

T/TMAC

团 体 标 准

T/TMAC XXXX—XXXX

增程式电动汽车动力系统通用技术要求

General technical requirements for power systems of extended-range electric vehicles

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国技术市场协会 发 布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 2

5 一般要求 2

5.1 系统组成和架构 2

5.2 系统功能要求 2

5.3 系统一般性要求 3

5.4 控制策略 4

5.5 上下电流程 5

5.6 软件升级 5

5.7 OBD 诊断 6

5.8 功能安全 6

6 技术要求 6

6.1 输出特性 6

6.2 响应特性 6

6.3 电气安全 7

6.4 环境适应性 7

6.5 可靠性 7

6.6 噪声 7

6.7 振动 7

7 试验方法 7

7.1 输出特性 7

7.2 能量转换效率 8

7.3 启动时间 8

7.4 动态响应 8

7.5 停机特性 8

7.6 电气安全 8

7.7 可靠性验证 9

7.8 颗粒物排放 9

7.9 噪声 9

7.10 振动 9

8 检验规则 9

8.1 检验分类 9

8.2 检验项目 9

8.3 出厂检验 10

8.4 型式检验 10

8.5 组批与抽样 10

8.6 判定规则 10

9 标志、包装、运输和贮存 10

9.1 标志 10

9.2 包装 10

9.3 运输 10

9.4 贮存 10

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由××××提出。

本文件由中国技术市场协会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

增程式电动汽车动力系统通用技术要求

1 范围

本文件规定了增程式电动汽车动力系统的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输与贮存。

本文件适用于电动汽车增程式动力系统。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 18297 汽车发动机性能试验方法
GB 18352.6 轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）
GB/T 18488-2024 电动汽车用驱动电机系统
GB/T 18655-2025 车辆、船和内燃机 无线电骚扰特性 用于保护车载接收机的限值和测量方法
GB/T 19055 汽车发动机可靠性试验方法
GB/T 19596 电动汽车术语
GB/T 34590.9-2022 道路车辆 功能安全 第9部分：以汽车安全完整性等级为导向和以安全为导向的分析
GB/T 40822 道路车辆 统一的诊断服务
GB/T 41588.1 道路车辆 控制器局域网（CAN） 第1部分：数据链路层和物理信令
GB/T 41588.2 道路车辆 控制器局域网（CAN） 第2部分：高速媒介访问单元
GB/T 41588.3 道路车辆 控制器局域网（CAN） 第3部分：低速容错、媒介相关接口
GB/T 41588.4 道路车辆 控制器局域网（CAN） 第4部分：时间触发通信
GB/T 41871 信息安全技术 汽车数据处理安全要求
GB/T 44778 汽车诊断接口信息安全技术要求及试验方法
HJ 437 车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车车载诊断(OBD)系统技术要求

3 术语和定义

GB/T 19596界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

增程器 range extender
由内燃机和发电机及控制器组成用于延长电动汽车续驶里程的车载供电装置。

3.2

持续功率 continuous power
增程器可持续输出的最大电功率。

3.3

综合能量转换效率 integrated energy conversion efficiency
额定电压下，增程器全发电工况运行，每单位燃料可以发出的电量平均值。

3.4

最高能量转换效率 maximum energy conversion efficiency
额定电压下，增程器在最佳发电工况运行，每单位燃料可以发出的电量值。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件：
DC-DC：直流-直流转换器（DC-DC Converter）
EMS：发动机管理系统（Engine Management System）
GCU：发电机控制器（Generator Control Unit）
ISG：集成启动发电机（Integrated Starter Generator）
MCU：驱动电机控制器（Motor Control Unit）
PDU：电力分配单元（Power Distribution Unit）
VCU：整车控制器（Vehicle Control Unit）

5 一般要求

5.1 系统组成和架构

- 5.1.1 增程式电动汽车动力系统以层级方式进行划分为：增程式动力系统与纯电动力系统。其中，增程式动力系统由增程专用发动机、ISG、EMS 和 GCU 组成。增程动力系统各组件的功能应符合下列要求：
- a) 增程专用发动机：与 ISG 通过机械结构连接，受到 EMS 的控制，并执行 EMS 的相关指令；
 - b) ISG：与增程专用发动机通过机械结构连接，受到 GCU 的控制，并执行 GCU 的相关指令；
 - c) EMS：接收动力系统如 GCU、VCU 等的信号，并控制增程专用发动机工作；
 - d) GCU：接收动力系统如 EMS、VCU 等的信号，并控制 ISG 工作。
- 5.1.2 增程式动力系统根据技术状态的发展与差异，允许 EMS、GCU 等进行集成。
- 5.1.3 纯电动力系统与纯电动汽车动力系统相同，主要由动力电池、PDU、MCU、驱动电机以及必要的控制节点构成。
- 5.1.4 增程式电动汽车动力系统按层级划分的系统架构图 1 所示：

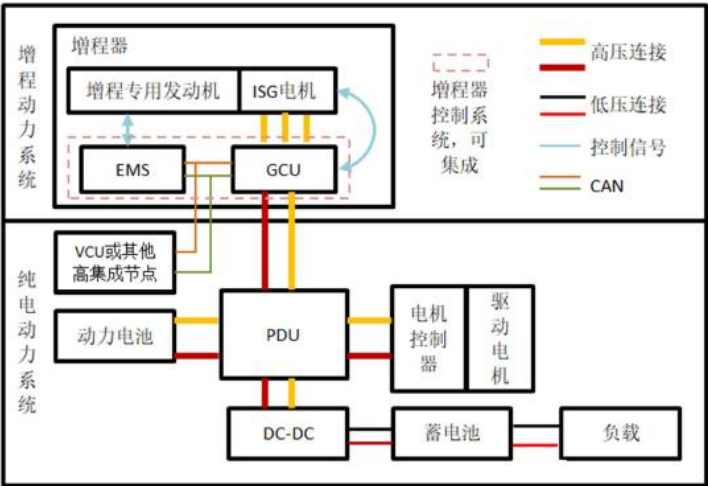


图 1 增程式电动汽车 (EREV) 动力系统架构

5.2 系统功能要求

5.2.1 总体功能描述

- 5.2.1.1 增程式电动汽车动力系统架构如图 1 所示，首先 VCU 通过整车 CAN 网络来监测整车及增程系统的实时工作状态，并根据动力电池功率需求、车辆运行实时总耗电量需求或整车总功率需求，向增程式动力系统发送启动、停止以及发电功率等指令，从而实现对增程式动力系统的控制。
- 5.2.1.2 增程动力系统根据接收到的发电功率指令，基于效率最优原则计算增程专用发动机、ISG 运行所需的转速和扭矩，并通过 CAN 网络对相关信号进行传输。EMS、GCU 根据预先开发的策略，根据接收到的指令控制增程专用发动机、ISG 运行到目标扭矩或转速，以此去满足 VCU 对于发电功率的需求。

5.2.2 VCU 对增程式动力系统的功能需求以及控制功能

5.2.2.1 VCU 实时监控增程式动力系统工况、EMS 及 GCU 故障等级、主动放电反馈、实际功率反馈、当前允许最大功率、低压反馈和自检状态，同时还接收 EMS 和 GCU 的状态信息，包括电机母线电压、发动机转速等。

5.2.2.2 启动增程式动力系统前，VCU 需要判断 EMS 以及 GCU 的故障等级，当故障等级为 0 时，VCU 发送启动命令，将 EMS 和 GCU 控制启停位使能。

5.2.2.3 VCU 启动增程式动力系统使能有效后，将 GCU 置成扭矩模式并输出扭矩请求，GCU 根据需求扭矩拖增程专用发动机运行，增程式动力系统依次进行发动机点火、启动，并进入怠速状态。

5.2.2.4 VCU 会根据 EMS 和 GCU 反馈的状态信息进行状态转换。EMS 或 GCU 根据 VCU 的功率需求指令，基于效率最优原则计算增程专用发动机、ISG 运行所需的扭矩与转速，并在确认系统进入怠速工况后，根据预设的发电方式将目标转速与扭矩分别发送给 EMS 和 GCU。

5.2.2.5 EMS 与 GCU 根据接收到的指令控制增程专用发动机、ISG 运行到目标扭矩或转速，以此去满足 VCU 对于发电功率的需求。

5.2.2.6 当增程式动力系统处于发电工况时，EMS 或 GCU 根据接收 VCU 发送来的当前的需求功率与增程器所能输出的最大功率，控制增程式动力系统在不超过最大输出能力的范围内工作，防止出现异常。

5.2.2.7 根据预先制定的策略，VCU 可接受来自 EMS、GCU 的水温等信息，并通过与驱动电机水温的控制要求来实现增程式电动汽车动力系统的的功能。基于发动机水温允许范围与 ISG 和驱动电机不同的背景，对于热管理的控制也可由不同的控制节点来分别控制。

5.2.2.8 当系统有停机需求时，VCU 通过失能启停控制位，来实现对增程式动力系统的稳步停机。

5.2.3 EMS 功能

5.2.3.1 EMS 上电自检，周期性往内部 CAN 发送自身工作状态帧，包括发动机控制模式（扭矩控制或转速控制）、故障等级、状态反馈（停机、启动、怠速、发电）、冷却风扇开度百分比、发动机转速和发动机实际扭矩。另外根据实际需求，EMS 还可向 VCU 发送发动机状态帧，包括燃料消耗速度、点火角度、喷气脉宽、发动机故障灯的状态等。

5.2.3.2 启动阶段，EMS 接收 VCU 启动使能，使能燃料喷射功能，当 ISG 根据启动扭矩拖动发动机时，发动机开始喷射燃料点火，实现启动功能，启动完成进入怠速状态。

5.2.3.3 怠速阶段，根据 VCU 的功率指令解析需求的扭矩与转速，并基于解析结果控制发动机进入发电工况，EMS 控制发动机跟踪目标转速或扭矩，并拖动 ISG 运行，从而实现系统的发电功能。运行过程中，根据实际运行状态，调整实际转速或扭矩使之与目标转速或扭矩相同或误差小于阈值，从而让输出的功率符合 VCU 的期望。

5.2.3.4 当接收到 VCU 的停机指令时，EMS 切断发动机的燃料喷射功能，发动机停止喷射燃料，转速下降，进入停机状态。

5.2.4 GCU 功能

5.2.4.1 GCU 从上电自检，周期性的往内部 CAN 上发送报文，包括逆变器的工作状态、当前电机的故障等信息。

5.2.4.2 根据预先制定的策略，GCU 周期性的接收 EMS 或 VCU 发送的 ISG 控制指令帧。停机状态时，ISG 控制位不使能，ISG 不输出扭矩，此时控制模式处于失能模式。

5.2.4.3 启动阶段，ISG 控制位使能，ISG 切换到扭矩或转速输出模式，具体值根据 CAN 帧解析。

5.2.4.4 启动成功后，发动机进入怠速状态或发电状态后，GCU 根据接收到的指令输出对应的转速或扭矩即可。同时，GCU 需要根据 EMS 或 VCU 发送的 ISG 转速限制、充电电压和充电电流限制，将对应的参数限制到正常范围，为系统提供保护。

5.2.4.5 停机阶段，ISG 控制帧电机控制位失能，ISG 不输出扭矩，转速为 0 时，ISG 进入停机状态。另外，根据策略需要，VCU 还会发送当前动力电池电压和电流信息帧给 GCU，GCU 周期性需要发送当前直流电流、相电流、当前电机输出扭矩、当前母线直流电压等信息。

5.3 系统一般性要求

5.3.1 电气

5.3.1.1 低压

VCU、GCU、EMS应通过整车KL15上低压电。GCU和EMS应通过VCU控制使能。

5.3.1.2 高压

系统高压上电与下电应该由VCU控制。

5.3.1.3 高压预充

增程式电动汽车动力系统高压预充流程应由VCU主导进行多节点协同监测。

5.3.1.4 高压放电

VCU应控制GCU的高压放电。

5.3.2 通信

5.3.2.1 总线

增程式动力系统通讯架构应基于CAN总线，物理层符合GB/T 41588.1、GB/T 41588.2、GB/T 41588.3、GB/T 41588.4的规定。

5.3.2.2 网络

5.3.2.2.1 系统网络

增程式动力系统通讯架构应与整车CAN网络连接并通信。

5.3.2.2.2 标定 CAN

应保留一路CAN用于GCU/EMS的标定功能。

5.3.2.2.3 报文

系统通讯报文应包含指令报文和反馈报文两部分。

5.3.2.2.4 指令

系统指令报文应包含工作模式、功率请求、高压放电等指令。

5.3.2.2.5 反馈

系统反馈报文应包含控制器状态、传感器信息和故障信息等内容。

5.3.3 软件

5.3.3.1 软件平台

VCU/EMS/GCU软件平台应符合AUTOSAR架构，应用软件应基于模型开发。

5.3.3.2 诊断

控制器诊断通讯协议应符合GB/T 41871的规定。

5.3.3.3 排放

EMS/GCU应符合相关阶段的排放法规要求。

5.4 控制策略

5.4.1 状态机

控制系统应保证增程控制系统拥有至少以下5种工作状态：停机状态、启动状态、怠速状态、暖机状态、发电状态。其中停机状态还可细分为：下电状态、数据存储状态、故障状态、低压上电状态、高压上电状态。

5.4.1.1 启动

增程式动力系统启动策略应符合发动机启动要求。

5.4.1.2 怠速

增程式动力系统怠速控制应符合发动机怠速要求。

5.4.1.3 暖机

增程式动力系统在进入高功率发电之前应先完成暖机，发动机水温符合相应要求后才允许高功率发电。

5.4.1.4 发电

增程式动力系统处于发电工况时，功率点应保证转速稳定、输出功率稳定、功率点之间切换应快速平稳。

5.4.1.5 停机

增程式动力系统正常停机应先从发电状态降至怠速状态后再停机。停机后应根据需求是否进行GCU高压放电。待接收到下电指令后，控制器进行数据存储，完成后彻底下电。

5.4.2 闭环控制

根据控制策略所在处，相关控制节点应具有多种闭环控制方式。

5.4.3 故障诊断

5.4.3.1 故障等级

VCU应报告给驾驶员至少三个故障等级，一级故障可能会影响增程式动力系统工作性能，但不影响正常发电，二级故障会使增程式动力系统无法进入高功率发电状态，三级故障则会直接导致增程式动力系统停机。

5.4.3.2 故障处理

故障的存储和读取应符合GB/T 44778要求。建立故障码和冻结帧的相关体系，确认故障优先级和产生条件，降低故障误报率。

5.4.4 热管理

热管理系统的散热风扇功率和水泵功率，以满足发动机、GCU及ISG的正常工作循环水温要求。

5.4.5 安全管理

VCU应该在故障诊断失效下防止增程式动力系统出现超速、超扭矩、过温、过压等危害较大的问题。

5.5 上下电流程

5.5.1 上电

控制系统上电时序应满足故障自检、高压预充、系统待机、发动机怠速等顺序状态。

5.5.2 下电

控制系统下电时序应满足发动机怠速、发动机停机、高压断开、高压放电、低压断开等顺序状态。

5.6 软件升级

5.6.1 通讯协议

控制器下位机通讯协议应满足GB/T 40822的规定。

5.6.2 上位机

控制器上位机通讯协议应满足GB/T 40822的规定。

5.7 OBD 诊断

5.7.1 EMS OBD 要求

故障码应符合HJ 437的规定。

5.7.2 GCU OBD 要求

故障码应符合HJ 437的规定。

5.8 功能安全

功能安全应符合下列规定：

- a) VCU：作为动力系统的核心控制节点，承担增程动力系统启停指令发送、高压上下电控制、故障分级处理等关键安全功能，其功能安全设计等级最低应符合 GB/T 34590.9 中 ASIL B 等级的规定；
- b) EMS：负责增程专用发动机燃料喷射、点火控制及转速/扭矩调节，直接影响发动机运行安全性与稳定性，其功能安全设计等级最低应符合 GB/T 34590.9 中 ASIL B 的规定；
- c) GCU：管控 ISG 的扭矩/转速输出、高压预充与放电，关联高压系统安全与发电功能可靠性，其功能安全设计等级最低应符合 GB/T 34590.9 中 ASIL B 的规定；
- d) 其他部件：PDU、DC-DC、MCU 等部件，应根据高压电能分配安全、低压供电稳定性、驱动电机控制安全性等安全目标，参符合设计功能安全等级规定。

6 技术要求

6.1 输出特性

6.1.1 功率输出

在25℃±5℃条件下，持续功率不应小于产品标称值的100%。峰值功率应符合设计要求。

6.1.2 功率控制精度

功率不大于50 kW时，偏差不应大于±1.0 kW；功率大于50 kW时，偏差不应大于±3%。

6.1.3 能量转换效率

6.1.3.1 汽油增程器最高能量转换率不应小于 3.0 kWh/L。

6.1.3.2 柴油增程器最高能量转换率不应小于 3.2 kWh/L。

6.2 响应特性

6.2.1 启动时间

从使能到怠速小于2 s，转速超调量不应大于200 r/min。

6.2.2 超扭矩

系统临近功率电切换时扭矩超调范围应小于250 Nm。

6.2.3 超温

发动机水温超过100℃时，系统应限制功率输出。发动机水温超过110℃时，系统应停机保护。

6.2.4 急停时间

增程动力系统从发电状态到停转的急停时间应小于4 s。

6.2.5 动态响应

50%的额定功率切换到90%的额定功率切换时间不应大于2 s。

6.2.6 停机特性

指令下达后2 s内应停止输出，内燃机反转角度不应超过设计值。

6.3 电气安全

6.3.1 绝缘电阻

绝缘电阻应符合GB/T 18488-2024中5.1.4的规定。

6.3.2 接地电阻

接地电阻应符合GB/T 18488-2024中5.3.1的规定。

6.3.3 耐电压

耐电压应符合GB/T 18488-2024中5.1.5的规定。

6.3.4 电容放电

主动放电至60 V时间不应大于3 s，被动放电不应大于5 min。

6.3.5 电磁兼容

电磁兼容应符合GB/T 18655-2025中3级的规定。

6.4 环境适应性

6.4.1 高温工作

在可工作的温度范围应能持续输出额定功率。

6.4.2 低温启动

-30 ℃静置24 h后应能正常启动。

6.5 可靠性

6.5.1 交变负荷试验

750 h试验后，功率衰减不应大于5%。

6.5.2 起停循环

5万次以上起停应无故障。

6.5.3 密封性能

压降不应大于5%。

6.5.4 颗粒物排放

颗粒物排放应符合GB 18352.6中VI阶段限值要求。

6.6 噪声

增程器持续功率点或峰值功率点噪声不应大于95 dB(A)。

6.7 振动

增程器总成振动加速度不应大于20g。

7 试验方法

7.1 输出特性

7.1.1 常温持续功率

在25℃±5℃环境，增程器以标称持续功率运行至热平衡，记录输出功率并与标称值比较。

7.1.2 高温持续功率

在45℃±2℃环境，增程器以标称持续功率运行至热平衡，记录输出功率并与标称值比较。

7.2 能量转换效率

按GB/T 18297的规定测量燃料消耗量，记录发电机控制器输出端电能，按公式（1）计算单位燃料发电量。

$$\eta = \frac{\int_0^t U(t)I(t)dt}{mf} \dots\dots\dots (1)$$

式中：
η——能量转换效率（kWh/kg）；
U(t)——输出电压（V）；
I(t)——输出电流（A）；
t——测试时间（h）；
mf——消耗燃料质量（kg）。

7.3 启动时间

将增程器在-30℃环境下静置24 h，启动增程器并触发启动指令，使用高速数据采集设备（采样频率≥1000 Hz）记录从启动指令发出到增程器达到稳定工作转速的时间，同时监测启动过程中转速的最大值与目标稳定转速的差值，即转速超调量。

7.4 动态响应

通过阶跃负载模拟功率需求变化，50%的额定功率切换90%的额定功率阶跃，记录达到目标功率90%的时间，使用1000 Hz及以上采样率记录转速超调量。

7.5 停机特性

- 试验应按下列步骤执行：
- a) 通过整车控制器或增程器控制器发送停机指令，同步启动数据采集系统；
 - b) 记录指令发送时刻；
 - c) 记录增程器输出功率降至 0 的时刻；
 - d) 内燃机转速变化曲线（停机后 3 s 内的转速数据）；
 - e) 计算停机时间，分析内燃机转速曲线，停机后 3 s 内转速是否出现负值（即反转）。

7.6 电气安全

7.6.1 绝缘电阻

试验方法应符合GB/T 18488-2024中6.2.4的规定。

7.6.2 接地电阻

试验方法应符合GB/T 18488-2024中6.4.1的规定。

7.6.3 耐电压

试验方法应符合GB/T 18488-2024中6.2.5的规定。

7.6.4 电容放电

- 7.6.4.1 主动放电：断开增程器高压电源，触发主动放电指令，使用电压表监测高压母线电压，记录从断电时刻到电压降至 60 V 的时间。
- 7.6.4.2 被动放电：断开增程器高压电源且不触发主动放电，自然放置并监测高压母线电压，记录从断电时刻到电压降至 60 V 的时间。

7.6.5 电磁兼容

按照GB/T 18655的规定，在电磁兼容测试环境中，对增程器的传导骚扰、辐射骚扰等项目进行测试，测试结果应满足标准中3级限值要求。

7.7 可靠性验证

7.7.1 交变负荷试验

按GB/T 19055规定执行。

7.7.2 起停循环

在常温25℃±5℃环境下，模拟实际使用工况，对增程器进行“启动→运行至额定转速→停机”的循环操作，累计完成10万次起停循环后，检查增程器是否出现机械故障或电气性能衰减。

7.7.3 密封性试验

在0.3 MPa油压及0.2 MPa气压下保压10 min，检查压降。

7.8 颗粒物排放

按GB 18352.6的规定执行。

7.9 噪声

将增程器置于半消声室中，在额定工况下稳定运行，使用声级计（A计权）在距离增程器表面1 m、高度1.2 m的位置测量噪声值，记录最大声压级。

7.10 振动

在增程器额定工况下运行时，在驾驶舱内座椅导轨、方向盘等典型位置安装振动加速度传感器，使用振动测试系统采集振动信号，计算振动加速度的有效值。

8 检验规则

8.1 检验分类

检验应分为出厂检验和型式检验。

8.2 检验项目

检验项目应符合表1的规定。

表 1 检验项目

序号	检验项目	出厂检验	型式检验
1	输出特性	√	√
2	能量转换率	√	√
3	启动时间	—	√
4	动态响应	—	√
5	停机特性		√
6	绝缘电阻	√	√
7	耐电压	√	√
8	电容放电	—	√
9	电磁兼容	—	√
10	交变负荷	—	√
11	起停循环	—	√
12	密封性	—	√
13	颗粒物排放	—	√
14	噪声	—	√
15	振动	—	√

注：“√”为检验项目，“—”为非检验项目。

8.3 出厂检验

8.3.1 每台产品应经制造商质量检验部门检验合格并出具合格证后方可出厂。

8.3.2 出厂检验项目应符合表 1 的规定。

8.4 型式检验

型式检验项目应符合表1的规定。有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品定型或老产品转厂生产的试制定型鉴定时；
- b) 正常生产时，每年检验一次；
- c) 材料、工艺或结构有重大变更，可能影响产品性能时；
- d) 停产 1 年以上恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

8.5 组批与抽样

同一生产班次、同一型号规格、同一工艺条件、同一批原材料生产的产品为一个检验批。抽样数量为3台，若有1台不合格，应加倍抽样复检。

8.6 判定规则

8.6.1 出厂检验中所有检验项目均符合表 1 规定时，判定该批产品出厂检验合格。

8.6.2 所有型式检验项目均符合本文件要求时，判定为合格；若有 1 项及以上检验项目不合格，允许从同批产品中加倍抽样对不合格项目进行复检；复检后仍不合格的，判定为不合格。

9 标志、包装、运输和贮存

9.1 标志

每台产品铭牌应包含下列内容：

- a) 制造商名称及商标；
- b) 产品型号及出厂编号；
- c) 持续功率、峰值功率（kW）；
- d) 额定输出电压范围（VDC）；
- e) 生产日期及许可证号。

9.2 包装

产品应采用全封闭式木箱包装，内部填充聚氨酯泡沫，驱动电机控制器应用防潮袋密封并放置干燥剂。包装外应标注“防潮”“易碎”“向上”等标识。

9.3 运输

运输过程中应避免剧烈振动、冲击和倒置。

9.4 贮存

产品应贮存在通风、干燥的仓库内，环境温度-20℃~50℃，相对湿度不应超过80%；贮存期超过1年时，应重新检验后方可使用。