

中华人民共和国国家标准

GB/T 42431—2023

飞机交流感应电动机驱动的变量 液压泵通用规范

General specification for aerospace AC induction electric motor driven,
variable delivery, hydraulic pumps

(ISO 18170:2017, Aerospace series—AC induction electric motor driven,
variable delivery, hydraulic pumps—General requirements, MOD)

2023-05-23 发布

2023-12-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 要求 4

 4.1 通则 4

 4.2 性能 4

 4.3 详细设计要求 13

 4.4 强度 15

 4.5 结构 16

 4.6 安装 17

 4.7 噪声等级 18

 4.8 耐久性 18

 4.9 环境适应性 18

 4.10 可靠性 19

 4.11 维修性 19

 4.12 适航性 19

5 证实方法 19

 5.1 检验分类 19

 5.2 试验台要求 19

 5.3 验收检验 20

 5.4 鉴定检验 24

6 包装、运输与贮存 39

附录 A（资料性） 结构编号对照一览表 40

参考文献 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。

本文件修改采用 ISO 18170:2017《航空航天系列 交流感应电动机驱动的变量液压泵 通用要求》。

本文件与 ISO 18170:2017 相比，在结构上有较多调整，两个文件之间的结构编号变化对照一览表见附录 A。

本文件与 ISO 18170:2017 的技术性差异及其原因如下：

- a) 增加了“适用于额定工作压力为 35 MPa 及以下军用或民用飞机”的适用范围(见第 1 章)；
- b) 用规范性引用的 GB/T 42434 替换了 ISO 8278(见第 3 章)；
- c) 用 GB/T 30203 替换了参考文献 ISO 1540(见参考文献)；
- d) 删除了变频交流电源频率范围“最大和最小频率之间的比值可超过 2 : 1”的解释性描述[见 4.2.1.1.3b)，见 ISO 18170:2017 的 5.1.1.3.2]；
- e) 删除了进行台架试验时的搭接要求及电动泵壳体具体搭接要求(见 4.2.1.3.1，见 ISO 18170:2017 的 5.1.3.1)；
- f) 增加了液压油污染度的要求(见 4.2.2.1 和第 6 章)；
- g) 删除了额定输出压力要求中的“额定输出压力值应在专用规范中规定，参考 ISO 6771 对压力等级的规定”(见 4.2.2.2，见 ISO 18170:2017 的 5.2.2.1)；
- h) 增加了“输出压力的最大许可脉动幅值不应超过 ± 2.1 MPa 或专用规范中的规定”的具体指标要求(见 4.2.2.4)；
- i) 用规范性引用的 GB/T 3452.1 替换了 ISO 3601-1(见 4.3.2)；
- j) 删除了非标密封件及商用飞机和军用Ⅲ型系统电动泵保护圈使用要求描述(见 4.3.2，见 ISO 18170:2017 的 6.3)；
- k) 删除了“不应使用铅型锁紧丝封印”(见 4.3.6，见 ISO 18170:2017 的 6.7)；
- l) 用规范性引用的 GB/T 12599 替换了 ISO 2093(见 4.5.2.2)；
- m) 用规范性引用的 HB 6167.16 替换了 ISO 2669(见 4.9)；
- n) 试验台进口温度的控制精度要求补充超过 107 ℃时的温度公差(见 5.2.1)；
- o) 增加了变频电动机不同转速下的压力脉动试验条件(见 5.4.3.7)；
- p) 增加了每隔 (50 ± 10) h 检查滤片来监控产品油液污染情况(见 5.4.3.11.4.2)；
- q) 将温度进行了圆整：“-54 ℃”修改为“-55 ℃”；“71 ℃”修改为“70 ℃”；“-51 ℃”修改为“-50 ℃”(见 5.4.3.11.11)；
- r) 增加了对附加耐久性试验的试验样品要求说明(见 5.4.3.11.14)；
- s) 增加了与 4.9“环境适应性”要求相对应的温度-高度、砂尘、稳态加速度等证实方法(见 5.4.3.14.3、5.4.3.14.8 和 5.4.3.16)；
- t) 增加了“包装、运输与贮存”章节，并明确了五年贮存期要求(见第 6 章)。

本文件做了下列编辑性改动：

- a) 为与现有标准协调，将标准名称改为《飞机交流感应电动机驱动的变量液压泵通用规范》；
- b) 删除了与规范性引用的 GB/T 42434 相同的术语和定义；
- c) 删除了正文中仅使用一次的术语和定义“标称电源条件”，以符合 GB/T 1.1—2020 要求；
- d) 删除了术语和定义中“采购方”中的注释 2，由采购方和供应商协商确定专用规范的编写方；

- e) 删除了原文中使用 psi 压力单位的换算内容,并将 kPa 换算为 MPa 表示;
- f) 删除了原文中用英制单位表示的“额定转速最大推荐值与泵排量的关系”图,只保留了其中用公制单位表示的图。

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。

本文件由全国航空器标准化技术委员会(SAC/TC 435)提出并归口。

本文件起草单位:中国航空工业集团公司金城南京机电液压工程研究中心、合肥华升泵阀股份有限公司、中国航空综合技术研究所。

本文件主要起草人:陈金华、柯兵、江培、卢岳良、周利华、柴立平、沙林峰、曹涛、姜艳、王珍珍、叶巍巍、徐鹏国、任海涛。

飞机交流感应电动机驱动的变量 液压泵通用规范

1 范围

本文件规定了飞机交流感应电动机驱动的变量液压泵(以下简称电动泵)的基本要求、证实方法以及包装、运输与贮存。

本文件适用于额定工作压力为 35 MPa 及以下军用或民用飞机液压系统中恒频或变频交流感应电动机驱动的变量液压泵。

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 3452.1 液压气动用 O 形橡胶密封圈 第 1 部分:尺寸系列及公差(GB/T 3452.1—2005,ISO 3601-1:2002,MOD)

GB/T 12599 金属覆盖层 锡电镀层 技术规范和试验方法(GB/T 12599—2002,ISO 2093:1986,MOD)

GB/T 30206.1 航空航天流体系统词汇 第 1 部分:压力相关的通用术语和定义(GB/T 30206.1—2013,ISO 8625-1:1993,IDT)

GB/T 30206.2 航空航天流体系统词汇 第 2 部分:流量相关的通用术语和定义(GB/T 30206.2—2013,ISO 8625-2:1991,IDT)

GB/T 30206.3 航空航天流体系统词汇 第 3 部分:温度相关的通用术语和定义(GB/T 30206.3—2013,ISO 8625-3:1991,IDT)

GB/T 30213 飞机 液压附件 识别附件所适用液压油的标志(GB/T 30213—2013,ISO 3323:1987,IDT)

GB/T 42434 飞机恒压变量液压泵通用规范(GB/T 42434—2023,ISO 8278:2016,MOD)

HB 6167.15 民用飞机机载设备环境条件和试验方法 第 15 部分:声振试验(HB 6167.15—2014,ISO 2671:1982,IDT)

HB 6167.16 民用飞机机载设备环境条件和试验方法 第 16 部分:加速度试验(HB 6167.16—2014,ISO 2669:1995(E),MOD)

ISO 7137 飞机 机载设备环境条件和试验程序(Aircraft—Environmental conditions and test procedures for airborne equipment)

ISO 7320 航空航天 流体系统螺纹密封连接接头 尺寸(Aerospace—Couplings, threaded and sealed, for fluid systems—Dimensions)

ISO 8078 航空航天工艺 铝合金的阳极化处理 无着色涂层的硫酸工艺规程(Aerospace process—Anodic treatment of aluminium alloys—Sulfuric acid process, undyed coating)

ISO 8079 航空航天工艺 铝合金的阳极化处理 带着色涂层的硫酸工艺规程(Aerospace

process—Anodic treatment of aluminium alloys—Sulfuric acid process, dyed coating)

ISO 8081 航空航天工艺 铝合金的化学转化膜 一般用途 (Aerospace process—Chemical conversion coating for aluminium alloys—General purpose)

ISO 11218 航空航天 液压油污染度等级 (Aerospace—Cleanliness classification for hydraulic fluids)

3 术语和定义

GB/T 30206.1、GB/T 30206.2、GB/T 30206.3 和 GB/T 42434 中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电动机驱动的变量液压泵 electric motor driven variable delivery, hydraulic pump; EMP

由电动机驱动的液压泵,给液压系统(或子系统)提供液压动力,以满足飞机系统内各种功能。

注 1: 功能示例如下:

- 作为液压系统的主动力源,连续工作或飞机运行的特定阶段开启,例如起飞和着陆,为系统提供需求的油液;
- 当主动力源失效时,作为备用动力源;
- 作为飞机在地面时的动力源,用于驱动各种应用功能,或供地面维修使用。

注 2: 在运行电动泵时,电源可以由各种电力资源提供,包括主发动机驱动的发电机,辅助动力装置驱动的发电机,或地面移动发电机。

3.2

采购方 purchaser

对包括电动泵在内的液压系统承担工程责任的组织机构。

注: 通常是飞机制造商或承担液压系统的制造商或改造中心。

3.3

供应商 supplier

提供电动泵的组织机构。

注: 通常是电动泵的制造商,负责电动泵的设计、生产和鉴定。

3.4

额定输出压力 rated discharge pressure

电动泵在额定电源电压、额定电源频率、额定温度、额定进口压力、额定壳体回油压力和输出流量为零时使用专用规范规定的液压油连续工作的最大压力。

注: 见图 1。必要时采用不同的方式来表示,例如将横坐标轴与纵坐标轴互换。

3.5

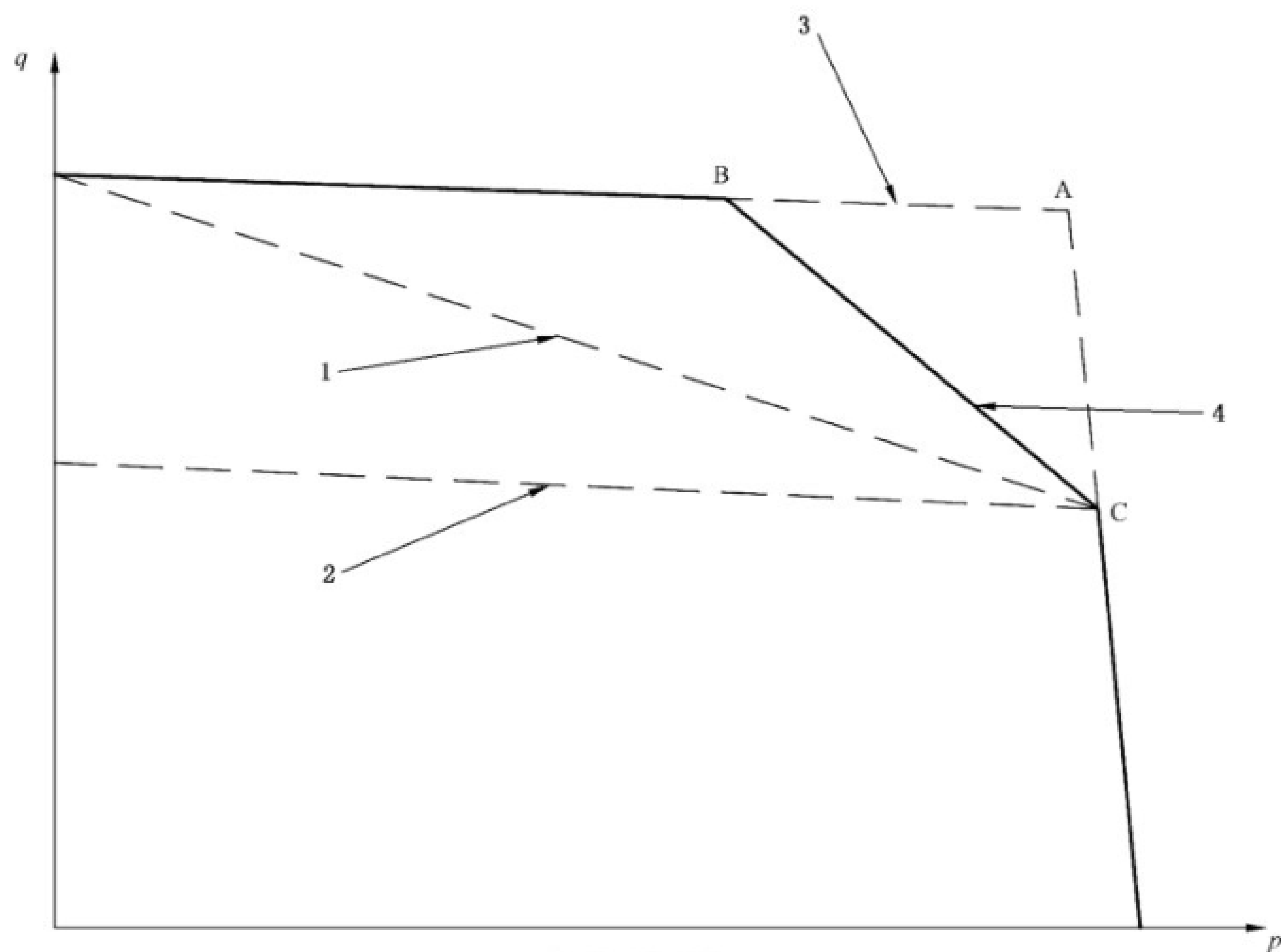
额定流量 rated discharge flow

电动泵在额定电源电压、额定电源频率、额定温度、额定进口压力和全流量最大压力条件下使用专用规范规定的液压油,测量得到的电动泵输出流量。

3.6

启动冲击电流 starting in-rush current

不考虑任何初始半周期瞬态效应的电流均方根值。



- 标引序号说明：
- 1 —— 压差泵特性曲线；
 - 2、3 —— 恒压泵特性曲线；
 - 4 —— 恒功率泵特性曲线；
 - A —— 额定输出压力；
 - B —— 最小压力点的流量；
 - C —— 最大压力点的流量；
 - p —— 压力；
 - q —— 输出流量。

图 1 输出压力-流量特性曲线

3.7

电压压降 voltage drop

交流电源每相在给定长度线路两端的电压降低。

3.8

电动泵总效率 EMP overall efficiency

当电动泵在额定条件或专用规范规定的任何其他运行条件下工作时，泵输出流体功率与电动机输入电功率的比值。

电动泵总效率可从公式(1)获得：

$$\eta = [(\Delta P \times Q) / (V \times I \cos \varphi)] \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- η —— 电动泵总效率，%；
- ΔP —— 电动泵出口与进口之间的压差，单位为千帕(kPa)；
- Q —— 电动泵输出流量，单位为升每分钟(L/min)；
- V —— 电源电压，应使用交流电压均方根值，单位为伏特(V)；

I ——电源电流,应使用交流电流均方根值,单位为安培(A);

φ ——电压和电流之间的相位角。

注 1: 公式(1)忽略了油液压缩性的影响,使用公式(1)时,流量在流体压缩状态时测量。

注 2: 对于三相交流电源,功率为每相功率之和,即: $(V_A I_A + V_B I_B + V_C I_C)$ 乘以功率系数 $(\cos\varphi)$ 。对于平衡电源,输入功率为 $(3 \times V_A \times I_A \cos\varphi)$ 。

4 要求

4.1 通则

电动泵设计上应满足所属液压系统的使用要求。按照本文件提供的电动泵,应为已通过专用规范中规定鉴定试验的产品。本文件的要求与专用规范不一致时,以专用规范为准。

正常和非正常工作的电源特性范围应在专用规范中规定,应包括任何典型故障情况,比如电源中断。采购方和供应商应在开发阶段尽早商定因电源变化导致与标称性能的任何偏离。飞机馈线电缆的影响应视为电源的一部分。

电动泵所属液压系统的特性应在专用规范中规定,包括在以下油液温度条件下,电动泵进口、出口和壳体回油管路的流量-压力曲线:

- 常温;
- 额定温度;
- 最低持续温度。

4.2 性能

4.2.1 电性能

4.2.1.1 交流电源要求

4.2.1.1.1 一般要求

除另有规定外,电源宜符合 GB/T 30203 的规定。

4.2.1.1.2 额定电压

额定电压大小在专用规范中规定,并考虑所有用于电动泵的潜在电源。额定电压在与电动泵接口即电连接器处确定。应确定正常工作条件下的额定电压范围以及起动时的最低电压。通常,额定电压为每相 115 V(AC)或 230 V(AC)(单相或三相)。调节点与电动机电连接器之间的电压压降应在专用规范中明确,以确定在所有工作条件下允许的电压减小。引入调节点与电连接器之间的额定电压和电流间相位差也应在专用规范中明确,或者宜明确馈线电缆的阻抗。

在确定运转电动机的可用功率时,宜考虑电路中的电压压降,尤其是对于采用复合材料制造的飞机。

4.2.1.1.3 额定交流频率

恒频和变频交流电源分别按以下要求。

a) 恒频交流电源:

额定频率大小应在专用规范中规定,并考虑用于电动泵的所有潜在电源,通常,恒频电源频率保持在 385 Hz~415 Hz 的范围内,标称值为 400 Hz,但在每种应用场合中宜规定实际应用

范围。

b) 变频交流电源：

额定频率大小应在专用规范中规定，并考虑用于电动泵的所有潜在电源，发动机驱动发电机获取的电源，其频率范围取决于每种应用场合中的发动机转速范围，通常介于 360 Hz～800 Hz 之间。

4.2.1.1.4 输入电流

输入电流分为额定输入电流和启动冲击电流，分别按以下要求执行。

a) 额定输入电流。

- 1) 在标称电源和常温条件下运行时，稳态下提供给电动机的电流大小应在专用规范中规定。对于变频系统，宜规定具体的频率。
- 2) 在最低环境温度和油液温度条件下，稳态满功率输出条件下提供给电动机的最大电流应在专用规范中规定。还宜规定最高环境温度和油液温度条件下的最大电流，通常分别为 70 °C 和 107 °C。极端温度条件下的性能退化要求宜在专用规范中明确。
- 3) 电动泵功率因数及相关工作条件应在专用规范中规定，例如，在电动泵启动过程中以及满功率稳态条件运行时。

b) 启动冲击电流。

- 1) 电动泵启动冲击电流大小应在专用规范中规定，并应考虑调节点和电动泵端电压之间的压降。除常温条件之外，还宜提供极端环境和油液温度下电动泵的启动冲击电流。
- 2) 电气保护设备的特性应在专用规范中规定，例如断路器。电动泵应符合电气保护设备特性要求，以满足在专用规范规定时间内额定稳态运行。在电动泵启动过程中最严酷条件组合下，任何电气保护设备不应跳闸。电气保护设备的标称额定值通常宜超过交流电动泵最大连续电流至少 20%。

4.2.1.2 电磁兼容

除另有规定外，应满足 ISO 7137 规定的电磁效应、电源输入、电压尖峰、音频传导敏感度、诱导信号敏感度、射频敏感度、射频能量发射、闪电感应瞬时敏感度、绝缘电阻和高电压、闪电直接效应要求。

如果产品中包含用于满足电磁兼容要求的部件，则应注意确保部件具有足够的额定/退化性能，以保证其对相关危害等级的兼容性。

4.2.1.3 电搭接

4.2.1.3.1 一般要求

应在产品上提供一个专用的搭接区域，以便连接到飞机结构。采购方应规定电动泵上任一点与专用搭接区域之间的搭接电阻。

4.2.1.3.2 绝缘电阻

最小绝缘电阻应在专用规范中规定。通常情况下，采用 500 V(DC)电压测量电连接器插针与电动泵壳体之间的绝缘电阻至少应为 100 MΩ。

试验中电压作用时间宜为 1 min，试验宜在室温条件下进行。

4.2.1.3.3 介电强度

除另有规定外，电气装置电路在以下电压条件下应能承受绝缘击穿试验而不出现损坏：

- $[(2 \times \text{相电压}) + 1\,000\text{ V}]$;
- 1 500 V(AC), 50 Hz, 适用于每相 230 VAC 标称电源电压工作的系统;
- 1 250 V(AC), 50 Hz, 适用于每相 115 VAC 标称电源电压工作的系统。

施加电压的升压速率不应超过 500 V/s, 最终电压作用时间应为 1 min。采购方应规定观察到的漏电流(可根据规格和其他考虑因素, 规定为 2 mA~20 mA 之间的值)。

后续的任何再次介电强度试验应在规定电压的 80% 进行。

4.2.1.4 保护要求

4.2.1.4.1 电气故障自保护

电动泵的电动机设计应确保能防止因内部电气故障而导致二次故障发生。典型例子有:

- 在堵转自保护情况下, 电动机表面温度应限制在 204 °C 以下(即在进行堵转试验时获得);
- 防爆试验以及专用规范可能规定的任何其他电气故障模式试验。

能检测专用规范中定义的故障模式的设备可能是必要的, 如果故障模式有可能导致起火危险, 则应提供隔离电动泵的方法。此类设备应视为电动泵子系统的一部分, 并应按本文件规定进行相同的验收和鉴定检验。

应关注任何安全特征/保护的可靠性, 以确定在发生此类故障时是否需要电动泵采取自我保护措施(即没有安全特征存在)。安全特征可作为电动泵自身的一部分, 或者作为系统的一部分。应在设计阶段尽早与采购方商定电动泵中的固有安全/保护等级。

4.2.1.4.2 热保护

在正常工作条件下, 电缆、电连接器等表面温度应保持在安全极限值以下, 外表面温度应低于 204 °C。如果在防爆电动机包容层内, 则内部表面可高于此温度。

应提供相应的保护措施, 以确保当电动机处于堵转状态及在专用规范规定的电压和频率(或频率范围)连续作用时, 所有三相电流均限制在规定值内, 而不会引起火灾的危险。除另有规定外, 保护系统不应自动复位, 电动机和保护系统均视为在一次操作后损耗。

4.2.1.4.3 短路保护

除另有规定外, 电动机内发生短路时, 电动泵应完全容纳任何电弧/火花或火焰, 电动泵外表面温度不应超过 204 °C。

电气系统的故障电流能力应在专用规范中明确。

4.2.1.5 电动机冷却方法

电动机可通过以下方法实现冷却。

- a) 液压油间接冷却:
定子和转子使用液压油进行冷却, 但油液通过罩壳和轴, 而不与转子或定子绕组直接接触。
- b) 液压油直接冷却:
转子和定子浸入液压油中提供冷却。
- c) 空气与液压油混合冷却:
利用一个集成的风扇迫使定子壳体外部气流对定子进行空气冷却, 液压油经轴冷却转子。最大排热量和电动机冷却方法应由采购方与供应商商定。

4.2.2 液压性能

4.2.2.1 液压油

电动泵所使用的液压油应在专用规范中规定。

除另有规定外,验收时电动泵内液压油的污染度应不高于 ISO 11218 的 5 级,并且电动泵应能在专用规范规定的液压油污染度范围内正常工作。

4.2.2.2 额定输出压力

电动泵设计上应保证在下述范围条件内能维持其额定输出压力:

- 进口油液温度由 30 °C 到额定温度;
- 转速由额定转速的 50% 到 100% (仅对于泵);
- 在专用规范规定的电压和频率范围内;
- 额定进口压力。

额定输出压力值及其允许公差范围应在专用规范中规定,当进口油液温度低于 30 °C 或泵转速为 25%~50% 额定转速时,额定输出压力的正负公差值均允许增大一倍。

4.2.2.3 全流量最大压力

全流量最大压力的最小值应在专用规范中规定,对于恒功率电动泵特性,定义为 B 点(见图 1 所示)。

4.2.2.4 压力脉动

确定压力脉动水平的过程中电气输入频率范围应在专用规范中规定。

输出压力的最大许可脉动幅值不应超过 ± 2.1 MPa 或专用规范中的规定。应按 5.4.3.7 规定的试验程序测定压力脉动幅值。

4.2.2.5 进口压力

4.2.2.5.1 额定进口压力

额定进口压力单位用 MPa 表示,其值应在专用规范中规定。

4.2.2.5.2 最小进口压力

最小进口压力用 MPa 表示,其值应在专用规范中规定。并明确:

- 在流量瞬态变化或稳态失效情况下是否适用;
- 相关的最低油液温度;
- 当电动泵工作在最小进口压力时,允许的性能降低程度;
- 电动泵入口的输入条件,应包括电动泵进口和出口管路系统的回路阻抗或对回路进行完整的物理状态描述,使供应商能进行动态流量分析以便确定电动泵在最小进口压力下的工作状态。

4.2.2.5.3 最大进口压力

最大进口压力单位用 MPa 表示,其值应在专用规范中规定。

4.2.2.6 壳体回油压力

4.2.2.6.1 额定壳体回油压力

额定壳体回油压力单位用 MPa 表示,其值应在专用规范中规定。

4.2.2.6.2 最大瞬时壳体回油压力

最大瞬时壳体回油压力单位用 MPa 表示,最大瞬时壳体回油压力值、持续时间以及发生频率应在专用规范中规定。

4.2.2.6.3 最大壳体回油压力

最大壳体回油压力单位用 MPa 表示,其值应在专用规范中规定。

4.2.2.7 流量

4.2.2.7.1 额定流量

额定流量单位用 L/min 表示。最小和最大额定流量大小应在专用规范中规定。

4.2.2.7.2 零输出流量

如使用有要求,电动泵应能在零流量条件下连续运转。

4.2.2.7.3 壳体回油流量

壳体回油流量单位用 L/min 表示。电动泵应具备能产生最小壳体回油流量的能力,以将电动泵进口和壳体回油口之间的温差限制在规定的最大值内。

应在额定温度、给定的壳体回油压力和进口压力之间的最大压差条件下,规定额定输出压力及额定流量时的电动泵壳体回油流量。

最小和最大壳体回油流量应在专用规范中明确。

4.2.2.7.4 轴密封泄漏量

轴密封泄漏量单位用“滴/min”表示。以下条件的动态轴密封最大泄漏量应在专用规范中规定。

- a) 新制造产品:
 - 1) 电动泵充满油液,但不加压;
 - 2) 在承受耐压压力时;
 - 3) 在电动泵供给额定流量时。
- b) 鉴定试验:
 - 1) 在整个扩大的试验包线范围内;
 - 2) 在耐久性试验完成时;
 - 3) 在承受耐压压力时;
 - 4) 在承受爆破压力时。

4.2.2.7.5 外部泄漏

从电动泵壳体或任何壳体静态密封装置处不准许出现足以成滴的泄漏。动态轴密封泄漏不应视为外部泄漏。

4.2.2.8 额定转速

额定转速由供应商确定,以满足额定流量需求。在确定额定转速满足额定流量需求时,应考虑会影响电动机转速的交流电源频率、电压范围以及泵的扭矩需求。

转速由电动机(电极极数)的设计决定,通过公式(2)与电源频率关联。

$$N_0 = 120 \times F / P \quad \text{.....(2)}$$

式中:

N_0 ——同步转速,单位为转每分钟(r/min);

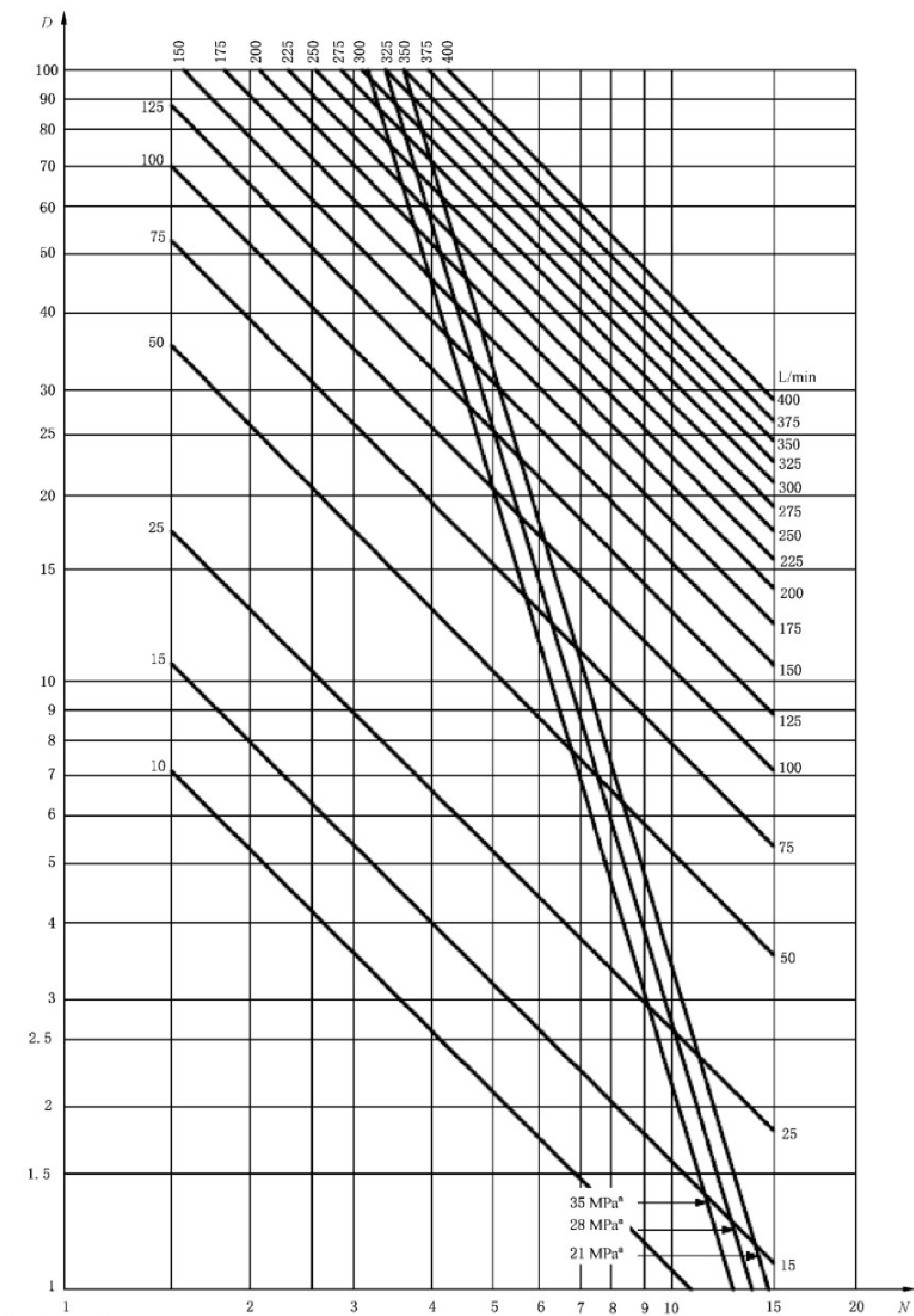
F ——频率,单位为赫兹(Hz);

P ——电极极数。

公式(2)定义同步转速,实际转速应考虑转差率。转差率 S 按公式(3)定义:

$$S = (1 - N / N_0) \times 100 \% \quad \text{.....(3)}$$

注:以诺模图给出了泵设计的最大转速推荐值,如图 2 所示。如果转速保持低于曲线表示的数值,则工作寿命将得到提高。然而各种系统因素例如壳体回油压力、油液温度、工作循环、油液污染、预期寿命、包线、重量等也会影响工作寿命。



标引序号说明：

N 轴——电动泵转速($\text{r/min} \times 10^3$)；

D 轴——额定排量(mL/r)；

^a 对应的额定压力。

图 2 额定转速最大推荐值与电动泵排量的关系

4.2.2.9 电动泵总效率

电动泵的效率通常采用百分比表示,可分别在正常工作条件下以及极端温度和电源条件下来确定,确定后期的效率要求时,宜将电动泵在这些条件下工作的退化因素。

以下条件的效率值应在专用规范中规定:

- 新产品时的最低电动泵总效率;
- 耐久性试验后的最低电动泵总效率,该值作为目标电动泵总效率值。

根据流量和压力差来计算输出功率时,应仅使用电动泵出口与进口之间的净压差,流量可在输出管路低压端进行测量,前提是计算效率时需对油液的可压缩性给予充分的补偿。

4.2.2.10 热损耗

热损耗由输入功率与输出功率确定。供应商应确定在专用规范规定的条件下,多大比例的热量通过油液排出。关于电动机的冷却见 4.2.1.5。

4.2.2.11 变排量控制

4.2.2.11.1 一般要求

电动泵应包含排量控制机构,通过该机构的作用,随着电动泵的输出压力从额定输出压力降至全流量最大压力时,在任一给定工作转速下其流量均应能从零增加到全流量最大压力时的流量;反之亦然。

4.2.2.11.2 调整

应提供相应措施用于调节排量控制机构,使其在额定输出压力时为零流量输出。在额定输出压力的 $\pm 2\%$ 范围内,这种调节能连续地进行,也可以采用小于 0.3 MPa 的步长幅度进行分级调节。

调整装置应能可靠锁紧,可用通用工具进行调整和锁紧。可行情况下,调整装置应能在系统全压力运转情况下调整,且液压油无泄漏。

除另有规定外,对于变频电动泵,排量控制机构的调节应在标称电源条件下进行。对于具有恒功率特性的电动泵,不要求其具备在产品外部进行此类调节的特征。

4.2.2.11.3 响应时间

输出压力随时间变化的实时波形图作为排量控制机构动作的判据,在额定温度、额定转速以及 5.4.3.6.2.2 规定的系统阻抗回路中,电动泵流量需求发生变化时的响应时间应符合专用规范规定。

图 3 和图 4 中,时间间隔 t_1 和 t_2 是电动泵在系统阻抗下的响应时间。在流量瞬时降低时(瞬时流量需求开始后的 1 s 末),电动泵的输出压力应稳定在额定输出压力 $\pm 2\%$ 的范围内。

电动泵从全流量降至零流量的最小和最大响应时间 t_1 ,以及电动泵从零流量增大至全流量的最小和最大响应时间 t_2 可分别在专用规范中规定。

对于采用恒功率或类似控制的电动泵设计,响应时间试验应从电动泵工作平切断区段最大流量进行。

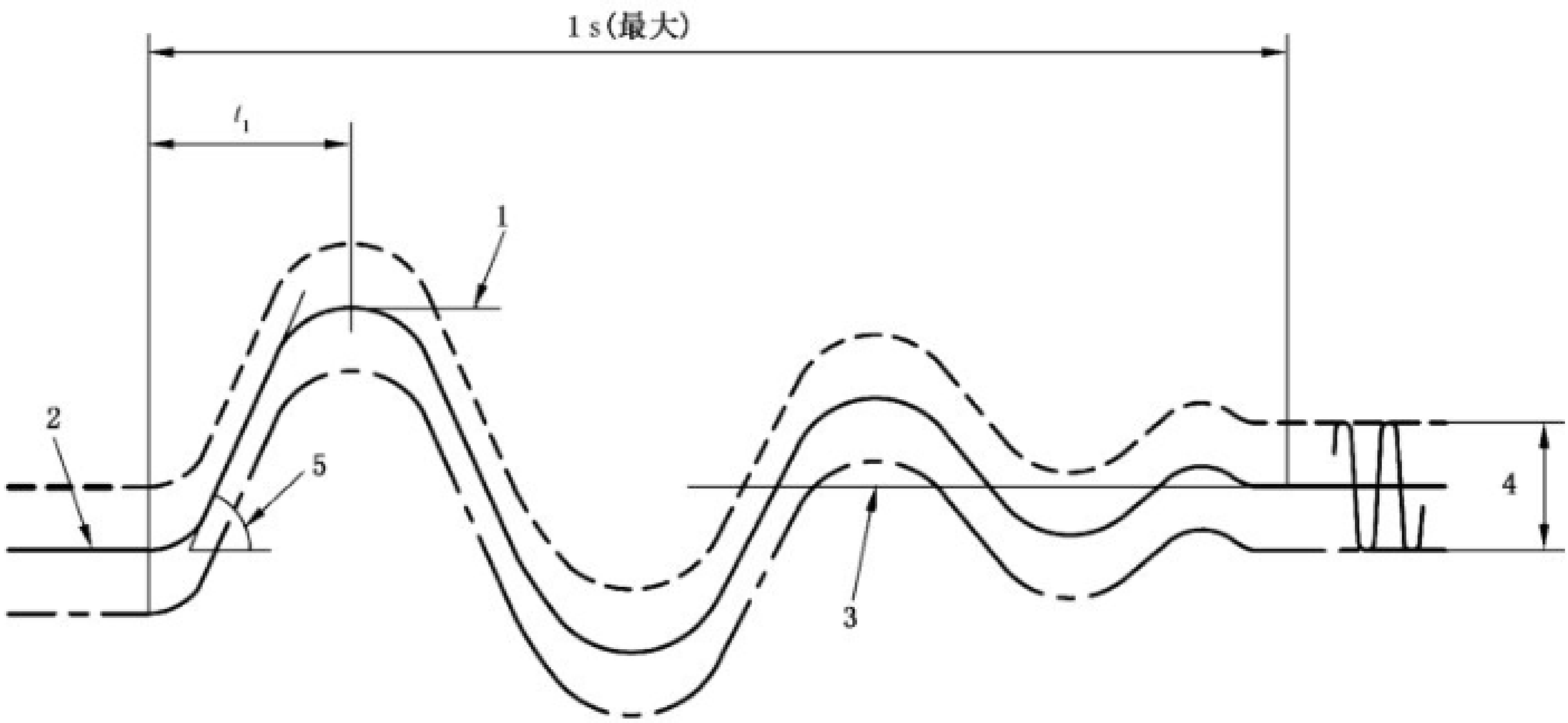
4.2.2.11.4 稳定性

电动泵输出压力随时间变化的实时波形图作为稳定性判据。

以下条件下,电动泵应在流量需求变化开始反应后的 1 s 内恢复至稳定工作状态(4.2.2.4 所允许的压力脉动除外):

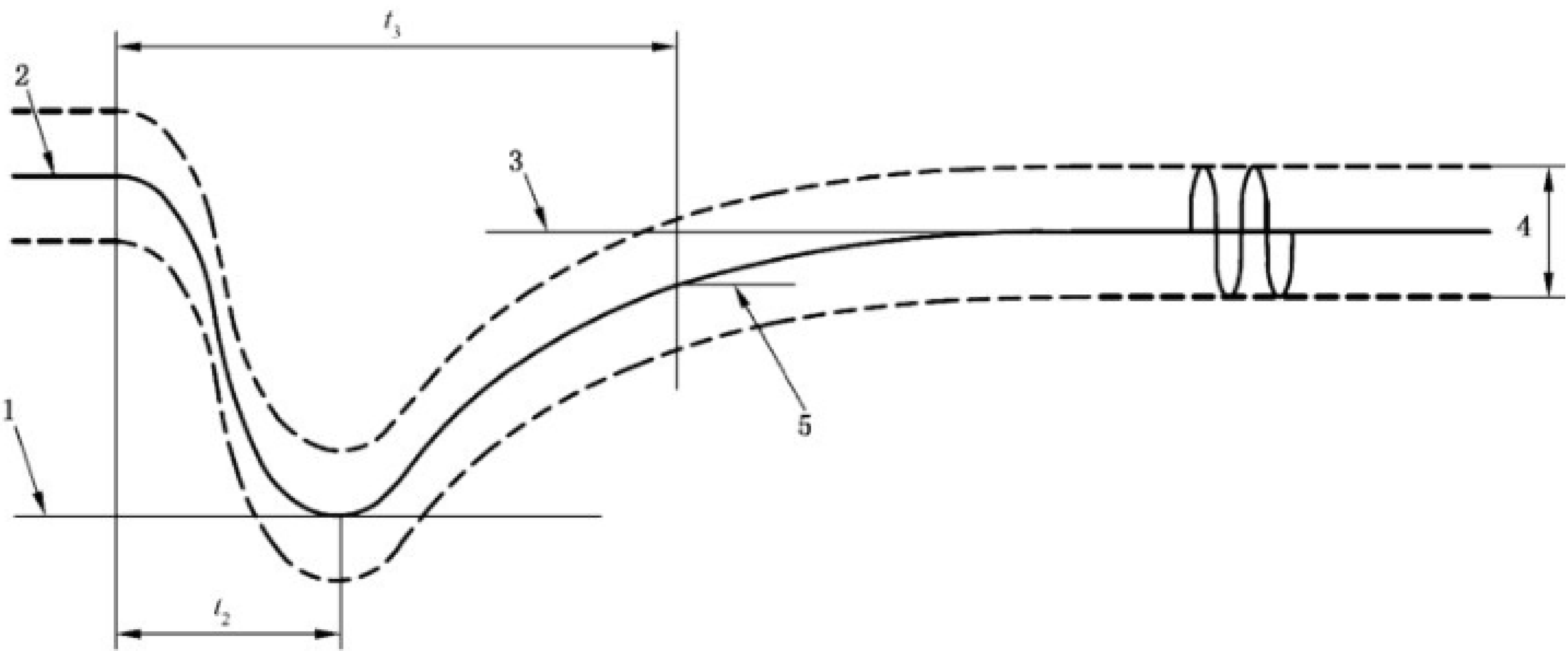
- a) 专用规范规定的任何极限工作条件；
- b) 大于 50%额定流量的任一流量：

当采购方要求时,电动泵的供应商应向系统设计师提供足够的电动泵参数,以便系统设计师将电动泵动态性能纳入整个电气和液压系统分析。



- 标引序号说明：
- 1——最大瞬时压力(见 4.2.2.11.5)；
 - 2——全流量最大压力(见 4.2.2.3)；
 - 3——额定输出压力(见 4.2.2.2)；
 - 4——允许的输 出 压 力 脉 动 (见 4.2.2.4)；
 - 5——压力升高速率(dP/dT)。

图 3 全流量最大压力到额定输出压力(零流量)的典型瞬时压力随时间变化曲线



- 标引序号说明：
- 1——最小瞬时压力；
 - 2——额定输出压力(见 4.2.2.2)；
 - 3——全流量最大压力(见 4.2.2.3)；
 - 4——允许的输 出 压 力 脉 动 (见 4.2.2.4)；
 - 5——90%的全流量最大压力(见 4.2.2.3)。

图 4 额定输出压力到全流量最大压力(全流量)的典型瞬时压力随时间变化曲线

4.2.2.11.5 最大瞬时压力

除另有规定外,最大瞬时压力值不应超过额定输出压力的 125%,或者不应超出比额定输出压力大 7 MPa 的范围。

最大瞬时压力取决于液压系统特性。采购方应提供电动泵输出管路系统的回路阻抗及/或回路的完整物理描述,使供应商能进行动态流量分析,以确定最大瞬时压力。

对于采用恒功率或类似控制的电动泵设计,最大瞬时压力试验应从全流量条件(压力较低)和电动泵工作平切断区段最大流量进行。

4.2.2.12 额定温度

如电动泵用于军用飞机或直升机,则 GB/T 30206.3 中提供了温度分类要求;如用于民用飞机或直升机,额定温度应在专用规范中规定。

4.2.2.13 干运转

电动泵在没有进口流量的条件下连续运行 10 min 后,应满足验收检验的要求。

按专用规范规定的条件运转电动泵,关闭输入管路上的阀门,10 min 后,在电动泵仍运行的状态下,应重新打开该阀门。试验过程中,电动泵外表面温度不应超过 204 ℃。可接受电动泵或电动机出现轻微的内部损伤,比如显示在过高温度条件下运行的配合面或绝缘层变色迹象。然而,在干运转试验后,电动泵应不必修理即可满足验收检验要求。

该要求仅适用于单次事件引起的系统故障情况。在飞机系统正常运行中,电动泵不应遭受此情况,即使是短时间。

4.3 详细设计要求

4.3.1 防差错

在零件安装反向或安装错位可能会导致电动泵工作异常或损坏的情况下,应采取机械措施以防止零件错误安装。

4.3.2 密封件

静态和动态密封件应符合 GB/T 3452.1 中 A 系列或相关标准的规定。

4.3.3 润滑

电动泵应能由循环液压油自行润滑而无需采用其他润滑装置。

4.3.4 平衡

电动泵的各旋转部件工作时应绕其主运转轴线保持自身平衡,在各转速范围直到规定的最大超速条件下,因自身产生的加速度不应导致电动泵任何零件或其他结构振动受损。

4.3.5 单独失效

电动泵应设计成因超速发生失效时,确保其所有零件完全封闭在电动泵内。最大超速条件应在专用规范中规定。除了专用规范中规定的外部密封泄漏外,电动泵不应出现因上述失效而导致油液损失。

4.3.6 锁紧丝封印

供应商应确保封印,以表明电动泵是否被拆装。

4.3.7 标记

4.3.7.1 标牌

应在电动泵上牢固可靠地固定标牌,在所提供空间推荐采用图 5 格式标记信息。客户要求的更多信息,例如改进状态,应在专用规范中明确。如果采购方要求铭牌在设备安装后仍可读取,则采购方应负责在设计阶段尽早指定标牌要求的位置。

飞机交流感应电动机驱动的变量液压泵

制造商名称:

制造商代码:

型号:

序列号:

油液:

排量:

额定流量:

额定压力:

额定电压:

频率:

图 5 标牌格式

4.3.7.2 油液标识

按 GB/T 30213 的规定标识许可使用的电动泵油液。

4.3.7.3 液压接口

包括进口、出口、壳体回油口、漏油口等各个液压接口,应清晰可见地标记在每台电动泵上。

4.3.7.4 旋转方向

应在电动泵的外露表面,比如电动泵或电动机的壳体上,清晰永久地标记电动泵的旋转方向。

4.3.7.5 电气连接

应在电动泵上邻近电连接器的位置提供引脚连接详情,以使电动泵正确连接到飞机和试验台上,并为故障分析提供帮助。另外,还应在电连接点提供相位标识。

4.4 强度

4.4.1 一般要求

应在整个环境和油液温度范围内保证强度要求。

4.4.2 电动机要求

包含由冷却油液引起的内部压力强度要求和机械强度要求。

a) 冷却油液引起的内部压力：

如果电动泵使用液压系统油液作为电动机的冷却介质，则电动机壳体的设计工作压力应在专用规范中规定，耐压和爆破压力系数应分别按 4.4.3.2 和 4.4.3.3 进行明确，另外，电动机壳体还应考虑 4.4.3.4 压力脉冲要求。

b) 机械强度：

在发生故障（比如电动机超速）可能引起零件失效时，应防止电动机壳体无法包容住任何的电动机零件。

4.4.3 液压泵要求

4.4.3.1 压力载荷

电动泵进口、出口以及壳体回油部分的零部件设计工作压力应在专用规范中规定。

4.4.3.2 耐压压力

4.4.3.2.1 一般要求

在耐压试验过程中，轴密封漏油可以超出正常工作允许的最大泄漏量，如果出现这种情况，不应视为试验失效。在耐压试验后，如果轴密封漏油超出额定壳体压力时允许的最大泄漏量，则认为试验失败。

4.4.3.2.2 泵壳体

除另有规定外，电动泵壳体应能静态承受至少 3.5 MPa 或 1.5 倍电动泵壳体设计工作压力（以二者中最大为准），而不会出现永久性损伤或性能降低。

4.4.3.2.3 泵进口

除另有规定外，电动泵进口应能静态承受 1.5 倍电动泵进口设计工作压力，而不会出现永久性损伤或性能降低。

4.4.3.2.4 泵出口

除另有规定外，电动泵出口应能静态承受 1.5 倍电动泵出口设计工作压力，而不会出现永久性损伤或性能降低。

4.4.3.3 爆破压力

4.4.3.3.1 泵壳体

除另有规定外，电动泵壳体应设计成在壳体回油口能承受至少 5 MPa 或 2.5 倍电动泵壳体设计工

作压力(以二者中最大为准),而不会出现结构失效。

4.4.3.3.2 泵进口

除另有规定外,电动泵进口应能静态承受 2.5 倍电动泵进口设计工作压力,而不会出现结构失效。

4.4.3.3.3 泵出口

除另有规定外,电动泵出口应能静态承受 2.5 倍电动泵出口设计工作压力,而不会出现结构失效。

4.4.3.4 压力脉冲(疲劳)

电动泵应能承受所有的周期性压力,包括瞬时的和外部诱导载荷引起的疲劳影响。应在专用规范明确:

- a) 电动泵在整个使用寿命期内不同部分零件总的预期工作周期;
- b) 用来进行分析或疲劳(压力脉冲)试验的离散系数;
- c) 任何外部产生的载荷(例如,结构的或热量的)。

此外,确定脉冲试验的工作周期时,应考虑以下因素:

- 由电动泵的脉动水平引起的压力变化;
- 电动泵对流量需求变化响应时产生的瞬时峰值压力。

4.4.3.5 液压接口强度

泵液压接口和壳体有关部分的结构,应能承受在维护操作过程中安装或拆卸泵、管接头和管路时所产生的最大扭矩值的 2.5 倍,而不会出现永久性变形,也不应影响正常运行。最大扭矩值应在专用规范中明确。

4.5 结构

4.5.1 材料

4.5.1.1 一般要求

所有材料均应适用于专用规范规定的液压油。

电动泵制造使用的材料和工艺应:

- 具有航空航天行业要求的质量;
- 适合于其用途;
- 符合适用的官方标准。

对于符合供应商材料规范的材料,只要这些规范是采购方所接受的,并包含提供充分的试验,则可以使用。

不准许使用 PVC 聚氯乙烯或聚酰胺材料绝缘层电线。

4.5.1.2 金属

所有金属应适应其可能接触的各种油液,以及部件会遭受到的维护、存储温度和功能要求。不直接接触液压油的金属应具有适当的防腐蚀性能,或按 4.5.2 的规定,采用适当的保护措施。

电动泵的性能或运行安全性可能因使用上述规定的材料和工艺而降低的情况下,允许使用经采购方同意的其他材料和工艺。在这种情况下,应选用符合电动泵工作要求具有最佳耐腐蚀性的材料或工艺。

除了经常与液压油接触的内表面外,铁合金含铬量不应少于 12%,否则应按 4.5.2 采用适当的防腐蚀保护措施。

与液压油或其蒸汽接触的内部零件或内表面中不应使用镀锡、镀镉和镀锌层。外部 O 形圈密封件沟槽不应视为与液压油经常接触的内部表面。

不应使用镁合金。

4.5.2 防腐蚀保护

4.5.2.1 一般要求

本身不具有足够耐腐蚀能力的金属应按 4.5.2.2、4.5.2.3 采取适当的保护措施,以免由于不同金属相接触、潮气、盐雾以及高温退化等条件下可能引起的腐蚀。

4.5.2.2 铁和铜合金

除承载面外,需要进行防腐蚀处理的铁合金和所有的铜合金,应从以下中选择合适的表面镀层:

- a) 电镀镍;
- b) 电镀银;
- c) 电镀锡,按照 GB/T 12599 执行;
- d) 化学镀镍。

电镀锡不应用于接触液压油或暴露在油液蒸汽中的内部零件或内表面上,或者易受磨损的表面上。没有指明时,镀层等级和类型由供应商判断并决定。

例外情况应提交给采购方同意。

4.5.2.3 铝合金

除非另有授权,所有铝合金应按 ISO 8078 和 ISO 8079 进行阳极氧化处理,除了:

- 在没有研磨条件的情况下可按 ISO 8081 涂覆化学膜;
- 用作电动机转子电路或鼠笼一部分的铝合金不需要阳极氧化处理。

其他例外情况应提交给采购方同意。

4.5.3 铸件

铸件应清洁、完整,无裂纹、砂孔、气孔、疏松及其他缺陷。

不严重影响铸件适用性的缺陷可在铸造厂或机加工过程中通过喷丸、注入、焊接或采购方可接受的其他方法进行修复。应按照满足采购方要求的质量控制方法和标准对铸件进行检验和修复。

4.6 安装

4.6.1 尺寸

电动泵在飞机上的安装相关尺寸应在供应商的安装图和专用规范上规定。

4.6.2 重量

4.6.2.1 一般要求

组装完成的电动泵净重应在供应商的安装图或专用规范上规定。供应商和采购方应对电动泵中所含油液的重量达成协议。

4.6.2.2 重心

应在供应商安装图上尺寸标注质心或重心位置。

4.6.3 安装方式

电动泵的安装方式应在专用规范中规定。

4.6.4 方向

电动泵安装到飞机上时,电动泵壳体回油口应位于电动泵的顶部或靠近顶部的位置,轴密封口应位于电动泵的底部,或靠近底部的位置。

因飞机飞行高度对电动泵的重新定位不应影响电动泵工作。

4.6.5 液压接口

除另有规定外,液压接口结构应符合 ISO 7320。

4.6.6 电气连接

见 4.3.7.5。应提供措施确保只能以正确的方向安装电连接器,从而将正确的引脚连接至正确的导线上。

另外,还应提供措施以防止湿气进入电连接器。

除另有规定外,用于控制、故障检测以及切断等功能的线路及相关连接器应独立于电动机电源所使用的线路/连接器。

4.7 噪声等级

如有要求,应规定电动泵在额定运转条件下的最大噪声等级要求。当适用时,其值和测量程序应一起在专用规范中规定。

在进行噪声试验时,液压试验台的回路阻抗应按 5.4.3.6.2.3 的规定。在可能的情况下,与电动泵相连或附近的其他液压或结构元件产生的噪声应单独计算。

4.8 耐久性

耐久性试验的持续时间和条件宜在专用规范中规定。如果专用规范没有规定,则耐久性试验应按 5.4.3.11 的规定进行。

维修间隔期(如适用)、贮存寿命、使用寿命极限也应在专用规范规定。

4.9 环境适应性

如专用规范无特殊规定,应规定电动泵所处以下环境和工作条件:

- a) 极端工作温度;
- b) 温度-高度(按 ISO 7137 执行);
- c) 湿热(按 ISO 7137 执行);
- d) 流体敏感性(按 ISO 7137 执行);
- e) 霉菌(按 ISO 7137 执行);
- f) 盐雾(按 ISO 7137 执行);
- g) 防水(按 ISO 7137 执行);

- h) 砂尘(按 ISO 7137 执行);
- i) 结冰(按 ISO 7137 执行);
- j) 工作冲击(按 ISO 7137 执行);
- k) 耐火(按 ISO 7137 执行)——仅适用于指定火区的电动泵;
- l) 振动(按 ISO 7137 执行);
- m) 声振(按 HB 6167.15 执行);
- n) 稳态加速度(按 HB 6167.16 执行);
- o) 防爆(按 ISO 7137 执行)——当专用规范有要求时。

4.10 可靠性

4.10.1 符合性

在所有经许可的维修周期均已执行的情况下,电动泵应在整个使用寿命期内满足可靠性要求。

4.10.2 要求

应在专用规范中规定:

- a) 缺陷率;
- b) 失效率;
- c) 安全率(如适用);
- d) 失效模式和影响分析(FMEA)。

4.11 维修性

电动泵应具有下列特征:

- a) 性能上不能互换的零件机械上也应不能互换;
- b) 所有磨损件应能更换或可修理;
- c) 电连接器和连线,安装和布线应设计成防差错连接;
- d) 产品和可更换单元的拆装应只使用通用工具即可操作;
- e) 应将维修、检查的专用工具种类和数量控制到尽量少。

4.12 适航性

电动泵应符合适用的适航性要求。

5 证实方法

5.1 检验分类

应进行以下检验程序以检查电动泵是否符合本文件的规定:

- a) 验收检验(见 5.3);
- b) 鉴定检验(见 5.4)。

5.2 试验台要求

5.2.1 液压要求

除非供应商和采购方之间另有协议,下列用于验收检验和鉴定检验的公差极限是在要求的稳定状

态工作条件下为试验台设置的控制精度要求：

- a) 进口压力：额定进口压力的 $\pm 2\%$ ，但不超过 ± 0.035 MPa；
- b) 壳体回油压力：额定壳体回油压力的 $\pm 2\%$ ，但不超过 ± 0.1 MPa；
- c) 输出压力：额定输出压力的 $\pm 2\%$ ，但不超过 ± 0.2 MPa；
- d) 进口温度： $-57\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 43\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，在 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的范围内； $43\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 107\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，在 $\pm 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的范围内；超过 $107\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，在 $\pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的范围内；
- e) 流量：额定流量的 $\pm 2\%$ 范围内。

仪器精确度应与测量公差要求相协调。

除了鉴定检验中的耐久性试验之外，试验台应使用足够过滤精度的过滤元件以保持油液污染度不高于 ISO 11218 的 5 级。

试验回路中所使用的液压油应与电动泵使用中规定的液压油相同（见 4.2.2.1）。

5.2.2 电气要求

电气的控制精度要求如下：

- a) 电动机电流： ± 0.5 A；
- b) 电动机线电压： ± 0.6 VAC，均方根值；
- c) 电动机线频率： ± 1 Hz。

5.3 验收检验

5.3.1 一般要求

根据采购合同提交的每台电动泵均应按照本条规定完成验收检验。在任何情况下，制造过程中对材料的验收和许可均不应作为最终产品验收的保证。

首批生产的电动泵，应在采购方代表在场的情况下进行首件检验。在首件电动泵交付之前，应对首件检验中记录的所有偏离进行纠正，或达成一致协议。

适用时，应在电动泵接入和接出的所有管路中安装过滤器。

在任何一个检验阶段如果要求更换工作零件，供应商应重复相符性检验程序的相关部分。如果旋转零部件不受影响，磨合运转部分则可省略。

5.3.2 检验程序

5.3.2.1 电气检查

包含以下检查内容。

- a) 绝缘电阻：
在电气接线端子与电动泵壳体之间进行绝缘电阻试验，每个接线端子至少 1 min，记录绝缘电阻值，应至少为专用规范要求的值。
- b) 介电强度：
在电气接线端子和电动泵壳体之间进行介电强度试验，试验应在室温条件下进行，以 $200\text{ V/s} \sim 375\text{ V/s}$ 的速率逐步升高电压到要求的试验值，并保持试验电压至少 1 min，记录所有漏电流值，应至少为专用规范要求的值。
- c) 电气搭接：
分别测量电动泵的电动机和泵壳体与飞机名义搭接位置的电阻值，以及安装法兰面与电动泵

上规定点(例如:管接头)之间的电阻,测得的电阻值不应超出专用规范要求值。

5.3.2.2 液压检查

整个检验程序,除了轴密封以外,不准许出现足以成滴的外部泄漏;轴密封处静态泄漏在额定壳体压力条件下不应超过 2 滴/min,动态泄漏在 1h 的检验周期内不应超过 4 滴/min,或按专用规范的规定。

5.3.2.3 磨合运转

分为恒频电动机和变频电动机情况。

a) 磨合运转-恒频电动机:

磨合运转可以在供应商确定的比较理想的运转条件下进行,但应包括在额定转速和额定温度条件下,全流量最大压力状态至少运转 15 min,在标称频率运行电动泵。

b) 磨合运转-变频电动机:

磨合运转可以在供应商确定的比较理想的运转条件下进行,但应包括在额定转速和额定温度条件下,全流量最大压力状态至少运转 15 min;在最小与最大值之间的 5 个频率点运行电动泵,每一频率运行 3 min。

5.3.2.4 耐压试验

该试验可在静态下进行,也可在电动泵运转条件下进行。试验后不应出现永久性变形。

该试验包含以下内容:

a) 对出口加压至专用规范规定的耐压压力,至少保持 2 min;

b) 对壳体回油口和进口加压至专用规范规定的耐压压力,至少保持 2 min,出口保持额定压力。

在此试验过程中,轴密封泄漏量可以超出 4.2.2.7.4 中规定的要求,如果出现这种情况,不应视为试验失效。

5.3.2.5 负载循环

5.3.2.5.1 一般要求

应监测壳体回油流量。不应出现故障迹象。

5.3.2.5.2 负载循环-恒频电动机

施加阶跃载荷,使电动泵从额定流量到零流量再到额定流量循环变化,以 10 次/min 的频率循环,运转 5 min,或按专用规范规定,每一负载状态下保持相等时间。

施加阶跃载荷,使电动泵从零流量时的最大输出压力到系统最小实际背压时的最大流量之间循环变化,以 10 次/min 的频率循环,运转 1 min,或按专用规范规定。

除了轴密封以外,不准许出现足以成滴的外部泄漏,轴密封处的泄漏不应超过 5 滴/3 min。

5.3.2.5.3 负载循环-变频电动机

进行与 5.3.2.5.2 规定相同的试验,但在规定的最小值、标称值和最大值 3 个电源频率状态。

5.3.2.6 分解检查

在指定型号电动泵初始生产批次中,磨合运转和耐压试验后,10 台电动泵中至少 1 台应进行分解

检查,或按照专用规范规定。如果所有零件均处于可接受状态,则应将电动泵重新组装好并且继续进行检验程序。

当不再要求进行分解检查时,5.3.2.7 规定的运转可省略不做。

一旦在生产程序内出现下列改变,分解检查应恢复:

- a) 生产的连续性被中断,专用规范应指定允许的生产中断周期;
- b) 替换了指定的刀具和生产设施。

5.3.2.7 运转

分解检查后,应按照供应商确定的时间进行运转,输出压力从全流量最大压力与额定输出压力之间循环变化,以 6 次/min 的频率循环。

5.3.2.8 功能试验

在整个功能试验过程中,所使用的液压油应为专用规范规定的液压油。额定进口压力应保持在本文档规定的公差范围内,进口温度应为额定温度。

功能试验应包含以下内容:

- a) 在额定转速和全流量最大压力下运行;
- b) 在额定转速条件下,输出压力从全流量最大压力与额定输出压力之间循环变化,以 6 次/min 的频率;
- c) 在额定转速和额定输出压力条件下运行;除了每隔 10 min 将输出压力降低至全流量最大压力,持续 1 min。

供应商和采购方应商定:

- a) 上述每种条件下的试验时间;
- b) 电源特性。

5.3.2.9 压力控制试验

当电动机电压和频率在专用规范规定的极限范围内变化时,额定输出压力应保持在专用规范规定的极限范围内,不应出现压力控制不稳的现象。

在额定转速条件下,当流量从零上升到额定流量时,压力控制的滞后特性不应超出专用规范规定的值。系统条件应在专用规范中明确。

5.3.2.10 校准

5.3.2.10.1 一般要求

在验收检验完成后,测量并记录以下参数:

- a) 额定输出压力;
- b) 额定进口压力;
- c) 壳体压力应超出进口压力 0.14MPa,或按专用规范的规定;
- d) 壳体回油流量;
- e) 额定温度,或按专用规范的规定;
- f) 电源频率;
- g) 额定流量;
- h) 电流。

除另有规定外,电动机电压应符合 5.2.2b)规定的极限范围。

对于变频电源,电源频率应使用最小值、标称值和最大值;如果电动泵电源为恒频电源,则使用标称频率进行试验。除另有规定外,电源频率应符合 5.2.2c)规定的极限范围。

在室温条件下,测量启动冲击电流和稳态电流。供应商和采购方应商定每个测试点的最高与最低相电流之差。

采用功率分析仪确定启动冲击条件和稳态条件下的功率因数。

测量并记录电动泵在额定转速、全流量最大压力以及额定进口压力条件下的供油量。

测得的壳体回油流量以及供油量应在专用规范规定的极限范围内。可在输出管路低压端测量流量,前提是需对油液的可压缩性给予充分的补偿。

5.3.2.10.2 电动泵进口压力设置

调节电动泵进口压力到额定进口压力。

5.3.2.10.3 流量

将电源设置在以下条件测定电动泵输出流量、输入电流(启动冲击电流和稳态电流)以及对应的功率因数:

- a) 90%的额定电压;
- b) 100%的额定电压;
- c) 110%的额定电压。

如果电动泵电源为恒频电源,则应将电源频率设置为专用规范规定的标称值进行该项试验。

如果电动泵电源为变频电源,则应将电源频率分别设置为专用规范规定的最小值、标称值和最大值进行该项试验。

在上述每一电压和频率设置条件下,将电动泵输出压力设置为以下条件测定电动泵输出流量、输入电流(启动冲击电流和稳态电流)以及对应的功率因数:

- 额定压力的 25%;
- 额定压力的 50%;
- 额定压力的 75%;
- 额定压力的 100%。

5.3.2.11 效率检查

使用试验数据计算电动泵总效率,电动泵总效率计算结果应符合 4.2.2.9 的要求。

5.3.2.12 磨损试验

5.3.2.12.1 一般要求

应进行此项试验以防止电动泵的性能合格而实质已出现损坏(早期故障)而被装机使用。经供应商和采购方协商一致,应对电动泵壳体回油和/或输出油液进行污染物检查。

5.3.2.12.2 在线颗粒计数器

建议使用在线颗粒计数器,通过对颗粒物尺寸持续监测以检测电动泵的早期故障。磨合运转完成后,如果电动泵壳体回油管路颗粒数有明显增加,则应停止试验,进行分解检查。

5.3.2.12.3 过滤样片试验

5.3.2.12.3.1 一般要求

如果没有可利用的在线颗粒计数器,则可使用过滤样片作为可接受的替代方式来检测电动泵的早期故障。过滤样片标准可由供应商确定,这种情况应在专用规范中规定,也可以在首次的 25 台电动泵功能试验过程中确定。

除另有规定外,试验过程中使用的所有过滤器应能提供小于或等于 5 μm 绝对过滤。

5.3.2.12.3.2 过滤抽样方法

在出口、壳体回油口或试验台冷却管路中安装过滤器。在按照 5.3.2.8 进行的功能试验过程中,采用 5.3.2.12.3.3、5.3.2.12.3.4 规定的程序检查滤杯中油液收集的污染物。

5.3.2.12.3.3 过滤样片制作

将每个油滤滤杯中的液压油收集在清洁的容器内,用适量的适用油液溶剂冲洗滤杯和滤芯并添加到容器中。所得到的全部溶液通过直径约为 47 mm 的过滤样片进行过滤,使用适量的油液溶剂,将过滤样片上的油液冲洗干净,干燥后,在过滤样片上覆盖一层干净透明清漆,再将其牢固永久性附在试验记录表上。

在过滤样片制作过程中,所有油液溶剂使用前均应经过滤度为 0.45 μm 的过滤片过滤。

5.3.2.12.3.4 过滤样片比较

应将验收检验中得到的每块过滤样片与标准过滤样片进行比较,并在试验记录中注明差异情况。如果污染等级超出标准,则需重新进行过滤样片试验。第二次过滤样片应显示与标准过滤样片相同或更低的污染等级,则认为可接受。如果不是,则可另外再进行两次过滤样片试验以确定趋势。如果过滤样片仍不可接受,则需分解电动泵,以确定污染来源并采取纠正措施。

5.4 鉴定检验

5.4.1 目的

鉴定检验由 5.4.2.3 规定的检验项目组成,其目的是检查电动泵的设计是否符合本文件的要求。

5.4.2 鉴定程序

5.4.2.1 类比法鉴定

在满足下列要求的情况下,可免做部分或全部鉴定检验:

- a) 电动泵包含与已经过鉴定合格的其他电动泵相同或相似的工作零件;
- b) 工作条件不比已经过鉴定的其他电动泵更有限制性。

应提交代替进行检验的报告,说明与已经鉴定的电动泵相似的图纸。

5.4.2.2 鉴定检验报告

应编写检验过程和检验结果报告。报告应包含被试电动泵与专用规范符合程度的全面评估,以及检验方法的详细描述,报告中还应包括所使用仪器的描述,适当的还应包括示意图表和照片。还应将完整的检验结果以表格形式提供在检验报告中。对于每项检验的液压回路应有完整详细的描述。还应在

检验报告中附上装配图和安装图。

5.4.2.3 鉴定检验的样本和程序

鉴定检验应采用三台样品电动泵(样品 A、样品 B 和样品 C)进行,或按供应商与采购方商定的数量,其完全代表所制造电动泵的质量。表 1 所列为鉴定检验项目和建议顺序。补充试验可在供应商与采购方商定的样品上进行。

表 1 鉴定检验项目和建议顺序

鉴定检验项目	样品			对应章条号
	A	B	C	
尺寸和重量检查	✓	✓	✓	5.4.3.2
扩大的包络验收检验	✓	✓	✓	5.4.3.3
耐压和负载循环试验	✓	✓	✓	5.4.3.4
校准	✓	✓	✓	5.4.3.5
最大瞬时压力试验	—	✓	—	5.4.3.6.3
响应时间测定	—	✓	—	5.4.3.6.4
压力脉动试验	—	✓	—	5.4.3.7
热损耗	—	✓	—	5.4.3.8
冷却损失	—	✓	—	5.4.3.9
电磁环境试验	—	✓	—	5.4.3.10
耐久性校准	✓	—	—	5.4.3.11.6
起动—停转循环	✓	—	—	5.4.3.11.7
泵壳体压力循环	✓	—	—	5.4.3.11.8
空气吸入	✓	—	—	5.4.3.11.9
热循环	✓	—	—	5.4.3.11.10
热冲击	✓	—	—	5.4.3.11.11
最小进口压力试验	—	✓	—	5.4.3.12
干运转试验	—	✓	—	5.4.3.13
极端工作温度试验 ^a	—	✓	—	5.4.3.14.2
温度-高度	✓	—	—	5.4.3.14.3
湿热	✓	—	—	5.4.3.14.4
流体敏感性	✓	—	—	5.4.3.14.5
霉菌	✓	—	—	5.4.3.14.6
盐雾	✓	—	—	5.4.3.14.7
砂尘	✓	—	—	5.4.3.14.8

表 1 鉴定检验项目和建议顺序（续）

鉴定检验项目	样品			对应章条号
	A	B	C	
结冰	✓	—	—	5.4.3.14.9
工作冲击	✓	—	—	5.4.3.14.10
耐火(仅适用于指定火区的电动泵) ^b	—	—	—	5.4.3.14.11
振动试验	—	✓	—	5.4.3.15.1
压力脉冲(疲劳)试验	—	—	✓	5.4.3.15.2
液压接口强度	—	✓	—	5.4.3.15.3
耐压压力试验	—	✓	—	5.4.3.15.4
爆破压力试验	—	✓	—	5.4.3.15.5
稳态加速度试验	✓	—	—	5.4.3.16
防爆试验	✓	—	—	5.4.3.17
短路试验	—	—	✓	5.4.3.18
驱动联接轴剪切试验	—	—	✓	5.4.3.19
补充试验	—	—	✓	5.4.3.20
^a 极端工作温度试验能在耐久性试验过程中进行。 ^b 如果需要进行耐火试验,则应使用额外的样品。				

5.4.3 鉴定检验项目

5.4.3.1 检验前准备

在鉴定检验开始之前,对三台检验样品进行全部的验收检验。根据需要,在重新调整后以及检验顺序继续之前,可进行 5.3.2.7 规定的运转。

5.4.3.2 尺寸和重量检查

5.4.3.2.1 尺寸检查

检查电动泵在飞机上的安装相关尺寸,检查结果应满足 4.6.1 的规定。
在鉴定检验开始之前,检查和记录关键磨损尺寸;鉴定检验完成后再次检查这些尺寸并进行对比。

5.4.3.2.2 重量检查

检查组装完成的电动泵净重以及内部包含油液的电动泵重量,检查结果应满足 4.6.2 的规定。

5.4.3.3 扩大的包络验收检验

验收检验应重复进行,但电动泵应在以下条件运行:
a) 油液温度从最小值连续增加到额定值;

- b) 流量从零增大至额定流量。
不应出现故障。

5.4.3.4 耐压和负载循环试验

按 5.3.2.4 进行验收检验程序中的耐压试验。耐压试验完成后,将电动泵调节机构恢复至正常调压工作状态。

按 5.3.2.5 进行负载循环试验,除了试验应重复 10 次之外。

5.4.3.5 校准

5.4.3.5.1 电动泵进口压力调节

在全流量和额定转速条件下,将电动泵进口处的压力调节到额定进口压力。

5.4.3.5.2 流量和压力值测定

应将电压分别设置为专用规范规定的最小值、标称值和最大值进行该项试验。如果电动泵使用的是变频电源,则还应将电源频率分别设置为专用规范规定的最小值、标称值和最大值进行该项试验。

调节电动泵流量为额定流量的 5%、10%、25%、50%、75% 和 100%,在这些流量的每个流量点,记录电动泵出口压力以及电源特性、电压、电流、频率。使用试验数据计算电动泵总效率。

除另有规定外,应在 4.2.2.5.1 规定的额定进口条件下进行校准。流量测量可在负载阀后的低压管路处进行,但应考虑液压油的可压缩性对流量进行修正。

5.4.3.6 最大瞬时压力和响应时间试验

5.4.3.6.1 试验要求

应使用传感器和记录仪器提供下述两项试验中电动泵及其管路的瞬态和稳态压力-时间函数的波形曲线。

在频率范围为 0~5 倍的电动泵柱塞基频内,压力传感器和记录设备应能满足 5.2 规定的重复精度要求。应注意动态条件下压力传感器和记录仪器的动态校准的有效性。压力传感器应安装在电动泵的输出口管路上,尽可能地靠近电动泵的出口处。应使用最小附加容积的压力传感器测量压力脉动,其频率范围应为 20 Hz~100 KHz。除了以下另外规定或专用规范内另有规定外,试验应在额定条件下进行。

5.4.3.6.2 系统阻抗

5.4.3.6.2.1 概述

系统阻抗可从系统架构、电动泵额定排量以及在额定温度和额定输出压力条件下的油液体积弹性模量计算得到。

5.4.3.6.2.2 确定响应时间时的系统阻抗

当确定电动泵响应时间时,试验回路的系统阻抗应满足以下要求:

- 电动泵在规定流量范围和额定温度条件下运行;
- 当系统油液流动突然停止时,电动泵输出压力升高速率最小应为 350 MPa/s。

注:电动泵输出压力升高速率定义为:峰值压力出现之前,初始压力瞬时增大过程中, dP/dT 的斜率平均值(见图 3)。

5.4.3.6.2.3 所有其他试验的系统阻抗

当确定最大瞬时压力、压力脉动、稳定性和其他鉴定检验时,应在专用规范中提供足够充分的飞机液压系统特性,以便能够得到具有代表性的试验回路。系统的容积可以通过输出管路的直径和长度进行模拟,同时要注意避免管路长度的自然频率与脉动频率耦合产生共振。

高压回路应具有电动泵使用代表性。

当液压回路处于隔离或卸荷模式,系统阻抗可能变得很小。如适用,则试验回路应复制不同的系统阻抗以检查潜在的电动泵不稳定性。

5.4.3.6.3 最大瞬时压力试验

应使用 5.4.3.6.2.3 中规定的试验回路。为了进行该试验,应排空电动泵进口和输出管路的所有气体。流量变化通过电磁阀实现,电磁阀响应时间不大于 0.02 s 或按专用规范规定的响应时间。

当电动泵在稳态全流量最大压力和稳态额定输出压力之间作双向转换运转时,应记录整个瞬态时间段内压力-时间函数的波形曲线。对于恒频电源,应将电源频率设置为专用规范规定的标称值进行该项试验;对于变频电源,应通过调整电源频率,将电动泵转速分别对应设置为 50%、60%、70%、80%、90% 和 100% 的额定转速条件下进行该项试验。排除液压油中的空气,在额定油液温度条件下,记录上述测定的瞬时压力峰值,不应超过 4.2.2.11.5 的要求。

5.4.3.6.4 响应时间测定

该试验应在额定油液温度条件下进行。试验台试验回路按 5.4.3.6.2.2 的规定。在每一试验转速下,将负载阀调到全流量最大压力所对应的流量状态。使用电磁阀,使输出油路由全开变化到全关(或由全关变化到全开)进行试验。

对于恒频电源,应将电源频率设置为专用规范规定的标称值;对于变频电源,应通过调整电源频率,将电动泵转速分别对应设置为 50%、75% 和 100% 的额定转速条件下运转。电磁阀打开,被试电动泵在稳态下以全流量最大压力运转时,记录电动泵从电磁阀关闭到建立起稳态额定输出压力之间的过渡状态下的压力-时间函数的波形曲线,典型的波形曲线见图 3 所示。图 3 所示的响应时间 t_1 ,在 100% 的额定转速条件下,不应超过 0.05 s,在 50% 和 75% 的额定转速条件下,不应超出专用规范规定的值。

记录从额定输出压力到最小瞬时压力变化的响应时间 t_2 。图 4 所示的响应时间 t_2 ,在 100% 的额定转速条件下,不应超过 0.05 s;在 50% 和 75% 的额定转速条件下,不应超出专用规范规定的值。

记录从额定输出压力到 90% 的全流量最大压力变化的响应时间 t_3 。图 4 所示的响应时间 t_3 在 100% 的额定转速条件下不应超过 1 s。

检查流量小幅增加变化的响应时间,方法如下:

- 引入一个旁路流道,该流道包含有一个节流孔和一个 0.02 s 响应时间或专用规范规定的响应时间的下游电磁阀;
- 针对电动泵设置的三种转速中每一种,调节节流孔到通过 5% 的最大全流量,并调整主负载节流阀到通过 90% 的最大全流量;
- 检查当小流量通道电磁阀打开和关闭,同时主流量通道电磁阀也打开和关闭时,在每个转速设置下的响应时间,在额定条件下的响应时间应不超过 0.05 s;
- 在额定电压、额定压力、最小进口压力和专用规范规定的油液温度条件下,检查响应时间。

5.4.3.7 压力脉动试验

按 5.4.3.6.2.3 规定的试验回路配备压力传感器,压力传感器应为零容积,敏感频率范围为 20 Hz~

100 KHz,安装在电动泵输出管路上。

试验过程中应保持以下条件:

- 电动泵为额定输出压力;
- 电动泵进口压力为额定进口压力;
- 电动泵壳体压力为名义壳体压力;
- 油液温度为 $(50 \pm 10)^\circ\text{C}$ 。

此外,分别还应在 25%、50%、75%和 100%额定流量输出的条件下运行电动泵,记录压力脉动。

对于变频电源,还应通过调整电源频率,将电动泵转速分别对应设置为 50%、75%和 100%的额定转速条件下重复上述试验。

压力脉动值不应超出 4.2.2.4 规定的极限值。

5.4.3.8 热损耗

5.4.3.8.1 原理

该试验的原理是证明电动泵排出自身所产生热量的能力。当电动泵在额定油液温度条件下运行时,电动泵壳体回油口的油液温度不应超出规定的最高温度。

5.4.3.8.2 热损耗试验

在额定频率、额定电压、额定温度以及输出流量为零条件下运行电动泵,当温度稳定后,测量电动泵进口和壳体回油温度。在电动泵以额定流量运行,以及在这些值之间的另外至少 2 个流量点运行的条件下,重复这个试验。

检查电动泵壳体回油口中的油液温度,不应超出规定的最高温度。

5.4.3.9 冷却损失

该项试验适用于采用空气作为冷却介质的电动泵。

在环境空气中运行电动泵,液压油为其最大工作温度。将电动泵以具有使用代表性的工作循环供给油液,切断电动泵的冷却空气供应。继续运行电动泵,直到电动机本体温度稳定。

如果电动泵没有配备任何热切断装置/措施,则检查电动机壳体表面温度不应超过 204°C ;如果电动泵配备了热切断装置/措施,则应确保该装置/措施起作用,并在电动机壳体表面温度超过 204°C 之前切断电动泵工作。

5.4.3.10 电磁环境试验

5.4.3.10.1 电磁效应试验

如果电动泵包含潜在可能对飞机产生磁转矩影响的部件,则应按 ISO 7137 或等效标准(如适用)对电动泵进行电磁效应试验。

5.4.3.10.2 电源输入试验

电动泵应按 ISO 7137 或等效标准进行适用的交流电源输入试验。

5.4.3.10.3 电压尖峰试验

电动泵应按 ISO 7137 或等效标准进行交流电压尖峰试验。

5.4.3.10.4 音频传导敏感度试验

电动泵应按 ISO 7137 或等效标准进行交流电源线音频传导敏感度试验。

5.4.3.10.5 诱导信号敏感度试验

电动泵应按 ISO 7137 或等效标准进行交流电源诱导信号敏感度试验。

5.4.3.10.6 射频敏感度(辐射和传导)试验

电动泵应按 ISO 7137 或等效标准进行射频敏感度(辐射和传导)试验。

5.4.3.10.7 射频能量发射试验

如果电动泵包含具有射频干扰效应的部件,则应按 ISO 7137 或等效标准(如适用)对电动泵进行射频能量发射试验。

5.4.3.10.8 闪电感应瞬时敏感度试验

电动泵应按 ISO 7137 或等效标准进行闪电感应瞬时敏感度试验。

5.4.3.10.9 绝缘电阻和高电压试验

电动泵应按 ISO 7137 或等效标准进行绝缘电阻和高电压试验。

5.4.3.10.10 闪电直接效应试验

如采购方要求,电动泵应按 ISO 7137 或等效标准进行闪电直接效应试验。

5.4.3.11 耐久性试验

5.4.3.11.1 一般要求

应按表 2 中所列条件对样品电动泵进行耐久性试验。

对试验条件的任何修改应在专用规范中规定。电动泵应圆满完成试验,无零件失效或过度磨损。耐久性试验的试验回路应按 5.4.3.6.2.3 的规定。

对表 2 中给出的任何试验条件进行修改,或在任何阶段以附加循环形式的附加耐久性试验,可通过在专用规范中规定此类修改或附加要求。

军用飞机中应用的电动泵为 2 000 h,民用飞机中应用的电动泵为 4 000 h。试验由表 2 所列顺序规定的 5 个阶段组成,加上校准试验、起动—停转循环、滤片检查及空气吸入循环。

5.4.3.11.2 液压油

试验系统应在耐久性试验开始时被注满液压油,并在耐久性试验完成之前,不应添加任何油液,除开以下情况:

- a) 当检查油液过滤器时,一定量的油液不可避免地从系统流失,可添加或更换液压油;
- b) 当与电动泵无关时,试验系统发生损坏,导致与电动泵耐久性质量无关的液压油流失或污染,可全部更换系统液压油;
- c) 为了保证液压油在采购方规定的物理和化学特性极限内,应记录液压油添加的时间和量。

5.4.3.11.3 耐久性试验过程中允许的外部泄漏

整个耐久性试验过程中(包括重新校准时间),除了轴密封以外,不准许出现足以成滴的外部泄漏;轴密封处的泄漏,在电动泵运行过程中不应超过 8 滴/min,在电动泵停止运行时不应超过 1 滴/4 min,或按专用规范的规定。

5.4.3.11.4 耐久性试验的过滤

5.4.3.11.4.1 一般要求

将用于耐久性试验的液压油在加入试验系统前通过一个 5 μm 绝对值的过滤器。

除非专用规范规定了过滤器能力,否则,耐久性试验过程中,应在油液进口、出口和回油管路中安装 15 μm 绝对值的过滤器。

5.4.3.11.4.2 过滤器检查

建议使用在线颗粒计数器安装在电动泵壳体和输出管路中,以监测耐久性试验过程中的油液污染度。如果没有可利用的在线颗粒计数器,则需通过试验台过滤器来监测颗粒。除另有规定外,耐久性试验过程中,应每隔 (50 ± 10) h 做一次滤片检查来监控电动泵的工作情况,滤片制作方法按 5.3.2.12.3.3 规定,若本次滤片和前次滤片相比有明显的恶化,则可能表示电动泵将发生失效。并每隔 (100 ± 20) h 给三个过滤器均安装清洁的滤芯,在拆下过滤器的滤芯并安装了清洁滤芯之后,重新恢复进行 2 h 耐久性试验,运行 2 h 后,按 5.3.2.12.3.4 检查拆下的滤芯。

表 2 耐久性试验

试验阶段 ^a	持续时间 min	占额定进口压力百分比	循环 1			循环 2			循环 3			循环 4		
			占额定电 压百分比	输出 压力	持续时间 s	占额定流 量百分比	输出 压力	持续时间 s	占额定流 量百分比	输出 压力	持续时间 s	占额定流 量百分比	输出 压力	持续时间 s
1	15	100	90	c	120	52.5	d	30	14	d	80	35	d	30
2	5	b	90			52.5			14			35		
3	25	100	100			75			20			50		
4	10	b	100			75			20			50		
5	15	100	110			82.5			22			55		

^a 试验温度。每 150 h 或上述 5 个阶段的 30 个循环范围内：
——如果额定温度等于 45 °C，则所有阶段应在此温度条件下运转；
——如果额定温度等于 110 °C，则：5 个阶段的 10 个循环，应在进口温度等于 70 °C 的条件下运转；5 个阶段的 25 个循环，应在进口温度等于 90 °C 的条件下运转；5 个阶段的 15 个循环，应在进口温度等于 110 °C 的条件下运转；
——如果额定温度等于 170 °C，则：5 个阶段的 10 个循环，应在进口温度等于 70 °C 的条件下运转；5 个阶段的 25 个循环，应在进口温度等于 150 °C 的条件下运转；5 个阶段的 15 个循环，应在进口温度等于 170 °C 的条件下运转，耐久性试验的整个时间安排应在专用规范中规定。
^b 5 个阶段中的进口压力应等于 0.1 MPa 绝对压力，或最小进口压力（在 5.4.3.12 中定义）的 1.1 倍，以较大者为准。
^c 输出压力应等于 95% 的全流量最大压力。
^d 应调节压力以提供规定的流量。

5.4.3.11.5 电源

试验应将电压设置为专用规范规定的最小值、标称值、最大值进行,采购方和供应商应商定每一电压试验持续时间。

如果电动泵电源为变频交流电源,则应将电源频率设置为专用规范规定的最小值、标称值和最大值进行试验,采购方和供应商应商定每一频率试验持续时间。

5.4.3.11.6 耐久性校准

在耐久性试验的每一个试验循环第1阶段开始前以及全部试验结束后,应按5.3.2.10规定的程序对电动泵进行校准。应将这些校准的结果点绘在一张图表上,以表明耐久性试验对电动泵性能的影响。使用试验数据计算耐久性试验结束后的电动泵总效率,应符合4.2.2.9的要求。

注:如果专用规范有要求,可进行次数更多的校准试验。

5.4.3.11.7 起动—停转循环

5.4.3.11.7.1 一般要求

起动—停转循环应在耐久性试验开始和结束时进行,试验回路的系统阻抗应按5.4.3.6.2.3的规定。液压油温度可以处于环境温度和额定温度之间,但实际温度应予以记录。

5.4.3.11.7.2 全流量循环

将电动泵加速到额定转速,通过负载阀将电动泵的输出压力调节到全流量最大压力。

可在耐久性试验开始前执行一半的试验循环,在耐久性试验后执行另一半试验循环。

5.4.3.11.7.3 零流量循环

零流量循环按5.4.3.11.7.2规定的相同程序进行,除了起动和停转过程中,输出管路应被关闭。在两次循环之间,输出压力应下降到约0.7 MPa。零流量起动—停转循环次数应为全流量起动—停止循环次数的一半。

可在耐久性试验开始前执行一半的试验循环,在耐久性试验后执行另一半试验循环。

5.4.3.11.8 泵壳体压力循环

在耐久性试验的所有5个阶段中,电动泵壳体应以大约相等的运行时间间隔承受来自壳体回油管路的压力脉冲,达到至少3.5 MPa或实际壳体回油压力的150%(以较大者为准)。除另有规定外,从压力脉冲开始到初始恢复至正常壳体压力的时间应不少于0.1 s,不超过0.5 s。

对电动泵壳体施加至少20 000次压力循环,并合理均匀分配至耐久性试验的整个5个阶段中。在耐久性试验的第一个小时内,以及此后每200 h,记录压力脉冲波形,以检查脉冲的压力-时间历程是否保持。

5.4.3.11.9 空气吸入

耐久性试验完成后,应进行试验模拟在维护操作过程中更换元件时液压回路吸入空气的情况。为了进行空气吸入试验,应使用经协商一致的模拟飞机油箱、飞机电动泵进口管路管径、长度和构型,采用额定进口压力。

除另有规定外,应在耐久性试验过程中按以下规定进行:

- a) 与电动泵紧紧相连的 1.2 m 进油管路应设计成可拆卸、通气、排油和再连接,在拆卸时不会放出系统其他部分的油液;
- b) 以采购方和供应商商定的频率,当电动泵工作在全流量状态时,停止试验;
- c) 降低油箱压力,将 1.2 m 长的进油管路拆卸,通大气、排油、再重新连接;
- d) 重新启动电动泵,将试验系统调至全流量最大压力,启动电动泵 30 s 后,记录输出压力,然后增高油箱压力,继续进行耐久性试验。

5.4.3.11.10 热循环

耐久性试验完成后,电动泵应从-30℃到额定温度进行 8 次热循环。

在电动泵不工作情况下,将电动泵和电动泵内的油液冷却到-30℃保持稳定 1 h,然后启动电动泵,在额定流量和额定进口压力条件下运行,直到油液达到额定温度。该运行构成一个循环。加热速率应在专用规范中规定。

5.4.3.11.11 热冲击

耐久性试验完成后,应进行热冲击循环。

将电动泵安装到合适的温度箱内,环境温度降低到-55℃或专用规范规定的温度,达到产品温度稳定并保持最少 2 h。在产品温度不高于-30℃,试验油液进口温度为额定温度时,进行功能试验。将温度恢复到室温,达到产品温度稳定,重复功能试验。

将产品安装到合适的温度箱内,环境温度升高到额定温度,达到产品温度稳定并保持最少 2 h。在产品温度不低于 70℃,试验油液进口温度为-50℃或专用规范规定的温度,进行功能试验。将温度恢复到室温,达到产品温度稳定,重复功能试验。

电动泵不应出现故障。

5.4.3.11.12 零件故障

如果耐久性试验过程中由于零件损坏而中断试验,则应更换电动泵或使用重新设计的零件进行修理,若是材料缺陷或制造问题,则可安装没有缺陷的与损坏零件具有相同设计的零件。若电动泵所有零件均能毫无损坏地完成专用规范规定的试验程序要求,则可认为该试验已告完成。如果在一个或多个零件失效后,使用修复或更换的零件继续对电动泵进行试验,则已全部完成耐久性试验要求的零件在此后出现的失效不应作为拒绝的理由。

5.4.3.11.13 分解检查

按以下要求进行电动泵和过滤器的检查。

- a) 电动泵的检查:
耐久性试验完成后,分解电动泵并对所有零件进行目视检查以及对运转零件尺寸检查,以便能够对磨损影响进行分析,应将零件的总体情况写入报告。
- b) 过滤器的检查:
耐久性试验完成后,将滤芯拆下,检查是否存在异常磨损颗粒。

5.4.3.11.14 附加耐久性试验

专用规范同样可以规定附加耐久性试验,该试验与飞机的负载循环很近似。如果有此要求,总的耐久性试验时间应在专用规范中规定,为进行代表性试验提供充分的说明。

采购合同应明确该附加耐久性试验是替代还是补充 5.4.3.11.1 所述的耐久性试验,如果是补充试

验,两个耐久性试验不应在同一台电动泵上进行。

5.4.3.12 最小进口压力试验

在额定转速、额定温度和全流量最大压力的 90% 条件下运转电动泵。调节电动泵进口油液压力到额定进口压力的 120%。随着进口压力降低到最小进口压力时,测量流量的额定值和输出压力。确认电动泵在最小进口压力下运行时性能没有退化。

继续降低进口压力,直到出现气穴(即电动泵输出流量降低 2%)。

确认临界进口压力(即发生气穴时的进口压力)与最小进口压力之间的裕度适合电动泵的应用。

5.4.3.13 干运转试验

将电动泵液压油温度设置为正常工作温度的条件下运行电动泵,将输入管路上的阀门关闭 10 min,然后重新打开阀门,同时让电动泵仍保持运行。试验过程中,电动泵外表面温度不应超过 204 °C。

对电动泵进行完整的验收检验应合格。注意可接受泵或电动机出现轻微的内部损伤,比如显示在过高温度条件下运行的配合面或绝缘层变色迹象。除另有规定外,在干运转试验后,电动泵应不必修理即可满足验收检验要求。

5.4.3.14 环境试验

5.4.3.14.1 一般要求

如果无法通过类比或分析证明电动泵符合 4.9 规定的环境要求,则应在电动泵或其相关零件上进行以下试验。

5.4.3.14.2 极端工作温度试验

5.4.3.14.2.1 一般要求

极端工作温度试验的试验回路应按 5.4.3.6.2.3。所有的温度要求均适用于电动泵体、液压油和周围环境。周围环境温度的变化范围为 ± 10 °C。整个试验过程中,试验回路应包含模拟飞机系统或专用规范规定的工作条件的容积。

5.4.3.14.2.2 低温

在专用规范规定的最低温度下将电动泵至少放置 18 h,或如果专用规范没有此类规定,则在 -50 °C ~ -55 °C 之间,启动电动泵并调节以额定流量输出。

在尽可能低的输出压力以及专用规范规定的进口压力条件下运转电动泵 5 次。启动并达到额定流量后至少保持 10 s,观测电动泵是否通过液压系统排出油液。然后,进行 5 次启动和运转,此时将电动泵输出管路的负载阀调定为全流量最大压力的 90% 排出油液。此外,在电动泵输出管路完全关闭的情况下,进行 5 次启动。

整个试验过程中,在每次运转之后,下一次运转之前,应将电动泵和油液闲置足够长时间,以便使它们恢复到上述规定的稳定温度。

5.4.3.14.2.3 中间温度

将温度升高到室温,并让电动泵的温度稳定。按验收检验程序重复功能试验。

5.4.3.14.2.4 高温

在专用规范规定的最高温度下将电动泵至少放置 18 h,或如果专用规范没有此类规定,则在 90 °C ~95 °C 之间,启动电动泵并调节以额定流量输出。

在尽可能低的输出压力以及专用规范规定的进口压力条件下运转电动泵 5 次。启动并达到额定流量后至少保持 10 s,观测电动泵是否通过液压系统排出油液。然后,进行 5 次启动和运转,此时将电动泵输出管路的负载阀调定为全流量最大压力的 90 %排出油液。此外,在电动泵输出管路完全关闭的情况下,进行 5 次启动。

整个试验过程中,在每次运转之后,下一次运转之前,应将电动泵和油液闲置足够长时间,以便使它们恢复到上述规定的稳定温度。

5.4.3.14.3 温度-高度

如果不能通过分析证明符合要求,则应按 ISO 7137 或适用的等效标准进行温度-高度试验。

5.4.3.14.4 湿热

如果不能通过分析证明符合要求,则应按 ISO 7137 或适用的等效标准进行湿热试验。

5.4.3.14.5 流体敏感性

电动泵应按 ISO 7137 或等效标准进行流体敏感性试验,如果:
——电动泵安装在处于飞机维护通常使用的油液环境中;
——不能通过分析证明这些油液不会影响电动泵中使用的材料。

5.4.3.14.6 霉菌

如果不能通过分析证明电动泵中所使用的材料不会助长霉菌的生成,则应按 ISO 7137 或等效标准对电动泵进行霉菌试验。

5.4.3.14.7 盐雾

如果电动泵安装在会受到盐雾环境的位置,则应按 ISO 7137 或等效标准进行盐雾试验。

5.4.3.14.8 砂尘

如果电动泵安装在会受到砂尘环境的位置,则应按 ISO 7137 或等效标准进行砂尘试验。

5.4.3.14.9 结冰

如果电动泵安装在会结冰的位置,则应按 ISO 7137 或等效标准进行结冰试验。

5.4.3.14.10 工作冲击

5.4.3.14.10.1 概述

见 ISO 7137。

5.4.3.14.10.2 试验装置

将被试电动泵安装到刚性试验夹具中,采用预期使用的安装方式。

5.4.3.14.10.3 试验程序

按 ISO 7137 进行试验。电动泵工作冲击试验的具体要求(试验类别、等级等)应在专用规范中规定。

5.4.3.14.11 耐火(仅适用于指定火区的电动泵)

如适用,按 ISO 7137 或等效标准进行试验。如使用了保护层,则应将其安装到电动泵进行该项试验。

试验中电动泵的电压、频率和输出流量应在专用规范中规定。

5.4.3.15 结构试验

5.4.3.15.1 振动试验

5.4.3.15.1.1 概述

见 ISO 7137。

5.4.3.15.1.2 被试电动泵安装位置

将被试电动泵安装到振动发生装置上,应先后在能代表电动泵使用的至少三个轴向上安装,在每个安装方向进行规定的所有试验,其中一个安装方向应选择振动方向与电动泵轴线方向平行,另一个安装方向应选择振动方向与电动泵调节机构轴线方向平行。如果电动泵装有卸荷、截止阀等控制装置,应额外选择一个安装位置使振动方向与该控制装置轴线方向平行。

5.4.3.15.1.3 振动试验过程中电动泵的运行

振动试验过程中,如果确定电动泵不工作会为其带来更大的潜在损坏,则允许电动泵在静态条件下进行振动试验。

但是,如果确定电动泵在振动试验过程中的运转会造成更大的损坏,则按以下要求:

- a) 在 5.4.3.15.1.4、5.4.3.15.1.5 和 5.4.3.15.1.6 规定的整个振动试验过程中,电动泵应在 5.4.3.6.2.3 规定的试验回路中运转;
- b) 无论被试电动泵的额定温度如何,电动泵进口油温都应保持在 60 °C,环境温度应保持在室温条件下;
- c) 电动泵输出流量应从零流量到大约 50% 额定流量连续循环变化,这些流量循环应通过 5 次/min 的电磁阀快速实现,从一种流量状态过渡到另一种流量状态,阀的动作时间应小于 0.5 s。

如果电动泵装有卸荷、截止阀等控制装置,则不同模式之间的循环应在专用规范中规定。

5.4.3.15.1.4 共振频率振动试验

根据 ISO 7137 中双幅频率图规定的共振频率进行试验,专用规范应规定适用的程序和试验值。

5.4.3.15.1.5 循环频率振动试验

共振频率振动试验完成后,根据 ISO 7137 进行循环频率振动。专用规范应规定适用的程序和试验值。

5.4.3.15.1.6 其他振动试验

当特定的安装会使电动泵处于特别恶劣的环境条件时,其他振动试验应在专用规范中进行规定。

5.4.3.15.2 压力脉冲(疲劳)试验

电动泵应承受压力脉冲(疲劳)试验,以证明电动泵满足 4.4.3.4 的要求。应在专用规范中规定:

- 试验方法;
- 压力脉冲作用频率;
- 压力脉冲波形;
- 是否仅在油液温度为室温的条件下进行,或在包含连续最低温度、环境温度和额定温度的变化温度条件下进行。

对压力脉冲试验的动态压力-时间函数应作永久记录。除非采购方和供应商之间另外达成一致,否则每 15 000 次循环应重复这样做,以确保脉冲的压力-时间函数的保持。

电动泵中的任何零件不应出现破裂迹象。

5.4.3.15.3 液压接口强度

电动泵液压接口和壳体有关部分的结构,应能承受在维护操作过程中安装或拆卸电动泵、管接头和管路时所产生的最大扭矩值的 2.5 倍。应在专用规范中规定该最大扭矩值。

电动泵液压接口和壳体有关部分的结构不应出现永久性变形或损坏。

5.4.3.15.4 耐压压力试验

试验前,测量关键尺寸。然后进行 4.4.3.2 规定的耐压压力试验,液压油温度为额定温度或按专用规范规定。然后测量相同尺寸,检查应没有对电动泵产生永久性损坏。

在此试验过程中,轴密封漏油可以超出 4.2.2.7.4 中规定的要求,如果出现这种情况,不应视为试验失败。

5.4.3.15.5 爆破压力试验

应进行一次至少持续 1 min 的爆破压力试验,以证明电动泵满足 4.4.3.3 的要求,液压油温度为额定温度或按专用规范规定。该试验应每次进行最少进行 1 min。

该试验应在没有进一步运转工作规定的试验样品上最后进行。

5.4.3.16 稳态加速度试验

如适用,则应按 HB 6167.16 或适用的等效标准进行稳态加速度试验。

5.4.3.17 防爆试验

将电动泵作为一个功能系统安装在防爆试验箱中,在通电之前应将试验箱中空气循环 2 min。试验应包含堵转和定子短路情况。该项试验要求通过使用适当的试验夹具和电动机/泵接口修改,从物理上防止电动机/泵轴旋转。

整个试验过程中应监测电源电流和电动泵壳体温度(随时间变化)。在轴锁定的情况下,通过电源接触器在电动泵上施加和移除电源,应向电动泵绕组施加标称电压和频率的电源,作用时间 3 s,然后移除 3 s。将此过程重复 4 次。在第 5 次作用时,应保持通电,直到绕组发生故障断路,任何相位均没有电流。还应监测电连接器的表面温度。

如果电动泵配备了热切断装置/措施,则应确保该装置/措施起作用,并在电动机壳体表面温度超过 204 ℃之前切断电动泵工作;如果电动泵没有配备任何热切断装置/措施,则应在外壳温度达到 204 ℃之前手动关闭电动泵。

试验完成后,应通过点燃试验箱内的爆炸性混合物来验证燃料/空气混合物的爆炸性。

5.4.3.18 短路试验

当专用规范有要求时,应按要求调整电动泵使其中一相发生短路,试验应使用正常运行的代表性电源及馈线电缆。

试验过程中,应向电动泵通电直到电路烧断并保持断路状态 5 min 以上,或直到任何安全装置/保护装置永久切断电源。

5.4.3.19 驱动联接轴剪切试验

从电动泵上拆下驱动联接轴,将联接轴安装到合适的试验夹具上,以进行扭转试验。给联接轴施加扭转载荷,直到联接轴发生失效,记录失效发生时的载荷。失效应发生在联接轴的剪切部分。

5.4.3.20 补充试验

可在专用规范中规定补充试验,例如台架操作跌落试验和包装跌落试验(应同时规定所采用的试验程序)。

6 包装、运输与贮存

试验后,应给电动泵注入大约 85% 内腔容积的液压油,除另有规定外,液压油污染度应不高于 ISO 11218 的 5 级。

电动泵装运使用的包装应考虑运输过程中可能出现的正常搬运损伤。应小心避免损伤任何电连接器、电气导管、薄壁金属件等。

包装应满足五年贮存期或专用规范中规定的贮存期要求。如果电动泵依靠产品内部油液提供防腐蚀保护,则液压堵塞处的密封应满足无油液泄漏。

贮存和包装程序应在专用规范或采购合同中规定。

附 录 A
(资料性)
结构编号对照一览表

表 A.1 给出了本文件与 ISO 18170:2017 结构编号对照一览表。

表 A.1 本文件与 ISO 18170:2017 结构编号对照情况

本文件结构编号	ISO 18170:2017 结构编号
1	1
2	2
3.1	3.1
3.2	3.2
—	3.3
3.3	3.4
—	3.5
—	3.6
—	3.7.1
—	3.7.2
3.4	3.7.3
—	3.7.4
3.5	3.8
—	3.9~3.12
—	3.13.1
3.6	3.13.2
图 1	图 1
3.7	3.13.3
3.8	3.14
—	3.15、3.16
4.1 第一段的部分内容	4.1
4.1 第一段的部分内容	4.5
4.1 的第二段	4.2
4.1 的第三段	4.3
4.2.1	5.1
4.2.2	5.2

表 A.1 本文件与 ISO 18170:2017 结构编号对照情况（续）

本文件结构编号	ISO 18170:2017 结构编号
—	表 1
图 2	图 2
图 3	图 3
图 4	图 4
4.3.1	6.1
4.3.2~4.3.6	6.3~6.7
—	6.8
4.3.7	6.9
图 5	图 5
4.4.1~4.4.3	7.1~7.3
4.5.1~4.5.3	8.1~8.3
4.6.1~4.6.6	9.1~9.6
4.7	5.3.1
4.8 的第一段	5.3.2
4.8 的第二段	10.2
4.9	5.4
4.10.1	11.1
4.10.2	11.2
4.11	6.2
—	10.1
4.12	4.4
—	12.1
5.1	12.2
5.2	12.3
5.3.1 第一段的部分内容和第二段	13.1
5.3.1 第一段的部分内容	13.2
5.3.1 的第三段和第四段	13.3.1
5.3.2.1~5.3.2.12	13.3.2~13.3.13
5.4.1	14.1
5.4.2.1~5.4.2.3	14.2.1~14.2.3
表 1	表 2

表 A.1 本文件与 ISO 18170:2017 结构编号对照情况（续）

本文件结构编号	ISO 18170:2017 结构编号
5.4.3.1	14.2.4 的第一段
5.4.3.2	14.2.4 的第二段
5.4.3.3~5.4.3.5	14.2.5~14.2.7
5.4.3.6	14.2.8.1~14.2.8.4
5.4.3.7	14.2.8.5
5.4.3.8~5.4.3.11	14.2.9~14.2.12
表 2	表 3
5.4.3.12~5.4.3.15	14.2.13~14.2.16
5.4.3.16	—
5.4.3.17~5.4.3.20	14.2.17~14.2.20
6	13.3.15
附录 A	—

参 考 文 献

- [1] GB/T 30203 飞机电气系统特性
-

www.bzxz.net

免费标准下载网