

新能源关键技术剖析

及其在“一带一路”倡议下的 发展前景探究

冉净斐◎著

湖南师范大学出版社

新能源关键技术剖析

及其在“一带一路”倡议下的 发展前景探究

冉净斐◎著



湖南师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

新能源关键技术剖析及其在“一带一路”倡议下的发展前景探究 / 冉净斐著. —长沙: 湖南师范大学出版社, 2017. 12

ISBN 978-7-5648-3086-1

I. ①新… II. ①冉… III. ①新能源—技术—研究—中国 IV. ①TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 321845 号

新能源关键技术剖析及其在“一带一路”倡议下的发展前景探究
XINNENGYUAN GUANJIAN JISHU POUXI JIQI ZAI“YIDAIYILU”
CHANGYIXIA DE FAZHAN QIANJING TANJIU

冉净斐 著

◇责任编辑:王继伟 黄 林

◇责任校对:顾 伟

◇出版发行:湖南师范大学出版社

地址/长沙市岳麓山 邮编/410081

电话/0731-88872751

◇经销:湖南省新华书店

◇印刷:北京亚吉飞数码科技有限公司

◇开本:710 mm×1000 mm 1/16

◇印张:18.25

◇字数:237 千字

◇版次:2018 年 5 月第 1 版 2018 年 5 月第 1 次印刷

◇书号:ISBN 978-7-5648-3086-1

◇定价:64.00 元

前 言

能源、材料、信息和生物技术是现代文明的四大支柱。能源是人类生存及发展的物质基础,也是人类从事各种经济活动的原动力。新能源包括太阳能、氢能、核能、生物质能、风能、海洋能和地热能等。

风能是太阳热辐射引起的大气流动的动能,是可再生的清洁能源。风力发电是风能利用的主要领域。

太阳能是取之不尽、用之不竭的可再生清洁能源,人类通过光热转换技术、光电转换技术和光化学转化技术实现了热发电、蓄热、光伏发电和光化学发电等。目前太阳能的开发还存在转换效率、成本和使用寿命等系列问题。

生物质能是绿色能源,科学家们预计它将成为未来可持续新能源系统的重要组成部分。生物质气化技术、生物质液化技术、生物质固化技术和生物质发电技术等的应用是世界各国的研究热点。

地热能、海洋能和可燃冰都是巨大的能源。积极开发,科学研究,提供开发技术,是实现可持续发展的需要。

人类生活的地球面临着不可回避的压力:人口迅速增长和人类生活质量不断提高;能源需求的大幅增加与化石能源的日益减少;各种能源形式的开发应用和生态环境门槛的提升。时代呼吁新能源技术的高速发展。

“一带一路”构想的提出,从政治经济、军事外交等视角明确了我国未来发展的战略方向。“一带一路”倡议与我国能源安全有着密切联系。能源合作是“一带一路”倡议的核心,在这个过程

中,国家之间的利益博弈、能源产业的外部性与内部性问题以及能源法律体系存在的缺陷,是我国能源发展面临的严峻挑战。基于“一带一路”破解我国能源发展难题,需要正确处理我国与大国之间的地缘政治关系,加强大国及区域能源合作,并且要调整能源利用战略,促进能源利用外部性和内部性合理,同时要健全、完善能源法律体系。

“一带一路”的互联互通项目将推动中国与中亚各国发展战略的对接与耦合、发掘区域内市场的潜力、促进投资和消费、创造需求和就业。在道路、通信等基础设施得到明显改善的情况下,中亚的能源输出将会变得更加通畅,工业水平将会大大提高,社会总财富将会大量增加,人们的收入将会出现大幅增长。

全书共分为7章,主要内容包括:新能源技术概论,风能利用关键技术剖析,太阳能利用关键技术剖析,生物质能利用关键技术剖析,其他新型能源及其关键利用技术剖析,新能源汽车电池技术剖析,“一带一路”倡议下新能源技术发展前景探究。

由于时间仓促,作者水平有限,本书难免存在错误、疏漏之处,恳请广大读者批评指正,不吝赐教。

作 者

2017年9月

目 录

第 1 章 新能源技术概论	1
1.1 能源及其开发利用概述	1
1.2 新能源及其地位与作用	14
1.3 新能源技术的分类	19
1.4 新能源技术的发展现状及未来趋势	22
第 2 章 风能利用关键技术剖析	27
2.1 风能及其利用技术概论	27
2.2 风力发电关键技术剖析	38
2.3 风力提水技术剖析	58
2.4 风力致热技术剖析	66
2.5 我国风电技术研发的最新进展	69
第 3 章 太阳能利用关键技术剖析	76
3.1 太阳能及其利用技术概论	76
3.2 太阳能光热转换技术剖析	83
3.3 太阳能光热发电技术剖析	100
3.4 太阳能光伏发电技术剖析	107
3.5 太阳能-化学能转换技术剖析	124
3.6 太阳能的其他转换技术剖析	130
第 4 章 生物质能利用关键技术剖析	133
4.1 生物质能及其利用技术概论	133

4.2	生物质能转化技术剖析	137
4.3	生物质发电技术剖析	158
第5章	其他新型能源及其关键利用技术剖析	173
5.1	地热能及其关键利用技术剖析	173
5.2	海洋能及其关键利用技术剖析	189
5.3	可燃冰及其关键开采与利用技术剖析	209
5.4	氢能及其关键制备技术剖析	214
第6章	新能源汽车电池技术剖析	222
6.1	电动汽车储能装置概论	222
6.2	蓄电池关键技术剖析	224
6.3	燃料电池关键技术剖析	248
6.4	超级电容器关键技术剖析	257
6.5	飞轮电池关键技术剖析	259
第7章	“一带一路”倡议下新能源技术发展前景探究	261
7.1	“一带一路”新能源建设发展大有可为	261
7.2	“一带一路”倡议下的中欧新能源合作	267
7.3	新能源给“一带一路”绿色发展带来正效应	274
7.4	新能源企业如何走好“一带一路”	276
参考文献		279

第 1 章 新能源技术概论

能源是推动社会发展和经济进步的主要物质基础,它与材料、生物技术、信息技术一起构成了文明社会的四大支柱,能源技术的每次进步都带动了人类社会的发展。随着煤炭、石油、天然气等化石燃料资源的枯竭及生态环境问题的日益严重,新能源必然成为未来人赖以生存发展的主要能源,在人类经济与社会发展中扮演着十分重要的角色。作为本书研究的开端,这里首先简要概述新能源技术的概念、地位、作用、分类、现状及未来发展趋势,为全书的研究奠定基础。

1.1 能源及其开发利用概述

1.1.1 能源的概念界定与分类

1.1.1.1 能源的概念界定

能源是人类生存和社会发展的主要物质基础之一,人类对能源的开发和应用,推动了工业社会和现代文明的发展。我们打开电视欣赏节目,或是打开电灯照明;乘坐火车、飞机旅行,或是乘公交上下班;用空调、冰箱制冷,或是用燃气、煤炭制热;从机电设备运行,到钢铁熔化冶炼;从小型手机充电,到人造卫星升入太空;等等。一句话,人类的活动离不开能源。

能源的定义有许多种。《大英百科全书》定义:“能源是一个包括所有燃料、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。”中国《能源百科全书》定义：“能源是可以直接或经转换提供人类所需的光、热、动力等任一形式能量的载能体资源。”

根据这两个定义可知,能源即能量的来源。所谓能量,广义地说,就是“产生某种效果(变化)的能力”。反过来说,产生某种效果(变化)的过程必然伴随着能量的消耗或转化。科学史观认为:客观世界由物质组成,没有物质的世界是虚无缥缈的;运动是物质的存在形式,没有运动的物质不可能存在于客观世界,能量则是物质运动的度量。也就是说,物质和能量是构成世界的基础。同时,科学史观进一步指出,物质是某种既定的东西,既不能被创造也不能被消灭,作为物质属性的能量同样也不能被创造和消灭。而且,物质和能量是统一的,二者之间的关系可以表示为

$$E=mc^2 \quad (1-1-1)$$

其中, E 为物质释放的能量,单位是焦耳(J); m 为转变为能量的物质的质量,单位是千克(kg); c 为光速,其值为 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。式(1-1-1)由爱因斯坦于1922年得出,它准确地表明了物质和能量之间的转化关系,并且它是一个可逆的过程,其前提就是质量和能量的总和在任何能量的转换过程中都必须保持不变。

综上所述,宇宙间的一切物质都有能量的存在和转化。人类一切活动都与能量及其使用紧密相关。如果说劳动创造了世界,那么这种创造首先就是从能量的使用开始的。

目前,人类所认识的能量形式有六种,分别是机械能、热能、电能、辐射能、化学能、核能。我们通常所说的能源,就是能够直接或经转换而为人类提供这六种能量的自然资源,它包括我们所熟知的煤炭、石油、天然气、水能、风能、核能、太阳能、地热能、海洋能、生物质能等。

1.1.1.2 能源的分类

由于能源形式多样,因此通常有多种不同的分类方法,如表1-1所示,给出了人类常用能源的分类方法。

表 1-1 能源的分类

按状况分	按性质分	按一、二次能源分	
		一次能源	二次能源
常规能源	燃料能源	泥煤(化学能)	煤气(化学能)
			余热(化学能)
		褐煤(化学能)	焦炭(化学能)
		烟煤(化学能)	汽油(化学能)
		无烟煤(化学能)	煤油(化学能)
		石煤(化学能)	柴油(化学能)
		油页岩(化学能)	重油(化学能)
		油砂(化学能)	液化石油气(化学能)
		原油(化学能、机械能)	丙烷(化学能)
		天然气(化学能、机械能)	甲醇(化学能)
		生物燃料(化学能)	酒精(化学能)
		天然气水合物(化学能)	苯胺(化学能)
			火药(化学能)
	非燃料能源	水能(机械能)	电(电能)
			蒸汽(热能、机械能)
			热水(热能)
			余热(热能、机械能)
新能源	燃料能源	核燃料(核能)	沼气(化学能)
			氢(化学能)
	非燃料能源	太阳能(辐射能)	激光(光能)
		风能(机械能)	
		地热能(热能)	
		潮汐能(机械能)	
		海水热能(热能、机械能)	
		海流、波浪动能(机械能)	

接下来,我们将人们在日常生产实践中最常用的能源分类方法及其对应的能源类型概括如下。

(1)根据能量来源,大致可将能源划分为三类:第一类是地球本身蕴藏的能源,如原子核能、地热能等;第二类是来自地球以外天体的能源,如太阳能以及由太阳能转化而来的风能、水能、海洋波浪能、生物质能以及化石能源(如煤炭、石油、天然气等);第三类则是来自月球和太阳等天体对地球的引力,且以月球引力为主,如海洋的潮汐能。

(2)根据是否可再生,可将能源划分为可再生能源和不可再生能源。前者是指在自然界中不断再生并可以持续利用的能源,主要包括太阳能、风能、水能、地热能、生物质能等;后者是指经过亿万年形成的、短期内无法再生的能源,包括原煤、原油、天然气、油页岩、油砂矿、核能、煤层气等。

(3)根据物理形态是否改变,可将能源划分为一次能源和二次能源。前者是指从自然界取得的未经任何改变或转换的自然能源,如原油、原煤、天然气、生物质能、水能、核燃料、太阳能、地热能、潮汐能等;后者是指一次能源经过加工或转换得到的能源,如煤气、焦炭、汽油、煤油、电力、热水、氢能等不同形式的能源。

(4)根据是否进入商品流通环节,可将能源划分为商品能源和非商品能源。前者是指作为商品流通环节并大量消耗的能源,目前主要指煤炭、石油、天然气、电力等常规能源;后者指不经过商品流通环节而自产自用的传统常规能源,如农村的薪柴、秸秆等。

(5)根据能否作为燃料,可将能源划分为燃料型能源和非燃料型能源。其中,燃料型能源包括煤炭、石油、天然气、泥炭、木材等;非燃料型能源包括水能、风能、地热能、海洋能等。

(6)根据对自然环境产生污染的程度,可将能源划分为清洁能源和非清洁能源。对自然环境污染大的能源称为非清洁能源,包括煤炭、石油等;对自然环境无污染或污染小的能源称为清洁能源,包括天然气、水能、太阳能、风能和核能等。当然,这里提到

的无污染以能源相对干净使用为前提。

(7)根据目前的开发与利用状况,可将能源划分为常规能源和新能源两类。到目前为止,已被人们广泛应用,而且使用技术又比较成熟的能源,称为常规能源,如煤炭、石油、天然气、水能及传统生物能等。太阳能、地热能、风能等虽早已被利用,但大规模开发利用的技术还不成熟,广泛应用还有一定的局限性,直到现在才进一步受到人们的普遍重视,其他还有核能、沼气能、氢能、激光和海洋能等,也都是近些年来才被人们所认识和应用,而且在利用技术和方式上都有待改进和完善,这些都可以被称为新能源。

(8)根据形态特征或转换与应用的层次,世界能源委员会推荐将能源分为固体燃料、液体燃料、气体燃料、水能、电能、太阳能、生物能、风能、核能、海洋能和地热能。其中,前三类统称化石燃料或化石能源。

1.1.2 人类对能源的开发利用

回顾人类的发展历史可以发现,能源与人类社会发展之间有着十分密切的关系。大约在几十万年以前,远古人类学会了用火,在过去漫长的岁月里,人类一直以薪柴和动物的粪便等生物质燃料作为主要燃料,燃火用于烧饭、取暖和照明。后来,人类逐渐学会将畜力、风力、水力等自然动力用于生产、生活和交通运输。

煤炭是人类认识较早的能源,大约在 2000 多年以前,人类就知道煤炭可以作为燃料,先秦时期的《山海经》就有关于煤的记载。14 世纪的中国、17 世纪的英国采煤业都已相当发达,但煤炭长期未能在世界能源消费结构中占据主导地位。第一次工业革命后,煤炭取代薪柴成为主要能源,蒸汽机成为生产的主要动力,工业得到迅速发展,劳动生产率有了很大的提高。

石油是人类很早就已经发现的可燃性液体,《汉书·地理志》中就有关于石油的记载,宋代沈括在《梦溪笔谈》中对石油的描述已经比较详细。不过,直到 19 世纪,石油工业才逐渐兴起。1854

年,美国宾夕法尼亚州打出了世界上第一口油井,被认为是现代石油工业的开端。1886年,德国人本茨和戴姆勒发明了汽车,开启了人类大规模使用石油的汽车时代。到了20世纪50年代,美国、中东、北非相继发现了大油田和气田,西方国家很快从以煤为主要能源的阶段转换到以石油和天然气为主要能源的阶段。汽车、飞机、内燃机车、远洋客货轮等迅猛发展,大大缩短了地区之间和国家之间的距离,极大地促进了世界经济的繁荣。

电能的利用是第二次工业革命的主要标志,1881年,美国的爱迪生建成世界上第一个发电站,同时还研制出电灯等实用的用电设备。从此以后,电动机代替了蒸汽机,电灯代替了油灯和蜡烛,电力的应用领域越来越广,发展规模也越来越大,电力成为企业的主要动力,成为生产和生活照明的主要来源,人类社会逐步进入了电气化时代。煤炭、石油、天然气等化石燃料被转换成更加便于输送和利用的电能,进一步推动了工业革命,带来了巨大的技术进步。电器产品、电影、电视等的出现,不但使得社会生产力有了大幅度的增长,而且极大地提高了人们的生活水平和文化水平,从根本上改变了人类社会的面貌。

天然气同样是人类较早认识的能源之一,人类利用天然气已有2000多年的历史,但是世界天然气工业的发展只有不到100年的时间。1930年,美国建成第一条跨州输气管道,天然气开始了跨州贸易。第二次世界大战后,人类开始了对天然气的大规模勘探和生产。相继开发的大气田有苏联的波瓦尼科夫气田、坎甘大气田、欧洲的北海气田等。由于天然气具有燃烧方便、热效率高、对环境污染较小等特性,这使得它的应用日益广泛,在世界一次能源中的比重节节上升。

核能是20世纪40年代之后人类逐步开发利用的能源。1942年美国在芝加哥建立世界上第一座核反应堆,1954年苏联建成世界上第一座核电站,1956年美国的核电站投入运行,核能利用迅速发展起来,在世界能源结构中占据了重要位置。到20世纪90年代,核能发电所提供的电力占全世界发电总量的17%

左右。然而,核能的安全一直是社会各界担忧的焦点。

进入 21 世纪以来,太阳能、风能、海洋能、生物质能等可再生新能源发展迅速,并且逐渐走向成熟和规模化,所占的份额也有望大幅度提高,为人类解决能源和环境问题开辟了新的天地。

总体上看,人类对能源的开发利用大致经历了从薪柴能源到煤炭,到石油(含各种成品),再到天然气的发展历程。近代和现代世界能源发展与利用的趋势是三种能源不断发展和逐渐替代。也就是说,20 世纪 20 年代是利用煤炭的高峰期;70~90 年代是石油接替煤炭的时代;21 世纪初期是液化石油气及天然气逐步替代原油及其他成品油的时期,同时核能、风能、太阳能作为新能源的“主力”,利用率大幅度上升。

1.1.3 常规能源面临的资源枯竭与环境问题

能源与人类的关系非常密切,它既是同人们生活密切相关的重要资源,也是实现国民经济现代化的物质基础。随着世界人口的增加与经济的发展,人类对能源的需求越来越大,然而,很多传统的常规能源,如煤炭、石油、天然气等,其储量都是有限的,迟早会被开发殆尽。加之,煤炭、石油、天然气等常规能源的使用,总是不可避免地给自然环境造成破坏。故而,人类对常规能源的使用,总是无法回避资源枯竭与环境问题。

1.1.3.1 常规能源带来的环境问题

任何一种能源的开发利用都会给环境造成一定的影响,当前的环境问题已经成为影响人类生存和未来发展的全球性重大问题。而且,以化石燃料为代表的常规能源造成的环境问题尤为严重,主要表现在以下几个方面。

(1)大气污染。化石燃料的利用过程会产生一氧化碳(CO)、二氧化硫(SO₂)、氮氧化物(NO_x)等有害气体,不仅导致生态系统的破坏,还会直接损害人体健康。如图 1-1 所示,是工厂大量排

放的废气给大气造成的污染；如图 1-2 所示，则是很多城市中经常出现的雾霾，造成雾霾的根本原因，也是大气污染。严重的大气污染不仅会破坏生态环境、危及人的身体健康，而且也会带来经济损失。在很多国家和地区，因大气污染造成的直接和间接损失已经相当严重，如欧盟每年超过 100 亿美元，我国也高达 120 亿元人民币。

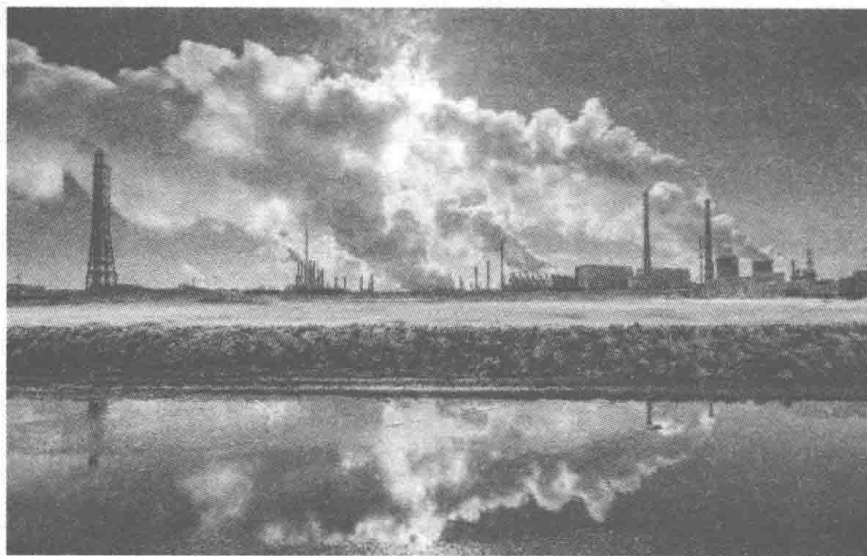


图 1-1 工业废气造成的大气污染



图 1-2 雾霾笼罩的城市

(2) 温室效应。所谓温室效应，即指大气保温效应，也有学者将

其称为“花房效应”，如图 1-3 所示，形象地给出了温室效应的原理示意。大量的实验研究表明，大气中 CO_2 的浓度增加一倍，地球表面的平均温度将上升 $1.5\sim 3.0^\circ\text{C}$ ，在极地则可能会上升 $6.0\sim 8.0^\circ\text{C}$ ，这将促使极地的冰川融化，进而导致海平面上升 $20\sim 140\text{cm}$ ，给沿海的地区和国家带来巨大的经济损失。如图 1-4 所示，是全球化石燃料燃烧的碳排放统计图。历史数据表明，由于大量化石燃料的燃烧，大气中 CO_2 的浓度不断增加，每 100 万大气单位中的 CO_2 含量，在工业革命前为 280 个单位，到 1988 年为 349 个单位，现在还要更高。故而，倡导低碳经济，尽量减少 CO_2 的排放，对人类的发展意义重大。

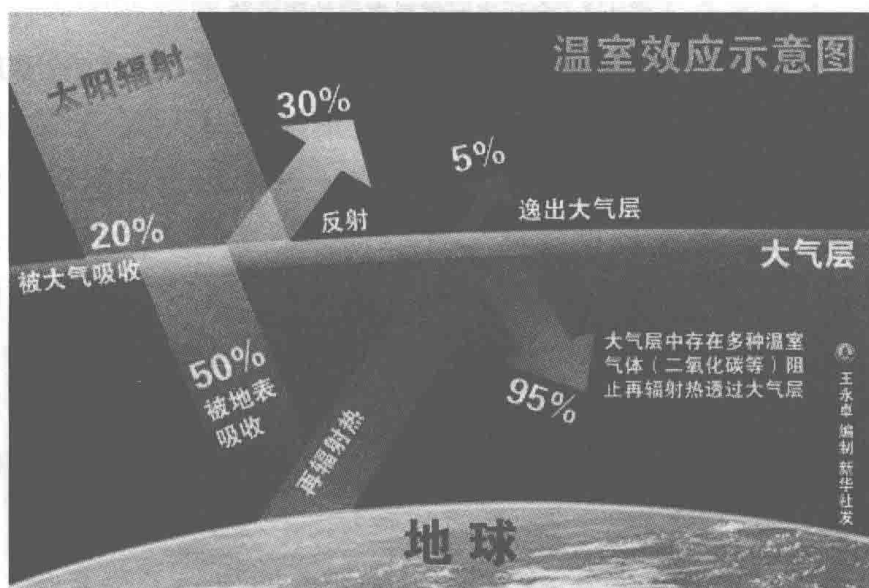


图 1-3 温室效应示意图

（来源：王永卓编制，新华社发）

（3）酸雨。化石燃料中往往含有大量的硫元素和氮元素，在燃烧的过程中会产生大量 SO_2 、 NO_x 等污染物。这些气体污染物通过大气传输，在一定条件下形成大面积酸雨，改变酸雨覆盖区的土壤性质，危害农作物和森林生态系统，改变湖泊水库的酸度，破坏水生生态系统，腐蚀材料，造成重大经济损失。另外，酸雨还导致地区气候改变，导致难以估量的后果，对建筑物和森林造成严重的损害。如图 1-5 所示，是被酸雨破坏的森林。

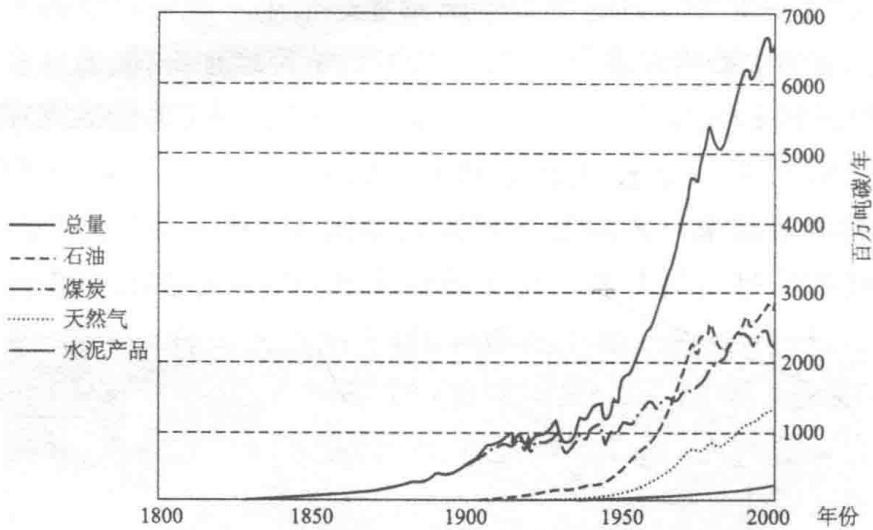


图 1-4 全球化石燃料燃烧的碳排放

(4)臭氧层破坏。臭氧(O_3)是氧的同位素,它存在于地面10km以上的大气平流层中,吸收太阳辐射中对人类、动物、植物有害的紫外光中的大部分,为地球提供了一个防止太阳辐射的屏障。研究表明,臭氧浓度降低1.0%,地面的紫外辐射强度将提高2.0%,皮肤癌患者的数量也将增加百分之几。实验表明,化石燃料燃烧产生的 N_2O 对臭氧层具有极其严重的破坏作用。据有关监测显示,目前大气中 N_2O 的浓度每年正以0.2%~0.3%的速度增长,而 N_2O 浓度的增加将引起臭氧层中的NO浓度增加,NO和臭氧作用将生成 NO_2 和氧,最终导致臭氧层变薄。

(5)热污染。人们一般认为,当今的环境污染是指有毒、有害的化学物、粉尘、电磁波、放射性物质等对空气和水造成的污染等。其实,除此之外,热污染也是一种严重威胁人类生存和发展的新的环境污染。所谓热污染,是指日益现代化的工农业生产和人类生活中排放的各种废热所造成的环境污染。当大量的排热进入到自然水域中时,就会引起自然水温升高,从而形成热污染。热污染首当其冲的受害者是水生生物。由于水温升高,一方面导致水中的含氧量减少,水体处于缺氧状态;而另一方面水温升高又会使水生生物代谢率增高而需要更多的氧。这样一来,水中的鱼类和其他浮游生物的生长将受到影响。同时,水温升高还会使