

高等学校教学用书

油 气 集 輸

苏联 A·M·洛勃可夫著

石油工业出版社

高等学校教学用书

---

---

# 油气集输

苏联A·M·洛勃可夫著

石油工业出版社

經苏联高等教育部批准作为石油学院教材

石油工业出版社

## 內 容 提 要

書中介紹了有关石油矿場原油选集的基本原理，从石油中分出天然气、水和固体杂质的方法，並闡明石油損耗的原因和消除这些損耗的方法。

書中还介紹了集油的工艺流程和組成集油系統的構件的水力和机械計算。

本書可供各石油院校有关科系师生作为主要的教学参考書，亦可供从事矿場石油集輸系統設計和管理的工程技術人員参考。

А. М. ЛОВКОВ

## СБОР И ТРАНСПОРТ НЕФТИ НА ПРОМЫСЛАХ

根据苏联国立石油燃料科技書籍出版社

(ГОСТОПТЕХИЗДАТ)

1955年莫斯科版翻譯

統一書号：15031.4789

油 气 集 輸



石油工业出版社出版（地址：北京六鋪頭石油工業局內）

北京市書刊出版業營業許可証出字第063號

石油工业出版社印刷厂印刷 新华書店发行

850 × 1168 1/4 开本 \* 印张9 1/2 \* 244千字 \* 印1-2,000册

1959年10月北京第1版第1次印刷

定价(10) 1.65元

## 序 言

原油的質和量的損耗頗大程度上決定于井所采用設備的結構、采油方法、油井工作方式，原油从油井流出后变为成品原油的分离条件。这些損耗虽沒有計算，但其价值对国民經济却具有十分重大的意义。

本書討論油矿合理的集油工艺問題，这种工艺能有助于消除石油的質和量損耗的原因，而又能保證油井工作得到控制。

油矿集油系統的設計和建造問題是独立性的教材，所以本書仅介紹其一部分。

編制本書时作者使用了新的、适合于工艺过程的術語和集油系統各个构件的名称，以代替旧的術語和名称。

這本書是編制油矿的集油和輸油教材的初次嘗試，所以書中可能存在許多缺点，希予严正指出，不胜感謝。

作 者

## 目 录

## 序 言

第一章 石油选集技术的发展簡史.....	1
第二章 矿場油、气收集的工艺流程.....	4
第1节 概 論 .....	4
第2节 井口无压的气举井和抽油井之集油流程 .....	5
第3节 井口有压的集油流程 .....	6
第4节 油矿油气选集的簡化流程 .....	11
第5节 集油流程設計的基本內容 .....	15
第三章 石油和天然气的分离 .....	16
第1节 石油气的概念 .....	16
第2节 石油气的某些性質 .....	18
第3节 油气分离器及其主要結構和分类 .....	24
第4节 油气分离器內分出的气量 .....	29
第5节 气体在油气分离器中的干化 .....	33
第6节 重力式油气分离器的水力計算 .....	37
第7节 石油在油气分离器內的流动速度 .....	46
第8节 油气分离器的机械計算 .....	48
第9节 油气分离器內压力和液面的自动控制 .....	50
第四章 从石油中分出水 and 砂 .....	58
第1节 油层水和砂 .....	58
第2节 臥式油水分离器的水力計算 .....	62
第3节 立式油水分离器的水力計算 .....	68
第4节 輻射式油水分离器的水力計算 .....	71
第5节 油水分离器的通过能力 .....	73
第五章 油井产品的选集和計量装置 .....	74
第1节 选油站的型式 .....	74
第2节 单井选油站 .....	75
第3节 多井选油站 .....	76

第4节	多井选油站的布置 .....	84
第六章	矿場輸油管 .....	85
第1节	矿場輸油管的特点 .....	85
第2节	各水力参数的基本定义 .....	87
第3节	矿場油管的設計 .....	89
第4节	油管的埋設深度 .....	92
第5节	油管跨越矿区公路 .....	94
第七章	沿管輸送石油 .....	96
第1节	概 述 .....	96
第2节	石油沿等径压送式輸油管流动时的水力計算 .....	96
第3节	变径压送式輸油管的水力計算 .....	103
第4节	压送式輸油管的最适宜直径 .....	104
第5节	檢驗克服翻越点的压头 .....	107
第6节	增加压送式輸油管的通过能力 .....	109
第7节	自由自流的集油管之水力計算 .....	112
第8节	压头自流集油管的水力計算 .....	121
第9节	各种自流集油管工作的比較 .....	125
第10节	石油和天然气混合物沿管流动时管路的 水力計算 .....	130
第11节	局部水力阻力 .....	134
第12节	含蜡石油輸送的特点 .....	139
第13节	泵和泵站 .....	14 <sup>I</sup>
第八章	与集油管的阻塞作斗争，防止集油管阻塞 和清扫集油管的方法 .....	143
第1节	概 述 .....	143
第2节	石油流动的最低速度 .....	144
第3节	盐类沉积的原因及其預防方法 .....	150
第4节	石蜡沉积的原因及清蜡的方法 .....	154
第5节	从集油管内清除砂和盐类 .....	157
第九章	矿場油管的防腐 .....	159
第1节	基本定义 .....	159

第2节	管子外表的保护层 .....	160
第3节	阴极防护 .....	165
第十章	石油矿场的储油罐 .....	166
第1节	油罐的分类 .....	166
第2节	钢制油罐的型式 .....	167
第3节	油罐的结构 .....	168
第4节	立式油罐最适宜的尺寸 .....	174
第5节	油矿常用的标准油罐 .....	176
第6节	确定集油站上和成品油罐区内油罐 的数量和容量 .....	179
第7节	确定沉析悬浮物用的油罐的直径 .....	182
第8节	石油矿区上油罐的布置 .....	184
第9节	油罐的清洗 .....	187
第10节	油罐基础 .....	189
第11节	防止钢制油罐腐蚀的方法 .....	190
第12节	钢制立式圆筒型油罐的附属设备 .....	194
第13节	块石混凝土油罐和钢筋混凝土油罐 .....	206
第十一章	石油的冷却和加热 .....	210
第1节	概 论 .....	210
第2节	石油在地下输油管中的冷却 .....	212
第3节	地面输油管中石油的冷却 .....	215
第4节	石油在油罐中的冷却 .....	216
第5节	含蜡石油的热处理 .....	219
第6节	地面钢质油罐中石油的蒸汽盘管加热 .....	222
第7节	石油在管式炉中的加热 .....	226
第十二章	原石油脱乳 .....	229
第1节	石油乳化液的基本概念及其性质 .....	229
第2节	乳化液形成的原因和防止乳化液形成的方法 .....	232
第3节	脱乳剂、脱乳剂的性质及其应用 .....	233
第4节	在开采和选集石油时对石油起化学作用的方法 .....	236
第5节	石油的热化学脱水法 .....	237

第 6 节	石油的电脱水法 .....	241
第 7 节	其它的石油脱水方法 .....	245
<b>第十三章</b>	<b>石油的損耗和降低損耗的办法 .....</b>	<b>246</b>
第 1 节	石油損耗的分类 .....	246
第 2 节	用解析法計算石油的蒸发損耗 .....	250
第 3 节	用比較法計算石油的蒸发損耗 .....	254
第 4 节	石油的穩定 .....	256
第 5 节	降低油罐中石油蒸汽損耗用的裝置 .....	260
第 6 节	縮小油罐內气体空間溫度变动幅度的措施 .....	273
<b>第十四章</b>	<b>从污水中分出石油 .....</b>	<b>274</b>
第 1 节	油矿污水的特性 .....	274
第 2 节	油矿隔油池 .....	275
第 3 节	沉砂池 .....	283
<b>第十五章</b>	<b>石油的計量 .....</b>	<b>285</b>
第 1 节	确定量油罐內或油罐內油面用的設備和工具 .....	285
第 2 节	量測油井产量的方法 .....	288
第 3 节	油罐內石油的計量 .....	291
第 4 节	石油密度(相对比重)的測定 .....	293
第 5 节	石油分析試样的选取 .....	294
第 6 节	用量油表計量石油 .....	297
<b>第十六章</b>	<b>海上油矿集油和輸油的特点 .....</b>	<b>299</b>
第 1 节	集油工艺流程 .....	299
第 2 节	从海上油矿輸出石油 .....	300
第 3 节	油槽船 .....	302
第 4 节	装油碼頭 .....	303



## 第一章 石油选集技术的发展簡史

苏联石油选集技术的产生和发展的历史是与巴庫石油开采工业的发展紧密相連的。

巴庫区石油起源的事蹟在很早以前就有所記載。当时使用水桶舀取跑到地表上来的石油，把石油儲存在地坑內，然后再把石油装在陶土制的容器內或內部塗有油膏的皮囊（皮制的口袋）內运往各地。駱駝是当时唯一的运输工具，装石油的皮囊也利用駱駝来驮运。

至19世紀中叶，已經从油坑和浅井中开采石油。矿业工程师弗斯科勃依尼可夫的著作中关于1825年时的情况有如下的記述：把从油井里采得的石油傾注至設在油井附近的地坑中，在这里水就从油中沉降出来。然后用皮囊把地坑中的石油运送至专门儲存石油的地窖內，以后按具体需要再用駱駝把石油运送給消費者。

随着油井的加深和鑽井的出現，石油选集技术也改善了。从油井里采得的石油已經用建在地上的沟、槽和木制管子，將石油輸送至土坑內。

从巴庫区由井里进行工业性开采石油的发展初期起，即19世紀六十年代，为了供应石油給消費者，已开始广泛利用馬拉运输的办法，即把石油装在大車或二輪車上的油桶中运输。

由于石油和石油产品需要量的增长，与使用油桶运输的同时，开始采用其他的运输形式。1873年里海出現了第一艘油輪。不久以后，开始使用铁路油槽車运输石油。

伟大的俄罗斯化学家Д.И.門捷列夫在上一世紀中叶正确地評价了石油的运输和儲存的意义，並堅毅地研究了其发展方向。1863年他在巴庫詳細地研究了石油业的情况，並公布了改組原有

集油业务的方案。其主要論点如下：

- (一) 取消土坑；
- (二) 建造鋼質的油罐；
- (三) 使用油泵輸送石油；
- (四) 建造油輪和油駁運輸石油；
- (五) 停止用馬車和駱駝运送石油；
- (六) 广泛修建輸油管。

天才的俄罗斯学者，工程师B.Г.舒赫夫的劳动在发展石油運輸和儲存事业上具有重大的意义。他制訂了儲存石油及石油产品的大容量鋼質油罐的計算方法，並在1878年第一次建造了鋼質油罐。他曾写过很多专门討論輸油管的計算和在工业中应用的奠基性的著作。根据B.Г.舒赫夫的設計，曾于1878年建成了俄国第一条輸油管（由巴拉汪至巴庫、直径为4吋、长达10公里）。

B.Г.舒赫夫在世界上第一个实行了加热輸送高粘度重油的办法，並奠定了苏联在設計和建造大載重量河运油駁方面的优先地位。

根据Д.И.門捷列夫的倡議並按B.Г.舒赫夫的設計，于1897—1907年曾建造了第一条由巴庫至巴士姆、直径为10吋、长850公里的輸油干管。当时这条輸油干管系輸送煤油用的。

但在革命前的俄国，石油的开采、運輸和儲存技术都处在极端落后的状态。

油矿集油仍沿用极原始的方法。采出的石油多半放置在露天油坑中，其中少数才用木制盖板盖住。鋼制油罐基本上用来儲存商品原油和石油产品。

当时从油井中随石油一同被排出的天然气，即所謂伴生石油气，全部放到大气中去。随气体一起損失掉的有石油中最有价值的汽油馏分。

伟大的十月社会主义革命成功和石油工业国有化以后，油矿上石油选集技术获得了很迅速的发展，可是当时仍有很长一段时

期石油是儲存在露天的土坑內。

儘管此時改善了集油系統中的個別部分，但石油仍在地坑中被沾污和降低了價值，大量的最有價值的汽油餾分被蒸發掉了。此外，儲存大量石油的露天油坑散布在礦場上，易招致嚴重的火災。

自1937年開始有計劃地建設油礦集油系統，設計了型式更完善的量油裝置（工程師C.帕拉維德里可夫，H.庫比寧，和P.薩基洛夫設計的）及油氣分離器等，但是詳細制訂出的原則性的集油系統並未實現。

1938年曾經作出關於取消油礦中露天集油的決定。這可以看作是迅速改善集油流程的開始。

1939年巴庫油礦的一批工程師曾制訂了新的礦場集油的基本流程，這一流程可以保證在輸送至需要場所的過程中，石油和天然氣的損失量縮減到最少。

至1947年末，這些集油系統已經在蘇聯絕大多數的油礦上建立起來了。

所有現代化的礦場集油流程，都設法使石油和天然氣在從油井至煉油廠和天然氣用戶的輸送途中保持不同程度的密閉性。在這些集油系統中，石油都大致按如下所述流程進行輸送：油井——井口出油管——油氣分離器或量油罐——集油管——區段性的油罐——成品油庫。根據當地條件和油井的特性，這一流程的個別部分可以改變或省略掉，或者增加一些新的設備。

在某些流程中，石油和天然氣從油井內出來後彼此立即分開，而在另外一些流程中，這種油井產品都一起沿同一油礦管網輸送，僅在進入礦場集油站之前才分開。

蘇聯科學研究機構和設計機構正在系統地從事於改善油礦的集油流程和石油的儲存工作。

## 第二章 矿场油、气收集的工艺流程

### 第1节 概 論

油井产品是一个多相的混杂系統，通常是由若干个单相和复杂相所組成，这些复杂相被分界面所隔开並能用机械方法分离。

属于复杂相的油井产品是石油和天然气，因为它们是由某些彼此能互溶而形成均質混合物的組分所組成。

属于单相組分是水以及砂和其他悬浮物。

油井产品可能同时具有四相：石油、天然气、水和砂（或其他悬浮物），而有时只是其中的一部分。水以及砂也可能在油井产品中並不存在，特別在油田或油层的开发初期更可能如此。油井产品中各相間的比例並非一成不变，它在油田、油层的开发和油井的生产过程中是随时变化着的。

由于下述的一系列原因，有时会形成复杂的非均質系統，即石油、水和固态悬浮物的混合物，这一混合物是一种暗黄色的油膏状物質。这种混合物称为石油乳化液。在个别情况下，油井产品可能仅由石油乳化液和天然气所組成。

在石油乳化液中，成为微粒分散状态的某一相称为内相（分散内相），而另外一个包住内相各个質点的相則称为外相（分散介質），内相的質点即分散在外相中。

由液态的外部介質（分散介質）和悬浮在其中的固体微粒（砂和其他）所組成的非均質液态物系或机械混合物則称为悬浮液。

为了从石油和天然气中除去各种雜質，油矿收集石油和天然气的現代化工艺流程中都規定要建造可以实现下列操作的一系列

构筑物和设备：

- 1) 从油井产品的液相中分离出气体；
- 2) 从石油中分离出水和机械杂质；
- 3) 油气的输送；
- 4) 破坏稳固的石油乳化液——脱乳；
- 5) 石油的储存。

同时，从油井至成品油罐及输至炼油厂的整个输油过程应尽可能完全密闭。

所有已知的集油流程可分为两大类，它们彼此的区别就在于集油系统中输油的情况不同。

第一类流程的特征是，石油的输送是采用自由自流式或压头自流式，这种流程称为“短途自流式”。此时在系统中所输送的仅为液相（石油和水），而天然气则在距油井很近的地方就从石油中分离出来。

第二类流程的特征是，石油在集油系统中是加压输送的。此时在系统中与石油一起输送的尚有组成油井产品的其他成分（天然气、水和其他），它们到集油站的设备中才从油中分离出来。第二类的工艺流程称为选油系统中加压输油或称“短途压送式”的流程。按照这类流程工作时，井口压力通常都比在第一类流程时要高些，并且可能达到6个绝对大气压，而在个别情况下还可能更高。

在每一个别情况下，均应考虑到集油系统中压力时每口油井产量的影响及油的质量，油井的特性和其他条件而根据技术-经济计算来选择该油田的流程。

下面介绍上述各类流程中最流行的集油工艺流程。

## 第2节 井口无压的气举井和抽油井之集油流程

所谓“巴庫流程”就属于此类井口无压力的气举井和抽油井的集油工艺流程，该流程系于1936年拟定。

为实现这个流程，曾將巴庫油矿所有的油井按其开采方法和井口压力划分为数类：高压和中压的自噴井、气举井、抽油井。与此相应，在矿場內鋪設了各种独立的高压、中压、低压和真空集气管網。由多井选油站至集油站則采用自流式輸油。石油的选集、运输和儲存的整个系統必須密閉，即从油、气分离器分离出来的气体沿相应的集气管分別通至脫油装置，或經压缩机压缩后送至气举井，而多井选油站和油罐中的油气以及抽油井管外空間中的天然气則用真空压缩机抽出，在压缩后亦导至脫油装置。

高压自噴井的产品应进行三級分离。天然气在16个大气压和更高的压力下从第一級油气分离器分离出来送去加工，而石油和溶在其中的天然气則送至第二級油气分离器，分离器內保持6个大气压。从分离器分离出来的天然气沿着中压集气管也送去加工，而液体則被导至低压（1.3—1.5大气压）油气分离器中。低压的天然气被压缩机压缩后，通过配气站送到气举井。如欲使集气管網內保持一定的压力，連接各管網时彼此均应装用灵敏的压力控制器。

上述流程是按巴庫油矿条件而設計的；設計的目的在于保証油矿上能密閉地收集石油和天然气。由于該流程本身的龐大、复杂和缺乏具有适用此种設計的条件的油矿，实际上整套地应用該流程是沒有的。事实上，油矿要实现这种流程，必須具有高压和中压的自噴井及气举井和抽油井。根据这个流程，应当修建四套独立的集气管網並需要大量的各种控制仪表。所以在大多数情况下，上述流程在应用时就大大地改变並簡化了，即根据油井的开采方法及其特性，在該油田上按上述流程鋪設1—2根独立的集气管網。这种集气管網大部分为低压的或真空的。

### 第3节 井口有压的集油流程

1946年由工程师Ф.Г.巴洛宁和С.А.維济洛夫所創議的，並

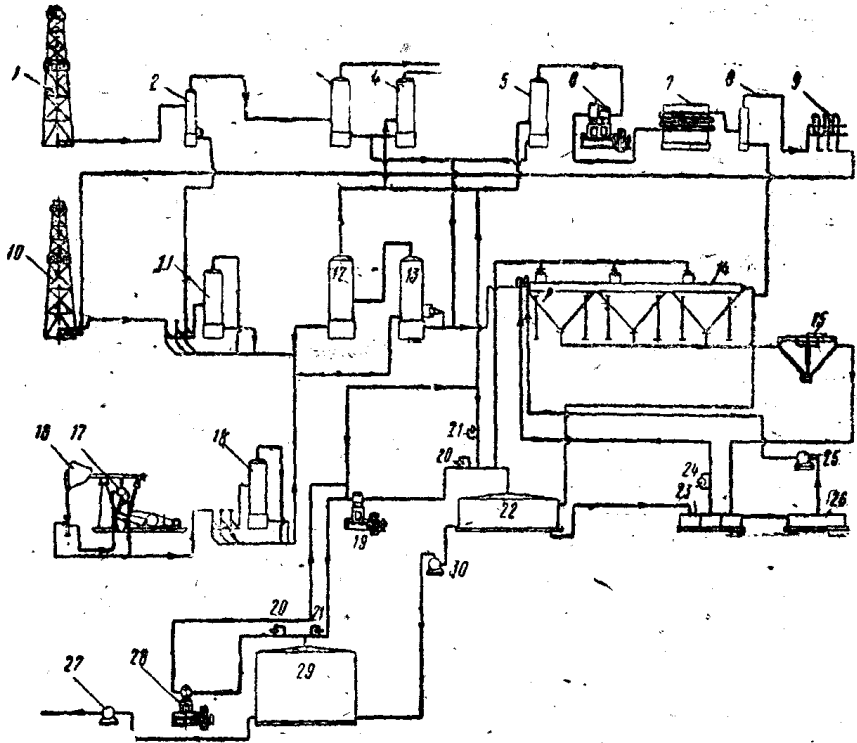


图 1 井口有压力的集油工艺流程

1—高压自喷井；2—高压油气分离器；3—配气站的高压油气分离器；4—配气站的中压油气分离器；5—气体净化器；6—压气站；7—冷却器；8—脱油装置；9—配气站；10—气举井；11—自喷井与气举井用的多井量油站；12—气体净化器；13—油气分离器；14—油水分离器；15—沉砂池；16—抽油井；17—悬挂式压缩机；18—抽油井用的多井量油站；19—真空压缩机；20—高度灵敏的压力控制器；21—高度灵敏的真空控制器；22—集油罐；23—隔油池；24—手摇泵；25—泵；26—储水罐；27—泵；28—真空压缩机；29—成品原油罐；30—泵。

于1947年經全苏石油科学技术工程学会工作組<sup>①</sup>詳細制訂的流程(图1)就是一种井口有压的集油工艺流程。

这个流程的设计要点是全部油井产品(石油、天然气、水和机械杂质)在井口压力为4—5个大气压下(不管其开采方法如何)沿着井口出油管經過多井量油站而流至总的集油管網,並繼續流至集油站。在集油站上集中进行石油与天然气、水和机械杂质的分离。

高压自噴井1的产品沿管路流到高压油气分离器2,高压油气分离器可在略低于井口的压力下从油中分出大部分的气体。

分离出来的气体沿高压輸气管进入区域配气站,气体在油气分离器3和4中完全除掉油、气和水分,然后送給用户。

在油气分离器2中去掉了大部分气体的液体进到多井量油站11的总机关(該站仅計量通至本站的每口自噴井的产量),然后繼續沿着总集油管被輸送至設在集油站上的油气分离器13中。

在油气分离器13中于4.5—5.0个绝对大气压之下分离出来的气体进入气体淨化器12,然后沿集气管流入用来压缩天然气的压气站6的淨化器5中,然后再被压送至气举井,剩余的气体则导至区域配气站。

在同一压力下,由油气分离器13出来的液体,被排送至压力略低于大气压的臥式油水分分离器14中,在这里除去石油中游离水、砂以及天然气和石油蒸汽。

带有机杂质和石油微滴的水通过油水分分离器14下部,再沿管子或小槽进入沉砂池15,然后从沉砂池沿排水沟流至隔油池23。

脱除了游离水、杂质及天然气的石油,从油水分分离器进入集油罐22,再补行沉析一次以后利用泵30从集油罐沿油管泵送至区

<sup>①</sup>工作組的成員包括:А.М.洛布可夫,И.И.拉賓諾維奇,Ю.П.布尔金及另外一些人等。工作組的領導人为Ф.Г.巴洛宁。



域成品油罐区29，并繼續用泵27輸送給用戶。分离出来的水和机械杂质則进入排水沟，再順排水沟流到隔油池。

气举井或中压自噴井10的产品直接进到接納高压自噴井产品的同一多井量油站11之总机关，并与高压自噴井产品一起由集油管进到油气分离器13，繼續按前述工艺程序操作。

在多井量油站11中將每口井的产品轉送至多井量油站的量油分离器，即可測量每口井的产量。

抽油井16的产品，則在与气举井井口压力一样的极限压力下，沿井口12出油管流至抽油井用的多井量油站18，並繼續进入集油管同自噴井和气举井的产品一起沿該管进入油气分离器13，使这些油井的产品繼續按同样的工艺程序操作。

用进口压力約为0.90个絕對大气压和出口压力达6个絕對大气压，生产率为300—350标准米<sup>3</sup>/昼夜的悬掛式压縮机17，收集抽油井管外空間的气体。悬掛式压縮机与抽油机游梁的后段相连接，压縮机的吸入口与抽油井的管外空間相接，而出口則与油井的井口出油管相通。有时压縮机安装在抽油机底座上的电动机之后，並由电动机带动。因此抽油井管外空間的气体，随同油井产品一起进入集油管，在气举井用的油气分离器中与自噴井、气举井和抽油井的油气一同从油井产品中分离出来。

压縮机从抽油机馬达上取用的功率約为1.2瓩。

用上述工艺流程时，石油蒸汽只可能在集油站上（油水分离器内和集油罐内）以及区域成品油罐区内积聚。其数量並不大，但較用“巴庫式”的工艺流程时要大些，这是由于油气分离器和油水分离器内的压力差很大的緣故。

石油蒸发产品与游离气体的收集，通常規定用生产率为10标准米<sup>3</sup>/分的小压縮机来进行。經压縮后的石油蒸汽和天然气进入集气管，油气分离器分离出来的天然气也进入該集气管中。

为了避免在压縮机操作时在容器内产生不应有的真空，压縮机的吸入管与压出管相连接，而在连接处安装一个灵敏的真空控