

# “双碳”目标下畜牧业减碳增汇的实施路径研究

嵇晨晨<sup>1</sup>, 魏婧萱<sup>1</sup>, 丁莹<sup>2</sup>

<sup>1</sup>南京财经大学金融学院, 江苏 南京

<sup>2</sup>南京财经大学国际经贸学院, 江苏 南京

收稿日期: 2023年2月23日; 录用日期: 2023年3月23日; 发布日期: 2023年3月31日

## 摘要

目前中国各行各业都在采取各种措施促进双碳目标的实现, 畜牧业作为二氧化碳等温室气体的主要排放源之一, 采取减碳增汇的措施是助力双碳目标实现的必要之举。本文明晰了畜牧业减碳增汇的相关概念, 明确畜牧业目前面临的减碳增汇的艰巨任务和重大使命。在此基础上, 通过对畜牧业生产全过程进行研究, 分析目前已有的减碳增汇的典型实例, 获取成功经验。研究发现: 我国畜牧业年碳排放总量处于波动增长中, 其中主要碳排放源是畜禽胃肠发酵和粪便管理系统。畜禽生产期间, 主要碳汇来源于草地固碳, 并且草地固碳发展潜力巨大。借鉴成功经验, 本文提出我国畜牧业助力“双碳”目标实现的路径: 应加强畜禽良种培育措施、优化饲料搭配, 提高粪污的资源化利用水平, 升级畜禽屋舍的设计和建造, 扩大清洁能源在生产生活中的使用范围, 积极探索畜牧业与多种碳汇相结合的创新途径。

## 关键词

畜牧业, “双碳”目标, 低碳农业, 碳汇量, 碳汇交易

# Research on the Implementation Path of Carbon Reduction and Sink Increase in Animal Husbandry under the “Dual-Carbon” Target

Chenchen Ji<sup>1</sup>, Jingxuan Wei<sup>1</sup>, Ying Ding<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Finance, Nanjing University of Finance and Economics, Nanjing Jiangsu

<sup>2</sup>School of International Economics and Trade, Nanjing University of Finance and Economics, Nanjing Jiangsu

Received: Feb. 23<sup>rd</sup>, 2023; accepted: Mar. 23<sup>rd</sup>, 2023; published: Mar. 31<sup>st</sup>, 2023

## Abstract

At present, all walks of life in China are taking various measures to promote the realization of the dual-carbon goal. As one of the main sources of greenhouse gas emissions such as carbon dioxide, animal husbandry is necessary to take measures to reduce carbon and increase sinks to help achieve the dual-carbon goal. This paper clarifies the relevant concepts of carbon reduction and sink increase in animal husbandry, and clarifies the arduous task and major mission of carbon reduction and sink increase in animal husbandry. On this basis, through the research on the whole process of animal husbandry production line, the existing typical cases of reducing carbon and increasing sinks are analyzed, and successful experience is obtained. The study found that the total annual carbon emissions of animal husbandry in China are in fluctuating growth, and the main sources of carbon emissions are livestock and poultry gastrointestinal fermentation and manure management system. During livestock and poultry production, the main carbon sink comes from grassland carbon sequestration, and the development potential of grassland carbon sequestration is huge. Based on the successful experience, this paper puts forward the path for China's animal husbandry to help achieve the "double carbon" goal: We should strengthen the breeding measures for improved livestock and poultry breeds, optimize the feed mix, improve the level of resource utilization of manure, upgrade the design and construction of livestock and poultry houses, expand the use of clean energy in production and life, and actively explore innovative ways to combine animal husbandry with multiple carbon sinks.

## Keywords

Animal Husbandry, "Dual-Carbon" Target, Low-Carbon Agriculture, Carbon Sink, Carbon Trading

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

从 19 世纪末到 20 世纪末, 全球的年平均温度上升了 0.7℃ 左右, 气候变化已成为人类发展面临的最大的非传统安全挑战。2016 年 4 月, 178 个国家代表在联合国总部正式签订《巴黎协定》, 这标志着各国应对气候变化做出全球性的承诺。碳减排是事关人类未来生存和发展的重要时代命题, 碳中和已成为很多国家的共同选择。2020 年 9 月, 在第七十五届联合国大会一般性辩论上, 中国首次明确提出碳达峰和碳中和的目标(简称“双碳”目标)。随着“双碳”目标的明确提出, 如何有效降低温室气体的排放也成为迫切需要解决的问题。而相关报告和研究指出: 从全球来看, 全世界有 17 亿人依赖畜牧系统, 占全球农业国内生产总值的 40%, 2007~2016 年农业食物系统温室气体排放占总排放的 21%~37%, 其中畜牧业二氧化碳排放约占总排放的 18%, 远超运输业所占份额, 由此可见, 畜牧业已成为全球温室气体重要排放源之一。中国是畜牧业生产大国, 畜禽产品年产量稳居世界第一, 近年来在农业政策的不断扶持和消费需求的拉动下更是呈现强劲的发展趋势, 因此, 中国畜牧业减排增汇问题也受到了学者们的广泛关注与重视。

现有研究大致是从以下几个方面出发: 一是单纯研究畜牧业碳排放不断增长的原因, 学者们一般从养殖地设计、家禽养殖、粪污处理等方面进行分析, 此外, 虞祎等提出了通过改变猪肉生产运输模式来实现产业链整体减排的构想[1]; 二是通过测算畜牧业碳减排潜力[2] [3]来研究相关减排措施, 比如通过改良动物饲料与品种[4]、改进饲养方法和牧群管理[5]、合理处理动物粪便[6]、抑制反刍动物瘤胃甲烷生

成[7]、严格监管和执行畜牧业减排[8]等方式来有效减少温室气体的排放。从美国、马来西亚、哥伦比亚等国经济激励型政策的实施情况来看,执行和监督成本是影响碳减排政策能否有效实施的关键因素,在发展中国家尤为如此[9] [10] [11]。我国左志平等学者认为,政府的低碳补贴政策能够促进规模养殖户形成低碳养殖行为[12];三是基于理论和假说等各种工具来分析发现畜牧业温室气体排放的特点,田素妍等分析了我国畜禽养殖业的低碳清洁技术及其 EKC 假说检验,结果发现东部地区呈显著的“倒 U 型”关系,而中西部呈显著的“正 U 型”关系[13]。詹晶等借助回归模型得出我国畜牧产品对甲烷排放增加有显著影响[14]。胡向东等估算了 2000~2007 年期间全国和各省的畜禽温室气体排放量,结果发现全国畜禽温室气体排放呈现下降趋势,各省区畜禽温室气体排放呈现区域集中特点[15]。陈瑶等通过脱钩理论分析发现我国畜牧业温室气体排放与其产值之间整体上呈现强脱钩状态,但脱钩状态不稳定[16]。

从已有文献看,畜牧业碳减排政策研究方面已经形成了一批十分具有现实价值的研究成果,在一定程度上为后续如何给畜牧业碳减排提供了思路,奠定了坚实的基础。鉴于此,本文在分析低碳畜牧业现状的基础上,从碳减排和增汇两方面分析了“双碳”背景下畜牧业绿色发展的必要性和面临的挑战,进而提出相应的对策建议。

## 2. 相关概念解析

对于“双碳”目标,国内外尚无权威、准确的定义。通常认为二氧化碳排放量在某段时间内达到峰值后,从维持平稳波动至开始下降的过程被称作“碳达峰”;若二氧化碳排放量经负碳技术的应用而达到增减平衡,此平衡状态可称为“碳中和”[17]。

碳达峰是碳中和实现的前提,碳达峰的时间和峰值高低会直接影响碳中和目标实现的难易程度,其机理主要是控制化石能源消费总量、控制煤炭发电与终端能源消费、推动能源清洁化与高效化发展。

碳中和是指人类活动排放的二氧化碳与人类活动产生的二氧化碳吸收量在一定时期内达到平衡[18]。其中人类活动排放的二氧化碳包括化石燃料燃烧、工业过程、农业及土地利用活动排放等,人类活动吸收的二氧化碳包括植树造林增加碳吸收、通过碳汇技术进行碳捕集等。碳中和的目标就是在确定的年份实现二氧化碳排放量与二氧化碳吸收量平衡。

“低碳经济”这一术语最早出现在 2003 年的英国能源白皮书《我们能源的未来:创建低碳经济》中,该术语的提出代表着人类社会继农业文明、工业文明之后的又一次重大进步;低碳畜牧业作为低碳经济的行业延伸,是指通过技术创新、制度创新和产业转型等各种手段,达到降低能耗、减少温室气体排放、经济发展与生态环境保护双赢的经济形态。但这一术语在国内外尚未流行,大多数学者都以“畜牧业减排增汇”为主题展开进行研究。

增汇与减排是一个问题的两个方面,前者是从“汇”的角度来考虑,而后者则是以“源”作为出发点来考虑。所谓的“减排增汇”,其实质是采用合理有效的措施将更多的碳固定于农田生态系统中[19]。汇(sink)与源是相对的概念,它指接受物质或信息流动的系统或接受流动的过程。在一个系统中,物质或信息流动是动态过程,把这些产生流的系统称为源,接受流的系统称为汇[20]。增汇是指增加对大气 CO<sub>2</sub> 的吸收,减排则是减少向大气中排放 CO<sub>2</sub>。畜牧业中的碳汇主要来自作物生产环节的植物光合作用,而碳排放源则相对复杂,主要来自作物生产环节的化肥、农药和能源投入,养殖环节的肠胃发酵、粪便管理和养殖场能源消耗,加工生产环节的运输能耗、屠宰加工能耗和储存能耗。

## 3. 我国畜牧业减碳增汇的现状与主要来源

### 3.1. 中国畜牧业减碳增汇现状

从碳源层面来看,姚成胜等测算指出,2000~2014 年,中国畜牧业碳排放总量由  $1.374 \times 10^4$  t 增长到

1.506 × 10 t, 年均增速 0.654%, 其中畜禽胃肠发酵和粪便管理系统是主要的碳排放源, 两者分别占畜牧业碳排放总量比例的变化幅度为 29.76%~36.95%和 34.37%~36.53% [21]。2010~2020 年畜禽养殖业碳排放量整体呈现出先上升后下降的趋势。碳排放量于 2014 年达到峰值 67441.85 万 t, 随后下降到 2019 年的 62453.65 万 t, 但到 2020 年又有所回升[22]。从农区饲养畜禽种类的排放状况来看, 农区养猪业和养牛业是最主要的碳源产业, 反刍动物(牛、羊)排放比例最大, 可达 72.44%, 其次为猪和家禽, 分别为 19.22%和 6.81%。从排放环节来看, 牲畜胃肠发酵排放的甲烷占温室气体排放总量的 66.61%, 粪便氧化亚氮和甲烷排放比例分别为 18.23%和 15.16% [23]。除此之外, 何可等通过排放因子法, 对产生碳排放较大的三个畜禽品种(生猪、非奶牛和禽类)在各个养殖环节的碳排放量进行了测算。发现其中生猪养殖的碳排放主要来自粪便管理系统和饲料粮种植环节; 非奶牛养殖中的碳排放主要来自胃肠道发酵环节和粪便管理系统; 禽类养殖过程中的碳排放则主要来自饲料粮种植环节和粪便管理系统[22]。

从碳汇层面来看, 牧区畜牧业主要依托于草地从事畜牧业生产, 广阔的草地提供的固碳量是畜牧业的主要碳汇。宁夏草甸草原、温性草原、草原化荒漠和荒漠草原 4 种天然草地生态系统碳储量分别为 13.90、5.94、2.69 和 2.37 kg/m<sup>2</sup>, 其中植被碳储量分别为 470.26、192.23、117.17、83.36 g/m<sup>2</sup> [24]。新疆主要草地土壤的容重和有机碳的变化范围为 0.24~1.99 g/cm<sup>3</sup> [25]。2001~2015 年禁牧和休牧管理对内蒙古草地碳汇量增加的贡献最大, 土壤有机碳变化速率平均为(473.70 ± 53.93)万吨/年, 随着内蒙古草地管理措施日益科学, 未来其草地土壤碳汇量将进一步增加。

在政策方面, 由于环境的公共物品属性, 单靠市场难以实现低碳畜牧业的较快发展, 需要积极发挥政府的主导作用。实际上, 世界范围内的低碳畜牧业都有政府推动[26]。国内对于低碳畜牧业发展政策的研究主要体现在以下两个方面: 一是支持标准化规模养殖及其污染防治, 开展外部性生态补偿, 促进畜牧业低碳可持续发展。2002 年起, 中共中央开始陆续出台了一系列涉及畜牧业低碳发展的专项政策措施。支持标准化规模养殖及其污染防治。标准化养殖有助于粪便处理中甲烷气体排放, 进一步严格规范了畜牧业的生产、加工、运输等流程, 有助于保障畜产品长期稳定的有效供给及质量安全。二是出台有关畜牧业清洁生产标准及技术手段的法律法规, 在一定程度上为畜牧业污染的防止提供强制性制度约束。近年来, 中国先后制定了《畜禽养殖污染防治管理办法》《畜禽养殖业污染防治技术规范》和《畜禽养殖业污染物排放标准》等一系列关于畜牧业污染防治的法律法规, 为畜牧业的清洁生产提供了一定的制度约束。2021 年 9 月 10 日, 农业农村部等六部门联合印发了《“十四五”全国农业绿色发展规划》, 其中明确将“农业生态系统明显改善”、“绿色产品供给明显增加”、“减排固碳一步增加[27]”。碳能力明显增强”作为我国农业绿色发展目标全面推进的重点。根据农业农村部和国家发展改革委关于《农业农村减排固碳实施方案》的部署, 畜牧业减排降碳的重点任务要推广精准饲喂技术, 推进品种改良, 提高畜禽单产水平和饲料报酬, 降低反刍动物肠道甲烷排放强度; 提升畜禽养殖粪污资源化利用水平, 减少畜禽粪污管理的甲烷和氧化亚氮排放。2022 年 10 月 18 日, 《建立健全碳达峰碳中和标准计量体系实施方案》印发, 进一步明确要加强农业农村降碳增效标准制修订工作。针对畜牧业, 农业农村降碳增效重点标准包括: 畜禽养殖环境、肠道甲烷控制、畜禽粪污处理等畜牧业碳减排技术标准以及节能降耗智能畜牧业机械装备、圈舍、绿色投入品标准。

### 3.2. 中国畜牧业减碳增汇主要来源

畜牧养殖业的碳排放广泛于物质生产的各个过程中, 从全过程来看, 整个畜牧养殖业碳排放可以细分为胃肠道发酵、粪便管理系统、饲料粮种植、饲料运输加工、饲养环节耗能、畜禽屠宰加工六个系统边界[28]。具体而言: 一是胃肠道发酵。牛、羊等反刍动物的瘤胃发酵是甲烷等温室气体的重要来源, 非反刍动物和单胃动物(猪)在胃肠发酵过程中产生的甲烷较少, 而禽类胃肠发酵更是几乎没有。二是粪便管

理系统。畜禽粪便中含有大量有机物，在厌氧条件下降解会产生甲烷。此外猪的粪便会产生一氧化二氮，这种温室气体导致全球变暖的能力是二氧化硫的 265 倍，不输于甲烷。三是饲料粮种植。畜禽饲养过程中主要消耗的饲料是小麦、玉米等，这些农作物在种植过程中会因农药、化肥等农资的投入而产生碳排放。四是饲料运输加工。小麦、大豆等饲料作物须经过收割、清理、运输、筛选、粉碎、研磨等工艺才能成为能食用的饲料，在这过程中能源投入会间接产生碳排放，大约产生 45% 的废气。五是饲养环节耗能。畜禽规模化养殖过程中需要消耗大量的能源用以照明、供暖、防寒及其他机械设备运转，在此过程中会间接产生碳排放。六是禽畜屠宰加工。畜禽在屠宰加工过程中会消耗能源，加工后的产品在运输过程中也会产生能源消耗，从而间接导致碳排放。

在增汇方面，关于增汇来源的相关研究较少，从已有的研究来看，人类耕种、施肥、灌溉等管理活动的影响会导致农业土壤中碳库的质和量迅速发生变化，从而间接导致碳汇能力的增强和减弱。有学者研究表明农业土地的退化会加速土壤中碳的释放，同时弱化草地植被的固碳能力，使得草原碳汇弱化，而农业土地治理的提升可以有效地提升土地的碳汇能力[29]。

#### 4. 畜牧业减碳增汇路径建议

由上文，在目前世界气候环境问题越来越严峻的前提下，中国提出了“双碳”概念，而且各行各业也正通过实际行动来实现中国的“双碳”目标。畜牧业作为农业的一大组成部分，生产过程中会产生大量的二氧化碳等温室气体的排放，对农业总碳排放的影响巨大，同时畜牧业作为是仅次于化石燃料的第二大人为温室气体排放源，因而畜牧业的降碳增汇的任务十分艰巨。由此，本文通过对畜牧业产业链、全过程进行研究，并提出以下针对各个部分的减碳增汇的路径建议，以促进我国畜牧业的减碳增汇的进程发展，助力国家“双碳”目标实现。

##### 4.1. 畜牧养殖方面

继续坚持选择畜牧业良种进行饲养，加强应用良种培育措施。选择优质的养殖品种，提高培育良种的能力，从畜牧业的起点开始降低碳排放水平。畜禽良种是畜牧业的“芯片”，是推动畜牧业发展最活跃、最重要的生产要素，对畜牧业的发展有极大的贡献程度。我国是畜产品生产和消费大国，畜禽种业位于畜牧产业链和畜牧科技创新链的顶端，是决定畜牧业发展的核心要素，也是畜牧业竞争的焦点。优然牧业在多年养殖的基础上，发展出了具有自身特色的，行业领先的育种技术，并由此，培育出低碳排放的“超级奶牛”育种核心群和“超级奶牛”种公牛，在养殖全过程中降低了碳排放水平，通过改良自身的培育品种，能实现低碳减排的目的。

优化畜牧饲料的调配，加强低碳饲料的研发和使用。在牲畜繁育过程中，饲料的使用量是巨大的，与此同时，针对畜牧饲料环节开展减碳增汇的举措，其减碳增汇的潜力也是巨大的。畜牧业产生的最重要的温室气体是甲烷和一氧化二氮，其中甲烷主要由动物们的肠道发酵和粪便储存产生。在生产畜禽饲料的过程中，经常需要使用合成肥料或则有机的肥料，这些过程中也会产生一氧化二氮。在奶牛消化的过程中，饲料等进入肠胃会发酵，产生一定量的甲烷排放。通过调配合适的饲料，可以有效降低奶牛肠道发酵甲烷排放，目前各大牧场都开展了开发低碳饲料的相关举措，通过在养殖过程中进行减碳措施，从而实现畜牧养殖全过程中的减碳进程。优然牧业正致力于开发低碳饲料，同时也在研究抑制奶牛瘤胃产甲烷添加剂，该种饲料和添加剂可以降低奶牛反刍过程中的碳排放，从而达到减碳的效果。伊利牧场建立奶牛营养评估体系(DNAS)，并据此调整优化了牧场奶牛的饲料配方，选用了高营养、易消化的苜蓿草和青贮玉米作为原料，配置出适宜的养殖饲料。这样配置出的饲料，可以有效提升牧场奶牛的消化和吸收速率，同时减少奶牛肠道发酵甲烷排放，达到减碳的目的。

## 4.2. 粪污处理方面

采取多种措施对粪污进行处理,通过多重路径对粪污进行综合利用。畜牧业粪污作为畜牧业发展的一大核心环节,粪污处理问题一直为各方关心,同样的,减碳增汇的主要发力点也集中在粪污处理上。畜禽粪污处理问题是解决畜禽污染的关键,畜禽粪污产生过程中也同样会产生大量的碳排放,因此畜禽粪污处理及其创新措施也是畜牧业实施减碳增汇的关键。畜牧粪污处理是目前主流使用的途径是将畜牧业产生的粪污作为原料,发展沼气工程,生成多种处理副产品,再将其反哺牲畜培育过程,即实现了废弃物的再利用,同时也能有效降低碳排放水平,提高固碳能力。

对粪污进行沼气化利用和开发,开发沼气工程来减少一部分的温室气体的排放。在建设相关工程的同时,也可开发碳减排量,并参与到碳市场的交易中,实现额外收入的增长。沼气工程是通过对可再生资源的综合循环利用,达到消纳畜牧养殖废弃物废水目的的系统工程。沼气工程是目前成本较低而且十分实用的一种畜牧养殖排污处理技术。山东民和牧业股份有限公司建设起鸡粪沼气发电并网工程,对鸡粪进行沼气化利用,产生的沼气也可用于发电工程,通过这一工程有效降低碳排放水平。与此同时,该公司也利用鸡粪沼气发电并网工程产生的大量碳减排额度,参与到碳市场交易之中,通过碳汇有效拓展了沼气项目功能与收益,获得了除养殖本身的额外收入。沼气工程的建设能带来优质的清洁能源和优质无害的有机肥料,实现化肥、农药减量化,既降低了生产成本,又推进了畜禽粪污的有机处理。

大力开展对粪污等废弃物的资源化利用,开发对利用产物的多途径利用。畜禽粪污资源化利用是畜禽养殖业污染防治最为经济有效的途径。对粪污等进行资源化利用,既可以减少资源浪费,提高了资源的利用效率,也可减少温室气体的排放。现代牧业对牛粪进行资源化利用,利用中温厌氧发酵技术对牛粪进行处理,产生沼气、沼渣、沼液。发酵所得的沼气可用于产生电力、热力;沼渣和沼液也可回收重新应用于牲畜养殖过程。这些措施在粪污管理和能源利用环节都取得了一定的效益,切实实现了低碳节能。目前,我国畜禽粪污的综合利用率已经取得了很大的提高,规模养殖场粪污处理设施基本上也都有一定的配套装备,畜禽粪污资源化利用的步伐明显加快,有力促进了畜牧业生产与环境保护协调发展。

## 4.3. 棚舍建设方面

调整畜牧养殖棚舍结构,高效利用土地和资源,实现减碳增汇。作为养殖牲畜直接生活的地方,棚舍本身可以通过创新方式建设,相较传统建造过程,这期间就可以直接减少碳排放;其次,通过对棚舍结构的调整、改造,也可以和其它的生产流程相结合,实现综合的减碳增汇效果。

推进对畜牧屋舍结构的研究和设计,实现屋舍构造的升级,提高对资源的利用效率。由于我国幅员辽阔,自然环境特征多样,因而各地适合的畜禽棚舍种类也不尽相同。而各个地方通过加强对畜禽屋舍的相关研究,对屋舍的建设、构造进行改良,在建设过程中采取举措,提高土地、建设材料的利用效率,最终达到减碳的结果。安徽省亳州市蒙城牧原第十分场的养殖场中,猪舍采用全漏缝地板结构进行建造。猪舍经过这样的改造,粪污在猪舍内就能直接收集,便于进行之后的固液分离,再通过分别发酵,便于产生相关副产品,之后根据作物生长规律进行还田,便于实现减少碳排放的目的。同时,经过发酵产生的粪肥,进行还田利用,不但能够提高土壤的有机质含量,而且有利于增加土壤碳汇。

注重对屋舍建筑材料的选择,建造适宜的环保减碳畜牧屋舍。利用高效的适宜建筑材料来建造屋舍,不仅能减少建设过程中的碳排放,也可以降低之后在使用期间的能源投入,进一步降低碳排放。辽宁省鞍山市千山区果园养殖农场通过分析比较不同建筑围护结构材料的热工指标,对猪舍墙体、屋顶、窗户等进行节能保温改造,节煤减煤。经过对建筑材料的更换、改造,能提高猪舍在冬天的温度,减少煤炭的消耗,达到节能减碳的目的。同时,在建设节能环保猪舍的过程中,相较于传统的猪舍也能大幅降低资源消耗,减少碳排放。

在屋舍建设的过程中，要注重加入合适的调节系统。有了相关系统的加入，长期来看，可以有效维持相对较好的环境，也可以降低环境治理的难度和投入，进而降低碳排放水平。江苏省南京市六合牧原农牧有限公司也是在生猪养殖场内配备了四季恒温、新风除臭系统，推进了畜牧业粪污的资源化处置，同时也改变了畜牧养殖的“新环境”，构建起清新、有序的养殖环境，促进了良好生态环境的形成。

#### 4.4. 使用能源方面

在实现减碳增汇目标的道路上，最直接的就是使用清洁能源进行生产生活，尽量少使用会造成高二氧化碳排放的能源。畜牧业生产中需要大量的能源，从畜牧业的产业链、全过程来看，在能源生产、使用的环节会产生大量的碳排放量，采用清洁能源进行畜牧业生产，也是畜牧业进行减碳的重要举措。目前已有很大一部分牧场通过铺设光伏设备，使用光能转化来替代一部分电能使用，以此来减少碳排放。像现代牧业，在牛舍顶棚屋面上铺设光伏，同时使用光伏设备来替换一部分棚舍顶棚材料，这样不仅能降低牧场建设成本，同时也解决牧场的部分用电量，达到减少碳排放的目的。

畜牧业生产会产生大量的粪污，牧场在生产的同时也可以利用这一独特资源，利用粪污来建设相关沼气工程，通过沼气来进行发电，也能替代一部分用电量，减少碳排放。河北省衡水市京安养殖场对粪污管理减排工艺进行改造，采用舍内贮粪池-沼气发酵生产沼气，并利用沼气工程进行发端工艺。这样改造之后，经过密闭沼气发酵，粪污处理环节较于之前未建设沼气工程，能减少大量温室气体的排放，有效实现降碳减排的目的。

除了上面提到的光能、沼气这些清洁能源，还可因地制宜，根据当地的自然环境，选择适宜的清洁能源进行传统高排放能源的替代，如可以在靠海地区发展的畜牧业，可以利用当地海洋发展潮汐能等能源；也可在地形平坦开阔的高原平原地区发展的畜牧业，利用好当地的地势发展风能等能源。

#### 4.5. 畜牧业和多种碳汇的结合

畜牧业既是一种主要的、会产生大量碳排放量的碳源；在生产的全过程中都会向大气中排放大量的二氧化碳。与此同时，它也能作为一种碳汇来源，在生产过程中吸收、储存一定二氧化碳。

要想促进生态畜牧业、畜牧业绿色化发展，不仅是要在生产过程中采取措施降低碳排放水平，也是要将畜牧业和碳汇相联系起来，推进碳汇在畜牧业的适用进程和影响范围，促进增汇举措在畜牧业生产中的应用。根据目前我国农业的发展现状来看，进行减碳和增汇往往是同时进行的，是一种举措的两个方面。

充分发挥农业的固碳能力，并在市场中交换运行，对实现双碳目标具有重要的意义和作用。农业碳汇是农业生态功能的再挖掘、再利用、再发挥。加强畜牧业生产全环节中对农业碳汇等的开发和测算，积极加入、参与碳排放交易权中心和碳排放权交易体系，参与碳汇交易，有利于做大做强农林碳汇功能，在实现生态目标中实现更大的作用。

加强碳减排意识，注重开发碳交易权，积极参与碳汇市场交易。在畜牧业发展减碳增汇的举措的同时，也要充分使用空余资源，发展多种碳汇资源。广东省云浮市温氏集团在地因地制宜推行五类种养循环模式，种养循环模式能够促进畜禽粪污减碳效益，同时也可以增加土壤碳汇，起到增汇效果。现代牧业在“碳汇”方面也做了持续关注，牧场将利用养殖区域内的闲置土地进行植树固碳，提高土地的年固碳量。三江源国家公园积极推进高原农牧业绿色转型，大力发展高原可再生资源，同时十分注重保护当地的自然生态环境，通过开展一系列的生态保护措施，持续增强了青藏高原生态系统碳汇能力，提高了当地草地、土壤等的碳汇量。

## 5. 结语

随着经济的发展,社会上对生态环境的态度也越来越重视。中国也设立了“双碳”目标,表现出国家对环境保护的决心和担当。畜牧业作为农业中主要碳排放源之一,在减碳增汇方面的举措必将会加快发展进程。通过研究当下已有的成功案例,学习成功经验,多种路径协同发展,一定会促进畜牧业各个环节升级,取得畜牧业在减碳增汇上的巨大成效,推动“双碳”目标的实现。

## 参考文献

- [1] 虞祎,刘俊杰. 农业产业整体减排实现路径研究——以长三角及周边地区猪肉生产流通为例[J]. 农业经济问题, 2013, 34(10): 15-21, 110.
- [2] Smith, P., Martino, D., Cai, Z., et al. (2008) Greenhouse Gas Mitigation in Agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, **363**, 789-813. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2184>
- [3] Sak, A.K. and Nguyen, M.L. (2017) Livestock Production and Its Impact on Nutrient Pollution and Greenhouse Gas Emissions. *Advances in Agronomy*, **141**, 147-184. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2016.10.002>
- [4] Thornton, P.K. and Herrero, M. (2010) Potential for Reduced Methane and Carbon Dioxide Emissions from Livestock and Pasture Management in the Tropics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **107**, 19667-19672. <https://doi.org/10.1073/pnas.0912890107>
- [5] Mottet, A., Henderson, B., Opio, C., et al. (2017) Climate Change Mitigation and Productivity Gains in Livestock Supply Chains: Insights from Regional Case Studies. *Regional Environmental Change*, **17**, 129-141. <https://doi.org/10.1007/s10113-016-0986-3>
- [6] 郭瑞萍. 畜禽养殖废弃物资源化利用技术发展[J]. 农业与技术, 2018(8): 2-7.
- [7] 陈丹丹,刁其玉,姜成钢,等. 反刍动物甲烷的产生机理和减排技术研究进展[J]. 中国草食动物科学, 2012(4): 66-69.
- [8] Cole, D.H. and Grossman, P.Z. (2000) When Is Command-and-Control Efficient? Institutions, Technology, and the Comparative Efficiency of Alternative Regulatory Regimes for Environmental Protection. *Wisconsin Law Review*, **5**, 887-938.
- [9] Kathuria, V. (2006) Controlling Water Pollution in Developing and Transition Countries-Lessons from Three Successful Cases. *Journal of Environmental Management*, **78**, 405-426. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.05.007>
- [10] Blackman, A. (2009) Colombia's Discharge Fee Program: Incentives for Polluters or Regulators? *Journal of Environmental Management*, **90**, 101-119. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.08.010>
- [11] 张宇,张沁岚. 经济激励型环境政策对畜禽养殖废弃物减排影响机理分析[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2019, 50(3): 531-536.
- [12] 左志平,齐振宏,鄢兰娅. 碳税补贴视角下规模养猪户低碳养殖行为决策分析[J]. 中国农业大学学报, 2016, 21(2): 150-159.
- [13] 田素妍,郑微微,周力. 中国畜禽养殖业低碳清洁技术的 EKC 假说检验[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(7): 28-32.
- [14] 詹晶,张俊娜,邓荣荣. 我国畜牧业低碳化发展的路径选择: 基于畜牧业排放源对甲烷增长的回归分析[J]. 广西社会科学, 2012(9): 50-54.
- [15] 胡向东,王济民. 中国畜禽温室气体排放量估算[J]. 农业工程报, 2010, 26(10): 247-252.
- [16] 陈瑶,尚杰. 中国畜牧业脱钩分析及影响因素研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(3): 101-107.
- [17] 邓旭,谢俊,滕飞. 何谓“碳中和”? [J]. 气候变化研究进展, 2021, 17(1): 107-113.
- [18] (2018) IPCC: Index. In: Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5 °C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty.
- [19] 赵荣钦,黄爱民,秦明周,等. 中国农田生态系统碳增汇/减排技术研究进展[J]. 河南大学学报(自然科学版), 2004(1): 60-65.
- [20] 吴建国,张小全,徐德应. 土地利用变化对生态系统碳汇功能影响的综合评价[J]. 中国工程科学, 2003(9): 65-71+77.
- [21] 姚成胜,钱双双,李政通,等. 中国省际畜牧业碳排放测度及时空演化机制[J]. 资源科学, 2017(4): 15-32.



- 
- [22] 何可, 李略, 刘颖. “双碳”目标下的畜禽养殖业绿色发展[J]. 环境保护, 2022, 50(16): 28-33.
- [23] 郭娇, 齐德生, 张妮娅, 等. 中国畜牧业温室气体排放现状及峰值预测[J]. 农业环境科学学报, 2017(10): 8-23.
- [24] 季波, 何建龙, 王占军, 等. 宁夏天然草地植被碳储量特征及构成[J]. 应用生态学报, 2021(4): 1259-1268.
- [25] 狄晓双, 武红旗, 贾宏涛, 等. 新疆主要草地土壤容重与有机碳含量关系模型构建[J]. 土壤通报, 2021(6): 7-15.
- [26] 陈秋红, 张园园. 中国畜牧业碳减排政策演进——基于 452 份政策文本的分析[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2022(1): 10-23.
- [27] 罗文蓉, 胡国铮, 高清竹. 草地生态管理下内蒙古草地土壤有机碳库动态研究[J]. 2020(6): 12-25.
- [28] 何可, 李凡略, 刘颖. “双碳”目标下的畜禽养殖业绿色发展[J]. 环境保护, 2022, 50(16): 28-33.
- [29] 刘佳, 刘靖敏, 周建华. 碳汇与我国草地治理[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(10): 6050-6052.