

# 喷气燃料燃烧性能新的 综合指标——氢含量

冯 湘 生

燃料的氢含量与其族组成有密切关系。经过大量研究工作发现,可用氢含量作为评价喷气燃料燃烧性能的综合指标。美国 and 英国已先后在一九七六年和一九七八年把氢含量作为选测项目正式列为宽馏份型喷气燃料的规格指标,一九七九年已扩大到各种牌号的喷气燃料。苏联经试验之后也认为用氢含量评价喷气燃料的燃烧性能是正确的,应予采用。目前,许多国家正在根据本国的情况,准备把氢含量列入喷气燃料规格。

为了保证航空涡轮发动机具有可靠的燃烧性能,国外普遍采用燃烧热或苯胺点与比重度( $\text{API}_{60}^{\circ\text{F}}$ )的乘积(简称苯胺重度积)、芳烃含量、无烟火焰高度(即烟点)、辉光值、烟挥指数、萘含量等作为评价喷气燃料燃烧性能的规格指标。燃烧热或苯胺重度积表示燃料的能量特性;芳烃含量和烟点作为表征燃料冒烟和生炭倾向的指标,对宽馏份型喷气燃料这项指标则改用烟挥指数表示;辉光值是衡量火焰辐射热对火焰筒翘曲和寿命影响的一项指标,燃料火焰的辉光度小,对火焰筒的辐射强度也小,有利于延长火焰筒的使用寿命。民用航空燃料还规定了喷气燃料中的萘的百分含量。上述这些项目虽然从多方面保证喷气燃料具有良好的燃烧性能,但由于指标多,要求杂,给评价、管理、使用带来许多不便。而采用氢含量作为评价喷气燃料燃烧性能的综合准确指标既可行又简便。

喷气燃料是烷烃、烯烃、芳烃、环烷烃的混合物。它们的各种化学、物理性质取决于它们分子中的碳原子和氢原子数目和排列的位置。烷烃的氢含量最高,重量燃烧热也高,但其

密度较低,因而体积燃烧热较低;烯烃的安定性差,一般不希望在喷气燃料中存在,因而对其含量加以严格限制;芳烃,尤其是多环芳烃由于氢含量低,重量燃烧热也较低。此外,芳烃燃烧性能差,燃烧时辐射强度较大(即辉光值较小);环烷烃的氢含量适中,具有中等的体积燃烧热和良好的燃烧性能。密度和氢含量关系密切,喷气燃料的密度一般随氢含量的增加而减少,对同一百分比氢含量来说,双环化合物要比单环化合物大约高1磅/加仑,而比无环化合物大约高1.5磅/加仑。另外,喷气燃料的氢含量和沸点也有某些关系,但沸点主要取决于碳原子数目的多少。

Charles R. Martel 和 Leonard C. Angello在研究了喷气燃料氢含量和烟点、辉光值、净燃烧热的关系之后认为,喷气燃料的燃烧性能主要取决于氢含量,并且氢含量比辉光值、烟点等更能反映出燃烧室内壁温度变化的情况。同时还得出了燃料的氢含量与其它指数的对应数值,见附表。

因此,推荐用氢含量来代替原来规定的烟点、燃烧热、辉光值、烟挥指数等指标,并提出具体指数数值,如规定JP-7燃料的氢含量不小于14.5%(重量),JP-4、JP-5、JP-8、Jet A、Jet A-1和Jet B燃料的氢含量不小于13.5%(重量)。目前美国规格的规定是JP-4燃料不小于13.6%(重量),JP-5不小于13.5%(重量),JP-8不小于13.5%(重量);英国各类燃料均规定不小于13.8%(重量)。

喷气燃料氢含量的测定方法,目前已正式列入ASTM标准方法的有三种:

附表 氢含量的当量数

燃料氢含量 燃烧参数 最低规格要求	净 燃 烧 热 英制单位/磅			辉 光 值				烟 点, 毫 米		
	18300	18400	18700	45	50	60	75	19	20*	25
所 对 应 的 燃 料	JP-5	JetA JetA-1 JetB JP-4 JP-8	JP-7	JetA JetA-1 JP-8	JP-5	JP-4	JP-7	JP-5	JetA JetA-1	JetA JetA-1 JP-8
氢含量, 重量%	12.60	13.05	14.40	13.60	13.80	14.10	14.50	13.45	13.53	13.95

\* 如果燃料苯含量小于3%, 允许烟点为20毫米。

(1) 燃烧法: 这是一种最经典的方法, 其主要原理是通过测定燃料燃烧后水的生成量, 从而换算为氢含量。

(2) 低分核磁共振法: 这是近几年发展起来的一种较为准确的仪器分析方法, 但该方法所用的试验设备较昂贵, 不易普及推广。因此, 近年来国外又找到一种比较简便的方法——计算法。

(3) 计算法: 根据喷气燃料的密度、平均沸点和芳烃含量计算, 其经验式为:

$$H = \frac{1}{S} (9.1959 + 0.01448T - 0.07018A) + 0.02644A + 0.0001298AT$$

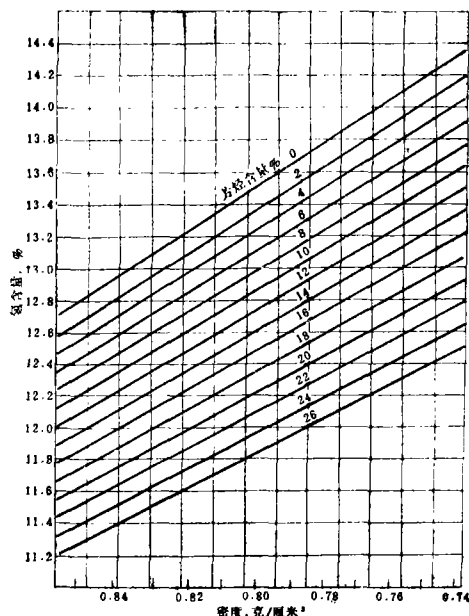


图 1

$$-0.01345T + 2.014$$

式中  $H$ —喷气燃料氢含量, % (重量);

$S$ —燃料在  $15.6^{\circ}\text{C}$  时的密度, 克/厘米<sup>3</sup>;

$T$ —平均沸点,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$A$ —芳烃含量, % (体积)。

平均沸点按下式计算:

$$T = \frac{1}{3} (T_{10} + T_{50} + T_{90})$$

式中  $T_{10}$ 、 $T_{50}$ 、 $T_{90}$  分别为馏出 10%、50%、90% 时的温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )。

该法也可以用图解法计算, 见图 1 和 2。

首先利用图 1, 按密度和芳烃含量求得氢含量主项; 再按图 2, 通过密度、芳烃含量和平均沸点的关系求得氢含量的补充项。把这两项相加即为喷气燃料中的总氢含量。

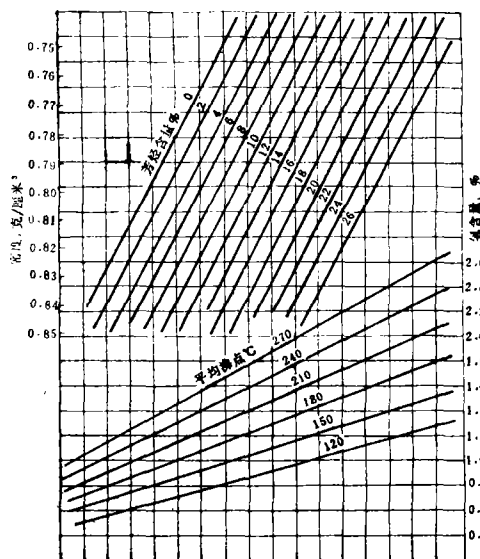


图 2