

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_ 密级\_\_\_\_\_

学号: 20520101151574

UDC\_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

**Citrate、CTAB 和 PVP 在 Pt 单晶电极表面  
吸附过程的循环伏安和原位红外光谱研究**

**Studies of Adsorption of Citrate、CTAB and PVP on Pt  
Single Crystal Surface by CV and *in situ* FTIRS**

陈 德 皓

指导教师姓名: 孙 世 刚 教授

专业名称: 物 理 化 学

论文提交日期: 2013 年 5 月

论文答辩日期: 2013 年 6 月

学位授予日期: 2013 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2013 年 5 月

**Studies of Adsorption of Citrate, CTAB and PVP on Pt  
Single Crystal Surface by CV and *in situ* FTIRS**



A Dissertation Submitted to the Graduate School of Xiamen  
University for the Degree of

**Master of Science**

By

**De-Hao Chen**

This work was carried out under the supervision of

**Prof. Shi-Gang Sun**

At

Department of Chemistry, Xiamen University

May 2013

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

## 摘要

本论文运用电化学循环伏安、原位红外反射光谱等方法研究了酸性介质中结构调控功能分子（Citrate、CTAB、PVP）在 Pt 单晶电极表面的吸附特性，着重探讨其在贵金属纳米催化剂合成中具体作用的机理。取得的主要结果如下：

1、柠檬酸根吸附特性的研究：在 Pt(100)电极上，循环伏安测试表明，柠檬酸根的吸附使氢在 Pt(100)长程有序结构的峰电流增大且峰电位负移，同时柠檬酸根的吸附可以稳定 Pt(100)长程有序结构，使其在更高的电位（正移 200 mV）才被扰乱。低电位区间柠檬酸根在基础晶面电极的吸附使氢的吸脱附电量发生变化：Pt(100)上增加 20%左右，Pt(111)上增加 13%左右，而 Pt(110)上反而减少 8%左右。电化学原位红外光谱研究提出，在 Pt 单晶电极上柠檬酸根是以羧酸根桥式形式吸附在电极表面，吸附量随电极电位的升高而增多。测得吸附态物种红外谱峰随电位变化的 Stark 系数次序为： $\text{Pt}(111)(22 \text{ cm}^{-1}\cdot\text{V}^{-1}) > \text{Pt}(100)(21 \text{ cm}^{-1}\cdot\text{V}^{-1}) > \text{Pt}(110)(13 \text{ cm}^{-1}\cdot\text{V}^{-1})$ 。柠檬酸根在低电位区间易解离产生 CO 吸附在电极表面，CO 谱峰强度顺序是： $\text{Pt}(110) > \text{Pt}(111) > \text{Pt}(100)$ ，在 Pt(110)电极上解离产生的 CO Stark 系数为  $60 \text{ cm}^{-1}\cdot\text{V}^{-1}$  左右，而在另外两个电极上由于解离产生的 CO 量很少，无法测得其 Stark 系数。通过电化学循环伏安和原位红外光谱研究发现，柠檬酸根在 Pt(100)和 Pt(111)电极表面吸附形式一样吸附量接近，同时考虑到柠檬酸根会在高能表面产生 CO，而 CO 在 Pt(100)电极表面吸附最强，综合考虑以上因素，用柠檬酸盐作为功能分子合成出的纳米粒子将同时含有 {100} 和 {111} 晶面。

2、季铵盐吸附特性的研究：季铵盐（CTAC，CTAB）功能分子的卤素离子和烷基铵阳离子同时影响其在 Pt 单晶电极上的覆盖度。考虑到  $\text{N}^+$  在电子结构上和  $\text{SP}^3$  杂化的 C 是等电子体和等结构体，很难成为电子给体或电子受体，因此不易吸附在 Pt 电极表面，而是带负电荷的卤素离子先吸附在电极表面，通过静电引力作用烷基铵阳离子吸附在卤素离子层而外层形成 bilayer 结构。测的 CTAB 在 Pt 单晶表面吸附的覆盖度大小顺序： $\text{Pt}(100)(50\%) > \text{Pt}(111)(35\%) > \text{Pt}(110)(25\%)$ 。通过原位红外反射光谱研究发现， $2850 \text{ cm}^{-1}$  和  $2917 \text{ cm}^{-1}$  归属于烷基链 ( $\nu_{\text{CH}_2}$ ) 对称和不对称伸缩振动； $1490 \text{ cm}^{-1}$  归属于  $(\text{CH}_3)_4\text{-N}^+$  的 C-H 剪式

振动； $2020\text{ cm}^{-1}$  归属于  $\text{CO}_L$ 。季铵盐在贵金属纳米粒子形状控制合成中，是卤素离子和烷基铵阳离子的共同作用。卤素离子吸附在纳米粒子的表面降低了其表面能，烷基铵阳离子在卤素离子的外面形成 bilayer 结构，这种结构既导致卤素离子不容易从纳米粒子的表面脱附又可一定程度上防止纳米粒子的团聚，共同调控纳米粒子的形状和尺寸。

3、PVP 吸附特性的研究：PVP 在 Pt 单晶电极上的覆盖度在 Pt(100)电极上的最大：约 60%；在 Pt(111)上次之：约 55%；在 Pt(110)上最少：约 45%。同样在高电位氧化时，PVP 在 Pt(100)电极上更不容易脱附，说明在 Pt(100)上的吸附能力比其他晶面稍强。PVP 在 Pt 单晶的吸附强弱顺序： $\text{Pt}(100) > \text{Pt}(111) > \text{Pt}(110)$ 。研究结果表明，用 PVP 作为功能分子合成出的纳米粒子主要以 Pt(100)晶面为主的立方体。

本论文使用 Pt 单晶电极为工作电极，选择一些在金属纳米粒子形状控制合成中具有代表性的功能分子，系统深入地研究了它们在表面原子排列结构明确的 Pt 单晶表面的吸附规律，同时运用原位红外反射光谱从分子水平揭示其吸附反应机理。对于进一步认识功能分子在纳米合成中的机理以及为理性地设计和制备高性能纳米催化剂具有重要意义。

**关键词：**柠檬酸盐，CTAB，PVP，Pt 单晶电极，原位红外光谱

---

**Abstract**

The adsorption of functional agents (Citrate, CTAB, PVP) on Pt single crystal electrodes in acid solutions was investigated by using cyclic voltammetry and *in situ* FTIR spectroscopy, for the purpose of understanding the mechanism of functional agents in shape-controlled synthesis. The main results are summarized below:

1、 Study of adsorption of citrate on Pt single crystal surface: It has demonstrated that, through a systematic study of electrochemical cyclic voltammetry, the presence of citrate in solution has increased the current peak density ( $j_{p,L}$ ) of hydrogen adsorption at high potential, furthermore, shifted negatively the peak potential ( $E_{p,L}$ ) of  $j_{p,L}$ . The results indicated also that citrate has postponed approximately 200 mV the disturbance of the 2D-(100) structure upon oxygen adsorption at high potential. The charge of hydrogen adsorption/desorption has changed because of the adsorption of citrate on Pt single crystal surface: Pt(100) increased ca.20%, Pt(111) increased ca.13%, however, Pt(110) decreased ca.8%. In situ FTIRS studies demonstrated that citrate adsorbed on the Pt surface through 3 carboxylate groups with bridge configuration, the intensity of  $\nu_s(\text{CO}_2^-)$  increased with the potential of working electrode, the stark coefficients were in a decreasing order: Pt(111)( $22 \text{ cm}^{-1}\cdot\text{V}^{-1}$ ) > Pt(100)( $21 \text{ cm}^{-1}\cdot\text{V}^{-1}$ ) > Pt(110)( $13 \text{ cm}^{-1}\cdot\text{V}^{-1}$ ). Because of the strong interaction of citrate with Pt surface, led to generate CO from the adsorption of citrate. The band intensities of adsorbed CO were in a decreasing order of Pt(110) > Pt(111) > Pt(100), the stark coefficient of Pt(110) was ca.  $60 \text{ cm}^{-1}\cdot\text{V}^{-1}$ . It has been found that, through a systematic study of electrochemical cyclic voltammetry and in situ FTIRS, the adsorption behavior and capacity were similar for Pt(100) and Pt(111), considering CO generated from citrate adsorbed on high energy surface adsorbed strongly on {100} surface. So taking many factors into account, we could synthesizing the nanoparticle with {100} and {111} surface using citrate as functional agent.

2、 Study of adsorption of CTAB on Pt single crystal surface: Both the halide ions

and alkyl amine cations from the quaternary ammonium salt have an effect on the coverage on the Pt surface. Considering the electronic structure of  $N^+$  and C with  $SP^3$  hybridization were the isoelectronic and isostructure species, which was difficult to be electron donor and acceptor, so it's not easy to adsorb on Pt surface, however, the halide ions with negative charge can adsorb on Pt surface and the alkyl amine cations adsorbed on the layer of halide ions by electrostatic force forming the bilayer structure which was expected to be favorable in aqueous environment. The coverage of CTAB adsorbed Pt surface was different with an order of Pt(100)(50%) > Pt(111) (35%) > Pt(110) (25%). In situ FTIRS studies demonstrated that  $2850\text{ cm}^{-1}$  and  $2917\text{ cm}^{-1}$  were attributed to  $\nu_{s(\text{CH}_2)}$  and  $\nu_{as(\text{CH}_2)}$ ,  $1490\text{ cm}^{-1}$  was assigned to C-H scissoring vibration of  $(\text{CH}_3)_4\text{-N}^+$ ,  $2020\text{ cm}^{-1}$  was ascribed to  $\text{CO}_L$ . Both the halide ions and alkyl amine cations have an effect on shape-controlled synthesis of metal nano-catalyst. The halide ions adsorbed on nanoparticles could decrease the surface energy, alkyl amine cation adsorbed on the halide ions layer forming bilayer structure, which maybe prevent the nanoparticles from aggregating, finally controlling the shape and size of the nanoparticle.

3、 Study of adsorption of PVP on Pt single crystal surface: The coverage of PVP adsorbed Pt surface was in a decreasing order of Pt(100) (60%) > Pt(111) (55%) > Pt(110) (45%). Also, it's more difficult to eliminate the PVP from Pt(100) surface compare to Pt(111) and Pt(110). So, if we use PVP as functional agent, we could synthesized the nanoparticle with domain  $\{100\}$  surface.

We choosed Pt single crystal electrodes to study adsorption behaviors between the typical functional agents and single crystal electrodes, then to apply in situ FTIR spectroscopy to gain information at molecule level. It's of importance to further understand the mechanism of functional agents in shape-controlled synthesis and provide guidance on rational designing and preparing high performance nanocatalysts.

**Key words:** Citrate, CTAB, PVP, Pt single crystal electrode, in situ FTIRS



## 目 录

中文摘要 .....	I
Abstract .....	III
<b>第一章 绪论</b> .....	1
§1.1 金属纳米催化剂概述 .....	1
§1.2 贵金属纳米催化剂的形状控制合成 .....	2
§1.2.1 电化学法形状控制合成 .....	3
§1.2.2 湿化学法形状控制合成 .....	6
§1.3 功能分子在纳米催化剂形状控制合成机理的研究进展 .....	7
§1.3.1 小分子 .....	8
§1.3.2 刻蚀剂 .....	10
§1.3.3 表面活性剂 .....	10
§1.3.4 聚合物 .....	14
§1.3.5 生物分子 .....	15
§1.4 金属单晶模型催化剂研究 .....	17
§1.4.1 金属单晶表面电化学研究 .....	18
§1.4.2 金属单晶表面在纳米材料催化剂合成机理研究中的应用 .....	19
§1.5 固-液界面原位谱学电化学技术在表面电化学和电催化中的应用 .....	20
§1.5.1 傅里叶变换红外光谱仪的基本工作原理 .....	20
§1.5.2 电化学原位傅里叶变换红外反射光谱 .....	21
§1.5.3 红外光谱在纳米材料合成机理研究中的应用 .....	23
§1.6 本论文的研究目的与设想 .....	23
参考文献 .....	24
<b>第二章 实验</b> .....	40
§2.1 试剂和溶液 .....	40

## 目录

<b>§2.2 电化学体系</b> .....	40
§2.2.1 电极 .....	40
§2.2.2 电化学装置 .....	41
<b>§2.3 铂单晶电极的制备与表面处理</b> .....	41
§2.3.1 铂单晶制备的基本步骤 .....	41
§2.3.2 铂单晶电极的表面处理 .....	42
<b>§2.4 实验方法</b> .....	43
<b>§2.5 电化学原位傅里叶变换红外 (FTIR) 反射光谱实验</b> .....	43
§2.5.1 红外电解池 .....	43
§2.5.2 红外光谱仪器 .....	44
§2.5.3 原位 FTIR 反射光谱 .....	44
<b>参考文献</b> .....	48
<b>第三章 铂单晶基础晶面电极的循环伏安特性及结构表征</b> .....	50
§3.1 铂单晶电极的表面结构与模型 .....	50
§3.2 铂单晶电极的表征 .....	53
本章小结 .....	55
参考文献 .....	55
<b>第四章 铂单晶电极上柠檬酸钠吸附行为的电化学研究</b> .....	57
§4.1 酸性介质中 Pt 单晶电极与柠檬酸钠相互作用过程的循环伏安特征 .....	58
§4.1.1 柠檬酸钠在 Pt 多晶电极上吸附行为循环伏安特征 .....	58
§4.1.2 柠檬酸钠在 Pt(100)电极上吸附行为循环伏安特征 .....	59
§4.1.3 柠檬酸钠在 Pt(111)电极上吸附行为循环伏安特征 .....	66
§4.1.4 柠檬酸钠在 Pt(110)电极上吸附行为循环伏安特征 .....	68
§4.1.5 柠檬酸钠在高指数晶面 Pt 单晶电极上吸附行为循环伏安特征 .....	70
§4.2 酸性介质中 Pt 单晶电极与柠檬酸钠相互作用过程的原位红外光谱研究 .....	72
§4.2.1 柠檬酸钠透射红外光谱 .....	72
§4.2.2 柠檬酸钠在 Pt(100)电极上吸附行为的 in situ FTIRS .....	74
§4.2.3 柠檬酸钠在 Pt(111)电极上吸附行为的 in situ FTIRS .....	76

## 目录

§4.2.4 柠檬酸钠在 Pt(110)电极上吸附行为的 in situ FTIRS.....	77
§4.3 柠檬酸钠在纳米材料合成中机理的讨论.....	79
本章小结 .....	81
参考文献 .....	83
<b>第五章 铂单晶电极上 CTAB 吸附行为的电化学研究.....</b>	<b>85</b>
§5.1 酸性介质中 Pt(100)与季铵盐功能分子相互作用过程的循环伏安特征..	86
§5.1.1 季铵盐功能分子中阳离子的作用 .....	87
§5.1.2 季铵盐功能分子中卤素离子的作用.....	89
§5.2 酸性介质中 Pt(111)与季铵盐功能分子相互作用过程的循环伏安特征..	91
§5.3 酸性介质中 Pt(110)与季铵盐功能分子相互作用过程的循环伏安特征..	92
§5.4 酸性介质中 Poly Pt 与季铵盐功能分子相互作用过程的原位反射红外光谱研究 .....	93
§5.5 季铵盐在纳米材料合成中机理的讨论 .....	94
本章小结 .....	95
参考文献 .....	97
<b>第六章 铂单晶电极上 PVP 吸附行为的电化学研究.....</b>	<b>99</b>
§6.1 酸性介质中 Poly Pt 与 PVP 相互作用过程的循环伏安特征.....	100
§6.2 酸性介质中 Pt(100)与 PVP 相互作用过程的循环伏安特征.....	102
§6.3 酸性介质中 Pt(111)与 PVP 相互作用过程的循环伏安特征.....	105
§6.4 酸性介质中 Pt(110)与 PVP 相互作用过程的循环伏安特征.....	107
§6.5 PVP 在纳米合材料成中机理的讨论.....	109
本章小结 .....	111
参考文献 .....	111
结论与展望 .....	113
作者攻读硕士期间发表与交流的论文.....	118
致谢.....	120

---

**Table of contents**

<b>Abstract in Chinese</b> .....	I
<b>Abstract in English</b> .....	III
<b>Chapter 1 Introduction</b> .....	1
<b>§1.1 Preface of metal nanocatalyst</b> .....	1
<b>§1.2 Shape-control synthesis of noble metal nanocrystal catalysts</b> .....	2
§1.2.1 Electrochemical method.....	3
§1.2.2 Wet chemical method .....	6
<b>§1.3 Recent Progresses on studies of mechanism of functional molecules in shape-control synthesis of noble metal nanocrystal catalysts</b> .....	7
§1.3.1 Small molecular.....	8
§1.3.2 Ething agent.....	10
§1.3.3 Surfactant .....	10
§1.3.4 Polymeride .....	14
§1.3.5 Biomolecule.....	15
<b>§1.4 Studies of model catalysts of metal single crystal surfaces</b> .....	17
§1.4.1 Electrochemistry of metal single crystal surfaces .....	18
§1.4.2 Application of metal single crystal surface on studies of mechanism of nanocrystal catalysts synthesis.....	19
<b>§1.5 Applications of in situ spectroscopy on solid   liquid interfaces in electrochemistry of metal surface and electrocatalysis</b> .....	20
§1.5.1 The principle of FTIR spectrometer .....	20
§1.5.2 Electrochemical in situ FTIR spectroscopic.....	21
§1.5.3 Application of FTIR spectroscopic on studies of mechanism of nanocrystal catalysts synthesis.....	23
<b>§1.6 Objectives and plans of this thesis</b> .....	23
<b>Reference</b> .....	24

---

<b>Chapter 2 Experimental</b> .....	40
<b>§2.1 Reagents.</b> .....	40
<b>§2.2 Electrochemical systems</b> .....	40
§2.2.1 Electrodes.....	40
§2.2.2 Electrochemical apparatus.....	41
<b>§2.3 Preparation of Pt single crystal electrodes</b> .....	41
§2.3.1 Basic steps.....	41
§2.3.2 Treatment of Pt single crystal electrodes.....	42
<b>§2.4 Electrochemical methods</b> .....	43
<b>§2.5 Electrochemical in situ FTIR spectroscopy</b> .....	43
§2.5.1 FTIRS electrochemical cell .....	43
§2.5.2 FTIR apparatus.....	44
§2.5.3 In situ FTIRS reflection spectroscopy .....	44
<b>References</b> .....	48
<b>Chapter 3 Cyclic voltammetric (CV) features and structural characterization of Pt single crystal electrode</b> .....	50
<b>§3.1 Surface structure and models of Pt single crystal electrodes</b> .....	50
<b>§3.2 Characterization of Pt single crystal electrodes</b> .....	53
<b>Summary</b> .....	55
<b>References</b> .....	55
<b>Chapter 4 Electrochemical studies of adsorption of Citrate on Pt single crystal electrodes</b> .....	57
<b>§4.1 CV studies on the adsorption of Citrate on Pt single crystal electrodes in acid media</b> .....	58
§4.1.1 CV studies on the adsorption of Citrate on polycrystal Pt electrode.....	58
§4.1.2 CV studies on the adsorption of Citrate on Pt(100) electrode .....	59
§4.1.3 CV studies on the adsorption of Citrate on Pt(111) electrode .....	66

## Table of contents

---

§4.1.4 CV studies on the adsorption of Citrate on Pt(110) electrode .....	68
§4.1.5 CV studies on the adsorption of Citrate on high index Pt single crystal electrodes .....	70
<b>§4.2 In situ FTIRS Studies on the adsorption of Citrate on Pt single crystal electrodes in acid media .....</b>	<b>72</b>
§4.2.1 Transmission infrared spectra of citrate .....	72
§4.2.2 In situ FTIRS Studies on the adsorption of Citrate on Pt(100) electrode .....	74
§4.2.3 In situ FTIRS Studies on the adsorption of Citrate on Pt(111) electrode .....	76
§4.2.4 In situ FTIRS Studies on the adsorption of Citrate on Pt(110) electrode .....	77
<b>§4.3 Discussion of citrate on mechanism of nanocrystal catalysts synthesis ...</b>	<b>79</b>
<b>Summary .....</b>	<b>81</b>
<b>Reference .....</b>	<b>83</b>
<b>Chapter 5 Electrochemical studies of adsorption of CTAB on Pt single crystal electrodes .....</b>	<b>85</b>
<b>§5.1 CV studies on the adsorption of CTAB on Pt(100) electrode in acid media .....</b>	<b>86</b>
§5.1.1 The role of cation from quaternary ammonium salt functional molecules .....	87
§5.1.2 The role of anion from quaternary ammonium salt functional molecules ...	89
<b>§5.2 CV studies on the adsorption of CTAB on Pt(111) electrode in acid media .....</b>	<b>91</b>
<b>§5.3 CV studies on the adsorption of CTAB on Pt(110) electrode in acid media .....</b>	<b>92</b>
<b>§5.4 In situ FTIRS Studies on the adsorption of CTAB on polycrystal Pt electrode in acid media .....</b>	<b>93</b>
<b>§5.5 Discussion of CTAB on mechanism of nanocrystal catalysts synthesis ...</b>	<b>94</b>
<b>Summary .....</b>	<b>95</b>
<b>Reference .....</b>	<b>97</b>

<b>Chapter 6 Electrochemical studies of adsorption of PVP on Pt single crystal electrodes</b> .....	99
§6.1 CV studies on the adsorption of PVP on Poly Pt electrode .....	100
§6.2 CV studies on the adsorption of PVP on Pt(100) electrode .....	102
§6.3 CV studies on the adsorption of PVP on Pt(111) electrode.....	105
§6.4 CV studies on the adsorption of PVP on Pt(110) electrode .....	107
§6.5 Discussion of PVP on mechanism of nanocrystal catalysts synthesis ....	109
Summary .....	111
Reference .....	111
<b>Conclusions and Outlook</b> .....	113
<b>Publications list during M.S. study</b> .....	118
<b>Acknowledgements</b> .....	120

## 第一章 绪论

### §1.1 金属纳米催化剂概述

纳米材料通常指尺度在 1-100 nm 范围的材料，因其特殊和优异的性能受到了极大的关注，显示出广泛的应用前景。金属纳米催化剂作为纳米材料的重要组成部分，具有比表面积大、有效活性中心密度高的特点，对提高化学反应的效率、选择性具有重要意义。金属催化剂以铂族金属、钌族金属等贵金属以及铁、钴、镍等过渡金属为主，包括单一金属催化剂和多金属合金催化剂。其中，铂族金属纳米材料是燃料电池等工业中目前仍然不可替代的催化剂。但铂族金属储量稀少、价格昂贵，进一步提高其催化活性、选择性、稳定性和利用效率一直是催化领域的重大科学和关键工程技术问题。电催化和多相催化过程都是表面反应，催化剂作用的关键步骤是其表面与反应分子之间的相互作用。因此，催化剂的表面原子排列结构[1]、表面化学组成[2]与分布、以及电子能级结构等决定其性能。金属纳米催化剂的活性、选择性和稳定性等性能可以通过尺寸效应（减小粒径，提高比表面积）、载体效应（提高金属纳米粒子的分散性和稳定性）和电子结构效应（通过双金属或多种金属的协同作用提高催化活性）进行调变。更为重要的是，由于反应发生在催化剂表面，表面结构是催化剂性能的决定性因素[1-6]。形状控制合成可有效地调控纳米粒子表面结构和性质，成为当前研究的前沿课题[7-10]。

不同形状的纳米晶具有不同的表面原子排列结构。对于立方晶系的金属，立方体的表面为{100}晶面、四面体和八面体的表面为{111}晶面、菱形十二面体为{110}晶面、三八面体为{hkh}晶面( $h>k>0$ )、偏方三八面体为{hkk}晶面( $h>k>0$ )、二十四面体为{hk0}晶面( $h>k>0$ )、六八面体为{hkl}晶面( $h>k>l>0$ ) [11]。不同形状的纳米晶因其表面原子排列结构不同而具有不同的催化活性和催化选择性。以金属单晶模型催化剂为例，对于面心立方(fcc)金属，在以 Pt 单晶面上催化苯加氢的反应，在{100}晶面只产生环己烷，而在{111}晶面既产生环己烷也产生环己烯[12]；Pt(111)电极催化芳烃异构化反应的活性是 Pt(100)电极的 3-7 倍[13]。Feliu 等人[14]分别研究了 Pt 立方体（(100)表面）、立方八面体



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士学位论文摘要库