

炼油装置技术问答丛书

烃类蒸汽转化制氢装置 技术问答

孙策 徐艳龙 张文娟 编著



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

炼油装置技术问答丛书

烃类蒸汽转化制氢装置 技术问答

孙 策 徐艳龙 张文娟 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书从生产实际出发,以问答的方式详细介绍了制氢装置操作人员应知应会的基本知识、操作技术和分析事故、处理事故的基本方法。主要内容包 括: 催化剂基本知识、制氢原料部分、脱毒部分、转化部分、变换部分、脱碳部分、甲烷化部分、变压吸附部分、废热锅炉部分、设备结构性能及使用与维护部分、仪表自动控制及安全联锁部分、事故处理部分、装置工艺计算、装置运行与节能。

本书可以作为烃类蒸汽转化制氢装置的生产管理人员、技术人员、操作人员的岗位培训教材,也可以供相关院校的师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

烃类蒸汽转化制氢装置技术问答 / 孙策, 徐艳龙, 张文娟编著. —北京: 中国石化出版社, 2017. 1
(炼油装置技术问答丛书)
ISBN 978-7-5114-4326-7

I. ①烃… II. ①孙… ②徐… ③张… III. ①制氢-
化工设备-问题解答 IV. ①TE624. 4-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 265714 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:北京市朝阳区吉市口路 9 号
邮编:100020 电话:(010)59964500
发行部电话:(010)59964526
<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

*

850×1168 毫米 32 开本 17 印张 400 千字
2017 年 1 月第 1 版 2017 年 1 月第 1 次印刷
定价:50.00 元

前 言

本书是炼油装置技术问答丛书之一。加氢类装置近年来成为改善和提高油品质量的主要手段之一，氢气资源的充分利用变得十分重要。一方面科学发展对现代社会环境保护要求越来越高，另一方面，原油资源重质化，高硫高酸原油占比增加，促使现代石油加工生产过程中各种加氢工艺发展很快。进入后石油时代，只有选择加氢工艺路线，采取各种加氢工艺，提高液收并减少将重质液体变为炭，进而提高装置经济性。快速发展的各种加氢装置，对氢气的需求量越来越大，炼油厂的制氢装置越来越重要。烃类蒸汽转化制氢工艺是一种涉及多种催化剂、高温高压的典型化工过程，选择合适的原料后，其产品氢的成本和质量取决于工艺操作技术。

为配合广大炼油和石油化工工人技术练兵，为了帮助烃类蒸汽转化制氢技术工人考试升级，帮助读者提高烃类蒸汽转化制氢技术知识和实际操作能力，我们编写了这本《烃类蒸汽转化制氢装置技术问答》。

本书采用问答形式，便于灵活应用。对于概念和术语解释，尽量采用科学标准。但对于一些理论很强的概念，则采用通俗叙述方式，从科学上讲，可能有些不甚严谨之处；有些问题答超所问，目的是要多介绍一些相关知识，以加深对烃类蒸汽转化制氢技术的理解。由于目前烃类蒸汽转化制氢技术方案较多，也比较复杂，设

备很多，不能逐一介绍，主要介绍工艺和设备以及主要操作环节。

本书由孙策、徐艳龙、张文娟、张贞贞、王卿等编写。作者在多年生产实践基础上，参考了部分企业内部操作规程、事故应急预案，总结了部分装置生产、设备、安全管理的经验与教训。其中，孙策、龚俊生、张贞贞编写了催化剂基本知识、制氢原料部分、脱毒部分、变压吸附部分、废热锅炉部分；孙策、徐艳龙编写了转化部分、变换部分、脱碳部分、甲烷化部分；孙策、张文娟编写了仪表自动控制及安全联锁部分、事故处理部分、装置工艺计算、装置运行和节能部分等。

艾中秋等同事在成书过程中给予了技术支持和帮助，在这里一并致谢。

由于制氢技术设计内容较广，制氢装置流程的差异化，作者水平和经验有限，书中难免存在不足之处，敬请广大读者批评指正。

目 录

第一章 制氢装置基础知识	(1)
1. 什么是催化剂? 催化剂作用的特征是什么?	(1)
2. 什么是活化能?	(2)
3. 什么是催化剂活性? 活性表示方法有哪些?	(2)
4. 什么是催化剂失活? 失活原因有哪些?	(3)
5. 什么是催化剂的选择性?	(3)
6. 催化剂中毒分哪几种?	(4)
7. 催化剂的化学结构按其催化作用分哪几类?	(4)
8. 催化剂更换原则有哪几条?	(5)
9. 制氢工艺的分类是什么?	(5)
10. 氢气的性质是什么?	(5)
11. 氢气的用途是什么?	(6)
12. 氢气制造方法有哪些?	(7)
13. 氢提纯工艺有哪些?	(9)
第二章 制氢原料部分	(11)
1. 适用于蒸汽转化制氢的烃类原料有哪些?	(11)
2. 蒸汽转化制氢原料选择原则有哪些?	(12)
3. 为什么不能轻易选用炼油厂二次加工油作转化原料?	(13)
4. 是否有可用作制氢原料的二次加工油?	(14)
5. 轻油的族组成对转化过程产生哪些影响?	(14)
6. 天然气用作制氢原料对转化催化剂有什么要求?	(15)
7. 不含烯烃的各种炼厂气对转化催化剂有什么要求?	(15)
8. 用炼厂干气作制氢原料时如何进行预处理?	(16)

9. 各种轻油对转化催化剂有什么要求?	(18)
10. 天然气有机硫的加氢转化, 其配氢量是多少?	(19)
11. 石油化工厂各种干气的特点是什么?	(19)
12. 原料氢碳比与产氢率的关系是怎样的?	(21)
13. 石油化工厂各种干气作为制氢原料时应如何处理?	(21)
14. 加氢催化剂反应的基本原理是什么?	(22)
15. 烯烃加氢工艺方案有几种?	(23)
16. 绝热加氢工艺的特点是什么?	(23)
17. 绝热循环加氢工艺的特点是什么?	(24)
18. 等温绝热加氢工艺的特点是什么?	(25)
19. 变温烯烃加氢工艺的特点是什么?	(26)
20. 分段加氢工艺的特点是什么?	(28)
第三章 脱毒部分	(29)
1. 制氢原料为什么要脱硫? 一般轻油中含有哪几种 硫化物?	(29)
2. 钴钼加氢催化剂对加氢脱硫有什么作用? 其反应式 如何?	(29)
3. 一般加氢脱硫的氢油比为多少? 氢油比的高低对 反应及设备有何影响?	(30)
4. 加氢反应的反应温度、压力、空速对反应有哪些 影响?	(31)
5. 加氢催化剂主要有哪些型号? 其主要成分和性能 如何?	(31)
6. 如何选用加氢催化剂?	(33)
7. 氧化锌脱硫剂的脱硫机理是什么?	(33)
8. 影响氧化锌脱硫的主要因素有哪些?	(34)
9. 国内氧化锌脱硫剂主要有哪些型号? 其主要成分 如何? 性能是怎样的?	(35)

10. 脱硫系统如何开车? (39)
11. 脱硫系统如何停车? (39)
12. 如果大检修或长期停工, 对加氢催化剂和氧化锌
脱硫剂如何保护? (40)
13. 短期停工或临时停工, 如何保护加氢催化剂和
脱硫剂? (40)
14. 如果转化突然停工, 脱硫系统应采取哪些紧急措施?
..... (40)
15. 钴钼加氢反应在什么情况下会发生超温? 应如何
处理? (41)
16. 为什么要对加氢催化剂进行预硫化? 其反应机理
如何? (41)
17. 钴钼催化剂的硫化如何进行? 常用的硫化剂是什么?
采用什么操作条件? (42)
18. 加氢催化剂失活的主要原因是什么? (44)
19. 影响加氢脱硫操作条件有哪些? 分别有哪些影响?
..... (45)
20. 加氢催化剂怎样进行再生? 再生反应有哪些?
再生条件如何? (46)
21. 钴钼催化剂从反应器中卸出之前如何处理? (47)
22. 加氢脱硫配氢气中是否对 CO 、 CO_2 含量进行限制?
..... (47)
23. 加氢脱硫与汽提法脱硫(脱硫化氢) 工艺各适用
哪种情况? 其优缺点如何? (47)
24. 制氢原料为什么要脱氯? (48)
25. 脱氯机理是什么? (49)
26. 脱氯剂一般有哪几种? 其主要组成是什么? 性能
如何? (49)
27. 脱氯应放在原料净化工艺中的哪一部位? (51)

28. 一般要求脱氯的指标是多少? 如何发现氯穿透?
应如何处理? (51)
29. 影响脱氯剂的操作条件有哪些? (52)
30. 什么叫硫容? 饱和硫容? 穿透硫容和理论硫容?
..... (52)
31. 什么叫硫穿透? 硫穿透之后应如何处理? (53)
32. 氧化锌脱硫容如何计算? (54)
33. 原料带水对氧化锌脱硫剂有什么影响? 如何防止?
..... (54)
34. 氧化锌脱硫机理是什么? (55)
35. 国内脱硫剂性质及各自使用条件是什么? (55)
36. 影响氧化锌脱硫剂性能的因素有哪些? (57)
37. 制氢原料为何要脱砷? (58)
38. 脱砷剂的类型有哪些? 一般采用什么样的脱砷剂?
..... (58)
39. 国内的制氢装置, 针对不同原料采用哪些净化工艺?
..... (59)
40. 转化炉进料的质量要求有哪些? (63)
41. 焦化干气制氢能否省掉原料预热炉? (64)
42. 怎样尽可能提高等温反应器硫化温度? (65)
43. 焦化干气改为天然气进料需要注意什么? (65)
44. 介质的密度大小对压缩机排气温度有何影响? 氢气
含量较高的原料气排气温度与压力变化的关系是
什么? (65)
45. 以天然气为原料制氢, 无氢源时加氢催化剂的
预硫化和转化催化剂的还原如何解决? (65)
46. 正常生产中能否掺入液氨作为制氢原料? (66)
47. 变温反应器的导热油因反应器壳层温度较高,
气相多, 反应器温度不好控制, 如何处理? (66)

48. 蒸汽转化制氢装置系统压降是多少? 压降主要集中在什么部位? 运行周期与压降有什么关系? (66)
49. 加氢催化剂预硫化工艺条件对活性有什么影响?
..... (66)
50. 转化的氢含量一般为多少比较合适? 氢含量的高低对反应器以及设备有什么影响? (67)
51. 为什么钴钼系催化剂在预硫化时, 要控制 230℃ 前硫必须穿透床层? (67)
52. 为什么焦炉煤气也可以作为制氢原料? (68)
53. 焦炉气的脱硫工艺是怎样的? (68)
54. 焦炉气的脱硫中一级加氢和二级加氢有何优缺点?
..... (69)

第四章 转化部分 (70)

1. 轻油化工段的主要任务是什么? (70)
2. 轻油蒸汽转化反应过程是什么? (70)
3. 轻油蒸汽转化过程中结炭反应机理是什么? (71)
4. 如何理解热力学结炭? 一般发生在什么条件下?
..... (73)
5. 如何理解动力学结炭? 一般发生在什么条件下?
..... (73)
6. 结炭和积炭的含义有什么不同? (74)
7. 如何判断催化剂的积炭? (74)
8. 催化剂积炭的原因有哪些? 如何防止? (74)
9. 转化催化剂常用的烧炭再生条件是什么? (75)
10. 转化催化剂积炭后如何进行烧炭处理? (75)
11. 为什么把抗积炭性能当作轻油蒸汽转化催化剂的主要性能? (77)
12. 轻油蒸汽转化催化剂基本性能和相互关系是什么?
..... (77)

13. 如何理解轻油蒸汽转化催化剂的活性? (78)
14. 轻油预转化、蒸汽转化和蒸汽裂解的关系是什么?
..... (78)
15. 怎样监视转化催化剂性能变化? (79)
16. 转化炉管压差增大的原因有哪些? (80)
17. 转化催化剂的毒物是什么? 毒物是怎样使催化剂
中毒的? (81)
18. 转化炉管出现热斑、热带、热管的原因及处理
方法是什么? (83)
19. 转化催化剂中毒和结炭表现有何不同? 如何处理?
..... (84)
20. 影响转化催化剂使用寿命的因素有哪些? (85)
21. 转化催化剂床层温度分布对转化反应有何影响?
..... (85)
22. 水碳比变化对转化反应有何影响? (86)
23. 空速对转化反应有何影响? (86)
24. 反应压力对转化反应有何影响? (86)
25. 影响转化出口残余甲烷含量的因素哪些? (86)
26. 紧急停车时怎样确保转化催化剂不结炭? (87)
27. 什么是水碳比? 如何控制水碳比? (87)
28. 烃类水蒸气转化反应平衡是怎样的? (87)
29. 多碳烃类蒸汽转化反应过程是什么? (94)
30. 转化炉管破裂时如何处理? (95)
31. 不同类型催化剂升温过程有何不同? (95)
32. 转化催化剂还原介质有哪些? (95)
33. 转化催化剂还原反应条件是什么? (96)
34. 转化催化剂还原为什么要维持 H_2O/H_2 值小于 7?
..... (96)
35. 什么是转化剂的结炭? (97)

- 36. 如何防止转化剂积炭? (97)
- 37. 反复氧化还原对转化催化剂性能有什么影响? (99)
- 38. 转化催化剂还原不充分或在使用中被氧化会造成
什么危害? 如何防止和处理? (99)
- 39. 为什么要求转化催化剂具有良好的低温还原性能?
..... (100)
- 40. 转化停车时, 采用还原气氛保护催化剂有何好处?
..... (100)
- 41. 转化催化剂为什么用水蒸气-干氢还原? (101)
- 42. 脱硫配氢和转化入口配氢对转化催化剂有什么影响?
..... (101)
- 43. 原料油突然中断如何防止转化催化剂床层被高温
钝化(氧化)? (102)
- 44. 蒸汽转化催化剂入口段高温氧化对正常开工有
什么危害? (102)
- 45. 温度对还原过程有什么影响? (102)
- 46. 什么是转化炉的热带区? 产生热带区的原因是什么?
..... (104)
- 47. 什么是转化催化剂的抗积炭性(选择性)? (104)
- 48. 什么是转化催化剂的低温还原性(稳定性)? ... (105)
- 49. 转化催化剂的组成有哪些? (106)
- 50. 转化催化剂的发展是怎样的? (108)
- 51. 转化剂中毒的类型有哪些? (108)
- 52. 转化剂硫中毒的特点以及处理原则是什么? (108)
- 53. 国内几种转化催化剂的主要性质和工业使用条件
有哪些? (112)
- 54. 压力对转化反应有什么影响? (115)
- 55. 温度对转化反应有什么影响? (116)
- 56. 水碳比控制对转化反应有什么影响? (116)

57. 空速对转化反应有什么影响? (118)
58. 残余 CH_4 含量对转化反应的影响有哪些? (118)
59. 转化炉入口温度对转化反应有什么影响? (119)
60. 转化反应中为何要防止 MgO 水合反应发生? ... (119)
61. 原料的选择对转化反应有什么影响? (119)
62. 正确装填转化催化剂的目的是什么? (120)
63. 装填转化催化剂前要做哪些准备工作? (121)
64. 怎样装填转化催化剂? (121)
65. 怎样测量和计算催化剂床层的阻力? (123)
66. 炉管床层阻力降的偏差为何越小越好? (123)
67. 烃类蒸汽转化催化剂为何要分为上下两段不同尺寸
的颗粒装填? (124)
68. 常用的几种烃类转化催化剂对原料中毒物的含量
有何要求? (125)
69. 转化投料的条件是什么? (125)
70. 转化投料加负荷应注意哪些问题? (126)
71. 轻油和炼厂气混合使用作为制氢原料时应如何控制?
..... (126)
72. 轻油和炼厂气交替作为制氢原料, 相互切换时应
注意什么? (127)
73. 什么叫蒸汽的露点温度? 操作中工艺气体的温度
为什么必须高于露点温度? (128)
74. 有的转化催化剂水合粉化是怎样造成的? 如何避免?
..... (128)
75. 为什么转化床层对 2m、3m 处的床层的温度有
一定要求? (128)
76. 转化管上段 2m、3m 处的温度为什么会慢慢升高?
突然或急剧持续升高是如何造成的? 如何处理? ... (129)
77. 转化炉燃料品质和火嘴分布对转化过程有什么影响?
..... (129)

78. 转化炉管排温差和单管管壁温差应控制在多少? 为什么?	(130)
79. 如何判断火嘴燃烧状况的好坏?	(130)
80. 什么叫二次燃烧? 对转化炉有何影响? 应如何避免?	(130)
81. 转化炉膛负压一般控制在多少? 负压大小对转化炉 有何影响?	(131)
82. 什么叫回火? 怎样避免或处理回火?	(131)
83. 阻火器的作用是什么? 为何有此作用?	(131)
84. 转化炉紧急停工时应注意什么?	(132)
85. 什么是油中碳含量? 有何意义?	(132)
86. 什么叫绝对碳原(总碳)? 怎么计算绝对碳原(总碳)?	(133)
87. 什么叫碳流量? 怎么计算碳流量最方便?	(133)
88. 什么叫碳空速? 怎样计算?	(133)
89. 什么叫水碳比? 怎样计算?	(134)
90. 轻油和炼厂气混合使用作制氢原料时如何计算水碳 比和碳空速?	(134)
91. 怎样计算常规流程轻油制氢的吨油产品纯氢量?	(135)
92. 转化岗位计算有哪些?	(135)
93. 怎样标定转化进料的实际水碳比?	(136)
94. 转化炉前压力急剧波动对转化催化剂有何危害? ...	(137)
95. 什么叫平衡温距? 怎样计算?	(138)
96. 什么是预转化工艺?	(139)
97. 预转化工艺的的优点是什么?	(139)
98. 预转化反应器的操作条件有哪些?	(140)
99. 烃类绝热预转化的风险与隐患有哪些?	(141)
100. 当前预转化反应器的流程有哪些?	(141)

101. 国内外预转化催化剂的物理化学性能有哪些? (141)
102. 选择预转化催化剂的原则是什么? (143)
103. 预转化催化剂装填要求有哪些? (143)
104. 如何进行预转化催化剂升温还原? (144)
105. 预转化催化剂正常开车步骤是什么? (145)
106. 预转化催化剂正常停车步骤是什么? (146)
107. 紧急情况下预转化催化剂的停车如何进行? ... (146)
108. 预转化催化剂正常操作要点有哪些? (146)
109. 预转化催化剂的卸出注意事项是什么? (147)
110. 转化炉极易发生积炭的部位在何处? (148)
111. 催化剂积炭如何判断? (148)
112. 烃类蒸汽转化过程对蒸汽质量有何要求? (149)
113. 没有外来氢源的制氢装置如何开工? (149)
114. 什么是金属尘化? (151)
115. 为什么采取冷壁集气管? (151)
116. 冷壁集气管材料有什么特点? (151)
117. 为什么取消出口猪尾管? (152)
118. 入口猪尾管与转化炉管侧接和顶接各有什么优点?
..... (152)
119. 什么是刚性入口猪尾管? 什么是柔性入口猪尾管?
..... (152)
120. 为什么转化催化剂要上装上卸? (152)
121. 炉管弯曲原因有哪些? (153)
122. 空气预热器上有时黏附的绿色附着物是什么? (153)
123. 转化炉采用什么形式的空气预热器较好? (153)
124. 烟风道系统鼓风机、引风机采用一开一备好还是
两台全开好? (153)
125. 转化炉炉底烟道盖板采用什么材料好? (153)
126. 为什么转化炉炉底烟道隔墙开孔前后不一致? ... (154)

127. 如何解决转化炉炉顶雨棚内温度太高问题? ... (154)
128. 转化炉为何不设置灭火蒸汽管? (154)
129. 转化炉低压燃料气管线为什么可以取消阻火器? (154)
130. 为什么转化炉燃烧器不单独设置长明灯? (154)
131. 为何要采用低氮氧化物燃烧器? (155)
132. 下猪尾管弯曲变形, 转化管焊接部位开裂的原因
是什么? (155)
133. 制氢装置转化工艺用除盐水的规格要求是什么?
..... (155)
134. 酸性水进除氧器作为产汽用水对催化剂有利吗?
..... (156)

135. 制氢装置低负荷运行时需要注意什么? (156)

第五章 变换部分 (157)

1. 变换的主要作用是什么? (157)
2. 温度对变换反应有什么影响? (157)
3. 变换为何要分(高)中变和低变两段? (157)
4. 水气比对变换有什么影响? (157)
5. 压力对变换反应有何影响? (158)
6. 空速对变换反应的有何影响? (158)
7. 目前制氢装置中使用的(高)中变催化剂有哪几种?
主要成分以及物理性质如何? 各有什么特点? ... (158)
8. (高)中变催化剂怎样进行还原放硫? (160)
9. 中变催化剂还原为何会放硫? 影响放硫时间的因素
有哪些? (161)
10. 影响(高)中变催化剂正常使用的因素有哪些?
如何延长催化剂的使用寿命? (161)
11. (高)中变催化剂床层温度突然下降的原因是什么
如何处理? (163)
12. 中变催化剂如何钝化? (163)

13. (高)中变连入低变的条件是什么? (163)
14. 目前制氢使用的低温变换催化剂有哪几种? 主要组成以及性能如何? (164)
15. 能使低变催化剂中毒的物质有哪些? (165)
16. 低变催化剂还原分几个阶段? 每个阶段注意事项是什么? (166)
17. 低变催化剂还原时发现超温如何处理? (167)
18. 低变催化剂还原时, 稀释气、空速、压力和氢浓度如何选择和控制? (167)
19. 如何判断低变催化剂还原结束和完全? (168)
20. 影响低变正常运行的因素有哪些? (169)
21. 低变催化剂为何要防止水汽冷凝? (169)
22. 怎样防止低变催化剂被水泡? (169)
23. 如何延长低变催化剂寿命? (169)
24. 低变催化剂如何钝化? (170)
25. 中变催化剂还原为什么要配入水蒸气? 配入多少才能保证催化剂不还原过度? (170)
26. 如何防止中变催化剂还原时超温? (170)
27. 如何进行中温变换和低温变换的工艺选择? (171)
28. 什么叫水气比? H_2O/CO 比? 如何计算? (171)
29. 什么叫变换率? 如何计算? (172)
30. 什么叫化学平衡? 什么是化学平衡常数? 什么叫平衡变换率? 如何计算? (172)

第六章 脱碳部分 (174)

1. 脱碳净化方法中何谓物理吸收? 何谓化学吸收? ... (174)
2. 为什么吸收塔的操作条件为低温高压, 而再生塔为低压高温? 其理论基础是什么? (174)
3. 国内制氢及合成氨装置中采用的脱碳方法有哪几种? (175)