

DB 37

山 东 省 地 方 标 准

DB37/T 2512—2014

水泥稳定风化料基层施工技术规范

Technical Specifications for Construction of base of Cement Stabilized Weathered
Rock Material

2014-08-08 发布

2014-09-08 实施

山东省质量技术监督局

发 布

目 次

前言 II

引言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号及代号 3

5 一般规定 3

6 材料 4

7 混合料组成设计 5

8 施工 7

9 质量管理与检查验收 13

附录 A（资料性附录） 条文说明..... 17

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由山东省交通运输厅提出并归口。

本标准由山东省交通运输厅负责起草，山东省交通运输厅公路局、山东大学、山东省交通规划设计院、山东恒建工程监理咨询有限公司、山东东泰工程咨询有限公司和潍坊市公路管理局参加起草。

本标准主要起草人：杨永顺、李英勇、薛志超、陈宝强、刘树堂、杨景新、杨秀生、曹卫东、高晋、赵秋宇、张树河、程庆照、张文武、吴庆东、陈立斌、李秀贤、高钟涛、李树忱、曹佩荣。

引 言

山东省有着十分丰富的风化料资源,于上世纪90年代初开始应用于公路路基填筑及路面基层和底基层。国内外科研和工程技术人员虽然对风化料的工程性质与应用进行了一些研究,但由于其原生矿物与所受自然环境不同而具有不同的性质,水泥稳定风化料底基层和基层施工技术 with 质量控制未形成相关的规范标准。

近年来山东省公路建设项目逐年增加,为规范山东地区的公路风化料底基层和基层施工,统一水泥稳定风化料底基层和基层施工和验收标准,提高工程施工质量,山东省交通运输厅公路局等单位在山东省交通科技项目支持下,通过广泛调研及大量试验,历时多年研究攻关,在实体工程应用基础上,总结并制定了本技术标准。

水泥稳定风化料基层施工技术规范

1 范围

本标准规定了水泥稳定风化料的组成设计、施工、管理和质量验收标准。除本标准已有规定外，应按照JTJ 034—2000及JTG D50—2006的规定执行。

本标准适用于新建和改建各级公路的水泥稳定风化料底基层施工，二级和二级以下公路的基层可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 50021 岩土工程勘察规范

JTG E51 公路工程无机结合料稳定材料试验规程

JTG D50 公路沥青路面设计规范

JTG E40 公路土工试验规程

JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程

JTJ 034 公路路面基层施工技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

风化料 weathered rock material

岩石经日照、雨淋、温度、大气等各种自然因素及生物因素的影响逐渐风化崩解而成的结构疏松的岩石材料，如花岗岩风化料、片麻岩风化料、灰质页岩风化料等。

风化料可根据岩石的风化程度分为微风化、中风化、强风化与全风化四级。

按照风化料中单个颗粒的粒径大小和组成，风化料分为粗粒风化料、中粒风化料和细粒风化料三类。

3.1.1

粗粒风化料 coarse weathered rock material

颗粒最大粒径小于53 mm，且其中小于37.5 mm的颗粒含量不少于80 %的风化料。

3.1.2

中粒风化料 medium weathered rock material

颗粒最大粒径小于37.5 mm，且其中小于19 mm的颗粒含量不少于80 %的风化料。

3.1.3

细粒风化料 fine weathered rock material

颗粒最大粒径小于9.5 mm，且其中小于2.36 mm的颗粒含量不少于80 %的风化料。

3.2

水泥稳定风化料 cement stabilized weathered rock material

在经过粉碎或自然松散的风化料中，掺入适量的水泥和水，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，称为水泥稳定风化料。

3.3

最佳含水率和最大干密度 optimum moisture content and maximum dry density

对材料进行击实或振动压实试验时，在含水率~干密度坐标系中绘出各散点，连成圆滑的曲线，曲线的峰值点所对应的含水率和干密度为最佳含水率和最大干密度。

3.4

抗压强度 compressive strength

试件单位面积上所能承受的最大压力。

3.5

弯拉强度 flexural-tensile strength

试件所能承受的抵抗弯拉的最大拉应力。

3.6

抗压回弹模量 compression modulus of resilience

试件轴向承受一定压力时产生单位变形所需的应力。

3.7

劈裂强度 splitting strength

通过加载条加静载于圆柱形试件的轴向，试件按一定的变形速率加载，通过施加的压荷载与垂直、水平向变形的测量，计算的试件中心点的最大拉应力即为劈裂强度，也称间接拉伸强度。

3.8

劈裂回弹模量 splitting modulus of resilience

通过加载条加静载于圆柱形试件的轴向，试件按一定的变形速率加载，通过施加的压荷载与垂直、水平向变形的测量，计算的试件中心点的劲度模量即为劈裂回弹模量。

3.9

弯拉模量 flexural-tensile modulus

试件承受一定弯拉应力时产生单位变形所需的应力。

3.10

干缩性 drying shrinkage

在一定环境下，无机结合料稳定材料失水后尺寸的收缩性能。

3.11

温缩性 temperature shrinkage

在环境温度降低下，无机结合料稳定材料降温后尺寸的收缩性能。

4 符号及代号

下列符号适用于本文件。

表1 符号及代号

名称	符号	单位
最大干密度	ρ_{dmax}	$g/cm^3, kg/m^3$
最佳含水率	ω_{op}	%
抗压强度	R_c	MPa
劈裂强度（间接拉伸强度）	R_t	MPa
抗压回弹模量	E_c	MPa
劈裂回弹模量	E_t	MPa
弯拉模量	E_s	MPa
干缩系数	α_d	%
温缩系数	α_t	%

5 一般规定

- 5.1 水泥剂量以干水泥质量占全部风化料颗粒干质量的百分率表示。水泥稳定风化料的水泥剂量最小为 3 %，最大不宜超过 6 %。
- 5.2 各类风化料均可用水泥稳定，如果料源条件允许，宜优先使用风化程度较轻和水稳性较好的风化石料。
- 5.3 风化石料级配类型的判定应以未加水泥的混合料经压实后的级配为准；压实后的水泥稳定风化石料的级配需符合级配范围要求。
- 5.4 水泥稳定风化石料底基层和基层宜在气温较高季节组织施工。施工期的日最低气温应在 5 ℃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。
- 5.5 在雨季施工时，应密切注意气候变化，避免水泥和混合料遭雨淋。降雨时应停止施工，但已经摊铺的水泥混合料应尽快碾压密实。路拌法施工时，应采取措施排除路基表面积水，杜绝运到路基上的风化石料遭受水的浸泡。
- 5.6 水泥稳定风化石料底基层和基层施工时，应遵守下列规定：

- a) 风化料应尽可能预先粉碎，最大尺寸不应大于 53 mm；
 - b) 配料应准确；
 - c) 路拌法施工时水泥应摊铺均匀；
 - d) 洒水、拌和均匀；
 - e) 应严格控制底基层和基层厚度和高程，路拱横坡应符合设计要求；
 - f) 应在混合料处于或略大于最佳含水率（气候炎热干燥时，可增加 1 %~2 %）时进行碾压，达到如下压实度要求：
 - 1) 高速公路和一级公路底基层为 97 %；
 - 2) 二级和二级以下公路基层为 97 %；
 - 3) 二级和二级以下公路底基层为 95 %。
 - g) 水泥稳定风化料底基层和基层应用 12 t 以上的压路机碾压。用 12 t~15 t 三轮压路机碾压时，每层的压实厚度不应超过 15 cm；用 18 t~20 t 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 20 cm；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 10 cm，下层宜稍厚；
 - h) 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作业时间，此时间不应超过 4 h，并应短于水泥的终凝时间。采用集中厂拌法施工时，作业时间不应超过 2 h；
 - i) 水泥稳定风化料底基层和基层施工时，严禁用薄层贴补法进行找平；
 - j) 必须保湿养生，不使水泥稳定风化料层表面干燥，也不应忽干忽湿；
 - k) 水泥稳定风化料层，除施工车辆可慢速（不超过 30 km/h）通行外，严禁非施工车辆通行。
- 5.7 直接铺筑在土方路基上的水泥稳定风化料底基层可以用稳定土拌和机进行路拌法施工，当路基上层已用石灰、水泥或固化剂处理时，宜用集中拌和法拌制水泥稳定风化料。

6 材料

6.1 风化料

6.1.1 对于二级和二级以下的公路，水泥稳定风化料所用的粗粒风化料、中粒风化料、细粒风化料应满足如下要求：

- a) 水泥稳定风化料用做底基层时，已经预压破碎的单个颗粒最大粒径不应超过 53 mm，水泥稳定风化料的颗粒组成应在表 2 所列范围内，风化料的不均匀系数应大于 5。细粒风化料的液限不应超过 40 %，塑性指数不应超过 17；对于中粒和粗粒风化料，如风化料中小于 0.6 mm 的颗粒含量在 30 %以下，塑性指数可不超过 10。实际工作中，宜选用不均匀系数大于 10、塑性指数小于 12 的风化料；

表2 底基层水泥稳定风化料颗粒组成范围

筛孔尺寸（mm）	53	4.75	0.6	0.075	0.002
通过质量百分率（%）	100	50~100	17~60	0~50	0~30

- b) 水泥稳定风化料用做基层时，已经预压破碎的单个颗粒最大粒径不应超过 37.5 mm。水泥稳定风化料的颗粒组成应在表 3 范围内，对于二级公路宜按接近级配范围的下限级配混合料。

表3 基层水泥稳定风化料颗粒组成范围

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

6.1.2 对于高速公路和一级公路，水泥稳定风化料底基层所用的粗粒风化料、中粒风化料、细粒风化料应满足如下要求：

- a) 已经预压破碎的单个颗粒的最大粒径不应超过 37.5 mm。中粒风化料和粗粒风化料的不均匀系数应大于 5，塑性指数不超过 10。细粒风化料的液限不应超过 35 %，塑性指数不应超过 12；
- b) 水泥稳定风化料的颗粒组成应在表 4 所列范围内；如料源允许，可通过不同粒径的风化料搭配或适当的破碎碾压或外掺碎石、砂等方式进行级配优化。

表4 水泥稳定风化料底基层颗粒组成范围

筛孔尺寸 (mm)	37.5	4.75	0.6	0.075
通过质量百分率 (%)	100	60~100	20~50	0~15

6.1.3 水泥稳定风化料如掺碎石或砾石，其压碎值应符合下列要求：

- a) 高速公路和一级公路底基层≤30 %；
- b) 二级和二级以下公路基层≤35 %；
- c) 二级和二级以下公路底基层≤40 %。

6.2 水泥

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风化料，但应选用初凝时间 3 h 以上和终凝时间较长（宜在 6 h 以上）的水泥。不得使用快硬水泥、早强水泥以及已受潮变质的水泥。宜采用标号 32.5 或 42.5 的水泥。

6.3 水

凡是饮用水（含牲畜饮用水）均可用于水泥稳定风化料施工。

7 混合料组成设计

7.1 一般规定

7.1.1 如料源允许，宜通过不同风化料组合或适当的破碎或外掺碎石等方式进行级配优化设计。

7.1.2 水泥稳定风化料的组成设计以 7 d 浸水无侧限抗压强度为设计标准，各级公路用水泥稳定风化料的强度标准应符合表 5 的规定。

表5 水泥稳定风化料的强度标准

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)	2.5~3.0 ^b	——
底基层 (MPa)	1.5~2.0 ^b	1.5~2.5 ^a
^a 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。 ^b 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。		

7.1.3 水泥稳定风化料的各项试验应按 JTJ E51—2009 进行。最大干密度和最佳含水率应分别按照规程 JTJ E51—2009 中的 T 0814—1994 和 T 0842—2009 获得，选择两组压实参数中最大干密度较大者及其相应的最佳含水率作为强度试验制件和施工质量控制的参数。

7.2 原材料的试验

7.2.1 在水泥稳定风化料底基层和基层施工前，应取所定料场中预压破碎的有代表性的风化料试样按 JTJ E40—2007 进行下列试验：

- a) 颗粒分析；
- b) 液限和塑性指数；
- c) 重型击实试验和振动压实试验；
- d) 有机质含量（必要时做）；
- e) 硫酸盐含量（必要时做）。

7.2.2 对级配不良的风化料，宜通过以下方式改善其级配：

- a) 改变破碎及碾压方式；
- b) 不同风化料组合；
- c) 掺加河砂或碎石。

7.2.3 应检验水泥的标号和终凝时间。

7.3 混合料的设计步骤

7.3.1 按下列若干水泥剂量与同一种风化料配制获得不同水泥剂量的混合料。

- a) 中粒和粗粒风化料：3 %，4 %，5 %，6 %；
- b) 塑性指数小于 12 的细粒风化料：4 %，5 %，6 %。

7.3.2 确定各种混合料的最大干密度和最佳含水率，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；击实试验按照 7.1.3 的要求执行。其它剂量混合料的最佳含水率和最大干密度可用内插法确定。

7.3.3 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。

7.3.4 按选定的最佳含水率和计算的干密度制备试件；试件制备工艺应与选择的压实参数获取试验工艺相一致。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 6 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6 最少试件数量

风化料规格	下列偏差系数（%）时的最少试件数量（个）		
	<10	10~15	15~20
细粒式	6	9	—
中粒式	6	9	13
粗粒式	—	9	13

7.3.5 试件在规定温度下保湿养生 6 d，浸水 24 h 后，按 JTJ E51—2009 进行无侧限抗压强度试验。

7.3.6 计算试验结果的平均值和偏差系数。

7.3.7 根据要求的强度标准，对各剂量的水泥稳定风化料强度进行计算分析，使不等式（1）成立的最小剂量就是应采用的水泥剂量。

$$\overline{R} \geq \frac{R_d}{1 - Z_\alpha C_v} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\overline{R}$ ——平均抗压强度，MPa；

R_d ——设计强度标准，MPa；

C_v ——试验结果的偏差系数（以小数计）；

Z_α ——标准正态分布表中随保证率（或置信度 α ）而变的系数，高速公路和一级公路应取保证率95 %，则 $Z_\alpha=1.645$ 。其它公路应取保证率90 %，则 $Z_\alpha=1.282$ 。

- 7.3.8 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 %。
- 7.3.9 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 %。
- 7.3.10 水泥的最小剂量应符合表 7 的规定。

表7 水泥的最小剂量

风化料规格	路拌法	集中厂拌法
中粒风化料和粗粒风化料	4 %	3 %
细粒风化料	5 %	4 %

8 施工

8.1 路拌法施工

8.1.1 路拌法施工的工艺流程

按图1的顺序进行。

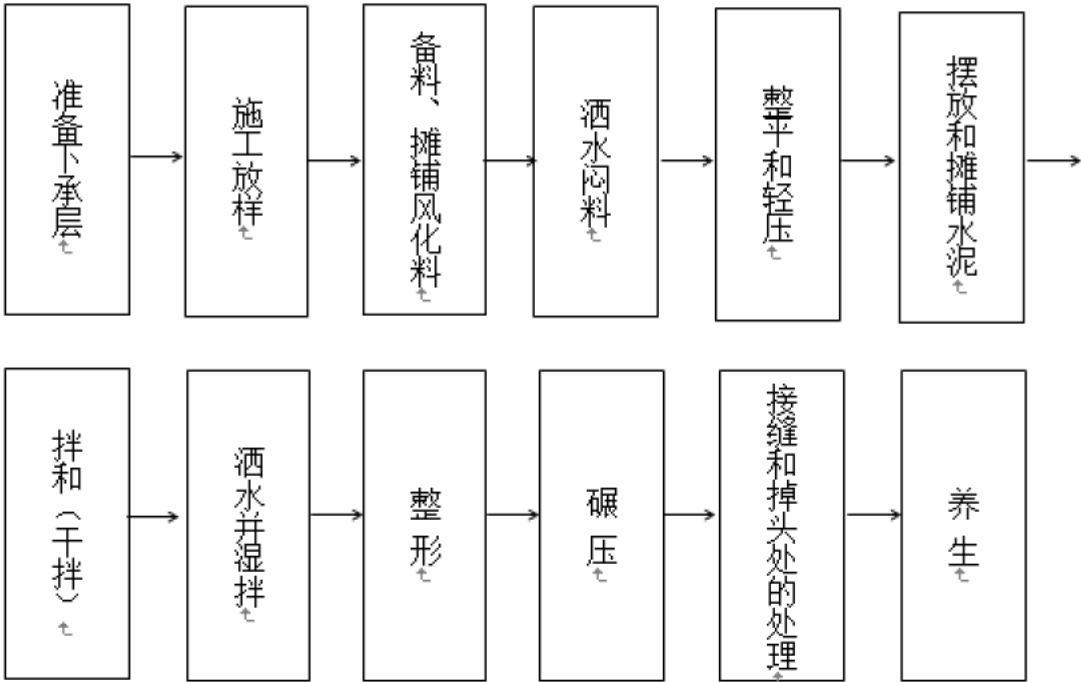


图1 路拌法施工水泥稳定风化料的工艺流程

8.1.2 路基准备

- 8.1.2.1 路基是水泥稳定风化料底基层的下承层，表面应平整、坚实、无裂缝，有裂缝的路基需予以处理；具有规定的路拱，路基的平整度和压实度应符合 JTJ 034—2000 的规定。
- 8.1.2.2 对已成型土方路基或风化料路基，不论是路堤还是路堑，必须用 12 t~15 t 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、或风化料过干、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。
- 8.1.2.3 对已加固成型的路基，必须对松散处、横向裂缝等局部结构性损坏进行处理，达到平整密实，与周围路基强度一致。
- 8.1.2.4 新完成的土方路基，应按 JTJ 034—2000，9.5 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，方可铺筑水泥稳定风化料底基层。

8.1.3 施工放样

- 8.1.3.1 在路基上恢复中线，直线段每 15 m~20 m 设一桩，平曲线段每 10 m~15 m 设一桩，并在两侧路肩边缘外设指示桩；
- 8.1.3.2 在两侧指示桩上用明显标记标出水泥稳定风化料层边缘的设计高程。

8.1.4 备料

- 8.1.4.1 利用料场的风化料备料，包括细粒风化料、中粒和粗粒风化料。
- 8.1.4.2 备料要求如下：
- a) 采集风化料前，应先将树木、草皮和杂土清除干净；
 - b) 风化料中的超尺寸颗粒应予筛除，必要时予以破碎；
 - c) 计算材料用量：

- 1) 根据各路段水泥稳定风化料底基层的宽度、厚度及预定的干密度,计算各路段需要的干燥风化料的数量;
- 2) 根据料场风化料的含水率和所用运料车辆的吨位,计算每车料的堆放距离;
- 3) 根据水泥稳定风化料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风化料需要的水泥用量,并确定袋装水泥摆放的纵横间距,用消石灰划线。
- d) 在预定堆料的路基上,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;
- e) 风化料装车时,应控制每车料的重量基本相等;
- f) 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路基表面的中间或两侧;
- g) 卸料距离应严格掌握,避免有的路段料不够或过多;
- h) 料堆每隔一定距离应留一缺口;
- i) 风化料在路基上的堆置时间不应过长,运送风化料宜比摊铺风化料工序提前 1 d~2 d。

8.1.5 摊铺风化料

- 8.1.5.1 应事先通过试验段初步确定风化料的松铺系数,试验段铺筑后准确确定该系数。
- 8.1.5.2 摊铺风化料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,满足次日掺加水、拌和、碾压成型即可。雨季施工,如第二天有雨,不宜提前摊铺风化料。
- 8.1.5.3 应将风化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。
- 8.1.5.4 摊铺过程中,应将超尺寸颗粒及其他杂物剔除。
- 8.1.5.5 检验松铺风化料层的厚度,应符合预计要求。
- 8.1.5.6 除洒水车外,严禁其他车辆在风化料层上通行。

8.1.6 洒水闷料

- 8.1.6.1 如已整平的风化料含水率过小,应在风化料层上洒水闷料。洒水应均匀,防止出现局部水分过多的现象。
- 8.1.6.2 严禁洒水车在洒水段内停留和调头。
- 8.1.6.3 细粒风化料应经一夜闷料;中粒风化料和粗粒风化料,视其中细粒料含量的多少,可缩短闷料时间。

8.1.7 整平和预压

对人工摊铺的风化料层整平后,用6 t~8 t两轮压路机碾压1~3遍,使部分颗粒进一步破碎并保证表面平整,并有一定的压实度。

8.1.8 摆放和摊铺水泥

- 8.1.8.1 按 8.1.4 条计算出的每袋水泥的纵横间距,在路基上做安放标记。
- 8.1.8.2 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。
- 8.1.8.3 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。

8.1.9 拌和(干拌)

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路基5 mm~10 mm,以利上下层粘结。严禁在拌和层底部

留有素风化料夹层。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。

8.1.10 加水并湿拌

8.1.10.1 在上述拌和过程结束时，如果混合料的含水率不足，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。水车起洒处和另一端调头处都应超出拌和段 2 m 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。

8.1.10.2 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。

8.1.10.3 洒水及拌和过程中，应及时检查混合料的含水率，含水率宜略大于最佳值。对于稳定粗粒风化料和中粒风化料，宜较最佳含水率大 0.5 %~1.0 %；对于稳定细粒风化料，宜较最佳含水率大 1 %~2 %。

8.1.10.4 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。

8.1.10.5 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。

8.1.11 整形

8.1.11.1 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。

8.1.11.2 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。

8.1.11.3 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 5 cm 以上耙松，并按本条第 2 款再碾压一遍。

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

8.1.11.5 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。

8.1.11.6 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。

8.1.11.7 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。

8.1.11.8 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。

8.1.12 碾压

8.1.12.1 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。

8.1.12.2 整形后，应立即用轻型压路机并配合 12 t 以上压路机在结构层全宽内进行碾压。直线和设超高的平曲线段，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 km/h~1.7 km/h 为宜，以后宜采用 2.0 km/h~2.5 km/h。采用人工摊铺和整形的稳定风化料层，宜先用拖拉机或 6 t~8 t 两轮压路机或轮胎压路机碾压 2~3 遍，然后再用重型压路机碾压。

8.1.12.3 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，应保证稳定风化料层表面不受破坏。

8.1.12.4 碾压过程中，水泥稳定风化料的表面应始终保持湿润，如水分蒸发过快，应及时补洒少量的水，但严禁洒大水碾压。

- 8.1.12.5 碾压过程中,如有松散现象,应及时翻开,加适量的水泥重新拌和,使其达到质量要求。
- 8.1.12.6 经过拌和、整形的水泥稳定风化料,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。
- 8.1.12.7 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。
- 8.1.12.8 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,可留待铺筑基层时处理。

8.1.13 接缝和调头处的处理

- 8.1.13.1 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 m~8 m 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。
- 8.1.13.2 经过拌和、整形的水泥稳定风化料,应在试验确定的延迟时间内完成碾压。
- 8.1.13.3 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:
- 在已碾压完成的水泥稳定风化料层末端,沿着稳定风化料层挖一条横贯铺筑层全宽的宽约 30 cm 的槽,直挖到下承层顶面。此槽应与路的中心线垂直,靠稳定风化料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;
 - 用原挖出的素风化料回填槽内其余部分;
 - 如拌和机械或其他机械必须到已压成的水泥稳定风化料层上调头,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 m~10 m 长的稳定风化料层上,先覆盖一张厚塑料布或油毡纸,然后铺上约 10 cm 厚的风化料;
 - 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,接缝处的水泥稳定风化料应较已完成断面高出约 5 cm,以利形成一个平顺的接缝;
 - 整平后,用平地机将塑料布上大部分风化料除去(注意勿刮破塑料布),然后人工除去余下的混合料,并收起塑料布。在新混合料碾压过程中,应将接缝修整平顺。
- 8.1.13.4 纵缝的处理如下:
- 水泥稳定风化料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:
 - 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风化料层的压实厚度相同;
 - 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;
 - 养生结束后,在铺筑另一幅之前,拆除支撑木(或板);
 - 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。

8.2 厂拌法施工

- 8.2.1 本规范推荐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:
- 风化料需经过破碎和预压,最大尺寸不得大于规定的最大粒径;
 - 配料应准确,拌和应均匀;
 - 含水率宜略大于最佳值,使混合料运到现场摊铺后碾压时的含水率不小于最佳值。
- 8.2.2 当采用连续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,并尽可能保持稳定。

- 8.2.3 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率都达到规定的要求。原集料的颗粒组成发生变化时，应重新调试设备。
- 8.2.4 在雨季施工时，应采取措施，保护风化石，防止雨淋。
- 8.2.5 应根据集料和混合料含水率的大小，及时调整加水量。
- 8.2.6 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。
- 8.2.7 应采用沥青混凝土摊铺机或稳定土摊铺机摊铺混合料。如路床是水泥处治土或风化石，应先将处治路基顶面拉毛，再摊铺混合料。
- 8.2.8 拌和机与摊铺机的生产能力应互相匹配。摊铺机宜连续摊铺，拌和机的产量宜大于 400 t/h。
- 8.2.9 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。
- 8.2.10 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。
- 8.2.11 用平地机摊铺混合料后的整形和碾压均与路拌法相同。
- 8.2.12 集中厂拌法施工时的横向接缝应符合下列要求：
- 用摊铺机摊铺混合料时，不宜中断，如因故中断时间超过 2 h，应设置横向接缝，摊铺机应驶离混合料末端；
 - 人工将末端含水率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；
 - 方木的另一侧用素风化石或砂砾回填约 3 m 长，其高度应高出方木几厘米；
 - 将混合料碾压密实；
 - 在重新开始摊铺混合料之前，将素风化石或砂砾和方木除去，并将路基顶面清扫干净；
 - 摊铺机返回到已压实层的末端，重新开始摊铺混合料；
 - 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 2 h，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。
- 8.2.13 应避免纵向接缝。底基层应分两幅摊铺，宜采用两台摊铺机一前一后相隔约 5 m~10 m 同步向前摊铺混合料，并一起进行碾压。
- 8.2.14 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：
- 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风化石层的压实厚度相同；
 - 养生结束后，在摊铺另一幅之前，拆除支撑木（或板）。
- 8.2.15 用平地机摊铺混合料时，横向接缝和纵向接缝的处理方法应按照 8.1.13.3 和 8.1.13.4 的规定。

8.3 养生及交通管制

- 8.3.1 每一段碾压完成并经压实度检查合格后，应立即开始养生。
- 8.3.2 应采用土工布覆盖养生，在整个养生期间保持覆盖层的潮湿状态。不得用湿粘性土覆盖。
- 8.3.3 养生期不应少于 7 d，宜养生至上一结构层施工前。
- 8.3.4 除洒水车外，应封闭交通。在采用覆盖措施的水泥稳定风化石层上，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 30 km/h。

8.4 施工组织与作业段划分

- 8.4.1 水泥稳定风化石施工时，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。

8.4.2 应做水泥稳定风化料的延迟时间对其强度影响的试验，以确定合适的延迟时间。

8.4.3 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：

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

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

9 质量管理与检查验收

9.1 一般规定

9.1.1 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。

9.1.2 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。

9.1.3 工地试验室应能进行所用底基层和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。

9.1.4 水泥稳定风化料的压实度检测须迅速高效，并达到要求的最小检测频率；防止因稳定的风化料强度增高导致压实度增大而使本来不合格的压实度检测为合格的情况发生。

9.1.5 水泥稳定风化料的压实度检测推荐采用快速检测手段，如无核密度仪，但须与灌砂法的压实度测试结果进行对照，建立可靠有效的经验方程，方程的显著性水平 $\alpha \leq 0.05$ 。

9.1.6 凡经检验不合格的段落，必须进行补救，使其达到要求。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。

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。试验内容按表 8 所列。

9.2.2 对用做底基层和基层的原材料，应进行表 8 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 所列的试验。

表8 水泥稳定风化料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
含水率	风化料	确定原始含水率	每天使用前测 2 个样品	烘干法、酒精燃烧法、含水率快速测定仪
颗粒分析	风化料	确定级配是否符合要求，确定材料配合比。	使用前测 2 个样品，使用过程中每 2000 m ³ 测 2 个样品。	筛分法
液限、塑限	风化料中 0.5 mm 以下的细料部分	求塑性指数，审定是否符合规定	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
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

表9 水泥稳定风化料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 振动压实试验	分别求最佳含水率和最大干密度，以规定工地碾压时的合适含水率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采用的含水率和干密度；确定制备承载比试件的材料含水率
无侧限抗压强度	进行材料组成设计；规定施工中所用的水泥剂量；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 应通过铺筑水泥稳定风化料底基层和基层试验段，确定以下主要项目：

- a) 用于施工的风化料（或掺配砂或碎石等）配合比例；
- b) 材料的松铺系数；
- c) 确定标准施工方法：
 - 1) 风化料数量的控制；
 - 2) 风化料摊铺方法和适用机具；
 - 3) 合适的拌和机械、拌和方法、拌和深度和拌和遍数；
 - 4) 风化料含水率的增加和控制方法；
 - 5) 整平和整形的合适机具和方法；
 - 6) 压实机械的选择和组合，压实的顺序、速度和遍数；
 - 7) 拌和、运输、摊铺和碾压机械的协调和配合；
 - 8) 密实度的检查方法，初定每一作业段的最小检查数量。
- d) 确定每一作业段的合适长度；
- e) 确定一次铺筑的合适厚度。

9.3.3 通过铺筑水泥稳定风化料底基层和基层试验段，除确定 9.3.2 条所列者外，还应确定控制水泥数量和拌和均匀性的方法，并通过严密组织拌和、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 10 的要求。

9.4.3 质量控制的项目、频度和质量标准应符合表 11 的要求。

表10 外形尺寸检查项目、频度和质量标准

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 (mm)		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)	代表值	每 1500 m ² ~2000 m ² 6 个点	-10	-12
		合格值		-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 (mm)		二级及以下公路每 20 延米 1 个点；高速公路和一级公路每 20 延米一个断面，每个断面 3~5 个点	—	+5，-15
	厚度 (mm)	代表值	每 1500 m ² ~2000 m ² 6 个点	—	-15
		合格值		—	-20
	宽度 (mm)		每 40 延米 1 处	—	+0 以上
	横坡度 (%)		每 100 延米 3 处	—	±0.5
	平整度 (mm)		每 200 延米 2 处，每处连续 10 尺 (3m 直尺)	—	12

表11 质量控制的项目、频度和质量标准

项 目	频 度	质 量 标 准
级配	每 2000 m ² 1 次	在本标准规定范围内
水泥剂量	每 2000 m ² 1 次，至少 6 个样品，用滴定法试验，并与实际水泥用量校核	不小于设计值-0.5 %
含水率	据观察，异常时随时试验	符合本规范规定要求
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	每一作业段或不大于 2000 m ² 检查 6 次以上	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 97 %
抗压强度	稳定细粒风化料，每一作业段或每 2000 m ² 6 个试件； 稳定中粒和粗粒风化料，每一作业段或每 2000 m ² 6 个或 9 个试件	符合本规范规定要求

9.4.4 对水泥稳定风化料底基层和基层，应钻取路面芯样检验其整体性。水泥稳定基层的龄期 7 d~10 d 时，应能取出完整的钻件。

9.4.5 如果路面钻机取不出完整钻件，则应找出不合格层的界限，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水泥稳定风化料底基层和基层是否满足设计文件与本规范的要求。检查内容包括工程交工后的外形和质量。
- 9.5.2 检查施工原始记录，对上述检查内容进行初步评定。
- 9.5.3 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 JTJ 034—2000 附录 B 的方法进行。
- 9.5.4 交工工程外形的检查项目、频度和质量标准值应符合表 12 的要求。
- 9.5.5 应按表 13 对工程质量进行检查验收。

表12 交工工程外形的检查项目、频度和质量标准

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	高程 (mm)		每 200 m 4 点	+5, -15	+5, -20
	厚度 (mm)	代表值	每 200 m 每车道 1 点	-10	-12
		合格值		-25	-30
	宽度 (mm)		每 200 m 4 个断面	+0 以上	+0 以上
	横坡度 (%)		每 200 m 4 个断面	±0.3	±0.5
	平整度 (mm)		每 200 m 2 处, 每处连续 10 尺 (3 m 直尺)	12	15
基层	高程 (mm)		每 200 m 4 点	—	+5, -15
	厚度 (mm)	代表值	每 200 m 每车道 1 点	—	-10
		合格值		—	-20
	宽度 (mm)		每 200 m 4 个断面	—	+0 以上
	横坡度 (%)		每 200 m 4 个断面	—	±0.5
	平整度 (mm)		每 200 m 2 处, 每处连续 10 尺 (3 m 直尺)	—	12

表13 质量验收标准

检查项目	检查方法和频率	代表值	极值
压实度	按 JTG F80/1 附录 B 检查, 每 200 m 每车道 2 处	一般公路基层 97 %	一般公路基层 93 %
		高速公路和一级公路底基层 96 %; 一般公路底基层 95 %	高速公路和一级公路底基层 92 %; 一般公路底基层 91 %
强度	按 JTG F80/1 附录 G 检查	符合设计要求	

附 录 A
(资料性附录)
条文说明

A.1 第3章术语和定义

A.1.1 3.1条文说明如下:

- 风化料等级的划分主要依据 GB 50021—2001, 风化程度的判别可参照该规范附录 A 表 A.0.3, 即主要依据野外特征与风化程度参数指标(波速比、风化系数)综合确定;
- 粗粒风化料、中粒风化料和细粒风化料的划分参照 JTJ 034—2000 土的分类, 但根据风化料的特性。将粗粒风化料、中粒风化料的最大粒径增大一级, 并将小于第三级粒径的含量均改为 80 %。

A.1.2 3.7~3.11条依据JTG E51—2009, 术语中给出了劈裂强度、劈裂回弹模量、弯拉模量、干缩性、温缩性等性能指标, 目的是供有条件的施工单位尤其是设计单位在进行水泥稳定风化料配比优化设计时选择使用。

A.2 第5章一般规定

A.2.1 5.2条一般而言, 绝大多数风化料均可用水泥稳定作为各级公路路面的底基层和二级及二级以下公路的基层, 但个别风化料如风化泥岩, 由于其水稳定性不好, 则不宜采用。因此, 在风化料应用于实体工程之前, 应进行室内相关试验, 研究风化料的工程特性, 论证其用于路面底基层或基层的可行性。当然, 如果当地料源条件允许, 宜优先使用风化程度较轻和水稳性较好的风化料。

A.2.2 5.3条水泥稳定风化料的级配范围是参照JTJ 034—2000水泥稳定土的级配要求、山东潍坊、临沂等地区风化料调研与室内试验成果的基础上提出的。有关的研究成果与工程实践表明, 在水泥用量、养生条件相同时, 不同级配水泥稳定风化料的抗压强度、抗压回弹模量及抗裂性能是不同的。因此, 在料源条件允许的前提下, 有条件的单位应通过试验研究优化级配。

A.2.3 由于风化料压实前后级配会发生变化, 级配类型的判定应以未加水泥的混合料预先压实后的级配为准。

A.3 第6章材料

6.1条风化料说明如下:

- 风化料塑性指数指标的要求主要依据 JTJ 034—2000 水泥稳定土基层材料要求 GB 50021—2001 中有关土的分类提出的。
- 表 4 中的水泥稳定风化料底基层的颗粒组成范围是基于风化料料场的调研与室内试验成果提出的。与 JTJ 034—2000 相比, 关键筛孔 0.6 mm 和 0.075 mm 的通过率范围缩小, 尤其 0.075 mm 通过率减小可相应减少需水量和水泥用量, 从而有利于减少干缩裂缝的发生。

A.4 第7章混合料组成设计

A.4.1 7.1.2条在水泥稳定风化料组成设计阶段，必须进行无侧限抗压强度试验。对于一级公路、高速公路，应对弯拉强度或劈裂强度、抗压回弹模量、劈裂回弹模量、弯拉模量、干缩系数及温缩系数等性能指标进行测试，目的是对不同类型的水泥稳定风化料及其配比进行对比、优选。

A.4.2 7.1.3条为提高水泥稳定风化料底基层和基层的压实质量，优化碾压工艺，本规范特提出最大干密度和最佳含水率的确定应分别通过JTGE51-2009中的T0814—1994和T0842—2009获得。通过比较两组压实参数的大小，选择最大干密度较大者及其相应的最佳含水率作为强度试验制件和施工质量控制的参数。

A.4.3 7.2.2条对于高速公路、一级公路的水泥稳定风化料底基层或一般公路的基层，如预压后的风化料级配不良，建议通过改变破碎方式或不同风化料组合或掺配河砂（或碎石）等方法改善其级配。究竟采用哪种方案，应结合当地料源条件、现场与室内研究结果与经济对比后确定。

A.5 第8章施工

本部分为水泥稳定风化料底基层的施工工艺，当水泥稳定风化料用做基层时，要准备底基层。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。其余工艺及要求相同。

A.6 第9章质量管理与检查验收

A.6.1 9.1.5条为提高施工速度与压实度检测效率，可采用一些快速检测手段，如无核密度仪、小型式落锤弯沉仪或土壤刚度模量测试仪等。但快速检测手段须保证可靠度与有效性，为此须与灌砂法的压实度建立可靠有效的经验方程，要求方程的显著性水平 $\alpha \leq 0.05$ 。

A.6.2 9.3条铺筑试验段说明：

- a) 由于各地风化料的特性差异较大，在大规模铺筑水泥稳定风化料底基层或基层之前，必须铺筑试验段；
- b) 试验段的长度应根据试验的目的确定，通常宜为200 m~300 m；
- c) 试验段铺筑应由有关各方共同参加，及时商定有关事项，明确试验结论。铺筑结束后，施工单位应就各项试验内容提出完整的试验路施工、检测报告，取得业主或监理的批复。