

ICS XXXXXXX

X XX

备案号

JT

中华人民共和国交通行业标准

JT/T XXXX-XXXX

代替 JT/T763-2009

摆式摩擦系数测定仪

Pendulum friction tester

(征求意见稿)

201×-××-×× 发布

201×-××-×× 实施

中华人民共和国交通运输部 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 结构形式	2
5 技术要求	3
6 试验方法	5
7 检验规则	8
8 标志、包装、运输和储存	8

前 言

本标准按照 GB/T1.1-2009 给出的规则起草。

本标准与 JT/T763-2009 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 修改了指针式摆式摩擦系数测定仪的摆值计算公式（见 4.1.2）；
- 增加了数字化摆式摩擦系数测定仪的结构型式及其摆值计算公式（见 4.2）；
- 增加了对摆式仪橡胶片的尺寸公差要求（见 5.2.2.1）；
- 修改了滑溜块总质量要求（见 5.2.2.1）。

本标准由全国交通工程设施（公路）标准化技术委员会(SAC/TC 223) 提出并归口。

本标准起草单位：交通运输部公路科学研究院。

本标准主要起草人：曹东伟、范勇军、唐小亮、赵立东。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- JT/T3161-1993 《摆式摩擦系数测定仪技术要求》；
- JT/T3162-1993 《摆式摩擦系数测定仪试验方法》；
- JT/T763-2009 《摆式摩擦系数测定仪》。

摆式摩擦系数测定仪

1 范围

本标准规定了摆式摩擦系数测定仪（以下简称摆式仪）的结构形式、技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和储存。

本标准适用于摆式仪的生产、使用和检验。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本标准。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 531.1	硫化橡胶或热塑性橡胶压入硬度试验方法 第1部分：邵氏硬度计法（邵尔硬度）
GB/T 1173	铸造铝合金
GB/T 1804	一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差
GB/T 3880.3	一般工业用铝及铝合金板、带材
GB/T 4436	铝及铝合金管材外形尺寸及允许偏差
GB/T 5231	加工铜及铜合金化学成分和产品形状
GB/T 6388	运输包装收发货标志
GB/T 17626.3	电池兼容试验和测量技术
HG 3101	硫化橡胶伸张时的有效弹性和滞后损失试验方法
JB/T 9942	光栅角度编码器
JTG E60	公路路基路面现场测试规程
YB/T 5318	合金弹簧钢丝

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

摆 pendulum

摆是摆式摩擦系数测试仪的测试部分，主要由摆杆、弹簧、摆头、杠杆系、提升柄和滑溜块等组成。

3.2

摆值 British pendulum number

摆式仪测试的滑溜块与被测不同物体表面之间的摩擦系数，扩大 100 倍的数值，简称为 BPN (British Pendulum Number)。

4 结构型式

根据读数形式的不同，摆式仪的结构分为指针式摆式仪和数字化摆式仪两种类型。

4.1 指针式摆式仪

4.1.1 结构型式

指针式摆式仪基本结构由底座、立柱、悬臂、度盘、摆、和指针六个部分组成。其结构示意图见图 1。

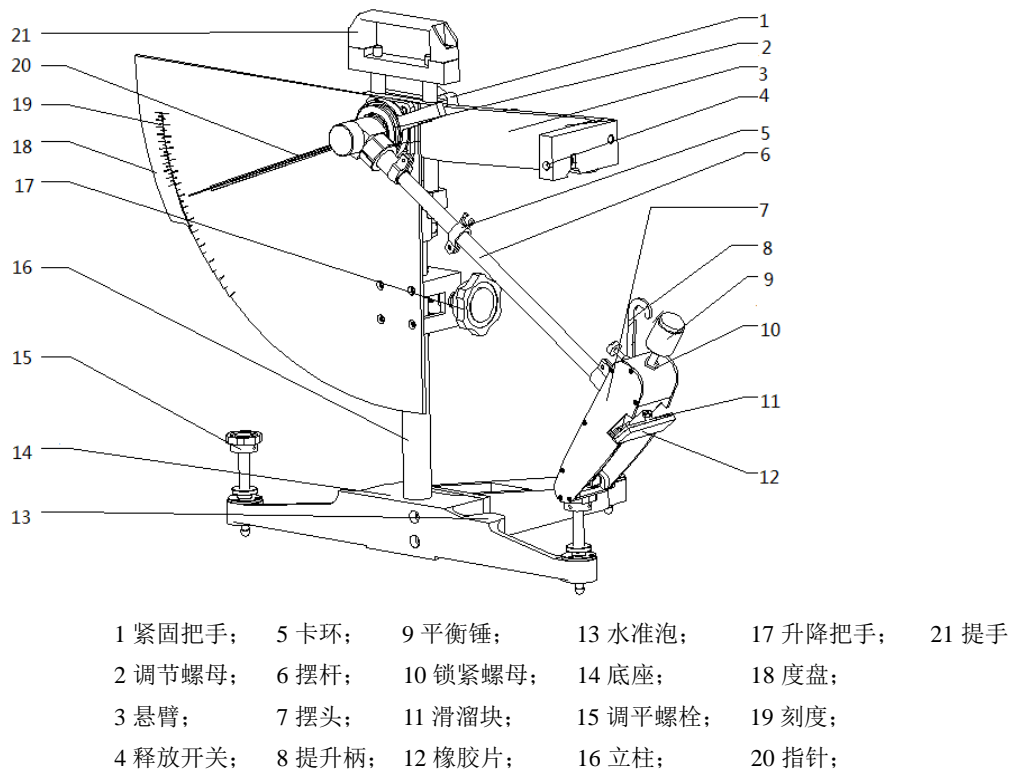


图 1 指针式摆式仪结构示意图

其中:

——底座呈 T 型，用于支撑整个仪器，底座上配有水准泡和调平螺栓；

——立柱垂直安装在底座之上，端头装有提手，便于仪器的提拎携带；

——悬臂上有释放开关，控制摆的释放；

——度盘为扇形铝合金板制成，标有摆值刻度读数；

——摆主要由摆杆、摆头、提升柄和滑溜块等组成，滑溜块安装在摆的底端；

——指针材质为合金铝制成，用于指示度盘的摆值刻度；

——摆、度盘、指针和悬臂组成测试系统，固定在立柱之上并由升降调节螺丝和固定螺母调节工作位置的高低。

4.1.2 摆值计算方法

根据指针式摆式仪工作原理，摆值的计算公式如下：

$$F = \frac{WgHZ}{PDp} \times 100 \quad (1)$$

式中：F—摆值；

W—摆的质量，单位为千克（kg）；

H—摆的重心距离摆动轴心的距离，单位为毫米（mm）；

Z—在刻度盘零位以下的竖向距离，单位为毫米（mm）；

g—当地的重力加速度，单位为米每秒的平方（m/s²）；

P—橡胶片压于被测物体表面的正向静压力，单位为牛（N）；

D—橡胶片在路面上的滑动长度，单位为毫米（mm）；

p—度盘指针尖至指针转动中心的距离，单位为毫米（mm）。

4.2 数字化摆式仪

4.2.1 结构型式

数字化摆式仪基本结构分由底座、立柱、悬臂、显示屏、摆和角度编码器六个部分组成。其中：

——底座呈 T 型，用于支撑整个仪器，底座上配有水准泡和调平螺丝；

——立柱垂直安装在底座之上，端头装有把手，便于仪器的提拎携带；

——悬臂上有释放开关，控制摆的释放；

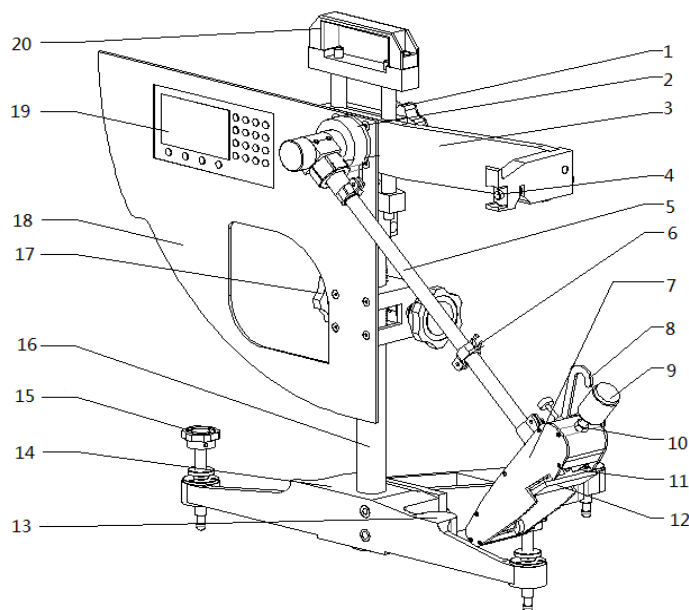
——显示处理器由液晶显示屏和控制键组成，用于处理角度编码器的数据及显示测试结果；

——摆主要由摆杆、摆头、提升柄和滑溜块等组成，滑溜块安装在摆的底端；

——角度编码器为光栅式旋转测量装置，用于采集摆的旋转角度数据；

——摆、显示器、角度编码器和悬臂共同组成测试系统，固定在立柱之上并由升降调节螺丝和固定螺母调节工作位置的高低。

其结构示意图见图 2。



- | | | | | |
|----------|--------|----------|----------|-----------|
| 1—紧固把手； | 5—摆杆； | 9—平衡锤； | 13—水准泡； | 17—升降把手； |
| 2—角度编码器； | 6—卡环； | 10—锁紧螺母； | 14—底座； | 18—面板； |
| 3—悬臂； | 7—摆头； | 11—滑溜块； | 15—调平螺栓； | 19—显示处理器； |
| 4—释放开关； | 8—提升柄； | 12—橡胶片； | 16—立柱； | 20—提手； |

图 2 数字化摆式仪结构示意图

4.2.2 摆值计算方法

根据数字化摆式仪工作原理，摆值的计算公式如下：

$$F = \frac{WgH \sin \theta}{PD} \times 100 \quad (2)$$

式中：F—摆值；

W—摆的质量，单位为千克（kg）；

H—摆的重心距离摆动轴心的距离，单位为毫米（mm）；

g—当地的重力加速度单位为米每秒的平方（m/s²）；

P—橡胶片压于被测物体表面的正向静压力，单位为牛（N）；

D—橡胶片在路面上的滑动长度，单位为毫米（mm）；

θ —零点与摩擦后摆最大高度线的夹角，单位为度（°）。

5 技术要求

5.1 基本要求

5.1.1 外观

5.1.1.1 摆式仪外表应光滑、平整，无明显损坏、锈迹等缺陷；仪器上的摆轴等部件应灵活可靠。

5.1.1.2 指针式摆式仪的刻度盘应清晰，无影响读数的缺陷。

5.1.1.3 数字化摆式仪的液晶显示屏显示应清晰、完整，功能键应灵活、可靠，标注符号或图文应清晰且含义准确。

5.1.2 测量范围

摆式仪的摆值测量范围为0~150BPN，测定磨光值试件时为0~100BPN。

5.1.3 分辨精度

指针式摆式仪的分辨力为1BPN；数字化摆式仪的分辨率为0.1BPN。

5.1.4 整机性能

5.1.4.1 摆动应轻便灵活，空摆释放的自由摆动次数不少于70次。

5.1.4.2 摆式仪底座应设有角值为20'的圆形气泡水准，保证调平精度。

5.1.4.3 摆式仪测值稳定性：在同一表面重复测试五次，最大值与最小值之差应不大于3BPN。

5.1.4.4 在已赋摆值的试件上作对比试验，每个试件上重复测试五次，平均值与试件赋值之间的差值不大于2BPN。

5.1.4.5 数字化摆式仪应配备内置电池，工作使用时间不小于8小时。

5.1.4.6 数字化摆式仪显示处理器应能准确的采集并计算角度编码器的信号数据，实时通过液晶屏显示，并能储存采集的数据不少于100组。

5.1.4.7 指针式摆式仪空摆时应能调零，空摆五次，与零位的最大差值不大于1BPN；数字化摆式仪空摆五次，取五次的平均值作为零位，然后再空摆五次，与零位的最大差值不大于1BPN。

5.1.4.8 指针摩擦环有足够的调节范围，保证仪器在0℃~40℃条件下调零稳定。

5.1.5 耐用性

5.1.5.1 全部铝部件应作防腐处理，其余裸露部件镀铬或镀锌防锈。

5.1.5.2 轴承应选用密封式滚动轴承。

5.2 各部件的技术要求

5.2.1 摆

5.2.1.1 摆的质量为(1500±30)g。

5.2.1.2 摆的重心与摆动轴心的距离(410±5)mm。

5.2.1.3 滑溜块下端与摆动轴心的距离为(510±2)mm。

5.2.2 滑溜块

5.2.2.1 滑溜块由尺寸为长度(76.2±0.5)mm×宽度(25.4±0.5)mm×厚度(6.35±0.5)mm的橡胶片粘在铝支承板上组成，总质量(32±5)g；测定石料磨光值时为(31.5±0.5)mm×(25.4±0.5)mm×(6.35±0.5)mm，滑溜块总质量为(20±5)g。

- 5.2.2.2 滑溜块可绕自身的轴自由转动，但不得沿轴向串动。滑溜块下端部向上活动范围不少于10mm。
- 5.2.2.3 摆至最低点时，滑溜块轴与水平面的夹角为 $(26\pm 3)^\circ$ 。
- 5.2.2.4 滑溜块与测试表面的正向静压力为 (22.2 ± 0.5) N，使用压力标定架检验其对应变形量应为 (4.0 ± 0.1) mm。
- 5.2.2.5 用提升柄提起滑溜块时，滑溜块下端上提的高度不少于6mm。

5.2.3 指针式摆式仪刻度盘及指针

- 5.2.3.1 指针尖至指针转动中心的长度为 (300 ± 1) mm，指针总质量应不大于85g，其重心与转动中心重合。
- 5.2.3.2 刻度盘摆值最小分度单位为1BPN。
- 5.2.3.3 刻度盘针尖宽度不大于0.2mm。
- 5.2.3.4 刻度盘分度醒目、准确，其任一刻度线与零线间的夹角的最大误差不超过 $10'$ 。
- 5.2.3.5 刻度盘零位点在摆轴安装孔中心线以下 (10 ± 1) mm。

5.2.4 数字化摆式仪角度编码器

角度编码器的测量范围为 $0^\circ \sim 360^\circ$ ，精确度为 $\pm 20''$ 。

5.3 材料品质要求

- 5.3.1 刻度盘、摆头外壳和指针采用合金铝板，应符合GB/T 3880.3规定。
- 5.3.2 摆杆采用 $\phi 16\text{mm}\times 1\text{mm}$ 的管材，应符合GB/T 4436规定。
- 5.3.3 齿轮盒采用铸铝，应符合GB/T 1173规定。齿轮用优质碳素结构钢宜选用GB/T 699规定的55#。齿条用锡青铜应选用GB/T 5231规定的QSn7-0.2。
- 5.3.4 弹簧采用锰钢丝，应符合YB/T 5318规定。
- 5.3.6 滑溜块所用橡胶片邵氏硬度为 $55\pm 5\text{HA}$ ； 20°C 弹性为66%~73%。

5.4 零部件加工和装配要求

5.4.1 表面粗糙度

- 5.4.1.1 立柱： $Ra3.2\ \mu\text{m}$ 。
- 5.4.1.2 摆杆： $Ra3.2\ \mu\text{m}$ 。
- 5.4.1.3 开关体、卡环： $Ra1.6\ \mu\text{m}$ 。
- 5.4.1.4 摆头内下杠杆与滑溜块配合部： $Ra1.6\ \mu\text{m}$ 。

5.4.1.5 框架轴承孔及轴套：Ra1.6 μm。

5.4.2 装配要求

5.4.2.1 摆式仪的立柱与底座的夹角为 $(90 \pm 3)^\circ$ 。

5.4.2.2 摆杆在待释放位置时应保持水平，使摆杆中心线与摆轴安装孔中心线保持 $\pm 1\text{mm}$ 的距离。

5.4.2.3 摆的转向节与摆轴的轴向间隙不大于 0.2mm。

5.5 抗静电干扰能力和电磁干扰能力

数字化摆式仪的抗静电干扰能力和电磁干扰能力均不应低于 1 级(见 GB/T 17626.2-2006 GB/T 17626.3-2006)。

6 试验方法

6.1 试验条件

测试环境温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ，环境相对湿度不大于 85%，检定场地周围清洁，无影响工作的振动和腐蚀性气体存在。

6.2 试验仪器

摆式摩擦系数测定仪的试验仪器如下：

- a) 电子天平：称量为 5000g，感量为 1g；
- b) 钢尺：量程 1m，精度 1mm；
- c) 钢尺：量程 20cm，精度 0.5mm；
- d) 精度为 2 级的游标卡尺、千分尺、高度尺、万能角度尺；
- e) 橡胶弹性仪；
- f) 邵氏硬度计；
- g) 专用压力标定架；
- h) 专用重心标定支点；
- i) 已赋摆值的试件。

6.3 基本要求

6.3.1 外观、测量范围、分辨精度

通过目测、手感进行检查，检验度盘范围、分辨力、观察数字化摆式仪的功能键是否正常、灵活、可靠。

6.3.2 整机性能

6.3.2.1 空摆试验

将底座调平，调节摆的高度使之处于空摆状态，然后将摆杆拨至与铅垂线成 5° 的位置，释放摆杆使之自由摆动直至完全静止，目测并记录摆动次数。

6.3.2.2 测值稳定性试验

在 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ 的温度条件下，选用任一试件，按 JTG E60-2008 进行试验，记录测值稳定性。

6.3.2.3 标准块测值标定试验

按照 JTG E60-2008 在已赋值的试件上作测值比对试验。

6.3.2.4 调零试验

- a) 指针式摆式仪将底座调平，调节摆的高度使之处于空摆状态进行测试操作，此时指针应与零位刻度线重合，重复该动作五次，记录最大差值；
- b) 数字化摆式仪将底座调平，空摆五次取平均值作为零点，重复该动作五次，记录最大差值。

6.4 各部件的技术要求

6.4.1 摆

6.4.1.1 用天平检验摆的质量。

6.4.1.2 摆的重心与摆动轴心距离

a) 摆的重心

将摆从仪器上卸下，水平放置于摆的压力标定架的平衡刀口（或专用质心标定支点的刀口）上，将连接螺母置于摆杆的远端，找出平衡点并做记号，此平衡点即为重心；

b) 摆的重心与摆动轴心距离

把摆装在仪器上，用钢尺测量轴承螺母中心至摆重心的距离。

6.4.1.3 用钢尺检验滑溜块下端部与摆动轴心的距离。

6.4.2 滑溜块

6.4.2.1 用天平检验滑溜块的质量。

6.4.2.2 用游标卡尺检验滑溜块的尺寸、滑溜块的轴向自由活动范围和滑溜块下端上提的高度。

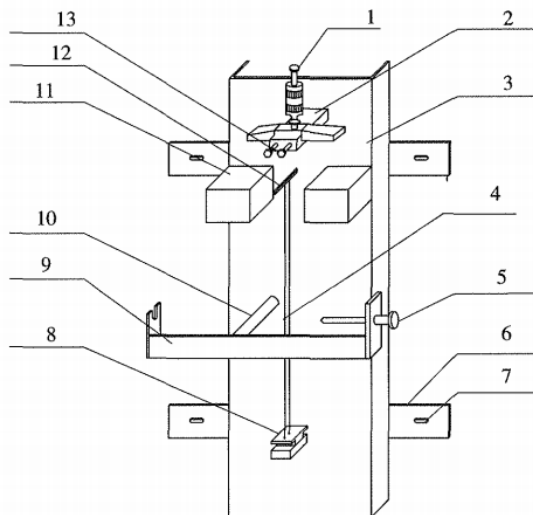
6.4.2.3 用万能角度尺检验摆至最低点时滑溜块轴与水平面的夹角。

6.4.2.4 滑溜块与测试表面的正向静压力

滑溜块的正向静压力试验采用挂重法，标定架使用示意图如图 3 所示，主要由托架、千分尺、标定砝码（由配重块、V 型槽杆和连线组成，总质量为 2263g），标定架通过安装块和安装螺孔垂直固定在墙上。正向静压力检验步骤如下：

- a) 将摆倒置于专用压力标定架上，将 V 型槽杆置于滑溜块橡胶片边缘，用连线连接 V 型槽杆和砝码，此时砝码应置于标定架下端可升降的托盘上并处于未加载状态；
- b) 用千分尺测定滑溜块轴上橡胶片的位置并记下读数(A)；

- c) 慢慢松开托盘旋钮给滑溜块缓缓施压，待稳定后再次用千分尺测定滑溜块位置，并记下读数(B)；记长度变形为 $\Delta l = A - B$
- d) 通过旋紧或旋松弹簧调节螺母可调节弹簧松紧程度。



1—千分尺；2—千分尺座；3—托架；4—配重块连线；5—调节螺杆；6—安装块；7—安装孔；8—配重块；9—横梁；10—立柱；11—锤座；12—V形槽杆；13—定位螺丝；

图3 标定架使用示意图

6.4.3 指针式摆式仪刻度盘及指针

6.4.3.1 用天平检验指针的质量。

6.4.3.2 用钢尺检验指针尖至转动中心的长度，用高度尺检验刻度盘零位点与摆轴安装孔中心线的距离。

6.4.3.3 用游标卡尺检验针尖宽度。

6.4.3.4 用万能角度尺检验刻度盘任一刻度线与零线间的夹角。

6.4.4 数字化摆式仪角度编码器

按 JB/T 9942 规定检验角度编码器的测量范围和准确度等级。

6.4.5 材料品质要求

6.4.5.1 按 GB/T 3880.3 规定检验刻度盘、摆头外壳和指针的合金铝板。

6.4.5.2 按 GB/T 4436 规定检验摆杆的管材。

6.4.5.3 按 GB/T 1173 规定检验齿轮盒采用的铸铝。按 GB/T 699 规定检验齿轮用优质碳素结构钢。按 GB/T 5231 规定检验齿条用锡青铜。

6.4.5.4 按 YB/T 5318 规定检验弹簧采用的锰钢丝。

6.4.5.5 按 HG 3101 试验方法用橡胶弹性仪检验橡胶片的弹性；按 GB/T 531.1 试验方法用邵氏硬度计检验橡胶片的硬度。

6.5 零部件加工和装配要求

6.5.1 工件表面粗糙度

用表面粗糙度计检验零部件的粗糙度。

6.5.2 装配

6.5.2.1 摆式仪的立柱与底座的夹角通过钢尺测量计算：调整摆式仪水准泡居中，用刻度尺量出第*i*个螺栓与立柱底端的距离 l_{i1} ，再沿着立柱的轴线取一点，量出其与立柱底端的距离 l_{i2} ，最后量出第*i*个螺栓与该点的距离 l_{i3} ，则立柱与底座的夹角 φ_i ($i=1, 2, 3$) 值计算见公式 (3)：

$$\varphi_i = \arccos \frac{l_{i1}^2 + l_{i2}^2 - l_{i3}^2}{2l_{i1}l_{i2}} \quad (\text{公式 3})$$

式中：

- l_{i1} —— 第*i*个螺栓与立柱底端的距离，mm
- l_{i2} —— 立柱轴线上一点与立柱底端的距离，mm
- l_{i3} —— 第*i*个螺栓与立柱轴线上一点的距离，mm。

6.5.2.2 用高度尺检验摆杆中心线与摆轴安装孔中心线的距离。

6.5.2.3 用游标卡尺检验摆的转向节与摆轴的轴向间隙。

6.6 抗静电干扰试验和电磁干扰试验

数字化摆式仪的抗静电干扰试验应符合 GB/T 17626.2-2006 的规定、抗电磁干扰试验应符合 GB/T 17626.3 的规定。。

7 检验规则

7.1 摆式仪的检验分出厂检验和型式检验，检验项目见表 1。

表 1 检验项目

检定项目	技术要求	试验方法	型式检验	出厂检验	
外观	5.1	6.3	+	+	
测量范围	5.1	6.3	+	-	
分辨精度	5.1	6.3	+	-	
空摆试验	5.1	6.3	+	-	
调零试验	5.1	6.3	+	+	
测值稳定性	5.1	6.3	+	+	
标准块测值标定	5.1	6.3	+	-	
摆	总质量	5.2.1	6.4.1	+	+
	摆重心与摆动轴心的距离	5.2.1	6.4.1	+	+
	滑溜块下端与摆动轴心的距离	5.2.1	6.4.1	+	+

滑溜块	总质量	5.2.2	6.4.2	+	+
	橡胶片尺寸	5.2.2	6.4.2	+	+
	正向静压力	5.2.2	6.4.2	+	+
	滑溜块轴与水平面夹角	5.2.2	6.4.2	+	+
指针式摆 式仪刻度 盘及指针	指针质量	5.2.3	6.4.3	+	-
	针尖宽度	5.2.3	6.4.3	+	-
	指针尖至指针转动中心长 度	5.2.3	6.4.3	+	-
	刻度线与零线间的夹角误 差	5.2.3	6.4.3	+	-
数字化摆 式仪角度 编码器	角度编码器	5.2.4	6.4.4	+	+
材料品质要求		5.3	6.4.5	+	-
零部件加工和装配		5.4	6.5	+	-
抗静电及电磁干扰能力		5.5	6.6	+	-
注：凡须检定的项目用“+”表示，不须检定的项目用“-”表示。					

7.2 判定规则

7.2.1 对于出厂检验，出厂检验的全部项目应达到相应的技术要求，任一项不合格，则判定出厂检验不合格。

7.2.2 对于型式检验，有下列情况之一时应进行型式检验：

- a) 新产品的试制定型检验；
- b) 设计参数、工艺或材料有重大变化时；
- c) 停产半年以上，重新恢复生产时；
- d) 每生产 100 台后的周期性检验；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- f) 国家质量检查机构提出型式检验要求时。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 每台仪器均应有标志，标志上应标明制造厂名、型号与名称，制造年月及产品编号。

8.1.2 产品的包装箱应符合 GB/T191 的规定，并包括下列内容：

- a) 制造厂名；
- b) 产品名称和型号；
- c) 数量和毛重；
- d) 出厂日期；
- e) 外形尺寸；
- f) 搬运注意事项。

8.2 包装

8.2.1 应进行防锈蚀处理，仪器应用塑料薄膜包装后采用专用铝箱或木箱存放，采取固定措施使仪器在箱内不得松动。

8.2.2 随同仪器供应的技术文件应有：装箱单、产品使用说明书。

8.3 运输、储存

摆式仪在运输应符合 GB/T 6388 的规定，储存过程中应防潮、防震，存放于干燥的库房里。
