成都绿水科技有限公司
地址:成都市高新区府城大道中段 88 号中航城市广场 1408 室 邮编:610041
电话:028-85130135 传真:028-85195416
E-mail: jane1984@cd-greenwater.com
Http://www.cd-greenwater.com

气体喷射器设计之临界流速与音速、折算等熵流速与马赫数

成都绿水科技有限公司 范卫军

气体喷射器的设计中，涉及到许多物性参数以及相关的计算。临界流速便是其中常用的参数之一。

在有些场合，我们常看到超临界或亚临界喷射，往往觉得这个概念应该是和超音速亚音速有关系。下面我们来看看这二者究竟是怎么回事。

从二者的定义上其实是比较容易看出区别的。

音速的定义是，声音在给定介质中的传播速度，用下式来表示：

$$\alpha = \sqrt{k * R * T}$$

也就是说，音速是与给定介质及其温度相关的，具体来说就是与介质的摩尔质量、绝热指数和温度有关。对于可视为理想气体的介质，绝热指数仅是温度的函数，因而，音速只取决于摩尔质量和温度了。

临界流速的定义是，介质的流动速度达到了对应状态下介质里的音速。气体的临界流速通常是在喷嘴结构中出现，在喷嘴中的压力或温度等参数，通常均以滞止参数来表示。为简化起见，滞止参数通常即为喷嘴进口的参数，参数的下标标注有“0”。以滞止参数表述的临界流速定义式为：

$$\alpha * = \sqrt{2 * \frac{k}{k+1} * R * T_0}$$

当临界流速与当地音速相等时，则有：

$$\frac{T}{T_0} = \frac{2}{k+1}$$

这就是气体的折算等熵速度达到临界流速时，相对温度的表达式。

气体的等熵速度与当地音速之比即为马赫数，通常用 M 表示，而气体的等熵速度与临界流速之比则为折算等熵速度，通常用 λ 表示。当气体的滞止温度等于环境温度时，很明显，临界流速是小于介质的当地音速的。

马赫数与折算等熵速度的关系如下：

$$M = \lambda * \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{k+1}{2} - \frac{k-1}{2} * \lambda^2\right)}}$$

根据上面关系式，可得到如下结论：

1）当气体等熵流速为零时，马赫数也为零，即气体静止。

2）当气体等熵流速为 1 时，马赫数也为 1，即喷嘴出口发生临界喷射时的流速，正好与滞止状态下的音速相等。喷嘴中气体折算等熵速度小于 1 即是发生的亚临界喷射，大于 1 则是超临界喷射；

3）等熵流速越大，则相应的马赫数也越大。请注意，马赫数的最大值为无穷大，而等熵流速的最大值为：$\lambda \mathbf{max} = \sqrt{\frac{k+1}{k-1}}$。常温下空气的最大折算等熵速度为 2.45，其对应的马赫数却是无穷大。