

公路工程机制砂应用技术规程

Specifications for Application of Manufactured Sand in Highway Engineering

(征求意见稿)

征求意见稿

202×—××—××发布

202×—××—××实施

中华人民共和国交通运输部发布

中华人民共和国行业推荐性标准

公路工程机制砂应用技术规程

Specifications for Application of Manufactured Sand in Highway
Engineering

JTG/T 33××—202×

(征求意见稿)

主编单位：贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司

批准部门：中华人民共和国交通运输部

实施日期：××年××月××日

XXX 出版社

北京

前 言

根据中华人民共和国交通运输部《关于下达 2022 年度公路工程行业标准制修订项目计划的通知》（交公路函〔2022〕238 号）的要求，由贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司作为主编单位，承担对《公路工程机制砂应用技术规程》（以下简称“本规程”）的制定工作。

本规程是在进行广泛调查研究，总结近些年国内公路工程机制砂应用经验，参考国内外有关标准、规程和规范，征求有关单位意见，对关键技术进行验证试验，并在工程应用基础上制定的。

本规程由 9 章、2 个附录组成。分别是总则、术语和符号、基本规定、机制砂技术要求、机制砂水泥混凝土设计、机制砂沥青混合料设计、机制砂水泥混凝土施工、机制砂沥青混合料施工、质量控制，附录 A 机制砂母材与沥青黏附性的测试评价方法、附录 B 机制砂母材的高温压碎值试验方法。

本规程由 XX 负责起草第 1 章，XX 负责起草第 2 章，XX 负责起草第 3 章，XX 负责起草第 4 章，XX 负责起草第 5 章，XX 负责起草第 6 章，XX 负责起草第 7 章，XX 负责起草第 8 章，XX 负责起草第 9 章，XX 负责起草附录 A，XX 负责起草附录 B。

本规程由交通运输部负责管理，由贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司负责具体技术内容的解释。为提高本规程质量，请各单位在执行过程中，将发现的问题和意见，函告本规程日常管理组，联系人：杨黔（地址：贵州省贵阳市贵阳国家高新技术产业开发区阳关大道附 100 号；邮编：550081；电话：0851-85861098；传真：0851-85861098；电子邮箱：yqtumu@163.com），以便修订时参考。

主 编 单 位：贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司

参 编 单 位：同济大学

贵州宏信创达工程检测咨询有限公司

长安大学

保利长大工程有限公司

广西路桥工程集团有限公司

贵州黔通工程技术有限公司

浙江交通资源投资集团有限公司

主 编: 杨 健

主要参编人员:

主 审: 孟书涛

参与审查人员:

参 加 单 位:

参 加 人 员:

目次

| | |
|---------------------|----|
| 1 总则 | 1 |
| 2 术语和符号 | 2 |
| 2.1 术语 | 2 |
| 2.2 符号 | 3 |
| 3 基本规定 | 4 |
| 4 机制砂技术要求 | 5 |
| 4.1 水泥混凝土用机制砂 | 5 |
| 4.2 沥青混合料用机制砂 | 8 |
| 5 机制砂水泥混凝土设计 | 12 |
| 5.1 一般规定 | 12 |
| 5.2 原材料 | 12 |
| 5.3 技术性能 | 14 |
| 5.4 配合比设计 | 18 |
| 6 机制砂沥青混合料设计 | 20 |
| 6.1 一般规定 | 20 |
| 6.2 原材料 | 20 |
| 6.3 技术性能 | 20 |
| 6.4 配合比设计 | 22 |
| 7 机制砂水泥混凝土施工 | 24 |
| 7.1 原材料检验 | 24 |
| 7.2 混凝土拌制 | 24 |
| 7.3 混凝土运输 | 25 |
| 7.4 混凝土浇筑 | 25 |
| 7.5 混凝土振捣 | 26 |
| 7.6 混凝土养生 | 26 |
| 8 机制砂沥青混合料施工 | 28 |

| | |
|------------------------------|-----------|
| 8.1 原材料检验..... | 28 |
| 8.2 混合料拌制..... | 28 |
| 8.3 混合料运输..... | 29 |
| 8.4 混合料摊铺..... | 30 |
| 8.5 混合料碾压..... | 30 |
| 8.6 接缝处理与开放交通..... | 30 |
| 9 质量控制..... | 32 |
| 9.1 一般规定..... | 32 |
| 9.2 机制砂水泥混凝土质量控制..... | 32 |
| 9.3 机制砂沥青混合料质量控制..... | 33 |
| 附录 A 机制砂母材与沥青黏附性的测试评价方法..... | 36 |
| 附录 B 机制砂母材的高温压碎值试验方法..... | 41 |
| 本规程用语说明..... | 44 |

1 总则

1.0.1 为促进和规范机制砂在公路工程的应用，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于机制砂水泥混凝土和机制砂沥青混合料的材料设计、施工与质量检验。

1.0.3 机制砂应根据用途不同分类使用，涉及的类别包括水泥混凝土用机制砂和沥青混合料用机制砂。

条文说明

本规程根据公路工程结构类型，将机制砂分为水泥混凝土用机制砂和沥青混合料用机制砂两大类。

1.0.4 公路工程机制砂除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关强制性标准的规定。

条文说明

在实际工程中，本规程作出规定的，按本规程执行；为了减少与相关标准重复，未作出规定的，按给出的相关标准执行。本规程与相关标准、规范和规程是协调的。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 水泥混凝土用机制砂 **manufactured sand for concrete**

将母材经除土开采、机械破碎、颗粒整形、筛分和粉控等工艺制成的粒径在 4.75mm 以下的岩石颗粒。

2.1.2 石粉含量 **amount of fines in manufactured sand**

机制砂中粒径小于 0.075mm 的颗粒含量。

2.1.3 亚甲蓝值 **methylene blue value**

用于判定机制砂颗粒吸附性能的指标，用小于 2.36mm 粒级颗粒所消耗的亚甲蓝质量表示，也称 MB 值。

2.1.4 机制砂片状颗粒 **flaky manufactured sand particles**

粒径 1.18mm 以上的机制砂颗粒中最小一维尺寸小于该颗粒所属相应粒级的平均粒径 0.45 倍的颗粒。

2.1.5 沥青混合料用机制砂 **manufactured sand for bituminous mixture**

将母材经除土开采、机械破碎、颗粒整形、筛分和粉控等工艺制成的粒径在 2.36mm 以下的岩石颗粒。

2.1.6 拉拔强度 **pull strength**

机制砂母材与黏结界面发生破坏时的峰值荷载与沥青膜面积之比。

2.1.7 高温压碎值 **high temperature crushing value**

用于加工机制砂的母材抵抗高温压碎的能力，以压碎试验后小于规定粒径的集料质量百分率表示。

2.2 符号

DF——抗冻耐久性指数；

E_t ——混凝土试件经 300 次快速冻融循环后混凝土的动弹模量；

E_0 ——混凝土的动弹模量；

KS——混凝土抗压强度耐蚀系数下降到不低于 75%时的最大干湿循环次数；

F ——机制砂母材与沥青 25℃时拉拔强度；

Q'_a ——机制砂母材的高温压碎值。

征求意见稿

3 基本规定

3.0.1 公路工程应选用质地坚固、级配合理、质量稳定的机制砂。

条文说明

用于加工机制砂的母材品种众多，不同母材具有复杂的微观岩相结构，发育程度、风化程度、杂质含量等的不确定性，影响机制砂质量，为保障公路工程质量，应要求选用的机制砂具备稳定的质量。

3.0.2 机制砂水泥混凝土和沥青混合料应根据结构类型、公路技术等级与服役环境特征进行设计。

条文说明

公路工程结构类型多样，不同结构类型对机制砂水泥混凝土性能需求不同，不同公路技术等级对机制砂沥青混合料的性能需求也不同；同时，环境作用是引起公路工程水泥混凝土结构性能和公路工程沥青路面劣化的重要因素，在进行机制砂水泥混凝土和沥青混合料的设计时应考虑结构类型、公路技术等级与环境特征。

3.0.3 公路工程机制砂水泥混凝土和沥青混合料机制砂的生产、储存和运输过程应采取必要的环境保护措施。

3.0.4 机制砂不应对人体、生物、环境及其制品产生有害影响，放射性应符合现行《建筑材料放射性核素限量》(GB 6566)的有关规定。

4 机制砂技术要求

4.1 水泥混凝土用机制砂

4.1.1 公路工程水泥混凝土用机制砂根据技术指标应分为 I 类、II 类和 III 类。I 类机制砂根据机制砂片状颗粒含量应分为 I_a类和 I_b类。

条文说明

关于机制砂粒形特征的技术要求，各标准中采用不同的粒形参数，如《公路工程集料试验规程》（JTG E42-2005）中的流出时间、《公路机制砂高性能混凝土技术规程》（T/CECS G:K50-30-2018）中的球体类似度等；近些年新颁布的机制砂相关标准如《建设用砂》（GB/T 14684-2022）、《公路工程 水泥混凝土用机制砂》（JT/T 819-2023）和《高性能混凝土用骨料》（JG/T 568-2019）中均采用了片状颗粒含量表征机制砂的粒形特征，为与相关国家与行业标准保持一致，本规程中的机制砂粒形参数也选取片状颗粒含量，且参考《公路工程 水泥混凝土用机制砂》（JT/T 819-2023）的规定，将 I 类机制砂根据片状颗粒含量进一步分为 I_a类和 I_b类。

4.1.2 水泥混凝土用机制砂母材的碱-集料反应活性应符合表 4.1.2 的规定。

表 4.1.2 水泥混凝土用机制砂母材的碱-集料反应活性技术指标要求

| 类别 | I 类 | II 类 | III 类 | 试验方法 |
|----------|-------------------------------------|---|-------|------------|
| 碱-集料反应活性 | 不应具有碱-集料反应活性，快速砂浆棒法试验的膨胀率应不大于 0.1%。 | 不应具有碱-碳酸盐反应活性；当具有碱-硅酸反应活性时，快速砂浆棒法试验的膨胀率应不大于 0.3%，且水泥混凝土采取有效的抑制碱-集料反应措施后，方可使用。 | | GB/T 14684 |

4.1.3 水泥混凝土路面用机制砂应检验母材的集料磨光值，其值应符合表 4.1.3 的规定，水泥混凝土路面用机制砂母材不应使用泥岩、页岩、板岩等岩石。

表 4.1.3 水泥混凝土用机制砂母材磨光值技术指标要求

| 指标 | I类 | II类 | III类 | 试验方法 |
|-----------|-------|-------|-------|----------|
| 机制砂母材的磨光值 | ≥38.0 | ≥35.0 | ≥30.0 | JT/T 819 |

4.1.4 水泥混凝土用机制砂的表观密度应不小于 2500kg/m³，松散堆积密度应不小于 1400kg/m³，空隙率应不大于 44%。

4.1.5 水泥混凝土用机制砂的细度模数应符合表 4.1.5 的规定。

表 4.1.5 水泥混凝土用机制砂的细度模数技术指标要求

| 级别 | 细度模数 |
|----|---------|
| 粗砂 | 3.1~3.7 |
| 中砂 | 2.3~3.0 |

条文说明

《建设用砂》(GB/T 14684-2022)根据细度模数将砂分为粗砂(3.1~3.7)、中砂(2.3~3.0)、细砂(1.6~2.2)和特细砂(0.7~1.5)。鉴于当前的生产水平，机制砂不存在细砂和特细砂，因此，《公路工程 水泥混凝土用机制砂》(JT/T 819-2023)根据细度模数将机制砂分为粗砂(3.1~3.9)和中砂(2.3~3.0)。两部标准对于粗砂的细度模数上限规定不一致，考虑到机制砂的细度模数受级配影响，本规程结合对机制砂级配的要求，将机制砂分为粗砂和中砂，粗砂的细度模数上限规定为 3.7。

4.1.6 水泥混凝土用机制砂的颗粒级配与级配类别应符合表 4.1.6-1 和表 4.1.6-2 的规定。除 4.75mm 和 0.60mm 筛孔外，其余筛孔上机制砂的累计筛余量允许超出分界线，但超出总量不应大于 5%。

表 4.1.6-1 水泥混凝土用机制砂的颗粒级配技术指标要求

| 筛孔尺寸 (mm) | 累计筛余量 (%) | | |
|-----------|-----------|-------|-------|
| | 1区 | 2区 | 3区 |
| 9.5 | 0 | 0 | 0 |
| 4.75 | 0~5 | 0~5 | 0~5 |
| 2.36 | 5~35 | 0~25 | 0~15 |
| 1.18 | 35~65 | 10~50 | 0~25 |
| 0.60 | 71~85 | 41~70 | 16~40 |
| 0.30 | 80~95 | 70~92 | 55~85 |

| | | | |
|------|-------|-------|-------|
| 0.15 | 85~97 | 80~94 | 75~94 |
|------|-------|-------|-------|

表 4.1.6-2 级配类别

| | | | |
|-----|-----|---------|-------|
| 类别 | I 类 | II 类 | III 类 |
| 级配区 | 2 区 | 1、2、3 区 | |

4.1.7 水泥混凝土用机制砂的石粉含量应符合表 4.1.7 的规定。

表 4.1.7 水泥混凝土用机制砂的石粉含量技术指标要求

| 类别 | MB 值 | 石粉含量（质量分数）/% | 试验方法 |
|-------|------------------------|--------------------|------------|
| I 类 | MB ≤ 0.5 | ≤ 15.0 | GB/T 14684 |
| | 0.50 < MB ≤ 1.0 | ≤ 10.0 | |
| | 1.0 < MB ≤ 1.4 或快速试验合格 | ≤ 5.0 | |
| | MB > 1.4 或快速试验不合格 | ≤ 1.0 ^a | |
| II 类 | MB ≤ 1.0 | ≤ 15.0 | |
| | 1.0 < MB ≤ 1.4 或快速试验合格 | ≤ 10.0 | |
| | MB > 1.4 或快速试验不合格 | ≤ 3.0 ^a | |
| III 类 | MB ≤ 1.4 或快速试验合格 | ≤ 15.0 | |
| | MB > 1.4 或快速试验不合格 | ≤ 5.0 ^a | |

注：a 根据混凝土性能要求，经试验验证，I 类砂石粉含量可放宽至不大于 3.0%，II 类砂石粉含量可放宽至不大于 5.0%，III 类砂石粉含量可放宽至不大于 7.0%。

条文说明

本规程参考《建设用砂》（GB/T 14684-2022）对 I 类、II 类、III 类机制砂的石粉含量分别进行了规定。

4.1.8 水泥混凝土用机制砂的泥块含量应符合表 4.1.8 的规定。

表 4.1.8 水泥混凝土用机制砂的泥块含量技术指标要求

| 指标 | I 类 | II 类 | III 类 | 试验方法 |
|--------------|-------|-------|-------|------------|
| 泥块含量（按质量计，%） | ≤ 0.2 | ≤ 0.5 | ≤ 1.0 | GB/T 14684 |

4.1.9 水泥混凝土用机制砂的片状颗粒含量应符合表 4.1.9 的规定。

表 4.1.9 水泥混凝土用机制砂的片状颗粒含量技术指标要求

| 指标 | I 类 | | II 类 | III 类 | 试验方法 |
|-----------|------------------|------------------|------|-------|------------|
| | I _a 类 | I _b 类 | | | |
| 片状颗粒含量（%） | ≤ 10 | 10~15 | ≤ 15 | | GB/T 14684 |

条文说明

机制砂的粒形对水泥混凝土性能影响显著，本规程参考《公路工程 水泥混凝土用机制砂》(JT/T 819-2023)对 I 类、II 类和 III 类机制砂的片状颗粒含量分别进行了规定。

4.1.10 水泥混凝土用机制砂的坚固性和压碎指标应符合表 4.1.10 的规定。

表 4.1.10 水泥混凝土用机制砂的坚固性与压碎技术指标要求

| 指标 | I 类 | II 类 | III 类 | 试验方法 |
|---------------------------|------|------|-------|------------|
| 坚固性(硫酸钠溶液循环浸泡五次后的质量损失率,%) | ≤6.0 | ≤8.0 | ≤10.0 | GB/T 14684 |
| 压碎指标 (%) | ≤20 | ≤25 | ≤30 | |

4.1.11 水泥混凝土用机制砂饱和面干吸水率应符合表 4.1.11 的规定。

表 4.1.11 水泥混凝土用机制砂的饱和面干吸水率技术指标要求

| 指标 | I 类 | II 类 | III 类 | 试验方法 |
|-------------|------|------|-------|------------|
| 饱和面干吸水率 (%) | ≤2.0 | | ≤2.5 | GB/T 14684 |

4.1.12 水泥混凝土用机制砂中的云母、轻物质、硫化物及硫酸盐、有机物和氯离子含量应符合表 4.1.12 的规定。

表 4.1.12 水泥混凝土用机制砂的有害物质含量技术指标要求

| 序号 | 指标 | I 类 | II 类 | III 类 | 试验方法 |
|----|--|-------|-------|-------|------------|
| 1 | 云母含量 (%) | ≤1.0 | ≤2.0 | | GB/T 14684 |
| 2 | 轻物质含量 (%) | ≤1.0 | | | |
| 3 | 有机物含量 | 合格 | | | |
| 4 | 硫化物及硫酸盐含量 (折算成 SO ₃ , %) | ≤0.5 | | | |
| 5 | 氯离子含量 (%) | ≤0.01 | ≤0.02 | ≤0.06 | |

注：1. 表中含量均为质量百分比。

2. 有抗冻、抗渗、高强度要求的混凝土，机制砂中云母含量不应大于 1.0%。

4.2 沥青混合料用机制砂

4.2.1 沥青混合料用机制砂可分为 M1 和 M2 类，M1 适用于连续级配沥青混凝土路面，M2 适用于间断级配沥青混凝土路面。

4.2.2 沥青混合料用机制砂应选用碱性或中性岩石加工，宜采用石灰岩，其母材岩性应均匀一致，且抗压强度不宜低于 60MPa。

4.2.3 沥青混合料用机制砂的母材与沥青黏附性宜符合表 4.2.3 的规定。

表 4.2.3 沥青混合料用机制砂母材与沥青黏附性技术指标要求

| 指标 | 高速公路、一级公路 | 其他等级公路 | 试验方法 |
|------------|-----------|--------|------|
| 拉拔强度 (kPa) | ≥800 | ≥600 | 附录 A |

条文说明

等级公路沥青路面通常采用机制砂作为细集料，但现有标准中有关机制砂的技术指标体系尚不完善，缺乏对机制砂母材与沥青结合料之间黏附性的控制，无法保障机制砂沥青混合料水稳定性等技术性能。因此，有必要将机制砂母材与沥青黏附性纳入机制砂技术指标评价体系，并提出简便、有效的检测方法和技术标准，以有效满足机制砂沥青混合料的使用要求。

本规程采用拉拔试验评价机制砂母材与沥青间的黏附性，并对拉拔试验仪器进行了详细规定，详见附录 A。其中，拉拔试验所用机制砂母材芯样由母材钻芯取得，应选择结构完整性较好的母材，钻芯时应避免靠近岩石表面的微裂缝在对钻取的芯样进行切割分段时，应确保芯样的顶面和底面保持平行。采用 25℃拉拔强度指标，针对不同公路等级提出机制砂母材与沥青黏附性等级的相应规定。

4.2.4 沥青混合料用机制砂的母材高温压碎值宜符合表 4.2.4 的规定。

表 4.2.4 沥青混合料用机制砂母材高温压碎值技术指标要求

| 指标 | 高速公路、一级公路 | 其他等级公路 | 试验方法 |
|------------------|-----------|--------|------|
| 高温压碎值 Q_a' (%) | ≤26 | ≤30 | 附录 B |

条文说明

压碎值是一项评价集料抵抗压碎的性能指标。近些年来，我国一直沿用压碎值来鉴定集料在公路工程的适用性。现行标准《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 规定：对于聚合物改性沥青混合料，集料的加热温度 185℃~220℃，混合料的摊铺温度不得低于 160℃，而沥青混合料从出厂到摊铺结束，一直处于高温状态，传统的压碎值测定方法为《公路工程集料试验规程》(JTG E42) 中常温

状态下的压碎值,不能完全表征沥青混合料用集料在高温状态下的抵抗压碎的能力,因此很有必要评价集料在高温下的抗压碎能力。

鉴于目前尚无相关国家标准和行业标准针对集料高温压碎值进行要求,参照《江苏省高速公路沥青路面施工技术规范》(DB32/T 1087-2008),为保证沥青路面施工质量,规范集料高温下的适用性,本规程提出了机制砂母材的高温压碎值检测方法,可为不同沥青混合料用机制砂的高温抵抗压碎能力提供参照依据。

4.2.5 沥青混合料用机制砂的级配应采用水洗法进行检验,根据路面结构类型,机制砂级配应符合表 4.2.5 的规定。

表 4.2.5 沥青混合料用机制砂级配技术指标要求

| 类别 | 水洗法后通过各筛孔的质量百分率 (%) | | | | | | |
|----|---------------------|--------|-------|-------|-------|------|-------|
| | 4.75 | 2.36 | 1.18 | 0.6 | 0.3 | 0.15 | 0.075 |
| M1 | 100 | 80~100 | 50~80 | 25~60 | 8~45 | 0~25 | 0~15 |
| M2 | 100 | 80~95 | 52~77 | 30~55 | 10~40 | 5~22 | 0~10 |

4.2.6 沥青混合料用机制砂颗粒应洁净、干燥、无风化、无杂质,其技术指标应符合表 4.2.6 的规定。

表 4.2.6 沥青混合料用机制砂技术指标要求

| 指标 | | 单位 | 高速公路、一级公路 | 其他等级公路 | 试验方法 |
|------------------------------------|-------|------|-----------|--------|---------------|
| 表观相对密度 | | — | ≥2.60 | ≥2.50 | JTG E42 T0328 |
| 亚甲蓝 MBV _F | | g/kg | ≤2.0 | ≤2.5 | JTG E42 T0349 |
| 坚固性 | 硫酸镁溶液 | % | ≤15 | ≤18 | JTG E42 T0340 |
| | 硫酸钠溶液 | % | ≤12 | ≤15 | |
| 砂当量 | | % | ≥65 | ≥60 | JTG E42 T0334 |
| 硫化物及硫酸盐 (按 SO ₃ 质量计) | | % | ≤0.5 | | JTG E42 T0341 |
| 棱角性(流动时间) | | s | ≥35 | ≥30 | JTG E42 T0345 |

注: 1. 坚固性试验可根据需要进行。坚固性试验时优先采用硫酸镁溶液。

2. 砂当量和亚甲蓝 MBV_F可用于评价机制砂的洁净程度,其中机制砂质量评价宜优先采用亚甲蓝 MBV_F指标,其中砂当量一般用于 0-5mm 细集料质量评价,而亚甲蓝值 MBV_F可用于 0-3mm 和 0-5mm 细集料质量评价。

条文说明

沥青混合料用机制砂的表观相对密度直接影响着沥青混合料的体积指标,在综合大量的工程实践测试数据的基础上,本规程将机制砂的表观相对密度调整为高速公路、一级公路不小于 2.60,其他等级公路不小于 2.50。

机制砂的洁净是其质量评价重要指标之一。对于沥青混合料用机制砂的洁净程度评价,调研发现:欧盟等国家统一采用亚甲蓝 MBV_F 来评价细集料的洁净指标,其试验取机制砂过筛得到 0~0.15mm 部分进行亚甲蓝测定,测定结果为 MBV_F 。采用 MBV_F 代替砂当量和传统亚甲蓝 MBV_F 优点在于极大降低取样不均匀带来的试验误差。同时,行标《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 修订版征求意见稿中也引入了亚甲蓝 MBV_F 表征沥青路面用细集料的洁净程度。为此,本规程推荐优先选用亚甲蓝 MBV_F 作为机制砂洁净的评价指标。

5 机制砂水泥混凝土设计

5.1 一般规定

5.1.1 机制砂水泥混凝土设计应包含原材料的选择、技术指标的确定以及配合比设计。

5.1.2 机制砂水泥混凝土配合比设计应根据结构所处区域和环境特点,确定环境作用等级。

条文说明

为保障公路工程结构耐久性,通常根据环境作用等级对材料进行耐久性设计。公路工程结构所处区域和环境特点是判断和确定结构所属环境类别的基本依据。如跨江或跨海长桥,其引桥、航道区或桥墩的水上和水上区域所处的局域环境特点并不相同,虽同属一类环境类别,但各类构建所属环境作用等级不尽相同。因此,在确定环境类别后,再判断环境作用等级。

5.2 原材料

5.2.1 机制砂水泥混凝土原材料包括水泥、机制砂、粗集料、矿物掺合料、外加剂、纤维和水等。

5.2.2 水泥混凝土用机制砂应符合本规程第 4.1 节的有关规定。强度等级大于或等于 C60 的水泥混凝土宜采用 I 类机制砂,强度等级大于 C30、小于 C60 的水泥混凝土宜采用 II 类机制砂,有抗冻抗渗要求的水泥混凝土宜采用 I 类机制砂或 II 类机制砂,强度等级小于或等于 C30 的水泥混凝土宜采用 III 类机制砂。强度等级大于或等于 C100 的水泥混凝土宜采用 I_a 类机制砂。

5.2.3 机制砂水泥混凝土用水泥强度等级不宜低于 42.5,桥涵工程用水

泥应符合现行《公路桥涵施工技术规范》（JTJ/T 3650）的规定，路面工程用水泥应符合现行《道路硅酸盐水泥》（GB/T 13693）的规定。

5.2.4 机制砂水泥混凝土用粗集料的技术指标应符合现行《建设用卵石、碎石》（GB/T 14685）的有关规定，处于不同环境下的公路桥涵水泥混凝土用粗集料的坚固性仍应符合现行《公路桥涵施工技术规范》（JTJ/T 3650）的有关规定，用于水泥混凝土路面的粗集料仍应符合现行《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTJ/T F30）的有关规定。

5.2.5 机制砂水泥混凝土用矿物掺合料的种类和掺量应通过试验确定，且应符合下列规定：

1 机制砂水泥混凝土用粉煤灰应符合现行《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》（GB/T 1596）的有关规定。

2 机制砂水泥混凝土用粒化高炉矿渣粉应符合现行《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》（GB/T 18046）的有关规定。

3 机制砂水泥混凝土用磷渣粉应符合现行《混凝土用粒化电炉磷渣粉》（JG/T 317）的有关规定。

4 机制砂水泥混凝土用硅灰应符合现行《砂浆和混凝土用硅灰》（GB/T 27690）的有关规定。

5 机制砂水泥混凝土用石灰石粉应符合现行《用于水泥砂浆和混凝土中的石灰石粉》（GB 35167）的有关规定。

5.2.6 机制砂水泥混凝土用外加剂应符合现行《公路工程水泥混凝土外加剂》（JT/T 523）的有关规定，且应与胶凝材料及石粉相适应，其种类和掺量应经试验确定。

5.2.7 机制砂水泥混凝土用纤维应符合现行《纤维混凝土应用技术规程》（JGJ/T 221）的有关规定，水泥混凝土路面与桥面使用的纤维品种及掺量等应符合现行《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTJ/T F30）的规定。

5.2.8 机制砂水泥混凝土用水应符合现行《混凝土用水标准》（JGJ 63）的有

关规定。

5.3 技术性能

5.3.1 机制砂水泥混凝土的拌合物性能应根据工程需求确定，坍落度、坍落度经时损失、凝结时间、抗离析性宜符合表 5.3.1 的规定。

表 5.3.1 拌合物性能技术指标

| 项目 | 泵送 | 非泵送 | | 试验方法 |
|----------------|---------|--------|-------|------------|
| | | 商品搅拌站 | 现场搅拌站 | |
| 坍落度 (mm) | 160~250 | 90~150 | 50~90 | GB/T 50080 |
| 坍落度经时损失 (mm/h) | ≤50 | - | - | |
| 凝结时间 (h) | 满足工程要求 | | | |
| 抗离析性和泌水 | 无离析和泌水 | | | |

条文说明

对于泵送机制砂水泥混凝土，试验研究和工程实践表明，在条文规定的坍落度和坍落度损失范围内，且不离析、不泌水，即能较好地满足泵送施工要求和硬化混凝土性能。对于由商品搅拌站生产的非泵送机制砂水泥混凝土，需采用搅拌运输车运输，出料的最低坍落度约为 90mm，否则出料困难。另外，由于调度、运输、泵送前压车等情况的影响，坍落度需有一定的富余。而对于现场预拌混凝土搅拌站生产的混凝土，不存在商品搅拌站存在的上述情况，且控制水平也略低，坍落度满足浇筑成型工艺要求即可。路面混凝土对坍落度要求较低，且基于提高混凝土抗裂角度考虑，对路面混凝土坍落度进行了单独规定，符合现行《公路水泥混凝土路面施工技术细则》(JTG/T F30) 的有关规定。

5.3.2 机制砂水泥混凝土的力学性能应符合下列规定：

1 机制砂水泥混凝土强度标准值、强度设计值、抗弯拉强度、弹性模量应满足工程设计要求，试验方法应符合现行《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》(JTG E30) 的有关规定。

2 机制砂水泥混凝土的强度等级按 150mm×150mm×150mm 立方体 28d 抗压强度标准值确定。当混凝土中矿物掺合料掺量大于 30%时，宜采用 56d 龄期的试验结果对其进行强度评定。

3 用于路面的机制砂水泥混凝土的 28d 抗弯拉强度应根据交通荷载重、中等和轻三个等级分别不低于 5.0MPa、4.5MPa、4.0MPa，且满足设计要求。

条文说明

路面混凝土应重点关注混凝土的弯拉强度，参照现行《公路水泥混凝土路面设计规范》（JTG D40）的相关规定对不同交通荷载下的路面用机制砂水泥混凝土的 28d 弯拉强度进行了规定。

5.3.3 机制砂水泥混凝土的变形性能应符合下列规定：

1 机制砂水泥混凝土早期抗裂性能应符合表 5.3.3-1 的规定。

表 5.3.3-1 机制砂水泥混凝土早期抗裂性 (mm²/m²)

| 混凝土强度等级 | 氯盐环境 | | 其他环境 | | 试验方法 |
|------------|--------|------|--------|------|------------|
| | 设计使用年限 | | 设计使用年限 | | |
| | 100 年 | 50 年 | 100 年 | 50 年 | |
| <C30 | ≤200 | ≤400 | ≤400 | ≤700 | GB/T 50082 |
| ≥C30, <C60 | ≤200 | ≤400 | ≤400 | ≤700 | |
| ≥C60 | ≤100 | ≤200 | ≤100 | ≤400 | |

2 机制砂水泥混凝土的收缩率和徐变系数宜符合表 5.3.3-2 的规定。

表 5.3.3-2 机制砂水泥混凝土的收缩率限值

| 混凝土强度等级 | ≤C60 | > C60, ≤C100 | 试验方法 |
|------------------------------|-------|--------------|------------|
| 90d 收缩率 (×10 ⁻⁴) | ≤4.00 | ≤5.00 | GB/T 50082 |
| 360d 徐变系数 (28d 加载) | ≤2.20 | ≤2.50 | |

5.3.4 机制砂水泥混凝土的耐久性符合下列规定：

1 机制砂水泥混凝土结构环境类别和作用等级应符合现行《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》（JTG/T 3310）的有关规定，耐久性评价项目与试验方法应满足表 5.3.4-1 的规定。

表 5.3.4-1 机制砂水泥混凝土环境类别、耐久性评价项目与试验方法

| 环境类别 | | 评价项目 | 试验方法 |
|------------|-----|-------------|------------|
| 名称 | 符号 | | |
| 一般环境 | I | 碳化深度 | GB/T 50082 |
| 冻融环境 | II | 抗冻耐久性指数 | |
| 近海或海洋氯化物环境 | III | 电通量或氯离子扩散系数 | |

| | | | |
|-------------|-----|-----------------|----------------|
| 除冰盐等其他氯化物环境 | IV | 电通量或氯离子扩散系数 | |
| 盐结晶环境 | V | 抗硫酸盐结晶干湿循环次数 | |
| 化学腐蚀环境 | VI | — | — |
| 磨蚀环境 | VII | 耐磨性能 (单位面积的磨损量) | JTG E30 T 0567 |

注：化学腐蚀包括土中和地表、地下水中的硫酸盐和酸类等物质以及大气中的盐分、硫化物、氮氧化物等污染物质对混凝土的腐蚀作用，盐类侵入混凝土也可能引起盐结晶导致的物理破坏，且本规程的化学腐蚀环境不包括氯化物。

条文说明

本规程将耐久性作为机制砂水泥混凝土设计的重要目标，本条根据《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》(JTG/T 3310-2019)提出了不同典型环境下相应的多种不同评价项目。一般环境下，水泥混凝土的主要环境作用为碳化作用，因此补充了一般环境下的碳化深度评价项目。

2 一般环境下的机制砂水泥混凝土 28d 碳化深度宜符合表 5.3.4-2 的规定。对矿物掺合料掺量大于 30%的混凝土，宜采用 56d 测试值进行评价。

表 5.3.4-2 一般环境下的机制砂水泥混凝土的碳化深度 (mm)

| | | | |
|-----------|-------|-------------|------------|
| 设计使用年限 | 100 年 | 50 年 (30 年) | 试验方法 |
| 碳化深度 (mm) | ≤10 | ≤20 | GB/T 50082 |

注：表中“50 年 (30 年)”表示结构设计年限为 50 年或 30 年。

3 冻融环境下的机制砂水泥混凝土抗冻耐久性指数应符合表 5.3.4-3 的规定。

表 5.3.4-3 冻融环境下的机制砂水泥混凝土抗冻耐久性指数 (%)

| 使用年限级别 | 100 年 | | 50 年 (30 年) | | 试验方法 |
|--------|-------|------|-------------|------|------------|
| | 高度饱水 | 中度保水 | 高度饱水 | 中度保水 | |
| 严寒地区 | ≥80 | ≥70 | ≥70 | ≥60 | GB/T 50082 |
| 寒冷地区 | ≥70 | ≥60 | ≥60 | ≥50 | |
| 微冻地区 | ≥60 | ≥60 | ≥50 | ≥45 | |

注：抗冻耐久性指数 (DF) 为混凝土试件经 300 次快速冻融循环后混凝土的动弹模量 E_t 与其初始值 E_0 的比值， $DF=E_t/E_0$ ；如在达到 300 次循环之前 E_t 已降至初始值的 60%或试件重量损失已达到 5%，以此时的循环次数 N 计算 DF 值，并取 $DF=(N/300) \times 0.6$ 。

条文说明

本条参考《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》(JTG/T 3310-2019)对冻融环境下的机制砂水泥混凝土抗冻耐久性指数进行了规定。

4 对处于近海或海洋氯化物环境、除冰盐等其他氯化物环境下的钢筋混凝土结构，混凝土抗氯离子渗透性能应符合表 5.3.4-4 的规定。其他环境下，抗渗性能也可用电通量法和氯离子扩散系数法进行表征。

表 5.3.4-4 氯化物环境下的机制砂水泥混凝土抗氯离子渗透性能

| 指标 | 100 年 | | | 50 年 (30 年) | | | 试验方法 |
|--|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-----------|
| | III-D/IV-D | III-E/IV-E | III-F/IV-F | III-D/IV-D | III-E/IV-E | III-F/IV-F | |
| 电通量 (库伦, C) | <1200 | <800 | <800 | <1500 | <1000 | <800 | GB/T |
| 氯离子扩散系数 D_{RCM} ($\times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$) | <8 | <5 | <4 | <10 | <7 | <5 | 5008 2 |

条文说明

本条参考《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》(JTG/T 3310-2019)对氯化物环境下的机制砂水泥混凝土抗氯离子渗透性能进行了规定。

5 盐结晶环境下的机制砂水泥混凝土抗硫酸盐冻融循环性能应符合表 5.3.4-5 的规定。

表 5.3.4-5 盐结晶环境下的机制砂水泥混凝土抗硫酸盐冻融循环性能

| 环境作用等级 | 抗硫酸盐结晶破坏等级 | | 试验方法 |
|--------|-----------------------|-----------------------|------------|
| | 100 年 | 50 年 (30 年) | |
| V-D | $\geq \text{KS } 90$ | $\geq \text{KS } 60$ | GB/T 50082 |
| V-E | $\geq \text{KS } 120$ | $\geq \text{KS } 90$ | |
| V-F | $\geq \text{KS } 150$ | $\geq \text{KS } 120$ | |

注：混凝土抗硫酸盐结晶破坏以混凝土抗压强度耐蚀系数下降到不低于 75% 时的最大干湿循环次数来确定，并以符号 KS 来表示。

条文说明

本条参考《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》(JTG/T 3310-2019)对盐结晶环境下的机制砂水泥混凝土抗硫酸盐冻融循环性能进行了规定。

6 化学腐蚀环境下的机制砂水泥混凝土耐化学腐蚀性能应根据腐蚀介质类型，通过专门的试验研究确定。

7 磨蚀环境下的机制砂水泥混凝土耐磨性能应通过专门的试验研究确定。

8 机制砂水泥混凝土除应对本规程第 5.3.4 条中第 1~7 款提出的耐久性项

目进行评价外，还应对设计提出要求的耐久性项目进行评价。

5.4 配合比设计

5.4.1 机制砂水泥混凝土的配合比设计应根据混凝土拌合物性能、力学性能、变形性能和耐久性能要求设计初始配合比。设计初始配合比应经试验室试配、调整后，得出满足拌合物性能要求的基准配合比，经力学性能、变形性能和耐久性能指标复核，并经试生产检验满足要求后确定工程配合比。

5.4.2 机制砂水泥混凝土的混凝土配合比设计方法宜符合现行《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55)的有关规定。关于强度标准差 σ 的取值，当有统计数据时，应取实际计算值；当无统计数据时，应取 5.0MPa。

5.4.3 机制砂水泥混凝土的最大水胶比和单位体积混凝土的胶凝材料用量宜符合表 5.4.3 的规定。

表 5.4.3 机制砂水泥混凝土的最大水胶比和单位体积混凝土的胶凝材料用量

| 混凝土强度等级 | 最大水胶比 | 最小胶凝材料用量 (kg/m ³) | 最大胶凝材料用量 (kg/m ³) |
|---------|-------|----------------------------------|----------------------------------|
| C25 | 0.55 | 275 | 400 |
| C30 | 0.55 | 280 | |
| C35 | 0.50 | 300 | |
| C40 | 0.45 | 320 | 450 |
| C45 | 0.40 | 340 | |
| C50 | 0.36 | 360 | 480 |
| C55 | 0.32 | 380 | 500 |
| C60 | 0.30 | 400 | 530 |

条文说明

本条参考《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》(JTG/T 3310-2019)对机制砂水泥混凝土的最大水胶比和单位体积混凝土的胶凝材料用量进行了规定。

5.4.4 不同环境类型中的机制砂水泥混凝土中掺合料用量宜符合表 5.4.4 的规定。使用普通硅酸盐水泥、矿渣水泥时，应将其中原有混合材与配制混凝土时加入的矿物掺合料用量一起计算。

表 5.4.4 机制砂水泥混凝土中矿物掺合料用量范围

| 混凝土类型 | 环境类别 | | 水胶比 | 粉煤灰 (%) | 磨细矿渣 (%) |
|--------|------------------------|--------|------|---------|----------|
| 钢筋混凝土 | 一般环境 | I | ≤0.4 | ≤30 | ≤50 |
| | | | >0.4 | ≤20 | ≤30 |
| | 冻融环境 | II | ≤0.4 | ≤30 | ≤40 |
| | | | >0.4 | ≤20 | ≤30 |
| | 近海或海洋氯化物环境/除冰盐等其他氯化物环境 | III/IV | ≤0.4 | 30~50 | 50~80 |
| | | | >0.4 | 20~40 | 30~60 |
| | 盐结晶环境 | V | ≤0.4 | ≤40 | ≤50 |
| | | | >0.4 | ≤30 | ≤40 |
| | 化学腐蚀环境 | VI | ≤0.4 | 30~50 | 40~60 |
| | | | >0.4 | 20~40 | 30~50 |
| | 磨蚀环境 | VII | ≤0.4 | ≤30 | ≤40 |
| | | | >0.4 | ≤20 | ≤30 |
| 预应力混凝土 | | | ≤30 | ≤50 | |

条文说明

本条参考《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》(JTG/T 3310)和《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)不同环境下的机制砂水泥混凝土中矿物掺合料范围进行了规定。

5.4.5 路面用机制砂水泥混凝土配合比设计宜符合现行《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40)和《公路水泥混凝土路面施工技术细则》(JTG/T F30)的有关规定。

5.4.6 当集料存在碱-集料反应活性时,机制砂水泥混凝土配合比尚应满足抑制碱集料反应的相关规定。

6 机制砂沥青混合料设计

6.1 一般规定

6.1.1 机制砂沥青混合料设计应包含原材料的选择、技术指标的确定以及配合比设计。

6.1.2 应根据公路等级、交通荷载、气候条件，同时，考虑集料公称最大粒径与矿料合成级配、混合料空隙率等因素，综合确定机制砂沥青混合料类型。

6.1.3 应根据沥青混合料路用性能要求，选择适宜的机制砂母材。

6.2 原材料

6.2.1 机制砂沥青混合料原材料包括沥青、机制砂、粗集料、填料和纤维等，沥青混合料用机制砂应符合本规程第 4.2 节的有关规定。

6.2.2 沥青、粗集料和填料应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 的规定。

6.2.3 机制砂沥青混合料用纤维应符合现行《沥青路面用纤维》(JT/T 533) 的有关规定。

6.3 技术性能

6.3.1 机制砂沥青混合料高温稳定性评价指标及技术要求宜满足表 6.3.1 的规定。

表 6.3.1 机制砂沥青混合料车辙试验技术指标

| 气候条件与技术指标 | | 相应于下列气候分区所要求的动稳定度(次/mm)，不小于 | | | | | | | | | 试验方法 |
|-------------------|-------|-----------------------------|-----|------|-----|--------|------|-----|-----|--------|-------------------|
| 最热月平均最高气温(℃)及气候分区 | | >30 | | | | 20~30 | | | | <20 | |
| | | 1. 夏炎热区 | | | | 2. 夏热区 | | | | 4. 夏凉区 | |
| | | 1-1 | 1-2 | 1-3 | 1-4 | 2-1 | 2-2 | 2-3 | 2-4 | 3-2 | |
| AC 混合料 | 非改性沥青 | 800 | | 1000 | | 600 | 800 | | | 600 | JTG E20 T 0719 |
| | 改性沥青 | 2800 | | 3200 | | 2000 | 2400 | | | 1800 | |

| | | | |
|---------|-------|------|--|
| SMA 混合料 | 非改性沥青 | 1500 | |
| | 改性沥青 | 3000 | |

- 注：1. 对特殊情况，如特重、极重交通，重载交通的长大纵坡路段和钢桥面铺装等，可适当提高动稳定度的技术要求；或者保持技术要求不变，适当增加车辙试验时轮胎压力。
2. 对于炎热地区，可以根据工程所处的气候条件提高车辙的试验温度。
3. 车辙试验不得采用二次加热的混合料试件，也不宜在拌合楼或现场取样制作的试件。
4. 对公称最大粒径不小于 26.5mm 的混合料进行车辙试验时，应按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》中的方法选择适宜的试件尺寸进行试验。
5. 其他低标号沥青混合料应在 50 号沥青基础上适当提高动稳定度标准。

6.3.2 机制砂沥青混合料低温抗裂性评价指标及技术要求宜满足表 6.3.2 的规定。

表 6.3.2 机制砂沥青混合料低温弯曲试验技术指标

| 气候条件与技术指标 | | 相应于下列气候分区所要求的破坏应变 ($\mu\epsilon$)，不小于 | | | | | | | | 试验方法 | |
|-------------------------------------|-------|---|-----|-------------|-----|-----|------------|-----|--------|------|-------------------|
| 极端最低气温 ($^{\circ}\text{C}$) 及气候分区 | | <-37.0 | | -21.5~-37.0 | | | -9.0~-21.5 | | >-9.0 | | |
| | | 1. 冬严寒区 | | 2. 冬寒区 | | | 4. 冬冷区 | | 4. 冬温区 | | |
| | | 1-1 | 2-1 | 1-2 | 2-2 | 3-2 | 1-3 | 2-3 | 1-4 | 2-4 | |
| AC 混合料 | 非改性沥青 | 2600 | | 2300 | | | 2000 | | | | JTG E20 T 0715 |
| | 改性沥青 | 3000 | | 2800 | | | 2500 | | | | |
| SMA 混合料 | 非改性沥青 | 3000 | | 2800 | | | 2500 | | | | |
| | 改性沥青 | 3000 | | 2800 | | | 2500 | | | | |

6.3.3 机制砂沥青混合料水稳定性评价指标及技术要求宜满足表 6.3.3 的规定。

表 6.3.3 机制砂沥青混合料水稳定性试验技术指标

| 气候条件与技术指标 | | 相应于下列气候分区的技术要求 (%) | | | | 试验方法 | |
|-------------------------|-------|--------------------|----------|---------|--------|------|-------------------|
| 年降雨量 (mm) 及气候分区 | | >1000 | 500~1000 | 250~500 | <250 | | |
| | | 1. 潮湿区 | 2. 湿润区 | 4. 半干区 | 4. 干旱区 | | |
| 浸水马歇尔试验的残留稳定度比 (%), 不小于 | | | | | | | |
| AC 混合料 | 非改性沥青 | 80 | | 75 | | | JTG E20 T 0709 |
| | 改性沥青 | 85 | | 80 | | | |
| SMA 混合料 | 非改性沥青 | 75 | | | | | |
| | 改性沥青 | 80 | | | | | |
| 冻融劈裂试验的残留强度比 (%), 不小于 | | | | | | | |
| AC 混合料 | 非改性沥青 | 75 | | 70 | | | JTG E20 T 0729 |
| | 改性沥青 | 80 | | 75 | | | |
| SMA 混合料 | 非改性沥青 | 75 | | | | | |
| | 改性沥青 | 80 | | | | | |

- 注：1. 混合料成型方法应与配合比设计时成型方法和成型试件尺寸一致。
2. 当采用旋转压实试验方法进行配合比设计时，可不检验浸水马歇尔残留稳定度比。

条文说明

本条规定了在马歇尔试验配合比设计的基础上进行的各种配合比混合料的性能检验，包括高温稳定性检验、水稳定性检验、低温性能检验等，现行行标《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）对夏炎热区改性沥青要求动稳定度不低于 2400 次/mm 及 2800 次/mm，参照行标《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）修订版征求意见稿，根据调研和近几年大量的工程实测数据表明现行行标《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）对动稳定度指标要求偏低，为符合工程实际应用情况，本次将动稳定度 2400 次/mm 及 2800 次/mm 分别调至 2800 次/mm 及 3200 次/mm。

6.4 配合比设计

6.4.1 机制砂沥青混合料配合比设计时，应充分考虑交通荷载等级、气候条件对路用性能的要求，合理确定矿料级配和沥青用量，严格控制机制砂中小于 0.075mm 的石粉含量。

6.4.2 机制砂沥青混合料应采用马歇尔试验配合比设计方法，以体积指标作为主要控制指标，并满足现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的相应要求。

6.4.3 机制砂沥青混合料应在配合比设计基础上，检验各种使用性能指标，应符合表 6.4.3 的规定。

表 6.4.3 AC 沥青混合料马歇尔试验配合比设计技术指标

| 指标 | 单位 | 重交通及以上交通 | | 中交通 | | 轻交通 | 人行道 | |
|-------------------------|---------------|---|--|---------------------------------|--|-------|------|-----|
| | | 夏炎热区 (1-1、1-2、 1-3、1-4 区) | 夏热区及夏凉 区 (2-1、2-2、 2-3、2-4、3-2 区) | 夏炎热区 (1-1、1-2、 1-3、1-4 区) | 夏热区及夏凉 区 (2-1、2-2、 2-3、2-4、3-2 区) | | | |
| 击实次数 (双面) | 次 | 75 | | | | 50 | 50 | |
| 试件尺寸 | mm | Φ 101.6×63.5 | | | | | | |
| 空隙率 VV | 深约 90mm 以内 | % | 4~6 | 3~5 | 3~5 | 3~4 | 3~4 | 2~4 |
| | 深约 90mm 以下 | % | 3~6 | | 3~6 | 3~5 | 3~4 | - |
| 稳定度 MS 不小于 | kN | 8.5 | | | | 5 | 3 | |
| 流值 FL | mm | 1.5~4 | 2~4 | 2~4 | 2~4 | 2~4.5 | 2~5 | |
| 矿料间隙率 VMA (%) 不小于 | 设计空隙率 (%) | 相应于以下公称最大粒径 (mm) 的最小 VMA 及 VFA 技术要求 (%) | | | | | | |
| | | 26.5 | 19 | 16 | 13.2 | 9.5 | 4.75 | |
| | 2 | 10 | 11 | 11.5 | 12 | 13 | 15 | |
| 3 | 11 | 12 | 12.5 | 13 | 14 | 16 | | |

| | | | | | | | |
|---------------|-------|----|-------|------|----|-------|----|
| | 4 | 12 | 13 | 14.5 | 14 | 15 | 17 |
| | 5 | 13 | 14 | 14.5 | 15 | 16 | 18 |
| | 6 | 14 | 15 | 15.5 | 16 | 17 | 19 |
| 沥青饱和度 VFA (%) | 55~70 | | 65~75 | | | 70~85 | |

条文说明

采用不同岩性的机制砂进行了沥青混合料配合比验证试验，验证了体积指标、力学性能指标和路用性能指标，发现各组试验结果中稳定度测试值均大于《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）中要求的 8.0kN。同时，调研了大量的工程数据表明 AC 沥青混合料马歇尔试验配合比设计技术要求中稳定度指标偏低，为满足工程实际应用情况，本规程将稳定度指标由 8.0kN 调至 8.5kN。

6.4.4 对采用机制砂的 SMA 沥青混合料，还应进行谢伦堡析漏试验及肯特堡飞散试验。

6.4.5 机制砂沥青混合料应根据沥青的黏温曲线确定混合料的拌和、压实温度；对于改性沥青混合料，宜根据实践经验、改性剂的品种及掺量，适当提高拌和及压实温度 10~20℃。

6.4.6 机制砂沥青混合料应按照目标配合比设计、生产配合比设计、生产配合比验证三个阶段进行设计，各阶段设计方法及过程应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的规定。

7 机制砂水泥混凝土施工

7.1 原材料检验

7.1.1 机制砂水泥混凝土原材料进场时，应进行质量检验。机制砂的检验项目应符合本规程第 4.1 节相关条文的规定。

7.1.2 机制砂应堆放在具有排水功能的硬化地面上，堆场四周应做好排水，存放时间不宜超过半年。机制砂干料堆积高度不宜超过 5m，并应设置防雨棚。

条文说明

机制砂应堆放在具有排水功能的硬化地面上，以防止流水冲刷的影响；堆料高度不宜超过 5m，以防止堆放过高导致机制砂离析。

7.1.3 粉状材料应注意防潮，液体外加剂应注意防止沉淀和分层。

条文说明

本条中的袋装粉状材料主要指水泥、矿物掺合料和粉状外加剂。

7.2 混凝土拌制

7.2.1 采用电子计量系统计量原材料时，应按照施工配合比要求进行准确称量，每盘称量最大允许偏差应符合表 7.2.1 的规定。

表 7.2.1 原材料最大允许偏差

| 原材料 | 胶凝材料 | 化学外加剂 | 粗集料 | 机制砂 | 水 |
|------------|------|-------|-----|-----|----|
| 最大允许偏差 (%) | ±1 | ±1 | ±2 | ±2 | ±1 |

条文说明

胶凝材料包括水泥和掺合料，化学外加剂包括高性能减水剂和其他化学外加剂。

7.2.2 混凝土拌制前，应测定机制砂和粗集料的含水率，并根据含水率变化调整施工配合比。生产过程中机制砂或粗集料的含水率发生变化时，应及时调整施工配合比。

条文说明

机制砂水泥混凝土对材料的含水量比较敏感，如果砂石的含水率较高，而配合比没有相应调整的话，容易导致拌合物泌水、离析等，因此，要记录天气等相关信息，便于配合比调整以及后期的查阅。

7.2.3 机制砂水泥混凝土的拌制宜采用振动搅拌方式。不具备振动搅拌条件的，应采用双卧轴强制式搅拌机，搅拌时间宜控制在 60~120s，强度等级较高的混凝土和高流动性混凝土宜延长搅拌时间 10~30s。

7.2.4 路面机制砂水泥混凝土的拌制应符合现行《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30）的有关规定。

7.3 混凝土运输

7.3.1 机制砂水泥混凝土的运输应符合现行《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）的有关规定。

7.3.2 当采用搅拌运输车运输混凝土时，在搅拌运输车到达浇筑现场时，应使搅拌罐高速旋转 20~30s，再将混凝土拌合物卸出。当混凝土拌合物出料困难，可适当加入减水剂，且应对加减水剂的情况做好记录，并使搅拌罐高速旋转 90s 后，将混凝土拌合物卸出。

7.4 混凝土浇筑

7.4.1 机制砂水泥混凝土的浇筑应符合现行《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）的有关规定。

7.4.2 水泥混凝土路面的摊铺应符合现行《公路水泥混凝土路面施工技术细则》

(JTG/T F30) 的有关规定。

7.5 混凝土振捣

7.5.1 机制砂水泥混凝土的振捣应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650) 的有关规定。

7.5.2 机制砂水泥混凝土的振捣应按事先规定的工艺路线和方式进行, 每点的振捣时间不宜超过 30s, 以表面呈平坦泛浆为准, 避免过振。

条文说明

振捣应保证将机制砂水泥混凝土振捣密实, 不得漏振, 也不得过振, 泵送机制砂水泥混凝土过振易流化分层。

7.5.3 机制砂水泥混凝土路面的振捣应符合现行《公路水泥混凝土路面施工技术细则》(JTG/T F30) 的有关规定。

7.6 混凝土养生

7.6.1 机制砂水泥混凝土的养生应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650) 的有关规定。

7.6.2 机制砂水泥混凝土应加强早期养生, 及时覆盖或喷洒养生剂, 并在终凝后进行洒水养生, 养生剂及其工艺应符合现行《水泥混凝土养护剂》(JC 901) 的有关规定; 立面施工时应在浇筑 24~48h 后略微松开模板, 并浇水养生。

条文说明

当空气中相对湿度较小时, 混凝土中的水分就会不断地蒸发, 造成混凝土由表到里逐渐脱水(失水), 极易产生干燥收缩裂缝。为使混凝土有适宜的硬化条件, 使强度不断增长, 避免发生干燥收缩裂缝, 应采取一定措施对混凝土进行养生。

7.6.3 当气温低于 5℃时, 应采取保温养护的措施, 不得向混凝土表面洒水。

7.6.4 机制砂水泥混凝土构件蒸汽养生时，可分静停、升温、恒温、降温四个阶段。成型后静停期为4~6h；升温期升温速度不宜大于15℃/h；恒温期间混凝土内部温度不宜超过60℃；降温期降温速度不宜大于10℃/h，降至室温后应保持持续养生。

7.6.5 机制砂水泥混凝土路面的养生应符合现行《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30）的有关规定。

征求意见稿

8 机制砂沥青混合料施工

8.1 原材料检验

8.1.1 机制砂沥青混合料所用原材料进场时，应进行质量检验，检验项目应符合本规程第 4.2 节相关条文的规定。

8.1.2 机制砂应设专用场地堆放，堆放要求同第 7.1.2 条的相关规定。

8.1.3 填料、纤维等材料在运输、存放及使用过程中应避免受潮，不结团。

8.2 混合料拌制

8.2.1 机制砂沥青混合料宜采用具有自动计量系统的间歇式拌和机拌和，并根据机制砂沥青混合料的级配组成设置合理的振动筛规格与组合，保证各热料仓的均衡以及机制砂沥青混合料的级配稳定，称量最大允许偏差应符合表 8.2.1 的规定。

表 8.2.1 称量最大允许偏差

| 称量方法 | 原材料 | 最大允许偏差 | | 检查频率及单点 检验评价方法 |
|---|-----|-----------|--------|------------------------------------|
| | | 高速公路、一级公路 | 其他等级公路 | |
| JTG F40 计算机 采集数据计算 | 粗集料 | ±6% (5%) | - | 逐盘在线检测 |
| | 机制砂 | ±5% (4%) | - | |
| | 填料 | ±2% (2%) | - | |
| JTG F40 总量检 验 | 粗集料 | ±1% | - | 逐盘检查，每天汇 总 1 次取平均值评 定 |
| | 机制砂 | ±2% | - | |
| | 填料 | ±2% | - | |
| JTG E20 T 0725 抽提筛分与标 准级配比较的 差 | 粗集料 | ±6% (4%) | ±7% | 每台拌和机每天 1~2 次，以 2 个试 样的平均值评定 |
| | 机制砂 | ±5% (3%) | ±6% | |
| | 填料 | ±2% (2%) | ±2% | |

注：1. 单点检验是指试验结果以一组试验结果的报告值为一个测点的评价依据，一组试验(如马歇尔试验、车辙试验)有多个试样时，报告值的取用按《公路工程沥青与沥青混合料试验规程》(JTG E20-2011)

的规定执行。

2. 对高速公路和一级公路, 矿料级配和油石比必须进行总量检验和抽提筛分的双重检验控制, 互相校核, 表中括号内的数字是对 SMA 的要求。油石比抽提试验应事先进行空白试验标定, 提高测试数据的准确度。

8.2.2 机制砂沥青混合料拌和前应进行机制砂及其他规格矿料的含水率检测, 并根据检测结果调整矿料加热温度、拌和时间及除尘风门开度, 确保机制砂沥青混合料拌和质量。

8.2.3 机制砂沥青混合料拌和温度应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 的规定, 拌和时间根据具体情况经试拌确定, 应搅拌均匀、颜色一致, 不得出现离析、花白和泛油等现象。拌和过程中, 应注意观察拌和物的状态, 及时取样检查沥青用量、矿料级配等指标。

8.3 混合料运输

8.3.1 机制砂装卸、运输中应防止颗粒离析、混入杂质, 并应采取措施防止扬尘, 避免环境污染。

8.3.2 机制砂沥青混合料宜采用 60 吨位以上的运料车运输, 但不得超载运输或急刹车、急弯调头使透层、粘层或封层造成损伤。

条文说明

沥青路面摊铺施工时运输车数量过多, 运输频次较大, 在沥青面层调头对沥青层造成损坏, 结合调研情况, 本规程推荐沥青混合料运输车载重不小于 60 吨。

8.3.3 运料车每次使用前后必须清扫干净, 在车厢板上应涂薄层隔离剂或防粘剂, 但不得有余液积聚在车厢底部。

8.3.4 采用运料车运输机制砂沥青混合料, 应采取覆盖保温、防雨、防污染措施。

8.3.5 运输车进入摊铺现场时，轮胎上不得沾有泥土等可能污染路面的脏物，否则宜设水池洗净轮胎后进入工程现场。

8.4 混合料摊铺

8.4.1 机制砂沥青混合料摊铺温度应满足《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的规定。

8.4.2 在指定摊铺地点凭运料单接收的机制砂沥青混合料应进行温度检测，若混合料温度不符合施工要求，或已结成团块、遭雨淋的不得铺筑。

8.4.3 高速公路、一级公路机制砂沥青混合料表面层宜采用整幅摊铺。

8.4.4 摊铺机应采用自动找平方式，缓慢、均匀、连续不间断地摊铺，以提高平整度，减少混合料的离析。当发现混合料出现明显的离析、波浪、裂缝、拖痕时，应分析原因并予以消除。

8.5 混合料碾压

8.5.1 机制砂沥青混合料压实温度、压实层厚度等应满足《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的规定。

8.5.2 应根据机制砂沥青混合料的类型、结构层厚度、施工气温、机制砂的规格与棱角性等因素合理选择混合料的压实设备组合及碾压工艺。

8.5.3 振动压路机碾压时应遵循“紧跟、慢压、高频、低幅”的原则。

8.5.4 压路机不得在未碾压成型路段上转向、调头、加水或停留。在当天成型的路面上，不得停放各种机械设备或车辆，不得散落矿料、油料等杂物。

8.6 接缝处理与开放交通

8.6.1 机制砂沥青混合料路面的施工必须接缝紧密、连接平顺，不得产生明显

的接缝离析。

8.6.2 机制砂沥青混合料路面上下层的纵缝应错开 150mm（热接缝）或 300~400mm（冷接缝）以上，纵缝部位的施工应满足《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的规定。

8.6.3 机制砂沥青混合料路面相邻两幅及上下层的横向接缝均应错位 1m 以上。

8.6.4 高速公路和一级公路的机制砂沥青混合料路面表面层横向接缝应采用垂直的平接缝。趁铺设的混合料层尚未冷透时用凿岩机或人工垂直刨除端部层厚不足的部分，或在铺设当天混合料冷却但尚未结硬时采用切割机制作平接缝。待接缝处干燥后涂刷粘层油，铺筑新混合料前应使接茬软化，压路机先进行横向碾压，再纵向碾压成为一体，充分压实，连接平顺。

8.6.5 高速公路和一级公路的机制砂沥青混合料表面层以下以及其他等级公路的各层可采用自然碾压的斜接缝，沥青层较厚时也可作阶梯形接缝。两种接缝的搭接长度应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的规定。

8.6.6 机制砂沥青混合料路面的施工必须接缝紧密、连接平顺，不得产生明显的接缝离析，接缝施工应用 3m 直尺检查，确保平整度符合要求。

8.6.7 机制砂沥青混合料路面应待摊铺层完全自然冷却，混合料表面温度低于 50℃后方可开放交通。需要提早开放交通时，可洒水冷却降低混合料温度。

8.6.8 铺筑好的机制砂沥青混合料层应严格控制交通，做好保护、避免污染。

9 质量控制

9.1 一般规定

9.1.1 机制砂水泥混凝土和机制砂沥青混合料质量检验应在施工前、施工过程中和施工后分别进行。

9.1.2 机制砂的取样检验在料堆上取样时，取样部分应均匀分布，取样前先将取样部位表层铲除，然后从不同部位随机抽取大致等量的砂 8 份，组成一组试样；从皮带运输机上取样时，应全断面定时随机抽取大致等量的砂 4 份，组成一组样品；从火车、汽车、货轮上取样时，从不同部位和深度随机抽取大致等量的砂 8 份，组成一组样品。

9.2 机制砂水泥混凝土质量控制

9.2.1 水泥混凝土用机制砂的质量检验符合下列规定：

1 水泥混凝土用机制砂进场后，应以 400m³ 或 600t 为一个检验批进行质量检验，不足 400m³ 或 600t 作为一批计。机制砂宜以 400m³ 或 600t 为一批，不足 400m³ 或 600t 作为一批计。

2 水泥混凝土用机制砂的检验项目应符合表 9.2.1 的规定。

表 9.2.1 水泥混凝土用机制砂检验项目

| 序号 | 检测项目 | 技术要求 | 试验方法 | 检验要求 |
|----|------------|-------|------------|------|
| 1 | 母材放射性 | 3.0.4 | GB 6566 | * |
| 2 | 母材碱-集料反应活性 | 4.1.2 | GB/T 14684 | * |
| 3 | 母材磨光值 | 4.1.3 | JT/T 819 | * |
| 4 | 表观密度 | 4.1.4 | GB/T 14684 | * |
| 5 | 松散堆积密度 | 4.1.4 | GB/T 14684 | + |
| 6 | 空隙率 | 4.1.4 | GB/T 14684 | * |

| | | | | |
|----|------------|--------|------------|---|
| 7 | 细度模数 | 4.1.5 | GB/T 14684 | + |
| 8 | 含水率 | 7.2.2 | GB/T 14684 | + |
| 9 | 颗粒级配 | 4.1.6 | GB/T 14684 | + |
| 10 | 亚甲基蓝值和石粉含量 | 4.1.7 | GB/T 14684 | + |
| 11 | 泥块含量 | 4.1.8 | GB/T 14684 | + |
| 12 | 片状颗粒含量 | 4.1.9 | GB/T 14684 | * |
| 13 | 坚固性 | 4.1.10 | GB/T 14684 | * |
| 14 | 压碎指标 | 4.1.10 | GB/T 14684 | + |
| 15 | 饱和面干吸水率 | 4.1.11 | GB/T 14684 | * |
| 16 | 云母含量 | 4.1.12 | GB/T 14684 | * |
| 17 | 轻物质含量 | 4.1.12 | GB/T 14684 | * |
| 18 | 有机物含量 | 4.1.12 | GB/T 14684 | * |
| 19 | 硫化物及硫酸盐含量 | 4.1.12 | GB/T 14684 | * |
| 20 | 氯离子含量 | 4.1.12 | GB/T 14684 | * |

注：“+”为检验项目，“*”为根据需要而定的检验项目。

9.2.2 机制砂水泥混凝土的拌合物性能质量检验应符合下列规定：

1 宜在搅拌地点和浇筑地点分别取样检测，每一工作班或每一单元结构物应不少于两次，评定时应以浇筑地点的测值为准。当拌合物从搅拌机出料起至浇筑入模的时间不大于 15min 时，可仅在拌制地点取样检测。

2 拌合物检验项目应符合本规程第 5.3.1 条的有关规定。

9.2.3 机制砂水泥混凝土的硬化性能应满足设计要求，并应符合本规程第 5.3.2 条和第 5.3.3 条的有关规定，检验规则应符合现行《混凝土质量控制标准》（GB 50164）的有关规定。

9.2.4 机制砂水泥混凝土结构工程施工及验收应符合现行《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG F80/1）的有关规定。

9.3 机制砂沥青混合料质量控制

9.3.1 沥青混合料用机制砂的质量检验符合下列规定：

1 机制砂沥青混合料施工前，机制砂应以 1000m³ 或 600t 为一个检验批进行质量检验，不足 1000m³ 或 600t 作为一批计。机制砂宜以 1000m³ 或 600t 为一批，不足 1000m³ 或 600t 作为一批计。

2 沥青混合料用机制砂的检验项目应符合表 9.3.1 的规定。

表 9.3.1 沥青混合料用机制砂质量检验项目

| 序号 | 检验项目 | 技术要求 | 检验方法 | 检验要求 |
|----|------------------------------------|-------|---------------|------|
| 1 | 颗粒级配 | 4.2.5 | JTG E42 T0327 | + |
| 2 | 表观相对密度 | 4.2.6 | JTG E42 T0328 | + |
| 3 | 砂当量 | 4.2.6 | JTG E42 T0334 | + |
| 4 | 亚甲蓝 MBVF | 4.2.6 | JTG E42 T0349 | + |
| 5 | 棱角性 | 4.2.6 | JTG E42 T0345 | + |
| 6 | 坚固性 | 4.2.6 | JTG E42 T0340 | * |
| 7 | 硫化物及硫酸盐 (按 SO ₃ 质量计) | 4.2.6 | JTG E42 T0341 | * |
| 8 | 拉拔强度 (机制砂母材) | 4.2.3 | 附录 A | * |
| 9 | 高温压碎值 (机制砂母材) | 4.2.4 | 附录 B | * |

注：“+”为检验项目，“*”为根据需要而定的检验项目。

9.3.2 机制砂沥青混合料生产过程中，应按表 9.3.2 规定的检验项目与频率对机制砂进行抽样试验，其质量应符合本规范表 4.2.6 规定的技术要求。

表 9.3.2 施工过程中机制砂质量检验项目与频率

| 检查项目 | 检验频率 | | 平行试验次数或一次试验的试样数 |
|----------------------|---------|--------|-----------------|
| | 高速、一级公路 | 其他等级公路 | |
| 颗粒级配 | 随时 | 必要时 | 2 |
| 含水量 | 必要时 | 必要时 | 2 |
| 亚甲蓝 MBV _F | 必要时 | 必要时 | 2 |
| 砂当量 | 必要时 | 必要时 | 2 |

9.3.3 机制砂沥青混合料的拌合物性能质量检验应符合本规程第 6.3.4 条的

有关要求。

9.3.4 机制砂沥青混合料路面施工质量检验及验收应按现行《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG F80/1）的有关规定执行。

征求意见稿

附录 A 机制砂母材与沥青黏附性的测试评价方法

A.1 适用范围

A.1.1 本试验适用于检验和评价公路工程用机制砂的母材与沥青之间的黏附性。

A.2 试验仪器

A.2.1 拉拔仪应符合下列规定：

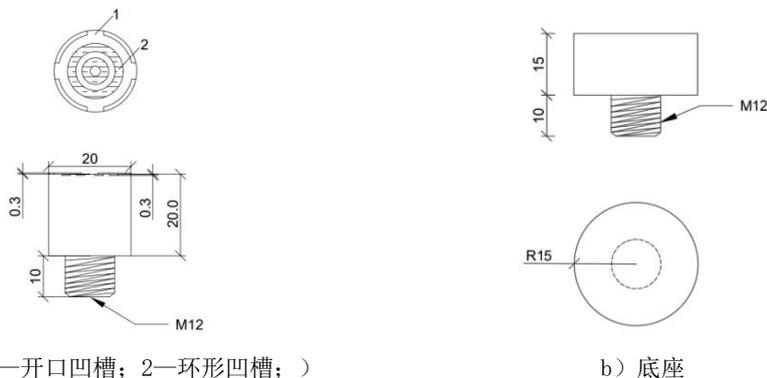
1 拉力传感器：量程不低于 3000N，精度不低于 1N，力值的示值误差不得大于 1%；

2 拉力数显仪表：供电电源直流 12V，使用温度 0~50℃，精度不小于 0.3%F.S；

3 带孔液压缸：起重量不小于 2t；

4 拉拔头：宜由黄铜制作，其形状为半径 10mm、高 20mm 的圆柱体，拉拔头的一端采用 M12 型号螺纹，另一端沿拉拔头圆周设置高 0.3mm、壁厚 1mm 的凸起，并等距离设四个宽度 4mm 的开口凹槽，同时，在凸起一端端面沿着拉拔头中心线刻有内半径为 1.25mm 和 4.75mm、宽度为 2mm、深度为 0.3mm 的环形凹槽，拉拔头的尺寸与形状见图 A.2.1-1 (a) 所示；

5 底座：宜由铝合金制作，其形状为半径 15mm、高 15mm 的圆柱型，底座下部设有螺纹，螺纹采用 M12 型号，底座的尺寸见图 A.2.1-1 (b) 所示；



a) 拉拔头 (1—开口凹槽；2—环形凹槽；)

b) 底座

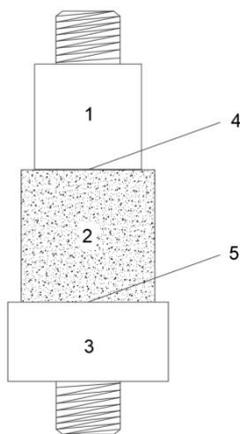
图 A.2.1-1 拉拔头和底座 (单位: mm)

6 拉拔仪：由带孔液压缸、顶撑架、传力杆、拉力传感器等组成，见图 A.2.1-2 所示。

现脱落情况，则该次试验不计入结果计算。

A. 3. 4 将沥青试样进行加热，基质沥青加热温度为 140~160℃，改性沥青加热温度为 170~180℃；将拉拔头放在与沥青同样加热温度的烘箱中预热。

A. 3. 5 待沥青完全融化后，用玻璃棒沾取 1~2 滴沥青，滴至打磨平整的芯样顶面，再立即将拉拔头取出并压在沥青表面，用 $10 \pm 1\text{N}$ 的力按压 5~10min，整个按压过程拉拔头不产生滑动。将试件在室温条件下静置 1h，待沥青冷却凝固后用热刮刀刮去拉拔头周围溢出的沥青，完成试件成型。成型后的试件见图 C. 3. 5-1 所示。



1—拉拔头；2—机制砂母材芯样；3—底座；4—沥青膜；5—环氧树脂或 AB 胶

图 A. 3. 5-1 成型试件

A. 3. 6 每组试验的试样数量不少于 5 枚。

A. 4 试验环境

A. 4. 1 试验温度为 $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 。

A. 5 试验方法

A. 5. 1 将拉拔试样放入 $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 恒温箱中养生 2~3h。

A. 5. 2 将养生后的试样安装在传感器和可拆底座之间。

A. 5.3 压动带孔液压缸，对拉拔试样施加竖向拉力，当数显仪达到峰值并不再增加时，表明芯样与沥青界面发生破坏，停止加压，读取峰值力。

A. 5.4 取下拉拔试样，观察并记录界面的破坏形式，并在芯样上贴标签注明编号、拉拔力峰值等。

A. 6 试验结果

A. 6.1 拉拔强度定义为界面发生破坏时的峰值荷载与沥青膜面积之比。第 i 枚试样的拉拔强度按式 (A. 6.1) 计算。

$$f_i = \frac{P_i}{A} \quad (\text{A. 6.1})$$

式中： f_i ——试样 i 的拉拔强度 (kPa)；

P_i ——试样 i 破坏时的峰值荷载 (N)；

A ——沥青膜的面积，此处取值 $3.14 \times 10^{-4} \text{m}^2$ 。

A. 6.2 试样破坏形式

- 1 内聚破坏：界面处沥青结合料的内聚破坏；
- 2 黏附破坏：沥青结合料与芯样之间的界面破坏；
- 3 混合破坏：界面出现以上两种破坏形式。

A. 7 试验结果的合格评定

A. 7.1 同一组试验，测定结果的标准差与平均值之比不超过 15%，以平均值作为试验结果。

A. 7.2 试验报告应包括以下内容：

- 1 受检沥青和机制砂母材的品种、型号和批次；
- 2 试样的养护条件；
- 3 试样的编号；
- 4 试验环境温度和相对湿度；
- 5 拉力传感器的型号、量程和检定日期；

- 6 试样的破坏荷载及破坏形式；
- 7 试验结果整理和计算；
- 8 取样、测试、校核人员及测试日期。

附录 B 机制砂母材的高温压碎值试验方法

B.1 适用范围

B.1.1 本方法适用于测定热拌沥青混合料用机制砂母材的高温压碎值。

B.2 试验环境条件

B.2.1 试验应在常温（10~35℃）下进行。

B.3 试验仪器设备

B.3.1 烘箱，能使温度控制在设定温度±5℃范围内。

B.3.2 测温仪，0~300℃，分度值1℃。

B.3.3 试验用其他仪器设备参照《公路工程集料试验规程》JTG E42 中的 T0316 粗集料压碎值试验。

B.4 试验程序

B.4.1 试验准备

1 将机制砂母材进行破碎成碎石，并参照《公路工程集料试验规程》JTG E42 中的 T0301 进行取样。

2 将烘箱调至规定温度，对于基质沥青混合料用机制砂的母材碎石宜控制为 $180\pm 5^{\circ}\text{C}$ ，对于改性沥青混合料用机制砂的母材碎石宜控制为 $195\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

3 将风干的机制砂母材碎石用 13.2mm 和 9.5mm 的标准筛过筛，取 9.5mm~13.2mm 的试样 3 组各 3000g，供试验用。试样宜采用风干的碎石，如过于潮湿需要加热烘干时，烘箱温度不应超过 100℃，烘干时间应不超过 4 小时，冷却至室温称重。

4 每次试验的碎石数量应满足按下述方法夯击后碎石在试筒内的深度为100mm。

5 在金属筒中确定碎石数量的方法为：将试样分3次（每次数量大体相同）均匀装入试模中，每次将试样表面整平，用金属棒的半球面端从碎石表面上均匀捣实25次。最后用金属棒作为直刮刀将表面仔细整平。称取量筒中的试样质量（ m_0 ），准确至1g。以相同质量的试样进行压碎值的平行试验。

B.4.2 试验步骤

1 将试筒安放在底板上。

2 将要求质量的试样分3次（每次数量大体相同）均匀装入试模中，每次均将试样表面整平，用金属棒的半球面端从碎石表面上均匀捣实25次。

3 将装有试样的压碎值试验仪和压头一起放入规定温度的烘箱内，从烘箱温度重新达到规定温度起保温4小时。

4 取出压碎值试验仪及压头，将压头放入试筒内集料面上，注意使压头摆平，勿楔挤试模侧壁。

5 将装有试样的试筒连同压头一起放到压力机上，均匀地施加荷载，在10分钟时达到总荷载400kN，稳压5s，然后卸荷。

6 将试筒从压力机上取下，取出试样，立即测量试样的温度。对于基质沥青混合料用碎石，如试样温度低于150℃，则试验无效；对于改性沥青用碎石，如试验温度低于160℃，则试验无效。从烘箱中取出试样至压碎试验完成的时间宜控制在15分钟之内。

7 试样冷却至室温后用2.36mm标准筛筛分已经压碎的全部试样，可分几次筛分，均需筛到在1分钟内无明显的筛出物为止。

8 称取通过2.36mm筛孔的全部细料质量（ m_1 ），准确至1g。

B.5 试验数据处理

B.5.1 机制砂母材的高温压碎值按式（B.5.1）计算，精确至0.1%。

$$Q'_a = \frac{m_1}{m_0} \times 100 \quad (\text{B.5.1})$$

式中： Q'_a ——机制砂母材的高温压碎值（%）；

m_0 ——试验前试样质量（g）；

m_1 ——试验后通过 2.36mm 筛孔的细料质量 (g)；

以 3 个试样平行试验结果的算术平均值作为压碎值的测定值。

征求意见稿

本规程用语说明

1 本规程执行严格程度的用词，采用下列写法：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词，正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

1) 在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本细则的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定”

2) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准和行业标准时，表述为“应符合《XXXXXX》(XXX)的有关规定”。

3) 当引用本标准中的其他规定时，表述为“应符合本规程第 X 章的有关规定”、“应符合本规程第 X.X 节的有关规定”、“应符合本规程第 X.X.X 条的有关规定”或“应按本规程第 X.X.X 条的有关规定执行”。

3 条文中“条”、“款”之间承上启下的连接用语，采用“符合下列规定”、“遵守下列规定”或“符合下列要求”等写法表示。