

TJG

天津市公路工程建设标准

TJG D5002-2023

公路全深式泡沫沥青冷再生路面设计 规范

Design specification for highway asphalt pavement of full depth reclamation with foamed bitumen

2023-07-01 发布

2023-08-01 实施

天津市交通运输委员会发布

天津市公路工程建设标准

公路全深式泡沫沥青冷再生路面 设计规范

Design specification for highway asphalt pavement of full depth
reclamation with foamed bitumen

TJG D5002-2023

主编单位：天津市交通运输基础设施养护集团有限公司

参编单位：天津市公路事业发展服务中心

天津市国腾公路咨询监理有限公司

批准部门：天津市交通运输委员会

实施日期：2023年08月01日

前 言

根据天津市交通运输委员会《关于下达 2022 年天津市公路工程建设标准制修订计划的通知》（津交发[2022]199 号）的要求，由天津市交通运输基础设施养护集团有限公司承担《公路全深式泡沫沥青冷再生路面设计规范》（2022-G01）的制定工作。

编制组经广泛调研、开展专题研究，借鉴国内外先进科研成果，参考国内现行规范，并在广泛征求意见的基础上，完成了本规范的编制。

规范由总则、术语、基本规定、路面结构设计、材料 5 章和 3 个附录构成。

本规范由姜祎负责起草第 4、5 章及附录 B、C，马洪福、焦晓磊、龚永斌、蔺凤宇、于洪兴、卢世瞳、张阳、李宏伟、戴立辉、冯国华、郑元有负责起草第 1、2、3 章，金成、石秀达、郝桂东、田磊、席慧彩、于欣、万辉、倪娜、麻忠宏负责起草附录 A。

本规范由天津市交通运输基础设施养护集团有限公司负责具体技术内容的解释。请各有关单位在执行过程中，将发现的问题和意见，函告本规范日常管理组，联系人：姜祎（地址：天津市河西区围堤道 150 号；邮编：300201；E-mail: hitjangyi@126.com），以便修订时参考。

主 编 单 位：天津市交通运输基础设施养护集团有限公司

参 编 单 位：天津市公路事业发展服务中心

天津市国腾公路咨询监理有限公司

主 编：姜 祎

主要参编人员：马洪福 焦晓磊 龚永斌 蔺凤宇 于洪兴

卢世瞳 张 阳 李宏伟 戴立辉 冯国华

郑元有 金 成 石秀达 郝桂东 田 磊

席慧彩 于 欣 万 辉 倪 娜 麻忠宏

主 审：杨永前

参加审查人员：邱照宝 程 锦 张钰琳 孙吉书

目次

1 总则	1
2 术语	2
3 基本规定	4
4 路面结构设计	5
4.1 原路面调查.....	5
4.2 结构层适用范围.....	6
4.3 结构组合与结构厚度.....	7
5 材料	10
5.1 一般规定.....	10
5.2 泡沫沥青.....	10
5.3 沥青混合料回收料（RAP）.....	10
5.4 无机回收料（RAI）.....	11
5.5 水泥.....	11
5.6 水.....	12
5.7 泡沫沥青冷再生混合料.....	12
附录 A 探坑调查与旧沥青路面材料取样试验分析	14
A.1 深坑调查.....	14
A.2 RAP 取样.....	14
A.3 RAP 试验分析.....	15
附录 B 全深式泡沫沥青冷再生路面结构参数取值	17
B.1 全深式泡沫沥青冷再生路面.....	17
B.2 旧路面半刚性基层的损伤过程与模量建议值.....	17
B.3 全深式冷再生路面的结构转换.....	18
附录 C 全深式泡沫沥青冷再生路面典型结构	20
本规范用词用语说明	23

1 总则

1.0.1 为指导公路全深式泡沫沥青冷再生路面的结构设计，实现高效、低碳方式的沥青路面养护维修，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于各等级公路沥青路面结构性修复养护工程，城市道路可参照执行。

1.0.3 本规范主要规定了公路全深式泡沫沥青冷再生路面的结构设计方法、原材料技术要求等内容。

1.0.4 公路全深式泡沫沥青冷再生路面的结构设计除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 沥青混合料回收料 reclaimed asphalt pavement (RAP)

采用铣刨的方式从沥青路面获得的旧沥青混合料。

2.0.2 无机回收料 reclaimed aggregate or reclaimed inorganic binder stabilized aggregate (RAI)

采用铣刨的方式从沥青路面上获得的旧无机结合料稳定粒料或旧无机结合料粒料。

2.0.3 沥青路面回收料 reclaimed materials from asphalt pavement (RMAP)

采用铣刨的方式从沥青路面获得旧料，包括沥青混合料回收料 (RAP)、无机回收料 (RAI)

2.0.4 泡沫沥青 foamed asphalt

将热沥青和水在专用的发泡装置内混合、膨胀，形成的含有大量均匀分散气泡的沥青材料。

2.0.5 全深式泡沫沥青冷再生 full depth reclamation with foamed asphalt

采用专业设备对沥青层及部分下承层进行就地翻松，或是将沥青层部分或全部铣刨移除后对部分下承层进行就地翻松，同时掺入一定数量的新矿料、泡沫沥青、水等，经过常温拌和、摊铺、压实等工序，实现旧沥青路面再生的技术。

条文说明：

全深式泡沫沥青冷再生是一种沥青路面养护技术，其适用范围广阔，可用在不同等级公路的结构性修复养护中，采用该技术可打破传统“开膛破肚”式的维修方式，对半刚性基层材料和沥青层材料一起再生，实现全深式再生，旧路未处置的半刚性基层可在损伤状态下继续服役，采用该技术可以将半刚性基层沥青路面转变为

柔性基层沥青路面，彻底解决了半刚性基层反射裂缝造成的早期损坏问题。

2.0.6 泡沫沥青膨胀率 maximum expansion ratio of foamed asphalt

泡沫沥青发泡状态下的最大体积与未发泡时沥青体积的比值。

2.0.7 泡沫沥青半衰期 half life of foamed asphalt

泡沫沥青从最大体积衰减到最大体积的 50%所用的时间。

2.0.8 再生混合料 recycled mixture

含有沥青路面回收料（RMAP）的混合料。

3 基本规定

3.0.1 全深式泡沫沥青冷再生路面结构设计应符合现行《公路沥青路面设计规范》(JTG D50)的有关规定。

3.0.2 全深式泡沫沥青冷再生的下承层材料,宜为水泥稳定碎石类。

3.0.3 二灰稳定碎石类用于下承层再生时,二灰稳定碎石类材料的碎石比例不低于80%,且二灰稳定碎石类的掺配占再生材料的质量比不宜高于30%。

4 路面结构设计

4.1 原路面调查

4.1.1 应根据工程需要收集下列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。

4.1.2 应根据工程需要检测下列内容，并根据需要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：

- 1 路面表面损坏，包括各种路面损坏的位置、数量、严重程度等；
- 2 路面内部结构状况，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，可通过深坑开挖、钻芯取样等方法检查；
- 3 路基顶面当量回弹模量；
- 4 路基路面排水状况，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。

4.1.3 应对拟再生路段原路面材料进行取样，并根据工程需要进行性能指标测试。

4.1.4 根据原路面状况调查结果和历史信息，按照附录 A 要求将相同或接近路段分为若干个子路段。

4.1.5 按照附录 A 的要求做好原路面探坑调查和 RMAP 取样试验分析。

4.1.6 结合半刚性基层损伤过程（见附录 B），通过钻芯取样对原路面无机结合料

稳定粒料结构层的破损状态进行分析, 综合确定该结构层在新路面结构设计中的参数, 旧基层状态的判断标准应按表 4.1.6 的要求进行。

表 4.1.6 旧路基层破损程度的判断标准

基层损伤阶段	路面损坏特征	基层取芯特征
I	沥青层的功能性破坏: 车辙、水损坏、路面磨损等	完整
II	轻度网裂	网裂处芯样不完整
III	龟裂和重度网裂	碎块
IV	沉陷、拥包、重度龟裂	完全松散

条文说明:

高速公路和一级公路应通过现场实测确定旧路结构材料的设计参数, 当条件受限无法实测时, 可通过旧路基层破损程度和表 B.1 进行预估。

4.2 结构层适用范围

4.2.1 全深式泡沫沥青冷再生结构层的适用范围应符合表 4.2.1 的要求。

表 4.2.1 全深式泡沫沥青冷再生结构层的适用范围

公路等级	再生层的结构层位								
	表面层	中面层					下面层	基层	底基层
		极重	特重	重	中等	轻			
高速、一级	—	—			可使用		可使用	宜使用	
二级	—	可使用						宜使用	
三、四级	可使用	宜使用							

条文说明:

高速公路和一级公路的重及重以上的交通荷载等级, 不建议将全深式泡沫沥青冷再生用于中面层, 高速公路和一级公路的其他交通等级和其他等级公路可以用于中面层。

4.2.2 采用全深式泡沫沥青冷再生时, 路面技术状况宜满足表 4.3.2 的要求。

表4.3.2全深式泡沫沥青冷再生适用的路面技术状况

指标	技术标准
路面结构强度指数 PSSI	≥ 70
路面损坏状况指数 PCI	≤ 85
路面病害波及范围	主要集中在再生深度范围内
下承层强度	满足设计要求

条文说明:

如果路面结构强度指数不满足表 4.3.2 的要求,通过路面结构设计符合现行《公路沥青路面设计规范》(JTG D50)的有关规定,也可以采用全深式泡沫沥青冷再生技术。

4.3 结构组合与结构厚度

4.3.1 将旧路面的沥青层与半刚性基层进行全深式泡沫沥青冷再生后,作为新的沥青路面结构中的柔性结构层。全深式泡沫沥青冷再生路面结构类型由原路面的半刚性基层沥青路面变为柔性基层沥青路面。

4.3.2 在全深式泡沫沥青冷再生层之上需铺筑一定厚度的沥青层,结构补强设计方法应按《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2017)中 7.4 条规定进行路面结构验算,路面使用性能设计指标应符合《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2017)中 4.0.6 和 4.0.7 条规定,不符合时调整路面结构方案,重新验算直至符合为止。

4.3.3 在原路面未铣刨的情况下,再生后加铺沥青层会导致原路面标高增加。当路面标高受限时,可通过铣刨旧路面部分沥青层的方式进行调整。养护路段与正常路段交接处的标高差异宜通过调整衔接段旧路面沥青层的铣刨深度进行顺接。

4.3.4 全深式泡沫沥青冷再生层作为路面结构中的柔性结构层。应根据设计交通荷载等级、下承层承载能力要求和应用经验等,综合拟定路面结构方案。推荐的典型结构见附录 C。

条文说明:

根据天津市沥青路面结构特点,通过结构计算,提出了农村公路、普通国省干线公路和高速公路采用全深式泡沫沥青冷再生的典型路面结构,供设计参考。

4.3.5 泡沫沥青冷再生路面常用结构厚度及下承层承载力要求应符合表 4.3.5 的要求。采用回弹模量评价下承层的结构强度,当下承层的承载力不满足要求时,应进行补强处理。

表4.3.5 泡沫沥青冷再生路面常用结构厚度及下承层承载力要求

交通等级 ^a	极重	特重交通	重交通	中等交通	轻交通
沥青面层总厚度 (cm)	10~12			4~6	2~5
泡沫沥青再生层厚度 (cm)	12~25			12~18	12~15

注: a.交通等级应按照 JTG D50-2017 的规定进行划分。

4.3.6 沥青面层层数、厚度、级配类型应与公路等级、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,同时沥青面层与泡沫沥青冷再生层之间应设置粘层。

4.3.7 按照《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2017)中附录 B 计算全深式泡沫沥青冷再生路面路表验收弯沉值。

4.3.8 对满足结构性能要求的路面结构组合方案,考虑经济性和施工操作性等因素进行综合比选,最终确定最优方案。

4.3.9 各结构层设计参数的确定,应符合(JTG D50—2017)中 5.5.11 的规定,其中采用水平三时,可按照表 4.3.9 给出的范围确定全深式泡沫沥青冷再生混合料的动态压缩模量。

表4.3.9 泡沫沥青冷再生混合料20℃动态压缩模量取值范围

试验频率 (Hz)	动态压缩模量 20℃ (MPa)
10	3500~5500
5	3000~5000

4.3.10 旧沥青路面的无机结合料稳定粒料基层,宜根据其破损状况选择结构设计参数,具体见附录 B。

4.3.1 粗、细集料及填料质量应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的相关技术要求。

4.3.2 当集料黏附性不符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的相关技术要求时，可采用消石灰、生石灰粉或水泥等作为填料替代部分矿粉。

4.3.3 特殊规格的集料与旧集料按配合比掺配得到的混合料矿料级配满足要求时允许使用。

5 材料

5.1 一般规定

5.1.1 全深式泡沫沥青冷再生适用的各种材料必须取样进行技术指标检测,经评定合格后方可使用,不得以供应商的检测报告或商检报告代替现场检测。

5.1.2 再生混合料使用的道路石油沥青、改性沥青、新矿料(粗集料、细集料、填料),应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)的有关规定。

5.2 泡沫沥青

5.2.1 泡沫沥青的性能应满足表 5.2.1 的要求。

表 5.2.1 泡沫沥青性能要求

检测项目	技术要求	试验方法
膨胀率(倍)	≥ 10	JTG/T 5521-2019 附录 C
半衰期(s)	≥ 8	

5.3 沥青混合料回收料(RAP)

5.3.1 RAP 应采用规模施工时的再生机械在旧沥青路面通过铣刨获取,铣刨时的速度、深度等参数应与实际施工时一致。

5.3.2 RAP 的质量检测项目和要求见表 5.3.2。

表5.3.2 RAP质量检测项目与要求

材料	检测项目	单位	技术要求	试验方法
RAP	含水率	%	< 4	JTJ/T 5521-2019 附录 B
	超粒径含量 (大于 31.5mm)	%	< 15	
	RAP 矿料级配	—	实测	
	沥青含量	%	实测	
	4.75mm 以下部分砂当量 a, 不小于	%	60	
RAP 中沥青	针入度 (25℃, 5s, 100g)	0.1mm	实测	T0604
	软化点 (R&B)	℃	实测	T0606
	延度 (15℃)	cm	实测	T0605
	60℃ 动力黏度	Pa·s	实测	T0621
RAP 中粗集料	针片状颗粒含量, 不大于	%	15	T0312
	压碎值, 不大于	%	28	T0316
RAP 中细集料	棱角性	s	实测	T0345

5.3.3 RAP 中粗集料、细集料指标达不到要求时, 但掺配新集料后, 混合后粗、细集料的指标符合表 5.3.2 的要求时可以使用, 否则不得使用。

5.4 无机回收料 (RAI)

5.4.1 再生混合料设计时, 应测试无机回收料的含水率和级配。

5.4.2 无机回收料 (RAI) 应满足表 5.4.2 所示的技术要求。

表5.4.2 RAI技术要求

检测项目	技术要求	试验方法
含水率 (%)	≤ 3	T0103
最大粒径 (mm)	≤ 37.5	T0115
不均匀系数 C_u	≥ 5	T0115
塑性指数 I_p	≤ 17	T0118

5.5 水泥

5.5.1 普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥和火山灰质硅酸盐水泥可用于冷再生, 技术指标应符合 JTJ/T F20 的相关规定。

5.6 水

5.6.1 符合国家标准的饮用水均可用于冷再生施工，当采用其它水源或对水质有疑问时，应对水质进行检验，检验指标应符合 JGJ63 等标准的要求。

5.7 泡沫沥青冷再生混合料

5.7.1 泡沫沥青冷再生混合料设计指标应满足表 5.7.1 的技术要求。

表 5.7.1 泡沫沥青冷再生混合料设计技术要求

试验项目		技术要求		试验方法	
马歇尔试件尺寸 (mm)	中、细粒式	Φ 101.6 × 63.5		T0702	
	粗粒式	Φ 152.4 × 95.3			
马歇尔试件双面击实次数 (次)	中、细粒式	75			
	粗粒式	112			
劈裂 强度 试验	15℃ 劈裂试验强度 (Mpa)	层位	重及以上 交通荷载等级	其他交通 荷载等级	JTG/T 5521-201 9 附录 F
		面层	≥ 0.60	≥ 0.50	
		基层及以下层位	≥ 0.50	≥ 0.40	
	干湿劈裂强度比 (%)	≥ 80	≥ 75	JTG/T 5521-201 9 附录 F	

5.7.2 泡沫沥青冷再生混合料设计阶段，应检验其冻融劈裂强度比指标。用于重及以上交通荷载等级的公路中、下面层，或者用于对抗车辙性能有特殊要求的场合时，还应检验泡沫沥青冷再生混合料的动稳定度指标。混合料性能应符合表 5.7.2 的要求，否则应更换材料或者重新进行混合料设计。

表5.7.2 泡沫沥青冷再生混合料性能检验指标要求

试验项目	技术要求		试验方法
	重及以上交通荷载等级	其他交通荷载等级	
冻融劈裂强度比 TSR (%)	≥ 75	≥ 70	JTG/T 5521-2019 附 录 F
60℃动稳定度 ^a (次/mm)	≥ 2000 (面层)	-	T0719

注：a.按 T0703 轮碾法成型 80mm 厚（粗粒式）或 50mm 厚（中粒式和细粒式）的冷再生混合料车辙板块试件，碾压完成后迅速将试件放置到 60℃鼓风烘箱中烘干至恒重（一般 48h 左右），再按 T0719 进行动稳定度试验，试验前试件保温时间为 8~10h。

5.7.3 泡沫沥青冷再生混合料中，泡沫沥青用量宜在 1.8%~3.5%范围内。当泡沫沥青用于全深式冷再生时，泡沫沥青用量不宜低于 2.0%。

5.7.4 泡沫沥青冷再生混合料设计过程中，应严格控制水泥用量。水泥用量不宜超过 1.5%，不应超过 1.8%。

附录 A 探坑调查与旧沥青路面材料取样试验分析

A.1 深坑调查

A.1.1 按照交通荷载、旧路结构、病害类型、结构强度和维修历史等，将老路划分若干个子路段，每个子路段长度不宜大于 5000m，且不宜小于 500m，或每个子路段面积不大于 50000m²，且不宜小于 5000m²。

A.1.2 探坑选择在子路段具有代表性的行车道位置。

A.1.3 对路面开挖应采用就地再生设备（没有条件时，可使用铣刨机）进行，以不同的铣刨深度分别铣刨。

A.1.4 先使用取芯机对探坑位置钻取 1~2 个芯样，确定原沥青路面各结构层的厚度和总厚度。

A.1.5 根据原沥青面层的历史信息、原沥青路面各结构层的厚度和总厚度确定每次的铣刨深度，分次铣刨的界面宜在不同结构层分层的位置。

A.1.6 对于每种不同铣刨深度，须对下承层进行标准承载板测试，每个承载面测试 2~3 次，以平均值作为该承载面的回弹模量代表值。

A.1.7 通过对开挖探坑的调查，完成探坑分析表，探坑分析见表 A.1。

表 A.1 探坑分析表

探坑位置	铣刨次数	深度 (cm)	材料	结构状况	下承层回弹模量 (MPa)

A.2 RAP 取样

A.2.1 根据试验需要，取得足够数量的 RAP。

A.2.2 试样缩分按以下两种方法：

1 分料器法：将试样拌匀，通过分料器分成大致相等的两份，再取其中的一份分成两份，缩分至需要的数量为止；

2 四分法：将所取试样置于平板上，在自然状态下拌合均匀，大致摊平，然后从摊平的试样中心沿互相垂直的两个方向把试样向两边分开，分成大致相等的四份，取其中对角的两份重新拌匀，重复上述过程，直至缩分所需的数量。

A.3 RAP 试验分析

A.3.1 含水率

根据烘干前后回收沥青路面材料（RAP）质量的变化，计算回收沥青路面材料（RAP）的含水率。试验方法参照《公路工程集料试验规程》（JTG E42）T0302。

A.3.2 回收沥青路面材料（RAP）级配

对回收沥青路面材料（RAP）进行筛分试验，确定对回收沥青路面材料（RAP）的级配。试验方法参照《公路工程集料试验规程》（JTG E42）T0302。

A.3.3 砂当量

用4.75mm筛筛除RAP中的粗颗粒，进行砂当量指标检测。试验方法按照JTG E42中T0334。

A.3.4 RAP的沥青含量和性质

1 按照JTG E20中T0726（阿布森法）从沥青混合料中回收沥青。如果采用其他方法，需要进行重复性和重现性试验，并进行空白沥青标定。重复性试验是指采用相同的方法，同一试验材料，在相同的条件下获得的一系列结果之间的一致程度。复现性试验是指在两个以上不同的试验室，由各自的试验人员，采用各自的仪器设备，按相同的试验方法，对同一试样，分别完成试验操作，所得的试验结果之间的误差。

2 按照JTG E20中T0726的方法检测沥青含量，并对回收沥青按照JTG E20中T0604方法检测25℃针入度，按照JTG E20中T0621的方法检测60℃粘度，按照JTG

E20中T0606的方法检测软化点和按照JTG E20中T0605的方法检测15℃延度。

3 具有下列情形之一的，应进行空白沥青标定：更换阿布森沥青回收设备时；更换三氯乙烯品种或供应商时；回收沥青性能异常时；沥青混合料来源发生变化时。

4 重复性试验的允许误差为：针入度 ≤ 5 (0.1mm)、黏度 \leq 平均值的10%、软化点 $\leq 2.5^{\circ}\text{C}$ ，复现性试验的允许误差为：针入度 ≤ 10 (0.1mm)、黏度 \leq 算数平均值的15%、软化点 $\leq 5.0^{\circ}\text{C}$ ，如果超出允许范围，则应弃置回收沥青，重新标定、回收。

A.3.5 RAP的矿料级配和集料性质

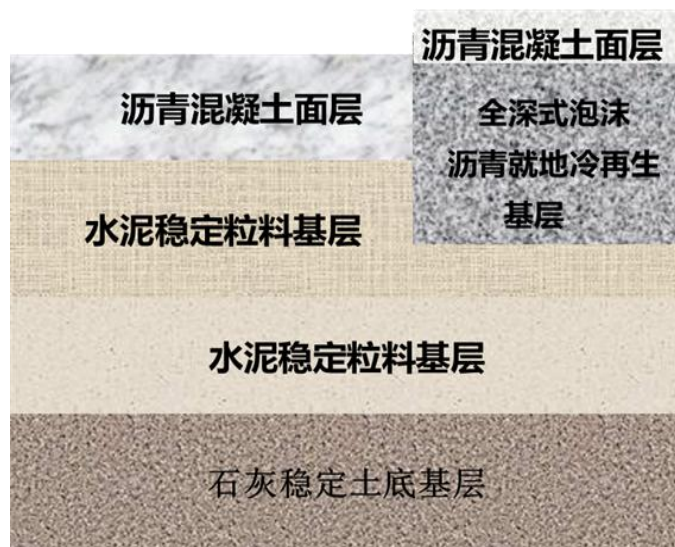
1 将抽提试验后得到的矿料烘干，待矿料降到室温后，用标准方孔筛进行筛分试验，确定RAP的旧矿料级配。RAP的沥青含量与级配也可以用燃烧法确定。若集料在燃烧过程中由于高温导致破碎，则不宜采用该法。

2 RAP中集料的性质，按照相关的部分规范、规程进行检测。

附录 B 全深式泡沫沥青冷再生路面结构参数取值

B.1 全深式泡沫沥青冷再生路面

全深式冷再生采用专用设备对沥青层及部分下承层进行就地翻松，或是将沥青层部分或全部铣刨移除后对部分下承层进行就地翻松，同时掺入一定数量的新矿料、再生结合料、水等，经过常温拌合、摊铺、压实等工序，实现旧沥青路面再生的技术。再生厚度建议在100~250mm范围内，可将全部沥青面层与部分下承层进行再生，也可以将部分或全部沥青层铣刨后，对剩余沥青层以及部分下承层进行就地冷再生如图B.1所示。



图B.1 全深式冷再生示意图

B.2 旧路面半刚性基层的损伤过程与模量建议值

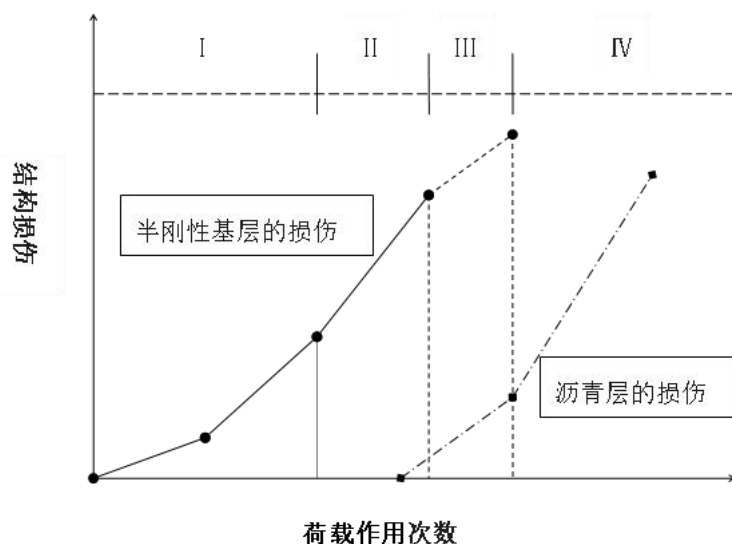
南非的研究结果表明半刚性基层沥青路面设计可按基层开裂状况分阶段确定基层材料的有效模量，随着荷载作用次数的增加，半刚性基层开始出现开裂到开裂成小块，有效模量呈衰减趋势。半刚性基层沥青路面的损伤，经历以下四个过程（如图B.2所示）：

第 I 阶段：开裂前阶段，有效模量受收缩性能的影响；

第 II 阶段：产生疲劳性微裂纹，并逐渐扩展形成网裂（大块）；

第 III 阶段：裂缝发展形成龟裂（小块），向沥青面层发展；

第 IV 阶段：松散的土石混合料状态（冻融破坏），含水量较高。



图B.2 半刚性基层的疲劳损伤过程

不同阶段半刚性基层材料的回弹模量建议值如表B.1所示。

表B.1 半刚性基层材料回弹模量建议值 (MPa)

基层材料名称	第 I 阶段	第 II 阶段	第 III 阶段	第 IV 阶段
	建议值	建议值	建议值	建议值
水泥稳定碎石基层	2800	1700	400	250
二灰稳定碎石基层	1800	1500	400	200
灰土底基层	1200	600	120	60

B.3 全深式冷再生路面的结构转换

天津市公路及城市道路，主要以半刚性基层沥青路面为主，主要结构通常是1-2层水泥稳定碎石/二灰稳定碎石+一定厚度的沥青混凝土面层的形式，一般情况下，基层的结构性损坏先从上基层开始，再延续至下基层水稳。如仅是上基层发生破坏，

可对上基层和沥青层进行再生，再生路面结构层的厚度根据路面设计标高和沥青层厚度确定；当两层水泥稳定碎石基层均破坏时，并且第二层水泥稳定碎石基层的破损处于第三阶段及以上的情况时，对上基层和沥青层进行冷再生，下基层则作为级配碎石继续服役，如图B.3所示。

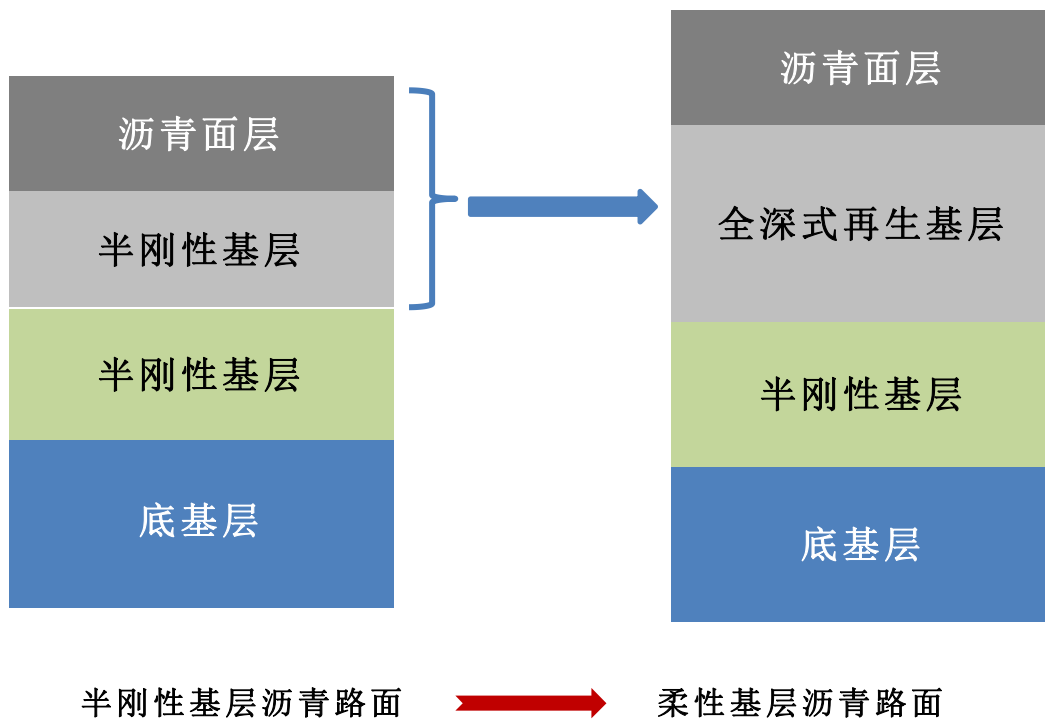


图 B.3 全深式冷再生路面结构设计示意图

附录 C 全深式泡沫沥青冷再生路面典型结构

推荐全深式泡沫沥青冷再生路面典型结构图谱如表C.1~表C.3所示。图例说明如图C.1。

表 C.1 农村公路/三四级公路典型路面结构图谱

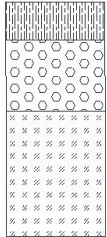

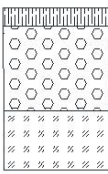

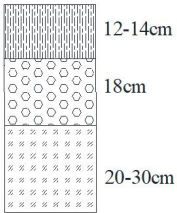
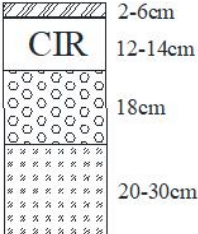
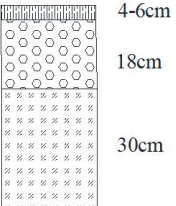
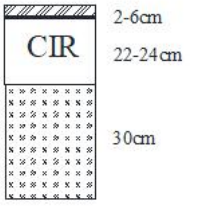
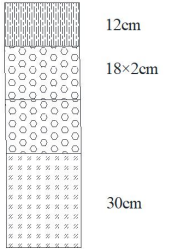
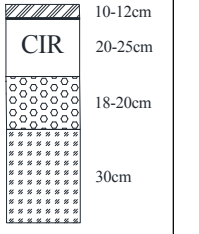
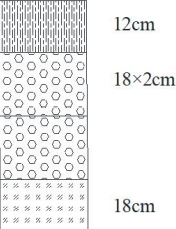
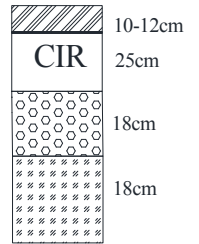
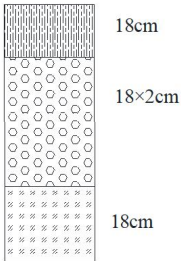
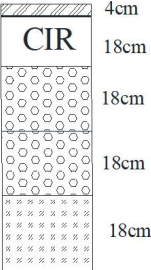
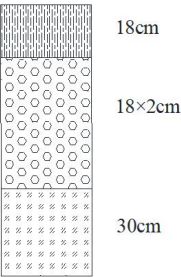
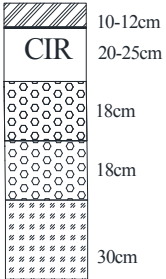
交通等级	中等交通		轻交通	
路面结构	原路面结构	再生路面结构	原路面结构	再生路面结构
				
就地冷再生层厚	20cm		16cm	

表 C.2 普通国省干线公路/一二级公路典型路面结构图谱

交通等级	中、轻交通		中、轻交通		重、特重、极重交通		重、特重、极重交通	
原路面状况	原路面沥青面层损坏，基层完好		单层水稳，沥青面层与基层均破坏		双层水稳，沥青面层与基层均破坏		双层水稳，沥青面层与上基层破坏，下基层完好	
路面结构	原路面结构	再生路面结构	原路面结构	再生路面结构	原路面结构	再生路面结构	原路面结构	再生路面结构
								
就地冷再生层厚	12~14cm		25cm		20-25cm		25cm	

注：当原路面双层水稳层全部破坏时，对上层水稳和沥青层进行冷再生，下层水稳破坏程度在第Ⅲ阶段及以上情况下，可以继续使用，在路面结构验算时按照级配碎石选取参数。

表 C.3 高速公路典型路面结构图谱

交通等级	中轻交通		重、特重、极重交通	
原路面状况	面层破坏、基层状况良好		双层水稳，沥青面层与基层均破坏	
路面结构	原路面结构	再生路面结构	原路面结构	再生路面结构
				
就地冷再生 层层厚	18cm		20~25cm	

注：当原路面双层水稳层全部破坏时，对上层水稳和沥青层进行冷再生，下层水稳破坏程度在第III阶段及以上情况下，可以继续使用，在路面结构验算时按照级配碎石选取参数。



图 C.1 全深式泡沫沥青冷再生路面典型结构图例

本规范用词用语说明

本规范/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”。

