

马歇尔稳定度试验：热拌沥青混合料质量管控的核心技术锚点

咏正新材 徐琰

马歇尔稳定度试验作为评价热拌沥青混合料高温稳定性与力学性能的核心手段，是试验室质量管控的“关键标尺”。该试验通过模拟混合料在路面服役中的受力状态，精准测定稳定度（抗破坏能力）与流值（变形适应性），直接决定混合料配合比设计的科学性与工程应用的可靠性。试验室以现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG 3410-2025）为准则，通过标准化操作、精准化控制、智能化升级，让马歇尔稳定度试验成为保障道路工程质量的“技术锚点”。



图 1/咏正新材研发中心基地

一、试验核心操作规范与技术要点

（一）试件制备精准化控制

试件制备是试验数据准确的基础，需严格把控“温度、配比、压实”三大关键。采用 $\phi 101.6\text{mm} \times 63.5\text{mm}$ 标准试模，按确定的最佳沥青用量（OAC）称取集料与沥青，集料加热温度控制在 $160^{\circ}\text{C} \sim 180^{\circ}\text{C}$ ，沥青加热温度 $150^{\circ}\text{C} \sim 170^{\circ}\text{C}$ ，混合料拌合均匀后保温 30min，确保温度稳定在 $135^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ 之间。



图 2/对拌合料进行试验前测温

压实环节采用双面击实仪，普通沥青混合料击实 75 次/面，改性沥青混合料击实 100 次/面，击实过程中避免试件边缘破损。试件成型后在 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 环境中冷却 24h，随后放入 $60^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 恒温水槽中保温 30~40min，确保试件内部温度均匀，模拟路面高温服役环境。

（二）试验流程标准化执行

试验加载采用马歇尔稳定度仪，加载速率严格控制在 $50 \pm 5\text{mm}/\text{min}$ ，通过传感器实时采集压力—变形曲线。当试件达到最大荷载时，记录稳定度（kN）；同步读取对应的流值（0.1mm），即试件破坏时的竖向变形量。

平行试验需制备 3 组试件，稳定度平行偏差不得超过 10%，流值偏差 $\leq 0.3\text{mm}$ ，若超出偏差范围需重新制样试验。试验过程中需实时观察试件破坏形态，若出现劈裂、剪切等不同破坏模式，需结合级配与沥青含量分析原因，为配合比调整提供依据。



图 3/试验所用的马歇尔稳定度仪和恒温水浴器材

（三）数据处理规范化要求

数据处理需遵循“真实记录、规范修约、综合判定”原则。稳定度取 3 组平行试件的算术平均值，流值按曲线原点修正后计算。同时需结合空隙率（VV：3%~6%）、矿料间隙率（VMA $\geq 13\%$ ）、沥青饱和度（VFA：65%~75%）等指标综合判定，避免单一指标误判。例如，若稳定度达标但流值过大，说明混合料偏软易变形，需适当降低沥青用量或调整集料级配。

二、试验质量控制与创新升级

（一）全流程质量管控体系

试验室建立“设备—人员—环境”三位一体管控机制。马歇尔稳定度仪加载速率误差控制在 $\pm 2\%$ 以内，电子天平精度达 0.1g；试验人员经专项培训考核，熟练掌握温度控制、试件制备、数据读取等操作要点；试验室环境保持 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，恒温水槽温度波动 $\leq 0.5^{\circ}\text{C}$ ，杜绝环境因素影响数据准确性。

（二）智能化技术赋能升级

引入全自动马歇尔试验系统，实现试件成型、恒温养护、加载测试、数据记录全流程自动化。精准识别最大荷载点，数据记录精度提升至 0.01kN，试验效率较传统设备显著提升。同时，与生产配合比、原材料检测数据联动，形成质量追溯链条。为柯城区弈谷至石梁公路改建工程、2025 年 S221 石华线提升改造工程等各个项目提供真实、有效的数据支撑，为道路工程质量提供技术保障。