

团 体 标 准

T/CCTAS XX—2025

沥青混合料嵌锁状态测定法 马歇尔 击实法

Standard for molding locking state of asphalt mixtures
Marshall compaction

征求意见稿

(本草案完成时间: 2025.02.17)

在提交反馈意见时, 请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国交通运输协会 发布

目 次

前 言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 试验设备	1
4.1 自动击实仪	1
4.2 加速度计	3
4.3 其他	3
5 试件制备	4
5.1 沥青混合料试件的规格	4
5.2 沥青混合料试件制备	4
6 沥青混合料试件击实次数判定流程	5
6.1 测定加速度峰值	5
6.2 理论击实次数的确定	6
6.3 正反面击实次数的确定	6
附 录 A （资料性） 嵌锁状态测定法应用示例	8

T/CCTAS XX—2025

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国交通运输协会交通设施分会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

沥青混合料嵌锁状态测定法 马歇尔击实法

1 范围

本文件规定了沥青混合料嵌锁状态测定法之马歇尔击实法的试验设备、试验准备、试样制备、嵌锁状态判定方法等内容。

本文件适用于最大公称粒径9.5~37.5mm的沥青混合料马歇尔击实成型时，用于判定合理的击实次数。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程

JTG F40 公路沥青路面施工技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

加速度峰值 peak acceleration

每次击实冲击过程中的加速度脉冲信号峰值。

3.2

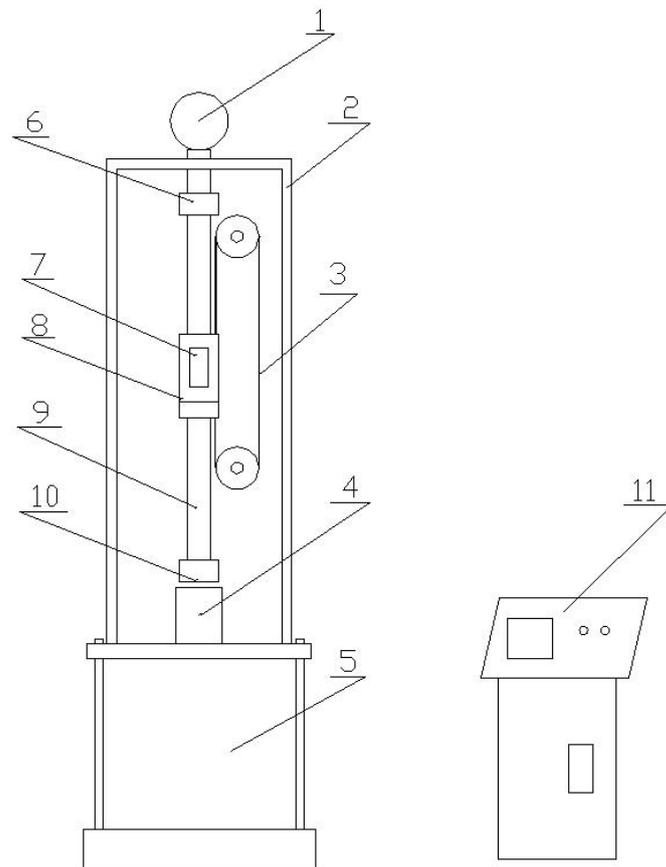
嵌锁点 locking point

骨料在压实过程中加速度峰值趋于稳定时的击实次数。

4 试验设备

4.1 自动击实仪

自动击实仪应具有自动计数、控制仪表、按钮设置、复位及暂停等功能。自动击实仪、测试装置的构造如图1所示。



标引序号说明：

- 1—— 减振块
- 2—— 保护箱
- 3—— 驱动机构
- 4—— 试验模具套筒
- 5—— 击实仪底座
- 6—— 限位块
- 7—— 加速度传感器
- 8—— 滑动击实锤
- 9—— 导向杆
- 10—— 压头
- 11—— 控制箱

图 1 击实仪与测试装置构造

4.1.1 标准击实仪

标准击实仪由击实锤、 $\Phi 98 \pm 0.5$ mm平圆形压头、带手柄的导向棒以及顶部减振压块组成。用机械将压实锤提升，至 457.2 ± 1.5 mm高度沿导向棒自由落下连续击实，标准击实锤质量 4536 ± 3 g。

4.1.2 大型击实仪

大型击实仪由击实锤、 $\Phi 149.4 \pm 0.1$ mm平圆形压头、带手柄的导向棒以及顶部减振压块组成。用机械将压实锤提升，至 457.2 ± 2.5 mm高度沿导向棒自由落下连续击实，标准击实锤质量为击实锤组件重量的1~3倍。

4.2 加速度计

4.2.1 设备要求

加速度传感器最大量程为 5000 ± 10 G，采样频率不低于10000Hz。配套信号接收器，数据传输可采用无线或有线。采用无线传输时，传感器质量不大于20g，采用有线传输时，传感器质量不大于10g。

4.2.1 安装前准备工作

对加速度传感器与击实锤外侧中部的接触表面进行涂蜡处理。涂抹时，应选用质地均匀、纯度较高的石蜡，以薄而均匀的方式将蜡层覆盖在接触面上，确保蜡层厚度一致且无漏涂，有效提升传感器与击实锤之间的耦合性能，减少机械振动传递过程中的能量损耗和信号失真。

4.2.2 安装传感器

选用适配规格的螺栓底座，在击实锤外侧中部区域，通过底座上的螺纹孔与适配螺栓，将加速度传感器精准安装，确保其稳固且安装位置无误。

4.3 其他

沥青混合料搅拌机、试模、脱模器、烘箱、天平或电子秤、布洛克菲尔德黏度计、温度计电炉或煤气炉、沥青熔化锅、拌和铲、标准筛、滤纸（或普通纸）、胶布、卡尺、秒表、插刀或大螺丝刀、粉笔和棉纱按照规范JTG E20-2011 T0702的要求进行准备。

表 1 试验设备要求列表

设备名称	要求
沥青混合料搅拌机	需保证拌和温度并充分拌和均匀； 可控制拌和时间，容量不小于 10L； 搅拌叶自转速度 70-80r/min，公转速度 40-50r/min。
试模	试模由高碳钢或工具钢制成； 标准试件试模的内径 101.6±0.2mm，壁厚 10mm； 大型试件试模的内径 152.4±0.2mm，壁厚 10mm。
脱模器	电动或手动； 应具备有标准试件及大型试件尺寸的推出环，能无破损地推出圆柱体试件。
烘箱	控温范围 0~200℃，装有温度控制调节器，控制温度的精确度为 3℃。
天平或电子秤	用于称量沥青的天平或电子秤的感量不大于 0.1g； 4.6.2 用于称量矿料的天平或电子秤的感量不大于 0.5g。
布洛克菲尔德黏度计	布洛克菲尔德黏度计要求参见 JTG E20 的 T0625（沥青旋转粘度试验）。
温度计	分度值 1℃； 量程 0~300℃； 宜采用有金属插杆的插入式数显温度计，金属插杆的长度不小于 150mm。
电炉或煤气炉、沥青熔化锅、拌和铲、标准筛、滤纸（或普通纸）、胶布、卡尺、秒表、粉笔、棉纱、插刀或大螺丝刀	无特殊要求

5 试件制备

5.1 沥青混合料试件的规格

当集料公称最大粒径小于或等于 26.5mm 时，采用标准击实法，尺寸为直径 100mm×高度 63.5mm 圆柱体试件，约 1200g。一组试件数量不少于 4 个。当集料公称最大粒径大于 26.5mm 时，宜采用大型击实法，尺寸为直径 150mm×高度 93.5mm 大型圆柱体试件，约 4050g。一组试件数量不少于 6 个。

5.2 沥青混合料试件制备

5.2.1 沥青混合料试件制备流程

试件制备按《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20-2011 T0702 进行，包括试验温度等条件确定、试验材料准备、混合料拌制、马歇尔试件成型等。与试验规程相对比，试件制备过程的不同之处在于马歇尔时间成型过程。其击实次数由嵌锁状态决定，嵌锁状态通过加速度计传感器采集到的数据判定。

5.2.2 马歇尔试件成型

5.2.2.1 装填试件

将已拌和好的沥青混合料，用小铲拌和均匀后称取一个试件所需的质量，标准试件约1200 g，大型试件约4050 g。当已知沥青混合料密度时，可根据试件尺寸计算混合料质量并乘以1.03。当一次拌和多个试件时，宜将其倒入经预热的金属盘中，用小铲适当拌和均匀分成几份，分别取用。在试件制作过程中，为防止混合料温度下降，应连盘放在烘箱中保温。

从烘箱中取出预热的试模及套筒，用蘸有少许黄油的棉纱擦拭试模、垫块和击实锤底面，将试模装在底面上，垫一张圆形的吸油性小的纸，用小铲将混合料铲入试模中，用插刀或大螺丝刀沿周边插捣15次，中间10次。插捣后将沥青混合料表面整平。对大型击实法的试件，混合料分两次加入，每次插捣次数同上。

插入温度计至沥青混合料中心附近，检查沥青混合料温度。

待沥青混合料温度符合振动压实温度要求后，将试模连同底座一起放在击实台上固定。

5.2.2.2 击实试件

在装好的混合料上面垫一张吸油性小的圆纸，再将装有击实锤及导向棒的压实头放入试模中。开启电机，使击实锤从457mm的高度自由落下到测试评价的嵌锁点次数。

试件击实一面后，取下套筒，将试模翻面，装上套筒，然后再击实另一面。

击实锤上加速度传感器记录每次击实的加速度时程曲线，即时传输到接收器，经滤波处理后，根据嵌锁状态测定法，当达到嵌锁点次数时，即时反馈击实仪，停止击实。

5.2.2.3 试件整理

试件击实结束后，立即用镊子取掉上下面的纸，用卡尺量取试件离试模上口的高度并由此计算试件高度。大试件的标准高度为 95.3 ± 2.5 mm，小试件的标准高度为 63.5 ± 1.3 mm。若高度不符合要求时，试件应作废，并按照下式调整试件的混合料质量重新制作试件：

$$\text{调整后沥青混合料质量} = \frac{\text{要求试件高度} \times \text{原用混合料质量}}{\text{所得试件的高度}}$$

卸去套筒和底座，将装有试件的试模横向放置冷却至室温后（不少于12 h），置脱模机上脱出试件。急用时，用电风扇吹冷1 h或浸水冷却3 min以上脱模。但浸水脱模法不能用于测量密度、空隙率等各项物理指标。

将试件仔细置干燥洁净的平面上，供试验用。

6 沥青混合料试件击实次数判定流程

6.1 测定加速度峰值

按《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20-2011 T0702成型马歇尔试件，并记录成型过程中的加速度。每击实一次对应一个加速度峰值（大于100G），提取加速度峰值，并绘制加速度峰值密实曲线，示意图见图2。

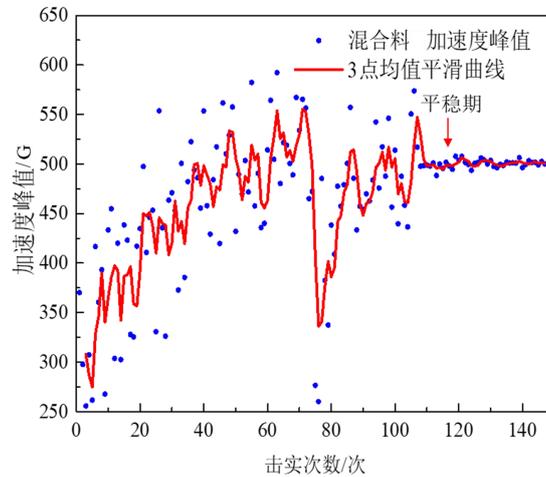


图2 加速度峰值密实曲线

6.2 理论击实次数的确定

通过图3可以看出，随着击实次数的增加，加速度逐渐进入平稳期（接近一个恒定值）。当加速度进入平稳阶段，且连续5次加速度的差值均小于25G时，即可判定达到嵌锁点，此时的总击实次数定义为理论击实次数（N），N值应为三次试验后的平均值。

6.3 正反面击实次数的确定

正面击实次数（ N_1 ）通过公式1计算得到。反面击实次数需要进行进一步马歇尔试件成型试验确定。正面击实 $N/2$ 次，其余按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20-2011 T0702进行。记录成型过程中的加速度，提取加速度峰值，绘制加速度峰值密实曲线，并求得达到嵌锁点时的击实次数（M）。反面击实次数（ N_2 ）通过公式2计算得到。

$$N_1 = N/2 \quad (1)$$

$$N_2 = M - N_1 \quad (2)$$

N_1 为正面击实次数，M为达到嵌锁点时的击实次数， N_2 为反面击实次数，应为三次试验后取平均值。

沥青混合料试件击实次数判定流程见图3，可以归纳为首批马歇尔试件成型、绘制加速度峰值密实曲线、确定理论击实次数、确定正面击实次数、二次马歇尔试件成型，以及确定反面击实次数几个步骤。



图 3 沥青混合料试件击实次数判定流程图

附录 A
(资料性)
嵌锁状态测定法应用示例

A1 原材料和配合比设计

以某面层沥青混合料为例，集料为普通石灰岩，沥青选用PG 64-22，沥青混合料在 $154.4\pm 10^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行拌合，并在 $143.3\pm 10^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行压实以消除温度影响。矿料级配见表A.1。

表 A.1 矿料级配范围

筛孔孔径 (mm)	16.0	12.7	9.5	3.75	1.87	0.5	0.3	0.15	0.075
质量通过百分率 (%)	100	97	86	65	46	23	14	7	4

沥青混合料设计要求见表A.2。

表 A.2 沥青混合料设计要求

混合料类型	最佳沥青含量 (%)	空隙率 (%)	矿料间隙率 (%)	有效沥青饱和度 (%)
D	5.5	4.0	15.6	74

A2 试件制备和嵌锁状态判别

试验采用大型马歇尔击实仪，试件模具直径为152.4 mm，先击实单面75次，而后翻面，再根据击实锤动力响应判别击实次数，具体过程如下：

A2.1 由击实锤加速度传感器采集每次击实加速度时程曲线，例如第一面第71次击实时，其加速度峰值为567G，持续时间约为0.003秒，如图A.1中黑色标记点所示。为了消除信号奇异值，对信号进行5点均值平滑处理，如图A.1中红色曲线所示。

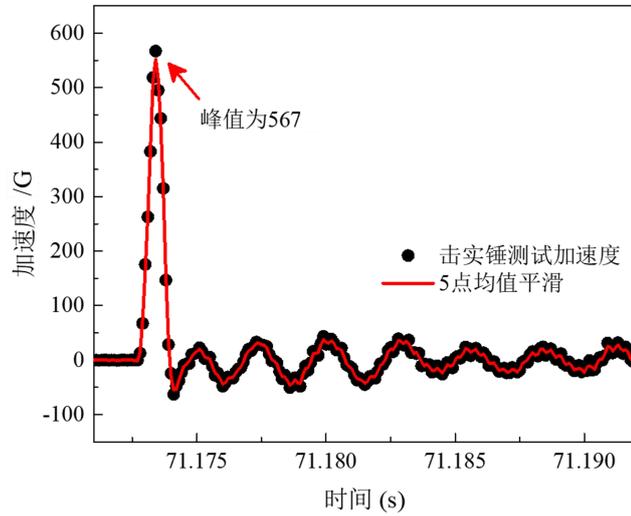


图 A.1 第一面第 71 次击实加速度时程曲线

A2.2 根据每次击实时提取加速度峰值，通过3点均值方法拟合峰值密实曲线，可由曲线趋势进入平稳期，如图A.2所示。

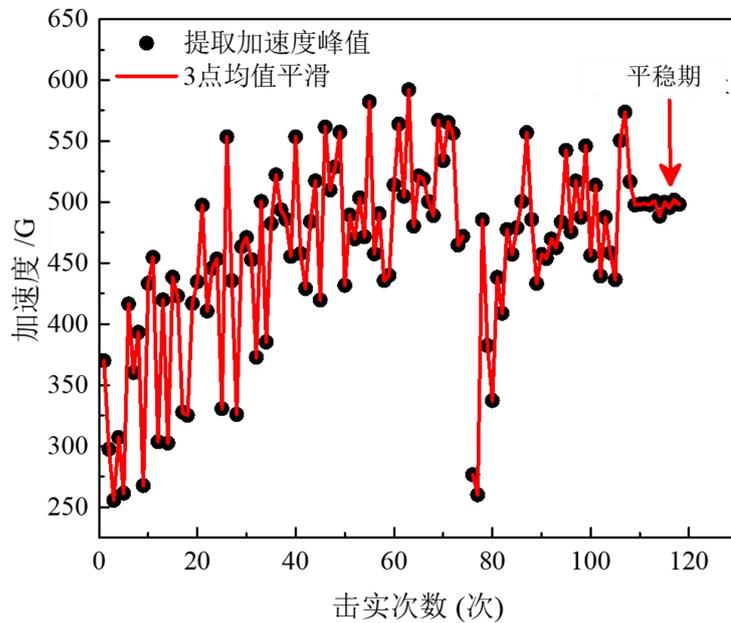


图 A.2 动力响应峰值密实曲线

由图A.2看出由第109次开始加速度峰值密实曲线即开始进入平台期，当第113次至第118次击实所计算连续5次击实加速度的差值均小于25G，因此击实仪判断停止次数为第118次，即完成击实。