

### 公路沥青路面乳化沥青冷再生 施工技术规范

Technical Specification for Construction  
of Highway Asphalt Pavement Emulsion Based Cold Recycling

2014 - 06 - 05 发布

2014 - 06 - 30 实施

河北省质量技术监督局 发布

目 次

前言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 原沥青路面调查与评价 ..... 2

5 原材料技术要求 ..... 3

6 冷再生混合料配合比设计 ..... 5

7 厂拌乳化沥青冷再生施工 ..... 9

8 现场冷再生施工 ..... 13

附录 A（规范性附录） 乳化沥青冷再生混合料试样钻芯试验 ..... 15

附录 B（规范性附录） 乳化冷再生混合料半圆弯曲（SCB）试验方法 ..... 17

附录 C（规范性附录） 乳化沥青冷再生混合料试样磨耗试验方法 ..... 21

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由河北省交通运输厅提出。

本标准起草单位：河北省道路结构与材料工程研究中心、河北省交通运输厅公路管理局、美德维实伟克（中国）投资有限公司、北京盛广拓公路科技有限公司。

本标准起草人：杜群乐、王联芳、黄文元、李彦伟、王庆凯、赵宝平、郑利卫、陈君朝、郭晓华、张永利、刘敬东、张秀山、徐剑、周烨、张文斌、栗辉、孙斌。

# 公路沥青路面乳化沥青冷再生施工技术规范

## 1 范围

本规范规定了公路沥青路面乳化沥青冷再生混合料的配合比设计方法、施工工艺、施工质量检验及验收标准。

本规范适用于各等级公路。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本规范的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本规范。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

GB 175 通用硅酸盐水泥  
JTG H20 公路技术状况评定标准  
JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规范  
JTG E42 公路工程集料试验规范  
JTG F41 公路沥青路面再生技术规范  
JTG F40 公路沥青路面施工技术规范  
JTJ 034 公路路面基层施工技术规范  
JTJ 073.2 公路沥青路面养护技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**回收沥青路面材料** reclaimed asphalt pavement (简称 RAP)

采用铣刨、开挖、破碎等方式从旧路面沥青结构层获得的回收材料。

### 3.2

**乳化沥青** emulsified asphalt

石油沥青在胶体磨等高速剪切作用下，与活性乳化剂溶液（皂液）、稳定剂或其他助剂充分混合，制得的均匀、稳定的乳液。

### 3.3

**工程级拌和型乳化沥青** engineering graded emulsified asphalt for mixture

经过与回收沥青路面材料配伍性设计，兼顾混合料施工工作性和快速形成强度的乳化沥青，称为工程级拌和型乳化沥青。

### 3.4

### 厂拌乳化沥青冷再生工艺 cold central plant recycling (简称 CCPR)

将回收沥青路面材料 (RAP) 运至拌和厂, 对超粒径料破碎、筛分, 全部采用旧料或掺加少量新集料而组成级配矿料, 采用专业拌和设备 (一般为连续式), 将级配矿料与水、活性填料 (如水泥)、乳化沥青在常温状态下充分拌和后得到的混合料, 及时运送到施工现场摊铺、碾压成型的施工工艺。

#### 3.5

### 现场乳化沥青冷再生工艺 cold in-place recycling (简称 CIR)

采用专用设备或队列设备, 在常温状态下, 对沥青结构层现场进行铣刨、破碎和筛分 (当设备具备功能时), 并与胶结料、水和助剂充分拌和, 现场进行摊铺、碾压作业, 现场重新形成沥青路面结构层的施工工艺。

#### 3.6

### 一次成型施工压实度 Cool compaction density

在常温条件下, 冷再生混合料经过摊铺、碾压成型后结构层的压实度。

#### 3.7

### 二次成型压实度 Performance specimen density

在常温条件下, 碾压成型的冷再生混合料结构层, 由于养生期内水分蒸发和上层热拌沥青混合料施工 (因热量和机械压实的作用) 造成冷再生结构层再次被压密而得到的压实度。鉴于冷再生混合料和路面的性能测试, 一般在二次压密后进行, 该密度又被称为性能测试密度。

## 4 原沥青路面调查与评价

### 4.1 一般规定

沥青路面再生工程实施前, 应对原路面历史信息、技术状况、交通量、气象资料等进行详细调查, 作为冷再生混合料配合比设计和路面结构设计的依据。

### 4.2 历史资料调查

历史资料调查主要包括以下内容:

#### 4.2.1 原始设计资料

包括以下内容:

- a) 路面结构组成和厚度;
- b) 各结构层材料组成及指标。

#### 4.2.2 竣工资料

包括以下内容:

- a) 原材料、混合料组成设计、现场质量验收等施工记录;
- b) 竣工资料。

#### 4.2.3 养护维修资料

包括以下内容:

- a) 历次养护维修竣（交）工资料；
- b) 施工作业的时间、位置、规模、所用材料及混合料组成、结构层厚度等相关资料。

#### 4.2.4 历史交通量资料

包括年平均日交通量、车型构成比例、交通量增长率等资料。

#### 4.2.5 气象资料

包括温度、湿度、降水量、最大冻深等统计数据。

### 4.3 路况调查与评价

根据JTJ 073.2和JTG H20对路况进行调查与评价，主要对路面车辙、裂缝、抗滑、结构承载能力进行检测，并钻芯取样进行混合料试验分析。结合路面检测和试验结果对路面破损原因进行系统分析，确定路面维修设计方案。

### 4.4 原路面材料性能评价

#### 4.4.1 原沥青路面取样

4.4.1.1 原路面应采用钻芯或铣刨取样，RAP料取样频率不少于1个样品/车道×公里，或者铣刨取样数量不少于10kg/车道×公里。

4.4.1.2 路面铣刨前，也可以采用切块后破碎的方式，获得RAP料样品。

4.4.1.3 拌和厂RAP料堆取样时，应在表面10cm以下取样，然后在料堆顶部、中部、下部的不同方向分别取样不少于9个，每个试样不小于10kg，混合均匀后作为该料堆的代表样品。

#### 4.4.2 材料性能测试

##### 4.4.2.1 级配检测

对RAP料和抽提后的矿料，分别进行级配筛分分析。RAP料级配分析结果，将用于再生混合料的级配设计。

##### 4.4.2.2 RAP料沥青含量和技术指标

宜检测RAP料的沥青含量及回收沥青的针入度、软化点、延度、动力粘度等技术指标。必要时可对回收沥青进行化学组分分析。RAP料的沥青含量和沥青指标，对于乳化沥青用量和基质沥青的选择具有参考价值。通常，较低的沥青含量、老化较严重的回收沥青，需要采用较软的基质沥青和较大的乳化沥青用量。

### 4.5 路段划分

4.5.1 根据以上调查和评价结果，初步划分路段。原则上，原路面材料组成、厚度、老化程度等类似的段落应划为一个材料组成设计路段。

4.5.2 矿料组成、沥青来源和老化程度有显著差异的段落，铣刨的RAP料应分开堆放，并分别进行乳化沥青配方设计和乳化沥青冷再生混合料配合比设计。

## 5 原材料技术要求

### 5.1 一般规定

用于冷再生的各种原材料运至现场后，必须进行质量检验，经评定合格后方可使用。

### 5.2 回收沥青路面材料（RAP 料）

用于厂拌冷再生的RAP料必须经过超粒径破碎、筛分后方可使用，并控制粗集料针片状含量。根据再生混合料的最大公称粒径合理选择筛孔孔径，将RAP料筛分成：0～10mm和10～30mm两档，或0～5mm、5～10mm和10～30mm三档。分档后的RAP料，应按表1的要求进行检测。

表1 RAP 料技术要求

材料	检测项目	技术要求	试验方法
RAP	含水率	实测	JTG E42-2005 T0305
	RAP 级配	实测	JTG E42-2005 T0302、T0327
	沥青含量	实测	JTG E20-2011 T0722
	粗集料针片状颗粒含量（%）	≤15	JTG E42-2005 T0312
	亚甲蓝指标（g/kg）	≤5	JTG E42-2005 T 0349
回收的沥青	针入度	实测	JTG E20-2011 T0604
	动力粘度	实测	JTG E20-2011 T0625
	软化点	实测	JTG E20-2011 T0606
	延度	实测	JTG E20-2011 T0605

### 5.3 乳化沥青

一般情况下，乳化沥青冷再生宜采用拌和型慢裂阳离子乳化沥青，应进行RAP料配伍性试验确定乳化沥青配比。另外，乳化沥青所用基质沥青应符合JTG F40的要求，乳化沥青应符合表2技术指标要求。

表2 乳化沥青技术要求

试验项目		单位	技术要求	试验方法
破乳速度		—	慢裂	JTG E20-2011 T0658
粒子电荷		—	阳离子（+）	JTG E20-2011 T0653
筛上残留量（1.18mm 筛）		%	≤0.1	JTG E20-2011 T0652
粘度	恩格拉粘度，E <sub>25</sub>	—	2～30	JTG E20-2011 T0622
	赛波特粘度，Vs（25℃）	s	7～100	JTG E20-2011 T0621
蒸发残留物 性质	残留分含量	%	≥62	JTG E20-2011 T0651
	溶解度	%	≥97.5	JTG E20-2011 T0607
	针入度（100g，25℃，5s）	0.1mm	45～150	JTG E20-2011 T0604
	延度（15℃）	cm	≥40	JTG E20-2011 T0605
与粗、细集料拌和试验		—	均匀	JTG E20-2011 T0659
储存稳定性	1d	%	≤1	JTG E20-2011 T0655
	5d	%	≤5	

#### 5.4 水泥

进场水泥应满足GB 175的要求，宜采用普通硅酸盐水泥，不得使用快硬水泥、早强水泥。

#### 5.5 集料和填料

集料和填料应符合JTG F40的技术指标要求。

#### 5.6 水

制作乳化沥青用水，以及生产冷再生混合料用水宜为可饮用水。非饮用水，应经试验验证，不影响混合料工艺和性能，方可使用。通常不宜采用矿质含量较高、硬度过高的水。

### 6 冷再生混合料配合比设计

#### 6.1 设计原则

6.1.1 结合原沥青路面划分的路段和施工期气候条件，应分别进行乳化沥青配伍性设计和乳化沥青冷再生混合料的配合比设计。

6.1.2 乳化沥青冷再生混合料适用于高速公路和一级公路下面层或基层，及其他等级公路的热拌沥青磨耗层或表面处治层之下的沥青路面各结构层。

#### 6.2 配合比设计

本方法适用于乳化沥青冷再生混合料进行配合比设计。乳化沥青冷再生混合料配合比设计流程应按照以下程序进行。

##### 6.2.1 配合比设计流程

见图1。



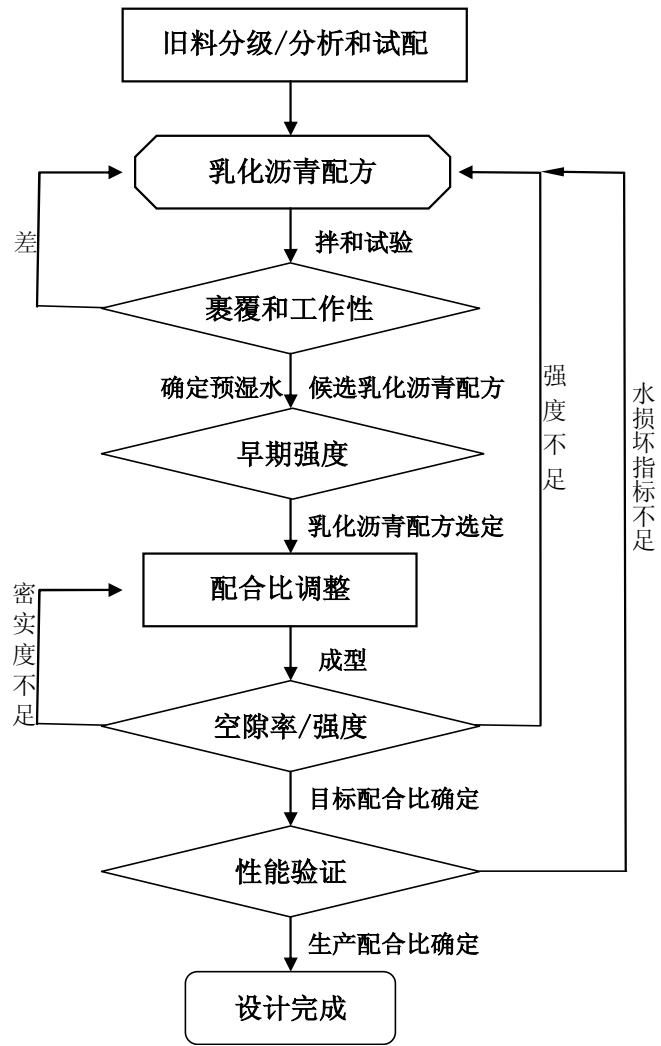


图1 乳化沥青冷再生混合料配合比设计流程图

6.2.2 工程级配设计

6.2.2.1 乳化沥青冷再生混合料的级配范围见表 3。

6.2.2.2 RAP 料级配不能满足工程设计级配范围要求或 RAP 矿料中明显缺乏粗料时，可以适当添加粗集料，通常添加 10~15%（质量比）的 10mm~30mm 集料。除非 RAP 级配严重缺乏细料，或只有添加细料才能达到混合料性能要求的，一般建议不添加细集料和矿粉。

6.2.2.3 鉴于填加水泥会降低混合料的柔韧性和抗裂性，尽可能控制水泥用量，最大掺量不应超过 1.5%。

6.2.2.4 RAP 再生层作为柔性基层时，宜采用粗粒式级配；用于中、下面层结构时，宜采用粗粒式和中粒式级配；用于较轻交通路面时，也可采用细粒式级配。

表3 冷再生混合料级配范围

方孔筛孔径 (mm)	通过各筛孔的质量百分率 (%)			
	粗粒式	中粒式	细粒式 A	细粒式 B
37.5	100			
26.5	80~100	100		
19	—	90~100	100	
13.2	60~80	—	90~100	100
9.5	—	60~80	60~80	90~100
4.75	25~60	35~65	45~75	60~80
2.36	15~45	20~50	25~55	35~65
0.3	3~20	3~21	6~25	6~25
0.075	0~5	0~6	2~7	2~8

### 6.2.3 乳化沥青与旧料配伍性设计

在对分档的RAP料初步级配合成的基础上,通过RAP混合料与乳化沥青的拌和试验、早期强度试验进行RAP混合料和乳化沥青配伍性设计,试验方法应满足以下要求:

#### a) 拌和试验 (室内裹覆试验)

- 1) 综合考虑旧料、新料 (如果需要时)、活性填料性质、气候及施工条件,准备 3~5 种乳化沥青配方,对每个配方,按照 0.5%的变化量确定 5 个乳化沥青用量,在每个乳化沥青用量下与合成级配的矿料分别进行试拌,观察混合料的工作性、拌和均匀性、与集料裹覆状态及混合料的浆态。如果拌和完成后集料表面裹附均匀全面 (粗骨料裹附率可达 90%以上),和易性好,胶浆不流淌、不凝聚,则认为混合料达到了理想拌和状态。如果有 3 个以上乳化沥青用量达到理想拌和状态预湿水量不超过 2.5%,则该乳化沥青配方推荐为配伍性试验的初选乳化沥青配方,对应的液体组合 (乳化沥青用量和预湿水用量)即为该乳化沥青用量下的推荐液体组合;
- 2) 在特定的乳化沥青用量和预湿水用量下,混合料正常拌和后,能够达到预期的拌和、集料裹附状况和胶浆状况,此时的“乳化沥青用量+预湿水量”即为推荐的液体组合。

#### b) 早期强度试验

早期强度试验 (磨耗试验和钻芯试验)技术要求见表4。

表4 沥青配伍性技术要求

试验项目	技术要求	试验方法
拌和试验	集料表面裹附均匀全面 (粗骨料裹附率可达 90%以上),和易性好,胶浆不流淌、不凝聚。	目测
磨耗损失率 (%), 不大于	2	附录 C
试样钻芯试验	芯样完整或完高度大于设计厚度。	附录 A

#### c) 配伍性设计

配伍性试验目的是推荐与项目 RAP 料（在特定气候条件）配伍良好的乳化沥青配方，并给出每个乳化沥青用量对应的预湿水量（液体组合）。

6.2.4 成型方法

6.2.4.1 拌和

6.2.4.1.1 选取 4~5 个乳化沥青用量，用量间隔为 0.5%，在每个乳化沥青用量对应的液体组合下，拌制乳化沥青冷再生混合料。拌和流程见图 2。

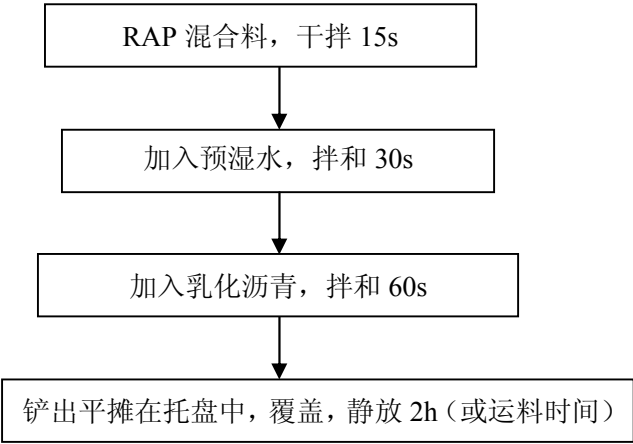


图2 冷再生混合料拌和流程

6.2.4.1.2 鉴于常规室内拌合工艺在拌和时间、拌和强度方面与拌合场连续式拌合工艺有较大差异，可能会导致混合料拌和预湿水量偏大，建议室内采用卧式双轴桨叶式拌和锅进行冷再生混合料拌和。

6.2.4.2 成型

6.2.4.2.1 一般采用两阶段击实法成型大马歇尔试件（ $\phi 152.4\text{mm} \times 95.3\text{mm}$ ），有条件的可采用旋转压实法成型。

6.2.4.2.2 试件的第一阶段压实成型，常温条件下每面击实 150 次；试件的第二阶段压实成型，试件放入  $60 \pm 2^\circ\text{C}$  烘箱内恒温养生  $48 \pm 1\text{h}$  后，立即进行击实每面 70 次。

6.2.4.2.3 如采用中粒式或细粒式混合料级配，可采用小马歇尔（ $\phi 101.6\text{mm} \times 63.5\text{mm}$ ）试件。第一阶段击实次数为每面 100 次，第二阶段（ $60 \pm 2^\circ\text{C}$  烘箱内恒温通风养生  $48 \pm 1\text{h}$  后）每面击实 50 次。

6.2.5 劈裂试验测试方法

试验步骤如下：

- a) 将拌和均匀的混合料装入试模，放到马歇尔击实仪上，完成第一阶段击实。将试样连同试模一起侧放在  $60 \pm 2^\circ\text{C}$  的鼓风烘箱中养生至恒重，养生时间一般不少于 40h；
- b) 将试模从烘箱中取出，立即放置到马歇尔击实仪上，完成第二阶段击实，然后侧放在地面上，在室温下冷却至少 12h，然后脱模；
- c) 养生后试件分两组，一组直接浸泡于  $25^\circ\text{C}$  水浴中 23h，再在  $15^\circ\text{C}$  恒温水浴中完全浸泡 1h，然后取出试件立即进行  $15^\circ\text{C}$  的劈裂试验，即湿劈裂强度；另一组浸入  $15^\circ\text{C}$  水浴中 1h，然后取出立即进行  $15^\circ\text{C}$  的劈裂试验，即为干劈裂强度。

6.3 确定最佳乳化沥青用量和最佳液体组合

乳化沥青用量取4~5个（1.5%~4.0%），根据确定的试件成型方法和推荐液体组合，进行马歇尔试验和劈裂强度试验。取马歇尔稳定度、劈裂强度指标中的一个或两个接近最佳值，且均满足规范要求，同时空隙率在8~12%范围内，对应的乳化沥青用量为最佳乳化沥青用量，对应的液体组合即为最佳液体组合。如无法满足上述条件，则需要重新进行混合料配合比设计。

6.4 乳化沥青冷再生混合料的技术要求

按照最佳乳化沥青用量和最佳液体组合成型试件，进行性能验证，主要包括：残留稳定度、干湿劈裂比、动稳定度、半圆弯曲试验（SCB）等。混合料设计的性能测试试件的成型，应采用二次成型。乳化沥青冷再生混合料性能应满足表5要求。

表5 冷再生混合料技术要求

项目		单位	技术要求	试验方法
空隙率（二次成型）		%	8~12	基于最大理论密度 JTG E60-2008 T0924、T0921
马歇尔试验  (40℃)	马歇尔稳定度（ $\phi$ 152.4mm）	kN	$\geq 13.5$	JTG E20-2011 T0709
	马歇尔稳定度（ $\phi$ 101.5mm）	kN	$\geq 6.0$	JTG E20-2011 T0709
	浸水马歇尔残留稳定度	%	$\geq 75$	JTG E20-2011 T0709
劈裂试验  (15℃)	劈裂强度	MPa	$\geq 0.5$	JTG E20-2011 T0716
	干湿劈裂强度比	%	$\geq 75$	JTG E20-2011 T0716
冻融劈裂强度比 (TSR)		%	$\geq 70$	JTG E20-2011 T0729
动稳定度试验（60℃）		次/mm	$\geq 1200$	JTG E20-2011 T0719
半圆弯曲试验  (-10℃)	峰值荷载挠度	mm	$\geq 0.6$	附录 A
	低温断裂能	J/m <sup>2</sup>	$\geq 400$	附录 A
注：当再生料用于替代柔性结构层次（沥青面层和柔性基层）时，需通过半圆弯曲试验（SCB）测试低温抗裂性能。				

6.5 配合比设计报告

配合比设计报告包括：新加集料类型及指标、乳化沥青和水泥检测结果、RAP料的矿料级配、RAP料沥青含量及技术指标、工程设计级配范围及设计级配、试件成型方法、最佳液体组合、水泥和其他助剂用量、性能检验等。

7 厂拌乳化沥青冷再生施工

7.1 一般规定

7.1.1 混合料施工应避免在雨天进行。当路面滞水时，不得摊铺冷再生混合料；摊铺作业遇降雨时，来不及碾压的段落应立即铺盖防水布，但因乳化沥青破乳而失去工作性未碾压段落应废弃。宜在气温高于 10℃时铺筑冷再生结构层。

7.1.2 乳化沥青冷再生混合料每层压实厚度，宜控制在 8cm~16cm。

## 7.2 施工设备

### 7.2.1 铣刨料破碎和筛分设备

根据冷再生混合料的生产能力配备铣刨料破碎和筛分设备；根据RAP的分档情况安装振动筛。

### 7.2.2 运输车辆

运输车辆应车况良好，车槽四角应坚固密封，车槽应保持洁净，车厢侧壁喷洒皂液，单车装料量不宜超过40t，车厢侧板需设置保温层，车辆必须配有湿棉被或防水遮光布，大小足以严密覆盖整车混合料。

### 7.2.3 拌和设备

拌和设备宜采用连续式拌和设备（推荐采用二级拌缸串联式设备），应配备2~5个冷料仓、1~2个粉料仓、1~2个乳化沥青罐和1个水罐。拌和设备所有冷料皮带能够单独控制并实时计量，粉料计量误差控制在 $\pm 0.1\%$ ，乳化沥青计量误差控制在 $\pm 0.1\%$ ，水计量误差控制在 $\pm 0.1\%$ 。在施工之前，所有冷料仓计量系统、粉料添加装置和液体添加装置，均需经过标定，拌合楼控制系统均能实时记录所有的物料重量。

### 7.2.4 摊铺设备

根据摊铺厚度选择摊铺机，确定单机的摊铺宽度。

### 7.2.5 压实设备

压实设备应配有轮胎式、单钢轮振动式和双钢轮振动式压路机。其中，轮胎式压路机单轮配重不少于30t，轮胎气压不小于0.8MPa；单钢轮振动式压路机自重为不小于22t；双钢轮振动式压路机为自重不小于12t。

## 7.3 施工准备

7.3.1 下承层应密实平整，强度符合设计要求。在摊铺冷再生层混合料之前在下承层表面喷洒乳化沥青，喷洒量折合纯沥青用量为  $0.2 \text{ kg} \sim 0.3 \text{ kg/m}^2$ 。

7.3.2 试验段长度不宜小于 200m。从施工工艺、工程质量、施工管理、施工安全等方面验证混合料配合比及施工方案和施工工艺的可行性，并为正常施工提供依据。主要包括：

- a) 通过试拌确定拌和设备的各料仓比例、上料速度等拌合参数；
- b) 根据各种施工机械相匹配的原则，确定合理的施工机械类型、机械数量及组合方式；
- c) 验证冷再生混合料配合比设计结果；
- d) 测试现场压实度。

## 7.4 拌和与运输

7.4.1 拌和楼与料场管理应密切结合，要加强堆料的水分含量的检测和控制。原则上，已筛分的细料堆和粗料堆必须采取雨棚等防雨措施。要根据料堆含水量状况及时调整混合料的用水量。冷再生混合料应拌和均匀，裹附充分，无液体流淌、无结块成团现象。

7.4.2 拌和后的冷再生混合料不宜储存，应立刻运至施工现场使用。汽车运输混合料时，采用不透光的湿棉被或厚帆布严密覆盖住车厢，防止混合料提前破乳、受到污染或中途遭受雨淋。运料车每次使用前后应清扫干净，可在车厢板上涂一薄层隔离剂。

7.5 摊铺

7.5.1 根据设计所处层位，冷再生混合料采用热拌沥青混合料摊铺工艺（熨平板无需加热）或基层混合料摊铺工艺进行摊铺。

7.5.2 冷再生混合料应缓慢、均匀、连续摊铺。不得随意变换摊铺速度或者中途停顿。当发现摊铺面出现明显离析、波浪、裂缝、拖痕时应分析原因，及时改进。

7.6 碾压

根据再生层的厚度、位置和压实度要求，按照试验段确定的压实工艺在混合料最佳含水量情况下进行碾压。冷再生混合料碾压工艺可参考表6。

表6 冷再生混合料碾压工艺

碾压工序	压路机类型	碾压遍数	速度（km/h）
初压	双钢轮振动式压路机	静压 1 遍，振压 1 遍	1.5~3
复压	单钢轮振动式压路机	振压 3 遍	2~4
	轮胎式压路机	揉压 3 遍	2~4
终压	双钢轮振动式压路机	静压 1 遍	3~4
<p>注1：终压双钢轮需洒水静压，目的是消除轮迹。轮胎压路机和单钢轮压路机的次序可以颠倒，当再生层厚度&lt;10cm 时，也可以使用双钢轮振动压路机参与复压。</p> <p>注2：直线和不设超高的曲线段，应由两侧路肩向路中心碾压；设超高的曲线段，应由内侧路肩向外侧路肩碾压。压路机应匀速、不间断碾压，严禁在刚完成碾压或正在碾压段落掉头、急刹车及停放。</p>			

7.7 养生及开放交通

7.7.1 养生无需采取覆盖等特别措施，但应考虑遇雨后雨水的快速排除。压实后的冷再生混合料养生期一般为 3d~7d，养生期后，满足以下条件之一时，可摊铺上层混合料：

- a) 冷再生层可用钻孔取芯机取出完整芯样。再生层为基层时，采用 15cm 钻头钻取芯样，再生层为面层时，采用 10cm 钻头钻取芯样；
- b) 冷再生层含水率小于 2%。

7.7.2 完成压实 1d 以后，可逐步开放交通，允许轻型车辆限速通行，行车速度限制在 40km/h 以内，并严禁车辆在再生层上掉头和急刹车。

7.8 施工质量管理和检查验收

7.8.1 施工前的质量管理和检查验收

7.8.1.1 在工程开始前以及施工过程中，材料的来源或规格发生变化时，应对材料的质量、数量等进行检查，检查项目和频率应满足表 7 的要求。

7.8.1.2 施工前应检查和标定拌和设备的技术性能、计量精度，以及摊铺机械和压实设备的配套情况、技术性能。

表7 施工前材料的检查

材料	技术要求	频率	检测方法
RAP	表 1	每天 2~3 次，每批次 1 次	见表 1
乳化沥青	表 2	每 2~3 天 1 次，每批次 1 次	见表 2
水泥	条文 5.4	必要时，每批次 1 次	见条文 5.4
水	条文 5.6	必要时，每批次 1 次	见条文 5.6
矿粉	条文 5.5	必要时，每批次 1 次	见条文 5.5
集料	条文 5.5	必要时，每批次 1 次	见条文 5.5

### 7.8.2 施工过程中的质量管理和检查验收

应满足表8的要求。

表8 施工过程的质量管理和检查验收

检查项目	技术要求	频率	检验方法
压实度 (%)	≥98 (一次压实成型标准密度)	每 200m~300m 检测 1 次	T0921
	≥88 (最大理论密度)	不少于 1~2 次/车道·km	T0924
空隙率	表 3	不少于 1 次/车道·km	基于最大理论密度，T0924 或 T0921
40℃马歇尔稳定度	表 3	必要时，每天 1 次	T0709
浸水马歇尔残留稳定度	表 3	必要时，每天 1 次	T0709
15℃劈裂强度	表 3	必要时，每天 1 次	T0716
干湿劈裂强度比	表 3	必要时，每天 1 次	T0716
冻融劈裂强度比(TSR)	表 3	必要时，每 3 天 1 次	T0729
动稳定度	表 3	必要时，改变配合比时	T0719
半圆弯曲低温断裂能(SCB)	表 3	必要时，改变配合比时	附录 A
平整度最大间隙(mm)	8	随时，接缝处单杆测量	T0931
纵断面高程(mm)	±10	检查每个断面	T0911
厚度(mm)	均值	-8	T0912
	单个值	-10	
宽度(mm)	不小于设计宽度	检查每个断面	T0911
横坡度(%)	±0.3	检查每个断面	T0911
外观	平整密实	随时	目测

### 7.8.3 交工验收质量管理和检查验收

交工验收时，以1km～3km作为一个评定路段，按照表9的要求进行质量检查验收。

表9 交工验收质量检查验收

检查项目		技术要求	频率	检验方法
压实度 (%)		≥85 (最大理论密度)	不少于 1 次/车道×km	T0924 或 T0921
平整度最大间隙 (mm)		8	每 200m 2 处，每处连续 10 尺	T0931
纵断面高程 (mm)		±10	每 200m 4 个点	T0911
厚度 (mm)	均值	—8	每 200m 每车道检测 1 个点	T0912
	单个值	—10	每 200m 每车道检测 1 个点	
宽度 (mm)		不小于设计宽度	每 200m 检测 4 个断面	T0911
横坡度 (%)		±0.3	每 200m 检测 4 个断面	T0911
外观		平整密实	随时	目测

8 现场冷再生施工

8.1 一般规定

现场冷再生工艺适于处理基层稳定，结构良好的路面，且旧路混合料不存在严重或有可能出现的高温失稳和水稳定性问题的。其他规定同7.1。

8.2 施工设备

8.2.1 现场再生设备

8.2.1.1 采用专用的沥青路面现场冷再生设备，应配备达到再生深度能力的铣刨鼓、拌和仓，乳化沥青喂给精确控制范围在±0.1%，水的精确控制范围在±0.1%。在施工之前，所有新增物料添加装置，均需经过标定。

8.2.1.2 设备对所有新加物料均需具有闭环控制系统，拌合楼控制系统均能实时记录所有的物料重量。

8.2.2 摊铺机械

同7.2.4。

8.2.3 压实设备

同7.2.5。

8.3 施工准备

8.3.1 下承层

(1) 预先修补路面

准确记录旧路横向和纵向裂缝的起始和终止位置，对于网裂、龟裂和块状裂缝处，准确记录位置和面积。

(2) 清洁原路面

对原路面用清扫车、鼓风机将浮尘吹净或人工清扫，确保表面干净、无灰尘和杂物。



(3) 放样划线

原路面按就地冷再生机的施工宽度划出宽度线，并作为再生机行驶的导向线。

(4) 排水设施处理

(5) 原路面的排水设施应采用适当的保护措施或重新布置。

(6) 再生过程中设备和混合料所用的燃油、水、乳化沥青和水泥均应保证及时供应。

### 8.3.2 铺筑试验路

试验路长度不宜小于200m。从施工工艺、工程质量、施工管理、施工安全等方面验证配合比及施工方案和施工工艺的可行性，并为正常施工提供技术依据。内容包括：

- a) 根据各种施工机械相匹配的原则，确定合理的施工机械类型、机械数量及组合方式；
- b) 验证冷再生混合料配合比设计结果；
- c) 现场密度测试采用灌砂法湿密度和钻芯法密度。

### 8.3.3 现场控制

集料的级配与含水量在每天施工前均应在料场从各个部位取样检测，为现场施工控制外加水量提供必要的参考数据。

## 8.4 现场再生设备作业

8.4.1 综合考虑施工季节、气候条件、再生作业宽度、施工机械和运输车辆的效率和数量、操作熟练程度、水泥初终凝时间等因素，综合确定每个作业段长度。

8.4.2 根据室内配合比设计确定的水泥用量和添加的新集料用量，并根据施工采用的就地冷再生机组，确定水泥和新集料的合适添加方式。

8.4.3 在施工起点处将施工机具按照施工流程顺次连接。

8.4.4 单幅再生至一个作业段终点后，若半幅封闭施工，可将再生机、罐车等回到施工起点，进行第二幅施工，直至完成全幅作业面的施工。

8.5 其余同 7.5~7.9。

## 附录 A (规范性附录)

### 乳化沥青冷再生混合料试样钻芯试验

#### A.1 目的与适用范围

本方法用于评价乳化沥青冷再生混合料的早期完整性和强度形成,为开放交通和进行下一道工序的时间提供依据。

#### A.2 仪器与材料技术要求

A.2.1 大型马歇尔击实仪或旋转压实仪。

A.2.2 路面钻芯机及钻头: 钻头的标准直径为100mm, 具有淋水冷却装置。

A.2.3 钻芯夹具: 可将试件固定并在钻芯过程中使试件不移动, 对试件底部具有良好支撑。

A.2.4 环境箱: 能够调整温度和湿度, 温度能在10℃~60℃之间可调, 精度1℃, 湿度应能控制在20%~80%, 精度5%。

A.2.5 量尺: 钢板尺、钢卷尺。

A.2.6 塑料膜、胶带。

A.2.7 其他: 卡尺、记号笔、胶布、手套、口罩等。

#### A.3 方法与步骤

##### A.3.1 准备工作

A.3.1.1 按照试验规范T0736-2011的方法, 采用旋转压实仪对混合料旋转成型30次, 在常温下成型直径150mm的试件, 高度为100mm, 如冷再生结构层设计厚度超过100mm, 则设计试件成型厚度取设计厚度。在不具备旋转压实设备的情况下, 可用大型马歇尔双面击实150次, 按T0702方法, 成型大马歇尔试件( $\Phi$  152.4mm×95.3mm, 设计厚度大于95.3mm, 采用设计厚度为试件高度)。试件脱模, 立即用塑料膜和胶带将试件的侧面和底面密封, 立即放入恒温恒湿箱中, 在规定的温度(20℃)和湿度(70%)下养生48h(如工程实际环境温度低于20℃, 相对湿度大于70%, 则养生条件采用工程实际环境温度和湿度)。

A.3.1.2 养生结束后, 量测试件高度: 用卡尺在十字对称的4个方向量测离试件边缘10mm处的高度, 准确至1mm, 以4个高度平均值作为试件高度, 若试件高度与冷再生结构层设计厚度相同, 则取试件高度为 $h_1$ , 否则取冷再生结构层设计厚度为 $h_1$ 。

##### A.3.2 试验步骤

A.3.2.1 将试件固定在夹具上, 在试件表面对钻孔位置做出标记。

A.3.2.2 用钻芯机垂直对准试件标记的钻孔位置放下钻头, 牢固安放钻机, 使其在运转过程中不得移动。

**A.3.2.3** 开放冷却水，启动电机，徐徐压下钻杆，钻取芯样，但不得使劲下压钻头。待钻透全厚后，上抬钻杆，拔出钻头，停止转动，取出芯样。

**A.3.2.4** 将芯样仔细清理干净，用卡尺在十字对称的4个方向量测量芯样高度，准确至1mm，以4个高度平均值作为芯样高度 $h_2$ 。

**A.3.3** 一组试样平行试验一般不少于2个试件。

#### **A.4 报告**

以2个试件测值的算术平均值作为测定值。平行试验的允许误差不超过10%。

## 附 录 B

### （规范性附录）

#### 乳化冷再生混合料半圆弯曲（SCB）试验方法

##### B.1 目的与适用范围

本方法适用于评价冷再生混合料的抗裂性能。试验温度和加载速率根据有关规定和需要选用，如无特殊规定，采用试验温度 $-10^{\circ}\text{C}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，加载速率宜为 $1\text{mm}/\text{min}$ 。采用不同的试验温度和加载速率时应予注明。

##### B.2 仪器与材料技术要求

B.2.1 大型马歇尔击实仪或旋转压实仪。

B.2.2 万能材料试验机或压力机：荷载由传感器测定，最大荷载应满足不超过其量程80%且不小于其量程20%的要求，宜采用5kN或10kN，分辨率0.01kN。具有梁式支座，下支座中心距120mm，上压头位置居中，上压头及支座为半径10mm的圆弧固定钢棒，且可以活动与试件紧密接触。必须具有环境保温箱，控温准确至 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，加载速率可以选择。具有跨中位移测定装置。试验机宜有伺服系统，在加载过程中速率基本不变。

B.2.3 数据采集系统：能自动采集传感器及位移计的电测信号，在数据采用系统中储存荷载与跨中挠度曲线。

B.2.4 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）或现场用路面切割机，有淋水冷却装置，其切割厚度不小于试件厚度。

B.2.5 烘箱：装有温度调节装置，具备强制通风功能。

B.2.6 小型或手持式切割机：配有小型试验室用金刚石锯片，操作简易。

B.2.7 其他：卡尺、记号笔、胶布、手套、口罩等。

##### B.3 方法与步骤

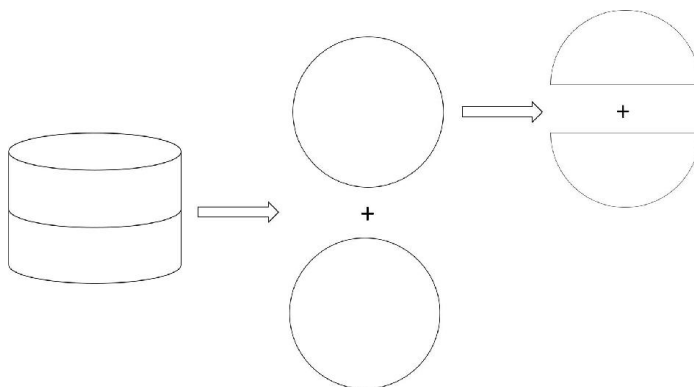
###### B.3.1 准备工作

B.3.1.1 按照试验规范T0736-2011的方法，采用旋转压实仪旋转50次，在常温下成型直径150mm、高度 $105\pm 5\text{mm}$ 试件。将试件脱模，在 $60^{\circ}\text{C}$ 通风恒温烘箱中养生 $48\pm 1\text{h}$ 。在不具备旋转压实设备的情况下，可用大型马歇尔双面击实150次，按T0702方法，成型大马歇尔试件（ $\phi 152.4\text{mm}\times 105\text{mm}$ ），试件放入 $60^{\circ}\text{C}$ 烘箱内恒温通风养生48h后，立即进行双面马歇尔击实70次。养生后的试件在室温下冷却不少于12h。

B.3.1.2 量测试件高度：用卡尺在十字对称的4个方向量测离试件边缘10mm处的高度，准确至1mm，以4个高度平均值作为试件高度，并在试件上标记各个高度的中心位置。如试件高度不符合 $105\pm 5\text{mm}$ 要求或两侧高度差大于2mm，此试件应作废。

B.3.1.3 根据混合料类型按JTG E20-2011方法测量试件的密度、空隙率等物理指标。

B.3.1.4 切割试件（如图B.1所示）：将试件上标记的4个高度的中心位置连成一个平面，沿此平面将试件切为两个对称的圆柱体，分别将两个半圆柱体沿其直径方向切为两个半圆柱体。



图A.1 试件切割示意图

B.3.1.5 对每个半圆柱体，量取其直径（最长直边）方向长度，准确至0.1mm，并确定其中点位置，在其中点位置沿半圆方向切割一条深度 $15 \pm 2.5$ mm，宽度 $2.5 \pm 1$ mm的直缝。直径方向长度小于145mm的试件应废弃。

B.3.1.6 将切割好的试件仔细用水冲洗干净，置于60℃通风恒温烘箱中不少于12h，取出后在室温下冷却不少于2小时。

B.3.1.7 量取试件切缝的宽度和深度，准确至0.1mm，每个尺寸量取三个点，取其平均值作为试件切缝的宽度和深度a，其尺寸应符合宽度 $2.5 \pm 1$ mm和深度 $15 \pm 2.5$ mm的要求。

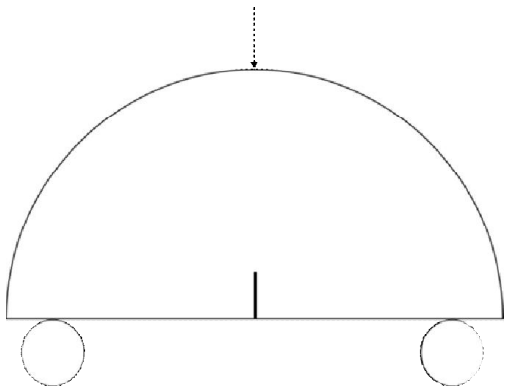
B.3.1.8 在跨中上下及两支点断面用卡尺量取试件的尺寸，取其平均值作为试样厚度b，在跨中量取试样两侧高度，取其平均值作为试样高度h，准确至0.1mm，尺寸应满足厚度不小于50mm，高度不小于70mm的要求。

B.3.1.9 将试件置于规定温度的环境保温箱中保温4h~6h，直至试件内部温度达到试验温度 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 为止。保温时试件之间的距离应不小于10mm。

B.3.1.10 将试验机梁式试件支座准确安放好，测定支点间距为 $120\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ ，使上压头与下压头保持平行，并两侧等距离，然后将其位置固定。

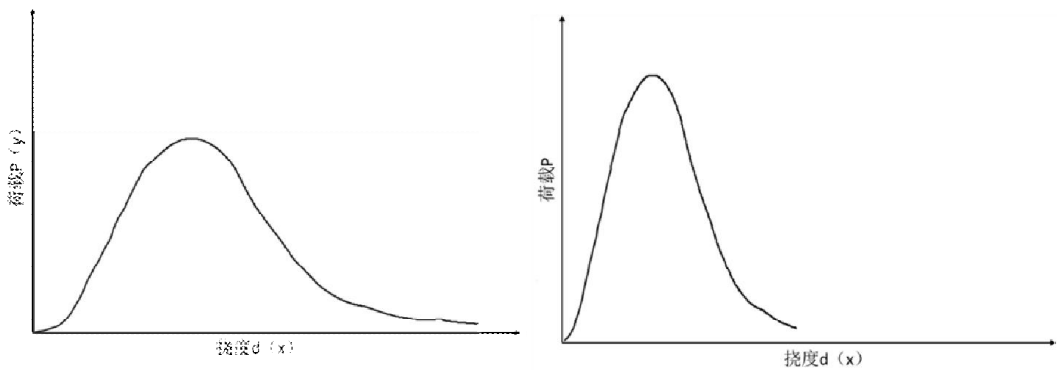
### B.3.2 试验步骤

B.3.2.1 打开环境保温箱的门，将试件立即对称安放在支座上，如图B.2所示然后迅速关上环境保温箱的门，待温度恒定至 $-10^\circ\text{C} \pm 0.5^\circ\text{C}$ 后开始后续试验。



图A.2 试件安放示意图

B.3.2.2 开动压力机以规定的速率在跨径中央施以集中荷载,在荷载达到10N时使数据采集系统调整到零点位置,然后开始采集、储存荷载-跨中挠度数据。继续施加集中荷载使试件破坏,直至其荷载应力低于0.1kN时停止试验。记录荷载-跨中挠度曲线,如图B.3所示。



图A.3 荷载-跨中挠度曲线

B.3.3 一组试样平行试验一般不少于8个试件,最少不小于6个试件。

B.4 计算

B.4.1 按式 (B.1) 计算试件荷载应力低于0.1kN时,荷载-跨中挠度曲线下的面积A。

$$A = \sum_{i=0}^n [(x_{i+1} - x_i)y_i + 0.5(x_{i+1} - x_i)(y_{i+1} - y_i)] \dots\dots\dots (B.1)$$

- 式中:
- A —— 荷载-跨中挠度曲线下的面积 (mm·kN) ;
  - $x_i$  —— 第i点的竖向位移 (mm) ;
  - $x_{i+1}$  —— 第i+1点的竖向位移 (mm) ;

$y_i$  —— 第*i*点的荷载 (kN)；

$y_{i+1}$  —— 第*i*+1点的荷载 (kN)。

**B.4.2** 按式 (B.2) 计算试件的断裂能。

$$G_f = 10^6 \frac{A}{b \times (h - a)} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

$G_f$  —— 试件的断裂能 (J/m<sup>2</sup>)；

$b$  —— 试件的厚度 (mm)；

$h$  —— 试件的高度 (mm)；

$a$  —— 试件切缝的深度 (mm)。

**B.4.3** 峰值荷载挠度 (mm)。挠度对荷载曲线有一段线性弹性段落，将该段落外延与挠度轴的交点确认为挠度原点，以此量度峰值荷载时的挠度。

## **B.5 报告**

**B.5.1** 当一组测定值中某个数据与平均值之差大于标准差的*k*倍时，该测定值应予舍弃，并以其余测定值的平均值作为试验结果。当试验数目*n*为6、7、8时，*k*值分别为1.82、1.94、2.00。

**B.5.2** 试验结果均应注明试件尺寸、成型方法、试验温度及加载速度。

## 附录 C (规范性附录)

### 乳化沥青冷再生混合料试样磨耗试验方法

#### C.1 目的与适用范围

本方法适用于评价乳化沥青冷再生混合料早期开放交通时的表面抗磨损性能。

#### C.2 仪器与材料技术要求

C.2.1 大型马歇尔击实仪或旋转压实仪。

C.2.2 磨耗仪：具有基座，可以将试件固定并保证试验过程中试件不会移动。

C.2.3 橡胶软管：作为磨耗头使用，重 $600\pm 15\text{g}$ ，长127mm，直径19mm，壁厚6.25mm。

C.2.4 环境箱：能够调整温度和湿度，温度应能在 $0\sim 60^{\circ}\text{C}$ 之间可调，精度 $1^{\circ}\text{C}$ ，湿度应能控制在 $20\%\sim 80\%$ ，精度5%。

C.2.5 天平：量程不小于3000g，精度0.1g。

C.2.6 秒表。

C.2.7 其他：卡尺、记号笔、胶布、手套、口罩等。

#### C.3 方法与步骤

##### C.3.1 准备工作

C.3.1.1 按照试验规范T0736-2011的方法，采用旋转压实20次，在常温下成型直径150mm，高度95.3mm试件。在不具备旋转压实设备的情况下，可用大型马歇尔双面击实100次，按T0702方法，成型大马歇尔试件（ $\phi 152.4\text{mm}\times 95.3\text{mm}$ ）。将试件脱模，立即放入恒温恒湿箱中，在规定的温度（ $20^{\circ}\text{C}$ ）和湿度（70%）下养生4h，如果实际环境温度低于 $20^{\circ}\text{C}$ ，湿度大于70%，则采用实际环境条件作为养生条件。

C.3.1.2 养生结束后，取出试件，立即称取试件的重量 $m_a$ ，精确到0.1g。

##### C.3.2 试验步骤

C.3.2.1 将试件放在磨耗仪上，确保试件处于中心位置并支撑良好，且试件应至少高出磨耗仪基座10mm以上。

C.3.2.2 安装磨耗头，保证橡胶管与试件接触良好，且接触面未严重磨损，否则应更换橡胶管或转动橡胶管使未磨损面与试件接触。

C.3.2.3 启动磨耗仪开始试验，同时启动秒表记录时间，磨耗15min或直到试件发生大量松散时，试验即停止，取下试件将松散颗粒清理干净，称取试件重量 $m_b$ 。

C.3.3 一组试样平行试验一般不少于2个试件。



C.4 计算

按式 (C.1) 计算试件磨耗损失率, 结果保留一位小数。

$$L = \frac{W_a - W_b}{W_a} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

- L—试件磨耗损失率, %;
- Wa—试件磨耗前的质量, g;
- Wb—试件磨耗后的质量, g。

C.5 试验报告

试验报告应包括以下内容:

- a) 要求检测的项目名称、执行标准;
  - b) 样品的状态描述;
  - c) 试验日期及时间;
  - d) 仪器设备的名称、型号及编号;
  - e) 环境温度和湿度;
  - f) 冷再生试件的磨耗损失率;
  - g) 要说明的其它内容。
-