

---

# 宜昌市磷石膏基混凝土制品 应用技术导则（试行）

2020-12-01 发布

2020-12-01 实施

---

宜昌市住房和城乡建设局 发布

# 前言

本设计导则是根据宜昌市人民政府办公室《关于加强磷石膏建材推广应用工作的通知》（宜府办发[2020]25号）的要求，由宜昌市住房和城乡建设局牵头组织、整理汇总完成。技术人员对宜昌市内磷石膏现状与磷石膏各类建材的应用进行广泛调查研究，认真总结经验，参考国内外相关标准，广泛征求意见的基础上制定本导则。

本导则的主要内容是：

1. 总则；2. 术语；3. 磷石膏基混凝土；4. 磷石膏侧平石；5. 磷石膏路面砖；6. 磷石膏生态护坡砌块；7. 其他磷石膏产品；

本导则由宜昌市住房和城乡建设局负责管理，由宜昌市城市规划设计研究院负责具体解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送宜昌市城市规划设计研究院（地址：宜昌市胜利四路8号，邮政编码：443000）。

本导则编制单位：宜昌市城市规划设计研究院

湖北昌耀新材料股份有限公司

湖北益通建设股份有限公司

本导则主要起草人员：文家桦 刘兴贵 张 鹏

高 磊 吕 伟 陈 洁

本导则主要审查人员：王 军 钟 硕 王 辉

郑永华 杨俊峰

# 目 录

1 总则.....	1
2 术语.....	3
3 磷石膏基混凝土.....	5
3.1 磷石膏矿渣水泥.....	5
3.2 磷石膏基混凝土.....	7
4 磷石膏侧平石.....	9
4.1 磷石膏立缘石.....	9
4.2 磷石膏平缘石.....	12
4.3 磷石膏平石.....	13
4.4 磷石膏侧平石技术要求.....	14
5 磷石膏路面砖.....	17
5.1 人行道面砖.....	17
5.2 透水砖.....	17
5.3 植草砖.....	18
5.4 仿青石地面砖.....	18
5.5 盲道砖.....	19
5.6 磷石膏路面砖技术要求.....	20
6 磷石膏生态护坡砌块.....	24
6.1 阶梯式生态护坡.....	24
6.2 植草式生态护坡.....	26
6.3 生态石挡土墙护坡.....	28
6.4 平铺式生态护坡.....	30
6.5 格构式挡土墙护坡.....	33

6.6 磷石膏预制护坡砌块技术要求.....	34
7 其他磷石膏产品.....	38
7.1 磷石膏柱栓.....	38
7.2 磷石膏园艺制品.....	39
7.3 磷石膏 U 形槽.....	40
7.4 装配式围墙.....	40
附录一：相关文件、规范.....	41
1.相关文件.....	41
2.相关规范、图集.....	41
附录二：相关磷石膏基混凝土制品样式.....	43
1.磷石膏侧平石.....	43
2.磷石膏路面砖.....	44
3.磷石膏生态护坡.....	45
4. 其他磷石膏产品.....	47

# 1 总 则

## 1.1 编制背景

宜昌市富产磷矿石，磷矿石湿法制取磷酸时产生大量的磷石膏，磷石膏堆积占用大量土地，污染环境。从习近平总书记“共抓大保护，不搞大开发”的指示精神，到湖北省委、省政府下达《关于印发〈湖北长江经济带生态保护和绿色发展总体规划〉的通知》，再到宜昌市人民政府办公室印发【2018】39号文《宜昌市磷石膏综合利用三年行动计划(2018-2020年)》、【2018】40号文《关于促进磷石膏综合利用的意见》、【2020】25号文《关于加强磷石膏建材推广应用工作的通知》，提高磷石膏的综合利用率，推广磷石膏产品的应用以缓解磷石膏堆积带来的环境问题已是当务之急。

## 1.2 编制目的

为统一磷石膏基混凝土制品在工程应用的基本要求及相应设计原则和施工、验收标准，确保工程质量，做到技术先进、安全适用、经济合理，制定本导则。

## 1.3 适用范围

本导则适用于宜昌市范围工程建设中侧平石、人行道路面砖、边坡防护砌块等制品的设计、施工和验收；园林景观中侧平石、地面铺装、边坡美化等设计、施工及验收，休息桌凳、仿木果皮箱等便民设施，仿木花箱等制品的安装使用；水利工程中河道（中小型河流）常水位以上边坡治理工作。**严禁在水源保护地范围内**

的工程中使用。

#### 1.4 编制原则

以确保工程建设质量为前提，以国家、地方现行规范、行业标准为依托。

#### 1.5 环保相关

磷石膏基混凝土制品的原材料磷石膏必需满足 GB/T 23456《磷石膏》中一级或二级指标要求；制成的磷石膏制品放射性必须满足 GB 6566《建筑材料放射性核素限量》中建筑主体材料的要求。

#### 1.6 其他规定

磷石膏基混凝土制品的使用除应符合本导则的规定外，尚应符合国家、湖北省及磷石膏行业现行有关标准的规定。

## 2 术语

### 2.1 磷石膏

湿法磷酸工艺中产生的固体废弃物，其主要成分是二水硫酸钙。

### 2.2 过硫磷石膏矿渣水泥（浆）

以磷石膏、矿渣为主要原料，掺加部分钢渣或（及）普通硅酸盐水泥制成的水硬性胶凝材料（浆体）。

### 2.3 磷石膏集料

以磷石膏为主要原材料，添加少量的碱性激发剂和活性硅铝矿物掺合料，经自然水化反应生成钙矾石和 C-S-H 凝胶将未分解的二水石膏进行固化成型的一种骨料。

### 2.4 磷石膏基混凝土

以过硫磷石膏矿渣水泥（浆）作为胶凝材料，与骨料混合配制而成的混凝土称为磷石膏基混凝土。用于生产磷石膏基混凝土制品。

### 2.5 磷石膏制品

以磷石膏基混凝土作为主要原材料，经一定工艺制成的不同用途及功能的预制品。

### 2.6 吸水率

制品在标准大气压力下吸水的能力。以制品所吸收的水份来量测，并以百分数表示。

## 2.7 防滑性能

抵抗行人鞋底或其他移动物体与混凝土路面砖接触表面相对滑动的性能。

## 2.8 抗冻性能

制品在含水状态下能经受多次冻融循环作用而不破坏，强度也不显著降低的性质。

## 2.9 耐磨性

材料的耐磨损性能，用磨耗量或耐磨指数表示。

## 3 磷石膏基混凝土

### 3.1 磷石膏矿渣水泥

#### 3.1.1 磷石膏矿渣水泥

过硫磷石膏矿渣水泥是目前应用广泛且技术成熟的一种新型水泥，本导则中所列制品均以过硫磷石膏矿渣水泥（浆）作为胶凝材料制作而成。

#### 3.1.2 作用机理

磷石膏中的  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{SO}_4^{2-}$  溶出到液相中，并达到饱和，水泥中的铝相和铁相与过量的  $\text{CaSO}_4$  反应生成钙矾石，并且硅酸三钙和硅酸二钙水化生产 C-S-H(水化硅酸钙)凝胶和  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。早期钙矾石和 C-S-H 凝胶在体系中起到了骨架连接作用，水化不断进行，钙矾石与 C-S-H 凝胶将多余的磷石膏紧紧包裹起来，从而使得过硫磷石膏胶凝材料具有很好的水硬性。

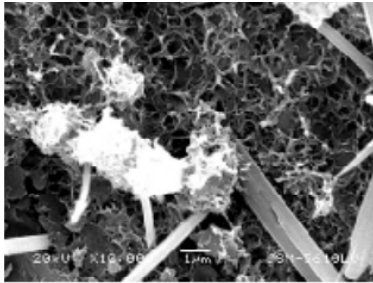


图 3.1 C-S-H 凝胶

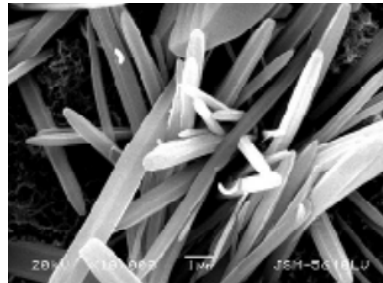


图 3.2 钙矾石晶体

### 3.1.3 原材料

表 3.1 磷石膏矿渣水泥主要原材料技术要求

主要原材料	技术要求
磷石膏	符合 GB/T 23456《磷石膏》中的一级或二级磷石膏的相关规定；且放射性符合 GB 6566《建筑材料放射性核素限量》中建筑主体材料的要求
矿渣粉	矿渣粉宜采用 S95 级的矿粉，并且应符合 GB/T 18046《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》的相关规定
水泥熟料	水泥熟料宜采用强度等级为 42.5 的硅酸盐水泥熟料，应符合 GB/T 21372《硅酸盐水泥熟料》的规定
减水剂母液	减水剂母液宜采用固含量在 35%以上聚羧酸母液，并且应符合 GB 8076《混凝土外加剂》相关规定



图 3.3 干燥状态下磷石膏矿渣水泥

图 3.4 加水后磷石膏矿渣水泥浆

## 3.2 磷石膏基混凝土

### 3.2.1 一般规定

磷石膏基混凝土初凝时间不应小于 4h，终凝时间不大于 24h；3d 到 7d 强度增长率不应小于 30%。不同强度等级磷石膏基混凝土 7d 和 28d 龄期抗压强度指标应符合表 3.2 的规定。

表 3.2 磷石膏基混凝土 7d 和 28d 龄期抗压强度指标

单位为 MPa

类别	抗压强度	
	7d	28d
C25	≥6	≥25
C30	≥10	≥30
C35	≥14	≥35

### 3.2.2 原材料要求

砂宜采用细度模数为 2.6~3.0 的中粗砂，并且应符合 JGJ 52《普通混凝土用砂石质量及检验方法标准》的相关规定。

磷石膏集料应符合表 3.3 的规定。

表 3.3 磷石膏集料技术参数

序号	项目	指标
1	筒压强度	≥6.5MPa
2	粒径系数	≤2.0
3	1h 吸水率	≤10%

4	压碎值	≤26%
5	软化系数	≥0.8
6	磨耗值	≤35%
7	煮沸质量损失	≤5%
8	含泥量	≤1%

过硫磷石膏矿渣水泥浆作胶凝材料制备磷石膏基混凝土时，滤液的耗酸量应为  $(0.21 \pm 0.03)$  mmol/g。

其余原材料应符合本导则 3.1.1 节的规定。

### 3.2.3 参考配合比

**表 3.4 参考配合比**

单位为 kg

强度等级	过硫磷石膏 矿渣水泥	砂	磷石膏集料	减水剂
C25	440	665	930	3.1
C30	460	660	915	3.2
C35	480	650	900	3.4

**实际生产中，应根据不同制品要求，调整生产配合比以满足设计强度。**

### 3.2.3 应用

磷石膏基混凝土可根据实际需要，制成不同用途和功能的磷石膏制品，本导则中所列磷石膏产品均为磷石膏基混凝土制作而成。

## 4 磷石膏侧平石

### 4.1 磷石膏立缘石

立缘石设置于中间分隔带，两侧分隔带及路侧带两侧，设置在中间分隔带两侧时外露高度宜为 30cm，设置在两侧分隔带时外露高度宜为 18cm。

立缘石又可分为一般段立缘石、高度渐变立缘石、侧立式雨水口路缘石、弯道处的弧形立缘石等。

#### 4.1.1 一般段立缘石

1. 一般段立缘石尺寸图及推荐尺寸。

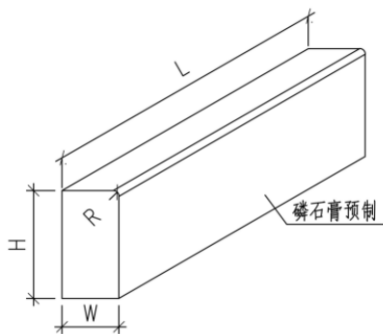


图 4.1 一般段立缘石尺寸图

表 4.1 一般段立缘石推荐尺寸

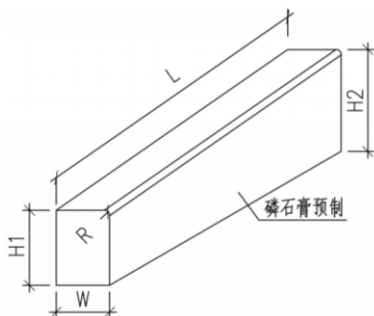
项目	公称尺寸/mm			
长度(L)	1000			
宽度(W)	120	250	250	200
高度(H)	300	250	300	400
圆角(R)	20			

2. 尺寸(W\*H)120\*300 适用于景观铺装边线立缘石; 250\*250、250\*300 适用于两侧分隔带; 200\*400 适用于中间分隔带。

#### 4.1.2 高度渐变立缘石

1. 设在道路无障碍路口，使路缘石外露高度由正常路段的外露高度过渡到满足无障碍要求的 $\leq 1\text{cm}$ 。

2. 高度渐变立缘石尺寸图及推荐尺寸。



推荐尺寸 mm (H1/H2) :  
190/250, 227/300, 长度(L)、  
宽度(W)、圆角半径(R)  
等参数参照一般段磷石膏立  
缘石。分别对应一般段立缘  
石高度为 250、300。

图 4.2 高度渐变立缘石尺寸图

3. 高度渐变立缘石的安装可参考下图。

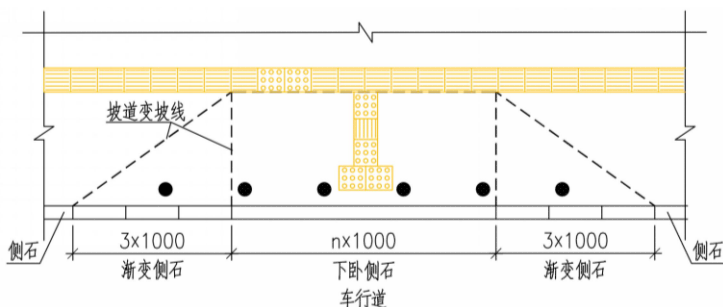


图 4.3 高度渐变立缘石安装示例

#### 4.1.3 侧立式雨水口路缘石

间隔 20~40m, 使路面收集到的雨水能顺利排入雨水管道。  
侧立式雨算安装示例及大样可参考下图, 四算及以上雨水口可参  
照三算雨水口, 将中间雨算结构复制, 过梁等结构应根据实际工  
程专项设计。道路直线段一般设置双算雨水口, 交叉口等排水不  
畅处设置为四算或其他多算。侧立式雨算 1 适用于单独侧立式雨  
水口, 侧立式雨算 2 适用于联合式雨水口。

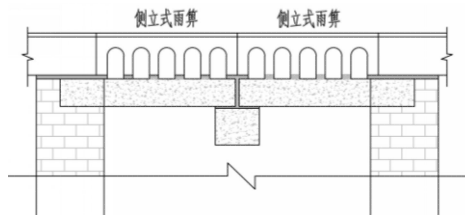


图 4.4 侧立式双篦雨水口安装示例

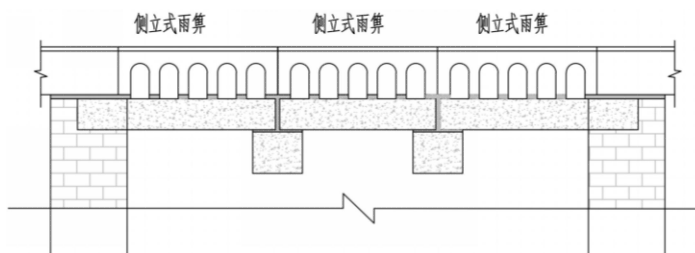


图 4.5 侧立式三篦雨水口安装示例

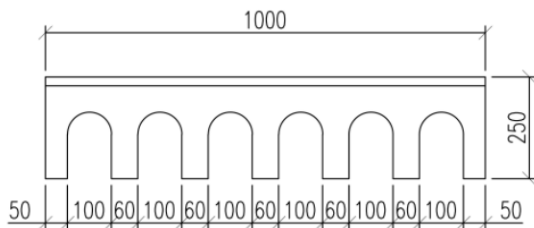


图 4.6 侧立式雨篦 1 大样

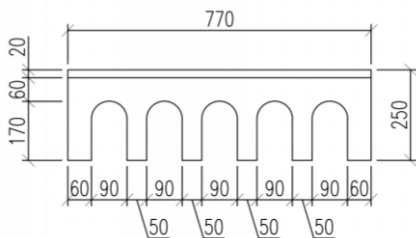


图 4.7 侧立式雨篦 2 大样

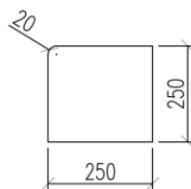


图 4.8 雨篦侧视图

#### 4.1.4 弧形立缘石

设在道路转弯处，具有一定弧度的异形缘石。不同半径弧形立缘石参数可参照表 4.2 的规定。

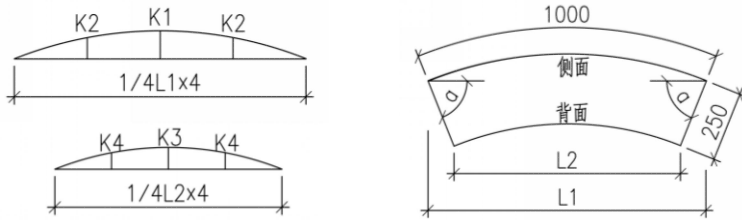


图 4.9 弧形立缘石尺寸图

表 4.2 弧长 1m 单块弧形立缘石参数

弯道半径 R(m)	侧面弧长 A(mm)	弧长 1m 侧石块数 n	A-1000n (mm)	弦与半径夹角 a(%%d)	侧面弦长 L1(mm)	侧面弦外距(mm)		背面弦长 L2(mm)	背面弦外距(mm)	
						K1	K2		K3	K4
R=3	4712	4	712	80.5	995	42	31	912	38	29
R=5	7854	7	854	84.3	998	25	19	952	24	18
R=15	23562	23	562	88.1	999.8	8.3	6.3	983	8.2	6.2
R=20	31416	31	416	88.6	999.9	6.3	3.1	987	6.2	3.1
R=25	39270	39	270	88.9	999.9	5	3.8	990	5	3.7

#### 4.2 磷石膏平缘石

4.2.1 设在人行道与绿化带之间时，宜与人行道平齐；设在无障碍路口时宜与路面平齐或外露高度 $\leq 1\text{cm}$ 。

#### 4.2.2 平缘石尺寸图及推荐尺寸。

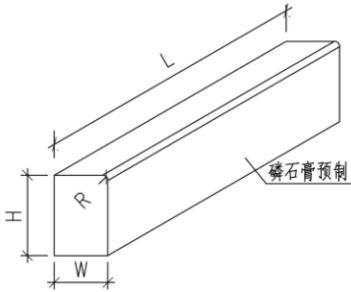


图 4.10 平缘石尺寸图

表 4.3 平缘石推荐尺寸

项目	公称尺寸/mm		
长度 (L)	1000		600
宽度 (W)	100	150	250
高度 (H)	150	100	100
圆角半径 (R)	20		

**4.2.3** 尺寸 (W\*H) 100\*150 适用于绿化带与人行道交界处；150\*100 适用于人行道外侧、250\*100 适用于完全下卧侧石处。

#### 4.3 磷石膏平石

**4.3.1** 设在车行道与侧石之间，便于施工标高控制、沥青摊铺，道路排水。

#### 4.3.2 平石尺寸图及推荐尺寸。

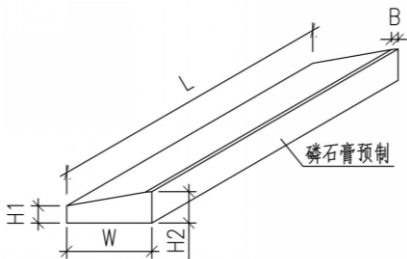


图 4.11 平石尺寸图

表 4.4 平石推荐尺寸

项目	公称尺寸/mm		
长度 (L)	500		
宽度 (W)	200	250	300
高度 (H1/H2)	50/80	70/100	80/110
B	20		

**4.3.3** 当道路宽度小于 9m 时推荐平石宽度采用 200mm,; 当车行

道为双向四车道时推荐平石宽度采用 250mm；当车行道为双向六车道及以上时推荐平石宽度采用 300mm。

#### 4.4 磷石膏侧平石技术要求

4.4.1 预制磷石膏混凝土路缘石外观质量与尺寸偏差应满足表 4.5 的规定。

表 4.5 预制磷石膏混凝土路缘石加工尺寸允许偏差

项目		指标	检验方法
外观质量	缺棱掉角影响顶面或正侧面的破坏最大投影尺寸	$\leq 15\text{mm}$	JCT899-2016 《混凝土路缘石》
	面层非贯穿裂纹最大投影尺寸	$\leq 10\text{mm}$	
	可视面粘皮（脱皮）及表面缺损最大投影面积	$\leq 30\text{mm}^2$	
	贯穿裂纹	不允许	
	分层	不允许	
	色差、杂色	不明显	
尺寸允许偏差	长度偏差	+4, -3mm	
	高度偏差	+4, -3mm	
	厚度偏差	+4, -3mm	
	平整度	$\leq 3\text{mm}$	
	垂直度	$\leq 3\text{mm}$	
	对角线差	$\leq 3\text{mm}$	
吸水率		$\leq 6\%$	

**4.4.2** 路缘石强度等级应符合设计要求，设计未规定时不应小于 C30。路缘石抗折强度与抗压强度应符合以下要求：

(1) 一般段直线形路缘石应进行抗折强度试验并符合表 4.6 的规定。

**表 4.6 一般段直线形路缘石抗折强度要求**

强度等级(抗折)	C <sub>r</sub> 3.5	C <sub>r</sub> 4.0	C <sub>r</sub> 5.0	C <sub>r</sub> 6.0
平均值(MPa)	≥3.5	≥4.0	≥5.0	≥6.0
单件最小值(MPa)	≥2.8	≥3.2	≥4.0	≥4.8

(2) 曲线形路缘石应进行抗压强度试验并符合表 4.7 的规定。

**表 4.7 曲线形路缘石抗压强度要求**

强度等级(抗压)	C30	C35	C40	C45
平均值(MPa)	≥30.0	≥35.0	≥40.0	≥45.0
单件最小值(MPa)	≥24.0	≥28.0	≥32.0	≥36.0

**4.4.3** 路缘石基础宜与相应的基层同步施工。

**4.4.4** 安装路缘石的控制桩，直线段桩距宜为 10~15m；曲线段桩距宜为 5~10m；路口处桩距宜为 1~5m。

**4.4.5** 路缘石应以干硬性砂浆铺砌，砂浆应饱满、厚度均匀。路缘石砌筑应稳固、直线段顺直、曲线段圆顺、缝隙均匀；路缘石灌缝应密实，平缘石表面应平顺不阻水。

**4.4.6** 路缘石背后宜浇筑水泥混凝土支撑，并还土夯实。还土夯实宽度不宜小于 50cm，高度不宜小于 15cm，压实度不得小于 90%。

#### 4.4.7 验收检验：

##### 主控项目

1. 混凝土路缘石强度应符合设计要求。

检查数量：每种、每检验批 1 组 (3 块)。

检验方法：查出厂检验报告并复验。

##### 一般项目

2. 路缘石应砌筑稳固、砂浆饱满、勾缝密实，外露面清洁、线条顺畅，平缘石不阻水。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

3. 侧平石安砌允许偏差应符合表 4.8 的规定。

表 4.8 侧平石安砌允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	检测频率		检验方法
		范围 (m)	点数	
直顺度	$\leq 10$	100	1	用 20m 线和钢尺量①
相邻块高差	$\leq 3$	20	1	用钢板尺和塞尺量①
缝宽	$\pm 3$	20	1	用钢尺量①
顶面高程	$\pm 10$	20	1	用水准仪测量

注：1. ①随机抽样，量 3 点取最大值；

2. 曲线段缘石安装的圆顺度允许偏差应结合工程具体制定。

## 5 磷石膏路面砖

### 5.1 人行道面砖

5.1.1 以磷石膏基混凝土为主要原料，经过浇筑或振压成型，主要用于路面和地面铺装，常用颜色灰色或红色。

5.1.2 人行道面砖尺寸图及推荐尺寸。

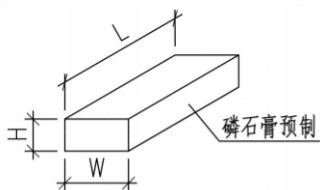


图 5.1 人行道面砖尺寸图

表 5.1 人行道面砖推荐尺寸

项目	公称尺寸/mm		
长度(L)	100	200	300
宽度(W)	100	100	150
厚度(H)	50、60、80、100		

### 5.2 透水砖

5.2.1 以磷石膏基混凝土为主要原料，经过浇筑或振压成型，具有较大水渗透性能的铺地砖。主要用于代替传统不透水面砖，贯彻海绵城市设计理念。生产过程中应尤其注意保证其透水系数不小于 0.01cm/s，透水系数检验方法详见《透水砖路面技术规程》CJJ/T 188-2012。

5.2.2 透水砖应用广泛，可用于小区道路（支路）、广场、停车场、人行道、步行街等场地。

5.2.3 透水砖推荐尺寸。

表 5.2 透水砖推荐尺寸

项目	公称尺寸/mm				
长度(L)	100	200	300	500	800
宽度(W)	100	100	150	250	800
厚度(H)	50、60、80、100				

透水砖尺寸越大，其厚度也应增大以保障其强度指标。

### 5.3 植草砖

以磷石膏基混凝土为主要原料，经过浇筑或振压成型，主要用于生态停车位铺装，常用有“井”字形植草砖和“8”字形植草砖。

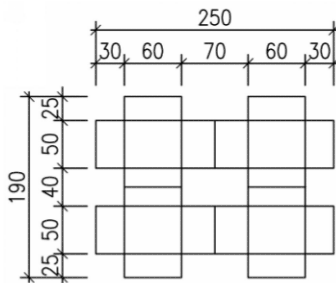


图 5.2 “井”字形植草砖

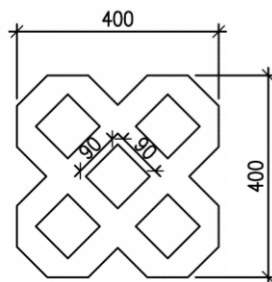


图 5.3 双“8”字形植草砖

### 5.4 仿青石地面砖

5.4.1 以磷石膏基混凝土为主要原料，经过浇筑或振压成型，主要用于景观地面铺装。

5.4.2 磷石膏仿青石地面砖推荐尺寸。

表 5.3 仿青石地面砖推荐尺寸

项目	公称尺寸/mm			
长度(L)	300	400	300	600
宽度(W)	150	200	300	300
厚度(H)	40、50、60			

## 5.5 盲道砖

**5.5.1** 以磷石膏基混凝土为主要原料，经过浇筑或振压成型，带有条纹圆点纹路，是方便盲人安全出行的提示引路砖。

**5.5.2** 盲道铺设应连续，应避开树木(穴)、电线杆、拉线等障碍物，其他设施不得占用盲道；颜色宜与相邻的人行道铺面的颜色形成对比，并与周围景观相协调，宜采用中黄色；盲道型材表面应防滑。

**5.5.3** 盲道砖尺寸图。

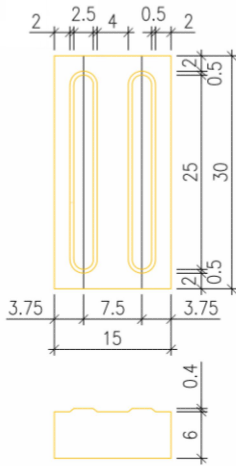


图 5.4 行进块盲道砖尺寸图

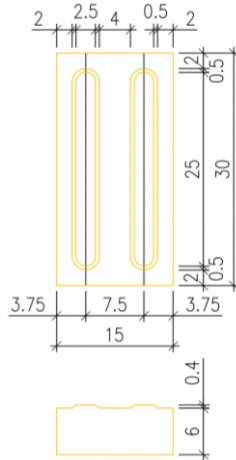


图 5.5 提示块盲道砖尺寸图

### 5.5.3 行进盲道：

1. 行进盲道应与人行道的走向一致；
2. 行进盲道的宽度宜为 300mm 或 450mm；
3. 行进盲道宜在距围墙、花台、绿化带 250mm~500mm 处设置；
4. 行进盲道宜在距树池边缘 250mm~500mm 处设置；如无树池，行进盲道与路缘石上沿在同一水平面时，距路缘石不应小于 500mm，行进盲道比路缘石上沿低时，距路缘石不应小于 250mm；盲道应避免非机动车停放的位置；

### 5.5.4 提示盲道：

行进盲道在起点、终点、转弯处及其他有需要处应设提示盲道，当盲道的宽度不大于 300m 时，提示盲道的宽度应大于行进盲道的宽度；

## 5.6 磷石膏路面砖技术要求

5.6.1 预制磷石膏路面砖表面应平整粗糙，技术性能应符合表 5.4 的规定。

表 5.4 预制磷石膏路面砖加工尺寸允许偏差

项目		指标
外观质量	缺棱掉角影响顶面或正侧面的破坏	≤5mm
	最大投影尺寸	
	可视面粘皮（脱皮）及表面缺损	≤5mm
	最大投影尺寸	
	铺装面裂纹	不允许
	色差、杂色	不明显

	平整度	$\leq 2\text{mm}$	
	垂直度	$\leq 2\text{mm}$	
尺寸允许偏差	长度偏差	$\pm 2\text{mm}$	
	高度偏差	$\pm 2\text{mm}$	
	厚度偏差	$\pm 2\text{mm}$	
物理性能	耐磨性	磨抗长度	$\leq 32.0$
		耐磨度	$\geq 1.9$
	抗冻性	外观质量	冻后外观无明显变化
		强度损失率/%	$\leq 20$
	吸水率		$\leq 6.5$
强度及防滑性能	人行道 (无停车)	抗压强度	$\geq C_c 40\text{MPa}$
		抗折强度	$\geq C_f 4.0\text{MPa}$
		防滑性能指标	$\geq 60$
	人行道 (有停车)	抗压强度	$\geq C_c 50\text{MPa}$
		抗折强度	$\geq C_f 5.0\text{MPa}$
		防滑性能指标	$\geq 65$

注：1. 磨抗长度与耐磨度任选一项做耐磨性实验。公称长度与公称厚度的比值小于或等于 4 的，以抗压强度控制；公称长度与公称厚度的比值大于 4 的，以抗折强度控制。

2. 当路面砖任一边长达到 600mm 及以上，其强度等级应按有停车的强度指标执行；当路面砖任一边长达到 800mm 及以上，应禁止车辆驶入。

### 5.6.2 砌筑砂浆中采用的水泥、砂、水应符合下列规定：

(1) 宜采用现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 或《矿

渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥》GB 1344 中规定的水泥。

(2) 宜用质地坚硬、干净的粗砂或中砂，含泥量应小于 5%。

(3) 搅拌用水应符合国家现行标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。宜使用饮用水及不含油类等杂质的清洁中性水，pH 值宜为 6~8。

**5.6.3** 铺砌控制基线的设置距离，直线段宜为 5~10m，曲线段应视情况适度加密。

**5.6.4** 当采用水泥混凝土做基层时，铺砌面层胀缝应与基层胀缝对齐。

**5.6.5** 铺砌中砂浆应饱满，且表面平整、稳定、缝隙均匀。与检查井等构筑物相接时，应平整、美观，不得反坡。

**5.6.6** 在铺装完成并检查合格后，应及时灌缝。

**5.6.7** 铺砌面层完成后，必须封闭交通，并应湿润养护，当水泥砂浆达到设计强度后，方可开放交通。

#### **5.6.8 验收检验：**

##### **主控项目**

1. 路床与基层压实度应符合设计要求。

检查数量：每 100m 查 2 点。

检验方法：环刀法、灌砂法、灌水法。

2. 混凝土预制砌块(含盲道砌块)强度应符合设计规定。

检查数量：同一品种、规格、每检验批 1 组。

检验方法：查抗压强度试验报告。

3. 砂浆平均抗压强度等级应符合设计规定，任一组试件抗压强度最低值不应低于设计强度的 85%。

检查数量：同一配合比，每 1000m<sup>2</sup> 1 组(6 块)，不足 1000m<sup>2</sup>

取 1 组。

检验方法：查试验报告。

4. 盲道铺砌应正确。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

### 一般项目

5. 铺砌应稳固、无翘动，表面平整、缝线直顺、缝宽均匀、灌缝饱满，无翘边、翘角、反坡、积水现象。

6. 预制砌块铺砌允许偏差应符合表 5.5 的规定。

**表 5.5 路面砖铺砌允许偏差**

项目	允许偏差	检验频率		检查方法
		范围	点数	
纵断高程 (mm)	$\pm 15$	20m	1	用水准仪测量
中线偏位 (mm)	$\leq 20$	100m	1	用经纬仪测量
平整度(mm)	$\leq 5$	20m	1	用 3m 直尺和塞尺连续量两尺，取较大值
宽度(mm)	不小于设计规定	40m	1	用钢尺量
横坡(%)	$\pm 0.3\%$ 且不反坡	20m	1	用水准仪测量
井框与路面 高差(mm)	$\leq 4$	每座	1	十字法，用直尺和塞尺量，取最大值
相邻块高差 (mm)	$\leq 3$	20m	1	用钢板尺量
纵横缝直顺 度(mm)	$\leq 5$	20m	1	用 20m 线和钢尺量
缝宽(mm)	+3, -2	20m	1	用钢尺量

## 6 磷石膏生态护坡砌块

### 6.1 阶梯式生态护坡

6.1.1 呈阶梯式安装的箱形混凝土制品，具有良好的透水性，产品空腔内可填充碎石、土砂等材料用于种植绿色植物，并起到轻型挡土墙的作用。

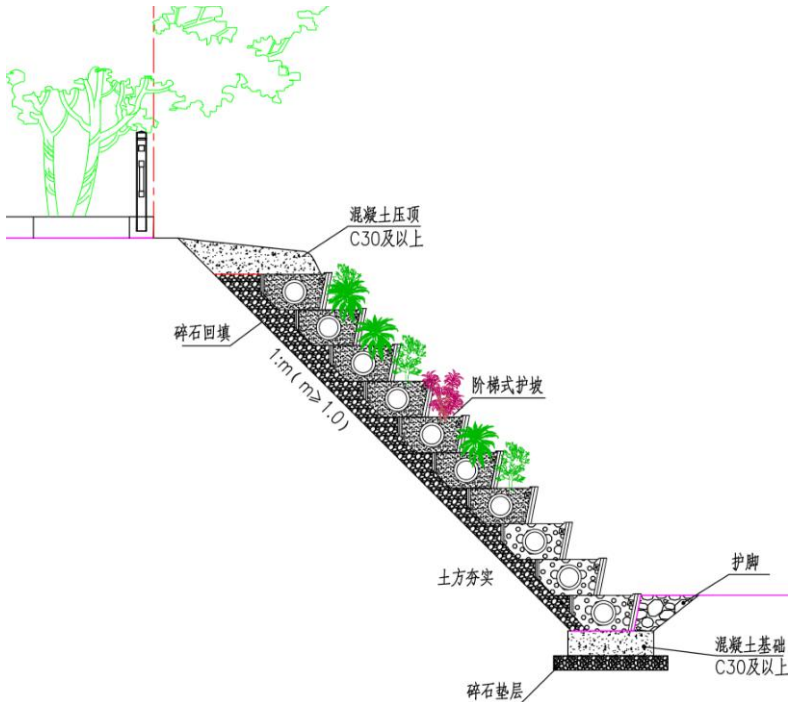


图 6.1 阶梯式生态护坡砌块安装剖面图

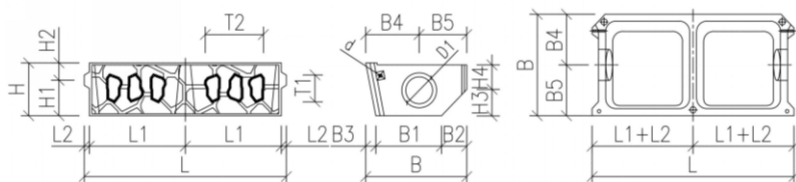


图 6.2 阶梯式生态护坡砌块尺寸图

6.1.2 阶梯式护坡砌块的尺寸参数可参照表 6.1。

表 6.1 阶梯式生态护坡砌块尺寸参数表

产品名称	规格型号	前透水孔		侧透水孔	螺栓孔
		T1	T2	D1	d
阶梯式生态护坡砌块	1998×1000×500	300	600	350	30
	998×1000×500	300	600	350	30

外部尺寸															
L	L1	L2	L3	L4	B	B1	B2	B3	B4	B5	H	H1	H2	H3	H4
1998	965	34	60	180	1000	100	250	80	580	420	520	350	170	250	250
998	965	34	60	180	1000	100	250	80	580	420	520	350	170	250	250

6.1.3 阶梯式护坡砌块使用极限高度应符合表 6.2 的规定。

表 6.2 阶梯式生态护坡砌块使用极限高度参数表

斜坡比	地表面荷重	土质条件 (C2)		土质条件 (C1)	
		内摩擦角	单位体积重量	内摩擦角	单位体积重量
		30°	19KN/m <sup>2</sup>	35°	20 kN/m <sup>3</sup>

1:1	$q=10 \text{ kN/m}^2$	5.0 (m)	5.0 (m)
	$q=0 \text{ kN/m}^2$	5.0 (m)	5.0 (m)
1:1.5	$q=10 \text{ kN/m}^2$	5.0 (m)	5.0 (m)
	$q=0 \text{ kN/m}^2$	5.0 (m)	5.0 (m)

## 6.2 植草式生态护坡

**6.2.1** 呈倾斜角安装的箱形混凝土制品，具有良好的透水性，产品空腔内填充土砂等材料用于种植绿色植物，并起到轻型挡土墙的作用。

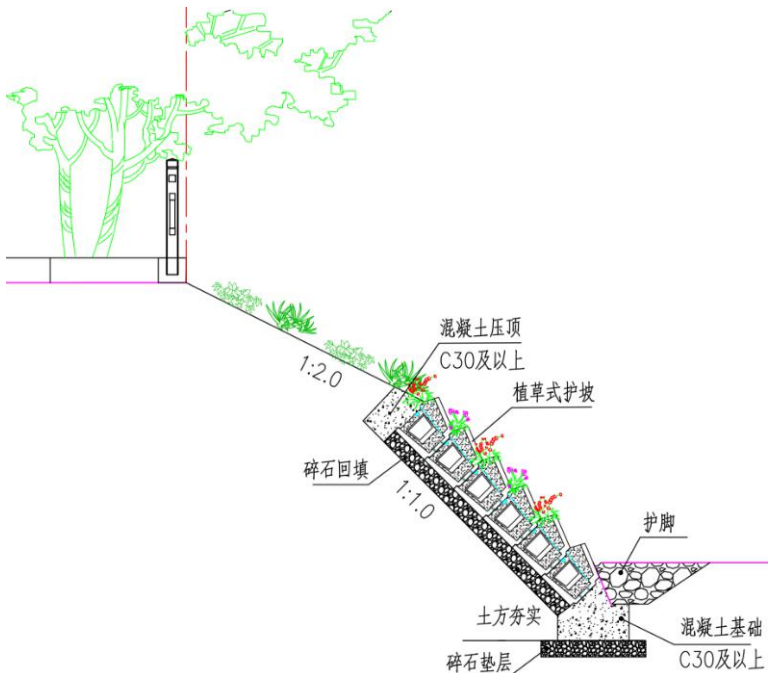


图 6.3 植草式生态护坡砌块安装剖面图

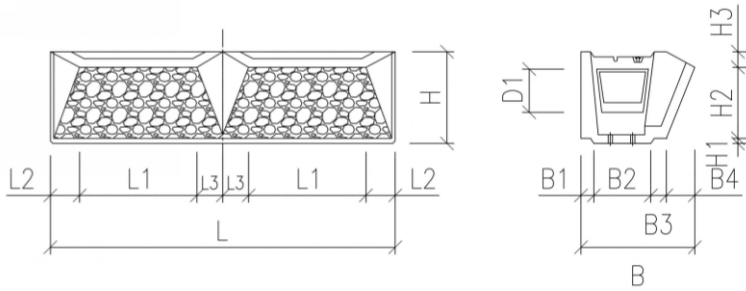


图 6.4 植草式生态护坡砌块尺寸图

6.2.2 植草式生态护坡砌块的尺寸参数可参照表 6.3。

表 6.3 植草式生态护坡砌块尺寸参数表

产品名称	规格型号	侧透水孔		螺栓孔
		D1	D2	d
植草式生态护坡砌块	2010×517×529	300	370	16
	1010×517×529	300	370	16

外部尺寸												
L	L1	L2	L3	B	B1	B2	B3	B4	H	H1	H2	H3
2010	740	170	100	647	55	360	85	142	529	29	440	80
1010	740	170	100	647	55	360	85	142	529	29	440	80

6.2.3 植草式生态护坡砌块使用极限高度应符合表 6.4 的规定。

表 6.4 植草式生态护坡砌块使用极限高度参数表

斜坡比	基础混凝土高度 (m)	地表面荷载 kN/m <sup>2</sup>	土质系数 (C1)		土质系数 (C2)	
			内部摩擦角	单位体积重量	内部摩擦角	单位体积重量
			35°	20 kN/m <sup>3</sup>	30°	19 kN/m <sup>3</sup>
1:1	0.3	q=10	4.7 (m)		3.1 (m)	
		q=3.5	5 (m)		3.8 (m)	
		q=0	5 (m)		4.2 (m)	
1:1.5	0.35	q=10	5 (m)		4.8 (m)	
		q=3.5	5 (m)		5 (m)	
		q=0	5 (m)		5 (m)	

### 6.3 生态石挡土墙护坡

6.3.1 呈倾斜角安装并具有上下锁联结构的仿石造型混凝土制品，具有良好的透水性，起到轻型挡土墙的作用。

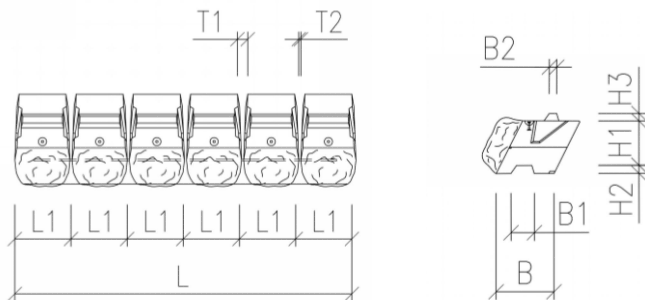


图 6.5 生态石挡土墙护坡砌块尺寸图

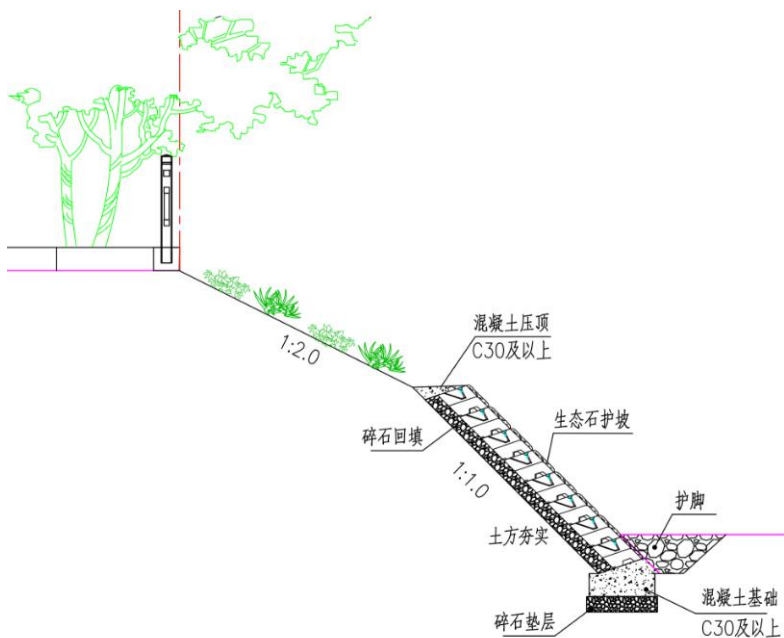


图 6.6 生态石挡土墙护坡砌块安装剖面图

6.3.2 生态石挡土墙护坡砌块的尺寸参数可参照表 6.5。

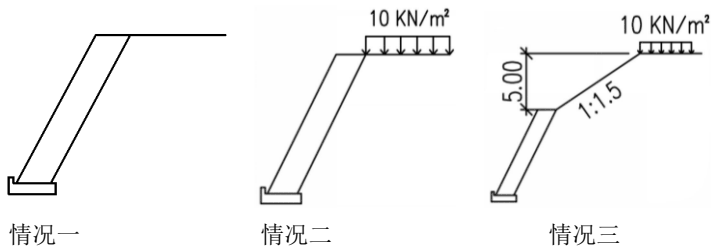
表 6.5 生态石挡土墙护坡砌块常用尺寸参数表

产品名称	规格型号	外部尺寸										前透水孔	
		L	L1	B	B1	B2	H	H1	H2	H3	T1	T2	
生态石挡土墙护坡砌块	2485×350×400	2485	342	400	158	50	400	300	50	50	75	15	
	1443×350×400	1443	342	400	158	50	400	300	50	50	75	15	
	1027×350×400	1027	342	400	158	50	400	300	50	50	75	15	

6.3.3 生态石挡土墙护坡砌块使用极限高度应符合表 6.6 的规定。

表 6.6 生态石挡土墙护坡砌块使用极限高度参数表

抗剪切 角度	单位体 积重量	350 型（浅间隔）			350 型（深间隔）		
		情况 1	情况 2	情况 3	情况 1	情况 2	情况 3
3.5°	20KN/m <sup>3</sup>	5.01	4.65	2.5	5.01	4.65	3.58
3.0°	19KN/m <sup>3</sup>	3.94	3.22	0.36	4.29	3.94	1.43
2.0°	18KN/m <sup>3</sup>	2.86	1.79	0	3.58	3.22	0



## 6.4 平铺式生态护坡

6.4.1 呈平铺或缓倾斜角安装的箱形混凝土制品，具有良好的透水性，产品空腔内填充碎石、土砂等材料用于种植绿色植物，起到防止水土流失的作用。

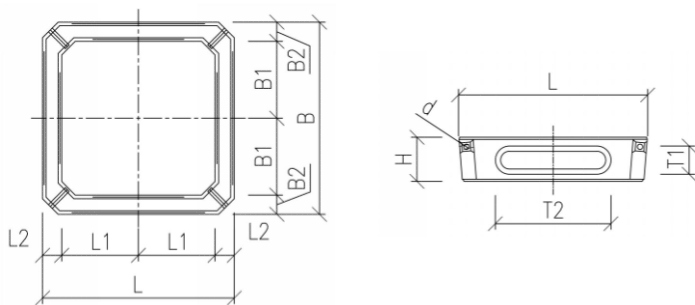


图 6.7 平铺式生态护坡砌块尺寸图

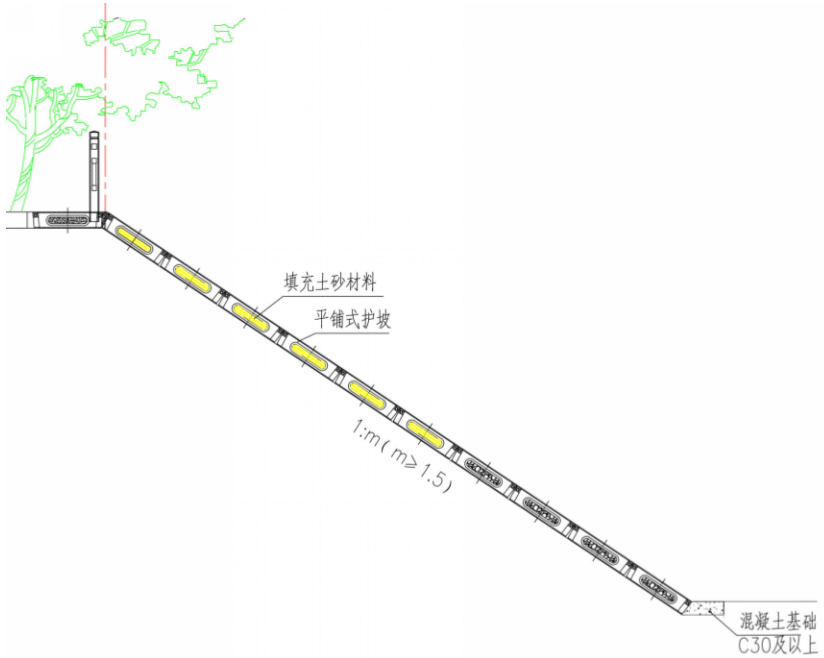


图 6.8 平铺式生态护坡砌块安装剖面图

6.4.2 平铺式护坡砌块的尺寸参数可参照表 6.7。

表 6.7 平铺式护坡砌块常用尺寸参数表

产品名称	规格型号	前透水孔		侧透水孔		螺栓孔
		T1	T2	D1	D2	d
平铺式护坡砌块	1080×1080×500	480	660	480	660	30
	1000×1000×500	480	660	480	660	30
	1080×1080×300	160	660	160	660	30
	1080×1080×250	160	660	160	660	30

产品名称	规格型号	外部尺寸						
		L	L1	L2	B	B1	B2	H
平铺式 护坡砌 块	1080×1080×500	1080	452	88	452	88	452	500
	1000×1000×500	1000	420	80	420	80	420	500
	1080×1080×300	1080	452	88	452	88	452	300
	1080×1080×250	1080	452	88	452	88	452	250

**6.4.3** 平铺式护坡砌块填充材料规格应符合表 6.8 的规定。

**表 6.8 平铺式护坡砌块填充材料规格参数表（斜坡比 1:1.5）**

水深(m)	流速(m/s)	流速(m/s)	流速(m/s)	流速(m/s)	流速(m/s)	流速(m/s)
	2	3	4	5	6	6.5
1	0.04	0.15	-	-	-	-
2	0.03	0.08	0.22	-	-	-
3	0.02	0.06	0.15	0.36	-	-
4	0.02	0.05	0.13	0.27	-	-
5	0.02	0.05	0.11	0.23	0.44	-
6	0.02	0.04	0.1	0.2	0.37	-
7	0.02	0.04	0.09	0.18	0.33	0.44
8	0.02	0.04	0.09	0.17	0.3	0.39
9	0.02	0.04	0.08	0.16	0.28	0.36
10	0.02	0.04	0.08	0.15	0.26	0.33

## 6.5 格构式挡土墙护坡

**6.5.1** 呈倾斜角安装，上下左右锁联的异形块状混凝土制品，两端需填充混凝土形成格构梁结构，一般用于岩土边坡防护，起到锚固式挡土墙的作用。

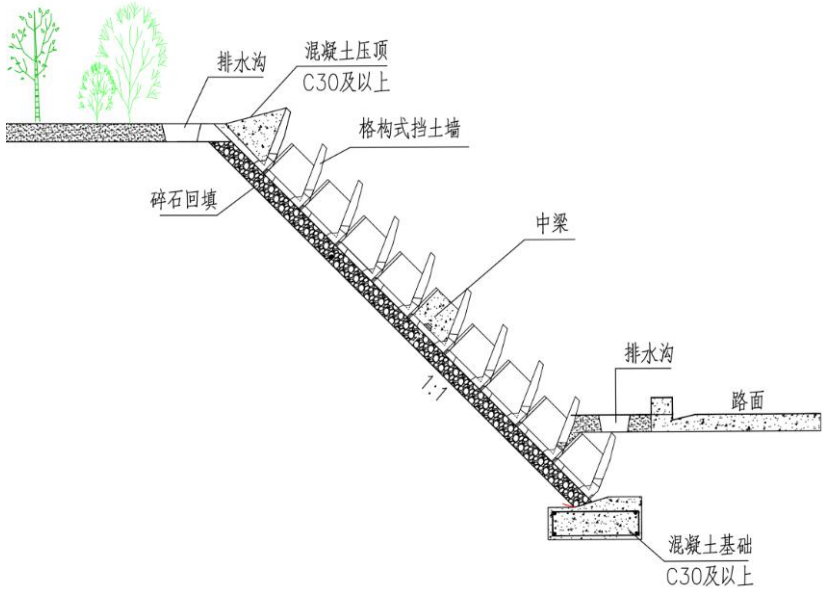


图 6.9 格构式挡土墙护坡砌块安装剖面图

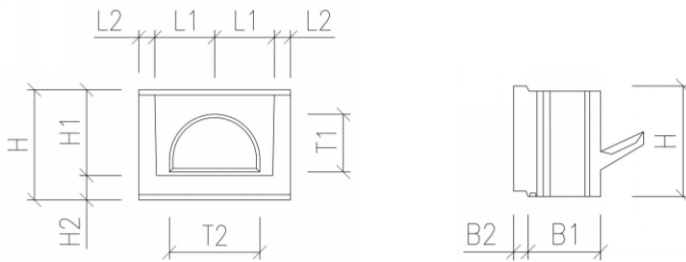


图 6.10 格构式挡土墙护坡砌块尺寸图

6.5.2 格构式挡土墙护坡砌块的尺寸参数可参照表 6.9。

表 6.9 格构式挡土墙护坡砌块常用尺寸参数表

产品名称	规格型号	外部尺寸						
		L	L1	L2	B	B1	B2	B3
格构式挡土墙	1244×600×750	1244	438	184	750	407	93	250

产品名称	规格型号	外部尺寸			前透水孔	
		H	H1	H2	T1	T2
格构式挡土墙	1244×600×750	630	568	62	330	520

6.5.3 格构式挡土墙护坡砌块使用应符合表 6.10 的规定。

表 6.10 格构式挡土墙护坡砌块使用参数表

施工方法	挡土墙高度
浆砌无钢筋混凝土格构式挡土墙	H=0.50~3.00m

注：当挡土墙高度超过 3m 时，格构式挡土墙砌块需加设钢筋，此时不能使用磷石膏混凝土预制。

## 6.6 磷石膏预制护坡砌块技术要求

6.6.1 磷石膏预制护坡砌块的使用，需根据实际地质条件、承受荷载情况及不同坡比进行专项验算设计。

6.6.2 磷石膏预制护坡砌块尺寸偏差应符合表 6.11 的规定。

表 6.11 磷石膏预制护坡砌块尺寸允许偏差

序号	产品名称 及规格	尺寸偏差					
		长	宽	高	预埋件	螺栓孔	上下锁联 部位
1	阶梯式护坡	+4	+4	+3	+4	±2	±3
		-3	-3	-2	-3		
2	植草式护坡	+4	+4	+3	+4	±2	±3
		-3	-3	-2	-3		
3	生态石挡土 墙护坡	+4	+4	+3	+4	—	±3
		-3	-3	-2	-3		
4	平铺式护坡	+4	+4	+3	+4	±2	±3
		-3	-3	-2	-3		
5	格构式挡土 墙护坡	+4	+4	+3	+4	±2	±3
		-3	-3	-2	-3		

6.6.3 磷石膏预制护坡砌块质量应符合表 6.12 的规定。

表 6.12 磷石膏预制护坡砌块质量要求

序号	项目	质量要求
1	抗压强度	不应低于 30MPa
2	裂缝	不允许
3	蜂窝、麻面	不大于同一面面积的 1%
4	气孔	不允许

5	局部碰伤	局部不应碰伤，但如碰伤深度不大于 10mm，每处面积不大于 50cm <sup>2</sup> 时，允许修补
6	浮浆层	浇筑面的浮浆层厚度不应超过 2mm
7	漏浆	模边合缝处不应漏浆。但漏浆深度不大于 10mm、每处漏浆长度不大于 100mm 时，允许修补
8	抗冻性能	严寒地区使用应进行抗冻性试验并符合 GBJ 82 的规定

#### 6.6.4 基础施工

1. 基础施工应按设计图纸及相关标准进行挖掘施工，基础面应平整，地基承载力应符合设计要求，若有软土基需要进行有效措施施工。

2. 基础混凝土宜采用 C30 及以上混凝土浇筑。

3. 基础混凝土浇筑完成后，面层应采用工具进行抹平。

4. 基础面处于纵段斜坡时，若斜坡面与水平面的夹角在 5°内，可沿着斜坡面施工；若斜坡面与水平面的夹角超过 5°，需将基础做成阶梯型基础。

#### 6.6.5 产品安装

1. 阶梯式生态护坡砌块、植草式生态护坡砌块、倾斜式格构挡土墙护坡砌块的安装应上下对齐安装；平铺式生态护坡砌块应对角安装；生态石护坡砌块应上下错开安装。

2. 产品若需要安装成一定弧度时，两个砌块之间的连接开口宽度在 70mm 以下，可用标准的连接件进行连接；超过 70mm，则需要用现浇混凝土进行连接。

3. 产品安装起吊时应将绳索连接在预埋在产品上的起吊螺栓上，起吊设备的起吊能力应在产品重量 3 倍以上。

4. 安装时尽可能在没有冲击力的情况下将产品安装在基础或下层产品上。

5. 安装时可使用撬棍等工具使产品对准位置。

6. 产品背面回填碎石，需满足相关技术要求。

7. 箱形产品内部回填石材时，需间歇式填入，防止产品出现移位。

8. 箱形产品内部的石材不能突出超过表层，回填石材的高度要低于产品高度，上段产品的回填石材要与下段的石材咬合，并均匀放置。

9. 若产品表层需要绿化时，则在回填石材的缝隙填充石砂。

10. 相邻两个产品的间隙可采用土石材料进行填充，填充时应采用洒水等办法使其密实。

11. 产品安装完成后可根据需要设置混凝土压顶或排水沟。

#### 6.6.6 验收标准

地基承载力、基础混凝土强度、预制护坡及挡土墙砌块混凝土强度、连接螺栓等级应符合设计要求；护坡及挡土墙砌块之间连接应牢固；坡比应符合设计要求。安装允许偏差应符合表 6.13 的规定。

表 6.13 磷石膏生态护坡砌块安装允许偏差

项目	允许偏差	检验频率		检验方法
		范围	点数	
直顺度 (mm)	≤10	20m	1	用 20m 线和钢尺量
板间错台 (mm)	≤5		1	用钢板尺和塞尺量

## 7 其他磷石膏产品

### 7.1 磷石膏柱栓

7.1.1 主要用于人行道无障碍路口或其他车辆可能驶入人行道的位  
置，防止车辆阻碍行人交通，对人行路面造成损坏。

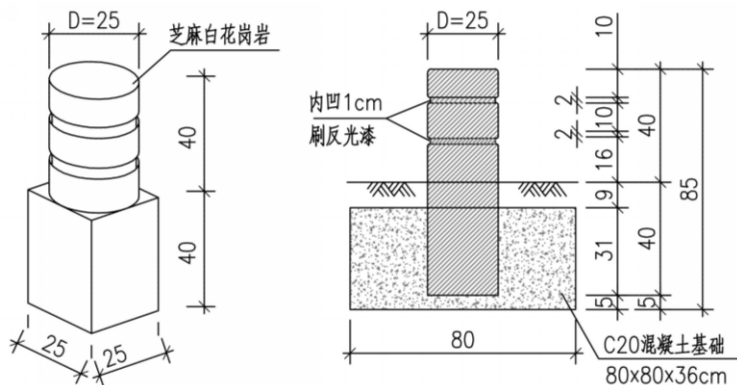


图 7.1 磷石膏柱栓推荐尺寸图

注：柱栓尺寸可根据使用位置、人行道宽度等情况具体设计，以满足其使用功能，与周边环境视觉上相协调。

7.1.2 柱栓宜由有资质的生产厂供货。混凝土拆模时的强度不得低于设计强度的 75%。柱栓吊装时，其强度应符合设计规定，设计无规定时不应低于设计强度的 75%。

7.1.3 柱栓宜设置在人行道立（平）缘石与盲道间，柱栓外缘与立缘石净距为不小于 100mm，柱栓安装应保持竖直；施工时，其倾斜度不应大于  $2^{\circ}$ 。施工工序先施工柱栓基础，安装柱栓后再铺设人行道面砖，面砖裁切与柱栓契合，安装必须稳固，坐浆饱满，柱栓中心间距宜为 1.8m。

#### 7.1.4 验收标准:

##### 主控项目

1. 混凝土强度应符合设计要求。

检查数量:每种、每批(2000 块)1 组。

检验方法:查出厂检验报告并复验。

##### 一般项目

2. 柱栓安装应牢固、位置正确、线型美观,墩发面整洁。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察。

3. 柱栓安装允许偏差应符合表 7.1 的规定。

表 7.1 柱栓安装允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
		范围	点数	
直顺度	≤5	每 20m	1	用 20m 线和钢尺量
平面偏位	≤4	每 20m	1	用经纬仪和钢尺量测
预埋件位置	≤5	每件	2	用经纬仪和钢尺量测 (发生时)
断面尺寸	±5	每 20m	1	用钢尺量
相邻高差	3	抽查 20%	1	用钢板尺和钢尺量
缝宽	±3	每 20m	1	用钢尺量

#### 7.2 磷石膏园艺制品

可在步行街、公园等位置设置磷石膏混凝土制作的石桌石凳、长条座椅,供行人休息、娱乐;设置磷石膏混凝土制作的仿木果皮箱,方便城市卫生管理;设置磷石膏混凝土制作的仿木花箱,

美化城市环境；设置磷石膏混凝土制作的仿木护栏，保护人们安全出行。

### 7.3 磷石膏 U 形槽

**7.3.1** 排水工程中，排水边沟可用预制 U 形槽拼接而成，可大幅提高施工效率，节省工期。常用 U 形槽尺寸有 500\*500,700\*700mm。

**7.3.2** 槽管内、外表面应光洁、无粘皮、麻面、蜂窝、塌落、空鼓、孔洞等。内外表面不允许有裂痕、内拐角宜做成圆角，混凝土强度不应低于 C30。

**7.3.3** 沟槽地基承载力应符合设计要求。预制 U 形槽强度应符合设计要求，沟底应平整，无反坡、凹兜，与其他排水构筑物衔接顺畅。

### 7.4 装配式围墙

装配式围墙主要形式有预制混凝土柱+预制墙板实体围墙、型钢柱+预制墙板实体围墙。因其立柱与基础成框架结构，抗震性能好；工厂统一化生产，表面颜色一致，无需二次装饰，外形较传统砖砌围墙更为美观；安装简便，施工工期快。

## 附录一：参考文件、规范

下列标准凡不注明日期的引用文件，其最新版本适用于本技术导则。

### 1. 参考文件

《关于在建设领域推广应用磷石膏综合利用产品的通知》宜市住建文【2017】111号

《宜昌市磷石膏综合利用三年行动计划(2018-2020年)》宜府办发【2018】39号文

《关于促进磷石膏综合利用的意见》宜府办发【2018】40号文

《宜昌市建设领域磷石膏综合利用奖励办法（试行）》宜市住建文【2018】85号

《关于加强磷石膏建材推广应用工作的通知》宜府办发【2020】25号文

《全市水利高质量发展行动计划》宜水【2018】26号文

### 2. 参考规范、图集

《制品用过硫磷石膏矿渣水泥混凝土》JC/T 2391-2017

《磷石膏》GB/T 23456

《建筑材料放射性核素限量》GB 6566

《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046

《硅酸盐水泥熟料》GB/T 21372

《通用硅酸盐水泥》GB 175

《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥》GB 1344

《混凝土外加剂》GB 8076

《普通混凝土用砂石质量及检验方法标准》JGJ 52

《混凝土用水标准》JGJ 63

《普通混凝土长期性能和耐久性实验方法》GBJ82

《混凝土路缘石》JC/T 899-2016

《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ1-2008

《无障碍设计规范》GB 50763-2012

《混凝土路面砖》GB 28635-2012

《透水砖路面技术规程》CJJ/T 188-2012

《城市道路-人行道铺砌》15MR203

《市政公用工程细部构造做法》17ZZ04

《河道整治设计规范》GB 50707-2011

《堤防工程设计规范》GB 50286-2013

## 附录二：相关磷石膏基混凝土制品样式

### 1. 磷石膏侧平石



一般段立缘石



高度渐变立缘石



弧形立缘石

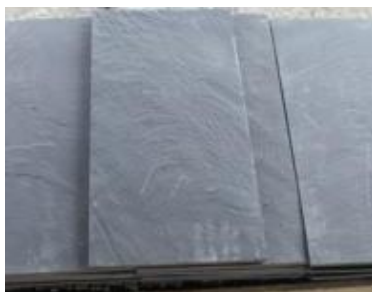


平石

## 2. 磷石膏路面砖



人行道面砖



仿青石面砖



“井”字形植草砖

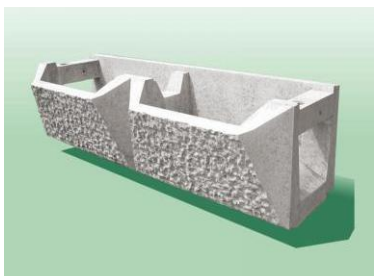


双“8”字形植草砖

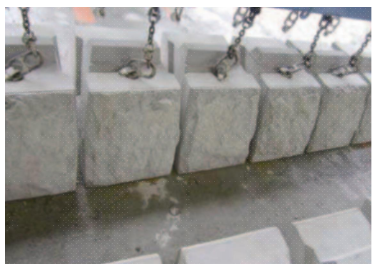
### 3. 磷石膏生态护坡



阶梯式生态护坡



植草式生态护坡



生态石挡土墙护坡



平铺式生态护坡



格构式挡土墙护坡

#### 4. 磷石膏路面砖



石桌石凳



仿木果皮箱



仿木花箱



仿木护栏



排水U形槽



装配式围墙