

平行试验应加倍取样。

3.2 将沥青混合料均匀摊铺在搪瓷盘中,松铺约 $21 \sim 22\text{kg}/\text{m}^2$,将混合料放入 $135^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ 的烘箱中在强制通风条件下加热 $4\text{h} \pm 5\text{min}$,每小时用铲在试样盘中翻拌混合料一次。加热 4h 后,从烘箱中取出混合料,供试验使用。

4 长期老化的方法

4.1 试样准备:在试验室拌和沥青混合料,或在施工现场取样,按上述步骤对松散混合料进行短期老化,然后按本规程要求的试件尺寸和成型方法制作试件。如试样温度低于要求的成型温度时,可对混合料适当加热。

4.2 将试件连同试模一起置于室温条件下冷却不少于 16h,然后脱模。

4.3 将试件放置于试样架上送入 $85^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ 烘箱中,在强制通风条件下连续加热 $5\text{d}(120\text{h} \pm 0.5\text{h})$ 。注意在恒温过程中直至冷却前不得触摸试件和移动试件。

4.4 5d 后关闭烘箱,打开烘箱门,经自然冷却不少于 16h 至室温。取出试件,供试验使用。

我国对沥青混合料的试验历来都采用新拌沥青混合料进行。对这一点一直存在着疑问,因为沥青材料和其他材料不一样,它在使用过程中,有一个老化的过程。沥青路面的损坏也往往发生在各个不同时期,例如车辙最容易在混合料劲度小的早期的高温季节产生,而低温开裂即使是质量很差的沥青也较少在第一年冬天发生,一般是 3~5 年以后裂缝才多起来,更不用说疲劳裂缝出现得还要晚。沥青路面的水损害主要是沥青与集料的黏附性逐渐丧失而造成的,它也是在经过相当时间后才产生。所以国外已经注意到,对不同的性能指标应该采用经过不同老化履历的沥青及沥青混合料进行。具体来说,高温稳定性采用原样沥青及经过 TFOT(相当于拌和后)试验后的沥青以及新拌沥青混合料经过短期老化后进行,而低温抗裂性能、疲劳性能、水损害试验采用压力老化后的沥青以及经过长期老化后的沥青混合料进行。

经本方法短期老化的混合料可供评价沥青混合料的高温稳定性试验使用;经长期老化后的沥青混合料,可供评价沥青混合料低温抗裂、疲劳、水损害等主要是在使用过程中逐渐发生的破坏指标的试验使用,也适用于与未进行老化过程的沥青混合料的性能试验结果进行对比,供评价沥青混合料的耐老化性能使用。

但是,现有规范的一系列性能指标值都是基于新拌沥青混合料的试验基础上提出的,所以在现阶段,主要是对掺加抗剥落剂的混合料进行长期效果评价试验。

另外,按美国 AASHTO 的方法,对沥青混合料经过短期老化后制作的试件,还要求放入 60°C 的恒温箱内冷却至 $60^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ (通常为 2h);然后以 $72\text{kN}/\text{min} \pm 0.05\text{kN}/\text{min}$ 的速率向试件两端加载压平,进行端面处理,当样品两端平整或荷载达到 56kN 后,以同样的速率卸荷;再将试件置于室温条件下冷却 $16\text{h} \pm 1\text{h}$;然后在室温条件下脱模,才能将试件放置于试样架上送入 $85^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ 烘箱中恒温 $120\text{h} \pm 0.5\text{h}$,进行长期老化。但是,我国制作沥青混合料试件方法与美国不同,美国要求用搓揉成型机或轮碾法成型,而我国一般采用击实法、轮碾法或静压法,这样成型的试件既没有办法,也没有必要再按 AASHTO 的要求进行端面处理。故本方法将此加载卸载过程省略,直接冷却一夜后脱模,其余方法相同。这样规定对老化过程并不会有多大影响。

T 0735—2011 沥青混合料中沥青含量试验(燃烧炉法)

近年来国外开始直接采用燃烧炉法测定沥青用量的应用越来越多,其主要原因是此方法既快又比

较简单。国内引进已有多台,也有厂商开始生产这种仪器。为使试验方法规范化,本次修订时参照 ASTM D 6307—05 和 AASHTO T 308—08 方法,结合我国工程实践增补了本方法。

目前我国燃烧炉类型很多,按照加热方式分为对流式和直接辐射式。对流式燃烧炉燃烧温度至少可调到 $538^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 和 $482^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 并保持稳定。对于直接辐射式燃烧炉,一般设有 3 个燃烧模式,即一般燃烧模式、低温燃烧模式和强烧模式。一般燃烧模式适合于大部分沥青混合料;低温燃烧模式适合于质量损失较大的软颗粒的混合料;而强烧模式适合于燃烧不够充分的混合料。

沥青混合料由沥青结合料、集料及填充料组成。集料及填充料为不可燃无机物。沥青则由碳氢化合物及其衍生物构成,可燃且灰分质量很小,在试验过程中可忽略不计。将沥青混合料放入设定温度的燃烧炉内充分燃烧,可燃的沥青被烧掉,沥青烟气排放到燃烧炉外,只留下不可燃的无机矿物质,使油石分离。根据沥青混合料燃烧前后质量差可以计算出沥青混合料中的沥青含量。燃烧后剩余的矿料用于级配分析。

1 目的与适用范围

1.1 本方法适用于采用燃烧炉法测定沥青混合料中沥青含量,也适用于对燃烧后的沥青混合料进行筛分分析。

1.2 本方法适用于热拌沥青混合料以及从路面取样的沥青混合料在生产、施工过程中的质量控制。

燃烧法检测沥青含量是利用设定高于沥青燃点的温度将沥青灼烧掉,但对于燃点低于这一温度的沥青混合料中的其他有机物质也将一并被烧掉。本方法对于测定沥青混合料中掺加有纤维或橡胶粉(干法施工)等易燃烧的掺加剂时需慎用,由于掺加剂本身的燃烧特性,导致在燃烧过程中质量会损失一部分,给修正沥青含量增加了复杂性和偏差,最终将影响沥青用量的测定结果。

同时,实际上石料经高温燃烧存在崩解破碎现象,在应用燃烧设备时对造成崩解破碎的石料应进行适用性试验。

2 仪器与材料技术要求

2.1 燃烧炉:由燃烧室、称量装置、自动数据采集系统、控制装置、空气循环装置、试样篮及其附件组成。

2.1.1 燃烧室的尺寸应能容纳 3 500g 以上的沥青混合料试样,并有警示钟和指示灯,当试样质量的变化在连续 3min 内不超过试样质量的 0.01% 时,可以发出提示声音。燃烧室的门在试验过程中应锁死。

2.1.2 称量装置:该标准方法的称量装置为内置天平,感量 0.1g,能够称量至少 3 500g 的试样(不包括试样篮的质量)。

称量装置分为内置天平和外置天平。对于外置天平燃烧炉,其试验前后质量变化需要另备天平称量,燃烧过程难以获知燃烧质量损失率,难以判断什么时候燃烧到质量恒定,因此需要重复多次燃烧、冷却、称量过程,不能自动记录试验过程质量变化,其试验结果完全靠人工控制和计算。因此对于大规模施工过程中的质量控制,宜采用内置天平式燃烧炉。本方法规定内置天平燃烧炉法为标准方法。

2.1.3 燃烧炉:具有数据自动采集系统,在试验过程中可以实时检测并且显示质量,有一套内置的计算机程序来计算试样篮质量的变化,并且能够输入集料损失的修正系数,进行自动计算、显示试验结果,并可以将试验结果打印出来。

2.1.4 燃烧炉:应具有强制通风降低烟雾排放的设施,在试验过程中燃烧炉的烟雾必须排放到室外,不得有明显的烟味进入到试验室里。

2.2 试样篮:可以使试样均匀地摊薄放置在篮里。能够使空气在试样内部及周围流通。2个及2个以上的试样篮可套放在一起。试样篮由网孔板做成,一般采用打孔的不锈钢或者其他合适的材料做成,通常情况下网孔的尺寸最大为2.36mm,最小为0.6mm。

2.3 托盘:放置于试样篮下方,以接受从试样篮中滴落的沥青和集料。

2.4 烘箱:温度应控制在设定值 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

2.5 天平:满足称量试样篮以及试样的质量,感量不大于0.1g。

2.6 防护装置:防护眼镜、隔热面罩、隔热手套、可以耐高温 650°C 的隔热罩,试验结束后试样篮应该放在隔热罩内冷却。

2.7 其他:大平底盘(比试样篮稍大)、刮刀、盆、钢丝刷等。

3 准备试样

3.1 按本规程 T 0701 沥青混合料取样方法,在拌和厂从运料卡车采取沥青混合料试样,宜趁热放在金属盘(或搪瓷盘)中适当拌和,待温度下降至 100°C 以下时,称取混合料试样,准确至0.1g。

3.2 当用钻孔法或切割法从路面上取得的试样时,应用电风扇吹风使其完全干燥,但不得用锤击以防集料破碎;然后置烘箱 $125^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 加热成松散状态,并至恒重;适当拌和后称取试样质量,准确至0.1g。

当采用钻取芯样或从路面切割的试样进行试验时,关于含水量的修正,ASTM 和 AASHTO 中规定,将试件置烘箱 $120^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 至恒重或者测定含水量。对于加热至恒重的试件不用进行含水量修正,而对于未烘干至恒重的沥青混合料则需要修正,即扣除燃烧试验前试件里部分水的质量。为了减少工作量,节省试验时间,本方法统一规定对采用以上方法取得的试样进行试验时,除了吹风使其完全干燥外,还应在烘箱中加热 $125^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 至恒重,然后直接采用燃烧法测定沥青混合料沥青含量,因此无须进行含水量修正。

3.3 当混合料已经结团时,不得用刮刀或者铲刀处理,应该将试样置于托盘中放在烘箱 $125^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 中加热成松散状态取样。

3.4 试样最小质量根据沥青混合料的集料公称最大粒径按表 T 0735-1 选用。

表 T 0735-1 试样最小质量要求

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	1 200	19	2 000
9.5	1 200	26.5	3 000
13.2	1 500	31.5	3 500
16	1 800	37.5	4 000

4 标定

4.1 标定要求

4.1.1 对每一种沥青混合料都必须进行标定,以确定沥青用量的修正系数和筛分级配的修正系数。

4.1.2 当混合料中任何一档料的料源变化或者单档集料配合比变化超过5%时均需要标定。

4.2 标定步骤

4.2.1 按照沥青混合料配合比设计的步骤,取代表性各档集料,将各档集料放入 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘箱加热至恒重,冷却后按配合比配出5份集料混合料(含矿粉)。

4.2.2 将其中2份集料混合料进行水洗筛分。取筛分结果平均值为燃烧前的各档筛孔通过百分率 P_{Bi} ,其级配需满足被检测沥青混合料的目标级配范围要求。

4.2.3 分别称量3份集料混合料质量 m_{B1} ,准确至0.1g。按照配合比设计时成型试件的相同条件拌制沥青混合料,如沥青的加热温度、集料的加热温度和拌和温度等。

4.2.4 在拌制2份标定试样前,先将1份沥青混合料进行洗锅,其沥青用量宜比目标沥青用量 P_b 多0.3%~0.5%,目的是使拌和锅的内侧先附着一些沥青和粉料,这样可以防止在拌制标定用的试样过程中拌和锅粘料导致试验误差。

在进行标定前,需要对试验室沥青拌和机的搅拌锅进行处理,按设计的沥青含量 P_b 多0.3%~0.5%和级配配制混合料搅拌1锅倒掉,以防止在拌制标定用的试样过程中拌和锅粘料导致试验误差。

4.2.5 正式分别拌制2份标定试样,其沥青用量为目标沥青用量 P_b 。将集料混合料和沥青加热后,先将集料混合料全部放入拌和机,然后称量沥青质量 m_{B2} ,准确至0.1g。将沥青放入拌和锅开始拌和,拌和后的试样质量应满足表 T 0735-1 要求。拌和好的沥青混合料应直接放进试样篮中。

4.2.6 预热燃烧炉。将燃烧温度设定 $538^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。设定修正系数为0。

火焰燃烧温度不均衡主要反映在集料的烧失量上。燃烧时,试验温度为 $538^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,而沥青的燃点是低于此温度的,因此沥青可以充分燃烧。温度不均衡主要发生在沥青燃烧时引起的火焰阶段。对于不同的试验样品,样品的堆积厚度和沥青含量不同,产生火焰的温度不同,但是这一温度变化时间是短暂的,最终是沥青燃烧充分后达到稳定,因此此试验误差可以忽略不计。

4.2.7 称量试样篮和托盘质量 m_{B3} ,准确至0.1g。

4.2.8 试样篮放入托盘中,将加热的试样均匀地在试样篮中摊平,尽量避免试样太靠近试样篮边缘。称量试样、试样篮和托盘总质量 m_{B4} ,准确至0.1g。计算初始试样总质量 m_{B5} (即 $m_{B4} - m_{B3}$),并将 m_{B5} 输入燃烧炉控制程序中。

4.2.9 将试样篮、托盘和试样放入燃烧炉,关闭燃烧室门,检查燃烧炉控制程序中显示的 m_{B4} 质量

是否准确,即试样、试样篮和托盘总质量(m_2)与显示质量(m_{B4})的差值不得大于5g,否则需调整托盘的位置。

将试样篮、托盘和试样放入燃烧炉时,注意试样篮、托盘不得与燃烧室侧壁接触;试验过程中不得使燃烧炉体产生振动,且不得打开燃烧室门;同时注意操作人员安全。

4.2.10 锁定燃烧室的门,启动开始按钮进行燃烧。燃烧至连续3min试样质量每分钟损失率小于0.01%时,燃烧炉会自动发出警示声音或者指示灯亮起警报,并停止燃烧。燃烧炉控制程序自动计算试样燃烧损失质量 m_{B6} ,准确至0.1g。按下停止按钮,燃烧室的门会解锁,并打印试验结果,从燃烧室中取出试样盘。燃烧结束后,罩上保护罩适当冷却。

4.2.11 将冷却后的残留物倒入大盘子中,用钢丝刷清理试样篮确保所有残留物都刷到盘子中待用。

4.2.12 重复以上4.2.6~4.2.11步骤将第2份混合料燃烧。

4.2.13 根据式(T 0735-1)分别计算两份试样的质量损失系数 C_{fi} 。

$$C_{fi} = \left(\frac{m_{B6}}{m_{B5}} - \frac{m_{B2}}{m_{B1}} \right) \times 100 \quad (\text{T 0735-1})$$

式中: C_{fi} ——质量损失系数;

m_{B1} ——每份集料混合料质量(g);

m_{B2} ——沥青质量(g);

m_{B5} ——初始试样总质量(g);

m_{B6} ——试样燃烧损失质量(g)。

1)若两个试样的质量损失系数差值不大于0.15%,则取平均值作为沥青用量的修正系数 C_f 。

2)若两个试样的质量损失系数差值大于0.15%,则重新准备两个试样按以上步骤进行燃烧试验,得到4个质量损失系数,除去1个最大值和1个最小值,将剩下的两个修正系数取平均值作为沥青用量的修正系数 C_f 。

4.2.14 当沥青用量的修正系数 C_f 小于0.5%时,按照4.2.17进行级配筛分。

4.2.15 当沥青用量的修正系数 C_f 大于0.5%时,设定 $482^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 燃烧温度按照4.2.1~4.2.13重新标定,得到 482°C 的沥青用量的修正系数 C_f 。如果 482°C 与 538°C 得到的沥青用量的修正系数差值在0.1%以内,则仍以 538°C 的沥青用量作为最终的修正系数 C_f ;如果修正系数差值大于0.1%,则以 482°C 的沥青用量作为最终修正系数 C_f 。

沥青混合料在高温燃烧过程中,一些集料也会被燃烧掉,因此需要将这部分损失量从总沥青混合料损失量中扣除;同时一些集料在高温下会破碎,从而导致燃烧前与燃烧后的筛分结果有差异。因此,本方法参照AASHTO及ASTM的规定,要求对于每一种沥青混合料都必须进行标定。当混合料任何一档料的料源变化或者单档集料配合比变化超过5%时均需要重新标定。

最新的AASHTO、ASTM均规定沥青用量修正系数 C_f 大于1.0%时,需要采用 482°C 进行重新标定,而以前的AASHTO、ASTM规定为0.5%。本方法确定为0.5%。

4.2.16 确保试样在燃烧室得到完全燃烧。如果试样燃烧后仍然有发黑等物质,说明没有完全燃烧干净。如果沥青混合料试样的数量超过了设备的试验能力,或者一次试样质量太多燃烧不够彻底时,

可将试样分成两等份分别测定,再合并计算沥青含量。不宜人为延长燃烧时间。

4.2.17 级配筛分。用最终沥青用量修正系数 C_f 所对应的 2 份试样的残留物,进行筛分,取筛分平均值为燃烧后沥青混合料各筛孔的通过率 P'_{Bi} 。燃烧前、后各筛孔通过率差值均符合表 T 0735-2 的范围时,则取各筛孔的通过百分率修正系数 $C_{Pi} = 0$,否则应按式(T 0735-2)进行燃烧后混合料级配修正。

$$C_{Pi} = P'_{Bi} - P_{Bi} \quad (\text{T 0735-2})$$

式中: P'_{Bi} ——燃烧后沥青混合料各筛孔的通过率(%) ;

P_{Bi} ——燃烧前的各档筛孔通过百分率(%)。

表 T 0735-2 燃烧前后混合料级配允许差值

筛孔(mm)	≥ 2.36	0.15 ~ 1.18	0.075
允许差值	$\pm 5\%$	$\pm 3\%$	$\pm 0.5\%$

对于是否需要进行筛分级配的修正,ASTM 没有规定,而早期的 AASHTO 也没有给出,最新版本方法则有规定。本方法与 AASHTO T 308—08 完全一致。

5 试验方法和步骤

试验时应该按照标定时确定的最终沥青用量的修正系数 C_f ,并在相同条件下进行沥青混合料沥青用量的测定。

相同条件指相同的燃烧温度,相同的矿质混合料、级配,相同型号的沥青。

5.1 将燃烧炉预热到设定温度(设定温度与标定温度相同)。将沥青用量的修正系数 C_f 输入到控制程序中,将打印机连接好。

5.2 将试样放在 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘至恒重。

5.3 称量试验篮和托盘质量 m_1 ,准确至 0.1g。

5.4 试样篮放入托盘中,将加热的试样均匀地摊平在试样篮中。称量试样、试验篮和托盘总质量 m_2 ,准确至 0.1g。计算初始试样总质量 m_3 (即 $m_2 - m_1$),将 m_3 作为初始的试样质量输入燃烧炉控制程序中。

5.5 将试样篮、托盘和试样放入燃烧炉,关闭燃烧室门。查看燃烧炉控制程序显示质量,即试样、试样篮和托盘总质量(m_2)与显示质量(m_{B4})的差值不得大于 5g,否则需调整托盘的位置。

5.6 锁定燃烧室的门,启动开始按钮进行燃烧。

5.7 按照标定步骤 4.2.10 的方法进行燃烧,连续 3min 试样质量每分钟损失率小于 0.01% 时结束,燃烧炉控制程序自动计算试样损失质量 m_4 ,准确至 0.1g。

关于试验结束条件,本方法与 AASHTO、ASTM 以及美国一些州的规定一致。

5.8 按照式(T 0735-3)计算修正后的沥青用量 P ,准确至 0.01%。此值也可由燃烧炉控制程序自动计算。

$$P = \left(\frac{m_4}{m_3} \times 100 \right) - C_f \quad (\text{T 0735-3})$$

5.9 燃烧结束后,取出试样篮罩上保护罩,待试样适当冷却后,将试样篮中残留物倒入大盘子中,用钢丝刷将试样篮所有残留物都清理到盘子中,然后进行筛分,得到燃烧后沥青混合料各筛孔的通过率 P'_i ,修正得到混合料级配 P_i (即 $P'_i - C_{Pi}$)。

6 允许误差

沥青用量的重复性试验允许误差为 0.11%,再现性试验的允许误差为 0.17%。

7 报告

同一沥青混合料试样至少平行测定两次,取平均值作为试验结果。报告内容应包括燃烧炉类型、试验温度、沥青用量的修正系数、试验前后试样质量和测定的沥青用量试验结果,并将标定和测定时的试验结果打印并附到报告中。当需要进行筛分试验时,还应包括混合料的筛分结果。

用燃烧炉法测定沥青混合料中的沥青含量,在使用过程中一定要注意标定和试验的研究,认真总结经验。由于该仪器有进口的也有国产的,不同型号的燃烧炉在操作上可能会有所不同,但是基本原理应该是一样的,所以在使用过程中应按照仪器的说明书进行操作。

T 0736—2011 沥青混合料旋转压实试件制作方法(SGC 方法)

1 目的与适用范围

1.1 本方法适用于旋转压实法成型 $\phi 150\text{mm}$ 或 $\phi 100\text{mm}$ 沥青混合料圆柱体试件,以供试验室进行沥青混合料物理力学性质试验使用。

1.2 本方法也适合于在试件成型过程中测量剪切应力的变化,用于分析沥青混合料性能。

1939年,美国得克萨斯州公路局提出旋转压实仪的概念,利用垂直压力来制作试件,能够模拟现场实际碾压的效果,并开发了旋转压实仪,之后于1946年制定标准试验规程,并纳入规范。20世纪50年代,美国工程兵在得克萨斯州公路局概念基础上研发了搓揉式旋转压实仪,并于1957年申请了专利,1993年开始计算旋转剪切模量和旋转抗压模量,称为GTM法。

1991年SHRP战略研究计划项目组、沥青协会(AI)和法国LCPC一起开发基于得克萨斯州旋转压实仪的LCPC版的旋转压实仪,旋转角为 1° ,试件直径为152.4mm。沥青协会(AI)将旋转角调整为 1° ,并进行沥青混合料试验,发现由于旋转角太小,空隙率很难达到4%以下。由此SHRP研究人员推测,法国的小旋转角 1° 仅仅能模拟施工阶段的初始碾压,不足以达到设计4%的目标空隙率。然后又将旋转角提高为 1.23° ,最终SHRP建议采用的旋转压实仪SGC参数为旋转角 1.25° 、垂直压力600kPa、转速30r/min。SGC压实基本原理是:试件在一个控制室中缓慢地压实,试件运动的轴线如同一圆锥,它的顶点与试件顶部重合。旋转底座将试模定位于 1.25° 的旋转压实角,以30r/min的恒定速率旋转。压力加载头对试件实施600kPa的竖直压力。这样在材料倒入试模中后同时受到竖向压力与水平剪力的作用,使集料颗粒定向形成骨架。这种过程模拟了荷载对道路搓揉压实作用,利用SGC旋转压实仪成型试件,然后测试相应的体积参数。由于在研制中没有考虑测试诸如抗剪强度等参数,因此SGC并不能直接提供判定路面是否稳定所必需的应力和应变特征,这也是和GTM、LCPC的主要区别。但是最近几年,美国已经开发了多种类型的SGC。

澳大利亚于20世纪90年代也开发了旋转压实仪Servopac,能够同时满足AASHTO TP 4、EN 12697-