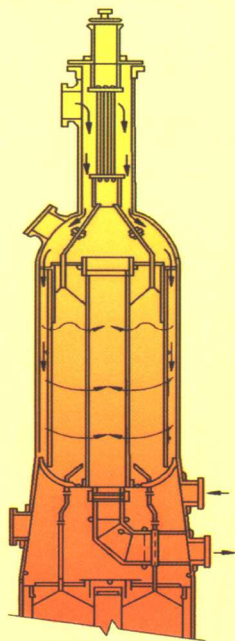


石油化工设备技术问答丛书

连续重整反应再生设备 技术问答

邢祖远 编著
吕碧超 主审



中国石化出版社

石油化工设备技术问答丛书

连续重整反应再生 设备技术问答

邢祖远 编著
吕碧超 主审

中国石化出版社

内 容 提 要

本书采用问答形式,介绍了反应器、再生器的分类、结构特点、操作与运行、最新技术进展,并结合生产运行和检维修工作的实践经验,提出了排除设备隐患的有效措施,使读者知其然亦知其所以然。内容通俗易懂、实用性强,对搞好石油化工的安全生产、日常维护和科学检修等工作均具有指导意义。

本书可供从事设备管理、检修和生产维护等部门的工程技术人员和技术工人阅读,也适合于用作培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

连续重整反应再生设备技术问答/邢祖远编著.
—北京:中国石化出版社,2005
(石油化工设备技术问答丛书)
ISBN 7-80164-905-2

I.连… II.邢… III.① 石油炼制-反应器-问答
② 石油炼制-再生器-问答 IV.TE966-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 114339 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)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

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

E-mail: press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

河北天普润印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 32 开本 2.75 印张 55 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

定价:8.00 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。因而石油化工厂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。

为了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、风机及驱动器、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

1. 什么是反应器？它是如何分类的？	(1)
2. 什么是热壁和冷壁反应器？它们各有什么优缺点？	(1)
3. 何为轴向和径向反应器？各有什么优缺点？	(2)
4. 反应器的结构设计应满足哪几个条件？	(2)
5. 什么是氢腐蚀？什么是潜伏期？	(3)
6. 硫化氢腐蚀过程是怎样的？影响因素有哪些？ 如何防止？	(4)
7. 如何防止连多硫酸对奥氏体不锈钢设备的腐蚀？	(5)
8. 碱性中和水的组成如何？有何要求？	(5)
9. 什么是应力腐蚀？它是怎样产生的？有哪些预防措施？	(6)
10. 影响氢腐蚀的主要因素有哪些？如何防止？	(7)
11. 临氢设备停运时为何要求是先降压后降温？	(7)
12. 什么是重整装置的氯腐蚀？	(7)
13. 造成重整装置氯腐蚀的氯来源有哪些？	(8)
14. 重整热壁反应器的选材基点是什么？	(8)
15. 第二代 UOP 连续重整反应器的主要结构特点是什么？ 有何优点？	(8)
16. 第二代 UOP 连续重整反应器的设备简图如何？	(9)
17. UOP 连续重整反应器中为什么会发生催化剂贴壁现象？ 从哪些方面判断催化剂贴壁现象已产生？	(11)
18. 反应器在正常运行和开停工操作中应注意些什么？	(12)
19. 反应器、再生器在设计时应考虑哪些载荷？	(13)
20. UOP 连续重整的第一、二代反应器技术相比， 有何改进之处？	(13)

21. 连续重整叠置式反应器常见的损坏部位有哪些? (13)
22. 重整叠置式反应器检修时应重点检查哪些部位的
结焦情况? (14)
23. 进料温度的剧变对扇形筒有何影响? (14)
24. 因热膨胀引起的扇形筒损坏一般有哪些现象? (14)
25. 通常采用什么方法来清理扇形筒与约翰逊网? (15)
26. 与早年的设计相比, UOP 主要在哪些方面对
扇形筒进行了改进? (15)
27. 铂重整反应器比较容易出现裂纹的主要原因是什么? (15)
28. 重整叠置式反应器需卸剂时, 是否通过使用最后一个
反应器的卸料口卸剂的方法最为合理? (16)
29. 重整叠置式反应器在交付检修前必须注意哪些问题? (16)
30. 催化剂卸料口在装填时应注意些什么? (16)
31. 焊缝热影响区的裂纹是铂重整反应器上出现较多的
故障, 易发生这种情况的一般性倾向有哪些? (17)
32. 对于连续重整叠置式反应器的催化剂装填, 整个装填
方式与逐个装填方式相比各有什么优缺点? (17)
33. 重整反应器为何要设计成分段式的结构? (19)
34. 为什么说连续重整反应器进出口压差的检查十分重要?
..... (19)
35. 第二代 UOP CCR 的再生器的结构特点及内件功能如何?
..... (19)
36. 第二代 UOP CCR 的再生器的设备简图如何? (20)
37. 约翰逊网(Johnson Screen)有何优点? (20)
38. 再生器的内、外约翰逊网应如何清理? (22)
39. 再生器内、外约翰逊网的主要检查内容是什么? (22)
40. 第二代 UOP 连续重整催化剂加压再生技术的特点
有哪些? (22)
41. 如何在操作运行时防止再生器及其配套不锈钢
管线发生应力腐蚀? (24)

42. 第二代 UOP CCR 的闭锁料斗的设备简图如何? (26)
43. 第二代 UOP CCR 的闭锁料斗的结构特征及内构件
作用怎样? (26)
44. 第二代 UOP CCR 的粉尘收集器的设备简图如何? (26)
45. 为了减少催化剂的磨损, 对催化剂输送管有何
特殊要求? (26)
46. 第二代 UOP CCR 的粉尘收集器的主要构件及
特点如何? (29)
47. UOP CCR 新型再生器与旧设计相比有何优点? (29)
48. 第二代 UOP CCR 的分离料斗的主要结构特征如何? (30)
49. 第二代 UOP CCR 的分离料斗的设备简图如何? (30)
50. 第二代 UOP CCR 的 1[#]、2[#]提升器有什么作用? (30)
51. 第二代 UOP CCR 的 1[#]、2[#]提升器的设备
简图如何? (30)
52. 第二代 UOP CCR 再生气空冷器的设备简图如何?
其作用与结构特征怎样? (30)
53. 第三代 UOP 连续重整反应器的设备简图如何?
其结构特点是什么? 有哪些主要的改进措施? (33)
54. UOP CYCLEMAX 再生器的设备简图如何? (33)
55. UOP CYCLEMAX 再生器主要的结构特征怎样? (34)
56. UOP CYCLEMAX 的闭锁料斗的设备简图如何? (35)
57. UOP CYCLEMAX 的闭锁料斗的主要特点是什么? (35)
58. UOP CYCLEMAX 的闭锁料斗的结构如何? 有何作用? (37)
59. UOP CYCLEMAX 的 L 阀组件有何结构特征?
使用时应注意什么? (38)
60. UOP CYCLEMAX 的 L 阀组件的设备简图如何? (39)
61. UOP CYCLEMAX 的 L 阀组件有什么作用? (40)
62. L 阀的二次提升气与催化剂的提升速率
有何关系? (40)
63. 催化剂提升管的主要结构特征是什么? (40)

64. 催化剂提升管的设备简图如何? 有何作用? (40)
65. 催化剂提升管上为何要采用 Dur - O - Lok 联接件,
其结构上有何特点? (40)
66. UOP CYCLEMAX 的还原段(反应器顶部)的设备
简图如何? (41)
67. UOP CYCLEMAX 的还原段(反应器顶部)的主要结构
如何? 有什么作用? (41)
68. UOP CYCLEMAX 的分离料斗的设备简图如何? (44)
69. UOP CYCLEMAX 的分离料斗的主要结构特征怎样?
有何作用? (44)
70. 简述 UOP CYCLEMAX 提升气和粉尘脱除回路的
主要组成部分及其作用 (45)
71. UOP CYCLEMAX 催化剂再生部分有哪两大作用? (47)
72. UOP 三代连续重整的再生技术相比较有何区别? (48)
73. UOP CYCLEMAX 再生器燃烧区/再加热区的设备
简图如何? (49)
74. UOP CYCLEMAX 再生器燃烧区/再加热区的工艺
流程如何? 有什么作用? (49)
75. UOP CYCLEMAX 再生器氯化区的工艺流程如何?
有什么作用? (51)
76. UOP CYCLEMAX 再生器氯化区的设备简图如何? (51)
77. UOP CYCLEMAX 再生器干燥区的工艺流程如何?
有什么作用? (52)
78. UOP CYCLEMAX 再生器干燥区和冷却区的设备
简图如何? (53)
79. UOP CYCLEMAX 再生器中央的约翰逊网为什么
设计成倒锥体形? (53)
80. 再生器干燥区的操作要注意些什么问题? (54)
81. UOP CYCLEMAX 再生器冷却区的工艺流程如何?
有什么作用? (55)

82. UOP CYCLEMAX 再生器内圆柱体分布器上 均布的气体通道有什么作用?	(56)
83. UOP CYCLEMAX 用什么替代了催化剂提升料斗?	(56)
84. UOP CYCLEMAX 还原区为什么要采用两段还原的 形式?	(56)
85. 为什么 CYCLEMAX 还原区的筒内温度有时会有 反常的升高?	(57)
86. CYCLEMAX 的提升风机有哪些主要技术特点?	(57)
87. UOP CYCLEMAX 系统的氮封罐的设备简图如何? 有什么作用?	(57)
88. UOP CYCLEMAX 的粉尘收集器有什么作用?	(59)
89. 再生系统电加热器的设备简图如何? 有何使用特点?	(59)
90. 再生风机有何结构特点?	(60)
91. 什么是“氮气泡”? 在 CYCLEMAX 工艺中的 作用如何?	(60)
92. 再生放空气洗涤塔的作用过程是怎样的?	(61)
93. 再生放空气洗涤塔的设备结构简图如何?	(61)
94. UOP 的再生部分为什么采用“热风机”系统?	(62)
95. 什么是密相输送? 什么是稀相输送?	(62)
96. 连续重整装置催化剂循环流动的气固输送特性各处 有何不同?	(63)
97. 细粉堵塞筛网对再生气体流量的影响如何?	(63)
98. 什么叫做 V 型阀? 一般用在什么地方?	(63)
99. 什么叫做 B 型阀? 一般用在什么地方?	(64)
100. 什么叫做 G 型阀? 一般用在什么地方?	(65)
附录 SHS 02024—2004《连续重整反应再生系统维护 检修规程》	(66)

连续重整反应再生设备技术问答

1. 什么是反应器？它是如何分类的？

反应器是石油化工过程中主要用来完成介质的化学、物理反应的设备。

按反应器的器壁温度分，反应器可分为热壁和冷壁反应器。

按反应器内的介质流向分，又可分为径向和轴向反应器。

按反应器内催化剂床层的状态来分，可以分为固定床和流动床反应器等。

2. 什么是热壁和冷壁反应器？它们各有什么优缺点？

热壁和冷壁反应器是以反应器的器壁温度来区分的。壁温跟反应温度相差不大，即没有内隔热层的叫热壁反应器。而设置有内隔热层，使反应器壁温远小于反应温度的叫冷壁反应器。

热壁和冷壁反应器各有优缺点。

冷壁反应器由于存在内隔热层，因此检修施工时比较复杂，同时内壁检查也不方便，但是由于反应器壁温较低， H_2 和 H_2S 对反应器筒体的腐蚀很少，这样对筒体材料的要求大为降低，可以使用一般的碳钢，如20g等。但当内隔热层破损时则会对筒体造成极大的腐蚀。

热壁反应器由于没有隔热层，因此施工检修方便、简单，内壁检查也方便，但是由于器壁温度高，且存在

着高温 $H_2 - H_2S$ 系统的腐蚀，因此对筒体材料的要求很高。

3. 何为轴向和径向反应器？各有什么优缺点？

顾名思义，轴向反应器就是反应介质顺着反应器轴向通过催化剂床层而完成反应的反应器；径向反应器就是反应介质顺着反应器半径方向通过催化剂床层而完成反应的反应器（见图 1）。

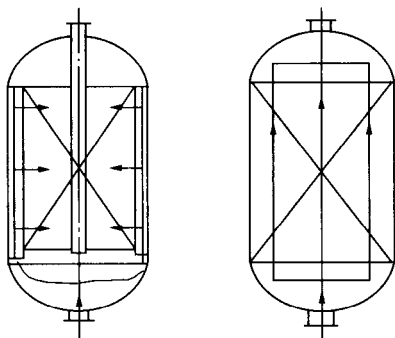


图 1 轴向与径向反应器示意图

由于反应器轴向高度比半径长，因此介质通过轴向反应器时的压力降比流过径向反应器催化剂床层时要大很多，这将大大增加动力设备的功耗。但是轴向反应器的结构简单，制造方便，而径向反应器要包括很多内件（如中心管、帽罩、扇形筒等），使得结构复杂，制造安装不便，但可以减少动力设备的功耗。

4. 反应器的结构设计应满足哪几个条件？

反应器的结构设计应满足下面一些条件：

(1) 由于反应会放出或吸收热量，因此要求该热量能及

时的提供或导出反应器，尽可能使反应在一定的恒温条件下进行；

(2) 由于反应一般是在催化剂的作用下完成的。为了使两种介质均匀混合，并且在催化剂床层上均匀分布，保证介质与催化剂良好接触，更好地发挥催化剂作用，要求反应器的设计结构合理，如具备分配均匀的分配盘、扩散器等；

(3) 在反应均匀分布的情况下，必须考虑反应器具有合理的压力降，为此除了正确解决反应器的长径比以外，还应防止催化剂粉碎；

(4) 要保证催化剂能够顺利的装卸；

(5) 为了测量催化剂床层各点的温度，必须设计有分布合理的热电偶测点。

5. 什么是氢腐蚀？什么是潜伏期？

在高温高压下，氢分子会分解成为原子氢或离子氢，它们的原子半径十分微小，可以在压力作用下通过金属晶格和晶界向钢内扩散，这些氢会与钢材中的碳发生化学反应，生成甲烷，即： $\text{Fe}_3\text{C} + 2\text{H}_2 \rightarrow 3\text{Fe} + \text{CH}_4$ ，使钢材脱碳，使其机械性能下降。由于甲烷在钢中的扩散能力很小，会在晶界原有的微观孔隙(或亚微观孔隙)内结聚，形成局部高压，造成应力集中，使晶界变宽，从而发展成为内部裂纹。这些裂纹起初很小，但到后来越来越多，形成网络，使钢的强度和韧性有明显的下降。再加上由于钢材脱碳所造成的机械性能下降，最终会导致钢材变脆或突然破裂，这就是氢腐蚀。

钢材受到氢腐蚀后，破坏往往不是突然发生的，而要经历一个过程。在这个过程中，钢材的机械性能会有一个明显的变化，这个过程就称为潜伏期或孕育期。潜伏期的长短与钢材的类型和暴露的环境条件有关：条件苛刻，潜伏期就

短，有的甚至几小时就破坏；温度、压力较低，潜伏期可能很长，可以使用很长一段时间。潜伏期的长短，决定了钢材在氢气环境中的安全使用年限。

6. 硫化氢腐蚀过程是怎样的？影响因素有哪些？如何防止？

由于原料含有硫，并且在催化剂预硫化中也要注入硫。因此在氢气存在的情况下，就会生成硫化氢，产生 H_2S 腐蚀，其原理见下式：



这种 FeS 在富氢的环境中，由于原子氢能不断侵入其中，造成 FeS 层疏松多孔，易剥落，不能起到保护作用，使得金属原子和硫化氢介质互相扩散渗透， H_2S 的腐蚀则不断进行。这对反应器、换热器及炉子的危害极大。

影响硫化氢腐蚀的主要因素有：

(1) H_2S 的浓度：当 H_2S 浓度在 0~1% (体) 之间时，腐蚀率有明显的增加，但浓度大于 1% 以后，腐蚀率能稳定在一个水平；

(2) 合金元素的影响：在富氢 ($H_2 > 75\%$) 环境中，当 H_2S 浓度大于 1.0% (体)，温度高于 320℃ 时，合金组成对腐蚀率的影响很大，在同样苛刻的条件下，钢材的含铬量不应低于 17%~18%；

(3) 温度的影响：温度对硫化氢腐蚀的影响最大。温度越高，腐蚀越大。

防止硫化氢腐蚀的办法有：

- (1) 降低循环氢中的 H_2S 浓度；
- (2) 采用抗 H_2S 腐蚀的钢材，如用不锈钢；
- (3) 选用不锈钢衬里或钢材表面渗铝。

7. 如何防止连多硫酸对奥氏体不锈钢设备的腐蚀?

防止奥氏体不锈钢连多硫酸腐蚀的措施, 一般有以下几点:

(1) 氮气封闭: 即在装置停工后, 对不需检修的奥氏体不锈钢设备或管线用阀门或盲板封死, 内充微正压氮气进行保护;

(2) 保持温度: 使其保持干燥, 避免有液态水的产生;

(3) 中和冲洗: 对于需要拆开检修的奥氏体不锈钢设备、管线等应尽快将它们浸泡在碱性中和水溶液中 4h 以上, 然后用干净水清洗, 洗后需干燥, 以免碱留在设备表面上。

8. 碱性中和水的组成如何? 有何要求?

碱性中和水的组成如下:

碳酸钠: 5%

表面活性剂: 0.05%

硝酸钠: 5%

其余为水。

水宜采用软化水, 水质当满足下述要求:

氯离子: $\leq 1.0\text{ppm}$ ^①

pH 值: 6.4 ~ 7.5 之间

总硬度 (CaCO_3) $\leq 0.035\text{ppm}$

油: 无

总铁: $\leq 0.1\text{ppm}$

导电率: $10\mu\text{s}/\text{Cm}$

配制中和水温度: 40 ~ 70℃

① $1\text{ppm} = 10^{-6}$ 。

9. 什么是应力腐蚀？它是怎样产生的？有哪些预防措施？

金属材料在静拉应力和腐蚀介质同时作用下所引起的破坏作用，称为应力腐蚀。

产生应力腐蚀的原因，首先是由于内应力使钢材增加了内能，处于应力状态下的钢材的化学稳定性必然会降低，从而降低了电极电位。内应力愈大，化学稳定性越差，电极电位愈低，所以，应力大的区域就成为阳极。其次应力（特别是拉应力）破坏了金属表面的保护膜，钝化膜破坏后形成裂纹，裂纹处就成为阳极，其他无应力的区域就成为阴极，形成腐蚀电池，加速腐蚀。奥氏体不锈钢对应力腐蚀是比较敏感的，较易发生，这可能是和它容易产生滑移及孪晶有关。在滑移带和孪晶界应力集中，易受腐蚀破坏，裂缝一般都是穿晶的，也有在晶间发生的。由于这种应力腐蚀所产生的裂纹呈刀口状，所以也称“刀口腐蚀”。奥氏体不锈钢形成刀口腐蚀的原因，除了焊缝的不均匀应力以外，还由于在焊后的冷却过程中，从奥氏体中析出了铬的碳化物，使晶界贫铬。刀口腐蚀就发生在焊缝区域或热影响区，而热影响区内某一段的温度很可能就是奥氏体中铬的碳化物析出的敏化温度（450~850℃），这样就使得晶界贫铬而发生晶间裂缝。在有氯离子存在时，18-8型奥氏体不锈钢所产生的点蚀，是应力腐蚀中的一种特殊情况。

防止应力腐蚀的方法有以下几种：

(1) 利用热处理，消除焊接和冷加工过程中产生的残余应力，以及进行稳定化和固溶处理；

(2) 采用超低碳（ $<0.03\%$ ）不锈钢或用含铌、钛稳定元素的不锈钢，焊接时采用超低碳或含铌的焊条进行焊接；

(3) 设计合理的结构，避免产生应力集中区域。

10. 影响氢腐蚀的主要因素有哪些？如何防止？

影响氢腐蚀的因素很多，主要因素有：

(1) 操作条件：氢分压和温度越高，氢腐蚀速度就越快。在 200℃ 以下，各种钢材几乎都没有氢腐蚀；

(2) 钢材的化学组成：加入能与碳形成稳定碳化物的合金元素，如 Cr、Ti、W、V、Mo 等，可以大大提高钢材的抗氢蚀能力。常用的抗氢钢是 $1\frac{1}{4}\text{Cr} - \frac{1}{2}\text{Mo}$ 、 $2\frac{1}{4}\text{Cr} - 1\text{Mo}$ 等铬钼钢。此外，抗氢钢要尽量采用低碳的合金钢；

(3) 加工条件的影响：冷加工变形越大，抗氢蚀能力下降得越大。而淬火加回火可细化组织，从而提高钢的抗氢蚀性能；

(4) 应力的影响：应力的存在会促进钢材内部裂纹的扩展，从而降低了钢材的抗氢蚀能力，所以在临氢设备中应尽量减小应力集中现象。在氢介质中，受力较大的螺栓等零部件不宜采用高强度钢，而应用韧性抗氢蚀性能好的不锈钢。

防止氢腐蚀的措施一般为：

- (1) 采用内保温、降低筒壁温度；
- (2) 采用耐氢蚀的合金钢作反应器筒体；
- (3) 采用抗氢蚀的衬里。

11. 临氢设备停运时为何要求是先降压后降温？

临氢设备在停运降温降压的过程中，在钢材中的氢气可能产生极高的压力，可造成内部破裂，出现刨片现象，损坏临氢设备。因此，最好是在停运时先降压后降温，这是因为在较高温度下，氢的扩散速度较快，可以较快地脱除氢气。

12. 什么是重整装置的氯腐蚀？

所谓重整装置的氯腐蚀，是指重整催化剂上流失的氯或者重整原料中的氯化物经加氢处理后形成的氯进入重整氢或

者循环氢中，引起循环氢中氯含量偏高，从而使重整装置或者下游用氢装置的设备发生的腐蚀。

13. 造成重整装置氯腐蚀的氯来源有哪些？

重整装置的氯来源通常有两个：

(1) 原料本身带入的氯。近年随着采油技术的变化与发展，油田采用了化学处理手段来提高采收率，其中有的采用了氯化物，从而造成原油中的氯含量升高，这部分氯在原油中绝大部分集中在汽油馏分，经加氢处理后氯进入循环氢中，引起循环氢中氯含量；

(2) 重整催化剂的水氯平衡需要所带来的氯。为了充分发挥催化剂的性能，要求催化剂在运转过程中必需保持一定的氯含量。但循环气中含有一定量的水，使催化剂上的氯不断流失，同时水又起着使催化剂上的氯分布均匀的作用，为此重整催化剂必须注水、注氯实现水氯平衡控制。但有的装置因反应苛刻度高或气中水含量较高，导致了补氯量增多，循环氢中氯含量升高。如果没有合适的脱氯措施，就会产生氯腐蚀。

14. 重整热壁反应器的选材基点是什么？

由于重整热壁反应器的器壁是直接和高温、中低压的氢气接触，因此在选择器壁材料和内件材料方面均应以抗氢腐蚀性能和抗高温蠕变性能为基点。

15. 第二代 UOP 连续重整反应器的主要结构特点是什么？有何优点？

第二代 UOP 连续重整反应器采用新型叠置式径向热壁移动床反应器，在一反上部设有催化剂缓冲区，并设有核料位仪以监测催化剂料位。油气走向采用上进上出的流向，以利于油气的合理流动和分布，充分发挥催化剂的效能。中心