



T/CECS G 2026-XX-XX

中国工程建设标准化协会标准（公路工程）

Standard of China Association for Engineering Construction Standardization

(Highway Engineering)

废旧沥青混合料高值化利用技术规程

Technical Specifications for Value-Added Utilization of Waste Asphalt Mixture

（征求意见稿）

中国工程建设标准化协会发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

(空白)

征求意见稿

中国工程建设标准化协会标准（公路工程）

《废旧沥青混合料高值化利用技术规程》

Technical Specifications for Value-Added Utilization of Waste  
Asphalt Mixture

T/CECS G 2026-XX-XX

主编单位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：2026年XX月XX日

人民交通出版社股份有限公司

北京



## 前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2024 年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2024〕15 号）的要求，由中交第一公路勘察设计研究院有限公司作为主编单位承担《废旧沥青混合料高值化利用技术规程》（以下简称“本规程”）的制定工作。

为规范废旧沥青混合料高值化利用的技术要求，统一检测方法、施工工艺及质量管理标准，解决当前利用过程中存在的再生技术不规范、利用率偏低、应用质量参差不齐等问题，适应公路建设与养护事业的发展需求，结合我国公路工程实际情况，参考国内外相关标准及实践经验，制定本规程。本规程的实施，旨在显著提高废旧沥青混合料的再生利用率（掺量不小于 50%），提升应用层位（可用于中、上面层），降低工程材料成本，减少矿产资源开采与废弃物排放，支撑公路交通行业实现“双碳”目标。

本规程分为 8 章，主要内容包括：1 总则、2 术语和符号、3 废旧沥青混合料检测及预处理、4 废旧沥青混合料高值化利用技术要求、5 高值化再生沥青混合料配合比设计、6 废旧沥青混合料高值化利用施工工艺、7 废旧沥青混合料再生质量管理。

本规程的制定遵循“绿色低碳、资源节约、安全环保”的原则，注重技术的科学性、实用性和可操作性，旨在为废旧沥青混合料高值化利用提供技术支撑，推动公路工程行业的绿色可持续发展。

本规程由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理，由中交第一公路勘察设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见或建议请函告本规程日常管理组，中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区三里河 11 号；邮编：100835；电话：010-62079983），或闫亚鹏（地址：陕西省西安市高新区科技四路 205 号；邮编：710075；电话：029-88853000；电子邮箱：359706437@qq.com），以便修订时研用。

**主编单位：**中交第一公路勘察设计研究院有限公司

**参编单位：**中交瑞通路桥养护科技有限公司

同济大学

徐州市公路工程总公司

陕西交通控股集团有限公司运营管理分公司

**主 编：**陈团结

**参编人员：**曹海波 闫亚鹏 李辉 岳修方 高楠 樊孟孟 马明

王晓光 王殿驭 苗思雨 屈腾 高林丽

**主 审：**

**参审人员：**

## 目 次

1 总则 .....	1
2 术语和符号 .....	2
2.1 术语 .....	2
2.2 符号 .....	2
3 废旧沥青混合料检测及预处理 .....	3
3.1 一般规定 .....	3
3.2 既有沥青路面检测评价 .....	3
3.3 废旧沥青混合料检测 .....	4
3.4 废旧沥青混合料预处理 .....	6
4 废旧沥青混合料高值化利用技术要求 .....	8
4.1 一般规定 .....	8
4.2 高值化再生技术选择 .....	8
4.3 厂拌热再生高值化技术要求 .....	9
4.4 厂拌温再生高值化技术要求 .....	10
4.5 就地热再生高值化技术要求 .....	11
4.6 就地温再生高值化技术要求 .....	12
5 高值化再生沥青混合料配合比设计 .....	14
5.1 一般规定 .....	14
5.2 厂拌热再生沥青混合料配合比设计 .....	15
5.3 厂拌温再生沥青混合料配合比设计 .....	18
5.4 就地热再生沥青混合料配合比设计 .....	19
5.5 就地温再生沥青混合料配合比设计 .....	20
6 废旧沥青混合料高值化利用施工工艺 .....	21
6.1 一般规定 .....	21
6.2 施工设备要求 .....	21
6.3 厂拌热再生施工工艺 .....	23
6.4 厂拌温再生施工工艺 .....	25
6.5 就地热再生施工工艺 .....	26

6.6 就地温再生施工工艺 .....	27
6.7 再生施工工艺参数控制 .....	28
7 废旧沥青混合料再生质量管理 .....	30
7.1 检测要求 .....	30
7.2 施工过程质量管理 .....	30
本规程用词用语说明 .....	32

## 1 总则

**1.0.1** 为适应公路建设与养护事业发展需求，提高废旧沥青混合料利用率，规范废旧沥青混合料高值化利用技术，遵循绿色低碳、资源节约、安全环保的原则，推动公路工程行业可持续发展，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于各等级沥青混凝土公路的新建、改扩建及养护工程中的废旧沥青混合料的高值化再生利用。

**1.0.3** 采用本规程时，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

**1.0.4** 废旧沥青混合料的高值化利用应满足下列要求：

1 掺量高：再生沥青混合料中 RAO（高值化沥青混合料回收料）的掺配比例不小于 50%；

2 层位高：再生沥青混合料可应用于沥青路面的中面层或上面层；

3 性能优：再生沥青混合料的关键路用性能（高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性）不低于同类型新沥青混合料的要求。

**1.0.5** 本规程未明确规定的技术要求，应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）、《公路沥青路面再生技术规范》（JTG/T 5521）、《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG 3410）及《公路路基路面现场测试规程》（JTG 3450）等标准的有关规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 废旧沥青混合料 waste asphalt mixture

养护工程及改扩建工程中,采用铣刨、开挖等方式产生的路面旧沥青混合料。

#### 2.1.2 再生沥青混合料 recycling asphalt mixture

经再生工艺使旧沥青混合料恢复一定性能,所得的沥青混合料。

#### 2.1.3 再生剂 rejuvenating agent

掺入再生沥青混合料中,用以恢复旧沥青混合料性能的添加剂。

#### 2.1.4 高值化利用 value-added utilization

本规程中特指废旧沥青混合料的再生利用率提高、掺量提高、应用质量提高。

### 2.2 符号

RAP——沥青混合料回收料;

RAI——无机回收料;

RAO——高值化沥青混合料回收料。

## 3 废旧沥青混合料检测及预处理

### 3.1 一般规定

废旧沥青混合料的来源应根据工程需要收集拟再生路段的相关资料：

- 1 基础数据：包括公路等级、设计标准、原路面结构和材料类型、几何线形等。
- 2 路段沿线环境条件、水文地质条件等。
- 3 交通状况信息：包括历年交通量、轴载组成情况等。
- 4 养护管理数据：包括养护历史、近5年的路况检测数据等。
- 5 价格参数：包括工程材料单价、人工费、机械设备费等。

### 3.2 既有沥青路面检测评价

**3.2.1** 应对既有沥青路面的结构状况、功能状况进行检测。

**3.2.2** 既有沥青路面结构检测评价应符合下列规定：

1 路面结构层完整性应通过钻芯取样数据进行评价，探测雷达等无损检测数据可进行辅助分析。检测内容应包括：病害发展层位、病害发展形态、各结构层完整性、结构层厚度等。

2 钻芯取样深度应达到路面基层底部，并记录各结构层厚度、结构层材料类型、病害破坏层位、病害发展形态、结构层层间黏结情况、结构层芯样密实程度等。

3 路面弯沉值检测宜采用落锤式弯沉仪，检测结果应换算为现行《公路路基

路面现场测试规程》（JTG 3450）规定的回弹弯沉值，并计算路面结构强度指数（PSSI）。

### 3.2.3 既有沥青路面功能检测评价应符合下列规定：

1 应检测路面技术状况数据，宜采用自动化检测设备进行检测，并按照现行《公路技术状况评定标准》（JTG 5210）的要求，计算路面损坏状况指数（PCI）、路面结构强度指数（PSSI）、路面车辙深度指数（RDI）等。若已有检测时间未超过6个月，可作为检测数据使用。

2 应开展路面表面损坏调查，宜采用自动化检测设计进行采集，不具备条件时可采用人工检测，包括各种路面损坏的位置、数量、严重程度等。

3 应对路面内部结构状况进行检测，包括结构损坏类型、病害层位、病害严重程度、层间黏结状况、结构层材料性能指标等。可通过探坑开挖、钻芯取样等方式进行检查。

4 应检测路面排水状况，包括路表排水设施状况、结构内部排水状况、地下排水状况等。可通过人工调查、渗水仪检测等方法检查。

5 应检测路面抗滑性能、平整度等功能性指标，宜采用摩擦系数测试设备、平整度仪等进行检测。

## 3.3 废旧沥青混合料检测

### 3.3.1 废旧沥青混合料取样

废旧沥青混合料取样应具有代表性，按现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG 3410）的规定执行。取样时宜记录原路面的路龄、公路等级、原路面结构层位等信息，作为后续分级处理的依据。

### 3.3.2 废旧沥青混合料沥青含量检测

应采用离心抽提法或燃烧炉法测定废旧沥青混合料的沥青含量，试验方法按现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG 3410）执行。对燃烧法不会破坏石质的材料，可采用燃烧法代替抽提法。

### 3.3.3 废旧沥青基本物理指标及老化程度检测应符合下列规定：

1 应测试所回收废旧沥青的基本物理指标，包括针入度、软化点、延度、60℃动力黏度等，试验方法应符合现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG 3410）的有关规定。

2 沥青老化质量检测评价应以薄膜烘箱试验（TFOT）方法为标准，试验按现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG 3410）执行。

3 除上述指标外，宜采用动态模量试验评价沥青混合料的老化程度，作为参考指标。动态模量试验按现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG 3410）执行。

### 3.3.4 废旧沥青混合料级配变异性检测

应按现行 JTG 3410 规定的方法测试废旧沥青混合料的矿料级配，并根据级配变异程度进行分类分级，用于指导预处理工艺选择。

### 3.3.5 废旧沥青混合料分级标准

应根据废旧沥青混合料的沥青老化程度、矿料级配变异性、含水率、砂当量等指标进行分类分级，具体分级标准应符合表 3.1 的规定。

表 3.1 废旧沥青混合料分级标准

级别	沥青针入度 (25℃, 0.1mm)	级配变异 系数 (%)	砂当量 (%)	含水率 (%)	建议预处理工艺	高值化适用性
I 级	≥20	≤10	≥60	≤1	直接使用或简单筛分	可直接用于高值化
II 级	10~20	10~20	50~60	1~3	破碎、筛分、必要时添加再生剂	经预处理后可用于高值化
III 级	<10	>20	<50	>3	精细分离、添加	需专项论证后

级别	沥青针入度 (25℃, 0.1mm)	级配变异 系数 (%)	砂当量 (%)	含水率 (%)	建议预处理工艺	高值化适用性
					再生剂、掺配比例控制	方可用于高值化

注：1. 级配变异系数以 4.75mm 筛孔通过率的标准差与平均值之比表示。

2. II 级及以上的 RAP 可用于高值化利用（掺配比例 $\geq$ 50%），III 级 RAP 应经专项论证后方可用于高值化利用。

### 3.4 废旧沥青混合料预处理

#### 3.4.1 一般规定

- 1 废旧沥青混合料在使用前应进行破碎、筛分、除杂、干燥等预处理。
- 2 预处理设备应具备分级破碎和筛分功能，筛分后的 RAP 应按粒径规格分别堆放。
- 3 预处理过程中应避免沥青老化加剧或集料过度破碎。
- 4 预处理后的 RAP 应根据不同料源、品种、规格分隔堆放，并设置清晰的材料标识牌。

#### 3.4.2 预处理工艺要求

- 1 破碎与筛分：应根据废旧沥青混合料的分级结果，选择相应的破碎、筛分工艺。对于 II 级及以上的 RAP，宜采用两级破碎（颚破+反击破/锤破）和振动筛分工艺。筛分后的 RAP 宜分为 0~4.75mm、4.75~9.5mm、9.5~13.2mm 及 13.2mm 以上等规格。
- 2 除杂：应清除废旧沥青混合料中的杂物（如土、木块、金属等），宜采用磁选、风选等设备。
- 3 干燥：预处理后的 RAP 含水率应满足表 3.1 的要求。可采用自然晾晒或低温干燥设备进行干燥，干燥温度不宜超过 120℃，避免沥青老化。

### 3.4.3 分离再生技术

当 RAP 老化严重（III级）或需要更高掺量时，可采用分离再生技术，将 RAP 中的旧沥青与集料分离，分别再生利用。分离再生后的材料技术要求应符合本规程第 4 章的相关规定。分离再生技术包括：

1 油石剥离技术：采用专用设备，通过机械研磨和化学助剂作用，将 RAP 中的沥青膜剥离，得到沥青砂和洁净集料。剥离后的集料可按新集料使用，沥青砂经微波加热后与再生剂作用，可大幅提高再生掺量。

2 溶剂萃取技术：采用有机溶剂萃取 RAP 中的沥青，回收沥青和集料。该技术适用于高价值再生场景，但需注意溶剂回收和环保要求。

## 4 废旧沥青混合料高值化利用技术要求

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 本章适用于厂拌热再生、厂拌温再生、就地热再生、就地温再生四种高值化利用方式的技术要求。

**4.1.2** 高值化利用应满足下列核心指标：

1 厂拌再生：再生沥青混合料中 RAO（高值化沥青混合料回收料）的掺配比例不小于 50%；

2 就地再生：原路面沥青混合料 100% 利用；再生沥青混合料的路用性能（高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性）不低于同类型新沥青混合料的要求。

**4.1.3** 本章规定的再生剂、胶结料、矿料及级配要求，除应符合本规程外，尚应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）及《公路沥青路面再生技术规范》（JTG/T 5521）的有关规定。

**4.1.4** 采用微波加热等新型再生工艺时，应根据试验结果调整再生剂用量及温度参数，并应符合本章相应再生方式的总体技术要求。

### 4.2 高值化再生技术选择

高值化再生技术的选择应根据废旧沥青混合料的分级结果、工程需求、施工条件、设备能力等因素综合确定。各类再生技术的适用场景及高值化特点可按表 4.1 选用。

表 4.1 高值化再生技术选择参考

再生方式	适用场景	RAP 掺量	应用层位	高值化特点
厂拌热再生	厂拌条件，对混合料性能要求高	50%~80%	上面层、中面层、下面层	掺量高，性能可控

再生方式	适用场景	RAP 掺量	应用层位	高值化特点
厂拌温再生	节能减排要求高，性能要求较高	50%~70%	上面层、中面层、下面层	节能环保，掺量高
就地热再生	路面表层病害，需快速施工	100%（原路面）	表面层	原路面 100% 利用，施工速度快
就地温再生	表层病害，节能要求高	100%（原路面）	表面层	原路面 100% 利用，节能

### 4.3 厂拌热再生高值化技术要求

#### 4.3.1 厂拌热再生所用再生剂应符合下列要求：

- 1 当 RAP 中回收沥青针入度小于 20（0.1mm）或 RAP 掺配率大于 30%时，应采用再生剂。
- 2 微波厂拌热再生沥青混合料宜添加再生剂，建议使用微波敏感型再生剂。
- 3 厂拌热再生所用再生剂应耐高温、易分散，可通过厂拌设备均匀混合。
- 4 厂拌热再生再生剂的技术指标应符合表 4.2 的要求。

表 4.2 厂拌热再生再生剂技术指标要求

检验项目	RA-1	RA-5	RA-25	RA-75	RA-250	RA-500	试验方法
60℃ 黏度(mm <sup>2</sup> /s)	50~175	176~900	901~4500	4501~12500	12501~37500	37051~60000	JTG 3410 T0619
闪点(℃)	≥220	≥220	≥220	≥220	≥220	≥220	JTG 3410 T0611
饱和分含量(%)	≤30	≤30	≤30	≤30	≤30	≤30	JTG 3410 T0618
芳香分含量(%)	实测	实测	实测	实测	实测	实测	JTG 3410 T0618
薄膜烘箱试验前后黏度比	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3	JTG 3410 T0619
薄膜烘箱试验后质量变化(%)	≤4, ≥-4	≤4, ≥-4	≤3, ≥-3	≤3, ≥-3	≤3, ≥-3	≤3, ≥-3	JTG 3410 T0619/T0610
15℃ 密度(g/cm <sup>3</sup> )	实测	实测	实测	实测	实测	实测	JTG 3410 T0603

注：薄膜烘箱试验前后黏度比 = 试样薄膜烘箱试验后黏度 / 试样薄膜烘箱试验前黏度。

#### 4.3.2 厂拌热再生胶结料应符合下列要求：

1 当 RAP 中的沥青老化较严重或 RAP 掺配率 $\geq 50\%$ 时，厂拌热再生沥青混合料生产宜采用微波厂拌热再生方式。

2 新添加沥青标号应根据本规程第 5.3 节的规定确定。

#### 4.3.3 厂拌热再生混合料中矿料应符合下列要求：

1 再生沥青混合料中使用的粗集料、细集料应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的有关规定。

2 再生沥青混合料中使用的矿粉应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）或《城镇道路工程施工与质量验收规范》（CJJ1）的相关规定。当两者不一致时，应按更高要求执行。

#### 4.3.4 厂拌热再生混合料的级配应符合下列要求：

1 厂拌热再生混合料的矿料级配应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）中相应热拌沥青混合料的规定。

2 高值化厂拌热再生中，RAP 掺配比例应不小于 50%，宜通过预处理和再生剂添加实现更高掺量。

### 4.4 厂拌温再生高值化技术要求

#### 4.4.1 厂拌温再生所用再生剂应符合下列要求：

1 当 RAP 中回收沥青针入度小于 20（0.1mm）或 RAP 掺配率大于 30%时，应采用再生剂。

2 厂拌温再生应使用具有中温操作特性的改性再生剂，通过工厂化设备进行混合，确保再生剂与矿料、RAP 的均匀分布，提高混合料的高低温性能。

3 微波厂拌温再生沥青混合料宜添加再生剂，建议使用微波敏感型再生剂。

4 厂拌温再生再生剂的技术指标应符合表 4.3 的要求。

表 4.3 厂拌温再生再生剂技术指标要求

检验项目	SRA-1	SRA-2	试验方法
60℃黏度 (mm <sup>2</sup> /s)	≤100	50~4500	JTG 3410 T0619
闪点 (℃)	≥220	≥220	JTG 3410 T0611
饱和分含量 (%)	≤10	≤30	JTG 3410 T0618
损耗角正切 tan δ	≥0.4	—	GB/T 1409

4.4.2 厂拌温再生胶结料应符合下列要求：

1 厂拌温再生胶结料应满足现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)中温拌沥青混合料的有关要求。

2 当 RAP 中的沥青老化较严重或 RAP 掺配率 ≥50% 时，宜采用微波厂拌温再生方式。

3 新添加沥青与再生剂的配伍性应通过试验验证。

4.4.3 厂拌温再生混合料中矿料的要求与厂拌热再生相同(见本规程 4.3.3)。

4.4.4 厂拌温再生混合料的级配要求与厂拌热再生相同(见本规程 4.3.4)。

## 4.5 就地热再生高值化技术要求

4.5.1 就地热再生所用再生剂应符合下列要求：

1 就地热再生所用再生剂应具备快速渗透老化沥青的能力，可通过就地热再生设备均匀混合。

2 就地热再生再生剂的技术指标应符合表 4.4 的要求。

**表 4.4 就地热再生再生剂技术指标要求**

检测项目	要求	检测方法
60℃ 黏度 (Pa · s)	50~175	JTG 3410 T0625
闪点 (℃)	≥220	JTG 3410 T0611
饱和分 (%)	≤30	JTG 3410 T0618
芳香分 (%)	≥30	JTG 3410 T0618
TFOT 老化试验质量变化 (%)	≤4, ≥-4	JTG 3410 T0625
相对密度	实测	JTG 3410 T0603

**4.5.2** 就地热再生胶结料应符合下列要求：

- 1 就地热再生胶结料应具有良好的施工和易性，与再生剂相容性好。
- 2 新添加沥青的标号及用量应通过配合比设计确定，并符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的规定。

**4.5.3** 就地热再生混合料中矿料的要求与厂拌热再生相同（见本规程 4.3.3）。

**4.5.4** 就地热再生混合料的级配要求与厂拌热再生相同（见本规程 4.3.4）：

**4.5.5** 采用就地热再生方式时，路面技术状况宜符合表 4.5 的要求。

**表 4.5 就地热再生适用的路面技术状况**

指标	技术要求
路面结构强度指数 PSSI	≥80
原路面沥青层厚度 (mm)	≥ (再生深度+30)
再生深度范围内沥青混合料	沥青 25℃ 针入度 (0.1mm) ≥20
	沥青含量 (%) ≥3.8
路面病害波及范围	主要集中在再生深度范围内

注：稀浆封层、微表处、薄层罩面、碎石封层路面采用就地热再生方式时，应进行专项论证。当混合料的级配、加热温度不满足混合料性能及施工工艺要求时，应将上述材料层铣刨后再进行就地热再生。

## 4.6 就地温再生高值化技术要求

**4.6.1** 就地温再生所用再生剂应符合下列要求：

1 就地温再生所用再生剂的类型及用量应通过设备匹配性、软化效果及沥青还原能力综合确定。

2 就地温再生再生剂的技术指标应符合表 4.6 的要求。

**表 4.6 就地温再生再生剂技术指标要求**

检验项目	SRA-1	SRA-2	试验方法
60℃黏度 (mm <sup>2</sup> /s)	≤100	50~4500	JTG 3410 T0619
闪点 (℃)	≥220	≥220	JTG 3410 T0611
饱和分含量 (%)	≤10	≤30	JTG 3410 T0618
损耗角正切 tan δ	≥0.4	—	GB/T 1409

**4.6.2 就地温再生胶结料应符合下列要求：**

1 就地温再生胶结料应具有良好的施工和易性，与再生剂相容性好。

2 新添加沥青的标号及用量应通过配合比设计确定，并符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的规定。

**4.6.3 就地温再生混合料中矿料的要求与厂拌热再生相同（见本规程 4.3.3）。**

**4.6.4 就地温再生混合料的级配要求与厂拌热再生相同（见本规程 4.3.4）。**

## 5 高值化再生沥青混合料配合比设计

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 高值化再生沥青混合料配合比设计应遵循以下原则：

- 1 再生沥青混合料中 RAO 的掺配比例应不小于 50%（厂拌再生）或原路面 100%利用（就地再生）。
- 2 再生沥青混合料的路用性能应不低于同类型新沥青混合料。
- 3 配合比设计应通过目标配合比设计、生产配合比设计、生产配合比验证三个阶段。

**5.1.2** 本规程以马歇尔设计方法为基础。当采用 Superpave 设计方法时，应同时进行马歇尔试验验证，并报告两种方法的对比结果。再生沥青混合料的最终性能应满足本规程 5.1.7 条的规定。

**5.1.3** 应根据废旧沥青混合料的分级结果选择代表性样本进行取样，确保样品能够充分代表原沥青混合料的特性。厂拌再生 RAP 应从预处理后的料堆取样，就地再生应从拟再生路段现场钻芯取样。

**5.1.4** 应根据原沥青混合料的老化特征和再生目标，确定再生剂配方。再生剂用量应根据原沥青混合料的状态和需要达到的性能指标确定，并应关注再生剂与原材料的相容性及对混合料性能的影响。

**5.1.5** 应对再生后的沥青混合料进行全面的性能测试，包括高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性等指标。

**5.1.6** 配合比设计完成后应在合适场地铺筑试验路，监测混合料的施工质量和路面性能。

**5.1.7** 高值化再生沥青混合料（包括厂拌热再生、厂拌温再生、就地热再生、就地温再生）的性能应满足表 5.1 的要求。

**表 5.1 高值化再生沥青混合料性能要求**

试验项目	质量要求	试验方法
马歇尔稳定度 (kN, 不小于)	8 (高速、一级公路), 5 (其他等级公路)	JTG 3410 T0709
流值 (0.1mm)	15~50	JTG 3410 T0709
空隙率 (%)	3~6	JTG 3410 T0705
动稳定度 (次/mm, 不小于)	普通沥青 1500, 改性沥青 2800	JTG 3410 T0719
浸水马歇尔残留稳定度 (%, 不小于)	80	JTG 3410 T0709
冻融劈裂残留强度比 (%, 不小于)	75	JTG 3410 T0729
低温弯曲破坏应变 ( $\mu\epsilon$ , 不小于)	普通沥青 2000, 改性沥青 2500	JTG 3410 T0715

注：1. 温再生混合料的动稳定度、低温弯曲破坏应变等指标不得低于同类型热拌沥青混合料的要求。

2. 用于上面层的 SMA 类再生混合料, 其马歇尔试验技术要求及性能要求应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 的相关规定。

**5.1.8** 各类再生方式配合比设计的具体操作步骤可参照现行《公路沥青路面再生技术规范》(JTG/T 5521) 的相关附录执行。

## 5.2 厂拌热再生沥青混合料配合比设计

**5.2.1** 厂拌热再生混合料的配合比设计应符合现行《公路沥青路面再生技术规范》(JTG/T 5521) 第 6 章及附录 D 有关规定。

**5.2.2** 新添加沥青标号确定应符合下列要求：

1 新添加沥青的标号应根据公路等级、使用层位、气候条件、交通量等因素选择。一般选取与当地同等条件下常用的道路沥青标号作为目标标号。

2 根据 RAP 中回收沥青的针入度和 RAP 掺配比例, 按表 5.2 选择新沥青等级。

表 5.2 再生沥青混合料新沥青等级选择

回收沥青 25℃的针入度 (0.1mm)	RAP 含量	建议的新沥青等级
$P \geq 30$	$R < 20\%$	沥青选择不需要变化
$20 \leq P < 30$	$R < 15\%$	
$10 \leq P < 20$	$R < 10\%$	
$P \geq 30$	$20\% \leq R < 30\%$	选择新沥青标号比正常提高 10 (0.1mm)
$20 \leq P < 30$	$15\% \leq R < 25\%$	
$10 \leq P < 20$	$10\% \leq R < 15\%$	
$P \geq 30$	$R \geq 30\%$	根据新旧沥青混合调和法则 确定
$20 \leq P < 30$	$R \geq 25\%$	
$10 \leq P < 20$	$R \geq 15\%$	

3 按照下式确定新沥青（或再生剂）的黏度：

$$\lg \eta_{mix} = (1-\alpha)\lg \eta_{old} + \alpha \lg \eta_{new} \quad \text{式 (5.1)}$$

其中：

$\eta_{mix}$ —混合后沥青的 60℃黏度 (Pa·s)；

$\eta_{old}$ —混合前旧沥青的 60℃黏度 (Pa·s)；

$\eta_{new}$ —混合前新沥青或再生剂的 60℃黏度 (Pa·s)；

$\alpha$ —新沥青的比例，  $\alpha = \frac{P_{nb}}{P_b}$

$P_{nb}$ —热再生沥青混合料的新沥青用量 (%)；

$P_b$ —热再生沥青混合料的总沥青用量 (%)。

4 根据黏度  $\eta_{new}$  确定新沥青标号。如需新沥青和再生剂配合使用的，新沥青与再生剂的掺配比例可按照式 (5.1) 计算。应首先选择合适标号的新沥青，存在下列情形之一的可使用再生剂：

(1) 计算得到所需的新沥青标号过高，市场供应存在问题；

(2) 沥青混合料回收料 (RAP) 掺配比例较大或者沥青混合料回收料 (RAP) 中旧沥青含量较高。

(3) 根据计算得到的新旧沥青掺配比例和再生剂掺量，进行新旧沥青掺配试验，试验验证再生沥青标号。

(4) 测试 60℃ 黏度有困难的，可采用针入度指标。

**5.2.3 估算新沥青用量  $P_{nb}$  及新沥青占总沥青用量  $P_b$  的比例按下列方法：**

1 估计再生沥青混合料的总沥青用量。RAP 掺量不超过 20% 时，热再生沥青混合料的总沥青用量与没有掺加 RAP 的沥青混合料基本一致，可以根据工程材料特性、气候特点、交通量等条件，结合当地的工程经验进行估计。也可按照下式估计总沥青用量：

$$P_b = 0.035a + 0.045b + Kc + F \quad \text{式 (5.2)}$$

其中：

$P_b$ —估计的混合料中的总沥青用量 (%)；

$K$ —当 0.075mm 筛孔通过率为 6%~10% 的时候， $K$  取值为 0.18；

当 0.075mm 筛孔通过率等于或小于 5% 的时候， $K$  取值为 0.20；

$a$ —未通过 2.36mm 筛的集料比例 (%)；

$b$ —通过 2.36mm 筛孔且留在 0.075mm 筛孔上集料的比例 (%)；

$c$ —通过 0.075mm 筛孔矿料的比例 (%)；

$F$ —取值为 0~2.0，取决于集料的吸水率。缺乏资料时采用 0.7。

2 按照下式计算再生沥青混合料的新沥青用量  $P_{nb}$ ：

$$P_{nb} = P_b - P_{ob} \times \frac{R}{100} \quad \text{式 (5.3)}$$

其中：

$P_{nb}$ —再生沥青混合料的新沥青用量 (%)

$P_b$ —热再生沥青混合料的总沥青用量 (%)；

$P_{ob}$ —RAP 中的沥青含量 (%)；

$R$ —RAP 掺配比例 (%)。

3 不同档的 RAP，其沥青含量应分别计算再加和。

**5.2.4** 应根据 RAP 的老化程度、含水率、RAP 矿料的级配变异情况以及工程的实际情况、沥青混合料类型、拌合设备的类型与加热干燥能力、新集料的性质等，确定新集料与 RAP 的掺配比例。将粗、细 RAP 中的矿料分别作为再生沥青混合料中的一种矿料进行矿料配合比设计。

**5.2.5** 厂拌热再生混合料的性能验证应符合本规程表 5.1 的要求：

### 5.3 厂拌温再生沥青混合料配合比设计

**5.3.1** 厂拌温再生混合料配合比设计可参照现行《公路沥青路面再生技术规范》(JTG/T 5521) 第 6 章及附录 D 中厂拌热再生的设计流程执行，但马歇尔试验温度控制应符合表 5.3 的要求。

表 5.3 厂拌温再生沥青混合料马歇尔试验温度控制

项目	试验温度 (°C)	
	基层沥青混合料	改性沥青混合料
集料	150~170	180~200
RAP	110~130	
沥青	140~160	160~165
击实成型	110~130	

**5.3.2** 新沥青标号确定、新沥青用量估算及矿料配合比设计可参照本规程第 5.2.2~5.2.4 条执行。

**5.3.3** 厂拌温再生混合料的马歇尔试验技术要求应符合表 5.4 和表 5.5 的规定。

表 5.4 AC 类厂拌温再生沥青混合料马歇尔试验技术要求

试验指标	单位	技术要求		
击实次数（双面）	次	75（高速公路、一级公路、二级公路）		50（其他等级公路）
试件尺寸	mm	Φ101.6×63.5		
压实温再生沥青混合料的空隙率	%	3~6		
马歇尔稳定度	kN	≥8（高速公路、一级公路）		≥5（其他等级公路）
马歇尔试验的流值	mm	2~4		
压实温再生沥青混合料的矿料间隙率（%）	相应于以下公称最大粒径（mm）的最小 VMA 及 VFA 技术要求（%）			
	19	16	13.2	9.5
	≥13	≥13.5	≥14	≥15
压实温再生沥青混合料中的沥青饱和度（%）		65~75		70~85

表 5.5 SMA 类厂拌温再生沥青混合料马歇尔试验技术要求

试验项目	单位	技术要求（改性沥青）
试件成型方式	-	马歇尔双面击实 75 次
压实温再生沥青混合料的空隙率	%	3.5~4.5
粗集料骨架间隙率	-	≤VCA <sub>DRC</sub>
压实温再生沥青混合料的矿料间隙率	%	≥17
压实温再生沥青混合料中的沥青饱和度	%	75~85
稳定度	kN	≥6.0

5.3.4 厂拌温再生沥青混合料的性能验证应符合本规程表 5.1 的要求。

## 5.4 就地热再生沥青混合料配合比设计

5.4.1 就地热再生混合料的配合比设计应符合现行《公路沥青路面再生技术规范》（JTG/T 5521）第 6 章及附录 B 的有关规定，并应包括原路面调查评价、RAP 取样与试验分析、再生剂掺量确定、新沥青用量确定、矿料级配调整、混合料性能验证等步骤。

5.4.2 再生剂与新沥青用量确定应符合下列要求：

1 再生剂掺量应根据 RAP 沥青老化程度、原路面沥青含量、再生目标性能等通过配伍试验确定。

2 新沥青标号及用量应根据再生后沥青的目标标号确定。可采用新旧沥青调和法，参照本规程第 5.2.2 条中式 (5.1) 计算。当原路面沥青老化严重时，宜选用针入度稍低（标号较高）的新沥青。

3 当原路面矿料级配偏差较大时，应添加新集料调整级配。新集料掺量应根据合成级配计算确定，且不宜超过 20%。

**5.4.3** 矿料级配调整应将原路面回收的矿料作为再生混合料中的一种矿料，与添加的新集料进行合成级配设计。合成级配曲线应平顺，并应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）中相应混合料类型级配范围的要求。

**5.4.4** 就地热再生混合料的性能验证应符合本规程表 5.1 的要求。

## 5.5 就地温再生沥青混合料配合比设计

**5.5.1** 就地温再生沥青混合料配合比设计可参照现行《公路沥青路面再生技术规范》（JTG/T 5521）第 6 章及附录 B 中就地热再生的设计流程执行，但马歇尔试验温度控制应符合本规程表 5.3 的规定。

**5.5.2** 就地温再生沥青混合料的再生剂掺量、新沥青标号及用量可参照本规程第 5.4.2 条确定，但应结合温拌特性，通过试验验证再生剂在温拌条件下的软化效果和沥青还原能力。

**5.5.3** 矿料级配调整参照本规程第 5.4.3 条执行。

**5.5.4** 就地温再生沥青混合料的马歇尔试验技术要求可参照本规程表 5.4 和表 5.5 执行。

**5.5.5** 就地温再生沥青混合料的性能验证应符合本规程表 5.1 的要求。

## 6 废旧沥青混合料高值化利用施工工艺

### 6.1 一般规定

6.1.1 施工前应对所用材料、设备进行全面检查，确保符合施工要求。

6.1.2 正式施工前应铺筑试验段。试验段长度不宜小于 200m。

6.1.3 试验段施工应确定下列参数：

- 1 各材料的施工配合比；
- 2 拌和温度、拌和时间；
- 3 摊铺速度、摊铺温度；
- 4 碾压工艺（压路机组合、碾压速度、碾压遍数）；
- 5 松铺系数；
- 6 每工作日施工长度。

### 6.2 施工设备要求

6.2.1 厂拌热再生混合料生产设备应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的有关规定，并应满足下列要求：

- 1 应配备不少于 2 个沥青混合料回收料（RAP）冷料仓。
- 2 应配备独立的 RAP 加热滚筒，RAP 加热滚筒出料口应安装测温装置，温度测量精度宜不低于 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 。

3 应配备独立的 RAP 热料暂存仓，热料暂存仓应具有加热保温功能，并宜具有料位检测装置。

4 应配备 RAP 配料装置和计量装置，静态计量精度宜不低于 $\pm 0.5\%$ 。

5 RAP 供给系统的供料能力、燃烧器的供热能力、RAP 加热滚筒的生产能力应满足设备最大生产能力的要求。

6 加热装置应确保 RAP 不与火焰直接接触。

7 RAP 加热滚筒内应设置避免 RAP 粘附滚筒内壁的专门装置。

8 应根据需要配备沥青再生剂的储存、计量、喷洒装置，再生剂静态计量精度宜不低于 $\pm 0.3\%$ 。

**6.2.2** 厂拌温再生混合料生产设备要求与厂拌热再生相同，但 RAP 加热温度应控制在  $110\sim 130^{\circ}\text{C}$ 。

**6.2.3** 就地热再生预热机应满足下列要求：

1 应能够连续地将一定深度范围内的沥青路面预热到规定温度。

2 应具备加热能力自动控制功能，宜能及时显示加热温度。

3 宜具有行驶速度控制、显示的功能。

4 正常工作时产生的沥青烟尘浓度应满足环保要求。

5 不宜采用明火加热方式。

**6.2.4** 就地热再生复拌机应满足下列要求：

1 应具备对路面加热、翻松、添加沥青再生剂、添加沥青混合料、摊铺等功能。

2 翻松装置应带有深度自动控制系统，翻松深度应不超过设定值 $\pm 3\text{mm}$ 。

3 再生剂喷洒装置应与再生行走速度联动并可准确计量，喷洒计量精度宜不低于 $\pm 2\%$ 。

4 沥青混合料添加系统应具有控制和计量装置。

5 加铺再生时，再生复拌机应具有双熨平板。

**6.2.5** 就地温再生设备要求与就地热再生相同，但加热温度应低于就地热再生 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。

## 6.3 厂拌热再生施工工艺

规定废旧沥青混合料的筛分与预处理方法，加热温度范围，混合工艺与时间，摊铺厚度与压实要求。

### 6.3.1 施工准备

1 施工前应配备满足施工要求的厂拌热再生拌和设备、摊铺机、压路机、运料车等生产施工设备，并保证其处于良好的工作状态。

2 应储备足够数量的、满足要求的粗细集料、沥青、沥青再生剂（必要时）、矿粉、预处理后的RAP等所需的各类材料。

3 RAP的回收、预处理和堆放应符合下列规定：

(1) 在RAP回收阶段，应严格控制RAP的变异性。

(2) RAP在使用前应进行破碎、筛分等预处理。

(3) 预处理后的RAP，应根据不同料源、品种、规格分隔堆放，分别设立清晰的材料标识牌。

### 6.3.2 拌和

1 再生混合料的拌和时间应经试拌确定。拌和的混合料应均匀、无花白料。干拌时间宜比普通热拌沥青混合料延长 5s~10s，总拌和时间宜延长 10s~30s。

2 拌和过程中应避免 RAP 过热或加热不足。RAP 出现过热、碳化时，应予废弃。

3 采用微波加热工艺时，RAP 应在微波加热装置中加热至 140℃~170℃，经计量后进入拌缸。

4 微波再生沥青混合料的生产温度与拌和时间应根据设备加热干燥能力、RAP 含水率、再生混合料级配及新沥青黏温曲线等综合确定。

5 微波再生沥青混合料的出厂温度可与新拌沥青混合料的要求一致。

条文说明：

1) 当微波厂拌热再生搅拌设备允许时，宜将 RAP 先与再生剂作用，即在热融状态下先与再生剂拌和 5s~10s，再与新料拌和。也可采用两拌缸或三拌缸工艺，先分别拌和 RAP 与再生剂、新矿料与新沥青，再混合拌和。无论采用何种工艺，均应以不加剧 RAP 进一步老化为原则。此外，也可采用沥青剥离工艺，将 RAP 分离为沥青砂和粗集料，沥青砂经微波直接加热后与再生剂作用，再与集料拌和。

2) 微波加热具有非热效应，可降低胶质、沥青质中长链烷烃分子链断裂的活化能，从而降低再生温度。采用微波加热后，再生剂用量与传统加热方式有所不同，应根据试验数据确定。

### 6.3.3 运输

1 应选用载质量 15t 以上的自卸车运输厂拌热再生沥青混合料，自卸车数量应满足连续摊铺施工需要。

2 运料车车厢宜做保温处理。运料车运输混合料时可采用苫布、棉被等覆盖保温，卸料过程中宜保持覆盖。

3 运料车车厢板上不得使用柴油、废机油等作为防止沥青粘结的隔离剂或防粘剂。

#### 6.3.4 摊铺与压实

1 摊铺时再生混合料的摊铺温度宜比热拌沥青混合料摊铺温度提高 5~10℃。

2 压实再生混合料的压实温度宜在《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)规定的对应的热拌沥青混合料压实温度基础上提高 5~10℃。

### 6.4 厂拌温再生施工工艺

#### 6.4.1 施工准备

同本规程第 6.3.1 条。

#### 6.4.2 拌和

1 厂拌温再生混合料的拌和时间应经试拌确定，拌和的混合料应均匀、无花白料。干拌时间宜比普通热拌沥青混合料延长 5s~10s，总拌和时间宜延长 10s~30s。

2 RAP 的加热温度应控制在 110℃~130℃。加热过程中应避免 RAP 过热或加热不足，出现过热、碳化时应予废弃。

3 温再生混合料的生产温度与拌和时间应根据设备加热干燥能力、RAP 含水率、再生混合料级配及新沥青黏温曲线等综合确定。

4 采用微波加热工艺时，RAP 应在微波加热装置中加热至满足厂拌温再生生产工艺要求后，经计量进入拌缸。

5 温再生沥青混合料的出厂温度应与温拌新沥青混合料的要求一致。

条文说明：

1) 当采用微波加热工艺时，微波加热具有非热效应，可降低胶质、沥青质中长链烷烃分子链断裂的活化能，从而使再生温度降低，加热时即可裂解部分高分子链。采用微波加热后，不同 RAP 需要添加的再生剂数量与传统加热方式有所不同，应根据试验数据确定。

2) 微波加热是内外同时加热，实际降温速度比传统加热慢，可适当延长施工操作时间。

#### 6.4.3 运输、摊铺与压实

参照本规程第 6.3.3 条及第 6.3.4 条执行，但摊铺温度和压实温度可降低 10~20℃。

### 6.5 就地热再生施工工艺

#### 6.5.1 施工准备

1 施工前应配备满足施工要求的预热机、再生复拌机、压路机等生产施工设备，并检查其处于良好的工作状态。

2 施工前应对就地热再生无法修复的路面病害进行预处理（如严重裂缝、坑槽等）。

3 正式施工前应铺筑试验段，长度不宜小于 200m。

4 施工前应清扫路面，在路面再生宽度以外划导向线，也可将路面边缘线作为导向线，保证再生施工边缘顺直美观。

### 6.5.2 加热、翻松与拌和

1 原路面应充分加热。不应因加热温度不足造成翻松时集料破损，也不应因加热温度过高造成沥青过度老化。

2 翻松深度应均匀。翻松深度变化时应缓慢渐变。

3 再生混合料应拌和均匀，拌和温度应满足要求。

### 6.5.3 摊铺

1 摊速度应与加热设备行进速度保持协调一致，宜为 1.5~4m/min。摊铺混合料应均匀，无裂纹、离析等现象。

2 普通沥青再生混合料摊铺温度不宜低于 120℃；改性沥青再生混合料摊铺温度不宜低于 130℃；熨平板预热温度不宜低于 110℃。

### 6.5.4 压实

1 应采用试验段确定的碾压工艺压实。

2 压实应紧跟摊铺机进行。

### 6.5.5 养生及开放交通

1 开放交通时路面温度不得高于 50℃。

2 再生路面开放交通及其他事项，应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）中对热拌沥青混合料路面的有关规定。

## 6.6 就地温再生施工工艺

### 6.6.1 施工准备

1 施工前应配备满足施工要求的预热机、再生复拌机、压路机等生产施工设备，并检查其处于良好的工作状态。

2 施工前应对原路面进行清理，对局部严重病害进行预处理。

3 正式施工前应铺筑试验段，长度不宜小于 200m。

#### **6.6.2 加热、翻松与拌和**

1 加热温度应控制在 110~130℃，避免沥青过度老化。

2 翻松深度应均匀。翻松深度变化时应缓慢渐变。

3 再生混合料应拌和均匀。

#### **6.6.3 摊铺与压实**

1 摊铺速度应与加热设备行进速度保持协调一致，宜为 1.5~4m/min。

2 摊铺温度不宜低于 100℃，压实温度不宜低于 90℃。

3 压实应紧跟摊铺机进行。

#### **6.6.4 养生及开放交通**

同本规程第 6.5.5 条。

### **6.7 再生施工工艺参数控制**

#### **6.7.1 温度控制**

各再生方式的施工温度控制范围应符合表 6.1 的要求。

表 6.1 再生施工温度控制要求

再生方式	拌和温度 (°C)	摊铺温度 (°C)	初压温度 (°C)	终压温度 (°C)
厂拌热再生	160~180	≥140	≥130	≥70
厂拌温再生	110~150	≥110	≥90	≥50
就地热再生	—	≥120 (普通) / ≥130 (改性)	≥110	≥70
就地温再生	—	≥100	≥90	≥50

### 6.7.2 材料计量精度

各材料的计量精度应符合表 6.2 的要求。

表 6.2 材料计量精度要求

材料	静态计量精度 (%)
粗、细集料	±0.5
RAP	±0.5
沥青 (热拌/温拌)	±0.3
再生剂	±0.3
矿粉	±0.5

### 6.7.3 施工速度与压实度

1 摊铺速度：热再生宜为 1.5~4m/min，温再生宜为 1.5~4m/min。

2 压实度：高速公路、一级公路再生沥青面层压实度应不小于 96%，其他等级公路应不小于 95%。

## 7 废旧沥青混合料再生质量管理

### 7.1 检测要求

#### 7.1.1 原材料检测

RAP 的检测项目、频率应符合表 7.1 的要求。

表 7.1 RAP 检测项目与频率

检测项目	检测频率	技术要求
含水率	每 500t 一次	≤3%
砂当量	每 500t 一次	≥60%
矿料级配	每 1000t 一次	符合设计要求
沥青含量	每 1000t 一次	符合设计要求
RAP 中沥青针入度	每 2000t 一次	≥10 (0.1mm)

#### 7.1.2 再生沥青混合料检测

再生沥青混合料的检测项目、频率应符合表 7.2 的要求。

表 7.2 再生沥青混合料检测项目与频率

检测项目	检测频率	技术要求
矿料级配	每台班 2 次	符合设计级配范围
沥青含量	每台班 2 次	设计值±0.3%
马歇尔稳定度、流值	每台班 1 次	符合设计要求
空隙率	每台班 1 次	符合设计要求
动稳定度（必要时）	每工作日 1 次	符合设计要求
残留稳定度（必要时）	每工作日 1 次	符合设计要求

### 7.2 施工过程质量管理

#### 7.2.1 混合料均匀性评价

- 1 再生混合料应无花白料、无离析、无结团。
- 2 热再生混合料出料温度波动范围应控制在±10℃以内。

### 7.2.2 施工温度检测

热再生、温再生混合料的出料温度、摊铺温度、碾压温度应按本规程表 6.1 的要求控制，每车检测并记录。

### 7.2.3 压实度检测

1 每施工段每 200m 检测 1 个断面，每个断面不少于 3 点。

2 压实度检测方法按现行《公路路基路面现场测试规程》（JTG 3450）执行。当单幅宽度较大时，可按每 2000m<sup>2</sup> 检测 1 点的频率执行。

## 本规程用词用语说明

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“除应符合本规程的规定外，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) 当引用本规程中的其他规定时，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”。