

# WJ

## 中华人民共和国兵器行业标准

FL 1410

WJ 20491.2—2018

---

### 制导迫弹用超声电机设计要求 第2部分：旋转型、直线型超声电机

**Design requirement for ultrasonic motor for guided mortar projectile—  
Part 2: Rotary ultrasonic motor and linear ultrasonic motor**

2018—01—18 发布

2018—05—01 实施

---

国家国防科技工业局 发布

## 前 言

WJ 20491《制导迫弹用超声电机设计要求》分为三个部分：

- 第1部分：总则；
- 第2部分：旋转型、直线型超声电机；
- 第3部分：超声电机驱动控制电路。

本部分为WJ 20491的第2部分。

本部分由中国兵器工业集团公司提出。

本部分由中国兵器工业标准化研究所归口。

本部分起草单位：南京航空航天大学、中国兵器工业标准化研究所、南京航大超控科技有限公司、南京淳控超声电机研究院有限公司、国营第九九一厂。

本部分主要起草人：时运来、赵淳生、付耀龙、马茂冬、冯宾宾、张军、周盛强、杨淋、芦小龙、杨德禄。

# 制导迫弹用超声电机设计要求

## 第2部分：旋转型、直线型超声电机

### 1 范围

本部分规定了制导迫弹用旋转型、直线型超声电机的组成及工作原理、设计要求、电机部件设计和试验验证等要求。

本部分适用于制导迫弹用旋转型、直线型超声电机（以下简称超声电机）的设计。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包含勘误的内容）或修订版均不适用于本部分，然而，鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本部分。

GJB 150A.2—2009 军用装备实验室环境试验方法 第2部分：低气压（高度）试验

GJB 150A.3—2009 军用装备实验室环境试验方法 第3部分：高温试验

GJB 150A.4—2009 军用设备实验室环境试验方法 第4部分：低温试验

GJB 150A.15—2009 军用设备实验室环境试验方法 第15部分：加速度试验

GJB 150A.16—2009 军用设备实验室环境试验方法 第16部分：振动试验

GJB 150A.18—2009 军用设备实验室环境试验方法 第18部分：冲击试验

GJB 151B—2013 军用设备和分系统电磁发射和敏感度要求与测量

### 3 超声电机组成及工作原理

#### 3.1 旋转型超声电机组成及工作原理

##### 3.1.1 组成

旋转型超声电机主要由压电元件、定子、转子、输出轴、摩擦层、壳体及底座等组成，结构示意图见图1。

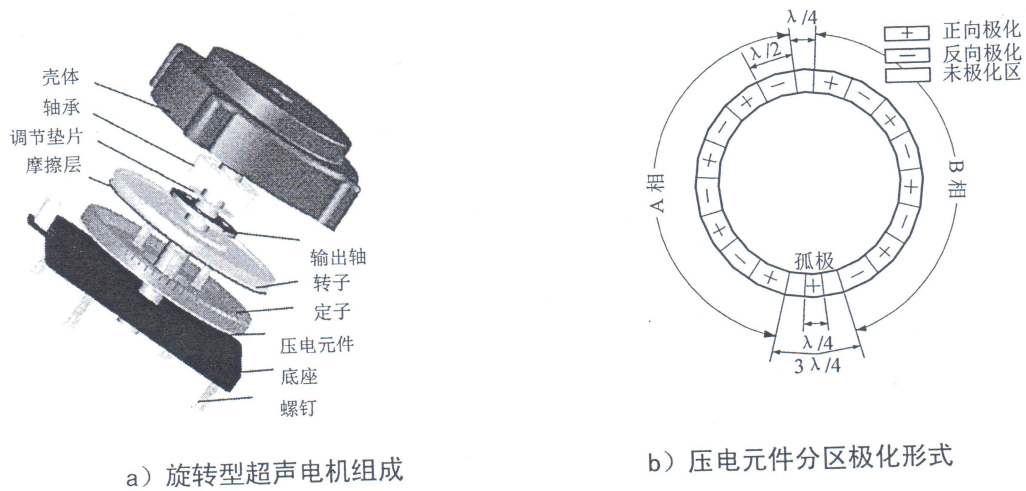


图1 旋转型超声电机结构示意图

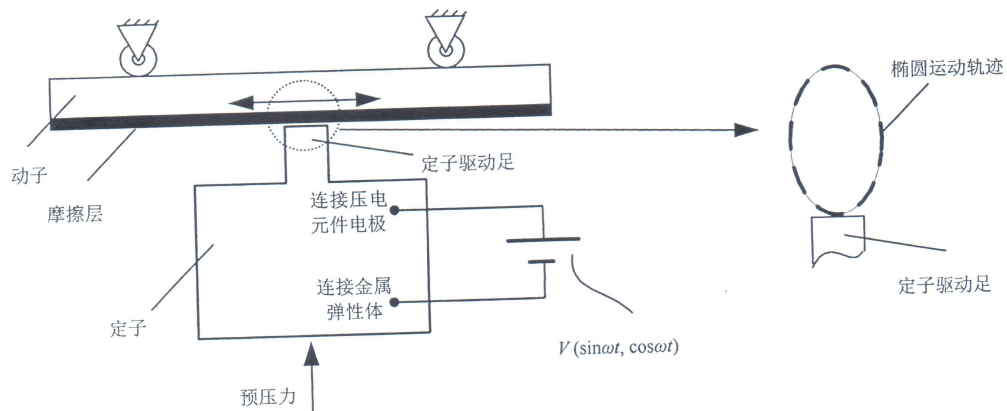
### 3.1.2 工作原理

旋转型超声电机一般为行波型旋转超声电机。采用分区交替正反向极化的压电元件作为激励元件，并粘贴在定子下表面，在压电元件的两组分区上（A相和B相）分别施加相位差为 $90^\circ$ 的同频率（超声频域内）、等幅交变电压。通过压电元件的逆压电效应，可在定子的模态频率上激发出两个幅值相等、在时间和空间上均相差 $90^\circ$ 的模态响应。这两个模态响应在定子上叠加形成行波。如果此时在转子上施加一定的预压力，通过定、转子之间的摩擦作用，定子表面质点的微幅振动就会转换为转子宏观的旋转运动，输出轴可以固连在转子上实现动力输出。为产生两相驻波并满足其空间相位差 $\pi/2$ ，通常将环形压电元件按图1b)所示的方式进行极化和配置，但具体的极化分区个数要根据所设计的电机定子的工作模态进行具体的设计。

## 3.2 直线型超声电机组成及工作原理

### 3.2.1 组成

直线型超声电机主要由压电元件、定子、动子、摩擦层、壳体及底座等组成，直线型超声电机结构示意图见图2。



注：由于直线型超声电机所采用的工作模态的不同，定子的结构多种多样，从而所采用的压电元件的结构形式及压电元件和定子金属弹性体的集成形式也不同，故在此仅以金属弹性体和压电元件复合在一起为定子的形式给出示意图。

图2 直线型超声电机结构示意图

### 3.2.2 工作原理

直线型超声电机一般为驻波型超声电机，多采用定子弹性体的两个正交振动模态来产生所需的振动。通过压电元件的逆压电效应，可在定子的模态频率上激发出两个幅值可调整的、在时间和空间上均相差 $90^\circ$ 的模态响应。这两个模态响应在定子驱动足上叠加形成椭圆运动。此时在定子上施加一定的预压力，通过定、动子之间的摩擦作用，定子驱动足表面质点的微幅振动就会转换为动子宏观的直线运动。

## 4 设计依据

### 4.1 性能要求

#### 4.1.1 工作频率

超声电机的工作频率范围应不小于 20 kHz。对有特殊要求的产品，其工作频率应符合设计技术要求的規定。

#### 4.1.2 工作电压

超声电机的工作电压峰峰值应为 50 V~600 V 的正弦波电压。对有特殊要求的产品，其工作电压应符合设计技术要求的規定。

#### 4.1.3 额定功率

超声电机的额定功率应不大于 30 W。对有特殊要求的产品，其额定功率应符合设计技术要求的規定。

#### 4.1.4 额定速度

旋转型超声电机的转速一般小于 300 r/min，直线型超声电机的速度一般小于 500 mm/s。对有特殊要求的产品，其额定速度应符合设计技术要求的規定。

#### 4.1.5 额定转矩或推力

超声电机的额定转矩或推力应符合设计技术要求的規定。

#### 4.1.6 最大堵转转矩或最大推力

超声电机的最大堵转转矩或最大推力应符合设计技术要求的規定。

#### 4.1.7 自锁转矩或自锁力

超声电机的自锁转矩或自锁力一般为最大堵转转矩或最大推力的 0.8~1.1 倍。对有特殊要求的产品，其自锁转矩或自锁力应符合设计技术要求的規定。

#### 4.1.8 正、反向速度差

超声电机在额定电压下，正、反向的空载速度之差应不超过 10%。对有特殊要求的产品，其正、反向速度差应符合设计技术要求的規定。

#### 4.1.9 温升

超声电机在额定状态下稳定工作时超声电机的温升不应高于 60℃。

#### 4.1.10 机械特性

超声电机在额定供电状态下的机械特性曲线应符合设计技术要求的規定。

#### 4.1.11 启动响应时间

在超声电机额定负载状态下，启动响应时间一般不大于 20 ms。

#### 4.1.12 关断响应时间

在超声电机额定负载状态下，关断响应时间一般不大于 10 ms。

### 4.2 可靠性

应根据超声电机在制导迫弹中规定的可靠性指标进行设计，满足制导迫弹在飞行过程中可靠工作的

需求。

#### 4.3 测试性

超声电机应具有通过测试接口对其作动情况进行检测的能力。

#### 4.4 安全性

超声电机在设计中应保证在整个寿命周期内对制导迫弹的传爆序列和制导组件等不产生安全性影响。

#### 4.5 环境适应性

##### 4.5.1 低气压（高度）

按 GJB150A.2—2009 中 4.3.2~4.3.6 的规定确定试验压力、压力变化速率、暴露持续时间等试验参数和试件的技术状态。试验后，超声电机应能正常运行。

##### 4.5.2 高温

超声电机在不高于 50℃ 环境下按 GJB150A.3—2009 进行试验后，超声电机应能正常运行，其金属或非金属件不应变形或损坏。

##### 4.5.3 低温

超声电机在不低于 -40℃ 环境下按 GJB150A.4—2009 进行试验后，超声电机应能正常运行，其金属或非金属件不应变形或损坏。

##### 4.5.4 加速度

超声电机产品应用在制导迫弹中应能承受不大于 8000g 的冲击加速度。按 GJB150A.15—2009 进行试验后，超声电机应能正常运行。

##### 4.5.5 振动

按 GJB150A.16—2009 中 4.4 的规定确定试验条件和试验技术。试验后，超声电机应能正常运行，不应有机械损坏、变形及紧固部位松动现象。

##### 4.5.6 冲击

按 GJB150A.18—2009 中 4.3.2~4.3.4 的规定确定试验条件和试验技术。试验后，电机运行应不受影响，不应有机械损坏、变形及紧固部位松动现象。

#### 4.6 电磁兼容性

超声电机的电磁兼容性应符合 GJB151B—2013 中 CE102、CS101、CS106、CS114、RE102、RE103 等项目的规定。

#### 4.7 经济性

超声电机的设计应简单、可靠、使用维护方便等。

#### 4.8 运输贮存

超声电机应满足制导迫弹规定的运输及贮存要求。

### 5 结构设计

#### 5.1 外形和安装尺寸

超声电机的外形及安装尺寸应符合制导迫弹相关设计技术要求的规定。

#### 5.2 强度和刚度

超声电机的强度和刚度应满足在运输、发射、飞行控制等情况下超声电机的定子和动子之间接触状态不被破坏，变形不应超过允许值。在设计中应考虑：

a) 极限情况下的载荷类型；

- b) 超声电机各主要构件、部件的设计载荷；
- c) 合理选择构件的安全裕度、计算方法，并进行应力、应变计算与分析。

## 6 接口设计

- 6.1 超声电机接口设计应根据超声电机在制导迫弹中的安装需求进行。
- 6.2 接口在尺寸和配合公差的选择上应考虑使用功能的要求，接口形式、尺寸及公差应优先选用有标准和通用的接口，并考虑其互换性。
- 6.3 电气部件应留有可检测接口。
- 6.4 超声电机的出线方式可采用引出线、接线端或电连接器等，接口引出线标记应符合设计技术要求规定，每根引出线或接线端的强度应能承受 4.5N 的拉力，且引出线不应断开或损坏。

## 7 材料和工艺要求

超声电机的材料和工艺应符合下列要求：

- a) 超声电机的定子材料应选用磷青铜等热阻抗低的材料；
- b) 超声电机定子材料应导热性好、热膨胀系数小（接近压电元件材料的热膨胀系数）、重量轻、有较好的工艺性；
- c) 超声电机所采用的压电元件应具有压电性能好、保持良好压电性的温度范围宽、压电性对温度不敏感且发热小等特性；
- d) 旋转型超声电机的转子及直线型超声电机的动子材料宜选用高强度铝合金等比刚度大的材料；
- e) 超声电机壳体所采用的铝制部件应进行表面氧化处理。

## 8 电机部件设计

### 8.1 定子

超声电机定子的设计应遵循下列原则：

- a) 根据确立的超声电机技术指标和使用要求，对超声电机定子进行结构设计和整体尺寸设计；
- b) 根据整体尺寸要求，建立超声电机参数化动力学模型，进行电机性能仿真计算，确定电机的结构尺寸、材料及定子工作模态；
- c) 根据定子工作模态和结构尺寸进行压电元件的设计，确立压电元件的形状、尺寸及分区极化的形式；
- d) 根据制导迫弹发射时的环境适应性条件，特别是针对加速度，对定子进行相应的强度与刚度分析和计算。

### 8.2 转子或动子

超声电机转子或动子的设计应遵循下列原则：

- a) 充分考虑转子或动子的动强度，提高其抵抗疲劳破坏的能力；
- b) 充分考虑转子或动子与定子之间的配合，保证摩擦界面上的接触较均衡，避免局部接触应力过大；
- c) 根据制导迫弹发射时的环境适应性条件对转子或动子进行相应强度与刚度分析和计算。

### 8.3 摩擦层

超声电机摩擦层的选取与设计应遵循下列原则：

- a) 摩擦系数既能保证定子与转子或动子之间的动力传输效率，又能保证摩擦层的磨损小，摩擦系

数一般取 0.1~0.2;

b) 对粘贴在转子或动子上的摩擦材料进行结构尺寸设计和粘贴方式设计。

#### 8.4 电机基座及壳体

超声电机基座和壳体的设计应遵循下列原则:

a) 超声电机转子或动子与定子之间的预压力通过电机的基座和外壳来进行施加, 应保证转子或动子与定子之间的预压力恒定且耐冲击;

b) 根据制导迫弹发射时的冲击条件参数, 对电机基座及壳体进行相应的强度与刚度分析和计算。

### 9 试验验证

#### 9.1 性能试验

按设计性能要求, 与驱动控制电路组合在一起进行性能试验。

#### 9.2 环境适应性试验

##### 9.2.1 低气压(高度)试验

按 GJB 150A.2—2009 的规定进行。

##### 9.2.2 高温试验

按 GJB 150A.3—2009 的规定进行。

##### 9.2.3 低温试验

按 GJB 150A.4—2009 的规定进行。

##### 9.2.4 加速度试验

按 GJB 150A.15—2009 的规定进行。

##### 9.2.5 振动试验

按 GJB 150A.16—2009 的规定进行。

##### 9.2.6 冲击试验

按 GJB 150A.18—2009 的规定进行。

#### 9.3 电磁兼容性试验

按电磁兼容性要求, 与驱动控制电路组合在一起按 GJB 151B—2013 的规定进行。