

**关于发布《公路路面基层施工技术规范》
(JTJ034—2000)
的通知**

交公路发[2000]278号

各省、自治区交通厅，北京市公路局，上海市市政工程管理局，天津市市政工程局，重庆市交通局，其它有关单位：

现批准发布《公路路面基层施工技术规范》(JTJ034-2000)，作为行业标准，自2000年10月1日起施行。1993年发布的《公路路面基层施工技术规范》(JTJ034-93)同时废止。

该标准由交通部公路科学研究所主编并负责解释，人民交通出版社出版。请各单位在实践中注意积累资料，总结经验，及时将发现的问题和修改意见函告交通部公路科学研究所，以便修订时参考。

**中华人民共和国交通部
2000年6月2日**

前 言

80 年代,我国公路建设开始进入以高速公路为代表的新历史时期。为满足新时期公路建设的需要,1985 年交通部发布了第一版《公路路面基层施工技术规范》(JTJ034-85)。在总结我国初期高速公路和一级公路基层施工实践和路面使用性能的基础上,1993 年交通部又发布了第二版《公路路面基层施工技术规范》(JTJ034-93)。五年实践证明,凡认真贯彻该施工技术规范的不同等级公路路面的基层,都取得了良好的技术效果,路面的整体承载能力明显提高,避免了由于基层质量不好引起的路面早期损坏现象。同时,也积累了较多的基层施工经验。

随着国民经济持续高速增长,我国公路交通状况又产生了明显变化,交通量增长很快,重载卡车数量显著增加,超载车辆比较普遍。新交通状况对路面基层提出了更高的技术要求。

近几年施工的某些高速公路,为提高路面的整体质量,对于底基层,也用集中厂拌法和摊铺机摊铺半刚性材料;在半刚性基层养生结束后的不同时间,用路面钻机钻取试件,进一步检验基层的整体性,都取得了良好效果。

上述新情况是修订《公路路面基层施工技术规范》(JTJ034-93)和制定本规范的主要依据。

本次修订的主要内容有:将术语单列一章;调整了材料筛分的筛孔尺寸,使这与《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ032)一致;基层分两层施工时,均用摊铺机摊铺混合料;提高了二级公路路面基层材料和工艺水平的要求;提高了基层材料强度标准,以适应重载车辆多的公路;增加了基层养生结束后用钻机钻取试件,以检验基层的整体性。

我国幅员辽阔,各地区的气候、交通、材料、施工技术和其他自然条件有很大差异,一本统一的施工技术规范难于适应各地区的具体条件,在执行本规范时,对本规范未作规定或未作明确规定的技术内容,应总结实践经验,作出补充规定。

请各有关单位将执行本规范中所发现的问题和意见函告交通部公路科学研究所(地址:北京西土城路 8 号,邮编:100088),以便下次修订时参考。

主编单位:交通部公路科学研究所

主要起草人:沙庆林

1 总 则

1.0.1 为适应我国公路建设需要,建成质量符合要求的公路路面基层,避免因基层质量不好而产生的面层过早破坏现象,特制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建和改建各级公路的刚性(水泥混凝土)路面、半刚性(半刚性基层沥青)路面或柔性(柔性基层沥青或中级)路面的基层和底基层施工。

1.0.3 本规范规定了水泥稳定土、石灰稳定土、石灰工业废渣稳定土、级配碎石、级配砾石和填隙碎石的施工和质量管理要求。

1.0.4 用沥青碎石混合物和沥青贯入式碎石做基层时,其技术要求、施工方法和质量管理应符合国家标准《沥青路面施工及验收规范》(GB50092)。

1.0.5 用贫混凝土、碾压式混凝土做基层时,其技术要求、施工方法和质量管理应符合国家标准《水泥混凝土路面施工及验收规范》(GBJ97)和本规范。

1.0.6 凡有可能改建提高等级的中级路面,都应采用本规范中的基层结构作为主要承重层,其上可用砂砾土、石屑土、砂土等材料做磨耗层。

1.0.7 垫层的技术要求、施工方法和质量管理应符合本规范对同类材料的底基层的规定。

1.0.8 本规范采用重型击实试验方法的最大干密度作为标准干密度。

1.0.9 本规范涉及的试验方法应符合交通部现行有关试验规程的规定。

2 术 语

2.0.1 基层 base

直接位于沥青面层下、用高质量材料铺筑的主要承重层或直接位于水泥混凝土面板下、用高质量材料铺筑的一层称做基层。基层可以是一层或两层，可以是一种或两种材料。

2.0.2 底基层 sub base

在沥青路面基层下、用质量较次材料铺筑的次要承重层或在水泥混凝土路面基层下、用质量较次材料铺筑的辅助层称做底基层。底基层可以是一层或两层以上，可以是一种或两种材料。

2.0.3 细粒土 fine grained soil

颗粒的最大粒径小于 9.5mm，且其中小于 2.36mm 的颗粒含量不少于 90%（如塑性指数不同的各种粘性土、粉性土、砂生土、砂和石屑等）。

2.0.4 中粒土 medium grained soil

颗粒的最大粒径小于 26.5mm，且其中小于 19mm 的颗粒含量不少于 90%（如塑性指数不同的各种粘性土、粉性土、砂性土、砂和石屑等）。

2.0.5 粗粒土 coarse grained soil

颗粒的最大粒径小于 37.5mm，且其中小于 31.5mm 的颗粒含量不少于 90%（如砂砾土、碎石土、级配砂砾、级配碎石等）。

2.0.6 水泥稳定土 cement stabilized soil

用水泥做结合料所得混合料的一个广义的名称，它既包括用水泥稳定各种细粒土，也包括用水泥稳定各种中粒土和粗粒土。在经过粉碎的或原来松散的土中，掺入足量的水泥和水，经拌和得到的混合料在压实和养生后，当其抗压强度符合规定的要求时，称为水泥稳定土。

用水泥稳定细粒土得到的强度符合要求的混合料，视所用的土类而定，可简称为水泥土、水泥砂或水泥石屑等。

用水泥稳定中粒土和粗粒土得到的强度符合要求的混合料，视所用原材料而定，可简称为水泥碎石、水泥砂砾等。

2.0.7 综合稳定土 composite stabilized soil

同时用水泥和石灰稳定某种土得到的强度符合要求的混合料，简称为综合稳定土。

2.0.8 水泥改善土 cement improved soil

仅使用少量水泥改善级配砾石的塑性指数或提高级配砾石的强度，使其能适合做轻交通道路上沥青面层的基层，而达不到表 3.3.1 规定的强度要求时，这种材料称做水泥改善土。

2.0.9 土的均匀系数 coefficient of uniformity of soil

筛分土的颗粒组成时，通过量为 60% 的筛孔尺寸与通过量为 10% 的筛孔尺寸之比，称做土的均匀系数。

2.0.10 集料 aggregate

由碎石（或砾石）、砂粒和粉粒（有时还可能有粘料）组成的，并以碎石（或砾石）和砂粒为主的矿料混合料，统称其为集料。

粒径大于 2.36mm 的集料，称粗集料；粒径小于 2.36mm 的集料，称细集料。

2.0.11 石灰稳定土 lime stabilized soil

在粉碎的或原来松散的土（包括各种粗、中、细粒土）中，掺入足量的石灰和水，经拌和、压实及养生后得到的混合料，当其抗压强度符合规定的要求时，称为石灰稳定土。

用石灰稳定细粒土得到的强度符合要求的混合料，称为石灰土。

用石灰稳定中粒土和粗粒土得到的强度符合要求的混合料，视所用原材料而定，原材料为天然砂砾土或级配砂砾土时，称为石灰砂砾土；原材料为碎石土或级配碎石土时，称为石灰碎石土。

用石灰稳定原中级路面，使其适应做沥青路面和水泥混凝土路面的基层时，属于石灰砂砾土或石灰碎石土。

2.0.12 石灰改善土 lime improved soil

仅使用少量石灰改善级配砾石的塑性指数或提高级配砾石的强度，使其能适应做轻交通道路上沥青面层的基层，但达不到表 4.3.1 规定的强度要求时，这种材料称做石灰改善土。

2.0.13 石灰工业废渣稳定土 lime industrial waste stabilized soil

一定数量的石灰和粉煤灰或石灰和煤渣与其他集料相配合，加入适量的水（通常为最佳含水量），经拌和、压实及养生后得到的混合料，当其抗压强度符合规定的要求时，称为石灰工业废渣稳定土（简称为石灰工业废渣）。

一定数量的石灰和粉煤灰，一定数量的石灰、粉煤灰和土以及一定数量的石灰、粉煤灰和砂相配合，加入适量的水（通常为最佳含水量），经拌和、压实及养生后得到的混合料，当其抗压强度符合规定的要求时，分别简称为二灰、二灰土、二灰砂。

用石灰和粉煤灰稳定级配碎石或级配砾石得到的混合料，当其强度符合要求时，分别称为石灰、粉煤灰级配碎石和石灰、粉煤灰级配砾石。这两种混合料又统称为石灰、粉煤灰级配集料，或分别简称二灰级配碎石、二灰级配砾石、二灰级配集料。

用石灰、煤渣和土以及石灰、煤渣和集料得到的强度符合要求的混合料，分别称为石灰煤渣土和石灰煤渣集料。

2.0.14 级配碎石 graded crushed rock

粗、中、小碎石集料和石屑各占一定比例的混合料，当其颗粒组成符合规定的密实级配要求时，称做级配碎石。

2.0.15 级配砾石 graded gravel

粗、中、小砾石和砂各占一定比例的混合料，当其颗粒组成符合规定的密实级配要求且塑性指数和承载比均符合规定要求时，称为级配砾石。

2.0.16 未筛分碎石 crushed run rock

轧石机轧出来的粒径大小不一的碎石混合料，仅用一个筛孔尺寸与规定最大粒径相符的筛筛去超尺寸颗粒后得到的碎石混合料，称做未筛分碎石。它的理论颗粒组成为 $1 \sim D$ （ D 为最大粒径），并具有较好的级配。

2.0.17 石屑 screenings

轧石场通过筛分设备最小筛孔（通常为 5mm 或 3mm）的细筛余料，称做石屑。其理论颗粒组成为 $0 \sim d_{mm}$ （ d 为轧石场用最小筛孔的尺寸）。实际上，石屑中常有部分粒径大于 d 的超尺寸颗粒。

2.0.18 填隙碎石 dry bound macadam

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。

2.0.19 松铺厚度 thickness of uncompacted layer

用各种不同方法摊铺任何一种混合料时，其密实度经常显著小于碾压后达到的规定密实度。这种未经压实的材料层厚度称为松铺厚度。

2.0.20 松铺系数 coefficient of loose paving material

材料的松铺厚度与达到规定压实度的压实厚度之比值称为松铺系数，常精确到小数点后两位。

3 水泥稳定土

3.1 一般规定

- 3.1.1 按照土中单个颗粒的粒径大小和组成，将土分为细粒土、中粒土和粗粒土三种。
- 3.1.2 水泥剂量以水泥质量占全部粗细土颗粒（即砾石、砂粒、粉粒和粘粒）和干质量的百分率表示，即水泥剂量=水泥质量/干土质量。
- 3.1.3 水泥稳定土可适用于各级公路的基层和底基层，但水泥土不得用做二级和二级以上公路高级路面的基层。
- 3.1.4 水泥稳定中粒土和粗粒土用做基层时，水泥剂量不宜超过 6%。必要时，应首先改善集料的级配，然后用水泥稳定。
- 在只能使用水泥稳定细粒土做基层时或水泥稳定集料的强度要求明显大于规定时，水泥剂量不受此限制。
- 3.1.5 水泥稳定土结构层宜在春末和气温较高季节组织施工。施工期的日最低气温应在 5℃ 以上，在有冰冻的地区，并应在第 1 次重冰冻（-3~-5℃）到来之前半个月到一个月完成。
- 3.1.6 在雨季施工水泥稳定土，特别是水泥土结构层时，应特别注意气候变化，勿使水泥和混合料遭雨淋。降时应停止施工，但已经摊铺的水泥混合料应尽快碾压密实。路拌法施工时，应采取措施排除下承层表面的水，勿使运到路上的集料过分潮湿。
- 3.1.7 水泥稳定土结构层施工时，应遵守下列规定：

- (1) 土块应尽可能粉碎，土块最大尺寸不应大于 15mm。
- (2) 配料应准确。
- (3) 路拌法施工时水泥应摊铺均匀。
- (4) 洒水、拌和均匀。
- (5) 应严格控制基层厚度和高程，其路拱横坡应与面层一致。
- (6) 应在混合料处于或略大于最佳含水量（气候炎热干燥时，基层混合料可大 1%~2%）

时进行碾压，直到达到下列按重型击实试验法确定的要求压实度（最低要求）。

基层：

高速公路和一级公路	98%
二级和二级以下公路	
水泥稳定中粒土和粗粒土	97%
水泥稳定细粒土	93%

底基层：

高速公路和一级公路	
水泥稳定中粒土和粗粒土	97%
水泥稳定细粒土	95%
二级和二级以下公路	
水泥稳定中粒土和粗粒土	95%
水泥稳定细粒土	93%

由于当前有多种大能量压路机，宜提高压实度 1%~2%。

(7) 水泥稳定土结构层应用 12t 以上的压路机碾压。用 12~15t 三轮压路机碾压时，每层的压实厚度不应超过 15cm；用 18~20t 三轮压路机和振动压路机碾压时，每层的压实厚度不应超过 20cm；对于水泥稳定细粒土，采用能量大的振动压路机碾压时，或对于水泥稳定细粒土，采用振动羊足碾与三轮压路机配合碾压时，每层的压实厚度可以根据试验适当增加；

压实厚度超过上述规定时，应分层铺筑，每层的最小压实厚度为 10cm，下层宜稍厚。对于稳定细粒土，以及用摊铺机摊铺的的混合料，都应彩先轻型、后重型压路机碾压。

(8) 路拌法施工时，必须严密组织，采用流水作业法施工，尽可能缩短从加水拌和到碾压终了的延迟时间，此时间不应超过 3~4h，并应短于水泥的终凝时间。采用集中厂拌法施工时，延迟时间不应超过 2h。

(9) 水泥稳定土基层施工时，严禁用薄层贴补法进行找平。

(10) 必须保湿养生，不使稳定土层表面干燥，也不应忽干忽湿。

(11) 水泥稳定土基层上未铺封层或面层时，除施工车辆可慢速（不超过 30km/h）通行外，禁止一切机动车辆通行。

3.1.8 水泥改善土的施工方法可参照本规范。

3.1.9 对于二级以下的公路，水泥稳定土基层和底基层可以采用路拌法施工。但对于二级公路，应采用专用的稳定土拌和机或使用集中拌和法制备混合料。

3.1.10 对于高速公路和一级公路，直接铺筑在土基上的底基层下层可以用稳定土拌和机进行路拌法施工，当土基上层已用石灰或固化剂处理时，底基层的下层也宜用集中拌和法拌制混合料。其上的各个稳定土层都应用集中厂拌法拌制混合料，并用摊铺机摊铺基层混合料。

3.1.11 基层分两层施工时，在铺筑上层前，应在下层顶面先撒薄层水泥或水泥净浆。

3.2 材 料

3.2.1 对于二级和二级以下的公路，水泥稳定土所用的粗粒土、中粒土、细粒土应满足如下要求：

1 水泥稳定土用做底基层时，单个颗粒的最大粒径不应超过 53mm，水泥稳定土的颗粒组成应在表 3.2.1-1 所列范围内，土的均匀系数应大于 5。细粒土的液限不应超过 40，塑性指数不应超过 17。对于中粒土和粗料土，如土中小于 0.6mm 的颗粒含量在 30% 以下，塑性指数可稍大。实际工作中，宜选用均匀系数大于 10、塑性指数小于 12 的土。塑性指数大于 17 的土，宜采用石灰稳定，或用水泥和石灰综合稳定。

注：指方孔筛。如为圆孔筛，则最大粒径可为所列数值的 1.2~1.25 倍，下同。

表 3.2.1-1 用做底基层时水泥稳定土的颗粒组成范围

筛孔尺寸 (mm)	53	4.75	0.6	0.075	0.002
通过质量百分率 (%)	100	50~100	17~100	0~50	0~30

注：本规范表中所列用筛均匀方孔筛。在无相应尺寸方孔筛的情况下，可先将颗粒组成在半对数坐标纸上画出两根级配曲线，然后在对数坐标上查找所需筛孔的位置或点，从此点引一垂直线向上与两根曲线相交。从此两交点画水平线与垂直坐标相交，即可得到所需颗粒尺寸的通过百分率。

2 水泥稳定土用做基层时，单个颗粒的最大粒径不应超过 37.5mm。水泥稳定土的颗粒组成应在表 3.2.1-2 范围内。集料中不宜含有塑性指数的土。对于二级公路宜按接近级配范围的下限组配混合料或采用表 3.2.2 中的 2 号级配。

3 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。碎石包括岩石碎石、矿渣碎石、破碎砾石等。

表 3.2.1-2 用做基层时水泥稳定土的颗粒组成范围

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		

3.2.2 对于高速公路和一级公路，水泥稳定土所用的粗粒土和中粒土应满足如下要求：

1 水泥稳定土用做底基层时，单个颗粒的最大粒径不应超过 37.5mm。水泥稳定土的颗粒组成应在表 3.2.2 所列 1 号级配范围内，土的均匀系数应大于 5。细粒土的液限不应超过 40%，塑性指数不应超过 17。对于中粒土和粗粒土，如土中小于 0.6mm 的颗粒含量在 30% 以下，塑性指数可稍大。实际工作中，宜选用均匀系数大于 10、塑性指数小于 12 的土。塑性指数大于 17 的土，宜采用石灰稳定，或用水泥和石灰综合稳定。对于中粒土和粗粒土，宜采用表 3.2.2 中 2 号级配，但小于 0.075mm 的颗粒含量和塑性指数可不受限制。

2 水泥稳定土用做基层时，单个颗粒的最大粒径不应超过 31.5mm。水泥稳定土的颗粒组成应在表 3.2.2 所列 3 号级配范围内。

表 3.2.2 水泥稳定土的颗粒组成范围

通过质量百分率 (%) 项目		编号		
		1	2	3
筛孔 尺寸 (mm)	37.5	100	100	
	31.5		90~100	100
	26.5			90~100
	19		67~90	72~89
	9.5		45~68	47~67
	4.75	50~100	29~50	29~49
	2.36		18~38	17~35
	0.6	17~100	8~22	8~22
	0.075	0~30	0~7	0~7
液限 (%)				< 28
塑性指数				< 9

注： 集料中 0.5mm 以下细粒土有塑性指数时，小于 0.075mm 的颗粒含量不应超过 5%；细粒土无塑性指数时，小于 0.075mm 的颗粒含量不应超过 7%。

3 水泥稳定土用做基层时，对所用的碎石或砾石，应预先筛分成 3~4 个不同粒级，然后配合，使颗粒组成符合表 3.2.2 所列级配范围。

3.2.3 水泥稳定粒径较均匀的砂时，宜在砂中添加少部分塑性指数小于 10 的粘性土或石灰土，也可添加部分粉煤灰，加入比例可按使混合料的标准干密度接近最大值确定，一般约为 20%~40%。

3.2.4 水泥稳定土中碎石或砾石的压碎值应符合下列要求：

基层：

高速公路和一级公路 不大于 30%
二级和二级以下公路 不大于 35%

底基层：

高速公路和一级公路 不大于 30%
二级和二级以下公路 不大于 40%

3.2.5 有机质含量超过 2% 的土，必须先用石灰进行处理，闷料一夜后再用水泥稳定。

3.2.6 硫酸盐含量超过 0.25% 的土，不应用水泥稳定。

3.2.7 普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥和火山灰质硅酸盐水泥都可用于稳定土，但应选用初凝时间 3h 以上和终凝时间较长（宜在 6h 以上）的水泥。不应使用快硬水泥、早强水泥以及已受潮变质的水泥。宜采用标号 325 或 425 的水泥。

3.2.8 综合稳定土中用的石灰应是消石灰粉或生石灰粉。

3.2.9 凡是饮用水（含牲畜饮用水）均可用于水泥稳定土施工。

3.3 混合料组成设计

3.3.1 一般规定

1 各级公路用水泥稳定土的 7d 浸水抗压强度应符合表 3.3.1 的规定。

2 水泥稳定土的组成设计应根据表 3.3.1 的强度标准，通过试验选取最适宜于稳定的土，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时，还应确定掺加料的比例。

3 综合稳定土的组成设计应通过试验选取最适宜于稳定的土，确定必需的水泥和石灰剂量以及混合料的最佳含水量。

4 采用综合稳定时，如水泥用量占结合料总量的 30% 以上，应按本章的技术要求进行组成设计。水泥和石灰的比例宜取 60 : 40、50 : 50 或 40 : 60。

表 3.3.1 水泥稳定土的抗压强度标准

层位	公路等级	二级和二级以下公路	高速公路和一级公路
	基层 (Mpa)	2.5~3	3~5
底基层 (Mpa)	1.5~2.0	1.5~2.5	

注：设计累计标准轴次小于 12×10^6 的公路可采用低限值；设计累计标准轴次超过 12×10^6 的公路可用中值；主要行驶重载车辆的公路应用高限值。某一具体公路应采用一个值，而不是某一范围。

二级以下公路可取低限值；行驶重载车辆的公路，应取较高的值；二级公路可取中值；行驶重载车辆的二级公路应取高限值。某一具体公路应采用一个值，而不用某一范围。

5 水泥稳定土的各项试验应按《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTJ057) 进行。

3.3.2 原材料的试验

1 在水泥稳定土层施工前，应取所定料场中有代表性的土样按《公路土工试验规程》(JTJ051) 进行下列试验：

- (1) 颗粒分析；
- (2) 液限和塑性指数；
- (3) 相对密度；
- (4) 击实试验；
- (5) 碎石或砾石的压碎值；
- (6) 有机质含量（必要时做）；
- (7) 硫酸盐含量（必要时做）。

2 对级配不良的碎石、碎石土、砂砾、砂砾土、砂等，宜改善其级配。

3 应检验水泥的标号和终凝时间。

3.3.3 混合料的设计步骤

1 分别按下列五种 水泥剂量配制同一种土样、不同水泥剂量的混合料；

(1) 做基层用

中粒土和粗料土：3%，4%，5%，6%，7%

塑性指数小于 12 的细粒土：5%，7%，8%，9%，11%

其他细粒土：8%，10%，12%，14%，16%

(2) 做底基层用

中粒土和粗料土：3%，4%，5%，6%，7%

塑性指数小于 12 的细粒土：4%，5%，6%，7%，9%

其他细粒土：6%，8%，9%，10%，12%

注：在能估计合适剂量的情况下，可以将五个不同剂量缩减到三或四个。

如要求用做基层的混合料有较高强度时，水泥剂量可用 4%，5%，6%，7%，8%。

2 确定各种混合料的最佳含水量和最大干（压实）密度，至少应做三个不同水泥剂量混合料的击实试验，即最小剂量、中间剂量和最大剂量。其他两个剂量混合料的最佳含水量和最大干密度用内插法确定。

3 按规定压实度分别计算不同水泥剂量的试件应有的干密度。

4 按最佳含水量和计算得的干密度制备试件。进行强度试验时，作为平行试验的最少试件数量应不小于表 3.3.3-1 的规定。如试验结果的偏差系数大于表中规定的值，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。

表 3.3.3-1 最少试件数量

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

5 试件在规定温度下保湿养生 6d，浸水 24h 后，按《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTJ057) 进行无侧限抗压强度试验。

6 计算试验结果的平均值和偏差系数。

7 根据表 3.3.1 的强度标准，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 R 应符合公式 (3.3.3) 的要求：

$$\bar{R} = R_d / (1 - Z_a C_v)$$

式中：R_d——设计抗压强度（表 3.3.1）；

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，高速公路和一级公路应取保证率 95%，即 Z_a=水泥改善土的塑性指数应不大于 6，承载比应不小于 240。

8 工地实际采用的水泥剂量应比室内试验确定的剂量多 0.5%~1.0%。

采用集中厂拌法施工时，可只增加 0.5%；采用路拌法施工时，宜增加 1%。

9 水泥的最小剂量应符合表 3.3.3.2-2 的规定。

表 3.3.3.2-2 水泥的最小剂量

土类	拌和方法	
	路拌法	集中厂拌法

中粒土和粗粒土	4%	3%
细粒土	5%	4%

10 综合稳定土的组成设计与上述步骤相同。

3.4 路拌法施工

3.4.1 路拌法施工的工艺流程宜按图 3.4.1 的顺序进行。

3.4.2 准备下承层

1 水泥稳定土的下承层表面应平整、坚实，具有规定的路拱，下承层的平整度和压实度应符合本规范第 9.5 节的规定。

2 当水泥稳定土用做基层时，要准备底基层；当水泥稳定土用做老路面的加强层时，要准备老路面；当水泥稳定土用做底基层时，要准备土基。

(1) 对土基不论是路堤还是路堑，必须用 12~15t 三轮压路机或等效的碾压机械进行 3~4 遍碾压检验。在碾压过程中，如发现土过干、表层松散，应适当洒水；如土过湿，发生“弹簧”现象，应采用挖开晾晒、换土、掺石灰或水泥等措施进行处理。

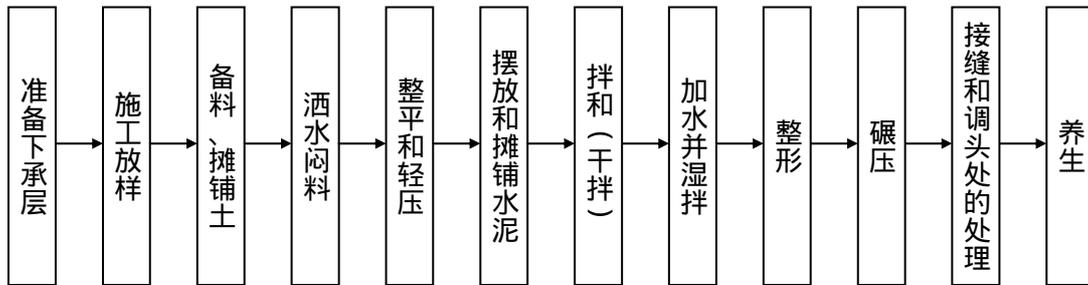


图 3.4.1 路拌法施工水泥稳定土的工艺流程

(2) 对于底基层，应进行压实度检查，对于柔性底基层还应进行弯沉值检验。凡不符合设计要求的路段，必须根据具体情况，采取措施，使之达到规范规定的标准。

(3) 对于老路面，应检查其材料是否符合底基层材料的技术要求，如不符合要求，应翻松老路面并采取必要的处理措施。

(4) 底基层或老路面上的低洼和坑洞，应仔细填补及压实；搓板和辙槽应刮除；松散处，应耙松洒水并重新碾压，达到平整密实。

(5) 新完成的底基层或土基，必须按本规范第 9.5 节的规定进行验收。凡验收不合格的路段，必须采取措施，使其达到标准后，方可铺筑水泥稳定土层。

(6) 应按本规范第 9.5 节的规定逐个断面检查下承层标高。

3 在槽式断面的路段，两侧路肩上每隔一定距离（可为 5~10m）交错开挖泄水沟（或做盲沟）。

3.4.3 施工放样

1 在底基层或老路面或土基上恢复中线，直线段每 15~20m 设一桩，平曲线段每 10~15m 设一桩，并在两侧路肩边缘外设指示桩。

2 在两侧指示桩上用明显标记标出水泥稳定土层边缘的设计高。

3.4.4 备料

1 利用老路面或土基上部材料。

(1) 必须首先清除干净老路面上或土基表面的石块等杂物。

(2) 每隔 10~20m 挖一小洞，使洞底标高与预定的水泥稳定土层的底面标高相同，并在洞底做一标记，以控制翻松及粉碎的深度。

(3) 用犁、松土机或装有强固齿的平地机或推土机将老路面或土基的上部翻松到预定的深度，土块应粉碎到符合要求。

(4) 应经常用犁将土向路中心翻松，使预定处治层的边部成一个垂直面，防止处治宽度超过规定。

(5) 用专用机械粉碎粘性土。在无专用机械的情况下，也可以用旋转耕作机、圆盘耙粉碎塑性指数不大的土。

2 利用料场的土（包括细粒土、中粒土和粗粒土）

(1) 采集土前，应先将树木、草皮和杂土清除干净。

(2) 土中的超尺寸颗粒应予筛除。

(3) 应在预定的深度范围内采集土，不应分层采集，不应将不合格的土采集一起。

(4) 对于塑性指数大于 12 的粘性土，可视土质和机械性能确定土是否需要过筛。

(5) 计算材料用量：

根据各路段水泥稳定土层的宽度、厚度及预定的干密度，计算各路段需要的干燥土的数量。

根据料场土的含水量和所用运料车辆的吨位，计算每车料的堆放距离。

根据水泥稳定土层的厚度和预定的干密度及水泥剂量，计算每一平方米水泥稳定土需要的水泥用量，并确定水泥摆放的纵横间距。

(6) 在预定堆料的下承层上，在堆料前应先洒水，使其表面湿润，但不应过分潮湿而造成泥泞。

(7) 土装车时，应控制每车料的数量基本相等。

(8) 在同一料场供料的路段内，由远到近将料按上述计算距离卸置于下承层表面的中间或上侧。卸料距离应严格掌握，避免有的路段料不够或过多。

(9) 料堆每隔一定距离应留一缺口。

(10) 土在下承层上的堆置时间不应过长。运送土只宜比摊铺土工序提前 1~2d。

(11) 当路肩用料与稳定土层用料不同时，应采取培肩措施，先将两侧路肩培好。路肩料层的压实厚度应与稳定土层的压实厚度相同。在路肩上，每隔 5~10m 应交错开挖临时泄水沟。

3.4.5 摊铺土

1 应事先通过试验确定土的松铺系数。人工摊铺混合料时，其松铺系数可按表 3.4.5 选用。

表 3.4.5 混合料松铺系数参考表

材料名称	松铺系数	备注
水泥稳定砂砾	1.30~1.35	
水泥土	1.53~1.58	现场人工摊铺土和水泥，机械拌和，人工整平

2 摊铺土应在摊铺水泥的前一天进行。摊铺长度按日进度的需要量控制，满足次日完成掺加水泥、拌和、碾压成型即可。雨季施工，如第二天有雨，不宜提前摊铺土。

3 应将土均匀地摊铺在预定的宽度上，表面应力求平整，并有规定的路拱。

4 摊铺过程中，应将土块、超尺寸颗粒及其他杂物拣除。

5 如土中有较多土块，应进行粉碎。

6 检验松铺土层的厚度，应符合预计要求。

7 除洒水车外，严禁其他车辆在土层上通行。

3.4.6 洒水闷料

1 如已整平的土（含粉碎的老路面）含水量过小，应在土层上洒水闷料。洒水应均匀，防止出现局部水分过多的现象。

2 严禁洒水车在洒水段内停留和调头。

3 细粒土应经一夜闷料；中粒土和粗粒土，视其中细土含量的多少，可缩短闷料时间。

4 如为综合稳定土，应先将石灰和土拌和后一起进行闷料。

3.4.7 整平和轻压

对人工摊铺的土层整平后，用 6~8t 两轮压路机碾压 1~2 遍，使其表面平整，并有一定的压实度。

3.4.8 摆放和摊铺水泥

1 按本章第 3.4.4 条计算出的每袋水泥的纵横间距，在土层上做安放标记。

2 应将水泥当日直接送到摊铺路段，卸在做标记的地点，并检查有无遗漏和多余。运水泥的车应有防雨设备。

3 用刮板将水泥均匀摊开，并注意使每袋水泥的摊铺面积相等。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。

3.4.9 拌和（干拌）

1 对二级及二级以上公路，应采用专用稳定土拌和机进行拌和并设专人跟随拌和机，随时检查拌和深度并配合拌和机操作员调整拌和深度。拌和深度应达稳定层底并宜侵入下承层 5~10mm，以利上下层粘结。严禁在拌和层底部留有素土夹层。通常应拌和两遍以上，在最后一遍拌和之前，必要时可先用多铧犁紧贴底面翻拌一遍。直接铺在土基上的拌和层也应避免素土夹层。

2 对于三、四级公路，在没有专用拌和机械的情况下，可用农用旋转耕作机与多铧犁或平地机相配合进行拌和，但应注意拌和效果，拌和时间不能过长。

先用平地机或多铧犁（四铧犁或五铧犁）将铺好水泥的土翻拌两遍，使水泥分布到土中，但不应翻犁到底，防止水泥落到底部。第一遍由路中心开始，将混合料向中间翻，机械应慢速前进；第二遍应相反，从两边开始，将混合料向外侧翻。

接着用旋转耕作机拌和两遍。

再用多铧犁或平地机将底部料翻起。随时检查调整翻犁的深度，使稳定土层全部翻透。严禁在稳定土层与下承层之间残留一层素土，也应防止翻犁过深或过多破坏下承层的表面，通常应翻犁两遍。接着，再用旋转耕作机拌和两遍，用多铧犁或平地机再翻犁两遍。

3 对于三、四级公路，在没有专用拌和机械的情况下，也可以用缺口圆盘耙与多铧犁或平地机相配合，拌和水泥稳定细粒土和中粒土，但应注意拌和效果，拌和时间不可过长。用平地机或多铧犁在前面翻拌，用圆盘耙跟在后面拌和。圆盘耙的速度应尽量快，使水泥与土拌和均匀。应翻拌四遍，开始的两遍不应翻犁到底，以防水泥落到底部；后面的两遍应翻犁到底，随时检查调整翻犁的深度，要求同本条第 2 款。

3.4.10 加水并湿拌

1 在上述拌和过程结束时，如果混合料的含水量不足，应用喷管式洒水车（普通洒水车不适宜用作路面施工）补充洒水。洒水车起洒处和另一端调头处都应超出拌和段 2m 以上。洒水车不应在正进行拌和以及当天计划拌和的路段上调头和停留，以防局部水量过大。

2 洒水后，应再次进行拌和，使水分在混合料中分布均匀。拌和机械应紧跟在洒水车后面进行拌和，减少水分流失。

3 洒水及拌和过程中，应及时检查混合料的含水量。含水量宜略大于最佳值。对于稳定粗粒土和中粒土，宜较最佳含水量大 0.5%~1.0%；对于稳定细粒土，宜较最佳含水量大 1%~2%。

4 在洒水拌和过程中，应配合人工拣出超尺寸颗粒，消除粗细颗粒“窝”以及局部过分潮湿或过分干燥之处。

5 混合料拌和均匀后应色泽一致，没有灰条、灰团和花面，即无明显粗细集料离析现象，且水分合适和均匀。

3.4.11 整形

1 混合料拌和均匀后，应立即用平地机初步整形。在直线段，平地机由两侧向路中心进行刮平；在平曲线段，平地机由内侧向外侧进行刮平。必要时，再返回刮一遍。

2 用拖拉机、平地机或轮胎压路机立即在初平的路段上快速碾压一遍，以暴露潜在的不平整。

3 再用平地机按本条第1款进行整形，整形前应用齿耙将轮迹低洼处表层5cm以上耙松，并按本条第2款再碾压一遍。

4 对于局部低洼处，应用齿耙将其表层5cm以上耙松，并用新拌的混合料进行找平。

5 再用平地机整形一次。应将高处料直接刮出路外，不应形成薄层贴补现象。

6 每次整形都应达到规定的坡度和路拱，并应特别注意接缝必须顺适平整。

7 当用人工整形时，应用锹和耙先将混合料摊平，用路拱板进行初步整形。用拖拉机初压1~2遍后，根据实测的松铺系数，确定纵横断面的标高，并设置标记和挂线。利用锹耙按线整形，再用路拱板校正成型。如为水泥土，在拖拉机初压之后，可用重型框式路拱板（拖拉机牵引）进行整形。

8 在整形过程中，严禁任何车辆通行，并保持无明显的粗细集料离析现象。

3.4.12 碾压

1 根据路宽、压路机的轮宽和轮距的不同，制订碾压方案，应使各部分碾压到的次数尽量相同，路面的两侧应多压2~3遍。

2 整形后，当混合料的含水量为最佳含水量（+1%~+2%）时，应立即用轻型压路机并配合12t以上压路机在结构层全宽内进行碾压。直线和不设超高的平曲线段，由两侧路肩向路中心碾时，应重叠1/2轮宽，后轮必须超过两段的接缝处，后轮压完路面全宽时，即为一遍。一般需碾压6~8遍。压路机的碾压速度，头两遍以采用1.5~1.7km/h为宜，以后宜采用2.0~2.5km/h。采用人工摊铺和整形的稳定土层，宜先用拖拉机或6~8t两轮压路机或轮胎压路机碾压1~2遍，然后再用重型压路机碾压。

3 严禁压路机在已完成的或正在碾压的路段上调头或急刹车，应保证稳定土层表面不受破坏。

4 碾压过程中，水泥稳定土的表面应始终保持湿润，如水分蒸发过快，应及时补撒少量的水，但严禁洒大水碾压。

5 碾压过程中，如有“弹簧”、松散、起皮等现象，应及时翻开重新拌和（加适量的水泥）或用其他方法处理，使其达到质量要求。

6 经过拌和、整形的水泥稳定土，宜在水泥初凝前并应在试验确定的延迟时间内完成碾压，并达到要求的密实度，同时没有明显的轮迹。

7 在碾压结束之前，用平地机再终平一次，使其纵向顺适，路拱和超高符合设计要求。终平应仔细进行，必须将局部高出部分刮除并扫出路外；对于局部低洼之处，不再进行找补，可留待铺筑沥青面层时处理。

3.4.13 接缝和调头处的处理

1 同日施工的两工作段的衔接处，应采用搭接。前一段拌和整形后，留5~8m不进行碾压，后一段施工时，前段留下未压部分，应再加部分水泥重新拌和，并与后一段一起碾压。

2 经过拌和、整形的水泥稳定土，应在试验确定的延迟时间内完成碾压。

3 应注意每天最后一段末端缝（即工作缝）的处理。工作缝和调头处可按下述方法处理：

（1）在已碾压完成的水泥稳定土层末端，沿稳定土挖一条横贯铺筑层全宽的宽约30cm的槽，直挖到下承层顶面。此槽应与路的中心线垂直，靠稳定土的一面应切成垂直面，并放两根与压实厚度等厚、长为全宽一半的方木紧贴其垂直面（见图3.4.13）。

（2）用原挖出的素土回填槽内其余部分。

(3) 如拌和机械或其他机械必须到已压成的水泥稳定土层上调头, 应采取措施保护调头作业段。一般可在准备用于调头的约 8~10m 长的稳定土层上, 先覆盖一张厚塑料布或油毡纸, 然后铺上约 10cm 厚的土、砂或砾石。

(4) 第二天, 邻接作业段拌和后, 除去方木, 用混合料回填。靠近方木未能拌和的一小段, 应人工进行补充拌和。整平时, 接缝处的水泥稳定土应较已完成断面高出约 5cm, 以利形成一个平顺的接缝。

(5) 整平后, 用平地机将塑料布上大部分土除去 (注意勿刮破塑料布), 然后人工除去余下的土, 并收起塑料布。

在新混合料碾压过程中, 应将接缝修整平顺。

图 3.4.13 横向接缝处理示意图

4 纵缝的处理

水泥稳定土层的施工应该避免纵向接缝, 在必须分两幅施工时, 纵缝必须垂直相接, 不应斜接。

纵缝应按下述方法处理:

(1) 在前一幅施工时, 在靠中央一侧用方木或钢模板做支撑方木或钢模板的高度与稳定土层的压实厚度相同;

(2) 混合料拌和结束后, 靠近支撑木 (或板) 的一部分, 应人工进行补充拌和, 然后整形和碾压。

(3) 养生结束后, 在铺筑另一幅之前, 拆除支撑木 (或板);

(4) 第二幅混合料拌和结束后, 靠近第一幅的部分, 应人工进行补充拌和, 然后进行整形和碾压。

3.5 中心站集中厂拌法施工

3.5.1 水泥稳定土可以在中心站用厂拌设备进行集中拌和, 对于高速公路和一级公路, 应采用专用稳定土集中厂拌机械拌制混合料。集中拌和时, 应符合下列要求:

(1) 土块应粉碎, 最大尺寸不得大于 15mm;

(2) 配料应准确, 拌和应均匀;

(3) 含水量宜略大于最佳值, 使混合料运到现场摊铺后碾压时的含水量不小于最佳值;

(4) 不同粒级的碎石或砾石以及细集料 (如石屑和砂) 应隔离, 分别堆放。

3.5.2 当采用连接式的稳定土厂拌设备拌和时, 应保证集料的最大粒径和级配符合要求。

3.5.3 在正式拌制混合料之前, 必须先调试所用的设备, 使混合料的颗粒组成和含水量都达到规定的要求。原集料的颗粒组成发生变化时, 应重新调试设备。

3.5.4 在潮湿多雨地区或其他地区的雨季施工时, 应采取措施, 保护集料, 特别是细集料 (如石屑和砂等) 应有覆盖, 防止雨淋。

3.5.5 应根据集料和混合料含水量的大小, 及时调整加水量。

3.5.6 应尽快将拌成的混合料运送到铺筑现场。车上的混合料应覆盖, 减少水分损失。

3.5.7 应采用沥青混凝土摊铺机或稳定土摊铺机摊铺混合料。如下承层是稳定细粒土, 应先将下承层顶面拉毛, 再摊铺混合料。

3.5.8 拌和机与摊铺机的生产能力应互相匹配。对于高速公路和一级公路, 摊铺机宜连续摊

铺,拌和机的产量宜大于 400t/h。如拌和机的生产能力较小,在用摊铺机摊铺混合料时,应采用最低速度摊铺,减少摊铺机停机待料的情况。

3.5.9 在摊铺机后面应设专人消除粗细集料离析现象,特别应该铲除局部粗集料“窝”,并用新拌混合料填补。

3.5.10 宜先用轻型两轮压路机跟在摊铺机后及时进行碾压,后用重型振动压路机、三轮压路机或轮胎压路机继续碾压密实。

3.5.11 在二、三、四级公路上,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:

- (1) 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;
- (2) 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;
- (3) 用平地机将混合料按松铺厚度摊铺均匀;
- (4) 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”和粗集料“带”,补以新拌的均匀混合料,或补撒拌均匀的细混合料,并与粗集料拌和均匀。

3.5.12 用平地机摊铺混合料后的整形和碾压均与路拌法相同。

3.5.13 集中厂拌法施工时的横向接缝应符合下列要求:

- (1) 用摊铺机摊铺混合料时,不宜中断,如因故中断时间超过 2h,应设置横向接缝,摊铺机应驶离混合料末端;
- (2) 人工将末端含水量合适的混合料弄整齐,紧靠混合料放两根方木,方木的高度应与混合料的压实厚度相同;整平紧靠方木的混合料;
- (3) 方木的另一侧用砂砾或碎石回填约 3m 长,其高度应高出方木几厘米;
- (4) 将混合料碾压密实;
- (5) 在重新开始摊铺混合料之前,将砂砾或碎石和方木除去,并将下承层顶面清扫干净;
- (6) 摊铺机返回到已压实层的末端,重新开始摊铺混合料;
- (7) 如摊铺中断后,未按上述方法处理横向接缝,而中断时间已超过 2h,则应将摊铺机附近及其下面未经压实的混合料铲除,并将已碾压密实且高程和平整度符合要求的末端挖成与路中心线垂直并垂直向下的断面,然后再摊铺新的混合料。

3.5.14 应避免纵向接缝。高速公路和一级公路的基层应分两幅摊铺,宜采用两台摊铺机一前一后相隔约 5~10m 同步向前摊铺混合料,并一起进行碾压。

在不能避免纵向接缝的情况下,纵缝必须垂直相接,严禁斜接,并符合下列规定:

- (1) 在前一幅摊铺时,在靠中央的一侧用方木或钢模板做支撑,方木或钢模板的高度应与稳定土层的压实厚度相同;
- (2) 养生结束后,在摊铺另一幅之前,拆除支撑木(或板)。

3.5.15 用平地机摊铺混合料时,横向接缝和纵向接缝的处理方法同本规范 3.4.13 条第 3 款和 3.4.13 条第 4 款。

3.6 养生及交通管制

3.6.1 水泥稳定土底基层分层施工时,下层水泥稳定土碾压完后,在采用重型振动压路机碾压时,宜养生 7d 后铺筑上层水泥稳定土。在铺筑上层稳定土之前,应始终保持下层表面湿润。在铺筑上层稳定土时,宜在下层表面撒少量水泥或水泥浆。底基层养生 7d 后,方可铺筑基层。

水泥稳定级配碎石(或砾石)基层分两层用摊铺机铺筑时,下层分段摊铺和碾压密实后,

在不采用重型振动压路机碾压时,宜立即摊铺上层,否则在下层顶面应撒少量水泥或水泥浆。

3.6.2 每一段碾压完成并经压实度检查合格后,应立即开始养生。

3.6.3 宜采用湿砂进行养生,砂层厚宜为 7~10cm。砂铺匀后,应立即洒水,并在整个养生期间保持砂的潮湿状态。不得用湿粘性土覆盖。养生结束后,必须将覆盖物清除干净。

3.6.4 对于基层,可采用沥青乳液进行养生。沥青乳液的用量按 $0.8\sim 1.0\text{kg}/\text{m}^2$ (指沥青用量) 选用,宜分两次喷洒。第一次喷洒沥青含量约 35% 的慢裂沥青乳液,使其能稍透入基层表层。第二次喷洒浓度较大的沥青乳液。如不能避免施工车辆在养生层上通行,应在乳液分裂后撒布 3~8mm 的小碎(砾)石,做成下封层。

3.6.5 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定土层表面潮湿,应注意表层情况,必要时,用两轮压路机压实。

3.6.6 对于高速公路和一级公路,基层的养生期不宜少于 7d。对于二级和二级以下的公路,如养生期少 7d 即铺筑沥青面层,则应限制重型车辆通行。

3.6.7 对于二级和二级以下公路,如基层上为水泥混凝土面板,且面板是用小型机械施工的,则基层完成后可较早铺筑混凝土面层。

3.6.8 在养生期间未采用覆盖措施的水泥稳定土层上,除洒水车外,应封闭交通。在采用覆盖措施的水泥稳定土层上,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。

3.6.9 养生期结束后,如其上为沥青面层,应先清扫基层,并立即喷洒透层或粘层沥青。在喷洒透层或粘层沥青后,宜在上均匀撒布 5~10mm 的小碎(砾)石,用量约为全铺一层用量的 60%~70%。

在清扫干净的基层上,也可先做下封层,以防止基层干缩开裂,同时保护基层免遭施工车辆破坏,宜在铺设下封层后的 10~30d 内开始铺筑沥青面层的底面层。如为水泥混凝土面层,也不宜让基层长期暴晒,以免开裂。

注:如喷洒的透层沥青能透入基层,且运料车辆和面层混合料摊铺机在上行驶不会破坏沥青膜时,可以不撒小碎(砾)石。在撒小碎(砾)石的情况下,应尽早铺筑沥青面层的底面层。

3.7 施工组织与作业段划分

3.7.1 水泥稳定土施工时,必须采用流水作业法,使各工序紧密衔接。特别是要尽量缩短从拌和到完成碾压之间的延迟时间。

3.7.2 应做水泥稳定土的延迟时间对其强度影响的试验,以确定合适的延迟时间。

3.7.3 确定路拌法施工每一作业段的合理长度时,应综合考虑下列因素:

- (1) 水泥的终凝时间;
- (2) 延迟时间对混合料密实度和抗压强度的影响;
- (3) 施工机械和运输车辆的效率和数量;
- (4) 操作的熟练程度;
- (5) 尽量减少接缝;
- (6) 施工季节和气候条件。

一般情况下,当稳定土层宽 7~8m 时,每一流水作业段以 200m 为宜,但每天的第一个作业段宜稍短,可为 150m。如稳定土层较宽,则作业段应再缩短。

3.8 其他

3.8.1 路缘处理

如水泥稳定土层上为薄沥青面层，基层每边应较面层展宽 20cm 以上。在基层全宽上喷洒透层或粘层沥青或设下封层，沥青面层边缘向外侧做成三角形。如设置路缘石，必须注意防止路缘石阻滞路面上表面水和结构层中水的排除。

4 石灰稳定土

4.1 一般规定

- 4.1.1 按照土中单个颗粒的粒径大小和组成，将土分为细粒土、中粒土和粗粒土三种。
- 4.1.2 石灰剂量以石灰质量占全部粗细土颗粒干质量的百分率表示，即石灰剂量=石灰质量/干土质量。
- 4.1.3 石灰稳定土适用于各级公路的底基层，以及二级和二级以下公路的基层，但石灰土不得用做二级公路的基层和二级以下公路高级路面的基层。
- 4.1.4 在冰冻地区的潮湿路段落及其他地区的过分潮湿路段，不宜采用石灰土做基层。当只能采用石灰土时，应采取措施防止水分浸入石灰土层。
- 4.1.5 石灰稳定土层应在春末和夏季组织施工。施工期的日最低气温应在 5℃ 以上，并应在第一次重冰冻（-3~-5℃）到来之前一个月到一个半月完成。稳定土层宜经历半月以上温暖和热的气候养生。多雨地区，应避免在雨季进行石灰土结构层的施工。
- 4.1.6 在雨季施工石灰稳定中粒土和粗粒土时，应采用排除表面水的措施，防止运到路上的集料过分潮湿，并应采取措施保护石灰免遭雨淋。
- 4.1.7 石灰稳定土层施工时，应遵守下列规定：

- (1) 细粒土应尽可能粉碎，土块最大尺寸不应大于 15mm。
- (2) 配料应准确。
- (3) 路拌法施工时，石灰应摊铺均匀。
- (4) 洒水、拌和应均匀。
- (5) 应严格控制基层厚度和高程，其路拱横坡应与面层一致。
- (6) 应在混合料处于最佳含水量或略小于最佳含水量（1%~2%）时进行碾压，直达到下列按重型击实试验法确定的要求压实度：

基层：

二级和二级以下公路

石灰稳定中粒土和粗粒土	97%
石灰稳定细粒土	93%

底基层：

高速公路和一级公路

石灰稳定中粒土和粗粒土	97%
石灰稳定细粒土	95%

二级和二级以下公路

石灰稳定中粒土和粗粒土	95%
石灰稳定细粒土	93%

(7) 石灰稳定土结构层应用 12t 以上的压路机碾压。用 12~15t 三轮压路机碾压时，每层的压实厚度不应超过 15cm；用 18~20t 三轮压路机和振动压路机碾压时，每层的压实厚度不应超过 20cm；对于石灰稳定土，采用能量大的振动压路机碾压时，或对于石灰土，采用振动羊足碾与三轮压路机配合碾压时，每层的压实厚度可以根据试验适当增加。压实厚度超过上述规定时，应分层铺筑，每层的最小压实厚度为 10cm，下层宜稍厚。对于石灰土，应采用先轻型、后重型压路机碾压。

(8) 石灰稳定土层宜在当天碾压完成，碾压完成后必须保温养生，不使稳定土层表面干燥，也不应过分潮湿。

(9) 石灰稳定土层上未铺封层或面层时，禁止开放交通；当施工中断，临时开放交通时，应采取保护措施，不使基层表面遭破坏。

4.1.8 石灰稳定土基层施工时，严禁用薄层贴补的办法进行找平。

4.1.9 在采用石灰土做基层时，必须采取措施防止表面水透入基层，同时应经历一个月以上的温暖和热的气候养生。作为沥青路面的基层时，还应采取措施加强基层与面层的联结。

4.1.10 石灰改善土的施工方法可按本规范执行。

4.1.11 对于二级以下的公路，石灰稳定土基层和底基层可以采用路拌法施工。对于二级公路，

4.1.12 对于高速公路和一级公路，直接铺筑在土基上的底基层下层可以用专用稳定土拌和机进行路拌法施工，如土基上层已用石灰或固化剂处理，则底基层的下层也应用集中拌和法拌制混合料。其上的各个稳定土层都应用集中厂拌法拌制混合料并宜用摊铺机摊铺混合料。

4.2 材 料

4.2.1 塑性指数为 15~20 的粘性土以及含有一定数量粘性土的中粒土和粗粒土均适宜于用石灰稳定。

用石灰稳定无塑性指数的级配砂砾、级配碎石和未筛分碎石时，应添加 15% 左右的粘性土。

塑性指数在 15 以上的粘性土更适宜于用石灰和水泥综合稳定。

塑性指数在 10 以下的亚砂土和砂土用石灰稳定时，应采取适当的措施或采用水泥稳定。

塑性指数偏大的粘性土，应加强粉碎，粉碎后土块的最大尺寸不应大于 15mm。可以采用两次拌和法，第一次加部分石灰拌和后，闷放 1~2d，再加入其余石灰，进行第二次拌和。

使用石灰稳定土时，应遵守下列规定：

1 石灰稳定土用做高速公路和一级公路和底基层时，颗粒的最大粒径不应超过 37.5mm，用做其他等级公路的底基层时，颗粒的最大粒径不应超过 53mm。

2 石灰稳定土用做基层时，颗粒的最大粒径不应超过 37.5mm。

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等均适宜用做石灰稳定土的材料。石灰稳定土中碎石、砂砾或其他粒状材料的含量应在 80% 以上，并应具有良好的级配。

3 石灰稳定土中碎石或砾石的压碎值应符合下列要求：

基层：

二级公路 不大于 30%

二级以下公路 不大于 35%

底基层：

高速公路和一级公路 不大于 30%

二级和二级以下公路 不大于 35%

4 硫酸盐含量超过 0.8% 的土和有机质含量超过 10% 的土，不宜用石灰稳定。

4.2.2 石灰技术指标应符合表 4.2.2 的规定。应尽量缩短石灰的存放时间。石灰在野外堆放时间较长时，应覆盖防潮。

表 4.2.2 石灰的技术指标

类别 指标	钙质生石灰	镁质生石灰	钙质消石灰	镁质消石灰
	等 级			

项目	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
有效钙加氧化镁含量 (%)	85	80	70	80	75	65	65	60	55	60	55	50
未消化残渣含量 (5mm 圆孔筛的筛余, %)	7	11	17	10	14	20						
含水量 (%)							4	4	4	4	4	4
细度	0.71mm 方孔筛的筛余 (%)						0	1	1	0	1	1
	0.125mm 方孔筛的筛余 (%)						13	20	—	13	20	—
钙镁石灰的分类界限, 氧化镁含量 (%)	5			>5			4			>4		

注：硅、铝、镁氧化物含量之和大于 5% 的生石灰，有效钙加氧化镁含量指标，I 等 75%，II 等 70%，III 等 60%；未消化残渣含量指标与镁质生石灰指标相同。

使用等外石灰、贝壳石灰、珊瑚石灰等，应进行试验，如混合料的强度符合表 4.3.1 的标准，即可使用。

对于高速公路和一级公路，宜采用磨细生石灰粉。

4.2.3 凡饮用水（含牲畜饮用水）均可用于石灰土施工。

4.3 混合料组成设计

4.3.1 一般规定

1 各级公路用石灰稳定土的 7d 浸水抗压强度应符合表 4.3.1 的规定。

表 4.3.1 石灰稳定土的抗压强度标准

层位	公路等级	二级和二级以下公路	高速公路和一级公路
	基层 (Mpa)		0.8
底基层 (Mpa)		0.5~0.7	0.8

注：在低塑性土（塑性指数小于 7）地区，石灰稳定砂砾土和碎石土的 7d 浸水抗压强度应大于 0.5Mpa（100g 平衡锥测液限）。

低限用于塑性指数小于 7 的粘性土，且低限值宜仅用于二级以下公路。高限用于塑性指数大于 7 的粘性土。

2 石灰稳定土的组成设计应根据表 4.3.1 的强度标准，通过试验选取最适宜于稳定的土，确定必需的或最佳的石灰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时，还应确定掺加料的比例。

3 采用综合稳定土时，如水泥用量占结合料总量的 30% 以下，则按本章的技术要求进行组成设计。

4 石灰稳定土的各项试验应按《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTJ057) 进行。

4.3.2 原材料试验

1 在石灰稳定土层施工前，应取所定料场中有代表性的土样进行下列试验：

(1) 颗粒分析；

- (2) 液限和塑性指数；
- (3) 击实试验；
- (4) 碎石或砾石的压碎值；
- (5) 有机质含量（必要时做）；
- (6) 硫酸盐含量（必要时做）。

2 如碎石、碎石土、砂砾、砂砾土等的级配不好，宜先改善其级配。

3 应检验石灰的有效钙和氧化镁含量。

4.3.3 混合料的设计步骤

1 按下列石灰剂量配制同一种土样、不同石灰剂量的混合料：

(1) 做基层用

砂砾土和碎石土：3%，4%，5%，6%，7%

塑性指数小于 12 的粘性土：10%，12%，13%，14%，16%

塑性指数小于 12 的粘性土：5%，7%，9%，11%，13%

(2) 做底基层用

塑性指数小于 12 的粘性土：8%，10%，11%，12%，14%

塑性指数小于 12 的粘性土：5%，7%，8%，9%，11%

2 确定混合料的最佳含水量和最大干（压实）密度，至少应做三个不同石灰剂量混合料的击实试验，即最小剂量、中间剂量和最大剂量，其余两个混合料的最佳含水量和最大干密度用内插法确定。

3 按规定的压实度，分别计算不同石灰剂量的试件应有的干密度。

4 按最佳含水量和计算得的干密度制备试件。进行强度试验时，作为平行试验的最少试件数量应不小于表 4.3.3 中的规定。如试验结果的偏差系数大于表中规定的值，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。

5 试件在规定温度下保温养生 6d，浸水 24h 后，按《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》（JTJ057）进行无侧限抗压强度试验。

6 计算试验结果的平均值和偏差系数。

表 4.3.3 最少试件数量

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

7 根据表 4.3.1 的强度标准，选定合适的石灰剂量。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（4.3.3）的要求：

$$\bar{R} = R_d / (1 - Z_a C_v)$$

式中： R_d ——设计抗压强度（表 4.3.1）；

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，高速公路和一级公路应取保证率 95%，即 $Z_a=1.645$ ；其他公路应取保证率 90%，即 $Z_a=1.282$ 。

8 工地实际采用的石灰剂量应比室内试验确定的剂量多 0.5%~1.0%。

采用集中厂拌法施工时，可只增加 0.5%；采用路拌法施工时，宜增加 1%。

9 石灰稳定不含粘性土的级配碎石、未筛分碎石和级配砂砾用做高级沥青路面的基层时，碎石和砂砾的颗粒组成应符合本规范级配碎石（6.2.4 条）或未筛分碎石（6.2.7 条）或级配砾石（7.2.3 条）的级配范围，并应添加粘性土。石灰和所加土的总质量与碎石或砂砾的质量比宜为 1:4~1:5，即碎石或砾石在混合料中的质量应不少于 80%。

10 综合稳定土的组成设计与上述步骤相同。

4.4 路拌法施工

4.4.1 路拌法施工石灰稳定土的工艺流程宜按图 4.4.1 的顺序进行。

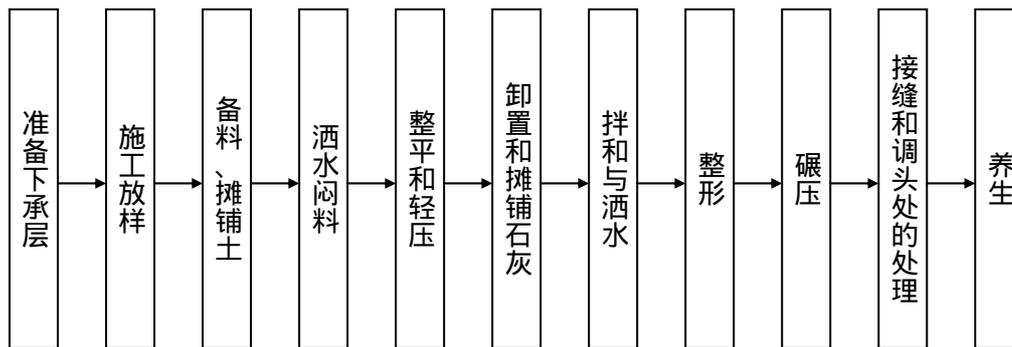


图 4.4.1 石灰稳定土路拌法施工的工艺流程

4.4.2 准备下承层，要求同 3.4.2 条。

4.4.3 施工放样，要求同 3.4.2 条。

4.4.4 备料

除应符合 3.4.4 条的要求外，还应符合下列规定：

(1) 当需分层采集土时，应将土先分层堆放在一地上，然后从前到后将上下层土一起装车运送到现场。

(2) 对于塑性指数小于 15 的粘性土，机械拌和时，可视土质和机械性能确定是否需要过筛。人工拌和时，应筛除 15mm 以上的土块。

(3) 石灰应选择公路两侧宽敞、临近水源且地势较高的场地集中堆放。当堆放时间较长时，应覆盖封存。石灰堆放在集中拌和场地时间较长时，也应覆盖封存。

(4) 生石灰块应在使用前 7~10d 充分消解。消解后的石灰应保持一定的湿度，不得产生扬尘，也不可过湿成团。

(5) 消石灰宜过孔径 10mm 的筛，并尽快使用。

4.4.5 摊铺土

应事先通过试验确定土的松铺系数。人工摊铺混合料时，其松铺系数可按表 4.4.5 选用。其他要求同 3.4.5 条第 2~7 款。

表 4.4.5 人工摊铺混合料松铺系数表

材料名称	松铺系数	备注
石灰土	1.53~1.58	现场人工摊铺土和石灰，机械拌和，人工整平
	1.65~1.70	路外集中拌和，运到现场人工摊铺
石灰土砂砾	1.52~1.56	路外集中拌和，运到现场人工摊铺

4.4.6 洒水闷料，要求同 3.4.6 条。

4.4.7 整平和轻压，要求同 3.4.7 条。

4.4.8 卸置和摊铺石灰

1 按计算所得的每车石灰的纵横间距，用石灰在土层上做标记，同时划出摊铺石灰的边线。

2 用刮板将石灰均匀摊开，石灰摊铺完后，表面应没有空白位置。量测石灰的松铺厚度，根据石灰的含水量和松密度，校核石灰用量是否合适。

4.4.9 拌和与洒水

1 对二级及二级以上公路，要求同 3.4.9 条第 1 款，只是当使用生石灰粉时，宜先用平地机或多铧犁将石灰翻到土层中间，但不能翻到底部。

2 对于三、四级公路的石灰稳定细粒土和中粒土，在没有专用拌和机械的情况下，可用农用旋转耕作机与多铧犁或平地机相配合拌和四遍。先用旋转耕作机拌和两遍，后用多铧犁或平地机将底部素土翻起，再用旋转耕作机拌和两遍，多铧犁或平地机将底部料再翻起，并随时检查调整翻犁的深度，使稳定土层全部翻透。严禁在稳定土层与下承层之间残留一层素土，但也应防止翻犁过深，过多破坏下承层的表面。也可以用缺口圆盘耙与多铧犁或平地机相配合，拌和石灰稳定细粒土、中粒土和粗粒土。要求同本规范 3.4.9 条第 3 款。

3 拌和过程中混合料的含水量及检查应符合 3.4.10 条第 1~5 款的规定。

4 如为石灰稳定级配碎石或砂砾时，应先将石灰和需添加的粘性土拌和均匀，然后均匀地摊铺在级配碎石或砂砾层上，再一起进行拌和。

5 用石灰稳定塑性指数大的粘土时，应采用两次拌和。第一次加 70%~100% 预定剂量的石灰进行拌和，闷放 1~2d，此后补足需用的石灰，再进行第二次拌和。

4.4.10 整形和碾压，应符合 3.4.11 条和 3.4.12 条的要求。

4.4.11 接缝和调头处的处理

1 同日施工的两工作段的衔接处，应采用搭接形式。前一段拌和整形后，留 5~8mm 不进行碾压，后一段施工时，应与前段留下未压部分一起再进行拌和。

2 拌和机械及其他机械不宜在已压成的石灰稳定土层上调头。如必须调头，应采取措施保护调头部分，使石灰稳定土表层不受破坏。

3 纵缝的处理应符合本规范 3.4.13 条第 4 款的规定。

4.5 中心站集中厂拌法施工

按 3.5 节各条的规定执行。

4.6 人工沿路拌和法施工

4.6.1 二级以下公路的小工程可以采用人工沿路拌和施工。

4.6.2 备料

1 将需稳定的土料按事先计算的数量运到路上分堆堆放，应每隔一定距离留一缺口。

2 将消石灰按事先计算的数量运到路上，直接卸在土堆上或卸在土堆旁。

4.6.3 拌和

1 筛拌法 将土和石灰混合或交替过孔径 15mm 的筛，筛余土块应随打碎随过筛。过筛以后，适当加水，拌和到均匀为止。

2 翻拌法 将过筛的土和石灰先干拌 1~2 遍，然后加水拌和，应不少于 3 遍，直到均匀为止。

3 为使混合料的水分充分均匀，可在当天拌和后堆放闷料，第二天再摊铺。

4.6.4 摊铺

将拌好的石灰土混合料按松铺厚度摊铺均匀。

4.6.5 整形和碾压

同本规范 3.4.11 条和 3.4.12 条。

4.7 养生及交通管制

4.7.1 石灰稳定土在养生期间应保持一定的湿度，不应过湿或忽干忽湿。养生期不宜少于 7d。每次洒水后，应用两轮压路机将表层压实。石灰稳定土基层碾压结束后 1~2d，当其表层较干燥（如石灰土的含水量不大于 10%，石灰粒料土的含水量为 5%~6%）时，可以立即喷洒透层沥青，然后做下封层或铺筑面层，但初期应禁止重型车辆通行。

4.7.2 在养生期间未采用覆盖措施的石灰稳定土层上，除洒水车外，应封闭交通。在采用覆盖措施的石灰稳定土层上，不能封闭交通时，应限制车速不得超过 30km/h，禁止重型卡车通行。

4.7.3 养生期结束后，在铺筑沥青面层前，应清扫基层并喷洒透层沥青或做下封层。如面层是沥青混凝土，在喷洒透层沥青后，应撒布 5~10mm 的小碎（砾）石，小碎（砾）石应均匀撒布约 60%的面积。如喷洒的透层沥青能透入基层，其上作业车辆不会破坏沥青膜时，可以不撒小碎（砾）石。

在喷洒沥青时，石灰稳定土的上层应比较湿润。

4.7.4 石灰稳定土分层施工时，下层石灰稳定土碾压完成后，可以立即铺筑上一层石灰稳定土，不需专门的养生期。

4.8 其他

4.8.1 路缘处理

如石灰稳定土层上为薄沥青面层，基层每边应较面层宽 20cm 以上。在基层全宽上喷洒透层沥青或设下封层，沥青面层边缘向外侧做成三角形。

如设置路缘石时，必须注意防止路缘石阻滞路面上表面水和结构层中水的排除。

4.8.2 用石灰稳定低塑性土时，施工中应掌握下列要点：

（1）宜分两阶段碾压：第一阶段，洒较多水后用履带拖拉机先压 2~3 遍，达到初步稳定；第二阶段，待水分接近最佳含水量时，再用 12t 以上压路机压实。

（2）当缺少履带拖拉机时，洒水后，先用轻型压路机碾压两遍，然后覆盖一层素土，继续用 12t 以上压路机压实，养生后，将素土层清除干净。

5 石灰工业废渣稳定土

5.1 一般规定

5.1.1 可利用的工业废渣包括：粉煤灰、煤渣、高炉矿渣、钢渣（已经过崩解达到稳定），及其他冶金矿渣、煤矸石等。

5.1.2 石灰工业废渣稳定土可分为下列两大类：

（1）石灰粉煤灰类。

（2）石灰其他废渣类。

5.1.3 石灰工业废渣稳定土可适用于各级公路的基层和底基层，但二灰、二灰土和二灰砂不应用做二级和二级以上公路高级路面的基层。

5.1.4 石灰工业废渣混合料采用质量配合比计算，以石灰：粉煤灰：集料（或土）的质量比表示。

5.1.5 石灰工业废渣稳定土宜在春末和夏季组织施工。施工期的日最低气温应在 5℃ 以上，并应在第一次重冰冻（-3~-5℃）到来之前一个月到一个半月完成。

5.1.6 石灰工业废渣稳定土结构层施工时，应遵守下列规定：

- (1) 配料应准确。
- (2) 石灰应摊铺均匀。
- (3) 洒水、拌和应均匀。
- (4) 应严格控制基层厚度和高程，其路拱横坡应与面层一致。
- (5) 应在混合料处于或略大于最佳含水量时进行碾压，直到达到下列按重型击实试验法确定的要求压实度：

基层：

高速公路和一级公路	98%
二级和二级以下公路	
稳定中粒土和粗粒土	97%
稳定细粒土	93%

底基层：

高速公路和一级公路	
稳定中粒土和粗粒土	97%
稳定细粒土	95%
二级和二级以下公路	
稳定中粒土和粗粒土	95%
稳定细粒土	93%

注：由于当前有多种能量大的压路机，宜提高压实度 1%~2%。

(6) 石灰工业废渣稳定土应用 12t 以上的压路机碾压。用 12~15t 三轮压路机碾压时，每层的压实厚度不应超过 15cm；用 18~20t 三轮压路机和振动压路机碾压时，每层的压实厚度不应超过 20cm。对于二灰级配集料，采用能量大的振动压路机碾压时，或对于二灰土，采用振动羊足碾与三轮压路机配合碾压时，每层的压实厚度可以根据试验适当增加。压实厚度超过上述规定时，应分层铺筑，每层的最小压实厚度为 10cm，下层宜稍厚。对于石灰工业废渣稳定土，应采用先轻型、后重型压路机碾压。

(7) 必须保湿养生，不使石灰工业废渣稳定土层表面干燥。

(8) 石灰工业废渣稳定土基层上未铺封层或面层时，应封闭交通，保护表层不受破坏。当施工中断，临时开放交通时，必须采取保护措施。

5.1.7 石灰工业废渣基层施工时，严禁用薄层贴补的办法进行找平。

5.1.8 对于二级以下的公路，用石灰工业废渣做基层和底基层时，可以采用路拌法施工；对于二级公路，应采用专用的稳定土拌和机，或用集中厂拌法拌制混合料。

5.1.9 对于高速公路和一级公路，直接铺筑在土基上的底基层下层可以用专用的稳定土拌和机进行路拌法施工，如土基上层已用石灰或固化剂处理，则底基层的下层也应用集中拌和法拌制混合料。其上的各个稳定土层都应用集中厂拌法拌制混合料，并应用摊铺机摊铺基层混合料。

5.2 材 料

5.2.1 石灰工业废渣稳定土所用石灰质量应符合本规范表 4.2.2 规定的 III 级消石灰或 III 级生石灰的技术指标，应尽量缩短石灰的存放时间，如存放时间较长，应采取覆盖封存措施，妥善保管。

有效钙含量在 20% 以上的等外石灰、贝壳石灰、珊瑚石灰、电石渣等，当其混合料的强度通过试验符合表 5.3.1 的标准时，可以应用。

5.2.2 粉煤灰中 SiO₂、Al₂O₃ 和 Fe₂O₃ 的总含量应大于 70%，粉煤灰的烧失量不应超过 20%；粉煤灰的比表面积宜大于 2500cm²/g（或 90% 通过 0.3mm 筛孔，70% 通过 0.075mm 筛孔）。

干粉煤灰和湿粉煤灰都可以应用。湿粉煤灰的含水量不宜超过 35%。

5.2.3 煤渣的最大粒径不应大于 30mm，颗粒组成宜有一定级配，且不宜含杂质。

5.2.4 宜采用塑性指数 12~20 的粘性土（亚粘土）。土块的最大粒径不应大于 15mm。

有机质含量超过 10% 的土不宜选用。

5.2.5 二灰稳定的中粒土和粗粒土不宜含有塑性指数的土。

5.2.6 用于二级及二级以下公路的二灰稳定土应符合下列要求：

1 二灰稳定土用做底基层时，石料颗粒的最大粒径不应超过 53mm。

2 二灰稳定土用做基层时，石料颗粒的最大粒径不应超过 37.5mm；碎石、砾石或其他粒状材料的质量宜占 80% 以上，并符合表 5.2.6-1 或表 5.2.6-2 的级配范围。

5.2.7 用于高速公路和一级公路的二灰稳定土应符合下列要求：

1 二灰稳定土用做底基层时，土中碎石、砾石颗粒的最大粒径不应超过 37.5mm。各种细粒土、中粒土和粗粒土都可用二灰稳定后用做底基层。

表 5.2.6.1 二灰级配砂砾中集料的颗粒组成范围

通过质量百分率 (%) 筛孔尺寸 (mm)	编号	
	1	2
37.5	100	
31.5	85 ~ 100	100
19.0	65 ~ 85	85 ~ 100
9.50	50 ~ 70	55 ~ 75
4.75	35 ~ 55	39 ~ 59
2.36	25 ~ 45	27 ~ 47
1.18	17 ~ 35	17 ~ 35
0.60	10 ~ 27	10 ~ 25
0.075	0 ~ 15	0 ~ 10

2 二灰稳定土用做基层时，二灰的质量应占 15%，最多不超过 20%，石料颗粒的最大粒径不应超过 31.5mm，其颗粒组成宜符合表 5.2.6-1 或表 5.2.6-2 中 2 号级配的范围，粒径小于 0.075mm 的颗粒含量宜接近 0。

注：表中所列级配的颗粒组成范围是根据强度高、干缩性小和抗冲刷能力强提出的。此颗粒组成范围可做改变，但改变后的二灰级配集料的强度，特别是干缩性和抗冲刷能力，应优于按表列颗粒组成范围配合的二灰级配集料的性质。

3 对所用的砾石或碎石，应预先筛分成 3~4 个不同粒级，然后再配合成颗粒组成符合表 5.2.6-1 或表 5.2.6-2 所列级配范围的混合料。

5.2.8 碎石或砾石的压碎值应符合下列要求：

基层：

高速公路和一级公路 不大于 30%

二级和二级以下公路 不大于 35%

底基层：

高速公路和一级公路 不大于 35%

二级和二级以下公路

不大于 40%

表 5.2.6.2 二灰级配砂砾石中集料的颗粒组成范围

通过质量百分率 (%) 筛孔尺寸 (mm)	编号	
	1	2
37.5	100	
31.5	90 ~ 100	100
19.0	72 ~ 90	81 ~ 98
9.50	48 ~ 68	52 ~ 70
4.75	30 ~ 50	30 ~ 50
2.36	18 ~ 38	18 ~ 38
1.18	10 ~ 27	10 ~ 27
0.60	6 ~ 20	6 ~ 20
0.075	0 ~ 7	0 ~ 7

5.2.9 凡饮用水 (含牲畜饮用水) 均可使用。

5.3 混合料组成设计

5.3.1 一般规定

1 石灰工业废渣稳定土的 7d 浸水抗压强度应符合表 5.3.1 的规定。

表 5.3.1 二灰混合料的抗压强度标准

层位	公路等级	
	二级和二级以下公路	高速公路和一级公路
基层 (MPa)	0.6 ~ 0.8	0.8 ~ 1.1
底基层 (MPa)	0.5	0.6

注：设计累计标准轴次小于 12×10^6 的高速公路用低限值；设计累计标准轴次大于 12×10^6 的高速公路用中值；主要行驶重载车辆的高速公路用高限值。对于具体一条高速公路，应根据交通状况采用某一强度标准。

2 石灰工业废渣稳定土的组成设计应根据表 5.3.1 的强度标准，通过试验选取最适宜于稳定的土，确定石灰与粉煤灰或石灰与煤渣的比例，确定石灰粉煤灰或石灰煤渣与土的质量比例，确定混合料的最佳含水量。

3 对于 CaO 含量 2%~6% 的硅铝粉煤灰，采用石灰粉煤灰做基层或底基层时，石灰与粉煤灰的比例可以是 1 : 2~1 : 9。

4 采用二灰土做基层或底基层时，石灰与粉煤灰的比例可用 1 : 2~1 : 4 (对于粉土，以 1 : 2 为宜)，石灰粉煤灰与细粒土的比例可以是 30 : 70 ~ 90 : 10。

注：采用此比例时，石灰与粉煤灰之比宜为 1 : 2~1 : 3。

5 采用二灰级配集料做基层时，石灰与粉煤灰的比例可用 1 : 2~1 : 4，石灰粉煤灰与集料的比应是 20 : 80~15 : 85。

6 采用石灰煤渣做基层或底基层时，石灰与煤渣的比例可用 20 : 80~15 : 85。

7 采用石灰煤渣土做基层或底基层时，石灰与煤渣的比例可选用 1 : 1~1 : 4，石灰煤渣与细粒土的比例可以是 1 : 1~1 : 4。混合料中石灰不应少于 10%，或通过试验选取强度较高的配合比。

8 采用石灰煤渣集料做基层或底基层时，石灰：煤渣：集料可选用（7~9）：（26~33）：（67~58）。

9 为提高石灰工业废渣的早期强度，可外加 1%~2% 的水泥。

10 各种混合料的各项试验应按《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》（JTJ057）进行。

5.3.2 原材料的试验

在石灰工业废渣稳定土施工前，应取有代表性的样品进行下列试验：

- （1）土的颗粒分析；
- （2）液限和塑性指数；
- （3）石料的压碎值试验；
- （4）有机质含量（必要时做）；
- （5）石灰的有效钙和氧化镁含量；
- （6）收集或试验粉煤灰的化学成分、细度和烧失量。

5.3.3 混合料的设计步骤

1 制备不同比例的石灰粉煤灰混合料（如 10：90，15：85，20：80，25：75，30：70，35：65，40：60，45：55 和 50：50），确定其各自的最佳含水量和最大干密度，确定同一龄期和同一压实度试件的抗压强度，选用强度最大时的石灰粉煤灰比例。

2 根据上款所得的二灰比例，制备同一种土样的 4~5 种不同配合比的二灰土或二灰级配集料。其配合比宜位于本章 5.3.1 条第 4 款或 5.3.1 条第 5 款所列范围内。

3 确定各种二灰土或二灰级配集料的最佳含水量和最大干密度（用重型实试验法）。

4 按规定达到的压实度，分别计算不同配合比时二灰土、二灰级配集料试件应有的干密度。

5 按最佳含水量和计算得的干密度制备试件。进行强度试验时，作为平行试验的试件数量应符合表 5.3.3 中的规定。如试验结果的偏差系数大于表中规定的值，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。

表 5.3.3 最少试件数量

土类 \ 偏差系数	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

6 试件在规定温度下保湿养生 6d，浸水 24h 后，按《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》（JTJ057）进行无侧限抗压强度试验。

7 计算试验结果的平均值和偏差系数。

8 根据表 5.3.1 的强度标准，选定混合料的配合比。在此配合比下试件室内试验结果的平均抗压强度 R 应符合公式（5.3.3）的要求：

$$\bar{R} = R_d / (1 - Z_a C_v)$$

式中：R_d——设计抗压强度（表 5.3.1）；

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，高速公路和一级公路应取保证率 95%，即 Z_a=1.645；其他公路应取保证率 90%，即 Z_a=1.282。

9 石灰煤渣混合料的设计可参照上述石灰粉煤灰混合料的设计步骤。

5.4 路拌法施工

5.4.1 石灰工业废渣稳定土的施工宜按图 5.4.1 的顺序进行。

图 5.4.1 路拌法施工石灰工业废渣稳定土的工艺流程图

5.4.2 准备下承层，要求同 3.4.2 条。

5.4.3 施工放样，要求同 3.4.3 条。

5.4.4 备料

1 运到现场的粉煤灰，应含有足够的水分，防止扬尘。在干燥和多风季节，应使料堆表面保持湿润，或者覆盖。如在堆放过程中，部分粉煤灰凝结成块，使用时应将灰块打碎。

场地集中推放在粉煤灰，应予覆盖，避免雨淋过分潮湿。

2 集料和石灰的备料要求同 4.4.4 条。

3 计算材料用量

根据各路段石灰工业废渣稳定土层的宽度、厚度及预定的干密度，计算各路段需要的干混合料质量；根据混合料的配合比、材料的含水量以及所用运料车辆的吨位，计算各种材料每车料的堆放距离。

4 如路肩用料与石灰工业废渣稳定土层用料不同，应采取培肩措施，先将两侧路肩培好，路肩料层的压实厚度应与稳定土层的压实厚度相同。在路肩上，每隔 5~10m 应交错开挖临时泄水沟。

5 在预定堆料的下承层上，在堆料前应先洒水，使其表面湿润。

5.4.5 运输和摊铺

1 材料装车时，应控制每车料的数量基本相等。

2 采用地灰时，应先将粉煤灰运到现场；采用二灰稳定土时应先将土运到现场。在同一料场供料的路段内，由远到近将料按本章 5.4.4 条第 3 款计算的卸置于下承层上，卸料距离应均匀。

3 料堆每隔一定距离应留一缺口。材料在下承层上的堆置时间不应过长。

4 应通过试验确定各种材料及混合料的松铺系数。

5 采用机械路拌时，应采用层铺法。即每种材料摊铺均匀后，宜先用两轮压路机碾压 1~2 遍，然后再运送并摊铺下一种材料。

摊铺每层材料时应力求平整，并具有规定的路拱。集料应较湿润，必要时先洒少量水。

5.4.6 拌和及洒水

1 对于二级和二级以上公路，应采用专用稳定土拌和机进行拌和，并应先干拌两遍。

2 用稳定土拌和机拌和时，拌和深度应直到稳定层底，并宜侵入下承层 5~10mm（不应

过多),以加强上下层粘结。应设专人跟随拌和机,随时检查拌和深度并配合拌和机操作员调整拌和深度。直接铺在土基上的拌和层宜避免素土夹层,其余各层严禁在拌和层底部留有素土夹层。通常拌和两遍以上,在进行最后一遍拌和之前,必要时先用多铧犁紧贴底面翻拌一遍。

3 对于三、四级公路,在没有专用拌和机械的情况下,如为二灰稳定细粒土和中粒土,也可用旋转耕作机与多铧犁或平地机相配合先干拌四遍。先用旋转耕作机拌和两遍,后用多铧犁或平地机将底部素土翻起,再用放置耕作机拌和第二遍,用多铧犁或平地机将底部料再翻起,随时检查调整翻犁的深度,使稳定土层全部翻透。严禁在稳定土层与下承层之间残留一层素土,但也应防止翻犁过深,过多破坏下承层的表面。

4 对于三、四级公路,在没有专用拌和机械的情况下,如拌和二灰稳定中粒土和粗粒土,也可以用缺口圆盘耙与多铧犁或平地机相配合干拌。用平地机或多铧犁在前面翻拌,用圆盘耙跟在后面拌和,即采用边翻边耙的方法。圆盘耙的速度应尽量快,使二灰和集料拌和均匀。共翻拌四遍,开始的两遍不应翻犁到底,以防二灰落到底部,后面的两遍,应翻犁到底,随时检查调整翻犁的深度,要求同上款。

5 用喷管式洒水车将水均匀地喷洒在干拌后的混合料上,洒水距离应长些,水车起洒处和另一端调头处都应超出拌和段 2m 以上。洒水车不应在正进行拌和的以及当天计划拌和的路段上调头和停留,应防止局部水量过大。

6 拌和机械应紧跟在洒水车后面进行拌和,尤其在纵坡大的路段上应配合紧密,以减少水分流失。

7 在洒水拌和过程中,应及时检查混合料的含水量。水分宜大于最佳含水量 1% 左右。

8 拌和过程中,要及时检查拌和深度,要使石灰工业废渣层全深都拌和均匀。拌和完成的标志是:混合料色泽一致,没有灰条、灰团和花面,没有粗细颗粒“窝”或“带”,且水分合适和均匀。

9 对于二灰级配集料,应先将石灰和粉煤灰拌和均匀,然后均匀地摊铺在集料层上,再一起进行拌和。

5.4.7 整形

1 平地机整形

(1) 混合料拌和均匀后,先用平地机初步整平和整形。在直线段及不设超高的平曲线段,平地机由两侧向路中心进行刮平;在设超高的平曲线段,平地机由内侧向外侧进行刮平。必要时,再返回刮一遍。

(2) 用拖拉机、平地机或轮胎压路机快速碾压 1~2 遍,以暴露潜在的不平整。

(3) 再用平地机按(1)所述进行整形,并用(2)所述机械再碾压一遍。整形过程中,应及时消除粗细集料离析现象。

(4) 对于局部低洼处,应用齿耙将其表层 5cm 以上耙松,并用新拌的二灰级配集料找补平整。

(5) 再用平地机整形一次。

(6) 每次整形都要按照规定的坡度和路拱进行,并应特别注意接缝顺适平整。

2 人工整形

人工用锹和耙先将混合料摊平,用路拱板进行初步整形。用拖拉机初压 1~2 遍后,根据试验确定的松铺系数,确定纵横断面的标高,并钉桩、挂线。利用锹耙按线整形,并再用路拱板校正成型。

3 在整形过程中,必须禁止任何车辆通行。

4 初步整形后,检查混合料的松铺厚度,必要时应进行补料或减料。二灰土的松铺系数约为 1.5~1.7;二灰集料的松铺系数约为 1.3~1.5;人工铺筑石灰煤渣土的松铺系数为 1.6~1.8;

石灰煤渣集料的松铺系数为 1.4 用机械拌和及机械整形时，集料松铺系数约为 1.2~1.3。

5.4.8 碾压，要求同本规范 3.4.12 条。

5.4.9 接缝和调头处的处理，要求同本规范 3.4.13 条。

5.5 中心站集中厂拌法施工

5.5.1 石灰工业废渣混合料可以在中心站用多种机械进行集中拌和，也可用路拌机械或人工在现场进行分批集中拌和。对于高速公路和一级公路，应采用专用稳定土集中厂拌机械拌制混合料。集中拌和时，应符合下列要求：

(1) 土块最大尺寸不应大于 15mm；粉煤灰块不应大于 12mm，且 9.5mm 和 2.36mm 筛孔的通过量应分别大于 95% 和 75%。

(2) 不同粒级的砾石或碎石以及细集料都应分开堆放。

(3) 石灰、粉煤灰和细集料都应有覆盖，防止雨淋过湿。

(4) 配料应准确，拌和应均匀。

(5) 混合料的含水量应略大于最佳含水量，使混合料运到现场摊铺后碾压时的含水量能接近最佳值。

5.5.2 石灰工业废渣稳定土的集中拌和流程按图 5.5.2 进行。

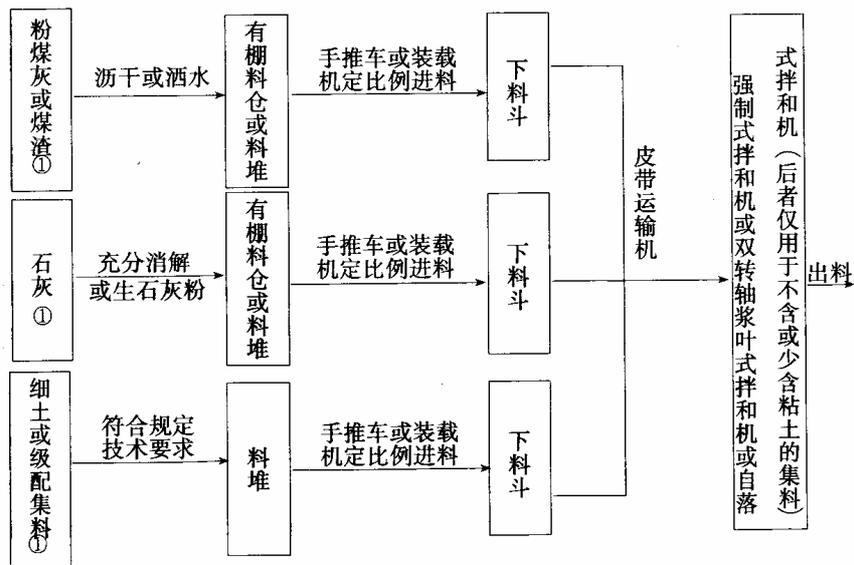


图 5.5.2 石灰工业废渣稳定土的集中拌和工艺流程②

注：进入下料斗的粉煤灰、石灰、土和细集料都不应潮湿。

如拌制基层用二灰级配集料，则至少应有三个集料下料斗，分装粗细集料。

5.5.3 除满足下列两款外，其他要求同本规范第 3.5 节。

1 拌成混合料的堆放时间不宜超过 24h，宜在当天将拌成的混合料运送到铺筑现场，不应将拌成的混合料长时间堆放。

2 关于横向接缝

如压实层末端未用方木作支撑处理，在碾压后末端成一斜坡，则在第二天开始摊铺新混合料之前，应将末端斜坡挖除，并挖成一横向(与路中心线垂直)垂直向下的断面。挖出的混合料加水到最佳含水量拌匀后仍可使用。

5.6 人工沿路拌和法施工

5.6.1 对于二级以下公路和不适宜采用机械施工的小工程，可以采用人工沿路拌和法施工。

5.6.2 备料

1 将细土或集料按事先计算的数量(或折算成体积)运到路上分堆堆放，且应每隔一定距离留一缺口。

2 将粉煤灰或煤渣按事先计算的数量(或折算成体积)运到路上，直接卸在细土堆上或集料堆旁。

3 将石灰按事先计算的数量(或折算成体积)运到路上，直接卸在粉煤灰或煤渣上。

5.6.3 拌和

1 筛拌法将土、粉煤灰和石灰混合或交替过孔径 15mm 的筛，筛余土块、粉煤灰块随打碎随过筛。过筛以后，适当加水至比最佳含水量大 1%~2%，并拌和均匀。

2 翻拌法将过筛的土、粉煤灰或煤渣和石灰先干拌 1~2 遍，然后加水拌和均匀，不宜少于 3 遍。

3 对于二灰集料和石灰煤渣集料，应先将石灰和粉煤灰或煤渣拌和均匀，然后再与集料一起拌和均匀。

4 为使混合料的水分均匀，宜在当天拌和后堆放闷料，第二天再摊铺。

5.6.4 摊铺

将拌和好的混合料按松铺厚度摊铺均匀。

5.6.5 整形和碾压

同本规范 5.4.7 条和 5.4.8 条。

5.7 养生及交通管制

5.7.1 石灰工业废渣稳定土层碾压完成后的第二天或第三天开始养生，每天洒水的次数视气候条件而定，应始终保持表面潮湿，也可用泡水养生法。对于二灰稳定粗、中粒土的基层，也可用沥青乳液和沥青下封层进行养生，养生期一般为 7d。

5.7.2 二灰层宜采用泡水养生法，养生期应为 14d。

5.7.3 在养生期间，除洒水车外，应封闭交通。

5.7.4 对于二灰集料基层，养生期结束后，宜先让施工车辆慢速通行 7~10d，磨去表面的二灰薄层，或用带钢丝刷的机械扫刷去表面的二灰薄层。清扫和冲洗干净后再喷洒透层或粘层沥青。在喷洒透层或粘层沥青后，宜撒布 5~10mm 的小碎(砾)石，小碎(砾)石均匀撒布约 60%~70%的面积。然后应尽早铺筑沥青面层的底面层。

在清扫干净的基层上，也可先做下封层，防止基层干缩开裂，同时保护基层免遭施工车辆破坏。宜在铺设下封层后的 10~30d 内开始铺筑沥青面层的底面层。如为水泥混凝土面层，也不宜让基层长期暴晒，以免开裂。

注：如喷洒的透层沥青能透入基层，当运料车辆和面层混合料摊铺机在上行驶不会破坏沥青膜时，可以不撒小碎(砾)石。

5.7.5 石灰工业废渣底基层分层施工时，下层碾压完毕后，可以立即铺筑上一层，不需专门的养生期。也可以养生 7d 后再铺筑另一层。

5.8 其他

5.8.1 路缘处理

如石灰工业废渣层上为薄沥青面层，基层每边应较面层层宽 20cm 以上。在基层全宽上

喷洒透层或粘层沥青或设下封层，沥青面层边缘向外侧做成三角形。
如设置路缘石，必须注意防止路缘石阻滞路面表面水和结构层中水的排除

6 级配碎石

6.1 一般规定

6.1.1 用于二级和二级以上公路基层和底基层的级配碎石应用预先筛分成几组不同粒径的碎石(如 37.5 ~ 19mm, 19 ~ 9.5mm, 9.5 ~ 4.75mm 的碎石)及 4.75mm 以下的石屑组配而成。

6.1.2 在其他等级公路上，级配碎石可用未筛分碎石和石屑组配而成。

6.1.3 缺乏石屑时，可以添加细砂砾或粗砂。也可以用颗粒组成合适的含细集料较多的砂砾与未筛分碎石组配成级配碎砾石。

6.1.4 级配碎石可用于各级公路的基层和底基层。

6.1.5 级配碎石可用做较薄沥青面层与半刚性基层之间的中间层。

6.1.6 当级配碎石用做二级和二级以下公路的基层时，其最大粒径应控制在 37.5mm 以内；当级配碎石用做高速公路和一级公路的基层以及半刚性路面的中间层时，其最大粒径宜控制在 31.5mm 以下。

6.1.7 级配碎石层施工时，应遵守下列规定：

(1)颗粒组成应是一根顺滑的曲线。

(2)配料必须准确。

(3)塑性指数应符合规定。

(4)混合料必须拌和均匀，没有粗细颗粒离析现象。

(5)在最佳含水量时进行碾压，直到达到下列按重型击实试验法确定的要求压实度：

中间层 100%

基层 98%

底基层 96%

(6)应使用 12t 以上三轮压路机碾压，每层的压实厚度不应超 15~18cm。用重型振动压路机和轮胎压路机碾压时，每层的压实厚度可达 20cm。

(7)级配碎石基层未洒透层沥青或未铺封层时，禁止开放交通，以保护表层不受破坏。

6.1.8 级配碎石用做半刚性路面的中间层以及用做二级以上公路的基层时，应采用集中厂拌法拌制混合料，并用摊铺机摊铺混合料。

6.2 材料

6.2.1 轧制碎石的材料可以是各种类型的岩石(软质岩石除外)、圆石或矿渣。圆石的粒径应是碎石最大粒径的 3 倍以上；矿渣应是已崩解稳定的，其干密度和质量应比较均匀，干密度不小于 $960\text{kg} / \text{m}^3$ 。

6.2.2 碎石中针片状颗粒的总含量应不超过 20%。碎石中不应有粘土块、植物等有害物质。

6.2.3 石屑或其他细集料可以使用一般碎石场的细筛余料，也可以利用轧制沥青表面处治和贯入式用石料时的细筛余料，或专门轧制的细碎石集料。也可以用天然砂砾或粗砂代替石屑。天然砂砾的颗粒尺寸应该合适，必要时应筛除其中的超尺寸颗粒。天然砂砾或粗砂应有较好的级配。

6.2.4 级配碎石或级配碎砾石用做二级和二级以下公路的基层时，其颗粒组成和塑性指数应满足表 6.2.4 中 1 号级配的规定。级配碎石用做高速公路和一级公路的基层时，其颗粒组成和塑性指数应满足表 6.2.4 中 2 号级配的规定。同时，级配曲线宜为圆滑曲线。

6.2.5 在塑性指数偏大的情况下，塑性指数与 0.5mm 以下细土含量的乘积应符合下列规定：

表 6.2.4 级配碎石或级配砾石的颗粒组成范围

通过质量百分率 (%)		编号	
		1	2
项目			
筛孔尺寸 (mm)	37.5	100	
	31.5	90 ~ 100	100
	19.0	73 ~ 88	85 ~ 100
	9.5	49 ~ 69	52 ~ 74
	4.75	29 ~ 54	29 ~ 54
	2.36	17 ~ 37	17 ~ 37
	0.6	8 ~ 20	8 ~ 20
	0.075	0 ~ 7	0 ~ 7
液限 (%)		< 28	< 28
塑性指数		< 6 (或 9)	< 6 (或 9)

注：潮湿多雨地区塑性指数宜小于 6，其他地区塑性指数宜小于 9。

对于无塑性的混合料，小于 0.075 的颗粒含量应接近高限。

(1)在年降雨量小于 600mm 的地区，地下水位对土基没有影响时，乘积不应大于 120；

(2)在潮湿多雨地区，乘积不应大于 100。

6.2.6 级配碎石用做中间层时，其颗粒组成和塑性指数应符合表 6.2.4 中 2 号级配的规定。

6.2.7 未筛分碎石用做二级和二级以下公路的底基层时，其颗粒组成和塑性指数应符合表 6.2.7 中 1 号级配的规定；用做高速公路和一级公路的底基层时，其颗粒组成和塑性指数应符合表 6.2.7 中 2 号级配的规定。

6.2.8 级配碎石或级配砾石所用石料的压碎值应满足下列规定：

基层：

高速公路和一级公路 不大于 26%

二级公路 不大于 30%

二级以下公路 不大于 35%

底基层：

高速公路和一级公路 不大于 30%

二级公路 不大于 35%

二级以下公路 不大于 40%

表 6.2.7 未筛分碎石底基层颗粒组成范围

通过质量百分率 (%)		编号	
		1	2
项目			
筛孔尺寸 (mm)	53	100	
	37.5	85 ~ 100	100
	31.5	69 ~ 88	83 ~ 100
	19.0	40 ~ 65	54 ~ 84
	9.5	19 ~ 43	29 ~ 59
	4.75	10 ~ 30	17 ~ 45
	2.36	8 ~ 25	11 ~ 35

	0.6	6~18	6~21
	0.075	0~10	0~10
液限 (%)		<28	<28
塑性指数		<6 (或 9)	<6 (或 9)

注：在潮湿多雨地区，塑性指数宜小于6，其他地区塑性指数宜小于9。

6.3 路拌法施工

6.3.1 级配碎石路拌法施工的工艺流程应符合图 6.3.1 的顺序。

6.3.2 有关下承层

- 1 下承层不宜做成槽式断面。
- 2 准备下承层，有关要求同 3.4.2 条。

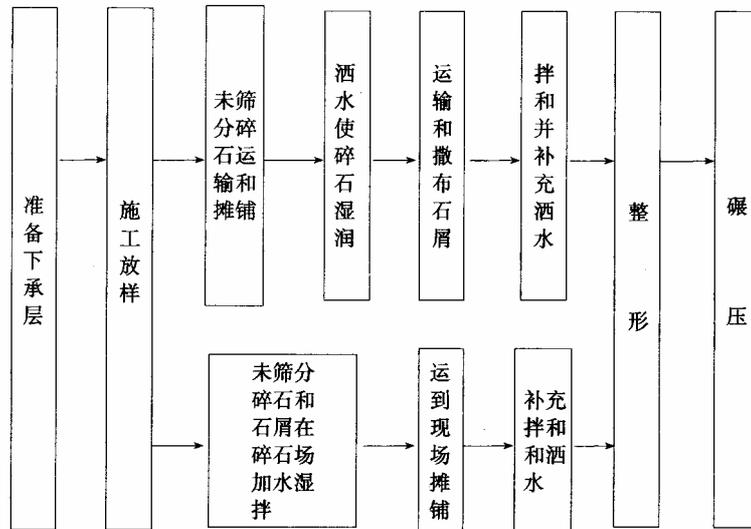


图 6.3.1 级配碎石路拌法施工工艺流程图

6.3.3 施工放样，有关要求同 3.4.3 条。

6.3.4 备料

1 计算材料用量

(1) 采用未筛分碎石和石屑组成级配碎石时，按表 6.2.4 的要求，计算未筛分碎石和石屑的配合比。

(2) 采用不同粒级的单一尺寸碎石和石屑组成级配碎石时，按表 6.2.4 的要求，计算不同粒级碎石和石屑的配合比。

(3) 根据各路段基层或底基层的宽度、厚度及规定的压实干密度并按确定的配合比分别计算各段需要的未筛分碎石和石屑的数量或不同粒级碎石和石屑的数量，并计算每车料的堆放距离。

2 未筛分碎石的含水量较最佳含水量宜大 1% 左右。

3 未筛分碎石和石屑可按预定比例在料场混合，同时洒水加湿，使混合料的含水量超过最佳含水量约 1%。

6.3.5 运输和摊铺集料

1 集料装车时，应控制每车料的数量基本相等。

2 在同一料场供料的路段内，宜由远到近卸置集料。卸料距离应严格掌握，避免料不够或过多。未筛分碎石和石屑分别运送时，应先运送碎石。

3 料堆每隔一定距离应留一缺口。

4 集料在下承层上的堆置时间不应过长。运送集料较摊铺集料工序宜只提前数天。

5 应事先通过试验确定集料的松铺系数并确定松铺厚度。人工摊铺混合料时，其松铺系数约为 1.40~1.50；平地机摊铺混合料时，其松铺系数约为 1.25~1.35。

6 用平地机或其他合适的机具将料均匀地摊铺在预定的宽度上，表面应力求平整，并具有规定的路拱。应同时摊铺路肩用料。

7 检查松铺材料层的厚度，必要时，应进行减料或补料工作。

8 未筛分碎石摊铺平整后，在其较潮湿的情况下，将石屑按本规范 6.3.4 条第 1 款计算的距卸置其上。用平地机并辅以人工将石屑均匀摊铺在碎石层上，并摊铺均匀。

9 采用不同粒级的碎石和石屑时，应将大碎石铺在下层，中碎石铺在中层，小碎石铺在上层。洒水使碎石湿润后，再摊铺石屑。

6.3.6 拌和及整形

1 对于二级及二级以上公路，应采用专用稳定土拌和机拌和级配碎石。对于二级以下的公路，在无稳定土拌和机的情况下，可采用平地机或多铧犁与缺口圆盘耙相配合进行拌和。

(1)用稳定土拌和机应拌和两遍以上。拌和深度应直到级配碎石层底。在进行最后一遍拌和之前，必要时先用多铧犁紧贴底面翻拌一遍。

(2)用平地机进行拌和，宜翻拌 5~6 遍，使石屑均匀分布于碎石料中。平地机拌和的作业长度，每段宜为 300~500m。平地机刀片的安装角度宜符合表 6.3.6 和图 6.3.6 的要求。



图 6.3.6 平地机刀片安装示意图

拌和结束时，混合料的含水量应均匀，并较最佳含水量大 1% 左右，同时应没有粗细颗粒离析现象。

表 6.326 平地机刀片安装角度

拌和条件	平面角 (°)	倾角 (°)	切角 (°)
干拌	30~50	45	3
湿拌	35~40	45	2

(3)用缺口圆盘耙与多铧犁相配合拌和级配碎石时，用多铧犁在前面翻拌，圆盘耙紧跟在后面拌和，即采用边翻边耙的方法，共翻耙 4~6 遍。应随时检查调整翻耙的深度。用多铧犁翻拌时，第一遍由路中心开始，将混合料向中间翻，同时机械应慢速前进。第二遍从两边开始，将混合料向外翻。拌和过程中，应保持足够的水分。拌和结束时，混合料的含水量和均匀性应符合本款(2)的要求。

2 使用在料场已拌和均匀的级配碎石混合料时，摊铺后混合料如有粗细颗粒离析现象，应用平地机进行补充拌和。

3 用平地机将拌和均匀的混合料按规定的路拱进行整平和整形，在整形过程中，应注意消除粗细集料离析现象。

4 用拖拉机、平地机或轮胎压路机在已初平的路段上快速碾压一遍，以暴露潜在的不平整。

5 再用平地机进行整平和整形。

6.3.7 碾压

1 整形后，当混合料的含水量等于或略大于最佳含水量时，立即用 12t 以上三轮压路机、振动压路机或轮胎压路机进行碾压。直线和不设超高的平曲线段，由两侧路肩开始向路中心碾压；在设超高的平曲线段，由内侧路肩向外侧路肩进行碾压。碾压时，后轮应重叠 1/2 轮宽；后轮必须超过两段的接缝处。后轮压完路面全宽时，即为一遍。碾压一直进行到要求

的密实度为止。一般需碾压 6~8 遍，应使表面无明显轮迹。压路机的碾压速度，头两遍以采用 1.5~1.7km/h 为宜，以后用 2.0~2.5km/h。

2 路面的两侧应多压 2~3 遍。

3 严禁压路机在已完成的或正在碾压的路段上调头或急刹车。

4 凡含土的级配碎石层，都应进行滚浆碾压，一直压到碎石层中无多余细土泛到表面为止。滚到表面的浆(或事后变干的薄土层)应清除干净。

6.3.8 横缝的处理

两作业段的衔接处，应搭接拌和。第一段拌和后，留 5~8m 不进行碾压，第二段施工时，前段留下未压部分与第二段一起拌和整平后进行碾压。

6.3.9 纵缝的处理

应避免纵向接缝。在必须分两幅铺筑时，纵缝应搭接拌和。前一幅全宽碾压密实，在后一幅拌和时，应将相邻的前幅边部约 30cm 搭接拌和，整平后一起碾压密实。

6.4 中心站集中厂拌法施工

6.4.1 级配碎石混合料可以在中心站用多种机械进行集中拌和，如强制式拌和机、卧式双转轴桨叶式拌和机、普通水泥混凝土拌和机等。

6.4.2 对用于高速公路和一级公路的级配碎石基层和中间层，宜采用不同粒级的单一尺寸碎石和石屑，按预定配合比在拌和机内拌制级配碎石混合料。

6.4.3 不同粒级的碎石和石屑等细集料应隔离，分别堆放。

6.4.4 细集料应有覆盖，防止雨淋。

6.4.5 在正式拌制级配碎石混合料之前，必须先调试所用的厂拌设备，使混合料的颗粒组成和含水量都能达到规定的要求。

6.4.6 在采用未筛分碎石和石屑时，如未筛分碎石或石屑的颗粒组成发生明显变化，应重新调试设备。

6.4.7 将级配碎石用于高速公路和一级公路时，应用沥青混凝土摊铺机或其他碎石摊铺机摊铺碎石混合料。

6.4.8 摊铺机后面应设专人消除粗细集料离析现象。

6.4.9 用振动压路机、三轮压路机进行碾压，碾压方法同本规范 6.3.7 条。

6.4.10 级配碎石用于二级和二级以下公路时，如没有摊铺机，也可用自动平地机(或摊铺箱)摊铺混合料。

1 根据摊铺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。

2 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。

3 用平地机将混合料按松铺厚度摊铺均匀。

4 设一个三人小组跟在平地机后面，及时消除粗细集料离析现象。对于粗集料“窝”和粗集料“带”，应添加细集料，并拌和均匀；对于细集料“窝”，应添加粗集料，并拌和均匀。

6.4.11 用平地机摊铺混合料后的整形和碾压均与路拌法施工相同。

6.4.12 集中厂拌法施工时的横向接缝按下述方法处理：

1 用摊铺机摊铺混合料时，靠近摊铺机当天未压实的混合料，可与第二天摊铺的混合料一起碾压，但应注意此部分混合料的含水量。必要时，应人工补充洒水，使其含水量达到规定的要求。

2 用平地机摊铺混合料时，每天的工作缝可按本规范 6.3.8 条处理。

6.4.13 应避免纵向接缝。如摊铺机的摊铺宽度不够，必须分两幅摊铺时，宜采用两台摊铺机一前一后相隔约 5~8m 同步向前摊铺混合料。在仅有一台摊铺机的情况下，可先在一条摊

铺带上摊铺一定长度后，再开到另一条摊铺带上摊铺，然后一起进行碾压。

6.4.14 在不能避免纵向接缝的情况下，纵缝必须垂直相接，不应斜接，并按下述方法处理：

- (1)在上一幅摊铺时，在靠后一幅的一侧应用方木或钢模板做支撑，方木或钢模板的高度与级配碎石层的压实厚度相同；
- (2)在摊铺后一幅之前，将方木或钢模板除去；
- (3)如在摊铺前一幅时未用方木或钢模板支撑，靠边缘的 30cm 左右难于压实，而且形成一个斜坡，在摊铺后一幅时，应先将未完全压实部分和不符合路拱要求部分挖松并补充洒水，待后一幅混合料摊铺后一起进行整平和碾压。

7 级配砾石

7.1 一般规定

7.1.1 天然砂砾符合规定的级配要求，而且塑性指数在 6 或 9 以下时，可以直接用做基层。

7.1.2 塑性指数偏大的砂砾，可加少量石灰降低其塑性指数，也可以用无塑性的砂或石屑进行掺配，使其塑性指数降低到符合要求，或塑性指数与细土(粒径小于 0.5mm 的颗粒)含量的乘积符合要求。

7.1.3 可在天然砂砾中掺加部分碎石或轧碎砾石，以提高混合料的强度和稳定性。天然砂砾掺加部分未筛分碎石组成的混合料的强度和稳定性介于级配碎石和级配砾石之间。

7.1.4 级配砾石可适用于轻交通的二级和二级以下公路的基层以及各级公路的底基层。

7.1.5 级配砾石层施工时，应遵守下列规定：

- (1)颗粒级配应符合规定。
- (2)配料应准确。
- (3)塑性指数应符合规定。
- (4)混合料应拌和均匀，没有粗细颗粒离析现象。
- (5)在最佳含水量时进行碾压，直到达到下列按重型击实试验法确定的要求压实度：

基层 98%

底基层 96%

(6)级配砾石应用 12t 以上三轮压路机碾压，每层的压实厚度不应超过 15~18cm。用重型振动压路机和轮胎压路机碾压时，每层的压实厚度不应超过 20cm。

(7)级配砾石基层未洒透层沥青或未铺封层时，禁止开放交通，以保护表层不受破坏。

7.2 材料

7.2.1 级配砾石用做基层时，砾石的最大粒径不应超过 37.5mm；用做底基层时，砾石的最大粒径不应超过 53mm。

7.2.2 砾石颗粒中细长及扁平颗粒的含量不应超过 20%。

7.2.3 级配砾石基层的颗粒组成和塑性指数应满足表 7.2.3 的规定，同时级配曲线应为圆滑曲线。

表 7.2.3 级配砾石基层的颗粒组成范围

通过质量百分率 (%)		编号		
		1		2
筛孔尺寸	53	100		

(mm)	37.5	90~100	100	
	31.5	81~94	90~100	100
	19.0	63~81	73~88	85~100
	9.5	45~66	49~69	52~74
	4.75	27~51	29~54	29~54
	2.36	16~35	17~37	17~37
	0.6	8~20	8~20	8~20
	0.075	0~7	0~7	0~7
液限(%)		<28		<28
塑性指数		<6(或9)	<6(或9)	<6(或9)

注：潮湿多雨地区塑性指数宜小于6，其他地区塑性指数宜小于9。

对于无塑性的混合料，小于0.075mm的颗粒含量应接近高限。

在塑性指数偏大的情况下，塑性指数与0.5mm以下细土含量的乘积应符合下列规定：

(1)在年降雨量小于600mm的中干和干旱地区，地下水位对土基没有影响时，乘积不应大于120；

(2)在潮湿多雨地区，乘积不应大于100。

7.2.4 当用于基层的在最佳含水量下制备的级配砾石试件的干密度与工地规定达到的压实干密度相同时，浸水4d的承载比值应不小于160%。

7.2.5 用做底基层的砂砾、砂砾土或其他粒状材料的级配，应位于表7.2.5的范围内。液限应小于28%，塑性指数应小于9。

表 7.2.5 砂砾底基层的级配范围

筛孔尺寸(mm)	53	37.5	9.5	4.75	0.6	0.075
通过质量百分率(%)	100	80~100	40~100	25~85	8~45	0~15

7.2.6 当用于底基层的在最佳含水量下制备的级配砾石试件的干密度与工地规定达到的压实干密度相同时，浸水4d的承载比值在轻交通道路上应不小于40%，在中等交通道路上应不小于60%。

7.2.7 级配砾石用做基层时，石料的集料压碎值应满足下列规定：

基层：

二级公路 不大于30%

三级和四级公路 不大于35%

底基层：

高速公路和一级公路 不大于30%

二级公路 不大于35%

二级以下公路 不大于40%

7.3 施 工

7.3.1 级配砾石施工的工艺流程按图7.3.1的顺序进行。

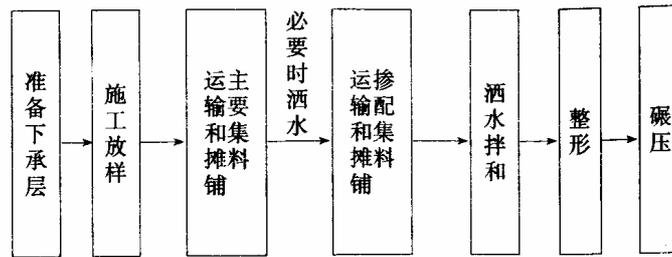


图 7.3.1 级配砾石施工工艺流程图

7.3.2 准备下承层，有关要求同 3.4.2 条。

7.3.3 施工放样，有关要求同 3.4.3 条。

7.3.4 计算材料用量

根据各路段基层或底基层的宽度、厚度及预定的干密度，计算各段需要的集料数量。如级配砾石系用两种集料合成时，分别计算两种集料的数量；根据料场集料的含水量以及所用运料车辆的吨位，计算每车材料的堆放距离。

7.3.5 运输和摊铺集料

1 集料装车时，应控制每车料的数量基本相等。

2 同一料场供料的路段内，由远到近将料按本规范 7.3.4 条计算的距卸置于下承层上。卸料距离应严格掌握，避免料不够或过多。采用两种集料时，应先将主要集料运到路上，待主要集料摊铺后，再运另一种集料并摊铺。如粗细两种集料的最大粒径相差很多，应在粗集料处于潮湿状态下摊铺细集料。

3 料堆每隔一定距离应留一缺口。

4 集料在下承层上的堆置时间不宜过长。运送集料较摊铺集料工序宜只提前数天。

5 应通过试验确定集料的松铺系数，并确定松铺厚度。人工摊铺混合料时，其松铺系数约为 1.40~1.50；平地机摊铺混合料时，其松铺系数约为 1.25~1.35。

6 用平地机或其他合适的机具将料均匀地摊铺在预定的宽度上，表面应力求平整，并有规定的路拱。应同时摊铺路肩用料。

7 检查松铺材料层的厚度是否符合预计要求，必要时，应进行减料或补料工作。

7.3.6 拌和及整形

1 用平地机拌和时，每一作业段的长度宜为 300~500m。

(1)拌和时，平地机刀片的安装角度应符合表 6.3.6 和图 6.3.6 的要求。

一般需拌和 5~6 遍。拌和过程中，用洒水车洒足所需的水分。

拌和结束时，混合料的含水量应均匀，并较最佳含水量大 1% 左右。应无粗细颗粒离析现象。

(2)使用符合级配要求的天然砂砾时，如摊铺后混合料有粗细颗粒离析现象，应用平地机进行补充拌和。

(3)用平地机将拌和均匀的混合料按规定的路拱进行整平和整形。

(4)用拖拉机、平地机或轮胎压路机在已初平的路段上快速碾压一遍，以暴露潜在的不平整。

(5)再用平地机进行整平和整形。

2 用拖拉机牵引四铧犁或五铧犁进行拌和时，每一作业段的长度宜为 100~150m。第一遍由路中心开始，将混合料向中间翻，同时机械应慢速前进。第二遍则应从两边开始，将混合料向外翻。拌和过程中，用洒水车洒足所需的水分。拌和遍数以双数为宜，一般需拌 6 遍。

拌和结束时，混合料含水量应均匀，并较最佳含水量大 1% 左右，且无离析现象。

用平地机或用其他机具按规定的路拱进行整平和整形。在整形过程中，严禁任何车辆通行。

7.3.7 碾压，有关要求同 6.3.7 条

7.3.8 横缝的处理，有关要求同 6.3.8 条

7.3.9 纵缝的处理，有关要求同 6.3.9 条

8 填隙碎石

8.1 一般规定

8.1.1 用单一粒径的粗碎石和石屑组成的填隙碎石可用干法施工，也可用湿法施工。干法施工的填隙碎石特别适宜于干旱缺水地区。

8.1.2 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。

8.1.3 缺乏石屑时，可以添加细砾砂或粗砂等细集料，但其技术性能不如石屑。

8.1.4 填隙碎石可用于各等级公路的底基层和二级以下公路的基层。

8.1.5 填隙碎石施工时，应遵守下列规定：

(1) 细集料应干燥。

(2) 应采用振动轮海米宽质量不小于 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%。

(3) 填隙碎石基层未洒透层沥青或未铺封层时，禁止开放交通。

8.2 材料

8.2.1 填隙碎石用做基层时，碎石的最大粒径不应超过 53mm；用做底基层时，碎石的最大粒径不应超过 63mm。

8.2.2 粗碎石可以用具有一定强度的各种岩石或漂石轧制，但漂石的粒径应为粗碎石最大粒径的 3 倍以上；也可以用稳定的矿渣轧制，矿渣的干密度和质量应比较均匀，且其干密度不小于 $960\text{kg}/\text{m}^3$ 。材料中的扁平、长条和软弱颗粒的含量不应超过 15%。

注：宜用石灰岩轧制。

8.2.3 填隙碎石、粗碎石的颗粒组成应符合表 8.2.3 的规定。

表 8.2.3 填隙碎石、粗碎石的颗粒组成

编号	通过质量百分率(%) 标称尺寸(mm)	筛孔尺寸(mm)							
		63	53	37.5	31.5	26.5	19	16	9.5
1	30~60	100	25~60		0~15		0~5		
2	25~50		100		25~50	0~15		0~5	
3	20~40			100	35~70		0~15		0~5

8.2.4 采用表 8.2.3 中的 1 号粗集料时，填隙料的标称最大粒径可为 9.5mm。

注：宜用轧制石灰岩碎石的石屑。

填隙料应具有表 8.2.4 的颗粒组成。

表 8.2.4 填隙料的颗粒组成

筛孔尺寸(mm)	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075	塑性指数
通过质量百分率(%)	100	85~100	50~70	30~50	0~10	<6

8.2.5 粗碎石的压碎值应符合下列规定：

- 用做基层 不大于 26%
- 用做底基层 不大于 30%

8.3 施 工

8.3.1 填隙碎石的施工工艺流程宜按图 8.3.1 的顺序进行。

8.3.2 准备下承层,有关要求同 3.4.2 条。

8.3.3 施工放样,有关要求同 3.4.3 条。

8.3.4 备料

根据各路段基层或底基层的宽度、厚度及松铺系数,计算各段需要的粗碎石数量;根据运料车辆的车厢体积,计算每车料的堆放距离。

填隙料的用量约为粗碎石质量的 30%-40%。

8.3.5 运输和摊铺粗碎石

1 碎石装车时,应控制每车料的数量基本相等。

2 在同一料场供料的路段内,由远到近将粗碎石按本规范 8.3.4 条计算的卸料距离卸置于下承层上。卸料距离应严格掌握,避免有的路段料不够或料过多。

3 料堆每隔一定距离应留一缺口。

4 用平地机或其他合适的机具将粗碎石均匀地摊铺在预定的宽度上,表面应力求平整,并有规定的路拱。应同时摊铺路肩用料。

5 检查松铺材料层的厚度是否符合预计要求,必要时,应进行减料或补料工作。

8.3.6 撒铺填隙料和碾压

1.干法施工

(1)初压:用 8t 两轮压路机碾压 3~4 遍,使粗碎石稳定就位。在直线和不设超高的平曲线段上,碾压从两侧路肩开始,逐渐错轮向路中心进行;在设超高的平曲线段上,碾压从内侧路肩开始,逐渐错轮向外侧路肩进行。错轮时,每次重叠 1/3 轮宽。在第一遍碾压后,应再次找平。初压终了时,表面应平整,并具有要求的路拱和纵坡。

(2)撒铺填隙料:用石屑撒布机或类似的设备将干填隙料均匀地撒铺在已压稳的粗碎石层上,松铺厚度约 2.5~3.0cm。必要时,用人工或机械扫匀。

(3)碾压:用振动压路机慢速碾压,将全部填隙料振入粗碎石间的孔隙中。如没有振动压路机,可用重型振动板。碾压方法同本款(1)项,但路面两侧应多压 2~3 遍。

(4)再次撒布填隙料:用石屑撒布机或类似的设备将干填隙料再次撒铺在粗碎石层上,松铺厚度约 2.0~2.5cm。用人工或机械扫匀。

(5)再次碾压:用振动压路机按本款(3)项进行碾压。在碾压过程中,对局部填隙料不足

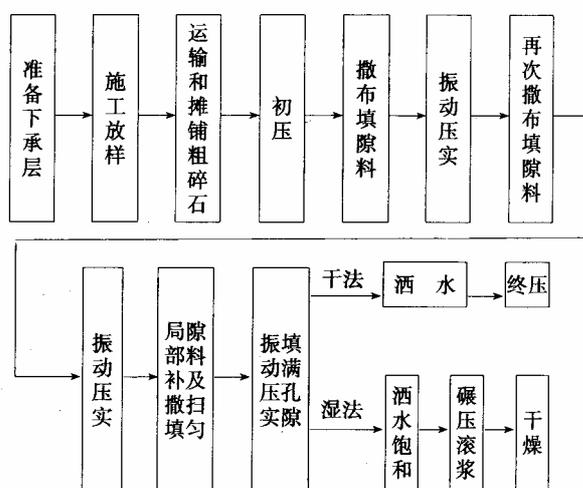


图 8.3.1 填隙碎石工艺流程图

之处，人工进行找补。局部多余的填隙料应扫除。

(6)再次碾压后，如表面仍有未填满的孔隙，则应补撒填隙料，并用振动压路机继续碾压，直到全部孔隙被填满为止。同时，应将局部多余的填隙料铲除或扫除。填隙料不应在粗碎石表面自成一层。表面必须能看得见粗碎石。

如填隙碎石层上为薄沥青面层，应使粗碎石的棱角外露 3~5mm。

(7)当需分层铺筑时，应将已压成的填隙碎石层表面粗碎石外露约 5~10mm，然后在上摊铺第二层粗碎石，并按本款(1)项到(6)项要求施工。

(8)填隙碎石表面孔隙全部填满后，用 12~15t 三轮压路机再碾压 1~2 遍。在碾压过程中，不应有任何蠕动现象。在碾压之前，宜在表面先洒少量水，洒水量宜为 $3\text{kg}/\text{m}^2$ 以上。

2.湿法施工

(1)开始工序与本条第 1 款(1)项到(6)项要求相同。

(2)粗碎石层表面孔隙全部填满后，立即用洒水车洒水，直到饱和，但应注意避免多余水浸泡下承层。

(3)用 12~15t 三轮压路机跟在洒水车后进行碾压。在碾压过程中，将湿填隙料继续扫入所出现的孔隙中。需要时，再添加新的填隙料。洒水和碾压应一直进行到填隙料和水形成粉砂浆为止。粉砂浆应填满全部孔隙，并在压路机轮前形成微波纹状。

(4)干燥：碾压完成的路段应让水分蒸发一段时间。结构层变干后，表面多余的细料以及细料覆盖层都应扫除干净。

(5)当需分层铺筑时，应待结构层变干后，将已压成的填隙碎石层表面的填隙料扫除一些，使表面粗碎石外露 5~10mm，然后在上摊铺第二层粗碎石，并按本款(1)项到(4)项要求施工。

9 质量管理及检查验收

9.1 一般规定

9.1.1 二级和二级以上公路工程应按本章质量管理及检查验收内容和要求执行，其他等级公路工程可参照执行。

9.1.2 质量管理包括所用材料的标准试验、铺筑试验段、施工过程中的质量管理和检查验收(工序间)。

9.1.3 必须建立、健全工地试验，质量检查及工序间的交接验收等项制度。试验、检验应做到原始记录齐全，数据真实可靠。

9.1.4 工地试验室应能进行所用基层材料的各项试验，还应具备进行现场压实度和平整度检查的能力，应配备弯沉测量的仪器和路面钻机。

9.1.5 各个工序完结后，均应进行检查验收。经检验合格后，方可进行下一个工序。凡经检验不合格的段落，必须进行补救，使其达到要求。

9.2 材料的标准试验

9.2.1 在组织现场施工以前以及在施工过程中，原材料(包括土)或混合料发生变化时，必须对拟采用的材料进行规定的基本性质试验，评定材料质量和性能是否符合要求。

9.2.2 对用做底基层和基层的原材料，应进行表 9.2.2 所列的试验。

9.2.3 对初步确定使用的底基层和基层混合料，包括掺配后不用结合料稳定的材料，应进行表 9.2.3 所列的试验。

表 9.2.2 底基层和基层原材料的试验项目

试验项目	材料名称	目的	频 度	仪器和试验方法
含水量	土、砂砾、碎石等集料	确定原始含水量	每天使用前测 2 个样品	烘干法、酒精燃烧法、含水量快速测定仪
颗粒分析	砂砾、碎石等集料	确定级配是否符合要求，确定材料配合比	每种土使用前测 2 个样品，使用过程中每 2000m ³ 测 2 个样品	筛分法
液限、塑限	土、级配砾石或级配碎石中 0.5mm 以下的细土	求塑性指数，审定是否符合规定	每种土使用前测 2 个样品，使用过程中每 2000 m ³ 测 2 个样品	液限塑限联合测定法测液限；滚搓法塑限试验测塑限
相对毛体积密度、吸水率	砂砾、碎石等	评定粒料质量，计算固体体积率	使用前测 2 个样品，砂砾使用过程中每 2000 m ³ 测 2 个样品，碎石种类变化重做 2 个样品	网篮法或容积 1000ml 以上的比重瓶法
压碎值	砂砾、碎石等	评定石料的抗压碎能力是否符合要求	同上	集料压碎值试验
有机质和硫酸盐含量	土	确定土是否适宜于用石灰或水泥稳定	对土有怀疑时做此试验	有机质含量试验，易溶盐试验
有效钙、氧化镁	石灰	确定石灰质量	做材料组成设计和生产使用时分别测 2 个样品，以后每月测 2 个样品	石灰的化学分析
水泥标号和终凝时间	水泥	确定水泥的质量是否适宜应用	做材料组成设计时测 1 个样品，料源或标号变化时重测	水泥胶砂强度检验方法，水泥凝结时间检验方法
烧失量	粉煤灰	确定粉煤灰是否适用	做材料组成设计前测 2 个样品	烧失量试验

表 9.2.3 底基层和基层混合料的试验项目

试验项目	目的
重型击实试验	求最佳含水量和最大干密度，以规定工地碾压时的合适含水量和应该达到的最小干密度，确定制备强度试验和耐久性试验的试件所应该用的含水量和干密度；确定制备承载比试件的材料含水量
承载比	求工地预期干密度下的承载比，确定材料是否适宜做基层或底基层
抗压强度	进行材料组成设计，选定最适宜于用水泥或石灰稳定的土(包括粒料)；规定施工过程中所用的结合料剂量；为工地提供评定质量的标准
延迟时间	对已定水泥剂量的混合料，确定延迟时间对混合料密度和抗压强度的影响，并据此确定施工允许的延迟时间

9.3 铺筑试验段

9.3.1 在底基层和基层正式开工之前，应铺筑试验段。

9.3.2 应通过铺筑无结合料的集料基层试验段，确定以下主要项目：

- (1)用于施工的集料配合比例。
- (2)材料的松铺系数。
- (3)确定标准施工方法：
 - 集料数量的控制；
 - 集料摊铺方法和适用机具；
 - 合适的拌和机械、拌和方法、拌和深度和拌和遍数；
 - 集料含水量的增加和控制方法；

整平和整形的合适机具和方法；
 压实机械的选择和组合，压实的顺序、速度和遍数；
 拌和、运输、摊铺和碾压机械的协调和配合；
 密实度的检查方法，初定每一作业段的最小检查数量。

(4)确定每一作业段的合适长度。

(5)确定一次铺筑的合适厚度。

9.3.3 通过铺筑水泥稳定土、石灰稳定土和石灰工业废渣稳定土基层试验段，除确定 9.3.2 条所列者外，还应确定控制结合料数量和拌和均匀性的方法

对于水泥稳定土基层，还包括通过严密组织拌和、洒水、整形、碾压等工序，缩短延迟时间，规定允许的拌和时间。

9.4 质量管理

9.4.1 施工过程中的质量管理包括外形尺寸的控制和检查以及质量控制和检查。

9.4.2 外形尺寸检查项目、频度和质量标准应符合表 9.4.2 的要求。

9.4.3 质量控制的项目、频度和质量标准应符合表 9.4.3 的要求。

工程类别	项目		频度	质量标准	
				高速公路和一级公路	一般公路
底基层	纵断高程 (m)		二级及二级以下公路每 20 延米 1 点；高速公路和一级公路每 20 延米 1 个断面，每个断面 3~5 个点	+5, -15	+5, -20
	厚度 (mm)	均值	每 1500~2000m ² 6 个点	-10	-12
		单个值		-25	-30
	宽度(mm)		每 40 延米 1 处	+0 以上	+0 以上
	横坡度(%)		每 100 延米 3 处	±0.3	±0.5
平整度(mm)		每 200 延米 2 处,每处连续 10 尺(3m 直尺)	12	15	
基层	纵断高程 (m)		二级及二级以下公路每 20 延米 1 点；高速公路和一级公路每 20 延米 1 个断面，每个断面 3~5 个点	+5, -10	+5, -15
	厚度 (mm)	均值	每 1500~2000m ² 6 个点	-8	-15
		单个值		-10	-20
	宽度(mm)		每 40 延米 1 处	+0 以上	+0 以上
	横坡度(%)		每 100 延米 3 处	±0.3	±0.5
	平整度(mm)		每 200 延米 2 处,每处连续 10 尺(3m 直尺)	8	12
		连续式平整度仪的标准差(mm)	3.0		

表 9.4.3 质量控制的项目、频度和质量标准

工程类别	项目	频度	质量标准
无结合料底基层	含水量	据观察，异常时随时试验	在本规范规定范围内
	级配	据观察，异常时随时试验	在本规范规定范围内
	拌和均匀性	随时观察	无粗细集料离析现象
	压实度	每一作业段或不大于 2000m ² 检查 6 次以上	96%以上，填隙碎石以固体体积率表示，不小于 83%
	塑性指数	每 1000m ² 1 次，异常时随时试验	小于本规范规定值
	承载比	每 3000m ² 1 次，据观察，异常时随时增加试验	不小于本规范规定值

	弯沉值检验	每一评定段(不超过 1km)每车道 40~50 个测点	95%(二级及二级以下公路)或 97.7%(高速公路和一级公路)概率的上波动界限不大于计算得的容许值	
无结合料基层	含水量	据观察,异常时随时试验	在本规范规定范围内	
	级配	每 2000m ² 1 次	在本规范规定范围内	
	拌和均匀性	随时观察	无粗细集料离析现象	
	压实度	每一作业段或不大于 2000m ² 检查 6 次以上	级配集料基层 98%,中间层 100%,填隙碎石固体体积率 85%	
	塑性指数	每 1000m ² 1 次,异常时随时试验	小于本规范规定值	
	集料压碎值	据观察,异常时随时试验	不超过本规范规定值	
	承载比	每 3000m ² 1 次,据观察,异常时随时增加试验	不小于本规范规定值	
	弯沉值检验	每一评定段(不超过 1km)每车道 40~50 个测点	95%(二级及二级以下公路)或 97.7%(高速公路和一级公路)概率的上波动界限不大于计算得的容许值	
水泥或石灰稳定土及综合稳定土	级配	每 2000m ² 1 次	在本规范规定范围内	
	集料压碎值	据观察,异常时随时试验	不超过本规范规定值	
	水泥或石灰剂量	每 2000m ² 1 次,至少 6 个样品,用滴定法或用直读式测钙仪试验,并与实际水泥或石灰用量校核	不小于设计值-1.0%	
	含水量	水泥稳定土	据观察,异常时随时试验	在本规范规定范围内
		石灰稳定土		
	拌和均匀性	随时观察	无灰条、灰团,色泽均匀,无离析现象	
	压实度	稳定细粒土	每一作业段或不大于 2000m ² 检查 6 次以上	二级及二级以下公路 93%以上,高速公路和一级公路 95%以上
稳定中粒土和粗粒土		二级及二级以下公路的底基层 95%,基层 97%;高速公路和一级公路的底基层 96%,基层 98%		
抗压强度	稳定细粒土,每一作业段或每 2000m ² 6 个试件;稳定中粒土和粗粒土,每一作业段或每 2000m ² 6 个或 9 个试件	符合本规范规定要求		
石灰工业废渣稳定土	延尺时间	每个作业段 1 次	不超过本规范规定	
	配合比	每 2000m ² 1 次	石灰剂量不小于设计值-1%(当石灰剂量少于 4%时,为不小于设计值-0.5%)以内	
	级配	每 2000m ² 1 次	在本规范规定范围内	
	含水量	据观察,异常时随时试验	最佳含水量 ± 1% (二灰土为 ± 2%)	
	拌和均匀性	随时观察	无粗细集料离析现象	
	压实度	二灰土	每一作业段或不大于 2000m ² 检查 6 次以上	二级及二级以下公路 93%以上,高速公路和一级公路 95%以上
		其他含粒料的石灰工业废渣		二级及二级以下公路底基层 95%或 93%,基层 97%以上;高速公路和一级底基层 97%或 95%,基层 98%以上
抗压强度	稳定细粒土,每一作业段或每 2000m ² 6 个试件;稳定中粒土和粗粒土,每一作业段或每 2000m ² 6 个或 9 个试件	符合规定要求		

注:弯沉值按附录 A 计算。

9.4.4 对于无机结合料稳定基层,应取钻件(俗称路面芯样)检验其整体性。水泥稳定基层的龄期 7~10d 时,应能取出完整的钻件。二灰稳定基层的龄期 20—28d 时,应能取出完整的钻件。

如果路面钻机取不出水泥稳定基层或二灰稳定基层的完整钻件,则应找出不合格基层的

界限，进行返工处理。

9.5 检查验收

9.5.1 检查验收的目的是判定完成的路面结构层是否满足设计文件与施工规范的要求。

检查内容包括工程竣工后的外形和质量。

9.5.2 判定路面结构层质量是否合格(即满足要求)时，以 1km 长的路段为评定单位。采用大流水作业法施工时，也可以每天完成的段落为评定单位。

9.5.3 检查施工原始记录，对上述检查内容进行初步评定。

9.5.4 进行抽样检查。抽样必须是随机的，不能带有任何倾向性。压实度、厚度、水泥(石灰)剂量检测样品、制强度试件样品等的现场随机取样位置的确定应按附录 B 的方法进行。

9.5.5 竣工工程外形的检查项目、频度和质量标准值应符合表 9.5.5 的要求。

表 9.5.5 竣 32-1-程外形的检查项目、频度和质量标准值

工程类别	项目		频 度	质量标准	
				高速公路和一级公路	二级和二级以下公路
路基	高程(mm)		每 200m4 点	+10, -15	+10, -20
	宽度(mm)		每 200m4 个断面	不小于设计值	不小于设计值
	横坡度(%)		每 200m4 个断面	±0.5	±0.5
	平整度(mm)		每 200m2 处,每处连续 10 尺(3m 直尺)	15	20
底基层	高程(mm)		每 200m4 点	+5, -15	+5, -20
	厚度 (mm)	均值	每 200m 每车道 1 点	-10	-12
		单个值		-25	-30
	宽度(mm)		每 200m4 个断面	+0 以上	+0 以上
	横坡度(%)		每 200m4 个断面	±0.3	±0.5
	平整度(mm)		每 200m2 处,每处连续 10 尺	12	15
基层	高程(mm)		每 200m4 点	+5, -10	+5, -15
	厚度 (mm)	均值	每 200m 每车道 1 点	-8	-10
		单个值		-15	-20
	宽度(mm)		每 200m4 个断面	+0 以上	+0 以上
	横坡度(%)		每 200m4 个断面	±0.3	±0.5
	平整度(mm)		每 200m2 处,每处连续 10 尺	8	12
连续式平整度仪的标准差(mm)			3.0		

厚度检查后，应按式 (9.5.5-1) 和式 (9.5.5-2) 分别计算其平均值 \bar{X} 和标准差 S ：

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \quad (9.5.5-1)$$

$$S = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (9.5.5-2)$$

式中： $X_1、X_2…X_n$ ——每次检查得的厚度值；
 n ——检查数量。

按式(9.5.5-3)计算算术平均值的下置信限 \bar{X}_L ：

$$\bar{X}_L = \bar{X} - t_\alpha \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (9.5.5-3)$$

式中： t_α ——t 分布表中随自由度和保证率(或置信度)而变的系数，对高速公路和一级公路应取保证率 99%，对其他公路可取保证率 95%。

厚度平均值的下置信限(\bar{X}_L)应不小于设计厚度减去均值允许误差。

9.5.6 应按表 9.5.6 对工程质量进行检查验收。

表 9.5.6 质量合格标准值

工程类别	检查项目	检查数量	标准值	极限低值
路基	压实度	200m ⁴ 处(灌砂法)	重型压实标准，二级和二级以下公路 93%以上，高速公路和一级公路不小于 95%	二级和二级以下公路 88%，高速公路和一级公路 90%
	碾压检验	全面随时	无“弹簧”现象	
	弯沉值	第一评定段(不超过 1km)每车道 40~50 个测点	按附录 A 所得的弯沉标准值	
无结合料底基层	压实度	6~10 处	96%	92%
	弯沉值	每车道 40~50 个测点	按附录 A 所得的弯沉标准值	
级配碎石(或砾石)	压实度	6~10 处	基层 98% 底基层 96%	94% 92%
	颗粒组成	2~3	规定级配范围	
	弯沉值	每车道 40~50 个测点	按附录 A 所得的弯沉标准值	
填隙碎石	压实度(固体体积率)	6~10 处	基层 85% 底基层 83%	82% 80%
	弯沉值	每车道 40~50 个测点	按附录 A 所得的弯沉标准值	
水泥土、石灰土、二灰、二灰土	压实度	6~10 处	93%(95%)	89%(91%)
	水泥或石灰剂量(%)	3~6 处	设计值	水泥 1.0% 石灰 2.0%
水泥稳定土、石灰、稳定土、石灰工业废渣稳定土	压实度	6~10 处	基层 98%(97%) 底基层 96%(95%)	94%(93%) 92%(91%)
	颗粒组成	2~3	规定级配范围	
	水泥或石灰剂量(%)	3~6 处	设计值	设计值-1.0%

注：对于路基，碾压检验是最重要的。用重型压路机在准备验收的路基上错轮碾压 3~4 遍，能暴露潜在的薄弱位置，以便及时进行必要的处理。

按附录 A 计算得的弯沉值即是极限高值。

以每天完成段落为评定单位时，检查数量可取低值，以 1km 为评定单位时，检查数量应取高值。

9.5.7 测量弯沉后，考虑一定保证率测量值的上波动界限按式(9.5.7)计算：

$$l_r = \bar{l} + Z_\alpha S \quad (9.5.7)$$

式中： l_r ——测量值的上波动界限(即代表弯沉值)；

\bar{l} ——标准车测得的弯沉的平均值；

Z_α ——与要求保证率有关的系数，高速公路和一级公路可取 $Z_\alpha=2.0$ ；二级公路取 $Z_\alpha=1.645$ ；二级以下公路取 $Z_\alpha=1.5$ 。

在计算观测值的平均值和标准差时，可将超出 $[\bar{l} \pm (2 \sim 3)S]$ 的弯沉特异值舍弃。舍弃后，计算得的代表弯沉值应不大于容许的弯沉值。

对舍弃的弯沉值过大的点，应找出其周围界限，并进行局部处理。

压实度检查后，其下置信限 \bar{K}_L 应不小于标准值置 K_d (参看公式(9.5.5-3))。

水泥或石灰剂量测定后，其下置信限应不小于设计值。对超出极限值的点，应找出其范围并进行局部处理。

附录 A 回弹弯沉值的计算与检验

A.0.1 土基回弹模量的调整

由于设计中采用的土基回弹模量计算值是针对不利季节的，而施工中的弯沉值检验往往是在非不利季节进行的，因此，需先将土基回弹模量计算值(E_0)按式(A.0.1)调整到相当于非不利季节的值(E_0')：

$$E_0' = K_1 E_0 \quad (\text{A.0.1})$$

式中： K_1 ——季节影响系数，不同地区取值范围为 1.2~1.4，各地可根据经验确定。

A.0.2 土基顶面的回弹弯沉计算值

土基顶面的回弹弯沉值按回归方程式(A.0.2)计算：

$$l_0 = 9308 E_0'^{-0.938} \quad (\text{A.0.2})$$

式中： E_0' ——土基回弹模量，单位为 MPa；

l_0 ——土基顶面的回弹弯沉计算值，单位为 0.01mm。

例如，土基回弹模量测量值 $E_0=50\text{MPa}$ ，如该地区土基的季节影响系数为 1.2，则土基回弹模量的调整值 E_0' 为 60MPa，将此值代入式(A.0.2)，得相应的回弹弯沉计算值如下：

$$l_0 = 9308 \times 60^{-0.938} = 200 \times 10^{-2} \text{mm}$$

这个值就是对土基进行弯沉值检验时的标准值，也即土基应达到的标准值。进行弯沉测量后，路段的代表弯沉值 $\bar{l}_0 + 2S$ 应小于此标准值(对于一级公路和高速公路)，或 $\bar{l} + 1.645S$

和 $\bar{l}_0 + 1.5S$ 应小于此标准值(对于二级和二级以下的公路)。

A.0.3 底基层顶面回弹弯沉按如下步骤计算：

(1)利用土基和底基层材料的回弹模量计算值 E_0 和 E_1 以及底基层的厚度 $h_1(\text{cm})$ ，计算模量比 $K_1 E_0 / K_2 E_1$ 及比值 h_1 / r (r 为个轮迹当量圆的半径 (cm)，对于黄河卡车， $r=10.75\text{cm}$ ； K_2 为底基层材料的季节影响系数，可取 1.1~1.2)。

(2)查附图 A.0.3，得底基层表面弯沉系数 L_0 。

(3)弯沉综合修正系数 F 按式 (A.0.3-1) 计算：

$$F=3.643 L^{1.8519} \quad (\text{A.0.3-1})$$

(4)按式 (A.0.3-2) 计算底基层顶面的回弹弯沉计算值 l_1 , 即标准值 :

$$l_1 = \frac{2p\delta}{E_0 K_1} \alpha_L F \quad (\text{cm}) \quad (\text{A.0.3-2})$$

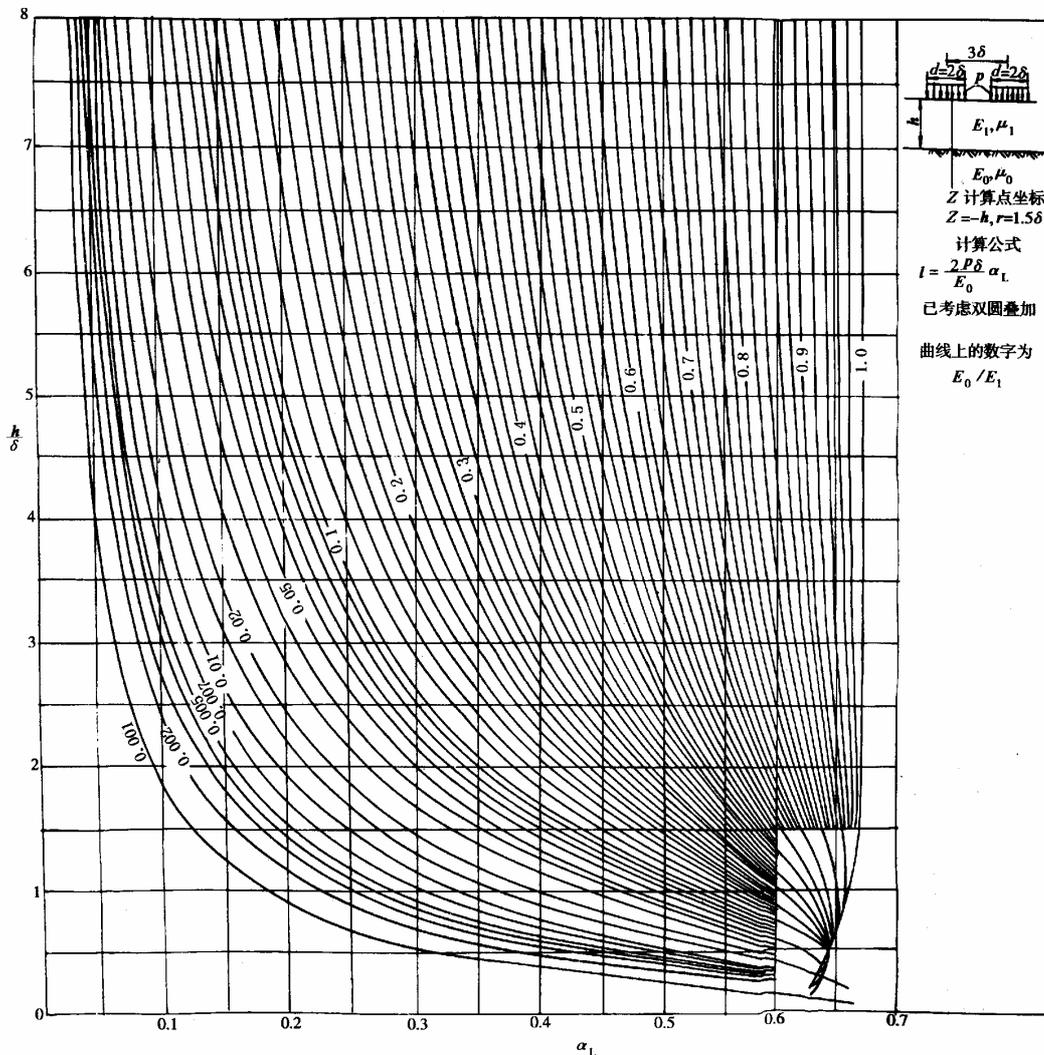
式中 : P——后轴重 100kN 卡车轮胎的单位压力, 对于黄河卡车, 可取 0.7MPa ;

K_1 ——季节影响系数, 不同地区取值范围为 1.2 ~ 1.4。

A.0.4 基层 (厚度 h_2) 顶面弯沉值计算的步骤如下 :

(1) 按附图 A.0.3 查得底基层顶面的弯沉系数 L ;

(2) 将具有回弹模量 E_1 和厚度 h_1 的底基层换算为与基层材料相当 (即具有回弹模量 E_2) 的厚度 h_2^1 , 为此, 根据弯沉系数 L 和比值 KE_0/KE_2 (K_3 为基层材料的季节影响系数, 可取 1.05 ~ 1.0, 无塑性指数的级配碎石取低值, 有塑性指数的级配碎石、级配碎石、填隙碎石取高值) 由附图 A.0.3 查得相应的 h_2^1 值 ;



附图 A.0.3 双层体系表面弯沉系数图

(3) 由 $h_2/$ 与 $h_2^1/$ 之和及 K_1E_0/K_3E_2 的值, 从附图 A.0.3 查得相应的 L ;

- (4) 按式 (A.0.3-1) 计算相应于 δ_L 的弯沉综合修正系数；
 (5) 按式 (A.0.4-1) 计算基层顶面应有的回弹弯沉计算值 l_2 ，即标准值：

$$l_2 = \frac{2_p \delta}{K_1 E_0} \alpha \quad lF \text{ (cm)} \quad (\text{A.0.4-1})$$

上述计算当量厚度的方法，也可由下述简化方法代替：

即将厚度 h_1 的底基层按公式 (A.0.4-2) 换算为与基层材料) 相当的厚度 h_2^1 ：

$$h_2^1 = h_1 \sqrt[3]{E_1 / E_2} \quad (\text{A.0.4-2})$$

当底基层和基层超过一层而且每层材料的回弹模量不同时，可同样按上述方法计算各层顶面应达到的回弹弯沉值，即标准值。

附录 B 现场随机取样位置的确定

B.0.1 作为一个检验评定对象，既可以是一个作业段，一天完成的路段，也可以是 1km 长的路段。

B.0.2 现场随机取样包括压实度检验，石灰稳定土、水泥稳定土混合料的样品(作检验剂量用或制试件用)取样等。取样的位置不应带有任何倾向性，应根据随机数表(见表 B.0.2)来确定现场取样的具体位置。

表 B.0.2 一般取样的随机数

栏号 1			栏号 2			栏号 3			栏号 4			栏号 5		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	0.033	0.578	05	0.048	0.879	21	0.013	0.220	18	0.089	0.716	17	0.024	0.863
21	0.101	0.300	17	0.074	0.156	30	0.036	0.853	10	0.102	0.330	24	0.060	0.032
23	0.129	0.916	18	0.102	0.191	10	0.052	0.746	14	0.111	0.925	26	0.074	0.639
30	0.158	0.434	06	0.105	0.257	25	0.061	0.954	28	0.127	0.840	07	0.167	0.512
24	0.177	0.397	28	0.179	0.447	29	0.062	0.507	24	0.132	0.271	28	0.194	0.776
11	0.202	0.271	26	0.187	0.844	18	0.087	0.887	19	0.285	0.899	03	0.219	0.166
16	0.204	0.012	04	0.188	0.482	24	0.105	0.849	01	0.326	0.057	29	0.264	0.284
08	0.208	0.418	02	0.208	0.577	07	0.139	0.159	30	0.334	0.938	11	0.282	0.262
19	0.211	0.798	03	0.214	0.402	01	0.175	0.647	22	0.405	0.295	14	0.379	0.994
29	0.233	0.070	07	0.245	0.080	23	0.196	0.873	05	0.421	0.282	13	0.394	0.405
07	0.260	0.073	15	0.248	0.831	26	0.240	0.981	13	0.451	0.212	06	0.410	0.157
17	0.262	0.308	29	0.261	0.037	14	0.255	0.374	02	0.461	0.023	15	0.438	0.700
25	0.271	0.180	30	0.302	0.883	06	0.310	0.043	06	0.487	0.539	22	0.453	0.635
06	0.302	0.672	21	0.318	0.088	11	0.316	0.653	08	0.497	0.396	21	0.472	0.824
01	0.409	0.406	11	0.376	0.936	13	0.324	0.585	25	0.503	0.893	05	0.488	0.118

附件

中华人民共和国行业标准

公路路面基层施工技术规范

JTJ034—2000

条文说明

修订说明

原中华人民共和国行业标准《公路路面基层施工技术规范》(JTJ034-93,以下简称原规范)是1993年12月1日由交通部发布并批准实施的,实行5年来,对指导我国公路路面基层施工,保证路面质量起到了很大作用。1997年交通部决定对原规范进行修订,由交通部公路科学研究所负责修订工作。

为了适应我国高速公路和一级公路建设迅速发展的需要,以及为了进一步提高公路路面基层质量,在总结原规范实施经验的基础上,本规范对原规范作了某些必要的补充和修改。其主要修改内容如下:

(1)将原规范中涉及术语的内容抽出并单列一章术语。

(2)近几年来,部分高速公路的基层设计成两层,为了保证基层的质量和平整度,两层基层都采用摊铺机摊铺混合料,取得了较好的效果。基层的质量和平整度对路面的使用性能和使用寿命有至关重要的作用。因此,建议基层分两层施工时,上下两层都用摊铺机摊铺混合料。

(3)由于二级公路常是干线公路中的一部分,往往交通量较大,为使二级公路的路面能适应较大交通量和车辆载质量明显增加的客观情况,对于二级公路路面基层的材料和施工工艺都提出了较高要求。

(4)原规范中对集料的颗粒组成都是采用了方孔筛,且采用了整数筛孔尺寸,如40mm、30mm、20mm、10mm等,而后续发布的《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ032)也采用了方孔筛,但采用了带小数的筛孔尺寸,如37.5mm、31.5mm、9.5mm、4.75mm等,两个规范的筛孔尺寸有明显差别,不利于使用。

对于某种适宜应用的集料颗粒组成,既可以用整数筛孔表示,也可以用非整数筛孔表示,还可以用圆孔筛表示,并无任何实质性差别,而且它们之间是可以互相转换的。

为使大家使用方便和避免使用两套不同规格的方孔筛,本规范将原用整数方孔筛改为与《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ032)所用方孔筛的尺寸相同。

(5)一些实际上属专用路线的公路(例如运煤公路)上重载车辆很多,这些车辆通常严重超载,轮胎充气压力高达1MPa左右,轴载达到160kN左右。为适应这种特殊交通,本规范建议提高基层材料的强度标准。同时它有利于减轻基层冲刷。

(6)对原规范中的条文说明作了必要的补充。

为使各单位在使用本规范时,正确理解条文的意义,便于根据实际情况灵活运用,按本规范的条款顺序对某些条款作必要的条文说明。

1 总 则

1.0.1 实践证明,无论是对于沥青路面还是水泥混凝土路面,影响其使用性能和使用寿命的最关键因素是基层的材料和质量。新建高速公路和其他公路产生的一些早期破坏常与基层质量不好有关。

1.0.2 在沥青路面结构层中有一层强度满足规定要求的无机结合料稳定材料层,当其厚度大于或等于15cm时,称半刚性路面。其特性明显不同于全是柔性材料层的沥青路面。

1.0.4 用沥青碎石混合料和沥青贯入式碎石做基层时,其技术要求、施工方法和质量管理均与《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ032)中的热拌沥青混合料和上拌下贯式路面中的下贯

部分相同，所以在本规范中不再列出。

国内以往习用的手摆片石、拳石和干压碎石等基层或底基层的技术性能不好，容易引起沥青面层出现不规则裂缝和形变以及平整度不好，影响路面使用质量和使用寿命，因此，在等级公路上不应使用，本规范也不列出。

1.0.5 贫混凝土为以往的习惯名称。在 1986 年版的英国《公路工程技术规范》中称做湿贫混凝土，并分成四个等级，其相应的立方体试件(150mm × 150mm × 150mm)的 7d 龄期五侧限抗压强度如下：

标号	7d 抗压强度(MPa)	水灰比
C7.5	4.5	0.6
C10	7.5	0.6
C15	12	0.6
C20	15	0.6

湿贫混凝土的施工与混凝土相同，其技术要求、施工方法和质量管理应符合国家标准《水泥混凝土路面施工及验收规范》(GBJ97)。

强度与上述湿贫混凝土相似的水泥稳定级配集料，有的国家称其为干贫混凝土，在上述英国规范中称水泥结材料，其施工方法和质量管理与本规范相同，英国水泥结材料也分成下列四个等级：

标号	立方体试件 平均值	7d 抗压强度(MPa) 单个值	水灰比
CBM1	4.5	>2.5	就地拌和或厂拌
CBM2	7	>4.5	同上
CBM3	10	>6.5	厂拌
CBM4	15	>10	厂拌

在英国运输部 1987 年的部标准 HD14 / 87《新路面结构设计》中，CBM1 与 C7.5 湿贫混凝土可以互换用做底基层，CBM3 与湿贫混凝土 C15 可以互换用做水泥混凝土面板的基层。

1.0.6 考虑到某些中级路面过若干年后可能改建成沥青路面或水泥混凝土路面，为使当前施工的中级路面的主要承重层在今后改建路面时可以直接用做基层或底基层，避免将整个路面翻起重新处治，所以中级路面的主要承重层应按本规范的规定实施。对这种中级路面进行改建时，仅需将表面磨耗层铲除。

3 水泥稳定土

3.1 一般规定

3.1.1 土中单个颗粒指碎石、砾石或砂颗粒，不包括土块或土团。

3.1.3 水泥稳定土有良好的板体性，它的水稳性和抗冻性都较石灰稳定土好。水泥稳定土的初期强度高并且强度随龄期增长，它的力学强度还可视需要而调整。它的 7d 龄期抗压强度小可小到 1MPa 以下，大可大到 30MPa 以上(如水泥混凝土)。因此，水泥稳定土可以在各种等级的公路上用做基层或底基层。暴露的水泥稳定土易干缩和冷缩而产生裂缝。

由于水泥土(含水泥石灰综合稳定土)有下述三个不利特征，因此禁止用做高级沥青路面的基层。实际上，在水泥混凝土面板下也不宜应用，而只能用做底基层。

1. 水泥土的干缩系数和干缩应变以及温缩系数都明显大于水泥砂砾和水泥碎石，水泥土容易产生严重的收缩裂缝，并影响沥青面层，使沥青路面增加不少裂缝。试验表明，各自在最佳含水量下制成试件后，在空气中风干所达到的最大干缩应变 ϵ_d ，水泥土为 2780 ~ 3950

μ ，而水泥砂砾只有 110 ~ 200 μ 。

2. 水泥土的强度没有充分形成时，如表面水由沥青面层渗入，水泥土基层的表层会发生软化。即使是几毫米厚的软化层也会导致沥青面层龟裂破坏。

3. 水泥土的抗冲刷能力明显小于水泥级配集料(简称水泥粒料)。一旦表面水由沥青面层的裂缝或由水泥混凝土面板的接缝透入，容易产生冲刷现象。在沥青面层较薄的情况下，冲刷成的浆被唧出到表面，冲刷唧浆的结果是裂缝下陷和路面变形，裂缝两侧产生新裂缝，见附图 3.1.3。在水泥混凝土面板下，冲刷唧浆的结果是混凝土板边角断裂。



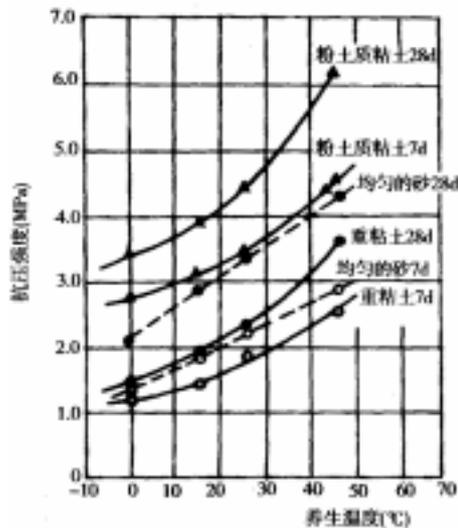
附图 3.1.3 唧浆造成裂缝处沉降示意图

3.1.4 水泥级配集料和水泥级配集料土 的水泥剂量在

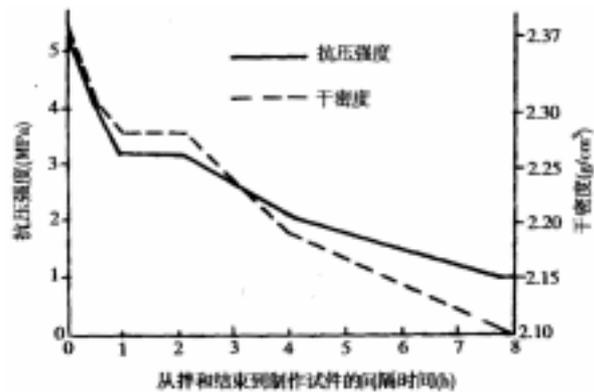
5% ~ 6% 时，其收缩系数最小，超过 6% 后，混合料的收缩系数增大。为减少混合料的收缩性，应控制水泥剂量不超过 6%。改善集料的级配可以明显增加混合料的强度和耐久性。例如，对于天然砂砾(往往级配不好)，要用 6% ~ 8% 的水泥稳定，才能达到规定的强度要求；而添加部分细料使其达到最佳级配后，只要加 3% ~ 4% 的水泥稳定，就可以达到要求的强度。水泥稳定最佳级配砂砾的强度比稳定天然砂砾的强度高 50% ~ 100%。为了满足冻融试验的要求，最佳级配砂砾只要用 2% 的水泥，而天然砂砾要用 5% ~ 6% 的水泥。但是要求水泥粒料有较高强度(如大于 4MPa)时，水泥剂量可能会超过 6%。

注：集料指级配碎石和级配砾石等，集料土指在上述级配集料中含有粘性土，下同。

3.1.5 养生温度对水泥稳定土的强度有很明显的影响。养生温度越高，水泥稳定土的强度也越高，如附图 3.1.5 所示。



附图 3.1.5 养生温度对水泥稳定土抗压强度的影响



附图 3.1.7 延迟时间对水泥砂砾的强度和干密度的影响

3.1.7、3.2.7 和 3.7.2 从加水拌和到碾压终了的延迟时间对水泥稳定土混合料的强度和所能达到的干密度有明显的影响。延迟时间愈长，混合料强度和干密度的损失愈大，见附图 3.1.7。

从附图 3.1.7 可以看到，延迟时间 4h，水泥砂砾混合料能达到的干密度只有 $2.18\text{g}/\text{cm}^3$ ，仅为无延迟时间时的 92% ($2.37\text{g}/\text{cm}^3$)，其强度则从无延迟时间时的 5.2MPa 降到 2.1MPa，降低了 60%。

延迟时间对混合料强度的影响取决于两个因素，即水泥品种和土质。在土质不变的情况下，用终凝时间短的水泥时，延迟时间对混合料强度损失的影响大；在水泥不变的情况下，

延迟 2h，用某些土制的混合料的强度可损失 60%，而用另一些土制的混合料的强度损失可能只有 20%左右，甚至没有损失，见附表 3.1.7。

因此，既应采用终凝时间长的水泥，又应规定施工的延迟时间。国外通常规定延迟时间为 2h。考虑到我国公路施工中采用路拌法的实际情况，规定了延迟时间 3~4h。为了能合适地确定延迟时间，3.7.2 条规定在施工前必须做延迟时间对混合料强度影响的试验，并通过试验确定应该控制的延迟时间。

3.1.7(9)薄层贴补在使用过程中容易脱落压碎，引起沥青面层推移、碎裂、唧浆、网裂和形变。

3.1.10 路拌法施工，容易在拌和层底部产生素土夹层，导致沥青面层过早破坏，这种早期破坏对一级公路和高速公路造成的直接经济损失和间接经济损失甚大，为消除素土夹层，首先规定在高速公路和一级公路上，除最下面的一层外必须采用集中厂拌法拌制混合料。此外，路拌法施工的混合料的均匀性较差。

表 3.1.7 从拌和到压实的延尺时间为 2h 时对水泥稳定土强度的影响

序号	土的名称	颗粒组成，通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率								强度损失 (%)
		60	20	6	2	0.6	0.2	0.06	0.002	
1	砾质砂	—	100	85	79	65	15	3	3	60
2	中等粘土	—	—	—	—	—	100	95	30	50
3	中砂	—	—	—	100	85	15	5	5	0
4	原状砂砾	100	65	35	28	24	7	2	2	22
5	破碎砂砾	100	94	60	44	34	9	0	—	9
6	矿渣	100	80	46	18	8	4	0	0	—
7	细石灰石	—	—	100	77	37	22	10	10	17
8	粗石灰石	100	72	32	14	8	5	0	—	29
9	石灰石	—	—	100	85	45	23	12	12	6
10	中砂	—	—	—	100	85	15	5	5	0
11	砂砾	100	90	60	43	38	18	4	4	14
12	砾石—砂—粘土	100	95	72	63	55	21	10	10	12
13	砾石—砂—粘土	100	97	82	67	54	20	8	8	16
14	碎石	—	100	85	70	35	20	12	12	12
15	级配好的砂	—	—	100	86	70	30	12	12	12

一级公路和高速公路对路面平整度的要求高，对面层厚度和路面高程给的容许误差小，只有采用摊铺机摊铺水泥稳定土混合料，才能满足这些要求，否则会形成用昂贵的面层材料来找补高程和平整度的情况，其结果是既增加投资，沥青面层的平整度还不一定得到保证。例如，某高速公路工地，用平地机摊铺和整平水泥稳定砂砾基层，在用摊铺机铺筑粗粒式沥青混合料后，钻孔取出试件 38 个，测量得厚度变化在 3.6~10.8cm 之间，偏差系数达 21.2%，而设计厚度是 7cm。用摊铺机摊铺水泥混合料，还可使基层表面结构均匀，显著减少粗细颗粒离析现象，减少基层表层的薄弱点，全面提高基层质量。

3.1.11 撒布薄层水泥或水泥净浆是为了增强上下层间的粘结，以提高整个基层的承载能力，否则将使基层的整体承载能力明显降低。

3.2 材料

3.2.1 集料颗粒的最大粒径必须有限制。粒径愈大,拌和机、平地机和摊铺机等施工机械愈容易损坏,混合料愈容易产生粗细集料离析现象,铺筑层的平整度也愈难达到高的要求。因此,不少国家常采用集料的最大粒径为 19~20mm。但是,最大粒径愈小,石料的加工量愈大,根据我国目前的机械水平,对一般公路路面所用集料的最大粒径规定得较宽。实际工作中,应创造条件采用最大粒径较小的集料。

对于高速公路和一级公路,由于投资大,对其使用性能的要求高,必须采用最大粒径较小的集料,以适宜于用机械施工。

表 3.2.2 中的 2 号级配与原规范中的级配相比,增加了 9.5mm 以上中碎石的含量,有利于提高水泥粒料的强度。

无论是采用碎石还是砾石,用于高速公路和一级公路的基层时,都应事先筛分成 3-4 个大小不同的粒级,然后再与水泥一起用集中厂拌机械拌和。因为只有这样才能保证碎石或砾石具有应有的级配,并保证水泥粒料的强度不产生大的变化。

粒料中含有塑性指数的土时,其收缩性大,反之,则收缩性小。为减少基层材料的收缩性和减轻基层裂缝,集料中不宜含有塑性指数的土。

水泥稳定粒径较均匀的砂时,难于碾压密实,为解决这个问题,可在砂中添加少部分塑性指数小于 12 的粘性土(亚砂土)或石灰土(土的塑性指数较大时),添加哪种土的效果较好且比较经济,需通过试验确定。在有粉煤灰的情况下,添加 20%~40%粉煤灰的效果更好。

3.2.4 集料压碎值是一种较简单、方便和易于操作的试验。集料压碎值的标准试验只需要一台能量 400kN 的压力机。在不具备 400kN 压力机的工地,也可以用非标准试验,它只需要 100kN 的压力。集料压碎值的试验精度高,通常只需要做两次试验,并取其平均值。应采用检验沥青面层用碎石的压碎值的试验方法。即在 10min 内将总荷载均匀地增加到 400kN。

3.3 混合料组成设计

3.3.11 用于高速公路和一级公路的水泥稳定土的强度标准中,3~5MPa 意指低限为 3MPa,高限为 5MPa,根据当前公路上的交通情况,一般情况下可以采用 3~4MPa,并按累计标准轴次的多少选用接近高限(如累计标准轴次大于 12×10^6)或接近低限(如累计标准轴次小于 12×10^6)的值。但对主要通行重型卡车和设计交通量特别大的(如累计标准轴次超过 40×10^6)高速公路和一级公路,宜采用强度 5MPa 类似贫混凝土的水泥稳定级配集料。对于底基层材料,通常按就地取材原则,采用较次的材料。基层材料强度用高限时,底基层材料强度也用高限。

水泥稳定土用于二级和二级以下公路的基层和底基层时,强度标准都有个范围。高限值用于二级公路,低限值用于二级以下的公路。

3.3.33 做材料组成设计确定混合料的水泥用量时,试件不应按击实试验所得的最大干密度制作,而应按与规定的现场压实度相应的干密度制作,例如,水泥砂砾的最大干密度为 2.36g/cm^3 ,现场要求的压实度为 97%,则试件的干密度应为:

$$2.36 \times 0.97 = 2.29\text{g/cm}^3$$

3.3.34 最少试件数量 n 与试验结果的变异性(以偏差系数 C_V 表示),平均值的容许误差 e 和要求的可靠度(或概率)有关,并可按式(附 3.3.3)计算:

$$n = [t_{1-\alpha/2} \frac{C_V}{e}]^2 \quad (\text{附 3.3.3})$$

式中: $t_{1-\alpha/2}$ ——与要求可靠度有关的系数,它是 t 分布表中与 α 和自由度 $(=n-1)$ 有关的分位值。

由于 t 分布表中的分位值与 n 有关,需事先假设一个 n_1 值,查 t 分布表中的 $t_{1-\alpha/2}$ 值,

并用式(附 3.3.3)计算得 n 。如 n_1 不等于 n , 则需重新假定一个 n_2 值, 再查 t 分布表中的分位值并计算得 n , 直到假定的 n_1 与计算得的 n 相等为止。为简单起见, 可先用正态分布表中相同概率的分位值 $Z_{1-\alpha/2}$ (90% 概率时, $Z_{1-\alpha/2}=1.645$; 95% 概率时, $Z_{1-\alpha/2}=1.96$) 代入式(附 3.3.3) 计算得 n 值, 然后再加 2(90% 概率为主)或 3(95% 概率为主), 即可得要求的试件数量。

表 3.3.3-1 中的最少试件数量是采用容许误差 10% 和 90% 概率得出的。

3.3.3 5 由于温度对水泥稳定土的强度影响很大, 原本不合格的材料, 可能因为养生温度过高而变得合格; 原本合格的材料, 也可能因为养生温度过低而被认为是不合格。因此, 必须在规定的温度下对试件进行养生, 在热天可用窗式空调机调节封闭养生室的温度; 在冷天可用空调机或用电炉加温度控制器调节温度。

在养生期间, 应保持试件的含水量, 含水量的变化幅度不应超过《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTJ057)所容许的值, 可用密封水箱进行保湿养生, 或在湿度达 95% 的保温室中养生。

3.3.3 7 式(3.3.3)就是观测值的下波动限($\bar{R}-Z_{\alpha/2}S$), 应大于或等于设计抗压强度 R_d 。

3.3.3 9 表 3.3.3-2 中水泥的最小剂量是根据拌和均匀性规定的。意为如材料组成设计所得水泥剂量少于表 3.3.3-2 中的最小剂量, 则应按表 3.3.3-2 中采用最小剂量, 但如材料组成设计所得水泥剂量大于表 3.3.3-2 中的最小剂量, 则应采用材料组成设计的结果。

3.4 路拌法施工

3.4.2 所述准备工作是针对已破坏的土基、底基层或老路面的。新路施工时, 如路基、底基层、基层及面层的施工采用大流水作业法, 一个工种跟一个工种顺序推进, 则准备工作可以大为缩减。

3.4.6 洒水闷料的目的是使水分在集料层内分布均匀并透入颗粒和大小土团的内部。洒水闷料还可以减少拌和过程中的洒水次数和数量, 从而缩短延迟时间, 这对稳定细粒土特别重要。在采用高效率的路拌机械(如宝马拌和机)时, 由于通常只需拌和两遍, 为缩短延迟时间, 闷料时可一次将水洒够。但在采用普通路拌机械特别是农业机械拌和时, 由于拌匀需要的时间长, 闷料时所洒的水量宜较最佳含水量少 2% ~ 3% (主要对细粒土和含细土较多的粒料土)。因为水泥与潮湿土相接触, 就要发生水化作用。

3.4.7 水泥摊铺均匀是水泥在混合料中分布均匀的前提。只有在平整和具有一定密度的集料层上, 人工摊铺水泥才能均匀。因此, 集料必须先摊平并用两轮压路机碾压 1 ~ 2 遍, 这一条对稳定细粒土和人工摊铺粒料时尤为重要。

3.4.9 路拌法施工稳定土时, 很关键的一点是拌和层底部不能留有素土夹层, 特别在两层稳定土之间不能有素土夹层。素土夹层不单使上下层间没有粘结, 减少上层稳定土的厚度, 明显减弱路面整体抵抗行车荷载的能力。在稳定细粒土的情况下, 素土夹层还会由于含水量增大而变成软夹层, 导致其上的沥青面层过早破坏。

实践证明, 即使使用进口的宝马拌和机, 也难于避免在拌和层底部出现素土夹层, 为消除素土夹层, 某些工地在宝马拌和机后面跟着用多铧犁翻犁一遍, 然后再用宝马拌和机拌和一遍, 但也不能保证清除素土夹层。如路基上层已用石灰或固化剂处理, 则底基层的各层都要用集中拌和法拌制混合料, 以保证已处理的土基发挥较好的作用。

用农用机械拌和时, 既需要有拌和机械, 又需要有从底部将料翻起的机械。由于农用车

械的转速低，拌和深度浅，需特别注意拌和的均匀性。用农用机械时，通常需要较多拌和遍数，因此还需特别注意延迟时间。实践证明，用农用机械拌和的效果远不如用专用拌和机拌和的效果好。

3.4.10 应严格掌握混合料的含水量，碾压时混合料的含水量可以略大于(0.5%~1.0%)最佳含水量，是为了弥补碾压过程中水分的损失。含水量过大，既会影响混合料可能达到的密度和强度，又会明显增大混合料的干缩性，使结构层容易产生干缩裂缝；含水量过小，也会影响混合料可能达到的密度和强度。

3.4.11 平地机整形易将粗集料刮到表面，造成离析和粗细集料“窝”(或“带”)，而且平地机来回刮平的次数愈多，离析现象可能愈严重。形成的粗集料“窝”或“带”不能粘结成一个整体，通车后容易引起沥青面层局部破坏，其危害较细集料“窝”更严重。应设一小组负责消除平地机整形后的粗细集料“窝”或“带”的现象，例如，将粗集料铲除，换以新鲜的拌和均匀的混合料。

在整形过程中，严禁形成薄层贴补现象。薄层贴补容易脱落和被推移，也容易被压碎和产生唧浆现象，导致其上面层破坏。因此，不能在表面光滑的低洼处填补新料。

3.4.13 稳定土施工中很重要的一环是处理好接缝。接缝一定要垂直对接，不能斜接。如果不按照规定做成垂直相接，接缝处就会成为一条薄弱带。该薄弱带上沥青面层会很快龟裂破坏。这种现象常见之于分两幅施工的半刚性路面沥青面层的纵向接缝处和某些横向接缝处。

3.5 中心站集中厂拌法施工

3.5.2 用连续式拌和机拌和水泥混合料时，所得混合料的颗粒组成取决于喂料斗中原集料的最大粒径和颗粒组成。如原集料的最大粒径和颗粒组成不符合要求，则混合料的颗粒组成不可能符合要求。

3.5.4 如果细集料遭雨淋而含水量过大，细集料就不能顺利地由喂料斗中流出，直接影响配料的准确性及拌和机的准确性。

3.5.12 同本条文说明 3.4.11。

3.6 养生及交通管制

3.6.1 水泥稳定土碾压结束后，通常应养生 7d，待其达到一定强度后再开始下一道工序。但在分层施工时，在上下层都采用相同压路机碾压的情况下，下层完工后的第二天就可以铺筑上层水泥稳定土，利用上层水泥稳定土对下层进行养生，而且上层混合料不宜用强力振动压路机碾压，以免破坏下层混合料已初步形成的强度。

3.6.4 在用乳液养生之前，必须将基层清扫干净，必要时用水冲洗。实践证明，在水泥碎石基层上喷洒浓度 50% 以上的沥青乳液后，沥青难于渗入基层。喷洒浓度为 35% 的沥青乳液后，如沥青也难于渗入基层，则喷洒的乳液相当于粘层沥青。由于稀沥青乳液容易在基层表面顺横坡或纵坡流淌，所以一次喷洒不宜多于 $1.0\text{kg}/\text{m}^2$ 。撒小碎(砾)石是为了防止摊铺沥青面层时运料车和摊铺机破坏形成的沥青膜，不满撒小碎(砾)石是为了增加与面层的粘结。作为养生用的沥青乳液的用量应不少于 $1.0\text{kg}/\text{m}^2$ (以沥青的质量计)。

3.6.6 养生期仅一两天就铺筑沥青面层，仅在用小型机械施工的情况下可以。用现代化的重型车辆和铺筑机械施工沥青面层时，容易在基层顶面形成辙槽形变，影响尔后沥青面层的平整度。

3.6.7 利用重型卡车运送混凝土时，仍应保持 7d 养生期。

3.6.9 喷洒沥青乳液或稀释沥青做透层或做下封层前，应扫除基层表面的松散颗粒和尘土。如表面过分干燥，应先喷洒少量水，再喷洒沥青乳液。如用稀释沥青，则应待表面略干时再喷洒沥青。喷洒透层或做下封层的主要目的之一是增加沥青面层与稳定基层之间的粘结，减轻表面水透入后可能形成的冲刷现象，它对半刚性路面的使用性能和使用寿命有很大影响。特别在稳定细粒土基层上的沥青面层，如层间粘结不好，在重车作用下，容易产生面层推移现象，如雨水易透入基层，基层表层易软化，也易产生冲刷唧浆现象。对于高等级公路，养生期结束后，视当地的气候条件可在 3~7d 内喷洒透层沥青或做下封层，避免基层曝晒开裂。在仅做透层的情况下，可延长铺筑面层的间隔时间，但视气候情况不应超过 10~30d。

3.8 其他

3.8.1 实践证明，一些公路设置混凝土预制块路缘石后，阻碍了透入沥青面层和基层水的排除，导致沥青面层较快破坏。

4 石灰稳定土

4.1 一般规定

4.1.3 石灰土禁止用做高级路面的基层，其原因同本规范条文说明 3.1.3 条，而且石灰土的这些不良性质比水泥土更严重。例如，在最佳含水量下制成的石灰土梁式试件，在空气中自然风干产生的最大干缩应变为 3120~6030 μ 它是各种半刚性材料中收缩性最大的材料，也是最容易受水影响产生表层软化的材料。在一般公路上，也不宜采用砂砾或碎石含量仅占 50%左右的悬浮式石灰土料做高级沥青路面的基层。因为这种混合料与石灰土比，除收缩性较小外，同样具有遇水表层易软化和抗冲刷能力差的缺点。

4.1.4 在冰冻地区，当石灰土用于潮湿路段时，冬季石灰土层中可能产生聚冰现象，从而使石灰土的结构遭受破坏，强度明显下降，使沥青路面产生过早破坏。在非冰冻地区，如石灰土经常处于过分潮湿状态，也不易形成较高强度的板体。因此，在这些情况下应采取隔水措施，防止水分浸入石灰土层。

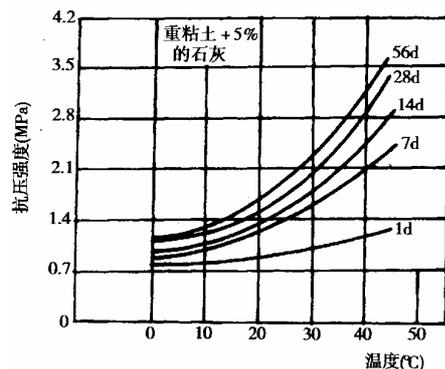
4.1.5 养生温度对石灰稳定土的抗压强度有明显的影 响。养生温度愈高，石灰稳定土的抗压强度也愈高；在温度低于 5 $^{\circ}$ C 时，石灰稳定土的强度几乎没有什么增长，见附图 4.1.5。

4.1.7(8)石灰土混合料属于缓凝材料，施工延迟时间对其强度的影响不大，但也宜在当天碾压完成。如由于某种特殊原因当天不能完成碾压的，也应在 3~4d 内完成碾压。石灰与土拌和后，如堆置较长时间不进行摊铺碾压，也会影响其可能达到的强度。

4.1.8 同本规范条文说明 3.1.7(9)。

4.1.9 石灰土基层一旦受水浸泡，其表层数毫米以上就会软化，导致沥青面层龟裂破坏。及时将透入面层的水排出路外，实际上对各种基层都很重要。

4.1.12 同本规范条文说明 3.1.10 条。



附图 4.1.5 养生温度对石灰稳定土抗压强度的影响

4.2 材料

4.2.1 塑性指数为 15 ~ 20 的粘性土，易于粉碎和拌和，便于碾压成型，施工和使用效果都较好。

对于无塑性指数的级配砂砾和级配碎石，用石灰稳定的效果远不如用石灰土稳定的效果。例如，对于同一种级配砂砾，用石灰稳定后(石灰剂量 5%)的回弹模量只有 1919MPa，而用石灰土稳定后(配合比为 2.7 17.3 80)的回弹模量高达 5537MPa，后者为前者的 2.89 倍。

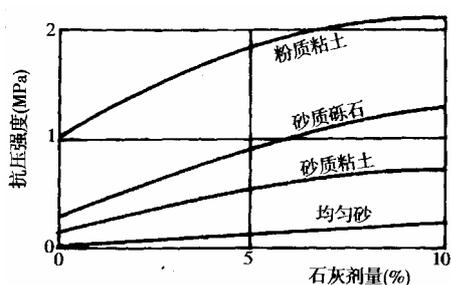
试验证明，不同塑性指数的土适宜于用不同的结合料进行稳定。对三种不同塑性指数的土，用五种不同方式稳定的结果列在附表 4.2.1 中。表中数值均指 7d 龄期的抗压强度(R7)。从表列结果可以看到，塑性指数小于 12 的土不适宜用石灰来稳定，而适宜用水泥来稳定；塑性指数 15 以上的粘性土更适宜于用水泥石灰综合稳定。

附表 4.2.1 不同方式稳定土的结果

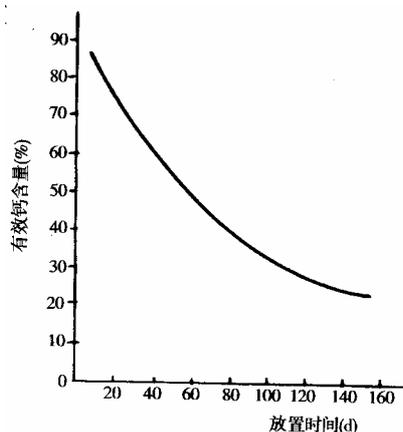
结合料	生石灰粉		消石灰粉		生石灰粉+水泥		消石灰粉+水泥		水泥	
	剂量 (%)	R ₇ (MPa)	剂量 (%)	R ₇ (MPa)	剂量 (%)	R ₇ (MPa)	剂量 (%)	R ₇ (MPa)	剂量 (%)	R ₇ (MPa)
15.2	6	0.82	6	1.11	4+4 5+5	1.23 1.63	3+3	1.64	6	1.89
19.5	6	1.28	6	1.20	3+3	2.08	3+3	2.04	8 10	1.48 1.62
12	14	0.72	12 14	0.76 0.95	7+7	1.38	4+4 5+5	1.41 1.66	6	1.68

土质对石灰稳定土抗压强度的影响见附图 4.2.1。

关于最大粒径同本规范条文说明 3.2.1 条。



附图 4.2.1 土质对石灰稳定土抗压强度的影响



附图 4.2.2 放置时间对石灰有效钙含量的影响

4.2.2 石灰放置时间过久，其有效钙和氧化镁的含量会有很大损失。石灰堆放在野外无覆盖时，遭受风吹雨淋和日晒，其有效钙和氧化镁的含量降低很快，放置 3 个月可从原来的 80% 以上降到约 40% 左右，放置半年可降到仅 30% 左右，见附图 4.2.2。因此，石灰应堆放成高堆并用篷布和土覆盖，然后，边使用边揭盖。

4.3 混合料组成设计

4.3.3 工地使用的石灰可能是消石灰粉，也可能是磨细生石灰粉，进行混合料的击实试验和抗压强度试验时，使用的石灰应与工地所用的石灰相同。

4.3.3 3 同本规范条文说明 3.3.3 条第 3 款。

4.3.3 4 同本规范条文说明 3.3.3 条第 4 款。

4.3.3 5 同本规范条文说明 3.3.3 条第 5 款。

4.3.3 6 如石灰土混合料的强度达不到表 4.3.1 规定的抗压强度标准，应添加部分水泥，或改用另一种土。塑性指数过小的土，通常不适宜用石灰稳定，宜改用水泥稳定。

4.3.3 7 同本规范条文说明 3.3.3 条第 7 款。

4.3.3 9 由于 1~4 的石灰土集料的 7d 抗压强度往往较小，而实际道路路面的承载能力却并不差，为便于做试验，可仅对石灰土做组成设计，此时石灰土的 7d 抗压强度应大于 0.8MPa。在选定配合比后，应再做石灰土集料的 7d 抗压强度试验，以积累资料。在确定石灰砂砾(或碎石)土的计算回弹模量和强度时，也应用选定配合比的石灰集料土混合料制备试件。

4.4 路拌法施工

4.4.2 同本规范条文说明 3.4.2 条。

4.4.4 (3)石灰堆放时间长时，特别在没有覆盖的情况下，其有效钙和氧化镁的含量会大幅度下降，原先质量符合三级的石灰在无覆盖情况下堆放几个月，可使其质量降到如等外石灰。一些施工工地常采用堆放半年以上已变成等外的石灰来稳定土，使混合料的强度和稳定性都受到明显影响。如消石灰的含水量过大，喂料斗就不可能均匀准确喂料，直接影响石灰剂量。

如材料组成设计与现场实际施工的时间间隔长，石灰的质量可能明显降低。为保证石灰土具有规定的强度，应重新做材料组成设计。

4.4.4 (4)石灰在使用前必须充分消解。使用消解不充分的石灰稳定土，碾压完成后，在养生过程中，未充分消解的石灰继续吸水消解会引起局部胀松鼓包，影响稳定土层的强度和平整度。

4.4.6 洒水闷料的目的是使水分在集料层内分布均匀并透入颗粒和大小土团的内部。

4.4.7 石灰摊铺均匀是石灰在混合料中分布均匀的前提。只有在乎整和具有一定密度的集料层上，人工摊铺石灰才能均匀。因此，集料必须先摊平并用两轮压路机碾压 1~2 遍。这一条对稳定细粒土和人工摊铺粒料尤为重要。

4.4.9 同本规范条文说明 3.4.10 条。

4.4.10 同本规范条文说明 3.4.11 条。

4.4.11 同本规范条文说明 3.4.13 条。

4.7 养生及交通管制

4.7.3 同本规范条文说明 3.6.9 条。

4.8 其他

4.8. 同本规范条文说明 3.8.1 条。

5 石灰工业废渣稳定土

5.1 一般规定

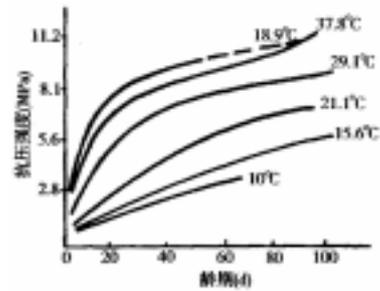
5.1.2 除这两类外，还可以有其他类型的石灰工业废渣。由于使用最广的石灰工业废渣是石灰粉煤灰类，所以本章以石灰粉煤灰类混合料为主要对象。

5.1.3 石灰工业废渣稳定土，特别是二灰稳定土，具有良好的力学性能、板体性、水稳性和一定的抗冻性，其抗冻性较石灰土高得多。石灰工业废渣的初期强度低，但随龄期的增长强度的增长幅度大。二灰土中粉煤灰用量越多，初期强度越低，3个月龄期的强度增长幅度也越大。在二灰土中加入粒料或少量水泥可提高其早期强度，

但由于干缩、冷缩易产生裂缝，二灰土的收缩性小于水泥土和石灰土。在最佳含水量下用二灰土混合料制成梁式试件后，在空气中自然风干产生的最大干缩应变，二灰土为 340~2630 μ ，密实式二灰砂砾为 233~273 μ ，悬浮式二灰砂砾大于 827 μ 。二灰土禁止用做高级路面的基层，其原因同本规范条文说明 3.1.3 条。

5.1.5 养生温度对石灰工业废渣的抗压强度有明显影响，养生温度越高，石灰工业废渣的抗压强度越大，在气温低于 4℃ 时，石灰工业废渣的抗压强度几乎没有增长，见附图 5.1.5。

5.1.9 同本规范条文说明 3.1.10 条。



附图 5.1.5 养生温度对二灰砂砾抗压强度的影响

5.2 材料

5.2.2 粉煤灰是火力发电厂燃烧煤粉产生的粉状灰渣。绝大多数粉煤灰的主要成分是二氧化硅(SiO_2)和三氧化二铝(Al_2O_3)，其总含量常超过 70%，氧化钙(CaO)含量一般在 2%~6%，这种粉煤灰可称做硅铝粉煤灰。个别地方的粉煤灰含有 10%~40%的氧化钙，这种粉煤灰可称做高钙粉煤灰。粉煤灰的烧失量一般小于 10%，有的则在 20%以上。烧失量过大将明显降低混合料的强度。

粉煤灰的粒径变化在 0.001~0.3mm 之间，但大部分在 0.01~0.1mm 之间，其比表面积一般在 2000~3500 cm^2/g 之间。

国外有些标准常限制粉煤灰的含碳量(或以烧失量表示)不超过 8%~10%。试验证明，即使粉煤灰的烧失量达 20%，也能组成强度符合要求的二灰集料(或二灰土)混合料。只有当烧失量超过 30%时，混合料的强度才有明显下降，因此，本条对烧失量作了较宽的规定。

粉煤灰的含水量不应过大。含水量过大时，粉煤灰颗粒会凝聚成团。用集中厂拌法拌制混合料时，过湿的粉煤灰不易通过下料斗的开口，直接影响预先设置的配合比和拌和机的产量。

5.2.6 关于最大粒径和粒料应尽可能少含或不含有塑性指数的土的原因同本规范条文说明 3.2.1 条。例如 4 12 84 的石灰粉煤灰碎石(不含土)的最大干缩应变为 668 μ 而 4 12 60 24 的石灰粉煤灰碎石土(含土 24%)的最大干缩应变为 1784 μ ，为前者的 2.67 倍。

5.2.7 原规范表 4.2.4 集料颗粒组成范围，主要来源于砂砾，所以 5mm 以下细集料含量较多。实际应用时，可采用上限、中限或下限作为目标配合比的依据。用碎石集料时，集料中 5mm 以下细料常较少，可以采用组成范围的下限值设计，并给以一定的波动范围。为便于应用，原规范第 6 次印刷时，给了一个用于碎石的 3 号级配，此级配范围的中值就是 2 号级配范围的下限。本规范为级配碎石集料另列一表，其级配范围与 3 号级配相同。使用时，宜用中值

为目标配合比。

5.3 混合料组成设计

5.3.1 石灰粉煤灰与粒料之比为 15 85~20 80 时,在混合料中,粒料形成骨架,石灰粉煤灰起填充孔隙和胶结作用。这种混合料称密实式二灰粒料(参看本条文说明 3.1.4 注)。

5.3.1 1 原规范规定二灰混合料的强度标准大于表 5.3.1 中的值。例如,对于高速公路和一级公路,原规范规定二灰混合料 7d 龄期的抗压强度大于 1.0MPa。根据“七·五”期间在河北正定和陕西西安的试验路,虽然所用二灰粒料 7d 龄期的抗压强度只有 0.6~0.7MPa,半刚性路面的整体承载能力(表面代表弯沉值)却不小于强度满足要求的水泥粒料半刚性路面。为了充分利用工业废渣粉煤灰,将二灰混合料的标准强度调整成表 5.3.1 中的值。某些高速公路路段采用了强度偏低的二灰粒料,使沥青面层局部发生了唧浆、早期龟裂和形变,甚至出现坑洞。因此,表 5.3.1 中的值应作为最低要求。如二灰混合料的强度达不到要求,应添加少量水泥(如 1%~2%)。

由于公路上卡车数量和载质量明显增加,且超载现象严重,所以加一强度标准的高值,它适用于特殊重载交通道路。

石灰粉煤灰与粒料之比为 50 50 左右时,在混合料中粒料形不成骨架,而是悬浮在石灰粉煤灰混合料中,因此常称悬浮式二灰粒料。悬浮式二灰粒料的收缩性大,容易产生干缩裂缝。例如,其最大干缩应变约为密实式二灰粒料的 3 倍以上。实践证明,在其他条件相同的情况下,悬浮式二灰粒料基层上沥青面层的裂缝较密实式二灰粒料基层上沥青面层的裂缝多很多。试验证明,悬浮式二灰粒料的抗冲刷性能明显次于密实式。因此,在一级公路和高速公路上,应采用密实式二灰粒料,以保证其上沥青面层有较好的使用性能和延长其使用寿命。在缺乏砂石材料地区,为减少远运粒料,可以采用悬浮式二灰粒料,但混合料易产生干缩裂缝,不宜用做基层上层。

5.3.1 9 如二灰粒料的 7d 龄期抗压强度小于规定的值,也应添加少量水泥以提高混合料的强度。

5.3.3 3 同本规范条文说明 3.3.3 条第 3 款。

5.3.3 4 同本规范条文说明 3.3.3 条第 4 款。

5.3.3 6 同本规范条文说明 3.3.3 条第 5 款。

5.4 路拌法施工

5.4.6 2 同本规范条文说明 3.4.9 条。

5.4.6 8 对于二灰粒料来说,拌和均匀特别是没有粗集料“窝”(或“带”)是很重要的,粗集料“窝”(或“带”)不能形成整体,其上沥青面层容易产生荷载型网裂,一旦雨水进入,会造成局部早期破坏(唧浆、变形)。因此,在拌和和整形过程中都要注意消除粗细集料“窝”(或“带”)。

5.4.7 1 (3)同本规范条文说明 5.4.6 条第 8 款。

5.4.7 1 (4)在整形过程中,严禁形成薄层贴补现象。薄层贴补容易脱落和被推移或易被压碎,导致其上面层破坏。因此,不能在表面光滑的低洼处填补新料。

5.4.9 同本规范条文说明 3.4.13 条。

5.5 中心站集中厂拌法施工

5.5.1 (3)为保证拌和机的产量和混合料的配合比,对这三种材料采取覆盖措施,防止雨淋,特别在雨量较多地区的雨季,更需重视。

5.5.1 (5)同本规范条文说明 3.4.10 条。

5.5.3 1 二灰稳定混合料是一种缓凝材料,延迟压实的时间稍长对其所能达到的密实度和强度的影响不大,但延迟时间过长仍会明显影响其密实度和强度。因此,摊铺混合料中断时间超过一天后,挖出的二灰稳定混合料不宜再重复使用。

5.7 养生及交通管制

5.7.4 同本规范条文说明 3.6.9 条。

5.8 其他

5.8.1 同本规范条文说明 3.8.1 条。

6 级配碎石

6.1 一般规定

6.1.1 由各种大小不同粒级集料组成的混合料,当其级配符合技术规范的规定时,称其为级配型集料。级配型集料中,没有水泥、石灰等水硬性结合料,也没有沥青,所以在国外常称其为无结合料粒料或无结合料材料。级配型集料中常含有一定数量的细土(指粒径小于 0.5mm 的颗粒,国外有不少国家常用 0.425mm),细土中有时有一定数量的粉粒(粒径小于 0.05mm 的颗粒,有不少国家用小于 0.075mm)和粘粒(粒径小于 0.002mm 的颗粒),并具有或大或小的塑性指数。

6.1.2 级配碎石宜用几种不同粒级的碎石组配而成。用做中间层的级配碎石更应用几种不同粒级的碎石组配而成。它能更好地保证碎石的颗粒组成符合规定的要求,并达到高的强度和稳定性。

6.1.4、6.1.5 级配型集料包括级配碎石、级配碎砾石(碎石和砂砾的混合料,也常将砾石中的超尺寸颗粒轧碎后与砂砾一起组成碎砾石)和级配砾石(或称级配砂砾)。

级配型集料可以用做沥青路面和水泥混凝土路面的基层和底基层,也可用做路基改善层。在排水良好的前提下,级配型集料可在不同气候区用于不同交通等级的道路上。在潮湿多雨地区使用级配型集料特别有利。

级配型集料用做路面的不同层次或用于路面中的不同位置,取决于材料本身的特性、材料的质量、气候条件、交通组成和交通量以及每个国家的使用经验。

一般而言,在路面结构中使用级配集料有三种方法:

1.在轻交通道路上用在薄沥青面层下。几乎所有的国家都采用这种结构。

2.在重交通道路上用在厚沥青面层下。在这种情况下,可能有两种方式:一种是施工质量很好的高质量的级配碎石,直接用在厚沥青面层下作为基层;另一种是施工质量略次的级配集料用于较深的位置,通常用于有结合料基层的下面。

3.不少国家常将级配碎石用做沥青面层与水硬性结合料处治基层(有的国家称为底基层)之间的中间层,以减轻水硬性结合料处治层的干缩裂缝反射到沥青面层上,即减轻反射裂缝。也有利于排除路面结构层中的水,减少甚至消除基层的冲刷现象。这种路面结构,又常称之为“倒装结构”。用做中间层时,级配碎石中不应加砂或砂砾。

使用级配型集料的两个决定性因素是施工质量和轴载。当这两个条件有利时,级配碎石

即使在薄沥青面层或沥青表面处治下也会工作得很好。当轴载较大时,在某一交通水平以上,这种路面结构就不合适了。

一些国家使用级配集料做基层时对重车交通的限制列在附表 6.1.4 中。

根据一些国家的统计资料,在高速公路和一级公路上,使用级配碎石做沥青路面的基层时,基层上沥青结合料层的总厚度在 22~31cm 内变化。在英国 1987 年的新路面设计规范中,沥青混合料层的总厚度达 42cm。国外对用级配型集料做的基层或底基层,常称做无结合料基层或无结合料底基层。

级配型集料还可用做低等级道路上的面层,即用做中级路面。此时,级配型集料中的细土含量和塑性指数都较高。因此,适宜用做面层的级配集料不适宜用做沥青路面和水泥混凝土路面的基层和底基层。

细土含量和塑性指数都较高的级配型集料虽然可以用做中级路面,直接承受行车荷载的作用,但考虑到过一定时间后;中级路面会被改善成沥青路面,为了避免在铺筑沥青面层时,将原中级路面挖翻处治(在我国以往常用石灰),对于中级路面也宜采用本规范中规定的级配集料做承重层。另外采用细土含量和塑性指数都较高的细级配集料做磨耗层,例如,砂土磨耗层、细砂砾磨耗层或细碎石磨耗层等。

附表 6.1.4 使用级配型集料层的限制

国 家	气候条件 冻深(m)或无	轴载重力		使用范围:每个方向每天的重车数量		
		单轴 (kN)	双轴 (kN)	表面处治 下的基层	100mm厚沥 青层的基层	厚沥青层 下的基层
瑞士	冰冻	100	180	不用,仅用 30~40mm的预 拌材料,小于30	<100	<2500
芬兰	冻深1.6~2.3	100	160	<500	>500	—
法国	冰冻或无	130	210	<50	<100	<750
澳大利亚	无	82	150	无限制,每一具体情况分别进行检验		
德国	冻深0.5~1.5	100	160	很小	>10	无限制
意大利	无	120	200	—	<50	50~1000
荷兰	冰冻	100	160	<50	无限制,但很少使用	
捷克	冻深0.8~1.2	100	130	<25	<50	<250
葡萄牙	无	120	200	<60	<200	<1000
波兰	冻深0.8~1.4	100	160	<4	<70	70~335
		80	145	<12	<200	200~1000
加拿大	冰冻	80	142	无限制		

就力学性质和稳定性而言,级配碎石是级配集料中最好的材料,也是无结合料材料中最好的材料;级配砾石则是级配集料中最次的集料;级配砾石则处于前两者之间。级配碎石可用做高速公路和一级公路路面的基层,级配砾石可用做一般道路路面的基层,级配砾石可用做轻交通道路路面的基层。

决定级配集料层力学性质的主要参数是弹性模量(或回弹模量)、抗剪强度和抗永久形变能力。级配集料层的理想性质是,它应有高的劲度(相当于弹性模量),以提供良好的荷载分布性质;应该有高的抗剪强度,以减轻车辆(包括施工车辆)作用下的辙槽;应该有高的透水性,以使进入的自由水能快速排出;其中细土应该没有塑性,以保证良好的水稳性,并应该是无冰冻敏感性。

决定级配集料层力学性质的参数主要与集料的摩阻作用、嵌锁作用和粘结作用有关。摩阻作用本身则与所产生的应力以及颗粒接触面上能达到的摩阻力有关。应力与集料层的密实度和所处的位置有关，而集料层的密实度则与颗粒的级配和形状有关。颗粒接触面上能达到的摩阻力与颗粒的强度和颗粒的表面纹理有关。

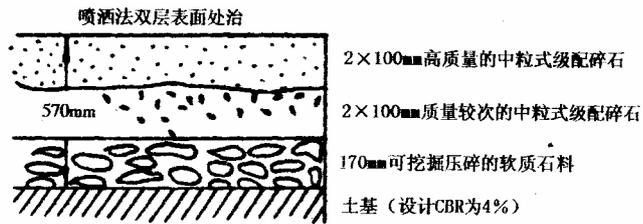
影响级配集料结构层力学性质的其他重要因素有集料的含水量、加工和摊铺集料的均匀性、碾压密实度以及下承层的承载能力。

级配集料的强度和抗形变能力与集料的类型(指碎石、碎砾石或砾石)、集料的级配，特别是其中的最大粒径、集料中 5mm 以下颗粒的含量、集料中小于 0.075mm 的颗粒含量有关。而其水稳性和冰冻稳定性又与 0.5mm 以下颗粒的含量及其塑性指数有关。此外，这类材料的劲度、强度、抗形变能力和稳定性都与集料的密实度成正比。

在实际工作中，对于级配集料，主要要控制颗粒的级配组成，特别是其中的最大粒径，5mm 以下、0.5mm 以下和 0.075mm 以下的颗粒含量以及塑性指数。同时，在施工中要严格控制级配集料的均匀性(它包括级配组成和含水量)和压实度(或密实度)。

澳大利亚维多利亚州约有 70% 的沥青路面是级配碎石基层上铺筑沥青表面处治，这种路面结构不单在一般干线公路上用，甚至在墨尔本至悉尼的高速公路的郊外路段上也用，有的路段已使用了 8~9 年，使用性能仍然很好，路面平整无形变。通常，每过 8~9 年再做一次封层(单层表面处治)，以恢复表面的抗滑性能。维多利亚州公路局称这种路面为“重负荷的柔性路面”。

在维多利亚州，在单向一个车行道上的标准轴载(80kN)数为 1000~1500(包括上述高速公路的郊外路段)的公路上常采用这种路面结构。在设计期为 30 年、累计标准轴次为 $2 \times 10^7 \sim 3 \times 10^7$ 的公路上，采用的典型路面结构是总厚 570mm，包括 2×100 mm(两层，每层厚 100mm)高质量中粒式级配碎石、 2×100 mm 质量较次的中粒式级配碎石、170mm 可挖掘压碎的软质石料(无严格的级配要求)垫层，见附图 6.1.5-1。



附图 6.1.5-1 维多利亚州重负荷柔性路面的典型结构

他们总结这种路面结构有两个优点：一是初期费用低，只有“碎石基层、沥青混凝土面层”结构的 70%；二是路面结构中的材料不遭受疲劳。

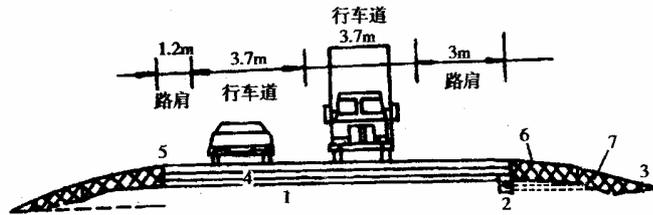
要做好这种路面，在设计和施工两方面都要做好，特别是施工十分重要。根据他们的经验，如何保证级配碎石的级配和塑性指数符合要求，如何保证拌和均匀、含水量合适和均匀，摊铺均匀以及压实到规定的密实度，是施工过程中的几个重要环节，也是保证这种路面结构具有良好使用性能和长期使用寿命的重要环节。

他们认为，注意横断面设计、排水设计和材料选择，以预防水进入或滞留在路面结构层内，可以明显提高路面的使用性能和延长其使用寿命。

高速公路和一级公路采用的典型横断面(一个方向)如附图 6.1.5-2。

在此路面上的加速加载试验表明，随作用次数增加，弯沉值渐趋稳定，大致与初期弯沉值相同，见附图 6.1.5-3。

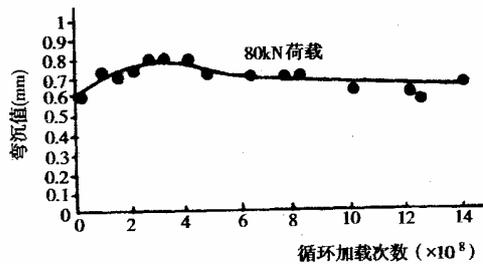
用级配碎石做薄或较薄沥青面层与半刚性基层之间的中间层在国外常称做“倒装结构”或夹层式路面。这种结构在美国、澳大利亚、南非等使用较为普遍。由于此中间层能减少半刚性基层裂缝向上反射，所以级配碎石中间层又称应力消减中间层。在南非的高等级公路上常用的路面结构为 5cm 沥青混凝土面层、15cm 级配碎石中间层、30cm 水泥碎石基层和路基改善层，并认为这种路面结构能承担 $12 \times 10^6 \sim 50 \times 10^6$ 标准轴次。在南非的一般公路上，在 15cm 级配碎石中间层上只做 3cm 沥青面层。



附图 6.1.5-2 路面典型横断面

- 1-软弱路基或膨胀性土路基用结合料稳定或用外运材料填筑；
- 2-路面下(结构层)排水；3-路面结构下排水管的最低点；4-高质量的碎石；5-全宽双层表面处治；6-封闭的路肩；7-不透水的材料。

南非一国际机场预计通行波音 747 超级 B 飞机 500000 次，该飞机最大质量 336500kg，起落架上每个主要轮胎上的荷载约 220kN，轮胎接触压力为 1.463MPa，一个轮胎着地面积当量圆的半径为 21.88cm，采用的路面结构为 7cm 沥青混凝土面层、10cm 级配碎石中间层、30cm 水泥碎石基层、45cm 水泥碎石底基层，此路面经过用荷重 200kN 的飞机轮胎做加速加载试验，作用 100000 次，除产生 6mm 辙槽外，无其他损坏现象。



附图 6.1.5-3 级配碎石沥青表面处治弯沉演变图

美国维吉尼亚州多年来将夹层式路面结构作为其主要路面结构之一。它包括 160mm 水泥土或水泥砂砾底基层、100~200mm 集料基层和 100mm 及 100mm 以上的沥青混凝土面层。

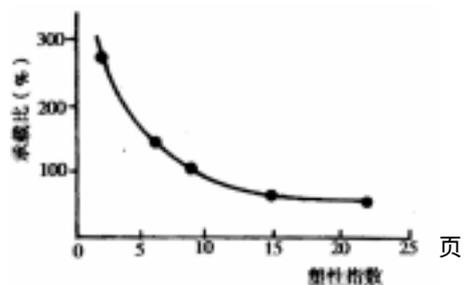
1988 年 10 月建成的京石高速公路正定试验路中有三段采用了级配碎石中间层，沥青混凝土面层的厚度两段为 6cm，一段为 9cm，级配碎石中间层厚 10cm，二灰碎石或水泥碎石基层厚 10cm，石灰土底基层，路面总厚度为 63cm，1992 年 3 月测得此三段的路表平均弯沉值分别为 0.14mm、0.16mm 和 0.21mm，其他路段最大弯沉值为 0.19mm，17 个路段中弯沉值大于 0.14mm 的有 6 个。可见级配碎石中间层并没有明显增大路面的弯沉值。加速加载试验证明，6cm 沥青面层、10cm 级配碎石中间层这种夹层式路面的抗永久形变能力大于 15cm 沥青面层、12cm 水泥碎石基层和 36cm 石灰土底基层这种半刚性路面。

6.1.6 同本规范条文说明 3.2.1 条。

6.1.7 (6) 每层压实厚度 15~18cm 是从一般要求出发考虑的。由于材料层压实后，其密实度总是上部大、下部小，有时上下部的压实度可能差 8%~10%，为达到高的压实度，宜将一次压实厚度减小。本条文说明 6.1.4 条所述澳大利亚维多利亚州的双层表面处治级配碎石路面，施工时 40cm 厚级配碎石分四层施工，每 10cm 一层。他们采用级配碎石的标称最大粒径 19mm，19~26.5mm(方孔筛)颗粒的含量为 0~5%，采用集中厂拌法拌制不同粒级的碎石和用摊铺机摊铺混合料，用振动压路机压实，所得级配碎石层质量相当均匀，其平均压实度达到 102%，标准差为 2%。

6.2 材料

6.2.5 各国对级配集料中粒径小于 0.5mm 的颗粒含量



附图 6.2.5 塑性指数对级配集料承载比的影响

的规定有很大差异，前苏联规定的含量最少，小于 15%，有的国家多达 40%。这种细土的液限和塑性指数对级配集料的水稳性有很大影响。液限和塑性指数愈大，集料的水稳性愈不好。用不同塑性指数的 0~40mm 的相同级配的集料，在最佳含水量下用重型击实试验法制成的试件，经浸水 96h 后进行承载比试验，试验结果见附图 6.2.5。由图中可以看到，虽然各个试件集料的级配相同，仅小于 0.5mm 颗粒的塑性指数不同，少量塑性细土对集料的承载比产生了很明显的影 响，塑性指数愈大，承载比愈小，或水稳性愈不好。

试验证明，级配集料中加入少量塑性细土，不单要降低级配集料的承载能力，而且要降低级配集料的刚性和抗形变能力，使得级配集料在相同荷载作用下产生较大的形变。因此，使级配集料基层的塑性指数降到 0，可以明显地减少塑性形变或辙槽。在实际工作中，对于级配碎石以及无塑性指数的级配砾石，除严格掌握其颗粒组成外，不应向其中添加任何塑性土。

各国丰富的实践经验证明，级配集料用做沥青路面的基层时，必须严格控制其液限和塑性指数。凡级配集料基层的塑性指数超过一定数值的路段，沥青面层往往过早破坏。在不同情况下的低塑性的级配集料基层经常使用得很好。限制级配集料中细土的液限和塑性指数，是为了在集料的含水量增加时，仍能保持集料有足够的强度。一般说来，同样用做基层的级配集料，在冰冻地区和非冰冻地区，在潮湿地区和干旱地区，对于其中细土的液限和塑性指数的规定可以有所不同。最先由美国和欧州国家(主要是冰冻地区)对这两个指标作了规定，一般要求液限不大于 28%，塑性指数不大于 6。但是，近 30 年来，随着交通量的发展，对用做沥青路面基层的级配集料的塑性指数的规定渐趋向于更严格。例如，有的国家已规定基层级配集料的塑性指数不大于 3 或 4，甚至有的主张级配集料最好是无塑性的。例如，1986 年英国运输部的规范《新路面结构设计》中，对用做柔性路面和半刚性路面底基层的级配集料，规定应是无塑性的。

实践证明，如级配集料的塑性指数偏大，可以控制塑性指数与 0.5mm(或 0.425mm)以下颗粒含量的乘积不超过一定数值，以保证级配集料的稳定性。对于这个乘积，不同国家有不同的规定。本规范中规定：在年降雨量小于 600mm 的中干和干旱地区，地下水位对土基没有影响时，乘积不应大于 120；在潮湿多雨地区，乘积不应大于 100。

6.2.6 级配碎石用作中间层很有利于减少其上沥青面层的裂缝。级配碎石中间层成功的关键有两条：一是要严格掌握碎石的颗粒组成，使其符合要求且含水量合适并拌和均匀；二是要碾压到高密实度。符合 6.1.1 条的级配碎石，用振动压路机碾压，不难达到 100%压实度。

原规范中还列有固体体积率的要求，考虑到级配碎石可以通过击实试验来确定其标准干密度，而在压实度与所定固体体积率之间又无等同关系，因此在本规范中不再并列固体体积率。

6.3 路拌法施工

6.3.2 1 级配集料(含未筛分碎石)底基层不宜做成槽式，宜做成满铺式，以利排除进入路面结构层的水。否则两侧要设纵向盲沟。

6.3.4 1 在石屑的颗粒组成符合 0~10mm 的情况下，通常未筛分碎石与石屑的配合比为 65 35~60 40，但不同料场的石屑可能差别较大，有的石屑的最大粒径甚至达 25mm。

6.3.5 4 碎石集料不宜过早运送到路上。原先含水量合适的集料过早运到路上，水分会蒸发，集料变干。在雨季施工时，碎石过早堆放在路上，下雨时，料堆会变成滞水堆，使堆下下承层的含水量明显增大，影响下承层的强度均匀性，在尔后的施工碾压过程中，甚至会产生局部弹软现象。

6.3.5 8 未筛分碎石一定要在较潮湿情况下才能往上铺撒石屑，否则一旦开始拌和，石屑就

会落到底部。

7 级配砾石

7.1 一般规定

7.1.3 同本规范条文说明 6.1.4 和 6.1.5。

7.1.5 同本规范条文说明 6.1.7(6)。

7.2 材 料

7.2.1 同本规范条文说明 6.1.6 条。

7.2.3 同本规范条文说明 6.2.5 和 6.2.6。

7.2.4 由于级配砾石的颗粒形状、颗粒组成和塑性指数的变异性较大，其强度的变化也可能较大，因此，在确定使用前，必须做承载比试验。国外对无结合料粒料基层材料要求其承载比最低为 80%，有的国家为 100%。由于以前定此标准时，试件是采用轻型击实试验法制作的，而现在试件采用重型击实试验法制作，同样材料的承载比可增加 1 倍以上。因此，将原规范中的承载比 100% 改为 160%。

7.3 施 工

7.3.2 同本规范条文说明 3.4.2 条。

8 填隙碎石

8.1 一般规定

8.1.1、8.1.3、8.1.4 和 8.1.5 50 年代前盛行的嵌锁型碎石基层，是用筛分成几种不同规格的大、中、小单一尺寸碎石分层摊铺、分层碾压而成的。通常首先铺大碎石，大碎石经碾压稳定后，撒铺嵌缝碎石，继续碾压稳定，然后再撒铺小碎石，并碾压稳定。我国某些地区使用的干压碎石或水结碎石也属于这种类型。

国外常使用另一种嵌锁型碎石基层，它使用单一尺寸的粗碎石，例如 20~40mm、25~50mm 或 30~60mm 的碎石作主骨料，经初步碾压稳定后，撒铺 0~5(或 10)mm 的石屑，并用振动压路机碾压，籍振动压路机的振动力使石屑填塞到主骨料的孔隙中，直到把孔隙填满为止。这种型式的碎石结构在国外称干结碎石。最后碾压时，采用湿法施工的，称水结碎石。这两种类型的嵌锁型碎石，本规范统一称之为填隙碎石。

填隙碎石的强度主要依靠粗碎石间的嵌锁作用。用石屑或相当天然砂砾和粗砂填塞粗碎石间的孔隙，使其变成一种密实结构，进一步增加其强度和稳定性。

实践证明，靠使用两种分开的不同尺寸的集料，可使堆放和运输过程中的集料离析现象降到最小。填隙碎石的稳定性靠专门的压实得到保证。压实良好的填隙碎石的密实度通常为固体体积率的 85%~90%。填隙碎石的密实度和强度与良好的级配碎石相同。作为中等交通道路，甚至重交通道路沥青面层的基层，它与级配碎石一样可具有良好的效果。

填隙碎石层上不能直接通车，它上面必须有面层。填隙碎石基层质量好坏的两个关键是：从上到下粗碎石间的孔隙一定要填满，也就是说，达到规定的密实度非常重要；表面粗碎石间的孔隙既要填满，填隙料又不能覆盖粗碎石而自成一层，表面应看得见粗碎石，粗碎石的棱角可外露 3~5mm。后一点对薄沥青面层非常重要，它可保证薄沥青面层与基层粘结良好，

避免薄沥青面层在基层顶面发生推移破坏。

如面层为沥青表面处治，在轧制面层用料时，产生两种筛余料：一种是粗的，如粒径 25~50mm 的粗碎石；另一种是细的，通常是粒径 5mm 或 3mm 以下的石屑。这两种筛余料正好用于铺筑填隙碎石基层。粗碎石用作主骨料，石屑用作填隙料。因此，面层为喷撒型沥青表面处治，基层为填隙碎石时，碎石机轧制的全部粗细集料都可得到充分的利用。

由于干法施工填隙碎石不需要用水，在缺水地区，采用这种基层结构，特别显示其优越性。

填隙碎石的主要缺点是，潮湿的填隙料实际上不可能靠振动压路机将孔隙填满。如企图用过多遍数的振动碾压使潮湿填隙料下移，往往可能使主骨料浮到填料层上并严重丧失稳定性。

8.2 材 料

8.2.2 用漂石轧制碎石时，漂石的粒径应为所需碎石最大粒径的 3 倍以上，是为了增加碎石的破裂面，从而提高内摩阻角。

8.2.4 表 8.2.4 为适用于表 8.2.3 中 2 号和 3 号碎石的填隙料，标称尺寸为 5mm。标称尺寸 10mm 的石屑，最大粒径可到 15mm。

8.3 施 工

8.3.2 同本规范条文说明 7.3.2。

8.3.6 1 使下层表面粗碎石外露 5~10mm，再铺筑上一层，可以使上下层良好的结合在一起，不会产生分层现象，有利于提高整个填隙碎石的力学性能。

8.3.6 2 在马来西亚曾有利用大雨将填隙料填满孔隙的成功报导，并报导实际碎石基层中的孔隙小于所预料的。

9 质量管理及检查验收

9.4 质量管理

9.5 检查验收

9.4.2、9.4.3、9.5.5 和 9.5.7 由于路基和路面各个结构层的材料(含混合料)、施工工艺以及测量仪器和试验方法等多方面的原因，竣工的路基和路面各个结构层以及路面整体都是不均匀的。因此，工程质量控制的各个指标的实际(或观测)值都有变异性。有的指标变异性小，有的指标变异性就相当大。同一个指标的观测值的变异性也会随生产设备的改进而降低。变异性小表示质量比较均匀或不均匀性小，变异性大表示质量的不均匀性大。

如果质量是绝对均匀的，质量检验就非常简单，只要检验一次就足够，所得的一个观测值也足以代表某项产品的质量，但实际上不存在这种情况。任何产品质量都是不均匀的，特别是路基路面工程质量的不均匀性更大。质量不均匀、有变异性，就给质量管理和检验带来了一系列重要问题。例如，进行质量检验或做某项试验时，到底需要检验多少次或做多少个平行试验，所得观测值才具有代表性。如果仅做 1、2 个或少数几个检验，检验结果必然带有偶然性而无代表性。显然，不均匀性或变异性越大，所需要检验的数量越多。

在工程质量管理 and 质量检验中，经常遇到的另一个很重要的问题是如何利用若干次试验的结果来评定某一质量指标是否符合要求。技术规范对不同的质量指标所做的规定是不相同

的。例如,对于路面材料强度,如水泥混凝土的抗折强度和抗压强度或各种水硬性结合料稳定材料的抗压强度等,常规定一个作为低限的设计标准值,而把小于设计值的强度看作是不符合要求的;对于路面,通常规定有容许弯沉值,而把此容许弯沉值看作是路面弯沉值的高限;对于某个指标可能规定一个容许误差,例如 $\pm 0.3\%$ 或 $-5\sim+15$ 。在某些情况下,规范仅规定质量检验指标的均值或甲方仅对某质量指标的均值提出要求;在另一些情况下,也可能对某一指标在总体中的不合格率(或称缺陷比例)作出规定。在实际工作中,对某些质量指标(例如弯沉值)的测点个数可能较多,而对另一些质量指标的检验个数可能较少,因此,需要针对不同的情况,拟定相应的质量评定方法,并将不同的评定方法进行公式化。

1. 抽样检验

抽样检验时需要知道某个指标的观测值的分布形式,而分布形式需要由较多的试验数据来判断和检验,但是,从实用观点,路面和材料性质的观测值可认为是符合正态分布(或对数正态分布),因此本规范中规定的不同评定方法都以正态分布为基础。

2. 变量观测值或试验结果的波动范围

对某一变量的样本进行 n 次观测后,可以得到此变量的平均值(样本均值) \bar{X} 和标准差(样本标准差) S :

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} \quad (1)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)^2}{n-1}} \quad (2)$$

利用样本的均值 \bar{X} 和标准差 S 可以估计总体的均值 μ 和标准差 σ 。

由于观测次数 n (抽样观测或室内试件的试验数量)通常是有限的,如反复进行观测或试验,所得的结果完全可能超出原先 n 个观测值的变化范围。利用样本均值 \bar{X} 和样本标准差 S , 可以计算出不同概率下观测值的波动范围,也就是观测值将以某一概率落在所定的范围内。波动范围分为双边和单边两类。

(1) 双边波动范围

双边波动范围由公式(3)求出:

$$\bar{X} - Z_{\alpha/2} S \leq X \leq \bar{X} + Z_{\alpha/2} S \quad (3)$$

式中: $Z_{\alpha/2}$ ——与规定概率有关的正态分布表中的分位值,例如当概率为 90% (即 $\alpha=10\%$ 或 0.10) 时, $Z_{0.05}=1.645$; 当概率为 95% (即 $\alpha=5\%$ 或 0.05) 时, $Z_{0.025}=1.96\%$ 。

观测值或相同条件下的试验结果将以给定的概率落在公式(3)所限定的范围内。式(3)左侧决定范围的下限,称(双边)波动下限;右侧决定范围的上限,称(双边)波动上限。观测试验值落在上限和下限外面的概率相等,各为 $\alpha/2$ 。

(2) 单边波动范围

单边波动范围有两种情况,一是限定下限直到正无穷大的范围;另一是限定上限直到负无穷大的范围。这两种情况的界限分别称(单边)下波动限和(单边)上波动限。

$$\text{单边波动范围(下限)} \quad X > \bar{X} - Z_{\alpha} S \quad (4)$$

$$\text{单边波动范围(上限)} \quad X < \bar{X} + Z_{\alpha} S \quad (5)$$

式中: Z ——与规定概率有关的系数,当概率为 90% (即 $\alpha=0.10$) 时, $Z_{0.10}=1.282$; 当概率为 95% (即 $\alpha=0.05$) 时, $Z_{0.05}=1.645$ 。

观测值或相同条件下的试验结果将以给定的概率落在下波动限(当限定低值时)或上波动限(当限定高值时)之内。落在外面的比例为 P ，就评定质量而言，也就是质量达不到要求的比例或称缺陷比例，亦即不合格品比例。

假定对某一质量指标已经规定了一个低限 L ，并规定了缺陷比例 P ，则抽样检验或试件试验结果如能满足评定标准(1)的要求，则这批产品或这种混合料就可以接收，否则就不接收(拒收)。

$$\bar{X} - Z_p S \geq L \quad \text{标准(1)}$$

式中： Z_p ——正态分布表中与规定概率或缺陷比例有关的分位值，也就是观测试验结果的下波动限应该大于规定的低限。

一些规范和验收评定标准常根据规定的强度采用标准(1)来设计水硬性结合料稳定材料和水泥混凝土等材料的组成。例如，本规范中规定用做高速公路路面基层的水泥粒料的标准强度为 $R_7=3\text{MPa}$ ，同时要求 n 个混合料试件的平均抗压强度 $\bar{R}_n = R_d / (1 - Z C_V)$ ，并采用 $Z = 1.645$ 。也就是要求这种混合料的抗压强度有 95% 概率大于 3MPa，强度小于 3MPa 的概率只有 5%，或这种混合料的缺陷(不合格品)比例只有 5%。

如果对某个质量指标规定的不是低限而是高限 U ，则试验结果应该满足评定标准(2)的要求：

$$\bar{X} + Z_p S \leq U \quad \text{标准(2)}$$

也就是观测试验结果的上波动限应该小于规定的高限。

路基路面的弯沉值检验或测定，通常用上波动限来确定代表弯沉值 l_r ，并使代表弯沉值小于设计弯沉值 l_d (未计季节系数等)，即

$$l_r = \bar{l} = Z_\alpha S \leq l_d$$

对于高速公路的路面，国内外常采用 $Z = 2$ ，此时，将有 97.7% 路面的弯沉值小于 l_r 。只有 2.3% 的路面的弯沉值大于 l_r 。也就是路面的缺陷(或不合格)比例只有 2.3%。

如果对某个质量指标既规定了高限 U ，又规定了低限 L ，而且规定超出 U 的缺陷比例与低于 L 的缺陷比例相等，则观测试验结果的波动上限应该小于 U ，同时其波动下限应该大于 L ，也就是应满足标准(3)的要求(双边)：

$$\begin{aligned} \bar{X} + Z_{P/2} S &\leq U \\ \bar{X} - Z_{P/2} S &\geq L \end{aligned} \quad \text{标准(3)}$$

式中： $Z_{P/2}$ ——正态分布表中与规定概率或缺陷比例有关的分位值。

如果规定超出 U 的比例为 P_1 ，而低于 L 的比例为 P_2 ，则检验结果应该满足标准(4)的要求：

$$\begin{aligned} \bar{X} + Z_{P_1} S &\leq U \\ \bar{X} - Z_{P_2} S &\geq L \end{aligned} \quad \text{标准(4)}$$

例如，我国《沥青路面施工及验收规范》(GB50092)中规定沥青混合料中沥青含量的容许误差为 $\pm 0.5\%$ ，如沥青的设计用量为 6%，则沥青混合料中沥青的容许上限为 $U=6.5\%$ ，容许下限为 $L=5.5\%$ 。规范同时规定 $\bar{X} - 2S \geq L$ ， $\bar{X} + 2S \leq U$ ，也就是沥青含量应有 95.4% 的

概率位于 5.5%~6.5% 之间。沥青含量大于 U 或小于 L 都被认为是不合格的(实际上,大于 U 和小于 L 的沥青含量都各有 2.3%)。

上述从标准(1)到标准(4)的评定方法的精度与总体参数的估计有关。因此,为了有效地使用上述诸标准,需要试件或测点数 n 足够大,以减少总体缺陷估计值的误差。通常要求 $n > 30$ 。如果总体分布偏向于均值的右侧或左侧,则总体缺陷估计中的误差可能导致接收质量较次的产品或拒绝接收质量较好的产品(与由 Z_p 和 L 或 U 确定的要求质量相比)。因此,在采用这种评定标准时,保证指标观测值分布的正态性变得更为重要。

对个数 n 相对小(例如小于 30)的情况,有的学者建议采用 t 公布表中的 t_p 或 $t_{p/2}$ 代替上述 4 个标准中相应的 Z_p 或 $Z_{p/2}$, 即标准(1)到标准(4)将分别变成:

$$\bar{X} + t_p S \leq L \quad \text{标准(1)}$$

$$\bar{X} - t_p S \geq U \quad \text{标准(2)}$$

$$\bar{X} + t_{p/2} S \leq U$$

$$\bar{X} - t_{p/2} S \geq L \quad \text{标准(3)}$$

$$\bar{X} + t_p S \leq U$$

$$\bar{X} - t_p S \geq L \quad \text{标准(4)}$$

如果样本参数能满足上述标准,就接收,否则就拒绝接收。

在上述两类接收标准中,分位值 Z_p 仅与缺陷比例 P 有关, t_p 则与 P 和 n 有关。在有的文章中称这两个值为接收常数或标准差的乘数。

标准(1)~(4)中的 t_p 值(P 不变时)随 n 的增大而减小,并逐渐与 Z_p 值接近。当 $n > 30$ 后, t_p 值与 Z_p 值之差就不很明显了。也就是观测试验个数愈多,接收常数愈小(同一概率情况下, n 愈大 t_p 值愈小,直到与 Z_p 值相等)。

3. 平均值的置信区间

实际抽样检验或制备试件进行某种试验的个数 n 总是有限的,因此,一次抽样检验所得的均值不会等于真值,在同一总体中重新抽取 k 次样本所得的 k 个均值,相互间都会有一定的差异。试验和理论都已证明,样本均值的频度分布曲线为对称的钟形曲线,也按正态分布或 t 分布。一次抽样检验的样本均值会以一定的概率在某一范围内变化,或者说,根据此均值可以给出两个界限,使此两界限以一定的概率包括真值在内。这两个界限所包括的值的范围称为平均值的置信区间。平均值的置信区间有双边的也有单边的。

(1) 双边置信区间

双边置信区间用公式(6)计算:

$$\bar{X} - t_{\alpha/2} S / \sqrt{n} \leq \mu \leq \bar{X} + t_{\alpha/2} S / \sqrt{n} \quad (6)$$

式中: S / \sqrt{n} ——算术平均值的标准差,或称标准误差;

$t_{\alpha/2}$ —— t 分布表中与观测个数 n 和置信度有关的分位值。

式(6)的左侧限定双边置信区间的下限,可简称置信下限;右侧限定双边置信区间的上限,简称置信上限。

(2) 单边置信区间(参看注)

$$\text{限制下限时, } \mu > \bar{X} - t_{\alpha/2} S / \sqrt{n} \quad (7)$$

式(7)右侧可称下置信限。

$$\text{限制上限时, } \mu > \bar{X} + t_{\alpha/2} S / \sqrt{n} \quad (8)$$

注：指标准差未知情况。如已知标准差或 n 大，在式(6)~式(8)中用 $Z_{\alpha/2}$ 或 Z_{α} 代替 $t_{\alpha/2}$ 或 t_{α} 。

如果对某项指标只要求其均值符合规定的标准(此时指标的各观测值会有 50% 大于均值和 50% 小于均值)，则也有以下两种情况：

要求限制的是平均值的低值 L_X ，此时

$$\bar{X} - t_{\alpha/2} S / \sqrt{n} \geq L_X \quad \text{标准(5)}$$

也就是观测试验结果平均值的下置信限应该大于规定的平均值下限。

在本规范中，对压实度的检验就采用了标准(5)的评定方法。例如，规定路基的压实度为 95%，对压实度检验 n 次后，如统计结果满足 $\bar{X} - t_{\alpha/2} S / \sqrt{n} \geq 95\%$ ，则压实度就可判为合格，否则就不合格。

要求限制的是平均值的高值 U_X ，此时

$$\bar{X} + t_{\alpha/2} S / \sqrt{n} \leq U_X \quad \text{标准(6)}$$

如果对某项指标要求检验其均值(或把设计标准作为均值)，并规定一个接收低限 LL 和一个接收高限 UL，在此情况下，评定方法应以标准(7)为基础：

$$LL \leq \bar{X} \leq UL$$

$$\text{或} \quad \bar{X} - t_{\alpha/2} S / \sqrt{n} \geq LL$$

$$\bar{X} + t_{\alpha/2} S / \sqrt{n} \leq UL \quad \text{标准(7)}$$

在此我们可以看到，在采用平均值的置信限评定检验结果时，仍会有 20%~40% 的单个检验值小于规定的低限或大于规定的高限，也就是缺陷比例仍可达 20%~40%。

以标准(6)为例，如 $n=9$ ， $\alpha=0.05$ 时， $t_{\alpha}=1.860$ ， $t_{\alpha} / \sqrt{n}=0.62$ ，标准(6)的左侧就变为 $\bar{X} + 0.62S$ ，此式相当于上波动限(标准(2))，按正态分布表，系数 0.62 相应的概率为 0.7324，即超出此波动限的单个检验值将达 26.76%。 $\alpha=0.05$ ，不同 n 时，单个检验值超过此界限的百分率如下：

n	6	9	12	16	20	25	40
$t_{0.05} / \sqrt{n}$	0.823	0.620	0.518	0.438	0.387	0.342	0.263
相应概率	0.7947	0.7324	0.6978	0.6693	0.6506	0.6338	0.6037
超出百分率(%)	20.53	26.76	30.22	33.07	34.94	36.62	39.63

如用 $\alpha=0.10$ ，则超出百分率将更大。

本规范对压实度检验，采用观测值的下置信限(标准(5))作为衡量标准，实际上是采用平均值来衡量。

为什么采用平均值而不用单个观测值来衡量呢?有的国家曾采用单个观测值衡量,我国前《公路工程质量检验评定标准》也是采用单个观测值衡量的,而且不允许出现小于规定值的观测值,一旦出现一个,即认为是不合格。也就是采用观测值的下波动限衡量(标准(1)),而且要采用相当于3倍标准差的概率,即 $\bar{X} - 3S$ 大于等于规定值。因为只有在此时,才能说不会有小于规定值的观测值。根据实际观测,施工质量好的路基压实度的偏差系数 C_V ,约3%,一般 C_V 为4%,有时甚至超过5%。标准(1)可变换为式(9):

$$\bar{X}(1 - Z_{\alpha} C_V) = \text{规定值} \quad (9)$$

如采用 $Z_{\alpha}=2$, $C_V=0.04$ 和压实度规定值置 $K_d=93\%$,则

$$\bar{X} = 93\%(1 - 2 \times 0.04)$$

$$\bar{X} = 101.1\%$$

也就是说,如平均压实度达到101.1%,则观测值大于93%的概率是97.7%,此时观测值还有2.3%的可能性小于93%,或还可能有2.3%的观测值小于95%。如果检查时恰巧碰上一个小于93%的点,则就会被判为压实度不合格。要想不会碰到小于93%的点,则就要用 $Z_{\alpha}=3$,此时

$$\bar{X} = 93\%(1 - 3 \times 0.04)$$

$$\bar{X} = 105.7\%$$

也就是说,只有压实度的平均值达到105.7%,才能保证路段上不会有小于93%的值。

如 $K_d=95\%$,则 \bar{X} 要大于或等于108.0%,才能保证路段上不会有小于95%的值。

以上是 $C_V=4\%$ 的情况。如路基施工质量不大好, $C_V=5\%$,则 $K_d=93\%$ 时相当于 $Z_{\alpha}=2$ 的 $\bar{X} = 103.3\%$,相当于 $Z_{\alpha}=3$ 的 $\bar{X} = 109.5\%$ 。显然,要求平均压实度达到这样高是不可能的。例如,前苏联一干线公路施工中得出压实度的平均值为95.5%~98.9%,最大标准差4.2%~6.0%,约有40%~50%的测点不符合技术规范的要求。根据前民主德国1972年的公路调查资料,整理得路基压实度的统计特性列在附表9-1中。

附表 9-1 前民主德国路基压实度的统计特性

K_d (%)	实际观测值					
	N	\bar{X} (%)	S (%)	范围 (%)	C_V (%)	满足要求的试验点 (%)
100	64	99.0	1.33	7	1.34	25

应该说,附表9-1中相应的路基施工质量是较好的,因为它的偏差系数只有1.34%。

又如,1980年交通部公路科学研究所与广西玉林公路总段合作铺筑的一段2m高的试验路堤,施工时分10层施工,每层20cm,在施工过程中分层检查了压实度,现将上部6层的检验结果列在附表9-2中。

附表 9-2 玉林试验路堤的压实度统计特性

特 性 \ 深 度 (cm)	0~15	15~30	30~50	50~70	70~90	90~110	合计
n	20	41	26	21	39	15	162
\bar{K} (%)	94.75	93.66	93.65	93.57	93.38	95.60	93.93
S (%)	3.68	2.88	4.10	2.87	3.02	5.07	3.48
C_v (%)	3.89	3.07	4.38	3.07	3.24	5.30	3.70
范围 (%)	87~100	87~101	86~109	86~98	87~98	88~102	86~102
下置信限 (%)	93.58	92.90	92.28	92.49	92.56	93.29	93.46

该段路堤竣工后，用后轴重 100kN 的黄河车测得平均回弹弯沉值为 0.77mm，97.7% 概率的代表弯沉值为 1.02mm。用直径 304mm 承载板测得的回弹模量平均值高达 127MPa。应该说，这段路基的压实结果是满意的。但从附表 9-2 中可以看到，该段各层压实度的平均值是 93.38%~95.60%。综合在一起看，162 个观测值的平均值为 93.93%，下置信限为 93.46%，达到要求压实度 93% 的要求。在这 162 个测点中压实度小于 90% 的测点有 14 个，其中 89% 的点 6 个，88% 的点 2 个，87% 的点 4 个，86% 的点 2 个。按表中值推算，小于 93% 的测点应占 40.07%，实际检查得 92% 以下的点占 34.6%。可以说，数理统计的推断结果与实际检查结果很接近。

为什么不直接用平均值衡量而要用平均值的单边下置信限衡量呢？由于每次检验不可能测很多点，一人根据少数测点算得的平均值与另一人再去检验一些点算得的平均值不可能相同。如施工单位检验得的平均值合格，监理单位检验得的平均值不合格，就会产生矛盾，发生问题。而发生这种问题的可能性达 50%。为了避免产生这种矛盾，本规范采用平均值的下置信限衡量。如采用 95% 的置信水平，则不管谁来检测，所得的平均值将有 95% 的概率在所定下置信限之上，发生矛盾的可能性最多只有 5%。

9.4.4 多条高速公路的实践证明，质量符合要求的水泥碎(砾)石基层养生 3d 后，无论用进口或国产路面钻机都能取出完整的钻件。

通过对多条已通车高速公路沥青路面的调查表明，面层的局部网裂、形变，甚至坑洞常与基层不成整体有关。检查基层整体性的最好办法是取钻件