

农村可持续发展能源战略对策与建议*

邓可蕴, 贺亮

(农业部原环保能源司 北京 100038)

[摘要] 根据我国农村地区可持续发展的能源战略和建设方针, 文章总结、分析了农村能源建设的经验。按照市场经济体制改革的形势, 分阶段提出了农村地区能源资源节约、开发和综合利用等方面的战略重点和对策建议。并系统地探讨了县级农村能源综合建设的成功模式, 指出了农村能源建设的发展方向。

[关键词] 农村能源; 技术; 政策; 综合建设模式

1 发展战略目标

发展目标是建立起经济、环境、社会相互协调的可持续发展的农村地区能源系统。当前我国正处在从传统的计划经济体制向社会主义市场经济体制转变, 经济增长方式从粗放型向集约型转变的伟大历史时期中。中国农村地区的能源发展战略, 首先要树立可持续发展的观念, 因地制宜开发利用多种能源资源, 实行多能互补、节能优先和提高效率的方针。在最小生态环境代价的前提下, 增加商品能源供应量, 基本满足农业现代化建设和农村居民对优质能源的需求; 大幅度提高各种能源资源利用效率, 农村工业产品能耗达到90年代末期国际先进水平; 努力降低可再生能源生产成本, 增加可再生能源利用数量, 关键应用技术接近和赶上国际先进水平, 应用规模处于世界领先地位; 建立农村能源市场, 形成比较完善的农村能源生产和技术服务体系。争取用30~50年左右的时间实现上述目标, 近期优先解决缺能无电人口的基本需求。

战略重点: 2010年以前, 首先应将提高能源(使用和开发的)效率做为重点, 同时要稳步增加

商品能源的供应, 以保证农业现代化和乡镇企业发展的需要; 重视再生能源技术和产品的商业化, 增强竞争能力, 尤其是生物质能源的高科技利用。2010年之后, 应增大现代技术可再生能源在农村的消费份额; 扩大县级能源综合建设规模; 结合能源优质化利用和工农业有机废物的治理与开发, 促进我国农村中小城镇的现代化进程。

为实现这一战略目标, 应在技术、发展模式和政策三个方面实施一系列的改进对策。

2 技术改进对策

根据我国能源开发与节约并举, 把节约放在优先地位的政策, 农村地区首先解决能源浪费、低效使用的问题。

1) 根据乡镇企业的能源消费结构, 确定节能与污染减排的主要行业: 制砖、水泥、炼焦和铸造。这四个行业的能耗和烟尘排放分别占乡镇企业的55%和57.2%, 占全国烟尘排放的15.4%, 应作为技术改造的重点行业;

2) 农村地区炊事和取暖耗煤和生物质的量均甚大, 炉灶的热效率还应进一步提高;

[收稿日期] 2000-04-12; **[修回日期]** 2000-05-17

[作者简介] 邓可蕴(1935-), 女, 北京市人, 农业部原环保能源司高级工程师

*中国工程院《能源》项目组《中国农村地区能源》专题组研究报告, 专题组负责人邓可蕴, 参加人贺亮、王革华、李京京、张鲁江、戴林、刘鸿鹏, 执笔人邓可蕴、贺亮。

3) 所选择的技术要符合行业技术进步的发展趋势;

2.1 乡镇工业主要行业的节能减排技术选择和工业小区建设^[1-3]

1) 砖瓦行业: 大力推广空心砖和新型节能墙体材料生产技术。推广节能型轮窑和节能焙烧工艺。积极利用工业废渣(粉煤灰、炉渣、烟道灰)。

2) 水泥行业: 对年产10万吨的水泥机立窑生产线, 推广窑体节能改造、电机变频节电和高效除尘技术。

3) 炼焦行业: 推广新型改良焦炉炼焦和焦炉煤气、焦油回收利用技术, 有条件的地方(如晋陕蒙交界地区)建立大型机械化焦厂。

4) 铸造行业: 推广冲天炉改造、微机给料和造型线自动化生产技术。增加粉尘回收设备。

5) 硫磺行业: 推广全封闭炼磺炉生产和炼磺尾气灭烟技术。

6) 炼铁行业: 推广高炉余气发电、富氧喷煤冶炼技术。

7) 铁合金行业: 推广炉体扩容、短网改造节电技术, 增加电极升降自控装置和粉尘回收设备。

8) 石灰行业: 推广节能型半机械石灰窑和焙烧技术。

9) 陶瓷行业: 推广低温烧成工艺和洁净气体燃烧生产技术。

10) 造纸行业: 亚胺法制浆造纸企业推广黑液生产有机复合肥技术和中段水处理技术; 碱法制浆造纸企业推广碱回收和中段水处理技术。

11) 制革行业: 推广硫化碱、铬回收利用技术和废水处理技术。

12) 啤酒行业: 推广酵母、麦汁回收技术和废水处理技术。

13) 淀粉行业: 推广离心分离技术和黄浆、蛋白粉提取技术。

14) 工业小区建设: 推广热电联产, 集中供热、供水和污水集中处理技术。这是乡镇企业实现生产力的重新优化配置、生产经营的规模化和专业化的一种具有战略意义的现代化工业发展模式。在这一过程中, 不仅有利于选择技术起点较高的产业, 提高能源效率, 而且可以综合规划和解决投资、土地征用、基础设施建设、吸纳农村剩余劳动力和实现环境的综合治理, 从而实现区域的持续发展。

采用以上技术的节能技改投资、减排投资、能源消耗和环境改善状况, 见表1。

表1 乡镇工业节能技改的能耗及环境改善变化和投资一览表*

Table 1 Energy saving, environmental improvement and investment estimation of technical innovation in township and village enterprises

行业	能源消耗 (折标准煤) /t·t ⁻¹		环境状况		节能技改投资/ 元·t ⁻¹	减排 CO ₂ 投资/ 元·t ⁻¹	
	技改前	技改后	技改前	技改后			
水泥	0.158	0.143	粉尘未达标	粉尘达标	20	4 500	
炼焦	1.56	1.39	废气未达标	废气达标	180	700	
铸造	0.72	0.65	废气未达标	废气达标	2 300	8 500	
硫磺			废气未达标	废气达标	300	2 000	
炼铁	0.70	0.5	废气未达标	废气达标	703	1 500	
石灰	0.2	0.15	废气未达标	废气达标	11	450	
造纸	0.90	0.90	废气未达标	废气达标	-	-	
制革			废气未达标	废气达标	-	-	
啤酒			废气未达标	废气达标	-	-	
淀粉	0.53	0.42	废气未达标	无外排废水	-	-	
陶瓷	日用瓷	1.3	1.1	废气未达标	废气达标		
	卫生瓷	36kg/件	33.6 kg/件	废气未达标	废气达标	3 200 元/万件	1 200
	建筑瓷	11.8kg/m ²	9.7 kg/m ²	废气未达标	废气达标		
砖瓦	0.85t/万块	0.77 t/万块	废气未达标	废气达标	800 元/万块	3 700	
铁合金(耗电)	9 500 kWh/t	8 500 kWh/t	粉尘未达标	粉尘达标	0.14	4 500	
工业小区		提高能源综合利用率	三废缺乏统一治理	三废集中治理达标排放	-		

* 说明:1994年乡镇企业用于技术改造的资金为750亿元,其中用于环境保护的技术改造投资约为5亿元。

2.2 农机、排灌节能、节水技术^[4]

我国水资源严重短缺，人均淡水占有量只及世界平均水平的 28%，农田灌溉水的有效利用系数只有 0.5。发展节水灌溉技术与“渠灌”相比，不仅可改善耕地的水分条件、增大灌溉面积，而且可节约耗电（油）量，是我国农业增产和节能的重要途径。

2.2.1 主要节水灌溉技术：

管灌技术：以管道代替田间渠道，灌溉水有效利用系数提高到 0.65~0.7，节电 18%~23%；

喷灌技术：灌溉水自管道经支管喷头喷出，以降雨方式散落到地面，灌溉水的有效利用系数 0.75 以上，玉米、小麦、棉花均可增产 20%~30%；

微灌、滴灌技术：微灌的灌溉水呈雾状喷出，滴灌呈滴水状况散落作物根部，此技术适用于果树、花卉、蔬菜等高产值农产品，灌溉水的有效利用系数可达 0.8，国际上发展很快。

2.2.2 农村节电 10kV 电网结合线损应在 10% 以下。

水泵，我国拥有 3 000 多万台水泵，运行效率仅为 41%，国家标准是 65%，节能潜力大，应及时更换采用国家公布的最新一轮的节能型水泵；

农用变压器，应淘汰高能耗变压器（劣质产品及 JB500-64 系列），降低自身电损，可减少农村电网总损耗的 45%~50%；对 JB1300-75 系列也应尽快以 SL7 或 SZ7 系列低损耗变压器取代；

农田灌区应采用调容变压器，以适应负荷的大起大落状况；

农村低压线路及入户安装均应依国标进行；

农村节电主要应成片地执行国家最新标准，方

可取得真实的节电效果。

2.2.3 农机节油技术 农村地区燃油消费量占全国油品消费量的 40% 以上，采用多种节油技术，滴水成涸，很有意义。

原有柴油动力宜采用节能配件，以提高功率，降低油耗，油耗率降低 2.5%~7%；

新增柴油动力必须选购最新一轮的国家公布的节能型拖拉机，油耗率下降 7%；

燃料（汽油或柴油）中应用各类添加剂（乳化剂、增效剂等），据农业部农机鉴定总站台架测定公布结果，节油效果一般在 2%~3%；

改进管理，提高单机作业量。

2.3 减少生物质能的低效消费量，改善环境质量^[6]

2.3.1 型煤下乡 农村生活用能消费煤炭（标准煤）超过 $8\,000 \times 10^4$ t，其中型煤约占 26%。烧型煤较烧散煤可提高热效率一倍以上，达到 30%~45%，农民可得到更多的有效热能。今后小集镇的居民和餐饮服务业应无一例外地使用型煤，以便更有效地改善环境质量 [较燃用散煤减少 CO 排放 70%，SO₂ 减少 40%，烟尘和 3、4 苯并芘(a)减少 90%]。

我国自建国初期至今，均以高额补贴政策推动城市民用煤型煤化，对农村从 50 年代初至 80 年代初则采取严格限制用煤的政策，改革开放以来打破了这种限制，近年农民在没有任何政策性补贴的情况下，也大量转而改用型煤，必须承认这乃是农民对节能及环境认识观念的一大进步。型煤下乡、节能型炒茶灶、烤烟房、饲料生喂节能及环境效益见表 2。

表 2 型煤下乡、节能型煤茶灶、烤烟房、饲料生喂节能及环境效益

Table 2 Environmetal benefit and energy saving by using of coal briquette, improved brickkiln, tea-toasting stove and feeding animal with uncooked fodder

	1995		2020				
	数量	节能量 (标准煤)/t	应增加数量	新增节能量 (标准煤)/t	相应减少		环境效益
					林、草、秸秆/10 ⁴ t	煤炭/10 ⁴ t	减排 CO ₂ /10 ⁴ t
型煤下乡/10 ⁴ t	3 300	660	6 500	1 300		1 500	1 087
炊事炉灶/10 ⁴ 座							
η=20-25%	17 200	4 000					
η>40%			10 000	3 500	7 800		3 003
牲猪饲料生喂/10 ⁴ 头	30 000-35 000		15 000-20 000	2 500-3 000	7 000		3 625
节能型炒茶灶/10 ⁴ 座	27	12.4	32	14	28		19
节能型烤烟房/10 ⁴ 栋	221	64		70		100	72

2.3.2 提高农村民用炉灶的效率 现在有 1.72×10^8 农户使用热效率在 20% 以上的节能灶。农村缺烧情况已有根本改变。今后应进一步改进炉灶的燃烧室, 增设二次进风和保温结构, 完善不同地区的标准化系列化。2010~2020 年时期应普遍使用热效率在 40% 以上的低排放商品化多功能炉灶, 生物质的消费量可大为减少, 农户炊用有效热能提高 50%~100%。

2.3.3 减少生物质能源消耗大户煮猪食、炒茶、烤烟消费的燃料 农民生活用能至今消费着折标煤 2×10^8 t 的薪材和秸秆。除炊事消费外, 饲养牲猪煮猪食所消费的燃料量约占六分之一, 若农户常年饲养 3 头以上的牲猪则其燃料消耗将超过炊用。现全国仍有 30% 牲猪饲养沿用煮猪食的传统习惯, 因此更积极地深入推行“饲料生喂”(用混合饲料, 不用烧火煮猪食) 技术是十分必要的。

2.3.4 节能炒茶灶 节能型炒茶灶已是商品。传统制茶工艺生产 1 kg 茶叶要消耗 5 kg 薪材, 使用节能型茶灶可节约 $1/3 \sim 1/4$ 的燃料。1995 年全国茶叶总产量 58.85×10^4 t, 其中 27×10^4 t 是经节能炒茶灶生产的, 节约薪材(折标煤) 12×10^4 t (24×10^4 t 薪材) 故应在短期内全面使用节能型炒茶灶。

2.3.5 节能型烤烟房 工艺设计已系列化、规范化, 每公斤干烟耗煤 1.5 kg, 较传统工艺节约 40%, 且烟叶质量提高 0.5~1 个等级, 售价增加。也有用秸秆作烤烟房燃料的, 如吉林等省。1995 年全国生产烤烟 207×10^4 t, 有 $1/2$ 是经节能型烤烟房生产的, 因此, 这项节能潜力亦应在短期内予以开发。

2.3.6 冬季采暖期长(5~6 个月或更长) 的地区, 应使用节能炕或燃池炕 充分利用低品位的生物质农林废弃物, 结合采用被动式太阳房技术改善农民居住条件。节能炕通常是炕(取暖)连灶(炊用), 炕是预制组装的架空炕, 灶是高效节能灶, 两者均以预制商品出售, 供热均匀舒适。加权平均综合热效率在 54% 以上。燃池炕是利用地下的燃烧室向地面及炕面供热, 不与炉灶相连, 可充分利用大量低品位的农业废弃物, 在燃烧室内阴燃(无火焰、低温、低速燃烧), 地表温度 40°C 以下, 热效率不超过 30%, 但仍有造价低、适应性广泛、室内温度均匀舒适的优点。这两种取暖炕在北方各省和某些高寒山区, 已有 1 800 多万农户(约

6 500 万人口) 采用。

2.4 加快薪炭林建设步伐^[5]

薪炭林是我国森林的五大林种之一, 它以生产燃料为主要的营林目的。有计划地发展薪炭林是扩大我国薪材资源、解决农村燃料供不应求的主要途径, 是农村能源建设的重要内容。

十多年来, 我国从国内 100 多种薪材乡土树种、国外 80 多种树种中筛选出适合不同地区的优质、高产薪材树种, 突破传统的栽培经营方式, 改用密植和超短轮伐方式, 生物质产量比传统的树种提高 2~3 倍, 有些树种还可同时提供经济附加值很高的芳香油、饲料、蛋白等, 比单一经营提高产值数倍。应加快发展我国已形成的一套较先进的薪炭林营林生产技术, 扩大面积, 增加产量, 发挥其缓解农村燃料短缺和改善生态环境的重要作用。薪炭林现有面积 540×10^4 hm^2 , 到 2010 年, 新增薪炭林面积 315×10^4 hm^2 , 使薪炭林总面积在 860×10^4 hm^2 以上。

2.5 积极开发利用可再生能源

包括水能、生物质能、太阳能、风能、地热能 and 海洋能等, 合理消耗后可以得到恢复补充, 不产生或很少产生污染物, 所以可再生能源与不可再生的化石能源资源有本质的区别, 后者将逐步趋向资源耗竭而不可持续, 因此, 可再生能源将成为未来能源结构的基础。

中国可再生能源资源比较丰富, 更便于农村地区就近开发利用, 它将持续推进 21 世纪人类社会的文明进步。可再生能源开发和利用程度与所选择的技术及其成熟程度有密切关系。其技术选择, 应以是否有助于增强我国经济运行的持续发展能力为取舍, 具体体现在四个方面:

一是能源资源的合理利用效率和综合利用程度要高;

二是可以明显地不断加大清洁能源的利用比重;

三是在开发利用过程中, 要有利于改进生态环境, 如增加土壤肥力、减缓沙漠化、减少有害物质的排放;

四是商品化程度高, 利于大面积市场化发展。

经有关各方面的专家评价排序, 得出技术选择排序意见如下:

2000~2010 年期间, 排在前 5 位的技术是: 小水电、日光温室、综合建设模式、户用沼气池和

大中型沼气工程；排在后 5 位的是：生物质固化成型、生物质液化、能源植物、地热养殖种植和生物质直燃供热。

2010~2020 年期间，排在前 5 位的技术是：大中型沼气工程、小水电、日光温室、太阳热水器和小型风力发电系统；排在后 5 位的是：能源植物、太阳灶、生物质固化成型、生物质直燃供热和生物质液化。

2020~2050 年期间，排在前 5 位的技术是：综合建设模式、大中型沼气工程、生物质发电、生物质气化和多能互补的组合技术；排在后 5 位的是：生物质直燃供热、太阳灶、太阳干燥、地热养殖种植和能源植物。

2.5.1 农村水电^[6] 我国小水电资源可开发量为 $1.3 \times 10^8 \text{ kW}$ ，年可发电 $4\,680 \times 10^8 \text{ kWh}$ ，目前的开发程度仅为可开发量的 20% 左右，今后应作为可再生能源开发的首选。发展目标到 2010 年装机容量达到 $4\,400 \times 10^4 \text{ kW}$ ，到 2050 年达到 $1.1 \times 10^8 \text{ kW}$ 。同时，在山区 10 kW 以下的微水电资源也很丰富，对解决边远山区分散的农村居民的用电问题十分有效，应积极开发利用，到 2010 年装机容量可达到 $30 \times 10^4 \text{ kW}$ 。见表 3。

到 2000 年，预计有 1 100 个县实现初级电气化；到 2015 年，全国农村实现初级电气化。

表 3 农村水电发展趋势预测^[6]

Table 3 Prediction of hydropower development trend in rural area

农村水电	1995 年末	2000 年	2010 年	2050 年
装机容量/ 10^4 kW	1 900	2 856	4 400	11 000
年发电量/ 10^8 kWh	640	1 134	1 700	4 400

2.5.2 太阳能利用技术^[4,7] 太阳能资源在我国比较丰富，2/3 的国土的年太阳辐照总量在 $6\,000 \text{ MJ/m}^2$ ，基本的分布规律是西北地区资源好于东南地区。太阳能利用主要分为两个方面：热利用和光电转换。其可利用性取决于当地的太阳能资源、气候、用户负荷和转换装置的效率及价格。由于太阳能是一种能流密度低、分布量大、面广的清洁能源，适合中国农村现阶段农户对能源需求的不连续性和方便安全等要求，在我国广大农村得到了广泛的应用，其领域包括：太阳能温室和牲畜太阳能暖圈，太阳能热水器，太阳灶，被动式太阳房，以及独立和户用太阳能光伏系统等。

太阳能热利用，近几年地膜、日光温室、塑料大棚和太阳暖圈的应用规模迅速扩大，直接支持了农业生产，特别是中低产地区、高寒地区，大范围增产增收效益显著。到 1995 年，仅日光温室和太阳暖圈的发展等于增加能源供应量近 $1\,000 \times 10^4 \text{ t}$ 标准煤，到 2010 年可相当于 $2\,000 \times 10^4 \text{ t}$ 标准煤，将成为农业生产领域重要的能源之一。

太阳能热水器是利用太阳能低温热转换技术，向用户提供生活热水和采暖。通过十几年的科技攻关，太阳热水器出了一批较高水平的科技成果，如玻璃真空集热管和热管真空集热管两种，加上使用热水器防冻/抗冻技术，已可使太阳能热水器满足全年使用，近三年来太阳热水器以年均 40% 的速度增长。

被动式太阳房是靠房屋建筑的朝向、自身的结构设计和建筑用料，产生集热、贮热、保温的效果，达到冬暖夏凉，当前以实现采暖为主。现农村和小城镇有 $575 \times 10^4 \text{ m}^2$ 被动式太阳房。辽宁、吉林、黑龙江的太阳房，冬季中午室内可达 $12 \sim 16^\circ \text{C}$ ，清晨最低为 $6 \sim 8^\circ \text{C}$ ，造价提高 15%~20%，适合三北地区采暖之需，但高纬度地带应增设辅助热源。

未来 20 年内，我国农村地区（包括小城镇）将盖新房 $77 \times 10^8 \text{ m}^2$ ，若以其中的 10% 使用太阳能热水器和被动太阳房技术，其效果相当增加折合标准煤 $2\,000 \times 10^4 \text{ t}$ 的清洁能源。

独立光电和小型光电系统，这种技术已比较成熟，虽然其成本很高，但是因适用于大电网难以覆盖的边远山区和牧区，对解决我国尚有的 16 个无电县、7 000 万无电农民的电力供应具有特殊重要意义。解决无电县城的电力问题可配置一套几十千瓦级的光电—柴油机发电系统，而户用光电系统一般以 $15 \sim 30 \text{ W}$ 太阳能电池板为电源。或者与风能、柴油机形成互补的发电系统，配备蓄电池、逆变器和稳压器，为照明、看电视和其它娱乐活动提供电源，同时，还可以采用太阳能电池作为动力提水，解决干旱地区牲畜和灌溉用水缺电的问题。

2.5.3 大型沼气技术——能源—环境工程技术^[3,4] 将禽畜粪便和高浓度有机废水视为资源，用厌氧发酵处理技术，可得到生态、能源经济和社会发展诸多效益。这种“资源”是经济运行中不断产生的，所以称沼气技术为一种可再生能源转换技术，有助于发展高产、优质、低耗、高效农业。通

常指厌氧发酵装置的容积在 100 m^3 以上的为大型沼气工程。我国农村近年来向城市、矿山和全社会提供了优质、充裕的畜产品, 1995 年肉类总产量 $5\,260 \times 10^4\text{ t}$, 水产品 $2\,500 \times 10^4\text{ t}$, 奶类 $673 \times 10^4\text{ t}$, 全国人均占有肉渔奶 85.6 kg 。现今饲养方式, 虽然仍以农户分散饲养为多, 但自农村向大城市郊区发展, 已形成分散饲养一小规模集中饲养(几头牛, 几十头猪)一集约化饲养(万头猪, 数百头奶牛, 十万羽鸡)的格局。有机废物(粪便+水)对周边居民和水系、土壤的污染危害, 就随着规模的加大而加重, 今后由于小康和富裕社会中食品结构的变化, 这种情况还会加剧。

能源—环境工程技术以厌氧发酵技术为核心, 开发治理工农业和生活有机废水, 并取得能源和多种有价物质, 是一种综合性应用技术, 目前已基本达到商业化阶段。不仅可稳定地供应高品位燃料(沼气), 而且提供无害化优质有机肥、饲料蛋白, 并改善了农业生态环境, 实现了能流、物流的多层次利用, 工程周围是良性循环的生态经济活动圈。

如上海星火农场沼气工程于 1991 年建成试运行, 每天处理牛粪 106 t , 鸡粪水 243 t 和工业有机废渣 43 t ; 利用其所产生的沼气, 供应全场职工(3 800 户)的炊事用能, 每年可为农场节约蜂窝煤 $7\,800\text{ t}$, 节省烧开水用煤 $1\,200\text{ t}$ 。又如杭州浮山养殖场, 自从建了沼气工程后, 鸡的传染病发病率由 19% 降低到 5.6% , 猪的流行乙脑由 12% 降低到 2% , 同时水稻和鱼的产量分别增加 8% 和 12% 。利用沼渣加工成饲料或有机复合肥料, 沼液喂猪和养鱼以及用作水稻浸种, 使畜禽粪便等有机废弃物实现资源化和多层次利用, 带动了种植业、养殖业和加工业的增产、增值, 实现了良性循环、无废物生产过程。这实际是一种高科技含量的现代农业企业, 它对增强农村经济持续发展能力所起的作用, 则更是不可替代的。

我国的大中型沼气工程, 在工艺水平、利用规模和综合效益等方面均达到了国际先进水平; 杭州浮山养殖场的沼气工程项目还获得了农业部科技进步一等奖。目前全国已兴建大中型沼气工程 600 多处, 总池容约 $20 \times 10^4\text{ m}^3$, 年处理有机废水 $600 \times 10^4\text{ t}$ 以上, 年产沼气 $4.2 \times 10^8\text{ m}^3$ 左右, 除解决部分生产用能外, 还集中供应 8×10^4 多户居民的全年炊事用能。

1995 年我国万头猪场约 150 处, 每日排放粪

水约 $1.2 \times 10^4\text{ t}$, 但 80% 以上没有处理; 全国牲畜年末存栏 4.4×10^8 头, 出栏率 115.9% , 产出猪粪约 3×10^8 多 t , 仅约 4% 经过处理, 仅此一项废弃物若以厌氧发酵技术再处理其 20% , 就可得沼气 $120 \times 10^8 \sim 140 \times 10^8\text{ m}^3$ (折标煤 $850 \times 10^4 \sim 1\,000 \times 10^4\text{ t}$)。农村经济的发展, 将推动规模化养猪(50 头以上)在市场经济中更趋活跃, 现代化的大型养猪场(1 000~5 000 头以上)也会增多, 对这类农业有机废水的处理和资源开发, 引导其应用能源—环境工程技术, 取得更多的优质燃料及其它有价值的物资, 是农村地区能源持续发展战略中的重要内容。

2.5.4 小型沼气—生态工程 南方农户以沼气为纽带“猪沼果”、“猪沼菜”、“猪沼粮”、“猪沼鱼”等系统工程是指以禽畜粪便为原料, 通过沼气池厌氧消化处理粪便, 生产沼气, 以沼液、沼渣为肥料、饲料或作为营养物质, 作用于农田、果园、鱼塘等场所, 带动畜牧业的发展, 取得粮、果、菜、鱼等农产品增产增收, 各业协调发展。

北方农村能源生态模式, 也称“四位一体”模式, 是在冬季较寒冷地区的农户庭院内, 将塑料薄膜蔬菜大棚、禽畜舍、沼气池和厕所等优化组合, 形成太阳能、沼气、种植、养殖业四位一体, 使之优势互补, 多业结合, 形成一个较为完整的农村庭院能源生态系统工程。据试点, “四位一体”大棚与普通大棚相比较, 冬季黄瓜、番茄和茄子等每 m^2 可增产 $2 \sim 5\text{ kg}$, 而且都是无污染的优质产品; 性猪在冬季仍可增重出栏; 又由于自产能源和肥料, 大大节省支出, 因此其纯收入远超过农户从大田生产所得, 如辽宁省北宁市田家村实施“四位一体”工程, 1995 年全村节约电费 7.8×10^4 元, 节煤 65 t , 蔬菜增收 44×10^4 元, 户均增收超过 $3\,100$ 元。这项工程使农家从以前的冬闲变成冬忙, 充分发挥妇女劳动力的作用; 同时庭院面貌整齐、清洁、卫生, 全面改变了从前那种“人无厕所猪无圈, 房前屋后多粪便, 柴草煤灰堆满院, 烧水做饭满屋烟”的现象。北方农村“四位一体”系统工程仅辽宁省 1995 年就发展到 8.2×10^4 户。

2.5.5 小型风力发电技术 风能可开发资源约为 $2.5 \times 10^8\text{ kW}$ 。小型风力发电解决边远农牧区和海岛、山区等独立用户电源供应的需要。一个百瓦级的充电型风力发电机, 通常年发电量 260 kWh , 可供一户照明及小型电视机之用。

2.5.6 生物质能高效利用技术 生物质能是指由生物质转化而产生的能量。常用的生物质能主要包括植物、人畜粪便、工农业有机废弃物等。联合国粮农组织从保证可持续发展出发，对生物质能提出了新的概念和发展战略^[8]。

生物质能有可能成为未来可持续发展能源系统的主要能源。到2050年，以生物质能为主的可再生能源将以相当于或低于化石燃料的价格，提供世界60%的电力和40%的燃料。

生物质能从低效利用的“穷人的燃料”变成高品位的现代能源。扩大生物质能利用是减排CO₂的最重要的途径。到2050年，利用农、林、工业残余物以及种植和利用能源作物，可使全球CO₂排放量减少54×10⁸t碳（目前全球化石燃料每年排放约60×10⁸t碳）。

大规模植树造林和种植能源作物，有效利用农业、工业和城镇有机废弃物，可促进生态良性循环，减轻土壤侵蚀和水土流失，保护生物多样性，还可增加农村就业机会。

用现代技术开发利用生物质能的途径，主要有：直接燃烧，直接燃烧发电，生物化学转换（厌氧分解和发酵）生产甲烷、乙醇，热解气化，生产甲烷、燃料气、甲醇和乙醇，液化（间接和直接），生产液态烃及固化生产成型燃料。

我国的林业资源并不充裕，人均占有量仅为世界平均数的14.3%，但我国的秸秆产量巨大，每年均有6×10⁸t左右，除用于粗饲料、轻工原料外，尚有50%可充作燃料。近年农民因收入增加已不大愿意用传统方式以秸秆做炊事燃料，农业高产地区屡屡发生地头成片放火烧掉秸秆的现象。所以，如何采用现代技术开发利用这宗宝贵的可再生能源资源，是21世纪的一个现实课题。

国外二十年来注意开发生物质热解气化技术，但规模大多在10⁴ kW级以上，采用压力和燃烧气化技术用以驱动燃气轮机，也有发生炉煤气甲烷化、流化床或固定床热解气化等。我国因农村生产集约化程度低，主要研究开发了中小型气化炉热解气化技术，可分别处理秸秆、木屑、稻壳、树枝、废木块等生物质，将其转换成气体燃料，燃料热值根据不同的处理方式和使用的原料品种，为4 000~10 000 kJ/m³不等，气化效率70%左右，低热值气化效果见表4。

从今后几十年的跨度看，可再生能源在中国农

村地区的能源供应结构中 will 起重要作用的，当首推

表4 XFL-1000型生物质气化机组
燃气主要成份及热值*^[3]

Table 4 Composition and heat value of fuel gas produced by biomass gasification set

原料品种	燃气成分 (%)					低位热值 (kJ/m ³)
	CO ₂	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	
玉米芯	12.5	1.4	22.5	12.3	2.32	5 032.8
棉 柴	11.6	1.5	22.7	11.5	1.92	5 535.2
玉米秸	13.0	1.7	21.4	12.2	1.87	5 327.7
麦 秸	14.0	1.7	17.6	8.5	1.36	3 663.5

* 山东省能源所测试值。1994年气化设备已在木材加工厂、农副产品加工烘干、集中供气或发电等方面投入使用，但均处于中试示范阶段。

生物质能的现代技术开发，如中小型直接燃烧发电、生物质转换（沼气等）、热解气化等，以及太阳能、风能的大规模开发利用。

2.6 减少小煤窑损失

乡镇煤矿存在的问题，主要是管理薄弱，私开乱挖，资源浪费大。为促进其健康发展，必须坚决执行1994年12月国务院颁布《乡镇煤矿管理条例》，加强行业管理，全面贯彻“扶持、改造、整顿、联合、提高”的方针。

3 农村能源建设发展模式及对策

县级农村能源综合建设模式在各个发展阶段均被专家们作为首选方案。

3.1 农村地区县级能源综合建设模式的产生背景与成功实践

3.1.1 农村能源建设的发展提出了综合建设的要求

农村能源综合建设县的提出是农村经济发展和农村能源建设实践的必然结果。70年代初，我国农村能源短缺的严重状况引起了国家有关部门及广大科技工作者的关注。有关部委分别在十几个省开展了太阳能、风能、沼气、小水电、薪炭林、地热等项目和可再生能源开发技术试点示范和农村省柴节煤灶的推广工作。这些工作的共同特点是，根据业务分工，抓单项技术的开发利用。其试点研究的范围有的属农户为单位；有的以乡或村为单位，如新能源村试点；有的以县为单位，如薪炭林试点县，小水电试点县，户用沼气和省柴节煤灶试点县等。

但是随着农村经济体制改革的深入，商品经济

的发展和乡镇企业的兴起，农村能源的供需矛盾更加突出。农村能源系统内部各能源品种、各项能源开发利用技术，以及各用能部门之间的相互制约、相互促进的关系也表现出单项技术的推广难以发挥更大效益。因此，从国情出发，走联合及合作的道路，开展以县为单位的农村能源综合建设，才能促进我国农村能源问题更快、更有效地解决。

3.1.2 18 个试点县的成功促成了国家“八五”、“九五”两个百县项目的推广 “六五”期间，由农业部、林业部、水利部和中国农业工程研究设计院共同承担了“县级农村能源综合建设试点研究课题”，开始了我国以县为单元开展农村能源综合建设的探讨和实践，在四川铜梁、福建永春等 6 个县开展了综合建设的试点研究。“七五”期间又在全国范围内选择了 12 个不同类型的县，以国家科技攻关形式进行更加深入的科学实验。12 个县的农村能源综合建设实践取得了显著的能源、经济、生态和社会的综合效益：能源开发量增加了 27%，节能能力达到 $87 \times 10^4 \text{t}$ 标准煤，人均生活用能提高了 25% 以上；森林覆盖率平均提高 6 个百分点，每年增加 $7 \times 10^4 \text{t}$ 有机肥；能源建设的投入产出比在 1:5 以上。

随着我国农村经济的较快发展，特别是进入“八五”以来，全球关注的可持续发展对我国农村生态环境保护提出了更高的要求，农村能源建设的内涵也发生了深刻的变化。因此，在 18 个县成功实践的基础上，更大规模地推进以县为单位的农村

能源综合建设势在必行。为此，“八五”期间，由国家计委、经贸委、科委、财政部、农业部、林业部、水利部和电力部共同组织在全国开展了 138 个农村能源综合建设县项目（百县项目），它的成功，又促进了“九五”新的“百县项目”。这样到“九五”期间，在全国已有 350 多个县采用农村能源综合建设模式，从而将农村能源建设推向了新的高度。

3.1.3 综合建设是“十六字”方针的完整体现 县级农村能源综合建设就是在一个县的范围内，遵循经济与环境相协调的发展战略，根据能源、环境的总目标，通过综合规划，对资源合理配置，选择项目，制定总体方案和技术路线，因地制宜地开发当地资源，高效节约利用商品能源，发展林业，发展可再生能源产业，治理并开发工农业有机废物（水），建立起多能互补的合理用能体系，建立和完善农村能源组织管理和服务体系，全面系统地解决农村能源问题，同时取得经济、环境和社会的协调发展。

3.1.4 综合建设使能源结构优化匹配 综合建设不同于单项工艺技术推广，综合规划的结果可以实现资源的优化配置，将适于当地社会经济和环境条件的高效用能技术和可再生能源开发技术合理搭配，建立高效率 and 可再生能源供应系统，为农村可持续发展提供动力。

综合建设的技术结构如图 1 所示。

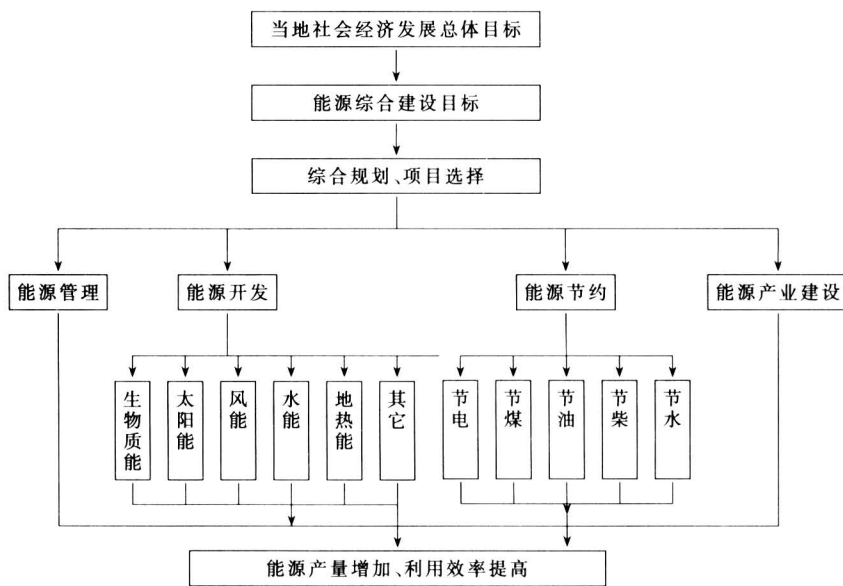


图 1 综合建设技术系统结构

Fig.1 Technical system structure of integrated energy construction

3.2 县级能源综合建设适应了可持续发展的客观形势

3.2.1 综合建设以能源为出发点，考虑了经济、社会和环境相协调 综合建设的重要工作是制定综合规划。规划的指导思想是同时协调实现农村经济发展、农民致富奔小康和农村生态环境改善的目标，不以牺牲环境质量为代价增加能源供应量。因

此，在确定规划目标时，首先要详细研究当地人口、经济、资源、环境状况，然后根据农村经济、社会、环境发展规划目标，结合资源、能源供需的实际，选择能源规划的具体目标。以此为指导制定的规划方案使综合建设从开始就将农村经济、社会、环境系统的持续、协调发展作为最终目标，见图 2。

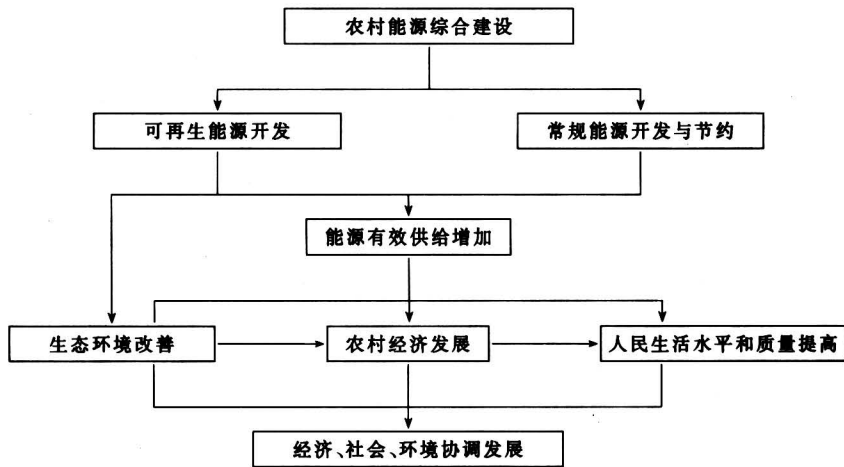


图 2 综合建设的效益协调关系

Fig.2 Benefit coordination relation of integrated energy construction

3.2.2 县级政府的调控和多部门的合作是有力的管理保证 能源综合建设是一项多学科、跨部门的系统工程。“六五”以来的一条重要经验是能源综合建设要纳入政府议事日程。因此，从中央到县直

至乡村都有一个高效率的管理机构。各职能部门职责是确立一系列的政策、措施和行动来推进工作进度。综合建设的管理系统如图 3。

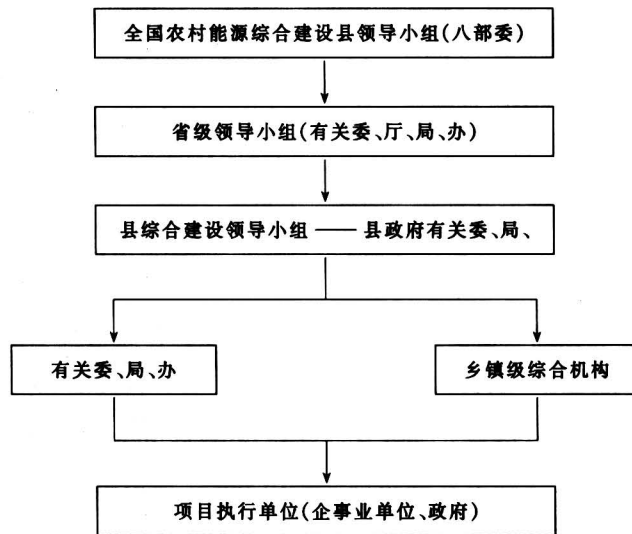


图 3 综合建设管理系统

Fig.3 Management system of integrated energy construction

县是我国政治经济活动的基本单元。县政府的决策和行政管理权力有能力协调各有关部门共同行

动，动员必要的资金投入，保证综合建设目标的实现。在市场经济中，县政府的调控是农村能源建设

可持续发展的有力保证。

3.2.3 不断推进技术进步,使综合建设充满生机

“科学技术是第一生产力”。综合建设县在项目选择、管理、以及实施的全过程中,始终注重了技术含量,紧紧依靠技术进步,提高技术档次,从而提高了项目的整体效益,从技术上保证了综合建设的可持续发展能力。

“七五”的科研攻关形成了80多项科研成果和配套技术。在“八五”百县项目中,注重在三个方面推进整体技术进步。

首先是大力引进、推广先进的单项技术。

其次,组合了一些成功的配套技术,建立了一批适合当地情况的农村能源建设模式。

第三,注意软科学技术的应用。百县项目使用的能源规划和项目评价方法是从世界银行引入的,使用中根据我国国情进行了改进。

另外,从中央到地方建立了技术指导体系,全面负责综合建设的技术培训、技术选择等技术问题。专家们经常深入现场了解和解决有关问题,保证技术水平和质量。

3.2.4 积极发展产业使综合建设具备适应市场经济的基础

农村能源建设不仅满足农村经济发展和人民生活水平的提高对能源的需求,更重要的是要通过农村能源建设,建立起稳定的能源供应渠道,发展产业,培育农村能源市场,使我国农村地区的用能供能体系与国家能源市场接轨,用市场经济运行机制来推动农村能源事业的发展。因此在百县综合建设项目一开始,全国项目领导小组就强调,把建立和完善农村能源产业与服务体系、开拓能源的供应渠道,作为农村能源综合建设的重要内容之一,要求“围绕事业办产业,办好产业促事业”,处理好产业与事业的关系,产业项目建设要按市场经济机制运行和操作,通过产业项目建设获得实际的经济效益等等。

经过5年努力,在百县范围内,农村能源产业产品已达上百种,生产企业和服务公司共500多家,从业人员 3×10^4 余人,年产值和营业额达到了 4×10^8 元,年创利税 2.7×10^4 元。

实践证明,百县的农村能源综合建设以项目建设推动产业发展,以发展产业促进项目建设的思路是正确的。这不仅巩固了农村能源建设成果,而且使农村能源发展由单一政府支持过渡到适应市场经济体制的运营轨道上。

3.3 明显的效益日益得到各级领导和广大农民群众广泛的重视

3.3.1 农村用能数量和质量不断提高,促进社会经济进步

“八五”百县项目,通过大力开发和合理利用可再生能源,节约使用商品能源,建立相互协调的供能体系,增加了农村能源的有效供给。到1995年底,整个建设项目形成了年开发折标煤 $1\,000 \times 10^4$ t的能力,增加供应量占项目区当年能耗量的10%以上;实现了1100多 10^4 t标煤的节能能力,相当于增加项目区能源供应量10%左右,这“一增一节”,有效地缓解了项目区商品能源供需矛盾,支持了经济建设。

3.3.2 与农村经济发展密切结合,推进农村两个文明建设

在综合建设的组织实施中把农村能源建设与发展农业生产和推进农民脱贫致富紧密结合,有力地支持了“两高一优”农业、“菜篮子”工程建设,“‘八七’扶贫攻坚计划”和“小康工程建设”。如广西以沼气为纽带的“钱、粮和环境”协调发展的“恭城模式”,湖北、湖南的庭院经济开发和生态农业建设模式,辽宁沼气、日光温室、种菜、养猪四位一体的“北方农村能源生态模式”,江西赣州、湖北江陵等地的“猪沼果”,“猪沼鱼”等模式,达到了一年收益、二年脱贫、三年致富、五年实现小康的效果。明显的经济效益吸引了广大农民,使综合建设建立在牢固的群众基础之上。

3.3.3 保护和改善生态环境促进了农业可持续发展

综合建设不仅取得了良好的经济效益,而且具有良好的生态环境效益。“八五”百县建设通过发展薪炭林,开发绿化达标和小流域治理等活动,使森林覆盖率普遍提高,草坡得到保护,水土流失得到控制,百县森林覆盖率由26.7%增长到34.9%;通过大力推广先进节能降耗技术,开展乡镇工业节能技术改造和“三废”治理,百县减排二氧化碳 475×10^4 t,减少了环境污染;通过大力推广沼气和农业废弃物的综合利用,大大增加了高效优质有机肥的施用量。百县秸秆还田面积达 400×10^4 hm²,施用沼肥达 800×10^4 t,培肥了农田地力,促进了农业可持续发展。

3.4 农村地区县级能源综合建设模式是能源战略的重要措施。

可持续发展是“既满足当代人的需求,又不损害满足子孙后代需求的能力的发展”。通过实施县级农村能源建设,不仅建立起多层次利用,相互协

调的能源系统，而且根据终端需求特点建成了管理、技术推广、服务和产业等网络体系，形成了农村能源建设可持续发展的态势。因此，农村地区县级农村能源综合建设是实现资源现代化配置，在市场经济条件下做到不以牺牲环境为代价促进农村可持续发展。

4 农村能源发展的政策保障措施

农村能源建设的目标是开发利用农村地区多种可再生能源资源，提高能源使用效率，增加能源供应量，开发和节约使用常规能源资源，实行能源资源的综合利用，有助于社会经济可持续发展。认真贯彻执行“因地制宜、多能互补，综合利用，讲求效益”和“开发与节约并举”的方针，制订加快农村能源发展的措施和保障政策，是我国能源中长期发展战略行动的重点之一。

由于农村能源工作是公益性为主的事业，能源开发技术大都属于高新技术领域，商品化前期的开发需要大量资金保证，与常规能源商品相比，市场发展进程缓慢，市场风险大，因此，在市场经济体制下，政府和社会的支持是实现总目标的关键。在国际上，1993年工业国家支持可再生能源研究开发的拨款，美国2.2亿美元、日本1.8亿美元、德国1.1亿美元；1994年美国又增加到3.4亿美元。目前，经合组织国家每年拨款投资额在20亿美元以上。

农村能源建设的政策保障措施是依据终端需求的发展、技术开发的进程和态势而制定的一系列政策，以加强行业管理，加速科技进步，加大投入，有效地促进农村能源建设。现根据农村社会发展变化趋势和农村能源技术、产品质量的完善进步等情况，提出以下分阶段的政策保障措施。

4.1 1996-2010年作为事业的发展阶段

在实施中国可持续发展战略和市场经济体制改革的形势下，农村能源建设应围绕国家科教兴国和可持续发展战略，认真贯彻中央两个根本性转变的精神，确立以市场为导向的发展策略，加快建立和健全政策保障体系，推进县级农村能源综合建设的模式发展。

4.1.1 投资政策 实行有效的投资和税收政策，增加投入，吸收投入，支持农村能源事业的发展。

国家对农村能源建设要有投资计划，分阶段投入基本建设低息贷款和财政资助。

提供信贷优惠政策。实施农村能源和节能的高新技术进步项目，应按照国家有关产业政策的规定予以扶持，从节能专项渠道申请资金贷款，并优先给予信贷优惠。各地区人民政府还应根据本地区的实际情况制定地方政策，保证农村能源开发和节约工作的资金投入，将其列入地方财政预算基数。同时，各级政府和银行部门要保证国家支持农村能源技术改造项目的正常实施和贴息贷款的落实，任何单位不得挪用专项贷款资金。

对公益性强而经济风险较大的农村能源建设事业采取低税收、零税率、高积累政策，逐步提高其再投入能力。逐步建立健全的财税制度和经济法体系。

建立健全多层次、多渠道、多形式投入机制。农村能源建设要结合村镇、农田、林业等建设，制定各种鼓励政策，引导农村企业、集体、群众集资，包括从国家石油进口税、地方税收、科技发展基金、扶贫基金、银行信贷、支边资金、农业基本建设和利用外资等渠道争取资金，用于农村能源建设项目。

建立农村能源发展基金。鉴于农村能源建设直接支持了生态的改善、造林绿化工程、节约了煤、油、电商品能源，因此，建议从环保罚款、木材及商品能源销售利润中提取一定比例的资金，以及吸引国内外资金，逐步建立国家农村能源基金。

4.1.2 加快农村能源法制建设 为了建立有序的农村能源发展的体制，已经颁布实施与农村能源有关联的法律法规，如《农业法》、《农业技术推广法》、《环境保护法》、《水土保持法》、《森林法》、《科技进步法》，《节能法》，以及其他一系列经济法，要认真贯彻执行，为农村能源建设提供合理的政策保障和各个方面的支持。同时，把经过实践证明切实有效的政策和措施用法律形式确定下来，制订国家和地方的《农村能源管理条例》，逐步把国家对农村能源建设的宏观管理纳入法制轨道。在有关法规的内容中，至少应包括：

建立国家农村能源政策的实施保障制度，要求各级政府主管部门，尤其是计划、财政与税务、工商、以及银行等金融管理部门密切配合，认真贯彻执行国家支持农村能源建设的政策和法规；

要建立农村能源技术、产品和设备的监督、检查体系及评价审批制度，并根据形势变化，提出政策修改的建议。有关的产品和设备依其商品化成熟

程度逐步实行产品生产许可证制度；

要按国家有关政策，对从事农村能源技术推广的人员定期组织技术职称评聘和级别提升等，以保证农村能源技术干部队伍的稳定；

制订科学技术教育、培训制度，多层次、多形式组织农民技术人员的培训工作和用户的科普教育；

要制定奖惩制度，对作出贡献的单位和个人要给予表彰和奖励；

进一步加强地方立法，以使国家农村能源建设政策、法规等政令畅通，在各地得到有效的实施；同时，地方应根据国家法律，制定地方配套政策、法规，以规范农村能源市场。

4.1.3 全面推进县级农村能源综合建设模式 县级农村能源综合建设工作经过三个五年计划的研究、试点和推广，投资合理、效果突出，工作程序更加完善，管理技术水平明显提高，具备了大规模发展的条件。2010年的目标是争取有40%的县开展农村能源综合建设。

4.2 2010-2020年为事业进步的发展阶段

应进一步完善政策保障体系。拟实行与国际市场接轨为目标的管理体制，用经济杠杆强化技术监督管理，全面实施区域性农村能源综合建设模式。

1) 以企业而非政府组织为实施主体，大规模推进区域农村能源综合建设，争取全国有80%的区域实施农村能源综合建设。

2) 以优惠的投资政策支持技术的商品化，利用税收杠杆，鼓励和吸引社会投资政策，支持有利

于技术进步、发展高效、优质能源的技术开发和重点生产企业的技术改造和服务体系建设。支持股份制企业的发展，推进生产规模经营，并与国际市场充分接轨。

3) 强化技术监督手段，建立产品质量监测、监督体系，统一农村能源市场的法制化管理。

4.3 2020-2050年为可再生能源技术大规模推广应用和高新技术开发并举的发展阶段

这一时期农村能源的发展一靠法制、二靠科技、三靠市场。在健全的法律保障下，依靠不断发展的科学技术，在完善的市场经济中持续推进农村能源事业的发展。

参考文献

- [1] 中华人民共和国农业部编. 中国农业统计资料 [M]. 北京: 农业出版社, 1991~1995
- [2] 中国21世纪议程 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1994
- [3] 陈俊生主编. 建设高产优质高效农业 [M]. 北京: 农业出版社, 1994
- [4] 施德铭、焦庆余、罗振涛, 等. 农村能源适用技术选择 [M]. 农村能源建设丛书之一, 1995
- [5] 全国薪炭林研讨会文集 [C]. 北京: 中国林业出版社, 1995
- [6] 李茨主编. 农村电气化规划指南 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1994
- [7] 陆维德. 太阳能热利用的现状与我国的对策 [J]. 科技导报, 1993 (7)
- [8] 贺亮. 生物质转型优化能源技术的开发利用 [J]. 新能源, 1996, (1)

Countermeasures of Policy and Suggestion to Build the Energy Stratagem of China Rural Sustainable Development

Deng Keyun, He Liang

(Department of Environmental Protection and Energy, Ministry of Agriculture, Beijing 100026, China)

[Abstract] Based on the energy strategy and developing principle of China rural sustainable development, this paper summarizes and analyzes the experience of rural energy development. The strategic emphasis, supporting policy and countermeasures and suggestions for conservation, development and comprehensive utilization of rural energy resources are put forward by stages according to the condition of market economic system reform. The successful mode of county level integrated rural energy construction is systematically discussed and the direction of rural energy development is pointed out.

[Key words] rural energy; technology; policy; integrated construction mode