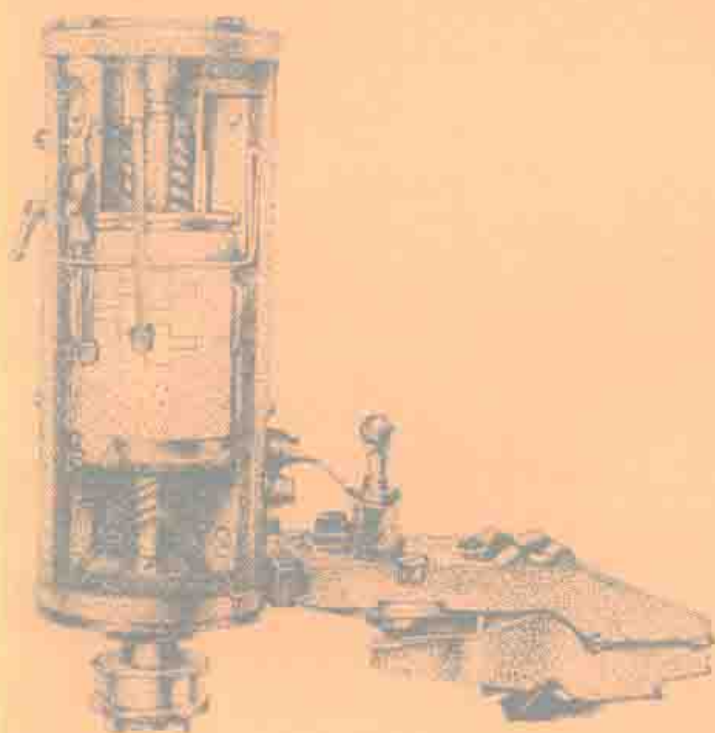




抽油井示功图的测试和分析

《抽油井示功图的测试和分析》编写小组 编

石油工业出版社

抽油井示功图的 测试和分析

《抽油井示功图的测试和分析》编写小组 编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了水力动力仪的结构、原理、维修、保养和使用方法,并阐述了理论示功图的绘制、解释及示功图的分析 and 应用。同时,对远测示功图也作了简要的介绍。内容较为丰富,通俗易懂,适合于试井、采油工人阅读,也可供采油、地质技术人员及石油院校有关专业师生参考。

抽油井示功图的测试和分析

《抽油井示功图的测试和分析》编写小组 编

*

(根据原燃料化学工业出版社纸型重印)

石油工业出版社出版

(北京安定门外外馆东后街甲36号)

燃料化学工业出版社印刷二厂排版

北京顺义燕华营印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 32 开本 3⁷/₈ 印张 84 千字 印 1—2,400

1983 年 5 月北京新 1 版 1983 年 5 月北京第 1 次印刷

书号: 15037·2424 定价: 0.34 元

目 录

前言

第一章 水力动力仪的结构和原理	1
第一节 仪器的测力部分	2
第二节 仪器的记录部分	8
第二章 动力仪的使用方法	19
第一节 测量前的准备工作	19
第二节 在油井上安装仪器	23
第三节 测量工作及资料的整理	25
第四节 测量工作中应注意的事项	27
第三章 仪器的校对和维修	30
第一节 仪器的修理	30
第二节 仪器的校对	35
第三节 仪器的维护	43
第四章 示功图的分析 and 解释	45
第一节 理论示功图的绘制和解释	46
一、理想条件下泵的工作过程和负载的转移情况	46
二、理论示功图的绘制	49
第二节 典型与实测示功图的分析 and 解释	57
一、深井泵工作正常时的示功图	57
二、油井出砂对示功图的影响	59
三、油井结蜡对示功图的影响	62
四、气体对示功图的影响	64
五、油井见水对示功图的影响	67

六、漏失对示功图的影响	69
七、稠油对示功图的影响	79
八、供液能力差对示功图的影响	79
九、油井连抽带喷时的示功图	82
十、抽油设备的技术状况对示功图的影响	84
1. 活塞装置过高对示功图的影响	84
2. 活塞装置过低对示功图的影响	89
3. 抽油杆断脱时的示功图	91
4. 油管漏失对示功图的影响	92
5. 活塞在泵筒中被卡时的示功图	94
6. 深井泵衬套松动、活塞弯曲及衬套不正对示功图的影响	97
7. 某些地面因素对示功图的影响	99
十一、动力仪技术状况不良和操作不当对示功图的影响	100
1. 支点放错	100
2. 记录笔尖与记录纸接触不良	101
3. 测试前基线记录笔尖与应力记录笔尖不重合	103
4. 测力系统液体漏失	105
5. 拉线过松	105
6. 悬绳器上下横梁不平行	106
第三节 示功图的其它应用	107
一、检验抽油机的平衡	107
二、利用示功图绘制系统试井曲线	109
第五章 示功图的远测	112
第一节 示功图远测系统的原理和结构	112
第二节 示功图远测系统的现状及展望	117

第一章 水力动力仪的结构和原理

当前，在深井泵采油中，动力仪是了解井下抽油设备工作状况的一种重要手段。

动力仪的种类很多，有机械动力仪、电气动力仪和水力动力仪。我国各油田上现在使用的，几乎全是国产CY-611型水力动力仪，所以，本书就以CY-611型水力动力仪作为中心来介绍。

CY-611型水力动力仪，型号中的“CY”二字，代表采油仪器，它是采油仪器一词汉语拼音的字头；“611”意为制造厂1961年的第一种产品，仪器的外形见图1—1。

水力动力仪是利用液体的压力，来反映出光杆上负荷变化的仪器。它的基本原理是：在抽油过程中，仪器将光杆上负荷的变化，转变为仪器测力系统内液体压力的变化，并通过行程变换系统，确保此变化的压力和光杆的行程，有一一对应的关系。在光杆往复运动一周后，就可得到一个封闭的记录曲线。此封闭曲线表示了光杆（相应于深井泵的活塞）在每一位置时负荷的大小。封闭曲线的面积，表示了泵在一个行程中做功的多少。所以称此曲线为“示功图”。对示功图进行分析、解释，就可了解井下抽油设备的工作状况，从而，为采取措施提供可靠的依据。

CY-611型水力动力仪，结构上可分为两个部分，这两个部分是测力部分和记录部分。



图 1-1 CY-611水力动力仪外形图

第一节 仪器的测力部分

仪器的测力部分，实际上是一个负荷—压力变送器，是仪器的感受部分。它将深井泵活塞以上的液柱重量、抽油杆重量、动载荷等负荷（即光杆在悬绳器处所承受力的总和），利用杠杆变换后，转变为膜压器密闭空腔内液体（纯水或水和酒精的混合液）的压力。此压力与光杆在悬绳器处的光杆负荷成正比。

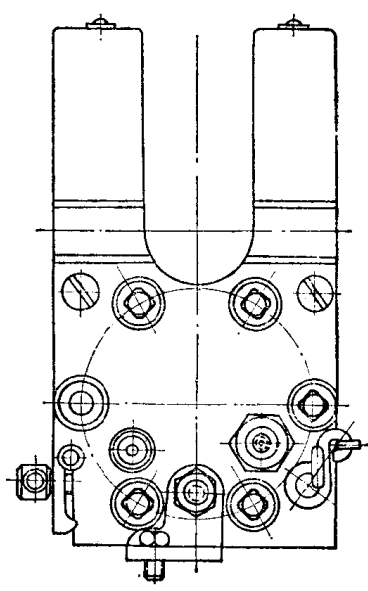
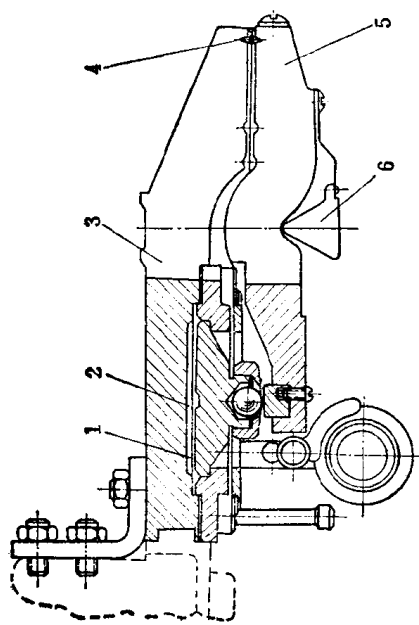
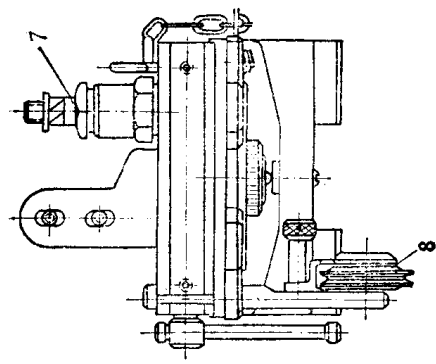


图 1-2 CY-611水力
仪测力部分结构图
1—膜片；2—膜压室；3—液压座；
4—支点销；5—压板；6—支承；
7—注液嘴；8—导向轮

测力部分的结构见图1—2。它主要由支承、压板、液压座、支点销、膜片、膜压室、钢球、注液嘴、导向轮等组成。由压板、支承、支点销、钢球组成了一个杠杆。这里，压板相当于杠杆的杆，支承、钢球、支点销分别相当于力点、作用点和支点。负荷通过支承加在压板上，经钢球传至膜片转变为液体的压力。

支点有（Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ）三个位置，移动支点销，可以变更力臂及作用臂的长短，以便调节仪器的量程。现在，我们来看三个不同支点位置时量程的变化。

支点在不同位置时（在Ⅰ或Ⅱ、Ⅲ位置时），其力臂及作用臂的长度见图1—3。

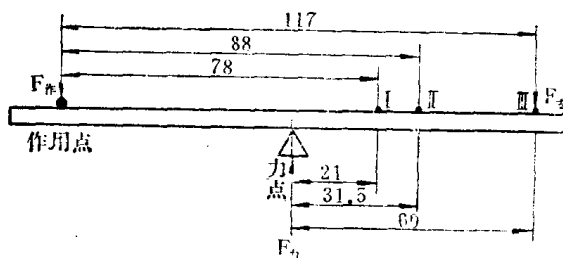


图 1—3 杠杆图

设：力点所承受的负荷为 $F_{力}$ ；作用点所承受的力为 $F_{作}$ 。
支点与作用点间距离为 $L_{支作}$ ；支点与力点间距离为 $L_{支力}$ 。

根据杠杆原理可知：

$$F_{力} L_{支力} = F_{作} L_{支作}$$

即：

$$F_{作} = \frac{L_{支力}}{L_{支作}} F_{力}$$

对 I 支点来说

$$F_{\text{作 I}} = \frac{21}{78} F_{\text{力}} = 0.269 F_{\text{力}}$$

对 II 支点来说

$$F_{\text{作 II}} = \frac{31.5}{88} F_{\text{力}} = 0.358 F_{\text{力}}$$

对 III 支点来说

$$F_{\text{作 III}} = \frac{60}{117} F_{\text{力}} = 0.512 F_{\text{力}}$$

上述计算指出：

I 支点时作用力为负荷的 0.269 倍；II 支点时作用力为负荷的 0.358 倍；III 支点时作用力为负荷的 0.512 倍。

知道了不同支点时作用力和负荷的关系。但在不同支点、同一负荷时作用力之间又有什么关系呢？这实质上是求 I、II、III 支点时作用力之间的比例关系。

用 I 支点时膜片上所受的力，分别除 I、II、III 支点时膜片上所受的力，得到 I、II、III 三个支点时膜片上受力的比例关系为 1:1.335:1.903。

1:1.335:1.903 的意义是，在负荷固定不变的情况下，I 支点时膜片上所受的力最小。当逐次换用 II、III 支点时，传给膜片的力逐次增大，分别为 I 支点时的 1.335 倍和 1.903 倍。

我们所说仪器的最大负荷，是指 I 支点时的最大负荷。从上述可知，这时若用 II、III 支点来进行测量，肯定是要损坏仪器的。但到底在 II、III 支点时仪器能承受多大负荷呢？我们以 I 支点时膜片上所受的力作为 1，分别和 II、III 支点时膜片上所受的力相比，得到同一负荷时，I、II、III 支点

时膜片受力的比例关系是 $\frac{0.512}{0.512} : \frac{0.358}{0.512} : \frac{0.269}{0.512}$

$=1:0.75:0.53$ ；它指出：当用Ⅱ支点时，仪器的最大负荷成为Ⅰ支点时的0.75倍，当用Ⅲ支点时，仪器的最大负荷变为Ⅰ支点时的0.53倍。当然，这一比例关系也适用于施加在力点上的任何负荷。

1:0.75:0.53这一比例关系，指出了Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ不同支点时仪器负荷范围的变化。所以，称之为仪器三个支点负荷范围的比例关系。

知道了仪器负荷范围的比例关系，我们就可根据不同的油井负荷选用不同的支点，以调节传至作用点力的大小，从而测出满意的图形。

为了保证测力的准确，压板被设计成弯曲形状，仪器在正确夹持下，支点销与钢球连线和悬绳器上、下横梁平面平行，呈水平状态，光杆负荷与该平面垂直，测值准确。

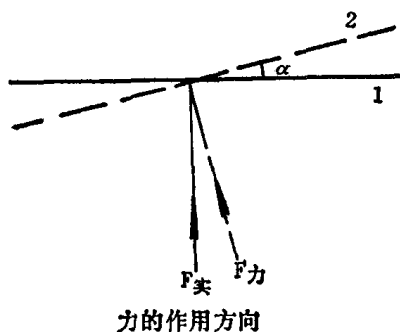


图 1—4 仪器夹持不良和正确夹持时力的比较示意图

1—正确夹持时钢球支点销二者连线；
2—不正确夹持时钢球支点销二者连线

如果因悬绳器有毛病或操作粗心等原因，造成仪器夹持不良，致使支点销和钢球连线不再和水平面平行而形成夹角 α （见图1—4）。此时测得的负荷为 α 角的余弦和实际负荷的乘积（ $F_{力} = \cos \alpha F_{实}$ ），将比实际负荷为小。夹角愈大，测得的

负荷愈比真实负荷小。

作用点上的力是怎样变化为液体的压力呢？这是通过由膜片、膜压室、液体、锥形块等组成的所谓水力系统来完成这一转化的（见图1—5）。图中膜片是由磷铜制成的，它的厚度是0.15毫米，直径为61毫米，它和膜压室组成一个密闭空腔。为保证密闭空腔的密封性能，膜片和膜压室间装有胶皮垫圈。

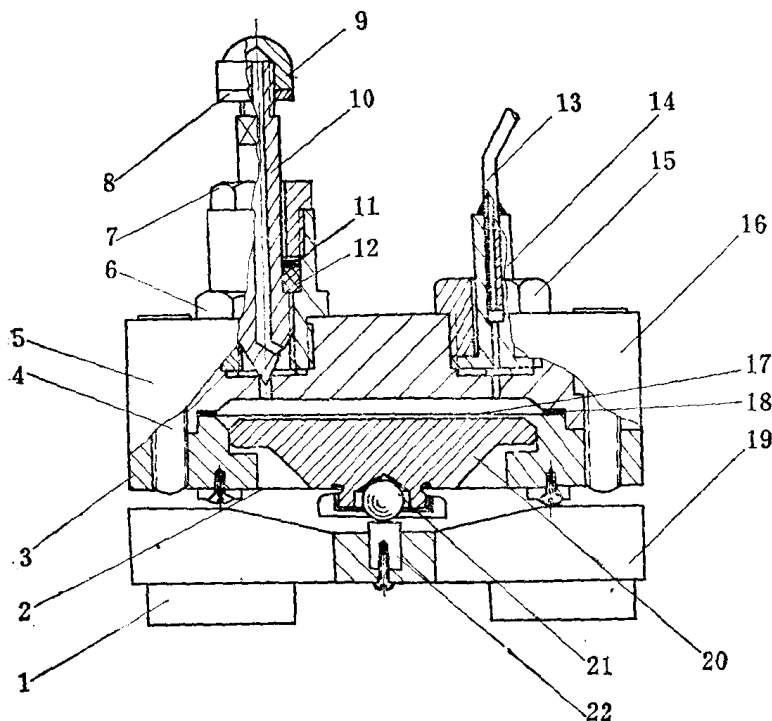


图 1—5 水力系统示意图

1—支承；2—保护片；3—压圈；4—内六角螺丝；5—膜压室；6—阀座；7—压帽；8—挡圈；9—护帽；10—阀杆；11—盘根压圈；12—密封盘根；13—传压管；14—接头；15—接头螺丝；16—液压座；17—膜片；18—密封胶皮圈；19—压板；20—锥形块；21—钢球；22—传压圆柱

该空腔中充满液体，当钢球将力经锥形块均匀地传送到膜片上时，膜片就压迫液体，迫使液体压力增高。当液体的压力和膜片有效面积的乘积和钢球传来的作用力相等时，膜片就处于平衡状态，这样，就将力变成了液体的压力。

在这里应注意，密闭空腔必须严密不漏，如有漏失，严重时将使膜片损坏，轻微时将使液体不断渗漏，膜片达不到稳定平衡状态，其结果是都不能将力正确地转变为液体的压力。

为了将密闭气腔中的压力引出，以便记录，在液压座上设置有装接头的母扣，当将包氏管接头在母扣处上好后，压力就可顺此经传压管传至包氏管。

注液嘴是给密闭空腔中灌注液体用的，它由中空的阀杆、阀座、密封盘根、压帽等组成。当拧紧阀杆时，阀杆端部的锥形面与液压座锥形面紧密结合，关闭了通路（图1—5中所示为关闭位置）。此时，密闭空腔中的液体，既不能通过注液嘴流出，也不能通过注液嘴给密闭空腔灌注液体。当松开阀杆时，锥形面与液压座锥形面分开，通路连通，此时，就可通过注液嘴给密闭空腔中灌注液体，或放出多余的液体。

当通路连通时，液体有可能从阀杆与阀座的间隙中漏出，为此，设置有盘根和压帽，当压帽调节合适时，即可使阀杆灵活转动而又不使液体从间隙中漏出。

阀杆上部车有 $M6 \times 1$ 毫米的螺纹和铣成四方。 $M6 \times 1$ 毫米的螺纹是供灌注液体时与注液泵连接的，四方是为了便于用搬手松、紧阀杆用的。

第二节 仪器的记录部分

记录部分的作用是将密闭空腔中液体压力的变化记录下

来，并保证此变化的压力和造成压力变化的光杆位置有一一对应的关系。

为记录液体压力的变化，有一个包氏管系统。记录下来变化着的压力，成为示功图的纵轴。

为保证液体压力和光杆位置有一一对应的关系，有一行程变换系统，它构成示功图的横轴。包氏管系统和行程变换系统组成仪器的记录部分(见图1—6)。二者组装在由铸铝制成的机架上，并借助三个固定螺钉与测力部分连接在一起。

现对这两个系统分述如下：

1. 包氏管系统

包氏管系统由传压管、包氏管、支架、记录笔、记录笔架、护罩、控制栓等组成(见图1—7)。

由传压管将压力引入包氏管后，包氏管就发生变形。包氏管是按每一公斤的标称压量承受支承上80公斤的负荷来选用的，这就是说：包氏管压量是50公斤/厘米²时，动力仪最大负荷是4000公斤；包氏管压量为100公斤/厘米²时，动力仪最大负荷是8000公斤；包氏管压量是120公斤/厘米²时，动力仪最大负荷是10000公斤。

对不同的油田，可根据抽油机的驴头负荷，选用不同包氏管的动力仪，以满足测量的需要。

包氏管受压变形，产生角位移。包氏管下端和支架焊在一起，上端和中心轴连接。当包氏管产生角位移时，就带动中心轴转动同样的角度，此角位移和液体的压力成正比，也即和光杆负荷的大小成正比。

包氏管中心轴装在支架上，支架上下两部分由螺钉连接而成，中心轴的下端，装入下支架的轴眼内，上端装入带中心孔的螺钉内，调节带中心孔的螺钉和上下支架的距离，就

可使中心轴在二轴眼中转动灵活。一般，中心轴在上下轴眼中有 1 毫米左右的间隙就可以了。

为了将中心轴的角度位移显示和记录下来，在中心轴的上

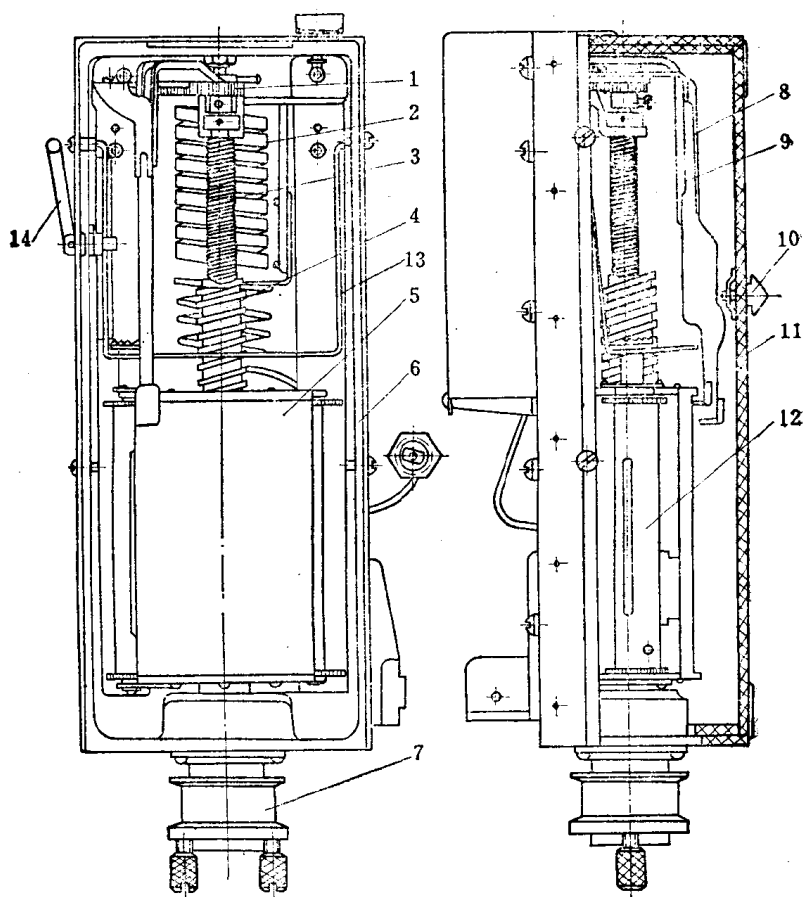


图 1—6 CY-511水力动力仪记录部分结构图

- 1—齿轮；2—包氏管；3—弹簧；4—双头螺杆；5—记录台；6—机架；
7—减程轮；8—基线记录笔；9—应力记录笔；10—控制栓；11—盖子；
12—卷纸辊；13—记录笔控制架；14—偏心轮手把

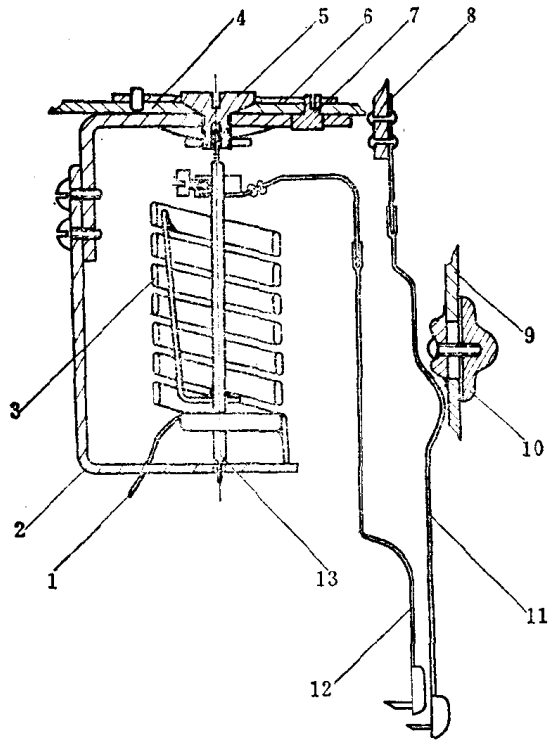


图 1—7 包氏管系统结构图

1—传压管；2—小支架；3—包氏管；4—铸铝支架；5—中心螺丝；
6—簧片；7—偏心螺丝；8—笔尖架；9—护罩；10—控制栓；11—
基线记录笔；12—应力记录笔；13—中心轴

端，用螺钉固定有应力记录笔。中心轴带动记录笔移动，就可显示和记录出压力的变化。

应力记录笔是否将变化的压力记录下来，是由偏心轮手把控制的。手把带动记录笔控制架(参见图1—6)，当手把在“上”位置时，支架托起记录笔杆，使笔尖不和记录纸接触，就画不出曲线来，当手把在“下”位置时，支架离开记

录笔杆，笔尖即接触记录纸，就可画出曲线。

为了记录动力仪无负荷时应力记录笔的位置，装有固定不动的基线记录笔，基线笔装在机架上，它是由装在护罩上的控制栓控制的。当控制栓在“上”位置时，基线记录笔尖抬起，不和记录纸接触；当控制栓在“下”位置时，就压在基线记录笔的笔杆上，强迫笔尖接触记录纸，从而画出基线来。

基线记录笔尖指示了仪器不受负荷时应力记录笔尖的位置。所以基线记录笔尖和应力记录笔尖在仪器无负荷时所划直线应该重合。若仪器在二者所画直线不重合时进行测量，将难以对所测示功图进行正确解释。

为便于调节应力记录笔尖，使其与基线笔尖所画直线重合。在支架水平部分的顶端，设置有“U”形缺口并有偏心轮、簧片与之配合，偏心轮安放在“U”形缺口内，当转动偏心轮时，偏心轮就驱使支架绕包氏管中心轴发生偏转，从而达到调整应力记录笔尖位置的目的。

2. 行程变换系统

行程变换系统的作用是保证光杆的位置和压力之间有一一对应的关系。它由导向轮、减程轮、双头螺杆、记录台、返回弹簧和齿轮等组成(见图1—8)。它实质上是一个减程机构，它将抽油机光杆的行程变换为记录台的移动。

减程轮转动时，就带动双头螺杆转动，转动的双头螺杆推动“滑块”(实际上是一个双头螺母)上升或下降，滑块拖动记录台移动，但因记录台(图中未画出)受导轨的限制，致使滑块只能上下直线运动而不能转动。双头螺杆的螺距为10毫米，也就是说双头螺杆旋转一周，滑块升降10毫米。