

ICS 93.080.30
P 66
备案号: 42340-2014

DB32

江 苏 省 地 方 标 准

DB32/T 2676-2014

泡沫沥青冷再生路面施工技术规范

Construction Specification For Cold Recycling With Foamed Bitumen

2014-05-20 发布

2014-06-20 实施

江苏省质量技术监督局 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 符号及代号 2

5 总则 2

6 材料 3

7 路面结构设计 5

8 配合比设计 8

9 厂拌冷再生施工工艺 11

10 就地冷再生施工工艺 14

11 施工质量管理与检查 18

12 工程质量检验评定 22

附录 A（规范性目录） 24

前 言

为更好地规范和指导泡沫沥青冷再生路面的设计、施工，保证泡沫沥青冷再生路面质量，编制组在总结现有应用与研究成果的基础上，参考国内外有关成果、国家以及其他省市标准，针对江苏地区的实际情况和应用经验，制订了本标准。

附录A为规范性附录。

本规范按GB/T1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写规则》的规定编制。

本规范由江苏省交通运输厅提出并归口。

本规范起草单位：江苏省交通科学研究院股份有限公司、扬州市公路管理处。

本规范主要起草人：李豪、卢勇、曾辉、吉增晖、曹荣吉、张志祥、丁武洋、严金海、王磊、丁泽民、高志明。

泡沫沥青冷再生路面施工技术规范

1 范围

本标准规定了泡沫沥青冷再生路面施工技术规范术语和定义、符号和代号、总则、路面结构设计、配合比设计、施工工艺、施工质量管理与检查以及工程质量的检验评定。

本标准适用于泡沫沥青冷再生路面施工，包括泡沫沥青厂拌冷再生和泡沫沥青就地冷再生。

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。

JTG D50-2006 公路沥青路面设计规范

JTG F40-2004 公路沥青路面施工技术规范

JTJ 034-2000 公路路面基层施工技术规范

JTG-F41-2008 公路沥青路面再生技术规范

JTG E20-2011 公路工程沥青及沥青混合料试验规程

JTG E40-2007 公路土工试验规程

JTJ E60-2008 公路路基路面现场测试规程

JTJ 073.2-2001 公路沥青路面养护技术规范

JTG E41-2005 公路工程岩石试验规程

JTG E42-2005 公路工程集料试验规程

DB32/T1246-2008 江苏省高速公路沥青路面施工技术规范

3 术语和定义

以下术语和定义适用于本规范。

3.1

沥青路面冷再生 Cold Recycling of Asphalt Pavement

常温下将废旧的沥青路面材料加以重复利用的技术。

3.2

泡沫沥青 Foamed Bitumen

使用专门的沥青发泡设备，向高温沥青中加入少量的水 and 气，使沥青产生微细的泡沫，形成一种膨胀状态的沥青。

3.2

泡沫沥青厂拌冷再生 In Plant Cold Recycling for Foamed Bitumen

旧沥青路面经过铣刨，运送至指定的场地，根据需要添加新料，通过固定的再生设备加入泡沫沥青，在常温下拌和形成新的再生混合料，运送至道路施工现场，摊铺、压实成型后，成为路面一个结构层次

的整套工艺。

3.3

泡沫沥青就地冷再生 In Place Cold Recycling for Foamed Bitumen

利用专用再生机械在现场将原有路面结构铣刨、破碎，根据需要添加新料，在常温下与泡沫沥青拌和，压实成型后，成为路面一个结构层次的整套工艺。

3.5

膨胀率 Expansion Ratio

沥青在发泡状态下的最大体积与发泡前的体积之比。

3.6

衰减期 Decay Life

泡沫沥青从最大体积衰减至最低可接受体积（发泡前体积的 5 倍）时所需的时间。

3.7

铣刨料 Recycled Asphalt Pavement, 简称RAP

采用铣刨、开挖等方式从沥青路面上获得的旧路面材料。

3.8

泡沫沥青冷再生混合料 Cold Recycling Mix with Foamed Bitumen

使用泡沫沥青作为主要稳定剂，与铣刨料在常温下进行均匀拌和后形成的一种混合料。

3.9

干湿劈裂强度比 Indirect Tensile Strength Ratio, 简称ITSR

马歇尔试件浸水后的劈裂强度与未浸水试件的劈裂强度之比。

3.10

冻融劈裂强度比 Freeze-Thaw Splitting Tensile Strength Ratio, 简称FTSR

马歇尔试件冻融循环后的劈裂强度与未冻融循环试件的劈裂强度之比。

4 符号及代号

表 1 符号及代号

序 号	符号或代号	意义
4.1	RAP	回收沥青路面材料
4.2	OWC	矿料最佳含水率
4.3	BC	沥青用量
4.4	OWC _{BC}	混合料最佳含水率
4.5	OAC	最佳泡沫沥青用量
4.6	FTSR	冻融劈裂强度比
4.7	ITS	劈裂强度
4.8	ITSR	干湿劈裂强度比
4.9	DS	车辙试验动稳定度

5 总则

5.1 本规范为指导公路泡沫沥青冷再生路面的设计、施工、质量控制与检查验收，保证泡沫沥青冷再生路面质量。

5.2 泡沫沥青冷再生按照再生方式不同分为泡沫沥青厂拌冷再生和泡沫沥青就地冷再生两种类型。

5.3 泡沫沥青厂拌冷再生技术主要用于旧沥青路面材料的再生利用，适用于各等级公路沥青路面的大修、改扩建工程。可用于高速公路和一、二级公路沥青路面的下面层及基层，三、四级公路沥青路面的面层。城市道路的大修与改扩建工程可参照执行。

5.4 泡沫沥青就地冷再生主要用于旧沥青路面和基层材料的再生利用，适用于各等级公路沥青路面的大修、改扩建工程。可用于高速公路和一、二级公路沥青路面的基层，三、四级公路沥青路面的下面层。城市道路的大修与改扩建工程可参照执行。

5.5 泡沫沥青冷再生技术的应用，除应符合本规范的规定外，尚应符合国家、行业颁布的其他有关标准、规范的规定。

6 材料

6.1 一般规定

6.1.1 泡沫沥青冷再生混合料使用的各种材料运至现场后应进行质量检验，经评定合格后方可使用。

6.1.2 不同的回收沥青路面材料（RAP）应分开堆放，标识清楚，不应混杂；不同料源、品种、规格的新集料不得混杂堆放。

6.1.3 回收沥青路面材料（RAP）、新集料应堆放在预先经过硬化处理且排水通畅的地坪上，多雨地区宜采用防雨棚遮盖。

6.2 沥青

6.2.1 用于发泡的沥青其技术要求及适用范围应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）关于道路石油沥青技术要求中 70 号或 90 号沥青的规定。用于重载交通或面层较薄的道路时宜选用 70 号沥青，当日平均气温低于 20℃时宜选用 90 号沥青。不得使用改性沥青。

6.2.2 泡沫沥青冷再生使用的泡沫沥青，应满足表 2 的技术要求。

表 2 泡沫沥青技术要求

项目	单位	指标	试验方法
膨胀率，不小于	倍	10	本规范附录A
衰减期，不小于	S	10	本规范附录A

6.3 集料

6.3.1 集料应洁净、干燥、无风化、无杂质，并有颗粒级配，质量稳定，其质量应符合表 3 和表 4 的要求。

表 3 细集料质量要求

项目	单位	指标	试验方法
表观相对密度, 不小于	—	2.45	T0328
砂当量, 不小于	%	60	T0334
塑性指数, 不大于	—	14	T0118
含水率, 不大于	%	4	T0332

注：细集料是指通过 2.36mm 的筛下部分。

表 4 粗集料质量要求

项目	单位	指标	试验方法
表观相对密度, 不小于	—	2.45	T0304或T0308
石料压碎值, 不大于	%	24	T0316
吸水率, 不大于	%	3.0	T0304或T0308
针片状颗粒含量 (混合料), 不大于	%	15	T0312
软石含量, 不大于	%	3	T0320

注：粗集料是指粒径大于 2.36mm, 公称最大粒径为 26.5mm 的碎石材料。

6.4 水泥

6.4.1 宜采用强度较低的水泥。普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥和火山灰质硅酸盐水泥都可用于冷再生, 技术指标应符合有关国家标准的要求, 其中初凝时间不得小于 3h, 终凝时间宜在 6h 以上。快硬水泥、早强水泥或者已受潮变质的水泥不得使用。水泥强度等级可为 32.5 或 42.5。

6.5 石灰

6.5.1 石灰作为泡沫沥青冷再生结合料或者活性添加剂时, 可以采用消石灰粉或者生石灰粉, 石灰技术指标应符合现行《公路路面基层施工技术规范》(JTJ 034-2000) 的规定。石灰在野外堆放时间较长时, 应覆盖防潮。

6.6 水

6.6.1 凡可饮用水均可用于冷再生施工, 遇有可疑水源时, 应进行试验鉴定。当采用自然水源时抽水管应设有滤网, 以防止杂草、树根等杂物堵塞再生设备上的喷嘴。

6.7 铣刨料 (RAP)

6.7.1 泡沫沥青厂拌冷再生的铣刨料 (RAP) 必须经过预处理后方可使用, 应特别重视 RAP 的二次破碎, 降低 RAP 中粘结块料的含量。

6.7.2 泡沫沥青厂拌冷再生时经过预处理的铣刨料 (RAP) 以及就地冷再生的铣刨料 (RAP), 应按照表 5 的各项技术指标进行检测。

表 5 泡沫沥青厂拌冷再生和就地冷再生时 RAP 检测项目

材料	检测项目	技术要求	试验方法
RAP	含水率	实测	《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20-2011),《公路工程集料试验规程》(JTG E42-2005)
	RAP 级配	实测	
	沥青含量	实测	
	砂当量 (%)	>50	
RAP 中的沥青	针入度	实测	《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20-2011)
	60℃粘度	实测	
	软化点	实测	
	15℃延度	实测	
RAP 中的粗集料	针片状颗粒含量、压碎值	实测	《公路工程集料试验规程》(JTG E42-2005)
RAP 中的细集料	棱角性	实测	

7 路面结构设计

7.1 原路面调查及分析

7.1.1 原路面历史信息调查与分析

7.1.1.1 收集原路面设计资料、竣工资料等,一般包括原路面的结构、材料和路况等方面的资料。

7.1.1.2 收集原路面通车营运期间的养护资料和路面检测资料,并结合施工资料、竣工资料,分析病害成因。

7.1.2 原路面状况调查与分析

7.1.2.1 原有路面的路况调查按照《公路沥青路面设计规范》(JTG D50-2006)中关于改建路面设计的调查内容进行,应重点调查各路段路面损坏的层位(或深度)、各层顶面的强度及各层路面材料的性状。

7.1.2.2 将原路面划分为若干路段,每个路段应分别开挖探坑。探坑应选择在具有代表性的地点,如果路况比较复杂宜多开挖几处探坑。通过对开挖探坑的调查,完成探坑分析表,探坑分析表应包括:探坑的位置、探坑区域产生的病害、铣刨次数及深度、每层材料的形状分析(材料的类型、含水量、塑性指数、铣刨后级配、抽提后级配、沥青含量等)、每次铣刨后路面结构的描述、每次铣刨后路面结构的回弹模量等。

7.1.3 交通量调查

7.1.3.1 进行交通量调查,为泡沫沥青冷再生路面结构设计和材料设计提供依据。调查内容应包括:交通量大小、轴载情况等。

7.1.3.2 通过交通量调查,为工程交通组织方案提供依据。如果交通量太大,应考虑在施工过程中采取车辆分流措施;无法分流车辆的,应有针对性地进行施工组织设计或综合比选其他路面养护维修方法。

7.1.4 技术经济性比选

7.1.4.1 对可能采用的不同路面维修方法，应进行综合技术经济对比分析，分析各种方法使用年限内的综合成本，包括路面维修成本、养护成本、路面残值等。

7.2 结构设计

7.2.1 结构层设计

7.2.1.1 泡沫沥青冷再生路面结构由沥青面层（磨耗层）、泡沫沥青冷再生层、剩余路面结构层（包括原有路面的部分基层、底基层、垫层和路基等）等多层结构组成。再生层应具有足够的强度和稳定性，主要起承重和抗疲劳的作用，可以为单层或双层。当再生层用于三、四级公路沥青路面的上面层时，应采用稀浆封层、碎石封层或微表处等做磨耗层。当再生层作基层或下面层时，沥青面层与泡沫沥青冷再生层之间也应设置封层。

7.2.1.2 泡沫沥青冷再生层的下承层应当具有良好的承载能力，当下承层不满足设计承载力要求时，必须进行补强处理。

7.2.1.3 沥青面层类型应与公路等级、使用要求、交通条件相适应，沥青面层宜选用密级配的材料或通过设置防水层起到隔水作用。

7.2.2 结构设计方法

7.2.2.1 泡沫沥青冷再生路面结构可按《公路沥青路面设计规范》（JTG D50-2006）中改建路面结构厚度的设计方法进行。其中路面结构类型系数 A_b 取值为 1.6。

对泡沫沥青冷再生层的抗拉强度结构系数，按式（1）计算：

$$K_s = \frac{0.039}{A_c} N_e^{0.43} \quad (1)$$

式中： A_c —公路等级系数，高速公路、一级公路为 1.0，二级公路为 1.1，三、四级公路为 1.2；

N_e —设计年限内一个车道累计当量轴次（次/车道）。

泡沫沥青冷再生材料的极限劈裂强度 σ_s 系指 15℃ 时的极限劈裂强度。

7.2.2.2 泡沫沥青冷再生路面结构设计应按图 1 所示的流程进行。

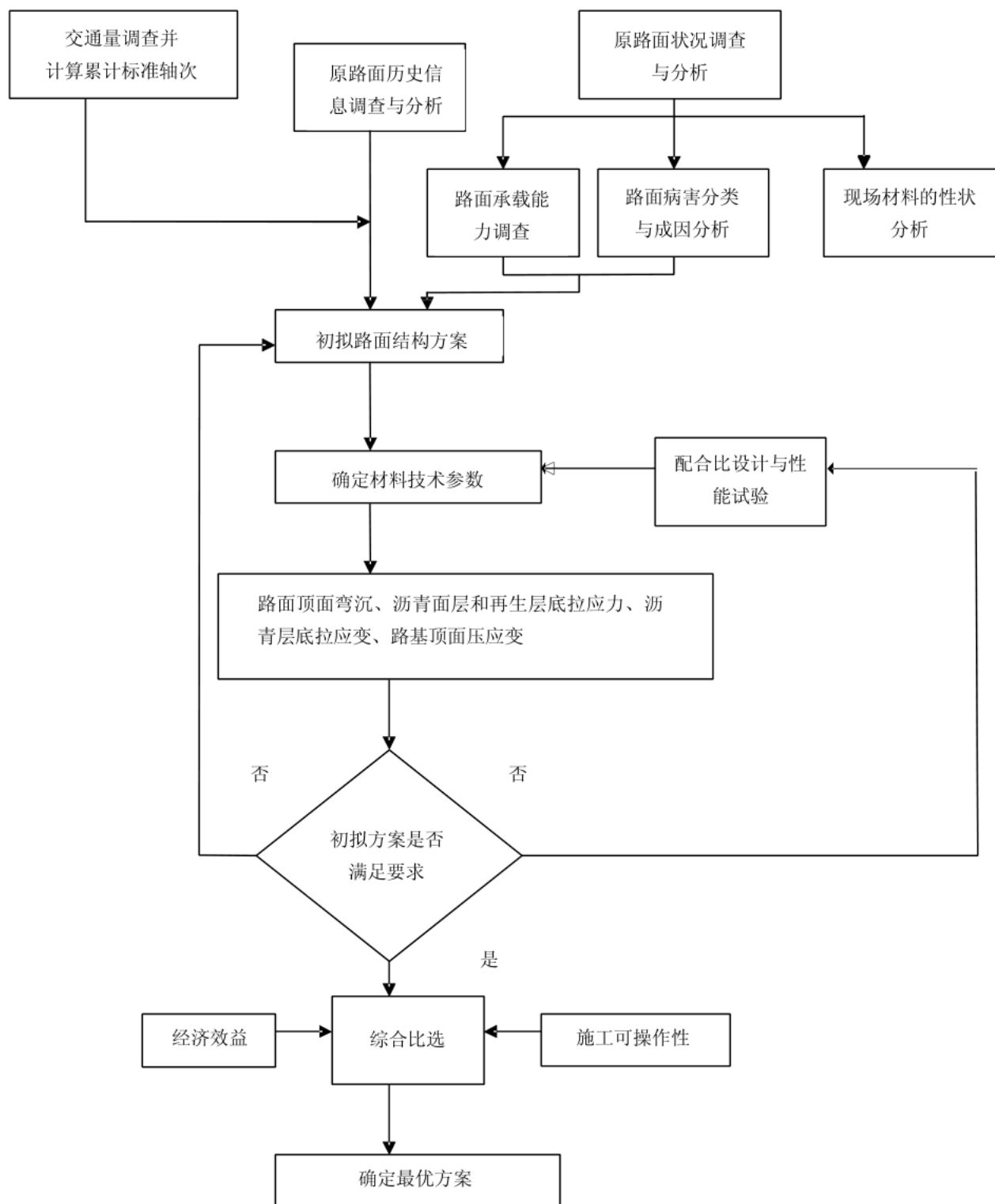


图1 泡沫沥青冷再生路面结构设计流程图

7.2.3 材料的设计参数

(1) 沥青混合料和半刚性材料设计参数的选取，应按照国家现行规范的要求进行。

(2) 泡沫沥青冷再生混合料的设计参数，应根据实测确定。在无试验数据的情况下，设计参数可参考表6给出的范围分析确定。

表 6 泡沫沥青冷再生混合料设计参数

抗压回弹模量 (MPa) (20℃)	600~1000
劈裂强度 (MPa) (15℃)	0.4~0.8

8 配合比设计

8.1 配合比设计流程图

8.1.1 泡沫沥青冷再生混合料配合比设计流程图如图 2 所示。

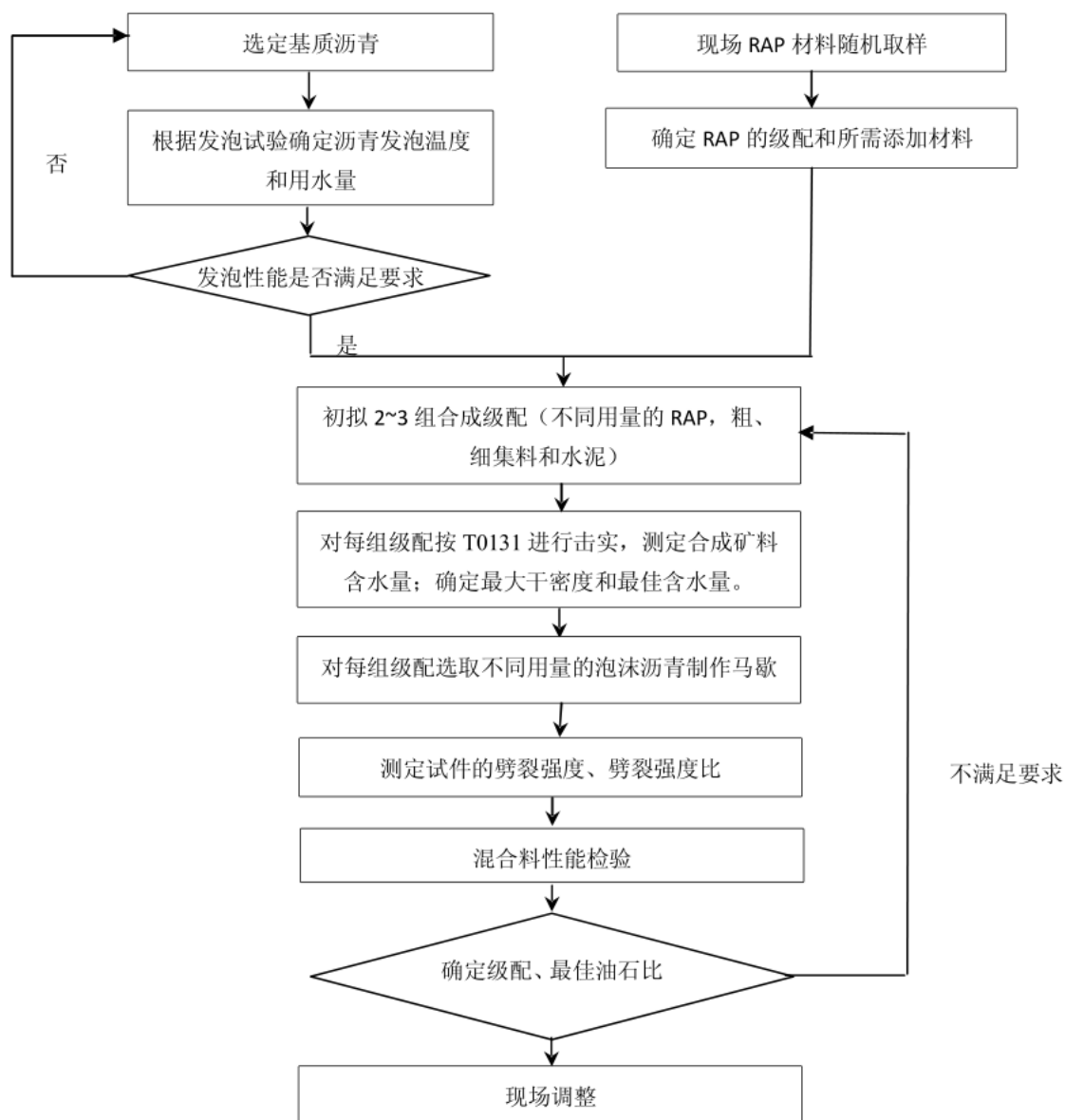


图 2 泡沫沥青冷再生混合料配合比设计流程图

8.2 确定沥青最佳发泡条件

8.2.1 用于泡沫沥青冷再生混合料的沥青, 应进行发泡性能试验, 确定合适的发泡条件, 试验方法按照附录 A 的步骤进行, 并应满足 6.2.2 条规定的要求。

8.2.2 发泡性能用膨胀率和衰减期同时表征，发泡条件包括发泡温度及发泡用水量。

8.3 确定活性填料类型

8.3.1 应根据混和后材料（未添加泡沫沥青）塑性指数的试验结果，按照表 7 选择活性填料的种类。

表 7 活性填料的选用标准和掺量

塑性指数	<10	10~16	>16
活性填料	水泥（0%~2%）	石灰（1.5%~2.5%）	石灰预处理后再稳定

8.4 工程设计级配

8.4.1 用于泡沫沥青冷再生混合料的合成级配，应满足表 8 的级配范围要求。

表 8 泡沫沥青冷再生混合料工程设计级配范围

筛孔（mm）	各筛孔的通过率（%）		
	粗粒式	中粒式	细粒式
37.5	100		
26.5	85~100	100	
19	-	90~100	100
13.2	60~85	-	90~100
9.5	-	70~85	-
4.75	35~65	45~65	45~75
2.36	25~55	25~55	25~55
0.3	5~30	5~30	5~30
0.075	3~20	3~20	3~20

8.4.2 在本规范规定的级配范围内，根据公路等级、工程性质、交通特点、材料品种等因素，通过对条件大体相当的工程使用情况的再生混合料合成级配进行调查研究后确定。经确定的工程设计级配是配合比设计的依据，不得随意变更。

8.5 确定最佳含水率

参照现行《公路土工试验规程》（JTG E40）T0131 的方法，对未添加泡沫沥青的合成混合料进行击实试验，确定最佳含水率。

8.5.1 不添加泡沫沥青，变化含水率进行击实试验，获得最大干密度时，其混合料的含水率即为合成矿料的最佳含水率 OWC。

8.5.2 添加不同用量的泡沫沥青时，混合料的最佳含水率 OWC_{BC} 根据式（2）计算。

$$OWC_{BC}=a \times (OWC-0.49 \times BC) \quad (2)$$

式中： OWC_{BC} ——添加沥青后的最佳含水量，%；

OWC——集料的最佳含水量，%；

BC——沥青用量，%；

a——修正系数，根据试验确定，一般取 0.75~0.8。

8.6 混合料的成型

8.6.1 以预估的沥青用量为中值，按照一定间隔变化形成 5 个泡沫沥青用量，根据式（2）分别计算最佳含水率 OWC_{BC} ，按照以下方法制备马歇尔试件：

- （1）向拌合机内加入足够的（大约为 1150g）拌合均匀含铣刨料（RAP）的混合集料。
- （2）按照计算得到的加水量加水，拌合均匀，拌合时间一般为 1min。
- （3）按照计算的泡沫沥青量加入泡沫沥青，拌合均匀，拌合时间一般为 1min。
- （4）将拌合均匀的混合料装入试模，放到马歇尔击实仪上，双面各击实 75 次。
- （5）将试样连同试模一起侧放在 60℃ 的鼓风烘箱中养生至恒重，养生时间一般不少于 40h。
- （6）将试模从烘箱中取出，侧放冷却 12h 后脱模。

8.6.2 测定试件的毛体积相对密度 γ_f ，宜采用现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTJ052）T0707 蜡封法，用其他方法测定试件的毛体积密度前，应对该试验方法进行验证。

8.7 确定最佳泡沫沥青用量 OAC

8.7.1 将各组油石比试件进行 15℃ 劈裂试验、浸水 24h 的劈裂试验（或者是马歇尔稳定度和浸水马歇尔稳定度试验）。浸水 24h 劈裂试验的试验方法为：将试件完全浸泡在 25℃ 恒温水浴中 23h，再在 15℃ 恒温水浴中完全浸泡 1h，然后取出试件立即进行 15℃ 的劈裂试验。

8.7.2 根据劈裂强度试验和浸水劈裂强度试验结果（或者是马歇尔稳定度和浸水马歇尔稳定度试验结果），选择材料方案干劈裂强度及干湿劈裂强度比（或者马歇尔稳定度及残留稳定度比）均最优的，作为初选级配。选取初选材料组成湿劈裂强度（或者浸水马歇尔稳定度）最大值，所对应的泡沫沥青用量作为泡沫沥青用量的设计值。

8.7.3 当劈裂强度及浸水劈裂强度试验结果（或者是马歇尔稳定度和浸水马歇尔稳定度试验结果）在所选择的沥青用量范围内未出现峰值时，可选择能满足各项技术指标要求的最低沥青用量作为设计最佳沥青用量，但最低沥青用量不宜低于 2.0%。

8.8 混合料性能要求

8.8.1 依据初选材料组成的泡沫沥青用量设计值，重新拌和泡沫沥青冷再生混合料。并对其进行各项性能试验，各技术指标必须满足表 9 的技术要求。

表 9 泡沫沥青冷再生混合料的技术要求

类别	技术参数	特重与重交通	中等交通	轻交通
劈裂试验（15℃）	劈裂强度（MPa）	≥0.5	≥0.4	≥0.25
	干湿劈裂强度比（%）	≥75		
马歇尔稳定度试验（40℃）	马歇尔稳定度（kN）	≥6	≥5	≥3
	浸水马歇尔残留稳定度（%）	≥75		
冻融劈裂试验	冻融劈裂强度比（%）	≥70		
车辙试验（60℃）	动稳定度（次/mm）	≥3000		

注：应同时满足表中所列各项技术要求。

混合料性能指标不能满足表 9 的技术要求的，应通过调整材料组成和沥青用量等方法重新进行混合

料设计。

9 厂拌冷再生施工工艺

9.1 施工流程图

9.1.1 泡沫沥青厂拌冷再生施工流程图如图 3 所示。

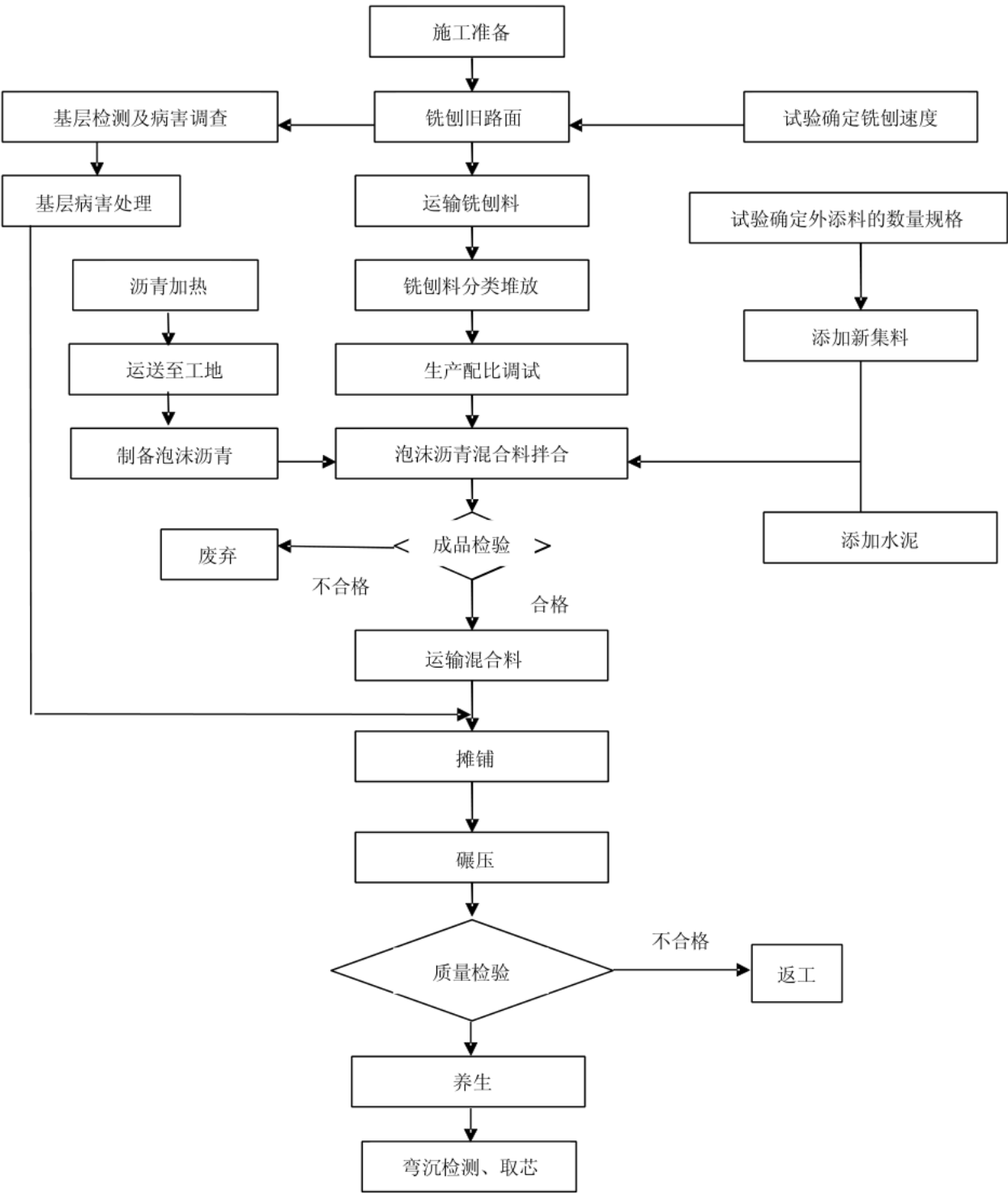


图 3 泡沫沥青厂拌冷再生施工流程图

9.2 设备要求

9.2.1 场地设备要求

9.2.1.1 水泥料仓 15 吨~40 吨 1 个；装载机 2 台~3 台；15t 以上热沥青保温罐车 2 台~3 台或 10t 以上沥青加热罐 1 台；自卸车若干辆；水车 2 辆~3 辆；路面专用铣刨设备；厂拌再生设备。

9.2.1.2 泡沫沥青厂拌冷再生混合料应采用专用的沥青冷再生拌和设备生产。厂拌设备应具有与测重传感器和数据显示仪相连的全电脑控制系统，沥青的喷嘴应能够自清洗，其连续生产能力不宜低于 150t/h。

9.2.2 现场设备要求

9.2.2.1 12t 以上双钢轮振动压路机 2 台（带强弱振动调整）以上；18t 以上单钢轮振动压路机 2 台（带强弱振动调整）以上；20t 以上胶轮压路机 2 台以上；摊铺机 1~2 台。

9.3 拌合场地要求

9.3.1 拌和场地的设置应符合国家有关环境保护、消防、安全等规定。

9.3.2 拌和场地与工地现场距离符合就近原则。

9.3.3 拌和场地应具有完善的排水设施。路面铣刨料和需添加的新料必须分隔堆放，细集料应采用防雨棚遮盖，料场及场内道路应作硬化处理，严禁泥土污染。

9.4 旧路面铣刨

9.4.1 根据铣刨机的功率及铣刨材料的级配，确定铣刨机的速度范围，一般不宜超过 6m/min，当原路面经过多次养护改造，路面材料变异性较大时，铣刨速度不宜超过 4m/min。

9.4.2 铣刨后的路槽应当平整、坚实和符合规定的横坡，不得出现薄的夹层。摊铺泡沫沥青冷再生混合料之前，应清扫路槽。

9.5 施工准备

9.5.1 下承层准备

9.5.1.1 摊铺泡沫沥青冷再生混合料之前，必须对其下承层进行病害调查。对于满足强度要求，但出现病害的区域应进行相应的处理。对于强度不能满足设计要求的必须进行补强处理。

9.5.1.2 在摊铺泡沫沥青冷再生混合料之前宜在下承层表面喷洒乳化沥青，喷洒量为纯沥青用量 0.2~0.3kg/m²。

9.5.2 铺筑试验路段

9.5.2.1 在正式摊铺泡沫沥青冷再生混合料之前须先铺筑试验路段。试验段应当位于施工路段之内，长度控制在 100m~200m。试验路段内可根据不同的施工组合方式，确定 2 个~3 个试验分段。通过试验路段应当确定以下内容：

（1）验证现场材料的级配和确定实际生产配合比；

- (2) 热沥青的出厂温度;
- (3) 沥青的发泡性能;
- (4) 冷再生材料的最大干密度、最佳含水量和添加的水量;
- (5) 摊铺的厚度与速度, 以及再生层的松铺系数;
- (6) 不同压实组合下的压实度;
- (7) 泡沫沥青冷再生混合料的性能指标;
- (8) 检验各种施工机械的效率及组合方式是否匹配。

9.5.2.2 试验路段铺筑应由业主、监理共同参加, 及时商定有关事项, 明确试验目的与内容。铺筑结束后, 施工单位应就各项试验内容提出完整的试验路施工、检测报告, 报监理批准。

9.6 再生混合料拌制

9.6.1 对拌合设备的要求: 泡沫沥青厂拌冷再生宜采用专用拌合设备, 还必须配备泡沫沥青发生装置。

9.6.2 拌合设备的生产能力应与摊铺设备生产能力匹配。

9.6.3 拌合时间适宜, 拌合后的冷再生混合料应均匀一致, 无团结成块现象。

9.6.4 每个工作班结束时应打印出一个工作班材料用量和再生混合料拌和量的统计量, 计算沥青、水泥及添加新材料的用量, 与设计值及容许值的波动相比较, 评定是否符合要求。如果不符以上要求时, 宜对设定值适当调整。

9.6.5 拌合用水量视天气和环境情况比室内配合比设计时的最佳含水量宜增加 0.5%~1.0%。

9.7 再生混合料运输

9.7.1 再生混合料宜采用较大吨位的运料车运输。运料车的运力应稍有富余, 施工过程中摊铺机前方应有运料车等候。运料车宜用苫布覆盖, 防止运输材料时水分蒸发或遭雨淋。

9.8 再生混合料摊铺

9.8.1 泡沫沥青厂拌冷再生混合料应采用钢丝绳引导的高程控制方式的摊铺机摊铺, 熨平板不需要加热。

9.8.2 摊铺机应缓慢、均匀、连续不间断的摊铺, 中途不得随意变换速度或停顿, 摊铺速度宜控制在 2m/min~5m/min 的范围内, 以防混合料离析。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, 予以消除。

9.8.3 再生混合料的松铺系数应根据试验路段结果确定。摊铺过程中应随时检查摊铺层厚度及路拱、横坡。

9.8.4 摊铺过程中的缺陷宜由人工进行局部找补或更换混合料, 但须仔细进行, 特别严重的缺陷应整层铲除。

9.9 再生混合料碾压及成型

9.9.1 再生混合料摊铺后应及时压实，其单层压实最大厚度不宜大于 15cm，且不宜小于 8cm。当厚度大于 15cm 时，应经试验路段确定各项施工参数，宜采用分层施工。

9.9.2 压实施工流程建议为：双钢轮压路机静压 1~2 遍——单钢轮压路机振动压实 4~6 遍——视表面干燥情形决定是否洒水——轮胎压路机静压 4~6 遍——双钢轮压路机静压 1~2 遍收光。

9.9.3 压路机应以慢而均匀的速度碾压，初压速度为 1.5~3km/h，复压和终压速度宜为 2~4 km/h。碾压时，应重叠 1/3 轮宽，后轮压完路面全宽时，即为 1 遍。

9.9.4 碾压应在混合料最佳含水率情况下进行，以保证压实后的再生层符合压实度和平整度的要求。

9.9.5 直线和不设超高的平曲线段，应由两侧路肩向路中心碾压；设超高的平曲线段，应由内侧路肩向外侧路肩碾压。

9.9.6 严禁压路机在刚完成碾压或正在碾压的路段上掉头、急刹车及停放。

9.10 工作缝

9.10.1 工作缝包括纵向和横向工作缝，都应采用垂直的平接缝。所有的接缝处都要从完全压实的路段一侧沿接缝方向碾压，渐渐移向新铺面，然后再正常碾压。

9.11 养生及开放交通

9.11.1 冷再生层在加铺上层结构前必须进行养生，养生时间不宜少于 7d。当满足以下两个条件之一时，可以提前结束养生：

(1) 再生层可以取出完整芯样。

(2) 再生层含水率低于 2%。

9.11.2 养生方法

9.11.2.1 在封闭交通的情况下养生时，可进行自然养生，一般无需采取措施。

9.11.2.2 在开放交通的条件下养生时，再生层在完成压实至少 1d 后方可开放交通，但应严格限制重型车辆通行，行车速度应控制在 40km/h 以内，并严禁车辆在再生层上掉头和急刹车。为避免车轮对表层的破坏，可在再生层上均匀喷洒慢裂乳化沥青（稀释至 30%左右的有效含量），喷洒用量折合纯沥青后宜为 0.05~0.2kg/m²。

9.11.3 养生完成后，在铺筑上层沥青层前应设置封层。

9.11.4 养生初期在遇到弱雨水作用时可不进行覆盖，在遇到较强的雨水作用时应采取必要的防雨措施，应尽量避免在持续的雨季进行泡沫沥青冷再生的施工。

10 就地冷再生施工工艺

10.1 施工流程图

10.1.1 泡沫沥青就地冷再生施工流程图如图 4 所示。

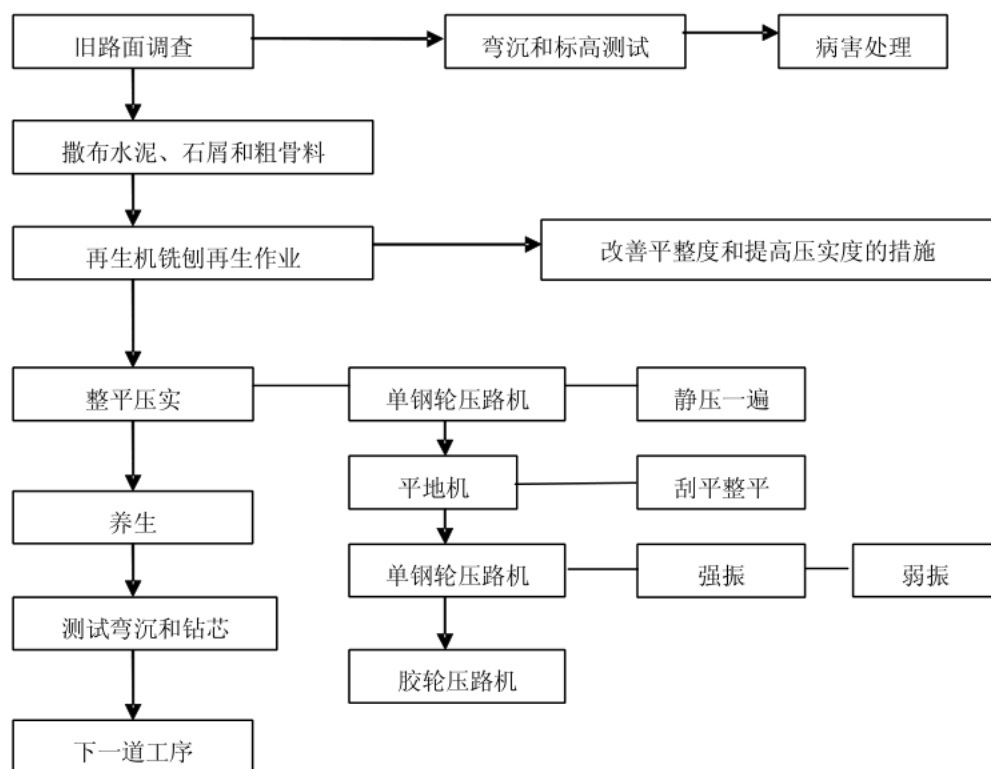


图 4 泡沫沥青就地冷再生施工流程图

10.2 设备要求

10.2.1 就地冷再生机 1 台；钢轮振动压路机 1 台（带强弱振动调整）；20t 以上胶轮压路机 1 台；平地机 1 台；15t 以上热沥青保温罐车 2 台～3 台；洒水车 2 辆～3 辆；水泥浆车 1 台（有条件时）；给料机 1 台（必要时）；摊铺机 1 台（必要时）；以及准备与冷再生机连接的推杆、接头、水管。

10.2.2 就地冷再生施工应采用功率不小于 300KW（400 马力）的专用路拌机械，以确保足够的拌和能力。再生机铣刨转子宽度至少为 2m，转速可调，并应具有水平控制系统，保证在连续施工过程中实际铣刨深度和要求的深度误差不超过 10mm；须配有检测和试验喷嘴（自清洗），以随时检查沥青的膨胀率和衰减期。

10.3 施工准备

10.3.1 病害处理

10.3.1.1 就地再生设计阶段，应对原路面进行详细的病害调查。对泡沫沥青再生铣刨不能处理的病害，或考虑到路面仅再生施工其强度等尚不能满足设计要求的区域应进行病害或补强处理设计。

10.3.1.2 就地再生施工之前必须对路表面清扫，保持路表层干净、平整。如果再生层表面不规则，应采取适当的整型方式，以达到线形要求，并保证最终压实后再生层的厚度满足要求。

10.3.2 试验路段

10.3.2.1 在就地冷再生施工之前须先铺设试验路段。试验段应当位于施工路段之内，长度不宜小于200m。在试验路段内可根据不同的施工组合方式，确定2个~3个试验分段。通过试验路应当确定以下内容：

- (1) 验证现场材料的级配和实际生产配合比；
- (2) 冷再生材料的最大干密度、最佳含水量和添加的水量
- (3) 热沥青的出厂温度；
- (4) 沥青的发泡性能；
- (5) 再生层压实厚度及松铺系数；
- (6) 不同压实组合下的压实度；
- (7) 泡沫沥青冷再生混合料的性能指标；
- (8) 再生机的铣刨深度及速度、各种施工机械的效率及组合方式是否匹配、冷再生施工的效率及作业段的长度。

10.3.2.2 试验段铺筑应由业主、监理共同参加，及时商定有关事项，明确试验目的与内容。铺筑完成后，施工单位应就各项试验内容提出完整的试验路段施工、检测报告，报监理批准。

10.3.3 撒布集料

10.3.3.1 集料应保持干燥。可将石屑和水泥按照设计比例事先拌和均匀，然后再撒布到路面上。集料宜采用撒布车撒布，无条件时也可以采取人工撒布。但人工撒布应事先在路面上用石灰粉打格，宜按照每 $100\text{m}^2 \sim 300\text{m}^2$ 的面积进行总量控制，撒布应厚度均匀。

10.3.4 撒布水泥类填料

10.3.4.1 可采用水泥稀浆搅拌机在再生机铣刨搅拌室内液态添加水泥，也可采用人工撒布的方法。采用人工撒布时，水泥类填料的用量按撒布区域的面积来确定，水泥撒布必须均匀。水泥撒布一旦完成，除了再生机（包括附属设备）以外其它车辆一律不得进入施工区域。

10.4 再生

10.4.1 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、水泥终凝时间等因素、综合确定每个作业段的长度，一般控制在50m~200m为宜。

10.4.2 在施工起点处将各所需施工机具顺次首尾连接，连接相应管路。

10.4.3 启动施工设备，按照设定再生深度对路面进行铣刨、拌合。再生机组必须缓慢、均匀、连续地进

行再生作业，不得随意变更速度或者中途停顿、再生施工速度取决于再生机和再生材料的类型，宜为4~10m/min。

10.4.4 应至少每隔200m检测和记录再生机的工作速度，以确保再生机保持一定的生产效率和良好的再生效果。

10.4.5 单幅再生至一个作业段终点后，将再生机和罐车等倒至施工起点，进行第二幅施工，直至完成全幅作业面的再生。

10.4.6 冷再生施工的每个作业段内，为避免产生夹层，宜一次性整平、压实。

10.4.7 在直线和不设超高的平曲线段，再生机应首先沿着路幅的外侧开始，然后逐渐向路幅内侧施工；设超高的平曲线段，再生机应首先沿着路幅的内侧开始，然后逐渐向路幅外侧施工。

10.4.8 应考虑在再生路面上设置再生机的方向引导措施，保证再生机沿着正确的方向前进。

10.4.9 应当安排经验丰富的施工人员在再生机后连续观测拌和材料是否均匀，一旦发现沥青出现条状或结团现象，应立即停止施工。

10.5 接缝

10.5.1 纵向接缝

10.5.1.1 相邻两个再生幅面应具有一定的搭接宽度。第一个再生作业的宽度应与铣刨道的宽度一致，所有后续有效再生幅面的纵向搭接宽度不宜小于15cm。通常，再生层越厚，搭接宽度越大；材料最大粒径越大，搭接宽度越大。

10.5.1.2 再生机应准确地沿着预先设置的铣刨指引线前行。若偏差超过10cm，应立即倒退至开始出现偏差的地方，然后沿着正确的铣刨指引线重新施工（无需再加水或者稳定剂）。当搭接宽度超过再生机喷嘴的有效喷洒宽度时，后续施工应当关闭若干喷洒嘴，以保证重叠区域没有多余的沥青和水。

10.5.1.3 纵向接缝的位置应避开快、慢车道上车辆行驶的轮迹处。

10.5.2 横向接缝

10.5.2.1 当一个工作日结束、两个相连作业段连接、再生途中更换罐车或其他情况造成的停机均会形成横向接缝，重新作业开始前整个再生机组应后退至已再生路段至少1.5米的距离，以保证接缝宽度上的材料得到处理。对于超过水泥等活性填料初凝时间的段落，在接缝处应重新撒布水泥，但不用撒布石屑、碎石以及喷洒泡沫沥青。

10.6 摊铺及整平

10.6.1 泡沫沥青层就地冷再生，摊铺出的混合料不能出现离析、波浪、裂缝、拖痕。

10.6.2 采用摊铺机或者采用带有摊铺装置的再生机进行摊铺时，摊铺应符合本规范第9.8节的规定。

10.6.3 使用平地机进行摊铺时，应符合下列规定：

- (1) 用轻型钢轮压路机紧跟再生机组初压 2~3 遍。
- (2) 完成一个作业段的初压后，用平地机整平。
- (3) 再次用轻型钢轮压路机在初平的路段碾压 1 遍，对发现的局部轮迹、凹陷进行人工修补。
- (4) 用平地机整形，达到规定的坡度和路拱，整形后的再生层表面应无明显的再生机轮迹和集料离析现象。
- (5) 在直线和不设超高的平曲线段，平地机应由路肩向路中心刮平；在设超高的平曲线段，平地机应由低处向高处刮平。刮平后多余的混合料应予以废弃。

10.7 压实

10.7.1 根据再生层厚度、压实度等的需要、配备足够数量、吨位的钢轮压路机、轮胎压路机，按照试验段确定的压实工艺进行碾压，保证压实后的再生层符合压实度和平整度的要求。

10.7.2 压实最大厚度不宜大于 20cm，且不宜小于 8cm。当压实厚度大于 20cm 时，应经试验路段确定各项施工参数。

10.7.3 泡沫沥青就地冷再生施工必须采用流水作业法，使各工序紧密衔接，尽量缩短从拌合到完成碾压之间的延迟时间。

10.7.4 初压时混合料的含水率应比最佳含水率大 1%~2%。碾压过程中，再生层表面应始终保持湿润，如水分蒸发过快，应及时洒水。

10.7.5 碾压过程中出现弹簧、松散、起皮等现象时，应及时翻开重新拌合，使其达到质量要求。

10.7.6 可在碾压结束前用平地机再终平一次，使其纵向顺适，路拱和超高符合设计要求。

10.7.7 压实工序可按以下顺序进行：钢轮压路机静压 1 遍——平地机整平——钢轮压路机低频高幅压实——钢轮压路机高频低幅压实——视表面干燥情况决定是否洒水——轮胎压路机压实。

10.7.8 其他要求参照本规范第 9.9 节规定执行。

10.8 养生及开放交通

10.8.1 参照本规范第 9.11 节规定执行。

11 施工质量管理与检查

11.1 再生设备的管理与检查

11.1.1 施工过程中应按照表 10 的要求对再生设备进行检查，一旦出现问题应进行相应处理。

表 10 泡沫沥青冷再生设备的检查项目与频度

检查项目		要求	频度	方法
就地再生设备	铣刨鼓与铣刨刀头	检查铣刨鼓和铣刨刀头的磨损情况	每个工作面 施工前	目测
	喷洒系统	检查沥青、水喷洒系统是否存在堵塞	每个工作面 施工前	试喷和辅助相关仪表
	铣刨速度	检测机器铣刨速度是否满足要求的铣刨速度范围	随时	辅助相关仪表
	铣刨深度	检测机器铣刨深度与实际铣刨深度是否一致	每 30~50m	辅助相关仪表
厂拌再生设备	喷洒系统	检查沥青、水喷洒系统是否正常，是否存在堵塞现象	每天施工前， 或必要时	试喷和辅助相关仪表
	料门开口比例	检查各料仓的开口比例是否正确	随时	机器上的仪表
	机器的生产率	检查机器的生产率是否在规定的范围内	随时	机器上的显示器

11.2 原材料的质量管理与检查

11.2.1 原材料的质量性能指标及检查频度应符合表 11 的要求。

表 11 泡沫沥青冷再生材料质量检查项目与频度

材料名称	检查项目	技术要求	频度	仪器和试验方法
铣刨材料	级配	铣刨材料的级配的变异性是否在允许范围内	当路面结构、铣刨深度、铣刨速度变化时，以及每 8000m ² 测 2 个样品。	T0302
	含水率	材料的湿度状况，确定添加的水量。	当路面结构、天气等变化，以及再生混合料含水量需要调整时，以及每 5000m ² 测 2 个样品。	T0305
	材料的组成	材料的组成是否发生变化	当路面结构、铣刨深度、铣刨速度变化时，或其它必要时	目测
	老化沥青含量	为检验新沥青用量提供依据	每 15000m ² 测 2 个样品	T0722 或燃烧法
细集料	含水率	含水率是否符合要求，同时确定添加的水量。	每 8000m ² 测 2 个样品	T0332
	级配	确定级配是否符合要求	每 10000m ² 测 2 个样品	T0327
	表观相对密度	评定材料质量	施工前，或必要时，测 2 个样品	T0328
	塑性指数	材料的塑性是否符合规定	施工前，或必要时，测 2 个样品	T0118
	松方单位重	计算石屑撒布量	施工前，或必要时，测 2 个样品	T0309
粗集	外观（石料品	材料是否符合要求，	施工前，或必要时	目测

材料名称	检查项目	技术要求	频度	仪器和试验方法
料	种、含泥量)	材料是否变化		
	针片状颗粒含量	评定材料质量	施工前, 或必要时, 测 2 个样品	T0312
	表观相对密度	评定材料质量	施工前, 或必要时, 测 2 个样品	T0304 或 T0308
	级配	确定级配是否符合要求	每 8000m ² 测 2 个样品	T0302
	压碎值	评定材料质量	施工前, 或必要时, 测 2 个样品	T0316
沥青	针入度	评定沥青质量	施工前, 和必要时, 测 2 个样品	T0604
	软化点	评定沥青质量	施工前, 和必要时, 测 2 个样品	T0606
	延度	评定沥青质量	施工前, 和必要时, 测 2 个样品	T0605
	温度	检验沥青温度是否符合设计要求	随时	再生机上温度计读数
	发泡效果	检验沥青发泡效果是否符合设计要求	每天开机施工前, 或必要时, 测试 3 次	再生机上的测试喷嘴、钢桶、量尺、秒表等
水泥	水泥强度、凝结时间	确定水泥的质量是否适宜使用	施工前, 料源变化时重测	水泥胶砂强度检验方法, 水泥凝结时间检验方法
石灰	有效钙、氧化镁	确定石灰质量	施工前, 料源变化时重测	T08011、T08012 或 T08013

注: 1. “随时”是指需要经常检查的项目, 其检查频度可根据材料来源及质量波动情况由业主及监理确定; “必要时”是指施工各方任何一个部门对其质量发生怀疑, 提出需要检查时, 或是根据需要商定的检查频度。

2. 利用再生机上的测试喷嘴检验沥青发泡效果时, 可以结合每种机型的特点, 在正式施工前或生产过程中进行, 具体的试验方法可以参照附录 A 进行。

11.3 再生混合料的质量管理与检查

11.3.1 从就地再生机后和厂拌再生出料皮带连续观测再生材料的质量和均匀性, 一旦发现有任何沥青结团和骨料离析等现象, 必须立即停止生产进行检查;

11.3.2 检查就地再生机驾驶室控制面板和厂拌再生设备控制室操作面板各项参数的设定值, 核对计算机采集和打印记录的数据与显示值是否一致。

11.3.3 再生混合料质量检查的项目和频度应按照表 12 的规定进行, 并如实计算产品的合格率。单点检验评定方法应符合相关试验规程的试样平行试验要求。

表 12 泡沫沥青冷再生混合料质量检查项目、频度与质量要求

检查项目	检查频度及单点检验评价方法	质量要求与允许偏差	试验方法
混合料外观	随时	观察集料是否存在明显离析情况、泡沫沥青分散情况，有无沥青结团或沥青丝现象。	目测
含水率	每 4000m ² 或每 800 吨 测 2 个样品的平均值评定	+1%，-2%	T0305
沥青用量 (油石比)	每 5000m ² 或每 1500 吨 测 2 个样品的平均值评定	±0.3	总量控制或燃烧法、 抽提法
活性填料用量	每 10000m ² 或每 3000 吨测 2 个样品的平均值评定	±0.3	总量控制或 EDTA 滴 定法
马歇尔试验： 稳定度、流值	每天 1~2 次， 宜 4~6 个试件的平均值评定	符合设计要求	T0709
强度：劈裂强度	每天 1~2 次， 宜 4~6 个试件的平均值评定	符合设计要求	T0716
水稳性（干湿劈裂强度比）	每天 1~2 次，宜 4~6 个 湿试件的劈裂强度平均值与 干试件劈裂强度平均值 之比，进行评定	符合设计要求	T0716
车辙试验	开工前或必要时，测 3 个样品的平 均值评定	符合设计要求	T0719

11.4 再生层的质量管理与检查

11.4.1 泡沫沥青冷再生层在碾压和摊铺过程中应随时对施工质量进行检查，质量检查的内容、频度、质量应符合表 13 的规定。

表 13 泡沫沥青冷再生层的检查项目和频度

检查项目		检查频度及单点检验 评价方法	质量标准与允许偏差		试验方法
			高速公路和一级公路	其他等级公路	
外观		随时	表面平整密实，不得有明显轮迹、裂缝、 推挤等缺陷，且无明显的离析		目测
接缝		随时	紧密平整、顺直		目测
厚度(mm)	均值	每 1500~2000m ² 6 个点	-8	-10	施工时插入法量测松铺 厚度及挖验法量测压实 厚度
	单点值		-10	-20	
宽度(mm)	有侧石	检测每个断面	±20		T0911
	无侧石	检测每个断面	不小于设计宽度		T0911

纵断面高程(mm)	面层厚度 $\leq$ 6cm	检测每个断面	+5,-10	+5,-15	T0911
	面层厚度 $>$ 6cm		± 10	± 15	T0911
横坡度(%)	面层厚度 $\leq$ 6cm	检测每个断面	± 0.3	± 0.4	T0911
	面层厚度 $>$ 6cm	检测每个断面	± 0.4	± 0.5	T0911
平整度 (mm)	面层厚度 $\leq$ 6cm	每 200 米每车道 2 处, 每处连续 10 尺	6	8	T0931
	面层厚度 $>$ 6cm		8	12	T0931
压实度 (%)	代表值	每 200m 每车道 1 处	98	97	T0924 或 T0921
	极值		94	93	

注：表中面层厚度是指泡沫沥青再生层上沥青面层的厚度。

11.4.2 应对泡沫沥青再生层钻取芯样检验其完整性。一般在龄期 7~10 天时，应能取出完整的芯样（试件不松散、不断裂；顶面、底面应有不少于 50% 的平面）。如果再生层取不出完整的芯样，则应找出不合格再生层的界限，进行返工处理。

12 工程质量检验评定

12.1 再生层工程质量的检验评定应符合《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG F80/1-2004）中路面工程质量检验评定的有关规定。

12.2 基本要求

12.2.1 再生混合料的材料级配应符合设计要求和规程的规定，沥青用量和活性填料用量控制准确。

12.2.2 严格控制沥青的发泡温度，膨胀率和衰减期及混合料的各项性能指标应符合设计和规程要求。再生混合料的生产，每日应做马歇尔稳定度和劈裂强度试验。

12.2.3 拌和后的再生混合料应均匀一致，无粗细料分离和沥青结团或成丝现象。

12.2.4 再生层必须碾压密实，表面干燥、清洁、无浮土，平整度和路拱度应符合要求。

12.3 实测项目

12.3.1 泡沫沥青冷再生层实测项目见表 14。

表 14 泡沫沥青冷再生层实测项目

检查项目		规定值或允许偏差		检查方法和频度
		高速公路和一级公路	其他等级公路	
压实度(%)	代表值	98	97	灌砂法：每 200m 每车道 1 处
	极值	94	93	
平整度(mm)	面层厚度≤6cm	6	8	3m 直尺：每 200m 测 2 处×10 尺
	面层厚度＞6cm	8	12	
纵断高程(mm)	面层厚度≤6cm	+5,-10	+5,-15	水准仪：每 200m 测 4 个断面
	面层厚度＞6cm	±10	±15	
宽度(mm)	有侧石	±20		尺量：每 200m 测 4 处
	无侧石	不小于设计宽度		
厚度(mm)	代表值	－8	-10	每 200m 每车道 1 点
	合格值	－15	-20	
横坡(%)	面层厚度≤6cm	±0.3	±0.4	水准仪：每 200m 测 4 个断面
	面层厚度＞6cm	±0.4	±0.5	
强度(MPa)		符合设计要求		/

注：1. 面层厚度是指泡沫沥青再生层上沥青面层的厚度，指标针对再生层。

12.4 外观鉴定

12.4.1 表面平整密实、无坑洼、无明显离析。

12.4.2 施工接茬平整、稳定。

附录 A
(规范性附录)
沥青发泡性能试验方法

A.1 一般规定

- A.1.1 应采用专用的沥青室内发泡设备，进行沥青发泡性能试验。
- A.1.2 沥青发泡试验宜在常温（25℃左右）条件进行试验。
- A.1.3 发泡试验用过的沥青，禁止重新进行发泡试验。
- A.1.4 可参照本方法，对现场施工过程中沥青发泡性能进行检验。

A.2 试验设备

A.2.1 沥青发泡设备

目前室内试验通常使用维特根 WLB10 型沥青发泡实验机，如图 A-1 和 A-2 所示，喷射泡沫沥青的速率大约 100g/s。接受泡沫沥青的低碳钢铁桶直径与测量膨胀体积的量尺，应与 500g 沥青的喷射量相对应。试验温度变化时应对应沥青喷射时间进行标定，以保证沥青喷射量在 500g。用水量应与沥青流量值对应，标定完沥青喷射量后再根据沥青流量标定用水量。沥青与用水量的标定都应在一定的气压（通常为 4bar）与水压（通常为 5bar）下进行。

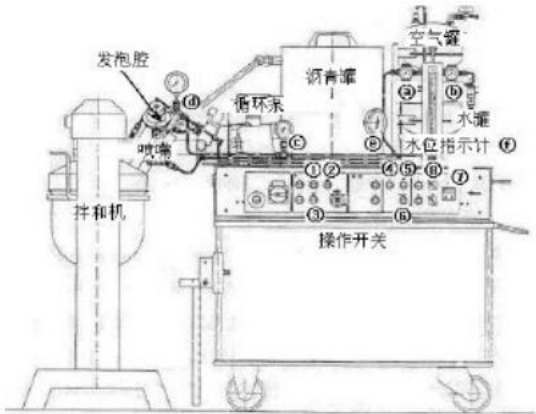


图 A-1 WLB10 实验室用沥青发泡设备 图 A-2 WLB10 实验室用沥青发泡设备简图

A.2.2 钢桶、量尺与秒表

- (1) 钢桶直径为 275mm，容积为 20 升。
- (2) 使用随机附带的量尺，或使用精度高于该量尺的其它量具。
- (3) 秒表精度不低于 0.1s。

A.3 试验步骤

- A.3.1 通过试验机泵送循环的沥青应加热至需要的温度（从 150℃ 开始），并在开始试验前至

少维持 5 分钟。

A.3.2 标定沥青的喷射流量，并设置计时器，使每次沥青的喷射量为 500g。

A.3.3 设定水流量控制计，达到需要的加入量（通常从沥青质量的 2%开始）。

A.3.4 将泡沫沥青喷射至钢桶里，并在喷射结束后，沥青体积膨胀达到最大的瞬间按下秒表，开始记录时间。

A.3.5 使用标尺（与 275mm 直径钢桶和 500g 沥青标定过）测量桶内泡沫沥青的最大高度，并作为泡沫沥青的膨胀率记录。

A.3.6 使用秒表测量泡沫衰落至最低可接受体积（发泡前体积的 5 倍）所持续的时间（精确到 0.1s），并作为泡沫沥青的衰减期记录。

A.3.7 重复三次，取平均值。

A.3.8 至少在 3 个发泡用水量下，重复步骤 3~7，通常用水量取沥青质量的 2%、3%和 4%。

A.3.9 在相同的坐标轴下（如图 A-3 所示的例子）绘制不同用水量下膨胀率与衰减期的关系图，确定该温度下的最佳发泡用水量。在最佳发泡用水量下重复以上步骤 1~9，对其它发泡温度（通常为 160℃、170℃和 180℃）进行检验。

A.3.10 在相同的坐标轴下（如图 A-3 所示的例子）绘制不同温度下膨胀率与衰减期的关系图，确定该发泡用水量下的合适发泡温度。合适的发泡条件即为最佳发泡用水量及此用水量下的合适发泡温度。

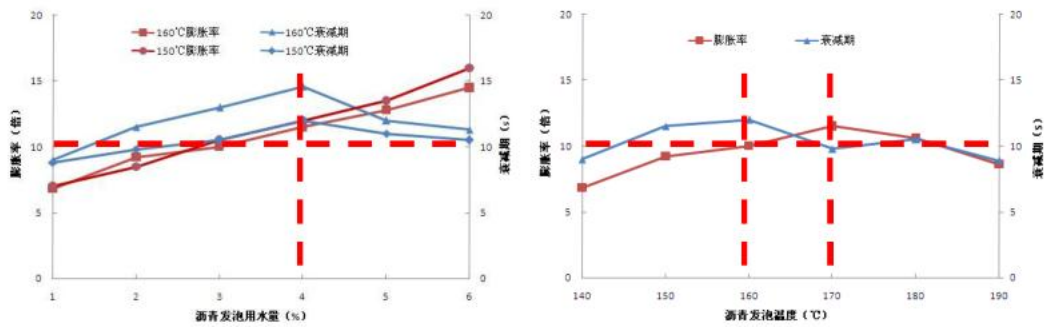


图 A-3 确定最佳发泡用水量及合适的发泡温度