

新能源汽车用无油空气压缩机国内外标准比对

王少武

(厦门市标准化研究院)

摘要:本文介绍了新能源汽车用无油空气压缩机的基本情况，并对新能源汽车用无油空气压缩机国内外的标准进行比对分析，以期为我国新能源汽车用无油空气压缩机标准的制修订和相关企业的生产、贸易、监管等提供参考。

关键词:新能源，汽车，无油，空气压缩机，标准化，标准比对

DOI编码：10.3969/j.issn.1674-5698.2023.02.011

Comparison of Chinese and Foreign Standards for Oil-free Air Compressors of Electric Vehicles

WANG Shao-wu

(Xiamen Institute of Standardization)

Abstract: This paper introduces the basic situation of oil-free air compressors of electric vehicles, and compares the standards for oil-free air compressors of electric vehicles at home and abroad, in order to provide reference for the development and revision of relevant standards in China and the production, trade, and supervision of related enterprises.

Keywords: electric, vehicle, oil-free, air compressor, standardization, standards comparison

1 引言

自2012年国务院发布实施《节能与新能源汽车产业发展规划(2012-2020年)》以来，我国新能源汽车产业的发展取得了举世瞩目的成就，成为引领世界汽车产业转型的重要力量。目前大多数的新能源汽车，如：纯电动重卡、纯电动客车、纯电动物流车、纯电动洗扫车等以气制动的车，都没有发动机，而是采用气压制动系统及气动门控系统，通过空气压缩机（以下简称“空压机”）提供气源。空压机在新能源汽车上主要应用有刹车系统、门泵和离合器分泵、空气悬架。笔者对国内外新能源汽车用无油

空压机标准进行分析比较，以期为我国新能源汽车用无油空压机标准的制修订和相关企业的生产、贸易、监管等提供参考。

2 新能源汽车用空压机发展现状

新能源汽车按驱动能源可以分为三大类：混合动力型、纯电动和燃料电池型；按使用用途可以分为两大类：商用型新能源车和乘用型新能源车。国内空压机市场主要有4种产品，分别是活塞式空压机、螺杆式空压机、滑片式空压机和涡旋式空压机。本文重点研究商用型新能源汽车用无油空压机。

作者简介：王少武，工学硕士，高级工程师，研究方向为标准化理论和机械标准化。

2017年3月7日,国家交通部公布“有关贯彻执行道路运输国家标准JT/T 1094—2016《营运客车安全技术条件》的通告”,该标准于2017年4月1日起执行。JT/T 1094标准在刹车系统层面,明确提出车身大于等于9米的运营客运车,全部车轮应安装盘式刹车,选用标准气压刹车系统的运营客车,行车制动器管道内工作中标准气压应高于或等于1.0 MPa。

国内传统型的空压机一般与国际标准一致,因此与国外技术基本同步。而中国新能源汽车产业领先国外,国内新能源汽车车载空压机市场从引进到吸收消化,最后创新。从皮带传动空压机到齿轮传动空压机;从风冷空气压缩机到水冷空压机;从排气卸荷到进气卸荷空压机;后续将向更加节能、环保、轻量化趋势发展。新能源汽车车载空压机国内最初采用有油活塞机、有油螺杆机、有油滑片机,这些空压机具有故障率高、维护保养成本高等缺点。之后为了降低维护保养成本选择无油涡旋机和无油摆摆机,但是上述两款产品具有故障率高、寿命短等特点。目前新能源汽车车载空压机市场大多选择无油活塞空压机,其具有寿命长、结构简单、维保成本低等优点。

3 新能源汽车用空压机国内外标准现状

3.1 国际及国外先进标准

国外汽车用空气压缩机主要使用的标准有国际标准ISO 1217:2009^[1]《容积式压缩机 验收试验》(Displacement compressors-Acceptance tests),由ISO/TC 118“压缩机、气动工具、气动机械、气动设备”技术委员会中的“空气压缩机和空气压缩机系统”第6委员会制定,规定了所有容积式压缩机的验收要求;欧洲标准EN 61000《电磁兼容性》(Electromagnetic compatibility,简称EMC),由欧洲电工标准化委员发布的电子电器产品EMC检测标准,是对电子产品在电磁场方面干扰大小(EMI)和抗干扰能力(EMS)的综合评定,是产品质量最重要的指标之一;美国标准SAE J2743:2017《汽车和巴士用空气压缩机尺寸等级推荐》(Air Compressor Size Rating Recommended Practice-Truck and Bus),由美国动力机械工程师协会发布,规定了单级往复

式空气压缩机尺寸的评定程序以及可用于测试的条件,并定义了用SLPM(SCFM)表示的标准化评级;澳大利亚标准Australian Design Rule 35/01《车辆标准 商用车辆制动系统》(Vehicle Standard-Commercial Vehicle Brake Systems),规定了商用车正常和紧急情况下进行制动的性能要求,其技术内容有条件地等效ECE R13/01到R13/06的相关内容。

3.2 国家及行业标准

我国汽车用空气压缩机主要使用的技术标准有QC/T 29078-2016^[2]《汽车用空气压缩机性能要求及台架试验方法》,规定了实验时间、实验压力、实验次数、排气温度、防护等级、比功率等要求;QC/T 1168-2022《汽车用电动空气压缩机性能要求及台架试验方法》,2022年10月1日实施,规定了汽车用电动空气压缩机的术语和定义、性能要求及台架试验方法;GB 12676-2014^[3]《商用车辆和挂车制动系统技术要求及试验方法》,规定了汽车制动系统中充气时间要求、总充气时间、线下压力至上限压力充气时间;GB/T 33625-2017《机车、动车用全无油润滑往复活塞空气压缩机》,规定了机车、动车升弓系统用风冷、单级、单作用、直联式全无油润滑往复活塞空气压缩机的要求、试验方法、检验规则及标志、包装和贮存。JB/T 8933-2008《全无油润滑往复活塞空气压缩机》,规定了全无油润滑往复活塞空气压缩机的规定工况、型号和基本参数、要求、试验方法、检验规则、标识、包装和贮存。JT/T 1390-2021^[4]《电动客车电动空气压缩机》,规定了电动客车用电动空气压缩机的一般要求、性能要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和储存等要求。

4 新能源汽车用无油空压机国内外标准主要指标对比

本文重点比对了中国、欧盟、美国、国际(ISO、IEC等)新能源汽车用无油空压机的主要技术指标,包括充气时间、噪音等级、能效等级、振动等级、防护等级、盐雾等级、容积流量、排气温度、高低温适应性、耐湿热性、耐电压强度、接地电阻、绝缘电阻、阻燃特性、驱动电机温升、耐振动性等16个指标。相关指标的比对见表1~表16。

表1 充气时间比对

国家	标准号	要求
中国	GB 12676-2014	1.在最不利的储能装置上记录的时间t1不应超过如下要求： （1）对不允许挂接挂车的车辆为3min； （2）对允许挂接挂车的车辆为6min。 2.在最不利的储能装置上记录的时间t2不应超过如下要求： （1）对不允许挂接挂车的车辆为6min； （2）对允许挂接挂车的车辆为9min
欧盟	ECE R13:2009 ^[5]	1.储能装置的反应时间将不超过记录时间t1： （1）对于不允许挂接挂车的车辆。供能装置应在3min内使储能装置具有行车制动系达到规定的初始能量； （2）对于允许挂接挂车的车辆。供能装置应在6min内使储能装置具有行车制动系达到规定的初始能量 2.储能装置的反应时间将不超过记录时间t2： （1）对于不允许挂接挂车的车辆。供能装置应在6min内使储能装置具有行车制动系达到规定的初始能量； （2）对于允许挂接挂车的车辆。供能装置应在9min内使储能装置具有行车制动系达到规定的初始能量
美国	FMVSS 121 ^[6]	1.当发动机在车辆制造商的最大推荐转速下运行时，具有足够容量的空气压缩机可在一段时间内（以秒为单位）将供气和储气罐中的空气压力从85psi增加到100psi，所需时间T=储气筒实际容量*25/要求的储气筒容量确定 2.各母线的空气压缩机调压器切入压力应为85psi或更大；每辆卡车的空气压缩机调压器切入压力应为100psi或更高
国际	ISO 7635:2006 ^[7]	1.基本试验（所有车辆）： （1）泵启动时间t1不应大于3min；（2）泵启动时间t2不应大于6min 2.基本试验（能够牵引空气制动挂车的车辆）： （1）泵启动时间t1不应大于6min；（2）泵启动时间t2不应大于9min

表2 噪音等级比对

国家	标准号	要求
	JT/T 1390-2021	≤75 dB (A)
中国	QC/T 29078-2016	1.空压机转速：<2000r/min, 噪音≤82dB (A)； 2.空压机转速：≥2000r/min, 噪音≤85dB (A)
欧盟	70/157/EEC	≤72 dB (A)
美国	40 CFR 205-B	1.1979年1月1日以后生产的车辆，限值83dB (A)； 2.1988年1月1日以后生产的车辆，限值80dB (A)
国际	-	-

表3 能效等级比对

国家	标准号	要求
中国	JT/T 1390-2021	不大于GB 19153-2019中规定的二级
欧盟	2005/32/EC	至少达到国际能效等级2级（IE2）标准
美国	10 CFR 431.345	从2025年1月10日开始生产的每台压缩机，其满载包等熵效率或部分负载包等熵效率必须不小于表1中列出的相应“最小包等熵效率”值（定速空压机降低功耗损失降低-15%，变速空压机降低功耗损失降低-10%）
国际	-	-

表4 振动等级比对

国家	标准号	要求
中国	JT/T 1390-2021	≤28 mm/s
欧盟	ISO 20816-8:2018	定义分为A、B、C、D四级，A级最好，D级不接受；允许在C级（≤28mm/s）内运行
美国	-	-
国际	ISO 20816-8:2018	定义分为A、B、C、D四级，A级最好，D级不接受；允许在C级（≤28mm/s）内运行

表5 防护等级比对

国家	标准号	要求
中国	JT/T 1390—2021	整机防护等级不低于IP67
欧盟	EN 60529:1991	整机防护等级不低于IP67
美国	ANSI/IEC 60529:2020	整机防护等级不低于IP67
国际	ISO 20653:2013	整机防护等级IP68或IP69K

表7 容积流量比对

国家	标准号	要求
中国	JT/T 1390-2021	空压机在额定工况下的实测容积流量应不小于产品技术文件规定的额定容积流量
欧盟	-	-
美国	ASME PTC 10:1997	指定流量在额定流量的96%至104%之间
国际	ISO 1217:2009	0<qV<8.3m ³ /min, 实际流量在额定容积流量的±7%范围内应视为合格

表6 盐雾等级比对

国家	标准号	要求
中国	JT/T 1390-2021	中性盐雾96小时，试验完成后表面锈蚀面积不超过10%，单个锈蚀点的最大宽度不超过2mm，连接部位以及裸露部分等无腐蚀和破坏性变质现象，机器开机运行正常
欧盟	-	-
美国	SAE J2721:2011	1.电气设备应在测试过程中通电并能正常工作； 2.根据安装位置，加速腐蚀测试的经验，预计大约8到20个循环将达到相当于1年的腐蚀暴露水平。根据需要调整循环次数，以获得表5中指定的质量损失率（每年质量损失率（ 1.7×10^{-4} ~ 2.0×10^{-4} g/mm ² ）； 3.根据客户需要运行多个测试阶段
国际	ISO 19453-4:2018	实验后不得有可能影响正常性能的变化，例如：密封功能、标记和标签应保持可见。最低功能状态应为ISO 16750-1规定的C级

表8 排气温度比对

国家	标准号	要求
中国	JT/T 1390-2021	空压机一级吸气温度为(40 ± 2)℃，终了排气压力为额定排气压力时，排气温度应不超过160℃
	QC/T 29078-2016	1.空压机额定转速<2000r/min，连续工作状态，排气温度≤473K；1min工作，3min卸荷，排气温度≤473K； 2.空压机额定转速≥2000r/min，连续工作状态，排气温度≤493K；1min工作，3min卸荷，排气温度≤473K
欧盟	EN 1012-1:2010 ^[8]	1.220℃，单级压缩机的最大允许压力高达10 bar； 2.200℃，对于单级压缩机，最大允许压力大于10 bar； 3.180℃，对于最大允许压力高达10bar的多级压缩机； 4.160℃，对于最大允许压力大于10bar的多级压缩机
美国	UL 1450:2021	符合表32.1表面温度规定限值：金属表面70℃，非金属表面90℃
国际	-	-

表9 高低温适应性比对

国家	标准号	要求
中国	JT/T 1390-2021	空压机在-40℃~65℃环境温度下应能正常工作
欧盟	IEC 60068-2-1:2007 IEC 60068-2-2:2007	1.符合IEC 60068-2-1冷-AC级测试； 2.符合IEC 60068-2-2干热-BC级测试
美国	-	-
国际	ISO 19453-4:2018	1.-40℃持续时间为24小时，功能状态应为ISO 19453-1中定义的A级（在测试期间和之后，设备、系统的所有功能都按设计执行）； 2.按照IEC 60068-2-2在Tmax的温度下进行试验，持续时间为96小时，功能状态应为ISO 19453-1中定义的A级（在测试期间和之后，设备、系统的所有功能都按设计执行）

表10 耐湿热性比对

国家	标准号	要求
中国	JT/T 1390-2021	空压机在温度为(40 ± 2)℃，相对湿度为(93 ± 3)%的情况下（即使表面产生凝露）应能正常工作
欧盟	EN 60068-2-78:2013	根据各个检测规定的要求，应对被测样件进行抽样检测和电气功能、机械功能的检测
美国	SAE J1455:2017	确定湿度对车辆电子元件影响的最常见方法是过度测试，并检查与更温和的实际操作条件相关的任何故障。在湿度循环期间可以结合可选的霜冻条件。在霜冻循环期间，应持续监测电气性能，以注意不稳定的操作。产热和运动部件可能需要改变循环的结霜条件部分，以允许一段非操作引起的结霜
国际	ISO 19453-4:2018	试验持续时间：21天，温度(40 ± 2)℃和湿度(93 ± 3)%，操作模式为ISO 19453-1中定义的持续20天和23小时。ISO 19453-1中定义试验最后一小时的操作模式：直至最后一小时应满足最低功能状态C级（一个设备/系统的一个或多个功能在测试中没有按照设计执行，但自动测试后恢复正常运行），在最后一个小时内应满足A级（在测试期间和之后，设备、系统的所有功能都按设计执行）

表11 耐电压强度比对

国家	标准号	要求
中国	JT/T 1390-2021	空压机驱动电机应具有足够的介电强度，耐电压试验检测电机的漏电电流应不大于5 mA，且无介质击穿和电弧现象
欧盟	EN 60034-1:2010	小于1.0 kW，额定小于100V，耐压按500 V+2倍额定电压；大于1.0 kW，耐压按1000 V+2倍额定电压，最低耐压1500V
美国	UL 1450:2021	进行1分钟而不击穿测试：1.额定功率为1/2 hp (373 W)及以下，电压为250V及以下时为1000V；2.耐压按1000V+2倍额定电压，运行过程测试泄漏电流不大于0.75 mA
国际	IEC 60349-2:2010	交流耐压按1000 V+2U额定电压，直流按1700 V+3.4U额定电压

表12 接地电阻比对

国家	标准号	要求
中国	JT/T 1390–2021	金属壳体与保护电路间的电阻≤0.1 Ω
欧盟	ECE R100	当电流至少为0.2安培时，所有外露导体部件和电气底盘间的电阻值应小于0.1欧姆
美国	UL 1450:2021	产品上或产品内部的设备接地装置的连接点与产品接地电路中的任何其他点之间的电阻应不大于0.1 Ω
国际标准	ISO 6469–3:2021	可被人同时触摸的电压等级B电路的任何两个外露导电部分之间的等电位连接路径的电阻不得超过0.1 Ω

表15 驱动电机温升比对

国家	标准号	要求
中国	JT/T 1390–2021	空压机驱动电机按照额定功率连续运行至热稳定，温升应符合GB/T 755–2019中8.10规定的温升限值
欧盟	EN 60034–1:2010	定额按连续工作制（基准条件）运行时电机的温升应不超过表8（1C/1d）的温度规定的限值
美国	UL 1004–1:2020	连续运行，满足表13.1规定的限值温度
国际	IEC 60034–1:2017	定额按连续工作制（基准条件）运行时电机的温升应不超过表8（1C/1d）的温度规定的限值

表13 绝缘电阻比对

国家	标准号	要求
中国	JT/T 1390–2021	空压机驱动电机定子绕组对机壳的冷态绝缘及热态绝缘电阻均应不小于20 MΩ
欧盟	ECE R100	有机械性稳定保护可以在车辆使用寿命中稳定生效，如：发动机外壳、电子转换器箱或连接器，高压总线与电气底盘间的最小绝缘电阻值应为100 Ω/V工作电压
美国	UL 1004–1:2020 ^[9]	与电磁线以外的带电部件接触的材料应符合表22.1，体积电阻率(欧姆/厘米)干/湿：50/10 × 10 ⁶ Ω，材料不得因老化而导致这些性能的损失超过最低要求的水平
美国	FMVSS 305	高压电源的电气绝缘必须大于或等于以下值之一： 1.交流高压电源为500 Ω/V； 2.对于在车辆运行期间没有电气隔离监控的直流高压电源，500 Ω/V； 3.对于带有电气隔离监控的直流高压电源，为100 Ω/V
国际	ISO 6469–3:2021	电压等级B2电路应具有足够的绝缘电阻。绝缘电阻除以最大工作电压后，直流电路的最小值应为100 Ω/V，交流电路的最低值应为500 Ω/V

表14 阻燃特性比对

国家	标准号	要求
中国	JT/T 1390–2021	1.空压机所用绝缘材料（包括但不限于产品外壳、线缆绝缘层、绝缘纸、绝缘漆膜、热收缩管、波纹管）的阻燃性能应符合GB/T 2408–2008规定的水平燃烧HB级、垂直燃烧V-0级； 2.空压机线束按下限工作温度-40℃和上限工作温度125℃分别进行耐低温、耐高温、耐温度变化性能试验后，应符合QC/T 29106–2014中4.2（外观）和4.7（电路）的规定； 3.空压机线束防护用波纹管及热收缩双壁管的温度等级应不低于125℃，热收缩双壁管的性能应符合QC/T 29106–2014中附录B（汽车电线束用热收缩双壁管）的要求，波纹管的性能应符合QC/T 29106–2014中附录D（汽车电线束用波纹管）的要求
欧盟	EN IEC 60684–3–216:2019	1.电缆耐-40℃ ~ 125℃； 2.要求绝缘材料的任何燃烧火焰应在点火结束后70秒内熄灭，试样顶部至少50 mm的绝缘层应保持未燃烧状态； 3.绝缘套管火焰传播，燃烧时间30秒，燃烧长度75 mm
美国	SAE J1678:2020 UL 94:2013	电缆绝缘材料的任何燃烧火焰应在30秒内熄灭，并且在测试样品的顶部，至少有50 mm的绝缘火焰应保持不燃烧。塑料材料要求： 1. (23 ± 2) °C, 50 ± 5%RH, 48小时； 2.空气交换炉，(70 ± 1) °C, 168小时后置入干燥器中，室温下冷却至少4小时； 3.符合燃烧等级：水平Hb级，垂直V-0级
国际	ISO 19642–3:2019	1.电缆耐-40℃ ~ 125℃； 2.要求绝缘材料的任何燃烧火焰应在点火结束后30秒内熄灭，试样顶部至少50 mm的绝缘层应保持未燃烧状态

表16 耐振动性比对

国家	标准号	要求
中国	JT/T 1390—2021	经耐振动测试后的空压机应无松动、无漏气、无漏油等损坏现象，且工作正常
	QC/T 413—2002	1.产品应能经受X、Y、Z三个方向的扫频振动试验。根据产品的安装部位，其扫频振动试验的严酷度等级应符合表3的规定（安装在其他部位）； 2.产品通常在不工作及正常安装状态下经受试验，产品经振动试验后，零部件应无损坏，紧固件应无松脱现象，性能应符合3.2条规定
欧盟	IEC 60068—2—64:2019 ^[10]	根据IEC 60721—3环境条件分类，及安装位置，满足在经受振动后仍能工作
美国	SAE J1455—2017	振动特性根据安装位置的不同而变化。对于不同的安装位置，振动水平和频率参数做不同的变化。 振动测试后不允许出现以下现象： 1.电线擦伤；2.紧固件松动；3.间歇性电接触；4.电气部件的接触和短路；5.密封变形；6.部件疲劳； 7.光学错位；8.开裂和破裂；9.可能卡在电路或机构中的颗粒或零件松动；10.过多的电噪声
国际	ISO 19453—3:2018	振动实验后，产品不得发生故障和/或断裂。 1.随机振动：在ISO 19453—1中定义的操作模式3.2和/或4.2期间，需要ISO 19453—1中定义的功能状态A（在测试期间及之后，设备、系统的所有功能都按设计执行），在其他操作模式期间需要功能状态C（一个设备/系统的一个或多个功能在测试中没有按照设计执行，但自动测试后恢复正常运行）； 2.机械冲击：不得发生故障和/或断裂。功能状态应为ISO 19453—1中定义的A级； 3.自由落体实验：不允许有隐藏的损坏。只要不影响DUT的性能，就允许对外壳有轻微损坏。在试验结束后，应证明其性能正确。功能状态应为ISO 19453—1中定义的C级

5 结 论

通过对比发现，我国对新能源汽车用无油空压机标准有较为具体明确的技术要求，欧盟、美国对车载空压机在安全性能上有强制性的要求（满足制动系统需求、EMC等），但是在其他方面并没有规定更详细的技术要求（主要以客户需求为主），这也客观反映了国内新能源汽车行业的快速发展衍生对标准的客观需求；国际标准相对于欧盟和美国标准在车载设备的技术要求和安全要求方面的通用性更强。

建议规范新能源汽车用无油空压机国家标准和行业标准的制修订。国内行业标准有JT/T交通运输行业标准和QC/T汽车行业标准，因为要应对新能源汽车行业快速发展的需要，导致标准的规范性和一致性不足，因此有必要尽快重新修订新能源汽车用无油空压机标准，并在一些关键指标和测试方法上尽可能与欧盟、美国标准对标，减少我国新能源汽车用无油空压机出口的技术贸易壁垒，避免产品被拒之门外或实施召回，在经济和声誉上造成巨大损失。

参考文献

- [1] ISO 1217:2009. Displacement compressors—Acceptance tests[S].
- [2] QC/T 29078—2016. 汽车用空气压缩机性能要求及台架试验方法[S].
- [3] GB 12676—2014. 商用车辆和挂车制动系统技术要求及试验方法[S].
- [4] JT/T 1390—2021. 电动客车电动空气压缩机[S].
- [5] ECE R13:2009. Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories M, N and O with regard to braking[S].
- [6] FMVSS 121. Air Brake Systems[S].
- [7] ISO 7635:2006. Road vehicles—Air and air/hydraulic braking systems of motor vehicles, including those with electronic control functions—Test procedures[S].
- [8] EN 1012—1:2010. Compressors and vacuum pumps—Safety requirements—Part 1: Air compressors[S].
- [9] UL 1004—1:2020. Rotating Electrical Machines—General Requirements[S].
- [10] IEC 60068—2—64:2019. Environmental testing—Part 2—64: Tests—Test Fh: Vibration, broadband random and guidance[S].