

ICS 49.100
CCS V 56

MH

中华人民共和国民用航空行业标准

MH/T 6019—2026

代替 MH/T 6019—2014

飞机地面电源机组

Aircraft ground power unit

2026-01-11 发布

2026-02-01 实施

中国民用航空局 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	2
4 技术要求	3
4.1 总则	3
4.2 环境条件	3
4.3 电气特性	4
4.4 保护与监测系统	11
4.5 控制电路和供电联锁	14
4.6 安全要求	14
4.7 可靠性和维修性	17
4.8 高海拔	17
5 试验检验方法	17
5.1 试验前的准备	17
5.2 检查外观	17
5.3 测量质量	18
5.4 测量外形尺寸	18
5.5 检查连接器	18
5.6 检查灭火器	18
5.7 检查应急按钮	18
5.8 检查交流电源带负载能力	18
5.9 检查直流电源带负载能力	18
5.10 测量交流稳态输出特性	18
5.11 测量交流瞬态特性	19
5.12 测量直流稳态输出特性	20
5.13 测量直流瞬态输出特性	20
5.14 检查保护和监测装置	21
5.15 测量燃油消耗率和机油消耗率	22
5.16 检查飞机供电联锁功能	23
5.17 检查各指示装置	23
5.18 检查过热保护	23
5.19 检查电磁兼容	23
5.20 测量温升	23
5.21 检查常温启动性能	23
5.22 检查低温启动性能	23
5.23 测量噪声	23
5.24 测量振动值	24

5.25 测量绝缘电阻	24
5.26 耐压�试验	24
5.27 检查底盘要求	24
5.28 检查环保要求	24
5.29 检查接头安全联锁要求	24
5.30 低温试验	24
5.31 高温试验	24
5.32 湿热试验	25
5.33 长霉试验（零部件）	25
5.34 盐雾试验	25
5.35 淋雨试验	25
5.36 可靠性和维修性试验	25
5.37 高海拔试验	25
6 检验规则	25
6.1 检验分类	25
6.2 出厂检验	25
6.3 合格性检验	27
7 标牌、标识及使用说明书	27
7.1 标牌	27
7.2 标识	28
7.3 使用说明书	28
8 包装、运输及贮存	28
8.1 包装	28
8.2 运输	28
8.3 贮存	28
附录 A（规范性） 电源机组的底盘要求	29
A.1 通用要求	29
A.2 内燃式底盘专项要求	31
A.3 电动式底盘专项要求	32
A.4 拖曳式底盘专项要求	36
附录 B（规范性） 电源机组的底盘检测方法	38
B.1 通用要求检测	38
B.2 内燃式底盘专项检测	39
B.3 电动式底盘专项检测	40
B.4 拖曳式底盘专项检测	43

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。

本文件代替MH/T 6019—2014《飞机地面电源机组》。与MH/T 6019—2014相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 更改了直流电源负载能力（见4.3.2.2，2014版的4.3.2.2）；
- 更改了连接器的要求（见4.3.3，2014版的4.3.3）；
- 更改了电磁兼容的要求（见4.3.4，2014版的4.3.4）；
- 更改交流稳态负载特性（见4.3.5.1，2014年版的4.3.5.1）；
- 更改了交流瞬态负载特性（见4.3.6.1，2014版的4.3.6.1）；
- 更改了直流稳态输出特性（见4.3.7，2014年版的4.3.7）；
- 更改了接地故障的要求（见4.4.1.2.7，2014年版的4.4.1.2.7）；
- 更改了监测与通信的要求（见4.4.4.3，2014版的4.4.4.3）；
- 更改了交流电源机组的飞机供电联锁的要求（见4.5.2，2014版的4.5.2）；
- 更改了工作模式的要求（见4.5.3，2014版的4.5.3）；
- 更改了过热保护的要求（见4.6.1.1，2014版的4.6.1.1）；
- 更改了排气的要求（见4.6.1.4，2014版的4.6.1.4）；
- 修改了操作面板的要求（见4.6.1.6，2014版的4.6.1.6）；
- 更改了人性化设计的要求（见4.6.1.7，2014版的4.6.1.7）；
- 更改了灭火器的要求（见4.6.1.8，2014版的4.6.1.8）；
- 更改了人员安全的通则（见4.6.3.1，2014版的4.6.3.1）；
- 增加了底盘的要求（见4.6.4）；
- 修改了油耗的要求（见4.6.6，2014年版的4.6.6）；
- 增加了环保要求（见4.6.7）；
- 增加了接头安全联锁要求（见4.6.8）；
- 增加了高海拔的要求（见4.8）；
- 更改了检验试验方法、检验规则，按新修订的要求部分进行了重新编制（见5.5、5.10.2、5.11.2、5.14.9、5.14.19、5.19，5.30、5.31，2014年版的5.5、5.10.2、5.11.2、5.14.9、5.14.19、5.18、5.27、5.28）；
- 增加了外来物吸入的试验方法（见5.14.20）；
- 增加了操作面板的试验方法（见5.14.21）；
- 增加了防触电的试验方法（见5.14.22）；
- 增加了检查过热保护的试验方法（见5.18）；
- 增加了检查底盘要求的试验方法（见5.27）；
- 增加了检查环保要求的试验方法（见5.28）；
- 增加了检查接头安全联锁要求的试验方法（见5.29）；
- 增加了高海拔试验的试验方法（见5.37）；
- 删除了检验条件（见2014版的6.4）；
- 更改了标牌的要求（见7.1，2014版的7.1）；
- 更改了运输的要求（见8.2，2014版的7.4）。

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这些专利的责任。

本文件由中国民用航空局机场司提出。

本文件由中国民航科学技术研究院归口。

本文件起草单位：国家建筑城建机械质量监督检验中心、湖南省机场管理集团有限公司。

本文件主要起草人：马敏、吴瑞祥、陈辉、汤宇鹏、王宏宇、张巍。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 1999年首次发布为MH/T 6019-1999《飞机地面电源机组》；
- 2014年第一次修订为MH/T 6019-2014《飞机地面电源机组》；
- 本次为第二次修订。

飞机地面电源机组

1 范围

本文件规定了飞机地面电源机组（以下简称“电源机组”）的技术要求，试验检验方法，检验规则，标牌、标识及使用说明书，包装、运输及贮存等要求。

本文件适用于由内燃机驱动发电机，向飞机提供400 Hz、115/200 V交流和（或）28 V直流的电源机组的设计、制造、检验等。

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 755—2019 旋转电机 定额和性能
- GB 1495 汽车加速行驶车外噪音限值及测量方法
- GB/T 2408 塑料 燃烧性能的测定 水平法和垂直法
- GB/T 2423.3 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
- GB/T 2423.16 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验J及导则：长霉
- GB/T 2423.17 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾
- GB 2893 安全色
- GB 2894—2008 安全标志及其使用导则
- GB 3847 柴油车污染物排放限值及测量方法（自由加速法及加载减速法）
- GB/T 4094.2 电动汽车 操纵件、指示器及信号装置的标志
- GB/T 4094.2 电动汽车 操纵件、指示器及信号装置的标志
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 4970—2009 汽车平顺性试验方法
- GB/T 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件
- GB/T 5465.2—2008 电气设备用图形符号 第2部分：图形符号
- GB 7258 机动车运行安全技术条件
- GB/T 12678 汽车可靠性行驶试验方法
- GB/T 13536 飞机地面供电连接器
- GB/T 15706 机械安全 设计通则 风险评估和风险减小
- GB/T 16754 机械安全 急停 设计原则
- GB/T 17045 电击防护 装置和设备的通用部分
- GB 17691 重型柴油车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）
- GB 17799.2—2023 电磁兼容 通用标准 第2部分：工业环境中的抗扰度标准
- GB 17799.4—2022 电磁兼容 通用标准 第4部分：工业环境中的发射
- GB/T 18385 电动汽车动力性能
- GB/T 18387 电动车辆的电磁场发射强度的限制和测量方法
- GB/T 18488.1 电动汽车用驱动电机系统 第1部分：技术条件
- GB/T 19678 说明书的编制 构成、内容和表示方法
- GB/T 19836 电动汽车仪表
- GB/T 20136 内燃机电站通用试验方法
- GB/T 20234.1—2023 电动汽车传导充电用连接装置 第1部分：通用要求
- GB/T 20234.2—2015 电动汽车传导充电用连接装置 第2部分：交流充电接口
- GB/T 20234.3—2023 电动汽车传导充电用连接装置 第3部分：直流充电接口
- GB 20891 非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法（中国三、四阶段）

- GB/T 21404 内燃机 动力机功率的确定和测量方法 一般要求
 - GB/T 21426-2008 特殊环境条件 高原对内燃机电站的要求
 - GB/T 27930-2023 非车载传导式充电机与电动汽车之间的数字通信协议
 - GB/T 32960.3 电动汽车远程服务与管理系统技术规范 第3部分：通信协议及数据格式
 - GB 34660 道路车辆 电磁兼容性要求和试验方法
 - GB 36886 非道路柴油移动机械排气烟度限值及测量方法
 - GB 38031 电动汽车用动力蓄电池安全要求
 - GB 38032 电动客车安全要求
 - GB/T 38775.1 电动汽车无线充电系统 第1部分：通用要求
 - JT/T 1461 客车锂离子动力蓄电池箱火灾防控装置配置要求
 - MH/T 6012 航空障碍灯
 - QC/T 480 汽车操纵稳定性指标限值与评价方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.10

频率调制频谱 frequency modulation spectrum

频率调制中每一频率分量幅值的量化表示。

3.11

畸变 (电流或电压) distortion (current or voltage)

在交流系统中, 交流波形中除基波分量之外的均方根值。

在直流系统中, 直流波形中交流分量的均方根值。

3.12

畸变系数 (电流或电压) distortion factor (current or voltage)

畸变与基波的均方根值之比。畸变系数通常用百分数表示如下:

$$df = \frac{\sqrt{(X_{rms}^2 - X_1^2)}}{X_1} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

df —畸变系数;

X_{rms} —波形全部成分的均方根值;

X_1 —基波频率分量的均方根值。

注: 对直流系统, 基波分量就是直流平均值。

3.13

畸变频谱 distortion spectrum

交流或直流畸变通过每一频率分量幅值的量化表示。

注1: 畸变频谱包括基波频率的谐波分量和非谐波分量, 通常是由幅度调制或频率调制产生的。

注2: 为与EMC的相关要求相区别, 对于400 Hz定频电源, 畸变频谱只考虑16 kHz以下的频率部分。

3.14

脉动幅值 ripple amplitude

瞬态电压和稳态电压的最大差值的绝对值。

4 技术要求

4.1 总则

本文件规定的电气特性是指在飞机地面供电插头(以下简称“插头”)处的电气特性。除另有规定外, 电源机组到插头的电缆长度应不小于10 m。

交流电压特性是指三相交流供电系统中任一相的相电压特性。除另有规定外, 所有交流电压指电压均方根值(V_{rms}), 直流电压是指电压平均值。

4.2 环境条件

4.2.1 输出额定功率的条件

在下列条件下, 电源机组应能输出额定功率:

- 环境温度: -30 °C~55 °C;
- 相对湿度: 10%~95%;
- 海拔高度: 不超过 1000 m。

4.2.2 输出规定功率(允许修正功率)的条件

在下列条件下, 电源机组应能输出规定功率并可靠工作:

- 环境温度: -30 °C~55 °C;
- 相对湿度: 10%~95%;
- 海拔高度: 不超过 4000 m。

4.2.3 功率和环境温度的修正

当电源机组实际运行条件与4.2.1规定不同时,其功率应按GB/T 21404的规定换算出实际运行条件下的发动机功率后再折算成的电功率,但此功率最大应不超过发电机的额定功率。

当电源机组运行的海拔高度超过1000 m(但不超过4000 m)时,环境温度的上限值按海拔高度每增加100 m,降低0.5 °C进行修正。

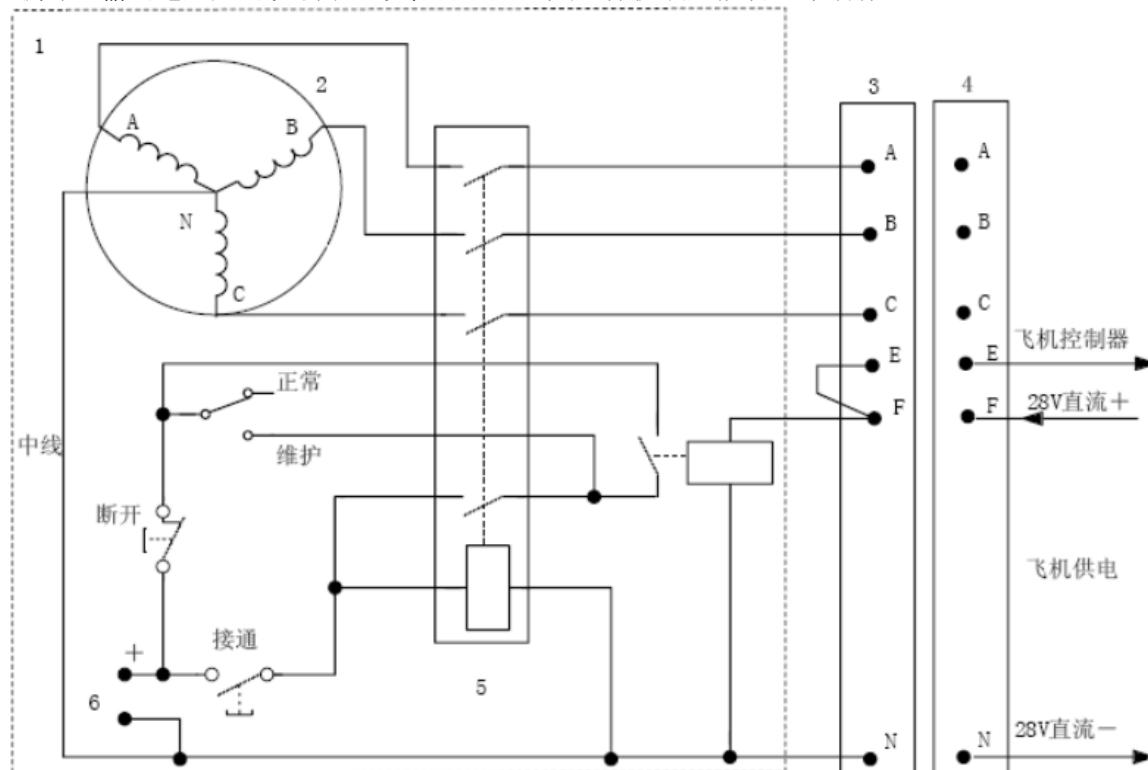
4.3 电气特性

4.3.1 交流电源机组

4.3.1.1 通则

交流电源机组应为三相四线,Y型连接,额定电压为115/200 V,额定频率为400 Hz,相序为A-B-C。交流电源机组典型输出连接方式见图1。

空载时,输出电压应可以调节,以检查过压、欠压保护装置能否正常动作。



标引序号说明:

- 1—交流电源机组;
- 2—交流发电机;
- 3—飞机地面供电插头;
- 4—飞机地面供电插座;
- 5—交流电源输出接触器;
- 6—28V直流控制电源。

图1 交流电源典型接线图

4.3.1.2 交流电源机组负载能力

交流电源机组负载能力为持续容量(kVA),负载能力应满足表1的要求。

表1 交流电源机组负载能力

功率因数范围	持续容量(相对于额定容量的百分比)	持续5 min下过载容量(相对于额定容量的百分比)	持续10 s过载容量(相对于额定容量的百分比)	持续2 s下过载容量(相对于额定容量的百分比)
0.8(滞后)~1	100%	100%	—	—
0.7(滞后)~0.8(滞后)	100%	—	120%	150%

注: 功率因数是三相功率因数的平均值, 每相功率因数可以不同。

4.3.2 直流电源机组

4.3.2.1 通则

直流电源机组输出应为两线系统, 正常额定输出电压28 V, 直流电源机组输出典型电路连接见图2。

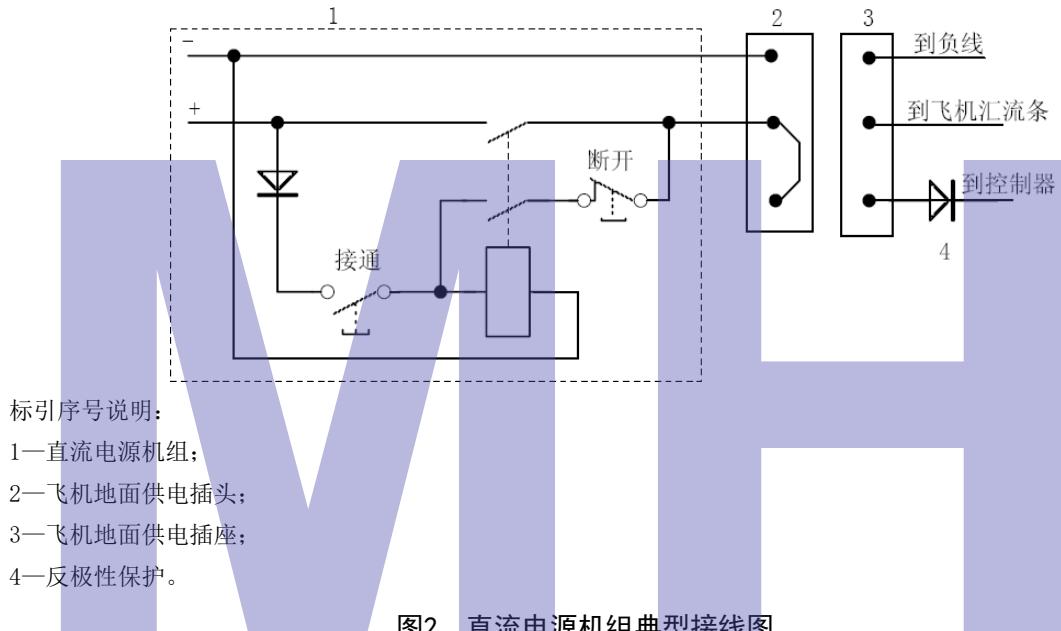


图2 直流电源机组典型接线图

4.3.2.2 直流电源机组负载能力

直流电源机组通常为300 A、350 A、400 A、600 A、800 A五种规格。直流电源机组具有持续工作和启动飞机发动机两种工况。各工况下的负载能力应满足表2要求。

直流电源机组的持续工作电流和飞机发动机启动电流额定值应明确标记, 以供操作员检查。直流电源机组在启动飞机发动机工况下, 飞机发动机启动电流额定值持续时间至少30 s, 以适应短期、峰值电流涌入和飞机发动机运行期间的过载。

表2 直流电源机组负载能力

直流电源机组规格(A)	持续工作工况		启动飞机发动机工况	
	持续工作电流(A)	5 min过载能力(A)	发动机启动电流额定值(A)	超过发动机启动电流额定值上限, 电流持续时间(s)
300	300	375	600~1200	2
350	350	440	700~1400	2
400	400	500	800~1600	2
600	600	750	1200~2000	2
800	800	1000	1200~2500	2

4.3.3 连接器

插头应符合GB/T 13536的要求。插头前端绝缘材料材质应具有阻燃特性。插头应具有温度监测装置。当温度超出规定的极限值时，保护装置应将电源机组与飞机电气系统断开。

4.3.4 电磁兼容

应使电源机组不受传导干扰或辐射干扰的不利影响，其抗干扰度应符合GB/T 17799.2-2023的要求。电源机组产生的射频骚扰应符合GB 17799.4-2022的要求。

4.3.5 交流稳态输出特性

4.3.5.1 交流稳态负载特性

在正常工作期间，插头处的稳态负载特性应满足表3要求。

表3 稳态负载特性

参数	最小值	最大值	备注
电流	0	100%额定电流(A)	持续工作
功率因数	0.7(滞后)	1	每一相的功率因数可能不相同
负载不平衡	0	1/3	40 kVA以及40 kVA以下的电源机组
	0	1/6	40 kVA以上的电源机组
单相整流负载	0	1/9单相额定容量(kVA)	整流负载是任意相或所有相
三相整流负载(6脉波)	0	1/6额定输出容量(kVA)	—
三相整流负载(12脉波)	0	1/3额定输出容量(kVA)	—

注1：在所有的条件下，附加的负载可以是阻性的。
注2：在电源机组的容量限制条件下，以上的情况可能同时出现。

4.3.5.2 稳态电压特性

4.3.5.2.1 通则

在表3规定的所有负载特性条件下，交流电源机组稳态电压特性应满足表4的要求。如果交流电源有多组输出则所有插头处的特性均应满足表4的要求。

表4 115 V/200 V交流电源机组稳态电压特性

项目	插头处电压特性		
	零到额定负载	额定负载到过载	
相电压	三相平均电压	112.0 V~120.5 V	110.0 V~120.5 V
	单相电压	109.5 V~122.0 V	106.0 V~122.0 V
	相电压不平衡	4.0 V	—
	相移	117.5°~122.5°	—
电压调制	电压调制幅度	3.5 V	—
	电压调制频谱	符合图3	—
电压波形	波峰系数	1.31~1.51	—
	畸变系数	5% (总含量)	—
	畸变频谱	符合图4	—
频率	稳态频率	395 Hz~405 Hz	390 Hz~410 Hz
	频率调制频谱	符合图5	—

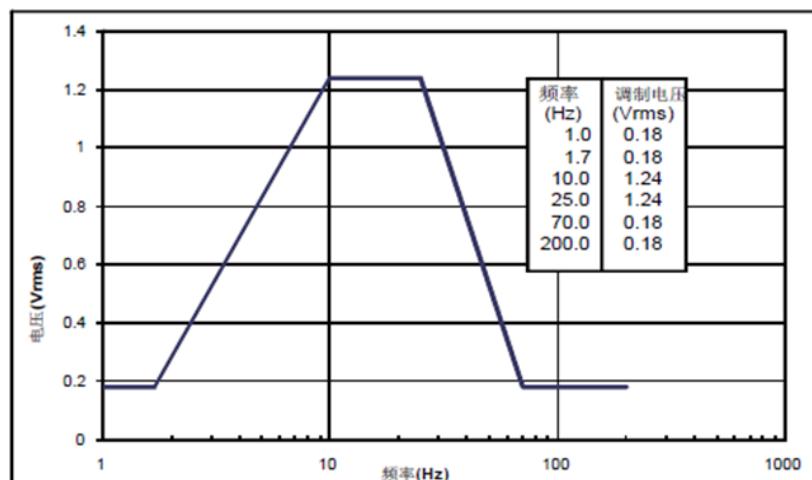


图3 电压调制频谱极限

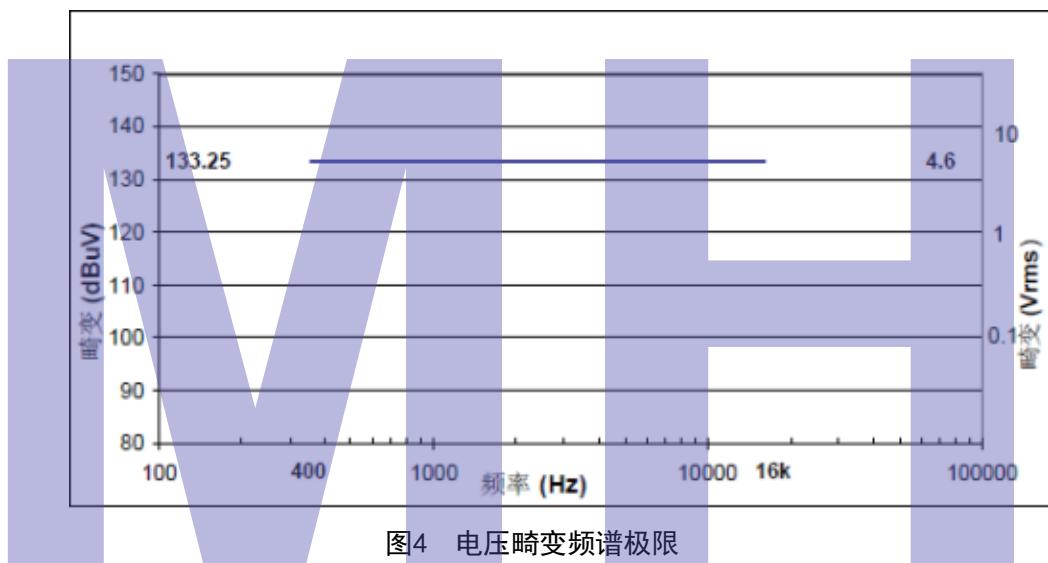


图4 电压畸变频谱极限

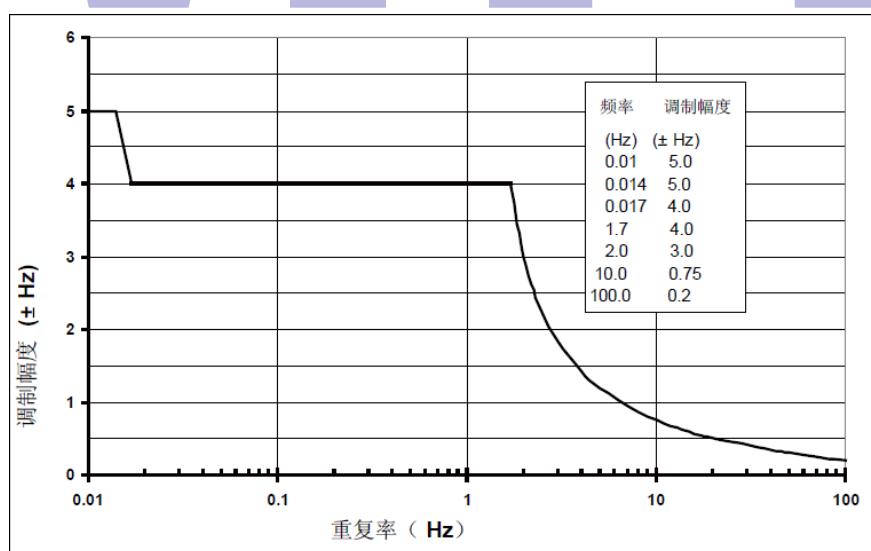


图5 频率调制频谱分量极限

4.3.5.2.2 相序

三相之间的相位关系应符合图6要求。

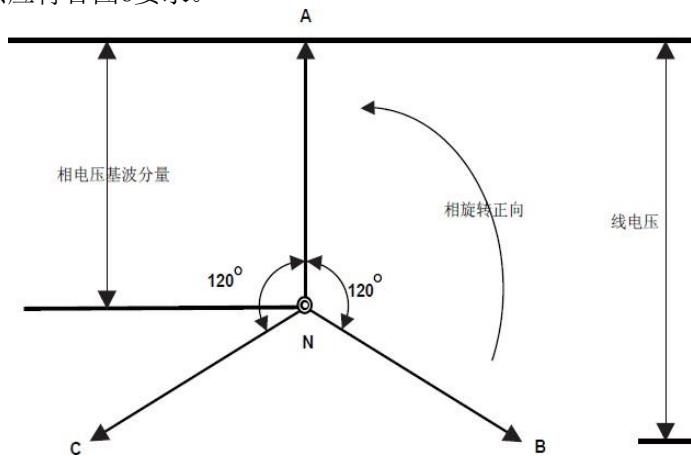


图6 相序关系矢量图

4.3.5.2.3 最高相电压限制

在负载不平衡时，应采取措施限制各相的最高相电压均不应超过124 V。

4.3.5.2.4 电缆压降补偿特性

电源机组应具有电缆压降补偿功能，根据负载的电流和功率因数，增加电源机组的输出电压，用于补偿输出电缆上的压降，以保持插头处输出电压满足表4的要求。

4.3.6 交流瞬态输出特性

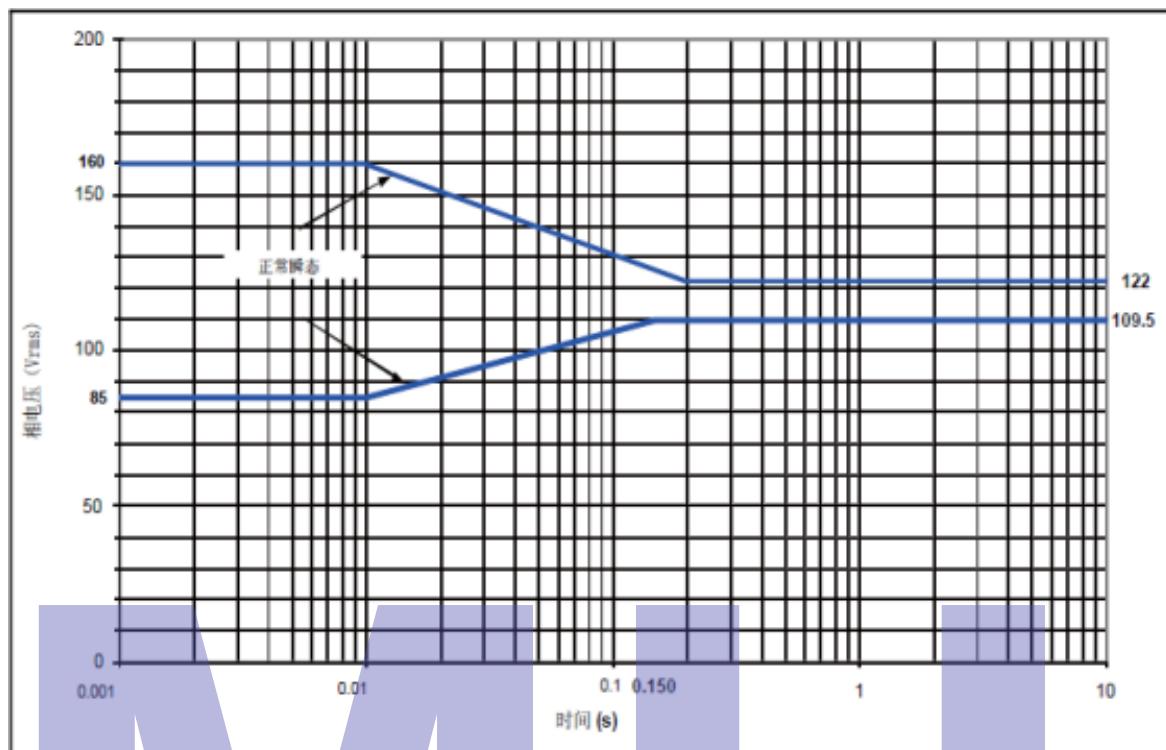
4.3.6.1 交流瞬态负载特性

在正常工作期间，插头处的交流瞬态负载特性如下：

- 表1容量限制范围内的三相平衡负载突变；
- 机载电机负载启动：低负载加上低功率因数（典型值为0.4滞后～0.6滞后）机载电机负载启动，总负载功率不超过电源机组的输出能力；
- 在不中断电力传输（NBPT）工作状态，可短时与机载电源并联运行；
- 当首次供电时，负载持续（1～3）个周期的浪涌电流（约300%）并在150 ms内衰减到稳态水平。

4.3.6.2 交流瞬态电压特性

在4.3.6.1交流瞬态负载条件下，电源机组的交流瞬态电压特性应保持在图7的极限内。

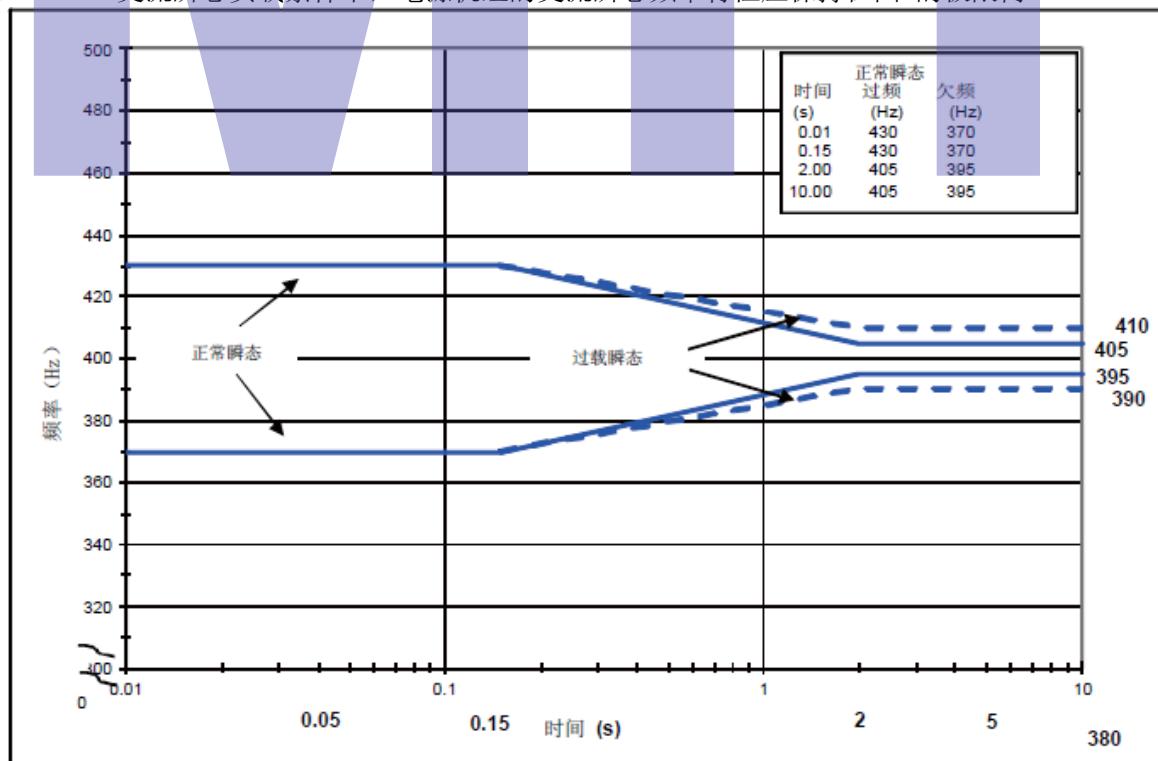


注：此限值是有效值，如果使用峰值，则峰值限值是此有效值和表4中波峰系数的乘积。

图7 交流瞬态电压极限

4.3.6.3 交流瞬态频率特性

在4.3.6.1交流瞬态负载条件下，电源机组的交流瞬态频率特性应保持在图8的极限内。



注：小于10 ms的频率瞬态不作规定。

图8 交流瞬态频率极限

4.3.6.4 不中断电力传输 (NBPT) 限制

在不中断电源转换过程中,电源机组应能连续运行,并且在与机载电源不同步时,电压、频率应保持在规定的极限值内。在最大100 ms时间内,电源机组与机载电源之间的相位差不超过±30°、频率差不超过±2 Hz、均方根电压差不超过±10 V。当超出不中断转换的条件规定时,电源机组的保护装置应能动作并将电源机组与飞机电气系统断开。

4.3.7 直流稳态输出特性

输出电流在从空载到额定持续工作电流的范围内运行时,插头处的直流稳态输出特性应符合表5的要求。

表5 28 V 直流电源机组稳态输出特性

项目	空载到额定负载插头处的输出特性
直流电压值	24 V~29.5 V
电压波形	脉动幅值 2 V
	畸变系数 3.5%
	畸变频谱 符合图9

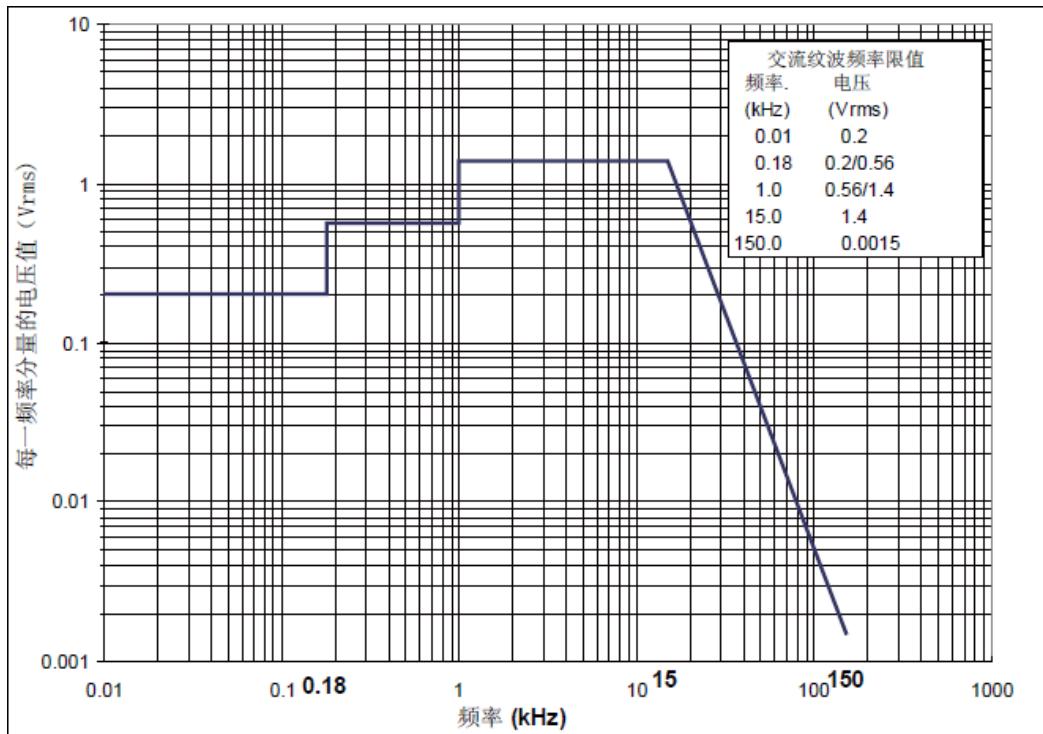


图9 28V 直流系统畸变频谱

4.3.8 直流瞬态输出特性

4.3.8.1 直流瞬态负载特性 (非飞机发动机启动)

在正常工作期间,插头处的直流瞬态负载突加和突减应不超过额定持续工作电流的负载。

4.3.8.2 直流瞬态电压特性

电源机组的直流瞬态电压应保持在图10所示的极限内。

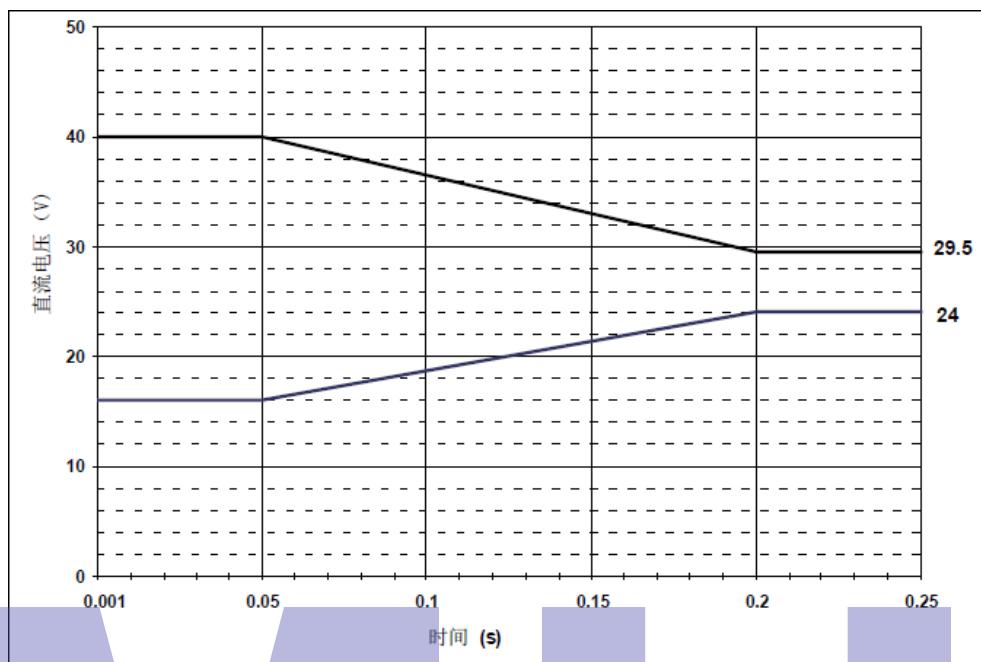


图10 直流瞬态电压极限

4.3.8.3 飞机发动机启动特性

飞机发动机启动期间, 直流瞬态电压与飞机发动机阻抗和实际电流有关, 直流瞬态电压可能超出图10的限值。

发动机在最大电流时所对应的直流瞬态电压最小值, 应符合设计要求。

4.4 保护与监测系统

4.4.1 电气保护

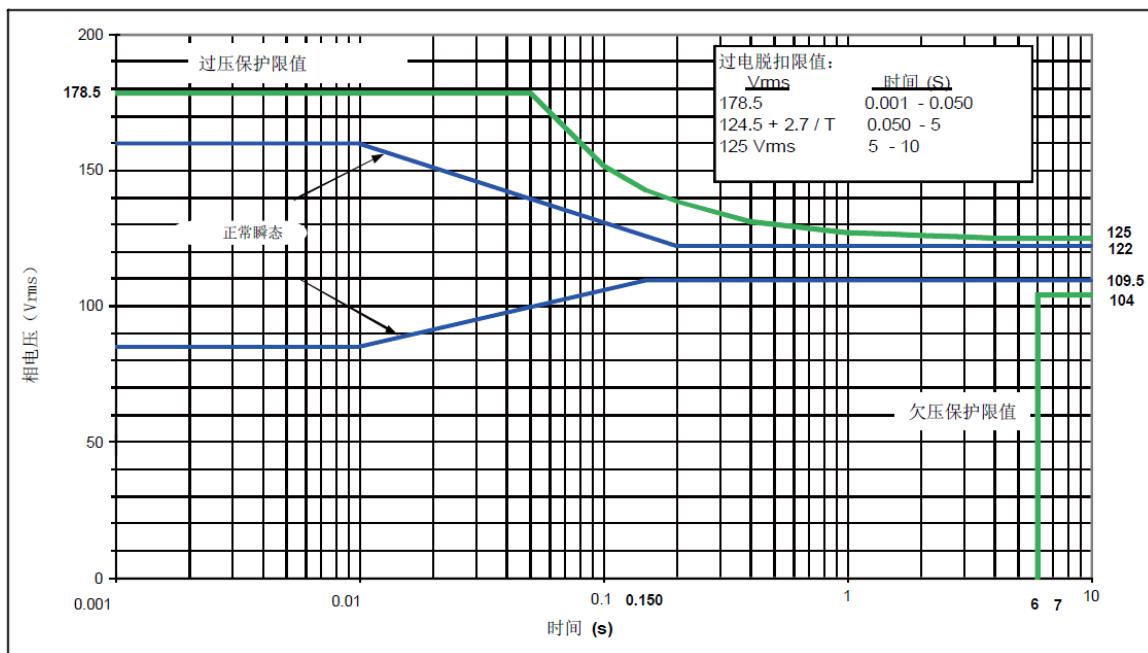
4.4.1.1 通则

电源机组的交流保护装置和直流保护装置应符合GB/T 15706、GB/T 5226.1以及GB/T 17045等相关要求。交流电源机组的保护装置应符合4.4.1.2的要求, 直流电源机组的保护装置应符合4.4.1.3的要求, 这些保护功能既应保护电源机组和人员安全, 且应确保和飞机的保护功能协调。如某一项保护电路动作后, 电源机组与飞机的连接应保持断开, 直到手动复位, 并根据需要应设置声光信号。

4.4.1.2 交流保护装置

4.4.1.2.1 过电压

在任一相电压值超过图11所示最大电压时间限制之前, 保护装置应将电源机组与飞机电气系统断开。



注：此限值是有效值。如果使用峰值，则峰值限值是此有效值和表4中波峰系数的乘积。

图11 交流电压保护极限

4.4.1.2.2 欠电压

在任一相电压低于图11所示最小电压时间限制之前，保护装置应将电源机组与飞机电气系统断开。

4.4.1.2.3 过频率和欠频率

当电源机组的输出频率超出380 Hz~420 Hz范围时，保护装置应延时2 s~3 s动作，切断电源机组向飞机供电。当频率低于350 Hz时，延时应小于0.2 s。

4.4.1.2.4 过电流和短路

当负载时间特性超过表1的要求时，过电流保护系统应动作，将电源机组与飞机电气系统断开。过电流保护时间应符合设计要求。如果电源机组内部及其配电系统发生短路，过电流保护应按照反时限特性动作。

多路输出电源机组的所有输出支路，应具有单独的过电流保护功能。电源机组只能将出现过电流现象的支路断开。

4.4.1.2.5 相序

在电压相序不符合图6的要求时，保护装置应将电源机组与飞机电气系统断开。

4.4.1.2.6 中线开路

电源机组应具备中线开路保护功能，当检测到中线开路时，保护装置应将电源机组与飞机电气系统断开。

4.4.1.2.7 接地故障

电源机组输出中线不接地时，应持续监测中线与机壳、大地间的电压差，在电压差的峰值超过50 V前，保护装置应在1 s内动作，将电源机组和飞机电气系统断开。

4.4.1.3 直流保护装置

4.4.1.3.1 过电压

当电压超出图12所示最大电压保护限值之前，保护装置应动作，将电源机组与飞机电气系统断开。

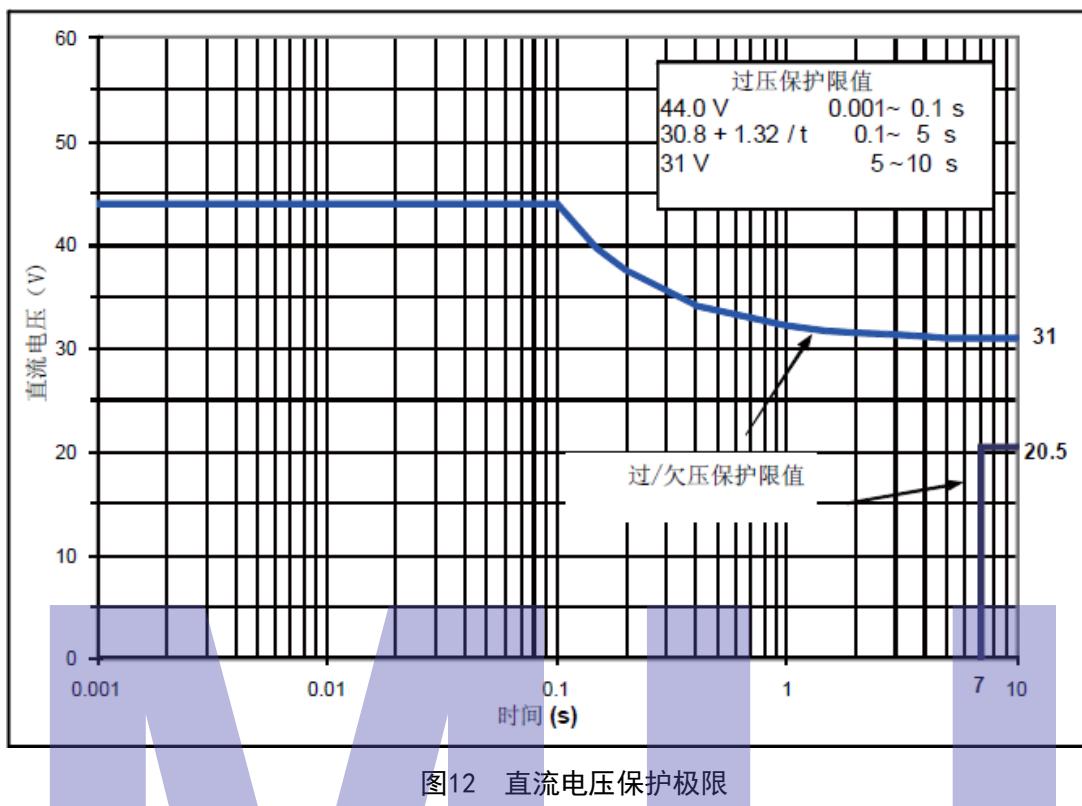


图12 直流电压保护极限

4.4.1.3.2 欠电压

当电压低于图12所示最小电压保护限值之前，保护装置应动作，将电源机组与飞机电气系统断开。如果电源机组具备启动飞机发动机的能力，最小的电压时间限值应与飞机发动机启动期间最恶劣的特性一致。

4.4.1.3.3 反极性

当输出电压极性不正确时，反极性保护应将电源机组与飞机电气系统断开。

4.4.1.3.4 反流

当反向电流大于电源机组额定输出电流的5%时，反流保护应将电源机组与飞机电气系统断开。不应使用飞机供电系统启动电源机组的内燃机。

4.4.1.3.5 过电流和短路

直流电源应设有过电流和短路保护装置。过电流保护值和延时时间根据电源机组产品技术文件来确定；短路保护应立即将电源机组与飞机电气系统断开。

对具备飞机发动机启动能力的电源机组，输出电流限值的最大允差为±10%。

4.4.2 机械保护

电源机组一般应有下列机械保护装置，各项保护值按配套的内燃机产品技术条件来规定：

- 机油压力低保护；
- 冷却介质温度高保护；
- 内燃机过速度保护。

4.4.3 监测与通信

电源机组应具有故障自检功能，并能对运行状态数据进行实时记录、存储和传输。在电源关闭或供电中断后，电源机组的信息存储单元应保留已采集的信息，且能存储不少于30天的信息。

电源机组应配置运行状态在线监控系统或预留远程管理接口,以便用户采集数据使用。电源机组的通信协议应是开放性的。

4.5 控制电路和供电联锁

4.5.1 控制电路

除另有规定外,电源机组应通过插头与飞机电气系统相连接。交流电源机组的控制电路应符合图1的要求;直流电源机组的控制电路应符合图2的要求。

4.5.2 交流电源机组的飞机供电联锁

电源机组应能向飞机至少2.5 s持续供电,以等待飞机的联锁信号反馈。当飞机联锁信号有效时,电源机组才能给飞机供电。实现联锁功能时,从飞机联锁信号上所取得的电流不应超过0.5 A,联锁信号的直流电压在16 V~30 V范围内,电源机组不应通过此连接线给飞机供电。当飞机联锁信号无效时,电源机组应在0.25 s内和飞机电气系统断开。电源机组应能允许至少持续50 ms飞机联锁信号瞬时中断。

4.5.3 工作模式

电源机组应具有以下两种工作模式。

- a) 正常: 用于飞机供电。
- b) 维护: 用于维修和测试电源。

电源机组工作模式转换或控制器件应具备防止误操作措施。在维修模式下,联锁电路能够识别联锁信号,且当联锁信号出现时,电源机组应自动从维护模式恢复到正常工作模式。

4.6 安全要求

4.6.1 机械安全

4.6.1.1 过热保护

电源机组应具有过热保护措施及插头温度过高保护功能。当温度超出设计值时,保护装置能将电源机组与飞机电气系统断开。

4.6.1.2 管路设备

管路设备应无漏水、漏油、漏气现象,燃油箱、燃油管路应远离发热部位。

4.6.1.3 燃油

电源机组的燃油箱容量应能保证额定工况下连续运行至少4 h。燃油箱加油口设置应方便加油操作。加油口的设置应能避免燃油溅到电气或内燃机组件上。

4.6.1.4 排气

内燃机的排气管应避开燃油系统和电气系统部件。排气管应设置隔离罩,防止直接和泄漏物相接触,排气方向应避免伤害飞机。

4.6.1.5 防外来物吸入

应在电源机组的进风口设置防止外来物进入设备的保护装置。

4.6.1.6 操作面板

操作面板上应装有操作电源机组必备的控制元件及仪表。操作面板应有足够的照度以便夜间操作。操作面板的布局应根据功能分类布置。控制元件和仪表应标示清楚,布局合理,便于操作和读数。操作面板应能防止雨水的侵袭。

在操作面板附近应设置必要的操作说明。

4.6.1.7 人性化设计

电源机组应操作方便。即使在恶劣天气条件下也可以方便操作。对于手指操作的操纵装置,两相邻操纵装置中心线之间的最小距离为25 mm(有间隔物时为18 mm)。

4.6.1.8 灭火器

电源机组应配备至少1个质量为8 kg的干粉灭火器。灭火器应安放在醒目、安全、取用方便的位置。

4.6.1.9 温升

电源机组各部件温升应符合各自产品规范的规定。电源机组的中频发电机组各绕组的实际温升应不超过GB/T 755—2019中表9的规定值。

4.6.2 电气安全

4.6.2.1 过载

为防止电气过载,电源机组应符合本文件所述的电气性能和保护的要求。

4.6.2.2 故障状态

在故障状态下,电源机组的主开关应能将电源机组与飞机电气系统断开。此主开关的设计应首先考虑电气安全。

4.6.2.3 应急按钮

电源机组应在明显且易于操作的位置安装应急按钮,在任何紧急情况下,按动应急按钮,应能立即将电源机组与飞机电气系统断开,并立即停机;不应采用软件检测、控制的方式使电源机组与飞机电气系统断开。应急按钮应符合GB/T 16754—2021中类型0或类型1的要求。

4.6.2.4 常温启动

电源机组在常温(柴油机组不低于5 °C,增压柴油机组不低于10 °C)下,最多应不超过3次启动,实现电源机组运行。

4.6.2.5 低温启动

电源机组在环境温度为-30 °C时,应能采用低温启动措施,在30 min内顺利启动电源机组,并且启动后3 min内应能带设计给定的负载运行。

4.6.3 人员安全

4.6.3.1 通则

电源机组应对操作者及附近的人员提供安全保障,机械电气安全应符合GB/T 15706、GB/T 5226.1、GB/T 17045以及本文件的要求。

带电体、旋转部件和发热表面应有防护措施,并设置明显的警示标识。

4.6.3.2 防触电

电源机组应设置门锁,以防未经授权的人员打开。操作面板上任何电压超过50 V的控制元件,均应有专门隔离或适当的联锁,以防意外接触。如果电压在停机后缓慢衰减,则应具有适当的警告标识或防护盖。

4.6.3.3 飞机联锁信号保护

在正常工作模式下,电源机组的输出接触器应与飞机电气系统互锁,当输出电缆未插入飞机地面供电插头时,输出接触器不应接通。

4.6.3.4 噪声

应采取抑制噪声的措施,使距电源机组7 m、距地面高1 m处的噪声声压级不大于85 dB (A) 或产品专用技术条件的规定。

4.6.3.5 振动

电源机组应有减震装置,机组各测点处的位移、速度和加速度的有效值限值按GB/T 21426—2008表1的要求。

4.6.3.6 绝缘电阻

电源机组各独立电气回路对地及回路间的热态绝缘电阻值应不低于表6的要求

表6 绝缘电阻值

项目	条件		交流部分	直流部分
冷态绝缘电阻	环境温度	15 ℃~35 ℃	2 MΩ	1 MΩ
	相对湿度	45%~75%		
	环境温度	25 ℃	0.33 MΩ	0.33 MΩ
	相对湿度	100%		
热态绝缘电阻	—		0.5 MΩ	0.33 MΩ

4.6.3.7 耐电压

电源机组的各独立电气回路对地及回路间应能承受试验电压数值为表7规定、频率为50 Hz、波形为实际正弦波、保持1 min的绝缘介电强度试验而无击穿或闪络现象。

表7 耐电压值

单位为伏特

部位	试验电压	
	交流部分	直流部分
一次回路对地	1 200	750
一次回路对二次回路	1 200	750
二次回路对地	750	750

4.6.4 底盘要求

电源机组底盘应符合附录A的要求。

4.6.5 设计要求

4.6.5.1 湿热和抗霉菌

电源机组应能在湿热和霉菌环境下正常工作。

4.6.5.2 金属部件的抗锈蚀性

电源机组的金属部件应具有防锈蚀措施。

4.6.5.3 工艺

电源机组应无瑕疵、无毛刺、无毛边;尺寸、圆角半径、部件标识应精确;焊接、烤漆、绕线和铆接应完整;螺钉、螺栓等零件应紧固。

电源机组应具有防雨淋措施。

4.6.5.4 指示仪表

电源机组的指示仪表应包括但不限于显示输出电压、电流及频率等内容。

4.6.5.5 电气标识

熔断器、断路器及其他主要元器件、部件及功能单元组件上或附近应有数字、字母或文字标识。标识应与电路图中的项目代号一致,且易于识别。交流输出端的“A”、“B”、“C”、“N”和直流输出端的“+”、“-”字样应清晰。

4.6.5.6 结构

- 4.6.5.6.1 电源机组的质量应符合设计要求。
- 4.6.5.6.2 电源机组的外形尺寸应符合设计要求。
- 4.6.5.6.3 电源机组的电气安装应符合电气原理图,各接线端应有不易脱落的明显标志。

4.6.6 油耗

电源机组的燃油消耗率和机油消耗率应符合制造商设计要求。

4.6.7 环保要求

电源机组上装内燃机排气污染物排放限值应符合GB 20891的要求。

4.6.8 接头安全联锁要求

- 4.6.8.1 内燃式底盘或电动式底盘的电源机组插头应满足以下要求:

当插头与航空器连接时,与电源机组行驶实现联锁,电源机组不能行驶。对于通过插头未收回至设备初始固定位置实现电源机组不能行驶的,插头放置在初始固定位置时,应牢固可靠,不易松动、脱落。

- 4.6.8.2 拖曳式底盘的电源机组插头应满足以下要求:

- 当牵引杆处于拖曳位置,且插头未收回至设备初始固定位置时,应声光报警提示;
- 当牵引杆处于直立位置时,应具有机械锁止机构,设备处于驻车制动状态,设备可正常作业,不应进行声光报警。

- 4.6.8.3 内燃式底盘或电动式底盘的电源机组、自身带有辅助动力的拖曳式电源机组,应设置用于应急操作的超越装置,其功能应满足以下要求:

- 操作超越装置,可解除联锁;
- 具有自动保存、查询其操作记录的功能,保存时间应不少于30天。

4.7 可靠性和维修性

电源机组的平均故障间隔时间应不小于500 h,平均修复时间应不大于3 h。

电源机组应易于维修。各部件应能使用通用工具维修,且易于拆卸和搬运。

电源机组的零部件应具有互换性。

4.8 高海拔

有高海拔环境下使用需求的,电源机组应满足以下要求:

- 在大气压力70 kPa下能够启动,并且负载能力应满足设计要求;
- 在温度-30 ℃下能够启动,并且负载能力应满足设计要求;
- 当采用电动式底盘的,应在-30 ℃下正常充电,并且续驶里程应满足设计要求。

5 试验检验方法

5.1 试验前的准备

在4.2规定的环境条件下,进行各项性能的测试。

检测中所用计量器具,应根据参数技术指标进行选择,且满足测量精度要求,经检定或校准合格,并在有效期内。

5.2 检查外观

目视检查电源机组的外观是否符合4.6.5的要求。

5.3 测量质量

在装备齐全、油和水加足的条件下，测量电源机组的质量应符合产品技术文件的要求。

5.4 测量外形尺寸

测量电源机组的外形尺寸应符合产品技术文件的要求。

5.5 检查连接器

检查插头出厂合格证或检测报告等证明文件，检查插头，温度监测功能，应符合4.3.4的要求。

5.6 检查灭火器

检查灭火器的配备应符合4.6.1.8的要求。

5.7 检查应急按钮

检查应急按钮应符合4.6.2.3的要求。

5.8 检查交流电源带负载能力

电源机组按表8规定的负载和时间运行，记录电源机组交流电压、电流、频率、功率、功率因数及内燃机参数。电源机组交流电源带负载能力应符合4.3.1.2的要求。

表8 交流电源机组负载能力测试条件

时间	负载 (相当于额定容量的百分比)	功率因数
2 h	80%	1.0
5 min	100%	1.0
10 s	120%	0.7 (滞后)
2 s	150%	0.7 (滞后)

5.9 检查直流电源带负载能力

电源机组按表9规定的负载和时间运行，记录电源机组直流电压、电流及内燃机参数。电源机组直流电源带负载能力应符合4.3.2.2的要求。

表9 直流电源负载能力测试条件

时间	负载 (相当于额定容量的百分比)
10 min	25%
10 min	50%
10 min	75%
120 min	100%

5.10 测量交流稳态输出特性

5.10.1 测量项目

在冷态和热态时，整定电源机组的电压、频率至额定值，在不同负载条件下记录稳定后的三相平均电压、单相电压、相电压不平衡、相移、电压调制幅度、电压调制频谱、波峰系数、畸变系数、畸变频谱、稳态频率以及频率调制频谱。在5.10.2的负载条件下，交流稳态输出特性都应符合4.3.5.2.1中表4的要求。

出厂检验时可只在冷态下测量。

5.10.2 负载条件

5.10.2.1 平衡线性负载

平衡线性负载测试点相关要求见表10。

表10 平衡线性负载测试点

负载 (相当于额定容量的百分比)	功率因数
0	—
25%	0.8 (滞后)
25%	1
50%	0.8 (滞后)
50%	1
80%	0.8 (滞后)
80%	1
100%	0.8 (滞后)

5.10.2.2 不平衡线性负载

负载的相电流值及功率因数见表11。出厂检验时,可只测量表11中序号4项。

表11 不平衡线性负载测试点

序号	A相负载		B相负载		C相负载	
	电流(相对额定电流的比例)	功率因数	电流(相对额定电流的比例)	功率因数	电流(相对额定电流的比例)	功率因数
1	0	—	0	—	U	0.8
2	0	—	0	—	U	1
3	0	—	U	0.8	U	0.8
4	0	—	U	1	U	1
5	(1-U)	0.8	(1-U)	0.8	1	0.8
6	(1-U)	0.8	1	0.8	1	0.8

注1: 表中“U”为允许的不平衡。
注2: 电源机组额定容量≤40kVA时: U=1/3。
注3: 电源机组额定容量>40kVA时: U=1/6。

5.10.2.3 非线性负载

电源机组可加不同的线性和非线性负载,负载的功率及功率因数见表12。出厂检验时,可不测量非线性负载。

表12 非线性负载测试点

三相线性负载		6脉波 三相负载	12脉波 三相负载	12脉波 具有恒定功率 特性三相负载	A相单相 2脉波负载	B相单相 2脉波负载	C相单相 2脉波负载
功率 (相对额定容 量的比例)	功率因数	功率 (相对额定容 量的比例)	功率 (相对额定容 量的比例)	功率 (相对额定容 量的比例)	功率 (相对额定容 量的比例)	功率 (相对额定容 量的比例)	功率 (相对额定容 量的比例)
1/2	0.8	1/6	0	0	0	0	0
1/3	0.8	0	1/3	0	0	1/9	1/9
1/3	1	1/6	1/3	0	0	0	0
1/2	1	0	1/3	0	0	0	0
1/3	1	1/6	0	0	1/9	0	0
1/3	0.8	0	0	0	0	1/9	1/9
1/3	1	0	1/3	0	1/9	1/9	1/9

5.10.3 检查相序

用相序表在插头的输出端检查相序是否符合4.3.5.2.2的要求。

5.11 测量交流瞬态特性

5.11.1 测试的项目

在冷态和热态时,整定电源机组的电压、频率至额定值,在不同负载条件下记录交流瞬态电压和瞬态频率。瞬态电压应符合4.3.6.2的规定,瞬态频率应符合4.3.6.3的要求。

5.11.2 负载条件

5.11.2.1 突变负载测试

电源机组分别在冷态和热态突加、突减表13负载。出厂检验时,可只测试负载从0突加至100%、从100%突减至2%,负载功率因数为0.8(滞后)。

表13 突变负载测试点

功率 (相对额定容量的百分比)	负载功率因数
0~25%	0.8(滞后)
0~25%	1
0~50%	0.8(滞后)
0~50%	1
0~100%	0.8(滞后)
0~100%	1
50%~0	0.8(滞后)
50%~0	1
100%~2%	0.8(滞后)

5.11.2.2 电动机启动负载测试

在预加负载的基础上再突加低功率因数的电动机启动负载,预加负载和电动机启动负载见表14。出厂检验时,可不测量电动机启动负载。

表14 电动机启动负载测试点

预负载		发动机启动负载		
功率 (相对额定容量的百分比)	功率因数	功率 (相对额定容量的百分比)	功率因数	时间s
33%	1	100%	0.50	10
85%	0.80	66%	0.55	2

5.11.3 检查不中断电力(NBPT)传输限制

将额定容量不小于被测电源机组,额定电压和频率与被测电源机组相同的另一台电源在相位差不超过 $\pm 30^\circ$ 、频率差不超过 ± 2 Hz、电压差不超过 ± 10 V的条件下与被测电源机组并联运行,时间不超过100 ms,在此过程中,检测输出电压、频率特性,应符合4.3.6的要求。

如果相位差、频率差、电压差中任一条件满足不了上述要求,电源机组应立即保护,与测试电源断开。

5.12 测量直流稳态输出特性

分别在额定负载的0、25%、50%、80%和100%的负载条件下,记录负载渐变后稳定的直流电压、脉动幅值、畸变系数和畸变频谱。直流稳态输出特性应符合4.3.7的要求。

5.13 测量直流瞬态输出特性

5.13.1 直流瞬态电压特性

在下面的测试条件下,测量负载突变时的直流瞬态电压特性,应符合4.3.8的规定:

- 负载功率从0突加至50%的额定负载;
- 负载功率从50%的额定负载突加至100%的额定负载;
- 负载功率从100%的额定负载突减至50%的额定负载;
- 负载功率从50%的额定负载突减至0。

5.13.2 飞机发动机启动特性

在持续电流的基础上,再突加总电流达到4.3.2.2规定的最大飞机发动机启动电流,测量负载突变时的最小电压值,最小电压值应满足电源机组的规定值。

5.14 检查保护和监测装置

5.14.1 交流过电压保护

在空载条件下调节电源机组相电压,在图11过电压保护极限范围内,检查过电压保护装置是否符合4.4.1.2.1的要求。

出厂检验时可只测输出电压突变至125 V的工况。

5.14.2 交流欠电压保护

在空载条件下调节电源机组相电压,在图11欠电压保护极限范围内,检查欠电压保护装置是否符合4.4.1.2.2的要求。

5.14.3 过频率保护

在空载条件下调节电源机组频率,使其升至420 Hz,检查过频率保护装置是否符合4.4.1.2.3的要求。

5.14.4 欠频率保护

在空载条件下调节电源机组频率,使其降低至380 Hz、350 Hz,检查欠频率保护装置是否符合4.4.1.2.3的要求。

5.14.5 交流过电流保护

在空载条件下调节电源机组电压至额定值,增加负载电流到电源机组规定的过电流值,检查过电流保护装置是否符合4.4.1.2.4的要求。

多路输出的电源机组,应针对每路输出分别测试过电流保护功能,出现过电流的支路应及时与负载脱开,其它支路应正常供电。

5.14.6 交流短路保护

交流电源机组正常工作期间,任意两相间短接或任意相线对中线短接,保护装置应立即动作。

多路输出的电源机组,应针对每路输出分别测试短路保护功能,发生短路的支路应立即与负载断开,其他支路应正常供电。

5.14.7 相序保护

将交流电源机组输出端口的任意两相互换,启动电源机组,电源机组的保护电路应立即动作。

5.14.8 中路开线保护

在空载条件下调节电源机组电压至额定值,断开输出的中线,检查中线保护装置是否符合4.4.1.2.6的要求。

5.14.9 接地故障保护

在空载输出条件下启动电源机组,正常工作时,在中线和机壳间施加峰值不超过50 V的交流或直流电压,接地故障保护电路应在1 s内将电源机组与飞机电气系统断开。

5.14.10 直流过电压保护

在空载条件下调节电源机组电压,在图12过电压保护极限范围内,检查直流电源过电压保护装置是否符合4.4.1.3.1的要求。

5.14.11 直流欠电压保护

在空载条件下调节电源机组电压，在图12欠电压保护极限范围内，检查直流电源欠电压保护装置是否符合4.4.1.3.2的要求。

5.14.12 反极性保护

将输出正极、负极互换，启动电源机组，检查极性保护装置是否符合4.4.1.3.3的要求。

5.14.13 反流保护

对电源机组施加5%的反流电流，检查反流保护装置是否符合4.4.1.3.4的要求。

5.14.14 直流过电流保护

在空载条件下调节直流电源电压至额定值,增加负载电流到电源机组规定的过电流值,检查过电流保护装置是否符合4.4.1.3.5的要求。

5. 14. 15 直流短路保护

在空载条件下调节直流电压至额定值,短接输出的正极、负极,检查过电流保护装置是否立即动作。

5.14.16 机油油压低保护

在空载条件下，采用模拟试验方法，检查机油压力低保护装置是否符合4.4.2的要求。

5.14.17 冷却介质温度高保护

在空载条件下，采用模拟试验方法，检查冷却介质温度高保护装置是否符合4.4.2的要求。

5.14.18 过速度保护

在空载条件下采用模拟试验方法，检查过速度保护装置是否符合4.4.2的要求。

5. 14. 19 检查监测与通信功能

检查电源机组的监测和通信功能是否符合4.4.3的要求。

5.14.20 检查防外来物吸入功能

检查电源机组的进风口是否设置防止外来物进入设备的保护装置。

5. 14. 21 检查操作面板

按4.6.1.6的要求进行检查。

5.14.22 检查防触电

按4.6.3.2的要求进行检查。

5.14.23 检查飞机联锁信号保护功能

按4.6.3.3的要求进行检查。

5.15 测量燃油消耗率和机油消耗率

5.1 燃油消耗率

在交流负载额定工况下, 测量燃油消耗量, 并记录相应的耗油时间、输出功率、环境参数。按公式(3)计算燃油消耗率:

式中：

g_e ——燃油消耗率的试验值, 单位为克每千瓦时(g/kW · h);

G_e ——燃油消耗量, 单位为克(g);
 t_e ——燃油消耗时间, 单位为秒(s);
 P ——电源机组输出功率, 单位为千瓦(kW)

5.15.2 机油消耗率

在额定工况下,用测量仪测量机油消耗量,并记录相应的耗油时间、输出功率、环境参数。按公式(4)计算机油消耗率:

式中：

g_j ——机油消耗率的试验值, 单位为克每千瓦时($\text{g}/\text{kW} \cdot \text{h}$);
 G_j ——机油消耗量, 单位为克(g);
 t_j ——机油消耗时间, 单位为秒(s);
 P ——电源机组输出功率, 单位为千瓦(kW)。

5.16 检查飞机供电联锁功能

将电源的“正常/维护”开关置于“正常”位,交流电源按照图1检查电源机组与飞机供电联锁功能,直流电源按照图2检查电源机组与飞机供串联锁功能。

5.17 检查各指示装置

在空载和额定负载两种状态下，检查电源机组各指示装置是否准确。

5.18 检查过热保护

检查电源机组主机是否具有过热保护措施。

检查电源机组是否具备插头温度过高保护功能。模拟温度超出设计值，检查保护装置是否能将电源机组与飞机电气系统断开。

5.19 检查电磁兼容

按GB/T 17799.2-2023第9章和GB 17799.4-2022第9章的规定进行。

5.20 测量温升

允许在连续运行试验进行,如果停机测量,其停机时间应小于5 min。测量方法按GB/T 755-2019的规定进行。

5.21 检查常温启动性能

在常温冷态下，分别启动电源机组3次，每次间隔2 min，电源机组应能启动成功。

5.22 检查低温启动性能

电源机组置于规定的温度环境中（出厂检验允许在常温下进行），低温启动装置的电路、管路、油路等均应畅通。电源机组应在30 min内顺利启动，且启动后3 min内应能带设计给定的负载运行。

5.23 测量噪声

将电源机组置于典型的反射噪音的混凝土或无孔沥青地面上,从电源机组到与之相邻的实验室墙壁的距离应为电源机组到测头距离的两倍。电源机组在功率因数为0.8(滞后)、75%额定电流的工况下稳定运行后,按GB/T 20136的规定进行噪声测试。

5.24 测量振动值

用测振仪测量电源机组在功率因数0.8(滞后)、75%额定负载、半载、空载的工况下各测点横、纵及垂直方向的振幅，测量时电源机组应置于水泥地面上，周围无其它振动源。

测量方法和测量部位按GB/T 20136的规定进行。

5.25 测量绝缘电阻

电源机组处于冷态、热态时测量各独立电气回路对地及回路间的冷态绝缘电阻，测量时，各开关处于接通位置，半导体器件、电容器等均应拆除或短接，用兆欧表测量(见表15)，待兆欧表指示稳定后读数。出厂试验时允许只测量在当时试验环境条件下的冷态绝缘电阻。

表15 兆欧表规格选择

单位为伏特	
被测回路额定电压	兆欧表规格
<100	250
100~500	500

5.26 耐电压试验

合格性检验时，在热态绝缘电阻测定合格的热态下进行；出厂检验时，可在冷态绝缘电阻测定合格后的冷态下进行。

试验电源的频率为50 Hz，电压波形为实际正弦波，电压数值按表7规定；试验变压器的容量对每千伏试验电压应不小于1 kVA。进行各独立电气回路对地绝缘介电强度试验时，试验电压加于被试回路与接地螺钉之间；进行回路相互间的绝缘介电强度试验时，试验电压加于回路之间。

正确接线后，接通试验电源并均匀升压，一般可考虑从试验电压全值的1/2升到全值的时间在10 s~15 s为宜，当电压升到全值试验电压时，开始计算耐压时间，满1 min后均匀降压，待电压降到全值电压的1/3后切断电源。将被试验回路对地放电。

试验过程中，如果发现电压表指针摆动很大，毫安表指示急剧增加，绝缘冒烟或有放电声响等现象，应立即降低电压，切断电源，对地放电后进行检查。

测量时，将内燃机的电气部分、半导体器件、电容器等均应从回路中拆除或短接。

5.27 检查底盘要求

按照附录B的要求进行底盘检测。

5.28 检查环保要求

检查上装内燃机型式核准证书或者3C证书，应符合4.6.7的要求。

5.29 检查接头安全联锁要求

按4.6.8的要求进行检查。

5.30 低温试验

将电源机组加满低温用燃油、机油、防冻冷却液(内燃机为水冷)并配备好容量充裕的蓄电池(内燃机为电启动)后，静置于-30 ℃的自然条件下或低温试验室内12 h。12 h后按5.25规定测量各独立电气回路对地及回路间的冷态绝缘电阻，确认其满足要求。

启动电源机组的预热装置，按产品使用说明书的规定，当机油、防冻冷却液温度值达到允许启动发动机的情况下启动电源机组。

电源机组启动成功后，使电源机组在设计给定的负载、额定电压和频率下运行，直到机油、防冻冷却液温度值达到允许带额定负载为止，按5.10规定测量稳态电压范围、稳态频率范围。检查塑料件、橡胶件、金属件，均应无断裂现象。

5.31 高温试验

在55 ℃的自然条件下或高温试验室内进行；电源机组与试验室墙壁的距离不小于1 m。

电源机组在高温环境中静置6 h后，在额定工况下连续运行至热态，按5.10规定测量电源机组在热态下的稳态电压范围、稳态频率范围。在连续运行至热态的过程中，每隔30 min记录一次电气、内燃机各参数。

在电源机组连续运行规定的时间后，紧接着按产品规范规定的过电流和时间进行过电流运行，每隔30 min记录一次电气、内燃机各参数。

5.32 湿热试验

将完整性符合出厂合格品规定的不包装、不工作的电源机组置于满足GB/T 20136规定的湿热室内，经受40 °C和12周期的交变湿热作用。

5.33 长霉试验（零部件）

将符合出厂合格品规定的线路板和金属部件取样，置于GB/T 2423.16规定的试验条件内经受28 d暴露作用。28 d暴露作用期满后，将线路板和金属部件自试验条件内移出，检查并记录霉菌生长情况，确认其满足产品规范要求。

5.34 盐雾试验

将符合出厂合格品规定的线路板和金属部件取样，置于GB/T 2423.17规定的试验条件内24 h，移出后检查并记录部件上锈蚀情况，确认其满足产品规范要求。

5.35 淋雨试验

电源机组在满足GB/T 20136规定的雨淋条件下承受连续2 h雨淋后，保持该雨淋条件，启动并整定电源机组在额定工况下1 h，记录相关数据。

关闭雨淋装置，检查电源机组是否有渗透的痕迹或破坏，检查电源机组是否运行正常。

5.36 可靠性和维修性试验

将符合出厂合格品要求的电源机组置于一般性能实验室内或其他场所，整定电源机组在额定工况下连续规定工况运行，记录电气、内燃机各参数。按GB/T 20136的规定进行电源机组的平均故障间隔时间和平均修复时间的测试，其结果应符合4.7的要求。

5.37 高海拔试验

电源机组处于大气压力70 kPa下，启动样机，电源机组启动成功后，检查样机是否能正常工作。样机运行稳定后，使样机在设计给定的负载、额定输入条件下运行，应能持续正常运行2 h。测量交流、直流稳态电压范围、稳态频率范围，应符合表4、表5的要求。电源机组处于温度-30 °C下，启动样机，电源机组启动成功后，检查样机是否能正常工作。样机运行稳定后，使样机在设计给定的负载、额定输入条件下运行，应能持续正常运行2 h。测量交流、直流稳态电压范围、稳态频率范围，应符合表4、表5的要求。对于电动式底盘的电源机组，检查其是否能在温度-30 °C时正常充电，并进行续驶里程试验。

6 检验规则

6.1 检验分类

电源机组的检验分为出厂检验和合格性检验。

6.2 出厂检验

6.2.1 电源机组出厂应逐台检验，经质检部检验合格并签署产品合格证书。

6.2.2 出厂检验项目见表 16。

表16 出厂检验和合格性检验项目

序号	项目名称	出厂检验	合格性检验	本文件章条号	
				要求	试验方法
1	检查外观	△	△	4.6.5	5.2
2	测量质量	—	△	4.6.5.6.1	5.3
3	测量外形尺寸	—	△	4.6.5.6.2	5.4
4	检查连接器	△	△	4.3.3	5.5
5	检查灭火器	△	△	4.6.1.8	5.6
6	检查应急按钮	△	△	4.6.2.3	5.7
7	检查交流电源带负载能力	△	△	4.3.1.2	5.8
8	检查直流电源带负载能力	△	△	4.3.2.2	5.9
9	测量交流稳态单相电压和三相平均电压	△	△	4.3.5.2.1	5.10.1
10	测量电压调制频谱	△	△	4.3.5.2.1	5.10.1
11	测量相移	△	△	4.3.5.2.1	5.10.1
12	测量电压调制幅度	△	△	4.3.5.2.1	5.10.1
13	测量电压调制频谱	—	△	4.3.5.2.1	5.10.1
14	测量电压波峰系数	—	△	4.3.5.2.1	5.10.1
15	测量交流电压畸变系数	—	△	4.3.5.2.1	5.10.1
16	测量交流电压畸变频谱	—	△	4.3.5.2.1	5.10.1
17	测量稳态频率	△	△	4.3.5.2.1	5.10.1
18	测量频率调制频谱	—	△	4.3.5.2.1	5.10.1
19	检查相序	△	△	4.3.5.2.2	5.10.3
20	测量交流瞬态电压特性	△	△	4.3.6.2	5.11.1
21	测量瞬态频率特性	△	△	4.3.6.3	5.11.1
22	检查不中断电力传输(NBPT)限制功能	—	△	4.3.6.4	5.11.3
23	测量直流稳态电压	△	△	4.3.7	5.12
24	测量直流电压脉动幅值	△	△	4.3.7	5.12
25	测量直流电压畸变系数	—	△	4.3.7	5.12
26	测量直流电压畸变频谱	—	△	4.3.7	5.12
27	测量直流瞬态电压输出特性	△	△	4.3.8.2	5.13.1
28	测量直流发动机启动输出特性	—	△	4.3.8.3	5.13.2
29	检查交流过电压保护功能	△	△	4.4.1.2.1	5.14.1
30	检查交流欠电压保护功能	△	△	4.4.1.2.2	5.14.2
31	检查过频率保护功能	△	△	4.4.1.2.3	5.14.3
32	检查欠频率保护功能	△	△	4.4.1.2.3	5.14.4
33	检查交流过电流保护功能	△	△	4.4.1.2.4	5.14.5
34	检查交流短路保护功能	△	△	4.4.1.2.4	5.14.6
35	检查相序保护功能	△	△	4.4.1.2.5	5.14.7
36	检查中线开路保护功能	△	△	4.4.1.2.6	5.14.8
37	检查接地故障保护功能	△	△	4.4.1.2.7	5.14.9
38	检查直流过电压保护功能	△	△	4.4.1.3.1	5.14.10
39	检查直流欠电压保护功能	△	△	4.4.1.3.2	5.14.11
40	检查反极性保护功能	—	△	4.4.1.3.3	5.14.12
41	检查反流保护功能	—	△	4.4.1.3.4	5.14.13
42	检查直流过电流保护功能	△	△	4.4.1.3.5	5.14.14
43	检查直流短路保护功能	—	△	4.4.1.3.5	5.14.15
44	检查机油油压低保护功能	△	△	4.4.2	5.14.16
45	检查冷却介质温度高保护功能	△	△	4.4.2	5.14.17
46	检查过速度保护功能	△	△	4.4.2	5.14.18
47	检查监测与通信功能	△	△	4.4.3	5.14.19
48	检查防外来物吸入功能	△	△	4.6.1.5	5.14.20

表16 出厂检验和合格性检验项目（续）

序号	项目名称	出厂检验	合格性检验	本文件章条号	
				要求	试验方法
49	检查操作面板	△	△	4.6.1.6	5.14.21
50	检查防触电	△	△	4.6.3.2	5.14.22
51	检查飞机联锁信号保护功能	△	△	4.6.3.3	5.14.23
52	测量燃油消耗率和机油消耗率	—	△	4.6.6	5.15
53	检查飞机联锁供电功能	△	△	4.5	5.16
54	检查各指示装置	△	△	4.6.1.6	5.17
55	检查过热保护	△	△	4.6.1.1	5.18
56	检查电磁兼容	—	△	4.3.4	5.19
57	测量温升	—	△	4.6.1.9	5.20
58	检查常温启动性能	△	△	4.6.2.4.1	5.21
59	检查低温启动性能	△	△	4.6.2.4.2	5.22
60	测量噪声	—	△	4.6.3.4	5.23
61	测量振动值	—	△	4.6.3.5	5.24
62	测量绝缘电阻	△	△	4.6.3.6	5.25
63	耐压试验	△	△	4.6.3.7	5.26
64	检查底盘安全	—	△	4.6.4	5.27
65	检查环保要求	—	△	4.6.7	5.28
66	接头安全联锁功能检查	△	△	4.6.8	5.29
67	低温试验	—	△	4.2.2	5.30
68	高温试验	—	△	4.2.2	5.31
69	湿热试验	—	△	4.6.5.1	5.32
70	长霉试验	—	△	4.6.5.1	5.33
71	盐雾试验	—	△	4.6.5.2	5.34
72	淋雨试验	—	△	4.6.5.3	5.35
73	可靠性和维修性试验	—	△	4.7	5.36
74	高海拔试验	—	△	4.8	5.37

注：“△”表示应检项目；“—”表示无须检验项目。

6.2.3 出厂检验中若有不符合项，应重新调试、修正、检测，直至合格为止。

6.3 合格性检验

6.3.1 合格性检验的产品应从出厂检验合格的产品中抽样一台。

6.3.2 有下列情况之一的，应进行合格性检验：

- a) 新电源机组定型；
- b) 停产一年以上恢复生产或老产品转厂生产；
- c) 电源机组的设计、工艺和材料的改变，可能影响电源机组的性能；
- d) 出厂检验结果与上次合格性检验结果相比有较大差异；
- e) 民航管理部门提出设备合格性检验要求。

6.3.3 合格性检验项目见表 13。

6.3.4 合格性检验项目中，若有不符合项，则应对不符合项目重新进行检测，若仍不合格，则该产品不合格。

7 标牌、标识及使用说明书

7.1 标牌

7.1.1 标牌要求

电源机组应配永久性的标牌，并应固定在明显位置。

7.1.2 标牌内容

电源机组的标牌应清晰和永久地标记在产品上，且至少应包含以下内容：

- a) 产品名称；
- b) 产品型号；
- c) 生产厂家（商标）；
- d) 额定输出参数（至少包括额定电压、额定电流、额定容量、额定频率）；
- e) 额定转速；
- f) 相数；
- g) 质量；
- h) 外形尺寸；
- i) 产品编号；
- j) 出厂日期；
- k) 执行标准。

7.2 标识

应在电源机组潜在危险的位置设有安全标识，在吊装点设有吊装标识。

7.3 使用说明书

使用说明书的编写应符合GB/T 19678.1的规定

8 包装、运输及贮存

8.1 包装

电源机组及其备件、附件在包装前，凡未经涂漆或电镀保护的裸露金属，应采取临时性防锈措施。

每台电源机组应随带下列随机文件：

- a) 产品合格证；
- b) 产品使用说明书；
- c) 主要配套件的合格证、使用说明书等；
- d) 装箱清单；
- e) 随机备附件清单。

8.2 运输

电源机组应适应汽车、火车、轮船和飞机的运输。电源机组在运输过程中，不应有剧烈振动、冲击，不应倾倒放置。

8.3 贮存

电源机组应在环境温度范围在-40 °C～60 °C，相对湿度在10%～95%（无凝露）的环境内贮存。

附录 A
(规范性)
电源机组的底盘要求

A. 1 通用要求

A. 1. 1 外观

外观应整洁, 各零部件应完好, 联接牢固, 无缺损。

A. 1. 2 铆接工艺

采用铆接工艺装配时, 铆钉应排列整齐, 无歪斜、压伤、松动和头部残缺等现象。所有部位应无锐边或锐角。

A. 1. 3 连接件、紧固件

各连接件、紧固件应连接可靠, 并有防松措施。

A. 1. 4 油路、气路系统管路及电器安装

油路、气路和电路系统的管路、线路及电器安装应排列整齐、夹持牢固, 不应与运动部件发生摩擦或干涉。

A. 1. 5 三漏现象

各管路应无漏油、漏液、漏气现象。

A. 1. 6 导线端子

电气设备各接线端子应设有不易脱落的明显标识。

A. 1. 7 操作保养部位

操作、保养部位应有足够的操作空间。

A. 1. 8 电气系统

电气线路距燃油箱外表面及燃油管应不少于 200 mm, 电气线路必须与燃油管交叉或平行布置时, 应有安全措施, 保证局部电气短路时不会引发油管失火。

A. 1. 9 航空障碍灯及反光标识

对于带有底盘的静变电源电源机组, 应在明显位置安装符合MH/T 6012的C型低光强航空障碍灯, 厢体后面及侧面应设有红白相间的反光标识。

A. 1. 10 应急牵引装置

电源机组前、后端应设置牵引装置。

A. 1. 11 外部照明及光信号装置

除拖曳式底盘外, 电源机组的外部照明及光信号装置应满足:

- 白色远光灯 2 只或 4 只;
- 白色近光灯 2 只;
- 琥珀色转向信号灯前后各 2 只;
- 红色制动灯 2 只;
- 白色倒车灯 2 只;
- 红色后雾灯 1 只或 2 只, 前雾灯可选装, 颜色白色或黄色;
- 白色前位置灯 2 只, 红色后位置灯 2 只;

——如底盘宽度大于 2.1 m, 应配备前、后示廓灯各 2 只, 前示廓灯白色, 后示廓灯红色。

A. 1.12 尺寸参数

电源机组行驶状态时, 高度应不超过 4 m, 接近角和离去角应不小于 5°, 最小离地间隙应不小于 127 mm, 通道圆外圆直径应不大于 25 m, 其他尺寸应满足设计要求。

A. 1.13 质量参数

电源机组轴荷不应超过车轴最大设计轴荷, 轮胎的承载能力应与电源机组的轴荷相匹配, 转向轴轴荷与电源机组整备质量的比值应不小于 20%。

A. 1.14 行驶性能

A. 1.14.1 最高行驶速度

内燃式和电动式电源机组最高行驶速度应满足设计要求。

A. 1.14.2 行车制动性能

电动式或内燃式电源机组最高车速不小于 30 km/h 时, 紧急制动距离应不大于 10 m。制动过程中电源机组的任何部位(不计入车宽的部位除外)不应超出 3 m 的检测通道的边缘线, 电源机组脚制动力应不大于 700 N。

电动式或内燃式电源机组最高车速小于 30 km/h 时, 紧急制动平均减速度应不小于 2.5 m/s², 制动过程中电源机组的任何部位(不计入车宽的部位除外)不应超出 3 m 的检测通道的边缘线, 电源机组脚制动力应不大于 700 N。

A. 1.14.3 驻车制动性能

内燃式和电动式电源机组的驻车制动性能应符合 GB 7258 的规定。

在空载状态下, 驻车制动装置应能保证电源机组在坡度为 15%、轮胎与路面间的附着系数大于等于 0.7 的坡道上正、反两个方向保持固定不动, 时间应大于 5 min。

当手操纵驻车制动装置时, 操纵力应不大于 600 N; 当脚操纵驻车制动装置时, 操纵力应不大于 700 N。拖曳式电源机组应能在 8.7% 的坡道上驻车。

A. 1.14.4 加速性能

电动式或内燃式电源机组的加速性能应满足设计要求。

A. 1.15 环境要求(仅适用于内燃式和电动式自制底盘电源机组)

A. 1.15.1 高温高湿

内燃式电源机组应能在环境温度 60 °C 和相对湿度 80% 的条件下正常工作。电动式电源机组应能在环境温度 45 °C 和相对湿度 80% 的条件下正常工作。用户有特殊要求的除外。

A. 1.15.2 低温

内燃式电源机组应能在环境温度-40 °C 的条件下正常工作。电动式电源机组应能在环境温度-15 °C 的条件下正常工作。用户有特殊要求的除外。

A. 1.15.3 湿热

电动式电源机组应能在环境温度 40 °C、相对湿度 95% 的条件下正常工作(用户有特殊要求的除外)。

A. 1.16 淋雨

各部位在表 A. 1 规定的降雨强度下应能正常运行。

表A.1 不同部位降雨强度要求

序号	淋雨部位	平均淋雨强度	淋雨时间
1	车身前部	(12±1) mm/min	15 min
2	车身侧面、后部、顶部	(8±1) mm/min	15 min

A.1.17 操纵及转向性能

A.1.17.1 原地转向力、方向盘最大自由转角、方向盘最大转角

电源机组转向时,方向盘向左(或右)最大自由转角不大于15°,方向盘向左(或右)最大转角不大于1080°。当电源机组以最大运行速度直线行驶时,不应有明显的蛇行现象。电源机组以10 km/h的速度在5 s之内沿螺旋线从直线行驶过渡到外圆直径为25 m的车辆通道圆行驶,施加于方向盘外缘的最大切向力应不大于245 N。

A.1.17.2 转向轻便性

根据QC/T 480评分,对转向轻便性的评分应不低于60分。

A.1.18 平顺性(仅适用于内燃式和电动式自制底盘电源机组)

测试部位座椅振动应满足GB/T 4970—2009的规定。

A.1.19 行驶可靠性

A.1.19.1 在良好公路上,内燃式和电动式底盘电源机组应行驶3000 km,拖曳式底盘电源机组由牵引车拖曳行驶1500 km,行驶期间应不出现致命故障。

A.1.19.2 电动式电源机组行驶可靠性试验还不应出现如下故障:

- a) 电控严重烧毁、失控、不能紧急断电;
- b) 电动机严重损坏;
- c) 接触器触点严重烧蚀;
- d) 制动系统严重损坏;
- e) 储能系统出现损坏。

可靠性检测结束后,电源机组的绝缘性,应符合4.6.3.6的要求;电源机组的续驶里程,测试值不应低于首次测量续驶里程数值的80%。

A.2 内燃式底盘专项要求

A.2.1 低速行驶

电源机组应能低速(≤5 km/h)稳定行驶,低速行驶时应平稳、无冲击。

A.2.2 滑行(仅适用于手动挡)

电源机组的滑行性能应满足设计要求。

A.2.3 噪声

A.2.3.1 加速行驶车外噪声

电源机组的加速行驶车外噪声应符合GB 1495的要求。

A.2.3.2 司机耳旁定置噪声

电源机组司机耳旁定置噪声应不大于90 dB(A)。

A.2.4 发动机排放

二类底盘改装的电源机组,其排气污染物排放限值应符合GB 17691的要求;自制底盘的电源机组,其排气污染物排放限值应符合GB 20891的要求。

A.2.5 烟度排放

二类底盘改装的电源机组，其烟度排放应满足 GB 3847 的要求。经自由加速法所测得的排气光吸收系数不应大于该汽车型式核准批准的自由加速排气烟度排放限值再加 0.5 m^{-1} ；自制底盘的电源机组，其烟度排放应满足 GB 36886 的要求。。

A.3 电动式底盘专项要求

A.3.1 安全要求

A.3.1.1 人员触电防护要求

如果由外壳或遮挡提供防护，B 级带电部分应置于外壳内或遮挡后。外壳或遮挡应仅能通过工具打开或去掉。外壳或遮挡应至少符合 GB/T 4208 中规定的 IPXXB 防护等级的要求。可直接触及的外壳或遮挡的防护等级应不低于 IPXXD。

除以下三种情况外，高压连接器应仅能通过工具打开：

- a) 高压连接器分开后，应满足 IPXXB 的防护等级要求；
- b) 高压连接器至少需要两个不同的动作才能将其从相互的对接端分离，且高压连接器与其他某个机构有机械锁止关系，在高压连接器打开前，该锁止机构应仅能通过工具打开；
- c) 在高压连接器分开以后，连接器中带电部分的电压能在 1 s 内降低到不大于 30 V (a. c.) 且不大于 60 V (d. c.)。

注：根据最大工作电压 U_{\max} ，将电气元件或电路分为以下等级，如表 A.2 所示。

表 A.2 电压等级

电压等级	最大工作电压	
	直流 (V)	交流 (V)
A	$0 < U_{\max} \leq 60$	$0 < U_{\max} \leq 30$
B	$60 < U_{\max} \leq 1500$	$30 < U_{\max} \leq 1000$

A.3.1.1.2 间接接触防护要求

A.3.1.1.2.1 在最大工作电压下，直流电路绝缘电阻应不小于 $100 \Omega/V$ ，交流电路绝缘电阻应不小于 $500 \Omega/V$ 。如果直流和交流的 B 级电压电路可导电的连接在一起，则应满足绝缘电阻不小于 $500 \Omega/V$ 的要求。

A.3.1.1.2.2 电源机组应具有绝缘电阻监测功能。在电源机组 B 级电压电路接通且未与外部电源传导连接时，该装置应能够持续或者间歇的监测车辆的绝缘电阻值，当该绝缘电阻值小于制造商规定的阈值时，应通过一个明显的声和光信号提醒驾驶员。

A.3.1.1.2.3 电气系统的带电部件应能承受表 A.3 规定的交流电压，该电压频率为 50 Hz 或 60 Hz，历时 1 min。

表 A.3 耐受电压

单位为伏特		
基本绝缘 (V) (a. c.)	附加绝缘 (V) (a. c.)	双重或加强绝缘 (V) (a. c.)
$2U + 1000$ 但最小为 1500	$2U + 2250$ 但最小为 2750	$2U + 3250$ 但最小为 3750

A.3.1.2 功能要求

A.3.1.2.1 驱动、电源接通程序

A.3.1.2.1.1 应设置防止未经允许的人员启动电源机组的装置。电源机组从“电源切断”状态到“可行驶”状态应至少经过两个步骤的操作。

A.3.1.2.1.2 驱动系统在断电后应仅通过正常的电源接通程序重新启动。

A.3.1.2.1.3 采用 60 V 以上的储能系统的电源机组，其动力系统应与底盘隔离。

A.3.1.2.2 行驶

A.3.1.2.2.1 如果驱动系统采取了减少车辆驱动功率或自动限制功率的措施, 且影响了车辆行驶, 应通过明显的信号装置报警。

A.3.1.2.2.2 储能系统的剩余电量低于一定值时, 应通过一个明显的声或光信号提示, 剩余电量应符合下列要求:

- a) 能使电源机组驶至充电区域(行驶距离不低于1 km);
- b) 能为照明系统提供所需的电量。

A.3.1.2.2.3 当制动信号和加速信号同时出现时, 整车控制系统应优先响应制动信号。

A.3.1.2.3 换向行驶

电源机组应设置换向保护装置, 确保在改变驱动方向时, 只有车辆停稳后, 才能够实现换向。

A.3.1.2.4 倒车

电源机组应装有清晰声响的倒车警示装置。

A.3.1.2.5 切断开关

需要主驱动电机提供上装动力的电源机组, 挡位未处于空挡和未实施驻车制动时, 驾驶员离开驾驶座后3 s~5 s应能自动切断驱动主回路。不需要主驱动电机提供上装动力的电源机组, 驾驶员离开驾驶座后3 s~5 s应能自动切断驱动主回路。

A.3.1.2.6 主开关

在驾驶员方便操作的位置应设置一个手动机械式切断动力电源的主开关。

A.3.1.2.7 电缆连接器

电缆连接器应与动力电缆相匹配, 且压接牢固, 其防护等级应不低于IP55。电压在60 V(d. c.) (含)以上的电缆连接器应设置锁止装置, 且采用桔红色的高压线。

A.3.1.2.8 连接互锁装置

在充电电缆与电源机组连接时, 电源机组不应通过其自身的驱动系统移动。

A.3.1.2.9 功能防护

A.3.1.2.9.1 动力系统供电应采用双线回路设计。

A.3.1.2.9.2 当辅助电路与动力系统有电联结时, 应防止辅助电路电压过高。

A.3.1.2.9.3 行驶电机应设置过电流保护装置, 转向电机应设置短路保护装置。

A.3.1.2.9.4 当电源机组处于正常行驶状态时, 将方向盘置于最大转向角, 转向电机应能够持续稳定工作。

A.3.1.3 储能系统要求

A.3.1.3.1 安装与防护

A.3.1.3.1.1 储能系统安全应符合GB 38031的要求。储能系统最小管理单元的热失控性能应符合GB 38032的要求。

A.3.1.3.1.2 储能系统及其箱体应安装牢固。

A.3.1.3.1.3 储能系统附件应设置机械式电源总开关。

A.3.1.3.1.4 储能系统应置于有盖板的储能系统箱内, 盖板内表面应涂装绝缘防护层。金属盖板与储能系统带电零部件的间距应不小于30 mm。在盖板上300 mm×300 mm的面积上施加980 N压力时, 盖板与接线端面不应发生接触。盖板在正常使用时应盖紧, 不会出现移动。储能系统箱、盖板应设置适当的安全措施。

A.3.1.3.1.5 储能系统应配置电池管理系统、在线绝缘监测装置、温度报警装置及自动灭火装置，80 V (d.c.) 及以下铅酸类储能系统除外。

A. 3. 1. 3. 1. 6 储能系统防护等级应不低于 IP67, 80 V (d. c.) 及以下铅酸类储能系统除外。

A.3.1.3.1.7 B 级电压的储能系统和高压部件应设置警示标志,如图 A.1 所示。警示标志应符合 GB 2893、GB 2894-2008 中表 2 中编号 2-7 和 GB/T 5465.2-2008 中第 3 章 5036 的要求。在使用中应准确无误地将图 B.1 中的符号等比例放大或缩小。



图A.1 警示标志

A. 3. 1. 3. 1. 8 当移开遮挡/外壳可以露出 B 级电压带电部分时, 遮挡/外壳上应具有同样的警示标志。

A.3.1.3.1.9 储能系统采用铅酸类的电源机组，储能系统装置(含盖板)应设置适当的通风孔，储能系统装置内表面应能抗电解质的化学腐蚀。储能系统装置应采取防护装置，防止电解质流到地面。

A.3.1.3.1.10 两个蓄电池连接端子间的爬电距离应符合公式(A.1)要求。

式中：

d ——两个蓄电池连接端子间的爬电距离, 单位为毫米(mm);

U —蓄电池两个连接端子间的标称电压, 单位为伏特。

A.3.1.3.1.11 带电部件与底盘之间的爬电距离应符合公式(A.2)要求。

式中：

d ——带电部件与底盘之间的爬电距离, 单位为毫米(mm);

U —蓄电池两个连接端子间的标称电压, 单位为伏特。

A. 3. 1. 4 电机及其控制系统要求

A.3.1.4.1 电机及其控制系统应符合 GB/T 18488.1 的要求。

A. 3. 1. 4. 2 电机防护等级应不低于 IP65。

A. 3. 1. 4. 3 电机绝缘等级应不低于H级。

A.3.1.4.4 电机的任何部件均不应使用硅树脂材料。

A.3.1.4.5 电机在绝缘等级限定温度下工作，漆包线的电气性能、机械性能和绝缘性不应降低。

A.3.1.4.6 行驶电机宜采用 S2 60 min、S1 和 S9 工作制。

A.3.1.4.7 如果选用转向电机，则应采用采用 S2 30 min、S2 60 min 或 S1 工作制，其防护等级应不低于 IP65。转向电机应能保证所受综合应力和温升不应引起任何部件失效和过度变形。

A 3.1.5 消防要求及热失控防护

A.3.1.5.1 热失控预警

A 3.1.5.1.1 电源机组应在储能系统由于单个储能单元热失控引起热扩散之前 5 min, 通过一个明显

的声或光信号装置向驾驶员提示储能系统将要发生热失控。

A. 3. 1. 5. 1. 2 储能系统应安装熔断器和手动维修开关。

A. 3. 1. 5. 2 阻燃防护要求

除单个储能单元外，储能系统内其他非金属零部件，应满足以下阻燃要求。

- a) 满足以下任一条件的零部件，其材质应满足 GB/T 2408 规定的水平燃烧 HB 级和垂直燃烧 V—0 级的要求：
- 单个零部件重量 ≥ 50 g；
 - 单个储能系统内相同型号的零件总重量 > 200 g。
- b) 其它非金属零部件材质应满足水平燃烧 HB75 级和垂直燃烧 V—2 级的要求。

A. 3. 1. 5. 3 灭火装置配置要求

储能系统应配置符合其特性的火灾防控装置，该装置应符合 JT/T 1461 的要求。

A. 3. 1. 6 电源机组充电接口要求

A. 3. 1. 6. 1 电源电压

A. 3. 1. 6. 1. 1 交流充电电源额定电压最大值为 660 V，允许偏差为标称电压的 $\pm 10\%$ ；频率的额定值为 50 Hz ± 1 Hz。

A. 3. 1. 6. 1. 2 直流充电电源电压最大为 1000 V。

A. 3. 1. 6. 2 电源机组接地连接和车体电气连接性

A. 3. 1. 6. 2. 1 电源机组所有可能连接到电源上的外露导电部分应连接在一起，充电过程中出现故障时，确保将存在于车体的故障电荷流入大地。

A. 3. 1. 6. 2. 2 所有外露导电部分和接地回路间的电阻值应不大于 $0.1\ \Omega$ 。

A. 3. 1. 6. 3 充电连接装置

充电连接装置应符合 G/T 20234. 1—2023 中第 6 条、G/T 20234. 2—2015 中第 (4~7) 条、G/T 20234. 3—2023 中第 (4~7) 条和 G/T 27930—2023 中第 5 条的要求。直流充电连接装置通信协议中应增加静变电源识别代码。

A. 3. 1. 6. 4 无线充电装置

具备无线充电功能的电源机组，其无线充电系统及装置应符合 G/T 38775. 1 的要求。

A. 3. 1. 6. 5 充电要求

电源机组的充电装置应满足环境温度 $-15\ ^\circ\text{C} \sim 45\ ^\circ\text{C}$ 下充电的需求，含各类雨雪天气。

A. 3. 1. 7 报警和提示要求

电源机组报警和提示应符合 G/T 19836 和 G/T 4094. 2 的要求。

A. 3. 1. 8 事件记录数据要求

电源机组应配备事件数据记录系统 (EDR) 或车载视频行驶记录装置。

A. 3. 1. 9 远程管理接口

电源机组应配置运行状态在线监控终端，数据传输格式应符合 G/T 32960. 3 的要求，以便满足用户采集数据及远程监控的需求，并能够按照用户的车辆管理系统提出的网络接口及格式，将电源机组关键数据（如储能系统的温度、电流值、电压值等）同步传输至车辆管理系统。

A. 3. 1. 10 应急装置

A. 3. 1. 10. 1 电源机组应设置手动应急装置，当设备出现故障或储能系统电量不足时，可解除制动系统。

A.3.1.10.2 电源机组出现故障无法移动时,应具备助力转向开关。

A.3.2 动力性能

A.3.2.1 30分钟最高车速

电源机组的最高车速应符合设计要求,且应依据GB/T 18385进行检测。

A.3.2.2 爬坡性能

电源机组的最大爬坡度应不低于相应设备标准中规定的驻车坡度要求,且爬坡过程中电动机电流不应高于电动机5 min工作制下最大允许电流。

注:如无该长度,可通过增加载荷的方法模拟坡度。

A.3.3 续驶里程

电动式电源机组的续驶里程应满足设计要求。

A.3.4 环境要求

A.3.4.1 涉水要求

将电源机组置于100 mm深的水池中,电源机组应能以20 km/h的速度行驶500 m,时间约1.5 min。如果水池长度小于500 m,可重复进行多次,累计涉水长度达到500 m,总时间(包括在水池外的时间)应不超过10 min,电源机组应能正常行驶和作业。

电源机组在地面积水深度不超过100 mm时应能正常充电。

注:最高车速小于20 km/h的电源机组,以最高安全车速进行试验。

A.3.4.2 防水要求

A.3.4.2.1 驾驶室内的电控箱、控制元器件、电气连接件应不受雨水影响,安装位置应与驾驶室易进水部位进行有效隔离。

A.3.4.2.2 置于驾驶室外的电气箱(罩壳)、控制元器件和电气连接件防护等级应不低于IP65。

A.3.4.3 电磁兼容要求

电源机组电磁兼容应符合GB 34660及GB/T 18387的要求。

A.4 拖曳式底盘专项要求

A.4.1 外观及安全项目

A.4.1.1 牵引杆应有足够的刚度和强度,在规定的工作条件下不发生永久变形,保证牵引安全可靠。

A.4.1.2 牵引杆应有足够的长度,在以最小半径转向时,防止设备与牵引车相互碰撞。

A.4.1.3 牵引杆处于直立位置时,应有机械锁止。

A.4.1.4 牵引杆放下时与地面的距离应不小于120 mm。

A.4.1.5 应转向轻便。

A.4.2 牵引速度

牵引速度应不低于25 km/h。

A.4.3 自行制动性能

电源机组与牵引车脱离时,应能自行制动,其制动减速度应不低于1.32 m/s²。

A.4.4 牵引力

电源机组在平坦、干燥、经过铺设的无坡度路面(如清洁的水泥路面)上牵引起动时,每1 000 kg质量的最大牵引动力不应超过350 N。

A.4.5 跟踪能力

牵引车牵引电源机组以最高牵引速度行驶时，电源机组轮迹相对于牵引车轮迹的偏离量应不大于76 mm。



附录 B
(规范性)
电源机组的底盘检测方法

B. 1 通用要求检测

B. 1. 1 外观

目视检查外观是否整洁，各零部件是否完好，联接是否牢固、无缺损。

B. 1. 2 铆接工艺

目视检查铆接处是否符合 A. 1. 2 的要求。

B. 1. 3 连接件、紧固件

目视检查连接件、紧固件是否符合 A. 1. 3 的要求。

B. 1. 4 油路、气路系统管路及电器安装

目视检查油路、气路系统管路及电器安装是否符合 A. 1. 4 的要求。

B. 1. 5 三漏现象

检查电源机组在发动机运行及停车时各管路是否符合 A. 1. 5 的要求。

B. 1. 6 导线端子

检查电气原理图，目视检查电气器件及各接线端子是否符合 A. 1. 6 的要求。

B. 1. 7 操作保养部位

目视检查电源机组操作、保养部位，判断是否有足够的操作空间。

B. 1. 8 电气系统

检查电气系统是否符合 A. 1. 8 的要求。

B. 1. 9 航空障碍及反光标识检查

检查是否符合 A. 1. 9 的要求。

B. 1. 10 应急牵引装置

目视检查电源机组前、后端是否均设有牵引装置。

B. 1. 11 外部照明及光信号装置检查

对电源机组安装灯具的数量及光色进行逐项检查，判断其是否符合要求。

B. 1. 12 尺寸参数测量

用长度类仪器测量电源机组尺寸参数是否符合 A. 1. 12 的要求。

B. 1. 13 质量参数测量

检测电源机组质量参数是否符合 A. 1. 13 的要求。

B. 1. 14 行驶性能检测

B. 1. 14. 1 最高行驶速度检测

在符合检测条件的道路上，选取合适长度的路段，用机动车行驶测试仪等测量最高行驶速度。

B. 1. 14. 2 行车制动性能检测

在符合检测条件的道路上,选取合适长度的路段,用机动车行驶测试仪等测量制动性能是否符合A. 1. 13. 2的规定。

B. 1. 14. 3 驻车制动性能检测

驻车制动性能检测按GB 7258的规定进行。

B. 1. 14. 4 加速性能检测

在符合检测条件的道路上,选取合适长度的路段,用机动车行驶测试仪等测量电源机组加速性能。

B. 1. 15 环境要求检测(仅适用于内燃式和电动式自制底盘电源机组)

B. 1. 15. 1 高温高湿检测

高温高湿检测按以下步骤进行:

- a) 启动电源机组,检查底盘发动机或电机是否能正常工作;检查电源机组能否进行正常行驶,如前进、倒车、转向、制动;检查各信号灯是否能正常工作;检查控制面板是否能正常操作,显示亦正常;
- b) 电源机组置于环境实验室后,打开车门、车窗、电池舱门、电控箱盖,设置温度计,并测量驾驶室、电池舱、电控箱的温度。上述区域的温度、湿度达到设定参数并稳定后,继续保持此温度、湿度至少4 h。环境实验室温度变化速率应不超过3 °C/min,以免温度冲击;
- c) 对电源机组进行检测,项目同a),记录结果,检查电源机组是否正常。

B. 1. 15. 2 低温检测

低温检测步骤同B. 1. 15. 1。

B. 1. 15. 3 湿热检测

电动式电源机组的湿热检测按照GB/T 2423. 3的要求进行检测。

B. 1. 16 淋雨检测

内燃式和电动式电源机组应置于淋雨检测室,按照表A. 1的平均淋雨强度进行,淋雨结束后,驾驶员立即操作车辆应能正常运行,所有系统以及控制装置、开关等部件功能应正常。

电动式电源机组在淋雨结束后,启动电机(转向电机、牵引电机)及电控器,检查是否能正常工作。

B. 1. 17 操纵及转向性能检测

电源机组置于平整的水泥道路上,转向轮处于中间位置。用转向参数测试仪测量方向盘向左(或右)最大自由转角及方向盘向左(或右)最大转角;电源机组以10 km/h的速度在5 s之内沿螺旋线从直线行驶过渡到外圆直径为25 m的车辆通道圆行驶,用转向参数测试仪测量施加于方向盘外缘的最大切向力。

B. 1. 18 转向轻便性检测

按QC/T 480的规定进行检测。

B. 1. 19 平顺性检测(仅适用于内燃式和电动式自制底盘的电源机组)

按GB/T 4970—2009附录A的规定进行检测。

B. 1. 20 行驶可靠性

按照GB/T 12678的要求进行检测。

B. 2 内燃式底盘专项检测

B. 2. 1 低速行驶检测

在符合检测条件的道路上, 将电源机组的变速器、分动器等置于所要求的挡位, 从发动机怠速转速开始, 使电源机组保持一个较低的稳定车速行驶并通过检测路段。用机动车行驶测试仪等测量电源机组低速行驶速度。

B. 2. 2 滑行检测 (仅适用于手动挡电源机组)

在长约 1000 m 的检测路段两端立上标杆作为滑行区段, 电源机组车速稍大于 50 km/h 时, 将变速器置于空挡, 电源机组开始滑行, 进入滑行区段时, 车速为 (50±0.3) km/h, 用机动车行驶测试仪记录滑行初速度和滑行距离, 直至电源机组完全停住为止。在滑行过程中, 不得转动方向盘。检测至少往返各滑行一次, 往返区段尽量重合。

滑行距离应修正后取平均值。

B. 2. 3 噪声检测

B. 2. 3. 1 加速行驶车外噪声检测

按 GB 1495 的规定进行检测, 应符合 A. 2. 3. 1 的要求。

B. 2. 3. 2 司机耳旁定置噪声检测

按 GB 7258 的规定进行检测, 应符合 A. 2. 3. 1 的要求。

B. 2. 3. 3 发动机排放检测

对于二类底盘改装的电源机组, 检查发动机型式核准证书或者 3C 证书; 对于自制底盘的电源机组, 检查发动机排气污染物检测报告或者型式核准证书。

B. 2. 4 烟度排放检测

对于二类底盘改装的电源机组, 检查烟度排放报告的排放限值是否满足要求。如果不满足要求或无法提供烟度排放报告, 则按 GB 3847 的规定进行检测。对于自制底盘的电源机组, 按照 GB 36886 的要求进行检测。

B. 3 电动式底盘专项检测

B. 3. 1 安全要求检测

B. 3. 1. 1 人员触电要求防护

B. 3. 1. 1. 1 直接接触防护要求

检查是否由外壳或遮挡提供防护, 模拟检查外壳或遮挡防护等级是否满足 A. 3. 1. 1. 1 的要求。

B. 3. 1. 1. 2 间接接触防护要求

B. 3. 1. 1. 2. 1 用绝缘电阻测试仪测试最大工作电压下直流电路绝缘电阻和交流电路绝缘电阻, 是否满足 A. 3. 1. 1. 2. 1 的要求。

B. 3. 1. 1. 2. 2 检查电源机组绝缘电阻监测功能, 是否满足 A. 3. 1. 1. 2. 2 的要求。

B. 3. 1. 1. 2. 3 用耐压检测仪, 测试电气系统的带电部件耐电压能力, 是否满足 A. 3. 1. 1. 2. 3 的要求。

B. 3. 1. 2 功能要求

B. 3. 1. 2. 1 驱动、电源接通程序

B. 3. 1. 2. 1. 1 检查防止未经允许的人员开动电源机组的装置, 模拟检查电源机组从“电源切断”状态到“可行驶”状态的操作步骤是否满足 A. 3. 1. 2. 1. 1 的要求。

B. 3. 1. 2. 1. 2 模拟检查驱动系统在断电后重新启动的方式, 是否满足 A. 3. 1. 2. 1. 2 的要求。

B. 3. 1. 2. 1. 3 检查动力系统与底盘, 是否满足 A. 3. 1. 2. 1. 3 的要求。

B. 3. 1. 2. 2 行驶

- B. 3. 1. 2. 2. 1 模拟检查减少车辆驱动功率或自动限制功率后的报警是否满足 A. 3. 1. 2. 2. 1 的要求。
- B. 3. 1. 2. 2. 2 模拟检查储能系统的剩余电量低于一定值时的信号提示以及剩余电量是否满足 A. 3. 1. 2. 2. 2 的要求。
- B. 3. 1. 2. 2. 3 模拟检查制动信号和加速信号响应逻辑是否满足 A. 3. 1. 2. 2. 3 的要求。

B. 3. 1. 2. 3 换向行驶

模拟检查转向功能是否满足 A. 3. 1. 2. 3 的要求。

B. 3. 1. 2. 4 倒车

检查倒车警示装置是否满足 A. 3. 1. 2. 4 的要求。

B. 3. 1. 2. 5 切断开关

模拟检查驾驶员离开驾驶位后驱动主回路自动切断功能是否满足 A. 3. 1. 2. 5 的要求。

B. 3. 1. 2. 6 主开关

模拟检查电源切断开关是否满足 A. 3. 1. 2. 6 的要求

B. 3. 1. 2. 7 电缆连接器

资料查验电缆连接器防护等级、目视检查电缆连接器锁止装置及电缆颜色是否满足 A. 3. 1. 2. 7 的要求。

B. 3. 1. 2. 8 连接互锁装置

模拟检查充电电缆与电源机组连接时的互锁功能是否满足 A. 3. 1. 2. 8 的要求。

B. 3. 1. 2. 9 功能防护

- B. 3. 1. 2. 9. 1 查验电源机组电气原理图, 检查是否满足 A. 3. 1. 2. 9. 1 和 A. 3. 1. 2. 9. 2 的要求。
- B. 3. 1. 2. 9. 2 查验行驶电机控制器和转向电机控制器技术资料, 检查是否满足 A. 3. 1. 2. 9. 3 的要求。
- B. 3. 1. 2. 9. 3 模拟检查转向电机在散装机最大转向角时的稳定性是否满足 A. 3. 1. 2. 9. 4 的要求。

B. 3. 1. 3 储能系统要求**B. 3. 1. 3. 1 安装与保护**

- B. 3. 1. 3. 1. 1 查验储能系统证明文件是否满足 A. 3. 1. 3. 1. 1 的要求。
- B. 3. 1. 3. 1. 2 检查储能系统及其箱体的安装方式是否满足 A. 3. 1. 3. 1. 2 的要求。
- B. 3. 1. 3. 1. 3 检查储能系统附近设置的机械式电源总开关是否满足 A. 3. 1. 3. 1. 3 的要求。
- B. 3. 1. 3. 1. 4 查验储能系统箱体、盖板的技术文件, 并目视检查储能系统箱体、盖板的安全措施是否满足 A. 3. 1. 3. 1. 4 的要求。
- B. 3. 1. 3. 1. 5 检查储能系统的功能配置是否满足 A. 3. 1. 3. 1. 5 的要求。
- B. 3. 1. 3. 1. 6 查验储能系统的防护等级是否满足 A. 3. 1. 3. 1. 6 的要求。
- B. 3. 1. 3. 1. 7 检查储能系统及遮挡/外壳的警示标志是否满足 A. 3. 1. 3. 1. 7 和 A. 3. 1. 3. 1. 8 的要求。
- B. 3. 1. 3. 1. 8 检查储能系统通风口、资料查验储能系统内表面是否满足 A. 3. 1. 3. 1. 9 的要求。
- B. 3. 1. 3. 1. 9 用长度测量仪器测量两个蓄电池的爬电距离是否满足 A. 3. 1. 3. 1. 10 和 A. 3. 1. 3. 1. 11 的要求。

B. 3. 1. 4 电机及其控制系统要求

查验电机及其控制器证明文件和防护等级是否满足 A. 3. 1. 4. 1~A. 3. 1. 4. 7 的要求。

B. 3. 1. 5 消防要求及热失控防护

B. 3. 1. 5. 1 热失控预警

B. 3. 1. 5. 1. 1 模拟检查储能系统热失控预警功能是否满足 A. 3. 1. 5. 1. 1 的要求。

B. 3. 1. 5. 1. 2 检查储能系统熔断器和手动维修开关是否满足 A. 3. 1. 5. 1. 2 的要求。

B. 3. 1. 5. 2 阻燃防护要求

查验储能系统内其他非金属零部件的阻燃证明文件，检查其材质燃烧等级是否满足 A. 3. 1. 5. 2 的要求。

B. 3. 1. 5. 3 灭火装置配置要求

查验储能系统灭火装置证明文件，检查其火灾防控功能是否满足 A. 3. 1. 5. 3 的要求。

B. 3. 1. 6 电源机组充电接口要求

B. 3. 1. 6. 1 电源电压

资料查验电源的电压值，检查其是否满足 A. 3. 1. 6. 1. 1、A. 3. 1. 6. 1. 2 的要求。

B. 3. 1. 6. 2 电源机组接地连接和车体电气连接性

B. 3. 1. 6. 2. 1 检查车体接地连接是否满足 A. 3. 1. 6. 2. 1 的要求。

B. 3. 1. 6. 2. 2 用万用表测量外露导电部分和接地回路间的电阻值是否满足 A. 3. 1. 6. 2. 2 的要求。

B. 3. 1. 6. 3 充电连接装置

检查充电连接装置，并查阅充电连接通讯技术文件，检查散装机充电连接装置是否满足 A. 3. 1. 6. 3 的要求。

B. 3. 1. 6. 4 无线充电装置

无线充电系统及装置证明文件，检查无线充电装置是否满足 A. 3. 1. 6. 4 的要求。

B. 3. 1. 6. 5 充电要求

模拟检查充电是否满足 A. 3. 1. 6. 5 的要求。

B. 3. 1. 7 报警和提示要求

查验报警和提示功能的证明文件，检查其是否满足 A. 3. 1. 7 的要求。

B. 3. 1. 8 事件记录数据要求

模拟检查事件数据记录是否满足 A. 3. 1. 8 的要求。

B. 3. 1. 9 远程接口管理

查验数据传输格式证明文件，并模拟检查远程管理接口功能是否满足 A. 3. 1. 9 的要求。

B. 3. 1. 10 应急装置

检查手动应急装置、助力转向功能是否满足 A. 3. 1. 10. 1 和 A. 3. 1. 10. 2 的要求。

B. 3. 2 动力性能

B. 3. 2. 1 30分钟最高车速

检查30分钟最高车速是否满足 A. 3. 2. 1 的要求。

B. 3. 2. 2 爬坡性能

电源机组的最大爬坡度和电动机电流是否满足 A. 3. 2. 2 的要求。

B. 3. 3 续驶里程

使电动式电源机组处于充满电状态, 开始按照规定的程序进行试验。在道路上进行最高车速的等速试验。试验过程中允许停车两次, 每次停车时间不允许超过2 min, 当储能系统报警时停止试验。

试验期间, 记录试验车辆的停车次数和停车时间。试验结束后, 记录试验车辆驶过的距离(km), 测量值按四舍五入取整数, 该距离即为等速法测量的续驶里程, 同时记录时间。检查是否满足A. 3. 3的要求。

B. 3. 4 环境要求

B. 3. 4. 1 涉水要求

检查电源机组涉水是否满足A. 3. 4. 1的要求。

B. 3. 4. 2 防水要求

检查电源机组防水是否满足A. 3. 4. 2. 1、A. 3. 4. 2. 2的要求。

B. 3. 4. 3 电磁兼容要求

查验电磁兼容证明文件是否满足A. 3. 4. 3的要求。

B. 4 拖曳式底盘专项检测

B. 4. 1 外观及安全项目检测

B. 4. 1. 1 在行驶可靠性中检测, 行驶可靠性期间目视检查拖曳式底盘的牵引杆情况。

B. 4. 1. 2 将牵引杆置于极限位置, 使电源机组以最小半径转向, 检查电源机组与牵引杆是否相互碰撞。

B. 4. 1. 3 将电源机组的牵引杆处于垂直位置, 目视检查是否够有机械锁止, 并检查其是否有效。

B. 4. 1. 4 用长度测量仪器测量牵引杆放下时与地面的距离。

B. 4. 1. 5 操作电源机组转向, 检查是否轻便。

B. 4. 2 牵引速度检测

牵引车牵引电源机组行驶, 速度维持在(25±1) km/h, 行驶10 km, 检查电源机组行驶过程中转向是否灵活、轻便、有效, 是否未出现异常现象。

B. 4. 3 自行制动性能检测

牵引车牵引电源机组行驶, 速度维持在(15±1) km/h, 启动自动制动系统, 测试制动平均减速度, 往返各测试一次。最高车速低于15 km/h时, 按照最高车速进行检测。

B. 4. 4 牵引力检测

用测力计水平直线测量电源机组在启动时所需的最大牵引力。

B. 4. 5 跟踪能力检测

牵引车牵引电源机组以(30~40) km/h的速度通过检测路段, 检查电源机组与牵引车轮迹的偏离量。

注: 最高牵引车速低于30 km/h时, 按照最高牵引车速进行检测。