

铂

Pt

宁远涛 杨正芬 文飞 编著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

铂

宁远涛 杨正芬 文 飞 编著

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2010

内 容 提 要

本书是一本关于铂冶金和材料学的综合性科技著作,主要内容涉及铂的历史、铂资源与铂生产、铂的物理与化学性质、铂材料的发展与应用、铂二次资源回收等。本书详细地介绍了从矿产和二次资源生产铂的工艺,铂精密合金功能材料、铂高温合金结构型材料、铂涂层与铂低维材料、铂催化剂、铂化合物和铂药物等在现代工业、国防、能源、医学、环境保护和现代高新技术中的应用和新的应用前景,阐述了铂的应用原理,提供了大量新的研究成果和数据。

本书可供从事铂科学技术研究、铂生产与工业应用的科技工作者阅读,也可作为相关专业师生的教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

铂/宁远涛,杨正芬,文飞编著. —北京:冶金工业出版社,
2010.3

ISBN 978-7-5024-5150-9

I. ①铂… II. ①宁… ②杨… ③文… III. ①铂—
基本知识 IV. ①O614.82

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 019906 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 张熙莹 美术编辑 张媛媛 版式设计 孙跃红

责任校对 刘 倩 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5150-9

北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2010 年 3 月第 1 版,2010 年 3 月第 1 次印刷

787 mm × 1092 mm 1/16;34.75 印张;843 千字;534 页;1-2000 册

109.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

根据对历史文物的考证,人类约于公元前7世纪开始使用铂。但是,作为一种新金属,人类在18世纪上半叶发现铂,并在1760年正式命名它为化学元素Pt (platinum)。自发现铂以后,科学家和工程师们对铂的物理和化学性质、铂冶金、各种铂材料和工业应用进行了深入广泛的研究,取得了辉煌的成就。回顾铂的历史,如果说18世纪是铂和铂资源发现和对铂的特性认知的历史时期,从19世纪初至20世纪中叶则是铂工业建立和发展的历史时期。由于铂在现代工业和国防建设中的突出贡献,铂成了现代工业的“维他命”、国家支柱产业和国防建设的“关键材料”。从20世纪中叶以后,在铂工业发展壮大的同时,铂在高新技术领域的应用也获得空前发展,在现代信息科学技术、生命科学技术、新能源技术、空间科学和环境科学技术等领域起着越来越重要的作用。铂也是市场经济的投资产品,近年来铂投资交易日益活跃,铂饰品在民间日益普及。这一切都使铂成为充满活力的金属,成为现代环保事业必须的“绿色金属”,成为保证高新技术发展的“第一高技术金属”,成为保证人类社会可持续发展必不可少的“战略金属”。自20世纪60年代以来,我国坚持独立自主的建设方针,经几代人的辛勤劳动,使铂工业经历了从无到有、从小到大不断发展的过程,至今已形成集研究、生产和应用于一体的独立的工业体系,所研究和生产的铂材料已基本能满足我国经济建设和国防建设的需要。当前,中国的铂族金属研究、开发和工业生产正呈现兴旺发达的形势。

涉及贵金属冶金和材料的科技问题,国内外已出版了不少优秀的著作。本书是一本单独涉及铂冶金与材料学及其应用的专著。无疑,在铂族金属(铂、钯、铑、铱、钌、锇)中,无论关于冶金和材料的科技问题或它们在工业和高新技术中的应用,铂都占有最重要的地位,在许多共性问题,铂是铂族金属的代表。自20世纪80年代以来,铂的基本物理和化学性质有了新的研究成果和大量新的数据,铂的冶金工艺和铂材料的制备技术有了新的进步,各种类型铂材料有了快速的发展,铂在传统工业领域中的应用不断扩大,铂在高新技术中的应用和社会经

济中的作用更加显著。铂材料科学技术的快速发展使作者感到有必要编著一本有关铂材料科学的综合性科技论著,希望能对我国铂材料科学与技术的发展作出一点绵薄的贡献。我们自2005年开始,历时近4年和几经修改,撰写成此书。

本书是根据作者收集、精选、总结和分析国内外有关领域的重要文献和优秀成果,结合作者在铂族金属领域工作几十年来积累的资料和工作实践编写而成的。全书共分20章。第1章回顾了铂的历史和铂工业的发展史,评述了铂在现代工业和国民经济中的作用与地位以及中国铂工业的发展。在第2章和第3章中介绍了铂的物理与化学性质。第4章总结了铂的矿产资源和铂的生产工艺。在第5章至第7章中,介绍和讨论了铂的合金化原理与铂合金相变、铂的重要工业合金的结构与性质、铂合金半成品材料和铂制品的加工制备技术。在第8章至第16章中,阐述了各类铂材料的发展、应用与应用基础,其中包括铂精密合金和精密涂层材料在电气、电子、信息、汽车、航空、航天、航海等工业中的应用;铂高温合金和高温涂层材料在冶金、人造晶体生产、高级和光学玻璃及玻璃纤维生产以及航空航天工业中的应用;铂作为优异催化剂在无机化工、有机化工、石油化工、新能源和清洁能源生产、环境保护等工业或产业中的应用;铂作为耐腐蚀材料和优异电极材料在氯碱工业、化学纤维生产、航海及其他电化学工业和技术中的应用;铂合金和其他形式的铂材料在首饰和装饰工业中的应用等。第17章介绍了铂药物与铂医用材料;第18章和第19章两章介绍了铂涂层、薄膜、纳米材料和准一维超分子晶体材料的制备技术与应用。最后一章总结了铂的二次资源和从二次资源回收铂的生产工艺。本书展示了各种铂材料科学技术与应用的新成就和铂在现代科学技术中的发展前景,其中许多领域是21世纪铂科学技术发展的热点。

在本书的编著与出版过程中,得到了许多同事和同行专家的热情鼓励,得到了昆明铂金催化剂有限公司的赞助。作者在此一并致以诚挚的感谢。

全书内容覆盖面十分广泛,作者希望本书能对从事铂冶金、铂材料研究和生产的科技人员 and 大专院校相关专业的师生起到一定的参考作用。书中不足之处,敬请专家、广大同仁和读者批评指正。

作 者

2009年8月于昆明

目 录

1 概述	1
1.1 铂的历史	1
1.1.1 铂族金属元素的发现和命名	1
1.1.2 铂资源的发现	2
1.1.3 铂冶金史	4
1.1.4 铂的先驱性应用研究	5
1.2 铂工业的建立与发展	6
1.2.1 英国铂工业	6
1.2.2 德国铂工业	7
1.2.3 美国铂工业	7
1.2.4 日本铂工业	8
1.2.5 俄罗斯铂工业	8
1.2.6 中国铂工业	9
1.3 铂在现代工业中的应用	10
1.3.1 铂的主要应用领域	10
1.3.2 铂的新应用领域	11
1.4 现代铂的供求关系	11
1.4.1 对 20 世纪后半叶铂供求关系的回顾	11
1.4.2 近 10 年铂的供应量	12
1.4.3 近 10 年铂的需求量	13
1.4.4 世界各地对铂的需求量	15
1.5 铂的价格演变	17
1.6 铂在社会中的作用	18
1.6.1 铂是“现代工业的维他命”	18
1.6.2 铂是国家支柱产业的“关键材料”	18
1.6.3 铂是国防建设的“战略储备物质”	19
1.6.4 铂是高科技产业的“第一高技术金属”	19
1.6.5 铂是现代环保事业的“绿色金属”	20
1.6.6 铂是市场经济的重要“投资产品”	20
参考文献	20

2 铂的物理性质	22
2.1 铂的原子结构与晶体结构.....	22
2.1.1 铂原子电子组态和能带图.....	22
2.1.2 铂的晶体学性质.....	23
2.2 铂的核物理性质.....	25
2.3 铂的热学与热力学性质.....	26
2.3.1 铂的融化与升华性质.....	26
2.3.2 铂的热膨胀性质.....	26
2.3.3 铂的热力学性质	27
2.3.4 铂的蒸气压.....	30
2.3.5 铂的导热性.....	31
2.3.6 铂的热离子发射性质.....	32
2.3.7 铂在室温的基本热学性质.....	32
2.4 铂的电学性质.....	33
2.4.1 铂的电学性能.....	33
2.4.2 杂质元素对铂电学性能的影响.....	34
2.4.3 固溶体铂合金的电阻率.....	36
2.4.4 铂的超导性.....	37
2.5 铂的热电性质.....	37
2.6 铂的磁学性质与霍尔系数.....	39
2.7 铂的光学性质.....	40
2.8 铂的力学性质与强化.....	41
2.8.1 退火态纯铂的力学性能.....	41
2.8.2 合金元素对铂力学性能的影响.....	44
2.8.3 铂的塑性变形特征和应变强化.....	44
2.9 铂的回复与再结晶.....	47
参考文献	48
3 铂的化学性质	50
3.1 铂的化合价态.....	50
3.2 铂的化学稳定性.....	51
3.2.1 铂的耐腐蚀性.....	51
3.2.2 铂与铂合金的溶解方法与腐蚀试剂	53
3.2.3 高温环境中铂的化学稳定性.....	54
3.2.4 铂与有机物的反应.....	58
3.3 铂的化合物.....	59
3.3.1 铂的氧化物和氢氧化物.....	59
3.3.2 铂的卤化物.....	60

3.3.3 铂的硫化物、硒化物和碲化物	60
3.4 铂的配合物	62
3.4.1 铂配合物的某些特性	62
3.4.2 铂配合物的稳定性	65
3.4.3 铂的卤配合物	66
3.4.4 铂的硝基配合物	68
3.4.5 铂的氨(胺)配合物	69
3.4.6 六羟基铂(IV)盐	71
3.4.7 铂的其他配合物	71
3.5 铂的有机化合物	72
3.5.1 铂的烷基和芳基配合物	72
3.5.2 铂的烯烃和炔烃配合物	73
3.5.3 铂的碳烯配合物	75
3.5.4 铂的羰基配合物	75
3.5.5 铂的二氧配合物	75
3.6 铂的催化性质	76
3.7 铂的电化学性质	78
参考文献	80
4 铂矿产资源与铂生产	82
4.1 铂的矿产资源与分布	82
4.1.1 自然界中铂族金属元素的分布与储量	82
4.1.2 铂矿产资源种类及分布	83
4.1.3 铂矿产资源的开发与生产现状	85
4.2 从矿产资源中富集铂	86
4.2.1 砂铂矿中铂的富集处理	87
4.2.2 铜镍硫化矿中铂的富集处理	88
4.2.3 从镍阳极泥富集铂族金属	94
4.2.4 低品位原生矿富集铂族金属	96
4.3 铂的选择性沉淀分离	96
4.3.1 Pt 与 Au 和 Pd 沉淀分离	97
4.3.2 Rh 和 Ir 沉淀分离	98
4.3.3 提取 Ir	99
4.3.4 典型选择性沉淀分离工艺	99
4.4 溶剂萃取分离工艺	101
4.4.1 铂的萃取剂	101
4.4.2 典型的萃取分离贵金属工艺	103
4.5 吸附—沉淀工艺	107
4.5.1 离子交换吸附分离	107

4.5.2 吸附—沉淀工艺实例	108
4.6 铂精炼	109
4.6.1 氯化铵反复沉淀法	109
4.6.2 氧化水解法	110
4.6.3 离子交换法	110
4.6.4 铂产品标准	110
参考文献	111
5 铂合金化和铂合金相变	113
5.1 铂合金化原理	113
5.1.1 平均族数规则	113
5.1.2 恩格尔—布劳维尔键合理论和对金属间化合物稳定性预测	115
5.1.3 合金生成热的米德玛键参数模型	115
5.2 铂与周期表元素相互反应的一般特征	116
5.3 铂合金固溶度键参数分析	118
5.3.1 固溶体	118
5.3.2 固溶度键参数分析	119
5.4 金属间化合物	121
5.4.1 电子化合物	121
5.4.2 原子尺寸因素控制的化合物	122
5.5 铂合金系中的相变	123
5.5.1 脱溶与沉淀强化效应	123
5.5.2 亚稳相分解	124
5.5.3 有序化转变	126
5.5.4 马氏体相变	130
5.6 晶态—非晶态转变	132
5.7 Pt 与稀土(RE)元素的相互作用	133
5.7.1 Pt—RE 合金系的相组成	133
5.7.2 固溶度	134
5.7.3 中间相	134
参考文献	135
6 重要铂合金的结构、性质和应用	138
6.1 重要的二元铂合金	138
6.1.1 Pt—Ag 合金	138
6.1.2 Pt—Au 合金	140
6.1.3 Pt—Co 合金	143
6.1.4 Pt—Cu 合金	145
6.1.5 Pt—Ir 合金	147

6.1.6 Pt-Ni 合金	151
6.1.7 Pt-Pd 合金	153
6.1.8 Pt-Rh 合金	155
6.1.9 Pt-Ru 合金	159
6.1.10 Pt-W 合金	161
6.2 重要的三元铂合金	163
6.2.1 Au-Ag-Pt 合金	163
6.2.2 Au-Pt-Pd 合金	164
6.2.3 Pt-Pd-Rh 合金	165
6.2.4 Pt-Rh-Au 合金	169
6.2.5 Pt-Rh-Ru 合金	170
参考文献	171
7 铂与铂合金制品加工制造技术	174
7.1 铂与铂合金制备技术	174
7.1.1 熔铸法制备铂与铂合金	174
7.1.2 铂单晶制备	176
7.1.3 粉末冶金法制备铂合金	176
7.2 铂与铂合金复合材料制备	179
7.2.1 弥散强化铂与铂合金制备	179
7.2.2 铂层状复合材料制备	180
7.3 铂的金属间化合物制备	181
7.3.1 铂的金属间化合物概述	181
7.3.2 铂的金属间化合物的制备方法	181
7.4 铂合金形变与加工	182
7.4.1 熔铸铂合金的加工	182
7.4.2 其他铂材料的加工	186
7.5 铂合金机加工性能和制品	186
7.6 铂与铂合金粉体材料制备	187
7.7 铂载体催化剂材料制备	188
7.7.1 耦合还原反应	188
7.7.2 吸附—还原法	189
7.7.3 蒸发沉积法	189
7.7.4 离子交换法——标准 Pt/SiO ₂ 催化剂制备	189
7.8 铂纤维和纤维织物制备	190
7.9 非晶态铂合金制备	191
7.9.1 一般非晶态铂合金制备	191
7.9.2 实体非晶态铂合金	192
参考文献	192

8 电气工业用精密铂合金材料	194
8.1 铂合金电接触材料	194
8.1.1 铂与铂合金作为电接触材料的特性与适应性	194
8.1.2 铂与铂合金电接触材料	201
8.2 精密铂合金电阻材料	204
8.2.1 精密电位器用铂合金绕组材料	204
8.2.2 铂合金基准电阻	206
8.3 铂族金属合金电阻应变材料	206
8.3.1 铂族金属的电阻应变特性和影响因素	206
8.3.2 铂族金属电阻应变材料的发展	207
8.3.3 铂合金电阻应变材料	208
8.3.4 其他贵金属合金电阻应变材料	211
8.4 铂族金属合金弹性材料	212
8.4.1 Pt 基合金弹性材料	212
8.4.2 含 Pt 的 Pd 基和 Au 基弹性触头合金	213
8.4.3 Au - Pd 基恒弹性合金	214
8.5 铂族金属合金磁性材料	214
8.5.1 铂合金永磁材料	215
8.5.2 Pd - Fe 合金永磁材料	217
8.6 铂族金属合金形状记忆材料	217
8.6.1 铂合金形状记忆材料	218
8.6.2 钯合金形状记忆材料	220
参考文献	221
9 铂在电子工业中的应用	223
9.1 半导体集成电路金属化铂薄膜材料	223
9.2 铂 - 半导体低阻触点	224
9.2.1 低阻触点的形成	224
9.2.2 铂整流触点	225
9.2.3 铂族金属欧姆触点	226
9.3 半导体集成电路掺杂铂合金材料	228
9.4 铂与铂合金靶材	228
9.5 电子工业用铂浆料	229
9.5.1 铂浆料的制备	229
9.5.2 粉体厚膜浆料的制备	229
9.5.3 树脂酸盐浆料的制备	230
9.5.4 铂系浆料的性能	231
9.5.5 铂浆料的应用	233

9.6 铂合金磁存储材料	234
9.6.1 铂合金磁性薄膜材料	234
9.6.2 新型磁记录材料	235
9.7 Co/Pt 磁光记录材料	236
9.7.1 第一代磁光记录材料	236
9.7.2 Co/Pt 和 Co/Pd 多层膜材料性能	237
9.7.3 Co/Pt 多层膜技术发展和磁盘制备	239
9.8 铂在高温超导技术中的作用与应用	240
9.8.1 铂在高温超导材料生产技术中的应用	241
9.8.2 铂添加剂对超导体显微结构的影响	241
9.8.3 铂在高温超导技术中的应用	242
参考文献	244
10 铂与铂合金测温材料	246
10.1 铂测温材料简史	246
10.2 铂与铂合金电阻温度计	247
10.2.1 铂电阻与温度的关系	247
10.2.2 影响铂电阻温度计性能的某些因素	248
10.2.3 丝绕铂电阻温度计	250
10.2.4 铂合金电阻温度计	251
10.2.5 膜式铂电阻温度计	253
10.3 铂合金热电偶的基本原理及种类	256
10.3.1 热电偶测温的基本原理	256
10.3.2 Pt/Pt-Rh 热电偶	258
10.3.3 Pt 合金/Au 合金、Pd 合金热电偶	261
10.3.4 其他热电偶	262
10.4 影响 Pt/Pt-Rh 热电偶热电势稳定性的某些因素	263
10.4.1 纯度与杂质的影响	263
10.4.2 热电偶状态的影响	264
10.4.3 热电偶性能退化	264
10.5 套管材料对热电偶稳定性的影响	264
10.5.1 氧化物陶瓷套管	264
10.5.2 金属套管	266
参考文献	267
11 铂基高温耐热合金	269
11.1 铂基高温合金的基本特性与类型	269
11.2 固溶强化型铂基高温合金	269
11.2.1 影响铂高温固溶强化的某些因素	269

11.2.2 Pt-Rh 合金的高温力学性能	275
11.2.3 Pt-Ir 合金的高温力学性能	277
11.2.4 Pt-Pd-Rh 合金的高温力学性能	277
11.3 弥散强化型铂基高温合金	280
11.3.1 弥散强化铂和弥散强化铂合金的发展	280
11.3.2 弥散强化铂合金的结构特征	281
11.3.3 弥散强化铂合金的室温性能	283
11.3.4 弥散强化铂合金的高温力学性能	283
11.3.5 弥散强化铂合金的强化机制	285
11.4 铂族金属热强复合材料	287
11.5 沉淀强化型铂基及铂族金属高温合金	288
11.5.1 铂合金的主要沉淀强化相	288
11.5.2 铂族金属合金中 $\text{PGM}_3\text{X}(\gamma')$ 相的特性	288
11.5.3 γ/γ' 型 Pt-Al 和 Pt-Al-Ms 沉淀强化合金	289
11.5.4 非 γ/γ' 型沉淀强化铂合金	292
11.5.5 Rh 基、Ir 基 γ/γ' 型沉淀强化合金	292
11.6 铂族金属高熔点金属间化合物	293
11.6.1 高熔点金属间化合物概述	293
11.6.2 金属间化合物热强材料	294
11.6.3 金属间化合物韧化研究	294
11.7 铂与铂族金属高温合金材料的主要应用	296
参考文献	296
12 铂合金坩埚器皿与应用	299
12.1 分析用铂坩埚器皿及工具	299
12.2 人造晶体生长用铂族金属坩埚	300
12.2.1 人造单晶体材料及其制备方法	300
12.2.2 Pt 与 Pt-Rh 合金坩埚	301
12.2.3 Ir 坩埚	301
12.3 化学纤维制造用铂合金喷嘴材料	301
12.4 玻璃与玻璃纤维制造工业用铂合金材料	303
12.4.1 玻璃和玻璃纤维生产方法	303
12.4.2 玻璃工业用铂合金器具制造	305
12.4.3 玻璃工业用铂合金材料	307
12.5 玻璃工业用铂合金复合材料	310
12.5.1 Pt 与 Pt 合金包覆复合材料	311
12.5.2 Pt 与 Pt 合金层状复合材料	312
12.6 玻璃工业用 Pt 与 Pt 合金先进涂层材料	312
12.6.1 Pt 和 Pt 合金基体上涂覆陶瓷	312

12.6.2 陶瓷基体上涂覆 Pt 和 Pt 合金	313
12.7 铂合金电热材料	315
12.8 宇宙空间站电阻加热电离式发动机用铂合金	315
12.9 宇宙飞船用放射性同位素核燃料包封容器	316
12.9.1 放射性同位素核燃料的应用	316
12.9.2 核燃料包封容器合金设计与性质	317
参考文献	319
13 铂装饰材料和铂投资产品	321
13.1 铂币与铂饰品的历史发展	321
13.1.1 铂饰品	321
13.1.2 铂硬币的制造与发行	323
13.1.3 铂在手表工业中的应用	325
13.2 铂饰品材料的一般特征和成色表示	325
13.2.1 铂作为饰品的一般性质	325
13.2.2 铂饰品的一般特性	326
13.2.3 铂饰品成色与标志	327
13.3 铂饰品合金的硬化效应	327
13.3.1 固溶强化	327
13.3.2 时效强化	328
13.3.3 表面硬化	329
13.4 铂合金饰品材料	329
13.4.1 高熔点铂合金饰品材料	329
13.4.2 低熔点铂合金饰品材料	332
13.4.3 包覆铂合金饰品材料	333
13.4.4 商用铂合金饰品材料	333
13.4.5 贵金属合金饰品材料的新发展	334
13.5 装饰用其他铂材料	334
13.5.1 照相术中的铂盐	334
13.5.2 装饰材料用铂浆料	336
13.6 铂饰品的制备方法	336
13.6.1 熔模铸造铂合金饰品	336
13.6.2 由加工型材制备铂合金饰品	339
13.6.3 铂合金饰品的焊接与装配	339
13.7 铂投资产品与趋势	340
13.7.1 铂投资产品	340
13.7.2 铂投资趋势	343
参考文献	345

14 铂制品焊接与固相结合	347
14.1 铂合金钎料	347
14.2 工业铂产品的焊接	348
14.2.1 铂合金制品钎焊	348
14.2.2 铂合金制品熔焊	349
14.2.3 铂合金制品电阻焊	350
14.2.4 铂合金制品激光焊	351
14.3 焊接铂合金的结构与性能	354
14.3.1 焊接铂合金的结构	354
14.3.2 焊接铂合金的性能	355
14.4 铂合金焊接的热力学特性	356
14.5 铂的固相反应结合与应用	357
14.5.1 铂与铂合金扩散焊	357
14.5.2 铂与陶瓷固相反应结合	358
14.5.3 铂与陶瓷固相反应结合制品在工业中的应用	361
参考文献	362
15 铂在电化学技术和工业中的应用	364
15.1 电化学技术的应用与电极材料	364
15.2 不溶解阳极	365
15.2.1 镀 Pt/Ti 电极	365
15.2.2 贵金属氧化物涂层/Ti 电极	366
15.2.3 氯-碱工业电解电极	366
15.2.4 不溶解阳极的其他应用	367
15.3 阴极保护电极	368
15.4 气体电极	369
15.4.1 氢电极	369
15.4.2 氧电极	370
15.4.3 氯电极	370
15.4.4 氧化还原电极	370
15.4.5 气体扩散电极	371
15.4.6 气体电极的应用	371
15.5 气敏传感器用铂电极	372
15.5.1 固态电解质型气敏传感器的气体电极	372
15.5.2 氧化物半导体气敏传感器的气体电极	374
15.5.3 氧传感器用铂电极	375
15.5.4 在其他类型气敏传感器中铂的应用	376
15.6 燃料电池用铂电极	376

15.6.1	燃料电池	376
15.6.2	质子交换膜(PEMFC)燃料电池	377
15.6.3	直接甲醇燃料电池(DMFC)	382
15.6.4	磷酸型燃料电池(PAFC)用电极材料	384
15.6.5	燃料电池的应用	384
15.7	电解法制氢用铂催化电极	385
15.7.1	电解水制氢用铂催化电极	385
15.7.2	硫化氢电解制氢用铂催化电极	385
15.7.3	煤浆电解制氢用铂催化电极	385
15.8	电化学法水消毒用铂电极	386
15.8.1	电化学水消毒法概述	386
15.8.2	电化学法产生游离氯净化水	386
15.8.3	电化学法产生臭氧净化水	387
15.8.4	电化学法产生氧杀灭水中细菌	387
15.9	电化学法消除有害有机废料	387
15.10	电化学测量用铂参比电极	388
15.11	三维铂电极	389
	参考文献	390
16	铂催化剂及其应用	392
16.1	铂催化剂的特征与适用性	392
16.2	硝酸工业用铂合金催化剂	393
16.2.1	硝酸制备原理与流程	393
16.2.2	氨氧化催化剂的发展	394
16.2.3	氨氧化装置和催化剂的主要生产参数	395
16.2.4	氨氧化铂合金催化剂的性能	396
16.2.5	铂合金催化剂的表面状态和腐蚀	398
16.2.6	铂合金催化剂失活	399
16.3	氢氰酸工业用铂合金催化剂	400
16.4	汽车废气净化催化剂	401
16.4.1	汽车废气的危害和排放标准的建立	401
16.4.2	汽车废气净化原理和铂族金属的作用	402
16.4.3	汽车废气净化催化剂分类	403
16.4.4	汽车废气净化催化剂的结构	406
16.4.5	铂族金属组元对催化剂性能与寿命的影响	408
16.5	石油工业用铂催化剂	409
16.5.1	石油重整铂催化剂	409
16.5.2	石油化工铂催化剂	411
16.5.3	硅酮工业用铂催化剂	411

16.6 氢能源技术用铂催化剂	411
16.6.1 从传统燃料制备氢的一般技术	411
16.6.2 自热重整反应制氢用铂催化技术	412
16.6.3 液化石油气间接部分氧化法制氢用铂催化剂	413
16.6.4 乙醇制氢用负载型铂催化剂	413
16.6.5 水煤气转化制氢用铂催化剂	414
16.7 工业废气和污水净化用铂催化剂	415
16.7.1 铂催化剂净化清除挥发性有机化合物	415
16.7.2 铂催化剂燃烧法清除臭气	416
16.7.3 铂催化剂治理酸雨	417
16.7.4 铂催化剂治理温室气体	417
16.7.5 铂催化剂净化污水	418
16.8 Pt/半导体光敏催化剂	418
16.8.1 Pt/半导体光敏催化剂制备方法	418
16.8.2 水的光催化还原、氧化与解离	419
16.8.3 Pt/TiO ₂ 光催化剂净化空气	420
16.8.4 Pt/TiO ₂ 光催化剂净化水	421
16.8.5 Pt/TiO ₂ 光催化剂净化挥发性有机化合物	421
参考文献	422
17 铂药物与铂医用材料	425
17.1 铂的生化特性	425
17.1.1 人体中的铂及其代谢过程	425
17.1.2 铂与生物体组织相容性和毒性	427
17.1.3 铂的药性与治疗历史	428
17.2 铂类抗癌药物	428
17.2.1 顺铂	428
17.2.2 卡铂	429
17.2.3 奥沙利铂	429
17.2.4 赛特铂	430
17.2.5 铂类抗癌药物的作用机理	430
17.2.6 铂类抗癌药物存在的问题和今后的发展	432
17.3 铂族金属在减少吸烟所致相关疾病中的潜在应用	434
17.3.1 吸烟对人体健康的危害	434
17.3.2 铂族金属减少香烟烟雾中有害成分	434
17.4 铂增强银的抗菌作用	435
17.5 铂在牙科材料中的应用	437
17.5.1 牙科合金设计基础	437
17.5.2 牙科合金	438