

文章编号:1000-3037(2001)04-0373-08

# 可再生能源资源的系统评价方法及实例

李京京<sup>1</sup>,任东明<sup>2</sup>,庄幸<sup>1</sup>

(1. 国家计委 能源研究所可再生能源发展中心,北京 100038; 2. 北京师范大学 资源与环境科学系,北京 100875)

**摘要:** 可再生能源资源评价是可再生能源综合规划的前提,由于能源综合规划各环节之间是相互关联的,因此,能源资源评价不能独立于其它分析过程而单独进行。特别是对可再生能源资源来说,评价内容除了要考虑储量、开采量、生产率等进行一般能源评价所考虑的因素以外,更应注重可再生能源资源的开发技术及市场分析。由于目前对可再生能源的资源评价尚未形成比较系统的评价体系,因此,论文根据可再生能源资源的特性以及它与技术、市场之间的内在联系,从一般系统论的观点出发,对可再生能源资源的系统评价方法进行了研究。最后以秸秆资源为例,对以上选择的评价方法进行了实际应用。

**关键词:** 可再生能源资源;系统评价方法;秸秆资源

**中图分类号:** F062.1

**文献标识码:** A

## 1 引言

可再生能源资源所具有的可再生性和清洁性特点决定了它必将在未来的社会经济发展中发挥越来越重要的作用。因为可再生能源资源评价是可再生能源资源综合规划的前提,因此,在对每一种可再生能源资源利用之前,首先应该对其进行客观评价。同时,由于能源综合规划各环节之间是相互关联的,所以能源资源评价不能独立于其它分析过程而单独进行。特别是对可再生能源资源来说,评价内容除了要考虑储量、开采量、生产率以及成本、价格、租金等进行一般能源评价所考虑的因素以外,更应注重可再生能源资源开发技术与市场分析。目前,对可再生能源资源的评价方法比较单一,缺少比较系统的评价指标,更未能形成综合的评价指标体系,因此,有必要根据可再生能源资源的特性以及它与技术、市场之间的内在联系,从一般系统论的观点出发,对可再生能源资源的系统评价方法进行研究,并建立可再生能源资源评价的指标体系。

## 2 可再生能源资源的系统评价方法的确定

与不可再生能源相比,可再生能源资源具有能源密度低,不确定性程度大,可获得量与技术密切相关的特性。另外,可再生能源资源具有地域性特点,一般不进行地区间的贸易,不易输送。其资源量的实际开发程度还受当地不可再生能源资源供应情况的制约。在进行资源评价时必须充分考虑这些具体的特点,才能给出真实可靠的分析结果。因此,本文认为有必要寻求可再生能源资源的系统评价方法,构建相应的评价指标体系。

收稿日期:2000-12-13;修订日期:2001-04-03。

基金项目:本文系中国农业部与美国能源部共同开展的“中国生物质能转换技术评价及其市场化发展战略研究”的部分成果。

第一作者简介:李京京(1967-),女,上海人,国家计委能源研究所可再生能源发展中心主任,研究员,主要从事能源系统分析,能源与环境模型及可再生能源发展政策等方面的研究。

## 2.1 评价方法

### 2.1.1 生产率分析

可再生能源资源的再生性并非无限制地加以利用,影响其生产率的参数主要包括转换技术的效率、可利用资源量和潜在用户市场。对可再生能源资源的利用率具有决定影响的是生产条件的制约,包括设备技术性能和现实条件下实际可被利用的资源量等。在进行规划时必须弄清这些限制,以避免过高估计可再生能源资源的实际利用率。

### 2.1.2 经济性分析

(1) 建立可再生能源资源开发利用的系统动态优化模型<sup>[1]</sup>

可再生资源通常具有公共商品的性质,从全社会的角度建立系统的优化模型:

$$\begin{aligned} \text{Max } & \int_0^T e^{-\rho t} [U(Y) - TC(Y)] dt \\ \text{s. t. } & dR/dt = f(R) - Y \end{aligned}$$

式中,  $U(Y)$  为社会总收益;  $TC(Y)$  为资源利用的总成本;  $Y$  为资源流量;  $R$  为资源量;  $f(R)$  为不开采状态下资源的自然增长率,即:  $f(R) = dR/dt | Y=0$

上述问题的拉氏函数为:

$$L = e^{-\rho t} [U(Y) - TC(Y) - (Y - f(R) + dR/dt)] = L(t, Y, R, dR/dt) \quad (1)$$

当社会总收益达到最大时应满足:  $dL/dY=0, dL/dR=0, dL/dt=0$

即:

$$\begin{aligned} D &= MC + \\ d/dt &= (r - df/dR) \times \\ dR/dt &= f(R) - Y \end{aligned}$$

$D$  为边际效益;  $MC$  为边际成本; 为可再生资源的影子价格,它的变化率受增长函数的影响,即:  $(d/dt)/D = R - df/dR$ 。达古帕塔称  $R - df/dR$  为社会贴现率。

若将式(1)看作是单个生产者的决策函数,上述结果仍成立,只是上述公式改写为:

$$P = LRMC + RT$$

其中,  $P$  为能源产品的市场价格;  $LRMC$  为生产者的长期边际成本;  $RT$  则为资源租金,表征生产者使用资源所应付给资源所有者的报酬。

(2) 边际成本的确定<sup>[2]</sup>

可再生能源生产的经济性的评价也要借助边际成本的概念。但区别于不可再生能源边际成本是能源生产累计量的函数,可再生能源的边际成本与生产技术及市场条件相关。受生产规模及市场开拓率的影响,其边际成本并不是单调上升的。一般初期投资高昂,随着生产规模的扩大,成本逐渐下降,到达最低成本后,在条件最有利的地区该技术已被广泛采用,以后要想超过这一规模扩大市场供应,就要将技术应用于条件不太有利的地区,从而导致成本上升。边际成本的计算采用长期生产平均增量成本(AIC)法。AIC定义为:在某一规划期内因提供和维持某种可再生能源产品的需求量而增加的费用的贴现总和除以规划期内经过贴现产量增量。

$$AIC = \frac{\sum_{t=0+1}^T [I_t + (M_t - M_{t0}) / (1+i)^{t-t_0}]}{\sum_{t=0+1}^T (Q_t - Q_0) / (1+i)^{t-t_0}}$$

式中,  $AIC$  表示贴现率为  $i$  的平均增量成本;  $I_t$  表示第  $t - t_0$  年的各项投资费用,包括信息成本;  $M_t - M_0$  表示第  $t - t_0$  年的运行和维修费用增加量;  $Q_t - Q_0$  表示第  $t - t_0$  年的产量增量;  $T$  表示开发和生产年限。对一个新建项目,  $M_0$  和  $Q_0$  均为 0,因此  $AIC$  就是长期平均成本。

(3) 全寿命期成本<sup>[3]</sup>:

由于可再生资源技术具有初期投资高,运行费用低,燃料费实际等于零的特点,在评价其经济性时,使用全寿命期成本显得尤为重要。

$$PV = I - (V_n a^{-n}) + \sum a^{-j} (M_j + R_j) + \sum PQb^{-j}$$

其中,  $PV$  为该能源系统全寿命期成本的总现值;  $I$  为该系统初始投资总成本。对于一项可再生能源技术, 其开发研制需投入大量的科研成本, 在推广过程中也要付出信息传播、宣传、交流、示范和培训的可观费用。即使科研成本由国家负担可作“沉没”处理, 对于一个生产决策单位, 信息成本却是必须付出的, 因此也应将其考虑在内。  $V$  为寿期终了的第  $n$  年设备的残值;  $a$  为贴现率为  $d$  时的简单现值公式, 即  $a = (1 + d)$ ,  $j = 1$  到  $n$  年;  $M$  为第  $j$  年的维护成本;  $R$  为第  $j$  年的设备修理及更换成本;  $P$  为所消费燃料的初始价格;  $Q$  为所需的燃料量 (计入设备效率);  $b$  为通货膨胀率为  $e$  时考虑燃料费的上涨计算第  $j$  年现值的公式, 即

$$b = (1 + e)(1 + d)。$$

## 2.2 评价指标的选择

### 2.2.1 资源量指标<sup>[6,7]</sup>

#### (1) 实物量指标

实物量指标包括:

1) 理论蕴藏量: 指理论上地区每年可能拥有的可再生能源资源量。各种可再生能源资源的理论蕴藏量的计算见表 1 至表 4。

表 1 几种可再生能源资源的理论蕴藏量

Table 1 Theoretical storage quantity of several renewable energy resources

能源种类	理论蕴藏量	主要参数
太阳能	地面年所受辐射总量	入射角、大气散射与吸收、云层厚度、大气浑浊度
风能	功率密度 $\times$ 年有效风速小时数	平均有效风速、空气密度、有效风速小时数
水能	$W = \sum_{i=1}^n (Q \times H)$ $n$ 为河道随支流汇入分成的总段数, $Q$ 为多年平均流量, $H$ 为河段的落差	流量 ( $m^3/s$ ) 和水头 ( $m$ )
生物质能	秸秆 $\sum_{i=1}^n Q \times \pi$ $n$ 为区域内作物秸秆种类, $Q$ 为第 $i$ 种作物的产量, $\pi$ 为第 $i$ 种作物的草谷比	实物量
	薪柴 林木种植面积 $\times$ 单位面积产柴量	
	粪便 年人畜数量 $\times$ 单位人畜年排泄量	

2) 可获得量: 指通过现有技术条件可以转化为有用能的可再生能源资源数量, 因此, 可获得量是一个与技术密切相关的实物量指标。同一种可再生能源资源因转换的技术路线不同而有不同的可获得量。为此用资源最大可获得量和技术基准可获得量两个指标来反映技术对资源利用的制约。

资源最大可获得量 = 满足现有能最大限度转换资源技术参数要求的理论资源量  $\times$  收集系数

技术基准可获得量 = 满足某一技术路线的基本参数要求的理论资源量  $\times$  收集系数  
技术基准可获得量与资源利用的具体技术路线密切相关, 反映的是某一技术对资源的利用能力。因此, 使用这一指标时必须指明技术对象。所谓基本参数要求是以技术目前普遍面貌而言, 即使个别企业能够达到较高的技术利用水平, 也不能作为制定技术基本参数的依据。

与技术基准可获得量不同, 资源最大可获得量反映的是已有技术对资源的最大利用。应当说明的是, 这里所说的能够最大限度地转换资源

表 2 不同农作物的谷草比

Table 2 Ratio of straw and grain of different crops

品种	谷草比
小麦	1 : 1
大豆	1.5 : 1
玉米	2 : 1
谷子	1 : 1
水稻	1 : 1
花生	2 : 1
红薯	1 : 1
棉杆	3 : 1

表 3 不同径阶薪柴产柴量

Table 3 Firewood producing quantity for firewood of different diameters

径阶 (cm)	平均每株提供 薪柴量(kg)
< 10	0
12 ~ 20	7.5 ~ 10
22 ~ 23	100 ~ 125
36以上	300 ~ 325

的技术是指可以使用相对劣等资源进行生产的技术,有时它与技术的先进性并不一致,例如:直接燃烧秸秆对秸秆的性质并无要求,但显然是低效率的能源利用方式。

生物质资源的收集系数与收集半径有关,太阳能、风能、水能收集系数为 1,由此可知:太阳能热水器的基准太阳能可获得量 = 所有公寓上都安装太阳能热水器所利用的太阳能资源量;风电的风能基准可获得量 = 地区所有有利地点(风速大于有效风速)都安装足够多的风力透平所利用的风能数量;水电的水能基准可开发量 = 根据勘探、设计和普查资料,水量和落差可以被水电站利用的水能资源量。

3) 可利用量:

指实际可以用来进行能源生产的可再生能源资源量。

可利用量 = 可获得量 × 可利用系数

可利用系数是一系列对能源生产的非技术性约束的综合表述,通

常包括地区该种可再生资源的能源用途份额和环境生态制约因子等。

例如为保护自然景观,在某些风能资源丰富的地区不能安装风力透平;为保护生态和实现可持续发展,林木的采伐要适度等。生物质资源除用作燃料外,还有造纸、还田和作青粗饲料等多种用途。因此,在计算其可利用量时,要分析当地秸秆资源的真正用途结构,确定实际能源用途份额,才能给出正确评价。

4) 能量密度:

$$\text{能量密度} = \frac{\text{可再生能源资源的区域总资源量}}{\text{区域面积}}$$

这是一个用以反映资源丰度的指标。显然这一指标越高,表明这一区域内的能源资源越丰富。当资源量分别取理论蕴藏量、可获得量和可利用量时,对应有理论能量密度、可获得资源能量密度和可利用资源能量密度。合理确定区域面积是这一指标正确指示资源质量的保证。

5) 有效供能时间:

能源资源供应在时间维度上的持续性是标志资源质量的另一项重要参数,在风能资源的评价中尤为显著。

(2) 经济可承受量:

对特定地区,结合当地的实际情况(如不同的资源获得代价,不同的补贴政策等),同一种技术路线可能会带来不同的产品成本,从而制定不同的产品价格。这些都影响到用户对可再生能源资源产品的接受度。如果按照某一种技术路线开发的资源产品超出了本地消费者的承受范围或愿意承受范围(接受水平),该种资源实际上不会得到开发利用。经济可承受量便是在成本、价格指标的基础上结合当地的实际情况建立的衡量指标。它只反映用户的接受度对资源开发的影响,并不反映生产的经济性。

经济可承受量 = 可利用量 × 接受系数

接受系数 = 接受水平以上的能源产品数 / 总的可能能源产品开发生数。

(3) 综合经济指标

$$\left( \frac{1}{\text{人均常规能源占有量}}, \frac{1}{\text{人均国民收入}} \right)$$

这是一个向量指标。人均常规能源占有量反映地区常规能源的供应不足程度,单位是人·年/tce。这一指标表明某一地区单位常规能源所要承载的人口数,指标越大,则常规能源的供应压力越大。例如,2人·年/tce表明地区一吨标煤的常规能源要供2人使用一年,而3人·年/tce表明地区一吨标煤的常规能源要供3人使用一年。因此,后者利用可再生能源资源的要求更大。人均国民收入越多,消费者对能源质量的要

表 4 单位人畜年粪便排泄量

Table 4 Annual excreta per capita and per livestock

种类	单位排泄量(kg/d)
人类	0.6
猪粪	4
牛粪	20
马粪	15
羊粪	0.5
鸡粪	0.1

求越高,提供清洁能源的可再生能源资源的需求量也越大。在这两个参数的作用下,形成了某一地区可再生能源的资源利用倾向。

### 2.2.2 经济可获利开发量

一个地区某种可再生能源资源的经济可获利开发量为其  $n$  个实际决策区域的最大经济获利开发量之和。决策时只要开发量在地区最小经济获利开发量和最大经济获利开发量之间便可实现规模经济。

$$\text{最小经济获利开发量} = \sum_{i=1}^n (Q_{\min}^i), \quad Q_{\min}^i = \begin{cases} Q_B & (Q_0 \geq Q_B) \\ 0 & (Q_0 < Q_B) \end{cases}$$

式中,  $Q_0$  为分块区域内潜在在市场需求量,可以通过调查当地用户能源需求结构,确定可再生能源的市场份额;  $Q_B$  为分块区域内基准经济获利开发量,指生产成本等于期望价格时的生产规模。

$$\text{最大经济获利开发量} = \sum_{i=1}^n (Q_{\max}^i) \quad Q_{\max}^i = \min(Q^*, Q_0)$$

其中,  $Q^*$  为分块区域潜在最大经济可获利开发量;  $Q_0$  为分块区域内潜在在市场需求量。值得注意的是,用最小经济获利开发量和最大经济获利开发量作度量

表征的是资源利用的潜力,而不是具体的开发数量。它们受技术水平、所替代的常规能源的价格和潜在能源需求的影响,是一动态参数。生产者的实际生产规模应介于最小经济获利开发量与最大经济获利开发量之间,以保证生产的经济性。

表 5 各村的基本情况

Table 5 Basic conditions of each village

村名	居民数(户)	面积(km <sup>2</sup> )	秸秆资源可用作能源用途的比例(%)
A	220	2	35
B	115	1.45	40
C	260	2.1	30
D	210	1.8	38

## 3 应用举例

下面选择中国南方某地的 4 个村庄(以 A、B、C、D 表示)的秸秆资源为例来说明以上指标的应用。主要秸秆资源转化技术选择气化集中供气技术。各村庄的基本情况见表 5。

表 6 粮食作物产量及秸秆资源量

Table 6 Output of grain and the straw resources

	粮食产量 (t)	草谷 比	折标 系数	理论秸秆资源量	
				实物量(t)	标准量(tce)
玉米	1 060	2	0.5	2 120	1 060
小麦	1 650	1	0.5	1 650	825
棉花	195	3	0.529	585	309.5
稻米	170	1	0.429	170	72.9
合计			4 525	2 267.4	

1 461.5 t 和 1 180.4 t,区域总秸秆资源蕴量为 4 525 t(表 7)。

### 3.2 秸秆资源的最大可获得量<sup>[9]</sup>

因为通过直接燃烧对秸秆资源无任何要求,可以利用所有作物秸秆。所以秸秆资源的最大可获得量 = 理论蕴藏量

秸秆资源转化技术选择气化集中供气技术。各村庄的基本情况见表 5。

### 3.1 理论蕴藏量

各村玉米、小麦、棉花和稻米等粮食的年产量及草谷比见表 6。秸秆资源的理

$$\text{论蕴藏量} = \sum_{i=1}^n Q_i \times r_i, \quad n \text{ 为区域内作物}$$

秸秆种类;  $Q_i$  为第  $i$  种作物的产量;  $r_i$  为第  $i$  种作物的草谷比。区域分类作物秸秆资源量见表 6。A、B、C、D 各村的秸秆资源理论蕴藏量分别为 1 236.6 t, 646.4 t,

表 7 分村秸秆资源理论蕴藏量

Table 7 Theoretical storage quantity of the straw resources in each village

理论蕴藏量	A	B	C	D	合计
实物量(t)	1 236.6	646.4	1 461.5	1 180.4	4 525
标准量(tce)	619.7	323.9	732.3	591.5	2 267.4

表 8 各村收集系数

Table 8 Collection coefficient of each village				
	A	B	C	D
收集系数	0.98	1.0	0.82	0.86

×收集系数。收集系数是一与收集半径、作物种植的集中程度等因素有关的参数。区域平均收集半径为 0.74km。考虑各村面积及作物分布,收集系数见表 8。

(1) 秸秆气化集中供气技术的基准可获得量由于该技术现阶段条件下对秸秆原料的水分和灰分的限制使稻草不宜用作原料,满足这一技术路线基本参数要求的理论资源

量 = 除稻谷外的农作物产量 ×草谷比; 秸秆气化集中供气技术的基准可获得量 = 除稻草外的理论秸秆量 ×收集系数。表 9 给出秸秆资源及其用作气化供气原料的可获得量。因此,区域总的秸秆资源年可获得量为 3 809.5t,其中用作气化供气原料的秸秆资源可获得量为 3 633t。

表 9 区域秸秆资源及作气化供气原料的可获得量

Table 9 Obtainable quantity of the straw resources and the materials as gasification resources				
	最大可获得量		秸秆气化集中供气技术的基准可获得量	
	实物量(t)	标准量(tce)	实物量(t)	标准量(tce)
A	1 211.9	607.3	1 151.5	581.4
B	775.7	388.7	752	378.5
C	1 198.4	600.5	1 162.4	585.5
D	1 015.1	508.7	944.4	478.2
合计	4 201.1	2 105.2	4 010.3	2 023.6

(2) 可利用量

秸秆资源最大可利用量 = 最大可获得量 ×利用系数; 秸秆气化集中供气技术的基准可利用量 = 秸秆气化集中供气技术的基准可获得量 ×利用系数; 秸秆资源除用作燃料外,还可以作青贮饲料、肥料和用作其他工业用途。因此,一个地区的秸秆资源不可能全部用作能源用途。各村的利用系数为各自秸秆资源的能源用途份额。所以,区域年最大秸秆资源可利用量为 1 479.7t,其中用作气化原料的秸秆资源的可利用量为 1 411.4t(表 10)。

(3) 秸秆资源能量密度

理论能量密度 = 理论蕴藏量/面积 =  $4\,525 / (2 + 1.45 + 2.1 + 1.8) = 615.6\text{t} / \text{km}^2$ ; 最大可获得资源能量密度 = 最大可获得资源量/面积 =  $4\,201.1\text{t} / 7.35\text{km}^2 = 518.3\text{t} / \text{km}^2 = 259.5\text{tce} / \text{km}^2$ ; 用作气化原料的可获得秸秆资源能量密度 = 秸秆气化基准可获得量/面积 =  $4\,010.3\text{t} / 7.35\text{km}^2 = 545.6\text{t} / \text{km}^2 = 272.8\text{tce} / \text{km}^2$ ; 最大可利用能量密度 = 最大可利用资源量/面积 =  $1\,479.7\text{t} / 7.35\text{km}^2 = 201.3\text{t} / \text{km}^2 = 100.07\text{tce} / \text{km}^2$ ; 秸秆气化可利用能量密度 = 秸秆气化可利用资源量/面积 =  $1\,411.4\text{t} / 7.35\text{km}^2 = 192\text{t} / \text{km}^2 = 96\text{tce} / \text{km}^2$ 。

(4) 有效供能时间

通过储料场储存,秸秆资源可以满足全年供应。

(5) 经济可承受量

表 10 各村秸秆资源的可利用量

Table 10 Usable quantity of the straw resources of each village					
可利用系数	最大可利用量		气化原料可利用量		
	实物量(t)	标准量(tce)	实物量(t)	标准量(tce)	
A	35	424.165	212.555	403.025	203.49
B	40	310.28	155.48	300.8	151.4
C	30	359.52	180.15	348.72	175.65
D	38	385.738	193.306	358.872	181.716
合计		1 479.703	741.491	1 411.417	712.256

采用秸秆气化技术,各村的原料费和单位产气成本见表 11。

当单位产出成本接受水平为 0.20 元/ m<sup>3</sup> 时,该区域秸秆气化技术在经济上可接受的资源利用量为 26.5 + 21.4 = 47.9 万 kg/ 年; 当单位产出成本接受水平为 0.25 元/ m<sup>3</sup> 时,经济上可接受的资源利用量为 26.5 + 21.4 + 18.46 = 66.36 万 kg/ 年;

当单位产出成本接受水平为 0.30 元/  $\text{m}^3$  时, 该区域经济上可接受的资源利用量为  $26.5 + 21.4 + 18.46 + 11.05 = 77.41$  万  $\text{kg}/\text{年}$ 。

$$\left( \frac{1}{\text{人均常规能源占有量}}, \text{人均国民收入} \right)$$

地区人均常规能源占有量为 0.36tce/ 人·年, 人均国民收入为 2 200 元/ 年, 因此, 这一指标为 (2.78 人·年/ tce, 2 200 元/ 人·年)。

(6) 最小经济可获利开发量与最大经济可获利开发量

秸秆燃气主要用来替代区域内同为气体

表 12 各村基准经济可获利开发量

Table 12 Norm benefitable development quantity of each village

秸秆资源用于燃气用途的 基准可获利开发量(t)	
A	128.5
B	122.2
C	126.4
D	125.8

表 11 各村秸秆燃气生产成本

Table 11 Gas cost from the straw in each village

	产气量 (万 $\text{m}^3$ )	秸秆利用量 (t/a)	原料费 (元/kg)	单位产气成本 (元/ $\text{m}^3$ )
A	38.4	184.6	0.080	0.25
B	21.5	110.5	0.045	0.30
C	55.2	265	0.065	0.18
D	44.8	214	0.055	0.14

燃料的液化气的消费。在使用秸秆燃气之前, 本地区平均每人每月消费一瓶 40 元/ 15kg 的液化气。即液化气对秸秆燃气的参考价格  $P_e$  为 0.27 元/  $\text{m}^3$ 。若决策系数为 1, 则市场条件下各气化站对燃气的预期价格  $P_e = P_e \times 1 = 0.27$  元/  $\text{m}^3$ 。对每个气化站来说, 基准经济可获利开发量  $Q_b$  满足  $Q_b = \text{年固定成本} / (\text{单位燃气预期价格} - \text{单位燃气可变成本})$  (表 12)。

对于 B 村, 其秸秆资源的开发若要实现经济上有利可图, 至少要达到 122.2t 的开发利用量。但整个村庄通过秸秆气化提供燃气每年总共只要消耗 110.5 t 秸秆。即需求量小于规模经济的要求, 因此, 仅 B 村不可能实现经济开发。

各村的最小经济获利开发量见表 13。地区总的最小经济获利开发量为 380.3 t/ 年。区域中 A、C、D 村的资源开发处于需求量小于潜在最大经济可获利开发量的阶段。因此, 各村的最大经济可获利开发量见表 14。区域内总的最大经济可获利开发量为 628t。实际进行资源开发时, 只要各村的开发量位于其最小和最大经济获利开发量之间便可实现规模经济。

## 4 讨 论

当前, 中国传统的经济体制处于大的变动之中。随着新经济体制的形成, 投资体制也要做相应的变革, 投资者更注重可再生能源资源的市场前景。而市场前景又如何直接受开发成本、产品价格、社会接受程度等诸多

表 13 最小经济可获利的开发量

Table 13 Minimum norm benefitable development quantity of each village

最小经济可获利开发量(t)	
A	128.5
B	0
C	126.4
D	125.8
合计	380.3

表 14 各村最大经济可获利开发量

Table 14 Maximum norm benefitable development quantity of each village

最大经济可获利开发量	
A	180
B	0
C	248
D	200
合计	628

因素的影响, 因此, 必须改变传统的资源评价方法, 代之以系统评价方法, 运用指标体系对可再生能源资源进行综合评价, 这样, 可以客观反映可再生能源资源的资源数量、开发利用潜力, 特别是开发利用的经济性。

## 参考文献:

- [1] 顾树华, 苏明山, 刘文强等. 中国生物质能转换技术评价及其市场化发展战略研究[R]. 北京: 清华大学课题报告, 2000.

- [2] 历以宁,章铮. 环境经济学[M]. 北京: 中国计划出版社,1995.
- [3] 夏光. 中国环境污染损失的经济计量与研究[M]. 北京: 中国环境科学出版社,1998.
- [4] 岳超源,李群. 环境、资源与可持续发展的多目标评价[J]. 环境保护,1998(12): 28~30,47.
- [5] 国家计委投资研究所,建设部标准定额研究所. 投资项目的社会评价方法[M]. 北京: 经济管理出版社,1993.
- [6] 李京京,白金明,Ralph O. 中国生物质资源可获得性评价[M]. 北京: 中国环境科学出版社,1998.
- [7] 张正敏,邓可蕴,Ralph O. 中国生物质能技术商业化策略设计[M]. 北京: 中国环境科学出版社,1998.
- [8] 陈耀邦. 可持续发展战略读本[M]. 北京: 中国计划出版社,1996.
- [9] Aunan K,Patzay G,Aaheim H A,et al. Health and environmental benefits from air pollution reductions in Hungary[J]. *The Science of the Total Environment*,1998,212:245~268.
- [10] Braff R R. Improving impact assessment methods: climate change and the health of indigenous Australians[J]. *Global Environmental Change*,1999(9): 95~104.
- [11] Parish R,Funnell D C. Climate changes in the mountain regions: some possible consequences in the Moroccan High Atlas[J]. *Global Environmental Change*,1999(9): 45~58.

## Systemic evaluation method of renewable energy resources and its practical application

LI Jingjing<sup>1</sup>, REN Dongming<sup>2</sup>, ZHUANG Xing<sup>1</sup>

(1. Center for Renewable Energy Development, Energy Research Institute, SDPC, Beijing 100038, China;

2. Department of Resources and Environment Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

**Abstract:** The resources availability assessment is the prerequisite and necessary procedure of renewable energy (RE) utilization. As a result of the mutual relations between all the sections of comprehensive energy programming, the assessment of RE resources should not be carried through separately regardless of other analytical processes. Especially the contents of the comprehensive evaluation of renewable energy should include not only those factors, such as reserves, exploitation, productivity etc, but also technology and market. Till now, there isn't any systemic assessment method on the straw & stalk resources aspect, by reviewing the characteristics and the internal relations between technology and markets of straw & stalk resources. This paper carries out a detailed research on the systemic assessment methods of straw & stalk resources, and set an indicator system on the basis of viewing general systems analysis. Finally, it makes a practical application of the above-mentioned methods by taking straw & stalk resources as an example.

**Key words:** renewable energy resources; systemic evaluation methods; straw & stalk resources