

《电动汽车用电动动力系噪声测量方法》编制说明

(一) 工作简况 (包括任务来源、主要工作过程、主要参加单位和工作组成员及其所做的工作等)

1 任务来源

本标准根据工业和信息化部下达的 2015 年第一批行业标准制修订计划进行制定, 计划编号为 2015-0226T-QC。名称为“电动汽车驱动电机系统噪声限值及测定方法”。

2 背景和意义

随着我国汽车产业的快速发展, 汽车化石燃料能源消耗日益巨大, 国家有关汽车节能的标准法规相继发布实施并不断加严; 另一方面, 由于环境污染形势严峻, 治理迫在眉睫, 国家对汽车环保要求提高, 排放标准不断加严。在国家的政策鼓励与引导下, 电动及电动化混合动力汽车得到飞速发展。电动汽车最大的特征就是用电动动力系代替或部分代替了传统动力总成, 这也给车辆 NVH 性能带来很大变化, 给车辆噪声控制带来新的问题。电动动力系虽然在噪声量级大小上小于传统动力总成, 但是相比于传统动力总成声音成分主要分布在中低频, 电动动力系的高频噪声有较大分布, 所以听起来声音更尖锐刺耳, 影响舒适性。因此电动动力系噪声控制是电动汽车开发的重要关注技术性能。

相比传统汽车及动力总成长时间发展形成的成熟标准体系, 电动汽车是近些年才快速发展起来的, 许多方面不成熟, 甚至尚无标准。关于电动动力系噪声及测量, 目前汽车领域无论是国内还是国外都没有相关标准, 这使得电动动力系噪声控制和性能开发缺乏标尺。目前有的企业借鉴工业电机噪声测量标准, 有的企业根据经验制定一个内部方法暂时使用, 有的甚至都没有内部统一方法, 这严重制约了电动动力系噪声水平的提高, 限制了电动汽车发展。因此为满足行业发展需要, 开展电动汽车用电动动力系噪声评价方法相关标准研究与制定工作非常重要与紧迫。

本项目将通过对电动汽车用电动动力系技术发展应用和特性的调查, 对国内相关或近似的噪声测试标准进行参考研究, 结合我国电动动力系产业现状和试验技术能力, 对开展电动动力系噪声评价的可行性进行分析, 研究并提出适合电动汽车用电动动力系噪声评价的方法, 制定电动汽车用电动动力系噪声测量方法标准。

3 主要工作过程

3.1 前期研究与规划

作为本项目的牵头单位, 2016 年开始中汽研 (天津) 汽车工程研究院有限公司在电动动力系及其子系统的噪声测试评价方面开展了前期跟踪和研究工作, 并对国内外电动动力系及其子系统的噪声研发验证和工程应用进行了调研。

为系统全面了解我国电动汽车电动动力系的发展和应用情况，探讨电动动力系噪声测试评价，推动电动动力系噪声测量方法标准研究与制定，全国汽车标准化技术委员会于 2016 年 9 月 21 日在西安召开“电动汽车用驱动电机标准研究工作组第六次会议”，邀请电动汽车及电动动力系及子系统相关企业的专家和代表共同就电动动力系相关研发技术、标准法规动态等进行交流，并重点讨论了电动动力系噪声测试评价方法。

同时，牵头单位也从声功率级测量系列标准、消声室结构、试验台架及附属设备、电动动力系结构等方面着手进行标准研究工作，分别对上海电驱动股份有限公司、上海蔚来汽车有限公司、合肥巨一动力系统有限公司、泛亚技术中心、联合汽车电子有限公司、北京新能源汽车股份有限公司、比亚迪汽车工业有限公司、堀场（中国）贸易有限公司、朗德法思特（北京）声学技术有限公司等进行了走访和技术交流，了解电动动力系技术现状、发展趋势、应用于匹配情况、噪声测试评价等内容，听取了主要企业对制定电动动力系噪声测量方法标准的建议。

3.2 工作组第一次会议

2016 年 9 月 21 日在西安召开了电动汽车用驱动电机标准研究工作组第六次会议，暨噪声标准工作组第一次会议。来自国内整车企业、电动动力系及其子系统生产企业、测试机构、高校等技术专家出席了本次会议。来自中汽研（天津）汽车工程研究院有限公司的高辉从必要性、范围和适用对象、国内外相关标准、试验条件和试验方法等几个方面首次介绍了电动动力系噪声标准的概要，经与会专家交流讨论，有如下决议：

- （1）标准不规定噪声限值，仅提供测定方法；
- （2）标准适用对象包括驱动电机单体及电驱动总成；
- （3）起草组尽快启动标准草案研究和起草工作，年底前形成初步草案；
- （4）请工作组各成员单位认真做好标准研究工作，及时提供标准制修订工作的反馈意见。

3.3 工作组第二次会议

噪声标准起草组于 2017 年 3 月 28 日在天津召开了小范围讨论会。来自中国汽车技术研究中心、中汽研（天津）汽车工程研究院有限公司、精进电动科技（北京）有限公司、上海电驱动股份有限公司、奇瑞新能源汽车技术有限公司、长安新能源汽车有限公司、一汽技术中心、奇瑞捷豹路虎汽车有限公司、上海大郡动力控制技术有限公司、合肥巨一动力系统有限公司、深圳市大地和电气股份有限公司等噪声标准工作组主要成员单位的二十余位技术专家参加了本次会议。

会议主要内容和结论：

（1）首先由中汽研（天津）汽车工程研究院有限公司的高辉和崔国旭介绍了噪声标准的初步思路和整体框架，之后进行了详细讨论。

- （1）测量声压级和声功率；
- （2）标准适用于驱动电机，驱动电机+减速器，负载可为传动轴或半轴；
- （3）工况应包含空载和加载；

(4) 部分内容给出图示，利于理解；

(5) 各主要成员单位尽可能提供的标准支撑材料和建议，4月底之前形成正式草案。

3.4 工作组第三次会议

2017年6月22日在成都召开了电动汽车用驱动电机标准研究工作组第七次会议，暨噪声标准工作组第三次会议。来自国内整车企业、电动动力系及其子系统生产企业、测试机构、高校等技术专家出席了本次会议。

噪声标准的主要讨论结果如下：

(1) 总结第二次会议工作进展；

(2) 修改完善4.1测试室的描述；

(3) 6.1.2考虑不同测试对象时的环境噪声处理方式；

(4) 将电驱动系统改为电动动力系，并增加电动动力系的术语定义；

(5) 6.2.1安装要求修改为安装条件；

(6) 细化6.2.2运行要求中的运行工况；

(7) 6.3.2运行要求应反映实际车辆的加速和减速工况；

(8) 修改8.5.2的转速要求，完善8.5.3的运转工况。

3.5 工作组第四次会议

2018年1月在天津召开了电动汽车用驱动电机标准研究工作组第八次会议，暨噪声标准工作组第四次会议。来自国内整车企业、电动动力系及其子系统生产企业、测试机构、高校等技术专家出席了本次会议。

噪声标准的主要讨论结果如下：

(1) 修改术语和定义中的描述；

(2) 调整电机控制器的条款；

(3) 修改6.1.2测量背景噪声要求；

(4) 增加测试环境的描述；

(5) 增加瞬态工况要求；

(6) 重新量化转速变化率；

(7) 修改表1和表2中的测点数量；

(8) 给出转速优选值；

(9) 修改7.3.3中稳定时间和测量时间；

(10) 附录A增加典型电动动力系结构；

(11) 附录B对h做出说明。

3.6 工作组第五次会议

2018年7月24日在昆明的电动汽车用驱动电机标准研究工作组会议，暨噪声标准工作组第五次会议。来自国内整车企业、电动动力系及其子系统生产企业、测试机构、高校在内的八十余位专家出席了本次会议。会议详细讨论了噪声标准草案，并要求起草组根据会议纪要内容对草案进行修正，会后形成征求意见稿，下一步将推动标准征求意见。

噪声标准的主要讨论结果如下：

- (1) 修改 4.1 标题为“一般要求”；
- (2) 修改 4.2、4.3 标题为“背景噪声要求”、“测试环境声学合用性要求”；
- (3) 6.2.1.2：电机控制器可以工作在不同的直流母线电压下，如有需要，宜在额定直流母线电压下进行电机最大噪声功率等级的测试。试验时，电机可以工作在不同的转速和转矩工作点，试验工况应记录在试验报告中；
- (4) 6.2.1.3：根据 6.2.1.2 中的试验数据，确定电机不同工况下的最大噪声（确定语言描述）；
- (5) 6.3.1 中表 1：附录 A 中的图 A.1~A.3 和 A.5 的电动动力系可按照半消声室环境的平行六面体测量面进行测量；附录 A 中的图 A.4 的电动动力系可按照具有两个反射面声学环境的平行六面体测量面进行测量；
- (6) 7.1.1 将“声功率级”修改为“声压级”；
- (7) 9.2.3 将“驱动电机的温度”修改为“驱动电机冷却液的温度”；
- (8) 7.3.2：附录中的 h 不小于 0.5m，如不满足要求，应在试验报告中予以说明；
- (9) 附录 A 中图 A.2 的说明修改为“该类型结构的驱动形式可能是前置前驱、前置后驱、中置后驱或后置后驱、四驱”。

（二）标准编制原则和主要内容（如技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法、检验规则等）的论据，解决的主要问题，修订标准时应列出与原标准的主要差异和水平对比

1 编制原则

本标准的制定是在对我国电动汽车用电动动力系产品开发及应用现状进行调查，对相关的试验方法在我国现阶段和未来实施的可行性进行论证分析研究的基础上，结合我国实际情况提出的电动动力系噪声测量方法；并通过验证试验，对试验方案的可行性进行了验证，确定了适合我国实际情况的电动汽车用电动动力系噪声性能评价的技术方案。

2 主要内容

本标准是根据我国电动动力系的技术发展水平及试验能力情况制定的，是我国第一项关于电动汽车用电动动力系噪声性能评价方法的标准。

本标准规定了电动汽车用电动动力系噪声的测量方法，具体包括声功率级、表面声压级的确定导则。

本标准适用于电动汽车用电动动力系及其子系统，其他类似结构和部件可参考使用。

（三）主要试验（或验证）情况分析

验证试验由中汽研（天津）汽车工程研究院有限公司按标准草案涉及的技术内容分别对电动动力系的声压级和声功率级、驱动电机系统声压级组织实施验证试验。验证试验主要过程及结果如下：

1 电动动力系声压级试验

1.1 概要

测量电动动力系在各工况下的本底辐射噪声声压级大小。

1.2 实施内容

[试验条件]

- (a) 半消声室截止频率 50Hz。
- (b) 试验频率范围为 100Hz~20000Hz。
- (c) 试验过程中减速器润滑油油温 60℃~100℃。
- (d) 使用原车悬置系统和半轴，安装姿态按照厂家设计要求。
- (e) 试验仪器设备

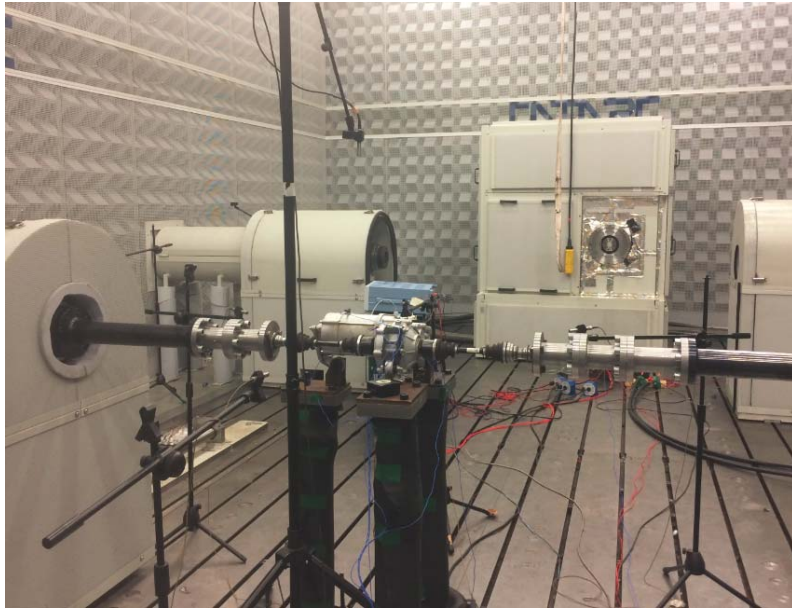
仪器名称	型号	编号
48 通道数据采集前端	LMS SCL220	62164801
声校准器	B&K 4231	3016604
传声器	GRAS 46AE	246209, 246210, 246211, 246212, 246213

(f) 试验工况

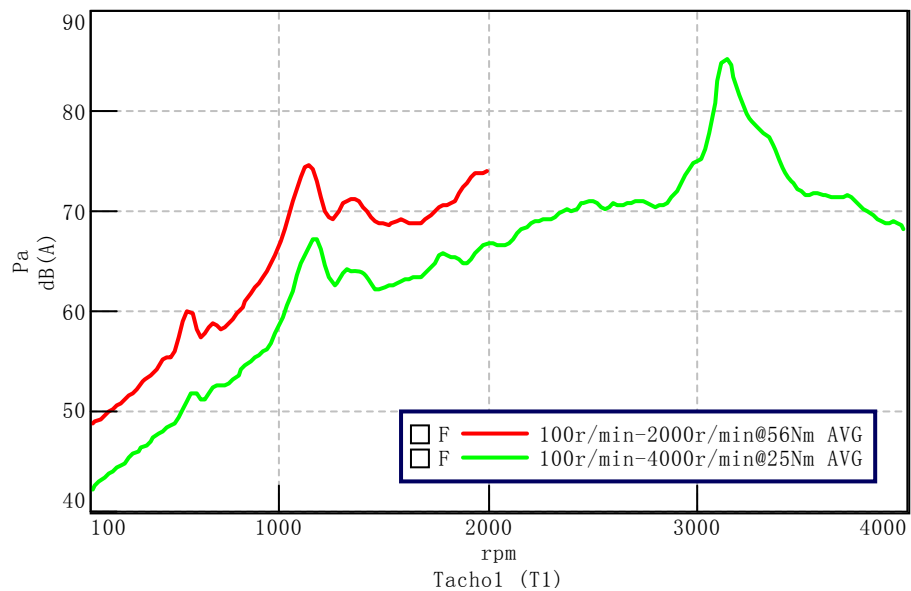
工况	备注
100r/min~2000r/min@56Nm	均为对应最高转速峰值电动工况， 4000r/min 为最高转速
100r/min~4000r/min@25Nm	

[试验方法]

- (a) 按照标准中电动动力系声压级传声器位置进行测点布置，并校准。测量距离为 0.5m。
- (b) 脱开传动半轴，使测功机按照各试验转速运转，测量背景噪声。
- (c) 连接传动半轴，热机，将减速器润滑油温度提升到 60℃，试验过程中油温不超过 100℃。
- (d) 按照各试验工况运行被试件，并记录各测点声压级。
- (e) 每个工况记录两组数据，然后对每个测点声压级进行平均。
- (f) 按照标准中平均声压级计算公式进行计算。



1.3 试验结果



2 电动动力系声功率级试验

2.1 概要

测量电动动力系各工况下本底辐射噪声能量大小。

2.2 实施内容

[试验条件]

- (a) 半消声室截止频率 50Hz。
- (b) 试验频率范围为 100Hz~20000Hz。
- (c) 试验过程中减速器润滑油油温 60℃~100℃。
- (d) 使用原车悬置系统和半轴，安装姿态按照厂家设计要求。
- (e) 试验仪器设备

仪器名称	型号	编号
48 通道数据采集前端	LMS SCL220	62164801
声校准器	B&K 4231	3016604
传声器	GRAS 46AE	246208, 246209, 246210, 246211, 246212, 246213, 246214, 246230, 246231

(f) 试验工况

工况	备注
500r/min@58Nm	均为各转速峰值电动工况，4000r/min 为最高转速
1000r/min@57Nm	
2000r/min@56Nm	
3000r/min@36Nm	
4000r/min@25Nm	

[试验方法]

(a) 按照标准中电动动力系声功率级参考测量面 GB/T 3767-2016 的附录 C.7 传声器位置进行测点布置，并校准。测量距离为 1m。

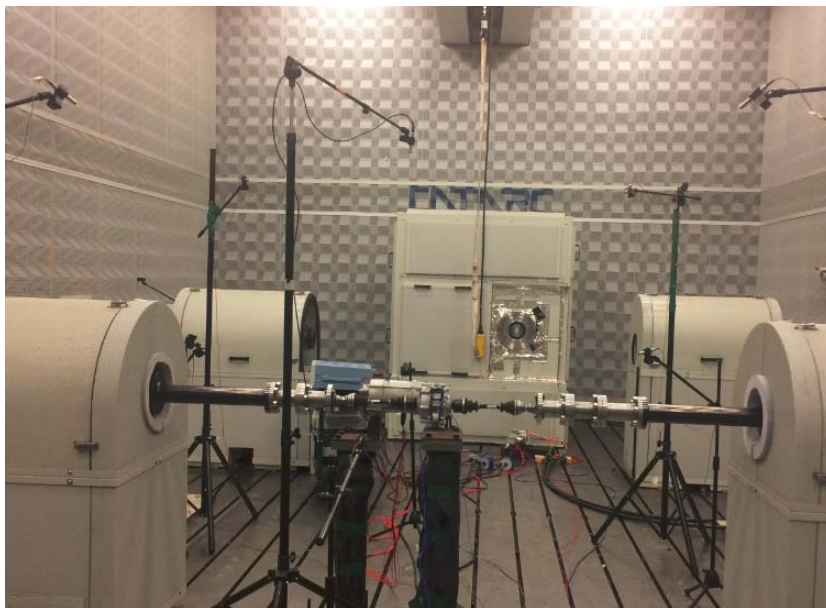
(b) 脱开传动半轴，使测功机按照各试验转速运转，测量背景噪声。

(c) 连接传动半轴，热机，将减速器润滑油温度提升到 60℃，试验过程中油温不超过 100℃。

(d) 按照各试验工况运行被试件，并记录各测点声压级。

(e) 每个工况记录两组数据，然后对每个测点声压级进行平均。

(f) 按照标准中声功率级计算方法进行计算并修正。



2.3 试验结果

工况	声压级 L' [dB (A)]	声压级 L'' [dB (A)]
----	-------------------	--------------------

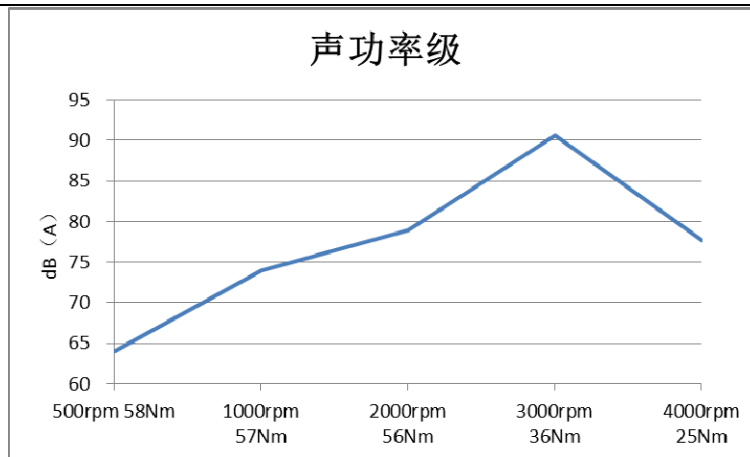
500r/min@58Nm	49.82	33.28
1000r/min@57Nm	59.77	31.92
2000r/min@56Nm	64.64	35.98
3000r/min@36Nm	76.38	41.66
4000r/min@25Nm	63.45	39.73

2.4 测量修正

根据标准第8章方法进行背景噪声修正,由于半消声室的声学环境满足GB/T 6882-2016,因此 K_2 不做修正。

工况	ΔL	声压级 L [dB (A)]	声功率级 [dB (A)]
500r/min@58Nm	16.53	49.82	64.1
1000r/min@57Nm	27.85	59.77	74.0
2000r/min@56Nm	28.67	64.64	78.9
3000r/min@36Nm	34.73	76.38	90.6
4000r/min@25Nm	23.72	63.45	77.7

注: 根据标准, $\Delta L > 15$ 时, K_1 不做修正。



3 驱动电机系统声压级试验

3.1 概要

测量驱动电机系统各工况下本底辐射噪声声压级大小。

3.2 实施内容

[试验条件]

- (a) 半消声室截止频率 50Hz。
- (b) 试验频率范围为 100Hz~20000Hz。
- (c) 安装姿态按照厂家设计要求。
- (d) 试验仪器设备

仪器名称	型号	编号
48 通道数据采集前端	LMS SCL220	62164801

声校准器	B&K 4231	3016604
传声器	GRAS 46AE	246209, 246210, 246211, 246212

(e) 试验工况

转速 (r/min)	电动峰值扭矩 (Nm)	电动额定扭矩 (Nm)
1000	320	159
2000	320	159
3000	320	159
4000	240	145
5000	180	114
6000	140	95
7000	110	83
8000	95	73
9000	85	65
9500	75	61

[试验方法]

- (a) 按照标准中驱动电机系统声压级传声器位置进行测点布置，并校准。测量距离为 1m 和 0.5m。
- (b) 脱开驱动法兰，使测功机按照各试验转速运转，测量背景噪声。
- (c) 连接驱动法兰，按照各试验工况运行被试件，并记录各测点声压级。
- (e) 每个工况记录两组数据，然后对每个测点声压级进行平均。
- (f) 按照标准中平均声压级计算公式进行计算并修正。



3.3 试验结果

3.3.1 1m 平均声压级

工况	声压级 L' [dB (A)]	声压级 L'' [dB (A)]
1000r/min@320Nm	68.67	42.65
1000r/min@159Nm	62.66	
2000r/min@320Nm	73.60	46.33
2000r/min@159Nm	69.46	
3000r/min@320Nm	74.31	48.26
3000r/min@159Nm	69.14	
4000r/min@240Nm	79.84	50.89
4000r/min@145Nm	81.18	
5000r/min@180Nm	76.32	53.04
5000r/min@114Nm	75.54	
6000r/min@140Nm	79.46	55.20
6000r/min@95Nm	71.06	
7000r/min@110Nm	78.44	58.46
7000r/min@83Nm	75.74	
8000r/min@95Nm	77.44	62.04
8000r/min@73Nm	76.10	
9000r/min@85Nm	82.31	62.18
9000r/min@65Nm	81.76	
9500r/min@75Nm	80.25	61.60
9500r/min@61Nm	80.84	

3.3.2 0.5m 平均声压级

工况	声压级 L' [dB (A)]	声压级 L'' [dB (A)]
1000r/min@320Nm	72.28	46.64
1000r/min@159Nm	66.78	
2000r/min@320Nm	77.40	50.26
2000r/min@159Nm	73.82	
3000r/min@320Nm	78.90	52.23
3000r/min@159Nm	72.76	
4000r/min@240Nm	83.64	54.34
4000r/min@145Nm	84.49	
5000r/min@180Nm	80.29	56.57
5000r/min@114Nm	79.13	
6000r/min@140Nm	82.65	59.48
6000r/min@95Nm	75.56	

7000r/min@110Nm	81.48	62.39
7000r/min@83Nm	79.88	
8000r/min@95Nm	83.23	64.67
8000r/min@73Nm	81.28	
9000r/min@85Nm	85.24	66.76
9000r/min@65Nm	84.84	
9500r/min@75Nm	85.45	65.23
9500r/min@61Nm	85.35	

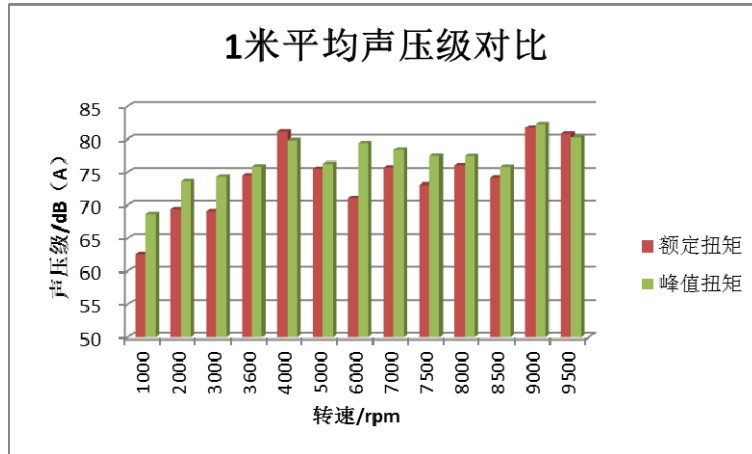
3.4 测量修正

根据标准第8章方法进行背景噪声修正,由于半消声室的声学环境满足GB/T 6882-2016,因此 K_2 不做修正。

3.4.1 1m 平均声压级

工况	ΔL	声压级 L [dB (A)]
1000r/min@320Nm	26.02	68.67
1000r/min@159Nm	20.01	62.66
2000r/min@320Nm	27.27	73.60
2000r/min@159Nm	23.13	69.46
3000r/min@320Nm	26.05	74.31
3000r/min@159Nm	20.88	69.14
4000r/min@240Nm	28.95	79.84
4000r/min@145Nm	30.29	81.18
5000r/min@180Nm	23.28	76.32
5000r/min@114Nm	22.5	75.54
6000r/min@140Nm	24.26	79.46
6000r/min@95Nm	15.86	71.06
7000r/min@110Nm	19.98	78.44
7000r/min@83Nm	17.28	75.74
8000r/min@95Nm	15.4	77.44
8000r/min@73Nm	14.06	75.93
9000r/min@85Nm	20.13	82.31
9000r/min@65Nm	19.58	81.76
9500r/min@75Nm	18.65	80.25
9500r/min@61Nm	19.24	80.84

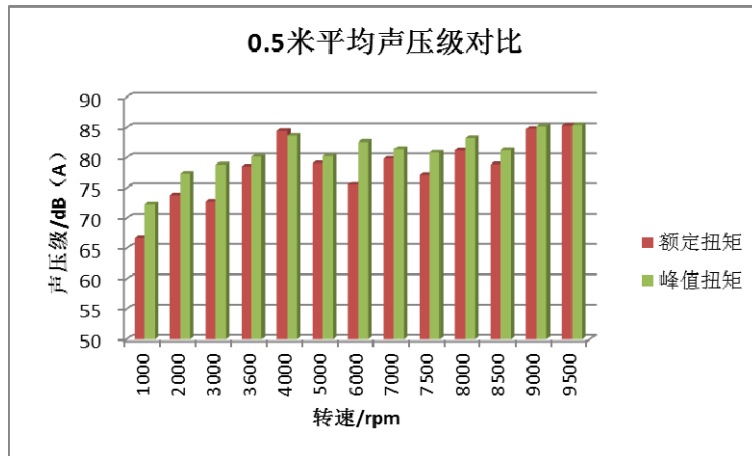
注: 根据标准, $\Delta L > 15$ 时, K_1 不做修正。



3.4.2 0.5m 平均声压级

工况	ΔL	声压级 L [dB (A)]
1000r/min@320Nm	25.64	72.28
1000r/min@159Nm	20.14	66.78
2000r/min@320Nm	27.14	77.40
2000r/min@159Nm	23.56	73.82
3000r/min@320Nm	26.67	78.90
3000r/min@159Nm	20.53	72.76
4000r/min@240Nm	29.3	83.64
4000r/min@145Nm	30.15	84.49
5000r/min@180Nm	23.72	80.29
5000r/min@114Nm	22.56	79.13
6000r/min@140Nm	23.17	82.65
6000r/min@95Nm	16.08	75.56
7000r/min@110Nm	19.09	81.48
7000r/min@83Nm	17.49	79.88
8000r/min@95Nm	18.56	83.23
8000r/min@73Nm	16.61	81.28
9000r/min@85Nm	18.48	85.24
9000r/min@65Nm	18.08	84.84
9500r/min@75Nm	20.22	85.45
9500r/min@61Nm	20.12	85.35

注：根据标准， $\Delta L > 15$ 时， K_1 不做修正。



(四) 明确标准中涉及专利的情况，对于涉及专利的标准项目，应提供全部专利所有权人的专利许可声明和专利披露声明

本标准中不涉及专利。

(五) 预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

本标准作为电动汽车用电动动力系噪声评价行业标准，是我国电动汽车行业标准体系的重要组成部分，标准的研究与制定对我国电动汽车领域标准体系建设具有重要意义。将解决我国电动汽车用电动动力系噪声试验方法缺失的局面。此外，电动动力系作为汽车节能减排的终极技术路线，本标准的制定将会促进该行业的健康发展，并为推进电动汽车的应用及节能减排的国家战略做出重要贡献。

(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与测试的国外样品、样机的相关数据对比情况

无。

(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

本标准属于电动车辆领域的电驱动系统类别系列标准，与现行相关法律、法规、规章及相关标准没有冲突或矛盾。

(八) 重大分歧意见的处理经过和依据

本标准制定过程中，无重大分歧。

(九) 标准性质的建议说明

建议本标准作为汽车行业标准实施。

(十) 贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法、实施日期等）

建议国家加强电动汽车用电动动力系相关产品的基础工业水平，出台鼓励性政策和技术措施进一步引导企业加大电动动力系多样化研发和应用。

(十一) 废止现行相关标准的建议

无。

(十二) 其他应予说明的事项

按照标准工作组专家提出的修改意见，标准名称由《电动汽车驱动电机系统噪声限值及测定方法》改为《电动汽车用电动动力系噪声测量方法》。

噪声标准起草小组

2018年9月4日