



中国电力工业 CO₂排放量与减排量研究 (1949—2015)

王世昌 著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

中国电力工业 CO₂ 排放量与减排量研究 (1949—2015)

王世昌 著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书拟合了国内 271 种动力煤的特性参数 C_{ar} 与 $Q_{net,ar}$ 的函数关系,揭示了 $C_{ar}/Q_{net,ar}$ 与 $Q_{net,ar}$ 的函数关系,发现了燃煤电厂燃烧劣质煤一定会多排放 CO_2 的机理。以火电量、供电煤耗、动力煤消耗量数据为基础,对 1949—2015 年期间国内各省、自治区、直辖市的火电量的动力煤煤质参数、 CO_2 排放量与减排量、百分数构成进行了较为全面、系统、定量的计算与分析。对 1949—2015 年期间国内各省、自治区、直辖市的水电、核电、风电、太阳能发电电量、电网线损率降低引起的 CO_2 减排量百分数构成进行了较为全面、系统、定量的计算与分析。研究结果表明: CO_2 排放量主要来自燃煤发电电量; CO_2 减排量主要来自水电电量,核电、风电、太阳能电量也降低了 CO_2 排放量;供电煤耗的降低、燃煤电站锅炉的灰渣含碳量、电网线损率降低也小幅度降低了火电 CO_2 排放量。

本书可作为中国电力行业发电企业、输电企业的 CO_2 减排技术现状的工具书,也可作为燃煤电厂工程师的 CO_2 减排的技术参考书,还可作为高等学校能源动力工程专业人员的学术参考书。

图书在版编目(CIP)数据

中国电力工业 CO_2 排放量与减排量研究:1949—2015/
王世昌著. -- 北京:北京航空航天大学出版社,2018.3
ISBN 978-7-5124-2679-5

I. ①中… II. ①王… III. ①电力工业—二氧化碳—
排气—研究—中国—1949—2015 IV. ①F426.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 052186 号

版权所有,侵权必究。

中国电力工业 CO_2 排放量与减排量研究(1949—2015)

王世昌 著

责任编辑 王慕冰

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316936

北京九州迅驰传媒文化有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:17.75 字数:466 千字

2018 年 4 月第 1 版 2018 年 4 月第 1 次印刷 印数:500 册

ISBN 978-7-5124-2679-5 定价:58.00 元

前 言

英国工程师詹姆斯·瓦特发明蒸汽机引起了世界范围内的第一次工业革命,全球进入以煤炭为主要能源的时代。煤炭的发热量主要来自元素碳,燃煤电站煤炭的燃烧为社会生产和居民生活带来了电力,同时也排放出温室气体 CO_2 。1949 年,中国的电力装机容量为 185 万 kW。2015 年,中国的电力装机容量为 152527 万 kW,其中火电机组装机容量为 100554 万 kW,水电装机容量为 31954 万 kW,核电装机容量为 2717 万 kW,风电装机容量为 13075 万 kW,太阳能发电装机容量为 4218 万 kW,其他发电技术装机容量为 9 万 kW。

根据美国国家海洋与大气管理局的数据,1750 年 CO_2 浓度为 2.8×10^{-4} ,2015 年 CO_2 浓度为 4.02×10^{-4} 。 CO_2 作为温室气体提高地球大气温度,造成南极冰盖和北冰洋冰川融化,海平面上升,海水淹没陆地,全球生态系统平衡被破坏,气候出现异常,自然灾害频发,如洪涝、旱灾、大风、泥石流等。

中国政府为保护全球大气环境,不断地鼓励非化石燃料发电技术的发展,在水电、核电、风电、太阳能发电、生物质(包括秸秆、蔗渣、林木质等)发电、潮汐能发电、地热发电等领域作出了实质性的努力,取得了举世瞩目的成就。

中国的一次能源构成中,1978—2014 年,煤炭的平均值为 72%。1949—2015 年,中国的火电电量占总发电量的平均值为 80.3%,因此研究中国火电生产的 CO_2 排放量和减排量,在能源动力工程技术与学术领域有重要的工程技术价值和学术研究价值。

中国的煤炭资源分布在绝大部分省、自治区、直辖市。煤炭可分为工艺煤和动力煤。工艺煤品质较高,主要用于炼焦;动力煤品质较低,主要用于发电、供热。山西省、陕西省、内蒙古自治区是中国的主要煤炭产地。新疆准格尔东部也发现了储量很大的烟煤煤田。内蒙古自治区西部、山西省北部、陕西省北部主要赋存优质烟煤。内蒙古自治区东部、辽宁省西部、吉林省西部、黑龙江省西部主要赋存优质褐煤。东北地区三省东部主要赋存优质烟煤。山东省西南部、河南省、湖北省、重庆市、四川省东部主要赋存中等品质的贫煤。福建省南部、江西省、湖南省、广东省、广西壮族自治区、贵州省主要赋存劣质无烟煤。云南省东南部小龙潭煤矿主要赋存劣质褐煤。安徽淮南市、淮北市,江苏徐州市主要赋存中等品质烟煤。因此,研究动力煤的收到基元素分析成分、收到基工业分析成分、收到基低位发热量的变化规律,对于研究燃煤发电 CO_2 排放量与减排量具有重要的工程价值和学术价值。

中国的国土面积辽阔,但国民生产总值 GDP 主要分布在东部沿海和东南部沿海地带。作为发展中国家,GDP 和用电量存在正相关关系,因此中国的燃煤电厂主要分布在经济发达地带。中国的地势是西部高、东部低,净流量大、落差大的河流主要分布在中国西部地区,因此西部地区水电发达。中国的风电、太阳能丰富地区主要分布在西北、华北、东北、华东等地区。中国的核电企业主要分布在广东、浙江、江苏、山东、辽宁、广西等省、自治区。因此,研究火电 CO_2 排放量与减排量,要考虑到地方经济总量、地势、不同一次能源在全国各地的分布特点。

本书以 271 种动力煤的数据为基础,研究动力煤的收到基含碳量 $C_{\text{ar}}(\%)$ 与收到基低位发热量 $Q_{\text{net,ar}}(\text{kJ/kg})$ 的关系,从而确定了用 $Q_{\text{net,ar}}(\text{kJ/kg})$ 计算 $C_{\text{ar}}(\%)$ 的理论基础;研究 $C_{\text{ar}}(\%)/Q_{\text{net,ar}}(\text{kJ/kg})$ 与 $Q_{\text{net,ar}}(\text{kJ/kg})$ 的关系,揭示了燃烧 $Q_{\text{net,ar}}(\text{kJ/kg})$ 低的劣质煤会多排

放 CO₂ 的原理。

根据收到基含碳量 $C_{ar}(\%)$ 与收到基低位发热量 $Q_{net,ar}(\text{kJ/kg})$ 的函数关系以及由《中国电力年鉴》《中国电力行业年度发展报告》提供的数据,本书研究全国各省、自治区、直辖市的火电 CO₂ 排放量、减排量,然后汇总了六大地区(华北、东北、华东、中南、西南、西北)的数据,将六大地区的数据汇总成全国数据,并对中国火电 CO₂ 排放量占全球排放量的百分数进行了估算与分析。

本书还研究了各省、自治区、直辖市电网线损率降低以及水电、核电、风电、太阳能发电等的 CO₂ 间接减排量,再按照地区、全国的方式汇总起来,最后将火电和各种非化石燃料发电技术的 CO₂ 减排量的全国数据汇总在一起,形成了 CO₂ 总减排量及其构成百分数图,并对计算结果进行了分析和讨论。

全书内容分为基础数据与理论篇、火电 CO₂ 排放与减排篇、非火电 CO₂ 减排篇三大部分。

本书作者非常感谢清华大学热能工程系姚强教授 973 课题经费对本书出版的资助。

由于作者理论水平和工作能力有限,书中难免存在错误和疏漏,欢迎广大读者和专家、学者对本书提出宝贵的意见或者建议。作者的联系方式为 wangsc@ncepu.edu.cn。

王世昌

北京朱辛庄

2017 年 9 月 30 日

目 录

第一篇 基础数据与理论

第 1 章 中国经济总量与发电量概述	2
1.1 中国人口、GDP 与发电量的关系	2
1.2 中国煤炭生产及其在能源总产量中的比例	3
1.3 本章小结	5
第 2 章 中国动力煤煤质参数概述	6
2.1 中国主要动力煤的煤质参数	6
2.2 中国分地区动力煤的平均煤质参数	13
2.3 动力煤煤质参数与收到基低位发热量之间的拟合函数	14
2.4 中国动力煤的分布特点	15
2.5 本章小结	16
第 3 章 中国火电 1950—2015 年 CO ₂ 排放量与减排量计算与分析	17
3.1 基础数据	17
3.2 全国火电生产 1949—2015 年的 CO ₂ 排放量与减排量	20
3.3 中国火电生产历年的 CO ₂ 排放因子	24
3.4 本章小结	26

第二篇 火电 CO₂ 排放与减排篇

第 4 章 华北地区火电 1994—2015 年 CO ₂ 排放量与减排量计算与分析	28
4.1 中国动力煤 $Q_{\text{net,ar}}$ 与 C_{ar} 的关系	28
4.2 北京市 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	29
4.3 天津市 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	33
4.4 河北省 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	36
4.5 山西省 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	39
4.6 内蒙古自治区 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	43
4.7 华北地区 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	46
第 5 章 东北地区火电 1994—2015 年 CO ₂ 排放量与减排量计算与分析	51
5.1 辽宁省 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	51
5.2 吉林省 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	54
5.3 黑龙江省 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	57

5.4	东北地区 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	61
第 6 章	华东地区火电 1994—2015 年 CO₂ 排放量与减排量计算与分析	66
6.1	上海市 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	66
6.2	江苏省 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	69
6.3	浙江省 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	72
6.4	安徽省 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	76
6.5	福建省 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	79
6.6	江西省 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	83
6.7	山东省 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	86
6.8	华东地区 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	90
第 7 章	中南地区火电 1994—2015 年 CO₂ 排放量与减排量计算与分析	95
7.1	河南省 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	95
7.2	湖北省 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	98
7.3	湖南省 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	101
7.4	广东省 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	105
7.5	广西壮族自治区 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	108
7.6	海南省 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	112
7.7	中南地区 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	115
第 8 章	西南地区火电 1994—2015 年 CO₂ 排放量与减排量计算与分析	120
8.1	重庆市 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	120
8.2	四川省 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	123
8.3	贵州省 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	126
8.4	云南省 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	130
8.5	西南地区 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	133
第 9 章	西北地区火电 1994—2015 年 CO₂ 排放量与减排量计算与分析	138
9.1	陕西省 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	138
9.2	甘肃省 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	141
9.3	青海省 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	144
9.4	宁夏回族自治区 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	148
9.5	新疆维吾尔自治区 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	151
9.6	西北地区 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量和减排量	155
第 10 章	全国火电 1993—2015 年 CO₂ 排放量与减排量分析	160
10.1	全国 1993—2015 年火电厂电力生产基本数据	160
10.2	全国 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量变化规律	162
10.3	全国 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 减排量变化规律	163
10.4	全国 1993—2015 年火电厂 CO ₂ 排放因子变化规律	164
10.5	全国 1949—2015 年火电厂 CO ₂ 排放量占全球 CO ₂ 排放量比例估算与分析	166

第 11 章 全国电网线损率降低对燃煤火电机组 CO₂ 减排量的贡献	169
11.1 全国 1950—2015 年电网线损率降低引起的火电厂 CO ₂ 减排量计算	169
11.2 华北地区电网线损率降低引起的火电 CO ₂ 减排量	172
11.3 东北地区电网线损率降低引起的火电 CO ₂ 减排量	175
11.4 华东地区电网线损率降低引起的火电 CO ₂ 减排量	177
11.5 中南地区电网线损率降低引起的火电 CO ₂ 减排量	179
11.6 西南地区电网线损率降低引起的火电 CO ₂ 减排量	182
11.7 西北地区电网线损率降低引起的火电 CO ₂ 减排量	184
11.8 全国电网线损率降低引起的火电 CO ₂ 减排量及其构成	186

第三篇 非火电 CO₂ 减排篇

第 12 章 水电量对 CO₂ 减排量的间接贡献	190
12.1 全国 1949—2015 年水电量引起的 CO ₂ 间接减排量	190
12.2 华北地区 1993—2015 年水电量引起的 CO ₂ 间接减排量	193
12.3 东北地区 1993—2015 年水电量引起的 CO ₂ 间接减排量	195
12.4 华东地区 1993—2015 年水电量引起的 CO ₂ 间接减排量	197
12.5 中南地区 1993—2015 年水电量引起的 CO ₂ 间接减排量	199
12.6 西南地区 1993—2015 年水电量引起的 CO ₂ 间接减排量	202
12.7 西北地区 1993—2015 年水电量引起的 CO ₂ 间接减排量	205
12.8 全国 1993—2015 年水电量引起的 CO ₂ 间接减排量	207
第 13 章 核电量对 CO₂ 减排量的间接贡献	209
13.1 全国 2000—2015 年核电量	209
13.2 全国 2000—2015 年核电量对 CO ₂ 减排量的间接贡献	210
第 14 章 风电量对 CO₂ 减排量的间接贡献	212
14.1 华北地区 2007—2015 年风电量引起的 CO ₂ 间接减排量	212
14.2 东北地区 2007—2015 年风电量引起的 CO ₂ 间接减排量	214
14.3 华东地区 2007—2015 年风电量引起的 CO ₂ 间接减排量	215
14.4 中南地区 2007—2015 年风电量引起的 CO ₂ 间接减排量	217
14.5 西南地区 2007—2015 年风电量引起的 CO ₂ 间接减排量	219
14.6 西北地区 2007—2015 年风电量引起的 CO ₂ 间接减排量	220
14.7 全国 2007—2015 年风电量引起的 CO ₂ 间接减排量	222
第 15 章 太阳能电量对 CO₂ 减排量的间接贡献	224
15.1 华北地区 2011—2015 年太阳能电量引起的 CO ₂ 间接减排量	224
15.2 东北地区 2013—2015 年太阳能电量引起的 CO ₂ 间接减排量	226
15.3 华东地区 2011—2015 年太阳能电量引起的 CO ₂ 间接减排量	227
15.4 中南地区 2011—2015 年太阳能电量引起的 CO ₂ 间接减排量	229
15.5 西南地区 2011—2015 年太阳能电量引起的 CO ₂ 间接减排量	230

15.6	西北地区 2011—2015 年太阳能电量引起的 CO ₂ 间接减排量	232
15.7	全国 2011—2015 年太阳能电量引起的 CO ₂ 间接减排量	234
第 16 章	全国电网线损率降低对非火电电量 CO₂ 减排量的间接贡献	236
16.1	华北地区电网线损率降低引起的非火电 CO ₂ 减排量	236
16.2	东北地区电网线损率降低引起的非火电 CO ₂ 减排量	239
16.3	华东地区电网线损率降低引起的非火电 CO ₂ 减排量	240
16.4	中南地区电网线损率降低引起的非火电 CO ₂ 减排量	243
16.5	西南地区电网线损率降低引起的非火电 CO ₂ 减排量	246
16.6	西北地区电网线损率降低引起的非火电 CO ₂ 减排量	248
16.7	全国电网线损率降低引起的非火电 CO ₂ 减排量及其构成	251
第 17 章	中国电力工业 1949—2015 年的 CO₂ 累计排放量与累计减排量	253
17.1	燃煤发电机组 1949—2015 年的 CO ₂ 累计排放量	253
17.2	各种发电技术 1949—2015 年的 CO ₂ 减排量	255
17.3	全国非火电发电技术 1949—2015 年的 CO ₂ 累计间接减排量	262
17.4	燃煤发电的 CO ₂ 排放因子与 $Q_{\text{nct,ar}}$ 和 b 的关系	265
附 录		272
参考文献		273

第一篇 基础数据与理论

第 1 章 中国经济总量与发电量概述

1.1 中国人口、GDP 与发电量的关系

一个发展中国家的经济总量与发电量存在正相关关系。图 1-1 是 1949—2015 年中国人口变化情况^[1]。其中缺少现成数据,通过线性插值得到数据的年份是:1952,1953,1954,1956,1957,1958,1959,1961,1962,1963,1964,1966,1967,1968,1969。图 1-1 中的数据不包括香港特别行政区、澳门特别行政区、台湾省的数据。由图 1-1 可见:中国的人口总量逐年增加,2015 年人口总量是 1949 年人口总量的 2.538 倍。人口的增加提高了中国的消费总量,进而引起 GDP 的增加。

图 1-2 是 1949—2015 年中国国民生产总值 GDP 变化情况^[1]。其中,1949—1977 年的数据来自国家统计局的网络数据;1949,1950,1951 年的数据是估计数据。由图 1-2 可见:(1) 中国的 GDP 逐年提高,1981—1990 年增速加快;(2) 1991—2000 年,由于中国对内搞活经济、对外开放市场的政策,中国 GDP 的增速进一步加快;(3) 2001—2010 年中国 GDP 的增速继续进一步加快;(4) 2011—2015 年,中国的 GDP 保持了快速增长的态势。中国是一个发展中国家,GDP 的主要来源是工业生产,工业生产需要电力作为动力或者能源,因此 GDP 的增长会拉动发电量的增长。

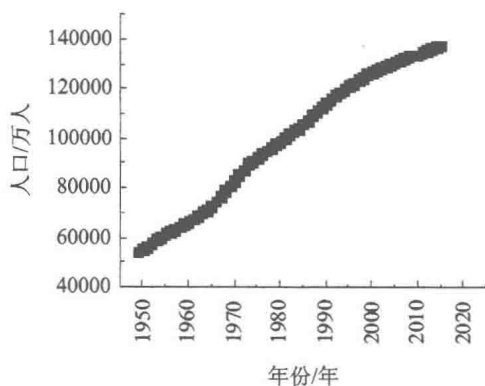


图 1-1 1949—2015 年中国人口变化

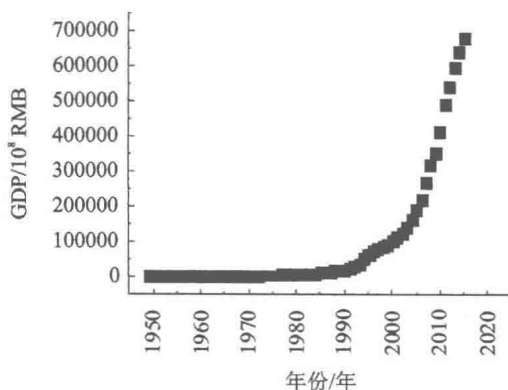


图 1-2 1949—2015 年中国 GDP 变化

图 1-3 是 1949—2015 年中国发电总量和火电量比例的变化情况^[2-24]。其中,因为缺少现成数据,线性差值得到数据的年份包括:1950—1951,1953—1956,1958—1961,1963—1964,1966—1969,1971—1974。由图 1-3 可见:(1) 1949—2015 年,中国发电总量的变化趋势与中国 GDP 的变化趋势总体上相同,这从一个侧面反映出中国是一个发展中国家的特点。(2) 火电量在中国总发电量中的比例变化分为几个阶段:1) 1949—1957 年,水电量比例上升,火电量比例降低;2) 1958—1965 年,水电量比例降低,火电量比例上升;3) 1966—1975 年,水电量比例上升,火电量比例降低;4) 1976—1979 年,水电量比例降低,火电量比例上升;5) 1980—2000 年,火电量和水电量比例交替波动;6) 2001—2011 年,由于核电量、风电量的

加入,火电量比例继续波动;7) 2011—2015 年,火电量比例基本上持续降低。总体而言,1949—2011 年火电量比例平均值在 78%~82%之间变化。2015 年火电量比例降到最低,达到 73.7%。中国的石油、天然气储量有限,中国的发电量中,火电量比例最高的事实说明:中国的发电量主要来自燃煤发电技术。

2015 年中国的乡村人口比例为 43.0%^[1],数据见图 1-4^[1]。从图 1-4 可知:(1) 随着中国经济总量的迅速提高,乡村人口比例总体上迅速降低;(2) 1995 年以后,乡村人口比例降低速度快速而平稳。

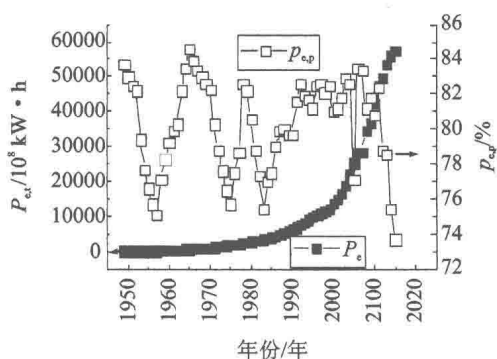


图 1-3 1949—2015 年中国发电总量 $P_{e,t}$ 和火电量比例 $p_{e,p}$ 的变化

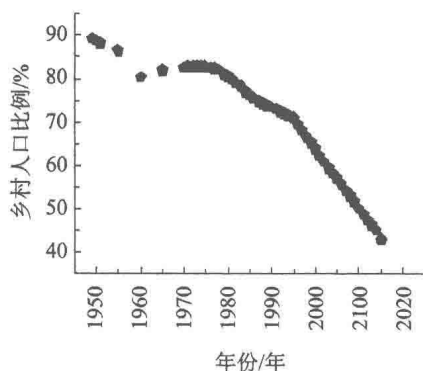


图 1-4 1949—2015 年中国乡村人口比例变化

1949—2015 年,中国的乡村人口比例降低平均速度为 0.702%/年。如果每年降低 0.7%~1.0%的乡村人口比例,中国的发展中国家的地位将持续 40 年左右。与此同时,中国的发电总量与 GDP 的正相关关系将继续维持 40 年左右。

比较图 1-1 和图 1-2 可知:1990 年以后,中国的 GDP 增长趋势远远高于人口增长趋势,说明中国的经济、资源运作水平大幅度提高,中国正在从一个传统农业国快速成长为一个现代化工业国;与此同时,从 2016 年起,中国 GDP 的增长对发电量的依赖性将继续维持 40 年左右。

1.2 中国煤炭生产及其在能源总产量中的比例

1978—2015 年,中国的煤炭产量在能源总产量中的百分数见图 1-5^[1]。由图 1-5 可见:(1) 中国能源总产量逐年提高。(2) 煤炭产量在能源总产量中的百分数变化趋势分为以下几个阶段:1) 1978—1996 年,煤炭产量在能源总产量中的百分数总体上提高;2) 1997—2001 年,煤炭产量在能源总产量中的百分数总体上降低;3) 2002—2007 年,煤炭产量在能源总产量中的百分数总体上提高;4) 2008—2010 年,煤炭产量在能源总产量中的百分数总体上降低;5) 2011 年煤炭产量在能源总产量中的百分数有所提高,2011—2015 年,煤炭产量在能源总产量中的百分数总体上降低。总之,煤炭能源在能源总产量中的百分数从 1978—2011 年总体上提高。煤炭能源在能源总产量中平均百分数为 74%左右。2011 年以后,煤炭产量在能源总产量中的百分数总体上降低,反映了中国对核能、水能、风能、太阳能、石油、天然气生产的重视程度有所提高。即便如此,2015 年煤炭能量在当年生产的能源总产量中的百分数仍然达到 72.1%,高于 50%。从图 1-5 可知:1978—2015 年,中国煤炭能源在能源总产量中的百分数

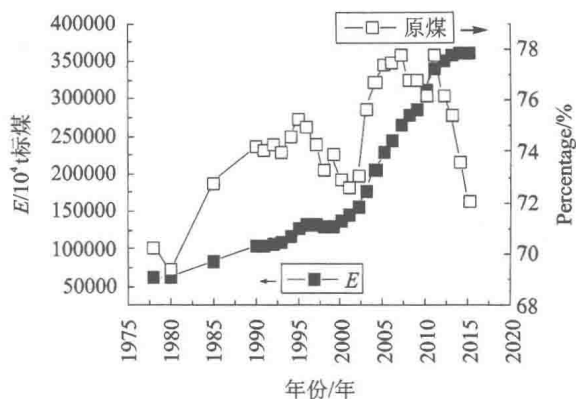


图 1-5 1978—2015 年中国能源总产量 E 和
煤炭产量在中国能源总产量中的百分数

以实现目标:(1) 提高人口城镇化比例;(2) 提高 GDP,带动发电量;(3) 采取严格的环保措施,保护环境;(4) 全国范围内植树造林,提高国土绿化面积,提高自然界对 CO₂ 的吸收能力。

表 1-1 全国各省、自治区、直辖市的编号

编 号	省、自治区、 直辖市	编 号	省、自治区、 直辖市	编 号	省、自治区、 直辖市	编 号	省、自治区、 直辖市
0	全国	8	黑龙江	16	河南	24	贵州
1	北京	9	上海	17	湖北	25	云南
2	天津	10	江苏	18	湖南	26	西藏
3	河北	11	浙江	19	广东	27	陕西
4	山西	12	安徽	20	广西	28	甘肃
5	内蒙	13	福建	21	海南	29	青海
6	辽宁	14	江西	22	重庆	30	宁夏
7	吉林	15	山东	23	四川	31	新疆

在中国,煤炭的消费大概分为三部分:燃煤发电厂消耗大约 50%,炼钢焦炭消耗 25%左右,工业生产的工艺和居民采暖等消耗 25%左右。工业生产和居民生活中煤炭的消耗必然引起温室气体 CO₂ 的排放。

中国的煤炭储量主要分布在北方,煤炭产量也主要集中在北方^[25]。中国的粗钢产量从 2000 年起居世界第 1 位,煤炭产量、水泥产量从 1990 年起居世界第 1 位,发电量从 2010 年起居世界第 1 位^[26]。高耗能产业的产量从 1990 年起陆续居世界第 1 位的事实,决定了中国 CO₂ 排放量在世界 CO₂ 总排放量中的比例已经很高。

都超过 50%,因此中国的能源生产主要依赖于煤炭。

表 1-1 是全国各省、自治区、直辖市的编号。图 1-6 是 2014 年全国各省、自治区、直辖市的煤电量、用电量、GDP。对照图 1-3、图 1-5、图 1-6 可知:(1) 全国历年的 GDP 变化趋势类似于发电总量变化趋势;(2) 2014 年全国各省、自治区、直辖市的 GDP 变化趋势类似于对应的省、自治区、直辖市的用电量变化趋势。因此,中国作为正处于工业化进程中的发展中国家,需要大力发展经济,

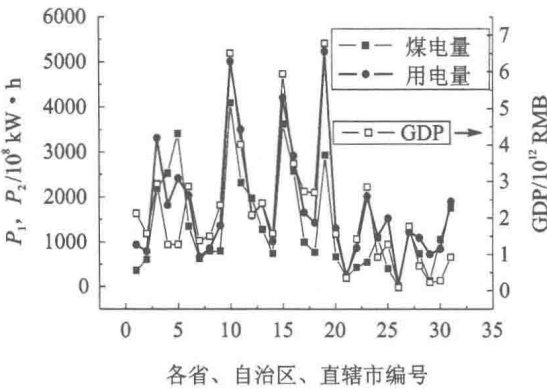


图 1-6 全国各省、自治区、直辖市的煤电量 P₁、
用电量 P₂、GDP(2014 年)

本书的研究范围仅限于中国火电生产中 CO_2 的排放量与减排量的变化规律。

1.3 本章小结

中国是一个发展中国家。2015 年年底,中国人口中的 43% 为乡村居民。随着人口结构城镇化率的逐步提高,中国的 GDP 会继续上升。GDP 的上升必然需要更多的发电量支撑。中国的一次能源以煤炭为主,发电量的提高对煤炭的依赖程度超过 50%。煤炭的燃烧会排放出更多的 CO_2 温室气体。要解决中国的发展与 CO_2 减排之间的矛盾,需要放缓人口增长速度,提高人口城镇化率,扩大森林面积,提高全国的森林覆盖率,以吸收更多由于工业生产和居民生活排放的 CO_2 。

第 2 章 中国动力煤煤质参数概述

中国的煤田分布在多数省、自治区、直辖市,然而它们的元素分析成分、工业分析成分、发热量等煤质参数相差很大,煤炭储量、产量在全国各地的分布也严重不均衡。

2.1 中国主要动力煤的煤质参数

本书作者收集了全国 271 种动力煤的煤质参数,列于表 2-1 中。其中, M_{ar} 为收到基含水量; A_{ar} 为收到基含灰量; C_{ar} 为收到基含碳量; H_{ar} 为收到基含氢量; O_{ar} 为收到基含氧量; N_{ar} 为收到基含氮量; S_{ar} 为收到基含硫量; $Q_{net,ar}$ 为收到基低位发热量; V_{daf} 为动力煤的干燥无灰基挥发分含量。

表 2-1 中国主要动力煤的煤质参数^[27-117]

序 号	名 称	$M_{ar}/$ %	$A_{ar}/$ %	$C_{ar}/$ %	$H_{ar}/$ %	$O_{ar}/$ %	$N_{ar}/$ %	$S_{ar}/$ %	$Q_{net,ar}/$ (kJ·kg ⁻¹)	$V_{daf}/$ %
1	京西无烟煤	5.00	22.80	67.87	1.73	1.95	0.43	0.22	23040	8.00
2	大台无烟煤	4.37	16.80	74.74	0.95	2.64	0.32	0.19	25226	3.34
3	门头沟无烟煤	7.00	23.64	64.85	0.93	2.51	0.67	0.40	22023	5.30
4	京西木城涧无烟煤	8.00	23.44	64.10	0.91	2.49	0.67	0.39	21570	5.58
5	京西 2 无烟煤	4.13	43.00	48.67	0.74	2.92	0.40	0.14	16875	6.00
6	京西安家滩无烟煤	8.00	33.12	54.70	0.78	2.23	0.28	0.89	18188	6.18
7	京西王平庄无烟煤	9.80	36.30	51.76	1.63	1.54	0.31	0.46	16320	8.41
8	京西房山无烟煤	5.00	22.80	67.87	1.73	1.95	0.43	0.22	23000	6.50
9	京西大台无烟煤	5.00	20.90	70.40	0.89	2.30	0.30	0.22	23400	7.00
10	京西王平村无烟煤	5.00	33.25	56.69	1.05	3.09	0.49	0.43	19500	9.00
11	井陘烟煤	6.00	21.62	62.39	3.69	4.78	1.01	0.51	25500	25.00
12	开滦马家沟烟煤	7.00	23.25	58.24	3.63	5.86	1.05	0.98	22600	34.00
13	开滦洗中煤	8.00	35.00	46.48	3.07	5.81	0.73	0.91	17180	35.00
14	阳泉无烟煤	5.00	19.00	69.01	2.89	2.36	0.98	0.76	26400	9.00
15	晋城王合铺无烟煤	6.00	13.04	76.00	2.44	1.08	0.84	0.60	27360	4.95
16	昔阳无烟煤	3.60	14.31	77.16	2.64	0.62	1.07	0.60	29580	6.69
17	阳泉 1 无烟煤	6.10	26.89	59.50	1.99	2.14	0.91	2.47	21999	7.76
18	阳泉三矿无烟煤	8.00	19.02	65.65	2.64	3.19	0.99	0.51	24426	7.85
19	阳泉南庄无烟煤	3.82	30.62	56.96	2.55	4.38	0.97	0.70	23488	7.97
20	阳泉 2 无烟煤	5.00	21.17	65.35	1.96	4.19	1.02	1.31	23283	8.99
21	晋城 2 无烟煤	8.00	20.20	65.65	2.69	2.40	0.93	0.13	24283	9.00

续表 2-1

序 号	名 称	$M_{ar}/$ %	$A_{ar}/$ %	$C_{ar}/$ %	$H_{ar}/$ %	$O_{ar}/$ %	$N_{ar}/$ %	$S_{ar}/$ %	$Q_{net,ar}/$ ($\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)	$V_{daf}/$ %
22	晋东南 2 无烟煤	8.00	23.50	62.30	2.53	1.93	0.94	0.80	23170	9.30
23	晋东南 3 无烟煤	4.25	48.92	42.76	1.55	1.70	0.42	0.40	15050	9.46
24	晋城凤凰山无烟煤	10.21	17.24	66.99	2.15	2.38	0.75	0.28	24279	8.35
25	阳泉 4 矿无烟煤	8.40	16.64	67.11	2.63	2.60	1.07	1.55	25288	8.80
26	晋城无烟煤	9.00	18.20	66.98	1.82	2.33	0.80	0.87	25100	9.00
27	阳泉 3 矿无烟煤	8.00	19.02	65.65	2.64	3.19	0.99	0.51	24426	7.85
28	西山贫煤	6.03	19.74	67.55	2.64	1.78	0.89	1.37	24720	15.00
29	榆社 1 贫煤	29.72	9.00	52.93	2.53	3.49	0.93	1.40	20096	14.00
30	山西 1 贫煤	16.21	7.20	69.01	3.34	2.60	1.16	0.48	26370	14.65
31	晋东南贫煤	28.36	7.00	57.73	2.83	2.89	0.86	0.33	22713	14.91
32	榆社 2 贫煤	24.25	9.00	58.25	2.87	3.28	0.95	1.40	22278	15.00
33	山西 2 贫煤	20.58	8.00	64.17	3.04	2.62	1.06	0.53	24400	15.48
34	榆社 3 贫煤	25.55	6.00	59.15	3.20	3.38	0.92	1.80	23026	16.00
35	山西 3 贫煤	26.96	8.30	57.64	2.84	2.47	0.98	0.81	22630	16.70
36	西山白家庄贫煤	5.42	15.73	70.80	3.12	2.46	0.94	1.53	27470	14.20
37	西山营庄贫煤	5.99	15.97	70.05	3.15	2.26	0.96	1.62	25600	15.93
38	西峪贫煤	5.33	21.73	63.87	3.93	3.11	1.06	0.97	23978	17.26
39	晋中烟煤	5.00	23.78	63.40	3.18	2.28	1.05	1.31	24360	20.30
40	新高山 1 烟煤	2.54	7.74	75.14	4.67	8.81	0.89	0.21	27900	29.01
41	大友烟煤	14.60	11.62	60.78	3.33	8.43	0.57	0.67	23557	29.98
42	大同 1 烟煤	6.00	9.70	71.27	4.63	6.99	0.78	0.63	28001	30.94
43	平朔烟煤	2.24	17.99	64.04	4.03	9.68	1.16	0.86	24570	31.23
44	大同 2 烟煤	12.40	14.53	59.31	3.39	8.52	0.61	1.24	22720	31.72
45	新高山 2 烟煤	2.54	7.74	75.14	4.67	8.81	0.89	0.21	27900	32.33
46	大同 3 烟煤	8.42	16.28	61.67	3.99	7.64	1.28	0.72	23910	33.17
47	平三烟煤	6.50	23.01	56.78	3.54	7.61	1.02	1.54	22010	36.28
48	临汾烟煤	2.62	40.94	50.44	3.27	1.36	0.63	0.74	18620	32.26
49	平朔 1 烟煤	8.30	12.90	63.87	4.11	8.99	1.06	0.77	24640	38.60
50	平朔 3 烟煤	2.24	17.99	64.04	4.03	9.68	1.16	0.86	24570	39.15
51	平朔 4 烟煤	8.40	23.39	53.96	3.45	8.51	0.75	1.54	20953	39.66
52	大同煤峪山烟煤	7.39	10.77	69.15	3.03	7.74	0.77	1.15	26950	31.25
53	大山白洞烟煤	9.37	9.44	68.94	3.82	6.70	0.73	1.00	26214	31.33
54	霍县南庄烟煤	6.25	23.60	61.51	3.76	3.23	1.16	0.49	21991	48.73
55	枣林甘林烟煤	7.71	25.41	56.90	3.64	2.25	0.88	3.21	22362	34.27
56	汾西南关烟煤	5.00	20.90	61.80	3.85	3.85	1.26	3.33	25100	32.00
57	乌达 1 烟煤	0.82	20.17	68.86	4.41	4.07	0.90	0.77	23439	29.95
58	乌达 2 烟煤	0.75	14.08	73.66	4.13	3.68	0.92	2.78	25480	31.42

续表 2-1

序 号	名 称	$M_{ar}/$ %	$A_{ar}/$ %	$C_{ar}/$ %	$H_{ar}/$ %	$O_{ar}/$ %	$N_{ar}/$ %	$S_{ar}/$ %	$Q_{net,ar}/$ (kJ·kg ⁻¹)	$V_{daf}/$ %
59	乌达 3 烟煤	0.99	22.06	67.39	4.20	3.79	0.93	0.64	22731	31.49
60	乌达 4 烟煤	0.95	16.92	71.70	4.16	3.24	1.25	1.78	24444	32.05
61	乌达 5 烟煤	0.94	18.99	68.73	4.31	4.30	0.78	1.95	23766	33.04
62	乌达 6 烟煤	0.89	18.07	69.79	4.22	4.23	0.87	1.93	24094	34.57
63	准旗烟煤	6.36	11.76	65.92	3.76	10.35	1.19	0.66	23455	36.68
64	准格尔 1 烟煤	8.00	18.31	58.20	3.57	10.44	1.01	0.47	21920	37.21
65	乌达教子沟烟煤	2.75	29.08	46.22	3.75	16.48	1.30	0.42	19710	33.58
66	海勃湾公乌素烟煤	8.35	24.02	49.73	3.06	12.05	0.91	1.88	20032	43.63
67	包头长汉沟烟煤	5.40	20.06	64.85	4.45	3.71	1.22	0.31	25812	40.32
68	扎赉诺尔西山烟煤	35.48	7.09	38.63	0.85	15.32	2.49	0.14	13728	43.99
69	扎赉诺尔灵泉烟煤	37.11	6.99	37.78	0.64	14.95	2.34	0.19	13186	42.41
70	元宝山褐煤	24.00	21.28	39.40	2.68	11.16	0.55	0.93	14580	44.00
71	内蒙 1 褐煤	13.94	26.04	44.98	4.52	8.81	1.17	0.54	18650	40.12
72	锡林浩特褐煤	39.10	10.80	37.16	1.97	9.38	0.45	1.14	13250	40.60
73	诺门罕 1 褐煤	35.00	11.30	42.11	2.35	8.56	0.44	0.24	14940	42.66
74	宝日 1 褐煤	36.80	7.22	42.11	2.81	10.36	0.46	0.24	14940	42.66
75	扎赉诺尔 1 褐煤	30.85	8.17	46.77	2.92	10.60	0.53	0.16	17362	43.13
76	伊敏 1 褐煤	39.50	12.09	34.59	2.03	11.30	0.35	0.14	11770	43.61
77	蒙东 1 褐煤	30.50	7.84	45.76	2.81	12.34	0.57	0.18	15240	43.62
78	扎赉诺尔 2 褐煤	34.63	17.02	34.65	2.34	10.48	0.57	0.31	12280	43.75
79	元宝山 2 褐煤	25.28	26.40	36.30	2.34	8.51	0.47	0.70	13207	43.84
80	扎赉诺尔 3 褐煤	32.80	9.49	43.21	2.62	11.14	0.57	0.17	15750	44.25
81	锡林浩特 2 褐煤	33.00	18.48	34.10	2.20	10.50	0.61	1.11	11918	44.80
82	锡林浩特 3 褐煤	30.00	17.97	36.50	2.60	11.30	0.63	1.00	13172	45.70
83	霍林河 1 褐煤	29.29	21.61	35.75	2.63	9.67	0.71	0.34	12780	45.90
84	内蒙 2 褐煤	6.12	24.80	49.93	3.79	13.86	0.60	0.90	19569	45.90
85	霍林河 2 褐煤	29.90	21.00	35.75	2.63	9.67	0.71	0.34	12780	45.90
86	羊草沟褐煤	7.01	43.43	35.82	3.21	9.65	0.53	0.35	12388	46.31
87	锡林郭勒 2 褐煤	29.50	14.43	40.96	2.58	11.47	0.61	0.45	14720	46.80
88	上都褐煤	33.00	13.40	38.00	2.59	11.62	0.59	0.80	13400	46.91
89	霍林河 3 褐煤	28.65	27.49	31.57	2.22	9.07	0.57	0.43	11304	48.37
90	霍林河 4 褐煤	12.22	24.78	45.91	2.70	13.52	0.37	0.50	15919	48.53
91	霍林河 5 褐煤	31.80	17.16	38.11	2.39	9.51	0.73	0.30	13200	49.03
92	诺门罕 2 褐煤	37.10	13.14	39.01	2.13	7.79	0.65	0.18	13424	50.74
93	宝日 2 褐煤	31.83	11.94	39.01	2.31	13.73	1.12	0.06	13424	50.74
94	乌拉盖褐煤	41.60	8.50	36.78	2.20	9.94	0.52	0.46	12579	52.24
95	乌兰察布褐煤	12.42	24.66	45.12	4.03	9.78	0.63	3.36	18712	53.40