

ICS 27.200

Q 31



ZZB

浙 江 制 造 团 体 标 准

T/ZZB 1208—2019

新能源汽车空调用电动压缩机总成

New energy electrically driven compressor assembly for automobile air conditioning

ZHEJIANG MADE

2019 – 10 – 08 发布

2019 – 10 – 31 实施

浙江省品牌建设联合会

发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 型式和基本参数 2

5 基本要求 3

6 技术要求 4

7 试验方法 10

8 检验规则 18

9 标志、包装、运输和贮存 20

10 质量承诺 21

附录 A（规范性附录） 温升试验方法（电阻法） 22

附录 B（规范性附录） 压缩机内部清洁度测试方法 23

附录 C（规范性附录） 压缩机内部含水量的测定 25

前 言

本标准依据GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

请注意本文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。

本标准由浙江省品牌建设联合会提出并归口。

本标准由浙江方圆检测集团股份有限公司牵头组织制定。

本标准主要起草单位：浙江三田汽车空调压缩机有限公司。

本标准参与起草单位：浙江省汽车空调产品质量检验中心、浙江方圆检测集团股份有限公司、浙江龙泉汽车配件行业协会、龙泉市市场监督管理局、嘉兴森蓝检测科技有限公司、浙江方圆金属材料检测有限公司、嘉兴威凯检测技术有限公司、浙江省特种设备科学研究院、浙江省计量科学研究院（排名不分先后）。

本标准主要起草人：林剑、孙丽颖、熊树生、闫国海、刘永清、李述亭、马再生、叶俊、叶必文、刘钊、许晓宁、梁翼智、吴萍、毕永钦、杨志慧、黄群、李夏书、孔祥荣、安振帮、肖艳宾、胡玥、傅俊磊、丁勇、方军、郑勇军、杨恒、范志荣、王小龙。

本标准评审专家组：王铭新。

本标准首次发布。

本标准由浙江方圆检测集团股份有限公司负责解释。

新能源汽车空调用电动压缩机总成

1 范围

本标准规定了新能源汽车空调用电动压缩机总成(以下简称“电动压缩机总成”)的术语和定义、型式和基本参数、基本要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存和质量承诺等。

本标准适用于电源额定电压等级48 V~1000 V容积式新能源汽车空调用电动压缩机总成。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本标准。

- GB/T 191 包装储运图示标志
- 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/T 2423.34 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Z/AD:温度/湿度组合循环试验
- GB/T 4208 外壳防护等级(IP代码)
- JB/T 4330 制冷和空调设备噪声的测定
- GB/T 5773 容积式制冷剂压缩机性能试验方法
- GB/T 7249 制冷设备 术语
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 17619 机动车电子电器组件的电磁辐射抗扰性限值和测量方法
- 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 18488.2 电动汽车用驱动电机系统 第2部分:试验方法
- GB/T 18655 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 19951 道路车辆 静电放电产生的电骚扰试验方法
- GB/T 21360 汽车空调用制冷压缩机
- GB/T 21437.2 道路车辆 由传导和耦合引起的电骚扰 第2部分:沿电源线的电瞬态传导
- GB/T 21437.3 道路车辆 由传导和耦合引起的电骚扰 第3部分:除电源线外的导线通过容性和感性耦合的电瞬态发射
- GB/T 22068—2018 汽车空调用电动压缩机总成
- GB/T 30512 汽车禁用物质要求
- JB/T 12845—2016 汽车空调用电动压缩机
- SAEJ 1628 汽车空调系统维修中使用的电子式制冷剂泄露检测仪的操作规程
- SAEJ 1627 电子式制冷剂泄露检测仪的性能评价标准

3 术语和定义

GB/T 7249和GB/T 5773界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电动压缩机总成 electrically driven compressor assembly

由电动机驱动，用于蒸汽压缩制冷循环的新能源汽车空调系统的半（全）封闭式容积式制冷剂压缩机总成，包括电动压缩机本体部分和驱动控制器。

注：分体式电动压缩机总成由上述两个部分分开独立安装使用，整体式电动压缩机总成由上述两个部分集成为一体。

3.2

电动压缩机本体部分 compressor with direct current motor

由容积式制冷剂压缩机和电动机组成的全封闭式和半封闭式结构。

3.3

驱动控制器 drive controller

与汽车主电源连接，用于控制直流电源与压缩机电动机之间能量传输和转换的装置，由外界控制信号接口电路、电动机控制电路和功率驱动电路以及保护电路组成。

3.4

激振力 exciting force

由电动压缩机总成回转不平衡质量及运行气流脉动等作为振动源而产生的周期性简谐振动力。

4 型式和基本参数

4.1 型式

4.1.1 按功能分为：单冷型、热泵型、低温热泵型，其中：

- 热泵型电动压缩机总成应能在 -10°C 蒸发温度下正常运行；
- 低温热泵型电动压缩机总成应能在 -25°C 蒸发温度下正常运行。

4.1.2 按结构型式分：整体式、分体式。

4.1.3 按排量范围分为：A类、B类、C类，其中：

- A类排量为： $8\text{ cm}^3/\text{r} \sim <25\text{ cm}^3/\text{r}$ ；
- B类排量为： $25\text{ cm}^3/\text{r} \sim <40\text{ cm}^3/\text{r}$ ；
- C类排量为： $\geq 40\text{ cm}^3/\text{r}$ 。

4.2 基本参数

电动压缩机总成的基本参数见表1。

表1 电动压缩机总成的基本参数

部 件	项 目	数 值		
		A类	B类	C类
电动压缩机本体部分	排量 (cm^3/r)	$\geq 8 \sim 25$	$\geq 25 \sim 40$	≥ 40
	使用制冷剂	HFC134a HF01234yf 或根据用户要求		
	润滑油	根据设计或用户要求		

表1 (续)

部 件	项 目	数 值		
		A类	B类	C类
电动压缩机本体部分	电动机额定电压 V	根据用户要求 (48 V ~ 1000 V)		
驱动控制器	额定电压 V			

4.3 名义工况

电动压缩机总成的名义工况见表2。

表2 电动压缩机总成的名义工况

试验条件	电压 V	压缩机转速 r/min	蒸发温度 ℃	冷凝温度 ℃	吸气过热度 K	膨胀前温度 ℃	环境温度 ℃
名义制冷	额定 电压	设计名义 转速	7	55	10	47	50
热泵名义制热			-1	43	10	35	10
低温热泵名义制热			-15	35	10	27	-10
注：配经济器的压缩机，经济器补气回路膨胀前过冷度为5 K。制造商提供经济器补气回路出口制冷气体压力和温度参数。							

5 基本要求

5.1 设计研发

- 5.1.1 应具备使用计算机二维、三维辅助设计软件和机加工仿真模拟软件的能力。
- 5.1.2 应具备具有新能源汽车空调用电动压缩机总成研发经验的技术开发人员。
- 5.1.3 应具备研发所用型式试验设备，包括综合性能、噪声、耐久、清洁度、泄漏等试验设备、电机、电控的调试等试验设备。
- 5.1.4 应具备单件小批控制电路试制能力，满足客户新产品开发和验证。

5.2 原材料技术要求

- 5.2.1 电动压缩机的壳体毛坯应采用铸造铝 YL113 材料，动盘、静盘、支架毛坯采用锻造铝合金 A380，定子、转子采用锡钢带，漆包线采用耐制冷剂漆包圆铜线（或采用性能不低于以上材料的原材料）。
- 5.2.2 毛坯压铸气孔必须满足制冷剂渗漏要求，无裂纹，能承受 2100 KPa 的渗漏试验和 8750 KPa 的破坏试验。
- 5.2.3 使用的紧固螺丝采用精度等级 6 g，强度不低于 10.9 级。
- 5.2.4 压缩机内部轴承采用 GCr15 材料，P53（或 P43）精度等级和游隙，轴承保持架进行氮化处理，其他轴承使用 P63 精度等级和游隙。
- 5.2.5 零件材料有害物质限值符合 GB/T 30512 规定。

5.3 生产制造

5.3.1 应具备机械加工生产设备，包括智能机械换人全自动生产设备，小巨人加工中心，四轴车铣复合数控车床，超声波清洗数控设备。

5.3.2 应具备整机装配生产设备，包括进口组装全自动全过程在线防错生产流水线设备，压力控制伺服压装设备，零部件档位分选控制设备。

5.3.3 应具备配套生产用的物料管理和质量追溯管理的软件和硬件系统等。

5.4 检测能力

5.4.1 应具备泄漏检测，扭矩检测，水分检测，清洁度检测，控制器温度检测，材料成分检测，粗糙度检测，装配禁钢件的预紧力检测的能力。

5.4.2 应具备耐久试验，综合性能试验，盐雾试验，噪声试验等综合试验的能力。

5.4.3 应具备电动压缩机总成用电机、电控调试和试验的能力。

5.4.4 应具备有资质的第三方检测平台实时验证检测的能力。

6 技术要求

6.1 一般要求

电动压缩机总成应按规定程序批准的图样和技术文件（或用户与制造厂的协议）制造。

6.2 外观

电动压缩机本体部分及驱动控制器外表面不应该有油污、锈蚀、锐边等外观缺陷，导线护套不应破裂，接插件不应变形和破损。

6.3 制冷（热）量、输入功率、制冷（热）性能系数

电动压缩机总成的实测制冷（热）量应不小于名义制冷（热）量的95%，实测输入功率不应大于名义输入功率的110%，电动压缩机总成的实测制冷（热）性能系数应不小于明示值的95%，且不应小于表3规定的数值。对于不带驱动控制器的电动压缩机总成制冷（热）性能系数应不小于表3规定值的110%。

表3 电动压缩机总成的制冷（热）性能系数限定值

适用额定电压等级	测试电压 V	压缩机转速 r/min	制热性能系数 W/W		制冷性能系数 W/W
			热泵型	低温热泵型	
48 V ~ 120 V	额定电压	设计名义转速	2.7	2.3	2.5
144 V ~ 1000 V			2.8	2.5	2.6

6.4 噪声

电动压缩机的单点最大实测噪声值应符合表4的规定。

表4 电动压缩机总成的噪声限定值（声压级）

名义转速范围 (r/min)	噪声值 dB (A)		
	A类	B类	C类
<2000	≤68	≤70	≤72
≥2000~3000	≤70	≤72	≤74
≥3000~4000	≤73	≤74	≤75
≥4000~5000	≤75	≤77	≤79
≥5000~6000	≤80	≤82	≤84
≥6000~7000	≤82	≤87	≤88
≥7000	≤85	≤90	≤91

6.5 激振力

在转速允许的范围内，电动压缩机总成水平前后（X 轴）、水平左右（Y 轴）、垂直（Z 轴）三个方向的实测激振力应不大于式（1）的计算值。

$$F_{\max} = k \times n \dots\dots\dots (1)$$

式中：

F_{\max} ——最大允许激振力，单位为牛（N）；

K ——激振系数（取0.02），单位为牛分每转（N·min/r）；

n ——压缩机转速值，单位为转每分（r/min）。

6.6 电动压缩机本体

6.6.1 内部清洁度

电动压缩机本体部分的内部清洁度应符合以下要求：

- 内部杂质总质量应不大于表 5 的规定；
- 内部最大杂质颗粒直径应不大于 0.4 mm。

表5 电动压缩机本体部分的内部杂质总质量

单位为毫克

电动压缩机总成类别	A类	B类	C类
内部杂质总质量	≤25	≤30	≤75

6.6.2 内部含水率

电动压缩机装配后 24 h 内, 电动压缩机本体部分的内部含水率不应超过 0.045 %。

6.6.3 密封性

电动压缩机本体部分的总泄漏量不应超过 10 g/a。

6.6.4 耐压强度

电动压缩机本体壳体及电机引出线端子应无泄漏和异常变形。

6.6.5 耐振动性

耐振动性试验后, 电动压缩机本体应符合以下要求:

- a) 电动压缩机本体部分内部无损坏, 可运转; 螺栓无松动和损坏;
- b) 密封性试验后, 电动压缩机本体部分的泄漏量符合 6.6.3 的要求;
- c) 电动机定子绕组对外壳绝缘电阻试验符合 6.6.9 的要求;
- d) 耐电压试验应符合 6.6.10 的规定;
- e) 按表 2 规定的工况复测, 电动压缩机总成的实测制冷(热)量不小于耐振动试验前实测值的 90 %, 实测制冷(热)性能系数不小于耐振动试验前实测值的 82 %;
- f) 无异常噪声, 电动压缩机总成的噪声值增加不大于 3 dB(A);
- g) 外壳防护等级符合 6.6.11 要求。

6.6.6 热循环

分别进行耐高温、耐低温、温度交变试验后, 封闭吸、排气口的电动压缩机本体部分应符合以下要求:

- a) 电动压缩机本体部分的泄漏量应符合 6.6.3 的要求;
- b) 电动机定子绕组对外壳绝缘电阻应符合 6.6.9 的要求;
- c) 耐电压试验应符合 6.6.10 的规定;
- d) 按表 2 规定的工况复测, 电动压缩机总成的实测制冷(热)量不应小于热循环试验前实测值的 90 %, 实测制冷(热)性能系数不小于热循环试验前实测值的 82 %;
- e) 外壳防护等级符合 6.6.11 要求。

6.6.7 交变湿热性能

交变湿热性能试验后, 封闭吸、排气口的电动压缩机本体部分应符合以下要求:

- a) 在交变湿热试验的最后一周期的低温高湿阶段, 保持温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 95 %~98 %的条件 5 h 后, 在该环境下, 电动机定子绕组对外壳的热态绝缘电阻应大于 $2\text{ M}\Omega$;
- b) 电动机定子绕组对外壳冷态绝缘电阻试验应符合 6.6.9 的规定;
- c) 耐电压试验应符合 6.6.10 的规定;
- d) 外壳防护等级应符合 6.6.11 规定;
- e) 电动压缩机本体部分能正常工作。

6.6.8 耐腐蚀性

耐腐蚀性试验后, 电动压缩机本体部分应符合以下要求:

- a) 电动压缩机本体经表面防腐蚀处理的零件表面无大于 10 %面积的红锈, 表面无气泡、蠕变、粘着及功能丧失, 电动压缩机应能正常工作;
- b) 制冷剂泄漏应符合 6.6.3 的要求;

- c) 电动机定子绕组对外壳的绝缘电阻应符合 6.6.9 的要求；
- d) 电动机定子绕组对外壳的耐电压应符合 6.6.10 的要求；
- e) 外壳的防护等级符合 6.6.11 的要求。

6.6.9 电动机定子绕组对外壳的绝缘电阻

电动机定子绕组对外壳的绝缘电阻应满足以下要求：

- a) 清空电动压缩机本体内部的冷冻机油后，电动机定子绕组对外壳的绝缘电阻大于 $50\text{ M}\Omega$ ；
- b) 向电动压缩机本体内部充入冷冻油（按压缩机图样规定的冷冻油加注）和制冷剂（压缩机制冷剂的充注量按允许的最大充注量）后，首次充注制冷剂后运转不少于 $3\text{ min}\sim 5\text{ min}$ ，电动机的定子绕组对外壳的绝缘电阻大于 $10\text{ M}\Omega$ 。

6.6.10 电动机定子绕组对外壳的耐电压

电动机定子绕组对外壳的绝缘应能承受表 6 规定的试验电压，绝缘应无击穿、闪络和飞弧，漏电流应符合表 6 的规定。

对产品进行出厂检验时， 1 min 电压持续试验时间可用 1 s 试验代替，但试验电压值应为表 6 的规定的 120% 。

表6 试验电压与漏电流

额定电压 U_N V	有效试验电压 V	电源功率 kVA	电源频率 Hz	电压持续时间 s	漏电流 mA
≤ 60	500	1	50~60 正弦波	60	≤ 5
$> 60\sim 125$	1000				≤ 10
$> 125\sim 250$	1500				
$> 250\sim 500$	2000				≤ 20
> 500	$1000+2U_N$				≤ 25

6.6.11 外壳防护等级

电动压缩机本体部分的防护等级 IP54。外壳防护等级试验后，复测电动压缩机本体部分的耐电压性能应符合 6.6.10 规定的要求。

6.7 驱动控制器

6.7.1 机械强度

驱动控制器壳体不应发生变形。

6.7.2 绝缘电阻

驱动控制器的绝缘电阻应大于 $50\text{ M}\Omega$ 。

6.7.3 耐电压

驱动控制器应无击穿、闪络和飞弧。

6.7.4 外壳防护等级

驱动控制器的防护等级分类型为 IP54，外壳防护等级试验后，复测驱动控制器的绝缘电阻应符合 6.7.2 的规定，复测驱动控制器的耐电压性能应符合 6.7.3 的规定。

6.7.5 耐振动性

耐振动性试验后，驱动控制器应符合以下要求：

- a) 螺栓应无松动或损坏，内部接线无断裂，元器件无松动；
- b) 绝缘电阻应符合 6.7.2；
- c) 耐电压应符合 6.7.3；
- d) 驱动控制器应能正常工作；
- e) 外壳防护等级符合 6.7.4。

6.7.6 热循环

热循环试验后，驱动控制器应符合以下要求：

- a) 绝缘电阻应符合 6.7.2 的规定；
- b) 耐电压应符合 6.7.3 的规定；
- c) 驱动控制器能正常工作；
- d) 外壳防护等级应符合 6.7.4 的规定。

6.7.7 交变湿热

交变湿热试验后，驱动控制器应符合以下要求：

- a) 绝缘电阻符合 6.7.2 的规定；
- b) 耐电压符合 6.7.3 的规定；
- c) 驱动控制器能正常工作；
- d) 外壳防护等级符合 6.7.4 规定。

6.7.8 耐腐蚀性

耐腐蚀性试验后，驱动控制器经表面防腐处理的钢件表面不应有大于 10% 面积的红锈，且表面无气泡、蠕变，粘着及功能丧失，驱动控制器应能正常工作，并且，外壳防护等级符合 6.7.4 的规定。

6.7.9 温升

温升试验后，驱动控制器各部位的温升应符合 GB/T 18488.1 规定的限值的要求。

6.8 耐久性

耐久性试验后，电动压缩机总成应无异常，试验后电动压缩机总成应符合以下要求：

- a) 外部各表面无裂纹和损坏，螺栓无松动和损坏；
- b) 电动压缩机总成的总泄漏量不大于 6.6.3 的规定；
- c) 电动机定子绕组对外壳绝缘电阻试验应符合 6.6.9 的规定；
- d) 耐电压试验应符合 6.6.10 的规定；
- e) 按表 2 的规定的工况复测，电动压缩机总成的实测制冷（热）量不小于耐久性试验前测试值 90 %，

- f) 实测制冷（热）性能系数不应小于试验前测试值的 82 %；
- g) 无异常噪声，电动压缩机总成的噪声增加不大于 3 dB（A）；
- h) 外壳防护等级符合 6.7.4 的要求。

6.9 耐电压波动

耐电压波动试验后，电动压缩机总成应符合以下要求：

- a) 制冷（热）性能系数符合表 3 的规定；
- b) 电动机定子绕组对外壳的耐电压符合 6.6.10 的规定；
- c) 驱动控制器绝缘电阻符合 6.7.2 的规定；
- d) 驱动控制器的耐电压应符合 6.7.3 的规定；
- e) 外壳防护等级应符合 6.7.4 的规定。

6.10 电磁兼容性

6.10.1 电磁抗扰性

6.10.1.1 电磁辐射抗扰性

在 GB/T 17619 规定的抗扰性限值下，电动压缩机总成在正常使用条件下应能正常工作。

6.10.1.2 电瞬变传导抗扰性

在 GB/T 21437.2 和 GB/T 21437.3 中规定的脉冲种类和Ⅲ级抗扰性限值下，电动压缩机总成在正常使用条件下能正常工作。

6.10.1.3 静电放电抗扰性

在 GB/T 19951 规定的Ⅲ级抗扰性限值下，电动压缩机总成在正常使用条件下应能正常工作。

6.10.2 电磁骚扰性

6.10.2.1 传导骚扰性

电动压缩机总成在正常使用条件下工作产生的传导骚扰应符合 GB/T 18655 规定的零部件传导骚扰限值的要求。

6.10.2.2 辐射骚扰性

电动压缩机总成在正常使用条件下工作产生的辐射骚扰应符合 GB/T 18655 规定的零部件辐射骚扰限值的要求。

6.11 输入输出特性

6.11.1 转速控制精度

具有转速控制功能的驱动电机系统，转速控制精度符合产品技术规定。

6.11.2 最高工作转速

在额定电压下，驱动电机带载运行所能达到的最高转速，试验时施加不低于产品技术文件规定的负载时，驱动电机应能达到产品技术文件规定的最高转速，此过程持续工作时间不大于 15 s。

6.12 安全性

6.12.1 驱动控制器的保护功能

驱动控制器具有短路、过电流、过电压、欠电压和过热保护功能。

6.12.2 驱动控制器支撑电容放电时间

当对驱动控制器有主动放电要求时，驱动电机控制器支撑电容放电时间应不超过 3 s。

7 试验方法

7.1 一般要求

除特殊规定外，试验应在下述条件下进行，试验用仪器仪表及准确度应符合 GB/T 5773 的规定，试验时，试验工况参数的允许偏差应符合 GB/T 5773 的规定。

7.2 外观

电动压缩机总成外形尺寸用通用或专用量具检测，外观质量和标志用目测法检测。

7.3 制冷（热）量、输入功率、制冷（热）性能系数试验

电动压缩机总成在表 2 的名义工况下，按 GB/T 5773 的中规定试验，分别测定电动压缩机总成的制冷（热）量、输入功率，制冷（热）性能系数。

7.4 噪声试验

将电动压缩机总成安装到半消音室特定的台架上。电动压缩机总成的接口和置于室外的制冷剂管路连接起来组成试验回路，以及接上规定电源。启动电动压缩机，使电动压缩机总成噪声性能测试系统达到表7规定工况。将噪声测量仪表放置在以压缩机几何中心为原点的笛卡尔坐标系上，分别距离压缩机的水平侧部（X）、水平后部位（Y）以及上部（Z）300 mm处，如图1所示，按JB/T 4330的规定进行噪声测试，并记录噪声值。

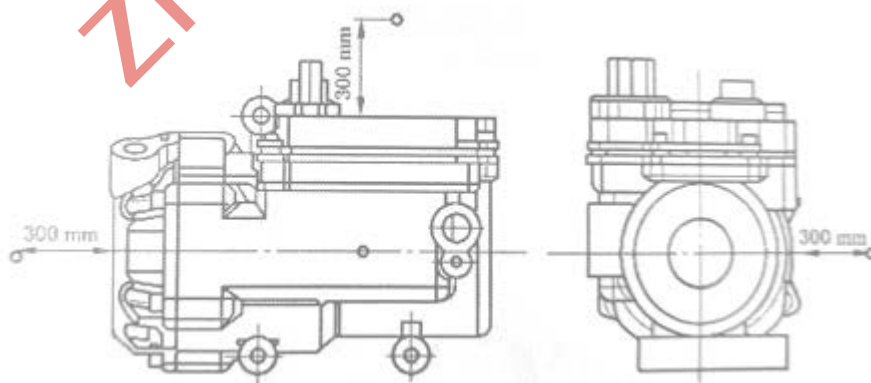


图1 噪声值测量采集点

表7 电动压缩机总成的噪声试验工况

压缩机转速 r/min	电压 V	冷凝温度 ℃	蒸发温度 ℃
设计名义转速	额定电压	55±0.5	7±0.5

7.5 激振力试验

将电动压缩机总成通过钢过渡支架固定在带有三轴向力传感器的激振力测试台上,过渡支架的重量不超过 2 kg。

电动压缩机总成安装方向与实车相同,如图 2 所示。三轴向支座平面应垂直于压缩机总成安装方向,垂直方向为 Z 轴,压缩机总成轴线方向为 Y 轴,垂直于压缩机总成轴向的方向为 X 轴。

将电动压缩机总成连接到测试用替代制冷系统上,按表 8 的工况下进行运转,工况稳定后记录所测定的激振力。

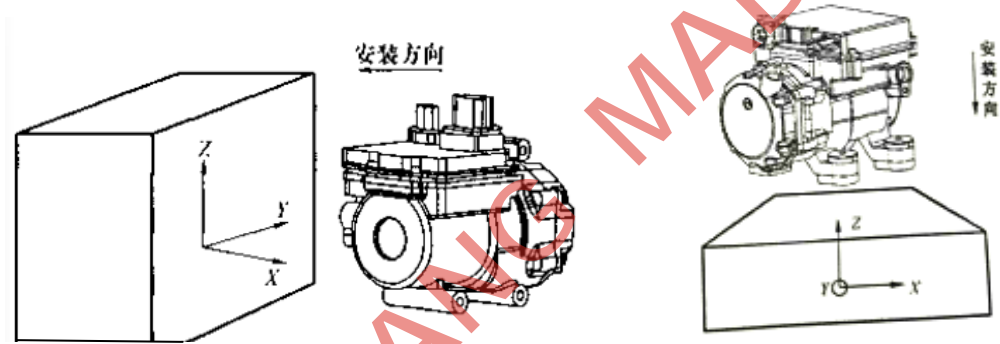


图2 电动压缩机总成激振力测量安装方式

表8 电动压缩机总成的激振力试验工况

名义转速范围 r/min	吸气压力 MPa	排气压力 MPa	过热度 K	过冷度 k
≤2000	0.4±0.01	1±0.01	10±1	5±3
>2000~10000	0.3±0.01	1.6±0.01	10±1	5±3

7.6 电动压缩机本体部分

7.6.1 内部清洁度

按 GB/T 21360 规定的方法测定,附录 B。

7.6.2 内部含水率

按 GB/T 21360 规定的方法进行测定,附录 C。

7.6.3 密封性试验

按 GB/T 21360 规定的方法进行测定，压缩机的密封性试验可采用以下任何一种方法进行：

- a) 用制冷剂作为检漏介质：倒出压缩机内的冷冻油，通过吸排气口向压缩机内充注制冷剂达到 $0.5\text{MPa} \pm 0.05\text{MPa}$ 后，再用干燥氮气加压至 1MPa 后，采用测量准确度不低于 $1 \times 10^{-6} \text{atm}^3 \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 内的电子制冷剂检漏检测仪按 SAEJ 1628 规定的操作规程进行检验；
- b) 采用氮气作为检漏介质：倒出压缩机内的冷冻机油，通过吸排气口向压缩机内充注氮气（或一定比例的氮氮混合气体）至试验压力（ $1.2\text{MPa} \sim 1.8\text{MPa}$ 范围内取值）后，将压缩机放置到测量准确度不低于 $1 \times 10^{-6} \text{atm}^3 \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 内的氮检漏专用设备上，进行制冷剂泄漏的等效测量。

7.6.4 耐压强度试验

按 GB/T 21360 规定的方法测定，向压缩机内注满冷冻油或其他合适液体，排尽机体内部空气。缓慢提高低压腔压力至规定的压力值，保压 1min 后，对压缩机低压腔部位进行检查，压缩机低压腔部位应无异常变形和破损。低压腔耐压强度合格后，缓慢提高高压腔内的液体压力至规定的压力值，保压 1min 后，对压缩机高压腔部位进行检查，各部位应无异常变形或破损。

高压测加压压力至少为制冷剂在 70°C 时饱和蒸汽压力的 3.5 倍（表压），试验压力圆整至 0.5MPa 。

低压侧的壳体应能承受制冷剂 20°C 时饱和蒸汽压力 5 倍的压力（表压）或 2.5MPa ，两者中取大值，试验压力圆整至 0.2MPa 。

注：在该试验中，各橡胶密封件的破损不作为考核要求。

7.6.5 耐振动性试验

将电动压缩机本体部分通过支架夹具安装在振动试验台上，按表9的试验条件进行参数设定后进行试验，试验完毕后，进行密封性、电动机定子绕组对外壳绝缘电阻、耐电压、制冷（热）量、输入功率 and 噪声试验，并将试验结果与耐振动性试验前测定的制冷（热）量、输入功率、噪声试验结果进行比较。

表9 电动压缩机本体部分耐振动试验工况

试验条件	振动方向和振动指标		
	上 下	前 后	左 右
振动频率 Hz	50~250		
周期（一个扫频） min	2		
振动加速度 (m/s^2)	30×9.8		
振动时间 h	9	4.5	4.5

7.6.6 热循环试验

7.6.6.1 耐高温试验

在电动压缩机本体内充入 $0.8\text{MPa} \pm 0.05\text{MPa}$ 氮气，放在 120°C 环境中 $96\text{h} \pm 2\text{h}$ 后，在常温下放置 2h 。试验结束后对电动压缩机本体进行零部件外观检查和制冷剂泄漏检查。

7.6.6.2 耐低温试验

在电动压缩机本体内充入 $0.8\text{ MPa} \pm 0.05\text{ MPa}$ 的氮气，放在 $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境中 $72\text{ h} \pm 2\text{ h}$ 后，在常温下放置 2 h 。试验结束后对电动压缩机本体进行零部件外观检查和制冷剂泄漏检查。

7.6.6.3 温度交变试验

在电动压缩机本体内充入 $0.8\text{ MPa} \pm 0.05\text{ MPa}$ 氮气，在图 3 所示运行周期内循环试验 5 次。试验结束后对电动压缩机本体进行零部件外观检查和制冷剂泄漏检查。

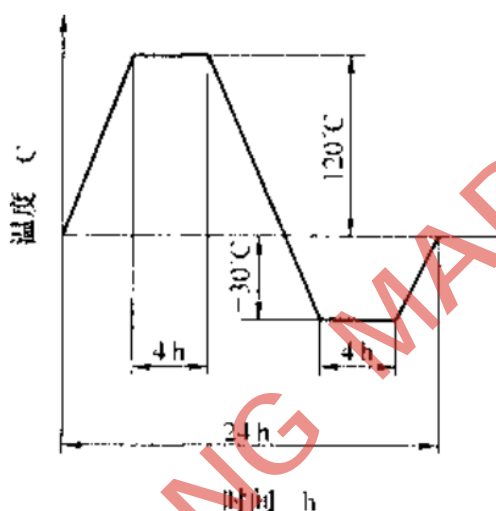


图3 热循环性能试验（1次循环）

7.6.7 交变湿热试验

将电动压缩机本体放入恒温恒湿箱中，按 GB/T 2423.34 规定的方法在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内进行 10 个循环的温度/湿度组合循环试验，每个循环周期为 24 h ，在每个循环周期中的温度和湿度的变化情况如 GB/T 2423.34-2012 中图 2a) 所示。

7.6.8 耐腐蚀性试验

将封闭吸、排气口的电动压缩机本体部分放入盐雾箱中，按 GB/T 2423.17 规定的方法进行试验，试验时间为 $72\text{ h} \pm 2\text{ h}$ 。

7.6.9 电动机定子绕组对外壳的绝缘电阻试验

采用兆欧表或专用绝缘电阻测量仪测量电动压缩机本体的电动机定子绕组每个出线端对外壳的绝缘电阻，根据被测定子绕组的额定电压选择兆欧表或专用绝缘电阻测量仪的电压值，应符合表 10 的规定，绝缘电阻测量后，被测定子绕组应对地充分放电。

表10 电动机定子绕组的测定电压值

单位为伏特

额定电压值 (V)	兆欧表的电压值 (V)
≤250	250
>250~500	500
>500~1000	1000

7.6.10 电动机定子绕组对外壳的耐电压试验

电动压缩机本体的电动机定子绕组对外壳的耐电压试验按 GB/T 18488.2 规定的方法进行，试验时应先将定子绕组三相线出线端互相短接，根据被测定子绕组的额定电压选择符合表 6 规定的试验电压，测量电压的有效值应不大于规定值的±5%。试验不应重复进行，如用户提出要求，允许在安装后开始运行前进行一次试验，其试验电压值应不超过本标准表 6 规定的电压 80%。

7.6.11 外壳防护等级试验

将电动压缩机本体安装于与实际工作状态相似的工装中，按 GB/T 4208 规定的方法试验。

7.7 驱动控制器

7.7.1 机械强度

将 10 cm×10 cm 面积大小、重 20Kg 的重物放置在驱动控制器外壳上，检查驱动器外壳的变形情况。

7.7.2 绝缘电阻

采用兆欧表或专用绝缘电阻测量仪测量驱动控制器各出线端对外壳的绝缘电阻，试验时驱动控制器内的电源开关和接触器应置于接通状态，对于不能承受兆欧表高压冲击的电器元件（如浪涌抑制器、半导体元件以及电容器等）应将其短接或断开。根据被测线路的额定电压选择兆欧表或专用绝缘电阻测量仪的电压值应符合表 10 的规定。绝缘电阻测量后，被测电路应对地充分放电。

7.7.3 耐电压

驱动控制器按 GB/T 18488.2 规定的方法进行耐电压试验，测量时并联短接后的高压端对外壳、并联短接后的低压端对外壳分别测量。

根据被测线路额定电压选择符合本标准表 6 规定的试验电压，试验电压的有效值应不大于规定值的±5%。

试验不重复进行。如用户提出要求，允许在安装后开始运行前进行一次试验，其试验电压值不应超过表 6 规定的电压值的 80%。

7.7.4 外壳防护等级

将驱动控制器、接插件以及对接件安装于与实际工作状态相似的工装中，按 GB/T 4208 规定的方法进行测试。

7.7.5 耐振动性

将驱动控制器、接插件及对接件安装于与实际工作状态相似的工装中，将工装安装在振动试验台的平台上，工作和驱动控制器的重心应在振动的中心轴上，按表11的工况进行振动试验。

表11 驱动控制器的振动性试验工况

试验持续时间 (h)	频率 (Hz)	加速度 (m/s^2)	振动方向
2	33	4.4×9.8	横向
			纵向
4			垂直

7.7.6 热循环试验

7.7.6.1 耐高温试验

将驱动控制器、接插件及对接件放在 120℃环境中 96 h±2 h 后，在常温下放置 2 h. 试验结束后对压缩机本体进行零部件外观检查和制冷剂泄漏检查。

7.7.6.2 耐低温试验

将驱动控制器、接插件以及对接件放在-35℃环境中 72 h±2 h 后，在常温下放置 2 h。

7.7.6.3 温度交变试验

将驱动控制器、接插件以及对接件在图 3 所示运行周期内循环试验 5 次。

7.7.7 交变湿热性能

将驱动控制器、接插件以及对接件放入恒温恒湿箱中，按GB/T 2423.34规定的方法在-10℃~65℃范围内进行10个循环的温度/湿度组合循环试验，每个循环周期为24 h，在每个循环周期中的温度和湿度的变化情况如GB/T 2423.34中图2a所示。

7.7.8 耐腐蚀性

将驱动控制器放入盐雾箱中，按 GB/T 2423.17 规定的方法试验，试验时间为 72 h±2 h。

7.7.9 温升

在电动压缩机总成进行性能试验过程中，同时按附录 A 规定的方法测试驱动控制器各部位的温升。

7.8 耐久性

将电动压缩机总成安装在压缩机耐久试验台上，按 GB/T 21360 规定的方法试验，对于单冷型、热泵型电动压缩机总成，耐久试验工况见表 12；对于低温热泵型电动压缩机总成，耐久性试验工况见表 13。

表12 电动压缩机总成的耐久试验工况（一）

运行时间 h	转 速 r/min	电 压 v	冷凝温度 ℃	蒸发温度 ℃	环境温度 ℃
250	r_1+500	$U_N \times (1\pm 5)\%$	运行最大冷凝温度	13 ± 0.5	55~65
350	$r_2 \times (1\pm 5\%)$		63 ± 0.5	-1 ± 0.5	
300	$r_1 \times (1\pm 5\%) \sim$ $r_2 \times (1\pm 5\%)^a$				
50		$U_N \times 0.8 \times (1\pm 5)\%$			
		$U_N \times 1.2 \times (1\pm 5)\%$			
注： r^1 —按要求设计的最低转速； r^2 —设计名义转速； U_N —额定电压。					
<div><div><div>MADE</div></div><div><p>^a 该转速范围内的循环试验工况：</p><p>a) 在30 s内从0 r/min升到设计最低转速，设计最低转速持续1 min；</p><p>b) 在15 s内从设计最低转速升速1000 r/min，升速后转速持续1 min；</p><p>c) 依次每15 s内转速升速1000 r/min，升速后转速持续 1min，直至设计最高转速；</p><p>d) 在30 s内从最高转速降到 0 r/min，停留30 s再返回到 a)，依次循环。</p></div></div>					

表13 电动压缩机总成耐久试验工况（二）

运行时间 h	转 速 r/min	电 压 v	冷凝温度 ℃	蒸发温度 ℃	环境温度 ℃
50	r_1+500	$U_N \times (1\pm 5)\%$	40 ± 0.5	-25 ± 0.5	$-10\sim 0$
200			45 ± 0.5	-20 ± 0.5	
350	$r_2 \times (1\pm 5)\%$		35 ± 0.5	-15 ± 0.5	
300	$r_1 \times (1\pm 5)\% \sim$ $r_2 \times (1\pm 5)\%^a$	$U_N \times 0.8 \times (1\pm 5)\%$			
50		$U_N \times 1.2 \times (1\pm 5)\%$			

注： r^1 -按要求设计的最低转速； r^2 -设计名义转速； U_N -额定电压。

^a 转速循环试验工况：

a) 在30 s内从0 r/min升到设计最低转速，设计最低转速持续1 min；

b) 在15 s内从设计最低转速升速1000 r/min，升速后转速持续1 min；

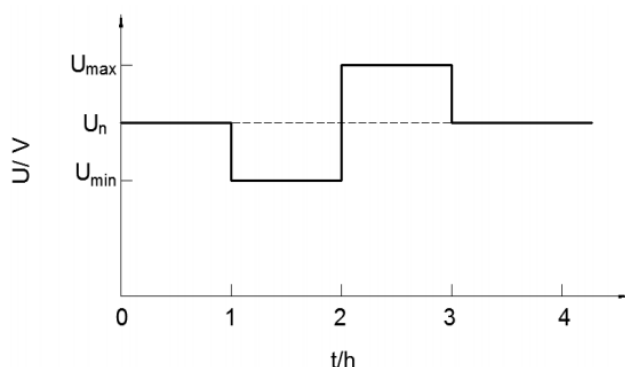
c) 依次每15 s内转速升速1000 r/min，升速后转速持续1 min，直至设计最高转速；

d) 在30 s内从最高转速降到0 r/min，停留30 s再返回到 a)，依次循环。

7.9 耐电压波动性能

耐电压波动性能试验按以下规定执行：

- a) 将电动压缩机总成安装在性能试验台上，按表 2 的名义工况进行运转；
- b) 按图 4 的输入电压波动曲线进行运转设定，供运转 4 h。



注： U_{\max} (U_{\min}) 为电动压缩机驱动控制器设计的最高（最低）输入电压。

图4 耐电压波动曲线

7.10 电磁兼容性

7.10.1 电磁抗扰性

7.10.1.1 电磁辐射抗扰性

电动压缩机总成电磁辐射抗扰性按 GB/T 17619 规定的方法进行试验。可采用自由场法、TEM 小室法和大电流注入法，也可按与用户协商双发认可的方法进行试验。

7.10.1.2 电瞬变传导抗扰性

电动压缩机总成电瞬变传导抗扰性试验按 GB/T 21437.2 和 GB/T 21437.3 规定的方法或按与用户协商双方认可的方法进行试验。

7.10.1.3 静电放电抗扰性

电动压缩机总成静电放电抗扰性按 GB/T 19951 规定的方法进行试验。

7.10.2 电磁骚扰性

7.10.2.1 传导骚扰性

电动压缩机总成传导骚扰性按 GB/T 18655 中规定的方法进行试验。

7.10.2.2 辐射骚扰性

电动压缩机总成辐射骚扰性按 GB/T 18655 中规定的方法进行试验。

7.11 输入输出特性试验

7.11.1 转速控制精度

按 GB/T 18488.2 的方法进行试验。

7.11.2 最高工作转速

7.11.2.1 试验过程中，控制器母线电压设定为额定电压，电机系统处于热工作状态。

7.11.2.2 试验时，上电开始匀速调试台架，并施加不低于产品技术规定负载，电机从上电到运行到最高转速，并工作稳定，此状态下的持续时间不大于 15 s。

7.11.2.3 按 GB/T 18488.2 的方法进行试验测量，每 30 s 记录一次输出转速。

7.12 安全性试验

7.12.1 控制器保护功能按 GB/T 18488.2 中的方法进行试验。

7.12.2 驱动控制器电容放电时间按 GB/T 18488.2 中的方法进行试验。

8 检验规则

8.1 检验分类

产品检验分为出厂检验、抽样检验和型式试验。

8.2 出厂检验

8.2.1 出厂检验项目、技术要求、试验方法按表 14 的规定。

8.2.2 每台压缩机应经品质部门检验合格并附有产品合格证方能出厂。

8.3 抽样检验

8.3.1 抽样检验的检验项目、技术要求和试验方法按表 14 的规定。

8.3.2 在出厂检验合格的电动压缩机中按制造商规定的抽样方法和要求的抽样数量进行抽样。

8.3.3 如果抽检不合格时候，应以双倍数量重新检验不合格项，如仍然有不合格项，按不合格品处置方式进行处置，并进行 100 %全检。

8.4 型式试验

8.4.1 凡有下列情况之一，应进行型式试验：

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定时；
- b) 电动压缩机每年做一次型式试验；
- c) 当电动压缩机总成停产一年以上，再恢复生产时；
- d) 当电动压缩机总成结构、材料、工艺或场地有重大改变，可能影响产品性能时；
- e) 质量不稳定，认为有必要时；
- f) 国家质量监督机构或是客户提出需求时。

8.4.2 型式试验的项目、技术要求、试验方法按表 14 规定

表14 检验项目、技术要求和试验

序号	项 目	技术要求	试验方法	抽样检验	出厂检验	型式试验
电动压缩机总成						
1	外观	6.2	7.2	√	√	√
2	制冷（热）量、输入功	6.3	7.3	√	√	
3	噪声	6.4	7.4	√	√	
4	激振力	6.5	7.5	—	—	
5	耐久性	6.8	7.8	—	—	
6	耐电压波动	6.9	7.9	—	—	
7	电磁辐射抗扰性	6.10.1.1	7.10.1.1	—	—	
8	电瞬变传导抗扰性	6.10.1.2	7.10.1.2	—	—	√
9	静电放电抗扰性	6.10.1.3	7.10.1.3	—	—	
10	传导骚扰性	6.11.1.1	7.10.2.1	—	—	
11	辐射骚扰性	6.11.1.2	7.10.2.2	—	—	
电动压缩机本体						
12	内部清洁度	6.6.1	7.6.1	√	—	√
13	内部含水率	6.6.2	7.6.2	√	—	
14	密封性	6.6.3	7.6.3	√	√	
15	耐压强度	6.6.4	7.6.4	√	—	
16	耐振动性	6.6.5	7.6.5	—	—	
17	热循环	6.6.6	7.6.6	—	—	
18	交变湿热	6.6.7	7.6.7	—	—	
19	耐腐蚀性	6.6.8	7.6.8	—	—	
20	电动机定子绕组对外壳的绝缘电阻	6.6.9	7.6.9	√	—	
21	电动机定子绕组对外壳的耐电压	6.6.10	7.6.10	√	√	
22	外壳防护等级	6.6.11	7.6.11	—	—	

表14 (续)

序号	项 目	技术要求	试验方法	抽样检验	出厂检验	型式试验
驱 动 控 制 器 部 分						
23	机械强度	6.7.1	7.7.1	—	—	√
24	绝缘电阻	6.7.2	7.7.2	√	√	
25	耐电压	6.7.3	7.7.3	√	—	
26	外壳防护等级	6.7.4	7.7.4	—	—	
27	耐振动性	6.7.5	7.7.5	—	—	
28	热循环	6.7.6	7.7.6	—	—	
29	交变湿热	6.7.7	7.7.7	—	—	
30	耐腐蚀性	6.7.8	7.7.8	—	—	
31	温升	6.7.9	7.7.9	√	—	
32	转速控制精度	6.11.1	7.11.1	√	—	
33	最高工作转速	6.11.2	7.11.2	√	—	√
34	驱动控制器支撑电容放电时间	6.12.2	7.12.2	—	—	
注1：“√”为应检验项目，“—”为不检验项目；						
注2：对于压缩机制造商不自带驱动控制器的产品，驱动控制器的相关项目不做考核要求。						

8.4.3 型式试验的样品数量为3台, 耐高温、低温、温度交变可用同一个样品, 交变湿热, 耐振动不同样品。

8.4.4 型式试验的样本应在提交的合格批中抽取, 经试验所有的项目均合格时, 则判定该批产品合格, 有一项或一项以上不合格, 则判定该批产品不合格。

9 标志、包装、运输和贮存

9.1 标志

9.1.1 每台电动压缩机总成应在显著的位置固定永久性铭牌, 铭牌应符合 GB/T 13306 规定, 铭牌内容至少应包括:

- 制造厂名称;
- 产品名称和型号;
- 制冷剂和润滑油;
- 主要技术参数;
- 生产日期和出厂编号、执行标准号。

9.1.2 应在适当的地方（如铭牌、产品说明书等）标注产品执行标准的编号。

9.2 包装

9.2.1 电动压缩机总成包装前，应充注冷冻油后从吸气腔抽真空同时充注氮气压力不大于 0.2 MPa。

9.2.2 电动压缩机总成包装应符合 GB/T 191 的规定，购货方有特殊要求时可按供需双方协议办理。

9.2.3 包装箱内电动压缩机总成应固定可靠，并有防潮和防震措施。

9.2.4 包装箱外至少应注明下列内容：

- a) 产品名称、规格型号；
- b) 净重和毛重；
- c) 包装外形尺寸；
- d) 制造厂名称和地址；
- e) 储运注意事项；
- f) 生产日期。

9.3 运输和贮存

9.3.1 电动压缩机总成在正常运输、装卸中应保证零部件不受损坏。

9.3.2 电动压缩机总成应在干燥、通风的环境下贮存，周围不应该有腐蚀性气体存在。

9.3.3 电动压缩机总成贮存时不应该拔出密封塞，任何脱落或松动应及时检查处理。

10 质量承诺

自购买之日起，电动压缩机保修期为三年或是50000公里（以先到者为先）。在保质期内，发现压缩机制冷剂泄露、异响、不能启动, 安装不上等质量问题，在厂家获得反馈后，24小时内给与答复，并且及时免费维修和更换。

附 录 A
(规范性附录)
温升试验方法 (电阻法)

A.1 一般要求

- A.1.1 用温度计法测量时,温度计应紧贴于被测表面,测量工作应在试验结束时的20 s内完成,从被测点到温度计的热传导应尽可能良好。
- A.1.2 为了减少温度计球部向冷却空气泄漏热量,测量点与温度计的球部应用绝热材料覆盖。
- A.1.3 温升稳定工况判断依据:若在30 min内温度上升值不大于1℃,此种温升可认为是稳定温升。

A.2 试验结果计算

铜线绕组的温升按式(A.1)进行计算:

$$\Delta \theta = \theta_1 - \theta_2 = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (a + \theta_1) + \theta_1 - \theta_0 \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- $\Delta \theta$ ——铜线绕组的温升,单位为摄氏度(℃);
- θ_1 ——测量绕组(冷态)初始电阻时周围介质的温度值,单位为摄氏度(℃);
- θ_2 ——热试验结束时绕组的温度值,单位为摄氏度(℃);
- θ_0 ——热试验结束时周围介质的温度值,单位为摄氏度(℃);
- R_1 ——温度为 θ_1 (冷态)时绕组电阻值,单位为欧姆(Ω);
- R_2 ——热试验结束时的绕组电阻值,单位为欧姆(Ω);
- A ——电阻温度常数,对于铜线材料该值取235。

附 录 B
(规范性附录)
压缩机内部清洁度测试方法

B.1 准备

按JB/T 9058中第6章的规定,做好试验前的准备工作。

B.2 一般要求

按JB/T 9058中第7章的规定,所有零部件在清洗过程中应保持操作一致,使结果具备较高的再现性。

B.3 清洗部位

清洗部位为压缩机内部所有接触制冷剂、润滑油的表面、孔道和间隙。

B.4 清洗

B.4.1 用具和清洗液

用具和清洗液的要求如下:

- a) 不同规格的白色圆刷和扁刷;
- b) 不同规格清洁带盖的容器,端部扁平无齿的不锈钢镊子;
- c) 磁铁;
- d) 压力冲洗设备采用 JB/T 9058 附录 C 规定的配置;
- e) 清洗液为满足 GB 1922 要求的清洁的溶剂油。

B.4.2 清洗方法及要求

清洗方法以及要求按 JB/T 9058 中第 7 章的规定。

B.4.3 方法一: 零部件清洗

零部件的清洗按以下规定进行;

- a) 压缩机内加注冷冻机油收集到规定的容器里;
- b) 将压缩机拆部分零部件全部拆开,用浸满清洗液的圆刷和扁刷反复刷洗与制冷剂接触的零部件表面和孔道;
- c) 用压力冲洗设备对各零部件的清洗部分进行冲洗;
- d) 用洁净的清洗液对各零部件的清洗部分进行充分淋洗或冲洗;
- e) 将清洗后的所有混浊液收集在规定的容器内。

B.4.4 方法二: 整机清洗

整机的清洗按以下规定执行:

- a) 用铜管和接头将吸气口和排气口连通;
- b) 用注射器注入足够量异辛烷溶剂或液态卤代烃;
- c) 旋紧压缩机油塞后, 在 1min 内用手旋转压缩机主轴 20 圈;
- d) 卸下铜管, 并将内部物质(润滑油与异辛烷溶剂或液态卤代烃的混合物), 倒入干净的烧杯内;
- e) 向铜管内注入足够的异辛烷溶剂或液态卤代烃, 清洗铜管内留下的任何物质;
- f) 再从油塞和吸、排气口处分别注入足够量的异辛烷溶剂或液态卤代烃, 立即密封吸、排气口和油塞;
- g) 在 X、Y、Z 方向上摇动压缩机各 10 次, 从而彻底清洁内部;
- h) 拆下接头的油塞, 将压缩机内部物质倒入干净烧杯;
- i) 重复 e)~h) 的过程 1 次。

B.5 过滤

B.5.1 按 JB/T 9058 中第 8 章的规定分别对混浊液和润滑油进行过滤。

B.5.2 过滤完毕后, 用洁净的清洗液充分清洗收集混浊液、润滑油容器内壁, 再将该部分混浊液按 JB/T 9058 中第 8 章的规定进行过滤。

B.6 烘干、称重和计算

按 JB/T 9058 中第 9 章的规定的进行烘干、称重和计算。

B.7 杂质分析

按 JB/T 9058 中第 10 章规定的重量分析法进行分析, 并将分析结果记录在清洁度的测定及分析报告中。

附 录 C
(规范性附录)
压缩机内部含水量的测定

C.1 测试环境

测试房间相对湿度应不大于60 %。

C.2 测试用标准试剂

测试用标准试剂应满足GB/T 6283规定的要求。

C.3 测试仪器、设备

测试仪器、设备应满足GB/T 6283规定的要求。

C.4 测试方法

- C.4.1 将被测试压缩机分别在X、Y、Z三个方向摇动各10次，使压缩机内油水混合均匀。
 - C.4.2 用放置在干燥瓶内的注射器从压缩机油塞处抽取油样0.5 cm³后，立即将油塞重新旋入压缩机。
 - C.4.3 用精密天平测量油样的质量，读数精确到1 mg。
 - C.4.4 将油样注入卡尔费休试液中，按GB/T 6283规定的测量方法进行试验。
 - C.4.5 油样水含量以质量分数10⁻⁶表示，按GB/T 6283中的公式进行计算。
 - C.4.6 再重复C.4.1~C.4.5的试验4次。
 - C.4.7 去除5次测量数据中最大、最小值，将余下的3个数据取平均值，即为被测试压缩机的内部含水量。
-