

ICS 75.020

E 14

备案号: 24377—2008

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 6376—2008

代替 SY/T 6376—1998

压裂液通用技术条件

General technical specifications of fracturing fluids

2008—06—16 发布

2008—12—01 实施

国家发展和改革委员会 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 技术要求	1
4.1 水基压裂液通用技术指标	1
4.2 油基压裂液通用技术指标	2
4.3 乳化压裂液通用技术指标	3
4.4 黏弹性表面活性剂压裂液通用技术指标	4
5 试剂、材料、仪器和设备	4
6 压裂液配方与试样制备方法	4
6.1 压裂液配方	4
6.2 压裂液制备	5
7 压裂液性能测定方法	5
7.1 基液表观黏度	5
7.2 交联时间（黏弹性表面活性剂压裂液为稠化时间）	5
7.3 耐温耐剪切能力	5
7.4 黏弹性	5
7.5 静态滤失性	5
7.6 岩心基质渗透率损害率	5
7.7 动态滤失性	5
7.8 动态滤失渗透率损害率	5
7.9 压裂液破胶性能	5
7.10 压裂液残渣含量	6
7.11 破乳率	6
7.12 压裂液滤液与地层水的配伍性测定	6
7.13 降阻率	6
7.14 乳化压裂液稳定时间	6
附录 A（资料性附录） 多功能流动回路仪示意图	7
附录 B（资料性附录） 现场降阻率测试	8
附录 C（资料性附录） 现场测试摩阻流程图	9

前 言

本标准修订并代替 SY/T 6376—1998《压裂液通用技术条件》。

本标准与 SY/T 6376—1998 相比，主要有如下变化：

- 删除水基冻胶压裂液通用技术指标中基液密度、稠度系数和流动行为指数 3 项性能指标（1998 年版的第 3 章）；
- 删除水基冻胶压裂液通用技术指标中耐温耐剪切对时间的规定（1998 年版的第 3 章）；
- 调整了水基冻胶压裂液通用技术指标中降阻率和基液表观黏度的指标（1998 年版的第 3 章，本版的 4.1）；
- 调整了水基冻胶压裂液通用技术指标中静态滤失系数、初滤失量和滤失速率的指标，并统一为静态滤失性（1998 年版的第 3 章，本版的 4.1）；
- 增加了黏弹性、动态滤失性能和动态滤失渗透率损害率 3 项性能指标（本版的 4.1，4.2，4.3 和 4.4）；
- 增加了黏弹性（本版的 7.4）、动态滤失性（本版的 7.7）和动态滤失渗透率损害率（本版的 7.8）；性能指标的测试方法；
- 增加了油基压裂液（本版的 4.2）、乳化压裂液（本版的 4.3）和黏弹性表面活性剂压裂液（本版第 4.4）3 种类型压裂液的通用技术指标，相应的增加了乳化压裂液稳定时间测定方法（本版的 7.14）。

本标准的附录 A、附录 B 和附录 C 是资料性附录。

本标准由采油采气专业标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位：中国石油勘探开发研究院廊坊分院压裂酸化技术服务中心、中国石油物资昆山公司。

本标准主要起草人：崔明月、杨艳丽、刘萍、梁利、管保山、陈彦东、杨振周、何建平、王军民。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- SY/T 6376—1998。

压裂液通用技术条件

1 范围

本标准规定了水基压裂液、油基压裂液、乳化压裂液和黏弹性表面活性剂压裂液通用技术要求、性能测定方法。

本标准适用于油气田水力压裂用压裂液的性能评价。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

SY/T 5107—2005 水基压裂液性能评价方法

SY/T 6216—1996 压裂用交联剂性能试验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

水基压裂液 water base fracturing fluid

以水作溶剂或分散介质的压裂液。

3.2

油基压裂液 oil base fracturing fluid

以油作溶剂或分散介质的压裂液。

3.3

乳化压裂液 emulsified fracturing fluid

用表面活性剂稳定的两相非混相液的一种分散体系压裂液。

3.4

黏弹性表面活性剂压裂液 viscoelasticity surfactant fracturing fluid

使用表面活性剂和助剂配制成的具有一定黏弹性的压裂液。

4 技术要求

4.1 水基压裂液通用技术指标

水基压裂液通用技术指标见表1。

表1 水基压裂液通用技术指标

序号	项 目	指 标	
1	基液表观黏度, mPa·s	$20^{\circ}\text{C} \leq t < 60^{\circ}\text{C}$	10~40
		$60^{\circ}\text{C} \leq t < 120^{\circ}\text{C}$	20~80
		$120^{\circ}\text{C} \leq t < 180^{\circ}\text{C}$	30~100

表 1 (续)

序号	项 目		指 标
2	交联时间, s	$20^{\circ}\text{C} \leq t < 60^{\circ}\text{C}$	15~60
		$60^{\circ}\text{C} \leq t < 120^{\circ}\text{C}$	30~120
		$120^{\circ}\text{C} \leq t < 180^{\circ}\text{C}$	60~300
3	耐温耐剪切能力	表观黏度, $\text{mPa} \cdot \text{s}$	≥ 50
4	黏弹性	储能模量, Pa	≥ 1.5
		耗能模量, Pa	≥ 0.3
5	静态滤失性	滤失系数, $\text{m}/\sqrt{\text{min}}$	$\leq 1.0 \times 10^{-3}$
		初滤失量, m^3/m^2	$\leq 5.0 \times 10^{-2}$
		滤失速率, m/min	$\leq 1.5 \times 10^{-4}$
6	岩心基质渗透率损害率, %		≤ 30
7	动态滤失性	滤失系数, $\text{m}/\sqrt{\text{min}}$	$\leq 9.0 \times 10^{-3}$
		初滤失量, m^3/m^2	$\leq 5.0 \times 10^{-2}$
		滤失速率, m/min	$\leq 1.5 \times 10^{-3}$
8	动态滤失渗透率损害率, %		≤ 60
9	破胶性能	破胶时间, min	≤ 720
		破胶液表观黏度, $\text{mPa} \cdot \text{s}$	≤ 5.0
		破胶液表面张力, mN/m	≤ 28.0
		破胶液与煤油界面张力, mN/m	≤ 2.0
10	残渣含量, mg/L		≤ 600
11	破乳率, %		≥ 95
12	压裂液滤液与地层水配伍性		无沉淀, 无絮凝
13	降阻率, %		≥ 50

4.2 油基压裂液通用技术指标

油基压裂液通用技术指标见表 2。

表 2 油基压裂液通用技术指标

序号	项 目		指 标
1	基液表观黏度, $\text{mPa} \cdot \text{s}$	$20^{\circ}\text{C} \leq t < 60^{\circ}\text{C}$	20~50
		$60^{\circ}\text{C} \leq t < 120^{\circ}\text{C}$	30~80
		$120^{\circ}\text{C} \leq t < 180^{\circ}\text{C}$	40~120
2	交联时间, s	$20^{\circ}\text{C} \leq t < 60^{\circ}\text{C}$	15~60
		$60^{\circ}\text{C} \leq t < 120^{\circ}\text{C}$	30~120
		$120^{\circ}\text{C} \leq t < 180^{\circ}\text{C}$	60~300
3	开口闪点, $^{\circ}\text{C}$		≥ 60
4	耐温耐剪切能力	表观黏度, $\text{mPa} \cdot \text{s}$	≥ 50

表 2 (续)

序号	项 目		指 标
5	黏弹性	储能模量, Pa	≥ 1.0
		耗能模量, Pa	≥ 0.3
6	静态滤失性	滤失系数, $m/\sqrt{\min}$	$\leq 6.0 \times 10^{-3}$
		初滤失量, m^3/m^2	$\leq 5.0 \times 10^{-2}$
		滤失速率, m/\min	$\leq 1.0 \times 10^{-3}$
7	岩心基质渗透率损害率, %		≤ 25
8	动态滤失性	滤失系数, $m/\sqrt{\min}$	$\leq 5.0 \times 10^{-2}$
		初滤失量, m^3/m^2	$\leq 9.0 \times 10^{-3}$
		滤失速率, m/\min	$\leq 1.5 \times 10^{-4}$
9	动态滤失渗透率损害率, %		≤ 55
10	破胶性能	破胶时间, min	≤ 720
		破胶液表观黏度, $mPa \cdot s$	≤ 5.0
11	降阻率, %		≥ 35

4.3 乳化压裂液通用技术指标

乳化压裂液通用技术指标见表 3。

表 3 乳化压裂液通用技术指标

序号	项 目		指 标
1	基液表观黏度, $mPa \cdot s$	$20^\circ C \leq t < 60^\circ C$	20~40
		$60^\circ C \leq t < 120^\circ C$	30~60
		$120^\circ C \leq t < 180^\circ C$	40~120
2	交联时间, s	$20^\circ C \leq t < 60^\circ C$	15~60
		$60^\circ C \leq t < 120^\circ C$	30~120
		$120^\circ C \leq t < 180^\circ C$	60~300
3	耐温耐剪切能力	表观黏度, $mPa \cdot s$	≥ 50
4	乳化稳定时间, h		≥ 6
5	黏弹性	储能模量, Pa	≥ 1.0
		耗能模量, Pa	≥ 0.3
6	静态滤失性	滤失系数, $m/\sqrt{\min}$	$\leq 6.0 \times 10^{-4}$
		初滤失量, m^3/m^2	$\leq 1.0 \times 10^{-3}$
		滤失速率, m/\min	$\leq 1.0 \times 10^{-4}$
7	岩心基质渗透率损害率, %		≤ 30
8	动态滤失性	滤失系数, $m/\sqrt{\min}$	$\leq 9.0 \times 10^{-4}$
		初滤失量, m^3/m^2	$\leq 1.0 \times 10^{-2}$
		滤失速率, m/\min	$\leq 1.5 \times 10^{-4}$

表 3 (续)

序号	项 目	指 标	
9	动态滤失渗透率损害率, %	≤60	
10	破胶性能	破胶时间, min	≤720
		破胶液表观黏度, mPa·s	≤5.0
		破胶液表面张力, mN/m	≤28.0
		破胶液与煤油界面张力, mN/m	≤2.0
11	残渣含量, mg/L	≤550	
12	破乳率, %	≥98	
13	压裂液滤液与地层水配伍性	无沉淀, 无絮凝	
14	降阻率, %	≥35	

4.4 黏弹性表面活性剂压裂液通用技术指标

黏弹性表面活性剂压裂液通用技术指标见表 4。

表 4 黏弹性表面活性剂压裂液通用技术指标

序号	项 目	指 标	
1	稠化时间, s	$20^{\circ}\text{C} \leq t < 60^{\circ}\text{C}$	15~60
		$60^{\circ}\text{C} \leq t < 120^{\circ}\text{C}$	30~120
		$120^{\circ}\text{C} \leq t < 180^{\circ}\text{C}$	60~300
2	耐温耐剪切能力	表观黏度, mPa·s	≥20
3	黏弹性	储能模量, Pa	≥2.0
		耗能模量, Pa	≥0.3
4	基质渗透率损害率, %	≤20	
5	动态滤失渗透率损害率, %	≤40	
6	破胶性能	破胶时间, min	≤720
		破胶液表观黏度, mPa·s	≤5.0
7	残渣含量, mg/L	≤100	
8	压裂液滤液与地层水配伍性	无沉淀, 无絮凝	
9	降阻率, %	≥50	

5 试剂、材料、仪器和设备

按 SY/T 5107—2005 中第 4 章的规定准备, 并增加:

- a) 秒表: 精度为 $\pm 0.1\text{s}$;
- b) 多功能流动回路仪或同类产品: 多功能流动回路仪示意图参见附录 A。

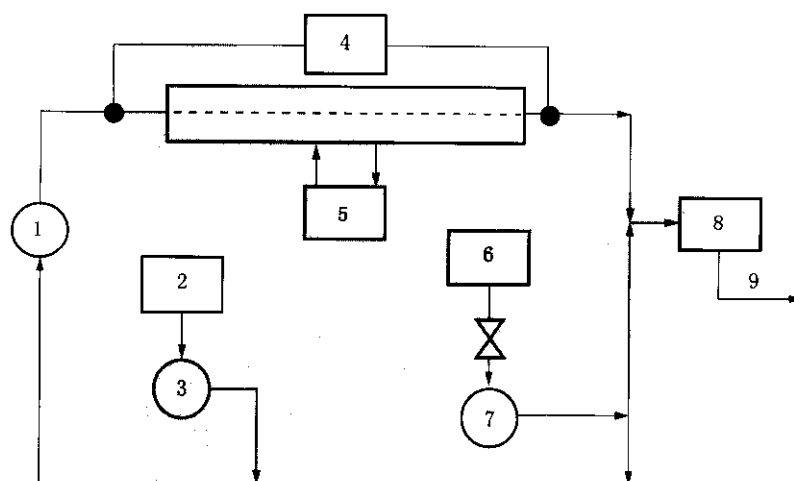
6 压裂液配方与试样制备方法

6.1 压裂液配方

室内试验用压裂液配方与现场用压裂液配方一致。

附 录 A
(资料性附录)
多功能流动回路仪示意图

多功能流动回路仪示意图如图 A.1 所示。



1—动力泵；2—交联剂罐；3—交联剂泵；4—差压传感器；5—热交换器；
6—基液罐；7—供液泵；8—废液罐；9—排空管线。

图 A.1 多功能流动回路仪示意图

附录 B
(资料性附录)
现场降阻率测试

现场降阻率测试可在压裂施工时进行。

B.1 仪器设备

- a) 压裂车：1 组，满足压裂设计要求；
- b) 混砂车：1 台，满足压裂设计要求；
- c) 配液罐：满足压裂设计要求；
- d) 油管：满足压裂设计要求；
- e) 压力表：2 块，量程为 0MPa~60MPa。

B.2 流程

B.2.1 依次连接配液罐、混砂车和压裂车组，并通过高压管汇接于采油树的油管闸门上。在采油树的油管和套管闸门上分别安装压力表，流体通过油管泵入地层。流程图参见图 C.1。

B.2.2 清水洗井：以 2.5m³/min 排量向油管内泵入清水，记录稳定的油管压力和套管压力。按式 (B.1) 计算清水通过油管时的压差。

$$\Delta p = p_{\text{油}} - p_{\text{套}} \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

- Δp ——清水流经油管产生的压差，单位为兆帕 (MPa)；
- $p_{\text{油}}$ ——清水流经油管时的压力，单位为兆帕 (MPa)；
- $p_{\text{套}}$ ——清水流经套管时的压力，单位为兆帕 (MPa)。

B.2.3 用压裂液代替清水，重复 B.2.2，按式 (B.2) 计算压裂液通过油管时的压差。

$$\Delta p' = p_{\text{油}1} - p_{\text{套}1} + (\rho_{\text{液}} - \rho_{\text{水}})g \cdot h/10^6 \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

- $\Delta p'$ ——压裂液流经油管产生的压差，单位为兆帕 (MPa)；
- $p_{\text{油}1}$ ——压裂液流经油管时的压力，单位为兆帕 (MPa)；
- $p_{\text{套}1}$ ——压裂液流经套管时的压力，单位为兆帕 (MPa)；
- $\rho_{\text{液}}$ ——交联冻胶密度，单位为克每立方厘米 (g/cm³)；
- $\rho_{\text{水}}$ ——清水密度，单位为克每立方厘米 (g/cm³)；
- g ——重力加速度，单位为米每二次方秒 (m/s²)；
- h ——油层中部深度，单位为米 (m)。

B.2.4 按式 (B.3) 计算压裂液现场降阻率。选取排量为 2.5m³/min 的压裂液流经内径为 62mm 油管时的降阻率值。

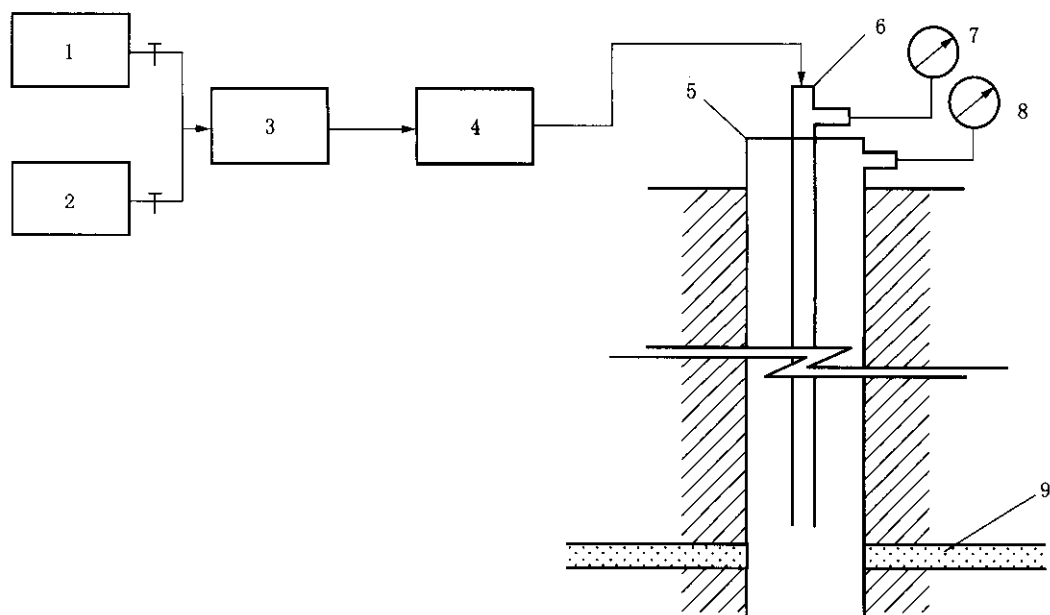
$$\eta' = \frac{\Delta p - \Delta p'}{\Delta p} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

- η' ——压裂液相对清水的降阻率，用百分数表示。

附录 C
(资料性附录)
现场测试摩阻流程图

现场测试摩阻流程图如图 C.1 所示。



1—清水灌；2—压裂液罐；3—混砂车；4—压裂车；5—套管；6—油管；
7, 8—压力表；9—储层。

图 C.1 现场测试摩阻流程图