

油气田开发技术指南系列丛书

YOUQITIAN KAIFA JISHU ZHINAN XILIE CONGSHU

油田地面工程施工

周 陆 白 玉 孙培林 编著



石油工业出版社

油气田开发技术指南系列丛书

油田地面工程施工

周 陆 白 玉 孙培林 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书较系统地介绍了油田地面建设工程中油井、气井、水井、计量站、转油站、油库、注水变电站、联合站以及地面系统配套工程的施工技术,施工管理和油田地面工程的建设程序,以及工程竣工、验收、生产准备、试运投产等方面的基本知识。

本书可供油田地面工程施工技术人员和管理人员学习参考,还可供生产单位、建设单位和监理单位管理人员工作时参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

油田地面工程施工/周陆等编著.

北京:石油工业出版社,2007.8

(油气田开发技术指南系列丛书)

ISBN 978-7-5021-6044-9

I. 油…

II. 周…

III. 油田开发-地面工程-工程施工

IV. TE34

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 052171 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.com.cn

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

2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 25.5

字数: 469 千字 印数: 1—2000 册

定价: 95.00 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

《油气田开发技术指南系列丛书》

编 委 会

主 任：张卫国

副 主 任：周家尧

编 辑 组：咸玥璞 章卫兵 何 莉 贾 迎 方代煊

丛书前言

为了更好地服务于油田现场，服务于生产实际，我们在对我社历年出版的专业图书按专业分层次梳理、分析和总结，有针对性地到油田进行调研并征求油田现场的意见和建议的基础上，针对油气田开发工作涉及面广、操作性强及人员众多的特点，根据初级技术人员和高级技术工人这个层次读者的需求，参考我社已出版多年的技术工人读物，并结合油气田开发新技术的发展及工作需要，我们组织策划了这套《油气田开发技术指南系列丛书》。

本套丛书有别于专著类书籍和一般工人读物，主要立足油田现场的技术人员、技术工人及石油院校相关专业高年级大学生，旨在帮助他们了解油气田开发各个环节的方方面面，内容涉及钻井工程、采油工程、井下作业、油田地面工程、油田开发实验技术、油气开采与集输技术、计算机在油田开发中的应用等，以通俗易懂的语言介绍油气田开发的基础知识、一般工作程序、操作方法、常见问题的处理思路和解决办法等，突出针对性、实用性、可操作性强的特点。

希望本套丛书的出版能为从事油气田开发的技术工人、技术人员以及石油院校相关专业的大学生在工作和学习中提供更直接、便捷的指导。

目 录

第一章 油田地面工程概述	(1)
第一节 油田地面工程的主要内容	(1)
第二节 油田地面工程的建设程序	(22)
第二章 施工准备工作	(31)
第一节 施工组织准备	(31)
第二节 技术准备	(38)
第三节 施工现场准备	(45)
第四节 施工物质准备	(47)
第五节 施工经费的落实与管理	(50)
第三章 踏勘与测量	(52)
第一节 施工现场的踏勘	(52)
第二节 施工测量的基本方法	(53)
第三节 管道工程的施工测量	(57)
第四节 场地平整过程的测量	(61)
第五节 一般建筑物的施工测量	(62)
第六节 设备基础的施工测量	(69)
第七节 机械设备的安装测量	(70)
第八节 竣工总平面图的测绘	(73)
第四章 土建工程施工	(77)
第一节 土石方工程	(77)
第二节 地基与基础工程	(89)
第三节 砌筑工程	(101)
第四节 钢筋混凝土工程	(118)
第五节 装配式结构的施工	(135)
第六节 屋面防水及保温(隔热)工程	(149)
第五章 油田安装工程施工	(159)
第一节 管道工程	(159)
第二节 阀组的施工	(204)
第三节 容器的施工	(214)

第四节	机泵安装	(226)
第五节	工艺设备的安装	(240)
第六章	电力工程施工	(252)
第一节	电力架空线路的施工	(252)
第二节	电缆线路的敷设	(260)
第三节	动力照明配线	(264)
第四节	电动机及起动器的安装	(270)
第五节	变配电设备的安装	(277)
第六节	接地装置的安装	(289)
第七节	油田易燃易爆场所的电气安装	(291)
第七章	油田道路工程施工	(293)
第一节	路基工程	(293)
第二节	路面基层工程	(299)
第三节	路面工程	(304)
第四节	道路桥涵工程	(321)
第八章	油气生产系统地面工程的施工	(332)
第一节	油、气井井场的施工	(332)
第二节	计量站与转油站	(341)
第三节	注水井与配水间	(349)
第四节	注水(变电)站的施工	(351)
第五节	油库	(354)
第六节	联合站	(360)
第七节	天然气及轻烃集输工程	(380)
第九章	试生产考核与竣工验收	(386)
第一节	试生产考核	(386)
第二节	工程竣工验收	(393)
参考文献		(400)

第一章 油田地面工程概述

第一节 油田地面工程的主要内容

油田地面工程建设是油田上一项非常重要的工作。油田地面工程涉及生产、生活的方方面面，工程内容极多，为了叙述方便下边分系统进行重点介绍。

一、油气集输系统工程

石油及天然气矿藏埋在浅则几百米、深则几千米下的地层内。在地层中，石油及天然气呈流体状态，常具有很高的压力。另外，石油及天然气还具有易燃、易爆的特性。有时随油气流一起出来的物质还含有剧毒等特性。因此，在开采过程中不能像开采煤矿、铁矿等那样进行露天开采或坑道式开采，必须用专门的石油钻井设备将岩层钻开，下入套管，并在套管外注入水泥把井封固好。以防井壁坍塌及高压油、气、水层之间互相流窜，甚至窜到地面造成灾害。当油（气）井钻完，把套管封固好后，在井口安装上采油树，井内下入油管，再将射孔枪下到井下，对准油、气层进行射孔。打穿套管及水泥封固层，把油、气层射开，这时油、气就可以沿油管或套管这个通道流到地面，进入到我们油田地面工程的重要环节，地面油、气集输工艺流程中来。

由于油井、气井分散布置在油田各个角落，另外，各油井的压力、原油性质不同，因此，需要用各种管网和各种设备及站库将各个井生产出的原油、天然气集中起来计量和加工处理后输送出去。通常情况下，在油井的采出液中不仅含有石油及天然气，而且还有水、砂、泥浆、盐、蜡甚至还有硫、碳和胶质等。所以，原油出来后必须经过处理，为了合理开采，还必须经过分别计量，然后通过管道汇集到中转站，再由中转站转输到各种处理场（站）进行净化处理，使其按照油田开发条例和环境保护条例的规定生产出各种合格的油矿产品，主要产品有石油、天然气、轻烃、水等，这些产品经过计量、加压分别输送到各个用户。为完成上述的一系列油气生产过程，就需要在油田地面上建筑一系列的油、气集输工程和必要的各种辅助系统工程。

石油及天然气集输系统是油田生产的重要环节，也是油田地面工程最重要的施工内容之一。由于原油中的丙烷（ C_3H_8 ）、丁烷（ C_4H_{10} ）、戊烷（ C_5H_{12} ）等成分在集输过程中，当压力降低、温度升高时，极容易变成石油蒸汽。而当压力增加，温度降低时又极易以液体状态回到原油中去。由于这种原因，我国著名科

学家、大庆油田原科学技术顾问华罗庚教授，把油田上的这种系统综合称为油、气集输系统工程。现通常称之为油、气集输系统工程。

在不同的油田，由于油田地质条件不同，原油的物理、化学性质不同，开采方式不同以及油田所在地的气候条件不同，因而各油田油气集输系统的具体施工方法和施工内容也不完全相同。一般常见的油气集输系统工程大体有以下几个部分。

1. 油、气井井场

在油田上，井场的种类比较多，有以生产原油为主要目的的采油井井场；有以生产天然气为主要目的的天然气生产井井场；有以注水为主要目的的注水井井场；有以录取各种资料为主要目的的资料井井场；有以注气为主要目的的注气井井场；此外还有试验井井场、排液井井场、供水井井场、检查井井场等。

由于井的使用目的不同和油田自然条件的不同，井场上所采用的工艺设施和主要工程内容也各不相同。如同样是采油井，根据开采的方式又可分为自喷井、抽油井、潜油电泵井、水力活塞井等。

前面我们已经讲过，石油和天然气埋在地下深处，必须先采用打井的办法将它们开采出来，当井打完后，只是地下油、气矿藏和地面通道形成了，若想安全、顺利地开采还必须在井口及井口附近的井场上安装一系列的工艺设施，使油、气能按照油、气田发展的需要，科学地开采出来。下面将油田上常见到的采油井井场作简单介绍。

1) 自喷井井场

自喷井是油井中的原油、天然气以及水等混合物能依靠油层内部的压力自己喷到地面上来进行生产的井。

这种自喷井井场地面工程的施工内容和油井生产出来的原油物理、化学性质，油田所处地的气候、环境以及油田所采用的集输、计量方式有很大关系，且差异很大。

(1) 对于产量高、压力大的油井产出来的原油物理、化学性质较好，油田所在地气候条件好，油田采用多井集中在计量站进行量油、测气的自喷井井场工艺设施非常简单。井场只设有一套井口装置（通常叫采油树）、井口阀组和通往集油计量站的集油管线。

井口装置主要是由多功能的阀组组成。其主要作用是调节和控制油气产量，录取油井生产资料，如油压、套压、取样，有的还辅助计量、清蜡、油井作业的作用。

(2) 对于油井产出来的原油黏度大、含蜡量高、产液量低的油井，采用就地加热；油、气就地分离计量，分别输送到集油站对这种自喷井井场来说，井场上

的工艺设施就复杂多了,这种井场上不但设有井口装置和集油管网,还常常要设有井场原油加热装置,油气分离器,单井量油、测气计量装置,油井清蜡装置,井口房和值班室的加热保温设施等。对于油井距集油站远的,中途还要建设加热保温设施。如大庆油田开发初期多是采用这种自喷井井场工艺。

(3) 对于油井分散或者位于边远地区的油井井场上还要设置储油罐和油泵或高架油罐及汽车槽车装油设施以保证油井连续生产和外输。对于自喷井井场的大小一般根据井场工艺设施的多少和作业内容而定。

2) 抽油机井井场

抽油机井是指一些油层原始压力较低或者油层开始开采时压力较高,经过一段时间开采后,压力逐渐下降,井底的原油已不能依靠自身的压力,输到地面进行正常生产,此时为了保持油井的生产能力,采用在地面安装抽油机械和井内安装深井泵的方法,将井底的原油抽到地面并输送到集油中转站。如大庆油田、胜利油田、辽河油田等目前大部分自喷井都已改为抽油机井。

这种抽油机井井场工程内容比自喷井井场除了增加了地面抽油机械设备和井内的深井泵外,还要安装抽油机运转所需要的电力设施,如电力变压器,电动机,配电箱及高、低压供电线路等。

目前,在全国抽油机井占油井总数的绝大多数,因此,后面我们还要重点对抽油机井井场的施工,进行较详细的叙述。

3) 潜油电泵井井场

这种油井是将电动潜油泵下到井底,利用电动潜油泵代替抽油机和深井泵将油打到地面并输送到集油中转站,保持油井旺盛的生产能力。

这种油井井场上的施工内容主要包括以下几个方面:

(1) 安装潜油电泵、潜油电动机和保护器。

(2) 安装潜油电泵地面控制设备,包括自动控制箱、自耦变压器以及连接井下电动机到地面自耦变压器的耐油电缆系统(包括导向轮、电缆滚筒等)。

(3) 电力供电线路和设备,指自耦变压器到高压供电线路和设备。

(4) 油气集输管网。

4) 水力活塞泵井井场

这种井是将油井生产出的部分原油利用地面高压柱塞泵经过加压,然后将这部分高压油流作为动力,通过高压管线和井口四通送入地下,带动井下的水力活塞泵,抽吸井底的原油,并将吸入泵内的原油打到地面,并以此连续循环不断保证油井持续生产。

水力活塞泵井井场,主要施工内容有以下几部分:

(1) 水力活塞泵机组的安装。

(2) 井场工艺管网的安装,水力活塞泵井井场工艺管网较为复杂,主要包括:高压柱塞泵及阀组,储油罐,油气集输管网等。

(3) 电器线路及供电设备。

(4) 自动控制及监测设备。

(5) 井场的土建工程。

对于油井井场的施工内容除随油井的开采方法不同而不同外,还和油井所在地的气候条件,地下原油的物理、化学性质,油田所采用的集输工艺流程等多种因素有关,如对地处寒冷地区和原油含蜡高或含胶质高的水力活塞泵井井场,还要考虑井场内设备和井口的加热保温措施。

5) 天然气井井场

油田上的天然气井一般分为采气井和注气井两种,但是也有些井在冬天或使用天然气的旺季作天然气生产井;到了夏天或天然气使用淡季把暂时用不了的天然气注入地下储存起来,到使用旺季再用。另外由于油田生产的需要有些气井是专门供往地层下注入气体的井,用以保证采油需要的能量。对于注气井又分为注天然气的井和注二氧化碳气的井等。

由于油田上的各种气井使用的功能不同,其井场上所用的设备和施工内容也有很大区别,对于具体气井井场的施工内容和施工方法我们将在后面的章节介绍,这里就不再叙述了。

2. 计量站

在油田上,油气集输工艺流程采用三级布站时,通常采用单独设置油、气计量站,即石油及天然气等混合液体从油井中生产出来后,先输到油气计量站进行分离,分离后进行油井的油、气计量。有的计量站特别是掺水式流程还要进行水的计量,经过计量的油、气、水再混合在一起输送到转油站进行进一步处理。

对于油气集输工艺流程采用二级布站的通常采用以下两种流程:

一种是原油及天然气等混合物在各个油井上进行初步分离计量,然后直接送往转油站。

另一种是原油及天然气等混合物从油井中出来后直接输入转油站,在转油站上进行各单井的油、气、水计量,实际上是在转油站中,建设一个负责单井油、气、水计量的计量站。

不管是计量站设在什么地方,计量站的施工内容大体相同,即由如下几个部分组成:

(1) 计量站所辖各个油井的进站阀组;

(2) 油、气分离器及分离器阀组;

(3) 油、气、水计量仪表;

(4) 油、气、水计量阀组；

(5) 计量站土建工程。

对掺水或掺油流程通常还设有掺水或掺油阀组。对于原油黏度很高和地处寒冷地区的计量站，常常还要考虑计量站和油井到计量站原油管线的加热保温设施。

3. 油、气集输工艺流程

油田上用的油气集输工艺流程种类很多，常见的有以下几种。

1) 单管集输流程

单管集输流程是指原油从油井井场出来后就一根输油管线，把原油及天然气输送到转油站或联合站的流程，这种单管流程一般有三种，下边分别介绍。

(1) 萨尔图流程（见图 1-1）。

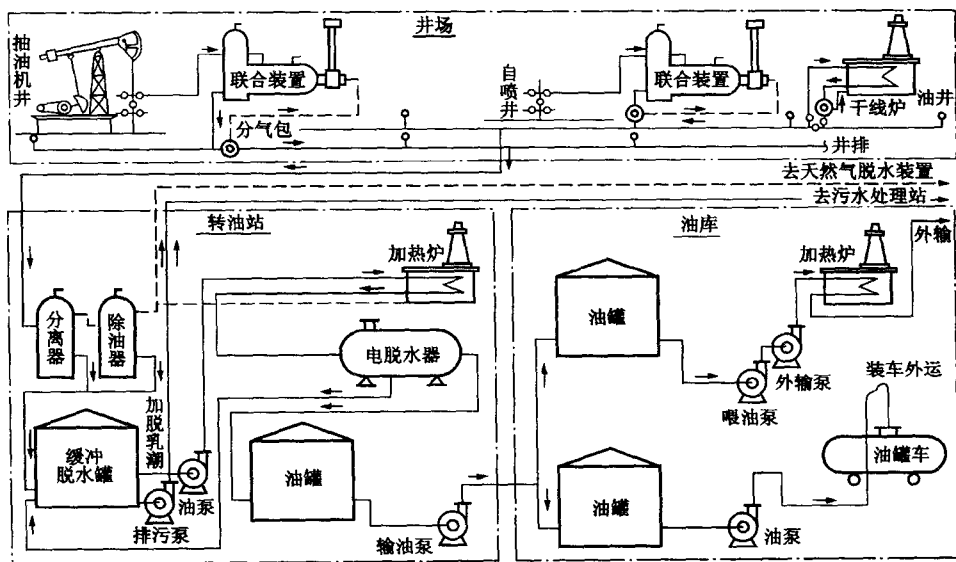


图 1-1 萨尔图流程

萨尔图流程是大庆油田初期所采用的一种集输流程，随着油田的发展现用的不多了。但这种流程有很多突出的特点，对我们了解油气集输工艺和指导油气集输系统管理是很有意义的。

萨尔图流程是：将几十口油井甚至上百口油井串联在一根管子上，利用油井地层的剩余压力，将油气从井口密闭混输到转油站（或联合站），在井场上有计量分离器，油气混合物从油井中出来在井场经过油气初步分离、计量后，再合到一起混输到转油站（或联合站）。

为了保证原油和天然气在集输管线中的温度和井口房保温,在井场设有水套式加热炉(或联合装置)加热,用分离器分离出来的天然气燃烧加热。为了保证集输干线的温度,在集输干线上还设有干线加热炉和分气包,就地利用油气混输管线中的天然气加热。

原油和天然气集中到转油站(或联合站)进行分离、净化、脱水、污水脱油等初加工,然后将净化后的合格原油用泵打到油库装车外运或长距离管道外输,脱水后的天然气输往压气站,注气站或通过配气站送往其他用户,合格的水输送到注水站回注到地下。

这种流程的井场工艺是我们讲的几种流程中最复杂的一种,如图 1-2 所示,是计量分离器和水套加热炉制成一体的联合装置。

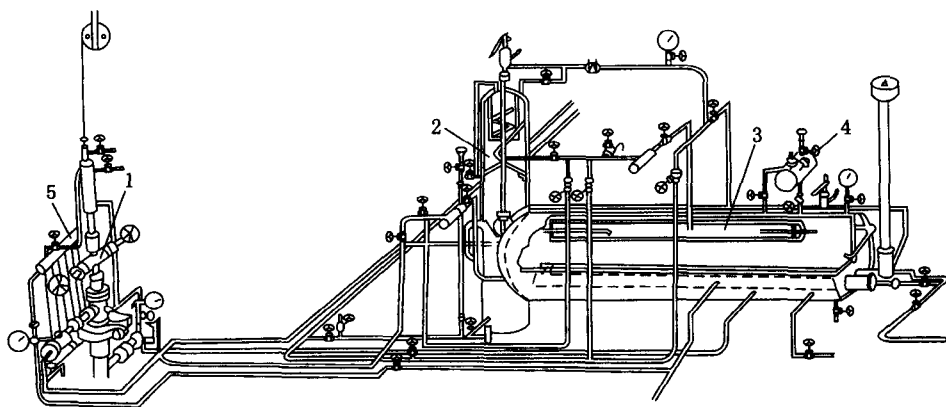


图 1-2 萨尔图流程井场工艺

这种流程是原油从油井出来先进加热炉加热,然后进计量分离器,经计量后混合进入干线。不计量时,油气从旁通进入干线输走。水套炉外边的热水,供井口和值班房保温用。

这种流程适用于油层压力比较高、油井能量差别小、采用横切割注水的行列式开发井网中,这种流程优点如下:①单管输送与双管、三管流程相比较省钢材、省投资、省动力。②多井串联,每个转油站或联合站可管理 100~150 口油井(而一个计量转油站只管 10~15 口油井),泵站数量显著减少,节省大量的机泵、锅炉等设备,电力消耗较少。

这种流程缺点是:①对于油层压力较低的井不适用,因为井口压力低不能把油送到站上。②对地质构造复杂、断层多、压力变化大的地区,由于各个油井生产能力差别比较大(井口的压力差别比较大),用同一条管线,各井互相干扰严重,甚至一部分端点井和低压井的油进不了干线,到油田后期生产存在一定困

难。大庆油田现在已经有相当大一部分井改为双管流程。③井场装置比较复杂，又比较分散，因此，油井集中控制和自动化比较复杂。④这种流程给油田后期改造和安全生产带来一定困难。

(2) 单井加热集中计量流程。

单管集输流程的另一种是单井加热集中计量的小站流程，简称单井加热小站流程（见图1-3）。

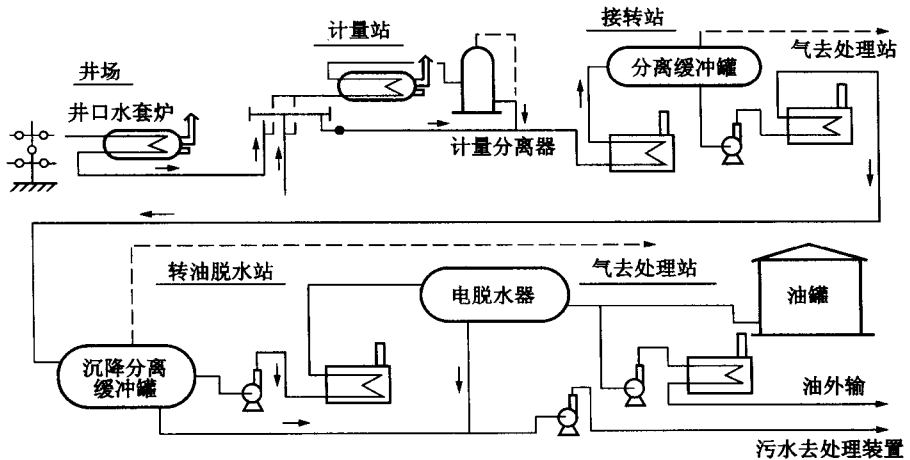


图 1-3 单井加热小站流程

这种流程通常有 5~10 口油井，分别以单管连接进计量站，井口用水套式加热保温，计量站集中设置计量分离器及有关计量仪表，轮流计量各油井的油、气、水数量。然后将油、气、水混输至转油站（或联合站），进行油气分离，再输往转油脱水站（联合站）进行原油脱水。净化处理后的原油输往油库。天然气被输送到油田压气站，经过处理后输到化工厂或各个用户。

这种流程的优点比较灵活。能适应地质构造复杂、断层多、压力变化大、产能差别大的油井生产的特点：有利于油田中、后期地面生产系统的调整，其流程比双管流程和三管流程要节省管材。缺点是各井都有水套炉，不利于安全生产，也给管理以及实现自动化带来不便。

(3) 集中加热和集中计量流程。

和第二种基本一样，只是在井场没有加热，计量设备的单管油气混输流程。该流程适用于原油物理性质较好，黏度、凝固点比较低，在井口可不必加热；或者原油物理性质虽不太好，凝固点比较高。但是油井出油温度比较高，或产量高均不必设置水套加热炉，就可以保证原油安全输送到集油站（或计量站）。如任丘油田，初期油井在井口出油温度高达 60~120℃，原油产量比较高，平均日产

达 700 多吨。再如青海冷湖油田, 单井原油产量虽不高但原油物理性质好。原油不用加热就可以从井口一直输送到联合站。因此, 它就采用了这种井场无加热、分离设备的单管流程, 而且途中也不需要计量站。原油及天然气的计量、分离、脱水、净化都在集油站进行。这种流程结构简单、能耗低、管理方便。苏联的西伯利亚油田、美国的普洛德霍弯油田都采用这种流程。

此外, 有些油田物性不太好, 井口出油温度也不高, 但采取一定措施如井口加药、定期热洗或通球清蜡等措施, 也可在井口采用不加热单管油气混输工艺流程。

2) 双管流程

这种流程是指从油井到计量站(或转油站)有两根管线; 一根是从油井到计量站的油气集输管线; 另一根是掺液(或伴随热)管线。双管流程有四种: 双管掺热油流程、双管掺热水流程、双管掺活性水流程、双管蒸汽伴随流程。

(1) 掺热油流程。

双管掺热油流程是一种小站流程, 详细情况见图 1-4。

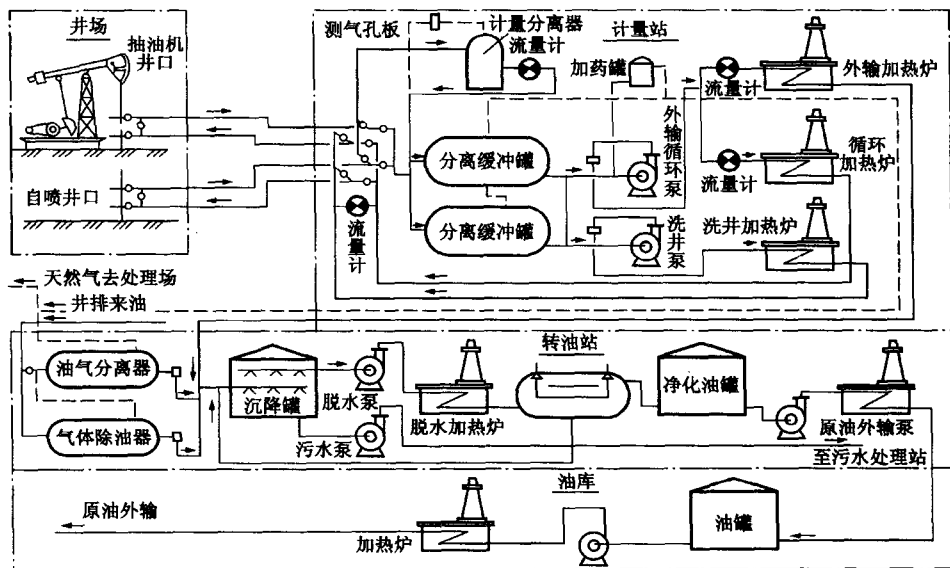


图 1-4 双管掺热油流程

这种流程井场非常简单, 既没有热水炉加热, 也没有计量分离器。对于有热洗井的掺液流程井场比三管流程和不用计量加热的单管流程多了一组油井热洗清蜡阀组, 如图 1-5, 可以在油井结蜡严重时热洗。这种流程在正常生产时阀 2 打开, 阀 1 关闭, 阀 4 打开, 阀 3 关闭; 井中油气和站上来的热油掺在一起经阀 4

输到站上,集输温度通过阀门 2 参看压力表来调节掺热油量多少。进行热油洗井时,关阀 4 打开阀 3 和套管闸门。热油经阀 2,生产闸门从油管进井热洗,井内油气从套管闸门和阀 3 出来去站上,热洗程度可以通过阀门 2、阀门 3 及油嘴等进行调节或通过热洗时间进行调节。

这种流程在平常生产时,井场不需专人值班看管。

这种双管集输流程是从油井到计量站和从计量站到集油站,都是有两条管线。一根管线是输送从井口出来的原油

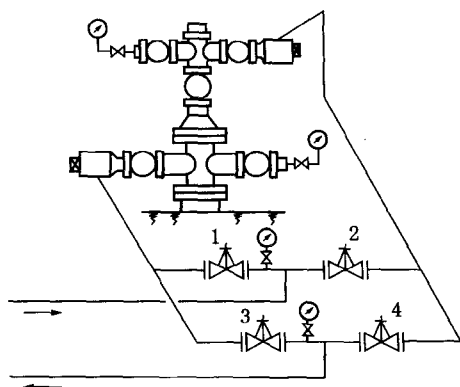


图 1-5 热油洗井清蜡流程图

(油、气、水等混合物); 另一条管线是输送从集油站加热后返回井口的热油。

这种集输流程是原油混合物在井口与热油混合,温度提高,送到计量站。在计量站进行原油和天然气计量,然后混输到集油站,在集油站原油和天然气再分离,原油经过加热后一部分输至输油脱水站脱水净化;另一部分输到各计量间,经分配阀组输至各油井的热油管线,在井口与原油混合物掺和,再进入计量站计量……如此反复。使用这种流程还可以起到洗井、清蜡作用。在洗井清蜡时将热油通过热洗阀组倒入油井套管,从套管进入到井底,然后由油管返出经集油管线到集油站。这种集输流程对油层地质条件差别大及油井产量、压力差别大的井适用性比较强,有利于油田中期、末期生产流程调整。另外井场设备简单、好管理。但是热油管线容易结胶、结蜡和堵塞。要定期进行热洗、清管。这种流程由于掺进了部分热油,所以,单井原油产量计量误差大、热耗比较高。

(2) 掺热水流程。

双管掺热水流程与掺热油流程布局大体相同,从井口到计量站和从计量站到集油站也都是两条管线,如图 1-6 所示。

它和掺热油流程不同点是往油井出油管线掺的不是热油而是热水。热水和油气混合物输到集油站,原油和天然气分离。原油和水经过沉降、脱水,水被净化及加热后再打回计量站,再与油井生产出的原油掺和,如此循环不停。

掺热水流程对地质条件差、特别是原油物性很差,单井产量很低的油田很适用。与掺热油流程相比,因水的比热比原油的比热大一倍,所以掺热水量比同样情况掺热油量少许多,节约机泵、设备及能耗。由于井场流程比较简单,管理比较方便,容易实现自动化。缺点是掺水管线容易结垢或腐蚀,同时,单井原油计量误差大,又因掺进一定量的水,使原油脱水量增加。

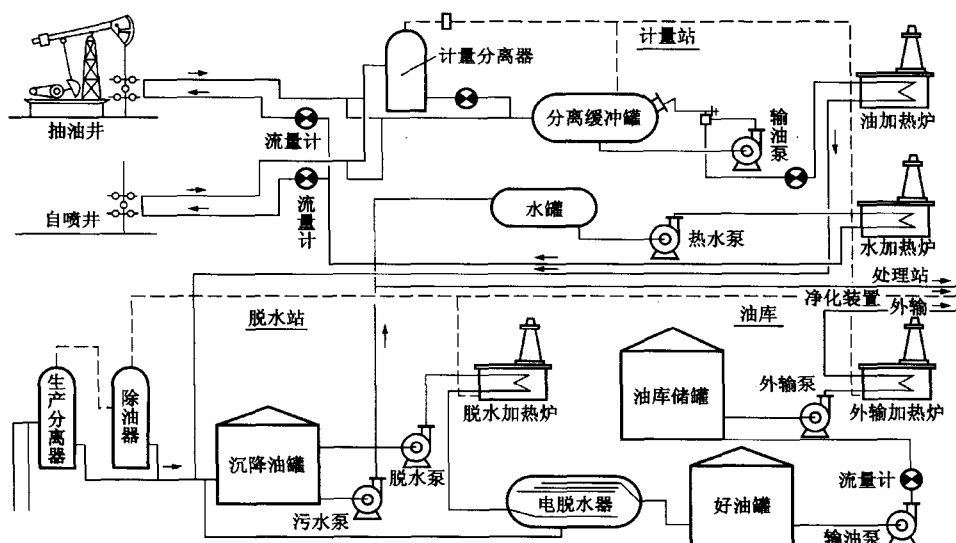


图 1-6 双管掺热水流程

(3) 掺活性水流程。

掺活性水流程与掺热水流程在流程布局上差不多，不同点是掺进带有表面活性剂的水，由于表面活性剂的作用。可以使原油黏度降低，起到防蜡的作用。掺水温度为常温，能节约大量燃料。近来的趋势是人们把这种防蜡降黏剂和脱水用的破乳剂常合为一剂一次从井口加入，经过长距离和原油掺和搅拌十分均匀，提高了原油脱水的效果。同时使原油脱水装置脱出的污水可以重复利用。作为流行性活性水中的药（防蜡降黏剂）也可以重复利用，从而每天只要少加一点补充药剂即可解决管线防蜡降黏及脱水问题，所以十分经济。除此之外，它具备了双管流程的所有优点。例如：适应性好不受单井产量、停产、修井等影响，保证油气密闭连续输送；充分利用废水和污水中的脱乳剂，降低集油温度，起到降低能耗、减少油品蒸发损耗，对脱水也有一定好处。

该流程也有一些缺点，如：增加了脱水站的一段沉降脱水量；由于污水中有少量破乳剂，可能出现管线结垢等。

(4) 双管蒸汽伴随流程。

这种双管流程有油井的出油管线和锅炉蒸汽伴随管线。油气从井里出来沿井口出油管线到计量站。在计量站油、气、水分离，计量后原油输送到联合站（或脱水转油站）进行脱水净化，然后加热转输到油库外输。

原油从井口到计量站（或转油站）的加热。保温均依靠蒸汽管线的伴随。原油从计量站（或转油站）到联合站脱水转油站的加热是依靠加热炉进行加热后外