

分类号

密级

硕 士 学 位 论 文

题 目： 催化氧化法制取葡萄糖酸及其衍生物的研究

英文并列题目： Studies on the Preparation of Gluconic Acid
and it's Derivant by Oxidizing Glucose in
the Presence of Catalyst

研 究 生： 邹文华 专业： 食品工程

研 究 方 向： 糖品资源开发利用

导 师： 王文生教授 王策副教授

学位授予日期： 95 年 12 月

无锡轻工业学院

地址：无锡市青山湾

年 月 日

摘 要

本论文进行的是以Pd-Bi-C为催化剂,在弱碱性条件下,用氧气对葡萄糖进行催化氧化,制取葡萄糖酸及其锌盐和亚铁盐的研究。

首先进行了催化剂的设计,根据半经验数据和实验,对催化剂活性组份、助催化剂、载体及负载量进行了研究和确定,通过对不同组成的催化剂的催化活性和转化率的评比,确定了催化剂组成为Pd(5%)-Bi(10%)-C,并通过实验确定了其最佳制备工艺流程。

本论文还对催化剂进行了表征,测定了其密度、颗粒度及其分布、活性组份含量等。用差示扫描量热法(DSC)研究表明,可以用催化剂吸附活性气体量来对催化剂活性进行快速评选。文章还研究了催化剂的失活机理,通过电子扫描显微镜(SEM)、X-衍射和DSC等研究表明:催化剂的失活主要有积炭、“烧结”以及活性组份的流失。通过实验表明,Pd-Bi-C催化剂有着较高的寿命,具有工业应用价值。

然后,应用催化剂进行了葡萄糖催化氧化制备葡萄糖酸钠的工艺优化。通过单因素和响应面分析(RSA)实验确定了葡萄糖溶液浓度、反应温度、pH、搅拌速率、氧气流量、加碱量、催化剂等操作参数,通过改变反应器,也得到了较好结果。运用离子色谱分析表明,葡萄糖转化率为98.8%,选择率为98.5%,葡萄糖酸钠得率为97.3%。

葡萄糖酸钠通过离子交换得到葡萄糖酸,再与ZnO、 FeCO_3 反应得到葡萄糖酸锌和葡萄糖酸亚铁,通过RSA方法得到最优化工艺。产品分析表明,产品各项指标均符合美国药典和美国食用化学品法典(FCC),可作为药品和食品添加剂,具有良好的应用前景和经济效益。

关键词: 催化氧化 葡萄糖酸钠 葡萄糖酸亚铁 葡萄糖酸锌
转化率

Abstract

The process of producing the gluconic acid, Zinc gluconate and Ferrous gluconate by the catalytic oxidation of glucose was studied. The catalyst was Pd- Bi- C, and the reaction was occurred in the aqueous alkali solution.

The catalyst was designed at first. The active components of the catalyst, the auxiliary catalyst, the carrier and its capacity were determined. The consists of the catalyst was chosed to be Pd(5%)-Bi(10%)-C after compared the activities and the conversion rates of different catalysts. And the preparation process of catalyst was also optimized.

The density, active component content, the granulation and the granulated distribution of the catalyst were studied. It was indicated by the DSC that the quantity of active gas adsorbed by the catalyst could be used in the rapid evaluation of the catalyst activity. It was also revealed by the SEM, X-ray diffraction and DSC that the activity was lost mainly by "carbon accumulation", "sintering", and the lost of the active components. It was found that the Pd-Bi- C catalyst has long life and has industrial application value. The process producing the Sodium gluconate by the catalytic oxidation of glucose was optimized. The operate parameter, including the concentration of the Sodium gluconate, the reaction temperature, pH, stirring rate, gas flow, the alkali quantity and the catalyst were determined by the single-factor experiment and the Response Surface Anaysis(RSA) experiment. Better result can be obtained by the change of

the reactor. It was indicated by the Ion Chromatography that the transform rate, the selective rate and the yield of the Sodium gluconate were 98.8%, 98.5% and 97.3%, respectively. Gluconic acid was gained from the ion change of the Sodium gluconate, and it was reacted with ZnO , FeCO_3 to get the Zinc gluconate, Ferrous gluconate, respectively. The process was optimized by the RSA method. The product fulfil the norms of America Pharmaceutical Codex and Food Chemical Codex, and it can be used as medicine and food additive with great financial benifit.

Keywords: Catalytic oxidation, Sodium gluconate, Zinc gluconate, Ferrous gluconate, Conversion rate

目 录

中文摘要

英文摘要

第一章 绪论

1.1 引言	1
1.2 研究葡萄糖催化氧化工艺的意义	1
1.3 葡萄糖酸亚铁和葡萄糖酸锌的研究意义	4
1.4 本论文的主要研究任务	9

第二章 催化剂的设计

2.1 引言	10
2.2 催化剂活性组分的选定	10
2.2.1 金属催化剂的吸附能力	10
2.2.2 金属的吸附强度与催化活性	11
2.3 载体的选择	13
2.3.1 载体的作用	13
2.3.2 选取活性碳作为载体	14
2.4 钨催化的制备工艺	15
2.4.1 常用负载贵金属催化剂的制备方法	15
2.4.2 制备工艺流程	16
2.5 催化剂的组成选定	16
2.5.1 催化剂评判方法	16
2.5.2 实验材料	17
2.5.3 实验方法	18
2.5.4 催化氧化实验装置	19
2.5.5 结果与讨论	19
2.6 助催化剂的研究	21
2.6.1 助催化剂的选择	21
2.6.2 助剂和活性组分吸附次序对催化活性的影响	22
2.6.3 助剂的确定	24

2.6.4 两种催化剂的性能比较	26
小结	27
第三章 催化剂表征失活及寿命的研究	
3.1 前言	28
3.2 催化剂的表征	28
3.2.1 催化剂颗粒度和颗粒分布	28
3.2.2 催化剂松装密度测定	31
3.2.3 催化剂磨损	32
3.2.4 催化剂组分测定	33
3.2.5 催化剂双金属结合状态分析	33
3.3 催化剂失活	34
3.3.1 引言	34
3.3.2 催化剂的烧结	35
3.3.3 催化剂中毒	36
3.3.4 催化剂的积碳	37
3.3.5 催化剂的流失	38
3.4 催化剂活性表征	38
3.5 催化剂寿命	39
3.5.1 引言	39
3.5.2 催化剂寿命的表示	40
第四章 葡萄糖催化氧化工艺的优化	
4.1 前言	41
4.1.1 葡萄糖催化氧化的原理	41
4.1.2 氧化机理	42
4.2 葡萄糖催化氧化影响因素	42
4.2.1 最佳搅拌速度的确定	43
4.2.2 实验装置的确定	44
4.2.3 催化剂用量的确定	46
4.2.4 氧气流量的确定	47
4.2.5 加碱量的确定	48

4.2.6 反应温度的影响	49
4.2.7 pH 的影响.....	51
4.2.8 葡萄糖浓度的确定	52
4.3 响应面分析研究工艺最优化	53
4.3.1 原理	53
4.3.2 结果分析	54
小结.....	57

第五章 葡萄糖酸亚铁和葡萄糖酸锌的制备

5.1 引言	58
5.2 葡萄糖酸的制备	61
5.2.1 实验材料与方法	61
5.2.2 结果与讨论	62
5.3 葡萄糖酸钠亚铁的制备	62
5.3.1 工艺流程	62
5.3.2 最佳工艺的确定	62
5.3.3 结晶区曲线的研究	66
5.3.4 结晶	67
5.4 产品分析	67
5.5 葡萄糖酸锌的制备	70
5.5.1 工艺流程	70
5.5.2 最佳工艺的确定	70
5.5.3 结晶	74
5.6 产品分析	74
小结	77

第六章 经济分析及工业化设想

6.1 经济评估	78
6.2 展望及工业化设想	79
结论	81
致谢	82

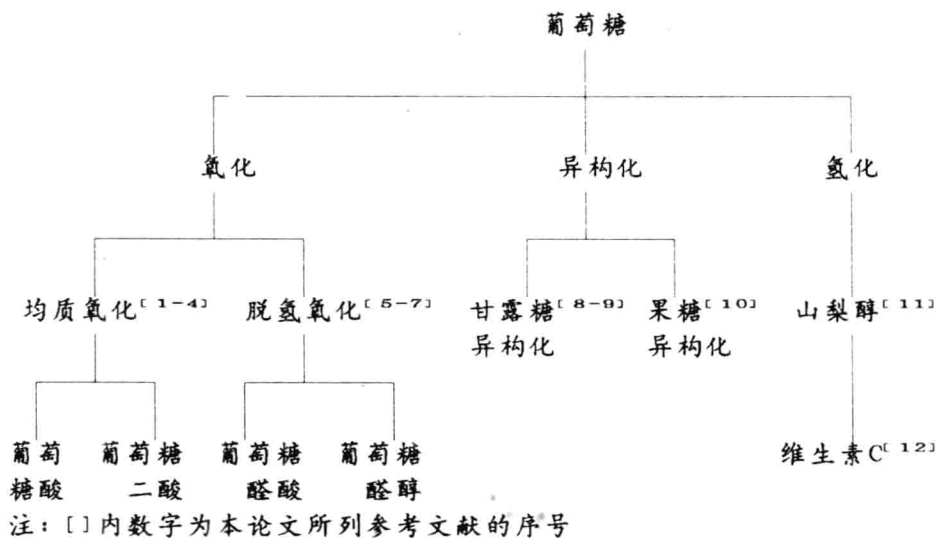
第一章 绪 论

1.1 引言

自然界每天都有大量的碳水化合物通过光合作用生成，这些碳水化合物正源源不断地为人们所利用、消化。作为碳水化合物之一的葡萄糖，我国每年的产量已超过百万吨，主要包括一些注射用糖、口服用糖以及一些葡萄糖浆等。这些葡萄糖的生产工艺已日趋成熟，其消费市场也趋于饱和，于是人们把注意力都集中在产品深加工上，对葡萄糖进行再加工，生产淀粉的第二、三、四代产品，从而获得更大的附加值，创造更好经济效益。

目前，葡萄糖的深加工主要包括葡萄糖的氢化、氧化和异构化，表(1-1)就是目前所开展起来的一些研究：

表(1-1) 葡萄糖深加工产品表



1.2 研究葡萄糖催化氧化工艺的意义

早些时候，人们都把兴趣放在葡萄糖的异构化和氢化上，相继开发

出了许多新产品，如山梨醇、甘露糖醇、高果糖浆、维生素C、果糖等，获得了可观的经济效益。现在人们又把注意力集中在葡萄糖氧化上，因为人们已经意识到葡萄糖氧化产物之一——葡萄糖酸及其盐类在化工、医药、食品等领域的用途越来越广泛，因而进行葡萄糖氧化生产的潜在效益也越来越高。

葡萄糖酸为白色或淡黄色的结晶体，它具有一般脂肪有机酸的反应性质，它是化工、食品、医药等产品比较重要的中间体，可被用来生产葡萄糖酸的盐类衍生物，也可以直接作为一种产品，用在乳品工业上防止乳石沉淀、用在食品配方中用作酸味剂，也可用来配制家用或工厂用清洗剂、织物加工和金属加工的助剂、皮革鞣去藻剂、二次采油防沉淀剂等。

正是由于葡萄糖酸及其盐类衍生物的市场十分诱人，因此许多科学工作者便致于这方面的研究。

表1-2是一些葡萄糖酸盐类的国际市场价格。（摘自化工市场报）

表1-2 国际近期葡萄糖酸盐类价格表

商 品	钠 盐	钾 盐	钙 盐	锰 盐	亚 铁 盐	锌 盐
价 格 (美 元 / 磅)	0.65	3.67	1.70	3.50	3.55	3.60

葡萄糖酸及其盐类的制造方法，主要有微生物发酵法、经典加溴法、电解氧化法和化学催化氧化法。

早期的葡萄糖酸盐发酵法采用*Penicillium Purpurogenum*或*A.niger*表面培养法^[14]。在现代，葡萄糖酸盐是在普通深层罐中生产的，使用的菌株一般为真菌，常用的有黑曲霉（*A. niger*）、产黄青霉（*P. Chrysogenum*）、出芽茁酶（*Pulluria Pullulans*）等菌种^[15]。moyer^[16]、wells^[17]和Blom等人^[18]所叙述的方法是典型的工业化生产葡萄糖酸

盐的方法，今天的工业生产都是参照他们的方法进行的。他们的最佳培养条件为：温度33-34℃，通气速率1:1-1:15/mm，罐压30磅/平方寸，快速搅拌，实际产率达95%。

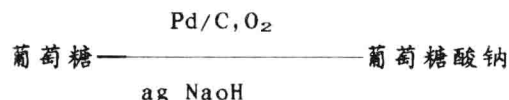
我国在1985年由轻工部上海工业试验所试制葡萄糖酸成功，选出了黑曲霉87号菌种，不久后在山东投产^[19]。目前全国进行葡萄糖氧化生产葡萄糖酸及其盐类的厂家已达几十家，工艺上都采取发酵法。

经典加溴法^[20]是以葡萄糖为原料经HBr氧化而制得葡萄糖酸钠，其反应式如下：



Ernsf等人^[21]研究了葡萄糖在电解槽中的氧化反应，电解氧化法是在浓度为15-25%的葡萄糖溶液中加入2-3%的溴，4-6%的CaCO₃，以石墨为电极，进行电解氧化，但产率仅为70%。

本论文研究的是葡萄糖催化氧化，更进一步地说：是在Pd-C 催化剂存在的条件下，在弱碱性介质中，葡萄糖催化氧化制取葡萄糖酸及其盐类。



60年代，Nishikido^[22]等人报道了用Pt、Pd作为催化剂，在氧分子存在条件下氧化葡萄糖，转化率仅为62%。

1972年，荷兰Elndhoren大学Henk, G. J. dewilt^[1, 2]综述了多篇有关葡萄糖氧化的文献，提到的催化金属有Pd、Pt、Ru、Rh等。

1981年，Vander Baan^[3, 4]小组，彻底研究了葡萄糖在铂上的氧化反应，并提出了葡萄糖催化氧化成葡萄糖酸的有关机理。

近年来，美国、日本^[24]、德国^[25]都相继开展了葡萄糖催化氧化的研究，各自运用保密的催化配方，进行了葡萄糖酸及其盐类的制取，并实现了工业化生产，得到了可观的经济效益。下表是葡萄糖氧化的四种工艺的优劣比较表。

表1-3 四种氧化工艺比较

工 艺	缺 点	优 点	范 围	趋 势
发 酵 法	设备复杂, 投资大, 操作要求严格, 有副产物产生, 三废污染, 耗氧量大且生产周期长, 成本高。	生产相对稳定 工艺相对成熟。	国内厂家全部采用。	为降低成本, 克服缺点, 趋向于利用固定化酶来氧化。
经 典 加 溴 法	HBr无法回收, 消耗量大, 成本高, 污染环境。		仅限于实验室制取。	不宜用于工业化生产。
电 解 氧 化	生产周期长(20hr) 产率低(70%), 设备复杂, 能耗大(4度电/kgNa)。		实验室制取阶段。	宜走生物与电化学相结合的道路。
催 化 氧 化 法	三相混合困难, 传质困难。	周期短(2hr), 成本低, 转化率高98%, 产品纯度高, 无三废污染。	国外已投入工业化生产。	是葡萄糖氧化的发展方向。

从表1-3可以看出, 虽然国内厂家仍采用发酵法, 但由于其缺点很多, 与国外发展起来的催化氧化相比, 已显示出其不足取之处。因此可以说, 催化氧化工艺是葡萄糖氧化今后发展的趋势。

葡萄糖催化氧化在我国基本上是一个空白。近年来, 湖北葡萄糖厂的陈建初^[26, 27]等人, 进行了葡萄糖催化的研究, 并达到了中试水平。但其转化率低(95%), 生产周期长(20hr), 并未发挥出催化氧化法的优点, 因此在前人基础上, 进行催化氧化的研究, 去提高催化效率、转化率, 缩短生产周期, 从而降低成本, 可以说是非常有现实意义的。

本论文正是这样的背景下, 开展葡萄糖催化氧化工艺研究的。

1.3 葡萄糖酸亚铁和葡萄糖酸锌研究的意义

钾、钠、钙、镁、铁、锌、铜等矿物质是人体内所需的微量元素，它有着极其重要的生理功能。

葡萄糖酸盐类是葡萄糖酸系列衍生物，属于有机酸盐类。可由葡萄糖酸中的羟基与金属离子等阳离子有机结合而成，例如葡萄糖酸钾、葡萄糖酸钠、葡萄糖酸钙、葡萄糖酸镁、葡萄糖酸亚铁、葡萄糖酸铜、葡萄糖酸锌等，它们在化工、医药、食品科技等方面得到了应用。我们可以通过葡萄糖酸盐，把钾、钠、钙、镁、锌、铜等人体所必需的微量元素，从膳食、药剂中供给一定营养缺乏性引起的患者，根据一些临床和毒理试验表明^[28]，这类有机酸盐类，更具有安全性和可靠性，毒副作用小，生物利用度高等优点。

锌是人体内必需的微量元素，它是促进生长发育的关键元素。人体中约有70多种酶都含有锌，如与骨骼生长发育相关的碱性磷酸酶，与红细胞运送氧气和二氧化碳功能有关的碳酸酐酶，与营养物质代谢有关的多种脱氢酶都有锌的参与，锌通过酶广泛地参与人体内蛋白质、脂肪和糖的代谢，从而促进人体生长^[29]。人体组织中锌的含量一般为30-50ug/g，血浆中为80-110ug/ml，头发中为125-250ug/g，但在细胞中高达1200-1400ug/ml，一般认为发锌可反映饮食的情况^[30]。

当生物体中缺乏锌时，便会出现许多症状。我国和世界上不少地区的人口和农作物都存在缺锌现象。人体缺锌最主要的症状是伊朗乡村病(Irali Villager)即缺锌性侏儒(Zinc-deficient dwarfs)^[31]。此病多见于乡村，影响儿童。发病后表现为生长发育停滞、骨骼发育障碍、肝肿大、皮肤粗糙并伴有色素沉着，常常同时发生缺铁性贫血。缺锌症状还表现在先天性愚形，胰腺囊性纤维性病变，此病也影响儿童生长发育。缺锌还与心血管疾病有着密切关系^[33]。

在土壤中锌的含量一般比较充足，但因土壤严重浸出或过多施用氮肥和磷肥时，也可造成农作物缺锌，引起玉米的白芽病，苹果、梨的小

叶病及柑桔的斑叶病等常见病害。^[33]

鉴于缺锌导致产生许多症状,人们便致力于通过膳食、医学等途径给缺锌者补充锌元素,或添加锌制剂来改良农作物的栽培。据文献报道^[34],适宜于食品强化和医药的锌盐主要有醋酸锌、氯化锌、硫酸锌、乳酸锌、葡萄糖酸锌、柠檬酸锌等。这些锌盐的摄入,均能消除缺锌症状,但不同的盐类其相对有效性不同,生物利用度也不同。从前,硫酸锌曾广泛应用于临床,但它会带来许多副作用,伴有恶心、呕吐等胃肠反应,因此人们逐渐把注意力转移到生物利用度较高的有机锌上。

葡萄糖酸锌很早就必被人用来临床试验。70年代,Gerge等人应用吮服葡萄糖酸锌治疗感冒患者进行了双盲对照法的观察,发现经葡萄糖酸锌治疗的患者中85%在数小时内症状消除^[35]。目前美国已逐步开始应用葡萄糖酸锌和乳清酸-精氨酸锌,来治疗缺锌病症,因此,葡萄糖酸和其它有机酸一样作为无毒物质,由于它易进入体内代谢过程,故被用于引导阳离子进入体内^[36]。

现在葡萄糖酸锌,已被美国食品和药物管理局(FDA)定为GRAS(一般公认为安全的物质)(FDA, § 182,8988,1985)。它作为一种营养增补剂(锌强化剂)被广泛的添加在强化食品中。按日本规定,准用于代乳品,但每升标准调乳浓度的代乳品含锌量不得超过6mg^[36]。

国内外已初有葡萄糖酸锌研制的报导^[38,39],但都是以内酯为原料,工艺流程短,生产成本低。而本论文以葡萄糖为原料,催化氧化生成葡萄糖酸,再生成葡萄糖酸锌,具有成本低廉的优势。因此可以预示,葡萄糖酸锌有着广泛的应用市场和强有力的竞争潜力,是较为理想的锌制剂。

铁也是人体内必需的微量元素^[40]。它是血红蛋白、肌红蛋白的组成部分,参与氧气和二氧化碳的运输。铁又是细胞色素系统和过氧化氢酶的组成成分,在呼吸及生物氧化过程中起重要作用。健康人体内含铁

占体重的0.004%，但铁却是营养上极为重要的必需的微量元素，人体含铁总量约为4-5g，其中60-70%存在于血红蛋白中，肌红蛋白中含铁约为3-5%，细胞色素酶等含铁约为其总量的1%，其余则以铁蛋白或含铁血黄素形式贮存于肝、脾、骨髓等处。

成年男子每月铁的需要量约为10mg，妇女尤其是孕妇及儿童的铁需要量更大。机体缺铁可使血红蛋白减少，发生营养性贫血，临床表现为食欲减退、烦躁、乏力、面色苍白、心悸、头晕、眼花、免疫功能降低，指甲脆薄、反甲出纵背、儿童还可出现虚胖，肝脾轻质肿大，严重缺乏可在其心尖部听到收缩期杂音，精神不能集中，从而影响学习，轻度缺铁患者较为常见，目前已成为世界性公共卫生问题之一。

机体对铁的吸收受许多因素影响，其中铁必须被消化成为可溶性的低分子二价铁(亚铁)化合物，才可加速吸收。Fritz^[41]等人于1970年通过实验，对各种铁盐的生物学价值进行了对比，结果显示差距十分明显。

表1-4 各种铁盐的相对生物价值

铁的来源	样品数	相对生物价值		铁的来源	样品数	相对生物价值	
		平均	幅度			平均	幅度
EDTA							
二氢亚铁盐	1	99	97-100	碳酸亚铁	5	2	0-6
柠檬酸铁	1	107	98-105	氧化亚铁	1	98	-
胆碱柠檬酸铁	1	102		反丁烯二酸亚铁	1	95	71-133
氯化铁	1	44	26-67	葡萄糖酸亚铁	1	97	
柠檬酸铁	1	73	70-76	硫酸亚铁(7H ₂ O)	1	100	
甘油磷酸铁	1	93	86-100	硫酸亚铁(无水)	1	100	
焦磷酸铁	1	45	38-52	硫酸亚铁(饲料)	1	100	
亚磷酸铁	4	14	7-32	酒石酸亚铁	1	77	70-83
氧化铁	1	4	0-6				
硫酸铁	1	83	65-100				
硫酸亚铁铵	1	99	99-100				

Theuer等人^[42]于1973年报道了在以牛乳为基础的配方中各种铁盐有效率的生物实验结果。各种铁盐的有效率各不相同，同一种铁盐强化于配方中后，经过加工过程的杀菌热处理后，一般可以提高有效率。动物实验结果列于下表。

表1-5 用不同铁盐制备的牛奶基婴儿配制产品，动物实验中铁的有效性

铁 盐	加 工	相 对 有 效 性 %	铁 盐	加 工	相 对 有 效 性 %
硫酸亚铁	无	126		无	39
	无	114		有	60
	有	129		有	148
焦磷酸铁	无	78	柠檬酸亚铁	有	122
	无	71	柠檬酸铁	有	139
	有	125	葡萄糖酸亚铁	有	118
焦磷酸铁钠	无	42	乳酸亚铁	有	135
			甘油磷酸铁	有	

* 根据把硫酸亚铁加到基础膳食后，大鼠造血反应

从表1-5可以看出，不同铁盐其生物利用度高低不一，大致趋势是有机酸铁盐更优于无机铁盐。因为有机酸起着促进机体吸收铁的作用，比无机铁盐毒性更低，副作用更小。

葡萄糖酸亚铁已被作为补铁药品，其质量标准收入美国药典，它被FDA确定为一般公认为安全的物质GRAS(FDA § 182,5308,1985)，被用作营养增补剂(铁质强化剂)。按日本规定，准用于代乳品，离乳食品以及妊产妇、授乳妇用奶粉强化铁。联合国粮农组织、世界卫生组织的食品添加剂专家委员会(JECFA)对葡萄糖酸亚铁作了好的评价，认为它是一种具有“有作用性、安全性、必要性”的补铁剂，与目前临床上所用的硫酸亚铁比较，它具有稳定性高，口感好，毒性低，副作用小，易被人体吸收等显著优点。同时，葡萄糖酸亚铁，被可用作色素助剂，但橄榄中的添加量不得超过0.15g/kg(以铁计)^[37]。

葡萄糖酸亚铁虽然在相对有效性上和其它有机酸铁盐不相上下，有时还不如其它有机酸铁盐（如柠檬酸亚铁），但由于本论文以葡萄糖为原料，催化氧化成葡萄糖酸，再制作成亚铁盐，所以成本低，附加值大。因此相对地比柠檬酸铁盐更具有竞争力和发展潜力，它是较为优良的一种首选补铁剂。

1.4 本论文的主要研究任务

本论文以葡萄糖为原料，以复合催化剂进行催化氧化，制取葡萄糖酸及其衍生物，摸索主要的工艺路线、参数，试图摸索出一套能适用于工业规模生产的合理方案，主要作了以下几项工作：

- ①催化剂的设计与改良；
- ②催化剂的表征、活性、中毒、寿命的研究；
- ③催化氧化工艺条件优化；
- ④葡萄糖酸锌和葡萄糖酸亚铁的制备和研究；
- ⑤工业化设想。

第二章 催化剂的设计

2.1 引言

新的和改进型催化剂的开发是一个繁琐费时的过程，人们都希望能设计一个催化剂，它能定向而高速的进行催化反应，从而获得最大的预期产物得率。除此以外，人们还必须考虑一些实际问题，包括催化剂的实用性能、寿命、工作条件、中毒与活化、成本等。

目前，每天都有各类催化剂设计出来，但遗憾的是，有关催化剂设计与制备的一些具体细节，都被作为一种科研或商业秘密，严格地保护起来。这就造成了催化剂设计者之间难以相互沟通，给新的催化剂的设计造成了一些难度。不过，人们在设计过程中逐步得出了一些半经验的数据与准则，给催化剂设计人员带来了方便。

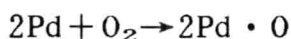
本论文正是在这样一种情况下，根据一些经验数据和公认的准则，来进行葡萄糖催化氧化反应的催化剂设计。

2.2 催化剂活性组份的选定

2.2.1 金属催化剂的吸附能力

金属催化剂主要应用于脱氢和加氢反应，也有一部分用在氧化反应。本论文所涉及的葡萄糖催化氧化，是气、液、固三相反应，属于多相催化，因此，催化剂的设计也大都局限在此范围内。

金属表面的催化活性在于金属表面有能以适当方法活化分子的能力。活化作用有两种：离解吸附和缔合吸附。对于氧来说，主要是吸附原子态的氧，这是因为金属和氧的电负性差值大，金属—氧键有较大的偶极矩。



当然也有一部分属于缔合吸附，键比较松散：