

ICS 75.180.10

CCS E92

# 团体标准

T/CNPC10020-2023

## 可溶桥塞操作规程

Dissolvable Frac Plug Operating Regulations

2023-09-01 发布

2023-10-01 实施

中国石油和化工自动化应用协会

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 结构组成及性能参数 .....	2
4.1 结构组成 .....	2
4.2 性能参数 .....	2
5 质检 .....	2
5.1 检测报告 .....	2
5.2 抽检 .....	3
6 选型 .....	3
6.1 桥塞尺寸选型 .....	3
6.2 桥塞温度选型 .....	4
6.3 桥塞密封、溶解范围选型 .....	4
7 施工作业 .....	4
7.1 施工流程 .....	4
7.2 收集井况数据 .....	4
7.3 工具材料准备 .....	4
7.4 入井前工具检查 .....	5
7.5 地面组装及下桥塞施工 .....	5
7.6 投球、压裂施工 .....	6
7.7 压裂后通井 .....	7
7.8 施工总结 .....	7
8 存储 .....	7
8.1 可溶桥塞存储 .....	7
8.2 桥塞适配器存储 .....	8
9 安全环保 .....	8

## 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这些专利的责任。

本文件由中国石油和化工自动化应用协会标准化工作委员会提出并归口。

本文件起草单位：中国石油集团长城钻探工程有限公司、中国石油集团渤海钻探工程有限公司、中国石油集团川庆钻探工程有限公司、中国石油集团测井有限公司辽河分公司、中国科学院过程工程研究所、北京中科金腾技术有限公司、中国石油天然气股份有限公司勘探开发研究院。

本文件主要起草人：黄生松、李玉军、刘福建、朱正喜、辛勇亮、韩伟、李建、冯强、石孝志、张伟刚、王源、陈震、姜涛、杨杰、詹鸿运、李鹏飞、王英、董德忠、李民、黄传兵、尧君、杨文、蒋庆、王伏、王建莹、田春梅、席君杰、魏然、孙强。

# 可溶桥塞操作规程

## 1 范围

本文件规定了可溶桥塞的准备、检查、选用、施工、存储及安全环保等操作规程。  
本文件适用于可溶桥塞操作。

## 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。

SY/T 5587.11 常规修井作业规程 第11部分：钻铣封隔器、桥塞

SY/T 5726 石油测井作业安全规范

SY/T 6628 陆上石油天然气生产环境保护推荐作法

SY/T 7462 石油天然气钻采设备可溶桥塞

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### **可溶桥塞** dissolvable frac plug

一种基于可溶材料制成，单卡瓦/双卡瓦结构，通过电缆或（连续）油管下入、泵入井中，使用坐封工具进行坐封、丢手，投球后封堵已施工井段，在井筒液体环境下一定时间内通过物理变化或者化学反应转化为颗粒或分子状态，溶解物可随返排液返排出井筒的封隔工具。

### 3.2

#### **不溶残留物** insoluble residue

在井筒液体环境下一定时间内，不能通过物理变化或者化学反应转化为颗粒或分子状态的固相物。

### 3.3

#### **有效密封时间** effective sealing time

可溶桥塞能够承受额定工作压差的时间。

### 3.4

#### **充分溶解时间** full dissolvable time

在一定条件下，可溶桥塞通过物理变化或者化学反应，最后只剩不溶残留物的时间。

### 3.5

#### 溶解率 dissolution rate

可溶桥塞已溶解部分质量分数，其计算方法为：

$$\text{桥塞溶解率} = (\text{桥塞质量} - \text{不溶残留物质量}) / \text{桥塞质量} \times 100\%$$

### 3.6

#### 桥塞适配器 plug adapter

连接桥塞和坐封工具的配件，包含推筒、转换接头、固定装置等。

## 4 结构组成及性能参数

### 4.1 结构组成

4.1.1 可溶桥塞主要由锚定结构、密封结构、丢手结构等组成；

4.1.2 每套桥塞需配套可溶球和桥塞适配器。

### 4.2 性能参数

主要技术指标参照 SY/T 7462 中的表 2，并且补充了 20℃~50℃、150℃~200℃的工作温度，如表 1 所示。

表1 可溶桥塞主要技术指标

工作温度等级					油、套管 公称尺寸 mm(in)	最大：外 径 mm(in)	可溶性等级			工作压力 (MPa)		
C	L	M	H	U			1	2	3			
20℃ ~ 50℃	50℃ ~ 80℃	80℃ ~ 120℃	120℃ ~ 150℃	150℃ ~ 200℃	88.9 (3½)	≤69	有效密封 时间≥8h, 充分溶解 时间≤8d	有效密封 时间 ≥24h, 充 分溶解时 间≤15d	有效密封 时间 ≥40h, 充 分溶解时 间≤30d	50	70	105
					101.6 (4)	≤85						
					114.3 (4½)	≤90						
					127 (5)	≤100						
					139.7 (5½)	≤116						
178.8 (7)	≤150											

注：除油田使用方特殊要求外，建议可溶性等级在1%KCL溶液中完成测试。

## 5 质检

### 5.1 检测报告

桥塞供方需提供第三方检测机构检测报告，检测机构应具备 CNAS、CMA 认证的资质或使用单位的认可。

## 5.2 抽检

### 5.2.1 抽检比例

抽检比例不低于 1%，有下列情况之一者，进行抽检：

- a) 新厂家；
- b) 正式生产后材料、结构、工艺发生重大改变时。

### 5.2.2 抽检的内容

- a) 尺寸外观抽检；
- b) 承压能力抽检；
- c) 密封有效时间抽检；
- d) 溶解性能抽检。

### 5.2.3 检测方法与评价标准

按照 SY/T 7462 中的第 6 章中的 6.1、6.2 条进行检测。

## 6 选型

### 6.1 桥塞尺寸选型

可溶桥塞工作尺寸优先由 I 至 III 从表 2 给出的系列中选取。

表2 桥塞尺寸优选表

套管规格		I (mm)	II (mm)	III (mm)
规格 (in)	内径 (mm)			
3 1/2	76	69~65	≤64	--
4	88.6	81~76	≤75	--
4 1/2	97.1~101.6	90~85	≤84	--
5	108.6-115.8	100~96	95~90	≤89
5 1/2	114.3~115	103~98	97~88	≤87
	118.6	105~100	99~91	≤90

	121.3~124.2	116~108	107~101	≤100
7	150.4~166.1	150~140	139~130	≤138

## 6.2 桥塞温度选型

可溶桥塞温度工作范围从表 3 给出的系列中选取。

表 3 桥塞工作温度范围

温度范围	超低温 (C)	低温 (L)	中温 (M)	高温 (H)	超高温 (U)
桥塞工作温度	20℃~50℃	50℃~80℃	80℃~120℃	120℃~150℃	150℃~200℃

注：表 3 中的 C、L、M、H、U 为各自温度的代号。

## 6.3 桥塞密封、溶解范围选型

根据压裂施工时间、闷井时间，从表 4 中选取可溶桥塞的密封、溶解时间。

表 4 桥塞密封、溶解等级选型表

密封、溶解等级	1	2	3
密封时间	≥8h	≥24h	≥40h
溶解时间	≤8d	≤15d	≤30d

## 7 施工作业

### 7.1 施工流程

桥塞现场施工流程为：收集井况数据——工具材料准备——入井前工具检查——地面组装及下桥塞施工——投球、压裂施工——闷井放喷（钻磨及通洗井跟踪）——施工总结。桥塞施工现场应有专人负责。

### 7.2 收集井况数据

收集施工井的数据，包含井斜、前期通井情况、桥塞坐封位置、储层温度、压力、套管内径、工作液矿化度等参数。

### 7.3 工具材料准备

7.3.1 根据 6.1-6.3 章节进行桥塞选型；

7.3.2 按照压裂设计中的分段级数准备桥塞及桥塞适配器，桥塞外径宜大于坐封工具和桥塞适配器外径 1~3mm；

7.3.3 每个平台需配备相应的小尺寸桥塞，用于套变井段的分段压裂施工；

7.3.4 建议配备盲堵桥塞和液压坐封工具，提高井口刺漏下的安全处置保障。

#### 7.4 入井前工具检查

7.4.1 施工前，需确认坐封工具的主要技术参数，包含外径、坐封行程和坐封力；

7.4.2 施工前，需完成桥塞、桥塞适配器与现场坐封工具的模拟装配；

7.4.3 施工前，确认桥塞规格型号；提供说明书及检测报告，合格齐全后对桥塞及桥塞适配器进行检查，按照施工要求检查桥塞的外表面及尺寸、各配件的松紧情况，并形成检查记录；

7.4.4 如检查不合格，做好不合格品记录并处置。

#### 7.5 地面组装及下桥塞施工

##### 7.5.1 地面组装桥塞

a) 在测井防喷管起吊之前，需将桥塞适配器安装在坐封工具上，丝扣处涂抹密封脂，并拧紧顶丝；

b) 安装桥塞：起吊防喷管后，下放射孔工具串至操作位置，将桥塞由推筒下端装入，顺时针旋转桥塞，直到推筒抵住桥塞上端的推环，拧紧固定销钉（如有），完成桥塞与坐封工具的连接；

c) 安装检查：反打背钳，逆时针旋转桥塞，若拧不动为合格，若拧动超过半圈，必须拆卸，检查后再次安装；

d) 桥塞适配器保养：桥塞适配器使用后均需保养，包含去除油污，检查丝扣有无损伤，推筒及可重复使用的丢手装置有无变形等。

##### 7.5.2 下桥塞及坐封桥塞

a) 起吊射孔工具串时桥塞位于防喷管外，对接井口时桥塞位于防喷管内；

b) 直井段桥塞下入速度宜不超过 6000m/h，水平段桥塞泵送速度宜不超过 4000m/h；

c) 针对井斜 $\geq 95^\circ$ 的上倾井，要求桥塞内部有过流通道，满足最大泵送排量为 1.5m<sup>3</sup>/min 时的安全坐封要求；

d) 桥塞的坐封丢手操作需配合测井进行；

e) 记录下入、坐封桥塞数据。

##### 7.5.3 下桥塞异常情况处置

###### 7.5.3.1 下桥塞遇阻

a) 确认工具遇阻立即停泵，且停泵后继续下放电缆 2-3m 再停车；

b) 从遇阻位置上提射孔工具串 100m 后，确保电缆完全拉直后再次泵送；

c) 尝试 2-3 次后，若不能通过遇阻位置，起出检查并大排量高粘液体冲洗井筒，排除井筒及管串因素后重新下入；



- d) 若不能通过, 更换小尺寸桥塞后重新泵送下入;
- e) 若不能通过, 采用连续油管下入更小的桥塞或者变更方案采用连续油管直接射孔施工。

#### 7.5.3.2 下桥塞遇卡

- a) 逐渐增加电缆张力, 活动解卡, 解卡力应不超过马笼头弱点拉断力的 75%, 静置 20min 以上;
- b) 若不能解卡, 小排量泵注帮助解卡, 解卡排量最大不超过泵送排量;
- c) 若不能解卡, 直接点火坐封桥塞, 试提工具串;
- d) 若提出工具串, 泵送助溶剂 3~5m<sup>3</sup> 快速溶解桥塞, 每 1~2h 宜顶液 1m<sup>3</sup> 促进溶解, 大排量洗井, 并投球验证桥塞溶解情况后再次泵送, 或使用连续油管钻除桥塞;
- e) 如果多次仍未解卡, 泵入氯根浓度大于 30000ppm 的溶液, 每 4~6h 宜顶替 1 m<sup>3</sup>, 24h 后试提;
- f) 若浸泡时间超过 3 天, 且试提失败, 拉断电缆弱点, 下打捞管柱打捞。

#### 7.5.3.3 桥塞不坐封

- a) 重新泵送桥塞, 对比泵送过程的排量-泵压关系, 观察在原坐封位置是否有遇阻显示, 综合判断桥塞是否坐封;
- b) 若无坐封显示, 起出电缆, 消除不合格因素后再次下入。

#### 7.5.3.4 桥塞不丢手

- a) 逐渐增加电缆张力, 活动解卡, 解卡力应不超过马笼头弱点拉断力的 75%, 静置 20min 以上;
- b) 若不能解卡, 适当放松电缆保持电缆张力略小于正常上提张力, 小排量试挤 2~3 个井筒容积解卡;
- c) 若不能解卡, 泵入氯根浓度大于 30000ppm 的溶液, 每 4~6h 宜顶替 1 m<sup>3</sup>, 24h 后试提;
- d) 若浸泡时间超过 3 天未解卡, 拉断电缆弱点, 下打捞管柱打捞。

#### 7.5.4 记录下入、坐封桥塞数据。

- a) 包含桥塞型号、泵送速度、排量、压力、泵送液量、电缆张力、坐封位置等参数以及遇阻、遇卡等异常情况;
- b) 具备条件的, 记录井温参数, 以便实时调整桥塞参数。

### 7.6 投球、压裂施工

#### 7.6.1 投可溶球

- a) 确认可溶球的规格型号, 确认可溶球成功投入, 注意安全防护;

b) 送球时，如果泵球液量接近或达到顶替量，泵压升高，判断可溶球到位，可进行压裂施工；

c) 记录投球数据，包括时间、可溶球型号、压力、排量、桥塞球到位时压力变化情况、送球液量等。

### 7.6.2 压裂

按压裂设计进行，检测施工压力有无突降，并记录压裂施工数据。

### 7.6.3 压裂施工中异常情况处置

#### 7.6.3.1 砂堵时桥塞处置程序

a) 快速排通，执行原加砂程序；

b) 若不能排通，使用连续油管冲砂；

c) 若累计等停时间小于桥塞有效密封时间时，执行原加砂程序；

d) 若累计等停时间超过桥塞有效密封时间时，建议变更方案进行暂堵加砂、或者重新下入桥塞或者终止该段施工。

#### 7.6.3.2 设备故障等原因造成施工中断时的桥塞处置程序

按 7.6.3.1 第 c)、d) 条进行处置。

### 7.7 压裂后通洗井（可选）

7.7.1 按 SY/T 5587.11 中的 5.2.3 条进行通洗井；

7.7.2 记录通洗井数据和返排物情况，包括段号、坐封位置、矿化度、桥塞编号、日期、试探位置、通过时间等。

### 7.8 施工总结

包含施工井情况介绍、下桥塞施工、投球压裂施工和通洗井情况。

## 8 存储

### 8.1 可溶桥塞存储

8.1.1 桥塞和可溶球需真空包装；

8.1.2 外包装上标识桥塞规格型号、适用套管内径、可溶性等级、生产日期等技术参数；

8.1.3 存储环境应干燥、通风，严禁接触水、酸、碱、盐等腐蚀性物质；

8.1.4 在可溶桥塞入井前，应避免过早拆开包装；

8.1.5 存储时间超过 24 个月，需抽检并评估密封承压性能，合格后方可使用。

## 8.2 桥塞适配器存储

8.2.1 外包装上标识推筒的外径、内径、长度以及配套的桥塞型号等技术参数；

8.2.2 表面防锈处理，对推筒和适配器做好隔离防护，防止磕碰损伤丝扣。

## 9 安全环保

9.1 按照 SY/T 5726 中的第 5 章中的规定，进行施工，保障安全；

9.2 按照 SY/T 6628 中的第 5.1.10 条进行废弃物处理。