



T/CAIA

中国分析测试协会标准

T/CAIA/YQ001-2016

四极杆质量分析器几何量检测方法

Method of geometrical parameter measuring
for quadrupole mass filter

2016-12-10 发布

2017-03-15 实施

中国分析测试协会发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本标准由中国分析测试协会标准化委员会提出并归口。

本标准起草单位：中国工程物理研究院机械制造工艺研究所、聚光科技（杭州）股份有限公司、江苏天瑞仪器股份有限公司、复旦大学、中国计量科学研究院。

本标准共同实验和验证单位：中国工程物理研究院机械制造工艺研究所、中国计量科学研究院、中国测试技术研究院。

本标准主要起草人：刘兴宝、蒋家东、胡军、吴定柱、吴志勇、刘立鹏、周立、丁传凡、江游。

四极杆质量分析器几何量检测方法

1 范围

本标准规定了四极杆质量分析器的几何量检测内容及检测方法。

本标准适用于直径名义值相同的圆柱形状极杆和双极座组成的四极杆质量分析器几何精度检测，其它类型圆柱形状极杆四极杆质量分析器可参照本标准。

2 规范性引用文件

下列文件中的有关条款通过引用而成为本标准的条款。凡注日期或版次的引用文件，其后的任何修改（不包含勘误的内容）或修订版本都不适用于本标准，但提倡使用本标准的各方探讨使用其最新版本的可能性。凡不注日期或版次的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 1958-2004 产品几何量技术规范 (GPS) 形状和位置公差 检测规定

3 术语和定义

3.1 四极杆质量分析器

实现不同质荷比离子分离的一种器件，由四根平行的电极和固定电极的支撑环组成，电极称为极杆，支撑环称为极座。

3.2 场圆

与四根电极内切的圆，其半径记为 r_0 。

3.3 极杆距离

任意两极杆母线的最大距离，分相邻极杆距离和相对极杆距离。

3.4 极杆平行度

任意两极杆的平行度，分相邻极杆平行度和相对极杆平行度。

3.5 综合精度

反映四极杆质量分析器的四根极杆空间位置关系的指标，以极杆距离变化最大量来表征，记为 A_q 。

3.6 场径比

极杆半径的名义值 r 与场圆半径 r_0 的比值，即 r/r_0 ，记为 F_r 。

4 检测条件

4.1 环境要求

检测宜在温度 $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $(50 \pm 10)\%$ 环境条件下进行。

4.2 等温时间

在满足四极杆质量分析器检测环境要求的条件下充分恒温，一般恒温时间不少于1h。

4.3 其它要求

(1) 在照度不低于 300lx 条件下，目视检查外观。极杆表面应无可见的锈蚀、凹坑、污物，极座应无可见裂纹。

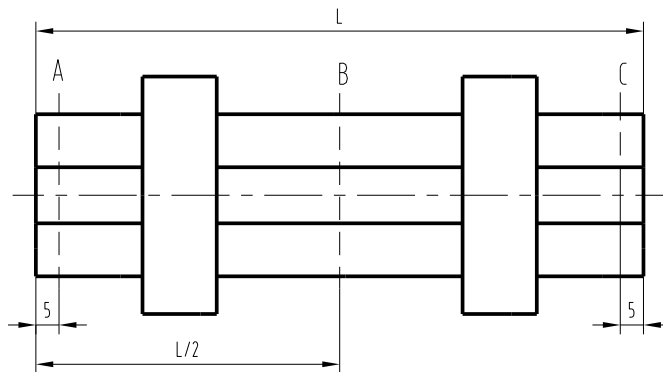
(2) 辅助工装表面清洁，无污物。

5 检测内容及方法

5.1 相邻极杆测量

5.1.1 测量方法

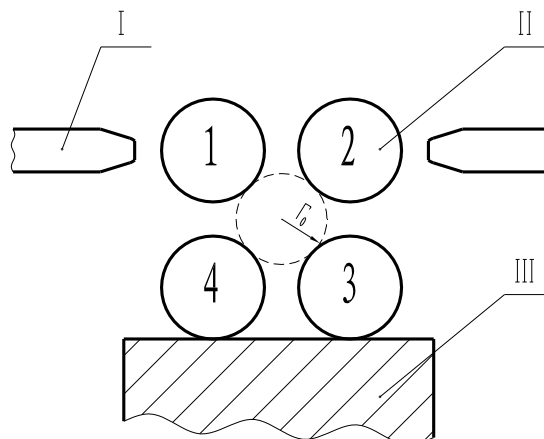
测量位置规定见图 1。A、C 测量位置距离端面约 5mm，B 测量位置为极杆对称中心。若测量位置处有孔等影响测量的结构要素，应避开。



A、B、C—测量位置

图 1 测量位置示意图

四极杆质量分析器放置在辅助工装上，见图 2。选择满足精度要求的仪器测量四极杆质量分析器三个位置处的极杆距离，一般使用测长仪。在规定的测量位置处测量相邻极杆距离。



I—测头；II—极杆；III—辅助工装；1、2、3、4 为极杆序号

图 2 相邻极杆平行度测量示意图

每个测量位置共测 4 组相邻极杆距离数据，三个测量位置共 12 组测量数据，记入表 1。

表 1 相邻极杆平行度数据

相邻极杆组号	测量位置			相邻极杆平行度 δ_i mm
	A	B	C	
	相邻极杆距离 a_{ij} mm			
1-2	a_{11}	a_{12}	a_{13}	δ_1
2-3	a_{21}	a_{22}	a_{23}	δ_2
3-4	a_{31}	a_{32}	a_{33}	δ_3
4-1	a_{41}	a_{42}	a_{43}	δ_4
相邻极杆距离差值 γ_j	γ_1	γ_2	γ_3	---

5.1.2 相邻极杆平行度

根据表 1 中相邻极杆距离 a_{ij} 数据，按式 (1) 计算相邻极杆平行度 δ_i ， $i=1, 2, 3, 4$ ：

$$\delta_i = \max(a_{i1}, a_{i2}, a_{i3}) - \min(a_{i1}, a_{i2}, a_{i3}) \dots \dots \dots (1)$$

5.1.3 相邻极杆距离差值

根据表 1 中相邻极杆距离 a_{ij} 数据，按式 (2) 计算相邻极杆距离差值 γ_j ， $j=1, 2, 3$ ：

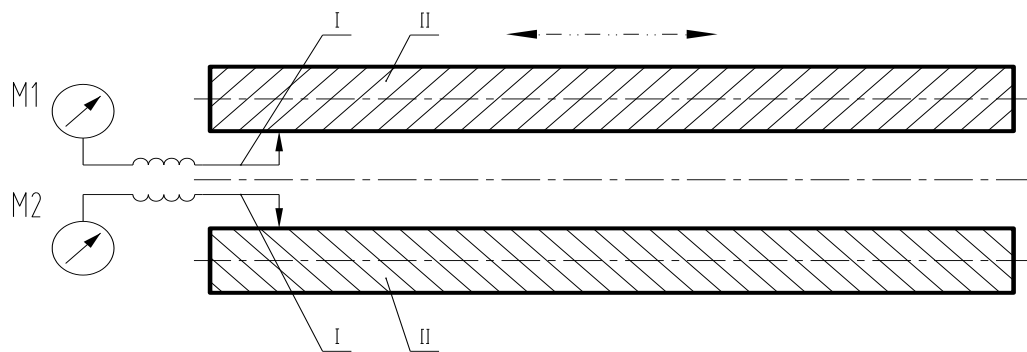
$$\gamma_j = \max(a_{1j}, a_{2j}, a_{3j}, a_{4j}) - \min(a_{1j}, a_{2j}, a_{3j}, a_{4j}) \dots \dots \dots (2)$$

5.2 相对极杆测量

相对极杆测量有内测法和外测法两种。宜使用内测法测量相对极杆平行度，当无适宜的内测相对极杆平行度测量仪器时，采用外测法测量相对极杆平行度。

5.2.1 内测法测量相对极杆平行度

5.2.1.1 测量方法



I—测头；II—极杆；M1、M2 为测头指示器

图 3 内测相对极杆平行度示意图

如图 3 所示，两个测头进入相对极杆之间，测头相对四极杆质量分析器移动，从极杆一端开始测量，测量相对极杆母线距离的最小值，相邻测量位置间距不大于 5mm。分

别记录每个测量位置处的测头读数和，记入表 2。

表 2 内测相对极杆平行度数据

相对极杆组号	测量位置			相对极杆平行度 Δ_k mm
	1	...	N	
	测头读数和 M_{kj} mm			
1-3	M_{11}	...	M_{1N}	Δ_1
2-4	M_{21}	...	M_{2N}	Δ_2
相对极杆距离差值 β_m	β_1	...	β_N	---

5.2.1.2 相对极杆平行度

根据表 2 中相对极杆距离 M_{kj} 数据，按式 (3) 计算相对极杆平行度 Δ_k ， $k=1, 2$ ：

$$\Delta_k = \max(M_{k1}, \dots, M_{kN}) - \min(M_{k1}, \dots, M_{kN}) \dots \dots \dots (3)$$

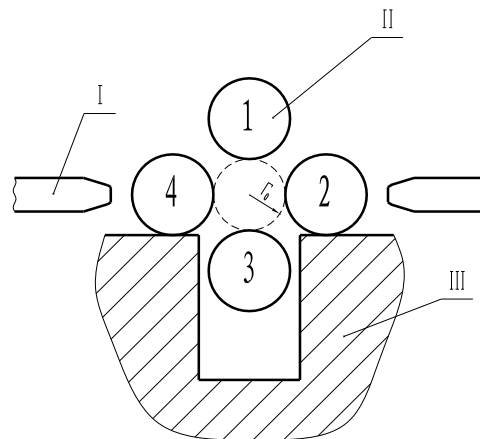
5.2.1.3 相对极杆距离差值

根据表 2 中相对极杆距离 M_{kj} 数据，按式 (4) 计算相对极杆距离差值 β_m ， $m=1, \dots, N$ ：

$$\beta_m = |M_{1m} - M_{2m}| \dots \dots \dots (4)$$

5.2.2 外测法测量相对极杆平行度

5.2.2.1 测量方法



I—测头；II—极杆；III—辅助工装；1、2、3、4 为极杆序号

图 4 外测相对极杆平行度示意图

外测法测量相对极杆平行度的测量位置见 5.1.1。

四极杆质量分析器放置在辅助工装上，见图 4。选择满足精度要求的仪器测量四极杆质量分析器三个位置处的极杆距离，一般使用测长仪。在规定的测量位置测量相对极杆距离。

每个测量位置共测 2 组相对极杆距离数据，三个测量位置共 6 组测量数据，记入表 3。

表 3 外测相对极杆平行度数据

相对极杆组号	测量位置			相对极杆平行度 Δ_k mm
	A	B	C	
	相对极杆距离 b_{kj} mm			
1-3	b_{11}	b_{12}	b_{13}	Δ_1
2-4	b_{21}	b_{22}	b_{23}	Δ_2
相对极杆距离差值 α_j	α_1	α_2	α_3	---

5.2.2.2 相对极杆平行度

根据表 3 相对极杆距离数据 b_{kj} ，按式 (5) 计算相对极杆平行度 Δ_k ， $k=1,2$ ：

$$\Delta_k = \max(b_{k1}, b_{k2}, b_{k3}) - \min(b_{k1}, b_{k2}, b_{k3}) \dots \dots \dots (5)$$

5.2.2.3 相对极杆距离差值

根据表 3 相对极杆距离数据 b_{kj} ，按式 (6) 计算相对极杆距离差值 α_j ， $j=1, 2, 3$ ：

$$\alpha_j = |b_{1j} - b_{2j}| \dots \dots \dots (6)$$

5.3 综合精度

当采用 5.2.1 所述内测法测量相对极杆平行度时，以评定方法 A 计算综合精度，否则以评定方法 B 计算综合精度。

5.3.1 评定方法 A

根据表 1 中的相邻极杆平行度 δ_i 、相邻极杆距离差值 γ_j 及表 2 中的相对极杆平行度 Δ_k 、相对极杆差值 β_m ($i=1, 2, 3, 4$; $j=1, 2, 3$; $k=1,2$; $m=1, \dots, N$)，按式 (7) 计算综合精度：

$$A_q = \max(\delta_i, \gamma_j, \Delta_k, \beta_m) \dots \dots \dots (7)$$

5.3.2 评定方法 B

根据表 1 中的相邻极杆平行度 δ_i 、相邻极杆距离差值 γ_j 及表 3 中的相对极杆平行度 Δ_k 、 α_j ($i=1, 2, 3, 4$; $j=1, 2, 3$; $k=1,2$)，按式 (8) 计算综合精度：

$$A_q = \max(\delta_i, \gamma_j, \Delta_k, \alpha_j) \dots \dots \dots (8)$$

5.4 场径比

根据表 1 相邻极杆距离测量数据，按下式计算场径比。

$$F_r = \frac{2r}{\sqrt{2}D - 2(\sqrt{2} + 1)r} \dots \dots \dots (9)$$

式中：

r ——为极杆半径名义值；

D ——相邻极杆距离， $D = \frac{\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^3 a_{ij}}{12}$ ， $i=1, 2, 3, 4$ ； $j=1, 2, 3$ 。

附录 A

四极杆质量分析器综合精度的测量不确定度评定
(资料性附录)

A.1 不确定度来源分析

四极杆质量分析器综合精度的测量不确定度来源：

- a) 相邻极杆平行度测量重复性及相对极杆平行度测量重复性；
- b) 测量仪器的最大允许误差；
- c) 定位误差影响；
- d) 环境温度影响。

A.2 不确定度评定

A.2.1 测量重复性引入的不确定度分量 u_1

选用一组测量结果，分别记为 $x_i (i=1 \sim n)$ ，则测量结果的平均值 \bar{x} 为：

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

由贝塞尔公式计算实验标准偏差 $s(x)$ 为：

$$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

由此可得到测量重复性引入的标准不确定度分量 u_1 为：

$$u_1 = \frac{s(x)}{\sqrt{n}} \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

A.2.2 测量仪器的最大允许误差引入的不确定度分量 u_2

测量仪器有最大允许误差，在不确定度评定中，把这类误差作为不确定度的一个来源。假设测量仪器的最大允许误差为 a ，测量值在误差范围内的概率分布为均匀分布，由此得出不确定度分量 u_2 为：

$$u_2 = a / \sqrt{3} \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

A.2.3 定位误差引入的不确定度分量 u_3

位移传感器或四极杆质量分析器在移动机构（如导轨）上移动时，移动机构的跳动等误差会造成被测位置的偏离，即产生定位误差，从而影响测量精度，引入的不确定度分量为 u_3 ， u_3 可根据导轨运动精度大小估算。

A.2.4 环境温度影响引入的不确定度分量 u_4

环境温度影响包括两方面因素，一是实际控温与被测零件要求的测量温度的偏差，二是温度梯度的影响。一般在满足 4.1 和 4.2 节环境要求的情况下，温度影响引入的误差可忽略不计，但如果被测零件的材料特殊，对温度变化敏感，应根据其膨胀系数和温度偏差（或温度变化）计算不确定度分量 u_4 。

A. 2.5 合成标准不确定度 u_c

由于各不确定度分量之间相互不相关，由公式 (A. 5) 给出测量结果的合成标准不确定度 u_c 为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} \quad \dots\dots\dots (A. 5)$$

A. 2.6 扩展不确定度 U

在实际应用中，取 $k=2$ ，则测量结果的扩展不确定度 U 为：

$$U = ku_c = 2u_c \quad \dots\dots\dots (A. 6)$$
