

T 0711—2011 沥青混合料理论最大相对密度试验(真空法)

1 目的与适用范围

1.1 本方法适用于采用真空法测定沥青混合料理论最大相对密度,供沥青混合料配合比设计、路况调查或路面施工质量管理计算空隙率、压实度等使用。

对聚合物改性沥青,由于沥青结合料黏度较大,即使分散到6mm以下的颗粒,内部仍难免有较多的小气泡,影响测定结果,所以欧洲认为此方法是不适用的,我国的试验结果也证明了这一点,因此对于改性沥青混合料一般不采用此方法测定理论最大相对密度。真空法用于测定普通沥青混合料理论最大相对密度。

1.2 本方法不适用于吸水率大于3%的多孔性集料的沥青混合料。

多孔集料,容易吸水,易导致沥青混合料实测的最大理论密度偏大。

2 仪器与材料技术要求

2.1 天平:称量5kg以上,感量不大于0.1g;称量2kg以下,感量不大于0.05g。

2.2 负压容器:根据试样数量选用表T 0711-1中的A、B、C任何一种类型。负压容器口带橡皮塞,上接橡胶管,管口下方有滤网,防止细料部分吸入胶管。为便于抽真空时观察气泡情况,负压容器至少有一面透明或者采用透明的密封盖。

表 T 0711-1 负压容器类型

类型	容 器	附属设备
A	耐压玻璃,塑料或金属制的罐,容积大于2 000mL	有密封盖,接真空胶管,分别与真空装置和压力表连接
B	容积大于2 000mL的真空容量瓶	带橡皮塞,接真空胶管,分别与真空装置和压力表连接
C	4 000mL耐压真空器皿或干燥器	带橡皮塞,接真空胶管,分别与真空装置和压力表连接

2.3 真空负压装置:如图T 0711-1所示,由真空泵、真空表、调压装置、压力表及干燥或积水装置等组成。

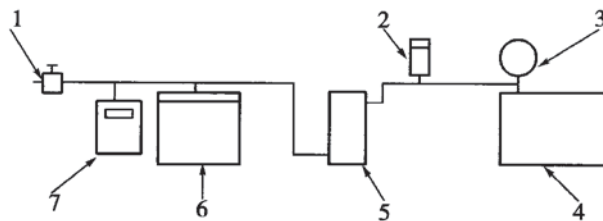


图 T 0711-1 理论最大相对密度仪装置

1-核查接口;2-调压装置;3-真空表;4-真空泵;5-干燥或积水装置;6-负压容器;7-压力表

2.3.1 真空泵应使负压容器内产生 $3.7\text{kPa} \pm 0.3\text{kPa}$ ($27.5\text{mmHg} \pm 2.5\text{mmHg}$) 负压;真空表分度值不得大于 2kPa 。

对原来采用的真空度控制方法进行了调整,真空装置要求有过压调节装置,原方法是采用真空度达到 97.3kPa (730mmHg) 而负压容器内的负压要达到 4kPa ,海平面上基本可以达到,但是对高海拔地区

达到该要求有困难。现在的方法要求负压容器内负压在 2min 内达到 $3.7\text{kPa} \pm 0.3\text{kPa}$ ($27.5\text{mm} \pm 2.5\text{mmHg}$)。这主要是由于目前国内部分试验仪实测负压低于 2kPa , 而负压过低容易使产生沥青剥落, 实测值偏大。而最新版本的 ASTM D 2041—03A 和 AASHTO T 209—05 均规定采用负压(即残余绝对压力) $3.7\text{kPa} \pm 0.3\text{kPa}$ ($27.5\text{mm} \pm 2.5\text{mmHg}$) 作为控制标准。因此修订后的方法与 ASTM D 2041—03A 和 AASHTO T 209—05 是一致的。

2.3.2 调压装置应具备过压调节功能, 以保持负压容器的负压稳定在要求范围内, 同时还应具有卸除真空压力的功能。

2.3.3 压力表应经过标定, 能够测定 $0 \sim 4\text{kPa}$ ($0 \sim 30\text{mmHg}$) 负压。当采用水银压力表时分度值 1mmHg , 示值误差为 2mmHg ; 非水银压力表分度值 0.1kPa , 示值误差为 0.2kPa 。压力表不得直接与真空装置连接, 应单独与负压容器相接。

要求试验仪应具有压力表和调压阀, 并要求试验仪的压力表不得与真空装置直接连接。表 T 0711a 为不同试验室采用理论最大相对密度仪的情况。可以看出目前国产仪器的压力表均与真空泵直接相接, 分度值一般为 $2 \sim 5\text{kPa}$, 精度太低, 无法满足 $3.7\text{kPa} \pm 0.3\text{kPa}$ ($27.5\text{mm} \pm 2.5\text{mmHg}$) 要求。调压阀主要功能是在真空装置抽真空太高, 超过调压阀的阈值时就会打开补偿真空, 使得负压容器负压稳定。因此本次修订明确这一要求。

表 T 0711a 不同理论最大相对密度仪的情况

仪器序号	国产 1	国产 2	国产 3	国产 4	国产 5	国产 6	进口 7	进口 8
真空表分度值(kPa)	2.5	2	2.5	5	5	5	2	2
负压值(kPa)	3.3	3.9	3.9	2.1	1.5	1.8	3.7	3.6

2.3.4 采用干燥或积水装置主要是为了防止负压容器内的水分进入真空泵内。

2.4 振动装置: 试验过程中根据需要可以开启或关闭。

2.5 恒温水槽: 水温控制 $25^\circ\text{C} \pm 0.5^\circ\text{C}$ 。

2.6 温度计: 分度值 0.5°C 。

2.7 其他: 玻璃板、平底盘、铲子等。

3 方法与步骤

3.1 准备工作

3.1.1 按以下几种方法获取沥青混合料试样, 试样数量宜不少于表 T 0711-2 的规定数量。

表 T 0711-2 沥青混合料试样数量

公称最大粒径(mm)	试样最小质量(g)	公称最大粒径(mm)	试样最小质量(g)
4.75	500	26.5	2 500
9.5	1 000	31.5	3 000
13.2、16	1 500	37.5	3 500
19	2 000		

- 1) 按照 T 0702 的方法拌制沥青混合料,分别拌制两个平行试样,放置于平底盘中。
- 2) 按照 T 0701 沥青混合料取样方法从拌和楼、运料车或者摊铺现场取样,趁热缩分成两个平行试样,分别放置于平底盘中。
- 3) 从沥青路面上钻芯取样或切割的试样,或者其他来源的冷沥青混合料,置 125℃ ± 5℃ 烘箱中加热至变软、松散后,然后缩分成两个平行试样,分别放置于平底盘中。

3.1.2 将平底盘中的热沥青混合料,在室温中冷却或者用电风扇吹,一边冷却一边将沥青混合料团块仔细分散,粗集料不破碎,细集料团块分散到小于 6.4mm。若混合料坚硬时可用烘箱适当加热后再分散,加热温度不超过 60℃。分散试样时可用铲子翻动、分散,在温度较低时应用手掰开,不得用锤打碎,防止集料破碎。当试样是从施工现场采取的非干燥混合料时,应用电风扇吹干至恒重后再操作。

若细集料团块分散不符合规范要求,测量的试验结果将偏小。

3.1.3 负压容器标定方法:

- 1) 采用 A 类容器时,将容器全部浸入 25℃ ± 0.5℃ 的恒温水槽中,负压容器完全浸没、恒温 10min ± 1min 后,称取容器的水中质量 m_1 。

- 2) B、C 类负压容器:

- (1) 大端口的负压容器,需要有大于负压容器端口的玻璃板。将负压容器和玻璃板放进水槽中,注意轻轻摇动负压容器使容器内气泡排除。恒温 10min ± 1min,取出负压容器和玻璃板,向负压容器内加满 25℃ ± 0.5℃ 水至液面稍微溢出,用玻璃板先盖住容器端口 1/3,然后慢慢沿容器端口水平方向移动盖住整个端口,注意查看有没有气泡。擦除负压容器四周的水,称取盛满水的负压容器质量为 m_b 。

- (2) 小口的负压容器,需要采用中间带垂直孔的塞子,其下部为凹槽,以便于空气从孔中排除。将负压容器和塞子放进水槽中,注意轻轻摇动负压容器使容器内气泡排除。恒温 10min ± 1min,在水中将瓶塞塞进瓶口,使多余的水由瓶塞上的孔中挤出。取出负压容器,将负压容器用干净软布将瓶塞顶部擦拭一次,再迅速擦除负压容器外面的水分,最后称其质量 m_b 。

注意瓶塞顶部只能擦拭一次,即使由于膨胀瓶塞上有小水滴也不能再擦拭。

对负压容器的标定,老版本的 ASTM 要求对不同水温作出负压容器标定曲线,允许在一定温度范围内测定,对于非 25℃ ± 1℃ 温度条件下需要进行沥青体积修正和水温修正,得到标准温度时的理论最大相对密度和理论最大密度,而 2003 版的规范只规定在 25℃ ± 1℃ 范围内进行试验,不要求温度修正。日本的试验方法也没有要求作不同水温的标定曲线。美国各州规定则不统一,绝大部分州要求严格按照 25℃ ± 1℃ (或者 25℃ ± 0.5℃) 进行试验,有的甚至要求在 25℃ ± 0.2℃ 试验。总而言之,在 ASTM 或 AASHTO 的规范里都指出,当每次试验都应进行容器标定,标定时温度值与试验温度值的差不大于 1℃ 时,就不需要作温度标定曲线。由于最大理论(相对)密度,在配合比设计、现场质量控制中非常重要,我国地域辽阔,各地室温差异较大,特别是施工现场试验室的温度相差很大,因此本方法规定试验应严格在 25℃ ± 0.5℃ 进行,每次试验都重新进行容器标定,无须对不同温度作出标定曲线。

- 3.1.4 将负压容器干燥、编号,称取其干燥质量。

3.2 试验步骤

- 3.2.1 将沥青混合料试样装入干燥的负压容器中,称容器及沥青混合料总质量,得到试样的净质量 m_a 。试样质量应不小于上述规定的最小数量。

- 3.2.2 在负压容器中注入 25℃ ± 0.5℃ 的水,将混合料全部浸没,并较混合料顶面高出约 2cm。

3.2.3 将负压容器放到试验仪上,与真空泵、压力表等连接,开动真空泵,使负压容器内负压在2min内达到 $3.7\text{kPa} \pm 0.3\text{kPa}$ ($27.5\text{mm} \pm 2.5\text{mmHg}$)时,开始计时,同时开动振动装置和抽真空,持续 $15\text{min} \pm 2\text{min}$ 。

为使气泡容易除去,试验前可在水中加0.01%浓度的表面活性剂(如每100mL水中加0.01g洗涤剂)。

3.2.4 当抽真空结束后,关闭真空装置和振动装置,打开调压阀慢慢卸压,卸压速度不得大于 8kPa/s (通过真空表读数控制),使负压容器内压力逐渐恢复。

3.2.5 当负压容器采用A类容器时,将盛试样的容器浸入保温至 $25^\circ\text{C} \pm 0.5^\circ\text{C}$ 的恒温水槽中,恒温 $10\text{min} \pm 1\text{min}$ 后,称取负压容器与沥青混合料的水中质量(m_2)。

3.2.6 当负压容器采用B、C类容器时,将装有沥青混合料试样的容器浸入保温至 $25^\circ\text{C} \pm 0.5^\circ\text{C}$ 的恒温水槽中,恒温 $10\text{min} \pm 1\text{min}$ 后,注意容器中不得有气泡,擦净容器外的水分,称取容器、水和沥青混合料试样的总质量(m_c)。

4 计算

4.1 采用A类容器时,沥青混合料的理论最大相对密度按式(T 0711-1)计算。

$$\gamma_t = \frac{m_a}{m_a - (m_2 - m_1)} \quad (\text{T 0711-1})$$

式中: γ_t ——沥青混合料理论最大相对密度;

m_a ——干燥沥青混合料试样的空中质量(g);

m_1 ——负压容器在 25°C 水中的质量(g);

m_2 ——负压容器与沥青混合料在 25°C 水中的质量(g)。

4.2 采用B、C类容器作负压容器时,沥青混合料的理论最大相对密度按式(T 0711-2)计算。

$$\gamma_t = \frac{m_a}{m_a + m_b - m_c} \quad (\text{T 0711-2})$$

式中: m_b ——装满 25°C 水的负压容器质量(g);

m_c —— 25°C 时试样、水与负压容器的总质量(g)。

4.3 沥青混合料 25°C 时的理论最大密度按式(T 0711-3)计算。

$$\rho_t = \gamma_t \times \rho_w \quad (\text{T 0711-3})$$

式中: ρ_t ——沥青混合料的理论最大密度(g/cm^3);

ρ_w —— 25°C 时水的密度, $0.9971\text{g}/\text{cm}^3$ 。

5 修正试验

5.1 需要进行修正试验的情况

5.1.1 对现场钻取芯样或切割后的试件,粗集料有破碎情况,破碎面没有裹覆沥青。

5.1.2 沥青与集料拌和不均匀,部分集料没有完全裹覆沥青。

现场钻芯或切割试样可能会产生粗集料破碎,使破碎面没有裹覆沥青等。这些情况易导致沥青混

合料实测的最大理论密度偏大,需要进行修正试验。ASTM、AASHTO 和日本的方法都采取了修正方法。为此,本次修订增加了修正试验,对集料吸水进行修正。

5.2 修正试验方法

5.2.1 完成 3.2.5 后,将负压容器静置一段时间使混合料沉淀后,使容器慢慢倾斜,使容器内水通过 0.075mm 筛滤掉。

5.2.2 将残留部分水的沥青混合料细心倒入一个平底盘中,然后用适当水涮容器和 0.075mm 筛网,并将其也倒入平底盘中,重复几次直到无残留混合料。

5.2.3 静置一段时间后,稍微提高平底盘一端,使试样中部分水倒出平底盘,并用吸耳球慢慢吸去水。

5.2.4 将试样在平底盘中尽量摊开,用吹风机或电风扇吹干,并不断翻拌试样。每 15min 称量一次,当两次质量相差小于 0.05% 时,认为达到表干状态,称取质量为表干质量,用表干质量代替 m_a 重新计算。

6 报告

同一试样至少平行试验两次,计算平均值作为试验结果,取 3 位小数。采用修正试验时需要在报告中注明。

本试验记录格式可参照表 T 0711b。

表 T 0711b 真空法实测沥青混合料理论最大相对密度试验记录表

容器类型	试样编号	干燥试样在空气中质量 m_a (g)	负压容器在 25℃ 水中质量 m_1 (g)	负压容器与试样在 25℃ 水中质量 m_2 (g)	装满 25℃ 水的负压容器质量 m_b (g)	试样、水、负压容器总质量 m_c (g)	试样理论最大相对密度	试样在 25℃ 水中理论最大密度测值 $\rho_t = \gamma_t \times \rho_w$ (g/cm ³)	最大理论密度 (g/cm ³)
		A 类: $\gamma_t = \frac{m_a}{m_a - (m_2 - m_1)}$		B、C 类: $\gamma_t = \frac{m_a}{m_a + m_b - m_c}$					
B	1	2 365.5			7 105	8 538.8	2.539		
	2	2 412.4			7 105.2	8 566.5	2.536		

7 允许误差

重复性试验的允许误差为 0.011g/cm³,再现性试验的允许误差为 0.019g/cm³。

允许误差要求是参考 AASHTO T 209—05 的规定,并结合我国的实际情况提出的。ASTM D 2041 规定重复性试验允许误差为 0.023g/cm³,再现性试验允许误差为 0.044 g/cm³。从试验情况看,此允许误差要求太宽。在美国,各州允许误差均采用了 AASHTO T 209—05 的要求。

《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004) 实施以来,真空法实测理论最大相对密度已成为标准试验方法,我们在具体实施过程中应该严格按照规程的方法进行试验。

T 0712—2011 沥青混合料理论最大相对密度试验(溶剂法)

本方法与 T 0711 真空法的目的相同。该方法在欧洲用得较多,但是需要消耗较多的三氯乙烯溶