

随着经济发展、人口剧增以及人类生产生活方式的所谓“现代化”，CO₂等温室气体的排放量愈来愈大，温室效应日益严重，全球屡屡出现灾难性气候变化，已经严重危害到人类的生存环境及健康安全，农业生产受到的危害尤为严重。例如，早在2003年湖北省武汉市约27万公顷水稻受高温危害，占水稻总面积近50%，空粒率平均约40%，严重的达90%，损失惨重。中国农科院农业与环境可持续发展研究所的有关研究指出，温度升高、农业用水减少和耕地面积下降会使中国2050年的粮食总产水平较2000年的5亿吨下降14%-23%。另外，气候变暖会使病虫害存活范围更广，活跃时间更长，加剧病虫害扩散；气候变化还会加速土壤退化、侵蚀和盐渍化，削弱农业生态系统抵御自然灾害的能力。为此，本文认为，必须面对农业生产的威胁与挑战，从农业特点出发，发展低碳经济，推进我国现代农业发展。

一、低碳经济与低碳农业

2003年2月24日，英国政府在《我们能源的未来：创建一个低碳经济体》白皮书中首次提出“低碳经济”理念；2009年底的哥本哈根会议，使“低碳”理念走入寻常百姓视野，在未来的经济发展中，低碳经济有可能成为全球经济发展模式。

何谓低碳经济？目前国内外对此没有统一的定义和认识，基本都是从能源结构、技术创新、经济发展方式、资源利用模式等角度去分析和探讨。其实，低碳经济从根本上来讲，是自然规律和经济规律相结合的一种经济发展模式。它是一种建立在物质循环和碳平衡理论的基础上，定量分析人类活动的碳排放水平，明确人类发展每个阶段的碳约束水平，进而保障人类发展过程中实现经济、社会 and 环境的协调发展，提高全人类的社会福利水平。低碳经济的实质就是要实现能源高效利用和新能源的开发，核心是清洁能源技术的应用和发展以及相应的制度创新，在能源利用、环境保护和经济发展之间寻求一种生态平衡。具体来讲，低碳经济包括三个方面的特征。

第一，低碳经济的核心是降低碳排放，所以，改变能源结构、使用清洁能源是低碳经济发展的关键。目前人类的经济发展模式基本上是基于化石能源的，而过度依赖化石能源，直接导致人类在生产、生活等方面都引发碳的高排放，改变了自然环境，进而影响了人类的未来发展。因此，发展低碳经济，必须进行能源替代、发展低碳能源和无碳能源，实现经济发展的碳脱钩。

第二，低碳经济的初级目标是实现低能耗。受目前技术发展水平的制约，人类是无法摆脱化石能源的，所以，发展低碳经济必须降低单位能源消费量的碳强度（碳排放量），通过碳汇储存行为，控制人类二氧化碳排放量的增长速度。同时，在个人生活方式上，必须改变人类的高碳消费倾向，减少化石能源的消费量，降低人为碳通量，实现低碳生活模式。

第三，低碳经济的最终目标是追求可持续发展，实现人类福利水平最大化。人类的可持续发展必须建立在保护地球生命支持系统、维持生物圈的可持续性和维持生态系统服务功能可持续性的基础上。也就是说，人类社会的可持续发展从根本上取决于自然生态系统及其服务的可持续性。因此，发展低碳经济，必须深入理解和分析自然资本的价值所在。避免损害自然生态系统服务功能的短期行为，实现生态系统的保护，协调经济发展中的效率和公平问题，实现经济系统和自然系统之间的良性互动，最终实现人类的可持续发展。

因此，低碳经济必须遵循自然规律，如热力学第一、二定律，环境容量，物质平衡等。同时还要遵循经济规律，如供求规律、边际效用理论、资源稀缺性等。低碳经济必须减少二氧化碳的排放量，实现能源高效利用、清洁利用和低碳甚至无碳能源开发，变革人类生产、生活方式，是一种人类由高碳能源向低碳能源过渡的经济发展模式，最终目标是建立人类生态文明发展模式。

低碳农业是以低消耗(能源、资源)、低污染(环境、产品)、低排放(废弃物、CO₂等温室气体)为基础的现代农业，实质是能源和资源利用高效率 and 清洁能源结构以及清洁生产问题，核心是能源和资源利用技术创新、制度创新和人类发展观念的根本性转变。

在现实中，农业中的碳排放量也是非常大的，因为农业在农用化肥的使用、农业机械的发展和利用、农业废弃物的处理和利用、农产品的加工和流通等方面，都需要耗费能源。而目前的技术水平决定了农业生产过程中使用的能源也基本为化石能源，形成了高碳农业发展模式。因此，发展低碳农业的核心是重视农业多功能性，实现农业发展中的低能耗、低污染和低排放。

农业生态系统是人类有目的地利用生物与非生物环境之间、生物种群之间的相互作用规律，建立合理的生态系统结构和高效的生态机能，进行物质、能量循环和信息传递以及按照人类需求进行物质生产的综合体系，它具有自然和人工生态系统的特征。具体来说：

首先，农业生态系统属于一种半自然生态系统服务功能，因此，它也具有自然生态系统服务功能的两个特征。一是整体有用性。就是说生态资源的使用价值是各个组成要素综合成生态系统之后，才能发挥出来的有用性。二是用途多样性，就是指农业生态系统的服务功能是多样化的，只有发挥作用的大小之分，即效用是多样化的。

其次，农业生态系统又是一种人工和自然相结合的生态系统，因此，它在提供的服务功能方面存在着自身的特征，主要有六个方面。一是相对于自然生态系统来说，农业生态系统服务功能具有更强的空间固定性。农业生态系统服务功能随着栽培方式、耕作制度以及季节的变化而变化，具有明显的时空限制。农业生态系统的使用价值只能在相应的可影响范围内发生作用，通常仅在一个较小空间尺度和有限时段内有效提供某种生态系统服务功能。二是农业生态系统受人为影响更大。农业生态系统的人工特征，决定了其提供服务功能的能力高低与人类农业生产方式、投入水平和管理水平密切相关。三是农业生态系统服务功能的多样化



不及自然生态系统。农业生态系统主要提供人类所需的产品，其他形式的服务功能是农业生产的外延。四是农业服务功能的效用边界更易界定，具有某种程度上的私人物品特性。农业区域以及农业生产类型都是由人类决定的，因此，其提供的服务功能具有明显的区域特点，其效用边界更易确定，不同于自然生态系统提供的服务功能，具有明显的非排他性和非竞争性。五是农业服务功能具有易变性和脆弱性。农业生态系统是人工和自然相结合的系统，其服务功能的持续有效性和人类需求密切联系，农业生态系统运行要遵循自然生态规律和服从社会、经济的共同需要，因此，为获得最多的符合市场需要的农产品和最大的经济效益，农业生态系统结构及生态过程的变动性远高于自然生态系统。同时农业系统主要由一个或少数几个作物种群及田间相关生物构成，营养结构简单。这种易变性和单一作物模式导致农业生态系统对人类管理活动的依赖性很大，因此，它不可能像自然生态系统一样，长期有效地提供服务功能，具有明显的脆弱性。六是负面影响更为直接和广泛。农业生态系统服务功能更易受到人类干预和影响，一旦人类干预过度或者出现问题，其负面影响要远大于自然生态系统，农业生态系统面临的社会、环境和经济问题更为复杂和困难，其影响更为直接和广泛。

总之，农业生态系统是人类为了满足生存需要，积极干预自然，依靠土地资源，利用农田生物与非生物环境之间以及农田生物种群之间的关系来进行人类所需食物和其他农产品生产的半自然生态系统，是一个在人类参与及主宰下，由社会、经济和自然结合而成的。具有多种经济、生态、社会功能和自然、社会双重属性的复合生态系统。因此，维护和改善农业生态系统服务功能，实现农业发展过程中经济、社会 and 环境的协调发展是现代低碳农业的目标。

二、发展低碳农业是我国 建设现代农业的最终方向

农业是国民经济的基础产业和战略产业。但对自然资源和环境依赖性很强。近几十年来，各国靠高碳农业迅速增加了粮食和农产品供给。如不断开垦农田、连片种植、扩大耕地面积，大量使用化肥、农药、农业机械、除草剂、兽药、设施等工业化产品，但同时也带来温室气体排放过大，自然植被、森林、湿地、草原以及生物多样性减少、环境污染严重等环境问题。

2009年9月22日。胡锦涛主席在纽约出席联合国气候变化峰会发表重要讲话并做出重要承诺：一是加强节能、提高能效工作，争取到2020年单位GDP的CO₂排放比2005年有显著下降；二是大力发展可再生能源和核能，争取到2020年非化石能源占一次能源消费达15%左右；三是大力增加森林碳汇，争取到2020年森林面积比2005年增加4000万公顷，森林蓄积量比2005年增加13亿立方米；四是大力发展绿色经济，积极发展低碳经济和循环经济，研发和推广气候友好技术。我国政府明确提出：到2020年我国单位GDP的CO₂排放比2005年下降40%-45%并作为约束性指标纳入国民经济和社会发展中长期规划。¹²¹

我国是人口大国和发展中国家。为彻底解决温饱问题和满足人们日益增长的物质文化生活需要，确保社会稳定，决不能以降低农业单产、农民人均收入或减缓农业和农村经济增长来实现温室气体减排目标，但发展低碳农业势在必行。只有通过技术推动、组织经营、产业集群、市场拉动、政策保障，才能大力推进低碳



农业发展。可以说。低碳农业为落实科学发展观，建设资源节约型和环境友好型农业生产体系。推进现代农业建设，实现人与自然和谐、农业可持续发展提供了可操作性的诠释。以农业多功能为核心的低碳农业具有下列特征：

第一。实现经济规律和自然规律的统一。以农业多功能为核心的低碳农业。必须在符合经济规律的基础上。遵循生态平衡自然规律的要求。实现经济、社会和环境的和谐统一。低碳农业一方面遵循农业生态经济系统承载能力有限性的特点。合理适量地采用经济、技术措施，维护农业生态系统的正常经济运行。另一方面，根据农业生态系统的需要，合理投入各种资源和能源，实现资源和能源的循环高效利用。保护自然生态系统。

第二，完善以农业为核心的产业链。农业多功能性。随着现代科技和经济的发展，农业与其他部门的结合空前紧密，迅速形成互进互动的一体化生产体系，进而使得农业和其他产业联系更加紧密，形成良性循环。

第三，低碳农业的多目标性。由于农业提供的产品和服务种类越来越被公众认可，农业生产方式的绿色化，农业投入资源越来越高效，进一步提高了农产品和服务的经济价值，同时现代循环农业又形成了较高的生态和社会效益。因此，现代低碳农业的整体收益较之传统农业收益来说，整体效益迅速提高，满足社会、经济和环境目标需求。

从低碳农业应具有的特质出发，我国发展低碳农业要注重以下环节：首先必须调整农业产业结构，淘汰农业生产过程中的落后技术，积极进行规模生产，同时延长农业产业链。实现农业生产过程中的碳平衡。其次，积极调整农业生产中的能源结构。能源开发深度和能源利用效率是现代低碳农业发展水平的重要标志，所以说，发展低碳农业既要充分进行生物质能源等可再生能源的研究和开发。又要充分进行风能、地热能、水能等低碳能源的研究和开发，最终实现农业生产过程中的低能耗、低污染、低排放，获取社会福利最大化。第三，积极进行科技创新，改进传统工艺，优化农业生产工艺路线，采用新型技术，耦合农业产业链，开发二氧化碳的捕集技术，深入利用农业生态系统服务功能进行碳储存和碳循环利用。第四，农业废弃物的循环利用。随着我国农业生产的发展，农业中的废弃物已经成为一个不容忽视的问题，因此，在发展现代低碳农业的过程中，必须使农业废弃物资源化，实现循环利用，只有这样才能节约农业生产中的能源使用，提高资源利用效率，减少二氧化碳排放量，实现农业生产的规模化、现代化和无害化。第五，积极进行制度创新，保障低碳农业的发展。通过政府、行业指导和相关法律制度的完善，引导和影响农业参与主体的行为，推动现代低碳农业的发展。

低碳农业的发展，利于缓解我国的环境压力，改善生态环境，优化农业产业结构，增强我国农业的国际竞争力，突破绿色贸易壁垒，构建绿色化的农业生产系统，保障农产品安全，符合现代消费者需求，确保我国现代农业建设目标的实现。

三、推进低碳农业建设和发展的建议



(一)以碳汇农业为核心，推进农业生物技术和工程技术创新

农作物通过光合作用吸收 CO₂ 的量远远大于呼吸作用排出的 CO₂，因此，农业是地球上规模最大的碳汇产业。C₄ 作物光合效率明显高于 C₃ 作物，但光呼吸明显低于 C₃ 作物。目前许多科学家正在通过基因工程将 C₄ 光合途径的关键酶转入 C₃ 作物，以大幅提高 C₃ 作物的光合效率。科学家 Ku 等将整个玉米相关的 PEPC 基因用农杆菌方法转入水稻，该植株 PEPC 活性比对照高 110 倍，甚至比玉米高 2—3 倍，增产 35%。但真正应用到生产还有很长的路要走，转基因植株都只携带单个 C₄ 基因，还需要将不同的 C₄ 转基因聚合在一起，目前水稻上利用有性杂交等方法聚合 PEPC 和 PPDK 这两个 C₄ 基因的工作已在进行。

我国每年生产用作氮素化肥的合成氨约两千多万吨，但这仍远远不能满足农业生产需要。氮素化肥生产伴随着大量能源耗费和 CO₂ 排放。目前中国以煤为原料的尿素企业占 62%，每生产 1 吨尿素消耗 1.2 吨煤和 1200 度电；用煤炭气化每生产 1 吨合成氨需消耗原煤 1.4 吨。目前，全球的氮肥生产耗费世界总电力的 3%—4%，且农作物只能吸收氮肥的 1/10，土壤长期施用氮素化肥会造成严重的水源和空气污染、土壤板结。而自然界中豆科植物根部的根瘤菌通过固氮酶能有效地将空气中的氮转变成可被豆科植物直接吸收利用的氮。据测算，氮气占空气总量的 79%，大气中氮素含量为 3.86×10¹⁵ 吨；据估计，全球的生物固氮每年可将 1.75 亿吨的分子态氮转化为氨，大大超过了全球的工业固氮量。如果农作物固氮能进入实用化阶段，仅免施氮肥一项，就可节省大量电力能源并大大减少土壤和水质污染。我国华中农业大学一课题组成功实现了大豆根瘤菌的基因转移，获得了“高效固氮大豆基因工程根瘤菌‘HN32’新菌株”，在大豆的大面积试验中显示出良好的增产效果。但短期内很难通过基因工程将固氮基因和固氮能力从豆科植物成功地转移到非豆科农作物中。我国科学家应用植物生长素引导根瘤菌进入小麦等作物根部，也形成根瘤并有较低的固氮能力。20 世纪 80 年代以来，我国相继对水稻、玉米、小麦和高粱等非豆科作物的联合结瘤固氮进行了深入研究，成功地分离出一批具有高效固氮功能的联合固氮菌株，如粪产碱菌、稻黄杆菌和固氮螺菌等。我国学者提出的“共生固氮体系中最佳结瘤固氮控制模型”的研究被列入国家“攀登计划”。

(二)广泛采用先进适用的现代农业技术，构建资源节约型农业生产体系

树立资源节约观念，以提高资源和能源利用效率为核心，推广应用节地、节水、节肥、节能技术，促进农业可持续发展。

1. 节地。一是采用速生丰产优质品种，缩短农作物生长周期，可采用育苗移栽、套种复种和温棚地膜等农艺性和保护性工程措施以延长生长时间，充分利用光热资源，实现一年多熟；大力发展肉、乳产出率较高的速生优良畜禽，采用科学安全且符合动物福利的配方饲料、隔热增温、合理密度、最佳出栏时间等饲养管理措施缩短饲养周期。二是利用农作物、林种之间特有的共生互利、相成互补关系以及高矮胖瘦、喜光耐荫等不同生长特性和生态习性，进行间作混种如玉米大豆间作，道路渠旁等发展农田林网，发展多种形式的立体农业，如稻田养鸭、林粮间作、林下种菇、果园养鸡等。



2. 节水。在果树、保护地及高效经济作物上推广应用智能化微(滴)灌技术。平原农区做好灌排、机井、渠系、管道布局及其配套,推广低压管道输水、喷灌滴灌、水肥药联用。丘陵浅山区大力发展雨养农业,充分利用天然降水,最大限度提高水分利用效率。如选育和推广抗旱高产品种;利用梯田、水库、集雨窖、鱼鳞坑等工程措施及管道喷灌、膜下滴灌技术;增施有机肥,采用避旱种植、免耕直播、秸秆和地膜覆盖、土壤保水剂和植株蒸腾抑制剂,减少蒸发,提高土壤保墒能力。

3. 节肥。积极推广“站厂结合、测土配方施肥一条龙服务模式”;土肥、农技站测土配方,肥料企业组织生产,农村农资连锁店销售服务等。

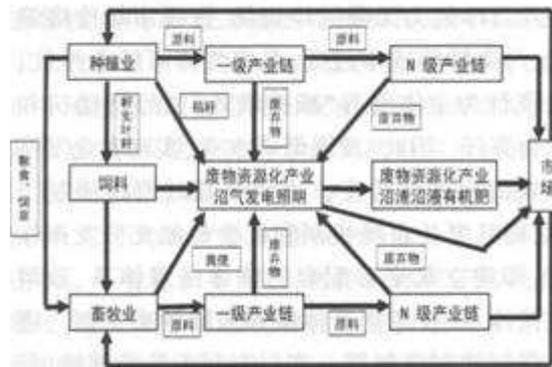
4. 节能。利用保育化耕作、精准化种田、规模化经营、机械化作业、工厂化生产、合作社组织,实现节能减耗,降低成本。多用有机肥、合理施用化肥,配方施肥、精量播种;组织农机跨区作业,推广耕种施肥除草、收获脱粒粉碎等联合作业,扩大农机社会化服务规模;农民合作采购农资、农产品储运销售加工;高效益的瓜菜、花果、养殖等项目,可利用现代化的智能连栋温室大棚或畜禽棚舍进行工厂化生产;作物病虫、畜禽疫病的预警防治因专业性强、风险大公益性强,应由县乡农业部门和专业公司承担。

(三)以循环农业为核心,推进种养加一体化经营

循环农业就是利用农林牧工产业共生、产业链条延伸增值,废弃物循环利用,实现农业增效、农民增收、农村繁荣。一是遵循可持续发展理念和生态系统的耐受性原理节约、合理利用农业资源,以实现资源消耗减量化(Reducing),确保水、土、植被等资源自然恢复更新,减少自然灾害。二是充分利用农林牧、种养加、储运销等产业协同共生、生产链延长增值、加环增值增效减耗、能量多级利用等原理,来实现产品再利用化(Reusing),确保产品最大限度增值和绿色安全,分散市场风险,实现农业增产,农民增收。三是按照“资源→产品→废弃物→资源”的循环方式,利用产业之间主副产品与资源、废弃物与资源的横向耦合关系,构建以“秸秆综合利用、农田林网保护、畜禽粪便沼气化、施肥绿色有机化、加工废弃物资源化”为基础,以“种植业→作物秸秆→畜禽养殖→三沼工程→绿色有机肥→种植业”为主要循环链条,农林牧、种养加良性循环、和谐发展的链网结构,实现废弃物再循环化(Recycling)零污染,改善生态环境。(具体流程参见图1)



图 1 循环农业流程图



值得注意的是。循环农业的关键是，利用优良品种和双高一优种养技术，大幅提高农作物的太阳能利用率和转化率，生产尽可能多的优质绿色安全的农产品和秸秆：通过农机复式作业实现部分秸秆直接还田增加土壤有机质；通过秸秆氨化、青储和规模化、小区化或工厂化畜禽饲养，实现秸秆过腹还田，培肥地力，减少精饲料消耗；通过秸秆气化、成型燃烧、种植蘑菇、加工板材和造纸，实现秸秆综合利用，进一步提高生物质能的利用效率；通过农田林网增加蓄材量，改善农田小气候；通过改善种养条件、加强疫病防治、安全用药、注重动物健康福利，实行干湿分开和雨污分流、人工捡拾清粪加水冲直接入池等清洁生产，畜禽粪便沼气化、大中型养殖场沼气发电、废水废气无害化处理等，实现农畜产品安全绿色（疫病和有害微生物、农药兽药和放射性残留、重金属含量等有毒有害物质检测达标）、优质优价。

我国农业大省——河南省的许多传统农区采用了“猪厕沼菜四位一体”庭院循环农业模式，利用庭院发展日光温室蔬菜。温室内一侧建猪圈、厕所和沼气池，人畜粪便直接入池，既解决了沼气池越冬问题，又可为生猪补充能量，为温室增温，CO₂可提高蔬菜产量，沼气照明做饭、沼液叶面喷施、沼渣肥田，既生产无公害蔬菜，又改善农村环境。增加农户收入。此外，猪沼粮（果）、稻田养鸭（蟹）、桑基鱼塘、秸秆—食用菌—废菌棒—草皮花卉底土等模式也可以借鉴。

（《2050 中国能源和碳排放报告》称，在 2010-2050 年。发展沼气替代生物质能和煤炭可使 CO₂年排放减少 307. 77—4592. 80 万吨，SO₂年排放减少 13. 11 万—98. 87 万吨。截至 2007 年底，全国户用沼气达 2650 多万户，相当于农业、农村减排 CO₂400 万吨。退耕还林还草、减免耕、秸秆还田等保护性耕作，也能极大地增加我国的碳储量，改善生态环境，减缓气候变化的影响。联合国粮农组织估计，无需生产工业化肥，每年可为世界节省 1% 的石油能源，不再施用这些化肥能降低 30% 的农业排放，要想抵消剩余 80% 的农业排放——如牲畜肠道发酵、稻田、生物质燃烧和粪肥处理——要求耕地的固碳率达到 400 千克 / 公顷 / 年，牧场则需达到 200 千克 / 公顷 / 年，生态农业系统可以做到。

（四）以农产品加工园区为核心，推进关联产业集群节能减排

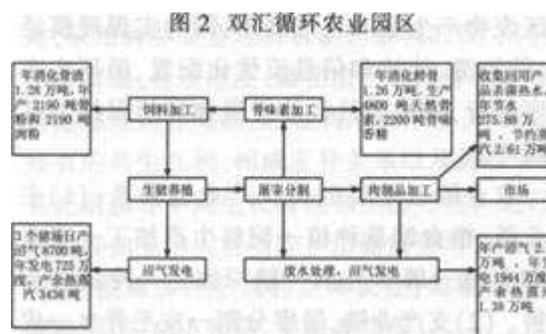
按照产业生态学、产业经济学原理，通过农户、企业间的物质集成、能量集成和信息集成实现关联产业集群，形成产业间的代谢和共生耦合关系，使一家企业



的废气、废水、废渣、废热或副产品成为另一家企业的原料和能源，即以园区内企业为核心，通过市场交易的方式利用上游企业或下游企业生产的主副产品或产生的废弃物，作为自己生产中的原料。减少园区废物产生量和处理费用，同时实现规模经济，使物流、能流和信息流优化配置、循环生产有序进行。形成园区经济发展和环境保护的良性循环。

农业园区主要的关联产业链条是：(1)主产业链，粮食饲草种植→饲料生产加工_→畜禽繁育养殖→屠宰分割→精深加工→冷链储运销售。(2)支产业链，屠宰分割→皮毛骨血→皮毛制品和骨味素、骨粉、肉粉、血豆腐及生物医药制品。(3)循环产业链，作物秸秆、饲草→青贮饲料(直接还田、秸秆发电)→畜禽养殖；下脚料→蛋白质饲料；养殖粪水→三沼、IC、UASB等无害化处理→沼气发电、有机肥、灌溉_无公害农产品；屠宰加工废水→UASB和CASS等无害化处理→达标排放或灌溉沼气发电→农田；产品杀菌热废水及空调冷凝水回用；包装回收加工。

双汇集团作为中国最大的肉类食品加工园区。按照循环经济理念和“3R原则”(即“减量化、再利用、再循环”的原则)，通过技术装备创新，实施增值、减污、降耗、综合利用四大工程，努力延伸产业链条，打造产品精深加工循环产业链；强力推进清洁生产，打造原料及废渣综合利用循环产业链；大力抓好节能降耗，打造废水处理及综合利用循环产业链；开发利用废弃物，构建畜禽循环经济园区，提高企业经济效益和竞争能力。双汇集团按照上述要求，每年利用屠宰加工剩余的1.26万吨鲜骨。生产4800吨天然骨素和2200吨骨味香精；利用剩余的1.28万吨骨渣，年产骨粉和肉粉各2190吨。收集回用肉制品加工的杀菌热水，年节水275.88万吨，节约蒸汽2.61万吨；3个养猪场日产沼气8700吨，年发电725万度，产余热蒸汽3436吨；利用屠宰加工和肉制品加工的废水处理，年产沼气2.5万吨，年发电1944万度，产余热蒸汽1.38万吨，经济效益和生态效益十分明显。双汇园区的循环经济模式很值得农业产区和农产品加工区域借鉴。具体流程图参见图2。



(五)注重相关制度创新。强化政策引导支持

建设低碳农业是一个长期的过程，需要制度创新和政策支持。大量的研究证明，在传统线性经济发展模式下，高消耗、高排放、高污染的主要原因是人们把环境作为资源存量和容量及自净能力无限的垃圾场、资源市场价格偏低、污染排放成本过低，温室气体可任意排放、经济行为主体没有“减排增效”的经济动机和社会责任。因此，发展低碳农业，实现农业发展方式的根本性转变，不仅要靠政府



的强制干预。而且要让市场机制和社会机制充分发挥作用，即建立起完善配套的法律法规体系、政策支持体系、技术创新体系和激励约束机制。通过强制性制度创新，实行有利于节能减排、资源节约、改善生态、保护环境的财税政策，实现农业低碳排放。具体措施如下。

1. 在不改变土地集体所有性质和土地用途的前提下，实行承包土地所有权和经营权分离。农民承包土地经营权长久不变如 30 年延长到 70 年等，依据产权理论赋予土地承包者完整意义上的经营权，即除买卖之外的占有、使用、收益、处置等权利，如自愿转包、出租、互换、股份合作等并享有由此带来的收益；加强承包土地经营权流转管理和服务，建立健全流转市场，以鼓励发展多种形式循环农业和适度规模经营等。据我们实地调查，河南省焦作市的喜耕田农机合作社，拥有各式农机六十多台，与农民签订土地托管协议，夏收和秋收后，合作社返给农民小麦、玉米各 1000 斤，农民按每年每亩 780 元的成本钱支付给合作社，增产部分归合作社。合作社通过科学种田、机械化作业，亩产达 1200 斤，比农民种植增产 100—200 斤；此外合作社通过集中采购农资获得优惠，亩投入可节约 100 元左右。

2. 明确资源和环境的公共产权，完善资源、环境有偿使用制度，通过调查研究、专家论证和公众听证、行政审批和拍卖竞标等方式，建立反映市场供求关系、稀缺程度、损害成本的资源、能源、环境价格形成机制，形成统一、开放、有序的初始产权配置机制和二级市场交易体系，开征碳税。构建发展低碳经济的长效机制，以改变农业生产者的不良偏好，有效推进低碳农业发展。如农业节水方面，明确地方政府拥有本辖区内水资源的调控、分配、管理和监督权；用水户按分配的指标和相应价格拥有用水权；以乡村为单位建立农业用水协会，在水务局授权下，协会将分配的水量细分到农户并发放“水权使用证”；节约和剩余的水量在一定范围内可以参与交易、转让；建立节奖超罚机制，以平均亩次灌水量(±5%)作为奖罚浮动定额。环境保护方面：完善排污许可证和收费制度，建立主要污染物排放总量初始权有偿分配和排放权交易制度，充分体现“生产者责任延伸”和“污染者共同付费”原则，形成“源头预防、过程控制、末端治理”的全方位节能环保的生产方式。

3. 发挥政策和财政资金的导向推动作用，通过诱致性制度变迁，把生态环境纳入政府公共管理范畴。在农业建设项目审批、投资等环节，优先考虑低碳农业项目；运用公共财政积极推进农村沼气及生活废弃物无害化处理的物业化管理等。依法强制实施清洁生产审核，对增施有机肥、资源节约、农村清洁能源和可再生能源、农业废弃物资源化利用和无害化集中处理等实施低碳补偿政策，激发发展低碳农业的内在动因和持续动力。

4. 以清洁发展机制(CDM)为核心，推进碳排放权交易，解决发展低碳农业所需的部分资金。粮农组织的经济学家莱斯利·利珀称，通过此种低碳融资措施，发展中国家低碳农业的规模可能会每年增加 300 亿美元。我国畜禽养殖业第一个向联合国提出申请的 CDM 项目诞生于河南省牧原公司，该公司以水田等 6 个分场的沼气工程为主，与日本丸红株式会社进行 CDM 项目合作。2007 年 10 月 23 日在联合国气候变化框架公约大会的网上登记公示，8 周后自动注册成功，年减排



CO₂11.05 万吨，每吨 10.5 美元，合计年收益 116 万美元。目前，中国已成为发达国家开展 CDM 项目的主要国家，全球最大的 CDM 市场减排量的最大供给者，应该抓住机会促进发达国家的相关技术转让，同时应增强自主创新能力，研发农业低碳技术和低碳产品，开发利用生物质能源，以期在低碳农业技术的竞争中抢占制高点。此外，要整合市场现有的低碳农业技术，加以培训、示范和推广应用。

