

# 天然气 预处理 和加工

第一卷

〔美〕J.M.坎贝尔

GAS CONDITIONING  
AND  
PROCESSING

Volume 1

JOHN M. CAMPBELL

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书为天然气预处理和加工第一卷。书中对天然气的基本相态特性、物理性质及能量转换等基础知识作了系统详细的阐述。很实际地介绍了在天然气处理加工过程中天然气的系统规划；也讨论了对容器设计的要求，分离原理以及气体净化方面的内容；同时对天然气的基本热力学概念、流体流动、相态变化及系统能量的转换等也都进行了详细的介绍。

本书可供从事天然气研究及石油化工专业工程的技术人员和各石油院校有关专业的师生学习参考。

**GAS CONDITIONING AND PROCESSING**

**VOIUME I**

**JOHN M. CAMPBELL**

**Campbell Petroleum Series-1981**

**天然气预处理和加工**

**第一卷**

[美]J.M.坎贝尔

陈贻良 朱利凯 等译 张铁生 审校

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

北京妙峰山印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米16开本 20<sup>3</sup>/<sub>4</sub>印张 483千字 印1—2000

1989年9月北京第1版 1989年9月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-0298-1/TE·294

定价：6.45元

## 作者序言及鸣谢

“气体处理与加工”第五版的技术内容差不多和第四版完全一致。但由于几乎全部的方程式和插图均改为与目前采用的国际米制单位标准(SI)相一致,因而变动是相当显著的。未作上述更动之处,则是由于最终的标准尚未被采纳。

本书分四卷问世。第三卷包括了从第一、第二卷选出的一些专题的计算机应用技术。我们现有的“气体和液体脱硫”一书(目前正修订中)将作为新增的第四卷。

在一个如此巨大的任务中,差错是作者的一大苦恼,特别是在所涉及的许许多多单位变换中尤其如此。尽管我们作了最大的努力,在第一次印刷中仍将有一些差错。作者对此深表歉意,希望读者原谅,并请协助改正。

本书得以成书出版,作者要感谢很多对本书作出直接或间接贡献的人。有可能之处,作者均注明资料来源,以承认其直接的贡献。遗憾的是由于事隔多年,有些资料的出处已遗失,或者就是我们在罗列参考文献时遗漏了。无论属于哪种情况,作者均对失察之处表示歉意,并将于重印时改正。

还要向作者的同事O.博伊德(Boyd), R.马道克斯(Maddox), R.哈伯德(Hubbord)和J.埃巴(Erbar)致以特殊的谢意,全书中都贯穿有他们的努力。

同样重要的还有,在本书编制中做了许多工作并作出很多其它贡献的J.加里森(Garrison)和F.波特(Porter)。

J.M. 坎贝尔博士  
诺曼, 俄克拉荷马  
1981年6月

## 译者序

本书一套四卷是坎贝尔石油丛书的一个组成部分。作者J.M.坎贝尔博士曾任美国俄克拉荷马大学石油工程学院院长、教授和该校的石油中心主任，一度从事咨询服务和培训业务，近期则致力于出版工作。另一作者R.N.马道克斯博士曾任俄克拉荷马大学化学工程系主任、教授和物理性质实验室主任，并在十多个国家任过教。近年从事专业研究，在天然气胺法脱硫的数模化和硫回收过程的热力学分析方面颇见活跃。两位作者在天然气处理加工领域中都有丰富的论著，是该领域内国际知名的专家。

本书的第一卷主要内容为：相态特性、物理性质和能量转换等基础知识；第二卷叙述泵及压缩机、吸收分馏和天然气液化等过程；此两卷成书较早，内容比较经典。为此，第三卷专论第一、二卷中有关课题的计算机应用技术，以弥补前二卷的不足。第四卷则系马道克斯已在1972年出版的《气体和液体脱硫》经修订后纳入本书，虽有文献综述性质，但却进一步联系了工业中的实际应用。因此，全书作为一个整体，其内容是丰富的，基本上覆盖了天然气处理加工的整个领域。着重于以简明、扼要的计算方法来介绍工艺过程的原理，而不追求这些原理的推演。精练、强调实用性是此书的特点之一，因此是从从事这方面工作的科技人员的一部较好的参考书。

成书的历史过程使各卷之间存在着一些衔接、统一和重复的问题。作者也努力作了处理，但未能完全避免。此外，由于美国目前正处于由英制向国际单位(SI)制过渡的时期，所以本书现版各卷都尽量采取了英制与米制并列的办法，虽增加了篇幅，但也给读者带来一定的方便。

此书经过多次修订，力图及时补入新内容。我们翻译的是最新版本。一套书，能多次修订、再版，这说明了作者的认真态度和勇气，也反映了读者对它的好评。

本书的第一、第四两卷由四川石油管理局天然气研究所有关人员译出。其中：第一卷由张铁生译第一章，陈康良译第二、三、四章，朱利凯译第五、六章，原青民、田荫怀译最后六章。本两卷均由张铁生高级工程师审校。

限于译者水平，文中谬误不当之处在所难免，敬祈读者惠予指正。

# 目 录

<b>第一章 绪言</b> .....	(1)
第一节 交流问题 .....	(1)
第二节 计量单位 .....	(2)
第三节 计算问题 .....	(3)
第四节 关于双轨单位制 .....	(3)
<b>第二章 系统的规划</b> .....	(4)
第一节 系统规划的意义 .....	(4)
第二节 基本系统 .....	(4)
第三节 基本系统的限制因素 .....	(6)
第四节 矿藏单元 .....	(7)
第五节 分离单元 .....	(9)
第六节 气体处理单元 .....	(9)
第七节 天然气凝液回收 .....	(10)
第八节 通用的单元方法 .....	(11)
<b>第三章 基本热力学概念</b> .....	(12)
第一节 量纲 .....	(12)
第二节 核算原理 .....	(12)
第三节 系统和环境 .....	(13)
第四节 基本热力学核算 .....	(13)
第五节 质量核算 .....	(13)
第六节 能量平衡 .....	(14)
第七节 特殊应用 .....	(16)
第八节 热力学第二定律——熵 .....	(17)
第九节 各种热力学性质之间以及它们和压力-体积-温度之间的关系 .....	(19)
第十节 对理想气体的特定情况 .....	(20)
第十一节 不可压缩液体的特定情况 .....	(21)
第十二节 方程3-15~3-17的解法 .....	(21)
第十三节 压力对 $C_p$ 的影响 .....	(21)
第十四节 PVT关系的综合影响 .....	(22)
第十五节 计量单位 .....	(22)
一、数字的格式 .....	(23)
二、SI单位的词头 .....	(24)
三、基本量纲 .....	(24)
四、能量单位 .....	(25)
五、单位等式和换算因子 .....	(27)
<b>第四章 定性的相态特征</b> .....	(28)
第一节 相态与能级 .....	(28)

第二节 单组分系统 .....	(28)
第三节 多组分系统 .....	(30)
第四节 相包络区的应用 .....	(33)
一、储层的相态特征 .....	(33)
二、泵送液体 .....	(34)
三、两相操作 .....	(34)
四、高压管道 .....	(34)
五、冷冻过程 .....	(35)
第五节 吉布斯 (Gibbs) 相律 .....	(36)
<b>第五章 烃类流体的物理性质</b> .....	<b>(38)</b>
第一节 状态方程式 .....	(38)
一、R值 .....	(38)
二、非理想气体的P-V-T方程式 .....	(38)
第二节 压缩因子 .....	(39)
一、对应状态的基本概念 .....	(39)
二、混合物的结合规划 .....	(40)
三、第三种参数 .....	(41)
四、卡茨(Katz)关联式和凯氏(Kay's)规则 .....	(41)
五、图5-1应用于酸性气体的问题 .....	(43)
六、EMR法 .....	(44)
七、用于富含CO <sub>2</sub> 气体的方法 .....	(49)
八、气体P-V-T计算的小结 .....	(52)
第三节 液体的物理性质 .....	(52)
一、混合物的性质 .....	(52)
二、状态方程 .....	(55)
三、沃森(Watson)特性因子 .....	(55)
四、蒸馏特性 .....	(56)
第四节 液体密度 .....	(56)
一、密度单位 .....	(56)
二、API度 .....	(56)
三、API桶 .....	(56)
四、状态方程关联式 .....	(57)
五、通用的关联式 .....	(57)
六、相对密度与分子量的关系 .....	(57)
七、常用的算图 .....	(58)
八、甲烷和乙烷的影响 .....	(61)
九、低温液体的密度 .....	(63)
十、EMR密度 .....	(64)
第五节 粘度 .....	(66)
一、粘度单位 .....	(67)
二、气体粘度 .....	(67)
三、液体粘度 .....	(69)
第六节 表面张力 .....	(70)

<b>第六章 两相体系的气-液相态特性</b> .....	(73)
第一节 气-液相平衡.....	(73)
第二节 分压概念.....	(73)
第三节 由逸度导出K值.....	(74)
一、逸度和逸度系数.....	(74)
二、求K值的计算机解法.....	(74)
三、K值曲线图的应用.....	(76)
四、收敛压力的应用.....	(76)
五、预测最重组分的K值.....	(79)
第四节 平衡常数表.....	(82)
第五节 K值的应用.....	(104)
一、泡点的确定.....	(104)
二、露点的确定.....	(105)
三、闪蒸计算.....	(106)
四、计算机解法.....	(107)
五、相态的确定.....	(107)
六、逐级分离.....	(108)
第六节 一些换算计算.....	(109)
一、液相组成表示, 分子百分数或重量百分数.....	(109)
二、混合物流组成的计算.....	(110)
三、闪蒸计算数据换算成实际流率.....	(111)
四、基本的换算因子.....	(112)
第七节 平衡计算的准确性.....	(113)
<b>第七章 产品规格</b> .....	(118)
第一节 合同条款.....	(118)
第二节 气体合同.....	(119)
一、合同条款.....	(119)
二、气体的质和量.....	(119)
三、交货点和压力.....	(121)
四、售方优先权.....	(121)
五、一般条款.....	(121)
六、标准伴生气合同.....	(122)
第三节 液体合同.....	(122)
一、天然汽油规格及雷德蒸汽压.....	(122)
二、常规液体产品提要.....	(123)
三、产品初分割.....	(126)
第四节 液体储存.....	(128)
一、压力下储存.....	(128)
二、呼吸损失.....	(130)
三、装罐损失.....	(131)
四、自动监控输送.....	(131)
<b>第八章 过程容器的技术条件</b> .....	(134)

第一节	制作规范	(134)
一、	容器壳体	(134)
二、	容器的重量和壁厚	(135)
三、	容器构型	(136)
第二节	气液分离设备	(137)
一、	概述	(137)
二、	分离器类型	(138)
三、	分离器部件	(139)
四、	分离原理	(140)
五、	颗粒大小	(140)
六、	重力分离	(142)
七、	离心沉降	(142)
八、	撞击	(142)
第三节	分离器大小的确定	(143)
一、	概述	(143)
二、	质量流率的使用	(144)
三、	液体滞留时间	(145)
四、	吸收塔和分馏塔	(145)
五、	分离效率	(147)
六、	离心抽出器(分离器)	(149)
第四节	液-液分离	(150)
第五节	气体的净化	(153)
一、	粉尘过滤器	(153)
二、	液体涤气器	(154)
三、	涤气器用的液体	(156)
第六节	填料塔	(157)
<b>第九章</b>	<b>系统的能量变换</b>	<b>(160)</b>
第一节	能量平衡	(160)
第二节	计量单位	(162)
一、	基本SI制单位	(162)
二、	流率	(162)
第三节	相状况的影响	(164)
第四节	比热容	(165)
一、	比热容与P、V、T的关系	(165)
二、	纯物质	(166)
三、	混合物	(166)
第五节	潜热	(166)
一、	纯物质	(167)
二、	混合物	(167)
第六节	$\Delta h$ 和 $\Delta s$ 的计算	(168)
一、	纯物质	(168)
二、	混合物	(169)
三、	通用气体关系式	(191)



四、关联式选择的影响	(194)
<b>第十章 过程速率基础</b>	(197)
第一节 过程速率	(197)
一、速率方程式	(197)
二、推动力	(197)
三、阻力	(197)
第二节 线性流动的一些例子	(198)
一、电流	(198)
二、热传导	(198)
三、穿过薄流动膜的热	(198)
四、传质	(198)
五、多孔介质内的流体流动	(199)
第三节 串联阻力	(199)
第四节 并联阻力	(199)
第五节 复合阻力	(200)
第六节 一般应用	(200)
<b>第十一章 传热</b>	(202)
第一节 换热器型式	(202)
一、管壳式换热器	(202)
二、套管式换热器	(203)
三、盘管式换热器	(207)
四、板式换热器	(207)
五、特殊换热器	(207)
第二节 基本传热方程式	(207)
第三节 有效的 $\Delta T$	(208)
一、估算 $\Delta T$ 的基本方程式	(208)
二、图11-8~图11-13的用法	(210)
三、热流出口与冷流入口温差	(213)
四、蒸发(沸腾)中的液体	(214)
第四节 总传热系数 $U$	(215)
第五节 基本的热平衡	(216)
第六节 导热系数	(217)
第七节 污垢系数	(218)
第八节 膜系数	(218)
第九节 辐射传热	(221)
第十节 管内的热损失或热增益	(222)
第十一节 凉水塔	(224)
第十二节 空气湿度图	(226)
第十三节 空冷器	(227)
第十四节 组合式冷却器	(230)
第十五节 换热器的选择	(230)
<b>第十二章 流体流动</b>	(233)

第一节	液体流动基本原理	(233)
一、	液体流动基本方程式	(233)
二、	液体系统中的压力降	(234)
三、	流动的类型	(234)
四、	雷诺数 $Re$ 与摩擦系数 $f$	(234)
第二节	管子直径的计算	(237)
一、	计算方法	(237)
二、	计算的灵敏度	(238)
三、	另一个可供选择的方法	(238)
第三节	管线输送能力的计算	(238)
第四节	设计回管系统	(239)
一、	回管系统的用途	(239)
二、	流量方程式的应用	(240)
三、	复式液体集输系统	(242)
四、	分流	(244)
第五节	气体流动	(245)
一、	基本原则	(245)
二、	根据流速确定直径	(248)
三、	有关 $Z$ 的其它方法	(248)
四、	流动管线内的静压头	(249)
第六节	单相垂直气体流动	(251)
一、	静态井底压力	(251)
二、	垂直的单相气体流动	(251)
三、	气井中的温度梯度	(252)
第七节	非稳定状态流动	(253)
一、	管线内不稳定流动	(253)
二、	排空或吹扫	(253)
三、	关闭阀门时的压力波动	(254)
四、	试压	(254)
第八节	复杂流动系统	(255)
一、	适用于并联管线与集气管线的关系式	(255)
二、	回管的等效管线	(256)
三、	串联管线的等效管线	(256)
四、	符号说明	(257)
第九节	两相流动	(259)
一、	两相流动的各种状态	(259)
二、	几个无因次群	(261)
第十节	水平两相流动	(262)
一、	概述	(262)
二、	基本关联式	(263)
三、	改进的弗拉尼根方程式	(264)
第十一节	垂直流动	(267)
一、	概述	(267)

二、关联式的类型·····	(268)
三、高流量井·····	(270)
第十二节 在管网系统中的两相流动·····	(272)
第十三节 水力直径·····	(273)
第十四节 经济管线直径·····	(273)
第十五节 计量·····	(274)
一、各种流量计·····	(274)
二、涡轮流量计·····	(277)
三、涡旋泻流式流量计·····	(278)
四、声波流量计·····	(278)
第十六节 孔板流量计·····	(278)
第十七节 热值·····	(280)
一、热值的测定与计算·····	(280)
二、沃泊(Wobbe)指数·····	(281)
三、两相流动的测定·····	(282)
四、脉冲流动·····	(282)
<b>附录 采样</b> ·····	(312)

# 第一章 绪 言

“我们的目标是要做一个既有广博知识而又精通一行的人”。

随着工程实践变得更加复杂并涉及许多学科间的相互影响，工程师们也更加明显地分成了两种不同类型——那些在很狭窄的领域内有特长的专家，以及那些提出指标、购买和使用专家们成果的人。这两者谁也不从属于谁。为了取得所需的最终结果，他们之间必需取得有效的合作。这就需要在受过多种学科教育、拥有不同经验的人们之间能够有效的合作。此手册的主要意图就是帮助达到这一目的。

本手册打算为下列两类人服务：一是那种想在自己已有技能的基础上谋求深造的青年，另一则是那种可以从各种新观念的评述和/或介绍中获益的成熟的专业工作者。这不是一本教科书。作者假定读者是一位正在工作岗位上的内行为前提，用简明的语言以最少的原理来突出重要的细节。尽量少作公式推导，但清楚地表明了公式的适用范围和所论及的概念。在效用，此手册可当作一套明细的讲义。它实际上是作者所办一系列为期3~4周培训班教材的基础。简洁这一特点也增强了它作为手头参考书的实用价值。

在此考虑的乃是供销售的天然气的预处理和/或加工，及其加工作业本身。这是一个涉及多方面的问题，在环境、地理和政治等因素间，几乎可构成无穷尽的组合。要考虑这些因素的影响才能避免“照本宣科”。即使对本书所推荐的公式和概念也不应生搬硬套。

## 第一节 交流问题

一个人或一个小组在处理某个问题时不太愿外界卷入的这一传统已是过时的作法。现在即使是完全属于例行的业务，至少也把计算机专家卷进来了。为免蹈“无用输入——无用输出”计算机第一定律所要求避免的陷阱，有效的交流是必需的。有些交流是困难的，这是因为所涉及到的两部分人（即使他们是为同一雇主服务，大体上也具有相同的目标）在固有的准则上总难免存在着某些差异。也不能排除从实验室和从经营的角度去看某些事物是有些不同的这一事实。实验室（科研）人员由于对盈利刺激多少有些隔膜，并喜欢偏激的事物，所以有发展成智力上“近视”的倾向；而面临要在短期内解决众多“燃眉之急”问题的经营人员考虑问题，自然会倾向于置方便与否先于学术上的准确与否。因此，有效的交流既需要对所用语言的理解，也需要对所涉及的每类人员的动机的理解。

在天然气预处理及加工领域内的主要对话是在设备的买方和卖方之间进行的。双方大抵都有一个完全相同的动机——即为买方赢得最丰厚的利润。

卖方只能考虑涉及他所拥有知识范围内的那些事情。买方提出的规格不仅只提出所要求的标准，而且也必须提出足够的背景材料以指导技术计算的原则。问题的核心是从许多可能的答案中选择一个最好的。这很象拼板玩具一样，一个人永远不能随意摆弄所有的板块。你通常是要先确定边界（范围）然后才可望以一种有规则的形式把余下的可利用的板块拼上去，显出图形（问题的答案）来。

有助于这一进程是此手册的一个主要目的。每个所考虑的领域的“边界”就是左右该

系统功能的基本物理定律和概念。然后必须用各种实际因素把这些装配起来，以得出一幅真正代表现实生活——即所考查的经济形势的图形。

本书论述的对象主要是对那些打算提出所需装置的技术条件并决定购买和操作该项装置的人。在多数情况下，为了恰当地选择装置类型(和卖方一起)和/或一旦建立了装置为了恰当地去操作它，他将只作一些必要的计算。因此只能采用与这样的个人的需要及他所能拿出的时间相适应的，最简单而又扼要的计算方法。在大多数可以预计的情况下此手册将足以够用了。作者不想把那些少极需要且易于从标准的参考著作中获得的细节包括进来。

现今多数计算工作都离不了两种类型中的一种——要末是那些冗长的、反复的、需要计算机算的；或者是那些简单的，只需手算就可解决的。介乎此两者之间的一大批方法既不很准确也不很快速，所以没有什么优越性。在许多情况下可先走捷径作出初步规划，然后用以指导下一步更精确的考虑。

## 第二节 计量单位

由于近来采用英制单位的同时也采用了几种公制单位，交流问题变得复杂化了。多数基本的石油数据都用的是英制。

所有的国家都在进行以某种形式采用国际单位制(SI)的米制单位。此项转换带来了不少问题。其中之一是工程师要使他的思维过程和不熟悉的单位相适应。这在感情上颇有困难，但在道理上却是比较易于理解的。

为了帮助克服这个问题，本书同时采用两种单位制，并尽可能把它们区别开来。这样做有几个目的，它有助于资料的利用。而且，由于反复看到对应的数字并排列着而加深了单位制转换的印象。在正文中总是先出现公制单位，然后继之以在括号(C)内的对应英制值。对应值都被圆整到适宜于所作计算需要的准确度。一般而论，至少要取三位有效数字。

对于关键性数据，则分别提供了用米制和英制的数字和表。只要方便，有些数字都同时包括了两组数值。在任何图或表中，如果没有后缀英制数值，就表示只用米制，或两种单位制都用，或者含有无量纲的参数。

对于大数，多年来世界各地有两种不同形式的写法——即6,410,162.72或6.410.162,72。这会引入混乱。SI制的写法则完全取消了逗号，并以圆点作为小数点。其基本规则如下：

1. 在小数点的左边不要把四个以上的数字连在一起写。

2. 如果小数点左边确有四个以上的数字时应分组写出，每组数字不超过三个。每组间留出一个空位以代替过去用的逗号或圆点。

例： 6 410 162.72

本书将始终采用此一体例。

SI制是由一些标准单位和一些可以接受的代用单位所构成。在本书中作者已尽可能密切地遵循了。除在附录中有专门列示外，在每章的末了也有一个关于单位制的摘要。还按SI制采用了它的全部缩写符号，但“升”的符号除外。这是因为SI制中“l”的正式缩写符号在许多打字机上都容易和数字“1”相混淆。为了和美国专业团体的作法一致，在本书中始终把“升”缩写为“L”。“升”这个单位只是在用立方米计量小体积或小流量不方便时才采用。

### 第三节 计算问题

在现代工程实践中多数计算工作都是用一台计算机来进行的——可能是多余的。确有许多场合由于对所需精确度、费用和时间等因素的考虑，注定了以用手算为好。

在现实中，一项计算工作是如何进行的并不会造成多大差别。不论是用电算或手算，除非那些选择计算方法、控制输入信息并分析输出结果的人员懂得该项计算为之服务的那个物理系统的涵义，否则所得结果都是可疑的。

虽然此书并不打算特别对计算机应用作介绍，但却涉及了为有效地使用计算机所需要的原理。重点是放在那些可用手算的计算工作上，同时也希望它能作为更好地理解计算机结果的基础。

作者敦劝大家不要仅仅去学习如何进行计算。花点时间去学习那些支配和限制某种方法的原理，了解那些方程式的极限的来源，然后对所得的结果能有多大的可靠性作出评价。这就是我们所谓的逻辑与判断的基础。假若一个结论是和物理原理相一致的，并且考虑到了影响所研究的系统的全部因素——包括非技术性的因素，那么，这个结论就是符合逻辑的。

本书第三卷将介绍计算机的应用与技术。其中和第一卷及第二卷有一点重复，以表明它们在概念上是如何联系在一起的。例如，在第一卷中用了一个简单的状态方程求气体密度。在第三卷则用了一种更复杂的形式。而两者所用的原理是一致的。因此，对较简单的形式用手算就有助于理解在最复杂的形式时计算机是怎样工作的。

不要以为计算结果的价值高低有赖于所做工作的复杂程度。实际上是所用数据的质量和数量——以及所用关联式先天的准确度——限制着输出结果的质量。在有些场合，比较简单的办法往往可能得出同等的、甚至更好的结果来。事实上，计算机并不能提供新技术，它只不过是使我们能够用一种更高的时间效率的方式去利用现有技术（且可获得更精确的结果）而已。

这样，这套书就具有几个目标了。首先，它向读者提供了在主题领域内的工程实践的基础和现实状况。一旦掌握了此点之后，第三卷就能对怎样有效地使用计算机问题，提供一个深入的洞察能力。

作者还要再次敦劝大家，不要把本书介绍的各种技术当作可以盲目照搬的“灵妙丹方”。这些技术是可靠的，是以作者多年经验为依据的。但是，它们只有在使用者的良好逻辑和判断的补充之下才能在现实世界中赋有意义。每一项应用和其它各项应用之间至少有细微的差别。

### 第四节 关于双轨单位制

第一卷和第二卷都是公制和英制并用的双轨单位制。这在有时会是失败的。但却已证明对石油工业当前采用的混杂的单位制体系来说，倒是一个实际可用的解决办法。一旦情况允许，将在今后的再版中删去英制。

多数方程式中含有诸如A和/或B这样的常数。引入这些常数的目的仅仅是为了便于采用双轨单位制。它们并没有特定的技术涵义。只不过是适应单位制的一些经验常数而已。

## 第二章 系统的规划

### 第一节 系统规划的意义

气体处理和加工设备只是整个系统的一部分。总的系统可能很象图2-1或2-2所示那样。任何系统的目的必须是产生最佳效益。

为了方便，我们把每个系统划分为若干单元。每个这样的单元都是由一台或一组能完成特定任务的设备组成。例如，脱水装置可以是一个单元，分馏塔及其附属设备也可以是一个单元。单元的选定取决于计算和决策上的方便。

遗憾的是，虽然对一个单元的设计、技术条件制订和操作都做了扎实的工作，但最后可能以得到一个拙劣的系统而告终。原因在于：在变化的负荷条件下，每个单元均有其不同特点，这样就产生某种内部不匹配性。某一单元可能需要某种进料组成以获得所需产品，若上一单元不能保证这一点，下一单元就可能不会令人满意。某种缺陷在本单元可能算不了什么，但在整个系统设计中的影响却很有份量（尽管通常总是只归咎于单元部分）。

作者观察到的大部分差错均属可被称为由“疏忽”造成的差错。那些经深思熟虑的问题的大多数方面，通常都能被处理得很好。而那些被我们忽视的事情往往是问题产生的根源。这类疏忽之一，是只注意了每单元的详细设计，而对它所隶属的整个系统未给予恰当考虑。另一疏忽是未能恰当地认识系统进料和产品技术规范中的不确定程度——在实用范围内的随机变量。

模型化方法无非是把那些足以表示系统特性的计算提到事前进行，最常规的模型化方式仅着眼于解出那些可望用来描述所关心操作的方程。虽然目前已把大量这样的工作放在计算机上进行，但除非能得到更高的实际精度，它不能增进计算结果的价值。我们只是在给定时间内得到更多数字而已。当然，这本身有利于考虑更多的选择方案。但必须记住：较好的设计不是靠先进的设计手段得来的。

总模型必须正式承认所用数字的不确定性（风险性）。用平均值或最可几分析并非解决问题的办法，它们仅是分布曲线上两个点而已（分别为平均值和最频值）。总模型必须包括上述诸因素，才能使系统具有必要的机动性，而尽量少用人为规定的安全系数。

显然，良好的抽样是需要的。在有关采样的附录中提出了取得可信数据所需的采样程序。

应用不确定性原则超出了本书范围。本章末所列参考文献是为此领域而推荐的。

### 第二节 基本系统

图2-1提出了一种处理气体的相当完全的加工安排。它几乎包括了全部已使用的系统。并不是所有表示出的单元现在或将来在一个给定的系统中都能用上。此图的目的仅是示出大多数通常可供选择的方案而已。从最初的矿藏规划到最终的“产出物”处理之间有一段时间间隔（可能是最初规划后许多年），因而需要对最终可能结果作出某些先期考虑。

图2-2是一种涉及海外运行的典型图示，稍稍不同的是在系统中示出了油轮运输的影

响。

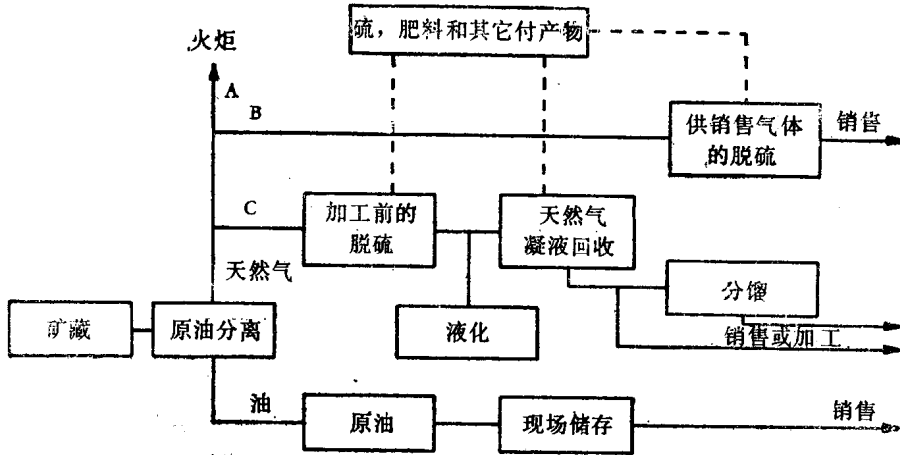


图 2-1 一个总的生产-加工系统的示意图

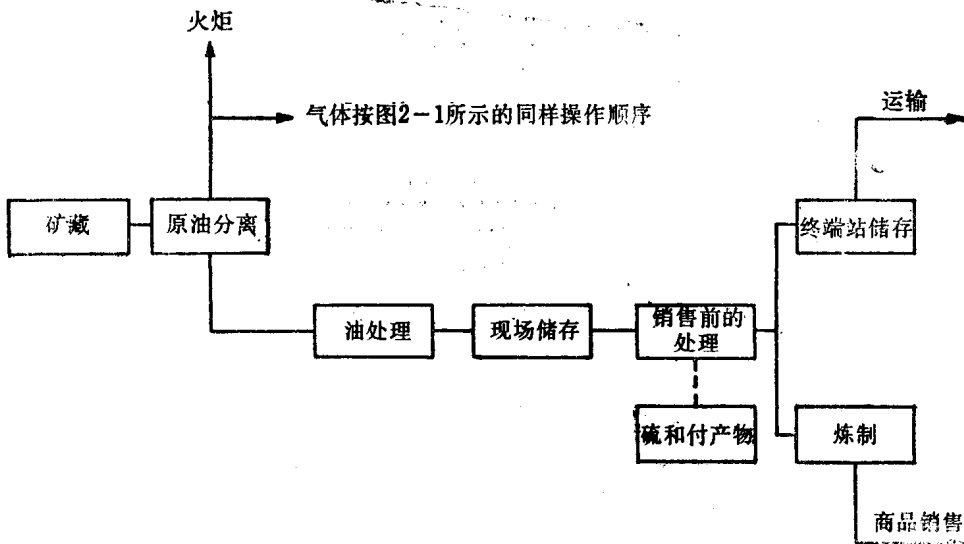


图 2-2 一种涉及海外运行的常用系统示意图

图示的每个方框都代表一个计算单元。在这个单元中，有一套方程和便于我们设计而定下的惯例(带有硬性约束)。传统上在“工程师”这个词前面要加个形容词以大体规定单元的领域——化学的、石油的、机械的等等。当系统变得更复杂时，实际上一个单元内部的计算决不可能不涉及其它单元。

在单元安排上未示出泵、压缩机、阀件和接头，以及运送、控制并容纳在单元间流动的流体的管线。这些都是难以在图上示出的起相互连接作用的单元。

某些所示的主要单元还包括了一些子单元，它们代表了涉及某种单一的和/或不同的工程考虑的若干组成部分。液烃回收单元可再细分为如图2-3所示。此图是由原料气换热器、冷冻冷却器和分离器组成的冷冻系统的最简单形式。



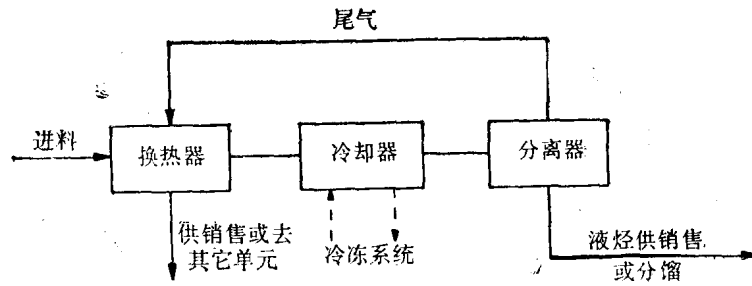


图 2-3 液烃回收单元的一种形式

所有事先考虑到的各种操作并不恰好和实际生产操作吻合或相近，但此事实并不会改变基本系统或其要求。由组织上和地理上原因造成的各种功能间的实际差异决定了还需要一个整体规划功能。把这个必要的功能叠加到各种至少具有半独立性的具体功能之上是个困难的任务。一方面，规划者并非总是具备技术上的专门经验来对系统中的每一个别环节定下现实的限制因素；另一方面，负责操作每个组成部分的人员则会抵制改动那些对他们来说是传统上行之有效的做法。这种指责往往可归结为要“降低成本”，亦即要“增加利润”。

同样常出现的是，过分强调了同一系统内部的“人员”及与之有关的成本，而没有足够注意系统本身。如果所有其它因素保持相同，利润将来源于降低成本。遗憾的是过分强调成本往往会改变其它因素。把系统作为一个整体来处理（而不是一系列松散连接的各别功能）才能导致获得较高纯利的合理基础。

### 第三节 基本系统的限制因素

系统具有若干基本的限制因素：

1. 进料物流的数量及其分析数据。
2. 产品的市场需求（数量及价格）。
3. 法律和准法律上的限制条件——“禁用火炬”气体法令，分摊份额，合同和协议，国家和政治上的考虑以及类似的限制。
4. 地区因素——劳动力来源及其质量，气候，地方习俗，人口密度，公用设施和服务的可得性以及类似的条件。
5. 风险允许水平——技术上的，政治上的和经济上的。
6. 能得到的数据的数量和质量。

预测未来的问题是不言而喻的。关于进行预测的技术将留待另外时间再谈。就我们当前目的来说，可以假定市场和有关因素的预报已经知道，而且也掌握了对预报中所涉及的不确定因素的一些带有现实性的估量。

就此点而言，为了销售矿藏中储有可供出售的“存货”，理论上可以设计出无限多的系统。但因受一系列实际问题的限制，所以事实上选择是有限的。

每种限制因素的相对重要程度随每个系统而不同。没有两个系统是完全相同的，尽管它们具有表面上的相似性。差错中有不少是由疏忽造成的——我们有时未能判明这些限制因素间的细微差别。