

《汽车解耦式电子助力制动系统总成性能要求及台架试验方法》编制说明

1 工作简况

1.1 任务来源

中国汽车工业协会制动器委员会于2019年6月24日征集制动产品类团体标准的申请意向，浙江亚太机电股份有限公司根据行业发展动态，认为电子助力制动系统制定标准的时机已经成熟，即向协会制动器委员会申请标准立项，计划名称《汽车解耦式电子助力制动系统性能要求及台架试验方法》，计划起草单位为浙江亚太机电股份有限公司等。中国汽车工业协会2019年11月15日下发关于2019年第三批团体标准立项通知的函，对该标准予以立项，项目计划号：T/CAAMTB 18-2019。

1.2 主要起草单位和工作组成员

本标准牵头单位是浙江亚太机电股份有限公司，共同起草单位有：中国第一汽车股份有限公司研发总院、北京汽车股份有限公司、上海同驭汽车科技有限公司、上海拿森汽车电子有限公司、中国汽车工程研究院股份有限公司、清华大学、中科院电工研究所、中汽研汽车检验中心（天津）有限公司、浙江万安科技股份有限公司、万向钱潮股份有限公司、北京新能源汽车股份有限公司、山东凯帝斯工业系统有限公司。

1.3 主要工作过程

1.3.1 汽车电子助力制动系统系列标准立项评审会议

2019年8月23日，由中国汽车工业协会制动器委员会组织，共同起草单位山东凯帝斯工业系统有限公司协办在山东德州柳湖书院召开汽车电子助力制动系统系列标准立项评审会议。浙江亚太机电股份有限公司人员对申报《汽车解耦式电子助力制动系统性能要求及台架试验方法》、《汽车非解耦式电子助力制动系统性能要求及台架试验方法》、《汽车解耦式电子助力制动系统耐久性能及台架试验方法》、《汽车非解耦式电子助力制动系统耐久性能及台架试验方法》、《汽车电子助力制动系统踏板感觉模拟器性能要求及台架试验方法》

5项标准进行了立项工作汇报，专家组对5个标准进行了质询和，针对每个项目分别给予了具体的指导和修改意见，最后，同意《汽车解耦式电子助力制动系统性能要求及台架试验方法》、《汽车非解耦式电子助力制动系统性能要求及台架试验方法》、《汽车电子助力制动系统耐久性能及台架试验方法》（两个耐久标准合成一个）三个标准通过立项申请。会议结束后，与会人员参观了共同起草单位凯帝斯工业。

针对汽车解耦式电子助力系统，立项评审会专家组提出的意见如下：

序号	汽车解耦式电子助力制动系统性能要求及台架试验方法专家意见
1	建议标准起草过程，对于不同的产品，技术路线给予明确的规范和定义，明确标准的适用范围，可以考虑中非解耦的助力器性能要求与试验方法一并起草。
2	本标准是针对汽车制动行业的最新产品立项的，在国内有数十家企业瞧、从事该产品的开发和生产，已在数个主机厂多个项目中开展工作，为规范和引领技术的发展，同意针对已确定的成熟项目和要形成标准。
3	同意立项，但对于有关内容要仔细研究，如：对于电机部分的要求，对于不同产品的对标，整体功能安全的理解，有关试验笔法提升，如：噪声密封性。
4	解耦和非解耦的性能会有一部分重合，两个标准编制过程需要有先后，可先编非解耦，再编解耦式，发布的时候也要有先后顺序，这样部分可以引用，
5	电子助力制动系统作为一种具有良好发展前景的新产品，目前各企业正在攻关，处于大批量投入生产和应用的前夜，因此，制订本标准非常有必要。该标准的工作团队技术实力雄厚，具有行业内领先的研发能力、实验验证能力和充分的经济实力，具有制订标准的可行性。制订本标准的条件已经成熟，同意立项。
6	解耦式电子助力制动系统目前技术路线、原理，并未形成统一的技术路线方案，技术性能指标缺乏对电控相关的技术指标，条件不成熟。建议技术方案成熟，具有一定的应用之后再立项。

对专家组评定的意见和建议，工作组做了充分考虑，在后续的起草工作中会进行落实。

1.3.2 工作组第一次会议

2020年7月20日，由于疫情影响，工作组以腾讯会议的方式进行了第一次线上会议。中国汽车工业协会制动器委员会、浙江亚太机电股份有限公司、清华大学、中国科学院电工研究所、北京汽车股份有限公司、中国第一汽车股份有限公司研发总院、中国汽车工程院股份有限公司、上海同驭汽车科技有限公司、万向钱潮股份有限公司、浙江万安科技股份有限公司、山东凯帝斯工业系统有限公司等单位的代表出席了本次会议。

首先由浙江亚太机电股份有限公司研究院李立刚介绍了本项目三项标准初稿的编制情况。随后，按照先后顺序，由李立刚主持，各单位的修改意见在前期已经反馈，亚太将相关意见统一整理在标准文本上，工作组对照文本逐一对修改意见进行了讨论，形成了初稿第一次会议讨论稿。由于标准内容较多，工作组讨论热烈，仅完成了两项性能标准的讨论，耐久标准决定在下次会议讨论。

最后，与会代表就下一次会议的工作内容和工作规划进行了讨论，决定下次会议在疫情允许的情况下召开现场会议，并开始进行试验验证工作任务的发布。

1.3.3 工作组第二次会议

根据第一次会议计划，于 2020 年 9 月 10 日~11 日在中汽研汽车检验中心（天津）有限公司召开工作组第二次会议（现场会议）。工作组成员单位的代表 22 人出席了本次会议。

本次会议对标准术语定义、性能要求以及详细的试验方法进行了充分的讨论，形成了主要决议项：

序号	修改/工作意见	备注
1	引用标准顺序按 GB→GB/T→行标→ISO	
2	性能要求-5.1 输入-输出特性曲线改为输入力-输出液压	
3	加入法规失效试验：踏板力 500N-减速度 0.244g 的试验	
4	五点性能分开阐述，按高温特性、低温特性等分类	
5	反应时间限值≤0.3s，该数据需重点验证	
6	5.8 压力控制响应性能中“延迟时间≤100ms”，B 公司为什么如此定义，有什么影响需验证确认	
7	标准中所有的“压力”均修改为“液压”	
8	“稳态时间”需要解释定义	
9	各家试验看开始之后 100ms 液压偏差多大，以及完全稳定之后的压力波动	
10	其他性能试验试验方法基本达成一致，性能要求具体数据需各家试验之后讨论最终确定	
11	环境试验引用国际标准的，直接写引用国际标准的条目，不写具体内容	
12	样件试验项目及顺序按照上述修改同步调整	
13	8.8 压力控制响应性能试验方法中，需要再核对一下 VDA，确认翻译和实际是否合适	
14	液压密封性试验：需进行试验确认 30s 是否能稳定下来	
15	工作噪音试验，请北汽提供一下主机是如何描述的，以便参照	
16	所有的试验装置的图，请凯帝斯、沃雷协助重新画一下	

会议决定由亚太机电统一搜集上述意见的修改，统一整理。

此外，工作组安排了后续的试验验证工作计划，主要由亚太机电、上海同驭、上海拿森

三家参与单位进行，主要试验项目如下（打叉的为需要试验验证后定稿的）：

序号	试验项目名称	是否已定稿	试验任务安排	备注
1	输入-输出特性曲线	×	亚太、同驭、拿森	
2	无助力特性	×	亚太、同驭、拿森	
3	带主缸初始建压行程	×	亚太、同驭、拿森	
4	静态电流	×	亚太、同驭、拿森	
5	5点参数性能	×	亚太、同驭、拿森	
6	最高建压能力	×	亚太、同驭、拿森	选择适合自己的方式做
7	反应时间和释放时间	×	亚太：做一个乘用车、然后再提供东风（M1以外）； 同驭：做一个乘用车、然后再提供M1以外的车辆的； 拿森：做一个乘用车、然后再提供M1以外的车辆的。	
8	压力控制响应性能	×	亚太、同驭、拿森：各自按照试验方法试验，提供试验数据，特别是开始之后100ms的液压偏差多大，以及完全稳定之后的压力波动情况。	
9	液压密封性	×	亚太、同驭、拿森：各自按照试验方法试验，反馈试验情况和试验结果，特别是低压和高压试验。	
10	静强度	√	不安排	
11	踏板模拟器液压密封性	×	亚太、同驭、拿森：各自按照试验方法试验，反馈试验情况和试验结果	
12	踏板模拟器强度	×	亚太、同驭、拿森：各自按照试验方法试验，反馈试验情况和试验结果	
13	输入推杆抗拉性能	√	不安排	
14	工作噪音要求		此次不安排	
15	高低温存放试验	√	常规试验，不安排	
16	高温工作试验	√	常规试验，不安排	
17	低温工作试验	√	常规试验，不安排	
18	高低温交变	√	常规试验，不安排	
19	温度/湿度组合循环	√	常规试验，不安排	
20	盐雾试验	√	常规试验，不安排	
21	防尘试验	√	常规试验，不安排	
22	防水试验	√	常规试验，不安排	
23	机械冲击试验	√	常规试验，不安排	
24	机械振动试验	√	常规试验，不安排	
25	化学负荷试验	√	常规试验，不安排	
26	电磁兼容性	√	常规试验，不安排	

工作组决定在下一次会议前完成上述试验工作，汇总数据后讨论确定，有必要的开展第二轮验证试验。

1.3.4 工作组第三次会议

根据标准工作制定计划，按第二次会议要求，浙江亚太、上海同驭、上海拿森三家单位完成了试验验证工作，并提交了相关试验数据和报告。因疫情影响，工作组第三次会议以腾讯会议（线上会议）的方式在 2021 年 1 月 28 日召开。

会议主要内容：

（1）第二次会议遗留问题讨论，包括实验数据确认、噪音试验描述、性能试验翻译确认等内容；

（2）耐久试验标准总体框架及关键点讨论：加速耐久和全耐久、温度定义、压力定义、制动比例、踏板制动和外部请求制动分配比例等；

会议讨论和纪要如下：

电子助力制动系统性能标准讨论会议纪要			
序号	事项	工作内容	责任单位
1	始动力	重新提交试验报告	同驭
2	静态电流	接受标准 $\leq 300\mu\text{A}$ 改 $\leq 250\mu\text{A}$	/
3	五点性能参数	80bar 位移滞后变化标准更改为 $\leq 2\text{mm}$ 或 25%	/
4	五点性能参数	-40℃ 回复力 标准建议增加 $\geq 22\text{N}$ 试验数据获取（湿式）	拿森 同驭
5	五点性能参数	-40℃ 回复力 增大试验样本数据 重新评价标准值	亚太
6	反应时间和释放时间	制定标准液量/负载后，按标准重新试验	拿森 同驭 亚太
7	压力控制响应性能	三家零部件厂会议协调标准定义及数据采集对比	拿森 同驭 亚太
8	液压密封性	密封性试验数据采集	同驭
9	踏板模拟器液压密封性	按踏板力下降和液压密封性进行试验	同驭 亚太
10	工作噪音	噪音标准提供参考	一汽
电子助力制动系统耐久标准讨论			
序号	事项	工作内容	责任单位
1	加速耐久	取消外部请求制动，全部采用踏板制动方式试验	亚太
2	制动时间	常温制动时间间隔 1.25s，高温会长一点，具体要求北汽发给亚太参考。	北汽/亚太
3	标准细稿	亚太根据会议要求，细化标准，在下一次会议针对标准详细讨论	亚太

4	下一次会议安排	年初组织一次工作组会议,主要针对耐久标准进行详细讨论,对性能标准遗留的问题进行确认。	亚太
---	---------	--	----

本次会议计划由同驭、拿森、万向、亚太四家零部件单位对压力控制响应性能、反应时间和释放时间等进行重新试验和小范围讨论,会议后在3月9日组织了小范围讨论的腾讯会议,四家单位就关键的五点性能和压力控制响应性能的差异点统一了思路 and 方向。

1.3.5 工作组第四次会议

经第三次工作组线上会议以及后续安排的同驭、拿森、万向、亚太四家零部件单位的小范围会议讨论,对关键的五点性能和压力控制响应性能的差异点统一了思路 and 方向。同时,耐久标准关键参数,如温度、压力、工作循环等等的设置均有出处或遵循了实际驾驶情况,经工作组讨论后也得到了统一。

第四次会议在杭州萧山浙江亚太机电股份有限公司举行,会议对以下内容进行了讨论:

- (1) 确定五点性能和压力控制响应性能等几项试验方法和要求,全面梳理两项标准;
- (2) 对耐久标准进行细致讨论;
- (3) 讨论及落实下一步工作任务,加快标准进度;

序号	主要内容	页码	标准
1	在输入力与输出液压图中增加始动力示意及说明	P3	性能
2	全行程说明在非解耦和解耦两份文档中均为上电状态	P4	
3	特性曲线表中,表1中将输入力改为位移与液压的关系,表2中滞后行程改为位移与液压关系;增加始动力设定要求。	P5	
4	输入推杆行程点改为有效助力行程,行程点1/2/3改为有效助力行程的30%、50%、70%	P6	
5	表3中释放时间0.4改为0.3 模拟器释放时间改为回程时间	P6	
6	针对表3的各项特性参数增加示意图予以说明	P6	
7	针对图2进行参数调整后修改 1: 在图中添加新增字母,在图下对新增字母进行说明解释。 2: 特性参数修订为字母。 3: 限制栏修改,去除字母,对指标进行修改。稳态值在低压1.5MPa以下偏差0.3Mpa保留,增加20%偏差。1.5MPa以上偏差去除20%的偏差,保留0.1MPa偏差。	P7	

8	7.1.3 与 7.1.4 中的负载部分合并。 增加室温设定要求 何承坤建议：将试验方法中“……充满制动液……”一段移动到前面试验相关要求中	P11	
9	8.8.2 根据第 7 点问题相关修正表述。	P15	
10	在小目标液压梯度测试序列中增加一个 0-5bar 的 1bar/s 动作，从第二个 1bar/s 的梯度测试序列开始考核	P16	
11	全文统一压力单位	P16	
12	噪音部分，拿森，同驭试验方法和数据提供，再统一定距离。针对示意图部分，需要 kaidis 重新绘图。	P19	
13	标准中的电压 14V 改为 13.5V	P6	
14	汽车电子助力制动系统全部增加总成	P3	耐久
15	标准格式根据 GB1.1-2020 修订	P3	
16	3 术语和定义 全部取消，改为：术语定义引用……标准于本标准代替	P3	
17	性能要求中的所有产品图样改为试验前性能参数	P6	
18	在 4.1 项后添加产品耐久试验前记录产品性能参数	P6	
19	在解耦部分推杆行程点与性能一致 30% 50% 70%	P6	
20	空行程改为初始建压行程	P6	
21	对表加标题	P8	
22	装置中对管长不做限定	P7	
23	删除 5.1.4	P7	
24	对 5.1.6 中的温度箱低温实际范围-40℃下调到-45℃，对温度箱的温度误差增加要求 试验电压要求需要增加	P8	
25	表 5 将 QC/T 311 表带上替换成那张表	P10	
26	耐久试验和全耐久二选一。在 5.4 耐久试验中添加，删除 5.4.1.1-5.4.1.4	P11	
27*	对温度循环耐久流程增加流程步骤穿插，增加掉电失效制动试验 1500 次	P13	
28	全耐久试验重制，根据 VDA 标准 0.1g 为步长进行全 220 万次的划分并增加流程步骤，增加掉电失效制动试验 1500 次。	P14	

经讨论，两项性能标准基本完成制定工作，耐久标准也通过深入讨论又向前推进了一大步，具体会议纪要如下：

1.3.6 工作组第五次会议

经多次会议及试验验证，工作组基本完成两项性能标准的制定任务，耐久标准也处于即

将完成状态。根据第四次工作组会议后续工作安排，在北京新能源汽车股份有限公司举办第五次工作组会议。

会议议题：

(1) 讨论两项新能标准遗留问题，对标准文字和格式等进行修改确认，以便形成标准公示稿；

(2) 详细讨论耐久标准的指标和试验方法，确认标准内容。

经过一天会议，决定将性能标准修改后报中国汽车工业协会公开征求意见，耐久标准待进行下一次线上会议后报协会公示。具体内容修改的会议纪要如下：

第五次线下标准会议会议纪要			
序列	主要内容	页码	标准
1	引文按 GB/T 1.1 描述修改	P1	性能
2	引用标准的标准号和名称重新和原文核对，顺序按序号大小再排列一下	P1	
3	术语和定义的描述按 GB/T 1.1	P2	
4	3.1 改为“提供制动助力的制动系统“	P2	
5	3 术语和定义的英文第一个字母全部小写	P2	
6	3.3 3.4 的工作电压改为“工作条件”	P2	
7	3.2decouple 该为 decoupled	P2	
8	3.6 输出力改为输出液压	P2	
9	3.8 “异”删除	P2	
10	所有图的物理量全部斜体	P3	
11	3.12 改为“上电工作状态下，最大助力点对应的输入推杆行程”	P4	
12	4.1.1 表中参数改为技术，特性参数的参数去掉，下表同	P4	
13	4.2 后部分按照 21670 的标准说法修改	P5	
14	4.5 电压统一改为 9V 和 13.5V	P5	
15	4.8 图 ΔP_g 改为目标液压和实际液压的差，重新制图去掉 P+ 和 P-，再做一轮试验来确定控制精度的问题。	P6	
16	一般要求的所有内容去除，其中故障报警要求放到原 4.15 位置。	P8	
17	工作模式参考放到试验相关要求第一条	P10	
18	无助力特性试验部分两条内容合并成一条。	P12	
19	五点性能试验把要求和试验方法分开	P12	
20	图 4 纵坐标放到左边，一列即可	P13	
21	图 5 分成两个图，图的坐标箭头要有	P14	
22	工作噪音试验声级计应指向法兰面	P14	
23	3 术语定义按 GB/T1.1 定义修改	P1	耐久
24	耐久实验要求调整放在试验相关要求中	P1	
25	标准中所有的压力降改为液压降	P2	
26	无助力特性直接按性能要求写入	P2	
27	产品外观要求直接放在性能要求第一条	P2	

28	所有制动分配统一为常规制动 70%外部请求制动 30%	P7	
29	说明中添加：耐久执行循环方案仅供参考，实际实验方案可与客户调整。	P9	

2 标准编制原则和主要内容

2.1 标准编制原则

本标准的制定是对我国汽车解耦式电子助力制动系统产品开发及应用现状进行调查,对相关国际、国外相关标准的关键技术指标在我国的适用性进行分析研究,并且对相关的试验方法在我国现阶段实施的可行性和必要性进行论证分析的基础上,结合我国实际情况提出的汽车解耦式电子助力制动系统总成性能要求及台架试验方法;并通过验证试验,对性能指标的合理性进行了验证,确定了适合我国实际情况的汽车解耦式电子助力制动系统总成性能要求和试验评价的技术方案。

本标准以制动系统对传统真空助力器和底盘电子系统的要求为依据,参照国内已有的汽车制动系统规范编制具体细则。

本标准按照 GB/T 1.1-2020 给出的规则起草。

2.2 标准主要内容

本标准规定了汽车解耦式电子助力制动系统总成的术语和定义、一般要求、性能要求、试验装置及试验相关要求、试验方法。

本标准适用于汽车解耦式电子助力制动系统总成。

2.2.1 性能要求

(1) 输入-输出特性曲线不应出现任何不规则或不连续,特性包括初始力、始动力、释放力、30%有效助力行程时的输入力、50%有效助力行程时的输入力、70%有效助力行程时的输入力、100%有效助力行程时的输入力、全行程、50%有效助力行程时的滞后力需满足特定值范围或产品图样;输出行程-输出液压特性曲线,特性包括在 30%有效助力行程时的输入力、50%有效助力行程时的输入力、70%有效助力行程时的输入力、100%有效助力行程时的输入力、50%有效助力行程时的滞后力需满足产品图样;

(2) 无助力特性,输入电压为 0V,输入推杆从初始状态推动直至制动主缸产生的液压满足供需双方约定的值,解耦间隙满足设计值;输入力为 2000N 时输出液压不低于整车满

载应急制动时充分发出的平均减速度 2.44m/s^2 对应的值；

(3) 初始建压行程不应大于 4mm ；

(4) 静态电流不应大于 $250\mu\text{A}$ ；

(5) 五点参数条件下的输入-输出特性，主要以在（室温、 13.5V ）下的输入输出特性为基准，规定了在 $(-40^\circ\text{C}, 9\text{V})$ 、 $(-40^\circ\text{C}, 16\text{V})$ 、 $(105^\circ\text{C}, 9\text{V})$ 、 $(105^\circ\text{C}, 16\text{V})$ 下的变化量要求；

(6) 最高建压能力，系统能够达到的最高液压不小于规定值；

(7) 反应时间和释放时间，M1 类车辆反应时间 $\leq 0.2\text{s}$ 、释放时间 $\leq 0.4\text{s}$ 、回程时间 $\leq 0.3\text{s}$ ；除 M1 类以外车辆反应时间 $\leq 0.4\text{s}$ 、释放时间 $\leq 0.5\text{s}$ 、回程时间 $\leq 0.3\text{s}$ ；

(8) 液压控制响应性能，规定了 t_1 从接收到外部制动请求至系统液压开始变化的时间 $\leq 250\text{ms}$ ， t_2 从外部制动请求进入保持阶段至电机停止运行时的时间 $\leq 250\text{ms}$ ， ΔP_b -稳态输出液压与目标液压的偏差 0.2MPa ； ΔP_g -建压或减压过程中实际液压与目标液压的偏差， $P_{tar} \leq 1\text{MPa}$ 时， $\Delta P_g \leq \text{MAX}(0.2\text{MPa} \text{ 或 } 20\%P_{tar})$ ； $P_{tar} \geq 1\text{MPa}$ 时， $\Delta P_g \leq 0.2\text{MPa}$ ；

(9) 液压密封性，低压密封性在工作液压 0.3MPa 下，液压降 $\leq 0.05\text{MPa}$ ；中压密封性在工作液压 7MPa ，

(10) 静强度，弹性变形量不应大于 0.6mm ，塑性变形量不应大于 0.05mm ，并满足输入-输出和输入行程-输出液压特性要求；

(11) 制动踏板感觉模拟器液压密封性（仅液压式），满足液压降和力下降值；

(12) 制动踏板感觉模拟器强度，经强度试验后无损伤，性能曲线变化在 25% 以内；

(13) 输入推杆抗拉性能不应小于 3000N ；

(14) 工作噪音要求：

样件在 25mm/s 的输入推杆速度下的工作噪音不应大于 50dB(A) ；

样件在 50mm/s 的输入推杆速度下的工作噪音不应大于 58dB(A) ；

样件在 100mm/s 的输入推杆速度下的工作噪音不应大于 67dB(A) ；

(15) 故障报警要求，任何影响到本文件规定的系统功能和性能的电气故障时，应以符合 GB4094 专门的光学报警信号向驾驶员报警；

(16) 未述及的制动主缸真空密封性、气压密封性、输出功能、排量、无负载回程时间、压差性能、流量、液压冲击、耐压强度、工作耐久性、振动性能、耐盐雾腐蚀性测试条目参考 QC/T311 汽车液压制动主缸性能要求及台架试验方法；

2.2.2 环境试验要求

包括高低温存放试验、高温工作试验、低温工作试验、高低温交变试验、温度/湿度组合循环试验、盐雾试验、防尘试验、防水试验、机械冲击试验、机械振动试验、化学负荷试验、电磁兼容试验按照对应国标进行要求和测试。

2.2.3 试验方法

(1) 输入-输出特性试验, 在试验电压下, 输入推杆以 $(2\pm 0.5)\text{mm/s}$ 的速度连续加载到2000N或制动踏板感觉模拟器最大行程处, 即为全行程, 然后以相同的速率连续卸载, 记录输入行程、输入力、输出液压;

(2) 静态电流试验, 样件固定在试验台架上, 样件推杆处于初始位置, 制动主缸输出端不接负载, 样件处于休眠模式5s后, 记录10s内ECU供电电流, 并计算平均电流值;

(3) 无助力特性试验, 将样件安装到试验台上, 在试验电压0V的条件下, 输入推杆以 $(2\pm 0.5)\text{mm/s}$ 的速度加载到2000N以上的力, 记录制动主缸输出液压为0.1MPa时的输入力、输入推杆行程;

(4) 初始建压行程试验, 在试验电压下, 输入推杆以 $(2\pm 0.5)\text{mm/s}$ 的速度加载, 分别记录样件各制动腔液压为0.1MPa时输入推杆的位移;

(5) 五点性能试验, 温度稳定时间不应少于2小时, 在(室温, 13.5V)、 $(-40^{\circ}\text{C}, 9\text{V})$ 、 $(-40^{\circ}\text{C}, 16\text{V})$ 、 $(105^{\circ}\text{C}, 9\text{V})$ 、 $(105^{\circ}\text{C}, 16\text{V})$ 时, 测试输入输出特性(始动力, 释放力, 30%、50%、70%有效助力行程的输入力、输出液压);

(6) 最高建压能力试验, 在试验电压下通过外部信号指令以不大于5MPa/s建压, 或以不大于10mm/s的速度推动输入推杆控制样件加载至输入力达到2000N, 记录过程中的最大稳定液压;

(7) 反应时间和释放时间、回程时间试验, 在试验电压下, 以不小于200mm/s的速度推动输入推杆, 使输出液压达到约定的液压值, 保持至少2s后, 迅速解除作用在输入推杆上的力, 使输入推杆自由返回, 试验过程中, 测量输出液压到达设定液压所经历的时间(即反应时间)和从解除推杆输入力到输出液压下降到设定液压的10%时所经历的时间(即释放时间), 从解除推杆输入力到输入推杆回到初始位置的时间为制动踏板感觉模拟器释放时间(即回程时间);

(8) 液压控制响应性能试验, 通过外部指令按照小目标压力测试序列和中目标压力测

试序列进行测试，记录并输出液压并绘制输出液压和时间的关系曲线；

(9) 液压密封性试验，在规定的试验电压下，匀速推动输入推杆在液压测试回路中建立起 0.3MPa 的工作液压，将输入推杆在该位置锁住，液压系统液压稳定 30s 后，测量 60s 内液压制动主缸各制动腔的液压降，在 7MPa、14MPa 条件下重复上述试验；

(10) 静强度试验，在试验电压下，在输入推杆上施加(6860±130)N 的力，并保持 30s 后卸载；

(11) 制动踏板感觉模拟器液压密封性试验(仅液压式)，在试验电压下，匀速推动输入推杆直至输入力达到对应力或在模拟器内达到对应的液压，稳定 30s 后，测量 60s 内力或液压降；

(12) 制动踏板感觉模拟器强度试验，在试验电压下，输入推杆施加3000N×踏板比的推力后立即撤回，检查是否产生泄漏或零件损坏；

(13) 输入推杆抗拉性能试验，对输入推杆以50N/s的速度施加反向的拉力直至推杆拉出，记录过程中的最大拉力；

(14) 工作噪音试验，在距离产品斜上45°的1000mm处安装声级计，分别以25mm/s、50mm/s、100mm/s的速度推动输入推杆，记录测得的分贝值和频率；

(15) 环境试验方法，按照对应国标的试验方法进行试验。

3 主要试验（或验证情况）分析

3.1 第一轮试验

3.1.1 试验时间和安排

2021年1月20日安排第一轮完整试验，在试验安排前，亚太已进行一轮验证性试验，具体安排如下：

序号	试验项目名称	试验完成情况	评价	是否 OK	需要互相印证的	试验任务安排
1	输入-输出特性曲线	已完成	可满足			亚太、同驭、拿森
2	无助力特性	已完成	可满足			亚太、同驭、拿森
3	带主缸初始建压行程	已完成	可满足			亚太、同驭、拿森
4	静态电流	已完成	可满足			亚太、同驭、拿森
5	5点参数性能	已完成	可满足			亚太、同驭、拿森

6	最高建压能力	已完成	可满足			亚太、同驭、拿森
7	反应时间和释放时间	已完成	可满足			亚太：做一个乘用车、然后再提供东风（M1 以外） 同驭：做一个乘用车、然后再提供 M1 以外的车辆的； 拿森：做一个乘用车、然后再提供 M1 以外的车辆的；
8	压力控制响应性能					亚太、同驭、拿森：各自按照试验方法试验，提供试验数据，特别是开始之后 100ms 的液压偏差多大，以及完全稳定之后的压力波动情况。
9	液压密封性	已完成	可满足			亚太、同驭、拿森：各自按照试验方法试验，反馈试验情况和试验结果，特别是低压和高压试验。
10	静强度	已完成	可满足	√		不安排
11	踏板模拟器液压密封性	已完成	可满足			亚太、同驭、拿森：各自按照试验方法试验，反馈试验情况和试验结果
12	踏板模拟器强度	已完成	可满足			亚太、同驭、拿森：各自按照试验方法试验，反馈试验情况和试验结果
13	输入推杆抗拉性能	已完成	可满足	√		不安排
14	工作噪音要求	已完成	可满足			此次不安排
15	高低温存放试验	已完成	可满足	√		常规试验，不安排
16	高温工作试验	已完成	可满足	√		常规试验，不安排
17	低温工作试验	已完成	可满足	√		常规试验，不安排
18	高低温交变	已完成	可满足	√		常规试验，不安排
19	温度/湿度组合循环	已完成	可满足	√		常规试验，不安排
20	盐雾试验	已完成	可满足	√		常规试验，不安排
21	防尘试验	未完成	可满足	√		常规试验，不安排
22	防水试验	未完成	可满足	√		常规试验，不安排
23	机械冲击试验	未完成	可满足	√		常规试验，不安排
24	机械振动试验	已完成	可满足	√		常规试验，不安排

25	化学负荷试验	未完成	可满足	√		常规试验, 不安排
26	电磁兼容性			√		常规试验, 不安排

3.1.2 试验结果

序号	试验项目		接受标准	实际结果			备注
				亚太	同驭	拿森	
1	输入-输出特性曲线	始动力	50~90N	53N	26N	干式踏板 64.81N 湿式踏板 77.16N	
		释放力	≥10N	36N	20N	干式踏板 57.66N 湿式踏板 22.42N	
		特性曲线	不应出现不规则或不连续	OK	OK	OK	
2	无助力特性	0.1MPa 输入力	记录力	见报告图	见报告图	325.2N	
		0.1MPa 输入位移	记录位移	见报告图	见报告图	14.89mm	
3	带主缸初始建压行程		≤4mm	2.10/2.15mm	2.95mm	2.17mm	
4	静态电流		≤250μA	175μA	202.5μA	86.2μA	
5	五点参数性能	-40°C, 工作电压 9.8V	输入输出特性 (初始力、释放力、输入推杆行程点 1/2/3 的输入力、滞后、输出压力) 的变化量在 (室温, 14V) 的±25% 以内	OK	OK	滞后位移的变化量不在 (室温 14V) ±25% 变化量以内具体数据请参考第 10 页 (表一)	
		-40°C, 工作电压 16V		OK	OK	滞后位移的变化量不在 (室温 14V) ±25% 变化量以内具体数据请参考第 10 页 (表二)	
		105°C, 工作电压 9.8V		滞后偏差不足	OK	OK	
		105°C, 工作电压 16V		滞后偏差不足	OK	OK	
6	最高建压能力		大于 110bar	130.1/126.8bar	110bar	117.3bar	
7	反应时间		≤0.3s	助力模式: 200ms	助力模式 110.5ms	M1 类 <200ms; 183ms	亚太、同驭 缺除 M1

				外部信号输入 反应时间： 191@8MPa， 273@10MPa)	线控方式 260ms	除 M1 类 < 400ms；345ms	以外车辆 数据
8	释放时间	≤0.5s	340ms		助力模式 139.5ms	M1 类 <400ms； 119ms	
					线控方式 190ms	除 M1 类 < 500ms；265ms	
9	踏板模拟器 释放时间	≤0.3s					
9	液压控制响 应性能	延迟时间	≤100ms	120ms	244.5ms	85ms	
		稳态时间	≤100ms		135ms	361ms	
		液压偏差	≤±3bar (< 1.5MPa)；≤20%		5%	0bar	
10	液压密封性	3bar	≤0.05MPa	0.11bar/0.03bar	0	0.011bar	
		70bar	≤0.3MPa	0.6bar/0.6bar	0	0.135bar	
		140bar	≤0.3MPa	0.7bar/0.2bar	0	0.257bar	同驭 110bar 试 验
11	踏板模拟器 液压密封性 (仅液压式)	150N (拿森)	≤25N (拿森)	/	未反馈	4N	
		500N (拿森)	≤50N (拿森)	/	未反馈	25N	
		2400N (拿森)	≤250N (拿森)	/	未反馈	6N	
12	踏板模拟器强度	检查是否产生 泄漏或零件损 坏	无损坏		未反馈	无破坏痕迹	

3.2 第二轮试验

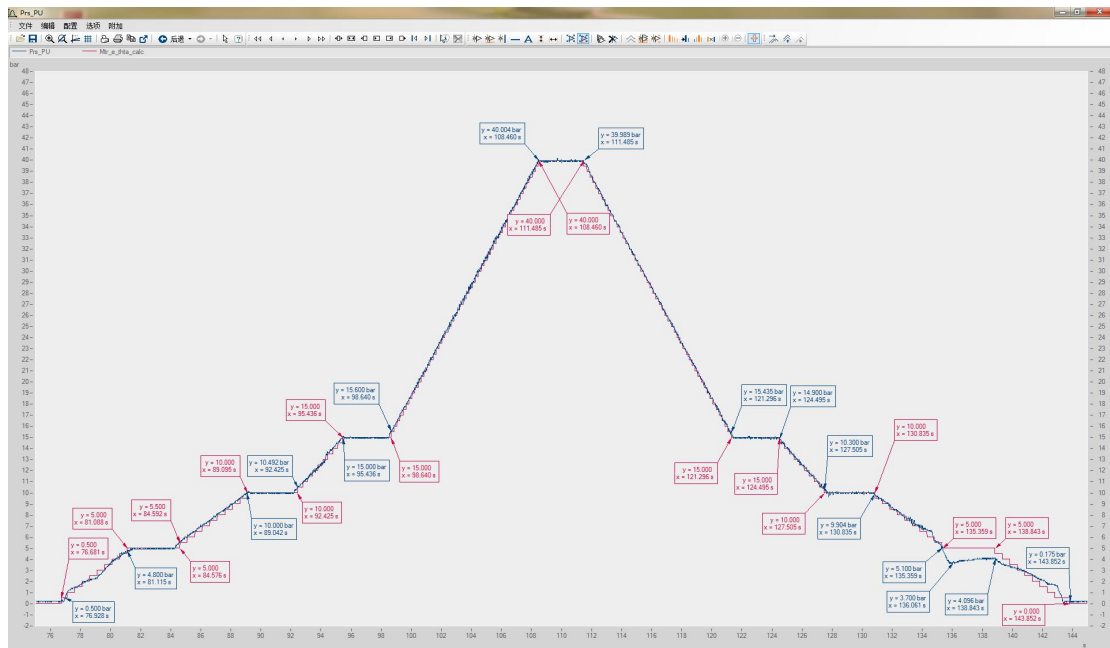
3.2.1 试验时间和安排

第五次会议后，针对液压控制响应特性，安排亚太机电、上海同驭、上海拿森针对此项试验再次进行试验，以确定延迟时间和控压精度的指标设置问题。

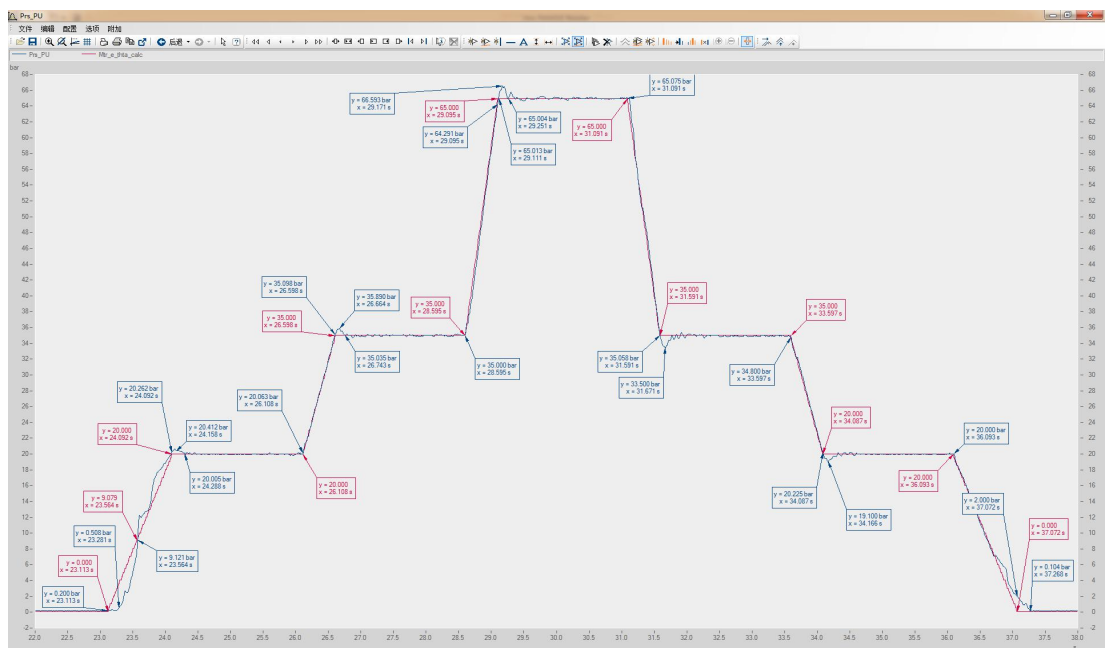
3.2.2 试验结果

(1) 亚太机电：

a) 小目标压力控制曲线，红色-目标压强，蓝色-实际压强；



b) 中目标压力控制曲线，红色-目标压强，蓝色-实际压强；



(2) 上海同驭，小目标压控制曲线：

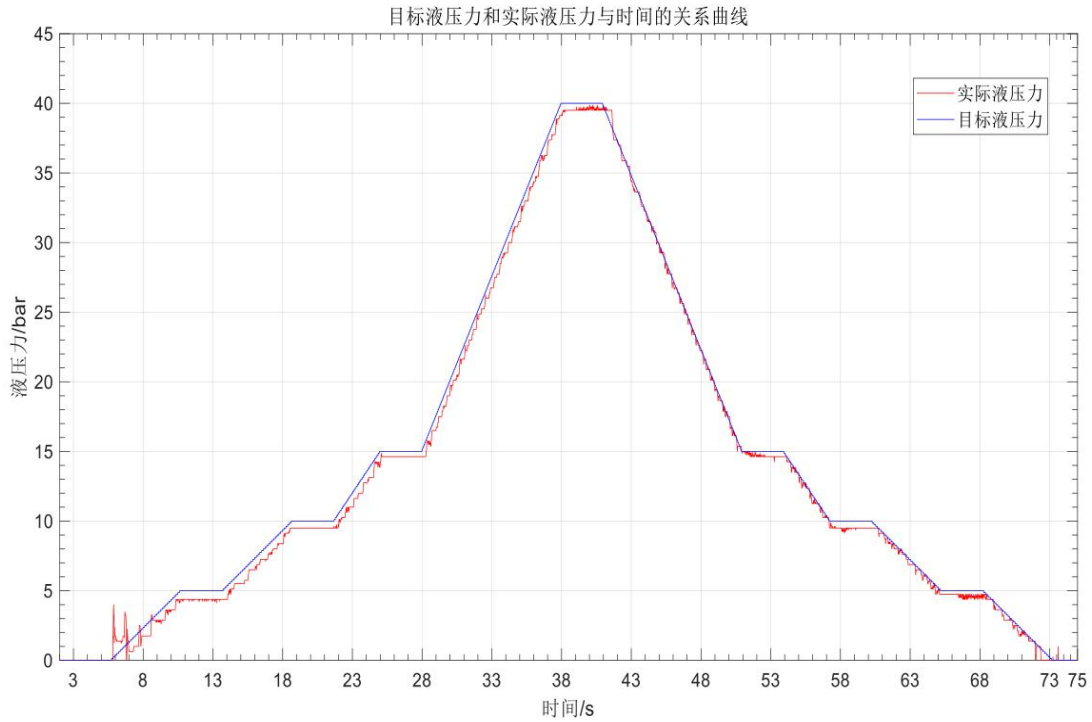


表2 液压力控制响应性能要求与实测结果

序号	特性参数	团体标准要求	实测结果
1	t_1	$\leq 100\text{ms}$	如上图 3: a) 0 至 0.5 MPa: t_1 为 79ms; b) 0.5 至 1 MPa: t_1 为 300ms (不符合); c) 1 至 1.5MPa: t_1 为 300ms (不符合); d) 1.5 至 4 MPa: t_1 为 280ms (不符合)
2	t_2	$\leq 100\text{ms}$	如上图 3: a) 0 至 0.5 MPa: t_2 为 60ms; b) 0.5 至 1 MPa: t_2 为 0ms; c) 1 至 1.5MPa: t_2 为 170ms (不符合); d) 1.5 至 4 MPa: t_2 为 310ms (不符合)
3	ΔP_b	1. 目标液压 $\leq 1.5\text{MPa}$ 时, $\Delta P_b \leq 0.3\text{MPa}$; 2. 目标液压 $> 1.5\text{MPa}$ 时, $\Delta P_b \leq 0.1\text{MPa}$; 	如上图 3: a) 0 至 0.5 MPa: ΔP_b 为 0.0625MPa; b) 0.5 至 1 MPa: ΔP_b 为 0.05MPa; c) 1 至 1.5MPa: ΔP_b 为 0.037MPa; d) 1.5 至 4 MPa: ΔP_b 为 0.05MPa
4	ΔP_g	$\Delta P_g \leq$ 目标液压的 20%	如上图 3: a) 0 至 0.5 MPa: ΔP_g 为 0.1125MPa, 占目标液压力 39.13% (不符合); b) 0.5 至 1 MPa: ΔP_g 为 0.1MPa, 占目标液压力 14.81%; c) 1 至 1.5MPa: ΔP_g 为 0.1MPa, 占目标液压力 7.08%; d) 1.5 至 4 MPa: ΔP_g 为 0.1MPa, 占目标液压力 5.71%

3.3 试验结论

五点性能试验和液压控制响应性能试验是总成的重要指标，指标的设定和试验的验证也主要针对该两项试验。

(1) 五点性能试验中，滞后按百分比评估的话实际滞后极小，但因为按百分比反而不通过，经试验和讨论五点性能不考虑滞后；

(2) 模拟器滞后，用 200N 力工作点判断位移滞后，按实际位移变化作为评判。

(3) 增加回复力要求，低温 15N；

(4) 压力控制响应性能试验，经多次验证， t_1 、 t_2 基本可以达到 200ms 左右，最终定为 250ms，不会过于苛刻，也没有过于宽松； ΔP_b 、 ΔP_g 精度要求如下表。

特性	要求
t_1	$\leq 250\text{ms}$
t_2	$\leq 250\text{ms}$
ΔP_b	$\Delta P_b \leq 0.2\text{MPa}$
ΔP_g	$P_{tar} \leq 1\text{MPa}$ 时， $\Delta P_g \leq \text{MAX}(0.2\text{MPa 或 } 20\%P_{tar})$ ； $P_{tar} \geq 1\text{MPa}$ 时， $\Delta P_g \leq 0.2\text{MPa}$

4 采用国际、国外标准情况以及国际、国外标准对比情况

本标准未采用国际国外标准。

5 标准涉及的专利情况

本标准中不涉及专利。

6 预期达到的社会效益、对产业发展的作用

(1) 规范化电子助力制动系统及其关键零部件的开发与测试，提升产品的功能标准；

(2) 提供系统测试验证依据，为国内电子助力制动系统的研发与产业化提供指导和评价标准；

(3) 通过标准建立以及行业内推广，形成性能要求和台架测试的共识，有利于更好的排除因产品设计质量导致的整车安全风险，有助于整个行业的良性发展，加快市场化、提升产品竞争力，缩小与国际先进水平的差距。

该标准意义在于可以作为汽车电动化、智能化系统部件的重要标准，补充现有汽车相关

规范体系。

7 在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及标准的协调性

本标准属于汽车标准体系中的性能方法标准，与现行相关法律、法规、规章及相关标准没有冲突或矛盾。

8 重大分歧意见的处理经过和依据

无。

9 贯彻标准的要求和措施建议

本标准作为团体标准，发布后由中国汽车工业协会制动器委员会组织标准起草单位在制动系统相关中进行标准宣贯实施。

11 废止现行相关标准的建议

无。

12 其他情况说明

无。

标准起草工作组

2021年9月