

社会主义新农村建设指导系列丛书

新农村 建设

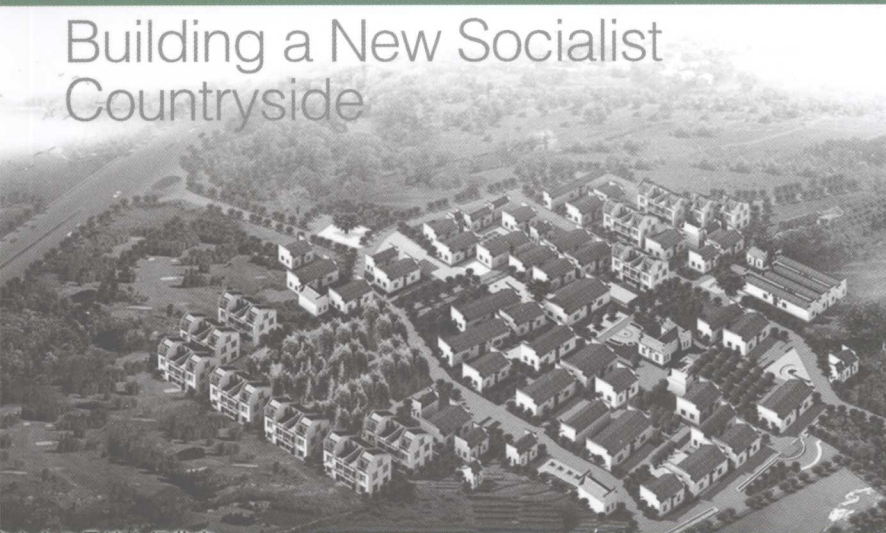
生物质能利用

北京土木建筑学会

北京科智成市政设计咨询有限公司

主编

Building a New Socialist
Countryside



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

社会主义新农村建设指导系列丛书

新农村建设 生物质能利用

北京土木建筑学会

北京科智成市政设计咨询有限公司

主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

本书是《社会主义新农村建设指导系列丛书》之一。丛书内容不仅涵盖了新农村建设中“四节”技术的丰富内容,还介绍了适合于新农村建设的具有可操作性的技术应用措施,对新农村建设的人居环境建设、农村能源建设等具有很好的指导作用。本书共分为5章,主要有:生物质能源与新农村建设;生物质燃烧技术改进;沼气利用技术;生物质气化利用技术;生物燃料技术。

本套丛书既可为广大的农民、农村基层领导干部和农村科技人员提供新农村建设的具有实践性、指导意义的技术参考资料,以及解决问题的方法和相关的知识;也可作为社会主义新型农民、职工的培训教材使用;还可作为建筑设计单位、新型材料生产厂商、建筑施工单位、监理单位以及所有参与社会主义新农村建设的单位或个人学习、应用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

新农村建设 生物质能利用/北京土木建筑学会,北京科智成市政设计咨询有限公司主编.

—北京:中国电力出版社,2008

(社会主义新农村建设指导系列丛书)

ISBN 978-7-5083-6295-3

I. 新… II. ①北…②北… III. 农村—生物质能—利用 IV. S210.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 163621 号

中国电力出版社出版发行

北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>

责任编辑:曲江泉 王晓蕾 责任印制:陈焊彬 责任校对:王瑞秋

北京丰源印刷厂印刷·各地新华书店经售

2008 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16 开本·18.25 印张·453 千字·1 插页

定价:32.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

本社购书热线电话(010-88386685)

《新农村建设 生物质能利用》

编委会名单

主编单位:北京土木建筑学会

北京科智成市政设计咨询有限公司

顾问:(按姓氏笔画排序)

王庆生 方展和 邓祥发 史新华 张玉海

彭爱京

主 编:张咏梅

副 主 编:何亚南

编 委:(按姓氏笔画排序)

方 立 王伟鸣 刘新乐 朱长虹 张晓霞

张鹏飞 林 君 侯 光 胡文革 黄中营

潘新建 戴 鑫

前言

党的十六届五中全会和“十一五”规划纲要提出“建设社会主义新农村”这一重大的历史任务。2006年《关于推进社会主义新农村建设的若干意见》，对社会主义新农村建设作了全面深刻系统的阐述，确立了社会主义新农村建设指导原则和发展目标，为当前和今后一个时期的“三农”工作指明了方向。2007年再次强调，“扎实推进新农村建设的各项工作丝毫不能松懈”。

党的十七大报告明确指出，“统筹城乡发展，推进社会主义新农村建设。解决好农业、农村、农民问题，事关全面建设小康社会大局，必须始终作为全党工作的重中之重”。

社会主义新农村建设是一个长期的历史过程。“生产发展、生活宽裕、乡风文明、村容整洁、管理民主”是党和政府解决“三农”问题政策方针的升华，是在新时期建设和谐社会与全面发展农村事业的重大举措。改善农村人居环境，以科学的发展观统领农村建设事业的发展，促进农村经济结构调整和经济增长方式转变，根据中央和建设部提出的发展节能省地型住宅和公共建筑的要求，全面推广和普及节能、节水、节地和节材的技术、措施，是建设领域的工作者在社会主义新农村建设事业中应当承担起的政府职责和社会责任。

2006年，北京土木建筑学会与北京市建设委员会共同组织编写了《新农村建设“四节”技术应用指导手册》，下发到北京市各基层村，受到了广大农民和农村基层领导干部、技术人员的热烈欢迎，对北京市社会主义新农村建设工作起到了很好的指导作用。

随着“节能、节水、节地、节材”工作在建设领域的全面开展与深化，尤其是结合在过去一年来新农村建设中农村人居环境改善的实践探索和新能源在新农村建设中的应用，北京土木建筑学会组织有关专家精心编写了这套“社会主义新农村建设指导系列丛书”。本套丛书共分为7册，内容不仅涵盖了新农村建设中“四节”技术的丰富内容，还介绍了适合于新农村建设的具有可操作性的技术应用措施等，对新农村建设的人居环境建设、农村能源建设等具有很好的指导作用。

本书为第5分册：《新农村建设 生物质能利用》。其首先分析了生物质能源与新农村建设的关系及在新农村建设中的意义，再重点对生物质能的利用原理与技术，分别作了深入细致的分析阐述，旨在帮助广大基层领导干部和工程技术人员、参与社会主义新农村建设规划设计的人员，进一步理解社会主义新农村建设的历史意义和工作方向、工作内容等。

本书共分为5章：第1章，生物质能源与新农村建设；第2章，生物质燃烧技术改进；第3章，沼气利用技术；第4章，生物质气化利用技术；第5章，生物燃料技术。

本套丛书既可为广大的农民、农村基层领导干部和农村科技人员提供具有实践性、指导意义的技术参考资料，以及解决问题的方法和相关的知识；也可作为社会主义新型农民、职工的培训等学习教材使用；还可供建筑设计单位、新型材料生产厂商、建筑施工单位、监理单位以及所有参与社会主义新农村建设的单位或个人学习、应用和参考。

本套丛书在编写过程中，得到了很多专家和相关领导的关心、大力支持和指导，同时本书在编制中参考了一些公开发表的文献资料，在此一并表示深深的谢意！

由于编者水平有限以及时间仓促，书中难免存在一些不足和谬误之处，而且随着社会主义新农村建设的不断深入、不断完善和不断发展，本书的实践探索也许并不能全面地反映社会主义新农村建设的要旨，恳请广大读者批评、指正，提出建议，以便再版时修订，以促使本书能更好地为“三农”服务、为社会主义新农村建设服务。

编者

目 录

前 言

第 1 章 生物质能源与新农村建设	1
1.1 能源的概念及分类	1
1.1.1 能源的定义	1
1.1.2 能源的分类	1
1.1.3 生物质能源的分类	2
1.2 生物质能源在新农村建设中的重要作用	3
1.2.1 能源是社会文明程度标志之一	3
1.2.2 中国能源基本情况	5
1.2.3 生物质的能源地位	7
1.2.4 生物质能源在新农村建设中的重要意义	9
1.3 生物质资源	13
1.3.1 生物质能的物质基础	14
1.3.2 生物质资源量的估算方法	17
1.3.3 我国生物质能资源	19
1.3.4 能源植物开发利用技术	30
1.4 新农村建设中的生物质能源利用技术	45
1.4.1 生物质能转化利用技术	45
1.4.2 生物质资源的生产与再生产	46
1.4.3 林业生物质资源	49
1.4.4 农业生物质资源	53
1.4.5 以生物质能利用技术构建新型生态农业模式	56
第 2 章 生物质燃烧技术改进	61
2.1 生物质燃烧原理	61
2.1.1 生物质燃料的特性	61
2.1.2 生物质燃料的燃烧过程	61
2.1.3 影响燃烧速度的因素	63
2.1.4 燃烧过程的部分计算	64
2.2 省柴灶、炉和炕	66
2.2.1 灶的分类	66
2.2.2 省柴灶的设计	67
2.2.3 烟囱	79
2.2.4 旧炕改造与节能炕	83
2.3 生物质应用于锅炉的现代燃烧技术	86
2.3.1 锅炉用生物质燃料及燃烧技术	87
2.3.2 生物质燃料的预处理	87
2.3.3 生物质现代化燃烧技术	89

2.4 生物质固化成型燃料技术	97
2.4.1 生物质压缩固化成型燃料的概念与原理	97
2.4.2 生物质压缩成型机技术	102
第3章 沼气利用技术	109
3.1 我国沼气利用及发展现状	109
3.1.1 我国沼气建设进入新阶段	109
3.1.2 沼气建设的类型与作用	111
3.1.3 沼气建设的体系	112
3.2 沼气利用技术原理	112
3.2.1 沼气发酵原理	112
3.2.2 沼气发酵工艺条件	113
3.3 典型农村户用小型沼气池结构选型	117
3.3.1 户用沼气发酵工艺类型	117
3.3.2 小型沼气池池型	120
3.4 户用沼气池的施工技术	125
3.4.1 施工准备	125
3.4.2 土方工程	127
3.4.3 现浇混凝土沼气池的施工	128
3.4.4 池底施工	131
3.4.5 进、出料管施工	131
3.4.6 砌筑及预制钢筋混凝土板装配沼气池施工	131
3.4.7 拆模	132
3.4.8 回填土	132
3.4.9 密封层施工	132
3.4.10 涂料密封层施工	134
3.4.11 储气浮罩的施工	135
3.5 户用沼气池质量检验与质量问题预防	136
3.5.1 沼气池整体施工质量和密封性能验收及检验方法	136
3.5.2 病态池成因和预防	137
3.5.3 沼气池检漏方法	138
3.5.4 病态池的修补技术	139
3.5.5 沼气输气系统的检修	140
3.6 发酵原料配制	140
3.6.1 发酵原料的分类	140
3.6.2 发酵原料的收集	141
3.6.3 发酵原料的预处理	141
3.6.4 合理配料	141
3.7 沼气池运行管理	142
3.7.1 沼气池启动	142
3.7.2 沼气池的日常管理	143

3.7.3	沼气池的维护与检修	145
3.8	小型沼气池配套设施及安装	146
3.8.1	输配气系统	147
3.8.2	沼气输配管路连接	147
3.8.3	沼气输配管路的安装要求	148
3.8.4	沼气炊具(沼气灶)	151
3.9	小型沼气设施的安全使用	155
3.9.1	进入沼气池前后注意事项	155
3.9.2	平时使用沼气注意事项	155
3.9.3	日常注意事项	155
3.10	大中型沼气工程技术	156
3.10.1	大中型沼气工程概况	156
3.10.2	大中型沼气工程工艺流程	157
3.10.3	消化器	160
3.10.4	大中型沼气工程设计	166
3.10.5	发酵消化器设计	178
3.10.6	大中型沼气的启动	180
3.10.7	大中型沼气的运行管理	181
3.11	沼气的综合利用技术	182
3.11.1	沼气设施综合利用途径	182
3.11.2	以沼气设施为纽带的生态模式	184
3.11.3	沼气的综合利用技术	187
3.11.4	沼液与沼渣的利用	189
3.12	沼气发电技术	191
3.12.1	沼气发电工艺流程	191
3.12.2	沼气发电系统	191
3.12.3	沼气发电实例	192
第4章	生物质气化利用技术	194
4.1	生物质气化原理	194
4.1.1	生物质气化的概念	194
4.1.2	生物质气化的基本热化学反应	194
4.2	常见生物质气化炉	196
4.2.1	气化炉的类型划分	196
4.2.2	固定床气化炉	196
4.2.3	流化床气化炉	197
4.2.4	气化炉性能及主要参数	198
4.2.5	不同类型气化炉的特点及应用	202
4.3	生物质燃气的净化	203
4.3.1	生物质气化生产中的主要问题	203
4.3.2	燃气中的灰分与水分的去除	203

4.3.3	燃气中焦油的特点及其危害	204
4.4	生物质气化技术的应用	208
4.4.1	户用生物质气化供气热装置	208
4.4.2	生物质气化集中供气	209
4.4.3	农村秸秆气化集中供气系统	217
4.4.4	生物质气用于农产品烘干	219
4.4.5	生物质气化发电技术	221
第5章	生物燃料技术	229
5.1	生物燃料乙醇生产及应用	229
5.1.1	乙醇的燃料特性	229
5.1.2	乙醇生产的生物质原料	230
5.1.3	乙醇发酵的工艺类型	231
5.1.4	淀粉质原料制取乙醇	235
5.1.5	糖类原料制取乙醇	245
5.1.6	纤维素降解制取乙醇	249
5.1.7	乙醇燃料的应用及经济性分析	253
5.2	生物柴油	267
5.2.1	生物柴油的特性	267
5.2.2	生物柴油的制备	268
5.2.3	生物柴油发展现状	272
5.3	植物油直接作燃料	272
5.3.1	植物油的理化性质	272
5.3.2	植物油直接作燃料油的方法	275
5.3.3	植物油制取工艺	275
5.4	生物质制氢	276
5.4.1	氢能的特点	276
5.4.2	生物质制氢原理	276
5.4.3	生物质制氢工艺	277
参考文献		282

第 1 章 生物质能源与新农村建设

1.1 能源的概念及分类

1.1.1 能源的定义

简单地说,能源是自然界中能为人类提供某种形式能量的物质资源。能源是人类社会存在与发展的动力,是现代文明的支柱之一,也是人类从事各种经济活动的原动力。

能源在《科学技术百科全书》中定义为:能源是可从其获得热、光和动力之类能量的资源;《大英百科全书》认为:能源是一个包括着所有燃料、流水、阳光和风的术语,人类用适当的转换手段便可让它为自己提供所需的能量;我国的《能源百科全书》解释为:能源是可以直接或经转换提供人类所需的光、热和动力等任一形式能量的载能体资源。可见,能源是一种具有多种形式,且可以相互转换的能量来源。

从物理学的观点看,能量可以简单地定义为做功的本领。广义而言,任何物质都可以转化为能量,但是转化的数量及转化的难易程度是不同的,比较集中而又较易转化的含能物质称为能源。由于科学技术的进步,人类对物质性质的认识及掌握能量转化方法也在深化,因此并没有一个很确切的能源的定义。但对于工程技术人员而言,在一定的工业发展阶段,能源的定义还是明确的。还有另一类型的能源,即物质在宏观运动过程中所转化的能量即所谓能量过程,例如水的势能落差运动产生的水能及空气运动所产生的风能等。因此,能源的定义可描述为:比较集中的含能体或能量,可以直接或经转换提供人类所需的光、热、动力等任何形式能量的载能体资源。

1.1.2 能源的分类

对能源有不同的分类方法。

1. 按能量根本蕴藏方式分类

可将能源分为三大类:第一类能源是来自地球以外的太阳能。人类现在使用的能量主要来自太阳能,故太阳有“能源之母”的说法。现在,除了直接利用太阳的辐射能之外,还大量间接地使用太阳能。例如目前使用最多的煤、石油、天然气等化石资源,就是千百万年前绿色植物在阳光照射下经光合作用形成有机质而长成的根茎及食用它们的动物遗骸,在漫长的地质变迁中所形成的。此外如生物质能、流水能、风能、海洋能、雷电等,也都是由太阳能经过某些方式转换而形成的。

第二类能源是地球自身蕴藏的能量。这里主要指地热能资源以及原子能燃料,还包括地震、火山喷发和温泉等自然呈现出的能量。据估算,地球以地下热水和地热蒸汽形式储存的能量,是煤储能的 1.7 亿倍。地热能是地球内放射性元素衰变辐射的粒子或射线所携带的能量。此外,地球上的核裂变燃料(铀、钍)和核聚变燃料(氘、氚)是原子能的储存体。即使将来每年耗能比现在多 1000 倍,这些核燃料也足够人类用 100 亿年。

第三类能源是地球和其他天体引力相互作用而形成的。这主要指地球和太阳、月球等天体



间有规律运动而形成的潮汐能。地球是太阳系的九大行星之一,月球是地球的卫星。由于太阳系其他 7 颗行星或距地球较远,或质量相对较小,结果只有太阳和月亮对地球有较大的引力作用,导致地球上出现潮汐现象。海水每日潮起潮落各两次,这是引力对海水做功的结果。潮汐能蕴藏着极大的机械能,潮差常达十几米,非常壮观,是丰富的发电原动力。

2. 按相对比较的方法来分类

(1)一次能源与二次能源。在自然界中天然存在的、可直接取得而又不改变其基本形态的能源,称之为一次能源,如煤炭、石油、天然气、风能、地热等。为了满足生产和生活的需要,有些能源通常需要经过加工以后再加以使用。由一次能源经过加工转换成另一种形态的能源产品叫做二次能源,如电力、煤气、蒸汽及各种石油制品等。大部分一次能源都转换成容易输送、分配和使用的二次能源,以适应消费者的需要。二次能源经过输送和分配,在各种设备中使用,即终端能源。终端能源最后变成有效能。图 1-1 为一次能源和二次能源的分类。

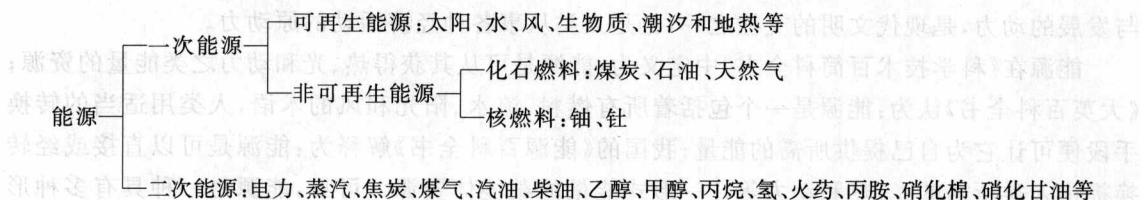


图 1-1 一次能源和二次能源的分类

(2)可再生能源与非再生能源。在自然界中可以不断再生并有规律地得到补充的能源,称为可再生能源,如太阳能和由太阳能转换而成的水力、风能、生物质能等。它们都可以循环再生,不会因长期使用而减少。经过亿万年形成的、短期内无法恢复的能源,称之为非再生能源,如煤炭、石油、天然气、核燃料等。随着大规模地开采和利用,其储量越来越少,总有枯竭之时。

(3)常规能源与新能源。在相当长的历史时期和一定的科学技术水平下,已经被人类长期广泛利用的能源,不但为人们所熟悉,而且也是当前主要能源和应用范围很广的能源,称之为常规能源,如煤炭、石油、天然气、水力、电力等。一些虽属古老的能源,但只有采用先进方法才能加以利用,或采用新近开发的科学技术才能开发利用的能源;有些能源近一二十年来才被人们所重视,新近才开发利用,而且在目前使用能源中所占的比例很小,但很有发展前途的能源,称之为新能源,或称替代能源,如太阳能、地热能、潮汐能等。常规能源与新能源是相对而言的,现在的常规能源过去也曾是新能源,今天的新能源将来又成为常规能源。

(4)燃料能源与非燃料能源。从能源性质来看,能源又可分为燃料能源和非燃料能源。属于燃料能源的有矿物燃料(煤炭、石油、天然气),生物燃料(薪柴、沼气、有机废物等),化工燃料(甲醇、酒精、丙烷以及可燃原料铝、镁等),核燃料(铀、钍、钚等)共四类。非燃料能源多数具有机械能,如水能、风能等;有的含有热能,如地热能、海洋热能等;有的含有光能,如太阳能、激光等。

从能源使用时对环境污染的大小,又把无污染或污染较小的能源称为清洁能源,如太阳能、水能、氢能等;对环境污染较大的能源称为非清洁能源,如煤炭、油页岩等。石油的污染比煤炭小些,但也产生氧化氮、氧化硫等有害物质,所以,清洁与非清洁能源的划分也是相对比较而言,不是绝对的。

1.1.3 生物质能源的分类

对于生物质能如何进行分类,有着不同的标准。例如,依据是否可以大规模代替常规化石



能源,而将其分为传统生物质能和现代生物质能。广义地讲,传统生物质能指在发展中国家小规模应用的生物质能,主要包括农村生活用能,如薪柴、稻草、稻壳及其他农业生产的废弃物和畜禽粪便等;现代生物质能是指可以大规模应用的生物质能,包括现代林业生产的废弃物、甘蔗渣和城市固体废物等。

以下依据来源的不同,将适合于能源利用的生物质分为林业资源、农业资源、生活污水和工业有机废水、城市固体废物及畜禽粪便等五大类。

(1)林业资源。林业生物质资源是指森林生长和林业生产过程中提供的生物质能源,包括薪炭林、在森林抚育和间伐作业中的零散木材、残留的树枝、树叶和木屑等;木材采运和加工过程中的枝杈、锯末、木屑、梢头、板皮和截头等;林业副产品的废弃物,如果壳和果核等。

(2)农业资源。农业生物质能资源是指农业作物(包括能源植物)以及农业生产过程中的废弃物,如农作物收获时残留在农田内的农作物秸秆(玉米秸、高粱秸、麦秸、稻草、豆秸和棉秆等);还包括农业加工业的废弃物,如农业生产过程中剩余的稻壳等。能源植物泛指各种用以提供能源的植物,通常包括草本能源作物、油料作物、制取碳氢化合物植物和水生植物等几类。

(3)生活污水和工业有机废水。生活污水主要由居民生活、商业和服务业的各种排水组成,如冷却水、洗浴排水、盥洗排水、洗衣排水、厨房排水、粪便污水等。工业有机废水主要是酒精、酿酒、制糖、食品、制药、造纸及屠宰等行业生产过程中排出的废水等,其中都富含有机物。

(4)城市固体废物。城市固体废物主要是由城镇居民生活垃圾、商业、服务业垃圾和少量建筑业垃圾等固体废物构成。其组成成分比较复杂,受当地居民的平均生活水平、能源消费结构、城镇建设、自然条件、传统习惯以及季节变化等因素影响。

(5)畜禽粪便。畜禽粪便是畜禽排泄物的总称,它是其他形态生物质(主要是粮食、农作物秸秆和牧草等)的转化形式,包括畜禽排出的粪便、尿及其与垫草的混合物。我国主要的畜禽包括鸡、猪和牛等,其资源量与畜牧业生产规模有关。例如根据这些畜禽的品种、体重、粪便排泄量等因素,估算我国每年畜禽粪便排放总量达25亿吨。

1.2 生物质能源在新农村建设中的重要作用

1.2.1 能源是社会文明程度标志之一

能源是人类赖以生存和社会进步的重要物质基础。能源的每次重大突破,都会引起生产和社会的重大变革。钻木取火,使吃熟食和取暖成为人类生活的必须。后来,人类直接把埋藏在地下的煤、石油作为能源,导致了产业革命。随着科学技术的进步,在初级能源的基础上,电力作为“二次能源”的出现,又进一步变革了人类文明。文明,一般是指人类所创造的物质财富和精神财富之和,它是人类活动的积极成果,是社会及其文化发展到一定阶段的产物。人类文明的历史是人对自然与社会关系的历史。人类文明的每一步,都和能源的利用息息相关。

人类进化发展的过程,其实就是一部不断向自然界索取能源的历史,能源成为了社会文明程度的标志之一。换言之,人类破坏其赖以生存的自然环境的历史同人类文明史一样古老,从远古时代的猎人开始,“人类就从事推翻自然界的平衡以利于自己”的活动。人类大致经历了以下几个阶段的文明:

(1)原始采猎文明。在原始社会,人与自然曾保持了一种原始的和谐关系。当时,人类以采集、狩猎为生,社会生产力水平十分低下。由于天然食物供给的有限性和不均衡性,人类为了生



存,聚居在自然条件优越、天然食物丰富的区域,形成了利用原始技术获取基本生活资料的生产方式,仅能维持个体延续和繁衍的低水平物质消费方式,以及以家庭与部落为主的社会组织形式。在这个时期,人口数量与平均寿命都很低,只能被动地适应自然,人与自然处于原始且和谐状态。

(2)柴薪·马车·农业文明。柴薪是人类第一代主体能源。人类发现用火之后,首先用树枝、杂草等作为燃料,用于燃烧煮食和取暖,用草饲养牲畜,靠人力、畜力并利用一些简单机械作动力,从事手工生产和交通运输活动。从远古时代直至中世纪,在马车的低吟声中,人类渡过了悠长的农业文明时代。

在农业文明时代,人与自然的关系在整体保持和谐的同时出现了阶段性及区域性的不和谐。农业社会的生产力水平较原始社会有了很大的提高,产生了以耕种与驯养技术为主的农业生产方式,形成了基本自给自足的生活方式,以及以大家庭和村落为主的社会组织形式。随着人口数量的增加,活动范围的不断扩展,人类在利用和改造自然的同时,出现了过度开垦与砍伐现象,特别是为了争夺水土资源而频繁发动战争,使得人与自然的关系出现了局部性和阶段性的紧张。但从总体上看,由于这个时期,人类开发利用自然的能力仍然有限,人与自然的关系仍能基本保持相对和谐。

(3)煤炭·蒸汽机·工业文明。18世纪西欧产业革命开创的工业文明,逐步扩大了煤炭的利用。蒸汽机的发明,使煤炭一跃成为第二代主体能源。以煤炭为燃料的蒸汽机的应用,使纺织、冶金、采矿、机械加工等工业获得迅速发展。同时,蒸汽机车、轮船的出现,使交通运输业得到巨大进步。19世纪以来,电磁感应现象的发现,使得以蒸汽轮机为动力的发电机出现,煤炭作为一次能源被转换成更加便于输送和利用的二次能源——电能。

在工业社会,人与自然的关系发展到了紧张状态。工业社会创造了农业社会无法比拟的社会生产力,人类占用自然资源的能力也大大提高。人类活动不再局限于地球表层,已拓展到地球深部及外层空间。科学技术与工业发展创造的新知识、新技术和新产品,极大地降低了人口死亡率,延长了人的寿命,促使世界人口急剧膨胀。工业社会创造了新的生活方式和消费模式,使人类不再满足基本的生存需求,不断追求更为丰富的物质与精神享受。但是,工业社会的发展严重依赖于资源(特别是不可再生资源 and 化石能源)的大规模消耗,造成污染物的大量排放,导致自然资源的急剧消耗和生态环境的日益恶化,人与自然的关系变得很不和谐。

(4)石油·内燃机·现代文明。公元前250年,中国人首先发现石油是一种可燃的液体;1854年,美国宾夕法尼亚州打出了世界上第一口油井,石油工业由此发端。19世纪末,人们发明了以汽油和柴油为燃料的奥托内燃机和狄塞尔内燃机;1908年,福特研制成功了世界上第一辆汽车。此后,汽车、飞机、柴油机轮船、内燃机车、石油发电等,将人类飞速推进到现代文明时代。到20世纪60年代,全球石油的消费量超过煤炭,成为第三代主体能源。

(5)绿色能源·能源革命·未来文明。随着全球人口的急剧膨胀,人类的能源消费大幅度增长。众所周知,煤炭、石油均为矿物能源,是古生物在地下历经数亿年沉积变迁而形成的,其储量极为有限,而且不可再生。按照现在的能源消耗,世界上的石油、天然气和煤等生物化石能源将在几十年至200年内逐渐耗尽。另外,大量矿物能源的燃烧,是造成大气污染、“酸雨”和“温室效应”等的罪魁祸首。

20世纪60年代以来,“能源革命”的呼声日渐高涨。“能源革命”的目的,是以绿色能源,包括新能源(如核能)和可再生能源(包括水电能、生物质能、太阳能、风能、地热能、海洋能和氢能等)逐步代替矿物能源。绿色能源将有望为21世纪人类社会的发展提供持久的动力。



现在,面对 21 世纪人类的发展目标,是追求和迈向以经济、社会、自然协调发展的生态文明,也称绿色文明。绿色文明,是一种新型的社会文明,是人类可持续发展必然选择的文明形态;也是一种人文精神,体现着时代精神与文化。它既反对人类中心主义,又反对自然中心主义;是以人类社会与自然界相互作用,保持动态平衡为中心,强调人与自然的整体、和谐的双赢式发展。它是继黄色文明(农业文明)、黑色文明(工业文明)之后,人类对未来社会的新追求。21 世纪是呼唤绿色文明的世纪。绿色文明包括绿色生产、生活、工作和消费方式,其本质是一种社会需求。这种需求是全面的,不是单一的。它一方面是要在自然生态系统中获得物质和能量;另一方面是要满足人类持久的自身的生理、生活和精神消费的生态需求与文化需求。

1.2.2 中国能源基本情况

我国经济正在快速持续发展,但有限的化石燃料资源和更高的环境保护要求,使得我们面对的资源和环境压力比过去任何时候都更加严峻。尽管资源约束并非中国经济发展的绝对障碍,但中国并不具有特别资源优势,人口众多、人均资源不足是基本国情。多年来,依赖大量资源消耗,推动了中国经济的快速增长;与此同时,经济增长的代价是资源消耗过度、环境破坏严重。因此能源短缺危机与环境约束压力并存。

1. 国内能源供应紧缺

中国的能源供应现状是能源消费量远远大于能源供应量。自 1992 年起,中国能源消费总量超过能源生产总量,至今能源供应低于能源消费的趋势仍有增无减。由于能源投资不足,中国能源生产增长低于能源消费增长,20 世纪 90 年代至今的 10 多年间,能源生产总量的年均增长为 3.3%,能源消费的年均增长为 4.2%,相差约 0.9 个百分点。2006 年,中国一次能源生产和消费总量分别为 22.1 亿吨标准煤和 24.6 亿吨标准煤,比 2005 年增长 7.3% 和 9.3%,生产总量增幅明显下降,见图 1-2。

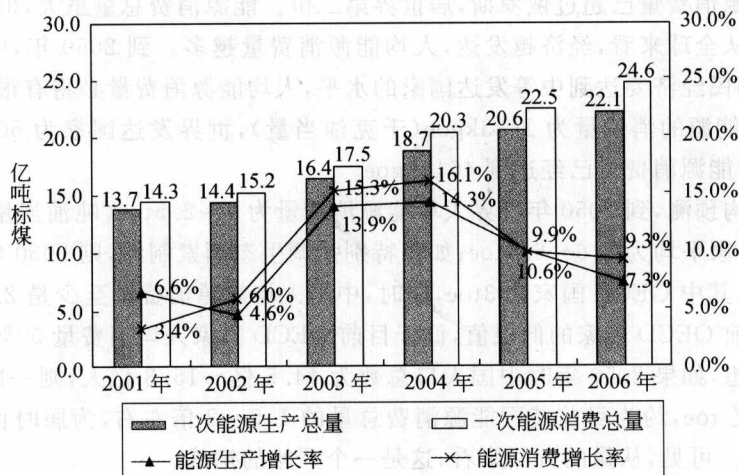


图 1-2 2001~2006 年中国一次能源生产和消费总量及增长率

中国能源的核心问题表现在如下几个方面:

(1) 能源结构以煤为主。在全球一次能源系统中,化石能源占 90%,核电、水电仅占 10%。化石能源包括煤炭、石油、天然气。其中,煤炭约占 62.8%,石油约占 19.6%,天然气约占



17.6%。由此可见,在全球化石能源中,煤炭占据绝对优势。在中国一次能源生产与消费构成中也不例外,煤炭所占比例超过 2/3。2004 年,中国一次能源生产构成中原煤占 75.6%,原油占 13.5%,天然气占 3.0%,水电占 7.9%。能源结构以煤为主是由资源约束决定的,能源消费结构也基本与生产结构趋同。

(2)石油安全问题日趋显著。未来能源供应安全问题主要取决于油气的可靠供应。中国自 1993 年首次成为原油净进口国 1996 年成为原油净进口国以后,2004 年进口原油达 1.23 亿吨,首次突破亿吨大关,增幅为 34%;2006 年中国原油进口达 1.45 亿吨,创历史新高;燃料油进口已经突破 3000 万吨,煤油、柴油的增幅分别达 40%和 22.4%;2006 年进口成品油 3638 万吨,较上年增长 15.7%。原油 2004 年进口依存度已超过 40%,2005 年为 42.7%,2006 年为 44%左右,预计到 2020 年将达到 60%。统计数据显示,20 世纪 90 年代初以来,中国原油进口量从 300 万吨增至 1.23 亿吨,年均增长 28%。同期原油进口贸易额由 4 亿多美元增至 339 亿美元,增长了 80 倍;原油净进口量从 1996 年的 228 万吨增至 11732 万吨,增长了 50 倍。与此同时,原油价格也连创新高,从 20 世纪 90 年代的年均 140 美元/吨升至 2004 年的 276 美元/吨,翻了近 1 倍;2006 年我国原油每吨进口均价更是涨到 458 美元,共花费 3664 亿美元,增幅达 39.2%,而进口数量的增幅则不到 15%。由于世界石油出口集中在少数国家,再加上地缘政治因素,如何长期稳定地保证石油供应是一个不容易解决的问题,也是涉及国家安全的重大问题。

(3)人均资源量低。长期以来,我们总是以为中国地大物博、资源丰富,国民和政府都未能树立资源危机的意识。然而,中国是世界上人口最多的国家,人均资源水平极低,几乎所有人均资源都低于世界的平均水平。中国矿产资源紧缺矛盾日益突出,石油、煤炭、铜、铁、锰、铬储量持续下降,缺口及短缺进一步加大,中国 45 种主要矿产的现有储量,能保证 2010 年需求的只有 24 种,能保证 2020 年需求的只有 6 种,资源瓶颈已经是一个不得不面对的现实。

2. 人均能源消费偏低

中国一次能源消费量已超过俄罗斯,居世界第二位。能源消费总量虽大,但人口过多,人均能耗水平很低。从全球来看,经济越发达,人均能源消费量越多。到 2050 年,中国要实现第三步的发展目标,国民经济要达到中等发达国家的水平,人均能源消费量必将有很大的增长。

1994 年人均能源的消费量为 1433kgoe(千克油当量),世界发达国家为 5066kgoe,发达国家在 1980 年人均能源消费量已经达到 4644kgoe。

有关能源机构预测,到 2050 年世界人均能源消费量为 2~2.5toe(吨油当量),OECD(经济合作发展组织)国家平均为 5.6~6.7toe;如果特别强调生态因素制约,则 2050 年世界平均能源消费量为 1.4toe,其中 OECD 国家为 3toe,届时,中国人均能源消费量至少是 2.0~2.5toe。这个数值仅达到目前 OECD 国家的低限值,低于目前 OECD 国家人均消费量 50%的水平。

根据以上设想,如果 2050 年时中国人口总数为 14.5 亿~15.8 亿人,则一次能源需求总量为 29 亿~39.5 亿 toe,约为目前美国能源消费总量的 1.5~2 倍左右,为届时世界能源消费总量的 16%~22%。可见,从量的方面来看,这是一个严峻的挑战。

3. 能源利用效率不高

能源总效率由三部分构成:开采效率、中间环节效率、终端利用效率。中间环节和终端利用效率的乘积通常称为“能源效率”。

中国研究人员对中国 1980 年、1995 年的能源效率也进行了计算,并和 OECD 国家 20 世纪 70 年代初、90 年代初的相应数据进行比较,得出的结论是:中国 1995 年的能源效率相当于 OECD 国家 20 世纪 70 年代后期的水平,终端利用环节的效率仅略高于 OECD 国家 20 世纪 70



年代初的水平,工业部门的能源利用率比 OECD 国家 70 年代初的水平尚低 5 个百分点。

中国的能源利用效率远低于西方发达国家,从单位 GDP 的能源消费上看,无论用官方汇率还是用购买力平价 PPP 法计算,中国的能源效率都属世界上最低的一类,从主要耗能产品的单位产品能源消耗上看,也比发达国家高 12%~55%。

能源效率低与以煤为主的能源结构有密切关系。不仅以煤为燃料的中间转换装置效率低,且以煤为燃料的终端能源利用装置效率低于液体或气体燃料。中国煤炭资源综合回收率一般在 30% 左右,小型矿井不足 15%。

4. 人均能源资源不足

中国拥有居世界第一位的水能资源,居世界第二位的煤炭探明储量,石油探明采储量居第 11 位。已探明的常规商品能源资源总量是 1550 亿吨标准煤(亿 tce),占世界总量的 10.7%。但中国人口众多,人均能源资源探明量只有 135 吨标准煤,相当于世界平均拥有量(264 吨标准煤)的 51%。中国煤炭人均探明储量为 147 吨,是世界人均值 208 吨的 70%;石油人均探明储量 2.9 吨,为世界人均数的 11%,天然气为世界人均数的 4%;即使水能资源,按人均数也低于世界人均值。

5. 环境约束日益显现

中国高度依赖煤炭的消费,煤炭在一次能源消费中占到 75%,过度使用煤炭不仅会带来效率差,而且会造成环境污染的严重后果。

1997 年全国二氧化硫排放量为 2346 万吨,居世界第一位,其中 78.9% 来自工业排放。2006 年全国二氧化硫排放总量为 2594.4 万吨,比 2005 年增长了 46.3 万吨。城市二氧化硫年均值浓度在 $3\sim 248\mu\text{g}/\text{m}^3$ 范围之内,全国年均值为 $66\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。52.3% 的北方城市和 37.5% 的南方城市年均值超过国家二级标准($60\mu\text{g}/\text{m}^3$)。很多城市二氧化硫浓度大大超过世界卫生组织(WHO)推荐的标准值($40\sim 60\mu\text{g}/\text{m}^3$)。二氧化硫排放引起的酸雨污染已扩展到全国整个面积的 30%~40%。

1997 年全国烟尘排放量达 1873 万吨,其中工业烟尘排放量占 83.6%,城市总悬浮颗粒物 TSP 年均值浓度在 $32\sim 741\mu\text{g}/\text{m}^3$ 范围之内,全国年均值为 $291\mu\text{g}/\text{m}^3$,超过国家二级标准($200\mu\text{g}/\text{m}^3$)的有 67 个城市,占城市总数的 72.0%,北方城市年均值为 $381\mu\text{g}/\text{m}^3$,南方城市年均值为 $2\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。北京、天津、重庆、济南、太原等均居世界上烟尘污染最严重的城市之列,其 TSP 值比 WHO 推荐值($40\sim 60\mu\text{g}/\text{m}^3$)高很多倍。

6. 交通运输压力过大

中国煤炭生产基地远离煤炭消费中心,形成了西煤东运、北煤南运、煤炭出关的强大物流,不仅运量大,而且运距长。历年来,煤炭运量占铁路运量的 40% 以上,沿海和长江中下游水运运量中煤炭约占 1/3。特别是煤炭基地山西北部的煤运到上海要 2000 多公里,到广州要 3300 多公里,过多地使用煤炭,必然会给运输带来巨大的压力。

1.2.3 生物质的能源地位

生物质能是人类利用最早的能源之一,具有分布广、可再生、成本低等优点。我国是人口众多的农业国家,生物质能在我国的能源结构中占有相当重要的地位,尤其在广大农村地区,生物质能曾经是最重要的能源。但是,长期以来,大多生物质能的利用以直接燃烧为主,不仅热效率低下,而且伴随着大量的烟尘和余灰的排放,成为阻碍农村经济和社会进步的重要因素之一。随着科学技术的发展和进步,生物质能可以通过各种转换技术高效地加以利用,生产各种清洁



燃料和电力,以替代煤炭、石油和天然气等矿物燃料。所以,开发与利用生物质能源,对实现可持续发展、保障国家能源安全、改善生存环境和减少二氧化碳都具有重要作用和实际意义。

生物质能是可再生的,在能源分类中属于新能源。虽然生物质能是人类已经应用很久的一种古老的能源,但是,如今所讨论的生物质能的利用,是指在新的历史时期,如何利用新技术来应用它。生物质能源的大体分类如表 1-1 所示。

表 1-1 生物质能源的分类

类别		常规能源	新能源
一次能源	可再生	水能	生物质能、太阳能、风能、潮汐能、海洋能
	非再生	原煤、原油、天然气	油质岩、核燃料
二次能源		焦炭、煤气、电力、氢气、蒸汽、酒精、汽油、柴油、煤油、重油、液化气、木炭、沼气等	

注:1. 一次能源是从自然界取得后未经加工的能源,它有三个初始来源:太阳光、地球固有的物质和太阳系行星运行的能量。
2. 二次能源是指经过加工与转换而得到的能源。
3. 新能源一般是指在新技术基础上加以开发利用的能源;早已被人们广泛利用的能源称为常规能源或传统能源。

1. 世界生物质能源消费

生物质能一直是人类赖以生存的重要能源之一。人类自从发现火开始,就以生物质能的形式利用太阳能来做饭和取暖。直到现在,生物质能在全世界能源消费中仍占有相当的份额(约 15%),仅次于煤炭、石油和天然气,居于世界能源消费总量的第四位。

在发展中国家,生物质能消费量约占 40%左右,在个别发展中国家,生物质甚至提供了能源总消费量的 90%。

在发达国家,生物质能也具有举足轻重的地位,如美国,生物质能占能源消费总量的 4%,澳大利亚占 10%,瑞典占 9%。发达国家生物质能平均消费量达到能源消费总量的 2.8%以上。

图 1-3、图 1-4 和图 1-5 分别表示全世界、发展中国家和发达国家能源消费量及生物质能所占比例。有关专家估计,生物质能极可能成为未来可持续能源系统的重要组成部分,到 21 世纪中叶,采用新技术生产的各种生物质替代燃料将占全球总能耗的 40%以上。

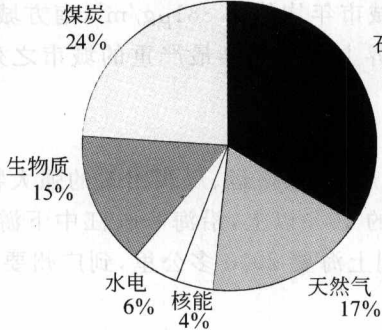


图 1-3 世界能源状况

总量=373EJ,人口 48.7 亿,

人均能源消费=77GJ($E=10^{18}, G=10^9$)

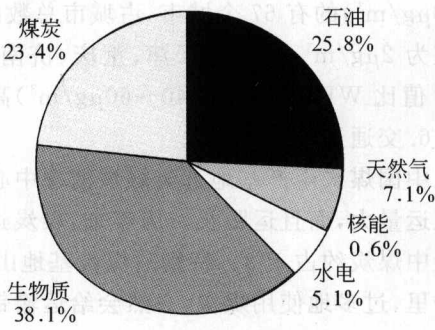


图 1-4 发展中国家一次能源使用情况

总量=126EJ(世界总量的 34%),人口 36.5 亿

(世界总人口的 75%),人均能源消费=34GJ

2. 我国生物质能源消费状况

我国是一个人口大国,又是一个经济迅速发展的国家,21 世纪将面临着经济增长和环境保护的双重压力。因此改变能源生产和消费方式,开发利用生物质能等可再生的清洁能源资源对