

# DB33

浙 江 省 地 方 标 准

DB33/T 996—2015

---

## 公路工程泡沫混凝土应用技术规范

Technical Specification for Foamed Concrete Application on Highway

2015 - 12 - 01 发布

2016 - 01 - 01 实施

---

浙江省质量技术监督局 发布

## 目 次

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 前 言 .....                | III |
| 1 范围 .....               | 1   |
| 2 规范性引用文件 .....          | 1   |
| 3 术语和定义 .....            | 1   |
| 4 原材料 .....              | 2   |
| 4.1 一般规定 .....           | 2   |
| 4.2 水泥 .....             | 3   |
| 4.3 发泡剂 .....            | 3   |
| 4.4 水 .....              | 3   |
| 4.5 外加剂 .....            | 3   |
| 4.6 掺和料 .....            | 3   |
| 5 混合料 .....              | 3   |
| 5.1 一般规定 .....           | 4   |
| 5.2 配合比 .....            | 4   |
| 5.3 性能 .....             | 4   |
| 6 设计 .....               | 6   |
| 6.1 一般规定 .....           | 6   |
| 6.2 设计计算 .....           | 6   |
| 6.3 新建路堤 .....           | 8   |
| 6.4 拓宽路堤 .....           | 11  |
| 6.5 特殊处治工程 .....         | 13  |
| 7 施工 .....               | 15  |
| 7.1 一般规定 .....           | 15  |
| 7.2 新建路堤 .....           | 16  |
| 7.3 拓宽路堤 .....           | 22  |
| 7.4 特殊处治工程 .....         | 22  |
| 8 检验与评定 .....            | 23  |
| 8.1 一般规定 .....           | 23  |
| 8.2 基本要求 .....           | 24  |
| 8.3 实测项目 .....           | 24  |
| 8.4 外观鉴定 .....           | 24  |
| 附录 A (规范性附录) 原材料试验 ..... | 25  |
| 附录 B (规范性附录) 混合料试验 ..... | 28  |

|              |                             |    |
|--------------|-----------------------------|----|
| 附录 C (规范性附录) | 气孔外观质量评定分级标准.....           | 33 |
| 附录 D (资料性附录) | 混合料试验配合比推荐值.....            | 36 |
| 附录 E (资料性附录) | 不同容重指标试验值.....              | 37 |
| 附录 F (资料性附录) | 泡沫混凝土在公路行业应用分类及其主要技术特性..... | 38 |

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本标准由浙江省交通运输厅提出并归口。

本标准起草单位：浙江省交通规划设计研究院、浙江省交通投资集团有限公司、浙江省宏途交通建设有限公司，杭州交通投资建设管理有限公司。

本标准主要起草人：朱益军、戴显荣、毛斌、项小伟、文斌、赵玉贤、姜正晖、单君、俞红光、段冰、陈幸平、黄天元、丁科军、刘钱、徐仁贵、徐阳光、项小强、胡永富、章伟、俞帆、任超、陈建荣、陈新国、王浩。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

# 公路工程泡沫混凝土应用技术规范

## 1 范围

本规范规定了公路工程泡沫混凝土的原材料、混合料、设计、施工及检验与评定等要求。

本规范适用于公路工程的新建路堤、拓宽路堤、特殊处治工程应用泡沫混凝土的设计、施工及质量检验与评定。

## 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，仅所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 175 通用硅酸盐水泥

GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰

GB 6566 建筑材料放射性核素限量

GB 8076 混凝土外加剂

GB 8624 建筑材料及制品燃烧性能分级

GB/T 9755 合成树脂乳液外墙涂料

GB/T 14518 胶粘剂的PH值测定

GB/T 14684 建设用砂

GB/T 17431.1 轻集料及其试验方法第一部分：轻集料

GB/T 18046 用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉

GB/T 18583 室内装饰装修材料胶粘剂中的有害物质限量

GB/T 50107 混凝土强度检验评定标准

GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范

JG/T 266 泡沫混凝土

JGJ 63 混凝土用水标准

JTG D30 公路路基设计规范

JTG/T D32 公路土工合成材料应用技术规范

JTG E30 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程

JTG F10 公路路基施工技术规范

JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准

SY/T 5350 钻井液用发泡剂评价程序

DB33/T 904 公路软土地基路堤设计规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

## 3.1

**泡沫混凝土 foamed concrete**

采用物理方法将发泡剂制备成泡沫,再将泡沫按一定的体积比混入到已搅拌均匀的由水泥浆料以及外加剂、掺和料组成的混合料浆中,浇筑凝固成型后含有大量均匀封闭气孔的轻质微孔混凝土。

## 3.2

**发泡剂 foaming agent**

通过发泡装置能产生大量泡沫,其气泡群能与水泥基质料浆混合,在一定时间内具有足够稳定性,不影响胶凝材料凝结和固化的物质。

## 3.3

**稀释倍数 dilute times**

发泡剂稀释液与发泡剂原液的质量比。

## 3.4

**发泡倍数 foam multiple times**

发泡剂经发泡产生的气泡体积与发泡剂稀释液体积的比值

## 3.5

**流动度 flow factor**

表征泡沫混凝土流动性能的指标,采用圆筒法测量。

## 3.6

**吸水率 water absorbing capacity by weight**

泡沫混凝土试块按附录 B.3 规定的试验条件下经浸水饱和吸水后的称重质量增加值与浸水前试块称重质量的比值。

## 3.7

**泡沫密度 foam density**

泡沫的单位体积质量。

## 3.8

**气泡率 the percentage of foam**

气泡体积占泡沫混凝土试块的体积百分比。

## 4 原材料

## 4.1 一般规定

4.1.1 泡沫混凝土所用原材料不应对环境造成有害影响。

4.1.2 原材料技术指标及检验应符合相关规范的要求。

4.1.3 不同品种(规格)、等级、厂家(产地)、出厂日期的原材料不得混存、混用。

## 4.2 水泥

- 4.2.1 水泥宜采用通用硅酸盐水泥，其强度等级应为 42.5 级及以上，其性能应符合 GB 175 规定。  
4.2.2 有侵蚀性介质作用时，应结合防腐措施按设计要求选用。

## 4.3 发泡剂

- 4.3.1 发泡剂宜采用合成类高分子表面活性剂。发泡剂外观应均匀透明，常温条件下无异物析出或沉淀，无异味或刺激性气味，对环境无不良影响。  
4.3.2 发泡剂发泡产生的泡沫大小均匀且细密，直径应小于 1.0mm。  
4.3.3 发泡剂使用时稀释倍数不应小于 60 倍。发泡剂主要技术性能指标按稀释 60 倍时测定，具体要求详见表 1。

表1 发泡剂（稀释 60 倍）主要性能指标

| 性能指标  | 质量要求                                      | 检验方法       |
|-------|---|------------|
| 发泡半衰期 | > 24 h                                    | SY/T 5350  |
| pH 值  | 6~8                                       | GB/T 14518 |
| 低温稳定性 | -5℃不变质                                    | GB/T 9755  |
| 泌水量   | <30 mL                                    | 附录 A.1     |
| 沉降距   | <3mm                                      | 附录 A.1     |
| 泡沫密度  | 45 kg/m <sup>3</sup> ~50kg/m <sup>3</sup> | 附录 A.2     |
| 发泡倍数  | >20                                       | 附录 A.2     |
| 游离甲醛  | ≤1.0 g/kg                                 | GB/T 18583 |

- 4.3.4 发泡剂保质期应大于 12 个月，应在保质期内使用。  
4.3.5 发泡剂的取样频率宜按 3000L 为一批次，不足 3000L 按一批次计。每批次不少于 1 组，每组 3 次试验。

## 4.4 水

- 4.4.1 施工用水应符合 JGJ 63 的规定。

## 4.5 外加剂

- 4.5.1 泡沫混凝土掺入早强剂、防冻剂、憎水剂等外加剂时，外加剂的使用应符合 GB 8076 与 GB 50119 的要求。  
4.5.2 外加剂使用前应进行适应性试验，对泡沫混凝土的质量应无不良影响。

## 4.6 掺和料

- 4.6.1 粉煤灰应符合 GB/T 1596 的规定。  
4.6.2 矿渣粉应符合 GB/T 18046 的规定。  
4.6.3 其他矿物粉料做掺和料应符合国家相关标准的规定。  
4.6.4 泡沫混凝土添加掺和料总重量不应大于水泥重量的 20%。

## 5 混合料

## 5.1 一般规定

5.1.1 混合料的配合比设计应满足抗压强度、干容重、流动度、吸水率和表观要求。

5.1.2 配合比设计成果应包括稀释倍数、发泡倍数、气泡率、各级原材料用量、湿容重、试块切面表观气孔等效直径等参数。

5.1.3 混合料混泡应采用液力稳压方式，不应采用搅拌方式混泡。

5.1.4 若需外掺其他材料，应检测其含水量并及时调整配合比。

## 5.2 配合比

5.2.1 配合比设计应以设计文件要求的性能为目标，并根据泡沫混凝土容重、强度等要求，对水泥、水或其他材料按重量比配制水泥浆料，再将泡沫按一定的体积比混入水泥浆料。

5.2.2 配合比设计应确定水泥掺量、单位体积用水量 and 气泡率等参数，单位体积泡沫混凝土所需泡沫体积按式（1）计算：

$$V_f = 1 - \frac{m_c}{\rho_c} - \frac{m_w}{\rho_w} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$V_f$ ——设计配合比计算所得单位体积泡沫混凝土所需泡沫体积（ $m^3$ ）；

$m_c$ ——设计配合比计算所得单位体积泡沫混凝土所需水泥用量（ $kg$ ）；

$\rho_c$ ——水泥的表观密度（ $kg/m^3$ ）；

$m_w$ ——设计配合比计算所得单位体积泡沫混凝土所需用水量（ $kg$ ）；

$\rho_w$ ——水的密度（ $kg/m^3$ ）。

5.2.3 配合比设计基本要求：

- a) 干容重不应大于设计值；
- b) 配合比试验试配 28d 抗压强度宜采用目标设计值的 1.2 倍；
- c) 流动度控制在 180mm±20mm 范围；
- d) 泡沫混凝土试块切面表观气孔等效直径  $d_e$  应小于 1.0mm，气孔表观质量评定分级标准参考附录 C。若干表观气孔连通时，表观气孔等效直径  $d_e$  按式（2）计算：

$$d_e = \sqrt{\sum_{i=1}^n d_i^2} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$d_e$ ——表观气孔连通时的等效直径；

$i$ ——表观连通气孔的编号；

$n$ ——表观连通气孔数目。

e) 吸水率应符合设计要求；

f) 混合料试验配合比推荐值可参照附录 D。

## 5.3 性能

### 5.3.1 干容重

泡沫混凝土干容重等级按干容重变化范围分为7个等级，具体见表2。

表2 泡沫混凝土的干容重

| 干容重等级 | 干容重的变化范围 (kN/m <sup>3</sup> ) | 标准值 (kN/m <sup>3</sup> ) |
|-------|-------------------------------|--------------------------|
| A03   | $\gamma_d \leq 3.5$           | 3.0                      |
| A04   | $3.5 < \gamma_d \leq 4.5$     | 4.0                      |
| A05   | $4.5 < \gamma_d \leq 5.5$     | 5.0                      |
| A06   | $5.5 < \gamma_d \leq 6.5$     | 6.0                      |
| A07   | $6.5 < \gamma_d \leq 7.5$     | 7.0                      |
| A08   | $7.5 < \gamma_d \leq 8.5$     | 8.0                      |
| A09   | $8.5 < \gamma_d \leq 9.5$     | 9.0                      |

注：干容重与表干容重、湿容重、饱和容重试验值关系可参考附录 E。

### 5.3.2 抗压强度

泡沫混凝土的抗压强度等级采用符号 CF 表示，按 100mm×100mm×100mm 立方体单轴抗压强度标准值进行划分，抗压强度标准值和样本最小值按表 3 中的规定执行。

表3 泡沫混凝土的抗压强度等级

| 泡沫混凝土抗压强度等级 | 抗压强度 (MPa) |          |
|-------------|------------|----------|
|             | 标准值        | 样本最小值不小于 |
| CF0.4       | 0.40       | 0.36     |
| CF0.6       | 0.60       | 0.54     |
| CF0.8       | 0.80       | 0.72     |
| CF1.0       | 1.00       | 0.90     |
| CF1.5       | 1.50       | 1.35     |
| CF2.0       | 2.00       | 1.80     |
| CF4.0       | 4.00       | 3.60     |

### 5.3.3 流动度

泡沫混凝土通过管道泵送，流动度应为 180mm±20mm。流动度试验按附录 B.2 执行。

### 5.3.4 微（表）观特性

泡沫混凝土要求材质气孔大小均匀、细密，试块表观气孔直径应小于 1.0mm。

### 5.3.5 吸水率

泡沫混凝土的吸水率按表 4 的称重质量增比范围划分为 7 个等级，采用符号 WM 表示。

表4 泡沫混凝土吸水率

| 等级                  | WM5             | WM10                 | WM15                  | WM20                  | WM25                  | WM30                  | WM35                  |
|---------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 吸水率<br>$\omega$ (%) | $\omega \leq 5$ | $5 < \omega \leq 10$ | $10 < \omega \leq 15$ | $15 < \omega \leq 20$ | $20 < \omega \leq 25$ | $25 < \omega \leq 30$ | $30 < \omega \leq 35$ |

### 5.3.6 可燃性

泡沫混凝土为不可燃材料，燃烧性能试验方法应符合国家现行标准 GB 8624 的规定。

## 6 设计

### 6.1 一般规定

6.1.1 泡沫混凝土设计前，应全面调查工程所在地自然条件、工程地质条件和地下构件，全面搜集工程区域的地质、水文、地形、地貌、气象、地震等资料，了解地下涵洞、管线等埋设情况。

6.1.2 设计应根据使用功能要求和环境条件具体明确泡沫混凝土的干容重等级、抗压强度、吸水率和其他性能指标，并做好地表水和地下水的处治设计。

6.1.3 泡沫混凝土应在封闭的环境中使用，工程应用时应做好封闭措施。

6.1.4 泡沫混凝土在公路行业应用分类及其主要技术特性参照附录 F，主要适用于以下工程环境：

- a) 需减轻堆载重量的结构体；
- b) 空间狭窄（小）且不规则，需要密实充填的情况；
- c) 用地或空间受限时，为减少对周边环境的影响，需要直立浇筑的情况；
- d) 软土地基处理施工净空条件受限时；
- e) 为改善软弱地基变形的协调性，路堤填筑荷载需设置过渡处理的情况；
- f) 需快速填筑抢修的情况。

6.1.5 斜坡上浇筑泡沫混凝土时，应采用台阶式浇筑，浇筑体底部基础宽度应满足  $L \geq 2m$  且  $L \geq 0.25H$ ，基础外侧襟边宽度和其他台阶宽度不应小于 1m，台阶坡度应内倾 2%~4%。

6.1.6 泡沫混凝土应用于非承重结构而仅限于空腔填充要求时，其流动度宜为  $180mm \pm 20mm$ ，抗压强度不应低于 CF0.4，干容重等级适用 A03、A04 或以上等级。

6.1.7 泡沫混凝土用于路堤填筑时，其抗压强度不应低于 CF0.6，干容重等级适用 A05 或 A06；路床范围填筑泡沫混凝土时，抗压强度不应低于 CF1.0，干容重等级适用 A06 或 A07。

6.1.8 泡沫混凝土应用于有冲刷的岸坡工程时，应对防冲刷设施实施专项设计。

6.1.9 泡沫混凝土处于浸水或干湿循环条件下，应规定其吸水率、软化系数等指标。

6.1.10 泡沫混凝土用于填筑路堤时，设计厚度应根据沉降计算和技术经济指标综合比较确定，并按以下要求控制：

- a) 最小设计厚度不宜小于 1m；
- b) 软土地基路堤设计厚度不宜大于 6m；
- c) 山区路堤设计厚度不宜大于 15m。

6.1.11 泡沫混凝土用于地质灾害治理时，应提出施工期和运营期的监测方案，中小型滑坡“一次治理，不留后患”，大型滑坡应“一次规划，分期治理”。

### 6.2 设计计算

#### 6.2.1 设计要求

设计基本要求如下：

- a) 在软土地基采用泡沫混凝土浇筑时，应计算地基的沉降变形量，并验算地基承载力要求；
- b) 泡沫混凝土用于路堤填筑时，应根据公路等级、荷载条件、填筑部位按表 5 合理确定干容重等级、抗压强度等级等指标；
- c) 地基沉降和承载力验算时，泡沫混凝土设计容重、抗剪强度参数、接触面的摩擦系数等性能指标按 JTG D30 取值；
- d) 在受水位影响时，应对构筑物进行抗浮验算，抗浮安全系数要求  $F_s \geq 1.2$ ；

- e) 浸水路堤泡沫混凝土软化系数宜根据试验确定，无试验数据时，软化系数取 0.70；
- f) 泡沫混凝土弹性模量可通过试验确定，当无试验资料时，可根据式（3）取值：

$$E_c = 230R_u \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$E_c$ ——泡沫混凝土的弹性模量（MPa）；

$R_u$ ——泡沫混凝土单轴抗压强度（MPa）。

- g) 泡沫混凝土的抗折强度可通过试验确定，当无试验资料时，泡沫混凝土抗折强度可取抗压强度的 0.3 倍；
- h) 泡沫混凝土路堤地基沉降计算时，总沉降修正系数宜取 1.0~1.1。当地基容许承载力大于两倍路堤荷载时取小值。

表5 泡沫混凝土路堤填筑设计指标

| 部位  | 距离路面结构层底面距离 (cm) |         | 高速公路、一级公路 |           | 其他等级公路  |           |
|-----|------------------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|
|     |                  |         | 干容重适用等级   | 抗压强度等级不低于 | 干容重适用等级 | 抗压强度等级不低于 |
| 上路床 | 0~30             |         | 一般不推荐     |           |         |           |
| 下路床 | 轻、中、重交通等级        | 30~80   | A06、A07   | CF1.0     | A05、A06 | CF 0.6    |
|     | 特重、极重交通荷载等级      | 30~120  |           |           |         |           |
| 上路堤 | 轻、中、重交通等级        | 80~150  | A05、A06   | CF 0.6    |         |           |
|     | 特重、极重交通荷载等级      | 120~190 | A06、A07   | CF 1.0    |         |           |
| 下路堤 | 轻、中、重交通等级        | >150    | A05、A06   | CF 0.6    |         |           |
|     | 特重、极重交通荷载等级      | >190    |           |           |         |           |

6.2.2 荷载设计

荷载设计基本要求如下：

- a) 泡沫混凝土路堤抗滑移、抗倾覆稳定性验算时，工程设计荷载分类及其组合应按 JTG D30 的规定执行；
- b) 泡沫混凝土路堤抗滑移、抗倾覆稳定性验算时，路面车辆荷载作用可按式（4）换算成等代均布土层厚度计算：

$$h_0 = \frac{q}{\gamma} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$h_0$ ——换算土层厚度（m）；

$q$ ——车辆附加荷载标准值（kN/m<sup>2</sup>），一般取 20kN/m<sup>2</sup>；

$\gamma$ ——路堤填料的容重（kN/m<sup>3</sup>）。

- c) 路堤受水位影响时，设计水位以下应考虑浮力对路堤抗浮稳定性的影响，泡沫混凝土自重应力计算应采用湿容重；

- d) 软土地基泡沫混凝土路堤的地基沉降计算和结构上覆荷载验算时应考虑泡沫混凝土浸润吸水之后的加载效应，路堤设计水位以下部分泡沫混凝土自重应力应采用 1.1~1.3 倍的湿容重，设计水位以上部分自重应力应采用湿容重。

### 6.2.3 设计流程

设计流程要求示意如下：

- a) 应根据结构物的功能与用途，兼顾施工步骤，按照相应的工程规范要求，确定荷载组合，计算结构物的稳定性；
- b) 泡沫混凝土路堤应根据自然条件、技术要求、工程规模和工程环境，选择构造尺寸和性能指标，并分析计算。设计流程详见图 1；

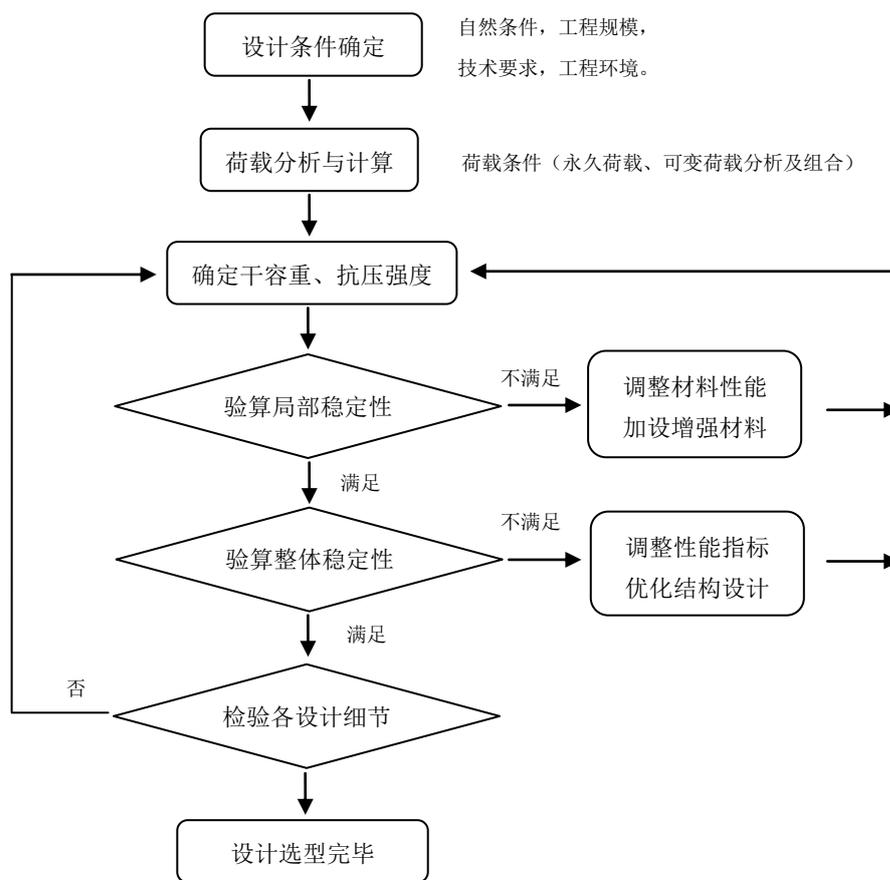


图1 设计流程图

- c) 路堤稳定性计算方法可按照 JTG D30 规定执行。当路堤底面存在斜坡或浇注区高宽比大于 1 且高度大于 3m 时，应验算浇筑体抗倾覆、抗滑移安全系数和承载力要求。

## 6.3 新建路堤

6.3.1 泡沫混凝土路堤应做好防排水工程设计，泡沫混凝土浇筑物的基础底部应设置排水垫层，并结合需要设置排水盲沟或泄水孔。

6.3.2 泡沫混凝土设计厚度不宜小于 1m。泡沫混凝土浇筑宜分层浇筑，单层浇筑设计厚度宜为 0.3m~0.8m。

6.3.3 路堤用地不受限制时，可采用台阶式浇筑的放坡形式（图 2）；路堤用地受限时，边坡宜采用直立支护形式或陡坡式支护形式（图 3，图 4）。

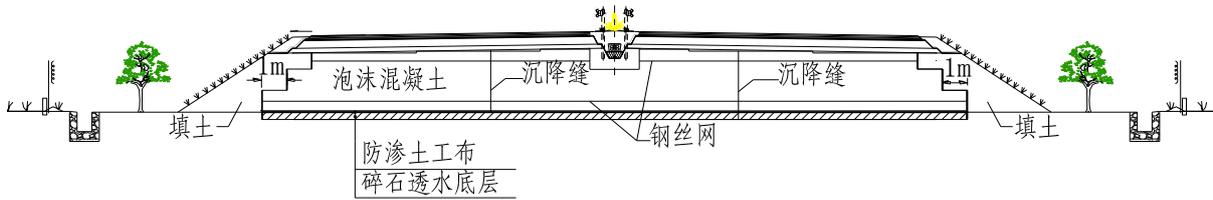


图2 泡沫混凝土路堤台阶式浇筑放坡形式

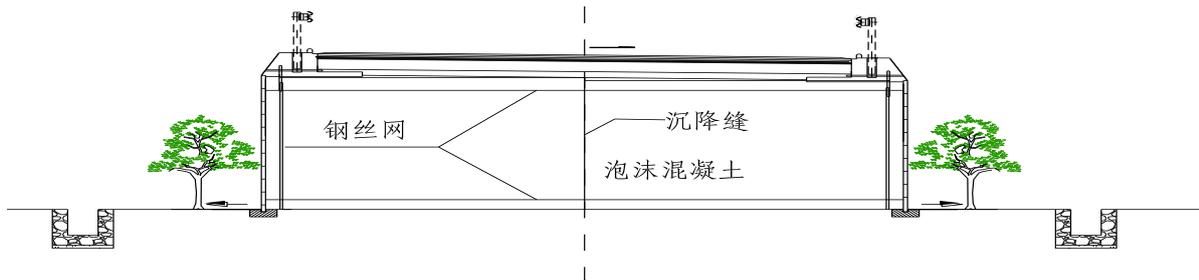


图3 泡沫混凝土路堤直立支护形式

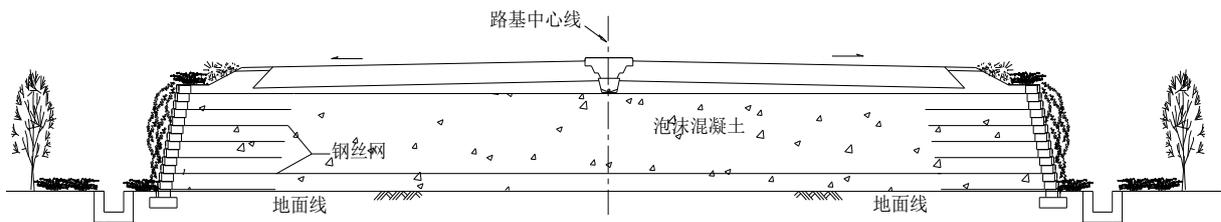


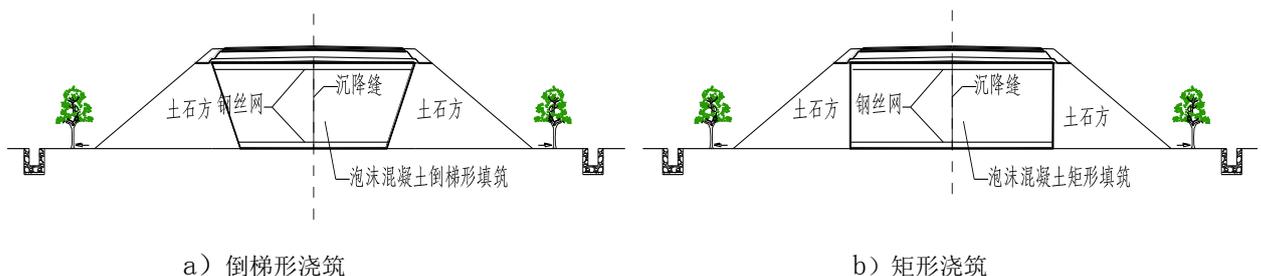
图4 泡沫混凝土路堤陡坡式支护形式

6.3.4 泡沫混凝土浇筑横断面可采取倒梯形、矩形、“凸”型或倒“凸”型，具体浇筑形式宜结合工程功能需要而确定，相应横断面见图5。

6.3.5 当浇筑厚度大于3.0m时，与常规填土路基的纵向、横向衔接宜设置台阶式过渡，沿路基纵向台阶宽度不宜小于2.0m，沿路基横断面台阶宽度不宜小于1.0m。位于软弱地基时，可适当加大台阶宽度。

6.3.6 泡沫混凝土用于软土地区桥头背部路堤浇筑时，路堤纵向宜采用台阶式过渡结构见图6，且纵向过渡分级长度 $L_i \geq 10m$  ( $i=1, 2, 3 \dots$ )。

6.3.7 泡沫混凝土用于涵洞背部路堤浇筑时，浇筑方式可分为全路堤换填、涵背局部换填等两种方式见图7。



a) 倒梯形浇筑

b) 矩形浇筑

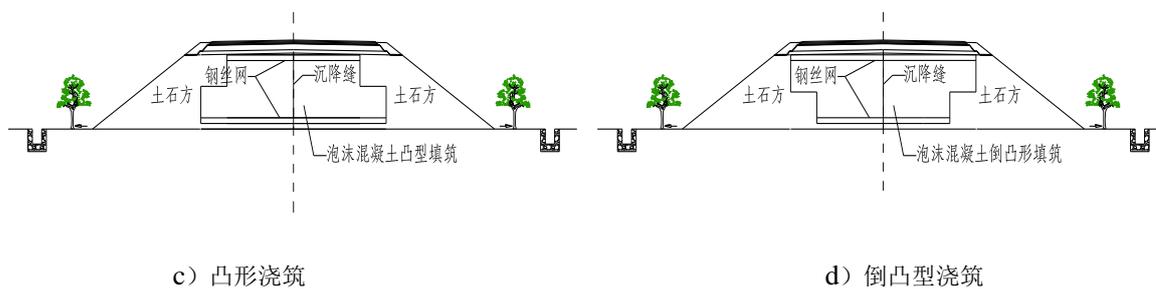


图5 泡沫混凝土浇筑体形式

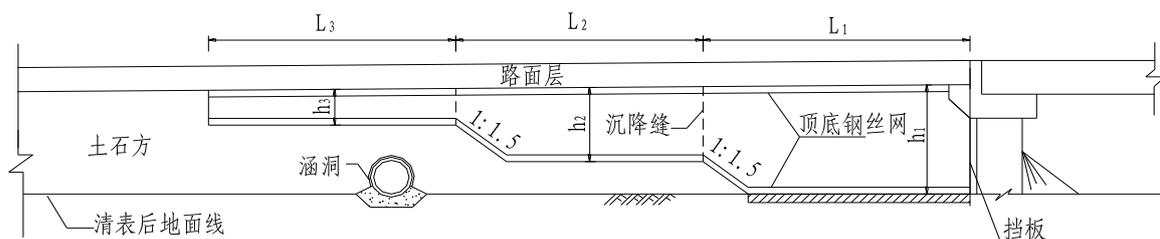


图6 泡沫混凝土纵向台阶式浇筑形式

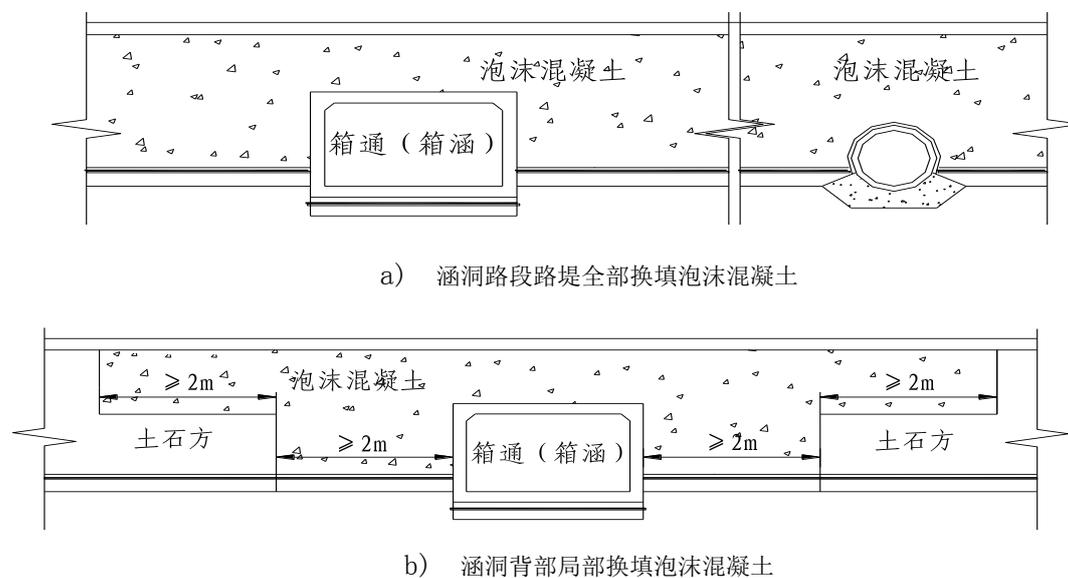


图7 涵洞路段泡沫混凝土路堤浇筑形式

- 6.3.8 泡沫混凝土直立浇筑时，宜结合路堤高度，护栏基础外应设置安全襟边宽度且不小于 50cm。
- 6.3.9 泡沫混凝土单体长度宜为 10m~15m，长度超过 15m 应设置沉降缝。沉降缝设置要求如下：
- 沉降缝采用上下直相通的预留沉降缝，可采用 20mm~30mm 厚的聚苯乙烯板或 10 mm~20 mm 厚的涂沥青木板，木夹板或沥青麻絮填塞；
  - 在结构物截面形态发生变化时，应在形态突变处增设置沉降缝；
  - 在地基处理变化范围宜设置沉降缝；
  - 桥台台后采用泡沫混凝土浇筑时，宜结合地形条件分析是否可取消设置桥台锥坡。
- 6.3.10 泡沫混凝土路堤底层设计构造要求：

- a) 泡沫混凝土底层设计应结合路堤工程地形地貌、水文环境条件做好地表排水设施（如盲沟、渗沟、排水沟等），泡沫混凝土底面需铺设厚度 30cm~50cm 的级配碎石或砂砾作为透水垫层，同时兼做调平层，垫层顶宜设置一层防渗土工布；
  - b) 泡沫混凝土浇筑体底部应设置一层钢丝网，钢丝网宜设置在距底部上方 40cm~60cm 范围之内；
  - c) 斜坡上填筑高度大于 10m 的高路堤时，底层应增设一层混凝土板，板厚为 15cm~30cm，各台阶应根据稳定性验算设置抗滑锚钉。
- 6.3.11 泡沫混凝土路堤填筑构造要求：
- a) 泡沫混凝土设计厚度超过 6m 时，宜每隔 2m 高度水平铺设一层钢丝网；
  - b) 软土地基路堤泡沫混凝土浇筑设计厚度应根据沉降计算确定，堆载预压满足现行规范 DB33/T 904 要求；浇筑工艺宜采用先预压，再换填泡沫混凝土。
- 6.3.12 泡沫混凝土路堤顶层设计构造要求：
- a) 浇筑体顶层宜设置一层钢丝网，钢丝网宜水平放置在顶部下方 30cm~50cm 范围之内；
  - b) 顶层设计应满足路面纵坡与横坡设置要求，并确保路面结构层设计所需的厚度，分台阶调坡；
  - c) 泡沫混凝土顶面位于上路床范围时，应设置厚度 15cm~20cm 的水泥混凝土保护层；
  - d) 泡沫混凝土顶面位于上路床下方时，顶面宜采用 50cm 砂砾层或粒径不大于 10cm 的宕渣作为保护垫层，且该垫层压实不应采用振动碾压。
- 6.3.13 泡沫混凝土浇筑体顶部、底部及其他特殊部位钢丝网设置应符合下列规定：
- a) 焊接钢丝网的钢丝直径为 $\phi$  3.0 mm~ $\phi$  6.0 mm，边长 50 mm×50 mm 或 100 mm×100 mm；
  - b) 钢丝网搭接时，相邻两块钢丝网间的重叠宽度应为 20cm~30cm，并采用镀锌钢丝绑扎连接。
- 6.3.14 泡沫混凝土设置面板时，应符合下列规定：
- a) 泡沫混凝土直立浇筑时，外立面应采用符合安全、美观、环保、生态、耐久、经济要求的面板进行防护；
  - b) 面板可采用混凝土预制面板、景观砌块、轻质砖、空心砖等；
  - c) 面板基础混凝土强度等级应不低于 C20；
  - d) 面板基础应设置沉降缝，设缝位置应与泡沫混凝土浇筑体沉降缝一致；
  - e) 面板采用拉筋固定时，拉筋与面板之间应锁定牢固，采用土工格栅作为拉筋时应符合现行 JTG/T D32 规定；
  - f) 面板之间勾缝砂浆强度等级应不低于 M7.5；
  - g) 面板基础应验算地基承载力。
- 6.3.15 面板采用预制时，面板设计应符合下列规定：
- a) 单块面板尺寸以方便预制、搬运和砌筑为原则；
  - b) 面板采用实心板厚度宜为 4cm~6cm，面板采用空心砖厚度宜为 20cm~50cm，混凝土强度等级应不低于 C25；
  - c) 面板钢丝（筋）网材质宜满足相关规范要求。
- 6.3.16 陡坡路堤抗滑设计或锚固件结构设计宜按 JTG D30 及永久锚固工程相关设计规范执行，并满足稳定性要求。
- 6.3.17 泡沫混凝土顶面设置防撞护栏时，防撞护栏应作专项设计，并应符合以下要求：
- a) 泡沫混凝土顶层宜在护栏基础底座下方设两层钢丝网；
  - b) 防撞护栏底部应设置钢筋混凝土底座，混凝土等级宜不小于 C30，底座尺寸设计应兼顾安全性和经济性；
  - c) 护栏沉降缝与泡沫混凝土的沉降缝位置应对应一致。

#### 6.4 拓宽路堤

- 6.4.1 收集原有公路勘察设计、竣工图和养护等方面资料，查明既有路堤的地基处理方案、填料性质、压实度、路堤沉降变形及边坡稳定状况等。
- 6.4.2 核查既有路堤及拓宽场地内的通道、管线及排水设施的使用状况，并在此基础上分析拓宽路基对既有路堤、现有管线、防护、排水设施等功能的影响。
- 6.4.3 泡沫混凝土拓宽路堤，除应对路堤堤身稳定性、路堤和地基的整体稳定性作圆弧滑动验算外，尚应按图8沿新老路基结合面作滑动的稳定性验算，并可按式(5)计算：

$$F_s = \frac{M_1 + M_2 \cos \theta}{N_1 \cos \theta} = \frac{\mu W_1 + \mu W_2 \cos \theta \cos \theta}{W_2 \sin \theta \cos \theta} \geq 1.3 \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- $M_1$ ——坡前泡沫混凝土在底面上产生的滑动抵抗力(kN/m)；
- $M_2$ ——坡面上泡沫混凝土沿斜面方向产生的滑动抵抗力(kN/m)；
- $\theta$ ——斜坡的角度(°)；
- $N_1$ ——坡面上泡沫混凝土沿斜面方向的滑动力(kN/m)；
- $\mu$ ——坡面上(或坡前)泡沫混凝土底面与天然坡或基础地基的摩擦系数；
- $W_1$ ——坡前泡沫混凝土的自重及路面荷重(kN/m)；
- $W_2$ ——坡面上泡沫混凝土的自重及路面荷重(kN/m)。

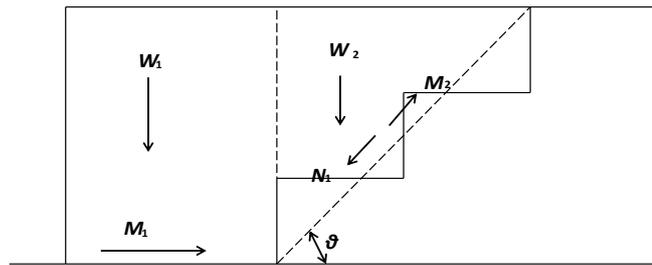


图8 泡沫混凝土拓宽路堤抗滑稳定性验算简图

- 6.4.4 拓宽路堤和原有路基之间应控制差异沉降并保持良好衔接；新老路基宜采用台阶拼接(图9)，开挖坡率宜缓于1:1.0，横向台阶宽度不宜小于1m，坡率适当内倾，坡度2%~4%为宜。路堤拼接顶部应采用铺设土工合成材料等增强措施。
- 6.4.5 拓宽路堤应做好排水设计。应考虑既有公路的中央分隔带及路面排水设施，做好横穿路基管线的预埋设计；泡沫混凝土底部可增设碎石盲沟，以排除路基底部积水。

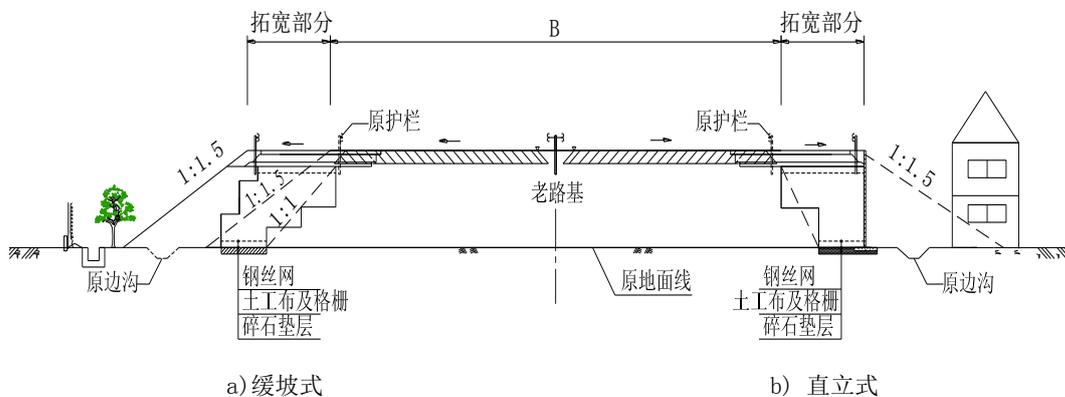


图9 泡沫混凝土应用于路堤拓宽横断面形式

- 6.4.6 当用地受限时，泡沫混凝土路堤边坡可采用陡坡防护形式。
- 6.4.7 陡坡高路堤拓宽时，为提高泡沫混凝土浇筑体抗滑移和抗倾覆安全度，应满足  $L \geq 2m$  且  $L \geq 0.25H$ ，具体宽度可结合浇筑体抗滑移验算确定。
- 6.4.8 软土地基拓宽路堤设计要求：
- 拓宽部分路基工后沉降控制标准应满足 JTG D30 规定要求；
  - 在采取等载或超载预压处理时，根据实测沉降速率结合计算分析合理确定二次开挖施工泡沫混凝土方案；
  - 沿河塘、傍山、高填土、深厚软土地基拓宽路段可采用泡沫混凝土与柔性桩或刚性桩复合地基等处理方案相结合；
  - 泡沫混凝土换填时，其底部排水垫层可与既有软基处理的褥垫层厚度相结合，并在垫层内铺置土工格栅；
  - 设计规定的软土地基拓宽路堤施工期末沉降速率控制标准应与老路堤的沉降速率预测值一致。
- 6.4.9 拓宽路堤的底层、顶层、面板设计详见本规范 6.3 节。

## 6.5 特殊处治工程

### 6.5.1 滑坡

滑坡区域处治设计要求如下：

- 勘察设计阶段应评估场地范围及周边不良地质与浇筑结构体之间的相互作用和稳定性影响，泡沫混凝土处治方案宜与其他方案进行技术经济综合比选；
- 泡沫混凝土浇筑体在滑坡体上方通过时，应少占地，少破坏，并根据路堤稳定验算结果，做好滑坡体下方的固脚反压措施，将基础落在稳固的地基上，同时应结合排水等其他工程措施进行综合治理；
- 路堤滑坡处治应将开挖范围的既有路堤滑动面修整成为台阶状，台阶宽度不应小于 2m，坡率适当内倾，坡度 2%~4%；
- 斜坡上浇筑泡沫混凝土时，应采用台阶式浇筑，浇筑体底部基础宽度应满足  $L \geq 2m$  且  $L \geq 0.25H$ ，基础外侧襟边宽度和其他台阶宽度不应小于 1m。
- 泡沫混凝土用于路堤滑坡区段抢险加固时，设计应明确滑塌体清理、排水措施和浇筑体基础处理等要求。浇筑体基础下方可埋置渗水盲沟或支撑渗沟等排水体系。

### 6.5.2 崩塌

崩塌区域处治设计要求如下：

- 泡沫混凝土应用于崩塌路段时，应查明已发生的崩塌类型、范围、成因及对公路的危害程度。泡沫混凝土用于崩塌区域回填之前，应验算场地稳定性以及回填体的抗滑移、抗倾覆稳定性；
- 泡沫混凝土用于崩塌回填时，应做好防排水设计；
- 边坡坡面局部塌方空腔或超挖凹陷可采用泡沫混凝土作为调平层。

### 6.5.3 溶洞、采空区

溶洞、采空区处治设计相关要求如下：

- 泡沫混凝土应用于溶洞、采空区路段时，应调查岩溶地貌的发育特征或采空区的性质及范围，并分析评估泡沫混凝土回填的可行性；
- 泡沫混凝土可用于开挖回填、充填、注浆、板跨结合减轻堆载等措施；
- 路基范围发育不规则的空腔或坑洞，且体积不大，埋深较浅时，可采用泡沫混凝土充填密实，泡沫混凝土抗压强度等级宜采用 CF0.4~CF0.6；
- 岩溶区域地表水宜采用渗沟、排水沟将水截留至路基外；

- e) 当洞体庞大或深度较深时,应在稳定评价基础上,采用钢筋混凝土板块跨越,同时上部可采用泡沫混凝土;对于有顶板但顶板强度不足的干溶洞,可予以加固,提高强度后,上部采用泡沫混凝土路堤。

#### 6.5.4 挡墙变形

挡墙变形及病害处治设计要求如下:

- a) 当路堤(肩)挡墙出现结构性裂缝、倾覆变形或侧移时,应根据墙背土压力验算,分析挡墙发生变形的原因,土压力偏大时,可采用泡沫混凝土换填,必要时结合挡墙加固等措施(图10);
- b) 挡墙病害严重并具有安全隐患时,应根据验算情况确定挡墙安全高度,明确拆除范围及泡沫混凝土换填方案(图11);
- c) 泡沫混凝土置换体积应根据挡墙地基承载力、土压力、沉降和稳定性验算进行确定;

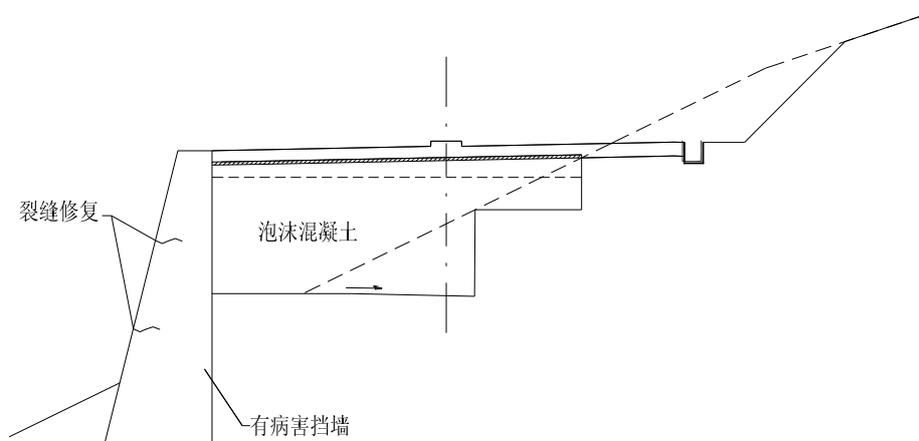
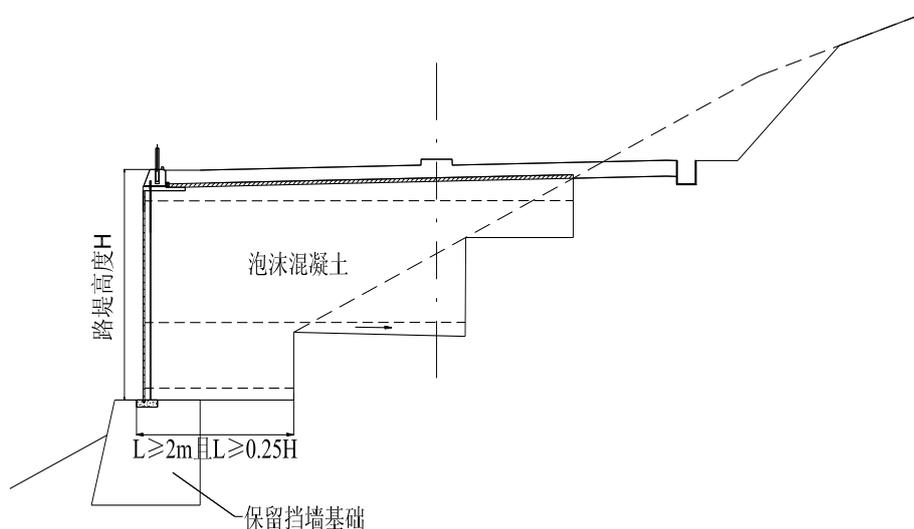
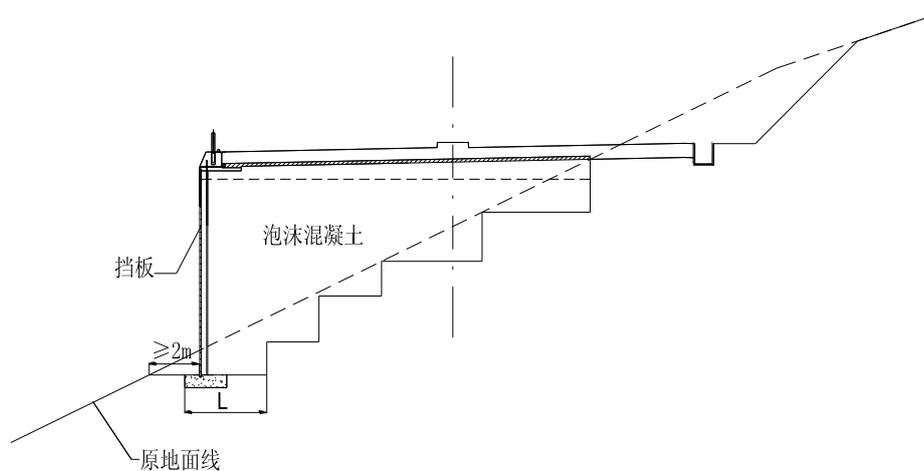


图10 挡墙病害修复泡沫混凝土换填方案



a) 保留基础,部分重建



b) 拆除改建

图11 挡墙病害修复泡沫混凝土处治形式

### 6.5.5 桥头跳车

桥头跳车处治设计要求如下：

- 应收集既有的地基处理方案、填筑高度、工后沉降养护和交通量等相关资料，分析桥头跳车病害的形成机制；
- 若桥头路段运营期年沉降量累计大于 100mm 时，宜采用泡沫混凝土进行路堤换填；
- 若施工期桥头路堤沉降速率不能满足规范和设计要求时，可在沉降分析基础上采用泡沫混凝土换填处治；
- 桥头搭板脱空时，可采用泡沫混凝土进行灌注填充。

### 6.5.6 涵顶减载

公路改建涵顶减载处治设计要求如下：

- 深厚软土地区既有道路纵坡加大时，涵洞或通道范围可采用泡沫混凝土进行置换减载处理；
- 当涵洞或通道上方填筑荷载比较高时，可通过泡沫混凝土减载降低结构物的侧压力，同时降低地基承载力要求；
- 用于涵管顶部减载换填时，涵顶路堤荷载应小于涵管结构设计承载力的 0.9 倍。

### 6.5.7 隧道洞顶脱空与明洞回填

隧道洞顶脱空与明洞回填处治设计要求如下：

- 隧道洞顶塌方或脱空时，可采用泡沫混凝土填充衬砌背部空腔；
- 当洞口仰坡开挖较高时，明洞上方可采用泡沫混凝土回填。

### 6.5.8 紧急避险车道

- 公路长下坡路段设置避险车道用地受限或地基承载力不能满足要求时，可采用泡沫混凝土实施直立式防护的紧急避险车道；
- 浇筑体纵向应采用台阶式布设；
- 泡沫混凝土顶层上覆路面结构层及垫层总厚度不宜小于 1.5m；
- 防撞护栏应做好专项设计。

## 7 施工

### 7.1 一般规定

7.1.1 施工前，应在全面理解设计要求和设计交底的基础上，对施工现场的气候、地形、地质及构造物等现场情况进行调查后，编制专项施工方案，并做好以上天气的防范预案；

7.1.2 施工前应做好施工期临时排水总体规划和落实，临时排水设施应与永久性排水设施综合考虑，并与工程影响范围内的自然排水系统相衔接；

7.1.3 建立健全质量、环保、安全管理体系和质量检测体系，并进行培训和交底；

7.1.4 泡沫混凝土施工前，应先做好泡沫混凝土基底交接面的验收工作。

## 7.2 新建路堤

### 7.2.1 施工准备

施工准备工作要求如下：

- 根据实际施工条件，按设计要求进行测量放样，确定边线及基底高程；
- 泡沫混凝土基底为原状土时，应按照 JTG F10 的要求进行场地清理、整平压实；在已填筑路堤上浇筑，应满足相应路堤划分区压实度要求；
- 在浇筑泡沫混凝土之前应做好基底防、排水工作，坑槽开挖好后宜在最低处开挖宽度不超过 1m 的泄水口，防止坑槽积水。在地下水或地表渗水比较丰富区域，应采用防渗土工布对泡沫混凝土进行包裹处理，避免地下水长期渗流带走水泥基浆等物质；
- 施工用电就近采用稳定的现场电源，检查用电安全措施是否健全；
- 应结合设备生产能力、工期等要求划分浇筑区和浇筑层；
- 浇筑区内分隔可采用模板等材料，并兼作为沉降缝、施工缝。模板及其支撑应具备足够的强度、刚度和稳定性，能承受施工过程中产生的侧压力，不渗漏。

### 7.2.2 工艺流程

泡沫混凝土路堤浇筑施工工艺流程详见图 12。

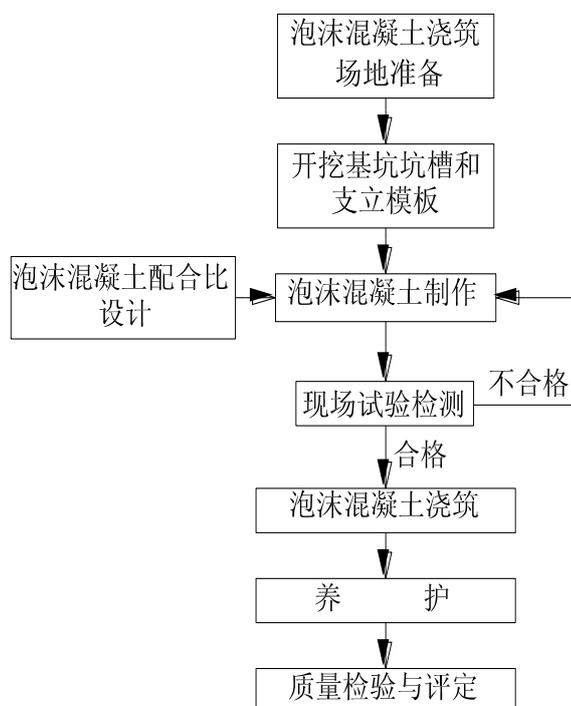


图12 施工工艺流程

### 7.2.3 原材料

原材料应符合以下要求：

- a) 水泥、发泡剂、水、外加剂和掺和料要求按本规范第4章执行；
- b) 钢丝网、土工材料等辅助材料要求按相关规范执行。

### 7.2.4 设备

设备选型与功能要求如下：

- a) 设备选型按表6执行；

表6 设备选型要求

| 工 程 量                                     | 设备产能 W (单台设备)  |
|---|--|
| $m < 100\text{m}^3$                       | $10 \text{ m}^3/\text{h} \leq W < 30 \text{ m}^3/\text{h}$ |
| $100\text{m}^3 \leq m < 1000\text{m}^3$   | $30 \text{ m}^3/\text{h} \leq W < 50 \text{ m}^3/\text{h}$ |
| $1000\text{m}^3 \leq m < 10000\text{m}^3$ | $50 \text{ m}^3/\text{h} \leq W < 80 \text{ m}^3/\text{h}$ |
| $\geq 10000\text{m}^3$                    | $\geq 80 \text{ m}^3/\text{h}$                             |

#### b) 设备要求：

- 1) 泡沫混凝土设备应具有自动进料、电子计量、自动控制、综合信息显示等相关功能，设备控制系统应具有自动统计和汇总功能；
- 2) 设备各单元控制系统应实现相互联动；
- 3) 综合信息显示屏应动态显示各个单元的计量信息和控制参数；
- 4) 发泡装置单元应具有发泡剂、水的体积比自动控制与稀释功能。

#### c) 准备工作：

- 1) 设备计量系统应通过有相关检测资质的检测机构标定；
- 2) 施工设备的配置、搭设应根据工程施工实际合理安排数量和选址；
- 3) 检查及调试设备的各单元，确保设备的各项性能完好，满足施工要求；
- 4) 管道铺设宜保持水平顺直；
- 5) 应根据输送扬程和距离调试混泡压力；
- 6) 准备好现场试验需要的相关设备。

### 7.2.5 试验路段

试验路段适用范围及要求如下：

- a) 公路路堤泡沫混凝土浇筑工程量超过  $5000\text{m}^3$  应进行试验路段施工；
- b) 试验路段应选择在地质条件、断面形式等工程特点具有代表性的路段；
- c) 试验路段施工应包括以下内容：
  - 1) 配合比验证、检测报告；
  - 2) 明确泡沫混凝土施工工艺主要参数：抗压强度、干（湿）容重、流动度、质量吸水率、稀释倍数、发泡倍数、气泡率、各级原材料用量和试块切面表观气孔评定等；
  - 3) 过程质量控制方法；
  - 4) 质量评价指标；
  - 5) 优化后的施工组织方案及工艺；
  - 6) 原始记录、过程记录；
  - 7) 对施工设计图的修改建议。
- d) 编制试验路段施工总结报告。

### 7.2.6 面板预制及安装

面板预制、安装及质量检查要求如下：

- a) 面板预制应符合下列要求：
  - 1) 面板预制应采用专用模板，确保面板具有足够强度、刚度、平整度和光洁度；
  - 2) 混凝土强度等级按设计要求执行；
  - 3) 定位安装好面板拉扣；
  - 4) 面板尺寸应符合设计要求。
- b) 面板预制质量检查标准按表 7 规定执行；
- c) 面板安装应符合下列要求：
  - 1) 清理、压实面板基础坑槽，检查基底承载力；
  - 2) 按设计要求检查基础尺寸、强度；
  - 3) 清理面板基础顶面，标出面板外缘线，检查基础顶面高程与平整度；
  - 4) 面板按随浇随砌原则砌筑；
  - 5) 面板搬运和砌筑时，应轻拿轻放，避免板体损坏和拉扣变形；
  - 6) 外侧面板可设置图案或嵌挤鹅卵石等措施提升外观效果。
- d) 面板安装质量检查标准按表 8 规定执行。

表7 面板预制质量实测项目

| 项次 | 检验项目        | 规定值或允许偏 | 检验方法和频率                                     |
|----|-------------|---------|---|
| 1  | 混凝土强度 (MPa) | 不小于设计值  | 按标准 GB/T 50107 的规定，每 250 块取 1 组试块，每项目至少 1 组 |
| 2  | 边长 (mm)     | 0.5%边长  | 尺量：长宽各量 1 次，每 200 块抽查 1 块，每项目至少 5 块         |
| 3  | 厚度 (mm)     | +5, -3  | 尺量：检查 2 处，每 50 块抽查 1 块，每项目至少 5 块            |
| 4  | 表面平整度 (mm)  | 0.3%边长  | 直尺：长、宽各测 1 次，每 50 块抽查 1 块，每项目至少 5 块         |
| 5  | 预埋件位置 (mm)  | 10      | 尺量：检查每块，每 50 块抽查 1 块，每项目至少 5 块              |

表8 面板安装质量实测项目

| 项次 | 检验项目         | 规定值或允许偏差              | 检验方法和频率              |
|----|--------------|-----------------------|----------------------|
| 1  | 每层面板顶高程 (mm) | ±10                   | 3 米直尺：每 20m 抽查 3 组板  |
| 2  | 轴线偏位 (mm)    | 10                    | 挂线、尺量：每 20m 量 3 处    |
| 3  | 面板垂直度或坡度     | 0, -0.5%              | 挂垂线：每 20m 检查 3 处     |
| 4  | 相邻面板错台 (mm)  | 5                     | 尺量：每 20m 检查挡板交界处 3 处 |
| 5  | 平整度 (mm)     | 不应出现明显的凹坑或凸起，实测平整度≤15 | 2m 直尺：每 20m 长宽各测 1 处 |

### 7.2.7 泡沫混凝土生产

泡沫混凝土生产工艺流程及检查控制要求如下：

- a) 泡沫混凝土生产工艺流程如图 13；
- b) 计量控制标准  
原材料计量控制标准具体要求见表 9；
- c) 水泥浆料制作
  - 1) 根据确定的施工配合比和工艺参数进行水泥浆料拌合，应确保各组分混合均匀；
  - 2) 将搅拌好的水泥浆料存储在具备搅拌功能的储罐内，避免水泥浆沉淀；

3) 水泥浆料在储料罐中的储存时间不应超过 2h。

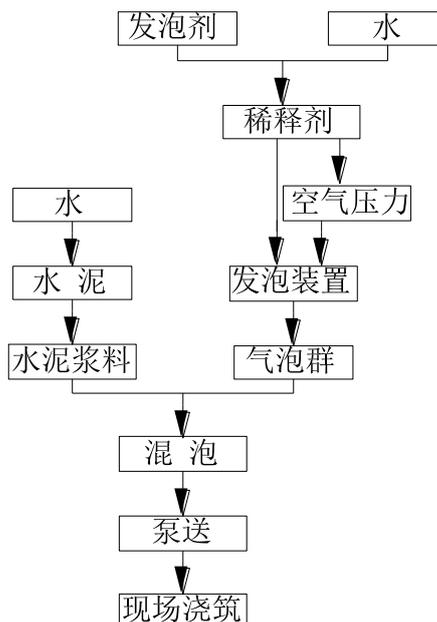


图13 泡沫混凝土生产工艺流程

表9 原材料计量标准

| 材料  | 计量单位 | 计量精度  |
|-----|------|-------|
| 水泥  | kg   | ±2.0% |
| 发泡剂 | kg   | ±1.0% |
| 水   | kg   | ±2.0% |
| 外加剂 | kg   | ±1.0% |

d) 泡沫制作要求如下：

- 1) 根据发泡剂生产厂家提供的稀释倍数稀释发泡剂；
- 2) 泡沫的产生采用压缩空气对发泡剂水溶液加压，发泡倍数可调且稳定。

e) 混泡要求如下：

- 1) 将按配合比设定的泡沫与水泥浆料及时采用经电子计量的混泡设备进行稳压混泡，形成符合设计要求的泡沫混凝土；

f) 泡沫混凝土生产检查标准见表 10。

表10 泡沫混凝土生产检查标准

| 项次 | 检验项目                      | 规定值/允许偏差    | 检验方法和频率                              |
|----|---------------------------|-------------|--------------------------------------|
| 1  | 泡沫密度 (kg/m <sup>3</sup> ) | 45+5        | 附录 A. 2 开工前自检 1 次                    |
| 2  | 湿容重 (kN/m <sup>3</sup> )  | ±10% 配合比设定值 | 附录 B. 1 浇筑每 100m <sup>3</sup> 自检 1 次 |
| 3  | 流动度 (mm)                  | 180±20      | 附录 B. 2 浇筑每 100m <sup>3</sup> 自检 1 次 |
| 4  | 气泡率 (%)                   | ±3% 配合比设定值  | 附录 B. 4 浇筑每 100m <sup>3</sup> 自检 1 次 |

### 7.2.8 泡沫混凝土浇筑

泡沫混凝土浇筑的操作要求如下：

- 浇筑施工应采用管路泵送方式。泵送前，应检查管接头是否紧固，确保接头密封牢固不泄露。泵送过程中，浇筑管的压力应满足扬程及输送距离要求；
- 地形复杂区域应根据现场情况合理配置机械设备，可采用中继泵进行远距离输送，或采用分级输送方式进行高扬程输送，混泡应在最后一级进行；
- 泡沫混凝土浇筑时，浇筑管宜与浇筑面保持缓倾角度（图 14），不应采用从上而下喷射方式进行浇筑，管口应埋入泡沫混凝土内不小于 10cm，以降低泡沫混凝土的消泡量。浇筑点由中心向四边扩展或采用多点浇筑。浇筑点不应直接冲击面板及伸缩缝模板部位，避免造成面板底部及接缝处的渗漏；

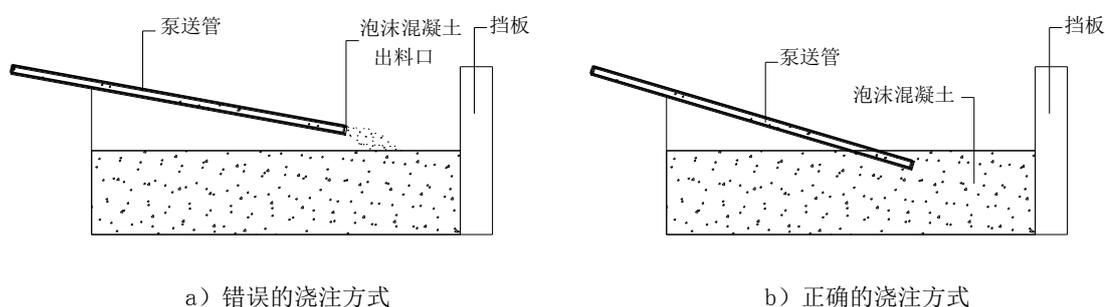


图14 泡沫混凝土浇筑方式

- 浇筑过程若停滞时间超过 30 分钟，应及时清洗管道，清洗输送管时以管道出水干净为准；
- 浇筑将至顶层时，采用后退方式拖移浇筑管进行人工扫平，浇筑层终凝后方可进行上层的浇筑施工；
- 浇筑过程中应减少对泡沫混凝土的扰动，不应在泡沫混凝土里面随意走动或移动浇筑管；
- 在浇筑过程中按表 11 规定的检测方法和检测频率对泡沫混凝土的湿容重、流动度进行检测，若不符合要求则应及时调整；
- 按设计要求在浇筑过程中安装钢筋(丝)网片；
- 当遇大雨、暴雨或持续时间较长的小雨天气，未硬化的泡沫混凝土表面应采取遮雨措施；
- 单个浇注区内浇注层的施工时间宜控制在水泥浆初凝时间内。

### 7.2.9 冬期、雨期及热期施工

泡沫混凝土在冬期、雨期及热期施工注意事项：

- 冬期、雨期及热期的泡沫混凝土施工，应根据不同的季节特点制订相应的施工技术方案，并应采取有针对性的措施，保证工程质量和和施工安全；
- 施工前应及时掌握气温、雨雪、风暴、汛情等预报，制订应急预案，做好安全防范工作，避免发生事故。施工操作人员应按劳动保护的规定，采取必要的防护措施；
- 当室外日均气温连续 5d 低于 5℃或环境温度超过 38℃、以及下雨时，不得进行泡沫混凝土构筑施工；特殊情况需要施工时，应采取特殊措施并进行专项报批，确保工程质量和施工安全；
- 热期施工，每班完工后应及时清洗拌合设备、储浆设备、浇筑管路中的浆体，避免因浆体凝固损坏设备；
- 若在冬期施工时，每班完工后应清空各设备及管路中的残留浆体，并对浇筑管路、施工设备、发泡剂及浇筑区域等采取保温措施。

## 7.2.10 施工过程质量检验

泡沫混凝土施工过程质量检验内容及要求如下：

- a) 施工中质量检验项目宜包括泡沫密度、湿容重、流动度、抗压强度，浸水环境下泡沫混凝土还需检验气泡率和吸水率。泡沫混凝土浇注质量检查项目、检验方法和频率按表 11 中的规定执行；
- b) 试样在出料管口制取，制取时测定并记录试样的湿容重。试块脱模后，放入密封塑料袋中室内保湿养护；

表11 施工过程质量检验标准

| 项次 | 检验项目                      | 规定值/允许偏差   | 检验方法和频率                                     |
|----|---------------------------|------------|---|
| 1  | 泡沫密度 (kg/m <sup>3</sup> ) | 45+5       | 附录 A.2 开工前自检 1 次                            |
| 2  | 湿容重 (kN/m <sup>3</sup> )  | ±10%配合比设定值 | 附录 B.1 浇筑每 100m <sup>3</sup> 自检 1 次         |
| 3  | 流动度 (mm)                  | 180±20     | 附录 B.2 浇筑每 100m <sup>3</sup> 自检 1 次         |
| 4  | 吸水率                       | ≤设计值       | 附录 B.3 浇筑每 100m <sup>3</sup> 自检 1 次         |
| 5  | 气泡率 (%)                   | ±3%配合比设定值  | 附录 B.4 浇筑每 100m <sup>3</sup> 自检 1 次         |
| 6  | 抗压强度 (MPa)                | ≥设计值       | 附录 B.6 每 100m <sup>3</sup> 自检 1 次           |
| 7  | 干容重 (kN/m <sup>3</sup> )  | ≤设计值       | 试验方法见 JG/T 266，每浇筑 100m <sup>3</sup> 自检 1 次 |
| 8  | 软化系数                      | ≥0.7       | 浸水时每 1000m <sup>3</sup> 检验 1 次。             |

- c) 抗压强度试验方法应按附录 B.6 执行，试块制取及养护应满足：

- 1) 应在出料口取样制作；
- 2) 每 3 块为 1 组，每 400 m<sup>3</sup> 制取 1 组；当不够 400 m<sup>3</sup> 时，按 400m<sup>3</sup> 考虑；
- 3) 试块脱膜后，应置于密封塑料袋中进行养护；
- 4) 单组单轴抗压强度检验合格标准应满足式 (6)：

$$R_n \geq R \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$R_n$  -----单组试块 3 个试块抗压强度代表值 (MPa)；

$R$ -----抗压强度设计值 (MPa)。

- d) 现场施工人员的浇筑方法是否合理；
- e) 设备工作的各个环节是否正常稳定；
- f) 现场试验是否按要求进行检测；
- g) 在浇筑工程中的面板及模板是否有变形、破损，浆液是否有渗漏；
- h) 施工中应对发泡剂、水泥质量和气泡与水泥浆料料的适应性进行复检，并应满足下列要求：
  - 1) 发泡剂检验频率按本规范 4.3.5 条款执行；
  - 2) 水泥检验频率袋装为 1 次/200 吨，散装为 1 次/500 吨；
  - 3) 发泡剂检验方法按本规范附录 A.1、A.2，水泥按国家标准的规定执行，两者适应性按附录 A.3 的规定执行；
  - 4) 发泡剂检验结果应符合本规范第 4.3.3 条及表 1 的规定。
- i) 面板预制质量检验宜根据面板的选型、结构形式按表 7 和表 8 执行。

## 7.2.11 养生

泡沫混凝土养生期间应注意以下事项:

- a) 禁止直接在泡沫混凝土表面进行机械、车辆作业或堆压杂物;
- b) 除填充工程外,泡沫混凝土每层浇筑完毕应采用保湿养生;
- c) 泡沫混凝土顶面在上路床范围时,路面施工应在顶层泡沫混凝土养生 28d 以后进行。

### 7.3 拓宽路堤

7.3.1 施工准备、施工工艺流程、原材料、设备、试验路段、面板预制及安装、泡沫混凝土生产及浇筑、冬期、雨期及热期施工、施工过程质量检验和养护宜等工作均按本规范 7.2 节相关条款规定执行。

7.3.2 施工要求如下:

- a) 根据现场实际情况,制定详细施工方案及营运道路交通组织方案,并上报有关部门审核批复;
- b) 施工现场应设置醒目的安全、警示标志和安全防护设施,对施工人员进行技术及安全交底;
- c) 施工前应截断流向拓宽作业区的水源,开挖临时排水沟,保证施工期间排水通畅;
- d) 老路堤与泡沫混凝土交界的坡面,宜采用缓于 1:1.0 的坡率进行台阶开挖。土基台阶应密实,无松散物;
- e) 老路堤坡体纵向单次开挖长度不宜超过 100m,并应及时采用泡沫混凝土进行回填,防止雨水冲刷而引起塌方隐患;
- f) 在施工过程中,浇筑管路应远离老路堤铺设,并安排专人进行巡视,以免泵管泄漏对过往行人车辆造成伤害。

### 7.4 特殊处治工程

#### 7.4.1 滑坡

滑坡区域施工要求如下:

- a) 滑坡地段处治前,应制定滑坡或边坡危害的安全预案,并注意对滑坡区内其他工程和设备设施的保护;
- b) 施工时应采取措施截断流向滑坡体的地表水、地下水及临时用水。对滑坡坡表裂隙采取封闭措施,并做好泡沫混凝土浇筑体基础下方的排水措施;
- c) 应按设计要求分区清理滑坡区域堆积体,不应超挖乱挖,边清理边做好安全防范工作,并按设计要求合理安排施工工序,开挖坑槽应跳槽施工,并及时做好加固措施;
- d) 施工过程中应进行监测,应对现场施工发现的裂缝或变形进行记录,发现异常应及时上报相关部门。遇雨天及其他恶劣天气停止施工,并加强巡查,发现异常及时通报。

#### 7.4.2 崩塌

崩塌区域施工要求如下:

- a) 崩塌区域应在临边、危险区域周围设置围栏和安全警示牌,做好相关的安全防护工作;
- b) 崩塌路段应采取有效的工程措施,预防岩石塌落危及其他设施和施工设备的安全;
- c) 泡沫混凝土底层下方路基填筑不应采用振动碾压;
- d) 在确认安全的条件下对泡沫混凝土的工作面进行清理,应安排有专人对施工现场周围进行监视,发现不安全因素应立即停止施工,直至危险源解除后方可继续施工;
- e) 若施工区域距离泡沫混凝土设备较远,可按 7.2.8 b) 规定执行;
- f) 施工材料堆放要远离危险的崩塌区域;
- g) 有影响施工安全和质量的恶劣天气时应停止施工,并做好相关的预防工作。

#### 7.4.3 溶洞、采空区

溶洞、采空区施工要求如下:

- a) 岩溶区域地表水应按设计采用排水沟将水截留至岩溶区域之外，同时做好施工区域的临时排水；
- b) 泡沫混凝土用于溶洞、采空区处理前，要现场复核岩溶地貌或采空区的发育特征，估算泡沫混凝土回填的体积；
- c) 泡沫混凝土用于不规则空洞浇筑时，泡沫混凝土宜自孔洞底部向上浇注，并填充密实；泡沫混凝土填充时应考虑机械输送能力，施工时合理布置泵送距离；
- d) 在地下水位以下施工时，应采取临时降水措施确保基底无积水的情况下浇筑，确保泡沫混凝土养生龄期不少于 3 天且满足抗浮要求后才能撤除临时降水措施。

#### 7.4.4 挡墙变形

挡墙变形或病害治理施工要求如下：

- a) 挡墙变形区域范围应在临边、危险区域周围设置围栏和安全警示牌，做好相关的安全防护工作；
- b) 应按设计要求编制老挡墙拆卸的施工组织方案，通过评审之后方可进行实施；
- c) 挡墙墙背开挖时，靠近墙背的土石方应采用人工开挖或小型器械开挖，避免或减少开挖对既有挡墙的二次损伤，同时做好基坑排水的工作，避免坑底积水；
- d) 墙背泡沫混凝土回填前，应进一步评估挡墙的安全使用状态，并确定挡墙的实际拆卸范围；
- e) 泡沫混凝土面板采用砌块时，砌筑砂浆应满足 M7.5 号砂浆的质量要求，砌缝宜采用勾缝，缝宽不应超过 1cm。

#### 7.4.5 桥头跳车

桥头病害治理施工要求如下：

- a) 应结合现场实际条件采取临时排水疏导措施；
- b) 病害桥头置换泡沫混凝土时，应按设计要求做好交通组织和安全防护措施；
- c) 桥头台背开挖应采用人工开挖或小型器械开挖，并保护墩台完好；
- d) 桥头背部纵向台阶宽度应满足设计要求。

#### 7.4.6 涵顶减载

公路改建工程涵顶减载施工要求如下：

- a) 涵顶减载开挖应采用小型机械开挖，临近涵顶区域应采用人工开挖，开挖时不应破坏涵顶防水设施；
- b) 卸载坑底应检查土工布是否密封良好，泡沫混凝土浇筑时，应保护土工布铺设完好，浇筑前应做好坑底排水处理。

#### 7.4.7 隧道洞顶脱空与洞口偏压

隧道洞顶脱空或洞口偏压处治时施工要求如下：

- a) 隧道洞顶塌方区域或明洞上方回填前，应先处理好排水设施；
- b) 泡沫混凝土用于洞门装饰时，应在其表面做好砂浆抹面防护；
- c) 明洞上方回填采用泡沫混凝土时，应做好排水措施，表面封闭的覆盖层厚度不宜小于 1.0m。

#### 7.4.8 紧急避险车道

紧急避险车道施工要求如下：

- a) 紧急避险车道周边应做好排水措施，应避免地表水长期冲刷或侵蚀；
- b) 泡沫混凝土单层浇筑厚度不应大于 50cm。

## 8 检验与评定

### 8.1 一般规定

泡沫混凝土作为一个分项工程进行质量检验评定，分项划分按 JTG F80/1 规定执行。

## 8.2 基本要求

- 8.2.1 泡沫混凝土所采用的水泥、发泡剂、水及其他材料的技术性能和规格应符合设计文件和本规范规定。
- 8.2.2 泡沫混凝土结构层浇筑应分层、分块浇筑，斜坡面上浇筑泡沫混凝土路堤时，应按设计要求实施台阶式浇筑，台阶尺寸应符合设计要求。
- 8.2.3 泡沫混凝土表面应避免出现油污、层裂、疏松。
- 8.2.4 泡沫混凝土顶面养生期内不得堆放杂物或行走车辆。
- 8.2.5 单个标准试块切面的气孔表观质量应符合附录 C 的评定标准。

## 8.3 实测项目

表12 泡沫混凝土实测项目

| 项次  | 检查项目       | 规定值或允许偏差                | 检验方法和频率  | 权值 |
|---|------------|-------------------------|--|----|
| 1 <sup>△</sup>  | 抗压强度 (MPa) | ≥设计值                    | 按附录 B.6 检查   | 2  |
| 2 <sup>△</sup>  | 干容重        | ≤设计值                    | 按附录 B.3 中公式 (B.2) 检查   | 2  |
| 3   | 吸水率        | ≤设计值                    | 按附录 B.3 检查   | 2  |
| 4   | 顶面高程 (mm)  | +10, -15                | 水准仪: 每 200m 测 4 点, 不足 200m 每个浇筑工点测 4 点。                                      | 1  |
| 5   | 外观尺寸 (mm)  | 符合设计要求                  | 米尺: 每 200m 测 4 点, 不足 200m 每个浇筑工点测 4 点。                                       | 1  |
| 6   | 浇注厚度 (mm)  | -50                     | 每 1000m <sup>2</sup> 抽检 1 组, 不足 1000m <sup>2</sup> 每个浇筑工点取芯至少 1 组, 每组抽检 3 点。 | 2  |
| 7   | 平整度 (mm)   | 不应出现明显的凹坑或凸起, 实测平整度 ≤15 | 3m 直尺: 每个浇筑工点测 3 处或 200m 测 2 处 (每处 10 尺)                                     | 1  |
| 注: △ 表示必测项目, 为涉及结构安全和使用功能的重要实测指标。<br>实测项目仅用于路堤工程的泡沫混凝土现浇填筑工程, 其他工程参照执行。 |            |                         |  |    |

## 8.4 外观鉴定

- 8.4.1 表面平整, 棱角线顺直, 不符合要求时减 1 分~3 分。
- 8.4.2 检查泡沫混凝土表面, 发现宽度 1mm 以上裂缝减 1 分~3 分。
- 8.4.3 泡沫混凝土表面出现坑槽、脱皮、松散, 酌情减 1 分~3 分。
- 8.4.4 按附录 C 分类标准评定试块表观气孔, 评定等级为合格时, 试块切面若发现 1 个孔径 ≥3.0mm 的大气孔, 每处减 0.5 分, 最多减 3 分。
- 8.4.5 单个标准试块任意切面表观等效直径 ≥3.0mm 气孔超过 8 个或单一气孔等效直径 ≥5mm, 应定为不合格。

## 附录 A (规范性附录) 原材料试验

### A.1 泡沫沉降距和泌水量试验

#### A.1.1 适用范围

适用于发泡剂性能检测，测定单位体积气泡 1h 时的沉降距和泌水量。

#### A.1.2 仪器、设备

仪器、设备要求如下：

- a) 泡沫试验仪 1 台（如图 A.1），该仪器由带刻度的玻璃容器、玻璃管和浮标组成。玻璃容器高度 200mm，内径 200mm，底部有孔。玻璃管与容器的孔相连接，玻璃管的直径为 14 mm，长度为 700 mm，底部有阀门。浮标是一块直径为 190 mm 和重 25 g 的圆形铝板；
- b) 不锈钢量杯 1 个，容积 5L；
- c) 平口刀 1 把，刀长应略大于不锈钢量杯直径，不小于 200mm；
- d) 100 mL 量筒 1 只，分度 5mL。

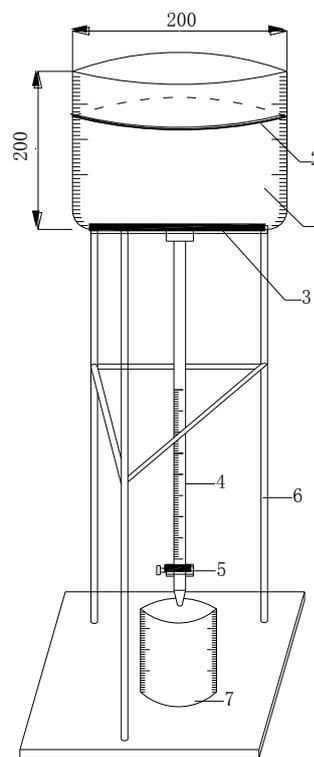
#### A.1.3 取样方法

在发泡机的泡沫浇筑管出口处取样；

#### A.1.4 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 将试验仪的玻璃容器、玻璃管洗净晾干，试验仪玻璃管上的小阀门关闭；
- b) 不锈钢量杯、平口刀清洗干净，晾干；
- c) 用不锈钢量杯取泡沫样，并将试样装满玻璃容器；
- d) 用平口刀慢慢地沿量杯上端口平面刮平试样，盖上铝制浮标；
- e) 经 1 小时后，读取带刻度的玻璃容器上的沉降数值（mm），读数精确至 0.5mm，即为沉降距；
- f) 打开试验仪玻璃管上的小阀门，将液体放入量筒中，读取液体体积（mL），读数精确至 1mL 即为泌水量。



注：1、玻璃容器；2、浮标；3、玻璃容器托环；4、玻璃计量管；5、小阀门；6、支架；7、量筒。

图1 沉降距和泌水量试验

### A.2 泡沫密度和发泡倍数试验

#### A.2.1 适用范围

适用于发泡剂性能检测，测定泡沫密度和泡倍数。

#### A.2.2 仪器、设备

仪器、设备要求如下：

- a) 电子称 1 台，最大量程 500g，精度为 0.1g；
- b) 不锈钢量杯 1 个，容积 1L；
- c) 平口刀 1 把，刀长不小于 200mm。

### A.2.3 取样方法

在发泡机的泡沫浇筑管出口处取样。

### A.2.4 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 不锈钢量杯、平口刀清洗干净，晾干；
- b) 准备好电子秤，将其水平放置并调零；
- c) 将不锈钢量杯放置在电子秤上，称重为  $m_1$  (g)；
- d) 用量杯取泡沫样；
- e) 用平口刀将不锈钢量杯杯口刮平试样，称重为  $m_2$  (g)；
- f) 进行三次平行试验，取其平均值。

### A.2.5 数据处理

数据处理要求如下：

- a) 按式 (A.1) 求出泡沫密度  $\rho$ ：

$$\rho = \frac{(m_2 - m_1)}{V} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

$m_1$  为空的干燥不锈钢量杯称重值；

$m_2$  不锈钢量杯和泡沫合计称重值；

$V$  指不锈钢量杯容积 ( $\text{cm}^3$ )。

- b) 按式 (A.2) 求出发泡倍数  $M$ ：

$$M = \frac{V}{(m_2 - m_1) / \rho_0} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

$V$ ， $m_2$ ， $m_1$  符号含义同上述的式 (A.1)；

$\rho_0$  指泡沫剂水溶液密度 (取  $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ )。

## A.3 消泡试验

### A.3.1 适用范围

适用于泡沫与水泥浆料的适应性检测，测定其拌合料经消泡后的气泡率的减少量。

### A.3.2 仪器、设备

仪器、设备要求如下：

- a) 带刻度的玻璃量筒 2 个，容积 500mL；
- b) 不锈钢量杯 1 个，容积 1L；
- c) 塑料桶 1 个，15L；搅拌桨 1 个；
- d) 无水酒精，500mL。

### A.3.3 取样方法

取样方法如下：

- a) 现场取样：在浇筑管出口处取样；
- b) 室内取样：在发泡之后的水泥混合浆料中取样。

### A.3.4 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 将量杯、玻璃量筒、塑料桶清洁，晾干；
- b) 用塑料桶取 10L 试样；
- c) 用量杯从塑料桶中取样，并将试样慢慢地装入其中一个玻璃量筒至 300mL；
- d) 用另一个玻璃量筒，量取无水酒精 200mL，倒入前一个玻璃量筒中；
- e) 静置 5 分钟后，读取前一个玻璃量筒中试样的体积  $V_0$  (mL)，按式 A.3 求出气泡率  $G_0$  (%)：

$$G_0 = \frac{500 - V_0}{300} \times 100 \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

$G_0$  为气泡率 (%)；

$V_0$  为玻璃量筒中的无水酒精倒入试样之后，静置 5 分钟测得的消泡初始体积 (mL)。

- f) 用搅拌桨按 60 转/min 的速率搅拌塑料桶中的试样，持续 2min；
- g) 重复上述 c) ~ e) 步骤三次，分别测得气泡率  $G_1$  (%)、 $G_2$  (%)、 $G_3$  (%)。

#### A.3.5 数据处理

数据处理要求如下：

- a) 按式 (A.4) 算出每次搅拌后的消泡率  $\delta_i$  (%)：

$$\delta_i = \frac{G_i - G_{i+1}}{G_i} \times 100 \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：

$\delta_i$  为第  $i$  次测得的消泡率 (%)；

$G_i$ 、 $G_{i+1}$  (%) 分别为第  $i$  次、第  $i+1$  次测得的气泡率。

- b) 按式 (A.5) 算出平均消泡率  $\bar{\delta}$  (%)：

$$\bar{\delta} = \frac{\delta_1 + \delta_2 + \delta_3}{3} \dots\dots\dots (A.5)$$

式中：

$\bar{\delta}$  为平均消泡率 (%)；

$\delta_1$ 、 $\delta_2$ 、 $\delta_3$  分别为第 1, 2, 3 次测得的消泡率 (%)。

**附 录 B**  
(规范性附录)  
**混合料试验**

**B.1 湿容重试验****B.1.1 适用范围**

适用于泡沫混凝土浇筑工程，测定泡沫混凝土混合浆料的湿容重（单位体积重量）。

**B.1.2 仪器、设备**

仪器、设备要求如下：

- a) 盘秤或电子秤 1 台，最大量程 2000g，精度为 5g；
- b) 带刻度的不锈钢量杯 2 个，容积 1L；
- c) 平口刀 1 把，刀长略长于量杯杯口直径，约 200mm。

**B.1.3 取样方法**

取样方法如下：

- a) 现场取样：在浇筑管出口处取样；
- b) 室内取样：在搅拌好的拌合料中取样。

**B.1.4 试验步骤（试验如图B.1）**

试验步骤如下：

- a) 准备好盘秤或电子称，将其水平放置并调零；
- b) 将量杯、平口刀清洗干净，然后用干净抹布将其抹干；
- c) 测得量杯的体积  $V(\text{cm}^3)$  和质量  $m_1(\text{g})$ ；
- d) 用其中一个量杯取样，并将试样慢慢地装满另一个量杯中；
- e) 用平口刀轻敲装满试样的量杯外壁，使试样充满整个量杯；
- f) 用平口刀慢慢地沿量杯上端口平面刮平试样；

将装满试样的量杯轻轻地平放在盘秤或电子称上，测得其质量为  $m_2(\text{g})$ 。

**B.1.5 数据处理**

数据处理要求如下：

按式（B.1）求出湿容重（ $\text{kN/m}^3$ ）：

$$\gamma = \frac{10 \times (m_2 - m_1)}{V} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

$\gamma$  为泡沫混凝土湿容重；

$V$ ——量杯的体积；

$m_1$ ——空的量杯质量；

$m_2$ ——装满试样的量杯的质量。



图B.1 湿容重、流动度测定示意图

## B.2 流动度试验

### B.2.1 适用范围

适用于泡沫混凝土构筑物工程，测定其流动性能。

### B.2.2 仪器、设备

仪器、设备要求如下：

- a) 黄铜或硬质材料空心圆筒 1 个，内径 80mm、高 80mm；
- b) 不锈钢板 1 块（也可以采用玻璃板或光滑硬质塑料板），边长 400mm×400mm；
- c) 带刻度的不锈钢量杯 1 个，容积 1L；
- d) 平口刀 1 把，刀长大于 200mm；
- e) 游标卡尺 1 支，量程在 250mm 以上，最小刻度 0.02mm。

### B.2.3 取样方法

取样方法如下：

- a) 现场取样：在浇筑管出口处取样；
- b) 室内取样：在搅拌好的拌合料中取样。

### B.2.4 试验步骤（如图B.1）

试验步骤如下：

- a) 清洗并抹干空心圆筒、不锈钢板、量杯和平口刀；
- b) 将空心圆筒水平放置于不锈钢板上；
- c) 用其中一个量杯取样，并将其试样慢慢地装入空心圆筒中，但不能溢出；
- d) 用手指轻敲空心圆筒外侧，使试样充满整个空心圆筒；
- e) 用平口刀慢慢地沿空心圆筒的上端口平面刮平试样；
- f) 用双手慢慢地将空心圆筒垂直提升，并使试样静置 1 分钟；
- g) 用游标卡尺测出试样铺展最大水平直径，即为实测流动度。

## B.3 干容重、吸水率试验

### B.3.1 适用范围

适用于泡沫混凝土构筑物工程，测定泡沫混凝土绝干后的吸水率。

### B.3.2 仪器、设备

仪器、设备要求如下：

- a) 电子秤 1 台，最大量程 2000g，精度为 0.1g；
- b) 电热鼓风干燥器 1 台，最高温度为 200℃，精度为 1℃；
- c) 恒温水槽，50L，控制水温  $20 \pm 5$ ℃。

### B.3.3 取样方法

取在标准环境中封闭养生 28 天后的预制泡沫混凝土试块：100mm×100mm×100mm 立方体试块，一组 3 块。

### B.3.4 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 准备好电子秤，将其水平放置并调零；
- b) 试块分 3 块为一组，逐块量测长、宽、高三个方向的轴线尺寸，精确至 1mm；计算出试块平均体积  $V(\text{cm}^3)$ ；
- c) 将试块放入电热鼓风干燥箱内，在  $(60\pm 5)^\circ\text{C}$  下保温 24h，然后在  $(80\pm 5)^\circ\text{C}$  下保温 24h，再在  $(105\pm 5)^\circ\text{C}$  下烘至恒重，称重得平均恒重质量为  $m_0(\text{g})$ ；
- d) 将恒重后的试块放入水温为  $(20\pm 5)^\circ\text{C}$  的恒温水槽内，然后加水至试块高度的 1/3，保持 24 h；加水至试块高度的 2/3，保持 24h；再加水高出试块 30mm 以上，保持 24h；
- e) 将试块从水中取出，抹去表面水分，立即称取试块质量，一组得平均质量  $m(\text{g})$ ，精确至 1g。

### B.3.5 数据处理

- a) 按式 (B.2) 求出干容重  $(\text{g}/\text{cm}^3)$ ：

$$\gamma_d = \frac{10 \times m_0}{V} \dots\dots\dots (\text{B.2})$$

式中：

$\gamma_d$ ——干容重，单位为克每立方厘米  $(\text{g}/\text{cm}^3)$ ；

$m_0$ ——试块恒重质量，单位为克  $(\text{g})$ ；

$V$ ——试块平均体积，单位为立方厘米  $(\text{cm}^3)$ 。

- b) 按式 (B.3) 求出质量吸水率  $(\%)$ ：

$$w_M = \frac{m' - m_0}{m_0} \times 100 \dots\dots\dots (\text{B.3})$$

式中：

$w_M$ ——质量吸水率， $\%$ ；

$m'$ ——试块吸水后质量，单位为克  $(\text{g})$ 。

$m_0$ ——试块烘干至恒重质量，单位为克  $(\text{g})$ ；

## B.4 气泡率试验

### B.4.1 适用范围

适用于泡沫混凝土构筑工程，测定泡沫与水泥浆料拌合料中气泡的体积率。

### B.4.2 仪器、设备

仪器、设备要求如下：

- a) 带刻度的玻璃量筒 2 个，容积 500mL；
- b) 不锈钢量杯 1 个，容积 1L；
- c) 无水酒精，500mL。

### B.4.3 取样方法

取样方法如下：

- a) 现场取样：在浇筑管出口处取样；
- b) 室内取样：在搅拌好的拌合料中取样。

#### B.4.4 试验步骤

试验步骤如下:

- a) 将量杯、玻璃量筒洗净,晾干;
- b) 用量杯取样,并将试样慢慢地装入其中一个玻璃量筒至 300mL;
- c) 用另一个玻璃量筒,量取无水酒精 200mL,倒入前一个玻璃量筒中;
- d) 静置 5 分钟后,读取前一个玻璃量筒中试样的体积  $V$  (mL);
- e) 平行测定 3 次。

#### B.4.5 数据处理

数据处理要求如下:

按式 (B.4) 求出气泡率  $G$  (%):

$$G = \frac{500 - V}{300} \times 100 \dots\dots\dots (B.4)$$

式中:

$G$  为试验测得的气泡率

$V$  即玻璃量筒中发泡之后的混合浆料经消泡之后测定的残余浆料体积

### B.5 表干容重、饱和容重试验

#### B.5.1 适用范围

适用于泡沫混凝土构筑物,测定其表干容重和饱和容重。

#### B.5.2 仪器、设备

仪器、设备要求如下:

- a) 钢模或塑模:规格 100mm×100mm×100mm;
- b) 电子秤:最大量程 2000g,精度为 1g;
- c) 钢尺:尺长 200 mm,分度值为 0.5mm;
- d) 恒温水槽:控制水温  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ ;
- e) 电热鼓风干燥箱:最高温度  $200^\circ\text{C}$ 。

#### B.5.3 试块制作

试块制作如下:

- a) 试块制备:在浇筑管出口处取样,浇筑成型;
- b) 规格数量:100mm×100mm×100mm 立方体试块,二组 6 块;
- c) 试块养护:试块由钢模中拆出后,3 块为一组放入塑料袋内密封自然养护,保持室内养生温度  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ,湿度 95%,养生龄期为 28 天。

#### B.5.4 试验步骤

##### B.5.4.1 表干容重试验步骤

表干容重试验步骤如下:

- a) 试块分 3 块为一组,逐块量测长、宽、高三个方向的轴线尺寸,精确至 1mm;
- b) 计算出试块体积  $V(\text{cm}^3)$ ;
- c) 称量每块试块称重质量  $m_b(\text{g})$ ;

##### B.5.4.2 饱和容重试验步骤

饱和容重试验步骤如下:

- a) 试块分 3 块为一组放入电热鼓风干燥箱内,在  $50 \pm 5^\circ\text{C}$  下保温 24h,然后在  $70 \pm 5^\circ\text{C}$

下保温 24h 烘至恒重；

- b) 试块冷却至室温后，放入水温为  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  的恒温水槽中，然后加水至高出试块高度的 1/3，经 24h，加水至高出试块高度的 2/3，经 24h 后，再加水至高出试块 300mm 以上，保持 24h；
- c) 将试块从水中取出，擦去表面水分，立即称取每块试块重量  $m_s$  (g)。

### B.5.5 数据处理

数据处理要求如下：

- a) 按式 (B.5) 计算出表干容重  $\gamma_a$  ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )：

$$\gamma_a = \frac{10 \times m_a}{V} \dots\dots\dots (B.5)$$

式中：

$\gamma_a$  为表干容重 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )；

$m_a$  每块标准养护泡沫混凝土试块称重质量 (g)；

$V$  为试块体积 ( $\text{cm}^3$ )。

- b) 按式 (B.6) 计算出饱和容重  $\gamma_s$  ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )：

$$\gamma_s = \frac{10 \times m_s}{V} \dots\dots\dots (B.6)$$

式中：

$\gamma_s$  为饱和容重 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )；

$m_s$  饱水养护之后的泡沫混凝土试块称重质量 (g)；

$V$  为试块体积 ( $\text{cm}^3$ )。

## B.6 抗压强度试验方法

### B.6.1 目的和适用范围

本试验规定了测定泡沫混凝土极限抗压强度的方法，以确定泡沫混凝土的强度等级，作为评定泡沫混凝土品质的主要指标，本试验适用于各类泡沫混凝土的立方体试块。

### B.6.2 试块制备

试块制备如下：

- c) 泡沫混凝土抗压强度试块以边长 100mm 的立方体为标准试块。
- d) 泡沫混凝土抗压强度试块应同龄期者为一组，每组为 3 个同条件制作和养护的混凝土试块。

### B.6.3 试验结果按式 (B.7) 计算：

$$R = P/A \dots\dots\dots (B.7)$$

式中：

$R$ ——泡沫混凝土抗压强度 (MPa)

$P$ ——极限荷载 (N)

$A$ ——受压面积 ( $\text{mm}^2$ )

以 3 个试块测值的平均值为测定值。如任一个测值与中值的差值超过中值的 15% 时，则取中值为测定值；如有两个测值与中值的差值均超过上述规定时，则该组试验结果无效。

附 录 C  
(规范性附录)  
气孔外观质量评定分级标准

泡沫混凝土任意切面气孔外观质量评定可分为合格与不合格两级。

(1) 满足下述两个要求之一，应评定为“合格”：

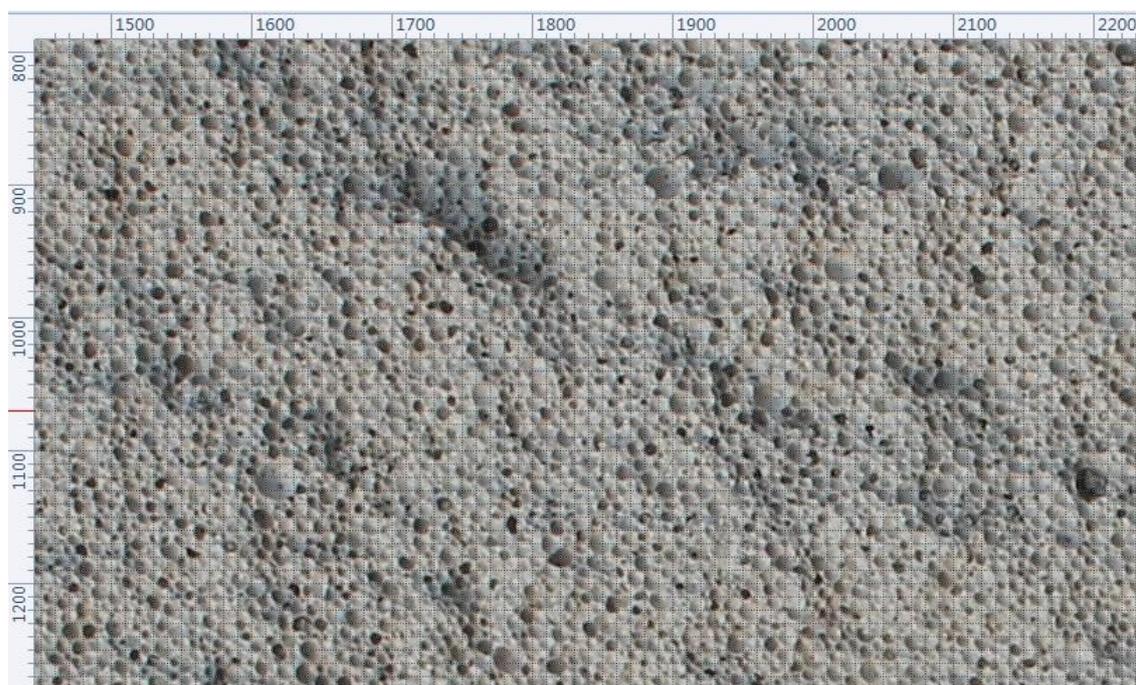
① 外观气孔分布均匀、细密，封闭状，多数气孔孔径 $\leq 0.5\text{mm}$ ，100%外观气孔均满足孔径 $< 1.0\text{mm}$ (图 C.1)。

② 外观气孔总体均匀、细密，封闭状，90%或以上外观气孔孔径 $< 1.0\text{mm}$ ，标准试块任意切面偶现大气孔，但单个切面孔径 $\geq 3\text{mm}$ 的气孔统计数量应少于8个，且最大气孔孔径 $< 5.0\text{mm}$ (图 C.2)。

(2) 满足下述两个要求之一，应评定为“不合格”：

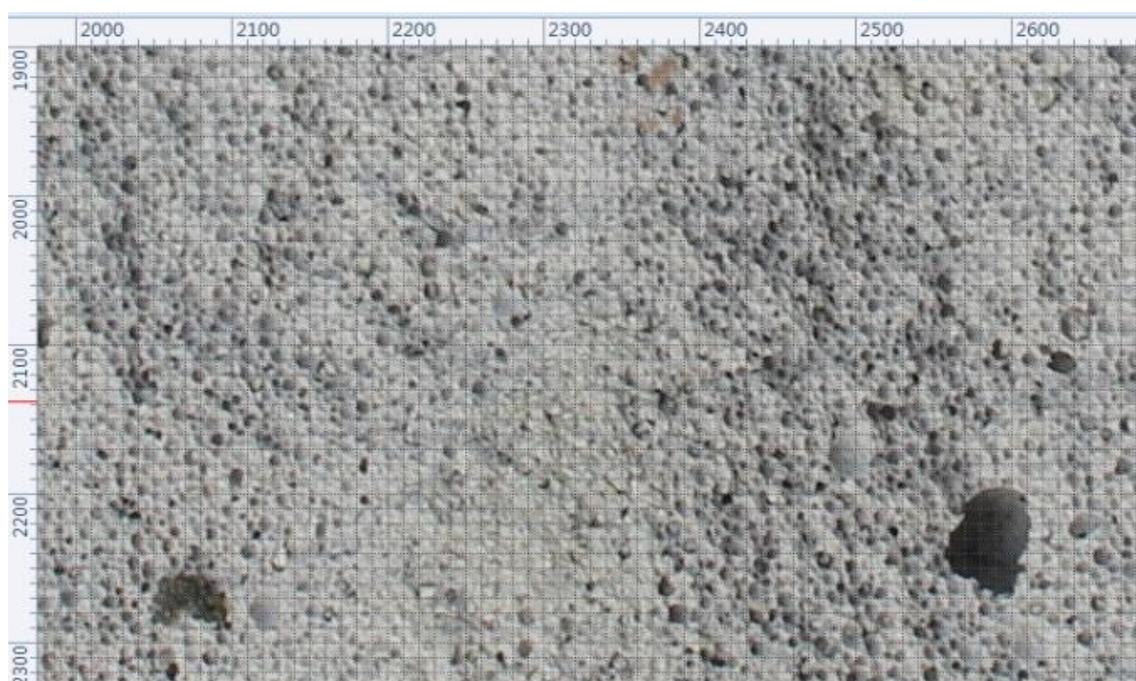
① 气孔大小不均，呈现大量孔径 $\geq 1.0\text{mm}$ 气孔(大气孔含量 $> 10\%$ )，部分气孔相互连通，表面呈现松弛和不规则的麻絮状，多现孔径 $\geq 3\text{mm}$ 的大气孔(图 C.3)；

② 标准试块的任意切面孔径 $\geq 3\text{mm}$ 的大气孔统计数量 $\geq 8$ 个或个别大气孔孔径 $\geq 5.0\text{mm}$ (图 C.4)。



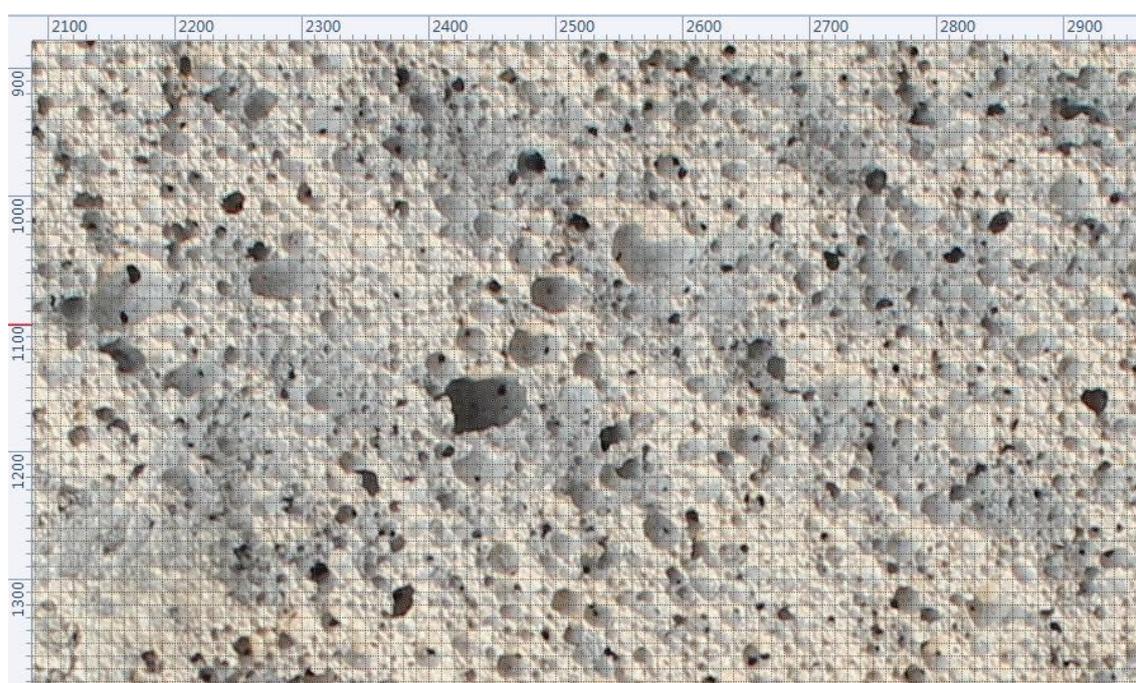
图C.1 外观气孔分布均匀、细密(最大等效孔径  $d_e \leq 1.0\text{mm}$ )

(图中网格刻度  $0.25\text{mm}$ )



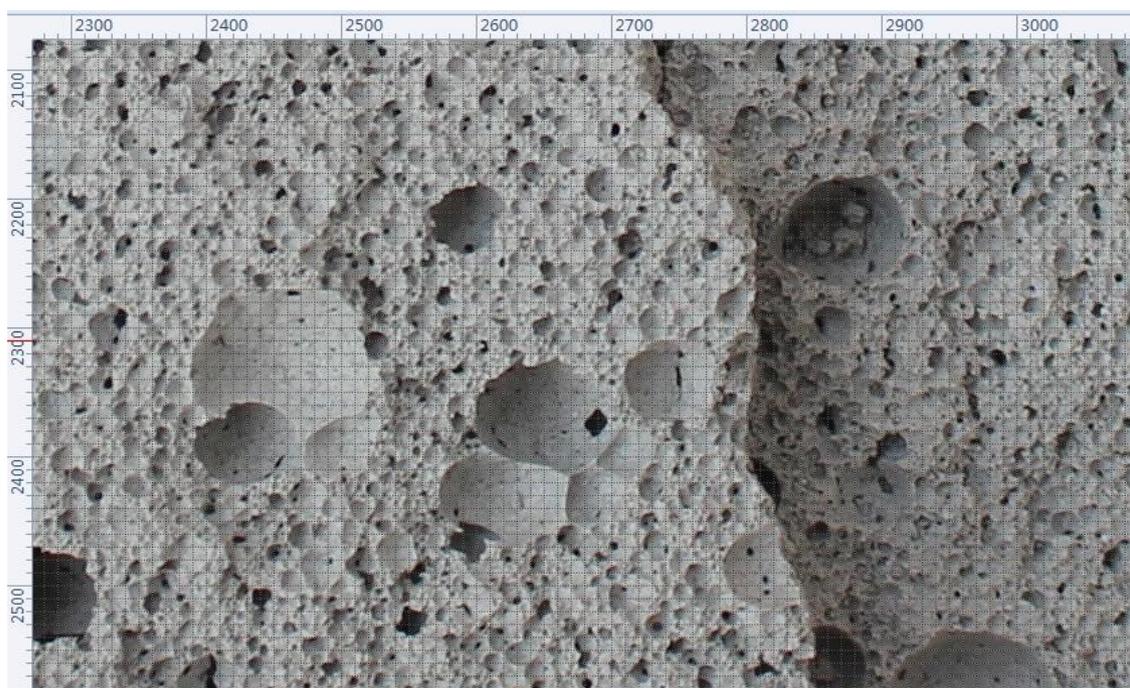
图C.2 表观气孔总体均匀、细密（偶现大气孔孔径  $d_e < 5.0\text{mm}$ ）

（图中网格刻度 0.25mm）



图C.3 气孔大小不均，多现孔径  $\geq 1.0\text{mm}$  气孔，部分气孔相互连通，呈现麻絮状

（图中网格刻度 0.5mm）



图C.4 孔径 $\geq 3\text{mm}$ 的大气孔统计数量 $\geq 8$ 个或个别大气孔孔径 $\geq 5.0\text{mm}$   
(图中网格刻度  $0.5\text{mm}$ )

附 录 D  
(资料性附录)  
混合料试验配合比推荐值

表D.1 配合比推荐表

| 设计强度                              | 试配强度 | 水泥掺量 | 每立方单位用水量 | 气泡率       | 湿容重               | 流动度    |
|-----------------------------------|------|------|----------|-----------|-------------------|--------|
| MPa                               | MPa  | Kg   | kg       | %         | kN/m <sup>3</sup> | mm     |
| 0.30                              | 0.40 | 275  | 165      | 74.1~75.0 | 3.0~4.2           | 180±20 |
| 0.50                              | 0.60 | 310  | 186      | 72.3~73.2 | 4.5~5.5           |        |
| 0.60                              | 0.72 | 330  | 198      | 69.2~70.1 | 5.5~6.2           |        |
| 0.70                              | 0.84 | 350  | 210      | 68.0~69.0 | 6.0~6.5           |        |
| 0.80                              | 0.96 | 365  | 219      | 66.7~67.6 | 6.5~7.0           |        |
| 1.00                              | 1.20 | 375  | 225      | 65.0~66.0 | 6.8~7.5           |        |
| 1.20                              | 1.44 | 390  | 234      | 62.2~63.1 | 7.1~8.3           |        |
| 1.40                              | 1.68 | 410  | 246      | 61.0~62.0 | 8.0~8.8           |        |
| 1.60                              | 1.92 | 425  | 255      | 59.1~60.0 | 8.5~9.0           |        |
| 1.80                              | 2.16 | 450  | 270      | 56.8~57.9 | 8.7~9.2           |        |
| 2.00                              | 2.40 | 475  | 285      | 53.9~54.8 | 9.0~9.4           |        |
| 注：水泥采用 42.5级及以上，有要求时可适当掺加砂、矿粉等材料。 |      |      |          |           |                   |        |

附 录 E  
(资料性附录)  
不同容重指标试验值

表E.1 泡沫混凝土的容重试验值对比表

| 干容重<br>等 级 | 表干容重的变化范围<br>( $\text{kN/m}^3$ ) | 湿容重的变化范围<br>( $\text{kN/m}^3$ ) | 饱和容重的变化范围 ( $\text{kN/m}^3$ ) |
|------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| A03        | 2.6 ~ 3.9                        | 3.0 ~ 4.7                       | 3.0 ~ 4.6                     |
| A04        | 3.6 ~ 4.8                        | 3.9 ~ 5.9                       | 3.9 ~ 5.8                     |
| A05        | 4.6 ~ 5.8                        | 4.8 ~ 7.1                       | 4.8 ~ 7.0                     |
| A06        | 5.7 ~ 6.9                        | 5.8 ~ 8.1                       | 5.8 ~ 8.0                     |
| A07        | 6.7 ~ 7.9                        | 6.9 ~ 9.4                       | 6.9 ~ 9.2                     |
| A08        | 7.8 ~ 9.0                        | 8.0 ~ 10.7                      | 8.0 ~ 10.5                    |
| A09        | 8.8 ~ 10.0                       | 9.0 ~ 11.4                      | 9.0 ~ 11.3                    |

附 录 F  
(资料性附录)

泡沫混凝土在公路行业应用分类及其主要技术特性

表F.1 泡沫混凝土在公路行业应用分类及其主要技术特性

| 工程类型   | 工程应用     | 技术特性 |     |    |     |     |      |
|--------|----------|------|-----|----|-----|-----|------|
|        |          | 轻质   | 流动性 | 强度 | 耐久性 | 自立性 | 工艺简便 |
| 新建路堤   | 软土路堤     | ★    | ☆   | ★  | ★   | ☆   | ★    |
|        | 桥头路堤     | ★    | ★   | ★  | ★   | ★   | ★    |
|        | 台(涵)背填筑  | ★    | ★   | ★  | ★   | ★   | ★    |
| 拓宽路堤   | 路基拓宽     | ★    | ★   | ★  | ★   | ★   | ★    |
|        | 陡支护减少拆迁  | ★    | ☆   | ★  | ★   | ★   | ★    |
|        | 加载工程     | ★    | ☆   | ★  | ★   | ☆   | ★    |
| 特殊处治   | 高陡挡墙背填筑  | ★    | ★   | ★  | ★   | ☆   | ★    |
|        | 滑坡体上方填筑  | ★    | ☆   | ★  | ★   | ★   | ★    |
|        | 路堤滑移治理   | ★    | ☆   | ★  | ★   | ★   | ★    |
|        | 傍路路堤拓建   | ★    | ☆   | ★  | ★   | ★   | ★    |
|        | 高路堤减载    | ★    | ☆   | ★  | ★   | ☆   | ★    |
|        | 边坡塌方治理   | ★    | ★   | ★  | ★   | ☆   | ★    |
|        | 隧道塌方治理   | ★    | ★   | ☆  | ★   | ☆   | ★    |
|        | 岩溶区路堤    | ★    | ★   | ★  | ★   | ☆   | ★    |
|        | 采空区路堤    | ★    | ★   | ★  | ★   | ☆   | ★    |
|        | 超挖填补     | ☆    | ★   | ☆  | ★   | ☆   | ★    |
|        | 明洞地基处理   | ★    | ★   | ★  | ★   | ☆   | ★    |
|        | 桥头跳车治理   | ★    | ★   | ★  | ★   | ☆   | ★    |
|        | 基础脱空区治理  | ★    | ★   | ☆  | ★   | ☆   | ★    |
|        | 涵洞基础病害治理 | ★    | ★   | ★  | ★   | ☆   | ★    |
| 桥台倾覆加固 | ★        | ☆    | ★   | ★  | ☆   | ★   |      |

注：表中★为主要特性，☆为次要特性。