

ICS 93.080

F 66

中华人民共和国国家质量监督
检验检疫总局备案号: 43848-2014

DB53

云南省地方标准

DB53/T 651—2014

农村公路典型路面 结构与施工技术指南

2014—11—14 发布

2015—01—15 实施

云南省质量技术监督局 发布

目 次

前言	V
引言	VI
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
3.1	1
农村公路	1
3.2	1
旧混合料	1
3.3	1
水泥稳定就地冷再生路面 on-site cold recycling with cement as stabilizing agent.....	2
3.4	2
轻交通	2
3.5	2
中等交通	2
3.6	2
填隙碎石	2
3.7	2
固化土	2
3.8	2
弹石路面	2
3.9	2
弹石路面升级改造	2
4 水泥稳定就地冷再生设计与施工技术	2
4.1 旧路面调查分析	2
4.1.1 一般规定	2
4.1.2 旧路面资料收集与分析	3
4.1.3 旧路面状况调查与评价	3
4.1.4 交通量调查	4
4.2 结构组合设计	4
4.2.1 一般规定	4
4.2.2 结构组合设计方法	4
4.3 混合料组成设计	5
4.3.1 一般规定	5
4.3.2 材料	6
4.3.3 混合料设计方法	7

4.4 施工工艺	8
4.4.1 一般规定	8
4.4.2 工艺流程	9
4.4.3 施工放样	9
4.4.4 旧路处理	9
4.4.5 准备拟掺配的材料	9
4.4.6 冷再生机组就位	9
4.4.7 冷再生机铣刨与拌合	10
4.4.8 整形碾压	10
4.4.9 接缝和调头处的处理	10
4.4.10 养生及交通管制	10
4.5 质量控制	11
4.5.1 一般规定	11
4.5.2 质量控制标准	11
5 固化土设计与施工技术	13
5.1 固化剂的选择及典型结构组合	13
5.1.1 固化剂的选用原则	13
5.1.2 固化剂适用条件	13
5.1.3 固化土路面结构组合	13
5.2 固化土配合比设计	14
5.2.1 配合比设计方法	14
5.2.2 固化类混合料掺配比例	15
5.3 液体固化剂固化土路面路拌法施工工艺	15
5.3.1 液体固化土路面施工流程	16
5.3.2 施工要点	16
5.4 粉状固化剂固化土路面路拌法施工工艺	17
5.4.1 粉状固化土路面施工流程	17
5.4.2 施工要点	17
5.5 固化土路面厂拌法施工	18
5.5.1 厂拌法固化土路面施工流程	18
5.5.2 一般规定	18
5.5.3 设置拌合设备	18
5.5.4 混合料拌合及运输	18
5.5.5 摊铺及碾压	19
5.5.6 养生	19
5.6 固化土路面施工质量控制	19
5.6.1 质量要求	19
5.6.2 施工质量管理规定	20
6 弹石路面升级改造设计与施工技术	20
6.1 弹石路面评价及修复	20
6.1.1 旧路评价	20
6.1.2 手持式落锤式弯沉仪试验方法及试验要求	20

6.1.3 评价指标	21
6.1.4 旧路修复	22
6.2 弹石路面升级改造沥青路面典型结构	22
6.2.1 面层类型	22
6.2.2 基层类型	22
6.2.3 结构组合设计	22
6.2.4 弹石路面升级改造沥青路面典型结构	23
6.3 弹石路面升级改造基层施工工艺	23
6.3.1 级配碎石	23
6.3.2 底基层和基层施工	23
6.4 弹石路面加铺沥青表面处治施工工艺	24
6.4.1 一般规定	24
6.4.2 材料及配合比设计	24
6.4.3 施工准备	26
6.4.4 施工方法	26
6.4.5 养护	27
6.4.6 施工质量控制	27
6.5 弹石路面加铺薄层沥青混凝土施工工艺	28
6.5.1 一般规定	28
6.5.2 材料及配合比设计	28
6.5.3 施工准备	29
6.5.4 施工方法	29
6.5.5 养护	30
6.5.6 施工质量控制	30
6.6 弹石路面加铺沥青碎石施工工艺	31
6.6.1 一般规定	31
6.6.2 材料及配合比设计	31
6.6.3 施工准备	31
6.6.4 施工方法	31
6.6.5 养护	33
6.6.6 施工质量控制	33
6.7 弹石路面加铺沥青贯入式施工工艺	33
6.7.1 一般规定	33
6.7.2 材料及配合比设计	33
6.7.3 施工准备	34
6.7.4 施工方法	35
6.7.5 养护	36
6.7.6 施工质量控制	36
6.8 弹石路面升级改造水泥混凝土路面典型结构	37
6.8.1 基层	37
6.8.2 结构组合设计	37
6.8.3 施工工艺及质量控制	37
6.8.4 养护及施工质量控制	39

DB53/T 651—2014

附 录 A（规范性附录）	水泥稳定冷再生结构层组合设计算例	41
附 录 B（规范性附录）	云南省农村公路弹石路面升级改造沥青路面典型结构	47
附 录 C（规范性附录）	云南省农村公路水泥路面典型结构	59

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由云南省交通运输厅提出。

本标准由云南省交通运输标准化技术委员会（YNTC 13）归口。

本标准主要起草单位：云南省交通运输厅工程质量监督局，长安大学。

本标准主要起草人：和 昆、郝培文、封基良、刘红瑛、王晞芸、甘 英、徐金枝、李民伟、张海伟、黄思杰、杨 勇、梁建军。

引 言

本标准针对云南省农村公路的实际情况,结合云南省交通科技项目“云南农村公路新型路面典型结构研究”的研究成果与工程实践经验,参照国内外有关技术标准编写而成。内容包含水泥稳定就地冷再生、固化土和弹石路面升级改造的设计与施工技术、农村公路的典型结构及质量控制措施,可供农村公路建设部门参考和使用。

请有关单位在执行本指南过程中,注意总结经验,积累资料,随时将问题和建议函告云南省交通运输厅工程质量监督局(地址:云南省昆明市官渡区云秀路,邮政编码:650214),以便修订。

农村公路典型路面结构设计及施工技术指南

1 范围

本标准规定了云南省农村公路路面典型结构设计施工技术指南的术语和定义、水泥稳定就地冷再生设计施工技术、固化土设计施工技术、弹石路面升级改造设计施工技术的基本要求。

本标准适用于云南省采用三级及三级以下各等级农村公路的新建、改（扩）建项目。其它公路工程项目可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件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文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。

JTG E51-2009 公路工程无机结合料稳定材料试验规程

JTJ 034-2000 公路路面基层施工技术规范

JTG F80/1-2004 公路工程质量检验评定标准（第一册 土建工程）

JTG E60-2008 公路路基路面现场测试规程

JTG E40-2007 公路土工试验规程

JTG D50-2006 公路沥青路面设计规范

JTD/TB01-2009 云南省农村公路工程技术标准

JTG F40-2004 公路沥青路面施工技术规范

JTG E20-2011 公路工程沥青及沥青混合料试验规程

JTG F30-2003 公路水泥混凝土路面施工技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义使用本文件。

3.1

农村公路

连接城市、乡村，主要供汽车通行，为农村生产、生活服务的公路，包括县道、乡道和村道。

3.2

旧混合料

对需要再生的路面，经再生机（或铣刨机）按规定的深度、行进速度和转子速度进行铣刨后得到的具有一定级配的混合料。

3.3

水泥稳定就地冷再生路面 on-site cold recycling with cement as stabilizing agent

在旧混合料（必要时加入一定比例的新料）中，加入一定剂量的水泥，在最佳含水量状态下拌和形成再生混合料，通过整形、碾压、养生形成符合设计要求的路面基层或底基层。

3.4

轻交通

考虑车道系数后，设计年限内一个车道上的标准累计当量轴次数小于 3×10^6 次，道路的交通等级称为轻交通。

3.5

中等交通

考虑车道系数后，设计年限内一个车道上的标准累计当量轴次数在 $3 \times 10^6 \sim 1.2 \times 10^7$ 范围内，道路的交通等级称为中等交通。

3.6

填隙碎石

用单一尺寸的粗碎石做主骨料，形成嵌锁结构，起承受和传递车轮荷载的作用，用石屑做填隙料，填满碎石间的孔隙，增加密实度和稳定性，这种材料称做填隙碎石。

3.7

固化土

按照一定的掺配比例，将某种土壤固化材料掺入到需要固化的土壤中，以改善和提高该种土壤的力学性能、耐久性和抗变形性能。

3.8

弹石路面

在基层上摊铺砂垫层后，再铺砌经人工或机械加工形成的不整齐、半整齐或整齐块石，通过嵌缝填隙压实形成的一种路面结构。

3.9

弹石路面升级改造

对满足一定条件的弹石路面加铺沥青面层（沥青混凝土、沥青表面处治、沥青碎石、沥青贯入式）或水泥混凝土面层，使新旧结构层结合在一起，从而增强路面强度，改善路面行驶性能，最终延长路面的使用寿命。

4 水泥稳定就地冷再生设计与施工技术

4.1 旧路面调查分析

4.1.1 一般规定

4.1.1.1 在水泥稳定就地冷再生工程实施之前，应对旧路面的设计、建设相关资料，技术状况，交通荷载情况等方面内容进行调查和综合分析，为材料设计、结构设计提供依据，防止现场施工时因准备不足而中断。

4.1.1.2 旧路面调查的内容应完整准确，并进行系统分析和评价。

4.1.2 旧路面资料收集与分析

4.1.2.1 收集旧路面结构形式、材料类型、施工工艺等方面的资料。

4.1.2.2 收集旧路面在使用期内的路面检测资料和养护资料，分析路面主要病害及成因。

4.1.2.3 收集旧路面水文地质状况、既有路基和构造物工程（如桥梁、涵洞）的使用情况以及气象（如温度、降雨）资料。

4.1.3 旧路面状况调查与评价

4.1.3.1 旧路面状况调查内容一般包括：外观评估、开挖测试坑、现场承载板试验。

4.1.3.2 对旧路面进行外观检查，对道路的表面损坏进行判别，确定路面损坏模式，为进一步检测提供依据。各种损坏模式、损坏类型及具体描述见表 1。

表1 损坏模式和类型

损坏模式	损坏类型	具体描述
表面损坏	环境损坏	松散、高温损坏
	交通损坏	松散、泛油、磨光
结构损坏	永久变形	车辙、推移、沉陷
	裂缝	纵向裂缝、横向裂缝、龟裂
	其他损坏	坑槽、补丁、缺角
功能损坏	水损害	侵蚀、翻浆
	疲劳剪切破坏	波浪、起皱

4.1.3.3 通过对具有代表性的路段开挖测试坑，获得旧路各结构层厚度、性状（如开裂程度、水泥稳定层的水泥粘结度或碳酸化程度）以及路基干湿类型等详细信息，判断破坏路面层位及可再生利用程度。测试坑可按照以下几个要求进行开挖：

- a) 对每一均匀路段，测试坑每公里每车道应不少于一个。通常在车道外侧轮迹带开挖。
- b) 测试坑通常长 1.2m、宽 1m、深 0.5m~1m，具体尺寸可根据道路结构进行调整。
- c) 测试坑需仔细开挖，每层材料应分开堆放，以便取样。样品应放置在密封的容器内，用于测定含水量。测试坑开挖完毕，应拍照并详细记录测试坑的路面轮廓。

4.1.3.4 通过现场承载板试验确定旧路各层底部的复合模量，以确定旧路承载力并作为结构设计的依据。

- a) 现场承载板试验宜选在一年中的最不利季节进行，若在非最不利季节进行试验可按当地经验或参照 JTG 014-97 要求进行不利季节影响系数折减；测点位置宜与测试坑相同或在测试坑附近。

b) 对每一均匀路段，每车道应不少于两个测点，同一均匀路段中若某一测点的数值高于（或低于）平均值的 30%，应增加测点数量，同时对数值过低点附近的路段应仔细调查，看是否存在路基沉陷等下部结构层损坏问题。

c) 试验方法参照 JTGE60-2008 中关于土基回弹模量测试方法进行。

d) 最底部测定点处的深度应大于预估的最大可能再生深度。

4.1.4 交通量调查

4.1.4.1 进行交通量调查，为路面结构设计和材料设计提供依据。调查内容包括：交通量、轴载组成等。

4.1.4.2 对施工过程中难以封闭交通的道路，以交通量调查结果为依据，设计施工过程中交通组织方案，合理安排道路的施工与运营。

4.2 结构组合设计

4.2.1 一般规定

4.2.1.1 水泥稳定冷再生沥青路面结构设计仍以双圆垂直均布荷载作用下的弹性层状体系理论为基础。标准轴载选取、轴载换算方法、路面设计年限确定、交通量增长率、车道系数、交通等级划分、设计指标选取及验算方法均按现行沥青路面设计规范要求执行。

4.2.1.2 水泥稳定就地冷再生层设计参数应以实测值为准，当缺乏条件无法取得实测值时，可参照水泥剂量为 4%~6% 时，抗压回弹模量 E 值为 1000MPa~1600MPa，劈裂强度值为 0.4MPa~0.6MPa；水泥剂量为低值或/和不掺加碎石时设计参数取低值，水泥剂量为高值或/和掺加碎石时设计参数取高值。

4.2.1.3 根据旧路面设计强度和路况调查中得到的路面损坏情况，预估冷再生结构层厚度，并检测冷再生结构层下承层的当量回弹模量，试算后确定再生层的厚度，最小厚度应不小于 18cm。

4.2.1.4 由路况调查中现场承载板试验获得的原路各层下部复合模量，采用内插法确定预估的道路铣刨深度处下层复合模量，以此模量作为再生层底部模量，见图 1。

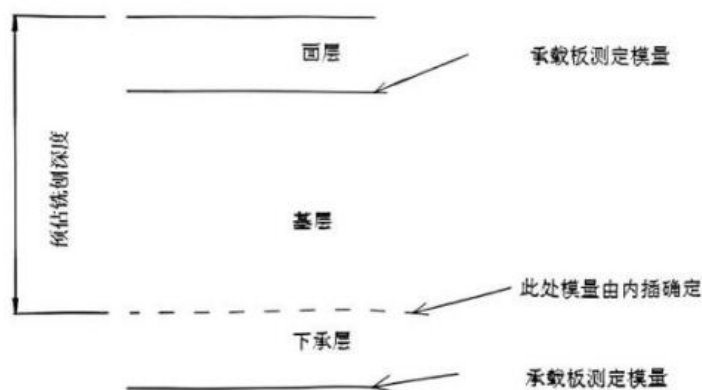


图1 内插法确定再生层底部模量

4.2.2 结构组合设计方法

4.2.2.1 路面结构设计具体步骤及流程如图 2。

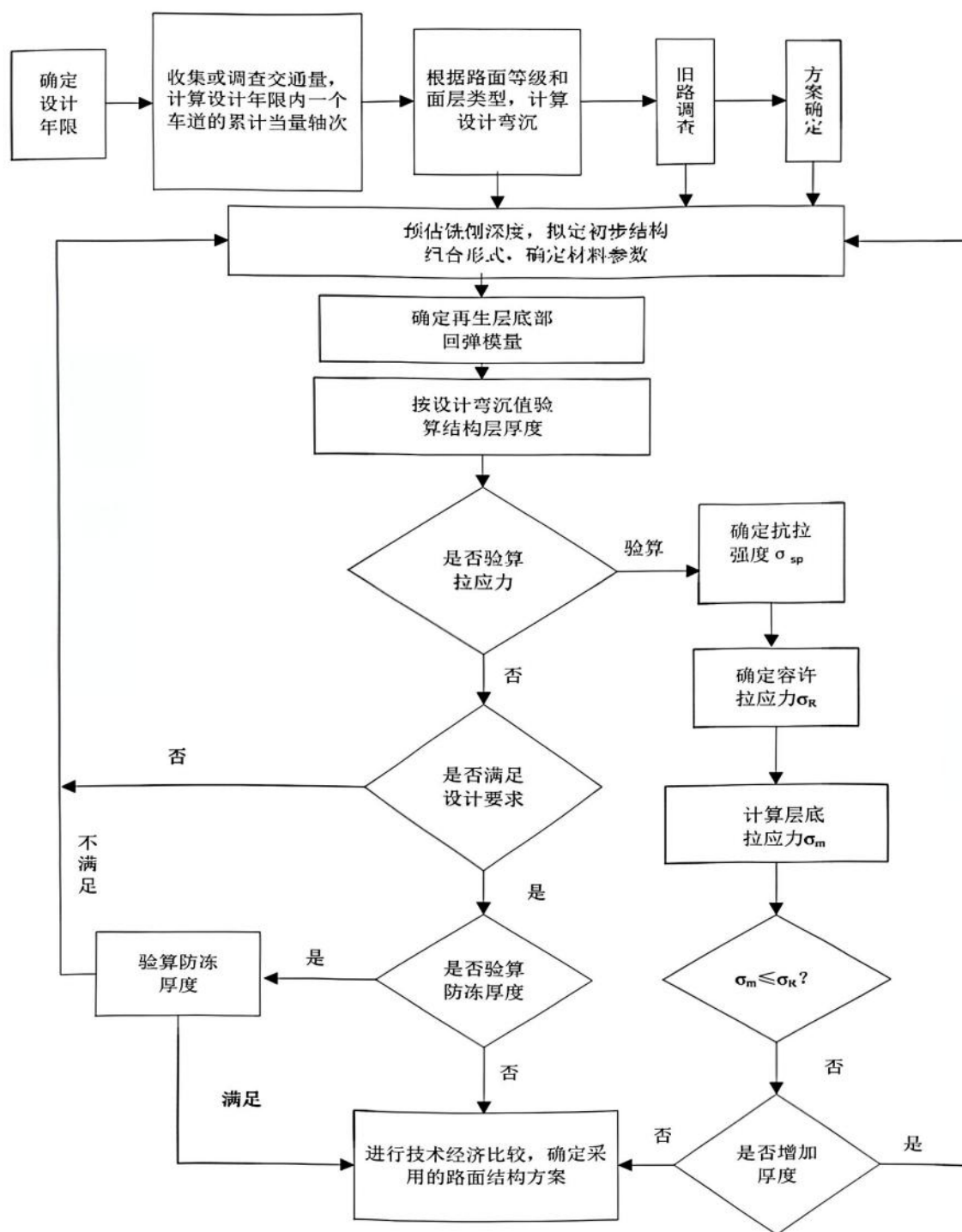


图2 水泥就地冷再生路面结构设计程序框图

4.2.2.2 路面结构设计计算例见附录 A

4.3 混合料组成设计

4.3.1 一般规定

4.3.1.1 水泥稳定就地冷再生混合料的组成设计应根据表2的强度标准,通过试验确定必需的水泥剂量和混合料的最佳含水量,在需要改善混合料的物理力学性质或级配时,还应确定掺加新料的规格和比例。

表2 水泥稳定再生料 7d 无侧限抗压强度标准

层位	抗压强度 (MPa)	
	中等交通 ($3 \times 10^6 < Ne < 1.2 \times 10^7$)	轻交通 ($Ne < 3 \times 10^6$)
基层	3~4	2.5~3.5
底基层	≥ 2.0	≥ 1.5

注: Ne为路面设计年限内一个车道的累计当量轴次,具体计算方法参照JTG D50-2006

4.3.1.2 原道路为沥青混合料、级配碎石、未筛分碎石、砂砾、碎石土、砂砾土、煤矸石和各种粒状矿渣均适宜用水泥稳定就地冷再生。

4.3.1.3 进行室内配合比设计时所用的铣刨料应使用冷再生机在现场取得,在现场取料时为保证混合料的代表性和均匀性应注意以下几个方面:

- 应按预定深度将面层和基层一次性整体破碎。
- 应保证冷再生机在预定深度匀速行驶至少 6m 以上。
- 取料的试坑应尽可能的垂直向下挖,并挖到再生层底部。

4.3.1.4 水泥稳定就地冷再生混合料的各项试验应按 JTG E51-2009 进行。

4.3.1.5 水泥剂量应控制在 4%~6%,如果铣刨旧料级配不良或混合料强度达不到设计要求,应添加新料改善集料级配。

4.3.2 材料

4.3.2.1 水泥稳定就地冷再生混合料其颗粒组成应在表3范围内。

表3 水泥稳定就地冷再生混合料的颗粒组成范围

筛孔尺寸 (mm)	通过质量百分率 (%)	筛孔尺寸 (mm)	通过质量百分率 (%)
37.5	90~100	2.36	20~70
26.5	66~100	1.18	14~57
19	54~100	0.6	8~47
9.5	39~100	0.075	0~30
4.75	28~84		

4.3.2.2 在水泥稳定就地冷再生层施工前,需对铣刨料和新料(如需掺加)按 JTG E51-2009 中要求进行原材料试验。

4.3.2.3 有机质含量超过 2%或硫酸盐含量超过 0.25%的旧路混合料,不得用于水泥稳定就地冷再生。

4.3.2.4 选用初凝时间 3h 以上和终凝时间较长(宜在 6h 以上)的普通硅酸盐水泥,不应使用快硬水泥、早强水泥以及已受潮变质的水泥。宜采用 32.5 级或 42.5 级的水泥。

4.3.2.5 凡是饮用水(含牲畜饮用水)均可用于水泥稳定就地冷再生施工。水质有疑问时应进行检验。

4.3.3 混合料设计方法

4.3.3.1 准备试样并进行配合比设计:

- a) 将代表试样(旧混合料)完全风干,测定试样完全风干后的含水量。
- b) 将风干后的旧混合料分成以下五个部分进行筛分试验,确定旧混合料级配。
 - 1) 粒径大于 37.5mm 的材料;
 - 2) 粒径在 19mm~37.5mm 之间的材料;
 - 3) 粒径在 13.2mm~19mm 之间的材料;
 - 4) 粒径在 4.75mm~13.2mm 之间的材料;
 - 5) 小于 4.75mm 的材料。
- c) 根据旧混合料和新加料的级配确定合成级配,绘制级配曲线,使设计合成级配在相应的级配范围内。当反复调整不能满意时,应更换新加料设计。更换新加料后其合成级配仍不能完全在相应的级配范围内时,如仅为个别筛孔超出,可由最终的无侧限抗压强度决定此道路是否适合再生;如大部分筛孔超出范围,则此道路不适宜进行再生。

4.3.3.2 最大干密度和最佳含水量的确定:

- a) 按 JTGE51-2009 规定方法确定混合料在一定水泥剂量下的最大干密度和最佳含水量。
- b) 一般情况下按 4%、4.5%、5%、5.5%、6%水泥剂量进行试验,在能估计合适剂量的情况下,可以将试验剂量缩减到 3~4 个。
- c) 准备用于试验的试样时,按公式(1)确定试样的干质量。

$$M_{\text{sample}} = M_{\text{air-dry}} / (1 + (W_{\text{air-dry}} / 100)) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

M_{sample} ——试样的干质量, g;

$M_{\text{air-dry}}$ ——试样的风干质量, g;

$W_{\text{air-dry}}$ ——风干试样的含水量, %。

- d) 按公式(2)确定水泥的用量。

$$M_{\text{cement}} = (C_{\text{add}} / 100) \times M_{\text{sample}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

M_{cement} ——水泥用量, g;

C_{add} ——水泥百分比, %;

M_{sample} ——试样的干质量, g。

4.3.3.3 无侧限抗压强度测试试验材料准备:

- a) 根据公式(1)计算试样干质量。
- b) 根据公式(2)计算水泥用量。

c) 按公式(3)确定加水百分比,并按式(4)确定需要加水的质量。

$$W_{add} = W_{OMC} - W_{air-dry} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$M_{water} = (W_{add}/100) \times (M_{sample} + M_{cement}) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

W_{add} ——试样的加水百分比, %;

W_{OMC} ——试样的最佳含水量, %;

$W_{air-dry}$ ——风干试验的含水量, %;

M_{water} ——加水质量, g;

M_{sample} ——试样干重, g;

M_{cement} ——水泥添加量, g。

4.3.3.4 无侧限抗压强度测试:

a) 按要求的压实度分别计算不同水泥剂量的试件应有的干密度。

b) 根据最佳含水量和计算的干密度按 JTG E51-2009 要求制备试件。试件在温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、湿度大于 95% 的养护室内养生 6d, 浸水 24h 后, 按 JTG E51-2009 进行无侧限抗压强度试验。

c) 进行无侧限抗压强度试验时, 作为平行试验的最少试件数量应不小于 13 个。如试验结果的偏差系数 $\geq 15\%$, 则应重做试验, 并找出原因, 加以解决。如不能降低偏差系数, 则应增加试件数量。

4.3.3.5 确定水泥的最佳用量。根据要求的强度标准和无侧限抗压强度测试结果, 选定合适的水泥剂量, 此剂量试件室内试验结果的平均抗压强度 $\bar{R}$ 应符合公式(5)的要求。

$$\bar{R} \geq R_d / (1 - Z_a C_v) \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

R_d ——设计抗压强度;

C_v ——试验结果的偏差系数(以小数计);

Z_a ——标准正态分布表中随保证率(或置信度 α)而变的系数, 取保证率为 90%, 即 $Z_a=1.282$ 。

4.4 施工工艺

4.4.1 一般规定

4.4.1.1 水泥稳定就地冷再生结构层宜在气温较高季节组织施工。施工期的日最低气温应在 5°C 以上, 在有冰冻的地区, 应在第一次重冰冻 ($-3^\circ\text{C} \sim -5^\circ\text{C}$) 到来之前半个月到一个月完成。

4.4.1.2 在雨季施工时, 应特别注意气候变化, 严禁雨天施工。

4.4.1.3 整个施工及养护过程中, 应在各路口设置警示牌, 提醒司机及行人。

4.4.1.4 水泥稳定就地冷再生结构层施工时, 应遵守下列规定:

- a) 添加的碎石等外掺料和水泥应撒布均匀。
- b) 应严格控制再生层厚度和高程，其路拱横坡应与面层基本一致。
- c) 应在混合料含水量等于或稍大于最佳含水量时（气候炎热干燥时，混合料含水量可增加 1%~2%）进行碾压。
- d) 水泥稳定就地冷再生结构层宜采用振动压路机碾压。压实厚度为 15cm~20cm 时，采用 18t~20t 振动压路机碾压；压实厚度超过 20cm 以上应采用 25t 以上振动压路机。冷再生结构层碾压应在水泥初凝前完成。

4.4.1.5 各级公路水泥稳定就地冷再生混合料的压实度应符合 JTJ 034-2000 中的规定。

4.4.2 工艺流程

水泥稳定就地冷再生的工艺流程宜按图 3 的顺序进行。

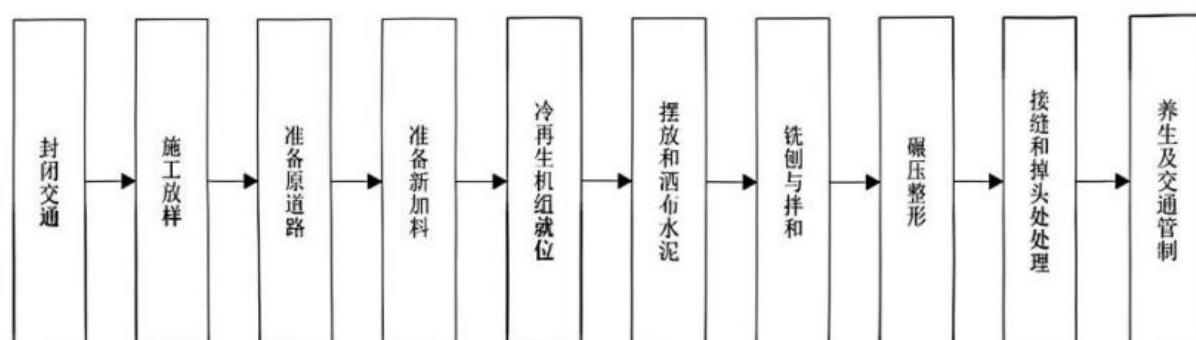


图3 水泥稳定就地冷再生工艺流程

4.4.3 施工放样

4.4.3.1 施工之前，应在道路的两侧放置一系列的标桩（杆）作为基线，用来恢复道路的中心线。

4.4.3.2 标桩（杆）在曲线段间距不应超过 20m，在直线段间距不应超过 40m。

4.4.4 旧路处理

4.4.4.1 清除旧路路表面的石块、垃圾、杂草等杂物和积水，并清理边线。

4.4.4.2 对旧路的翻浆、车辙、沉陷、波浪、坑槽等病害进行处理，使旧路面基本平整。

4.4.5 准备拟掺配的材料

4.4.5.1 计算材料用量：

a) 根据旧路再生深度内的平均密度，计算每平米新料的添加量，并根据每车料的质量或体积，计算每车料的堆放距离。若按动态连续加入方式掺加新料，应计算新料掺入速率。

b) 人工摆放和撒布水泥，应根据配合比确定的水泥剂量，计算每一平方米水泥稳定层需要的水泥用量，并确定水泥摆放的纵横间距。使用水泥稀浆车，应计算水泥浆的喷入量。

4.4.5.2 将新加料撒布在旧路面上，并检查新加料撒布是否均匀，水泥摊铺完后，表面应没有空白位置，也没有水泥过分集中的地点。

4.4.6 冷再生机组就位

4.4.6.1 再生机操作人员检查是否已将所有与水泥添加量有关的数据输入计算机。

4.4.6.2 排除系统中的所有空气并确保所有阀门均处于全开度位置。

4.4.6.3 使用水泥稀浆车时，应检查水泥稀浆车内的水泥和水是否充足。

4.4.6.4 检查再生路段内的导向标志，确保导向标志明确。

4.4.6.5 对再生施工中所需要的其它机械设备进行全面的检查。

4.4.7 冷再生机铣刨与拌合

4.4.7.1 冷再生机推动稀浆车或水车在旧路面上行进。

4.4.7.2 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，一般为 6m/min~12m/min，并保持匀速前进。网裂严重路段应适当降低再生机组行进速度，提高铣刨转子转速。

4.4.7.3 再生机后应有专人跟随，随时检查再生深度、水泥含量和含水量，处理边线和清理混合料中的杂质以及每刀起始位置的余料，并配合再生机操作员进行调整。

4.4.7.4 铣刨搭接的宽度不宜小于 10cm。

4.4.7.5 每次再生施工的长度以保证后续作业能正常进行为宜，一次（不停机）再生施工的长度一般为 150m~250m。

4.4.7.6 每段再生施工结束后，应检查铣刨刀的刀架、刀头，发现损坏要立即更换。

4.4.8 整形碾压

4.4.8.1 使用轮胎式再生机时，两轮位置处会被再生机的轮胎初压，在整形之前，必须首先压实轮迹间松散的材料。

4.4.8.2 压路机行驶速度、压实方法，平地机整平及碾压整形时的其它注意事项参照 JTJ 034-2000 中的规定。

4.4.9 接缝和调头处的处理

4.4.9.1 纵向接缝的处理：

a) 道路宽度小于 7m，或纵缝较多时，不宜半幅施工，应考虑全幅施工，以减少纵缝数量，提高施工效率。

b) 一般搭接宽度为 50~150mm，路面材料较厚、材料粒度较粗时适当增加搭接量，相邻两次作业间隔 12h 以上时，搭接量应增加。

c) 在纵向接缝上，根据已建再生层的完成时间，改变水泥稀浆（或水）的喷入量。

d) 纵向接缝的位置应尽量避免慢行、重型车辆的轮迹。

4.4.9.2 横向接缝的处理：

a) 应对所形成的横向接缝认真处理，施工中应尽量减少停机现象。

b) 停机超过水泥初凝时间，再生机再次施工时，必须将整个再生机后退至再生过的路段 1.5m 的距离，并重新撒布水泥。

4.4.9.3 调头处的处理：如机械必须到已压实的水泥稳定就地冷再生层上调头，应采取措施保护调头作业段。一般可在准备用于调头的约 8m~10m 长的稳定土上，先覆盖一张厚塑料布或油毡纸，然后铺上约 10cm 厚的土、砂或砂砾。

4.4.10 养生及交通管制

4.4.10.1 水泥稳定就地冷再生层应养生 7d 后铺筑上层混合料。如果上层混合料仍为无机结合料稳定类材料时，宜在再生层表面撒少量水泥或水泥浆。

4.4.10.2 每一段碾压完成并经压实度检查合格后，应立即开始养生。

4.4.10.3 宜采用覆盖（吸水土工布等）进行养生。养生结束后，必须将覆盖物清除干净。

4.4.10.4 再生层若作为路面基层，可采用沥青乳液进行养生。

4.4.10.5 无上述条件时,也可用洒水车经常洒水进行养生。每天洒水的次数应视气候而定。整个养生期间应始终保持稳再生层表面潮湿,应注意表层情况,必要时,用两轮压路机压实。

4.4.10.6 在养生期间未采用覆盖措施的水泥稳定就地冷再生层上,除洒水车外,应封闭交通。不能封闭交通时,应限制重车通行,其他车辆的车速不应超过 30km/h。

4.5 质量控制

4.5.1 一般规定

4.5.1.1 所应用材料应满足混合料组成设计中相关要求。

4.5.1.2 严格按照施工工艺要求认真施工。

4.5.1.3 如发生可能会影响工程质量的情况时应立即停工,待问题解决后再继续施工。

4.5.1.4 包括再生层在内的其他检测项目应符合 JTG F80/1-2004 中相关规定。

4.5.2 质量控制标准

水泥稳定冷再生施工及施工后质量控制标准见表4至表5要求,表中允许偏差均指与设计值之差。

表4 质量控制标准(一)

项次	检查项目		规定值或允许偏差		检查方法	频率
			基层	底基层		
1	压实度 (%)	代表值	≥97	≥94	规范方法 ²	每 200m 每车道 2 处
		极值	≥93	≥91		
2	平整度 (mm)		≤12	≤15	3m 直尺	每 200m 测 2 处×10 尺
3	纵断高程 (mm)		+5, -15	+5, -15	水准仪	每 200m 测 4 个断面
4	宽度		符合设计要求	符合设计要求	尺量	每 200m 测 4 个断面
5	厚度 (mm)	代表值与设计值之差	≥-10	≥-12	规范方法 ²	每 200m 每车道 1 点
		合格值与设计值之差	≥-20	≥-30		
6	横坡 (%)		±0.5	±0.5	水准仪	每 200m 测 4 个断面
7	强度 (MPa)		符合设计要求	符合设计要求	规范方法 ²	
注1: JTG F80/1-2004 附录 B 方法; 注2: JTG F80/1-2004 附录 H 方法; 注3: JTG F80/1-2004 附录 G 方法。						

表5 质量控制标准（二）

项次	检查项目	规定值或允许偏差		检查方法	频率
		基层	底基层		
1	新加料撒布距离(m)	±0.5	±1	尺量	每车料测一次
2	新加料摊铺厚度(mm)	±5	±5	尺量	每车料测5点
3	水泥撒布量(m ²) ^{注4}	符合设计要求 ^{注5}	符合设计要求 ^{注5}	尺量 ^{注6}	每200m每车道 测5点
4	再生机行进速度 与转子速度(m/min)	以试验段结果为准 适当调整	以试验段结果为准 适当调整	从仪表读取	每200m每车道 一次
5	再生深度(cm)	±1	±1	开挖(或以钢纤 刺入)尺量	下刀、收刀两 侧;每200m每 车道开挖一 点;每50m每 车道尺量一点
6	再生混合料级配	符合设计要求	符合设计要求	不加水泥铣刨 烘干后筛分	每2000m ² 一次
7	水泥剂量	不小于设计值 -1.0%	不小于设计值 -1.0%	滴定法或用直 读式测钙仪试 验	每2000m ² 一次, 至少6个样品
8	含水量	符合设计要求	符合设计要求	规范方法	异常时随时试 验
9	拌和均匀性	无灰条、灰团、色泽 均匀,无离析现象	无灰条、灰团、色 泽均匀,无离析现 象	目测	随时观察
注4: 水泥采用人工撒布或撒布车添加时, 检验此项, 使用水泥稀浆车时, 应检验稀浆车内水泥喷入量。撒布量指一袋水泥或每50kg水泥均匀撒布的面积, 不应小于由设计所确定的撒布量; 注5: 由混合料组成设计确定的水泥剂量计算得到的水泥撒布面积; 注6: 由尺量确定水泥一定质量水泥撒布面积。					

5 固化土设计与施工技术

5.1 固化剂的选择及典型结构组合

5.1.1 固化剂的选用原则

- 5.1.1.1 能够改善土路面的路用性能。目前固化土技术大多用于路基或基层，在一些低等级的农村公路中还可用于面层。要求固化土要满足一定的强度、水稳性、耐久性和抗变形能力。
- 5.1.1.2 具有明显的价格优势。在改善农村公路交通状况的同时，要合理利用当地建筑材料以节省建设成本。选用的固化剂应有良好的性价比，有利于农村地区使用和推广。
- 5.1.1.3 施工工艺简单易行。固化剂的选择要和当地机械设备能够配套，尽量减少机械设备投入。
- 5.1.1.4 安全环保，不影响周围环境。

5.1.2 固化剂适用条件

根据不同固化剂对云南省不同土质的适用性，考虑到土质的成分复杂因素，应在取得成功试验路段基础资料的基础上，确定合理固化剂的选取，路面设计时可参照表6进行固化剂选择。当采用其它固化剂时，必须要满足5.2的相关强度及稳定性指标并经工程验证后方可使用。

表6 固化剂适用条件

固化剂种类	适用土质	配合比	备注
帕尔玛（液体）	塑性指数 $I_p=5\sim 18$ 的各类土壤，但必须具有一定的粘性土质。粉土和淤泥质土不宜使用	1L 原液固化 33m ³ 土料（压实体积）	不宜和土壤单独使用，通常要掺加很大比例的砂石料。砂石料宜为粒径在 0.5cm~3cm 之间的连续级配，适用于较干旱、交通量较轻的农村公路
利路力（粉状）	粘性土、砂性土以及粘土质砂等	水泥质量为干土质量的 5%~6%；固化剂掺配质量为水泥质量的 5%	需掺配水泥一起使用。土壤含水量不宜过高，以免影响压实
北京固化剂（液体）	粘性土、粘土质砂	水泥：石灰：干土+固化剂=6：4：90+0.02%	需掺配水泥和石灰共同使用。固化剂掺量和土的含水量有关
路邦 EN-1（液体）	高塑性红粘土	石灰：水泥：土+固化剂=2：2：96+0.018%	也可掺配 4% 的石灰或二灰，再外掺 0.018% 的固剂，适用于低等级道路的路基、底基层、基层甚至面层
注1：实际应用时配合比应通过试验确定； 注2：对于多雨地区，应加强排水措施； 注3：对于同一种固化剂，固化材料的配合比不同，固化土造价也不同。			

5.1.3 固化土路面结构组合

结合农村公路特点，综合考虑经济性、技术性以及施工简易性等因素，并根据当地的自然气候、地理位置，推荐云南地区固化土路面结构形式如图4所示。

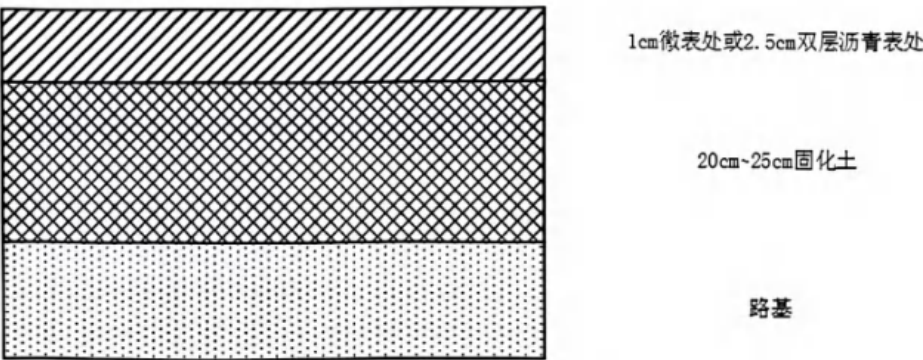


图4 固化土路面结构推荐图

5.2 固化土配合比设计

5.2.1 配合比设计方法

5.2.1.1 针对不同固化剂室内进行固化土相关试验，试验方法参照 JTG E40-2007、JTG E51-2009 进行，通过性能指标对比，最终确定固化剂类型和材料的最佳掺配比。固化土配合比设计的室内试验步骤如下：

a) 土样颗粒分析和液塑限试验，并且要求土壤固化剂应该无毒、无污染、对稳定土壤具有一定效果，参考厂家的建议，进而初步筛选出土壤固化剂。

b) 将不同含量的固化剂掺入土样中进行击实试验，从而确定最佳含水量和最大干密度。

c) 按规定的压实度，分别计算不同配合比试件的干密度。

d) 在最佳含水量条件下成型试件并养生，测定其路用性能，包括无侧限抗压强度试验、抗渗性能试验、水稳定性试验、抗冻性能试验和干缩试验等。云南省大部分地区降水量丰富，为了保证固化剂固化效果，应进行无侧限抗压强度试验并通过水稳性能试验测其水稳系数（试件标准养护 6 天，并饱水 1 天后无侧限抗压强度与试件标准养护 7 天的比值），建议水稳系数小于 45%时不得使用。按照 JTG E51-2009 试验方法制成的试件，7 天抗压强度不得低于表 7 中相应标准。

表7 固化土抗压强度标准（MPa）

层位	固化剂类别		强度标准
基层	液体	水泥类	2~3
		石灰类	>0.8
		水泥石灰类	2~3
		石灰粉煤灰类	>0.6
	粉状固化剂		2~3
底基层	液体	水泥类	>1.5
		石灰类	0.5~0.7
		水泥石灰类	>1.5
		石灰粉煤灰类	>0.5
	粉状固化剂		≥1.5
注1：表中所列数值指龄期为七天（标准养护 6 天，浸水 1 天）的强度；			
注2：对于水泥石灰混合料，若以水泥用量为主，则抗压强度标准与水泥类混合料的强度标准相同；若以石灰用量为主，则抗压强度标准与石灰混合料的强度标准相同；若水泥与石灰用量相近，则取水泥类与石灰类之间的数值。			

- e) 按最佳含水率计算得出的干密度制备试件,进行强度试验时,作为平行试验的最少试件数量应不少于表8的规定。如试验结果的偏差系数大于表中规定值,则应重做试验,找出原因,并加以解决;如不能降低偏差系数,则应增加试件数量。
- f) 试件在规定条件下养生 6d、浸水 24h 后,按 JTG E51—2009 进行无侧限抗压强度试验,并计算试验结果的平均值和偏差系数。
- g) 根据表 7 的抗压强度标准,选定合适的结合料和固化剂及其剂量。此配合比试件室内试验结果的平均抗压强度 $\bar{R}$ 应符合公式 6 的要求:

表8 固化土混合料最少试件数量

土类	偏差系数		
	<10%	10%~15%	15%~20%
细粒土	6	9	-
中粒土	6	9	13
粗粒土	-	9	13

$$\bar{R} \geq R_d / (1 - Z_a C_v) \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

R_d ——设计抗压强度;

C_v ——试验结果的偏差系数(以小数计);

Z_a ——标准正态分布表中随保证率(或置信度 a)而变的系数,取保证率为 90%,即 $Z_a=1.282$ 。

- h) 比较不同固化剂掺量下固化剂的路用性能,结合路用性能和经济效益确定固化剂类型和用量。
- i) 室内试验条件和施工现场环境有一定差异,现场大范围使用前应铺筑试验路,实地检验固化剂的固化效果。

5.2.2 固化类混合料掺配比例

5.2.2.1 根据设计强度要求和室内试验进行混合料配比,如果需要加入水泥或石灰进行稳定,宜按规定比例进行配制。

5.2.2.2 使用液体土壤固化剂时:

- a) 当混合料为水泥混合时,水泥占干土重量为 2%~8%,液体土壤固化剂占干混合料(干结合料和干土)质量的 0.01%~0.03%;
- b) 当混合料为石灰混合时,石灰占干土重量为 4%~10%,液体土壤固化剂占干混合料(干结合料和干土)质量的 0.01%~0.03%;
- c) 当混合料为水泥和石灰混合时,水泥占干土重量为 1%~4%;石灰占干土重量为 3%~6%,液体土壤固化剂占干混合料(干结合料和干土)质量的 0.01%~0.03%。

5.2.2.3 使用粉状土壤固化剂时,粉状土壤固化剂占干土重量为 5%~10%。

5.2.2.4 施工现场实际采用的水泥用量、石灰用量和土壤固化剂用量应略高于室内试验确定用量:使用液体土壤固化剂时,水泥应增加干土重量的 0.5%~1%;石灰应增加干土重量的 1%~2%;液体土壤固化剂水溶液应增加干混合料(干结合料和干土)质量的 0.003%~0.007%;使用粉状土壤固化剂时,粉状土壤固化剂应增加干土重量的 1%~2%,其中厂拌法采用低值,路拌法采用高值。

5.3 液体固化剂固化土路面路拌法施工工艺

5.3.1 液体固化土路面施工流程

固化土路面施工也分为路拌法和厂拌法，农村公路中路拌法最常用。液体固化剂固化土路面路拌法施工流程见图5。

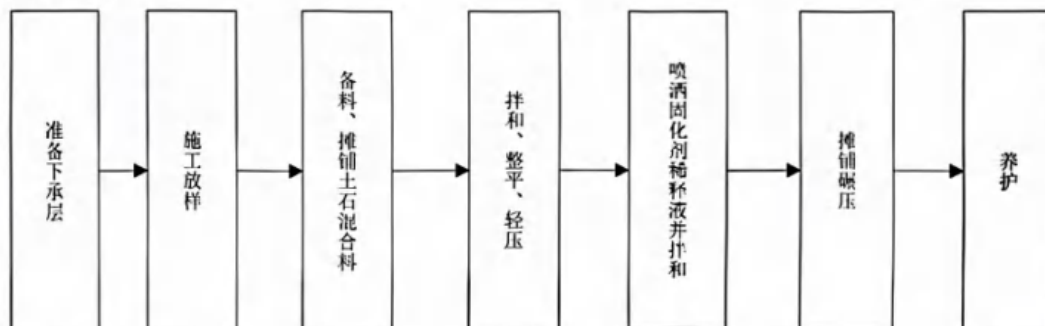


图5 固化土路面路拌法施工流程（液体固化剂）

5.3.2 施工要点

5.3.2.1 将液体固化剂进行稀释，液体固化剂的稀释率通过以下方法计算得到：

- 通过试验测定出混合料的水份含量和最佳含水量值；
- 根据最佳含水量和土石混合料的实际含水量，可计算出水的添加量（计算添加量-混合料已有含水量）；
- 按每升液体固化剂处理混合料量可计算出固化剂的实际用量；
- 由计算得出水的添加量计算每升固化剂原液的稀释水量，参照固化剂的说明进行稀释。用相应量的水对固化剂进行稀释并搅拌均匀后备用。

5.3.2.2 具体施工工序如下：

- 准备下承层。铺筑固化土路面前，应先疏通边沟，完善排水设施，保证老路基不受浸泡。下承层表面的浮土及其他杂物应清理干净并保证路基平整。固化土路面大多为三、四级公路，路基压实度要求在93%以上。
- 施工放样。恢复中线，直线段每15m~20m设一桩，平曲线段每10m~15m设一桩，并在两侧固化剂处理层边缘设指示桩，在两侧指示桩上明显标记出固化处理层边缘的设计高。
- 摊铺拌和土石混合料。根据固化剂的固化特点，摊铺料可以为纯土，也可以添加石灰、水泥、石料等，但应严格控制材料的配合比和质量要求。摊铺土石混合料时各材料的摊铺顺序分别为石料、土、石灰（水泥）。有条件的地方可以采用专业的稳定土拌和机进行拌和，等级低的公路也可以采用农用旋耕机和多铧犁。拌和应保证土石均匀无离析。
- 固化土轻压、整平。混合料拌和均匀后，要立即用推土机初步排压，人工挂线精确整平，再用平地机进行整型。整平过程中，对于局部低洼处，应用齿耙将其表层厚度耙松5cm以上并用新拌的混合料进行找补整平，整平时切忌在光滑的平面上进行薄层找补。
- 喷洒固化剂稀释液并拌和。将计算好用量的稀释液均匀洒布在混合料中，同时应边喷洒边拌和。
- 摊铺碾压。将土石混合料按松铺高度进行摊铺整平，并应调整好横坡度。碾压时必须控制混合料的含水量，以免影响压实效果。若混合料过干，可喷洒一定量的固化剂稀释液；若混合料过湿，应晾晒风干至最佳含水量 $\pm 1\%$ 时再进行碾压。碾压时先用轻型压路机初压1~2遍，再用重型压路机碾压，直至达到压实度要求。
- 养护。碾压完成后不能立即通车，需至少养护72小时，以使混合料充分固化，减少塑性，增加强度。固化土路面养护后即可通车，也可在其上铺筑面层。在进行面层施工前，应先在固化土表面喷洒1:10000的固化剂稀释液，以使面层和基层更好的结合。

5.4 粉状固化剂固化土路面路拌法施工工艺

5.4.1 粉状固化土路面施工流程

粉状固化剂固化土路面施工流程见图6。

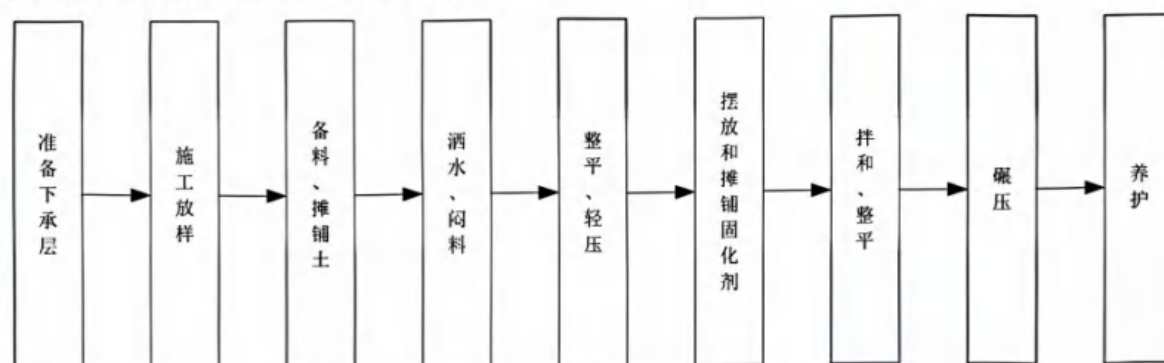


图6 固化土路面路拌法施工流程（粉状固化剂）

5.4.2 施工要点

5.4.2.1 保证土壤和固化剂拌和均匀。摊铺土之前应将结团土块打碎，增大土颗粒与固化剂发生反应面积，提高固化效果。摊铺固化剂时，应在整平的土层上用灰线打出若干方格，按设计配合比计算每个方格中固化剂的用量，然后均匀撒铺。固化剂均匀摊铺后用拌和机（也可用旋耕机和多铧犁）进行拌和。拌和时要调整好拌和深度并注意接茬处的翻拌。拌和过程中可以通过观察土壤色泽来判断拌和是否均匀。

5.4.2.2 控制含水量。拌和完毕后应在现场取样测定其含水量。若含水量过高，应进行晾晒风干后再拌和；若含水量过低，应加适量的水再进行二次拌和。只有控制好含水量才能达到最佳的压实效果。

5.4.2.3 碾压。用平地机整平后，先用轻型压路机进行初压，然后用 18t~21t 压路机碾压，直至压实度满足要求。碾压完毕後要对固化土路面进行养护，养护期间禁止车辆通行。

5.4.2.4 具体施工工序如下：

a) 准备下承层。铺筑固化土路面前，应先疏通边沟，完善排水设施，保证老路基不受浸泡。下承层表面的浮土及其他杂物应清理干净并保证路基平整。固化土路面大多为三、四级公路，路基压实度要求在 93% 以上。

b) 施工放样。恢复中线，直线段每 15m~20m 设一桩，平曲线段每 10m~15m 设一桩，并在两侧固化剂处理层边缘设指示桩，在两侧指示桩上明显标记出固化处理层边缘的设计高。

c) 备土、摊铺。根据施工阶段所需的土方量拉入施工段路床，按测定的高度和宽度进行大致整平，摊铺方法一般采用人工配合推土机。

d) 洒水、闷料。首先取有代表性的点测试含水率，计算作业段的体积，精确计算作业段所需的补水总量（根据施工天气和土质，含水量宜大于最佳含水率 2% 左右）。混合料拌和均匀后即可进行闷料，闷料时间为：沙土不小于 6 小时，粘土不小于 10 小时，但不超过三天。

e) 整平、轻压。用推土机初步排压，并用人工配合推土机进行整平。

f) 摆放和摊铺固化剂。将施工路段划成若干个方格，每个方格按计算的固化剂数量堆放固化剂，进行摊布。在摊铺时应派专职施工人员控制每一个方格内的固化剂数量，保证厚度和宽度，表面应没有空白的位置，也没有固化剂过分集中的位置。平面力求平整。摊料过程中，应将超尺寸颗粒及其他杂物捡除。

g) 拌和、整平。用路拌机或旋耕机进行拌和，用推土机初步排压，人工挂线精确整平，在用平地机进行整型。

h) 碾压。用平地机整平后，先用轻型压路机进行初压，然后用 18t~21t 压路机碾压，直至压实度满足要求。

i) 养生。固化土层每一段碾压完成并经压实度检验合格后应立即中断交通，开始养生，养生时间为一周。养生方法有：

- 1) 洒水养生，要求路面保持湿润。
- 2) 覆盖塑料薄膜养生，要求用土埕纵横向封实。
- 3) 乳化沥青做下封层养生，条件为基层的面层为沥青层。

5.5 固化土路面厂拌法施工

5.5.1 厂拌法固化土路面施工流程

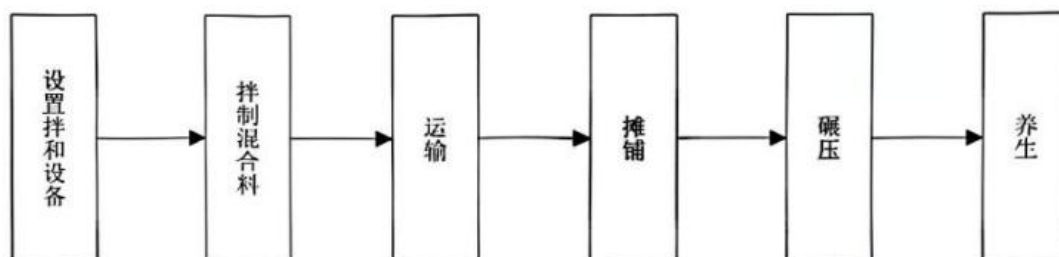


图7 固化土路面厂拌法施工流程图

5.5.2 一般规定

5.5.2.1 固化土混合料应在中心站用稳定土拌和机或其它强制式拌和机等厂拌设备进行集中拌和，拌和应均匀。

5.5.2.2 土应粉碎，防止团块。

5.5.2.3 应严格按所选定的固化土配合比配料，固化剂称量必须准确。

5.5.2.4 出厂时，固化土的含水量应大于最佳含水率 1%~2%。

5.5.2.5 采用液体土壤固化剂时，进入料斗的素土的干湿状态应基本一致，以保持固化剂水溶液浓度相对不变。液态固化剂水溶液宜当天配置，当天使用。采用粉态固化剂应保证粉态固化剂与石灰或者水泥和土石混合料拌和均匀。

5.5.3 设置拌合设备

5.5.3.1 选择与工程规模相符合的拌和设备，其技术性能和额定产量应满足质量和进度要求，以保证拌和、摊铺效率。

5.5.3.2 厂拌机械包括拌和主机、土、水泥、石灰和固化剂配给系统，皮带、螺旋输送系统，计量控制、混合料储存设备等全部配套完备的机组。

5.5.3.3 做好维护保养和操作技术培训。各种配料计量系统要经常测试检定，保持配料稳定；皮带给料机应安装调试准确，作业中应经常检查，发生跑偏要求立即停机调整。

5.5.4 混合料拌合及运输

5.5.4.1 经拌和均匀的固化土混合料应立即运输到铺筑现场进行施工。运输过程中宜加以覆盖，以防水分过早蒸发。

5.5.4.2 运输距离与时间应能使固化土在凝结时间内碾压完毕。

5.5.4.3 宜采用自卸式运输车与铺摊、碾压机械相配套，做到随拌随运随铺随压。

5.5.4.4 到场的固化土混合料可按数量均匀分散地直接卸于下承层面上，避免集中堆料过高，造成松实不一致。

5.5.5 摊铺及碾压

5.5.5.1 摊铺

固化土铺筑前，下承层表面应拉毛、去除浮物、洒水湿润。摊铺可采用各类摊铺机械，亦可采用人工摊铺或人工加抓斗式挖掘机联合摊铺。在较低等级道路上，没有摊铺机时，可采用摊铺箱摊铺混合料，也可以用自动平地机按以下步骤摊铺混合料：

- 根据铺筑层的厚度和要求达到的压实干密度，计算每车混合料的摊铺面积；
- 将混合料均匀地卸在路幅中央，路幅宽时，也可将混合料卸成两行；
- 用平地机将混合料按松铺厚度摊铺均匀；
- 设一个3~5人的小组，携带一辆装有新拌混合料的小车，跟在平地机后面，及时铲除粗集料“窝”，补以新拌均匀的混合料，并与粗集料拌和均匀。

5.5.5.2 碾压

碾压方法根据选择的固化剂类型参照5.3或5.4进行。

5.5.6 养生

养生方法根据选择的固化剂类型参照5.3或5.4进行。

5.6 固化土路面施工质量控制

5.6.1 质量要求

5.6.1.1 施工过程中的质量要求包括外形尺寸的控制和检查以及质量的控制和检查。

5.6.1.2 外形尺寸的测量频率和质量标准应符合施工图说明书中的规定。

5.6.1.3 应进行质量控制。质量控制的项目、频度和标准见表9。

表9 固化土路面质量控制项目、频度及标准

项目			频度	质量标准
外形尺寸 控制	纵段高程 (m)		每 20 延米 1 点	+5, -15
	厚度 (mm)	均值	每 1500m ² ~2000m ² 6 个点	-15
		单个值		-20
	宽度 (mm)		每 40 延米 1 处	±0 以上
	横坡度 (%)		每 100 延米 3 处	±0.5
	平整度 (mm)		每 200 延米 2 处, 3m 直尺每处连续 10 尺	≤12

表9 固化土路面质量控制项目、频度及标准（续）

质量控制	级配	每 2000m ² 处	在设计配合比范围内
	固化剂掺量（%）	每 2000m ² 1 次，至少 6 个样品	不小于设计值-1.0%
	含水量（%）	据观察，异常时随时试验	在设计范围内
	拌合均匀性	随时观察	色泽均匀，无结团，无离析
	压实度（%）	每一作业段或不大于 2000m ² 检查 6 次以上	二级公路 97%以上，二级以下公路 95%
	抗压强度（MPa）	每一作业段或不大于 2000m ² 6 个试件	满足表 4.2.1.1-1 要求，且不小于设计值
注：不同固化土路面抗压强度设计值也不相同，使用时应根据固化剂类型具体确定。			

5.6.2 施工质量管理规定

- 5.6.2.1 固化土路面施工应按 JTGF80/1—2004 中的有关规定建立质量管理、质量检查验收制度。
- 5.6.2.2 固化土路面施工必须建立健全工地试验室、质量检查等各项制度；配备原材料、混合料以及路面基层、底基层检测、钻孔取芯等必备的试验检测仪器和设备。
- 5.6.2.3 固化土路面施工必须设专职人员跟踪检测，做到项目数据齐全可靠、真实可信。
- 5.6.2.4 固化土路面各层铺筑后，均应按本指南要求检查验收；对强度等指标达不到规定要求的，应查出原因，加以处理，最终达到要求。

6 弹石路面升级改造设计与施工技术

6.1 弹石路面评价及修复

6.1.1 旧路评价

旧路评价的目的主要对选出路段排查病害，找出病因，从而针对不同类型的破损进行修复，保证在改建路面过程中，原有路面发挥其良好的路基或底基层功能。弹石路面旧路评价项目主要包括以下几点：

- a) 路面损坏状况：包括损坏类型、严重程度以及病害产生的原因；
- b) 路面结构强度：鉴于承载板试验较为复杂，而且费时费力，手持式落锤式弯沉仪方便操作、省时省力，可以采用手持式落锤式弯沉仪测定动态变形模量 E_{vd} ，手持式落锤式弯沉仪如下图 8，评价旧弹石路面结构强度将 E_{vd} 转换为旧路表面的回弹模量 E_0 ，其关系为： $E_0 = (E_{vd} - 21.963) / 0.4207$ ；
- c) 路基路面排水状况：对道路沿线排水状况进行调查，对缺少排水设施和排水不良地段记录并制定修复方案。

6.1.2 手持式落锤式弯沉仪试验方法及试验要求

6.1.2.1 试验方法如下：

- a) 选择并处理测试点；
- b) 将荷载板放置在平整好的测试面上，安装导向杆并保持其垂直；
- c) 接上传感器与沉陷测试仪的连接线，并打开电源开关；
- d) 将落锤提升至脱钩装置上挂住，然后使落锤脱钩并自由落下，当落锤弹起后将其抓住并挂在脱钩装置上。按此操作进行 3 次预冲击；
- e) 按上述方法进行 3 次冲击测试。测试时应避免荷载板的移动和跳跃；

f) 记录或打印 3 次冲击测试的沉陷值、平均沉陷值和动态变形模量 E_{vd} 值。关闭仪器电源开关，拆下传感器电缆线，即完成该点测试。



图8 手持式落锤式弯沉仪

6.1.2.2 试验要求如下：

- a) 测试面尽量水平，其倾斜度不大于 5%，测试深度范围 400mm~500mm；
- b) 承载板放置时不要扔摔，以免影响传感器和接头的寿命，导向杆安放要垂直；
- c) 测试面必须平整无坑洞。对于弹石路面凹凸不平，可用少量细中砂来补平；
- d) 落锤通常应在导向杆的下端位置，只有在测试时才挂到脱钩装置上；
- e) 落锤的落高由脱钩装置固定，出厂前是经过标定的，使用时严禁变动脱钩装置的位置；
- f) 测量数据参照 JTG E40-2007 采取误差分析指标变异系数进行分析，要求数据在通过处理后所得变异系数均 $\leq 12\%$ ，将其作为弹石路面 E_{vd} 实测值。

6.1.3 评价指标

弹石路面改造升级前应对旧路进行检测和评价，对满足要求的路面方可直接进行升级改造，否则应进行修复，直到达到评价指标要求。弹石路面评价指标见表10。

表10 弹石路面改造升级旧路评价指标

序号	项目	单位	规定值或允许误差
1	宽度	m	不小于设计值
2	平整度	cm	± 2
3	横坡度	%	标准横坡度 2%~3%，误差不超过 ± 0.5
4	破损率	%	≤ 3
5	强度 (E_0)	MPa	≥ 60
注1：破损率 (%) = 1km 内弹石破损面积/1km 内弹石路面总面积；			
注2：弹石路面破损包括弹石破损或断裂；跳台或沉陷，高差大于 1.5cm；较大面积的沉陷、车辙和隆起，深度大于 3cm；			
注3：弹石路面强度可采用 E_{vd} 动态平板载荷试验测量，表中强度值为旧路表面回弹模量 E_0 。			

6.1.4 旧路修复

6.1.4.1 原有弹石路面可作为路面结构的路基或底基层来使用，因此在进行病害修复时，可较路面养护要求适当减低。但对影响路面整体强度和平整度的病害，要严格按照弹石路面养护措施进行处理，对缺少排水设施和排水不良地段进行修复。

6.1.4.2 在加铺新的结构层前，应对原有弹石路面表面进行清洁处理，清除路表杂物，并保持路面基本平整。

6.2 弹石路面升级改造沥青路面典型结构

6.2.1 面层类型

6.2.1.1 参考我国 JTG D50-2006 中改建路面设计的有关规定，面层可采用沥青混凝土罩面、沥青表处或其他预防性养护措施，以改善路面表面层的服务功能。

6.2.1.2 加铺面层厚度单层沥青混凝土罩面厚度可为 30mm~50mm，超薄层罩面厚度宜为 20mm~25mm，预防性养护可选用稀浆封层、微表处等。

6.2.1.3 新铺面层类型为：沥青混凝土 3cm~5cm；沥青碎石 4cm~6cm；沥青贯入式 5cm；沥青表处 2cm~3cm；稀浆封层、微表处，具体可参照典型结构推荐值选用。

6.2.2 基层类型

6.2.2.1 对农村地区来说，基层所用材料应尽量贯彻就地取材的原则。云南大部分地区石料丰富，可视情况采用级配碎石、级配砂砾和固化土等。本指南对于小交通量时一般可采用级配碎、砾石柔性基层。

6.2.2.2 若面层采用沥青表处、稀浆封层或微表处等进行结构计算时，面层结构可不予考虑，直接将基层作为最上层。

6.2.2.3 若弹石路面平整度较差，应先铺设 10cm~15cm 的底基层，再铺筑基层。底基层既起到对旧路面基本调平的作用，还可以承担一定的荷载。底基层材料可使用当地的天然砂砾、未筛分碎石、手摆片石等。

6.2.2.4 参考 JTG D50-2006 的材料设计参数，并调查云南省常用基层材料的试验资料，云南省沥青路面基层材料的设计参数如表 11 所示。

表11 云南省沥青路面基层材料设计参数建议值

基层类型	抗压回弹模量 (MPa)
级配碎砾石	200~250
级配砂砾、天然砂砾	150~200
水泥(石灰)稳定土掺软质集料	500~600
固化土	500~600
未筛分碎石	180~220
填隙碎石	200~300

6.2.3 结构组合设计

6.2.3.1 确定交通参数。JTG D50-2006 确定标准轴载双轮组单轴载 100KN，参照 JTD/TB01-2009，县道宜采用二、三、四级公路标准，乡道、村道宜采用三、四级公路标准。调查并确定交通增长率。

6.2.3.2 交通等级划分。根据累计当量轴次 N_e ，将交通等级划分如表 12。

表12 云南省沥青路面交通等级划分

交通等级	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Ne 取值范围 ($\times 10^4$ 次)	<10	10~15	15~20	20~30	30~40	40~50

注：Ne 为设计年限内一个车道上的累计当量轴次数。

6.2.3.3 弹石路面强度等级划分。对弹石路面强度进行评价，将云南地区旧路弹石路面等级做如表 13 的划分。

表13 弹石路面强度等级划分

弹石路面强度等级	弹石路面回弹模量 (MPa)
T1	60~70
T2	70~85
T3	85~100
T4	100~115
T5	115~130
T6	130~140
T7	≥ 140

6.2.4 弹石路面升级改造沥青路面典型结构

6.2.4.1 弹石路面升级改造新型沥青路面典型结构的适用范围：

- 云南省弹石路面中的三级、四级、等外公路。
- $Ne \leq 50$ 万次的路段。
- 弹石路面结构强度 $\geq 60\text{MPa}$ 的路段。对于弹石路面结构强度小于 60MPa 的路段，应该进行翻挖、碾压、无机结合料加固、固化剂加固、换填等处理，直到达到基本要求。或者采用传统路面结构。

6.2.4.2 根据道路及交通等级，给出云南省农村公路弹石路面升级改造新型沥青路面典型结构，可结合道路实际情况进行选用参照附录 B。

6.3 弹石路面升级改造基层施工工艺

6.3.1 级配碎石

6.3.1.1 级配碎石最大粒径应控制在 37.5mm 以内，碎石中针片状颗粒的总含量应不超过 20%。

6.3.1.2 碎石中不应有粘土块、植物等有害物质。颗粒组成和塑性指数应满足 JTJ 034-2000 要求。

6.3.1.3 填隙碎石(手摆片石,天然砂砾,未筛分碎石)用做底基层时,碎石的最大粒径不应超过 63mm 。其颗粒组成和技术指标见 JTJ 034-2000。

6.3.2 底基层和基层施工

6.3.2.1 路面基层所用材料主要为级配碎砾石，其施工流程为：

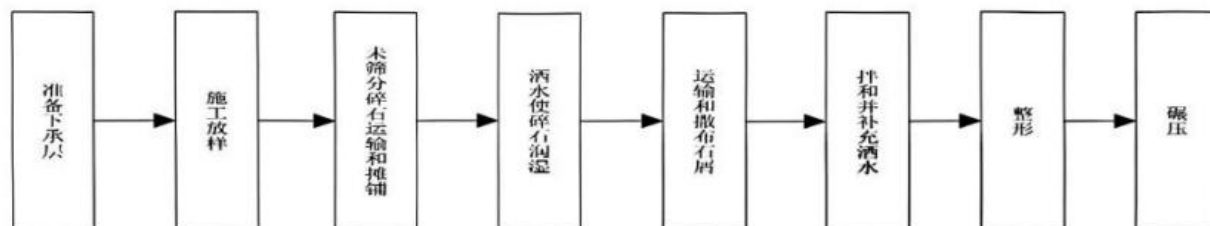


图9 底基层和基层施工

也可先在碎石场将未筛分碎石和石屑提前加水湿拌，然后运到现场进行摊铺，但在碾压前应补充拌和并洒水。

6.3.2.2 根据典型结构推荐，弹石路面结构在升级改造时，若需在级配碎石下加铺一层填隙碎石作为底基层，则填隙碎石施工时，应遵守下列规定：

- a) 细集料应干燥；
- b) 应采用振动轮每米宽质量不小于 1.8t 的振动压路机进行碾压。填隙料应填满粗碎石层内部的全部孔隙。碾压后，表面粗碎石间的孔隙应填满，但不得使填隙料覆盖粗集料而自成一层，表面应看得见粗碎石。碾压后基层的固体体积率应不小于 85%，底基层的固体体积率应不小于 83%；
- c) 填隙碎石基层未洒透层沥青或未铺封层时，禁止开放交通。

6.3.2.3 底基层的施工中填隙碎石的一层压实厚度，可取碎石最大粒径的 1.5~2.0 倍，具体施工方法见 JTJ 034-2000。

6.4 弹石路面加铺沥青表面处治施工工艺

6.4.1 一般规定

6.4.1.1 弹石路面加铺沥青表面处治结构为 2.5cm 的沥青表处层+15cm~20cm 的级配碎石，具体结构形式可参照表附录 B 选用。

6.4.1.2 交通量大且弹石路面强度低的路面还要根据推荐的典型结构选择 10cm 的填隙碎石作为底基层。

6.4.1.3 沥青表面处治宜选择在干燥和较热的季节施工，并在最高温度低于 15℃到来以前半个月及雨季前结束。

6.4.2 材料及配合比设计

6.4.2.1 集料

集料具有良好的颗粒形状，洁净、干燥、无风化、无杂质，具有足够的强度、耐磨耗性，技术要求应符合表14及15的规定，矿粉应符合JTG F40-2004的要求。沥青表处材料规格与用量应符合表16规定，集料规格应符合表17规定。当采用乳化沥青时，应减少乳液流失，可在主层集料中掺加20%以上较小粒径的集料。

表14 沥青面层用粗集料质量技术要求

指标	规定值
石料压碎值不大于(%)	30
洛杉矶磨耗损失不大于(%)	40
视密度不小于(t/m^3)	2.45
吸水率不大于(%)	3.0
对沥青的粘附性不小于	3级
坚固性不大于(%)	-
细长扁平颗粒含量不大于(%)	20
水洗法($<0.075mm$ 颗粒含量)不大于(%)	1.0
软石含量不大于(%)	5
石料磨光值不小于(BPN)	实测
石料冲击值不大于(%)	实测
破碎砾石的破碎面积不小于(%)	拌和的沥青混合料路表面层
	40

表15 沥青面层用细集料质量要求

指标	规定值
视密度不小于 (t/m^3)	2.45
含泥量 (小于 0.075mm 的含量) 不大于 (%)	5
砂当量不小于 (%)	50

表16 沥青表处材料规格与用量

集料 (m^3/km^2)						沥青用量 (kg/m^2)			
第一层		第二层		第三层		第一次	第二次	第三次	合计 用量
规格	用量	规格	用量	规格	用量				
S8	18~20	S12	12~14	S12	7~8	1.6~1.8	1.2~1.4	1.0~1.2	3.8~4.4

表17 集料规格 (方筛孔)

规格 名称	公称粒 径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)												
		106	75	63	53	37.5	31.5	26.5	19	13.2	9.5	4.75	2.36	0.6
S1	40~75	100	90~100			0~15		0~5						
S2	40~60		100	90~100		0~15		0~5						
S3	30~60	100	90~100			0~15		0~5						100
S4	25~50			100	90~100			0~15		0~5				
S5	20~40				100	90~100			0~15		0~5			
S6	15~30					100	90~100			0~15		0~5		
S7	10~30					100	90~100				0~15	0~5		
S8	10~25						100	90~100		0~15		0~5		
S9	10~20							100	90~100		0~15	0~5		
S10	10~15								100	90~100	0~15	0~5		
S11	5~15								100	90~100	40~70	0~15	0~5	
S12	5~10									100	90~100	0~15	0~5	
S13	3~10									100	90~100	40~70	0~20	0~5
S14	3~5										100	90~100	0~15	0~3

6.4.2.2 沥青

- a) 沥青材料采用普通道路石油沥青。乳化沥青宜选用阳离子乳化沥青 PC-1, 或者阴离子乳化沥青 PA-1, 乳化沥青类型根据集料品种及使用条件选择。阳离子乳化沥青可适用于各种集料品种, 阴离子乳化沥青适用于碱性石料。乳化沥青宜存放在立式罐中, 并保持适当搅拌。贮存期以不离析、不冻结、不破乳为度。
- b) 运到现场的每批沥青都应附有制造厂的证明和出厂试验报告, 并说明装运数量、装运日期、定货数量等。
- c) 沥青材料的技术要求应符合 JTGF40-2004 的规定。
- d) 进场沥青每批都应进行取样和试验。取样和试验应符合 JTGE20-2011 的规定。

6.4.3 施工准备

6.4.3.1 沥青表处施工在路缘石安装以后进行, 基层必须清扫干净。

6.4.3.2 施工前检查沥青洒布车的油泵系统、输油管道、油量表、保温设备等, 保证油嘴干净, 并进行试洒布, 确定喷洒速度及喷洒量。

6.4.3.3 检查集料撒布机传动和液压调整系统, 并进行试撒布, 确定撒布各种规格集料时应控制的下料间隙及行驶速度。

6.4.4 施工方法

6.4.4.1 弹石路面加铺沥青表面处治结构为 2.5cm 的沥青表处层+15cm~20cm 的级配碎石, 具体结构形式可参照表附录 B 选用。

6.4.4.2 撒布集料要求如下:

- a) 浇洒第一层沥青后(不必等全段洒完), 立即用集料撒布机撒布第一层集料, 撒布后及时扫匀, 达到全面覆盖一层, 厚度一致, 集料不重叠, 也不露沥青。
- b) 两幅搭接处, 第一幅浇洒沥青后留 10cm~15cm 宽度不撒石料, 待第二幅浇洒沥青后一起撒布集料。
- c) 摊铺时严格掌握厚度和平整度, 细致找平。

6.4.4.3 碾压要求如下:

- a) 撒布一段集料后(不必等全段撒完), 立即用 6t~8t 钢筒双轮压路机从路边向路中心碾压 3~4 遍, 每次轮迹重叠约 300mm。碾压速度开始不宜超过 2km/h, 以后可适当增加。
- b) 第二、三层施工方法和要求与第一层相同, 但压路机用 8t~10t 压路机。
- c) 按规范控制碾压温度、碾压速度, 碾压至要求的密实度。

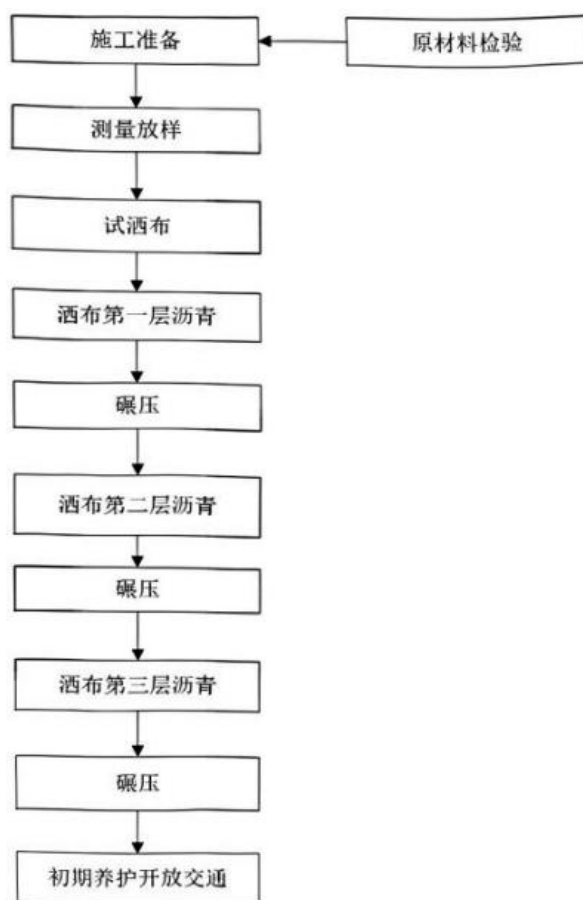


图10 弹石路面加铺沥青表处施工工艺

6.4.5 养护

6.4.5.1 沥青表处面层在碾压结束后即可开放交通，在通车初期设专人指挥交通或设置障碍物控制行车，使路面全幅宽度均匀压实。在路面完全成型前限制车速不超过 20km/h，严禁畜力车及铁轮车行驶。

6.4.5.2 初期养护发现有泛油时，在泛油处补撒与最后一层石料规格相同的嵌缝料并扫匀，过多的浮动集料扫出路，并不得搓动粘着在位的集料。

6.4.6 施工质量控制

6.4.6.1 施工后对沥青表面处治路面进行外观鉴定：

- a) 表面平整密实，无油包、油丁、波浪、泛油、封面料明显松散、烂边等现象；
- b) 面层与缘石及其它构筑物应衔接平顺，无积水现象；
- c) 用 12t 以上压路机碾压后无明显轮迹。

6.4.6.2 实测项目

沥青表面处治面层铺筑质量应符合表18要求。

表18 沥青表面处治面层施工实测项目

路面类型	项目	检查频度及 单点检验评价方法	质量要求或允许偏差	试验方法
沥青 表面 处治	外观	随时	集料嵌挤密实, 沥青撒布均匀, 无花白料, 接头无油包	目测
	集料及沥青用量	每日 1 次逐日评定	±10%	每日施工长度的实际用量 与计划用量比较, T 0982
	沥青洒布温度	每车 1 次评定	符合本规范规定	温度计测量
	厚度(路中及路 侧各 1 点)	不少于每 2000m ² 一点, 逐点评定	-5mm	T 0912
	平整度(最大间 隙)	随时, 以连续 10 尺的 平均值评定	10mm	T 0931
	宽度	检测每个断面逐个评 定	±30mm	T 0911
	横坡度	检测每个断面逐个评 定	±0.5%	T 0911

6.5 弹石路面加铺薄层沥青混凝土施工工艺

6.5.1 一般规定

6.5.1.1 弹石路面加铺薄层沥青混凝土的结构为 3cm~5cm 沥青混凝土+8cm~25cm 级配碎石。具体结构形式的选择, 可以依据交通量及实际弹石强度参照表附录 B 选用。

6.5.1.2 交通量大且弹石路面强度低的路面, 还要根据推荐的典型结构选择 10cm~15cm 的填隙碎石作为底基层。

6.5.1.3 各层沥青混合料应满足所在层位的功能性要求, 便于施工, 不容易离析。各层应连续施工并联结成为一个整体。当发现混合料结构组合及级配类型的设计不合理时应进行修改、调整, 以确保沥青路面的使用性能。

6.5.2 材料及配合比设计

6.5.2.1 集料具有良好的颗粒形状, 洁净、干燥、无风化、无杂质, 具有足够的强度、耐磨耗性, 技术要求应符合表 14 及表 15 的规定, 矿粉等需满足 JTGF40-2004。

6.5.2.2 沥青标号的选择要求符合 JTGF40-2004, 沥青混凝土的关键筛孔通过率及矿料级配范围及沥青用量见表 19 和表 20。沥青混合料的类型为细粒式 AC-13 或者中粒式 AC-16, 具体由面层厚度决定。

表19 细型密级配沥青混凝土的关键性筛孔通过率

混合料 类型	公称最大粒径 (mm)	关键筛孔 (mm)	粗型密级配		细型密级配	
			名称	关键性筛孔通过率(%)	名称	关键性筛孔通过率(%)
AC-16	16	2.36	AC-16C	<38	AC-16F	>38
AC-13	13.2	2.36	AC-13C	<40	AC-13F	>40

表20 密级配沥青混凝土混合料矿料级配范围

级配 类型	通过下列筛孔(mm)的质量百分率(%)													沥青 用量 (%)
	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	
AC-16			100	90~ 100	76~ 92	60~ 80	34~ 62	20~ 48	13~ 36	9~26	7~18	5~14	4~8	4.0~ 6.0
AC-13				100	90~ 100	68~ 85	38~ 68	24~ 50	15~ 38	10~ 28	7~20	5~15	4~8	4.5~ 6.5

6.5.3 施工准备

6.5.3.1 施工前检查沥青洒布车的油泵系统、输油管道、油量表、保温设备等，保证油嘴干净，并进行试洒布，确定喷洒速度及喷洒量。

6.5.3.2 准备下承层。薄层沥青混凝土不能提高路面强度，这就要求下承层必须具有足够的结构强度和抗变形能力，在摊铺沥青混合料之前，需要对下承层进行清理，并使构造深度在 2mm 以上，然后喷洒透层油。

6.5.4 施工方法

6.5.4.1 沥青混凝土施工工艺主要参考 JTG F40-2004，施工流程如图 11。

6.5.4.2 混合料摊铺。混合料摊铺时应控制好摊铺速度，确保摊铺均匀、慢速、不间断。速度宜控制在 2m/min~6m/min 范围内，并与拌和能力、运输能力基本匹配。严格控制摊铺宽度，一般不超过 6m~8m。但农村公路路面宽度普遍较窄，施工时应尽量封闭交通，可采用整幅摊铺。

6.5.4.3 混合料压实。新型沥青混凝土路面面层摊铺厚度较小，为提高路面平整度，确保压实效果，碾压时应先用钢轮压路机进行初压，使混合料获得初步稳定。初压不宜使用轮胎压路机，以免形成明显坑槽无法消除。复压采用轮胎压路机可使混合料更加密实。终压再用钢轮压路机碾压，消除表面轮迹，提高路面平整度。另外，为避免混合料出现“拥包”等现象，压路机宜采用“高频、低幅”方式进行碾压，初压时采用静压。

6.5.4.4 施工温度控制。沥青混凝土面层厚度较薄，施工时热量散发快，因此各环节的施工温度应较规范规定的温度略有提高。一般可较规范提高 5℃ 左右。

6.5.4.5 接缝。农村公路沥青路面施工一般可采用全幅摊铺。在需要半幅施工时，可采用斜接缝，有条件的易加设挡板或加设切刀切齐。横向接缝应与路中线垂直，并宜采用垂直的平接缝。平接缝宜趁尚未冷透时人工垂直刨除端部层厚不足的部分或用切割机制作，使工作缝成直角连接。

6.5.4.6 在混合料施工过程中，应加强质量管理和检查，及时对离析情况和均匀性做出判断。如出现严重混合料离析现象应立即返工，以免影响施工质量。

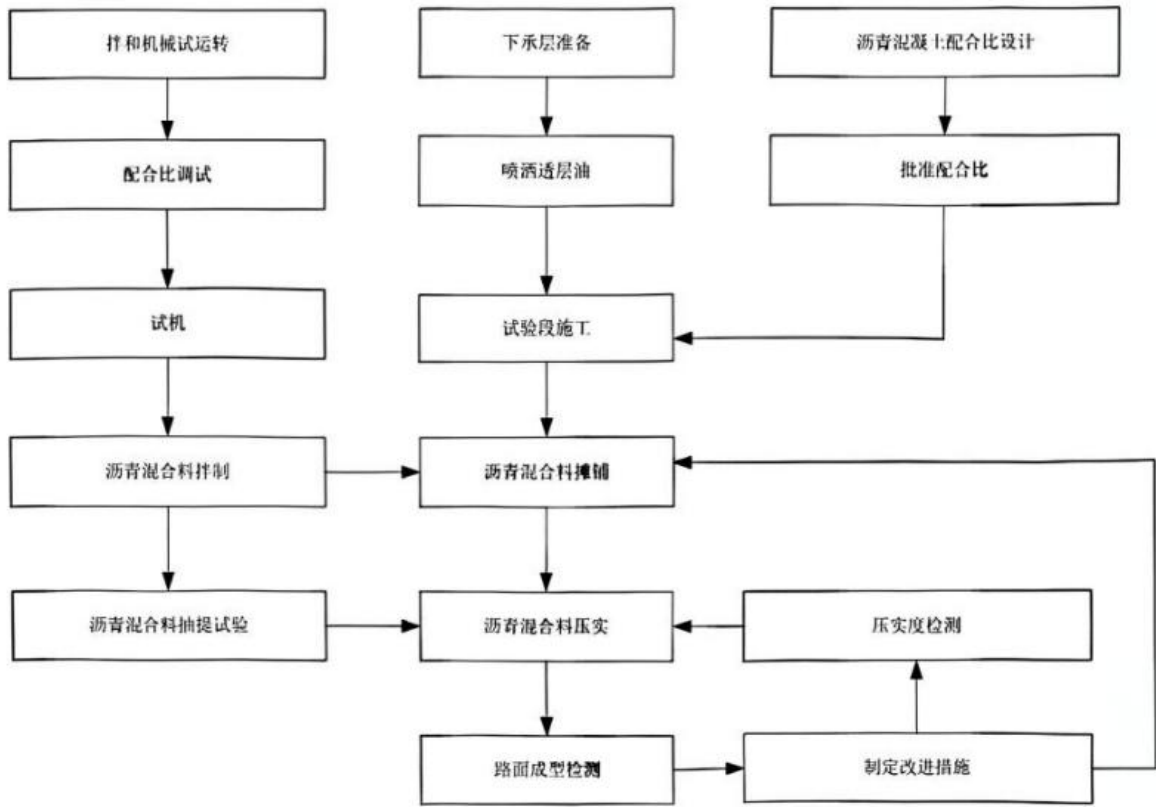


图11 沥青混凝土路面施工工艺

6.5.5 养护

同一般公路沥青路面养护方法。

6.5.6 施工质量控制

6.5.6.1 沥青混合料质量控制包括外形控制和质量控制。

6.5.6.2 施工后的沥青混凝土路面外形控制要求：

- a) 表面应平整密实，不应有泛油、松散、裂缝、粗细料集中等现象；
- b) 表面无明显碾压轮迹；
- c) 搭接处应紧密、平顺、烫缝不应枯焦；
- d) 面层与路缘石及其他构筑物应接顺，不得有积水现象。

6.5.6.3 质量检测标准见表 21。

表21 沥青混凝土面层实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	压实度 (%)		试验室标准密度的 96%； 最大理论密度的 92%； 试验段密度的 98%	每 200m 测 1 处
2	平整度	最大间隙 h (mm)	5	3m 直尺：每 200m 测 2 处×10 尺
3	弯沉值 (0.01mm)		符合设计要求	每 20m 测 1 处

表21 沥青混凝土面层实测项目（续）

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
4	渗水系数		300ml/min	渗水试验仪：每 200 测 1 处
5	厚度 (mm)	代表值	-8%H	双车道每200m测1处
		合格值	-15%H	
6	中线平面偏位 (mm)		30	经纬仪：每 200m 测 4 点
7	纵段高程 (mm)		±20	水准仪：每 200m 测 4 断面
8	宽度 (mm)	有侧石	±30	尺量：每200m测4断面
		无侧石	不小于设计	
9	横坡度 (%)		±0.5	水准仪：每 200m 测 4 处

6.6 弹石路面加铺沥青碎石施工工艺

6.6.1 一般规定

6.6.1.1 弹石路面加铺沥青碎石的结构为 5cm 的沥青碎石面层+15cm~20cm 级配碎石。

6.6.1.2 交通量大且弹石路面强度低的路面还要根据推荐的典型结构选择 10cm 的填隙碎石作为底基层。具体结构形式可参照表附录 B 选用。

6.6.1.3 各层沥青混合料应满足所在层位的功能性要求，便于施工，不容易离析。各层应连续施工并联结成为一个整体，当发现混合料结构组合及级配类型的设计不合理时应进行修改、调整，以确保沥青路面的使用性能。

6.6.2 材料及配合比设计

6.6.2.1 集料应具有良好的颗粒形状，洁净、干燥、无风化、无杂质，具有足够的强度、耐磨耗性，技术要求应符合表 14 的规定，沥青碎石的矿料级配及沥青用量参照表 22。

表22 沥青碎石矿料级配及沥青用量范围

级配类型	通过下列筛孔（方孔筛，mm）的质量百分率（%）										沥青用量
	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	
AM-13	100	90~100	50~80	20~45	8~28	4~20	2~16	0~10	0~8	0~6	3.0~4.5

6.6.2.2 针对云南农村公路情况，沥青碎石面层推荐选用 AM-13，厚度为 5cm，结构组合参照表附录 B 选用。

6.6.2.3 配合比设计过程要符合 JTGF40-2004，沥青碎石混合料的配合比设计应根据实践实验和马歇尔实验的结果，经过试拌论证确定。

6.6.3 施工准备

6.6.3.1 测量人员恢复中线，精确放出摊铺边线。

6.6.3.2 在铺筑混合料之前，必须对下层进行检查，特别应注意下层的污染情况，不符合要求的要进行处理，否则不准铺筑沥青碎石面层。

6.6.4 施工方法

6.6.4.1 拌和时必须掌握下列各个要点：

a) 粗、细集料应分类堆放和供料，取自不同料源的集料应分开堆放，应对每个料源的材料进行抽样试验，并经监理工程师检验批准；

- b) 每种规格的集料、矿粉和沥青都必须分别按要求的比例进行配料;
- c) 沥青材料应采用导热油加热,混合料出料温度 $150^{\circ}\text{C}\sim 165^{\circ}\text{C}$ 范围内。摊铺温度不低于 135°C ,碾压温度不低于 120°C ,碾压终了温度不低于 90°C ;
- d) 合理选定热料筛分用最大筛孔,避免产生超尺寸颗粒;
- e) 沥青混合料的拌和时间应以混合料拌和均匀、所有矿料颗粒全部裹覆沥青结合料为度,并经试拌确定,间歇式拌和机每锅拌和时间宜为 $30\text{s}\sim 50\text{s}$ (其中干拌时间不得小于 5s);
- f) 拌好的沥青混合料应均匀一致,无花白料,无结团成块或粗细集料分离现象,不符合要求时不得使用,并应及时调整。

6.6.4.2 混合料运输应满足如下要点:

- a) 从拌和机向运料车上放料时,应每卸一斗混合料挪动一下汽车位置,并尽量缩小贮料仓下落的落距,以减少粗细集料的离析现象。为了便于管理和施工,运料车应与施工规模相匹配,汽车自备棉被、苫布,用来覆盖沥青混合料,防止混合料在运输途中过量损失热量和被污染、雨淋等,确保沥青混合料的质量。
- b) 连续摊铺过程中,运料车应在摊铺机前 $10\text{cm}\sim 30\text{cm}$ 处停住,不得撞击摊铺机。卸料过程中运料车应挂空档,靠摊铺机推动前进。
- c) 已经离析或结成不能压碎的硬壳、团块或运料车辆卸料时留于车上的混合料,以及低于规定铺筑温度的混合料都应废弃,不得用于相应工程。

6.6.4.3 摊铺应满足如下要点:

- a) 测量人员恢复中线,精确放出摊铺边线。
- b) 在铺筑混合料之前,必须对下层进行检查,特别应注意下层的污染情况,不符合要求的要进行处理,否则不准铺筑沥青混凝土。
- c) 为防止混合料摊铺过程中离析,采用两台摊铺机平行摊铺,摊铺机纵向距离以 $5\text{m}\sim 10\text{m}$ 为宜。
- d) 正常施工,摊铺温度不超过 160°C ,摊铺前要对每车的沥青混合料进行检验,发现超温、花白料、不合格材料要拒绝摊铺,退回废弃。摊铺机送料胶轮要尽量低 ($\leq 10\text{cm}$),防止离析。
- e) 摊铺机一定要保持摊铺的连续性,有专人指挥,一车卸完下一车要立即跟上,应以均匀的速度行驶,以保证混合料均匀、不间断的摊铺,摊铺机前要经常保持 3 辆车以上,摊铺过程中不得随意变换速度,避免中途停顿,影响施工质量。受料斗内要饱料,送料应均匀。
- f) 摊铺机的操作应不使混合料沿着受料斗的两侧堆积,任何原因使冷却到规定温度以下的混合料应予除去。
- g) 摊铺机夯实锤,要尽量加大力量,使摊铺机摊过后压实度能达到 90% 以上,且 2 台摊铺机夯实锤的夯实力和频率必须保持一致,以保证摊出的沥青混合料密度均匀一致。
- h) 对外形不规则路面、厚度不同、空间受到限制等摊铺机无法工作的地方,经监理工程师批准可以采用人工铺筑混合料。

6.6.4.4 混合料的压实应满足如下要点:

- a) 在混合料完成摊铺后应立即对路面进行检查,对不规则之处应及时用人工进行调整,随后进行充分均匀的压实。
- b) 压实分初压、复压和终压三个阶段。压路机应以均匀速度行驶,压路机速度应符合规定要求:
 - 1) 初压:摊铺后立即用 2 台胶轮压路机进行高温碾压,而后用双钢轮振动压路机碾压两遍,碾压时应将驱动轮面向摊铺机,碾压路线及碾压方向不应突然改变而导致混合料产生推移。初压后检查平整度和路拱,必要时应予以修整;
 - 2) 复压:复压紧接在初压后进行,复压用双钢轮振动压路机振动碾压 $4\sim 6$ 遍后再关闭振动碾压 $2\sim 3$ 遍,达到压实要求;
 - 3) 终压:终压紧接在复压后进行,终压应采用关闭振动的振动压路机碾压,消除轮迹。

6.6.4.5 接缝的处理应满足如下要点:

- a) 铺筑工作的安排应使纵、横向两种接缝都保持在最小数量。接缝的方法及设备，应取得监理工程师批准，在接缝处的密度和表面修饰与其它部分相同。
- b) 对冷接缝的处理，由于工作中断，使摊铺材料的末端已经冷却或者第二天才恢复工作时，应用切割机切成一条垂直横缝，在下次摊铺前，应在上次末端涂刷适量粘层沥青，并经过调整熨平板的高度，为碾压留出充分的预留量。接缝处应平行于横缝进行碾压，以确保接缝处的平整度。
- c) 纵向接缝应是热接缝，并应是连续和平行的，缝边应垂直并形成直线。
- d) 在纵缝上的混合料，应在摊铺机的后面立即有一台静力钢轮压路机以静力进行碾压。碾压工作应连续进行，直至接缝平顺而密实。
- e) 横向接缝上下层间的错位至少为 1m。

6.6.5 养护

路面冷却前严禁任何车辆通行，路面冷却后可控制过往车辆的车速，严禁刹车、调头损伤路面。

6.6.6 施工质量控制

6.6.6.1 沥青碎石路面施工质量基本要求：

- a) 碎石选择质坚且杂质在标准之内的石料，颗粒级配应符合要求；
- b) 沥青用量按设计要求控制准确，拌和必须均匀至混合料色泽一致为止；
- c) 摊铺时要注意消除粗细集料离析现象；
- d) 一般用重型压路机压至要求的压实度；

6.6.6.2 实测项目

表23 弹石路面加铺沥青碎石实测项目

序号	项目		允许偏差 (mm)	检验数量	单元测点	检验方法
1	平整度		20	道路每50m一处，堆场 每100m ² 一处	1	用2m靠尺和塞尺测量
2	厚度		±10		1	用钢尺测量，必要时挖验
3	标高	堆场	+5		1	用水准仪按10m方格网测量
		道路	-15		3	用水准仪测量两边线及中线

6.7 弹石路面加铺沥青贯入式施工工艺

6.7.1 一般规定

- 6.7.1.1 弹石路面加铺沥青贯入式的结构为 5cm 的沥青贯入式+8cm~20cm 级配碎石。
- 6.7.1.2 交通量大且弹石强度低的结构要加铺 10cm 的填隙碎石作为底基层。具体结构形式可参照表附录 B 选用。
- 6.7.1.3 沥青贯入式路面的最上层应撒布封层料或加铺拌和层。
- 6.7.1.4 沥青贯入式路面宜选择在干燥和较热的季节施工，并宜在日最高温度降低至 15℃ 以前半个月结束，使贯入式结构层通过开放交通碾压成型。

6.7.2 材料及配合比设计

6.7.2.1 集料的要求

- a) 集料应选择有棱角、嵌挤性好的坚硬石料，其规格和用量应根据贯入层厚度确定，各层材料规格和用量可以参照表 24。

- b) 沥青贯入层主层集料中大于粒径范围中值的数量不得少于 50%。细粒料含量偏多时,嵌缝料用量宜采用低限。表面不加铺拌和层的贯入式路面在施工结束后每 100m² 应另备 2m³~3m³ 石屑或粗砂等供初期养护使用,石屑或粗砂的规格应与最后一层嵌缝料规格相同。
- c) 沥青贯入层的主层集料最大粒径宜与贯入层厚度相同,当采用乳化沥青时,主层集料最大粒径可采用厚度为 0.80~0.85 倍,数量宜按压实系数 1.25~1.30 计算。

表 24 沥青贯入式路面材料规格和用量 (集料: m³/1000m², 沥青及沥青乳液: kg/m²)

沥青品种	石油沥青			
厚度 (cm)	5		6	
规格和用量	规格	用量	规格	用量
封层料	S14	3~5	S13 (S14)	4~6
第三遍沥青	S11 (S10)	1.0~1.2	S11 (S10)	1.0~1.2
第二遍嵌缝料		10~12		10~12
第二遍沥青		1.8~2.0		2.0~2.2
第一遍嵌缝料	S8	12~14	S8 (S6)	16~18
第一遍沥青	S4	1.6~1.8	S3 (S4)	2.8~3.0
主层石料		55~60		66~76
沥青总用量	5.2~5.8		5.8~6.4	
沥青品种	乳化沥青			
厚度 (cm)	4		5	
规格和用量	规格	用量	规格	用量
封层料	S13 (S14)	4~6	S14	4~6
第五遍沥青	S14	0.8~1.0	S14	0.8~1.0
第四遍嵌缝料				5~6
第四遍沥青				1.2~1.4
第三遍嵌缝料	S14	5~6	S12	7~9
第三遍沥青				1.5~1.7
第二遍嵌缝料	S12	7~8	S10	9~11
第二遍沥青	S9	1.6~1.8	S8	1.6~1.8
第一遍嵌缝料		12~14		10~12
第一遍沥青		2.2~2.4		2.6~2.8
主层石料	S5	40~45	S4	50~55
沥青总用量	6.0~6.8		7.4~8.5	
注:表中乳化沥青是指乳液的用量,并适用于乳液浓度约为60%的情况,如果浓度不同,用量应予换算。				

6.7.2.2 沥青

沥青贯入式路面的结合料可采用粘稠石油沥青或乳化沥青,并应符合下列规定:依据不同沥青品种及材料用量可以参照上表24。

6.7.3 施工准备

6.7.3.1 当贯入式沥青路面作为三级以下公路面层时,应在路缘石安装完成后施工,施工时路缘石应予遮盖。

6.7.3.2 乳化沥青贯入式路面必须浇洒透层或黏层沥青。沥青贯入式路面厚度小于或等于 5cm 时,也应浇洒透层或黏层沥青,基层必须清扫干净。

6.7.3.3 准备下承层:检查下承层的压实度、平整度、横坡度、高程、宽度、弯沉等,如有表面松散、弹簧、弯沉不合格等现象必须进行处理。

6.7.3.4 施工放样:恢复路中线,每 10m 设一中桩,并放出边线外 0.3m~0.5m 处指示桩,进行水平测量,按松铺系数准确标出布主层碎石的高程。

6.7.3.5 材料准备:选择符合要求的碎石生产厂家和符合要求的沥青供应商。碎石、沥青进场时要按规定频率进行检验。

6.7.4 施工方法

6.7.4.1 工艺流程见图 12。

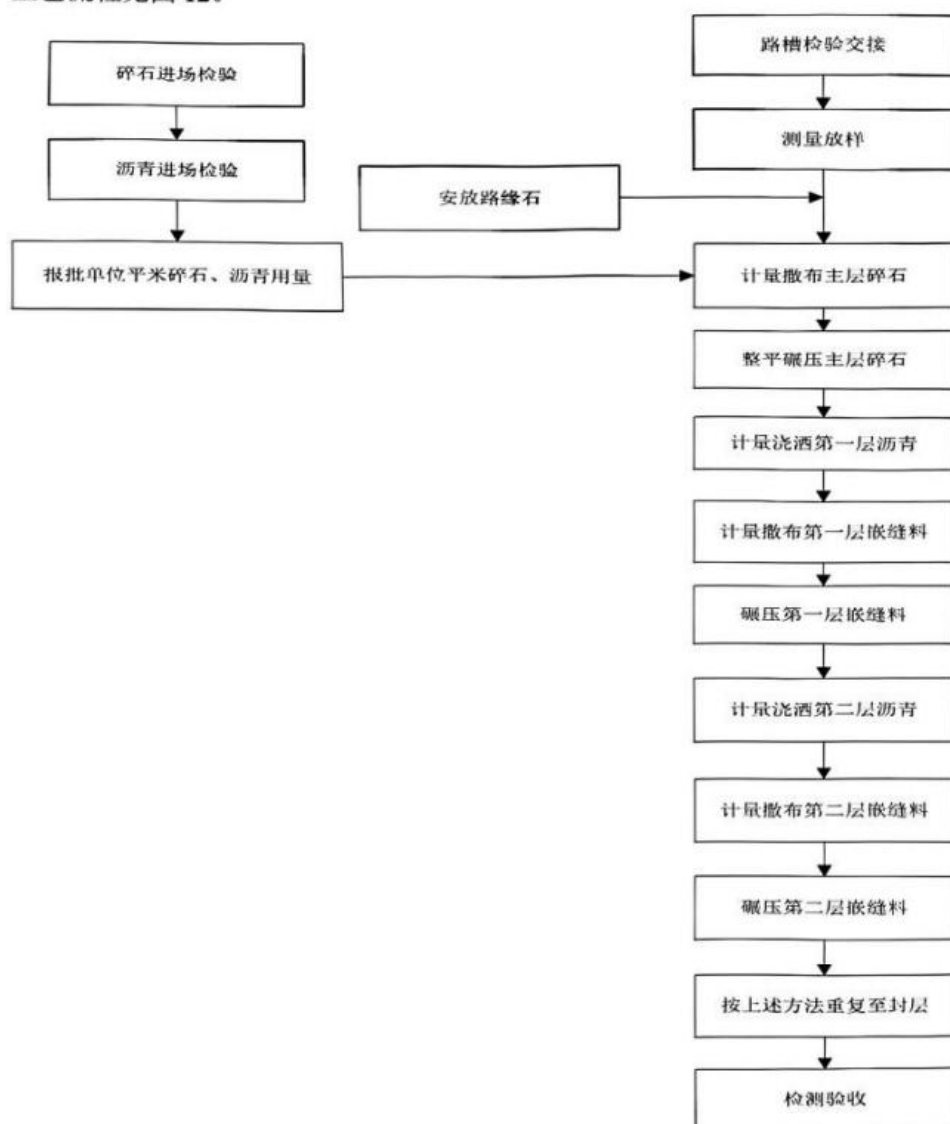


图12 弹石加铺沥青贯入式路面施工流程

6.7.4.2 撒布碎石及沥青具体步骤如下：

- a) 撒布主层碎石、稳压：按照试验段确定的松铺系数用碎石摊铺机或平地机撒布主层集料，平地机整平，用 6t~8t 双钢轮压路机自路两侧向路中心碾压，碾压速度宜为 2km/h，每次轮迹重叠约 30cm，碾压一遍后检验路拱和纵向坡度，当不符合要求时，应调整找平后再压。然后用重型的钢轮压路机碾压，每次轮迹重叠 1/2 左右，宜碾压 4~6 遍，直至主层集料嵌挤稳定，无显著轮迹为止。
- b) 洒洒第一层沥青：沥青的洒布温度根据气温及沥青标号选择，石油沥青宜为 130℃~170℃，煤沥青宜为 80℃~120℃，乳化沥青在常温下洒布，加温洒布的乳液温度不得超过 60℃。前后两车喷洒的接茬处用铁板或建筑纸铺 2m~3m，使搭接良好。分几幅洒洒时，纵向搭接宽度宜为 100mm~150mm。洒洒第二层、第三层沥青的搭接缝应错开。采用乳化沥青贯入时，为防止乳液下漏过多，可在主层集料碾压稳定后，先撒布一部分上一层嵌缝料，再洒洒第一层沥青。

c) 撒布第一层嵌缝料:洒布主层沥青后应立即用集料撒布车或装载机配合人工撒布第一层嵌缝料,撒布集料后应及时扫匀,达到全面覆盖、厚度一致,不足处应及时找补。当使用乳化沥青时,石料撒布必须在乳液破乳前完成。

d) 第一层嵌缝料碾压:撒布第一层嵌缝料时,不必等全段撒完,立即用 8t~12t 双钢轮压路机碾压嵌缝料,轮迹重叠轮宽的 1/2 左右,宜碾压 4~6 遍,然后用 12t~16t 胶轮压路机碾压二遍,直至稳定为止。碾压时随压随扫,使嵌缝料均匀嵌入。因气温较高使碾压过程中发生较大推移现象时,应立即停止碾压,待气温稍低时再继续碾压。

e) 按上述方法浇洒第二层沥青、撒布第二层嵌缝料,然后碾压,再浇洒第三层沥青,按上述方法重复到封层。

6.7.4.3 碾压注意事项:

a) 封层碾压:封层料按撒布嵌缝料方法进行,封层料撒布完后,采用 6t~8t 双钢轮压路机作最后碾压,宜碾压 2~4 遍,然后开放交通。行车速度限速 20km/h。

b) 铺筑上拌下贯式路面时,贯入层不撒布封层料,拌和层应紧跟贯入层施工使上下成为一整体。贯入层采用乳化沥青时应待其破乳,水分蒸发且成型稳定后方可铺筑拌和层。

6.7.4.4 施工过程要点如下:

a) 沥青洒布机在作业前,洒油管的高度一定要调整准确,洒油管的高度应使同一地点接受两个或三个喷油嘴喷洒的沥青,且通过试验确定洒布机行走速度。

b) 沥青洒布机在喷洒时,前后两车喷洒的接茬处用铁板或建筑纸铺 2m~3m,确保搭接良好。

c) 主层集料的厚度均匀性非常重要,所以要加强下承层验收工作。在高程和厚度发生矛盾时,要先保证厚度的均匀性。

6.7.5 养护

6.7.5.1 贯入式沥青路面封层施工碾压完后,即可开放交通,并通过开放交通补充压实,成型稳定。通车初期应设专人指挥交通或设置障碍物控制行车,限制行车速度不超过 20km/h,严禁畜力车及铁轮车行驶,使路面全部宽度均匀压实。

6.7.5.2 贯入式沥青路面通车后应注意初期养护,当发现有泛油时,应在泛油处补撒,与最后一层石料规格相同的嵌缝料并扫匀,过多的浮料应扫出路外。

6.7.6 施工质量控制

6.7.6.1 贯入式沥青路面施工基本要求:

- a) 沥青材料的各项指标应符合设计和施工规范规定的要求;
 - b) 各种材料的规格和用量应符合设计要求和施工规范规定;
 - c) 主层集料必须平整,嵌挤稳定,沥青贯入应深透,浇洒应均匀,不得污染其他构筑物;
 - d) 嵌缝料必须趁热撒铺,扫料均匀,不得有重叠现象;
 - e) 沥青贯入式面层施工前,应先做好路面结构层与路肩的排水措施,使雨水及时排出路面。
- 6.7.6.2 实测项目见表 25。

表25 沥青贯入式路面实测项目

沥青贯入式路面	外观	随时	集料嵌挤密实，沥青撒布均匀，无花白料，接头无油包	目测
	集料及沥青用量	每日1次总量评定	±10%	每日施工长度的实际用量与计划用量比较，T 0982
	沥青洒布温度	每车1次逐点评定	符合本规范规定	温度计测量
	厚度	每2000m ² 一点逐点评定	-5mm或设计厚度的-8%	T 0912
	平整度(最大间隙)	随时，以连续10尺的平均值评定	≤8mm	T 0931
	宽度	检测每个断面	±30mm	T 0911
	横坡度	检测每个断面	±0.5%	T 0911

6.8 弹石路面升级改造水泥混凝土路面典型结构

6.8.1 基层

新型水泥路面基层结构的基层材料包括级配碎砾石、级配砂砾、固化土等，如需设底基层，材料可选择当地的天然砂砾、未筛分碎石、手摆片石等。基层结构与弹石加铺沥青面层结构相似。级配碎砾石基层厚度一般取15cm，底基层厚度取10cm。具体厚度根据计算确定。

6.8.2 结构组合设计

6.8.2.1 常规尺寸水泥混凝土板。弹石路面加铺常规尺寸水泥混凝土面板结构为：20cm~24cm 水泥混凝土板+15cm 级配碎石+10cm 填隙碎石等（交通量大或弹石强度低的情况）具体可见附录 C，水泥混凝土面板尺寸可采用 4m×3.5m，或依照地形及技术条件确定。其中，当 Ne≤3 万次时，水泥混凝土的设计弯拉强度为 4.0MPa，Ne>3 万次时，水泥混凝土的设计弯拉强度为 4.5MPa。

6.8.2.2 小尺寸水泥混凝土路面适用条件：

- a) 云南省农村公路中的三、四级和等外公路；
- b) Ne≤100 万次的路段；
- c) 弹石路面强度≥60MPa 的路段。对于强度小于 60MPa 的路段，可以进行加固处理，直到达到基本要求，或者采用传统结构；
- d) 小尺寸水泥混凝土路面接缝较多，雨水容易进入，故应优先考虑降雨量少的地区；
- e) 小尺寸水泥混凝土板平面尺寸为 2m×1.75m。

表26 云南省农村公路小尺寸水泥混凝土路面典型结构

标准轴载累计作用次数（万次）	≤3	≤50	≤100
公路行政等级	村道，乡道	乡道、县道	县道
公路技术等级	等外公路、四级	三、四级	三级
典型结构形式	14cm~16cm 水泥混凝土	15cm~18cm 水泥混凝土	18cm~20cm 水泥混凝土
	15cm 天然砂砾或片石	15cm 级配碎砾石	15cm~17cm 水泥稳定碎砾石
注1：基层的结构形式和材料可根据农村公路建设的实际条件选择；			
注2：根据需要可设 10cm~15cm 底基层或垫层，材料可在当地选择填隙碎石、天然砂砾、未筛分碎石、手摆片石等材料。			

6.8.3 施工工艺及质量控制

6.8.3.1 传统的水泥混凝土路面施工工艺可参考 JTG F30-2003 的相关规定。农村公路一般多采用小型机具配合人工的施工方法,也可考虑选用三辊轴式机组施工的方法。小型机具施工水泥混凝土路面的施工工序见图 13。

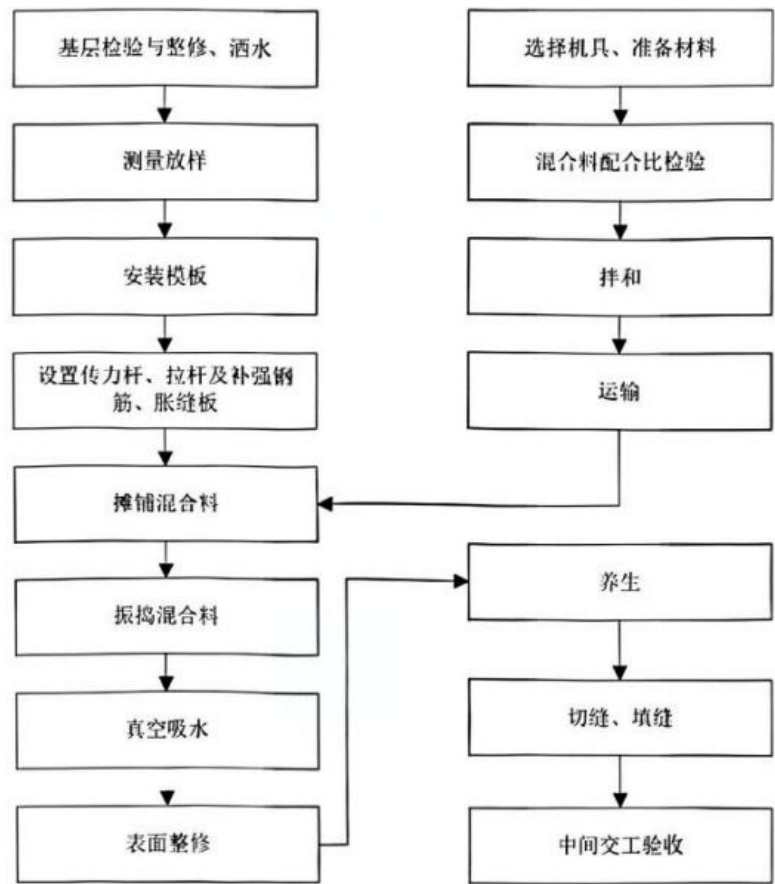


图13 小型机具施工水泥混凝土路面工序示意图

传统的水泥混凝土路面施工工艺应参考JTG F30-2003的相关规定。

6.8.3.2 小尺寸水泥混凝土路面施工要点如下:

- a) 做好路基和基层的排水工作。由于小尺寸水泥混凝土路面和普通水泥混凝土路面相比,平面尺寸要小,而板间的接缝也就较多,路面透水机率增大。
- b) 在路基压实度满足规范要求的前提下,保证路基有从路中线向两侧或向单侧倾斜的横坡,坡度不小于 2%,以将路面内部的水顺利排出。对于旧路改造而言,则要做好旧路的坑槽、车辙等病害的修补工作,确保路表面不会有积水。
- c) 基层最好选用排水性能良好的材料,若当地降雨量丰富,需要在路基顶面设置一层封层,以防止雨水过多的渗入路基影响强度。农村常用路基封层材料为高塑性粘土。

6.8.3.3 面层施工工艺内容如下:

- a) 农村公路水泥混凝土路面公路等级一般在三级及以下,参照 JTG F30-2003 中对机械装备的建议,采用现浇法用三辊轴机组或小型机具进行施工。
- b) 三辊轴施工是用三辊轴机组对公路行车道进行全幅摊铺,根据面板设计尺寸对面板进行切缝。基层平整度须满足规范要求,否则要用 3cm~5cm 垫层砂进行找平后再进行模板的安装。

c) 小型机具施工则较为灵活,按设计尺寸架设好模板后可直接浇注混凝土,对基层平整度和模板架设的要求相对较低,适用于三、四级农村公路的水泥混凝土路面施工。

d) 道路两侧宜设置路缘石,路缘石可为预制混凝土块或现浇混凝土,防止面板出现侧向滑移。

6.8.3.4 面层抗滑构造措施施工工艺

从经济性和施工难易程度考察,农村公路水泥混凝土路面面层抗滑构造措施常采用的方法有拉毛法、压槽法、压槽刷毛法,具体做法如下:

a) 拉毛法采用的工具为尼龙刷,尼龙刷应选择 0.4mm 的尼龙丝制成;刷长宜 500mm,太短影响功效,太长拖动力,如果表面平整度不好,会出现“波浪”现象。拉毛宜早不宜晚,制作时间以混凝土泌水后,表面无波纹水迹较合适。拉毛应控制好压力,防止拉毛时粘沾混凝土,不平直或深浅不一;纹理垂直路线纵向(以利路面排水),从混凝土板的一边向另一边,一刷一刷进行,要求认真操作,避免出现刷与刷之间的接茬。

b) 压槽法采用手动压槽器在混凝土表面压制槽纹,不同的压槽器压成的槽宽深、间距不同,抗滑构造深度也不同。为保证抗滑构造深度达到设计要求和统一美观,压槽器应满足下列要求:压槽器全重 25kg~30kg;压槽滚轴全长不大于 500mm,槽宽深各 3mm,间距 15mm;导轨采用 10#槽钢。压槽时机掌握与拉毛相同,由导轨配合压槽器压槽,导轨的作用是保证压槽器滚动路线保持直线且与路中线垂直。滚动压槽器时用力要均匀,不可忽快忽慢,每次移动导轨必须认真量距,准确定位,使槽纹间距均匀一致。

c) 压槽刷毛法是压槽法和拉毛法的组合做法,即先压槽后拉毛,采用压槽器和拉毛刷制作表层抗滑构造。压槽器选择与压槽法相同,刷毛采用尼龙刷,制作刷子的尼龙纤维直径 0.2mm~0.3mm 为宜。压槽施工在刚抹最后一道抹面后,刷毛之前进行,工艺同前所述要求。压完槽后,再用尼龙刷刷毛,刷毛纹理深度 0.3mm~0.5mm 为宜。先后两次做出的纹理要接茬准确,以基本看不出接茬的痕迹为宜。

6.8.4 养护及施工质量控制

常规尺寸的混凝土的养护及施工质量控制可参照 JTG F80/1-2004,见下表 27,小尺寸水泥混凝土路面施工质量控制和评价标准考虑到面板尺寸较小,建议在检查方法和频率上可稍作调整,如检验水泥混凝土面板的厚度和宽度时,可改为每 100m 每车道检测 1 处。

表 27 水泥混凝土面层实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差		检查方法和频率
			高速公路 一级公路	其他公路	
1	弯拉强度(MPa)		在合格标准之内		按附录 1 检查
2	板厚度 (mm)	代表值	-5		按附录 2 检查
		合格值	-10		每200m每车道2处
3	平整度	σ (mm)	1.2	2.0	3m 直尺: 半幅车道板带每 200m 测 2 处×10 尺
		IRI (m/km)	2.0	3.2	
		最大间隙 h (mm)	-	5	3m 直尺: 半幅车道板带每 200m 测 2 处×10 尺
4	抗滑构造深度(mm)		一般路段不小于 0.7 且 不大于 1.1; 特殊路段 不小于 0.8 且不大于 1.2	一般路段不小于 0.5 且 不大于 1.0; 特殊路段不 小于 0.6 且不大于 1.1	铺砂法: 每 200m 测 1 处
5	相邻板高差(mm)		2	3	抽量: 每条胀缝 2 点; 每 200m 抽 纵、横缝各 2 条, 每条 2 点

表 27 水泥混凝土面层实测项目 (续)

项次	检查项目	规定值或允许偏差		检查方法和频率
		高速公路 一级公路	其他公路	
6	纵、横缝顺直度(mm)	10		纵缝 20m 拉线, 每 200m 4 处; 横缝沿板宽拉线, 每 200m 4 条
7	中线平面偏位(mm)	20		经纬仪: 每 200m 测 4 点
8	路面宽度(mm)	± 20		抽量: 每 200m 测 4 处
9	纵断高程(mm)	± 10	± 15	水准仪: 每 200m 测 4 断面
10	横坡(%)	± 0.15	± 0.25	水准仪: 每 200m 测 4 断面
注1: 表中 σ 为平整度仪测定的标准差; IRI 为国际平整度指数; h 为 3m 直尺与面层的最大间隙; 注2: 表中附录 1 与附录 2 见 JTG F80/1-2004 中的附录 C 与附录 H。				

附录 A (规范性附录)

水泥稳定冷再生结构层组合设计算例

A.1 旧路结构层厚度满足再生深度要求 (见图A.1)

A.1.1 基本资料 (由路况调查获得)

某农村公路结构为5cm沥青贯入式面层+20cm水泥稳定砂砾基层+土基；水泥稳定砂砾基层上部13cm已发生结构性破坏，下部7cm结构完好。现场承载板试验测得5cm沥青贯入式面层下复合模量280MPa；20cm水泥稳定砂砾层下复合模量120MPa。设计年限内累计标准轴载为400万次/车道。

A.1.2 初拟路面结构

初步拟路面结构为3cm细粒式密级配沥青混凝土+4cm中粒式密级配沥青混凝土+20cm水泥稳定就地冷再生层，以再生层作为设计层。

A.1.3 确定材料参数

根据本指南提供参考值，再生层模量取1400MPa，劈裂强度取0.5MPa。由内插法确定面层下20cm模量为160MPa。

A.1.4 路面厚度设计

交通量为400万次/车道，设计弯沉值为31.5(0.01mm)。利用设计程序计算出满足设计弯沉指标要求的结构层厚度为18cm；满足层底拉应力要求的结构层厚度为20.5cm。初步设计厚度取21cm。各结构层的验算结果如表A.1所示。

表A.1 结构厚度计算结果

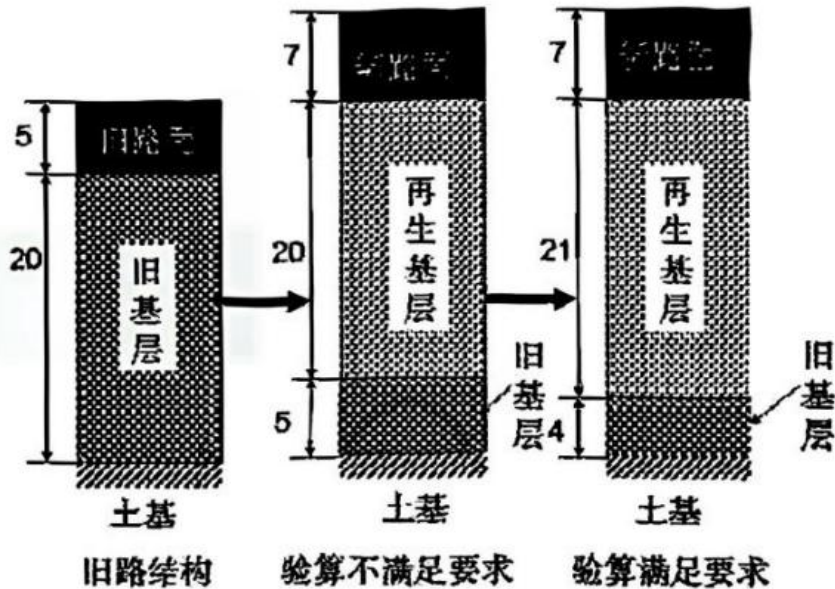
序号	结构层材料名称	材料设计参数				验算	
		15℃抗压模量/MPa	20℃抗压模量/MPa	弯拉强度/MPa	厚度/cm	层底拉应力/MPa	容许拉应力/MPa
1	细粒式沥青混凝土	2000	1400	1.2	3		0
2	中粒式沥青混凝土	1800	1200	1	4		0
3	水泥稳定就地冷再生层	1400	1400	0.6	20		0.30
4	旧路原有结构	160		—	—	—	—

A.1.5 以再生厚度21cm重新由内插法确定面层下21cm处模量为152MPa。利用设计程序计算出满足设计弯沉指标要求的结构层厚度为19cm；满足层底拉应力要求的结构层厚度为21cm。设计厚度取21cm，满足各项要求。各结构层验算结果从略。

A. 1. 6 验算防冻厚度

按照规范要求抗冻厚度验算，路面结构厚度满足最小抗冻厚度要求。

A. 1. 7 与其他方案进行经济比较分析，过程从略。



图A.1 旧路结构层厚度满足再生厚度设计（尺寸单位：cm）

A. 2 旧路结构层厚度不满足再生深度要求（见图A. 2）

A. 2. 1 基本资料（由路况调查获得）

公路结构为5cm沥青贯入式面层+20cm水泥稳定砂砾基层+土基；水泥稳定砂砾基层上部13cm已发生结构性破坏，下部7cm结构完好。现场承载板试验测得5cm沥青贯入式面层下复合模量220MPa；20cm水泥稳定砂砾层下复合模量80 MPa。设计年限内累计标准轴载为400万次/车道。

A. 2. 2 初拟路面结构

初步拟路面结构为3cm细粒式密级配沥青混凝土+4cm中粒式密级配沥青混凝土+20cm水泥稳定就地冷再生层，以再生层作为设计层。

A. 2. 3 确定材料参数

根据本指南提供参考值，再生层模量取1400MPa，劈裂强度取0.5MPa。由内插法确定面层下20cm模量为100MPa。

A. 2. 4 路面厚度设计

交通量为400万次/车道，二级公路设计弯沉值为31.5(001mm)。利用设计程序计算出满足设计弯沉指标要求的结构层厚度为24.5cm；满足层底拉应力要求的结构层厚度为25.4cm。初步设计厚度取26cm。

A. 2. 5 重新拟定路面结构

由于旧路面层与基层厚度总和为25cm，再生26cm将会连一部分土基一起铣刨，这在再生工程中是不允许的，为充分利用旧料，并考虑基层已有13cm完全损坏，故在旧路上部加铺3cm碎石，重新拟定路面结构为3cm细粒式密级配沥青混凝土+4cm中粒式密级配沥青混凝土+24cm水泥稳定就地冷再生层，以再生层作为设计层。

A.2.6 重新确定材料参数

根据本指南提供参考值，再生层模量取1400MPa，劈裂强度取0.5MPa。由内插法确定面层下21cm模量为116MPa。

A.2.7 重新进行路面厚度设计

交通量为400万次/车道，公路设计弯沉值为31.5(0.01mm)。利用设计程序计算出满足设计弯沉指标要求的结构层厚度为22.5cm；满足层底拉应力要求的结构层厚度为23.8cm。设计厚度取24cm，满足各项要求。各结构层的验算结果如表A.2所示。

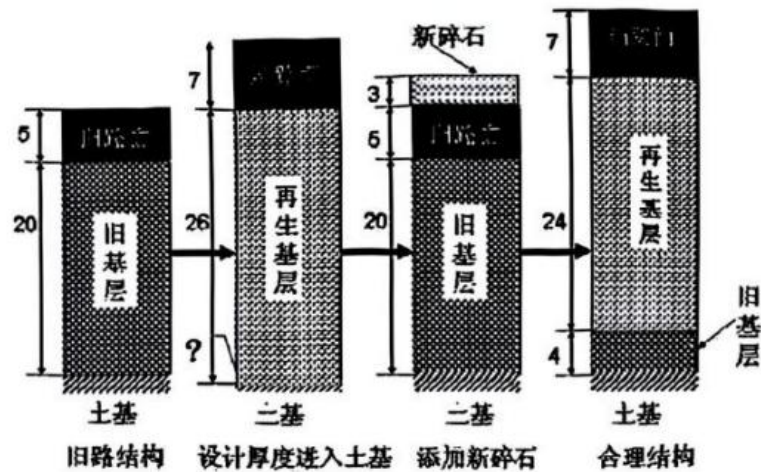
表A.2 结构厚度计算结果

序号	结构层材料名称	材料设计参数				验算	
		15℃抗压模量/MPa	20℃抗压模量/MPa	弯拉强度/MPa	厚度/cm	层底拉应力/MPa	容许拉应力/MPa
1	细粒式沥青混凝土	2000	1400	1.2	3	0	0.6
2	中粒式沥青混凝土	1800	1200	1	4	0	0.43
3	水泥稳定就地冷再生层	1400	1400	0.6	20	0.30	0.30
4	旧路原有结构	116		—	—	—	—

A.2.8 验算防冻厚度

按照规范要求进行抗冻厚度验算，路面结构厚度满足最小抗冻厚度要求。

A.2.9 与其他方案进行经济比较分析，过程从略。



图A.2 旧路结构层厚度不满足再生厚度设计（尺寸单位：cm）

A.3 基本资料（由路况调查获得）

A.3.1 公路结构为5cm沥青贯入式面层+20cm水泥稳定砂砾基层+土基；水泥稳定砂砾基层上部13cm已发生结构性破坏，下部7cm结构完好。现场承载板试验测得5cm沥青贯入式面层下复合模量70MPa；20cm水泥稳定砂砾层下复合模量20MPa。设计年限内累计标准轴载为400万次/车道。

A.3.2 初拟路面结构

初步拟路面结构为3cm细粒式密级配沥青混凝土+4cm中粒式密级配沥青混凝土+? cm水泥稳定砂砾（碎石）层+15cm水泥稳定就地冷再生层，以水泥稳定砂砾（碎石）作为设计层。

A.3.3 确定材料参数

根据本指南提供参考值，再生层模量取1100MPa，劈裂强度取0.5MPa；由规范推荐值，水泥稳定砂砾（碎石）层模量取1400MPa，劈裂强度取0.5MPa；由内插法确定面层下15cm模量为45MPa。

A.3.4 路面厚度设计

交通量为400万次/车道，公路设计弯沉值为31.5(0.01mm)。利用设计程序计算出满足设计要求的结构层厚度为22.6cm。各结构层验算结果如表A.3所示。

表A.3 结构厚度计算结果

序号	结构层材料名称	材料设计参数				验算	
		15℃抗压模量/MPa	20℃抗压模量/MPa	弯拉强度/MPa	厚度/cm	层底拉应力/MPa	容许拉应力/MPa
1	细粒式沥青混凝土	2000	1400	1.2	3	0	0.60
2	中粒式沥青混凝土	1800	1200	1	4	0	0.43
3	水泥稳定沙砾(碎石)	1400		0.6	22.6	0.102	0.30

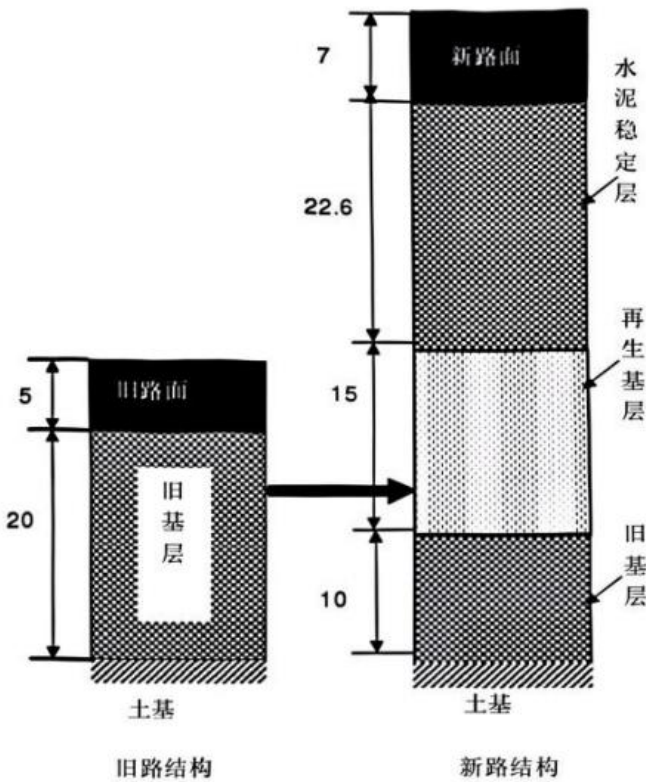
表 A.3 结构厚度计算结果（续）

序号	结构层材料名称	材料设计参数				验算	
		15℃抗压模量/MPa	20℃抗压模量/MPa	弯拉强度/MPa	厚度/cm	层底拉应力/MPa	容许拉应力/MPa
4	水泥稳定就地冷再生层	1100	0.6	15		0.201	0.30
5	旧路原有结构	45	—	—		—	—

A.3.5 验算防冻厚度

按照规范要求进行抗冻厚度验算，路面结构厚度满足最小抗冻厚度要求。

A.3.6 与其他方案进行经济比较分析，过程从略。



图A.3 旧路结构层再生后作为底基层示意图（尺寸单位：cm）

上面三个算例，由于水泥稳定砂砾基层已有13cm发生结构性破坏，故其最小再生深度不应小于18cm（加面层厚度）。如果计算结果再生深度小于18cm，则最小再生深度应确定为18cm。

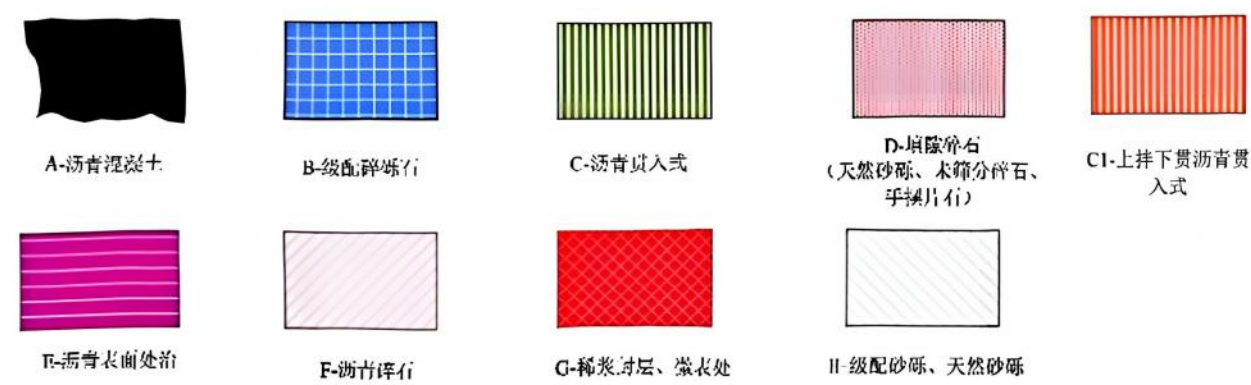
预估再生深度不满足要求时，可增大再生深度重新设计（算例一），若旧路结构层模量较低，随着再生深度的增加，再生层底部模量减小较快，最终可能会导致再生深度大于旧路已有结构面层与基层厚

度总和（算例二），而且过大的再生深度将使压实困难，此时可在旧路表面添加质量较好的外加料，减小再生深度。算例给出了再生层做为底基层对道路进行维修补强的情况。

附录 B
(规范性附录)

云南省农村公路弹石路面升级改造沥青路面典型结构

弹石路面升级改造沥青路面典型结构各结构层图例如下：



图B. 1

推荐云南省农村公路弹石路面升级改造沥青路面典型结构如下表B所示：

表B.1 云南省农村公路弹石路面升级改造沥青路面典型结构

道路等级：四级、等外公路 交通等级：≤10 万次

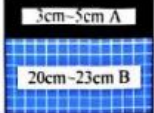
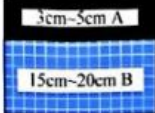
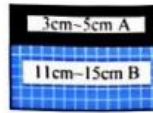
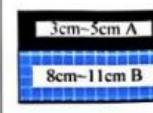
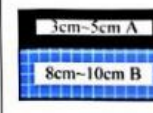
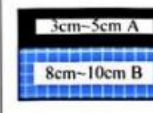
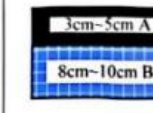
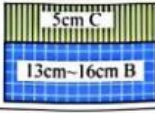
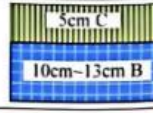
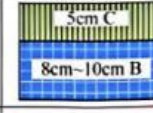
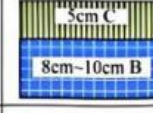
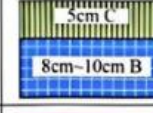
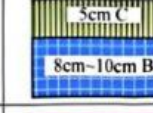
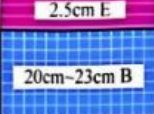
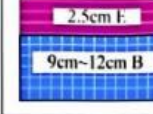
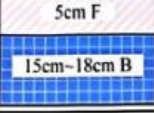
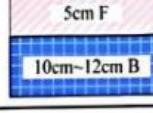
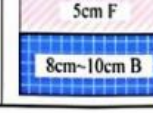
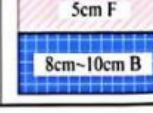
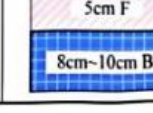
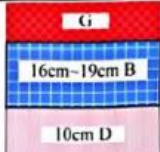
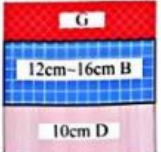
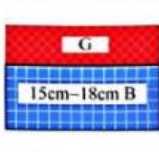
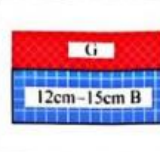
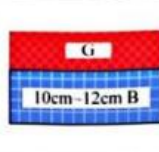
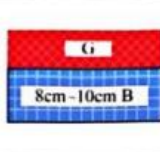
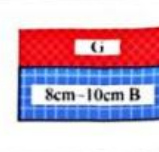
路面结构类型	不同弹石路面强度下的结构层厚度 (cm)						
	T1 (MPa) 60~70	T2 (MPa) 70~85	T3 (MPa) 85~100	T4 (MPa) 100~115	T5 (MPa) 115~130	T6 (MPa) 130~140	T7 (MPa) ≥140
薄层沥青混凝土							
沥青贯入式							
沥青表处							
沥青碎石							

表 B.1 云南省农村公路弹石路面升级改造沥青路面典型结构（续）

道路等级：四级、等外公路 交通等级：≤10万次

路面结构类型	不同弹石路面强度下的结构层厚度（cm）						
	T1（MPa） 60~70	T2（MPa） 70~85	T3（MPa） 85~100	T4（MPa） 100~115	T5（MPa） 115~130	T6（MPa） 130~140	T7（MPa） ≥140
稀浆封层、微表处							
注1：除青藏高原区和其他降雨极少地区，沥青碎石、沥青贯入式和沥青表处下必须设下封层； 注2：石料缺乏地区可采用固化土基层，其厚度应根据固化土模量具体确定。							

表B.2 云南省农村公路弹石路面升级改造沥青路面典型结构

道路等级：四级、等外公路 交通等级：10~15万次

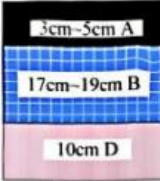
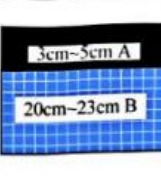
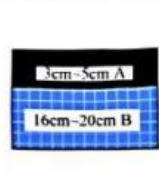
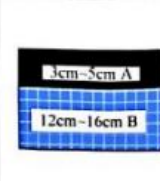
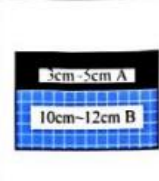
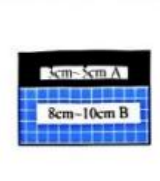
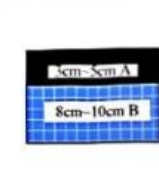
路面结构类型	不同弹石路面强度下的结构层厚度（cm）						
	T1（MPa） 60~70	T2（MPa） 70~85	T3（MPa） 85~100	T4（MPa） 100~115	T5（MPa） 115~130	T6（MPa） 130~140	T7（MPa） ≥140
薄层沥青混凝土							

表 B.2 云南省农村公路弹石路面升级改造沥青路面典型结构（续）

道路等级：四级、等外公路 交通等级：10~15万次

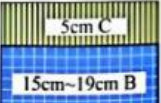
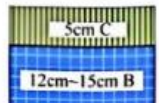
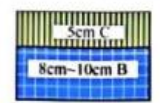
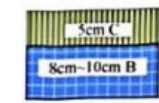
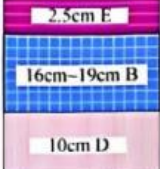
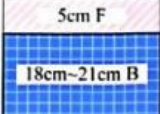
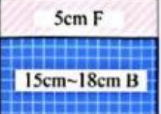
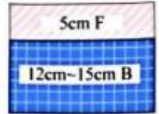
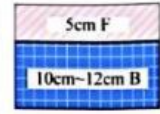
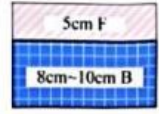
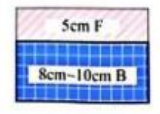
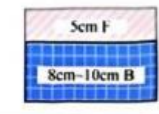
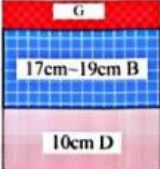
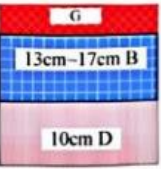
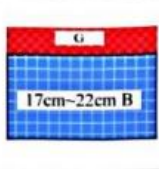
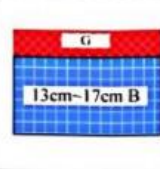
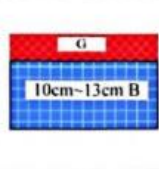
路面结构类型	不同弹石路面强度下的结构层厚度（cm）						
	T1 (MPa) 60~70	T2 (MPa) 70~85	T3 (MPa) 85~100	T4 (MPa) 100~115	T5 (MPa) 115~130	T6 (MPa) 130~140	T7 (MPa) ≥140
沥青贯入式							
沥青表处							
沥青碎石							
稀浆封层、微表处							

表 B.2 云南省农村公路弹石路面升级改造沥青路面典型结构（续）

道路等级：四级、等外公路 交通等级：10~15万次

路面结构 类型	不同弹石路面强度下的结构层厚度（cm）						
	T ₁ (MPa) 60~70	T ₂ (MPa) 70~85	T ₃ (MPa) 85~100	T ₄ (MPa) 100~115	T ₅ (MPa) 115~130	T ₆ (MPa) 130~140	T ₇ (MPa) ≥140
注1：除青墩高寒区和其他降雨极少地区，沥青碎石、沥青贯入式和沥青表处下必须设下封层；							
注2：石料缺乏地区可采用固化土基层，其厚度应根据固化土模量具体确定；							
注3：低一级交通量道路可使用高一级交通量道路的结构和材料，反之则不可。							

表B.3 云南省农村公路弹石路面升级改造沥青路面典型结构

道路等级：四级 交通等级：15~20万次

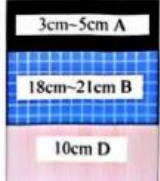
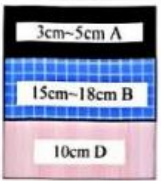
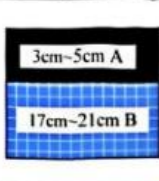
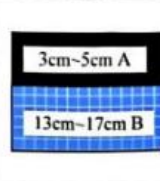
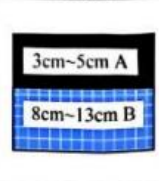
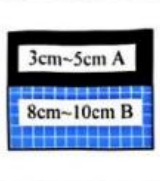
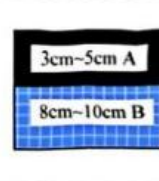
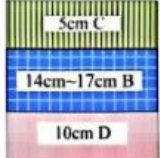
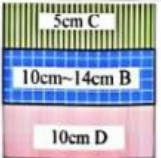
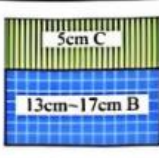
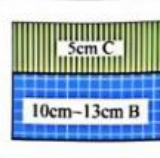
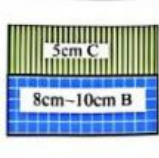
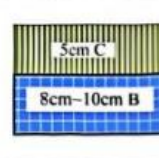
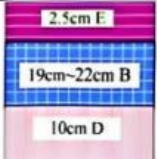
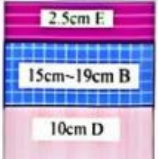
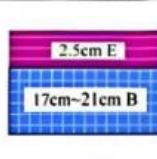
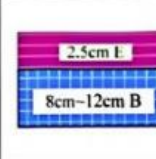
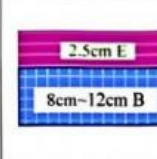
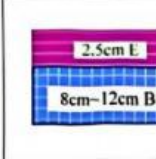
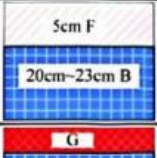
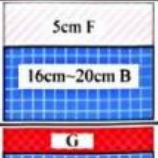
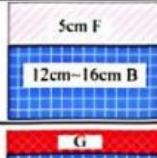
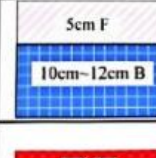
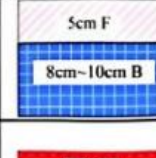
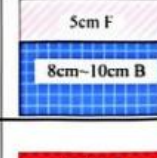
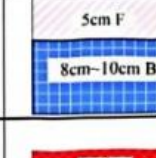
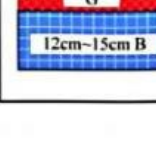
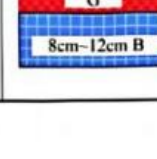
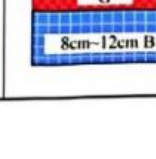
路面结构 类型	不同弹石路面强度下的结构层厚度（cm）						
	T ₁ (MPa) 60~70	T ₂ (MPa) 70~85	T ₃ (MPa) 85~100	T ₄ (MPa) 100~115	T ₅ (MPa) 115~130	T ₆ (MPa) 130~140	T ₇ (MPa) ≥140
薄层沥青 混凝土							
沥青 贯入式							

表 B.3 云南省农村公路弹石路面升级改造沥青路面典型结构（续）

道路等级：四级 交通等级：15~20万次

路面结构类型	不同弹石路面强度下的结构层厚度（cm）						
	T ₁ (MPa) 60~70	T ₂ (MPa) 70~85	T ₃ (MPa) 85~100	T ₄ (MPa) 100~115	T ₅ (MPa) 115~130	T ₆ (MPa) 130~140	T ₇ (MPa) ≥140
沥青表处							
沥青碎石							
稀浆封层、微表处							
注1：除青藏高原和其他降雨极少地区，沥青碎石、沥青贯入式和沥青表处下必须设下封层； 注2：石料缺乏地区可采用固化土基层，其厚度应根据固化土强度具体确定。 注3：低一级交通量道路可使用高一级交通量道路的结构和材料，反之则不可。							

表B.4 云南省农村公路弹石路面升级改造沥青路面典型结构

道路等级：三级、四级 交通等级：20~30万次

路面结构类型	不同弹石路面强度下的结构层厚度 (cm)						
	T1 (MPa) 60~70	T2 (MPa) 70~85	T3 (MPa) 85~100	T4 (MPa) 100~115	T5 (MPa) 115~130	T6 (MPa) 130~140	T7 (MPa) ≥140
薄层 沥青 混凝土	5cm A 20cm~23cm B 10cm D	5cm A 16cm~20cm B 10cm D	3cm~5cm A 16cm~19cm B 10cm D	3cm~5cm A 17cm~22cm B	3cm~5cm A 13cm~17cm B	3cm~5cm A 8cm~13cm B	3cm~5cm A 8cm~10cm B
沥青 入式	5cm C 18cm~21cm B 10cm D	5cm C 14cm~18cm B 10cm D	5cm C 16cm~20cm B	5cm C 12cm~16cm B	5cm C 8cm~12cm B	5cm C 8cm~10cm B	5cm C 8cm~10cm B
沥青 表处	2.5cm E 19cm~22cm B 15cm H	2.5cm E 16cm~19cm B 15cm H	2.5cm E 15cm~19cm B 10cm H	2.5cm E 16cm~21cm B	2.5cm E 11cm~16cm B	2.5cm E 8cm~11cm B	2.5cm E 8cm~11cm B

表 B.4 云南省农村公路弹石路面升级改造沥青路面典型结构（续）

道路等级：三级、四级 交通等级：20~30万次

路面结构 类型	不同弹石路面强度下的结构层厚度（cm）						
	T1（MPa） 60~70	T2（MPa） 70~85	T3（MPa） 85~100	T4（MPa） 100~115	T5（MPa） 115~130	T6（MPa） 130~140	T7（MPa） ≥140
沥青 碎石	5cm F 17cm~20cm B 10cm D	5cm F 13cm~17cm B 10cm D	5cm F 15cm~20cm B	5cm F 11cm~15cm B	5cm F 8cm~11cm B	5cm F 8cm~10cm B	5cm F 8cm~10cm B
注1：除青藏高原区和其他降雨极少地区，沥青碎石、沥青贯入式和沥青表处下必须设下封层； 注2：石料缺乏地区可采用固化土基层，其厚度应根据固化土模量具体确定； 注3：低一级交通量道路可使用高一级交通量道路的结构和材料，反之则不可。							

表B.5 云南省农村公路弹石路面升级改造沥青路面典型结构

道路等级：三级、四级 交通等级：30~40万次

路面结构类型	不同弹石路面强度下的结构层厚度 (cm)						
	T1 (MPa) 60~70	T2 (MPa) 70~85	T3 (MPa) 85~100	T4 (MPa) 100~115	T5 (MPa) 115~130	T6 (MPa) 130~140	T7 (MPa) ≥140
薄层 沥青 混凝土							
沥青 贯入式							
沥青 表处							

表 B.5 云南省农村公路弹石路面升级改造沥青路面典型结构（续）

道路等级：三级、四级 交通等级：30~40万次

路面结构 类型	不同弹石路面强度下的结构层厚度（cm）						
	T1（MPa） 60~70	T2（MPa） 70~85	T3（MPa） 85~100	T4（MPa） 100~115	T5（MPa） 115~130	T6（MPa） 130~140	T7（MPa） ≥140
沥青 碎石	5cm F 16cm~19cm B 15cm D	5cm F 16cm~20cm B 10cm D	5cm F 12cm~16cm B 10cm D	5cm F 14cm~18cm B	5cm F 9cm~14cm B	5cm F 8cm~10cm B	5cm F 8cm~10cm B
	注1：除青藏高原区和其他降雨极少地区，沥青碎石、沥青贯入式和沥青表处下必须设下封层； 注2：石料缺乏地区可采用固化土基层，其厚度应根据固化土模量具体确定； 注3：低一级交通量道路可使用高一级交通量道路的结构和材料，反之则不可。						

表B.6 云南省农村公路弹石路面升级改造沥青路面典型结构

道路等级：三级、四级 交通等级：40~50万次

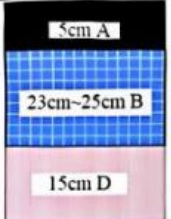
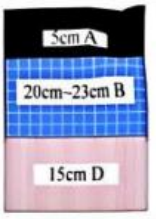
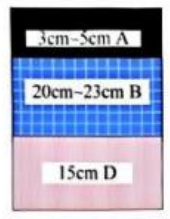
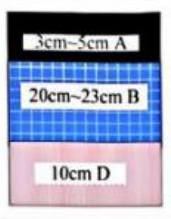
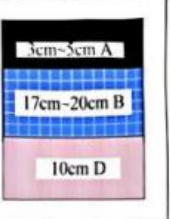
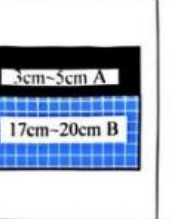
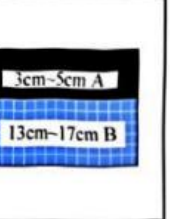
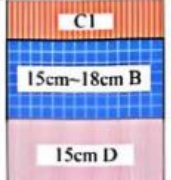
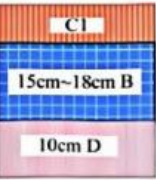
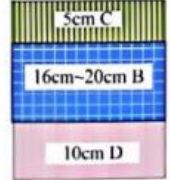
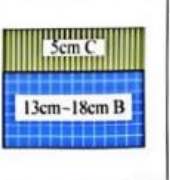
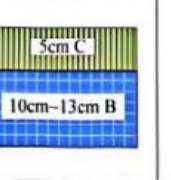
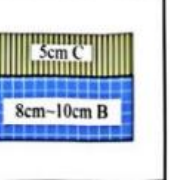
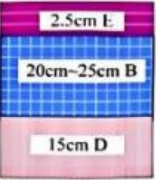
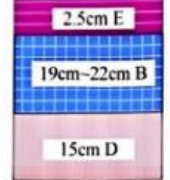
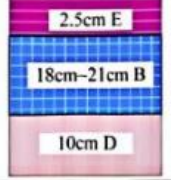
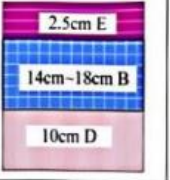
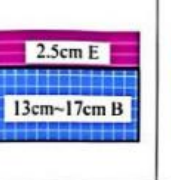
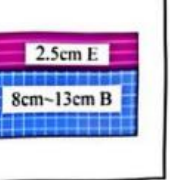
路面结构类型	不同弹石路面强度下的结构层厚度 (cm)						
	T1 (MPa) 60~70	T2 (MPa) 70~85	T3 (MPa) 85~100	T4 (MPa) 100~115	T5 (MPa) 115~130	T6 (MPa) 130~140	T7 (MPa) ≥140
薄层沥青混凝土							
沥青贯入式							
沥青表处	-						

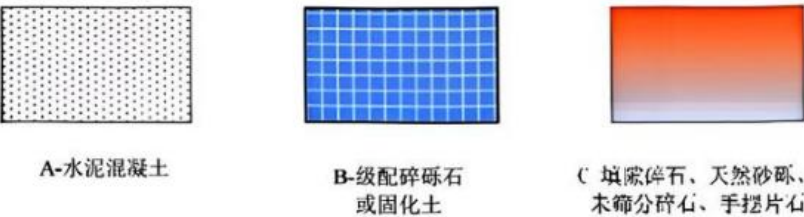
表 B.6 云南省农村公路弹石路面升级改造沥青路面典型结构（续）

道路等级：三级、四级 交通等级：40~50万次

路面结构 类型	不同弹石路面强度下的结构层厚度（cm）						
	T1（MPa） 60~70	T2（MPa） 70~85	T3（MPa） 85~100	T4（MPa） 100~115	T5（MPa） 115~130	T6（MPa） 130~140	T7（MPa） ≥140
沥青碎石	5cm F 19cm~21cm B 15cm D	5cm F 16cm~19cm B 15cm D	5cm F 15cm~18cm B 10cm D	5cm F 17cm~21cm B	5cm F 12cm~17cm B	5cm F 8cm~12cm B	5cm F 8cm~12cm B
注1：除青藏高原区和其他降雨极少地区，沥青碎石、沥青贯入式和沥青表处下必须设下封层； 注2：石料缺乏地区可采用固化土基层，其厚度应根据固化土模量具体确定； 注3：低一级交通量道路可使用高一级交通量道路的结构和材料，反之则不可。							

附录 C
(规范性附录)
云南省农村公路水泥路面典型结构

农村公路水泥路面典型结构各结构层图例如下：



图C. 1

推荐云南省农村公路水泥路面典型结构如下表C所示：

表C. 1 云南省农村公路水泥路面典型结构

自然区划：V

Ne (次)	E _c (MPa)				
	序号	60	100	150	200
1×10 ⁴	1				
	2				
1.5×10 ⁴	3				

表 C.1 云南省农村公路水泥路面典型结构 (续)

自然区划: V

Ne (次)	E _c (MPa)				
	序号	60	100	150	200
1.5×10 ⁴	4				
	5				
3×10 ⁴	6				
	7				
15×10 ⁴	8				
	9				

表 C.1 云南省农村公路水泥路面典型结构 (续)

自然区划: V

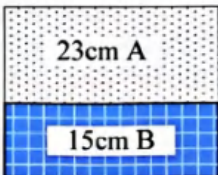
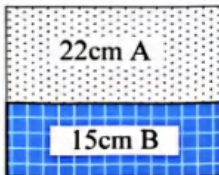
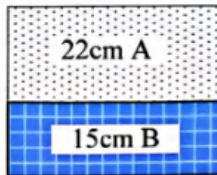
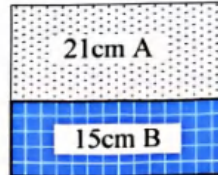
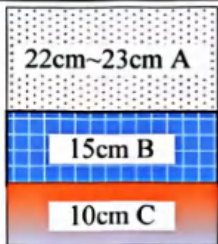
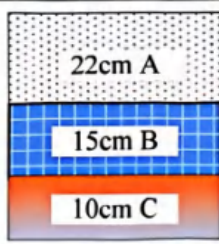
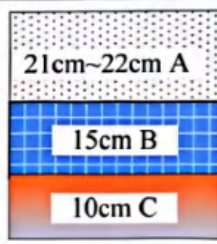
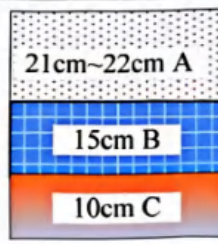
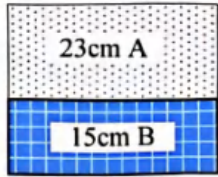
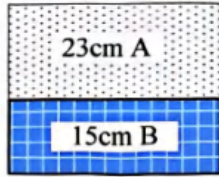
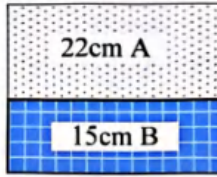
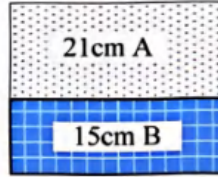
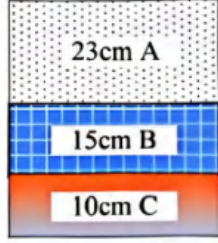
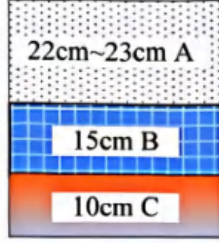
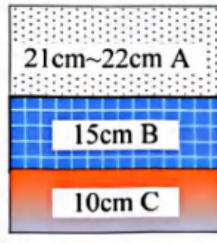
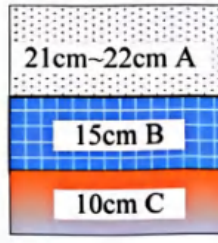
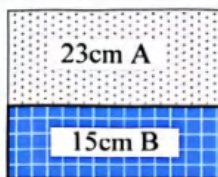
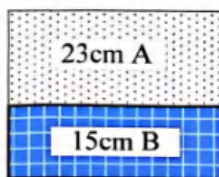
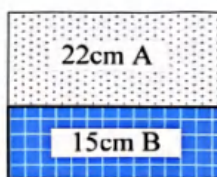
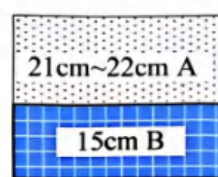
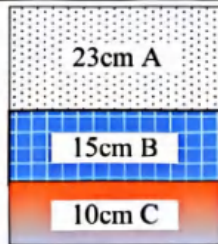
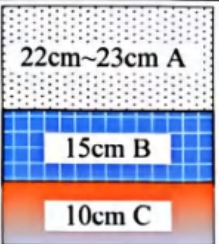
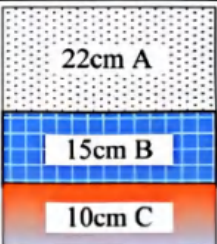
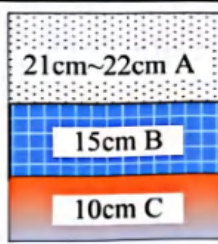
Ne (次)	E _c (MPa)				
	序号	60	100	150	200
35×10 ⁴	9				
	10				
50×10 ⁴	11				
	12				
80×10 ⁴	13				
	14				

表 C.1 云南省农村公路水泥路面典型结构（续）

自然区划：V

Ne(次)	E ₀ (MPa)				
	序号	60	100	150	200
100×10 ⁴	15				
	16				
注1：低一级交通量道路可使用高一级交通量道路的结构和材料，反之则不可； 注2：固化土基层主要用于石料缺乏地区，降雨量多的地区要做好排水工作； 注3：N_e≤3 万次时，水泥混凝土的设计弯拉强度为 4.0MPa，N_e>3 万次时，水泥混凝土的设计弯拉强度为 4.5MPa。					

表C.2 云南省农村公路水泥路面典型结构

自然区划：Ⅶ

Ne(次)	E ₀ (MPa)				
	序号	60	100	150	200
1×10 ⁴	1				
	2				

表 C.2 云南省农村公路水泥路面典型结构 (续)

自然区划: VII

Ne (次)	E _o (MPa)				
	序号	60	100	150	200
1.5×10 ⁴	3	22cm A 15cm B	22cm A 15cm B	21cm A 15cm B	20cm A 15cm B
	4	22cm A 15cm B 10cm C	21cm~22cm A 15cm B 10cm C	20cm~21cm A 15cm B 10cm C	19cm~20cm A 15cm B 10cm C
3×10 ⁴	5	21cm A 15cm B	20cm~21cm A 15cm B	20cm A 15cm B	19cm A 15cm B
	6	20cm~21cm A 15cm B 10cm C	20cm A 15cm B 10cm C	19cm~20cm A 15cm B 10cm C	18cm~19cm A 15cm B 10cm C
15×10 ⁴	7	22cm A 15cm B	22cm A 15cm B	21cm A 15cm B	20cm A 15cm B
	8	22cm A 15cm B 10cm C	21cm~22cm A 15cm B 10cm C	20cm~21cm A 15cm B 10cm C	20cm~21cm A 15cm B 10cm C
35×10 ⁴	9	23cm A 15cm B	22cm~23cm A 15cm B	22cm A 15cm B	21cm A 15cm B

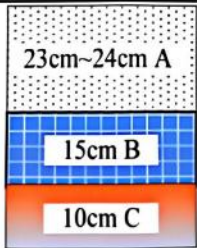
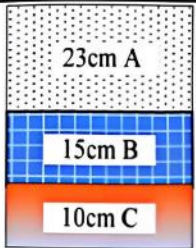
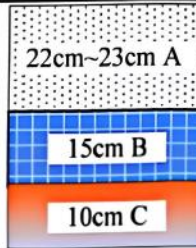
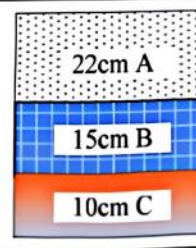
表 C.2 云南省农村公路水泥路面典型结构 (续)

自然区划: VII

Ne (次)	E _s (MPa)				
	序号	60	100	150	200
35×10 ⁴	10				
	11				
50×10 ⁴	12				
	13				
80×10 ⁴	14				
	15				
100×10 ⁴	15				

表 C.3 云南省农村公路水泥路面典型结构（续）

自然区划：Ⅶ

Ne (次)	E ₀ (MPa)				
	序号	60	100	150	200
100×10 ⁴	16				
注1：低一级交通量道路可使用高一级交通量道路的结构和材料，反之则不可； 注2：固化土基层主要用于石料缺乏地区，降雨量多的地区要做好排水工作；					

