

寒区公路泡沫沥青就地冷再生
设计与施工技术规范

2025 - 12 - 01 发布

2026 - 01 - 01 实施

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 材料 1

 4.1 一般规定 1

 4.2 沥青 1

 4.3 泡沫沥青 2

 4.4 集料 2

 4.5 水泥 3

 4.6 沥青混合料回收料 3

 4.7 水 3

5 路面结构设计 3

 5.1 一般规定 3

 5.2 原路面调查及分析 4

 5.3 结构设计 4

6 配合比设计 4

 6.1 一般规定 4

 6.2 技术要求 4

 6.3 配合比设计 5

7 施工 5

 7.1 一般规定 5

 7.2 施工准备 6

 7.3 试验段 6

 7.4 再生作业 7

8 质量控制和检查验收 8

 8.1 质量控制 8

 8.2 检查验收 8

附录 A（资料性） 沥青混合料半圆弯曲（SCB）试验方法 9

 A.1 一般规定 9

 A.2 仪器设备 9

 A.3 试验准备 9

 A.4 试验步骤 10

 A.5 计算 10

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由黑龙江省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：黑龙江省交投公路建设投资有限公司、黑龙江省公投中路交通科技有限公司、江苏中路工程技术研究院有限公司。

本文件主要起草人：王庆波、刘立健、张明宇、高宏双、刘慧敏、王立超、陈荣斌、王天旻、韩松、卢欣欣、常野、王晨、梁嘉浩、王剑伦、石林轩、张洪瑞、曹正春、王海蛟、杨洪岩、薛乔木、冉欣鑫、邱巍、王晶、郝鹰鹏、李洋、李晶华、侯艳玲。

寒区公路泡沫沥青就地冷再生 设计与施工技术规范

1 范围

本文件规定了寒区公路泡沫沥青就地冷再生设计与施工的材料、路面结构设计、配合比设计、施工、质量控制和检查验收。

本文件适用于寒区公路沥青路面泡沫沥青就地冷再生设计与施工。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 175 通用硅酸盐水泥
- JTG 3432 公路工程集料试验规程
- JTG 5220 公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
- JTG/T 5521 公路沥青路面再生技术规范
- JTG D50 公路沥青路面设计规范
- JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程
- JTG F40 公路沥青路面施工技术规范
- JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 材料

4.1 一般规定

- 4.1.1 泡沫沥青就地冷再生混合料使用的各种材料经检验合格后方可使用。
- 4.1.2 新集料应分类堆放在硬化处理且排水通畅的地面上，并具备防雨措施。

4.2 沥青

用于发泡的沥青宜采用 90 号 A 级道路石油沥青，延度(5 cm/min, 15 ℃)、TFOT 后残留延度(5 cm/min, 10 ℃)、SHRP 性能等级的技术要求应按表 1 执行，其他指标的技术要求应符合 JTG F40 中 90 号 A 级道路石油沥青的规定。

表1 90 号 A 级道路石油沥青技术要求

技术指标	技术要求	试验方法
延度(5 cm/min, 15 ℃)	≥140 cm	JTG E20, T0605
TFOT 后, 残留延度(5 cm/min, 10 ℃)	≥10 cm	JTG E20, T0605
SHRP 性能等级	PG58-22	JTG E20, T0627、T0628、T0630

4.3 泡沫沥青

4.3.1 泡沫沥青技术要求应按表 2 执行。

表2 泡沫沥青技术要求

性能指标	技术要求	试验方法
膨胀率	≥12 倍	JTG/T 5521 附录 C
半衰期	≥10 s	

4.3.2 当泡沫沥青技术要求不满足表 2 的规定时, 应通过调整发泡温度、发泡水量、发泡气压等发泡工艺改善泡沫沥青膨胀率和半衰期指标, 也可在不影响沥青和混合料性能的前提下添加发泡助剂, 直至泡沫沥青性能满足要求。

4.4 集料

4.4.1 粗集料应采用坚硬、洁净、干燥、表面粗糙、无风化、无杂质、近立方体颗粒的碎石。宜采用玄武岩或辉绿岩等石料, 宜采用反击式破碎机轧制的碎石。粗集料压碎值、与沥青的粘附性技术要求应按表 3 执行, 其他指标的技术要求应符合 JTG F40 的规定, 粗集料的规格尺寸应按表 4 执行。

表3 粗集料技术要求

技术指标	技术要求	试验方法
石料压碎值	≤26 %	JTG 3432, T0316
与沥青的粘附性	≥4	JTG E20, T0616

表4 粗集料规格要求

粒径 (mm)	通过下列筛孔(mm)的质量百分率(%)							
	31.5	26.5	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	0.6
19~26.5	100	90~100	0~15	0~5	—	—	—	—
13.2~19	—	100	80~100	0~15	0~5	—	—	—
9.5~13.2	—	—	100	90~100	0~15	0~5	—	—
4.75~9.5	—	—	—	100	90~100	0~15	0~5	—
2.36~4.75	—	—	—	—	100	90~100	0~15	0~5

4.4.2 细集料采用坚硬、洁净、干燥、无风化、无杂质并有适当级配的人工轧制的机制砂, 不应采用采料场的石屑, 细集料表观相对密度、砂当量及水洗法小于 0.075mm 颗粒含量的技术要求应按表 5 执行, 其他指标的技术要求应该符合 JTG F40 的规定, 细集料规格要求应按表 6 执行。

表5 细集料技术要求

项 目	技术要求	试验方法
表观相对密度	≥2.60	JTG 3432, T0328
砂当量	≥65 %	JTG 3432, T0334
水洗法<0.075 mm 颗粒含量	≤12 %	JTG 3432, T0327

表6 细集料规格要求

公称粒径 (mm)	通过下列筛孔(mm)的质量百分率 (%)						
	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
0~3	100	80~100	50~80	25~60	8~45	0~25	0~12

4.5 水泥

采用普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥和火山灰质硅酸盐水泥，水泥的初凝时间应在3 h以上，终凝时间宜在6 h~10 h之间。水泥强度等级宜为42.5，其技术指标应符合GB 175的相关规定。

4.6 沥青混合料回收料

再生混合料设计时，沥青混合料回收料的技术要求应按表7执行。

表7 沥青混合料回收料技术要求

材料	检测项目	技术要求	试验方法
沥青混合料回收料	矿料级配	实测	JTG /T 5521 附录 B
	含水率 (%)	实测	
	沥青含量 (%)	实测	
	砂当量	实测	
沥青混合料回收料中的沥青	25℃针入度	实测	JTG E20, T0604
	软化点	实测	JTG E20, T0606
	15℃延度	实测	JTG E20, T0605
	60℃动力黏度	实测	JTG E20, T0620

4.7 水

- 4.7.1 宜采用符合国家标准的饮用水用于泡沫沥青制作及冷再生混合料生产。
- 4.7.2 采用非饮用水时，应经试验验证，检测指标应符合 JTG F20 相关要求，在不影响产品性能和工程质量时方可使用。

5 路面结构设计

5.1 一般规定

- 5.1.1 路面结构强度指数 PSSI 应不小于 90，路面损坏状况指数 PCI 应不大于 90。
- 5.1.2 再生层的厚度宜为 10 cm ~ 18 cm。
- 5.1.3 下承层强度应满足路面基层或底基层设计要求。
- 5.1.4 路面病害波及范围须主要集中在再生深度范围内。

5.2 原路面调查及分析

- 5.2.1 应收集原路面历史信息，包括道路等级、路面结构、材料组成、养护历史等。
- 5.2.2 应调查再生路段的原路面技术状况，包括路面破损状况、车辙深度、抗滑状况等。
- 5.2.3 应调查再生路段交通状况信息，包括交通量及增长率、车辆类型组成、轴载组成等。
- 5.2.4 应对再生路段钻取面层、基层芯样，分析病害类型、发生层位、结构层厚度，确定再生深度。

5.3 结构设计

- 5.3.1 泡沫沥青就地冷再生的适用层位选用按表 8 执行。

表8 泡沫沥青就地冷再生的适用层位

公路等级	再生层的结构层位				
	上面层	中面层	下面层	基层	底基层
高速、一级	不应使用		宜使用		-
二级	不应使用		宜使用		-
三、四级	宜使用				
注：当用于三、四级公路的表面层时，应采用稀浆封层、碎石封层、超薄磨耗层、微表处等做上封层。					

- 5.3.2 泡沫沥青就地冷再生路面结构组合宜按照表 9 中的规定进行初步拟定，并应根据 JTG D50 有关规定进行分析设计。

表9 泡沫沥青就地冷再生路面结构组合

公路等级	加铺层结构（自上而下）
高速、一级	4 cm ~ 5 cm细粒式沥青混凝土 +6 cm中粒式沥青混凝土 +10 cm ~ 18 cm再生层
二级	4 cm细粒式沥青混凝土 +6 cm中粒式沥青混凝土 +10 cm ~ 18 cm再生层
三、四级	4 cm细粒式沥青混凝土 +10 cm ~ 18 cm再生层

- 5.3.3 加铺层材料设计参数应符合 JTG D50 的规定，再生层设计参数宜实测获得，缺少实测数据时，泡沫沥青就地冷再生混合料 20 ℃ (10 Hz) 动态压缩模量可取 3 500 MPa~5 500 MPa。

6 配合比设计

6.1 一般规定

- 6.1.1 配合比设计分目标配合比设计、生产配合比设计和生产配合比验证 3 个阶段。
- 6.1.2 当新集料产地、品种等发生变化时，应重新进行目标配合比及生产配合比设计。

6.2 技术要求

- 6.2.1 泡沫沥青就地冷再生混合料级配范围按表 10 执行。

表10 泡沫沥青就地冷再生混合料级配范围

筛孔尺寸 (mm)	筛孔通过率 (%)		
	粗粒式	中粒式	细粒式
37.5	100	—	—
26.5	85~100	100	
19	—	85~100	100
13.2	60~85	—	85~100
9.5	—	55~80	—
4.75	30~55	35~60	40~65
2.36	20~40	25~45	28~45
0.3	7~20	8~22	9~23
0.075	4~12	4~12	4~12

6.2.2 泡沫沥青就地冷再生混合料设计技术要求按表 11 执行。

表11 泡沫沥青就地冷再生混合料设计技术要求

技术指标		技术要求		试验方法
		重载及以上交通荷载等级	其他交通荷载等级	
劈裂试验 (15℃)	劈裂强度	≥0.6 MPa	≥0.5 MPa	JTG E20, T0716
	干湿劈裂强度比ITSR	≥80 %	≥75 %	JTG/T 5521

6.2.3 泡沫沥青就地冷再生混合料性能检验技术要求按表 12 执行。

表12 泡沫沥青就地冷再生混合料性能检验技术要求

技术指标	技术要求		试验方法
	重载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 E20, T0729
60℃动稳定度DS	≥2000 次/mm	—	JTG E20, T0719
-10℃断裂能Gf	≥800 J/m ²	—	附录A
15℃柔性指标FI _{bp}	≥100	—	附录A

6.3 配合比设计

- 6.3.1 泡沫沥青就地冷再生混合料的配合比设计按 JTG/T 5521 中的附录 F 执行。
- 6.3.2 在混合料劈裂强度及干湿劈裂强度比满足要求的情况下，水泥用量宜为 1.2 % ~ 1.5 %。
- 6.3.3 泡沫沥青用量宜在混合料劈裂强度和干湿劈裂强度达到峰值时对应的泡沫沥青用量基础上提高 0.2 %，不宜小于 2.0 %。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.1 平均气温低于 10℃、雨天情况下不应施工。

7.1.2 施工过程中应进行交通管制。

7.2 施工准备

7.2.1 施工机械准备

7.2.1.1 施工前应配备满足施工要求的就地冷再生机、自卸车、水泥撒布车、水罐车、沥青保温罐车、摊铺机、单钢轮压路机、双钢轮压路机、轮胎压路机、洒水车等施工机械，做好开工前的保养、调试和试机。

7.2.1.2 就地冷再生机的切削深度应能精确控制，再生结合料供给系统应计量精确、可调，与切削深度、施工速度、材料密度等联动，应具有泡沫沥青发生装置。

7.2.2 原路面准备

7.2.2.1 清除原道路表面的石块、垃圾、杂草等杂物。

7.2.2.2 按就地冷再生机的施工宽度在原路面划出宽度线，作为再生机行驶的导向线。

7.2.2.3 原路面的排水设施应采用适当的保护措施或重新布置。

7.2.3 集料撒布

7.2.3.1 宜采用水泥撒布车撒布水泥，宜通过试撒对撒布量进行标定，根据标定的撒布量均匀撒布，撒布速度宜为 40 km/h~60 km/h。

7.2.3.2 根据室内配合比设计结果确定每平方米集料的添加量，根据每车料的质量或体积计算卸料间距。

7.2.4 就地冷再生机组就位

7.2.4.1 对就地冷再生施工中所需要的所有机械设备进行全面的检查。

7.2.4.2 检查各罐车、再生机内所装水和稳定剂是否能满足再生路段施工的需要。

7.2.4.3 在第一个作业面，采用推杆将再生机组排成一线。

7.2.4.4 连接所有与再生机相连的管路，排出系统中的所有空气并确保所有阀门均处于全开度位置。

7.3 试验段

7.3.1 施工开工前，应做试验段。宜选在主线直线段，长度不少于 300 m。

7.3.2 通过试铺应确定以下内容：

- a) 验证现场材料的级配和泡沫沥青冷再生混合料的生产配合比；
- b) 热沥青的实际生产温度；
- c) 沥青的发泡性能；
- d) 泡沫沥青冷再生混合料的最大干密度、最佳含水率和最佳用水量；
- e) 摊铺的厚度与速度，以及再生层的松铺系数；
- f) 再生机铣刨的深度与速度；
- g) 不同压实组合下的压实度和每一碾压作业的合适长度；
- h) 泡沫沥青冷再生混合料的性能指标；
- i) 检验各种施工机械的效率及组合方式是否匹配；
- j) 泡沫沥青冷再生层的养生条件及成型情况。

7.3.3 试铺结束后，经检测各项技术指标均符合规定时，施工单位提交试验段总结报告。

7.3.4 试验段经检验合格，作为正常路段的一部分；若不符合要求，经采取补救措施后仍无法满足质量要求的应铲除重铺。

7.4 再生作业

7.4.1 铣刨与拌和

- 7.4.1.1 冷再生机推动沥青罐车、水罐车在原路面上行进。
- 7.4.1.2 冷再生机行进速度应根据路面损坏状况和再生深度进行调整，宜为 4 m/min~6 m/min，不宜随意变更速度或者中途停顿，网裂严重地段应采用较慢速度。
- 7.4.1.3 应在作业面边缘固定导向线以引导操作者。
- 7.4.1.4 应安排人员实时检查泡沫沥青的发泡温度是否满足设计阶段确定的最佳发泡温度，不满足时应及时调整。
- 7.4.1.5 应安排专人跟随在再生机后，随时检测再生深度，如再生深度超过设计深度±1 cm，应查明原因并调整后再继续施工。
- 7.4.1.6 再生机后宜安排专人处理边线、清理混合料中的杂质及每次起始位置的余料。

7.4.2 摊铺

- 7.4.2.1 摊铺机料斗应与再生机的出料速度相匹配，宜设置前挡板或安装超大料斗。
- 7.4.2.2 摊铺机速度应与再生机速度相匹配。应保证连续、均匀、不间断的摊铺，并使混合料在布料槽中的高度保持在中轴以上。
- 7.4.2.3 就地冷再生混合料摊铺时松铺系数一般在 1.25~1.30 之间。
- 7.4.2.4 摊铺机后应安排专人进行质量控制，随时检查摊铺厚度和含水量，并配合再生机操作员进行调整。

7.4.3 压实

- 7.4.3.1 压路机应以缓慢、均匀的速度碾压，施工碾压方案应符合表 13 的要求。

表13 施工碾压方案

碾压工序	机械名称	碾压遍数（遍）	碾压速度（km/h）
初压	单钢轮压路机	1	≤3.0
复压	双钢轮压路机	4 ~ 6	1.5 ~ 2.5
终压	轮胎压路机	≥8	2.0 ~ 4.0

- 7.4.3.2 压路机碾压时应重叠 1/2 轮宽，压完路面全宽时即为一遍，为保证再生层边缘压实度，应有一定的超宽。
- 7.4.3.3 压路机碾压时可喷少量的水雾，以防止压路机轮黏结再生混合料。碾压时不应随意刹车、掉头，碾压位置不能停留在同一断面上，应呈阶梯型。

7.4.4 接缝处理

- 7.4.4.1 接缝处应保持湿润，以便于材料之间的结合。
- 7.4.4.2 纵向接缝的位置应尽量避免慢行、重型车辆的轮迹位置。
- 7.4.4.3 横向搭接处的施工宜符合下列要求：
 - a) 检查水的喷入量，避免在横向搭接处的过量或不足；

- b) 再生停机时间短于水泥初凝时间时，将再生机退至其铣刨转子之后至少 1.5 m 的位置，重新开始再生作业。

7.4.5 养生及开放交通

- 7.4.5.1 冷再生层压实结束后应及时养生。
- 7.4.5.2 宜在封闭交通条件下自然养生，养生时间不宜少于 7 d。当再生层使用 $\Phi 150\text{ mm}$ 钻头的钻芯机取出完整的芯样时，宜提前结束养生。
- 7.4.5.3 在养生完成后尚未加铺上层结构前，需要车辆通行时，宜采用封层进行表面处理。封层宜采用热喷 90 号 A 级道路石油沥青单层表处、热喷 SBS 改性沥青或橡胶沥青表处等结构。

8 质量控制和检查验收

8.1 质量控制

- 8.1.1 粗集料、细集料和水泥的材料质量控制要求应符合表 14 的要求，其余材料质量控制要求应按照 JTG/T 5521 的规定执行。

表14 材料质量控制要求

材料	检查项目	质量要求	检验频率
粗集料	针片状颗粒含量，表观相对密度，级配，压碎值	符合4.4.1的规定	根据需要时
细集料	级配、砂当量	符合4.4.2的规定	根据需要时
水泥	强度、初凝时间、终凝时间	符合4.5的规定	根据需要时

- 8.1.2 施工过程中就地冷再生混合料的质量控制应符合 JTG/T 5521 的要求。
- 8.1.3 就地冷再生施工过程的质量标准应符合 JTG/T 5521 的要求。

8.2 检查验收

- 8.2.1 完工后，施工单位应将全线 1 km 作为一个评定路段。
- 8.2.2 新建和改扩建道路的质量检验按照 JTG F80/1 的要求评定。
- 8.2.3 养护工程的质量检验按照 JTG 5220 的要求评定。

附录 A
(资料性)
沥青混合料半圆弯曲 (SCB) 试验方法

A.1 一般规定

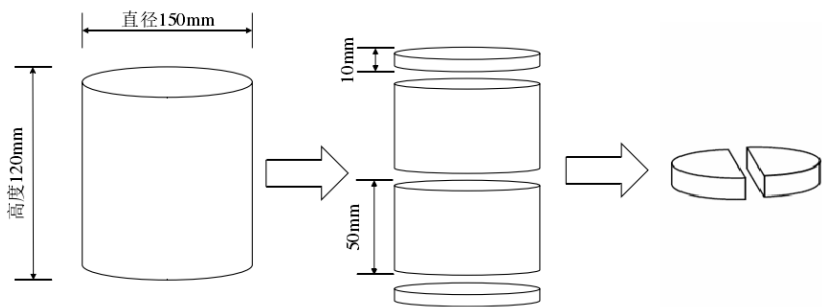
- A.1.1 该方法适用于评价沥青混合料中低温抗裂性能。
- A.1.2 试验对象为现场钻芯或室内成型试件。

A.2 仪器设备

- A.2.1 试验应采用配备伺服液压或气压材料试验系统的试验机，测量精度不应低于±1%，加载速度应由计算机控制，应能实现均匀连续地加载卸载，并能采集加载力的变化，每秒采集数量不少于10个点。
- A.2.2 试验机应具备良好的温度控制功能的环境箱，温控允许误差为±0.5℃。

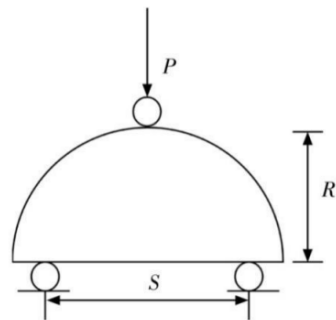
A.3 试验准备

- A.3.1 宜采用SGC旋转压实仪成型尺寸为120 mm * φ 150 mm的圆柱形试件，养生结束后进行试件切割，在切割成50 mm厚度圆盘的基础上，将其一分为二得到半圆试件。试件切割流程示意图如图A.1所示。



图A.1 试件切割流程示意图

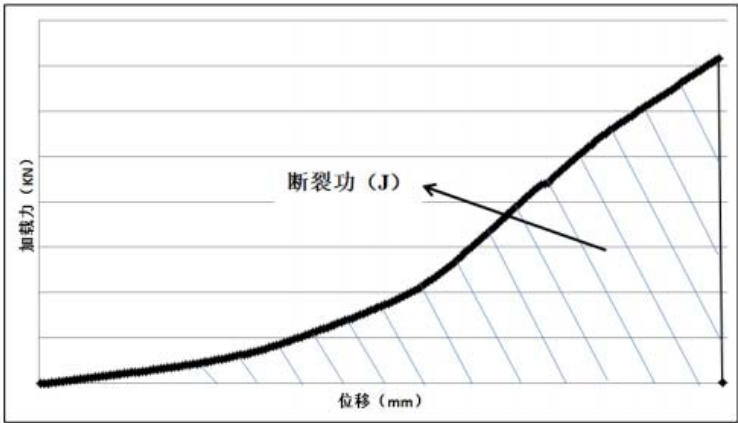
- A.3.2 将试件置于规定温度的恒温水槽中保温不少于4 h。保温时试件应放在支起的平板玻璃上，试件之间的距离应不小于10 mm。
- A.3.3 将试验机环境保温箱的温度控制至试验温度±0.5℃，试验温度分别为-10℃和15℃。
- A.3.4 采用三点加载模式，底部为梁式支座，上压头为直径1 cm的圆柱体支座，下支座与SCB试件接触处放置涂抹润滑油的塑料纸以减少滑动阻力，支座间距为12 cm。试件加载流程示意图如图 A.2所示。



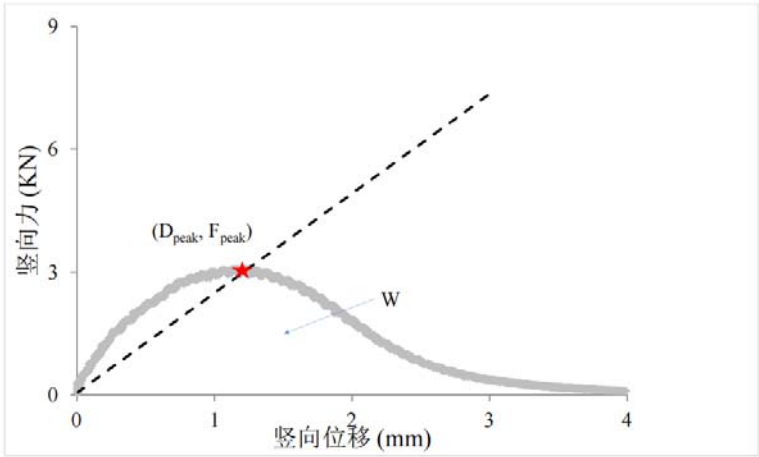
图A.2 试件加载流程示意图

A.4 试验步骤

- A.4.1 将试件从恒温水槽中取出，立即对称安放在支座上。
- A.4.2 开动压力机以50 mm/min的加载速率在跨径中央施以集中荷载，直至试件破坏。
- A.4.3 利用LVDT自动记录跨中压头处位移变化数据，利用自动数据采集仪器记录竖向压力和竖向位移的变化数据，从而获得荷载-位移曲线。-10 ℃条件下荷载-位移曲线示意图如图 A.3所示，15 ℃条件下荷载-位移曲线示意图如图 A.4所示。



图A.3 -10 ℃条件下荷载-位移曲线示意图



图A.4 15 ℃条件下荷载-位移曲线示意图

A.5 计算

- A.5.1 根据-10 ℃条件下荷载-位移曲线，按照公式（A.1）计算断裂能 G_f 。

$$G_f = \frac{W_f}{a \times t} * 10^6 \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

G_f ——断裂能密度，单位为J/m²；

W_f ——断裂功，单位为J；

a ——试件有效高度，mm；

t ——试件厚度，mm。

A. 5. 2 根据15 ℃条件下荷载-位移曲线，按照公式（A. 2）～（A. 4）计算柔性指标 FI_{bp} 。

$$S_{bp} = \left| \frac{F_{peak}}{D_{peak}} \right| \dots\dots\dots (A. 2)$$

$$G_f = \frac{W_f}{a \times t} * 10^6 \dots\dots\dots (A. 3)$$

$$FI_{bp} = \frac{G_f}{S_{bp}} * 10^6 \dots\dots\dots (A. 4)$$

式中：

S_{bp} ——峰值后拐点处斜率绝对值，单位为KN/mm；

F_{peak} ——峰值力，单位为KN；

D_{peak} ——峰值位移，单位为mm；

G_f ——断裂能密度，单位为J/m²；

W_f ——断裂功，单位为J；

a ——试件有效高度，mm；

t ——试件厚度，mm；

FI_{bp} ——柔性指数，无量纲。
