

# The Design of Combined Injection Tool for External Casing Packer

Jifei Wang<sup>1</sup>, Ruixia Zhang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Shengli Oilfield Highland Petroleum Equipment Co., Ltd., Dongying Shandong

<sup>2</sup>Petroleum Engineering Research Institute of Shengli Oilfield, Dongying Shandong

Email: [upczrx@163.com](mailto:upczrx@163.com)

Received: Sep. 28<sup>th</sup>, 2015; accepted: Oct. 11<sup>th</sup>, 2015; published: Oct. 15<sup>th</sup>, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

Now, in the completion operation, especially in the staged completion and staged plugging, the seating process can't promise successful sealing. So the combined injection tool for external casing packer is designed. The top and bottom packers are used for sealing; the middle hole is applied to inject fluid for seating packer. If the fluid is cement, ECP (external casing packer) is seating for permanent. The validity of segmental completion and segmental plugging is longer. Through the field application, the tool is reliable and effective in segmental completion and segmental plugging technology.

## Keywords

Segmental, ECP, Inject, Seating

---

# 管外封隔器组合注入工具研制

王继飞<sup>1</sup>, 张瑞霞<sup>2</sup>

<sup>1</sup>胜利油田高原石油装备有限责任公司, 山东 东营

<sup>2</sup>胜利油田石油工程技术研究院, 山东 东营

Email: [upczrx@163.com](mailto:upczrx@163.com)

收稿日期: 2015年9月28日; 录用日期: 2015年10月11日; 发布日期: 2015年10月15日

文章引用: 王继飞, 张瑞霞. 管外封隔器组合注入工具研制[J]. 矿山工程, 2015, 3(4): 173-178.

<http://dx.doi.org/10.12677/me.2015.34024>

## 摘要

目前, 在完井作业尤其是水平井的分段完井或分段卡封中, 现有管外封隔器的坐封工艺不能保证坐封良好, 因此本文设计了一种管外封隔器组合注入工具, 利用其上、下两端的胶筒实现密封, 中间的注入孔道实现对管外封隔器胀封液的注入, 可实现管外封隔器的有效坐封, 注入水泥则可实现其永久坐封, 提高分段完井或分段卡封工艺的有效期。通过现场应用表明, 该工具可靠有效, 能够适应分段完井或分段卡封工艺的长期有效应用。

## 关键词

分段, 管外封隔器, 注入, 坐封

## 1. 引言

目前, 在钻井工程的完井作业中, 特别是对于水平井完井作业中, 由于不同井段的开采条件不同, 经常需要分段完井或分段卡封。现有的管外封隔器大多利用胀封总成用泥浆或其他井液实现座封, 胀封总成两端采用的是皮碗封隔器封隔。这种封隔装置存在的主要问题是: 1) 由于管柱的重力作用, 皮碗封隔器在水平段内不居中, 无法密封, 打不起压力, 无法胀封管外封隔器; 2) 用泥浆充填的管外封隔器, 随着时间的延长, 阀系式胶筒等处的泄漏引起密封性能降低, 从而导致气、水等过早锥进[1]-[8]。

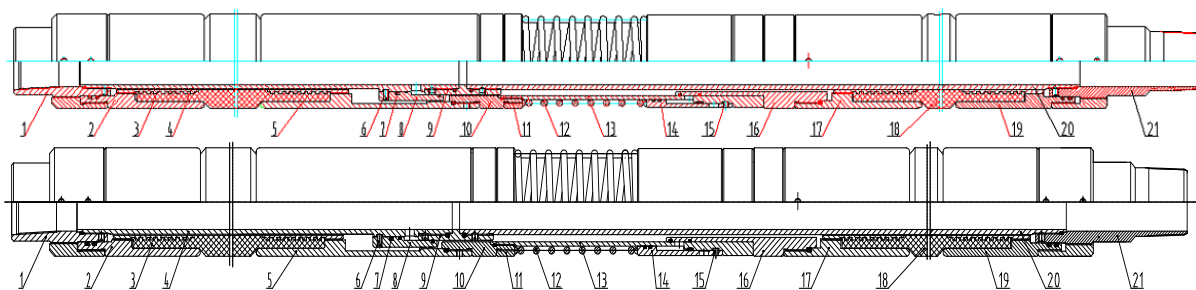
为了解决上述封隔装置使用时存在的不足, 本文设计了一种能够提高座封效果和实现管外充填封隔的管外封隔器组合注入工具。

## 2. 结构设计和工作原理

### 2.1. 结构设计

管外封隔器组合注入工具主要包括上部胶筒机构、中心管总成、下部胶筒机构、注入机构。结构如图1所示。

上部胶筒机构主要由上胶筒压帽、上胶筒、上中间压套组成; 中心管总成主要由上中心管、中间接头、下中心管组成; 下部胶筒机构主要由下胶筒压帽、下胶筒、下中间压套组成; 注入机构主要由坐封活塞、连接套、节流弹簧、弹簧导杆、注入活塞、剪钉等组成。上部胶筒机构实现上胶筒的座封; 下部



1: 上接头, 2: 上胶筒压帽, 3: 上胶筒, 4: 上中心管, 5: 上中间压套, 6: 坐封剪钉, 7: 锁环, 8: 坐封活塞, 9: 中间接头, 10: 连接套, 11: 调节环, 12: 节流弹簧, 13: 弹簧导杆, 14: 注入活塞, 15: 注入剪钉, 16: 挡套, 17: 下中间压套, 18: 下胶筒, 19: 下胶筒压帽, 20: 下中心管, 21: 下接头。

Figure 1. The structural diagram of combined injection tool for ECP

图 1. 管外封隔器组合注入工具结构示意图

胶筒机构实现下胶筒的座封；注入机构实现完井液等的注入，用于管外封隔器的膨胀。

## 2.2. 工作原理

利用送入管柱将该工具下入到设计位置，管内注入水泥浆，当水泥浆的压力达到一定值时，坐封剪钉被剪断，座封活塞上移，推动锁环卡在上中心管的台阶上，水泥浆进入到上胶筒与上中心管之间的间隙以及下胶筒与下中心管之间的间隙，分别座封上、下胶筒；并带动上中间压套、连接套、弹簧导杆、调节环及节流弹簧向上移动，同时下中间压套、挡套向下移动；于是让出弹簧导杆上的通孔，水泥浆进入。

继续提升水泥浆的压力，当压力达到一定值时，剪断注入活塞与弹簧导杆之间的注入剪钉，在压力作用下，注入活塞继续上移，使其上的通孔与弹簧导杆上的通孔对正，水泥浆由此注入到上、下胶筒所封隔的空间，进入到管外封隔器，由此实现了管外封隔器的水泥浆胀封，完成胀封作业。

泄压后，注入活塞在节流弹簧的作用下向下移动，关闭注水泥浆通道。该装置泄压后即可实现组合注入工具胶筒的解封，但由于管外封隔器采用了水泥浆胀封，因此可以实现永久的分层，大大提高了管外封隔器的密封效果和有效期。

## 3. 关键设计计算

以 7in 管外封隔器组合注入工具为例说明该工具的关键设计计算。

管外封隔器组合注入工具的主要作用是实现水泥浆的注入，保证管外封隔器的有效坐封。因此，实现水泥浆的有效注入则是管外封隔器组合注入工具的核心设计。组合注入工具水泥浆的注入是通过上、下两级胶筒的坐封以及注水孔的打开来实现的。胶筒坐封剪钉的开启直接影响着胶筒的坐封；节流弹簧的设计决定了注入孔的打开和关闭。因此，本文以 7in 管外封隔器应用的组合注入工具为例专门对胶筒开启剪钉和节流弹簧进行了设计计算。

### 3.1. 胶筒开启剪钉设计计算

坐封活塞剪钉 6 的作用是防止下井过程中由于液体的波动冲击、遇阻等造成胶筒提前座封，影响管柱的正常下入。只有当管内压力达到设定值时，坐封活塞 8 下行，液体才能进入胶筒完成座封。

坐封活塞 8 内径  $r$ : 43 mm; 坐封活塞 8 外径  $R$ : 80 mm。

坐封活塞 8 面积  $s = \pi(R^2 - r^2) = 3572.535 \text{ mm}^2$ 。

设计打开压力:  $P = 2 \text{ MPa}$ 。

在活塞面上产生的液压力  $K = P \times S = 2 \times 3572.535 / 1000 = 7.145 \text{ kN}$ 。

剪钉取 M6，因此依据经验值取螺纹中径为  $d = 5.35$ 。

单个剪钉力  $F = (\pi d^2 / 4) \times \tau \div 1000 = 6.516 \text{ kN}$ 。

M6 剪钉个数  $N = K / F \approx 1$ 。

### 3.2. 节流弹簧设计计算

节流弹簧 12 主要控制水泥注入孔的打开和关闭。

原始条件: 注入活塞 14 外径  $R$ : 67 mm; 注入活塞 14 内径  $r$ : 60 mm。

注入活塞面积  $s = \pi(R^2 - r^2) = 697.865 \text{ mm}^2$ 。

设计打开压力为 3 MPa。

因此有:

最小工作载荷  $P_1 = 2000 \text{ N}$ ; 最大工作载荷  $P_n = 2200 \text{ N}$ ;

工作行程  $h = 40 \pm 1 \text{ mm}$ ;

节流弹簧 12 外径  $D_2 \leq 150 \text{ mm}$ ;

节流弹簧类别  $N = 10^3 \sim 10^6$  次(II 类载荷)

端部结构——端部并紧、磨平, 两端支撑圈各 1 圈;

节流弹簧材料——60Si<sub>2</sub>Mn;

参数计算:

$$\text{初算节流弹簧刚度 } P' = \frac{P_n - P_1}{h} = \frac{2200 - 2000}{40} = 5 ;$$

工作极限载荷(因是 II 类载荷  $P_j \geq 1.25P_n$ )  $P_j = 1.25 \times 2200 = 2750 \text{ N}$ ;

根据  $P_j$  及  $D$  条件, 从《机械设计手册》第五版第三卷表 11-2-19 中得

$d = 12 \text{ mm}$ ;  $D = 120 \text{ mm}$ ;  $P_j = 3136 \text{ N}$ ;  $f_j = 26.46 \text{ mm}$ ;  $P'_d = 119 \text{ N} \cdot \text{mm}$ ;

有效圈数  $n = \frac{P'_d}{P'} = \frac{119}{5} = 23.8$ , 按照《机械设计手册》第五版第三卷表 11-2-10, 取标准值  $n = 22$ ;

总圈数  $n_1 = n + 2 = 22 + 2 = 24$ ;

节流弹簧刚度  $P' = \frac{P'_d}{n} = \frac{119}{22} = 5.41 \text{ N/mm}$ ;

管柱极限载荷下的变形量  $F_j = nf_j = 22 \times 26.46 = 582.12 \text{ mm}$

节距  $t = \frac{F_j}{n} + d = \frac{582.12}{22} + 12 = 38.46 \text{ mm}$

自由高度  $H_0 = nt + 1.5d = 22 \times 38.46 + 1.5 \times 12 = 864.12 \text{ mm}$ , 取标准值  $H_0 = 850 \text{ mm}$ ;

节流弹簧外径  $D_2 = D + d = 120 + 12 = 132 \text{ mm}$ ;

节流弹簧内径  $D_2 = D - d = 120 - 12 = 108 \text{ mm}$ ;

螺旋角  $\alpha = \arctan \frac{t}{\pi d} = \arctan \frac{38.46}{\pi \times 120} \times 180 / \pi = 5.83$ ;

展开长度  $L = \frac{\pi D n_1}{\cos \alpha} = \frac{\pi \times 120 \times 24}{\cos 5.83} = 10059 \text{ mm}$ ;

最小载荷时的高度  $H_1 = H_0 - \frac{P_1}{P'} = 850 - \frac{2000}{5.41} = 480.31 \text{ mm}$ ;

最大载荷时的高度  $H_n = H_0 - \frac{P_n}{P'} = 850 - \frac{2200}{5.41} = 443.35 \text{ mm}$ ;

极限载荷时的高度  $H_j = H_0 - \frac{P_j}{P'} = 850 - \frac{3136}{5.41} = 270.33 \text{ mm}$ ;

实际工作行程  $h = H_1 - H_n = 480.31 - 443.35 = 36.96 \text{ mm}$ 。

#### 4. 技术性能指标

该管外封隔器组合注入工具研制后, 在室内进行了其胶筒启动压力、节流孔打开压力、密封压力等的实验, 经验证, 7in 管外封隔器应用的组合注入工具的技术指标如表 1 所示。

Table 1. The technical performance index of combined injection tool for 7" ECP

表 1. 7in 管外封隔器用组合注入工具的技术性能指标

连接扣型	长度(m)	胶筒长度(mm)	胶筒启动压力(MPa)	节流孔打开压力(MPa)	耐高温(°C)	密封压力(MPa)
3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> inTBG	3.2	80	2	3	≥120	20

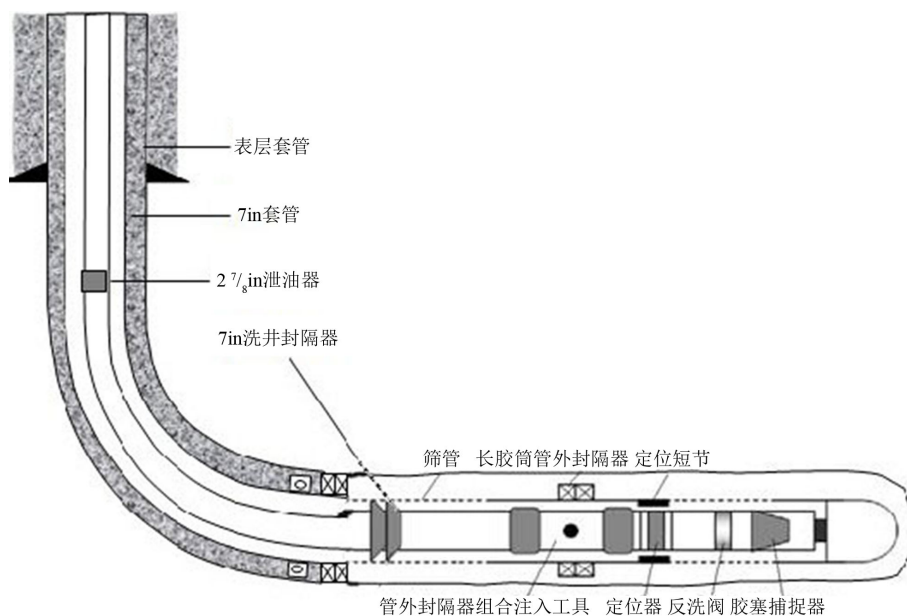


Figure 2. The completion string diagram of Zhuang 1-Ping 41 well  
图 2. 桩 1-平 41 井完井管柱示意图

## 5. 现场应用

该工具研制成功后, 又配套了定位短节、反洗阀、定位器、胶塞捕捉器等工具形成了水泥充填 ECP 分段筛管控水完井技术。在胜利油田多口井进行了应用, 取得了良好效果。以桩 1-平 41 井为例说明 7in 管外封隔器组合注入工具的应用情况。

### 5.1. 桩 1-平 41 井概况

桩 1-平 41 井位于桩西采油厂长堤油田, 该区块为典型的“水上漂”油藏, 见水后含水上升很快, 属于水敏易出砂常规稠油油藏。为了减缓边水的推进, 提高油藏采收率, 决定在将水平井段分成两段, 其应用完井管柱如图 2 所示。

### 5.2. 胀封管外封隔器施工工艺

(a) 下入酸洗胀封一次管柱, 反复探底, 确保定位器座于定位短节内。

(b) 酸洗: 按照反洗井连接管线, 酸洗打开油流通道。

(c) 注水泥: 按照正打压连接管线, 投入胶塞领浆, 然后注入设计量的水泥浆, 胶塞到位后起压, 打压充分膨胀长胶筒管外封隔器。

(d) 反洗井: 将地面管线按反洗井连接, 大排量反洗井洗出多余的水泥浆。

(e) 起管柱: 将地面管线按正循环连接, 打压 20 MPa, 打掉胶塞座, 起出管柱。

通过现场应用证明, 桩 1-平 41 井采用分段完井后边水锥进缓慢, 有效延长了油井的低含水生产周期。这也说明了管外封隔器组合注入工具起到了很好的膨胀管外封隔器、有效分段的效果, 促进了水平井分段完井、分段卡封工艺的发展。

## 6. 结论

1) 研制的管外封隔器组合注入工具可以实现完井液注入, 胀封管外封隔器。

2) 现场应用表明该管外封隔器组合注入工具可以起到其应有的胀封管外封隔器, 有效分段的目的。

### 参考文献 (References)

- [1] 张言杰, 宋本岭, 崔军, 等 (2002) 水泥浆充填管外封隔器技术及其应用. *石油钻探技术*, **2**, 27-28.
- [2] 刘猛, 董本京, 张友义 (2011) 水平井分段完井技术及完井管柱方案. *石油矿场机械*, **1**, 28-32.
- [3] 杨涛, 谢南星, 谢明华, 等 (2010) “TCT”型膨胀式套管外封隔器应用技术研究及现场试. *石油钻探技术*, **3**, 58-58.
- [4] 邓旭 (2009) 套管外封隔器技术发展及应用. *试采技术*, **4**, 28-33.
- [5] 李银海 (2013) 管外封隔器在高压油气井 H8071 尾管回接固井中的应用. *中国石油和化工*, **07**, 45-46.
- [6] 周代, 何德清, 蒲世东, 等 (2009) 分级注水泥器与管外封隔器的选用. *油气田地面工程*, **2**, 42-46.
- [7] 马玉斌 (2004) 管外封隔器在复杂油气井固井中的应用. *石油钻采工艺*, **01**, 36-41.
- [8] 梁志平, 陈丽丽, 谢杰, 等 (2012) 江苏海安管外封隔器固井技术研究与应用. *中国石油和化工标准与质量*, **12**, 90-96.