

# 生物质能源区域分布与能源化利用现状调查——基于甘肃全省的调研

郑健<sup>1,2</sup>, 李红博<sup>1,2</sup>, 李金平<sup>1,2</sup>, 关文静<sup>1,2</sup>

(1.甘肃省生物质能与太阳能互补供能系统重点实验室, 兰州730050; 2.兰州理工大学能源与动力工程学院, 甘肃兰州730050)

**摘要:** [目的]为准确掌握甘肃省各地区农牧业生物质资源的分布状况及生物质资源能源化利用现状。[方法]从2015年10月至2016年12月对甘肃全省生物质资源总量、区域分布、能源化利用现状、能源供需比及农户的生活用能情况进行了实地走访和电话调研,并运用统计学、经济学、环境学和能源学等相关方法,对其进行了统计分析。[结果]甘肃省农作物秸秆、禽畜粪便、农产品加工废弃物和果蔬废弃物的资源总量分别为1278.3万t、2770.31万t、3.51万t和85.61万t,可利用量分别为529.73万t、405.46万t、3.51万t和85.61万t;家庭用能结构中,电、液化气、煤炭、秸秆及柴薪在日常用能中所占的比例分别为10.91%、1.79%、66.61%、11.16%、9.54%。截止2016年底,甘肃省已建成生物质资源能源化利用工程主要有规模化大型沼气工程127个、规模化生物天然气工程1个、秸秆气化工程4个和生物质成型燃料工程2个。[结论]甘肃省生物质资源主要为农作物秸秆和禽畜粪便,其中禽畜粪便资源占比最大,生物质资源可利用量中,秸秆资源可利用量占比最大。生物质能源化利用以大型沼气工程为主,近两年逐步向多元化发展,但与国内其他省份相比,甘肃省生物质能源的整体利用水平仍然很低,利用总量小,开发利用方式少。甘肃省家庭用能结构均以传统能源煤炭为主,生物质能可供给量占用能需求比例较小,需逐步发展多种可再生清洁能源以满足用户的多种用能需求。

## 0引言

生物质能源遍布世界各地,蕴藏量巨大,是继煤、石油、天然气后的第四大能源,在世界一次能源供应量中的比重约为10%[1]。我国生物质资源丰富,理论生物质能资源大约有50亿t标准煤,达到了我国目前年总能耗的4倍左右。由于我国面临着能源总量不足、环境污染严重、人均占有量少等诸多问题,因此大力开发利用生物质能源已成为我国可持续发展的重要任务[2-3]。开发利用好生物质资源是建设资源节约型、环境友好型社会的重要途径,是促进农村经济发展、建设美丽中国的重要举措[4-6]。

目前,对甘肃省而言,生物质能源利用潜力较大,但政府、企业等相关机构对甘肃省生物质能资源的数量、种类、分布状况了解不清,缺乏相关全面系统的统计数据,导致其难以制定有效的配套政策措施有效引导生物质能资源的开发利用,导致甘肃省生物质资源利用率低、浪费且严重污染当地生态环境。

因此,准确掌握全省各地区农作物秸秆、畜禽粪便、果蔬废弃物和农副产品加工废弃物等生物质资源的产量、分布、利用方式、各种资源占比、农户家庭用能结构及用能需求,对建设全省规模化生物质资源能源化利用工程、调整产业结构、提高农业效益、增加农民收入、改善当地生态环境等都具有重要意义[7-8]。为此,对甘肃省生物质能资源现状及能源化利用现状进行调查就显得尤为重要。

## 1生物质资源调查方法

### 1.1调查内容

中国甘肃地处黄河上游,位于黄土高原、内蒙古高原、青藏高原三大高原交会处。现有耕地494.21万hm<sup>2</sup>,林地474.56万hm<sup>2</sup>,草原1426.30万hm<sup>2</sup>。从区域生态环境特点上看,可将甘肃省分为五大区域:河西沙化区、草原区、陇中黄土高原区、南部林区、陇东黄土高原区,如图1所示。



图1 甘肃省五大区域分布

本次调研针对甘肃全省14市（州）的84县（区）进行调查，以乡（镇）为单位进行。调研主要调查生物质资源分布、数量利用及种类等，调研对象以农作物秸秆、畜禽粪便、果蔬废弃物、农副产品加工废弃物资源为主，其中生物质能源化利用的调研是通过实地调查和电话采访全省各县（市）的大中型沼气工程企业、生物质发电工程、秸秆固化/气化工程而进行的[9]。另外家庭用能结构主要包括电、煤、液化气、薪柴等主要能源种类。

### 1.2调查程序

该次调查参照农业部制定的行业标准《农作物秸秆资源调查与评价技术规范》[10]和国家标准《畜禽养殖业污染物排放标准》[11]等有关规定，以实地调查为主，电话采访为辅。调查分三个层次执行，第一层次为县区，第二层次为乡镇，第三层次为农户。调查人员根据统计表格进行县、乡镇、农户调查并填写数据。

县区级调查主要收集全省各县（市）农业基本情况（农作物种植结构、种植面积和产量等）、规模化养殖场、农副产品加工企业、大中型沼气工程、秸秆固化/气化工程等、新农村建设现状以及农业产业结构调整规划等基本资料。

乡镇和农户调查主要采取抽样调查的方式，根据当地的经济状况、地理位置、气候条件、种植结构、畜禽养殖规模以及沼气工程建设等情况，分别选取各县（市）10%~15%的乡镇为调查对象，收集典型乡镇的农作物种植情况、畜禽养殖等各种资源情况。然后在每个调查乡（镇）内抽取2个村，按照每个村不少于25户的规模选择农户进行抽样调查，收集农户家庭基本情况、农业种植及养殖情况、农牧废弃物利用情况、农户家庭用能及沼气使用等情况。

### 2统计方法

#### 2.1秸秆资源总量及可利用量统计

秸秆资源总量的定义为农作物秸秆年总产量，与播种面积和草谷比等因素有关。其计算式如下：

$$p = \sum_{i=1}^n \lambda_i G_i \quad (1)$$

式(1)中， $p$ 为秸秆资源理论总量，kg； $i$ 为第 $i$ 种农作物； $G_i$ 为第 $i$ 种农作物的年产量，kg； $\lambda_i$ 为第 $i$ 种农作物秸秆的草谷比。

秸秆资源可利用量为秸秆资源可利用量与总量的比例，其计算式如下：(公式用上 $p$ )

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^{100} n_j A_{ij} \beta_j}{\sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^{100} n_j A_{ij} \beta_j} \quad (2)$$

式(2)中， $i$ 为种植种类，(取甘肃省10种主要的种植作物，小麦、玉米、豆类、稻谷、高粱、糜子、谷子、棉花、油菜籽和胡麻籽)； $j$ 为调研户数(一般情况下，每县100户)，户； $n$ 为种植作物单产，kg； $A$ 为作物种植面积， $\text{hm}^2$ ； $\varepsilon$ 为该县区作物草谷比； $\beta$ 为家庭燃用比和废弃物焚烧比之和，%。

秸秆可利用资源量计算如下：

$$\text{秸秆可利用量} = \text{秸秆可利用量比} \times \text{秸秆资源总量} \quad (3)$$

## 2.2 禽畜粪便资源总量及可利用量

根据《甘肃农村年鉴2014》得到全县猪、牛、羊等家禽的养殖区域、类型及大致数量，同时进行实地调研及电话调研大中型养殖企业，将两者所得数据进行整合，得到该县的养殖种类及数量。从而根据各种牲畜的排放标准，计算出禽畜粪便资源总量，其计算式如下：

$$m = \sum S_i d_i t_i / 1000 \quad (4)$$

式(4)中， $m$ 为禽畜粪便资源总量，t； $S_i$ 为 $i$ 种畜禽的养殖数量； $d_i$ 为 $i$ 种类畜禽每日的粪便排放量，kg/d； $t_i$ 为 $i$ 种畜禽的养殖时间d。

根据养殖规模对该县的养殖场进行筛选，筛选标准为：猪 $\geq 200$ 只，牛 $\geq 100$ 头，羊 $\geq 500$ 只，鸡 $\geq 1$ 万只。以筛选得到的大中型养殖企业为样本，根据其养殖种类及数量，再依据式(4)计算禽畜粪便量，所得即为该县禽畜粪便资源可利用量。

## 2.3 果蔬废弃物资源总量及可利用量

根据相关文献得到典型蔬菜(尾菜量较大的蔬菜，如莲花菜、菜花、大白菜等)的尾菜量占总产量的百分比，然后查询各乡镇典型蔬菜的种植面积和亩产量。其计算式如下：

$$m = \sum_{i=1}^n S_i l_i \eta_i \quad (5)$$

式(5)中， $m$ 为典型蔬菜的尾菜量总量，kg； $S$ 为典型蔬菜种植面积， $\text{m}^2$ ； $i$ 为作物类型(莲花菜、菜花、大白菜等)； $l$ 为单产，kg； $\eta$ 为尾菜量占总产量的百分比，%。

由此得到的果蔬废弃物作为该县果蔬废弃物资源总量，也是可利用量。

## 2.4 农产品加工废弃物资源总量及可利用量

根据县乡提供的当地农产品加工企业名录，通过实际走访和电话采访的方式，统计各县(区)大中型加工企业废弃物资源总量和可利用量。

## 2.5 农户用能结构

依据当地统计年鉴或政府网站查询乡镇户数，根据每个乡镇选取的2个典型村实际走访调查得到的用能结构，取其平均值，求得整个村的能源使用情况，进而求取整个县区的能源使用情况，掌握全省各地区农村生活用能结构<sup>[3]</sup>。

典型村中每户每种能源的使用量（折合能量）及所占总能量的比例。其计算式如下：

$$E' = \sum_{i=1}^5 k_i e_i \quad (6)$$

$$\eta' = \frac{ke}{E'} \quad (7)$$

式(6)、(7)中， $E'$ 为每户的能源利用量； $k_i$ 为对应能源的热值，MJ/kg； $e_i$ 为每户不同种类能源用量，kg； $\eta'$ 为不同能源利用所占总能源利用量的比例，%。（电：3.6MJ/kWh；液化气：50MJ/kg；煤炭：按原煤计算20MJ/kg；秸秆：按小麦秸秆折标煤系数 $0.5 \times$ 标煤热值29.3MJ/kg计算；柴薪：按林木质折标煤系数 $0.5 \times$ 标煤热值29.3MJ/kg计算）

## 2.6 能源供需关系

能源供应主要包括冬季采暖热需求和燃气需求两部分。

采暖热负荷计算依据单户农宅面积与单位面积采暖负荷及农户数确定，其计算式如下：

$$Q = N \times f \times q \times T \quad (8)$$

式(8)中， $Q$ 为区域内采暖总负荷，J； $N$ 为区域内采暖户数，户； $f$ 为单户采暖面积， $m^2$ ； $q$ 为单位面积采暖负荷 $W/m^2$ ； $T$ 为采暖时间，s；

其中，农户数据来自《年鉴》和政府网站，计算采暖面积根据实际调研情况，每单户面积取 $60 m^2$ ；采暖负荷取 $90 W/m^2$ （《供暖通风设计手册》得到单层住宅采暖负荷范围为 $80 \sim 105 W/m^2$ ）；采暖天数取150d（依据甘肃省实际采暖情况，取5个月）；

燃气需求计算依据农户数、平均每户人口数及人均燃气需求量确定，其计算式如下：

$$Q = N \times n \times q \quad (9)$$

式(9)中， $Q$ 为区域内燃气需求，J； $N$ 为区域内户数，户； $n$ 为平均每户人口数，个； $q$ 为人均年所需燃气量，J；

其中，平均每户人口数，根据实际情况取每户4人；每人每年所需燃气（取2300MJ），参考城镇居民生活用气量指标。

对甘肃全省住户用能需求与生物质能源供应量进行计算，求得生物质能源供应量占甘肃省用能量的比重，计算式如下：

$$\text{总供需比} = \frac{(\text{秸秆燃烧产值} + \text{沼气产热值})}{(\text{采暖需求} + \text{燃气需求})} \quad (10)$$

## 3 调研结果分析

### 3.1 农牧业生物质资源总量及可利用量

对甘肃省五大区域内的农牧业生物质资源总量及可利用量进行统计分析，结果如图2所示。对其分析可得，甘肃省陇中黄土高原区、南部林区、陇东黄土高原区、河西沙化区和草原区的各区域内禽畜粪便资源总量依次分别为432.55万t、594.43万t、609.55万t、1116.48万t和400.68万t，禽畜粪便资源可利用量分别为65.71万t、118.53万t、67.41万t、170.62万t和21.44万t，其中河西沙化区禽畜粪便总量和可利用量最大。河西沙化区位于甘肃省河西走廊，是国家商品粮生产基地，有丰富的农作物秸秆资源，养殖规模较大，因此该区内禽畜粪便资源总量和可利用量较大。其余各区域禽畜粪便总量和可利用量较少是由于各区域以小型散养为主，大中型养殖企业相对较少，大部分禽畜粪便量不易收集利用。

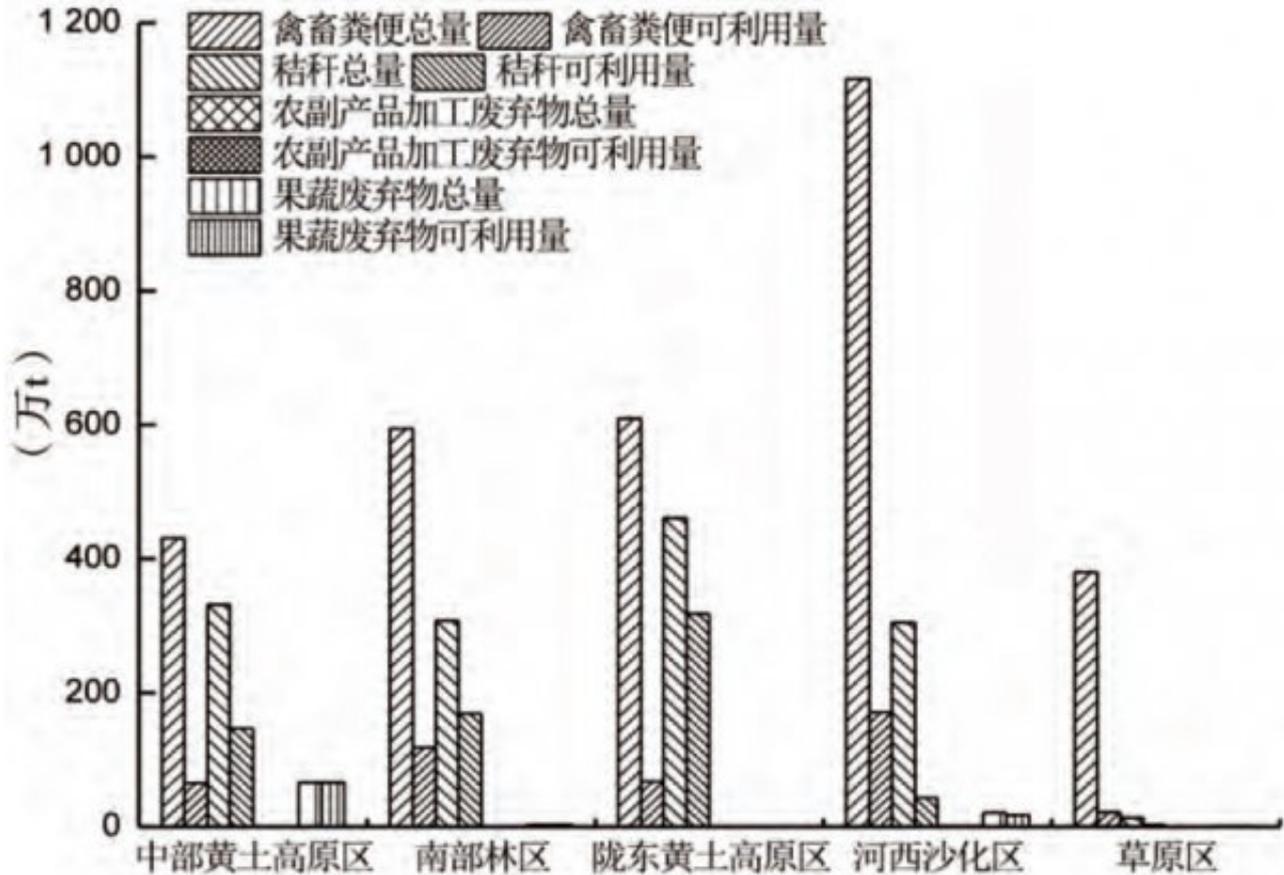


图2 五大区域生物质资源总量及可利用量

各区域内秸秆资源总量依次为322.50万t、304.36万t、442.45万t、306.77万t和304.92万t，秸秆资源可利用量分别为154.80万t、164.32万t、306.77万t、43.30万t和2.60万t，其中陇东黄土高原区域内秸秆总量和可利用量最大。各区域内农副产品加工废弃物总量与可利用量一致，分别为5255t、0t、1300t、12756t和562t。各区域内果蔬废弃物资源总量与可利用量一致，分别为65.87万t、2.52万t、0万t、20.96万t和1.67万t。

### 3.2甘肃省各区域农户用能结构

此次调研，针对全省86个县市州，共入户8600户，对农户用能结构调查数据进行汇总，如图3所示。

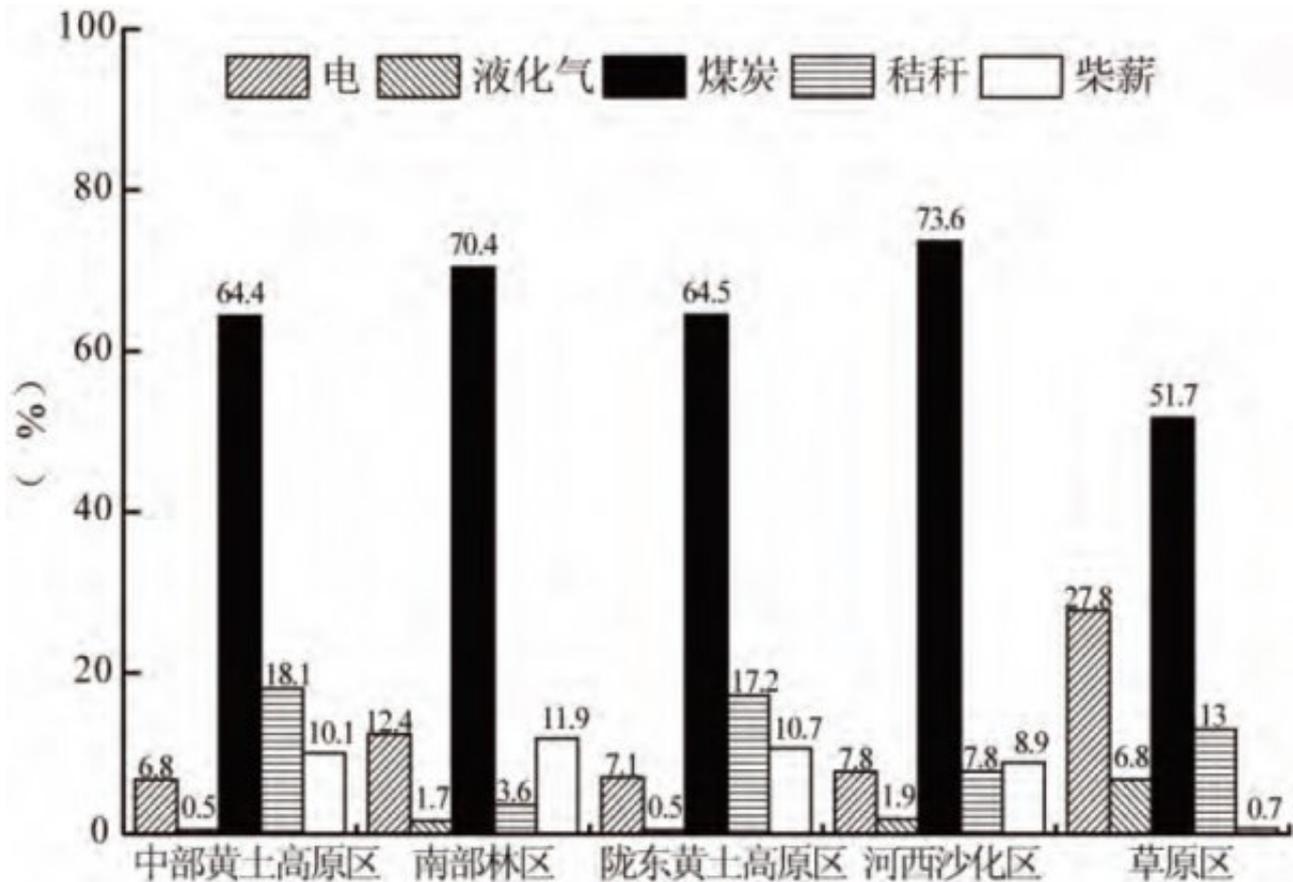


图3 五大区域用能结构

从图3可以看出，全省所有县市用能均以煤炭为主，五大区域的煤炭用能比例均在50%以上，其中河西沙化区煤炭用能比例最高，达到73.6%；秸秆用能比例最高的是中部黄土高原区，为18.1%，其次为陇东黄土高原区，南部林区的秸秆用能比例最低，仅为3.6%；柴薪用能比例最大的是南部林区，达到11.9%；五大区域中液化气用能比例均在7%以下，其中草原区液化气用能比例最高，为6.8%。由此可见，全省用能都以传统能源煤炭为主。

### 3.3 已建成农牧业生物质资源能源化利用工程

生物质能源化利用主要分为生物质发电[13-14]、生物质液体燃料[15]、生物质沼气发酵[16]和生物质固体成型燃料[17]等。沼气利用技术根据使用规模和原料不同可以将其分为农村户用沼气和大中型禽场沼气技术。甘肃省户用沼气发展较快，大中型沼气、秸秆气化及发电工程和生物液体燃料开发已形成一些示范项目，但总体规模小，水平低，与东南沿海省份相比仍有较大差距。

甘肃全省规模化大型沼气工程、规模化生物天然气、秸秆气化和生物质成型燃料工程项目建设情况如图4所示。从时间来看，其中2009年、2010年和2014年、2015年为大型沼气工程建设的高峰期，其中2015年大型沼气工程项目已经达到30个，且生物质资源利用方式趋于多元化，项目逐渐涉及秸秆气化和生物质成型燃料等。从各个区域来看，陇中黄土高原区有规模化大型沼气工程项目48个；南部林区林缘区有规模化大型沼气工程项目32个；陇东黄土高原区有规模化大型沼气工程项目19个；河西沙化区有规模化大型沼气工程项目27个、规模化生物天然气项目1个、秸秆气化工程项目4个和生物质成型燃料工程项目2个；草原区仅有规模化大型沼气工程项目1个。从项目在各区域的分布来看，农牧业生物质资源量、人口集中分布和居民对能源的需求与农牧业生物质资源能源化利用项目的规划紧密相关。

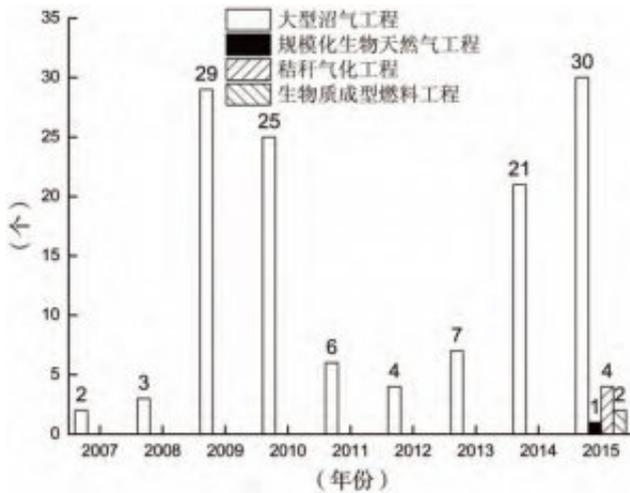


图4 生物质资源能源化利用工程

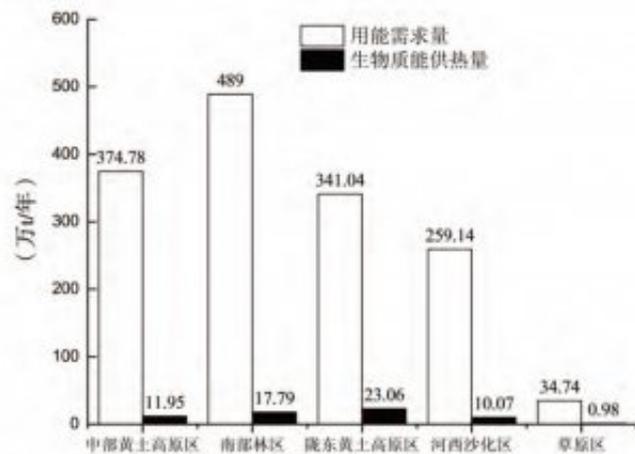


图5 五大区域能源利用供需分析

### 3.4 甘肃省各区域能源利用供需分析

对生物质能源供应量占用能总量的比重进行计算，从图5可得，中部黄土高原区、南部林区、陇东黄土高原区、河西沙化区和草原区的各区域内每年用能需求量分别为374.78万t、489.00万t、341.04万t、259.14万t和34.74万t标准煤，其中南部林区的用能需求量最大，草原区的用能需求量最小。各区域每年生物质能供热量分别为11.95万t、17.79万t、23.06万t、10.07万t和0.98万t标准煤。各区域内，生物质可供量占用能需求比例分别为3.19%、3.64%、6.76%、3.89%和2.81%，其中陇东黄土高原区的生物质可供热量占用能需求的比例最大，草原区最小。

## 4 结论

(1) 甘肃省农作物秸秆、禽畜粪便、农产品加工废弃物和果蔬废弃物的总资源量分别为1278.3万t、2770.31万t、3.51万t和85.61万t，可利用量分别为529.73万t、405.46万t、3.51万t和85.61万t。结果表明，甘肃省生物质资源主要为农作物秸秆和禽畜粪便，生物质资源总量中，禽畜粪便资源占比最大，生物质资源可利用量中秸秆资源可利用量占比最大。五大区域中河西沙化区禽畜粪便总量和可利用量位居五大区域之首，陇东黄土高原区域内秸秆总量和可利用量最大。

(2) 甘肃省家庭用能结构中电、液化气、煤炭、秸秆及柴薪分别占用能比例的10.91%、1.79%、66.61%、11.16%、9.54%。表明甘肃省家庭用能结构均以传统能源煤炭为主。

(3) 截止2016年，甘肃全省已建成规模化大型沼气工程、规模化生物天然气、秸秆气化工程和生物质成型燃料工程已建成数量分别为127个、1个、4个和2个，生物质能源化利用以大型沼气工程为主，近两年逐步向多元化发展。

(4) 从农牧业生物质资源供需情况可以看出，中部黄土高原区、南部林区、陇东黄土高原区、河西沙化区和草原区的各区域内，生物质可供量占用能需求比例分别为3.19%、3.64%、6.76%、3.89%和2.81%。可见，生物质能可供量占用能需求比例较小，需逐步发展多种可再生清洁能源以满足用户的用能需求。

## 5 讨论与建议

甘肃省在生物质能厌氧发酵产沼气开发利用部分领域发展较快，取得了长足的进步，体现了良好的发展势头。但从全国范围来看，甘肃省生物质能的整体开发利用水平仍较低，问题突出。

(1) 规模总量小，开发利用途径少。户用沼气是甘肃省目前生物质能开发利用最普遍的形式，截止2016年，在全省14个市（州）、86个县（市、区）建成农村户用沼气池120万户，利用国债资金建设的占50%以上，群众自发建设的比重太低。截止2016年甘肃全省规模化大型沼气工程共127个、规模化生物天然气1个、秸秆气化工程4个和生物质成型燃料工程项目2个，相对全省丰富的生物质资源来说还需要进一步加快建设步伐。已开发利用的生物质能资源仅限于极少量的农作物秸秆、禽畜粪便、地沟油等，而固体成型燃料、能源植物种植、燃料乙醇生产，以及工业有机废水、城市垃圾和生活污水等生物质能的开发利用尚少。

(2) 利用方式较落后，效率低下。在化石燃料匮乏和贫困地区，农村生活用能50%以上仍依靠农作物秸秆、薪柴、家畜粪便直接燃烧解决，热效率不足15%，利用方式落后。化石能源相对富裕区和经济条件较好的地方，能源品种

选择余地大,农作物秸秆、家畜粪便等生物质能资源浪费比较严重。

(3) 可持续发展和自我发展的能力弱,开发利用限制因素多,困难大,尤其是在认识、管理、技术以及配套政策和标准体系等方面存在较多问题。在已建成的各种生物质能开发利用项目中,政府投资项目占绝大多数,且不少项目因受地方财力所限,地配资金和自筹资金不能全额到位,致使项目配套设施建设不完善,投产时就未达到项目设计规模,运行过程中又缺乏后续投入,难以发挥项目预期的投资效益。

(4) 组织管理问题突出,主要表现在项目和技术两个层次上。项目层次:以政府基层组织和村集体经济组织为项目业主(不包括农村户用沼气项目),不符合建设项目规定,难以适应市场运作要求;产权不明,责任不清,影响项目的后续投入和运行管理;项目的规划设计存在不同程度的缺陷,需要认真履行建设项目的有关程序。技术层次:沼气用户自身的文化水平、管理的勤与疏以及所在地技术服务点的服务到位程度,是制约项目正常运行的关键;经营者缺乏经常性的技术队伍,对工程运行中的技术问题不能及时解决。

(5) 缺乏专业研发机构,技术力量薄弱,研究和创新能力不足。目前甘肃省从事生物质能开发利用的省级研发机构和平台较少。在有关大型设备的研发、制造上,虽有一定技术条件,但仍缺少定型产品;已取得部分进展的研究成果,尚未应用到生产实践中。

(6) 配套政策和标准体系不健全:缺少生物质发电上网的具体优惠政策和实施办法。缺少生物柴油、固体成型燃料、秸秆气化可燃气体等的生产技术标准。缺乏有效的激励政策,对生物质能开发利用技术研究、设备制造、税收减免等方面支持力度不够。尚未建立适应市场经济体制要求的生物质能开发利用新机制。

#### 参考文献

- [1] 闫强,王安建,王高尚,等.全球生物质能资源评价.中国农学通报,2009,25(18):466-470.
- [2] 赵军,王述洋.我国生物质能资源与利用.太阳能学报,2008,29(1):90-94.
- [3] Lin Xuesqin, Si Yuefang, Wang Dai. Challenges in Development of the Biomass Energy Industry in China. Journal of Resources and Ecology, 2013, 4(4): 353-360.
- [4] 田宣水,赵立欣,孙丽英,等.农业生物质能资源分析与评价.中国工程科学,2011,13(2):24-28.
- [5] 蔡亚庆,仇焕广,徐志刚.中国各区域秸秆资源能源化利用的潜力分析.自然资源学报,2011,26(10):1637-1646.
- [6] 王红彦,毕于运,王道龙,等.生命周期能值分析法与生物质能源研究.中国农业资源与区划,2014,35(2):11-17.
- [7] 魏振方,李然.强力推进生物质产业健康发展.中国农业资源与区划,2009,30(6):79-84.
- [8] 梁海军.农业资源循环利用与区域特色产业融合研究——以河南周口地区为例.中国农业资源与区划,2017,38(8):188-192.
- [9] 王效华.江苏省生物质能资源调查与评估方案设计.农业工程学报,2012,28(4):204-207.
- [10] NY/T 1701-2009,农作物秸秆资源调查与评价技术规范.
- [11] GB 18596-2001,畜禽养殖业污染物排放标准.
- [12] 肖红波,李军,李宗泰,等.北京农村能源消费现状及影响因素分析——基于北京市1866个农村住户的调研.中国农业资源与区划,2017,38(10):127-137.
- [13] 杨艳.生物质发电环保性能及在我国的适应性研究.南京信息工程大学,2011.
- [14] 刘志彬,任爱胜,高春雨,等.中国农业生物质资源发电潜力评估.中国农业资源与区划,2014,35(4):133-140.
- [15] 吕永兴,吴剑之,潘贤齐,等.生物质气化重整催化合成液化石油气.太阳能学报,2012,33(12):2016-2020.
- [16] 吴小武,刘荣厚.农业废弃物厌氧发酵制取沼气技术的研究进展.中国农学通报,2011,27(26):227-231.
- [17] 霍丽丽,田宣水,孟海波,等.生物质固体成型燃料全生命周期评价.太阳能学报,2011,32(12):1875-1880.

原文地址: <http://www.china-nengyuan.com/tech/189664.html>