

团 体 标 准

T/JXHTS 000X—2025

用于公路路面水泥混凝土中的锂渣基胶凝材料

Lithium slag based cementitious materials for highway
pavement cement concrete

(征求意见稿)

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。

2025-XX-XX 发布

2025-XX-XX 实施

江西省公路学会 发布

目 次

前 言	II
引 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 原材料	2
5 技术要求和试验方法	2
6 检验规则	3
7 包装、标志、运输和贮存	4

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。

本文件由江西九岭凝聚新材料有限公司提出。

本文件由江西省公路学会归口。

本文件起草单位：江西九岭凝聚新材料有限公司、宜春荣瑞兴新材料有限公司、江西省建材科研设计院有限公司、江西科技学院、江西路信建材有限公司、高安鸿鹏活性建材有限公司。

本文件主要起草人：刘松柏、…………（共15人）。

本文件实施过程中，请将发现的问题和意见、建议反馈至江西省建材科研设计院有限公司（地址：江西省南昌市青云谱区何坊西路355号大楼4楼；联系电话：15079155731；电子邮箱：475673758@qq.com），供修订时参考。

引 言

公路路面混凝土用锂渣基胶凝材料将有助于锂渣资源化利用新技术的推广应用,促进我省锂电产业高质量发展。

本文件的制定本着先进性、科学性、合理性和可操作性的原则,结合相关国家标准、行业标准、地方标准和团体标准,主要针对锂渣来源,锂渣基胶凝材料的原材料、技术要求、检验规则、包装、标志、运输和贮存作出了相关规定。

用于公路路面水泥混凝土中的锂渣基胶凝材料

1 范围

本文件规定了用于公路路面水泥混凝土中的锂渣基胶凝材料的术语和定义、原材料、技术要求和试验方法、检验规则、包装、标志、运输和贮存等。

本文件适用于新建、改扩建公路水泥混凝土路面、路面基层。本文件不适用于在地表水、地下水集中水源地和其他生态敏感地区道路建设工程。

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/T 176 水泥化学分析方法
GB/T 203 用于水泥中的粒化高炉矿渣
GB/T 5483 天然石膏
GB 6566 建筑材料放射性核素限量
GB/T 9774 水泥包装袋
GB/T 12573 水泥取样方法
GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法(ISO法)
GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
GB/T 21371 用于水泥中的工业副产石膏
HJ 557 固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法
JTG 3420 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程
NY/T 1121.16 土壤检测 第16部分：土壤水溶性盐总量的测定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

一般工业固体废物 non-hazardous industrial solid waste

企业在工业生产过程中产生且不属于危险废物的工业固体废物。

3.2

锂渣 lithium slag

以锂云母、锂辉石等为主要原料，生产碳酸锂、氢氧化锂等锂产品过程，在焙烧熟料浸出工序产生的浸出渣。

3. 3

锂渣基胶凝材料 lithium slag based cementitious materials

以锂渣、粒化高炉矿渣或粒化高炉矿渣粉、石膏等为主要原料，加入适量的激发组分，按一定比例经磨细加工制成的水硬性胶凝材料。

4 原材料

4. 1 锂渣

4. 1. 1 锂渣应符合 GB 18599 中一般工业固体废物贮存的相关规定。

4. 1. 2 锂渣进厂时，应提供固体废物属性鉴别报告及出厂质量证明文件。

4. 2 矿渣/矿渣粉

4. 2. 1 粒化高炉矿渣应符合 GB/T 203 的规定。

4. 2. 2 粒化高炉矿渣粉应符合 GB/T 18046 的规定。

4. 3 石膏

4. 3. 1 石膏可使用天然石膏或工业副产石膏。

4. 3. 2 天然石膏应符合 GB/T 5483 的规定。

4. 3. 3 工业副产石膏应符合 GB/T 21371 的规定。

5 技术要求和试验方法

5. 1 环保指标

5. 1. 1 锂渣基胶凝材料水溶性盐含量不应大于 5%，水溶性盐含量测试方法按照 NY/T 1121. 16 执行。

5. 1. 2 锂渣基胶凝材料应按 HJ 557 规定的方法获取浸出液，浸出液污染物浓度限值应符合表 1 的规定，测试方法按照国家有关标准执行。

表 1 锂渣基胶凝材料浸出液污染物浓度限值

项次	项目	限值
1	总镍 (mg/L)	1. 0
2	总铜 (mg/L)	0. 5
3	总锌 (mg/L)	2. 0
4	总镉 (mg/L)	0. 1
5	总铅 (mg/L)	1. 0
6	总铬 (mg/L)	1. 5
7	总锰 (mg/L)	2. 0
8	总银 (mg/L)	0. 5
9	总铍 (mg/L)	0. 005
10	总铊 (mg/L)	0. 005

表1 锂渣基胶凝材料浸出液污染物浓度限值（续）

项次	项目	限值	
11	总汞 (mg/L)	0.05	
12	氟化物 (mg/L)	10	
13	硫化物 (mg/L)	1.0	
14	总氯化合物 (mg/L)	0.5	

5.1.3 锂渣基胶凝材料的放射性应符合 GB 6566 的规定。

5.2 理化性能指标

锂渣基胶凝材料的理化性能指标应符合表2的规定。

表2 锂渣基胶凝材料的理化性能指标要求

项次	项目	指标要求						试验方法	
1	混凝土设计弯拉强度标准值 (MPa)	5.0		4.5		4.0		GB/T 17671	
	龄期 (d)	3	28	3	28	3	28		
	实测抗折强度 (MPa) \geq	4.5	7.5	4.0	7.0	3.0	6.5		
	实测抗压强度 (MPa) \geq	17.5	42.5	17.0	42.5	10.0	32.5		
2	安定性	雷氏法	合格					JTG 3420 T 0505	
		试饼法	合格						
3	凝结时间 (h)	初凝时间 \geq	1.5						
		终凝时间 \leq	10						
4	标准稠度用水量 (%) \leq	28.0							
5	细度 (80μm筛余) (%) \leq	10.0						JTG 3420 T 0502	
6	28d干缩率 (%) \leq	0.09						JTG 3420 T 0511	
7	耐磨性 (kg/m ²) \leq	2.5						JTG 3420 T 0510	
8	^a 三氧化硫含量 (%) \leq	8.0						GB/T 176	
备注: ^a 三氧化硫含量在硫酸盐腐蚀场合为必测项目, 无腐蚀场合为选测项目。									

6 检验规则

6.1 编号

锂渣基胶凝材料出厂时（或出厂前）按同品种、同强度等级编号和取样。袋装和散装应分别进行编号。不超过400t为一编号, 每一编号为一取样单位。

6.2 取样及留样

取样方法按GB/T 12573进行, 取样应有代表性, 可连续取, 亦可从20个以上不同部位取等量样品, 总量不少于12kg。

6.3 检验分类

6.3.1 锂渣基胶凝材料检验分为出厂检验和型式检验。

6.3.2 出厂检验项目应当包含细度（80 μm 筛余）、标准稠度用水量、凝结时间、强度、安定性。

6.3.3 型式检验项目应当包括第5章规定的全部项目。有下列情况之一者，应进行型式检验：

- a) 新产品投产和老产品转产时；
- b) 正常生产时，每半年进行一次检验；
- c) 当原材料或生产工艺变化时；
- d) 产品连续停产6个月以上（含6个月），恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；
- f) 供需双方在合同中约定增加型式检验的项目、频率时；
- g) 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时。

6.4 判定

6.4.1 检验（含复验）后，各项性能指标符合本标准的相应规定时，该批产品可判为合格。

6.4.2 若有一项性能指标不符合本标准要求时，则应从同一批中加倍取样，对不符合标准要求的项目进行复验。复验后，仍然不符合本标准要求时，则该批产品判为不合格。

7 包装、标志、运输和贮存

7.1 包装

锂渣基胶凝材料包装形式可以散装或袋装。

袋装每袋净含量应不少于标志质量的99%，随机抽取20袋的总质量（含包装袋）应不少于标志质量的100%。包装袋应符合GB/T 9774的规定。

7.2 标志

包装袋上应提供销片包括产品名称、分类、等级、净含量、批号、执行标准号、生产厂名称和地址、生产日期。

散装发运时包装袋上应标明与散装胶凝材料卡片相同的内容。

7.3 运输与贮存

锂渣基胶凝材料在运输与贮存时不应混入杂物和受潮。

不同品种和强度等级的锂渣基胶凝材料应分别运输和贮存。

江西省公路学会团体标准

《用于公路路面水泥混凝土中的锂渣基胶凝材料》编制说明

一、标准制定背景、目的、意义和适用范围

(一) 背景

锂渣是含锂矿石（锂辉石、锂云母、透锂长石等）生产碳酸锂等锂盐过程中产生的工业硅铝质废渣。提锂的常规工艺有传统的石灰石焙烧法和应用广泛的硫酸法、硫酸盐法和氯化焙烧法，以及压煮法、碱溶法和复合盐焙烧等新技术。锂矿石通过配料，高温焙烧，浸出，将锂提取到溶液中，而未进入溶液相的固体则为锂渣。因不同矿石种类、品位和提取工艺，每生产1吨碳酸锂会产生10~40t不等的锂渣，随着我国新能源产业的快速发展，锂渣的产量在逐年增加。

随着以锂电池为代表的新型储能产业强势崛起，锂资源已成为全球各国关注的战略性资源。江西省是锂矿大省，拥有世界上最大的锂云母矿，约占全国锂储量的30%以上，居世界第一。然而，碳酸锂提炼工艺所产生的锂渣数量极大，根据宜春市“锂电+建陶（材）”产业融合发展规划（2025~2030年），碳酸锂产能预计2025年达50万吨，2030年突破70万吨，但伴随而来的锂冶炼剩余物年产量将达到2100万吨。

(二) 目的

规范管理：统一锂渣的处理和利用标准确保其安全、环保和高效使用。

资源利用：提升锂渣的回收和再利用效率，促进循环经济发展，减少资源浪费。

行业指导：为锂渣处理提供技术和管理依据，推动行业技术进步和规范化发展。

政策支持：为政府制定相关政策提供依据，推动锂渣处理行业的可持续发展。

总之，锂渣团体标准的编制旨在通过标准化管理，推动锂渣处理行业的规范、高效和可持续发展。

(三) 意义

2024年4月，省长叶建春在宜春调研时，指出“锂尾矿元素品种多、应用领域广、蕴含价值高，发展锂尾矿综合利用循环经济空间广阔。要改变对“锂渣”的旧有认识，探索利用更多新技术、新工艺提取和回收有价值元素，在“吃干榨尽”中实现锂尾矿的高效利用。

2024年7月，江西省科技厅联合其它10部门成立江西省推进“特色锂矿石无害化资源化利用技术”专项工作专班。

其中省交通运输厅的主要职责有：指导项目开展锂渣材料化应用有关研究，协调、指导锂渣资源化综合利用在交通运输工程领域试点、推广等工作。

省国资委的主要职责有：协调江西省交通投资集团有限责任公司、江西省公路投资有限公司、江西省水利投资集团有限公司、江西省建材集团有限公司等国有企业参与锂渣资源化综合利用等工作。

(四) 适用范围

本标准规定了用于公路路面水泥混凝土中的锂渣基胶凝材料的术语和定义、原材料、技术要求和试验方法、检验规则、包装、标志、运输和贮存。本标准适用于江西地区各等级新建、改扩建公路路面水泥混凝土工程。

二、工作概况

(一) 任务来源

根据江西省公路学会《关于开展 2025 年度团体标准立项申报工作的通知》(赣公学字〔2025〕11 号)。

(二) 任务分工

单位名称	单位类型	工作分工
江西九岭凝聚新材料有限公司	企业	全面主持标准编制组工作、制定标准工作计划、方案、标准编制
宜春荣瑞兴新材料有限公司	企业	提供标准编制过程中所需原材料、中试设备
江西省建材科研设计院有限公司	科研院所	技术和性能指标的前沿性论证
江西科技学院	科研高校	技术和性能指标的前沿性论证
江西路信建材有限公司	建设单位	技术和性能指标的前沿性论证
高安鸿鹏活性建材有限公司	企业	提供标准编制过程中所需原材料、中试设备

(三) 主要工作过程及工作内容

1、2024 年 11 月 16 日，成立了锂渣基胶凝材料团体标准工作委员会和标准编制组，明确了相关单位和负责同志的职责和任务分工。

2、2024 年 11 月~2025 年 1 月，编制组对国内外关于锂渣基胶凝材料及相关类似的固废标准进行了广泛的收集，主要包括：

GB/T 1596—2017 用于水泥和混凝土中的粉煤灰

GB/T 18046—2017 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉

JTG/T 2321—2021 公路工程利用建筑垃圾技术规范

JTG 3432—2024 公路工程集料试验规程

YB/T 4230—2010 用于水泥和混凝土中的锂渣粉

DB36/T 1968—2024 公路路基工程利用锂渣技术规范(试行)

DB42/T 1991—2023 公路磷石膏复合稳定基层材料应用技术规程

DB42/T 2307—2024 城镇道路过硫磷石膏胶凝材料稳定基层技术规程(试行)

T/CECS G: D45—02—2022 道路过硫磷石膏胶凝材料稳定基层技术规程

T/CHTS 10087—2023 公路铁尾矿渣路基设计与施工技术指南

在对上述资料进行研究的基础上，编制组提出了标准内容框架，并召开了专项研讨会，就标准术语和定义、原材料、技术要求和试验方法、检验规则、包装、标志、运输和贮存等深入研讨，形成了第一版讨论稿。

3、2025年1月~3月，基于讨论稿，编制组通过研讨会、试验数据验证及结合中科院C类先导项目等多种方式，对标准主要内容进行了讨论，形成了草稿。

4、2025年3月~6月，基于标准立项专家提出的意见，编制组进一步通过研讨会、试验数据验证及调研分析等多种方式，于6月底形成了第二稿。

三、编制原则和依据

(一) 编制原则

1、认真贯彻国家有关法律法规和方针政策。标准中的所有规定，均不得与现行法律和法规相违背。聚焦锂渣基胶凝材料在公路路面水泥混凝土的应用技术，结合锂渣基胶凝材料在江西地区的原材料特点，在兼顾各环节、全过程的同时，重点关注对公路工程质量产生显著影响的关键环节、关键指标和关键要求。

2、本标准涉及公路路面水泥混凝土的锂渣基胶凝材料的术语和定义、原材料、技术要求和试验方法、检验规则、包装、标志、运输和贮存等技术内容，力求锂渣基胶凝材料用于公路路面水泥混凝土技术内容上的相对完整，并遵循兼顾协调发展原则，实现经济效益、社会效益和环境效益的统一。

3、合理利用江西地区资源，推广和应用先进技术成果，在符合使用要求的情况下，突出江西地区特色和产品的适用性与技术性原则，做到技术上先进、经济上合理、操作上可行。

(二) 依据

本标准根据GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规则和有关规定进行编制，并按照《江西省公路学会团体标准管理办法》相关要求进行标准的编制工作。

四、主要技术内容(如技术指标、参数、公式、性能要求、试验方式、检验规则等的说明)

(一) 标准有关条文

1、术语和定义

(1) 一般工业固体废物

该定义依据生态环境部和国家市场监督管理总局发布的GB 18599—2020《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》。

(2) 锂渣

本标准所涉及的锂渣是指将锂云母或锂辉石等含锂矿石，经采选冶工艺产生的符合环保要求的一般固废，不属于危险废物。

(3) 锂渣基胶凝材料

本标准规定的锂渣基胶凝材料是将属于第Ⅰ类一般工业固体废物的净化锂渣与活性组分和激发组分配制而成的无机胶凝材料。

2、原材料

(1) 锂渣

本标准所涉及的锂渣应属于国家标准 GB 18599—2020《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》规定的Ⅰ类一般工业固体废物，且用于胶凝材料生产的锂渣必须具有固体废物属性鉴别报告及出厂质量证明文件。

(2) 矿渣/矿渣粉

矿渣或矿渣粉质量要求依据现有国家标准。

(3) 石膏

石膏质量要求依据现有国家标准。

3、技术要求和试验方法

(1) 环保指标

锂渣基胶凝材料水溶性盐含量限值参照 DB36/T 1968—2024；浸出液污染物浓度指标参照 DB36/T 1968—2024，严于 GB 5085.3—2007 要求。放射性应符合 GB 6566 的要求。

(2) 理化性能指标

锂渣基胶凝材料的物理化学性能指标参照 JTG/T F30—2014《公路水泥混凝土路面施工技术细则》和的有关规定。

锂渣基胶凝材料的抗折强度、抗压强度、安定性、凝结时间、细度、标准稠度用水量、28d 干缩率、耐磨性等物理化学性能指标参照 JTG/T F30—2014《公路水泥混凝土路面施工技术细则》的有关规定。

锂渣基胶凝材料主要由锂渣、矿渣、石膏组成，属于超硫酸盐水泥（固废基胶凝材料）的一种。超硫酸盐水泥中最主要的活性提供材料为矿渣，所以其化学成分也直接影响了水泥的化学成分，而天然石膏或工业副产石膏作为固废基胶凝材料的重要组分，能加速矿渣中硅（铝）氧四面体的解离，其中溶出的可溶硅（铝）与体系中的 Ca^{2+} 形成 C-S-H 凝胶和 Aft 等水化产物，是固废基胶凝材料强度的重要来源。根据《通用硅酸盐水泥》（GB 175—2023），普通硅酸盐水泥中 SO_3 质量分数 $\leq 3.5\%$ ，石膏主要起到缓凝作用；对于超硫酸盐水泥，其 SO_3 质量分数 $\geq 6\%$ ，与硅酸盐水泥不同，石膏主要起到对矿渣的激发作用，超硫酸盐指的相对硅酸盐水泥更高的硫酸盐含量。

目前固废基胶凝材料相关的标准有 DB13(J)/T 8385—2020《全固废高性能混凝土应用技术标准》、DB64/T 2004—2024《全固废胶凝材料道路工程应用技术规范》等规定三氧化硫含量不小于 5%，不大于 12%。为保持固废基胶凝材料的性能稳定，需规范副产石膏的掺入比例，严格控制三氧化硫含量；体系中三氧化硫含量也不宜过高，掺量过高时会造成胶凝材料早期强度的不稳定，后期不断生成的钙矾石可能会引发基体膨胀开裂等安定性问题，故本标准规定锂渣基胶凝材料三氧化硫含量不超过 8%，并以试验结果验证三氧化硫的技术指标。

4、检验规则

本部分内容规定了锂渣基胶凝材料的编号、取样及留样、检验分类和判定，主要参照 GB 175—2023《通用硅酸盐水泥》、JTG/T F30—2014《公路水泥混凝土路面施工技术细则》等标准的有关规定。

5、包装、标志、运输和贮存

本部分内容规定了锂渣基胶凝材料的包装、标志、运输和贮存，主要参照 GB 175—2023《通用硅酸盐水泥》、JTGF30—2014《公路水泥混凝土路面施工技术细则》等标准的有关规定。

（二）标准有关说明

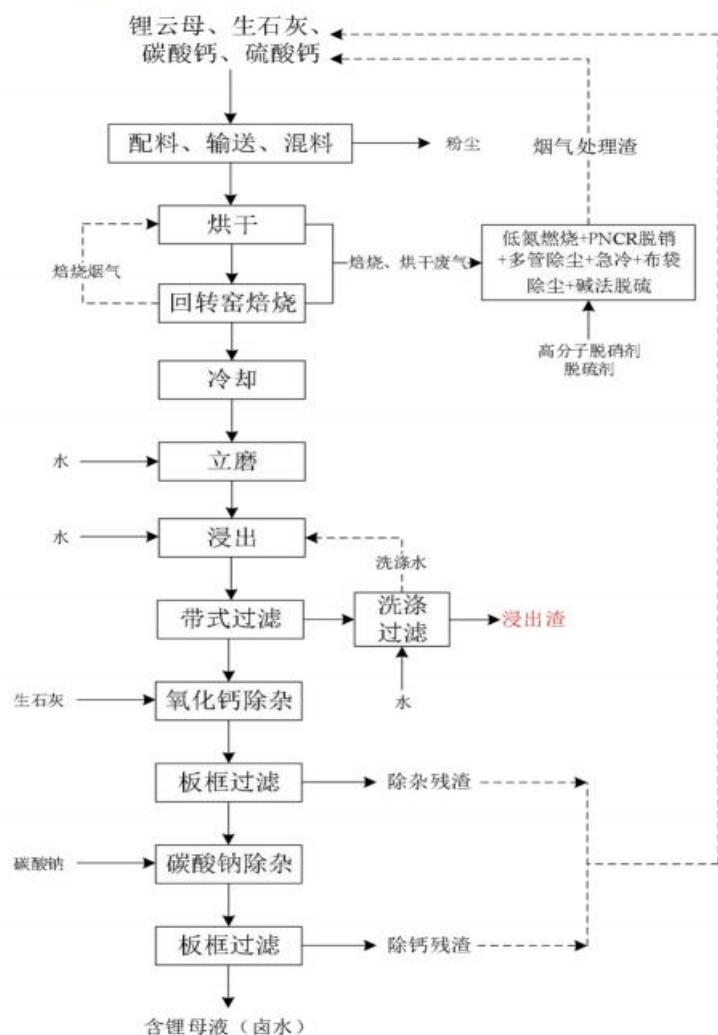
1、锂渣的属性鉴别

本标准所涉及的锂渣主要是宜丰九岭锂业有限公司、奉新时代新能源材料有限公司、江西飞宇新能源科技有限公司等合法合规企业生产的一般固体废物，均出具了一般工业固体废物鉴定报告。

以九岭锂业为例，根据《江西省生态环境厅关于印发《固体废物环境管理指南 锂盐生产（试行）的通知》（赣环固体字〔2023〕372号）文件精神，为落实浸出渣等固体废物管理属性认定的相关要求，宜丰九岭锂业有限公司委托江西德正环境技术有限公司对其生产线上浸出后经带式过滤机固液分离产生的浸出渣进行危险性鉴别，确定其管理属性，本鉴别结论将今后该厂浸出渣等固废等属性的依据。

（1）鉴别对象

本次鉴别的对象为宜丰九岭锂业有限公司原料焙烧浸出后经带式过滤机固液分离产生的浸出渣。



(2) 鉴别过程

江西德正环境技术有限公司收集了项目相关资料，开展了现场调查，并按照《危险废物鉴别技术规范》(HJ298—2019)于2023年11月16日，对宜丰九岭锂业有限公司原料焙烧浸出后经带式过滤机固液分离产生的浸出渣进行了采样及样品的初筛预实验分析。

在此基础上，按照危险废物鉴别相关规定，编制完成了《宜丰九岭锂业有限公司浸出渣危险特性鉴别方案(评审稿)》，并于2023年12月30日通过宜丰九岭锂业有限公司组织召开的鉴别方案技术论证会，形成了专家组意见。会后，根据专家组意见，对鉴别方案进行了修改完善，形成了《宜丰九岭锂业有限公司浸出渣危险特性鉴别方案(修改稿)》，以指导本次鉴别工作的开展及报告编制。

(3) 固体废物属性判定

《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2020修订)中对固体废物的定义为：“是指在生产、生活和其他活动中产生的丧失原有利用价值或者虽未丧失利用价值但被抛弃或者放弃的固态、半固态和置于容器中的气态的物品、物质以及法律、行政法规规定纳入固体废物管理的物品、物质。经无害化加工处理，并且符合强制性国家产品质量标准，不会危害公众健康和生态安全，或者根据固体废物鉴别标准和鉴别程序认定为不属于固体废物的除外。”

被鉴别对象浸出渣属于《固体废物鉴别标准通则》(GB 34330—2017)中4.2生产过程中产生的副产物第b类“在物质提取、提纯、电解、电积、净化、改性、表面处理以及其他处理过程中产生的残余物质”；可以判定浸出渣属于固体废物。

根据“危险特性的识别与筛选”，结合鉴别方案专家论证会意见及修改情况，后续检测项目如下：

浸出渣浸出毒性：总锌、总铬、六价铬、总钡、总砷、总硒、无机氟化物、总铍、总铅、总镍、总汞、烷基汞、总镉、总银、铊。

毒性物质含量：铊、钒、锰、钛、铍、锑、铅、镍、钡、钴、铬、锡。

(4) 样品采集

企业生产线连续生产，固废连续过滤，连续产生。采样时间和频次按照HJ 298—2019中4.4.1所规定的连续产生：样品应分次在一个月(或一个生产时段)内等时间间隔采集；每次采样在设备稳定运行的8小时(或一个生产班次)内完成。每采集一次，作为1个份样。按照《危险废物鉴别技术规范》(HJ298—2019)和《工业固体废物采样制样技术规范》(HJ/T20—1998)进行采集、运输。

(5) 结论

<p style="text-align: center;">宜丰九岭锂业有限公司浸出渣 危险特性鉴别报告</p>		<p style="text-align: center;">宜丰九岭锂业有限公司浸出渣 危险特性鉴别报告摘要表</p>																													
		<table border="1"> <tr> <td>委托单位</td> <td>宜丰九岭锂业有限公司</td> <td>检测报告编号</td> <td>RHL2404166G1</td> </tr> <tr> <td>地址</td> <td colspan="3">江西省宜春市宜丰县工业园凯扬路</td> </tr> <tr> <td>被鉴别对象</td> <td colspan="3">浸出渣</td> </tr> <tr> <td>被鉴别对象描述</td> <td colspan="3">原料焙烧浸出后经带式过滤机固液分离产生的浸出渣</td> </tr> <tr> <td>采样方式</td> <td colspan="3">青岛斯坦德衡立环境技术研究院有限公司按照《危险废物鉴别技术规范》(HJ298-2019)要求进行现场采样</td> </tr> <tr> <td>鉴别结论</td> <td colspan="3"> <p>1、根据浸出渣的产生工段、初筛结果及理论分析,可排除该固体废物的易燃性、反应性、腐蚀性和急性毒性危险特性。</p> <p>2、100 份浸出渣样品中的相关指标检测浓度均小于《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》(GB5085.3-2007)规定的限值。</p> <p>3、100 份浸出渣样品所测毒性物质含量、同类物质累加、毒性物质累积毒性均小于《危险废物鉴别标准 毒性物质含量》(GB5085.6-2007)中所规定的标准限值。</p> <p>综上所述,宜丰九岭锂业有限公司产生的浸出渣不具有 GB5085.1~GB5085.6 中任何一项危险特性,不属于危险废物,为一般工业固体废物。</p> </td> </tr> <tr> <td></td> <td>编制人:周潇松</td> <td>审核人:曾常华</td> <td>时间:2024年7月28日</td> </tr> </table>		委托单位	宜丰九岭锂业有限公司	检测报告编号	RHL2404166G1	地址	江西省宜春市宜丰县工业园凯扬路			被鉴别对象	浸出渣			被鉴别对象描述	原料焙烧浸出后经带式过滤机固液分离产生的浸出渣			采样方式	青岛斯坦德衡立环境技术研究院有限公司按照《危险废物鉴别技术规范》(HJ298-2019)要求进行现场采样			鉴别结论	<p>1、根据浸出渣的产生工段、初筛结果及理论分析,可排除该固体废物的易燃性、反应性、腐蚀性和急性毒性危险特性。</p> <p>2、100 份浸出渣样品中的相关指标检测浓度均小于《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》(GB5085.3-2007)规定的限值。</p> <p>3、100 份浸出渣样品所测毒性物质含量、同类物质累加、毒性物质累积毒性均小于《危险废物鉴别标准 毒性物质含量》(GB5085.6-2007)中所规定的标准限值。</p> <p>综上所述,宜丰九岭锂业有限公司产生的浸出渣不具有 GB5085.1~GB5085.6 中任何一项危险特性,不属于危险废物,为一般工业固体废物。</p>				编制人:周潇松	审核人:曾常华	时间:2024年7月28日
委托单位	宜丰九岭锂业有限公司	检测报告编号	RHL2404166G1																												
地址	江西省宜春市宜丰县工业园凯扬路																														
被鉴别对象	浸出渣																														
被鉴别对象描述	原料焙烧浸出后经带式过滤机固液分离产生的浸出渣																														
采样方式	青岛斯坦德衡立环境技术研究院有限公司按照《危险废物鉴别技术规范》(HJ298-2019)要求进行现场采样																														
鉴别结论	<p>1、根据浸出渣的产生工段、初筛结果及理论分析,可排除该固体废物的易燃性、反应性、腐蚀性和急性毒性危险特性。</p> <p>2、100 份浸出渣样品中的相关指标检测浓度均小于《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》(GB5085.3-2007)规定的限值。</p> <p>3、100 份浸出渣样品所测毒性物质含量、同类物质累加、毒性物质累积毒性均小于《危险废物鉴别标准 毒性物质含量》(GB5085.6-2007)中所规定的标准限值。</p> <p>综上所述,宜丰九岭锂业有限公司产生的浸出渣不具有 GB5085.1~GB5085.6 中任何一项危险特性,不属于危险废物,为一般工业固体废物。</p>																														
	编制人:周潇松	审核人:曾常华	时间:2024年7月28日																												

结论:综上所述,宜丰九岭锂业有限公司产生的浸出渣不具有 GB5083.1~GB5085.6 中任何一项危险特性,不属于危险废物,为一般工业固体废物。

2、锂渣制备胶凝材料的经济社会效益

本标准所述锂渣基胶凝材料是国内外先进的低碳低钙胶凝材料技术,其生产过程简单、无煅烧、碳排放和能耗相比于波特兰水泥下降超过 80%,具有显著的低碳排放和低能耗优势。

锂渣基胶凝材料在大宗消纳工业固废的同时,利用固废原料中特定组分之间的协同反应形成可与波特兰水泥(强度指标不低于 P.O 32.5)相比拟的无机胶凝材料,其一次自然资源消耗为零,具有显著的经济效益和环境优势;锂渣基胶凝材料具有低水化热、低收缩和高耐化学侵蚀的本征性能优势。

(三) 主要技术指标、参数、试验论证的论述

1、锂渣物理化学性质

锂渣外观呈黄色或褐色或黑色，烘干后大多呈粉末状，比表面积较大，呈现多孔结构。锂渣是锂矿石经高温焙烧后形成的化学性质稳定的硅铝质活性渣，其化学成分主要是 SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 等。表 1 为国内典型锂渣的化学组成，因锂矿原料和提锂工艺的不同，锂渣在密度、粒径和化学组成上略有差异。

锂渣成分与硅酸盐水泥的原料组分相似，故可应用于建材领域，这是锂渣目前最主要的消纳途径。锂渣的钙/(硅+铝)比值为 0.002~0.368，远低于水泥的 2.022~2.994。当该比值小于 1 时，材料具有潜在的火山灰反应性，比值大于 1 时，材料具有水化反应性。

锂渣虽具有火山灰活性，但其活性较低，易引起水泥混凝土的力学性能和耐久性降低，因此要推进锂渣应用于水泥基材料必须增强锂渣的水化活性。主要方法分为物理激发和化学激发。物理激发是通过机械作用增加内部缺陷，增大锂渣比表面积和表面能。化学激发是在锂渣中掺入酸、碱、盐等激发锂渣的活性，破坏锂渣中的四面体网络结构以增强其水化硬化能力。

表 1 国内典型锂渣的化学组成 (%)

锂渣产地	锂矿原料	工艺	SiO_2	Al_2O_3	CaO	SO_3	K_2O	Na_2O	MgO	Fe_2O_3
江西	锂云母	硫酸盐焙烧法	46.84	13.01	10.62	12.59	6.37	3.26	0.69	2.39
江西	锂云母	氯盐压煮法	47.62	21.56	2.02	0.03	3.05	10.68	0.12	0.48
江西	锂云母	硫酸盐焙烧法	78.60	8.70	—	2.50	3.80	0.90	0.003	0.43
四川	锂辉石	硫酸焙烧法	62.00	20.51	3.63	4.48	0.52	0.50	0.51	1.01
新疆	锂辉石	硫酸焙烧法	47.72	23.10	14.02	12.14	0.33	0.14	0.54	1.24
江苏	锂辉石	碳酸钙焙烧法	62.40	22.10	4.53	6.73	0.52	0.89	0.49	1.06

依据 GB/T 176—2017，通过取样测试了 10 批次锂渣基胶凝材料的化学组分，试验结果见表 2 所示。锂渣 SO_3 含量不超过 8%。

表 2 锂渣基胶凝材料主要化学组成 (%)

样品名称	SiO_2	Al_2O_3	CaO	SO_3	K_2O	Na_2O	MgO	Fe_2O_3	烧失量
胶凝材料1	24.11	15.32	44.09	6.24	1.75	0.38	4.79	1.39	2.46
胶凝材料2	24.30	14.77	45.40	6.50	1.05	0.33	5.69	1.54	2.55
胶凝材料3	23.63	14.77	45.93	6.06	1.27	0.32	4.17	1.52	2.50
胶凝材料4	23.61	15.35	43.19	7.07	1.01	0.32	4.84	1.54	2.49
胶凝材料5	24.81	15.55	44.97	5.87	1.89	0.33	4.73	1.53	2.46
胶凝材料6	25.37	15.61	45.01	6.18	1.69	0.39	4.66	1.58	2.51
胶凝材料7	24.99	14.38	45.37	5.56	1.85	0.32	4.79	1.42	2.53
胶凝材料8	25.11	14.91	43.81	6.16	1.99	0.33	4.74	1.41	2.50
胶凝材料9	26.17	15.64	43.89	5.30	1.85	0.32	4.76	1.45	2.49
胶凝材料10	24.53	15.21	45.28	5.55	1.71	0.32	4.70	1.47	2.55

锂渣基胶凝材料 SO_3 含量一般在 5%~7%，参考中国工程建设标准化协会标准 T/CECS 10400—2024《固废基胶凝材料》，32.5 级和 42.5 固废基胶凝材料 SO_3 含量 $\leq 12\%$ ，本标准中

的锂渣基胶凝材料 SO_3 含量要求 $\leq 8\%$ ，在硫酸盐腐蚀场合为必测项目，无腐蚀场合为选测项目。

2、环保指标

(1) 水溶性盐

依据 NY/T 1121.16，通过取样测试了 10 批次锂渣基胶凝材料的水溶性盐，试验结果见表 3 所示。

表 3 锂渣基胶凝材料水溶性盐含量(%)

样品名称	水溶性盐含量
胶凝材料1	2.2
胶凝材料2	3.6
胶凝材料3	2.7
胶凝材料4	3.2
胶凝材料5	2.8
胶凝材料6	2.8
胶凝材料7	2.8
胶凝材料8	2.4
胶凝材料9	2.7
胶凝材料10	3.3

(2) 浸出液污染物浓度限值

依据 HJ 557、GB 5085.3 规定的方法，通过取样测试了 10 批次锂渣基胶凝材料的浸出液污染物浓度限值，试验结果见表 4 所示。

表 4 锂渣基胶凝材料浸出液污染物浓度限值(mg/L)

项目	胶材1	胶材2	胶材3	胶材4	胶材5	胶材6	胶材7	胶材8	胶材9	胶材10
总镍	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
总铜	0.0021	0.0019	0.0020	0.0019	0.0018	0.0027	0.0026	0.0031	0.0056	0.0035
总锌	0.025	0.035	0.026	0.037	0.039	0.040	0.038	0.036	0.039	0.040
总镉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
总铅	0.0041	0.0038	0.004	0.0045	0.0047	0.0044	0.0049	0.0039	0.004	0.0041
总铬	0.00049	0.00051	0.00043	0.00057	0.00042	0.00041	0.00055	0.00053	0.00057	0.00061
总锰	0.042	0.047	0.041	0.046	0.044	0.047	0.045	0.041	0.049	0.049
总银	0.0051	0.055	0.05	0.051	0.057	0.054	0.053	0.055	0.057	0.059
总铍	0.00023 5	0.00029 4	0.00030 9	0.00029 7	0.00027 3	0.00027 2	0.00033 6	0.00025 9	0.00026 7	0.00037 7
总铊	0.00086	0.00096 8	0.00106 3	0.00090 2	0.00091 9	0.00083 1	0.00113 5	0.00097 3	0.00086 5	0.00103
总汞	0.025	0.023	0.025	0.025	0.024	0.027	0.023	0.026	0.029	0.029
氟化物	7.53	7.17	6.87	7.37	6.75	6.38	6.86	6.89	6.59	6.99
硫化物	0.63	0.47	0.53	0.66	0.45	0.37	0.46	0.69	0.45	0.55
总氯化合物	0.31	0.29	0.31	0.35	0.36	0.38	0.28	0.29	0.30	0.30

(3) 放射性

依据 GB 6566 的方法, 通过取样测试了 10 批次锂渣基胶凝材料的放射性, 试验结果见表 5 所示。

表 5 锂渣基胶凝材料放射性 (%)

项目	胶材1	胶材2	胶材3	胶材4	胶材5	胶材6	胶材7	胶材8	胶材9	胶材10
内照射	0.8	0.4	0.6	0.7	0.7	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5
外照射	0.6	0.3	0.3	0.6	0.3	0.4	0.5	0.4	0.4	0.3

3、锂渣基胶凝材料理化性能指标

(1) 强度

依据 GB/T 17671 的方法, 通过取样测试了 10 批次锂渣基胶凝材料的强度性能指标, 试验结果见表 6 所示。

表 6 锂渣基胶凝材料强度性能 (MPa)

混凝土设计弯拉强度标准值	样品名称	抗折强度		抗压强度	
		3d	28d	3d	28d
4.0	胶凝材料 1	3.9	7.4	14.6	33.5
	胶凝材料 2	4.2	7.9	16.0	33.9
	胶凝材料 3	4.1	7.7	15.4	34.5
	胶凝材料 4	3.8	7.1	15.8	34.8
	胶凝材料 5	4.5	8.0	14.5	35.0
	胶凝材料 6	4.2	7.5	16.7	32.9
	胶凝材料 7	4.6	7.6	12.3	33.1
	胶凝材料 8	3.9	7.6	11.0	33.5
	胶凝材料 9	4.0	7.1	13.0	34.6
	胶凝材料 10	3.8	7.4	12.6	33.7
4.5	胶凝材料 1	4.7	8.2	18.2	45.1
	胶凝材料 2	5.2	8.7	17.8	45.0
	胶凝材料 3	5.6	8.0	19.5	43.1
	胶凝材料 4	5.7	8.1	18.8	42.9
	胶凝材料 5	4.6	7.9	19.1	43.5
	胶凝材料 6	5.0	8.3	19.4	44.0
	胶凝材料 7	5.5	7.6	18.0	43.1
	胶凝材料 8	5.7	7.7	17.4	43.8

	胶凝材料 9	5.2	7.9	17.9	43.4
	胶凝材料 10	4.9	8.0	17.2	42.7

(2) 安定性、凝结时间、标准稠度用水量

依据 JTG 3420 的方法, 通过取样测试了 10 批次锂渣基胶凝材料的安定性、凝结时间、标准稠度用水量, 试验结果见表 7 所示。

表 7 锂渣基胶凝材料安定性、凝结时间、标准稠度用水量

项目	胶材 1	胶材 2	胶材 3	胶材 4	胶材 5	胶材 6	胶材 7	胶材 8	胶材 9	胶材 10
雷氏夹法	合格									
蒸煮法	合格									
初凝时间/h	3.02	3.13	3.22	3.42	3.47	3.08	3.12	3.07	3.07	3.22
终凝时间/h	5.07	5.52	5.73	5.43	5.45	5.55	5.60	5.23	5.52	5.65
标稠用水量/%	24	26	27.6	28	24	25	26	26	27	27

(3) 细度、干缩率、耐磨性

依据 JTG 3420 的方法, 通过取样测试了 10 批次锂渣基胶凝材料的细度、干缩率、耐磨性, 试验结果见表 8 所示。

表 8 锂渣基胶凝材料细度、干缩率、耐磨性

项目	胶材 1	胶材 2	胶材 3	胶材 4	胶材 5	胶材 6	胶材 7	胶材 8	胶材 9	胶材 10
细度/%	9.1	8.2	6.5	7.5	9.2	8.5	8.4	7.5	8.3	7.4
28d 干缩率/%	0.08	0.08	0.07	0.08	0.06	0.08	0.07	0.06	0.07	0.07
耐磨性/(kg/m ²)	2.3	1.8	2.2	2.1	2.0	1.9	1.7	2.2	1.9	1.8

4、锂渣基胶凝材料制备的混凝土工作性能、力学性能和耐久性能试验验证

将 42.5 级锂渣基胶凝材料与砂、石、外加剂、水等材料, 用于配制 C30 普通混凝土, 并与普通硅酸盐水泥、矿粉、粉煤灰等传统胶凝材料体系配制的混凝土进行对比, 混凝土配合比设计如表 9 所示。

表 9 锂渣基胶凝材料混凝土配合比设计 (kg/m³)

编号	胶凝材料	S95 矿粉	II 级粉煤灰	砂	5-31.5mm 碎石	水	减水剂
JZ (42.5P.0)	208	88	81	790	1032	156	6.03
L1 (42.5 锂渣基)	400	/	/	774	1026	160	5.60
L2 (42.5 锂渣基)	356	/	/	811	1033	160	5.70
L3 (42.5 锂渣基)	320	/	/	846	1034	160	6.08

不同胶凝材料制备的混凝土试验结果如表 10 所示。

表 10 混凝土性能测试结果

编号	坍落度/mm	扩展度/mm	容重/(kg/m ³)	7d 强度/MPa	28d 强度/MPa	60d 强度/MPa	90d 强度/MPa	28d 电通量/C	28d 碳化深度/mm	抗硫酸盐侵蚀等级 (KS30 系数)

JZ	220	510	2390	29.8	39.9	52.3	50.8	536	3.75	97.7
L1	220	440	2380	28.5	40.8	49.4	49.4	481	4.75	94.9
L2	220	505	2330	25.3	36.4	40.2	41.7	262	11.25	101.7
L3	220	490	2330	19.2	27.8	32.7	35.3	223	15.5	98.1

锂渣基胶凝材料对混凝土工作性能、早期和后期强度无不利影响；对混凝土耐久性而言，锂渣基胶凝材料能够提高混凝土抗氯离子渗透性和抗硫酸盐腐蚀性，但在一定程度上会加速混凝土表面碳化。

5、锂渣基胶凝材料用于水泥混凝土路面的中试试验验证

(1) 中试试验路段工程概况

本次道路路面低碳混凝土浇筑为厂区内部试验段工程，位于包装车间南侧，试验段 100 米，路幅 6 米。主要查看低碳胶凝材料在工业应用时凝结时间、流动性、包裹性、早期强度、开裂性能、抗折性能、长期服役性能等相关性能，为后续低碳胶凝材料应用于道路施工提供基础示范。

结构类型：低碳混凝土路面

设计厚度：30 厘米

试验段宽度：6 米

试验段长度：100 米

设计抗折强度： $\geq 4.5 \text{ MPa}$

28d 抗压强度： $\geq 30 \text{ MPa}$

混凝土生产方法：现场搅拌

(2) 中试方案

锂渣基胶凝材料用于水泥混凝土路面的配合比设计如表 11 所示。

表 11 路面水泥混凝土配合比设计 (kg/m^3)

类型	低碳胶凝材料	中砂	1-3 碎石	水	减水剂
试验室配合比	350	850	980	160	4.2
施工配合比	395	846	950	158	6.7

低碳胶凝材料：锂渣基胶凝材料中试产品

中砂：细度模数 2.3-3.0，含泥量（河砂） $\leq 1.0\%$ ，MB 值（机制砂） ≤ 1

1-3 碎石：压碎值 $\leq 10\%$

减水剂：聚羧酸高性能减水剂

(3) 施工情况

①搅拌

2024 年 11 月，本工程采用现场搅拌混凝土，按施工平面图设置适当的搅拌场和料场，在搅拌场集中拌和，用混凝土运输工具设备运到现场后进行浇筑。投入搅拌机每盘的拌和物数量，要按混凝土现场配合比和搅拌机容量计算确定。进入拌和机的砂、石料必须准确过称。

磅称开工前要检查校正本工程采用配料斗进料，该装置具备有电子称功能，计量准确，满足配合比称重要求。

混凝土拌合物每盘的搅拌时间，要根据搅拌机的性能和拌和物的和易性一般的从材料全部进入搅拌鼓起，至拌和物出料为止的连续搅拌时间，确定。一般为 1.5~2min，以现场实测为准。

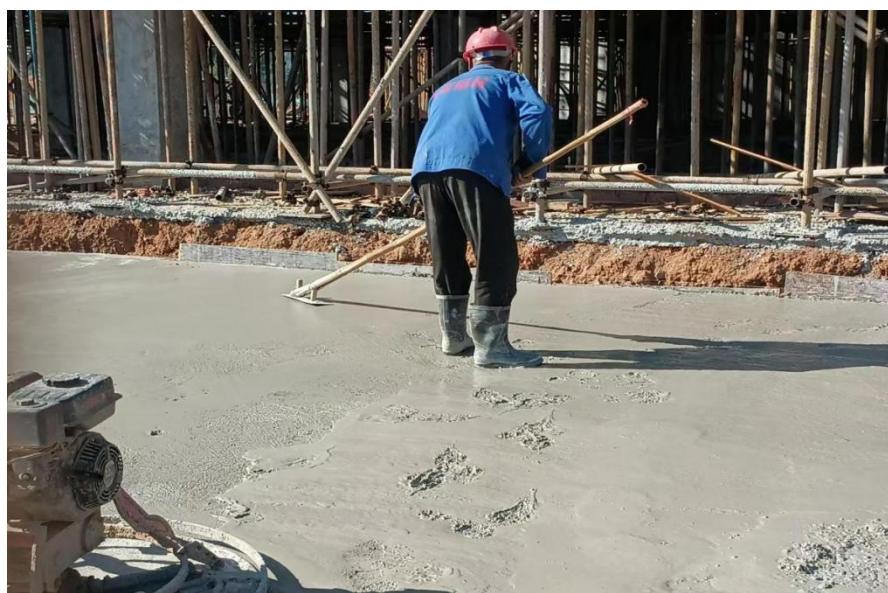
②浇筑与振捣

混凝土浇筑后，人工将混凝土扒匀，再用振捣棒对混凝土进行振捣，以消除气泡和提高混凝土的密实度。



③整平

随后进行混凝土的一次整平，人工进行坑洼不平处的填满找平，确保后期机器作业顺利进行。



使用混凝土抹光机对初期平整路面进行机器整平，确保混凝土路面的表面平整，减少高低不平和凹凸不平的现象。机器整平通过振动和压实作用，有助于消除引气剂带入混凝土中的气泡，减少混凝土中的孔隙，提高混凝土的密实度。



根据需要进行二次人工整平，对表面进行压光等处理，以提高路面的抗滑性和美观性。



④养护

早上八点和下午五点进行洒水养护，路面需完全湿润，混凝土养护毡呈现完全湿透状态。充足的水分确保混凝土胶凝材料的水化反应顺利进行，生成具有胶结性的水化产物，实现混凝土强度增长。



(4) 中试试验结果

①硬化混凝土路面情况

经过四天连续施工，成功完成低碳胶凝材料实验段铺设。



②现场取样检测

锂渣基胶凝材料用于水泥混凝土路面取样检测结果如表 12 所示。

表 12 路面水泥混凝土取样检测结果

类型	低碳胶凝材料	中砂	1-3 碎石	水	减水剂	3d 抗压强度/MPa	7d 抗压强度/MPa	28d 抗压强度/MPa
试验室配合比	350	850	980	160	4.2	26.4	35.5	52.8
施工配合比	395	846	950	158	6.7	15.4	22.4	42.6

实际施工情况证明，中试胶凝材料可达承重路面施工要求，混凝土 28d 抗压强度均能达到设计强度要求。

③低碳混凝土中试试验路段取芯检测



低碳胶凝材料示范路面

检
测
报
告



报告编号: 2024JGH110013

江西省建材产品质量监督检验站有限公司



江西省建材产品质量监督检验站有限公司

检测报告

一、项目概况

表 1 项目概况表

项目名称	低碳胶凝材料示范路面		
项目地点	/		
委托单位	九岭凝聚新材料有限公司	委托人	黄小宇
生产单位	/		
建设单位	/		
设计单位	/		
施工单位	/		
监理单位	/	见证人	/
建筑层数	/		
结构形式	/	结构封顶时间	/
检测区域	路面	建筑面积	/
检测项目	混凝土抗压强度		
检测时间	2024年12月02日	委托时间	2024年11月28日
依据标准	JGJ/T 384-2016《钻芯法检测混凝土强度技术规程》		



二、检测设备

表 2 主要检测设备表

序号	设备名称	设备规格型号	设备编号	检定/校准有效期至
1	压力试验机	YYW-2000DS	ST-06-793-2	2025年7月28日

三、检测方法与检测数量

表 3 检测方法和检测数量表

检测项目	检测方法	依据标准	检测数量(组)
混凝土抗压强度	钻芯法	JGJ/T 384-2016	2 组

四、检测结果

依据 JGJ/T 384-2016 《钻芯法检测混凝土强度技术规程》, 采用钻芯法对检测区混凝土构件进行检测, 检测结果见表 4。

表 4 钻芯法混凝土抗压强度检测结果

编号	结构部位	设计强度等级(MPa)	龄期(d)	芯样直径(mm)	芯样抗压强度(MPa)	抗压强度推定值(MPa)	抗压强度代表值(MPa)
1	路面 1	C30	>28	74.0	41.7	33.9	38.7
2				74.0	33.9		
3				74.0	40.5		
4	路面 2		>28	74.0	42.9	33.0	42.1
5				74.0	50.5		
6				74.0	33.0		

(以下无正文)



6、锂渣基胶凝材料用于宜丰九宇新建停车场示范工程

(1) 示范工程概况

宜丰九宇锂业因生产业务发展需要，新建占地 7000 余平方米的停车场，地面混凝土厚度 25cm，地面混凝土设计强度为 C30。计划使用九岭凝聚新材料有限公司生产的低碳胶凝材料配制相关混凝土。

(2) 混凝土配合比设计方案

锂渣基胶凝材料用于 C30 混凝土的配合比设计如表 13 所示。

表 13 路面水泥混凝土配合比设计 (kg/m³)

序号	锂渣基胶凝材料	水	机制砂 1	机制砂 2	1-2 碎石	1-3 碎石	外加剂
1	320	160	270	632	800	178	粤 8
2	360	165	270	612	780	173	粤 9.36
3	360	165	270	612	780	173	万 9.36
4	400	165	270	602	780	163	粤 10.8
5	450	165	270	572	780	163	粤 12.6
6	450	165	270	572	780	163	万 12.6

混凝土所用原材料信息如下：

胶凝材料：九岭凝聚生产低碳胶凝材料

机制砂 1 为含粉机制砂，机制砂 2 为水洗机制砂，粤棠建材提供

碎石 1：1-2 碎石，粤棠建材提供

碎石 2：1-3 碎石，粤棠建材提供

水：粤棠建材提供

外加剂 1：聚羧酸减水剂，粤棠建材提供

外加剂 2：聚羧酸减水剂，万华建材提供

(3) 混凝土试配试验情况

混凝土配合比 1 拌合物出机状态如下：



混凝土配合比 2 拌合物出机状态如下：



混凝土配合比 3 拌合物出机状态如下：



混凝土配合比 4 拌合物出机状态如下：



混凝土配合比 5 拌合物出机状态如下：



混凝土配合比 6 拌合物出机状态如下：



混凝土试件成型情况：



(4) 混凝土抗压强度测试结果

锂渣基胶凝材料制备的混凝土试验结果如表 14 所示。

表 14 混凝土性能测试结果

编号	坍落度/mm	扩展度/mm	3d 强度/MPa	7d 强度/MPa	28d 强度/MPa
G1	215	550	17.3	21.7	42.1
G2	220	540	22.5	34.9	54.3
G3	210	525	22.4	37.6	50.1
G4	220	560	20.9	33.6	50.1
G5	220	575	26.6	38.6	54.6
G6	220	580	25.5	39.5	53.3

由上述试验结果来看,随着锂渣基胶凝材料用量的增加,混凝土3d、7d和28d抗压强度均呈现显著增长,锂渣基胶凝材料用量超过300kg/m³即可配制出符合设计要求的C30路面混凝土。

7、锂渣基胶凝材料极端环境条件下的浸出毒性

(1) 低酸浸泡(模拟低酸环境条件)

样品制备:参照GB/T 17671—2021《水泥胶砂强度检验方法(ISO法)》将锂渣基胶凝材料全部替代水泥制备成型1组胶砂试件,1天后脱模,高温蒸养48h后冷却至室温,再破碎、过筛备用。

样品处理方法:参照HJ/T 299—2007《固体废物-浸出毒性浸出方法-硫酸硝酸法》,按10:1(L/kg)的液固比,将锂渣基胶凝材料试件颗粒在pH值3.2的浸提剂中处理18h。

铍、铊等浸出毒性分析:参照HJ 557—2010《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》,对低酸环境处理后的锂渣基胶凝材料试件颗粒进行浸出毒性测试。

(2) 强酸浸泡(模拟长期加速酸雨环境条件)

样品制备:参照GB/T 17671—2021《水泥胶砂强度检验方法(ISO法)》将锂渣基胶凝材料全部替代水泥制备成型1组胶砂试件,1天后脱模,高温蒸养48h后冷却至室温,再破碎、过筛备用。

样品处理方法:参照HJ/T 299—2007《固体废物-浸出毒性浸出方法-硫酸硝酸法》,按10:1(L/kg)的液固比,将锂渣基胶凝材料试件颗粒在pH值2.2的浸提剂中处理18h。

铍、铊等浸出毒性分析:参照HJ 557—2010《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》,对强酸环境处理后的锂渣基胶凝材料试件颗粒进行浸出毒性测试。

(3) 高温环境(模拟长期高温环境条件)

样品制备:参照GB/T 17671—2021《水泥胶砂强度检验方法(ISO法)》将锂渣基胶凝材料全部替代水泥制备成型1组胶砂试件,1天后脱模,高温蒸养48h后冷却至室温。然后在80℃高温烘烤18h,再冷却、破碎、过筛备用。

铍、铊等浸出毒性分析:参照HJ 557—2010《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》,对高温环境处理后的锂渣基胶凝材料试件颗粒进行浸出毒性测试。

(4) 干湿循环环境(模拟长期干湿交替环境条件)

样品制备：参照 GB/T 17671—2021《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》将锂渣基胶凝材料全部替代水泥制备成型 1 组胶砂试件，1 天后脱模，高温蒸养 48h 后冷却至室温。然后参照 GB/T 11969—2020《蒸压加气混凝土性能试验方法》经 15 次干湿循环后的试件，继续在 (60 ± 5) °C 下烘至恒质，取出并密封冷却至室温。再破碎、过筛备用。

铍、铊等浸出毒性分析：参照 HJ 557—2010《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》，对干湿循环环境处理后的锂渣基胶凝材料试件颗粒进行浸出毒性测试。

(5) 冻融循环环境 (模拟长期冻融环境条件)

样品制备：参照 GB/T 17671—2021《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》将锂渣基胶凝材料全部替代水泥制备成型 1 组胶砂试件，1 天后脱模，高温蒸养 48h 后冷却至室温。然后参照 GB/T 50082—2024《混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》经 50 次冻融循环后的试件，取出至室温。再破碎、过筛备用。

铍、铊等浸出毒性分析：参照 HJ 557—2010《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》，对冻融循环环境处理后的锂渣基胶凝材料试件颗粒进行浸出毒性测试。

(6) 碳化环境 (模拟长期碳化环境条件)

样品制备：参照 GB/T 17671—2021《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》将锂渣基胶凝材料全部替代水泥制备成型 1 组胶砂试件，1 天后脱模，高温蒸养 48h 后冷却至室温。然后参照 GB/T 50082—2024《混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》经 14 天碳化后的试件，取出破碎、过筛备用。

铍、铊等浸出毒性分析：参照 HJ 557—2010《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》，对碳化环境处理后的锂渣基胶凝材料试件颗粒进行浸出毒性测试。

(7) 硫酸盐侵蚀环境 (模拟长期硫酸盐侵蚀环境条件)

样品制备：参照 GB/T 17671—2021《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》将锂渣基胶凝材料全部替代水泥制备成型 1 组胶砂试件，1 天后脱模，高温蒸养 48h 后冷却至室温。然后参照 GB/T 50082—2024《混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》经 5 次硫酸盐干湿循环后的试件，取出破碎、过筛备用。

铍、铊等浸出毒性分析：参照 HJ 557—2010《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》，对硫酸盐侵蚀环境处理后的锂渣基胶凝材料试件颗粒进行浸出毒性测试。

试验结果如下表 15 所示：

表 15 锂渣基胶凝材料极端环境条件下的浸出毒性

样品名称	极端环境条件	Be 浸出毒性 (μg/L)	Tl 浸出毒性 (μg/L)
锂渣基胶凝材料试件	低酸, pH=3.2	0.116	0.237
锂渣基胶凝材料试件	强酸, pH=2.2	未检出	0.052
锂渣基胶凝材料试件	高温, 80°C	未检出	0.536
锂渣基胶凝材料试件	干湿循环, 15 次	未检出	0.430
锂渣基胶凝材料试件	冻融循环, 50 次	0.005	0.638
锂渣基胶凝材料试件	碳化, 14 天	未检出	0.442
锂渣基胶凝材料试件	硫酸盐干湿循环, 5 次	0.003	0.613

五、国家标准、行业标准、地方标准同类标准技术内容的对比情况

目前国外无锂渣基胶凝材料标准。

六、与现行相关法律、法规、国家标准、行业标准、地方标准的关系

本标准符合现行相关法律法规，也符合江西省公路学会团体标准范围。目前国家、行业或地方均未出现锂渣基胶凝材料应用于公路路面基层的相关标准，江西省公路学会在全国率先制定该项技术标准，可填补行业空白，引领江西锂渣固废利用的技术发展。

七、采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平的对比情况

无。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

在标准的编制过程中，广泛征求了行业相关单位和业内专家的意见和建议，主要针对标准中各项技术指标的要求范围做了深入研讨，各单位和行业专家结合自身的工程经验提出了技术依据，最终对标准内容达成一致。本标准在编制制定过程中，没有产生重大分歧意见。

九、涉及专利情况说明

经检索，本标准所列技术内容不涉及专利和相关知识产权。

十、本标准宣贯和推广应用的实施计划与措施

标准颁布实施后，建议相关部门应做好标准宣贯培训工作，制定相应的实施方法，使本规程得以认真执行，在规范锂渣安全高效利用、推广锂渣基胶凝材料用于公路路面基层相关技术和推动锂渣基系列产品技术研发及产业化应用方面起到重要的指导作用。

十一、其他应予说明的事项

无。