



T/CECS XXX- 2023

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction Standardization

公路超大粒径水泥稳定碎石
应用技术规程

Technical Specification for Application of Large Size
Cement-Treated Macadam Base for Highway

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

中国工程建设标准化协会标准

公路超大粒径水泥稳定碎石 应用技术规程

**Technical Specification for Application of Large Size
Cement-Treated Macadam Base for Highway**

T/CECS -20

主编单位：长安大学

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：20 年 月 日

****出版社

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2022 年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2022]13 号）的要求，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，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本规程分为 7 章，主要内容包括：1 总则、2 术语、3 基本规定、4 原材料、5 混合料设计、6 施工、7 质量检查与验收。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会公路分会归口管理，由长安大学负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请函告本规程日常管理组，中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路 8 号；邮编：100088；电话：010-62079839；电子邮箱：shc@rioh.cn），或蒋应军（地址：陕西省西安市南二环中段长安大学公路学院；邮编：710064；电话：13636709568；电子邮箱：jyj@chd.edu.cn），以便修订时参考。

主编单位：长安大学

参编单位：河南省交通建设技术中心

新疆交通规划勘察设计研究院有限公司

金华市交通投资集团有限公司

中交第二航务工程局有限公司

浙江交工集团股份有限公司

中铁五洲第二工程有限公司

金华市交通规划设计院有限公司

新疆路桥建设集团有限公司

主 编：蒋应军

主要参编人员：李明杰 赵 楠 范人杰 刘 杰 陈浙江 杨 明 楼文辉

施 旻 楼欧阳 刘宁波 王永学 葛宏男 卢 山 陈 成

蒋 鹏 马 周 郑 刚 王 旭 周俊涛 吴俊江

主 审：刘怡林

参与审查人员：戴经樑 吕松涛 吴传海 杨晓明 胡小金 周卫峰

目 录

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	3
4	原材料	5
4.1	一般规定	5
4.2	水泥	5
4.3	集料	5
4.4	水	6
5	混合料设计	7
5.1	一般规定	7
5.2	技术要求	7
5.3	目标配合比	7
5.4	生产配合比	9
5.5	施工配合比	9
6	施工	11
6.1	一般规定	11
6.2	试验段铺筑	11
6.3	拌和	11
6.4	运输	12
6.5	摊铺	12
6.6	碾压	13
6.7	养生与交通管制	13
7	质量检查与验收	14
7.1	一般规定	14
7.2	施工前质量检查	14
7.3	施工过程质量检查	14
7.4	交工验收	16
附录 A	水泥稳定碎石垂直振动试验方法	17
附录 B	水泥稳定碎石中水泥剂量测定方法（EDTA 滴定法）	24
附录 C	水泥稳定碎石施工允许延迟时间确定方法	25
	引用标准名录	26

1 总则

1.0.1 为提升公路水泥稳定碎石基层抗裂性能，保证基层施工质量，规范超大粒径水泥稳定碎石施工，制定本规程。

条文说明

集料粒径越大，稳定性越强，触发颗粒移动所需外力越大，表现为强度越高、抗裂性能越好；集料粒径越大，比表面积越小，粘结颗粒所需水泥用量就越少，表现为抗裂性能越好。

1.0.2 本规程适用于各等级公路新建、改建和养护工程的超大粒径水泥稳定碎石（CTB-50）基层、底基层设计与施工，其他工程及超大粒径水泥稳定碎石可参照执行。

条文说明

通常称集料公称最大粒径 $\geq 37.5\text{mm}$ 水泥稳定碎石为超大粒水泥稳定碎石。集料粒径大，施工易离析，且对拌和、摊铺设备磨损大。综合考虑路用性能、施工性能和经济性，编制组对公称最大粒径为 53mm 超大粒径水泥稳定碎石配合比设计、材料特性和施工技术等进行系统深入研究，在此基础上，提出CTB-50设计与施工技术。

1.0.3 本规程规定了超大粒径水泥稳定碎石（CTB-50）的原材料、混合料设计、施工、质量检查与验收。

条文说明

4%水泥剂量的CTB-30标准养生条件下7d无侧限抗压强度和劈裂强度分别为 10MPa 和 0.97MPa ，而3%水泥剂量的CTB-50分别可达 11MPa 和 1.02MPa ，表明CTB-50具有良好的技术经济性。

1.0.4 应建立健全安全生产管理制度及应急预案，严格执行安全操作规程，保障施工人员的职业健康和施工安全。

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

2.0.1 超大粒径水泥稳定碎石 (CTB) Large Size Cement-Treated Macadam Base

由水泥、水和公称最大粒径 $\geq 37.5\text{mm}$ 级配碎石组成的混合料,经拌和、摊铺、压实和养生后达到规定强度的材料。

2.0.2 垂直振动击实仪 (VVTE) Vertical Vibrocompression Testing Equipment

工作时只产生垂直振动力而没有水平力的振动击实仪。

2.0.3 垂直振动试验方法 (VVTM) Vertical Vibrocompression Testing Method

采用垂直振动击实仪将水泥稳定碎石振动击实,确定水泥稳定碎石最大干密度和最佳含水率、成型圆柱体试件的试验方法。

2.0.4 垂直振动击实试验方法 Method for Reference Density and Water Content using VVTE

采用垂直振动击实仪将不同含水率的水泥稳定碎石振动击实,击实后测试不同含水率水泥稳定碎石的密度,并绘制干密度—含水率曲线,确定水泥稳定碎石最大干密度和最佳含水率的试验方法。

2.0.5 试件垂直振动成型方法 Fabrication method of specimens using VVTE

采用垂直振动击实仪将水泥稳定碎石振动击实至规定压实度和尺寸要求的圆柱体试件的方法。

3 基本规定

3.0.1 CTB-50单层设计厚度宜为20~28cm。

条文说明

工程实践证明，利用当前常规摊铺设备和22t以上的压实设备，CTB-50单层最大压实厚度可达28cm。碾压厚度增加，不仅可减少结构层数量、改善层间结合、增强路面整体性，而且可降低施工成本、加快工程进度。

3.0.2 与CTB-30相比，CTB-50基层设计厚度可减薄2-6cm。

条文说明

目前高速、一级公路CTB-30基层厚度一般为48-56cm，通常分三层施工。而采用CTB-50，仅需分两层施工，路面结构整体性得到增强，CTB-50基层层底拉应力降低了5%。而且，同剂量水泥，CTB-50弯拉强度比CTB-30高出12%。综合考虑层底拉应力和弯拉强度，同厚度情况下CTB-50应力水平比CTB-30降低了约15%，以疲劳寿命等效为原则，则CTB-50基层厚度可较CTB-30基层减薄约6cm。

3.0.3 CTB-50基层沥青路面推荐结构见图3.0.3-1~图3.0.3-2。

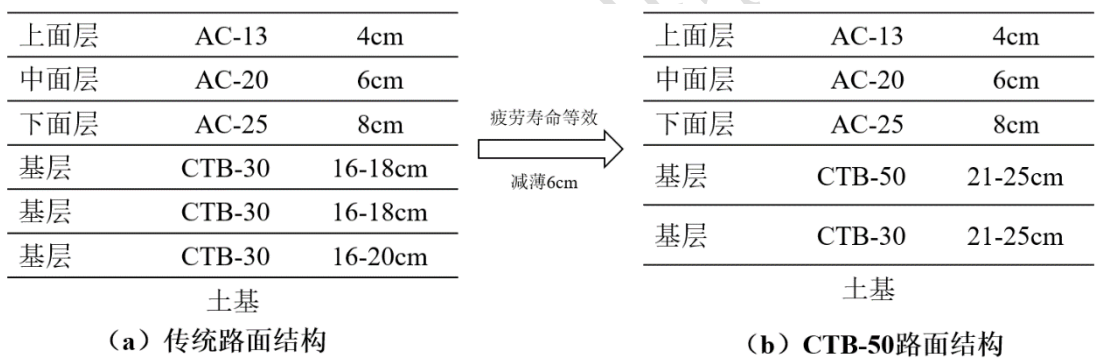


图3.0.3-1 高速公路、一级公路典型路面结构

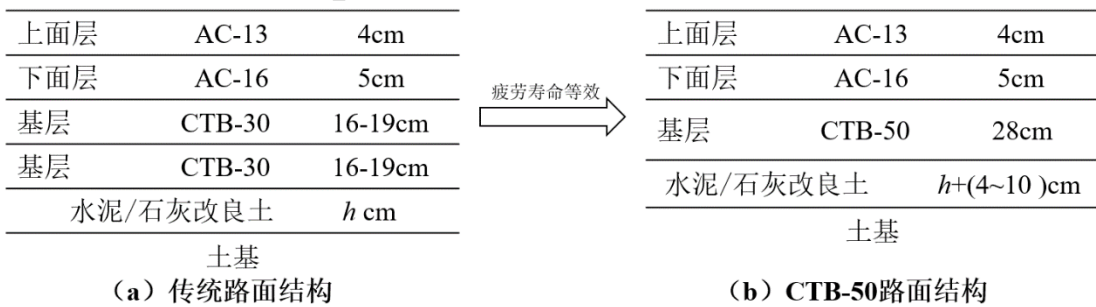


图3.0.3-2 二级公路典型路面结构

条文说明

高速、一级公路CTB-50推荐路面结构可减少一层水泥稳定碎石层施工、养护，不仅可增强路面整体性，而且可加快工程进度、降低工程成本。

为了充分利用CTB-50单层最大压实厚度28cm、降低工程造价，以疲劳寿命等效为原则，提出二级公路CTB-50推荐路面结构。

3.0.4 CTB-50弯拉强度和弹性模量应按现行《公路沥青路面设计规范》(JTG D50)第5.1.4条规定,依据相应水平确定:

1 水平一,CTB-50弯拉强度和弹性模量测试用试件尺寸为 $\Phi 200\text{mm} \times h 200\text{mm}$,试验步骤参照《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTG E51)中T 0851的有关规定。

2 水平三,CTB-50弯拉强度建议值为 $2.0 \sim 2.4\text{MPa}$,弹性模量建议值为 $20000 \sim 30000\text{MPa}$ 。

3.0.5 路面结构设计应符合现行《公路沥青路面设计规范》(JTG D50)的有关规定。

4 原材料

4.1 一般规定

4.1.1 材料运至现场后，应抽样检测，检测合格后方可使用。

4.1.2 相同料源、规格、品种的原材料作为一批，应分批检测和储存。

4.2 水泥

4.2.1 水泥应符合《通用硅酸盐水泥》(GB 175)中相关规定，初凝时间应大于4h，终凝时间应大于6h且小于10h。宜采用普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥和火山灰质硅酸盐水泥，禁止使用快硬水泥、早强水泥及受潮变质水泥。

4.2.2 采用散装水泥时，水泥出炉后应停放7d以上，且安定性检测合格后才能使用。运至工地的散装水泥入罐温度应低于50℃，使用时若高于此温度，应采取降温措施。冬季施工，水泥入拌缸温度应高于10℃。

4.3 集料

4.3.1 集料按粒径分为A料37.5 mm~53mm、B料19mm~37.5mm、C料9.5mm~19mm、D料4.75mm~9.5mm和E料0~4.75mm(石屑)五种规格，并按表4.3.1的规定生产和使用。

表 4.3.1 集料规格

料号	规格/mm	通过下列筛孔尺寸/mm的质量百分率/%									
		53	37.5	31.5	19	16	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
A料	37.5~53	90~100	0~15	-	-	-	-	-	-	-	-
B料	19.0~37.5	-	90~100	40~70	0~15	0~5	-	-	-	-	-
C料	9.5~19.0	-	-	100	90~100	-	0~15	0~5	-	-	-
D料	4.75~9.5	-	-	-	-	100	90~100	0~10	0~5		
E料	0~4.75	-	-	-	-	-	100	90~100	-	30~50	10~20

4.3.2 粗集料技术要求应符合表4.3.2的规定。生产过程中二次破碎禁止采用颚式破碎机。

表 4.3.2 粗集料技术要求

项目	表观密度/(t/m ³)	压碎值/%	针片状含量/%	
			大于 9.5 mm	9.5 mm~4.75 mm
技术要求	≥2.6	≤25	≤15	≤20

4.3.3 细集料应符合表4.3.3的规定，且应洁净、干燥、无风化、无杂质。

表 4.3.3 细集料技术要求

项 目	表观密度/(t/m ³)	砂当量/%
技术要求	≥2.5	≥60

4.4 水

4.4.1 采用无污染水或饮用水。

4.4.2 遇到可疑水源，应按表4.4.2进行检测，合格后方可使用。

表 4.4.2 水技术要求

项 目	PH 值	SO ₄ ²⁻ 含量/（mg/mm ³ ）	含盐量/（mg/mm ³ ）
技术要求	≥4	<0.0027	≤0.005

5 混合料设计

5.1 一般规定

5.1.1 超大粒径水泥稳定碎石最大干密度和最佳含水率采用本标准附录A方法确定。

5.1.2 超大粒径水泥稳定碎石力学强度测试用试件尺寸为 $\Phi 200\text{mm} \times h 200\text{mm}$ ，且应采用本标准附录A方法制备。

5.2 技术要求

5.2.1 超大粒径水泥稳定碎石矿料级配应符合表5.2.1的规定。

表 5.2.1 强嵌挤骨架密实型水泥稳定碎石矿料级配

层位	通过下列筛孔尺寸（mm）的质量百分率（%）							
	53	37.5	19	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
(底)基层	95~100	65~75	55~65	37~47	26~34	18~26	6~14	2~6

5.2.2 超大粒径水泥稳定碎石压实度、7d无侧限抗压强度应符合表5.2.2的规定。

表 5.2.2 水泥稳定碎石压实度、强度及水泥剂量要求

层位	压实度/%	7d 抗压强度代表值 /MPa	水泥剂量/%	
			最小值	最大值
基 层	≥ 98	≥ 7.0	2.0	4.0
底基层	≥ 97	≥ 6.5	1.5	3.5

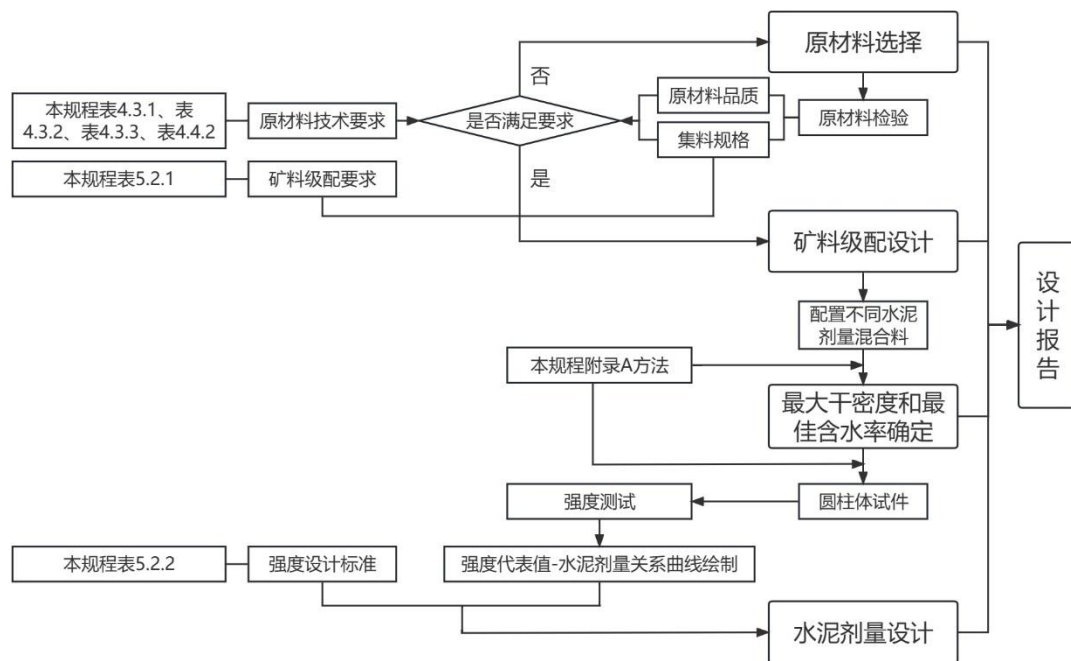
条文说明

为防止施工车辆荷载作用下基层产生极限断裂破坏，根据CTB-50早期力学特性、荷载作用下早期力学响应，提出超大粒径水泥稳定碎石控制施工期极限破坏的强度标准；

为防止设计年限内在运营车辆荷载的反复作用下基层产生疲劳断裂破坏，根据CTB-50疲劳破坏特性、荷载作用下基层力学响应，基于Miner疲劳累积损伤理论提出超大粒径水泥稳定碎石控制运营期疲劳破坏的强度标准。综上，提出超大粒径水泥稳定碎石强度设计标准。

5.3 目标配合比

5.3.1 超大粒径水泥稳定碎石目标配合比设计流程见图5.3.1。



5.3.1 配合比设计流程

5.3.2 超大粒径水泥稳定碎石组成设计步骤如下。

1 原材料选择及检验

对所用原材料包括集料、水泥、水等进行试验检测并进行矿料筛分，不满足规程要求时应重新选择原材料。

2 矿料级配设计

根据集料筛分结果和表5.2.1矿料级配要求，确定各集料比例。

3 最大干密度和最佳含水率确定

采用本标准附录A方法确定各水泥剂量混合料最大干密度和最佳含水率。建议分别按下列五种水泥剂量配制同一种矿料级配、不同水泥剂量的混合料：底基层采用2.0%、2.5%、3.0%、3.5%；基层采用2.5%、3.0%、3.5%、4.0%。

4 圆柱体试件制备

根据最大干密度和表5.2.2中规定压实度计算不同水泥剂量混合料试件的干密度。按计算的干密度和最佳含水率，采用本标准附录A方法成型不同水泥剂量混合料直径200 mm×高度200 mm圆柱体试件，每组试件数量应符合表5.3.3的规定。

表 5.3.3 最少试件数量

C_v	<10%	10%~15%
试件数量（个）	6	9

5 7d无侧限抗压强度测试

试件放入温度 $20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度在95%以上的标准养护室养生6d，取出后浸入 $20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 恒温水槽中，水面应高出试件顶约2.5cm。将浸水24h的试件取出，用软布吸去试件表面的水分，量高称重后，立即进行无侧限抗压强度试验。

6 强度代表值—水泥剂量关系曲线绘制

根据式（5.3.2）计算7d无侧限抗压强度代表值。

$$R_d = \bar{R} - Z_\alpha * S \quad (5.3.2)$$

式中： $\bar{R}$ —该组试件强度的平均值，MPa；

R_d —强度代表值，MPa；

S —该组试件强度的标准差；

Z_α —保证率系数，高速、一级公路取95%， $Z_\alpha=1.645$ ；其他公路取90%， $Z_\alpha=1.282$ 。

以水泥剂量为横坐标、7d强度代表值为纵坐标，绘制7d强度代表值~水泥剂量之间关系曲线。

7 确定水泥剂量

根据表5.2.2强度设计要求和7d强度代表值~水泥剂量关系曲线，确定最小水泥剂量设计值。

8 设计报告

配合比设计报告应包括：原材料检测结果、设计级配范围及级配曲线、最佳含水率和最佳干密度、水泥剂量、7d无侧限抗压强度、最大干密度确定方法和试件成型方法等内容。

5.4 生产配合比

5.4.1 试验确定EDTA标准曲线。确定方法见本规程附录B。

条文说明

水泥剂量检测时，超大粒径水泥稳定碎石现场取样代表性不好保证，样品偏粗时水泥剂量检测值偏低，反之水泥剂量检测值偏大。为避免取样代表性造成的误差，提出了本规程附录B方法。实际检测时，取现场水泥稳定碎石按本规程附录B方法过9.5mm筛，取筛下部分进行EDTA试验测试，与EDTA标准曲线对比确定水泥剂量。

5.4.2 确定不同施工温度的允许延迟时间。确定方法见本规程附录C。

条文说明

温度对水泥初凝时间影响巨大，环境温度每升高1℃，初凝时间减少10~15min，一般要求水泥稳定碎石在水泥初凝时间内完成碾压，否则可能在碾压过程中破坏已形成的水化产物，影响施工质量。因此，规定不同施工温度水泥初凝时间的确定方法，明确了不同施工温度对应的允许延迟时间。

5.4.3 拌和设备调试和标定后，根据目标配合比确定下列生产参数：

- 1 各料仓的进料速度。
- 2 水流量计的设定值。
- 3 水泥剂量。

5.5 施工配合比

5.5.1 按生产配合比进行拌合检验和试验段验证，根据摊铺、碾压以及现场芯样情况，确定工地实际采用的施工配合比。

5.5.2 视拌和设备水泥剂量控制精度，结合施工中原材料变化和施工变异性等因素，工地实际采用水泥剂量可增加0~0.5%。

5.5.3 每天开工前，应检测原材料级配及天然含水率，验证混合料配合比准确性及稳定性。拌和混合料含水率应不超过最佳含水率值0.5%，并确保碾压时混合料含水率处于或略大于最佳含水率。

征求意见稿

6 施工

6.1 一般规定

6.1.1 试验段铺筑前，应完成配合比设计报告，制定试验段施工组织方案。

6.1.2 施工前，建设单位应组织设计、施工、监理等单位进行技术交底，施工单位应进行施工组织设计，施工、监理人员应培训后上岗。

6.1.3 下承层验收合格后，方可以进行上结构层施工。

6.1.4 应采用流水作业法施工，使各工序紧密衔接，确保拌和到碾压终了之间的时间应控制在施工延迟时间之内。

6.1.5 压实度计算时应采用本指南附录A方法确定的最大干密度作为标准密度。

6.1.6 未尽事宜可参照现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20)的相关规定执行。

6.2 试验段铺筑

6.2.1 正式开工之前，应铺筑不小于200m的试验段，确定施工工艺和质量控制要求。

6.2.2 试验段铺筑，应按下列步骤进行：

- 1 按生产配合比进行拌和，取样检测级配、含水率、水泥剂量，确定混合料干密度，每项检测应不少于4个样本。
- 2 设定2~3个松铺系数进行摊铺，松铺系数宜为1.2~1.3。
- 3 摊铺后、碾压前取样成型，检测7d无侧限抗压强度，应不少于6个样本。
- 4 设定2~3种压实组合工艺进行碾压。测定不同工艺下的混合料压实度和含水率，确定最佳压实工艺和松铺系数。每种工艺压实度和含水率检测应不少于4个样本。
- 5 养生至规定时间后取芯测试厚度、强度和评价外观。

6.2.3 通过试验段铺筑与检测，应确定以下参数与工艺，并编制报告。

- 1 标准养生试件的7d无侧限抗压强度、试验段完整芯样切割成标准试件的强度、现场芯样外观。
- 2 拌和设备各档材料的进料比例、速度及精度；水泥的进料比例和精度；含水率的控制精度。
- 3 摊铺与碾压工艺及参数。

6.3 拌和

6.3.1 混合料拌和可采用普通或振动搅拌设备，并符合下列要求：

- 1 额定产量宜不小于500t/h，拌缸有效搅拌长度 $\geq 2.5\text{m}$ 。
- 2 进料斗宜不少于6个，料斗间加设高度不小于1m的隔板。
- 3 至少配置2个容量80t~100t水泥罐，罐仓内应配有水泥破拱器。
- 4 料斗、罐仓宜装配电子动态计量器，使用流量计控制加水量。

6.3.2 拌和前应调试和标定所用设备，确保配合比符合设计要求。当原材料发生变化时，应重新调试和标定设备。

6.3.3 拌和实际产量应不超过额定产量的85%，实际出料能力应超过实际摊铺能力的10%~15%。

6.3.4 拌和前，应检查集料的含水率，计算当日施工配合比。高温作业时，早晚与中午拌和含水率应有区别，按温度变化及时调整，保持现场碾压含水率接近于最佳含水率。

6.4 运输

6.4.1 运输车辆数量、运输能力应满足拌和出料与摊铺需要。

6.4.2 装车时车辆应前后移动，分三次装料，减少粗细集料离析。

6.4.3 运输车上的水泥稳定碎石应覆盖，减少水分损失。

6.5 摊铺

6.5.1 混合料碾压成型厚度宜为200~280mm，松铺系数为1.25~1.28。

6.5.2 摊铺机应具有良好的抗离析能力，施工前应对摊铺机采取下列措施：

- 1 螺旋分料器宜安装在低位或中位。
- 2 螺旋分料器与前挡板刮板和熨平板之间间隙应不大于25cm。
- 3 应采取措施降低前挡板刮板离地高度，如设塑料或橡胶挡板等。
- 4 前挡板刮板两端安装塑料或橡胶挡板等，以防止两端混合料自由滚落。

6.5.3 摊铺准备工作应符合以下要求：

- 1 严格控制基层厚度和高程，保证路拱横坡度满足设计要求。
- 2 下承层洒水湿润后，对无机结合料稳定类表面还应撒水泥净浆，水泥用量宜为 $1.0\text{kg/m}^2 \sim 1.2\text{kg/m}^2$ 。

6.5.4 摊铺应符合以下要求：

- 1 摊铺应匀速、连续，形成不间断流水作业，速度宜不超过 3.0m/min 。
- 2 螺旋分料器应匀速、不间断地旋转送料，且全部埋入混合料中。
- 3 螺旋分料器转速应与摊铺速度相适应，保证两边缘混合料充足。
- 4 摊铺过程中，应开启熨平板、夯锤的振动功能，并将参数设为额定最大值的70%~80%。
- 5 采用2台或多台摊铺机梯队摊铺作业时，摊铺机型号宜相同、新旧程度宜相近。外侧摊铺机在前、内侧摊铺机在后形成梯队流水作业，前后间距宜不超过5m，且纵向应有300~400mm的重叠。
- 6 对无法使用机械摊铺的路段，可采用人工同步摊铺、修整。
- 7 局部粗集料集中部位，应撒铺过 4.75mm 筛的湿混合料。
- 8 沿侧模灌入水泥浆，保证（底）基层边缘强度。

6.6 碾压

6.6.1 碾压设备配置宜符合表6.6.1的规定。

表 6.6.1 碾压设备配置要求

压路机类型	下列单向车道数对应最少碾压设备配置要求	
	单或双车道	三车道及以上
12 吨以上双钢轮压路机	1	1
30 吨以上胶轮压路机	1	2
20 吨以上单钢轮振动压路机	2	3
小型振动压路机	适量	适量

6.6.2 直线段，压路机应从外侧向路中心碾压；平曲线有超高路段，由低侧向高侧、自内向外碾压。

6.6.3 应按表6.6.3方案碾压，每遍重叠1/2轮宽，并通过试验路段最终确定碾压程序与工艺。

表 6.6.3 碾压方案

阶段	压路机类型及组合	工艺要求	碾压速度/(km/h)	遍数
初压	胶轮压路机+双钢轮压路机	紧跟摊铺机，胶轮压路机在前，双钢轮压路机在后	3.0~5.0	不少于2遍
复压	振动压路机	先强振不低于4遍，再弱振2遍	3.0~5.0	不少于6遍
终压	胶轮压路机或与双钢轮压路机组合	以弥合表面微裂纹、松散以及消除轮迹为停压标准	3.0~5.0	—

6.6.4 碾压作业应在水泥初凝前完成，并达到规定压实度，基层表面无明显轮迹和微裂纹。

6.6.5 接缝处理

- 1 摊铺时应连续不中断作业，若遇下列情况应设置横向施工缝：
 - 1) 因故中断时间超过2h，则应设横缝。
 - 2) 每天收工之后，第二天开工的接头断面应设置横缝。
- 2 横缝应与路中心线垂直设置。
- 3 基层裂缝采用聚酯土工布处理。灌缝并洒完透层油后，在裂缝两侧各50cm范围内洒SBR粘层油并铺上宽度100cm土工布，压实后再洒一层SBR粘层油使土工布完全浸透。要求采用聚酯土工布单位面积质量不小于120g/m²。

6.7 养生与交通管制

6.7.1 每一作业段碾压完成且检测合格后，（底）基层表面应及时覆盖保湿养生，建议采用透水土工布覆盖。

6.7.2 水泥稳定碎石保湿养生应不少于7d。工程进度许可的情况下，宜养生14d后铺筑上结构层。若上结构层不能及时铺筑，则保持（底）基层表面湿润时间宜不少于21d。

6.7.3 养生用洒水车应采用喷雾式喷头，严禁采用高压式喷管，以免破坏（底）基层结构。

6.7.4 养生期间，应封闭交通，养生结束后应实行交通管制，并尽量使车辆轮迹横向均匀分布地行驶。

7 质量检查与验收

7.1 一般规定

7.1.1 施工应建立健全有效的质量保证体系，对施工各工序的质量进行检查评定，达到规定的质量标准，确保施工质量的稳定性。

7.1.2 加强施工过程质量控制，实行动态质量管理，关键工序及重要部位宜拍摄照片或进行录像，作为实态记录资料保存。

7.1.3 施工过程中无论是否已经返工补救，所有数据均应如实记录，不得丢弃。

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。

7.1.5 施工必须在得到开工令后方可开工。

7.2 施工前质量检查

7.2.1 施工前应检查各种材料的来源和质量，且应满足本规程“4 原材料”的技术要求。

7.2.2 施工前应对材料的存放场地、防雨和排水措施进行确认，不符合本规程要求时材料不得进场。

7.2.3 施工前应对进场的各种材料的来源、品种、质量进行确认，不符合本规程要求时材料不得进场。

7.2.4 施工前应对拌和机、摊铺机、压路机等设备进行调试、检查和标定。

7.2.5 正式开工前应编制开工报告，报告内容包括各种原材料的试验结果、目标配合比设计和施工配合比设计结果。

7.2.6 水泥稳定碎石拌和出料后立即取样并在10min内送达工地试验室进行滴定试验。

7.2.7 其他事宜应符合现行《公路路面基层施工技术细则》（JTG F20）“8 施工质量标准与控制”的相关规定。

7.3 施工过程质量检查

7.3.1 施工过程质量检查控制应包括内在质量检验及外形尺寸检查两部分。

7.3.2 施工过程内在质量控制应分为原材料质量控制、拌和质量控制、摊铺及碾压质量控制等四部分，按后场与前场划分。

1 后场质量控制项目与内容应符合表7.3.2-1的规定。

表7.3.2-1 施工过程中后场质量控制项目与内容

项次	项目	内容	质量要求或允许偏差	检测方法	频度
1		水泥质量	符合 GB 175 规定	GB 175	每批次

	原材料抽检	粗集料质量	符合表 4.3.2 规定	JTG E42	异常时，随时试验
		细集料质量	符合表 4.3.3 规定		
		级配、规格	符合表 4.3.1 规定		
2	混合料抽检	外观	观察集料粗细、均匀性、离析等	目测	随时
		水泥用量	设计水泥剂量-0.5%	JTG E51 中 T 0809	每天 1~2 次
		含水率	设计最佳含水率±2%	JTG E51 中 T 0803	
		级配	符合表 5.2.1 规定	JTG E42 中 T 0302	

2 前场质量控制项目与内容应符合表7.3.2-2的规定。

表7.3.2-2 施工过程中前场质量控制项目与内容

项次	项目	内容	质量要求或允许偏差	检测方法	频度
1	摊铺	外观	无明显离析	目测	随时
2	碾压	外观	表面平整密实，不得有明显轮迹、裂缝、推挤等缺陷，且无明显离析	目测	
		压实机械是否满足	符合表 6.6.1 规定	目测	
		碾压组合、次数是否合理	符合试验段确定的要求	目测	
3	压实度检测	含水率	设计最佳含水率±2%	JTG E51 中 T 0803	每作业段不少于 6 个
		压实度	符合表 5.2.2 规定	JTG F80 附录 B	
4	钻芯检测	厚度	实际摊铺厚度的 90%	JTG F80 附录 H	
5	现场检测	弯沉	满足设计要求	JTG 3450 中 T 0951	每 1km 每车道 40~50 个测点

7.3.3 外形尺寸检查项目、频率和质量标准应符合表7.3.3的规定。

表 7.3.3 外形检查项目、频率和质量标准

序号	检查项目		规定值或允许偏差				检查方法	频度
			基层		底基层			
			高速公路 一级公路	其他公路	高速公路 一级公路	其他公路		
1	纵断高程（mm）		+5, -10	+5, -15	+5, -15	+5, -20	水准仪	每 20 m 测 1 个断面
2	厚度（mm）	均值	≥-8	≥-10	≥-10	≥-12	JTG F80 附录 H	每 1500~2000 m²测 6 点
		单个值	≥-10	≥-20	≥-25	≥-30		
3	宽度（mm）		满足设计要求				尺量	每 40 m 测 1 处
4	横坡（%）		±0.3	±0.5	±0.3	±0.5	水准仪	每 100 m 测 3 处
5	平整度（mm）	最大间隙	≤8	≤12	≤12	≤15	3m 直尺	每 200 m 测 2 处
		标准差	≤3	-	-	-	连续式平整度仪	连续式平整度仪的标准差(mm)

7.4 交工验收

7.4.1 基本要求应符合以下规定：

- 1 集料应符合本标准和设计要求。
- 2 水泥剂量和矿料级配应符合设计要求。
- 3 混合料应在最佳含水率状态下碾压至规定的压实度。从加水拌合到碾压终了的时间不得超过水泥初凝时间。
- 4 检测合格后，应立即覆盖保湿养生，养生应符合本标准要求。
- 5 养生至第7天，应采用直径200 mm钻头取芯检查，芯样应完整。

7.4.2 实测项目应符合表7.4.2的规定。

表 7.4.2 超大粒径水泥稳定碎石基层和底基层实测项目

序号	检查项目		规定值或允许偏差				检查方法	频度
			基层		底基层			
			高速公路 一级公路	其他公路	高速公路 一级公路	其他公路		
1	压实度 (%)	代表值	98	97	96	95	JTG F80	每 200m 测 2 处
		极值	94	93	92	91	附录 B	
2	平整度 (mm)		8	12	12	15	3m 直尺	
3	纵断高程 (mm)		+5, -10	+5, -15	+5, -15	+5, -20	水准仪	每 200m 测 2 个断面
4	横坡 (%)		±0.3	±0.5	±0.3	±0.5		
5	宽度 (mm)		满足设计要求				尺量	每 200m 测 4 处
6	厚度 (mm)	代表值	-8	-10	-10	-12	JTG F80	每 200m 测 2 处
		合格值	-10	-20	-25	-30	附录 H	
7	强度 (MPa)		满足设计要求				JTG F80 附录 G	每一作业段或每 2000m ² 测 9 个试件

7.4.3 外观鉴定应符合以下规定：

- 1 表面平整密实、无坑洼、无明显离析。
- 2 施工接缝平整、稳定。

附录 A 水泥稳定碎石垂直振动试验方法

A.1 适用范围

A.1.1 本方法规定了水泥稳定碎石垂直振动试验的方法与步骤。

A.1.2 本方法适用于室内水泥稳定碎石最大干密度和最佳含水率的确定。

A.1.3 本方法适用于成型直径200mm、高度200mm的水泥稳定碎石试件。

A.2 仪器设备

A.2.1 垂直振动成型仪除应符合《室内振动压实机》(JT/T 977)的有关规定外,如图A.2.1,还应符合下列要求:

1 工作频率 32 ± 1 Hz、静偏心力矩 $0.215\text{ kN}\cdot\text{m}\pm 0.1\text{ kN}\cdot\text{m}$ 、名义振幅1.2 mm、上车质量 $122\text{ kg}\pm 1\text{ kg}$ 、下车质量 $180\text{ kg}\pm 1\text{ kg}$ 。

2 振动锤压头直径为 $\phi 198\text{ mm}\pm 0.5\text{ mm}$ 。

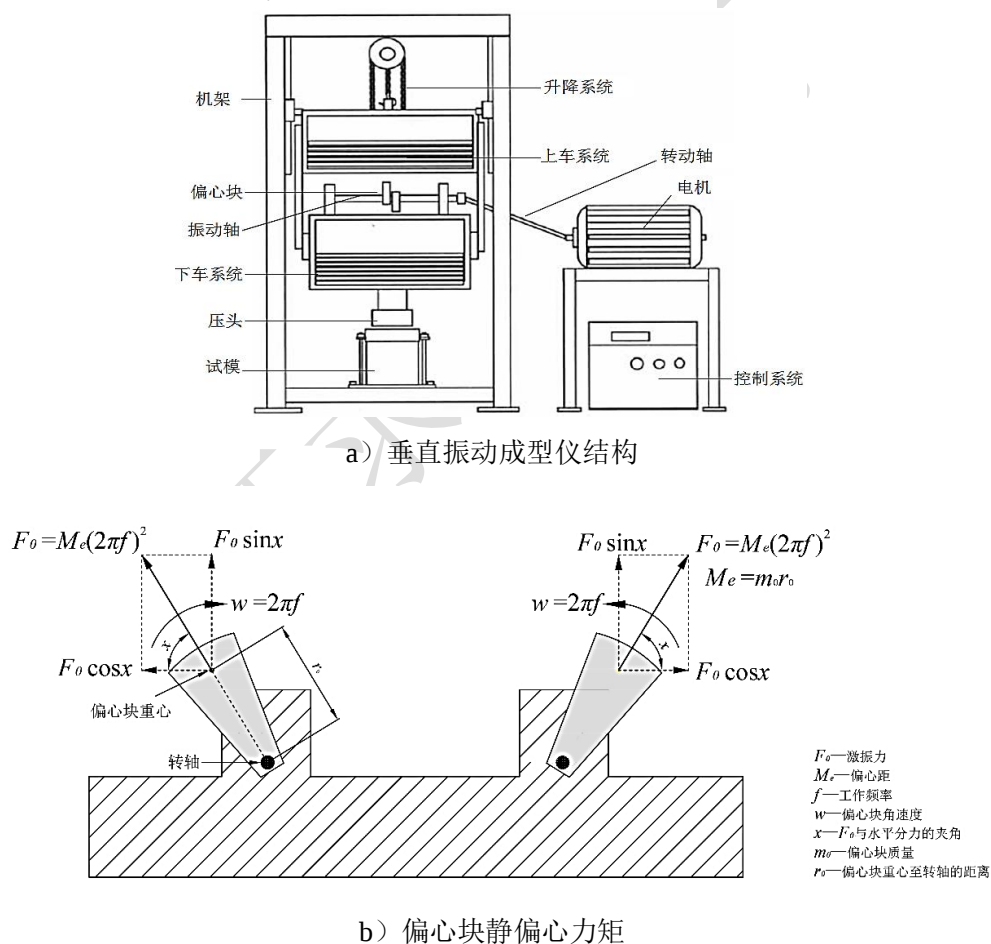


图 A.2.1 垂直振动成型仪

A.2.2 试模由高碳钢或工具钢制成,试模内径 $200\text{ mm}\pm 0.2\text{ mm}$ 、高 $260\text{ mm}\pm 0.3\text{ mm}$,垫块厚 $30\text{ mm}\pm 0.3\text{ mm}$ 、直径 $199\text{ mm}\pm 0.3\text{ mm}$,如图A.2.2所示。

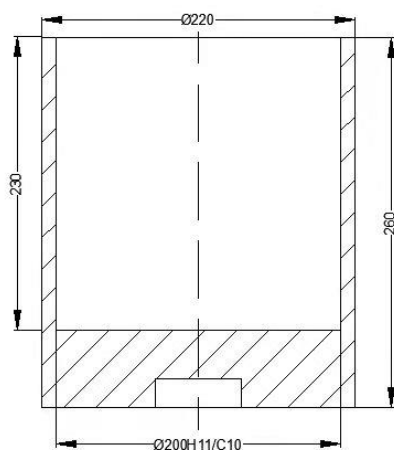


图 A.2.2 试模和垫块设计尺寸（尺寸单位：mm）

A.2.3 脱模器应能无破损地推出圆柱体试件，脱模器顶板孔径 $202\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ 。

A.2.4 其他仪器设备

- 1 电子称：量程 30 kg ，感量 0.1 kg 。
- 2 圆孔筛：孔径 5 mm 标准筛1个。
- 3 量筒： 200 mL 、 500 mL 的量筒各1个。
- 4 直刮刀：长 $200\text{ mm} \sim 250\text{ mm}$ 、宽约 30 mm 、厚约 3 mm ，一侧开口的直刮刀1把。
- 5 拌和工具、游标卡尺、瓷盘、称量盒、电热干燥箱等其他用具，应符合现行《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》（JTG E51）的有关规定。

A.3 最大干密度和最佳含水率确定

A.3.1 试验准备

1 仪器准备

- 1) 应检查并确保振动仪底座与台座、电器连接线接头、各连接处螺丝等连接牢固。
- 2) 左右两根导向杠应涂抹黄油，振动锤表面应采用煤油擦拭干净。
- 3) 滤纸裁剪成圆形，其尺寸宜接近于垫块直径。

2 混合料准备

- 1) 拌和厂或施工现场取样混合料，应符合下列要求：
 - a. 试验前，将混合料拌和均匀并测试含水率 w 。
 - b. 将混合料按四分法取用，称取每份湿混合料试样质量 m_s ，约为 12500 g 。
- 2) 试验室配制的混合料，应符合下列要求：
 - a. 试验前，将原材料置于烘箱烘至恒重，温度为 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ，时间为 $4\text{ h} \sim 6\text{ h}$ 。
 - b. 预估单个试件的混合料质量 m_d ：

$$m_d = 314 \times h \times \rho_d \quad (\text{A.1})$$

式中： m_d —单个试件的混合料质量预估值， g ；

ρ_d —混合料预估干密度， g/cm^3 ；

h —试件高度， cm 。

c. 预估单个试件的水泥质量 m_j ：

$$m_j = m_d \times \frac{P_s}{1 + P_s} \times 0.01 \quad (\text{A.2})$$

式中： m_j —单个试件的水泥质量（ g ）；

m_d —单个试件的混合料质量预估值, g;

P_s —水泥剂量 (%).

d.称取质量为 m_j 的水泥、质量为 m_d-m_j 的集料,混合后拌和均匀,得到干混合料。

e.取拌和均匀的单个试件干混合料,加入质量为 $m_d \times w$ 的水(w 为预设含水率),拌和均匀,得到质量为 m_s 的湿混合料。

A.3.2 试验步骤

1 试模装料

1) 将试模垫块置于试模内并使底部平整,然后在垫块上放置圆形滤纸。

2) 取质量为 m_s 的湿混合料,均分成四份,逐份全部装入试模中,沿试模壁插捣不少于6次。

3) 试模装料后称其质量 m_1 。

2 振动成型

1) 启动电源,调节升降系统,使振动锤升至试模可放入的高度。

2) 将整个试模连同内部垫块固定在垂直振动成型仪底座上。

3) 降下振动锤,使振动锤与被压材料接触,设置振动频率 32 Hz、振动时间 165 s,开启振动。

4) 振动结束后,升起振动锤,松开试模夹具,取出试模。

3 试样质量与高度测量

1) 称量含试样试模质量 m_2 后,将装有试样的试模置于脱模机上以 70 mm/min 的速率脱出试样。

2) 称量试样质量,记为 m_3 ,精确至 0.1 g。

3) 用游标卡尺在十字对称的 4 个方向量测试样高度,取平均值作为试样高度 h ,精确至 0.1 mm。

4) 试样高度应为 200 mm $\pm$ 5.0 mm。当高度不符合要求时,试样应作废,并调整材料用量 m_s ,重新制备试样。

4 试样干密度计算

试样干密度 ρ_d 按式(A.3)计算:

$$\rho_d = \frac{m_s}{314 \times h} \times \frac{1}{1 + 0.01 \cdot w} \quad (\text{A.3})$$

式中: ρ_d —试样的干密度, g/cm³;

m_s —试样的质量, g;

h —试样高度, cm;

w —试样的含水率, %。

5 最大干密度与最佳含水率确定

1) 按 A.3.2 步骤,试验室准备干混合料 5~6 份。

2) 取拌和均匀的干混合料 1 份,加入质量为 $m_d \times w_i$ 的水,拌和均匀后得到湿混合料 1 份。其中, w_i 为第 i 次试验时加入干混合料中的拌和含水率, $i=1, 2, 3, 4 \dots$ 。一般地, w_i 为 3~6%。

3) 按 A.4 步骤确定含水率为 w_i 时的混合料干密度 ρ_{di} ,并计算第 $i+1$ 次试验时所需的拌和含水率 w_{i+1} 。

当 $m_{1(i)}-m_{2(i)} < 50$ g 时

$$w_{i+1} = w_i + 0.5\% \quad (\text{A.4})$$

当 $m_{1(i)}-m_{2(i)} \geq 50$ g 时

$$w_{i+1} = w_i - 0.7\% \quad (\text{A.5})$$

式中, $m_{1(i)}$ —第 i 次试验时振动击实前试模及混合料的质量, g;

$m_{2(i)}$ —为第 i 次试验时振动击实后试模及试样的质量, g。

4) 振动击实试验确保不少于 3 组含水率的试样高度有效,计算得到不少于 3 组拌和

含水率和干密度。以拌和含水率为横坐标、干密度为纵坐标,绘制干密度—含水率关系曲线,曲线峰值的横、纵坐标分别为最佳含水率 w_0 和最大干密度 ρ_{dmax} 。

A.3.3 允许误差

- 1 计算密度应保留小数点后3位有效数字,含水率应保留小数点后1位有效数字。
- 2 应进行两次平行试验,两次试验最大干密度的差值不应超过 0.005 g/cm^3 。

A.3.4 报告

报告应包括以下内容:

- a) 试样的最大粒径;
- b) 水泥的品牌、种类和强度等级、剂量;
- c) 最大干密度;
- d) 最佳含水率;
- e) 振动击实曲线。

A.3.5 记录

本试验的记录格式见附表A.1。

A.4 试件成型

A.4.1 试验准备

- 1 仪器准备,按本标准A.3.1规定进行。
- 2 混合料准备
 - 1) 拌和厂或施工现场取样混合料,应符合下列要求:
 - a) 试验前,将混合料拌和均匀。
 - b) 混合料按四分法取用,称取单个试件混合料的质量 $m_b=6285 \times \rho_s$, ρ_s 为现场压实密度。
 - 2) 试验室配制的混合料,应符合下列要求:
 - a) 试验前,将各种规格集料、水泥置烘箱中烘干至恒重,烘箱温度为 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$,时间为 $4\text{h} \sim 6\text{h}$ 。
 - b) 按式(A.6)计算并称取一个试件所需的干燥试料质量 m_g ,拌和均匀得到干混合料。

$$m_g = 6285 \times \rho_{dmax} \times K \quad (\text{A.6})$$

式中: m_g —单个试件的干燥质量 (g);

ρ_{dmax} —振动击实确定的最大干密度 (g/cm^3);

K —试件的规定压实度。

- c) 按式(A.7)计算并称取质量为 m_w 的水。

$$m_w = m_g \times w_0 \times 0.01 \quad (\text{A.7})$$

式中: m_w —单个试件所需的加水量 (g);

w_0 —振动击实确定的最佳含水率 (%)

- d) 取质量为 m_g 干混合料1份,加入质量为 m_w 的水,拌和均匀得到1份质量为 m_b 的湿混合料

3 取3份湿混合料,每份质量为 m_b ,依次采用振动时间为140 s、160 s、180 s进行试验,建立振动时间与试件高度关系,求取试件高度达到200 mm时所需振动时间 T 。

A.4.2 试验步骤

1 试模装料

- 1) 将垫块置于试模内并使底部平整,然后在垫块上放置圆形滤纸。

2) 取制备好湿混合料 1 份，均分成四份，逐份全部装入试模中，沿试模壁插捣不少于 6 次。

2 振动成型

- 1) 启动电源，调节升降系统，使振动锤升至试模可放入的高度。
- 2) 将试模连同垫块固定于垂直振动成型仪底座上。
- 3) 降下振动锤，使其与试模内混合料接触。
- 4) 设置振动时间为 T ，开启振动。
- 5) 振动结束后，升起振动锤，松开试模夹具，取出试模。

3 试件检查与养生

- 1) 将装有试样的试模置于脱模机上以 70mm/min 的速率脱出试件，并称其质量 m_s 。
- 2) 用游标卡尺在十字对称的 4 个方向量测试样高度，取平均值作为试样高度 h 。
- 3) 检查试件的高度和质量，不满足成型标准的作为废件。
- 4) 试件称量后应立即放在塑料袋中封闭，并用潮湿的毛巾覆盖，移放至养生室。

A.4.3 允许误差

- 1 试件高度误差范围控制在 -2 mm~+2 mm。
- 2 试件的质量损失应不超过 50 g。

A.4.4 记录

本试验的记录格式见附表A.2。

附表A.1 垂直振动击实试验记录表

工程名称	_____	试验方法	_____
试样编号	_____	试验者	_____
混合料名称	_____	校核者	_____
水泥类型及剂量	_____	试验日期	_____

试验序号	1	2	3	4	5	6
含水率 $w/\%$						
击实前试模+湿混合料的质量 m_1/g						
击实后试模+试样的质量 m_2/g						
脱模后试件质量 m_3/g						
试件平均高度 h/cm						
计算 $\rho_d = \frac{m_s}{314 \times h} \times \frac{1}{1+0.01 \cdot w} / (g/cm^3)$						
计算 $m_1 - m_2/g$						
确定下一组拌合含水率						

附表 A.2 圆柱体试件垂直振动成型记录表

工程名称	_____	室内拌制/现场取用	_____
混合料名称	_____	水泥类型及剂量	_____
试件压实度	_____	试件尺寸	_____
振动频率	_____	振动时间	_____
最佳含水率	_____	最大干密度	_____
试验人员	_____	试验日期	_____

编号	高度/mm				质量/g		允许误差		试件 有效性
	1	2	3	平均	m_g	m_s	高度/mm	质量/g	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

附录 B 水泥稳定碎石中水泥剂量测定方法（EDTA 滴定法）

B.0.1 适用范围

本方法规定了超大粒径水泥稳定碎石施工 EDTA 标准曲线的确定。

B.0.2 EDTA标准曲线绘制

1 从工地取水泥和碎石，分别配置水泥剂量为 0%、2%、4%、6%、8%的混合料，每种剂量两个样品，共十个样品，每个样品 5000g 左右，含水量应等于工地预期的最佳含水量。

2 将不同水泥剂量拌和完成的混合料过 9.5mm 筛，取筛下部分的混合料 1000g 放入盛样器中，按照《公路工程无机结合料试验规程》（JTG E51-2009）进行 EDTA 滴定试验，以同一水泥剂量混合料消耗 EDTA 标准溶液的平均值为纵坐标，水泥剂量为横坐标，绘制标准曲线。

B.0.3 现场检测

取同批次被检测的混合料 2 份，分别取过 9.5mm 筛下部分进行 EDTA 滴定试验，根据 EDTA 滴定消耗量及所标准曲线确定混合料中的水泥剂量。

附录 C 水泥稳定碎石施工允许延迟时间确定方法

C.0.1 适用范围

本方法规定了水泥稳定碎石施工允许延迟时间的确定。

C.0.2 不同温度水泥初凝时间测试

水泥标准稠度净浆试件养生条件为相对湿度>90%、温度分别为 25℃、30℃、35℃、40℃。按照《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》(GB/T 1346)测试不同温度下水泥初凝时间。

C.0.3 温度-水泥初凝时间曲线绘制

绘制温度-水泥初凝时间关系，如图 C.1 所示。

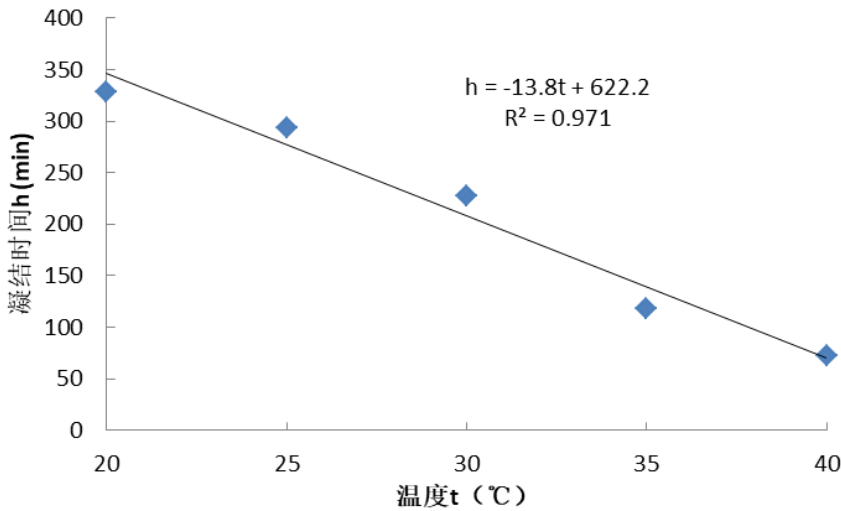


图 C.1 温度~水泥初凝时间关系示意图

C.0.4 施工允许延迟时间确定

在温度~水泥初凝时间关系曲线上查取施工温度对应的初凝时间，作为该温度下的施工允许延迟时间。

引用标准名录

《通用硅酸盐水泥》GB 175

《室内振动压实机》JT/T 977

《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1

《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG E51

《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20

征求意见稿