

吉林省工程建设地方标准

城镇道路水泥稳定碎石基层
技术标准

Technical standard of cement stability crushed stone base
for urban roads

DB22/T 50xx-2023

主编部门：吉林省建设标准化管理办公室

批准部门：吉林省住房和城乡建设厅

吉林省市场监督管理厅

施行日期：2023年xx月xx日

2023·长春

前 言

根据吉林省住房和城乡建设厅《关于下达〈2022 年全省工程建设地方标准制定（修订）计划（二）〉的通知》（吉建设〔2022〕8 号）的要求，编制组会同有关单位，经过调查研究、理论分析，总结实践经验，依据国家相关标准，结合我省具体情况，制定本标准。

本标准的主要内容：1 总则；2 术语和符号；3 基本规定；4 材料；5 设计；6 施工；7 质量检查及验收。

本标准由吉林省建设标准化管理办公室负责管理，具体技术内容的解释由长春建业集团股份有限公司负责。

本标准在执行过程中，请各单位注意积累资料，总结经验，随时将发现的问题和建议反馈给吉林省建设标准化管理办公室（地址：长春市宽城区贵阳街 287 号建设大厦，邮编：130051，Email：jljsbz@126.com），供以后修订时参考。

本标准主编单位：长春建业集团股份有限公司

本标准参编单位：哈尔滨工业大学

长春建业工程试验检测有限责任公司

本标准主要起草人员：孙志伟 王 龙 姜凤霞 解晓光

陈 昭 陈世达 赵光涛 钱成会

金玉佳 范兴辉 张大盈 刘 畅

郭立东 魏利德 徐小兵 徐瑞博

邹丽丽 唐似秘 郑 帅

本标准主要审查人员：周 毅 陶乐然 马根华 崔玉磊

安曙浩 栾 海 刘忠根

目次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	4
3	基本规定	5
4	材料	6
4.1	一般规定	6
4.2	水泥	6
4.3	水	6
4.4	粗集料	7
4.5	细集料	9
4.6	集料分档	9
5	设计	11
5.1	一般规定	11
5.2	结构组合	11
5.3	级配范围	12
5.4	设计强度	13
5.5	目标配合比	14
5.6	性能验证	16
5.7	生产配合比与生产控制参数	17
6	施工	19
6.1	一般规定	19
6.2	试验路段	20
6.3	混合料生产	22
6.4	混合料运输	23
6.5	混合料摊铺	24
6.6	混合料碾压	25
6.7	局部路段人工摊铺	27
6.8	层间处理	28

6.9	拥包与裂缝的处理.....	29
6.10	养生.....	29
6.11	交通管制.....	30
7	质量检查及验收.....	31
7.1	一般规定.....	31
7.2	质量检查.....	31
7.3	质量验收.....	34
附录 A	水泥稳定碎石室内振动拌和试验方法.....	36
附录 B	水泥稳定碎石压实标准的确定（振动法）.....	39
附录 C	水泥稳定碎石级配离析性能试验与评价方法.....	43
附录 D	水泥稳定碎石圆柱形试件振动成型法.....	46
附录 E	水泥稳定碎石压实质量无损检测与评价方法.....	50
附录 F	水泥稳定碎石板体刚度均匀性无损检测与评价方法 ...	54
	本标准用词说明.....	57
	引用标准名录.....	58
	附：条文说明.....	59

1 总则

1.0.1 为适应城镇道路建设需求，提高道路的使用寿命，统一水泥稳定碎石基层技术要求，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于新建、改建及养护的各等级城镇道路水泥稳定碎石基层的设计、施工及验收。

1.0.3 水泥稳定碎石基层的设计、施工及验收，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 粗集料 coarse aggregate

粗集料是指粒径不小于 4.75mm 的颗粒料，包括碎石、砾石、矿渣和固废材料等。

2.1.2 细集料 fine aggregate

细集料是指粒径小于 4.75mm 的颗粒料，包括石屑、机制砂和天然砂等。

2.1.3 石屑 screenings

采石场加工碎石时通过最小筛孔（通常为 2.36mm 或 4.75mm）的筛下部分。

2.1.4 水泥稳定碎石基层 cement stabilized crushed stone base

以水泥为结合料通过加水与碎石共同拌和形成的混合料，并采用适当的机械摊铺在沥青面层以下路基顶层以上，碾压成型的道路承重层。

2.1.5 静压法配合比设计 mix ratio design by static pressure method

采用重型击实法确定压实标准和静压法成型无侧限强度试件的水泥稳定碎石的设计方法。

2.1.6 振动法配合比设计 mix ratio design by vibration method

采用振动拌和混合料、振动压实确定压实标准和振动成型无侧限强度试件的水泥稳定碎石的设计方法。

2.1.7 水泥剂量 cement dose

水泥质量占全部被稳定材料质量（不包含水泥质量）的百分率。

2.1.8 设计水泥剂量 design cement dose

所建项目设计文件中要求水泥稳定碎石基层材料参加的水泥剂量。

2.1.9 施工控制水泥剂量 construction control cement dose

综合考虑满足目标配合比、性能验证、生产配合比设计技术要求的最佳剂量和施工损耗后确定的实际参加水泥剂量。

2.1.10 压实度 degree of compaction

基层材料压实后的干密度与室内试验标准最大干密度之比，以百分率表示。

2.1.11 离析系数 segregation coefficient

混合料离析试验中集料堆积直径与堆积高度的比值，以参数 L 表示。

2.1.12 干缩系数 coefficient of shrinkage

水泥稳定碎石规定龄期梁形试件失水收缩应变与失水率的比值，即单位失水率下的干缩应变。

2.1.13 冻融残留抗压强度比 residual compressive strength ratio

水泥稳定碎石冻融循环后的抗压强度与未冻融的标准抗压强度的比值，以百分率表示。

2.1.14 变形模量 modulus of deformation

通过现场载荷试验求得的压缩性指标，即在部分侧限条件下，其应力增量与相应的应变增量的比值，缩略语为 E_{vd} 。

2.1.15 强度容许延迟时间 strength permitted delay time

在满足设计强度标准下，水泥稳定碎石拌和后至碾压成型前所容许的最大时间间隔。

2.1.16 碾压遍数 roller compaction times

压路机沿相同或相近轮迹往返各 1 次，称为碾压 1 遍，并以此方式计算的碾压次数。

2.1.17 施工容许延迟时间 construction permitted delay time

取水泥的初凝时间和强度容许时间的最小值。

2.2 符号

- K ——压实度；
 w_{opt} ——最佳含水量；
 ρ_{max} ——混合料最大干密度；
PFWD——便携式落锤弯沉仪；
 E_{vd} ——变形模量；
 P ——冲刷质量损失率；
BDR——冻融残留抗压强度比；
 a_{d} ——干缩系数；
 q_{d} ——设计水泥剂量；
 q_{opt} ——满足设计强度要求的水泥剂量；
 q_{ctr} ——施工控制水泥剂量；
 R_{d} ——无侧限抗压强度标准值；
 R_{d}^0 ——无侧限抗压强度代表值；
 σ ——标准差。

3 基本规定

3.0.1 城镇道路等级应按道路在道路网中的地位、交通功能以及对沿线的服务功能等分为快速路、主干路、次干路和支路四个等级。

3.0.2 城镇道路路面结构承载层,应采用基层和底基层双层结构组合设计。

3.0.3 基层、底基层的材料类型和结构组合,需根据区域内材料供应情况、交通量、荷载预测结果和结构验算确定。

3.0.4 基层、底基层使用的各种材料运至现场后应取样进行质量检验,经检验合格后方可使用,不得以供应商提供的检测报告代替现场检测。

3.0.5 集料粒径规格控制应采用方孔筛。不同料源、品种、规格的集料应分别堆放。

3.0.6 水泥稳定碎石基层、底基层混合料的配合比设计应按照原材料检验、目标配合比、性能验证、生产配合比和施工参数确定五部分内容进行。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 原材料生产厂家的资质、生产能力和品控体系应满足现行行业标准的有关规定。

4.1.2 在原材料质量评定中,应随机选取具有足够数量的样本进行材料试验。

4.2 水泥

4.2.1 应采用普通硅酸盐水泥、硅酸盐水泥,不得使用快硬、早强以及受潮结块的水泥。

4.2.2 水泥强度等级宜为 42.5,初凝时间不应小于 3h,终凝时间不应小于 6h,且不应大于 10h。

4.2.3 在确定水泥料源时,应对水泥的质量进行检测,采用散装水泥时,水泥的出炉天数应大于 7d,且各项技术指标合格后方可使用。

4.2.4 夏季作业时,水泥的温度不应高于 50℃。

4.2.5 水泥的主要技术指标应符合表 4.2.5 的规定。

表 4.2.5 水泥的技术要求

强度等级	细度 (%)	比表面积 (m ² /kg)	安定性	抗折强度(MPa)		抗压强度(MPa)	
				3d	28d	3d	28d
42.5	≤10	≥300	合格	≥3.5	≥6.5	≥17	≥42.5
试验方法	T0502	T0504	T0505	T0506			

4.3 水

4.3.1 基层、底基层材料拌和、养生用水应符合现行行业标准《生活饮用水卫生标准》GB 5749 的规定。

4.3.2 使用非饮用水进行拌和和养生时,应进行水质检验,其技术

指标应符合表 4.3.2 的规定。

表 4.3.2 非饮用水技术要求

项次	项目	技术要求	试验方法
1	PH 值	≥ 4.5	JGJ 63
2	Cl ⁻ 含量 (mg/L)	≤ 3500	
3	SO ₄ ²⁻ 含量 (mg/L)	≤ 2700	
4	碱含量 (mg/L)	≤ 1500	
5	可溶物含量 (mg/L)	≤ 10000	
6	不溶物含量 (mg/L)	≤ 5000	
7	其他杂质	不应有漂浮的油脂和泡沫及明显的颜色和异味	

4.3.3 未经处理检测达标的工业废水、污水和沼泽水不得使用。

4.4 粗集料

4.4.1 水泥稳定碎石粗集料应采用硬质石料轧制，母岩抗压强度不应小于 80MPa，表观密度不应小于 2500kg/m³；当采用石灰岩时，母岩的抗压强度可适当降低，但不应小于 60MPa。

4.4.2 用于破碎的原石粒径不应小于破碎后碎石公称最大粒径的 3 倍，碎石中不应有土块、植物等杂质。

4.4.3 对快速路和主干路基层用碎石，粗集料破碎的二破工艺应采用反击或圆锥式破碎设备加工，并宜配备除尘系统，颗粒形状应具有棱角。

4.4.4 粗集料的技术指标应符合表 4.4.4 要求。

表 4.4.4 粗集料技术要求

指标	层位	快速路、 主干路	次干路、 支路	试验方法
表观相对密度	基层、底基层	≥2.50	≥2.50	T0304/T0308
压碎值 (%)	基层	≤26	≤28	T 0316
	底基层	≤28	≤32	
针片状含量 (%)	基层	≤16	≤22	T 0312
	底基层	≤20	≤24	
粉尘含量 (%)	基层	≤1.5	≤2.5	T 0310
	底基层	≤2.0	≤3.0	
软石含量 (%)	基层	≤2	≤5	T 0320
	底基层	≤3	≤7	

注：试验方法见现行行业标准《公路工程集料试验规程》JTG E42。

4.4.5 粗集料应采用不少于 3 个等级公称粒径各料。推荐分级为 5mm~10mm、10mm~20mm、20mm~30mm 三种规格，各规格集料宜出自同一石场。粗集料各档规格应符合表 4.4.5 的要求。

表 4.4.5 粗集料规格要求

规格名称	工程 粒径 (mm)	通过下列筛孔的质量百分率 (%)								公称 粒径 (mm)
		37.5	31.5	26.5	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	
G1	20~30	100	90~100	—	0~10	0~5	—	—	—	19~31.5
G2	20~25	—	100	90~100	0~10	0~5	—	—	—	19~26.5
G3	15~25	—	100	90~100	—	0~10	0~5	—	—	13.2~26.5
G4	15~20	—	—	100	90~100	0~10	0~5	—	—	13.2~19
G5	10~20	—	—	100	90~100	—	0~10	0~5	—	9.5~19
G6	10~15	—	—	—	100	90~100	0~10	0~5	—	9.5~13.2
G7	5~15	—	—	—	100	90~100	40~70	0~10	0~5	4.75~13.2
G8	5~10	—	—	—	—	100	90~100	0~10	0~5	4.75~9.5

4.4.6 快速路和主干路基层的粗集料宜采用单一粒径的规格料，以满足控制级配变异的要求。

4.5 细集料

4.5.1 水泥稳定碎石细集料可采用石屑或机制砂，快速路和主干路基层宜采用石灰岩加工的细集料。

4.5.2 细集料应洁净、干燥、无风化、无杂质。技术要求应满足表 4.5.2 的要求。

表 4.5.2 细集料技术要求

项目	级配	表观 相对密度	塑性 指数	有机质 含量	硫酸盐 含量	砂当量
技术要求	满足设计要求	≥2.500	≤15%	≤2%	≤0.25%	≥55%
试验方法	T0327	T0328	T0118	T0336	T0341	T0334

注：1 塑性指数为不大于 0.075mm 颗粒的塑性指数；

2 试验方法应按现行行业标准《公路工程集料试验规程》JTG E42 执行。

4.5.3 细集料宜采用 3mm~5mm 和 0mm~3mm 两档备料，当条件不具备时，可采用 0mm~5mm 一档备料，规格满足表 4.5.3 的要求。

表 4.5.3 细集料规格要求

规格	工程粒 径 (mm)	下列筛孔 (mm) 的通过率 (%)					
		9.5	4.75	2.36	1.18	0.3	0.075
XG1	3~5	100	90~100	0~15	0~5	—	—
XG2	0~3	—	100	90~100	—	15~40	5~15
XG3	0~5	100	90~100	60~90	—	15~30	5~20

4.6 集料分档

4.6.1 用于快速路和主干路的基层和底基层的混合料，应由不少于 4 种规格的集料掺配而成。

4.6.2 基层、底基层集料分档应按表 4.6.2 的技术要求。

表 4.6.2 集料分档要求

层位	快速路	主干路	次干路和支路
基层	≥ 5	≥ 4	≥ 4
底基层	≥ 4	≥ 4	≥ 3

注：快速路和主干路水泥稳定碎石的细集料应分两档备料，分别满足XG1和XG2细集料级配要求。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 水泥稳定碎石的结构组合设计不仅要考虑力学性能,还要考虑摊铺碾压的工艺,减少层间联接、养生次数和提高施工效率。

5.1.2 水泥稳定碎石配合比设计应按城镇道路等级,选择技术、经济合理的级配类型。

5.2 结构组合

5.2.1 当水泥稳定碎石基层采用大厚度摊铺时,不同道路等级的结构组合可按表 5.2.1 选用,单层最大压实厚度不应大于 350mm。

表 5.2.1 水泥稳定碎石基层、底基层结构组合

道路等级	快速路	主干路	次干路	支路
基层 (mm)	350~250	300~200	300~200	250~150
底基层(mm)	300~200	300~200	250~150	200~150

5.2.2 当水泥稳定碎石基层采用常规摊铺时,不同道路等级的结构组合可按表 5.2.2 选用,单层最大压实厚度不宜超过 200mm。

表 5.2.2 水泥稳定碎石基层、底基层结构组合

道路等级	快速路	主干路	次干路	支路
基层(mm)	450~250	400~200	350~200	300~200
底基层(mm)	200~150	200~150	200~150	200~150

5.2.3 城镇道路水泥稳定碎石基层,以层底拉应力为指标,验算各层疲劳开裂寿命,验算结果应满足要求。验算方法应按现行行业标准《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 的相关规定执行。

5.2.4 本标准未规定的设计指标与结构设计方法,应按现行行业标准《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 的相关规定执行。

5.3 级配范围

5.3.1 水泥稳定碎石基层、底基层混合料宜采用同一级配，当条件不容许时，也可采用不同级配。

5.3.2 在施工过程中，材料规格、品质和结合料品种发生变化时，应重新进行材料组成设计。

5.3.3 快速路、主干路水泥稳定碎石最大粒径为 31.5mm，公称最大粒径为 26.5mm；次干路、支路水泥稳定碎石最大粒径为 37.5mm，公称最大粒径为 31.5mm，级配范围应符合表 5.3.3 的要求。

表 5.3.3 水泥稳定碎石推荐级配范围

筛孔尺寸 (mm)	快速路、主干路		次干路、支路	
	基层 (%)	底基层 (%)	基层 (%)	底基层 (%)
	C-S-1	C-S-2	C-S-3	C-S-4
37.5	100	100	100	100
31.5	100	100	100	90~100
26.5	90~100	90~100	95~100	-
19	82~86	72~89	83~98	67~90
16	73~79	-	72~92	-
13.2	65~72	-	61~83	-
9.5	53~62	47~67	47~71	45~68
4.75	35~45	29~49	30~50	29~50
2.36	22~31	17~35	17~36	18~38
1.18	13~22	-	10~26	-
0.6	8~15	8~22	7~19	8~22
0.3	5~10	-	5~14	-
0.15	3~7	-	3~10	-
0.075	2~5	0~7	2~7	0~7

5.4 设计强度

5.4.1 水泥稳定碎石的强度宜采取控制原材料品质、优化级配设计和优化设计方法等提升措施，不宜把增加水泥剂量作为提高强度唯一措施。

5.4.2 快速路、主干路基层配合比宜采用振动法，当条件不具备时也可采用静压法。

5.4.3 室内振动拌和试验方法见本标准附录 A，振动压实的方法见附录 B，振动成型无侧限强度试件的方法见本标准附录 D。

5.4.4 次干路和支路基层配合比宜采用静压法，具体试验方法应按现行行业标准《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG E51 执行。

5.4.5 无侧限抗压强度试验试件的径高比应为 1:1，试件的直径和高度均为 150mm；试件高度误差控制在-1.0mm~2.0mm。

5.4.6 采用静压法和振动法配合比设计时，7d 无侧限抗压强度 R_d 应满足表 5.4.6 的规定。

表 5.4.6 7d 龄期无侧限抗压强度标准

设计方法	结构层	快速路、主干路		次干路		支路	
		压实度 (%)	抗压强度 (MPa)	压实度 (%)	抗压强度 (MPa)	压实度 (%)	抗压强度 (MPa)
静压法	基层	≥98	5.0~7.0	≥98	4.0~6.0	≥97	3.0~5.0
	底基层	≥97	4.0~6.0	≥97	3.5~5.0	≥96	3.0~4.0
振动法	基层	≥98	5.5~7.5	≥98	4.5~6.5	≥97	3.5~5.5
	底基层	≥97	4.5~6.5	≥97	4.0~5.5	≥96	3.5~4.5

5.4.7 强度试验时，平行试件的最少数量应符合表 5.4.7 的规定，强度的变异系数大于表中规定值时，应重新试验或增加试件数量。

表 5.4.7 平行试件的最少试件数量

材料类型	变异系数要求		
	≤10%	10%~15%	15%~20%
中粒材料	6	9	13
粗粒材料	-	9	13

5.4.8 应根据强度试验结果，抗压强度代表值 R_d^0 按式 5.4.8 计算。

$$R_d^0 = \bar{R} * (1 - Z_a C_v) \quad (5.4.8)$$

式中：

R_d^0 ——7d无侧限抗压强度代表值，MPa；

\bar{R} ——抗压强度平均值，MPa；

Z_a ——标准正态分布表中随保证率或置信度 a 而变的系数，快速路、主干路，取保证率95%， $Z_a=1.645$ ；次干路、支路，取保证率90%， $Z_a=1.282$ ；

C_v ——强度变异系数，%。

5.4.9 强度数据处理时，宜按 3σ 原则剔除异常数据，且同一组试验样本异常值不应多于 2 个。

5.4.10 强度代表值 R_d^0 应不小于强度标准值 R_d ，强度判别满足公式 5.4.10 要求，当不满足要求时，应重新进行配合比设计。

$$R_d^0 \geq R_d \quad (5.4.10)$$

5.5 目标配合比

5.5.1 应根据当地的材料特点、城镇道路等级和结构层位，选定合适的目标级配。

5.5.2 对各档材料进行多次筛分，典型取样不少于 5 组，确定平均筛分曲线，应根据目标级配，确定各档料的比例。

5.5.3 应根据设计水泥剂量 q_d ，选择不少于 3 个水泥剂量进行强度试验，水泥剂量宜为 q_d 和 $q_d \pm 1\%$ 。

5.5.4 每种水泥剂量下的混合料，应在五种含水量下确定压实标准，且最佳含水量 w_{opt} 应处于试验含水量中间值附近。

5.5.5 应根据试验确定的最佳含水量、最大干密度和压实度要求，成型标准试件，验证不同结合料剂量条件下的混合料强度性能，确定满足设计强度要求的水泥剂量 q_{opt} 。

5.5.6 配合比设计试验推荐水泥剂量和含水量范围如表 5.5.6 所示。

表 5.5.6 推荐水泥剂量和含水量范围

结构层	推荐试验水泥剂量 (%)	推荐试验含水量 (%)
基层、底基层	q_{d-1}	2.5、3.0、4.0、5.0、6.0、6.5
	q_d	3.0、3.5、4.5、5.5、6.5、7.0
	q_{d+1}	3.5、4.0、5.0、6.0、7.0、7.5

5.5.7 应根据结构层位压实度要求和最佳含水量、最大干密度，制作无侧限抗压强度试件，标准养生后测定并计算 7d 无侧限抗压强度代表值，依据本标准式 5.4.10 计算，确定满足设计强度要求的水泥剂量 q_{opt} 。

5.5.8 应根据满足设计强度要求的水泥剂量 q_{opt} ，考虑功能需求和生产方式，确定施工控制水泥剂量 q_{ctr} 。

5.5.9 施工控制水泥剂量 q_{ctr} 应处于表 5.5.9 水泥剂量范围之内，当小于最小值时，需上调到最小值，当水泥剂量大于最大值时，应重新调整混合料级配，重新设计。

表 5.5.9 水泥剂量范围

结构层	快速路、主干路		次干路		支路	
	最小剂量 (%)	最大剂量 (%)	最小剂量 (%)	最大剂量 (%)	最小剂量 (%)	最大剂量 (%)
基层	4.5	6.0	4.0	5.5	4.0	5.0
底基层	4.0	5.5	4.0	5.0	4.0	4.5

5.5.10 水泥稳定碎石混合料设计完成后，宜进行离析试验，离析系数测定试验方法见附录 C。离析系数 L 应满足表 5.5.10 的要求。

表 5.5.10 水泥稳定碎石离析系数要求

道路等级	快速路、主干路	次干路	支路
离析系数 L	≤ 2.6	≤ 2.8	≤ 3.0

注：当离析系数不满足要求时，可以通过增加石屑中粉料的含量或掺加适量的粉煤灰进行改善。

5.5.11 其他技术要求应符合现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 的规定。

5.6 性能验证

5.6.1 对于快速路和主干路，水泥稳定碎石配合比设计完成后，宜进行功能性验证，其他等级道路可进行功能性验证。当不满足技术要求时，重新进行配合比设计。

5.6.2 配合比功能性验证包括抗冻性能、干缩性能和抗冲刷性能的验证。

5.6.3 不同道路等级的冻融循环后的残留抗压强度比 BDR 应符合表 5.6.3 的规定。

表 5.6.3 不同道路等级抗冻性能要求

道路等级	快速路和主干路	次干路和支路
BDR (%)	≥ 75	≥ 70
试验方法	T0858	

5.6.4 不同道路等级的干缩试验干缩系数应符合表 5.6.4 的规定。

表 5.6.4 不同道路等级干缩系数要求

道路等级	快速路和主干路	次干路和支路
a_d ($\times 10^{-6}$)	≤ 300	≤ 400
试验方法	T0854	

5.6.5 不同道路等级的 7d 龄抗冲刷的质量损失率 P 应符合表 5.6.5 的规定。

表 5.6.5 不同道路等级抗冲刷质量损失率要求

道路等级	快速路和主干路	次干路和支路
质量损失率 P (%)	≤ 1.0	≤ 2.0
试验方法	T0860	

5.6.6 当配合比的强度和功能性指标均满足要求时，确定集料比例、施工控制水泥剂量 q_{ctr} 、压实度 K 、最大干密度 ρ_{max} 和最佳含水量 w_{opt} 作为目标配合比的设计结果。

5.7 生产配合比与生产控制参数

5.7.1 应根据目标配合比确定的各档材料比例,对生产拌和设备进行调试和标定,确定生产配合比和生产控制参数。

5.7.2 生产拌和设备的调试和标定包括料斗出料精度标定、结合料剂量精度标定和加水量精度标定等内容,各项计量装置应满足精度要求,并进行计量检定和校准。

5.7.3 生产配合比设计包含集料出料参数、级配、压实标准和强度验证等内容,并应符合以下规定:

1 集料生产比例确定:应根据各档集料的比例,设定相应的拌和机出料参数,单档走料 5min,称重并剔除含水量的影响,计算各档集料的比例,与目标配合比的相对误差应控制在 $\pm 3\%$ 以内,否则需调整出料参数;

2 混合料级配验证:按确定好的出料参数,全档出料(不加水泥和水),取三个代表试样进行筛分试验,级配曲线应满足级配范围要求;

3 生产压实标准确定:按确定好的出料参数,全档出料(不加水泥和水),取代表试样,按目标配合比的最佳含水量和水泥剂量配制混合料,进行压实标准试验,确定施工控制的最大干密度;

4 生产水泥剂量的确定:生产过程中的水泥剂量应考虑强度性能、功能性需求和取芯质量要求综合确定,且不宜小于设计水泥剂量 $+0.5\%$;

5 生产含水量的确定:以配合比设计的最佳含水量为依据,应根据施工过程中的气候条件,动态调整拌和含水量,增加的幅度 $0.5\% \sim 1.5\%$;

6 抗压强度验证:采用拌和站按比例拌和的集料(不加水泥和水),取代表试样,按目标最佳含水量、生产控制最大干密度和压实度要求,进行 7d 无侧限抗压强度试验,强度代表值应满足设计要求。

5.7.4 生产控制参数包括混合料施工容许延迟时间和水泥剂量标定曲线的绘制等内容,并应符合以下规定:

1 强度容许延迟时间的确定:采用生产配合比,按施工压实度要求,进行不同成型时间间隔的混合料强度试验,绘制强度代表值与延迟时间的关系曲线,应根据设计强度,确定强度容许延迟时

间；延迟的成型时间宜为 1h、2h、3h 和 4h；

2 施工容许延迟时间：施工容许延迟时间取水泥的初凝时间和强度容许时间的最小值；

3 标定曲线绘制：在拌和站取 5 个代表性混合料试样（不加水泥和水），在实验室添加 5 种水泥剂量，通过滴定试验，绘制不少于 5 个点的水泥剂量的标定曲线；

4 滴定标准曲线见证：标准曲线需经监理部门的见证并同意后，方可使用。

5.7.5 生产配合比和生产控制参数确定后不容许随意更改，当设备发生更替或生产条件发生变化时，需重新确定生产配合比和生产控制参数。

6 施工

6.1 一般规定

6.1.1 施工前，施工单位应编制施工方案，并进行技术交底和现场调查。

6.1.2 水泥稳定碎石基层施工前，应对下承层（路床）进行验收，其质量应满足相应技术要求。

6.1.3 应根据道路等级，应按表 6.1.3 选择基层（底基层）材料的施工措施，对于边角部位的施工，可采用推土机和平地机联合作业的方式摊铺，并与主线同步碾压成型。

表 6.1.3 施工工艺选择表

材料类型	道路等级	结构层位	成型方法	
			推荐	可选择
水泥稳定碎石	快速路、主干路	基层	摊铺机、大厚度	摊铺机、常规
		底基层	摊铺机、大厚度	摊铺机、常规
	次干路、支路	基层	摊铺机、常规	摊铺机、大厚度
		底基层	摊铺机、常规	摊铺机、大厚度

6.1.4 水泥稳定碎石基层路幅宽度小于 12m 时，宜采用全幅摊铺；路幅宽度大于 12m 时，应分幅或双机摊铺作业，合理的作业段长度应考虑以下因素确定：

- 1 施工机械和运输车队的生产效率和数量；
- 2 施工人员数量及操作熟练程度；
- 3 施工季节和气候条件；
- 4 施工容许延迟时间；
- 5 减少施工接缝数量。

6.1.5 水泥稳定碎石基层宜在水泥初凝前摊铺碾压成型，施工控制

时间不应超过施工容许延迟时间。

6.1.6 水泥稳定碎石基层碾压作业前应探明地下管线的分布，避免因碾压作业对地下管线造成破坏。

6.1.7 水泥稳定碎石基层的施工宜选择适宜的气候环境，针对当地气候特征制定相应的处置预案，并应符合下列规定：

1 宜在气温较高的季节组织施工，施工期的日最低气温应在 5°C 以上，应在第一次重冰冻到来 $15\text{d}\sim 30\text{d}$ 前完成施工；

2 水泥稳定碎石基层不应在雨天施工，若施工过程中遇雨，后场立即停止出料，途中运输车辆应采取有效的防雨措施，前场应立即停止摊铺，完成碾压封水。

6.2 试验路段

6.2.1 水泥稳定碎石基层正式开工前，应铺筑试验路段，铺筑试验路段的目的是验证生产配合比、确定大规模生产的施工控制参数和施工工艺。

6.2.2 试验路段宜设置在生产路段上，线形平直、纵坡平缓，长度宜为 $100\text{m}\sim 150\text{m}$ 。

6.2.3 试验路段开工前，应符合下列规定：

1 完成了目标配合比、生产配合比设计和性能验证工作，并提交了完整的报告；

2 正常施工时所配备的施工机械完全进场，且调试完毕；

3 全部施工人员均已到位。

6.2.4 试验路施工技术要求与试验段方案，应符合下列规定：

1 对所有施工用的原材料进行技术检验，并全部符合技术要求；

2 混合料的水泥剂量应采用施工控制水泥剂量 q_{ctr} ；

3 混合料拌和时的含水量至少采用3个，宜为 $w_{\text{opt}}、w_{\text{opt}}\pm 1\%$ ；

4 混合料拌和时的级配应采用生产配合比集料的比例；

5 宜设定3个松铺系数，绘制松铺系数与压实厚度的关系曲线，应根据设计厚度，确定合理的松铺系数；

6 宜设定3种压实工艺，每种压实工艺压实度的检测不应小于3个样本，以最小遍数达到压实度要求为原则，确定碾压工艺；

7 拌和站取样，进行压实标准的确定（振动法或静压法），

每个样本不应少于 3 个；

8 7d 无侧限抗压强度试件成型，样本数量符合技术要求；

9 如采用 PFWD 无损检测方法进行水泥稳定碎石基层的压实质量控制，宜采用附录 E 的方法建立压实度与 E_{vd} 的关系，确定满足压实质量要求的最小 E_{vd} 值。

6.2.5 养生到规定的龄期后（7d~10d），试验段应开展如下技术项目的检测：

1 标准养生试件的 7d 无侧限抗压强度；

2 钻取 $\Phi=150\text{mm}$ 的芯样，评价芯样的完整、密实性，样本数量不应小于 9 个；

3 当设计强度大于 3MPa，结构层厚度大于 200mm 时，将完整芯样切割成标准试件（ $\Phi=150\text{mm}$ ， $h=150\text{mm}$ ），测定强度，样本数量不应小于 9 个，强度代表值不应小于强度标准值；

4 按车道，每 10m 一点测定弯沉，弯沉代表值应满足技术要求。

6.2.6 试验段铺筑后，应根据检测数据，确定施工参数，主要包括如下内容：

1 拌和设备各档材料进料比例、速度和精度；

2 水泥进料比例和精度；

3 含水量控制标准和控制精度；

4 松铺系数的合理值；

5 拌和、运输、摊铺和碾压的协调、配合及阈值时间的确定；

6 摊铺机摊铺速度、熨平板振捣频率和初始压实度要求；

7 压实机械的选择与组合，压实的顺序、速度和遍数；

8 压实质量的检测、评价方法和技术标准；

9 合理的养生方式和养生时间；

10 合理的作业长度。

6.2.7 试验段完成后，应及时总结并形成报告，主要内容如下：

1 试验段施工方案；

2 混合料配合比、拌和方法、运输、摊铺和碾压方法；

3 试验段检测方法、数据和结论；

4 试验段施工结论：施工控制关键参数推荐，包括混合料生产参数、摊铺碾压参数与工艺、压实质量控制方法与标准、养生模式、板体性检测时机与方法等。

6.3 混合料生产

6.3.1 水泥稳定碎石大规模生产前应完成目标配合比、配合比性能验证、生产配合比设计和生产控制参数的确定，并编制详细的施工组织计划。

6.3.2 混合料的生产应采用厂拌法，拌和站的生产能力应与摊铺机的摊铺能力和压路机的碾压能力相匹配。

6.3.3 应配备性能完备的实验室和足够的技术人员，并能按时完成混合料性能和施工过程中的各项检测任务。

6.3.4 碎石应分档隔仓存放并做好标识，储料仓的规划、建设要满足环保及安全生产的相关要求。

6.3.5 混合料生产设备和生产技术要求如下：

- 1 对于快速路和主干路，应配备产量不小于 500t/h 的拌和机；
- 2 拌和设备的集料仓数不应少于 5 个；
- 3 各料仓之间的隔板高度不应小于 1.2m，各料仓仓口应安装钢筋格网，网格尺寸宜为 200mm×100mm；
- 4 拌和模式宜采用两级拌和模式，第一级采用常规拌和，第二级采用振动拌和，每一级的拌缸长度不小于 4m；
- 5 水泥罐应密闭性良好，内部具有破拱装置，总储量不小于 100t，水泥过渡仓大小应满足连续拌和的要求；
- 6 各料斗、料仓应配置高精度电子动态计量器；
- 7 水的计量宜采用电子计量方式，水的流量控制应在中央控制室进行，并实时显示水量状态；
- 8 混合料储料仓上的卷扬机端部应设柔性橡胶挡板，卸料口距地面的高度应小于 4m，减少抛料和放料过程中的离析。

6.3.6 开工前，拌和站各档集料的储备应达到标段总用量的 90% 以上，严禁边备料边生产。

6.3.7 每天开工前应实测料场各档料的含水量，应根据含水量确定当天的生产配合比。

6.3.8 在拌和过程中，应实时监测各个料仓的生产计量，对快速路和主干路，每 2 小时统计各集料的使用量，并复合生产配合比，当变化较大时，应停止拌和生产查找原因，调整后复工生产。

6.3.9 在生产过程中，应视天气、运距等情况，动态调节含水量，每隔 4h 或 1 个台班测定一次含水量和水泥剂量，并做好记录。

6.3.10 当连续生产时每隔 4h、当不连续生产时则每个台班或路段从拌和站取样，成型无侧限抗压强度试件，7d 标准养生的无侧限抗压强度的代表值应满足设计要求。

6.4 混合料运输

6.4.1 水泥稳定碎石的运输应配备足够的运输车辆，不应出现因车辆数量不足导致拌和站停机或摊铺机待料状态，确保连续拌和、连续摊铺。

6.4.2 混合料运输车辆配备应符合下列规定：

- 1 运输车辆使用前应进行检查，避免在运输过程中出现机械故障；
- 2 司机上岗前应进行技术培训，宜具有装载、运输和卸料的经验；
- 3 混合料运输车辆箱体内存应洁净，不得存在杂物和积水；
- 4 装料过程中，运输车辆要前后移动，分多次装料，或按照图 6.4.2 所示分“前、后、中”三次装料，减少离析；

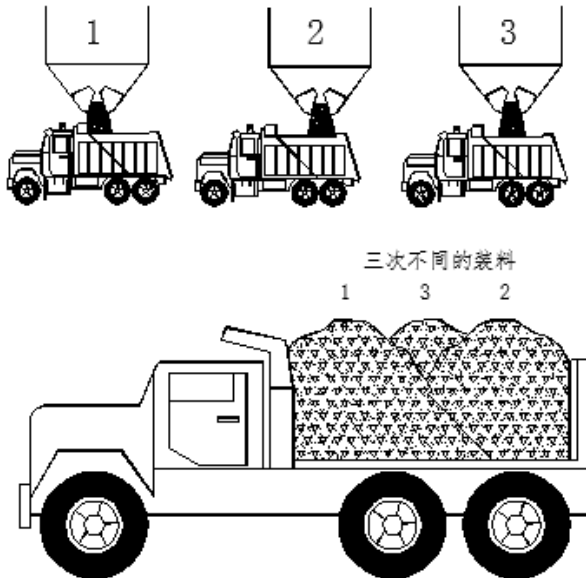


图 6.4.2 混合料前、后、中三次装料示意图

5 混合料运输车辆装好混合料后，应采用防雨篷布满箱体包裹覆盖并系牢，直到准备向摊铺机卸料时方可打开。

6.5 混合料摊铺

6.5.1 混合料摊铺前应完成如下的准备工作：

1 大规模摊铺前，应完成试验段的铺筑、检测和总结，并对存在的问题，确定针对性的解决方案；

2 摊铺前，需完成测量放线工作，直线段挂线桩距不应大于10m，曲线段不应大于5m，钢丝直径宜为2.5mm~3.0mm，拉力应大于100kgf；

3 摊铺前应安排专人对下承层进行清扫，并对软弱部位（起皮或松散）进行处理，并经过监理部门和施工管理部门现场验收合格后方可摊铺；

4 在施工的前一天，完成包边土的铺筑、高程引导线的布设和支挡模板的布置；

5 支挡模板可采用槽钢或木方，厚度宜与结构层厚度一致，长度不宜大于4m，定位钢钎的长度适当，宜采用Φ15以上的圆钢，侧模的数量应满足1d的施工长度；

6 下承层为路基或垫层时，应洒水使其处于湿润状态，但不存在自由水；

7 下承层为底基层时，应喷洒水泥浆，比例为水泥:水=1:4，喷水量为4kg/m²。

6.5.2 底基层和基层宜采用大厚度摊铺一次碾压成型的方法，当条件不具备时，可采用分层施工。

6.5.3 对于四车道道路半幅和双车道全幅，可采用单机摊铺，对于六车道及以上道路，宜采用两台摊铺机并机摊铺。

6.5.4 并机摊铺时，摊铺机间距不应大于10m，中间搭接处重叠50mm~100mm，防止搭接处产生离析。

6.5.5 水泥稳定碎石摊铺机配备和技术要求应符合下列规定：

1 摊铺机的功率不小于200kw，理论生产率不小于1000t/h，摊铺宽度3m~15m可变，摊铺速度0m/min~8.0m/min可调；

2 摊铺机应具有自动伸缩功能，以保证加宽段的摊铺；

3 摊铺机前挡板下缘应增设橡胶挡板，橡胶挡板的下缘距下

承层的距离不应大于集料最大粒径的 2 倍，前挡板距离侧挡板的间距不应大于 300mm；

4 摊铺机熨平板的两侧，宜配备边坡振动夯实装置，以保证松铺边坡的密实；

5 在螺旋布料器中间吊接处的两侧，应设半个反向螺旋，以消除中缝离析；

6 螺旋布料器宜具有全埋功能，如不具备条件，应具有不少于 2/3 的埋入能力。

6.5.6 摊铺前对摊铺机进行试运行，确保各部位运行正常，且每天摊铺前均重复此项操作。

6.5.7 调节传感器臂与高程控制线的关系，确保厚度、高程和横坡度满足设计要求。

6.5.8 对于水泥稳定碎石基层材料，其摊铺的初始压实度应大于 80%。

6.5.9 对无法使用摊铺机摊铺的超宽路段、结构物端部，应采用平地机或人工摊铺、修整，同步碾压成型。

6.5.10 在摊铺机后面应设专人消除离析现象，对于粗集料的“窝”状离析，应铲除，并用新拌混合料填补，对于粗集料的“片”状和“带”状离析，应采用水泥稳定石屑进行弥补。

6.5.11 混合料从装车至运输到现场摊铺碾压成型的时间超过混合料的初凝时间时，混合料应废弃。

6.5.12 在生产过程中，前场、后场通讯流畅，当混合料在摊铺过程中出现异样，应及时反馈给拌和站，拌和站应确定改进措施。

6.6 混合料碾压

6.6.1 混合料的碾压包括碾压机械的配备、碾压程序和压实质量管控三个方面主要内容。

6.6.2 水泥稳定碎石基层碾压机械的配备要求如下：

1 每个摊铺作业面，宜配备两台单钢轮振动压路机、两台胶轮压路机、一台轻型双钢轮压路机；

2 单钢轮振动压路机，自重宜在 26t 左右，型号、新旧一致；

3 十一轮胶轮压路机，装水后自重宜大于 30t，轮胎宜在 7 成新以上、胎面平整、气压一致，且喷水均匀、连续、水量可控；

4 双钢轮两驱轻型压路机，自重宜在 13t~16t，用于消除轮迹，提升平整度。

6.6.3 宜配备洒水车两台，摊铺机前方一台，用于湿润下承层，摊铺机后方一台，用于养生和湿润摊铺层。

6.6.4 水泥稳定碎石碾压程序与要求如下：

1 碾压程序和碾压变数应通过试验路段确定，碾压应遵循试验路确定的程序和工艺；

2 碾压时，应遵循初压、复压、终压和末压的程序，直至压到规定的压实度，且无轮迹为止；

3 初压：采用单钢轮振动压路机“前静后振”1遍，也可采用双钢轮压路机静碾 1遍或胶轮压路机碾压 2遍，碾压速度控制在 1.5km/h~1.7km/h；

4 复压：采用振动压路机振压不少于 3遍，静压 1遍，碾压速度在 2.0km/h~2.5km/h；

5 终压：采用胶轮压路机持续碾压，消除轮迹，并形成微观纹理结构，碾压速度在 2.5km/h~3.0km/h；

6 末压：采用双钢轮赶光压路机碾压 1遍~2遍，彻底消除轮迹，提高平整度；

7 压路机碾压时重叠 1/3 轮碾压，起行、倒车平顺，不得对碾压层产生扰动；

8 严禁压路机在已完成的碾压段上调头和急启急停，避免对压实好的基层产生破坏。

6.6.5 压实质量管控方法与要求如下：

1 碾压段长度视摊铺状况和天气因素而定，正常情况下在 30m~60m 之间，当遇雨或蒸发量大天气时，应适度缩短碾压段长度，及时碾压成型封水或保水；

2 宜在最佳含水量或大于最佳含水量情况下进行碾压，碾压时的含水量状态和压实度应满足表 6.6.5 的要求；

表 6.6.5 水泥稳定碎石混合料压实度与压实含水率的要求

层位	快速路、主干路		次干路、支路	
	压实度 (%)	压实含水率 (%)	压实度 (%)	压实含水率 (%)
基层	≥98	$w_{opt}±1.0$	≥98	$w_{opt}±1.5$
底基层	≥97	$w_{opt}±1.5$	≥97	$w_{opt}±2.0$

3 碾压过程结构层表面始终保存湿润，如水分蒸发过快，应先采用轮胎压路机带水碾压，适当补水；如发现软弹现象，应挖除补充新拌混合料或加适当水泥现场翻拌处理至符合要求；

4 碾压段搭接处应采用阶梯或者抹斜式的处理方式，当存在接头拥包、斜楞时，用人工耙松整平后，再压实；

5 应在试验确定的施工容许延迟时间内完成碾压程序，并达到压实度要求；

6 碾压完成后、尽快进行压实度检测，并及时将检查数据反馈给现场相关人员，用于指导后续施工；

7 碾压现场需配专人现场指挥碾压工作，对于出现的碾压质量问题，及时补压弥补处理；

8 压路机应持续、连续碾压，不得无故停机，当需加油、加水时，应在碾压完成的路段上进行。

6.7 局部路段人工摊铺

6.7.1 对于局部加宽或边角部位，无法应用摊铺机统一摊铺，可采用人工摊铺，并与主线同步碾压成型。

6.7.2 应根据人工摊铺区域的大小，进行挂线或打点进行标高和路拱的控制。

6.7.3 应根据人工摊铺区域面积和水泥稳定碎石的压实厚度，确定用料量，采用推土机摊铺并初步整平，并采用压路机快速碾压一遍。

6.7.4 应用平地机从低处向高处整形一次，高处刮下的料应废弃，低洼处应用新料填补，并严禁形成薄层补贴现象。

6.7.5 应反复整形，直至满足标高、路拱和坡度的技术要求。

6.7.6 在整形过程中，严禁任何车辆通行，并保持无明显粗细集料离析现象。

6.7.7 应根据人工摊铺路段的宽度和长度、压路机的轮宽和轮距，制定碾压方案，使各部分的碾压遍数尽量相同，边缘部位宜多压 2 遍~3 遍。

6.7.8 整形完成后，混合料的含水量满足要求时，应立即进行全宽碾压，从路拱低处向高处错 1/2 轮碾压，碾压速度宜 1.5km/h~2.5km/h，宜碾压 5 遍~7 遍。

6.7.9 碾压过程中，水泥稳定碎石基层表面应始终保持湿润，水分

蒸发过快时，应及时雾状补水，严禁大量洒水。

6.7.10 碾压过程中，有“弹簧”、松散、起皮等现象，应及时翻开采取重新拌和等措施进行处理。

6.7.11 碾压结束前，应用平地机终平一次，结构层厚度、纵坡、路拱和横坡应满足设计要求；终平时，应将局部高出部分刮除并扫出路外，对局部低洼处，不再填补。

6.8 层间处理

6.8.1 层间处理包括底基层与基层之间、基层与面层之间两种状况。

6.8.2 水泥稳定碎石基层施工前应对底基层顶面进行处理，处理的要求如下：

1 提前 2d~3d 移除下承层养生覆盖物，采用人工或小型清扫机进行彻底清扫干净，再采用鼓风机吹净表面浮尘；

2 下承层的局部松散部位，当面积较小时，应清除松散集料至硬底；当面积较大时，清除松散颗粒后，应采用水泥稳定碎石填充压实；

3 处理好的下承层应封闭交通，并在摊铺前 2h~3h 洒水保湿，在摊铺时，距摊铺机 30m 前持续向前推进喷洒水泥净浆；

4 其他技术要求应符合现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 的规定。

6.8.3 在面层铺筑的前 2d~3d 内，应清理和处理基层顶面。

6.8.4 基层顶面的处理应符合下列规定：

1 首先采用小型清扫车和人工进行清扫，再采用鼓风机（车）吹净表面浮尘，基层顶面应处于无浮尘、松动状态；

2 当存在小的坑槽时，不得采用原基层材料填补，当坑槽和松散面积较大时，应提前清理至硬底，并采用沥青混合料填充并碾压密实；

3 基层顶面清理干净和缺陷处理完成后，经监理验收后，方可进行下一道工序的施工；

4 其他技术要求及透层和封层的施工，应按现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 执行。

6.9 拥包与裂缝的处理

6.9.1 水泥稳定碎石的摊铺碾压成型，在压实段落的交接处，容易产生拥包，可采用如下处理措施：

1 对高度小于 10mm 的拥包，可不必处理，通过面层的摊铺，消除对平整度的影响；

2 在养生成型前，当拥包高度大于 10mm 时，采用人工进行铲平，并采用压路机碾压赶光；

3 在养生成型后，当拥包高度大于 10mm 时，采用小型铣刨机进行铣刨找平、清扫后，再喷洒透层油。

6.9.2 基层在养生过程中产生的收缩裂缝，可采用下列处理措施：

1 先对裂缝两侧各 1m 的范围内进行清扫，确保无松动和粉尘。当裂缝宽度大于 5mm 时，宜先采用热沥青进行灌封处理；

2 在裂缝位置喷洒乳化沥青，再铺设玻璃纤维格栅，横跨裂缝两侧应不少于 500mm；

3 在玻璃纤维格栅上喷洒热沥青，撒布封层碎石，并采用轮胎压路机碾压成型。

6.10 养生

6.10.1 混合料碾压完成并经压实质量检测合格后，应立即进行保湿养生。

6.10.2 基层和底基层宜采用土工布覆盖洒水养生，基层也可采用乳化沥青养生，喷洒的时机应为水泥稳定碎石终凝前。

6.10.3 水泥稳定碎石基层不宜过冬，如需过冬时，应采取保护措施，防止雨水和雪水深入基层，造成冻融损伤。

6.10.4 土工布的覆盖养生应符合以下技术要求：

1 土工布应选择加厚型透水土工布，不宜采用防水土工布和塑料薄膜养生；

2 土工布应满铺全断面覆盖，纵缝搭接应大于 200mm，不应留有空隙；

3 纵缝搭接处应采用压布袋压盖，压布袋间距应在 10m~20m 之间，严禁采用覆土压盖；

4 覆盖完成后，立即以雾状喷淋的方式洒水养生，水量充足、

湿润均匀；

5 每天洒水的遍数视蒸发速度而定，蒸发速度快，上、下午应喷洒至少各 2 遍，应保证基层、底基层顶面的湿度不小于 95%；

6 宜配备专人，每天 2 次巡查养生状态，对基层、底基层裸露处及时覆盖，对养生湿度不足处及时通知补水。

6.10.5 喷洒乳化沥青养生符合以下技术要求：

1 喷洒乳化沥青养生宜采用 PA-2 型阴离子或 PC-2 阳离子乳化沥青，乳化沥青中的沥青含量应大于 60%；

2 宜在基层碾压完成后立即喷洒养生，建议洒布量为 $1.2\text{L}/\text{m}^2 \sim 2.0\text{L}/\text{m}^2$ ，具体洒布量由试验确定；喷洒时应采用洒布车进行洒布；

3 喷洒应足量且均匀，对喷洒量不足处，应人工补洒；

4 其他技术要求应按现行行业标准《公路路面基层施工技术规范》JTG/T F20 执行。

6.10.6 基层的养生期应不少于 7d，并宜延长至上层结构开始施工的前 2d。

6.10.7 当平均气温低于 20°C 时，宜延长养生时间，基层（底基层）整体性评价时机也需延长至 10d~14d 之后进行整体性质量评价。

6.11 交通管制

6.11.1 水泥稳定碎石基层 0d~7d 的养生期间，应封闭交通，除洒水车外，禁止一切车辆通行；在 7d~14d 养生龄期期间，可通行小型通勤车辆，行驶的速度应小于 $40\text{km}/\text{h}$ ，且禁止急起、急刹、急停和急转弯。

6.11.2 在无施工便道时，养生 14d 以上的基层，可通行中型载重车辆，车辆的轴载不应大于 10t，行驶速度不应超过 $50\text{km}/\text{h}$ 。

6.11.3 在无施工便道时，养生 28d 以上的基层，可通行常规载重车辆，车辆的轴载不应大于 13t，行驶速度不应超过 $60\text{km}/\text{h}$ 。

6.11.4 对于有硬路肩的结构层，应在硬路肩划出专门车道，供施工车辆行驶；对于没有硬路肩的结构层，应采取措施，保证施工期车辆荷载均匀地分布在整个横断面上，禁止荷载集中作用在相同的轮迹上。

7 质量检查及验收

7.1 一般规定

7.1.1 水泥稳定碎石基层施工质量检验包括施工质量控制检查和施工质量验收检验。施工质量控制检查是指施工过程中材料参数、工艺参数的检测与控制；施工质量验收检验是指养生成型后基层外形与刚度质量的检测与评定。

7.1.2 根据检查和验收项目的重要性，检查与验收的项目分为主控项目和一般项目。

7.1.3 施工质量控制检查与验收检验应符合下列规定：

1 按照本标准的相关规定备料，确保料源固定、材料质量稳定；

2 按照本标准的要求，配备适宜的拌和、运输、摊铺、碾压和检测设备；

3 配备足够的、有相关试验资质的人员，并指定各质量控制环节的责任人；确保试验检测及时、数据真实、完整可靠；

4 前道工序完成后，应检查验收，合格后方可进行下一道工序的施工；经检验不合格的段落，应进行返工或补救，使其达到技术要求。

7.1.4 施工过程中发现质量缺陷时，应加大检测频率；必要时应停工整顿，查找原因并改正。

7.1.5 施工结束后，应及时清理现场、恢复绿化或耕地，做到工完场清。

7.1.6 施工关键工序宜拍照或录像，作为现场记录保存。

7.1.7 原材料检验与施工参数的确定应按本标准的规定执行。

7.2 质量检查

7.2.1 施工过程质量控制包括允许偏差项目检查及内在质量检查两部分，其中允许偏差项目检查应符合本标准的规定。

7.2.2 施工过程中的内在质量检查分为后场施工质量检测与控制、前场施工质量检测与控制两部分；后场施工质量检测包括原材料、

拌和质量检测；前场施工质量检测包括摊铺、碾压和养生质量检测。

7.2.3 后场施工质量检测项目和内容应符合表 7.2.3-1、7.2.3-2 和 7.2.3-3 的规定，检测频率不应低于表中的要求，检测结果应满足本标准和现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 的规定。

表 7.2.3-1 集料检测项目与频率

项目类型	试验项目	检测目的	检测频率	试验方法
主控项目	表观相对密度	评定集料质量	确定料场、进场， 2个平行样/档	粗集料 T0304/T0308 细集料T0328
	颗粒分析	集料级配变异状况	使用前、 2次/2000m ³	T0302/T0327
	液、塑限	判定I _p 是否满足要求	使用前、 2次/2000m ³	T0118/T0119
	砂当量	控制细集料的含泥量	使用前、 2次/2000m ³	T0334
	压碎值	抗压碎能力评价	使用前、 2次/2000m ³	粗集料T0316 细集料T0350
	针片状	集料加工特性评价	使用前、 2次/2000m ³	T0312
一般项目	粉尘含量	集料加工特性评价	使用前、 2次/2000m ³	T0310
	软石含量	集料质量评价	使用前、 2次/2000m ³	T0320
	含水量	确定原始含水量	2次/天	粗集料T0305 细集料T0332

表 7.2.3-2 水泥检测项目与频率

项目类型	检测条件	检测项目	检测频率	技术标准
主控项目	确定料源	全套指标	取样	GB 175
	首次进场			
	情况异常			
	正常生产	表4.2.5	每100t	本标准

表 7.2.3-3 混合料检测项目与频率

项目类型	试验项目		检测频率	质量要求	试验方法
主控项目	含水量		1次/2h, 3个试样平均值	0%~+2%	T0803
	矿料级配 (水洗法)	>4.75mm	2次/天, 2个试样平均值	±5%	现场筛分
		4.75mm		±4%	
		2.36mm		±3%	
		0.3mm		0~+3%	
		0.075mm		0~+2%	
	水泥剂量		1次/4h, 每天的平均值评定	-0.5%~+1.5%	T0809
无侧限抗压强度		一个工作台面、 1次/2000 m ²	符合设计要求	T0805	
一般项目	混合料外观		随时	级配、均匀性、 离析、色泽、含水量、 有无花白料团块等现象	目测
	离析评价		一个工作台面、 1次/2000m ³	符合设计要求	附录C

7.2.4 前场施工质量控制的检测项目和内容应符合表 7.2.4 的规定，检测频率不应低于表中的要求，检测结果应满足本标准和现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 的规定。

表 7.2.4 前场检测项目与频率

项目类型	检测项目		检测频率	质量要求	试验方法
主控项目	松铺厚度		1断面/10m, 取5 点平均值	$h_{\text{松铺}} \pm 5\text{mm}$	高程法或 插钎法
	压实度	含水量	6点/作业段	$w_{\text{opt}} \pm 2\%$	T0921
		压实度	6点/作业段, 且每 1000m ² 不少于1 点	不小于设计要求	T0921

续表 7.2.4

项目类型	检测项目		检测频率	质量要求	试验方法
一般项目	摊铺	外观	随时	均匀、平整、无离析	目测
				几何尺寸满足要求	CJJ 1
		初始压实度	开始摊铺时, 1次/台班	>80%	T0921
	碾压	压实机具	随时	两钢两胶一赶光	目测
		压实程序	随时	初压、复压、终压和赶光	目测
		表面状态	随时	坚实、平整、无松散、离析和轮迹	目测
		平整度	2处×5尺/作业段	快速路、主干路: ≤8mm 次干路、支路: ≤12mm	3m直尺

7.3 质量验收

7.3.1 验收检查的内容包括基层竣工后的允许偏差项目和内在质量项目。允许偏差项目检查内容和内在质量检查要求应符合设计文件和本标准的规定。

7.3.2 验收检测应在水泥稳定碎石基层养生的7d~14d内完成,具体检测时机应根据施工期的环境温度确定。

7.3.3 应以1km长度的路段或每天完成的施工段落为评定单位。

7.3.4 强度芯样等现场取样位置的确定应按相关现行行业标准的要求执行。

7.3.5 应对取芯芯样的完整性进行描述,当设计强度大于3MPa、厚度大于150mm时,还宜对其切割成标准试件(径高比=1:1)进行抗压强度试验,强度代表值不应小于设计值。

7.3.6 对快速路和主干路的基层,应在7d~14d龄期内检测弯沉,代表弯沉值为:快速路不应大于0.15mm,主干路不应大于0.20mm。

7.3.7 对于快速路、主干路的基层，宜采用 PFWD 对基层板体刚度的均匀性进行检测与评价，板体刚度的均匀度 t_s 不应小于 2 级，检测方法见附录 F。

7.3.8 检测频率不应低于表 7.3.8 中的要求，检测结果应满足本标准和现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 的规定。

表 7.3.8 竣工后验收检测项目与频率

项目类型	检测项目	检测频率及评价方法	质量要求	试验方法
主控项目	整体性	9点/作业段	密实、光滑、完整	取芯机取芯
	厚度	9点/作业段且每1000m ² 不少于1点	代表值：-8mm 合格值：-10mm	芯样高度测量
	强度	9点/作业段	不小于设计值	T0805
	平整度 (基层顶面)	2处×5尺/作业段	快速路、主干路：≤8mm 次干路、支路：≤12mm	3m直尺
一般项目	弯沉	1点/20m，每车道，评价路段1km	不大于要求值	T0951/ T0952
	板体均匀性	20m一个断面，每个断面5个点	不小于2级	附录F

附录 A 水泥稳定碎石室内振动拌和试验方法

A.1 目的与适用范围

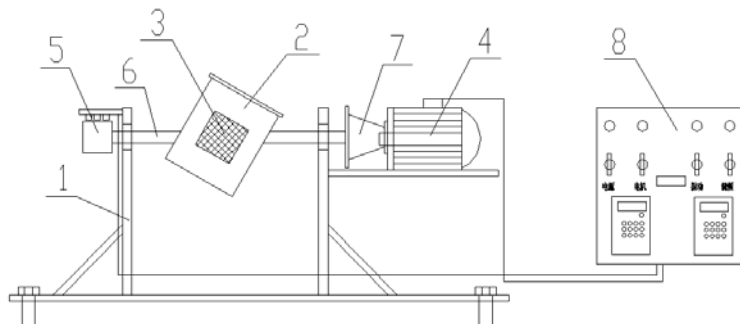
A.1.1 本方法适用于在室内对水泥稳定集料基层材料进行振动拌和，以确定压实标准或成型力学试件。

A.1.2 对无黏结粒料类其他类型的半刚性基层材料，也可采用该设备和试验方法进行拌和。

A.2 振动拌和机具与参数

A.2.1 振动拌和设备

振动拌和设备如图A.2.1所示，该设备组成为8个部分。



1 外框架 2 料筒 3 电磁振动片 4 电机
5 碳刷 6 旋转轴 7 调速器 8 控制箱

图 A.2.1 振动拌和设备结构图

A.2.2 最佳振动参数

水泥稳定碎石基层材料的最佳振动拌和参数如表A.2.2所示。

表 A.2.2 振动拌和最佳工艺参数

材料	振动频率 (Hz)	振动时间 (s)	振幅 (mm)	旋转频率 次/分钟
水泥稳定碎石	80	300	0.50	10

A.2.3 电子秤

台秤：量程 15kg，感量 5g；电子秤：量程 4kg，感量 0.01g。

A.2.4 量筒

50ml、100ml 和 500ml 容积的量筒各一个。

A.3 试料准备

A.3.1 对集料进行筛分，按预定配合比备料。如果集料的最大粒径不大于 37.5mm，则直接备料；如果大于 37.5mm 的粒径含量超过 20%，则通过 37.5mm 筛后余料备用，筛分后记录超尺寸颗粒的百分率。

A.3.2 在试验的前一天，取有代表性的试料测定其风干含水率。对于细粒料不应少于 100g，对于中粒料不应少于 1000g，对于粗粒料不应少于 2000g。同时测定石灰或水泥的含水率。

A.3.3 为保持配合比的稳定性，一次只能拌和一个试件的材料用量。

A.3.4 按照水泥稳定碎石的配合比，计算出一个试件的各档集料、水泥的用量，并称好放入一个盆中。

A.3.5 采用量筒，用电子秤称好一个试件的用水量。

A.4 试验步骤

A.4.1 仔细检查振动拌和仪各个螺栓是否松动，如果有松动处马上紧固。

A.4.2 在控制箱上，按表 A.2.2 设置好最佳振动参数和振动时间。

A.4.3 采用工具，打开料筒顶端的密封盖，把集料一次性导入料筒，同时把量筒内的水也一次到料筒内。

A.4.4 采用扳手，把量筒顶端的密封罐封紧，确保在拌和中不会有水流出。

A.4.5 开机，开始振动、旋转、跌落拌和，当拌和时间到，自动停机。

A.4.6 手动把料筒开口旋转低处，在料筒开口的下端地面放置方盘，打开密封盖，用小铲把混合料扒入方盘内，并用毛刷清扫料筒内部，使混合料全部落入方盘内。

A.4.7 倒入另一个试件的集料、水泥和水，开始下一个试件的振动拌和流程。

A.5 注意事项

A.5.1 振动容易对仪器造成损伤，在振动拌和前要仔细检查仪器螺栓的紧固程度，操作时一定要遵守操作规程，不可疏忽大意。

A.5.2 振动和旋转容易对人造成伤害，当仪器运转时，操作人员与仪器要保持一定的距离，确定人员自身安全。

A.5.3 密封罐的封闭要紧密，避免水分外流，造成含水量的变化。

A.5.4 在拌和后开启密封罐时，一定要小心，避免拌好的混合料遗失，造成材料的缺失。

附录 B 水泥稳定碎石压实标准的确定（振动法）

B.1 目的与适用范围

B.1.1 本方法适用于在室内对水泥稳定集料基层材料进行振动压实试验，以确定其最佳含水率和最大干密度。

B.1.2 对材料粒径的要求与标准击实法相同，最大粒径应控制在 37.5mm 以内，公称最大粒径不应超过 31.5mm。

B.2 试验仪器

B.2.1 钢模

——钢模：内径 152mm、高 170mm、壁厚 10mm；

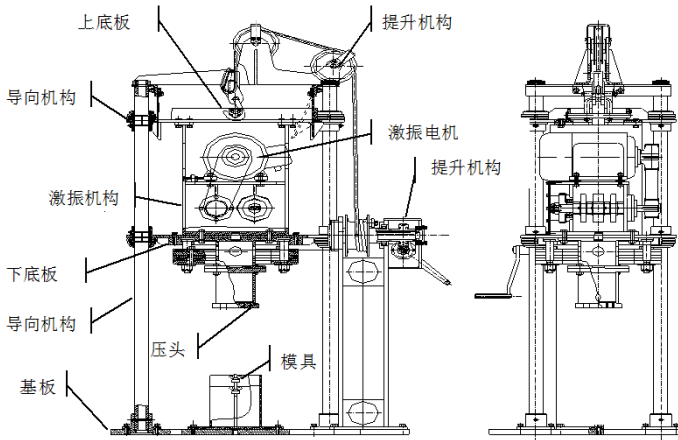
——套环：内径 152mm、高 50mm、壁厚 10mm；

——底板：直径 300mm、厚 10mm；

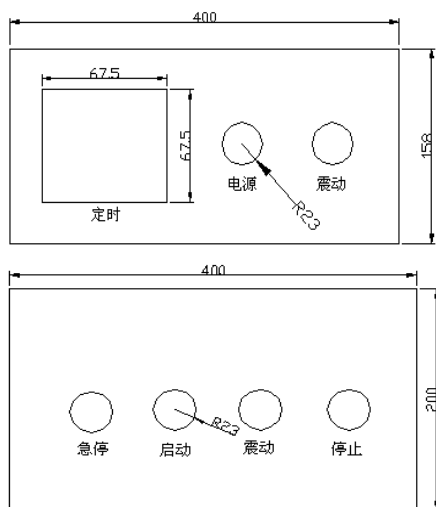
以上各部件可用螺栓固定在一起。

B.2.2 振动压实仪

振动压实仪如图B.2.2-1、图B.2.2-2所示，振动压实参数如表B.2.2所示。



图B.2.2-1 振动压实仪正面结构与侧面结构图



图B.2.2-2 控制系统结构与操作面板控制图

表 B.2.2 振动成型工艺参数

频率 (Hz)	离心力 (kN)	振动时间 (s)	振幅 (mm)	加速度 (g)	振动强度 (100J/S)
30	6.2	180	0.89	4.24g	3.52

B.2.3 电子秤

台秤：量程 15kg，感量 5g；电子秤：量程 4kg，感量 0.01g。

B.2.4 方孔筛

37.5mm、26.5mm、19mm、9.5mm、4.75mm、2.36mm以及0.075mm的标准筛各一个。

B.2.5 量筒

50ml、100ml 和 500ml 容积的量筒各一个。

B.2.6 拌和工具

与附录A的拌和设备相同。

B.2.7 脱模器

液压式脱模器1台。

B.2.8 其他工具

铝盒、烘箱、扳手、钳子等。

B.3 试料准备

B.3.1 对集料进行筛分，按预定配合比备料。如果集料的最大粒径不大于 37.5mm，则直接备料；如果大于 37.5mm 的粒径含量超过 20%，则通过 37.5mm 筛后余料备用，筛分后记录超尺寸颗粒的百分率。

B.3.2 在试验的前一天，取有代表性的试料测定其风干含水率。对于细粒料应不少于 100g，对于中粒料应不少于 1000g，对于粗粒料应不少于 2000g。同时测定石灰或水泥的含水率。

B.3.3 采用深度尺和游标卡尺用四点法量取试模的深度和内径，精确到 0.02mm。

B.4 试验步骤

B.4.1 仔细检查振动压实仪各个螺栓是否松动，如果有松动处马上紧固。

B.4.2 准备好的各种粗、细集料按照预定的混合料配合比配制 5 份~6 份，每份集料的干重为 5400g。

B.4.3 预定 5 个~6 个不同的含水率，依次相差 1%~2%，且其中至少有两个大于最佳含水率和两个小于最佳含水率。

B.4.4 按预定含水率制备试样。

B.4.5 将 1 份试料平铺于金属盘内，将事先计算的该份试料中应加的水量均匀地喷洒在试料上，用小铲将试料充分拌和到均匀状态，然后装入密闭容器或塑料口。

B.4.6 将钢模套环、钢模及钢模底板紧密联结，然后将其放在坚实地面上，侧面刷润滑油，底面垫滤纸。将拌和好的混合料按四分法分成四份，依次将混合料倒入筒内，当装入一半混合料后，用直径 20mm 左右的钢筋沿桶壁四周插捣 20 次，中间插捣 5 次，以消除底面骨料架空现象。装入剩余的混合料后，用捣棒沿上表面均匀插捣 10 次，整平其表面并稍加压紧，然后将钢模连同混合料放在振动压实机的钢质底板上。为避免混合料与压头的粘料现象，保证压实后试样表面的平整，在振动压实前宜在试样上表面垫上塑料薄膜。

B.4.7 将振动压头对准钢模后，放下振动器，使振动压头与钢模内的混合料紧密接触，确定没有任何物品放在振动压实仪上。

B.4.8 在操作台的时间设置器上设定振压时间为 3min，启动振动开关开始振动，在振动过程中要时刻注意振动压实仪的运行情况，如有异常现象要马上按下操作台上的“急停”按钮。

B.4.9 升起振动器，将钢模连同经过振实的混合料一起取出。用深度尺沿着钢模顶面平均量取四点深度值，精确到 0.02mm，计算试样的体积；用台秤称量钢模和试料的总质量，并记录。

B.4.10 用脱模器推出钢模内混合料。用锤将经过振实的混合料打碎后，从其中心部分取 2000g~2500g 的混合料，装入金属盆中。将金属盆连同混合料一起放入 110℃ 的烘箱中烘干 12h，测定其含水率，并计算相应的干密度，含水率计算精确至 0.1%，干密度计算精确至 $0.01\text{g}/\text{cm}^3$ 。

B.5 数据处理

B.5.1 按上述方法测定并计算不同含水率下的试件干密度，绘制含水率—干密度关系曲线，确定最佳含水率和最大干密度。

B.5.2 确定最佳含水率和最大干密度时至少应做两次平行试验，取平均值作为试验结果。

B.6 注意事项

B.6.1 由于振动容易对仪器造成损伤，在振动压实前要仔细检查仪器螺栓的紧固程度，操作时一定要遵守操作规程，不可疏忽大意。

B.6.2 对于无黏结自由排水材料，含水率—干密度曲线可能会一直上升后趋于平稳现象，这时确定最大干密度和最佳含水率的方法要结合试验现象。在某一含水率下，经过振动压实后刚好试样的表面有少量的浆液泛出，这一含水率即为最佳含水率，所对应的干密度即为最大干密度。

B.6.3 应根据同一种混合料多次振动压实试验所得的 n 个最佳含水率和最大干密度计算各自的标准差 S ，用 $2\sqrt{S}$ 得出此允许误差，它表示两次振动压实试验的结果之差只有 5% 的概率会大于规定的允许误差。

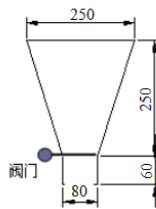
附录 C 水泥稳定碎石级配离析性能试验与评价方法

C.1 目的与适用范围

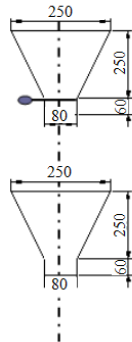
C.1.1 适用于水泥稳定碎石基层材料抗离析性能评价。

C.2 试验仪器

C.2.1 离析测定仪：离析系数测定采用双漏斗法，仪器的尺寸结构如图 C.2.1 所示，漏斗仪底部上部直径 250mm，高 250mm，开口 80mm，孔颈长 60mm。



漏斗结构尺寸



双漏斗组合

图C.2.1 双漏斗离析测定仪结构图

C.2.2 直尺：300mm 钢板尺 2 个。

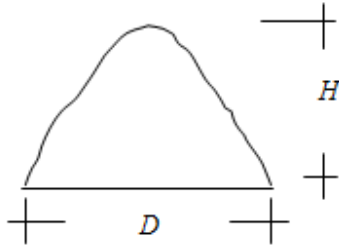
C.3 试验步骤

C.3.1 离析试验按如下步骤进行。

- 1 将离析系数测定仪放在坚实、平整的地面上；
- 2 按级配要求配置水泥稳定集料材料，在最佳含水率下拌和，材料用量约为 10kg 左右；
- 3 关闭上下漏斗阀门，用勺子将料均匀松装入上漏斗。装至料的表面与漏斗上边沿相平，多余的料钢条刮平；
- 4 抽出上漏斗下面的插板，让料自由落到下漏斗内；
- 5 快速打开下漏斗的料门插板，让水泥稳定集料自由下落的底板上；
- 6 用钢尺测量地面与料堆最高点之间的高度 H 和堆积直径 D ，高度和直径分别在不同的方向测量两次，两个方向之间大约成 90° 角。

C.4 离析系数的计算

C.4.1 离析系数 L 定义为堆积直径 D 与堆积高度 H 的比值，如图 C.4.1 所示。



图C.4.1 水泥稳定集料堆积状态和离析参数定义示意图

其物理意义为自然安息角 θ_0 的余切2倍，即：

$$L = 2ctg\theta_0 = \frac{D}{H} \quad (C.4.1)$$

式中：

D ——水泥稳定集料堆积直径（cm）；

H ——水泥稳定集料堆积高度（cm）；

θ_0 ——水泥稳定集料自然安息角（°）；

由式C.4.1可见， D 愈大， H 愈小，离析系数 L 愈大，则离析程度愈大。

C.5 数据处理

C.5.1 同一个料试验三次，最后结果取三次试验的平均值。

C.6 注意事项

C.6.1 试验过程中材料的含水率没有发生变化和质量没有发生损失，则试验材料可重复使用，否则应采用新材料进行试验。

附录 D 水泥稳定碎石圆柱形试件振动成型法

D.1 目的与适用范围

- D.1.1** 本方法适用于在室内采用振动法成型的圆柱形试件。
- D.1.2** 本方法也适用于其他无机稳定粒料类材料的圆柱形试件的成型。

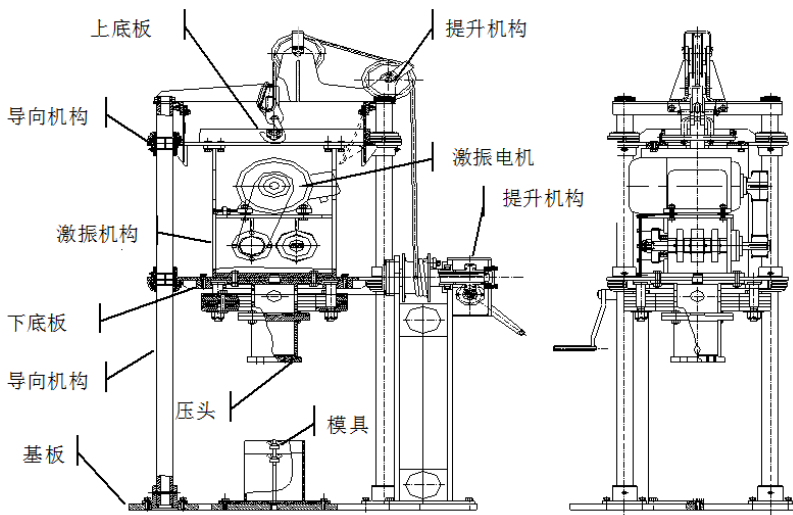
D.2 试验仪器

D.2.1 钢模

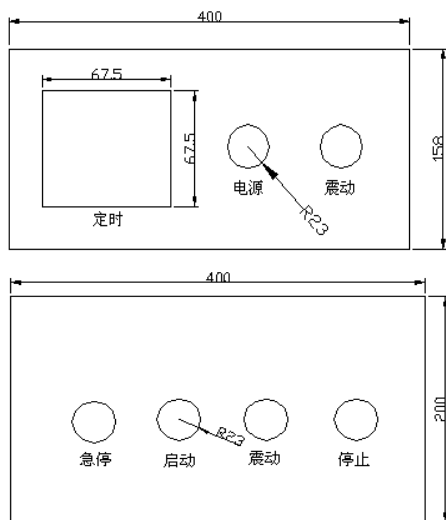
- 钢模：内径 150mm、高 230mm；
- 底座：直径 148mm、厚 40mm。

D.2.2 振动压实仪

振动压实仪如图D.2.2-1、图D.2.2-2所示，振动压实参数如表D.2.2所示。



图D.2.2-1 振动压实仪正面结构与侧面结构图



图D.2.2-2 控制系统结构与操作面板控制图

表 D.2.2 振动成型工艺参数

频率 (Hz)	离心力 (kN)	振幅 (mm)	加速度 (g)	振动强度 (100J/S)
30	6.2	0.89	4.24	3.52

D.2.3 电子秤

电子秤：量程 15kg，感量 0.1g。

D.2.4 深度游标卡尺

深度游标卡尺：量程 200mm，精度 0.02mm。

D.2.5 量筒

50ml、100ml 和 500ml 容积的量筒各一个。

D.2.6 拌和工具

与附录A的拌和设备相同。

D.2.7 脱模器

液压式脱模器1台。

D.3 试料准备

D.3.1 按照级配的设计结果和压实度要求，应根据试件的体积，

计算每个试件各档碎石的用量、水泥的用量和加水量。

D.3.2 混合料的拌和可采用振动拌和和人工拌和，当采用振动拌和时，拌和方法按附录 A 的方法执行。

D.3.3 当采用人工拌和时，应采取如下流程：

1 在成型试件前，称取每个试件的所用集料，加用水量的 2/3 进行拌和，拌和均匀后盛装到塑料袋内，密封闷料 4h~12h；

2 在成型试件时，取出一袋闷好的集料，倒入拌和槽内，同时加入水泥和剩余的水量，进行人工拌和。

D.4 试件制备方法

D.4.1 仔细检查振动压实仪各个螺栓是否松动，如果有松动处马上紧固。

D.4.2 把试模的侧壁均匀涂抹上一薄层黄油或废机油，在底座上放置与其直径一致的圆形纸片，之后，把试模套入底座。

D.4.3 把拌和好的水泥稳定碎石材料分三次装入试模，在第一层和第二层装料后，沿试模内壁均匀插捣 20 次，中间插捣 5 次。第三层装完后，用手压平，并垫上一片与试模内壁一致的圆形纸片。

D.4.4 把装好料的试模放在振动压实仪压头的下方，调整试模的位置，使压头处于试模的中心位置。

D.4.5 调整并安装好限位器，输入振动参数，开机，开始振动压实试件，当试件压实到达预定高度后（150mm），自动停机。

D.4.6 提起振动压头，取出试模，放置 24h 后，用脱模机脱模。

D.4.7 脱膜后采用深度尺四分法测量试件高度，称量试件质量，并记录测量数据。分别精确到 0.1mm 和 0.1g。

D.4.8 试件质量要求如下：

1 断面尺寸误差要求：试件的高度误差范围在-1mm~2mm，否则试件作废；

2 质量损失要求：试件的质量损失不应超过 50g，否则试件作废。

D.4.9 采用密封良好的塑料袋，双层包裹住试件，放入规定的养生室或养护箱内进行养生。

D.5 注意事项

D.5.1 由于振动容易对仪器造成损伤，在振动压实前要仔细检查仪器螺栓的紧固程度，操作时一定要遵守操作规程，不可疏忽大意。

D.5.2 试件高度采用限位器进行控制，当试件的高度超过容许偏差时，应调节目限位器，使试件高度满足技术要求。

附录 E 水泥稳定碎石压实质量无损检测与评价方法

E.1 目的与适用范围

E.1.1 本方法适用于采用便携式落锤弯沉仪（PFWD）快速检测水泥稳定碎石基层压实度。

E.1.2 通过试验段，建立压实度 K 与变形模量 E_{vd} 的关系，提出 PFWD 检测水泥稳定碎石压实质量的标准。

E.2 试验仪器

E.2.1 试验仪器要求如下：

- PFWD（便携式落锤弯沉仪）1台；
- 水准仪1台；
- 灌砂筒3套。

E.3 资料准备

E.3.1 物理指标的确定

选取有代表性的水泥稳定集料混合料，进行重型击实试验，确定水泥稳定集料的最大干密度 ρ_{max} 和最佳含水率 w_{opt} ，作为施工质量控制和计算压实度的标准。

E.3.2 压实工艺的确定

对于水泥稳定集料的碾压，振动压实具有明显的效果，可以促进颗粒就位，应根据现场压实机械的配备和材料状况，确定压实方法是采用振动压实与静压相结合，一般的压实工艺如下：

1 稳压：静压 1 遍，稳定材料，增加平整度，如采用 LT620B 型 20t 钢轮压路机；

2 复压：振压 4 遍，快速提高压实度，促进底部和中部密实，如采用 LT620B 型 20t 钢轮压路机；

3 终压：静压 1 遍，提高表层密实度，提高水泥稳定集料的表面纹理，如采用 26t 胶轮压路机。

E.4 动态变形模量 E_{vd} 的计算

E.4.1 采用 PFWD 检测水泥稳定集料基层动态变形模量 E_{vd} ，按式 E.4.1-1 计算。

$$E_{vd} = 1.5 \cdot r \cdot \sigma / S \quad (\text{E.4.1-1})$$

式中： E_{vd} ——动态变形模量（MPa）；

r ——荷载板半径（mm）；

σ ——荷载板下的动应力（MPa）；

S ——荷载板的竖向位移值（mm）。

也可采用简化公式 E.4.1-2 计算 E_{vd} 值：

$$E_{vd} = 22.5 / S \quad (\text{E.4.1-2})$$

E.5 变形模量 E_{vd} 与压实度关系的标定

E.5.1 采用 PFWD 方法快速无损评价水泥稳定集料基层的压实质量，应通过试验段的标定，建立压实度与 E_{vd} 的关系，提出要求压实度对应的 E_{vd} 值。压实度检测方法应按现行行业标准《公路路基路面现场测试规程》JTG 3450 中 T0921 的规定执行。

E.5.2 水泥稳定碎石结构层压实完成后，应立即进行 PFWD 检测，以减少含水率散失对变形模量的影响。

E.5.3 现场试验方案如下：

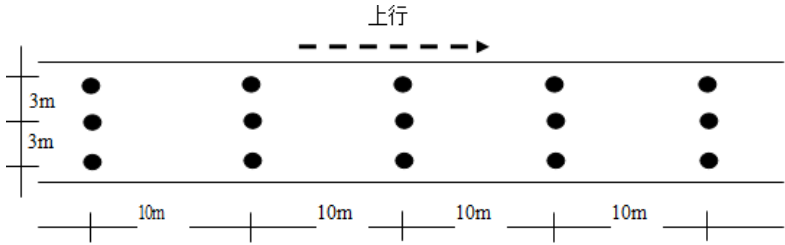
1 水泥稳定集料基层摊铺后（压实之前），选取 50m（一个碾压段）左右的距离布设测点，每 10m 选一个截面，每个截面 3 个点，如图 E.5.3 所示，并用石灰做上标记；

2 使用 PFWD 测量各点的 E_{vd} 值，并对应检测三点的压实度作为基础数据；

3 采用水准仪器，测定各点的初始高程；

4 进行第一遍压实，压实后，使用 PFWD 测试各点上的 E_{vd} 值，为了取得各点压实度的变化，同时测量每点的沉降差，然后取三个测定点，用灌砂法检测该点附近的压实度，然后取基层材料将灌砂后的坑填满捣实，以减小对下一次检测的影响；

5 再进行第二遍压实，每压一遍就重复 2 的检测工作，直到碾压结束。



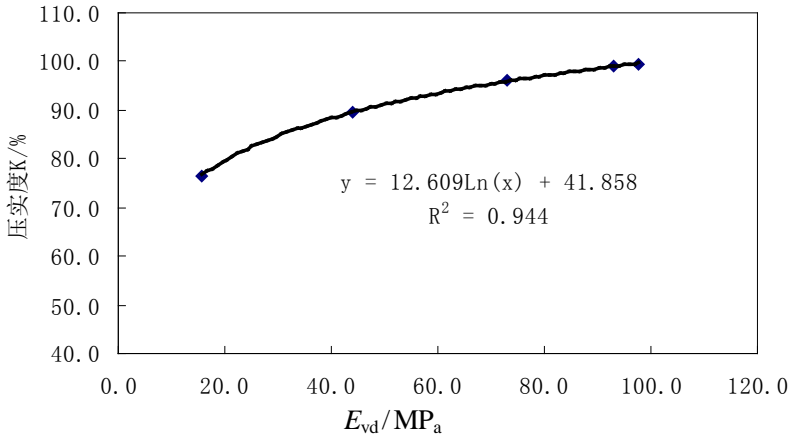
图E.5.3 测点布置示意图

E.6 压实度快速检测的 E_{vd} 检测标准

E.6.1 压实度 K 与 E_{vd} 关系的建立

采用对数函数建立压实度与变形模量的关系，某工程的 K 与 E_{vd} 的关系如图E.6.1所示，关系方程如式E.6.1所示。

$$K = 12.609 \ln E_{vd} + 41.858 \quad (\text{E.6.1})$$



图E.6.1 水泥稳定集料压实度 K 与PFWD变形模量 E_{vd} 的关系图

图中 $R^2=0.944$ ，说明压实度 K 与变形模量 E_{vd} 具有良好的相关性。

E.6.2 压实检测标准的提出

依据公式E.6.1计算不同压实度下水泥稳定集料PFWD变形模量的检测标准，如某工程的检测标准如表E.6.2-1所示。

表 E.6.2-1 不同压实度下变形模量最小值要求

压实度 $K/\%$	95	96	97	98	99	100
E_{vd}/MPa	68	74	80	86	94	101

应根据不同层位水泥稳定集料的压实度要求不同，以施工现场的标定关系为基础，可以得到所在公路工程中采用PFWD检测压实状态时，不同部位的 E_{vd} 值要求。表E.6.2-2为某工程水泥稳定集料基层 E_{vd} 值应满足的规定。

表 E.6.2-2 某工程水泥稳定集料基层 E_{vd} 压实标准

层位	基层	底基层
压实度 K 要求/ $\%$	98	97
E_{vd} 值要求/ MPa	86	80

附录 F 水泥稳定碎石板体刚度均匀性无损检测与评价方法

F.1 目的与适用范围

F.1.1 本方法适用于规定龄期下水泥稳定碎石基层板体刚度均匀性的检测与评价。

F.1.2 本方法也可用于其他无机结合料稳定类基层板体刚度质量的检测与评价。

F.2 试验仪器

F.2.1 PFWD 检测设备 1 台，PFWD 参数配置：锤重 10kg，落高 725mm，承载板直径 200mm。

F.2.2 PFWD 检测设备应同时配置内部应力传感器和变形传感器。

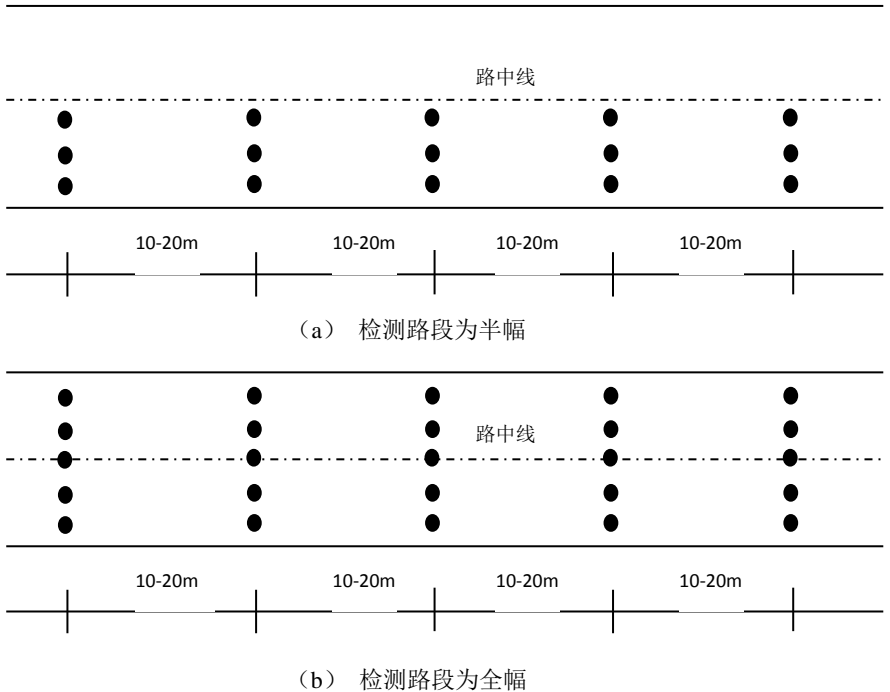
F.3 资料准备

F.3.1 应根据基层施工的季节和温度状况，确定检测的龄期 D_s 。

F.3.2 应在 $D_s \pm 1d$ 内完成检测。

F.4 现场检测方法

F.4.1 采用 PFWD 检测基层刚度，应保证一定的数据密度，当检测路段为快速路和主干路时，当半幅检测时，每个横断面布置至少 3 个点，当全幅检测时，每个断面上一一般布置至少 5 个点；测点布置图如图 F.4.1 所示。



图F.4.1 基层压实均匀性评价检测测点布置图

F.4.2 采用PFWD逐点检测 E_{vd} 值，保证底板与检测面充分接触，且落锤时，保证导杆竖直。

F.4.3 逐点记录变形均值 l_i 和变形模量 E_{vdi} 均值。

F.5 板体刚度均匀性评价

F.5.1 基于合格点数强度均匀性计算方法

1 对检测数据进行统计分析，计算变形模量平均值 \overline{Evd} 和标准差 S ；

2 采用 $\overline{Evd} \pm 3\sigma$ 准则，剔除错误数据；

3 采用公式 F.5.1-1 计算均匀与不均匀的分割区间；

$$\overline{Evd} - \frac{Z_a S}{2} \leq E_{vd} \leq \overline{Evd} + \frac{Z_a S}{2} \quad (F.5.1-1)$$

式中： $\overline{E_{vd}}$ ——评价路段内变形模量均值，MPa；
 S ——检测路段内变形模量标准差，MPa；
 $Z_{\frac{\alpha}{2}}$ ——与规定概率有关正态分布分位置，概率为80%时， $Z_{0.10}=1.286$ ，概率为90%时， $Z_{0.05}=1.645$ ，概率为95%时， $Z_{0.025}=1.960$ ；
 可根据项目的重要性进行选取，建议采用 $Z_{0.05}=1.645$ ；

4 计算评价单元有效数据的总点数 N_{sq} 和 E_{vd} 满足式(F.5.1-1)的点数 N_{sp} ；

5 计算均匀度

采用 (F.5.1-2) 式计算评价单元的均匀度：

$$t_{sn} = \frac{N_{sp}}{N_{sq}} \times 100\% \quad (\text{F.5.1-2})$$

式中： t_{sn} ——基于合格点数的板体强度均匀度，%；
 N_{sp} ——变形模量合格点的点数，即 E_{vd} 满足公式 (F.5.1-1) 所对应的点数；

N_{sq} ——评价单元有效变形模量检测点的数量。

F.5.2 板体强度均匀性评价的分级。

应根据均匀度 t_s 的分布，检测单元板体刚度均匀性分级如表 F.5.2所示。

表 F.5.2 水泥稳定碎石板体刚度均匀性分级

均匀度 t_s	$t_s \geq 90\%$	$75\% \leq t_s < 90\%$	$65\% \leq t_s < 75\%$	$t_s < 65\%$
均匀性评定	优	良	中	差
均匀性级别	1 级	2 级	3 级	4 级

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示允许有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 2 《生活饮用水卫生标准》 GB 5749
- 3 《城镇道路工程施工与质量验收规范》 CJJ 1
- 4 《混凝土用水标准》 JGJ 63
- 5 《城镇道路路面设计规范》 CJJ 169
- 6 《公路工程集料试验规程》 JTG E42
- 7 《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》 JTG E51
- 8 《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》 JTG 3420
- 9 《公路土工试验规程》 JTG 3430
- 10 《公路路基路面现场测试规程》 JTG 3450
- 11 《公路路面基层施工技术细则》 JTG/T F20

吉林省工程建设地方标准

城镇道路水泥稳定碎石基层技术标准

DB22/TXXX-20XX

条文说明

制订说明

《城镇道路水泥稳定碎石基层技术标准》由吉林省住房和城乡建设厅和吉林省市场监督管理局批准和发布。

本标准制订过程中，编制组进行了国内水泥稳定碎石基层材料设计、现场施工和质量检测与评价技术的调查研究，总结了国内外尤其是吉林省近年来在公路和城镇道路水泥稳定碎石基层施工技术的实践经验，通过部分材料性能的补充试验、施工质量无损检测与评价方法，提出了满足吉林省的城镇道路水泥稳定碎石基层技术要求。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《城镇道路水泥稳定碎石基层技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。

目 次

1	总则	63
3	基本规定	64
4	材料	65
4.2	水泥	65
4.4	粗集料	65
4.5	细集料	65
5	设计	66
5.2	结构组合	66
5.3	级配范围	66
5.4	设计强度	67
5.5	目标配合比	69
5.6	性能验证	70
5.7	生产配合比与生产控制参数	71
6	施工	72
6.1	一般规定	72
6.2	试验路段	72
6.5	混合料摊铺	72
6.7	局部路段人工摊铺	73
6.10	养生	73
7	质量检查及验收	75
7.3	质量验收	75

1 总则

1.0.1 城镇道路基层材料多采用二灰碎石和水泥稳定碎石，近来，随着施工机械、施工工艺的进步，水泥稳定碎石材料逐渐成为城镇道路基层材料的主要类型，但在市政行业领域，缺乏专门的技术规范对其进行施工指导；因此，为更好地规范和指导城镇道路水泥稳定碎石基层混合料的设计、施工，补充季冻区的设计指标，保证吉林省城镇道路基层沥青路面质量，在总结现有应用及研究成果的基础上，参考国内外有关成果，编制了本标准。

3 基本规定

3.0.6 传统的水泥稳定碎石基层混合料的配合比设计一般分为原材料检验、目标配合比、生产配合比和施工参数确定四个部分，本标准针对季冻区的气候特征，增加了离析性能、抗冻性能、干缩性能和抗冲刷技术指标要求和试验方法，主要开展混合料施工和易性和功能性验证，以保证水泥稳定碎石基层施工的便利和结构的耐久性。

4 材料

4.2 水泥

4.2.2 建议采用 42.5 级水泥，原因是城市道路的容许施工时间较短，为便于提高基层强度，缩短开放时间。

4.4 粗集料

4.4.1 现行行业标准中没有给出基层集料岩石的抗压强度要求，只给出了集料压碎值的规定，但业主单位在监控集料质量时，往往要掌握母岩的岩性和饱水抗压强度；一般情况下，石场做饱水抗压强度均是选择较好的石样，如果强度较低，则说明整个石场的母岩风化严重，在水泥稳定碎石碾压过程中会产生较大的压碎情况，因此，提出了母岩强度的技术要求，并且母岩的选取要具有代表性。

4.5 细集料

4.5.1 石灰岩硬度小，石屑的级配良好，会提高水泥稳定碎石的施工和易性，同时，石灰岩是碱性石料，与其他类型的岩石相比对水泥稳定碎石的强度有提升作用。

4.5.3 由于破碎工艺的改变和石料硬度较高，石场生产的石屑产量低且偏粗，因此，有条件时，可单独生产0mm~3mm的细集料，不但可以弥补石屑产量不足的问题，还可以很好地调节混合料的级配。

5 设计

5.2 结构组合

5.2.1 随着摊铺和压实机械的发展，大厚度摊铺已被广泛的应用，不但提高了生产效率，还减少了道路承载层的薄弱面的数量，道路建设者担心过厚的摊铺层难以压实，但实际的应用经验表明，压实方厚度不大于 350mm 时，压实均能满足技术要求。为推广大厚度摊铺的应用，基层和底基层的结构厚度组合设计需进行一定的调整，应趋向于等厚设计，避免基层和底基层厚度相差过大。

5.3 级配范围

5.3.3 C-S-1 级配依据现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 中的 C-B-1，工程经验表明，该级配具有良好的使用性能，但存在最大粒径偏小，压实过程中对含水量敏感（含水量大，易出现弹簧现象），故对该级配进行改造，最大粒径提升 1 个档级，形成 C-S-1；而 C-S-2 依据现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 中的 C-C-3，应根据同样的原则，进行了改造，提高了最大粒径的级别。C-S-1 为准骨架-密实级配，兼顾了强度和施工和易性两方面，用于快速路和主干路的基层，而 C-S-2 为悬浮-密实结构，主要考虑了施工和易性并兼顾级配对强度的贡献，属容错型设计，用于次干路和支路的基层。级配范围应对比见表 1 所示。

表 1 水泥稳定碎石级配范围对比 (%)

筛孔尺寸 (mm)	C-B-1	C-S-1	C-C-3	C-S-2
31.5		100		100
26.5	100	100~90	100	100~95
19	86~82	86~82	100~90	95~85

续表 1

筛孔尺寸 (mm)	C-B-1	C-S-1	C-C-3	C-S-2
16	79~73	79~73	92~79	92~79
13.2	72~65	72~65	83~67	83~67
9.5	62~53	62~53	71~52	71~52
4.75	45~35	45~35	50~30	50~30
2.36	31~22	31~22	36~19	36~19
1.18	22~13	22~13	26~12	26~12
0.6	15~8	15~8	19~8	19~8
0.3	10~5	10~5	14~5	14~5
0.15	7~3	7~3	10~3	10~3
0.075	5~2	5~2	7~2	7~2

《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 中的表 7.5.2 给出了水泥稳定土类材料的级配范围,就底基层的级配要求,过于宽泛,起不到控制作用(如最大粒径从 37.5mm~4.75mm 均可,0.075mm 的通过率为 0~30%),所以,在该标准中,放弃 CJJ 1 中底基层的级配选用;对于 CJJ 1 中基层的级配主要参考于原行业标准《公路路面基层施工技术规范》JTJ 034-2000 中表 3.2.2 中的 2 号和 3 号级配,关键在于当时集料的生产工艺,关键筛孔的通过率要求较为宽泛,如 4.75mm 的通过率范围 29%~50%,跨越了空隙结构至密实结构的范围,现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTJ/T F20 已经不使用这两种级配,为体现级配的发展和规范间的继承性,把 CJJ 1 表 7.5.2 中的次干道和快速路、主干路的基层级配,下移到本标准中底基层级配。

5.4 设计强度

5.4.2 在 2019 年,振动压实法就已经列入现行行业标准《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTJ E51 中,经过多年的发展,

该方法已经成熟，且室内成型模式与施工现场振动碾压相匹配的，得到的参数与实际施工具有对应关系，便于指导施工。

5.4.3 在水泥稳定碎石配合比设计中，压实标准的确定方法有两种，一是重型击实法，另一种方法是振动压实法，在力学试件成型方法上，对应的也有两种方法，一是静压成型法，另一种方法是振动压实法，因此通过组合，理论上配合比设计有四种方法，一是击实标准+静压成型，二是击实标准+振动成型，三是振动标准+静压成型，四是振动标准+振动成型，最常用的方法是第一和第四种方法，均是现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20推荐的方法；而在水泥稳定碎石的实际生产过程中，因振动拌和对水泥分布的均匀性有很大的提高被广泛地使用，为推广成熟科技，体现规范的先进性，把振动拌和、振动标准和振动成型试件的方法称为振动法配合比设计，建议有条件的情况下可以参照应用。

5.4.6 强度对水泥稳定碎石基层的服役表现至关重要，因为水泥稳定碎石基层是道路的主要承重层，因此，其设计强度按城市道路等级划分。

静压法基层的设计强度主要参考了现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 中表 4.2.4 中高速和一级公路的规定，而底基层的设计强度则参考了表 4.2.4 中的关于二级公路的规定，可以看出，基层和底基层的设计强度取值略高，主要基于如下考虑：

一是城市道路均采用下卧式结构，路基多处于潮湿状态，需要提高基层的强度来平衡水对基层强度的软化；

二是城市道路的维修具有复杂性，涉及各种管道线缆和上下水等市政设施，因此，应从长寿命的角度考量基层的设计，提高基层的设计强度，延长路面结构的使用寿命。

与现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 中表 4.2.4 相比，并把最低设计强度提升到 3.0MPa，因为目前我国还是采用 7d 龄期的芯样质量来评价水泥稳定碎石基层的施工质量，室内标准养生取芯试验表明，当水泥稳定碎石设计强度低于 3.0MPa，或者水泥剂量小于 4.0%时，几乎取不出完整芯样，基于目前的取芯评价方法，特规定设计强度的最低值。

水泥稳定碎石的振动拌和和振动成型均能对强度产生提升作用，主要影响的是水泥分布的均匀性和级配效应的发挥，室内研究

和工程实际均表明,抗压强度提升的幅度因级配类型和水泥剂量的不同,处于 5%~30%之间,因此振动法的配合比的设计强度也相应地需要提升,为方便应用,各设计强度均以提升 0.5MPa 为基准,提升的幅度为 7%~17%,以保证两种设计方法的水泥剂量基本一致。

5.5 目标配合比

5.5.9 现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 中规定,水泥稳定碎石基层的设计水泥剂量宜在 3%~6%,当水泥剂量低于 3.0%时,强度达不到最小设计强度 2.5MPa,当水泥剂量较高时,其收缩系数较大,水泥稳定碎石基层容易产生多的收缩裂缝,会大幅度增加日常的养护费用。对于最低水泥剂量,应不仅仅考虑设计强度问题,还应考虑 7d 取芯的问题,对于季冻区(吉林省),在 5 月~6 月和 10 月~11 月常有水泥稳定碎石基层的施工,由于环境温度低,强度增长缓慢,难于取出完整芯样,设计水泥确定不仅仅要考虑强度问题,同样要考虑施工质量检验问题,因此,应根据室内取芯试验的结果,增加了最低水泥剂量 4.0%的控制要求;而当水泥剂量大于 6.0%时,收缩裂缝会明显增加,导致路面结构验收时,低温开裂指数无法达到要求,因此限定最大水泥剂量为 6.0%。

5.5.10 由于碎石破碎工艺的原因,细集料石屑 0.3mm 以下的颗粒含量很少,使设计级配曲线的尾段偏粗,进而导致最佳含水量偏小,水泥稳定碎石的施工和易性差,容易产生离析现象,养生后板体质量较弱,而大幅度提高石屑的掺量,又会使级配曲线的中段偏离设计要求。

水泥稳定碎石摊铺的虚方厚度一般为 200mm~400mm 左右,在摊铺过程中大粒径粗骨料容易顺着摊铺机前方的料迹斜坡发生滚动跌落,在基层底面形成粗集料集中区域,产生竖向离析,减少基层有效结构厚度,降低基层结构的抗疲劳性能,因此,当生产配合比设计完成后,宜对其进行离析性检验,当满足不了技术要求时,应采取措施进行改善,以增加粗颗粒的滚动阻力,提高大厚度摊铺混合料的抗离析性能。

5.6 性能验证

5.6.3 现行行业标准中没有给出水泥稳定碎石基层的抗冻技术要求,只是对初期强度较低的石灰粉煤灰稳定类基层提出了相应的技术要求和试验方法,如现行行业标准《公路沥青路面设计规范》JTG D50 中规定冻土地区的高速和一级公路的石灰粉煤灰基层,28d 龄期 5 次冻融循环或 180d 龄期 10 次冻融循环的残留抗压强度比对于重冻区不小于 70%,对于中冻区不小于 65%。在试验方法上,采用现行行业标准《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG E51 中的 T0858 方法,-18℃冻 16 小时,20℃水中融化 8h 为一次冻融循环,其本质是饱水冻融循环。

由于城市道路的下卧式结构,水泥稳定碎石基层处于潮湿状态,当在施工过程中有过冬需求时,则会加剧潮湿状态的发生,在冻融循环作用下会使其强度衰减,因水泥稳定碎石的初期强度高,级配偏向于密实型,冻融的破坏作用相对较小,基于冻融作用下模量的衰减对疲劳寿命的影响,提出了采用残留抗压强度比 BDR 不小于 75%的技术指标要求。同时在试验方法上,也进行了调整,龄期同样为 28d,-20℃冻 16 小时,20℃标养箱内融化 8h 为一次冻融循环,冻融次数为 15 次,该试验方法的调整,是为了模拟水泥稳定碎石基层在路面结构中的真实湿度下的冻融,而不是饱水冻融,使试验结果与其服役状态的表现相一致。

5.6.4 收缩裂缝是水泥稳定碎石基层材料主要的早期病害之一,现行行业标准《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG E51 中给出了干缩(T0854)和温缩(T0855)的试验方法,但相应的设计和施工技术规范并没有给出技术要求。室内试验表明,水泥稳定碎石的干缩系数一般处于 $200 \times 10^{-6} \sim 600 \times 10^{-6}$ 之间,而温缩处于 $10 \times 10^{-6} \sim 100 \times 10^{-6}$ 之间,前者约为后者的 2 倍~60 倍,水泥稳定碎石的实体工程观测发现,施工期的干湿循环极易在养生过程中 15 天之内出现初始的干缩裂缝,当进入服役期在低温的作用下,裂缝会在初始干缩裂缝的基础上扩展,形成收缩裂缝。因此,在配合比设计过程中,为降低工作量,对季冻区,以控制干缩裂缝为主,并确定以干缩应变进行控制。

5.6.5 唧浆是水泥稳定碎石基层材料主要病害之一,当水分从裂缝

或者空隙进入基层顶面，在行车荷载作用下出现唧浆，并产生脱空现象，导致沥青面层疲劳开裂。现行行业标准《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG E51 中给出了抗冲刷试验方法(T0860)，但相应的设计和施工技术规范并没有给出技术要求。室内试验表明，水泥剂量和级配类型对抗冲刷性能有极大的影响，冲刷质量损失率随着无侧向抗压强度的增加呈抛物线减小趋势，从抗冲刷角度而言，水泥稳定碎石的水泥(P.O 42.5)剂量不宜小于4.5%，材料设计强度不应小于4.5MPa，级配类型宜采用骨架型密级配。有限元结构分析表明，在质量损失率小于0.5%时，弯沉和层底拉应变均有大幅度增加，当质量损失率大于0.5%至6%时，增幅趋势变缓，当质量损失率超过6%时，弯沉和层底拉应力均趋于稳定。基于冲刷质量损失对沥青层疲劳寿命的影响(50%的折减率)，制定了抗冲刷的技术标准。

5.7 生产配合比与生产控制参数

5.7.3 生产压实标准的确定试验，不少于3个平行试验，最大干密度相差不应大于 $0.02\text{g}/\text{cm}^3$ ，取平均值作为实际生产的压实度控制标准。

5.7.4 水泥稳定碎石的生产配合比确定后，需确定相应的生产控制参数，延迟时间是重要的参数之一，现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20 中给出的延长时间为0h、1h、2h和3h，但在实际生产过程中，经常出现延迟时间超3h后，强度代表值仍然满足设计强度要求的情况，无法准确确定出延迟时间，因此把延迟时间增加到4h。

闷料时，一定要密封严实，确保混合料内的水分不要蒸发损失，同时，闷料的环境温度为常温，不要刻意增加或降低闷料环境的温度。

水泥剂量的标定曲线，宜按施工控制水泥剂量 q_{ctr} 、 $q_{\text{ctr}}\pm 1\%$ 和 $q_{\text{ctr}}\pm 2\%$ 五个剂量进行滴定，并绘制5个点的EDTA标准曲线。

6 施工

6.1 一般规定

6.1.7 重冰冻标准一般指日最低气温到达 $-3^{\circ}\text{C}\sim-5^{\circ}\text{C}$ 。

6.2 试验路段

6.2.4 采用 PFWD 无损检测方法检测水泥稳定碎石的压实质量，具有无损、快速和全面的特点，但要在试验段修建过程中建立压实度 K 与变形模量 E_{vd} 的关系。因此，其检测精度具有一定的局限性，目前，可作为施工质量控制的手段和较大面积的压实质量评定，不宜作为点压实质量的评定手段。

6.5 混合料摊铺

6.5.1 路面结构设计是以层间连接连续为前提，因此施工过程中应采取必要的措施，保证底基层和基层之间产生有效的连接，一般情况下，均匀喷洒一定浓度的水泥浆是最简单、有效、经济的方法。

6.5.5 由于压路机压实能力的提升，水泥稳定碎石基层的摊铺厚度越来越厚，粗集料容易沿摊铺机搅笼的前缘斜面滚落，产生竖向离析（粗骨料在基层底面集中），为此，需人工在摊铺机搅笼前沿设柔性橡胶挡板或链条，防止粗骨料滚落，产生离析。橡胶挡板的布设前后效果如图 1 所示。

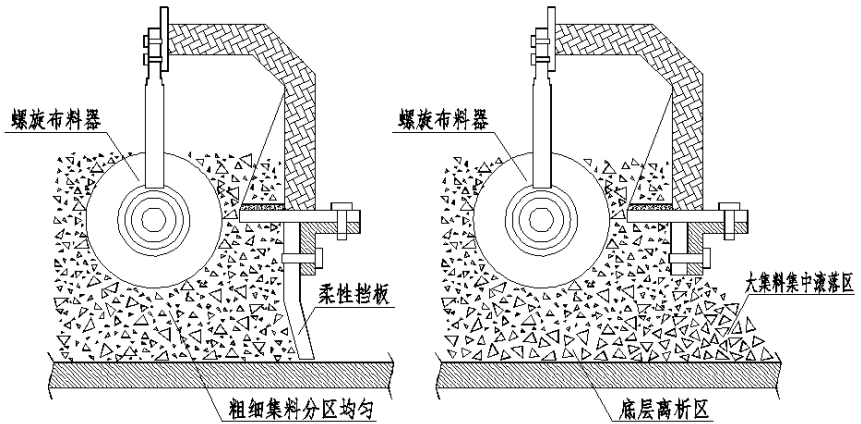


图1 摊铺机前布设与不布设挡板效果图

6.7 局部路段人工摊铺

6.7.6 平地机整形易将粗集料刮到表面，造成离析，而整平次数越多，离析现象越严重，宜配备专门的人员，负责消除整形后的离析现象，将集中的粗集料铲除，换以新鲜的拌和均匀的混合料。

6.10 养生

6.10.3 在季冻区水泥稳定碎石基层避免裸露过冬，在冻融循环作用下表层 50mm 左右极易产生松散，当松散层无法彻底清除时，在铺设沥青层后产生软弱夹层，导致沥青面层出现早期损坏，因此当水泥稳定碎石基层过冬时，应采取保护措施，并对配合比进行抗冻性能验证。

6.10.4 水泥稳定碎石基层的养生覆盖有多种模式，如覆盖土工布、塑料薄膜、铺砂洒水保湿、喷洒乳化沥青等，其中厚层土工布覆盖洒水养生模式的应用最多、效果较好，厚层土工布可以吸收较多的水分，减少洒水次数，保湿效果好；而塑料薄膜覆盖养生虽不用洒水，但具有一定的弊端：一是塑料薄膜具有吸湿效应，基层内部的水分后吸附在塑料薄膜表面，导致水泥水化的水量不足，二是无法

补水，三是薄膜破损后无法恢复苫盖。以上三个缺点导致水泥稳定碎石强度增长不均匀，因此不建议采用塑料薄膜覆盖养生的模式。

6.10.7 对于水泥稳定碎石基层养生后整体性质量评价的时机，现行行业标准《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20中明确规定对于水泥稳定碎石基层，应在养生7d后取出完整致密芯样，否则，找出不合格路段的相应范围，进行返工处理。从室内研究可知，只有水泥稳定碎石养生后其强度达到临界强度（劈裂强度0.35MPa）才能取出完整芯样，但养生期水泥稳定碎石基层强度的增长与养生温度有关，养生稳定越高水泥水化越快，强度增长得越快，所以，在温度较高的夏季，一般情况下5d即可取出芯样，而在温度较低的春季和秋季，一般要10d~14d，因此，应根据基层养生期的平均气温，调整整体性质量的评价时机，避免不分环境温度的高低，统一采用7d龄期的不合理状况。

7 质量检查及验收

7.3 质量验收

7.3.7 目前，规范规定检测水泥稳定碎石板体质量是采用取芯法，通过芯样的完整性和致密程度判断板体的质量，但从取芯实践可知，同一段施工的水泥稳定碎石基层，芯样的完整和致密程度会有很大的差别，其原因在于水泥分布离析、摊铺集料的离析、压实度的不均匀和养生质量的不均匀，进而产生基层刚度的不均匀，刚度的不均匀容易产生沥青面层的应力集中，易于产生早期疲劳损伤，因此，控制水泥稳定碎石基层板体刚度的均匀性十分必要。规范没有给出板体刚度均匀性的检测和评价方法，而取芯试验是小样本检测，无法满足均匀性评价的大样本需求，故采用PFWD无损检测的方法进行检测与评价。