《燃料电池发动机用离心式空气压缩机试验方法》

编制说明

**一、工作简况**

**1.1 任务来源**

《燃料电池发动机用离心式空气压缩机试验方法》团体标准是由中国汽车工程学会批准立项。项目任务编号为：2018-11。本标准由中国汽车工程学会汽车测试技术分会提出，中国汽车技术研究中心有限公司、势加透博（上海）能源科技有限公司、广东广顺新能源科技有限公司、深圳市氢蓝时代动力科技有限公司、北京新能源汽车股份有限公司、北京新能源汽车技术创新中心联合起草。

**1.2编制背景与目标**

燃料电池电动汽车的能量转换装置燃料电池发动机利用氢气和氧气发生反应生成电、水、热。其中反应所需要的氧气来自环境大气，只要燃料电池发动机开始工作，就需要空气源源不断输送到燃料电池中。为了保证足够的氧气供应，就必须提供过量的空气，同时要求把空气进行压缩来产生一定的压力，一方面把新鲜的空气及时送到极板处供给化学反应，另一方面需要把反应产生的水和废气输送出去。这个产生适当高压的空气的装置就是空气压缩机。简单说燃料电池发动机是燃料电池电动汽车的核心动力部分，而燃料电池发动机的工作离不开空压机供应压缩空气，压缩机的性能直接影响着燃料电池发动机的效率、动态性能、噪声等关键性能指标，从而间接影响汽车性能，其主要工作要求如下：

（1）无油。因为润滑油随着空气进入燃料电池堆中，会使得催化剂发生中毒，从而影响燃料电池寿命和性能。

（2）高效。由于空压机自身功耗较大，有些占到燃料电池发动机功率20%左右，这就直接影响燃料电池系统的整体性能。

（3）小型化和低成本。在汽车上安装，空压机的小型化和低成本是燃料电池电动汽车产业化的必然要求。

（4）低噪声。空压机是燃料电池电动汽车的最大噪声源，高速时噪声较大，且离心式空压机的转速高达10万rpm以上。

( 5) 离心式空压机的喘振线在小流量区。这是燃料电池系统在小流量、高压比工况下高效运行的基本保障。

( 6) 动态性能好。汽车对动力需求变化加大，空气流量和压力能够快速跟踪需求功率的变化，这就要求空压机的转速超高。

从具体应用来看，燃料电池发动机用空气压缩机明显不同于传统汽车使用的空气压缩机，倒是跟柴油机的涡轮增压器非常相似。特殊的要求决定了其性能测试方法跟传统空压机的不同。目前，传统汽车和发动机使用的空压机和增压器的相关性能测试标准主要有：GB/T 4980-2003《容积式压缩机噪声测定》、GB/T 1859 《往复式内燃机 辐射的空气噪声测量 工程法及简易法》、GB/T 23341.1 《涡轮增压器 第1部分：一般技术条件》、GB/T 23341.2《涡轮增压器 第2部分：试验方法》、QC/T 29078《汽车用空气压缩机性能要求及台架试验方法》等，都不适用燃料电池发动机用空压机的性能测试。

国内外关于燃料电池发动机空压机标准也比较缺乏，目前只有中国汽车工业协会发布的一个团标 T/CAAMTB 14-2019《燃料电池电动车用空气压缩机试验方法》。T/CAAMTB 14-2019的内容针对燃料电池用空压机给出了通用试验方法，对目前常用的螺杆式和离心式空压机都能适用。正因为T/CAAMTB团标需要兼顾这两类空压机的测试，就对一些不能共用的试验方法没有给出，可以说测试内容不够全面和具体。

由于离心式空压机是当前的技术主流和发展趋势，针对这种现状，有必要对燃料电池发动机用离心式空气压缩机试验方法进行研究，形成适合专用产品测试的标准方法。

**1.3主要工作过程**

本标准于2018年7月正式立项，期间由于该团标负责人更换的原因，直到2019年8月重新起动标准的制订工作。

2019年8月到10月，项目组对国内相关专业厂家进行了调研，主要有福建雪人集团、势加透博（上海）能源科技有限公司、势加透博洁净动力如皋有限公司、广东广顺新能源科技有限公司、北京伯肯新能源设备有限公司、深圳市氢蓝时代动力科技有限公司、北京新能源汽车股份有限公司、上汽前瞻技术研究部、北京新能源汽车技术创新中心等。通过对调研结果的分析，确定了离心式空压机试验方法作为团标具体研究方向，起草了标准草案，并联合部分单位成立了团标工作组。

2019年11月6日在天津召开了团标起动讨论会，会议上中国汽车技术研究中心有限公司对标准思路和内容框架进行了介绍，参会人员对标准的测试主要测试内容进行了讨论，期间对草案内容记性了讨论，确定了具体分工，并且安排势加透博公司对测试方法进行验证。

在验证测试的基础上，2020年1月10日在项目组又在江苏如皋召开讨论会，针对这一阶段的试验验证取得结果进行分析。通过对标准的测试细节及试验方法进行了充分的讨论和交流，初步完成了标准草案的制定，势加透博公司继续对提出的额问题进行验证。

其后由于疫情影响，项目组小范围内多次进行网上讨论。在2020年4月17日的讨论会上，确定由牵头单位对标准草案内容进行进一步细化修改。此后中汽中心内部技术人员组织了两次专题讨论会，对该标准内容进行了进一步完善，并初步定稿。

**二、标准编制原则和主要内容**

**2.1标准制定原则**

在充分总结和比较了国内外车用空气压缩机测试方法的基础上，对空压机用驱动电机、泵头、变速装置、控制器等进行了技术分析，参考了GB/T 4980-2003《容积式压缩机噪声测定》、GB/T 1859 《往复式内燃机 辐射的空气噪声测量 工程法及简易法》、GB/T 23341.1 《涡轮增压器 第1部分：一般技术条件》、GB/T 23341.2《涡轮增压器 第2部分：试验方法》、QC/T 29078《汽车用空气压缩机性能要求及台架试验方法》、GB/T 18488.1-2015《电动汽车用驱动电机系统 第1部分：技术条件》、GB/T 18488.2-2015 《电动汽车用驱动电机系统 第2部分：试验方法》对本标准中有关内容进行了初步编写。本标准对驱动电机及其控制器的测试方法主要以电动汽车用驱动电机系统的测试方法为准，基本按照能用则直接采用的原则，而对噪声、动态响应、EMC、工作特性测试则进行了详细的测试或者比较分析，对具体的测试方法方面做了较明确的规定，并通过对实际测试对标准的内容进行了调整及验证，以确保测试方法的准确性和可行性。

**2.1.1通用性原则**

本标准提出的燃料电池发动机用空气压缩机试验方法，针对性高压电机驱动的离心式超高速空气压缩机，基于多次讨论和试验验证，适用性好，通用性高。

**2.1.2指导性原则**

本标准提出的方法能为国内燃料电池用离心式空压机的性能测试提供指导作用。克服了传统空压机试验方法的不适用性，以及现有团标的在某些方法的缺失，对空压机动态响应、特性测试方法进行了明确规定，用以引导专用空压机的测试。

**2.1.3协调性原则**

由于燃料电池汽车用离心式空压机的特殊性，目前国内外还缺乏针对性强的此类标准的测试方法，本标准提出的方法与目前使用的国家标准中的方法协调统一、互不交叉，是一种新标准。

**2.1.4兼容性原则**

本标准提出的试验方法充分考虑了车用燃料电池发动机用离心式空压机的使用环境要求和不同构型，具有普遍适用性。

**2.2 标准主要技术内容**

本标准共分为4章，规定了燃料电池发动机用空压机的试验方法。内容包括范围、规范性引用文件、术语和定义、设备与仪器要求、具体试验方法等主要内容。

**2.3关键技术问题说明**

本标准提出的方法基本是针对驱动电机系统和空压机系统的整体性能。其中一般性能测试方法可以说是完全按照车用驱动电机的基本性能测试方法，这一点是基于空压机的驱动电机跟车用驱动电机的高度一致性考虑而给出的。目前燃料电池空压机的驱动电机功率范围基本在10-30kW，工作电压范围在200-800V。虽然在车上的安装位置稍有不同，但从驱动电机的意义上看，只有功率大小的差别。同时需要看到现有GB/T 18488.2-2015 《电动汽车用驱动电机系统 第2部分：试验方法》是2015年版的，在使用过程中发现有些内容如转速转矩等控制精度、外壳强度等已经有些不适用。因此本团标在采用车用驱动电机一般性能试验方法的同时，也根据电机专家的意见对一些不适用的部分进行了适当删改。

空压机动态响应性能的问题。动态性能好就是当汽车对动力需求变化加大时，空气流量和压力能够快速跟踪需求功率的变化，这就要求空压机的转速超高；同时在需求减小时能够迅速降低转速；另外还需要从起动时能够迅速进入工作状态，因此本团标选择10%额定流量到100%额定流量的升降时间，以及从起动到最低工作转速的时间作为空压机的动态响应性能表征参数。

空压机的转速、流量和功率的折算问题，传统的车用压缩机的转速流量和功率测试时，测得值直接用于相关性能分析计算；但是对于涡轮增压器的试验方法中，全部采用了所谓折合系数的概念。这样做的目的就是为了当实验环境状况有别于标准环境状况时，为了便于性能对比，对空压机流量、转速、功率相当于标准环境状况进行折算；本标准参考涡轮增压机的折算方法，对离心式空压机的转速、流量和功率进行相应折算。由于折合计算公式采用的都是行业内通用公式，这里不再做进一步解释。

额定工作点的问题，空压机的额定工作点是在空压机设计是确定的参数点，对应具体的转速、流量、压力和功率。这个参数的确定就是为了给空压机的一个基本性能表征，一般是对应规定的转速和流量情况下，压力不应该低于某一个规定值，功率语音大于某一个规定值。

空压机工作特性曲线的问题。在空压机工作转速范围内，对应于不同转速情况下，空压机的流量压力特性曲线和流量功率特性曲线是表征空压机在整个工作范围的性能。对于空气压泵头的输入输出效率计算某前都是基于一种假设进行的，对于整车厂家少有关心，往往是关注系统消耗的功率情况。

耐久寿命试验的问题。本标准实际没有对此进行规定，留给配套厂家跟主机厂家协商完成，主要是根据实际情况给出的，目前对空压机的循环工况还没有统一标准也很难有统一标准；另外关于耐久寿命的问题，业内现在基本把选择权留给了市场。

振动测试时，空压机工作的问题。现在超高速空压机基本是都采用空气轴承，没有空气承受的支撑，在剧烈的振动情况下电机转子轴回对空气轴承等造成损害，，因此本团标要求离心式空压机的振动试验必须处于额定工作状态下。

**2.4标准主要内容的论据**

本标准测试方法的提出，是经过充与多家燃料电池空压机专业厂家、系统集成商、整车厂沟通的调研的结果。

本标准的试验方法充分参考了GB/T 23341.2《涡轮增压器 第2部分：试验方法》、QC/T 29078《汽车用空气压缩机性能要求及台架试验方法》、GB/T 18488.2-2015 《电动汽车用驱动电机系统 第2部分：试验方法》，并考虑了离心式空压机的特点，整体内容符合现行标准的制定思路。

**2.5标准工作基础**

编写组牵头单位中国汽车技术研究中心有限公司具备完整的汽车产品检测能力。在燃料电池电动汽车的整车及系统部件测试方面积累了大量的经验和测试数据。另外几家合作机构包括空压机专业厂家、系统集成厂家、整车厂等，都有具体的开发和应用经验。自项目开展以来，中汽中心同合作单位在国内外标准和技术文献研究上方面做了大量工作，开发了相关测试设备、探讨测试方法，并进行了多次测试，初步检验了相关测试方法的可行性。本标准提出的燃料电池发动机用空气压缩机试验方法具有一定的先进性、通用性、科学性和可操作性。

**三、主要试验（或验证）情况分析**

1) 试验过程简单，无复杂难行的操作。

2) 试验所涉设备皆为普通机电设备，对高速运转的空压机测试时采取防护措施，只要严格按照测试规程和使用方法，整个试验过程安全可靠，充分保证了试验人员和设备的安全；

3) 方法的针对性强，对于燃料电池发动机用空压机性能进行较全面的测试。

综上所述，本标准提出的方法对当前燃料电池发动机用空压机的测试具有良好的适用性。

**四、标准中涉及专利的情况**

尚无。

**五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用的情况**

燃料电池汽车技术的快速发展使得燃料电池汽车产品开始进入产品化阶段。超高速离心式空压机的使用是大趋势，国内外多家都推出了自己的产品，产品的快速发展推动了测试标准的需求。但由于离心式燃料电池汽车空压机的起步晚发展快的特点，目前国内外还缺乏此类产品的标准测试方法。通过标准形成，规范产品性能，解决目前无此类标准可依的情况，服务行业发展。

**六、采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平的对比情况，国内外关键指标对比分析或与测试的国外样品、样机的相关数据对比情况**

6.1 采用国际标准和国外先进标准情况

未采用，国际上还没有此类标准，国内有一个汽车工业协会的团标，但由于标准具体对象的差别，制定思路的有明显的不同，也不存在采用情况。

6.2 国内外测试样车相关数据对比情况

通过对6台空压机的性能测试试验分析，国内产品性能仍然有较大提升空间，质量差别较大，涉及数据保密问题，此处不做具体分析对比。

**七、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性**

本标准属于团体标准，与现行法律、法规、规章和政策以及有关基础和相关标准不矛盾。

**八、重大分歧意见的处理经过和依据**

尚无。

**九、标准性质的建议说明**

本标准为中国标准化协会标准，属于团体标准,供相关机构自愿使用。

**十、贯彻标准的要求和措施建议**

本标准为首次发布。

**十一、废止现行相关标准的建议**

本标准为新起草的团体标准，无废止现行标准。

**十二、其他应予说明的事项**

无。

空压机团标起草工作组

2020年5月