



T/CECS XXX:XXXX

中国工程建设标准化协会标准

公路基层免振免养水泥稳定碎石施工技术规范

Technical specification for vibration-free and maintenance-free cement-stabilized gravel construction of highway substrate

(征求意见稿)

2021年12月

中国工程建设标准化协会标准

公路基层免振免养水泥稳定碎石施工技术规程

Technical specification for vibration-free and maintenance-free cement-
stabilized macadam construction of highway substrate

主编单位：江苏东交智控科技股份有限公司

江苏金领建设发展有限公司

吴江市明港道桥工程有限公司

南通市交通运输局

海安市交通运输局

江苏省徐州市公路管理处

批准部门：

施行日期：

2021 南京

前 言

免振免养水泥稳定碎石技术，其技术原理借鉴自密实混凝土的特点，通过加入一种免振免养添加剂来改善水泥稳定碎石的性能指标，其突出的优点就是不需要振动压实无需长期养生就可以达到要求的密实度和强度，大大减小了工程建设施工扰民的程度，作为一种针对特殊环境的半刚性基层施工技术，满足国家建设环境友好型社会的要求，对提升建设单位的形象也具有积极意义。

本文件按照《公路工程标准编写导则》（JTG A04）规则起草。文件编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国外和国内先进标准，并在广泛征求各方意见的基础上，编制了本文件。

本文件共分为六章，主要技术内容包括：总则、术语符号、材料、免振免养混合料配合比设计、免振免养混合料施工、施工质量控制。

本规程由中国工程建设标准化协会归口管理，由江苏东交智控科技股份有限公司负责具体技术内容的解释。在施工过程中如有建议或意见，请寄送江苏东交智控科技股份有限公司（地址：南京市紫东路紫东国际创意园a2栋4楼；邮编：210046）。

本文件主要起草单位：江苏东交智控科技股份有限公司、江苏金领建设发展有限公司、吴江市明港道桥工程有限公司、南通市交通运输局、海安市交通运输局、江苏省徐州市公路管理处。

本文件主要起草人员：王捷、李华、毛益佳、王鹏、赵良、王云、宋亚洲、赵喆、王海波、吴超、程润军、周晓云、沈忠宝、张苏龙、陈广辉、王彤、吴迪、孙小标、王锋、张大伟、张保卫、李晓慧、刘德、陈平、张文胜、李虎、黄欣、张洪瑞、石贤忠、郑新。

目 录

| | |
|-------------------------|----|
| 1 总则..... | 1 |
| 2 术语、符号及代号..... | 1 |
| 2.1 术语..... | 1 |
| 2.2 符号及代号..... | 2 |
| 3 材料..... | 2 |
| 3.1 水泥..... | 2 |
| 3.2 集料..... | 3 |
| 3.3 水..... | 3 |
| 3.4 添加剂..... | 4 |
| 4 免振免养水泥稳定碎石混合料设计..... | 4 |
| 4.1 一般规定..... | 4 |
| 4.2 配合比设计方法与步骤..... | 5 |
| 5 免振免养水泥稳定碎石混合料的施工..... | 6 |
| 5.1 一般规定..... | 6 |
| 5.2 施工准备..... | 7 |
| 5.3 施工..... | 8 |
| 6 施工质量控制..... | 11 |
| 6.1 施工前材料和设备检查..... | 11 |
| 6.2 施工过程的质量控制..... | 12 |
| 6.3 质量检查和验收..... | 12 |
| 附录 A 试验方法..... | 14 |

公路基层免振免养水泥稳定碎石施工技术规范

1 总则

1.0.1 为了提高我国公路基层水泥稳定碎石设计及施工技术水平，更好地指导工程实践，避免振动压实对周围环境的影响，缩短施工工期，推广免振免养水泥稳定碎石技术，特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于施工工期紧、施工环境噪音要求高、限制使用振动压实的水稳基层施工工程，特别适用于市区道路基层改造、老建筑群附近、对振动有限制建筑附近、干线管线区域基层施工。

1.0.3 应采用符合本规程的原材料、施工配合比设计、施工工艺和质量标准与控制规定。

1.0.4 本规程适用于全国各级公路新建工程、改扩建工程的基层施工。

1.0.5 除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术语、符号及代号

2.1 术语

2.1.1 免振免养水泥稳定碎石 (vibration-free and maintenance-free cement stabilized macadam)

一种通过级配设计将集料、水泥和添加剂加水拌和形成的混合料，铺筑后无须振动压实、无须外部养生并在 24h 内便能达到传统水泥稳定碎石规定强度的一种新型水泥稳定碎石。

2.1.2 免振免养添加剂 (vibration-free additives)

综合了减水剂、早强剂、膨胀剂的效果，具有高效的减水率、较好的早强效果，且具有一定的膨胀性能的一种混合添加剂。

2.1.3 外部养生 (external curing)

水泥稳定碎石混合料成型期间，需要外部洒水以保持混合料成型所需要的养生条件。

2.1.4 内部养生 (internal curing)

免振免养水泥稳定碎石混合料成型期间，仅依靠混合料铺筑时自身条件，无须外部洒水，就可以达到成型所需要的养生条件。

2.1.5 静压试验（hydrostatic test）

本规程提出的一种混合料试验方法，见附录 A。

2.2 符号及代号

2.2.1 本规程各种符号、代号以及意义详见表 2.1-1。

表 2.1-1 各种符号、代号以及意义

| 编号 | 符号或代号 | 意义及单位 |
|--------|-------|--------------------------|
| 2.2.1 | R_c | 抗压强度，MPa |
| 2.2.2 | R_i | 劈裂强度（间接抗拉强度），MPa |
| 2.2.3 | R_s | 弯拉强度，MPa |
| 2.2.4 | W | 含水率，% |
| 2.2.5 | P_w | 材料的湿密度，g/cm ³ |
| 2.2.6 | P_d | 材料的干密度，g/cm ³ |
| 2.2.7 | a_d | 干缩系数，% |
| 2.2.8 | a_t | 温缩系数，% |
| 2.2.9 | C_v | 变异系数，% |
| 2.2.10 | °C | 摄氏温度 |

3 材料

3.1 水泥

3.1.1 普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥都可用于拌制免振免养水泥稳定碎石混合料，宜采用强度等级 42.5 级的缓凝水泥。

3.1.2 水泥的技术要求应符合表 3.1-1 的规定。

表 3.1-1 水泥技术要求

| 试验项目 | 技术要求 |
|--------------------------|------|
| 比表面积（m ² /Kg） | ≥200 |
| 初凝时间（min） | ≥180 |

| | |
|------------------------|-------|
| 终凝时间 (min) | ≥360 |
| 3 天抗折强度 (MPa) | ≥3.5 |
| 3 天抗压强度 (MPa) | ≥18.0 |
| 安定性 | 合格 |
| SO ₃ 含量 (%) | ≤3.5 |

3.1.2 采用散装水泥，在水泥进场入罐时，要停放七天，安定性合格后才能使用；夏季高温作业时，水泥入罐温度不能高于 50℃，否则，应采用降温措施。

3.2 集料

3.2.1 集料应采用坚硬、洁净、无杂质的岩石轧制，指标应符合表 3.2-1~表 3.2-2 的规定。

表 3.2-1 粗集料技术要求

| 指标 | 技术要求 | | |
|--------------------|-----------|---------|-----------|
| | 高速公路和一级公路 | | 二级及二级以下公路 |
| | 极重、特重交通 | 重、中、轻交通 | |
| 石料压碎值 (%) | ≤22 | ≤26 | ≤30 |
| 针片状颗粒含量 (%) | ≤18 | ≤18 | ≤20 |
| 0.075mm 以下粉尘含量 (%) | ≤1.2 | ≤2 | — |
| 软石含量 (%) | ≤3 | ≤5 | |

表 3.2-2 细集料技术要求 (规格为 2.36-4.75mm)

| 试验项目 | 技术要求 |
|------------------|------------------------------|
| 颗粒分析 | 满足级配要求 |
| 塑性指数 | ≤17 |
| 有机质含量 (%) | <2 |
| 硫酸盐含量 (%) | ≤0.25 |
| 0.075mm 颗粒含量 (%) | ≤15 (高速、一级公路); ≤20 (二级及以下公路) |

3.3 水

3.3.1 凡饮用水皆可使用，遇到可疑水源，应委托有关部门化验鉴定。

3.4 添加剂

3.4.1 应选择专门的免振免养添加剂，其检测指标项目应符合表 3.4-1 的规定。

表 3.4-1 免振免养添加剂各项检测指标

| 指标类型 | 检测项目 | 单位 | 要求指标 | |
|------|---|--------------|--------------------|--------|
| 化学成分 | pH 值 | / | 8±1 | |
| | 碱含量 (Na ₂ O+0.658K ₂ O) | % | ≤0.75 | |
| 物理性能 | 含固量 | % | ≥(95±2) | |
| | 细度 | 比表面积 | m ² /kg | ≥200 |
| | | (1.18mm 筛筛余) | % | ≤0.05 |
| | 限制膨胀率 | 水中 7d | % | ≥0.025 |
| 减水率 | | % | ≥25 | |

4 免振免养水泥稳定碎石混合料设计

4.1 一般规定

4.1.1 免振免养水泥稳定碎石混合料的配合比设计，应充分考虑使用要求、原路面状况、交通量、气候条件等因素，选择适当的配合设计类型，确定施工方案。

4.1.2 免振免养水泥稳定材料的组成设计需要根据规定的材料指标要求，通过试验选取合适的集料和水泥，确定合理的集料配合比例、水泥剂量、混合料的最佳含水量和相应的最大干密度。

4.1.3 免振免养合成集料的级配组成应符合表 4.1-1 的规定。

表 4.1-1 免振免养水泥稳定碎石混合料级配组成范围

| 级配 | 通过下列筛孔 (mm) 的重量百分率 (%) | | | | | | | |
|----|------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| | 31.5 | 26.5 | 19 | 9.5 | 4.75 | 2.36 | 0.6 | 0.075 |
| 范围 | 100 | 95~100 | 72~89 | 47~67 | 29~49 | 17~35 | 8~22 | 0~5 |

4.1.4 最佳含水量和相应的最大干密度采用静压法取得，试件尺寸为直径 150mm，高度 150±10mm，详细的试验方法见附录 A。

4.1.5 静压成型试件 24h 龄期，无侧限抗压强度代表值 R_d 应满足下表 4.1-2 中

的要求。

表 4.1-2 免振免养水稳材料 24h 龄期无侧限抗压强度标准值 R_d (MPa)

| 公路等级 | 极重、特重交通 | 重交通 | 中、轻交通 |
|-----------|------------|----------|------------|
| 高速公路或一级公路 | ≥ 3.5 | ≥ 3 | ≥ 3 |
| 二级及以下公路 | ≥ 3.5 | ≥ 3 | ≥ 2.5 |

4.1.5 静压成型试件 7d 龄期，无侧限抗压强度代表值 R_d 应满足下表 4.1-3 中的要求。

表 4.1-2 免振免养水稳材料 7d 龄期无侧限抗压强度标准值 R_d (MPa)

| 公路等级 | 极重、特重交通 | 重交通 | 中、轻交通 |
|-----------|---------|---------|---------|
| 高速公路或一级公路 | 5.0~7.0 | 4.0~6.0 | 3.0~5.0 |
| 二级及以下公路 | 4.0~6.0 | 3.0~5.0 | 2.0~4.0 |

4.2 配合比设计方法与步骤

4.2.1 应选择工程拟采用的各材料进行混合料的配合比设计。

4.2.2 免振免养水泥稳定碎石混合料的配合比设计按下列步骤进行：

(1) 取工地实际使用的集料，分别进行水洗筛分，按颗粒组成进行计算，确定各种集料的组成比例。要求组成混合料的级配应符合表 4.1-1 的规定。

(2) 为了保证免振免养水泥稳定碎石的强度和密实性，在混合料中应免振免养添加剂，掺量为水泥剂量的 10%。

(3) 取工地使用的水泥，按不同水泥剂量分组试验。一般建议水泥剂量按 3.0%、3.5%、4.0%、4.5% 四种比例进行试验（以集料质量为 100）。制备不同比例的混合料（每组试件个数为：偏差系数 10%~15% 时 9 个，偏差系数 15%~20% 时 13 个），用其中最佳含水量和相应的最大干密度采用静压法取得，静压压力为 400kN。

(4) 根据确定的最佳含水量，拌制免振免养水泥稳定碎石混合料，按要求压实度制备混合料试件，在标准条件下养生 24h，做无侧限抗压强度试验。

(5) 免振免养水泥稳定碎石试件的标准养生条件：将制好的试件脱模称重后，应立即用塑料膜包覆，放到相对湿度 95% 的养生室内养生，养生温度为

20°C±2°C。养生期间试件质量损失（指含水量的减少）应不超过 10g，质量损失超过此规定的试件，应予作废。

(6) 试件室内试验结果抗压强度的代表值按下式计算：

$$R^0_d = \bar{R}(1 - Z_a C_v) \quad \text{式 (1)}$$

式中： R^0_d —抗压强度代表值，MPa；

\bar{R} —该组试件抗压强度的平均值，MPa；

Z_a —保证率系数 95%，此时 $Z_a = 1.645$ ；

C_v —试验结果的偏差系数（以小数计）。

(7) 取符合强度要求的最佳配合比作为免振免养水泥稳定碎石的生产配合比，用静压法求得最佳含水量和最大干密度，以指导施工。

4.2.3 通过混合料设计，提出混合料设计报告。报告内容应包括：

- (1) 水泥和添加剂技术指标；
- (2) 集料技术指标、矿料配合比和矿料设计级配；
- (3) 免振免养水泥稳定碎石混合料配合比和技术指标。

5 免振免养水泥稳定碎石混合料的施工

5.1 一般规定

5.1.1 免振免养水泥稳定碎石施工前，施工单位必须提供详实的混合料设计报告。工程应由具有丰富设计经验的实验室进行验证性复核，并出具复核报告，符合技术要求后方可施工。

5.1.2 免振免养水泥稳定碎石基层采用集中厂拌混合料、摊铺机摊铺、压路机碾压的工艺施工。

5.1.3 免振免养剂的添加方法有两种，一是利用进料斗，二是采利用备用水泥罐仓，所有料斗、罐仓都要求装配高精度电子动态计量器。所有电子动态计量器应有资质的计量部门进行计量标定后方可使用。

5.1.4 免振免养水泥稳定碎石混合料采用干质量配合比计算，以集料质量为 100，水泥剂量外加的比例表示，添加剂剂量以水泥质量为 100 外加。

5.1.5 免振免养水泥稳定碎石基层的施工期宜在冰冻到来前半个月至一个月结束，并尽量避免在高温季节施工。

5.1.6 施工时，应遵循下列规定：

(1) 配料应准确，拌和应均匀；

(2) 混合料摊铺应均匀，减少离析；

(3) 严格控制基层的压实厚度和高程，横坡应与面层一致；

(4) 应在混合料略大于最佳含水量约 0.5~1.5 个百分点时进行碾压，直达到室内静压试验确定的标准（不小于 98% 的压实度）。

5.1.7 免振免养水泥稳定碎石混合料应采用专用的粒料拌和机集中厂拌生产。施工中应尽可能缩短从加水拌和到碾压终了的时间，该时间不应超过水泥的初凝时间。

5.1.8 应采取各种有效措施，防止免振免养水泥稳定碎石基层在施工中出现离析（粗集料集中）和开裂现象。对已经出现的离析和开裂应进行处理，直至将基层铲除重铺。

5.2 施工准备

5.2.1 配备齐全的施工机械和配件，机械数量至少应满足每个工点，每日连续正常生产及工期要求。

5.2.2 免振免养水泥稳定碎石施工要求单幅梯队摊铺作业，因而必须配备以下主要机械：

(1) 拌和机应配置产量大于 400t/h 的拌和机，要保证其实际出料（生产量的 80%）能力超过实际摊铺能力的 10-15%。拌和机必须采用定型产品，并在多个工程中应用，且用户反应良好。为使混合料拌和均匀，拌缸要满足一定长度。至少要有五个进料斗，料斗口必须安装钢筋网盖，筛除超出粒径规格的集料及杂物。

(2) 摊铺机应根据路面基层的宽度、厚度，选用合适的摊铺机械。基层施工应采用两台摊铺机梯队作业，要求两台摊铺机功能一致，同一机型，而且机型较新，功能较全，新旧程度基本一致，以保证路面基层厚度一致，完整无缝，平整度好。

(3) 压路机至少应配备 12t 以上双钢轮压路机 1 台, 22t 以上的压路机不少于 3 台、26t~30t 胶轮压路机不少于 2 台。压路机的吨位和台数必须与拌和机及摊铺机生产能力相匹配, 使从加水拌和到碾压终了的时间不超过 2h, 保证施工正常进行。

(4) 自卸汽车数量应与拌和设备、摊铺设备、压路机相匹配。

(5) 装载机。

(6) 水泥钢制罐仓可视摊铺能力和水泥的供应能力决定其容量, 可用 4 个 100t 的, 罐仓内应配有水泥破拱器, 以免水泥起拱停流。

5.2.3 试铺路段的拌和、摊铺各道工序按《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20-2015) 进行, 通过试验段的摊铺, 确定施工工艺。

5.2.4 用于施工混合料的配合比验证:

(1) 调试拌和机, 分别称出拌缸中不同规格的碎石、水泥、水的重量, 测量其计量的准确性;

(2) 调整拌和时间, 保证混合料均匀性;

(3) 检查混合料含水量、集料级配、水泥剂量、添加剂剂量、无侧限抗压强度。

5.2.5 确定标准施工方法:

(1) 混合料配比的控制方法;

(2) 混合料摊铺方法和适用机具 (包括摊铺机的行进速度、摊铺厚度的控制方式、梯队作业时摊铺机的间隔距离, 一般 5~8m);

(3) 含水量的调整和控制;

(4) 压实机械的选择和组合, 压实的顺序, 速度和遍数。

5.2.6 检验标准见表 6.3-1, 其中试铺段的检验频率应是标准中规定正式路面的 2~3 倍。

5.2.7 当使用的原材料和混合料、施工机械、施工方法及试铺路面各检验项目的检测结果都符合规定时, 可开始基层施工。

5.3 施工

5.3.1 免振免养水泥稳定碎石施工应满足以下要求:

(1) 清除作业面表面的浮土等杂物，并将作业面表面洒水湿润。

(2) 开始摊铺的前一天要进行测量放样，按摊铺机宽度与传感器间距，一般在直线上间隔为 10m，在平曲线上为 5m，做出标记，并打好导向控制线支架，根据松铺系数算出松铺厚度，决定导向控制线高度，挂好导向控制线。用于控制摊铺机摊铺厚度的控制线的钢丝拉力应不小于 800N。

(3) 免振免养水泥稳定碎石基层的施工期建议在冰冻到来前半个月结束施工，尽量避免在高温季节施工。

(4) 下层免振免养水泥稳定碎石施工结束，应及时覆盖表面，无须洒水养生，进行内部养生 24h 后，经强度检测满足要求后，方可进行上层免振免养水泥稳定碎石的施工。

(5) 免振免养水泥稳定碎石基层厚度宜不大于 18cm。

5.3.2 混合料的拌和应满足以下要求：

(1) 开始拌和前，拌和场的备料应充足。

(2) 每天开始搅拌前，应检查场内各处集料的含水量，计算当天的配合比，外加水与天然含水量的总和要比最佳含水量略高。实际的水泥剂量可以大于混合料组成设计时确定的水泥剂量约 0.5%。同时，在充分估计施工富余强度时要从缩小施工偏差入手，不得以提高水泥剂量的方式提高路面基层强度。

(3) 准确控制免振免养添加剂的用量，宜采用备用水泥罐仓进行储存，由控制系统自动投放；或者选择料斗，并对出料口进行适当改造，控制出料速度。

(4) 免振免养添加剂投放前，应做好罐仓的标定和校准工作。

(5) 混合料每天开始搅拌之后，按规定取混合料试样抽查级配和水泥剂量；随时在线检查配比、含水量是否变化，按温度变化及时调整。

(6) 拌和机出料不允许采取自由跌落式的落地成堆、装载机装料运输的办法。一定要配备带活门漏斗的料仓，由漏斗出料直接装车运输，装车时车辆应前后移动，分三次装料，避免混合料离析。

5.3.3 混合料的运输应满足以下要求：

(1) 运输车辆在每天开工前，要检验其完好情况，装料前应将车厢清洗干净。运输车辆数量一定要满足拌和出料与摊铺需要，并略有富余。

(2) 应尽快将拌成的混合料运送到铺筑现场。混合料运输过程应覆盖，减

少水分损失。如运输车辆中途出现故障，必须立即以最短时间排除；当车内混合料不能在初凝时间内运到工地摊铺压实，必须予以废弃。

5.3.4 混合料的摊铺应满足以下要求：

(1) 摊铺前应将底基层适当洒水湿润。对于基层下层表面，应喷洒水泥净浆，按水泥质量计，宜不少于 $1.0\sim 1.5\text{kg}/\text{m}^2$ 。水泥净浆稠度以洒布均匀为度，洒布长度以不大于摊铺机前 $30\sim 40\text{m}$ 为宜。

(2) 摊铺前应检查摊铺机各部分运转情况，每天施工开始前应重复此项工作。

(3) 调整好传感器臂与导向控制线的关系；严格控制基层厚度和高程，保证路拱横坡度满足设计要求。

(4) 摊铺机宜连续摊铺。如拌和机生产能力较小，在用摊铺机摊铺混合料时，应采用最低速度摊铺，禁止摊铺机停机待料。摊铺机的摊铺速度一般宜控制在 $1\text{m}/\text{min}$ 左右。

(5) 基层混合料摊铺应采用两台摊铺机梯队作业，一前一后应保证速度一致、摊铺厚度一致、松铺系数一致、路拱坡度一致、摊铺平整度一致、振动频率一致等，两机摊铺接缝平整。

(6) 摊铺机的螺旋布料器应有三分之二埋入混合料中。

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

5.3.5 混合料的碾压应满足以下要求：

(1) 每台摊铺机后面，应紧跟双钢轮压路机，一次碾压长度一般为 $50\text{m}\sim 80\text{m}$ 。碾压段落必须层次分明，设置明显的分界标志，有监理旁站。

(2) 碾压应遵循生产试验路段确定的程序与工艺。由于免振免养水泥稳定碎石施工中钢轮压路机采用静压方式碾压，因此施工过程中，压路机速度较低（建议不超过 $1.5\text{km}/\text{h}$ ），碾压遍数应比正常施工多碾压 $3\sim 5$ 遍，具体碾压视压实度情况而定。

(3) 压路机碾压时应重叠 $1/2$ 轮宽。

(4) 压路机倒车换挡要轻且平顺，不要拉动基层，在第一遍初步稳压时，倒车后尽量原路返回，换挡位置应在已压好的段落上，在未碾压的一头换挡倒车

位置错开，要成齿状，出现个别拥包时，应专配工人进行铲平处理。

(5) 压路机停车要错开，相距间隔不小于 3m，应停在已碾压好的路段上。

(6) 严禁压路机在已完成的或正在碾压的路段上调头和急刹车。

(7) 碾压宜在水泥终凝前及试验确定的延迟时间内完成，并达到要求的压实度，同时没有明显的轮迹。

(8) 为保证免振免养水泥稳定碎石基层边缘强度，应有一定的超宽；对用方木或型钢模板支撑时，也应有一定超宽。

5.3.6 免振免养水泥稳定碎石混合料摊铺时，应连续作业，如因故中断时间超过 2h，则应设横缝；每天收工之后，第二天开工的接头断面也要设置横缝；要特别注意桥头搭板前的碾压。

5.3.7 横缝应与路面车道中心线垂直设置，接缝断面应是竖向平面。其设置方法：

(1) 压路机碾压完毕，沿端头斜面开到下承层上停机过夜。

(2) 第二天将压路机沿斜面开到前一天施工的基层上，用三米直尺纵向放在接缝处，定出基层面离开三米直尺的点作为接缝位置，沿横向断面挖除坡下部分混合料，清理干净后，用水泥净浆涂刷横向端面，摊铺机从接缝处起步摊铺。

(3) 压路机沿接缝横向碾压，由前一天压实层上逐渐推向新铺层，碾压完毕再纵向正常碾压。

(4) 碾压完毕，接缝处纵向平整度应符合附表规定。

5.3.8 施工完成后的养生

(1) 每一段碾压完成以后应立即进行质量检查，并开始内部养生。

(2) 养生方法：正常气温下施工应将麻布或透水无纺土工布湿润，然后人工覆盖在碾压完成的基层顶面，无须外部养生，24h 后即可进行下道工序施工。

(3) 在养生期间应封闭交通。

(4) 养生结束后，必须将覆盖物清除干净。

6 施工质量控制

6.1 施工前材料和设备检查

6.1.1 施工前必须提供原材料的检测报告、混合料设计报告和复核报告，并确认符合要求；必须提供摊铺车标定报告。在确认材料、设备等没有发生变化和符合

要求后，方可施工。

6.1.2 施工前应对摊铺机的性能、标定和设定以及辅助施工车辆配套情况、性能等进行检查。

6.1.3 水泥剂量的测定用料应在拌和机拌和后取样，并立即（一般规定小于 10 分钟）送到工地试验室进行滴定试验。

6.1.4 水泥用量除用滴定法检测水泥剂量要求外，还必须进行总量控制检测。即要求记录每天的实际水泥用量、集料用量和实际工程量，计算对比水泥剂量的一致性。

6.2 施工过程的质量控制

6.2.1 应采取各种有效措施，防止免振免养水泥稳定碎石基层在施工中出现离析（粗集料集中）和开裂现象。对已经出现的离析和开裂应进行处理，直至将基层铲除重铺。

6.2.2 免振免养水泥稳定碎石基层的施工期尽量避免极寒极热天气下施工，宜在冰冻到来前半个月至一个月结束，在高温季节施工时做好表面防护。

6.2.3 免振免养水泥稳定碎石混合料应采用专用的粒料拌和机集中厂拌生产。施工中应尽可能缩短从加水拌和到碾压终了的时间，该时间不应超过水泥的初凝时间。

6.3 质量检查和验收

6.3.1 免振免养水泥稳定碎石基层的质量控制标准见表 6.3-1。

表 6.3-1 免振免养水泥稳定碎石基层质量标准

| 检查项目 | 质量标准 | | 检查规定 | | 备注 |
|----------|----------|----------|-------------|-----------------------|----|
| | 要求值或允许误差 | 质量要求 | 最低频率 | 方法 | |
| 压实度 (%) | ≥98 | 符合技术规范要求 | 4 处/200 米/层 | 每处每车道测一点，用灌砂法检查 | |
| 平整度 (mm) | >8 | 平整、无起伏 | 2 处/200 米 | 用三米直尺连续量 10 尺，每尺取最大间隙 | |

| | | | | | |
|--------------|--|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------|--------------|
| 纵横高程 (mm) | +5, -10 | 平整顺适 | 1 断面/20 米 | 每断面 3~5 点 用水准仪测量 | |
| 厚度 (mm) | 代表值-8 | 均匀一致 | 1 处/200 米/车 道 | 每处 3 点, 路中 及边缘任选挖坑 丈量 | |
| | 合格值-15 | | | | |
| 宽度 (mm) | 不小于设计 | 边缘线整 齐, 顺适, 无曲折 | 1 处/40 米 | 用皮尺丈量 | |
| 横坡度 (%) | ±0.3 | | 3 个断面/100 米 | 用水准仪测量 | |
| 水泥剂量 (%) | 设计值-1% | | 每 2000m ² 6 个 以上样品 | EDTA 滴定 及总量校核 | 拌和机拌 和后取样 |
| 级配 (%) | | 规定级配范围 | 每 2000m ² 1 次 | 水洗筛分 | 拌和机拌 和后取样 |
| 强度 (MPa) | >2.5MPa | 符合设计要求 | 2 组 / 每天 | 抗压强度 | 上、下午 各一组 |
| 含水量 (%) | ±2 | 最佳含水量 | 随时 | 烘干法 | |
| 外观要求 | ① 表面均匀、平整密实, 无浮石, 弹簧现象; ② 无明显压路机轮迹。 | | | | |

注: (1) 免振免养水泥稳定碎石基层 24h 龄期必须能取出完整的芯样, 芯样高度不应小于实际摊铺厚度的 90%, 如果取不出完整钻件, 则应找出路段相应范围, 进行返工处理; (2) 其它质量要求按《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20-2015) 执行。

附录 A 试验方法

1 静压试验方法

A1.1 目的与适用范围

本方法适用于在规定的试筒内，对免振免养水泥稳定材料进行静压试验，以绘制稳定材料的含水量-干密度关系曲线，从而确定其最佳含水量和最大干密度。

A1.2 仪器和材料

A1.2.1 钢模：内径 152mm、高 170 mm、壁厚 10 mm；**钢模套环：**内径 152mm、高 50 mm、壁厚 10 mm；**筒内垫块：**直径 151mm、厚 20mm；**钢模底板：**直径 300mm、厚 10mm。以上各部件如图 A1-1 所示，可用螺栓固定成一体。

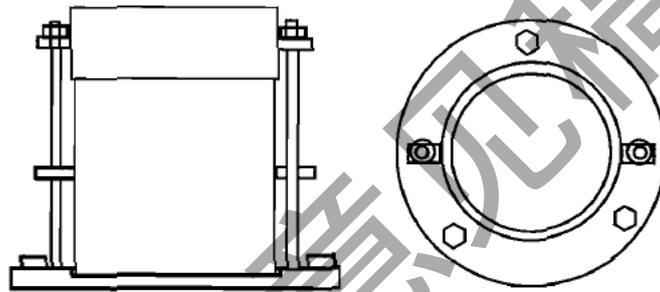


图 A1-1 钢模、钢模套环及钢模底板示意图

A1.2.2 压实机：如图 A1-2 所示，配有中 150mm 的压头，静压力和加载速率可调。



图 A1-2 压实机

A1.2.3 电子天平：量程 15 kg，感量 0.1g；量程 4000g，感量 0.01g。

A1.2.4 方孔筛：孔径 37.5mm，31.5mm，26.5mm，19mm，9.5mm，4.75mm，2.36mm，0.6mm 以及 0.075 mm 的标准筛各 1 个。

A1.2.5 其他需要的器具参照相关标准执行，如下：

- (1) 水泥胶砂强度、水泥凝结时间、安定性检验仪器
- (2) 水泥剂量测定设备
- (3) 水泥稳定碎石抗压试件制备与抗压强度测定设备
- (4) 标准养生室
- (5) 基层密度测定设备
- (6) 压碎值仪
- (7) 针片状测定仪器
- (8) 取芯机
- (9) 土壤液、塑限联合测定仪

A1.3 方法和步骤

(1) 将混合料用托盘放置于温度为 $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱内，维持时间 4~6 小时，直至重量恒定不变；

(2) 取 m_1 (g) 烘干后的试料 1 份，掺加 m_2 (g) 水泥，充分拌和，得到均匀的干混合料； m_1 取值应保证控制所得试件直径为 150mm，高度处于 150 士 10mm，第一次开始试验时 $m_1=6000 \pm 200\text{g}$ 。掺加水泥的质量 m_2 由公式 A1.1 计算得到：

$$m_2 = m_1 \times 0.01 \times P \quad (\text{A1.1})$$

式中：P 为预计水泥使用剂量 (%)；

(3) 取多组质量为 $(m_1+m_2) \times w_i$ (g) 水与干混合料混合，充分拌和均匀；通常，预设 5 到 6 个含水量，依次相差 0.5%，应保证其中至少有两个处于最佳含水量以上，同时其中至少两个处于最佳含水量以下；

(4) 按四分法将拌和好的湿混合料分为四份，按照对角顺序依次将混合料装入试模，混合料分四层一次性装入试模中，每层装料同时用直径约为 1cm 的铁棒插捣均匀。

(5) 把上压头放入试模，将试件放置于压力机上，下压头应有 2cm 高度出露试模。控制加压速率为 1kN/s，最大压力值为 400kN。维持最大压力值稳

压 2 分钟。

(6) 卸除荷载，取走上压头，采用脱模器取出试样。试样高度控制在 $150\pm 10\text{mm}$ ，当试样高度超出该范围时试样应作废，并根据试样高度，适当增加或减少步骤 (2) 中的 m_1 ，按照上述 (2) ~ (6) 步骤重新制作试样；

(7) 试样的干密度按照以公式 A1.2 计算：

$$\rho_d = \frac{m}{v} \times \frac{1}{1 + 0.01 \times w} \quad (\text{A1.2})$$

式中， ρ_d 为试样的干密度 (g/cm^3)； m 为混合料湿的总质量 (g)； v 为混合料试样的体积 (cm^3)；

(8) 重复 5~6 次不同的加水质量试验，保证静力压实后试样的高度处于有效范围内，通过计算可以得到 5~6 组试样拌和含水量及压实干密度。通过干密度-含水量之间的关系曲线，即可得到混合料的最大干密度 $\rho_{d\max}$ 和最佳含水量 w_0 。

A1.4 报告

试验报告应包括以下内容：

- (1) 试样的最大粒径、超尺寸颗粒的百分率；
- (2) 水泥的种类和强度等级，或石灰中有效氧化钙和氧化镁的含量 (%)；
- (3) 无机结合料类型及剂量；
- (4) 所用振动压实机的各参数；
- (5) 最大干密度 (g/cm^3)；
- (6) 最佳含水量 (%)。