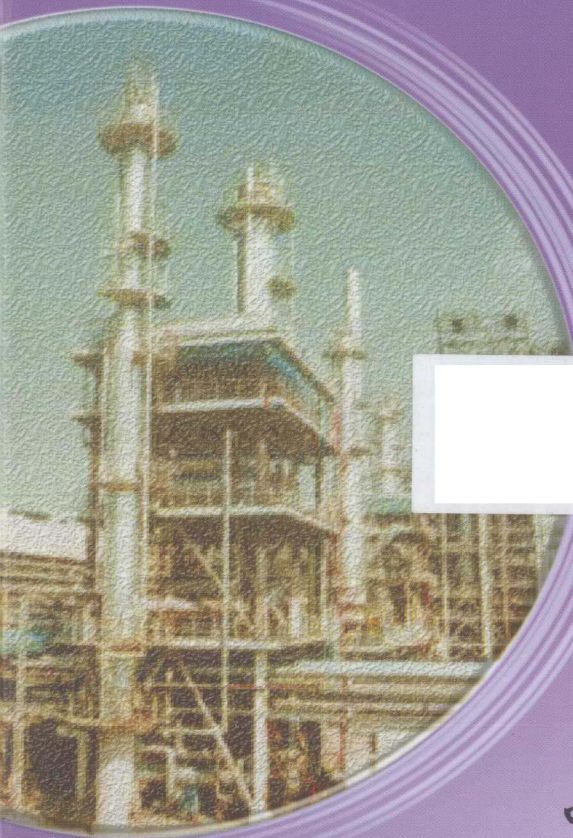


炼油装置技术问答丛书

# 加氢裂化装置 技术问答

(第二版)

孙建怀 主 编  
王敬东 副主编  
周能冬



中国石化出版社

炼油装置技术问答丛书

# 加氢裂化装置技术问答

(第二版)

孙建怀 主 编  
王敬东 周能冬 副主编

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加氢裂化装置操作人员应知应会的基本知识、操作技术和事故处理的基本方法。本书的主要内容包括:加氢裂化基础知识、原料和产品、催化剂、加氢裂化操作调整、加氢裂化设备、加氢裂化装置开停工、安全生产和事故处理、仪表与自动化等。

本书主要供加氢裂化装置管理人员、技术人员和操作人员使用,也可以供相关院校师生参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

加氢裂化装置技术问答/孙建怀主编.  
—2版.—北京:中国石化出版社,2014.7  
(炼油装置技术问答丛书)  
ISBN 978-7-5114-2911-7

I. ①加… II. ①孙… III. ①石油炼制-加氢  
裂化-化工设备-问题解答 IV. ①TE966-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第162801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

北京柏力行彩印有限公司印刷

全国各地新华书店经销

\*

850×1168毫米32开本19.625印张460千字

2014年7月第2版 2014年7月第1次印刷

定价:58.00元

# 前 言

随着环保要求的日益严格和国家油品质量升级步伐的加快，再加上原油劣质化的实际情况，对于炼油企业来说，常规的炼油二次加工装置由于受到原料及产品质量、节能减排等因素的制约已经难以满足生产要求。加氢裂化装置则具有加工原料适应性强、工艺流程及产品方案灵活、液体产品收率高、产品质量好等特点，可以直接从劣质原料生产出超低硫、高品质的柴油、喷气燃料，同时还可以生产优质的石脑油和尾油为催化重整、乙烯裂解或润滑油生产装置提供原料。对于燃料型加工企业来说，加氢裂化装置是炼油企业满足原料劣质化、成品油清洁化的重要手段之一；而对于炼化一体化企业来说，加氢裂化装置则是实现“宜油则油、宜烯则烯、宜芳则芳”，且具有承上启下作用的核心装置。在这种背景下，近年来加氢裂化工艺得到了快速发展，加氢裂化装置也在国内炼化行业得到了快速普及，新建或改扩建加氢裂化装置已成为多数炼化企业的重要选择。

国内自20世纪70年代引进扬子、金山、南京和茂名4套加氢裂化装置以来，陆续新建了多套加氢裂化装置。经过中国石化下属的抚顺石油化工研究院、石油化工科学研究院和其他研究、设计院所的多年研究，我国已在加氢裂化基础理论、催化剂制造、工艺开发和工程设计等方面

取得了一系列显著成果，也陆续出版了一批关于加氢裂化技术的指导性书籍。然而这些书籍多是侧重于基础理论方面的研究，对实际操作方面则相对讲述较少。《加氢裂化装置技术问答》一书着重于解决加氢裂化装置的实际操作，同时附带部分理论知识的学习，以技术问答的形式介绍了加氢裂化技术的相关知识。

自《加氢裂化装置技术问答》第一版出版以来，深受广大读者的欢迎。本书则在第一版的基础上结合最新的工艺、设备进展及应用情况对原有内容进行了适当的修订和完善。修订后的《加氢裂化装置技术问答》包括加氢裂化基础知识、原料和产品、催化剂、加氢裂化操作调整、加氢裂化设备、加氢裂化装置开停工、安全生产和事故处理、仪表与自动化等内容，力求在内容上更加充实、完善，以更好地满足读者的需求。本书能够满足加氢裂化装置的生产管理人员、技术人员及操作人员的学习需求，可以作为炼油企业加氢裂化装置的培训参考书。

本书由孙建怀(镇海炼化分公司)主编，中国石化股份有限公司镇海炼化分公司的王敬东、周能冬、崔玉伟、侯庆贺、黄诚等也参与了编写、修订。本书由董昌宏(海南炼化)审校，关明华(抚顺石化研究院)审定。

由于我们的水平有限、经验不足，知识的涵盖面不很全面，书中难免存在错误，不妥之处敬请读者批评指正。

编者

# 目 录

第一章 基础知识 .....	( 1 )
第一节 加氢裂化反应基础 .....	( 1 )
1. 加氢裂化定义是什么? .....	( 1 )
2. 什么叫多相催化剂作用? 多相催化反应? 什么状态 下能使反应处于接近理想和高效状态? .....	( 1 )
3. 加氢精制反应器内的主要反应有哪些? .....	( 2 )
4. 脱硫反应的特点是什么? .....	( 2 )
5. 脱氮反应特点是什么? .....	( 3 )
6. 根据油品分子结构分析碱性氮化物和苯并硫化物脱 除速度慢的原因是什么? .....	( 5 )
7. 加氢裂化反应器内的主要反应有哪些? .....	( 6 )
8. 加氢裂化的反应机理是什么? 对产品流化催化裂化 有何影响? .....	( 7 )
9. 加氢裂化的热力学特点是什么? .....	( 7 )
10. 加氢裂化动力学特征是什么? .....	( 8 )
11. 为什么 100% 转化的加氢裂化工艺过程中, 一般都 控制单程转化率在 60% ~ 70%? .....	( 9 )
12. 原料油的特性因数和馏程对加氢裂化有何影响? .....	( 10 )
13. 压力对加氢裂化有何影响? .....	( 10 )
14. 温度对加氢裂化有何影响? .....	( 11 )
15. 什么叫空速? 空速对反应操作有何影响? .....	( 12 )
16. 如何控制反应温度? .....	( 13 )

17. 为什么工业应用实际上温度和空速的互补变动范围是有限的呢? ..... ( 13 )
18. 什么叫氢油比? ..... ( 14 )
19. 如何求循环氢平均相对分子质量? ..... ( 14 )
20. 对循环氢浓度有何要求? 对反应操作有何影响?  
..... ( 14 )
21. 硫化氢对反应和催化剂有何影响? 如何控制循环氢中的硫化氢含量? ..... ( 15 )
22. 加氢深度脱硫与催化剂失活的关系是什么? ..... ( 16 )
23. 什么叫甲烷化反应? 对反应操作有何危害? ..... ( 16 )
24. 全循环流程对循环油有何要求? ..... ( 17 )
25. 对于全循环流程, 循环油量是如何确定的? ..... ( 17 )
26. 循环油中的稠环芳烃是如何形成的? 全循环流程应如何操作? ..... ( 17 )
27. 什么是流体的径向分布? 什么是轴向分布? 影响流体径向分布的因素有哪些? ..... ( 18 )
28. 流体分布性能为什么会影响床层温度的分布和产品的质量? ..... ( 18 )
29. 为什么说流体的初始分布是影响流体径向分布的最关键因素? ..... ( 19 )
30. 什么是(边)壁效应? 催化剂径向空隙率分布有什么规律? 如何降低边壁效应? ..... ( 19 )
31. 液体径向分布不均对反应有何影响? 热点是如何形成的? ..... ( 19 )
- 第二节 加氢裂化分离基础 ..... ( 19 )
  1. 什么叫油品的沸点、初馏点、干点和馏程? 有何意义? ..... ( 19 )
  2. 测试油品馏分的方法主要有哪些? ..... ( 20 )



3. 什么是油品的平均沸点? 平均沸点有几种表示方法?  
..... ( 21 )
4. 什么是临界状态? 什么是临界温度和临界压力?  
..... ( 22 )
5. 传热的三种基本方式是什么? ..... ( 22 )
6. 传热系数  $K$  的物理意义是什么? 强化传热应考虑哪些方面? ..... ( 23 )
7. 什么叫对数平均温差? ..... ( 24 )
8. 反映油品热性质的物理量有哪些? ..... ( 25 )
9. 什么是热的良导体和不良导体? ..... ( 25 )
10. 什么叫导热系数? 影响其大小的因素有哪些? ..... ( 25 )
11. 什么叫溶剂抽提? ..... ( 26 )
12. 什么叫溶解度? 影响因素是什么? 什么是临界溶解温度? ..... ( 26 )
13. 什么叫亨利定律? ..... ( 27 )
14. 什么是挥发度和相对挥发度? 相对挥发度大小对蒸馏分离有何影响? ..... ( 27 )
15. 什么叫吸收? 什么叫物理吸收、化学吸收? 什么是解吸? ..... ( 27 )
16. 温度和压力对吸收效果有何影响? ..... ( 28 )
17. 什么叫溶液酸性气负荷? ..... ( 28 )
18. 什么是传质过程? ..... ( 28 )
19. 什么叫饱和蒸气压? 饱和蒸气压的大小与哪些因素有关? ..... ( 29 )
20. 气液相平衡以及相平衡常数的物理意义是什么?  
..... ( 29 )
21. 什么是油品的泡点和泡点压力? ..... ( 31 )
22. 什么是油品的露点和露点压力? ..... ( 31 )



23. 泡点方程和露点方程是什么? ..... ( 31 )
24. 什么是拉乌尔定律和道尔顿定律? 它们有何用途?  
..... ( 32 )
25. 气液两相达到平衡后是否能一直保持不变? 为什么?  
..... ( 33 )
26. 什么叫一次汽化, 什么叫一次冷凝? ..... ( 33 )
27. 什么叫渐次汽化, 什么叫渐次冷凝? ..... ( 33 )
28. 分馏的依据是什么? ..... ( 34 )
29. 精馏的原理是什么? 精馏过程实质是什么? ..... ( 34 )
30. 实现精馏的必要条件是什么? ..... ( 34 )
31. 分馏与精馏的区别是什么? ..... ( 34 )
32. 分馏塔板或填料的作用是什么? ..... ( 35 )
33. 什么是理论塔板? ..... ( 35 )
34. 分馏塔顶回流的作用是什么? 塔顶温度与塔顶回流  
有何关系? ..... ( 35 )
35. 什么叫回流比? 它的大小对精馏操作有何影响?  
..... ( 36 )
36. 什么叫最小回流比? ..... ( 36 )
37. 什么是内回流? ..... ( 36 )
38. 什么是回流热? ..... ( 37 )
39. 什么是气相回流? ..... ( 37 )
40. 采用蒸汽汽提的原理是什么? ..... ( 37 )
41. 什么是空塔气速? ..... ( 37 )
42. 什么是液相负荷? ..... ( 37 )
43. 什么是液面落差? ..... ( 38 )
44. 什么是清液高度? ..... ( 38 )
45. 什么叫冲塔、淹塔、泄漏和干板? ..... ( 38 )
46. 什么叫液泛? 液泛是怎样产生的? ..... ( 39 )

47. 什么是雾沫夹带? 与哪些因素有关? .....	( 39 )
48. 真空度、大气压、表压和绝对压力的关系是什么? .....	( 39 )
49. 减压塔为何在一定真空度下操作? .....	( 40 )
<b>第二章 加氢裂化原料和产品</b> .....	( 41 )
<b>第一节 加氢裂化原料</b> .....	( 41 )
1. 什么叫烷烃? .....	( 41 )
2. 什么叫烯烃? .....	( 41 )
3. 什么是不饱和烃? .....	( 41 )
4. 原料油特性因数 $K$ 值的含义? $K$ 值的高低说明什么? .....	( 42 )
5. 原油中硫以什么形态存在? 各形态的含硫化合物的 分布有何特点? 比较 VGO 和 CGO 中硫种类有何特点? .....	( 42 )
6. 原油中氮以什么形态存在? 分布规律是什么? .....	( 43 )
7. 原油中氧以什么形态存在? .....	( 43 )
8. 石油馏分中芳烃有哪些分布特点? .....	( 44 )
9. 原油中的微量金属元素的存在形态有哪些? .....	( 44 )
10. 什么是原料油的残炭? 它是由什么组成的? .....	( 44 )
11. 油品的残炭如何测定(康氏残炭法)? .....	( 45 )
12. 加氢裂化的原料的主要有哪些? .....	( 45 )
13. 为什么要控制原料油中的氮含量? .....	( 45 )
14. 为什么要控制新氢和原料油中的氯含量? .....	( 47 )
15. 为什么要控制原料的干点? 一般指标是多少? .....	( 47 )
16. 为什么要控制原料油中的残炭含量? .....	( 48 )
17. 原料油中水含量为何要控制? 控制在多少? .....	( 48 )
18. 为何要控制原料油中的 $\text{Fe}^{2+}$ 含量? 一般控制指标 是多少? .....	( 49 )

19. 为何要对原料油色度进行检测? ..... ( 49 )
20. 设置原料罐的目的何在? 为何设计氮封? 对缓冲罐的容积有何要求? ..... ( 49 )
21. 对新氢有何要求? ..... ( 50 )
22. 原料变化时反应器床层温度有何变化? ..... ( 51 )
23. 原料中哪些指标对裂化转化率影响大? 针对变化如何调整? ..... ( 51 )
24. 减压蜡油作为加氢裂化原料时有何要求? ..... ( 51 )
25. 石蜡基原料对喷气燃料性质有何影响? ..... ( 52 )
- 第二节 加氢裂化产品 ..... ( 52 )
1. 什么叫残留百分数? ..... ( 52 )
2. 什么叫做石油产品的灰分? ..... ( 53 )
3. 什么是油品的黏度? 有何意义? 与温度压力的关系如何? 什么是油品的黏温性质? ..... ( 53 )
4. 什么是油品的闪点? 有何意义? ..... ( 54 )
5. 什么是油品的燃点? 什么是油品的自燃点? ..... ( 54 )
6. 什么叫油品的浊点、冰点、倾点和凝点? ..... ( 54 )
7. 什么是油品的冷滤点? ..... ( 55 )
8. 油品的苯胺点表示什么? ..... ( 55 )
9. 什么叫烟点? 什么叫辉光值? ..... ( 55 )
10. 什么是油品的酸度和酸值? ..... ( 56 )
11. 什么叫做石油产品的碘值? 其数值的大小说明什么问题? ..... ( 56 )
12. 什么是溴价? 油品的溴价代表什么? ..... ( 56 )
13. 什么是 *BMC* 值? ..... ( 56 )
14. 什么叫做汽油的辛烷值? ..... ( 57 )
15. 什么叫做马达法辛烷值和研究法辛烷值? ..... ( 57 )
16. 油品的商品牌号是如何划分的? ..... ( 58 )

17. 柴油机和汽油机的爆震原因有何不同? ..... ( 58 )
18. 加氢裂化产品的特点有哪些? ..... ( 58 )
19. 加氢裂化装置的产品较催化裂化装置、焦化装置在产品分布以及质量上有哪些优势? ..... ( 59 )
20. 影响液化气质量的因素有哪些? ..... ( 60 )
21. 加氢裂化轻石脑油与直馏轻石脑油比较有何特点?  
..... ( 60 )
22. 为什么控制石脑油腐蚀? ..... ( 61 )
23. 轻石脑油中的硫含量高的原因是什么? ..... ( 61 )
24. 加氢裂化重石脑油性质有何特点? ..... ( 61 )
25. 加氢裂化喷气燃料有何质量特点, 为何要添加抗氧化剂? ..... ( 61 )
26. 抗氧化剂的作用是什么? ..... ( 62 )
27. 喷气燃料腐蚀不合格的原因是什么? ..... ( 62 )
28. 为什么要控制喷气燃料的密度和发热值? ..... ( 63 )
29. 为什么要控制喷气燃料的馏程? ..... ( 63 )
30. 什么是油品的抗氧化安定性? ..... ( 64 )
31. 什么是银片腐蚀试验? ..... ( 64 )
32. 什么是铜片腐蚀试验? ..... ( 64 )
33. 对喷气燃料的主要性能要求有哪些? ..... ( 64 )
34. 喷气发动机燃料的使用要求有哪些? ..... ( 65 )
35. 为什么要控制柴油的馏程? 其馏程指标是多少?  
..... ( 65 )
36. 评定柴油低温流动性的指标是什么? ..... ( 65 )
37. 评定轻柴油安全性的指标是什么? ..... ( 65 )
38. 评定柴油点火性能的指标是什么? ..... ( 66 )
39. 柴油为何控制凝点? 轻柴油的牌号是如何划分的?  
..... ( 66 )

40. 什么叫柴油的安定性? .....	( 66 )
41. 什么是柴油的十六烷值、十六烷指数和柴油指数? .....	( 66 )
42. 加氢裂化柴油质量有何特点? .....	( 67 )
43. 什么是实际胶质? 它对油品质量有何影响? .....	( 67 )
44. 单程转化率的变化对各产品收率和结构组成有什么 影响? .....	( 67 )
45. 裂化反应器最后一床层温度变化对产品质量有何 影响? .....	( 68 )
<b>第三章 催化剂</b> .....	( 69 )
1. 什么是催化剂? 催化剂作用的基本特征是什么? ...	( 69 )
2. 催化剂由哪几部分组成? 有何作用? .....	( 69 )
3. 加氢裂化催化剂组成上有何特点? .....	( 70 )
4. 加氢裂化催化剂的作用是什么? .....	( 71 )
5. 催化剂载体的作用有哪些? .....	( 71 )
6. 载体的酸性如何表示? .....	( 71 )
7. 加氢裂化催化剂的酸性功能与什么有关? .....	( 72 )
8. 助剂的作用有哪些? .....	( 72 )
9. 催化剂制备方法有哪几种? 优缺点各是什么? 现今 常用的是哪种? .....	( 72 )
10. 催化剂的典型制备方法是什么? .....	( 73 )
11. 催化剂装填分为哪几种形式? 有何区别? .....	( 73 )
12. 如何根据原料性质选择催化剂装填方法和形状? .....	( 74 )
13. 如何调整密相装填的速度? 装填进度对催化剂密度 有何影响? .....	( 74 )
14. 精制反应器第一层保护剂起什么作用? 装填有何 特点? .....	( 75 )

15. 最底层催化剂装填时先装瓷球有何要求？反应器最上层瓷球装填有何要求？为什么？……………（75）
16. 没有侧面卸料口的反应器，每床层中间设有卸料管，对卸料管内装填物有何要求？为什么？……………（76）
17. 催化剂装入量对生产和产品质量有何影响？……………（76）
18. 什么是催化剂的比表面积？……………（77）
19. 如何表示催化剂的密度？……………（77）
20. 催化剂表征包括哪些内容？……………（78）
21. 催化剂的孔分布、比孔容对催化剂有什么影响？……………（78）
22. 什么是活化能？……………（79）
23. 什么是催化剂活性？活性表示方法有哪些？……………（79）
24. 催化剂活性与微孔孔径的关系是什么？……………（80）
25. 催化剂的外形有哪些？为什么选择异形催化剂？……………（80）
26. 什么是催化剂的选择性？……………（81）
27. 催化剂的初期和末期选择性如何？……………（81）
28. 催化剂的活性与选择性之间的关系是怎样的？……………（81）
29. 如何评价催化剂强度的好坏？……………（81）
30. 对于催化剂应要求具备哪几种稳定性？……………（82）
31. 加氢裂化催化剂如何分类？……………（82）
32. 中压加氢裂化与高压加氢裂化的催化剂有无不同？……………（83）
33. 高中油型加氢裂化催化剂有何特点？……………（83）
34. 催化反应的过程有哪几步？对于加氢裂化装置而言常规操作可调整的有哪些？……………（83）
35. 加氢催化剂活性金属有何特点？……………（84）

36. 不同金属组合的催化剂加氢性能有什么特点及用途?  
..... ( 84 )
37. 加氢催化剂(非贵金属)为什么需要硫化? 硫化前对  
催化剂的操作温度有何要求? ..... ( 85 )
38. 催化剂器外预硫化有什么好处? 存在什么问题?  
..... ( 86 )
39. 催化剂上硫率如何计算? ..... ( 86 )
40. 催化剂注氨钝化的目的何在? 对催化剂有何影响?  
..... ( 87 )
41. 影响加氢裂化催化剂使用的因素是什么? ..... ( 87 )
42. 水对催化剂有何危害? ..... ( 88 )
43. 什么是催化剂的积炭失活? ..... ( 88 )
44. 双烯烃对催化剂的影响是怎样的? ..... ( 89 )
45. 原料金属对催化剂有何影响? ..... ( 89 )
46. 正常生产如何保护好催化剂? ..... ( 90 )
47. 反应最终温度定为 427℃是分子筛催化剂的要求,  
还是出于技术经济上的选择? ..... ( 91 )
48. 催化剂空速如何计算? ..... ( 91 )
49. 后加氢精制催化剂的空速如何选取? ..... ( 91 )
50. 什么叫催化剂中毒? 分为几类? ..... ( 92 )
51. 什么叫催化剂结焦? 如何防止? ..... ( 92 )
52. 催化剂初期和末期相比较有什么变化? 为什么?  
..... ( 93 )
53. 失活过程各个阶段有什么特点? ..... ( 93 )
54. 导致催化剂失活的因素有哪些? ..... ( 93 )
55. 催化剂为什么要再生? ..... ( 94 )
56. 催化剂再生的方式有哪两种? 对比优缺点, 现使用  
哪种方式? ..... ( 94 )



57. 为什么催化剂再生后活性不能完全恢复? .....	( 95 )
58. 催化剂器外再生工艺流程是怎么样? 如何控制? .....	( 95 )
59. 在外观上如何判别催化剂再生质量的好坏? .....	( 95 )
60. 催化剂再生后应做哪些分析和评价工作? .....	( 95 )
<b>第四章 加氢裂化的加工方案和工艺过程</b> .....	( 97 )
1. 什么是一次加工过程? .....	( 97 )
2. 什么是二次加工过程? .....	( 97 )
3. 加氢裂化的技术特点 .....	( 97 )
4. 加氢技术分类 .....	( 98 )
5. 加氢裂化工艺流程如何分类? .....	( 98 )
6. 国内外加氢裂化典型工艺的特点是什么? .....	( 101 )
7. 加氢裂化工艺对炼油行业有哪些作用? .....	( 105 )
8. 热高分与冷高分流程特点是什么? .....	( 106 )
9. 反应进料加热炉炉前、炉后混氢各自的特点是什么? .....	( 106 )
10. 加氢裂化单程转化率如何计算? 转化率的高低对生 产的影响是什么? .....	( 107 )
11. <i>BMC1</i> 值与乙烯收率有何关系? .....	( 109 )
12. 加氢裂化尾油作为乙烯裂解原料的考核指标是什么? .....	( 109 )
13. 加氢裂化尾油作为乙烯裂解原料有什么特点? .....	( 110 )
14. 加氢裂化技术快速发展的动力何在? .....	( 111 )
15. 加氢裂化装置如何最大化生产化工原料? .....	( 112 )
16. 生成油的汽提流程有哪几种? .....	( 112 )
17. 加工原料不同, 加氢反应器内油气相态有何不同? .....	( 113 )
18. 加氢裂化原料与化工原料有什么关系? .....	( 113 )

19. 分馏塔的回流方式有几种? .....	(113)
20. 循环回流的设置原则是什么? .....	(114)
21. 汽提塔有什么作用? 有哪几种汽提方式? .....	(114)
22. 为什么常压塔有侧线抽出? .....	(115)
23. 循环回流有哪些类型? 各有什么作用和优点? 如何 设置中段循环回流? .....	(115)
<b>第五章 加氢裂化操作调整</b> .....	(118)
<b>第一节 反应系统调整</b> .....	(118)
1. 如何判断新氢纯度降低? 如何处理? .....	(118)
2. 影响系统压力的因素有哪些? 如何调整? .....	(119)
3. 影响循环氢量的因素有哪些? 如何调整? .....	(119)
4. 影响循环氢纯度的因素有哪些? 如何调整? 循环氢 纯度低有何危害? .....	(120)
5. 加工硫含量低的原料时, 循环氢中硫化氢浓度有何 指标? 低于指标如何处理? .....	(120)
6. 循环氢脱硫控制指标是多少? 影响因素有哪些? 如何调节? .....	(121)
7. 影响循环氢脱硫塔液位的因素有哪些? 如何调整? .....	(121)
8. 循环氢采样目的是什么? 有什么项目? .....	(122)
9. 循环氢带液如何处理? .....	(122)
10. 如何计算系统的氢分压? .....	(123)
11. 影响氢耗的因素是什么? .....	(123)
12. 原料带水的危害是什么? 系统有何现象? 如何调整? .....	(125)
13. 影响反应产物氮含量的因素有哪些? 如何调节? .....	(125)
14. 为什么原料油需要隔离空气? .....	(126)