

加氢站主要工艺设备选型分析

张彦纯

上海燃气工程设计研究有限公司

近两年来，各类充电式电动汽车补贴政策逐渐退坡，但同样作为新能源汽车，燃料电池汽车及其配套设施的政府补贴力度一直有增无减。燃料电池汽车克服了充电式电动汽车具有充能时间长、电池蓄电性能衰减快、电池报废难处理的几个问题。但是，燃料电池汽车的推广依然不像充电式电动汽车那么顺利。究其原因，除了燃料电池汽车本身生产成本和销售价格依然居高不下外，其配套加氢设施的稀缺是制约燃料电池汽车快速发展的最大障碍。

在加氢站设计建设过程中，制定符合需要的工艺流程方案和选取合适的工艺设备，对加快加氢站建设进度、合理控制建设成本，能起到至关重要的作用。

1加氢站工艺流程

目前国内加氢站主要采用的工艺流程是基于高压气态氢的储运方式，主要以站外长管拖车供氢为主。站外长管拖车供氢的高压气态储氢加氢站工艺流程，如图1所示。

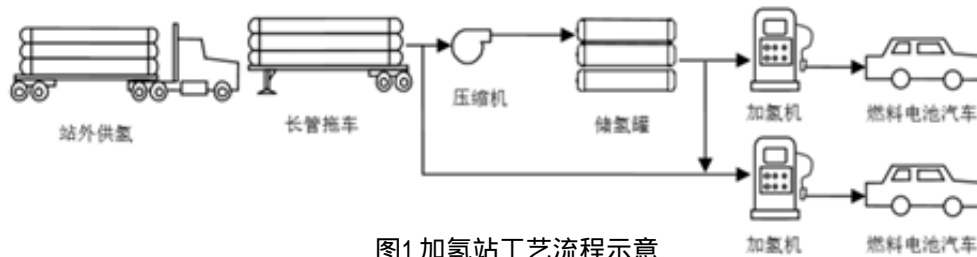


图1 加氢站工艺流程示意

长管拖车将20MPa的压缩氢气从氢气生产单位运送进固定站，通过加氢站内压缩机将氢气卸载至站内高压储氢罐，车辆加氢时，长管拖车或储氢罐中输出的氢气，通过加氢机充装到燃料电池汽车的车载储氢瓶中。

目前国际上应用比较广泛的车载储氢瓶压力等级主要有35MPa和70MPa两种。加氢站的最高设计压力等级也需要与其加注车辆车载储氢的压力等级相匹配，除了利用长管拖车作为20MPa移动储氢设施外，35MPa氢燃料电池车的加氢站站内最高固定储氢压力一般为45MPa，70MPa氢燃料电池车的加氢站站内最高固定储氢压力一般为90MPa。

2加氢站设备选型

加氢站设备中的“三大件”包括压缩机、固定储氢设施、加氢机。这三大设备的性能参数决定了加氢站的整体加注能力和储氢能力。在建站规模确定的情况下，通过设备参数和设备数量的匹配，以达到加氢站最优和最经济的设备配置。

2.1压缩机

压缩机作为加氢站内的核心设备，承担了氢气增压的重要作用。目前国内加氢站常用的氢气压缩机主要有隔膜式压缩机、液驱式压缩机和离子液压缩机等。其中隔膜式压缩机和液驱式压缩机主要应用于储氢压力不大于45MPa的加氢站，多个国内生产厂家的相关技术也已日趋成熟；离子液压缩机主要应用于储氢压力90MPa的加氢站，国内该压力等级的压缩机尚在研制过程中，目前主要还是依赖于进口。

2.1.1隔膜压缩机

隔膜式压缩机具有特设的膜片，将被压缩的气体与外界隔开。隔膜式压缩机中，气缸的职能由一个膜腔来完成，膜腔是由具有穹形型面的盖板和弹性膜片组成的空腔，膜片周边被紧固在盖板与机体之间，当膜片上下挠曲变形时，膜腔中的容积随之变化，从而完成气体的压缩及排气。金属膜片式隔膜压缩机采用液力驱动膜片，膜片可紧贴盖板穹形表面，因此相对余隙很小，而且气体与液体之间的膜片极薄，压缩过程中散热情况较好。目前金属隔膜压缩机的最高

排气压力可达70MPa，但是由于膜的变形量有限，处理的气体量一般较小。

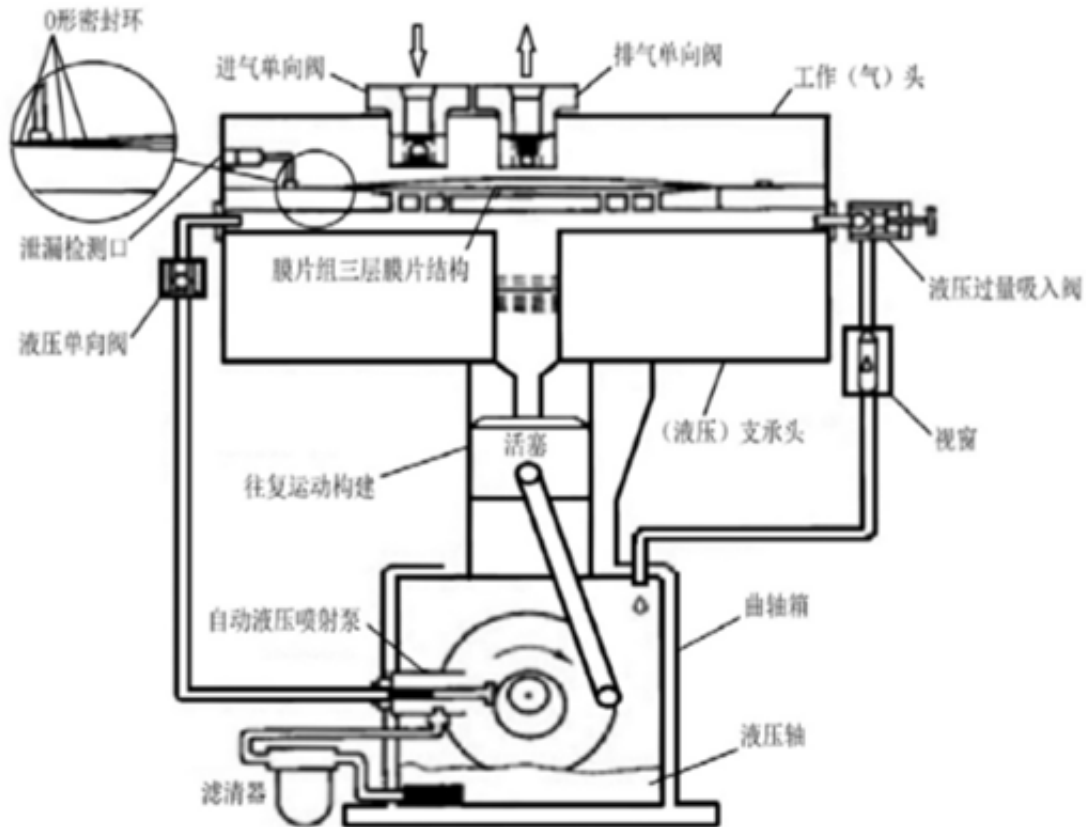


图2隔膜式压缩机工作原理示意

2.1.2液驱式压缩机

液驱式压缩机的动力缸与往复泵的工作腔直接相通，往复泵的活塞通过液体(大多为油)驱动压缩机活塞完成气体的压缩。液驱式压缩机中部为对置式的两个气缸，柱塞为活塞，用来压缩氢气，上部为控制滑阀，用于释放动力液缸中的油。这种结构可以做成多列，因此功率较大。

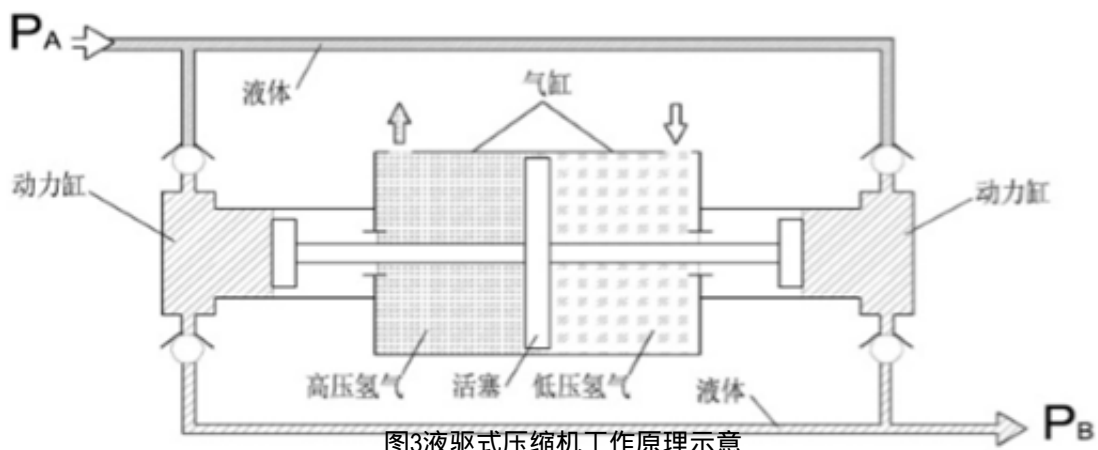


图3液驱式压缩机工作原理示意

2.1.3离子液压缩机

离子液体通常用于自动化、航空航天、电子电器或能源领域，作为工程流体或新材料使用。离子液体本身几乎不可压缩，几乎没有蒸气压，可以替代金属在等温条件下产生高压，并且能长期运行而无需维护，节省能耗。离子液压缩机的构造简单，相比普通压缩机的零件大大减少，因此维护方便。目前在国外已用于部分天然气加气站和氢能供应站

，最高排气压力可达到90MPa以上。

2.1.4各类型压缩机对比分析

隔膜式压缩机、液驱式压缩机和离子液压缩机三者的性能对比见表1。

表1隔膜式压缩机、液驱压缩机和离子液压缩机三者的性能对比

类型	优势	劣势
隔膜压缩机	①气体纯净度高 ②相对余隙很小 ③压缩过程散热良好 ④在国内加氢站的应用较广	①单机排气量相对较小 ②进口设备费用较高，约为国产设备的2倍左右 ③频繁启停容易降低压缩机寿命
液驱式压缩机	单机排气量相对较大	氢气可能会受污染
离子液压缩机	①构造简单，维护方便 ②能耗较低	①制造标准与国内不同，引进手续复杂 ②价格较高

国内多个压缩机制造企业在隔膜式压缩机和液驱式压缩机的技术研发方面已日趋成熟，有相当一部分加氢站已开始应用完全国产化的氢气压缩机。但相对而言，国产压缩机在稳定性可靠性方面还有待提高。目前，国内有相当一部分加氢站设备供应商，采购进口的压缩机机头作为核心部件，配套辅助部件采用国内采购和组装的方式。这样，对于建设单位而言，不仅提高了设备的可靠性，同时也降低了设备采购成本。目前国内已建成或在建的35MPa加氢站较多采用隔膜式压缩机或液驱式压缩机。离子压缩机由于价格较高，更适用于加注压力较高的70MPa加氢站。

2.2固定储氢设施

国内近期建成或在建的加氢站主要采用高压储氢瓶组和高压储氢罐作为站内的固定储氢设施。

高压储氢设施具有氢气储存和压力缓冲作用，通过压力、温度等传感器对储存介质参数、安全状态等进行监测。加氢站氢气储存系统的工作压力越高或该工作压力与氢能汽车充氢压力差越大，将使氢能汽车充氢时间缩短；氢气储存系统工作压力的提高也会使氢气压缩机开启频繁度降低。

(1) 储氢压力不大于20MPa时，一般可选用高压储氢瓶组作为储氢设施。目前主要应用于通过低压管道氢气作为气源的加氢站，作为第一级储氢。该类储氢瓶组参照ASME(American Society of Mechanical Engineers, 美国机械工程师协会)标准及TSG21-2016《固定式压力容器安全技术监察规程》的要求进行设计制造，主体材质为4130X高强度结构钢，瓶身为单层厚壁结构。

(2) 储氢压力大于20MPa时，考虑到高压氢气的“氢脆腐蚀”，一般选用高压储氢罐作为储氢设施，储罐壁也变为多层结构形式，内层采用耐氢脆腐蚀的不锈钢材质，外层采用高强度碳钢进行加固，从而兼具耐腐蚀和耐高压的特点。

35MPa加氢站通常采用最高储氢压力为45MPa的储氢罐，70MPa加氢站通常还要增设最高储氢压力为90MPa的储氢罐。

2.3加氢机

加氢机的主要功能是为氢燃料电池汽车的车载储氢瓶进行加注。

加氢机的基本部件包括箱体、用户显示面板、加氢口、加氢软管、拉断阀、流量计量、控制系统、过滤器、节流保护、管道、阀门、管件和安全系统等。另外，还包括一些辅助系统：电子读卡系统(如收费系统)、多级储气优先控制系统、两种不同压力的辅助加氢口和软管、温度补偿系统和车辆信息整合控制系统。

加氢机加注时有“焦-汤效应”，导致氢气温度上升。因此加注过程中如何防止氢气温度不断升高是加氢机的关键性能之一。目前国内主要的35MPa加氢机生产商在应对加注时氢气升温方面主要采用下面两种方式：

(1) 采用美国机动车工程师协会SAE(Society of Auto motive Engineers)J2601标准，在加氢机内设置与汽车车载瓶相连接

的通讯接口，将加注过程中车载气瓶的温度和压力信号输入到加氢机内，实现自动调节加氢升压速率，达到控制氢气温度的效果。

(2)采用加氢前预冷的方式。氢气进入加氢机前首先通过一台外置换热器进行换热，使氢气温度下降后对车载气瓶进行加注。换热器冷却介质为低温循环冷却水，需要外设一台大功率冷水机组将冷却水温度降至5~10。

在上述两种加氢机的选择上，可根据项目具体实际情况确定。如站址面积较为紧凑，且对节能要求较高的加氢站，可考虑采用第一种加氢机；对日常加注车辆较多，需要实现快速加氢需求的，可考虑采用第二种加氢机。

另外，加氢机的加注速率还与加氢站内压缩机配置和储氢罐容积有关，设计时应综合考虑。

综合上述，以较为典型的加注能力为1000kg/12h，加注压力35MPa加氢站为例，推荐设备配置见表2。

表2 1000kg/12h，35MPa加氢站推荐设备配置

设备名称	数量	工作压力/ MPa	说明
氢气压缩机	2台	45	单台 500 kg/12h；含冷却系统
储氢罐	2~4个(组)	45	
加氢机	2台	43.8(最高) 35(额定)	双枪双计量
卸气柱	2~3组	20	
顺序控制阀组	1套	20/45	
氢气管道系统	1套	20/45	
放散系统	1套		
置换吹扫系统	1套	0.6~0.8	
仪表风系统	1套	0.6~0.8	
氮气集装格	1~2套	0.8~1.0	租用
长管拖车	2~3辆	20 MPa	租用

2.4其他工艺设施

2.4.1卸气柱

卸气柱是长管拖车与站内工艺管道间的接口，与拖车车位逐一对应。每组卸气柱上设有一根连接拖车的柔性软管、拉断阀、过滤器、单向止回阀、手动截止阀、安全阀及压力表。每组卸气柱均采用集中放散。作为加氢站与长管拖车的气源对接点，卸气柱出口管路上需设置紧急切断阀，以确保站内发生事故工况时，能够在第一时间切断气源。

2.4.2 顺序控制阀组

顺序控制阀组是实现加氢站加注取气自动化控制的重要组件，由一系列气动阀、电磁阀和压力传感器组成。将现场压力传感器的实时压力数据上传至控制室内PLC控制柜，通过预置程序对工况进行判断，然后发出信号，控制现场氮气管路电磁阀的启闭，进而控制气动阀的启闭。

2.4.3 氢气管道系统

根据国家标准GB50516 - 2010《加氢站技术规范》，加氢站内的氢气工艺管线应具有与氢相容的特性，宜采用无缝钢管或高压无缝钢管，并应符合GB/T8163 - 2018《输送流体用无缝钢管》、GB5310 - 2017《高压锅炉用无缝钢管》、GB/T14976 - 2012《流体输送用不锈钢无缝钢管》、ASMEB31.3《工艺管道》和ASTMA269《一般设备用途的无缝和焊接奥氏体不锈钢管》的有关规定。

根据国家标准GB/T29729 - 2013《氢系统安全的基本要求》，氢环境中应采用奥氏体不锈钢、铝合金等氢脆敏感性低的材料。在该规范的附录D中，推荐在氢环境中常用的金属材料有奥氏体不锈钢S31603、S31608、和铝合金6061。

GB50516 - 2010《加氢站技术规范》还提出了关于氢气管道连接方式的基本要求：氢气管道的连接宜采用焊接或卡套接头；氢气管道与设备、阀门的连接可采用法兰或螺纹连接等。目前的加氢站设计中，氢气管道的连接主要采用卡套连接和锥面螺纹连接两种方式。其中，压缩机前的20MPa氢气管道主要采用卡套连接；压缩机后的管道重要采用锥面螺纹连接。

2.4.4 放散系统

加氢站的放散方式主要分超压安全泄放及手动放散。

(1)超压安全泄放主要包括压缩机、储罐、加氢机等设备氢气管路上设置的安全阀进行超压放散。安全阀的开启压力不大于管道的设计压力，且需根据GB50516 - 2010《加氢站技术规范》要求，按照最大工作压力的不同，设定安全阀开启压力。超压安全泄放为不可控放散，主要是由于设备运行故障等因素引起的，一般放散量较少，放散几率也低。

(2)手动放散主要作用是在设备检修维护时，对设备和氢气管道进行泄压，泄压后采用氮气进行置换与吹扫，使储罐内氢气排放干净，确保设备检修维护时的安全性。手动放散为可控放散，可通过人工手动调节截止阀开度来控制放散气体的流速，但一般放散量较大，放散几率根据设备检修维护的周期来确定。

加氢站内的放散管一般根据氢气管道和设备的压力级制分别接入放散总管后，通过放散竖管放散至大气中。为防止高速喷出的放散气在放散管口与空气接触产生火花造成回火，需在放散管接近末端处设置阻火器，以确保安全。

2.4.5 置换吹扫系统

加氢站通常采用氮气对设备和氢气管道进行吹扫置换。工艺装置区内设置专用的氮气集装格和氮气吹扫置换阀组，与氢气管道和设备氢气管路相连，连接处设置止回阀，止回阀及氢气端的管道设计压力需要与氢气设备或氢气管道的设计压力匹配，以防止高压氢气回流至氮气置换吹扫系统内。

2.4.6 仪表风系统

加氢站的仪表风系统主要作用是为加氢站工艺系统的气动阀门进行供气。

(1)采用氮气作为仪表风气源，通过氮气集装格、氮气仪表风阀组及仪表风管路为气动阀门进行供气。采用氮气作为仪表风气源时，由于用气量较小，一般可与氮气置换吹扫系统共用氮气集装格作为气源。通过人工检测氮气集装格压力变化，以确定氮气集装格的更换时间。

(2)采用压缩空气作为仪表风气源，通过空压机和仪表风管路为气动阀门进行供气，一般需要配置一台功率为3~5kW的空压机进行持续工作，以确保压力稳定。

3 结语

本文根据实际工程经验，对加氢站的一些主要设备进行比选，为今后类似项目设计提供参考。实际工程中，在确定加氢站设备选型时，不光要考虑加氢站的综合性能，同时也要考虑设备采购的经济性。随着时间的推移，还会有更多新设备、新技术进入市场，将为加氢站建设提供更多更好的选择。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/152821.html>