

# 盐城市地方标准

## 《废渣及海泥复合地质聚合物水泥应用技术规范》

### 编制说明

#### 一、背景、目的及意义

2021年3月18日，国家发改委、科技部、工信部等联合发布《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》，该意见明确“以提高资源利用效率为目标，以推动资源综合利用产业绿色发展为核心，促进大宗固废实现绿色、高效、高质、规模化利用，提高大宗固废综合利用水平，为经济社会高质量发展提供有力支撑”，提出目标为“到2025年，煤矸石、粉煤灰、尾矿(共伴生矿)、冶炼渣、工业副产石膏、建筑垃圾、农作物秸秆等大宗固废的综合利用能力显著提升，利用规模不断扩大，新增大宗固废综合利用率达到60%，存量大宗固废有序减少”。

盐城的沿海海域是中国唯一无赤潮的内海水域，大部分为淤泥质海岸。重要港口滨海港、大丰港等均是在淤泥质海岸上修筑成的。黄海新区的滨海港海堤、港池、码头、工厂等海工建设及疏浚过程中，大量海工淤泥难以处置，无论是就地固化还是无害化处理，成本巨大，难以承受。随着黄海新区的快步建设，这类海工淤泥体量急剧增长，严重阻碍了新区的可持续发展。目前，国内外对于海洋沉积物和海工淤泥等海洋废弃物的处置没有研究，普遍采用的手段是堆放，另一个方法是硬化。前者需要大量土地，且不安全，而后者成本巨大，硬化后的场地仍属于软基土，工程建造需要进行特殊处理，以保证长期结构安全。海洋废弃物的处置已经成为国内外一个公认的技术难题和建设痛点。因此利用疏浚淤泥，制备地质聚合物胶凝材料，并协同处置地方固废，包括化工废碱、粉煤灰、钢铁渣、尾矿渣、镍铁渣、飞灰等，对于沿海港口的发展具有重要意义。开发海泥基地聚合物混凝土系列产品，不仅可以用于港口园区内外的公路建设（稳定土层、稳定碎石），还适合海洋工程建设的低碳胶凝材料、海洋护坡构件材料、海洋牧场生态鱼礁、海上风电混凝土基座等。

该标准的制定和发布可推动地质聚合物产业的发展壮大，促进新产品、固废资源综合利用和低碳混凝土等关键技术的应用、升级和创新，在建筑、交通、水利、海洋工程建设中，大量替代传统的硅酸盐水泥，不仅实现最大体量的应用，还可以为国家减少天然资源的开采，并消纳百万吨级别的废渣及海泥固体废弃物。从行业发展的趋势看，地质聚合物的开发与应用符合行业的内生要求，从行业发展的趋势看，地质聚合物的开发与应用符合行业的内生要求，实现降碳减排、可持续发展，带动地方经济发展。

#### 二、任务来源

根据盐城市市场监督管理局《关于2022年度第五批盐城市地方标准准予立项的通知》（盐市监标函〔2022〕82号）文件。

#### 三、标准范围和编制原则

1、标准范围：本文件适用于废渣及海泥复合地质聚合物水泥性能检验，以及废渣及海泥复合地质聚合物固土材料、砂浆和混凝土应用。

## 2、原则

（1）规范性：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；

（2）先进性：目前，地聚合物在国外尚未形成完善的标准体系。现有相关国内标准、行标及中国公路学会标准中尚无工业废渣及海泥海泥地聚合物的相关标准，本标准将填补相关应用的空白；

（3）科学性：征集相关产业背景的企事业单位和具有地聚合物胶凝材料相关产业研发与产业化实力的高校与科研机构专家起草以上标准；

（4）可操作性：参考国内已发布的标准进行编制，设计要求与已有的标准基本一致，具备较强的可操作性，能够规范并指导全国地质聚合物的应用。

## 四、编制过程

### 1、前期预研

项目任务 2022 年 12 月下达后，江苏悦达集团及上海百奥恒对行业状况和国内外相关标准文件进行了广泛调研分析，并牵头组建了《废渣及海泥复合地质聚合物水泥应用技术规范》盐城市地方标准起草工作筹备小组，启动了标准制定工作。拟定了标准制定主要内容，制定了标准制定工作计划，邀请参编单位成立了标准起草工作小组并落实制定分工；起草了标准讨论稿，组织召开了标准制定工作会议。

经主编单位人员进行调研分析，可知盐城滨海黄海新区的海港、码头、工厂等海工建设过程中，大量海工淤泥难以处置，无论是就地固化还是无害化处理，成本巨大，难以承受，随着黄海新区的快步建设，海工淤泥体量急剧增长，严重阻碍了新区的可持续发展，因此利用氢能活化后的疏浚淤泥，制备地聚合物胶凝材料，并协同处置地方固废，对于沿海港口的发展具有重要意义。同时江苏悦达集团董事长张乃文及其团队，参访并实地考察焦作百奥恒生产基地及中试基地所在工厂，为进一步推进双方合作落地。百奥恒团队国内外相关标准文件进行了广泛调研分析，双方一致提出了规范的编制大纲。



图 1 盐城海工聚集的某滩涂

## 2、成立起草小组

2023 年 3 月，由悦达集团主办，上海百奥恒、同济大学协办的地聚合物材料专题报告会暨盐城市地方标准编制第一次启动会在盐顺利召开。会议第二阶段邀请了盐城市市场监管局标准处处长魏然致辞，魏处长对此次三个地方标准的编制工作表示高度认可，并希望这地方标准的制订可以推动盐城市绿色低碳发展，争取以后发展成国家标准甚至国际标准，并在盐城建立一个标准化技术机构。会议还推荐了参编单位和参编人员，并推荐了同济大学张祖华教授为编委会负责人，张祖华教授对标准编制工作任务和进度进行了分配。

《规范》主编单位由上海百奥恒新材料有限公司、同济大学、中国矿业大学（北京）、盐城工学院、江苏悦达绿氢科技有限公司、恒悦新材料有限公司担任，主要负责：地方标准编制工作的总体组织领导、统筹协调，编制的任务监督及与各单位沟通联系，本标准的编撰提供必要的技术指导及及技术攻关等。为使《规范》更具权威性、科学性、适用性和可操作性，还邀请了国内相关经验丰富的单位参与《规范》的编制。各单位主要负责本标准编制过程中材料及混合料生产提供建议与指导，对于编撰过程中出现的指标或参数提供建议，本标准在设计领域的可行性及推广性的评估工作，本标准技术指标的试验论证等。



图 2 第一次启动会

## 3、标准起草

### （1）起草讨论稿

2023 年 10 月，《废渣及海泥复合地质聚合物水泥应用技术规范》盐城市地方标准制定第二次线上工作会议正式召开，共有来自全国的高校、科研、检验机构、生产、应用等 12 个单位的 20 名代表参加会议。与会代表对《废渣及海泥复合地质聚合物水泥应用技术规范》盐城市地方标准（讨论稿）逐条进行了详细、认真的讨论，对地方标准（讨论稿）提出了宝贵的意见和建议。

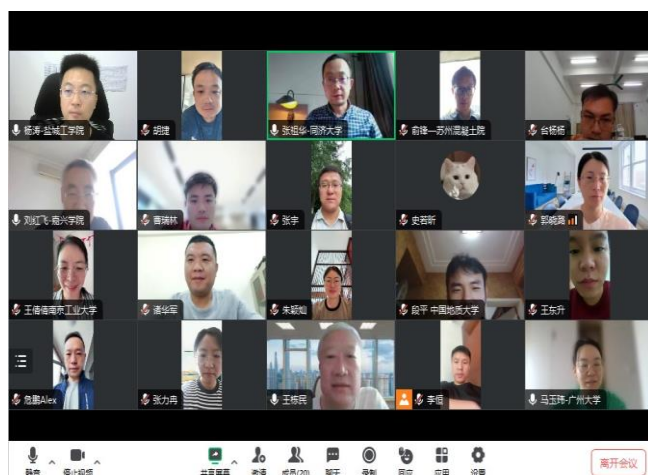


图 3 第二次启动会

## (2) 试验过程

本规范中所列关于地质聚合物水泥及海泥的各类性能指标,盐城工学院、中国矿业大学(北京)、华南理工大学、南京工业大学、东南大学、嘉兴学院、西南科技大学等单位均已进行了相关试验,明确了关键技术指标。具体测试分工见表 1,相应测试结果见表 2-5。

表 1 测试单位及项目

测试单位	测试项目
盐城工学院	1.干海泥粉体7 d及28 d活性指数; 2.烧失量及温度范围,有机物煅烧质量损失;GB/T 176 水泥化学分析方法中的烧失量测试温度在950±25℃范围内; 3.海泥中Cl <sup>-</sup> 离子含量 4.测定比表面积,凝结时间,安定性测量; 5.砂浆强度试验 6.可制备的混凝土强度等级
中国矿业大学(北京)	1.比表面积,凝结时间,安定性测量; 2.含钙矾石类(E-GP)的低水化放热实验 参考标准GB/T 42531 3.混凝土外加剂调研情况,不同种类地聚合物水泥与混凝土的适应性,可参考标准GB 8076《混凝土外加剂》
华南理工大学	1.海泥中Cl <sup>-</sup> 离子含量测定 2.砂浆强度试验
南京工业大学	1.比表面积,凝结时间,安定性测量; 2.砂浆强度试验
东南大学	1.干海泥粉体7 d及28 d活性指数; 2.烧失量及温度范围,有机物煅烧质量损失;GB/T 176 水泥 化学分析方法中的烧失量测试温度在950±25℃范围内; 3.砂浆强度试验
嘉兴学院	1.砂浆强度试验 2.耐化学腐蚀性测试 参考标准GB/T 29423,特别是耐盐性
西南科技大学	1.耐化学腐蚀性测试 参考标准GB/T 29423,特别是耐盐性 2.含钙矾石类(E-GP)的低水化放热实验 参考标准GB/T 42531

2023 年 11-12 月后陆续收到了各单位发来的试验结果，上海百奥恒新材料有限公司对试验结果进行整理形成了《废渣及海泥复合地质聚合物水泥应用技术规范》地方标准试验验证报告。下面将试验验证工作的情况给予介绍。

表 2 显示了含钙矾石类单组份（ES）地质聚合物水泥的砂浆强度，试验结果显示总体上与讨论稿符合，通过试验验证，各单位测试的 ES-32.5、ES-42.5、ES-52.5 类地质聚合物水泥的 3d 砂浆抗压强度均高于 20 MPa，抗折强度均高于 4.0 MPa，远高于标准规定的要求；同时各单位测试 ES-32.5、ES-42.5、ES-52.5 类地质聚合物水泥的 28d 砂浆强度也能达到标准要求。各单位试验结果测试结果无明显差异，对进一步确定技术指标起到关键作用。

表 2 含钙矾石类单组份（ES）地质聚合物水泥的砂浆强度

测试单位及标号		抗压强度（MPa）		抗折强度（MPa）	
		3d	28d	3d	28d
上海百奥恒	32.5	20.1	39.7	4.3	8.3
	42.5	23.5	50.5	5.3	9.2
	52.5	25.4	58.9	5.9	9.7
盐城工学院	32.5	23.8	40.3	5.1	8.1
	42.5	24.8	49.2	5.0	9.3
	52.5	25.1	54.7	5.8	9.6
华南理工大学	32.5	24.7	41.0	4.3	7.9
	42.5	27.3	48.6	5.0	8.7
	52.5	26.3	55.6	6.1	9.6
南京工业大学	32.5	21.9	38.6	4.4	7.7
	42.5	22.5	47.8	5.1	8.8
	52.5	25.5	55.7	6.0	9.3
东南大学	32.5	22.3	41.1	4.5	7.8
	42.5	24.1	48.9	5.2	8.6
	52.5	24.8	54.2	5.9	9.1
嘉兴学院	32.5	23.9	39.1	6.4	7.9
	42.5	23.3	45.6	6.3	8.6
	52.5	24.7	53.3	6.4	8.9

表 3 显示了含钙矾石类单组份（ES）地质聚合物水泥的物理性能，通过试验验证，各单位测试的 ES-32.5、ES-42.5、ES-52.5 类地质聚合物水泥的初凝时间分别为 230 min 左右、150 min 左右、230 min 左右，终凝时间分别为 370 min 左右、210 min、350 min 左右，达到标准终凝时间≤600 min 的要求，各单位测试结果无明显差异，测试结果与主编单位上海百奥恒测试结果一致，反映出标准指标的客观合理性。各单位测试的 ES-32.5、ES-42.5、ES-52.5 类地质聚合物水泥的安定性均合格，比表面积均≥300m<sup>2</sup>/kg，符合规定要求。

表 3 含钙矾石类单组份（ES）地质聚合物水泥的物理性能

测试单位及标号		凝结时间（min）		安定性	比表面积 （m <sup>2</sup> /kg）
		初凝时间	终凝时间	沸煮法	
上海百奥恒	32.5	232	379	合格	517
	42.5	151	208	合格	589
	52.5	237	352	合格	422
盐城工学院	32.5	224	356	合格	512
	42.5	165	224	合格	579
	52.5	236	347	合格	433
南京工业大学	32.5	207	364	合格	515
	42.5	147	211	合格	593
	52.5	218	335	合格	414
中国矿业大学 （北京）	32.5	257	340	合格	513
	42.5	156	225	合格	587
	52.5	223	354	合格	418

干海泥粉的活性及烧失量的标准要求为：干海泥粉 7d、28d 活性均 $\geq 60\%$ ，烧失量 $\leq 15\%$ 。

表 4 为各单位负责测试的试验结果，可以看出，上海百奥恒及东南大学测试的海泥活性均高于 60%，达到标准设定要求，而盐城工学院测试的海泥 7d、28d 活性分别为 57.6%、57.5%，低于标准要求，需进行重复试验验证看其试验结果是否存在误差可能性。三家单位测试的海泥烧失量分别为 12.18%、10.96%、13.32%，均小于 15%。同时，几家单位还同步测试了海泥的氯离子含量，测试结果最高为 1.668%，此结果可为含海泥地质聚合物水泥中海泥的组分确定起到关键作用。

表 4 干海泥粉的活性、氯离子含量及烧失量

测试单位及标号	活性（%）		氯离子含量（%）	烧失量（%）
	7d	28d		
上海百奥恒	67.6	65.6	1.668	12.18
盐城工学院	57.6	57.5	1.421	10.96
华南理工大学	/		1.47	/
东南大学	63.2	62.7	/	13.32

表 5 为盐城工学院测试的湿拌混凝土抗压强度的结果，制备的混凝土类别为不含钙矾石类含海泥的单双组份地质聚合物水泥混凝土，相关参数按照标准表 6。可以看出，无论单组份或双组份，加入海泥制备的不含钙矾石类地质聚合物水泥混凝土抗压强度各强度等级均达标；其中制备 C30、C40 混凝土，单组份的不含钙矾石类含海泥的地质聚合物水泥混凝土抗压强度高于双组分

的不含钙矾石类含海泥的地质聚合物水泥混凝土，制备 C50 混凝土结果与之相反。实验结果对进一步确定技术指标起到关键作用。

表 5 湿拌海泥地聚合物混凝土抗压强度

测试单位及标号	28 d抗压强度（MPa）					
	NHD C30	NHS C30	NHD C40	NHS C40	NHD C50	NHS C50
盐城工学院	35.8	39.2	48.4	57.5	60.2	58.4

（5）提出征求意见稿

经过 1 年的准备工作，现征求意见稿已经完成，为充分了解行业意见和建议，确保标准编制质量，经盐城市市场监管局标准管理处同意由悦达集团组织发布征求意见稿。编制组在《地质聚合物水泥》（Q/GPM 001-2022）及《固废基胶凝材料应用技术规范》（T/CECS 689-2020）的基础上，结合各单位在地质聚合物应用的实践经验，经讨论、修改与完善，于 2023 年 11 月编制完成《规范》（征求意见稿）。

4、征求意见

向行业内发布征求意见稿后收到回函并有建议或意见的单位有 10 家。共有 74 条意见，其中采纳 48 条，部分采纳 4 条，未采纳 22 条。具体可详见征求意见稿汇总材料。

五、主要技术内容和确立依据

本标准编制过程中，编制组进行了广泛而深入的调查研究，总结了废渣及海泥复合地质聚合物水泥的基础研究和应用经验，同时参考了国内外技术法规、技术标准，并经过试验研究，取得了编制本标准所必要的重要技术参数。

现将标准有关条文说明如下：

1、范围

针对地质聚合物水泥目前主要的用途和今后有望更多应用的场合提出了本文件适用于废渣及海泥复合地质聚合物水泥性能检验，以及废渣及海泥复合地质聚合物砂浆和混凝土配合比设计、制备与施工、质量检验与验收、安全与环保。

2、规范性引用文件

根据 GB/T1.1—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》的有关规定编写固定导语。在固定导语之后按照先国家标准后行业标准的顺序列出与本标准引用的标准，去掉无关的标准名称。本文件共计引用了 52 个标准。

3、术语和定义

新增和有必要列出的术语和定义

（1）海泥 Sea mud

新增术语。经各种沉积作用所形成的海底沉积物，因沿海滩涂工程建设产生的海工淤泥。

（2）激发剂 Activator

特别强调能够诱导引发海泥或废渣等硅铝酸盐类固体粉末发生反应的激发剂，包括工业副产石膏、工业碱渣、水玻璃、硅酸钠等的一种或多种组合。

（3）废渣及海泥复合地质聚合物水泥 Waste slag and sea mud geopolymer cement

新增术语。以硅铝酸盐类工业固体废弃物为主体组分，掺用部分海泥，通过化学激发形成硬化体的无机胶凝材料统称。

#### 4、原材料

包括海泥粉(烘干后)的技术要求和试验方法的规定。海泥活性测试方法参照 GB/T 1596-2017 附录 C。其三氧化硫及烧失量规定参照 GB/T 176。

#### 5、分类

根据地质聚合物水化产物中是否生成钙矾石相,分为含钙矾石类地质聚合物水泥和不含钙矾石地质聚合物水泥。其中,含钙矾石地质聚合物水泥中包含硫酸盐和工业副产石膏用于早期钙矾石生成;而不含钙矾石类地质聚合物水泥中则不含有 3.1 规定的硫酸盐类原料。

按照地质聚合物水泥的组成部分,可分为单组份地质聚合物水泥和双组份地质聚合物水泥。其中,单组份地质聚合物水泥只需加入固定比例的拌合水,而双组份地质聚合物水泥包含 A 和 B 两种组分,其中 A 组分为固体粉末原料,而 B 组分为液体激发剂,两者以一定比例混合,也可根据使用需要补加一定的拌合水。

#### 6、技术要求

技术要求主要包括地质聚合物水泥的化学组分、物理要求及强度的规定。化学组分中,对于三氧化硫的含量限定,主要考虑含钙矾石类的地质聚合物水泥其原料中含有硫酸盐类,故其三氧化硫含量限定大于不含钙矾石类的地质聚合物水泥。对于氯离子含量限定,由于测试海泥中的氯离子含量为 1.668%,制备含海泥地质聚合物水泥时,对其氯离子含量的限定需适当加大,为  $\leq 1.0\%$ 。测试方法均参考 GB/T 176。强度的规定中,对于不同类别的地质聚合物水泥,设置的强度要求不同,强度指标根据产品回收强度数据决定。

#### 7、原材料质量验收

标准还对海泥检验规则及场检验和生产过程抽检的项目进行了规定。

### 六、与相关法律法规和国家标准的关系

本标准主要在《中华人民共和国标准化法》和《国家标准管理办法》框架指导下开展并制定,在已发布的国家标准和地方标准中尚无标准编制说明编写规范或编写指南类似标准。所以,本标准与现行法律法规和强制性标准不矛盾、不重复,是相互补充、相互支撑的协调关系。

### 七、贯彻标准的建议和措施

本标准发布后,标准制定单位组织相关单位参加标准培训和宣贯,切实推动本标准的贯彻实施,利用各类新闻媒体或采用其他方式,宣传本标准,对发布的标准反复实施应用,推动标准与生产深度融合,确保标准落地并取得实效。