

# 防辐射混凝土粗骨料选择及试验研究

梁吉哲

辽宁省环保集团辐洁生态环境有限公司

**摘要：**本研究对防辐射混凝土粗骨料进行选择研究，对铅锌矿废弃原矿石进行密度、压碎值、成分等进行试验分析，选择粗骨料。试验表明铅锌矿表层废矿石成分白云石，可以作为防辐射混凝土的粗骨料。

**关键词：**防辐射混凝土；骨料；密度；压碎值；碱性活性

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2021.24.055

## 一、概述

随着辐射技术的发展，人类认识辐射和利用辐射技术的能力不断的提高。但辐射技术是一把双刃剑，在享受这些便利的时候，往往伴随着对周围环境的污染以及对人体的危害。辐射主要分为电离辐射和电磁辐射两种。电离辐射是指一切能引起物质电离的辐射总称，其中我们最熟悉的是X射线、 $\gamma$ 射线的辐射。电磁辐射是指电场和磁场的交互变化产生的向四周扩散的电磁波，如广播电视台发射设备的辐射<sup>[1]</sup>。

辐射超过一定剂量将对环境和人体产生危害，导致辐射污染。混凝土屏蔽技术是降低辐射污染的有效途径。

防辐射混凝土作为 $\gamma$ 射线的防护屏障应用十分广泛。Iman M.Nikbin<sup>[2]</sup>在当前的研究中，采用磁铁矿作为主要骨料，添加氧化钛纳米颗粒，经过对机械性能和辐射性能研究。发现添加8%的氧化钛纳米粒子中试样的辐射屏蔽性能显著。

在研究降低中子和伽马射线辐射的课题中，Muhammad Khairi Azri Roslana<sup>[3]</sup>等研究表明以硼铁合金取代花岗岩骨料，随着取代比例不同，辐射防护性能不同，随着硼铁的增加，辐射性能增强，和易性和密度分别降低和增强。

尉中华<sup>[4]</sup>从重晶石混凝土的技术要求原材料选择出发，研究了重晶石混凝土配合比设计中容易出现的技术难点，经过多次试验，配比出最佳重晶石C35混凝土配比，并且在工程中得到成功应用。

王晶<sup>[5]</sup>等研究了利用铁矿石和重晶石配制的不同强度等级防辐射混凝土，对抗水渗透性能、抗氯离子渗透性能、抗碳化性能、抗冻性能和早期收缩性能相同水胶比参数条件下不同骨料防辐射混凝土的对比。

本研究筛选铅锌矿废弃原矿石，分析废弃矿石主要成分，硬度以及其他指标。选择一种合适的粗骨料作为防辐射混凝土的主要成分。以达到经济环保和防辐射效果。

## 二、试验

### (一) 试验仪器设备

(1) 主要试验仪器见表1

表1 混凝土力学性能试验仪表

测量项目	仪器名称	规格型号
表观密度试验	容量筒	5L
砂子筛分析	标准筛	/
骨料强度	压碎值测定仪	/

### (二) 试验材料

试验材料为铅锌矿的废弃原矿石。产地为辽宁省铁岭开原市，所采用的废原矿石为此地铅锌矿表层矿石。

### 三、粗骨料的选择试验

#### (一) 表观密度试验

根据表观密度试验，测得低贫铅锌矿石表观密度为3000kg/m<sup>3</sup>。

#### (二) 压碎值指标试验

对废弃铅锌矿原矿石进行压碎值指标试验，测得压碎值为13.8%。根据《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ52要求（见表4.3），本项目所购低贫铅锌矿可以满足C35以下混凝土的制备。

表4.3 碎石的压碎值指标

岩石品种	混凝土强度等级	碎石压碎指标%
沉积岩	C60-C40	≤10
	≤C35	≤16
变质岩或深成火成岩	C60-C40	≤12
	≤C35	≤20
喷出的火成岩	C60-C40	≤13
	≤C35	≤30

### (三) 粗骨料的筛选

本课题选用的废弃铅锌矿原矿石由两种矿石组成，图1左侧的颜色较深，为深灰色，见图1，右侧的石子颜色较浅，为浅灰色。其中颜色较深石子占总石子量小于1%，即每袋石子中含有3-5块颜色较深石子，采用X射线衍射分析仪（XRD）对铅锌废弃原矿石的两种矿石进行了分析，分别见图1。



图1 铅锌废弃原矿石图

#### (四) 粗骨料X射线衍射成分分析

##### (1) X射线衍射过程

本试验是利用X射线在铅锌废弃原矿石中的两种石子，浅色石子和深色石子的衍射效应进行物质结构分析，即X射线衍射分析(XRD)过程。每一种浅色石子和深色石子由于组成成分不同都有特定的晶体结构，而形成固定的波峰。通过测定衍射角位置(峰位)可以进行本次试验的定性分析，测定谱线的积分强度(峰强度)可以进行本次试验定量分析，而测定谱线强度随角度的变化关系可进行本次实验晶粒的大小和形状的检测。

##### (2) X射线衍射分析

本课题对颜色较浅石子进行X射线衍射分析，分析图1为颜色较浅石子的XRD图谱，经分析得出废弃铅锌原矿石浅色石子主要成分为白云石( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ )、锌钙白云石( $\text{CaZn}(\text{CO}_3)_2$ )以及铁白云石( $\text{Ca}(\text{Fe}, \text{Mg})(\text{CO}_3)_2$ )，一般情况下此类矿物无碱活性，可以作为粗骨料。

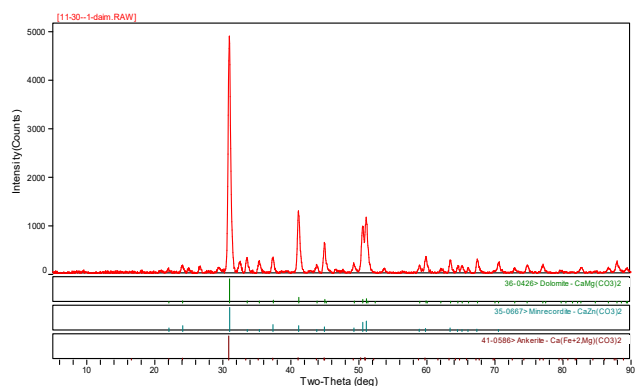


图1 颜色较深浅石子的XRD图谱

本课题对颜色较深石子进行X射线衍射分析，分析图2为颜色较深石子的XRD图谱，

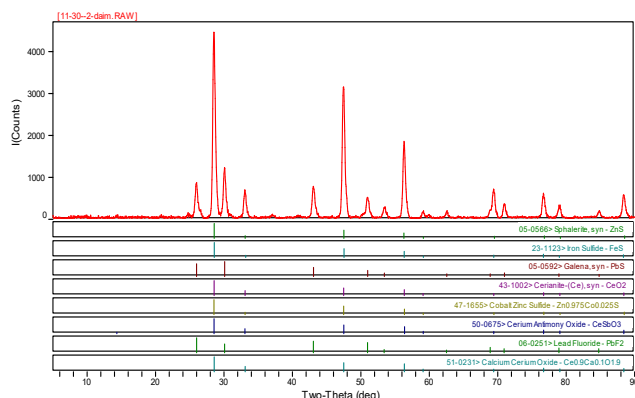


图2 颜色较深石子的XRD图谱

经分析得出废弃铅锌原矿石深色石子主要成分为闪锌矿( $\text{ZnS}$ )、硫化亚铁( $\text{FeS}$ )、方铅矿( $\text{PbS}$ )、方铈矿( $\text{CeO}$ )、硫化钴锌( $\text{Zn}_{0.975}\text{Co}_{0.025}\text{S}$ )、氧化铈锑( $\text{CeSbO}_3$ )、氟化铅( $\text{PbF}_2$ )、氧化铈钙( $\text{Ce}_{0.9}\text{Ca}_{0.1}\text{O}_{1.19}$ )，可以判断颜色较深石子为废弃原矿石中残留的铅、锌、硫、铈、锑、氟等成分。

由于铅锌矿石中含有较多的硫化物，混凝土中的硫化物易与还原剂发生氧化反应，形成硫酸盐。混凝土的硫酸盐侵蚀是一个复杂的物理化学过程，硫酸根与水泥石中的氢氧化钙和水化铝酸钙反应生成钙矾石(三硫型水化硫铝酸钙)；如果硫酸盐浓度较高时，而且还会有石膏结晶析出，形成石膏；同时硫酸镁作用下发生化学反应，二者作用加倍，形成双重复合侵蚀。硫酸盐侵蚀的危害会造成混凝土膨胀、开裂、剥落等现象，导致混凝土丧失强度和黏度，降低耐久性，所以硫化物含量较高将影响混凝土性能。

由于颜色较深石子作为骨料存在潜在的混凝土硫酸盐腐蚀，影响耐久性，所以本试验采用颜色较浅的废弃铅锌原矿石作为防辐射混凝土粗骨料。

#### 结论

经试验分析，废弃铅锌矿表层矿石成分为白云石，颜色为浅灰色，密度指标为 $3000\text{kg}/\text{m}^3$ ，压碎指标为13.8%，可以做防辐射混凝土的粗骨料材料。

#### 参考文献

- [1]胡荣光,莫仲荣.辐射污染现状及其对环境的危害.地学论坛.2018, 168(10):90-91.
- [2]李利娜,孙润军,陈美玉,唐琪,等.辐射防护材料的研究进展.合成纤维, 2019, 48(10):21~23.
- [3]Iman M.Nikbin, Raza Mohebbi, Soudabeh Dezhampanah, Sadegh Mehdipour, Reza Mohammadib, Tahmores Nejat.Gammaray shielding properties of heavy weight concrete containing NanoTiO<sub>2</sub>. Radiation Physics and Chemistry.2019, 162: 157-167.
- [4]Muhammad Khairi Azri Roslana, Mohammad Ismail, Ahmad Beng Hong Kueh, Muhammad Rawi Mohamed Zin.heavy density concrete:Exploring Ferroboron effects inneutron and gammaradiation shielding.Construction and Building Materials.2019, 215:718-725.
- [5]尉中华.重晶石混凝土配合比设计及应用.福建建材.工程应用.2018:50-52.
- [6]王晶.防辐射混凝土的耐久性能研究.建材世界.2020, 1(40):4-8.