

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学号: 20520081151732

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

过渡金属修饰碳纳米管基复合材料
的高效合成及其催化应用研究

Highly Effective Synthesis of Carbon Nanotube-Transition
Metal Nanohybrids and Its Application in Catalysis

王 聪

指导教师姓名: 李海燕 副教授

专业名称: 物 理 化 学

论文提交日期: 2011 年 6 月

论文答辩时间: 2011 年 6 月

学位授予日期: 2011 年 6 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2011 年 6 月

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(张鸿斌)课题(组)的研究成果,获得(张鸿斌)课题(组)经费或实验室的资助,在(张鸿斌)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):王聪

2011年6月13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）：王 聪

2011 年 6 月 13 日

摘要

多壁碳纳米管 (MWCNTs) 是一类新奇的碳素纳米材料, 具有较高的比表面积, 导电性, 及化学稳定性, 这些性质使得 MWCNTs 在纳米科技方面具有巨大的应用前景。尤其是过渡金属修饰的碳纳米管基复合材料, 由于其在多相催化, 生物传感器, 燃料电池, 纳米医学等领域的广泛应用而得到越来越多的关注, 高效合成此类复合材料也因此成为该研究领域的焦点及突破制约其规模化应用的关键。本文以此为研究目标, 首次开发了一类过渡金属 M (Pt, Au, Ag, Cu, Co, Ni) 修饰 MWCNTs 的温和、高效合成新路线。其特征是, 在室温、无需添加还原剂的条件下, 调节反应条件引导 MWCNTs 自发还原过渡金属的前驱体(金属盐), 制备出过渡金属纳米粒子修饰的 MWCNTs 复合物。实验联合谱学表征研究 (HRTEM, XRD, SEM) 结果表明, 平均粒径约为 2~4 nm 的过渡金属小粒子均匀地分散在 MWCNTs 的表面; 壳聚糖(CHIT)兼具分散碳纳米管, 协同 MWCNTs 还原 M^{n+} /稳定 M 粒子的双重作用; 对非贵金属 (Cu, Co, Ni) 修饰 MWCNTs 而言, 氨水是引发 CHIT-MWCNTs 自发还原 M^{2+} 的关键, 其作用本质是在略降 M^{2+}/M 的还原电极电位的同时, 大幅度降低 MWCNTs 的电极电位, 增大二者的电位差。

进一步, 本文以 $NaBH_4$ 还原对硝基苯酚 (4-NP) 制备对氨基苯酚 (4-AP) 为目标反应, 考察了过渡金属修饰的碳纳米管基纳米复合材料 (M-CHIT-MWCNTs) 的催化性能。之所以选择该反应, 是基于 4-NP 为工业废水中最难以治理的一类化合物, 其大量排放对环境造成了严重的污染, 而 4-AP 又是生产过程中的有效中间体。因此, 从节约能源、安全及环保等角度, 对水相中利用 $NaBH_4$ 还原 4-NP 制 4-AP 这一新绿色合成路线的研究具有重要意义。实验结果表明, 在常压、室温的条件下, 几种过渡金属修饰的碳纳米管基纳米复合材料的催化反应选择性均能达到 100%, 其中, 0.2%Pt-CHIT-MWCNTs 基复合材料催化还原 4-NP 的转化频率(TOF)高达 $8.86 \times 10^{16} g^{-1} s^{-1}$ 。

在另一研究领域, 表面增强拉曼散射 (SERS) 技术是检测界面物种的高灵敏度谱学技术之一, 在研究金属的表面过程、界面结构等方面具有独特的优势, 而贵金属 (Au, Ag) 多表现出 SERS 效应。据此, 本文考察了 Au 或 Ag 修饰的碳纳米管基纳米复合材料的 SERS 效应。研究结果表明, 此类复合材料对碳纳米

管的拉曼谱峰有显著的增强效应。进一步，以 R6G 为探针分子，考察其拉曼光谱，亦得到明显的增强信号，且其增强效应随贵金属负载量的增加而显著提高。

关键词：过渡金属；碳纳米管；复合材料；催化还原；表面增强拉曼散射

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

Multi-walled carbon-nanotubes (MWCNTs) has been drawing increasing attention since its discovery. As this new form of carbon exhibits high specific surface area, conductivity, and chemical stability, intensive studies have been carried out suggesting great potential for applications of MWCNTs in nanotechnology. In particular, carbon nanotube-metal nanohybrids are emerging materials that are receiving increasing interest for applications in heterogeneous catalysis, electrochemical sensors/biosensors, fuel cells and nanomedicine, so the development of new effective synthesis of transition metal decorated MWCNTs is highly attractive. Based on this research goal, a novel synthesis of transition metallic nanoparticles (NPs) decorated MWCNTs via the spontaneous reduction of metallic ions with chitosan functionalized MWCNTs has been developed. Characterization of the nanocomposites reveals that the ultrasmall transition metallic particles (approx.2-4 nm) were well loaded on the surface of MWCNTs. The dual function of chitosan adsorbed on the surface of carbon nanotubes are mediating MWCNTs for reduction of the metallic salt and efficient anchoring of transition metallic nanoparticles to the nanotubes. In the case of synthesis of non-noble metal(Cu, Co, Ni) decorated MWCNTs nanohybrids, the addition of ammonia to the suspension to adjust the pH is responsible for the reduction of metallic salts.

Moreover, the catalytic performance of the carbon nanotube-metal nanohybrids for synthesis of 4-aminophenol (4-AP) from reduction of 4-nitrophenols(4-NP) by NaBH_4 was studied. It is well known that 4-NP is kind of the most refractory pollutants that can occur in industrial wastewaters, the massive discharge of 4-NP heavily polluted environment. At the same time, there is a great demand of the 4-AP in industry. So the study on catalytic reduction of 4-NP to 4-AP by sodium borohydride in aqueous solution has significant meaning in energy saving, safety and environment protection. The experimental results showed that the M-CHIT-MWCNTs nanohybrids display excellent performance for reduction of 4-NP under room temperature, near 100% selectivity to 4-AP was observed, especially, over 0.2%Pt-CHIT-MWCNTs

catalyst, the turnover frequency(TOF) of 4-NP reached $8.86 \times 10^{16} \text{g}^{-1} \text{s}^{-1}$.

In addition, as one of the in-situ spectroscopic techniques with high surface sensitivity in probing the interfacial species, surface enhanced Raman scattering (SERS) has an advantage of investigating surface processes, so the application in SERS was also investigated with Au(Ag)-CHIT-MWCNTs nanohybrids. The results show that the nanohybrids greatly enhance Raman spectra of carbon nanotubes. Meanwhile, the SERS using Rhodamine 6G (R6G) as the probe molecule was also explored with Au(Ag)-CHIT-MWCNTs as substrate. Enhanced Raman signal has been observed and a well proportional relation exists between the enhancement effect and the loading of metal.

Key words: transition metal; carbon nanotubes; nanohybrids; catalyze reduction; SERS

目 录

第一章 绪 论	1
1.1 对硝基苯酚的概述	1
1.1.1 对硝基苯酚对环境的危害.....	1
1.1.2 对硝基苯酚废水的处理方法.....	1
1.1.2.1 生物降解法.....	1
1.1.2.2 液膜法.....	2
1.1.2.3 吸附法.....	2
1.1.2.4 化学氧化法.....	2
1.2 对氨基苯酚概述	3
1.2.1 对氨基苯酚的用途.....	3
1.2.2 对氨基苯酚的合成.....	4
1.2.2.1 对硝基氯苯路线.....	4
1.2.2.2 硝基苯路线.....	5
1.2.2.3 苯酚路线.....	6
1.2.2.4 对硝基苯酚路线.....	7
1.3 碳纳米管的概述	8
1.3.1 概论.....	8
1.3.2 碳纳米管的发现及其结构.....	9
1.3.3 碳纳米管的制备.....	10
1.3.3.1 石墨电弧放电法.....	10
1.3.3.2 激光烧蚀（蒸发）法.....	10
1.3.3.3 化学催化生长法（即催化生长法 CCVD）.....	11
1.3.4 碳纳米管的性质.....	13
1.3.4.1 碳纳米管的电学性质.....	13
1.3.4.2 碳纳米管的吸附性能.....	13
1.3.4.3 碳纳米管的力学和热学性质.....	14
1.3.5 碳纳米管的纯化.....	15
1.3.6 碳纳米管负载的金属催化剂的应用.....	16
1.3.6.1 选择加氢反应催化剂.....	16
1.3.6.2 氢甲酰化催化剂.....	17
1.3.6.3 氨合成反应催化剂.....	18
1.3.6.4 费托合成催化剂.....	18
1.3.6.5 选择性脱氢反应催化剂.....	19
1.3.6.6 选择性氧化催化剂.....	19
1.3.6.7 电催化以及电极材料.....	20
1.3.6.8 其它反应催化剂.....	20
1.3.7 碳纳米管的改性.....	21
1.3.7.1 碳纳米管的共价改性.....	21
1.3.7.2 碳纳米管的非共价改性.....	22
参考文献.....	24

第二章 贵金属修饰碳纳米管基复合材料的制备表征及应用	37
2.1 前言	37
2.2 实验部分	38
2.2.1 主要原料及试剂.....	38
2.2.2 碳纳米管的制备.....	38
2.2.3 碳纳米管的功能化.....	38
2.2.4 贵金属修饰碳纳米管基的制备.....	39
2.2.5 样品表征.....	39
2.2.6 贵金属修饰碳纳米管基复合材料的催化性能测试.....	40
2.3 结果与讨论	40
2.3.1 壳聚糖的含量.....	40
2.3.2 壳聚糖的还原作用.....	42
2.3.2.1 壳聚糖浓度对反应的影响.....	42
2.3.2.2 AgNO_3 浓度对反应的影响.....	43
2.3.2.3 加热时间对反应的影响.....	44
2.3.2.4 pH 值对反应的影响.....	44
2.3.2.5 加热温度对于反应的影响.....	45
2.3.2.6 碳纳米管的加入对于反应的影响.....	46
2.3.3 复合材料的结构及化学组成.....	48
2.3.4 贵金属修饰碳纳米管基复合材料催化还原 4-NP 的活性.....	51
2.3.4.1 催化 4-NP 还原反应动力学.....	52
2.3.4.2 壳聚糖的作用.....	54
2.3.4.3 MWCNTs 的作用.....	55
2.3.4.4 催化剂的可重复使用性.....	57
2.3.5 复合材料的拉曼增强效应.....	58
2.3.5.1 Ag 修饰碳纳米管基复合材料对 MWCNTs 的拉曼增强效应.....	58
2.3.5.2 Ag 修饰碳纳米管基复合材料对 R6G 的拉曼增强效应.....	59
2.3.6 Au 修饰碳纳米管基复合材料上 MWCNTs 的拉曼信号变化.....	59
2.3.7 不同金属修饰的碳纳米管基复合材料上 MWCNTs 的拉曼信号变化.....	60
2.4 结 论	61
参考文献	62
第三章 非贵金属修饰碳纳米管基复合材料的制备表征及应用	63
3.1 实验部分.....	63
3.1.1 主要原料及试剂.....	63
3.1.2 碳纳米管的制备.....	63
3.1.3 碳纳米管的功能化.....	64
3.1.4 Cu 修饰碳纳米管基复合材料的制备.....	64
3.1.5 样品表征.....	64
3.1.6 Cu 修饰碳纳米管基复合材料的催化性能测试.....	65
3.2 结果与讨论	65
3.2.1 Cu 修饰碳纳米管基复合材料的结构及化学组成.....	65

3.2.2 Cu 修饰碳纳米管基复合材料催化还原 4-NP 的活性	68
3.2.3 催化 4-NP 还原反应动力学	69
3.2.4 壳聚糖的作用	71
3.2.5 氨水及 pH 值的作用	73
3.2.6 同其他过渡金属修饰碳纳米管基复合物的比较	77
3.3 结论	78
参考文献	80
附录：攻读硕士期间发表的研究论文	81
致 谢	82

厦门大学博硕士论文摘要库

Contents

Chapter 1 preface	1
1.1 Summarise of 4-nitrophenol	1
1.1.1 Pollution by 4-nitrophenol.....	1
1.1.2 The treatment of 4-nitrophenol.....	1
1.1.2.1 Biological treatment.....	1
1.1.2.2 Liquid film treatment.....	2
1.1.2.3 Adsorption method.....	2
1.1.2.4 Oxidation process.....	2
1.2 Summarise of 4-aminophenol	3
1.2.1 Application of 4-aminophenol.....	3
1.2.2 Production method.....	4
1.2.2.1 Synthetic route by 4-nitrochlorobenzene.....	4
1.2.2.2 Synthetic route by nitrobenzene.....	5
1.2.2.3 Synthetic route by phenol.....	6
1.2.2.4 Synthetic route by 4-nitrophenol.....	7
1.3 Summarise of carbon nanotubes(CNTs)	8
1.3.1 Introduction.....	8
1.3.2 Discovery and structure of CNTs.....	9
1.3.3 Preparation of CNTs.....	10
1.3.3.1 Graphite arc-discharge method.....	10
1.3.3.2 Laser Ablation method.....	10
1.3.3.3 Laser Ablation method.....	11
1.3.4 Properties of CNTs.....	13
1.3.4.1 Electrical properties of CNTs.....	13
1.3.4.2 Adsorption property of CNTs.....	13
1.3.4.3 Mechanical and thermal properties.....	14
1.3.5 Purification of CNTs.....	15
1.3.6 Catalytic applications of CNTs-supported metal catalysts.....	16
1.3.6.1 Selective hydrogenation catalysts.....	16
1.3.6.2 Hydroformylation of alkenes catalysts.....	17
1.3.6.3 Ammonia synthesis catalysts.....	18
1.3.6.4 Fischer-Tropsch catalysts.....	18
1.3.6.5 Selective dehydrogenation catalysts.....	19
1.3.6.6 Selective oxidation catalysts.....	19
1.3.6.7 Electrocatalyst and electrode material.....	20
1.3.6.8 Other applications.....	20
1.3.7 Modification of CNTs.....	221
1.3.7.1 Covalent modification of CNTs.....	21
1.3.7.2 Noncovalent modification of CNTs.....	22
References	24

Chapter 2 Preparation, characterization and application of noble metal carbon nanotube nanohybrids	37
2.1 Preface	37
2.2 Experiment	38
2.2.1 The experimental materials and reagents	38
2.2.2 Preparation of MWCNTs	38
2.2.3 Modification of CNTs	38
2.2.4 Preparation of noble metal nanohybrids	39
2.2.5 Characterization of samples	39
2.2.6 Evaluation of catalytic performance	40
2.3 Results and discussion	40
2.3.1 Chitosan content	40
2.3.2 Reducing action of chitosan	42
2.3.2.1 Effect of the concentration of chitosan	42
2.3.2.2 Effect of the concentration of AgNO ₃	43
2.3.2.3 Effect of heating time	44
2.3.2.4 Effect of pH value	44
2.3.2.5 Effect of heating temperature	45
2.3.2.6 Effect of the addition of MWCNTs	46
2.3.3 Chemical constituent and structure of nanohybrids	48
2.3.4 Catalytic reduction activity of nanohybrids	51
2.3.4.1 Catalytic reductive reaction kinetics of 4-NP	52
2.3.4.2 Effect of chitosan	54
2.3.4.3 Effect of MWCNTs	55
2.3.4.4 The cycle catalyzation of the catalyst	57
2.3.5 Surface-enhanced Raman scattering of nanohybrids	58
2.3.5.1 Surface-enhanced Raman scattering of MWCNTs	58
2.3.5.2 Surface-enhanced Raman scattering of R6G	59
2.3.6 MWCNTs Raman shift	59
2.3.7 Raman shift over different metal nanohybrids	60
2.4 Conclusions	61
References	62
Chapter 3 Preparation, characterization and application of carbon nanotube-copper nanohybrids	63
3.1 Experiment	63
3.1.1 The experimental materials and reagents	63
3.1.2 Preparation of MWCNTs	63
3.1.3 Modification of CNTs	64
3.1.4 Preparation of carbon nanotube-copper nanohybrids	64

3.1.5 Characterization of samples	64
3.1.6 Evaluation of catalytic performance	65
3.2 Results and discussion	65
3.2.1 Chemical constituent and structure of carbon nanotube-copper nanohybrids	65
3.2.2 Catalytic reduction activity of carbon nanotube-copper nanohybrids	68
3.2.3 Catalytic reductive reaction kinetics of 4-NP	69
3.2.4 Effect of chitosan	771
3.2.5 Effect of ammonia and pH value	73
3.2.6 Compared with other transition metal nanohybrids	77
3.3 Conclusions	78
References	80
List of publication	81
Acknowledgements	82

第一章 绪 论

1.1 对硝基苯酚的概述

1.1.1 对硝基苯酚对环境的危害

随着社会的发展,人们对于生活质量的要求也不断提高,环境污染问题就得到了原来越广泛的关注,其中水污染已成为当前最受重视的问题之一^[1]。我国作为一个淡水资源严重匮乏的国家,人均水资源的占有量仅为世界平均水平的 1/4。而且,我们国家的工业废水重复使用率较低,大量的工业废水被直接排放到自然界中^[2]。在淡水资源严重不足的情况下还存在着浪费和污染的问题,因此,对工业废水进行治理,使其合理的循环使用,是我们国家目前亟待解决的问题。

对硝基苯酚(4-nitrophenol, 4-NP)是工业废水中最难以治理的化合物之一。它是农药,除草剂,杀虫剂,合成染料以及药物和石油化工产业的生产过程中产生有机污染物^[3]。对硝基苯酚在高温时放出有毒气体,能经由呼吸道进入体内或被皮肤吸收,使人体血液输送氧的能力下降,导致头痛、眩晕、嘴唇发紫等不良反应。当人暴露在高浓度的对硝基苯酚气体中时,会产生呼吸困难、血压降低、脉搏减弱等症状,严重时直接致死。对硝基苯酚由于其毒性大,难于生物降解,在环境中停留时间长等特点,被中国和美国环保局(EPA)同时列入优先控制污染物“黑名单”中^[4]。对硝基苯酚的淡水生物急性中毒浓度为 230 $\mu\text{g/L}$, 盐水生物的急性中毒浓度为 4 580 $\mu\text{g/L}$, 因此,为了确保人体健康,水中的对硝基苯酚浓度应低于 70 $\mu\text{g/L}$, 美国各洲规定,饮用水中的对硝基苯酚浓度不得高于 20 $\mu\text{g/L}$ ^[5]。

1.1.2 对硝基苯酚废水的处理方法

目前,含对硝基苯酚废水的处理方法主要有生物降解法、液膜法、吸附法和化学氧化法等。低浓度的对硝基苯酚废水通常采用生物降解法来处理,而较高浓度的对硝基苯酚废水则多采用液膜法、吸附法和化学氧化法等方法处理。

1.1.2.1 生物降解法

近年来,科研工作者对于对硝基苯酚的生物降解进行了很多研究^[6-10]。Chauhan 等^[11]对菌种 RKJ100 生物降解对硝基苯酚进行了研究,测得降解中间产物有对苯二酚和对苯醌。Bhatti 等^[12]对无纺布作为活性污泥载体生物降解对硝基

苯酚进行了研究,连续操作实验表明,无纺布的使用提高了对硝基苯酚的生物降解速率,在停留 11 h 后,500 mg/L 对硝基苯酚被全部降解。

1.1.2.2 液膜法

Luan 等^[13]利用液膜技术对含有硝基酚类的废水进行了降解实验,结果表明:在一个的液膜操作过程中,硝基酚类化合物的浓度可分别从 1 050 mg/L 降至小于 1 mg/L,6 700 mg/L 降至小于 2.2 mg/L。栾金义等^[14]利用液膜法对含有硝基酚的废水进行了处理试验研究,结果表明,在进水总酚质量浓度分别为 1 050 mg/L、6 700 mg/L 条件下,出水总硝基酚的去除率均高达 99.9%以上,同时废水中的硝基苯和 COD 也有较好的去除效果。

1.1.2.3 吸附法

朱利中等^[15]对有机膨润土吸附废水中较高浓度的对硝基苯酚过程进行了研究,发现对硝基苯酚的去除率在 85%以上。Sismanoghu 等^[16]对在不同浓度和温度下对硝基苯酚在天然斜发沸石上的吸附过程进行了研究,认为吸附行为符合拟一级反应动力学规律。王琳玲等^[17]对粘胶基活性碳纤维(ACF)在水溶液中对对硝基酚的吸附行为进行了研究,结果表明,重复进行吸附-再生过程,ACF 的吸附容量不变,对硝基酚的回收率大于 90%,对于硝基酚质量浓度为 9 790 mg/L 的废水,吸附处理后出水浓度达到一级排放标准。

1.1.2.4 化学氧化法

Lipczynska-kochany 等^[18,19]研究了紫外光/双氧水(UV/H₂O₂)和 Fenton 试剂法对水体中的对硝基苯酚的降解,发现 Fenton 试剂法优于 UV/H₂O₂法。张辉^[20]研究了臭氧/紫外法(O₃/UV)降解含对硝基苯酚的废水,发现 O₃和 UV 具有协同效应。谢光炎等^[21]研究了在不同金属离子存在的条件下,Fenton 试剂法对对硝基苯酚废水的处理,取得了满意的效果。Kavitha 等^[22]比较了 Fenton 试剂,太阳光和紫外光协助 Fenton 试剂处理对硝基苯酚和邻硝基苯酚的效果,发现 Fenton 试剂只能使 1/3 到 1/5 的对硝基苯酚和邻硝基苯酚矿化为 CO₂,而在太阳光和紫外光协助下 Fenton 试剂处理对硝基苯酚和邻硝基苯酚的矿化率高达 92%,并且该

过程符合拟一级反应动力学规律。Weavers 等^[23] 研究了单独超声波、单独臭氧及超声波强化臭氧体系中对硝基苯酚、硝基苯、对氯苯酚的降解,实验结果表明,20 KHz 时超声波的存在对污染物的降解起促进作用,而 500 KHz 时起拮抗作用;各污染物的降解符合拟一级反应动力学规律。

上述各种方法存在着各自的优势,但都有不足之处。生物降解法虽然在处理低浓度的含对硝基苯酚的废水方面比较有效,成本较低,但其占地面积大,操作条件严格,降解速度慢。液膜法和吸附法只是一般的分离操作,污染物从一相转到另外一相,带来二次污染。高级氧化技术虽然具有氧化彻底,无二次污染等优点,但这种方法只是将对硝基苯酚降解,没有使其价值得到更好的利用。近年来,利用对硝基苯酚催化氢化制备对氨基苯酚的研究日益引起人们的重视。

1.2 对氨基苯酚概述

1.2.1 对氨基苯酚的用途

对氨基苯酚(4-aminophenol, 4-AP)是一种重要的化工和医药中间体。它具有多官能团,分子中的氨基呈弱碱性,羟基呈弱酸性,苯环可进行硝化、卤化、磺化、烃化等反应,因而可以生成繁多的衍生物,可以作为合成多种有机产品的主要原料^[24-29]。

我国利用对氨基苯酚作中间体合成的医药类产品有很多种,例如扑热息痛(对乙酰氨基酚)、扑炎痛(对乙酸氨基乙酸水杨酸酯)、安妥明(对氯苯氧基甲基丙酸乙醇)、烟酰胺复合剂、维生素 B₁、6-羟基喹啉等。其消费量占药品总消费量的 80%。在国外,也开发了多种利用对氨基苯酚为中间体合成的镇痛和退烧类药物。

对氨基苯酚可以作为大多数染料的中间体,其中包括酸性染料、分散染料、硫化染料、氧化染料、直接染料、媒介染料、毛皮染料和食品色素等。目前,我国国家利用对氨基苯酚制造的染料有:硫化还原黑 CLG、硫化宝蓝 CV、硫化新蓝 FBL、硫化深蓝 3R、硫化蓝 FBG、硫化艳绿 GB、弱酸嫩黄 SG、弱酸嫩黄 2G、硫化红棕 B3R、毛皮棕 P、偶氮染料及青光硫化蓝等。

对氨基苯酚同样可以合成多种对苯二胺类的橡胶防老剂。随着我国橡胶工业

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 for delivery details.

厦门大学博硕士学位论文摘要库