

# 适用于热带地区的大体积生态混凝土及其施工方法

韩呈林<sup>1</sup> 徐广松<sup>2</sup> 王思文<sup>2</sup>

1 南京市江宁区江宁街道水务管理服务站, 江苏南京, 211100;

2 南京长山建设有限公司, 江苏南京, 211500;

**摘要:**一种适用于热带地区的大体积生态混凝土及其施工方法。所述大体积生态混凝土由磷石膏基生态胶凝材料、相变材料管道、水、中砂、碎石、外加剂和水组成, 以1份磷石膏基生态胶凝材料为基准, 中砂的用量为1.2~3.5份, 碎石的用量为1.5~5份, 水灰比为0.25~0.5, 相变材料管道的用量为磷石膏基生态胶凝材料重量的5~15%, 外加剂的掺量为磷石膏基生态胶凝材料重量的1.5~2.5%。本方法所述大体积生态混凝土能有效降低初期水化放热量, 控制水化温升, 减少后期温度下降引起的结构性裂缝, 保证结构安全; 混凝土制作制备工艺简单, 创造经济价值的同时, 又节能环保。

**关键词:** 热带地区; 大体积; 生态混凝土; 施工方法

**DOI:** 10.69979/3060-8767.26.04.053

## 1 背景技术

在“一带一路”战略提出后, 国内建筑行业在沿线国家的海外业务大幅上扬。各地区国家所采用的标准、建筑结构服役环境以及当地原材料的不同, 是开发当地建筑市场主要的技术难点。针对热带海洋气候, 全年温度 $27^{\circ}\text{C}\sim 36^{\circ}\text{C}$ , 日照时间长, 太阳辐射强, 该服役环境下, 混凝土温升、结构防开裂措施更加需要重视, 尤其是大体积混凝土结构工程。

大体积混凝土水泥水化初期会释放出大量的水化热, 从而易引起结构膨胀变形, 水化温升裂缝, 在后期, 混凝土温度逐渐下降且伴随着收缩, 体积变形会产生较大的拉应力。一旦拉应力超过混凝土抗拉强度, 结构将产生裂缝。同时, 也为了防止钙矾石的后期延迟膨胀破坏, 施工过程往往也会对混凝土温度控制提出更为严格的要求。

## 2 技术方案

提供一种适用于热带地区的大体积生态混凝土及其施工方法。

一种适用于热带地区的大体积生态混凝土, 由磷石膏基生态胶凝材料、相变材料管道、中砂、碎石、外加剂和水组成, 以1份磷石膏基生态胶凝材料为基准, 中砂的用量为1.5~2.5份, 碎石的用量为1.8~2.8份, 水灰比为0.3~0.4, 相变材料管道的用量为磷石膏基生态

胶凝材料重量的5~15%, 外加剂的掺量为磷石膏基生态胶凝材料重量的1.5~2.5%。

上述方案中, 所述相变材料管道是由癸酸、月桂酸、肉豆蔻酸棕榈酸和硬脂酸复配而成, 各组分按重量份数计为: 癸酸5~20份、月桂酸20~40份、肉豆蔻酸10~30份、棕榈酸10~20份、硬脂酸5~20份。

上述方案中, 所述相变材料管道的熔点在 $40\sim 60^{\circ}\text{C}$ 之间。

上述方案中, 所述磷石膏基生态胶凝材料是由复合矿渣粉、复合水泥和改性磷石膏复配而成, 各组分按重量份数计为: 复合矿渣粉45~80份、复合水泥10~30份、改性磷石膏10~25份。

上述方案中, 所述改性磷石膏通过如下方法改性得到: 将磷石膏晾干或者烘干至含水率15~30%, 然后按照磷石膏: 碱的重量比为95:5的比例复合, 搅拌均匀后, 陈化1~2天, 得到改性磷石膏。

上述方案中, 所述复合水泥是由快硬铝酸盐水泥与普通硅酸盐水泥按重量比1:1~1:2复合而成、或者由高铝水泥与普通硅酸盐水泥按重量比1:1~1:2复合而成。

上述方案中, 所述复合矿渣粉是由高锰矿渣、高钛矿渣与粒化高炉矿渣按重量比为1:1:2~5复配而成。

上述方案中, 所述高锰矿渣的MnO含量为2~10%, 所述高钛矿渣的TiO<sub>2</sub>含量为5~25%。

上述方案中,所述复合矿渣粉的比表面积为400~500m<sup>2</sup>/kg。

上述方案中,所述中砂的粒径为5~25mm。

上述适用于热带地区的大体积生态混凝土的施工方法,包括如下步骤:

(1)取磷石膏基生态胶凝材料、水、砂、石和外加剂混合均匀,

(2)将相变材料管道呈竖状、曲线形均匀分布在混凝土待浇筑部位,

(3)浇筑过程中控制混凝土入模温度≤30℃,混凝土到达现场坍落度180-280mm;混凝土凝结时间控制:初凝时间10±3h,终凝时间12±4h。

### 3 附图说明

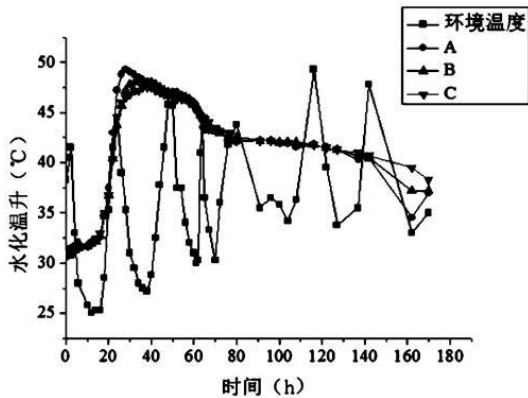


图1为以实施例3中所述的组分配方制备所得适用于热带地区的C50大体积生态混凝土的水化温升情况,其中A1、B1、C1为各样品试块。

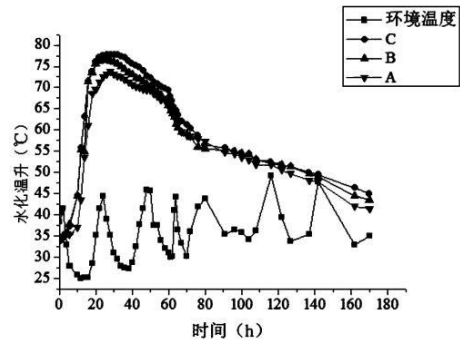


图2为以对比比例中所述组分配方制备所得普硅水泥C50混凝土的水化温升情况,其中A、B、C为各样品试块。

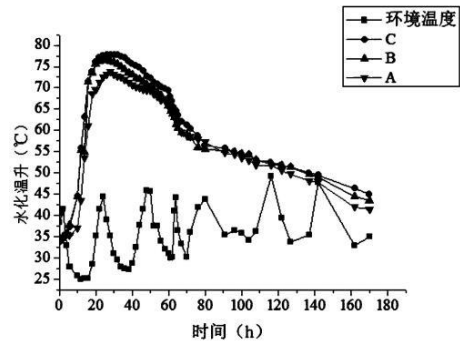


图3为同强度等级C50混凝土水化温升对比曲线,其中1为本方法所述适用于热带地区的大体积生态混凝土的水化温升情况;2为普硅水泥C50混凝土的水化温升情况。

### 4 具体实施方式

#### 实施例1~3

一种适用于热带地区的大体积生态混凝土,由磷石膏基生态胶凝材料、相变材料管道、水、中砂、碎石、外加剂(减水剂)和水组成,各组分配比如表1所示,其中相变材料管道的各组分配比如表2所示,磷石膏基生态胶凝材料的各组分配比如表3所示。

表1 大体积生态混凝土各组分配比

实施例	强度等级	材料用量/kg					
		磷石膏基生态胶凝材料	碎石	中砂	水	减水剂	相变材料管道
1	C30	340	1100	800	150	6.1	40
2	C40	420	1070	750	146	7.6	50
3	C50	500	1040	730	143	9.1	72

\*所述中砂的粒径为5~25mm。

表2 相变材料管道各组分配比及熔点数值

实施例	材料用量/KN					熔点/℃
	葵酸	月硅酸	肉豆蔻酸	棕榈酸	硬脂酸	
1	5	27	30	20	18	54
2	20	35	10	15	20	52
3	15	40	25	15	5	46

表 3 磷石膏基生态胶凝材料各组分分配比

实施例	材料用量/kg		
	复合矿渣粉	复合水泥	改性磷石膏
1	45	30	25
2	80	10	10
3	60	20	20

其中实施例 1 中高锰矿渣、高钛矿渣与粒化高炉矿渣的比例为 1:1:3，高铝水泥与普通硅酸盐水泥的比例为 1:1；实施例 2 中高锰矿渣、高钛矿渣与粒化高炉矿渣的比例为 1:1:4，高铝水泥与普通硅酸盐水泥的比例为 1:1.5；实施例 3 中高锰矿渣、高钛矿渣与粒化高炉矿渣的比例为 1:1:5，高铝水泥与普通硅酸盐水泥的比例为 1:2。

实施例 1~3 中所述改性磷石膏通过如下方法改性得到：磷石膏通过浮选方式，晾干或者烘干至含水率 15~30%，然后按照磷石膏：碱的重量比为 95:5 的比例复合，搅拌均匀后，陈化 1~2 天，得到改性磷石膏；

所述碱选自 NaOH、KOH、Ca(OH)<sub>2</sub> 等。

实施例 1~3 中所述高锰矿渣的 MnO 含量为 2~10%，所述高钛矿渣的 TiO<sub>2</sub> 含量为 5~25%。

实施例 1~3 中所述复合矿渣粉的比表面积为 400~500m<sup>2</sup>/kg。

实施例 1~3 所述适用于热带地区的大体积生态混凝土的施工方法为：(1)取磷石膏基生态胶凝材料、水、砂、石和外加剂混合均匀，(2)将相变材料管道呈竖状、曲线形均匀分布在混凝土待浇筑部位，(3)浇筑过程中控制混凝土入模温度≤30℃，混凝土到达现场坍落度 180~280mm；混凝土凝结时间控制：初凝时间 10±3h，终凝时间 12±4h。

对比例中所述混凝土由普通硅酸盐水泥、矿粉、粉煤灰、碎石、中砂、水和减水剂组成，各组分分配比如表 4 所示，所述混凝土的施工方式为：将各组分原料混合均匀后，在混凝土搅拌站搅拌均匀后，由罐车运输至带浇筑部位。

表 4 对比例混凝土的各组分分配比

编号	强度等级	材料用量/kg						
		普通硅酸盐水泥	矿粉	粉煤灰	碎石	中砂	水	减水剂
对比例	C50	360	70	70	1040	730	143	1.82%

本方法中实施例 1~3 所述适用于热带地区的大体积生态混凝土以及对比例中所述混凝土在常温养护条件下不同龄期的抗压强度如表 5 所示，表 5 的结果表明，

实施例 1~3 所述适用于热带地区的大体积生态混凝土符合各项物理、力学性能要求。

表 5 不同养护条件下不同体系不同龄期的大体积生态混凝土抗压强度(MPa)

抗压强度	龄期 (d)	常温养护				
		3 天	7 天	28 天	56 天	365 天
实施例 1 (MPa)		20.15	25.33	34.70	35.80	41.50
实施例 2 (MPa)		26.73	35.21	38.70	48.43	49.34
实施例 3 (MPa)		35.26	41.56	51.20	54.50	64.60
对比例 (MPa)		51.1	62.67	65.30	67.10	68.00

图 1 是以实施例 3 中所述的组分配方制备所得适用于热带地区的 C50 大体积生态混凝土的各样品的水化温升情况。

图 2 是以对比例中所述组分配方制备所得普硅水泥 C50 混凝土的水化温升情况。

图 3 是同强度等级 C50 大体积生态混凝土与 C50 大体积生态混凝土水化温升对比曲线

其中，测温点的布置为在 2m<sup>3</sup> 的大体积混凝土试块中心 A、距离上表面四分之一位置 B 以及距离下表面四分之一位置 C 预埋温度测定的金属探头，每隔两个小

时读取一次温度数据，接近峰值时，每隔 1 小时读取温度数据一次，测量所得。

从图 1~图 3 曲线的发展趋势可以看出，两种混凝土体系在早期的水化温升发展比较类似，随着时间的推移，水泥水化的深化，混凝土内部的水化温升迅速增加达到一个峰值然后降低的趋势，这是大体积混凝土容易产生温度裂缝的关键阶段。图 3 为两种大体积混凝土测定平均值的水化温升情况对比，从图中可知，对于 C50 标号的混凝土，按照本方法制备的 C50 大体积生态混凝土水化温升远远低于对比例中普通硅酸盐水泥体系，对

比例中所述大体积混凝土的最高温度达到了 78℃,而本方法中所述大体积混凝土的最高温度为 49.5℃,两者峰值相差 28.5℃;总放热量也大大降低。这说明本方法所述大体积混凝土在减少裂缝控制方面具有明显优势。

## 5 有益效果

1、磷石膏基生态胶凝材料是一种负荷绿色发展生态水泥,采用复合矿渣粉、复合水泥和改性磷石膏复配形成,其中复合矿渣粉是以磷石膏、高钛矿渣、粒化高炉矿渣等废渣为原料复配而成,所述胶凝材料中水泥熟料的用量较低,废渣的利用率非常高,废渣来源丰富、原材料成本低;

2、大体积生态混凝土中,控制相变材料管道的熔点在 40~60℃之间,有利于控制大体积混凝土的水化温升,同时,更能激发复合矿渣粉的水化活性;

3、大体积生态混凝土能有效降低减少初期水化放

热量,控制水化温升,减少后期温度下降引起的结构性裂缝,保证结构安全;

4、制备工艺简单,创造经济价值的同时,又节能环保。

## 参考文献

- [1]张雷.港口航道整治工程中的大体积混凝土护坡施工技术[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2022(4).
- [2]李晓坚.水工大体积混凝土性能及施工方法介绍[J].山西水利,2009,25(1):2. DOI:10.3969/j.issn.1004-7042.2009.01.043.
- [3]张昕怡,陆一青.水利枢纽工程大体积混凝土底板施工的质量控制[J].江苏水利,2012,000(012):21-22. DOI:CNKI:SUN:LSSL.0.2012-12-013.
- [4]刘宁波,袁超,周清忘.生态库区水中承台施工关键技术研究[J].建筑技术,2025,56(5):565-569.