

示功图分析

目前生产油井多是抽油机井，泵挂 1000-2200 米之间，想要真正对油井的生产有个深入、细致的了解，必须采取很多手段，如：测示功图、动液面、电流、量油等。抽油机井的管理水平，关系到油田的整体经济效益。要做好抽油机井的管理工作，必须取全取准各项生产资料，并作出正确的分析，制定抽油机井的合理工作制度，采取切实有效的合理措施，加强和提高抽油机井的日常管理水平。

示功图的测试是对抽油机井的管、杆、泵的工作状况的很好的诊断。通过对负荷和图形的变化，正确的示功图分析，可以判断油井的工作制度是否合理，影响泵效和不出油的原因，确定合理的采油工艺措施和检泵周期。

一. 示功图的测试

基准示功图：

1. 基准示功图的意义：就是分析模板。

在油井新的状态下建立的基准示功图对以后的采油管理和测试会起到很大的作用，通过载荷的变化可以观察摩擦力的变化和液面的变化，对井筒和地层精细管理起到很大的作用，特别是在目前高含水阶段的采油生产。

基准示功图还可以指导动液面的测试。动液面的准确测试是目前的局级技术难题。动液面是油套环空的，油套环空很小，只要有很小的东西就会阻碍声波的传播，液面的确定不能光看液面曲线，必须与示功图对比分析。

基准示功图最重要的作用是资料的互相验证，保证了所出资料的准确率，同时也提高测试人员的工作水平。精准的资料保证了技术人员的分析地准确，采取措施对症。

2. 如何建立基准示功图

油井作业后待生产正常测得合格的示功图和动液面做为基准，以后的示功图和动液面与其对比。

一般是在作业 5-7 天后测得示功图和动液面作为基准。在作业后建基准示功图的原因是：作业后管杆泵都经过清洗和更换，管柱深度都会发生变化，油井的生产状态与以前发生了变化，主要是摩擦力变化，因为示功图反映的是力的变化，所以作业对示功图的影响很大，

优质文本

故在作业后建立基准示功图。还有作业后测得的动液面也是最准确地，所以在建立基准示功图的同时建立同步的动液面。

按这个要求做的，既保证了资料准确率，也杜绝了不准确的资料真分析的事情发生，同时也提高了相关各岗位人员的工作能力。

基准示功图分析的相应知识

载荷的变化:载荷包括最小载荷和最大载荷。

结蜡:在基准示功图的基础上，最大载荷和最小载荷同比例的增大和减小。在基准示功图的基础上还可以确定热洗清蜡和加清蜡剂周期。

清蜡:最大载荷和最小载荷同比例的减小和增大，但不能突破基准示功图的最大载荷和最小载荷，只能接近或相等。

最大载荷变大，最小载荷不变:1.液面下降，加载线变长，液量下降，若液量不降，含水上升。2.回压高

最大载荷变小，最小载荷不变:液面上升，加载线变短，液量上升;若液量下降，管柱有问题，这就要先看加载线和卸载线的情况，来判断是泵漏失还是油管漏失。

最大载荷不变，最小载荷变大:1.固定凡尔漏失，液面上升，液量下降。2.间隙出油时。

最大载荷比基准示功图的最小载荷小或严重接近，杆断(连抽带喷除外)。

最大载荷减小的比最小载荷变大的数据小:固定凡尔漏失，液面上升。

活塞上排速度和固定凡尔进液速度比:小，液柱载荷反映动液面深度;相等或大，液柱载荷反映泵挂深度，此时液面的判断靠泵的充满程度和上一次的液面深度。

图形变化:就是泵况的定性分析。再结合载荷和产量以与其他相关数据的分析，就能准确分析泵的工作状况。示功图的对比把基准示功图做为基准，以后的示功图应相同时间的间隔，依次对比也可拉长时间对比。

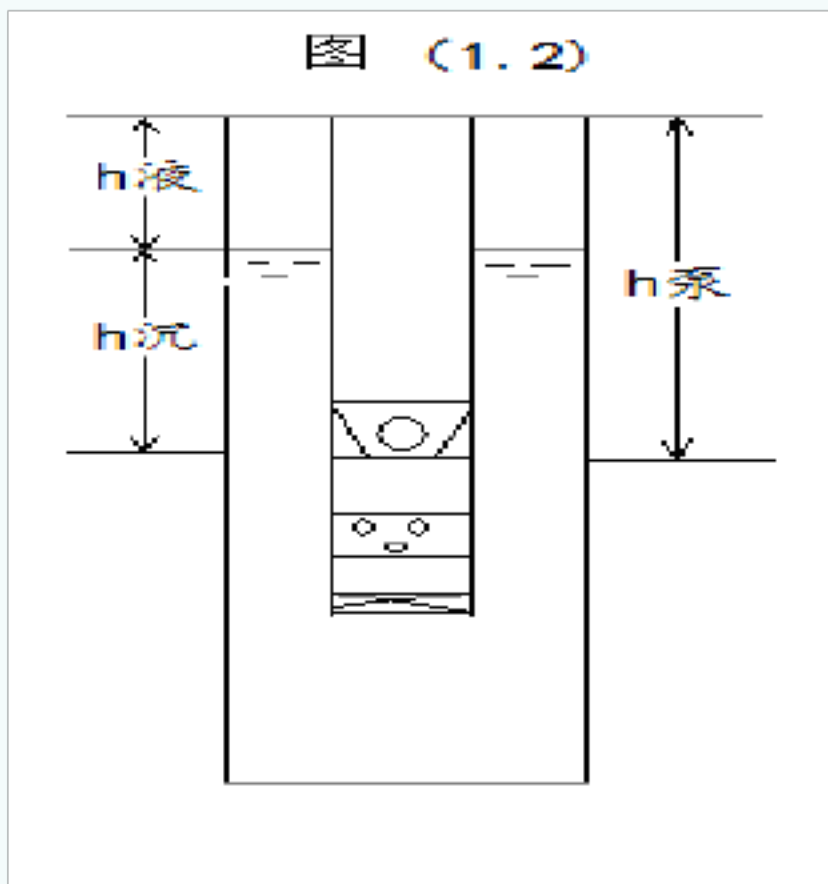
示功图和液面资料的相互验证:一定的液面深度反映对应的示功图的图形;一定的示功图图形对应一定的液面深度。如果发生矛盾，就会说明有问题，是需要认真分析，不同的生产状态也会是所取的资料让我们的分析产生疑问，主要的原因是我们了解的不够全面，看到的只是片面的;还有我们取的资料有失真的情况和不真实的情况。

二. 示功图的定义

驴头在一个冲程内光杆所受负荷与光杆位移的关系图形，这个负荷是交变负荷，是有多种力共同作用。

三. 光杆在运动过程中承受的力

1. 静载荷：因重力作用而产生的力。它包括抽油杆柱的重力、液柱重力、抽油杆柱的浮力和沉没压力。详细见下图：



实际作用在活塞上的力是沉没压力和活塞以上液柱载荷的合力。

a.沉没压力：上冲程，活塞上升，游动凡尔关闭，固定凡尔打开，沉没压力作用在活塞底部；下冲程，固定凡尔关闭，游动凡尔打开，沉没压力作用在泵固定凡尔上，并没有作用在活塞上，也就没有作用在抽油杆柱上。

b.油管内的液柱载荷：上冲程作用在活塞上，下冲程作用在固定凡尔上。

示功图反映的是抽油杆柱受力的变化，沉没压力和油管内的液柱载荷只有在上冲程时才作用在活塞上，也就是作用在抽油杆柱上。在下冲程并不受二力的作用。

实际作用在活塞上的液柱载荷是泵挂深度液柱和沉没深度液柱重力之差，它实际等于作用在活塞截面上的液面深度液柱的重力，所以说液柱载荷完全可以反映液面深度。

- 2.动载荷：因运动而产生的力。它包括

惯性载荷：变速运动产生的。

震动载荷：抽油杆柱弹性变形产生的。

摩擦力：

冲击载荷：泵未充满时，活塞下行撞击泵内液面产生的。

抽油机不平衡：

3.其他：回压、气体膨胀、自喷等。

四. 从力的角度分析抽油泵的工作原理

上冲程：游动凡尔关闭，固定凡尔打开，抽油杆柱上行，液柱载荷从油管上转移到抽油杆柱上。

下冲程：固定凡尔关闭，游动凡尔打开，抽油杆柱下行，液柱载荷从抽油杆柱上转移到油管上。

正是两凡尔的有规律的开关，才使得液柱载荷在两管柱上以固有的顺序转移，才有了抽油杆柱的加载和卸载，因此泵的工作工程是影响抽油杆负荷变化的重要因素，是分析示功图的理论基础。

五. 理论示功图

1.定义：驴头只承受抽油杆柱在液体中的重量和活塞面积以上液柱静载荷时，理论上得到的示功图。图形是平行四边形，图形的面积表示泵做功的多少。（并不是面积越大，产量就越高。）

2. 理论示功图的假设条件

深井泵质量合格，工作正常。

不考虑动载荷的影响。

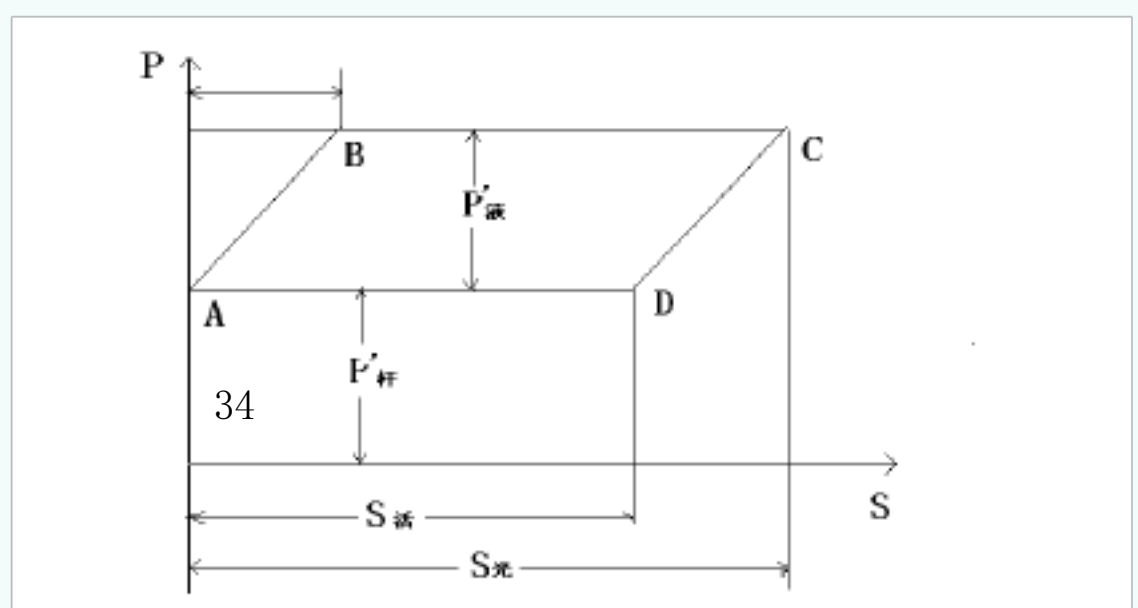
抽油设备在工作过程中，不考虑砂、蜡、盐、稠油等因素的影响。进入泵内的液体是不可以压缩的。

油井供液能力充足，泵完全充满。

没有连抽带喷的现象。

阀的关闭是瞬时的。

3.理论示功图的解释



理论示功图

A 点：下死点 B 点：加载终止点 C 点：上死点 D：卸载终止点

AB 线——加载线，液柱载荷从油管转移到抽油杆柱上的过程，双凡尔处于关闭状态。在这个过程中，由于活塞相对于泵筒没有发生相对位移，但相对于地面是上升的，它随油管的缩短而上升，上升的距离等于油管的缩短长度。油管的卸载和抽油杆柱的加载是同步进行的，油管因卸载而缩短，抽油杆柱加载而伸长，方向相同。冲程损失等于二者之和。

BC 线——活塞上行程线。也是活塞冲程。在这个过程中，游动凡尔是关闭的，固定凡尔是打开的。

CD 线——卸载线，液柱载荷从抽油杆柱转移到油管的过程。在这个过程中，双凡尔也是关闭的。

DA 线——活塞下行程线，游动凡尔打开，固定凡尔关闭。

$P'_{杆}$ ——抽油杆柱在液体中的重量，也是最小载荷。

$P'_{液}$ ——活塞截面以上液柱载荷

$S_{活}$ ——活塞冲程

$S_{光}$ ——光杆冲程

六. 典型示功图

(一).正常示功图

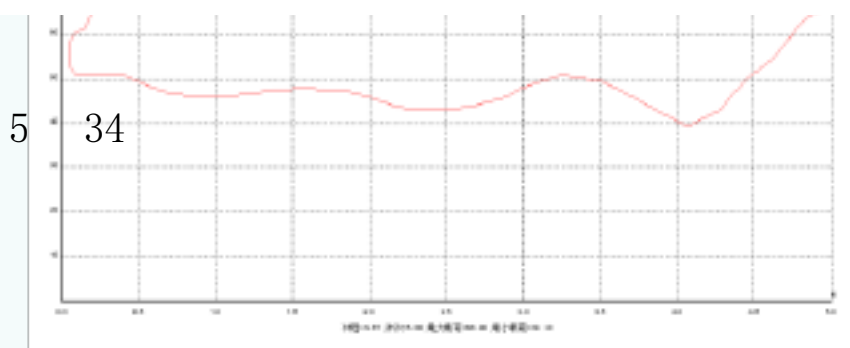
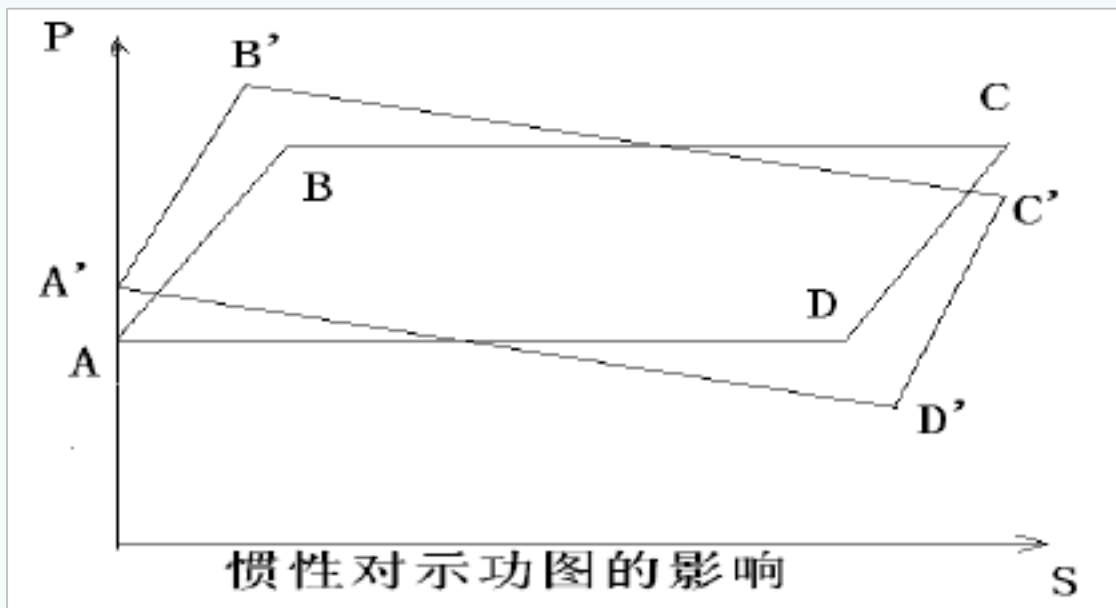
图形特点：接近理论示功图，近似平行四边形。

所谓正常，指的是泵的工作参数合理，泵的生产能力和供液能力相适应。

(二).惯性对示功图的影响

由于抽油机的运行是变速运动。方向和大小是在不断改变，因此根本就避免不了惯性对示功图的影响。

图形特点：示功图会扭转一个角度，角度的大小由惯性大小决定。



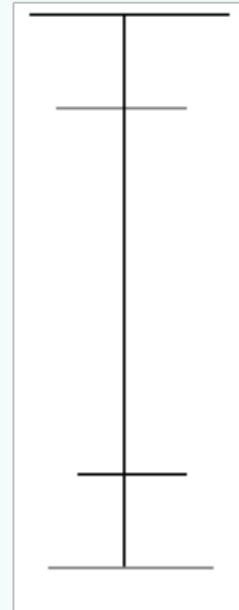
定。

优点：合理的利用惯性，可以提高泵效。

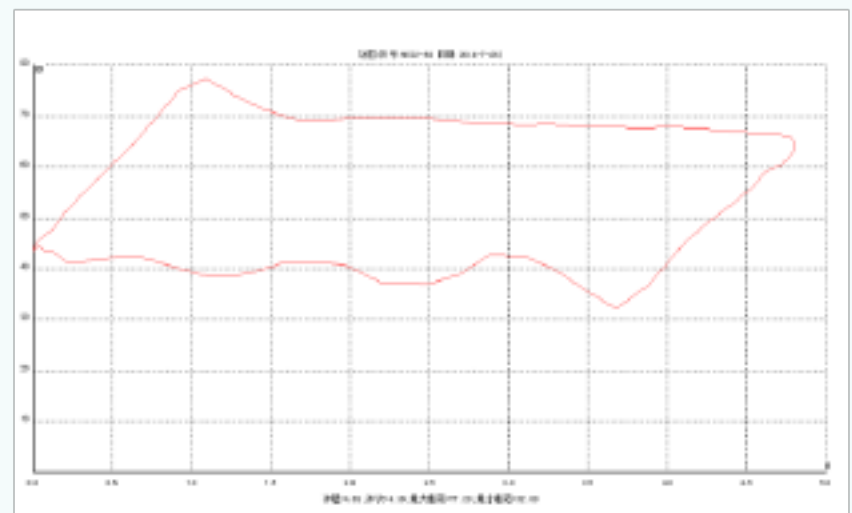
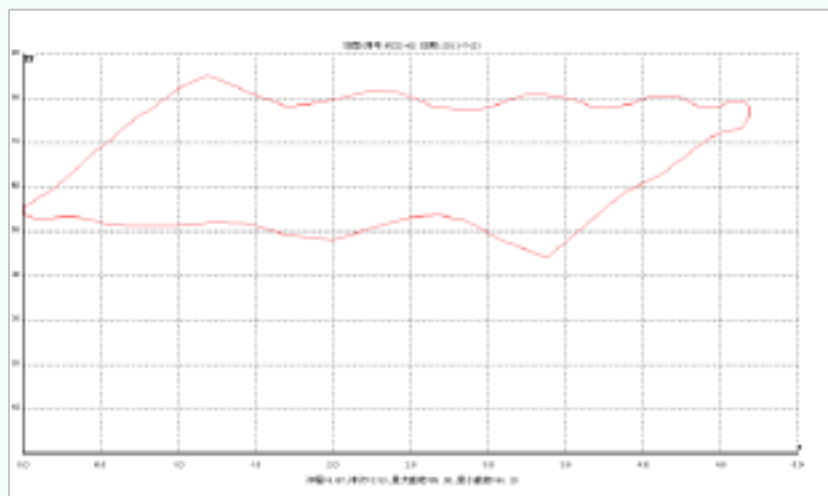
缺点：易引起杆断。由于惯性载荷的作用，增大了最大载荷，减少了最小载荷，使抽油杆的受力条件变差。

$$P_{\text{惯杆}} = P * S * N^2 / 1440$$

从以上公式可以看出影响惯性载荷的因素是冲次、冲程和杆负荷，但影响最大的是冲次。因为对于一个油井来说，井下管柱是不容易变得，冲程变化也不大，唯一变化较大的是冲次，所以在生产管理中，有效地控制冲次，是采油管理的一项重要工作。生产上，为了减少惯性危害和利用惯性的优点，最有效的方法是根据该井的实际情况，选择 4-5 个冲次，分别稳定生产两天，分别取得的产量、示功图和动液面，从中找出产量符合实际生产情况，惯性影响又最小的冲次，从而达到优化参数的目的。



目前中原油田油井多采用是小泵深抽、大冲程和小冲次，有效地避免了大冲次对油井的危害，惯性影响也小了，根本看不到扭转的示功图，功图的特点也发生新的变化。惯性影响主要表现在上下冲程开始和结束阶段，其他阶段看不到了。如图



为避免惯性载荷的危害，应采取的措施：

1. 根据油井的生产能力、液性，找出合理的泵挂深度、沉没度和抽油杆组合。
2. 选择合理的冲程和冲次。
3. 油管锚定
4. 抽油机的平衡率越高越好。
5. 根据油井的生产变化，相应的改变生产参数。

(三) .抽油机不平衡对示功图的影响

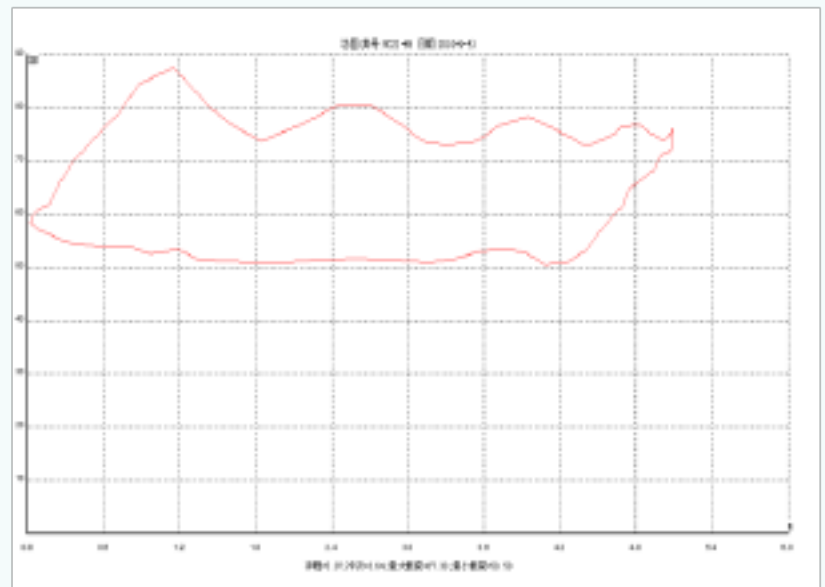
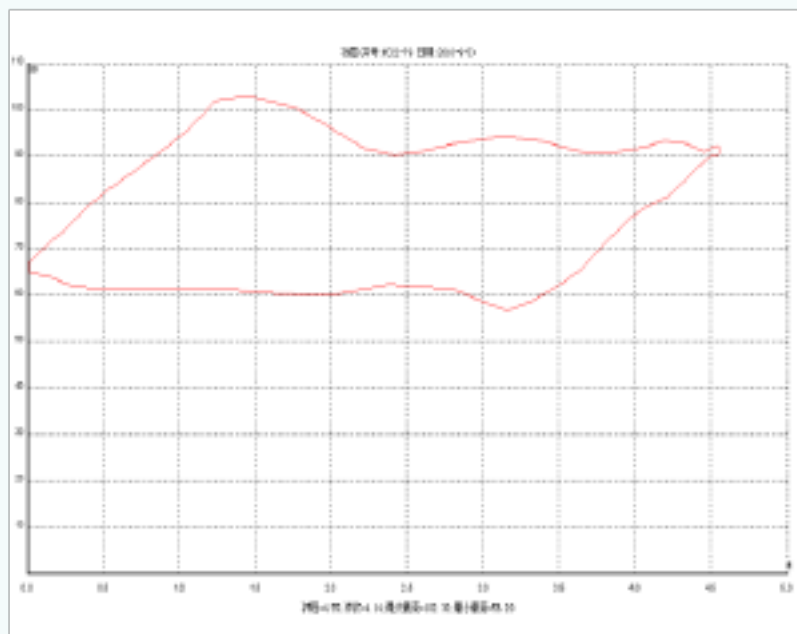
抽油机不平衡实际上是惯性作用的一种，它分为平衡过重和平衡过轻两种。

平衡过重图形的特点：（光杆上行速度大于下行速度）如图

1. 加载线比卸载线长而陡，
2. 上行程线有震动波浪，而活塞下行程线相对正常。
3. 加载终止点处出现较大的波峰。而卸载终止点则相对小的很多。

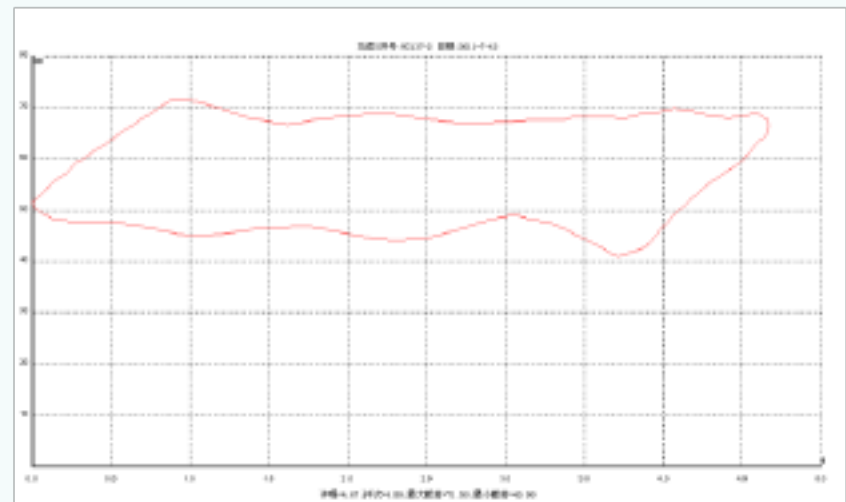
平衡太重，造成光杆上行加速度过大，惯性载荷大，造成加载过快，加载线比正常时陡，加载终止点处出现一个较大的波峰，由于上行速度快，造成抽油杆柱震动大，活塞上行程线出现波浪。

下行由于平衡过重，下行加速度就小，下行速度也小，卸载线和活塞下行程线就会相对平稳正常。



平衡过轻的图形特点：（光杆下行速度大于上行速度）如图

1. 卸载线比加载线陡。
2. 活塞下行程线有震动波浪，而活塞上行程线较为正常。
3. 卸载终止点处出现一个较大的波谷。



平衡过轻刚好与平衡过重的特点相反，下行加速度快，卸载快。

采取措施就是调平衡，过重往里调，过轻往外调。

（四）.震动载荷对示功图的影响

由于液柱载荷周期性的作用在抽油杆柱上，引起杆柱的弯曲、弹性变形，反映在光杆上的力也有规律的忽大忽小，在示功图的特点如下：

1. 加载线和卸载线正常。
2. 活塞上下冲程线呈波浪状。
3. 图形有时也会扭转一个角度。

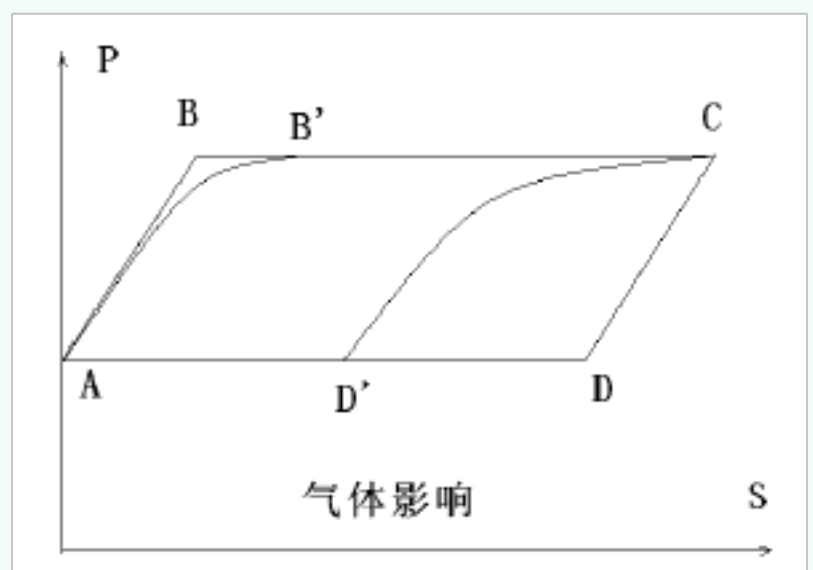
引起震动载荷的原因主要有

1. 液柱重量
2. 抽油杆柱的长度和组合
3. 冲次影响
4. 气体压力膨胀
5. 供液良好的井自喷冲击
6. 井斜
7. 抽油机不平衡
8. 沉没度的影响

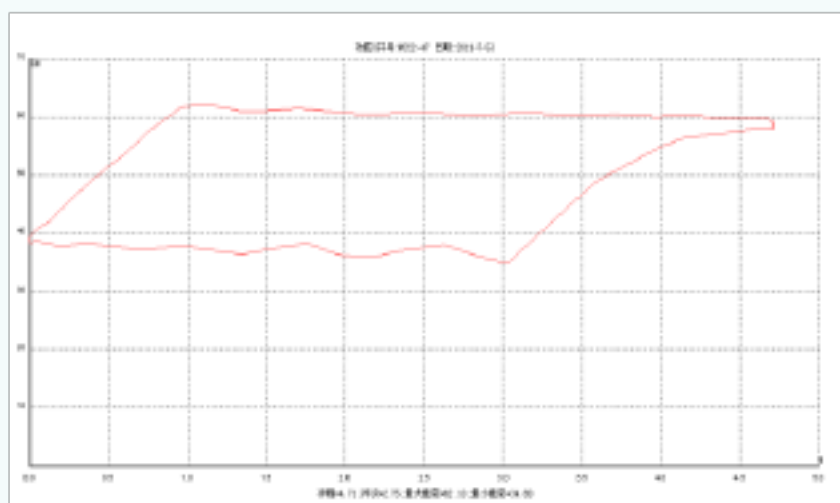
惯性和震动常常相伴而生，相互作用，生产管理中都要综合考虑。

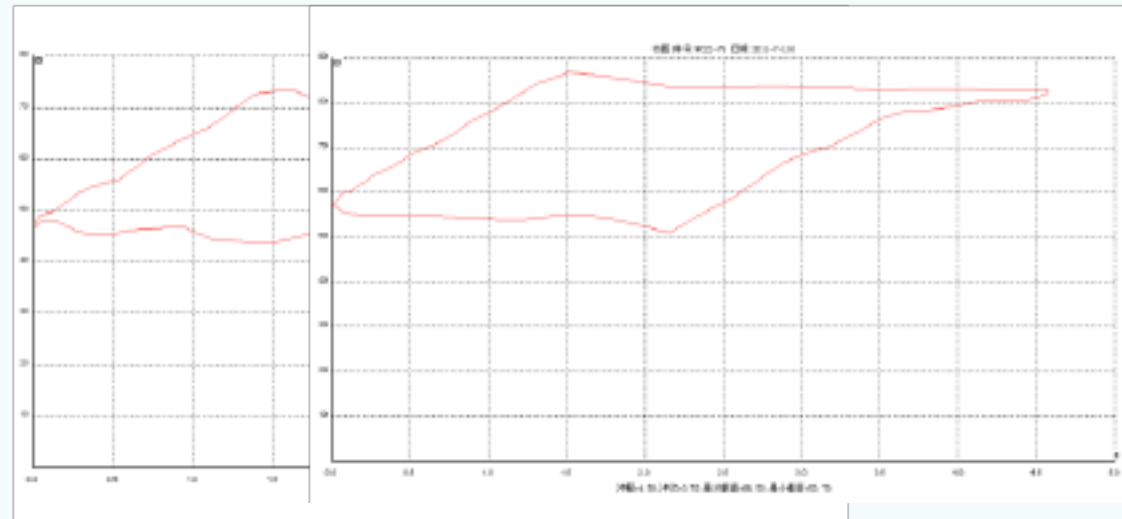
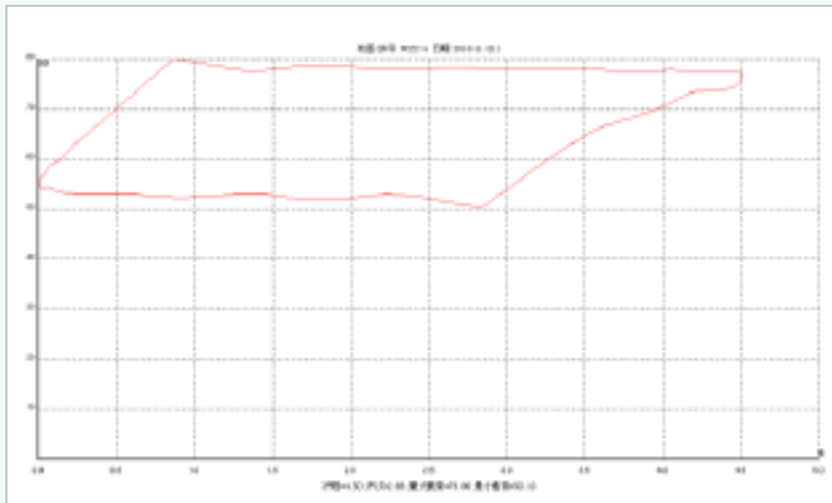
(五) .气体影响的示功图

气体随油进入泵筒，上冲程开始后泵内活塞下部的压力，因气体的膨胀作用，不能很快降低，使增载变慢，向外弯曲，使加载终止点向右移，加载终止点处变得平缓。气体影响的越大，加载线越平缓，吸入阀打开越迟后。下冲程开始时，首先压缩活塞下部的的气体，使卸载缓慢，卸载线呈向里弯曲的弧线，卸载终止点向左方移。

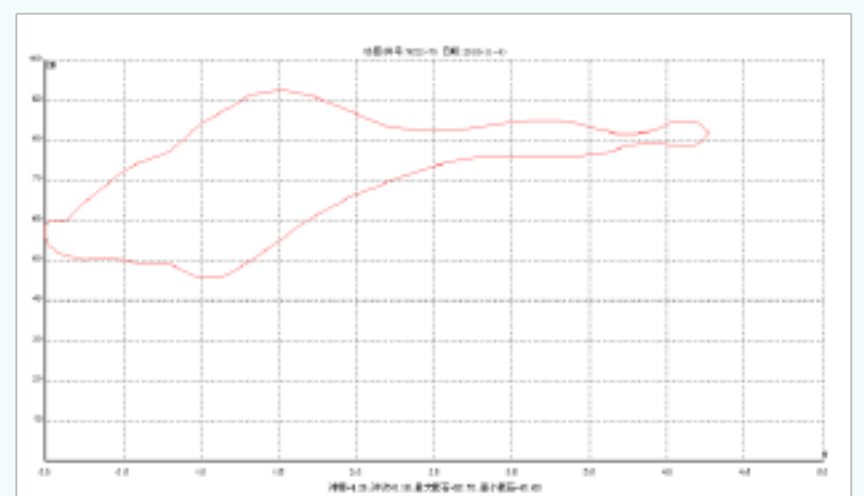
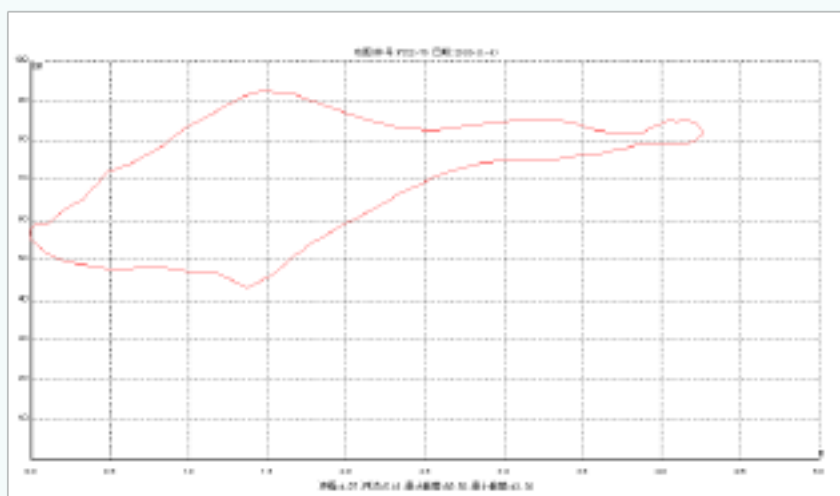
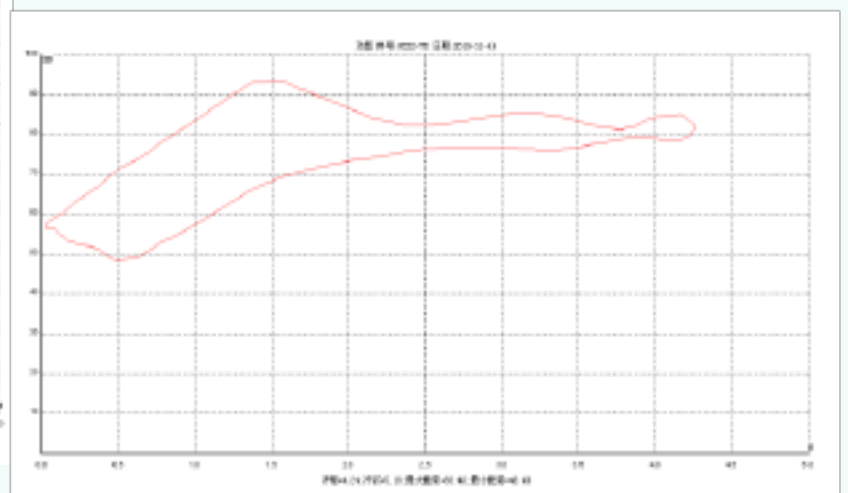
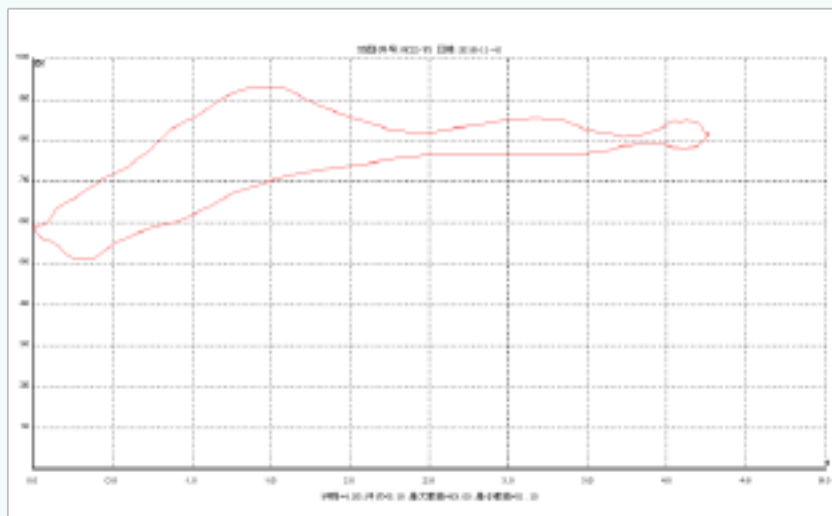


由于气体影响的程度、液柱载荷大小、含水等因素的不同，使示功图也不同，弯曲弧线的长度、弧度和角度也不同，图性也多种多样。





测气大的油井示功图时，连续测的功图常常发现卸载终止点距纵坐标的距离不同，这主要因为进入泵内的气体多少不一样。取资料尽量选真实反映泵况的图形。



气体影响严重时，常会发生气锁。所谓气锁是指进入泵内的气体较多，深井泵活塞上下冲程只对气体压缩和膨胀，压缩产生的压力小于活塞以上的液柱压力，活塞上行到上死点时，活塞下部的气体膨胀压力大于或者等于沉

故油井不出油，井口只出气。由于固定凡尔不能打开，其下的流体不能运动，在重力的作用下，油气分离，固定凡尔下部聚集更多的气体，使气锁加重，间隙出油的时间更长。由于油井不出油，液面上升，当沉没压力大于活塞下部的气体膨胀压力，固定凡尔回打开，开始出油。

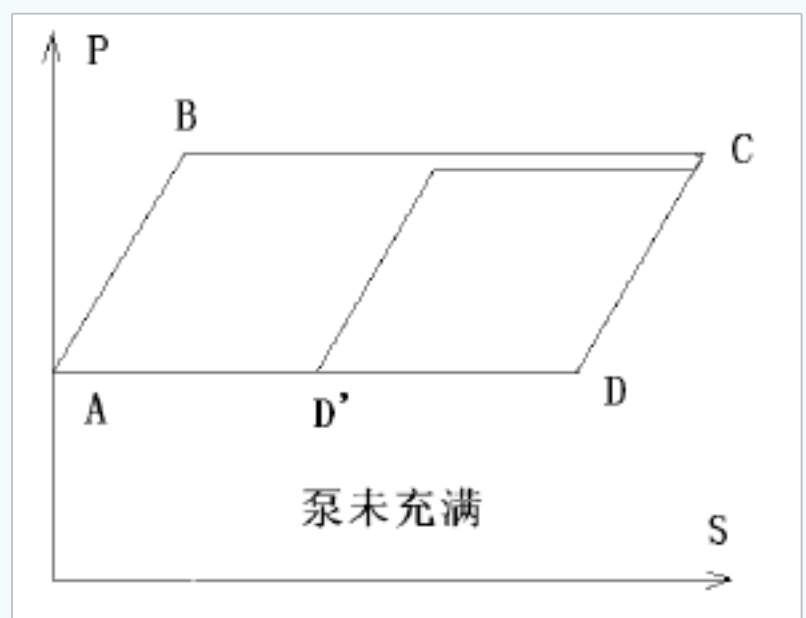
采取措施：

- 1.减少余隙体积，调整到最小防冲距。
- 2.加长泵的工作冲程，增加泵的工作压缩长度，减少气锁的发生。
- 3.选用防气泵和下气锚。
- 4.控制套压。
- 5.保证合理的沉没度。
- 6.必要时可以在油井井口装油嘴，以保证井筒内压力稳定。

六. 泵未充满的示功图

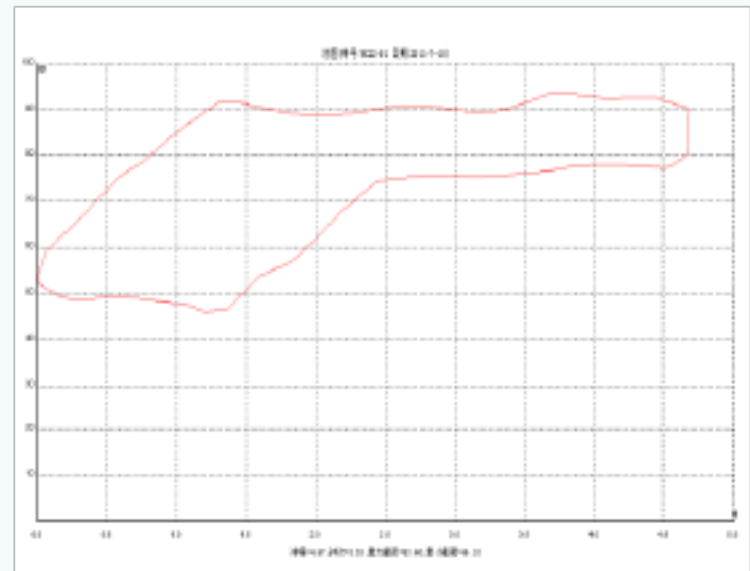
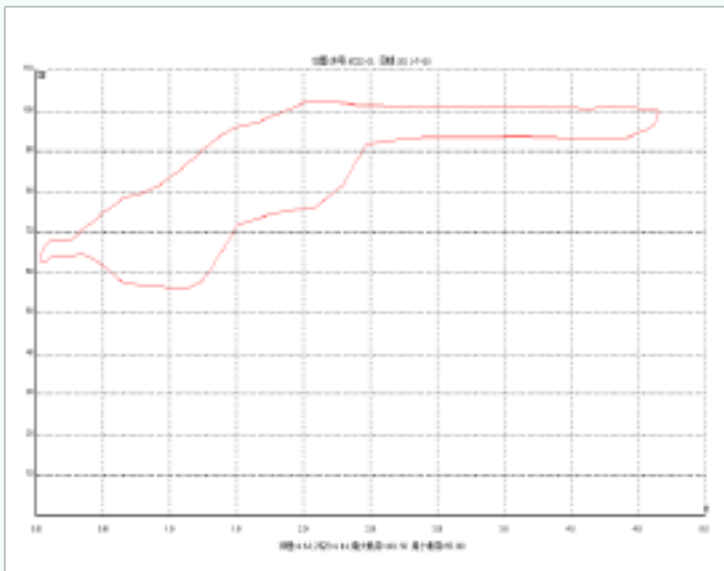
深井泵不能充满的原因：1.供液能力不足；2.泵径大，冲次快，使活塞上排速度大于进液速度；3进液通道不畅。

上冲程，活塞上行到上死点时，吸入的液体未能充满工作筒，下冲程时，活塞下行不能接触泵内液面，悬点载荷不能立即卸载，使卸载迟后，在活塞接触到液面前，抽油机下行速度较快。当活塞接触到液面时，才能卸载，时卸载线卸载线左移，由于活塞下行速度较快，以至于产生较大的冲击载荷，卸载终止点处出现一个大的波谷，下行线也出现较大的震动波浪。



图形特点：

1. 如一带把的菜刀，卸载迟后，卸载线左移。
2. 下行线波浪明显，突出。
3. 此时液柱载荷反映的是泵挂深度。因为在活塞上行的时候，沉没压力根本作用不到活塞底部。只有在供液非常好的情况下，液柱载荷才反映液面深度。但泵充满不好的井，也可以说明沉没度小，该井工作参数不合理。
4. 摩擦力较小的井，菜刀把较细，摩擦力较大的井，菜刀把较宽。



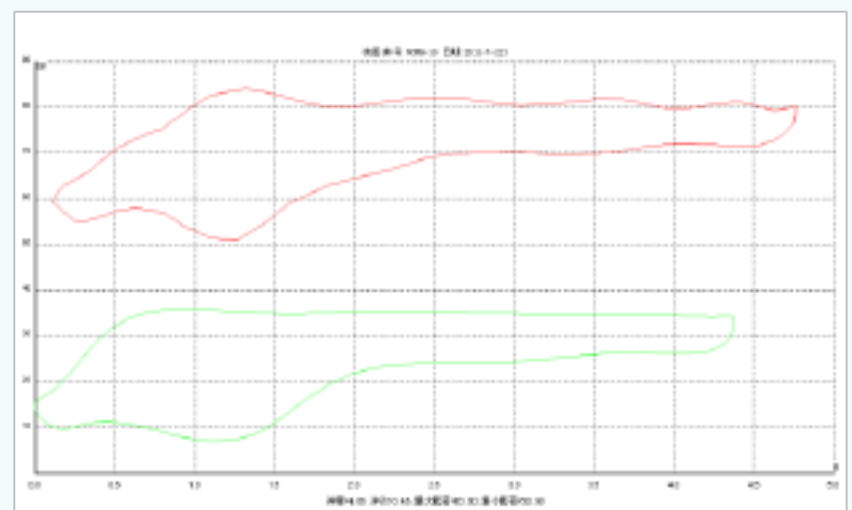
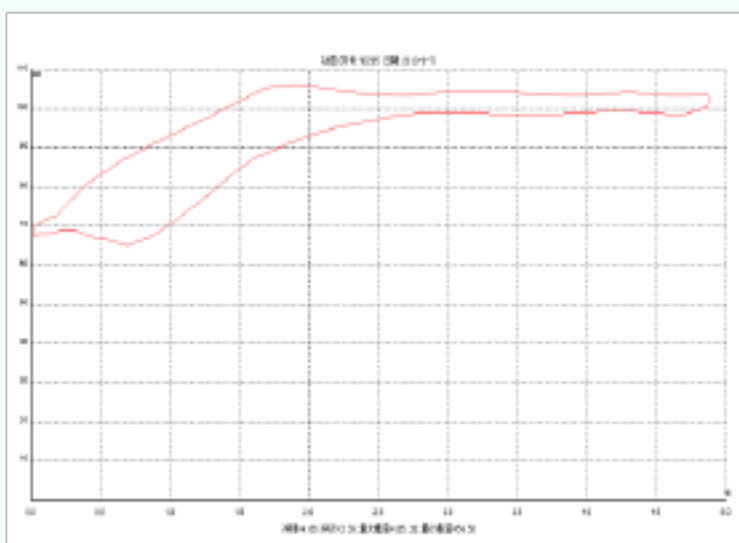
卸载线和

加载线会重合，更差的就会出现抽油杆柱不能完全卸载的情况，最小载荷上移，游动凡尔打不开的情况，造成间隙出油。

气体影响和泵充不满的功图区别：

两者的主要区别是在卸载上，气体影响的功图卸载缓慢，一直在卸载，而泵充不满的功图是卸载迟后，只有等到活塞接触到泵内液面时才开始卸载，卸载迟了一段距离。

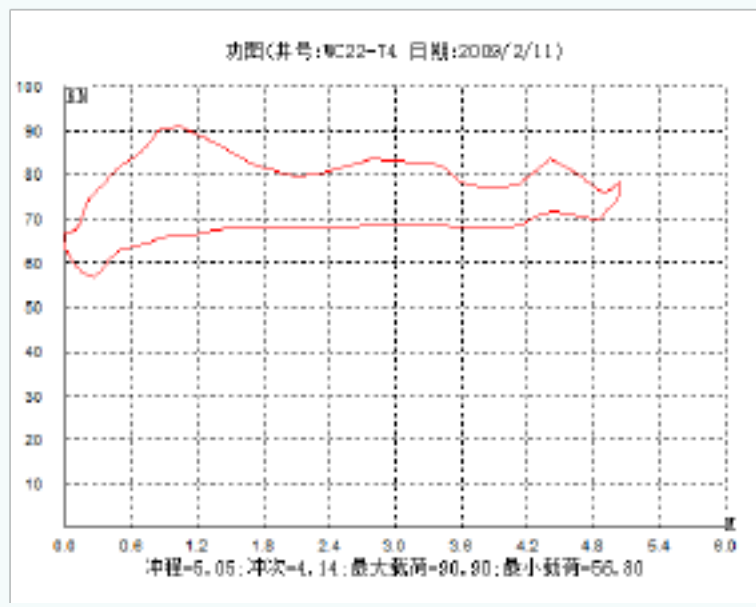
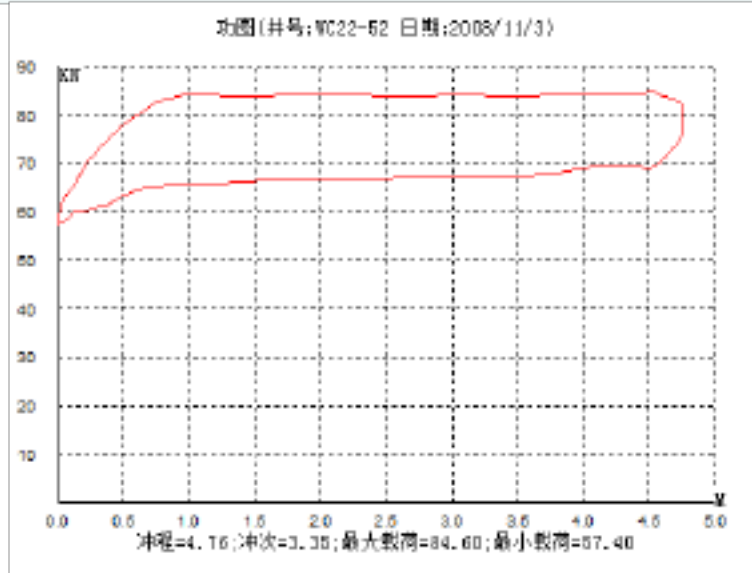
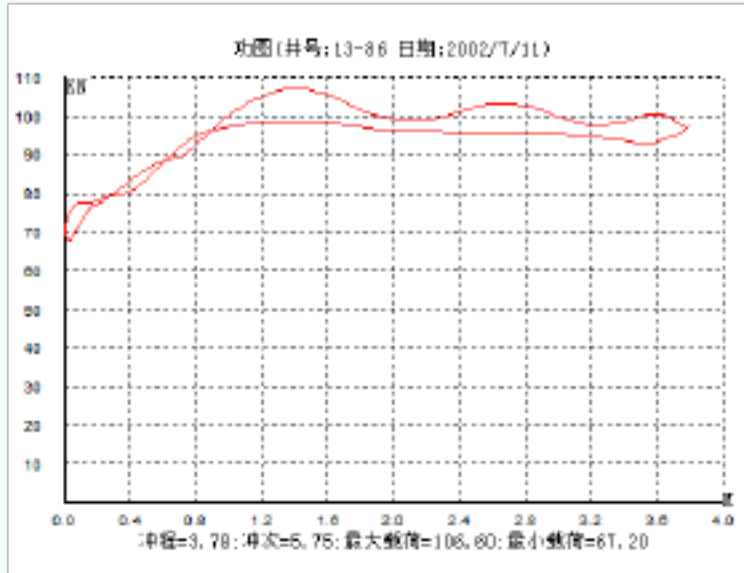
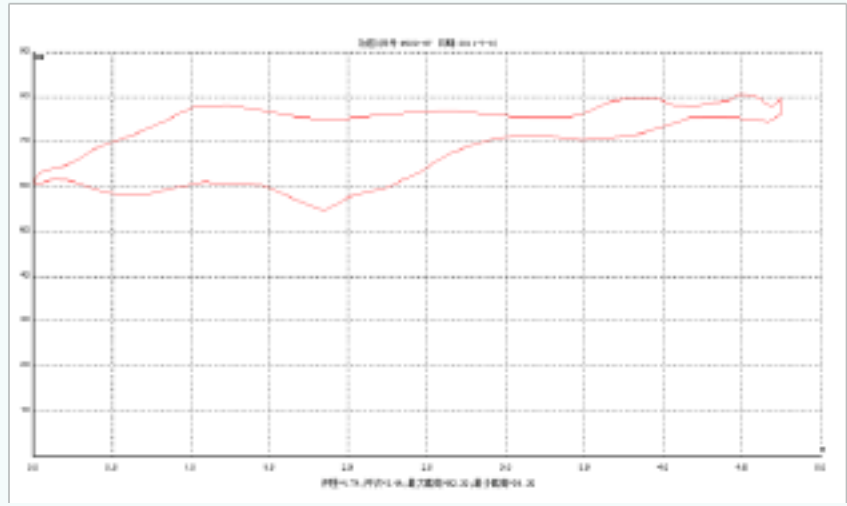
在实际生产中，二者往往同时发生，在下冲程初始阶段表现泵充不满，然后才是气体影响的特点。



含水较高的油井，示功图图形比较规则，而油气比较大的井，图形较圆滑。

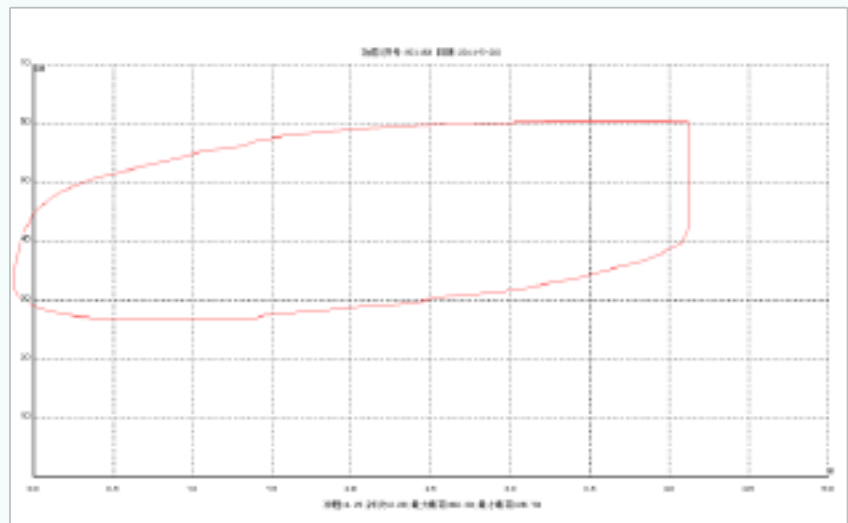
注：在实际生产中，常常发现示功图反映泵未充满，而动液面却很浅，沉没度很大，二者发生矛盾。发生这个问题的原因有两种情况：一是液面反映不真实；二是进液通道不畅；三是泵径大，冲次快，活塞上排速度大于泵吸液速度。若是前两种，则要认真核实发生的原因，液面也不能上报，应与时反映，共同落实，核实之后在上报。第三种，则要将冲次降下来，使工作参数合理，工况最好。

比、含水、粘度)、沉没度和进液
 途径有关,因此在保证泵效和产量
 的同时,要冲次、沉没度、泵
 径、液性等全面考虑,缺一不可。(由于沉没度低,造成泵吸入口压力低于
 饱和压力,原油因脱气,粘度增大,同样也会影响进液速度。)



(七). 杆断脱对示功图的影响

杆断脱后,活塞落在泵底,液柱载荷不能作用在抽油杆上,此时悬点负荷是断脱点以上抽油杆柱的重量,理论示功图应是一条直线,实际示功图由于摩擦力的作用,是上下载荷线不能重合。



图形特点: 1.水平或倾斜的长条状。

2.长条的位置取决于断脱的位置,在最小载荷和基线之间。断脱的越浅,越接近基线,现场抽油机严重失衡,电流下行增大,上行减小。断脱的越深,越接近最小载荷。

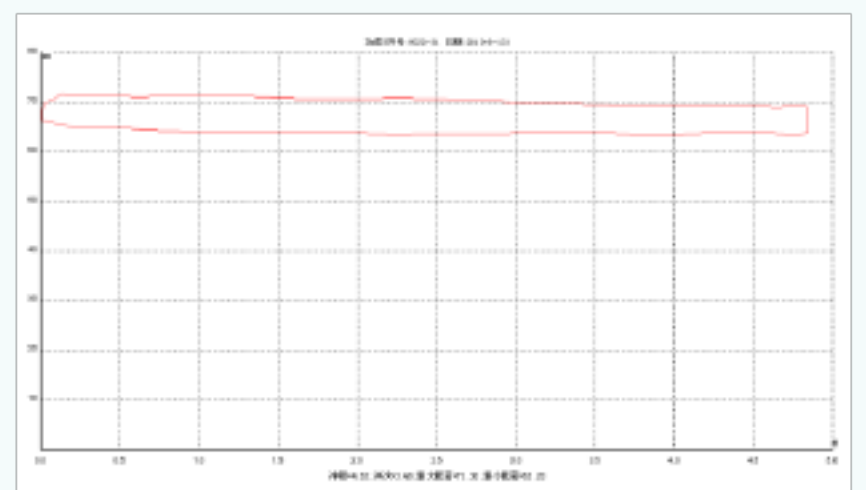
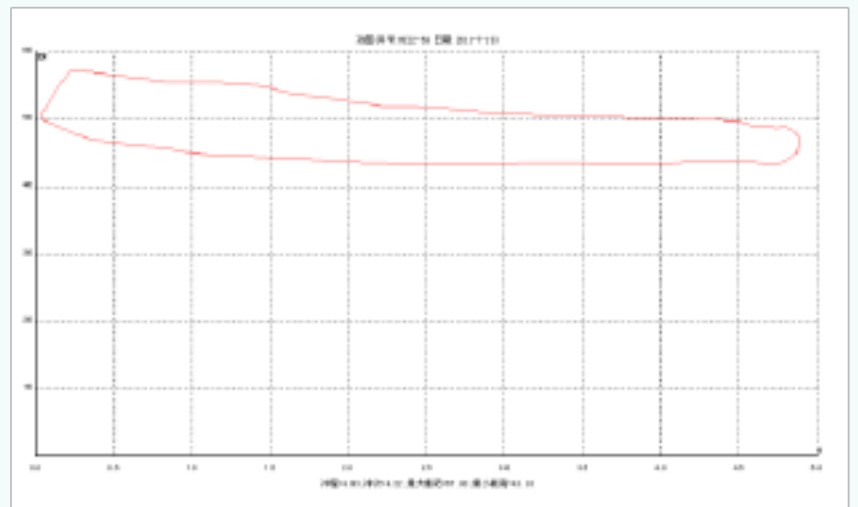
3.长条的宽度取决于摩擦力的大小。

· 油管漏失对示功图的影响

油管漏失，而深井泵本身装置没有问题，所以漏失的示功图于正常时的示功图基本特征没发生变化，变化的是最大载荷变小和产量下降，液面上升。不变时最小载荷不变。图形变化的大小取决于漏失的大小、漏失的位置和漏失的时间。

图形主要特点：

1. 最大载荷线下降
2. 最小载荷线正常
3. 产量下降，随着时间的推移，液面上升。
4. 电流上行变小。

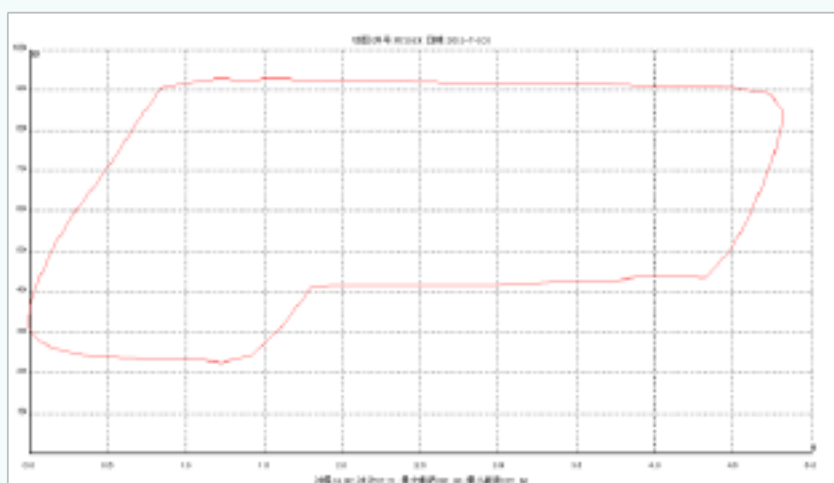
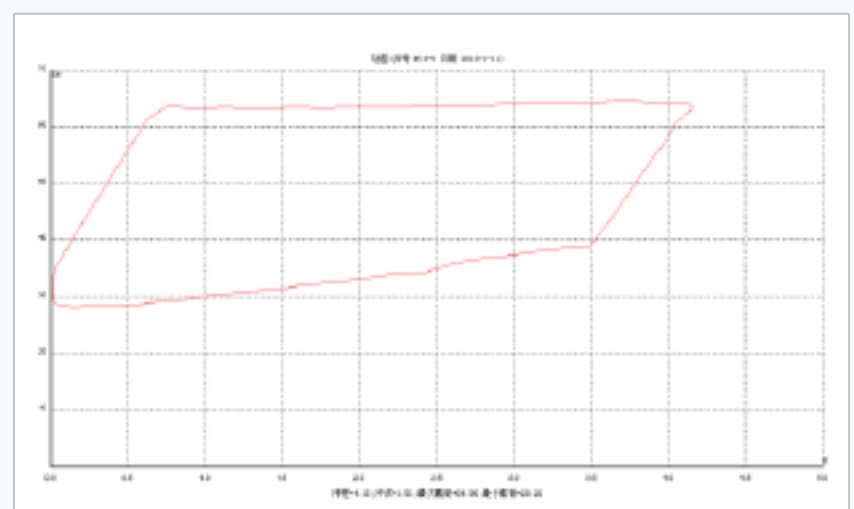
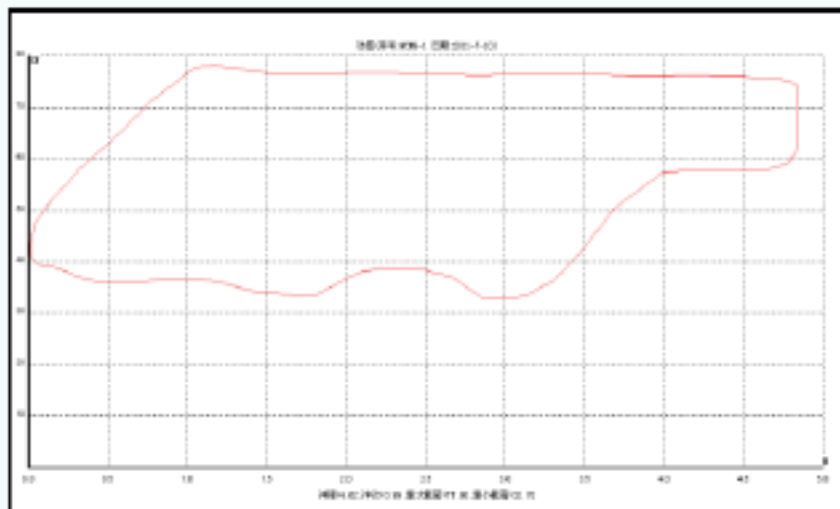


(九). 摩擦力对示功图的影响

产生摩擦力的主要因素：结蜡、稠油两种。

这两种因素图形的没很大的区别，都是图形肥大，大大超出最大和最小载荷线。

结蜡有井筒结蜡和地面管线结蜡。

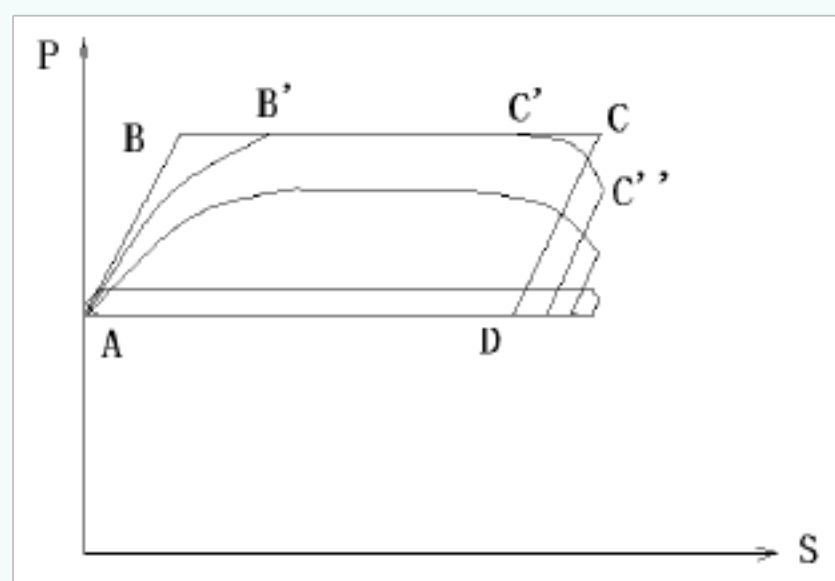


· 泵漏失

漏失分排出部分漏失和吸入部分漏失。

1. 排出部分漏失

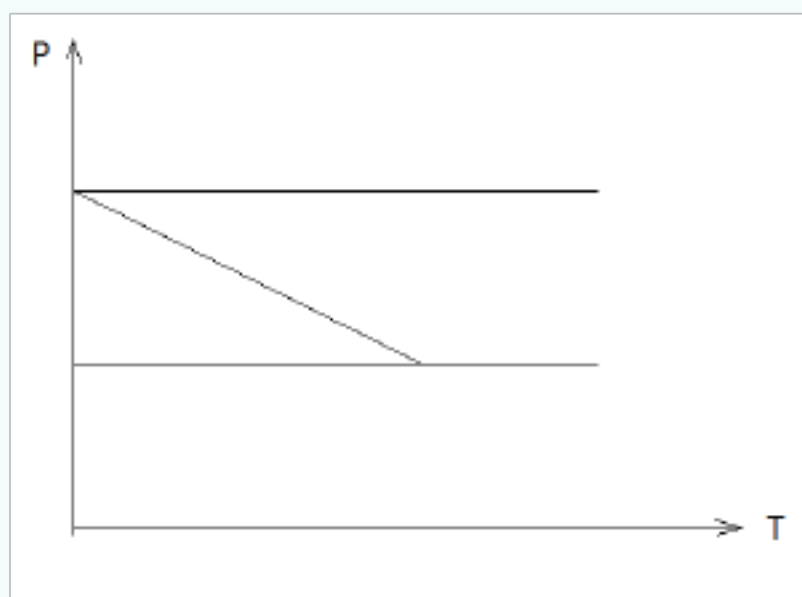
上冲程开始时，活塞下面的压力降低，活塞两端产生压力差，活塞上面的液体漏到活塞下面的工作筒内，使活塞下部的压力下降缓慢，悬点载荷不能与时上升到最大值，加载线较平缓。随着悬点运动速度加快，活塞上行速度大于漏失速度时，悬点载荷达到最大载荷值。此时固定凡尔打开，液体进入泵筒。活塞上行到后半冲程，上行速度逐渐减慢，当小于漏失速度时，活塞下部工作筒内的压力增加，固定凡尔关闭，悬点载荷降低，活塞到达上死点，悬点载荷降小于最大载荷。



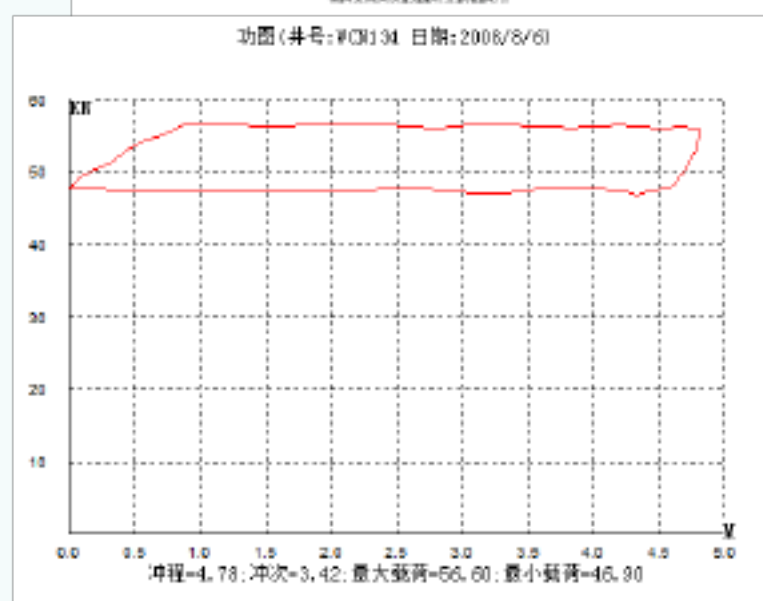
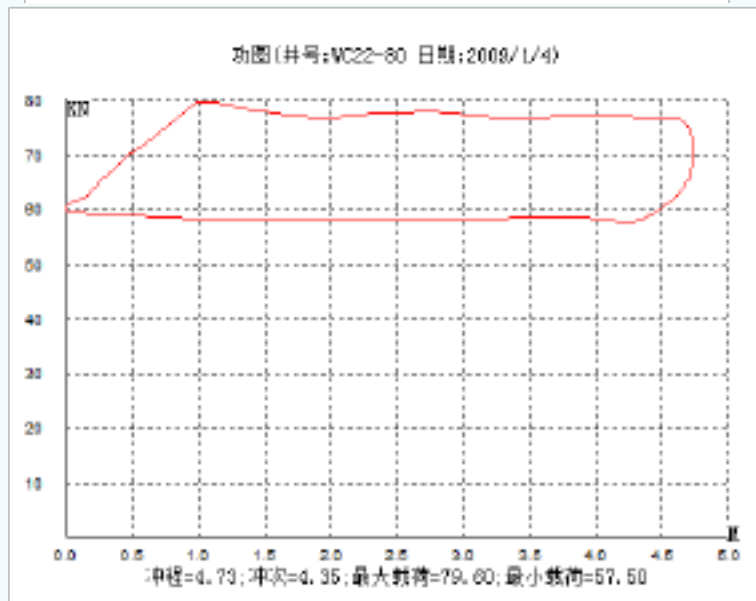
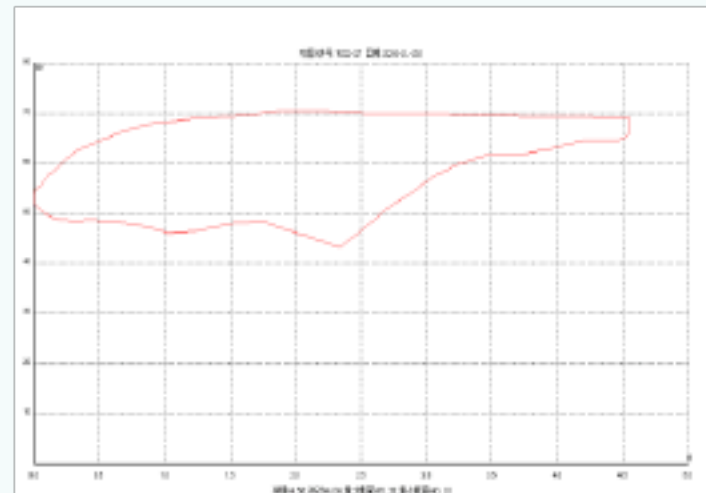
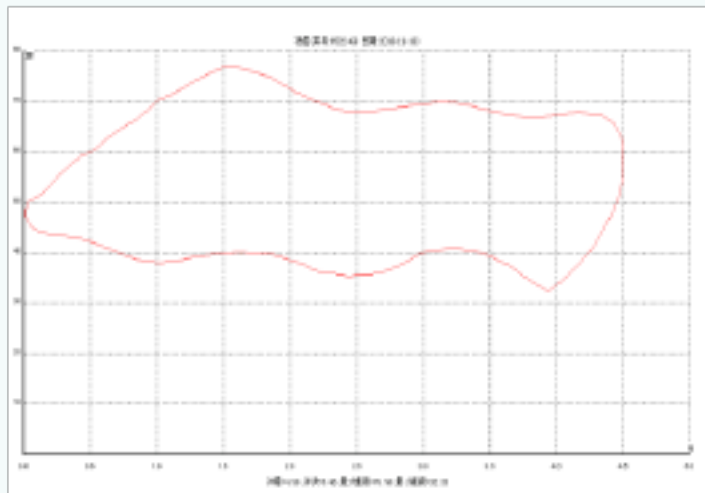
漏失量越多，B点和C'点越靠近，图的左下角变的越尖，右上角变的越圆滑，图形呈上拱形。当漏失严重时，固定凡尔打不开，油井不出油，上负荷线向下负荷线靠近。当排出部分完全失效是，上负荷线靠近下理论负荷线，图形呈长条状。

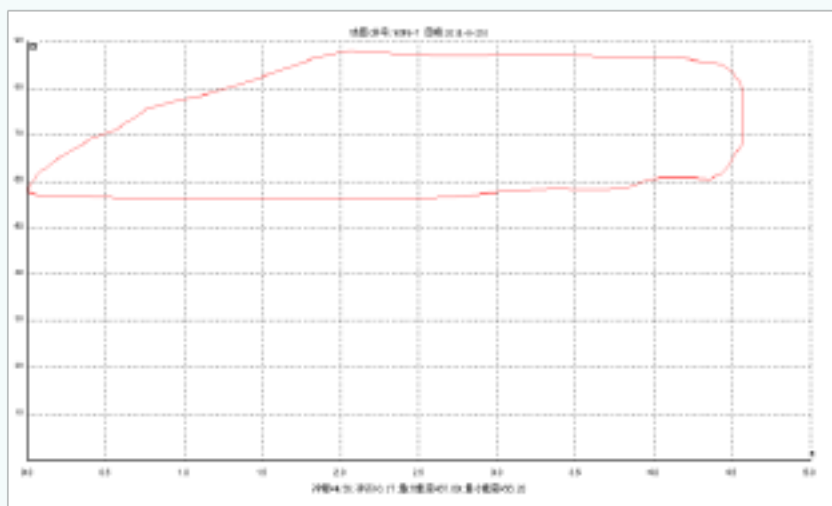
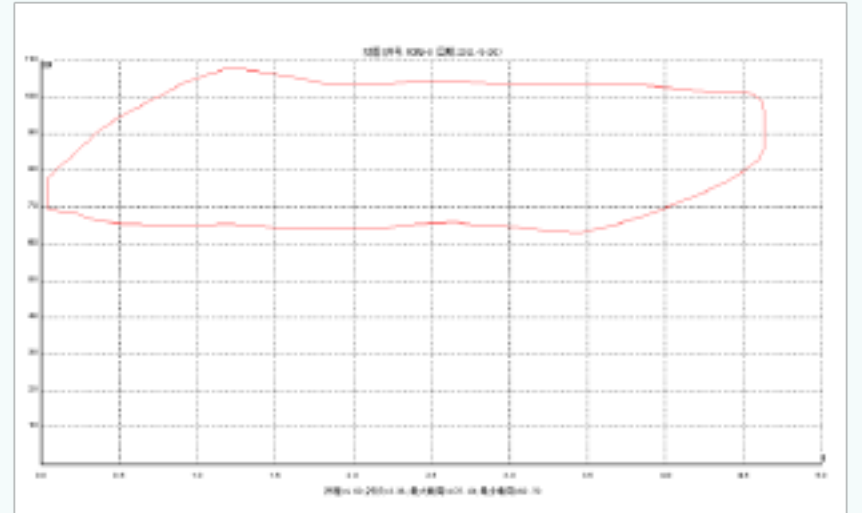
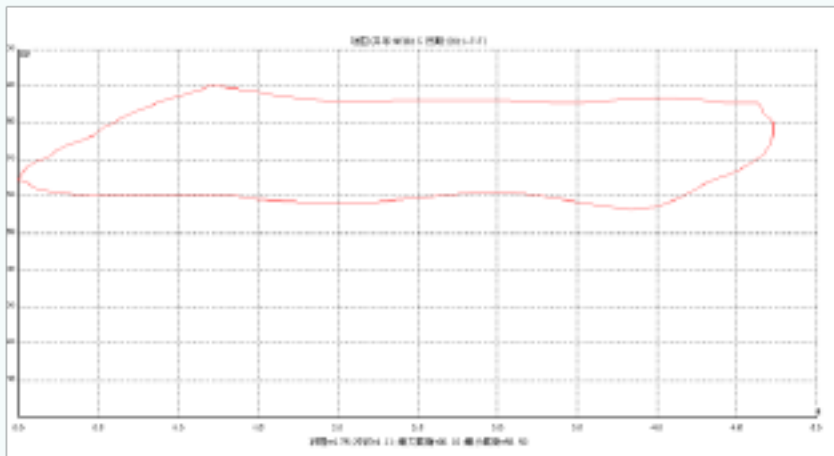
图形特点：

- (1) 增载线比卸载线长
- (2) 左上角和右上角圆滑，漏失量越大，其圆滑程度越厉害，上拱越明显。
- (3) 随漏失的增加，最大载荷线逐渐上最小载荷线靠近。
- (4) 完全漏失图形呈长条状，位置处在最小载荷线附近。
- (5) 测阀漏失，载荷线呈下降趋势。



的特点是游动凡尔漏失的特征。柱塞漏失的图形特点与正常示功图差别不大，最大载荷线逐渐上最小载荷线靠近，液面上升，产量下降。（供液不足的图形，变为充满良好。）在实际的生产中，柱塞漏失产量下降不太明显，所以引不起注意，随着产量的下降，液面也逐渐上升。由于液面的上升，液柱载荷也减少，柱塞漏失也会减少，产量下降到一定量，就会稳定很长时间。





2. 吸入部分漏失

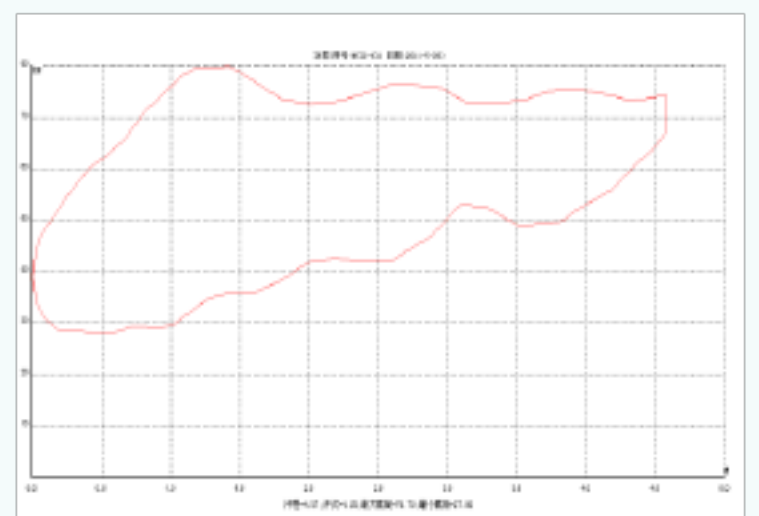
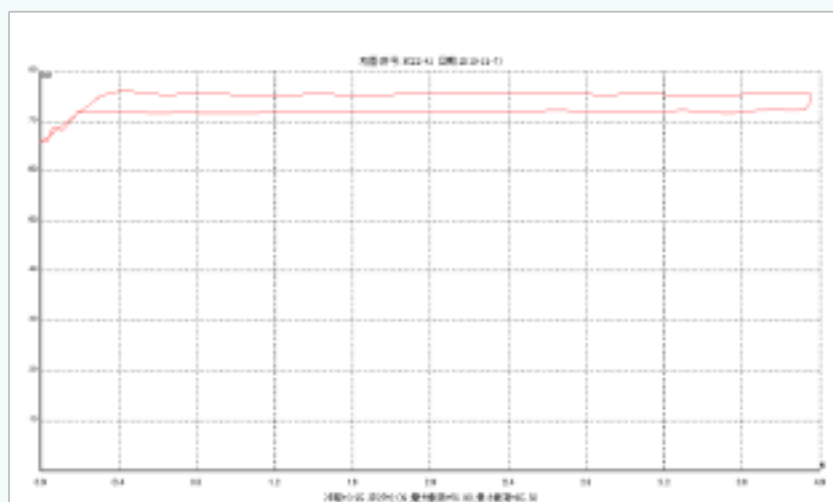
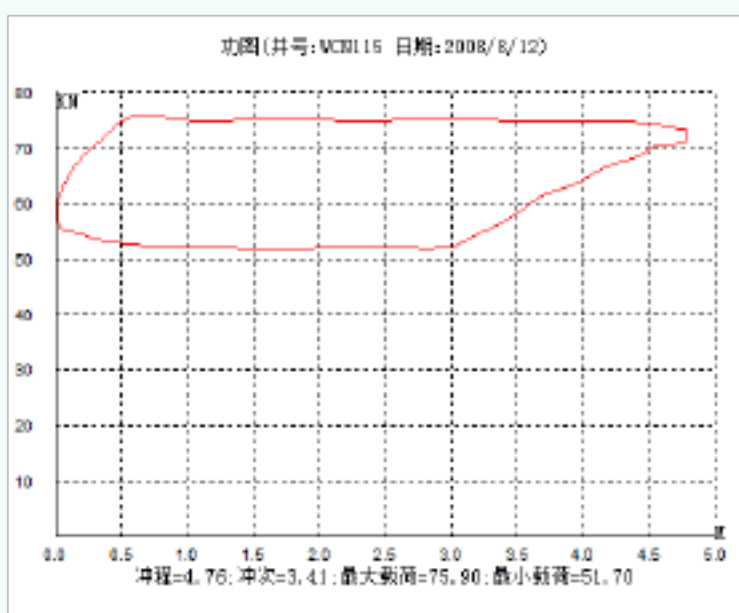
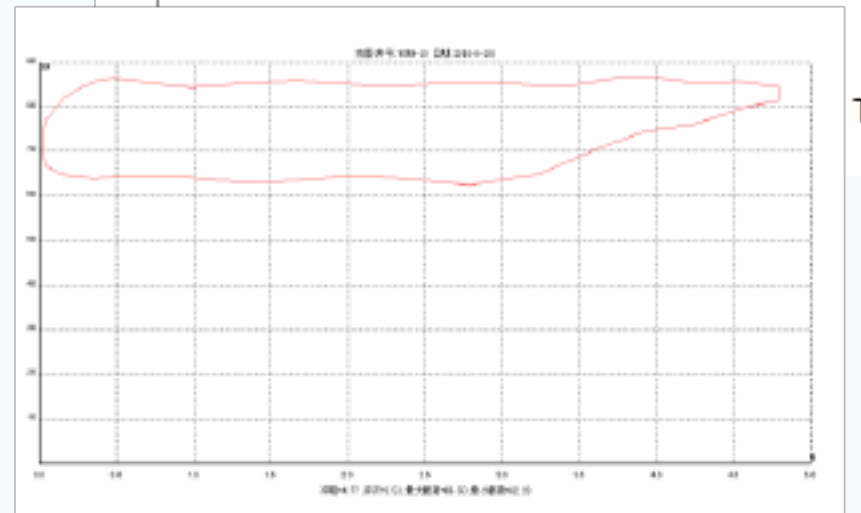
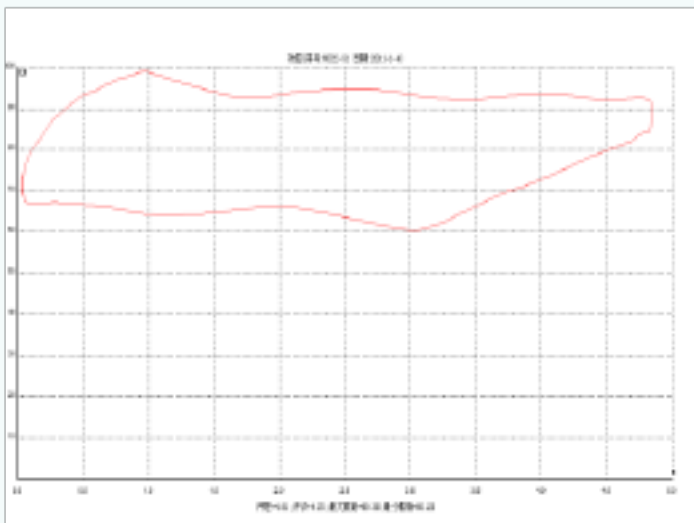
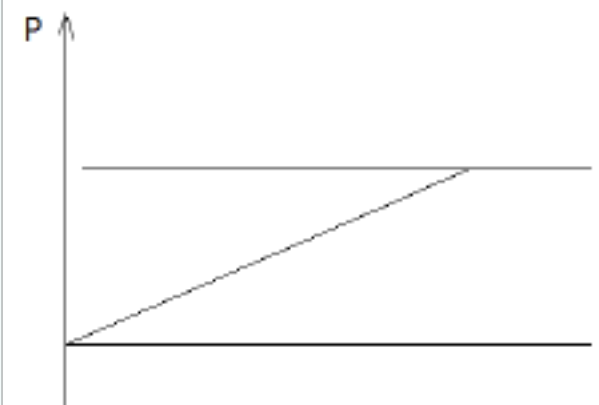
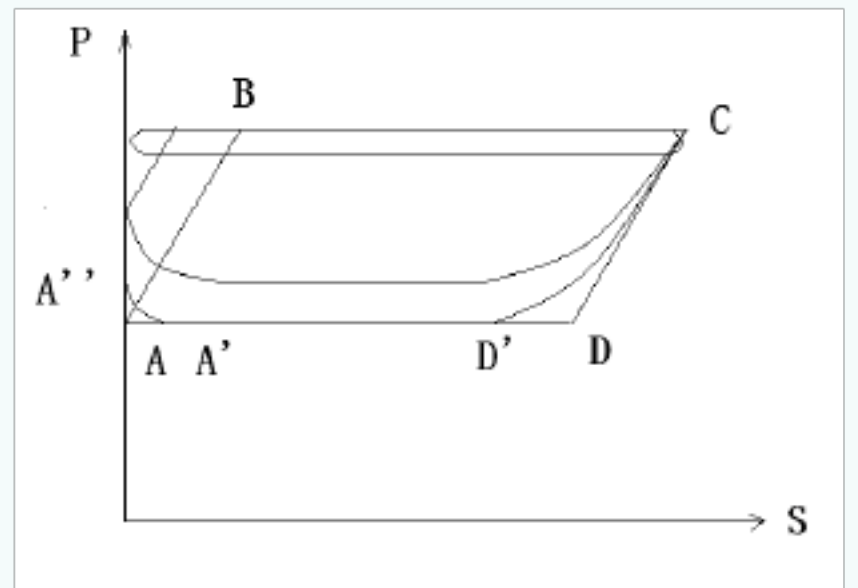
下冲程开始后，由于固定凡尔漏失，使泵内压力不能与时升高，延缓了减载过程，同时游动凡尔也不能与时打开，当活塞速度大于漏失速度，泵内压力上升到足以把游动凡尔顶开时，卸载结束。整个卸载线呈向外弯曲的弧线。在下冲程的后半冲程，因活塞移动速度减小，当小于漏失速度时，泵筒内的压力降低，使游动凡尔提前关闭，悬点载荷上升，当到达下死点时悬点载荷

已增加部分载荷，提前加载。

漏失越多，最小载荷线越向最大载荷线靠近。当完全漏失时，下负荷线靠近上理论负荷线，图形呈长条状。

图形特点：

- (1) 卸载线比增载线长，而且向外凸。
- (2) 左下角和右下角圆滑。
- (3) 随漏失的增加，最小载荷线向最大载荷线靠近。
- (4) 完全漏失图形呈长条状，位置处在最大载荷线附近。
- (5) 测阀漏失，载荷线呈上升趋势。



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/848135074053006117>