

GB/T《电动汽车用混合电源技术要求》 编制说明

一、工作简况

1、任务来源

近年来，工信部《汽车产业中长期发展规划》、《乘用车企业平均燃料消耗量与新能源汽车积分并行管理办法》等文件陆续出台，对新能源汽车与传统汽车节能减排技术的发展提出了明确的要求。根据《汽车产业中长期发展规划》，2020 年整车企业年平均燃油消耗需达到 5L/百公里，2025 年平均燃油消耗需达到 4L/百公里。作为一种创新的、高性价比的节能减排解决方案，混合电源技术迅速发展并得到了广泛的应用。

有别于动力电池的技术要求，混合电源具备工作电压等级低、体积小、充放电倍率高等特点，现有的动力电池标准不能完全适用。随着混合电源产品日趋广泛的产业化应用，亟需针对性的制定相关标准，引导和规范混合电源产品的技术要求，促进产业健康、有序发展。

本项目制定计划于 2016 年 12 月正式下达，计划编号 20162464—T—339。

2、参与单位

本项目由全国汽车标准化技术委员会归口，参与单位主要包括电动汽车整车、电池生产企业以及检测机构。

3、制定过程

(1) 2016 年 2 月至 4 月，对标准展开前期预研及立项准备，完成标准项目必要性、可行性及科学性分析，重点梳理并明确标准框架、主要内容以及国内外情况。标准项目于 2016 年 10 月 14 日至 10 月 30 日在国家标准化管理委员会网站进行了立项公示，计划编号 20162464—T—339。

(2) 2017 年 4 月 6 日，在昆明召开了电动汽车用动力蓄电池标准研究工作组（以下简称“电池工作组”）二届九次工作会议，会议介绍了标准制定背景、国际相关标准情况以及下一阶段工作计划。

(3) 2017 年 11 月 21 日，在天津召开了标准起草组会议，会议重点讨论了混合电源技术的低压应用场景以及主要技术要求。在低压应用场景之中，48V 电源的技术要求是核心内容，内容涉及安全性能、电性能、循环寿命以及环境耐久性等。在安全性能方面，试验项目主要参考《电动汽车用动力蓄电池安全要求》（该标准已于 2020 年 5 月批准发布，标准号 GB 38031—2020），并根据 48V 应用场景和布置位置，对试验方法和技术要求进行调整；在电性能方面，试验项目主要参考 GB/T 31467.1—2015，未提具体指标要求；循环寿命方面，试验项目主要包括标准循环和工况循环，标准循环以 SOC 窗口进行试验，初步考虑加速试验方法，缩短测试时间；工况循环需要依据能耗测试方法的工况曲线，由主机厂提供循环下电池充放电的情况，起草组汇总整理得到通用的工况循环曲线；环境耐久方面，试验项目主要包括低温存储、低温运行、高温存储、高温运行以及温度循环。

(4) 2017 年 11 月 28 日，在杭州市召开了电池工作组二届十次工作会议，会议介绍了标准制定最新进展，并就标准行业调研、标准框架、现阶段重难点工作、以及下一阶段标准工作开展进行了说明。

(5) 2018 年 11 月 14 日，在天津召开了标准起草组会议，会议主要讨论了混合电源在低压应用场景及高压应用场景下的试验项目和技术要求。在低压应用场景方面：低压混合电源的类型需要涵盖 48V 电源与 12V 锂电池混合的情况；针对由镍氢电池组成的 48V 电源，电性能的指标要求建议与锂电池区分开，安全性、循环寿命等其他方面的要求保持一致；48V 电源安全性要求中增加了电池排气安全试验的内容，但由于试验方法未达成统一和设备条件还未成熟，这一部分内容放入资料性附录中；结合《电动汽车用动力蓄电池安全要求》以及 48V 电源的应用场景，对安全要求进行了讨论；循环寿命测试方面，会议讨论建议参照 ISO 12405—1 开展，并由万向一二三提供一版循环测试的工况，相关内容在下一次起草组会议中讨论。在高压应用场景方面，需要进一步讨论高压混合电源的形式及其要求的特殊性。

(6) 2019 年 3 月 11 日~12 日，在天津召开了中德动力电池标准交流会议，中方介绍了 GB/T《电动汽车用混合电源技术要求》标准的制定历程、框架、以及主要内容。期间，中德双方就 48V 电源安全试验要求以及热扩散试验结果等内容进行了交流。

(7) 2019 年 4 月 25 日，在天津召开了 GB/T《电动汽车用混合电源技术要求》标准及动力电池热失控 ISO 国际提案的讨论会。在低压混合电压的技术要求方面，会议建议以资料性附录方式增加并明确排气安全试验方法；本标准仅提供循环寿命试验方法，具体指标要求由供需双方协商确定。同时，起草组认为目前标准内容太过倾向于 48V 电源，需要增加 48V 混合电源系统的要求，以及对 BSG 和 DCDC 的要求。

(8) 2019 年 5 月 16 日，在苏州市召开了电池工作组二届十三次工作会议，会议介绍了标准草案最新内容。针对低压混合电源技术要求，与会代表就标准的框架与适用对象、电性能试验的倍率要求以及排气试验方法与试验设备等问题进行了交流。针对高压混合电源技术要求，与会代表就其他可能存在的高压混合电源形式进行了咨询和讨论，针对这一问题后续需要在标准的适用范围中进行更明确的定义。

(9) 2019 年 10 月 10 日，在天津召开了电动汽车用动力电池标准讨论会，会议就标准框架、适用范围等行业反馈问题进行了讨论。

(10) 2020 年 3 月 31 日，以视频会议形式召开了电动汽车用混合电源技术要求专题讨论会，来自电动汽车整车、动力电池、检测机构等单位的二十多名专家代表参加了本次会议。会议重点就 GB/T《电动汽车用混合电源技术要求》标准框架、循环寿命与排气试验方法、后续工作计划等内容进行了充分交流与讨论。会议讨论明确了本标准适用于最高直流工作电压低于 60V 的混合电源系统，并以 48V 混合电源系统作为典型示例进行说明，对于其他类型或组合形式的混合电源系统可参考执行，本标准将不作统一规定和说明；48V 电池应符合 GB 38031—2020《电动汽车用动力蓄电池安全要求》，本标准不作特别要求或豁免（如绝缘电阻

要求)；本标准循环寿命试验方法暂时参照 ISO 12405—1 或制造商提供的测试工况执行。后续，工作组将组织整车企业对道路工况转化进行专项研究，并视研究成果和进度对标准草案进行调整或补充；为引导企业重视排气安全，本标准将以资料性附录形式介绍排气成分检测及危害分析方法。

(11) 2020 年 4 月 29 日，以视频会议形式召开了电池工作组二届十四次工作会议，来自国内外电动汽车整车、动力电池、检测机构、高校及科研院所等单位的 200 多位专家代表参加了本次会议。会议重点介绍了 GB/T《电动汽车用混合电源技术要求》标准框架、重点试验项目以及后续工作计划。会后结合行业反馈意见，对标准草案进行完善。

(12) 2020 年 6 月 5 日，以视频会议形式召开电动汽车用混合电源技术要求专题讨论会，会议就行业反馈意见进行了逐项说明和讨论。

(13) 2020 年 7 月 27 日，在电池工作组范围内提交 GB/T《电动汽车用混合电源技术要求》工作组讨论稿供行业讨论。相比原来版本主要有以下几个变化：a) 适用范围：删除了高压内容，本标准仅规定了 48V 混合电源系统技术要求和试验方法；b) 增加了“混合电源系统”和“48 V 混合电源系统”等术语定义；c) 调整了技术要求内容，主要包括：一般要求、功能要求、安全要求以及电性能要求，其中试验对象可为 48 V 混合电源系统或 48 V 电源；d) 结合 GB/T 31467.1—2015 等标准，细化了功率性能试验、循环寿命试验等试验方法；e) 完善了排气安全试验内容。

二、标准编制原则和主要内容

1、编制原则

(1) 本标准按照 GB/T 1.1—2020 给出的规则起草。

(2) 标准编制充分考虑了我国混合电源产品的产品特性、使用环境和应用经验。

(3) 标准编制充分考虑了国内外现有标准法规（电动汽车、动力电池等内容）的统一和协调。

2、主要内容

(1) 适用范围

本标准规定了电动汽车用混合电源系统的技术要求和试验方法，适用于 48V 锂离子蓄电池或镍氢蓄电池与 12V 铅酸蓄电池或锂离子蓄电池组成的混合电源系统，对于由其他种类（如电容器）或电压等级（如 42V）的可充电储能装置组成的混合电源系统可参照执行。

(2) 功能要求

48 V 混合电源系统可与逆变器、BSG 电机等部件构成混合动力系统，用于实现自动启停、动力辅助、能量回收以及电动爬行等功能，这要求 48V 混合电源系统在功能实现方面应具备充放电功能以及预充功能。另外，随着技术发展，48V 混合电源系统通常配备独立的电池管理系统，可用于检测电池各项参数，并实现故障诊断、处理等功能。

(3) 安全要求

安全要求方面主要规定了 48V 混合电源系统在工作电压、电气连接、机械连接、阻燃性能以及电池安全五方面内容，其中：

① 本标准参考 GB/T 2408-2008 对 48V 混合电源系统的各部件外壳及连接线束提出阻燃性能要求，目的是防止 48V 混合电源系统起火后快速引燃乘客舱；对于 48V 电源内部的材料要求，可根据 GB 38031—2020 中的热扩散等试验进行评估。

② 48V 混合电源系统可实现自动启停、动力辅助、能量回收以及电动爬行等功能，此时 48V 电源作为动力电池使用，其安全要求应符合 GB 38031—2020《电动汽车用动力蓄电池安全要求》。

③ 48V 电源具有尺寸小、重量轻的特点，在整车布置方面通常置于乘员舱内部。考虑 48V 电源在危险情况下会发生排气现象，且气体成分中存在 CO、COF₂等毒性气体，为此本标准中增加了 48V 电源排气安全要求，用于识别并避免 48V 电源在排气时产生的安全风险。其中，对于布置在乘客舱内且未配置排气装置的 48V 电源，本标准要求参照 6.4.2.2 或者制造商提供的安全性说明文件进行试验或证明。

在排气安全试验方面，本标准提供了一种试验测试方案，试验中可采用加热或者过充两种方式触发单体电芯排气，然后通过气体收集和分析等环节，测定各组分含量。

(4) 电性能要求

电性能要求主要规定了 48V 混合电源系统在容量、功能性能、无负载容量损失、存储中容量损失以及高低温启动功率等方面内容，其中：

① 功率性能的测试方法，参考了 GB/T 31467.1—2015 中 7.2 章节内容，并进行了适应性修改。对于 48V 电源，10s 充放电功率是一个常用的功率指标，18s 的充放电功率较少被使用到。因此在制定针对 48V 电源的功率性能测试工况时，充电和放电脉冲时间均设置为 10s。同时，考虑到整车对 48V 电源充放电倍率的高要求，在针对 48V 电源的功率性能测试工况中，要求室温下 10s 的充放电倍率为 20C 或者 $I'_{\max}(SOC, RT, 10)$ 两者绝对值之间较大值，即至少达到 20C。此外，相比于 GB/T 31467.1—2015 中 7.2 章节，功率性能的测试方法中增加了功率密度的定义，并在 5.4.2 章节中提出了具体的功率密度要求。

② 容量、无负载容量损失、存储中容量损失与高低温启动功率的测试方法与 GB/T 31467.1—2015 保持一致（对应的章节分别为 7.1、7.3、7.4 和 7.5）。容量、无负载容量损失以及存储中容量损失三项测试，结合 48V 混合电源系统产品的特点以及行业意见反馈情况，分别对 48V 锂离子蓄电池组成的混合电源和 48V 镍氢蓄电池组成的混合电源提出了具体要求。高低温启动功率的要求与整车的使用需求相关性较高，对于指标不做具体要求，由供需双方协商确定。

(5) 循环寿命要求

循环寿命试验参照了 ISO 12405—1 中定义的试验方法。通过对标国内外关于循环寿命测试的标准，以及研究整车厂针对 48V 混合电源的实际使用工况，ISO 12405—1 中给出参

考试验工况的最大充放电倍率、平均充放电倍率（均方根值）与实际使用工况较为符合，且 ISO 12405—1 规定的试验方法中，一个大的循环工况由若干个主放电工况和若干个主充电工况组成，由于 48V 混合电源系统在整车上是在特定 SOC 区间使用的，通过这样的测试工况设计，在循环寿命测试过程中能够覆盖整个 SOC 使用区间，更加贴合整车使用场景，从而更准确的反映 48V 混合电源系统或 48V 电源在使用过程中的寿命衰减情况。

标准正文表 8 对试验步骤进行了具体的描述，步骤 5 和步骤 6 对试验过程中的 SOC 上下限进行了要求，可以是 30%~80%区间，也可以是结合 48V 混合电源系统的使用情况由供需双方商定的区间；步骤 8 推荐了几种寿命终止的条件，可由供需双方选择；需要注意的是，在步骤 3 进行 SOC 调节时，要基于当前循环中步骤 1 测量得到的容量值进行调节。

三、主要试验（或验证）情况分析

在本标准制定过程中，成立了排气安全和循环寿命试验专项研究工作小组。

（1）排气安全试验

排气安全试验专项小组在标准制定过程中，与吉利、上汽通用五菱、一汽、长安、沃尔沃等多家整车企业，以及天津中汽检测中心、上海机动车、中认英泰（苏州）、普瑞赛斯（深圳）等国家国内检测机构就排气试验方法与试验设备进行了深入讨论，由万向一二三与国轩两家电池制造商结合自身在排气试验方面的试验经验，对技术方案进行了具体的研究与制定，收集行业反馈意见并进行修订。目前由于行业内关于排气试验的方法未达成统一，设备条件还未成熟，但针对48V混合电源的排气安全风险不能忽视，因此本标准中关于排气安全给出了3种试验方式，其中采用方式b）开始试验时，可参照附录B（资料性附录）给出的方法或供需双方商定的方法进行。

（2）循环寿命试验

循环寿命专项小组在标准制定过程中，与吉利、上汽通用五菱、一汽、长安、沃尔沃、银隆新能源、奇瑞捷豹路虎等多家整车企业，以及万向一二三、国轩、湖南科霸、宁德时代等多家电池制造商进行技术方案与技术参数的研究讨论，同时也与日本JARI、德国VDA标准化组织进行了技术交流。

在循环寿命试验方案的前期研究过程中，起草组首先详细研究分析了GB/T 31484—2015对于混合电源系统的实用性，结果发现GB/T 31484中定义的标准循环与工况循环均不适合用来评估48V混合电源系统的寿命，原因是48V混合电源系统在整车使用过程中是在特定SOC区间内使用，参照标准循环在100% DOD范围内循环得到的结果不能有效反应48V混合电源系统的寿命；另一方面，48V混合电源系统的最大充放电倍率远大于工况循环中定义的8C倍率，参照现有工况循环的试验方法不能有效评估48V混合电源系统在大倍率充放电循环下的寿命衰减情况。基于以上分析结果，起草组决定对国内外现行的循环寿命测试标准进行研究分析，寻找最适合的试验方法。通过详细的对比分析，起草组认为ISO 12405—1中定义的试验工况与试验方法最为合适，最终本标准的循环寿命测试工况参照了ISO 12405—1中的定义，试验

方法结合了48V混合电源系统的应用经验，并参考了GB/T 31484—2015中定义的试验步骤。不同国内外循环寿命试验标准的对比研究结果见本编制说明第六章节内容。

四、明确标准中涉及专利的情况

本标准的主要技术内容及相关测试方法均不涉及专利。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

根据《汽车产业中长期发展规划》，2020年整车企业年平均燃油消耗需到达5L/百公里，2025年平均燃油消耗需达到4L/百公里。混合电源技术作为一种创新的节能减排方案，能够以较少的成本投入、对整车较小的设计改动，实现较可观的节油效果（根据整车企业油耗测试结果，集成48V混合电源系统的整车节油率为6~15%）。随着混合电源技术的广泛应用与深入发展，混合电源与整车动力总成的集成方式将会更加丰富多样，推动整车电气化的程度越来越高，在实现更多整车功能的同时，进一步降低整车燃油消耗。自2018年开始，吉利、长安、江淮、上海通用、上汽通用五菱、奇瑞捷豹路虎等多家整车企业搭载48V混合电源系统的车型已陆续量产销售，下一代48V混合电源系统的开发与集成、48V混合电源系统在商用车领域的应用也正在研发探索之中。以48V混合电源系统为代表的混合电源技术已具备坚实的产业化基础，预计在2020~2025年度将会迎来进一步的持续快速发展。而另一方面，针对这一新兴的产品以及其应用特点，现有的标准无法直接适用，亟需制定相应的技术要求标准，来规范和指导产品的开发与行业的发展。在此背景之下，GB/T《电动汽车用混合电源技术要求》的编制需求被提出，并获得主管部门批准。本标准的制定与颁布对行业管理的作用主要有以下几方面：

(1) 有效的补充了现有动力电池标准体系针对电动汽车用混合电源这一新兴产品的空缺，丰富和完善了标准体系架构。

(2) 本标准从电性能、安全性、循环寿命等方面对电动汽车用混合电源系统提出了详细的技术要求，并给出了具体的试验方法。规范了产品的技术要求，能够很好地指导和帮助整车企业、电池制造商开展混合电源系统的设计开发与验证，进而提升行业内产品的设计水平与质量水平，提升产品的竞争力。

(3) 本标准在制定过程中，与现有动力电池标准进行了充分的协调。本标准的制定与颁布，能够帮助整车企业、电池制造商以更科学、更合理的试验方法对电动汽车用混合电源系统进行综合评估，减少了重复试验。

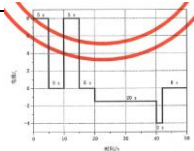
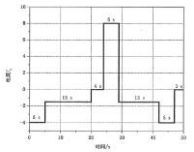

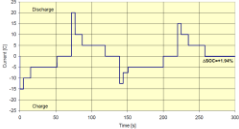
六、采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平的对比情况，国内外关键指标对比分析与测试的国外样品、样机的相关数据对比情况

本标准电性能试验方法主要参照了GB/T 31467.1—2015，仅在功率性能这一项试验中根据48V混合电源系统的特点对实验步骤进行了调整。安全试验方面，直接引用了GB 38031—2020的要求，此外还需要满足阻燃性与排气安全的试验要求。以上试验参照的GB/T

31467.1—2015 与 GB 38031—2020 在国际行业内处于领先地位，本标准在电性能与安全性方面没有更多引用国际标准内容。

本标准在循环寿命试验方法制定过程中，与 ISO 12405—1， ISO 18300， IEC 62600 等最新的电池及循环试验标准进行了对标，对标情况见表 1。

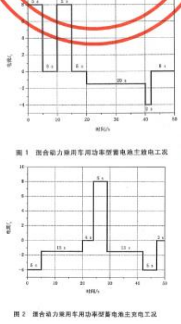
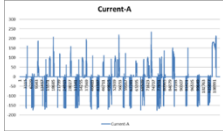
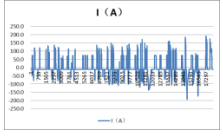
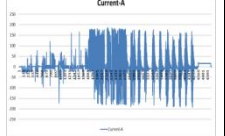
表 1 国内外锂电池循环寿命试验标准对比

	GB/T 31484 — 工况循环	ISO 12405	ISO 18300	IEC 62600	FreedomCAR																				
试验对象	电池系统	电池系统	电池系统（与铅酸电池组合）	电芯	针对 HV 混动系统，功率达到 10s 24/40kW，不适用于 48V 系统																				
试验温度	RT	RT	RT	45degC																					
SOC 窗口	30~80%或企业规定的值	30~80%或企业规定的值	未定义	30~80%或企业规定的值																					
最大电流	8C	放电 20C，充电 15C	未定义	放电 20C，充电 15C																					
试验工况	<div><p>图 1 混合动力乘用车用功率型锂离子电池主电流工况</p><p>图 2 混合动力乘用车用储能型锂离子电池主电流工况</p></div> <div><p>以下充电放电小循环组成一个大循环</p><p>Figure 7: Current profile for cycle life test - Discharge-rich profile</p><p>Figure 8: Current profile for energy cycle test - Charge-rich profile</p></div> <div><p>标准循环条件由双方共同讨论确定</p><table border="1"><caption>Table 4 - Cycle life test procedure</caption><tr><th>Step</th><th>Procedure</th><th>Ambient temperature</th></tr><tr><td>1.1</td><td>Thermal equilibration</td><td>RT</td></tr><tr><td>1.2</td><td>Charge</td><td>RT</td></tr><tr><td>1.3</td><td>Standard cycle (DC)</td><td>RT</td></tr><tr><td>1.4</td><td>Discharge at 1C</td><td>RT</td></tr><tr><td>2.1</td><td>Charge</td><td>RT</td></tr><tr><td>2.2</td><td>Standard cycle (DC)</td><td>RT</td></tr><tr><td>2.3</td><td>Discharge at 1C</td><td>RT</td></tr></table></div> <div>同 ISO 12405</div>	Step	Procedure	Ambient temperature		1.1	Thermal equilibration	RT	1.2	Charge	RT	1.3	Standard cycle (DC)	RT	1.4	Discharge at 1C	RT	2.1	Charge	RT	2.2	Standard cycle (DC)	RT	2.3	Discharge at 1C
Step	Procedure	Ambient temperature																							
1.1	Thermal equilibration	RT																							
1.2	Charge	RT																							
1.3	Standard cycle (DC)	RT																							
1.4	Discharge at 1C	RT																							
2.1	Charge	RT																							
2.2	Standard cycle (DC)	RT																							
2.3	Discharge at 1C	RT																							
结束条件	容量>90%初始容量，功率>85%	直至功率不足以无法完成试验工况或者容量/功率试验发现电池不满足要求	能量衰减至初始 80%	试验时间>6 个月 或 容量/功率衰减到初始值的 80%																					
判定准则	初始功率总放电能量>500 电池初始能量	未定义	未定义	未定义																					

在确定参照 ISO 12405—1 中定义的测试工况，用于开展电动汽车用混合电源循环寿命试验的过程中，对不同整车厂实车采集的工况与 ISO 12405—1 中给定的工况进行了详细分析和对比。详见表 2。

表 2 ISO 12405—1 试验工况与实车采集 48V 混合电源运行工况对比

	ISO 12405—1	NEDC	WLTP	实车试验工况
--	-------------	------	------	--------

试验工况				
最大充电电 流/倍率	15C (120A—8Ah)	234A	192A	186A
最大充电电 流/倍率持续 时间	5s	0.1s	0.1s	4s
最大放电电 流/倍率	20C (160A—8Ah)	175A	192A	192A
最大放电电 流/倍率持续 时间	5s	0.05s	1s	4s
RMS 充放电 电流/倍率	6.3C (50.4A—8Ah)	50.8A	52.6A	59.6A

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

本标准是我国针对电动汽车用混合电源这一新型产品制定的推荐性国家标准，本标准的制定很好地补充了现有标准体系在这一新型产品领域的空缺。制定过程中，与 ISO 18300、ISO 12405—1 等国际标准法规，以及 GB/T 31467.1—2015、GB/T 31484—2015 等国内标准进行了充分协调。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

在标准草案起草过程中，起草组与行业反馈的意见主要集中在标准的范围与框架上，普遍的反馈是标准范围涵盖高压与低压两种电压等级的混合电源系统，涉及到的产品形式和种类过于庞大，标准内容难以聚焦。同时，标准正文主要针对的是两种应用最广的产品形式——48V 低压混合电源系统以及超级电容与锂电池组成的高压混合电源系统。这样造成了标准范围与标准内容不一致的情况。经过起草组的反复研究讨论，向行业广泛地征询混合电源产品形式、进一步聚焦具备产业化基础的产品类型，向主管部门及时的汇报沟通，最终选择行业内具备普遍产业化基础并亟需标准化指导的 48V 混合电源系统作为适用对象，其他类型的混合电源系统参照此标准执行。这一范围的确定，精简和理清了标准框架与内容，起到了更

好的规范与指导作用。

九、标准性质的建议说明

本标准作为推荐性标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

无。

十一、 废止现行相关标准的建议

本标准的颁布实施，是对现有标准体系的完善与补充，无需废止现有标准。

十二、 其他应予说明的事项

无。