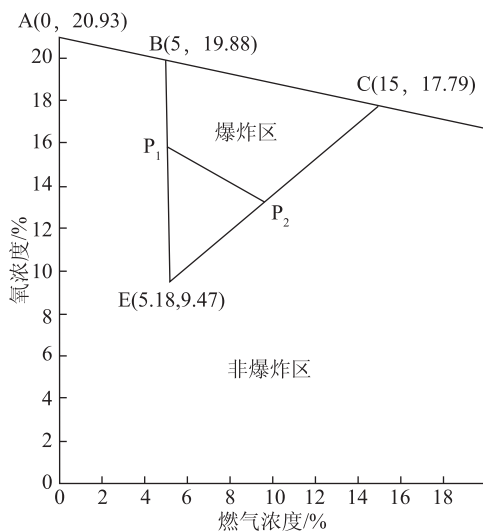


图 1 混合气体爆炸三角形

(2) 计算 CO_2 对爆炸临界点(以 N_2 作为掺入的惰性气体)的影响系数 α :

$$\alpha = \frac{x_{\text{CO}_2} - 0.03}{x_{\text{CO}_2} + x_{\text{N}_2} - 3.778x_{\text{O}_2}} \quad (7)$$

(3) 计算可燃气体总浓度 V_{gas} :

$$V_{\text{gas}} = \sum_{i=1}^n x_i \quad (8)$$

(4) 计算各可燃气体受 CO_2 浓度影响系数 β_i :

$$\beta_i = \frac{20.93 - (x_{\text{O}_2} + 0.2093V_{\text{gas}})}{a_i - b_i\alpha} \quad (9)$$

式中: 修正系数 a_i 、 b_i 见文献 [3] 表 2-7-11。 β_i 只能取 0~1, 当计算所得 $\beta_i > 1$ 时应取 $\beta_i = 1$ 。

(5) P 点的坐标 x_p 、 y_p , 用下式计算:

$$x_p = \frac{\sum_{i=1}^n (c_i + d_i V_{\text{gas}} + e_i x_{\text{O}_2} + f_i \alpha \beta_i) x_i}{V_{\text{gas}}} \quad (10)$$

$$y_p = \frac{\sum_{i=1}^n (c'_i + d'_i V_{\text{gas}} + e'_i x_{\text{O}_2} + f'_i \alpha \beta_i) x_i}{V_{\text{gas}}} \quad (11)$$

式中: 修正系数 c_i 、 d_i 、 e_i 、 f_i 、 c'_i 、 d'_i 、 e'_i 、 f'_i 见文献 [3] 表 2-7-12。

(6) 将点 P 按其坐标 x_p 、 y_p 绘在瓦斯爆炸三角形图内, 可得出爆炸危险性判定结果。

根据这一原理, 针对某种气体给出不同的过量空气系数, 可计算混合气体对应的 P 点。 P 点坐标与过量空气系数 λ 为函数关系, 即 $x_p = f(\lambda)$ 、 $y_p = g$

(λ), 该函数曲线(图 1 中 $P_1 P_2$ 曲线)与 BE 的交点 P_1 为爆炸下限, 与 CE 的交点 P_2 为爆炸上限。据此可求出该气体的爆炸极限和对应的过量空气系数范围。

其它参数的计算公式在此不一一列举。

2 软件开发

软件采用 VB 语言编写, 分为 PC 版和安卓版手机版。PC 版在 Windows XP 下调试通过, 安卓手机版在 Android 2.2 下调试通过。安卓手机版安装于智能手机中, 可以随时随地根据用户给出的气体成分对气体特性进行分析计算, 具有实时性强、效率高、使用方便等特点。

软件界面见图 2 和图 3。软件采用专用数据库, 可方便地实现数据修改、删除、增加及长期保存。软件具有分析、计算、存储、查询、检索功能。

软件除可对气体燃料物理、化学性质进行分析计算外, 还可实现发动机部分工作参数, 如平均有效压力、气耗(燃气、空气和烟气)、增压匹配参数、缸内压缩温度以及气压与海拔的关系等的简单计算。

软件以表 1 给出的原始数据为计算基本数据, 根据上述给出的计算方法计算相关参数, 输入气体燃料组分摩尔分数就可以计算出: 空燃比、燃料低热值、混合气低热值、参考耗气量、烟气量(包括水蒸气、氮气、二氧化碳和氧气)、密度、甲烷值、稀燃范围、爆炸极限(对应的过量空气系数范围)等参数; 还可查询单一可燃气体的爆炸极限、体积空燃比、质量空燃比、密度、甲烷值、自燃温度、最小点火能量、热值和沸点等参数。



图 2 PC 版软件操作界面



图 3 安卓版软件操作界面

3 软件应用与气体机特性分析

表 1 给出了常见可燃气体中的单一可燃成分的

表 1 单一可燃气体的特性参数

气体名称	分子式	密度/ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	燃烧反应式	理论 空燃比	烟气量/($\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$)				低热值/ ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-3}$)	混合气低热 值/($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-3}$)	自燃 温度/ $^{\circ}\text{C}$	甲烷值	空气中爆炸极限	
					H_2O	CO_2	N_2	合计					下限	上限
氢	H_2	0.0824	$\text{H}_2 + 0.5\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}$	2.38	1		1.88	2.88	9.884	2.918	560	0	4	75
一氧化碳	CO	1.1449	$\text{CO} + 0.5\text{O}_2 = \text{CO}_2$	2.38		1	1.88	2.88	11.567	3.415	605	75	12.5	74
甲烷	CH_4	0.6557	$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	9.52	2	1	7.52	10.52	32.805	3.110	595	100	5	15
乙烷	C_2H_6	1.2291	$\text{C}_2\text{H}_6 + 3.5\text{O}_2 = 3\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$	16.66	3	2	13.17	18.17	58.394	3.297	515	43.7	2.9	13
丙烷	C_3H_8	1.8024	$\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 = 4\text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2$	23.80	4	3	18.81	25.81	83.509	3.358	450	34	2.1	9.5
丁烷	C_4H_{10}	2.3757	$\text{C}_4\text{H}_{10} + 6.5\text{O}_2 = 5\text{H}_2\text{O} + 4\text{CO}_2$	30.94	5	4	24.45	33.45	108.615	3.391	365	10	1.5	8.5
戊烷	C_5H_{12}	2.9491	$\text{C}_5\text{H}_{12} + 8\text{O}_2 = 6\text{H}_2\text{O} + 5\text{CO}_2$	38.08	6	5	30.10	41.10	133.726	3.412	260	2	1.4	8.3
乙炔	C_2H_2	1.0643	$\text{C}_2\text{H}_2 + 2.5\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$	11.9	1	2	9.40	12.40	51.379	3.972	335	/	2.5	80
乙稀	C_2H_4	1.1467	$\text{C}_2\text{H}_4 + 3\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$	14.28	2	2	11.29	15.29	54.082	3.529	425	15	2.7	34
丙稀	C_3H_6	1.7200	$\text{C}_3\text{H}_6 + 4.5\text{O}_2 = 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2$	21.42	3	3	16.93	22.93	78.722	3.501	460	18.6	2	11.7
丁稀	C_4H_8	2.2933	$\text{C}_4\text{H}_8 + 6\text{O}_2 = 4\text{H}_2\text{O} + 4\text{CO}_2$	28.56	4	4	22.57	30.57	103.851	3.503	385	20	1.6	10

注：计算的标准基准状况；计量参比条件和燃烧参比条件相同，均为 101.325 kPa，25 $^{\circ}\text{C}$ ；过量空气系数 $\lambda=1$ 。

表 2 典型可燃气体的特性参数

气体名称	组分(摩尔分数)/%									理论 空燃比	烟气量/($\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$)				低热值/ ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-3}$)	混合气低热 值/($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-3}$)	甲烷值	过量空气 系数范围
	H_2	CO	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_2H_4	O_2	N_2	CO_2		H_2O	CO_2	N_2	合计				
天然气			92	4	2				2	9.93	2.04	1.08	7.85	10.97	34.187	3.128	85.7	0.57 ~ 1.92
沼气			58					2	40	5.54	1.16	0.98	4.4	6.54	19.027	2.910	139.2	0.64 ~ 1.87
煤矿瓦斯			14				18	65	2	0.48	0.28	0.16	1.03	1.48	4.593	3.108	110.6	0.64 ~ 1.99
焦炉煤气	55	6	24				0.8	10	4	3.71	1.03	0.34	3.03	4.4	14.003	2.973	39.4	0.52 ~ 4.29
高炉煤气	2	24					2	55	16	0.53	0.02	0.40	0.97	1.40	2.974	1.949	112.6	0.55 ~ 1.89
转炉煤气	1	69						14	16	1.67	0.01	0.85	1.46	2.32	8.079	3.025	93.1	0.23 ~ 2.73
兰炭气	20	13	9				1.5	55	1	1.58	0.38	0.23	1.8	2.41	6.433	2.498	72.8	0.55 ~ 3.71
炼化尾气	23		39	18	3	15				10.15	1.97	1.14	8.02	11.15	36.196	3.248	41.5	0.44 ~ 2.24
石油伴生气			37	12	21	$10(\text{C}_4\text{H}_{10})$	2.5	17		13.65	2.44	1.81	10.8	15.05	47.544	3.244	78.9	0.44 ~ 1.68
油母页岩气	10	3	4.5	1.3			1.2	62	18	0.901	0.23	0.28	1.33	1.84	3.571	1.879	76.1	0.78 ~ 2.87
发生炉煤气	13	29	2.3				0.4	50	5	1.20	0.18	0.36	1.45	1.99	5.394	2.448	83.3	0.40 ~ 3.28
秸秆气	17	18	6				0.4	41	17	1.38	0.29	0.41	1.51	2.21	5.731	2.398	82.4	0.55 ~ 3.56
木制气	16	26	23				7	1.5	6	15	4.12	0.78	3.32	4.92	15.919	3.103	58.8	0.47 ~ 2.75

注：计算的标准基准状况；计量参比条件和燃烧参比条件相同，均为 101.325 kPa，25 $^{\circ}\text{C}$ ；过量空气系数 $\lambda=1$ 。

3.1 功率

气体机中实际起反应的是混合气，混合气热值对于气体机可能发出的功率至关重要。从表 2 可以

特性参数，可以看出：碳烃类气体燃料随分子内碳原子数的增多，热值升高，空燃比也相应升高。由于热值升高的比例比空燃比升高的比例要快些，所以混合气体的热值也趋向提高。

一氧化碳和氢的热值低，完全燃烧需要的空气量也少，就混合气热值而言与烃类燃料相近。从燃料特性分析：这两种单一燃气用于发动机是可行的，但空燃比与烃类相差很大。

表 2 给出了部分典型可燃气体的气体特性参数，其中空燃比、燃料低热值、混合气低热值、甲烷值、爆炸极限(对应的过量空气系数范围)等数据就是通过软件计算得到的。下面就这些参数对气体机性能的影响进行分析。

看出，各种气体燃料的热值、混合气热值相差很大，秸秆气混合后的热值最低，而炼化尾气混合后的热值最高。在不考虑气体燃料的燃烧速度、爆震

等不正常燃烧的条件下,在进气量相同的情况下,混合气热值之比就是同一台气体机使用不同燃料时能发出的功率之比,因此,混合气热值决定了气体机所能发出功率的大小,燃料混合气热值较高的气体燃料可以发出更大的功率。另外,为了使气体机发出更大的功率,需要提高进气量,一般可通过采用增压技术来实现。

3.2 空燃比与稀薄燃烧

稀薄燃烧是指空气和燃气在大于理论空燃比情况下所进行的燃烧。对于气体机,稀薄燃烧具有独特的意义。图 4 为空燃比与爆震和失火关系图,从图中可以看出,对于型式一定的气体机,随着平均有效压力的提高,发动机运行线只能处于爆震区和失火区间的狭小范围内,且过量空气系数必须随平均有效压力提高而提高。发动机效率、排放、燃料抗爆性和着火性等与空燃比密切相关,下面结合图 4 进行分析。

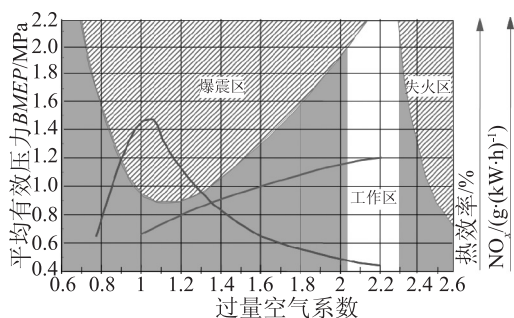


图 4 空燃比与爆震、失火和 NO_x 排放关系

(1) 效率与排放

影响气体机效率的重要因素之一是过量空气系数。过量空气系数增加(稀薄燃烧),可使缸内燃料充分燃烧,得到更高的效率;同时,使缸内混合气体的燃烧温度和排气温度降低,从而减少 NO_x 排放,当过量空气系数接近失火极限时, NO_x 排放最低。但是过于稀薄的混合气将造成点火困难,甚至发生失火现象,这些是稀薄燃烧的主要障碍。

(2) 抗爆性

气体燃料抗爆性用甲烷值来衡量,甲烷值高表示抗爆震性能好。甲烷是一种高抗爆性的燃料,其甲烷值为 100;氢气是一种抗爆震能力最低的燃料,其甲烷值为 0;一氧化碳甲烷值比甲烷略低,说明其抗爆性较高。随着气体燃料分子内碳原子数增多,气体抗爆性能减弱。

以甲烷为主的天然气、瓦斯等气体燃料甲烷值很高,具有很好的抗爆性能;沼气和含有部分二氧化碳惰性气体,其甲烷值最高(在 130 之上),

抗爆性最好;以含氢气为主的焦炉煤气、兰炭气、秸秆气等高含氢气体燃料甲烷值低(只有 30 左右),其抗爆性最差。气体燃料高碳烃的浓度越大,其甲烷值也越低,越容易发生爆震,如丙烷、丁烷和戊烷。自燃点高的气体燃料较少产生爆震,因而它有较高抗爆性。

对于甲烷值高的甲烷类气体,可以适当提高发动机压缩比;对于甲烷值低的含氢类气体,需要降低压缩比运行。另外,发动机抗爆性随着过量空气系数的提高而增加。平均有效压力提高后,只有通过提高过量空气系数,实现稀薄燃烧,才能避免爆震的发生。

(3) 着火性

对于大多数气体燃料来说,其抗爆性能要比柴油差,所以气体机的压缩比要比柴油机的低。同时,大多数气体燃料的自燃温度相对柴油的要高,所以对于气体机不能再采用压缩燃烧点火方式。随着空燃比的提高,混合气体的着火性变得越来越差。为了保证混合气体的可靠点火和稳定燃烧,目前气体机点火方式主要有:普通火花塞点火、带预燃室火花塞点火、独立进气预燃室点火、微量柴油引燃预燃室点火等方式。对于天然气等甲烷类气体,普通火花塞点火能量较低,只能点燃 $\lambda \leq 1.5$ 的混合气;而带预燃室火花塞点火能够点燃 $\lambda = 1.7$ 的混合气;如要点燃更稀的混合气,则需要独立进气预燃室和微量柴油引燃预燃室点火。因此为了提高效率、降低排放,提高燃料的抗爆性,必须提高过量空气系数,实现稀薄燃烧,但同时应考虑混合气的热值不能太低以及可靠点火与稳定燃烧,不能超过稀燃极限,可根据燃气的过量空气系数范围与混合气体低热值确定合理的稀燃极限。

3.3 燃气、空气混合技术

从表 2 可以看出,不同的气体燃料其空燃比相差较大,从煤矿瓦斯的 0.48 到炼化尾气的 13.65,要设计一个能适应空燃比调节范围如此宽的混合器是相当困难的。一般只能按气体燃料的种类划分适当的区段,划分的依据是各种气体燃料完全燃烧时的理论空燃比。因此,空燃比决定了所采用的混合器的结构形式。混合器本身的结构确定后,空燃比调节范围也就确定了。

抗爆性也决定了燃气和空气的混合方式,对于以甲烷为主的气体燃料,如天然气、沼气、煤矿瓦斯等气体燃料抗爆性好,使用该类气体燃料的气体机一般采用预混合的方式(有先混合后增压和先增

压混合后两种方式)。

对于焦炉煤气、兰炭气、秸秆气等高含氢气体燃料,燃烧时火焰传播速度快,点燃所需点火能量小,着火浓度极限范围宽(如:焦炉煤气过量空气系数在 0.5~4.8 左右),这些性质决定了高含氢气体燃料具有易燃易爆性。气体机对这类气体燃料的适应性差,回火、放炮、早燃等问题非常严重,特别是大缸径气体机,如果没有有效的技术手段,安全问题将是非常突出的问题。一般采用预混合或多点电控混合的进气方式,同时采用稀薄燃烧技术,提高过量空气系数。

而对于油母页岩气、发生炉煤气等低含氢气体燃料,由于其含有部分一氧化碳和较多的氮气与二氧化碳惰性气体,其抗爆性虽然比甲烷差,但比高含氢气体燃料要好得多,所以使用该类气体燃料的气体机一般也采用预混合的方式。

对于含有乙烷、丙烷、丁烷等高碳烃类气体燃料,其抗爆性要比甲烷差,但热值高,空燃比大,同样体积的气体燃料可以发出更多的功率。因此,使用此类气体燃料的气体机一般可以适当降低压缩比,采用预混合或单缸进气的方式。因此,气体燃料性质决定了气体机的空气和燃气混合方式、结构特点和控制方式。

3.4 现场调整

同类气体燃料由于组分不同,其混合气热值和空燃比也不同。由于受出厂试验条件的限制,厂内不可能具备所有现场气源,出厂试验只能是模拟试

验,气体机需要在现场重新进行调整,以保证气体机处于良好的工作状态。

4 结 论

气体燃料特性决定了气体机的结构形式和工作性能,尤其是空燃比、混合气热值和甲烷值是影响发动机结构设计、技术指标的重要参数。目前,所开发的气体燃料特性分析软件已广泛应用于公司对用户气体燃料特性的分析计算,特别是在对一些特殊气体燃料,如焦炉煤气、油母页岩气、发生炉煤气、秸秆气、兰炭气、垃圾气化合成气、高炉煤气、转炉煤气等气体的计算中发挥了重要作用。希望通过以上工作,能够为气体发动机设计提供帮助。

参考文献

- [1] GB/T 11062-1998,天然气发热量、密度、相对密度和沃泊指数的计算方法[S].
- [2] GB/T 21404-2008,内燃机 发动机功率的确定和测量方法 一般要求[S].
- [3] 于不凡. 煤矿瓦斯灾害防治及利用技术手册(修订版)[M]. 北京:煤炭工业出版社,2005.
- [4] 吕佐周,王光辉. 燃气工程[M]. 北京:冶金工业出版社,2004.
- [5] 罗勤,陈康良. 天然气国家标准实施指南[M]. 北京:中国标准出版社,2006.
- [6] 煤气设计手册编写组. 煤气设计手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1983.

信息动态

新泻双燃料发动机设计通过日本船级社批准

日本船级社已经向日本新泻动力系统公司研制的 28AHX-DF 双燃料发动机颁发了设计批准。该机缸径 280 mm,行程 390 mm,转速 280 (r·min⁻¹)时,单缸最大功率为 320 kW。

据日本船级社介绍,由于排放控制区对硫排放的限制和国际海事组织(IMO) Tier III 对氮氧化物排放的限制,对新的烧液化天然气的船舶的需求正在增加。由于烧低硫燃料成本将增加,所以增加液化天然气的可用性正在推动船东和设备制造商考虑使用液化天然气为燃料。

该机主要为海上支援船和拖船开发。该机运行时既可以烧柴油,又可以烧液化天然气。该机的研制得到了日本国土交通省(MLIT)的支持,并作为日本船级社联合研发工业计划的一部分,同时得到了日本船级社的支持。首台机于 2014 年 12 月进行了运行试验,随后将获得日本船级社的完全型式认可。

(李积轩 编译)