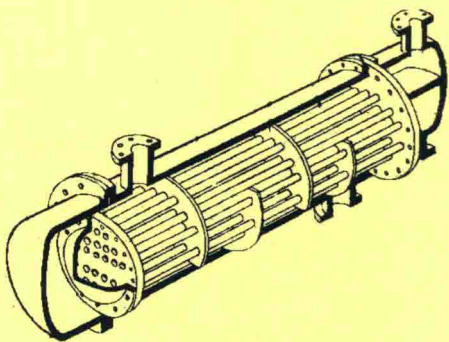


石油化工设备技术问答丛书

# 换热器 技术问答

钱广华 刘剑锋 编著



中国石化出版社  
HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM

石油化工设备技术问答丛书

# 换热器技术问答

钱广华 刘剑锋 编著

中国石化出版社

## 内 容 提 要

本书采用问答形式,首先介绍了与换热器有关的压力容器的概念、结构组成及安全装置基本知识,然后重点介绍了换热器的类型、结构的基本知识,并根据作者在设备维护检修方面积累的经验,对可能出现的问题进行了详解。

本书特为石油化工行业从事换热设备运行管理和维护检修的技术人员和操作工而写,对于从事设备管理和制造人员也有一定的参考价值。

本书可以作为设备技术人员、操作工、保全工及设计制造工程技术人员的参考书或工具书,具有简单、易懂、实用的特点。

## 图书在版编目(CIP)数据

换热器技术问答/钱广华,刘剑锋编著. —北京:  
中国石化出版社,2012.1

(石油化工设备技术问答丛书)

ISBN 978-7-5114-1249-2

I. ①换… II. ①钱… ②刘… III. ①换热器-问题  
解答 IV. ①TK172-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第224545号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

### 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)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

\*

787×1092mm 32开本 2.75印张 52千字

2012年1月第1版 2012年1月第1次印刷

定价:12.00元

# 序

设备是企业进行生产的物质技术基础。现代化的石油化工企业，生产连续性强、自动化水平高，且具有高温、高压、易燃、易爆、易腐蚀、易中毒的特点。设备一旦发生问题，会带来一系列严重的后果，往往会导致装置停产、环境污染、火灾爆炸、人身伤亡等重大事故的发生。因而石油化工企业的设备更体现了设备是企业进行生产、发展的重要物质基础。“基础不牢、地动山摇”。设备状况的好坏、直接影响着石油化工企业生产装置的安全、稳定、长周期运行，从而也影响着企业的经济效益。

确保石油化工厂设备经常处于良好的状况，就必须强化设备管理，广泛应用先进技术，不断提高检修质量，搞好设备的操作和维护，及时消除设备隐患，排除故障，提高设备的可靠度，从而确保生产装置的安全、稳定、长周期运行。

为了加强企业“三基”工作，适应广大石油化工设备管理、操作及维护检修人员了解设备，熟悉设备，懂得设备的结构、性能、作用及可能发生的故障和预防措施，以提高消除隐患、排除故障、搞好操作和日常维护能力的需要，中国石化出版社针对石油化工厂常见的各类设备，诸如，各类泵、压缩机、风机及驱动机、各类工业炉、塔、反应器、压力容器，各类储罐、换热设备，以及各类工业管线、阀门管件等等，组织长期工作在石油化工企业基层，有一定设备理论知识和实践经验的专家和专业技术人员，以设备技术问答的形式，编写了一系列“石油化工设备技术问答丛书”，供大家学习和阅读，希望对广大读者有所帮助。本书即为这套丛书之一。

中国石化设备管理协会副会长 胡安定

\* \* \* \* \*  
\* 目 录 \*  
\* \* \* \* \*

## 第一章 压力容器基础知识

(一) 压力容器的简介和分类 .....	(1)
1. 压力容器的定义是什么? .....	(1)
2. 压力容器如何界限? .....	(1)
3. 容器作为特殊设备来管理需具备哪些条件? .....	(2)
4. 压力容器安全操作要点是什么? .....	(2)
5. 压力容器设备完好的标准是什么? .....	(3)
6. 压力容器对选用钢材有哪些要求? .....	(4)
7. 压力容器常用钢材及其使用范围有哪些? .....	(4)
8. 容器的工艺参数主要有哪些? .....	(6)
9. 压力容器工艺参数中压力如何定义? .....	(6)
10. 压力容器的工艺参数中温度如何确定? .....	(7)
11. 压力容器的工艺参数中介质如何定义? .....	(7)
12. 压力容器的设计必须满足哪些要求? .....	(8)
13. 压力容器按承受压力的高低分为哪几类? .....	(9)
14. 压力容器按承压方式分为哪几类? .....	(9)
15. 压力容器按设计温度如何分类? .....	(9)
16. 从安装方式上压力容器如何分类? .....	(9)
17. 按在生产过程中的作用原理压力容器如何分类? .....	(10)
18. 《固定式压力容器安全技术监察规程》对压力 容器如何分类? .....	(10)
19. 压力容器还有哪些其他分类方法? .....	(11)

20. 压力容器的结构形式主要有哪几种? .....	(11)
21. 反应压力容器在生产工艺中的作用是什么? 典型的反应压力容器有哪些? .....	(11)
22. 换热容器在生产工艺中的用途是什么? 典型的换热容器有哪些? .....	(11)
23. 举例说明什么是换热压力容器。 .....	(12)
(二) 压力容器的组成 .....	(12)
1. 压力容器的组成是什么? .....	(12)
2. 什么叫筒体? 有什么特点? .....	(12)
3. 什么叫封头与端盖, 按形状分为哪几类? .....	(12)
4. 法兰如何分类? .....	(12)
5. 支座有哪些形式? .....	(13)
(三) 压力容器的安全装置 .....	(13)
1. 压力容器用的安全装置主要有哪些? .....	(13)
2. 什么情况下需要装设爆破装置? .....	(13)
3. 安全阀有何功能? .....	(14)
4. 对安全阀有哪些基本要求? .....	(14)
5. 安全阀如何分类? .....	(14)
6. 试述弹簧式安全阀的结构组成和工作原理。 .....	(15)
7. 弹簧式安全阀有哪些特点? .....	(15)
8. 简述弹簧式安全阀的工作原理和其优缺点。 .....	(16)
9. 杠杆式安全阀的结构和特点有哪些? .....	(16)
10. 简述杠杆式安全阀的工作原理和其优缺点。 .....	(16)
11. 什么叫安全阀的开启压力(整定压力)? .....	(17)
12. 什么是安全阀的排放压力? .....	(17)
13. 什么叫安全阀的开启高度? .....	(17)
14. 什么叫安全阀的回座压力? .....	(18)
15. 什么叫安全阀的启闭压差? .....	(18)
16. 哪些情况下的安全阀应停止使用并更换? .....	(18)

## 第二章 换热器基础知识

(一) 换热器的基本术语和分类	(19)
1. 何谓换热器?	(19)
2. 何谓换热器的公称直径?	(19)
3. 何谓换热器的公称长度?	(19)
4. 何谓换热器的换热面积?	(19)
5. 何谓换热器的管程与壳程?	(19)
6. 何谓换热器的管程数与壳程数?	(19)
7. 何谓换热器的工作压力?	(20)
8. 何谓换热器的设计压力?	(20)
9. 何谓试验压力?	(20)
10. 何谓设计温度?	(20)
11. 换热器是如何传热的?	(20)
12. 介质流速对换热效果有何影响?	(20)
13. 换热器传热方式有哪些?	(21)
14. 何谓定态传热? 有什么特点?	(21)
15. 圆筒壁的定态热传导与平壁的定态热传导有何区别?	(21)
16. 何谓热对流? 它又可分为哪两类? 何谓对流传热?	(21)
17. 若热流体走管内, 冷流体走管外, 两流体通过间壁的传热包括哪几个过程?	(21)
18. 换热器有何要求?	(21)
19. 换热设备如何分类?	(22)
20. 如何比较换热设备指标?	(23)
21. 换热器的型号如何表示?	(23)
22. 换热器选型有哪些标准?	(24)
23. 换热设备如何选型?	(24)
24. 耐压试验有几种? 各适用于哪些范围?	(25)

25. 什么叫湿式空冷器? .....	(25)
26. 换热设备按传热原理可分哪几类? .....	(25)
27. 换热设备按传热种类可分哪几类? .....	(25)
28. 换热设备按结构可分哪几类? .....	(26)
29. 换热设备按折流板分布可分哪几类? .....	(26)
30. 换热设备按板状可分哪几类? .....	(26)
31. 换热设备按密封形式可分哪几类? .....	(26)
32. 非金属材料空冷式换热器都有哪些? .....	(26)
33. 空冷式换热器都有哪些? .....	(26)
34. 换热设备按强化传热元件可分哪几类? .....	(26)
35. 空冷式换热器的工作原理及其部件构成如何? .....	(27)
36. 空冷器的基本类型有哪些? .....	(27)
37. 按空冷器的冷却方式可分为哪几类? .....	(27)
38. 按空冷器的管束布置形式可分为哪几类? .....	(27)
39. 按空冷器的通风方式可分为哪几类? .....	(27)
40. 按照热流体和冷流体的状态, 热管换热器如何分类? ...	(27)
41. 按结构形式, 热管换热器如何分类? .....	(27)
42. 重沸式换热器如何分类? .....	(27)
43. 管式换热器如何分类? .....	(28)
44. 管壳式换热器的主要类型有哪些? .....	(28)
45. 管壳式换热器按结构形式可分成哪几类? .....	(28)
46. 冷凝器如何分类? .....	(28)
47. 翅片管式换热器的翅片管如何分类? .....	(28)
48. 湿式空冷器如何分类, 各有什么特点? .....	(29)
49. 举例说明什么是混合式换热器。 .....	(30)
50. 举例说明什么是蓄热式换热器。 .....	(30)
51. 举例说明什么是间壁式换热器。 .....	(30)
52. 常见的管壳式换热器有哪些? .....	(30)
(二) 各种换热器的结构、特点 .....	(31)
1. 管壳式换热器的优点有哪些? .....	(31)



2. 管壳式换热器主要由哪些部件所构成? ..... (31)
3. 固定管板式换热器结构和特点是什么? ..... (31)
4. U 形管式换热器的结构和特点有哪些? ..... (32)
5. U 形管式换热器的应用范围有哪些? ..... (33)
6. U 形管式换热器适用于哪些地方? ..... (33)
7. U 形管换热器有哪些主要部件? ..... (33)
8. U 形管式换热器 BIU500 - 4. 0/1. 6 - 75 - 6/19 - 2I  
的含义是什么? ..... (34)
9. 填料函式换热器的结构特点有哪些? ..... (34)
10. 填料函式浮头换热器 AFP600 - 1. 0 - 254 - 6/25 - 2/2I  
的含义是什么? ..... (34)
11. 浮头式换热器的结构和特点是什么? ..... (35)
12. 浮头式换热器的优点有哪些? ..... (36)
13. 浮头式换热器的缺点有哪些? ..... (37)
14. 浮头式换热器适用于哪些地方? ..... (37)
15. 浮头式换热器有那些主要部件? ..... (37)
16. 浮头式换热器小浮头螺栓选用要注意哪些问题? ..... (38)
17. 浮头式换热器 AES500 - 1. 6 - 54 - 6/25 - 4I 的  
含义是什么? ..... (38)
18. 浮头冷凝器 BJS 1200 - 2. 5 /1. 0 - 610 - 9/25 - 4 II 的  
含义是什么? ..... (38)
19. 固定管板式换热器适用于哪些地方? ..... (38)
20. 固定管板式换热器是由哪些部件组成的? ..... (38)
21. 固定管板式换热器的结构特点有哪些? ..... (38)
22. 固定管板式换热器有哪些主要部件? ..... (39)
23. 固定管板式换热器 BEM700 - 2. 5/1. 6 - 200 - 9/25 - 4I  
的含义是什么? ..... (39)
24. 铜管固定管板换热器 BEM800 - 2. 0/1. 0 - 254 -  
6/19Cu - 4 的含义是什么? ..... (39)
25. 螺旋板式换热器的特点有哪些? ..... (39)

26. 螺旋板式换热器结构和特点有哪些? .....	(40)
27. 螺旋板换热器的主要结构部件有哪些? .....	(40)
28. 板(片)式换热器的适用范围如何? .....	(40)
29. 板式换热器的特点有哪些? .....	(41)
30. 板式换热器主要构成部件有哪些? .....	(41)
31. 板式蒸发器的性能、特点有哪些? .....	(41)
32. 板面式换热器有哪几种常见类型? .....	(42)
33. 板片式换热器的结构和特点有哪些? .....	(42)
34. 板式换热器的主要优点有哪些? .....	(42)
35. 板式换热器的主要缺点有哪些? .....	(42)
36. 板式换热器设计计算的目的是什么? .....	(43)
37. 板翅式换热器的应用范围如何? .....	(44)
38. 板翅式换热器的主要构成部件有哪些? .....	(44)
39. 板翅式换热器的结构和特点有哪些? .....	(44)
40. 板翅式换热器的板束单元结构是怎样的? .....	(45)
41. 板翅式换热器翅片的作用及其形式有哪些? .....	(45)
42. 直接接触式换热器的优点有哪些? .....	(46)
43. 蓄热式换热器的优点有哪些? .....	(46)
44. 折流杆换热器有什么特点? .....	(46)
45. 水浸式冷却器的结构和特点有哪些? .....	(46)
46. 水浸式换热器有哪些主要部件? .....	(47)
47. 喷淋式冷却器的结构和特点有哪些? .....	(47)
48. 空冷器的结构和特点是什么? .....	(48)
49. 列管式换热器的排列有三角形排列和正方形 转45°角排列,为什么? .....	(48)
50. 列管式换热器中,为什么管径分别选用 $\phi 32$ 、 $\phi 25$ 、 $\phi 19$ 、 $\phi 16$ ? .....	(49)
51. 列管式换热器中折流板(折流杆)有什么作用? .....	(49)
52. 为什么列管式换热器有单管程、两管程、四管程、 六管程、八管程? .....	(49)

53. 列管式换热器中常用列管的材料有哪些? .....	(50)
54. 套管式换热器有哪些主要部件? .....	(50)
55. 喷淋式换热器有哪些主要部件? .....	(50)
56. 换热器结构材料有哪些? .....	(50)
57. 换热器管材选择有何要求? .....	(51)
58. 非金属换热器的材料主要有哪些? .....	(52)
59. 管箱有何作用? .....	(52)
60. 折流挡板的作用是什么? .....	(52)
61. 折流板的类型有哪些? .....	(53)
62. 管板和换热管的连接形式有哪几种? .....	(53)
63. 换热管在管板上的排列形式有哪些? .....	(53)
64. 壳体与管板如何连接? .....	(53)
65. 换热器管子的排列形式有几种? .....	(54)
66. 为什么换热器支座的螺栓孔有圆形的, 也有 长条圆形的? .....	(55)
67. 常用的换热器垫片有哪些? .....	(55)
68. 重沸式换热器 AKT600/1200-2.5/1.0-90-6/25-2 II 的 含义是什么? .....	(55)
(三) 换热器的维护和检修 .....	(56)
1. 为何需要对换热器进行检修与维护? .....	(56)
2. 换热器的日常维护包括哪些内容? .....	(56)
3. 换热器的日常维护有哪些? .....	(57)
4. 换热器日常检查的内容有哪些? .....	(57)
5. 换热器检修前的准备工作有哪些? .....	(58)
6. 换热器的检修检查内容有哪些? .....	(58)
7. 换热器检修与质量标准有哪些? .....	(58)
8. 换热器为何应定期清洗? .....	(59)
9. 换热器的清洗方法有哪几种? .....	(59)
10. 换热管表面结构对换热效果有何影响? .....	(59)

11. 换热管表面除垢目前常用有那些方法? ..... (60)
12. 换热管表面防垢有哪些方法? ..... (60)
13. 换热设备强化传热有哪些常用方法? ..... (60)
14. 冷却水换热器为什么会产生水垢? ..... (61)
15. 换热器更换换热管的质量标准有哪些? ..... (61)
16. 换热器的常见故障及处理包括哪些方面? ..... (62)
17. 换热器出现两种介质互串(内漏)原因是什么? ..... (63)
18. 换热器出现两种介质互串(内漏)如何处理? ..... (63)
19. 换热器法兰处密封泄漏的原因是什么? ..... (63)
20. 换热器法兰处密封泄漏如何处理? ..... (63)
21. 换热器传热效果差的原因是什么? ..... (64)
22. 换热器传热效果差如何处理? ..... (64)
23. 换热器阻力降超过允许值的原因是什么? ..... (64)
24. 换热器阻力降超过允许值如何处理? ..... (64)
25. 换热器振动严重的原因是什么? ..... (64)
26. 换热器振动严重如何处理? ..... (64)
27. 换热器管箱管板螺栓紧固顺序怎样进行是正确的? ..... (64)
28. 换热器管箱管板紧固螺栓与螺母的材质等级一样吗? ... (65)
29. 管板垫片怎样保管? ..... (65)
30. 固定管板换热器在什么组合载荷下,可能无法满足强度条件,而不得不采用其他形式的换热器(如U形管式)? ..... (65)
31. 板式换热器失效的主要原因有哪些? ..... (65)
32. 换热器发生泄漏的情形有哪些? ..... (65)
33. 如何对泄漏的换热管进行修复? ..... (65)
34. 换热管金属堵头的加工要求有那些? ..... (66)
35. 列管式换热器内漏有哪些原因引起? ..... (66)
36. 换热器检修后为什么要试水压? ..... (66)
37. 列管式换热器检修时,对堵管的数目有什么要求? ..... (66)
38. 为什么管板两侧的垫片必须选用同一种材料? ..... (66)

39. 列管式换热器安装位置为什么有些是立置， 有些是卧置(卧式)? .....	(67)
40. 为什么有些地方选用套管式换热器、水浸式换热器， 而另一些地方选用列管式换热器? .....	(67)
41. 管壳式换热器的检修周期如何规定? .....	(67)
42. 管壳式换热器的检修内容有哪些? .....	(67)
43. 简述换热器的试压及检修顺序。 .....	(68)
44. 压力试验的顺序及要求有哪些? .....	(69)
45. 采用防腐涂料的冷换设备如何检修? .....	(69)
46. 换热器的检验范围有哪些? .....	(70)
47. 换热器腐蚀的控制原则是什么? .....	(71)
48. 腐蚀监测如何分类? .....	(71)
参考文献 .....	(72)

# 第一章 压力容器基础知识

## (一) 压力容器的简介和分类

### 1. 压力容器的定义是什么？

压力容器定义的所谓容器，通常的说法是由曲面构成用于盛装物料的空间，通俗的讲，就是化工、炼油、医药、食品等生产所用的各种设备外部的壳体都属于容器。不言而喻，所有承受压力的密闭容器均被称为压力容器，或者被称为受压容器。2009年5月1日起施行的《特种设备安全监察条例》修改版对压力容器的定义和监察范围规定为：“压力容器，是指盛装气体或者液体，承载一定压力的密闭设备，其范围规定为最高工作压力大于或者等于0.1MPa(表压)，且压力与容积的乘积大于或等于2.5MPa·L的气体、液化气体和最高工作温度高于或者等于标准沸点的液体的固定式容器和移动式容器；盛装公称工作压力大于或者等于0.2MPa(表压)，且压力与容积的乘积大于或等于1.0MPa·L的气体、液化气体和标准沸点等于或者低于60℃液体的气瓶、氧舱等。”

### 2. 压力容器如何界限？

划分压力容器的界限应考虑的因素，主要有事故发生的可能性与事故危害程度大小两个方面。目前国际上对压力容器的界限范围尚无统一的规定，一般来说，压力容器发生爆炸事故时，其危害程度大小与工作介质的状态、工作压力及

容器的容积等因素有关，工作介质是液体的压力容器，由于液体的可压缩性极小，因此在容器爆破时其膨胀功，即所释放的能量很小，危害程度也小。而工作介质是气体的压力容器，因气体具有很大的可压缩性，容器爆破时的膨胀功，即瞬时所释放的能量很大，危害程度也就大；划分压力容器的界限，除了考虑工作介质的状态以外，还应考虑容器的工作压力和容积这两个因素。

### 3. 容器作为特殊设备来管理需具备哪些条件？

《固定式压力容器安全技术监察规程》规定同时具备下列三个条件的容器作为特殊设备来管理：①最高工作压力大于或者等于0.1MPa；②工作压力与容积的乘积大于或者等于2.5MPa·L，且③盛装介质为气体、液化气体以及最高温度高于或者等于其标准沸点的液体。

### 4. 压力容器安全操作要点是什么？

严禁超温超压运行；避免误操作、防止加料过量或加料中含有杂质(由化学反应而产生压力的)；防止超量充装或意外受热(液化气体)等：

(1) 操作人员应精心按操作规程操作(工艺和安全操作规程)；

(2) 运行过程要平稳操作(缓慢地进行加载、卸载、运行期间要保持载荷相对稳定、升降温也要缓慢)；

(3) 带压时不拆卸压紧螺栓；

(4) 换热器操作时应先引进冷流后进热流，同时引进的冷热流速度要慢；

(5) 坚守岗位，注意观察工艺参数变化；

(6) 坚持运行期间的巡回检查制度。要求在工艺方面检查操作条件(压力、温度、液位、介质的化学成分及物料配

比、投料量等)；在设备方面检查设备状况(各连接部位有无泄漏、渗漏；设备有无塑性变形、腐蚀以及其他缺陷或可疑迹象；容器及管道有无震动、磨损)；在安全装置方面检查是否状态完好，是否在检定或校验有效期内。巡回检查要定时(定间隔时间)、定点(关键的设备、管线、机泵、阀门、容器、指示仪表以及曾经出现故障的部位)、定路线(生产流程或事故易发生线路)；

(7) 认真填写操作记录，要求认真及时准确真实地记录容器运行状况；

(8) 跑、冒、滴、漏的处理；

(9) 容器的紧急停止运行。

#### **5. 压力容器设备完好的标准是什么？**

(1) 运行正常，效能良好。其具体标志为：

①容器的各项操作性能指标符合设计要求，能满足生产的需要。

②操作过程中运转正常，易于平稳地控制操作参数。

③密封性能良好，无泄漏现象。

④带搅拌的容器，其搅拌装置运转正常，无异常的振动和杂音。

⑤带夹套的容器，加热或冷却其内部介质的功能良好。

⑥换热器无严重结垢。列管式换热器的胀口、焊口，板式换热器的板间，各类换热器的法兰连接处均能密封良好，无泄漏及渗漏。

(2) 装备完整，质量良好。其包括以下各项要求：

①零部件、安全装置、附属装置、仪器仪表完整、质量符合设计要求。

②容器本体整洁，油漆、保温层完整，无严重锈蚀和机



械损伤。

③有衬里的容器，衬里完好，无渗漏及鼓包。

④阀门及各类可拆连接部位无跑、冒、滴、漏现象。

⑤基础牢固，支座无严重锈蚀，外管道情况正常。

⑥各类技术资料齐备、准确、有完整的技术档案。

⑦容器在规定期限内进行了定期检验，安全性能良好，并已办理使用登记证。

⑧安全附件检定、校验和更换。

## 6. 压力容器对选用钢材有哪些要求？

用来制造压力容器的钢材应适应容器的操作条件(如温度、压力、介质特性等)，并有利于容器的加工制造和质量保证。具体选用时，重点应考虑钢材的力学性能、工艺性能和耐腐蚀性。对于力学性能，压力容器用钢材主要强调其强度、塑性、韧性和硬度四个性能指标。

## 7. 压力容器常用钢材及其使用范围有哪些？

### (1) 碳钢

含碳量  $< 2.06\%$  的铁碳合金为碳钢，低碳钢具有适当的强度和塑性，工艺性能良好，价格低廉，因而被广泛用来制造一般的中低压容器。常用的低碳钢有 Q235 系列钢板、Q245R 等。Q235 系列钢板有 Q235A·F、Q235A、Q235B、Q235C 四个牌号，其使用范围见表 1-1。Q245R 是一种锅炉用钢，其钢板与优质碳素钢的性能基本相同，含硫量等低于普通碳钢具有较高的强度。使用温度为  $-20 \sim 475^{\circ}\text{C}$ ，常用来制造较高的中、低压容器。

### (2) 普通低合金钢

普通低合金钢添加少量合金元素即成，其机械性能和工艺性能都较好。制造压力容器常用的普通低合金钢是