



CECS XXX:202X

中国工程建设协会标准

公路沥青铺装层层间结合技术规程

Technical Specifications for Interlayers
Bonding of Highway Asphalt Pavement

（征求意见稿）

中国计划出版社

中国工程建设协会标准

公路沥青铺装层层间结合技术规程

Technical Specifications for Interlayers
Bonding of Highway Asphalt Pavement

CECS XXX:202X

主编单位：山西省交通科学研究院

批准单位：中国工程建设标准化协会

实施日期：202 x 年 x 月 x 日

中国计划出版社

2020 北京

前言

公路沥青铺装层层间结合质量,直接关系到铺装结构的整体使用寿命及行车舒适性。近年来,随着交通量迅速增长以及车辆轴载不断增大,由于沥青铺装层层间结合质量差而引发的裂缝、推移、拥包、车辙等早期病害逐年增多,导致路面养护经费不断加大。沥青铺装层层间结合技术规程的提出,符合我国建设资源节约、环境友好型社会的发展模式,是我国公路建设全面、协调、可持续发展的关键技术之一。

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2017 年第一批工程建设协会标准制订、修订计划>的通知》(建标协字[2017]014 号)的要求,规程编制组经广泛调查研究,认真总结工程实践经验,结合我国建设工程中沥青铺装层设计、检测的实际需要,在广泛征求意见的基础上,编制本规程。

本规程共分 7 章。主要技术内容包括:1 总则;2 术语与符号;3 设计;4 材料技术要求;5 施工;6 质量技术要求;7 检验与评定。

本规程由中国工程建设标准化协会公路分会归口管理,由山西省交通科学研究院、山西省交通建设工程质量检测中心(有限公司)、长安大学负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送山西省交通科学研究院(地址:山西省太原市小店区武洛街 27 号,邮编:030032)

本规程主编单位: 山西省交通科学研究院

本规程参编单位: 山西省交通建设工程质量检测中心(有限公司)、长安大学

本规程主要起草人员:

本规程主要审查人员:

中国工程建设标准化协会

202 x 年 x 月 x 日

目次

1 总则

2 术语与符号	7
2.1 术语	7
2.2 符号	9
3 设计	10
3.1 一般规定	10
3.2 层间结合状态分级	12
3.3 层间处治措施	15
4 材料技术要求	18
4.1 一般规定	18
4.2 黏层	18
4.3 透层	18
4.4 单层表处	18
4.5 防水黏结层	19
5 施工	21
5.1 一般规定	21
5.2 黏层	21
5.3 透层	21
5.4 单层表处	22
5.5 防水黏结层	22
5.6 表面糙化处理	22
6 质量技术要求	24
6.1 黏层	24
6.2 透层	25
6.3 单层表处	25
6.4 防水黏结层	25
6.5 层间糙化处理	26

6 检测与评定	28
6.1 一般规定	28
6.2 检测与评定	28
6.2.1 黏层	28
6.2.2 透层	28
6.2.3 单层表处	29
6.2.4 防水黏结层	29
6.2.5 层间糙化处理	29
附录 A 透层油渗透性能检验方法	31
A.1 适用范围	31
A.2 室内渗透性能检测	31
A.3 现场渗透性能检测	32
A.4 报告	33
附录 B 黏结强度检测方法	34
B.1 适用范围	34
B.2 仪器与材料	34
B.3 方法与步骤	35
A.4 报告	37
附录 C 抗剪强度检测方法	39
C.1 适用范围	39
C.2 仪器与材料	39
C.3 方法与步骤	39
C.4 报告	40
附录 A 数据处理及评定	42
附录 B 黏结强度温度修正	43
附录 C 黏结强度试验记录及报告	44
附录 D 抗剪强度试验记录及报告	45
附录 F 沥青铺装层层间结合基本要求	46
附录 D 数据计算及评定	48

1 总则

1.0.1 为规范公路沥青铺装层层间结合设计、施工、检测，做到技术先进、安全适用、经济合理，制定本规程。

【1.0.1 说明】公路沥青铺装层（沥青面层、桥面及隧道沥青-水泥铺装层）层间结合质量，直接关系到铺装结构的整体使用寿命及行车舒适性。沥青铺装层层状体系中，层间完全连续、完全滑动是层间结合两种极端状态，一般路面结构层间结合的实际运营状态处于这两种极端状态之间。我国现行沥青路面设计规范中，采用双圆垂直均布荷载作用下的多层弹性连续体系理论，层间假设为完全连续，在该假设前提下，计算所得的沥青铺装层层间受力状态一定程度上不能满足运营过程中的实际需求，加大了沥青铺装层层间乃至整个结构的破坏速度。目前我国现行规范缺乏沥青铺装层层间设计及质量技术要求，部分省份如山西、河北、陕西等出台层间结合相关技术标准，但地域差异性较大，材料迥异导致其施工工艺、质量控制等存在诸多不同。为此，本规程编制组广泛调研、认真总结，结合现有地方标准、科研成果、工程经验等，考虑我国建设工程中沥青铺装层设计、检测的实际需要，从材料要求、设计方法、施工工艺、质量检测等方面，全面提出适用于我国各地区的层间结合技术规程。

1.0.2 本规程适用于新建、改扩建及维修养护工程的沥青路面、桥面及隧道沥青铺装层层间结合处治工程，其他工程参照执行。

【1.0.2 说明】随着公路养护需求的迅速增长，本规程除适用于新建、改扩建沥青铺装层外，还可用于沥青铺装层的维修处治中。如沥青路面、桥梁及隧道沥青铺装层病害处治时，通过铣刨、重铺或直接加铺沥青层达到病害处治目的时，病害处治过程中，新铺沥青层与原路面、新铺沥青层与原下承层层间处治亦可参照本规程技术要求执行。

1.0.3 沥青铺装层层间结合除本规程外，尚应符合国家、行业颁布的其它相关标准、规范的规定。

【1.0.3 说明】凡本规程涉及的其他有关方面内容，如沥青路面设计、施工质量现场管控、施工作业安全管理等，均应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语与符号

2.1 术语

2.1.1 沥青铺装层 asphalt pavement layer

铺筑在公路路面基层、桥面水泥混凝土铺装层、隧道复合式路面水泥混凝土铺装层之上的以沥青混合料为主要材料的结构层。

2.1.2 层间结合状态 interlayers bonding status

沥青铺装层层间的受力或工作状态。

2.1.3 层间处治 interlayers treatment

对沥青铺装下承层表面进行糙化处理或通过专门的黏结材料,提高层间结合效果的措施。

2.1.4 黏结层 bonding layer

用以提高或改善沥青铺装层层间结合效果的功能层,如透层、黏层、封层、防水黏结层等。

2.1.5 透层 prime coat

用于非沥青类材料层上,能透入表面一定深度,增强非沥青材料层与沥青混合料层层间结合效果的功能层。

2.1.6 黏层 tack coat

用于沥青面层层间、沥青铺装层与水泥混凝土铺装层层间的一种起黏结作用的功能层。

2.1.7 封层 seal coat

用以封闭沥青层或基层表面空隙、防止水分下渗的功能层。铺筑于沥青层表面的称为上封层,铺筑于基层表面的称为下封层。

2.1.8 防水黏结层 waterproof adhesive layer

为防止水分渗入桥面水泥混凝土铺装层或复合式路面内部结构,铺设的具备黏结及防水作用的功能层。

2.1.9 单层表面处治 (surface treatment)

透层与下封层一体化施工的层间结合处治方式。

2.1.10 下承层 sub-layer

作业层下已铺筑的结构层。

2.1.11 黏结强度 bonding strength

沥青铺装层层间接触界面所能承受的拉应力。

2.1.12 抗剪强度 shearing strength

沥青铺装层层间接触界面所能承受的剪应力。

2.1.13 洒布量 spraying dosage

液体材料的喷洒量，通常以每平方米的质量或体积来计算。

【2.1 说明】随着我国公路工程相关国标、行标及地方标准的不断更新，部分专有名词、术语等发生了较大修订，如“粘层”、“粘结”修订为“黏层”、“黏结”；同时，公路工程实际施工过程中，层间结合工况种类较多，如沥青面层不同层位（表面层、中面层、下面层）层间黏结、沥青面层与半刚性基层层间黏结、桥面沥青铺装层与水泥混凝土铺装层层间黏结、隧道复合式路面沥青铺装层与水泥铺装层层间黏结等，本规程结合各工况特点，将路面、桥面、隧道沥青铺装层统称为“沥青铺装层”。另外，为避免概念混淆，本章术语对各自的概念进行了一一阐述，并作为后续标准行文的依据，方便规程使用者后续对照。

2.2 符号

P_{σ} —拉拔力, N;

σ —黏结强度, MPa;

P_{τ} —剪切力, N;

τ —剪切强度, MPa;

A —黏结面积, mm^2 ;

T —检测温度, $^{\circ}\text{C}$;

S_a —透层油渗透速度, cm/min ;

P_l —粘结强度代表值, MPa;

S_n —样本标准差;

n —采集样本数量;

t_{α} — t 分布中随测点数和保证率 α 而变的系数。

.....

【2.2 说明】对规程中涉及到的符号进行汇总说明, 方便查阅。

3 设计

3.1 一般规定

3.1.1 沥青铺装层层间处治设计年限不应低于《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）中规定的沥青路面设计年限。

3.1.2 沥青铺装层层间处治设计时，应结合环境条件、道路纵坡、曲线半径、路面结构和交通量等条件，对沥青铺装层层间结合状态进行分级。

3.1.3 针对不同的层间结合状态分级及处治部位采取相应层间处治措施，宜按表 3.1.3 执行。

表 3.1.3 沥青铺装层层间处治措施

序号	层间处治部位		处治措施
1	沥青铺装层-沥青铺装层	表面层-中面层	黏层
2		中面层-下面层	黏层
3	沥青铺装层-半刚性基层	下面层-基层	透层
			透层+下封层
			单层表处
4	沥青铺装层-水泥铺装层	桥面铺装、隧道复合式路面	糙化+黏层
5			糙化+防水黏结层

【3.1.3 说明】①《公路沥青路面设计规范》（JTG D50-2017）在路面结构组合设计时强调，“路面面层采用材料分层铺筑时，可分为表面层、中面层和下面层”，本规程中将传统“上面层”修正为“表面层”；②《公路沥青路面设计规范》（JTG D50-2017）同时强调“沥青结合料类材料层间应设置黏层，在沥青结合料类材料层和其他材料层间应设置封层，宜设置透层”，本规程中沥青铺装层-半刚性基层层间处治时，提出三种处治措施：a. 透层、b. 透层+下封层、c. 单层表处。单层表处即透层与下封层一体化施工，相关实体工程验证，单层表处一体化施工较透层、下封层分步施工治效果更好，施工质量更易控制，工程造价相对较低，曾在晋阳大修、京乌高速、阳莽高速等近 10 条高速推广应用，最长通车年限已达 10 年，使用效果良好；③桥面铺装、复合式路面其沥青铺装层与水泥铺装层层间一般喷洒黏层油或设置防水黏结层；《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）中关于

水泥混凝土桥面铺装指出，水泥混凝土桥面宜进行铣刨或抛丸打毛处理，构造深度宜为（0.4~0.8）mm，且防水层材料应具有足够的黏结强度、防水能力、抗施工损伤能力和耐久性，可采用热沥青、涂膜等措施。热沥青防水层宜采用橡胶沥青或 SBS 改性沥青，沥青膜厚度宜为（1.5~2.0）mm，且应撒布洁净碎石，覆盖率为 60%~70%，粒径宜为（2.36~4.75）mm。本规程依据 JTG D50 并结合工程实际情况，确定桥面铺装、复合式路面防水黏结层设计两种方案为：糙化+黏层、糙化+防水黏结层。

3.1.4 路面维修处治、加铺工程的层间结合设计前，应先恢复路面结构强度，消除既有路面病害，若表面磨光严重，则应对其进行精铣刨、拉毛等糙化处理。

【3.1.4 说明】本条的制定目的是为保证维修处治路面结构层层间结合处治效果。若路面结构强度没得到恢复，即使采用效果更好的层间处治措施，还将由于结构失稳损坏，引起路面整体病害。

在运营沥青路面、水泥路面的维修设计时，由于原路面路表磨光严重，在层间处治或加铺前需对原路面进行糙化处理，保证其表面一定粗糙度，增强沥青铺装层与原路面层间接触。

3.2 层间结合状态分级

3.2.1 气候分区

采用最热月平均最高气温，作为层间结合状态分级的气候分区指标。最热月平均最高气温即 10 年内最热月的平均日最高气温的平均值，气候分区按《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的有关规定执行。

【3.2.1 说明】

①本规程采用“最热月平均最高气温”作为层间结合状态分级气候分区的重要指标,原因为层间结合处治材料一般为沥青类产品,沥青类产品多为感温材料,随温度变化,性能将发生很大变化,层间结合将呈现不同的效果,为保证最恶劣条件下层间结合效果,应先调查层间结合所处气候条件,并提供相应应对措施,因此,层间结合状态分级中应考虑气候分区指标。本规程气候分区指标选取,首先考虑实际实施效果,其次,与其他规范的良好衔接,选取最热月平均最高气温指标作为气候分区指标。②有气象水文资料时,宜根据资料统计并计算最热月平均最高气温;无气象水文资料时,可依据《公路沥青路面设计规范》(JTG D50)附录 G 中各地气温统计资料最热月平均气温确定。

3.2.2 道路线形指标

道路线形指标以纵坡、坡长及圆曲线最小半径为指标,分级标准按表 3.2.2 执行。

表 3.2.2 道路线形分级表

分级	特殊路段	一般路段
纵坡、坡度	纵坡≥4%路段、设计速度>100km/h	除特殊路段外的平坡路段
	2%≤纵坡<4%且长度≥500 m 路段, 设计速度>100km/h	
圆曲线半径	最大超高 >4%, 设计速度>100km/h	
	路拱>2%, 设计速度>100km/h	
	不设超高最小半径 路拱≤2%, 设计速度>100km/h	

注：连续纵坡连接路段分级划定：以（3~5）km 为一个分级单元，道路条件分级以单元内最不利分级为标准。

【3.2.2 说明】道路线形指标直接影响车辆荷载在路面结构内部应力分解、分布，层间结合效果能抵抗最不利状态下层间剪应力影响；针对不同线形指标，划分不

同分级标准，针对性提出处治措施。道路线形指标参照《公路工程技术标准》(JTG B01)，分级表根据理论计算及不同层间处理措施实测抗剪切强度指标、黏结强度指标结果。

3.2.3 交通荷载分级

新建公路以“设计使用年限内设计车道累计大型客车和货车交通量”为指标，进行交通荷载分级；运营、改扩建公路以“统计年份日平均当量轴次”为指标进行划分。交通荷载分级标准按表 3.2.3 执行。

表 3.2.3 交通荷载分级表

分级	1 级	2 级
交通等级	极重交通、特重交通、重交通	中等交通、轻交通
设计使用年限内设计车道累计大型客车和货车交通量（ $\times 10^6$ ，辆）	≥ 8.0	< 8.0
统计年份日平均当量轴次（次）	≥ 1300	< 1300

【3.2.2 说明】交通荷载是导致沥青层层间结合发生破坏的直接因素。由路面运营中随交通荷载不断增加，其产生的层间剪应力、层底拉应力、路表轮迹边缘拉应力也越大，将导致层间黏结破坏、沥青层从路表向下开裂或从沥青层底部向上开裂。①对于新建公路而言，参照《公路沥青路面设计规范》(JTG D50)中沥青路面设计交通荷载等级划分为依据，采用“设计使用年限内设计车道累计大型客车和货车交通量（ $\times 10^6$ ，辆）”作为交通荷载等级划分指标；②对于在运营、改建、扩建公路，以“统计年份日平均当量轴次”作为在交通等级划分的划分指标。1 级、2 级交通等级划分界限值为 1300 次。分界限值依据近 12000 公里普通国省干线交通荷载数据分析得到，分析结果表明，运营改了建公里交通接在平均当量轴次为 1300 次与设计使用年限内 800 万次相对应，即日平均当量轴次大于 1300 次以上的交通量属重载交通，该指标规避了交通增长率的不确定性，可实施效果好。③《公路沥青路面设计规范》(JTG D50)中指出，极重、特重和重交通荷载等级路面的黏层宜采用改性乳化沥青、道路石油沥青或改性沥青；中等、轻交通荷载等级路面的黏层可选用乳化沥青。因此，本规程考虑工程实用性，将层间结合交通荷载等级划分为两个级别：1 级、2 级。其中 1 级涵盖极重交通、特重交通、重交通，2 级涵盖中等交通、轻交通。

3.2.4 层间结合状态分级

以沥青铺装层层间出现的最大剪应力，作为层间结合状态综合分级标准。
分为三级：Ⅰ级、Ⅱ级和Ⅲ级。

表 3.2.4 不同结合状态层间剪应力值推荐值

工作状态分级	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
层间最大剪应力/MPa	0.35	0.45	0.55

【3.2.4 说明】层间结合状态指在车辆荷载、道路线形及环境因素作用下，沥青铺装层层间的受力状态。线形条件越差、车辆荷载越重，层间结合剪应力越大，层间结合状态分级越高。

层间结合状态越好，则其出现的最大剪应力越小。本规程参照《公路沥青铺装层层间结合质量技术要求》(DB 14/T 647)、《高速公路沥青路面层间处治技术规范》(DB 13/T 2483) 以及相关实体工程检测数据，将层间结合状态分为三级：Ⅰ (0.35 MPa)、Ⅱ (0.45 MPa)、Ⅲ (0.55 MPa)。

3.2.5 不同处治部位层间结合状态要求

不同处治部位的层间结合状态要求，按表 3.2.5 执行。

表 3.2.5 不同处治部位层间结合状态要求

处治 部位		道路 线形	气候分区					
			Ⅰ 区		Ⅱ 区		Ⅲ区	
			交通荷载					
			1 级	2 级	1 级	2 级	1 级	2 级
沥青-沥 青铺装层	表面层- 中面层	一般路段	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
		特殊路段	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
	中面层- 下面层	一般路段	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
		特殊路段	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ
沥青铺装层-半刚性 基层		一般路段	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
		特殊路段	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
沥青铺装层-水泥铺 装层		一般路段	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
		特殊路段	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ

注 1：桥面和复合式路面、桥与桥、桥与隧道之间过渡段或连续坡段之间过渡段长度较短时，层间工作状态分级宜提高一个等级。

注 2：对于路面拼接部位，层间工作状态分级宜提高一个等级。

【3.2.5 说明】不同结构、荷载、环境因素、处治部位层间出现的最大剪应力各不相同。①较为典型的半刚性基层沥青路面结构而言，如“4cm AC-13 + 6cm AC-20 + 8cm AC-25 + 40cm 水稳碎石基层+ 20cm 级配碎石 +土基”，采用 BISAR 3.0 分析了标准轴载 BZZ-100 条件下，层间完全连续、完全光滑条件下最大剪应力位置，表明沿深度方向最大剪应力出现在 0、4cm、6cm 深度处，即在同一结构中，中面层-下面层层间剪应力最大。本规程结合 DB 14/T 647-2012 关于层间结合抗剪强度技术指标要求，确定表面层-中面层、中面层-下面层层间结合状态要求。②沥青铺装层-半刚性基层、沥青铺装层-水泥铺装层层间结合状态要求，结合了多年工程建设经验，同时参照了 DB 13/T 2483-2017、DB14/T 160-2012 等地方标准。

3.3 层间处治措施

3.3.1 不同层间结合状态下选用的黏层材料与用量应符合表 3.3.1 规定。

表 3.3.1 不同层间结合状态分级黏层材料及用量

层间处治部位	层间结合状态	黏层	
		材料	用量 (kg/m ²)
中面层-下面层	II	道路石油沥青	0.2~0.4
		改性乳化沥青	0.4~0.6
		SBS 改性沥青	0.2~0.4
表面层-中面层 中面层-下面层	III	改性乳化沥青	0.6~0.8
		SBS 改性沥青	0.3~0.5

【3.3.1 说明】①依据 JTG D50-2017，极重、特重和重交通荷载等级（本规程交通 1 级）路面的黏层宜采用改性乳化沥青、道路石油沥青或改性沥青；中等和轻交通荷载等级（本规程交通 2 级）路面的黏层可选用乳化沥青。②依据 JTG D50-2017，水泥混凝土板与沥青面层间的黏层宜采用改性沥青。③各黏层材料用量结合工程实践经验，同时参照 DB 13/T 2483-2017、DB 14/T 647-2012、DB 14/T 160-2015 等相关地方标准。

3.3.2 不同层间结合状态下选用的透层、下封层、单层表处材料同步碎石与用量应符合表 3.3.2 规定。

表 3.3.2 不同层间结合状态分级透层、下封层、单层表处材料及用量

层间处治部位	层间结合状态	材料		用量 (kg/m ²)
沥青铺装层-半刚性基层	I	乳化沥青透层油		0.6~0.8
	II	乳化沥青透层油		0.9~1.2
		下封层		配比设计确定
	II	单层表处	乳化沥青	1.6~1.8
			(2.36~4.75) mm 碎石	(5~8) m ³ /1000m ²
	III	同步碎石	热沥青、橡胶改性沥青	1.6~1.8
			(2.36~4.75) mm 碎石	(5~8) m ³ /1000m ²

【3.3.2 说明】①《公路沥青路面设计规范》JTG D50-2006 条文 4.2.8 “下封层可用沥青单层表面处治或砂粒式、细粒式密集配沥青混合料，稀浆封层等”。该条文明确下封层有多种做法，具体用量应依据材料配比设计确定。②《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40-2004 条文 6.4.2 明确“下封层宜采用层铺法表面处治或稀浆封层施工”。本规程鉴于稀浆封层质量控制严格，特别是配合比设计专业化程度高、技术难度大，许多技术指标在施工现场无法检验及评价，导致实际施工时质量无法进行合理控制。而单层表处施工便利且质量易于控制，只要有计量精确的沥青洒布车和集料洒布车即可，施工时仅需控制原材料质量、现场撒布即可，该施工方法符合施工现场目前的技术水平。本规程推荐采用单层表处进行沥青铺装层-半刚性基层层间处治。

3.3.3 不同层间结合状态下选用的防水黏结层材料与用量应符合表 3.3.3 规定。

表 3.3.3 不同层间结合状态分级防水黏结层材料及用量

层间处治部位	层间结合状态	材料		用量 (kg/m ²)
沥青铺装层-水泥铺装层	II	橡胶沥青		1.6~1.8
		SBS 或 SBR 改性沥青		1.6~1.8
沥青铺装层-水泥铺装层	III	同步碎石	SBS 或 SBR 改性沥青	2.0~2.2
			(2.36~4.75) mm 碎石	(5~8) m ³ /1000m ²
		同步碎石	橡胶沥青	2.0~2.2
			(2.36~4.75) mm 碎石	(5~8) m ³ /1000m ²
		专用桥面防水黏结材料		1.6~1.8

3.3.4 旧路表面、复合式结构、水泥混凝土表面采用糙化处理，按表 3.3.4 执行。

表 3.3.4 不同工作状态分级匹配的混凝土板面糙化处理措施

实际工程所属结合状态	处治方式
I	喷砂打毛、抛丸
II	喷砂打毛、抛丸
	机械凿毛
III	机械凿毛或精铣刨

4 材料技术要求

4.1 一般规定

4.1.1 材料不得具有毒性，不得污染环境及影响操作人员身心健康。

4.1.2 材料出厂应附有质量合格检验单，到场后应对其进行检验验收。

4.1.3 材料应使用专门的存储罐进行存储，并设置标识牌，包含材料名称、规格、用途、产地、注意事项等。

4.2 黏层

4.2.1 黏层宜采用道路石油沥青、改性乳化沥青、SBS 改性沥青；其技术指标应符合 JTG F40 相关技术规定。

【4.2.1 说明】依据 JTG D50，路面黏层宜采用改性乳化沥青、道路石油沥青或改性沥青。调研了广东省汕昆高速公路、宁夏京藏高速以及山西省多条高速公路设计施工图，黏层材料技术要求均依据项目所处自然区划进行确定，没有特别的技术要求。因此，本规程确定黏层用材料技术指标执行 JTG F40 相关技术规定。另，为提高黏层黏结效果，优先选用材料顺序为 SBS 改性沥青、道路石油沥青及改性乳化沥青。

4.3 透层

4.3.1 透层油宜采用 PC-2 型阳离子乳化沥青、PA-2 型阴离子乳化沥青、PN-2 型非离子乳化沥青；其技术指标主要执行 JTG F40 的规定，另增加渗透性指标，要求不小于 0.2cm/min。

【4.2.1 说明】①透层油除“渗透性”外，其余技术要求参考至 JTG F40；渗透性技术要求参考至 DB 61/T 1085；②渗透性是衡量透层油及施工质量的重要指标，DB41/T1109、DB61/T 1085 等地方标准对渗透性进行了规定，要求透层油渗透性 $\geq 0.2\text{cm/min}$ ，渗透性测定方法详见附录 A。

4.4 单层表处

4.4.1 单层表处乳化沥青宜采用 PC-2 型乳化沥青，其技术指标应符合表 4.2.1 相关规定。

4.4.2 单层表处集料宜采用 S14（2.36~4.75mm）规格，撒布量应按（5~8）

m³/1000m²，其技术指标应符合表 4.4.2 规定。

表 4.4.2 单层表处集料技术要求

试验项目		单位	要求值	试验方法
表观相对密度	不小于	—	2.50	T 0328
坚固性 (>0.3 mm 部分)	不小于	%	12	T 0340
含泥量(小于 0.075 mm 的含量)	不大于	%	3	T 0333
砂当量	不小于	%	60	T 0334
亚甲蓝值	不大于	g/kg	2.5	T 0349
棱角性（流动时间）	不小于	s	30	T 0345
注：坚固性试验可根据需要进行。				

4.5 防水黏结层

4.5.1 依据不同层间结合状态分级要求，防水黏结层可采用 SBS、SBR 改性沥青、橡胶沥青、改性乳化沥青以及专用防水材料；也可采用同步碎石防水黏结层。

4.5.2 防水黏结层用 SBS、SBR 改性沥青以及改性乳化沥青，技术指标应符合表 4.2.1-2、表 4.2.1-3 规定。

4.5.3 防水黏结层用橡胶沥青，技术指标应符合表 4.5.3 规定。

表 4.5.3 橡胶沥青技术要求

试验项目	高性能橡胶改性沥青	试验方法
25℃针入度 (0.1mm、100g、5s)	45-50	JTG E20 T0604
延度 (5℃、5cm/min) cm	10-15	JTG E20 T0605
软化点 (℃)	65-70	JTG E20 T0606
180℃旋转粘度 (Pa.s)	1-2	JT/T 798 附录 B
25℃弹性恢复 (%)	不小于 80	JTG E20 T0662
TOFT 后残留物质量损失 (%)	±0.4	JTG E20 T0610
TOFT 后残留物针入度比 (%)	≥90	JTG E20 T0604
TOFT 后残留物 5℃延度 (cm)	≥10	JTG E20 T0605

4.5.4 专用防水黏结材料应具有足够的黏结性能和防水性能，其技术指标应符合表 4.5.4 规定。

表 4.5.4 专用防水黏结材料技术要求

试验项目	单位	技术指标	试验方法
外观	—	搅拌后为均质液体，搅拌棒上不粘附任何明显颗粒	GB/T 16777
固含量	%	≥43	

试验项目	单位	技术指标	试验方法
低温柔性 ($\phi 10\text{ mm}$, 30 min, -20°C)	—	无裂纹、断裂	
耐热性 (160°C , 2 小时)	—	无流淌、无气泡	
不透水性	—	0.3MPa 24 小时不透水	
延伸率	mm	≥ 4.5	
抗剪强度 (60°C 剪切角= 40°)	MPa	≥ 0.4	
耐碱性	—	20°C 2% NaOH 中浸 15 天无异常	
耐酸性	—	20°C 2% H_2SO_4 中浸 15 天无异常	
耐盐性	—	20°C 2% NaCl 中浸 15 天无异常	
表干	小时	≤ 4	
实干	小时	≤ 12	

【4.5 说明】防水黏结层材料及其技术要求参考 GB/T 16777 确定。

5 施工

5.1 一般规定

- 5.1.1 层间处治施工应由具有相应资质的单位进行施工。
- 5.1.2 施工前认真检查、标定、调试各施工机械及设备。
- 5.1.3 大面积施工前应进行试验段铺筑，试验段长度不得少于 200 m。
- 5.1.4 大风、浓雾、降雨、低于 10℃等特殊天气条件下，不得进行层间处治施工。
- 5.1.5 高等级公路层间处治如透层、黏层施工时，宜采用一体化智能沥青洒布车施工，保证洒布均匀、稳定。低等级公路也可采用其他方式施工，但应保证施工质量；如有遗漏，应及时进行人工补洒。

5.2 黏层

- 5.2.1 黏层施工前，路缘石、路边石、防撞墙等结构物应做好防污措施，避免黏层施工过程中对其造成污染。
- 5.2.2 黏层施工前应保证其下承层如中面层、下面层、水泥铺装层表面干洁、无杂质；同时，应保证水泥铺装层表面不得残留浮浆，水泥铺装层表面应进行凿毛、抛丸或精铣刨等处理。
- 5.2.3 黏层材料应均匀洒布且成雾状，喷洒过量处，应予以刮除，喷洒遗漏处，应予以补洒。
- 5.2.4 黏层材料选用道路石油沥青、改性沥青时，其施工宜在沥青铺装层施工当天进行，黏层一次洒布长度不宜超过其上沥青层当天的摊铺长度。
- 5.2.5 黏层材料选用乳化沥青时，宜在沥青铺装层施工前 1~2 天施工。注意需乳化沥青破乳、水分完全蒸发后，方可进行沥青铺装层施工。黏层施工后，严禁运料车外的其他车辆和行人通过，确保黏层不受污染。

5.3 透层

- 5.3.1 半刚性基层碾压成型尚未硬化的情况下，人工清扫基层表面，保证其表面无松散集料或浮尘，再进行透层油喷洒；若半刚性基层养生 7 d 后喷洒透层油，应在基层表面洒水预湿，再喷洒透层油；喷洒后及时封闭交通防止污染。
- 5.3.2 依据本规程及设计要求确定的洒布量进行洒布施工；试验段及施工过程中依据 JTG E60 中 T 0982-1995 测试方法进行洒布量监测。

5.3.3 透层油应洒布均匀，做到不流淌、不在表面形成油膜；喷洒过量时可洒布适量石屑吸油，必要时作适当碾压。

5.3.4 透层施工后 48h 内，禁止一切车辆和行人通行。通过透层油渗透性能检验，确认透层油渗透深度不小于设计要求后，方可进行下封层施工。

5.4 单层表处

5.4.1 单层表处施工前，应将下承层表面清扫干净，再用 2~3 台森林灭火鼓风机将浮灰吹净，使表层集料颗粒部分外漏，必要时用水冲洗，雨后或用水冲洗的表面，水分必须蒸发干净、晒干。

5.4.2 单层表处宜采用同步碎石封层工艺进行施工。施工工程，严格控制乳化沥青、集料撒布量及均匀性。

5.4.3 乳化沥青洒布喷嘴的轴线应与路面垂直，并保证所有喷嘴的角度一致，同时调整洒布管的高度，尽量使用同一地点能够接受到两个或三个喷嘴喷洒的沥青。

5.4.4 乳化沥青、集料撒布后用轻型轮胎压路机均匀碾压。

5.4.5 碾压完毕后应封闭交通、养护管理。

5.5 防水黏结层

5.5.1 严格控制桥面、隧道路面水泥混凝土铺装层施工工艺，保证水泥混凝土铺装层强度和粗糙度，减少浮浆，施工前对桥面水泥铺装层应采取凿毛、抛丸或铣刨等措施，清除浮浆并作为重要工序检查验收。

5.5.2 防水黏结层宜采用同步碎石封层施工工艺，严格控制沥青、集料撒布量及均匀性。喷洒过量处，应予以刮除，喷洒遗漏处，应予以补洒。

5.5.3 严格控制同步碎石封层沥青用量，沥青用量宜取上限，且洒布温度宜控制在（160~180）℃。

5.5.4 沥青、集料撒布后用轻型轮胎压路机均匀碾压。

5.6 表面糙化处理

5.6.1 既有沥青路面铣刨重铺处治，重铺前应进行强力清扫，保证下承层表面无夹层、无松散；既有沥青路面直接加铺前，若其表面磨光严重，则应对其进行精铣刨、拉毛等糙化处理。

5.6.2 隧道复合式路面、桥面水泥混凝土铺装层表面均需糙化处理及板面清扫。

5.6.3 下承层表面糙化处理后，及时对构造深度进行检测，进行糙化处理效果评价，判定是否满足本技术规程及涉及文件相关技术要求。满足要求后方可进行下道工序施工。

6 质量技术要求

6.1 黏层

6.1.1 黏层层间结合质量以黏结强度或抗剪强度作为评价指标，依据现场实际条件选择其一进行检测。黏层层间结合质量应符合表 6.1.1 规定。

表 6.1.1 黏层层间结合质量技术要求

层间处治部位	层间结合状态	评价指标及技术要求			
		评价指标	技术要求	评价指标	技术要求
表面层-中面层	II	20℃黏 结强度 (MPa)	≥0.30	20℃抗 剪强度 (MPa)	≥0.40
	III		≥0.40		≥0.55
中面层-下面层	II		≥0.30		≥0.40
	III		≥0.40		≥0.55

【6.1.1 说明】黏层层间结合质量技术标准，依托于山西省交通厅科研计划项目《沥青路面层间结合检测方法 & 指标研究》（编号：06-03）、《沥青混凝土桥面铺装材料与技术研究》（编号：02-04）项目成果、山西省地方标准《公路沥青铺装层层间结合质量技术要求》（DB 14/T 647）、长安大学以及河北省大量试验、实体工程检测数据，在推广近千公里实体工程效果看，

6.1.2 黏层层间质量技术指标检测标准温度为 20℃。非标准温度检测时，应对检测结果进行温度修正。温度修正计算如下：

$$\sigma_{20^{\circ}\text{C}} = \sigma_T \cdot K_{\sigma}$$

$$\tau_{20^{\circ}\text{C}} = \tau_T \cdot K_{\tau}$$

式中：

- $\sigma_{20^{\circ}\text{C}}$ 、 $\tau_{20^{\circ}\text{C}}$ —标准温度 20℃层间黏结强度、抗剪强度，MPa；
- σ_T 、 τ_T —现场实际检测温度下的黏结强度、抗剪强度，MPa；
- K_{σ} 、 K_{τ} —黏结强度、抗剪强度温度修正系数；该系数的选取参见附录 E。

【6.1.2 说明】①本规程制定层间质量检测标准温度（或基准温度）为 20℃，与《公路路基路面现场测试规程》（JTG E60）中关于路面弯沉标准温度、《公路沥

青路面设计规范》(JTG D50) 中关于路面标准温度一致, 均为 20℃, 方便不同规范、不同研究成果间换算与横向对比; ②非标准温度检测强度乘以温度修正系数 K , 换算为标准温度(20℃)检测强度。温度修正系数 K 为与检测温度 T 有关的多次函数。

6.2 透层

6.2.1 透层层间结合质量以渗透深度、黏结强度(或抗剪强度)为评价指标, 渗透深度与强度两类指标均满足要求时方可判定质量合格。透层层间结合质量应符合表 6.2.1 规定。

表 6.2.1 透层层间结合质量技术要求

层间处治部位	层间结合状态等级	渗透性能		黏结强度		抗剪性能	
		评价指标	技术要求	评价指标	技术要求	评价指标	技术要求
沥青铺装层-半刚性基层	I	渗透深度(mm)	≥10	20℃黏结强度(MPa)	≥0.20	20℃抗剪强度(MPa)	≥0.25
	II				≥0.25		≥0.30
	III				≥0.30		≥0.35

6.2.2 温度修正按照 6.1.2 进行计算。

6.3 单层表处

6.3.1 设置于沥青铺装层与半刚性基层层间的单层表处(或下封层), 层间结合质量应符合表 6.2.1 规定。

6.3.2 温度修正按照 6.1.2 进行计算。

6.4 防水黏结层

6.4.1 设置于沥青铺装层与水泥铺装层层间的防水黏结层层间结合质量, 以 20℃抗剪强度或 20℃粘结强度为评价指标; 应符合表 6.4.1 规定。

表 6.4.1 防水黏结层层间结合质量技术要求

层间处治部位	层间结合状态	评价指标及技术要求			
		评价指标	技术要求	评价指标	技术要求
沥青铺装层-水泥铺装层	II	20℃黏结强度(MPa)	≥0.30	20℃抗剪强度(MPa)	≥0.40
	III		≥0.4		≥0.55

6.4.2 温度修正按照 6.1.2 进行计算。

6.5 层间糙化处理

6.5.1 不同层位层间糙化处理技术要求应符合表 6.5.1 规定。

表 6.5.1 层间糙化处理技术要求

实际工程所属结合状态	处治方式	适宜处治层位表面	技术要求
I	喷砂打毛、抛丸	新铺沥青铺装层	$TD \geq 0.45\text{mm}$
II	喷砂打毛、抛丸	水泥铺装层	$TD \geq 0.40\text{mm}$
	机械凿毛	新铺沥青铺装层	$TD \geq 0.45\text{mm}$
III	机械凿毛	水泥铺装层	$TD \geq 0.40\text{mm}$
	精铣刨	旧沥青路面路表	$TD \geq 0.40\text{mm}$
	精铣刨	水泥稳定碎石基层	$TD \geq 2.50\text{mm}$

【6.5.1 说明】①《公路沥青路面设计规范》(JTG D50)中指出,桥面水泥混凝土铺装层、隧道复合式路面水泥混凝土铺装层宜进行精铣刨或抛丸打毛处理,处理后桥面板的构造深度宜为 0.4~0.8mm;同时,我国《公路水泥混凝土路面养护技术规范》(JTJ 073.1)提出,高速公路、一级公路水泥混凝土路面养护质量标准中构造深度 $TD \geq 0.4\text{mm}$,其他等级公路 $TD \geq 0.3\text{mm}$;②我国《公路沥青路面养护技术规范》(JTJ 073.2)中要求,运营路面抗滑性能的养护质量标准之一为横向力系数 $SFC \geq 40$ (TD 约 0.4mm),旧沥青路表因长期运营,其表面磨光较为严重,工程处治方案为表面精铣刨,精铣刨后要求 $TD \geq 0.4\text{mm}$;③水泥稳定碎石基层表面精铣刨处治效果受铣刨刀头结构、铣刨速度、机械功率及基层材料等多重因素影响。相关文献(李彦伟,穆柯精.铣刨工艺在沥青精铣刨工艺在沥青路面层间处治中的应用[J].筑路机械与施工机械)采用数值分析与工程实际相结合的方法对精铣刨工艺处治层间黏结状态进行研究,提出了精铣刨处治效果:水泥稳定碎石基层表面经精铣刨处治后,处理表面达 95%以上,骨料露出,无松动骨料,构造深度宜控制在 2.5~4.0mm 之间。④《公路沥青路面设计规范》(JTG D50)中指出,高速公路、一级公路以及山岭重丘区二级和三级公路在路面交工验收时,规定 $TD \geq 0.55\text{mm}$ (降雨量 $> 1000\text{mm}$)、 $TD \geq 0.50\text{mm}$ (降雨量 500~1000mm)、 $TD \geq 0.45\text{mm}$ (降雨量 250~500mm),新铺沥青铺装层表面 $TD \geq 0.45\text{mm}$ 。根据以上

规范内容提出层间糙化处理技术要求。

6 检测与评定

6.1 一般规定

6.1.1 层间结合质量各实测项目规定值或技术要求，应按高速、一级公路和其他等级公路两档确定。其中，高速、一级公路各实测项目评定保证率为 95%，其他等级公路保证率为 90%。

6.1.2 层间结合涉及多种工艺或材料，不同工艺及材料的质量评定应分别进行，如水泥混凝土铺装层表面糙化处理后洒布黏层油，糙化处理质量、黏层油施工质量应分别评定。

6.1.3 施工前应严格检查各原材料质量，取样数量及频率严格执行现行规范相关要求，原材料质量检验合格后方可使用。

6.1.4 施工过程中应加强质量监测，实行施工质量动态管理。

6.2 检测与评定

6.2.1 黏层

黏层施工质量的检测项目及技术要求应符合表 6.2.1 的规定。

表 6.2.1 黏层施工质量检验项目及技术要求

项次	检查项目	抽检频率	检验方法	质量要求
1	原材料	每 50 t 一次或每批一次	检测三大指标、蒸发残留物含量等	满足本规程及设计文件要求
2	洒布量	每天上下午各 1 次	单点或总量检验	设计用量 $\pm 0.1 \text{ kg/m}^2$
3	黏结效果	5 处/1000m；每处 3 点	黏结强度试验或抗剪强度试验	满足层间结合状态质量标准要求
4	外观	随时检验	洒布均匀，无漏洒、过量现象。	

注：“批”是指从同一来源、同一次购入的相同规格材料，下同。

6.2.2 透层

透层施工质量的检测项目及技术要求应符合表 6.2.2 的规定。

表 6.2.2 透层施工质量检验项目及技术要求

项次	检查项目	抽检频率	检验方法	质量要求
1	原材料	每 50 t 一次或每批一次	检测针入度、黏度、渗透性等	满足本规程及设计文件要求
2	洒布量	每天上下午各 1 次	检验总洒布面积和实际洒布量	设计用量 $\pm 0.1 \text{ kg/m}^2$
3	渗透深度	1 处/200 m，每断面取 3 个测点	钻芯测量	满足层间结合状态质量标准要求

项次	检查项目	抽检频率	检验方法	质量要求
4	黏结效果	5 处/1000m；每处 3 点	黏结强度或抗剪强度试验	
5	外观	随时检验	无流淌、渗漏现象，均匀性好	

6.2.3 单层表处

单层表处施工质量检测项目及技术要求应符合表 6.2.3 规定。

表 6.2.3 单层表处施工质量检验项目及技术要求

项次	检查项目		抽检频率	检验方法	质量要求
1	蒸发 残留物	残留物含量	每作业段 1 次	T 0651	满足本规程及设计要求
2		针入度	每 100t 1 次	T 0604	
3		延度	每 100t 1 次	T 0605	
4	黏度		第一次进场、必要时	T 0622/T 0621	
5	洒布量		每天上下午各 1 次	检验总洒布面积和实际洒布量	设计用量 ± 0.1 kg/m ²
6	黏结效果		5 处/1000m；每处 3 点	黏结强度试验或抗剪强度试验	满足层间结合状态质量标准要求
7	外观		随时检验	外观均匀与下卧层表面牢固粘结，不起皮，无油包和下卧层外漏现象	

6.2.4 防水黏结层

防水黏结层施工质量的检测项目及技术要求应符合表 6.2.4 规定。

表 6.2.4 防水黏结层施工质量检验项目及技术要求

项次	检查项目		抽检频率	检验方法	质量要求
1	原材料		每批一次	见本规程材料技术要求	满足本规程及设计要求
2	洒布量		每天上下午各 1 次	检验总洒布面积和实际洒布量	设计用量±0.2 kg/m²
3	黏结效果	抗剪强度	5 处/1000m；每处 3 点	黏结强度试验或抗剪强度试验	满足层间结合状态质量标准要求
4		黏结强度	5 处/1000m；每处 3 点		
5	不透水性		III级加压 0.7 MPa II 级加压 0.5 MPa		现场不透水仪或室内试件模拟现场进行加压渗水试验
6	均匀性		随时检验	碎石覆盖率 60%～70%，无重叠料、无漏撒	
7	外观		随时检验	用硬物刮开观察，与基层表面牢固黏结，不起皮，无油包和基层外露等现象	

6.2.5 层间糙化处理

层间糙化处理施工质量检测项目及技术要求应符合表 6.2.5 规定。

表 6.2.5 层间糙化处治质量检验项目及技术要求

项次	检查项目	抽检频率	检验方法	质量要求
1	外观	随时检验	目测	干燥、洁净、粗糙、均匀、无浮浆及杂质等
2	平整度	必要时	3m 直尺	$\leq 5\text{mm}$ 以及设计要求
3	水泥铺装层露骨率	随时检验	露骨率标准板法	$\geq 20\%$ 以及设计要求
4	构造深度	3 点/断面	铺砂法	满足本规程及设计要求

附录 A 透层油渗透性能检验方法

A.1 适用范围

A.1.1 本方法适用于室内、现场测定透层油的渗透性能，以供原材料选择及施工质量检测。

【A.1.1 说明】透层油原材料、施工质量检测，分别采用“渗透速度”、“渗透深度”表征其渗透性能。

A.2 室内渗透性能检测

A.2.1 仪具及材料

量筒：玻璃量筒，容量 50mL；

筛网孔径：（0.15～0.30）mm；

试验用砂：粒径（0.15～0.30）mm 方孔筛范围内的中国 ISO 标准砂；

电子天平：感量 0.1g；

坩埚：容量 100 mL；

烧杯或坩埚：容量 25 mL；

秒表：分度 0.1 s；

玻璃三角漏斗： $\phi 60\text{ mm} \times 110\text{ mm}$ 。

A.2.2 方法与步骤

A.2.2.1 取质量约 500g 的试验用砂，放入干净容器中，存放于干燥环境中备用；

A.2.2.2 测量（0.15～0.30）mm 标准砂的松装系数 k ；

A.2.2.3 匀速向量筒中加入（ 65 ± 1 ）g 的量砂（ m ）；

A.2.2.4 称取定量透层油（ 7 ± 0.5 ）g，通过漏斗将称量好的透层油匀速加入至量筒内，从透层油接触量筒内量砂表面时开始计时；

A.2.2.4 当渗透时间达到 10 min 时，立刻将量筒下部松散的砂放入到剩余砂的小坩埚内，称取质量 m_a 。

A.2.3 结果处理

透层油平均渗透速度按下式计算：

$$S_a = k \times \frac{(m-m_a)}{B \times t} \quad (\text{A.1})$$

式中:

S_a —渗透速度, cm/min;

k —(0.15~0.30) mm 标准砂的松装系数, $k \approx 0.718$, cm³/g;

m —(0.15~0.30) mm 标准砂, g;

m_a —量筒下部砂的质量, g;

B —50 mL 量筒内表面积, $B=4.15$, cm²;

t —渗透时间, $t=10$, min。

【A.2 说明】室内渗透性能检测方法参考 DB 61/T 1085。

A.3 现场渗透性能检测

A.3.1 仪具及材料

路面钻芯机;

钢板尺: 量程不大于 200 mm, 最小刻度 1 mm;

填补钻孔材料: 与基层材料相同;

填补钻孔用具: 夯、锤等;

其他: 毛刷、量角器、棉布等。

A.3.2 检测方法

A.3.2.1 在透层油基本渗透或喷洒 48h 后, 在测试段内随机选点进行取样。在检查地点处, 选一块面积约 40cm×40cm 的平坦表面, 用毛刷将其清扫干净。

A.3.2.2 采用路面钻芯机在所选的平坦表面进行钻芯取样, 芯样直径宜为 $\phi 100$ mm, 也可为 $\phi 150$ mm, 芯样高度不宜小于 50 mm。

A.3.2.3 用水和毛刷(或棉布等)轻轻地将芯样表面黏附的粉尘除净; 将芯样晾干, 使其能分辨出芯样侧立面透层油的下渗情况。

A.3.2.4 用钢板尺或量角器将芯样圆周随机分成约 8 等份, 分别量测圆周上各等分点处透层油渗透的深度(估读至 0.5mm), 去掉 3 个最小值, 其他 5 点的均值即为该测点处的渗透深度。

A.3.3 现场钻芯检测过程中, 应做好防污染措施, 避免影响层间结合效果。

A.3.4 钻孔残留积水, 用棉布吸干并清理孔中杂物, 采用与基层相同材料进行填补, 并用夯、锤击实。

A.3.5 检测评率

每 200 m 为一个测试段，每个测试段内取一组芯样，每组 3 个。同组芯样的取样点宜在同一断面，芯样间隔宜为 5 m。

【A.3 说明】现场渗透性能检测方法 DB 13/T 2483 采用现场人工挖坑方式，其人为影响因素较大，且试验过程对透层渗透深度测量产生一定干扰，检测结果存在偏差。本规程借鉴 JTG E60 中 T 0984 试验方法，采用较为常见的钻芯机进行取样，所提取芯样表面光滑、致密；且透层油渗透深度显示直观，检测速率比人工挖坑快，结果准确。

A.4 报告

A.4.1 室内渗透性能检测同一试样平行试验不得少于 3 次，试验结果允许误差为平均值的 $\pm 5\%$ ，取平均值的整数作为试验结果。

A.4.2 现场渗透性能检测每个测试段 3 个芯样渗透深度，试验结果允许误差为平均值的 $\pm 10\%$ ，不满足要求时应重新选点进行补测，取平均值的整数作为试验结果。

A.4.3 试验结果应注明环境温度、湿度以及试验用砂松装系数等信息。

附录 B 黏结强度检测方法

B.1 适用范围

B.1.1 本方法适用于现场测定公路沥青铺装层层间结合黏结强度检测。

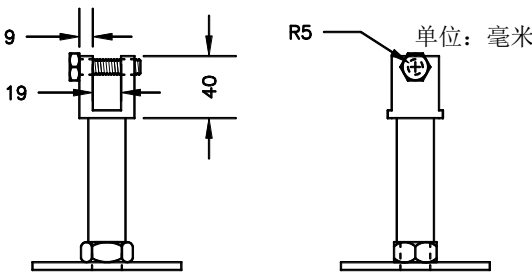
B.2 仪器与材料

B.2.1 拉拔仪

- 1) 锚杆拉力计：量程 100kN；
- 2) 传感器：量程 30kN，精度 $\pm 0.1\%$ （FS）；
- 3) 数显仪表：峰值保持，供电电源直流 12V，使用温度 0℃～50℃；
- 4) 测力器：由反力架、传力杆、连接器、黏贴件等组成；
- 5) 黏贴件：黏结芯样表面，并与传力杆连接。

B.2.2 辅助仪器

- 1) 钻芯取样机：钻头直径 10cm；
- 2) 黏结材料：AB 胶或环氧树脂等。AB 胶比例为 1:1，环氧树脂与乙二胺掺配比例为 100:7；
- 3) 钢板尺：量程 30cm；
- 4) 路表温度计：分度不大于 1℃；
- 5) 其他：小铲、螺丝刀、搅拌皿、坩埚钳、毛刷、手套、防毒面罩、标签纸。



单位：毫米

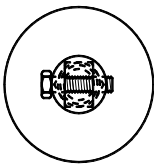


图 1 拉拔仪示意图图 2 黏贴件

说明:

1——传力杆; 2——传感器; 3——锚杆拉力计的千斤顶; 4——粘贴件; 5——反力架。

B.3 方法与步骤

B.3.1 选点

- a) 未铺筑上结构层的黏结强度检测, 点位选择一般在行车道与硬路肩间的标线位置, 每组试验不少于 3 个测点; 铺筑上结构层后黏结强度检测时, 点位选择及检测频度与压实度相同;
- b) 选点后首先应在测点周围设置安全隔离区, 特别是在非封闭的道路上进行检测时, 更应注意安全。

B.3.2 钻芯

未铺筑上结构层时透层、黏层、封层检测黏结强度无需钻芯; 铺完上结构层后检测, 在选点位置确定后, 需钻取直径为 10cm 芯样, 钻孔深度比待检测位置深 (0.5~1) cm, 切忌扰动芯样。

B.3.3 黏结

将调制好的黏结材料涂于测点或芯样、黏贴件表面, 再将黏贴件放于测点或芯样上面, 轻轻旋转、挤压粘贴件, 保证黏贴件与芯样表面完全黏贴。黏贴材料选择下述方法中的一种:

- a) 将 AB 胶按 1:1 比例混合;
- b) 量取一定量的环氧树脂倒入搅拌器皿中, 加入相当于环氧树脂用量 6%~8% 的乙二胺, 充分搅拌均匀成粘稠状。

B.3.4 黏结强度测试步骤

- a) AB 胶黏结 30 分钟 (环氧树脂粘结 4 小时) 后开始拉拔, 试验开始应实测记录地表温度, 调查前 5 小时平均气温 (精确到 1℃);
- b) 将反力架垂直居中安放在黏贴件之上, 安装传感器, 并与黏贴件连接。将数显仪接 12V 的直流电源, 在野外试验时可接汽车电瓶电源。放置锚杆拉力计的液压缸于反力架上, 连接高压油管与液压缸, 调节传力杆上端螺丝以调整连接器高度, 连接黏贴件和传感器;
- c) 数显仪归零, 关闭拉力计卸荷阀, 按 50mm/min 速度进行加压, 当数显仪数值不再增加时, 说明芯样被拉断, 可以停止加压, 读取峰值 F;
- d) 打开卸荷阀, 断开高压油管和液压缸, 拧开螺栓, 移走反力架, 将芯样取

出,观察并记录断裂状态、芯样高度(cm),并在芯样上贴标签注明编号、桩号、拉拔力峰值等。若为结构层断裂,试验数据应舍弃;

e) 将使用过的粘贴件用沸水煮 5~10 min 后用小铲清理表面,也可加热黏贴件,用小铲进行清理。

B.3.5 计算

B.3.5.1 若断裂面符合测试要求,黏结强度按公式 (B.1) 计算:

$$\sigma_T = \frac{P_\sigma}{A} = \frac{P_\sigma}{\pi \cdot r^2} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

- P_σ —拉拔力, N;
- σ_T —检测温度 T 条件下黏结强度, MPa;
- A —黏结面积, mm²;
- r —芯样半径, mm。

B.3.5.2 沥青铺装层层间结合粘结强度检测温度以 20℃为准,其他温度检测时应进行温度修正。检测温度与温度修正系数对照见表 B.3.5.2,其他温度下粘结强度值按照直线内插法确定。

表 B.3.5.2 粘结强度温度修正系数表

层间结合温度/℃	修正系数
10	0.2
15	0.5
20	1.0
25	1.7
30	2.8
35	4.2
注:检测到的粘结强度与修正系数相乘为修正后的粘结强度值。	

沥青铺装层层间结合温度 T 按式 (B. 2) 计算:

$$T = a + bT_0 \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

- T ——测定时沥青铺装层层间结合温度;
- a ——系数, $a = -2.65 + 0.52h$;
- b ——系数, $b = 0.62 - 0.008h$;

h ——测定层间结合距路表深度，cm；

T_0 ——测定时路表温度与前 5 小时平均气温之和，℃。

B. 3. 5. 3 评定路段内（1km~3km 或已施工路段）粘结强度按代表值进行评定：

- a) 未铺筑上结构层的粘结强度结果温度修正后，应按试验数据的离散程度进行数据剔除，有效数据用于粘结效果评定；已铺筑上结构层的粘结强度结果进行温度修正后，进行粘结强度评定。
- b) 粘结强度代表值为粘结强度算术平均值的下置信界限值，按式(B. 3)计算：

$$P_L = \bar{P} - \frac{t_\alpha}{\sqrt{n}} S \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

P_L ——粘结强度代表值（算术平均值下置信界限）；

$\bar{P}$ ——粘结强度平均值；

S ——标准差；

n ——有效数据数量；

t_α —— t 分布表中随测点数和保证率（或置信度 α ）而变的系数，可查 JTG

F80/1 附表 B。

- c) 采用的保证率：

- 1) 高速公路、一级公路保证率为 95%。
- 2) 其他等级公路保证率为 90%。

- d) 数据剔除：测定值中某个测定值与平均值之差大于标准差的 k 倍时，该试验数据应予以舍弃。有效点位数目与 k 值对照表见表 B3. 5. 3。

表 B3.5.3 有效点位数目与 k 值对照表

有效点位数目	3	4	5	6	7	8	9	10
k	1. 15	1. 46	1. 67	1. 82	1. 94	2. 03	2. 11	2. 18

B. 4 报告

试验报告中应包含如下信息：

- a) 工程信息：工程名称、桩号、修建年限或日期、粘结层施工时间、路面结

构、层间结合材料；

b) 试验信息：检测时间、拉拔力峰值、试验地表温度、试验时前 5 小时平均气温。

示例：粘结强度检测报告如表 B. 4。

表 B.4 公路沥青铺装层粘结强度检测报告

工程名称		修建日期		粘结层施工时间	
上结构层		层间粘结材料		调查前 5 小时平均气温/℃	
下结构层		检测时间			
试验编号	检测位置	拉拔力/kN	粘结强度/MPa	试验温度/℃	修正值/MPa
1					
2					
3					
备注					
试验人员			记录人员		

附录 C 抗剪强度检测方法

C.1 适用范围

C.1.1 本方法适用于室内公路沥青铺装层层间结合抗剪强度检测。

C.2 仪器与材料

C.2.1 仪器与材料要求

- a) 万能材料试验机：量程 50kN，精确度 0.5%；
- b) 操作系统：万能试验机配套操作系统；
- c) 试模：角度 40° ，内径 5cm，由上、下垫块和上下模具组成；
- d) 钢垫片：直径 10cm，厚度为 1mm、2mm、5mm、10mm 若干；
- e) 恒温箱：量程 $0^\circ\text{C}\sim 60^\circ\text{C}$ ，精度 1°C ；
- f) 钻芯取样机：钻头直径 10cm。

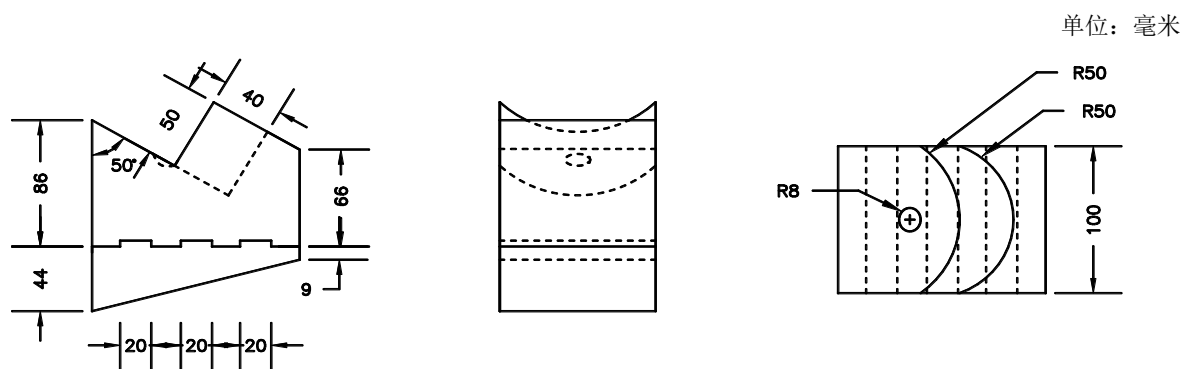


图 3 抗剪强度试验试模

C.3 方法与步骤

C.3.1 选点

a) 抗剪强度检测时，应在铺筑完上结构层的路表面选点，测点位一般在行车道与硬路肩间的标线位置；

b) 选点后应在测点周围设置安全隔离区，在非封闭的道路上进行检测时，更应注意安全。

C.3.2 钻芯

a) 选点位置确定后，用钻芯机钻取直径为 10cm 芯样，钻孔深度到待检测层间结合的下一结构层底部，钻出的芯样应包括上结构层、层间粘结材料层以及下

结构层（沥青面层或基层）。

b) 将钻出的芯样贴标签纸后装入备用的塑料袋中，带回室内。

C.3.3 切割、修整

若结构层厚度大于 5cm，应采用切割机切割为 5cm；若结构层厚度不足 5cm，需在试模与试件间加垫片，垫片选择依据结构层厚度。

C.3.4 保温

将切割修整好的试件及试模放入 20℃恒温箱中保温 4 小时以上。

C.3.5 试验

开启万能试验机操作系统，将保温好的试件，安放于试模中，放置于万能试验机的试验台上。调节试验机横梁位置，以与试模上表面刚接触为好。开启试验机以 50mm/min 速度向下移动，试验系统记录应力-位移曲线及峰值，当试件破坏或应力-位移曲线出现峰值时停止试验。

C.3.6 计算

C.3.6.1 抗剪强度按公式 (C.1) 计算：

$$\tau_T = \frac{P_t}{A} \cdot \sin 40^\circ = 0.64 \times \frac{P_t}{\pi \cdot r^2} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

P_t —抗剪力，N；

τ_T —检测温度 T 条件下抗剪强度，MPa；

A —黏结面积， mm^2 ；

r —芯样半径，mm。

C.3.6.2 评定路段内（1km~3km 或已施工路段）抗剪强度按代表值进行评定，评定方法与 B.3.5.3 中已铺筑上结构层粘结强度评定方法相同。

C.4 报告

试验报告中应包含如下信息：

- a) 工程信息：工程名称、桩号、修建年限或日期、粘结层施工时间、检测时间、路面结构、层间结合材料；
- b) 试验信息：压应力峰值。

示例：抗剪强度检测报告如表 C.1。

表 C.1 公路沥青铺装层抗剪强度检测报告

工程名称			修建日期		检测时间	
上结构层			粘结层施工时间			
下结构层			层间粘结材料			
试件编号	检测位置	压应力/kN	抗剪强度/MPa		平均值/MPa	
1						
2						
3						
备注						
试验人员			记录人员			

附录 D 数据处理及评定

D.0.1 评定路段内（1~3km 或已施工路段）黏结强度、抗剪强度按代表值进行评定。

D.0.2 黏结强度结果进行温度修正后，进行黏结强度评定。

D.0.3 黏结强度、抗剪强度代表值为算术平均值的下置信界限值，按式(D.1)、(D.2)计算：

$$P_L = \bar{P} - \frac{t_\alpha}{\sqrt{n}} S \dots\dots\dots (D.1)$$

$$\tau_L = \bar{\tau} - \frac{t_\alpha}{\sqrt{n}} S \dots\dots\dots (D.2)$$

式中： P_L ——黏结强度代表值（算术平均值下置信界限）；
 $\bar{P}$ ——黏结强度平均值；
 τ_L ——黏结强度代表值（算术平均值下置信界限）；
 $\bar{\tau}$ ——黏结强度平均值；
 S ——标准差；
 n ——有效数据数量；
 t_α —— t 分布表中随测点数和保证率（或置信度 α ）而变的系数，可查 JTG

F80/1 附表 B。

D.0.4 采用的保证率：

- 1) 高速公路、一级公路保证率为 95%。
- 2) 其他等级公路保证率为 90%。

D.0.5 数据剔除：测定值中某个测定值与平均值之差大于标准差的 k 倍时，该试验数据应予以舍弃。有效点位数目与 k 值对照表见表 D.1。

表 D.1 有效点位数目与 k 值对照表

有效点位数目	3	4	5	6	7	8	9	10
k	1.15	1.46	1.67	1.82	1.94	2.03	2.11	2.18

附录 E 黏结强度温度修正

E.0.1 沥青铺装层层间结合黏结强度检测温度以 20℃为准，其他温度检测时应进行温度修正。检测温度与温度修正系数对照见表 E.1，其他温度下黏结强度值按照直线内插法确定。

表 E.1 黏结强度温度修正系数表

层间结合温度/℃	修正系数
10	0.2
15	0.5
20	1.0
25	1.7
30	2.8
35	4.2
注：检测到的黏结强度与修正系数相乘为修正后的黏结强度值。	

E.0.2 沥青铺装层层间结合温度 T 按式(E.1)计算：

$$T = a + bT_0 \dots\dots\dots (E.1)$$

式中：

T ——测定时沥青铺装层层间结合温度；

a ——系数， $a = -2.65 + 0.52h$ ；

b ——系数， $b = 0.62 - 0.008h$ ；

h ——测定层间结合距路表深度，cm；

T_0 ——测定时路表温度与前 5 小时平均气温之和，℃。

E.0.3 报告

- 试验报告中应包含如下信息：
- a) 工程信息：工程名称、桩号、修建年限或日期、黏结层施工时间、路面结构、层间结合材料；
 - b) 试验信息：检测时间、拉拔力峰值、试验地表温度、试验时前 5 小时平均气温。

附录 F 黏结强度试验记录及报告

表 F.1 公路沥青铺装层黏结强度检测报告

工程名称		修建日期		黏结层施工时间	
上结构层		层间黏结材料		调查前 5 小时 平均气温/℃	
下结构层		检测时间			
试验编号	检测位置	拉拔力/kN	黏结强度 /MPa	试验温度/℃	修正值/MPa
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
.....					
备注					
试验人员			记录人员		

附录 G 抗剪强度试验记录及报告

表 G.1 公路沥青铺装层抗剪强度检测报告

工程名称		修建日期		黏结层施工时间	
上结构层		层间黏结材料		试验温度/℃	
下结构层		检测时间			
试验编号	检测位置	破坏荷载/kN	抗剪强度/MPa		备注
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
.....					
备注					
试验人员			记录人员		

附录 H 沥青铺装层层间结合基本要求

H.1 下承层

H.1.1 透层、下封层施工前应对基层进行检查，基层质量不符合 DB14/T 160 相关规定的不能进行透层、下封层洒铺。

H.1.2 以旧沥青路面作基层时，应根据旧路面质量，确定修补、铣刨、加铺罩面层等维修方案。加铺沥青层前，应先对坑槽、翻浆等病害进行局部处理，清扫旧路表面后喷洒黏层油。

H.1.3 水泥混凝土路（桥）面加铺沥青面层时，应对水泥混凝土表面作抛丸、清除桥面浮浆、凿毛等处理，处理后表面保持洁净、完全干燥时，方可洒铺防水黏结层。

F.1.4 洒布透层油、黏层油前，应将路表面清扫干净，对路缘石及其他人工构造物采取遮挡防护措施以防止污染。

H.2 材料

H.2.1 施工前应检查各种层间黏结材料的来源和质量，所有材料都应按规定取样检测，经质量认可后方可使用。

H.2.2 各种材料都应在施工前以“批”为单位进行检查，检查频度不应低于 DB14/T 160 的相关规定。材料试样的取样数量应按 JTG F40 的规定进行。

注：“批”是指从同一来源、同一次购入的相同规格材料。

H.2.3 工程开始前，应对材料的存放场地、防雨和排水措施进行确认。

H.2.4 使用成品改性沥青的工程，应要求供应商提供的改性剂型号、道路石油沥青和改性沥青的质量检测报告；使用现场改性沥青的工程，应对试生产的改性沥青进行检测确认。

H.2.5 透层宜采用液体沥青、乳化沥青、煤沥青等渗透性好的材料，优先采用高渗透性的乳化沥青；封层可采用道路石油沥青、改性沥青或乳化（普通、改性）沥青；黏层可采用改性乳化沥青。

H.2.6 乳化沥青中固含量应大于 50%；道路石油沥青、改性沥青、改性乳化沥青使用前技术要求应按照 DB14/T 160 执行。

H.3 黏结层施工

H.3.1 黏结层施工时，应符合以下要求：

- a) 施工前应对洒布机等各种施工机械和设备进行调试，对机械设备的配套情况、技术性能、传感器计量精度等进行检查。
- b) 高等级公路透层油、黏层油喷洒须采用智能沥青洒布车施工，沥青洒布车的车速及材料的洒布量应保持均匀、稳定。低等级、轻交通量公路采用其他方式施工的，必须确保喷洒厚度的均匀与一致,如有遗漏时，应及时进行人工补洒。
- c) 透层、封层、黏层洒铺后，需进行养生，养生时间为透层、黏层层间黏结材料实干时间，养生期内，严禁车辆、行人通过，待其充分渗透，水分蒸发后方可铺筑沥青面层。铺筑沥青面层之前应防止污染，确保黏结层的完好与层间黏结效果。
- d) 黏结层在大面积施工前应先铺筑试验段，长度为(100~200)米。

H.3.2 透层的施工工艺、质量控制应参照 JTJ F40 及 DB14/T160 执行。

H.3.3 封层宜采用稀浆封层、微表处或表面处治，施工工艺、质量控制应参照 JTJ F40 及 DB14/T160 执行。若透层+下封层一体化施工，乳化沥青洒布量宜为 $(1.6 \sim 1.8) \text{ L/m}^2$ ，折合沥青用量为 $(0.8 \sim 0.9) \text{ kg/m}^2$ ，可一次洒布成型，也可分两次完成。透层油洒布后应同时撒铺 $(2.36 \sim 4.75) \text{ mm}$ 石屑，撒布量为 $(2 \sim 3) \text{ m}^3/1000\text{m}^2$ 。

H.3.4 黏层改性乳化沥青洒布量一般为 $(0.3 \sim 0.5) \text{ L/m}^2$ ，折合沥青用量一般为 $(0.15 \sim 0.25) \text{ kg/m}^2$ ；水泥混凝土路（桥）面洒布量为 $(0.6 \sim 0.8) \text{ L/m}^2$ ，折合沥青用量一般为 $(0.3 \sim 0.4) \text{ kg/m}^2$ ，具体洒布量应根据试洒确定。

H.3.5 水泥混凝土桥面铺装防水黏结层施工，可采用人工喷洒或涂刷专用桥面防水层材料、热沥青。采用同步碎石桥面防水层时，应保证防水黏结层的厚度均匀，SBS 改性沥青洒布量为 $(1.6 \sim 1.8) \text{ kg/m}^2$ ；同时撒铺 $(4.75 \sim 9.5) \text{ mm}$ 洁净集料，撒布量为 $(3 \sim 4) \text{ m}^3/1000\text{m}^2$ ，集料满铺率宜为 60%。

附录 I 数据计算及评定

I.1.1 评定单元内实测项目按规定频率进行检测；计算各实测项目代表值，进行质量评定。

I.1.2 沥青铺装层层间黏结强度、抗剪强度实测结果应进行温度修正，修正后计算代表值，进行强度质量评定。

I.1.3 各实测项目代表值计算前，应对实测数据进行变异性分析，提出变异数据。

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，该测定应予以舍弃，并以其余测定值的平均值作为试验结果。试验数目 n 与 k 值对照表见表 I.1.3。

表 I.1.3 有效点位数目与 k 值对照表

n	3	4	5	6	7	8	9	10
k	1.15	1.46	1.67	1.82	1.94	2.03	2.11	2.18

I.1.4 黏结强度、抗剪强度代表值为算术平均值的下置信界限值，按式 (I.1)、式 (D.2) 计算：

$$\sigma_d = \bar{\sigma} - \frac{t_\alpha}{\sqrt{n}} S_n \dots\dots\dots (I.1)$$

$$\tau_d = \bar{\tau} - \frac{t_\alpha}{\sqrt{n}} S_n \dots\dots\dots (I.1)$$

式中：

σ_d —黏结强度代表值，MPa；

$\bar{\sigma}$ —经温度修正后的黏结强度平均值，MPa；

τ_d —剪切强度代表值，MPa；

$\bar{\tau}$ —经温度修正后的剪切强度平均值，MPa；

S_n —样本标准差；

n —采集样本数量；

t_α — t 分布中随测点数和保证率 α 而变的系数。

D.1.5 各等级公路质量评定采用的保证率，高速公路、一级公路保证率为 95%，其他等级公路保证率为 90%。

表 I.1.5 不同等级公路 $t_{\alpha}/\sqrt{n}$ 值

$t_{\alpha}/\sqrt{n}$ n	高速公路、一级公路 $\alpha=95\%$	其他等级公路 $\alpha=90\%$
2	4.465	2.176
3	1.686	1.089
4	1.177	0.819
5	0.953	0.686
6	0.823	0.603
7	0.734	0.544
8	0.670	0.500
9	0.620	0.466
10	0.580	0.437