

ICS 65.100.01

CCS B 13

T

团体标准

T/CEATEC XXX—2026

采油用微生物菌剂

microbial agent for oil recovery

(征求意见稿)

2026-X-XX 发布

2026-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 产品分类 2

 4.1 按菌种组成分类 2

 4.2 按代谢功能分类 2

 4.3 按产品剂型分类 2

5 技术要求 2

 5.1 菌种要求 2

 5.2 感官要求 2

 5.3 理化指标 3

 5.4 功能指标 3

 5.5 安全性指标 3

 5.6 保质期 4

6 试验方法 4

 6.1 感官检验 4

 6.2 理化指标试验 4

 6.3 功能指标试验 4

 6.4 安全性指标试验 5

 6.5 保质期试验 5

7 检验规则 5

 7.1 检验分类 5

 7.2 出厂检验 5

 7.3 型式检验 6

 7.4 判定规则 6

8 标志、包装、运输和贮存 6

 8.1 标志 6

 8.2 包装 6

 8.3 运输 6

 8.4 贮存 6

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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

采油用微生物菌剂

1 范围

本文件规定了采油用微生物菌剂的产品分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于以提高原油采收率为目的，用于微生物驱油、微生物吞吐等采油作业的微生物菌剂产品。

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 191 包装储运图形符号标志
- GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划
- GB 4789.3 食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群计数
- GB 4789.4 食品安全国家标准 食品微生物学检验 沙门氏菌检验
- GB 4789.5 食品安全国家标准 食品微生物学检验 志贺氏菌检验
- GB 4789.10 食品安全国家标准 食品微生物学检验 金黄色葡萄球菌检验
- GB 4789.11 食品安全国家标准 食品微生物学检验 β 型溶血性链球菌检验
- GB 20287 农用微生物菌剂
- GB/T 41728 微生物肥料质量安全评价通用准则
- SY/T 0532 油田注入水细菌分析方法 绝迹稀释法
- SY/T 6888 微生物驱油技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

采油用微生物菌剂 microbial agent for oil recovery

从油藏环境或自然界中筛选、分离、驯化得到的，能够在油藏条件下生长繁殖并代谢产生生物表面活性剂、生物聚合物、有机酸、气体等驱油活性物质，用于提高原油采收率的微生物制品。

3.2

有效活菌数 viable bacterial count

采油用微生物菌剂中具有生命活动能力、能够在适宜培养基上生长繁殖形成菌落的微生物数量，以每克或每毫升样品中的菌落形成单位（CFU）表示。

3.3

杂菌率 contamination rate

采油用微生物菌剂中除目标功能菌株以外的其他微生物数量占样品中总微生物数量的百分比。

3.4

生物表面活性剂 bio-surfactant

由微生物代谢产生的具有表面活性的两亲性化合物，能够降低油水界面张力，促进原油乳化分散。

3.5

原油降解率 crude oil degradation rate

在特定培养条件下，采油用微生物菌剂对原油中烃类组分的降解程度，以原油质量减少的百分比表示。

3.6

微生物驱油 microbial enhanced oil recovery, MEOR

利用微生物及其代谢产物作用于油藏，通过降低原油黏度、降低油水界面张力、改变岩石润湿性、选择性封堵高渗透层等机理提高原油采收率的技术方法。

4 产品分类

4.1 按菌种组成分类

分类如下：

- a) 单一菌剂：由单一菌种（株）组成的微生物菌剂；
- b) 复合菌剂：由两种或两种以上功能互补的菌种（株）按一定比例复配组成的微生物菌剂。

4.2 按代谢功能分类

分类如下：

- a) 产表面活性剂型菌剂：以产生生物表面活性剂为主要功能特征的微生物菌剂；
- b) 产聚合物型菌剂：以产生生物聚合物（多糖、蛋白等）为主要功能特征的微生物菌剂；
- c) 产气型菌剂：以产生 CO₂、CH₄、H₂ 等气体为主要功能特征的微生物菌剂；
- d) 复合功能型菌剂：同时具有上述两种或两种以上代谢功能的微生物菌剂。

4.3 按产品剂型分类

分类如下：

- a) 液体菌剂：以液体形态存在的微生物菌剂产品；
- b) 粉剂菌剂：以固体粉末形态存在的微生物菌剂产品。

5 技术要求

5.1 菌种要求

- 5.1.1 生产用菌种应具有明确的分类学地位，应鉴定至种水平，宜采用 16SrRNA 基因序列分析进行分子生物学鉴定。
- 5.1.2 生产用菌种不应包含任何已知的条件致病菌或致病菌，菌种安全性评价应按照 GB/T 41728 的规定执行。
- 5.1.3 生产用菌种应具有稳定的遗传特性和代谢功能，经连续传代不应发生功能退化。
- 5.1.4 生产用菌种应在特定油藏温度（一般 20℃~90℃）、矿化度（一般 0g/L~250g/L）、pH 值（一般 4.0~9.5）范围内保持活性。

5.2 感官要求

采油用微生物菌剂的感官要求应符合表 1 的规定。

表 1 采油用微生物菌剂感官要求

项目	液体菌剂	粉剂菌剂
外观	乳白色、浅黄色或棕黄色均匀悬浊液或溶液，无明显沉淀或分层	浅黄色至棕褐色粉末或颗粒，松散均匀，无结块
气味	具有发酵特有的微酸气味或无异味	具有产品特有的气味或无异味
杂质	无肉眼可见的外来机械杂质	无肉眼可见的外来机械杂质
注：液体菌剂静置后允许有少量沉淀，摇匀后应能均匀分散。		

5.3 理化指标

采油用微生物菌剂的理化指标应符合表 2 的规定。

表 2 采油用微生物菌剂理化指标

项目	液体菌剂	粉剂菌剂
pH 值（25℃）	5.5~8.5	6.0~8.0
有效活菌数，CFU/g（mL）	$\geq 1.0 \times 10^8$	$\geq 2.0 \times 10^8$
杂菌率，%	≤ 5.0	≤ 5.0
水分，%	—	≤ 10.0
细度（通过 0.18mm 标准筛），%	—	≥ 90
注 1：复合菌剂中每种功能菌的有效活菌数均应不小于 1.0×10^7 CFU/g（mL）。		
注 2：有效活菌数指标中，烃氧化菌菌液宜不小于 1×10^8 CFU/mL。		

5.4 功能指标

采油用微生物菌剂的功能指标应符合表 3 的规定。

表 3 采油用微生物菌剂功能指标

项目	指标要求
原油降解率（7 d），%	≥ 15.0
油水界面张力（30 min），mN/m	≤ 5.0
乳化指数（E ₂₄ ），%	≥ 60.0
驱油效率提高值（岩心驱替），%	≥ 5.0

5.5 安全性指标

采油用微生物菌剂的安全性指标应符合表 4 的规定。

表 4 采油用微生物菌剂安全性指标

项目	指标要求
粪大肠菌群数，MPN/g（mL）	≤ 100
沙门氏菌	不得检出
志贺氏菌	不得检出
金黄色葡萄球菌	不得检出
溶血性链球菌	不得检出

5.6 保质期

在符合本文件规定的贮存条件下，液体菌剂保质期不应少于 6 个月，粉剂菌剂保质期不应少于 12 个月，保质期内各项指标应符合本文件的规定。

6 试验方法

6.1 感官检验

取适量样品置于洁净白色器皿中，在非直射日光条件下目测外观、观察有无杂质，嗅闻气味。

6.2 理化指标试验

6.2.1 pH 值

应按照以下方法进行：

a) 液体菌剂：取 50mL 充分摇匀的样品，用校准后的 pH 计在 $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 条件下测定；

b) 粉剂菌剂：称取样品 10.0g，加入 90mL 无二氧化碳蒸馏水，搅拌使充分溶解后，用校准后的 pH 计在 $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 条件下测定。

6.2.2 有效活菌数

有效活菌数的测定应以平板计数法为仲裁法，按以下步骤进行：

a) 样品处理：液体菌剂经充分摇匀后直接稀释；粉剂菌剂称取 10.0g，加入 90mL 无菌生理盐水，在 200r/min~250r/min 条件下振荡 30min，静置 2min 后取上清液作为原液进行稀释；

b) 涂布培养：取适宜稀释度的稀释液 0.1mL，均匀涂布于营养琼脂培养基平板上，在目标菌种最适生长温度（ $30^{\circ}\text{C} \sim 55^{\circ}\text{C}$ ）下倒置培养 24h~72h，待菌落稳定后计数，每个稀释度应制备 3 个平行平板；

c) 计数计算：选取菌落数在 30CFU~300CFU 的平板进行计数，按 GB 20287 的规定计算有效活菌数；

d) 复合菌剂：各单一功能菌应采用对该菌种具有选择性的鉴别培养基分别计数；

e) 其他方法：有效活菌数的测定亦可采用 SY/T 0532 规定的绝迹稀释法（MPN 法），当测定结果存在争议时，应以本条第 a) 至 c) 规定的平板计数法为准。

6.2.3 杂菌率

用营养琼脂培养基在 $30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 培养 48h 计数总菌数，用选择性培养基在目标菌种最适条件下培养计数功能菌数。按式（1）计算：

$$C = \frac{N_t - N_s}{N_t} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

C ——杂菌率，%；

N_t ——总菌数，CFU/g（mL）；

N_s ——功能菌数，CFU/g（mL）。

6.2.4 水分（粉剂）

应按 GB 20287 执行。

6.2.5 细度（粉剂）

应按 GB 20287 执行。

6.3 功能指标试验

6.3.1 原油降解率

将目标油藏脱水脱气原油与模拟地层水（添加 0.1%酵母粉和 0.5%蛋白胨，调至目标油藏 pH，灭菌）按比例混合，按 5%接种量接入处于对数生长期的菌液，在目标油藏温度下 120r/min 振荡培养 7d。用石油醚萃取残留原油，索氏提取回收后称量。按式（2）计算：

$$D = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

D ——原油降解率，%；
 m_0 ——空白组回收原油质量，g；
 m_1 ——样品组回收原油质量，g。

6.3.2 油水界面张力

将菌剂按 5%接种量接入基础培养基，在目标油藏温度下培养 72h 获得发酵液。用旋转滴界面张力仪在目标油藏温度下测定发酵液与试验用原油之间的界面张力，读取 30min 时的值，平行测定 3 次取平均值。

6.3.3 乳化指数

取 5.0mL 发酵液和 5.0mL 试验用原油于具塞刻度试管中，2500r/min 振荡 2min，在目标油藏温度下静置 24h，读取乳化层高度和总液面高度。按式（3）计算：

$$E_{24}=\frac{H_e}{H_t}\times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：
 E_{24} ——乳化指数，%；
 H_e ——乳化层高度，mm；
 H_t ——总液面高度，mm。

6.3.4 驱油效率提高值

应按 SY/T 6888 中微生物驱油潜力评价方法执行。采用人造岩心或天然岩心，模拟目标油藏条件，分别进行水驱和微生物驱，按式（4）计算驱油效率提高值：

$$\Delta E=E_2-E_1 \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：
 ΔE ——驱油效率提高值，%；
 E_2 ——微生物驱后总采收率，%；
 E_1 ——水驱采收率，%。

6.4 安全性指标试验

- 6.4.1 粪大肠菌群数
应按 GB 4789.3 执行。
- 6.4.2 沙门氏菌
应按 GB 4789.4 执行。
- 6.4.3 志贺氏菌
应按 GB 4789.5 执行。
- 6.4.4 金黄色葡萄球菌
应按 GB 4789.10 执行。
- 6.4.5 溶血性链球菌
应按 GB 4789.11 执行。

6.5 保质期试验

将产品在 25℃±2℃下贮存，液体菌剂于 0、3、6 个月末取样，粉剂菌剂于 0、6、12 个月末取样，按 6.2.2 和 6.2.3 测定有效活菌数和杂菌率。有效活菌数下降不超过初始值 30%且杂菌率符合表 2 规定为合格。

7 检验规则

7.1 检验分类

产品检验分为出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

每批产品应经生产厂质量检验部门检验合格并附合格证明后方可出厂。出厂检验项目包括感官要求、理化指标。

7.3 型式检验

7.3.1 检验项目

型式检验项目为本文件第 5 章规定的全部项目，按照 GB/T 2828.1 的规定进行抽样。

7.3.2 检验时机

有下列情况之一时应进行型式检验：

- a) 新产品投产时；
- b) 菌种、工艺发生较大变化时；
- c) 正常生产每 12 个月至少一次；
- d) 停产 6 个月以上恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验结果差异较大时。

7.4 判定规则

所有项目符合本文件要求时判为合格。理化指标和功能指标不合格时可加倍复检，复检仍不合格判为不合格。安全性指标不合格不允许复检，直接判为不合格。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

产品包装上应标明：产品名称、菌种名称及菌株编号、产品类别、净含量、有效活菌数、生产日期或批号、保质期、生产企业信息、执行标准编号、贮存条件及使用说明。标志应清晰牢固，符合 GB/T 191 的相关规定。

8.2 包装

液体菌剂采用密封防漏容器，粉剂菌剂采用防潮密封包装，外包装应确保运输中不受损坏。

8.3 运输

8.3.1 运输工具应清洁卫生，有防晒、防雨、防潮措施。

8.3.2 液体菌剂运输温度宜控制在 4℃～35℃，粉剂菌剂宜控制在 4℃～25℃。

8.3.3 不应与有毒有害物质混运。

8.4 贮存

8.4.1 产品应贮存在阴凉、干燥、通风处，避免阳光直射。

8.4.2 液体菌剂贮存温度宜控制在 4℃～25℃，粉剂菌剂宜控制在 4℃～35℃。

8.4.3 不应与有毒有害物质混贮。
