

国外原油矿场处理

FOREIGN COUNTRIES FIELD PROCESSING OF CRUDE OIL

〔苏〕B. П. 托罗诺夫 著

石油工业出版社

托罗诺夫B.П著《国外原油矿场处理》一书，1983年由苏联矿业出版社出版。

该书分析研究了国外原油处理（轻馏分的分离、捕集、脱气、破乳）的一些基本方法，其中包括大陆架地带以及海洋矿场和恶劣气候条件下采油的一些基本方法。列举了基础工艺参数、建筑设施，破乳剂的活性及耗量标准方面的数据。

该书适用于从事原油收集，油气分离、原油脱水、脱盐的油气工业工程技术人员，对石油大专院校的高年级学生亦有益。

78.11.1

国外原油矿场处理

〔苏〕B.П.托罗诺夫著

郭文才等译 杨育芝校

石油工业出版社出版

（北京安定门外安华里二区一号楼）

安达市印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 8.5印张 214千字 印1—4500

1990年12月第一版 1990年12月第一次印刷

ISBN7-5021-0555-7/TE·529

目 录

第一章 油井产品的集输系统	(1)
§ 1.1 收集系统的分类.....	(1)
§ 1.2 多井装置.....	(2)
§ 1.3 矿场自动监控质量转输装置(JIAKT) 系统.....	(4)
§ 1.4 自动化收集系统.....	(5)
§ 1.5 决定不同地区收集系统特点的一些因素.....	(8)
§ 1.6 陆上油田油井产品的收集和处理系统.....	(11)
§ 1.7 江河三角洲、大陆架地带及海上油田油井产品的收集和处理系统.....	(19)
第二章 气分离和轻馏分回收	(31)
§ 2.1 分离器的分类及其结构特点.....	(31)
§ 2.2 各种分离器特性的比较.....	(38)
§ 2.3 油井套管空间轻馏分的回收.....	(40)
§ 2.4 商品油库储罐的轻馏分回收.....	(42)
§ 2.5 油井产品收集和处理系统中的轻馏分回收装置.....	(50)
§ 2.6 首站储罐的密闭和轻馏分回收.....	(51)
§ 2.7 炼油厂用轻馏分回收装置.....	(53)
第三章 气的矿场加工	(55)
§ 3.1 原油处理和气体加工设施的特点.....	(57)
§ 3.2 气净化除二氧化碳及硫化氢.....	(59)
§ 3.3 气干燥脱水.....	(63)
§ 3.4 油井产品收集和处理的综合工艺流程.....	(67)
§ 3.5 液态烃的回收.....	(70)
§ 3.6 原油稳定.....	(71)
第四章 原油处理	(72)
§ 4.1 原油处理方法.....	(72)
§ 4.2 地面工程建设特点以及对原油处理质量的要求.....	(75)
§ 4.3 破乳剂及其使用.....	(77)
§ 4.4 原油脱水和脱盐工艺流程.....	(80)
§ 4.5 原油处理用的主要工艺设备.....	(105)
§ 4.6 原油处理复杂化.....	(128)
第五章 结束语	(130)
参考文献.....	(132)

第一章 油井产品的集输系统

§1.1 收集系统的分类

国外油矿油井产品的收集和处理系统可以分为三类：第一类收集系统的特点是油田油井具有很高的产量，在这种情况下每口井都拥用所有必要的辅助工艺装备，包括计量装置、分离装置及其它装置。但这种流程很贵而且很少见到。

最广泛使用的是第二类收集系统。这类系统可混合处理大量油井产品（图1）。根据这种流程〔37〕，某一地区的一些井用出油管线同多井装置连接上，并在多井装置上计量其中一口井采出的油、气和水，计量后的油气混合物进入中心收集站，或者在多井装置中直接分离。第一级分离出来的气进入高压集气系统，第二和第三级分离在中心收集站进行。

第三类收集系统的特点是，大量油井用一根管线连接，直接把油井产品输送到中心站。油井产品依靠小型活动装置计量，所有的其它过程都在中心收集站进行。

对多井收集系统的要求如下：

井口的压力最小，以保证油井长期自喷；气举采油用的工作气需要量最低；在低井底压力下油井产量高；轻质馏分损耗最少；工作系统的检控简单而有效，能很快地消除某些故障；能单独而准确地计量每口井和全站的油、气和水的产量；计量周期要考虑到消除事故和改善原油质量的必要时间〔37〕。收集系统要预计到工艺工程的扩建，可能在油井不停产的情况下，并保证安全地进行所有必要工作。

完成上述要求应考虑到一系列情况，其中出油管线中的压力损失应当最小，通常这就要扩大出油管线的直径。如果原油含蜡，那么，就必须采用中途加热，出油管线保温，加入化学添加剂，降低原油粘度；在流体中有游离水时，要求在井口或多井装置把水排出；并要求在尽可能低的压力下分离气，但必须使最后一级分离压力高于商品油罐的装满液位，也就是说原油能从分离器中自流到原油罐中。不过，采用从油罐中回收原油轻质馏份的装置时，这种要求就变得多余了。

在所有油田，特别是在自动化水平低的油田，能看到工艺设备高度集中在中心收集站上的发展趋势。通常，对于较边远工程，工艺流程的自动化水平以及检控工艺过程的自动化水平都比较高。安装在多井装置或中心收集站上的计量分离器数量，按计量周期为4~7天来决定。生产分离器的数量，决定于一套设备的生产能力和处理的所有油井产品数量。如果多井装置的采油量依靠计量油罐计量，那么其数量应相当于计量分离器的数量。计量油罐的总数对其余井通常取2。对操作计量，计量液体的精确度达0.5%，但经常为0.2%。对商品油罐的合理容积，决定于收集系统、分离装置的生产能力，原油处理及泵站配备的特性。一般来说，罐容按2~3天的原油产量考虑。所有设备都用备用标准零件装备，因而在工程扩建时不用在工

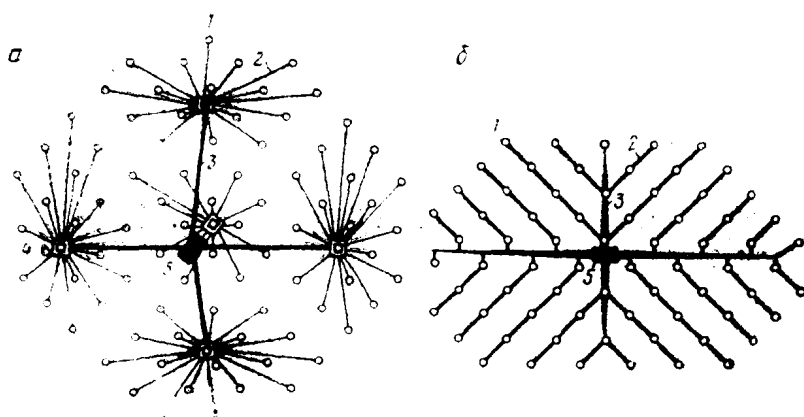


图1 油井产品收集系统的原理流程图

a—多井装置系统 b—带总汇管的系统
1—油井 2—出油管线 3—收集管线 4—多井装置 5—中心收集站

地焊接。油井设备和工程设备的使用期限,要相当于该区域的开发期限,这样可以避免过多的基本建设投资。

§1.2 多井装置

油田上的多井装置和中心集油站装置的数量,应根据油田设施在保证矿场正常工作情况下的最低费用选择。所有以前用的手工操作的计量装置,逐渐被JIAKT矿场自动监控质量运输系统所代替,而在新工程中仅要求使用这种装置。并根据地面工程系统的特点,油、气、水的性质,气候条件以及其它因素来采用各种类型的多井计量装置。

非自动化多井装置。图1a是用于低粘度原油的非自动化多井装置流程,这种流程要求采用计量罐。油和气从油井1的出油管线出来,通过汇管2流入计量分离器3或生产分离器4;分离后的原油沿管线5进入计量罐6或商品油罐7,接着流入外输管线8;气从分离器中出来,沿管线10通过计量器11进入气管线12,必要时气可沿管线13流到火炬;在计量罐和商品油罐中分离出的水沿排水管线9排出。

图2b是两级气分离和回收轻质馏分(原油最后进入油罐时能减小轻馏份损耗)的多井装置流程图。油和气从其中一口井1的出油管线进入计量分离器2,而其余流体进入生产分离器3。气从分离器2沿管线4进入气管线5,而液体沿管线6进入稳定塔7,塔内保持真空。原油从一级生产分离器进入二级生产分离器8和9,然后再进入稳定塔。气和轻质馏分用压缩机12从稳定塔7中抽吸出来,而原油用泵10打入油管11。流程(未表示出来)规定,能通过稳定塔多次循环原油直到蒸气压力符合合同的条件。按照该流程^[37]回收轻质馏分,可在半年收回稳定塔和与这一过程有关的其它设备的成本,从而证实了其效益。

自动化多井装置。自动化收集站的作用,是不用操作人员就能完成采油过程中所有的必要操作。在这种情况下,根据采油程序启动和停止设备;油井产品进入计量分离器或进入生产分离器;在外输工作和计量系统受到破坏时关井;分离气、油和水;计量、记录结果,把信

息传递给中心收集站；继续输送原油、气和水；在集油管线压力明显偏离于计算值时关闭出油管线阀。

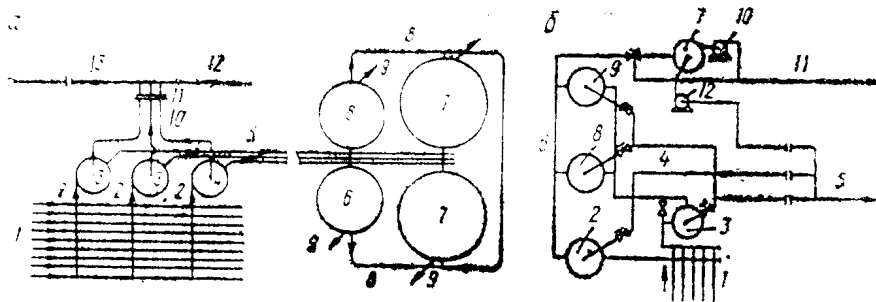


图2 多井装置工艺流程图

a—采用计量油罐的流程图

b—回收轻质馏份的流程图

油和气从油井出油管线中出来（图3a），通过带驱动装置的控制阀管线进入三相计量分离器，或通过管线进入三相生产分离器。在计量分离器中分离出来的气用计量器来计量，计量器由控制柜和站控制。原油用流量计14计量，而水用流量计18计量。生产分离器中的油和气只在中心收集站中计量。压力传感器发出信号给控制柜，检查压力是否符合相应分离器的压力。如果计量分离器中的压力超过允许压力，那么流体就自动流向生产分离器；如果计量分离器中的压力超过规定值，那么依靠伺服阀关闭电动入口阀门，这使出油管线中的压力升高并且自动关井。

图36是收集系统流程图。带有能计量每个多井装置油和气的中心计量站，油井产品经过计量装置，沿环绕管线流向收集管，然后流向中心计量站。中心检控站依靠控制台控制多井装置，并从多井装置得到在控制柜存贮的必要的信息。目前，出现了采用小型的完全自动化的

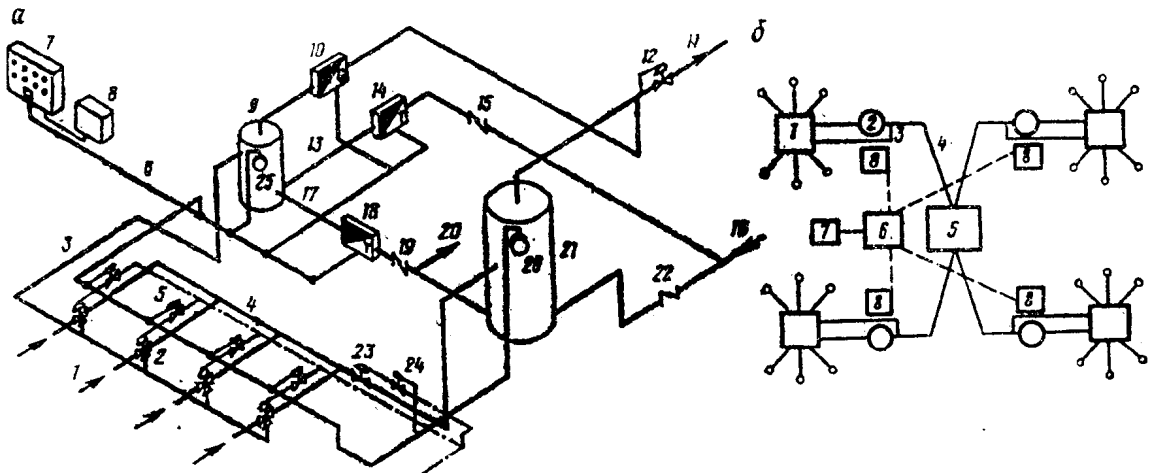


图3 多井装置的自动化系统(a)和中心收集站的自动化系统(b)

- a、1—油井出油管线 2—阀 3、4—原油管线 5—伺服阀 6—油管线 7—控制柜 8—控制台
9—三相分离器 10—计量器 11—管线 12—压力调节器 13—连接流量计与压力传感器的线路
14—流量计 15—阀门 16、17—管线 18—流量计 19—阀门 20—管线 21—生产分离器 22—阀门
23—入口阀门 24—伺服阀 25、26—压力传感器 b、1—多井装置 2—计量装置 3—环绕管线
4—收集管线 5—中心计量站 6—中心检控站 7—控制柜 8—多井装置控制台

活动计量装置代替固定装置的趋势。

§1.3 矿场自动监控质量转输装置 (ЛАКТ) 系统

国外采用自动化取得了极大效益,其条件是研制和推广ЛАКТ系统 (Lease-automatic-custody transfer; 译成俄文为: Промысловая автоматическая закрытая система учета нефти; 原油矿场自动密闭计量系统) 还有科姆皮尤捷尔以及普罗达克申 Компьютер Продакшн) 采油电子计算机检测系统。与АКТ不同 (运输公司计量, 自动出售给炼油厂), ЛАКТ系统仅用在石油矿场, 建立这种系统需要考虑到各方面的利益。

ЛАКТ系统无论是给运输公司, 还是给采油公司都带来了巨大的好处, 减少了油罐损耗, 也减少了油罐数量。随着ЛАКТ系统的采用, 计量的准确性提高了, 计算简化了, 所用时间以及工作人员的人数都减少了。除此之外, 管道公司还能更有效地利用本公司的设备。ЛАКТ系统具有无可争辩的优越性, 但是最初阶段没有得到使用, 而且为推广这种系统用了许多年, 因为在完全缺乏研制各个部件的基本认识过程中, 要求进行广泛的研究工作。自然, 系统开始在大工程中得到了使用, 由于大量转输工作阶段需要的工作人员很少, 达到了高的经济效益。随着设备成本的降低的和完善, ЛАКТ系统先在中型, 后来在大型采油矿场得到了推广。

美国石油学院 (АНИ) 为建立本系统完成了大量的研究工作。研究工作主要涉及到了取样方法、试验方法、检控方法以及许多公司研制的各种流程的系统化和标准化。ЛАКТ系统的最后方案是自动化装置, 其主要设备是计量装置, 由容积式或涡轮流量计能连续提供原油的数量、温度和密度、含水量信息检控装置组成, 并借助电子计算机传递每批出售原油的资料。与此同时, 在矿场也存在使用计量罐的比较简单系统。

在ЛАКТ系统的工作中, 研制测量原油主要参数的方法还没有结束。主要注意力曾放在研制不用操作人员维护, 能使ЛАКТ系统长期工作的系统的各种部件, 尤其使油矿和管道部门加以注意的是, 用自动化装置测量原油参数的正确性。如果使用计量油罐, 就需设置必要的设施, 避免罐同时进油和排放。这要用几个三通阀或四通阀来解决, 以免罐在进油时从罐中抽油。如果管线是单独设置的而且没有交叉, 那么阀门就应该有机械连锁。因此, 当进油管的阀门打开时, 油罐的卸油阀总是关着的。与此同时, 关闭油罐排水管线的阀门。

除机械连锁外, 还采用电动和气动连锁。金属铅封应当指出某方的任何干扰和阀门之间的机械联系遭到破坏。在任何情况下, 这些检控零件都应安装在单独的地方, 安全可靠, 关闭并查封, 以避免由于偶然和故意的事故影响ЛАКТ系统的正常工作。

确定油罐填满次数的计量器应当是重复的, 其中一个与出油管线上的阀门有电气联系, 而在阀打开时开始工作。但是, 在罐未完全倒空和低部排油部分未空之前, 不记录原油从罐排出的情况。另一种罐填满次数计量器, 其原理是记录罐内标尺上的最大静止油柱次数。计量器有专门的接点, 通过这个接点发出关井信号。如果一天、一周、一月的出油量符合合同条件和“燃料局”所规定的原油产量, 用浮球开关和其它类型的装置检控计量油罐中的液面。

为了取得售油产量和质量的所有情况, 开始采用有全能打印装置的各种计算机以及除去所有有关计量的手工操作的机器。图4是不太大的油区采用的ЛАКТ现代系统的原理流程图⁸⁷。

油流沿管线1(图4a)进入破乳器2,而脱水后再进入商品油罐3。如果油罐中的油面达到了浮标 L_2 ,那么拉开式阀 V_3 打开,使原油通过温度计5(监测器)流向阀 V_2 。如果原油中的含水量超过允许值,打开阀 V_2 并把原油输入破乳器2进行第二次加工(当油井周期生产时,可以做到这点,不太复杂)。如果原油的净化程度符合合同条件,启动辅助泵7工作,使原油通过过滤器6打入气体分离器8和容积置换流量计9。流量计配备温度补偿装置。检测分析样品用取样器10自动取出。环绕管线11装有阀 V_4 、 V_5 可以进行周期性检查,并依靠标准器13对流量计进行标定。这套装置包括备用储罐4,可以计量该工程的原油容量,精确度达0.1%。这是因为,调压器12使流量计后面的压力保持不变,而泵在其入口造成稳定的压力。除此之外,依靠过滤器6从流体中除去所有能损坏或导致流量计报废的机械杂质。在流量计前面,利用分离器从原油中分出游离气,也可以提高计量的精确性。图4是小型ЛІАКТ组合系统,适合在正常和复杂的气候条件下使用,但要求计量装置内部的温度保持不变。

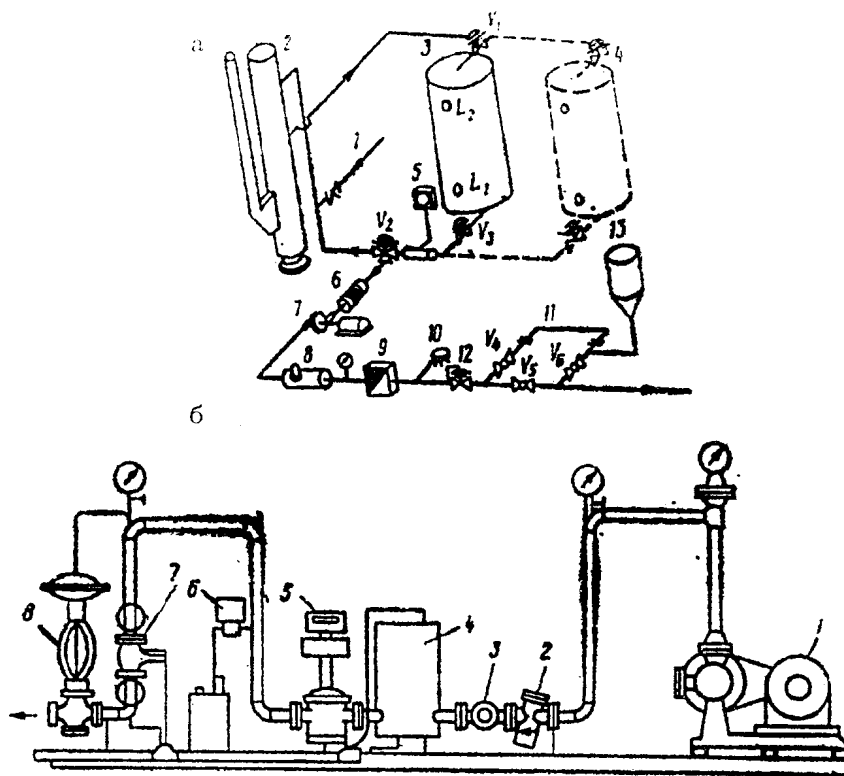


图4 ЛІАКТ系统的主要部件

a—“a”场上带破乳器的组合装置

б—交货站上带管式标准器的开式系统

1—泵

2—过滤器

3—网转换器

4—排出空气用罐

5—流量计

6—选样器

7—标准器

8—压力调节器

§1.4 自动化收集系统

油田综合设施的标准流程包括主要工艺过程的自动化和油田开采检控自动化。以Велма Симз Сэнд油田设施为例对本系统进行分析。

这个座落在维尔玛城附近的油田于1949年发现。从1953年起在14公顷场地上利用293口井开发这一区块。最初阶段的开采是在重力驱和溶解气驱下进行的。因此，在开采量为780 m³/d时，油层压力从12.0降到2.5MPa；区段联合后进行了注气设计，采油量上升到2530 m³/d，而且十年内一直保持在这种水平上，直到1969年油田达到了最高产量。从发展远景看，油田注气开发需要延长开采期限和更有效的矿场设备、装置。为提高油量和缩短油田开发期限，曾进行了油田注水（1969年）作为注气的补充，因此，油田采油量提高到了3500 m³/d。

矿场上的所有工艺过程都是沿着整个油田七英里区域内进行，南部和北部油层的注水装置保证了27口注水井的注水，注入量10000 m³/d、注水压力16.5MPa。原油收集系统（图5）包括12个多井装置，其每一个装置中都计量采油量并且确定原油质量^[30]。多井装置分离出来的气，经净化除掉杂质和重馏分以后，通过12口注入井注入油层。从多井装置分离出来的水输入南部注水站。

原油通过油田中心的JIAKT系统售给用户。采用注水开发，要求对油进行按期分析并迅速把其变化情况反映到采油和注水规划中去，采油井是在经常变化的。油井、装置控制、合理使用必要的设备，处理井底（压裂），都要求得到一定的情报，以便采取正确的措施。业务管理包括观察井和采油井的维护；检控注水；事故信号设备系统；信号的有效反应；选择消除事故的时间，以保证得到最大的采油量。

自动化检控系统是1971年研制的，并取得了很大经济效益。仅由于及时查明了减产油井数和采取了相应措施，年产油量就增加了31%。另一种取得高效益的措施是采用计算机检控，在3年多时间内回收了价值38万美元的检控系统。这个油田所用的自动化检控系统的流程见图5。调度站配备有微型计算机，而且用长约15km的电缆（三对）与多井装置，水加热站和JIAKT系统相连接，每一个工程都有检控系统和打印机。为在断电时系统能正常工作，设有备用电力装置，并能保证供电8h。在调度站也设有手控供电系统以防断电时使用，有用于所有设备的联锁系统和自动化防火系统。这个系统安装在调度站，用来防止重要设备的火灾。

采油检控系统保证配备以下装置：主要功能集中管理装置；事故信号装置；采油量和注水量的传送装置；试井和罐以及容器中液体计量和液面控制装置^[30]。传感器系统安装在油田整个系统的主要点上（见图5）。系统每隔15min询问一下事故状态传感器，同时注意：容器和罐中的液面；流入不合格原油；断电；油井产品的输与停，化学药剂（停泵）；火灾情况；超过或低于正常的压力；脱水器停电；原油进入水罐。如果发生事故，就用电报打字机记录下事故发生的时间、地点和事故性质。

关于系统工作遭到破坏的各种报导，是在未导致工程停产以前，迅速开始修理工作的依据。这会大大减少油井的停产时间，尤其是31~160 m³/d的高产井。这也关系到用于注水的五台燃气轮机（离心泵的驱动装置）。检控可以修正每天注水24000 m³的泵的工作。系统能够显示结果，计量和统计所采油、气和注水量，并在每天的采油报表中指出采出的和通过JIAKT系统的油量，包括整个的或多井计量装置的油。月末自动编出汇总报表。注水报表包括一台泵注入每口井的水量，这能保证计量精度并能发现注水系统的漏失。如果不平衡，计算机能填好事故表。油气比和原油含量在油井每次计量时确定。在每个多井装置上，一天计量2~4口井的产量，每口井计量6h。

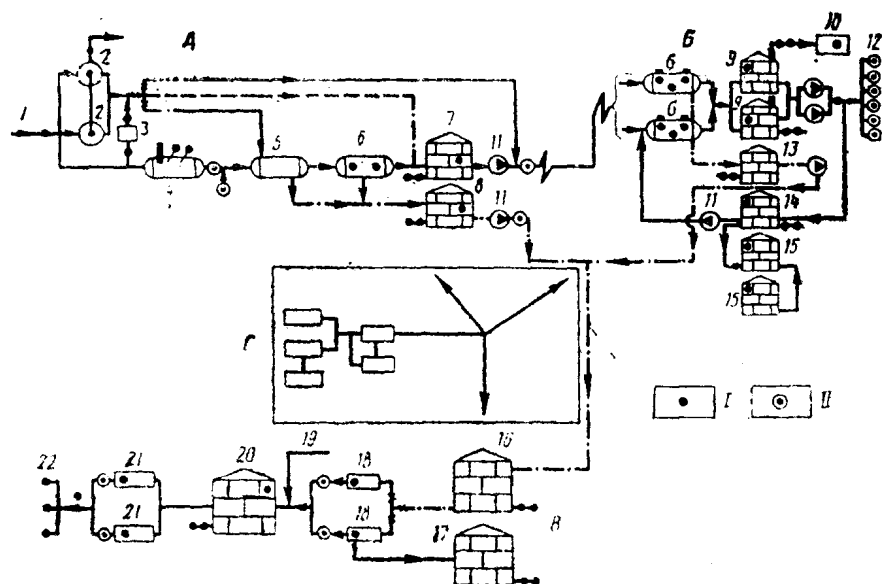


图5 Велма Симэ Сэнц油田油井产品处理、收集和检控系统流程图

1—油井产品进入 2—生产分离器 3—化学药剂定量泵 4—计量分离破乳器 5—预排水罐
6—电脱水器 7—原油罐 8—水罐 9—ЛАКТ系统罐 10—轻质馏分回收系统 11—泵
12—ЛАКТ系统的汇管 13、16—水罐 14—不合格油罐 15—事故备用油罐 17—油罐 18—净化设施
19—淡水管线 20—缓冲罐 21—带泵的涡轮发电机 22—注水井 A—多井装置 B—中心收集站
B—污水净化部件 Γ—检控站 I—调节、事故信号 II—计量

表 1

指 标	千 美 元	所占的百分数 (%)
储罐基建投资降低	303	50
管子和配件	36	6
其它设备	137	23
安装在大陆架上的平台	128	21
总共	604	100
出售各种油气使收入增加		
降低原油密度	51	41
更有效地采用设备	41	33
出售轻质馏分	19	15
节约气	13	11
总共	124	100
降低生产费用 (一年)		
租费	177	41
使用设备	48	19
运输产品	16	6
其它费用	10	34
总共	251	100

系统能进行扩建。使用系统可给公司优选开发整个油田的最佳特性，可有效使用工作人员并把停井时间缩到最短。

利用计算机技术可使开采和油、气、水计量自动化，可给开采者带来很大好处。表1是 Гэлф Коаст Движен Оф Сан Оил在19个区域里（其中一个区域在大陆架使用生产检控电子计算机系统）开发所降低的基本投资、生产费用和其它费用。

从表中看到，仅公司的日常收入一年就增加了375000美元。

§1.5 决定不同地区收集系统特点的一些因素

在发达资本主义国家里主要是开采一些老油田，油田地面建设在几十年前已经完成，集油系统、输送、油气和水的处理系统都具有多样性特点，这是由于油田的特有条件，大量小地区的分散性，许多企业主的财务条件以及其它原因造成的。通常，少量大油田属于一个企业主并作为整体开发。

很多油田用地分为几个地区，属于不同的业主。这些地区通常在少量井上采油，且每天的采油量不超过几十吨或几百吨。在这种条件下，集中的原油收集和处理系统是很少见到的。

开采总井数的产量低是发达资本主义国家采油工业所常有的，这是由多数油田已近枯竭和现有限制产量的政策所决定的。比如，美国一口井的平均产量为1.6t/d。这注定了广泛采用周期生产，通常有很多井采用一班制、白班生产。这就促使广泛使用自动化采油系统，系统主要作用，开始时是保证采出规定的采油定额后自动停井。

目前，因油井产量低，大多数矿场油气收集系统的改造在经济上是不合算的。近几年来，一些属于大采油公司的矿场（特别是在近东和中东），按着米字流程或多井装置流程对油气收集系统进行了全面改造，而油、气和水处理广泛采用自动化和机械化装置。原油自动收集多井装置控制20~30口井，每日可对每口井的产量进行检验计量。原油收集汇管、商品油库和原油干管线属于验收矿场上开采原油的公司。如果原油符合规定的标准，合同规定，最大含水量和机械杂质不超过1%，而蒸气压在38℃时不超过0.07MPa。

原油处理（分离和脱水）在单井和矿场集油站上完成。在中心商品油库，仅对清罐时从油罐排出的原油进行脱水。总之，集输、气分离、原油破乳和油层水净化工艺流程都不标准，而且决定于不仅关于实现这些过程的合理条件的复杂情况，而且在很大程度上取决于自然条件（油田数量和大小可采储量等）以及资本主义国家生产方法的特点。这些影响因素在美国和近东、北非在资本主义世界采油业中占主导地位的大生产公司都可明显地看到。

美国有一万多个油田在生产，其中有许多油田用一二口井开采，油井总数达六十万口。

开发大量的低产油田是美国石油工业的一个特点。其中大部分油田在世界其它地区通常属于非工业性的。这种情况决定了，在美国油矿地面建设中广泛使用生产能力低的小容量设备。例如，生产能力从6 t/d到几十t/d原油的破乳加热器。

资本主义的经营方式，是无系统的，又是开发分割成许多区块的小油田，这些区块又拍卖给许多公司和个人，这对脱水工艺产生了很大影响。在美国的石油工业中，约有60万个小的私人占有者。其中有一些仅有40m²的地段。每一个地段（几口井或一口井）的占有者，根据自己的意愿管理油井并负责所有工艺操作的全部过程，包括油气分离、原油处理和污水净化。并把油卖给具有自己管线和油罐系统的原油管道公司。这个系统往往位于地段的用地上。

或位于地段不远的地方。出售油的质量应当符合合同所规定的要求。这迫使地段的主人在几口或一口井上进行原油处理。为达到此目的,采用生产能力不大的破乳加热器,在原油质量不符合合同所规定的标准时,切断地段上的收集器。可见,在美国通常缺少大的原油处理收集站。最近几年,美国由于需要保持油层压力和有效地开发油田,出现了一种趋势,即扩大地段和建立集油、原油处理、气分离、气压缩、净化油层水的集中站。

在近东和中东、南美和北美的一些国家中,由于要开采大量的油和气并收集到收集站,采用了很经济的工艺流程。这些地带的油田是不久前投入开发的。因此,油田设施完成得比较有计划,并采用了现代设备和最完善的原油收集处理流程。中东国家油井的产量高,每天超过1000t,使原油成本低并取得了矿场建设大量基本建设投资的经济效益^[6]。近东和中东的多数油田都被大的石油公司所开发(“标准油公司”“Стандарт Ойл”,“Ройял Датч”“Бритиш петролеум”“英国石油公司”,)这些公司拥有高水平的设计组织和研究组织。因此,矿场建设工程都根据详细研制的设计去完成,而且广泛采用了自动化和机械化装置。

中东矿场建设的主要工程是多井装置,一般控制半径为8~10 km,井数8~12口。在多井装置上进行油气多级分离,油中溶解的硫化氢从原油中分出,作为燃料进入压缩机站的气净化除硫;油气输送到原油加工厂和其它工序^[6]。中东多数矿场原油的处理特点是脱盐脱水过程,甚至在伊朗的Меспжид和Сулейман,1908年开采的老油田不久前仍开采出无水原油。中东多数油田的油井产品中也没有水。这可用油田构造特点解释:产油层厚;储油层有特别高的渗透性;尽管油井产量很高(5000t/d),但油层的压力降低不大,通常不超过0.1~0.2 MPa;好的水力动力联系无论是按走向,还是按油层厚度,都能保证压力的快速分布,而油水接触面在油田整个面积上均匀地改变着位置^[6]。

厚的油层(达300 m)可以实现油井射孔距油水接触面远些,以保证多年内油井无水开采。当油层水升高到滤层的低孔位并在产品中出现时,停止油井生产并往井底注入水泥。在采油量很大的采油矿场时不修理水淹井,而是增加油水接触面以上井的产量^[6]。在由阿斯玛利石灰岩构成的油田,裂缝很发育,油井只是穿过岩层顶部(离顶盖几米),继续加深使钻井泥浆漏失并且可能导致事故发生。这些油井直到开采后期都能生产无水原油。在油井产品中无水时,矿场上的原油处理只限于脱气并在某些情况下把硫化氢从原油中除掉。

近东和中东油田的原油是很轻的(密度0.84~0.85 g/cm³),而且含大量的丙烷-丁烷馏分。油气比平均为140~150 m³/t。因中东地区的大部分原油经海路输送,距离为2000~3000 km,又没采取稳定措施,使油中大部分轻质馏分都损失掉了。因此,在多数矿场上进行原油稳定,并使原油蒸汽压下降到使损耗最小的值(通常在38℃时为0.07 MPa)。原油稳定一般为多级分离(4~7级)。在有些油田上(Хасси Мессаул)建成了原油加热稳定装置,因为这个油田的原油含有很多轻质馏分(原油密度0.82 g/cm³)。通过原油多级分离的原油稳定的合理性,是以工艺研究和经济研究为依据的。这种研究表明:为降低原油损耗,在输送原油时,只要做到从原油中完全除掉甲烷和乙烷,并除掉部分丙、丁烷馏分就够了。大部分丁烷馏分保存在原油中,这样可以扩大原油的商品数量和提高价值。在原油4~5级脱气时,原油数量超过一级脱气原油数量的4~5%。在中东一些矿场上实现较深的原油稳定,即从原油中完全回收丁烷和部分回收戊烷馏分被认为是不合理的,因为靠近矿场没有化工厂,而且将轻馏分运送到世界市场困难重重。

在伊朗的第一批原油稳定装置规定了七级原油分离,但后来分离级数降到了4~5级〔6〕。除原油稳定外,对原油处理装置还规定了除掉原油中溶解的硫化氢,这些硫化氢会强烈腐蚀原油管线和油轮。为此,在一些多井装置中安装了专用塔,原油从塔顶流下被不含硫化氢的气流“吹扫”。多井集油装置通常安装在矿场最高地段,以便使原油自流到中心商品油罐区库。多井装置用放射状油管线与采油井相连接,油管线的直径为15~20cm,这样粗的管线是考虑了油井产量高以及油井距离多井装置远的原因。油气第一级分离是直接在井旁实现的。第一级油气分离器的压力为5.0~7.0MPa,分离出的气或送往火炬燃烧,或有用户时沿单独管线输入多井装置〔6〕。在中东矿场上,油气分离是在卧式分离器中进行的。第一级油气分离器通过能力按原油约5000t/d,气 $70\sim 80\times 10^4\text{m}^3/\text{d}$,直径为1~1.5m,长约15m。分离器沿长度配备有隔板,用于改变流体方向和便于气分离、而在顶部装有泡沫捕集器。第一级分离后,原油输入多井集油装置。在分离压力为6.0~7.0MPa时,原油中还剩有大量的气。这些气会在压力降低时在管线中分离出来,也促使必须采用大直径的管线〔6〕。

在中东所采用的多井集油装置是大型的油矿设施,其建设费用很高(约一百万美元)。因此,这种设施数量有限。比如:伊朗矿场有四套多井装置,每套装置每天处理约25000t原油。装置相互距离为10km远。在沙特阿拉伯FABAP油田,原油在油井附近第一级分离后常输入30~40km远的多井装置,在这些装置上油井的油管连接到两条汇管上,其中一条是生产管线,而另一条是计量管线。使油井生产管线切换到计量管线或者停井,都要依靠遥控的气动三通阀进行。油井的每一条出油管线上都安装上回压调节器和孔板式原油流量计。回压调节器能使压力稳定在孔板流量计所允许的压力范围内。因而,液流中的含气量不会变化。从油气分离器管线中分离出的气进入立式除滴器,进一步除掉分散的油滴,第二级分离后高压气进入蒸气加热器,然后再进入压缩气透平,其能量用来驱动压缩机。加热气能预防冷却液在膨胀涡轮中分离。低压气部分通过净化除硫而后用于清除原油中的硫化氢,剩余气进入压缩机站而后转输给用户,而多余气送到火炬烧掉。从缓冲罐中脱气的原油,进入离多井装置20~30km远的矿场中心商品油库,然后转输到阿巴丹石油加工厂或海上装油台。无论是矿场上的商品油库,还是装油台上的商品油库都配备有浮顶油罐〔6〕。

多井装置的工作是自动检控的。在检控装置中装配了仪表,这些仪表可记录原油的分离压力和分离温度以及原油和气的流量。专用信号系统指示阀的情况(打开、关闭),阀依靠安装在检控装置中的按钮进行打开或关闭。多井装置是由值班的工程师和操作人员管理。

类似的原油收集和脱气流程在中东的其它一些国家(伊拉克、沙特阿拉伯等)也得到了广泛推广。在“阿尔及利亚”的Хасси Мессауд油矿上建设的集油系统,不是按着米字流程将油井各条油管敷到多井装置,而是将油井接到汇管上使整个产品输往多井装置的流程。在这个油田上每天开采约30000t原油,一口井的平均产量为350t/d左右,矿场占有很大用地(30~40km²),井的间距为2~3km〔6〕。收集系统仅是个原油收集装置,进行分离和原油脱盐。原油沿汇管成两相状态(与气一起)流动。井口压力很高,在3.0~10.0MPa之间变化,保证了含气原油自流15~20km距离。为计量各油井的产量,沿汇管敷设有5cm直径的管线,与各油井相连接。需要计量油井产量,使之从汇管切换到计量管线。多井装置上有分离器和罐,进行计量。这种集油系统要求基建投资最少,但油井管理复杂,因为这些井的切换计量需要从中心多井装置走很远距离。

考虑到国外油田所采用的地面建设系统的多样性,我们认为研究一下在下列在不同特点

的条件下开发的油田是适宜的：气候正常的大陆带（美国，东德克萨斯），沼泽地区（美国，Фрэнсвуд），非洲沙漠区（Сарир，利比亚），北极区（美国，Прадхо Бэй），南部地区的大陆架带（巴西的一批油田），江河三角洲内严重沼泽区（美国，Гранд Бэй），墨西哥湾区（西三角洲、24和27区块），太平洋沿岸（美国，Уист Уилмитон），北部区（美国，Кука一批油田）。下面几章在分析各种原油收集、脱水脱盐工艺流程时还将研究阿尔及利亚、委内瑞拉、伊朗、加拿大、尼日利亚、罗马尼亚、美国、法国、联邦德国等一些国家的油田。

§1.6 陆上油田油井产品的收集和处理系统

陆地条件下开采的油田集油系统的特点，取决于资本主义生产方式所固有的许多因素和特性。让我们来分析一下如下油田：在沼泽地和沙漠上正常开采的美国东德克萨斯的Фрэнсвуд和利比亚Сарир油田。

东德克萨斯油田 该油田是1930年发现的美大油田，初期有559名企业家投入开采。该油田的工业储量为 $7 \times 10^8 \text{ t}$ 。其中已采出三分之二^[23, 25]多。含油面积达 525 km^2 ，已钻采油井总数达30000口，其中约18000口油井还在继续生产。考虑到开采的限制，油井的平均采油量为 2.7 t/d 。鉴于矿层压力和开采量的普遍下降，采取了加强矿场和组织注水的措施。在矿场联合之前，原油就收集在一些不大的集油站里。这些集油站均匀地分布在油田的整个区域内，进行气分离、原油破乳和水净化，把商品原油出售给石油管道公司并把石油泵出。拥有总数为974口油井的100多个矿场联合起来，从改造的联合矿场进入中心集油站的原油总数达到了每年380000t。另外由45个非联合矿场产出的年产量为139000t的原油也输往这里。从上述所列举的材料得出，单个矿场的原油量平均每年不超过3000~4000t。而在原油收集系统改造之后，在几个矿场和中心集油站借助加热-破乳器使原油脱水（图6）。脱水原油进入加热-破乳器，然后进入装在底座上的分离器，再进入用来确定原油中水和机械杂质含量的含水分析仪。再经过容积型流量计，最后含水量为0.6%的原油进入总集油管线。在质量不满足的情况下，原油经过三通阀回到不合格原油油罐，并借助泵再次进行破乳。几个矿场的产品进入的集油站，按这样的流程图进行原油处理。含水原油输入三相分离器（在其出口装有能分析来自矿场的纯油含量的流量计及分析仪），然后同气体混合并输入集油站的加热破乳器。脱水原油通过气体分离器和湿度计、三通阀和流量计输入集油管线，然后输入集油站容积为 8100 m^3 的油罐。在油罐旁安装有一个备用的电热破乳器。原油收集管线以及与其连接的缓冲油罐、泵装置，以及中心集油站上的ЛAKT系统都隶属于石油管线公司，该公司负责对这些设备的经营管理及维修。

根据仪器（流量计，温度计等）的指示值，借助ЛAKT系统，采油公司和管道公司之间进行核算。使用ЛAKT系统仅消除用罐计量原油。但根据输油公司的要求，在按ЛAKT系统进行原油计量之前，为了稳定，原油在罐中的存放时间不得少于12h（除掉轻馏分）。也不能省掉容积为一天采油量的事故罐。在破乳装置生产能力大的工程上，在提高生产能力后，在脱水站往往使用蒸汽加热工艺油罐代替破乳加热器。

Фрэнсвуд油田。该油田隶属于Эксон公司，位于德克萨斯州休斯敦⁹东南轻微沼泽地区。该油田拥有160口油井，其中80口自井和20口气举井。采油量为 $10000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

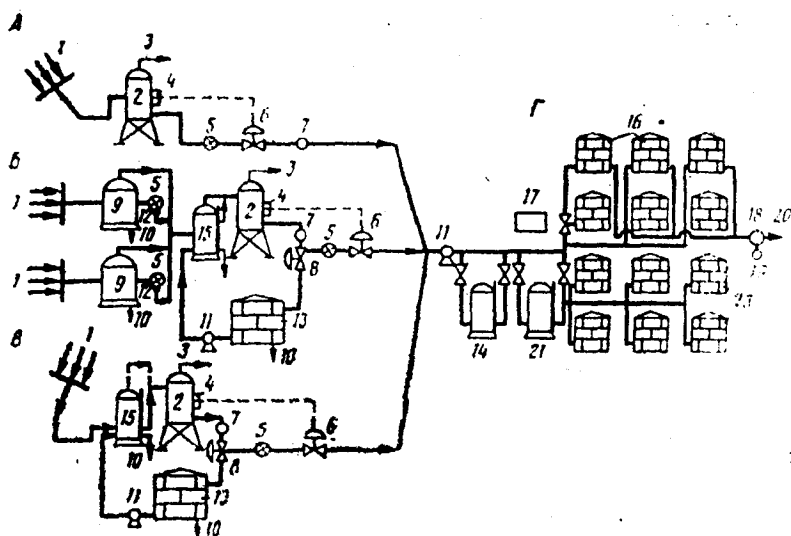


图6 在带中心集油站的大矿场上原油的收集和处理流程图

A—无水原油矿场的集油站 E—几个含水原油矿场的集油站 B—专门含水原油矿场的集油站
Г—中心集油站 1—油井产品入口 2—分离器 3—气体管道 4—上部液面传感器
5—流量计 6—减压阀 7—湿度计(含水分析仪) 8—三通阀 9—三相分离器 10—油层水
11—泵 12—含水分析器 13—不合格原油油罐 14—热电破乳器(备用) 15—加热-破乳器
16—商品原油储油罐(缓冲罐) 17—回收轻馏份的装置 18—JIAKT系统 19—标准器
20—干线输油管 21—计量加热分离器(备用)

采气量为 $1500000\text{ m}^3/\text{d}$ 。多井集油系统,有28个集油站(图7)。采油方法是用气举法。6口井的多井装置的耗气量为 21000 m^3 。气体在 5.6 MPa 的压力下被压入油井。井口油温为 30°C 。从井内生产出的原油含水量从12%变化到89%,平均含水量等于56%。原油密度为 0.88 g/cm^3 。水的矿化度为 60 g/L 。

多井集油站收集6~30口井采出的油。每个集油站有2个管汇,一个用于输送采出的原油,另一个用于油井之间的配气和气举采油。气耗量为 21000 m^3 ,压力为 5.6 MPa 。多井装置上安装有两个分离器,一个用来计量各个井的产品,而另一个用来分离整个装置的原油和计量油、气和水的总量。任何油井产品都可输往不大的分离器进行计量。计量装置同公用分离器的出油管线相连接。在油井产品输入分离器之前,要按 50 g/t 的配额进行加药。分离器在 0.8 MPa 的压力下回收气,游离水被排出。主分离器是重力型的。药剂容器可以保证剂量器半年工作。该装置内的原油自然温度为 34°C 。原油和剩余的气、水(达10%)用涡轮流量计计量之后进入原油处理中心站^[9]。水沿管线被输往净化站,气体被输往压缩站。原油中的含水量由容积型含水分析仪测定。

所有的情报资料都被输往休斯敦计算中心,并在那里发出油井操作和油井转换计量指令。商品原油和气也用涡轮流量计计量。在多井装置内预脱水后的原油同剩余的气一起被输往原油收集和处理中心站,原油和剩余的气在立式气体分离器中被分离出来。该分离器与原料油罐并排列着,原料油罐既起末级分离器作用,又起排水工艺罐作用。从分离器和罐中出来的气输入收集系统。从多井装置到中心站沿管道运行的过程中,被破乳的乳化液在工艺罐中

有效地进行分层。分离出的水借助一个不大的泵被抽送到污水收集系统,而油和油中剩余的水被泵送到一台管式分流器,然后被输送到Натко公司的电压为15000V的一组脱水装置。脱水原油被输往容积为9100m³的商品油罐。每台电脱水装置在加热到40℃和消耗50g/t药剂时的生产能力为1670m³/d(610000m³/a),原油的质量是由原油中剩余水的含量来决定的(含水量少于1%,含盐量为600g/L)。水分别被抽往两座罐(单座容量150m³)中,从罐内再被抽送到总管线。油层水在集油站的罐中经过一昼夜的沉降之后再被抛入大洋。多井装置集水系统的管线长达5km,同样,输气和集油管线长也5km。

该油田地面建设的特点是:全自动化操作及全自动化计量各个井的产量、总油气量;把情报数据输送给计算中心,而在该中心进行控制;多井装置对采出的油进行药剂处理和预排水;有4条油、气、水和气举管线系统。整个场地到中心集油站进行长距离(5km)热盐水(30℃)输送。在中心集油站设置了作为分离设施的一组复合式分离器——原料罐,它们并列在同一个防护堤内,在三个地方进行排水。应该指出,工艺场地不是水泥地面,而是砾石的。往油层内注气是用入口压力为6.0MPa的状态下工作的压气机,把气体压缩到30.0MPa。该压气机有空气冷却并安装在带轻便蓬架的场地。一台压气机的压气量为300000m³/d。气体通过往同一个方向钻成的3口注气井被注入油层。

Сарир油田关于在沙漠条件下开采的油田的原油处理及地面工程建设系统,可以从Сарир(利比亚)油田例子中得到启示。该油田是在1961年发现的,储量为 $11.93 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。该油田的原油密度不大,而且含硫量也很低。

初期,没有研究处理原油在油田进行加工的重要问题。在采出量大约为1060t/d的情况下,采出的基本上是高质量的“干”油。一些油井中出低矿化度的油层水,使采油变得复杂。尽管石蜡在原油中的含量(19%)和凝结温度(13~24℃)都很高,但由于原油密度不大(0.84g/cm³),在原油的初始含盐量为600~700mg/L的情况下,用破乳剂处理和用罐沉降,最后使原油脱盐达到了20mg/L。使用淡水在Petrolite公司的电脱水器里对原油进行二级处理,使原油的含盐量减少到10mg/L。以后情况有变化并在油井集油和处理流程图中反映出来。它的主要特点是,与含水原油和无水原油收集系统相配合的油井产品处理综合工艺流程。

Сарир是由65个单个矿场和小油田Сарир主油田,东南Сарир油田,北Сарир油田等组成的,它用直径为86cm、长为480km的管线和Тобрук相连接。油田有含水层,其巨大的储水量可以用来往油层内注水,保持油层压力和提高原油产量。注水在中心集油站进行(图8)。该油田自投入开采,油层压力就急剧下降。3口抽水井都装备有Рэца型泵(一台备用,两台工作),保证了油田南部和北部各地下水站的供水。其每个站的生产能力

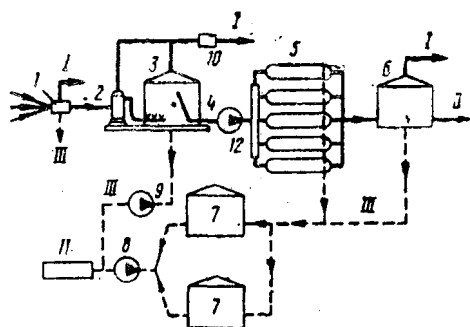


图7 集油工艺流程图

Фрэнсвуд

油田油井产品处理中心站

- 1—原油入口 2—分离器 3—原料油罐
4—油泵 5—破乳器 6—商品油罐
7—水罐 8、9—水泵 10—压缩机
11—净化设施 12—管式分流器 I—输气
管线 II—输油管线 III—油层水的收集

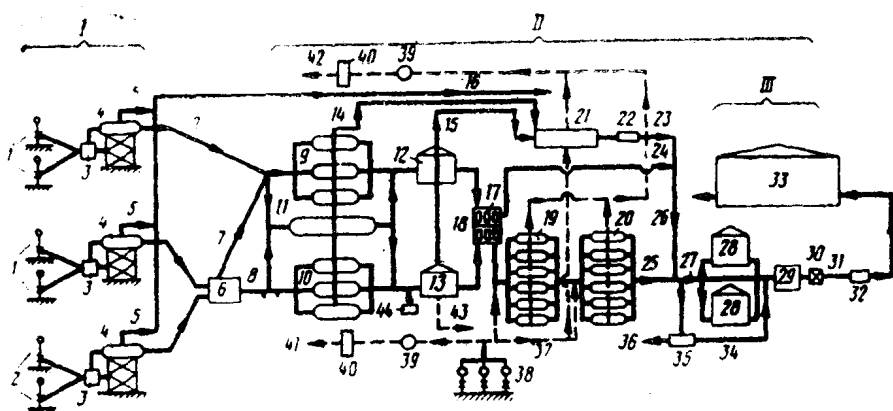


图8 Сарир油田油井产品的收集、处理和输送工艺流程图

1—无水原油油井 2—含水原油油井 3—多井装置上的油气管线 4—一级分离器 5—一级分离出的气
6—中转集油站 7—中心集油站的无水原油 8—中心集油站的含水原油 9—无水原分离器 10—含水原油分离器 11—计量分离器 12—无水原油油罐 13—原油脱水和脱盐用油罐 14、15—从罐中二级分离出的气体 16—来自多井装置的气 17—无水原油油泵 18—含水原油油泵 19—第二级脱盐装置 20—第三级脱盐装置 21—气液态馏分的回收装置 22—原油液态馏分抽吸泵 23—气的液态馏分 24—出售的无水原油 25—脱盐的原油 26、27—和气流馏分掺和的原油 28—商品原油油罐 29—总泵站 30—商品原油计量装置 31—干线管 32—增压泵 33—首站设施 34—重油馏分 35—生产柴油用的设备 36—柴油 37—脱盐和冷却用的水 38—从油层采水的水井 39—水脱氧用装置 40—往油层中注水的联合泵 41、42—往油田的南部和北部油层注的水 43—从原油中排出的水和盐（第一级脱盐） 44—破乳定量器 I—多井装置 II—中心集油站 III—托勃鲁克首站设施

为 $29000000\text{m}^3/\text{a}$ ，并且装有4台成对工作的泵。注水压力通常为 $3.5\sim 4.9\text{MPa}$ 。一部分采出的水，作为从气中回收凝析液时的冷却水，被输往气体加工装置，同样用于向中心集油站的脱盐装置供送淡水，随后送往北方站（有效配置）。脱盐的同时从水中分离出氧（第二次配置），从用于南部矿场的水中脱氧是直接站在里进行的。

第一级分离在压力为 1.2MPa 的多井装置内进行，第二级分离和第三级分离在压力为 0.25MPa 的中心集油站装置和压力为大气气压的罐中进行。在中心集油站安装有BSB公司的3台标称生产能力为 $19000\text{m}^3/\text{d}$ 的分离器。沿生产能力为 $12000\text{m}^3/\text{d}$ 的分离器和一台生产能力为 $55000\text{m}^3/\text{d}$ 的计量分离器，在中心集油站汇成两股流体：一股是含有 $40\sim 45\text{mg/L}$ 盐的原油流，另一股是含有大约为 $2100\sim 2500\text{mg/L}$ 盐的原油流。由于进行了三级脱盐，所以第二股油流中的含盐量下降到规定的标准。第一级是借助破乳剂破乳，随后再送在罐中用沉淀的方法进行脱盐，在罐的出口原油的剩余含盐量为 570mg/L 。第二级和第三级脱盐是借助电破乳器来实现的。3台破乳器（装有BSB公司的过滤器）可在压力 0.7MPa 、温度 93°C 的情况下工作，但工作压力为 0.35MPa 。“Петролайт”股份有限公司的其它9台脱盐装置，可在压力 0.10MPa 、温度 203°C 的情况下工作，工作温度和工作压力分别为 80°C 和 $0.5\sim 0.9\text{MPa}$ 。电脱水器每日处理 63500m^3 （ $23200000\text{m}^3/\text{a}$ ）原油的脱盐。原油的自然温度高，不需要预热。脱盐原油和天然无盐原油掺和在一起，沿干线输往Тобрук。原油中盐的总含量约为 40mg/L 。中心集油站的泵装置拥有6台离心泵，其中3台用于泵送“干油”，3台用于