

# 氢燃料电池汽车冷却系统研究

摘要：随着我国经济的发展，环境问题日益突出，而传统汽车作为一个重要的污染源，如何对汽车的排放进行控制已经成为一个广泛而重要的课题；同时全球石油资源的枯竭也迫使人们去寻找一种替代燃料以缓解能源危机，氢燃料电池汽车便应运而生了。氢燃料电池汽车因为其自身特性的原因，在散热上同传统内燃机汽车相比面临着更严峻的问题，散热器的散热可以考虑通过加大风扇的功率、增加散热器的面积以及改变散热器的布置位置来实现。

## 前言

氢燃料电池工作方式与蓄电池等常规化学电源不同，它的燃料及氧化剂储存在电池外，当电池工作时，连续向电池内送入燃料及氧化剂，产生电能。因而燃料电池是一种发电装置而非电能的储存装置。另外，它还具有燃料多样化、排气干净、噪声低、对环境污染小、可靠性高及维修性好等优点。

## 1 冷却系统原理

单独的燃料电池堆是不能发电并应用于汽车的，它必须和燃料供给与循环系统、氧化剂供给系统、水/热管理系统和一个能使上述各系统协调工作的控制系统组成燃料电池发电系统，才能对外输出功率。目前最成熟的技术还是以纯氢为燃料，而且系统结构相对简单，仅由氢源、稳压阀和循环回路组成。氢燃料电池汽车的散热却是一大难点，主要原因如下：

(1) 由于电池的不可逆性而产生的化学反应热。(2) 由于欧姆极化而产生的焦耳热。(3) 加湿气体带入的热量。(4) 吸收环境辐射热量。其中，由于电池的不可逆性产生的废热占到转化的化学能的 50% 甚至更多。电池排出的尾气、电池堆的辐射和循环水可以从电池堆中带走热量。由于排气温度只能在 70℃ 左右，因此通过排气的散热远远不能同传统内

燃机在几百度的排气温度下所能达到的效果相比，实际计算表明燃料电池的排气散热只占总散热量的 3%~5%左右。对于辐射散热，不管是燃料电池发动机还是内燃机，只占很小一部分，而对于燃料电池发动机而言，辐射散热大约占 1%左右。因此，大约有 95%的热量需要通过冷却水来带走，而对于发动机而言这个数值只有 50%左右，由此可见燃料电池发动机的散热量相对较高。另外，燃料电池发动机的冷却水是工作在工作在环境温度和电池的工作温度之间，这个温差明显要小于内燃机冷却水工作的温差，相差大约 30℃，可见燃料电池散热器的散热更为艰难。为了满足不同散热部件的散热要求，燃料电池汽车通常有不止一个的冷却系统，每个冷却系统相互独立。氢燃料电池冷却系统（主要给氢燃料电池和中冷器冷却）、PCU 冷却系统（主要给 PCU、驱动电机和空压机冷却）、动力电池冷却系统（主要给动力电池冷却），冷却系统原理如图 1 所示。

图 1 冷却系统原理图

## 2 氢燃料电池汽车的散热解决方案

燃料电池汽车的散热解决方案散热器的散热同其散热面积、风速、进出口水温差、空气侧与水侧的温差成正比，在进出口温差不变的情况下，若要使散热量增大则需要通过下面的途径来达到。

(1) 增大进气风速。在其他外在条件不变的情况下，想要增大风速就需要增大风扇的功率，同时为了布置方便，改进功率后风扇的体积不能太大。根据设计计算和试验研究，选用一台 800W 的风扇，较好地解决了散热问题，但这样带来的问题是附属设施功耗的增加。

(2) 增大散热面积。为了增大散热面积，需要更大的散热器，这同样带来了一个散热器的布置问题。汽车的前舱空间比较紧凑，增大散热器面积在汽车前舱的布置中将会非常困难。某型燃料电池汽车采用了散热器分开布置的方式，如图 2 所示。它采用两个散热器依次布置在进气隔栅后面；同时考虑到若将冷凝器布置在散热器后面将遇到空间不足的问题，空气在经过散热器后已经有很大的温升，此时作为冷凝器的进气已经不太适合，所以将冷凝器布置在侧面。采用分块布置的方式可以有效解决单块大散热器不易布置的问题，但是同样也面临着布置这些散热器所面临的空间不足以及进气口处理的问题，这需要在车身的形状上进行相关改动以进行配合。

图 2 某型散热器总成布置示意图

(3) 改变散热器的位置。若将冷凝器置于散热器之前，空气在经过冷凝器之后将会产生一定的温升，这样将使进入散热器的空气温度同冷却水温度之间的差距进一步缩小，导致了换热更加困难。除了上述方案也可以采用如图 3 的布置方式，将冷凝器置于散热器之后，优先考虑到电池堆的散热，采用两个冷凝器散热的方式，这样将有效地降低散热器气侧的温度，有利于电池堆的散热，同时两个冷凝器也能够满足空调换热的需要。

图 3 另一型散热器总成布置示意图

### 3 结语

氢燃料电池汽车以其众多优点代表了未来汽车的发展方向，但仍然面临着诸多困难，其工作特性决定了燃料电池发动机的散热要比传统内燃机汽车更为困难。为了解决这个问题，我们可以考虑下面 3 个方案：大功率的风扇；增大散热面积；散热器位置的改变。相信随着对燃料电池工作温度范围窄等缺点。使用超级电容作为辅助动力源可以缓解加速、爬坡时对动力电池的大电流冲击，并能及时回收制动时的能量，可以大电

流充放电，且循环寿命长，因此超级电容将成为以后燃料电池动力系统的一种方案。