**中华人民共和国建材行业标准**

**《精炼镍铁渣应用技术规范》**

**编制说明**

**（报批稿）**

**（本稿完成日期：2025年02月27日）**

**标准编制组**

**二〇二五年 二月**

**目 录**

[1 工作概况 1](#_Toc2213)

[1.1 任务来源 1](#_Toc28576)

[1.2 任务背景 1](#_Toc10030)

[1.3 工作过程 2](#_Toc5749)

[1.4 标准起草单位 3](#_Toc13440)

[2 标准制定原则和主要内容 3](#_Toc19883)

[2.1 标准制定原则 3](#_Toc17268)

[2.2 标准主要内容 3](#_Toc3246)

[3 主要实验验证情况分析 10](#_Toc9710)

[3.1 样品征集情况 10](#_Toc23888)

[3.2 验证试验结果分析 10](#_Toc18425)

[4 标准中涉及的专利 13](#_Toc18179)

[5 产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果等情况 13](#_Toc30849)

[6 采用国际标准和国外先进标准情况 14](#_Toc21800)

[7 与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调性 15](#_Toc13569)

[8 重大分歧意见的处理经过和依据 15](#_Toc6266)

[9 标准性质的建议说明 15](#_Toc30640)

[10 贯彻标准的要求和措施建议 15](#_Toc17691)

[11 废止现行相关标准的建议 15](#_Toc17382)

[12 其它应予说明的事项 15](#_Toc22995)

**《精炼镍铁渣应用技术规范》**

**编制说明**

# 1 工作概况

## 1.1 任务来源

工业和信息化部办公厅发布《工业和信息化部办公厅关于印发2022年第三批行业标准制修订和外文版项目计划的通知》【工信厅科〔2022〕312号】，《精炼镍铁渣应用技术规范》国家建材行业标准被批准立项，计划号为2022-2040T-JC《精炼镍铁渣应用技术规范》，由福建省建筑科学研究院有限责任公司负责该标准的编制工作，由中国建筑材料联合会归口。

## 1.2 任务背景

我国作为一个镍储量较丰富的国家，镍资源占全球总储量9％左右，位居世界第四。随着我国镍产量的逐年增加，镍渣的排放量也急剧增加。镍渣是金属镍和镍合金在冶炼过程中产生的一种固体工业废弃物，即在金属镍冶炼过程中所形成的以SiO2，Fe2O3，CaO，MgO，Al2O3等氧化物为主要化学成分的高温熔融物再经水淬后形成的粒化炉渣。据统计，平均每生产1吨镍可产生10~16吨镍渣。加之目前我国的镍渣利用率较低，一般处置方法为堆置在露天渣场或者填埋，在占用大量土地的同时，其本身所含有的重金属对土地及地下水环境还造成了极大的环境污染。据不完全统计，福建地区的青拓集团有限公司、福建联德企业有限公司（台资）、福建鼎信实业有限公司以及福建罗源宝钢德盛镍业有限公司等镍合金、不锈钢生产企业，年均镍渣的排放量都在300万吨以上。镍渣的大量排放和堆积对宁德、罗源湾地区的周边环境造成了严重的水污染、土壤污染等。目前，福建联德、福建鼎信、宝钢德胜镍业的产业和产能都在不断扩大，将会产生更多的废镍渣，因此，废镍渣的有效处置和资源再利用将成为一个亟待解决的环保问题。

近年来，国内外对废弃镍渣的的资源化利用进行了一系列的研究，并取得了一定的研究成果，但多集中于电炉镍铁渣和高炉镍铁渣，主要存在于以下几个方面：（1）利用镍渣生产建材及制品，例如利用镍渣生产水泥、建筑砌块及井下充填材料等；（2）制备建筑用微晶玻璃，例如微晶玻璃装饰板等；（3）从镍渣中提取有用元素，例如提取Fe、Ni等金属。精炼镍铁渣排放量约占镍渣总量的(55~65)%，而我国精炼镍铁渣的年排放量已经超过1600万吨。精炼镍铁渣不仅易磨性差、成分复杂，同时活性也较低，因此处理效果并不明显。随着技术进步，通过控制精炼镍铁渣的品质和掺入比例，能够在保证混凝土、砂浆、混凝土砖和砌块性能的前提下，实现精炼的资源化利用，同时缓解优质矿物掺合料资源匮乏的问题，具有优异的社会与经济效益。同时还能解决废弃镍渣对周边环境的影响，具有很好的社会与经济效益。

目前该技术在国内有一定范围的研究和应用，如福建省建筑科学研究院有限责任公司、中国建筑科学研究院、同济大学、福州大学、西安建筑科技大学等科研院所，相关的研究表明磨细后的镍铁渣粉在经过一定处理后可以作为掺合料用于水泥和混凝土工程中，并在实际工程中进行了应用。

## 1.3 工作过程

（1）2022年12月至2023年06月，任务下达后，标准负责起草单位——福建省建筑科学研究院有限责任公司首先着手对标准的国内外情况进行调研，前往广东、罗源、宁德、山东、江苏、甘肃等地调研相关企业的产品情况。与此同时，标准编制组着手进行样品的征集工作，广泛收集国内精炼镍铁渣样品，进行前期试验验证。期间，发函征集参加标准制定的单位，提出标准制定工作计划。

（2）2023年10月，建材行业标准《精炼镍铁渣应用技术规范》标准编制启动会在福建省福州市召开，会议成立了标准编制组，并召开了标准编制组第一次工作会议。来自全国不同地区的有关领导、科研院所、设计单位、生产企业和施工企业等代表参加了本次标准会议。

会议期间，标准编制组成员进行了四个方面的工作：①负责起草单位提出并介绍标准的编制计划；②讨论标准初稿主要内容；③讨论标准编制的任务分工，确定各单位的工作内容；④制定标准编制的进度计划。

（3）2024年6月，标准编制组第二次工作会议在福建省福州市召开，标准编制组总结了第一次会议以来的各项工作进展，然后对标准讨论稿逐章逐节展开讨论，形成了《精炼镍铁渣应用技术规范》编制说明和征求意见稿（草案）。

（4）2025年2月，在福建省福州市召开标准编制组第三次工作会议，各参编单位参加了本次会议，对内部征求的反馈意见逐条进行阅读和讨论。综合各成员的意见和建议，经标准编制组充分讨论，形成了《精炼镍铁渣应用技术规范》（征求意见稿）。

## 1.4 标准起草单位

本标准起草单位：福建省建筑科学研究院有限责任公司、中海（海洋）厦门市政发展有限公司、三明市沙县区建设工程质量安全服务站、福建森正建设集团有限公司、阳江市大地环保建材有限公司、华南理工大学、江西建材工业设计研究院、福安市青拓环保建材有限公司、连云港港乐新型建材有限公司、福建理工大学、福建省建福工程管理有限公司、福建省爱善环保集团有限公司。

# 2 标准制定原则和主要内容

## 2.1 标准制定原则

本标准依据《工程建设标准编写规定》（建标[2008]182号）规则和有关标准进行编制。标准的编制过程，采用积极吸纳国内外先进标准的原则，做到技术创新原则、与其他标准协调性原则、标准文本规范性适用性原则、突出产品技术性原则。编制组查阅了大量的国内外相关标准，在现有标准的基础上，针对精炼镍铁渣特有的性能，以试验结果和工程实践经验为依据，提出精炼镍铁渣相关产品的材料、设计、施工、质量验收的技术要点与依据。

## 2.2 标准主要内容

**1 总则**

该章节规定了本规范的目的、适用范围和与国家现行标准相协调的问题。为规范精炼镍铁渣在市场中的应用，对精炼镍铁渣的性能、设计、施工与质量验收等开展系统研究，填补建筑行业中精炼镍铁渣产品在胶凝材料应用中的技术研究与应用空白，为精炼镍铁渣在建筑中的推广应用提供技术支持及理论依据制定本规范。本规范适用于采用精炼镍铁渣作为胶凝材料的混凝土、砂浆、砖和砌块的设计、施工和质量验收。精炼镍铁渣及其相关产品除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

**2 术语**

术语和定义是对标准中有关名词的释义。本标准涉及的主要术语相关标准中已有详细的说明和解释，例如安定性、活性指数与流动度比等，在本规范中就不再重复罗列。

由于本规范中规定的四条术语，在相关术语标准中没有专门的定义和解释，本标准对其进行了定义和说明，以便于使用者更好的理解和使用。

（1）精炼镍铁渣（ferro-nickel slag）

该术语根据精炼镍铁渣的生产工艺，参考现行行业标准《钢铁渣及处理利用术语》YB/T 804给出相关定义。精炼镍铁渣为镍铁水精炼过程中产生的渣，经过水洗、粉磨选金属处理后得到的废渣。

（2）精炼镍铁渣粉（ferro-nickel slag powder）

该术语根据精炼镍铁渣粉的生产工艺，参考现行国家标准《用于水泥和混凝土中的精炼渣粉》GB/T 3381给出相关定义。精炼镍铁渣粉是以精炼镍铁渣为主要原料，按一定比例掺入粒化高炉矿渣、电炉渣、适量石膏和助磨剂等粉磨至规定细度的粉体材料。

（3）精炼镍铁渣粉混凝土（ferro-nickel slag powder concrete）

该术语参考现行国家标准《钢铁渣粉混凝土应用技术规范》GB/T 50912给出相关定义。精炼镍铁渣粉混凝土是以精炼镍铁渣粉为主要掺合料制备的混凝土。

（4）精炼镍铁渣粉砂浆（ferro-nickel slag powder mortar）

该术语参考现行国家标准《钢铁渣粉混凝土应用技术规范》GB/T 50912给出相关定义。精炼镍铁渣粉砂浆以精炼镍铁渣粉为主要掺合料制备的砂浆。

**3 基本规定**

本章规定了精炼镍铁渣在工程应用上的通用性要求。

3.0.1条款 胶凝材料的体积稳定性和金属铁含量对其使用安定性和耐久性有较大影响，本条文参考现行国家标准《钢渣应用技术要求》GB/T 32546对精炼镍铁渣的金属铁含量和体积稳定性制定相关规定。

3.0.2条款 精炼镍铁渣因原材料、生产工艺等不同而性能不同，本规范规定的精炼镍铁渣主要作为胶凝材料用于建设工程中，精炼镍铁渣的选择应选择满足用作掺合料的性能要求。

3.0.3～3.0.4条款 精炼镍铁渣使用涉及到室内，精炼镍铁渣不得造室内环境污染，不应对人体、生物与环境造成有害的影响，同时应符合现行相关法规、标准中有关安全、环保与职业健康的规定。

**4 材料**

4.1.1条款 编制组调研、查阅了相关国内外的标准，同时根据几年来精炼镍铁渣的性能测试、分析，决定以JC/T 2503-2019《用于水泥和混凝土中的镍铁渣粉》、GB/T 33813-2017《用于水泥和混凝土中的精炼渣粉》、JG/T 486-2015《混凝土用复合掺合料》等标准为依据制定本规范并验证。标准制定过程中通过召开工作会议、组群讨论、赴生产企业实地调研、验证试验结果分析等多种形式，最终确定了本标准的各项技术指标要求。

表4.1.1 精炼镍铁渣粉性能指标和试验方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 性能指标 | 试验方法 |
| 密度/(g/cm3) | | ≥2.8 | 《水泥密度测定方法》GB/T 208 |
| 比表面积/(m2/kg) | | ≥400 | 《水泥比表面积测定方法 勃氏法》GB/T 8074 |
| 含水量(质量分数)/% | | ≤1.0 | 《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003 |
| 氯离子含量(质量分数)/% | | ≤0.06 | 《水泥化学分析方法》GB/T 176 |
| 三氧化硫含量(质量分数)/% | | ≤3.0 |
| 活性指数/% | 7d | ≥65 | 《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003 |
| 28d | ≥75 |
| 流动度比/% | | ≥95 |
| 安定性 | 沸煮安定性 | 合格 |
| 压蒸安定性 | 合格 |
| 放射性 | | 合格 | 《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 |

（1）密度和比表面积

精炼镍铁渣本身表面比较光滑，吸附能力较弱，精炼镍铁渣磨细为镍铁渣粉末，其对混凝土和砂浆性能有一定的改善作用，结合试验验证数据分析，参照GB/T 18046-2017《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》中S95级别的矿粉，**最终确定当密度≥2.8g/cm3和比表面积≥400m/kg。**

（2）流动度比

为了综合评定精炼镍铁渣细度、吸水率和吸附性能对混凝土和砂浆拌合物工作性能的影响引入流动度比的指标。参照JC/T 2503-2019《用于水泥和混凝土中的镍铁渣粉》、GB/T 33813-2017《用于水泥和混凝土中的精炼渣粉》、JG/T 486-2015《混凝土用复合掺合料》、GB/T 20491-2017《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》、GB/T 50912-2013《钢铁渣粉混凝土应用技术规范》，**最终确定精炼镍铁渣的流动度比指标设定为≥95%。**

（3）含水量、氯离子含量、三氧化硫含量

氯离子含量和三氧化硫含量本规范直接采用国家标准GB/T 33813-2017《用于水泥和混凝土中的精炼渣粉》的要求。

（4）活性指数

精炼镍铁渣粉的活性指数主要由7d和28d的胶砂强度来确定，是用作胶凝材料的主要指标，结合试验验证数据分析，精炼镍铁渣的活性指数与粒化高炉矿渣粉相比较低，**最终确定精炼镍铁渣粉的活性指数为7d≥70%和28d≥75%，符合GB/T 18046-2017《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》中S95的7d活性指数要求和GB/T 33813-2017《用于水泥和混凝土中的精炼渣粉》中28d活性指数的要求。**

（5）安定性

为防止精炼镍铁渣可能存在的游离氧化钙和游离氧化镁造成安定性不良，为保证工程质量，本标准在编制过程中采用压蒸安定性和沸煮安定性来评定精炼镍铁渣的安定性。参照GB/T 33813-2017《用于水泥和混凝土中的精炼渣粉》GB/T 20491-2017《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》、GB/T 50912-2013《钢铁渣粉混凝土应用技术规范》等标准的相关指标要求**，最终确定采用压蒸安定性指标：“6h压蒸膨胀率≤0.50%”和沸煮安定性合格作为评价指标。**

（7）放射性

为保证精炼镍铁渣在使用过程中不会对人体和环境造成危害，本标准规定精炼镍铁渣的放射性应满足GB 6566-2010《建筑材料放射性核素限量》中建筑主体材料的技术要求。

4.1.2~4.1.3条款 本款规定了精炼镍铁渣粉的检验项目和合格证的相关要求。由于精炼镍铁渣的成分波动较大，且氧化镁含量较高，可能影响精炼镍铁渣粉的安定性，为保证构筑物安全，供货单位应按出厂批次提供压蒸安定性报告。

4.1.4条款 参照现行国家标准《钢渣应用技术要求》GB/T 32546对散装、袋装精炼镍铁渣粉的两种取样方法、取样数量和判定规则作了规定。安定性不良不仅影响结构的耐久性，还可能导致严重的工程事故，对于安定性不合格的精炼镍铁渣粉不得使用。

4.1.5~4.1.6条款 精炼镍铁渣粉储存和运输应符合有关环境保护的规定。

4.2.1~4.2.8条款 根据精炼镍铁渣粉的应用分类，结合相关产品标准要求，规定了其余配套材料的要求。

**5 精炼镍铁渣粉混凝**

5.1 一般规定

炼镍铁渣粉混凝土与普通混凝土应用情况应保持一致，拌合物性能、力学性能、长期性能和耐久性能及其试验方法应分别符合现行国家标准。

5.2 配合比设计

该章节包含了炼镍铁渣粉混凝土的配合比设计、施工与验收要求。炼镍铁渣粉混凝土与普通混凝土应用情况应保持一致，配合比设计、混凝土性能及测试方法、施工与验收要求应分别符合现行国家标准。

精炼镍铁渣产源较多，原材料、工艺及存放时间等对其用作矿物掺合料的性能不同，精炼镍铁渣粉在混凝土中的掺量应通过试验确定。精炼镍铁渣粉的活性较低，对混凝土的早期强度影响较大。根据试验结果，在水胶比大于0.4的情况下，为了满足强度等级的要求，用精炼镍铁渣粉替代硅酸盐水泥的最大掺量不宜大于25%，用精炼镍铁渣粉替代普通硅酸盐水泥的最大掺量不宜大于20%；当水胶比不大于0.4的情况下，可以适当放宽精炼镍铁渣粉的最大掺量，替代硅酸盐水泥的最大掺量不宜大于30%，替代普通硅酸盐水泥的最大掺量不宜大于25%。为方便胶凝材料28d胶砂抗压强度值的计算，经过试验验证，给出了精炼镍铁渣粉影响系数的取值范围。

5.3 施工

精炼镍铁渣粉活性不高，制备的混凝土浇筑完毕后，应及时养护，现场温度较低时应延长养护时间。当现场施工环境较为较差时，应降低精炼镍铁渣粉掺量。高温或高压养护与掺量相关性较大，需试验确定，精炼镍铁渣粉掺量增大时宜延长预养护(静停)时间。

**6 精炼镍铁渣粉砂浆**

6.1 一般规定

精炼镍铁渣粉砂浆应符合国家现行相关标准的规定要求。砂浆的品种及强度等级应按照设计要求选取，同时也应满足标准、设计和施工要求。精炼镍铁渣粉在砂浆中的掺量控制为水泥用量25%以内，具体的掺量应根据实际工程需求和试验结果进行调整，以确保砂浆的性能满足使用要求。

6.2 配合比设计

精炼镍铁渣粉砌筑砂浆的表观密度、保水率、胶凝材料用量参考了《砌筑砂浆配合比设计规程》JGJ/T 98-2010中水泥砂浆的要求；精炼镍铁渣粉抹灰砂浆的表观密度、保水率、胶凝材料用量参考了《抹灰砂浆技术规程》JGJ/T 220-2010中水泥砂浆的要求。

**7 混凝土砖和砌块**

精炼镍铁渣粉可用于制备混凝土砖、混凝土小型砌块，其产品性能应分包符合现行国家标准《轻集料混凝土小型空心砌块》GB/T 8239、《混凝土实心砖》GB/T 21144、《非承重混凝土空心砖》GB/T 24492、《承重混凝土多孔砖》GB/T 25779等的要求。

精炼镍铁渣产源较多，原材料、工艺及存放时间等对其用作矿物掺合料的性能不同，掺量应根据砖或砌块的强度等级、密度等级或其他性能经系统试验确定。

**8 引用标准名录**

本标准在制定过程中主要引用和参考了以下标准：

1 《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》GB 5085.3

2 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080

3 《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081

4 《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107

5 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082

6 《混凝士外加剂应用技术规范》GB 50119

7 《混凝土质量控制标准》GB 50164

8 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204

9 《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203

10 《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210

11 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666

12 《预防混凝土碱骨料反应技术规范》GB/T 50733

13 《砌体结构工程施工规范》GB 50924

14 《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003

15 《通用硅酸盐水泥》GB 175

16 《水泥化学分析方法》GB/T 176

17 《水泥密度测定方法》GB/T 208

18 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596

19 《水泥比表面积测定方法 勃氏法》GB/T 8074

20 《建筑材料放射性核素限量》GB 6566

21 《混凝土外加剂》GB 8076

22 《轻集料混凝土小型空心砌块》GB/T 8239

23 《建设用砂》GB/T 14684

24 《建设用卵石、碎石》GB/T 14685

25 《预拌混凝土》GB/T 14902

26 《轻集料混凝土小型空心砌块》GB/T 15229

27 《轻集料及其试验方法 第1部分：轻集料》GB/T 17431.1

28 《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046

29 《高强高性能混凝土用矿物外加剂》GB/T 18736

30 《混凝土实心砖》GB/T 21144

31 《混凝土膨胀剂》GB/T 23439

32 《非承重混凝土空心砖》GB/T 24492

33 《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176

34 《混凝土和砂浆用再生粗骨料》GB/T 25177

35 《预拌砂浆》GB/T 25181

36 《承重混凝土多孔砖》GB/T 25779

37 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52

38 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55

39 《混凝土用水标准》JGJ 63

40 《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70

41 《砌筑砂浆配合比设计规程》JGJ/T 98-2010

42 《建筑施工冬期施工规程》JGJ/T 104

43 《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193

44 《抹灰砂浆技术规程》JGJ/T 220-2010

45 《预拌砂浆应用技术规程》JGJ/T 223

46 《混凝土和砂浆用天然沸石粉》JG/T 566

47 《混凝土防冻剂》JC/T 475

48 《混凝土用高炉重矿渣碎石》YB/T 4178

49 《钢渣中磁性金属铁含量测定方法》YB/T 4188

在标准制定过程中，还参考借鉴了GB/T 32546《钢渣应用技术要求》、GB/T 33813-2017《用于水泥和混凝土中的精炼渣粉》GB/T 20491-2017《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》、GB/T 50912-2013《钢铁渣粉混凝土应用技术规范》、JG/T 486-2015《混凝土用复合掺合料》、、JC/T 2503-2019《用于水泥和混凝土中的镍铁渣粉》等标准的内容。

# 3 主要实验验证情况分析

## 3.1 样品征集情况

为保证标准项目要求的合理性，标准编制组通过向厂家征集样品、由参编企业提供产品、试验室调试配方等多种途径，共收集了广东、罗源、宁德、山东、江苏、甘肃等地区18组样品，并进行了大量的验证试验。在试验方案设立上，标准编制组本着实事求是、精益求精的精神，在样品选取与处理、试样配置与试件制备、试验方法与处理条件等诸多方面加以论证、补充、细化、完善。

## 3.2 验证试验结果分析

3.2.1 精炼镍铁渣粉性能测试

1 精炼镍铁渣粉活性指数

精炼镍铁渣粉活性指数验证试验结果见表1。对18组样品的活性指数进行统计，7d活性指数≥65%的样本数占78%，28d活性指数≥75%的样本数占83%，活性指数总体合格率为78%。

表1 精炼镍铁渣粉活性指数

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 样本 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 抗压强度/MPa | 7d≥65% | 60 | 71 | 73 | 68 | 64 | 71 | 73 | 76 | 59 |
| 28d≥75% | 71 | 86 | 84 | 77 | 76 | 83 | 85 | 85 | 65 |
| 样本 | | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 抗压强度/MPa | 7d≥65% | 72 | 73 | 71 | 73 | 63 | 73 | 71 | 73 | 75 |
| 28d≥75% | 85 | 80 | 82 | 81 | 72 | 83 | 83 | 81 | 87 |

2 精炼镍铁渣物理性能和放射性

精炼镍铁渣物理性能和放射性试验结果见表2，对检测结果进行统计：密度、沸煮安定性和放射性的合格率为100%，比表面积的合格率为83%，压蒸安定性合格率为72%，流动度比合格率为94%。

表2 精炼镍铁渣物理性能和放射性检测结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 样本 | 密度/(g/cm3) | 比表面积/(m/kg) | 沸煮安定性 | 压蒸安定性/% | 流动度比/% | 放射性 |
| ≥2.8 | ≥400 | 合格 | ≤0.50 | ≥95 | 合格 |
| 1 | 2.94 | 386 | 合格 | 不合格 | 99 | 合格 |
| 2 | 2.86 | 424 | 合格 | 合格 | 97 | 合格 |
| 3 | 2.86 | 423 | 合格 | 合格 | 100 | 合格 |
| 4 | 2.93 | 411 | 合格 | 合格 | 98 | 合格 |
| 5 | 2.97 | 411 | 合格 | 不合格 | 101 | 合格 |
| 6 | 2.96 | 427 | 合格 | 不合格 | 98 | 合格 |
| 7 | 2.88 | 434 | 合格 | 合格 | 96 | 合格 |
| 8 | 2.91 | 427 | 合格 | 合格 | 103 | 合格 |
| 9 | 2.96 | 391 | 合格 | 不合格 | 104 | 合格 |
| 10 | 2.90 | 442 | 合格 | 合格 | 94 | 合格 |
| 11 | 2.94 | 393 | 合格 | 合格 | 98 | 合格 |
| 12 | 2.88 | 430 | 合格 | 合格 | 101 | 合格 |
| 13 | 2.87 | 411 | 合格 | 合格 | 98 | 合格 |
| 14 | 2.93 | 403 | 合格 | 不合格 | 102 | 合格 |
| 15 | 2.84 | 433 | 合格 | 合格 | 99 | 合格 |
| 16 | 2.91 | 428 | 合格 | 合格 | 99 | 合格 |
| 17 | 2.84 | 418 | 合格 | 合格 | 98 | 合格 |
| 18 | 2.88 | 420 | 合格 | 合格 | 99 | 合格 |

正对表1和表2进行统计，18组样品全项合格率为67%。

3.2.2 精炼镍铁渣粉掺量对胶凝材料抗压强度的影响

通过测试不同精炼镍铁渣粉掺量下，胶砂试件的抗压强度变化（见表3），最终确定精炼镍铁渣粉影响系数的取值范围为（0.65～0.95）。

表3 不同精炼镍铁渣掺量下胶砂试件抗压强度比/%

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 样本 | | 1 | 3 | 4 | 7 | 9 | 10 | 12 | 14 | 18 |
| 精炼镍铁渣粉掺量 | 10% | 90 | 95 | 93 | 92 | 88 | 94 | 91 | 90 | 95 |
| 20% | 84 | 88 | 85 | 88 | 81 | 87 | 86 | 84 | 90 |
| 30% | 71 | 84 | 77 | 85 | 65 | 85 | 82 | 72 | 87 |

3.2.3 精炼镍铁渣粉混凝土性能测试

选用精炼镍铁渣粉的掺量在（10～30）%，分别配制C25、C35、C45不同强度的混凝土，即对应30%掺量配制C25，20%掺量配制C35，10%掺量配制C45，混凝土配合比及其性能测试结果见表4。从验证结果来看，在掺量（10～30%）范围内时，可以用精炼镍铁渣粉配制出C25~C45强度等级的混凝土，且坍落度能够满足泵送的要求。

表4 混凝土性能测试

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 样本 | 设计等级 | 配合比/kg/m3 | | | | | | 坍落度/mm | 水溶性氯离子含量/% | 28d抗压强度/MPa | 抗渗等级 |
| 基准水泥 | 精炼镍  铁渣粉 | 5-20mm粗骨料 | 机制砂 | 自来水 | 高效减水剂 |
| 3 | C25 | 238 | 102 | 1210 | 680 | 170 | 5.10 | 240 | 0.026 | 32.4 | P10 |
| C35 | 340 | 85 | 1155 | 650 | 170 | 6.38 | 240 | 0.022 | 43.3 | P12 |
| C45 | 438 | 48 | 1116 | 628 | 170 | 7.29 | 220 | 0.025 | 55.4 | P14 |
| 4 | C25 | 238 | 102 | 1210 | 680 | 170 | 5.10 | 230 | 0.020 | 31.4 | P10 |
| C35 | 340 | 85 | 1155 | 650 | 170 | 6.38 | 240 | 0.021 | 42.8 | P12 |
| C45 | 438 | 48 | 1116 | 628 | 170 | 7.29 | 200 | 0.024 | 54.3 | P14 |
| 7 | C25 | 238 | 102 | 1210 | 680 | 170 | 5.10 | 240 | 0.025 | 34.3 | P10 |
| C35 | 340 | 85 | 1155 | 650 | 170 | 6.38 | 230 | 0.022 | 44.0 | P12 |
| C45 | 438 | 48 | 1116 | 628 | 170 | 7.29 | 210 | 0.022 | 54.0 | P14 |
| 10 | C25 | 238 | 102 | 1210 | 680 | 170 | 5.10 | 220 | 0.027 | 33.8 | P10 |
| C35 | 340 | 85 | 1155 | 650 | 170 | 6.38 | 230 | 0.025 | 43.9 | P12 |
| C45 | 438 | 48 | 1116 | 628 | 170 | 7.29 | 220 | 0.021 | 55.2 | P14 |
| 12 | C25 | 238 | 102 | 1210 | 680 | 170 | 5.10 | 220 | 0.020 | 32.2 | P10 |
| C35 | 340 | 85 | 1155 | 650 | 170 | 6.38 | 210 | 0.023 | 43.0 | P12 |
| C45 | 438 | 48 | 1116 | 628 | 170 | 7.29 | 210 | 0.020 | 55.1 | P14 |

# 4 标准中涉及的专利

本标准所列技术内容没有涉及专利和知识产权的情况。

# 5 产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果等情况

（一）经济效益、社会效益、产业规模、推广应用、工程应用情况、预期达到的经济、社会效益

镍铁渣是冶炼镍铁合金产生的固体废渣，作为一种工业废物，成为我国继铁渣、钢渣和赤泥之后第四大冶炼工业废渣。我国山东、江苏、福建、甘肃等地有多家镍合金生产企业，包括金川镍合金有限责任公司、山东鑫海科技股份有限公司、江苏德龙镍业有限公司、福建德盛镍业有限公司、福建鼎信实业有限公司等多家大型镍合金生产企业，其中截止2017年，仅福建省地区的镍合金企业累积产生镍铁渣量1000多万吨，且每年仍以约200万吨增长，据不完全统计，我国镍铁渣堆积量截止2017年达到上亿吨，并且现在还在以每年一千万吨的速度增长。我国对于镍铁渣的利用率不到30%，多数用于回填材料，如何更好的更有效的利用镍铁渣成为一个亟待解决的问题。

精炼镍铁渣不仅易磨性差、成分复杂，同时活性也较低，因此处理效果并不明显。因此，采用相关技术手段，能将镍渣作为胶凝材料进行应用，不仅能实现固体废弃物的资源化利用，同时还能解决废弃镍渣对周边环境的影响，具有很好的社会与经济效益。

我国作为一个镍储量较丰富的国家，镍资源占全球总储量9％左右，位居世界第四。随着我国镍产量的逐年增加，镍渣的排放量也急剧增加。镍渣是金属镍和镍合金在冶炼过程中产生的一种固体工业废弃物，即在金属镍冶炼过程中所形成的以SiO2，Fe2O3，CaO，MgO，Al2O3等氧化物为主要化学成分的高温熔融物再经水淬后形成的粒化炉渣。据统计，平均每生产1吨镍可产生10~16吨镍渣。加之目前我国的镍渣利用率较低，一般处置方法为堆置在露天渣场或者填埋，在占用大量土地的同时，其本身所含有的重金属对土地及地下水环境还造成了极大的环境污染。据不完全统计，福建地区的青拓集团有限公司、福建联德企业有限公司（台资）、福建鼎信实业有限公司以及福建罗源宝钢德盛镍业有限公司等镍合金、不锈钢生产企业，年均镍渣的排放量都在300万吨以上。镍渣的大量排放和堆积对宁德、罗源湾地区的周边环境造成了严重的水污染、土壤污染等。目前，福建联德、福建鼎信、宝钢德胜镍业的产业和产能都在不断扩大，将会产生更多的废镍渣，因此，废镍渣的有效处置和资源再利用将成为一个亟待解决的环保问题。目前该技术在国内有一定范围的研究和应用，如福建省建筑科学研究院有限责任公司、中国建筑科学研究院、同济大学、福州大学、西安建筑科技大学等科研院所，相关的研究表明磨细后的镍铁渣粉在经过一定处理后可以作为掺合料用于水泥和混凝土中，并在实际工程中进行了应用。

（二）本标准指标的技术先进性以及本标准的发布对行业及社会发展的促进作用，即与“宜业尚品造福人类”的相关性

《精炼镍铁渣应用技术规范》在制定过程中根据精炼镍铁渣的实际状况确定技术指标，不仅要求精炼镍铁渣土要有合格的安定性，较好的活性指数等，保证其对混凝土和砂浆的工作性、力学性能和耐久性无不良影响，还必须保证其对环境及人员的安全性。因此制定标准时兼具考虑精炼镍铁渣的物理性质、化学性质和环境指标。物理性质包括密度、比表面积、含水量、流动度比、安定性、活性指数等。化学指标包括三氧化硫含量和氯化物含量。通过控制精炼镍铁渣的密度、比表面积、含水量、流动度比可以保证混凝土和砂浆有良好的工作性；通过控制活性指数可以保证混凝土和砂浆的力学性能；通过控制安定性、三氧化硫含量和氯化物含量等可以保证混凝土和砂浆有良好的耐久性能。环境属性主要考虑精炼镍铁渣的“可浸出重金属和放射性”，当今社会重点关注和热议的问题就是材料的环境问题，为保障人们的生命健康，因此必须严格控制。本标准制定过程引入“可浸出重金属和放射性”的指标，对精炼镍铁渣的环境属性进行控制，该指标的确定可以提升精炼镍铁渣的环境质量要求，避免环境污染，危害人身健康，从而能够促进该行业良好健康发展。

本标准的发布将统一精炼镍铁渣的技术要求、试验方法和检验规则，提升精炼镍铁渣的质量水平，在实际应用工程中，避免出现混凝土及砂浆工作性不良、耐久性能劣化等问题。这对于保障精炼镍铁渣的质量，进一步推广和应用精炼镍铁渣具有重要的意义，同时能够促进市场健康发展与产业进步。

# 6 采用国际标准和国外先进标准情况

经过标准编制组查阅国内外标准库，还未发现相关方面的国际标准、国外先进标准、国家标准的制定和实施。

# 7 与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调性

本规范中内容均依照国内现行各类相关法律、法规、规章、标准予以要求。与现行相关法律、法规、规章及相关标准协调一致。

# 8 重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在制定过程中，尚未出现不能解决的重大分歧意见。

# 9 标准性质的建议说明

本标准为推荐性行业标准。

# 10 贯彻标准的要求和措施建议

本标准发布实施后，建议由归口单位、监管部门组织进行宣贯，并加强对标准执行情况的监管。

# 11 废止现行相关标准的建议

无。

# 12 其它应予说明的事项

在标准制定期间，编制组进行了广泛的调研和试验验证，征求了生产施工企业、专家等的意见，尽可能使本标准实施后有较好的实用性、适应性和方向引导性。但由于我们的能力水平有限，难免在标准制定中存在着了解不够全面、研究验证不够深入的情况，如有不当之处，恳请指正。