

# 秸秆发电技术及效益分析

董一真 刘 强

(杭州市特种设备检测院 浙江杭州 310000)

**摘要** 简要介绍秸秆的化学成分、工业分析及特点、秸秆发电技术原理及应用。以 25MW 秸秆发电厂作为典型工程,分析秸秆发电厂的建厂条件、主要设备、生产流程等情况,以及投资估算、建设周期、发电成本,经济效益、生态环境和社会效益等。指出我国秸秆资源丰富但资源化利用程度低,大型秸秆直燃发电技术较成熟、发电成本较低,各级政府及政策法律的支持,秸秆发电有良好的产业化前景。

**关键词** 秸秆发电 生态环境 经济效益 社会效益

中图分类号:TM619

文献标识码:A

文章编号:1672-9064(2013)03-039-03

当前,我国正面临能源与环境问题的严峻挑战。采用新技术、新模式开发利用秸秆等农林废弃物生产电力,涉及能源开发、环境保护、农村发展、生态平衡等诸多利益,是事关国民经济可持续发展、能源安全和社会进步的重大问题。目前,我国大部分秸秆主要用在农村炊事、取暖,或丢弃在田间腐烂或直接焚烧,秸秆转换效率低下(仅 10%左右),浪费资源,污染环境。而利用秸秆制成的生物质颗粒燃料是一种典型的生物质固体成型燃料<sup>[1]</sup>,具有高效、洁净、点火容易、CO<sub>2</sub>零排放等优点,可替代煤炭应用于发电等工业领域<sup>[2-3]</sup>。建设秸秆发电厂,可以变废为宝、兴利除害,节约资源、减少污染,既缓解电力短缺,又增加农民收入,还可以生产出含丰富钾、镁、磷、钙等元素的优质肥料,降低农民施肥成本,提高农作物产量和质量,具有一系列的生态、社会和经济效益<sup>[4]</sup>。

## 1 秸秆发电技术

### 1.1 秸秆的化学成分及特点

秸秆是由可燃质、无机物和水组成,主要含有碳(C)、氢(H)、氧(O)及少量的氮(N)、硫(S)等元素,并含有灰分和水分。不同种类秸秆,其化学成分也不相同,现将秸秆的化学成分列于表 1。

表 1 几种主要秸秆化学成分 %

成分	碳	氢	氧	氮	硫
玉米秸	49.95	5.97	43.12	0.83	0.13
高粱秸	48.63	6.08	44.92	0.36	0.01
稻草	48.87	5.84	44.38	0.74	0.17
稻壳	46.20	6.10	45.00	2.58	0.14

由表 1 可见秸秆的化学成分与常规矿物燃料(煤和石油等)相似,所以它的特性和利用方式也与矿物燃料大致相同。

秸秆含有挥发分、固定碳、水分和灰分,不同种类秸秆其工业分析也不相同,几种主要秸秆工业分析见表 2<sup>[5]</sup>。

作为燃料,秸秆与煤等矿物燃料相比较,具有以下特点:

(1) 秸秆挥发分高达 70%左右,而煤的挥发分一般在 20%左右,因此秸秆易点燃。

(2) 秸秆氧含量高,因此在气化过程中容易生成大量 CO 气体。

(3) 秸秆灰分较煤低(3%~15%)。

表 2 几种主要秸秆工业分析 %

种类	水分	灰分	挥发分	固定碳含量
豆秸	5.10	3.13	74.65	17.12
稻壳	4.97	13.86	65.11	16.06
玉米秸	4.87	5.93	71.95	17.75
高粱秸	4.71	8.91	68.90	17.48
稻壳	5.33	8.95	66.93	18.79
麦秸	4.93	8.90	67.36	19.35
棉花秸	6.78	3.97	68.54	20.71

(4) 秸秆发热值低于煤,一般只相当于煤的 1/2~2/3。

(5) 秸秆含硫量很低。

### 1.2 秸秆发电技术

秸秆发电技术主要有直接燃烧发电、混合燃烧发电和汽化发电 3 种。

#### 1.2.1 直接燃烧发电

直接燃烧发电是指把秸秆等农业废弃物送入适合秸秆燃烧的特定蒸汽锅炉中,生产蒸汽,驱动蒸汽轮机,带动发电机发电。直接燃烧发电的关键技术包括原料预处理技术、蒸汽锅炉的多种原料适用性、蒸汽锅炉的高效燃烧、蒸汽轮机的效率。

欧洲等国的秸秆直接燃烧发电技术成熟。丹麦 BWE 公司率先研发秸秆等生物质燃烧发电技术,于 1988 年诞生了世界上第一座秸秆发电厂,迄今在这一领域仍是世界最高水平的保持者。目前丹麦已建立了 130 家秸秆发电厂,还有一部分烧木屑或垃圾的发电厂也能兼烧秸秆,秸秆发电遍及丹麦,秸秆发电等可再生能源占了丹麦全国能源消费量的 24% 以上。

我国国家电网公司旗下的专门从事生物质能发电公司和各大发电集团公司都准备近期建设一大批装机容量 25MW 的大型直燃秸秆发电厂。

#### 1.2.2 混合燃烧发电

混合燃烧发电是指将秸秆等农业废弃物应用于燃煤电厂中,使用秸秆和煤两种原料进行发电,主要有两种方式:一种是将秸秆原料直接送入燃煤锅炉,与煤共同燃烧,生产蒸汽,带动蒸汽轮机发电;另一种是先将秸秆在气化炉中气化

作者简介:董一真(1979~),男,工程师,在杭州市特种设备检测院从事锅炉检验相关工作。

生成可燃气体,再通入燃煤锅炉,可燃气体与煤共同燃烧生产蒸汽,带动蒸汽轮机发电。无论哪种方式,秸秆预处理技术都是非常关键的,要将秸秆原料处理成符合燃煤锅炉或气化炉的要求。混合燃烧的关键技术还包括煤与秸秆混燃技术、煤与秸秆可燃气体混燃技术、蒸汽轮机效率。

秸秆与煤炭的混合燃烧具有很大的潜力。这项技术十分简单,并且可以迅速减少二氧化碳的排放量。这一技术在斯堪的纳维亚半岛和北美地区使用相当普遍。在美国,有300多家发电厂采用生物质能与煤炭混燃技术,装机容量达6000MW。

我国华电国际十里泉电厂135MW机组的秸秆与煤炭混合燃烧改造项目,已经投产发电运行。

### 1.2.3 热解气化发电

热解气化发电是指在气化炉中将秸秆原料气化,生成可燃气体,经过净化,供给内燃机或小型燃气轮机,带动发电机发电。热解气化发电的关键技术包括原料预处理技术、高效热解气化技术、合适的内燃机和燃气轮机。其中,气化炉要求适合不同种类的生物质原料;而内燃机一般是用柴油机或是天然气机改造,以适用生物质燃气的要求;燃气轮机要求容量小,适合于低热值的生物质燃气。

美国、欧洲等发达国家中小型生物质气化发电技术非常成熟,但由于发达国家生物质能源相对较贵,而能源供应系统完善,对劳动强度大,热效率较低的中小型生物质气化发电技术应用很少<sup>[6-8]</sup>。

我国开发研究的中小型(200~1000kW)生物质气化发电系统,技术较成熟,设备全部国产化,不仅在国内广泛应用,并且已出口到泰国、老挝等东南亚发展中国家。

上述各种秸秆发电技术中,直接燃烧发电和气化发电两种发电方式,技术较成熟,已进入推广应用阶段。秸秆直接燃烧发电技术,热效率高、发电成本较低,单位投资合理,适合在秸秆较集中地区建设大型(25MW)秸秆发电厂。秸秆气化发电技术,适合秸秆分散地区,特别是稻米加工厂建设中小型(200~1000kW)生物质气化发电厂<sup>[9-11]</sup>。

## 2 秸秆发电工程及其效益分析

### 2.1 25MW 秸秆发电厂简介

25MW 秸秆发电工程采用秸秆直接燃烧发电技术。目前我国正在建设或申请核准报批的大型秸秆发电项目,大多数是25MW左右装机容量。

#### 2.1.1 厂址选择

秸秆发电厂选址的基本条件是:

(1)尽量靠近出产秸秆地带的中心位置,以减少大量运输秸秆的费用。

(2)水陆交通方便,具有一定的水源条件,便于取水净化后供发电厂工业水之用。

(3)尽量靠近并网变电所,以减少接入系统投资。

(4)工程地质较好,不受洪水等自然灾害的影响,能满足发电厂厂房设施对地基的要求。

#### 2.1.2 建设周期预测

25MW 秸秆发电厂,从筹备、可研、报批、设计、施工到投产并网约24个月。

#### 2.1.3 燃料的加工、运输及成本

组建收购点,并形成秸秆收购网络,在各收购点进行秸秆的整理、压缩、打捆。为了保证秸秆资源的及时有效供应,控制到厂的运输费用,秸秆的收购半径应在15~25km范围内。作为发电厂的燃料-秸秆的到厂成本,由收购和整理、压缩、打捆、装卸以及运输3部分的成本组成。

#### 2.1.4 设备组成及生产流程

秸秆发电设备选型的依据,除了取决于秸秆的供应情况外,秸秆发电锅炉的制造技术是个重要因素。目前,我国大容量和高参数的秸秆发电锅炉制造技术尚不成熟,故考虑进口秸秆焚烧锅炉设备,引进丹麦的秸秆焚烧锅炉以及秸秆运输系统和粉碎机等设备。根据对欧洲秸秆发电锅炉近年运行情况的调查,配套1台25MW汽轮发电机组采用2台75t/h高温高压秸秆锅炉为宜。

生产工艺流程见图1。

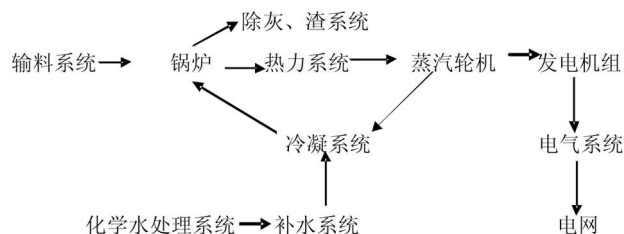


图1 简单系统工艺流程

主要设备明细见表3。

表3 25MW 主要设备明细表

序号	设备名称	数量
1	高温高压锅炉(75t/h)/台	2
2	蒸汽轮机发电机组(25MW)/台	1
3	输料系统/套	1
4	除灰、渣系统/套	1
5	化学水处理系统/套	1
6	循环水系统/套	1
7	热力系统/套	1
8	电气系统/套	1

#### 2.1.5 劳动组织及定员

全厂定员编制原则上参照原水电部颁发的“火力发电厂编制定员标准”。生产人员按4班3运行班制配备,生产岗位主要包括锅炉车间、汽机车间、电气车间、燃料车间以及除灰、化学、供水、油系统等辅助车间。生产人员114人,技术人员11人,行政管理人员9人,后勤人员5人,备员11人,总计全厂150人。

#### 2.1.6 工程投资

本项目静态投资约2.5亿元,kW投资10000元

### 2.2 25MW 秸秆发电厂效益分析

#### 2.2.1 经济效益

生产成本由燃料费、水费、材料费、工资及福利费、维修费及其它费用等构成。

根据有关电价政策、法规要求,经协商确定上网电价。当上网电价为 0.60 元/kWh 时,经济效益分析见表 4。

表 4 摇经济收益分析表

项目名称	数额
年发电量/万 kWh	15000
厂用电/万 kWh	1500
售电量/万 kWh	13500
年产值/万元	8100
生产成本/万元	6002
发电单位成本/元/kWh	0.48
财务费用/万元	510
总成本费用/万元	6512
年利润/万元	1588

### 2.2.2 生态环境效益

(1)减少秸秆对空焚烧的烟尘污染和地面、水面的腐殖质污染。

(2)大量减少 CO<sub>2</sub> 排放。用秸秆替代矿物燃料发电,是减少 CO<sub>2</sub> 排放的重要手段,有利于降低温室效应的影响。秸秆燃烧时虽然也放出 CO<sub>2</sub>,但在其再生过程中又吸收几乎数量相当的 CO<sub>2</sub>,这是一个反复循环的过程,总体来说 CO<sub>2</sub> 是平衡的,是一种 CO<sub>2</sub>“零排放”概念。

(3)减少 SO<sub>2</sub> 排放。秸秆中含硫是极低的(约 0.01%~0.17%),远低于煤炭中的含硫量。

(4)秸秆发电厂的灰渣含丰富的钾、氮、磷、钙等元素,是优质肥料,有利于增加土壤有机质含量,提高农作物产量和质量<sup>[12]</sup>。

用秸秆发电代替煤电,与同等规模火电相比,主要污染物的减排量计算如表 5 所示。

表 5 摇秸秆发电与同规模火电相比单位电力减少的污染物排放<sup>[13]</sup>

排放物	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	灰渣
减排量/(g/kWh)	858.03	20.28	7.18	274.95

### 2.2.3 社会效益

(1) 25MW 秸秆发电厂发电年消耗秸秆 20 万 t,可替代 7 万 t 标准煤。

(2) 25MW 秸秆发电厂每年可向电力系统输出 1.3 亿

kWh 电,缓解社会电力短缺问题。

(3) 农民出售秸秆,年增收 3600~4000 万元。

(4) 增加农民在本地就业机会。发电厂用工及其秸秆收购、处理、运输等环节用工,可提供数百个工作岗位。

### 3 结语

我国十分重视风电、生物质能、太阳能等可再生能源发电。对秸秆发电来讲,是一个千载难逢的大好时机。我国秸秆资源丰富,秸秆直燃发电技术成熟、效率较高、运行成本较低,经济效益较好,又有相关法律和政策支持,秸秆发电产业完全可以在短时间内快速发展起来,形成一个新的朝阳产业。

### 参考文献

- 1 田宜水,孟海波.农作物秸秆开发利用技术.北京:化学工业出版社,2007
- 2 Margaret K Mann,Pamela L Spath.Life cycle as sessment of a biomass gasification combineel 2 cycle power system.戴林,王革华,占曾安译,贡光禹校.北京:中国环境科学出版社,2000
- 3 罗娟,侯书林,赵立欣,等.生物质颗粒燃料燃烧设备的研究进展.可再生能源,2009(6)
- 4 吴治坚,叶枝全,沈辉,等.新能源和可再生能源的利用.北京:机械工业出版社,2006
- 5 马隆龙,吴剑之,孙立.生物质能现代化利用技术.北京:化学工业出版社,2004
- 6 李康明,余春江,柏继松.中国秸秆直燃发电技术现状.化工进展,2010,29(增刊)
- 7 王仲颖,任乐明,高虎,等.中国可再生能源产业发展报告.2009
- 8 曲增杰.我国生物质直燃发电产业发展的几点思考.科学创新导报,2009(33)
- 9 陈东魁,于晖,刘庆峰,等.基于秸秆气化发电技术的可再生能源分布式发电系统.电网技术,2005(增刊)
- 10 张铁柱.我国生物质发电行业现状及前景分析.农村电气化,2011(8)
- 11 邓可蕴.21 世纪我国生物质能发展战略.中国电力,2000,33(9)
- 12 陈建华,郭菊娥,薛冬,等.十里泉秸秆发电项目社会效益研究.当代经济科学,2008,30(5)
- 13 蒋金良,马小茜.基于生命周期评价的不同电源对环境影响的比较.电站系统工程,2004,20(3)

## 日本拟建全球首个 LNG 期货市场

作为全球最大的 LNG 买家,近两年日本要推出 LNG 期货的消息总是不时传出。如今传言终于得到证实,日本政府近

日宣布,将在两年内于东京商品交易(Tocom)所推出全球第一份 LNG 期货合同。

## 江苏省首个分布式光伏发电项目免费并网

2013 年 2 月 7 日,由江苏常州佳讯光电产业发展有限公司投资的粤海工业园南区 0.157 万 kW 分布式光伏发电项目

成功免费并网发电。

## 我国首次发布资源综合利用年度报告

国家发改委发布《中国资源综合利用年度报告(2012)》,指出在国家一系列鼓励政策的扶持下,综合利用规范稳步提

高;综合利用效益日益显现;综合利用水平不断提升。