

团 体 标 准

T/CCTAS XX—2025

公路特殊路堤工程泡沫混凝土应用技术规范

Technical specification for foam concrete application in special embankment engineering

（征求意见稿草案）

（本草案完成时间：2025 年 3 月）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国交通运输协会 发 布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 材料 2

 4.1 一般规定 2

 4.2 材料 2

 4.3 泡沫混凝土配合比设计 3

 4.4 性能 4

5 设计 5

 5.1 一般规定 5

 5.2 新建软土路堤 5

 5.3 改扩建路堤 7

 5.4 灾毁修复路堤 7

 5.5 特殊处治工程 8

6 施工 10

 6.1 一般规定 10

 6.2 新建软土路堤 10

 6.3 改扩建路堤 11

 6.4 灾毁修复路堤 11

 6.5 特殊处治工程 12

7 质量检验 12

 7.1 一般规定 12

 7.2 泡沫混凝土 12

 7.3 实测项目 13

附 录 A （规范性）湿密度试验 14

附 录 B （规范性）干密度试验 15

附 录 C （规范性）抗压强度试验 16

附 录 D （规范性）吸水率试验 17

附 录 E （规范性）流动度试验 18

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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专利的责任。

本文件由中国交通运输协会新技术促进分会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

公路特殊路堤工程泡沫混凝土应用技术规范

1 范围

本文件规定了公路特殊路堤工程泡沫混凝土的材料及性能、设计、施工及质量检验等要求。
本文件适用于公路特殊路堤工程泡沫混凝土设计、施工与质量检验。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 8076 混凝土外加剂
GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
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
GB/T 9640 软质和硬质泡沫聚合材料 加速老化试验方法
JC/T 2199 泡沫混凝土用泡沫剂
JC/T 2443 泡沫混凝土制备机
JG/T 266 泡沫混凝土
JGJ/T 341 泡沫混凝土应用技术规程
JGJ 63 混凝土用水标准
JTG D30 公路路基设计规范
JTG F10 公路路基施工技术规范
JTG F 40 公路沥青路面施工技术规范
JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准
JGJ/T 221 纤维混凝土应用技术规程
CECS 249 现浇泡沫轻质土技术规程

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

用物理方法将泡沫剂制备成泡沫，再将泡沫加入到由水泥、骨料、掺合料、外加剂和水制成的浆料中，经混合搅拌、浇注成型、养护而成轻质微孔混凝土。

3.2

泡沫剂 foaming agent

制备泡沫混凝土时，用于产生泡沫的表面活性剂。

3.3

吸水率 water absorbing capacity by weight
单位体积泡沫混凝土经浸水饱和时，所吸水分的体积占干燥材料体积的百分数。

3.4

流动度 flow factor
表征泡沫混凝土流动性能的指标。

3.5

湿密度 wet density
泡沫混凝土硬化前流动状态下的单位体积质量。

4 材料

4.1 一般规定

- 4.1.1 泡沫混凝土所用原材料主要包括水泥、泡沫剂、水、外加剂和掺合料。
- 4.1.2 掺合料可选用粉煤灰、粒化高炉矿渣粉和纤维材料等。
- 4.1.3 泡沫混凝土所用原材料不应对环境造成有害影响。

4.2 材料

4.2.1 水泥

- 水泥应满足下列要求：
- a) 水泥应符合 GB 175 的规定；
 - b) 冬期施工时，宜采用 42.5 级及以上的硅酸盐水泥或早强型普通硅酸盐水泥；
 - c) 有侵蚀性介质作用时，应结合防腐措施按设计要求选用。

4.2.2 泡沫剂

- 泡沫剂应满足下列要求：
- a) 泡沫剂宜采用合成类高分子表面活性剂，其主要性能指标应符合表 1 的规定，其他性能应符合 JC/T 2199 的规定；

表 1 泡沫剂性能指标

项目	指标
发泡倍数	>20
沉降距（mm）	<10
泌水量（mL）	<80

- b) 泡沫剂溶液的密度（D）应符合下列要求：
 - 1) 当 $D > 1.10$ 时，应控制在 $D \pm 0.03$ ；
 - 2) 当 $D \leq 1.10$ 时，应控制在 $D \pm 0.02$ ；
 - 3) D 为生产厂家提供泡沫剂溶液的密度值。

4.2.3 水

拌和用水应符合 JGJ 63 的规定。

4.2.4 外加剂

泡沫混凝土掺入减水剂、早强剂、防冻剂等外加剂时，应符合GB 8076的要求。

4.2.5 掺合料

掺和料应满足下列要求：

- a) 粉煤灰应符合 GB/T 1596 中对 F 类的规定；
- b) 粒化高炉矿渣粉应符合 GB/T 18046 的规定；
- c) 纤维材料可采用玻璃纤维、玄武岩纤维或聚丙烯纤维等，其性能应符合 JGJ/T 221 的规定；
- d) 泡沫混凝土添加掺和料总重量不应大于水泥重量的 20%。

4.3 泡沫混凝土配合比设计

4.3.1 泡沫混凝土配合比设计应满足干密度、强度及工作性要求。采用泡沫混凝土制备机现场制备时，应符合 JG/T 266 和 JC/T 2443 的要求。

4.3.2 配合比设计应确定水泥掺量、单位体积用水量和气泡率等参数。

4.3.3 采用体积法设计，单位体积泡沫混凝土所需泡沫体积按式（1）计算：

$$V_f = \left(1 - \frac{R_c}{\rho_c} - \frac{R_w}{\rho_w}\right) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

V_f —单位体积泡沫混凝土中泡沫体积含量（ m^3 ）；

R_c —单位体积泡沫混凝土中水泥的质量（ kg ）；

R_w —单位体积泡沫混凝土中水的质量（ kg ）；

ρ_c —水泥的表观密度（ kg/m^3 ），一般取 $3000\text{kg}/\text{m}^3 \sim 3100\text{kg}/\text{m}^3$ ；

ρ_w —水的密度（ kg/m^3 ），取 $1000\text{kg}/\text{m}^3$ 。

4.3.4 配合比计算步骤应符合以下规定：

- a) 根据设计要求确定泡沫混凝土的强度等级（ $f_{cu,k}$ ）和湿密度（ R_{fw} ）；
- b) 计算配合比设计强度（ $f_{cu,28d}$ ）；
- c) 粉水比按式（2）计算，取值按表 2；

$$b = \frac{R_c}{R_w} \dots\dots\dots (2)$$

表 2 泡沫混凝土粉水比的取值

强度等级	CF0.6~0.8	CF0.8~1.0	CF1.0~1.2	CF1.2~3.0
粉水比/b	1.4	1.6	1.8	2.2

d) 根据式（3）计算单位体积泡沫混凝土中水的质量（ R_w ）；

$$R_w = \frac{\rho_c \cdot (R_{fw} - \kappa \rho_f)}{(1+b) \cdot (\rho_c - \kappa \rho_f)} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

R_{fw} —泡沫混凝土的湿密度（ kg/m^3 ），湿密度试验按附录 A 执行；

κ —泡沫富余系数，夏季高温宜取上限 1.4，冬季低温宜取下限 1.1；

ρ_f —泡沫密度（ kg/m^3 ），为 $50\text{kg}/\text{m}^3 \pm 5\text{kg}/\text{m}^3$ ；

B —粉水比。

e) 根据 R_w 和公式（3），计算单位体积泡沫混凝土中水泥的质量（ R_c ）；

f) 根据 R_{fw} 、 R_w 、 R_c 和公式 (4)，计算单位体积泡沫混凝土中泡沫质量 (R_f)；

$$R_{fw} = (R_w + R_c + R_f) \dots\dots\dots (4)$$

g) 矿物掺合料的掺量应根据泡沫混凝土的性能试验确定。

4.4 性能

4.4.1 干密度

泡沫混凝土的干密度不应大于表 3 中的规定，其容许误差应为 +5%。干密度试验按附录 B 执行。

表 3 泡沫混凝土干密度

干密度等级	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10	A12	A14	A16
干密度/(kg/m ³)	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600

4.4.2 抗压强度

泡沫混凝土每组立方体试块的强度平均值和单块强度最小值不应小于表 4 的规定。抗压强度试验按附录 C 执行，并应符合 GB/T 50107 的规定。

表 4 泡沫混凝土强度等级

强度等级		CF0.4	CF0.6	CF0.8	CF1.0	CF2.0	CF3.0	CF4.0	CF5.0
抗压强度 (MPa)	每组 平均值	0.30	0.60	0.80	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
	每块 最小值	0.360	0.540	0.720	0.850	1.700	2.550	3.400	4.250

4.4.3 吸水率

泡沫混凝土的吸水率不应大于表 5 的规定，其试验方法按附录 D 执行。

表 5 泡沫混凝土吸水率

吸水率等级	W5	W10	W15	W20	W25	W30	W40	W50
吸水率 (%)	5	10	15	20	25	30	40	50

4.4.4 导热系数

泡沫混凝土的导热系数不应大于表 6 中的规定，其试验方法应符合 GB/T 10294 的规定。

表 6 泡沫混凝土导热系数

干密度等级	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10	A12	A14	A16
导热系数/(W/(m·K) m ³)	0.08	0.10	0.12	0.14	0.18	0.21	0.24	0.27	—	—	—

4.4.5 流动度

现场施工泡沫混凝土通过管道泵送，浇筑管口量取泡沫混凝土的流动值应为 180mm±20mm。流动度试验按附录 E 执行。

4.4.6 耐久性

4.4.6.1 泡沫混凝土在 28 天后的强度衰减率≤10%，加速老化试验应符合 GB/T 9640 的规定；

4.4.6.2 当泡沫混凝土应用于地下水位以下路基填筑时，泡沫混凝土浸水饱和后的软化系数 $\geq 0.6 \sim 0.8$ ；

4.4.6.3 当泡沫混凝土应用于寒冷地区时，泡沫混凝土在冻融循环次数 ≥ 15 次时的质量损失率 $\leq 5\%$ ，强度损失率 $\leq 20\%$ 。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 特殊路堤设计包括新建软土路堤、改扩建路堤、灾毁修复路堤和特殊处治工程等。

5.1.2 泡沫混凝土设计前应全面搜集工程区域的地质、水文、地形、地貌、气象、地震等资料。

5.1.3 泡沫混凝土设计前应全面调查工程所在地的自然条件和工程地质条件，了解管线、涵洞等地下结构物的埋设情况。

5.1.4 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密度等级、抗压强度、吸水率、导热系数、流动度和耐久性性能指标。

5.1.5 泡沫混凝土用于路堤填筑时，其抗压强度不应低于 CF0.6，干密度等级适用 A05、A06 或以上；路床范围填筑泡沫混凝土时，抗压强度不应低于 CF1.0，干密度等级适用 A06、A07 或以上。

5.1.6 大体积泡沫混凝土应进行温度控制设计。

5.1.7 泡沫混凝土应做好表面封闭及内部排水措施。

5.1.8 泡沫混凝土底部排水措施不应影响路基整体稳定性，可采用横、纵向盲沟等设计形式，每 30 m~50 m 设置一道横向盲沟。

5.1.9 泡沫混凝土不宜长时间浸水，水源丰富地区进行地表水和地下水的处治和抗浮设计。

5.1.10 盐分、有机质、水等对泡沫混凝土有侵蚀作用时，应进行相应的防腐蚀设计。

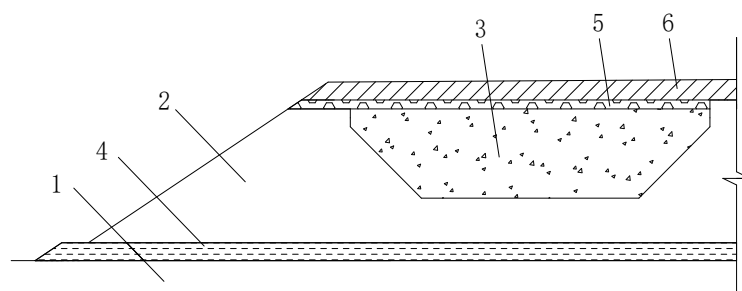
5.2 新建软土路堤

5.2.1 泡沫混凝土应用于新建软土路堤时，应符合 JTG D30 和 JTG F10 的规定。

5.2.2 泡沫混凝土软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。

5.2.3 泡沫混凝土设计厚度不宜小于 1 m。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。

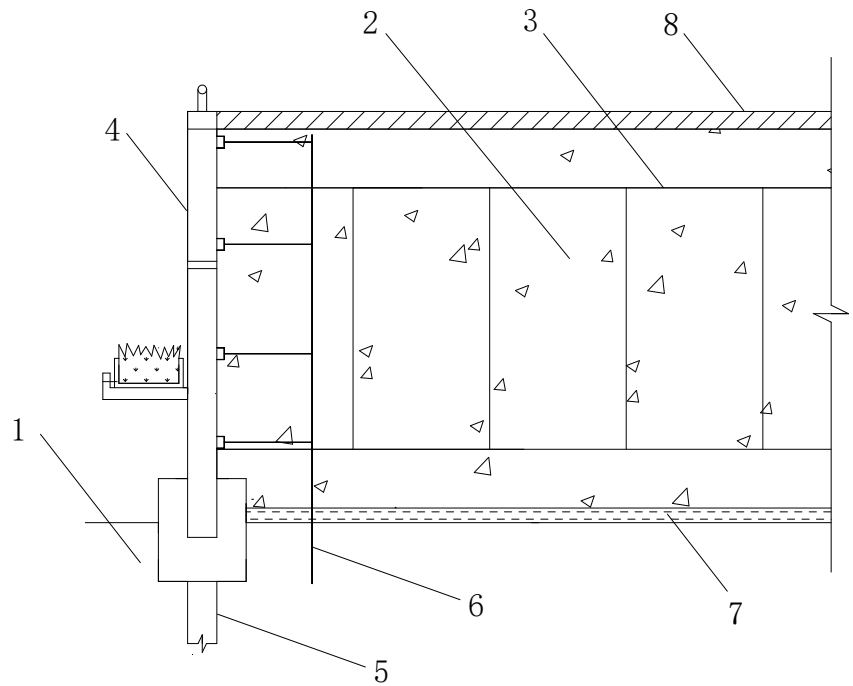
5.2.4 当一般路段地基存在深厚软弱土层，路堤用地不受限制时，可采用先预压后换填泡沫混凝土放坡轻质路堤结构（见图 1）。



1-深厚软弱土层；2-预压填土；3-泡沫混凝土换填（二次开挖）；4-加筋垫层；5-透水材料；6-路面结构层

图1 先预压后换填泡沫混凝土放坡轻质路堤结构

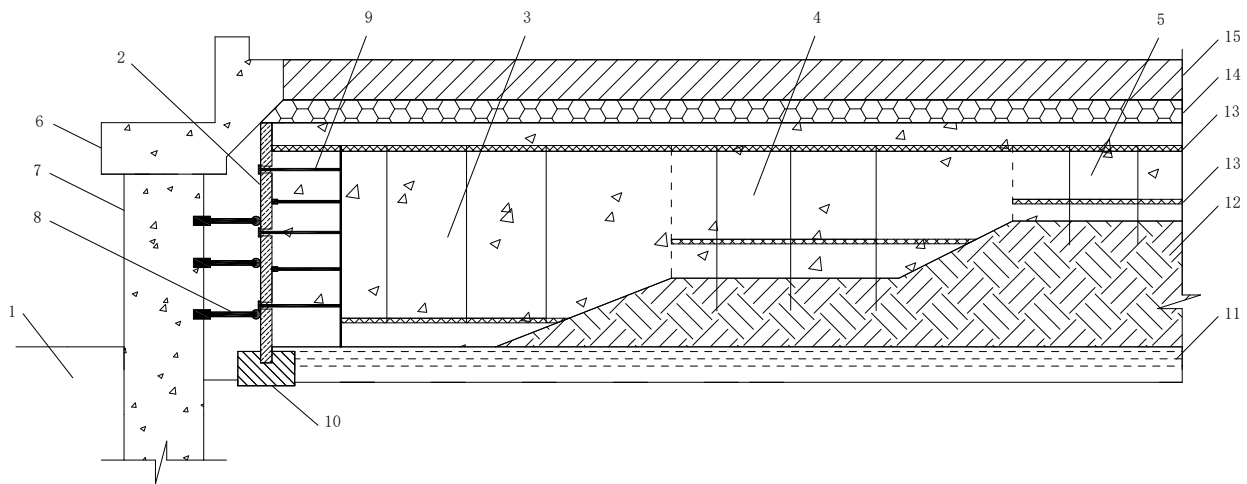
5.2.5 当一般路段地基存在深厚软弱土层，路堤用地受限制时，可采用先预压后换填泡沫混凝土无坡轻质路堤结构（见图 2）；路堤中部采用泡沫混凝土回填，内部设置加筋网，两侧设置装配式挡板。



1-深厚软弱土层；2-泡沫混凝土；3-加筋网；4-装配式挡板；5-装配式挡板基础；6-立柱；7-加筋垫层；8-路面结构层

图2 先预压后换填泡沫混凝土无坡轻质路堤结构

5.2.6 当桥头过渡路段地基存在深厚软弱土层，台前锥坡放坡受限时，可采用无桥头锥坡预制挡墙泡沫混凝土轻质路堤结构（见图 3）；台背无需放坡，桥头台背纵向宜采用泡沫混凝土台阶式过渡填充，且纵向过渡分级长度不低于 10m。



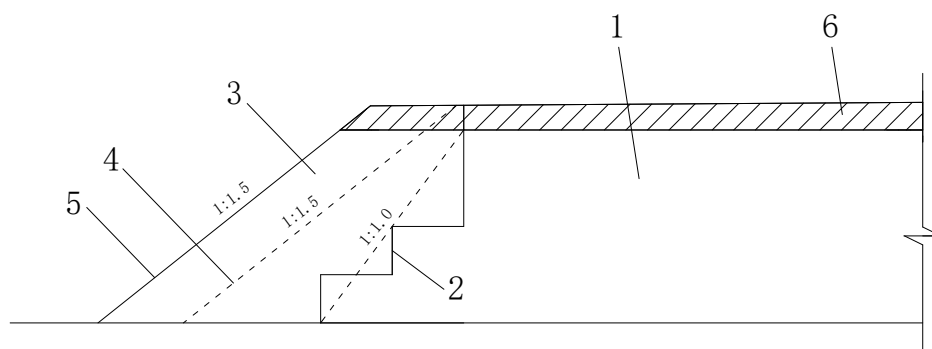
1-深厚软弱土层；2-预制挡墙；3-处理段泡沫混凝土；4-过渡段泡沫混凝土；5-衔接段泡沫混凝土；6-台帽；7-桥台柱；8-撑杆；9-横向拉结筋；10-预制挡墙基础；11-加筋垫层；12-路堤填土；13-加筋网；14-透水材料；15-路面结构层

图3 无桥头锥坡预制挡墙泡沫混凝土轻质路堤结构

5.3 改扩建路堤

5.3.1 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，还应沿新老路堤结合面作滑动的稳定性验算。

5.3.2 拓宽路堤和原有路堤之间应控制差异沉降并保持良好衔接；新老路堤宜采用台阶拼接，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（见图 4）。



1-原有路堤；2-开挖台阶；3-泡沫混凝土；4-原有边坡；5-新边坡；6-路面结构层

图4 泡沫混凝土改扩建路堤横断面

5.3.3 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，以排除路基地部积水。

5.3.4 高陡坡路堤拓宽时，应对泡沫混凝土浇筑体抗滑移进行验算。

5.3.5 软土地基路堤拓宽时，可采用泡沫混凝土与复合地基等处理方案相结合，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。

5.4 灾毁修复路堤

5.4.1 泡沫混凝土用于灾毁修复路堤之前，应查明已发生的崩塌类型、范围、成因及对公路的危害程度。

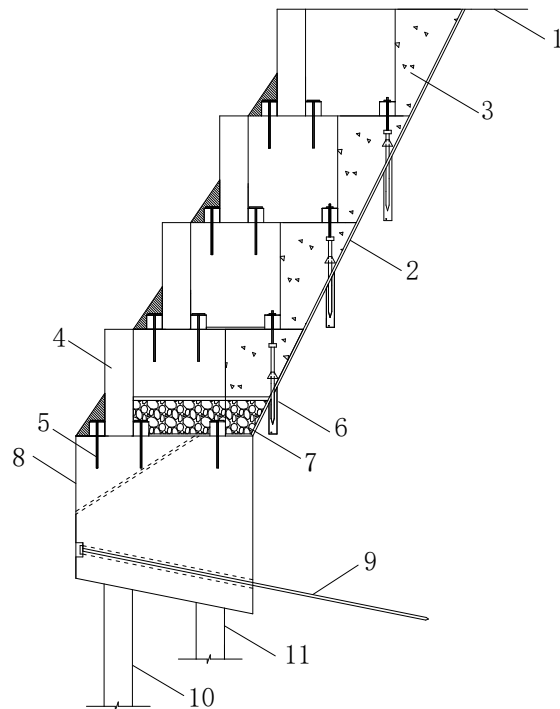
5.4.2 泡沫混凝土用于灾毁修复路堤之前，应先对灾毁坡面进行处理。

5.4.3 泡沫混凝土用于灾毁修复路堤之前，应验算场地稳定性以及回填体的抗滑移、抗倾覆稳定性。

5.4.4 泡沫混凝土用于灾毁路堤修复之前，应做好防排水设计。

5.4.5 在灾毁场坪重新修建道路和建筑物应先修筑边坡防护结构，可采用灾毁路基多级边坡泡沫混凝土拼宽景观修复结构（图 5），并满足以下要求：

- 挡墙结构可通过预制挡墙单元交错设置为阶梯式，采用泡沫混凝土分阶回填形成超高的挡墙泡沫混凝土防护结构；
- 预制挡墙单元可采用“双支锚杆和单支锚杆”的混合锚杆体系进行锚固。
- 桩基承台底部可设置楔形的桩基承台和长短桩基，使用锚索与坡体连为一体；



1-未灾毁场坪；2-灾毁坡面；3-泡沫混凝土；4-预制挡墙单元；5-单支锚杆；6-双支锚杆；7-级配碎石；
8-楔形桩基承台；9-锚索；10-长桩；11-短桩

图5 灾毁路基多级边坡泡沫混凝土拼宽景观修复结构

5.4.6 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。

5.5 特殊处治工程

5.5.1 滑坡

5.5.1.1 高陡坡滑坡处治时，可采用高陡地形滑坡处治泡沫混凝土轻质路堤结构（见图 6），并满足以下要求：

- a) 应先对滑坡地段进行卸载，再浇筑泡沫混凝土；
- b) 边坡卸载后，可在填方坡脚适当打设抗滑桩，再进行水沟修复和地面硬化处理，完成修筑反压护道；
- c) 为防止卸载时发生坍塌等危险，可设置应急卸载地面线；
- d) 在易滑坡地段可采用直立式挡墙结构，缩短放坡距离；
- e) 路堤底部还应设置排水设施。

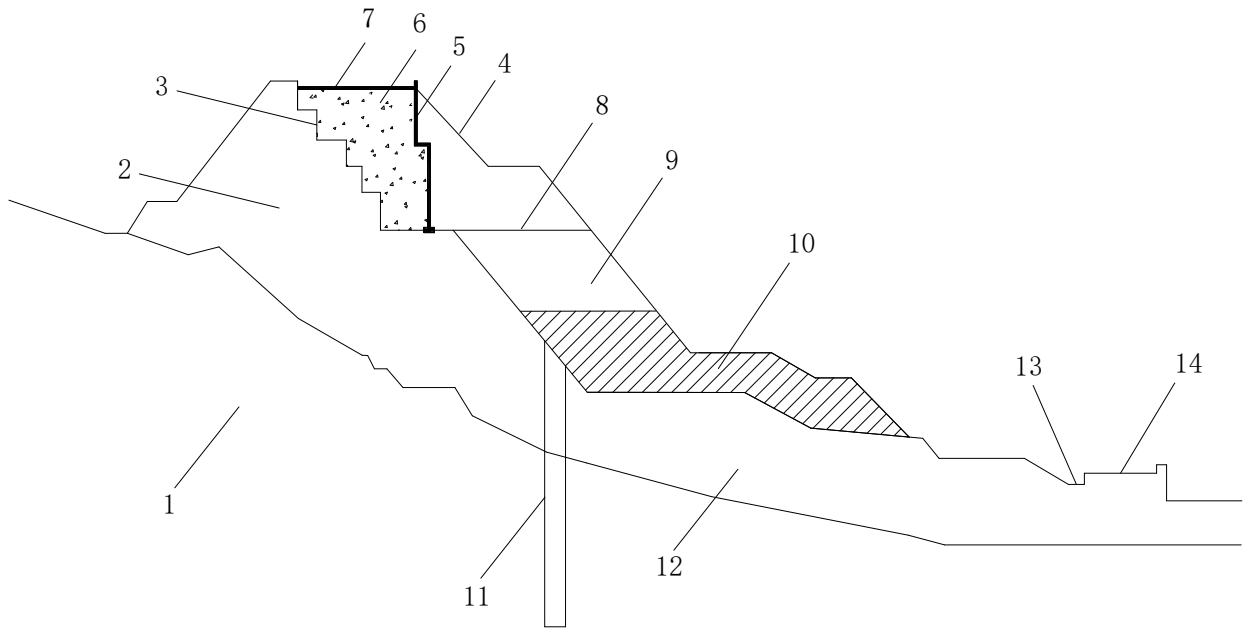
5.5.1.2 滑坡区域处治设计前，应评估场地范围及周边不良地质与浇筑结构体之间的相互作用和稳定性影响，泡沫混凝土处治方案宜与其他方案进行技术经济综合比选。

5.5.1.3 泡沫混凝土浇筑体在滑坡体上方通过时，应进行路堤稳定验算。

5.5.1.4 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，坡度适当内倾，坡度 2%~4%。

5.5.1.5 斜坡上浇筑泡沫混凝土时，应采用台阶式浇筑。

5.5.1.6 滑坡区域处治设计时，应明确滑塌体清理、排水措施和浇筑体基础处理等要求。



1-高陡坡基层；2-既有路堤；3-开挖台阶；4-原有边坡；5-直立式挡墙；6-泡沫混凝土；7-路面结构层；8-应急卸载地面线；9-后续卸载区；10-反压护道；11-抗滑桩；12-换填土；13-水沟修复；14-地面硬化处理

图6 高陡地形滑坡处治泡沫混凝土轻质路堤结构

5.5.2 挡墙变形

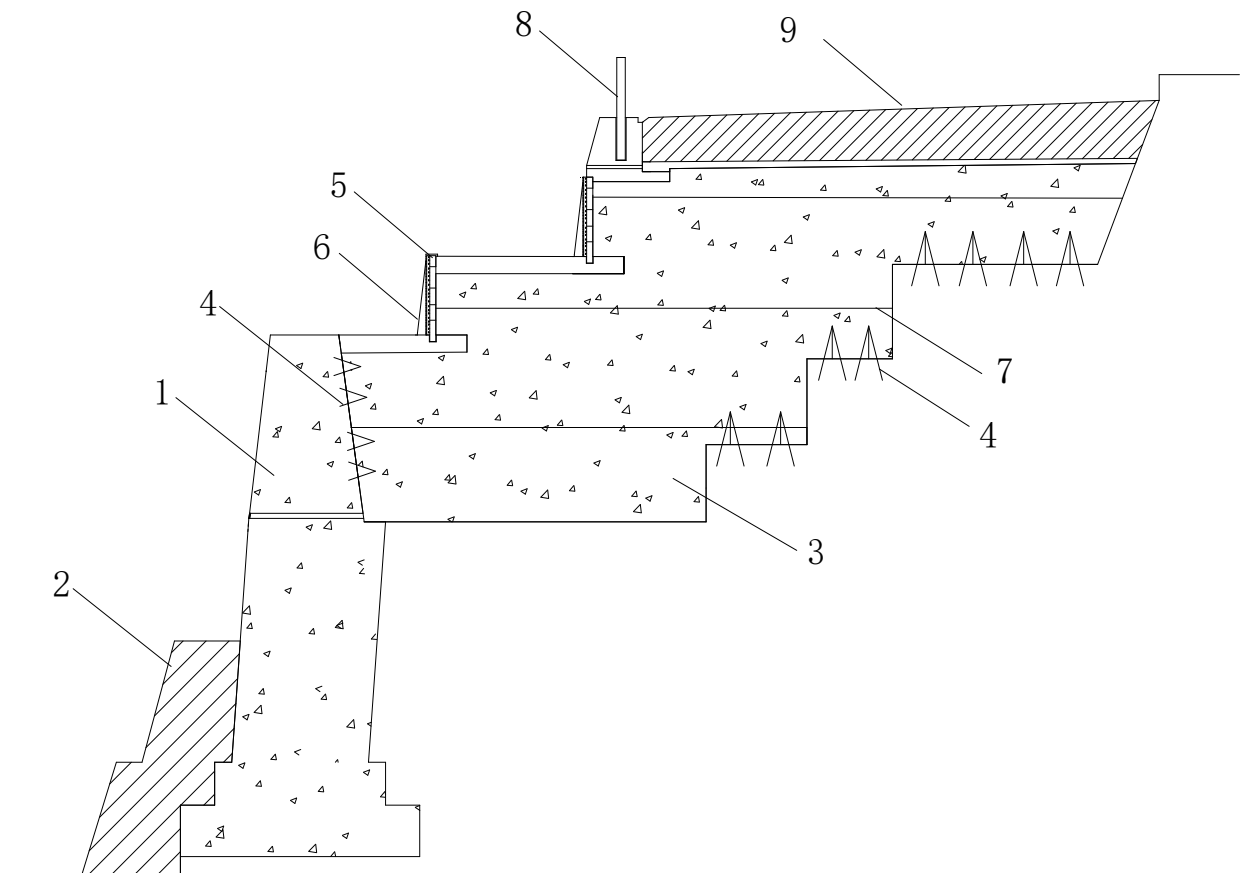
5.5.2.1 现役挡墙病害处治时，可采用现役挡墙病害泡沫混凝土修复结构（图 7），将原有路堤换填为泡沫混凝土，并满足以下要求：

- a) 针对现役挡墙为重力式挡墙，可采用挡墙外侧设置后加固基础的修复结构；后加固基础内设置钢筋骨架，挡墙内壁和原有路堤换填泡沫混凝土开挖台阶上设置爪型锚架，保证泡沫混凝土与原有结构的整体性。
- b) 针对现役挡墙为薄壁式挡墙，可采用挡墙外侧设置泡沫混凝土灌芯挡墙的修复结构；在泡沫混凝土灌芯挡墙内设置栓钉带，栓钉带通过固定钉与原挡墙连接，同时在挡墙基础位置施工扩大基础。

5.5.2.2 当现役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，可采用增设锚杆等措施加固挡墙。

5.5.2.3 当现役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。

5.5.2.4 泡沫混凝土置换体积应根据现役挡墙地基承载力、土压力、沉降和稳定性验算进行确定。



1-现役重力式挡墙；2-后加固基础；3-泡沫混凝土；4-爪型锚架；5-现役薄壁式挡墙；6-泡沫混凝土灌芯挡墙；7-加筋网；8-护栏；9-路面结构层

图7 现役挡墙病害泡沫混凝土修复结构

6 施工

6.1 一般规定

6.1.1 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，编制施工方案。

6.1.2 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。

6.1.3 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。

6.2 新建软土路堤

6.2.1 先预压后换填泡沫混凝土放坡轻质路堤

先预压后换填泡沫混凝土放坡轻质路堤的施工要求应满足以下要求：

- a) 施工前，应场地平整，清除施工范围内障碍；
- b) 测量放样时，应根据图纸和控制点测量边桩和道路中心点；
- c) 堆载预压时，应在塑料排水板打设完成后进行填土至设计堆载高度，填筑速率不应超过 0.5m/月；

- d) 当连续两个月的沉降速率小于 7mm/月时,应卸载至设计高度,再换填设计厚度的泡沫混凝土,并对泡沫混凝土进行养护;
- e) 路面结构层施工时,应对软土路基进行沉降观测,当连续两月沉降速率小于 3mm/月时方可进行路面结构层施工。

6.2.2 先预压后换填泡沫混凝土无坡轻质路堤

先预压后换填泡沫混凝土无坡轻质路堤的施工应满足以下要求:

- a) 挡板基础施工:挡板基础可采用刚性桩等形式,施工时应保证挡板基础的平整性;
- b) 装配式挡板施工:装配式挡板可在工厂预制,运至施工现场后用吊机起吊,可采用预留 U 型杯口等形式与挡板基础连接;
- c) 立柱施工:立柱可采用角钢等形式,通过 V 型拉杆与装配式挡板上两个相邻预埋环间的钢筋连接;
- d) 泡沫混凝土浇筑:浇筑前,可在浇筑区域内部布置多层加筋网,浇筑过程应符合 JGJ/T 341 的规定。

6.2.3 无桥头锥坡预制挡墙泡沫混凝土轻质路堤

无桥头锥坡预制挡墙泡沫混凝土轻质路堤的施工应满足以下要求:

- a) 预制挡墙施工:可在预制挡板上设置贯穿连接孔,用于安装横向拉结筋,必要时可对预制挡墙的稳定进行验算;
- b) 预制挡墙与桥台柱连接:可在桥台柱上设置预埋螺帽,预制挡墙上设置导向杆,通过撑杆首尾相连;
- c) 加筋网铺设:应先铺设下层加筋网,再绑扎竖向架立筋,铺设横向架立筋,最后铺设上层加筋网。

6.3 改扩建路堤

6.3.1 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。

6.3.2 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。

6.3.3 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。

6.3.4 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。

6.3.5 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。

6.3.6 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。

6.4 灾毁修复路堤

6.4.1 桩基承台施工

在灾毁坡面底部间隔一定距离施工外侧长桩和内侧短桩,然后在桩顶绑扎钢筋、浇筑混凝土形成楔形桩基承台,并在承台内预留好排水孔、锚固凹槽和预留锚孔等结构。

6.4.2 锚索施工

在锚固凹槽处沿着预留锚孔施工打设锚索,锚索应进入灾毁坡面至设计深度,利用锚头将锚索端部固定在锚固凹槽内,最后对锚固凹槽进行磨浆密封。

6.4.3 预制挡墙施工

6.4.3.1 预制挡墙可采用分阶法施工，施工工艺流程：第1阶挡墙泡沫混凝土防护层→第2阶挡墙泡沫混凝土防护层→第*i*阶挡墙泡沫混凝土防护层→第*n*阶挡墙泡沫混凝土防护层，其中*n*为预制挡墙的总阶数。

6.4.3.2 施工第1阶挡墙泡沫混凝土防护层前，应先清理整平灾毁坡面和铺设防水层，在桩基承台上铺设土工隔离布和级配碎石层。

6.4.3.3 施工第*i*阶挡墙泡沫混凝土防护层时，预制挡墙单元之间可采用企口等形式连接。

6.5 特殊处治工程

6.5.1 滑坡

高陡地形滑坡处治泡沫混凝土轻质路堤结构的施工应满足以下要求：

a) 既有路堤处理：设置泡沫混凝土路段较高一侧的底部可采用台阶基础做护脚兼保护基础。基础可采用C25片石混凝土浇筑，埋深应大于1m。台阶高宽比宜小于2，台阶宽应不小于50cm，台阶布置可根据具体地质条件确定。

b) 抗滑桩施工：施工前应先清除表层至高陡坡基层，再通过开挖台阶作为施工平台打设抗滑桩。台阶宽度应不小于2m。

c) 泡沫混凝土浇筑：泡沫混凝土应采用分层浇筑至路面下方50cm处。泡沫混凝土与路面结构层之间可采用级配碎石作为保护垫层。碎石应采用级配良好的硬质石料，不可采用遇水软化的岩质，最大粒径应不大于10cm，压实度应大于95%。保护垫层不宜采用振动压实。

6.5.2 挡墙变形

现役挡墙病害泡沫混凝土修复结构的施工应满足以下要求：

a) 现役重力式挡墙修复：后加固基础施工时，可现在内部铺设钢筋网，再支模浇筑混凝土。

b) 现役薄壁式挡墙修复：泡沫混凝土灌芯挡墙施工时，应先在现役挡墙外侧等间距布置栓钉板形成栓钉带，再支模，顶部设置横挡板固定于现役挡墙上，待泡沫混凝土灌芯挡墙养护拆模后，再支设基础模板浇筑扩大基础。

c) 台阶开挖：开挖时应将泡沫混凝土的台阶位置一次性全部挖出，在正式开挖之前应进行开挖试验。开挖时应从原路面结构层开始逐层向下，根据设计坡比进行。每挖低5m时，应用仪器测量校验。

d) 爪型锚架安装：爪型锚架可采用短钢筋在施工现场焊接制作；开挖台阶水平面上的爪型锚架可设置为梅花形分布。

7 质量检验

7.1 一般规定

7.1.1 质量检测应符合JTG F80/1的规定。

7.1.2 对工程外表状况应逐项进行全面检查，对于较严重的外观缺陷，施工单位须采取措施进行整修处理，再重新检验。

7.2 泡沫混凝土

7.2.1 泡沫混凝土原材料进场时，应按规定批次验收其型式检验报告、出厂检验报告或合格证等质量证明文件，对外加剂产品尚应具有使用说明书。

7.2.2 泡沫混凝土原材料进场后，应进行进场检验；在泡沫混凝土生产过程中，宜对泡沫混凝土原材料进行随机抽样检验，每个检验批检验不得少于1次。

7.2.3 泡沫混凝土的性能和检验应符合本规范4.4的规定。

7.2.4 泡沫混凝土的湿密度和流动度检验应满足表7的规定。

表 7 泡沫混凝土的湿密度和流动度检验

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法	检查频率
1	湿密度 (kg/m ³)	与设计值偏差应小于10%	按附录 A 检查	a) 每次新开盘或中断再浇筑; b) 压力、配合比等变化时, 自检一次; c) 连续稳定浇筑每 100m ³ 时, 自检一次。
2	流动度 (mm)	180mm±20mm	按附录 E 检查	a) 每次新开盘或中断再浇筑; b) 压力、配合比等变化时, 自检一次; c) 连续稳定浇筑每 100m ³ 时, 自检一次。

7.3 实测项目

7.3.1 泡沫混凝土表面应无油污、层裂和表面疏松, 并符合 JGJ/T 341 的规定;

7.3.2 泡沫混凝土表面的裂纹长度率应不超过 400mm/m² (平面) 或 350mm/m² (立面), 裂纹宽度应不超过 1mm;

7.3.3 泡沫混凝土填筑体的实测项目应满足表 8 的规定, 各项检验合格率不低于 90%。

表 8 泡沫混凝土填筑体的实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法	检查频率
1	抗压强度 (MPa)		≧ 设计值	施工中留件检测, 按附录 C 检查	每100m ³
2	吸水率 (%)		≧ 设计值	施工中留件检测, 按附录 D 检查	每200m ³
3	顶面高程 (mm)		±50	水准仪	每200m测4点, 不足200m每个浇筑工点测4点
4	轴线偏位 (mm)		50	经纬仪或拉尺	每200m测4点, 不足200m每个浇筑工点测4点
5	宽度 (mm)		≧ 设计值	米尺	每200m测4点, 不足200m每个浇筑工点测4点
6	平整度 (mm)		±10	直尺	每个浇筑工点测3处或每200m测2处
7	基底高程 (mm)	土质	±50	水准仪	每200m测4点, 不足200m每个浇筑工点测4点
		石质	±50, -200		

附 录 A

(规范性)

湿密度试验

A.1 适用范围

适用于泡沫混凝土性能检测，测定新拌泡沫混凝土的湿密度。

A.2 仪器设备

试验需要的仪器设备：

- a) 电子称 1 台：最大量程 2000g，精度 1g；
- b) 塑料桶 1 个：容积 15L；
- c) 带刻度的不锈钢量杯 2 个：内径 108mm，净高 108mm，壁厚 2mm，容积 1L；
- d) 平口刀 1 把：刀长 150mm。

A.3 试验材料

试验需要的材料：10L新拌泡沫混凝土。

A.4 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 用水彩笔分别在量杯杯身外侧标明量杯 1、量杯 2；
- b) 应准备好电子秤，并应将其水平放置；
- c) 将量杯 1 平放电子秤上，并应称取其量杯 1 质量 m_1 ；
- d) 用量杯 2 接取试样，并应将试样慢慢倒入量杯 1 中；
- e) 当试样装满量杯 1 时，应用平口刀轻敲量杯 1 外壁，并应使试样充满整个量杯 1 中；
- f) 用平口刀慢慢地沿量杯 1 端口平面刮平试样；
- g) 将装满试样的量杯 1 平放于电子秤上，并应测得试样加量杯 1 的质量 m_2 ；
- h) 按式 (A.1) 计算湿密度：

$$R_{fw} = \frac{1000 \times (m_2 - m_1)}{V_1} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

R_{fw} —湿密度，单位为千克每立方米 (kg/m^3)，精确至 $0.1\text{kg}/\text{m}^3$ ；

m_1 —量杯 1 的质量，单位为克 (g)，精确至 0.1g；

m_2 —量杯加试样的质量，单位为克 (g)，精确至 0.1g；

V_1 —量杯 1 的体积，单位为立方米 (m^3)，精确至 0.1m^3 。

附 录 B

(规范性)

干密度试验

B.1 适用范围

适用于泡沫混凝土性能检测，测定新拌泡沫混凝土的干密度。

B.2 仪器设备

试验需要的仪器设备：

a) 电子秤 1 台：最大量程 2000g，精度 0.1g；

b) 干燥箱 1 台：最高温度 200℃，精度 1℃。

B.3 试验材料

试验需要的材料：在标准环境中封闭养生 28 天后的 100mm×100mm×100mm立方体试块，一组 3 块。

B.4 试验步骤

试验步骤如下：

a) 取一组试件，逐块量取长、宽、高三个方向的尺寸，每一方向的尺寸应在其两端和中间各测量 1 次，再在其相对的面上再各测 1 次，共测 6 次取平均值，精确至 1mm；计算出每块试件的体积 V ；

b) 将试件放在干燥箱内，在 $(60 \pm 5)^\circ\text{C}$ 下烘干，直至前后两次相隔 4h 的质量差不大于 1g；取出后，在试件冷却至室温后，称取试件烘干质量 m_0 ，精确至 1g；

c) 按式 (B.1) 计算干密度：

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V} \times 10^6 \dots\dots\dots (\text{B.1})$$

式中：

ρ_0 —干密度，单位为千克每立方米 (kg/m^3)，精确至 $0.1\text{kg}/\text{m}^3$ ；

m_0 —试件烘干质量，单位为克 (g)，精确至 1g；

V —试件体积，单位为立方毫米 (mm^3)。

附 录 C

(规范性)

抗压强度试验

C.1 适用范围

适用于泡沫混凝土性能检测，测定新拌泡沫混凝土的抗压强度，确定泡沫混凝土的强度等级。

C.2 仪器设备

试验需要的仪器设备：

- a) 压力试验机除应符合 GB/T 2611 中技术要求的规定外，其测量精度应为 $\pm 1\%$ ；
- b) 试件破坏荷载应大于压力机全量程的 20%且小于压力机全量程的 80%。

C.3 试验材料

试验需要的材料：

- a) 泡沫混凝土抗压强度试块以边长 100mm的立方体为标准试块；
- b) 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。

C.4 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 试验前，将3块试件放在温度 $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 干燥箱内烘干至前后两次相隔 4h质量差不大于 1g时的恒质量；
- b) 测量试块尺寸计算试件的受压面积，精确至 1mm；
- c) 试验时，试件的中心应与试验机下压板中心对准，试件的承压面应与成型时的顶面垂直；
- d) 开动试验机，当上压板与试件接近时，应调整球座，使之接触均匀；
- e) 当强度等级为 CF0.3~CF1.0时，其加压速度应为0.5kN/s~1.5kN/s；当强度等级为 CF2.0~CF5.0时，其加压速度应为1.5kN/s~2.5kN/s；当强度等级为 CF7.5~CF20时，其加压速度应为2.5kN/s~4.0kN/s。加压应连续而均匀地加荷，直至试件破坏，记录最大破坏荷载；
- f) 按式 (C.1) 计算抗压强度：

$$f = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

f —抗压强度，单位为兆帕 (MPa)，精确至 0.001MPa；

F —最大破坏荷载，单位为牛 (N)；

A —试件受压面积，单位为平方毫米 (mm²)。

附 录 D

(规范性)

吸水率试验

D.1 适用范围

适用于泡沫混凝土性能检测，测定新拌泡沫混凝土的吸水率。

D.2 仪器设备

试验需要的仪器设备：

- c) 电子秤 1 台：最大量程 2000g，精度 0.1g；
- d) 干燥箱 1 台，最高温度 200℃，精度 1℃；
- e) 恒温水槽 1 台：控制水温 20℃±5℃。

D.3 试验材料

试验需要的材料：在标准环境中封闭养生 28 天后的 100mm×100mm×100mm立方体试块，一组 3 块。

D.4 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 试验前，将 3 块试件放入干燥箱内，试件在60℃±5℃下烘干至前后两次间隔 4h，质量差小于 1g，称取试件烘干质量 m_0 ；
- b) 当试件冷却至室温后，应放入水温为20℃±5℃的恒温水槽内，然后加水至试件高度的 1/3，保持 24h；再加水至试件高度的 2/3，经 24h后，加水高出试件 30mm以上，保持 24h；
- c) 将试件从水中取出，用湿布抹去表面水分，应立即称取每块质量 m_g ，精确至 1g；
- d) 按式 (D.1) 计算吸水率：

$$W_R = \frac{m_g - m_0}{m_0} \times 100 \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

W_R —吸水率，单位为 %，精确至 0.1%；

m_0 —试件烘干后质量，单位为克 (g)；

m_g —试件吸水后质量，单位为克 (g)。

附 录 E

（规范性）

流动度试验

E.1 适用范围

适用于泡沫混凝土性能检测，测定新拌泡沫混凝土的流动性能。

E.2 仪器设备

试验需要的仪器设备：

- a) 黄铜或其他硬质材料空心圆筒 1 个，内径 80mm、净高 80mm，内壁光滑；
- b) 光滑硬质塑料板 1 块（也可采用玻璃板或不锈钢板），边长 400mm×400mm；
- c) 带刻度的不锈钢量杯 2 个，内径 108mm，净高 108mm，壁厚 2mm，容积 1L；
- d) 平口刀 1 把，刀长大于 150mm；
- e) 游标卡尺 1 支，量程在 250mm 以上，精度 0.02mm。

E.3 试验材料

试验需要的材料：

- a) 现场取样：在泵送管出口处制取；
- b) 室内取样：在搅拌好的拌合物中制取。

E.4 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 用水彩笔分别在量杯杯身外侧标明量杯 1、量杯 2；
- b) 应清洗并擦干仪器设备；
- c) 应将空心圆筒垂直竖于光滑硬质塑料板中间；
- d) 用量杯 1 接取试样，并应将试样倒入量杯 2 中；
- e) 应慢慢地将量杯 2 中的试样倒入空心圆筒，并用平口刀轻敲空心圆筒外侧，使试样充满整个空心圆筒；
- f) 用平口刀慢慢地沿空心圆筒的端口平面刮平试样；
- g) 应慢慢地将空心圆筒垂直向上提起，并使试样自然塌落；
- h) 静置 1min 后，应采用深度游标卡尺测得塌落体最大水平直径，即为试样的流动度；
- i) 应重复第 b) 至第 h) 的试验步骤，并应取 3 次试验结果的算术平均值为新拌泡沫混凝土的流动度。