

# 我国农村地区中长期能源需求预测\*

邓可蕴, 贺亮

(农业部原环保能源司 北京 100038)

**[摘要]** 农村地区能源需求预测属于区域能源需求预测的范畴, 主要突出地域的概念。预测中国农村地区能源消费需求形势, 将有助于制订农村可持续发展的能源战略。本文根据我国要在2050年达到世界中等发达国家的经济水平这一大目标的要求, 通过科学分析测算, 提出了农村地区中长期能源需求的常规方案和加强可再生能源开发利用的方案。预计到2020年和2050年, 农村地区居住人口分别为6.7亿和4.8亿, 采用加强方案, 对商品能源的需求量将分别达到 $12.9 \times 10^8$  t和 $16.3 \times 10^8$  t标准煤。

**[关键词]** 农村能源; 需求; 预测

农村地区能源消费, 主要用于发展农村经济和农民生活两大部分。前者包括农、林、牧、渔、农用机械及乡镇工业运行过程的能源消费, 后者为农民生活中的炊事、取暖、制冷、热水及其它家用电器如冰箱、电视、收录机、洗衣机、摩托车等所耗用的各类能源。本报告在预测能源需求趋势时, 考虑了2010年我国农村要全面达到小康水平, 2050年我国的综合国力要达到世界中等发达国家水平的大目标; 农村地区农业和农村工业现代化、农民生活质量大幅度提高、全国人民食品结构变化和营养水平提高等, 均需有相应可靠的能源供应保障, 同时, 在生态环境方面又应尽可能地减小负面影响, 因此, 本预测研究强调提高能源使用效率和再生能源的开发利用。

## 1 假设背景条件

### 1.1 农村人口基数大, 现代化建设对农村能源需求增长快, 比重逐步增大

目前, 农村人口达 $8.6 \times 10^8$ 人, 占全国人口的70%。预计2000年比例增至72%, 此后, 由于

部分农民随全国经济发展转入城市, 农村人口比例将逐年下降。2010年和2050年全国人口将达到 $14.2 \times 10^8$ 和 $15.3 \times 10^8$ 人, 这是“吃饭人口”; 乡镇企业预计在2010年可再吸纳 $1.8 \times 10^8 \sim 2.0 \times 10^8$ 农村劳力就业, 但他们仍居住在当地, 另有部分农民将因全国经济发展而转入城市。预计2010年、2050年在农村居住的人口分别为 $7.7 \times 10^8$ 和 $4.8 \times 10^8$ 人, 占全国人口的54%、32%, 当地要满足其生活用能的需要。

### 1.2 农业现代化建设需要增大优质能源的比重

农业是利用太阳能和矿物燃料能, 将二氧化碳和水转换为作物的化学能, 即以各种农、林、畜、渔的产品提供给社会享用。农业生产从耕种、灌溉、施肥、田间管理到收获、加工、贮运, 都是这种能量转换过程的各个环节, 每个环节的耗能量, 在一定时期内, 将随着生产手段的不断现代化而加大。

我国和国外的经验都表明, 农业总产量的增长率较农业总耗能量的增长率要低。60~70年代, 美国用了将近20年使粮食产量增加一倍而能源消

[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

费量却增加了 3 倍；日本用 25 年时间使水稻产量增长 1.5 倍而能源投入增加了 5 倍。中国 1979 年粮食总产量  $3.32 \times 10^8$  t, 1995 年为  $4.66 \times 10^8$  t, 增长到 1.4 倍, 能源消费 (折标准煤) 由  $1965 \times 10^4$  t 上升为  $5366 \times 10^4$  t, 增长到 2.73 倍<sup>[4]</sup>。

**粮食** 假设达到人均 413 kg 后, 基本维持不变, 这是 1980 年的世界平均水平; 肉类、水产品类的人均消费将逐年增加, 2010 年达 110 kg/人·年, 是法国 1980 年的水平; 2050 年若达到 150 kg/人·年, 是美国 1981 年的水平<sup>[4]</sup>。

**农业机械化** 当前我国农机动力保有量  $3.58 \times 10^8$  kW, 已超过西方各国实现农业机械化时期的水平, 今后应改进管理体制, 充分发挥机械效能。

**农业生产增长率** 假定 2000 年以前为 4%, 与 90 年代相同; 2010, 2020 和 2050 年分别为 5%, 5% 和 2%。

2000 年以后, 农畜渔生产集约化程度和节水微喷灌面积大幅度上升, 使能源消费增长率较高, 达到 3.5%, 此后进入稳定增长阶段为 3%~2%。见表 1、2。

表 1 农牧渔业发展目标假设<sup>[1,2,4]</sup>

Table 1 Assumption of farming, animal husbandry and fishery development objective

年份	人口/ $10^8$ 人		年产量/ $10^4$ t			人均/kg			人均主要营养供给目标		
	总人口	农村人口	粮食	肉类	水产	粮食	肉类	水产	热量/ $\text{kJ} \cdot \text{d}^{-1}$	蛋白质/ $\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$	脂肪/ $\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$
1995	12.1	8.6	46 661	5 260	2 517	386	43.4	20.7	11 028	68	64
2000	13.0	8.5	50 000	7 150	3 640	385	55	28	11 258	71	68
2010	14.2	7.7	56 000	9 940	5 680	394	70	40	11 438	75	74
2020	14.9	6.7	61 600	11 920	7 450	413	80	50	11 715	80	83
2050	15.3	4.8	63 180	13 770	9 180	413	90	60	12 151	90	90

1.3 乡镇工业注重提高用能效率, 节能降排, 减少能源需求量

乡镇工业产值增长率在 2010 年前要尽量控制在 18%~14% 左右, 由于加强对五个高能耗行业 (砖瓦、水泥、焦炭、铸造、造纸) 的节能减排技术改造, 其能源消费的增长率将由现在的 18% 降为 9%; 随着工业技术进步, 2050 年前将降为 4%。

表 2 预测参数<sup>\*[1]</sup>

Table 2 Projection parameter

年份	农林牧渔			乡镇工业			
	总产值/ $10^8$ 元	生产增长率/%	能源消费增长率/%	增加值/ $10^8$ 元	年均增长率/%	年均节能率/%	能源消费增长率/%
1995	20 328			10 804	9	18	
2000	24 732	4.0	3.5	24 747	18	7	13
2010	36 610	5.0	3.5	91 631	14	5	9
2020	59 633	5.0	3.0	149 257	5	4	6
2050	72 692	2.0	2.0	200 590	3	3	4

\* 1995 年当年价

1.4 农村居民生活用能要求努力增加优质能源供应

1979~1995 年期间, 人均生活用电由 8.5 kWh 增为 95.8 kWh, 16 年间年均增长 16%。假设, 农村居民用电增长率在 2000, 2010, 2020 和 2050 年分别为 12%, 6%, 3.2% 和 1.2%, 到 2010 年相当于 1995 年全国人均用电的 85%。

1.5 加速发展可再生能源, 补充能源的供应

农村地区消费的能源, 不仅要支撑农村经济运行以便向社会提供农、林、牧、渔产品, 而且在生产这些产品的同时, 还要克服耕地面积下降 [1995 年人均耕地 1.2 亩 ( $0.08 \text{ hm}^2$ ), 2000 年只有 1.1 亩 ( $0.073 \text{ hm}^2$ )]、水资源日益短缺 (有效灌溉面积仅为总耕地的 51.9%, 农业用水每年缺  $5 \times 10^{11} \text{ m}^3$ , 农村有  $8 \times 10^7$  以上的人口饮水困难)、水土流失面积不断扩大、土地沙化 23 亿亩 ( $1.534 \times 10^8 \text{ hm}^2$ )、草原严重退化 10 亿亩 ( $6670 \times 10^4 \text{ hm}^2$ )、渔业水域污染严重、1.5 亿亩 ( $1000 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ) 农田受到不同程度的污染等等, 诸多因素造成的严重困难。要力争在几十年内将这种资源约束型的农业转变为具有较强持续发展能力的农业。

采用现代技术加强可再生能源的开发, 可以充

分利用广泛分布于我国农村地区的再生能源资源,加大供应清洁、无污染的优质能源,消化废弃物,减少对生态环境的破坏,是增强农村经济持续发展能力的有效措施。因此,中长期需求预测做了两种方案,第一种是以一般速度发展可再生能源,第二种是加强方案,其能源结构见表4和表6。

## 2 预测结果

常规需求方案见表3和图1。以现代技术开发可再生能源需求的加强方案见表5、图2。

## 3 农村能源需求特点分析

### 3.1 首先满足农村经济发展的需要,增加商品能源供应

依常规方案,农村人均商品能源消费量(折标准煤)从0.56 t增加到2020年的1.99 t,超过1995年全国平均水平。农村居民人均生活用电量,到2020年和2050年将分别达到468 kWh和677 kWh。

### 3.2 加快可再生能源的发展步伐,并重视工农业废弃物的治理与开发,改善生态环境质量,推动农村工业小区和现代化村镇建设

尤其在2020年以后,将有巨大发展,从而大幅度增加优质品位能源(气、电)的供应量。2050年农村居民人均用电量将由可再生能源中增加265 kWh/人·年,即达到942 kWh/人·年,同时,生活用煤量较常规方案有明显下降。我们推荐这种方案,见表4。

### 3.3 2020~2050年能源消费品种

农村地区生产用能以煤为主的基本格局变化不大,见表5。这是因为乡镇工业的发展仍然对煤炭有较大需求。但从“加强可再生能源方案”的预测结果可知,充分利用现代技术开发可再生能源,2050年使之达到占农村总能耗的21.5%,而将传统利用生物质能的数量降为只占总能耗的0.7%,农村地区由此得到更多的电和可燃气等优质能源,尤其是生物质资源,在减少用量1/3~1/2的情况下,还可增加有效热能的供应量,从而减少了对煤炭的需求,使煤炭维持在46%左右。见表6。

## 4 不含乡镇工业用能的农村能源需求趋势预测

有一种观点认为,几十年以后,随着乡镇工业

表3 农村地区能源需求预测  
——常规方案\* (折合标准煤)

Table 3 Energy demand projection in rural area (regular scenario) 10<sup>4</sup> t

年份	1995	2000	2010	2020	2050	
农村生产用能	煤	23 150	30 980	45 858	55 900	75 345
	电	5 558	7 438	11 010	13 421	18 089
	油	2 609	3 491	5 168	6 300	8 491
	合计	31 317	41 909	62 036	75 621	101 925
	农林牧渔用能	煤	1 100	1 214	1 480	1 805
电	1 662	2 022	3 294	5 365	7 231	
油	2 604	3 323	5 952	8 810	11 875	
合计	5 366	6 560	10 726	15 980	21 539	
合计	36 683	48 469	72 762	91 601	123 464	
生活用能	煤	8 750	12 810	21 512	27 124	28 317
	电	3 130	5 516	9 879	13 536	19 360
	油	246	396	779	1 154	1 555
合计	12 126	18 722	32 170	41 814	49 232	
商品能源总计	48 809	67 191	104 932	133 415	172 696	
其中水电	243	397	561	832	1 320	
生物质能	传统薪柴	12 600	11 399	8 365	5 447	2 560
	传统桔杆	7 320	7 772	5 975	3 437	1 536
	合计	19 920	19 171	14 340	8 884	4 096
现代技术可再生能源	薪柴	0	600	3 585	8 170	10 240
	桔杆	0	409	2 561	5 156	6 144
	沼气	134	216	425	835	2 500
	太阳能	58	74	192	498	2 152
	风能	28	45	117	303	1 311
	地热	40	59	96	156	181
合计	260	1 403	6 976	15 118	22 528	
总计	68 989	87 765	126 248	157 417	199 320	

\* 现代技术可再生能源中未含农村水电

表4 农村地区能源需求结构分析——常规方案

Table 4 Energy demand structure analysis in rural area (regular scenario) %

年份	1995	2000	2010	2020	2050	
商品能源	煤	47.7	51.3	54.4	53.9	53.2
	电	15.0	17.2	19.2	20.6	22.5
	油	7.9	8.1	9.4	10.3	10.9
	合计	70.8	76.6	83.1	84.8	86.6
生活用生物质能源	28.8	21.8	11.4	5.6	2.1	
现代技术可再生能源	0.4	1.6	5.5	9.6	11.3	

表 5 农村地区能源需求预测  
——加强可再生能源方案\*

Table 5 Energy demand projection in rural area  
(strengthening renewable energy scenario) 10<sup>4</sup> t

年份	1995	2000	2010	2020	2050	
农村生产用能	煤	23 150	30 980	45 858	55 900	75 345
	电	5 558	7 438	11 010	13 421	18 089
	油	2 609	3 491	5 168	6 300	8 491
	合计	31 317	41 909	62 036	75 621	101 925
	农林牧渔用能	煤	1 100	1 214	1 480	1 805
	电	1 662	2 022	3 294	5 365	7 231
	油	2 604	3 323	5 952	8 810	11 875
	合计	5 366	6 560	10 726	15 980	21 539
合计	36 683	48 469	72 762	91 601	123 464	
生活用能	煤	8750	12 238	19 066	22 908	18 841
	电	3 130	5 516	9 879	13 536	19 360
	油	246	396	779	1 154	1 555
	合计	12 126	18 150	29 724	37 598	39 756
商品能源总计	48 809	66 619	102 486	129 199	163 220	
其中水电	243	441	707	1 152	1 826	
生物质能	薪柴	12 600	12 349	8 800	4 799	1 434
	秸秆	7 320	7 772	5 122	2 776	0
	合计	19 920	20 121	13 922	7 575	1 434
现代技术可再生能源	薪柴	0	650	5 867	11 197	12 902
	秸秆	0	409	3 414	6 478	9 216
	沼气	134	270	699	2 171	5 270
	太阳能	58	93	242	523	15 671
	风能	28	56	146	379	1 637
	地热	40	64	127	249	452
合计	260	1 542	10 495	20 997	45 148	
总计	68 989	88 282	126 903	157 771	209 802	

\* 现代技术可再生能源中未计入农村水电数据

表 6 农村地区能源需求结构  
——加强可再生能源方案

Table 6 S scenario: trend of energy demand  
structure development in rural area %

年份	1995	2000	2010	2020	2050	
商品能源	煤	47.7	50.3	52.3	51.0	46.0
	电	15.0	16.9	19.0	20.6	21.4
	油	7.9	8.2	9.4	10.3	10.4
	合计	70.8	75.4	80.7	81.9	77.8
生活用生物质能源	28.8	22.8	11.0	4.8	0.7	
现代技术可再生能源	0.4	1.8	8.3	14.3	21.5	

向大规模、高效率发展，其能源消费应从农村地区划出，则两个方案中，2050 年时间段的农村地区能源需求总量将变为  $9.7 \times 10^8 \sim 10.8 \times 10^8$  t 标准煤，见图 3。与图 1 相比，农村能源消费占全国能源总量的比例从 60% 下降到 30%，而煤炭用量只占农村总能耗的 31.7%~19.7%。

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. 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 ] 农业技术经济手册[M]. 北京: 农业出版社, 1983

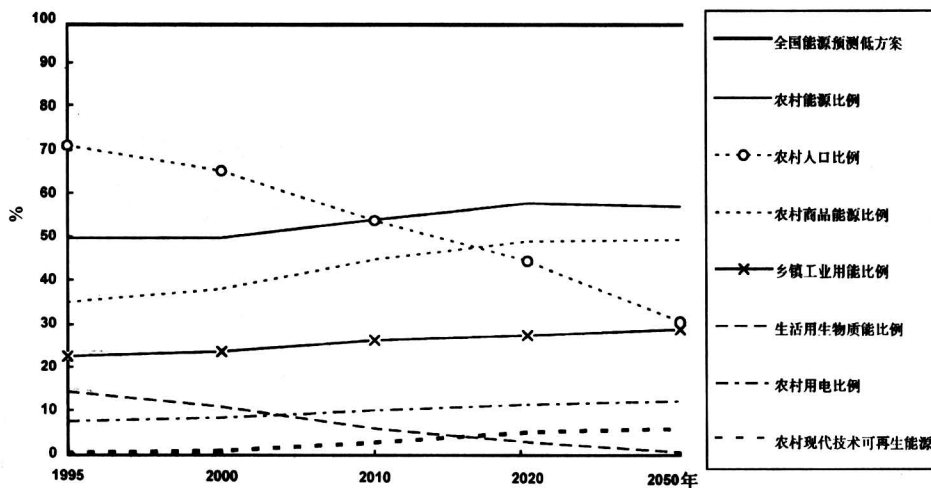


图 1 农村能源消费结构占全国能源消费比例的发展态势图 (低方案)

Fig.1 R scenario: trend of rural energy consumption structure development

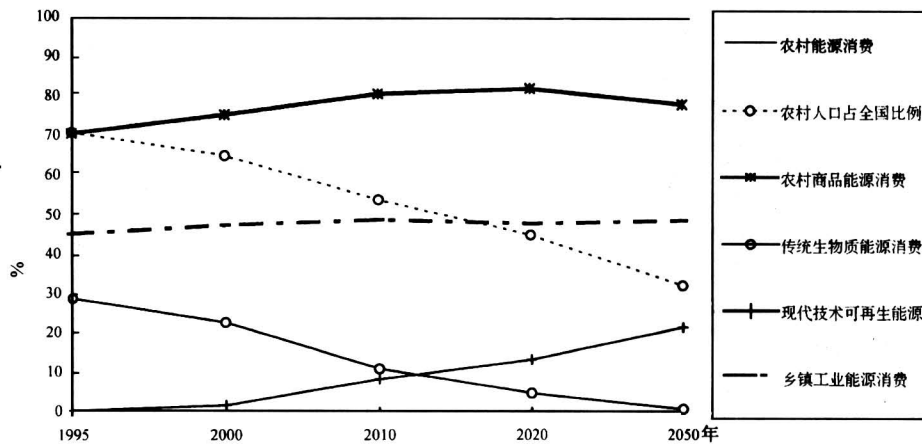


图 2 农村能源消费结构发展态势图 (加强可再生能源方案)

Fig.2 S scenario: trend of energy consumption structure development in rural area

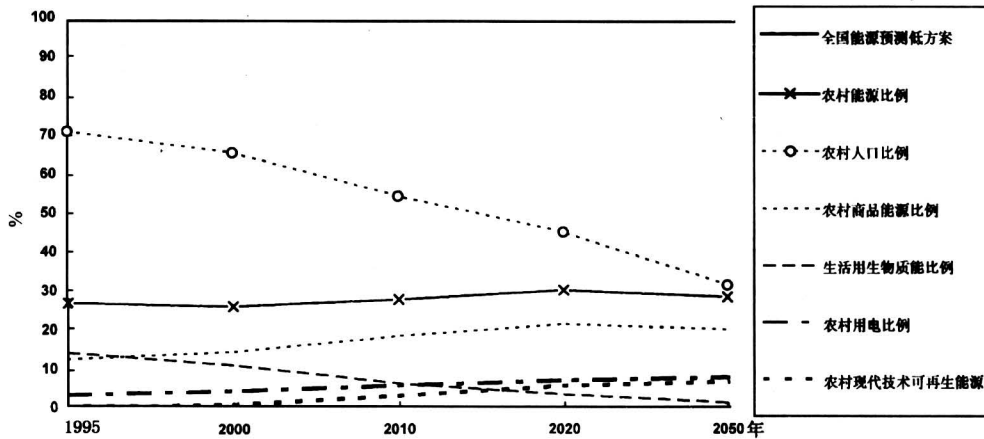


图 3 农村能源消费结构 (不包括乡镇工业能耗) 占全国能源消费比例的发展态势图 (低方案)

Fig.3 Energy consumption structure in rural area except for energy consumption in township and village enterprise (R scenario)

## Forecast Study on Medium and Long Term Energy Demand in Rural Area of China

Deng Keyun, He Liang

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

[Abstract] Rural energy forecast belongs to the category of regional energy forecast. To forecast the demand of energy consumption in rural area of China will be useful for drawing out the rural energy strategy with rural sustainable development. Based on analysis and calculation this paper brings forward the conventional scheme and the strengthening renewable energy utilization scheme.

The energy consumption in rural region is mainly divided into two components, i. e. used for economic development and for farmer households living. Following the progress in implementation of the state key project

“Small Rural City - township Construction” most of rural population will be urbanized locally. It is expected by the year of 2020 and 2050, there will be about 670 and 480 millions of people living in rural area, and in the case of the “strengthening” scheme, the total commodity energy demand is about 1290 and 1632 Mt coal equivalent, respectively.

If the energy consumption in village and town enterprises is not included in two schemes, the total energy demand in rural area will be 970 ~ 1080 Mt coal equivalent in 2050. The coal consumption will account for 31.7% of the total.

[Key words] rural energy; demand; forecast

## 四川大学生物活性人工骨材料研制

### 取得重要突破

羟基磷灰石生物活性人工骨是一种新型骨和牙的修复和替换材料,属高技术陶瓷材料领域,20世纪70年代初在国际上开始得到重视,80年代中后期研究工作进入高潮,一些制品正式投入临床使用。这类材料无毒、无刺激、不致癌,而且植入体内后可与原骨结合成一体,形成牢固的骨性结合,在强力作用下,不在“界面”上与骨分离,即使偶然破裂,也能在体内自行愈合。因此,被称为生物活性材料。

四川大学材料科学技术研究所张兴栋教授及其研究组与华西医科大学等单位合作,1987年分别得到科学基金和四川省科委的资助,进行了致密型羟基磷灰石生物陶瓷的研究,其成果获四川省科技进步三等奖。1988年又陆续获国家自然科学基金对“人工骨材料补强增韧研究”、“聚合物-羟基磷灰石复合材料研究”和“具有压电性的生物活性人工骨材料的研究”三个项目的资助。迄今已作出粉末型、多孔和致密颗粒型及块状型羟基磷灰石生物活性陶瓷人工骨,以及羟基磷灰石覆盖于钛合金表面的复合材料等。由于基础研究成绩显著,已在国内外刊物上发表论文数十篇。同时建立了实验室生产线,用多孔块状型羟基磷灰石制成的颌骨替换体,临床上用于替换因肿瘤或偶然事故引起病变或破损的人体下颌骨;制成的脊椎瓣,用于修复破损的脊椎骨,使多年瘫痪的患者康复;以及下颏或鼻鞍增高等美容术。利用羟基磷灰石覆盖钛合金表面制成的人工骨,植入牙槽后两个月左右就可和牙槽骨紧密地结合在一起,并能在其上安装牙冠。这种假牙不再需要塑料牙托或钢丝固位,犹如人的自然牙一样美观好用。

颗粒型羟基磷灰石,已临床用于填补取出骨瘤或囊肿后遗留的骨缺损腔,增大萎缩的牙槽脊及填补牙周带等。粉末型羟基磷灰石,除用于制备上述制品外,还直接被口腔临床作盖髓剂和配制其他骨修复材料。国内已有数十家医院试用了该所研制的羟基磷灰石人工骨材料和制品,接受治疗的患者已超过4000例,疗效非常好,有的制品已考察数年。德国与英国医院试用后也取得了同样良好的效果。同时,还举办了该人工骨材料与临床应用技术培训班,国内与香港等地约300位临床医生接受了培训。为我国生物材料及骨与牙种植学科的建立与发展起了促进作用。国外有关专家对该项研究给予了高度评价,并与荷兰、英国、德国与奥地利签署了合作研究的双边协议。