

ZUIXINGON 最新公路工程

施工 验收 评定行业标准 国家标准 及强制性条文

SHIGONGYANSHOUPINGDINGHANGYEBIAOZHUNJIQIAN

最新公路工程施工 验收 评定行业标准 国家标准及强制性条文

李刚明 主编

(三)

本手册为《最新公路工程施工 验收 评定行业标准 国家标准及强制性条文》
(CD-ROM)光盘配套使用说明及注解手册

对比,美国沥青路面协会(NAPA)对大型试件的试验方法进行了详细的研究,又经过ASTM委员会研究论证,终于在1996年制定了ASTM标准试验方法D 5581—96: Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus (6 Inch-Diameter Specimen)。也是在1996年,日本道路协会修订《铺装试验法便览》时出版了《铺装试验法便览别册(暂定试验方法)》,将“用大型试模的马歇尔稳定度试验方法”定为标准试验方法。日本的方法与ASTM D 5581的方法完全相同。由于有了国内外的实践和经验,及时将其定为标准方法是适宜的,它有利于我国的研究和推广工作的统一和发展,也有利于与国际上的一致。

本方法按照ASTM D 5581—96修订。为了起见,将大型试件的试模尺寸及马歇尔试验压头示于图中。关于试件尺寸,ASTM为英制6in (152.4mm) × 3.75in (95.2mm),日本为公制152.4mm × 95.3mm。3.75in应该相当于95.3mm,故本规程统一为95.3mm。

对大型马歇尔试验的有关问题在相关试验法中也作了修改。现在在使用此方法时尚存在一些问题,主要是稳定度、流值等指标的设计和验收标准问题,国外也在研究中。例如美国资料在配合比设计方法中推荐稳定度为普通试件的2.25倍,流值为普通试件的1.5倍。

T 0703—1993 沥青混合料试件制作方法(轮碾法)

1 目的与适用范围

1.1 本方法规定了在试验室用轮碾法制作沥青混合料试件的方法,以供进行沥青混合料物理力学性质试验时使用。

1.2 轮碾法适用于300mm × 300mm × 50mm(或40mm)或300mm × 300mm × 100mm板块状试件的成型,由此板块状试件用切割机切制成棱柱体试件,或在试验室用芯样钻机钻取试样,成型试件的密度应符合马歇尔标准击实试样密度 $100 \pm 1\%$ 的要求。

1.3 沥青混合料试件制作时的试件尺寸应符合如下要求:对轮碾板块试件,碾压层厚度不小于公称最大集料粒径的1~1.5倍,对切制棱柱体试件,长度不小于公称最大集料粒径的4倍,宽度或厚度不小于公称最大集料粒径的1~1.5倍,对轮

碾成型板厚 50mm 的试件, 矿料规格及试件数量应符合本规程 T 0702 的规定, 但当试件厚度等于或大于 100mm 时, 亦可用直接法制作试件。

2 仪器与材料

2.1 轮碾成型机: 轮碾成型机的式样如图 1 所示, 它具有与钢筒式压路机相似的圆弧形碾压轮, 轮宽 300mm, 压实线荷载为 300N/cm, 碾压行程等于试件长度, 经碾压后的板块状试件可达到马歇尔试验标准击实密度的 $100 \pm 1\%$ 。当无轮碾成型机时, 可用手动碾代替, 手动碾轮宽与试件同宽, 备有 10kg 砝码 5 个, 以调整载重 (手动碾成型的试件厚度不大于 50mm)。在施工现场也可有采用压路机代替。

2.2 试验室用沥青混合料拌和机: 能保证拌和温度并充分拌和均匀, 可控制拌和时间, 宜采用容量大于 30L 的大型沥青混合料拌和机, 也可采用容量大于 10L 的小型拌和机。

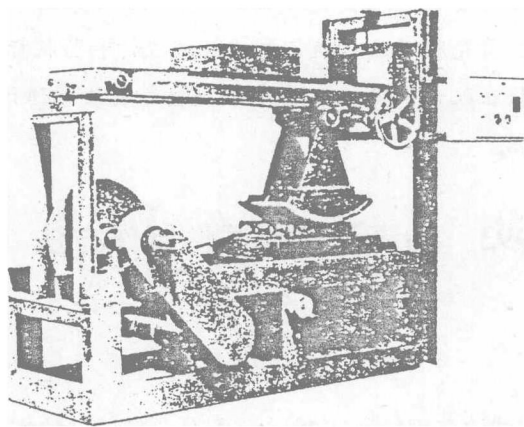


图 1 轮碾成型机

2.3 试模: 由高碳钢或工具钢制成, 试模尺寸应保证成型后符合要求试件尺寸的规定。试验室制作车辙试验板块状试验的标准试模如图 2, 内部平面尺寸为 300mm × 300mm, 高 50mm (或 40mm) 或 100mm。

2.4 手动碾压成型车辙试件的试模框架: 硬木或钢板制, 内部尺寸 300mm × 300mm × 50mm, 平面能与试模边缘齐平。

2.5 切割机: 试验室用金刚石锯片锯石机 (单锯片或双锯片切割机) 或现场用路

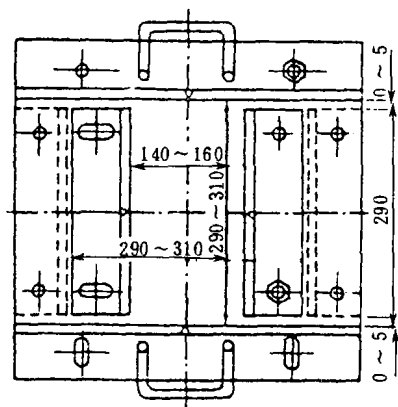


图 2 车辙试验试模 (单位: mm)

面切割机,有淋水冷却装置,其切割厚度不小于试件厚度。

2.6 钻孔取芯机:用电力或汽油机、柴油机驱动,有淋水冷却装置。金刚石钻头的直径根据试件的直径选择(通常为 100mm,根据需要也可为 150mm)。钻孔深度不小于试件厚度,钻头转速不小于 1000r/min。

2.7 烘箱:大、中型各一台,装有温度调节器。

2.8 台秤、天平或电子秤:称量 5kg 以上的,感量不大于 1s;称量 5kg 以下时,用于称量矿料的感量不大于 0.5g,用于称量沥青的感量不大于 0.1g。

2.9 沥青运动粘度测定设备:布洛克菲尔德粘度计、毛细管粘度计或赛波特粘度计。

2.10 小型击实锤:钢制端部断面 80mm×80mm,厚 10mm,带手柄,总质量 0.5kg 左右。

2.11 温度计:分度为 1℃。宜采用有金属插杆的热电偶沥青温度计,金属插杆的长度不小于 300mm,量程 0℃~300℃,数字显示或度盘指针的分度 0.1℃,且有留置读数功能。

2.12 干冰:固体 CO₂。

2.13 其它:电炉或煤气炉、沥青熔化锅、拌和铲、标准筛、滤纸、胶布、卡尺、秒表、粉笔、垫木、棉纱等。

3 准备工作

3.1 按本规程 T 0702 的方法决定制作沥青混合料试件的拌和与压实温度。常温沥青混合料的拌和及压实在常温下进行。

3.2 按本规程 T 0701 在拌和厂或施工现场采集沥青混合料试样。如混合料温度符合要求,可直接用于成型。在试验室人工配制沥青混合料时,按本规程 T 0702 的方法准备矿料及沥青,加热备用,常温沥青混合料的矿料不加热。

3.3 将金属试模及小型击实锤等置 100℃左右烘箱中加热 1h 备用。常温沥青混合料用试模不加热。

3.4 按本规程 T 0702 的方法拌制沥青混合料,混合料及各种材料数量由 1 块试件的体积按马歇尔标准击实密度乘以 1.03 的系数求算。对试验室试验研究、配合比设计检验及采用机械拌和施工的工程,不得用人工炒拌法拌制沥青混合料,当采用大容量沥青混合料拌和机时宜全量一次拌和,当采用小型混合料拌和机时,可分两次拌和。

4 轮碾成型方法

4.1 试验室用轮碾成型机制备试件,试件尺寸通常为 300mm×300mm×50mm (或 40mm)。根据需要也可采用其它尺寸。但一层碾压的厚度不得超过 100mm。

4.1.1 将预热的试模从烘箱中取出,装上试模框架,在试模中铺一张裁好的普通纸(可用报纸),使底面及侧面均被纸隔离,将拌和好的全部沥青混合料(注意不得散失,分两次拌和的应倒在一起),用小铲稍加拌和后均匀地沿试模由边至中按顺序转圈装入试模,中部要略高于四周。

4.1.2 取下试模框架,用预热的小型击实锤由边至中转圈夯实一遍,整平成凸圆弧形。

4.1.3 插入温度计,待混合料稍冷至本规程 T 0702 规定的压实温度(为使冷却均匀,试模底下可用垫木支起)时,在表面铺一张裁好尺寸的普通纸。

4.1.4 当用轮碾机碾压时,宜先将碾压轮预热至 100℃左右(如不加热,应铺牛皮纸)。然后,将盛有沥青混合料的试模置于轮碾机的平台上,轻轻放下碾压轮,调整总荷载为 9kN (线荷载 300N/cm)。

4.1.5 启动轮碾机,先在一个方向碾压 2 个往返(4 次),卸荷,再抬起碾压轮,

将试件调转方向,再加相同荷载碾压至马歇尔标准密实度 $100\pm 1\%$ 为止。试件正式压实前,应经试压,决定碾压次数,一般 12 个往返(24 次)左右可达要求。如试件厚度为 100mm 时,宜按先轻后重的原则分两层碾压。

4.1.6 当用手动碾碾压时,先用空碾碾压,然后逐渐增加砝码荷载,直至将 5 个砝码全部加上,进行压实,至马歇尔标准密度 $100\pm 1\%$ 为止。碾压方法及次数应由试压决定,并压至无轮迹为止。

4.1.7 压实成型后,揭去表面的纸,用粉笔在试件表面标明碾压方向。

4.1.8 盛有压实试件的试模,置室温下冷却,至少 12h 后方可脱模。

4.2 在工地制备试件

4.2.1 按本规程 T 0701 采取代表性的沥青混合料样品,数量需多于 3 个试件的需要量。

4.2.2 按试验室方法称取一个试样混合料数量装入符合要求尺寸的试模中,用小锤均匀击实。试模应不妨碍碾压成型。

4.2.3 碾压成型:在工地上,可用小型振动压路机或其它适宜的压路机碾压,在规定的压实温度下,每一遍碾压 3s~4s,约 25 次往返,使沥青混合料压实密度达到马歇尔标准密度 $100\pm 1\%$ 。也可采用手动碾压实成型。注意碾压过程不得将试模撑开,影响试件尺寸。

4.2.4 如将工地取样的沥青混合料送往试验室成型时,混合料必须放在保温桶内,不使温度下降,且在抵达试验室后立即成型,如温度低于要求可适当加热至压实温度后,用轮碾成型机成型。如系完全冷却后经二次加热重塑成型的试件,必须在试验报告上注明。

5 用切割机切制棱柱体试件

试验室用切割机切制棱柱体试件的步骤如下:

5.1 按试验要求的试件尺寸,在轮碾成型的板块状试件表面规划切割试件的数目,但边缘 20mm 部分不得使用。

5.2 切割顺序如图 3 所示,首先在与轮碾法成型垂直的方向,沿 A—A 切割第 1 刀作为基准面,再在垂直的 B—B 方向切割第 2 刀,精确量取试件长度后切割 C—C,使 A—A 及 C—C 切下的部分大至相等。使用金刚石锯片切割时,一定要开放冷却水。

5.3 仔细量取试件切割位置,按图 3 顺碾压方向(B—B 方向)切割试件,使试件宽度符合要求。锯下的试件应按顺序放在玻璃板上排列整齐,然后再切割试件的底面及表面。将切割好的试件立即编号,供弯曲试验用的试件应用胶布贴上标记,保持轮碾成型时的上下位置,直至弯曲试验时上下方向始终保持不变,试件的尺寸应符合各项试验的规格要求。

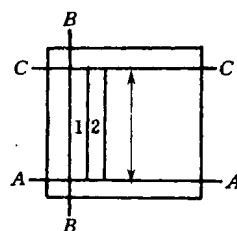


图 3 切割棱柱体试件的顺序

5.4 将完全切割好的试件放在玻璃板上,试件之间留有 10mm 以上的间隙,试件下垫一层滤纸,并经常挪动位置,使其完全风干。如急需使用,可用电风扇或冷风机吹干,每隔 1h~2h,挪动试件一次,使试件加速风干,风干时间宜不小于 24h。在风干过程中,试件的上下方向及排序不能搞错。

6 用钻芯法钻取圆柱体试件

6.1 在试验室用芯样钻机从板块状试件钻取圆柱体试件的步骤如下:

6.1.1 将轮碾成型机成型的板块状试件脱模,成型的试件厚度应不小于圆柱体试件的厚度。

6.1.2 在试件上方作出取样位置标记,板块状试件边缘部分的 20mm 内不得使用。根据需要,可选用直径 100mm 或 150mm 的金刚石钻头。

6.1.3 将板块状试件置于钻机平台上固定,钻头对准取样位置。

6.1.4 在钻孔位置堆放干冰,使试件迅速冷却。一边开动钻机,一边添加干冰,冷却钻头和试件。如没有干冰时,可开放冷却水,开动钻机,均匀地钻透试块。为保护钻头,在试块下可垫上木板等。

6.1.5 提起钻机,取出试件。

6.1.6 按上述方法将试件吹干备用。

6.2 根据需要,可再用切割机切去钻芯试件的一端或两端,达到要求的高度,但必须保证端面与试件轴线垂直且保持上下平行。

条文说明

轮碾成型机在英国、法国、日本、美国、澳大利亚及许多国家广泛使用。碾轮有刚性轮及充气轮胎两种,其型号与压力等并不相同,因此不能互换,进口轮碾成

型机的单位必须注意。国内几个单位研制的轮碾机基本上都是根据近年来从日本引进的样机生产的,碾轮即为实际的刚性碾的一部分。本试验法对其圆弧半径、荷重、行程都作了规定。对无轮碾成型机的单位,本试验法参照壳牌石油公司研究所的方法,规定可用手动碾代替。我国也已生产此种手动碾。

轮碾法成型试件方法是参照日本道路协会铺装试验法便览并根据我国实际情况制定的。我国生产的轮碾成型机一般均可制作 $300\text{mm} \times 300\text{mm} \times (50 \sim 100)\text{mm}$ 的试件。考虑到我国沥青面层的表面层有许多为 40mm ,故本次修订增加了也适用于 $300\text{mm} \times 300\text{mm} \times 40\text{mm}$ 的试件,以更加符合实际情况。

用于试验的棱柱体试件,规定均由轮碾机成型后用切割机切制得到,它与1983年试验规程规定的用静压法制取有许多优点且要简单得多。试件内部均匀,无集料破碎情况,集料嵌挤及排列形状符合路面实际情况,没有边缘效应(即在静压时靠试模的部分密实度差,且不光滑)。本试验法根据近年来的实际经验规定了切制步骤。有些圆柱体试件也需要切割,使端部平齐,本方法也作了规定。

圆柱体试件除用搓揉法、振动成型、静压法制取外,国外也采用从轮碾机成型的板块状试件钻取圆柱体的办法,且使用者越来越多,本试验法对此也作了规定。

T 0704—1993 沥青混合料试件制作方法(静压法)

1 目的与适用范围

1.1 本方法规定用静压法制作沥青混合料试件的方法,以供在试验室进行沥青混合料物理力学性质试验。

1.2 凡采用静压法制作的试件,有条件时均可用振动压实或搓揉成型设备代替,成型试件以密度达到马歇尔标准击实试件密度 $100\pm\%$ 控制。

1.3 沥青混合料试件制作时的试件尺寸应符合试件直径不小于公称最大集料粒径的4倍,试件厚度不小于公称最大集料粒径的1~1.5倍的规定,其矿料规格及试件数量应符合本规程 T 0702 的规定。

2 仪器与材料

2.1 压力机或带压力表的千斤顶:不小于 300kN 。

2.2 试验室用沥青混合料拌和机：能保证拌和温度并充分拌和均匀，可控制拌和时间，拌和机的容量为 10L（小型）或 30L（大型）。

2.3 脱模器：电动或手动，可无破损地推出圆柱体试件，备有要求尺寸的推出环。

2.4 各种试模：包括压头，每种至少 3 组，由高碳钢或工具钢制成，试模尺寸应保证成型后符合要求试件尺寸的规定。

2.4.1 抗压试验圆柱体试模：采用 $\phi 00\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的试件尺寸时，试模内径与试件直径相同，试模高 180mm，上下压头直径 100mm，上压头高 50mm，下压头高 90mm。

2.4.2 三轴试验圆柱体试模：采用 $\phi 00\text{mm} \times 200\text{mm}$ 的试件尺寸时，内径与试件直径相同，试模高 300mm，上下压头直径 100mm，上压头高 50mm，下压头高 90mm，试模也可由一个分成两半的内套和一个圆柱形外套组成。

2.5 烘箱：大、中型各一台，装有温度调节器。

2.6 台秤、天平或电子秤：称量 5kg 以上的感量不大于 1g；称量 5kg 以下时，用于称量矿料的感量不大于 0.5g，用于称量沥青的感量不大于 0.1g。

2.7 沥青运动粘度测定设备：毛细管粘度计或赛波特粘度计。

2.8 插刀或大螺丝刀。

2.9 垫块。

2.10 温度计：分度为 1°C 。宜采用有金属插杆的热电偶沥青温度计，金属插杆的长度应不小于 300mm，量程 $0^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ ，数字显示或度盘指针的分度 0.1°C ，且有留置读数功能。

2.11 其它：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、棉纱等。

3 准备工作

3.1 按本规程 T 0702 的方法确定制作沥青混合料试件的拌和与压实温度。常温沥青混合料的拌和及压实常温下进行。

3.2 按本规程 T 0701 在拌和厂或施工现场采集沥青混合料试样。如混合料温度符合要求，可直接用于成型。在试验室人工配制沥青混合料时，按本规程 T 0702 的方法准备矿料及沥青并加热备用。常温沥青混合料的矿料不加热。

3.3 将金属试模及压头等置 100°C 左右烘箱中加热 1h 备用。常温沥青混合料用试

模不加热。

3.4 按本规程 T 0702 的方法拌制沥青混合料,数量略多于试件质量需要。插入温度计检测温度。待温度符合成型需要时用于装模,通常的装模温度为 $125^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ (石油沥青) 及 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ (煤沥青)。

4 成型方法

4.1 按试件要求尺寸,准确称取混合料数量,应为 1 个试件的体积与马歇尔标准击实密度的乘积。

4.2 将试模钢筒和承压头从烘箱中取出,立即在钢筒内部和承压头底面涂以很少量的润滑油,并将下承压头置于钢筒中。为使承压头突出钢筒底口 $2\text{cm} \sim 3\text{cm}$,下承压头应加垫圈或垫块,并在下承压头上放置一张圆形薄纸。

4.3 用小铲将符合成型温度要求的混合料分 2 次 (高为 100mm 的试件) 或 3 次 (高为 200mm 的试件) 仔细铲入钢筒中,随之用插刀沿钢筒周边插捣 15 次,中间 10 次。然后,用热铲平整混合料表面。

4.4 插入温度计至混合料中心附近,待温度符合 T 0702 要求的压实温度时,垫上一层薄纸及盖好上承压头 (上下承压头伸进试模的高度应大体相同)。

4.5 将装有混合料的试模及垫圈 (块) 一并置于压力机或千斤顶的平台上,加载至 1MPa (对 $\phi 100\text{mm}$ 的试件约为 7.85kN) 后撤去下面的垫圈 (块),再逐渐均匀加载至要求的试件高度 (约 $20\text{MPa} \sim 30\text{MPa}$ 左右),并保持 3min 后卸荷,记录加载荷重。

4.6 从试模中取出上、下承压头后,稍事降温,在未完全冷却时趁热置脱模器上推出试件。制成试件的高度与标准高度的误差不得大于 $\pm 2.0\text{mm}$,否则应予废弃,

注意:脱模温度太低,不仅脱模困难,还可能损伤试件。

4.7 将试件竖立在乎台上在室温下冷却 24h ,测定试件密度、空隙率,不符要求的应予废弃。

条文说明

在我国,静压法成型是广泛应用于基层材料的成型方法。对沥青混合料采用静压法尽管并不科学,但考虑到目前国内不少单位一时达不到具备搓揉或振动成型条件制作抗压的圆柱体及三轴压缩试件,故本试验仍保留了此方法内容。具体的成型方法又有两种情况:一是控制成型压力;一是控制成型高度,这样实际结果是有差

异的。我国 1983 年试验规程规定为加载至 30MPa 稳压 3min 后卸荷, 同时又规定高度误差为 $\pm 1\text{mm}$ ($\phi 70\text{mm}$ 试件) $\sim 1.5\text{mm}$ ($\phi 100\text{mm}$ 试件)。AASHTOT 167 则规定为加压 20.7MPa 稳压 2min 卸荷, 显然是有差别的。本试验法考虑成型应以密实度为要求指标, 故规定以高度为主, 对压力则不规定, 只指出通常为 20MPa $\sim$ 30MPa, 以供成型时注意校核有无错误。静压法成型时与沥青混合料的温度关系很大, AASHTOT 167 规定试模用水槽或烘箱加热不超过 2h, 使装模时试模温度为 $93.3^{\circ}\text{C} \sim 135^{\circ}\text{C}$, 混合料温度控制为 $124^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ (石油沥青) 及 $104^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ (煤沥青)。本方法规定为 $125^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 及 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。其它如插捣次数等均与 AASHTO 规定相同。

考虑到目前已有许多新的成型方法出现, 本方法规定也可用搓揉法及振动成型法代替静压法。搓揉机在美国使用较多, ASTM D 3497、D4123, AASHTOT 165 等均规定了用搓揉法成型圆柱体试件的方法, ASTM D 3203 中规定了用加州搓揉机成型梁式试件的方法。对直径为 $\phi 00\text{mm}$ 的圆柱体, ASTM D 1661 的规定步骤大体如下:

(1) 试模筒内壁及压头上用油棉纱涂抹少许润滑油, 将拌和好的沥青混合料取一半用手铲逐次装入试模筒内, 用捣棒在试模中央和边缘各插捣 20 次, 再装入剩余的一半, 重复插捣次数。

(2) 将试模装在搓揉成型机上, 在 1.7MPa 压力下搓揉 20 次, 压实时的混合料温度应符合压实温度要求 (石油沥青混合料一般为 110°C)。

(3) 增加压力至 3.4MPa 下喷气搓揉压实 150 次。

(4) 将试件连同试模卸下, 置 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘箱中保温 1.5h, 取出再装在压力机上, 以 6mm/min 的速率施加荷载至 56kN 为止, 将试件整平, 稳压 2min 后卸荷。

(5) 将试样稍事冷却, 但不低于 60°C 时用脱模器取出, 水平放置于平整干燥的平板上冷却不少于 12h, 测定试件高度、密度、空隙率备用, 如不符合要求, 试件应重新制作。

T 0705—2000 压实沥青混合料密度试验（表干法）

1 目的与适用范围

1.1 表干法适用于测定吸水率不大于2%的各种沥青混合料试件，包括I型或较密实的II型沥青混凝土、抗滑表层混合料、沥青玛蹄脂碎石混合料（SMA）试件的毛体积相对密度或毛体积密度。

1.2 本方法测定的毛体积密度适用于计算沥青混合料试件的空隙率、矿料间隙率等各项体积指标。

2 仪器与材料

2.1 浸水天平或电子秤：当最大称量在3kg以下时，感量不大于0.1g；最大称量3kg以上时，感量不大于0.5g；最大称量10kg以上时，感量5g，应有测量水中重的挂钩。

2.2 网篮。

2.3 溢流水箱：如图1所示，使用洁净水，有水位溢流装置，保持试件和网篮浸入水中后的水位一定。

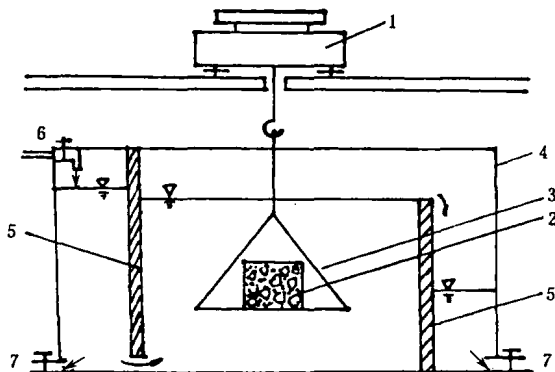


图1 溢流水箱及下挂法水中重称量方法示意图

1-浸水天平或电子秤；2-试件；3-网篮；

4-溢流水箱；5-水位搁板；6-注入口；7-放水阀门

2.4 试件悬吊装置：天平下方悬吊网篮及试件的装置，吊线应采用不吸水的细尼龙线绳，并有足够的长度。对轮碾成型机成型的板块状试件可用铁丝悬挂。

2.5 秒表。

2.6 毛巾。

2.7 电风扇或烘箱。

3 方法与步骤

3.1 选择适宜的浸水天平或电子秤，最大称量应不小于试件质量的 1.25 倍，且不大于试件质量的 5 倍。

3.2 除去试件表面的浮粒，称取干燥试件的空中质量 (m_a)，根据选择的天平的感量读数，准确至 0.1g、0.5g 或 5g。

3.3 挂上网篮，浸入溢流水箱中，调节水位，将天平调平或复零，把试件置于网篮中（注意不要晃动水）浸水中约 3min~5min，称取水中质量 (m_w)。若天平读数持续变化，不能很快达到稳定，说明试件吸水较严重，不适用于此法测定，应改用本规程 T 0707 的蜡封法测定。

3.4 从水中取出试件，用洁净柔软的拧干湿毛巾轻轻擦去试件的表面水（不得吸走空隙内的水），称取试件的表干质量 (m_t)。

3.5 对从路上钻取的非干燥试件可先称取水中质量 (m_w)，然后用电风扇将试件吹干至恒重（一般不少于 12h，当不需进行其它试验时，也可用 60℃±5℃烘箱烘干至恒重），再称取空中质量 (m_a)。

4 计算

4.1 计算试件的吸水率，取 1 位小数。

试件的吸水率即试件吸水体积占沥青混合料毛体积的百分率，按式 (1) 计算。

$$S_a = \frac{m_t - m_a}{m_t - m_w} \times 100 \quad (1)$$

式中： S_a ——试件的吸水率，%；

m_a ——干燥试件的空中质量，g；

m_w ——试件的水中质量，g；

m_t ——试件的表干质量，g。

4.2 计算试件的毛体积相对密度和毛体积密度, 取 3 位小数。

当试件的吸水率符合 $S_a < 2\%$ 要求时, 试件的毛体积相对密度和毛体积密度按式 (2) 及式 (3) 计算, 当吸水率 $S_a > 2\%$ 要求时, 应改用蜡封法测定。

$$\gamma_t = \frac{m_a}{m_t - m_w} \quad (2)$$

$$\rho_t = \frac{m_a}{m_t - m_w} \times \rho_w \quad (3)$$

式中: γ_t ——用表干法测定的试件毛体积相对密度, 无量纲;

ρ_t ——用表干法测定的试件毛体积密度, g/cm^3 ;

ρ_w ——常温水的密度, $\approx 1\text{g}/\text{cm}^3$ 。

4.3 试件的空隙率按式 (4) 计算, 取 1 位小数。

$$VV = \left(1 - \frac{\gamma_t}{\gamma_t}\right) \times 100 \quad (4)$$

式中: VV ——试件的空隙率, %;

γ_t ——按本规程 T 0711 或 T 0712 测定的沥青混合料理论最大相对密度, 当实测理论最大相对密度有困难时, 也可采用按式 (5) 或 (6) 计算的理论最大相对密度;

γ_t ——试件的毛体积相对密度, 用表干法测定, 当试件吸水率 $S_a > 2\%$ 时, 由蜡封法或体积法测定; 当按规定容许采用水中重法测定时, 也可用表观相对密度 γ_a 代替。

4.4 计算试件的理论最大相对密度或理论最大密度, 取 3 位小数。

4.4.1 当已知试件的油石比时, 试件的理论最大相对密度可按式 (5) 计算。

$$\gamma_t = \frac{100 + P_a}{\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{P_2}{\gamma_2} + \dots + \frac{P_n}{\gamma_n} + \frac{P_a}{\gamma_a}} \quad (5)$$

式中: γ_t ——理论最大相对密度, 无量纲;

P_a ——油石比, %;

γ_a ——沥青的相对密度 ($25^\circ\text{C}/25^\circ\text{C}$);

$P_1 \dots P_n$ ——各种矿料占矿料总质量的百分率, %;

$\gamma_1 \dots \gamma_n$ ——各种矿料对水的相对密度。对粗集料, 宜采用与沥青混合料同一种相对密度, 即混合料采用表干法、蜡封法或体积法测定的毛体积相对密

度时,粗集料也采用毛体积相对密度。当混合料采用水中重法测定的表观相对密度代替时,粗集料也采用表观相对密度;对细集料(砂、石屑)和矿粉均采用表观相对密度。矿料的相对密度按《公路工程集料试验规程》(JTJ 058)规定的方法测定。

4.4.2 当已知试件的沥青含量时,试件的理论最大相对密度按式(6)计算。

$$\gamma_t = \frac{100}{\frac{P'_1}{\gamma_1} + \frac{P'_2}{\gamma_2} + \dots + \frac{P'_n}{\gamma_n} + \frac{P_b}{\gamma_a}} \quad (6)$$

式中: $P'_1 \dots P'_n$ ——各种矿料占沥青混合料总质量的百分率, %;

P_b ——沥青含量, %。

4.4.3 试件的理论最大密度按式(7)计算。

$$\rho_t = \gamma_t \times \rho_w \quad (7)$$

式中: ρ_t ——理论最大密度, g/cm³。

4.4.4 旧路面钻取芯样试样的混合料缺乏材料密度及配合比时,沥青混合料理论最大相对密度应采用本规程 T 0711、T 0712 方法实测求得。

4.5 试件中沥青的体积百分率可按式(8)或(9)计算,取1位小数。

$$VA = \frac{P_b \times \gamma_t}{\gamma_a} \quad (8)$$

$$VA = \frac{100 \times P_a \times \gamma_t}{(100 + P_a) \times \gamma_a} \quad (9)$$

式中: VA——沥青混合料试件的沥青体积百分率, %。

4.6 试件中的矿料间隙率,可按式(10)或式(11)计算,式(10)适用于空隙率按计算的理论最大相对密度计算的情况;式(11)适用于空隙率按实测的理论最大相对密度计算的情况,取1位小数。

$$VMA = VA + VV \quad (10)$$

$$VMA = \left(1 - \frac{\gamma_t}{\gamma_{sb}} \times P_s\right) \times 100 \quad (11)$$

式中: VMA——沥青混合料试件的矿料间隙率, %;

P_s ——沥青混合料中各种矿料占沥青混合料总质量的百分率之和,即

$$\sum P'_i, \%$$

γ_{sb} ——全部矿料对水的平均相对密度,按式(12)计算。

$$\gamma_{sb} = \frac{100}{\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{P_2}{\gamma_2} + \dots + \frac{P_n}{\gamma_n}} \quad (12)$$

4.7 试件的沥青饱和度按式 (13) 计算, 取 1 位小数。

$$VFA = \frac{VA}{VA + VV} \times 100 \quad (13)$$

式中: VFA——沥青混合料试件的沥青饱和度, %。

4.8 试件中的粗集料骨架间隙率可按式 (14) 计算, 取 1 位小数。

$$VCA_{mix} = \left(1 - \frac{\gamma_t}{\gamma_{ca}} \times P_{ca} \right) \times 100 \quad (14)$$

式中: VCA_{mix} ——沥青混合料中粗集料骨架之外的体积 (通常指小于 4.75mm 的粗细集料、矿粉、沥青及空隙) 占总体积的比例, %;

P_{ca} ——沥青混合料中粗集料的比例 (由 $P_{ca} = P_s \times PA_{4.75}$ 计算, $PA_{4.75}$ 为矿料级配中 4.75mm 筛余量, 即 100 减去 4.75mm 通过率之差), %;

γ_{ca} ——矿料中所有粗集料颗粒部分对水的合成毛体积相对密度, 按式 (15) 计算。

$$\gamma_{ca} = \frac{P_{1c} + P_{2c} + \dots + P_{nc}}{\frac{P_{1c}}{P_{1c}} + \frac{P_{2c}}{P_{2c}} + \dots + \frac{P_{nc}}{P_{nc}}} \quad (15)$$

式中: $p_{1c} \dots P_{nc}$ ——各种粗集料在矿料配合比中的比例, %;

$\gamma_{1c} \dots \gamma_{nc}$ ——相应的各种粗集料对水的毛体积相对密度。

5 报告

应在试验报告中注明沥青混合料的类型及采用的测定密度的方法。

条文说明

1. 用表干法测定压实沥青混合料试件毛体积相对密度的方法参照 ASTM D 2726 (或 AASHTOT 166) 编写, 该法规定试件在 25℃ 水中浸泡 3min~5min, 称水中重, 取出后用湿毛巾擦干称饱和面干重, 即表干质量, 计算得到试件毛体积密度。但是浸水的时间日本规定与水中重法一样统一为 1min。日本铺装试验法便览 3-7-7 规定, 除开级配沥青混合料采用蜡封法测定外, 其余混合料均采用表干法测定的毛体积相对密度计算空隙率, 但理论最大相对密度计算用的集料密度, 通常采