

闸板防喷器液压锁紧装置现状及发展研究

朱海燕¹ 刘清友¹ 肖晓华¹ 陈绍伟²

(1. 西南石油大学 机电工程学院, 四川 成都 610500; 2. 四川石油管理局 安全环保质量监督检测研究院, 四川 广汉 618300)

摘要: 对国内外液压锁紧装置发展现状进行了分析, 介绍了几种不同液压锁紧装置的结构和优、缺点。国外主要以楔面自锁结构和单向棘齿结构为主, 国内主要以楔面自锁结构为主。分析了国内液压锁紧装置在设计、制造、现场使用及检测维护方面存在的问题, 提出了解决这些问题的建议。最后指出, 国内应大力开展液压锁紧装置的可靠性优化设计、特殊环境用液压锁紧装置的研制、标准的统一制定、手动锁紧进行液压改装和现场应用反馈信息的收集等工作, 以提高我国井控装置的自动化水平, 实现我国油气田钻井的安全生产。

关键词: 闸板防喷器; 液压锁紧装置; 楔面自锁; 单向棘齿

中图分类号: TE921⁺. 4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-0890(2008)04-0083-04

闸板防喷器锁紧装置分为手动锁紧装置和液压锁紧装置两种^[1]。液压锁紧装置体积小、操作方便, 在防喷器关井后, 能够在短时间内自动锁紧防喷器闸板, 平稳可靠^[2-3], 在油田应用广泛。目前, 国外液压锁紧装置主要以楔面自锁结构和单向棘齿防逆转结构为主, Camron 和 Cooper 等公司采用斜面活塞楔面自锁结构, Shaffer 等公司采用楔面锁块自锁结构; 国内主要以楔面自锁结构为主, 生产商主要有河北荣盛机械制造有限公司(简称河北荣盛)、广汉川油井控装备有限公司(简称川油井控)、广汉思明石油钻采设备配套有限公司(简称广汉思明)和上海神开集团(简称上海神开)等。虽然国内已有一定的生产量, 但国内各油田主要使用 Cameron 和 Shaffer 公司的液压锁紧装置。近年来, 国内液压锁紧装置在使用时出现的问题较多, 可靠性不高, 且国内对液压锁紧装置的研究较少, 因此了解液压锁紧装置的发展现状, 对开展液压锁紧装置的研究工作意义重大。

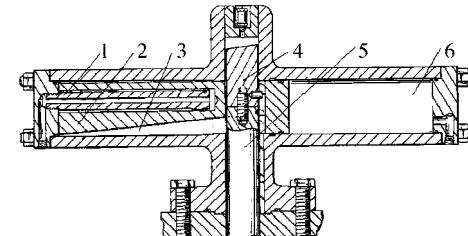
1 国外发展现状

国外从 20 世纪 60 年代就已经开始防喷器液压锁紧装置的研制工作, 液压锁紧装置类型丰富、功能强大、可靠性强, 按照锁紧方式主要分为楔面自锁结构和单向棘齿防逆转结构^[4]。

1.1 楔面自锁结构液压锁紧装置

楔面自锁结构又可分为斜面活塞楔面自锁和楔

面锁块自锁两种结构。Camron 公司于 20 世纪 60 年代研制的锁紧装置^[5](如图 1), 采用了斜面活塞楔面自锁结构, 楔面角度一般取 8°~11°, 其结构如图 1 所示。其工作原理: 防喷器关闭后, 打开锁紧腔油路, 液压油进入锁紧腔, 斜面活塞在锁紧腔高压油的作用下向解锁腔滑动, 直至斜面活塞楔面与闸板轴加长杆楔面接触并自锁, 从而锁紧闸板轴。该锁紧装置结构简单, 工作可靠, 对井内管子或闸板橡胶的磨损有一定的补偿能力。缺点是防喷器闸板关闭和锁紧操作是分开进行的。该结构锁紧装置在油田应用较多, 占有较大的市场份额。



1. 油管; 2. 斜面柱塞; 3. 锁紧腔; 4. 加长杆; 5. 闸板轴; 6. 解锁腔

图 1 Cameron 公司液压锁紧装置

Cameron 公司近年对锁紧装置进行了改进, 增加了一油路开关顺序阀(见图 2), 闸板关闭和锁紧操作通过一个三位四通换向阀控制, 闸板关闭后, 液

收稿日期: 2007-12-24; 改回日期: 2008-02-24

基金项目: 中国石油技术合作开发项目“井控仪器、仪表、阀件可靠性研究及改进”(编号: 971007050102)部分研究成果

作者简介: 朱海燕(1984—), 男, 安徽亳州人, 2006 年毕业于西南石油大学机械工程及自动化专业, 在读硕士研究生。

联系电话: (028)83032037

压锁立即锁紧闸板,自动化程度较高,目前 Cameron 公司主要生产该结构的液压锁紧装置。

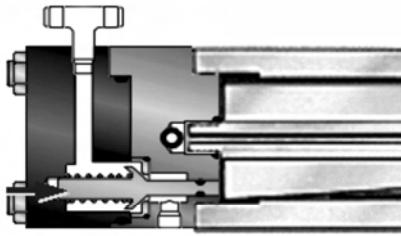
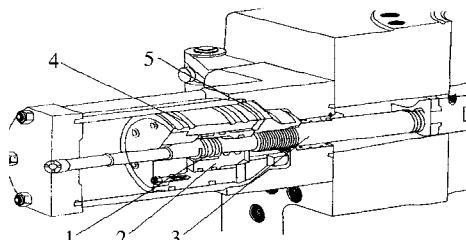


图 2 增加油路开关顺序阀

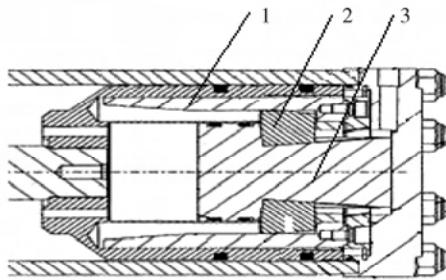
Shaffer 公司在早期的 SL 型和 LWS 型液压锁紧装置上利用四块楔形锁紧块和弹簧实现闸板轴锁紧(其结构如图 3 所示)^[6]。当闸板关闭时,液压先将主活塞推到底,内部小活塞在液压力作用下向左移,头部锥面将活塞上的四块楔形锁紧块从孔中推到工作缸凹槽内自锁锁紧。当液压去除后,弹簧力仍能保证锁紧。整个锁紧过程在闸板关闭后自行完成,结构简单,可方便地更换为手动锁紧装置,但不能观察锁紧位置,且只能在一个位置锁紧,当井内的管子或闸板橡胶磨损较大时,锁紧不再可靠。目前油田使用的 Shaffer 液压锁紧装置主要为该结构。



1. 弹簧；2. 内部小活塞；3. 闸板轴；4. 主活塞；5. 楔形锁块

图 3 四块楔形锁紧块和弹簧结构

20 世纪 90 年代中期,Shaffer 公司采用四块楔形锁紧块和半圆柱锁紧杆实现闸板的锁紧(其结构如图 4 所示)^[7],解决了原先产品在闸板磨损后锁紧不可靠的问题。该公司近年的产品采用了该结构。



1. 半圆柱锁紧杆；2. 锁块；3. 内部活塞

图 4 四块楔形锁紧块和半圆柱锁紧杆结构

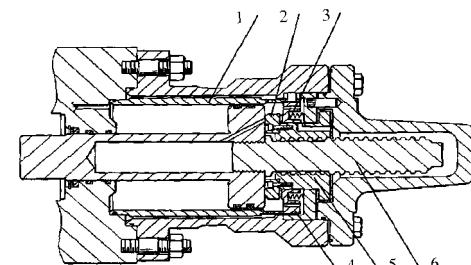
Cooper 公司在锁紧楔面上采用槽形斜面结构^[8-9],斜面活塞楔面的角度为 $13^{\circ} \sim 23^{\circ}$ (18° 为其最优值),提高了锁紧面的摩擦力,以补偿较大范围的

闸板胶芯磨损,增加了锁紧装置的密封行程,但该结构要对原有闸板进行复杂的改装和布置油道。

1.2 单向棘齿防逆转结构液压锁紧装置

单向棘齿防逆转结构液压锁紧装置按照锁紧机构的特征,分为锁紧螺母—螺杆—单向离合器和锁紧槽杆—单向棘齿两大类。

Hydril 公司从 20 世纪 70 年代中期开始,先后研制了 4 种锁紧螺母—螺杆—单向离合器结构的液压锁紧装置(如图 5 所示)^[10-13]。其特点是:施加关闭液压,后离合器在液压和弹簧力作用下与前离合器紧贴;大升角的多头锁紧螺杆在尾部液力作用下,对前离合器施加水平分力(垂直于锁紧轴),前离合器带着锁紧螺母(用螺钉连接)逆时针旋转(从后面看)推动锁紧螺杆镶嵌,使闸板关闭直至锁紧。由于离合器为单向齿,锁紧后不能反转,即使液压失效,弹簧力仍能使后离合器紧贴前离合器,保证不致松开。这种结构锁紧位置可随闸板或井内管柱磨损自动调整,并且锁紧情况可从油缸盖上的观察孔判断,因此在油田也占有一定市场份额。



1. 传递环；2. 前离合器；3. 弹簧；4. 后离合器；
5. 锁紧螺母；6. 锁紧螺杆

图 5 Hydril 公司液压锁紧装置

此外,Baroid 公司在上个世纪 90 年代还提出了锁紧槽杆—单向棘齿防逆转结构^[14-15],但该结构比较复杂,维护费用较高。

2 国内发展现状

20 世纪 90 年代末,国内各生产厂商开始陆续研制防喷器液压锁紧装置。目前国内闸板防喷器液压锁紧装置主要以斜面活塞楔面自锁结构为主,主要生产商有河北荣盛、上海神开、川油井控和广汉思明等。虽然国内已有一定的生产量,但国内各油田使用液压锁紧装置仍以 Cameron 和 Shaffer 公司的产品为主。

河北荣盛生产的防喷器液压锁紧装置主要为斜

面活塞楔面自锁式结构,其主要由锁紧液缸、斜面活塞、油路开关顺序阀、锁紧缸盖、解锁缸盖和显示机构组成。在地面维修时,可以取掉显示机构,观察锁紧动作和闸板轴锁紧端面的状况。锁紧液缸顶部内部装配有油阀。

广汉思明于 2003 年研制了具有“土”字形壳体和“十”字形空腔结构的液压锁紧装置^[19],并在此基础上研制了含有油路开关顺序阀、闸板轴运动位置显示杆、斜面活塞显示杆和油路开关顺序阀阀盖的闸板防喷器液压锁紧装置。在现场可将防喷器的手动锁紧装置改装成该公司该种液压锁紧装置。

上海神开生产的闸板防喷器液压锁紧装置有斜面活塞楔面自锁和楔面锁块自锁^[17]两种结构。斜面活塞楔面自锁结构在解锁油缸内增加了一个显示杆,以显示斜面活塞的运动状态。

川油井控在 2004 年研制的液压锁紧装置^[18],解锁腔增加了一个活塞,锁紧装置工作更加平稳。

3 国内液压锁紧装置存在的问题

1) 制造技术基础薄弱。国外生产液压锁紧装置时,整体锻压成型,而国内铸锻工艺比较落后,材质内部容易出现缺陷,强度和耐磨性不够,经常出现楔面和加长杆磨损严重、锁紧不可靠的问题。

2) 国内生产液压锁紧装置的生产商较多,各生产商都有自己的标准,液压锁紧装置种类繁多,技术状况参差不齐,各种设备配件基本不能互换,给生产管理带来了极大的不便。

3) 液压锁紧装置结构单一。国内液压锁紧装置基本采用楔面自锁结构,单向棘齿防逆转结构还有待研究;各生产商生产的液压锁紧装置各有各的特点,但总体来说都是在国外产品的基础上进行了一定的改动,整体结构和锁紧原理并没有创新之处,产品竞争力不强。

4) 液压锁紧装置最初是为海洋钻井而设计的,海洋钻井中防喷器安装在海底,人工手动锁紧无法实现,只能采用液压锁紧装置远程控制锁紧防喷器闸板。但目前国产液压锁紧装置主要应用于陆地油田的钻井作业,海洋钻井用装置市场还有待进一步开拓。

5) 国产液压锁紧装置现场应用时出现较多问题,主要表现有:a. 打开防喷器时液压锁同时打开,堵住防喷器主液压活塞杆出路,防喷器无法打开。b. 装置锁舌的接触端面和斜面锁杆的斜面端面磨

损严重,形成了较大的 R 角;装置锁舌部分表面出现刮痕,甚至前端出现局部变形现象。c. 密封元件可靠性差。显示机构不能正确显示锁紧情况,有液压油流出;油缸与液压锁紧装置连接处漏油,液压接头连接可靠性差;活塞密封失效,活塞密封圈窜油,控制油路正常却打不开闸板。d. 开关液压锁动作比较迟钝,不能及时甚至无法实现锁紧和解锁动作。e. 单向阀动作不灵敏,闸板关闭后,液压锁不能及时锁紧闸板轴。f. 液控管线和防火管线应用不当,且管线通径较大。g. 抗偏斜能力较低,当井口偏移一定距离后,锁紧和解锁不再可靠。

4 对国内液压锁紧装置的思考与建议

1) 应用现代制造技术^[20],提高关键设备的制造工艺水平,以提高液压锁紧装置的整体可靠性。

2) 完善液压锁紧装置系列,制定统一可行的检验标准,产品按照标准化、通用化、系列化原则做精、做细。

3) 目前手动锁紧装置市场占有率近 95% 以上,而手动锁紧闸板防喷器限制条件较多,操作难度大,与油田安全、高效的生产目标相矛盾,对油田现有手动锁紧装置进行液压改装迫在眉睫。

4) 国内对液压锁紧装置的研究开展较少,重视程度不够,这是导致液压锁紧装置发展滞后的直接原因。国内各生产商及科研院所应加大液压锁紧装置的研究工作,包括:a. 深入研究液压锁紧装置的工作机理,运用现代设计软件对液压锁紧装置整体进行受力分析和校核,优化液压锁紧装置的结构,减少使用过程中产生的干涉和应力集中;对液压锁和防喷器系统的油路进行改进,使其操作更加简单、可靠。b. 完善海洋和沙漠等恶劣环境用液压锁紧装置。c. 收集整理现场应用的反馈信息,建立液压锁紧装置使用情况数据库等。

5) 解决液压锁紧装置现场使用中出现的问题,应做到以下几点:a. 增大液压锁油缸直径,以避免液压锁动作的超前问题。b. 对接触楔面进行镀铬或镀碳化钨处理,以增加斜面活塞接触面和装置锁舌的耐磨性。c. 提高“O”形密封圈的密封可靠性。d. 提高斜面活塞和液缸的活动密封能力。e. 不影响闸板防喷器侧门开关的液控管线,采用硬管线,管线的通径在不影响液压锁正常工作的情况下,尽可能小。f. 具有一定的抗井口偏移能力,一般要求井口偏移 10 mm 仍具有锁紧或解锁的能力。

6) 液压控制系统力求简单、可靠。防喷器的关闭和锁紧,以及解锁和打开,应为联动,即关防喷器和锁紧,解锁和打开防喷器,只用防喷器控制系统中的一个三位四通换向阀控制。一般情况下,液压油路工作压力为 21.0 MPa,试验压力为 31.5 MPa。

7) 定期对液压锁紧装置进行维护和保养。密封圈损坏,必须立即更换;液缸内表面产生纵向拉伤深痕,可用极细的砂纸和油石修正,拉伤严重则需更换;活动密封面不均匀磨损的深度超过 0.2 mm 时,就应更换,其它表面不能有明显的影响密封的痕迹。

5 结束语

随着油气勘探开发技术的发展,深井、超深井以及恶劣环境对液压锁紧装置提出了更高的要求,因此国内应大力开展液压锁紧装置的可靠性优化设计、特殊环境用液压锁紧装置的研制、标准的统一制定、手动锁紧进行液压改装和现场应用反馈信息的收集等工作,以提高我国井控装置的自动化水平,实现我国油气田钻井的安全生产。

参 考 文 献

- [1] 刘景伊,周全兴. 钻井工具使用手册[M]. 北京:科学出版社, 1990:273-275.
- [2] 李三平. 国产防喷器生产技术现状及发展趋势[J]. 石油科技论坛, 2006, 25(4):54.
- [3] 肖力彤,宋振华,杨登树. 特大型钻井单闸板防喷器的研制[J]. 石油机械, 2006, 34(7):38-52.
- [4] 刘清友,陈绍伟,艾海提江,等. 闸板防喷器液压锁紧装置研究现状[J]. 石油矿场机械, 2007, 36(10):1-4.
- [5] Herbert Allen, Robert K LeRoux. Reciprocating piston type

actuators: US, 3208357[P]. 1965-9-28.

- [6] Williams III, Charles C. Rod locking device: US, 4969627[P]. 1986-10-27.
- [7] Melvyn F Whitby, Frank L Sklenka, David L O'Donnell. Blowout preventer with ram wedge locks: US, 5575452[P]. 1996-11-19.
- [8] Williams III, Bolie C. Rod locking device: US, 4969390[P]. 1990-11-13.
- [9] Richard A Olson. Blowout preventer ram locks: US, 4076208[P]. 1978-02-28.
- [10] Richard A Olson. Blowout preventer ram locks: US, 4290577[P]. 1981-09-28.
- [11] Robert E Abbe. Variable position ram lock for blow-out preventer: US, 4305565[P]. 1981-12-15.
- [12] Mack C Ellison. Blowout preventer ram lock and locking method: US, 4052995[P]. 1977-10-11.
- [13] Denzil B Smith, Melvyn F Whitby. Actuator with automatic lock: US, 5025708[P]. 1991-06-25.
- [14] Troxell Jr, John N. Rod locking device: US, 4601232[P]. 1985-03-01.
- [15] Van Winkle, Denzil Wayne. Actuator with free-floating piston for a blowout preventer and the like: US, 6006647[P]. 1998-05-08.
- [16] 赵荣军,许宏奇,苏尚文,等. 闸板防喷器自动锁紧装置:中国,200520000277.0[P]. 2006-07-26.
- [17] 韩希柱,边欣生,许宏奇. 防喷器闸板液力自动锁紧装置:中国,942117336.0[P]. 1997-02-05.
- [18] 黄勇,蒋德平,邱龙勋. 防喷器开关控制装置:中国, 200420032530.6[P]. 2004-01-13.
- [19] 徐思明,张耀明,蒋光强,等. 液压闸板防喷器安全锁紧装置:中国,03249704.0[P]. 2003-07-29.
- [20] 王志远,赵胜英,赵利,等. 防喷器领域的最新进展[J]. 石油机械, 2005, 33(3):71-72.

[审稿 屈文涛]

Development of Hydraulic Locking Devices Attached to Ram Preventers

Zhu Haiyan¹ Liu Qinqyou¹ Xiao Xiaohua¹ Chen Shaowei²

(1. College of Mechatronics, Southwest Petroleum University, Chengdu, Sichuan, 610500, China; 2. Safety, Environmental, Quality Surveillance Research Institute, Sichuan Petroleum Administration, Guanghan, Sichuan, 618300, China)

Abstract: This paper analyzed the current situation of hydraulic locking devices. The advantage and disadvantage of several different hydraulic locking devices were introduced. Wedge locking device and unidirectional ratchet device are mainly used abroad and wedge lock device is mainly applied in China. The existing problems of domestic device in design, manufacture, oil-field application, examination and maintenance, etc are analyzed. And the suggestions to solve these problems were provided. We should work on reliability optimization design, development of new device for special conditions, unified standard, refitting manual device to hydraulic device and the collection of feedback from field application to improve the automatic well-control and safety operation.

Key words: ram preventer; hydraulic locking device; wedge lock; unidirectional ratchet