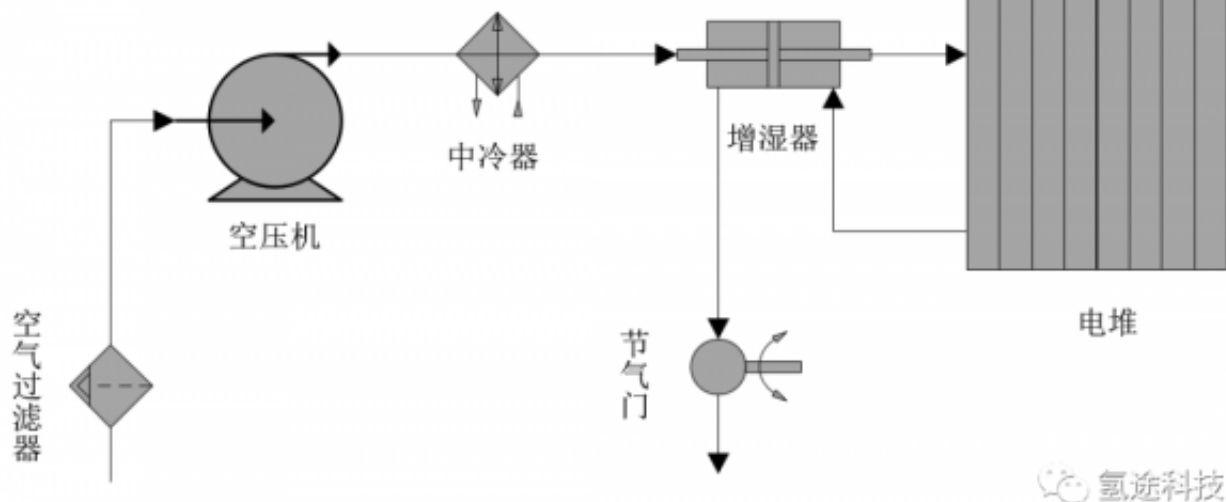


## 燃料电池发动机的“呼吸系统”——空气进排气系统

我们的人体获取能量的方式类似于一个燃料电池，通过呼吸系统将空气中的氧气带入人体，并随着血液循环系统与营养物质反应，为生命活动提供源源不断的能量。而在燃料电池发动机中，也有一个子系统扮演着和人体的呼吸系统相同的角色，那就是我们今天要介绍的主角——空气进排气系统。

空气进排气系统为电堆提供合适流量、温度、压力和湿度的洁净空气。常规的空气进排气系统的原理如图一所示，主要包含空气过滤器、空压机、中冷器、增湿器和节气门等几个核心部件。空气过滤器除了过滤物理颗粒物外，对一氧化氮和硫化物等有毒气体也有一定的过滤作用；空压机负责对空气进行加压，并根据电堆的需求与节气门协调工作，保证进出电堆的空气流量和压力在合适的范围；经过空压机之后，空气温度会增加到100℃以上，超过电堆的适用温度，需要通过中冷器对压缩空气进行降温；增湿器，通过电堆阴极出口的高温高湿度的尾气与空压机出口的空气进行湿热交换，满足电堆对空气的湿度要求。

 氢途科技  
HYDROT



图一：燃料电池发动机进排气系统

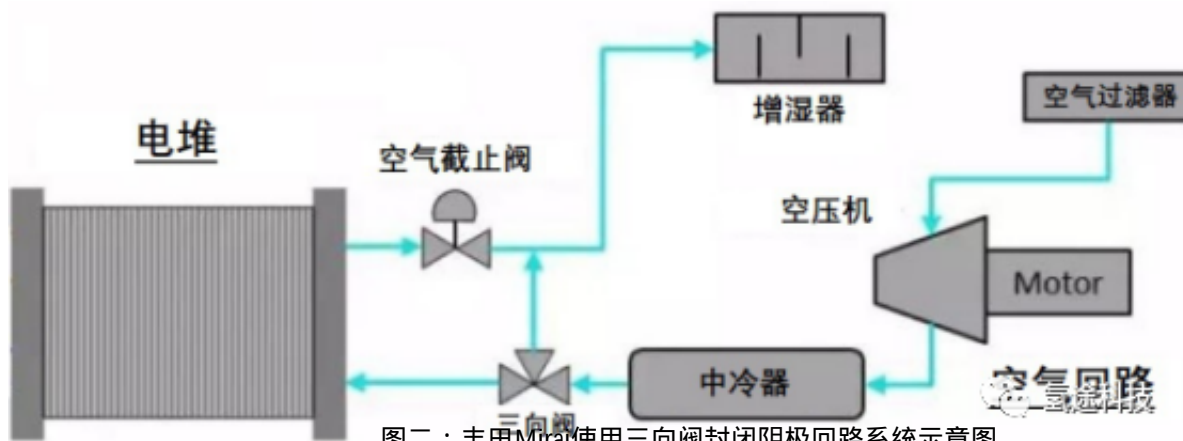
近年来，随着燃料电池发动机逐渐走向商业化应用阶段，进一步提高其稳定性与耐久性逐渐成为了研发的重点，也对空气进气系统提出了更高的要求。今天，小编选择其中几个重点方向与大家共同分享一下：

### 关机后密闭电堆阴极

燃料电池在关机后，阴极若有空气残留，其中的氧气会穿过质子膜，逐渐渗透进入阳极，这会导致开机后在阳极形成氢空界面，产生高的过电位，降解质子膜中的催化剂碳载体，从而造成催化剂的损失，引起电堆性能与耐久的下降。

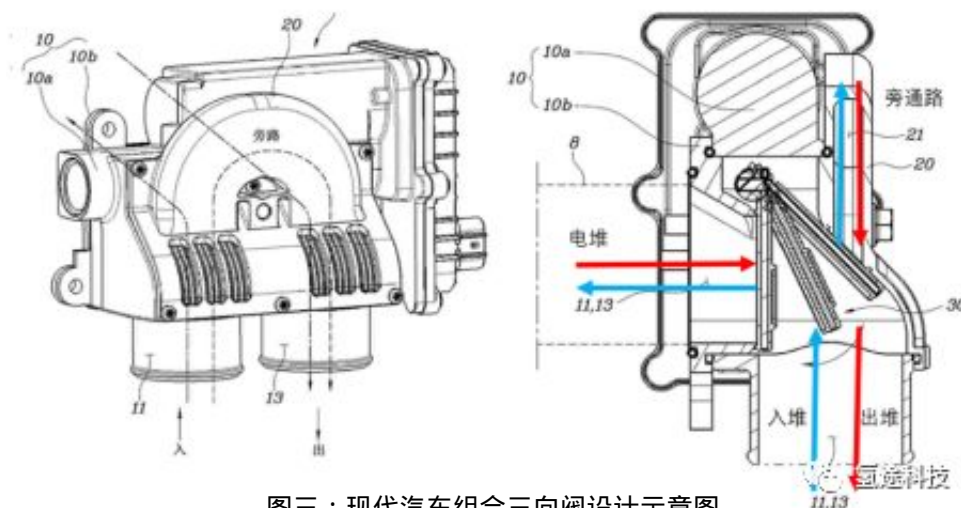
为了避免该状况的发生，有必要对燃料电池电堆的阴极回路进行密闭，防止空气的进入，同时在关机前消耗掉阴极残留的氧气，形成无氧环境。

丰田Mirai燃料电池系统在电堆阴极入口处设置有三向阀，控制阴极回路。在关机状态，该三向阀可以密闭阴极回路，防止空气进入电堆。



图二：丰田Mirai使用三向阀封闭阴极回路系统示意图

现代在专利中也有相似的设计，采用一个组合三向阀控制阴极气体的进入。在关机状态时，三向阀打开旁通路，同时封闭电堆出入口。



图三：现代汽车组合三向阀设计示意图

### 启停和怠速状态下降低尾排氢气浓度

氢气的可燃极限（体积分数）在4.0%——75.6%，这个范围内，氢气可以在空气中燃烧，甚至发生爆炸。根据汽车相关法规要求，尾气排放中的可燃气体浓度要低于最低可燃极限的75%，即氢气的体积分数需要低于3.0%。

然而在燃料电池系统启停过程中，经常会排出较高浓度的氢气，此时单纯靠电堆阴极正常工作时排出的空气流量不足以使氢气浓度降低至3.0%。如果直接增大阴极的空气流量，又存在破坏电堆内水平衡进而影响耐久性的风险。因此，为了提升燃料电池发动机的安全性同时保证其耐久性，在启停和怠速阶段，需要有额外的空气补充进来稀释尾排内的氢气浓度。

现代NEXO和之前所展示的丰田Mirai均具有该功能，通过三向阀控制进入电堆的空气比例，使部分空气直接进入排气管，从而降低其中的氢气体积分数。



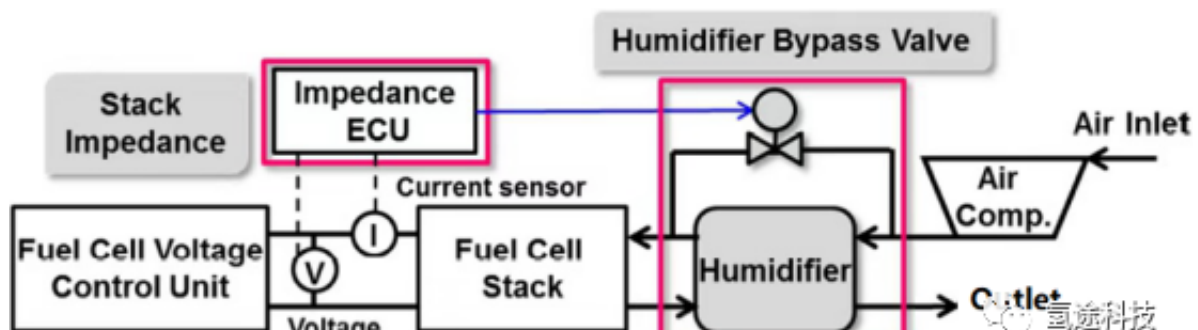
图四：现代NEXO阴极回路设计示意图

此外，对于目前采用离心式空压机的系统，还可令其在电堆功率较低时，维持较大的流量，并通入旁通路，可以有效地避免空压机喘振现象的出现。

### 更灵活的水管理

燃料电池电堆的质子膜需要在湿润状态下才能正常地传输氢质子。在电堆自身产水不足的工况下，如果进入电堆的气体过于干燥则会迅速带走大量的水，从而影响电堆的性能。典型的空气进气系统，在阴极回路通常会设置增湿器，为电堆提供一定湿度的气体。然而，在电堆本身产水过剩的工况下，进入电堆的空气湿度过高则会使其带出水的能力下降，而过多的水在电堆内积累有可能导致膜电极水淹，从而造成局部热点甚至反极等问题的出现。因此，为了对电堆进行更灵活的水管理，需要实时地对阴极进气的湿度进行调节。

本田CLARITY燃料电池系统的阴极回路具有加湿器，并与旁通阀并联。基于CCM含水量和电堆阻抗的关系特性，依据测得的电堆阻抗，调节旁通阀开度，定量地控制进堆气体湿度，确保电堆CCM含水量控制在最佳运行湿度的上限和下限内，从而令堆内湿度维持在适宜的水平。

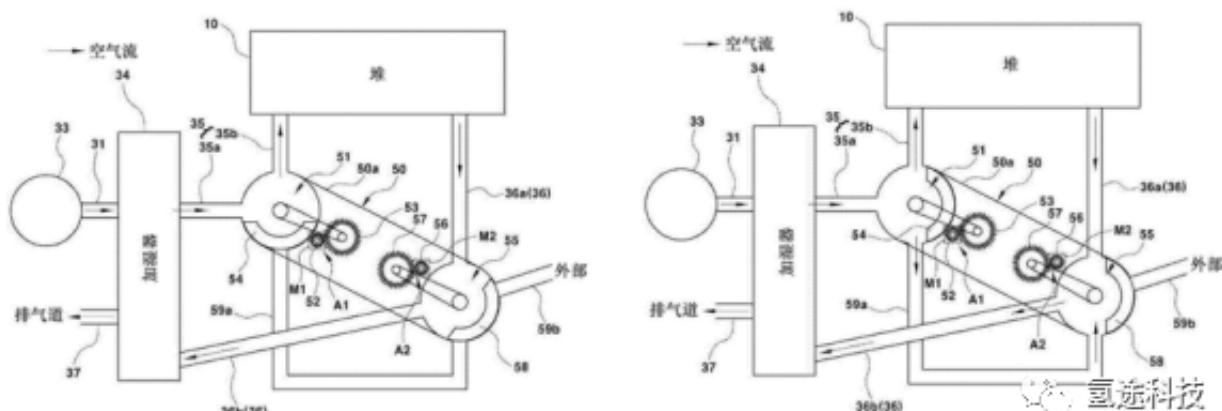


图五：本田Clarity湿度控制方案（本田Clarity技术报告）

此外，关机时燃料电池电堆中的水含量将会显著影响其低温启动性能，较低的膜水含量会有利于电堆的低温启动性能，从而提升整个系统的环境适应性。本田的设计同样也可以控制系统关机时的堆内水含量，保障低温启动性能。

除了本田的阴极回路设计，现代汽车的相关专利中也有一项组合阴极阀设计，可以在实现密闭阴极回路、降低尾排氢气浓度功能的同时，控制电堆关机时的水含量。

该设计通过控制组合阴极阀，在低温关机时，使电堆阴极排出的气体不经过增湿器，直接进入大气，从而快速排出堆内水分，提升电堆的低温启动性能。



图六：现代汽车组合阴极阀设计图

氢途科技专注于燃料电池发动机的开发，以对标国际一流燃料电池系统为己任，针对以上讨论的问题，已有成熟的解决方案，将在新一代发动机系统中进一步应用验证。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/153088.html>