

化工装置的本质安全

——通过绿色化学减少事故发生和降低恐怖袭击的威胁

INHERENT SAFETY AT CHEMICAL SITES:

Reducing Vulnerability to Accidents
and Terrorism Through Green Chemistry

[美] 保罗·T·阿纳斯塔斯(Paul T. Anastas),
戴维·G·哈蒙德(David G. Hammond) 著
天津开发区(南港工业区)管委会 译



中国石化出版社

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

化工装置的本质安全

——通过绿色化学减少事故发生和降低 恐怖袭击的威胁

Inherent Safety at Chemical Sites:
Reducing Vulnerability to Accidents and Terrorism Through Green Chemistry

[美] 保罗·T·阿纳斯塔斯(Paul T. Anastas),
戴维·G·哈蒙德(David G. Hammond) 著
天津开发区(南港工业区)管委会 译

中国石化出版社

著作权合同登记 图字 01-2017-7931

This edition of *Inherent Safety at Chemical Sites* by David Hammond, Paul Anastas is published by arrangement with ELSEVIER INC of 360 Park Avenue South, New York, NY 10010, USA.

中文版权为中国石化出版社所有。版权所有，不得翻印。

图书在版编目(CIP)数据

化工装置的本质安全：通过绿色化学减少事故发生和降低恐怖袭击的威胁 / (美)保罗·T·阿纳斯塔斯(Paul T. Anastas), (美)戴维·G·哈蒙德(David G. Hammond)著；天津开发区(南港工业区)管委会译。——北京：中国石化出版社，2017.12

ISBN 978-7-5114-4772-2

I. ①化… II. ①保… ②戴… ③天… III. ①化学品—危险物品管理—安全管理—无污染技术 IV. ①TQ086.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第297497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

*

710×1000毫米16开本7.75印张110千字

2017年12月第1版 2017年12月第1次印刷

定价：38.00元



译者序

目前,在我们国家,作为区域经济发展新焦点的工业园区,如雨后春笋般在全国各地兴建起来。今后我国工业园区建设还将继续呈现良好的发展势头。由于起步较晚,我国在工业园区的建设和管理方面经验不足。以美国为代表的发达国家在这方面已积累了十分丰富的经验和教训,他山之石可以攻玉,这些对于我国正处于高速发展中的化工园区建设和管理,具有重要的借鉴作用。通过学习和借鉴这些方法和经验,提高我们的认识,优化我们的管理水平,有助于把我们的化工园区建设成加工体系匹配、产业联系紧密、原料直供、物流成熟完善、公用工程专用、管控可靠、安全环境污染统一治理、管理统一规范、资源高效利用的产业聚集地。

为进一步拓宽国内化工园区的视野,加深对外化工园区先进管理理念、经验和方法的理解,提高国内化工园区在产业集群维度上的安全、环保管理水平,我们已先后翻译、出版了《地方经济发展与环境:寻找共同点》《商业竞争环境下的安全管理》《石油和化工企业危险区域分类:降低风险指南》《石油、天然气和化工厂污染控制》《化学和制造业多工厂安全管理》五部国外著作,并得到业界读者的好评。2017年,针对国内化工园区建设和发展的实际需要,我们再次精选并翻译了《化工装置的本质安全》《石油和天然气工业对大气环境的影响》两部著作,作为国内化工园区安全管理的参考资料。

《化工装置的本质安全》一书介绍了“绿色化学”的概念,概述了石油

和天然气工业设计、生产和管理的绿色方法,并通过案例研究的方式,介绍了替代大宗危险化学品更安全、更环保的材料,可为国内化工园区或石油、天然气企业的人员安全保障和生产安全管理提供指导。

《石油和天然气工业对大气环境的影响》一书分析了石油和天然气工业对大气环境的影响因素,以及空气质量和全球气候变化等问题,并通过对已有数据进行研究和建模分析,为国内化工园区或石油、天然气企业厂区各个区域的空气质量监管提供理论和技术支持。

参与书稿翻译、审阅工作的还有张文杰、杜杰、刘鸿洲、刘春生等同志,中国石化出版社对著作的出版给予了大力支持,在此一并致谢。

鉴于水平有限,书中难免存在谬误和不足,敬请读者批评指正。

本书编译组

2017年9月

致 谢

本书所呈现的内容和列举的案例都来自于很多人辛勤工作的成果。由于很多文献都引自政府报告，因此内容还不够综合和全面，我们注明了参考文献来源。我们特别感谢《预防有毒物质引发的恐怖主义——化工企业如何消除给美国社会带来的危险(Preventing Toxic Terrorism. How Some Chemical Facilities are Removing Danger to American Communities)》一书的作者保罗·奥卢姆(Paul Orum)。我们还对耶鲁大学的戴维·埃默曼(David Emmerman)以及绿色化学研究所(Green Chemistry Institute)的珍妮弗·杨(Jennifer Young)对本书的评论和意见表示感谢。

目 录

目 录

1 简介	(1)
1.1 到底什么是绿色化学	(2)
1.2 绿色化学的最新发展趋势	(3)
1.2.1 以葡萄糖为原料的合成反应	(3)
1.2.2 无铬无砷木材防腐剂	(4)
1.2.3 使用“绿色清单”工艺重新定制消费产品	(4)
1.2.4 用于医学成像的绿色化学品	(5)
1.2.5 用100%纯度的CO ₂ 作为聚苯乙烯泡沫包装的发泡剂	(5)
1.2.6 环保型船用防污添加剂	(6)
1.2.7 治疗糖尿病药物有效成分的绿色合成方法	(6)
1.2.8 离子液体溶解纤维素用于先进新材料的重构	(6)
2 化工行业和相关行业面临的事故风险性和恐怖威胁	(9)
2.1 概述	(9)
2.2 易引发恐怖袭击或事故的化学品	(12)
3 绿色化学在降低风险中发挥的作用	(15)
3.1 实施绿色化学战略成功降低风险的地区	(15)
3.2 通过风险管理规划项目对已实施的改进措施进行追踪	(17)

化工装置的本质安全

——通过绿色化学减少事故发生和降低恐怖袭击的威胁

3.3 企业为什么要选择更加绿色的化学品和工艺	(18)
-------------------------	------

3.4 采用更为安全的替代措施后可减少支出的费用	(19)
--------------------------	------

4 案例研究——付诸实践的绿色化学	(21)
-------------------	------

4.1 氯气	(21)
--------	------

4.1.1 背景知识	(21)
------------	------

4.1.2 水处理和污水处理过程中氯的应用	(22)
-----------------------	------

4.1.3 氯气制造过程	(25)
--------------	------

4.1.4 4-氨基二苯胺的无氯合成法	(27)
---------------------	------

4.1.5 无PVC方块地毯衬垫	(28)
------------------	------

4.1.6 新型通用TAML氧化剂取代氯氧化剂	(30)
-------------------------	------

4.2 氰化氢	(31)
---------	------

4.2.1 背景知识	(31)
------------	------

4.2.2 生物可降解螯合剂氨基二琥珀酸的合成	(32)
-------------------------	------

4.2.3 用于生产阿托伐他汀的绿色生物催化剂	(33)
-------------------------	------

4.2.4 二乙醇胺的催化脱氢反应	(34)
-------------------	------

4.2.5 氰化氢和甲基丙烯酸甲酯的合成	(35)
----------------------	------

4.2.6 氰化氢在醛类合成氨基酸中的应用	(38)
-----------------------	------

4.2.7 三种无氰化氢的氨基酸催化酰胺羰基化合成反应	(39)
-----------------------------	------

4.2.8 化疗止吐药阿瑞匹坦的绿色合成方法	(41)
------------------------	------

4.3 氰化氢与降低化学品供应链的脆弱性	(42)
----------------------	------

4.3.1 氰化氢(HCN)的小规模现场合成	(42)
------------------------	------

4.3.2 氰化氢常用的大规模合成和运至现场的方法	(42)
---------------------------	------

4.3.3 替代方法——现场合成	(42)
------------------	------

4.3.4 方案1——安德鲁索夫工艺	(43)
--------------------	------

4.3.5 方案2——德固赛工艺	(43)
------------------	------

目 录

4.3.6 方案3——微波氟化氢合成	(43)
4.4 氟化氢(氢氟酸)	(44)
4.4.1 背景知识介绍	(44)
4.4.2 氟化氢用于金属制造	(44)
4.4.3 汽油烷基化工艺中的氟化氢	(45)
4.4.4 异丁苯丙酸的生产与氢氟酸	(46)
4.5 光气	(49)
4.5.1 背景知识介绍	(49)
4.5.2 非光气异佛尔酮二异氰酸酯生产工艺	(50)
4.5.4 非光气工艺合成聚氨酯、异氰酸酯和尿素	(52)
4.5.5 非光气法生产高相对分子质量聚碳酸酯	(55)
4.6 二氧化硫	(56)
4.6.1 背景知识	(56)
4.6.2 无水二氧化硫在污染控制方面的作用	(57)
4.6.3 食品中的二氧化硫	(57)
4.7 硫酸	(57)
4.7.1 背景知识	(57)
4.7.2 产品清洗用硫酸	(58)
4.7.3 有机合成中的硫酸及其产生的无机盐废物	(58)
4.8 氨	(63)
4.8.1 背景知识	(63)
4.8.2 玻璃生产中的氨	(63)
4.8.3 化工生产中的氨	(64)
4.8.4 关于更多氨的使用	(64)
4.9 甲烷的转化	(64)
4.9.1 背景知识	(64)

化工装置的本质安全

——通过绿色化学减少事故发生和降低恐怖袭击的威胁

4.9.2 甲烷转化的常规路线·····	(65)
4.9.3 甲烷转化的替代途径·····	(65)
4.10 溶剂和溶剂的回收利用·····	(68)
4.11 苯·····	(69)
4.11.1 背景知识·····	(69)
4.11.2 苯生产苯乙烯·····	(71)
4.11.3 苯生产苯乙烯的传统工艺路线·····	(71)
4.11.4 无苯生产苯乙烯的合成路线·····	(73)
4.12 四氯化碳与有毒有机溶剂·····	(74)
4.12.1 对四氯化碳和其他有毒有机溶剂进行替换·····	(74)
4.12.2 用超临界二氧化碳取代四氯化碳·····	(74)
4.12.3 二氧戊环取代其他毒性更大的有机溶剂·····	(75)
4.12.4 六甲基磷酰三胺(HMPAH)的安全替代品DMPU ·····	(75)
4.12.5 通过发酵植物细胞提取他克唑的绿色合成 技术的研究进展·····	(77)
4.12.6 舍曲林(Sertraline)工艺减少溶剂使用·····	(80)
4.12.7 偶合反应和分离过程中采用可调溶剂以 减少溶剂使用·····	(81)
4.12.8 提高纸张回收再利用的新型酶技术·····	(82)
4.12.9 通过C—H键活化来减少溶剂和试剂的需求·····	(83)
4.12.10 通过采用生物催化剂减少溶剂和重金属在 药品生产过程中的使用·····	(84)
4.12.11 采用膜工艺生产乳酸酯有望用无毒溶剂 取代卤化和有毒溶剂·····	(85)
4.13 更为安全的格氏试剂·····	(87)
4.14 低VOC含量涂料·····	(88)

目 录

4.14.1 背景知识·····	(88)
4.14.2 传统涂料对VOC的利用·····	(88)
4.14.3 涂料替代方法·····	(89)
4.15 杀虫剂·····	(95)
4.15.1 背景知识·····	(95)
4.15.2 增强植物自我防御机制的新型害虫控制剂·····	(96)
4.15.3 在诱饵系统中使用昆虫生长调节剂大幅降低 白蚁防治的危害·····	(97)
4.15.4 用微生物杀虫剂取代非良性合成杀虫剂·····	(98)
4.15.5 对有益昆虫无害的微生物杀菌剂·····	(98)
4.16 替代清洁技术·····	(100)
4.16.1 1, 1, 1-三氯乙烷·····	(101)
4.16.2 干洗用全氯乙烯·····	(101)
5 结论·····	(103)
参考文献·····	(105)

1 简介

自20世纪90年代初绿色化学(green chemistry)战略启动以来,在减少工业对环境污染方面已发挥卓有成效的作用。此外,还有一个人们意想不到的好处,就是绿色化学技术还有助于保护美国大量化工基础设施免受恐怖袭击的威胁。当一家公司为节能降废、减少危险化学品的使用和储存进行了技术改造时,同时也会提高抗击恐怖分子所引发的灾难事故风险的能力。随着人们对恐怖主义的日益关注,化工企业的决策者也正在审视如何结合绿色化学技术来提升抵御恐袭风险的能力。

目前美国境内约有超过15000家化工厂、制造业工厂和自来水厂等工业场所储存和使用剧毒物质,如果这些剧毒物质突然发生泄漏,将危及工厂工作人员和附近居民的生命安全。在这些企业中,有125家可能会导致100万人的生命受到威胁,有700家企业会危及10万人的安全,还有3000家企业在将至少1万人置于危险境地后,后续还会给超过2亿的美国居民的生活带来不必要的风险^[1]。恐怖袭击的风险使人们开始审视恐怖分子故意引发事故的可能性,而直到最近,这还被视为是在化工行业不太可能发生的最坏情况。继续使用危险化学品,会导致这类恐怖活动带来比每年的事故排放还要严重的后果。

美国国土安全部(Department of Homeland Security)和众多安全专家都警告说,恐怖分子可能随时将危险化学设施变成大规模杀伤性武器。早在

化工装置的本质安全

——通过绿色化学减少事故发生和降低恐怖袭击的威胁

1999年,美国有毒物质与疾病登记署(Agency for Toxic Substances and Disease Registry)^[2, 3]就曾警告说,工业化学品将为恐怖分子提供“用于开发简易爆炸物、燃烧弹和毒药的有效且易得的材料。”

对化工生产或存储设施的破坏活动,通过将有毒化学物质泄漏或散布到我们周围的空气、土壤和水域中,对人员、财产和资源造成危害。而事故带来的长期影响和后果则可能远远超出恶意攻击的直接伤害。

好在提升应对恐怖袭击风险的新方法已不断涌现,可以用来取代物理屏障。鉴于物理安全措施,诸如防护栏、围墙、警报等总会有出现故障的可能,尤其当敌人使用飞机或炸弹等武器时,全面使用温和、更为本质安全或“更绿色”的材料取代危险化学品可预防事故发生、提供故障保险。换言之,既然不存在危险化学品,那它也就不可能成为对准你的武器。据估算,如果在美国101家危险系数最高的企业使用替代化学品,将使8000万人的安全状况得到加强。

风险评估领域的专家由此得出结论,尽管最初是由于环境或经济因素推动实施的绿色化学方法,但同时我们受到恐怖袭击的风险也因此大大减小。

本书简要介绍了绿色化学的概念,并从各方面说明绿色化工设计、生产和管理不仅对我们生活的星球大有益处,还可以保护人类和基础设施免于恐怖分子的袭击。本书通过具体的事例和案例研究对绿色化学的现有发展进行了描述,并向决策者提供指导,希冀给其所管辖的人员和资源提供更大安全保障。

通过对具体案例进行具体分析,我们对每家公司或生产装置实施的绿色化学创新活动进行探讨。在我们的分析中,我们将尽可能对新技术与传统或常用技术进行对比,并对人们避免使用的危险化学品进行量化改进。尽管我们不能保证本书涉及的每一个化学工艺的具体细节完全准确,但我们将尽全力保证其真实性得到展示。此外,我们鼓励对此感兴趣的有关从业方从相关方或合作的行业组织获取更多直接信息。

1.1 到底什么是绿色化学

绿色化学是指化学产品和工艺的设计原则是减少或消除危险物质的使用

1 简介

和产生^[5]。“危险”一词的最广义定义包括：物理因素(如爆炸、燃烧)、毒性(致癌性、诱变性)和全球性因素(如臭氧层破坏、气候变化)。绿色化学是使化学合成、化学处理和化学品应用从本质上减少给人和环境带来的风险的方法^[6]。关注危险物质使用和产生是极为重要的，这促使化学家或设计人员对危险物质的全生命周期加以考量^[7]。

绿色化学已获得的成果包括：使用替代品替代危险化学品的使用；在尽量减少反应中危险物质用量的同时使用催化剂，以提高有效收率；根据需求就地生产，以减少危险物质的存储、处理和运输量^[8]。

与额外增加的安全措施，诸如屏障、上锁、人员培训、应急响应系统不同，绿色化学技术是根本性的改变，永久提升了工艺或材料的可靠性，而上述这些安全措施均存在出现故障和事故的可能性，因此无法保证百分之百的可靠性。

用本质安全化学工程研究领域的先驱特里沃·克莱兹(Trevor Kletz)^[9]的话来说，“你没有的东西，也就不可能发生泄漏。”同样，你没有的东西，也就不可能成为恐怖分子袭击的目标。

推动绿色化学领域创新的关键设计原理^[10]总结见表1-1。

1.2 绿色化学的最新发展趋势

来自全球各个领域的专家和创新人员对化学工业绿色化开展了研究，范围涉及高分子化合物、溶剂、催化剂、可再生材料、生物材料、水处理和各种分析方法，并已产生了大量新产品和新工艺。以下列举的几个范例说明了创新性研究在绿色化学领域的深远影响。

1.2.1 以葡萄糖为原料的合成反应

化学中间体，诸如儿茶酚、己二酸可用于生产尼龙-66、聚氨酯、润滑剂和增塑剂，原料一半来自石油化工生产出的苯及甲苯。空气中的苯会引发癌症和白血病^[11, 12]；甲苯会导致大脑、肝脏、肾脏的损伤，影响人的语言能力、视觉和平衡能力^[13, 14]。密歇根州的研究人员研发出一种绿色生物合成方法，使用转基因大肠杆菌，以葡萄糖为原料生产儿茶酚、己二酸^[15~17]。

化工装置的本质安全

——通过绿色化学减少事故发生和降低恐怖袭击的威胁

表1-1 绿色化学原理

1	预防	从源头预防废弃物产生,以省去处理和清洁环节
2	原子经济性	合成方法应尽量让所有参与反应过程的物质进入最终产物
3	低危险性化学合成	合成方法应使用和生成对人健康和环境毒性小或无毒性的物质
4	设计更安全化学品	在不影响其功能的情况下应尽量减小化学产品的毒性
5	更安全的溶剂和助剂	应尽可能减少助剂(如溶剂、分离剂)的使用,如果使用的话则应采用无毒助剂
6	能效设计	应尽量减小环境和经济因素对化工工艺能耗的影响,合成方法应尽可能在常温、常压下进行
7	使用可再生原料	在技术和经济可行的情况下,应选择可再生的而不是一次性原料
8	减少衍生物的生成	尽量减少或避免不必要的衍生作用(保护基的使用、保护/脱保护、物理/化学工艺的暂时性调整),因为这些步骤需要使用额外的助剂,从而产生废弃物
9	催化作用	优先使用催化试剂(尽量为选择性),而不是化学计量试剂
10	降解反应的设计	化工产品应设计为在作用发挥完毕后分解为无毒降解产物,不产生环境废弃物
11	采用实时分析进行污染预防	需要进一步研发新的分析方法,实现对有害物质形成前的实时在线监测和控制
12	本质安全的化学事故预防	对化工工艺过程中使用和生成的物质应进行优选,以减少泄漏、爆炸、火灾等事故的发生

1.2.2 无铬无砷木材防腐剂

2002年,美国有超过95%的加压木材使用铬化砷酸铜(CCA)进行防腐处理。从2003年起,美国环保署(EPA)开始禁止在民用设施上使用CCA。CCA在其生产、运输、使用和清理的过程中对公众健康产生危害,尤其是儿童更容易受到影响,他们在运动场、露天平台和野餐桌上更容易接触到CCA处理过的木质材料,因此更容易受到伤害。化学专用产品公司(Chemical Specialties Inc)开发出一种季铵铜(ACQ)木材防腐剂,在其生产和使用过程中不会产生任何有害废物。在ACQ全面使用后,可减少目前美国约 $4400 \times 10^4 \text{ lb}$ ($2 \times 10^4 \text{ t}$) CCA用量的90%,以及 $6400 \times 10^4 \text{ lb}$ ($2.9 \times 10^4 \text{ t}$)六价格。根据世界卫生组织(World Health Organization)的认定,ACQ不含任何致癌物。

1.2.3 使用“绿色清单”工艺重新定制消费产品

庄臣公司(SCJ)为消费产品提供配方和进行生产,产品包括家用清洁剂、空气清新剂、个人卫生用品、杀虫剂和家庭防蛀用品。庄臣公司开发了绿色清

1 简介

单(Greenlist™)体系,这是一种对其产品成分对环境与健康的影响进行评级的体系。庄臣公司现在正在使用绿色清单体系来重新确定产品的配方,使它们更安全、更环保。例如,“绿色清单”中的Saran Wrap®保鲜膜改为低密度聚乙烯后,每年减少使用近 $400 \times 10^4 \text{ lb}$ (1814.4t)的聚偏二氯乙烯(PVDC)。在另一个实例中,庄臣公司根据绿色清单体系,从玻璃清洗剂Windex®配方中取消了一种特殊挥发性有机化合物(VOC)组分。庄臣公司已开发了一种包含两性阴离子表面活性剂的新配方、一种VOC小于4%的溶剂系统和一种具有高润湿性的聚合物。庄臣公司的配方每年可提高30%的清洁效果,减少 $180 \times 10^4 \text{ lb}$ (816.5t)的VOC排放。现在通过绿色清单,遍及全球的庄臣公司化学家和产品配方师可以快速得到所研制产品成分的环境分级。

1.2.4 用于医学成像的绿色化学品

怡敏信公司(Imation)开发了一种用于该公司DryView™成像系统的光敏热成像技术,用于取代在医学成像技术中使用的卤化银成像胶片。同时,这项技术也会取代所有由有毒化学物质(如氢醌、银和乙酸)组成的显影剂和定影剂。卤化银成像胶片的处理首先经过化学显影剂的浸泡,然后是定影溶剂的浸润,再用干净的水清洗,最后再晾干。显影和定影溶剂内的有毒化学物质包含氢醌、银和乙酸。在胶卷冲洗过程中,这些化学物质随同银化合物一起被从胶卷上冲洗下来,成为废液的一部分。每年因此产生的废液达数十亿加仑(超过 $300 \times 10^4 \text{ m}^3$)。1996年,怡敏信公司在全球范围内售出了1500个DryView™医用激光成像器,占全世界已安装器材的6%。这些仪器投入使用后,每年减少 $19.2 \times 10^4 \text{ gal}$ (727 m^3)显影剂、 $33 \times 10^4 \text{ gal}$ (1250 m^3)定影剂和 $5450 \times 10^4 \text{ gal}$ (20.6 $\times 10^4 \text{ m}^3$)污水的排放。未来随着更多系统的使用,减污效果将会更加显著。

1.2.5 用100%纯度的CO₂作为聚苯乙烯泡沫包装的发泡剂

陶氏化学公司(Dow Chemical)在制造聚苯乙烯泡沫板的过程中用100%纯度的二氧化碳(CO₂)作为发泡剂,淘汰了每年使用量为 $350 \times 10^4 \text{ lb}$ (1589t)的传统发泡剂,而传统发泡剂产生温室气体,还破坏臭氧层。陶氏化学公司从现有的商业和自然资源产生的副产品中获取CO₂,可以确保全球CO₂总量没有净增加。

化工装置的本质安全

——通过绿色化学减少事故发生和降低恐怖袭击的威胁

与传统发泡剂不同的是,这种新的100%纯度CO₂发泡剂不会破坏臭氧层,与地面烟雾的形成无关,也不会对全球变暖造成影响。

1.2.6 环保型船用防污添加剂

罗门哈斯公司(Rohm and Haas)开发出一种新型防污添加剂Sea-NineTM,用于取代对环境影响持久的有毒有机锡防污添加剂三丁基氧化锡(TBTO)等。随着用于克服水流阻力的燃油消耗量不断增加,目前每年船运行业的除污费用也增加至大约30亿美元,而燃油消耗的增加必然带来污染、全球变暖和酸雨等。Sea-NineTM防污添加剂降解极为迅速,在海水中的半衰期为一天,在沉积物中仅为1h。

1.2.7 治疗糖尿病药物有效成分的绿色合成方法

默克公司(Merck)发现一种更为高效的催化合成西他列汀(sitagliptin)的方法。西他列汀是一种手性 β -氨基酸衍生物,是该公司治疗Ⅱ型糖尿病的新药JanuviaTM的有效成分。采用这一革命性的合成方法,每生产1lb(0.454kg)西他列汀可少产生220lb(99.88kg)废弃物,总收率提高近50%。默克公司希望在JanuviaTM的整个生产期内,至少减少产生 3.3×10^8 lb(15×10^4 t)废弃物,其中包括近 1.1×10^8 lb(5×10^4 t)的废水。

默克公司使用第一代合成方法制备了200lb(90.8kg)用于医学试验的西他列汀样品。通过改进,这一合成方法已形成有效制造工艺,但该工艺需要8个步骤,涉及大量水中操作。另外,该工艺中所需的几种高相对分子质量助剂虽然参与反应,但不进入最后产物分子,因此成为废弃物。

而在开发西他列汀的二代合成工艺的过程中,默克公司的研究人员发现一种前所未有的转化过程:一种无保护烯胺不对称催化加氢反应。在与此领域中的佼佼者Solvias公司的合作中,默克公司的科学家们发现,无保护烯胺的加氢反应使用二茂铁基配位的铑盐作为催化剂,生成的 β -氨基酸衍生物具有高光学纯度和高收率。这一新的合成方法可用于 β -氨基酸族分子的合成,而 β -氨基酸族分子因其生物特性已广受关注。

1.2.8 离子液体溶解纤维素用于先进新材料的重构

阿拉巴马州立大学(University of Alabama)的罗杰斯(Rogers)教授发明一