《深海用固体浮力材料》“浙江制造”标准编制说明

1. 项目背景

以高分子材料和轻质耐压填料（如，空心微珠和空心球等）为主要成分制成的固体浮力材料是一种多组份、复杂微观结构的先进复合材料。其微观结构为由诸多闭合增强孔隙组成的多孔材料，具有密度低、强度高、吸水率小、透波性好、耐腐蚀及耐老化性能优异等诸多优点。其可在高等静压环境下为水下作业装备提供所需的浮力，以保证稳定的深海工作状态，目前主要应用于深海探测、海洋油气、海上风电、深海采矿、国防军工等领域。

固体浮力材料及其制备技术起源于美国，原本主要应用于军事工业，是美国政府严格把控、限制出口的关键材料。美国海军早在1964年就为用于深海的固体浮力材料制定了MIL-S-24154A标准，其最后一次修订时间为1991年。由于材料技术及行业的发展，该标准已经明显不适用于现在的固体浮力材料。

本世纪初，由于各国大力开发海洋资源，尤其是海上油气的开采活动，固体浮力逐渐应用到海洋工程领域。美国石油学会为由固体浮力材料制成的深水钻井立管浮力块和软管分布式浮力块制定了API 16F（其中第13部分）规范和API 17L1（其中第8部分）规范，长期以来是该领域产品制造商所遵循的准则。但是，上述两个标准只针对指定用途的浮力材料制成品进行了规范，却没有对浮力材料本身提出规范要求，故而在实际使用中往往造成混淆和误解。

由于国外长期的技术垄断和封锁，中国在固体浮力材料技术领域起步较晚。但随着“十三五”和“十四五”战略规划的推进，近年来在国家政策的推动下国内固体浮力材料领域取得了一定的进步，填补了一些空白。目前，本单位台州中浮新材料科技股份有限公司是国内在高分子复合泡沫材料领域技术最先进、产业化程度最高、且实际工程应用业绩最多的企业。而中科院理化所和海洋化工研究院是国内在相关方面起步较早、研发投入较多的单位。

目前，国内在相关领域标准化工作上，中央军委装备发展部在2018年制定推出了《GJB 9435-2018 深海用微珠树脂复合固体浮力材料规范》，为行业发展奠定了基石。但是，该标准只针对应用于无人和载人潜器的固体浮力材料，却没有对其制成品和应用于其他领域（如，海洋油气、海上风电等）的固体浮力材料进行规范，故而其普遍适用性不足。

本规范是中浮公司基于在固体浮力材料方面长期研发、生产和多领域应用经验，并综合参考国内、外相关标准、规范、文献，通过总结、归纳、提炼而提出的具有普遍适用性的标准文件。希望通过制定并发布本规范，为相关领域的客户、同行、研究人员等提供“一站式”指南；并通过提出比现有标准文件更全面、更严格、更前沿的技术指标要求，推动本公司乃至本行业的整体发展。

1. 项目来源

由台州中浮新材料科技股份有限公司向浙江省品牌建设联合会提出立项申请，经省品牌联论证通过并印发了《2021年第四批“品字标”团体标准（“浙江制造”标准类）制定计划》，项目名称：《深海用固体浮力材料》。

1. 标准制定工作概况
   1. 标准制定相关单位及人员
      1. 本标准牵头组织制定单位：浙江蓝箭万帮标准技术有限公司
      2. 本标准主要起草单位：台州中浮新材料科技股份有限公司。
      3. 本标准参与起草单位：\*\*\*
      4. 本标准起草人为：刘刚。
   2. 主要工作过程
      1. **前期准备工作**

台州中浮新材料科技股份有限公司按照“浙江制造”标准工作组构成要求，组建标准研制工作组，根据深海用固体浮力材料行业的发展和客户需求，明确了以固体浮力材料的密度、等静压破坏强度、吸水率、体积弹性模量、单轴压缩强度、拉伸强度、剪切强度、在位浮力损失、体积变形率、尺寸、干重和净浮力等方面为重点制订“浙江制造”团体标准。同时，明确了参与制定本标准人员的职责分工、研制计划、时间进度安排等情况。标准研制计划如下：

1. 2021年4月-2021年7月，编写标准（草案），标准编制说明（含先进性说明）。并召开启动会暨研讨会。
2. 2021年8月，征求意见阶段：形成征求意见稿，并向利益相关方等发送电子版标准征求意见稿征求意见，并根据征求意见，汇总成征求意见表。
3. 2021年8月，送审阶段：标准研制工作组探讨专家意见，并修改、完善征求意见稿、标准编制说明、先进性说明等材料，编制标准送审稿及其它送审材料并推荐评审专家，提交送审材料并等待评审会召开。
4. 2021年9月：评审阶段：召开标准评审会。专家对标准送审稿及其它送审材料进行评审，给出评定建议。
5. 2021年9月：报批阶段：根据评审会专家评定建议，对标准（送审稿）进行审查，并根据专家意见对送审稿进行修改完善，形成标准（报批稿），同步完善其它报批材料，并提交等待标准发布。
   * 1. **标准草案研制**

标准起草小组参考GJB 9435-2018《深海用微珠树脂复合固体浮力材料规范》、MIL-S-24154A《SYNTACTIC BUOYANCY MATERIAL FOR HIGH HYDROSTATIC PRESSURES》、API 16F-2017《Specification for Marine Drilling Riser Equipment》、 API 17L1-2015《Specification for Flexible Pipe Ancillary Equipment》以及ISO 21173 《Submersibles - Hydrostatic pressure test - Pressure hull and buoyancy materials》等国内外现行标准，以之为基础提出了涵盖深海用固体浮力材料的更先进、更具体的指标要求，包括：产品分类的细化、更能反应当前材料发展的密度、等静压破坏强度、吸水率、体积弹性模量、单轴压缩强度、拉伸强度、剪切强度等要求；以及成品的性能要求，包括：尺寸、干重、净浮力、在位浮力损失、体积变形率等。

* + 1. **征求意见**

待编辑。

* + 1. **专家评审**

待编辑。

* + 1. **标准报批**

待编辑。

1. 标准编制原则、主要内容及确定依据
   1. 编制原则

标准编制遵循“合规性、必要性、先进性、经济性、可操作性”的原则，与国际通行标准接轨，注重标准的可操作性。

* + 1. **合规原则**

本标准在 GJB 9435-2018《深海用微珠树脂复合固体浮力材料规范》、MIL-S-24154A《SYNTACTIC BUOYANCY MATERIAL FOR HIGH HYDROSTATIC PRESSURES》、API 16F-2017《Specification for Marine Drilling Riser Equipment》、 API 17L1-2015《Specification for Flexible Pipe Ancillary Equipment》以及ISO 21173 《Submersibles - Hydrostatic pressure test - Pressure hull and buoyancy materials》基础上，结合企业和国内外同行业产品的特点以及实用性，符合当前相关的国家、行业标准要求。标准编写规则符合 GB/T 1.1—2020 的要求。

* + 1. **必要性原则**

本标准从应用于不同领域的固体浮力材料出发，重点解决现有标准普遍适用性不足的问题，并围绕密度、吸水率、等静压破坏强度、在位浮力损失和体积变形率等客户特别关心的核心质量特性提出了适应于行业当前发展的更高、更严格的技术指标。

* + 1. **先进性原则**

本标准综合参考 GJB 9435-2018《深海用微珠树脂复合固体浮力材料规范》、MIL-S-24154A《SYNTACTIC BUOYANCY MATERIAL FOR HIGH HYDROSTATIC PRESSURES》、API 16F-2017《Specification for Marine Drilling Riser Equipment》、 API 17L1-2015《Specification for Flexible Pipe Ancillary Equipment》以及ISO 21173 《Submersibles - Hydrostatic pressure test - Pressure hull and buoyancy materials》等现有标准，并结合国内外先进固体浮力材料厂家的产品性能参数，从性能维度、密度、吸水率、等静压破坏强度、在位浮力损失和体积变形率等方面都做了提升。

* + 1. **可操作原则**

本标准起草过程中对各项技术要求的检测或试验方法均做出了规定，各项技术指标均有现行的国家标准、行业标准做检测支撑，标准所有技术要求均可检测、验证、核实，质量承诺要求可追溯。

* + 1. **经济性原则**

本标准起草过程中对固体浮力材料的性能维度、密度、吸水率、等静压破坏强度、在位浮力损失和体积变形率等方面进行了综合评判，基于当前行业发展适当提高要求，能够提高产品的性能和质量一致性，通过优化、完善生产工艺、提高装备自动化水平、提高工艺精度能够实现标准要求。

* 1. 主要参考标准

本标准制定过程中，主要参考了以下标准：

GJB 9435-2018《深海用微珠树脂复合固体浮力材料规范》

MIL-S-24154A 《SYNTACTIC BUOYANCY MATERIAL FOR HIGH HYDROSTATIC PRESSURES》

API 16F-2017《Specification for Marine Drilling Riser Equipment》

API 17L1-2015《Specification for Flexible Pipe Ancillary Equipment》

ISO 21173 《Submersibles - Hydrostatic pressure test - Pressure hull and buoyancy materials》

* 1. 主要内容及确定依据
     1. **主要内容**

本标准规定了深海用固体浮力材料的产品分类、基本要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存及质量承诺。

* + 1. **确定依据**
       1. 产品分类

根据如下最大作业水深对固体浮力材料进行分类和型式验证：

A型：作业水深不大于1000m。

B型：作业水深1000 - 4000m。

C型：作业水深4000 - 6000m。

D型：作业水深6000 - 11000m。

产品分类参考GJB 9435-2018《深海用微珠树脂复合固体浮力材料规范》中按作业水深对浮力材料进行分类，并根据当前应用实际进行合理整合、归并。根据国际惯例，作业水深区域主要分为：中水区（Mesopelagic Zone）0 - 1000m、深水区（Bathypelagic Zone）1000 - 4000m、深渊区（Abyssopelagic Zone）4000 - 6000m和超深渊区（Hadal Zone）6000 - 11000m。

* + - 1. 基本要求

按照浙江制造“四精”原则从设计研发、原材料、工艺及装备和检验检测等四个方面结合企业和行业实际情况进行相关先进性要求的规定。其中：

1. 研发设计：要求具有材料研发（配方设计）的能力；产品设计（包括，外形、连接方式、粘结形式、应力分析等）的能力。
2. 原材料和零部件：原材料检验，尤其注重关键组分轻质填料的检验。其中，填料的“真密度一致性”直接影响产品的真密度一致性；“抗压强度下存活率”直接影响产品的耐压强度；“含水率”和“漂浮率”影响生产工艺及产品最终质量和性能。
3. 工艺装备：提出了物料混合、固化成型和环保设备等要求。
4. 检验检测：从原材料检验、过程检验和产品检验三个角度提出要求。
   * + 1. 技术要求

参考GJB 9435-2018《深海用微珠树脂复合固体浮力材料规范》、MIL-S-24154A 《SYNTACTIC BUOYANCY MATERIAL FOR HIGH HYDROSTATIC PRESSURES》、API 16F-2017《Specification for Marine Drilling Riser Equipment》、API 17L1-2015《Specification for Flexible Pipe Ancillary Equipment》和ISO 21173 《Submersibles - Hydrostatic pressure test - Pressure hull and buoyancy materials》，并结合企业产品规格，针对重要指标提出了更先进的指标要求，其中：

1. 裸材要求：浮力材料裸材的性能要求，其中
   1. 密度要求、等静压破坏强度、吸水率、体积弹性模量和剪切强度等性能指标：参考GJB 9435-2018《深海用微珠树脂复合固体浮力材料规范》及MIL-S-24154A《SYNTACTIC BUOYANCY MATERIAL FOR HIGH HYDROSTATIC PRESSURES》标准，并根据现有先进规格适当提升性能指标。
   2. 密度一致性、拉伸强度等性能指标：根据客户要求（如，招标技术文件、技术要求等）和公司产品质量一致性确定合理且先进的性能指标。
2. 成品要求：浮力材料成品（包含所有组件,如表皮、涂层、内嵌件和紧固件等）的性能要求，其中
   1. 净浮力、1年（拟合）在位浮力损失（工作水压）、体积变形率（工作水压）、等静压破坏强度和装配等性能指标：参考API 16F-2017《Specification for Marine Drilling Riser Equipment》和API 17L1-2015《Specification for Flexible Pipe Ancillary Equipment》标准，并根据现有先进规格适当提升性能指标。
   2. 尺寸和干重等性能指标：根据客户要求（如，招标技术文件、技术要求等）和公司产品性能及质量确定合理且先进的性能指标。
      * 1. 试验方法：

引用了包括ASTM、API、GB/T和ISO等各测试标准，皆为标准化试验方法。

* + - 1. 检验规则

参考GJB 9435-2018《深海用微珠树脂复合固体浮力材料规范》、API 16F-2017《Specification for Marine Drilling Riser Equipment》和API 17L1-2015《Specification for Flexible Pipe Ancillary Equipment》制定了同等的检验规则。

1. 检验分类：分为型式检验（产品定型）和质量检验。
2. 型式检验：进行所有性能指标检验，包括破坏性试验。
3. 质量检验：抽检，进行关键性能指标检验，不包括破坏性试验。
4. 判定标准：参考参考GJB 9435-2018《深海用微珠树脂复合固体浮力材料规范》和API 16F-2017《Specification for Marine Drilling Riser Equipment》制定。
   * + 1. 标志、包装、运输和贮存

参考GJB 9435-2018《深海用微珠树脂复合固体浮力材料规范》、API 16F-2017《Specification for Marine Drilling Riser Equipment》和API 17L1-2015《Specification for Flexible Pipe Ancillary Equipment》制定了同等的标志、包装、运输和贮存要求。

* + - 1. 质量承诺

根据客户要求（如，招标文件等）和企业实际能够做到给客户最优质的售后服务进行相关要求的规定。

1. 标准先进性体现
   1. 型式试验内规定的所有指标对比分析情况

与国内外现行标准（如，GJB 9435-2018和MIL-S-24154A）相比，浙江制造标准在指标方面的先进性主要体现在：固体浮力材料的密度、等静压破坏强度、体积弹性模量、拉伸强度；以及固体浮力材料制品的尺寸、干重、净浮力、在位浮力损失等指标上。具体见附表1。

* 1. 基本要求

1. 首次明确了对固体浮力材料生产商研发设计的能力要求；
2. 首次明确了对关键原材料（如，轻质耐压填料）的检验要求；
3. 首次明确了对固体浮力材料生产商工艺设备的要求；
4. 从原材料、过程和产品三个方面明确了对检验检测能力的要求。
   1. 质量承诺
5. 首次提出了产品保质期、维修应急响应等质量承诺要求。
   1. 标准中能体现“智能制造”、“绿色制造”先进性的内容说明。
6. 在基本要求中提出了环保设备的要求。
7. 与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调性
   1. 目前国内主要执行的标准

GJB 9435-2018《深海用微珠树脂复合固体浮力材料规范》

API 16F-2017《Specification for Marine Drilling Riser Equipment》

API 17L1-2015《Specification for Flexible Pipe Ancillary Equipment》

ISO 21173 《Submersibles - Hydrostatic pressure test - Pressure hull and buoyancy materials》

* 1. 本标准与相关法律、法规、规章、强制性标准相冲突情况

本标准不存在标准低于相关国标、行标和地标等推荐性标准的情况。

* 1. 本标准引用的文件

API Specification 16F Specification for Marine Drilling Riser Equipment

ASTM D2736 Practice for Determination of Hydrostatic Compressive Strength of Syntactic Foam

ASTM D2929 Method of Test for Bulk Modulus of Elasticity of Syntactic Foam (Piston-Cylinder Method)

GB/T 1033 塑料 非泡沫塑料密度的测定 第1部分:浸渍法、液体比重瓶法和滴定法

GB/T 2567 树脂浇铸体性能试验方法

GB/T 15598 塑料剪切强度试验方法 穿孔法

ISO 21173 Submersibles - Hydrostatic pressure test - Pressure hull and buoyancy materials

1. 社会效益

待编辑。

1. 重大分歧意见的处理经过和依据

待编辑。

1. 废止现行相关标准的建议

无。

1. 提出标准强制实施或推荐实施的建议和理由

本标准为浙江省品牌建设联合会团体标准。

1. 贯彻标准的要求和措施建议

已批准发布的“浙江制造”标准，文本由浙江省品牌建设联合会在官方网站（http://www.zhejiangmade.org.cn/）上全文公布，供社会免费查阅。

标准主要起草单位将在企业标准信息公共服务平台（http://www.cpbz.gov.cn/）上自我声明采用本标准，其他采用本标准的单位也应在信息平台上进行自我声明。

1. 其他应予说明的事项

无。

《深海用固体浮力材料》标准研制工作组

2021年7月19日

附表1. 技术指标对比（以C型固体浮力材料为例）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **类别** | **项目** | | **浙江制造标准** | **GJB 9435-2018** | **MIL-S-24154A-1991** | **API 16F-2017** | **API 17L1-2015** |
| 裸材 | 密度（kg/m3） | | ≤ 600 | ≤ 620 | ≤ 608 | - | - |
| 密度一致性（kg/m3） | | ± 15 | - | - | - | - |
| 等静压破坏强度（MPa） | | ≥ 1.25×工作水压 | ≥ 1.10×工作水压 | ≥ 1.10×工作水压 | - | - |
| 吸水率（%） | 24小时保压 | ≤ 1.0 | ≤ 1.0 | - | - | - |
| 7天保压 | ≤ 3.0 | ≤ 3.0 | ≤ 3.0 | - | - |
| 200次水压循环 | ≤ 3.0 | - | ≤ 3.0 | - | - |
| 体积弹性模量（MPa） | | ≥ 2000 | ≥ 1800 | ≥ 1900 | - | - |
| 单轴压缩强度（MPa） | | ≥ 50 | ≥ 50 | ≥ 50 | - | - |
| 拉伸强度（MPa） | | ≥ 12 | - | ≥ 10 | - | - |
| 剪切强度（MPa） | | ≥ 15 | ≥ 15 | ≥ 14 | - | - |
| 成品 | 尺寸 | | 模具浇铸：设计值 ± 1.0%；  机械加工：设计值 ± 0.15%。 | - | - | - | 满足图纸公差要求。 |
| 干重 | | 单个：设计值 ± 4%；  平均：设计值 ± 2%。 | - | - | - | - |
| 净浮力 | | 单个：设计值 ± 4%；  平均：设计值 ± 2%。 | - | - | 单个：设计值 ± 5%；  平均：设计值 ± 2%。 | 满足采购方要求。 |
| 在位浮力损失  （工作水压） | | 1年（拟合）≤ 4.5% | - | - | 1年（拟合）≤ 5.0% | 满足采购方要求。 |
| 体积变形率  （工作水压） | | ≤ 1.5% | - | - | ≤ 1.5% | - |
| 等静压破坏强度 | | ≥ 1.25×工作水压 | - | - | ≥ 1.25×工作水压 | 满足采购方要求。 |