

行业标准《摆式摩擦系数测定仪》

编制说明

（征求意见稿）

《摆式摩擦系数测定仪》编制组

二零一六年十月

目录

1 工作简况	3
1.1 任务来源	3
1.2 编写及协作单位	3
1.3 主要工作过程	3
1.4 标准主要起草人及工作	3
2 标准主要内容说明	4
2.1 标准结构框架说明	5
2.1 标准适用范围说明	5
2.1 术语与定义说明	5
2.2 摆值计算公式的说明	6
2.3 摆式仪结构型式的说明	8
2.3 基本要求说明	8
2.4 各部件的技术要求说明	9
2.5 材料品质要求说明	10
2.6 试验方法说明	10
2.7 检验规则说明	10
3 经济效益及社会效益	11
4 与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系	11
5 重大分歧意见的处理经过和依据	11
6 标准性质的建议说明	11
7 贯彻标准的要求和措施建议	11
8 废止现行有关标准的建议	11

1 工作简况

1.1 任务来源

根据 2015 年 7 月交科技发[2015]114 号文“交通运输部关于下达 2015 年交通运输标准化计划的通知”的附件中“2015 年制、修订交通行业标准项目计划表”，由交通部公路科学研究所主持承担本标准的修订工作（计划编号: JT 2015-171）。

1.2 编写及协作单位

行业标准《摆式摩擦系数测定仪标准》的编写单位为交通运输部公路科学研究所，编写过程得到了国家道路及桥梁质量监督检验中心的协作。

1.3 主要工作过程

(1) 2015 年 03 月~2016 年 5 月，成立标准起草组，收集资料，完成调研、试验和研究等工作；

(2) 2016 年 6 月~2016 年 10 月，完成标准征求意见稿，发送检测单位及计量单位等广泛征求意见。

1.4 标准主要起草人及工作

本标准主要起草人及所做的工作见下表：

表 1 标准主要起草人及工作

序号	参加单位	起草人	主要工作
1	交通运输部公路科学研究所	曹东伟	编制调研和试验验证方案并实施，负责标准起草和编制说明的编写工作。
2	交通运输部公路科学研	范勇军	国内外相关标准和技术资料的收集，并对国内外资料的分析，参与编写工作。

	究院		
3	交通运输部 公路科学研 究院	唐小亮	参加方案确定、参与调研及试验验证等。
4	交通运输部 公路科学研 究院	赵立东	参与方案确定，关键技术指标的试验验证

2 标准主要内容说明

上世纪 80 年代初我们在参考非常有限的国外文献资料的条件下研制出了我国的摆式摩擦系数测定仪（可简称为“摆式仪”），并于 1993 年制定了交通部行业标准 JT/T3161-1993《摆式摩擦系数测定仪的技术要求》和 JT/T3162-1993《摆式摩擦系数测定仪的试验方法》。

摆式仪在我国路面防滑性能检测评价和石料磨光值试验方面起了重要作用，但由于研制时的局限，仪器在结构、工艺和材料选用标准上还存在诸多不足，另一方面，国外对有关摆式仪的标准也陆续作了修订。鉴于摆式仪在路面防滑和交通安全方面的重要作用，我们参考英国 BS812.114(1989)、欧洲标准 EN1097-8、美国 ASTM E-303-93(Reapproved 2003)的有关条款编写，并吸纳了《高速公路沥青路面抗滑技术标准》研究课题中有关摆式摩擦系数测定试验规程修订的研究成果，又于 2009 年制定了交通部行业标准 JT/T763-2009《摆式摩擦系数测定仪》。

现在传统指针式摆式仪主要靠机械结构保证测量结果的准确性，个别厂家为了节约仪器成本，在零件用料、加工质量、装配工艺等方面均有削弱，使得在用仪器质量参差不齐，测量结果的准确性、稳定性无法保障。

数字化摆式仪采用高精度角度测量传感器及信号处理技术实现数字化摆值自动测量，其主要特点是去除了指针对摆锤阻力的影响，完全采用非接触式角度测量，结果受操作人员因素影响被大大降低，更稳定、更准确。随着信息化技术的普及，数字化摆式仪被一些用户所接受。然

而，现行标准中缺少数字化仪器相关的内容，因此提出修订现行标准以对数字化摆式仪产品进行规范。

此次修订主要在原有的指针式摆式仪的基础上增加广泛应用的数字化摆式摩擦系数测定仪的相关内容。

本部分与 JT/T763-2009 相比主要变化如下：

- 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）。
- 对标准的文字结构作了重大调整。

2.1 标准结构框架说明

按照《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写(GB1.1-2009)》的要求制定摆式摩擦系数测定仪行业标准。在内容与格式上保持一致，标准的具体内容有范围、规范性引用文件、术语与定义、结构型式、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和储存。

2.1 标准适用范围说明

本标准规定了摆式摩擦系数测定仪（简称摆式仪）的结构型式、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、检验和使用。

2.1 术语与定义说明

本标准是用于指导公路工程用的“摆式摩擦系数测定仪”设计和生产的产品制造标准，其中涉及到一些专业名词术语，为规范设计生产和便于对标准的理解，本标准规定术语和定义具体如下：

(1) 摆 pendulum: 摆主要由摆杆、弹簧、摆头、杠杆系、举升柄和滑溜块等组成。

(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, 扩大了 100 倍的数值, 简称为 BPN (British Pendulum Number)。BPN 为摆值的代号, 并非摆值的单位, 摆值为扩大了 100 倍的摩擦系数, 无量纲。

2.2 摆值计算公式的说明

(1) 摆式仪原理及其数学模型: 摆式仪的摆锤底面装有一滑溜块, 当摆锤从一定高度自由下摆时, 滑溜块同试验表面接触并滑过一段距离, 在这个过程中因摩擦而损失的能量与摆锤的重力势能损失相等, 工作原理数学模型如下:

$$\mu NS = Mg\Delta H \quad (1)$$

式中:

μ —摆式仪滑溜块与被测表面之间的摩擦系数;

N —正向静压力, 单位为牛 (N);

S —摩擦行程长度, 单位为米 (m);

M —摆锤质量, 单位为千克 (Kg);

g —当地重力加速度, 单位为 (m/s^2);

ΔH —摆锤从水平释放位置到通过摩擦表面后偏摆到达的最高位置之间的高度差, 单位是米 (m)。

(2) 本次标准修订中修改了原标准中指针式摆式仪的摆值计算公式, 对摆的质量采用国际单位制千克。

根据指针式摆式仪工作原理, 摆值的计算公式如下:

$$F = \frac{WgHZ}{PDp} \times 100 \quad (2)$$

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）；

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（ m/s^2 ）；

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）。

（3）本次标准修订中新增了数字式摆式仪摆值的计算公式。根据摆式仪的原理和数学模型，推导出以下数字式摆式仪的摆值计算公式：

$$F = \frac{WgH \sin \theta}{NS} \times 100 \quad (3)$$

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—当地重力加速度，单位为（ m/s^2 ）

N—力传感器采集的最大正压力，单位为牛（N）；

S—由角度编码器数据导出的实际摩擦接触长度，单位为毫米（mm）；

θ —转动中心水平轴线与摩擦后摆的最大高度线的夹角，单位为度（ $^{\circ}$ ）。

2.3 摆式仪结构型式的说明

根据读数形式的不同，摆式仪的结构型式分为指针式摆式仪和数字化摆式仪两种。

本次标准指针式摆式仪继续沿用传统摆式仪的结构型式，标准修订中对摆式仪从下到上、分成展开依次介绍，并增加了摆、度盘、指针和悬臂部分的介绍。（指针式摆式仪的结构型式详见标准中 4.1）

本次标准修订中新增了数字式摆式仪的结构介绍，对数字式摆式仪的基本结构做了详细阐述并附有结构示意图。标准中的数字化摆式仪在传统摆式仪的基础上改进，增加角度编码器和显示屏替代传统摆式仪的指针完成数据采集与处理。（数字化摆式仪的结构型式详见标准中 4.2）

2.3 基本要求说明

（1）基本性能要求中包含了四项：外观、测量范围、分辨精度和耐用性。该要求中各项无法进行试验，只能通过目力观测进行检验，因此归为一类。

（2）测量范围：参照欧盟标准《道路和机场表面特征-测试方法-第 4 部分：表面耐滑性的测量方法-摆动法》（EN 13036-4:2003），其中规定摆式仪的摆值测量范围为 0~150BPN，测定磨光值试件时为 0~100BPN，本次标准修订等效采用欧盟标准对测量范围的要求，规定摆式仪的摆值测量范围为 0~150BPN，测定磨光值试件时为 0~100BPN。

（3）分辨精度：指针式摆式仪的分辨精度继续沿用现行标准中的要求为 1BPN，对于数字化摆式仪的分辨精度，1BPN 的摆值对应大约 18 角分的角度值，而数字化摆式仪的角度编码器精度为 20 角秒，经换算可知数字化摆式仪的分辨精度应为 0.1BPN。

（4）空摆次数：为了保证摆式仪的摆动灵活性，同时结合测量实践经验的总结将空摆释放自由摆动的次数定为不少于 70 次。

(5) 摆式仪测值稳定性：为了满足 95%的精度要求，我国规定每一次测点重复测试 5 次，同一测试路段要取 5 个测点的平均值。因此对摆式仪的测值稳定性规定同一表面重复测试 5 次，同时经过操作验证测值的最大与最小之差应不大于 3BPN。

2.4 各部件的技术要求说明

(1) 摆、指针式摆式仪刻度盘和指针：对摆式仪摆、指针式摆式仪刻度盘和指针相关的技术要求等效采用欧盟标准（EN 13036-4:2003）。

(2) 滑溜块：按滑溜块尺寸划分，可分为长短两种。长滑溜块适用于测粗糙度大的试件，欧盟标准中长滑溜块的总质量为 (32 ± 5) g，我国现行标准的要求为 (30 ± 5) g，经过称量现在使用的摆式仪滑溜块，大部分滑溜块的总质量在 34g~35g 之间，最高的能达到 37g。因此，本次标准修订中采用欧盟标准将长滑溜块的总质量要求为 (32 ± 5) g。长短滑溜块的尺寸和短滑溜块的总质量等效采用欧盟标准。滑溜块与测试表面的正向静压力为 (22.2 ± 0.5) N，该项要求等效采用欧盟标准。

(3) 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 $\pm 20''$ 。根据刻度盘上摆值刻度，1BPN 的摆值对应大约 $18'$ 的角度值，而本系统选择的角度编码器精确度为 $20''$ ，根据摆值的精度优于 1%的要求，自制力传感器的精度优于该要求一个量级，达到 0.1%。因此即使对于 2BPN 的小摆值，角度编码器的相对测量精度仍然可以达到 0.93%的精度。因此这种传感元件的选型都能够满足项目提出的测量精度要求。

(4) 抗静电干扰能力和电磁干扰能力：数字化摆式仪中应用到许多微电子元件，为了提高产品和系统的可靠性，考虑到保护设备免受静电放电和电磁的影响，结合国家标准 GB/T 17626.2-2006 和 GB/T 17626.3-2006 的试验等级的相关规定，本次标准修订中要求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。

2.5 材料品质要求说明

本次标准修订中，对摆式仪材料品质的要求主要参照国家标准（详见标准 5.3）的相关规定对摆式仪的刻度盘、指针、摆头外壳、摆杆、齿轮、齿轮盒、齿条、弹簧和滑溜块的材质进行规定。

2.6 试验方法说明

（1）空摆试验：依据空摆试验的技术要求，空摆释放检测其自由摆动的次数。

（2）调零试验：依据指针式摆式仪的操作步骤和分辨精度，要求调零时空摆 5 次且与零位最大差值不大于 1BPN；数字化摆式仪没有零位点，因此要求先空摆 5 次找寻零位点再调零。

（2）测值稳定性试验和标准块测值标定试验：依据其技术要求，按照《公路路基路面现场测试规程》（JTG E60-2008）进行试验。

（3）滑溜块与测试表面的正向静压力：依据滑溜块正向静压力的技术要求，选取专用的压力标定架，通过试验论证要求正向静压力试验采用挂重法进行标定。

（4）数字化摆式仪角度编码器的检验方法采用《光栅角度编码器》（JB/T 9942-2012）中对角度编码器测量范围和精确度的试验方法。

（5）抗静电干扰试验和电磁干扰试验：依据技术要求，按照国家标准《电池兼容试验和测量技术》（GB/T 17626.2-2006, GB/T 17626.3-2006）的试验方法进行检测。

（6）材料品质检验：按国家标准（详见标准 5.3）中的试验方法检验摆式仪部件的材料品质。

2.7 检验规则说明

本标准结合摆式仪的技术要求规定了检验规则，包括型式检验和出厂检验和判定规则。

3 经济效益及社会效益

本标准的制定，使得摆式摩擦系数测试仪质量控制和质量监督有标准可依，有利于企业与管理部在产品质量管理方面的协调统一。

本标准的实施，规范了摆式仪的生产、包装、运输和储存等环节，提高了摆式仪的质量，保证了测量结果的准确性。

路面防滑是高速公路和干线公路的一项关系人民生命财产安全的关键技术之一。摆式摩擦系数测定仪具有轻便性、普及性及室内外均可应用的突出优点，是路面表层性能检测所必不可少的设备，在我国目前国道主干线和高速公路修建中有着非常广泛的应用，对保证路面的抗滑能力起着很重要的作用。此次修订将有力促进摆式摩擦系数测定仪在公路行业的规范使用，促进我国道路抗滑指标的质量控制。

4 与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系

符合现行法律、法规规定，不属于强制性标准。

5 重大分歧意见的处理经过和依据

标准制订中，对一些重大意见分歧采取研讨和试验验证等方式加以解决，体现了科学化、民主化和行业化的工作特点。目前本标准征求意见稿无遗留的重大意见分歧。

6 标准性质的建议说明

建议作为推荐性标准使用。

7 贯彻标准的要求和措施建议

标准发布后组织宣贯，建议设半年的过渡期。

8 废止现行有关标准的建议

建议废止现行的《摆式摩擦系数测定仪》（JT/T 763-2009）标准。

