

气田工人自学丛书

输气

陈俊骞 等编

石油工业出版社

气田工人自学丛书

输 气

陈俊骞等编

石油工业出版社

目 录

概述	(1)
一、天然气开发利用简况	(1)
二、油气藏和油气开采	(2)
三、天然气的矿场集输	(4)
四、天然气的输送与储存	(8)
五、天然气的用途	(11)
第一章 天然气的主要性质	(14)
第一节 天然气的组成	(14)
一、天然气的组成	(14)
二、天然气的组成表示法	(22)
第二节 天然气的分子量	(24)
第三节 气体状态方程式	(25)
一、理想气体状态方程式	(26)
二、真实气体状态方程式	(30)
第四节 天然气的密度	(56)
第五节 天然气的粘度	(58)
第六节 天然气的热值	(63)
第七节 天然气的含水量	(66)
第八节 天然气的热容	(68)
第九节 天然气的导热性	(73)
第十节 天然气的溶解度	(78)
第十一节 天然气的蒸汽压力、沸点、汽化热	(79)
第十二节 天然气的燃烧需氧量和爆炸限	(87)
第二章 天然气的净化和轻质油的回收	(94)
第一节 天然气的气质	(97)

第二节 天然气的脱水	(97)
一、氨制冷脱水	(98)
二、液体吸收法脱水	(100)
三、固体吸附法脱水	(116)
第三节 天然气的脱硫	(120)
一、直接氧化法	(120)
二、化学吸收法	(122)
三、环丁砜脱硫法	(125)
第四节 天然气中的轻质油回收	(126)
一、压缩法	(126)
二、吸收法	(127)
三、吸附法	(128)
第三章 输气站设备及管理	(131)
第一节 输气站的工艺流程	(132)
一、输气管线起点站工艺流程	(132)
二、输气管线终点站工艺流程	(133)
三、典型输气站工艺流程	(135)
第二节 输气站的设备	(138)
一、阀门	(139)
二、自力式压力调节器	(179)
三、分离器	(193)
四、气体过滤器	(208)
五、多管干式气体除尘器	(211)
六、清管收、发球筒	(215)
七、站场加热系统	(219)
八、常用管子及管件	(219)
第三节 输气站设备的管理	(243)
一、设备管理要求	(243)
二、设备的维护保养	(244)
第四章 天然气的流量、压力、温度测量仪表	(261)

第一节 测量仪表的基本知识	(261)
一、测量和测量仪表	(261)
二、测量单位	(261)
三、测量误差	(262)
四、测量仪表指标	(266)
第二节 天然气流量的测量	(269)
一、气体流量仪表简介	(269)
二、孔板差压流量计	(272)
三、流量计算	(324)
第三节 天然气压力的测量	(387)
一、压力测量单位	(387)
二、压力测量仪表的分类	(389)
三、输气站常用的压力测量仪表	(390)
第四节 天然气的温度测量	(408)
一、温度及温标	(408)
二、温度测量仪表的分类	(409)
三、输气站常用的温度测量仪表	(409)
第五章 输气干线的生产管理	(425)
第一节 天然气输送系统的组成	(425)
一、输送系统	(425)
二、天然气输送管线的分类	(425)
三、输气干线	(426)
第二节 输气管线的简单计算	(433)
一、工艺计算	(433)
二、输气管计算公式的分析	(439)
三、输气管线工艺计算例题	(441)
四、输气干线系统工艺计算简介	(445)
第三节 输气干线的建造与投产	(452)
一、线路的选择	(452)
二、输气管线的施工程序	(453)

三、输气干线施工的配合与质量	(454)
四、输气管线的吹扫试压	(458)
五、输气干线的投产	(462)
第四节 输气干线的管理	(464)
一、技术管理要求	(464)
二、输气干线的运行	(465)
三、输气干线的巡视检查	(476)
第五节 输气管线线路构筑物的管理和维护保养	(487)
一、线路阀室	(487)
二、分水器	(489)
三、线路堡坎与护坡	(492)
四、水下穿越管线	(494)
五、架空跨越管线	(501)
第六节 输气管线的修理	(509)
一、管线维修队伍的配备	(509)
二、抢修的施工方法	(510)
三、认真搞好管线维修工作	(516)
第七节 输气管线的清管工艺	(517)
一、清管目的	(517)
二、清管器	(518)
三、清管器通过指示器	(522)
四、清管器在输气管线中的运行	(529)
五、通球工艺参数的选择与计算	(530)
六、清管球运行故障和处理	(535)
七、多球清管	(537)
八、通球中的气量处理	(537)
九、通球操作	(538)
十、投产前通球	(540)
十一、加强通球的组织、准备工作	(541)
第八节 压气站	(542)

二、压气站的工艺流程	(544)
三、压气站输送量的调节方法	(550)
第六章 地下输气管线的腐蚀与防腐	(553)
第一节 地下金属管线的土壤腐蚀	(553)
一、腐蚀原因	(553)
二、影响腐蚀过程的因素	(556)
三、腐蚀规律	(558)
第二节 地下金属管线沥青绝缘层防腐	(559)
一、防腐绝缘层性能	(559)
二、防腐绝缘层材料	(559)
第三节 地下金属管线的阴极保护	(567)
一、原理	(567)
二、阴极站的站址与设备选择	(567)
三、常用直流电源设备的原理、结构与操作	(571)
四、阴极保护的基本参数与测量方法	(593)
五、阴极保护站的管理	(603)
第四节 输气管线的内腐蚀与防腐	(605)
一、电化学失重腐蚀	(606)
二、硫化物应力腐蚀破坏	(606)
三、内壁防腐措施	(608)
第五节 管线的腐蚀调查工作	(610)
一、管线外壁腐蚀调查	(611)
二、管线内壁腐蚀调查	(612)
三、管壁厚度测量仪器	(613)
第七章 输气安全技术	(615)
第一节 防火	(615)
一、天然气火灾的危险性	(615)
二、防火措施	(615)
三、常用灭火剂及消防器材	(619)

第二节 防爆	(627)
一、常见的爆炸现象及原因	(628)
二、防爆措施	(629)
三、测爆仪器的使用	(633)
第三节 防毒	(635)
一、常见的中毒现象	(636)
二、防毒措施	(638)
三、急性中毒的现场急救	(639)

概 述

一、天然气开发利用简况

天然气是埋藏在地下的一种以饱和碳氢化合物为主要成分的可燃气体混合物。我国天然气资源比较丰富，勤劳勇敢的我国人民很早就发现和利用天然气；据历史记载，早在二千二百多年前的战国末期，在现今四川双流县一带就开始钻井取盐，在一千八百多年前的东汉时期，我国人民在四川邛州（今邛崃县）一带钻成了天然气井，开始用竹管输送天然气。四川约在一百七十多年前的清代中期，自贡市自流井气田已经大规模开发，在当地兴起了天然气开采和制盐工业。国外直到公元1820年左右才开始开发和利用天然气。

但是，在解放前的一百余年中，由于帝国主义侵略和历代反动统治阶级的腐败无能，我国的天然气开采业已是气息奄奄，输气工业根本就没有。

解放后，在中国共产党的英明领导下，我国社会主义建设事业蒸蒸日上，在石油工业发展的同时，天然气工业也开始建立起来，天然气的产量大幅度增长，1962年我国第一条大型输气管线—巴渝输气管线在四川建成投产，标志着我国输气工业已开始进入一个新的发展阶段。

近十年来，天然气工业有了更大的发展，高压、大口径、长距离输气干线在许多省、市不断建成投产，强大的天然气流正由许多油气田源源不断地输送到城市、工厂，管输天然

气量成倍增长。在我国国民经济和社会主义建设中，天然气正发挥着越来越大的作用。

二、油气藏和油气开采

我们输送的天然气，有的是从纯气田中开采的，叫气田天然气（气田气），有的是从凝析气田中开采的，叫凝析气田天然气（凝析气），有的是从油田中与石油同时开采的，叫油田伴生天然气（油田气）。在凝析气和油田气中轻质油含量比气田气多。

不少人认为天然气与石油是有机生成的，是古代的生物（动物和植物）在一定的环境下变成的。若干万年前地球上的动植物，特别是生长在浅海及其边缘、河流入海处、湖泊、沼泽等地方的动植物，随着地球的演变和自然环境的变化而逐渐死亡并被泥砂等沉积物所埋藏。这些被埋藏的动植物在与空气隔绝的缺氧沉积环境中受地层压力、温度、放射线、催化剂的作用和细菌对这些有机质的发酵分解作用，逐渐转化为石油和天然气。

我们把生成天然气和石油的地层叫生油层，在生油层中生成的天然气和石油，开始时是分散的，后来由于生油层上的沉积层越来越厚，生油层不断被压缩，加之地壳运动等因素，使水和生成的油、气受到挤压而流向生油层上下或邻近具有良好孔隙或裂缝的地层中储集起来。这种储集天然气和石油的地层叫储油层。储油层的顶部是非渗透性岩石称为盖层。在储油层中当携带分散状油、气的地下水遇到了遮挡物就逐渐处于相对停止状态，这时因油、气比重比地下水大而上浮并逐渐聚集而形成油气藏。这种促使油、气由分散到聚集的遮挡称为圈闭。背斜、断层等都可以形成圈闭。如果单一的圈闭被石油占据叫油藏，若是被天然气占据叫气藏。在

油气藏中天然气、油和地下水是按其比重不同自上而下分布的。

图0-1是常见的背斜构造气藏，图0-2为岩性尖灭构造气藏。

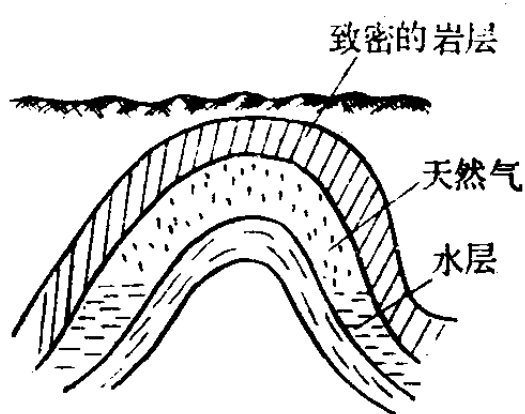


图 0-1 背斜构造气藏

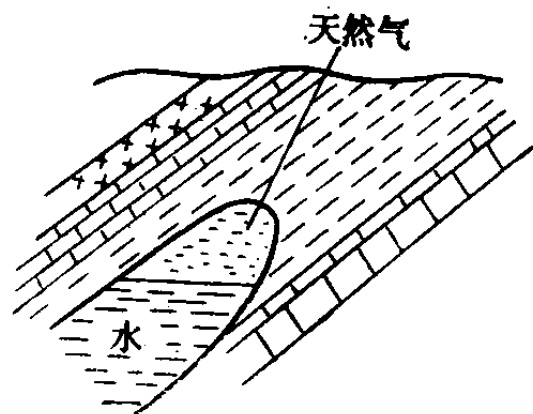


图 0-2 岩性尖灭构造气藏

储油层的地层是具有良好的孔隙性或裂缝的砂岩、石灰岩、白云岩、珊瑚礁、贝壳灰岩等。泥岩、页岩、致密砂岩和石灰岩等非渗透性岩层是盖层。

我们知道，天然气和石油都是埋藏在地下数百直至数千米的岩层中，要把天然气、石油开采出来必须打井，这就是油、气钻探工艺。在一口已经钻成的油（气）井中都装设有钢质套管，在套管与井壁和套管与套管之间是用水泥固结，以防止井壁坍塌及地层间油、气、水窜漏。油（气）井内装设了一根油管，其上部悬挂在采油树上，下部直至井筒内的油（气）层中部。我们是通过油管开采油气的，这样可以保护套管，也便于排出井内积液和进行修井、增产等作业。

由井筒、油气产层、套管和加固水泥、油管等的组成称为油气井井身结构。一口油（气）井的井身结构的复杂程度取决于油（气）田地质情况、该井的深度、产量、能量和开采中的某些特殊措施。一般油气井的套管尺寸是表层套管

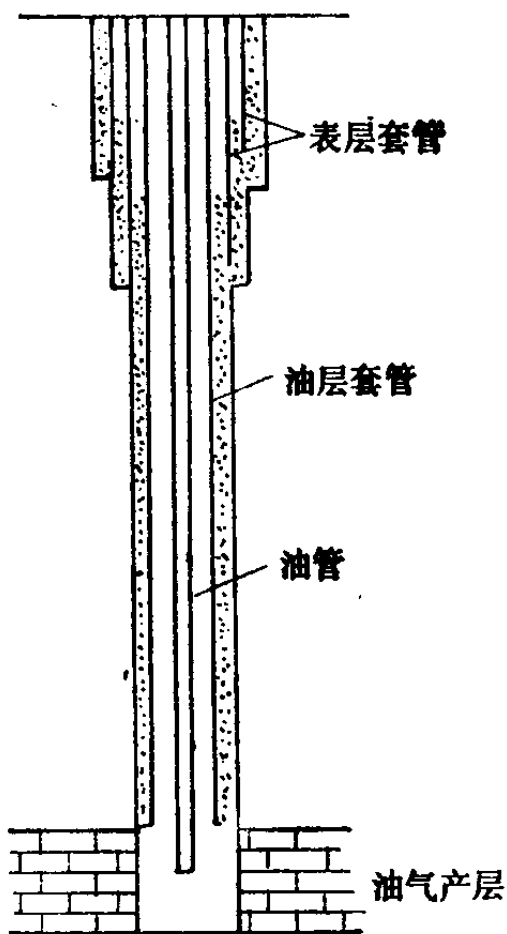


图 0-3 油气井井身结构

245~340mm (1~2 层), 油层套管168~291mm (1 层)。油管尺寸是50~100 mm。图0-3是油气井井身结构。

在油气井的地面上装设了控制油气的设备, 称为井口装置 (采油树)。它由底法兰、油套头、闸阀、针阀等组成, 其作用是引导、控制、调节油气, 录取油气井生产数据资料 and 进行油气井修理作业。图0-4是气井的井口装置。

地下天然气和石油具有一定的能量, 因此, 油气是靠自身能量流向地面。对开采末期的枯竭油气藏, 常常采取注水、注气等措施增大油气能

量, 以提高油气采收率。

三、天然气的矿场集输

天然气从气 (油) 井采出经集气 (油) 管线输送到集气 (油) 站进行调压、分离、计量后再输至天然气净化厂 (脱油或脱水)。在净化厂内天然气气质达到管输标准后输往输气干线或直接输至用户。当油气井能量不足时, 还须在集气 (油) 站之后, 净化厂之前建立压气站, 增加天然气能量, 便于长距离输送。

天然气的矿场集输流程分为油田集输流程与气田集输流程。

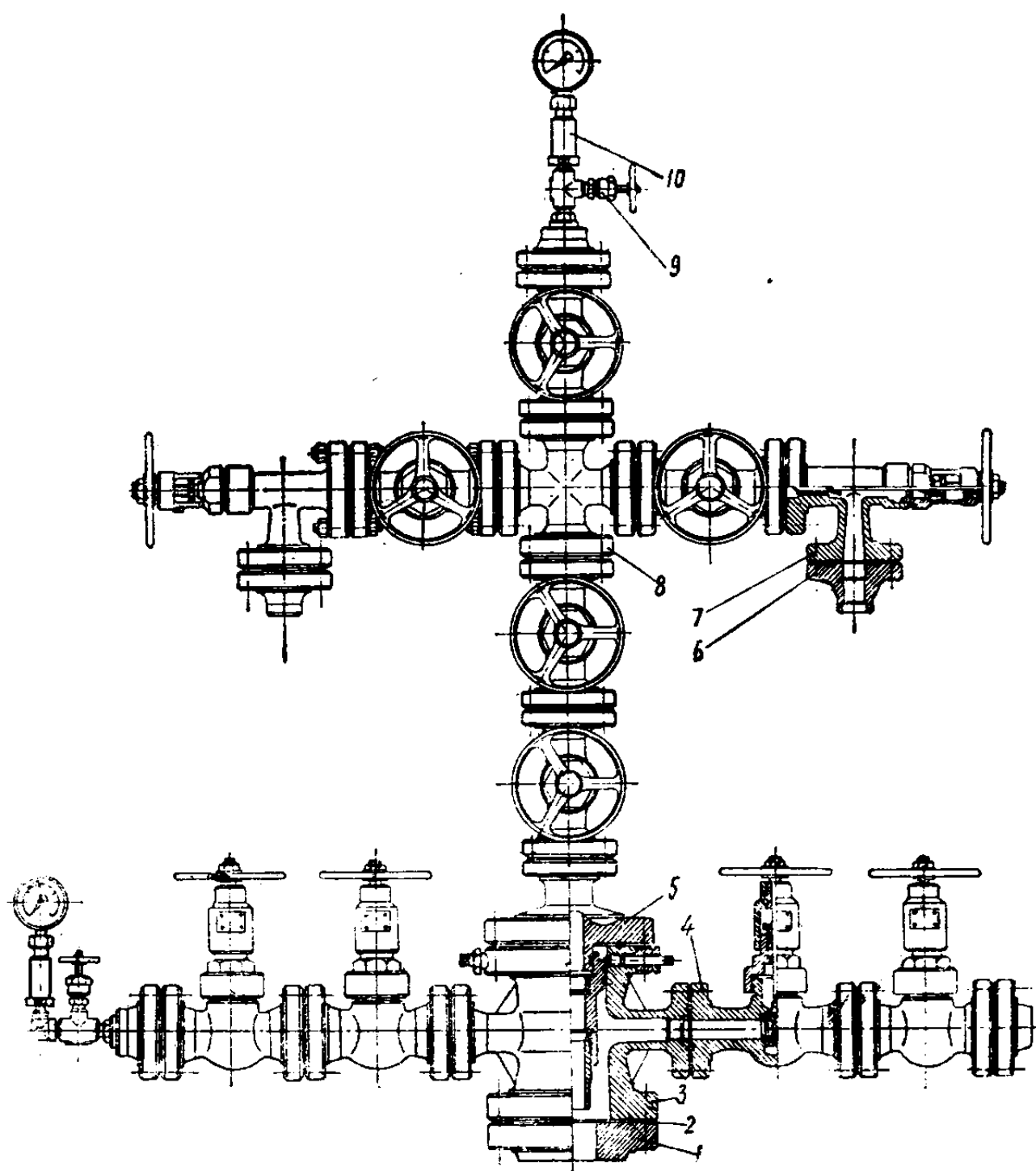


图 0-4 采气井井口装置

1—底法兰；2—钢圈；3—油管头；4—闸阀；5—上法兰；6—法兰接头；7—针阀；8—四通；9—截止阀；10—压力表缓冲器

油田上集输油田伴生气常用俗称的“串糖葫芦”集输流程和单井油气集输流程。串糖葫芦集输流程是单井进行油气加热与计量后在多井串联油气混输至转油站 在转油站内进行油气分离、脱水处理，净化原油泵送油库，天然气输往压

气站升压或直接输向用户。单井油气集输流程是油井采出的油气单独进入计量站进行分离，在油、气和水分别计量之后，原油输入油罐经加热后泵往转油站，天然气输向干线或输至压气站升压后再经脱油、脱水处理输向干线。

气田上的集气管网形式有直线形、放射形和环状形三种（图0-5）。多数气田是采用放射形集气管网形式，所以，多数气田的矿场集输流程是多井集输放射形管网流程。该流程的集输过程是每口气井采出的天然气单独经集气管线进入集气站进行集中控制、分离和计量后输向净化厂或直接输向输气干线。

多井集输放射形管网流程分为常温 and 低温两种。

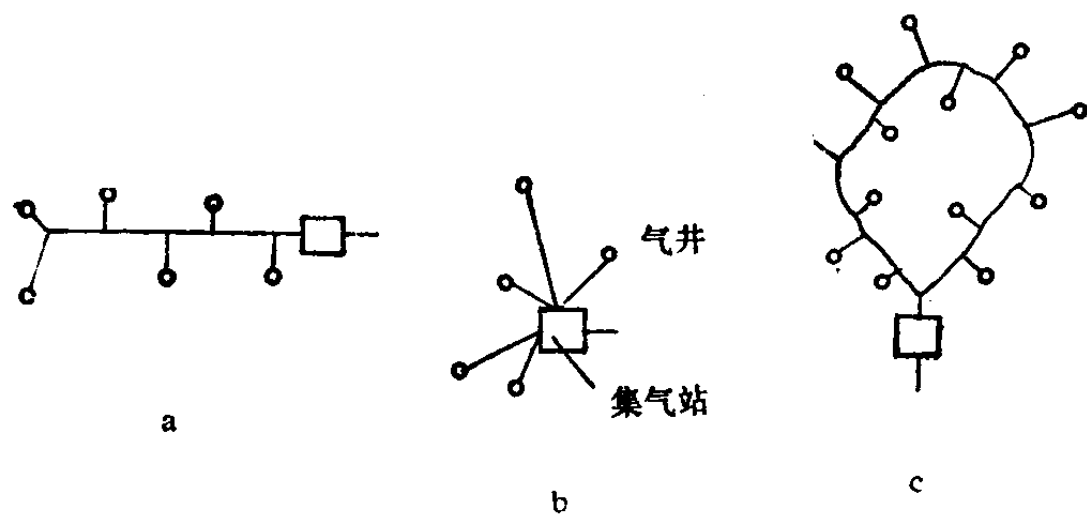


图 0-5 气田集气管网形式
a—直线形；b—放射形；c—环状形

图0-6是多井集输放射形管网常温分离流程。天然气从气井采出后经集气管线进入集气站，在分离器内初步分离出游离水后用节流阀降压，再经过分离和计量后输向净化厂或输向干线。为了避免因天然气节流效应降温形成水化物堵塞管道，在一级分离器之后采用套管式换热器在密闭的自动循环系统中对天然气进行加热，以利于防止和消除水化物形

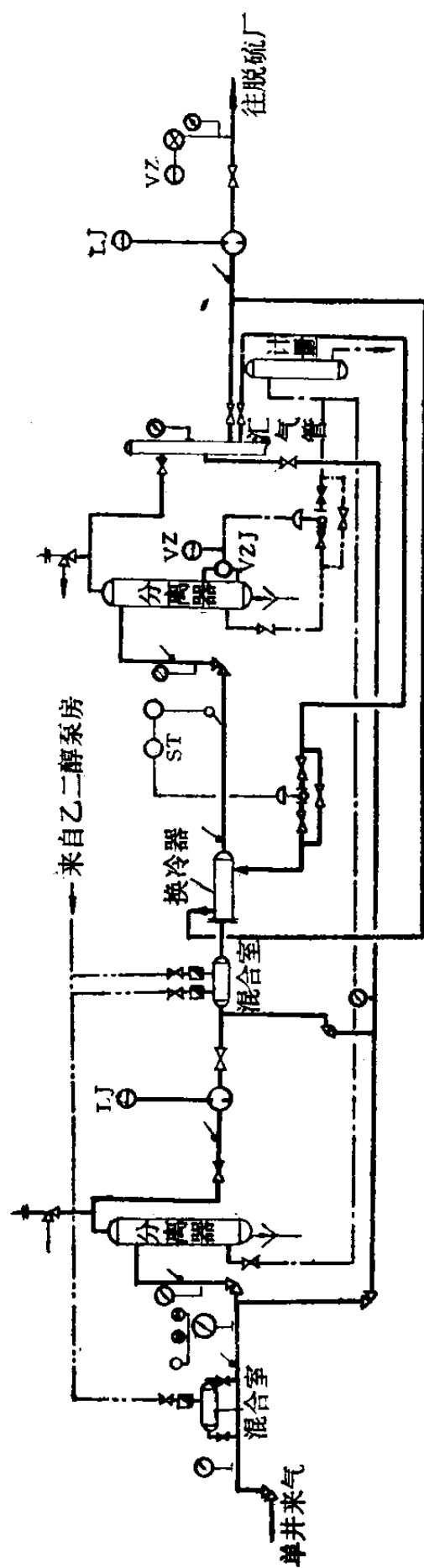
成。

图0-7是多井集输放射形管网低温分离流程。该流程与上述常温分离流程的不同点是向天然气中注入了防冻剂，使之深度脱除天然气中的水分。天然气从单井进入站后经一级分离器初步分离出气中游离水，然后将一定数量的防冻剂——乙二醇（ $C_2H_6O_2$ ）通过高压比例泵送至混合室，经过喷嘴形成雾状液滴与天然气相混合再由换冷器预冷，预冷降温后的天然气流过节流阀温度进一步降低，轻质油和水分离析出来，通过分离器排出，干燥天然气经计量后输往净化厂或输往输气干线。

四、天然气的输送与储存

目前，天然气的输送是采用管道输送和液化运输。

管道输送天然气的输送量大、供应稳定，是一种较好的输送方法。为了提高管道的输气能力（通过量），应当采用大口径的输气管线并提高输气压力。为此，输气管道多采用高强度薄壁钢管，压气站常用高效压缩机（如燃气轮机-离心式压缩机组）。管道输送天然气这一方式把天然气的采、输、供三个工序速成一个统一的整体；天然气从井中开采出来经气田集输管网到净化厂，再通过输气干线输至城市配气管网、用户。在这样一个相互密切联系的采、输、供整体中，各工序之间不但相互制约而且相互影响，任何一个环节的故障都会造成天然气的供应中断。在输气管线的生产管理中应特别注意这一特点并采取相应的预防措施。建成一条输气管线是十分困难的，尤其在地形复杂、地理位置不当的地区敷设大口径长距离管线更加困难。建造输气管线的钢材用量很大，敷设一条直径720mm，管长100km的管线需用钢材约二万t，投资约1500万元。显然，以上这些都是用管道输送天然



图例

- | | | | |
|-------|-----|-------|-------|
| 乙二醇管线 | 热电阻 | 通路控制板 | 薄膜调节阀 |
| 精细过滤器 | WJT | VZ | 压力指示器 |
| 凝析油管线 | VZJ | 变送器 | |

图 0-7 气田多井集输低温分离流程图