

Research on automatic control technology of elastic slip based on PLC

Changzhi Ji

Hebei Jinglong Intelligent Equipment Co., Ltd., Langfang, Hebei, 065399, China

Abstract

Equipment used for pressurized operations in oil and gas fields must be equipped with slips for pipe control, and different types of slips are configured based on the well conditions. Low-pressure shallow wells use universal slips, while high-pressure deep wells use self-tightening tapered slip sets. During operations, when the load is near the neutral point, self-tightening tapered slips can easily lock with the anti-jamming slips, requiring load transfer to unlock safely. The current operating method is manual, which poses significant safety risks. This study aims to implement PLC program control to automatically detect the working state of the slips and control the hydraulic cylinder to automatically complete the load transfer and opening/closing operations of the slips, eliminating the need for manual intervention throughout the process and thereby mitigating safety hazards caused by human factors, enhancing operational safety.

Keywords

PLC; Elasticity; Conical slip; Neutralization point

基于 PLC 的弹性卡瓦自动控制技术研究

姬长志

河北景隆智能装备股份有限公司, 中国·河北 廊坊 065399

摘要

油气田带压作业装备均需配置卡瓦进行管柱控制, 针对不同井况, 配置不同结构形式的卡瓦进行管柱控制。低压浅井采用万能卡瓦, 高压深井采用自紧式锥形卡瓦组。自紧式锥形卡瓦在作业过程中, 承载载荷在中和点附近时, 容易出现防顶卡瓦与承重卡瓦锁死情况, 需要进行载荷转移后才能安全打开。目前的操作方式为人工操作, 存在较大的安全风险。本研究旨在通过采用 PLC 程序控制, 自动检测卡瓦工作状态, 并控制油缸自动完成卡瓦载荷转移及开闭作业, 全过程不需要人工参与, 杜绝了人为因素产生的安全隐患, 提高了作业的安全性。

关键词

PLC; 弹性; 锥形卡瓦; 中和点

1 引言

在油气田开发过程中, 修井作业时, 通常做法是先压井后修井。压井作业费时费力, 且对油气层有一定的污染, 极大增加开采成本和施工周期, 带压作业的应用有效解决以上问题。但油气井带压作业危险性大, 作业工况恶劣, 对装置的安全性和可靠性要求高^[1-2], 带压作业装备均需配置卡瓦进行管柱控制。

油气田带压作业根据井况不同, 采用不同结构的卡瓦进行管柱控制。锥形自紧式卡瓦组包括一组承重卡瓦和一组防顶卡瓦, 需要人工频繁操作游动卡瓦组和固定卡瓦组来夹持管柱。

随着管柱在井内数量的变化以及井内压力变化, 管柱悬

重状态变化较大, 所以为保证施工安全, 在过中和点的时候必须防顶卡瓦和承重卡瓦同时使用进行管柱控制。在交替使用游动卡瓦组和固定卡瓦组时, 由于防顶卡瓦和承重卡瓦的解卡方式不同, 这个时候就很容易造成四组卡瓦被锁死^[3-5], 主要原因是卡瓦体与卡瓦座的楔形接触面力量无法释放。

CN115977557B 公布了一种采用碟簧代替传统压缩弹簧的带压作业油管升降控制装置^[6]。此装置需要人工进行确认四组卡瓦的压缩状态, 需要操作人员长时间严格按照逻辑动作顺序进行操作, 一旦操作失误, 将会产生飞管或掉管的安全事故。

2 研究内容及装置

本研究旨在通过采用 PLC 程序控制, 实现自动检测卡瓦工作状态, 并自动控制管柱起升载荷油缸进行自动载荷转移, 并根据载荷转移情况, 自动完成卡瓦开闭油缸的开闭作业。

【作者简介】姬长志(1980-), 男, 本科, 高级工程师, 从事油气田带压作业自动化装备研究。

本研究需要借助专用装置进行，专用装置的总体构成见图 1。专用装置包括固定框架，框架上设置举升油缸和工作防喷器。

卡瓦组又分为固定卡瓦组和游动卡瓦组，两种卡瓦组结构相同，由固定架、卡瓦、传感器、载荷释放装置等组成。卡瓦组使用的锥形自紧式卡瓦，通过开闭油缸实现卡瓦牙板的竖直运动，从而实现卡瓦的打开和关闭状态切换。位置传感器固定端固定在固定锥形底座上，移动端与卡瓦移动板连接，随着卡瓦移动板的升降，可实时反馈移动板的位置信息，检测卡瓦是关闭状态还是打开状态。

在固定柱上设置的位置传感器，用于检测卡瓦固定座是否被压实，该信号通过线束传递给 PLC 控制器，控制器

通过逻辑判断进行自动切换卡瓦动作。

举升油缸设置位置检测传感器，与固定柱上设置的位置传感器配合，通过 PLC 逻辑控制，实现管柱载荷的自动化转移和卡瓦的自动化交替作业。

管柱自动化控制方法分为起管作业方法和下管作业方法两种。在进行正常作业前，均需进行初始化判定。

初始化程序的逻辑图见图 3。初始化时，首先远程控制系统根据举升油缸位置检测传感器传递的数据及卡瓦组的位置传感器传递的数据，依次判定所有执行部件是否处于初始化位置，有任何一个未处于设定的初始化状态位置，则相对应的液压元件执行初始化设定动作，直到初始化完成。

作业开始时，首先远程控制系统判定初始化是否完成，

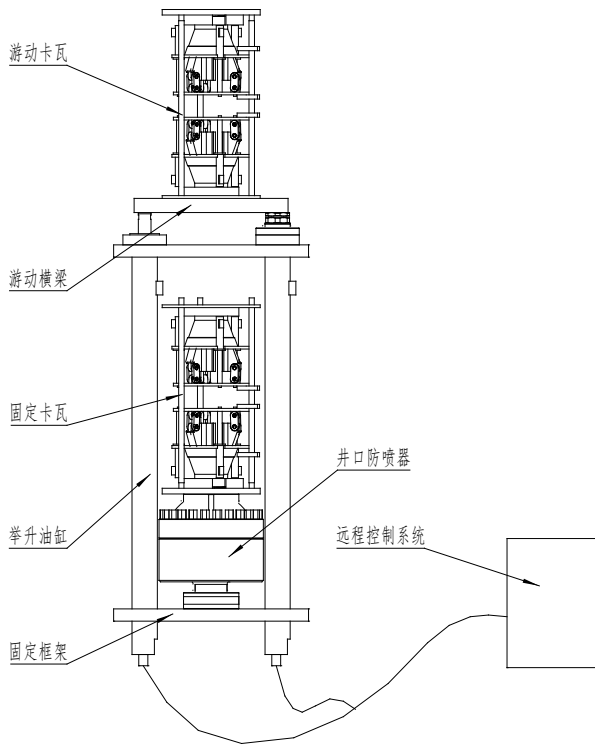


图 1 带压作业管柱自动化控制方法装置结构示意图

若初始化未完成，则执行初始化，若已完成，则游动卡瓦组的卡瓦开闭油缸缩回，带动游动卡瓦组的游动防顶卡瓦的移动板和游动承重卡瓦的移动板缩回，将管柱夹紧。通过各组卡瓦上的传感器检测卡瓦移动板是否缩回到夹紧位置，游动卡瓦夹紧后，远程控制系统控制举升油缸开始缓慢下压管柱。在下压过程中，实时检测固定承重卡瓦、游动防顶卡瓦是否被压紧，实时检测举升油缸的位置，远程控制系统在举升油缸到达极限低位时停止举升油缸下压，此时固定承重卡瓦和游动防顶卡瓦均处于压紧状态，管柱与固定防顶卡瓦产生相对运动，使得固定防顶卡瓦的打开变得容易，检测到固定防顶卡瓦完全打开后，举升油缸开始缓慢上提，并在上提设定位移后，打开固定承重卡瓦，此时固定承重卡瓦的管柱载荷已完全释放，在打开过程中，固定承重卡瓦上的位置传

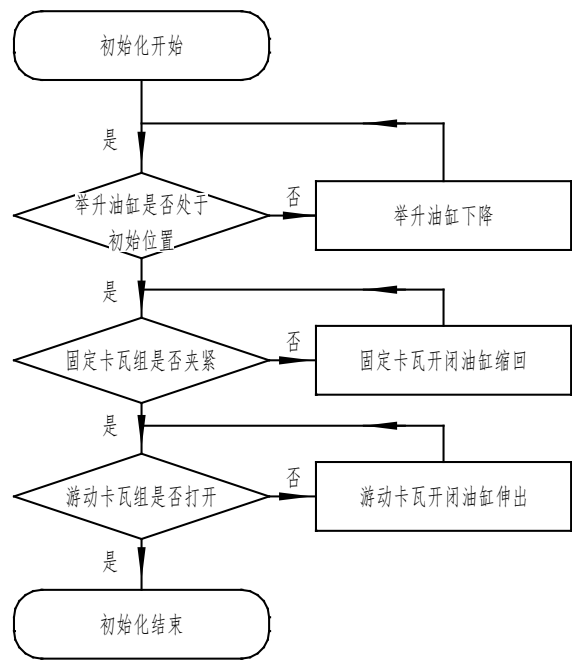


图 2 程序初始化逻辑图

感器实时检测卡瓦打开状态，当完全打开后，举升油缸开始按设定好的上提速度和幅度执行。举升油缸的位置传感器实时传递油缸上升位移，当达到设定高度后，远程控制系统控制举升油缸停止上升，固定卡瓦组的卡瓦开闭油缸缩回，带动固定卡瓦组的固定防顶卡瓦的移动板和固定承重卡瓦的移动板缩回，将管柱夹紧。固定卡瓦夹紧后，远程控制系统控制举升油缸开始缓慢上提管柱。因固定防顶卡瓦、游动承重卡瓦同时夹紧管柱，在上提过程中，实时检测固定防顶卡瓦、游动承重卡瓦是否被压紧。在上提过程中，举升油缸的位置传感器实时传递举升油缸位置，远程控制系统在举升油缸到达极限高位时停止举升油缸上提，此时固定防顶卡瓦和游动承重卡瓦均处于压紧状态，此时因管柱与游动防顶卡瓦产生相对运动，使得游动防顶卡瓦的打开变得容易，此时打

开游动防顶卡瓦,检测到游动防顶卡瓦完全打开后,举升油缸开始缓慢下降,并在下降设定位移后,打开游动承重卡瓦,此时游动承重卡瓦的管柱载荷已完全释放,在打开过程中,游动承重卡瓦上的位置传感器实时检测卡瓦打开状态,当完全打开后,举升油缸开始按设定好的下降速度和幅度执行。举升油缸的位置传感器实时传递油缸下降位移,当达到设定

高度后,远程控制系统控制举升油缸停止下降,完成一次管柱起管控制。重复上述过程,可实现连续起管作业。自动起管作业流程逻辑图见图3。

下管作业与起管作业原理相同、流程相反,本文就不再赘述。

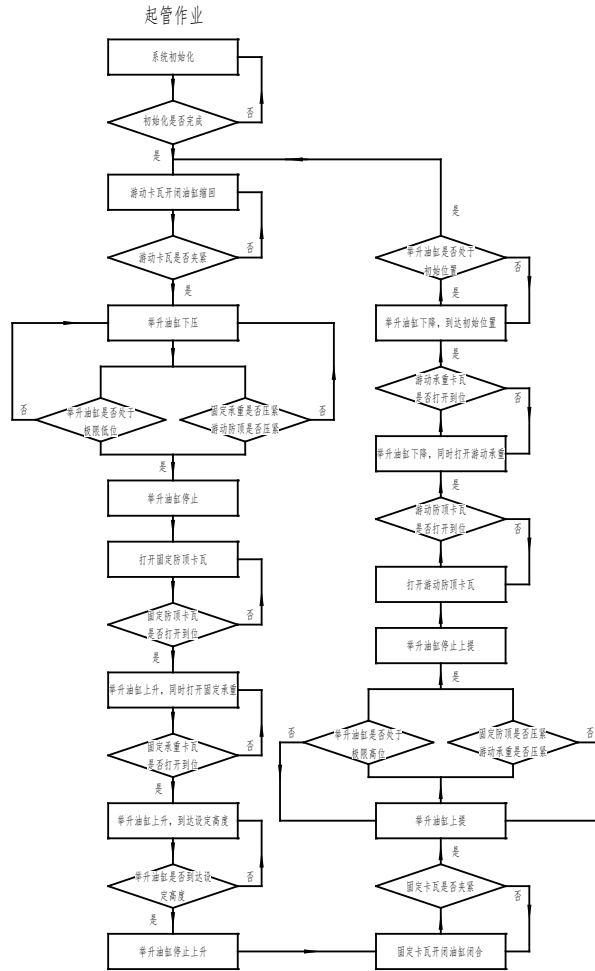


图3 起管作业控制逻辑示意图

3 结语

该方法应用于带压修井自动化起下管作业,PLC程序通过接收各位置传感器传递的位置状态信号,自动判断卡瓦工作状态,同时通过程序自动控制举升油缸、卡瓦开闭油缸进行逻辑动作,自动完成管柱控制作业,从而实现带压管柱自动起下管作业。

本研究为油田带压修井作业特别是大吨位气井带压修井自动化作业提供了良好的卡瓦控制解决方案。该方法已获得国家发明专利授权(授权公告号:CN116733389B)。

参考文献

[1] 胡尊敬,卢云霄,李勇,等.带压作业工艺技术在油气田开发中的应

用[J].化工管理,2020,No.579(36).

[2] 胡旭光,李黔,罗园,等.气井带压作业关键技术与展望[J].中国石油勘探,2023,v.28;No.148(05).

[3] 王炜,杨德强,赵国强.BYJ70独立型不压井作业装备的研制[J].石油机械,2011,v.39(S1).

[4] 侯凤刚.带压作业技术的应用[J].化学工程与装备,2020, No.284(09).

[5] 朋兴亚.注水井带压作业管柱受力动态分析技术[D].中国石油大学(华东),2015.

[6] 四川圣诺油气工程技术服务有限公司.带压作业油管升降控制装置:202310282303.6[P].2023-05-16.