



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106611101 B

(45)授权公告日 2019.06.11

(21)申请号 201510702992.7

(22)申请日 2015.10.26

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106611101 A

(43)申请公布日 2017.05.03

(73)专利权人 中国石油天然气股份有限公司
地址 100007 北京市东城区东直门北大街9号中国石油大厦

(72)发明人 韦雅珍 吴刚 高鹏 谢江
尉红刚 李振龙 李云 李芳
王丽敏 黄诚

(74)专利代理机构 北京三高永信知识产权代理
有限责任公司 11138
代理人 周静

(51)Int.Cl.
G06F 17/50(2006.01)
F04C 2/107(2006.01)

(56)对比文件

CN 104653455 A,2015.05.27,
CN 104133937 A,2014.11.05,
US 2009/0250210 A1,2009.10.08,
CN 104234996 A,2014.12.24,
CN 102705233 A,2012.10.03,
熊伟 等;.《双螺杆压缩机齿间间隙分布的计算》.《西安交通大学学报》.2004,第38卷(第7期),
孟凡国.《全金属单螺杆泵定转子间隙对泵性能影响的研究》.《中国优秀硕士学位论文全文数据库工程科技I辑》.2015,
王炯 等;.《潜油双螺杆泵间隙的优化设计》.《石油机械》.2008,第36卷(第8期),
S. F. Rabbi et al;.《Modeling and Operation of an Interior Permanent Magnet Motor Drive for Electric Submersible Pumps》.《Oceans》.2015,

审查员 陈静

权利要求书2页 说明书9页 附图10页

(54)发明名称

电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法以及电潜螺杆泵

(57)摘要

本发明公开了一种电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法,属于石油天然气领域。该泵间隙值的确定方法包括以下步骤(1)基于电潜螺杆泵中转子的单级承受压力、与电潜螺杆泵中定子橡胶的正压力和单级承受压力有关的系数、定子橡胶的弹性系数和对单级承压能力的影响系数积值得电潜螺杆泵的工作过盈量;(2)基于工作过盈量、定子橡胶通过热膨胀产生的过盈值、定子橡胶通过油膨胀产生的过盈值、定子橡胶在高压条件下产生的收缩量和在定子橡胶与转子运转过程中产生的磨蚀量获得电潜螺杆泵的初始过盈值;(3)基于电潜螺杆泵的工作过盈量和初始过盈值获得泵间隙值。

基于电潜螺杆泵中转子的单级承受压力、与电潜螺杆泵中定子橡胶的正压力和单级承受压力有关的系数、定子橡胶的弹性系数和对单级承压能力的影响系数积值得电潜螺杆泵的工作过盈量



基于工作过盈量、定子橡胶通过热膨胀产生的过盈值、定子橡胶通过油膨胀产生的过盈值、定子橡胶在高压条件下产生的收缩量和在定子橡胶与转子运转过程中产生的磨蚀量获得所述电潜螺杆泵的初始过盈值



基于电潜螺杆泵的工作过盈量和初始过盈值获得泵间隙值

CN 106611101 B

1. 一种电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法,所述泵间隙值的确定方法包括以下步骤:

(1) 根据所述电潜螺杆泵中转子的单级承受压力、与所述电潜螺杆泵中定子橡胶的正压力和所述单级承受压力有关的系数、所述定子橡胶的弹性系数和对所述单级承压能力的影响系数积值,利用下述公式获得所述电潜螺杆泵的工作过盈量:

$$\delta = H / (a \cdot k \cdot c)$$

其中, δ 为所述工作过盈量;

H为所述转子的单级承受压力;

a为与所述正压力和单级承受压力有关的系数;

k为所述弹性系数;

c为对所述单级承压能力的影响系数积值;

(2) 基于所述工作过盈量、所述定子橡胶通过热膨胀产生的过盈值、所述定子橡胶通过油膨胀产生的过盈值、所述定子橡胶在高压条件下产生的收缩量和在所述定子橡胶与所述转子运转过程中产生的磨蚀量获得所述电潜螺杆泵的初始过盈值;

(3) 基于所述电潜螺杆泵的工作过盈量和所述初始过盈值获得所述泵间隙值。

2. 根据权利要求1所述的电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法,其特征在于,

在步骤(1)中,所述转子的单级承受压力的获得方法包括以下步骤:

a1测出所述电潜螺杆泵排出端的最大压力值和吸入端的最大压力值;

a2基于所述排出端的最大压力值和所述吸入端的最大压力值获得压力差值;

a3使所述压力差值与所述电潜螺杆泵的级数相除获得所述转子的单级承受压力。

3. 根据权利要求2所述的电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法,其特征在于,

所述定子橡胶的弹性系数是基于所述定子橡胶的弹性模量、所述定子橡胶的压缩面积和所述定子橡胶的平均厚度获得的值。

4. 根据权利要求3所述的电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法,其特征在于,

所述定子橡胶的正压力为通过实测获得的所述转子施加给所述定子橡胶的压力。

5. 根据权利要求4所述的电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法,其特征在于,

对所述单级承压能力的影响系数积值为所述电潜螺杆泵的泵转速对单级承压能力的影响系数、流体黏度对单级承压能力的影响系数和加工精度对单级承压能力的影响系数的乘积。

6. 根据权利要求5所述的电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法,其特征在于,

与所述定子橡胶的正压力和单级承受压力相关的系数、所述电潜螺杆泵的泵转速对单级承压能力的影响系数、流体黏度对单级承压能力的影响系数和加工精度对单级承压能力的影响系数为实测值。

7. 根据权利要求6所述的电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法,其特征在于,

所述定子橡胶通过油溶胀产生的过盈值为基于所述定子橡胶溶胀率、所述定子的偏心距、所述定子的外壳内径和所述转子的半径获得的值。

8. 根据权利要求7所述的电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法,其特征在于,

所述定子橡胶通过热膨胀产生的过盈值、所述定子橡胶在高压条件下产生的收缩量和所述定子橡胶与所述转子在运转过程中的磨蚀量通过模拟井况条件下的室内试验以测定所述定子短样内腔的尺寸变化以获得。

9. 根据权利要求1-8中任一项所述的电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法,其特征在于,所述初始过盈量为所述电潜螺杆泵在加工完毕之后且在进行井下作业之前,在室温空气中测得的过盈值。

10. 根据权利要求9所述的电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法,其特征在于,所述泵间隙值为通过所述工作过盈量和所述初始过盈量获得的区间值。

11. 根据权利要求10所述的电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法,其特征在于,所述初始过盈量的表达式为:

$$\delta_1 = \delta - \delta_2 - \delta_3 + \delta_4 + \delta_5$$

其中, δ_1 为所述初始过盈量,单位为mm;

δ 为所述工作过盈量,单位为mm;

δ_2 为所述定子橡胶通过热膨胀产生的过盈值,单位为mm;

δ_3 为所述定子橡胶通过油溶胀产生的过盈值,单位为mm;

δ_4 为所述定子橡胶在高压条件下产生的收缩量,单位为mm;

δ_5 为所述定子橡胶与转子运转过程中的磨蚀量,单位为mm。

12. 根据权利要求7所述的电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法,其特征在于,所述定子橡胶通过油溶胀产生的过盈值的表达式为:

$$\delta_3 = \frac{(8E+2\pi r) \pm \sqrt{(8E+2\pi r)^2 - 4\pi(\pi R^2 - 8Er - \pi r^2)w}}{2\pi}$$

其中, δ_3 为所述定子橡胶通过油溶胀产生的过盈值;

w为所述定子橡胶的溶胀率;

E为所述定子的偏心距;

r为所述转子的半径;

R为所述定子的外壳的内径。

13. 一种电潜螺杆泵,其特征在于,

所述电潜螺杆泵包括:

定子,所述定子的两端分别设置有与油管连接的上接头和下接头;

转子,所述转子设置在所述定子的内腔中;

定子橡胶,所述定子橡胶设置在所述定子与所述转子之间,且与所述定子的内腔壁固定连接,所述转子与所述定子橡胶之间过盈配合;

出油接头,所述出油接头设置在所述上接头的内腔中;

驱动装置,所述驱动装置用于驱动所述转子转动;

其中,所述定子与所述转子之间的泵间隙值的范围为0~0.04mm,且所述泵间隙值为根据权利要求1-12中任一项所述的电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法获得。

电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法以及电潜螺杆泵

技术领域

[0001] 本发明涉及石油天然气领域,特别涉及电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法以及电潜螺杆泵。

背景技术

[0002] 电潜螺杆泵采油系统是将潜油电机置于井下,利用井下潜油电机直接驱动螺杆泵举升液体,与有杆泵相比节能可达30%甚至更高。电潜螺杆泵可应用于稠油井、出砂井、含气井、斜井和水平井,对避免因出砂导致的泵砂卡、抽油杆断脱、卡杆等现象效果显著,同时电潜螺杆泵不会对油层产生激动作用。

[0003] 但是,电潜螺杆泵在应用中也存在一些问题。例如电潜螺杆泵在高速旋转的状态下工作,工作过程中电潜螺杆泵的泵转速高、温度高且橡胶变形量大,若此时突然停机,由于高温状态下的橡胶无法收缩,从而导致泵抱死、电极烧等;而且在起泵初期和泵停机再启动时,还经常会出现起泵困难等状况,使得电潜螺杆泵无法正常工作。

[0004] 由此,井下泵定子和转子之间配合的过盈值,对于井下泵的工作特性影响很大。定子和转子配合过紧,虽然能够实现充分举升,但会造成扭矩的增加,磨损加快,泵效降低等后果;而定子与转子配合过松,又不能实现有效举升。

发明内容

[0005] 为了解决现有技术中存在的上述问题和缺陷的至少一个方面,本发明提供了一种电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法以及电潜螺杆泵。所述技术方案如下:

[0006] 本发明的一个目的是提供了一种电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法。

[0007] 本发明的另一目的是提供了一种电潜螺杆泵。

[0008] 根据本发明的一个方面,提供了一种电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法,所述泵间隙值的确定方法包括以下步骤:

[0009] (1) 基于所述电潜螺杆泵中转子的单级承受压力、与所述电潜螺杆泵中定子橡胶的正压力和所述单级承受压力有关的系数、所述定子橡胶的弹性系数和对所述单级承压能力的影响系数积值得到所述电潜螺杆泵的工作过盈量;

[0010] (2) 基于所述工作过盈量、所述定子橡胶通过热膨胀产生的过盈值、所述定子橡胶通过油膨胀产生的过盈值、所述定子橡胶在高压条件下产生的收缩量和在所述定子橡胶与所述转子运转过程中产生的磨蚀量获得所述电潜螺杆泵的初始过盈值;

[0011] (3) 基于所述电潜螺杆泵的工作过盈量和所述初始过盈值得到所述泵间隙值。

[0012] 具体地,在步骤(1)中,所述转子的单级承受压力的获得方法包括以下步骤:

[0013] a1测出所述电潜螺杆泵排出端的最大压力值和吸入端的最大压力值;

[0014] a2基于所述排出端的最大压力值和所述吸入端的最大压力值得到压力差值;

[0015] a3使所述压力差值与所述电潜螺杆泵的级数相除获得所述转子的单级承受压力。

[0016] 进一步地,所述定子橡胶的弹性系数是基于所述定子橡胶的弹性模量、所述定子

橡胶的压缩面积和所述定子橡胶的平均厚度获得的值。

[0017] 进一步地,所述定子橡胶的正压力为通过实测获得的所述转子施加给所述定子橡胶的压力。

[0018] 进一步地,所述对单级承压能力的影响系数积值为所述电潜螺杆泵的泵转速对单级承压能力的影响系数、流体黏度对单级承压能力的影响系数和加工精度对单级承压能力的影响系数的乘积。

[0019] 进一步地,所述与定子橡胶的正压力和单级承受压力相关的系数、所述电潜螺杆泵的泵转速对单级承压能力的影响系数、流体黏度对单级承压能力的影响系数和加工精度对单级承压能力的影响系数为实测值。

[0020] 进一步地,所述定子橡胶通过油溶胀产生的过盈值为基于所述定子橡胶的溶胀率、所述定子的偏心距、所述定子的外壳的内径和所述转子的半径获得的值。

[0021] 具体地,所述定子橡胶通过热膨胀产生的过盈值、所述定子橡胶在高压条件下产生的收缩量和所述定子橡胶与所述转子在运转过程中的磨蚀量通过模拟井况条件下的室内试验以测定所述定子短样内腔的尺寸变化以获得。

[0022] 具体地,所述初始过盈量为所述电潜螺杆泵在加工完毕之后且在进行井下作业之前,在室温空气中测得的过盈值。

[0023] 具体地,所述泵间隙值为通过所述工作过盈量和所述初始过盈量获得的区间值。

[0024] 进一步地,所述工作过盈量的表达式为:

$$[0025] \quad \delta = H / (a \cdot k \cdot c)$$

[0026] 其中, δ 为所述工作过盈量;

[0027] H 为所述转子的单级承受压力;

[0028] a 为与所述正压力和单级承受压力有关的系数;

[0029] k 为所述弹性系数;

[0030] c 为所述对单级承压能力的影响系数积值。

[0031] 进一步地,所述初始过盈量的表达式为:

$$[0032] \quad \delta_1 = \delta - \delta_2 - \delta_3 + \delta_4 + \delta_5$$

[0033] 其中, δ_1 为所述初始过盈量,单位为mm;

[0034] δ 为所述工作过盈量,单位为mm;

[0035] δ_2 为所述定子橡胶通过热膨胀产生的过盈值,单位为mm;

[0036] δ_3 为所述定子橡胶通过油溶胀产生的过盈值,单位为mm;

[0037] δ_4 为所述定子橡胶在高压条件下产生的收缩量,单位为mm;

[0038] δ_5 为所述定子橡胶与转子运转过程中的磨蚀量,单位为mm。

[0039] 进一步地,所述定子橡胶通过油溶胀产生的过盈值的表达式为:

$$[0040] \quad \delta_3 = \frac{(8E+2\pi r) \pm \sqrt{(8E+2\pi r)^2 - 4\pi(\pi R^2 - 8Er - \pi r^2)w}}{2\pi}$$

[0041] 其中, δ_3 为所述定子橡胶通过油溶胀产生的过盈值;

[0042] w 为所述定子橡胶的溶胀率;

[0043] E 为所述定子的偏心距;

- [0044] r为所述转子的半径；
- [0045] R为所述定子外壳的内径。
- [0046] 根据本发明的另一方面，本发明还提供了一种电潜螺杆泵，所述电潜螺杆泵包括：
- [0047] 定子，所述定子的两端分别设置有与油管连接的上接头和下接头；
- [0048] 转子，所述转子设置在所述定子的内腔中；
- [0049] 定子橡胶，所述定子橡胶设置在所述定子与所述转子之间，且与所述定子的内腔壁固定连接，所述转子与所述定子橡胶之间过盈配合；
- [0050] 出油接头，所述出油接头设置在所述上接头的内腔中；
- [0051] 驱动装置，所述驱动装置用于驱动所述转子转动；
- [0052] 其中，所述定子与所述转子之间的泵间隙值的范围为0~0.04mm，且所述泵间隙值为上述的电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法获得。
- [0053] 本发明提供的技术方案的有益效果是：
- [0054] (1) 本发明提供的电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法以及电潜螺杆泵将电潜螺杆泵井下机组的定子与转子泵间隙值设计为0-0mm和0-0.04mm两种，并进行室内试验井的整套机组试验，在通过试验运转6小时以上后压力升高、排量增加，由此说明在机组运转后井筒温度上升，定子橡胶膨胀，定子和转子之间的间隙减小，因而将泵的间隙过盈设定为0-0mm、0-0.04mm合理；
- [0055] (2) 本发明提供的电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法以及电潜螺杆泵可以有效降低定子与转子间的扭矩，保证在起泵初期、泵停机再启动时能够有效避免扭矩过大造成的泵抱死等问题；
- [0056] (3) 本发明提供的电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法以及电潜螺杆泵能够保证电潜螺杆泵的正常运转，同时在正常运转后定子橡胶膨胀，定子与转子间有一定的密封性，可以保证泵有效举升的工作压差、排量。

附图说明

- [0057] 图1是根据本发明的一个实施例的电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法的流程图；
- [0058] 图2是根据图1所示的定子橡胶通过油膨胀前后设计空腔的对比图；
- [0059] 图3根据图1所示的电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法获得的不同级的电潜螺杆泵的泵间隙值参数表；
- [0060] 图4是图3所示的一级电潜螺杆泵的过盈数据表；
- [0061] 图5是图3所示的二级电潜螺杆泵的过盈数据表；
- [0062] 图6是图3所示的电潜螺杆泵在泵间隙值为0.04mm、转速为240r/min下的参数曲线变化图；
- [0063] 图7是图3所示的三级电潜螺杆泵的过盈数据表；
- [0064] 图8是图7所示的电潜螺杆泵在泵间隙值为0mm、转速为240r/min下的参数曲线变化图；
- [0065] 图9是泵间隙值-容积效率曲线图；
- [0066] 图10是出口压力-容积效率曲线图；
- [0067] 图11是出口压力-扭矩曲线图；

[0068] 图12是根据本发明的另一实施例的电潜螺杆泵的结构示意图。

[0069] 其中,100电潜螺杆泵,10定子,20转子,30定子橡胶,41上接头,42下接头,50出口接头,a定子橡胶通过油膨胀前的设计空腔,b定子橡胶通过油膨胀后的设计空腔。

具体实施方式

[0070] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明实施方式作进一步地详细描述。

[0071] 参见图1,其示出了根据本发明的一个实施例的电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法的流程。电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法包括以下步骤:

[0072] (1) 基于电潜螺杆泵中转子的单级承受压力、与电潜螺杆泵中定子橡胶的正压力和单级承受压力有关的系数、定子橡胶的弹性系数和对单级承压能力的影响系数积值获得电潜螺杆泵的工作过盈量;

[0073] (2) 基于工作过盈量、定子橡胶通过热膨胀产生的过盈值、定子橡胶通过油膨胀产生的过盈值、定子橡胶在高压条件下产生的收缩量和在定子橡胶与转子运转过程中产生的磨蚀量获得所述电潜螺杆泵的初始过盈值;

[0074] (3) 基于电潜螺杆泵的工作过盈量和初始过盈值获得泵间隙值。

[0075] 在步骤(1)中,工作过盈量即电潜螺杆泵在工作时的过盈量,工作过盈量用于保证泵在工作时的压差和满足油井举升的需要。而工作过盈量的大小与橡胶的平均厚度和弹性模量有关。在工作中,定子橡胶的正压力越大,压缩后所产生的形变值越大,进而工作过盈量越大。

[0076] 由于定子橡胶是高弹性体,因此在弹性范围内定子橡胶的正压力遵循虎克定律。其中,定子橡胶的正压力为通过实测获得的转子施加给定子橡胶的压力,该定子橡胶的正压力的方向由转子指向定子,且与转子和定子之间的接触面垂直。由胡克定律可知,电潜螺杆泵中定子橡胶的正压力的表达式为:

$$[0077] \quad P = \frac{E \cdot \delta \cdot s}{h} \quad (1)$$

[0078] 其中,P为定子橡胶的正压力;

[0079] E为定子橡胶的弹性模量;

[0080] δ 为工作过盈量;

[0081] s为定子橡胶的压缩面积;

[0082] h为定子橡胶的平均厚度(即有效厚度)。

[0083] 之后,通过转子的单级承受压力获得工作过盈量,其中转子的单级承受压力的获得方法包括以下步骤:

[0084] a1测出电潜螺杆泵排出端的最大压力值和吸入端的最大压力值;

[0085] a2基于排出端的最大压力值和吸入端的最大压力值获得压力差值;

[0086] a3使压力差值与电潜螺杆泵的级数相除获得转子的单级承受压力。

[0087] 在实际中,电潜螺杆泵是由多级组成的,而其中单级就是一个导程的转子的长度。单级承受压力就是一个导程长度的转子所承受的压力。由于电潜螺杆泵各密封腔内的压力彼此不同,使得各密封腔的单级承受压力也是不同的。而应用有限元分析的方法可以提高

各密封腔的单级承受压力的精度。

[0088] 转子的单级承受压力的表达式为：

$$[0089] \quad H = a \cdot P \cdot c \quad (2)$$

[0090] 将公式(1)代入公式(2)可得：

$$[0091] \quad H = a \cdot \frac{E \cdot \delta \cdot s}{h} \cdot c \quad (3)$$

[0092] 由公式(3)可知,弹性系数的表达式为：

$$[0093] \quad k = \frac{E \cdot S}{h} \quad (4)$$

[0094] 将公式(3)代入公式(4)可得：

$$[0095] \quad H = a \cdot k \cdot \delta \cdot c \quad (5)$$

[0096] 由公式(5)变形可得：

$$[0097] \quad \delta = H / (a \cdot k \cdot c)$$

[0098] 其中, δ 为工作过盈量；

[0099] a 为与定子橡胶的正压力和单级承受压力有关的系数；

[0100] k 为弹性系数；

[0101] c 为对单级承压能力的影响系数积值；

[0102] H 为转子的单级承受压力；

[0103] P 为定子橡胶的正压力。

[0104] 由公式(4)可知,定子橡胶的弹性系数是基于定子橡胶的弹性模量、定子橡胶的压缩面积和定子橡胶的平均厚度获得的值。在公式中,对单级承压能力的影响系数积值为电潜螺杆泵的泵转速对单级承压能力的影响系数、流体黏度对单级承压能力的影响系数和加工精度对单级承压能力的影响系数的乘积。

[0105] 具体地,定子橡胶的弹性系数、电潜螺杆泵的泵转速对单级承压能力的影响系数、流体黏度对单级承压能力的影响系数和加工精度对单级承压能力的影响系数为在特定条件下的实测值。特定条件下的实测值指不考虑温胀、介质溶胀对定子橡胶的影响,且电潜螺杆泵输送压力稳定,介质有固定结构不受破坏等条件所获得的实际测量值。

[0106] 在获得工作过盈量之后,通过工作过盈量获得初始过盈量。在设计中关键参数就是初始过盈量。初始过盈量就是电潜螺杆泵在加工完毕后下井之前,在室温空气中所测得的过盈量,即电潜螺杆泵的过盈间隙值。

[0107] 井下泵正常工作时,定转子间过盈值(即工作过盈量)为：

$$[0108] \quad \delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 - \delta_4 - \delta_5 \quad (6)$$

[0109] 由公式(6)可得：

$$[0110] \quad \delta_1 = \delta - \delta_2 - \delta_3 + \delta_4 + \delta_5$$

[0111] 其中, δ_1 为初始过盈量,单位为mm；

[0112] δ_2 为定子橡胶通过热膨胀产生的过盈值,单位为mm；

[0113] δ_3 为定子橡胶通过油溶胀产生的过盈值,单位为mm；

[0114] δ_4 为定子橡胶在高压条件下产生的收缩量,单位为mm；

[0115] δ_5 为定子橡胶与转子在运转过程中的磨蚀量,单位为mm；

[0116] δ 为工作过盈量,单位为mm。

[0117] 具体地,定子橡胶通过热膨胀产生的过盈值、定子橡胶通过油溶胀产生的过盈值、定子橡胶在高压条件下产生的收缩量和定子橡胶与转子在运转过程中的磨蚀量可用实验方法确定,该实验需要在电潜螺杆泵实验装置上进行。在现场井况条件下,定子橡胶通过热膨胀产生的过盈值、定子橡胶在高压条件下产生的收缩量和定子橡胶与转子在运转过程中的磨蚀量可以通过室内实验模拟井况条件下,测定定子短样内腔(定子内腔)的尺寸变化量来确定,之后通过数据采集系统收集相关数据,绘制成特性曲线,进行分析计算。定子橡胶的热胀量可以通过膨胀计按照相关测定要求测定定子橡胶试样的热膨胀量。结合图2所示,的测定定子橡胶溶胀量的方法为首先根据行业标准《SHT 1159-1992丁腈橡胶溶胀度测定方法》测定定子橡胶的溶胀率 w (即溶胀度),该溶胀率可以直接通过实验测得,当然本领域技术人员可以明白,该溶胀率也可以通过在现场通过实际测量获得,本领域技术人员可以根据需要进行相应的选择。在测得溶胀率之后根据定子橡胶的截面尺寸计算溶胀面积 S ,最后通过溶胀率理论计算公式推导出溶胀率 δ_3 ,即如图2所示的定子橡胶通过油溶胀前的设计空腔 a 和定子橡胶通过油溶胀后的设计空腔 b 之间的溶胀度 δ_3 ,溶胀率表达式为:

$$[0118] \quad w = \frac{S}{\pi R^2 - 8Er - \pi r^2} \times 100\% \quad (7)$$

[0119] 定子橡胶的溶胀面积的表达式为:

$$[0120] \quad S = 8E\delta_3 + 2\pi r\delta_3 - \pi\delta_3^2 \quad (8)$$

[0121] 将公式(7)代入公式(8)可得:

$$[0122] \quad 8E\delta_3 + 2\pi r\delta_3 - \pi\delta_3^2 = (\pi R^2 - 8Er - \pi r^2)w \quad (9)$$

[0123] 由公式(9)可得:

$$[0124] \quad (10) \quad \pi\delta_3^2 - (8E + 2\pi r)\delta_3 + (\pi R^2 - 8Er - \pi r^2)w = 0$$

[0125] 由公式(10)可得:

$$[0126] \quad \delta_3 = \frac{(8E + 2\pi r) \pm \sqrt{(8E + 2\pi r)^2 - 4\pi(\pi R^2 - 8Er - \pi r^2)w}}{2\pi}$$

[0127] 其中, δ_3 为定子橡胶通过油溶胀产生的过盈值;

[0128] S 为定子橡胶通过油溶胀的溶胀面积;

[0129] w 为定子橡胶通过油溶胀的溶胀率;

[0130] E 为定子的偏心距;

[0131] r 为转子的半径;

[0132] R 为定子的外壳内径。

[0133] 由此可知,定子橡胶通过油溶胀产生的过盈值为基于定子橡胶膨胀面积、定子橡胶溶胀率、定子的偏心距、定子的外壳内径和转子的半径获得的值。本领域技术人员可以理解,定子橡胶通过热膨胀产生的过盈值、定子橡胶在高压条件下产生的收缩量和定子橡胶与转子在运转过程中的磨蚀量可以根据实际进行测量,也可以根据实验进行测量,通过实验测量的原理与上述定子橡胶的油溶胀产生的过盈值的获得原理相类似,在此不再一一赘述。在获得工作过盈量和初始过盈量之后,将工作过盈量和初始过盈量形成的区间值作为

泵间隙值。

[0134] 大庆油田第六采油厂高艳华在石油石化节能2014年第8期上的论文《小过盈螺杆泵在聚驱区块的试验应用》中讨论了螺杆泵过盈值为0.15mm、0.10mm和0.00mm时的工作情况,平均产液、泵效有所增加,扭矩有所降低,泵的工作状况有所改善。但它没有根据实际测试提出一个合理的泵间隙过盈值。

[0135] 而且通过现场实践表明,螺杆泵的间隙和橡胶变形量是影响电潜螺杆泵使用寿命的关键问题。地面驱动电潜螺杆泵,当泵间隙值为0.10-0.20mm,启动时需要依靠地面电机的大扭矩强行启动,但电潜螺杆泵的泵间隙都是采用常规地面驱动螺杆泵的间隙过盈值,电机扭矩小,造成经常无法启动。

[0136] 根据现场经验,过盈值偏大是造成电潜螺杆泵故障的主要原因,它不仅增大转子与定子之间的摩擦力,而且摩擦产生的热量会加速定子橡胶的老化,降低定子的使用寿命,严重时会发生转子抱死和定子脱胶等问题。因此,根据现场生产情况找到转子与定子合适的过盈值即泵间隙值就显得非常重要。

[0137] 在步骤(1)中,对于井下电潜螺杆泵而言,工作过盈量是综合因素影响的结果,由于确定电潜螺杆泵的工作过盈量的相关参数较多,很多参数无法精确测量,加之参数的精确程度会对结果产生很大的影响,特别是井下电潜螺杆泵的定子和转子相对较长,其过盈值沿轴向的变化是不一致的。而在步骤2中初始过盈量不仅与步骤1中的工作过盈量有关,还与定子橡胶的各种变形和在运转中的磨蚀量有关。而且定子橡胶随着其组分不同,工况环境的变化,其热胀量、溶胀量也有较大的不同,其主要影响因素包括系统压力、举升介质温度、粘度、含水、含气量、工作转速及定转子加工精度等,都会不同程度地影响到最终过盈量的大小。此外,定子橡胶的硬度也会影响到电潜螺杆泵的举升压头和电潜螺杆泵的过盈量。定子橡胶越软,电潜螺杆泵的过盈量就越大,这样才能获得相当的压头。由于这些因素都是难以精确确定,因此可以通过试验方法来确定一定范围内的泵间隙值是否满足油井正常举升的需要。当然本领域技术人员可以明白,试验的方法可以采用室内试验,也可以采用现场实际测量,本领域技术人员可以根据需要进行相应的选择。

[0138] 针对上述情况,采用水力特性检测的方法试验,确保井下泵的质量是否合格,即以较易检测的参数—不同压力下的排量、扭矩、容积效率以及泵效,来控制井下泵的结构参数是否满足加工精度,工况参数是否科学合理。具体测试的数据包括:地面工作参数测试和井下压力的测试。其中地面工作参数的测试包括运行电流、电压、工作转速、系统效率、工作扭矩等。井下压力的测试包括流压和静压。

[0139] 具体地,电参数均可以通过变频控制柜读取,泵转速可以通过地面控制柜记录仪读取,流压和静压测试可以通过井下压力测试仪在作业时接在管柱下方,进行存储式测试,可定期接收、回放。通过对同种泵型过盈值改进前后对比,可以得知改进后的泵的工作扭矩比常规过盈螺杆泵有所降低,由此可以说明电潜螺杆泵的无用功消耗减少,电潜螺杆泵的总效率提高,进而可以说明参数调整是合理的。

[0140] 下面通过实际实施例以进一步说明本发明的电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法的具体步骤。

[0141] 华北油田平均泵深1000m左右,动液面范围500-800m,油管液柱压力约6.5MPa,井口回压不高于0.5MPa,管内延程阻力1.0MPa,所以电潜螺杆泵在举升压头8.0MPa的条件下,

容积效率达到60%即可满足油田不同区块不同油井的举升要求。

[0142] 根据电潜螺杆泵的排量设计了定子与转子之间的过盈量配合尺寸,在室内试验条件下,对不同螺杆泵的定子与转子之间的过盈量(即泵间隙值)做进一步的优选和修正。当然本领域技术人员也可以在现场进行实际测量以修正定子与转子之间的过盈量。通过观察不同定子与转子之间的过盈量相配合的条件下,电潜螺杆泵的水力工作特性,以评价并优选合理的过盈量。

[0143] 在试验中所需测试的数据包括:地面工作参数测试和井下压力的测试。其中地面工作参数的测试包括运行电流、电压、工作转速、系统效率、工作扭矩等。井下压力的测试包括流压和静压。其中,电参数可以通过变频控制柜进行测试。变频控制柜内设有过载、欠载、断相、漏电等自动停机保护电器设备,当驱动电机的工作电流超过设定的过载电流或接近驱动电机的空转电流时,液面过低,自动实行停机保护,并且能记录电流等电参数。

[0144] 变频控制柜可以直接读取电流、电压、工作转速、系统效率和工作扭矩,其中,电参数测试最常用的是用电流表测量工作电流,因为工作电流的大小直接反映工作负载的大小,同时根据工作电流的大小也能诊断一些故障。通过使用功率仪或电度表测量电机的输入功率,从而能够计算出电潜螺杆泵采油井的系统效率。

[0145] 转速测量主要是应用地面控制柜记录仪进行记录,转速是电潜螺杆泵采油的主要工作参数,它决定了螺杆泵的排量。地面工作参数测试中的流压和静压测试由于电潜螺杆泵并无下井压力计的通道和测试工艺,因此采用液面法折算流压和静压,具体计算与有杆泵类同。例如可以通过井下压力测试仪在作业时接在管柱下方,进行存储式测试,可定期接收、回放。

[0146] 在整套电潜螺杆泵的机组加工完成后,分别对不同的泵间隙值的电潜螺杆泵分别进行室内性能检测,并对整套机组在试验井进行模拟试验,按照试验方案逐项进行试验,各项指标达到设计要求,定子和转子过盈量配合参数如图3所示。本领域技术人员可以明白,对不同的泵间隙值的电潜螺杆泵还可以在实际工况下进行性能检测,在此不再进行一一列举。本示例仅是一种说明性示例,不应当理解为对本发明的一种限制。

[0147] 参见图4至图8,从试验结果可以看出,同等转速下改进后的泵出口压力为8.0MPa时,容积效率达到60%以上,因此可以满足油田不同区块不同油井的举升要求。

[0148] 从试验数据还可以看出,在泵举升压力为8.0MPa的条件下,GLB75-40电潜螺杆泵的泵间隙值由原来的0.20mm降至改进后的0.04mm和0.00mm时,容积效率由70.3%变化到68.6%,基本保持不变。由此可以说明电潜螺杆泵的举升能力基本没有改变,电潜螺杆泵的工作扭矩由158N·m变化到141N·m,比常规过盈螺杆泵降低近20N·m,说明电潜螺杆泵的无用功消耗减少,电潜螺杆泵的总效率提高。

[0149] 电潜螺杆泵改进前后工作参数变化如图9至图11所示,试验表明,电潜螺杆泵的泵间隙值改进后,电潜螺杆泵的举升能力几乎不受影响,电潜螺杆泵的总效率有所提高,达到了优化过盈量的要求。因此,电潜螺杆泵中泵间隙值确定在0~0.04mm之间,此泵间隙值的电潜螺杆泵定子与转子之间配合间隙合理,在起泵初期、泵正常工作时、泵停机再启动时避免了泵抱死等现象,能够正常工作。

[0150] 参见图12,其示出了根据本发明的另一实施例的电潜螺杆泵100。电潜螺杆泵100包括定子10、转子20、定子橡胶30、上接头41、下接头42、出油接头50和驱动装置(未示出)。

具体地,定子10的两端分别设置有上接头41和下接头42,上接头41是连接电潜螺杆泵与油管的接头,下接头42可以连接油管,也可以连接其他配件,本领域技术人员可以根据需要进行相应的选择。

[0151] 转子20设置在定子10的内腔中,转子20是螺旋形的钢制实心体,经加工成型后进行表面镀铬处理增加耐磨性能。在定子10的钢制外筒中注入了与转子30结构相配合的定子橡胶30,这样使得定子橡胶30与定子10的内腔壁固定连接,且定子橡胶30所形成的形状与转子20彼此配合,进而能够更好地实现转子20与定子橡胶30之间过盈配合。出油接头50设置在上接头41的内腔中。驱动装置用于驱动转子20转动。其中,定子10与转子20之间的泵间隙值的范围为0~0.04mm,且泵间隙值为通过上述实施例的电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法获得,在此不再赘述。

[0152] 在抽油过程中通过地面控制柜将信号经电缆输送到井下电机、驱动减速器和井下泵,通过转子的转动把井液举到地面,完成一个抽汲过程。电潜螺杆泵由于转速高、温度高等经常导致泵抱死、卡泵等,无法正常工作,因此设计了电潜螺杆泵间隙过盈值确定为0~0.04mm之间,通过室内及现场试验,本发明的电潜螺杆泵能够解决泵抱死的问题。

[0153] 本发明提供的技术方案的有益效果是:

[0154] (1) 本发明提供的电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法以及电潜螺杆泵将电潜螺杆泵井下机组的定子与转子泵间隙值设计为0-0mm和0-0.04mm两种,并进行室内试验井的整套机组试验,在通过试验运转6小时以上后压力升高、排量增加,由此说明在机组运转后井筒温度上升,定子橡胶膨胀,定子和转子之间的间隙减小,因而将泵的间隙过盈设定为0-0mm、0-0.04mm合理;

[0155] (2) 本发明提供的电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法以及电潜螺杆泵可以有效降低定子与转子间的扭矩,保证在起泵初期、泵停机再启动时能够避免扭矩过大造成的泵抱死等问题;

[0156] (3) 本发明提供的电潜螺杆泵的泵间隙值的确定方法以及电潜螺杆泵能够保证电潜螺杆泵的正常运转,同时在正常运转后定子橡胶膨胀,定子与转子间有一定的密封性,可以保证泵有效举升的工作压差、排量。

[0157] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

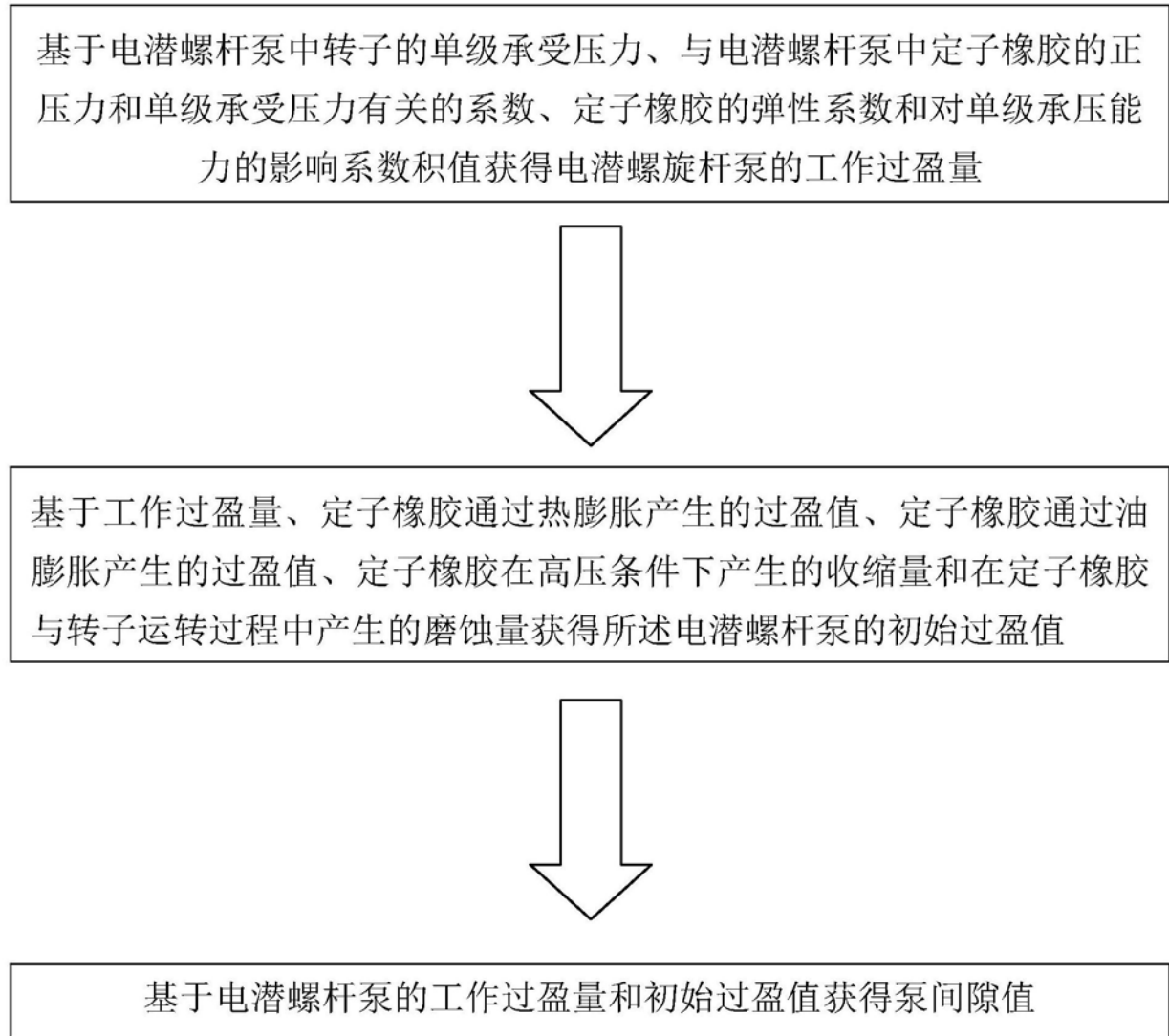


图1

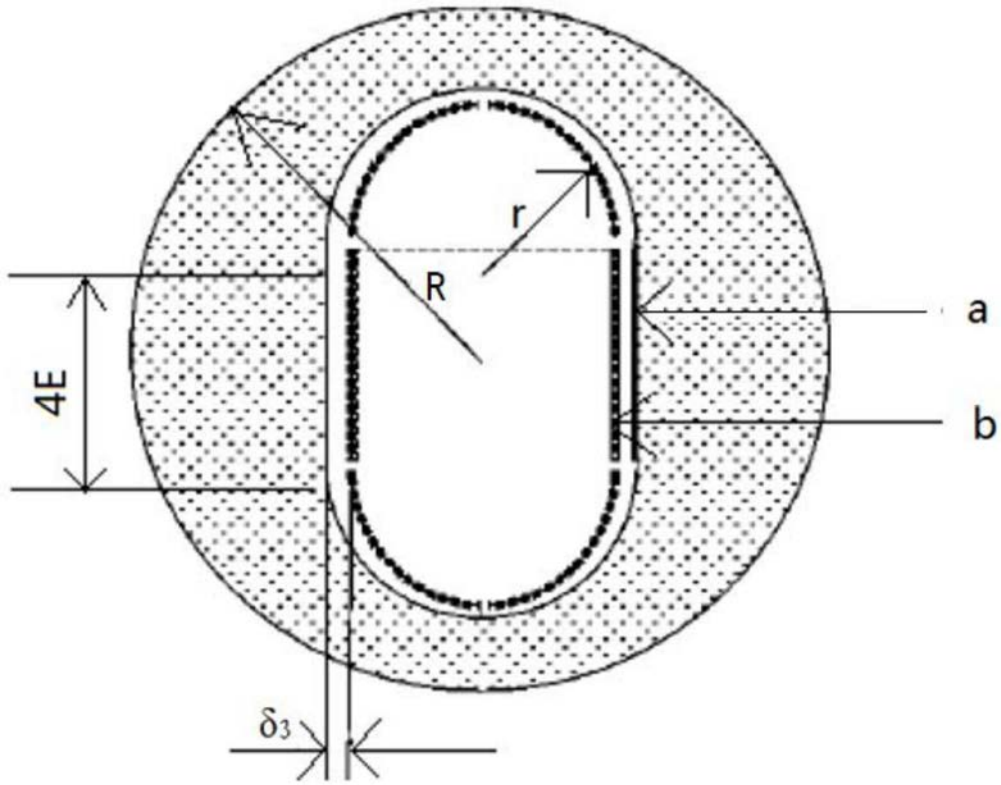


图2

泵型	1 级过盈(改进前)	2 级过盈(改进后)	3 级过盈(改进后)
GLB75-40	0.20mm	0.04mm	0.00mm

图3

泵型号	GLB75-40		泵编号	1053-1032					
泵过盈	0.20mm		环境温度	16℃					
试验介质	N32 机械油		规定试验转速	155r/min					
试验转速下的实测值									
序号	实测转速 r/min	进口压力 MPa	出口压力 MPa	实测流量 L/min	转矩 N·m	介质温度 ℃	输入功率 KW	容积效率 η	总效率 η
1	155	0.00	0.10	18.98	48	35.0	0.31	100.0	6.2
2	155	0.00	2.00	16.95	72	35.0	0.75	99.6	23.7
3	155	0.00	4.00	15.01	96	35.0	1.06	97.2	39.1
4	155	0.00	6.00	12.90	129	35.0	1.85	89.8	48.6
5	155	0.00	8.00	10.27	158	35.0	2.57	70.3	55.9
6	155	0.00	9.00	7.26	183	35.0	3.22	53.2	40.3
7	0	0.00	11.00	0.00	0	35.0	0.00	0.00	0.0
8	0	0.00	13.00	0.00	0	35.0	0.00	0.00	0.0
9	0	0.00	14.00	0.00	0	35.0	0.00	0.00	0.0

图4

泵型号	GLB75-40		泵编号	09211-1031					
泵过盈	0-0.04mm		环境温度	16℃					
试验介质	N32 机械油		规定试验转速	155r/min					
试验转速下的实测值									
序号	实测转速 r/min	进口压力 MPa	出口压力 MPa	实测流量 L/min	转矩 N·m	介质温度 ℃	输入功率 KW	容积效率 η	总效率 η
1	155	0.00	0.10	11.42	40	35.0	0.65	100.4	2.9
2	155	0.00	2.00	11.35	66	35.0	1.06	99.9	35.3
3	155	0.00	4.00	10.82	93	35.0	1.51	95.2	47.8
4	155	0.00	5.90	10.06	119	35.0	1.94	88.4	51.2
5	155	0.00	8.00	7.98	146	35.0	2.37	70.2	44.9
6	155	0.00	9.00	5.68	176	35.0	2.85	50.0	29.8
7	155	0.00	11.00	0.53	190	35.0	3.08	4.7	3.1
8	0	0.00	13.00	0.00	0	35.0	0.00	0.00	0.0
9	0	0.00	14.00	0.00	0	35.0	0.00	0.00	0.0

图5

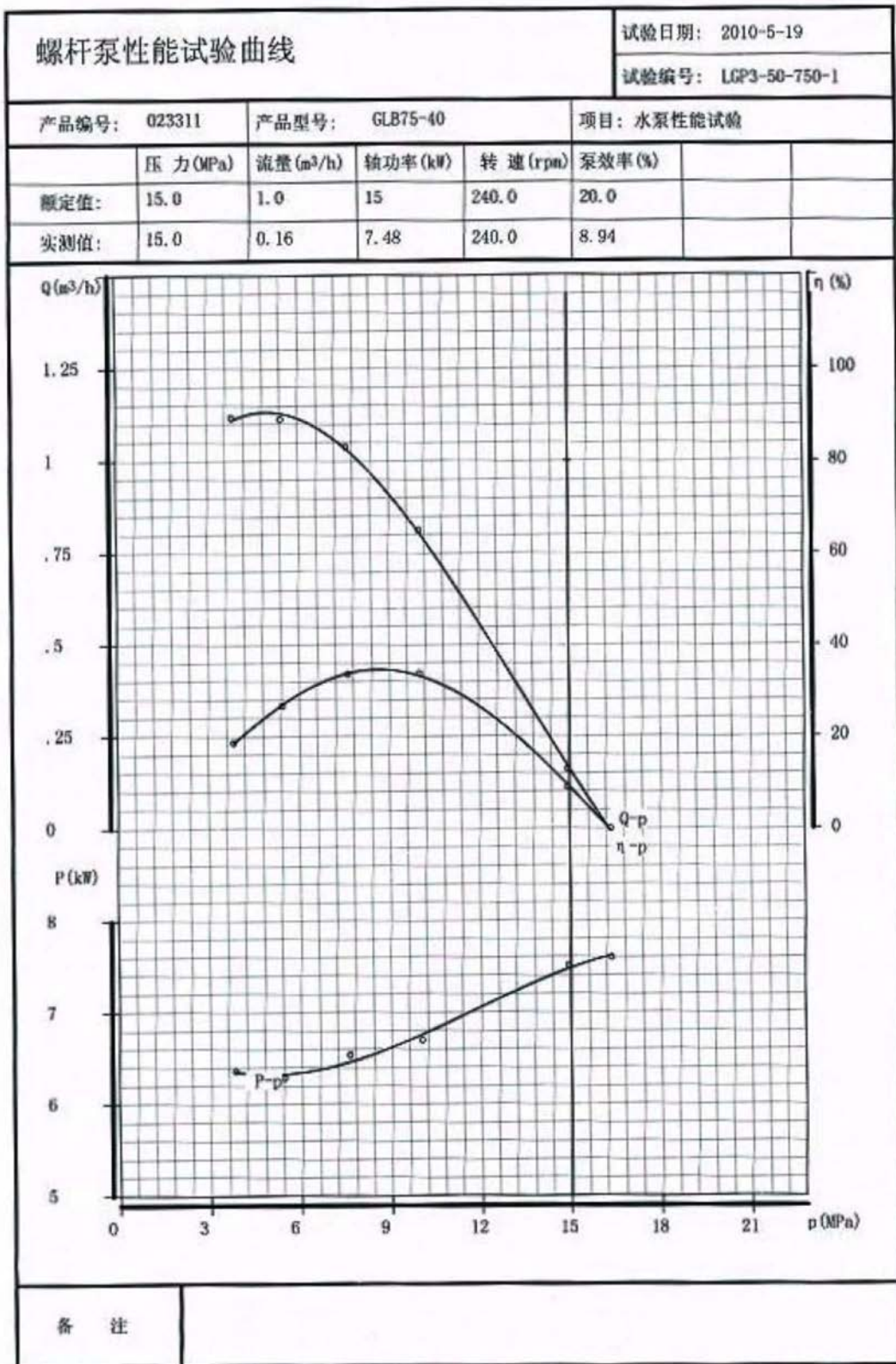


图6

泵型号	GLB75-40		泵编号	1053-1032					
泵过盈	0-0mm		环境温度	16℃					
试验介质	N32 机械油		规定试验转速	155r/min					
试验转速下的实测值									
序号	实测转速 r/min	进口压力 MPa	出口压力 MPa	实测流量 L/min	转矩 N·m	介质温度 ℃	输入功率 KW	容积效率 η	总效率 η
1	155	0.00	0.10	13.17	21	35.0	0.13	100.0	5.8
2	155	0.00	2.00	12.48	52	35.0	0.25	98.4	22.6
3	155	0.00	4.00	11.67	84	35.0	0.33	96.3	41.8
4	155	0.00	6.00	10.78	114	35.0	0.85	82.4	52.6
5	155	0.00	8.00	8.00	141	35.0	1.36	68.6	39.1
6	155	0.00	9.00	4.37	164	35.0	1.85	37.4	23.6
7	155	0.00	11.00	0.00	0	35.0	0.00	0.0	0.0
8	0	0.00	13.00	0.00	0	35.0	0.00	0.0	0.0
9	0	0.00	14.00	0.00	0	35.0	0.00	0.0	0.0

图7

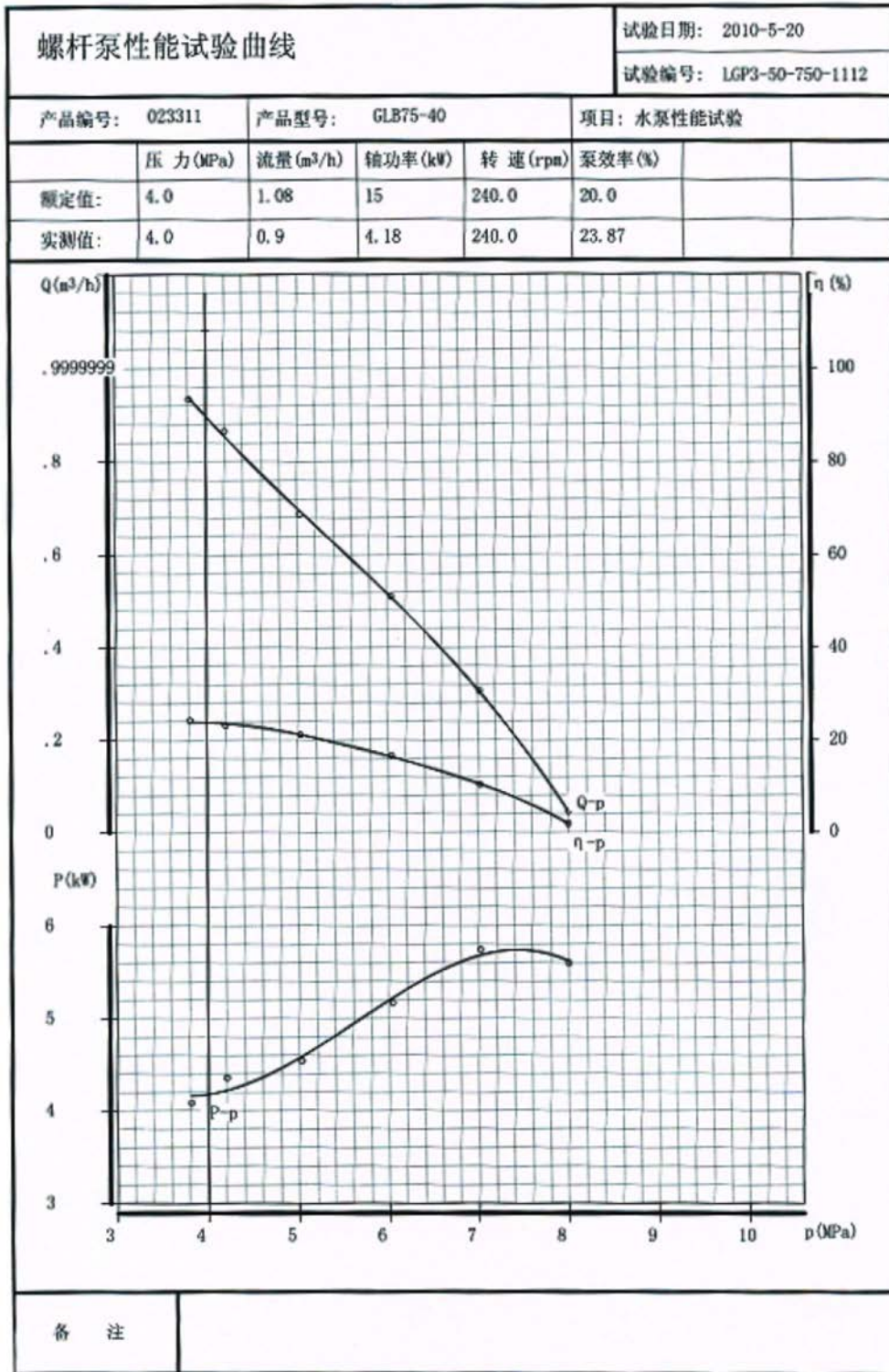


图8

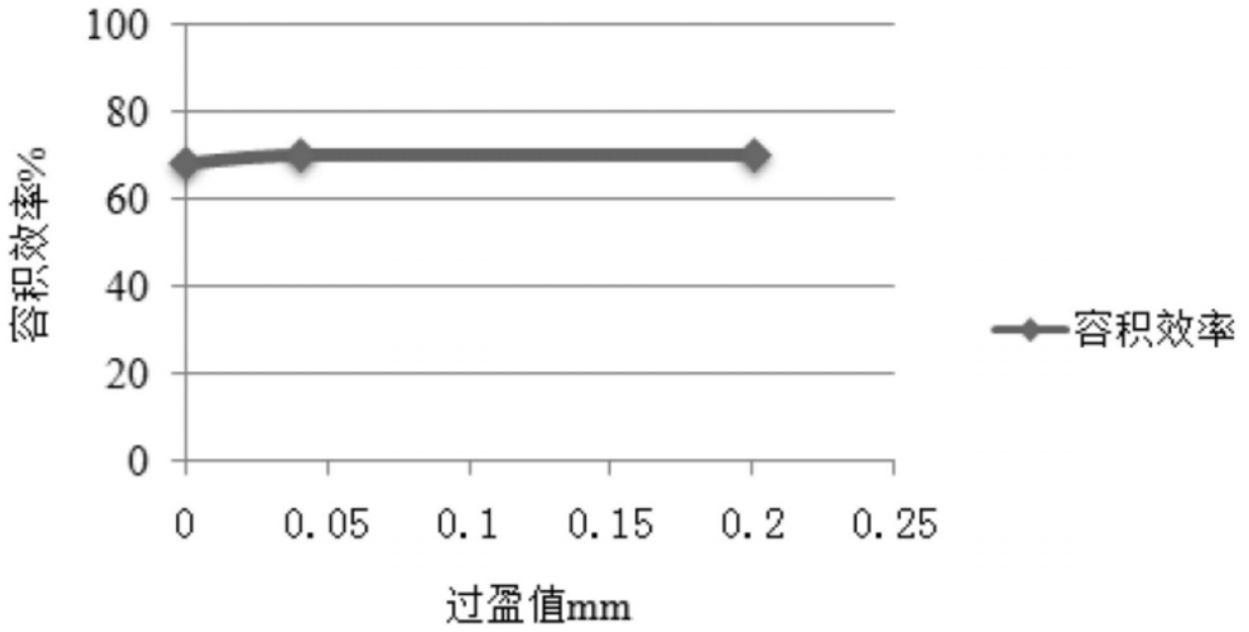


图9

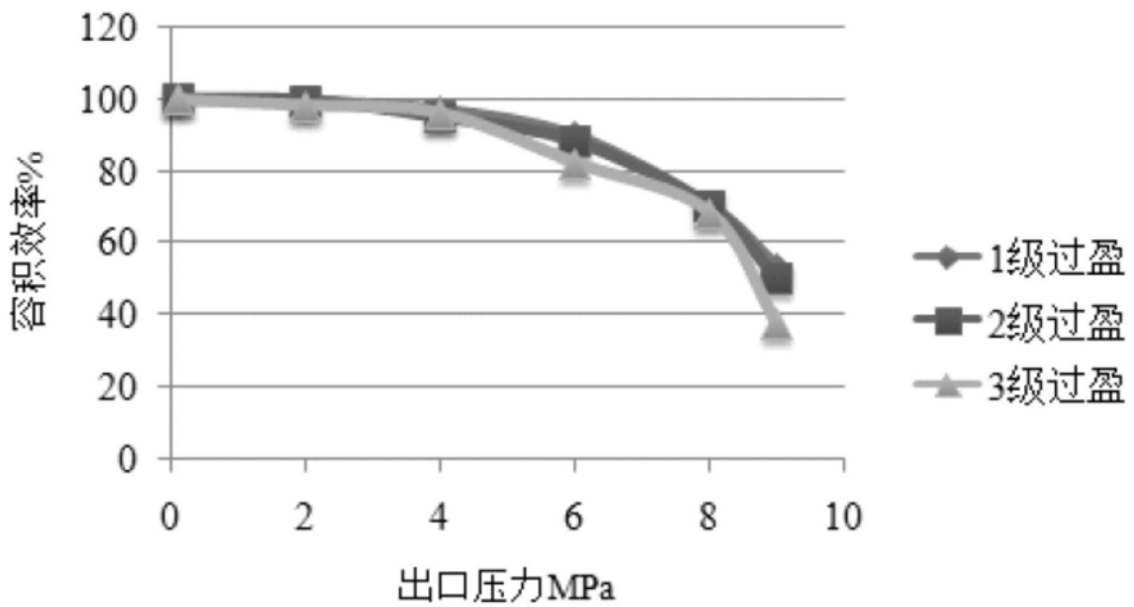


图10

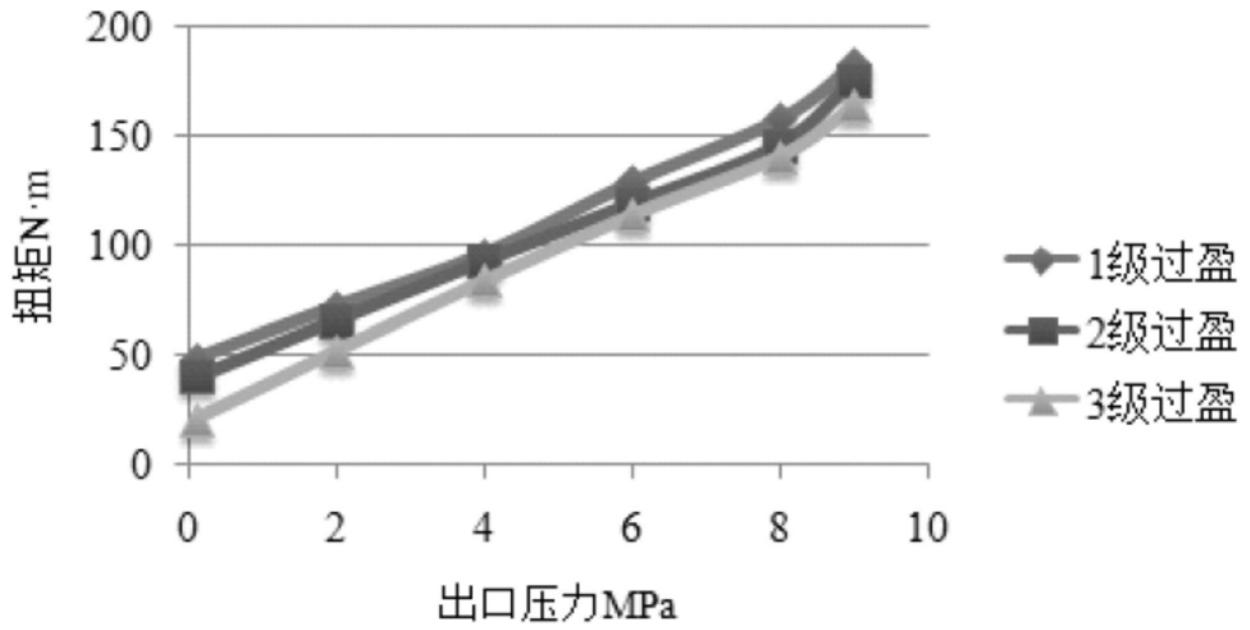


图11

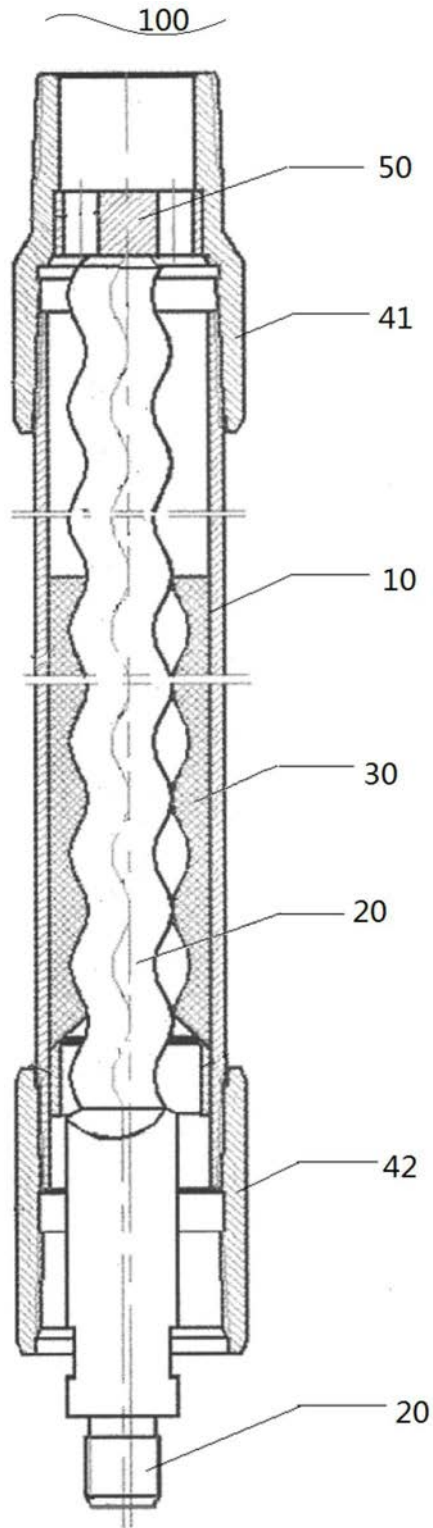


图12