



普通高等教育“十二五”卓越工程能力培养规划教材

能源管理基础

主 编 刘圣春

副主编 宁静红 张朝晖



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”卓越工程能力培养规划教材

能源管理基础

主 编 刘圣春
副主编 宁静红 张朝晖
参 编 解海卫 田 华 杨俊兰 陈 东



机械工业出版社

本书针对能源与动力工程专业的人才培养定位与特色,并结合“卓越工程师教育培养计划”的要求而编写。全书共14章,内容包括:绪论,能源与环境,能源管理行业的基本知识,工业余热、热泵技术及凝结水回收,各个行业系统节能分析,新能源技术,节能管理、规划和清洁生产,清洁发展机制,企业能源审计,能源的科学计量与能源节约,企业能源利用状况报告填报,合同能源管理,能源效率与能源标识,能源管理基础题库。

本书为能源与动力工程专业本科生教材,同时可作为从事能源行业的管理和技术人员的参考书,也可作为能源管理职业培训的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

能源管理基础/刘圣春主编. —北京:机械工业出版社, 2013. 2
普通高等教育“十二五”卓越工程能力培养规划教材
ISBN 978-7-111-43993-6

I. ①能… II. ①刘… III. ①能源管理—高等学校—教材 IV. ①F206

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第214962号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑:蔡开颖 责任编辑:蔡开颖 孙 阳 任正一
版式设计:常天培 责任校对:张 征
封面设计:张 静 责任印制:张 楠
涿州市京南印刷厂印刷
2014年1月第1版第1次印刷
184mm×260mm·16.25印张·396千字
标准书号:ISBN 978-7-111-43993-6
定价:32.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

序

为配合教育部实施“卓越工程师培养计划”，加强工科学生，特别是能源专业的学生的综合素质，由天津商业大学刘圣春副教授主编编写了《能源管理基础》一书，书中内容对新世纪我国能源管理理论和实践进行了全面的总结。参加本书编写的还有天津若干高校的中青年学者。作者们汇总了大量的有关能源管理的基础数据和资料，包括了热力学、传热学和流体力学等基础理论，较全面地收集了工业、建筑等行业的节能技术，并详细介绍了清洁发展机制和碳交易、能源审计和合同能源管理等方面的知识。其内容之丰富和对工程技术人员实用性，可称为我国能源管理中代表性的作品。可以预见，《能源管理基础》的出版将对推广和规范节能技术和能源管理的教学起到重要的促进作用，使各项节能技术在我国“节能减排”工作中发挥巨大的作用。

能源管理基础是热力学、传热学和流体力学等基础学科，本科称为热能动力工程，研究生则为工程热物理一级学科。天津大学在这方面也是有雄厚基础，作者多数是天大该学科的学子。在本书出版之际，恰逢我们的导师吕灿仁教授即将九十高寿，让先生目睹中国能源动力技术从无到有、从小到大、从制造大国走向制造强国，是我们每一个学子的福分。

马一太

前 言

目前我国高等工程教育面临的主要问题：一是与工业应用的结合不够紧密；二是学生的知识整体综合运用能力欠佳。为此，教育部决定实施“卓越工程师教育培养计划”。“卓越工程师教育培养计划”是《国家中长期教育改革和发展规划纲要》中的重要内容，相关省市也出台了相应的“卓越工程师教育培养计划”，其目的就是培养造就一大批创新能力强、适应国家和地区经济社会发展需要的各类工程技术人才。

能源动力类专业人才的培养作为培养工程人才的主要分支，在“卓越工程师教育培养计划”中承担着很重要的任务。能源动力类专业主要学习动力工程及工程热物理的基础理论、各种能量转换及有效利用的知识，进行现代能源动力类工程师的基本训练。目前有些院校的课程体系设置中没有呈现能源、节能以及能源管理等方面综合知识的课程。为使能源动力类大学生及相关领域技术人员具备能源管理工程师的能力，本书将全面介绍能源管理相关的知识。其内容有绪论，能源与环境，能源管理行业的基本知识，工业余热、热泵技术及凝结水回收，各个行业系统节能分析，新能源技术，节能管理、规划和清洁生产，清洁发展机制，企业能源审计，能源的科学计量与能源节约，企业能源利用状况报告填报，合同能源管理，能源效率与能源标识，能源管理基础题库。

参与本书各章编写的人员如下：第1~3章，刘圣春、宁静红（天津商业大学）；第4章，杨俊兰（天津城建大学）；第5章，张朝晖（中国制冷空调工业协会）；第6章，田华（天津大学）；第7章，陈东（天津科技大学）；第8章，宁静红、解海卫（天津商业大学）；第9章，宁静红；第10章和第11章，刘圣春；第12章，张朝晖；第13章，宁静红、张朝晖；第14章，刘圣春。全书由刘圣春、宁静红统稿、审改。

在本书编写过程中，刘晓红、吴利平、高珊（中国制冷空调工业协会）、郝影（天津市环境监测中心）、饶志明、宋力钊、刘江彬、李叶、霍岩、刘敬坤、杨旭凯、孙志利、李兰、朱春元、曾凡星（天津商业大学）参与了资料搜集整理工作，对他们为本书付出的辛苦表示感谢。

本书为能源与动力工程专业本科生教材，同时可作为从事能源行业的管理

人员和技术人员的参考书，也可作为能源管理职业培训的参考教材。

编写人员在本书的编写和修订过程中参阅了已有的大量文献，这些文献尽量在本书的参考文献中全部列举，并对这些文献作者付出的劳动及其对本书的支持和帮助表示感谢！

限于编者水平，书中难免有欠妥之处，诚恳欢迎读者予以批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 回归自然与可持续发展	1
1.2 节约能源	2
参考文献	7
第2章 能源与环境	8
2.1 人类社会生存发展所面临的危机	8
2.2 能源形势	11
2.3 环境与能源	18
2.4 能源规划与环境影响评价	25
参考文献	26
第3章 能源管理行业的基本知识	27
3.1 工程热力学基础知识	27
3.2 传热学基础知识	34
3.3 流体力学基础知识	39
3.4 燃烧学基础知识	46
3.5 电工学基础知识	49
参考文献	53
第4章 工业余热、热泵技术及 凝结水回收	54
4.1 工业余热的回收及利用	54
4.2 热泵技术	58
4.3 凝结水的回收	70
参考文献	73
第5章 各个行业系统节能分析	75
5.1 企业用电系统节能分析	75
5.2 照明系统节能分析	83
5.3 工业锅炉系统节能分析	88
5.4 供暖系统节能分析	95
5.5 公共建筑节能分析	100
参考文献	111
第6章 新能源技术	112
6.1 新能源技术简介	112
6.2 中国能源战略及新能源发展趋势 展望	117
参考文献	124

第7章 节能管理、规划和清洁生产	125
7.1 节能管理	125
7.2 节能规划	129
7.3 清洁生产	135
参考文献	140
第8章 清洁发展机制	141
8.1 清洁发展机制在《京都议定书》的 首次提出	141
8.2 清洁发展机制概述	142
8.3 中国实施清洁发展机制的现状与 意义	147
8.4 碳交易	152
参考文献	156
第9章 企业能源审计	157
9.1 能源审计的定义及发展	157
9.2 能源审计的作用和分类	160
9.3 能源审计的原理、方法和程序	162
9.4 能源审计的内容	165
9.5 能源审计依据的法律法规和标准	169
9.6 能源审计报告的编写	172
参考文献	174
第10章 能源的科学计量与能源 节约	175
10.1 能源计量基础	175
10.2 能源计量在工业企业中对科学用能 的作用	175
10.3 我国企业的能源计量现状	177
10.4 能源计量的任务及应采取的措施	180
参考文献	184
第11章 企业能源利用状况报告 填报	185
11.1 企业填报的法律依据	185
11.2 报送能源利用状况报告的意义	185
11.3 报告填报的内容	185
第12章 合同能源管理	201
12.1 合同能源管理的定义及概况	201

12.2 合同能源管理项目运作中的问题	202	13.4 我国制冷空调的能效标准	229
12.3 合同能源管理的现状与发展趋势	206	参考文献	241
12.4 合同范本	210	第 14 章 能源管理基础题库	242
参考文献	219	14.1 节能减排技术	242
第 13 章 能源效率与能源标识	221	14.2 新能源技术	246
13.1 基本知识	221	14.3 清洁生产	247
13.2 我国的能源效率与能源政策	225	14.4 能源审计与计量	248
13.3 我国能效标识的理念与发展	228	14.5 合同能源管理	249

第1章 绪 论

1.1 回归自然与可持续发展

1.1.1 人与自然

随着科学技术的发展,人类在创造巨大财富的同时,也制造了日益严重的环境污染,使地球环境不断偏离其原来的状态。回归自然,是环境治理的最终目标。

在世界范围内,一些数据足以说明,人类正以过量消耗资源来换取文明的进步。为了满足人类对食物、淡水、木材、燃料的需要,在过去的60年中,被人类开垦为农田的土地比18世纪和19世纪的总和还要多。地球陆地表面24%的面积已经被人类开垦为耕地。过度采伐森林可能导致疟疾和霍乱肆虐危险的增加,并有可能引发不知名的疾病。过去40年中,人类从河湖中汲取的水量比过去翻了一番。人类现今消耗的地表水约占所有可利用淡水总和的40%~50%。至少1/4的渔业储备已被人类过度捕杀。一些地区的捕鱼量已经不到大规模工业捕鱼开始前的1%。1980年以来,全世界35%的红树林、20%的珊瑚礁已经不复存在,另有20%的珊瑚礁遭到严重破坏。从工业化到今天,人类已耗尽2/3的世界资源。

恩格斯在《自然辩证法》中说过:“我们不要过分陶醉于我们对自然界的胜利。对于每一次这样的胜利,自然界都报复了我们。”人类在享受生产力巨大发展所带来的丰厚回报的同时,也遭到了自然界的无情报复。直到20世纪60年代,全球才开始了对人与自然关系的探讨。1962年,Rachel Carson的《寂静的春天》,犹如旷野中的一声呐喊,用它深切的感受、全面的研究和雄辩的论点改变了历史的进程,揭开了全世界对人与自然共同生存问题的大思考;1972年3月12日,D. L. Meadacscandal执笔为“罗马俱乐部”发表了其第一份研究报告——《增长的极限》,为了人类社会美好的未来,我们再也不能为所欲为地向自然界贪婪地索取,恣意地掠夺。因为,“我们不只是继承了父辈的地球,而是借用了子孙的地球”——这句话寓意深刻,《联合国环境方案》曾用这句话来告诫世人。1972年6月5日在瑞典斯德哥尔摩召开的联合国人类环境会议(United Nations Conference on the Human Environment),是世界环境保护运动史上一个重要的里程碑。它是国际社会就环境问题召开的第一次世界性会议,标志着全人类对环境问题的觉醒。1981年,当代科学家、思想家莱斯特·布朗在他影响深远的著作《建设一个可持续发展的社会》的扉页上,呼吁人类社会采取有效措施,努力稳定全球人口规模,保护自然资源,开发和利用可再生资源,自觉地改变价值观念,努力探索一条人与自然协调发展的新路,建设一个可持续发展的社会。1987年,挪威首相布伦特兰夫人向联合国环境发展大会提交的报告——《我们共同的未来》开始对可持续发展有了明确定义。

1.1.2 可持续发展

可持续发展是指既满足现代人的需求,又不损害后代人满足其需求的能力。换句话说,

就是指经济、社会、资源和环境保护协调发展。它们是一个密不可分的系统，既要达到发展经济的目的，又要保护好人类赖以生存的大气、淡水、海洋、土地和森林等自然资源和环境，使子孙后代能够永续发展和安居乐业。可持续发展与环境保护既有联系，又不等同。环境保护是可持续发展的重要方面。可持续发展的核心是发展，但要求在严格控制人口数量、提高人口素质和保护环境、资源永续利用的前提下进行经济和社会的发展。

可持续发展的内涵包括以下三个方面：

(1) 可持续发展的公平性 (Fairness) 内涵 “人类需求和欲望的满足是发展的主要目标”。然而，在人类需求方面存在很多不公平因素。可持续发展的公平性涵义是：一是本代人的公平。可持续发展要满足全体人民的基本需求和给全体人民机会以满足他们要求较好生活的愿望。二是代际间的公平。这一代不要为自己的发展与需求而损害人类世代代以公平利用自然资源的权利。三是公平分配有限资源。而目前的现实是，占全球人口 26% 的发达国家，消耗的能源、钢铁和纸张等都占全球的 80% 以上。

(2) 可持续发展的持续性 (Sustainability) 内涵 布伦特兰夫人在论述可持续发展“需求”内涵的同时，还论述了可持续发展的限制因素。“可持续发展不应损害支持地球生命的自然系统：大气、水、土壤、生物”，持续性原则的核心是人类的经济和社会发展不能超越资源与环境的承载能力。

(3) 可持续发展的共同性 (Common) 内涵 可持续发展作为全球发展的总目标，所体现的公平性和持续性原则是共同的。并且，实现这一总目标，必须采取全球共同的联合行动。布伦特兰夫人在《我们共同的未来》的前言中写道：“今天我们最紧迫的任务也许是要说服各国认识回到多边主义的必要性”，“进一步发展的共同的认识和共同的责任感，是这个分裂的世界十分需要的”。

1.2 节约能源

《荀子·富国篇》中有：“百姓时和，事业得序者，货之源也；等赋府库者，货之流也。故明主必谨养其和，节其流，开其源，而时斟酌焉。”

“故明主必谨养其（指节气）和，节其流，开其源，而时斟酌焉，潢然（指普遍）使天下必有余，而上不忧不足。如是，则上下俱富，交无（指都没有）所藏之（指财货之多，藏不下了），是知国计之极也”。这是最懂得富国的道理与方法了。“开源节流”成语就出自这里。

节能是我国经济社会发展的一项长远战略方针，也是当前一项极为紧迫的任务。节约资源是我国的基本国策；节约与开发并举，把节约放在首位是我国的能源发展战略。

1.2.1 节能工作存在的主要问题

1) 对节能重要性缺乏足够的认识，节能优先的方针没有落到实处。在发展思路上存在重开发、轻节约，重速度、轻效益的倾向，把节能仅仅作为缓解能源供需矛盾的权宜之计；对节能在转变经济增长方式、实施可持续发展战略中的重要地位以及政府在节能管理中的重要作用缺乏足够的认识；在宏观政策的各个方面节能优先的方针还没有充分体现；节能还没有成为绝大多数企业和全体公民的自觉行动。

2) 节能法律法规不完善。我国于1998年颁布实施了《节约能源法》，但有法不依，执法不严的现象严重，配套法规不完善，操作性上有待改进。能效标准制定工作滞后，大部分工业用能设备（产品）没有能效标准。

3) 缺乏有效的节能激励政策。国内外实践表明，节能在很多方面属于市场失灵的领域，需要政府宏观调控和引导。目前，在财税政策上对节能改造、节能设备研制和应用以及节能奖励等方面，支持的力度不够，没有建立有效的节能激励机制。

4) 尚未建立适应市场经济体制要求的节能新机制。在计划经济体制下形成的节能管理体系已不适应新形势的要求。国外普遍采用的综合资源规划、电力需求管理、合同能源管理、能效标识管理、自愿协议等节能新机制，在我国还没有广泛推行，有的还处于试点和探索阶段。供热体制改革滞后，受各种因素影响贯彻落实难度较大。

5) 节能技术开发和推广应用不够。节能必须依靠技术进步，改革开放以来，我国开发、示范（引进）和推广了一大批节能新技术、新工艺和新设备，节能技术水平有了很大提高。但从总体上看，对节能技术开发投入不足，创新能力弱，先进适用的节能技术，特别是一些有重大带动作用的共性和关键技术开发不够。同时，由于缺乏鼓励节能技术推广的政策和机制，多数企业融资困难，节能技术推广应用难。

6) 节能监管和服务机构能力建设滞后。目前，全国共有节能监测（技术服务）中心300多个，绝大部分受政府委托开展节能执法监督和监测。但总体上看，多数节能监测（技术服务）机构能力建设滞后，监测装备落后，信息缺乏，人才短缺，整体实力不强。能源统计体系不完善、节能信息不畅，难以适应节能工作的需要。

1.2.2 节能工作面临的形势和任务

党的十六大提出，到2020年，我国将实现全面建设小康社会的目标。随着人口增加、工业化和城镇化进程的加快，特别是重化工业和交通运输的快速发展，能源需求量将大幅度上升，经济发展面临的能源约束矛盾和能源使用带来的环境污染问题会更加突出。

1. 能源约束矛盾突出

为实现GDP到2020年比2000年翻两番的目标，我国钢铁、有色金属、石化、化工、水泥等高耗能重化工业将加速发展；随着生活水平的提高，消费结构升级，汽车和家用电器大量进入家庭；城镇化进程加快，建筑和生活用能大幅度上升。如按近三年能源消费增长趋势发展，到2020年，能源需求量将高于40亿tec（1tec=29.3076GJ）。如此巨大的需求，在煤炭、石油和电力供应以及能源安全等方面都会带来严重的问题。按照能源中长期发展规划，在充分考虑节能因素的情况下，到2020年，能源消费总量需要30亿tec。要满足这一需求，无论是增加国内能源供应还是利用国外资源，都面临着巨大的压力。能源基础设施建设投资大、周期长，还面临水资源和交通运输制约等一系列问题。能源需求的快速增长对能源资源的可供量、承载能力，以及国家能源安全提出严峻挑战。

2. 环境问题加剧

我国是少数以煤为主要能源的国家，也是世界上最大的煤炭消费国，煤烟型污染已相当严重。随着机动车的快速增长，大城市大气污染已由煤烟型污染向煤烟、机动车尾气混合型污染发展。粗放型使用能源，对环境造成了严重破坏。虽然到2020年我国能源结构将继续改善，煤炭消费比例将有所下降，但煤炭消费总量仍将大幅度增加，经济发展将面临巨大的

环境压力。

能源是战略资源，是全面建设小康社会的重要物质基础。解决能源约束问题，一方面要开源，加大国内勘探开发力度，加快工程建设，充分利用国外资源。另一方面，必须坚持节约优先，走一条跨越式节能的道路。节能是缓解能源约束矛盾的现实选择，是解决能源环境问题的根本措施，是提高经济增长质量和效益的重要途径，是增强企业竞争力的必然要求。不下大力节约能源，难以支持国民经济持续快速协调健康发展；不走跨越式节能的道路，新型工业化难以实现。必须从战略高度充分认识节能的重要性，树立忧患意识，增强危机感和责任感，大力节能降耗，提高能源利用效率，加快建设节能型社会，为保障到 2020 年实现全面建设小康社会目标作贡献。

1.2.3 节能的重点工业领域（“十二五”节能环保产业发展规划）

1. 节能产业重点领域

（1）节能技术和装备

1) 锅炉窑炉。加快开发工业锅炉燃烧自动调节控制技术装备；推进燃油、燃气工业锅炉、窑炉蓄热式燃烧技术装备产业化；加快推广等离子点火、富氧/全氧燃烧等高效煤粉燃烧技术和装备，以及大型流化床等高效节能锅炉。大力推广多喷嘴对置式水煤浆气化、粉煤加压气化、非熔渣-熔渣水煤浆分级气化等先进煤气化技术和装备，推动煤炭的高效清洁利用。

2) 电动机及拖动设备。示范推广稀土永磁无铁心电动机、电动机用铸铜转子技术等高效节能电动机技术和设备；大力推广能效等级为一级和二级的中小型三相异步电动机、通风机、水泵、空气压缩机以及变频调速等技术和设备，提高电机系统整体运行效率。

3) 余热余压利用设备。完善推广余热发电关键技术和设备；示范推广低热值煤气燃气轮机、烧结及炼钢烟气干法余热回收利用、乏汽与凝结水闭式回收、螺杆膨胀动力驱动、基于吸收式换热的集中供热等技术和设备；大力推广高效换热器、蓄能器、冷凝器、干法熄焦等设备。

4) 节能仪器设备。加快研发和应用快速准确的便携式或车载式能效检测设备，大力推广在线能源计量、检测技术和设备。

（2）节能产品

1) 家用电器与办公设备。加快研发空调、冰箱等高效压缩机及驱动控制器、高效换热及相变储能装置，以及各类家电智能控制节能技术和待机能耗技术；重点攻克空调制冷剂替代技术、二氧化碳热泵技术；推广能效等级为一级和二级的节能家用电器、办公和商用设备。

2) 高效照明产品。加快半导体照明（LED、OLED）研发，重点是金属有机源化学气相沉积设备（MOCVD）、高纯金属有机化合物（MO 源）、大尺寸衬底及外延、大功率芯片与器件、LED 背光及智能化控制等关键设备、核心材料和共性关键技术，示范应用半导体通用照明产品，加快推广低汞型高效照明产品。

3) 节能汽车。加快研发和示范具有自主知识产权的汽油直喷、涡轮增压等先进发动机节能技术，以及双离合式自动变速器（DCT）等多档化高效自动变速器等节能减排技术，新型车辆动力蓄电池和新型混合动力汽车机电耦合动力系统、车用动力系统和发电设备等技术

装备；推广采用各类节能技术实现的节能汽车；大力推广节能型牵引车和挂车。

4) 新型节能建材。重点发展适用于不同气候条件的新型高效节能墙体材料以及保温隔热防火材料、复合保温砌块、轻质复合保温板材、光伏一体化建筑用玻璃幕墙等新型墙体材料；大力推广节能建筑门窗、隔热和安全性能高的节能膜和屋面防水保温系统、预拌混凝土和预拌砂浆。

(3) 节能服务 大力发展以合同能源管理为主要模式的节能服务业，不断提升节能服务公司的技术集成和融资能力。鼓励大型重点用能单位利用自身技术优势和管理经验，组建专业化节能服务公司；推动节能服务公司通过兼并、联合、重组等方式，实行规模化、品牌化、网络化经营。鼓励节能服务公司加强技术研发、服务创新和人才培养，不断提高综合实力和市场竞争力。

2. 环保产业重点领域

(1) 环保技术和装备

1) 污水处理。重点攻克膜处理、新型生物脱氮、重金属废水污染防治、高浓度难降解有机工业废水深度处理技术；重点示范污泥生物法消减、移动式应急水处理设备、水生态修复技术与装备。推广污水处理厂高效节能曝气、升级改造，农村水源污染治理，污泥处理处置等技术与装备。

2) 垃圾处理。研发渗滤液处理技术与装备，示范推广大型焚烧发电及烟气净化系统、中小型焚烧炉高效处理技术、大型填埋场沼气回收及发电技术和装备，大力推广生活垃圾预处理技术装备。

3) 大气污染控制。研发推广重点行业烟气脱硝、汽车尾气高效催化转化及工业有机废气治理等技术与装备；示范推广非电行业烟气脱硫技术与装备；改造提升现有燃煤电厂、大中型工业锅炉窑炉烟气脱硫技术与装备；加快先进袋式除尘器、电袋复合式除尘技术及细微粉尘控制技术的示范应用。

4) 危险废物与土壤污染治理。加快研发重金属、危险化学品、持久性有机污染物、放射源等污染土壤的治理技术与装备。推广安全有效的危险废物和医疗废物处理处置技术和装置。

5) 监测设备。加快大型实验室通用分析、快速准确的便携式或车载式应急环境监测、污染源烟气、工业有机污染物和重金属污染在线连续监测技术设备的开发和应用。

(2) 环保产品

1) 环保材料。重点研发与示范膜材料和膜组件、高性能防渗材料、布袋除尘器高端纤维滤料和配件等；推广离子交换树脂、生物滤料及填料、高效活性炭等。

2) 环保药剂。重点研发和示范有机合成高分子絮凝剂、微生物絮凝剂、脱硝催化剂及其载体、高性能脱硫剂等；推广循环冷却水处理药剂、杀菌灭藻剂、水处理消毒剂、固废处理固化剂和稳定剂等。

(3) 环保服务 以城镇污水垃圾处理、火电厂烟气脱硫脱硝、危险废物及医疗废物处理处置为重点，推进环境保护设施建设和运营的专业化、市场化、社会化进程。大力发展环境投融资、清洁生产审核、认证评估、环境保险、环境法律诉讼和教育培训等环保服务体系，探索新兴服务模式。

1.2.4 能源问题不要弄成最后一盒火柴

宇宙中是不缺乏能源的,太阳发射的功率为 $3.8 \times 10^{28} \text{ kW}$,到地球大气上界为 $1.7 \times 10^{14} \text{ kW}$,太阳常数为 1.3 kW/m^2 ,在可预见的未来不会有所改变。地球得到太阳辐射的十万亿分之一,绝大部又反射到了太空。我们使用的化石燃料,是地球几十亿年一点点积累下来的,人们只不过大力开发了一百来年,现在已经到了捉襟见肘的状态。在遥远的土星、木星,并不像地球主要是由岩石、岩浆组成的,由于巨大的引力和低温,甲烷或单质氢是主要的组成,土星卫星的河流、湖泊或海洋流动的不是水,而是乙烷。那里的氢、甲烷或乙烷放在地球上都是宝贵的能源,只是太遥远了,“远水不解近渴”。

地球上的化石燃料成为当前并且是今后一段时间的主要能源。从上世纪七十年代以来,石油从几个美元一桶飙升到近一百五十美元一桶。问题在哪里,经济学家和政治家们众说纷纭。有的说是石油短缺的结果,有的说是商业投机的结果。其实,短缺和投机是一对孪生兄弟。那些很容易得到的东西,没人会去投机炒作。现在的石油也可以说是结构性短缺,每天的产量比以前并不减少,但用的人多了。现在发展中国家的平民百姓都可以开汽车,石油的供需关系变成求大于供,价格必然上升。

石油需求量大增致使石油资源日渐枯竭,空气污染也随之越来越严重。人们自然把目光转到了开发新能源或非化石能源上来。表面看起来轰轰烈烈,但这里又孕育着新的危机。开发新的能源需要用现有能源,能源的开发,要投入现有的能源为代价,这是必然的,但投入多少,要进行效益分析,也就是能量的投入产出比是否合算。如果这个投入产出比较大,就可以很快过渡到常规能源与新能源共同利用的时代,如果投入产出比不大,新能源没有起到实质性的作用,反而加速了传统能源的消耗,是得不偿失的。现在地下储藏的煤、石油和天然气,就像童话中所说的“最后一盒火柴”,弄不好人们会在各种幻想中将这盒火柴提前耗尽。

1) 太阳能发电。光电池受到人们的青睐后,那些具有标志性的建筑物一旦蒙上了光电池,就成为“零能耗”或“零排放”建筑。岂不知那些光电池在生产中已经消耗了大量的能源,基本上都是化石能源。严格来说,现阶段的光电池不能称为能源,它仅仅是储能装置。它消耗了生产中的化石能量,在将来有限的寿命中用太阳光再转换出来。现在发达国家,主要是日本和德国,大量购买全世界的光电池,实际上他们间接购买了其他国家(当然也包括中国)的化石燃料。显而易见的是,如果人们决定有10%的电来自太阳能电池,必须多投入10%的常规能源用于生产光电池,为了这些表面上的“零排放”,人们已经点亮第一根火柴。

2) 粮食造酒精技术。目前全球发展燃料乙醇最先进的是美国和巴西。这两个国家都是粮食生产大国,美国将1/3的玉米用于生产燃料乙醇,因为3.3t玉米可以生产1t燃料乙醇。而同样生产1t燃料乙醇,甘蔗需要17t、薯类需要7.5t、甜高粱和秸秆做原料分别需要4t和10t。随着全球对燃料乙醇的需求量不断增加,粮食问题逐渐显现出来。

这项技术的发展,使世界的粮食价格飙升,原本可无偿或廉价提供给贫困国家的粮食,被截流制造燃料,增加了数千万饥民。难怪联合国粮食署的官员说,用粮食制造燃料酒精是“反人类罪”。用粮食转化为燃料,只是看见了在能量上的转化。这个转化不会是1:1的,要排放大量的废热,其结果是最多可能用10kg的化石燃料用于生产3.3kg的玉米,再转化

为1kg的酒精,其热值基本相当于1kg的化石燃料,化石能量的实际效率是10%;另一方面,应知道粮食不仅仅是能量,还是维持生命的“负熵”,这个负熵变为燃料后便不存在了。如果粮食短缺,化石燃料不能代替粮食,酒精也不能代替粮食。因为酒精、煤或石油里是不含有人或动物所需要的“负熵”的。所以,用粮食造酒精,是人们点燃的第二根火柴。

3) 氢能也是二次能源。近年来,氢发动机、氢燃料电池、储氢技术的研究非常火爆。氢能的确非常清洁,燃烧产物是水。但是地球上没有自然状态的氢,现在有的人在宣传“氢经济”、迎接“氢时代”,但氢在哪里?由于氢的短缺,又造成了制氢的热门,生物制氢、太阳能制氢是其中最具宣传力的话题。目前,这些制氢方式转换效率极低,氢能的未来前景暗淡,其原因在于氢能是高能,它所含有的做功能力,必然是其他能源的做功能力转化而来。地球上如果出现能源短缺,如果是高能短缺,靠低能转化为高能是可能的,但是并不会解决大问题。由于氢物质的特殊性能,氢能的转换和储存的代价是巨大的,只能在必要时才可用氢这个二次能源。幻想进入“氢时代”,人们正在划亮第三根火柴。

4) 煤制油也是很具有吸引力的技术,我国的煤制油已经到了工程运转阶段,据说用4t煤才能制1t油,热能转换率在50%~60%左右,每生产1t油,要消耗10~12t水来排放废热和废料。我国虽然煤矿相对丰富,也没有富到了可以用4t煤换1t油的程度,只能说我国石油资源短缺,万一发生战争石油进口受阻,只能靠煤制取燃油,在战略上有意。如果用人工方法非要将煤矿变为石油,除去要遵循能量守恒的原理外,还要受熵增原理即热力学第二定律的限制,要排放大量的废热。煤变油的当量不会是1:1,除了向低温热源排热外,还要排放污染物,为了转移污染物,还要消耗额外的能量和大量的水资源。环境污染的代价是不可低估的。随着国际油价的飙升,国际煤价也在迅速上升,用煤制油到底有没有经济效益,结果不好确定。但如果这个项目还要继续扩大规模,第四根火柴很快就点燃了。

总之未来的能源开发,包括新能源的开发前景并不乐观,许多技术的出现,并没有减缓能源危机,反而加剧了常规能源的消耗。不作深刻反思,人们手中这一盒火柴,很快就会用光。

要寻找能源代价小的新能源。太阳能热转换用于生活热水或供暖,可以节约大量的电能或常规燃料,生产太阳能集热器的能量消耗有限,是个合算的方式。风力发电在风场性能优良的地方也是合算的;此外,在农村大量的秸秆通过转化为沼气或集中造气等,都可节约大量的常规能源。

加强“节流”即节约能源是上上策。能量虽然不会有中变无,但能量的做功能力会不断地降级,最终变为废热不可再用。

参 考 文 献

- [1] 刘圣春. 超临界 CO₂ 流体特性及跨临界循环系统的研究 [D]. 天津: 天津大学, 2006.
- [2] 谢朝阳. 浅议中小企业的可持续发展对策 [J]. 中国集体经济, 2009 (1): 46-47.
- [3] 康富贵. 新世纪海河流域水利必须以可持续发展理论为战略指导 [EB/OL]. (2006-02-23) [2013-03-20]. <http://www.studa.net/shuili/060221/08374149.html>.
- [4] 马娟. 国家发改委: 节能中长期专项规划. [EB/OL]. (2004-11-25) [2013-03-20] http://news.xinhuanet.com/zhengfu/2004-11/25/content_2260885.htm.
- [5] 国务院. 国务院关于印发“十二五”节能环保产业发展规划的通知 [EB/OL]. (2012-06-29) [2013-03-20]. http://www.gov.cn/zwzk/2012-06/29/content_2172913.htm.

第2章 能源与环境

2.1 人类社会生存发展所面临的危机

一个由各学科专家组成的研究小组为地球做了一次“全身”检查。他们发现，由于人类活动，地球正面临着九大危机。通过分析大量数据，他们竭尽全力设定地球所能承受的这九大危机的安全界限。

2.1.1 化学污染

安全界限：尚未认定。

科学诊断：未知。

据统计，目前地球上人造的化学物质接近 10 万种。用这些人造的化学物质能够生产上百万种产品。而在生产的同时，又会得到一些额外的副产品。界定化学物质的安全界限意义重大。但是，如何界定还是个难题。人们对化学物质的主要担忧源自它们对人体和野生动物健康的影响。其中人们最为关注的是那些如铅之类的有毒重金属、积累在人体组织中的有机污染物以及放射性化合物等。目前，有些有毒化学物质已经得到控制。但是，其他大部分化学物质的影响尚未得到评估。而且一些温和的化学物质也可能组合起来产生大于其单独使用时的毒性。

2.1.2 土地匮乏

安全界限： $\leq 15\%$ 的无结冰土地被用于农业种植。

目前水平： 12% 的无结冰土地被用于农业种植。

科学诊断：21 世纪中期将达到安全界限。

农业的拓展速度继续加快，人们已经开始征用热带雨林作为农业用地。目前，世界上过半的热带雨林已经消失。草原原本是野生动物活动的天堂，现在却被人类圈养的牲畜占据。罗克斯特罗姆分析认为，农业扩张会使地球生态系统丧失服务功能，加剧气候变化，并改变淡水循环。

2.1.3 气候变暖

安全界限：大气中的二氧化碳含量 $\leq 350 \times 10^{-6}$ 。

工业革命前期水平：二氧化碳含量 280×10^{-6} 。

目前水平：二氧化碳含量 387×10^{-6} 。

科学诊断：已经超过安全界限。

全球气候变暖是近年来讨论最多的话题。大量历史证据显示，大气中不断增多的二氧化碳温暖了地球。研究小组给出的答案是，过量二氧化碳带来的影响不是瞬间的，而是长远的。研究小组解释说，由二氧化碳直接造成的每 1°C 升温都被其他反馈作用所增强。海冰消

融后暴露出深色海洋，这意味着地球将吸收更多的太阳热量。温度越高，水蒸发越快，因此大气中的水蒸气含量增加，这是另一种潜在的大气保温气体。这些反馈作用带来的负面效应正是研究人员最为担心的。他们警戒世人，由二氧化碳造成气温上升 1°C ，会通过反馈作用最终使气温升高约 3°C 。

另外，地球升温可能带来更恶劣的影响。一些气候学家强调，气候变暖还有其他缓慢的反馈作用。例如，暖和的大气最终会打破二氧化碳和甲烷固有的稳定状态。据此推理，假如二氧化碳造成气温上升 1°C ，则最终的结果是气温升高 6°C 。

2.1.4 气溶胶“超载”

安全界限：尚未认定。

科学诊断：未知。

人类活动搅乱了地球的生态平衡，在燃烧煤炭、粪肥、森林和废弃农作物时产生灰尘，使得大气中的烟尘、硫酸和其他微粒含量增加。自工业革命以来，地球上的气溶胶浓度已经增加了两倍以上。这些气溶胶不仅影响气候，还会对人类健康构成威胁。气溶胶的影响是多变的。比如：一些硫酸盐之类的气溶胶反射阳光，会造成大气降温；一些烟灰之类的气溶胶吸收阳光和再辐射热量，会造成大气升温。地球如何平衡这些变数，目前尚未明朗。气溶胶还在其他方面影响气候。例如，横贯南亚和东亚上空的几乎永恒不散的褐色烟霾是一个迫切需要研究的课题。因为科学家发现，它可能影响季风到来的时间和地点。如果气溶胶落在农田上，会减少农作物产量，而且还会导致数百万人死于肺病和心脏病。

2.1.5 淡水枯竭

安全界限：每年消耗淡水 $\leq 4000\text{km}^3$ 。

目前水平：每年消耗淡水 2600km^3 。

科学诊断：到21世纪中期接近安全界限。

人类操控世界上的多条河流。因为修筑大坝，许多条河流终结了生命。人类的行为已经导致许多湿地干涸。

另外，水资源的过度消耗也在威胁着人类的生存。比如，饮用水短缺、农业灌溉缺水以及全球气候变化。50年来，中亚地区河流上的大坝已使咸海干涸。没有了咸海对气候的调节作用，整个中亚地区夏季更加炎热，冬季更加寒冷，土地一年四季面临干旱。

因为河流干涸，人们不得不抽取宝贵的地下水。一些人还在毁灭森林，破坏自然界的水循环。比如，亚马孙热带雨林的减少，将降低南美洲热带地区水的蒸发速度，甚至有可能改变包括亚洲季风在内的北半球气候模式。

目前，每年淡水消耗量大约为 2600km^3 。但是，我们不能掉以轻心，挥霍水资源。随着人口的增加，水资源只会越来越匮乏。为此，我们必须节约地球上的每一滴水。

2.1.6 物种灭绝

安全界限：每年物种灭绝率 $\leq 0.01\%$ 。

目前水平：每年物种灭绝率至少 0.1% 。

科学诊断：远远超过安全界限。