

单级高速氢燃料电池离心空压机 及其性能测试

刘军, 张旭朋

金通灵科技集团股份有限公司 江苏省南通 226000

摘要: 介绍了一种单级高速氢燃料电池离心空压机, 并设计了一套空压机性能测试系统, 对其进行了性能测试。在额定转速130 000r/min时, 最大流量为201g/s, 最大功率为26kW, 最大压比为3。

关键词: 单级; 高速; 氢燃料电池空压机; 测试

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2025.04.013

在氢燃料电池汽车发动机系统中, 空压机性能优劣直接关乎燃料电池系统的效率、紧凑性与平衡特性, 是关键部件之一。优质空压机应具备无油、高效、小型化、低成本及良好动态响应能力等特性。当前, 国内多数厂家采用两级压缩提升空气压力, 即空气经一级叶轮压缩后再进入二级叶轮压缩, 致使空压机结构繁杂、体积较大。

本文所介绍的氢燃料电池空压机采用单级压缩, 由高速电动机直驱, 额定转速达130 00r/min, 最高压力可达0.3MPa。仅含一个叶轮, 借助提升叶轮转速来提

高排气压力, 结构紧密、体积小巧、质量轻盈, 完全满足氢燃料电池汽车的应用需求, 为氢燃料电池汽车的发展提供了更具优势的空压机解决方案。

氢燃料电池离心空压机简介

氢燃料电池离心空压机与常规空压机及传统发动机电子增压器均存在差异, 作为氢燃料电池的核心零部件, 需满足绝对无油、低噪、高可靠、高效、小型化、宽工作范围、良好动态响应与热管理能力以及低成本等严格要求, 代表着空压机行业的顶尖水平, 涵

盖空气动力学、传热学、振动力学、机械、电动机、电控、材料与高精密加工等多学科领域。

图1所示为金通灵科技集团股份有限公司研发的单级压缩氢燃料电池离心空压机示意，主要部件由空气轴承、高速电动机、高效三元流叶轮空气轴承供气系

统和冷却水系统等组成。其工作原理为过滤后的空气经叶轮高速压缩后转为高压气体引出，供氢燃料电池系统使用。图2所示为单级压缩氢燃料电池离心空压机实物。

空气轴承供气系统的工作原理为：经压缩机压缩

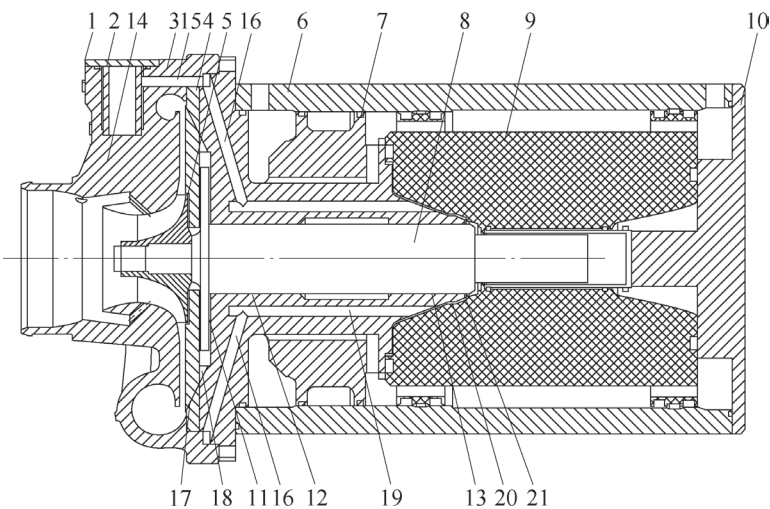


图1 氢燃料电池离心空压机示意

- 1—盖板 2—过滤筒 3—进气机匣 4—后侧板 5—叶轮 6—机壳 7—轴承座 8—转子 9—电动机定子 10—后盖板
11—轴向空气轴承 12—左径向空气轴承 13—右径向空气轴承 14—第六出气通道 15—第五出气通道 16—第四出气通道
17—第一进气通道 18—第二进气通道 19—第三出气通道 20—第二出气通道 21—第一出气通道 22—冷却水入口
23—第一冷却水通道 24—第二冷却水通道 25—冷却水出口 26—过滤筒安装孔 27—进气机匣空气入口 28—导流孔
29—径向轴承安装孔 30—轴向轴承安装槽 31—后侧板安装槽 32—轴承座安装槽

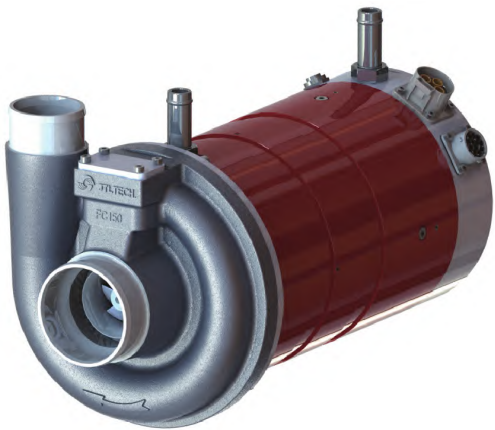


图2 氢燃料电池离心空压机实物

后的高压气体经第一进气通道、第二进气通道进入轴向轴承安装槽和径向轴承安装孔，对轴向空气轴承、左径向空气轴承以及右径向空气轴承进行冷却润滑。

然后空气经第一出气通道、第二出气通道、第三出气通道、第四出气通道、第五出气通道、过滤筒以及第六出气通道后进入进气机匣空气入口，然后再经压缩机压缩为高压气体，如此反复循环。

冷却水系统的工作原理：冷却水从冷却水入口进入，先后流经第一、第二冷却水通道后由冷却水出口排出，从而带走压缩机运行产生的热量。

该单级高速氢燃料电池离心空压机采用螺旋槽空气悬浮轴承，具备起动灵活、无机械摩擦及安全无油且无振动等优势。高效率三元流叶轮强度高、气动效率高、磨损低，与轴直连，动力传递效率达100%；高速永磁直联电动机效率超96%，可实现精密速度调控。变频控制器体积小、噪声低、性能优及软起动，数字化控制效率达95%以上，稳定性与可靠性极高，对急剧负荷变化响应速度良好。

离心式氢燃料电池空压机测试系统

对于实际运行的氢燃料电池发动机系统，空压机出口空气的压力、流量直接影响氢燃料电池电堆的工作状况，其性能测试是空压机整机性能评价的重要方式，因此必须对空压机进行性能测试。

图3所示为氢燃料电池离心空压机测试系统示意，该系统主要由空气过滤器、流量计、压力变送器、温度变送器、调节阀、消声器、冷却水系统、控制系统以及相应的连接管路等组成。测试时，空气由进气过滤器进入进气管道，流经进气质量流量计、进气压力测量传感器、进气温度传感器，进入空压机中，压缩

后的高温高压气体进入排气管道中，流经排气压力传感器、排气温度传感器、流量控制阀，再经排气消声器排入大气。

冷却水自冷水机流出经流量计、冷却水出水压力传感器、冷却水出水温度传感器到电动机壳体冷却电动机定子，再经过冷却水中间压力传感器、冷却水中间温度传感器到达控制器对其进行冷却，然后经过冷却水回水压力传感器、冷却水回水温度传感器后流回冷水机。

图4所示为氢燃料电池离心空压机测试系统实物图，入口空气过滤器和出口消声器置于室外。所有温

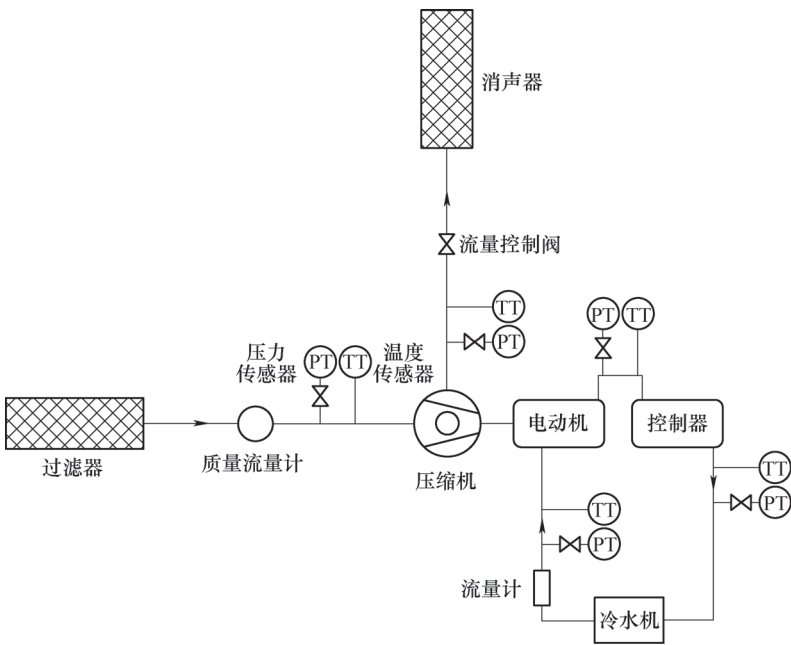


图3 氢燃料电池离心空压机性能测试系统



图4 氢燃料电池离心空压机测试系统实物

度、压力及流量信号接入控制系统，出口阀门采用电动执行器自动调节开度，通过控制屏实施显示并自动记录。该性能试验台结构设计科学合理，操作方便，自动化程度高，通过装置上设置的一系列传感器可对多个数据进行测量，测量数据全面，可以满足空压机的性能测试需求，适用于多种型号及多种工况下空压机及供气系统的供气性能测试、水阻性能测试、气冷性能测试，极大地提高了工作效率和准确性，并且人机工程设计良好，极大改进了测试及工作环境。

氢燃料电池离心空压机性能测试

利用设计的氢燃料电池离心空压机测试系统，对公司自研的单级高速氢燃料电池离心空压机进行性能测试。

试验时间：2024年3月18日；气温20.5℃；试验方法：通过出口阀门开度调节空压机出口压力，采集在每隔10 000r/min或5000r/min转速下空压机的流量和所能达到的压比，即出气压力与进气压力之比。同时采集并记录的参数包括空压机控制器的电压、电流、温度等参数，并根据测试结果绘制空压机性能曲线。

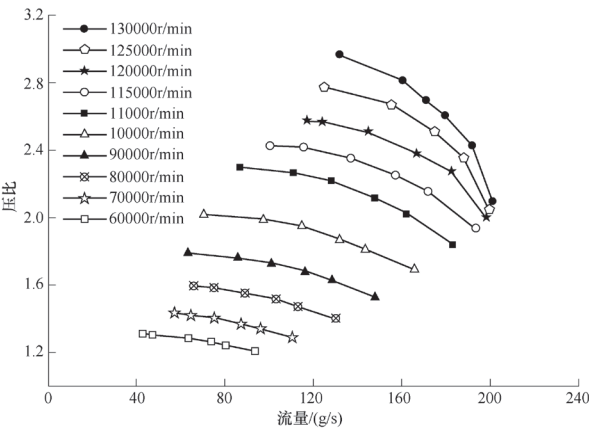


图5 流量-压比曲线

为26kW。

结语

设计了一套氢燃料电池空压机测试系统，并通过改变空压机出口阀门开度得到在不同转速工况下压比和功率随流量的变化数据以及空压机入口空气压力和温度、出口空气压力和温度、电动机入口冷却水压力和温度、电动机出口冷却水压力和温度、电压、电流等参数。

参考文献:

[1] 鲍鹏龙, 章道彪, 许思传, 等. 燃料电池车用空压机发展现状及趋势[J]. 电源技术, 2016 (8) : 1731-1734.

[2] 郝冬, 朱凯, 张妍懿, 等, 燃料电池电动汽车专用空压机技术简析[J], 汽车零部件, 2019 (8) : 96-100.

[3] 张旭朋, 刘军. 氢燃料电池离心压缩机性能测试系统

图5所示为不同转速下空压机压比随流量变化的曲线。可以看出，在同一转速下，空压机压比随着空气流量的增加而减小；反之，随着空气流量的减少，空压机压比也增大。在保持流量不变时，随着转速的增加，压比也随之增大。在压比不变时，随着转速的增加，流量增大。在额定转速130 000r/min时，最大流量为201g/s，最大压比为3。

图6所示为不同转速下空压机功率随流量的变化曲线。可以看出，转速越高，所消耗的功率越大，在额定转速130 000r/min、最大流量为201g/s时，功率最大

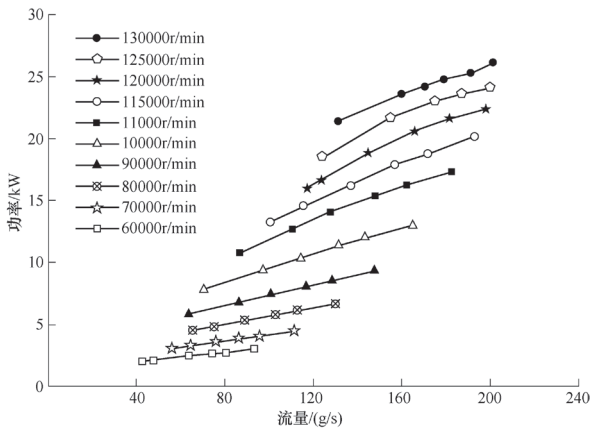


图6 流量-功率曲线

的设计[J], 汽车零部件, 2021 (11) : 81-83.

[4] 任东, 尹丛勃, 黄德勇. 燃料电池车用离心空压机测试系统设计[J], 农业装备与车辆工程, 2020 (12) : 136-140.

[5] 经涛. 氢燃料电池离心空压机试验台搭建及性能测试[J], 农业装备与车辆工程, 2023 (6) : 59-64.

[6] 程志, 曾纯. 氢燃料电池用离心式空压机气动性能试验技术[J], 现代制造技术与装备, 2022 (3) : 17-20. **AUTO1950**