



氢气引射器设计之绝热指数的确定

范卫军

在氢燃料电池中,氢气引射器承担着供氢和回收尾气中氢气的重任。氢气引射器以其卓越的性能,如无需电能消耗、回收氢气、无故障等,奠定了自己的优势地位。

氢气引射器的设计中,涉及到许多的物性参数。绝热指数就是其中之一。

高压氢气喷射的过程,可视为绝热过程,其许多状态参数的计算,都必须依赖于绝热指数的确定。对于多种气体的混合物,如循环尾气,同样需要根据实际组分来计算其绝热指数。

根据绝热指数的定义,理想气体的定压比热容与定容比热容之比,即为其绝热指数,也叫比热容比。即:

$$k = C_p / C_v$$

而理想气体的绝热状态方程则为:

$$\frac{P}{\rho^k} = \text{Constant}$$

结合理想气体通用状态方程,可以确定亚临界流速、临界流速和超临界流速下的密度、比容、温度、压力等参数了。

要确定绝热指数,我们还需要知道一个重要的公式——梅耶方程。

梅耶方程指明,在相同温度条件下,任何理想气体的定压比热必大于其定容比热,且两者的差值恒等于一常数。梅耶方程是研究理想气体热物理性质的重要公式之一,其表达式如下:

$$C_p - C_v = R$$

即,在一定温度下,理想气体的定压比热容与定容比热容之差为气体常数。

这样,已知某温度下气体的定压比热容,就可以计算出相应温度下的绝热指数了。

对于混合气体,则可以根据各组分的摩尔分率,计算出混合气体的摩尔定压比热容,然后就可以求得其绝热指数了。

氢燃料电池循环回收气是氢气、氮气和水蒸气等的混合气体,其绝热指数就可以按照上述方法来计算。

对于在常见温度范围绝热指数变化不大的,也可以按照查表值来使用。下表是常见气体的绝热指数。



对于实际气体的绝热指数, 需遵循不同的方程, 将另文进行介绍。

表 2-86 某些有机、无机物气体在 $1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$ (1atm) 下质量热容比 c_p/c_v [2]

化学式	中文名	英文名	$t/^\circ\text{C}$	热容比 $k=c_p/c_v$	化学式	中文名	英文名	$t/^\circ\text{C}$	热容比 $k=c_p/c_v$
$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$	乙醛	acetaldehyde	30	1.14	HCN	氰化氢	hydrogen cyanide	65	1.31
$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	乙酸	acetic acid	136	1.15				140	1.28
C_2H_2	乙炔	acetylene	15	1.26				210	1.24
	空气	air	-71	1.31	HI	碘化氢	-iodide	20~100	1.40
			925	1.36	H_2S	硫化氢	-sulfide	15	1.32
			17	1.403				-45	1.30
			-78	1.408				-57	1.29
			-118	1.415	I_2	碘	Iodine	185	1.30
NH_3	氨	ammonia	15	1.310	C_4H_{10}	异丁烷	Isobutane	15	1.11
Ar	氩	argon	15	1.668	Kr	氪	krypton	19	1.68
			-180	1.76	Hg	汞	mercury	360	1.67
			0~100	1.67	CH_4	甲烷	methane	600	1.113
C_6H_6	苯	benzene	90	1.10				300	1.16
Br_2	溴	bromine	20~350	1.32				15	1.31
CO_2	二氧化碳	carbon dioxide	15	1.304				-80	1.34
			-75	1.37				-115	1.41
CS_2	二硫化碳	disulfide	100	1.21	$\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_2$	乙酸甲酯	methyl acetate	15	1.14
CO	一氧化碳	monoxide	15	1.404	CH_3O	甲醇	alcohol	77	1.203
			-180	1.41	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	甲醚	ether	6~30	1.11
Cl_2	氯	chlorine	15	1.355	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$	二甲氧基甲烷(俗称甲缩醛)	methylal	13	1.06
CHCl_3	氯仿	chloroform	100	1.15				40	1.09
$(\text{CN})_2$	氰	cyanogen	15	1.256	Ne	氖	neon	19	1.64
C_6H_{12}	环己烷	cyclohexane	80	1.08	NO	氧化氮	nitric oxide	15	1.400
CCl_2F_2	二氯二氟甲烷	dichlorodifluoromethane	25	1.139				-45	1.39
C_6H_6	乙烷	Ethane	100	1.19				-80	1.35
			15	1.22	N_2	氮	nitrogen	15	1.404
			-82	1.28				-181	1.47
$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	乙醇	ethyl alcohol	90	1.13	N_2O	氧化亚氮	nitrous oxide	100	1.28
$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$	乙醚	ether	35	1.08				15	1.303
			80	1.086				-30	1.31
C_2H_4	乙烯	ethylene	100	1.18				-70	1.34
			15	1.255	O_2	氧	oxygen	15	1.401
			-91	1.35				-76	1.415
He	氦	helium	-180	1.660	C_5H_{12}	戊烷	pentane (n-)	86	1.086
C_6H_{14}	正己烷	hexane (n-)	80	1.08	P	磷	phosphorus	300	1.17
H_2	氢	hydrogen	15	1.410	K	钾	potassium	850	1.77
			-76	1.453	Na	钠	sodium	750~920	1.68
			-181	1.597	SO_2	二氧化硫	sulfur dioxide	15	1.29
HBr	溴化氢	hydrogen bromide	20	1.42	Xe	氙	xenon	19	1.66
HCl	氯化氢	hydrogen chloride	15	1.41					
			100	1.40					