

石化工艺及系统 设计实用技术问答

章日让 编著



中国石化出版社

石化工艺及系统设计 实用技术问答

章日让 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书详细而具体地阐述了在石油化工工艺装置工程设计中,工艺及系统两个专业的设计人员必须了解和掌握的基础理论和实际技术。全书共列举了 800 多个问题,以问答的形式进行了详尽和准确的解答。书中力求讲清基本道理与基础理论,介绍工程实际中的设计技术,内容丰富,条理清楚,实用性强。本书既可作为石化工艺及系统设计人员的培训教材,同时又可作为设计人员的常用参考书。

图书在版编目(CIP)数据

石化工艺及系统设计实用技术问答/章日让编.
- 北京:中国石化出版社,2000

ISBN 7-80043-991-7

I. 石… II. 章… III. ①石油化工-生产工艺
- 问答②石油化工-设计-问答 IV. TE65-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 08342 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271859

<http://press.sinopec.com.cn>

东远先行彩色图文制作中心排版

海丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 32 开本 14.5 印张 324 千字 印 1-3000

2000 年 6 月第 1 版 2000 年 6 月第 1 次印刷

定价:28.00 元

序

随着计算机技术的迅猛发展及改革开放以来国际交往的日益增多，广大设计人员在计算机应用及外语水平方面有了长足的进步，但是，目前普遍存在对专业基础理论知识和设计技能方面重视不够、抓得不紧、提高不快的状况，这将严重影响设计水平和设计质量。为此，加强设计业务的培训，夯实设计工作的基础，乃是当务之急。

要培训，首先要有教材。章日让同志积数十年石化工艺装置设计之经验，广泛收集、消化国内外设计标准和资料，选材论述煞费苦心，力求理论与实践相结合，并侧重于工程实际应用，编写了这本内容丰富而又结合实际，具有独特风格的工艺及系统专业的培训教材。本书列举了八百多个设计工作中遇到的基础理论和实际技术问题，以问答方式进行了详细阐述和准确的解答，既可供石化行业工艺和系统设计人员培训学习，又可供指导设计之用。本书对于石化生产装置、精细化工、医药等行业的工程技术人员，也是一本有价值的参考书。该书内容曾多年用作培训学习，收到良好效果，深受我院广大技术人员欢迎。章日让同志花了数年时间和心劳，才将其补充和整理出版。

设计是科学技术转化为工业生产的桥梁和纽带，扎实的基础理论知识和丰富的设计技能是产生高水平、高质量设计成品的根本保证，愿本书的出版能为广大读者所欢迎，能对石化设计行业起到有益的促进作用。

中国石化集团兰州设计院 狄伯钧

1999 年 12 月

前 言

一个优秀的石油化工工艺和工艺系统设计人员，应该具备考虑问题的广度、分析问题的深度，开展工作的力度，乃至思维方式及逻辑思维严密性等方面都不同于一般人的特殊素质和能力，每一位石油化工设计人员都应该真正认识到自己所肩负的重任，努力学习和工作，不断领悟人生，刻苦修炼，充实自己和完善自我，早日将自己磨炼成一名功力精深的设计高手。

要使设计人员具有很高的业务水平，除了在工程设计中具体磨炼外，还必须同时不断地进行有计划有组织的设计业务培训，强化学习效果，使实践与理论紧密结合，进而深化和熟练掌握专业设计知识，举一反三，为设计工作打下深厚的基础。

培训的目的是：使设计人员学好适应工程设计、参加工程设计和进一步学习、提高所必需的工程设计的基本知识与基本技能，进一步培养设计能力，发展逻辑思维能力和空间概念，并能运用所学知识解决工程设计中的实际问题。培养设计人员良好的个性。

工程设计的基本知识主要是基础理论、标准规范、工程实际应用中的概念、法则、性质、公式、定律以及其内容所反映出来的设计思想和方法。

基本技能是：能够按照一定的程序与步骤进行运算或

绘图，进行正常的推理。

发展设计人员的逻辑思维能力主要是逐步培养设计人员观察、比较、分析、综合、抽象和概括的能力；会用归纳、演绎和类比推理；会准确地阐述自己的设计思想和观点；形成良好的思维品质。

运算能力是：不仅会根据法则、公式、定律等正确地进行运算，而且理解运算的算理，能够根据设计条件寻求合理、简捷的运算途径。

空间观念主要是：能够由形状简单的图形想象出实物和现场，由实物和现场想象出简单图形；在基本的图形中找出基本元素及其关系；能够根据设计条件绘制出图纸。

能解决实际问题，是指能够解决带有实际意义和相关学科知识中的设计问题，以及解决施工和生产中的实际问题。要使设计人员经过培训，逐步培养自己分析问题和解决问题的能力，形成正确的设计意识。

业务学习培训中，发展逻辑思维能力是培养能力的核心。

良好的个性品质主要是指：正确的学习目的，浓厚的学习兴趣，顽强的学习毅力，实事求是的科学态度，独立思考、勇于创新的精神和良好的学习习惯。

要达到上述培训目的，必须精选一个设计人员所必需的基础理论、标准规范、工程实际应用中最有用的部分作为学习内容。内容的分量要适中，要留有余地，在理论要求和难度方面应当适当。为此，在本人三十七年石化工艺装置设计经验和多年对工艺及系统设计人员进行培训的基础上，广泛收集总结国内外设计标准和资料，编写了这部书，为从事石油化工设计、生产的工程技术人员的业务学

习提供参考，以进一步推动石化工业的发展。

由于本人的水平有限，业务水平和经验均感不足，疏漏粗糙之处在所难免，敬请读者不吝指教，至所企盼！

本书由中国石化集团公司兰州设计院副院长兼总工程师狄伯钧审阅。

作 者

1999 年 11 月

目 录

第一章 流体力学的基本原理

1. 简述流体的定义及其特征 1
2. 什么叫压强计（压力计或压力表），流体的压强计读数表示什么？
..... 1
3. 简述流体剪应力、流度的定义 1
4. 简述相对粘度、运动粘度的定义 1
5. 液体的粘度和气体的粘度随温度的改变呈现什么样的变化趋势？
..... 2
6. 支配流体流动型式的因素，除流体的流速外，尚有哪几个？ ... 2
7. 流体在导管中流动时，为什么既没有纯粹的湍流，也没有纯粹的
滞流？边界层的存在，对哪些化工过程有重大的影响？ 2
8. 什么叫流体的稳定流动？什么叫流体的不稳定流动？ 3
9. 简述水力半径的定义。水力半径和当量直径在工程设计中有什么
用处？ 3
10. 请分别写出理想液体和实际液体的柏努利方程式，并说明两者
不同之处 4
11. 请叙述位压头、静压头、动压头、摩擦压头的定义 4
12. 流体流经管道中所遇到的阻力包括哪两种？ 4
13. 为什么管道的骤然扩大，骤然缩小和管件等都会引起局部阻力？
..... 5
14. 在计算流体流动管系的局部阻力时，共包括六项局部阻力，是
哪六项？ 5
15. 有一液体管道系统，在开始与终了之间设置有泵，此泵对液体所
作的机械净功为 L 。请写出此管系的实际液体柏努利方程式 5

第二章 液体的输送

1. 简述泵的定义	6
2. 简述离心泵的工作原理	6
3. 简述往复泵的工作原理	6
4. 对于输送同一种流体, 往复泵的吸入高度受哪两个主要因素的影响?	6
5. 名词解释:	7
1) 泵的实际压头	7
2) 泵的理论压头	7
3) 泵的水力效率	7
4) 泵的实际排出量	7
5) 泵的理论排出量	7
6) 泵的容积效率	7
7) 泵的理论功率	7
8) 泵的实际功率	7
9) 泵的机械效率	7
10) 泵的总效率	7
6. 对于电动泵来说, 电动机传动效率小于 1 意味着什么? 电动机的容量为什么要考虑安全系数? 怎样确定安全系数?	8
7. 当地面上的离心泵是从地下池抽吸水时, 吸入管端部为什么要设置底阀?	8
8. 为什么单级离心泵比双级离心泵容易损坏?	9
9. 为什么单级离心泵比多级离心泵所产生的扬程低?	9
10. 什么叫做泵的特性曲线? 共有哪几种特性曲线? 各表示何种关系? 特性曲线有什么用途? 特性曲线是以什么为前提作出的?	9
11. 往复泵在开启之前, 为什么必须先开启其出口回流支管的阀门?	11

12. 在送液能力小时, 为什么离心泵的使用受到限制?	10
13. 轴流式泵与离心泵同属于叶轮式泵, 为什么说两者有本质上的不同?	10
14. 为什么旋涡泵和齿轮泵不适于输送含有悬浮固体颗粒的液体?	10
15. 旋涡泵与普通离心泵相比较有什么优点? 旋涡泵为什么不适用于输送高粘度液体?	11
16. 叶片式泵与容积式泵在工作原理上有何本质的不同?	11
17. 请举出利用流体运动作用的泵的实例, 并阐述其工作原理	11
18. 工程设计中在确定泵的流量时, 应综合考虑哪些因素?	12
19. 工程设计中在选择泵时, 为什么其扬程需要留有适当的裕量?	12
20. 请阐述泵驱动机驱动形式的选择原则	13
21. 所输送的液体的粘度对泵的性能是否有影响?	13
22. 离心泵样本在列出泵性能的同时, 还列出泵叶轮外径值, 并列出第一次切削和第二次切削的叶轮外径值(切削后, 叶轮缩小)。叶轮切削后, 其流量、扬程、功率起怎样的变化?	13
23. 泵样本所给出的允许吸上真空高度 H_{sw} 一般是在大气压为 0.098MPa (1 工程大气压) 和 20℃ 水的标准状况下的测定值。对此, 你在选择泵时需要考虑哪些与允许吸上真空高度有关的因素? 这些因素变化时, 如何换算为使用条件下的允许吸上真空高度 H_s ?	14
24. 为什么两台相同特性(即同一型号)的离心泵并联工作时的流量比单台泵大而小于两台泵单独运行时的流量之和, 而扬程却稍高于单台泵单独运行时的扬程? 在工程设计中应注意哪些问题?	15
25. 在工程设计中选用一般的离心泵串联工作输送重度较大的液体时, 对泵的本身而言, 应注意什么问题?	16
26. 计量泵有哪些特点?	17

27. 屏蔽泵有哪些特点?	17
28. 什么叫离心泵的轴封? 常用的轴封有哪几种? 对轴封有哪些主要要求?	17
29. 请阐述填料密封的原理及优缺点?	17
30. 请阐述机械密封的原理及优缺点?	18

第三章 气体的压缩与输送

1. 对于气体的压缩, 何为等温过程? 何为绝热过程?	19
2. 为什么说气体的压缩过程, 实际上既非等温过程, 亦非绝热过程, 而是多变过程?	19
3. 对于往复式压缩机而言, 当初始压力较低而最终压力要求较高时, 为什么将压缩机设计制造成多级压缩机? 而且通常级数不超过 6 级?	19
4. 分别列出气体压缩的等温过程、绝热过程、多变过程所消耗的机械功的计算公式, 并说明公式中各项的含义	20
5. 列出气体在绝热过程下压缩后的最终温度的计算公式	20
6. 依工作原理的不同, 气体压缩机分为哪几类? 并简述其工作原理	20
7. 请阐述气体输送与液体输送的区别	21
8. 请阐述往复式压缩机余隙系数和容积系数的定义。并说明它们对往复式压缩机实际生产能力的影响	22
9. 压缩机的生产能力 V (m^3/min) 是指什么工况条件下的排气量(打气量)?	22
10. 气体压缩机的级间冷却器后为什么需设置分离器?	22

第四章 气相非均一系的分离

1. 什么叫气相非均一系?	23
2. 什么叫气相非均一系的分散内相和分散外相?	23
3. 举出气相非均一系的分离用于工程设计中的几个实例	23

4. 依据气相非均一系的成因及其中所含悬浮粒子的大小和性质的不同, 气相非均一系可分为哪两大类? 请各举出其实例	24
5. 请叙述气相非均一系的分离方法的分类及各类依据的原理	24
6. 请阐述旋风分离器净制气体的原理	25
7. 工程设计中在设计旋风分离器时, 为什么不宜采用较大的直径?	25
8. 请叙述气体过滤净制的原理和优点	25
9. 电除尘器是根据什么原理对气体进行净制的?	26
10. 电除尘器的电源是交流电呢, 还是直流电? 为什么?	26
11. 对于气-液重力分离器, 它适用于什么场合? 何种条件下应采用卧式重力分离器? 何种条件下应采用立式重力分离器? ...	26
12. 请叙述丝网分离器的适用条件和丝网分离器的组成 (构件)	27
13. 根据行业标准《丝网除沫器》(HG5—1404—81、HG5—1405—81 和 HG5—1406—81) 的规定, 国内丝网分离器有几种类型和规格?	27

第五章 液相非均一系的分离

1. 什么叫液相非均一系? 液相非均一系的形成原因? 分离目的?	28
2. 根据悬浮物性质的不同, 液相非均一系可分为哪几类?	28
3. 列举出三种常用的液相非均一系的分离方法, 并说明各自的适用场合	28
4. 什么叫过滤介质? 工业上常用的过滤介质主要有哪几类?	29
5. 对工业用的过滤介质有哪些基本要求?	29
6. 什么叫过滤速度? 滤浆、滤饼、滤液?	29
7. 叙述离心机的操作原理	29
8. 就所得到的滤饼情况而言, 离心分离与过滤法分离和沉降法分离有什么不同之处?	30

第六章 物料的搅拌

1. 什么叫搅拌? 31
2. 请叙述搅拌的目的。并举出实例 31
3. 什么叫搅拌器? 在液体介质中的搅拌, 其进行方式可分为哪两类? 此两类有何不同? 31
4. 请阐述机械搅拌器的原理及分类 32
5. 气流搅拌的设备为什么亦称为鼓泡器? 32
6. 从哪些方面评价搅拌的良好与否? 32
7. 为什么搅拌器的启动功率大于运转功率? 32

第七章 间壁传热

1. 在确定换热器的富裕系数时, 需考虑哪些因素? 33
2. 在换热器中, 为什么流体的流速越快, 其给热系数越大; 温度越高, 给热系数也越大? 请从传热理论上阐述 33
3. 为什么说“在稳态下当传热系数随温度变化不大时, $Q = K \cdot F \cdot \Delta t$ ”? 34
4. 在计算换热器的有效平均温差时, 如果不是纯逆流或并流换热器, 有效平均温差为什么要乘以温差校正系数? 34
5. 在换热器的工艺计算中, 计算传热壁温有哪些意义? 35
6. 在换热器的设计中, 为什么对易结垢的液体(例如海水、河水等)要选取较大的流速? 对粘度大的液体却要选取偏低的流速? 而对于易燃、易爆的液体, 又有与其相对应的最高允许速度? 36
7. 以固定管板换热器为例, 说明两流体谁应在管内 36
8. 在选择列管式换热器的型式时, 主要考虑哪些问题? 37
9. 换热器的壳程为什么要设置横向折流板? 常用的折流板有哪几种型式? 对卧式换热器而言, 为什么很少使用环盘式折流板? 折流板板距过大或过小会带来哪些问题? 37
10. 在有横向折流板的管间, 为什么当液体的雷诺数 $Re > 100$ 即为湍流? 38

11. 当管孔间隙和板壳间隙过大时, 为什么对传热不利?	38
12. 在列管式换热器中, 列管的排列方式为何大多采用正三角形排列?	39
13. 为什么将气体—蒸气混合物的冷却冷凝过程视为对流传热与传质的联合过程?	39
14. 何谓膜状冷凝与滴状冷凝? 产生的原因? 给热系数哪个大? 为什么?	40
15. 定性叙述影响流体给热系数的主要因素 (指对流传热而言)	40
16. 试述传热中的自然对流和强制对流的定义, 并各举出 2~3 个实例	41
17. 分别叙述无因次数群 Ga 、 Gr 、 Nu 、 Pr 、 Re 和 Sc 的物理意义及各自的主要使用范围	41
18. 在对流传热中, 从给热方式上可分为哪四大类? 从物态上来看, 它们有何不同?	42
19. 请给“热交换”下一个简单而明了的定义	43
20. 何谓“恒温下的传热”与“变温下的传热”? 各举 2~3 个实例	43
21. 叙述传热系数 K 的定义	43
22. 在换热器设计中, 当两侧流体的温度均发生变化时, 除非遇有特殊情况, 应选择逆流操作。为什么? 并流操作主要用于什么场合?	43
23. 在传热过程中, 换热器外壳的壁面温度通常都高于周围介质的温度, 此时热将由壁面以哪几种方式向周围介质散失? 在计算壁面向周围介质散失热量时, 为什么要在计算公式中引入联合给热系数?	44
24. 在用蒸汽间接加热的过程中, 为什么冷凝水和不凝性气体必须不断地予以排除? 为什么会产生不凝性气体? 采取什么措施排除冷凝水和不凝性气体?	44

25. 列管式热交换器最常用的热膨胀补偿方法有几种? 试述其补偿原理	45
26. 在过去我们所设计的 5~8 万吨合成氨/年装置中, 换热器大都采用立式, 而在所引进的 30 万吨合成氨/年装置中, 换热器大都为卧式, 为什么?	45
27. 在水走管间的冷却器中, 水的走向为什么大多数都是下进上出?	46
28. 换热器的管程和壳程为什么都要设置排气排液管口? 什么时候使用? 什么情况下可不设置?	46
29. 对于有调温副线的列管式换热器的传热面积富裕系数是不能随意确定的	46
1) 确定富裕系数时, 应考虑哪几个方面的因素? 请叙述此时的传热面积富裕系数的确定过程	46
2) 叙述图 1 换热器调温副线的控制过程; 为什么说此温度控制系统是直接调节 (或称直接控制)? 在此控制系统中, 被控变量是什么? 操作变量又是什么? 为什么说它是根据反馈原理进行设计的定值控制?	46
3) 如果主线压降较小, 无法满足副线自调阀的压降要求, 你认为应采取什么办法来保证调节阀的灵敏度?	47
30. 为什么说换热器是重要的单元操作设备, 但其设计还远没有达到成熟的程度?	49
31. 卧式列管式换热器的两个鞍座有何不同之处? 为什么?	50
32. 在横向往折流板的切口总截面积相同的前提下, 为什么单弓横向往折流板的壳程阻力比双弓形横向往折流板的壳程阻力大?	50
33. 图 2 (a) 图和 (b) 图均是采用饱和蒸汽加热工艺物料的稳定传热立式逆流换热器, 请对图 2 (a) 和 (b) 图进行说明	51
1) 换热器温度控制方案的调温基本原理?	51
2) 被控变量是什么? 操纵变量又是什么? 该控制方案属于哪一类控制?	51

- 3) 在全部外界条件均相同的情况下, 换热器的传热面积富裕系数是否相同? 为什么? 51
- 4) 哪种控制方案对温度调节比较灵敏? 为什么? 51
- 5) 当被加热物料的温度过低时 (例如 $50 \sim 80^{\circ}\text{C}$), 为什么不采用图 2(a) 的温度控制方案? 51
- 6) 在图 2(a) 中, 饱和蒸汽通过调节阀的过程是一个什么样的热力学过程? 在已知调节阀压降的前提下, 如何确定调节阀后的蒸汽温度? 51

第八章 蒸 发

1. 请叙述蒸发操作的目的 55
2. 进行蒸发操作必须具备哪些条件? 55
3. 工业上的蒸发操作为什么都在沸腾情况下进行? 55
4. 名词解释: 55
 - 1) 蒸发 55
 - 2) 溶液的气化 55
 - 3) 蒸发潜热 56
 - 4) 二次蒸汽 56
 - 5) 真空蒸发 56
 - 6) 单效蒸发 56
 - 7) 多效蒸发 56
 - 8) 额外蒸汽 56
 - 9) 温度差损失 56
 - 10) 蒸发溶液的沸点升高 56
5. 单效蒸发工艺计算包括哪几个主要内容? 简述其计算方法 56
6. 真空蒸发有哪些优点? 57
7. 在蒸发操作中, 为什么液体气化所需的热量随气化温度的降低而增加? 57
8. 请阐述多效蒸发的原理 57