

玉米深加工产业的循环经济模式研究

王 红, 汤 洁, 王 筠

(吉林大学环境与资源学院, 吉林 长春 130012)

摘要: 玉米深加具有典型的替代能源及循环经济特征。目前玉米深加工行业面临的资源短缺和环境污染的双重制约。从促进经济与环境协调发展的角度, 结合玉米深加工产业发展及环境治理现状, 对玉米深加工产业的循环经济模式——玉米深加工生态产业园区建设进行了探索。通过对玉米深加工生态产业园上下游原料产业链的延伸、各环节废物的资源化分析、能源与水资源回收利用的设计和生态产业园区外围企业关系的研究, 结果表明, 通过实施清洁生产和延长产业链, 构建闭合循环的玉米深加工生态产业链条, 可实现资源、能源的有效节约和副产品、废弃物的综合利用, 具有相应的环境、经济和社会效益, 在增强企业绿色竞争力的同时可促进玉米深加工产业的可持续发展。该模式对吉林省及同类地区玉米深加工产业的可持续发展有指导和借鉴意义。

关 键 词: 玉米深加工; 生态产业园区; 循环经济模式

中图分类号: X 792 文献标识码: A 文章编号: 1000-0690(2007)05-0661-05

玉米不仅是世界三大粮食作物之一, 更是大宗谷物中最适合作为工业原料的品种。中国的玉米年总产量约 1.2 亿 t, 占世界总产量的 22%, 位居世界第二位。其中 50% 左右用作饲料, 10% 左右用作食用, 只有 40% 左右用作工业原料^[1]; 而与之相比, 作为世界上最大的玉米生产国和深加工国的美国, 其 90% 以上的玉米均经不同程度的加工和深加工开发, 用作工业原料和饲料^[2]。在世界范围内, 玉米深加工已经受到普遍重视, 并形成了一个日益庞大的产业。而中国的玉米深加工起步至今不到 20 年, 目前正处于高速成长期。随着中国农业结构从“平面式”的适应性调整向“立体式”的战略性调整转变, 关联农业和工业的玉米加工业其地位作用日趋凸现, 显示出强大的市场潜力和广阔的发展空间^[3]。

国内外玉米深加工发展的成功经验显示: 玉米加工业产业空间大, 产业链条长, 是具有联动效应、集聚相应和增值效应的“黄金产业”。作为整个玉米产业体系的中间环节, 其发展不仅对玉米产业的产业结构、产品结构和技术结构调整具有重要的导向作用, 而且对实现玉米多层次开发、多品种加工、多方面综合利用, 实现玉米增值, 合理利用资

源, 具有重要的意义。尤其是随着当前国际石油价格波动及能源短缺状况的日益加剧, 玉米因其丰富的产出、广泛的用途和可再生资源的优势而受到广泛关注。以玉米进行精深加工, 生产化工原料, 具有典型替代能源的概念, 已经成为目前的一种发展趋势。

与此同时, 随着玉米深加工技术的发展, 终端产品深加工转化的生产过程越来越复杂, 在其产品附加值随转化的次数增多而大幅跃升的同时, 其生产过程产生的环境问题也日益突出。尤其在中国, 由于玉米的深加工利用的关键工艺、主要设备和整体技术较发达国家相比仍十分落后。整个行业小型分散加工企业占据主要地位, 规模化企业所占比例低。从而导致目前国内玉米深加工普遍存在的问题是: 初级加工产品多, 产业链较短; 技术经济指标落后, 清洁生产程度较低, 资源利用率低, 资源依赖严重(高能耗、水耗), 副产品回收及综合利用途径有限; 环境治理费用较高, 综合经济效益较差。通过对吉林省几家玉米深加工企业统计估算, 以淀粉生产计算吨产品耗新鲜水约 $6.0 \text{ m}^3/\text{t}$ 产品、耗蒸汽 $4.0 \text{ t}/\text{t}$ 产品、耗煤 $0.8 \text{ t}/\text{t}$ 产品、排水 $4.0 \text{ m}^3/\text{t}$ 产品, 热能回收效率低, 同时, 随着高温干燥尾气

收稿日期: 2006-12-13 修订日期: 2007-04-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(40571041)资助。

作者简介: 王 红(1968-), 女, 安徽灵璧县人, 博士研究生, 研究员, 主要研究方向循环经济、环境规划、环境影响评价。E-mail wanghong608@126.com

外排的异味气体污染严重。以吉林省榆树市第一淀粉厂为例,该厂年加工能力为40万吨玉米,每天排放废水总量为120 t,其中生活污水13 t,生产污水57 t,生产废水50 t。假设吉林省各生产玉米淀粉企业均具有与该淀粉厂相应的先进生产工艺,按照2001年的生产规模估算,每年吉林省玉米淀粉生产企业排放的废水总量就将达到17.4万 t^[3]。

中国目前已经步入资源需求量上升最快的工业化中期阶段。在经济的持续发展中,资源供应形势全面偏紧,工业化高速成长对环境造成了极大的压力。因此,实施可持续发展战略,在推进工业化过程中努力应对资源和环境的挑战,显得特别紧迫和重要。作为中国农业产业化重点之一的玉米加工业,一方面,其发展面临耗粮、耗水和产生有机污染等资源节约和环境保护问题;另一方面,其具有扩展弹性的产业链条为其与其他相关产业耦合构成生态产业链条提供了空间和可能,因此研究玉米深加工产业的循环经济模式,有效集成和利用生产过程中的副产品和废弃物,对促进玉米深加工产业的持续健康发展以及经济与环境的协调发展具有相应的现实意义。

1 循环经济模式及其基本原则

1.1 循环经济模式

循环经济(Circular Economy),其实质是在可持续发展框架下将自然生态系统的循环理论应用于人类-环境系统中,通过模拟自然生态系统的运行机制,意图构建出一个人类-环境的平衡系统^[4]。目前,循环经济已经分别在物质生产和社会生活领域形成了人类与环境协调的两种关键性思路,从而在整体上将生产和消费纳入可持续发展的框架中^[5]。与传统的可持续发展实践相比,循环经济关注的不再是对人类活动造成的生态后果的修补,而是创造性的将人类-环境系统运行机制本身纳入研究视野,因而被当前国际社会视为实现可持续发展的有效载体。

与国外相比,在中国,循环经济发展的核心内容为产业生态化,即通过产业生态重组和转型为核心的产业生态化建设,促进传统产业系统向着产业生态系统演变,进而带动提升整个经济体系结构的生态化高度与系统质态^[6]。具体来看,其倡导的是在按照自然生态系统中物质循环共生的原理来设计物质生产体系,通过废弃物交换和使用,将不

同企业联系在一起,使物质和能源在不断进行的经济循环中得到合理和持久的利用,以期最大限度的实现低投入、高效率 and 低排放的经济发展,也即生态产业园区的构建。

1.2 生态产业园区

生态产业园区(Eco-industrial park, EIP)是目前国际社会在生产领域推行循环经济的主要模式。其被视为一个由制造业和服务业企业组成的企业生物群落,园区中企业通过在包括能源、水和原材料等基本要素在内的环境与资源方面的合作和管理,形成绿色供应链。供应链中上游企业的产品应是供应链中下游企业的原材料,或一家企业的废弃物可以做另一家企业的原料或能源,而生态产业园区中的每一家企业应尽可能的推行清洁生产,以此来实现环境与经济的双重优化和协调发展,最终使该企业群落寻求一种比每个公司个体效益之和多得多的群体效益^[7]。

1.3 循环经济的基本原则

循环经济是运用生态学规律来指导人类社会的经济活动,是以资源的高效利用和循环利用为核心,遵循“减量化、再利用、再循环”为基本原则实施生产,即减少资源利用量及废物排放量,大力实施物料的循环利用,以及努力回收利用废弃物^[8],以尽可能少的资源消耗和尽可能小的环境代价实现最大的发展效益。减量化原则针对的是输入端,旨在减少进入生产和消费过程中的物质和能源流量;再利用原则属于过程性方法,目的是延长产品和服务的时间强度;资源化原则是输出端方法。它能把废弃物再次变成资源以减少废弃物的最终处理量,也就是即通常所说的废品回收利用和废物的综合利用。三大原则在循环经济中的重要性并非并列的关系,循环经济不能把简单地等同于废弃物资源化。循环经济的根本目标是要求在经济流程中系统地避免和减少废物,废物再生利用只是减少废物最终处理量的途径之一。

2 玉米深加工生态产业园区

玉米深加工是指以玉米为原料经过若干加工工序转化为在各个工业领域以及生活中应用的各类轻工产品的过程,有别于那些经简单加工而成为使用粮和饲料的过程^[9,10]。

玉米经不同的生产方法和工艺进行深加工,可生产出成千上万种产品,其用途遍布各个领域。目

前,伴随着科技的不断发展,以生物能源、生物化工和生物原材料为方向的玉米深加工产业得到了快速发展,已开发出来的玉米深加工产品多达几十类、数千个品种。如醇、多元醇、氨基酸、变性淀粉、抗生素、薄膜、塑料等。每一品种都可形成产业链,每一条产业链都牵引着一个大产业。其中,食品饮料用高果糖浆和汽车用燃料酒精是目前玉米深加工的两大支柱产业。同时,造纸用变性淀粉、淀粉降解塑料和超级吸水剂等,已形成工业规模,加工技术正在向深层次发展。随着玉米深加工技术的发展,玉米深加工产品种类越来越多,应用范围越来越广,而且深加工最终产品的生产过程越来越复杂,已不仅仅局限于一、二次的深加工转化。

2 1 生态产业园区构建思路

以玉米深加工为核心的生态产业园区设计的总体思路是以现有玉米深加工装置为基础,进行产业链延伸。建立上游原料生产企业,对下游副产品进行综合利用,对热能进行回收,废水深度处理后进行循环回收,由此建立的以玉米深加工生态产业园区为核心的循环经济发展模式,如图 1 所示。

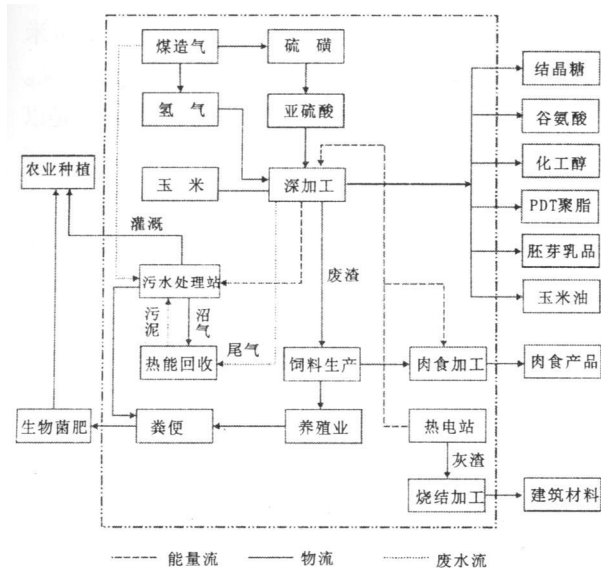


图 1 玉米深加工生态产业园区内生态产业关系

Fig 1 Eco industrial network of corn advanced processing EIP

2 1 1 上下游原料产业链的延伸

玉米深加工产业所需的原料主要有液氨(生产氨基酸)、硫磺(制备亚硫酸,浸泡玉米生产淀粉)、氢气。这三种原料需求量较大,可以联合建设合成氨厂,自行生产液氨,多余的氨可用来生产

尿素等,合成氨厂的副产物硫磺可用到玉米淀粉生产过程中的浸泡液配制、采用煤造气制氢、副产氮气回收、硫磺回收、固废综合利用、热能回收利用。

生物有机复合肥料是绿色食品生产的主要肥料。随着绿色食品生产规模的扩大,生物有机复合肥料需求量逐年增加,市场前景看好。它采用畜禽粪便、玉米深加工过程产生的废渣、废液及作物秸秆通过微生物发酵技术生产,含有作物生长所需要的营养要素和生长调节要素,在生产和使用过程中无任何环境污染,可保证生态农业的良性循环。

玉米胚芽乳粉系列产品加工项目以生产淀粉的副产品玉米胚芽为主要原料,采用高科技技术,生产玉米胚芽乳粉、玉米胚芽乳饮料和玉米高纤维食品。产品填补国内空白,其经济效益比传统工艺加工的产品提高 8 到 10 倍。并可获得显著的社会效益和环境效益。

该类园区建成后,粉煤灰产生量很大,可自行建设建材厂,利用燃煤锅炉炉渣制建筑材料。据调查,国外很多的工业园在处理电站灰渣是均采用加入石膏制作板材方法,目前已有较为成功的案例,如最早的生态产业园——丹麦的卡伦堡(Kalun-borg)的共生体系,美国的俄克拉何马州规划中的 Brownsville 生态产业园区,均可提供借鉴。

2 1 2 各环节间的废物资源化分析

合成氨厂的产品液氨可供给玉米氨基酸生产作为原料,副产品硫磺可作为硫酸厂原料,氢气可用作山梨醇生产过程中加氢工艺的原料,玉米深加工过程产生的废渣可用于饲料生产,加工生产的饲料用于养殖业,养殖业产生的粪便可生产生物菌肥进而用于周围农田作肥料。

自备电站产生的灰渣可以用于生产建筑材料,锅炉烟气中排放的二氧化硫在技术成熟的条件下可以用于硫酸厂作为生产原料,经污水处理站处理达标后的污水可用作农田灌溉,沼气可用于职工生活区作燃料,污泥用作肥料投入农业生产。

2 1 3 能源与水资源的回收利用

目前大多数高温副产品的烘干尾气均直接外排,不仅浪费了热能,而且大量水蒸汽和异味气体也随之排出,对此可采用低位能源设备进行热能回收,用以进行副产蒸发浓缩。在此工艺中要加大对水的循环套用、重复利用以及处理达标后的中水回用,根据玉米深加工企业的实际用水状况,中水回用率应该达到 50% 以上。

2 2 生态产业园区外围企业关系

以玉米深加工为核心的生态产业园是以玉米深加工产业系统为核心的生态产业系统链,而周边的农业区作为园区外的一个系统,其承担的主要分工是供应园区内的玉米原料。玉米深加工后剩余的残渣和生产废料可加工制成饲料和肥料,用于周边农业生产,在减少废物排放的同时,促进了生态农业的发展。自备电站的燃煤炉渣可用于建筑材料的生产。园区内的污水及区内职工生活区的生

活污水,排放到污水处理厂进行集中处理,处理后的污水可适当作为非饮用水回用或作为农田的灌溉用水。动物排泄物和其他肉食加工的废弃物可用作有机肥或沼气发酵,产生的沼气用于发电或职工生活能源。

2 3 效益分析

玉米深加工生态产业园区循环经济模式建立后,以 60万 t/a玉米深加工企业进行核算,其经济效益、环境效益及社会效益如表 1所示。

表 1 玉米深加工生态产业园区效益分析表
Table 1 Benefit analysis on EIP of com advanced processing

效益	副产出售	节能(水煤)	节省排污费
经济效益(万元/a)	2100	1800	150
环境效益	减少排污的同时,可通过低位能源回收,降低异味气体		
社会效益	资源能源节约,提高公众对玉米深加工企业满意度		

3 结 语

玉米作为可再生的工业原料和能源资源被誉为“软黄金”,作为大宗农产品,具有多次加工增值的潜力。同时玉米加工业与其前期和后期活动的依赖性高,产业关联度大,而在当前的技术水平下,其发展产生的环境影响严重。因此,综合来看,玉米深加工产业极具发展循环经济的潜力和需求。玉米深加工生态产业园区是在玉米深加工产业中推广循环经济的一种有效模式。以玉米深加工产业为研究对象和试点,探讨玉米深加工产业的循环经济模式,不仅可以不断发展壮大和延伸玉米产业链条,扩大农村非农产业的发展空间,为农民分享加工流通环节的收益创造机遇,更为重要的是以循环经济和产业生态思想指导的玉米深加工产业的发展将引导该产业在高速增长长期走上经济与环境协调发展的可持续发展之路。

吉林省位于世界“三大黄金玉米带”之一的核心区,是中国第一大玉米主产省,被誉为中国的“玉米之乡”。玉米的种植业和加工业一直是吉林省的支柱产业之一,并已建有亚洲最大的玉米综合加工企业群。因此,玉米加工业一直在吉林省经济发展过程中扮演着重要角色。同时,吉林省更是国家首批批准建设的生态省,大力推行生态经济和循环经济,树立以绿色优质资源、绿色产业群、生态城市群为主要特征的吉林省绿色产业大省形象是吉林省一以贯之的重要政策。因此,以吉林省作为案

例和试点探讨和推行玉米深加工产业的循环经济模式将在未来吉林省“玉米经济”发展过程中将显示出难于计量的经济、环境和社会效益。同时,辽宁和内蒙古等许多地区也已经将玉米深加工工业确定为地区支柱或重点产业,该模式具有产业扩展的弹性和区域推广的借鉴性,因此对不同地区的玉米深加工产业的可持续发展均具有积极的现实意义。

总体来看,玉米深加工生态产业园区建设是以生态产业和循环经济为理念,通过企业间物质、废水、能量和信息的集成,使园区内的企业形成一个共生的系统,并与区外的相关企业建立起物质、能量、信息交换的网络系统,重视废弃物的回收、利用,提高资源和能源的利用率,减少废弃物的排放,减轻污染,增强玉米深加工企业在市场中的竞争力,从而促进和带动企业及其所在区域经济、环境和社会的协调与可持续发展。

参考文献:

[1] 王江,谷凤久,景波,等.国内外玉米加工产业发展比较研究[J].经济视角,2005,2:32~34
[2] 刘娟.吉林省玉米加工业效益分析[D].硕士学位论文,长春:吉林农业大学,2003 6:4
[3] 顾莉丽.吉林省发展玉米加工业的研究[D].硕士学位论文,长春:吉林农业大学,2004 6:1,30
[4] 王曦,富若松.产业系统生态化——现代企业之可持续发展道路[A].冯之浚.中国循环经济高端论坛[M].北京:人民出版社,2005 3:240
[5] 黄贤金.循环经济:产业模式与政策体系[M].南京:南京大学出版社,2004 12:2~3

[6] 张天柱. 循环经济建设重在工业生态化 [J]. 浙江经济, 2004, 19: 20~ 21.

[7] 韩 良, 宋 涛, 佟连军. 典型生态产业园区发展模式及其借鉴 [J]. 地理科学, 2006, 26(2): 237~ 243.

[8] Ernest A. Lowe 耿 勇. 工业生态学和生态工业园 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003 10: 28.

[9] 李新华, 李泉木. 我国玉米深加工产业的现状、存在问题及其解决对策 [J]. 沈阳农业大学学报, 1999, 30(2): 137~ 139.

[10] 龙振永, 汤 洁, 曹 孟. 吉林省玉米产业可持续能力评价研究 [J]. 地理科学, 2007, 27(2): 107~ 172.

Circular Economy Models of Corn Advanced Processing Industry

WANG Hong TANG Jie WANG Jun

(College of Environment and Resources Jilin University, Changchun, Jilin 130012)

Abstract Corn advanced processing has the typical characters of alternative energy and circular economy. With the transform of agricultural structure from adaptable adjustment to strategic adjustment, advanced processing industry of corn that connects agriculture and industry has displayed great marketable potential and vast development space. A lot of successful experiences all over the world have proved that advanced processing industry of corn is “golden industry” that has related effect, collected effect and increased effect. But currently advanced processing industry of corn is restricted by both resources scarcity and environmental pollution. In terms of promoting the coordinated development of economy and environment as a circular economy model of corn advanced processing industry, to build EIP of corn advanced processing industry is probed into in this paper; in combination with the development actualities and environmental pollution control status in this industry. The analysis results indicate that effective saving of resources and energy and comprehensive utilization of by-production and waste can be gained by designing closed-circuit eco-industrial chains of corn advanced processing industry by means of practicing cleaner production and extending of industrial chain. The study of circular economy model of corn advanced processing industry can promote the sustainable development of corn advanced processing industry while increasing green competition ability of enterprises engaged in corn advanced processing which makes environmental, economic and social benefits. Jilin Province is a hometown of corn in China. And fortunately it is one of the “three golden belts of corn” in the world. Advanced processing industry of corn is one of the pillar industries of Jilin Province, so this study makes great sense to the sustainable development of corn advanced processing industry in Jilin Province and it can be use for reference to the same industry in other region.

Key words corn advanced processing; eco-industrial park; circular economy models