

河北省教育厅软科学项目资助（项目号：2009210）

生物质（秸秆）发电项目 建设理论与实践



崔和瑞 著

河北省教育厅软科学项目资助（项目号：2009210）

生物质（秸秆）发电项目 建设理论与实践

崔和瑞 著

中国质检出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

生物质 (秸秆) 发电项目建设理论与实践 / 崔和瑞著. —北京: 中国质检出版社, 2012
ISBN 978 - 7 - 5026 - 3596 - 1

I. ①生… II. ①崔… III. ①生物能源—发电—研究 IV. ①TM619

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 057676 号

内 容 提 要

本书主要研究了生物质 (秸秆) 发电项目燃料市场供应、燃料收储运系统建设、政府责任、电价形成机制、规划选址、技术经济分析与技术方案选择, 以及生物质 (秸秆) 发电产业发展等问题。

本书可为从事生物质能源规划与利用、节能减排、秸秆发电、资源利用、农村循环经济、能源农业等方面研究的专家学者提供借鉴, 也可从事生物质 (秸秆) 发电项目和农村能源建设和管理的相关部门提供参考。

中国质检出版社出版发行

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号 (100013)

北京市西城区三里河北街 16 号 (100045)

网址: www.spc.net.cn

总编室: (010)64275323 发行中心: (010)51780235

读者服务部: (010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 13.5 字数 330 千字

2012 年 3 月第 1 版 2012 年 3 月第 1 次印刷

*

定价 45.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话: (010) 68510107

前 言

当前,世界各国开展循环经济初见成效,国际社会的发展趋势就是发展循环经济。发展循环经济是改变我国经济增长方式,解决当前我国经济发展面对的突出问题的必由之路,而发展循环经济的重中之重则是发展新能源。秸秆发电是一种很有研究价值和发展潜力的新能源。秸秆发电在国外已经非常成熟,在国内还属于新生事物,有很多问题还没有真正得到解决:在秸秆发电所代表的新能源与燃煤发电所代表的传统能源的资源调配上存在着许多问题;对于秸秆发电对比燃煤发电的环境价值及外部效益的体现存在着许多疑问;关于强化秸秆发电生命周期过程的判断、评价和控制上存在着许多不足。同时,秸秆发电的燃料供应、上网电价、政府责任、技术方案选择、规划选址、产业规划等也是制约其发展的瓶颈。在生物质(秸秆)发电实现健康、持续发展等方方面面存在的问题还需要解决。

针对这些问题,本书运用系统论的思想和分析方法把传统型能源与新型能源经济系统作为一个整体,结合博弈论分析,系统地进行研究;通过定量分析法就秸秆收储企业与秸秆发电企业联盟建立的成功条件进行了博弈分析,对秸秆气化发电生命周期的环境影响及能源消耗的各项指标、具体数值等进行了生命周期评价分析,运用定性分析法就中央决策传统型与新型能源发展资源的最优调配进行了概括与分析;运用规范分析与实证分析相结合的思想,通过对某秸秆电厂的实证分析,进一步阐述了秸秆发电燃料市场联盟建立的成功条件;基于外部性理论研究秸秆发电项目推广过程中的政策选择;在系统分析了秸秆收储运系统运行模式基础上,建立了基于动态反馈分析的秸秆资源供应链系统;研究分析了秸秆发电项目推广中的政府责任及其实现路径;研究分析了秸秆发电项目选址规划的影响因素,建立了秸秆发电项目选址规划模型并进行了实证研究;分析了生物质发电上网电价的形成机制;基于SCP范式框架进行了生物质(秸秆)发电产业发展研究;通过实例,对生物质(秸秆)发电项目进行了全面的技术经济分析;建立了生物质发电项目技术选择评价指标体系;为实现未来生物质发电燃料供应的可持续性,研究了能源农业与生物质发电的关系及其发展问题。

通过研究,得出生物质(秸秆)发电项目在推广上具有可行性。生物质(秸秆)发电作为一种新型能源,能够缓解常规能源紧缺的现状,使得全国能源得到最优配置。生物质(秸秆)发电是一种环境友好型的生产方式,具有减排污染物的环境价值,能带来丰厚的环境效益和经济效益,但是,要特别注意对秸秆气化发电项目焦油排放的处理,使其更加符合能源——环境可持续发展的需要。秸秆替代燃煤发电具有显著的外部效益,政府在税收及财政支出上应给予大量的优惠,鼓励该产业的健康发展。在国家支持的基础之上,企业还要借鉴国内外先进的发电行业的管理经验,进行科学的选址。生物质(秸秆)发电项目在技术、

经济、环境、社会各方面的综合效益比较明显，符合可持续发展政策，项目的各项经济指标合理。因此，该项目在推广上就有可行性。在生物质（秸秆）发电项目的运营方面，通过确定原料的内部转移价格，能够建立秸秆发电燃料市场的纵向联盟，合理调整区域产业结构、科学整合生物质燃料供应体系、优化生物质燃料收储系统的运营模式和生物质电厂机制，有效解决燃料供应问题。要充分发挥市场竞争机制，增强企业的竞争意识，提高发电集团对生物质产业的重视程度。在生物质运营方面最关键的是来自技术和政策上的约束，加大对生物质发电关键技术自主研发和相关设备的自主研制，细化生物质发电的相关政策。政府在生物质发电的推广过程中起着引导、资助和筹划全局的作用，政府要制定一整套措施——从体制创新，明确国家政府及地方政府的责任，协调国家与地方政府的利益关系，增强官员意识和使秸秆发电项目与地方政府结为利益共同体方面入手，完善整个秸秆发电项目的激励政策体系。同时，国家应在上网电价、税收等方面对生物质发电予以照顾和扶持。生物质发电产业与能源农业密切相关，能源农业的政策选择要减少生物质能对粮食生产和流通的不利影响，确保粮食安全。生物质发电产业的政策选择要加大科学研究和资金投入，完善政策保障机制。

本书可为从事生物质能源规划与利用、节能减排、秸秆发电、资源利用、农村循环经济、能源农业等方面研究的专家学者提供借鉴，也可从事生物质（秸秆）发电项目和农村能源建设和管理的相关部门提供参考。

著 者

2012 年 2 月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 研究背景及意义	(1)
1.2 国内外研究现状	(2)
1.3 秸秆发电项目发展现状及存在问题	(5)
1.4 主要研究内容与方法	(10)
第 2 章 生物质 (秸秆) 发电及其理论基础	(12)
2.1 生物质 (秸秆) 发电概述	(12)
2.2 中国生物质 (秸秆) 发电项目发展状况分析	(14)
2.3 生物质 (秸秆) 发电的理论基础	(19)
第 3 章 基于博弈论的能源可持续发展资源调配分析	(25)
3.1 能源发展资源利用的可持续度	(25)
3.2 中央和传统型、新型能源战略选择博弈模型	(26)
3.3 传统型、新型能源对中央转变资源投入的决策响应	(28)
3.4 考虑全国经济利益的中央最优决策	(29)
第 4 章 生物质 (秸秆) 发电的环境价值分析	(31)
4.1 环境价值分析	(31)
4.2 对比燃煤发电的秸秆发电环境价值分析	(31)
第 5 章 生物质 (秸秆) 气化发电系统的生命周期评价	(35)
5.1 研究内容与方法	(35)
5.2 秸秆气化发电系统的生命周期评价	(36)
第 6 章 生物质 (秸秆) 发电燃料供应市场的联盟博弈	(42)
6.1 基本假设及主要参数	(42)
6.2 秸秆收储企业和秸秆发电企业建立联盟前的博弈分析	(43)
6.3 秸秆收储企业和秸秆发电企业建立联盟后的博弈分析	(44)
6.4 战略联盟前后的比较	(45)
6.5 实例分析	(46)

第 7 章 生物质（秸秆）发电的外部性分析及政策选择	(47)
7.1 秸秆发电项目的经济学分析	(47)
7.2 基于秸秆发电项目经济外部性的政策选择	(50)
第 8 章 生物质（秸秆）发电项目燃料收储运系统研究	(52)
8.1 秸秆收储运系统的运营模式	(52)
8.2 基于动态反馈分析的秸秆资源供应链系统的研究	(60)
8.3 解决秸秆收储运系统问题的对策与措施	(66)
第 9 章 生物质（秸秆）发电项目运行过程中的政府责任及其实现路径	(71)
9.1 地方政府对秸秆发电项目决策的演化博弈过程分析	(72)
9.2 秸秆发电项目推广过程中的新问题	(77)
9.3 秸秆发电项目推广过程中的政府责任	(78)
9.4 政府责任的实现路径	(79)
第 10 章 生物质（秸秆）发电项目规划选址问题研究	(85)
10.1 秸秆发电项目选址规划的现状存在问题	(85)
10.2 秸秆发电项目选址规划的影响因素	(90)
10.3 秸秆发电选址规划理论方法	(92)
10.4 秸秆发电项目选址规划方法实证研究	(99)
10.5 秸秆发电项目选址规划的对策	(107)
第 11 章 生物质（秸秆）发电上网电价机制研究	(110)
11.1 生物质发电上网电价背景分析	(110)
11.2 生物质发电上网电价机制研究	(110)
11.3 生物质发电上网电价构成	(113)
11.4 生物质发电上网电价的测定	(118)
第 12 章 基于 SCP 范式框架的生物质（秸秆）发电产业发展研究	(123)
12.1 生物质（秸秆）发电产业的市场结构分析	(123)
12.2 生物质（秸秆）发电产业的市场行为分析	(126)
12.3 生物质（秸秆）发电产业的市场绩效分析	(129)
12.4 基于 SCP 范式框架的生物质（秸秆）发电产业发展对策	(133)
第 13 章 面向生物质（秸秆）发电产业的能源农业发展研究	(136)
13.1 能源农业的概念及特征	(136)
13.2 生物质（秸秆）发电产业与能源农业的关系	(141)
13.3 面向生物质（秸秆）发电产业的能源农业发展影响因素	(146)

13.4 能源农业发展应注意的问题及政策选择 (149)

第14章 生物质（秸秆）发电项目的技术经济分析..... (154)

14.1 生物质（秸秆）发电项目的可行性分析 (155)

14.2 生物质（秸秆）发电项目的财务分析 (158)

14.3 生物质（秸秆）发电项目的国民经济评价 (160)

14.4 生物质（秸秆）发电项目的可持续性评价 (162)

14.5 秸秆热电厂实证分析 (165)

第15章 生物质（秸秆）发电产业技术体系评价与选择..... (177)

15.1 生物质气化发电技术 (177)

15.2 生物质直燃发电技术 (181)

15.3 生物质混燃发电技术 (184)

15.4 生物质发电技术评价与选择 (188)

第16章 结论及展望 (195)

16.1 结论 (195)

16.2 展望 (197)

参考文献 (198)

后记 (204)

第1章 绪 论

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

改革开放以来,我国保持了全球最快的经济增长速度。从2003年起,经济增长已连续数年达到或略高于10%。但是,粗放式的外延扩张依然是我国经济增长主要形式,资源和能源的日益短缺与经济的快速增长形成了矛盾,生态环境正在逐步恶化。

2009年12月,哥本哈根气候大会召开,世界各国就2012年后《京都议定书》的第一期承诺结束后的减排指标进行了讨论。2010年12月,联合国坎昆气候大会闭幕,会议通过了两项应对气候变化的决议,推动了气候谈判进程继续向前。目前,国际上对低碳经济以及节能减排的重视已经提到了一个新的高度,世界各国开展低碳经济初见成效,国际社会的发展趋势就是发展低碳经济,进一步节能减排。改变我国经济增长方式,解决我国经济发展所面对的突出问题的途径也是发展低碳经济。发展低碳经济具体落脚点就是要寻找新型的、清洁的能源,秸秆发电就是一种很有研究价值和发展潜力的新型、清洁型能源。所以,发展秸秆发电对解决我国经济发展面临的突出问题有着巨大的好处。同时,生物质发电相关问题是当今学术界、企业界、政府关注和研究的热点,秸秆发电作为生物质发电内容之一,存在许多需要研究的问题。

1.1.2 研究意义

秸秆发电是目前最主要的也是最成熟的一种生物质能源应用模式,是利用在传统农业生产中被视为废弃物的秸秆通过直燃或液化、气化后燃烧发电获取电能的一种发电方式。总体来说,秸秆发电利用技术可分为固体、液体和气体三种:

第一,秸秆固体燃料。大部分秸秆原始状态密度小、热值低,虽然不经过处理也可以作为能源使用,但无论是运输和储存,还是利用效率方面,都不能与化石能源相提并论。

第二,秸秆液体燃料。利用农作物秸秆生产柴油或乙醇,目前,这种技术还处于工业化试验阶段。

第三,秸秆气体燃料。通过高温热解技术将秸秆转化为以一氧化碳为主的可燃气体,用于居民生活燃料或发电燃料。

对于秸秆发电的研究有着重要的理论和现实意义：

(1) 落实科学发展观、建设资源节约型社会、实现可持续发展的基本要求。经济发展和社会进步的基本保障是充足、安全、清洁的能源供应。我国人口数量大，人均能源消费量很小，而能源需求量的增长压力却很大，经济发展与能源供应的矛盾十分尖锐。要从根本上解决现存的能源问题，并不断满足经济和社会发展的需要，保护环境，真正实现全面快速可持续发展，除了大力提高能源效率之外，最为重要的战略选择就是加快可再生能源的开发利用，同时也是建设资源节约型社会、落实科学发展观的基本要求。

(2) 保护环境、应对气候变化的重要措施。目前，我国环境污染问题十分严重，生态系统极为脆弱，化石能源的大量开采和使用对环境造成了极大的影响，特别是煤炭比例偏高的我国能源消费结构，二氧化碳排放增长较快，对气候变化有着较大的影响。秸秆发电清洁环保，开发利用过程不会增加温室气体排放。发展秸秆发电，对能源结构的优化、环境的保护、温室气体的减排、气候变化的应对有着十分重要的作用。

(3) 建设社会主义新农村的重要措施。农村是目前我国经济和社会发展最为薄弱的地区，能源基础设施相对落后，全国还有大约 1150 万人没有电力供应，许多农村生活能源仍主要依靠秸秆、薪柴等生物质低效直接燃烧的传统利用方式提供。农村地区可再生能源资源丰富，加快秸秆发电项目的开发利用，一方面可以利用当地资源，因地制宜解决偏远地区电力供应和农村居民生活用能问题，另一方面可以将农村地区的秸秆资源转换为商品能源，使秸秆发电成为农村特色产业，有效延长农业产业链，提高农业效益，增加农民收入，改善农村环境，促进农村地区经济和社会的可持续发展。

(4) 开拓新的经济增长领域、促进经济转型、扩大就业的重要选择。秸秆发电资源分布广泛，各地区都具有一定的秸秆发电开发利用条件。秸秆发电的开发利用主要是利用当地自然资源和人力资源，对促进地区经济发展具有重要意义。同时，秸秆发电也是高新技术和新兴产业，快速发展的秸秆发电已成为一个新的经济增长点，可以有效拉动装备制造等相关产业的发展，对调整产业结构，促进经济增长方式转变，扩大就业，推进经济和社会的可持续发展意义重大。

1.2 国内外研究现状

秸秆发电问题研究的内容比较广泛，研究的人员也较多。从目前所能收集到的资料来看，有对国家层面的秸秆发电进行系统研究的，也有带有较强地域色彩的秸秆发电研究。

(1) 环境价值分析领域。随着社会经济的发展，环境和能源问题日益严重，秸秆发电作为一种高度清洁的能源技术，比火力发电具有更高的环境价值。魏学好、周浩指出所谓污染物的环境价值，是指减排单位量的污染物所避免“污染经济损失”的价值量^[1]。国际上广泛采用环境成本对环境价值进行量化，目前国际上评估环境成本的主要方法有三种：第一，以污染物造成损害的价值作为计量基础；第二，以污染后果的清除与损坏赔偿补救成本作为计量基础；第三，以预防污染发生的成本作为计量基础^[2]。

(2) 生命周期评价领域。生命周期评价（LCA，Life Cycle Assessment）是评价产品或行

为过程在生命周期内对环境所产生影响的一种工具。生命周期评价通过对能量和物质的利用以及由此造成的废物排放进行辨识和量化,评估能量和物质利用以及废物排放对环境的影响,寻求改善环境影响的机会^[3]。目前,国内外已就秸秆利用的一些问题进行了生命周期评价。如瑞典农业科学大学 Goran Forsberg 采用生命周期方法对秸秆运输链进行分析,认为不同的秸秆运输方式对环境的影响差别不大^[4]。美国能源部以假想的秸秆 IGCC 发电系统为研究对象进行生命周期评价^[5]。中科院广州能源研究所赵琳对秸秆直燃发电系统的关键技术环节改善与降低环境影响的关系进行了讨论^[6]。我国华南理工大学电力学院冯超测算出秸秆直燃发电项目在减少温室气体排放上能起积极作用^[7]。

(3) 基于博弈论的能源可持续发展资源调配领域。目前,新一轮能源变革正在全球范围内展开。作为传统能源的重要补充,新能源在全球发展中扮演的角色愈发重要,并成为 21 世纪大国之间竞争与博弈的筹码。投资于新能源,不仅体现了地球公民的参与精神,更能获得丰厚回报^[8]。同时,我国正在逐步将对传统型能源发展的资源投入转移到对新型能源发展的资源投入中,国家能源局推出了新能源发展规划,加快能源结构调整,大力发展清洁能源,着力提升可再生能源的比重,进一步淘汰传统型能源的落后生产力^[9]。在多重有利因素推动下,中国新能源产业或将率先抓住新机遇。然而,2008 年爆发的世界金融危机对各国经济造成较大冲击,能源需求严重萎缩,相关企业利润被挤压,甚至出现了资金链吃紧、融资困难的状况^[10]。中央在全国能源战略中处于决策者的地位^[11]。对于在全国能源战略中处于决策者地位的中央而言,在一个经济时期内应该转移多少资源,就成了一个不可回避的问题^[12]。目前,我国对中央如何决策新老能源发展资源调配领域的研究还存在空白,而运用博弈论对可持续发展问题的研究则比较多,Sinoma, S 等人运用博弈论分析了旅游可持续发展的问题^[13]; Yujie Tao 等人运用博弈论分析了江河水资源可持续发展的问题^[14]; Chunmei Yang 等人通过研究服装产业成本和利润之间的博弈,分析服装产业的可持续发展问题^[15]; Juxiu Zhang 等人则运用博弈论研究了中国网络游戏的可持续发展问题^[16]。

(4) 基于博弈论的秸秆发电燃料供应领域。随着秸秆发电产业的发展,其燃料供应问题成为了制约该产业可持续发展的一个重要因素。从许多学者的研究中可以看到,秸秆收储企业和电力企业建立战略联盟是解决该问题的有效途径之一^[17];陶长琪等分析了煤炭企业和电力企业组建联盟后的效应变化,认为组建联盟将有可能带来联盟企业各自利润的增加,但只针对煤炭燃料的市场结构^[18];孙静春等则分析了秸秆发电企业和收储企业的联盟博弈问题^[19],但是其关于一个区域内存在两个秸秆发电企业的假设不完全符合具体的实际情况,而应该是收储企业多,发电企业只有一家。而有关联盟稳定性的研究较多,例如 Rhoades 等研究了定位对航空业战略联盟稳定性的影响^[20];Venkatesh 等从联盟合作营销的动态性出发,研究了影响联盟稳定性的主要问题^[21];Gill 等分析了跨文化企业并购的不稳定性^[22];Conlon 研究了学习能力在有限次重复囚徒困境中对联盟稳定性的影响^[23];Bierly 等从产品发展的不同阶段及相应的不同管理结构研究了战略联盟的稳定性^[24];王惠等从协作和利益分配的角度对动态联盟的稳定性进行了研究^[25];单汨源等运用 4 种多组织博弈模型对战略联盟的稳定性进行了分析^[26];刘怀德等讨论了合作、成员个数与企业集团之间的稳定性问题^[27];刘益等指出,关系合同理论和交易成本经济学、博弈论、资源依赖和谈判能力、委托代理理论和战略行为理论为目前联盟稳定性研究的 5 个角度^[28];吴昊等分析了联盟内合作竞争博弈中的复杂性与演化均衡的稳定性^[29];苑清敏等分析了 3 种中小型制造企业的动

态联盟模式的稳定性问题^[30]；李瑞琴运用博弈论的分析方法，从量化角度分析了影响战略技术联盟稳定性的因素^[31]。

(5) 秸秆发电外部性领域。能源是经济与社会发展的基本动力，能源短缺和环境危机是制约当今世界经济社会发展的两大主要问题。秸秆发电作为一种可再生的生物质能，已成为各国能源战略的重要组成部分^[32]，近年来国外对于电力行业的外部性范畴的研究逐渐向社会——经济外部性领域拓展^[33]。而外部性及其补偿理论最早由庇古等通过对社会成本与私人成本之间差异的分析，提出应对具有正外部性的活动予以补贴的观点。这之后，Westman 提出“自然的服务”概念以及如何评估其价值的问题^[34]。Freeman 对环境与资源价值评估的理论与方法做出了阐释^[35]。Turner 和 Pearce 等从理论高度阐述了自然资本与生态系统服务价值如何进行分类^[36, 37]。而后，Dailv 又从社会对自然依赖性的角度进一步阐释了“自然的服务”这一理论^[38]。Costanza 等提出了自然资源具有价值，生态系统向社会提供了有价值的服务的理论^[39]。

(6) 宏微观政策研究领域。宏微观政策研究对保证生物质（秸秆）发电项目健康持续发展具有重要意义，在国内外一些学者从宏观层面提出了成本、技术、国家政策方面的问题；一些学者从微观层面提出了秸秆发电面临着没有配套的上下游产业，秸秆资源的收集、运输和储存问题，秸秆发电行业发展的金融、税收优惠政策还不健全等问题。

目前秸秆发电的政策体现在：① 国外鼓励秸秆发电的政策分为总量目标制度、高价收购制度、配额制度、投资补贴制度和减免税费制度；② 我国可再生能源法规定的鼓励秸秆发电的政策分为总量目标制度、分类电价制度、优先上网制度、费用分摊制度、专项资金制度、信贷优惠政策和税收优惠政策。国内和国外的鼓励政策非常相类似，这说明我国鼓励秸秆发电政策的思路还是正确的。

我国中央和各地方政府出台了一系列法律法规，在不同层面上支持可再生能源产业的发展。现有法律和政策为生物质发电提供了有利的环境和法律保障，但由于各种原因，这种政策和激励措施缺乏执行力，引发了不少问题：① 一些地方政府违背当初的承诺，引进了与秸秆发电厂同原料的企业；② 秸秆燃料运输存在问题；③ 在秸秆等燃料的收购方面，政府的引导欠佳，致使燃料外流；④ 政府在秸秆等燃料存储方面的协调工作做得不够好等。

(7) 秸秆发电项目选址规划相关研究领域。目前，关于秸秆发电项目选址规划问题的研究仍较少，吉林大学的宫耀林通过与调研取得的其他三家生物质发电厂的主要经营指标对比，对影响生物质发电厂效益的燃料收储运问题、设备可靠性运行问题、人工成本等问题进行分析，并提出了具体的解决途径。清华大学的邢爱华等结合秸秆类生物质资源的岛式分布特点，建立了描述秸秆收集过程成本、能耗和污染物排放的数学模型，对收集成本和能耗进行了参数敏感性分析，使得生物质资源的收集成本影响敏感因素有了明确的定义。江苏电力设计院的李剑锋等从整体上对江苏秸秆电厂的投资运营状况进行了分析，论述了秸秆电厂运营的特点和提高秸秆电厂项目投资效益的途径，提出了需要国家政策扶持的建议。河南省电力勘测设计院的韦迎旭等则分析了秸秆发电项目前期操作应重点关注的问题，其中秸秆收集系数、秸秆可获得量以及秸秆可利用量的理论具有极高的借鉴价值。西安交通大学的聂钰等则以枣庄十里泉电厂为例，对自设采购点模式下最优采购策略进行了研究，其研究思路和基本方法具有重要的参考价值。

1.3 秸秆发电项目发展现状及存在问题

1.3.1 发展现状

根据对能源的预测,石油将在大约40年之后步入枯竭,天然气将在大约60年之后耗尽,煤炭的利用时间也只有大约220年。国际能源机构的相关研究表明,秸秆是很优质的清洁能源,平均含硫量只有0.38%,而煤的平均含硫量为1%左右。据专家估测,目前我国每年废弃的农作物秸秆有1亿吨左右,折合标准煤约为5000万吨,预计到2020年全国每年废弃秸秆量将超过2亿吨。因此,加快开展秸秆发电势在必行。

1.3.1.1 国外发展现状

自从20世纪七十年代世界石油危机以来,发达国家实现能源替代和可持续发展的重要措施就是开发利用可再生能源,进而调整能源结构。丹麦、德国、日本等国家较早发现开发利用新能源的重要性,进行企业联合、政府补贴、发布新能源利用计划等多种积极举措,在新能源产业发展中采用多渠道、重扶持的策略,其中最具代表性的是丹麦的秸秆发电技术。

丹麦人口只有500多万、面积仅为4.3万平方公里,有高度发达的工农业。20世纪70年代的世界石油危机,促使丹麦开始发展秸秆发电技术,经过政府的关注和支持,丹麦由BWE公司率先研发出了秸秆燃烧发电技术,并于1988在丹麦诞生了世界上第一座秸秆发电厂。如今丹麦已有130多家秸秆发电厂,全国能源消费量的24%以上由秸秆发电等可再生能源提供。据可靠数据显示,目前已有300多台利用植物秸秆作为燃料发电的机组在丹麦、荷兰、瑞典、芬兰等欧洲国家投产。

1.3.1.2 国内发展现状

对于包括秸秆发电在内的可再生能源产业发展,我国政府给予了高度重视。国家颁布实施《可再生能源法》等法律法规,意在推动秸秆发电设备的研发、制造,以期促进相关产业的快速健康发展。目前,国家电网公司、五大发电集团、中国节能投资公司等国有大型企业纷纷参与投资秸秆发电项目,国内民营企业及外资企业也纷纷投资该项目。各地各级政府对发展秸秆发电项目给予了大力支持。据不完全统计,截止到2006年底,已有50个生物质规模化发电项目获得国家发改委和各省发改委的核准,已有超过150万千瓦的总装机容量;其中,仅2006年就核准39个,总投资100亿元以上。全国已经建成投产的生物质直燃发电项目已经超过10个(其中,国家电网公司投资成立的国能生物发电有限公司有9个),在建项目30个左右(其中,国能占10个)。可以预见,在今后一段时期,我国的秸秆发电产业将保持快速发展的势头。

我国是世界上人口最多的国家,国民经济发展面临资源和环境的双重压力。从人均化石能源资源量看,煤炭资源只有世界平均水平的60%,石油只有世界平均水平的10%,天然气只有5%。从能源生产和消费来看,目前我国已经成为世界上第二大能源生产国和第二大

能源消费国，大量生产和使用化石能源所造成的环境污染已经十分严重。专家认为，随着经济的发展和人民生活水平的提高，我国的能源需求将快速增长，能源、环境和经济三者之间的矛盾也将更加突出，因此，加大能源结构调整力度，加快可再生能源发展势在必行。

据了解，近年来我国秸秆发电项目正在崛起。山东省菏泽市单县秸秆热电厂项目，年发电量可达 2.5 万千瓦，每年可节省标准煤约 40 万吨左右。中国节能投资公司投资建设的江苏宿迁、句容两市的秸秆发电项目先后开工建设。这两个示范项目投资额都有 3 亿元，项目规模均为 2.4 万千瓦，年秸秆消耗量为 20 万吨左右，项目建成后年用于收购当地农民秸秆的资金可达 6000 万元，每亩平均可以增加收入 40 元到 50 元，农民人均受益可达 140 元。此外，广东、河南、浙江、甘肃等多个省市的生物质发电项目也都有不同程度的发展。

我国生物质能源的发展一直是在“改善农村能源”的观念和框架下运作，较早地起步于农村户用沼气，此后在秸秆气化上部署了试点。近年来，随着国家政策的跟进和落实，国内企业和研究单位引进、消化国外生物质发电技术和装置，并大力自主研究开发适应我国国情的生物质发电技术、装置和项目管理模式。自 2003 年起，我国生物质发电产业开始了从无到有的发展历程：2003 年国家核准河北晋州、山东单县和江苏如东 3 个秸秆发电示范项目。2006 年前，我国生物质发电总装机容量约为 200 万千瓦，其中：蔗渣发电约占 170 万千瓦以上；垃圾发电约占 20 万千瓦；其余为稻壳等农林废弃物气化发电和沼气发电等。具不完全统计，截至 2007 年底，国家和省发改委已核准生物质发电项目 87 个，总装机容量达 220 万千瓦，分布在山东、吉林、江苏、河南、黑龙江、辽宁和新疆等地。

从生物质发电的市场参与主体来看，国有企业起步早，如国能生物质发电有限公司和中国节能投资公司是国内最早开始建设秸秆发电项目的企业。目前包括国家电网、五大发电集团在内的诸多具备行业基础和资金、技术优势的企业也逐步加入（表 1-1）。

表 1-1 电力企业秸秆发电开发现状

开发商	开 发 现 状
国家电网	参股国能生物发电有限公司，2006 年在山东单县建设了国内第一个秸秆直燃发电项目——单县龙基生物发电有限公司；截至 2008 年年底国能生物发电有限公司装机容量 41 万千瓦，累计发电 24 亿千瓦·时，市场份额占 70% 左右。分布在山东单县、高唐、垦利、巨野，河北威县、成安，江苏射阳，河南浚县、鹿邑、扶沟，黑龙江望奎，新疆阿瓦提、巴楚，辽宁黑山、昌图，内蒙通辽、赤峰，吉林梅河口等
华电集团	2005 年其旗下的山东枣庄十里泉电厂在 5 号机组中安装了我国首台煤粉秸秆混燃发电机组；此外其旗下还投产了安徽宿州秸秆发电项目，2 台 2.5 万千瓦
中电投	中电国际启动了新能源发展规划，成立了中电新能源公司，目前项目有中电洪泽生物质热电项目，投资额 1.31 亿
国电集团	国电生物质发电产业起步于 2005 年，至 2008 年末分别以控股和参股的方式建成投产了汤原、东海、无棣三个生物质电站，装机容量达 7.8 万千瓦。此外国电控股的龙源旗下还有 1~2 家
大唐集团	大唐安徽淮北发电厂在蒙城建有秸秆发电项目
粤电集团	粤电湛江生物质电厂，建有 2 台全国单机最大（5 万）的秸秆电厂
皖能电力	含山皖能、舒城皖能均于 2008 年 3 月设立，各建设 2 台 1.5 万千瓦秸秆发电机组
中节集团	江苏宿迁秸秆电厂于 2006 年 12 月 20 日建成投产，采用自主研发的循环流化床锅炉，建设规模为 2×1.2 万千瓦，燃料以稻麦秸秆为主

1.3.2 存在的问题

我国秸秆发电产业仍然处于起步阶段,虽然出台了一些优惠政策,但是当前的效果并不乐观,不具备较强的市场竞争力。例如,江苏兴化某企业与中科院能源所合作建设投资的兴化生物质气化发电项目,由于电价过低,导致企业持续亏损,处于停产状态。

1.3.2.1 建设和运营成本相对较高

(1) 单位造价大。与常规的燃煤发电相比,秸秆发电燃料的特点决定了其单位千瓦投资大。目前,我国生物质发电项目的单位投资在 12000 元/kW 左右,而燃煤火电厂的单位投资大约在 4000 元/kW 左右,生物质发电项目的单位投资是燃煤电厂的 3 倍,见表 1-2。

表 1-2 2007 年国家补贴的发电项目投资情况

项目名称	组成 (MW)	规模 (MW)	总投资 (亿元)	单位投资 (元/kW)
国能山东垦利生物质发电项目	1 × 25	25.0	2.7	10800
国能河北威县生物质发电项目	1 × 24	24.0	2.6	10833
国能河北成安生物质发电项目	1 × 24	24.0	5	20833
国能山东高唐生物质发电项目	1 × 30	30.0	2.7	9000
国能山东单县生物质发电项目	1 × 25	25.0	3	12000
国能江苏射阳生物质发电项目	2 × 25	50.0	6	12000
中节能江苏宿迁生物质发电项目	2 × 12	24.0	2.48	10416
平均				12268.86
国家发改委 2007 年 8 月《可再生能源中长期发展规划》采用的测算值				7000

(2) 燃料是影响生物质发电成本最关键的部分,占 75% 左右。随着技术的发展和经验的积累,秸秆的用途越来越多,加之秸秆收集困难,并且企业间争夺秸秆资源的状况时有发生,因此,在给定地区可收集的、用于直燃发电的秸秆供应量必将减少,秸秆价格随之上升。

对于同一收购时期、不同区域的秸秆而言,秸秆收购价格的差异并不大,但秸秆到厂价格差异会很大。表 1-3 是某项目的秸秆成本构成。

表 1-3 秸秆成本构成

麦秸秆成本构成	金额 (元/吨)	玉米秸秆成本构成	金额 (元/吨)
收购价格	160.00	收购价格	140.00
加工费用	45.67	加工费用	68.67
其中:人工费	11.11	其中:人工费	11.11
电费	8.25	电费	8.25

续表

麦秸秆成本构成	金额（元/吨）	玉米秸秆成本构成	金额（元/吨）
耗材（打包绳）	13.00	耗材（打包绳）	13.00
耗材（柴油费）	11.56	耗材（柴油费）	208.67
打包后成本费用	205.67	切碎（玉米秸秆）	23.00
运费	30.00	打包后成本费用	208.67
燃料到厂收购价格	235.67	运费	30.00
损耗率（%）	15.00	燃料到厂收购价格	238.60
燃料入炉价格	227.00	损耗率（%）	25.00
		燃料入炉价格	318.00

据测算，厂家在秸秆发电项目中所能承受的秸秆到厂价是 150 ~ 200 元/吨，然而，从表 1-3 可看出，麦秸秆和玉米秆的入炉价格已经分别达到了 277 元、318 元。以河北省秸秆发电厂为例，2010 年其收购的秸秆到厂价普遍在 280 元/吨左右，均已超过了这个范围。另外，由于目前国内造纸行业利润率较高，在小麦秸秆等原料收购过程中，造纸企业从自身利益出发，进行恶性收购，导致收购价格较高，生物质能电厂在燃料收购价格方面处于劣势地位。由于黄色生物质轻、松、泡、散等物理特性，装卸困难，运输和存储费用高。同时生物质加工、粉碎、储存等相关设备较少，造成相关设备的采购较高，进而限制农民燃料收购积极性。燃料运输过程中，目前交通方面收费过多，也间接地提高了燃料收购成本。

（3）适合中国国情的燃料供应体系亟待完善

中国生物质资源虽然非常丰富，但极具特色的中国国情，使燃料供应体系建设要比国外复杂的多，特别是目前中国缺乏与燃料收、储、运系统相配套的技术装备，很多资源不能实现大规模开发利用，急需加快研制开发与生物质发电配套的用于采集、运输、加工、储存的农林机械设备。以一个 2.5 万千瓦的黄色秸秆生物质电厂为例，所需燃料收、储、运设备投资约 4000 万元。国内农机制造业积极参与燃料供应体系的建立，加快投入采集、运输、加工、储存等农林机械设备的研发与制造，既可以加快提升中国农机制造业水平，同时也会给相关企业带来巨大的发展空间。

（4）对秸秆发电的环境价值认识不够，单纯的从直接的投入、产出角度考量秸秆发电项目的成本，没有考虑秸秆发电所带来的环境效益。

（5）秸秆发电项目需要一定的辅助人员，而这些辅助人员主要集中在燃料采集这部分，使秸秆发电需要较高的运营人工工资和管理成本。

1.3.2.2 产业链还需要进一步完善

（1）能源发展的资源调配问题研究不足。目前国内对于新老能源发展资源调配的研究还存在着空白，使得发展秸秆发电在资源调配领域缺乏理论支持。

（2）人才支撑不够。目前国内缺乏现成可供借鉴的运营企业，各科研单位和院校也没有设置对口的专业，导致缺乏真正熟悉和掌握秸秆发电的人才。

（3）科研和技术支撑不够。秸秆发电技术跨度较大、综合性较强，既涉及到系统的运

筹和管理,又涉及到农业、农机,国内从工程设计、基础性科学、机械设备等方面的研究都落后于现在产业的发展水平。除沼气外,其他生物质能源的技术水平较低,还没有建立起完备的生物质能源工业体系,缺乏技术研发能力,设备制造能力弱,技术和设备生产较多依靠进口,技术水平和生产能力与国外先进水平差距较大。同时,生物质能源资源评价、技术标准、产品检测和认证等体系不完善,人才培养不能满足市场快速发展的要求,没有形成支撑生物质能源产业发展的技术服务体系。

(4) 国内与秸秆发电相关的软科学研究落后。对秸秆发电项目的生命周期缺乏认识、判断、评价和控制。

(5) 秸秆发电外部性经济分析不透彻。无法得到明晰的秸秆发电外部效应,因而无法为国家政策对秸秆发电项目进行扶持提供支持。目前,我国在对生物质发电项目的增值税、企业所得税、耕地占用税等主要税种方面优惠政策还不够明晰,申请享受财政贴息及燃料收、储、运设备的农机补贴等优惠政策难度较大,造成这一产业起步阶段困难较多。

1.3.2.3 存在无序竞争的可能性

秸秆发电产业是典型的“小电厂、大燃料”,燃料供应是生物质发电项目正常运营的前提。中国人多地少,秸秆体积大、重量轻,不适合长距离运输,导致燃料收购、储存和运输均较困难。若项目容量太大或者项目之间规划距离太近,或在以农作物秸秆为原料的造纸、饲养行业发达的地区规划建设生物质发电项目,将会对秸秆发电项目的正常运营造成非常不利的影响。目前,有些省份已出现了一个县(市)布点多个生物质发电项目或规划多台机组的问题。学术界也在积极呼吁,在规划上加强宏观调控。

1.3.2.4 生物质(秸秆)发电项目处于亏损状态

由于基建投资大、运营成本高、秸秆成本波动大等因素,使得生物质(秸秆)发电项目处于赔钱状态。山东京能生物质发电有限公司2009年的运行成本是0.839元/kWh。2010年7月《国家发展改革委关于完善农林生物质发电价格政策的通知》规定“统一执行标杆上网电价0.75元/kWh(含税)”。成本与电价之间的差距还是显而易见的,发一度电亏损0.089元。

目前,生物质发电电能质量好可靠性高成本低,具有较高的经济价值,有利于我国发电结构的调整。但生物质发电项目在燃料供应和环境污染风险方面,存在着审批程序过于复杂的情况,相关法规政策中对生物质发电的专项规定偏少,使得生物质发电项目难以得到更多企业的青睐。2006年出台相关政策现在现有的政策有《可再生能源法》、《可再生能源中长期发展规划》、《国家发改委关于完善农林生物质发电价格政策的通知》,尤其是强制上网和电价补贴政策,推动了生物质能源的投资和开发利用,消除了入网障碍,提供了收益保障,“十一五”规划期间,科技部把优先发展生物质能放在重要地位,将有更多的经费投向生物质能的开发和利用。我国目前实行的生物质能发电定价制度是以燃煤机组发电价格为标杆价格再加上一个固定的电价补贴。该定价制度灵活性差,无法准确反映我国各地区之间的差异和时间的变化。其次,我省的生物质能发电核心技术和关键设备都需要从国外进口,大大的增加了运行成本,使得我国的生物质能发电企业长期处于亏损经营的状况,虽然在2010年出台的《国家发改委关于完善农林生物质发电价格政策的通知》给众多的发电厂喘息的机