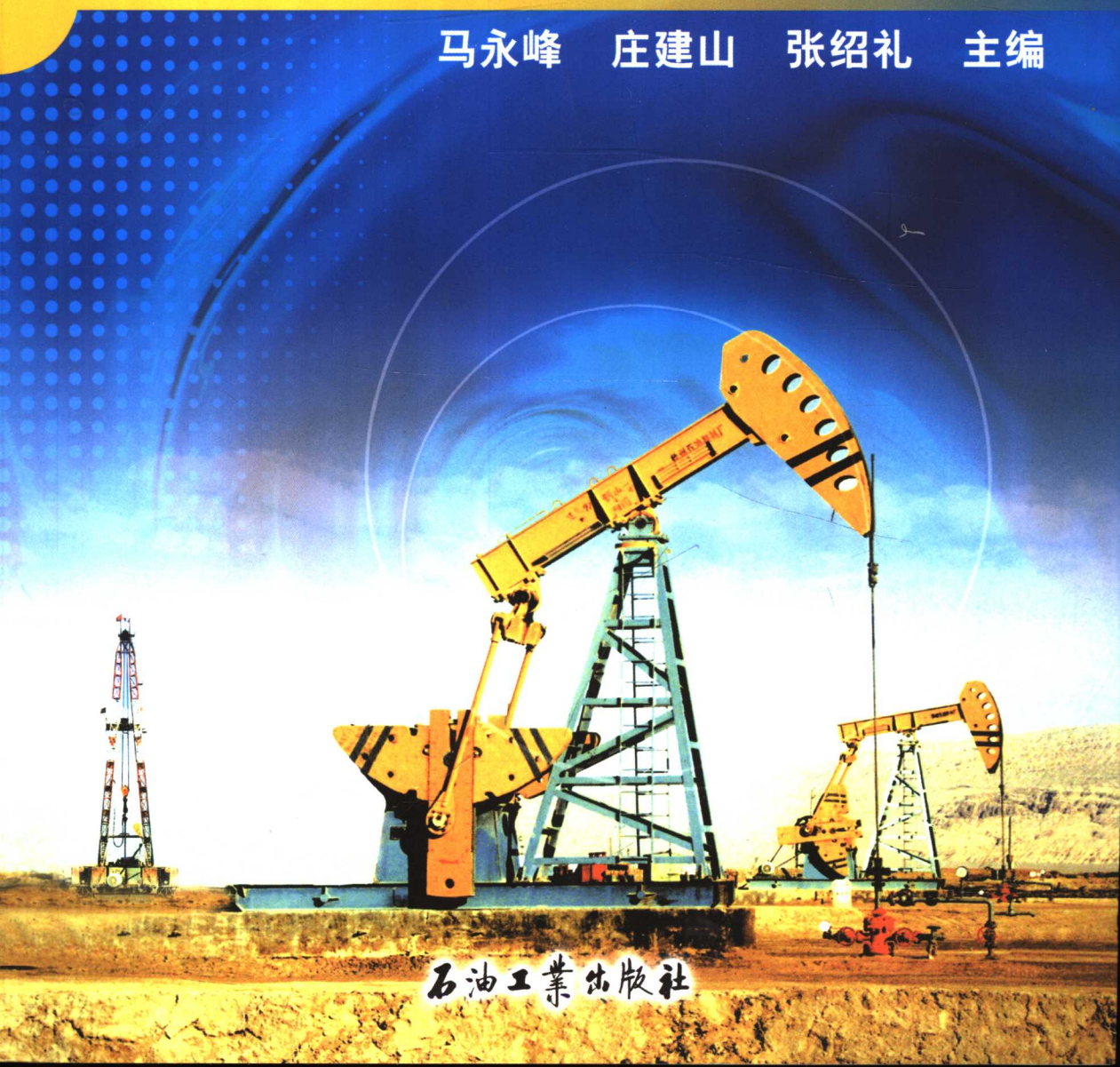


石油工人技术培训系列丛书

油气井测试

工艺技术

马永峰 庄建山 张绍礼 主编



石油工业出版社

石油工人技术培训系列丛书

油气井测试工艺技术

马永峰 庄建山 张绍礼 主编

石油工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

油气井测试工艺技术/马永峰等主编.

北京:石油工业出版社,2007.6

(石油工人技术培训系列丛书)

ISBN 978-7-5021-5950-4

I. 油…

II. 马…

III. 油气测井-技术培训-教材

IV. TE15

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 021053 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 100011)

网 址:www. petropub. cn

教材中心:64243803 发行部:(010)64210392

经 销:全国新华书店

排 版:北京乘设伟业科技排版中心

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2007 年 6 月第 1 版 2007 年 6 月第 1 次印刷

787×960 毫米 开本:1/16 印张:22.75

字数:380 千字 印数:1—2000 册

定价:35.00 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

《石油工人技术培训系列丛书》

编 委 会

主 任：郑 虎

副 主 任：李万余 王永春 孙祖岭 白泽生

刘志华 孙金瑜

委 员：(按姓氏笔画排序)

上官建新	万志强	马卫东	马平凡
马自勤	王立民	王忠仁	尹君泰
申尧民	石桂臣	许 飞	许大坤
朱长根	向守源	百连刚	齐振林
张凤山	张景仁	张 剑	张启英
张晗亮	李储龙	李越强	岳丛林
范卓瑛	段世民	钟启刚	侯浩杰
赵益红	郝春生	夏中伏	郭向东
郭跃武	韩 炜		

《油气井测试工艺技术》编写组

主 编：马永峰 庄建山 张绍礼

副 主 编：刘 铮 胡效青 刘振庆 唐 磊

编写人员：王宏声 李东平 卓建立 马清元

 杨 皓 郭秀庭 朱宝峰 刘永红

 宋黎明 王元龙 温军彦 任永宏

 刘 平 穆立婷 陈俊昌 刘振岭

 张 涛 邓维斌 张 波 刘能强

 商焕龙 顾永伟 于波涛 汪建伟

审 稿：朱礼斌

努力造就更多的高技能人才

(代序)

《石油工人技术培训系列丛书》的出版,十分及时,很有必要,对加强中国石油天然气集团公司(以下简称“集团公司”)经营管理、专业技术和操作技能三支人才队伍建设,特别是操作技能人才队伍建设具有重要意义。

小康大业,人才为本。集团公司员工队伍中的高技能人才,是推动技术创新和实现科技成果转化不可缺少的重要力量,是集团公司三支人才队伍中重要组成部分。集团公司各项事业的发展,不仅需要广大专家的智慧 and 心血,也需要千千万万高技能人才的聪明和才智。长期以来,集团公司高技能人才奋战在油田勘探开发、炼油化工等生产一线,为科技成果的转化、产业结构的升级、企业竞争力的增强,发挥了不可替代的作用。我们要像尊重高级专家那样尊重高技能人才,要像重视高级专家那样重视高技能人才,要像关心高级专家成长那样关心高技能人才的成长。只有三支人才队伍比翼齐飞,各自发挥应有的作用,才能带动集团公司这艘巨轮乘风破浪,扬帆远航。

这些年,集团公司大力实施人才强企战略,坚持三支人才队伍一起抓,紧紧抓住培养、吸引和使用三个环节,不断改进人才工作方式方法,积极营造有利于各类人才脱颖而出的环境,有力推进了三支人才队伍建设,为建设跨国企业集团提供了人才保障。其中,在操作技能人才队伍建设方面,制定了《集团公司加强高技能人才队伍建设的意见》和《技师、高级技师管理办法》,积极组织技师、高级技师培训,全面开展班组长培训,不断提高技能鉴定工作质量,组织开展职业技能竞赛,促进了操作技能队伍素质的不断提高。但是,进一步加强高技能人才队伍建设,尽快形成一支结构合理、技术精湛、一专多能、适应国际市场规模施工作业要求的操作技能人才队伍,仍

是一项十分重要而紧迫的任务。《石油工人技术培训系列丛书》的编写与出版,将为加强操作技能人才队伍培训,造就更多的高技能人才,发挥重要作用。

这套丛书从生产实际出发,以满足需求为导向,以促进员工持续学习为目的,以重点培养员工的学习能力、实践能力和创新能力为目标,内容涵盖勘探、开发、炼化、销售等领域,实践性和针对性都很强。同时,大批专家的参与写作也使教材的权威性有了保证。希望这套丛书的出版发行,能为促进集团公司员工培训工作的深入开展,为促进更多高技能人才的成长,为形成一支门类齐全、梯次合理、素质优良、新老衔接、充分满足集团公司持续有效较快协调发展需要的人才队伍做出积极的贡献。

中国石油天然气集团公司党组成员、副总经理

2005年1月28日

目 录

第一章 常规试油工艺	(1)
第一节 试油设备及仪表	(1)
第二节 油气井完井工艺技术	(17)
第三节 试油(气)准备工作	(33)
第四节 油气井射孔工艺	(40)
第五节 诱喷及排液工艺	(57)
第六节 求产及测压工艺	(75)
第二章 地层测试技术	(91)
第一节 地层测试原理及分类	(92)
第二节 地层测试设计	(101)
第三节 常规测试工具及工艺	(108)
第四节 压控测试工具及工艺	(157)
第五节 膨胀式测试工具	(212)
第六节 TCP 工具	(250)
第七节 地面控制装置	(257)
第三章 地面测试技术	(264)
第一节 地面测试流程	(264)
第二节 地面测试设备	(265)
第三节 地面测试工艺	(277)
第四章 常规试油资料的录取与处理	(283)
第一节 试油目的及应取主要资料	(283)
第二节 常规试油各工序资料录取标准	(288)
第三节 资料处理与储层评价	(313)
第五章 地层测试资料解释	(315)

第一节	地层测试压力卡片分析	(315)
第二节	地层测试资料的录取与处理	(337)
第三节	地层参数的计算	(348)
第四节	测试资料解释软件的发展状况	(352)
参考文献		(356)

第一章 常规试油工艺

第一节 试油设备及仪表

一、井架

试油井架是试油过程中支撑吊起重系统的构件,其顶部安装天车,与大绳、游动滑车组成吊起重系统,用来完成起下油管、钻杆和抽油杆作业。按井架的可移动性可分为固定式井架和可移动式井架;按结构特点可分为桅杆式(即单腿式)、两腿式、三腿式和四腿式井架;按井架高度划分为 BJ-18 型井架和 BJ-29 型井架。常用井架的主要参数见表 1-1。

表 1-1 常用井架的主要参数

井架型号	配套天车	井架高度 m	额定负荷 kN	最大负荷 kN	支脚距 mm	自重 t
BJ1-18	TC-50	18.28	400	600	1530	3.035
BJ2-18	TC-30	18.28	300	450	1530	3.42
BJ-18	TC3-50	18.28	500	700	1530	3.42
BJ-29	TC-50	28.9	500	700	2130	5.8
JJ-80-18	T3-2-1	18.3	800	1000	1530	4.5
JJ-80-21	T3-2-1	21.3	800	1000	1530	5.162
JJ-80/29-W	TC-80	29.0	800	1000	1520	6.403

二、提升设备

(一)天车

天车是安装在井架顶端的一组定滑轮。其基本结构主要由轴承支座、天车轴、滑轮组轴承润滑油道、加油嘴及天车护罩等部件组成;作用是通过

钢丝绳与游动滑车构成游动系统,以完成悬吊与起下作业。常用天车的主要技术参数见表 1-2。

表 1-2 常用天车的主要技术参数

型号	工作负荷 kN	滑轮数 个	滑轮直径 mm	滑轮绳宽 mm
黄河-30	300	4	340	24
XJ-30G	300	4	500	18.5
TC-30	300	4	400	24
TC-50	500	5	500	24
TC3-50	500	5	540	24
TC-80	800	5	530	25
C-1000	300	4	435	22
C-1500	400	5	600	25
BY-40	400	5	600	25

(二)游动滑车

游动滑车主要由滑轮、滑轮轴、轴套、侧板、底环、顶销、顶环、销子、加油器和外壳组成。其作用是通过钢丝绳与天车组成游动系统,并有省力的作用。常用游动滑车的主要技术参数见表 1-3。

表 1-3 常用游动滑车的主要技术参数

型号	最大荷载 kN	滑车数 个	滑轮直径 mm	滑轮轴径 mm	滑轮槽宽 mm
黄河-30	300	3	460	90	24
XJ-30G	300	3	450	90	18.5
YC-50	500	4	600	170	25
C-1000	300	3	435	100	22
C-1500	400	4	600	170	25
BY-40	400	4	600	170	25
YD-80	800	5	600	—	25

(三)绞车

绞车主要通过动力的传动来完成游动系统的起升作业,它与动力机组一起安装于车台面上。绞车系统主要由主滚筒总成、捞砂滚筒总成、主滚筒刹车系统、捞砂滚筒刹车、水刹车和辅助刹车、天车防碰装置、刹车毂冷却水循环系统、绞车机架及护罩总成、输入输出链条盒护罩及水刹车链条盒或辅助刹车护罩等组成。

(四)游车大钩

游车大钩是指由活动轴承和弹簧连接安装在游动滑车下面的钩状构件,主要由钩体、销子、弹簧、大钩颈、保险销组成。其作用是悬吊井内管柱,实现起下作业。常用大钩的主要技术参数见表1-4。

表 1-4 常用大钩的主要技术参数

型号	最大荷载 kN	大钩直径 mm	大钩弹簧工作行程 mm	环内径 mm	外形尺寸 (长×宽×高) mm×mm×mm
黄河-30	300	94	103	—	326×473×1251
XJ-30G	300	110	74	—	65×4574×490
C-1000	300	115	—	115	320×400×722
C-1500	400	105	115	78	470×390×1565
BY-40	400	130	140	85	520×470×485
ZA-312	800	195	183	90	—

(五)指重表

指重表用来指示钻具的悬重和钻压的变化,帮助司钻判断钻机的工作状态,掌握合理的钻进参数。指重表有两个指针,一个指示钻具的悬重,另一个以4倍的灵敏度显示悬重变化。常用指重表的主要技术参数见表1-5。

表 1-5 常用指重表的主要技术参数

型号	JZ100B	JZ80	JZ60
死绳负荷,t	15	13.3	10
最大指重,t	8 股绳 100t、 6 股绳 60t	8 股绳 100t、 6 股绳 80t	6 股绳 60t
最大误差,%	±1.5	±1.5	±1.5
灵敏度,t	≤0.5	≤1.20	≤1.20
使用环境温度,℃	-30 ~ +50	-30 ~ +50	-30 ~ +50

(六)吊环

吊环是大钩连接吊卡的工具,其作用是悬挂吊卡,完成起下管柱和吊升重物等工作。吊环有单臂吊环和双臂吊环。

(七)地滑车

对于深井或负荷大的施工井采用通井机为动力时,固定在井架附近的一个定滑轮称为地滑车。使用时,绞车滚筒上的钢丝绳平行于地面到井架底脚附近,穿过地滑车,再到天车上,可避免钢丝绳从井架顶到绞车滚筒之间的方向倾斜,防止拉斜井架或拉翻通井机。

三、计量设备

计量设备主要用于测量地层产出的油、气、水量,其包括双波纹管差压流量计、临界速度流量计、LC 型椭圆齿轮流量计、刮板流量计、LW 型涡轮流量计、JLGG 型干式数显电子水表。

(一)双波纹管差压流量计

双波纹管差压流量计由测量系统、量程弹簧组 and 外壳等组成(如图 1-1)。

流体经节流装置产生压差,即流体分别经高压阀、低压阀进入高、低压

室;在压差的作用下,双波纹管被压缩,容积缩小,但其内的工作液体是不可压缩的,所以双波纹管内部液体通过阻尼环周围的环境和阻尼旁路流向低压室波纹管的内腔;工作液从左向右流动,破坏了系统平衡,中心轴按水平方向从左向右移动,使量程弹簧产生线性拉伸,直到量程弹簧的变形与压差值所形成的测量力平衡为止。

中心轴右移时,通过固定在中心轴上的挡板推动摆杆上的微型滚珠轴承,使摆杆扭动扭力管,经心轴以扭力管同样的扭角传给四连杆机构,经四连杆机构放大,使记录笔在记录纸上显示压差值。

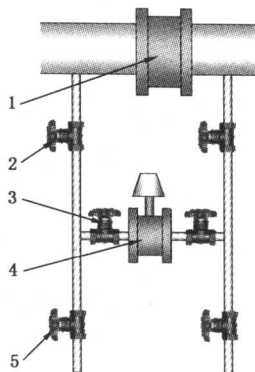


图 1-1 双波纹管差压流量计结构示意图

1—节流装置;2—导压阀;3—三阀组;
4—差压计;5—控制阀

(二)临界速度流量计

临界速度流量计由流量计本体、孔板、压盖等组成,其利用天然气流经孔板产生节流,上游压力大于下游压力约一倍时,达到临界气流,此时流速断面最小处天然气的流速等于该处温度下天然气的声速。若进一步降低孔板出口外界压力,不会引起产量的增加,而增加上游压力。虽然断面最小处的流速并不增加,但会使密度增加,气量增加,说明气体流量与下游压力无关,仅取决于上游压力。利用孔板前的压力即可算出气体流量。该流量计适用于气藏探井和新气井测试。

(三)JLGG 型干式数显电子水表

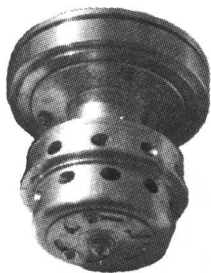


图 1-2 干式水表芯子

JLGG 型干式数显电子水表的一次表由外壳、叶轮、发讯托盘等组成;二次表由外壳、显示电路、分频电路、放大电路、传感元件等组成。其利用了叶轮旋转的角速度与流体成正比的原理。当被测流体进入仪表后,冲向叶片的流体使叶轮旋转,叶轮轴上端的环形磁钢通过磁性联轴带动指示装置,累积显示出流量数据。这种水表的干式水表芯子如图 1-2 所示,其适用于油田注水量、掺水量及其他工业用水量的计量。

四、地面分离设备

分离器是一种将互不溶解的流体相互分开的装置。按分离功能分为二相或三相分离器；按外形分为立式分离器和卧式分离器。二相分离器主要进行气、液分离；三相分离器主要进行油、气、水三相分离。

(一) 卧式分离器和计量罐

1. 卧式分离器

卧式分离器主要由壳体、分离头、分离箱、分离隔板、浮漂连杆机构、加热盘等组成。分离器外壳是由钢板焊接成的圆柱形筒，两端焊有两个半圆形堵头，油气沿轴线方向进入分离器内。油气进口装有分离头，其作用是使油气分散进入分离器，便于油气分离，防止冲击液面。分离隔板将分离器分成前后两室，隔板上部开有孔眼，为气体通道，隔板下部有缺口，可使原油流到后室，这样可使后室液面不受冲击影响。分离箱在隔板上部开口处，为多层板组成的蜂窝状结构，可使气体在其中流过，并把油滴吸附下来。气体出口装有分离筒（除雾器），内装多层钢丝网，可进一步把油滴吸附下来。卧式分离器外观及内部结构如图 1-3 和图 1-4 所示。

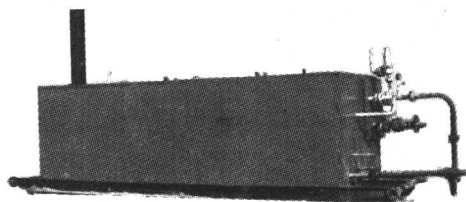


图 1-3 卧式分离器外观图

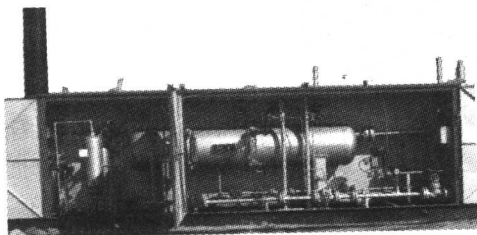


图 1-4 卧式分离器内部结构图

该分离设备的工作原理:油气混合物由进油管流到分离头内被均匀散开,由于液流进入分离器后,空间增大,故液流速度降低,缓冲降压,油流分散,油、气很容易分离。气体沿上部运动进入分离箱,在其中经过多次改变流动方向,使气体中的小油滴靠重力降至气—液界面被吸附下来;未沉降的、粒径更小的油滴随气体继续流动到出口处的分离筒,经过多层钢丝网,气体中的细小油珠经凝结、合并成大油滴,在重力作用下流入集液部分;纯净气体则经压力控制阀从出气管线排出,油从下部出油管排出。

常用卧式分离器及卧式缓冲罐的主要技术参数见表1-6。

表1-6 常用卧式分离器及卧式缓冲罐的主要技术参数

型号	卧式分离器				卧式缓冲罐	
	D800 × 3600	D1200	D800	D1200	D2000 × 6500	D3000 × 9612
工作压力, MPa	6	6	6	4	4	4
试验压力, MPa	9	10	9	6	6	6
筒部长度, mm	3660	4040	4044	4040	6500	9612
油气进口直径 × 壁厚, mm × mm	108 × 4	159 × 5	100	150	159 × 5	273 × 7
气出口直径 × 壁厚, mm × mm	108 × 4	159 × 5	100	150	159 × 5	219 × 6
油出口直径 × 壁厚, mm × mm	108 × 4	159 × 5	100	150	159 × 5	159 × 5
排污口直径 × 壁厚, mm × mm	—	57 × 3.5	—	—	—	114 × 4

2. 计量罐

计量罐是试油(气)设备中一种标准的计量装置,用来准确计量地层产出液体的体积。在流程连接顺序中连接在三相分离器的下游,对带压流体经过二次分离测定液体的准确体积,可在现场标定分离器的流量计;计量罐也可单独用于不适合进分离器求产和非自喷井试油的液体计量。

目前的计量罐分为两种类型,一种是承压计量罐,又称为缓冲罐(surge tank),另一种是常压罐。

根据需要,承压计量罐既可以是立式,也可以是卧式,容积也各不相同。内部结构有整体的,也有内部分为双仓的,可以作为两个独立的罐使用。这种罐一般由以下几部分组成:(1)罐体;(2)进口;(3)液位计;(4)安全阀;

(5)压力调节和自动控制系统;(6)小气量计量系统;(7)液体出口;(8)人孔;(9)内部加热系统。计量罐的工作压力范围在 344.5 ~ 1722.5kPa。这种罐一方面可以作为计量罐使用,同时也是一个低压的两相分离器,将液体中没有分离干净的气体在低压下进行二次分离,气体送至燃烧系统燃烧,这在井内产出流体中含有毒、有害气体时尤为重要。

常压计量罐和承压计量罐的功能类似,只是罐体不能承受压力,没有压力控制系统和气体计量系统,在罐顶部的呼吸口上设有阻火器和呼吸阀,保证罐体内部的安全。其气体出口也要通过专用管线引到安全地区或燃烧。

(二)立式分离器

立式分离器按结构可分为伞式结构和伞箱式结构两类。它主要由主体容器、分离部分、液面控制部分、压力控制部分和加热器等部分组成。

(1)主体容器:主体容器是分离器的基本部件,承受的压力决定了分离器的工作压力,尺寸大小决定了分离器的处理能力。主体容器除了壳体以外还有油气进口管、出气管、出油管、排污管和人孔等。

(2)分离部分:包括油气切线方向入口、油槽、防冲板、散油帽、分离伞。

(3)液面控制部分:包括浮漂、出油阀、连杆机构等。

(4)压力控制部分:在分离器的顶部安装一个压力安全阀,以保证分离器在安全压力范围内工作。

(5)加热部分:在分离器下部安装蒸汽盘管或热水盘管用于分离器保温以及防止分离器中的液体凝固。

该分离设备的工作原理:油气混合物由侧面沿切线方向进入分离器,沿分离器壁旋转散开,油的密度大,在离心力的作用下被甩到器壁上而向下流,气体受离心力的作用小则集中向上流向气体出口,气体中所携带的油滴在重力作用下降落在散油帽上被分散开,油、气进一步分离,油沿散油帽下滑,气体上升。上升的气体在下层分离伞被集中,从顶部开口处沿上层分离伞壁运动。经几次改变流动方向,气体所携带的小油滴被吸附在分离伞表面,聚集成大油滴下落到分离器底部,气体流经除雾器时进一步脱除所携带的油滴后流出分离器。常用的立式分离器量油测气示意图见图 1-5,常用立式分离器的主要技术参数见表 1-7。