

# 中国作物秸秆资源及其利用

钟华平, 岳燕珍, 樊江文

(中国科学院地理科学与资源研究所, 100101 北京)

**摘要:** 该文从资源的角度, 根据各种作物的经济系数, 对我国各类农作物秸秆资源作了全面的估算, 分析了作物秸秆资源的发展趋势和分布特点。研究结果表明, 目前我国秸秆资源产量达  $79\,454.4 \times 10^4 \text{t}$ , 并每年以  $1\,251.2 \times 10^4 \text{t}$  的速度稳步增长; 作物秸秆资源分布存在地域性特点, 东部农区是作物秸秆资源的主要分布区, 黑龙江、河北、山东、江苏和四川是作物秸秆资源的集中分布区。对我国作物秸秆资源利用现状分析认为, 每年有 95% 以上作物秸秆资源通过不同的利用途径转化成其他的形式而被耗散, 资源浪费严重。针对作物秸秆资源利用中存在的问题提出了一些政策建议。

**关键词:** 秸秆资源; 利用

中图分类号: F303.4 文献标识码: A 文章编号: 1007-7588(2003)04-0062-06

## CHARACTERISTICS OF CROP STRAW RESOURCES IN CHINA AND ITS UTILIZATION

ZHONG Hua-ping, YUE Yan-zhen, FAN Jiang-wen

(Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract:** According to the economic index of straw resource calculated in terms of resource economy, overall estimation of all sorts of crop straw is made, then, the characteristics of its distribution in China are analyzed. The results show that the yield of crop straw is  $79\,454.4 \times 10^4 \text{t}$  every year and increases steadily at a speed of  $1\,251.2 \times 10^4 \text{t}$ . There are regional differences in the distribution of straw resources. Agricultural districts in the eastern of China, such as Heilongjiang, Hebei, Shandong, Jiangsu and Sichuan provinces, are the main areas where the crop straw resources are produced. However, the crop straw resource has not been well utilized at present. Over 95% of crop straw is transformed into different forms and decomposed in different ways every year. To solve those problems, some policies are put forward and suggestions are provided.

**Key words:** Straw resource; Utilization

小造纸厂引起淮河流域的污染、秸秆焚烧导致航班的延误和高速公路的关闭等现象引起人们对作物秸秆资源利用的广泛关注<sup>[1]</sup>。作物秸秆作为农业重要的副产品, 既是农业及下游产业的重要资源, 又有成为农村生态环境污染源的可能。它在农业生产环境中扮演主体和客体双重角色。在种植业生产过程中作为重要的农副产

品; 在农业生态系统中, 既是农业生态系统的重要组成部分, 又是农业生态系统能流物流的重要环节; 在农业及相关产业中, 它是农业下游产业的重要物质资源。但随着农业科技水平的不断提高, 农业迅猛发展, 作物秸秆从品种和产量上发生质的变化, 而秸秆利用技术滞后, 过剩秸秆正在成为农业生态环境中的非点源污染源。

收稿日期: 2002-09-09; 修订日期: 2002-11-01

基金项目: 中国科学院地理科学与资源研究所创新领域项目 (编号: CX10GE01-02-05; SJ10GC00-04)。

作者简介: 钟华平 (1964-), 男, 江西兴国县人, 硕士, 助研, 主要从事草地生态系统管理的研究。

长期以来,把作物秸秆界定为农业附属产品,导致对作物秸秆资源研究存在一定的局限性,主要表现在对作物秸秆资源估算的不全面性。从畜牧业家畜利用方面的估算或缺了家畜不可利用部分;而生态环境保护方面的估算只是从特殊环境污染现象分析,同样缺乏对作物秸秆类型的全面性,并有局部放大的可能。本文试图从资源的角度对我国作物秸秆进行全面的估算,分析我国作物秸秆的发展趋势、分布格局和类型特征,从资源的角度剖析我国作物秸秆资源利用中存在的问题。

## 1 中国作物秸秆资源的估算

中国作为世界粮食、油料、棉花生产大国,作物秸秆资源相当丰富。农作物秸秆主要包括粮食作物(包括水稻、小麦、玉米、谷子、高粱、大豆、豌豆、蚕豆、红薯、土豆等)、油料作物(包括花生、油菜、胡麻、芝麻、向日葵等)、棉花、麻类(包括黄红麻、苕麻、大麻、亚麻等)和糖料作物(主要包括甘蔗和甜菜)等五大类(表 1)。

表 1 中国主要农作物的秸秆经济指数

作物品种	经济指数	作物品种	经济指数	作物品种	经济指数
粮食		油料		麻类	
谷物		花生	1.2.0	黄红麻	1.1.7
水稻	1.1.1	油菜	1.3.0	苕麻	1.1.7
小麦	1.1.1	芝麻	1.3.0	大麻	1.1.7
玉米	1.2.0	胡麻	1.2.0	亚麻	1.1.7
谷子	1.2.0	向日葵	1.3.0	糖料	
高粱	1.2.0	棉花	1.3.0	甘蔗	1.0.1
其它	1.1.5			甜菜	1.0.1
豆类	1.2.0				
薯类	1.1.2				

注:根据参考文献[2]、[3]、[4]整理

我国作物秸秆资源总量估算从不同利用角度有不同方法和结果。郭双庭从秸秆畜牧业利用方面估算我国作物秸秆的总量为  $57\,520 \times 10^4 \text{ t}^{[5]}$ ;张宝文在有关秸秆焚烧与综合利用的文章中估算中国每年农作物秸秆产量达到  $65\,000 \times 10^4 \text{ t}^{[1]}$ ;王秋华从秸秆资源还田的角度估算作物秸秆产量为  $59\,930 \times 10^4 \text{ t}^{[2]}$ ;段佐亮、陈同斌等从秸秆焚烧甲烷、二氧化碳排放方面估算我国作

物秸秆为  $68\,430 \times 10^4 \text{ t}^{[3,6]}$ ;钟华平在对农业有机废弃物利用与政策研究中对 1994 年我国秸秆资源总量估算为  $68\,470 \times 10^4 \text{ t}$ 。上述估算以不同角度对不同时期的秸秆总量的估算,基本反映了我国作物秸秆的生产水平,但仍存在作物秸秆总量测算的不确定性。建立一套统一的标准和方法是掌握我国作物秸秆资源总量动态发展的关键。农作物秸秆经济指数方法为。

$$m_s = \sum_{i=1}^n b_i c_i \quad (1)$$

式中:  $m_s$  为作物秸秆总量,  $i$  为某作物品种,  $b_i$  为  $i$  种作物的秸秆经济指数,  $c_i$  为  $i$  种作物产量。根据我国主要农作物秸秆经济指数,对各省区 1998 年农作物秸秆进行估算(表 2),全国作物秸秆总量达到  $79\,454.4 \times 10^4 \text{ t}$ ,其中粮食作物占 89.9%,油料作物占 7.1%,棉花作物占 1.7%,糖料作物占 1.2%,麻类作物占 0.1%(表 3)。

表 2 中国 1998 年作物秸秆资源量

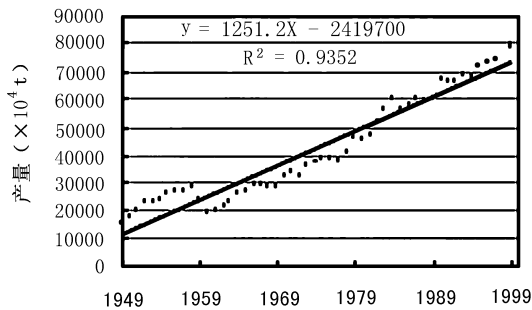
Table 2 Amount of crop straw resources in China in 1998  
( $\times 10^4 \text{ t}$ )

省份	秸秆总量	粮食	油料	棉花	麻类	糖料
北京	383.8	377.5	5.7	0.5	0.0	0.0
天津	321.8	310.0	9.8	1.9	0.1	0.0
河北	4 858.9	4 483.3	290.5	81.1	2.3	1.7
山西	1 905.6	1 784.8	96.1	16.8	0.1	7.9
内蒙古	2 988.4	2 717.2	244.1	0.7	0.4	25.9
辽宁	3 278.6	3 219.0	50.0	5.4	0.0	4.2
吉林	4 673.0	4 612.9	54.4	0.0	0.1	5.6
黑龙江	4 949.5	4 867.9	35.1	0.0	15.4	31.0
上海	267.0	244.8	20.1	1.4	0.0	0.7
江苏	4 581.0	4 141.9	298.0	138.6	0.6	2.0
浙江	1 776.6	1 645.9	103.6	19.5	1.4	6.2
安徽	3 738.2	3 192.9	446.5	87.0	9.3	2.4
福建	1 181.8	1 108.3	51.2	0.1	0.2	21.9
江西	2 025.7	1 761.8	219.6	22.8	2.8	18.6
山东	7 100.7	6 300.0	675.1	123.8	1.7	0.0
河南	6 484.1	5 573.5	677.6	218.5	12.9	1.6
湖北	3 704.6	2 977.6	605.9	97.5	12.7	11.0
湖南	3 471.0	3 050.8	336.5	57.7	7.2	18.8
广东	2 581.0	2 244.7	159.8	0.0	0.7	175.7
广西	2 379.4	1 897.6	120.3	0.3	3.0	358.2
海南	298.2	242.9	19.4	0.0	0.5	35.4
重庆	1 531.1	1 458.9	69.8	0.4	1.3	0.7

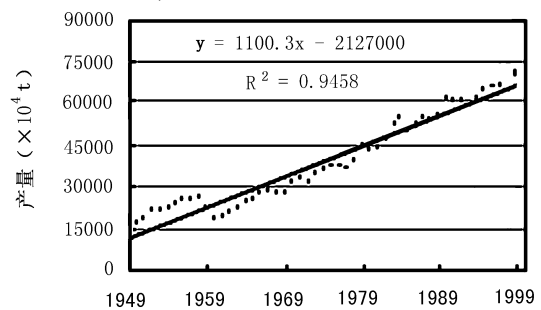
省份	秸秆总量	粮食	油料	棉花	麻类	糖料
四川	5 065.3	4 605.9	405.5	30.5	7.3	16.2
贵州	1 728.1	1 542.5	179.1	0.5	0.5	5.5
云南	2 132.5	1 925.5	46.6	0.2	0.3	159.8
西藏	127.0	118.0	9.0	0.0	0.0	0.0
陕西	2 066.9	1 968.9	90.5	6.9	0.2	0.5
甘肃	1 408.0	1 270.4	105.8	18.3	0.5	13.1
青海	226.1	163.6	62.5	0.0	0.0	0.0
宁夏	446.8	428.4	15.2	0.0	0.1	3.1
新疆	1 773.9	1 196.4	104.9	420.0	1.3	51.3
全国合计	79 454.4	71 433.7	5 608.5	1 350.3	82.9	979.0

## 2 中国作物秸秆资源的变化趋势

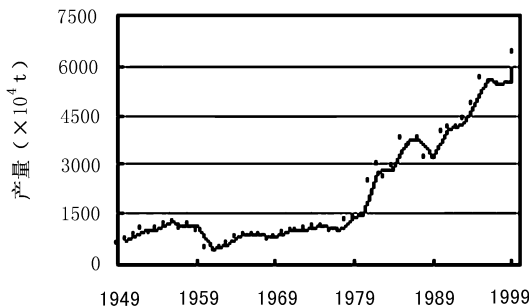
通过对自 1949 年以来我国各类作物秸秆资源的估算和 50a 来各类作物秸秆动态分析表明:我国作物秸秆资源主要为粮食作物秸秆,占秸秆总量的 89.9%。作物秸秆总量的动态变化与粮食作物秸秆的变化趋势保持一致。通过回归分析,中国作物秸秆总量和粮食作物秸秆的动态呈线性化增长趋势,它们的方程分别是: $y = 1\,251.2x - 2\,419\,700$ ,  $R^2 = 0.9352$  和  $y = 1\,100.3x - 2\,127\,000$ ,  $R^2 = 0.9458$ (图 1)。从某种意义上说,我国的作物秸秆总量和粮食作物



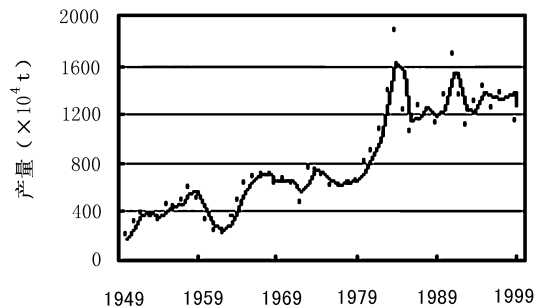
a. 秸秆总量



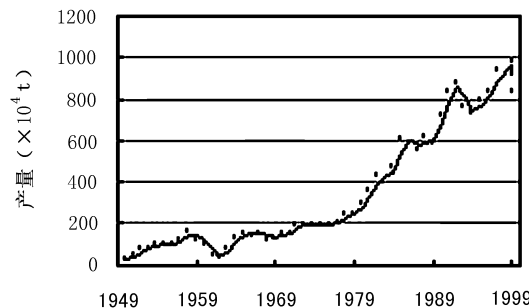
b. 粮食作物秸秆



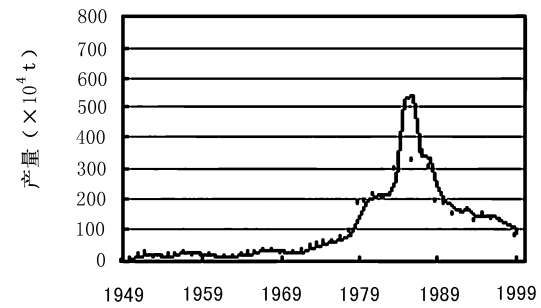
c. 油料作物秸秆



d. 棉花秸秆



e. 糖料作物秸秆



f. 麻类作物秸秆

图 1 中国主要作物秸秆资源动态(1949~1999)

Fig. 1 Dynamics of the crop straw resources in China(1949~1999)

秆平均每年以  $1\ 251.2 \times 10^4\text{t}$  和  $1\ 100.3 \times 10^4\text{t}$  的速度稳步增长。预计 2010 年我国作物秸秆资源将达到  $87\ 500 \times 10^4\text{t}$ 。

其它经济类作物秸秆动态呈波动式发展趋势。其中油料和糖料作物秸秆在 20 世纪 80 年代以后呈线性稳步增长,分别达到年产秸秆  $6\ 000 \times 10^4\text{t}$  和  $900 \times 10^4\text{t}$ 。棉花作物秸秆产量从解放初期的  $700 \times 10^4\text{t}$  的水平,到 20 世纪 70 年代  $7\ 000 \times 10^4\text{t}$  和 20 世纪 90 年代  $13\ 000 \times 10^4\text{t}$  的水平经历了二个台阶的飞跃发展,尤其是在 80 年代初期,随着农业种植结构的调整和棉花种植技术的提高,棉花作物秸秆得到了迅速发展。而麻类作物受农村经济改革和市场经济的影响,麻类作物秸秆生产在 1985 年达到了其最高产量  $750 \times 10^4\text{t}$ ,随后麻类作物秸秆生产在不断萎缩,近年仅有  $80 \times 10^4\text{t}$  的水平。

表 3 中国主要作物秸秆的集中分布区

Table 3 Concentrated district of each crop straw resource in China ( $\times 10^4\text{t}$ )

秸秆种类	资源量	集中分布省份
稻草	2 1860.7	江苏、浙江、安徽、江西、湖北、湖南、广东、广西、四川 [ $>1\ 000$ ]
小麦秆	12 070.4	河北、江苏、山东、河南 [ $>1\ 000$ ]
玉米秆	26 590.6	河北、辽宁、吉林、黑龙江、山东、河南、四川 [ $>1\ 000$ ]
其他谷物	2 590.5	河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、江苏、甘肃 [ $>200$ ]
豆秸	4 001.2	河北、内蒙古、吉林、黑龙江、山东、河南、四川 [ $>200$ ]
薯藤	4 320.3	安徽、山东、河南、广东、四川 [ $>200$ ]
油料秸秆	5 608.5	河北、江苏、安徽、江西、山东、河南、湖北、湖南、四川 [ $>200$ ]
棉花秸秆	1 350.3	河北、江苏、山东、河南、湖北、新疆 [ $>100$ ]
麻类秸秆	82.9	黑龙江、安徽、河南、湖北、四川 [ $>10$ ] 福建、江西、湖南、广东、广西、海南、四川、云南 [甘蔗 $>5$ ]
糖料秸秆	979.0	内蒙古、黑龙江、甘肃、新疆、山西、吉林、宁夏 [甜菜 $>5$ ]
合计	79 454.4	

### 3 中国作物秸秆资源分布特点

作物秸秆的分布格局与农作物的分布相一致。我国作物秸秆主要分布于东部农区,从东北平原、华北平原、到江南和西南各省是我国作物秸秆的主要分布区,其中黑龙江、河北、河南、山东、江苏和四川 6 省是我国作物秸秆的集中分布区,它们的秸秆产量分别超过  $4\ 000 \times 10^4\text{t}$ 。就类型分配而言,粮食作物秸秆为  $71\ 433.7 \times 10^4\text{t}$ ,占总量的 89.9%,油料作物秸秆为  $5\ 608.5 \times 10^4\text{t}$ ,占 7.1%,棉花秸秆为  $1\ 350.3 \times 10^4\text{t}$ ,占 1.7%,糖料作物秸秆为  $979.0 \times 10^4\text{t}$ ,占 1.2%,麻类作物秸秆为  $82.9 \times 10^4\text{t}$ ,占 0.1%(表 3)。

由于不同地区气候条件、社会文化、传统习惯的不同,各地区的作物秸秆结构组成有所不同。在地处热带、亚热带的江南,大米是当地群众传统饮食的主要食品,水稻成为该地区最重要的作物品种;地处温带的我国北方地区,小麦、玉米是当地种植的主要作物;而位于高寒地区的西藏,藏族群众习惯于以青稞酒、藏粑为主的藏族饮食文化,形成了西藏特有的以青稞为主的种植结构。不同的种植结构,带来各地区之间作物秸秆品种和类型结构的差异。东北地区(黑龙江)以玉米和大豆为主,占 67.01%;在华北(河北)以玉米秆和麦秆为主,占 77.25%;在华东(江苏)以稻草和麦秆为主,占 68.41%;在华南(广东)以稻草和甘蔗为主,占 75.61%,在西北(新疆)以玉米秆、麦秆和棉花为主,占 82.97%(表 4)。

表 4 不同地区各作物秸秆所占比重

Table 4 Proportion of each crop straw resource in different district (%)

省份	水稻	小麦	玉米	谷子等	豆类	薯类	油料	棉花	麻类	糖料
广东	68.80	0.22	4.63	0.42	1.88	11.03	6.19	0.00	0.03	6.81
河北	2.25	28.38	48.87	5.36	3.91	3.51	5.98	1.67	0.05	0.04
黑龙江	20.58	6.34	48.48	2.82	18.53	1.61	0.71	0.00	0.31	0.63
江苏	50.17	18.24	12.49	2.72	4.08	2.71	6.51	3.03	0.01	0.04
新疆	3.49	28.31	30.98	2.46	1.75	0.45	5.91	23.68	0.07	2.89
全国平均	27.51	15.19	33.47	3.26	5.04	5.44	7.06	1.70	0.10	1.23

## 4 中国作物秸秆资源的利用

### 4.1 作物秸秆资源利用现状

我国作物秸秆年产量  $79\,454.4 \times 10^4 \text{t}$ , 相当于每年工业固体废物的排放水平。每年如此大量的秸秆生产, 能在农业生态环境中能及时处理, 不致造成严重的堆积, 有其特殊的消化方式。主要利用途径有:

(1) 用作燃料: 主要有稻草、棉花秆、玉米秆、高粱秆、黄豆秆、油菜秆、葵花秆等。

(2) 用作饲料: 主要有麦秆、玉米秆、蚕豆秆、红薯藤、花生藤、瓜藤、瓜叶等。

(3) 用作肥料: 一是直接还田; 二是将秸秆燃烧后的草木灰还田; 三是用作牲畜垫圈与畜禽粪便一起堆沤发酵后还田。主要有稻草、麦秆、玉米等。

(4) 用作工业原料: 麦秆、稻草、麻秆等用于造纸、建筑等, 以及手工纺织材料。

有关作物秸秆利用状况有许多报道。宋戴苞认为我国 50% 的秸秆用为燃料或在田头焚烧, 28.44% 用于家畜垫圈, 15.02% 用于直接还田<sup>[4]</sup>; 段佐亮认为我国农作物秸秆燃烧主要是作为燃料补充农村能源的不足, 这部分占秸秆总量的 45% ~ 47%, 作为烧荒形式燃烧的农作物秸秆约占总量的 15%, 达到 60% 以上<sup>[3]</sup>; 王秋华认为全国平均约有 20% ~ 30% 的作物秸秆直接还田, 有 30% 用于饲料过腹还田, 其余 30% 则焚烧<sup>[2]</sup>。根据典型调查分析, 我国作物秸秆在 4 种利用方式上的分配大体是: 燃料 40% ~ 50%, 饲料 25% ~ 35%, 肥料 15% ~ 20%, 工业原料 1% ~ 5%。每年有 90% 以上作物秸秆资源通过不同的利用途径而转化成其他的形式, 逐步被分解, 而每年滞留环境中的作物秸秆约为 5% ~ 9%。

### 4.2 作物秸秆资源利用对策

我国作物秸秆资源虽有  $79\,454.4 \times 10^4 \text{t}$ , 但人均拥有量仅 600 kg 左右。而我国作物秸秆尚处于松散的利用状态, 甚至部分地区由于秸秆利用技术不完善, 有时来不及利用和处理, 出现暂时的过剩而被就地焚烧, 造成作物秸秆资源的大量浪费和对生态环境带来污染。为了充分高效

利用我国作物秸秆资源, 应围绕生态农业持续发展和农业生态环境保护二个基本点, 调整作物秸秆的利用结构, 加大作物秸秆利用技术的研究和推广, 扩大秸秆利用渠道, 促进我国作物秸秆资源的有效利用。

(1) 加速农村能源建设, 用新的能源来替代作物秸秆, 尽量减少作物秸秆燃烧利用量。同时应加强节能灶的研究和推广, 提高作物秸秆的能效。加快作物秸秆生物质能加工利用技术的研究和推广。如作物秸秆的气化技术, 开展作物秸秆气化的开发和利用; 开展作物秸秆燃料加工技术的研究, 如作物秸秆燃料块和成型炭块的加工技术, 促进作物秸秆生物质能向商品化发展。

(2) 加快作物秸秆资源有机还田技术的研究和推广, 结合农业机械化大力推广作物秸秆直接还田技术和覆盖免耕技术, 制定作物秸秆还田的技术规程, 避免过量还田的浪费, 以及还田不当带来的环境负作用。加快作物秸秆与化肥配合施肥技术的研究和推广, 提高作物秸秆还田效率, 降低化肥过量使用带来的环境污染。开展作物秸秆肥料工业化的研究。

(3) 在作物秸秆饲料开发技术方面应积极推广现有成熟的一些技术, 如秸秆氨化技术、碱化技术、微生物发酵技术、青贮技术等; 同时, 加强作物秸秆饲料化新技术的研究, 如 EM 技术、膨化饲料技术和复合化学处理压块技术, 加快秸秆向饲料工业化发展<sup>[7]</sup>。

(4) 大力加强作物秸秆综合利用技术的研究和推广, 运用秸秆作无土栽培原料, 发展秸秆的多层次利用, 推广秸秆粉碎栽培食用菌, 菌渣喂猪, 猪粪发酵产沼气, 沼渣沼液肥田技术, 形成作物秸秆的多层次利用。

(5) 加强作物秸秆造纸的后处理技术的研究。作物秸秆制浆造纸是我国利用秸秆资源的一项较为成熟的技术, 但制浆后的黑液对环境带来严重的污染, 对制浆后的废水处理技术应加速研究。如利用制浆后的糖矿浆处理作物秸秆作粗饲料, 可以提高秸秆的营养成分和适口性。

(6) 秸秆发酵生产沼气是充分利用秸秆资源的重要途径。它不仅解决了农村的燃料能源问

题,而且生产的沼渣沼液,又是养殖畜禽很好的饲料。适合较大范围加以推广,在政策上给予鼓励。

(7)在秸秆化工方面,秸秆资源具有广阔的前景,发展潜力很大。有资料报道,稻草生产化学浆糊,具有显著的经济效益;秸秆经化学处理可转化为淀粉产品;在膜技术方面,利用麦秆、甘蔗渣等富含纤维的作物秸秆,造成能被土壤微生物分解的新型农用地膜,这项技术已经成熟,可代替聚乙烯塑料制品和塑料膜,减少白色污染。

#### 参考文献 (References):

- [ 1 ] 张宝文. 齐抓共管、进一步做好秸秆禁烧与综合利用工作[J]. 生态农业研究, 2000, 8(3):1~4.  
ZHANG Bao-wen. Making efforts to the work for straw integrative utilization [J]. *EcoAgriculture Research*, 2000, 8(3): 1~4.
- [ 2 ] 王秋华. 我国农村作物秸秆资源化调查研究[J]. 农村生态环境, 1994, 10(4): 67~71.  
WANG Qiu-hua. Investigation of rural crop straw utilization in China [J]. *Rural Eco-Environment*, 1994, 10(4): 67~71.
- [ 3 ] 段佐亮. 我国作物秸秆燃烧甲烷、氧化亚氮排放量变化趋势(1990-2020)[J]. 农业环境保护, 1995, 14(3): 111~116.  
DUAN Zuo-liang. The trends of N<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> emissions by burning the crop straw in China (1990-2020) [J]. *Agror Environmental Protection*, 1995, 14(3): 111~116.
- [ 4 ] 宋戴苞. 浙江省秸秆资源及其品质调查研究[J]. 土壤肥料, 1995, (2): 23~26.  
SONG Ji-bao. The investigation and research on the straw resources in Zhejiang province [J]. *Soils and Fertilizers*, 1995, (2): 23~26.
- [ 5 ] 郭庭双. 秸秆畜牧业[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1996. 1~48.  
GUO Ting-shuang. *Straw-Animal Husbandry* [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1996. 1~48.
- [ 6 ] 陈同斌, S. Struwe, A. Kjoller. 农业废弃物对土壤中 N<sub>2</sub>O、CO<sub>2</sub> 释放和土壤氮素转化及 pH 的影响[J]. 中国环境科学, 1996, 16(3): 196~199.  
CHEN Tong-bin, S. Struwe, A. Kjoller. Effects of application of agricultural wastes on N<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> emissions, nitrogen transformation in soil pH [J]. *China Environmental Science*, 1996, 16(3): 196~199.
- [ 7 ] 黄土忠,王继军,陈国光. 农林牧废弃物资源饲料化的新途径[J]. 农业环境保护, 1993, 12(5): 233~235.  
HUANG Shi-zhong, WANG Ji-jun, CHEN Guo-guang. The new ways for utilizing waste resources of agriculture, forestry and animal husbandry as fodder [J]. *Agror Environmental Protection*, 1993, 12(5): 233~235.