

YUMI SHENJIAGONG HANGYE 粮食深加工
SHUIWURAN KONGZHI HE XUNHUAN LIYONG 水污染控制和循环利用

玉米深加工行业 水污染控制和循环利用



王春荣 何绪文 年跃刚 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书从技术层面系统地介绍玉米深加工行业废水的处理方法及回用技术。全书内容包括玉米深加工行业概况、玉米深加工行业典型工艺及废水水质特征、玉米深加工行业废水处理技术及工程实例、玉米深加工行业再生水回用的现状及回用于循环冷却系统的方法、玉米深加工行业清洁生产及循环经济模式。

本书可供环境工程、市政工程等领域从事污水处理及污染控制等的工程技术人员、科研人员和管理人员参考,也供高等学校相关专业师生参阅。

图书在版编目(CIP)数据

玉米深加工行业水污染控制和循环利用 / 王春荣, 何绪文, 年跃刚编著. —北京: 化学工业出版社, 2014. 8
ISBN 978-7-122-21091-3

I. ①玉… II. ①王… ②何… ③年… III. ①玉米-农产品加工-水污染-污染控制 ②玉米-农产品加工-废水综合利用 IV. ①X792

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 141212 号

责任编辑: 刘兴春 孙 浩
责任校对: 李 爽

装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张 14 字数 271 千字 2014 年 11 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 85.00 元

版权所有 违者必究



我国玉米深加工行业是一个资源消耗重, 污染物排放量巨大的行业, 同时该行业的很多企业生产规模小、生产技术水平落后、能源资源利用率低, 导致了巨大的末端治理压力, 对环境影响极大, 如果不能得到有效的治理, 必将制约该行业的健康发展。

为此, 根据生产实际情况开展物质代谢和环境污染负荷研究, 尽量实现物质的闭合循环, 尤其是废水的治理及循环利用是当务之急。本书在“十一五”水体污染控制与治理科技重大专项“辽河源头区水质改善与生态修复技术及示范研究”之子课题“玉米深加工行业水污染控制与水循环利用技术研究”的基础上, 借鉴国内外该领域的最新发展组织编著而成。全书以玉米深加工行业水污染治理及循环利用为出发点, 重点介绍了该行业典型工艺的废水水质特点、废水污染治理技术及再生回用技术, 并以实例为依托, 阐述了所列技术的实用性。本书可作为从事该行业环境保护设计人员、科研人员的综合参考书, 也可作为高等学校相关专业师生的教学参考资料。

本书由中国矿业大学(北京)水污染控制工程中心王春荣、何绪文及中国环境科学研究院年跃刚研究员编著。具体分工如下: 第1章、第4章由年跃刚、王春荣编著, 第2章、第3章、第5章由王春荣、何绪文编著, 另外中国矿业大学(北京)的张梦茹同志负责了文字的整理、排版及制图工作。全书最后由王春荣统稿, 张梦茹负责全书的文字校核。

本书的编著工作还得到了中国环境科学研究院殷勤博士等的大力支持和帮助, 在此谨表示衷心的感谢!

限于编著者水平和编著时间, 书中难免会出现一些疏漏和不妥之处, 敬请广大同行和读者批评指正。

编著者
2014年6月

**1 玉米深加工行业概况****1**

- 1.1 玉米生产布局的特点 1
- 1.2 玉米深加工行业发展现状 3
 - 1.2.1 我国玉米深加工行业发展概况 3
 - 1.2.2 我国玉米深加工行业存在的问题 5
- 1.3 玉米深加工品种结构特征 6
- 1.4 玉米深加工产能布局及企业特征 7
- 1.5 玉米深加工行业主要生产状况 8
- 1.6 玉米深加工行业需求变化 13

2 玉米深加工行业废水特征**14**

- 2.1 玉米深加工行业生产工艺 14
 - 2.1.1 玉米淀粉主要生产工艺 14
 - 2.1.2 酒精主要生产工艺 19
 - 2.1.3 玉米深加工副产品转化 22
- 2.2 玉米深加工行业废水排放节点及水质特征 25

3 玉米深加工行业废水处理技术**28**

- 3.1 物化处理 28
 - 3.1.1 混凝沉淀技术 28
 - 3.1.2 吸附技术 34
 - 3.1.3 气浮法 45
- 3.2 厌氧生物处理 53
 - 3.2.1 升流式厌氧污泥床(UASB)工艺 55
 - 3.2.2 厌氧序批式反应器(ASBR) 59
 - 3.2.3 厌氧生物滤池(AF) 61
 - 3.2.4 完全混合式厌氧反应器(CSTR) 62
 - 3.2.5 内循环(IC)厌氧反应器 63

3.2.6	厌氧折流板反应器(ABR)	66
3.2.7	厌氧膨胀颗粒污泥床反应器(EGSB)	67
3.2.8	厌氧迁移式污泥床反应器(AMBR)	68
3.3	好氧生物处理	69
3.3.1	活性污泥处理技术	69
3.3.2	生物膜法处理技术	77
3.3.3	好氧生物处理案例	89
3.4	好氧-厌氧联合生物处理法	91
3.4.1	UASB-SBR 法	91
3.4.2	SR-UASB-CASS 法	97
3.4.3	光合细菌法	99
3.4.4	其他几种处理方法的案例	99

4 玉米深加工行业再生水回用

105

4.1	再生水回用的意义与途径	105
4.1.1	再生水回用的意义	105
4.1.2	再生水回用的途径	105
4.2	冷却水系统概述	106
4.2.1	直流冷却系统	106
4.2.2	循环冷却系统	106
4.3	再生水回用于循环冷却系统应用现状	106
4.3.1	国外再生水回用于循环冷却系统的应用现状	107
4.3.2	国内再生水回用于循环冷却系统的应用现状	108
4.4	我国现行的回用标准及规范	108
4.5	再生水回用于循环冷却系统的深度处理方法	110
4.5.1	过滤技术	110
4.5.2	曝气生物滤池	122
4.5.3	膜处理技术	136
4.6	循环水处理方法	190
4.6.1	缓蚀剂	190
4.6.2	阻垢剂	190
4.6.3	杀生剂	191
4.7	再生水回用于循环冷却系统影响因素	191
4.7.1	氨氮对循环冷却系统的影响	191
4.7.2	有机物对循环冷却系统的影响	192
4.7.3	氯离子对循环冷却系统的影响	193

4.7.4	硫酸根对循环冷却系统的影响	193
4.7.5	浊度对循环冷却系统的影响	194

5 玉米深加工行业清洁生产及循环经济模式 195

5.1	清洁生产	195
5.1.1	清洁生产的概念和主要内容	195
5.1.2	清洁生产的主要方法和途径	197
5.2	循环经济模式	202
5.2.1	循环经济的内涵	202
5.2.2	循环经济的特点及原则	206
5.3	玉米深加工生态产业园区	209
5.3.1	生态产业园区构建思路	210
5.3.2	生态产业园区外围企业关系	212
5.3.3	效益分析	212

参考文献 213

1 玉米深加工行业概况

1.1 玉米生产布局的特点

(1) 我国玉米生产总量

我国是玉米生产大国，总产量仅次于美国，多年居于世界第二位。玉米与小麦、稻谷一起构成了我国谷物的三大作物。我国现有六大玉米种植区，分别是东北春播玉米区、黄淮海平原夏播玉米区、西北灌溉玉米区、西南山地玉米区、南方丘陵玉米区和青藏高原玉米区。2008 年我国部分省区玉米产量分布见表 1-1。我国玉米种植的特点是分布广泛又相对集中，以东北、华北和西南地区为主，形成了一个从东北到西南的狭长玉米种植带，这一区域的玉米种植面积占我国总种植面积的 85%，产量占我国总产量的 90%。其中，东北玉米产区、内蒙古和河北北部又占有很大比重。这一片区土壤肥沃，各方面条件优越且与玉米生育期进程同步，玉米种植面积、产量约占全国的 35%。黄淮海玉米区包括北京、天津、河北、山西、山东、河南 6 省市，气候和农田等基本条件较好，产量约占全国的 33%。而近几年来，东北和黄淮海地区玉米种植面积和产量在逐渐增长，西南和其他地区基本稳定或小幅下降。

表 1-1 2008 年我国部分省区玉米产量分布

地区	产量/($\times 10^4$ t)	地区	产量/($\times 10^4$ t)
吉林	2170	内蒙古	1223
山东	1916	山西	752
黑龙江	1612	陕西	471
河南	1581	甘肃	248
河北	1441	其他省份	3229

我国玉米产量 2009 年达 16000×10^4 t，较 2008 年有所回落。从图 1-1 可以看出，2005~2009 年的 5 年间，我国玉米平均年产量为 15374×10^4 t，期间的平均种植面积为 2862×10^4 hm²，平均单产为 5.371 t/hm²。总体来看，我国玉米的

种植面积呈刚性增长趋势，而产量水平和单产于 2009 年出现较大波动。

(2) 我国玉米消费总量

2009 年度我国玉米消费量约为 $14600 \times 10^4 \text{ t}$ 。国内玉米消费主要是饲料和工业消费，相对小麦、稻谷等口粮品种，宏观经济形势对玉米消费影响较大。从图 1-2 可以看出 2005~2009 年期间我国玉米消费量连年增加，年平均消费量约为 $14126 \times 10^4 \text{ t}$ 。受全球金融危机影响，2009 年国内玉米消费量增速有所放缓。

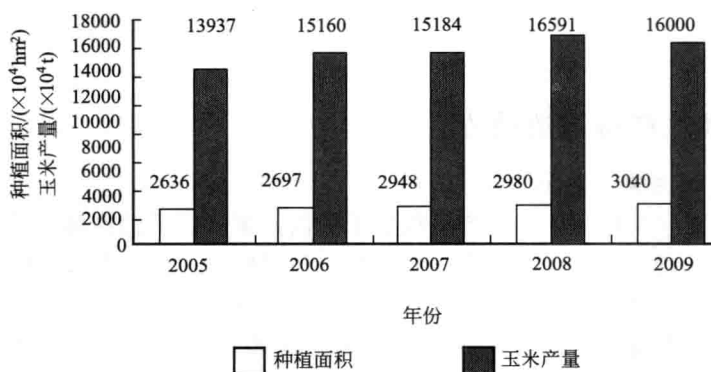


图 1-1 2005~2009 年我国玉米种植面积与产量

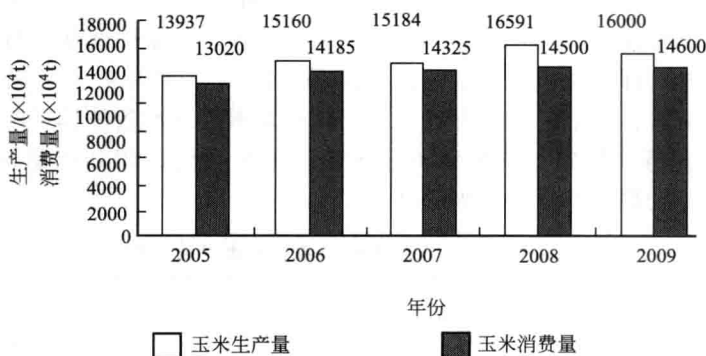


图 1-2 2005~2009 年我国玉米产量与消费量

我国玉米消费主要集中在华北黄淮和东北地区，具有地域性特点。华北黄淮及其以南地区是我国重要的饲用玉米消费区，2009 年左右黄淮地区每年饲料玉米消费量在 $(2000 \sim 2100) \times 10^4 \text{ t}$ 左右，占全国总消费数量的 24% 左右；华东地区 $(1100 \sim 1200) \times 10^4 \text{ t}$ 左右，占全国的 13% 左右；华南地区 $(880 \sim 900) \times 10^4 \text{ t}$ ，占全国的 10% 左右。南方地区随着畜牧养殖业的快速发展，玉米消费量也正逐年增长，且完全依靠外购。但 2007~2009 年间，东北玉米深加工工业发展迅速，

玉米深加工企业逐步由华北黄淮向东北地区转移,东北地区正在成为新兴的玉米消费区,并开始影响我国粮食平衡格局。

玉米消费还具有一定的季节性特征。东北地区玉米每年在4~5月份以后开始进入华北黄淮地区,取代当地玉米的供应主导地位,并在8~9月份时达到高峰,12月份以后东北玉米逐渐淡出当地市场,直到次年的4~5月份。玉米消费的这种季节性特征对我国玉米的总量供需、区域性供需和价格的季节性波动产生一定的影响。若华北黄淮地区从东北地区输入玉米的时间早于正常年份,则说明玉米的区域性供需状况较常年差,价格的波动性也会提高,反之则表明玉米的区域性供需状况较常年好,价格的波动性也就会相应降低。

(3) 我国玉米消费结构

我国玉米消费的主要领域包括食用、饲用、工业加工、种用及其他,近年来的消费趋势具有饲用消费比重下降、工业加工消费比重增长、种用和食用消费相对稳定的特点。2009年我国玉米消费结构见表1-2。

表 1-2 2009 年我国玉米消费结构

用途	消耗量/($\times 10^4$ t)	所占百分比/%
食用消费	1460	10
饲料消费	9198	63
工业消费	3796	26
其他	146	1

2009年度我国玉米消费中食用消费约占10%,饲料消费约占63%,工业消费约占26%。总体来看,饲料消费量保持稳定,但所占比例有所下降,而工业消费量所占比例呈逐年上升趋势。

1.2 玉米深加工行业发展现状

1.2.1 我国玉米深加工行业发展概况

(1) 玉米深加工行业消费量增速渐趋稳定

世界的三大粮食作物之一就是玉米,年总产量大概为 6×10^8 t,美国和中国玉米产量分别占据世界总产量的34%和22%,位居世界第一和第二位。

中国在2003年用于深加工的玉米量是 $(1500 \sim 1600) \times 10^4$ t,约占当年玉米总产量的13%。从现在到2030年,我国的粮食生产量和人均占有量将大幅增长,玉米是未来增长的主要作物,主要用途是用作饲料和工业原料。

从1991年到2004年间,我国玉米工业消费平均的年增长量达到了7.8%,随着我国玉米深加工业产品种类不断增加,产量逐年升高,我国玉米工业消耗会越来越大,我国的玉米深加工行业也获得了飞速发展。

自2000年以来,我国玉米深加工工业呈现快速发展势头,2001年,我国深加工消耗玉米数量约为 $1250 \times 10^4 \text{t}$,2009年我国玉米深加工消耗玉米量为 $3796 \times 10^4 \text{t}$,8年间增加了 $2546 \times 10^4 \text{t}$ 。2007年国家发改委出台促进玉米深加工工业健康发展的指导意见,对新建和改扩建玉米深加工项目实行项目核准制,调整产品结构。

从增长趋势来看,2006年以前为深加工玉米消费量增加最快的时期,年均增幅达36.1%,特别是2005年,深加工工业消费玉米量从2003年的 $2100 \times 10^4 \text{t}$ 猛增至 $3150 \times 10^4 \text{t}$,增幅高达50%。2006年之后,玉米深加工工业消费玉米量开始进入相对稳定的时期,虽然深加工玉米消费数量仍然逐年增加,但增幅已明显下降。2006年深加工玉米消费量增幅为11.11%,较上年度的50%出现较大下降,2007年、2008年继续下降,增幅分别为8.57%和1.32%。这说明随着国家对玉米深加工的限制与引导,严格控制玉米深加工过快增长,使其发展与国内玉米生产能力相适应,国内玉米深加工工业近年来已经出现了相对稳定的态势。

(2) 产业规模不断扩大,行业集中度加速提高

我国玉米深加工企业通过新建、扩建、兼并和重组等方式,推动产业规模迅速扩大,陆续出现了一批大型和特大型深加工企业。以山东、吉林两省为例,其玉米深加工转化能力已分别超过 $1500 \times 10^4 \text{t}$ 和 $1200 \times 10^4 \text{t}$,两省2009年实际转化玉米分别达到 $1000 \times 10^4 \text{t}$ 和 $850 \times 10^4 \text{t}$ 。随着产业规模的迅速扩大,玉米深加工行业的集中度也在不断提高。2009年山东省 $100 \times 10^4 \text{t}$ 加工能力规模以上企业淀粉糖产能达全国的50%以上,玉米味精产能占全国的46%,变性淀粉的规模企业产能占全国的35%左右。

(3) 产业链条不断延伸

经过多年发展,我国玉米深加工产品已达200余种,是我国粮食作物加工中加工链条最长、产品最多的品种。近年我国玉米深加工的产品结构出现了较大变化,从原来主要以淀粉和酒精为终端产品的初级加工为主逐步向精深加工发展,淀粉糖、氨基酸、有机酸、多元醇和酶制剂等产品所占比重不断扩大,产业链不断延伸,资源利用效率连年提高。由表1-3可看出,截至2009年,淀粉类产品(含淀粉糖)约占深加工产品总量的57%,酒精类产品约占总量的29%,另外还有赖氨酸、柠檬酸、味精、玉米油、DDGS等其他产品约占深加工产品总量的14%。

表 1-3 2009 年我国玉米加工业产品结构

产品	所占百分比/%	产品	所占百分比/%
淀粉(糖)	57	柠檬酸	4
酒精(含燃料乙醇)	29	赖氨酸	3
味精	6	其他	1

(4) 产业布局形成

2005~2009年期间,我国初步形成了以玉米主产区为中心的多层次深加工产业布局。深加工产业区域分工基本形成,从产品分布来看,形成了以山东、吉林、河北和辽宁等为主的淀粉及变性淀粉产业群;以山东、河北和吉林为主的淀粉糖以及用作食品配料的多元醇(糖醇)产业群;以山东、安徽、江苏和浙江等为主的氨基酸产业群;以吉林和安徽为主的多元醇、化工醇产业群;以黑龙江、吉林、安徽和河南等为主的燃料乙醇产业群。从地域分布来看,我国深加工业主要集中在东北三省和华北黄淮地区。透过各省玉米实际加工量在全国加工量所占份额来看,以山东和吉林两省所占比例最高,合计约占全国45%。

1.2.2 我国玉米深加工行业存在的问题

我国玉米深加工行业也存在着诸如加工产业链短及产品相对单一,高能源和资源消耗,废弃物排放量大,环境污染严重导致环境治理费用高等问题。玉米深加工行业是一个资源消耗巨大,污染物排放量大,产生严重污染的行业。因为生产过程中,耗用了大量的水来实现玉米组分的分离洗涤,还耗用了大量的蒸汽用于产品的蒸发,大多数的水和蒸汽都未经循环利用即外排,由此产生了大量的高COD废水。此外,该行业的很多企业是生产规模小、生产技术水平落后且能源资源利用率很低的,它们将企业的注意力放在了产品收率上面,忽视了能源的循环利用和资源回收,导致了巨大的末端治理压力,环境影响极大,如果不能得到有效的治理,必将制约该行业的健康发展。

为了实现我国玉米深加工行业的可持续发展,减少玉米工业污染源,需要针对我国玉米深加工行业生产实际情况展开物能代谢和环境污染负荷研究,尽量实现物质的闭合循环,有效利用行业废弃物,从而提高经济效益,减少环境影响,推动行业的循环经济发展。

(1) 深加工玉米消费量增幅过快,超过玉米产量增长

2005~2009年期间,我国玉米深加工转化消耗玉米数量从2005年的 $2932 \times 10^4 \text{ t}$ 上升到 $3830 \times 10^4 \text{ t}$,累计增长30.6%,年均增长6.12%;而同期玉米产量仅增长了14.8%,年均增长率仅为2.96%,远低于工业加工消费增长的速度。加之饲用消费总量连年增加,部分产区已经出现开工不足、原料紧张的倾向。

(2) 产品结构有待进一步调整

“十一五”期间,深加工企业结构调整初见成效,但产品结构依然有进一步优化的空间。目前,深加工企业在控制以玉米为原料的燃料乙醇方面成效较为显著,但对淀粉糖、化工醇等高附加值产品的支持力度仍然有待加强。作为国内深加工行业健康发展的基础,加快调整深加工产品结构势在必行。

(3) 综合加工能力弱,产品附加值低

多数玉米加工企业目前仍沿用传统生产技术,实际玉米综合利用率距离发达

国家有很大差距。深加工产业停留在初级产品加工层面,玉米加工产业链条短,产品附加值较低。初级加工品的价值增值通常只是玉米原值的1~3倍,而精深加工产品的价值增值则能达到几十倍甚至上百倍。以玉米淀粉为例,世界上以淀粉为原料的变性淀粉有200多个品种,而我国只有较常见的工业淀粉、食用淀粉、医用淀粉等,特种淀粉类别很少。

(4) 深加工企业风险防控能力需进一步提高

由于近年玉米原料价格的大幅波动,以及下游产品的价格低迷,极大地压缩了玉米深加工企业的盈利空间,多数深加工企业微利运行或亏损运行。在玉米粮源有限的市场环境下,许多深加工企业不得不提价抢收农民手中的存粮,间接成为推动玉米价格上涨的主要推手。而玉米价格的上涨通常拉动整个食品价格的上涨,造成公众对通货膨胀的预期增强。

现阶段玉米深加工企业普遍缺乏应对原料价格波动的能力,只有为数不多的企业在期货市场进行套期保值来规避风险,因此深加工企业提高风险防控能力的任务十分迫切。

(5) 树立循环经济思维,承担企业公民义务

经过近几年的规范、限制与引导,许多污染严重、设备较差的小企业纷纷关闭或被兼并、重组,生态破坏现象有一定程度改观。但由于玉米深加工企业在生产过程中产生高浓度的有机废水不可避免,污染问题在国内深加工企业中仍然非常严重。国内深加工行业仍需加大投入,采用先进设备与技术,树立循环经济思维,承担企业公民义务。

1.3 玉米深加工品种结构特征

玉米已经成为了粮食作物中加工链条最长、加工产品最多的品种。我国玉米深加工产品已达200多种,其中酒精、淀粉、淀粉糖、变性淀粉、味精、柠檬酸、赖氨酸为最主要的玉米深加工产品。酒精和淀粉类是我国玉米加工产品的主体,2007~2008年淀粉消耗玉米约 $2100 \times 10^4 \text{ t}$,酒精消耗约 $1160 \times 10^4 \text{ t}$,全国玉米需求总量的80%都是由这两部分消耗。但是我国玉米的初级加工产品较多,产品附加值低,而一些科技含量和附加值高的精深加工产品,例如玉米化工醇、聚乳酸类、一些专用变性淀粉等仍然供不应求,需要大量进口。

同时我国对生物化工产品的消费量与国外和其他地区相比仍然有很大差距,市场潜力较大。随着技术的进步和石油市场的变化,高附加值石油替代品的需求还将呈上升趋势,并将加快玉米深加工行业的发展。

(1) 玉米深加工产品种类日趋多样

玉米酒精是我国最古老的玉米深加工产品。玉米淀粉是最早工业化生产的深加工产品之一,20世纪50年代我国就拥有了小型淀粉生产工厂。进入80年代,随着加工技术的进步和市场需求的增長,味精、淀粉糖、变性淀粉行业

逐渐兴起。近年来,我国淀粉糖产业得到继续发展,产品种类更加多样,应用范围也更加广泛;赖氨酸和柠檬酸不但实现了国产化,还成为世界上最大的赖氨酸和柠檬酸出口国,产品出口到诸多国家和地区。为解决陈化粮问题,同时减轻对石油的依赖,燃料乙醇项目也在我国兴起和发展起来,并正向“非粮化”方向转变。

目前,我国玉米加工产品已达到 200 余种,玉米成为粮食作物中加工链条最长、加工产品最多的品种。其中,酒精、淀粉、淀粉糖、变性淀粉、味精、柠檬酸、赖氨酸为最主要的玉米深加工产品。

(2) 初级加工产品居多,精深加工种类少

在我国玉米加工产品中,初级加工产品多,产品附加值低,而一些科技含量及附加值高的精深加工产品仍然产量不足需求。

酒精和淀粉类是我国玉米加工产品的主体,2007/2008 年淀粉消耗玉米约 $2100 \times 10^4 \text{ t}$,酒精消耗约 $1160 \times 10^4 \text{ t}$,两者之和接近全国玉米需求总量的 80%。但玉米化工醇、一些专用变性淀粉等产不足需,仍大量进口。

我国对生物化工产品的消费量远低于国外和其他地区,市场潜力巨大。随着技术进步及石油市场变化,玉米化工醇类、聚乳酸类等高附加值石油替代品的需求还将不断增长,并将推动玉米深加工行业突破发展。

(3) 主要加工产品产能过剩

我国玉米加工业中另一突出问题,就是主要加工产品,尤其是淀粉、食用酒精类产品产能过剩,行业开工率不足;小企业数量多,企业间竞争激烈,正处于行业整合阶段。

1.4 玉米深加工产能布局及企业特征

我国玉米加工企业高度集中于华北、东北玉米主产区。山东、吉林、黑龙江、河南、河北是玉米加工能力最大的省份,这 5 个省份的玉米加工量之和约占全国的 3/4。

玉米深加工企业具有“潮粮采购、潮粮加工”的特点,省去了烘干环节和费用,能够节约可观的成本。因此,布局于东北、华北玉米主产区,不但可以充分发挥其潮粮加工的优势,还可以保障原料来源,降低物流成本。

我国玉米深加工企业特征是龙头企业规模大,占据市场很大一部分份额,技术方面相对小企业而言先进一些,因此我国的玉米深加工企业的加工能力在逐渐由小企业转向大企业,并且产品也出现多元化的趋势。

玉米深加工行业知名企业代表中粮集团、大成生化、山东诸城兴贸、沈阳万顺达、邹平西王、山东鲁洲、陕西国维、山东润生、河北骊弊、山东巨能金玉米是我国玉米加工能力最大的 10 家企业集团,其加工能力之和约占我国玉米加工总能力的 47%。

按国内现有大中型玉米深加工企业的成功经验,主要模式有 5 种,如表 1-4 所列。

表 1-4 目前国内玉米深加工企业经营模式

模式	主要产品	副产品
一	淀粉和各种淀粉糖[麦芽糊精、结晶葡萄糖、不同 DE 的葡萄糖浆及粉末葡萄糖(全糖粉)、果葡萄糖浆、麦芽糖饴、麦芽糖]	玉米油、玉米蛋白粉、纤维蛋白饲料等
二	淀粉糖和糖醇(结晶葡萄糖和山梨醇、麦芽糖和麦芽糖醇、木糖和木糖醇)	玉米油、玉米蛋白粉、纤维蛋白饲料
三	谷氨酸	玉米油、玉米蛋白粉、纤维蛋白饲料
四	柠檬酸	玉米蛋白饲料
五	酒糟	酒糟蛋白饲料

1.5 玉米深加工行业主要生产状况

玉米深加工主要根据其淀粉、蛋白质和脂肪等不同的化学成分进行深加工,如表 1-5 所列。主要有三个层次:第一是加工玉米淀粉、玉米油、玉米蛋白等;第二是以第一层次加工的初级制品为原料进一步加工糖浆、酒精等;第三是把第二层次再加工,加工成还原胶等。玉米深加工行业主要产品和副产品如图 1-3 所示。

表 1-5 玉米的主要化学成分

成分	均值(质量分数)/%	成分	均值(质量分数)/%
淀粉	70	脂肪	4.4~4.7
水分	15	纤维	2~2.8
蛋白质	9.5~10	糖分	2.5
半纤维	5~6	灰分	1.3

玉米深加工行业主要产品可以分为以下几类。

(1) 玉米淀粉

一直以来,我国的玉米淀粉工业发展十分迅猛,据统计到 2008 年我国玉米淀粉产量达到了 $1685 \times 10^4 \text{t}$, 占了淀粉总产量的 93%, 玉米的消耗量为 $2500 \times 10^4 \text{t}$ 。到 2008 年末,我国玉米淀粉出口已达到了 $45 \times 10^4 \text{t}$, 玉米淀粉的生产是我国玉米深加工行业的基础。2009 年,全国玉米淀粉产能为 $2334 \times 10^4 \text{t}$, 全年实现玉米淀粉产量 $1551 \times 10^4 \text{t}$, 其中商品淀粉产量 $963 \times 10^4 \text{t}$, 商品淀粉率为 62.09%, 行业整体开工率为 59.97%。2010 年,全国玉米淀粉产能预计将达到 $2642 \times 10^4 \text{t}$, 较 2009 年增加 $308 \times 10^4 \text{t}$ 。全年产量预计达到 $1757 \times 10^4 \text{t}$, 较 2009 年增加 $206 \times 10^4 \text{t}$ 。其产品主要为以下 3 类: a. 醇类产品, 包括乙醇和玉米

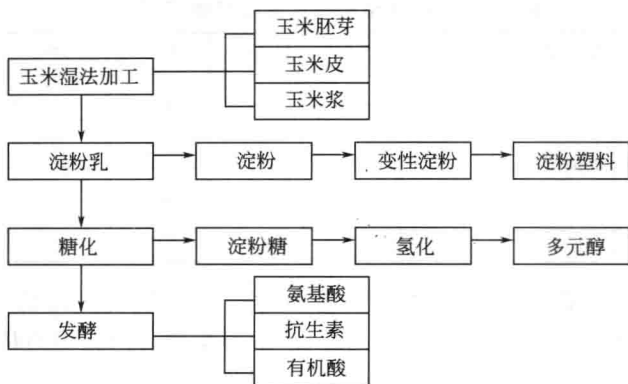


图 1-3 玉米深加工的主要产物与副产物

化工醇；b. 糖类产品，如果葡糖浆、麦芽糖、结晶葡萄糖、葡萄糖浆等；c. 酸类产品，如苏氨酸、赖氨酸等。

淀粉的主要生产原料包括玉米、木薯、马铃薯、小麦等，其中玉米是我国淀粉生产中最主要加工原料，玉米淀粉可占淀粉总产量的 80%~90%。在 100kg 的玉米加工过程中，除了能够产生 66kg 的纯淀粉(76.7kg 的粗淀粉)外，还能产生蛋白粉 6.6kg，玉米油 3.2kg，纤维饲料 24.2kg。

淀粉用途广泛，是食品、能源、纺织、医药等行业的重要原料。淀粉再进一步深加工还可以生产葡萄糖、果酸糖浆、味精、有机酸及化工醇、变性淀粉等产品。生产淀粉糖及味精是淀粉最主要的两大用途，2007 年近 60% 的淀粉用于这两项消费。

我国玉米淀粉产能主要集中在山东、吉林、河北三省(见图 1-4)。全国产能 $10 \times 10^4 \text{t}$ 以上的淀粉生产企业约 32 家，产能合计约 $1200 \times 10^4 \text{t}$ ，而这三省产能之和就占全国的 85%。从表 1-6 中可看出，我国玉米淀粉产能明显集中在东北及华北玉米主产区，其中东北地区 $758 \times 10^4 \text{t}$ ，占 30%，华北产区 $979 \times 10^4 \text{t}$ ，占 39%。

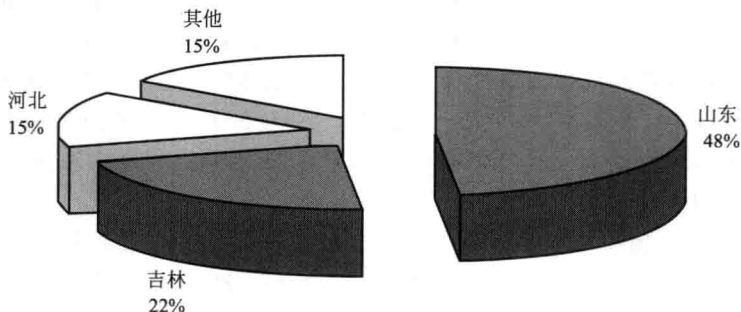


图 1-4 万吨以上淀粉生产企业产能布局

表 1-6 2009 年全国玉米淀粉产能/产量分布

地区	东北(黑、吉、辽、内蒙古)	华北(鲁、冀、晋)	华中(豫、苏、皖)	西北(陕、甘)
产能/($\times 10^4$ t)	758	979	232	267
产量/($\times 10^4$ t)	509	561	131	159
厂家数量/个	45	91	21	24
所占比例/%				
产能	30	39	9	11
产量	33	36	9	10

从表 1-7 中可看出, 淀粉消费量最大的省份是广东, 月消费量超过 10×10^4 t, 其次是山东, 接近 10×10^4 t。浙江、四川及重庆的淀粉消耗量增长速度较快, 尤其是浙江省, 杭嘉湖造纸基地淀粉需求潜力极大。

表 1-7 2009 年全国淀粉消费量分布

地区	广东	山东	浙江	四川、重庆	江苏	福建	河南	陕西
月淀粉用量/($\times 10^4$ t)	11.27	9.31	6.47	5.61	4.67	4.48	4.40	3.58
地区	辽宁	湖南、湖北	京津	黑龙江	江西	吉林	内蒙古	山西
月淀粉用量/($\times 10^4$ t)	3.33	2.00	1.91	1.86	1.41	1.34	1.11	0.84

(2) 淀粉糖类

包括低聚糖、麦芽糖等众多糖类, 与其他淀粉糖相比, 玉米淀粉糖具有成本低、副产品多、效益高等优点。其中麦芽糊精具有增加食品韧性、降低食品和糖果甜度的特点, 并能够减少龋齿的发病率, 对肥胖症、高血压、糖尿病有很好的作用。麦芽糖即饴糖, 已经研究出用玉米和大米共同生产麦芽糖的技术。功能性低聚糖多用于功能饮料中, 此产品在国外销量大, 是未来我国人民提高身体素质和营养水平的必需物质。

淀粉糖是产量最大的一类淀粉深加工产品。淀粉糖分液体淀粉糖和固体淀粉糖, 液体淀粉糖包括葡萄糖浆、麦芽糖浆、含 42% 果糖的果葡糖浆和含 55% 果糖的高果糖浆; 固体淀粉糖主要有结晶葡萄糖、麦芽糊精及多元醇等。

我国淀粉糖产品形态以液体为主, 2007 年液体淀粉糖的产量比重约为 55%。在液体淀粉糖中, 麦芽糖浆所占比重最高, 约为 38%; 其次为果葡糖浆和葡萄糖浆。在固体淀粉糖中, 结晶葡萄糖仍然是主导品种, 产量比重达到 17%; 其次为多元醇和麦芽糊精。

2009 年, 全国淀粉糖产能为 1298×10^4 t, 全年实现产量 818×10^4 t, 其中麦芽糖浆产量 385×10^4 t, 果葡糖浆产量 115×10^4 t, 结晶糖产量 240×10^4 t, 糖醇产量 78×10^4 t, 行业整体开工率为 63%。2010 年, 全国淀粉糖产能将达到 1420×10^4 t, 较 2009 年增加 122×10^4 t。预计全年产量会达到 900×10^4 t, 较