

# 公路沥青路面超薄罩面施工技术规范

Technical specifications for ultra-thin overlay construction of highway asphalt  
pavement

2025 - 05 - 24 发布

2025 - 06 - 24 实施

---

目 次

前言 ..... III

1 范围 ..... 4

2 规范性引用文件 ..... 4

3 术语和定义 ..... 4

4 总体要求 ..... 5

5 材料 ..... 5

    5.1 沥青胶结料 ..... 5

    5.2 粘结层材料 ..... 5

    5.3 粗集料 ..... 6

    5.4 细集料 ..... 6

    5.5 填料 ..... 6

    5.6 纤维 ..... 6

6 沥青混合料设计 ..... 7

    6.1 配合比设计 ..... 7

    6.2 配合比设计技术要求 ..... 7

7 施工 ..... 8

    7.1 原路面处治 ..... 8

    7.2 粘结层 ..... 8

    7.3 混合料拌和 ..... 8

    7.4 混合料运输 ..... 9

    7.5 混合料摊铺 ..... 9

    7.6 混合料压实 ..... 9

8 质量管理与验收 ..... 9

    8.1 质量管理 ..... 9

    8.2 交工验收 ..... 10

附录 A（规范性） 丰度系数 ..... 11

附录 B（规范性） 沥青混合料抗裂性能测定方法（OT 试验） ..... 12

    B.1 仪器与材料 ..... 12

    B.2 试验准备 ..... 13

    B.3 试验步骤 ..... 13

    B.4 计算 ..... 14

    B.5 报告 ..... 14

附录 C（资料性） 粘结层粘结强度性能测定方法 ..... 15

    C.1 拉拔法测试粘结层强度 ..... 15

    C.2 剪切法测试粘结层强度 ..... 17

参考文献 ..... 20

## 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。

本文件由山东省交通运输厅提出并组织实施。

本文件由山东省交通运输标准化技术委员会归口。

# 公路沥青路面超薄罩面施工技术规范

## 1 范围

本文件规定了公路沥青路面超薄罩面材料、沥青混合料设计、施工、质量管理与验收的技术要求。本文件适用于各等级公路的预防性养护或新建工程。

## 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 D50 公路沥青路面设计规范
- JTG E20—2011 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
- JTG 3432—2024 公路工程集料试验规程
- JTG 3450—2019 公路路基路面现场测试规程
- JTG 5110 公路养护技术标准
- JTG 5142 公路沥青路面养护技术规范
- JTG 5210 公路技术状况评定标准
- JTG 5220 公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
- JT/T 533 沥青路面用纤维
- DB37/T 1722—2024 公路工程高性能沥青混合料施工技术规范
- DB37/T 4428 沥青路面裂缝处理技术规程

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**超薄罩面** ultra-thin overlays

厚度小于25mm的沥青混合料加铺层。

注：厚度不小于15 mm。

[来源：JTG/T 5142-01—2021，2.1.6]

### 3.2

**高黏韧性改性沥青** high viscosity and toughness modified asphalt

60℃动力黏度不小于100 000Pa·s，30℃黏韧性不小于20N·m的改性沥青。

### 3.3

**高黏改性乳化沥青** high viscosity modified asphalt emulsion

蒸发残留物60℃动力黏度不小于10 000Pa·s的改性乳化沥青。

3.4

粘结层 bonding layer

设置在原路面与罩面层之间，起到界面联结作用，并能阻止水分对路面侵蚀的功能层。

3.5

丰度系数 coefficient of abundance

沥青混合料油石比与修正集料比表面积之比。

4 总体要求

4.1 实施超薄罩面前，应依据 JTG 3450 和 JTG 5210 对原路面进行公路技术状况评定，公路路况水平应符合 JTG 5142 的规定。

4.2 超薄罩面除符合本文件规定外，其他技术要求应符合 JTG D50、JTG F40、JTG 5110、JTG 5142 的规定。

5 材料

5.1 沥青胶结料

超薄罩面沥青混合料用胶结料宜优先采用高黏韧性改性沥青，其技术要求应符合表1的规定。

表1 高黏韧性改性沥青技术要求与试验方法

| 试验项目                          |                       | 技术要求      | 试验方法                                                   |
|-------------------------------|-----------------------|-----------|--------------------------------------------------------|
| 针入度（25℃，100g，5s）/（0.1mm）      |                       | ≥40       | JTG E20—2011 T 0604                                    |
| 延度（5℃，5cm/min）/（cm）           |                       | ≥25       | JTG E20—2011 T 0605                                    |
| 软化点 T <sub>R&amp;B</sub> /（℃） |                       | ≥80       | JTG E20—2011 T 0606                                    |
| 动力黏度（60℃）/（Pa·s）              |                       | ≥100，000  | JTG E20—2011 T 0620                                    |
| 布氏旋转黏度（175℃）/（Pa·s）           |                       | ≤2.0      | JTG E20—2011 T 0625                                    |
| 黏韧性（30℃）/（N·m）                |                       | ≥20       | JTG E20—2011 T 0624                                    |
| 韧性（30℃）/（N·m）                 |                       | ≥15       | JTG E20—2011 T 0624                                    |
| 贮存稳定性，离析，48h 软化点差/（℃）         |                       | ≤2.5      | JTG E20—2011 T 0661                                    |
| 弹性恢复（25℃）/（%）                 |                       | ≥90       | JTG E20—2011 T 0662                                    |
| TFOT<br>（或<br>RTFOT）          | 质量变化/（%）              | -1.0~+1.0 | JTG E20—2011 T 0609 或 T 0610                           |
|                               | 残留针入度比/（%）            | ≥75       |                                                        |
|                               | 残留延度（5℃，5cm/min）/（cm） | ≥15       |                                                        |
| PG 分级                         |                       | 82-28     | JTG E20—2011 T 0611、T 0625、T 0627、T 0628、T 0629、T 0630 |

5.2 粘结层材料

超薄罩面粘结层材料宜优先采用高黏韧性改性沥青或高黏改性乳化沥青。当采用高黏韧性改性沥青时，其技术要求应符合表1的规定。当采用高黏改性乳化沥青时，其技术要求应符合表2的规定。

表2 粘结层用高黏改性乳化沥青技术要求与试验方法

| 试验项目           |                              | 技术要求   | 试验方法                |
|----------------|------------------------------|--------|---------------------|
| 赛波特黏度（25℃）/（s） |                              | 20~100 | JTG E20—2011 T 0623 |
| 蒸发<br>残留物      | 含量/（%）                       | ≥65.0  | JTG E20—2011 T 0651 |
|                | 针入度（25℃，100g，5s）/<br>（0.1mm） | ≥40    | JTG E20—2011 T 0604 |
|                | 延度（5℃，5cm/min）/（cm）          | ≥20    | JTG E20—2011 T 0605 |
|                | 软化点/（℃）                      | ≥75    | JTG E20—2011 T 0606 |
|                | 动力黏度（60℃）/（Pa·s）             | ≥10000 | JTG E20—2011 T 0620 |
|                | 弹性恢复（25℃）/（%）                | ≥90    | JTG E20—2011 T 0662 |

5.3 粗集料

- 5.3.1 超薄罩面沥青混合料用粗集料应采用质地坚硬，表面粗糙，形状接近立方体的破碎石料，宜优先选择玄武岩。
- 5.3.2 集料粒径规格以方孔筛为准，不同料源、品种、规格的集料不应混杂堆放。
- 5.3.3 超薄罩面用粗集料的性能除应符合表3中的规定外，其他技术要求应符合 JTG F40 的规定。

表3 粗集料技术要求与试验方法

| 试验项目        | 技术要求 | 试验方法                  |
|-------------|------|-----------------------|
| 石料压碎值/（%）   | ≤18  | JTG 3432—2024 T 0316  |
| 高温压碎值/（%）   | ≤23  | DB37/T 1722—2024 附录 C |
| 洛杉矶磨耗损失/（%） | ≤20  | JTG 3432—2024 T 0317  |
| 磨光值         | ≥40  | JTG 3432—2024 T 0321  |
| 粘附性/（级）     | 5    | JTG E20—2011 T 0616   |

5.4 细集料

超薄罩面用细集料应采用机制砂，宜优先选用优质玄武岩生产的机制砂，其质量除应符合表4中的规定外，其他技术要求应符合 JTG F40 的规定。

表4 细集料技术要求与试验方法

| 试验项目        | 技术要求 | 试验方法                 |
|-------------|------|----------------------|
| 砂当量/（%）     | ≥65  | JTG 3432—2024 T 0334 |
| 亚甲蓝值/（g/kg） | ≤2.5 | JTG 3432—2024 T 0349 |

5.5 填料

超薄罩面沥青混合料用填料宜优先采用石灰岩磨细得到的矿粉，矿粉制备过程中宜掺加一定比例的生石灰粉或消石灰粉作为抗剥落剂，也可在超薄罩面沥青混合料生产过程中添加一定比例的水泥等量替代矿粉，掺加量宜为沥青混合料总质量的1.0%~2.0%。

5.6 纤维

超薄罩面用纤维质量应符合JT/T 533中的规定，掺加比例应符合JTG F40的规定。

6 沥青混合料设计

6.1 配合比设计

6.1.1 超薄罩面用沥青混合料宜采用骨架-密实型级配，矿料级配宜符合表 5 的规定。

表5 典型超薄罩面用沥青混合料建议矿料级配范围

| 级配<br>类型 | 通过下列筛孔（mm）的质量百分率（%） |        |        |       |       |       |       |       |       |
|----------|---------------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | 9.5                 | 8.0    | 4.75   | 2.36  | 1.18  | 0.6   | 0.3   | 0.15  | 0.075 |
| SMA-8    | 100                 | 90~100 | 28~60  | 20~32 | 14~26 | 12~22 | 10~18 | 9~16  | 8~13  |
| SMA-5    | 100                 | 100    | 90~100 | 28~35 | 20~26 | 18~26 | 15~22 | 13~18 | 12~15 |

6.1.2 超薄罩面用沥青混合料矿料级配选定后，可采用丰度系数值进行初始沥青含量预估，典型超薄罩面用沥青混合料丰度系数宜符合表 6 的规定，丰度系数计算见附录 B。

表6 超薄罩面用沥青混合料丰度系数的建议值

| 序号 | 沥青混合料类型 | 丰度系数 |
|----|---------|------|
| 1  | SMA-8   | ≥4.0 |
| 2  | SMA-5   | ≥3.9 |

6.2 配合比设计技术要求

6.2.1 超薄罩面用 SMA 沥青混合料体积指标除应符合表 7 中的规定外，其他技术要求应符合 JTG F40 的规定；超薄罩面用沥青混合料路用性能除应符合表 8 中的规定外，其他技术要求应符合 JTG F40 的规定。

表7 超薄罩面用 SMA 沥青混合料体积指标技术要求与试验方法

| 试验项目            | 技术要求  | 试验方法                |
|-----------------|-------|---------------------|
| 马歇尔击实次数（双面）/（次） | 75    | JTG E20—2011 T 0702 |
| 马歇尔稳定度 MS/（kN）  | ≥8    | JTG E20—2011 T 0709 |
| 矿料间隙率 VMA/（%）   | ≥16.5 | JTG E20—2011 T 0705 |

表8 超薄罩面用沥青混合料路用性能技术要求与试验方法

| 试验项目                  | 技术要求  | 试验方法                |
|-----------------------|-------|---------------------|
| 沥青析漏损失/（%）            | ≤0.1  | JTG E20—2011 T 0732 |
| 飞散试验的沥青混合料损失（20℃）/（%） | ≤5    | JTG E20—2011 T 0733 |
| 车辙动稳定度/（次/mm）         | ≥6000 | JTG E20—2011 T 0719 |
| 低温弯曲试验破坏应变/（με）       | ≥2800 | JTG E20—2011 T 0715 |
| OT 试验，试件破坏时的加载次数/（次）  | ≥300  | 附录 B                |



7 施工

7.1 原路面处治

- 7.1.1 超薄罩面施工前应先依据 JTG 5142 或 DB37/T 4428 中的规定对原路面横缝、长纵缝等局部病害进行处理，旧裂缝处理后应与原路面平齐。
- 7.1.2 沉陷、波浪、拥包等变形类病害及坑槽、松散、泛油等表面破损类病害，按照 JTG 5142 进行处治。
- 7.1.3 裂缝、松散及泛油等损坏程度不超过轻度、高差变形不超过 10 mm 的，可直接实施超薄罩面。
- 7.1.4 车辙变形超过 10 mm 时，应先依据 JTG 5142 中的规定对原路面车辙进行处治，然后再实施超薄罩面。
- 7.1.5 应对原路面附着杂物（含灌缝胶、贴缝带）、原标线、泥土和灰尘进行清理，路面应保持平整、洁净、干燥。

7.2 粘结层

- 7.2.1 粘结层施工技术要求应符合表 9 中的规定。

表9 粘结层施工技术要求

| 沥青种类                       | 高黏韧性改性沥青 |                  | 高黏改性乳化沥青 |
|----------------------------|----------|------------------|----------|
| 沥青洒布量/（kg/m <sup>2</sup> ） | 1.2~1.5  |                  | 1.0~1.5  |
| 洒布温度/（℃）                   | 190±5    |                  | 80±5     |
| 碎石                         | 材质       | 玄武岩集料            | —        |
|                            | 质量要求     | 坚硬、清洁、干燥、无风化、无杂质 |          |
|                            | 规格/（mm）  | 3~5              |          |

- 7.2.2 高黏韧性改性沥青粘结层施工宜采用同步碎石封层洒布车，宜使用沥青预拌碎石，基质沥青含量宜为 3%~5%，碎石撒布量宜控制在 2.8 kg/m<sup>2</sup>~3.5 kg/m<sup>2</sup>，控制单层满铺率 70%~80%，以摊铺机和运输车辆无碾起破坏，不粘轮为宜。高黏改性乳化沥青宜采用超薄罩面专用同步施工摊铺设备。

7.3 混合料拌和

- 7.3.1 超薄罩面用沥青混合料宜采用间歇式拌和机拌制，拌和能力应满足施工进度要求，拌和机除尘设备功能完好。
- 7.3.2 超薄罩面用沥青混合料拌和温度控制应符合表 10 中的规定，其他胶结材料沥青混合料拌和温度应符合 JTG F40 的规定。

表10 超薄罩面用沥青混合料拌和温度控制

| 工序            | 高黏韧性改性沥青施工温度/（℃） | 测量部位  |
|---------------|------------------|-------|
| 沥青加热温度        | 185~190          | 沥青加热罐 |
| 集料加热温度        | 195~210          | 热料提升仓 |
| 混合料出料温度       | 190~200          | 运料车   |
| 混合料最高温度（废弃温度） | 210              | 运料车   |

7.3.3 生产 SMA 沥青混合料时，间歇式拌和机生产超薄罩面用沥青混合料的拌和周期不宜少于 60 s，干拌时间不少于 15 s，纤维应在混合料中充分分散，拌和均匀；加入沥青后的拌和时间不宜少于 45 s；如果沥青胶结料裹覆不均匀，应适当延长拌和时间。

7.3.4 超薄罩面混合料拌合的其他设备要求、质量控制要求应按 JTG F40 的有关规定执行。

7.4 混合料运输

超薄罩面用沥青混合料运输按JTG F40的有关规定执行。

7.5 混合料摊铺

7.5.1 摊铺机开工前应提前 1 h 预热熨平板至温度不低于 120 ℃，超薄罩面用沥青混合料摊铺温度控制应符合表 11 的规定，其他胶结材料沥青混合料摊铺温度应符合 JTG F40 的规定。

表11 超薄罩面用沥青混合料摊铺温度控制

| 工序      | 高黏韧性改性沥青施工温度/（℃） | 测量部位  |
|---------|------------------|-------|
| 混合料到场温度 | ≥185             | 运料车   |
| 摊铺温度    | ≥180             | 摊铺机后侧 |

7.5.2 超薄罩面混合料摊铺的其他设备要求、质量控制应按 JTG F40 的有关规定执行。

7.6 混合料压实

7.6.1 压路机应紧跟摊铺机进行轻振碾压，以尽快使表面压实，减少热量散失。

7.6.2 超薄罩面用沥青混合料压实工艺控制宜符合表 12 的规定，可结合试验段情况进行调整。

表12 压实工艺控制

| 压实工序        | 初压          | 复压       |
|-------------|-------------|----------|
| 压路机类型       | 双钢轮振动压路机    | 双钢轮振动压路机 |
| 碾压控制        | 1 遍~2 遍（轻振） | 静压       |
| 温度控制/（℃）    | ≥180        | ≥170     |
| 碾压速度/（km/h） | 2~3         | 3~4.5    |

7.6.3 超薄罩面混合料压实的其他设备要求、质量控制应按 JTG F40 的有关规定执行。

8 质量管理与验收

8.1 质量管理

8.1.1 超薄罩面粘结层施工前应测试层间联结效果，超薄罩面层与原路面之间的联结应符合表 13 中的规定。

表13 层间联结技术要求与试验方法

| 试验项目                 | 技术要求  | 试验方法          |
|----------------------|-------|---------------|
| 拉拔强度、剪切强度（25℃）/（MPa） | ≥0.85 | 可采用附录 C 给出的方法 |

8.1.2 粘结层铺筑前应进行试洒，确定洒布车工作状态和洒布效果。粘结层沥青洒布量宜采用现场取样检测法和总量复核法进行双重控制，根据检测和核算结果及时进行动态调整，检测项目与频率应符合表 14 中的规定。

表14 施工过程粘结层质量检测项目及频率

| 检测项目                                                                                                                                                                                     | 检测频度    | 试验或计算方法                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------------|
| 现场洒布量抽样检测                                                                                                                                                                                | 不少于 3 点 | JTG 3450—2019 T 0982    |
| 工作段平均洒布量                                                                                                                                                                                 | 每工作段    | $m_A = \sum m / \sum S$ |
| 注1：现场洒布量抽样检测指在现场洒布过程中，对洒布量和均匀性进行取样检测。<br>注2： $m_A$ 为工作段平均洒布量，单位为千克每平方米（kg/m <sup>2</sup> ）； $\sum m$ 为工作段洒布总量，单位为千克每平方米（kg/m <sup>2</sup> ）； $\sum S$ 为工作段洒布总面积，单位为平方米（m <sup>2</sup> ）。 |         |                         |

## 8.2 交工验收

超薄罩面实测项目除应符合表15中的规定外，其他技术要求应符合JTG 5220的规定。

表15 超薄罩面交工验收检验要求

| 检查项目             |                           | 质量要求                       | 检测频率                     | 试验方法                    |
|------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 表<br>观<br>质<br>量 | 外观                        | 表面平整、均匀、无松散、无花白料、无轮迹、无划痕   | 全线连续                     | 目测                      |
|                  | 横向接缝                      | 紧密平整、顺直、无跳车                | 每条                       | 目测                      |
|                  | 新旧路纵向接缝高差（mm）             | ≤10                        | 全线连续                     | JTG 3450—2019<br>T 0931 |
|                  | 边线                        | 任一 30m 长度范围内的水平波动不应超过±50mm | 全线连续                     | 目测或尺量                   |
| 层间联结             | 拉拔强度（25℃）或剪切强度（25℃）/（MPa） | ≥0.85                      | 1 个点/车道公里                | 可采用附录 C 给出的方法           |
| 抗滑               | 横向力系数                     | 符合设计要求                     | 全线连续                     | JTG 3450—2019<br>T 0965 |
|                  | 构造深度 TD/（mm）              |                            | 5 个点/km                  | JTG 3450—2019<br>T 0961 |
| 防水               | 渗水系数/（mL/min）             | ≤80                        | 每 1500m <sup>2</sup> 测一处 | JTG 3450—2019<br>T 0971 |

附录 A  
(规范性)  
丰度系数

按公式 (A.1) ~ 公式 (A.2) 计算沥青混合料的丰度系数。

$$K = \frac{TL}{\alpha^5 \sqrt{\Sigma}} \dots\dots\dots (A.3)$$

$$\alpha = 2.65/Gse \dots\dots\dots (A.4)$$

$$100\Sigma = 0.25G + 2.3S + 12s + 135f \dots\dots\dots (A.5)$$

式中：

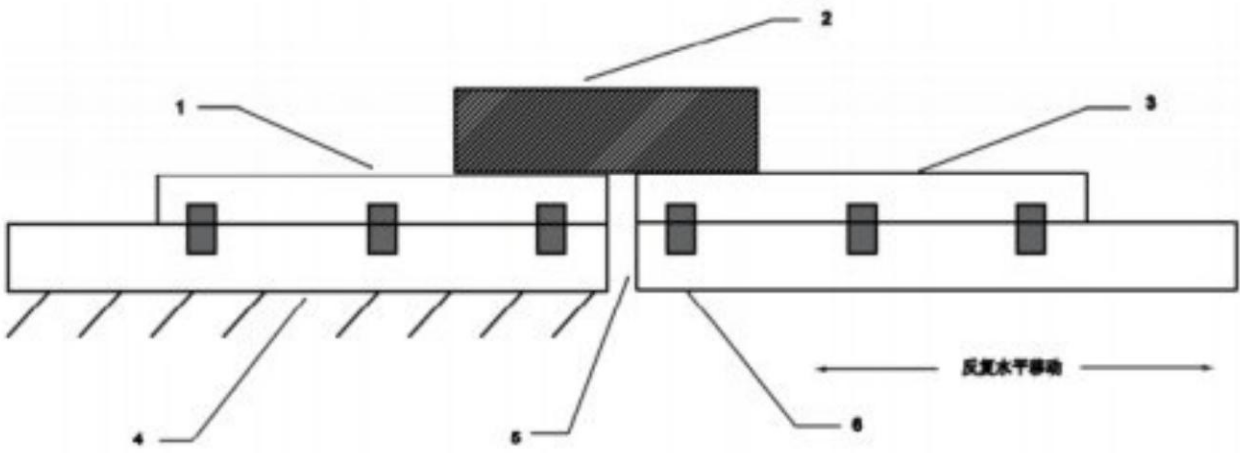
- K* —— 丰度系数；
- TL* —— 油石比，%；
- Gse* —— 集料的有效相对密度，单位为克每立方厘米（g/cm<sup>3</sup>）；
- G* —— 粒径大于4.75mm的筛孔通过率，%；
- S* —— 粒径在0.3mm~4.75mm之间的筛孔通过率，%；
- s* —— 粒径在0.075mm~0.3mm之间的筛孔通过率，%；
- f* —— 粒径小于0.075mm的筛孔通过率，%。

附录 B  
(规范性)  
沥青混合料抗裂性能测定方法 (OT 试验)

B.1 仪器与材料

B.1.1 罩面测试系统 (Overlay Test) 由以下部分组成, 如图B.1所示:

- a) 电动液压系统: 电动液压系统可对试件施加周期性的直接拉伸荷载, 以 0.1 s 的间隔自动采集荷载、位移和温度;
- b) 模块: 设备由两部分模块构成: 一个为固定模块; 另一个为可在水平方向上平移的模块。在一个加载周期内, 可移动模块在试件上施加一个三角波形应变控制的拉应力, 恒定的最大位移为 0.6 mm。在可移动模块达到最大位移后, 10 s 内恢复到初始位置;
- c) 位移传感器: 用于测量模块位移的线性可变差动传感器 (LVDT);
- d) 测力传感器: 测量位移产生荷载的测力传感器;
- e) 底板: 铝质或钢质底板, 用于限制测量过程中的样品偏移;
- f) 安装夹具: 安装夹具用于在制备试件时对准两个基板及 4.2 mm 厚的间隔条。



标引序号说明:

- 1——试件粘贴用铝合金板 (固定端);
- 2——沥青混合料试件;
- 3——试件粘贴用铝合金板 (移动端);
- 4——固定端底座;
- 5——支座间隙 (模拟旧路或基层裂缝);
- 6——移动端底座。

图 B.1 罩面测试系统

- B.1.2 烘箱: 能保持恒温 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- B.1.3 砝码: 每个试件顶部应在重心位置放置质量为2.25 kg砝码。
- B.1.4 扭矩扳手: 9.525 mm套筒驱动扭矩扳手, 带76.2 mm的拓展组件。
- B.1.5 双组分环氧树脂: 静置24 h最低抗拉强度可达到4.1 MPa, 静置24 h后抗剪切强度可达到13.8 MPa。

B.1.6 其他：水溶性或永久性马克笔、润滑剂（油脂或油），4 mm宽胶带，刀片等。

B.2 试验准备

B.2.1 试件成型

试验室以完成目标配合比设计的混合料为基础，制备3个试件，试件直径为150 mm，高度为115 mm±5 mm，试件成型后应在5 d内完成试验。在同一天内完成所有混合料试件的测试工作，避免不确定因素影响测量结果。

B.2.2 钻芯取样

试样直径应为150 mm±2 mm，高度至少为38 mm。

B.3 试验步骤

B.3.1 试件制备

沥青混合料抗裂性能试件制备步骤如下：

- a) 垂直于圆柱形试件的顶面切割试样，修剪试件侧面宽度为 76mm±0.5mm，试件形状如图 B.2。使用单刃锯时，沿着模具标记的线条进行切割，移除间隔条；
- b) 切割每个试件的顶部和底部，制作高度为 38 mm±0.5 mm 的试件，移除间隔条；
- c) 按照 JTG E20—2011 中的 T 0705 方法计算切割后的试件密度，试件空隙率不应超过 8%，若切割后的试件不符合要求，则需重新制备。

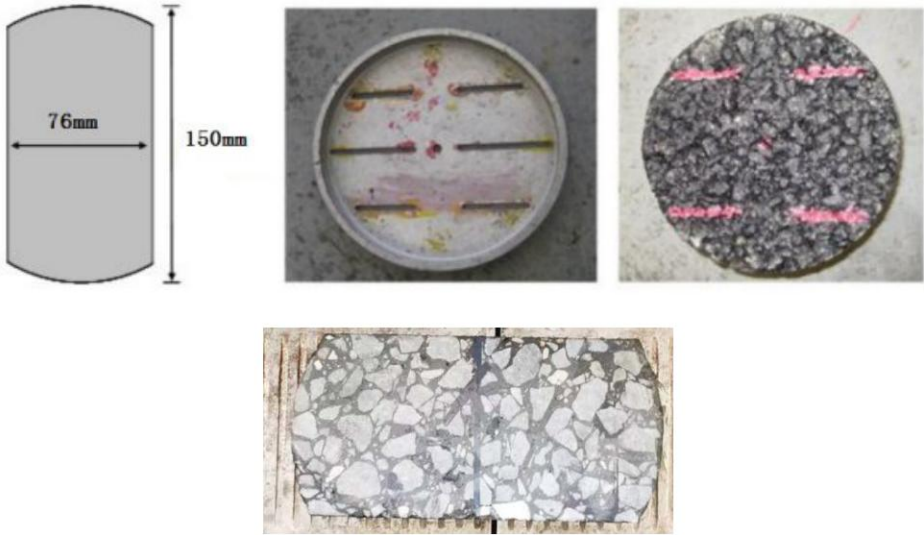


图 B.2 OT 试件

B.3.2 试件装配

沥青混合料抗裂性能试件装配步骤如下：

- a) 准备安装试件所需的材料，每个试件的胶合过程需单独完成；
- b) 确保底板和隔板干净，清洗之前试验的残留污染物和环氧树脂；
- c) 将底板固定到安装夹具上，将间隔条插入板之间；

注：按需在间隔条上涂抹少量润滑剂以便于之后移除。两个底板间隙为4.2mm。

- d) 在试件中心线涂抹少量凡士林。然后沿该线在凡士林上方放置一块 4mm 宽的纸胶带，以便在样品安装到底板后取出；
- e) 分别为三个试样准备大约 16g 双组分环氧树脂；
- f) 避开纸胶带，用抹刀分别将混合环氧树脂均匀涂抹在试样的每一侧；
- g) 将样品安装在底板上，确保样品居中并与边缘对齐；
- h) 在试样顶部放置 2.268kg 的砝码，以确保试件与底板完全黏合；
- i) 用刀片将多余的环氧树脂从底板上刮下来，并去除；
- j) 移除纸胶带和间隔条，应避免试件偏移，将环氧树脂涂抹在试样上到移除胶带和间隔条的时间不应超过 2min；
- k) 至少静置 24h 以确保试件与底板黏结充分并移除砝码；
- l) 测试前，将试件和底板一同放入 OT 温控箱或 25℃±0.5℃的烘箱中至少 1h。

B.3.3 启动试验设备

开启电脑，使用OT软件启动液压泵。

B.3.4 测试信息输入

在25℃±0.5℃的恒温下进行试验。试验开始前，保持至少10min的松弛期。待试件松弛和温度恒定后试验自动开始。从第一个周期开始算起，最大峰值荷载减少93%后试验将自动终止；如果荷载减少量没有达到93%，则运行1 000次重复荷载，设备将自动停止试验。

B.3.5 试验完成

取下试件，关闭实验仪器。

B.3.6 数据记录

应记录试件顶部的裂缝数量。

B.4 计算

从第一个测试周期开始测量，记录每次循环的峰值荷载，并拟合峰值荷载与重复荷载加载次数曲线，如图C.3所示。计算最大峰值荷载减少93%时的重复荷载加载次数，记为试件破坏时的加载次数。

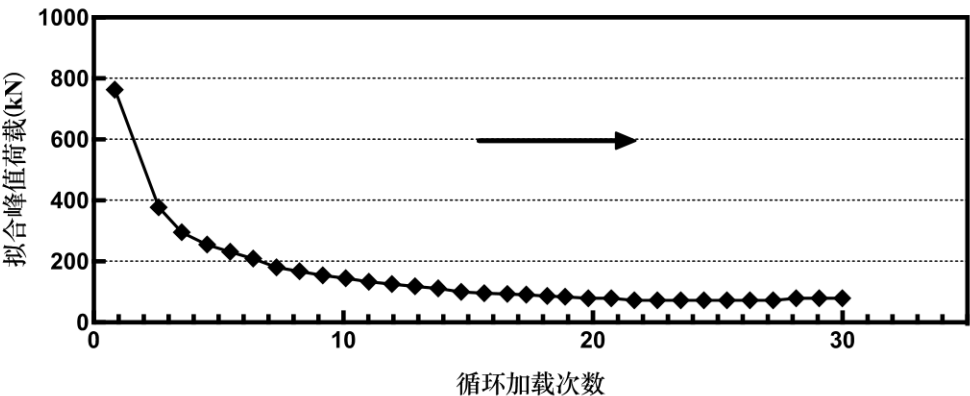


图 B.3 开裂指数计算

B.5 报告

试验报告应列出沥青试件切割后空隙率、最大峰值荷载、试件破坏时的加载次数。

附 录 C  
(资料性)  
粘结层粘结强度性能测定方法

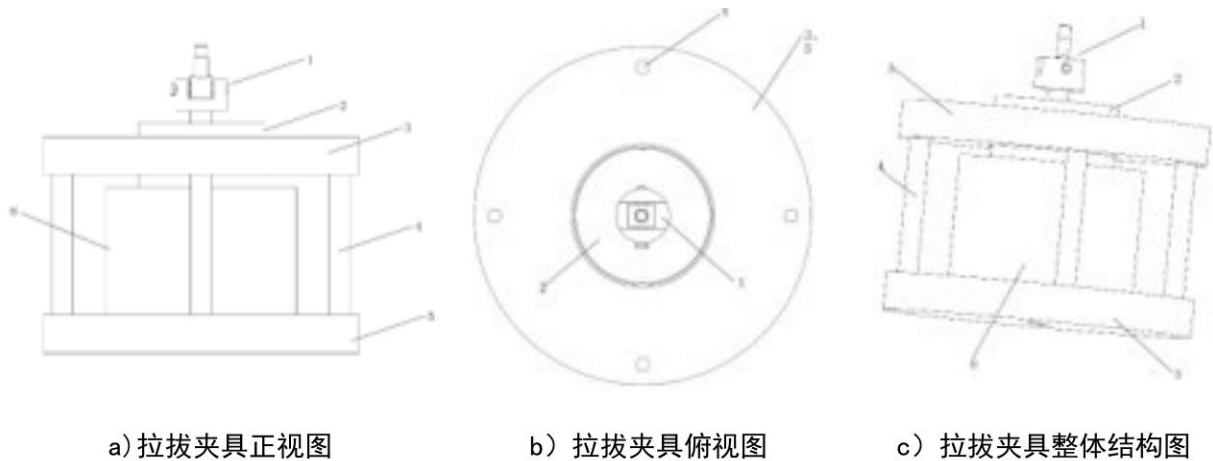
C.1 拉拔法测试粘结层强度

C.1.1 仪器与材料技术要求

C.1.1.1 液压伺服多功能材料试验机：拉伸时无明显振动和偏心的拉力机，最大荷载不小于 20 kN，精度不低于 1 N。拉伸速率为 10 mm/min±2 mm/min，温度控制精度 0.1 ℃。

C.1.1.2 拉拔夹具的结构应与图 C.1 相符合，图 C.1 包含分图 a)、b)、c)，具体结构说明如下：

- a) 拉拔头粘结在测试试件表面，便于施加拉力，直径为 100 mm±2 mm，厚度大于 40 mm，采用不锈钢制作。拉拔头顶端中心设置螺纹孔，内径 16 mm，通过外径 16 mm 螺栓连接件与设备应力加载杆连接；
- b) 夹具上下金属板，采用不锈钢制作，直径 250 mm±2 mm，通过 4 根外径 8 mm 螺栓相互连接，下金属板中心设置有螺纹孔，内径 16 mm，通过外径 16 mm 螺栓与 UTM 设备载物台连接，上金属板中心设置有开孔，内径 102 mm±2 mm（与拉拔头直径一致），便于确保拉拔头、试件中心始终保持在同一垂直线。



标引序号说明：

- 1——拉拔头与力加载杆连接螺栓；
- 2——拉拔头；
- 3——上金属板；
- 4——连接螺栓；
- 5——下金属板；
- 6——试件。

图 C.1 拉拔夹具结构图

C.1.1.3 量尺：钢尺，精确至 1 mm；游标卡尺，精确至 0.02 mm。

C.1.1.4 粘结剂：用于拉头与试件表面的粘结，如快凝性环氧树脂等。

C.1.1.5 取芯机：钻头直径为 100 mm、150 mm。



C.1.1.6 其他：恒温箱、刮刀等。

## C.1.2 准备工作

### C.1.2.1 试件的准备分室内成型法与现场取芯法：

#### a) 对于室内成型方法步骤如下：

- 1) 按照超薄罩面下层沥青混合料级配与超薄罩面用沥青混合料级配进行马歇尔击实试验，试件尺寸满足  $\Phi 101.5 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$ ，高度  $63.5 \text{ mm} \pm 1.3 \text{ mm}$  要求，将试件按照路面设计厚度，进行切割，确保试件有一面具有路面纹理状态。每组至少成型 3 个试样，晾干，供试验用；
- 2) 将试件放入  $105^\circ\text{C}$  烘箱中预热  $0.5 \text{ h}$ ，当采用高黏韧性改性沥青做粘结层时，将其加热至流动状态（烘箱  $185^\circ\text{C} \sim 190^\circ\text{C}$  下保温  $15 \text{ min} \sim 30 \text{ min}$ ）。然后按照设计用量换算后将粘结层材料均匀快速涂覆于与界面处。采用压力机稍加竖向压力使三者完全贴合，力度大小以粘结层扩展至上下试件界面处外缘但未出现挤出为宜；
- 3) 待粘结层材料完全冷却后，清洗、干燥试件表面，将拉头底部涂布一层粘结剂，并快速粘附在试件表面，在夹具下金属板涂布一层粘结剂，将试件快速粘附在下金属板表面；养生并完全固化后，将拉拔夹具和试件一起放置于  $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$  的恒温箱中保温  $4 \text{ h}$  后备用。当选择其他温度时，应在报告中注明。

#### b) 对于现场取芯方法步骤如下：

- 1) 在路面达到开放交通条件后，采用钻芯机现场钻芯取样，需钻透原路面上面层，获取完整芯样，试件直径为  $100 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$  或  $150 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ ；
- 2) 参照标准规定的取芯检测频率进行钻芯取样，钻芯位置间距不小于  $200 \text{ mm}$ 。

C.1.2.2 对芯样进行表面清洗、干燥  $24 \text{ h}$ ，供试验用。

C.1.2.3 采用游标卡尺测量试件直径，准确至  $0.1 \text{ mm}$ 。

C.1.2.4 当试件直径为  $100 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$  时，参照室内成型的标准规定进行试件准备。

C.1.2.5 当试件直径为  $150 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$  时，需用取芯机在试件表面钻出一个环槽，内径为  $100 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ ，深度至原路面上面层表面  $10 \text{ mm}$  以下。然后清理环槽内碎片，用游标卡尺实际测量环槽内径，准确至  $0.1 \text{ mm}$ 。清洗、干燥芯样表面后，在拉头底部涂布一层粘结剂，注意粘结剂不要进入环槽，养生并完全固化后，准备下一步试验。注意夹具下金属板不需要涂布一层粘结剂。

C.1.2.6 将拉拔夹具和准备好的试件一起放置于  $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$  的恒温箱中保温  $4 \text{ h}$  后备用。当选择其他温度时，应在报告中注明。

## C.1.3 试验方法

C.1.3.1 将试件从恒温箱中取出，迅速完成与应力加载杆、底部载物台的安装。

C.1.3.2 启动应力应变模块，试验箱温度设置为  $25^\circ\text{C}$ ，待达到设定温度后，选择拉伸（分离模式）进行拉拔测试，拉伸速率设定为  $10 \text{ mm/min} \pm 2 \text{ mm/min}$ ，当选择其他速率时，应在报告中注明。

C.1.3.3 试件破坏时，记录最大拉力  $F$ ，准确至  $0.1 \text{ N}$ 。注意观察断裂面状况，在报告中注明。

C.1.3.4 从取出试件至拉拔试验结束，整个过程需要在  $2 \text{ min}$  内完成。

## C.1.4 结果计算

拉拔强度按实测的最大拉力和实测试件直径依据公式(C.1)计算：

$$\tau_{TAT} = \frac{4F}{\pi D^2} \dots\dots\dots (C. 2)$$

式中：  
 $\tau_{TAT}$ ——拉拔强度，单位为兆帕（MPa）；  
 $F$  ——最大拉力，单位为牛（N）；  
 $D$  ——试件直径，单位为毫米（mm）。

C. 1.5 报告

- 本方法应报告以下内容：
- a) 路面现场取芯测试位置信息（如有应标注工程名称、现场桩号、材料和结构的情况等）；
  - b) 拉拔强度值；
  - c) 破坏断面情况。

C. 2 剪切法测试粘结层强度

C. 2.1 仪器与材料技术要求

C. 2.1.1 液压伺服多功能材料试验机：可匀速施加压力，无明显振动和偏心，加载速率为（50±2）mm/min，最大位移不小于 10 mm，最大荷载不小于 20 kN，精度不低于 1 N，温度控制精度 0.1 ℃。

C. 2.1.2 剪切夹具的结构应与图 C. 2 相符合，图 C. 2 包含分图 a)、b)、c)。

- a) 夹具后端设置上下剪切环，采用不锈钢制作，用于固定试样，直径可从 102 mm±2 mm 变径至 150 mm±2 mm，厚度 50 mm±2 mm，高度 85 mm±2 mm 且上下剪切环的垂直间距小于 5 mm。上下剪切环通过外径 11 mm 螺栓相互连接，下剪切环通过外径 11 mm 螺栓与底座相连，底座厚度 20 mm±2 mm，底座通过外径 16 mm 螺栓与试验台连接。
- b) 夹具前端设置上剪切环，采用不锈钢制作，用于作用力加载和固定试样，直径可从 105 mm±2 mm 变径至 155 mm±2 mm，厚度 50 mm±2 mm，高度 95 mm±2 mm。两端设置内径 16 mm±2 mm 孔槽，插入直径 16 mm±2 mm 套杆，保证夹具的水平状态。

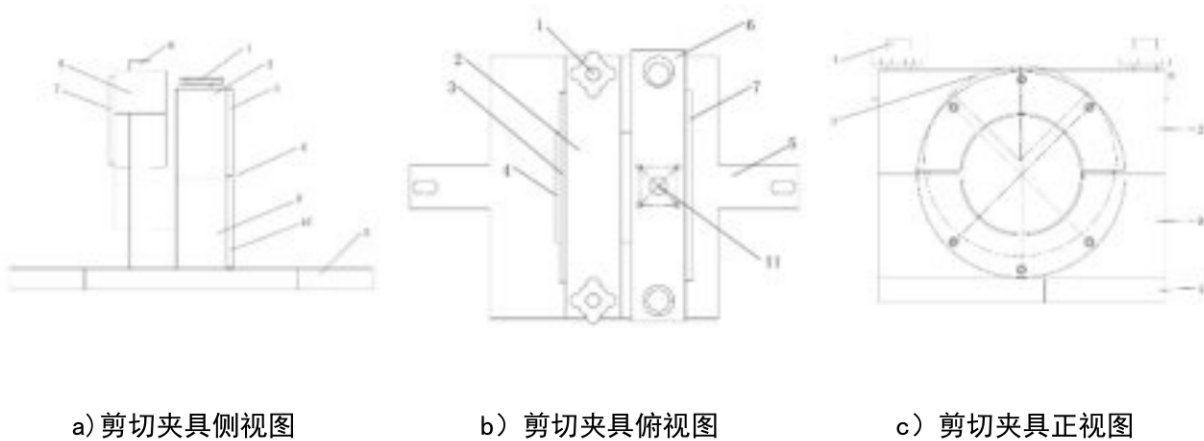


图 C. 2 剪切夹具结构图

标引序号说明:

- 1——连接螺栓;
- 2——上剪切环;
- 3——上剪切环 100mm 变径头;
- 4——试件;
- 5——底座;
- 6——前端剪切环;
- 7——前端剪切环变径头;
- 8——固定套杆;
- 9——下剪切环;
- 10——下剪切环 100 mm 变径头;
- 11——应力加载槽。

图 C.2 剪切夹具结构图 (续)

C.2.1.3 量尺: 钢尺, 精确至 1 mm; 游标卡尺, 精确至 0.02 mm。

C.2.1.4 其他: 恒温箱、刮刀等。

## C.2.2 准备工作

C.2.2.1 试件的准备分室内成型法与现场取芯法:

a) 对于室内成型方法步骤如下:

- 1) 按照超薄罩面下承层沥青混合料级配与超薄罩面用沥青混合料级配进行马歇尔击实试验, 试件尺寸满足  $\phi 101.5 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$ , 高度  $63.5 \text{ mm} \pm 1.3 \text{ mm}$  要求, 将试件按照路面设计厚度, 进行切割, 确保试件有一面具有路面纹理状态。每组至少成型 3 个试样, 晾干, 供试验用;
- 2) 将试件放入  $105^\circ\text{C}$  烘箱中预热 0.5 h, 当采用高黏韧性改性沥青做粘结层时, 将其加热至流动状态 (烘箱  $185^\circ\text{C} \sim 190^\circ\text{C}$  下保温 15 min~30 min)。然后按照设计用量换算后将粘结层材料均匀快速涂覆于与界面处。采用压力机稍加竖向压力使三者完全贴合, 力度大小以粘结层扩展至上下试件界面处外缘但未出现挤出为宜;
- 3) 待粘结层材料完全冷却后, 将剪切夹具和试件一起放置于  $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$  的恒温箱中保温 4 h 后备用。当选择其他温度时, 应在报告中注明。

a) 对于现场取芯方法步骤如下:

- 1) 在路面达到开放交通条件后, 采用钻芯机现场钻芯取样, 需钻透原路面上面层, 获取完整芯样, 试件直径为  $100 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$  或  $150 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ , 超薄罩面层厚度不小于 10 mm, 下承层厚度不小于 40 mm;
- 2) 参照标准规定的取芯检测频率进行钻芯取样, 钻芯位置间距不小于 200 mm。

C.2.2.2 对芯样进行表面清洗、干燥 24 h, 供试验用。

C.2.2.3 采用游标卡尺测量试件直径, 准确至 0.1 mm。

C.2.2.4 将剪切夹具和试件一起放置于  $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$  的恒温箱中保温 4 h 后备用。当选择其他温度时, 应在报告中注明。

## C.2.3 试验步骤

C.2.3.1 将试件从恒温箱中取出, 安放在下剪切环上, 再安装上剪切环, 调整试件位置, 使粘结层位

于上下剪切环的垂直间距之间，且上下剪切环的中间垂直间距小于 5 mm，同时调整前端上剪切环，使得其正好接触到试件表面。

C. 2. 3. 2 扣紧试件固定支撑部件。

C. 2. 3. 3 启动试验机，试验箱温度设置为 25 ℃，待达到设定温度后，开始进行前端上剪切环应力加载，加载速率为 50 mm/min±2 mm/min。

C. 2. 3. 4 当压力出现峰值后，试验终止，自动记录最大压力值及对应的位移，压力值准确至 1 N，位移准确至 0. 1 mm，并生成位移-荷载曲线，如图 C. 3 所示。

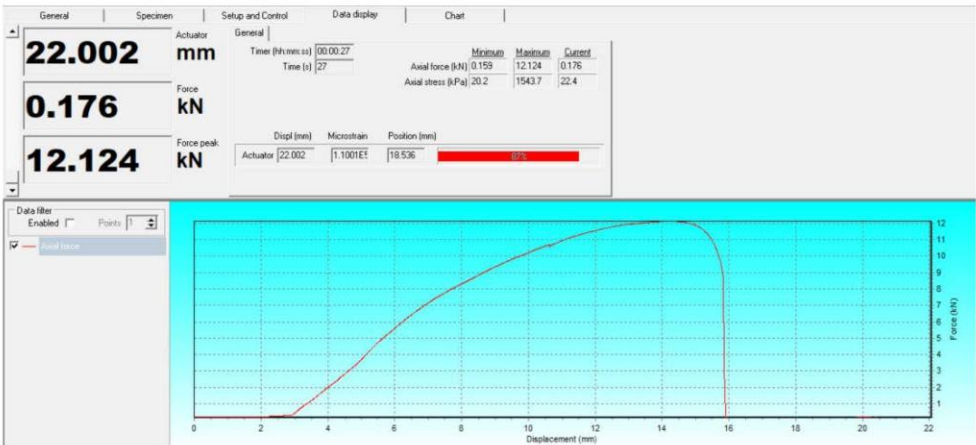


图 C. 3 直剪试验位移-荷载曲线图

C. 2. 3. 5 观察断裂面，并详细记录。

C. 2. 4 结果计算

将实测的最大拉力和实测试件直径，按公式（C. 2）计算剪切强度。

$$\tau_{TBT} = \frac{4F}{\pi D^2} \dots\dots\dots (C. 3)$$

- 式中：
- $\tau_{TBT}$ ——剪切强度，单位为兆帕（MPa）；
  - $F$  ——最大压力值，单位为牛（N）；
  - $D$  ——实测试件直径，单位为毫米（mm）。

C. 2. 5 报告

本方法应报告以下内容：

- a) 路面现场取芯测试位置信息（如有应标注工程名称、现场桩号、材料和结构的情况等）；
- b) 剪切强度值；
- c) 破坏断面情况。

### 参 考 文 献

- [1] JTG/T 5142-01—2021 公路沥青路面预防养护技术规范
-