

陈宪侃 叶利平 谷玉洪 编著

抽油机采油技术

石油工业出版社

Petroleum Industry Press

抽油机采油技术

陈宪侃 叶利平 谷玉洪 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书全面系统地介绍了抽油机采油技术，并力求反映国内外最新科技成果和现场实用技术。全书共六章，主要内容包括抽油机、深井泵、抽油杆、抽油机采油系统常用计算、有杆泵抽油系统设计步骤和方法及有杆泵抽油系统诊断技术。

本书可供油田采油工程技术人员、研究人员及管理人员使用，也可供石油院校相关专业师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

抽油机采油技术/陈宪侃等编著.

北京:石油工业出版社,2004.2

ISBN 7-5021-4495-1

I. 抽…

II. 陈…

III. 抽油机-技术

IV. TE933

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 124859 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号楼 100011)

网 址:www.petropub.cn

总 机:(010) 64262233 发行部:(010) 64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂印刷

2004 年 2 月第 1 版 2004 年 2 月第 1 次印刷

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:11.5

字数:293 千字 印数:1—2000 册

定价:30.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

近年来我国人工举升技术进步较快，而且抽油机采油井占总井数的80%以上。目前抽油机采油技术不论是技术装备还是工艺技术都发展很快，已初步形成系列。为了给从事生产、科研、教学以及现场操作的采油工作者提供一本较全面系统的介绍抽油机采油技术的书籍，同时考虑到不同年龄段和不同工作岗位上的技术人员的需要，在总结老一辈科技人员的理论基础和实践经验的基础上，力求反映国内外最新科技成果和现场实用的技术，所以在编辑本书时将已经淘汰的技术或已停用技术均未编入书中。

全书共分六章，分别为抽油机、深井泵、抽油杆、抽油机采油系统常用计算、有杆泵抽油系统设计步骤和方法及有杆泵抽油系统诊断技术。其中：

第一章抽油机中分析了各种抽油机的优缺点，论述了抽油机发展历程，总结出抽油机发展方向和节能技术发展趋势，较详细地介绍了新型抽油机的结构原理。

第二章深井泵中除了介绍各种深井泵结构原理外，专门讲述了深井泵间隙等级和间隙号码的意义和使用，重点介绍了深井泵附件的构造原理。

第三章抽油杆中介绍了各种抽油杆的使用条件和要求，提出抽油杆失效形式和判废标准以及剩余寿命等内容。

第四章抽油机采油系统常用计算中增加了各种载荷计算和预测方法，特别是波动方程预测方法和各种动载计算方法以及系统效率分析计算方法等。

第五章有杆泵抽油系统设计步骤和方法中详细介绍了修正古德曼图的来源以及与奥金格疲劳图的对比并明确了使用条件，论述了等强度和等应力范围的杆柱设计方法和玻璃钢复合抽油杆柱设计方法，还介绍了加速度因子和频率因子的计算及使用方法。

第六章有杆泵抽油系统诊断技术中除常规诊断方法外，增加了模拟示功图对比诊断法。

以上内容在以往书中介绍得比较少。

本书得到万仁溥、张琪、李瑛、吴晓东等同志的关心和支持，并由万仁溥审定，特在此表示感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在不足之处，热忱欢迎读者批评指正。

目 录

概述	(1)
第一章 抽油机	(3)
第一节 抽油机技术发展进程	(3)
第二节 游梁式抽油机	(5)
第三节 无游梁式抽油机	(38)
第四节 游梁式抽油机拖动装置	(42)
第五节 抽油机选择、安装及保养	(53)
第二章 深井泵	(58)
第一节 深井泵技术发展进程及工作原理	(58)
第二节 深井泵类型及表示方法	(59)
第三节 深井泵的结构及性能	(61)
第四节 深井泵的选用	(71)
第五节 深井泵的储存、运输与维修	(79)
第六节 深井泵附件	(79)
第三章 抽油杆	(90)
第一节 抽油杆技术发展进程及基本技术要求	(90)
第二节 实心钢抽油杆	(94)
第三节 空心抽油杆	(108)
第四节 玻璃钢抽油杆	(110)
第五节 连续抽油杆	(113)
第六节 柔性抽油杆	(115)
第四章 抽油机采油系统常用计算	(116)
第一节 各种抽油机运动规律	(116)
第二节 载荷计算	(123)
第三节 抽油机平衡计算	(138)
第四节 系统效率	(141)
第五章 有杆泵抽油系统设计步骤和方法	(149)
第一节 钢抽油杆设计步骤和方法	(149)
第二节 玻璃钢复合抽油杆抽油设计	(160)
第六章 有杆泵抽油系统诊断技术	(163)
第一节 地面示功图诊断技术	(163)
第二节 模拟示功图对比法诊断技术	(164)
第三节 计算机诊断技术	(168)
第四节 泵效分析	(174)
第五节 有关计算	(177)
参考文献	(179)

概 述

采油方式有两大类：一类是利用油田天然能量举升原油，通称为自喷采油；另一类是天然能量不足，依靠人工补充能量将原油举升到地面，通称人工举升采油。据统计，全世界人工举升方法采油的井数约占总井数的 90%，而抽油机采油方式又占人工举升井数的 90%（我国已占到 91%）。可见抽油机采油方式是目前最主要的采油方式。

抽油机采油方式主要由三部分组成：一是抽油机作为驱动设备；二是抽油杆作为传动设备；三是抽油泵作为举升设备，如图 1 所示。其基本原理是电动机将电能转化为旋转运动，

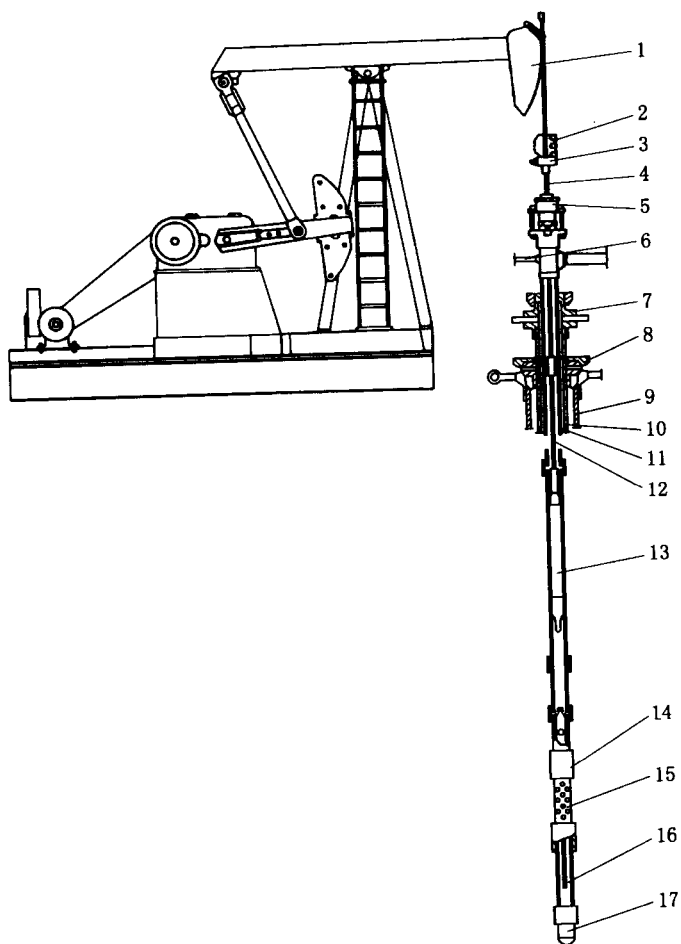


图 1 有杆泵抽油系统示意图

1—抽油机；2—光杆卡子；3—悬绳器；4—光杆；5—密封盒；6—取样管；
7—油管头；8—套管头；9—表层套管；10—油层套管；11—油管；12—抽油
杆；13—抽油泵；14—油管接箍；15—筛管；16—砂锚或气锚；17—堵头

再经过抽油机将旋转运动经四连杆机构转化为往复运动，利用抽油杆将往复运动传递给抽油泵。上冲程，当光杆由下死点上行时，首先拉直抽油杆，游动阀受自重和油管内液柱压力的作用而关闭后，液柱载荷由油管转移到抽油杆上，使抽油杆伸长而油管缩短，当光杆上行距离达到抽油杆伸长量后，柱塞开始上行，并提升柱塞上部的液体。与此同时，柱塞下面泵筒空间压力下降，当压力低于沉没压力时，井液在沉没压力作用下顶开固定阀进入泵筒，完成吸入过程。下冲程，当光杆由上死点下行时，首先压弯下部抽油杆，同时固定阀靠自重下落而关闭，泵筒内液体受压缩，压力逐渐升高，当压力超过柱塞上部液柱压力时，顶开游动阀使泵筒内液体进入油管内，这时由于液柱载荷由抽油杆上转移到油管上，抽油杆卸掉液柱载荷而缩短，油管伸长减少了有效冲程，完成了一个抽汲过程。由于抽油机连续作上下往复运动，则井液连续不断地被举升到地面。一百多年来，随着生产的发展和科技进步，三抽设备也在不断地改进和完善，特别是近 20 余年以来，抽油机采油系统取得了较大的发展与进步。

第一章 抽油机

第一节 抽油机技术发展进程

游梁式抽油机自诞生以来已有百余年历史。刚开始时石油工作者就创造出木制磕头机，其结构与现在常规后置式游梁抽油机类似，以后发展为常规游梁式抽油机，它以特别能适应野外恶劣工作环境等明显优势，区别于其他众多类型的抽油机。常规型抽油机以其结构简单、易损件少、耐用、可靠性高、操作简便、维修方便、维护费用低等特点，一直占据着有杆泵采油地面设备的主导地位。但是由于其结构上的不合理性，使得常规游梁式抽油机无法解决“大马拉小车”、能耗高的缺点。因此这种结构延续了几十年之后，国内外各生产厂家先后研制出前置式抽油机、异相曲柄抽油机、空气平衡抽油机等型号的抽油机，不同程度地克服了常规游梁式抽油机的一些缺点。但是，仍然脱离不了利用四连杆机构将旋转运动转变为直线往复运动，造成了抽油机平衡效果没有得到根本的改善，加速度仍然很高，惯性载荷大，加大冲程减速箱扭矩成倍增加，抽油机总质量成倍增长的缺点，因而没有解决根本问题。为了解决以上问题，20世纪70年代以来，各种形式的无游梁式抽油机应运而生。美国是最早研制无游梁抽油机的国家，最大功率达到171kW，最大悬点负荷227kN，最大冲程达到24.4m。无游梁抽油机最大优点是不用四连杆机构将旋转运动变为往复运动，其运动规律除上、下死点有短时间的加减速运动外，大部分时间是匀速运动，使得惯性载荷大幅度下降，抽油机性能得到较大的改善。无游梁抽油机容易实现长冲程，相对冲程损失小，有效冲程长，如链条抽油机、皮带抽油机等。但是目前无游梁抽油机还存在一些较大的问题亟待解决，如结构复杂、运动件多、成本高，特别是大多数采用软连接，摆动轮直径不可能过大，使钢丝绳（链条）使用寿命短，不如游梁式抽油机结构简单，耐用。20世纪80年代以后，人们又回到四连杆机构，创造出可变四连杆机构，改变连杆和后臂长度，达到调整力臂使净扭矩平稳，降低了起动扭矩，“大马拉小车”现象得到进一步改善，如这一时期开发出异型抽油机（双驴头）、弯游梁抽油机、调径变矩抽油机（两级平衡）、杠铃游梁抽油机等。但是，仍然没有脱离电能转变为旋转运动，再用四连杆机构将旋转运动转变为直线往复运动，虽然启动扭矩有一定程度的降低，装机容量低了一个档次，但还有一定潜力可挖，重点分析如下：

以往各种抽油机都是将电能转换为旋转运动，再利用机械的方法转变为直线往复运动，这些抽油机都有各自的优缺点。

一、游梁式抽油机

游梁式抽油机除前述的优点外，还特别能适应野外、全天候、长时间连续运转。百余年来有杆泵抽油地面设备还是大量使用游梁式抽油机。但是，游梁式抽油机还存在以下需要改进的问题：

(1) 游梁式抽油机将电动机的旋转运动转变为直线往复运动效率较低，主要环节是皮带传动、减速箱和四连杆机构。

① 皮带传动的功率损失。一般以弯曲功率损失和弹性滑动损失为主。20世纪70年代以

来,对皮带做了大量改进工作,创造出窄V带、多楔带、同步带等,使得传动效率由83%提高到94%,由于管理等方面的原因,目前大量的抽油机皮带传动效率在85%左右。

②减速箱传动效率一般比较高,一副轴承传动损失约为1%,一对齿轮传动损失约为2%,减速箱总传动损失约为9%~10%,传动效率约为90%左右。

③四连杆机构三副轴承传动效率损失3%,钢丝绳变形损失通常统计约为3%,总计四连杆机构传动效率约为94%左右。

由以上分析可知,传动效率约为72%左右,即游梁式抽油机本身机械传动能量损失28%,这也是游梁式抽油机系统效率低的原因之一。

(2)游梁式抽油机加大冲程时减速箱扭矩成正比例加大,如式(1-1)、式(1-2)所示:

$$T_{\max} = (0.25W_{\max} - 0.2W_{\min}) \cdot S \quad (1-1)$$

$$T_{\max} = 0.25(0.93W_{\max} - 1.2W_{\min}) \cdot S \quad (1-2)$$

式中 T_{\max} ——减速箱最大扭矩, kN·m;

W_{\max} ——悬点最大载荷, kN;

W_{\min} ——悬点最小载荷, kN;

S ——光杆冲程, m。

公式(1-1)适合于常规游梁式抽油机,公式(1-2)适合于前置式游梁抽油机。

由公式(1-1)可以看出,冲程增加减速箱扭矩成比例增大,需要更换更大更重的减速箱,冲程增加,以12型游梁式抽油机为例,最大载荷120kN,最小载荷60kN,冲程为3m,用公式(1-1)计算减速箱扭矩为53kN·m,如果将冲程加大到4.2m,则减速箱扭矩将增加到75kN·m,由此可见,冲程由3m增加到4.2m,选用减速箱要由53kN·m增加到105kN·m,上升两个档次。再者,加大冲程后四连杆尺寸必然加大,引起抽油机外形尺寸和总机重量迅速增加,例如,额定悬点载荷为100kN的常规游梁抽油机,当光杆最大冲程由3m增加到4.5m时,抽油机总重由15t上升到25t,净增加66.6%。

(3)游梁式抽油机的四连杆机构使得驴头运动规律为类似简谐运动,其最高速度和最低速度较匀速运动的速度高得多,所以在相同的时间内要达到最高速度,其加速度较匀速运动也大得多,造成惯性载荷大,使抽油机承受载荷过大,降低了抽油机有效载荷利用程度,缩短了抽油机使用寿命。

二、无游梁抽油机

20世纪70年代以来,为了改善游梁式抽油机的性能,先后开发出链条抽油机、皮带抽油机和液压抽油机,这些抽油机虽然取消了四连杆机构,链条抽油机和皮带抽油机是利用往返架和轨迹链条将电动机的旋转运动转变为直线往复运动,液压抽油机用液压换向实现直线往复运动。这些抽油机在性能方面都有一定的改善。

(1)链条抽油机和皮带抽油机结构原理都是将电动机的旋转运动通过皮带传动及减速箱减速,驱动主动链轮,带动轨迹链条和往返架做直线往复运动,虽然取消了四连杆机构,但其传动效率与游梁式抽油机区别不大。这种抽油机的优点有:采用了匀速运动,所以它的最高速度低,加速度小,因而动载和惯性载荷较小。总机重量轻,结构紧凑,占地面积小,目前得到一定程度的推广。但是必须看到,这种抽油机采用了软连接,在交变载荷作用下,钢丝绳寿命较短,制约了这种抽油机的推广。

(2)液压抽油机从结构原理方面打破了游梁式抽油机将电能转换为旋转运动,再利用机

械的方法将旋转运动转变为直线往复运动的做法，传动效率高，而且能实现无级调整地面参数，从机理方面分析液压抽油机作为长冲程抽油机的机型是非常合适的，因为只要相应地加长工作液缸的长度，就可以获得相当长的冲程，此时整机的复杂程度、重量、成本都增加得不多，其重量只相当同类游梁式抽油机的10%~20%。而且可以方便地无级调整冲程、冲数，为自动控制满足采油工艺技术要求创造了良好的条件。在一冲程内90%以上时间均处于匀速状态，惯性载荷小，运动性能良好。因此，液压抽油机的研究和应用一直吸引着人们的注意力。但是，直到目前为止，液压抽油机的工业应用仍然不多。其主要原因是液压系统的可靠性还不能满足抽油机恶劣运行环境的要求。首先，抽油机往复运动线速度非常高，当冲程为6m，冲数为 5min^{-1} 时平均线速度高达1m/s，在这样高的速度下还要求长期连续工作，以行业标准规定抽油机使用寿命15年，这样就要求液缸和换向阀连续工作 75×10^6 次，虽然目前已开发出液压减速机构，但减速比例不大，目前国内任何液压元件都满足不了这样高的运动速度和长时间连续运转的要求；其次，抽油机要求在野外全天候运转，要经受季节和昼夜温差变化及风砂、粉尘、雨水等的侵袭，液压油很容易被污染变质，影响液压系统正常工作；再次，抽油机是无人值守的设备，液压系统也不适应这样的工作环境。由此可见，液压抽油机要在油田广泛应用，还需依靠液压技术的进一步发展和提高，如高压密封件、超长液缸、耐磨的液压元件等。

三、直线电动机抽油机

20世纪末21世纪初，总结了过去的经验教训，吸取了液压抽油机的特点，我国首先攻克直线电动机大推力的技术关键，研制成功直线电动机抽油机，悬点载荷最大可达160kN（暂定160kN，还可以加大），电动机推力为15~30kN（预计可达到60kN），最大冲程可达6m以上，只要其他工艺设备配套，冲程长度可以赶上美国的24.4m，但从采油工艺要求分析不需要这样大的冲程，一般说来6~8m就足够了。这种抽油机最大的特点是改变了过去各种抽油机都是将电能转变为旋转运动，再通过机械方式转变为直线往复运动，机械效率低的弱点。而直线电动机抽油机是将电能直接转变为直线往复运动，不但提高了效率，而且能实现抽汲参数无级调整，进而能根据抽油的需要调整悬点运动规律，为智能化创造很好的条件，在某种意义上说是抽油机结构机理上的一种革命。但是这种抽油机现场使用时间还短，有待进一步实践和考验。

第二节 游梁式抽油机

一、游梁式抽油机工作原理

游梁式抽油机工作原理是：电动机将电能转换为旋转运动，再经过减速箱两次减速后，利用四连杆机构将旋转运动转变为直线往复运动，通过驴头、悬绳器、光杆、抽油杆带动深井泵抽油。由此可见，游梁式抽油机的核心部件是四连杆机构。它是由曲柄、连杆、后臂和减速箱输出轴与中轴承连线组成。由于上述第四杆为固定杆，当曲柄作旋转运动时，尾轴承必然以中轴承为圆心，以后臂长为半径，作圆弧运动。相应的游梁前端也以中轴承为圆心，以前臂长为半径作圆弧运动。而驴头弧面恰恰也是以中轴承为圆心，以前臂长为半径的圆弧，而且悬绳器又是用毛辫子与驴头软连接，因此其切点运动规律是垂直直线往复运动。四连杆机构的主要任务是承载、运动转换和实现平衡。从某种意义上说，游梁式抽油机的设计，很重要的部分是四连杆机构的设计。因为四连杆机构除承担上述三项主要任务外，它的

设计是否合理，无论是对游梁式抽油机的工作性能，还是对抽油机轮廓尺寸和整机重量都有重大影响。

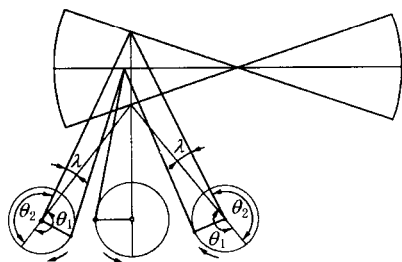


图 1-1 游梁抽油机的四连杆机构型式

四连杆机构，在曲柄旋转一周中，有两个位置使曲柄和连杆处于一条直线上，称为极限位置。这两条直线之间的夹角称为极位夹角 λ ，如图 1-1 所示。按照极位夹角的不同产生三种机构： $\lambda = 0$ 对称机构，即连杆与游梁铰接点与减速箱输出轴中心处在同一垂直线上，如常规后置式游梁抽油机； $\lambda > 0$ 或 $\lambda < 0$ 都属于偏移机构。异相曲柄游梁式抽油机属于 $\lambda > 0$ 偏移机构，即减速箱输出轴中心向后移动，一般 λ 取 12° 左右，当驴头在右侧，电动机顺时针旋转时，上行程慢，动载减小，最大悬点载荷下降，抽油机承载能力可以

充分利用，进而改善抽油杆受力状况。下行程快，动载增加，有可能造成抽油杆下行困难（尤其在稠油井和斜井中）。如果减速箱允许逆时针旋转时，则上行程快下行程慢。前置式游梁抽油机属于 $\lambda < 0$ 偏移机构。

二、游梁式抽油机类型及基本参数

1. 常规游梁抽油机参数系列

1) 游梁抽油机基本参数定义

基本参数是用来表征某种机械的主要性能、基本结构和主要尺寸的一组参数，它反映了机械的主要技术经济指标，其中包括：规格参数、工况参数、性能参数和经济指标等。国内外游梁抽油机基本参数统一规定为：额定悬点载荷、减速箱额定扭矩和光杆最大冲程。

(1) 额定悬点载荷。

额定悬点载荷是指除电动机和减速箱以外，游梁式抽油机的强度和刚度所限制作用于悬点上的最大载荷允许值，即光杆示功图载荷最大峰值，也就是说包括静载荷、动载荷和各种摩擦载荷的总和，不包括突发的意外载荷。20 世纪 70 年代以前，我国游梁式抽油机采用原苏联标准，1975 年制订了 JB 1576—75《游梁抽油机型式和基本参数》中国第一个有关抽油机的技术标准。1985 年又制订了 SY 5057—85《游梁抽油机型式与基本参数》。1989 年又作了修订，标准号为 GB 11469—89《游梁式抽油机》国家标准。标准中以额定悬点载荷作为第一参数。

按抽油系统中最薄弱环节——抽油杆来考虑抽油机最大悬点载荷，根据 API 抽油杆强度计算方法，额定悬点载荷可按公式 (1-3) 进行计算：

$$W_{\max} = \frac{SF \times T \times A_r \times 10^3}{4 \left(1 - 0.5625 SF \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} \right)} \quad (1-3)$$

式中 W_{\max} ——悬点最大载荷，kN；
 SF ——安全使用系数，无量纲；
 T ——抽油杆抗拉强度极限，MPa；
 A_r ——抽油杆柱顶部面积， m^2 ；
 σ_{\min} ——抽油杆最小应力，MPa；
 σ_{\max} ——抽油杆最大应力，MPa。

取目前最大抽油杆直径 28.6mm, 安全使用系数为 1, $\delta_{\min}/\delta_{\max}$ 的最大值不会超过 0.75~0.8, D 级抽油杆抗拉强度极限 794MPa, 代入公式 (1-3), 计算结果悬点最大载荷为 220~230kN, API Std 11E 中规定为 209kN, 已相当接近计算值, 我国标准定为 180kN, 如果按超高强度抽油杆计算, E 级抽油杆抗拉强度极限 1210MPa, 则将来 E 级抽油杆使用量大了以后, 可以考虑悬点最大载荷采用 335~350kN。

(2) 光杆最大冲程。

单纯从提高抽油泵柱塞有效冲程, 改善抽油杆柱受力状况, 降低抽油杆柱弹性变形等方面考虑, 光杆冲程越长越好。但是, 光杆冲程越长, 游梁式抽油机轮廓尺寸就越大, 所需减速箱的额定扭矩也越大, 需配的平衡重也相应地增加, 因而抽油机总重量也越大。例如, 额定悬点载荷为 100kN 的常规游梁抽油机, 当光杆最大冲程由 3m 增加到 4.5m 时, 抽油机总重由 15t 上升到 25t。另外, 增加光杆最大冲程还需要抽油系统其他部件配套才能实现, 如要将光杆最大冲程加大到 6m 以上时, 光杆和抽油泵筒长度就要达到 8m 以上, 这样一来在加工制造方面有一定难度。

以下从理论上对光杆最大冲程上限做一个粗略的分析, 可用公式 (1-4) 估算, 抽油机最大悬点载荷时该抽油机最大允许的下泵深度

$$L_{\max} = \frac{W_{\max}}{9.81 \times 10^{-3} [\rho_l A_p + (1 - \rho_l / \rho_r) q_r] \left(1 + \frac{a_{\max}}{g}\right)} \quad (1-4)$$

式中 L_{\max} ——允许最大下泵深度, m;

W_{\max} ——抽油机额定悬点载荷, kN;

ρ_l ——油管内液体密度, kg/m³;

A_p ——抽油泵柱塞面积, m²;

ρ_r ——抽油杆密度, kg/m³;

q_r ——抽油杆在空气中每米重量, kg/m;

a_{\max} ——悬点较低的加速度, m/s²;

g ——重力加速度, m/s²。

若取额定悬点载荷上限 220kN, 抽油泵径 32mm, 抽油杆密度 7810kg/m³, 油管内液体密度 1000kg/m³, 采用四级组合抽油杆 (28mm、25mm、22mm 各占 20%, 19mm 占 40%), 抽油杆每米重 3.57kg/m, 取较低的加速度 0.15g, 代入公式 (1-4) 计算可得下泵深度为 5000m 左右 (这是采用钢抽油杆抽油机所能下的最大深度)。在该深度下, 抽油杆柱变形量为 2.4m (用虎克定律计算), 假定柱塞冲程能达到光杆冲程的 60%~70%, 则光杆冲程应为 6~8m。因此, 从深井采油发展需要考虑, 游梁式抽油机光杆最大冲程取 6~8m 较合适。API 标准规定游梁式抽油机光杆最大冲程为 7.6m, 与上述分析结果接近。

(3) 减速箱额定扭矩。

减速箱额定扭矩是指减速箱中各零部件的强度和刚度都需满足减速箱输出轴最大扭矩的要求。只要曲柄轴上的净扭矩曲线的峰值不超过减速箱额定扭矩, 减速箱就能安全运行。

一般来说, 悬点载荷越大, 所用光杆冲程越长, 则作用于减速箱输出轴的净扭矩就越大, 但是, 这三者之间的关系并不是固定不变的成正比关系。API Std 11E 中规定悬点最大载荷 W 、光杆最大冲程 S 和减速箱额定扭矩 T 之间的比值 $\alpha = T/WS$ 为 0.08~0.32, 相差 4 倍之多。国家标准 GB 1649—89 中规定 $\alpha = 0.1 \sim 0.23$, 相差 2.3 倍。由此可见 T , W 及 S

之间没有固定的规律。由前述扭矩计算公式 (1-1) 导出公式 (1-5), 可知

$$\alpha = 0.25 \left(1 - 0.8 \frac{W_{\min}}{W_{\max}} \right) \quad (1-5)$$

由公式 (1-5) 可见, 减速箱输出轴上最大扭矩不仅和冲程有关, 而且和悬点最大、最小载荷有关, 并且和这些载荷出现的曲柄位置有关。从悬点载荷分析来看, 泵径越大, 冲次越高, 加速度越大, α 越大。在这种情况下, 如果采用 α 较小的抽油机, 则在使用光杆最大冲程时, 扭矩将比悬点载荷先到达额定值。因此在选抽油机时, 三个基本参数不允许同时都选最大值, 最多两个基本参数选最大值。

2) 常规游梁抽油机基本参数系列

(1) 国产游梁抽油机基本参数系列。

1989年重新修订的游梁抽油机国家标准中规定, 驴头悬点额定载荷为第一参数, 其余两个参数的次序为光杆最大冲程和减速箱额定扭矩。规定的基本参数系列如表 1-1 所示。

表 1-1 国产游梁抽油机基本参数系列

驴头悬点额定载荷, kN	20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180
光杆最大冲程, m	0.6, 1.2, 1.5, 1.8, 2.1, 2.5, 3.0, 3.6, 4.2, 4.8, 5.4, 6.0
减速箱额定扭矩, kN·m	2.8, 6.5, 9, 13, 18, 26, 37, 53, 73, 105

目前生产的定型游梁抽油机有 28 种, 如表 1-2 所示。

表 1-2 游梁抽油机型号参数系列

抽油机规格代号	驴头悬点额定载荷, kN	光杆最大冲程, m	减速箱额定扭矩, kN·m
2-0.6-2.8	20	0.6	2.8
3-1.2-6.5	30	1.2	6.5
3-1.5-6.5	30	1.5	6.5
3-2.1-13	30	2.1	13
4-1.5-9	40	1.5	9
4-2.5-13	40	2.5	13
4-3-18	40	3.0	18
5-1.8-13	50	1.8	13
5-2.1-13	50	2.1	13
5-2.5-18	50	2.5	18
5-3-26	50	3.0	26
6-2.5-26	60	2.5	26
8-2.1-18	80	2.1	18
8-2.5-26	80	2.5	26
8-3-37	80	3.0	37
10-3-37	100	3.0	37
10-3-53	100	3.0	53

续表

抽油机规格代号	驴头悬点额定载荷, kN	光杆最大冲程, m	减速箱额定扭矩, kN·m
10-4.2-53	100	4.2	53
12-3.6-53	120	3.6	53
12-4.2-73	120	4.2	73
12-4.8-73	120	4.8	73
14-3.6-73	140	3.6	73
14-4.8-73	140	4.8	73
14-5.4-73	140	5.4	73
16-4.8-105	160	4.8	105
16-6-105	160	6.0	105
18-6-105	180	6.0	105

表 1-2 规格代号中第一位数字乘以 10 等于驴头悬点额定载荷 (单位 kN), 第二位数字为光杆最大冲程 (单位 m), 第三位数字代表减速箱额定扭矩 (单位 kN·m)

(2) API 游梁抽油机参数系列。

API Std 11Eib 抽油机规范中规定减速箱额定扭矩为第一参数, 其余两项参数次序为驴头悬点额定载荷及光杆最大冲程。规定的基本参数系列如表 1-3 所示。

表 1-3 API 游梁抽油机参数等级

减速箱额定扭矩 kN·m (10 ³ lb·in)	驴头悬点额定载荷 kN (10 ³ lb)	光杆最大冲程 m (in)
0.73 (6.4)	9.5 (21)	0.41 (16)
1.1 (10)	12 (27)	0.51 (20)
1.8 (16)	15 (32)	0.61 (24)
2.9 (25)	18 (40)	0.76 (30)
4.5 (40)	24 (53)	0.91 (36)
6.5 (57)	25 (56)	1.07 (42)
9 (80)	30 (67)	1.22 (48)
13 (114)	34 (76)	1.37 (54)
18 (160)	40 (89)	1.63 (64)
26 (228)	43 (95)	1.88 (74)
37 (320)	49 (109)	2.18 (86)
53 (456)	54 (119)	2.14 (100)
73 (640)	60 (133)	3.05 (120)
105 (912)	65 (143)	3.66 (144)
147 (1280)	78 (173)	4.27 (168)
210 (1824)	91 (200)	4.88 (192)
295 (2560)	97 (213)	5.49 (216)
420 (3648)	110 (246)	6.10 (240)

续表

减速箱额定扭矩 kN·m (10 ³ lb·in)	驴头悬点额定载荷 kN (10 ² lb)	光杆最大冲程 m (in)
	116 (256)	7.62 (300)
	138 (305)	
	160 (365)	
	190 (427)	
	210 (470)	

API 标准游梁抽油机系列共有 18 类, 77 种型号, 现列举如下。以下数据顺序为减速箱扭矩—驴头悬点载荷—光杆最大冲程, 单位为 kN·m—kN—m (10³lb·in—10²lb—in)。

0.73-15-0.41 (6.4-32-16); 0.73-9.5-61 (6.4-21-24)。
 1.1-15-0.61 (10-32-24); 1.1-18-0.51 (10-40-20)。
 1.8-12-0.76 (16-27-30); 1.8-24-0.76 (16-53-30)。
 2.9-24-0.76 (25-53-30); 2.9-25-0.91 (25-56-36);
 2.9-30-0.91 (25-67-36)。
 4.5-40-0.91 (40-89-36); 4.5-34-1.07 (40-76-42);
 4.5-40-1.07 (40-89-42); 4.5-34-1.22 (40-76-48)。
 6.5-34-1.07 (57-76-42); 6.5-40-1.07 (57-89-42);
 6.5-43-1.22 (57-95-48); 6.5-49-1.22 (57-109-48);
 6.5-34-1.37 (57-76-54)。
 9-49-1.22 (80-109-48); 9-60-1.22 (80-133-48);
 9-54-1.37 (80-119-54); 9-60-1.37 (80-133-54);
 9-54-1.62 (80-119-64)。
 13-60-1.37 (114-133-54); 13-65-1.62 (114-143-64);
 13-78-1.62 (114-173-64); 13-65-1.88 (114-143-74);
 13-54-2.18 (114-119-86)。
 18-78-1.62 (160-173-64); 18-65-1.88 (160-143-74);
 18-78-1.88 (160-173-74); 18-91-1.88 (160-200-74);
 18-78-2.18 (160-173-86)。
 26-78-1.88 (228-173-74); 26-91-1.88 (228-200-74);
 26-97-2.18 (228-213-86); 26-110-2.18 (228-246-86);
 26-78-2.54 (228-173-100); 26-97-3.05 (228-213-120)。
 37-97-2.18 (320-213-86); 37-116-2.54 (320-256-100);
 37-138-2.54 (320-305-100); 37-97-3.05 (320-213-120);
 37-116-305 (320-256-120); 37-116-3.66 (320-250-144)。
 53-116-3.05 (456-256-120); 53-138-3.05 (456-305-120);
 53-160-3.05 (456-325-120); 53-116-3.66 (456-256-144);
 53-138-3.66 (456-305-144); 53-138-4.27 (456-305-168)。
 73-138-3.05 (640-305-120); 73-116-3.66 (640-256-144);

73-138-3.66 (640-305-144); 73-160-3.66 (640-365-144);
 73-138-4.27 (640-305-168); 73-138-4.88 (640-305-192)。
 105-194-3.66 (912-427-144); 105-138-4.27 (912-305-168);
 105-160-4.27 (912-365-168); 105-138-4.88 (912-305-192);
 105-190-4.88 (912-427-192); 105-210-6, 10 (912-470-240);
 105-190-5.49 (912-427-216)。
 147-190-4.27 (1280-427-168); 147-190-4.88 (1280-427-192);
 147-190-5.49 (1280-427-216); 147-210-6.10 (1280-470-240);
 147-210-7.62 (1280-470-300)。
 210-190-4.88 (1824-427-192); 210-190-5.49 (1824-427-216);
 210-210-6.10 (1824-470-240); 210-210-7.62 (1824-470-300)。
 295-210-6.10 (2560-470-240); 295-210-7.62 (2560-470-300)。
 420-210-6.10 (3648-470-240); 420-210-7.62 (3648-470-300)。

(3) ГOCT 游梁抽油机参数系列。

ГOCT 游梁抽油机参数以驴头悬点额定载荷为第一参数，其余两个参数次序为光杆最大冲程及减速箱额定扭矩。在 ГOCT 5866—76 中规定的参数系列如表 1-4 所示。

表 1-4 ГOCT 游梁抽油机参数

驴头悬点额定载荷, kN	20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 150, 200
光杆最大冲程, m	0.6, 1.2, 2.1, 2.5, 3.0, 3.5, 4.5, 6.0
减速箱额定扭矩, kN·m	2.5, 6.3, 16, 25, 40, 56, 80, 125

ГOCT 标准规定游梁抽油机 13 种规格系列如下：

CK2-0.6-250、CK3-1.2-630、CK4-2.1-1600、CK5-3-2500、CK6-2.1-2500、CK8-3.5-4000、CK8-3.5-5600、CK10-3-5600、CK10-4.5-8000、CK12-2.5-4000、CK12-3.5-8000、CK15-6-12500、CK20-4.5-12500。

以上规格型号 CK 代表抽油机，第一位数乘 10 等于驴头悬点额定载荷（单位 kN），第二位数代表光杆最大冲程（单位 m），第三位数乘 10^{-2} 等于减速箱额定扭矩（单位 kN·m）。

2. 国产常规游梁抽油机类型

目前国内生产的抽油机类型很多，这里只介绍较成熟且有使用价值的抽油机，对正在试验且问题较多的抽油机暂不作介绍。

1) 常规游梁式抽油机

常规游梁式抽油机是游梁式抽油机基本形式。它的结构特点是，曲柄连杆机构和驴头分别位于支架的前后两边，曲柄轴中心基本上位于游梁尾轴承正下方，利用四连杆机构将旋转运动转变为往复运动。如图 1-2 所示，它主要由抽油

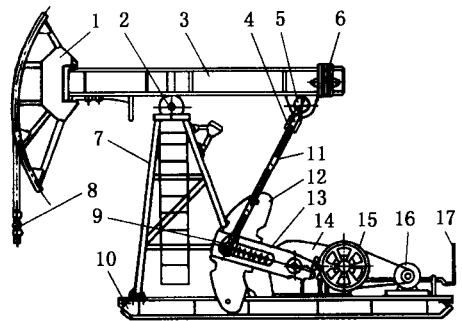


图 1-2 常规型游梁式抽油机结构简图

1—驴头；2—支架轴；3—游梁；4—横梁；5—横梁轴；6—游梁平衡块；7—支架；8—悬绳器；9—曲柄销；10—底座；11—连杆；12—曲柄平衡块；13—曲柄；14—减速器；15—减速器皮带轮；16—电动机；17—刹车装置

机拖动装置、减速箱、曲柄、连杆、横梁、游梁、驴头、支架、底座、刹车装置、悬绳器以及平衡重等部分组成。减速箱安装位置有两种：一种是减速箱直接装在底座上，其优点是支架高度低，但抽油机需要安装在高的水泥基础上，给安装和维修带来不便；另一种是将减速箱安装固定在底座体上（用钢板焊成）高底座上面，其优点是不需要高的水泥基础，安装和维修都比较方便，国内外常规游梁式抽油机多采用这种形式。

2) 异相型游梁抽油机

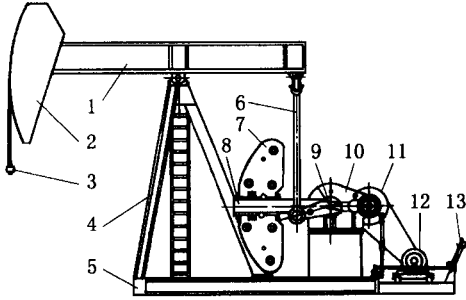


图 1-3 异相型游梁式抽油机结构图

1—游梁；2—驴头；3—悬绳器；4—支架；5—底座；
6—连杆；7—平衡块；8—曲柄；9—输出轴；10—减
速器；11—减速器皮带轮；12—电动机；13—底座

异相型游梁式抽油机是近 30 余年改造成功的一种性能较好的抽油机。与常规游梁抽油机相比有两点改进：其一是将减速箱背离支架后移，增大了减速箱输出轴中心和游梁摆动中心之间的水平距离 I ，形成了较大的极位夹角 λ ；其二是平衡块重心与曲柄轴中心连线和曲柄销中心与曲柄轴中心连线之间构成的夹角 τ ，通常称为平衡相位角。这种抽油机的曲柄均为顺时针旋转（驴头在右侧），因此曲柄平衡重总是滞后一个相位角 τ 。其结构如图 1-3 所示。

由于异相型游梁抽油机具有较大的极位夹角，一般为 12° 左右，当曲柄旋转方向如图 1-3 中所示时，这种正极位夹角使得抽油机上冲程时曲柄旋转的角度增加 12° ，下冲程时曲柄旋转的角度减少 12° ，上冲程时间大于下冲程时间，使得加速度和动载荷有所下降。由于平衡相位角改善了平衡效果，使扭矩峰值降低，扭矩变化较均匀，所需电动机功率减小，在一定条件下有节能效果。但对抽稠油不利，如果减速箱允许逆时针旋转时，则上行程快下行程慢，能适合稠油工况。

3) 前置型游梁抽油机

前置型游梁抽油机是游梁抽油机的另一种形式。它的结构特点是曲柄连杆机构和驴头都位于支架的前面，曲柄连杆机构存在 15° 左右的极位夹角和 20° 左右的平衡相位角，因而上冲程时间长。由于光杆运动中加速度与运行时间的平方成反比，因此其悬点载荷较低，抽油机承载状况较合理。这种抽油机上冲程时扭矩因数较小，又具有平衡相位角，使得上冲程开始时减速箱输出扭矩比油井负荷扭矩滞后，而在下冲程时减速箱输出扭矩又超前于油井负荷扭矩，有效地降低了减速箱峰值扭矩，使净扭矩较均匀，降低了运行功率，有一定的节能效果，其结构见图 1-4。但是这种抽油机具有不容忽视的缺点，主要表现在结构不平衡重比常规机大得多，必须加重平衡重，增加了总机重量；减速箱安装在支架下面，安装和维修保养都不方便；运行过程中前冲力较

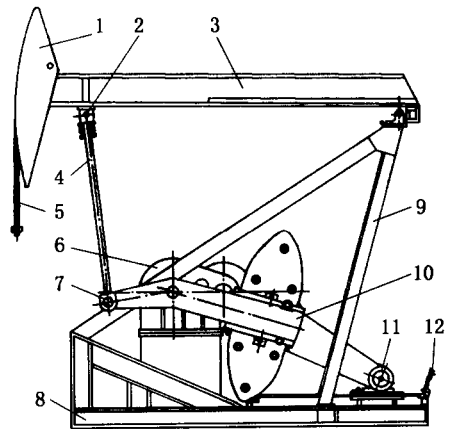


图 1-4 前置型游梁式抽油机结构图

1—驴头；2—横梁；3—游梁；4—连杆；5—吊绳及悬
绳器；6—减速器；7—曲柄销；8—底座；9—支架；
10—曲柄；11—电动机；12—刹车装置