

2019 能源数据

王庆一 编著

2019 年 12 月

本报告由王庆一先生编写，绿色创新发展中心汇总整理，能源基金会资助。

关于作者

王庆一（1935 —），江苏江阴人，中国煤炭信息研究院研究员。我国知名能源专家，中国能源研究会创始人之一，国家科委研究中心兼职研究员，中国矿业大学兼职教授，世界银行亚洲开发银行项目专家，美国能源基金会项目首席专家。迄今已主持 30 个国家级能源政策研究项目，1987 年以“国家能源政策研究”项目第一完成人获国家科技进步一等奖。著有《中国能源》、《能源词典》、年度《能源数据》（2002—2018）等专著，在国内外 30 多种报刊上发表 220 多篇文章。

关于绿色创新发展中心 <http://www.igdp.cn>

绿色创新发展中心是专注绿色低碳发展的中国民间智库，通过跨学科、系统性、实证性的政策研究、梳理、比较和评估，推动低碳环境政策的精细化，提升可实施度。我们和所有利益相关方合作，共同推动实现零排放的未来；立足本土，讲述中国绿色低碳发展故事。绿色创新发展中心由能源基金会发起，是绿色低碳发展智库伙伴秘书处的执行机构、中国金融学会绿色金融专业委员会的理事单位和联合国亚太经济与社会委员会东北亚环境合作机制东北亚低碳城市平台的专家机构。绿色创新发展中心关注以下领域的研究、咨询和交流：

- 宏观气候政策
- 城市绿色低碳转型
- 绿色经济政策
- 行为减排

关于能源基金会 <http://www.efchina.org>

能源基金会（美国）北京办事处（简称“能源基金会”）于 1999 年在北京成立，是致力于中国可持续能源发展的非营利公益组织，其总部位于美国旧金山。能源基金会的愿景是通过推进可持续能源促进中国和世界的繁荣发展和气候安全。其使命是通过大幅增加可再生能源、显著提升能源效率、以及优化经济结构，帮助中国实现低碳发展、绿色经济增长，以及世界领先标准的空气质量。项目资助领域包括清洁电力、环境管理、工业节能、低碳转型、低碳城市、交通、策略传播七个方面。通过资助中国的相关机构开展政策研究、加强标准制定，推动能力建设并推广最佳实践，助力中国应对能源挑战。

免责声明：本报告由能源基金会资助完成。报告内容属于作者研究成果，不代表资助方的立场和观点。

引用建议：王庆一(2019). 2019 能源数据. 北京: 绿色创新发展中心.

目 录

目 录.....	2
一、能源与经济.....	1
表 1 中国能源与经济主要指标	1
表 2 中国 70 年经济和社会沧桑巨变	3
表 3 中国煤炭 40 年	4
表 4 2035、2050 中国能源与经济展望	5
表 5 中国省份能源与经济主要指标	6
表 6 中国省份 GDP 和人均 GDP 排行	7
表 7 中国百城人均 GDP 排行	8
表 8 世界 GDP 和人均 GDP 排行	9
表 9 人均能源与经济指标的国际比较	10
表 10 中美经济和社会发展水平差距	10
表 11 中国经济和能源消费的地区、城乡及贫富差距	14
表 12 中国能源和电力消费弹性系数	15
表 13 中国耗能产品和设备产量占全球比重	16
表 14 中国高耗能产品和终端用能设备产量	16
表 16 中国城乡居民生活水平和能源消费	17
表 17 中国农村电气化和贫困状况	18
表 18 中国人类发展指数	19
表 19 中外石油公司业绩比较	19
表 20 列入 2019 全球 500 强的中国能源企业	20
二、一次能源供应.....	21
表 21 世界化石燃料可采储量和储产比	21
表 22 世界十大油田	22
表 23 世界十大煤田	22
表 24 中国煤炭、石油、天然气资源和储量	23
表 25 世界原油、天然气、煤炭产量	24
表 26 中国分品种能源产量	25
表 27 中国和世界最大能源及耗能产品生产企业	26
表 28 世界十大石油和天然气公司	27
表 29 中国十大油田原油产量	28
表 30 世界原油加工能力	28
表 31 世界十大炼油厂	29
表 32 中国原油加工量及主要产品产量	29
表 33 世界十大煤炭公司	30
表 34 中国前 10 名产煤省份原煤产量	30
表 35 中国十大煤炭公司	31
表 36 中国煤炭工业主要指标	31
表 37 中国能源工业固定资产投资	32
三、电力.....	33
表 38 世界发电量	33
表 39 部分国家电源结构	33
表 40 世界十大火电站	34
表 41 世界十大水电站	34
表 42 世界核电装机容量	35
表 43 中国发电装机容量和发电量	35
表 44 中国五大发电集团	36

表 45 中国电力工业主要指标.....	36
四、新能源和可再生能源.....	37
表 46 中国可再生能源资源.....	37
表 47 中国可再生能源开发利用量.....	38
表 48 中国用于建筑的可再生能源.....	40
表 49 世界可再生能源开发利用量.....	40
表 50 世界水电装机容量.....	41
表 51 世界风力发电装机容量.....	41
表 52 世界光伏发电装机容量.....	42
表 53 世界地热发电装机容量	42
表 54 世界生物燃料产量.....	43
五、能源消费.....	44
表 55 世界一次能源消费量及结构	44
表 56 中国一次能源消费量及结构	45
表 57 中国分部门终端能源消费量及结构	46
表 58 世界化石燃料消费量	47
表 59 中国分品种石油制品消费量	48
表 60 中国天然气消费量及结构	48
表 61 中国人均用电量.....	48
表 62 中国制造业能源消费量	49
表 63 世界十大钢铁公司	49
表 64 中国各种运输线路长度	50
表 65 中国各种运输方式运量、周转量和交通工具拥有量	50
表 66 中国交通运输能源消费量	51
表 67 中国农业和农村能源指标	51
表 68 中国家用耗能器具和设备普及率	52
表 69 中国家用电器用电量	52
表 70 美国居民家庭用电	53
表 71 中国公共机构能源消费量	54
表 72 中国的能源浪费	54
六、能源效率和节能.....	56
表 73 中国历年节能率和节能量.....	56
表 74 中国 2018 年节能量	57
表 75 中国 2018 年制造业节能量	57
表 76 中国 2018 年交通运输节能量	58
表 77 中国 2018 年建筑节能量	58
表 78 部分国家和地区单位 GDP 能耗	58
表 79 中国物理能源效率	59
表 80 中国高耗能产品能耗	62
表 81 中国主要耗电产品电耗	63
表 82 高耗能行业集中度国际比较	63
表 83 中国高耗能行业产能利用率	65
表 84 中国工业部门产能淘汰量	65
表 85 中国调整产品结构节能	66
表 86 中国调整产业和行业结构节能	67
表 87 中国节能服务产业	67
表 88 中国政府节能采购	68
七、能源贸易.....	69
表 89 中国能源进出口	69

表 90 中国能源对外依存度	70
表 91 中国原油进口来源	71
表 92 中国石油进出口金额	70
表 93 世界石油贸易	71
表 94 世界煤炭贸易	72
表 95 世界天然气贸易	72
表 96 中国主要高耗能产品进出口量	73
八、能源价格	79
表 97 中国能源价格指数	74
表 98 中国能源价格	75
表 99 中国省份能源价格	75
表 100 国际市场能源价格	76
表 101 国际市场原油现货价格	76
表 102 各国汽油零售价	77
表 103 国际市场煤价	77
表 104 中国煤炭价格链	77
表 105 国际市场天然气价格	78
九、能源科技	79
表 106 全球能源和耗能产品生产企业研发投入排行	79
表 107 中国能源和高耗能行业企业研究开发经费	80
表 108 美国能源部研究开发经费	80
表 109 中国领先世界的能源技术	81
表 110 应用低碳技术全球领先国家	82
表 111 中国洁净煤技术和煤化工	82
表 112 中国高耗能工业节能技术进步	84
表 113 中、美煤炭工业主要指标比较	85
十、能源与环境	86
表 114 中国的环境污染和生态破坏	86
表 115 中国主要污染物排放量	88
表 116 中国和世界 CO ₂ 排放	89
表 117 中国能源、电力大气污染物和 CO ₂ 排放系数	90
表 118 中国环境污染治理投资	91
表 119 节能环保资金投入	92
表 120 工业污染治理投资	92
表 121 中国节能环保新机制	93
低碳技术 80 例	95
能源领域世界之最	108
能源统计名词释义	113
国际组织	119
能源计量单位及换算	120

一、能源与经济

表 1

中国能源与经济主要指标

	1949	1978	2000	2010	2015	2016	2017	2018
人口/万人	54167	96529	126743	133920	137462	138271	139008	139538
城镇人口比重/%	10.6	17.9	36.2	49.7	56.1	57.4	58.5	59.6
GDP 增长率/%		11.7	8.4	10.6	6.9	6.7	6.9	6.6
GDP/亿元	466	3650	99215	413030	689052	744127	827122	900309
经济结构/%								
第一产业	68	27.9	15.1	10.1	9.0	8.6	7.9	7.2
第二产业	13.0	47.9	45.9	46.7	40.5	39.8	40.5	40.6
第三产业	19.0	24.2	39.0	43.2	50.5	51.6	51.6	52.2
人均 GDP/美元/人	23	149	949	4556	8007	8127	8836	9750
一次能源消费量/Mtce	26.0	571.4	1469.6	3606.5	4299.1	4358.2	4490.0	4640.0
原油进口依存度/%		-12.4	26.4	54.5	60.7	65.5	68.6	70.9
城镇居民人均可支配收入/元	100	343	6280	19109	31195	33616	36396	39251
农村居民家庭人均纯收入/元	44	134	2253	5919	11422	12363	13432	14617
民用汽车拥有量/万辆	5.1	135.8	1608.9	7801.8	16284.5	18574.5	20906.7	24028.0
人均能耗/kgce	48	594	1160	2693	3128	3152	3230	3325
人均用电/kWh	8	218	1063	2752	4142	4312	4538	4905
发电量/TWh	41.3	256.6	1355.6	4207.1	5814.6	6133.2	6495.1	7111.8
钢产量/Mt	0.16	31.8	128.5	637.2	803.8	808.4	870.7	928.0
水泥产量/Mt	0.66	65.2	597.0	1881.9	2359	2414	2331	2208
货物出口总额/亿美元	5.5	97.5	2492.0	15777.5	22739.7	20976.3	22635.2	24809.9
货物进口总额/亿美元	5.8	108.9	2250.9	3962.4	16795.6	15879.3	18409.8	21288.4
PM2.5 浓度/微克/m ³			22	35	52	47	43	39
SO ₂ 排放量/Mt			19.95	21.85	18.59	17.55	16.15	15.07
人民币兑美元汇率	1.53	8.2785	6.7695	6.2284	6.6423	6.7518	6.6174	

注：1、2018 年城市化率为 46.3%。

2、GDP 按当年价格计算，增长率按不变价格计算。2018 年按不变价格计算为 118146 亿元，比 1952 年增长 174 倍。

3、2018 年，全国居民人均收入按不变价格计算比 1949 年增长 59.2 倍。

4、能源工业固定资产投资 1990 年为全民所有制企业，2000~2018 年为城镇固定资产投资。

来源：国家统计局；国家海关总署；中国电力企业联合会；生态环境部。

解析

1、中国面临人口危机

人口低增长、老龄化加剧以及劳动年龄人短缺，拖累中国经济增长。

2018 年，全国人口仅增长 0.38%，低于美国的 0.62%。2010 年进入老龄化社会，60 岁以上老年人占人口的 12.0%，2018 年达 17.9%。老龄化导致劳动年龄人口加速减少，2012-2018 年减少 2600 余万，2018 年全国就业人员总量开始下降。珠三角、长三角劳动力短缺已成为制造业发展的主要瓶颈。劳动力成本大幅上升，工人工资远超南亚和东南亚。2017 年，广州达 1068 美元/月，为越南的 5.2 倍，印度的 7.9 倍。人工成本飙升，助推工厂自动化。2019 年我国工业机器人销量比 2016 年增加一倍。2018 年，全国养老保险参保人数达 9.42 亿，其中城镇职工 4.27 亿，城镇职工养老保险支出达 4.4 万亿元。

2、城镇化

世界通行为城市化。我国从 1991 年开始改为城镇化。

2018 年，全国城镇常住（连续居住 3 个月以上）人口 8.32 亿。城镇化率 59.6%。全国有 19883 个镇，人口 1.86 亿。2018 年城市常住人口 6.46 亿，城市化率为 46.3%。

中国的城市有大片农田和众多农村人口。城市面积大得出奇。重庆达 8.23 万 km²，相当于 2.3 个台湾，而市区面积仅为 1350km²。2018 年重庆人口 2885 万，其中农村人口 1279 万。北京面积 1.68 万 km²，相当于半个台湾，市区面积仅 735km²。

政府主导的城市化导致资源能源的惊人浪费。城市人均占地 130m²，为世界平均 80m² 的 1.6 倍。2017 年，全国城乡住房超常空置浪费能源 82.3Mtce。城市大拆大建，拆除短命建筑浪费能源 73.1Mtce，合计 155.4Mtce。

城市化扩大城乡贫富差距。2018 年，城镇 20% 高收入户人均收入 84907 元，为农村 20% 低收入户人均收入 3666 元的 23.2 倍。

“大城市病”愈演愈烈。空气污染，交通拥堵，资源紧张，房价高企。全国城市 PM2.5 浓度 2000 年为 22 微克/m³，2013 年达 73 微克/m³，增加 2.3 倍。北京 2017 年平均房价 67951 元/m²，为 2000 年 4300 元/m² 的 16 倍。

3、GDP 增长质量差

劳动生产率和第三产业发展是经济增长的核心要素。我国 GDP 增长质量差，与发达国家的差距很大。

2018 年，中国劳动生产率 16219 美元/人，仅为美国 102506 美元/人的 15.6%。中国第三产业占比 52.2%，美国 80.6%。

4、人均 GDP

2018 年，中国人均 GDP9750 美元，仅为美国 57766 美元的 15.6%。

目前，中国属中等偏上收入国家。估计 2027 年 1.3 万美元，达到发达国家下限，与发达国家平均水平 4 万美元相比，还有很大差距。

据世界银行预测，2050 年，中国 3.73 万美元，美国 8.78 万美元。

5、人均用电

人均用电是电气化的一项重要指标。电气化是提高劳动生产率、促进经济增长以及提升生活质量的关键，是技术进步的前提。据国家统计局的一项研究，1996-2005 年，我国人均用电量从 868kWh 增至 4321kWh，增长 4 倍；劳动生产率由 1535 美元/人提高到 7318 美元/人，增长 3.8 倍；人均生活用电从 93 kWh 增至 584 kWh，增长 5.3 倍，与 GDP 增长 5.1 倍同步。2000~2018 年，我国人均用电从 1063kWh 增至 4905kWh，人均生活用电从 132kWh 增至 694kWh。2018 年，美国人均用电 11473kWh，人均生活用电 4980kWh，分别为中国的 2.3 倍和 7.2 倍。

6、货物进出口

我国 2009 年成为最大货物出口国，2013 年成为最大货物贸易国。但大而不强。由于制造业技术水平和创新能力远落后于发达国家，许多高端产品至今仍依赖进口。半导体芯片是电子产品的核心，是信息产业的基石。2018 年 84% 靠进口，进口额达 3121 亿美元，超过石油进口额 2604 亿美元（原油 2402 亿美元，成品油 202 亿美元），是中国最大进口商品。汽车精密加工设备、大飞机发动机、高铁

牵引系统、重型燃气轮机、机器人关键零部件、高端数控机床、高端医疗器械，以及高端合金钢、铜材、碳纤维、靶材、陶瓷、光学膜等全靠进口。

表 2

中国 70 年经济和社会沧桑巨变

	1949	1978	2018
人口/万	54167	96529	139538
人均预期寿命/岁	35	68	77
城市化率/%	10.6	17.9	46.3
GDP/亿元	466	3650	900309
人均 GDP/元	23	156	9750
人均收入/元			
城市	99.5	343	39231
农村	44.0	134	14617
经济结构/%			
第一产业	68	7.9	7.2
第二产业	13	42.9	40.6
第三产业	19	24.2	52.2
一次能源消费量/Mtce	26	571	4640
人均能耗/kgce	48	594	3325
用电量/亿 kWh	44	2140	68449
人均用电/kWh	8.1	218	4905
人均生活用电/kWh	1	14	694
人均衣着支出/元	购布 3.49m	32	1289
人均食物耗量/kg	口粮 140	口粮 131	肉类 58.7 蛋类 29.2 奶类 23.4
城镇人均居住建设面积/m ²	4.5	3.6	39.0
城镇家用交通工具保有量/辆/百户	自行车 0.7	自行车 23.3	家用汽车 41.0
民用汽车保有量/万辆	5.1	135.8	24028.0
科技人员/万	5	435	8705
科研人员/万	0.05	31	621
高等学校毕业生/万	2.1	16.5	820.0
在华留学生/万	0.003	0.12	50.0
文盲率/%	80.0	18.5	4.95
货物进出口总额/亿美元			
出口	5.5	97.5	24829.9

进口	5.8	108.9	21288.4
外汇储备/亿美元	1.08	1.67	31399.5
粮食产量/Mt	113.2	304.8	657.9
原煤产量/Mt	32.4	618.0	3683.0
原油产量/Mt	0.12	104.1	189.1
粗钢产量/Mt	0.16	31.8	928.0
水泥产量/Mt	0.66	65.2	2207.7
发电量/亿 kWh	41.3	2565.5	71117.7
能源效率			
火力发电煤耗/gce/kWh	1000	434	290
万元 GDP 能耗/tce	55.8	19.2	3.1
生态环境			
森林覆盖率	8.6	12.0	21.7
二氧化硫排放量	0.8	10.0	15.1

注：1、城市化率。我国从 1991 年开始改为城镇化率。2018 年，全国城镇人口 8.32 亿，城镇化率 59.6%。全国有 19883 个镇，人口 1.86 亿，城市人口 6.46 亿，城市化率为 46.3%。2018 年城市人均收入、人均住房建筑面积、家用交通工具保有量为城镇。

2、2018 年 GDP 按不变价格计算为 81084 亿元，比 1952 年实际增长 174 倍。

3、2018 年人均 GDP 按不变价格计算为 978 美元，比 1952 年实际增长 70 倍。

4、2018 年全国居民人均收入按不变价格计算比 1949 年实际增长 59.2 倍。

5、1978 年全国无电人口 4.5 亿，按有电人口计算，人均用电为 409kWh，人均生活用电 26.2kWh。

6、万元 GDP 能耗按不变价格计算。

表 3 中国煤炭 40 年

	1978	2018
煤炭探明储量/亿 t	5960	16700
原煤产量/亿 t	6.18	36.83
蒙晋陕产量占全国比重/%	20.7	66.4
出口量/Mt	3.12	4.93
进口量/Mt	2.44	281.23
原煤洗选比重/%	16.7	71.8
煤炭消费量/Mt	565	3839
煤占一次能源消费量比重/%	70.7	59.0
煤电装机容量/亿 KW	0.4	10.1
煤矿数/万	>8	0.59
年产 20Mt 以上企业数/个	2	27

原煤生产效率/t/工	0.931	8.107
煤矿事故死亡人数/人	6001	333
煤矿事故死亡率/人/Mt	9.713	0.090

表4 2035、2050中国能源与经济展望

十九大报告：新时代中国特色社会主义发展的两个阶段。2020~2035，2035 基本实现社会主义现代化。2035~2050，2050 建成富强民主文明和谐美丽的社会主义现代化强国。

	2018	2035	2050	备注
人口总数/亿	13.95	14.3	13.95	国家卫生健康委员会
城市化率/%	46.3	70.0	80.0	2035 中国发展研究基金会，2050 中国社会科学院
GDP/万亿美元	13.6	32	52	2018 国家统计局，2027 年超过美国，2050 世界银行预测
人均 GDP/万美元	0.98	2.24	3.73	同上
第三产业占比/%	52.2	70	80	2050 年达到美国目前水平
一次能源消费量/亿 tce	46.4	45.8	52.6	2035 英国石油公司，世界能源展望 2017 版。2050 中国石油经济技术研究院
原油进口依存度/%	70.9	76	80.0	2035 英国石油公司，世界能源展望 2016 版。2050 中国石油经济技术研究院
电力需求/万亿 kWh	6.8	10.1	11.8	2050 中国石油技术经济研究院
人均能耗/tce	3.33	3.22	3.77	2035 英国石油公司。2050 中国石油经济技术研究院
人均用电/kWh	4905	4820	8460	同上
千人汽车保有量/辆	172	300	430	2035 国际能源机构，2011 世界能源展望。2050 国家信息中心
PM2.5 平均浓度/微克/m ³	39	32	10	2035 达到国家标准安全值 35 微克/m ³ ，2050 年达到世界卫生组织标准安全值 10 微克/m ³
CO ₂ 排放量/亿 t	89	74	40.	按化石能源消费量测算

表 5 中国省份能源与经济主要指标（2018 年）

地区	人口/万	城镇化率%	GDP/亿元	第三产业占比/%	能耗总量/万 tce	人均 GDP/美元	人均能耗/kgce	人均可支配收入/元	人均用电 kWh
全国总计	139538	59.6	900309	52.2	464000	9750	3325	28228	4905
北京	2154	86.5	30320	81.0	7133	22307	3312	62361	5260
天津	1560	83.2	18810	58.6	8011	16220	5135	39506	5530
河北	7556	56.4	36010	46.2	30386	7202	4021	23446	4875
山西	3718	58.4	16818	53.4	20057	6836	5395	21990	5837
内蒙古	2534	62.7	17289	50.5	19915	10310	7859	28376	13258
辽宁	4359	68.1	25315	52.4	21556	8776	4945	29710	5269
吉林	2704	57.5	15075	49.8	8015	8438	2964	22798	2764
黑龙江	3773	60.1	16362	69.9	12536	6539	3323	22726	2571
上海	2424	88.1	32680	69.9	11859	20373	4892	64183	6481
江苏	8051	69.6	92595	51.0	31430	17380	3856	38096	7632
浙江	5737	68.9	56197	54.7	21030	11502	3666	45840	8013
安徽	6324	54.7	30007	45.1	13052	7170	2064	23984	3413
福建	3941	65.8	35804	45.2	12890	13729	3271	32644	5917
江西	4638	56.0	21985	44.8	8995	7148	1935	24080	3092
山东	10047	61.2	76470	49.5	38684	11502	3850	29205	5919
河南	9605	51.7	48056	45.2	22944	7561	2389	21964	3576
湖北	5917	60.3	39367	47.6	17150	10054	2898	25815	3509
湖南	6899	56.0	36426	51.8	16171	7979	2344	25241	2544
广东	11346	70.7	97278	54.2	32342	12956	2851	35810	5661
广西	4926	50.2	20353	45.5	10458	6244	2123	21485	3486
海南	934	59.1	4832	56.6	2103	7812	2252	24579	3531
重庆	3102	65.5	20363	52.3	9545	9920	3077	26386	3623
四川	8341	52.3	40678	51.4	20874	7370	2503	22461	2962
贵州	3600	47.5	14806	46.5	10482	6215	2912	18430	4140
云南	4830	47.8	17881	47.1	11091	5594	2296	20084	3497
西藏	344	31.1	1478	51.4	—	6493	—	17286	2047
陕西	3864	58.1	24438	42.6	12537	9575	3245	22582	4156
甘肃	2637	47.7	8246	54.9	7538	4731	2859	17488	4912
青海	603	54.5	2865	47.1	4202	7180	6968	20757	12341
宁夏	688	58.9	3705	47.9	6489	8138	9432	22400	15616
新疆	2487	50.9	12199	45.8	17392	7412	6993	21500	8744

来源：国家统计局；各省份统计局。

表 6 中国省份 GDP 和人均 GDP 排行 (2018 年)

GDP/亿美元		
1	广东	14700
2	江苏	13993
3	山东	11556
4	浙江	8623
5	河南	7262
6	四川	6197
7	湖北	5949
8	湖南	5505
9	河北	5442
10	台湾	5435
11	福建	5411
12	上海	4938
13	北京	4582
14	安徽	4535
15	辽宁	3826

人均 GDP/美元		
1	北京	22307
2	上海	20373
3	天津	18220
4	江苏	17380
5	福建	13729
6	广东	12956
7	山东	11502
8	浙江	10530
9	内蒙古	10310
10	湖北	10054
11	重庆	9920

来源：国家统计局。

表 7

中国百城人均 GDP 排行 (2018 年)

	城市	美元/人	人口/万		城市	美元/人	人口/万
1	东营	32588	209	51	贵阳	11819	486
2	深圳	29778	1253	52	柳州	11647	400
3	鄂尔多斯	28291	201	53	漳州	11587	514
4	无锡	26389	655	54	沈阳	11575	829
5	苏州	26288	1068	55	徐州	11444	892
6	珠海	25323	177	56	金华	11269	545
7	广州	23970	1450	57	昆明	11134	126
8	南京	22792	850	58	潍坊	10987	936
9	杭州	21497	949	59	滨州	10771	391
10	威海	21162	282	60	唐山	10565	1024
11	北京	21105	2171	61	桂林	10454	157
12	常州	20488	320	62	株洲	10454	402
13	青岛	20432	929	63	长春	10295	749
14	上海	20423	2418	64	吉林	10247	441
15	宁波	20272	801	65	西安	10053	1255
16	武汉	20177	1112	66	廊坊	10041	480
17	包头	19204	288	67	洛阳	10017	700
18	佛山	18845	846	68	许昌	9940	431
19	天津	18255	1557	69	泰安	9908	563
20	厦门	18055	401	70	温州	9876	919
21	郑州	17717	1012	71	江门	9782	448
22	南通	17421	731	72	兰州	9730	401
23	烟台	17136	706	73	聊城	9724	605
24	榆林	17123	340	74	哈尔滨	9681	1093
25	淄博	17015	470	75	淮安	9648	564
26	大连	16845	702	76	连云港	9264	676
27	中山	16839	326	77	枣庄	9260	392
28	扬州	16520	500	78	岳阳	9202	573
29	绍兴	16336	501	79	重庆	9126	3372
30	嘉兴	16178	455	80	德州	9008	567
31	常德	16067	585	81	南宁	8955	756
32	泰州	15912	508	82	济宁	8922	870
33	福州	15569	766	83	宿迁	8439	491
34	东莞	14951	839	84	九江	8373	487
35	泉州	14792	865	85	石家庄	7961	1078
36	合肥	14720	803	86	彬州	7754	473
37	南昌	14597	546	87	沧州	7661	778
38	成都	14445	1605	88	汕头	6969	561
39	大庆	14441	293	89	衡阳	6769	734
40	长沙	14409	800	90	茂名	6271	747
41	宜昌	14216	432	91	临沂	6242	1150
42	龙岩	13699	319	92	新乡	6217	614
43	乌鲁木齐	13669	352	93	邯郸	6140	949
44	湖州	13496	300	94	遵义	5841	802
45	芜湖	13392	370	95	菏泽	5740	843
46	惠州	13038	481	96	湛江	5484	830
47	盐城	12945	724	97	保定	4867	1046
48	呼和浩特	12187	311	98	南阳	4747	1011

49	台州	12055	611	99	周口	4614	880
50	襄阳	11839	550	100	赣州	4394	974

表 8 世界 GDP 和人均 GDP 排行（2018 年）

	GDP		人均 GDP	
	位次	亿美元	位次	美元
美国	1	205130	7	62518
中国	2	134573	69	9633
日本	3	50706	24	40106
德国	4	40291	16	48670
英国	5	28089	20	42261
法国	6	27947	19	42931
印度	7	26900	140	2016
意大利	8	20869	25	34349
巴西	9	19094	71	9127
加拿大	10	17337	17	46733
韩国	11	16556	28	32046
俄罗斯	12	15765	64	10950
西班牙	13	14370	30	31060
澳大利亚	14	14278	10	56698
墨西哥	15	11993	70	9614
世界		848355		11196

注：中国人均 GDP，国家统计局数据为 136051 美元，人均 GDP 为 9750 美元。

来源：IMF。

表 9 人均能源与经济指标的国际比较（2018 年）

	中国	美国	欧盟	日本	俄罗斯	印度	世界
人口/百万	1395.4	327.2	513.6	126.2	146.2	1339.0	7578
人均 GDP/美元	9750	62518	36605	40106	10950	2016	11196
人均化石燃料可采储量							
煤/t	259	765	148	3	1079	76	168
石油/t	2.51	25.37	1.17	0.05	99.86	0.21	32.21
天然气/m ³	4372	36369	1974	164	266074	971	25983
人均一次能源消费量/kgce	3325	10045	4696	5140	7042	863	2614
人均发电量/kWh	5097	13633	6391	8333	7598	1166	3512
人均钢产量/kg	665	265	327	826	490	80	239
每千人汽车拥有量/辆	172	797	657	591	389	56	177
人均 CO ₂ 排放量/t-CO ₂	6.39	15.33	6.70	9.11	10.56	1.85	4.46

注：中国化石燃料可采储量为中国自然资源部数据。

来源：中国国家统计局；IEA；World Bank；IMF；BP Statistical Review of World Energy，June 2019；日本能源经济研究所，日本能源与经济统计手册；国际钢铁协会；世界汽车组织。

表 10 中美经济和社会发展水平差距

项目	中国	美国	备注
1. GDP/亿美元			
2000 年	11985	102848	中国为美国的 11.7%
2018 年	136052	250130	中国为美国的 54.4%
购买力平价 GDP	238806	250130	中国国家统计局，NBSPRC；国际货币基金组织（IMF）；世界银行（WB）
2. 人均 GDP/美元			
2000 年	949	36466	中国为美国的 2.6%
2018 年	9750	57766	中国为美国的 15.6%
2050 年	37300	87800	中国为美国的 42.5%；WB 预测
3. 人均收入/美元			
2000 年	579	31199	中国为美国的 1.9%
2018 年	4266	63062	中国为美国的 8.9% NBSPRC；IMF
4. 城乡人均收入差距/城市人均收入/农村人均收入			
2000 年	2.79	1.17	NBSPRC；IMF
2017 年	2.89	1.00	
5. 人均消费支出/美元			
2018 年	4127	18404	中国为美国的 22.4%
6. 城市化率/%			
2018 年	46.3	82.0	中国相当于美国 1930 年水平。 NBSPRC；美国人口调查局
7. 产业结构/%（2018 年）			
第一产业	7.2	0.8	NBSPRC；WB

第二产业	40.6	18.6	
第三产业	52.2	80.6	
8. 劳动生产率/(美元/人)			
2018年	16219	102506	中国为美国的 15.8%; 中 国国家统计局; 世界劳 工组织
9. 人均能耗/kgce			
2018年	3325	10150	中国为美国的 32.8%, NBSPRC; 美国能源部能 源信息署, DOE/EIA
10. 人均用电/kWh	4905	11473	中国为美国的 42.3%
2018年			
11. 人均生活用电/kWh	694	4980	中国为美国的 13.9%; 中 国电力企业联合会, CEC; DOE/EIA
2018年			
12. 农业			
2016 年从事农业生产人口/万	21496	300	中国为美国的 71.7 倍
人均产粮/t	2.8	137.3	美国为中国的 49 倍
NBSPRC; 美国农业部			
13. 粮食进出口/万 t	进口 10204	出口 13428	美国出口为大豆、玉米 和小麦, 2017 年。 中国国家海关总署, GAC; 美国农业部
2018年			
14. 制造业			
制造业水平远落	世界第一制造强		
后于美国, 成为	国, 生产全球 40%		
制造强国至少要	高技术产品		
再发展 30 年			
半 导 体 芯 片	销售额占全球 50 %		
84%依靠进口			C-919 相当于波音 737,
C-919 商用飞机	波音商用飞机交付		发动机是进口的
2021 年可交付	806 架		
15. 交通运输			
千人汽车拥有量/辆	172	797	中国为美国的 21.6% NBSPRC; 世界汽车组 织
民用机场数/个	235	5170	美国航天局; 中国民用 航空总局
16. 货物进出口/万亿美元	4.62	4.20	NBSPRC; 美国商务部
出口	2.48	1.66	
进口	2.14	2.54	
17. 科技			
技术创新指数 2018 年全球位次	17	6	世界知识产权组织, 2018 全球创新指数
原创性技术创新	杂交水稻 (2014), 青 蒿素 (2015)	发明半导体芯片 (1959), 人工智 能 (1959), 互联 网 (1973), 云计 算 (2004)	华觉明, 2014-04-01, 国家食品药品监督管理 总局
前沿技术			
2018 人工智能初创公司/家	<200	>600	长江商学院
3D 打印开支/亿美元	15	48	国际数据公司
云计算市场规模/亿美元	146	1819	工业和信息化部; 国务

			院发展研究中心
18. 医疗			
医疗保健开支占 GDP 比重/% 2018 年	6.6	18.0	中商产业研究院； 美国医疗保险和补助服 务中心
药品创新水平 2016 年批准新药/种	9	22	中国为美国的 41% 中国国家食品药品监督 管理局； 美国食品药品 监督管理局
高端医疗器械	80%靠进口，医 疗器械制造企业 无一家进入全球 前 100 名	世界医疗器械制造 企业前 10 名美国 占 8 家	高端医疗器械包括 CT 机，核磁共振机，动态 心电图机，可持续观察 和储存脑电图机，数字 化直接成像系统，伽玛 刀 中华医学会
19. 教育			
2018 年 25~64 岁受过高等教育 人口占比/%	17	44	中国为美国的 38.6%
外国留学生人数/万	49.2	109.5	NBSPRC； OECD 调查 中国教育部； 美国教育 部
高级技工占工人比例/%	5	40	中国工业和信息化部
20. 金融			
2018 年利用外资/亿美元	1420	2260	NBSPRC； 联合国贸发会 议监测报告
2017 年股票市值/万亿美元	7.3	27.4	纽约证券交易所
21. 环境			
大气环境质量 2018 年			
PM2.5 平均浓度/ (微克/m ³)	39	8.5	中国生态环境部； 美国 健康协会
散煤污染 烧散煤量 Mt (2016)	1198	1.07	中国烧散煤量包括： 未控污小锅炉 490Mt， 民 用和服务业 380Mt， 自备 电厂小火电 235Mt， 砖窑 和石灰窑 93Mt。 美国居民和服务业室内 已不烧散煤， 1.07Mt 用 煤是露天烧烤煤球， 仅 占煤炭消费量的 0.2%； 美国小锅炉燃煤的仅占 3%； 砖瓦生产大多使用 天然气和燃料油
散煤污染	烧 1t 散煤排放 PM2.5 10.68kg, SO ₂	—	中国行业协会，中国生 态环境部； 美国 DOE/EIA 散煤 PM2.5 和 SO ₂ 排放 量分别为全国火电厂吨 煤排放量的 49 倍和 9

室内污染 2018年	10.17kg 居民家庭使用固体燃料（煤、薪柴、秸秆）造成的室内空气污染导致呼吸系统疾病死亡 100.4 万人	—	倍。 民用散煤是京津冀重污染的主要成因。 河北省能源办公室，中国电力企业联合会 中国生态环境部，国家统计局
饮用水	自来水不能直接饮用	自来水能直接饮用	2018 年，中国 90% 流经城市的河流受到严重污染，2 亿居民使用不安全饮用水。

表 11

中国经济和能源消费的地区、城乡及贫富差距

经济		
人均地区生产总值/美元 (2018)		全国平均: 9750 最高: 北京 21105 最低: 甘肃 4735
城镇居民家庭人均可支配收入/元 (2018)		全国平均: 39251 最高: 上海 68034 最低: 甘肃 29957
农村居民家庭人均可支配收入/元 (2018)		全国平均: 14617 最高: 上海 30375 最低: 甘肃 8804
能源消费		
地区		
人均能耗/kgce (2018)		全国平均: 3325 最高: 宁夏 9432 最低: 西藏 1383**
人均用电/kWh (2018)		全国平均: 4905 最高: 宁夏 15616 最低: 西藏 2047
人均生活用电/kWh (2018)		全国平均: 694 最高: 福建 984* 最低: 西藏 306*
城乡		
人均能耗/kgce (2017)		全国平均: 3230 城镇: 4320 农村: 1470
人均用电/kWh (2018)		全国平均: 4905 城镇: 7108 农村: 1659
人均生活用电/kWh (2018)		全国平均: 694 城镇: 深圳 1128* 农村: 甘肃 264*
贫富		
贫富差距		2018 年, 中国收入最高的 1% 家庭拥有全国 1/3 的财富, 收入最低的 1/4 家庭只拥有全国 1% 的财富
城镇居民人均可支配收入/元 (2018)		20% 高收入户: 84907 20% 低收入户: 14387
农村居民人均可支配收入/元 (2018))		20% 高收入户: 34043 20% 低收入户: 3666
家用电脑每百户拥有量/台 (2018)		全国平均: 53.4 城镇: 73.1 农村: 26.9 最高: 上海 106.7 最低: 西藏农村 3.4
空调器每百户拥有量/台 (2018)		全国平均: 109.3 城镇: 142.2 农村: 65.2 最高: 浙江 220.5 最低: 西藏 0.5
家用汽车每百户拥有量/辆 (2018)		全国平均: 33.0 城镇: 41.0 农村: 22.3 最高: 鄂尔多斯 96.5 最低: 海南农村 9.8

注: *为 2016 年; **为 2017 年。

来源: 国家统计局; 省、市统计局; 中国农业年鉴; 中国电力企业联合会; 贫富差距, 北京大学中国社会科学调查中心, 《中国民生发展报告 2018》。

表 12

中国能源和电力消费弹性系数

年份	能源消费比上年增长/%	电力消费比上年增长/%	国内生产总值比上年增长/%	能源消费弹性系数	电力消费弹性系数
1990	1.8	6.2	3.8	0.47	1.63
1991	5.1	9.2	9.2	0.55	1.00
1992	5.2	11.5	14.2	0.37	0.81
1993	6.3	11.0	14.0	0.45	0.79
1994	5.8	9.9	13.1	0.44	0.76
1995	6.9	8.2	10.9	0.63	0.75
1996	3.1	7.4	10.0	0.31	0.74
1997	0.5	4.8	9.3	0.06	0.52
1998	0.2	2.8	7.8	0.03	0.36
1999	3.2	6.1	7.6	0.42	0.80
2000	4.5	9.5	8.4	0.54	1.13
2001	5.8	9.3	8.3	0.70	1.12
2002	9.0	11.8	9.1	0.99	1.30
2003	16.2	15.6	10.0	1.60	1.56
2004	16.8	15.4	10.1	1.66	1.52
2005	13.5	13.5	11.3	1.19	1.19
2006	9.6	14.6	12.7	0.76	1.15
2007	8.7	14.4	14.2	0.61	1.01
2008	2.9	5.6	9.6	0.30	0.58
2009	4.8	7.2	9.2	0.52	0.78
2010	7.3	13.2	10.6	0.69	1.25
2011	7.3	12.1	9.5	0.77	1.27
2012	3.9	5.9	7.7	0.51	0.77
2013	3.7	8.9	7.7	0.48	1.16
2014	2.1	4.0	7.3	0.29	0.55
2015	1.0	2.9	6.9	0.14	0.42
2016	1.4	5.6	6.7	0.21	0.84
2017	2.9	5.7	6.8	0.43	0.84
2018	3.3	8.5	6.6	0.50	1.29

来源：国家统计局。

解析：

能源消费弹性系数是一次能源消费增长率与 GDP 增长率之比。GDP 和能源消费受多种因素影响，包括经济结构、经济体制、人口增长、人均收入、能源价格、能源结构、能源效率、国际贸易、气候条件、能源政策等。因此，在一个国家的年度之间以及不同国家之间有很大差异。1970 年代石油危机以来，能源来源和品种趋向多元化，节能取得很大进展，各种能源之间相互替代复杂多变，能源市场全球化和自由化。这些因素使得能源与经济的相互关系发生畸变。总的的趋势是从紧密相关变得没有规律，甚至相互脱节。中国的这种情况尤其突出，波动极大，1998 年 0.03，2003 年 1.60，2008 年 0.30，2016 年 0.21，2017 年 0.43。可见，已经变得毫无规律可循。因此，既不能根据历史数据外推，更不能凭空设定一个弹性系数进行需求预测。

这种预测方法国际上早已被否定。1986 年第十三届世界能源大会的总结报告指出：“1973 年以

前，石油价格相对稳定，在一定时期内经济增长与能源需求之间有可能存在相当准确的关系。但石油危机后就做不到了。”“在今后的研究中，对能源需求与经济增长进行简单的相关分析是危险的。”现在国外没有任何国家和国际组织采用这种预测方法。在我国，这种预测方法至今仍在应用，甚至用来进行规划。这可能导致决策失误。

表 13 中国耗能产品和设备产量占全球比重（2018 年）

产品	产量	占全球比重%
粗钢	928.0Mt	51.3
电解铝	35.8Mt	55.6
稀土	20 万 t	71
钨	9.1 万 t	80
水泥	2208Mt	57
平板玻璃	8.69 亿重量箱	50
建筑陶瓷	90.11 亿 m ²	62
电石	25.60Mt	90
化纤	50.11Mt	75
汽车	2782 万辆	29.5
房间空调器	20486 万台	80
电冰箱	7993 万台	54
彩色电视机	18835 万台	70
洗衣机	7151 万台	52
微波炉	8836 万台	75
微型计算机	3.07 亿台	90
手机	18.0 亿部	90
光伏电池	96.05GW	70
锂电池	102.0GWh	65.5
LED 灯	135 亿只	80

来源：国家统计局；工业和信息化部；中国建材工业协会；中国陶瓷工业协会；中国化纤工业协会；中国家用电器协会；中国太阳能协会；中国照明电器协会；联合国工业发展组织。

表 14 中国高耗能产品和终端用能设备产量

	1990	2000	2010	2014	2015	2016	2017	2018
高耗能产品								
粗钢/Mt	66.4	128.5	637.2	822.7	803.8	807.6	870.7	928.0
水泥/Mt	209.7	597.0	1881.9	2476.1	2359.2	2410.3	2330.8	2207.7
电解铝/Mt	0.85	2.79	15.77	27.52	31.41	32.65	33.29	35.80
乙烯/Mt	1.57	4.70	14.21	16.97	17.15	17.81	18.22	18.41
农用化肥/Mt	18.80	31.86	63.38	68.87	74.32	66.30	58.92	54.24
终端用能设备/百万								
汽车	0.51	2.07	18.27	23.73	24.50	28.12	29.02	27.82
家用电冰箱	4.63	12.79	72.96	87.96	79.93	84.82	83.15	79.93
彩色电视机	10.33	39.36	118.30	141.29	144.76	157.70	159.33	188.35
房间空调器	0.24	18.27	108.88	144.63	142.00	143.42	178.62	204.86

来源：国家统计局。

表 15

中国最富裕城市居民生活水平的国际比较（2018年）

	北京	上海	深圳	鄂尔多斯	东营	日本东京
常住人口/万	2154	2424	1302	208	217	1330
城镇化率/%	86.5	87.6	99.7	75.6	69.0	
人均 GDP/美元	21105	20403	29778	28291	32588	76842
人均 GDP 位次	11	14	2	3	1	
人均可支配收入/美元	10273	10281	7544	7077	7240	32550
人均住房建筑面积/m ²	35	37	40	42	38	35
私人汽车拥有量/辆/百户	49.2	34.7	75.0	96.5	81.0	46
房间空调器拥有辆/台/百户	169.8	210.2	167.0		197.0	248

注：私人汽车和房间空调器拥有量为城镇居民，北京、深圳为2017年，东京2016年。

来源：中国国家统计局；城市统计局；日本总务省统计局。

表 16

中国城乡居民生活水平和能源消费

	2000	2010	2015	2016	2017	2018
人均 GDP/美元	949	4556	8007	8127	8836	9750
城镇居民人均可支配收入/元	6280	19109	31195	33616	36396	39251
农村居民人均可支配收入/元	2253	5919	11422	12363	13432	14617
城镇居民家庭恩格尔系数/%	39.4	35.7	29.7	29.3	28.6	27.7
农村居民家庭恩格尔系数/%	49.1	41.1	33.0	32.2	31.2	30.1
人均住房建筑面积/m ²						
城镇	20.3	31.6	33.5	36.6	36.9	39.0
农村	34.6	37.9	43.4	44.5	46.7	47.3
耗能器具和设备普及率/台/百户						
房间空调器						
城镇	30.8	112.1	114.6	123.7	128.6	142.2
农村	1.3	16.0	38.8	47.6	52.8	55.2
电冰箱						
城镇	80.1	96.6	94.0	96.4	98.0	100.9
农村	12.3	45.2	82.6	89.5	91.7	95.9
彩色电视机						
城镇	116.6	137.4	122.3	122.3	123.8	121.3
农村	48.7	111.8	116.9	118.8	120.8	116.6
家用计算机						
城镇	9.7	71.2	78.5	80.0	80.8	73.1
农村	0.5	10.4	25.7	27.9	29.2	26.9
家用汽车						
城镇	0.5	13.1	30.0	35.5	37.5	41.0

农村	—	—	13.3	17.4	19.3	22.3
人均能耗/kgce	1160	2693	3128	3153	3230	3325
人均用电/kWh						
城镇	2574	4519	6212	6370	6587	7108
农村	205	989	1496	1566	1652	1659

注：2017年按不变价格计算的城市居民人均收入为8218元，农村居民3197元。

来源：国家统计局；中国电力企业联合会。

表 17 中国农村电气化和贫困状况

	1978	2000	2010	2015	2016	2017	2018
农村人口/百万	790.14	808.37	674.15	603.46	589.73	576.61	564.01
贫困标准/元/人	100	625	2300	2855	3100	3300	3535
贫困人口/百万	250.0	32.1	26.9	55.8	43.4	30.46	16.60
无电人口/百万	450.0	35.0	5.3	0	0	0	0
人均用电/kWh	218	205	989	1496	1566	1652	1659

注：1、2018年贫困标准以2010年2300元不变价为基准。

2、按照联合国标准（人均每天生活费不足1美元），中国2018年贫困人口为2.12亿。

3、2015年末，最后3.98万无电人口用上了电。

来源：国家统计局；中国电力企业联合会；国家能源局；电监会。

解析：能源贫困的背后

国际能源机构的定义是：贫困人群的炊事和采暖依靠生物质或未能使用电力。能源贫困是贫困的特征，也是持续贫困的一个原因。能源贫困对健康造成严重危害，破坏生态环境，降低农业生产率，影响农村经济发展。

我国改革开放以来，经济和社会发展取得巨大成就，但能源贫困仍是一个严重问题。

目前，我国经济和能源贫富差距极为悬殊。2018年，全国城镇高收入户人均可支配收入84907元，为农村低收入户的23.2倍。房间空调器百户拥有量最多的浙江达220.5台，西藏为0.5台。2015年，人均生活用电深圳为1128kWh，青海农村仅为231kWh。时至今日，赤贫的农户有电也用不起。有些农户除了一盏节能灯（紧凑型荧光灯），再无其他电器。按节能灯功率11W、每日使用4小时计，每户每月仅用电1.3kWh，比10年前国家电网公司的调查数据1.1kWh稍高一点。

在我国最穷的地方，居民极端贫困的生存状况触目惊心。四川大凉山美姑县马依村，2017年记者所见，居民家徒四壁，人畜混居，一块木板搭在4摞砖上就是床，三块砖架锅，煮些土豆就是一家五口的午餐。全村1200多人，文盲半文盲1100人。

在云、贵、川贫困地区，柴薪至今仍是居民的主要生活燃料。烧柴烟尘污染严重损害健康，砍伐林木破坏生态环境。

能源贫困与人类发展指数密切相关。人均薪柴消耗最多的贵州和西藏，2018年人均预期寿命分别为71.1岁和68.2岁，比上海的83.6岁分别短12.5岁和15.4岁；6岁以上高中文化程度人口占比，贵州和西藏分别为11.99%和6.39%，上海为21.54%。

表 18

中国人类发展指数（2018 年）

预期寿命/岁	文盲占 15 岁及以上人口比重/%	高中文化程度占 6 岁及以上人口比重/%	人均 GDP/ 美元	人均用电/kWh
全国 77.0	全国 4.94	全国 17.55	全国 9750	全国 4905
最长 上海 83.63	最小 天津 1.39	最大 天津 22.28	最高 北京 22307	最多 宁夏 15616
最短 西藏 68.17	最大 西藏 35.24	最小 西藏 6.39	最低 甘肃 4731	最少 西藏 2047
北京 82.20	辽宁 1.55	上海 21.54	上海 20373	内蒙古 13258
天津 81.33	北京 1.69	北京 19.92	江苏 17380	青海 12341
青海 72.05	贵州 9.93	云南 12.32	西藏 6493	黑龙江 2571
贵州 71.10	青海 10.23	贵州 11.99	云南 5594	湖南 2544

来源：2019 中国统计年鉴；中国电力企业联合会；预期寿命为省市统计。

表 19

中外石油公司业绩比较（2018 年）

	中国石油天然气集团公司	埃克森美孚公司	英国石油公司
原油和天然气产量/Mtoe	173.2	115.1	113.8
营业收入/亿美元	3929.8	2902.1	3037.4
利润/亿美元	22.7	208.4	93.8
员工数/万人	147	7.1	7.4
人均油气产量/toe	117.8	1621.1	1537.8
人均营业收入/万美元	26.3	408.7	324.0
人均利润/万美元	0.15	29.4	12.7

来源：美国《财富》中文网；美国《石油情报周刊》。

表 20

列入 2019 全球 500 强的中国能源企业

排序	企业名称	营业收入/亿美元
2	中国石油化工集团	4147
4	中国石油天然气集团	3930
5	国家电网公司	3871
63	中国海洋石油总公司	1081
107	国家能源投资集团	820
111	南方电网公司	810
144	中国化工集团	674
161	中国电力建设集团	612
211	山东能源集团	512
263	陕西延长石油公司	439
281	陕西煤业化工集团	424
286	华能集团	423
318	兖矿集团	389
347	冀中能源集团	357
362	国家电力投资集团	342
364	中国能源建设集团	342
386	中国华电集团	324
438	大唐集团	287
462	潞安集团	268
464	大同煤矿集团	267
465	山西焦煤集团	267
469	山西阳泉煤业集团	263
482	山西晋城无烟煤矿业集团	258
484	河南能源化工集团	258

来源：美国《财富》2019年7月22日发布。

二、一次能源供应

表 21 世界化石燃料可采储量和储产比（2018 年）

煤炭/亿 t		石油/亿 t		天然气/万亿 m ³	
中国	2610(71)	委内瑞拉	480(>500)	俄罗斯	38.9(58.2)
美国	2502(365)	沙特阿拉伯	409(66.4)	伊朗	31.9(133.3)
俄罗斯	1604(364)	加拿大	271(88.3)	卡塔尔	24.7(140.7)
澳大利亚	1474(304)	伊朗	214(90.4)	土库曼斯坦	19.5(316.8)
印度	1013(132)	伊拉克	199(87.4)	美国	11.9(14.3)
德国	361(214)	俄罗斯	146(25.4)	委内瑞拉	6.3(190.7)
乌克兰	344(1003)	科威特	140(91.2)	中国	6.1(37.6)
波兰	265(216)	阿联酋	130(68.0)	沙特阿拉伯	5.9(52.6)
哈萨克斯坦	256(217)	利比亚	63(131.3)	阿联酋	5.9(91.8)
南非	99(39)	美国	73(11.0)	尼日利亚	5.3(108.6)
印度尼西亚	370(67)	尼日利亚	51(50.0)	阿尔及利亚	4.3(47.0)
世界	12766(160)	哈萨克斯坦	39(42.7)	伊拉克	3.6(273.8)
		中国	35(18.7)	澳大利亚	2.4(18.4)
		卡塔尔	26(36.8)		
		巴西	20(13.7)		
		阿尔及利亚	15(22.1)		
		安哥拉	11(15.0)		
		墨西哥	11(10.2)		
		OPEC	1748(86.5)		
		世界	2441(50.0)	世界	196.9(50.9)

注：1、可采储量是可从探明储量中开采出来的数量。

2、中国煤炭可采储量为中国自然资源部数据，BP 数据为 1388 亿 t。美国煤炭可采储量为 National Mining Association 数据。

3、括弧内为储产比。

来源：BP Statistical Review of World Energy, June 2019；美国《油气杂志》2018 年终号；中国自然资源部。

表 22

世界十大油田

排名	油田	探明储量/亿吨
1	沙特阿拉伯加瓦尔油田	107.4
2	科威特大布尔干油田	99.1
3	中国大庆油田	56.7
4	委内瑞拉玻利瓦尔油田	52.0
5	沙特阿拉伯萨法尼亚海上油田	33.2
6	伊拉克鲁迈拉油田	26.0
7	伊拉克基尔库克油田	24.4
8	俄罗斯罗马什金油田	24.0
9	俄罗斯萨莫洛特尔油田	20.6
10	阿联酋扎库姆油田	15.9

表 23

世界十大煤田

排名	煤田	探明储量/亿 t
1	中国陕西/内蒙古神府东胜煤田	2236
2	中国新疆准东煤田	2136
3	美国怀俄明/蒙大拿州波德河煤田	1224
4	美国阿巴拉契亚煤田，分布在东部 9 个州	937
5	中国山西沁水煤田	860
6	乌克兰顿巴斯煤田	732
7	波兰上西里西亚煤田	543
8	德国鲁尔煤田	390
9	中国山西宁武煤田	390
10	南非威特班克煤田	353

表 24

中国煤炭、石油、天然气资源和储量

煤炭

预测资源量 38796 亿 t。2018 年末探明储量 1.7 万亿 t，剩余技术可采储量 2610 亿 t。

石油

原油：地质资源量 1257 亿 t，可采资源量 301 亿 t。2018 年剩余技术可采储量 35 亿 t。

油沙：地质资源量 60 亿 t，可采资源量 23 亿 t。

油页岩：技术可采资源量 2432 亿 t，可回收页岩油 120 亿 t。

天然气

常规天然气：地质资源量 90 万亿 m³，可采资源量 50 万亿 m³，2018 年累计探明地质储量 15.44 万亿 m³，剩余技术可采储量 6.1 万亿 m³。

煤层气：地质资源量 30 万亿 m³，可采资源量 12.5 万亿 m³。2018 年累计探明地质储量 5993 亿 m³，剩余技术可采储量 3102 亿 m³。

页岩气：地质资源量 122 万亿 m³，可采资源量 22 万亿 m³。2018 年，探明地质储量 10415 亿 m³，技术可采储量 2253 亿 m³。

来源：自然资源部。

解析：化石能源资源评估

中国化石能源资源缺油少气，资源分布极不均衡，开采条件差，生产成本高。

2018 年，我国人均石油可采储量只有 2.51t，天然气 4372m³，分别为世界平均值的 7.8% 和 16.8%。

煤炭储量 2/3 集中在华北和西北，石油可采储量 60% 集中在西北和东北，天然气可采储量 65% 集中在西北和西南，经济可开发水能资源 80% 集中在西南和中南。能源供需逆向布局，形成大量的北煤南运，西气东输，西电东送基本格局，对运输基础设施建设、能源市场和区域经济发展有很大影响。由于煤炭质次价高，运距长，东南沿海地区国产煤价高于进口煤。2018 年 6 月，山西大同 5500kcal/kg 动力煤出矿价 470 元/t，经铁海联运到广州，市场价 795 元/t，比进口印尼煤高 50 元/t。全国煤炭进口从 2000 年的 1.65 亿 t 增至 2018 年的 2.81 亿 t。2018 年，南方电网西电东送电量 2175 亿 kWh。2018 年，全国已建成特高压输电线路 31196km。准东—皖南±1100kV 线路，长达 3324km，输送能力 660 亿 kWh，为世界之最，2018 年 10 月投运。

(1) 煤炭

我国煤炭资源 90% 分布在经济欠发达、生态环境脆弱地区。2018 年，矿井平均开采深度已达 510m，有 47 个矿井超过 1000m，最深 1450m，露天矿产量占 16.3%。煤矿生产效率低，成本高。开采条件优越的美国（矿井平均采深 90m，露天矿产量占 65.0%），2016 年中国煤矿职工人均原煤产量 1052t，仅为美国 84080t 的 12.5%；中国煤炭平均出矿价 66.1 美元/t，为美国 38.5 美元/t 的 1.7 倍。此外，中国煤炭质量差，2014 年发电用煤平均热值为 4788kcal/kg，美国 5556kcal/kg。2018 年，我国煤炭可采储量（可从探明储量中开采出来的数量）达到 2610 亿 t，居世界首位。

(2) 石油

我国油田小而分散，开采条件差，生产成本高。中国油田单井平均日产量仅 2t，中东地区高达 685t。近年油田开采条件更趋恶化，新增储量 80% 是低渗透、超低渗透难采油藏。因此，我国石油开采成本很高，2018 年平均达 50 美元/桶，为中东地区的 10 倍。2018 年，我国石油可采储量 35 亿 t，人均 2.51t，仅为世界平均值的 7.8%。

(3) 天然气

我国天然气田大都是中小型，地质构造复杂，开采难度大，成本高。油气田生产大量天然气，2015 年 7 大油气田产气 951 亿 m³，占全国天然气产量的 69%，生产成本跟原油一样也很高。2016 年，我国管道天然气市场价 2.04 元/m³，为美国 0.59 元/m³ 的 3.5 倍。2018 年，我国天然气可采储量 6.1 万亿 m³，人均 4322m³，仅为世界平均值的 16.6%。

(4) 煤层气

煤层气是一种非常规天然气。我国储量丰富，2018 年探明储量 5993 亿 m³，可采储量 3102 亿 m³。2018 年产量 199 亿 m³，其中井下抽采 128 亿 m³，地面抽采 51 亿 m³，利用 93 亿 m³。

(5) 页岩气

我国页岩气可采资源量世界最多，达31万亿m³。四川涪陵页岩气田探明储量6008亿m³。我国页岩气田埋深大，目前最大开采深度已达4000m，而且地质构造复杂。美国页岩气采深小于2000m，地质构造简单，2018年产量已达6791亿m³，占天然气产量的81.6%。最近，我国页岩气开采关键技术取得突破，开采成本下降。2018年产量109亿m³。

表 25 世界原油、天然气、煤炭产量

原油/Mt					天然气/亿 m ³				
	2015	2016	2017	2018		2015	2016	2017	2018
美国	565.3	543.1	573.9	669.4	美国	7403	7274	7458	8318
沙特阿拉伯	567.9	586.6	561.7	578.3	俄罗斯	5844	5893	6356	6695
俄罗斯	541.9	555.9	554.4	563.3	伊朗	1914	2032	2239	2395
加拿大	215.6	218.6	236.3	255.5	加拿大	1609	1716	1776	1847
伊朗	180.5	216.8	234.2	220.4	卡塔尔	1752	1738	1724	1755
伊拉克	195.6	217.6	221.5	226.1	中国	1357	1379	1492	1615
中国	214.6	199.7	191.5	189.1	澳大利亚	760	964	1128	1301
阿联酋	175.0	181.6	176.3	177.7	挪威	1162	1158	1232	1206
科威特	148.1	152.6	144.8	146.8	沙特阿拉伯	992	1053	1093	1121
巴西	132.2	136.7	142.7	140.3	阿尔及利亚	814	914	930	923
墨西哥	127.5	121.4	109.5	102.3					
尼日利亚	105.7	91.3	95.5	98.4					
哈萨克斯坦	80.2	78.6	78.0	91.2					
世界	4355.2	4368.0	4379.9	4474.3	世界	35017	35417	36777	38679
OPEC	1817.7	1885.8	1873.7	1854.3					
煤炭/Mt									
	2015	2016	2017	2018					
中国	3747	3411	3524	3683					
印度	683	712	716	745					
美国	813	661	703	630					
澳大利亚	512	500	559	429					
印度尼西亚	455	464	461	485					
俄罗斯	352	366	408	432					
南非	255	255	254	242					
德国	185	176	175	166					
波兰	136	131	127	122					
哈萨克斯坦	107	103	111	118					
世界	7731	7324	7549	8013					

注：煤产量包括硬煤和褐煤。2017年褐煤产量(Mt)中国629，德国171，俄罗斯76，土耳其74，美国64，波兰61，澳大利亚57，印度48，捷克39，希腊37，世界1460。

来源：BP Statistical of World Energy；IEA Coal Information；美国《油气杂志》；中国国家统计局；DOE/EIA。

表 26

中国分品种能源产量

年份	原煤/Mt	原油/Mt	天然气/亿 m ³	发电量/TWh	其中水电
1990	1080	138.3	153.0	621.2	126.7
1991	1087	141.0	160.7	677.5	124.7
1992	1116	142.1	157.9	753.9	130.7
1993	1150	145.2	167.7	839.5	151.8
1994	1240	146.1	175.6	928.1	167.4
1995	1361	150.1	179.5	1007.0	190.6
1996	1397	157.3	201.1	1081.3	188.0
1997	1388	160.7	227.0	1135.6	196.0
1998	1332	161.0	232.8	1167.0	198.9
1999	1364	160.0	252.0	1239.3	196.6
2000	1384	163.0	272.0	1355.6	222.4
2001	1472	164.0	303.3	1480.8	277.4
2002	1550	167.0	326.6	1654.0	288.0
2003	1835	169.6	350.2	1910.6	283.7
2004	2123	175.87	414.6	2203.3	353.5
2005	2365	181.35	493.2	2500.3	397.0
2006	2570	184.77	585.5	2865.7	435.8
2007	2760	186.32	692.4	3281.6	485.3
2008	2903	190.43	803.0	3495.76	637.0
2009	3115	189.49	852.7	3714.65	615.6
2010	3428	202.41	957.9	4207.16	722.17
2011	3764	202.88	1053.4	4713.02	698.95
2012	3945	207.48	1106.1	4987.60	872.10
2013	3974	209.92	1208.6	5431.64	920.29
2014	3874	211.43	1301.6	5794.46	1072.88
2015	3747	214.36	1346.1	5810.58	1130.27
2016	3411	199.69	1368.7	6133.16	1184.05
2017	3524	191.51	1480.3	6604.45	1197.87
2018	3683	189.11	1602.7	7111.77	1234.23

来源：国家统计局。

表 27

中国和世界最大能源及耗能产品生产企业

- 1, 煤炭。世界最大, 印度煤炭公司, 2018 年产量 567Mt。中国最大, 国家能源集团, 2018 年产量 510Mt。
- 2, 石油。世界最大, 沙特阿拉伯国家石油公司, 2018 年原油产量 497.6 Mt。中国, 大庆油田公司, 2018 年产量 41.67Mt。
- 3, 炼油。世界最大, 中国石油化工集团, 2018 年加工能力 260Mt。世界第二, 美国埃克森美孚公司, 249 Mt。
- 4, 天然气。世界最大, 俄罗斯天然气工业公司, 2018 年产量 4744 亿 m³。中国最大, 长庆油田公司, 387 亿 m³。
- 5, 电力。世界最大, 中国国家能源集团, 2018 年装机容量 238.9GW, 发电量 9533 亿 kWh。
- 6, 水电。世界最大, 中国长江电力公司, 2018 年装机容量 5064 万 kW, 发电量 2155 亿 kWh, 其中三峡 1016 亿 kWh, 葛洲坝 183 亿 kWh, 溪洛渡 625 亿 kWh, 向家坝 331 亿 kWh。
- 7, 核电。世界最大, 中国广核集团, 2018 年装机容量 2430.6 万 kW, 在建 743.0 万 kW。
- 8, 风电。世界最大, 中国酒泉风力发电公司, 2018 年装机容量 915 万 kW。国外最大, 美国加利福尼亚州 Alta 风电公司, 2014 年装机容量 102 万 kW。
- 9, 风力机制造。世界最大, 丹麦维斯塔斯, 2017 年装机容量 10.1GW。世界第二, 新疆金风科技公司, 装机容量 6.7 GW。
- 10, 光伏发电。世界最大, 中国腾格里沙漠光伏电站, 2018 年装机容量 154.7 万 kW。世界第二印度 Kunroo, 装机容量 100 万 kW, 2017 年 4 月 28 日投产。
- 11, 光伏组件制造。世界最大, 中国特变电工公司, 2018 年累计安装 185.9 万 kW。世界第二, 美国 First Solar 公司, 2018 年累计安装 170.0 万 kW。
- 12, 钢。世界最大, 卢森堡安赛乐米塔尔公司, 2018 年产量 97.03 Mt。世界第二, 中国宝武钢铁集团, 2018 年产量 67.43Mt。
- 13, 铁矿石。世界最大, 巴西淡水河谷公司, 2018 年产量 390Mt。中国最大, 鞍山钢铁集团, 2016 年产量 28Mt。
- 14, 电解铝。世界最大, 中国宏桥 (山东) 集团, 2018 年产能 646 万 t。国外最大, 俄罗斯铝业联合公司, 2018 年产能 390 万 t。
- 15, 铜。世界最大, 智利国家铜业公司, 2018 年产量 184.2 万 t。中国最大, 江西铜业公司, 2018 年生产电解铜 149 万 t。
- 16, 水泥。世界最大, 中国建材集团, 2018 年销量 5.7 亿 t。国外最大, 法国拉法基豪瑞集团, 2018 年销量 2.22 亿 t。
- 17, 乙烯。世界最大, 美国埃克森美孚化学公司, 2017 年产能 1512 万 t。中国最大, 中国石油化工集团, 2017 年产量 1161 万 t。
- 18, 造纸。世界最大, 美国国际纸业公司, 2017 年产量约 60Mt。中国最大, 玖龙纸业公司, 2018 年产量 13.94Mt。
- 19, 民用载客飞机。世界最大, 波音, 2018 年交付 806 架。世界第二, 空客, 交付 800 架。
- 20, 无人驾驶飞机。世界最大, 中国大疆创新, 2018 年销量 232 万架, 占全球的 74%。
- 21, 汽车。世界最大, 大众集团, 2018 年全球销量 1083 万辆。中国最大, 上汽集团, 2018 年销量 705 万辆。
- 22, 电动汽车。世界最大, 中国比亚迪公司, 2018 年销量 24.78 万辆。国外最大, 美国特斯拉公司, 2018 年销量 24.50 万辆。

-
- 23, 车载锂电池。世界最大, 中国宁德时代公司, 2018年, 销量 23.4GWh。
- 24, 造船。世界最大, 中国船舶工业集团, 2018年手持订单 748 万修正载重吨。世界第二, 韩国现代重工集团, 2018年手持订单 738 万修正载重吨。
- 25, 房间空调器。世界最大, 中国格力集团, 2017 年销量 5466 万台。世界第二, 美的集团, 2017 年销量 4215 万台。
- 26, 电冰箱。世界最大, 中国海尔集团, 2017 年销量 2837 万台。世界第二, 韩国 LG, 1132 万台。
- 27, 洗衣机。世界最大, 中国海尔集团, 2018 年销量 2455 万台。
- 28, 彩色电视机。世界最大, 韩国三星集团, 2018 年销量 3995 万台。中国最大, TCL 集团, 2018 年销量 2785 万台。
- 29, 微波炉。世界最大, 中国美的集团, 2018 年国内外销量 3500 万台, 占全球市场的 46%。
- 30, LED 灯。世界最大, 中国阳光照明公司, 2018 年销量 4.31 亿只。
- 31, 个人计算机。世界最大, 中国联想集团, 2018 年销量 5846.7 万台。第二, 美国惠普公司, 2018 年销量 5633.2 万台。
- 32, 手机。世界最大, 韩国三星集团, 2018 年销量 3.14 亿部。第二, 美国苹果公司, 2018 年销量 2.25 亿部。第三, 中国华为, 2.08 亿部。
-

表 28 **世界十大石油和天然气公司 (2018 年)**

原油产量/Mt		天然气产量/亿 m ³	
1、沙特阿美	597.55	1、俄罗斯天然气公司	4744
2、伊朗国家石油公司	249.10	2、伊朗国家石油公司	2243
3、伊拉克国家石油公司	223.45	3、中国石油天然气集团	1287
4、俄罗斯石油公司	181.75	4、卡塔尔石油总公司	1196
5、中国石油天然气公司	172.05	5、沙特阿美	1114
6、科威特国家石油公司	151.95	6、皇家荷兰壳牌集团	1103
7、埃克森美孚	114.15	7、埃克森美孚	1055
8、英国石油公司	113.05	8、阿尔及利亚国家石油公司	829
9、巴西国家石油公司	110.85	9、英国石油公司	800
10、墨西哥国家石油公司	110.25	10、马来西亚国家石油公司	724

注: 按石油和天然气储量、产量、炼油能力和油品销售量 6 项指标综合测算。

来源: 美国《石油情报周刊》, 2018-11-28

表 29

中国十大油田原油产量

	2017	2018
1、中石油大庆油田	3952	4167
2、中海油渤海油田	2900	3000
3、中石油塔里木油田	2538	2673
4、中石油长庆油田	2372	2528
5、中石化胜利油田	2340	2383
6、中石油西南油气田	1533	1812
7、中石油新疆油田	1131	1379
8、延长石油集团	1127	1310
9、中海油南海油田	912	1305
10、中石油辽河油田	976	1040

来源：中国石油企业协会。

表 30

世界原油加工能力（2018 年）

单位：Mt

	2017	2018
美国	907.9	917.5
中国	744.8	765.5
俄罗斯	322.5	322.5
印度	229.8	243.1
韩国	161.3	163.6
日本	163.5	163.5
沙特阿拉伯	138.2	138.6
巴西	111.7	111.7
伊朗	102.9	108.8
德国	96.3	101.5
加拿大	96.3	101.5
意大利	92.9	92.9
墨西哥	75.6	75.6
西班牙	76.6	76.5
新加坡	74.0	74.0
委内瑞拉	63.7	63.7
荷兰	62.3	62.3
法国	60.9	60.9
英国	60.0	60.0
世界总计	4822.6	4892.4

注：中国行业统计 2017 年 808Mt，2018 年 830Mt。

来源：BP Statistical Review of World Energy, June 2019。

表 31

世界十大炼油厂（2018 年）

厂名	原油加工能力/万 t/年
1、印度信诚石油公司贾姆纳格尔炼油厂	6200
2、委内瑞拉帕拉瓜纳炼制中心	4830
3、韩国 SK 公司蔚山炼油厂	4200
4、阿联酋阿布扎比炼油公司鲁维斯厂	4150
5、GS-加德士公司韩国丽水炼油厂	3925
6、沙特阿拉伯吉赞炼油厂	3720
7、伊朗 PGS 炼油厂	3350
8、S-Oil 公司韩国昂山炼油厂	3345
9、伊朗阿巴丹炼油中心	3000
10、美国埃克森美孚公司新加坡裕廊岛炼油厂	2960

来源：美国《石油情报周刊》。

表 32

中国原油加工量及主要产品产量

单位：Mt

	2000	2010	2015	2016	2017	2018
原油加工量	210.8	426.8	522.0	541.0	567.77	603.57
主要产品产量						
汽、煤、柴油合计	120.83	252.09	335.17	347.8	328.62	324.34
汽油	41.32	76.76	119.99	129.0	121.03	138.88
煤油	8.78	17.08	35.19	39.8	30.01	47.70
柴油	70.73	158.25	179.99	179.0	177.58	137.76
燃料油	20.54	25.37	23.84	25.87	26.93	20.24

来源：国家统计局；中国石油和化学工业联合会。

表 33

世界十大煤炭公司

单位：Mt

	2016	2017	2018
1、印度煤炭公司	540	560	567
2、中国国家能源集团	506	510	512
3、美国博地能源	187	192	220
4、中国中煤能源	146	164	190
5、中国兖矿	114	135	161
6、中国陕西煤业化工	129	144	160
7、中国山东能源	130	141	145
8、中国大同煤矿	118	127	137
9、俄罗斯西伯利亚公司	106	108	110
10、瑞士嘉能公司	105	106	106

来源：中国煤炭经济研究会。

表 34

中国前 10 名产煤省份原煤产量

单位：Mt

	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1、内蒙古	786.7	1061.9	1031	908	901	838	878	926
2、山西	741.0	913.9	963	977	953	816	861	893
3、陕西	356.4	427.5	493	515	502	512	545	623
4、新疆	103.1	139.2	147	143	156	158	179	190
5、贵州	159.6	181.1	191	185	170	167	166	139
6、山东	148.9	145.0	140	148	145	128	129	122
7、安徽	131.5	147.1	140	130	135	122	117	115
8、河南	212.8	147.2	153	135	128	119	115	114
9、宁夏	67.1	82.3	87	86	79	67	76	74
10、黑龙江	97.1	91.3	80	69	67	59	56	58

来源：中国煤炭工业协会。

表 35

中国十大煤炭公司

单位: Mt

	2014	2015	2016	2017	2018
1、国家能源集团	541.7	495.9	506.0	510.0	
2、中煤能源	183.0	159.4	146.0	163.7	
3、兖矿	120.1	108.0	114.0	130.0	161.5
4、陕西煤业化工	127.1	127.0	106.3	137.1	160.2
5、山东能源	139.3	133.0	120.2	141.3	145.4
6、大同煤矿	167.5	173.5	117.9	126.2	137.2
7、山西焦煤	107.0	105.3	91.2	96.1	100.1
8、晋能	70.3	70.4	71.4	80.2	84.5
9、阳泉煤业	69.6	76.2	79.0	81.9	82.0
10、冀中能源	102.0	101.0	81.4	79.3	81.0

来源：中国煤炭工业协会

表 36

中国煤炭工业主要指标

	1990	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018
原煤产量/Mt	1080	1384	2365	3428	3974	3874	3747	3411	3524	3683
商品煤产量/Mt	1047	1115	2229	3214	3545	3438	3303	2942	3075	3207
露天开采产量比重/%	3.0	4.5	5.0	10.0	13.1	14.8	16.0	17.8	17.9	16.3
原煤洗选比重/%	17.1	24.3	31.9	50.9	60.0	62.5	65.9	68.9	70.2	71.8
煤矿数/万个	7.01	3.32	2.48	1.50	1.25	1.10	0.96	0.79	0.68	0.58
煤炭消费量/Mt	1376.8	1410.5	2433.8	3490.1	4244.3	4121.2	3969	3782	3797	3835
其中：发电	438.0	566.8	1050.2	1497.3	1898.5	1880.5	1816.6	1803.9	1864.0	1884.5
出口量/Mt	17.29	58.84	71.68	19.03	7.51	5.74	5.33	8.78	8.17	4.93
进口量/Mt	2.00	2.02	26.17	164.78	327.08	291.22	204.06	255.51	270.90	281.23
煤炭平均出矿价/元/t	61.67	139.69	291.06	441.0	450.8	401.2	342.2	336.4	431.3	446.6
事故死亡人数/人	7301	5816	5938	2433	1067	931	598	538	375	333
事故死亡率/人/Mt	6.76	4.20	2.51	0.71	0.27	0.24	0.16	0.16	0.107	0.090

注：2018 年煤炭实际消费量为 4225Mt，包括规模以下小矿产销量 90Mt，违法违规超产和无票据销量 300Mt。

来源：国家统计局；中国煤炭工业协会；中国煤炭加工利用协会；中国电力企业联合会。

解析：

商品煤计算方法。2018 年原煤产量 $3683\text{Mt} \times \text{原煤洗选率 } 71.8\% = 2644\text{Mt} \times \text{矸石脱除率 } 18\% = 476\text{Mt}$ 。原煤产量 $3683\text{Mt} - \text{脱除矸石量 } 476\text{Mt} = \text{商品煤产量 } 3207\text{Mt}$

表 37

中国能源工业固定资产投资

单位：亿元

	2000	2010	2015	2016	2017	2018
全国总计	26221.8	243797.8	551590.0	596500.8	631684.0	635636.0
能源工业合计	2839.6	20899.3	32474.2	32937.4	32259.1	30097.2
煤炭开采洗选业	198.9	3888.1	4007.8	3037.7	2648.4	2804.7
石油天然气开采业	335.6	2716.8	3424.9	2331.0	2648.9	2630.4
石油加工、炼焦及核燃料加工业	94.8	2029.6	2538.6	2696.2	2676.8	2947.2
电力、热力生产与供应业	2130.3	11356.4	20171.4	22637.7	22055.2	19342.4
燃气生产与供应业	60.0	908.4	2331.5	2134.8	2229.8	2372.5

注：2000 年为国有经济固定资产投资；2010~2018 年为城镇固定资产投资。

来源：国家统计局。

三、电力

表 38

世界发电量

单位: 亿 kWh

国别	2015	2016	2017	2018
中国	58146	61322	66045	71118
美国	43487	43479	43025	44608
印度	13173	14077	14703	15611
俄罗斯	10675	10910	10896	11108
日本	10301	10421	10501	10516
加拿大	6637	6639	6227	6544
德国	6481	6507	6537	6487
巴西	5812	5789	5880	5880
法国	5703	5562	5541	5742
世界	242869	249569	256766	266148

来源: BP Statistical Review of World Energy, June 2019。

表 39

部分国家电源结构 (2018 年)

单位: 亿 kWh

	石油	天然气	煤炭	核电	水电	可再生能源	其他	总计
中国	107	2236	47324	2944	12024	6342	140	71118
美国	264	15785	12458	8496	2887	4585	133	44608
印度	101	743	11763	391	1397	1215	2	15611
俄罗斯	114	5215	1775	2045	1902	13	44	11108
日本	600	3869	3742	491	810	1121	153	10786
加拿大	32	587	593	1000	3873	453	6	6544
德国	52	830	2290	761	169	2092	293	6487
韩国	91	1604	2613	1335	29	219	51	5943
巴西	115	468	219	156	3877	1045	-	5880
沙特阿拉伯	1506	2330	-	-	-	0.2	-	3838
英国	17	1315	168	651	55	1056	78	3339
意大利	109	1272	366	-	459	660	41	2906
西班牙	156	572	384	556	352	707	23	2750
南非	1	19	2250	111	9	124	47	2560
世界	8028	61828	101105	27014	41931	24804	1538	266148

来源: BP Statistical Review of World Energy, June, 2019。

表 40

世界十大火电站（2018 年）

单位：万 kW

电站	燃料	装机容量/万 kW
1、中国内蒙古托克托	煤	672; 8×60+2×66
2、中国台湾台中	煤	578; 10×55+4×7 气轮机+2×2 风电
3、沙特阿拉伯舒艾拜	油	560; 8×70
4、韩国保宁	煤	535; 8×50+135
5、波兰贝尔恰托夫	褐煤	504; 14×36
6、中国浙江嘉兴	煤	503; 2×30+4×60+2×100 超超临界机组
7、中国广东台山	煤	500; 5×60+2×100 超超临界机组
8、中国浙江北仑	煤	500; 5×60+2×100 超超临界机组
9、日本东新泻	LNG, 油	486; 134+120+200
10、俄罗斯苏古尔特	天然气	480; 6×80

表 41

世界十大水电站（2018 年）

站名	河流	装机容量/万 kW	建设时间
1、中国三峡	湖北，长江	2240; 32×70	1994 年开建，2012 年 7 月 4 日建成
2、巴西/巴拉圭伊泰普	巴拉那河	1400; 20×70	一期，1963-1977 年 二期，1978-1986 年
3、中国溪洛渡	四川/云南，金沙江	1386; 左右岸各 9×77	2005 年开工，2014 年建成
4、委内瑞拉古里	卡罗尼河	1030; 3×21.8, 3×27, 3×37, 34, 3×73	1963 开建，1986 建成
5、巴西图库鲁伊	亚马逊地区托坎廷斯河	837; 24×33, 厂用 2×2	1975 年开建，1984 年发电，2007 年建成
6、中国向家坝	四川/云南，金沙江	775; 8×80, 3×45	2006 年开建，2014 年建成
7、美国大吉力	华盛顿州哥伦比亚河	650; 3×60, 8×12.5, 3×80.5, 厂用 3	1934 年始建，1967 年扩建，1980 年建成
8、俄罗斯萨扬-舒申斯克	西伯利亚叶尼塞河	640; 10×64	1968 年开建，1987 年建成
9、中国龙滩	广西，澜沧江	630; 9×70	2001 年开建，2009 年建成
10、中国糯扎渡	云南，澜沧江	585; 9×65	2002 年开建，2014 年建成

表 42

世界核电装机容量

单位: GW

	2017	2018
美国	99.5	99.4
法国	63.1	63.1
中国	35.8	45.9
日本	39.8	38.0
俄罗斯	27.2	27.2
韩国	22.5	22.0
加拿大	13.6	13.6
乌克兰	13.1	13.1
德国	9.4	9.4
英国	8.9	8.9
瑞典	8.8	8.8
西班牙	7.1	7.1
世界	392	399

注: 1. 中国 2018 年在建 11 台机组, 12.18GW。

2. 日本核电站遭 2011 年 3 月 12 日 9 级特大地震损坏的机组, 到 2018 年 10 月, 有 10 台重启。

来源: 国际原子能机构 (IAEA); 世界核学会 (WNA); 日本核能产业协会。

表 43

中国发电装机容量和发电量

	1990	2000	2010	2014	2015	2016	2017	2018
年末发电设备容量/GW	137.89	319.32	966.41	1370.18	1508.28	1645.75	1777.03	1899.67
其中: 水电	36.05	79.35	216.06	304.86	319.37	332.11	341.19	352.26
火电	101.84	237.54	709.67	923.63	990.21	1053.88	1106.04	1143.67
核电	—	2.10	10.82	20.08	26.08	33.64	35.82	44.66
风电		0.35	44.7	114.8	145.4	168.7	188.3	221.0
发电量/TWh	621.32	1386.5	4207.2	5649.58	5814.57	6133.16	6495.14	7111.77
其中: 水电	126.35	243.1	722.2	1064.34	1130.27	1184.05	1189.84	1232.90
火电	494.97	1107.9	3331.9	4233.73	4284.19	4437.07	4662.74	4923.10
核电	—	16.7	73.9	132.54	170.79	213.29	248.07	294.40
风电		72.2	200.3	251.2	294.4	305.7	366.0	

注: 2018 煤电占总发电量的 63.7%。

来源: 国家统计局; 中国电力企业联合会。

表 44**中国五大发电集团（2018 年）**

	国家能源集团	华能集团	大唐集团	华电集团	国家电力投资集团
装机容量/万 kW	23887	17657	13892	14779	14025
清洁能源占比/%	24.4	33.2	35.6	39.7	48.9
发电量/亿 kWh	9533	7026	5541	5559	4980
供电煤耗/gce/kWh	304.8	298.7	301.8	300.3	300.4

注：国家能源集团 2017 年 11 月 28 日由中国国电集团与神华集团合并重组成立。

清洁能源为水电、风电和光伏发电

来源：中国电力企业联合会。

表 45**中国电力工业主要指标**

	2000	2005	2010	2014	2015	2016	2017	2018
供电煤耗/gce/kWh	392	370	333	319	315	312	309	308
发电煤耗/gce/kWh	363	343	312	300	297	294	292	290
火电厂用电率/%	7.31	6.80	6.33	5.84	6.04	6.01	6.04	5.81
线路损失率/%	7.70	7.21	6.53	6.64	6.64	6.49	6.48	6.21
发电设备利用小时	4517	5425	4650	4318	3988	3779	3786	3862
其中：水电	3258	3664	3404	3669	3590	3619	3579	3613
火电	4848	5865	5031	4739	4364	4186	4209	4361

来源：同上表。

四、新能源和可再生能源

表 46

中国可再生能源资源

能源类型	装机容量/GW		年发电量/TWh	
	理论蕴藏量	694.40	6082.9	
	技术可开发资源量	541.64	2474.0	
	经济可开发资源量	401.80	1753.4	
	小水电 (<50MW)	128.03	535.0	
	可开发资源量			
生物质能	可获得量		能源可利用量	
	农作物秸秆	546Mt	138Mt	69Mtce
	林木剩余物	125Mt	125Mt	63Mtce
	禽畜粪便	239Mt	239Mt	107Mtce
	工业有机垃圾	500 亿 m ³ 沼气	500 亿 m ³ 沼气	39Mtce
	城市有机垃圾	150Mt	150Mt	2Mtce
太阳能	资源量		可利用量	
	17000 亿 tce		2200GW/a	
风能	陆地	潜在开发量/GW	技术可开发量/GW	
	离地面高度/m			
	50	2560	2050	
	70	3050	2570	
	100	3920	3370	
	近海	风功率密度>400W/m ²	>300W/m ²	
	离岸 50km 以内	230	380	
	20km 以内	70	140	
	水深 5~25m	90	190	
地热能	中低温地热资源量	2210Mtce		
	可采地热资源量	282Mtce		
	地热流体可采量	372Mm ³ /a		
	全国 31 个省会城市浅层地温能开发利用量	467Mtce		
	近海蕴藏量/GW	1495		
海洋能	其中			
	潮汐能	22		
	波浪能	13		
	潮流能	14		
	盐差能	125		
	温差能	1321		

来源：国家能源局，国家可再生能源中心，2016 可再生能源数据手册。

表 47

中国可再生能源开发利用量

	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
水电/GW	79.4	117.4	213.4	319.4	332.1	341.2	352.0
TWh	243.1	397.0	722.2	1126.4	1193.4	1194.5	1232.9
Mtce	88.2	136.2	225.3	335.6	352.1	348.8	357.5
其中：小水电/GW	24.8	38.5	59.0	75.0	77.9	79.3	80.4
TWh	80.0	120.9	202.3	240.0	268.2	247.7	234.6
Mtce	29.0	41.5	63.1	71.5	79.1	72.3	68.0
太阳能/ Mtce	3.1	9.6	22.6	64.6	75.1	85.5	109.3
光伏发电/万 kW	1.8	7.0	122.0	4318.0	7742.0	13025.0	17445.0
亿 kWh	0.19	0.74	12.9	392.0	662.0	967.0	1775.0
Mtce	0.01	0.03	0.40	11.64	19.53	28.2	51.5
热水器/万 m ²	2600	8000	18500	44200	46400	47780	48200
Mtce	3.1	9.6	22.2	53.0	55.6	57.3	57.8
风力发电/GW	0.34	1.22	44.78	145.4	168.7	188.3	221.0
TWh	0.5	2.0	72.2	251.2	294.4	305.7	444.9
/Mtce	0.2	0.7	22.5	74.6	86.8	89.3	129.0
农村沼气/亿 m ³	23	86	145	168	174	184	188
Mtce	1.6	6.1	10.4	12.0	12.1	13.1	13.4
生物质和垃圾发电/GW	0.8	2.0	6.7	16.0	12.3	14.8	17.8
TWh	3.5	8.7	29.0	68.9	66.1	79.5	90.6
Mtce	1.3	3.0	9.0	20.4	19.3	23.2	26.4
地热利用/Mtce	0.7	1.2	6.7	24.1	31.1	37.0	44.2
总计	86.3	197.8	284.3	491.1	580.5	596.5	671.2

注：1、小水电是装机容量小于 50MW 的水电站。

2、光伏发电利用小时 2018 年为 1113，风电 2013。

3、太阳能热水器提供的能源为 120kgce/m²/a。

4、地热利用为地源热泵和地热采暖，每个采暖季提供的能源分别为 25kgce/m² 和 28kgce/m²。

5、可再生能源发电按当年火电煤耗折算标准煤，2000、2005、2010、2015、2016、2017 和 2018 年发电煤耗（gce/kWh）分别为 363、343、312、297、294、292 和 290。

来源：国家统计局；2018 中国能源统计年鉴；国家发展改革委；国家能源局；水利部；农业部；住房和城乡建设部；自然资源部；中国电力企业联合会；中国太阳能学会；中国农村能源行业协会；中国资源综合利用协会；全球风能理事会；中国风能协会；国家地热能中心；清华大学建筑节能研究中心。

解析。可再生能源政策评估

政府主导的可再生能源开发利用政策，是我国能源政策失误的典型案例。

由于目标过高，政策不当，管理不善，可再生能源开发利用乱象丛生，投资失控，盲目扩张，浪费惊人，损失巨大，损害生态环境。可再生能源“大跃进”，某种程度上重演 1958~1960 年“大跃进”、“高指标，瞎指挥，弄虚作假”三部曲。

2018 年，全国水电、风电、光伏发电装机容量分别为 352.0GW、221.0GW 和 174.4GW，分别为 2005 年的 3 倍、181 倍和 2492 倍。“十一五”风电规划装机容量 1000 万 kW，只完成 29.6%。西南水电装机容量达 153.1GW，为 2005 年的 4.7 倍。

(1) 弃水、弃风、弃光令人震惊

2018年，全国弃水、弃风、弃光达1023亿kWh，相当于北京用电量。其中弃水691亿kWh，弃风277亿kWh，弃光55亿kWh。弃水、弃风、弃光的经济损失达420亿元，浪费投资482亿元。

弃水、弃风、弃光的主要原因是电力市场化改革滞后，电网建设不配套，电力系统调节能力不足，消纳不畅。一些地方政府偏爱煤电，为可再生能源发电设限。

(2) 居民烧柴烧煤严重损害健康

2017年，全国居民生活用能消耗生物质能0.8亿tce，其中薪柴占60%，秸秆占40%；煤炭2.3亿tce。燃用固体燃料产生的室内污染，导致呼吸系统疾病死亡100万人。（2018中国统计年鉴729~730页）

对这样一件关系国计民生的大事，至今仍遭忽视。

传统烧柴（薪柴和秸秆）炉灶热效率只有18%，新型节柴炉灶平均35%，还是很低的，应予淘汰。其实，替代烧柴有多种选择，包括沼气、生物质成型燃料、生物质气化、小水电、洁净型煤、液化石油气等。近年已实施不少这类项目，但推广受阻。只要财政补贴等到位，可很快见效。

(3) 光伏电池生产发生严重中毒事件

制造光伏电池的多晶硅（制造单晶硅的原料）高耗能、高污染。生产1kg多晶硅排放4kg有毒物质。宁夏石嘴山多晶硅厂，排放四氯化硅和氯化氢，导致周围寸草不生。

河北宁晋县，是全球最大单晶硅光伏电池产地。2016年产量达3GW。2017年4月29日，一家生产单晶硅的化工厂毒气外泄，引发大规模群体事件，近万名百姓抗议抵制。2017年5月8日，该县东汪村村民不满单晶硅厂排放毒气和污水，连续10天在厂门口驻守抗议。主要原因是缺乏监管。国内大型多晶硅生产企业已实现低排放，如江苏中能。

(4) 西南水电“大跃进”严重破坏生态

我国西南地区（川、渝、云、贵、藏）水电开发是世界水电史上罕见的高密度、超大规模、集群式开发。水电装机容量2005年为500万kW，2016年剧增至15313万kW，占全国的51%。星罗棋布，成千上万座水电站，给当地生态造成严重破坏，不亚于1960年代对森林的毁灭性砍伐。很多江河支流被水电站截断，成为干涸的河床。水电站淹没国家自然保护区。地质灾害频发。2012年8月30日，四川凉山锦屏水电站施工区内，发生特大地质灾害，100多处滑坡和泥石流，导致10人死亡。西南水电“大跃进”还带来干旱、长江鱼类灭绝等隐患。

(5) 骗补横行

2003~2013年实施的“金太阳”工程，中央财政拨付430亿补贴资金。实行饱为诟病的事前补贴，补贴率高达项目投资的50%，助推骗补横行。一些项目以次充好，甚至采用报废产品，损失惨重。财政部要求追回100亿元骗补资金。

生产生物质成型燃料，每吨补贴140元。2012年产量550万t。2013年因骗补横行而取消。

表 48

中国用于建筑的可再生能源

	2015		2016		2017		2018	
	实物量	标准煤量/Mtce	实物量	标准煤量/Mtce	实物量	标准煤量/Mtce	实物量	标准煤量/Mtce
	44200 万 m ²	53.0	47600 万 m ²	57.1	47780 万 m ²	57.3	48200 万 m ²	57.8
太阳能热水器	687GWh	0.2	1170GWh	0.3	3363GWh	0.9	5643GWh	1.5
光伏发电	41000 万 m ²	10.3	47800 万 m ²	12.0	61800 万 m ²	15.5	79300 万 m ²	19.9
地源热泵	49400 万 m ²	13.8	69000 万 m ²	19.3	7700 万 m ²	21.5	8700 万 m ²	24.3
地热采暖	168 亿 m ³	12.0	174 亿 m ³	12.4	184 亿 m ³	13.1	188 亿 m ³	13.4
农村沼气		89.3		101.1		108.3		116.9
总计								

注：1、太阳能热水器、地热采暖和地源热泵提供的能源分别为 120kgce/m²/a、28kgce/m²/采暖季和 25kgce/m²/采暖季。

2、发电量按当年火力发电煤耗折算标准煤。

来源：国家统计局；国家发展改革委；国家能源局；农业部科技教育司；农业部规划设计研究院；清华大学建筑节能研究中心；广东省科学院；住房和城乡建设部；中国农村能源行业协会太阳能热利用专业委员会；中国农村能源行业协会节能炉具专业委员会；中国太阳能协会；自然资源部；国家地热能中心；中国能源研究会地热专业委员会。

表 49

世界可再生能源开发利用量

	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2018 世界之最
一次能源消费量/Mtoe	9241	12119	13060	13259	13511	13865	中国 3274
水电装机容量/GW	720	935	1064	1246	1267	1292	中国 352.0
风电装机容量/GW	17	198	433	487	539	590	中国 221.0
光伏发电装机容量/GW	14	40	227	303	404	510	中国 176.1
生物质发电装机容量/GW		63	106	112	114	116	美国 70.6
地热发电装机容量/GW	8.6	11.1	13.2	13.5	14.1	14.4	美国 3.59
生物燃料产量/1000toe	9176	63906	80325	83207	86919	95371	美国 38088

注：生物质燃料包括生物乙醇和生物柴油。

来源：21 世纪可再生能源政策网（REN21），2019 全球可再生能源状况报告。BP Statistical Review of World Energy, 2019。国际水电协会。全球风能理事会。国际地热协会。IEA PVPS。

表 50

世界水电装机容量

单位: GW

	2016	2017	2018
中国	332	341	352
巴西	98	100	104
美国	102	103	103
加拿大	79	81	81
日本	52	50	50
印度	50	49	50
俄罗斯	48	48	49
挪威	32	32	32
土耳其	26	27	28
法国	25	26	26
意大利	22	22	23
西班牙	20	20	20
瑞士	17	17	17
越南	16	17	17
瑞典	16	16	16
委内瑞拉	15	15	15
世界	1246	1267	1292

来源：国际水电协会。

表 51

世界风力发电装机容量

单位: GW

	2017	2018
中国	188.4	221
美国	89.1	96.4
德国	56.1	59.3
印度	32.9	35.0
西班牙	23.2	23.2
英国	18.9	20.7
法国	13.7	15.3
巴西	12.8	14.5
加拿大	12.2	12.8
意大利	9.4	10.1
世界	539.1	590.4

来源：全球风能理事会。

表 52

世界光伏发电装机容量

单位：GW

	2016	2017	2018
中国	78.04	130.25	176.1
美国	40.30	77.00	62.2
日本	42.75	49.00	56.0
德国	41.22	42.39	45.4
印度	9.01	19.05	32.9
意大利	19.28	19.70	20.1
英国	11.63	12.76	13.0
澳大利亚	5.90	7.20	11.3
法国	7.13	8.00	9.0
韩国	5.50	5.90	7.9
世界	305.0	403.5	510.0

来源：IEA; BP Statistical Review of World Energy, June 2019。.

表 53

世界地热发电装机容量

单位：MW

	2016	2017	2018
美国	3596	3591	3591
印度尼西亚	1401	1809	1948
菲律宾	1917	1868	1868
土耳其	775	1100	1200
新西兰	971	980	1005
墨西哥	907	951	951
意大利	916	944	944
冰岛	665	710	755
肯尼亚	629	676	676
日本	541	542	543
世界	13438	14060	14369

来源：国际地热协会；REN 21 世纪可再生能源政策网。

表 54

世界生物燃料产量

单位：千吨油当量

	2015	2016	2017	2018
美国	33849	35966	37132	38088
巴西	19333	18168	18240	21375
德国	3191	3228	3293	3445
阿根廷	2017	2818	3115	2726
印度尼西亚	1300	2874	2686	4849
法国	2560	2413	2616	2727
中国	2039	1811	2147	3099
泰国	1941	1682	1976	2119
荷兰	1938	1506	2011	2099
西班牙	1122	1200	1541	1840
加拿大	1165	1258	1359	1436
欧盟	13757	13369	15052	15686
世界	80325	83207	86919	95371

注：生物燃料包括燃料乙醇和生物柴油。

来源：BP Statistical Review of World Energy, June 2019。

五、能源消费

表 55

世界一次能源消费量及结构（2018 年）

	一次能源消费量 Mtoe	消费结构/%					
		石油	天然气	煤	核电	水电	可再生能源
中国	3273.5	19.6	7.4	58.3	2.0	8.3	4.4
美国	2300.6	40.0	30.5	13.8	8.4	2.8	4.5
印度	809.2	29.5	6.2	55.9	1.1	3.9	3.4
俄罗斯	720.7	21.1	54.2	12.2	6.4	6.0	-
日本	454.1	40.2	21.9	25.9	2.4	4.0	5.6
加拿大	344.4	31.9	28.9	4.6	6.6	25.4	3.0
德国	323.9	34.9	23.4	20.5	5.3	1.2	14.6
韩国	301.0	42.8	16.0	29.3	10.0	0.2	1.7
巴西	297.6	45.5	10.3	5.7	1.2	29.4	7.9
伊朗	285.7	30.2	67.9	0.5	0.6	0.8	-
沙特阿拉伯	259.2	62.8	37.2	-	-	-	-
法国	242.6	32.5	15.1	3.5	38.5	6.0	4.4
英国	192.3	40.0	35.3	4.0	7.6	0.6	12.4
墨西哥	186.9	44.3	41.2	6.3	1.7	3.9	2.6
印度尼西亚	185.5	45.0	18.0	33.2	-	2.0	1.8
意大利	154.5	39.4	38.5	5.8	-	6.7	9.6
澳大利亚	144.3	36.9	24.6	30.7	-	2.7	5.0
西班牙	141.4	47.1	19.2	7.9	8.9	5.6	11.3
南非	121.5	21.6	3.0	70.8	2.0	0.2	2.3
欧盟	1668.2	38.3	23.4	13.2	11.1	4.6	9.4
OECD	5669.0	38.9	26.6	15.1	7.8	5.7	5.8
世界	13864.9	33.6	23.8	27.3	4.4	6.8	4.1

注：1、可再生能源是用于发电的风能、地热、太阳能、生物质和垃圾。

2、水电和可再生能源按火电站 转换效率 38%换算热当量。

来源：BP Statistical Review of World Energy, June 2019。

表 56

中国一次能源消费量及结构

年份	能源消费总量/万 tce	构成(能源消费总量=100)			
		煤炭	石油	天然气	水电、核电、风电
1978	57144	70.7	22.7	3.2	3.4
1980	60275	72.2	20.7	3.1	4.0
1985	76682	75.8	17.1	2.2	4.9
1990	98703	76.2	16.6	2.1	5.1
1991	103783	76.1	17.1	2.0	4.8
1992	109170	75.7	17.5	1.9	4.9
1993	115993	74.7	18.2	1.9	5.2
1994	122737	75.0	17.4	1.9	5.7
1995	131176	74.6	17.5	1.8	6.1
1996	135192	73.5	18.7	1.8	6.0
1997	135909	71.4	20.4	1.8	6.4
1998	136184	70.9	20.8	1.8	6.5
1999	140569	70.6	21.5	2.0	5.9
2000	146946	68.5	22.0	2.2	7.3
2001	155547	68.0	21.2	2.4	8.4
2002	169577	68.5	21.0	2.3	8.2
2003	197083	70.2	20.1	2.3	7.4
2004	230281	70.2	19.9	2.3	7.6
2005	261369	72.4	17.8	2.4	7.4
2006	286467	72.4	17.5	2.7	7.4
2007	311442	72.5	17.0	3.0	7.5
2008	320611	71.5	16.7	3.4	8.4
2009	336126	71.6	16.4	3.5	8.5
2010	360648	69.2	17.4	4.0	9.4
2011	387043	70.2	16.8	4.6	8.4
2012	402138	68.5	17.0	4.8	9.7
2013	416913	67.4	17.1	5.3	10.2
2014	425806	65.6	17.4	5.7	11.3
2015	429905	63.7	18.3	5.9	12.1
2016	435819	62.0	18.5	6.2	13.3
2017	449000	60.4	18.8	7.2	13.6
2018	46400	59.0	18.9	7.8	14.3

来源：国家统计局。

表 57

中国分部门终端能源消费量及结构

	2010		2015		2016		2017	
	Mtce	%	Mtce	%	Mtce	%	Mtce	%
农业	78.7	3.3	98.4	3.3	96.8	3.1	95.0	3.0
工业	1610.9	67.5	1803.3	60.3	1814.6	58.8	1810.1	57.7
交通运输	330.2	13.8	448.4	15.0	503.5	16.3	532.9	17.0
建筑	368.0	15.4	638.2	21.4	672.9	21.8	700.2	22.3
合计	2387.8	100.0	2988.3	100.0	3087.8	100.0	3138.2	100.0

解析：终端能源消费量计算方法

1. 终端能源消费量

能源消费量按电热当量法计算。

终端能源消费量 = 一次能源消费量 - 能源工业用能源 - 中间环节损失

2017 年终端能源消费量计算如下。

(1) 能源工业用能源/万 tce

计算方法。行业能源消费量 - 95% 的汽油 - 35% 的柴油

煤炭开采和洗选业。4101.2 - 汽油 $(10.6 \times 95\%) = 10.1$ - 柴油 $(226.6 \times 35\%) = 79.3 = 4011.8$

石油和天然气开采业。2867.5 - 汽油 $(13.1 \times 95\%) = 12.4$ - 柴油 $(60.2 \times 35\%) = 21.1 = 2834.0$

石油加工、炼焦和核燃料加工业。16729.1 - 汽油 $(3.8 \times 95\%) = 3.6$ - 柴油 $(25.8 \times 35\%) = 9.0 = 16716.5$

电力、热力生产和供应业。7360.3 - $(35.2 \times 95\%) = 33.3$ - 柴油 $(53.2 \times 35\%) = 18.6 = 7308.4$

合计 30870.7

(2) 中间环节损失

火力发电。46627 亿 kWh × 发电煤耗 292gce/kWh = 1361.5Mtce × (1 - 发电效率 45.1%) = 747.5Mtce

输电损失。46627 亿 kWh × 线路损失率 6.48% = 3021 亿 kWh × 发电煤耗 292gce/kWh = 88.2Mtce

煤炭铁路运输损失。铁路运煤量 1491Mt × 损失率 1.2% = 12.8Mtce

选煤损失。126.4Mtce

炼焦损失。37.2Mtce

炼油损失。26.3Mtce

合计 1038.4Mtce

2017 年终端能源消费量 = 一次能源消费量 4485.3Mtce - 能源工业用能源 308.7Mtce - 中间环节损失 1038.4Mtce = 3138.2Mtce

2. 分部门终端能源消费量

2017 年分部门终端能源消费量计算如下。

(1) 农业

中国能源平衡表行业消费量 68.36Mtce - 100% 汽油 3.38Mtce = 64.98Mtce

柴油消费量 22.54Mtce。严重偏低。中国农村能源行业协会、中国石油和化学工业联合会统计为 49.1Mtce。据此，2017 年农业能源消费量为 95.0Mtce。

(2) 交通运输

国家统计局行业消费量为 421.9Mtce，加上工业、建筑业、商业（批发、零售业和住宿餐饮业）和其他行业用汽油和柴油 61.6Mtce，居民生活用汽油 46.0Mtce，总计 532.9Mtce。

工业、建筑业、商业和其他行业用汽油、柴油计算如下。

	汽油/万 tce	柴油/万 tce
工业	560.0	7844.4
建筑业	695.0	868.5
商业	389.1	340.6
其他行业	3053.2	1797.0

合计	$4697.9 \times 95\% = 4463.0$	$4850.5 \times 35\% = 1697.7$
----	-------------------------------	-------------------------------

(3) 建筑

按照国际通行的定义和分类，建筑能耗是指民用建筑使用过程中消耗的能源，包括采暖、空调、热水、炊事、照明、家用电器等。民用建筑分为两类，即居住建筑和公共建筑（含商业建筑）。

建筑能耗由中国能源平衡表中居民生活、商业和其他行业相加得出。其他行业包括金融、房地产，商务及居民服务，地质勘查业，信息传输、计算机服务和软件业，仓储和邮政业，科学研究和技术服务业，教育、文化、体育和娱乐业，水利管理业，环境和公共设施管理业，卫生、社会保障和社会福利业，公共管理和社会组织，国际组织。

2017年建筑能源消费量计算如下。

中国能源平衡表中，居民生活+商业+其他行业能源消费量

$$414.5 + 79.7 + 155.7 = 649.9 \text{ Mtce}$$

减去：居民生活 100% 汽油 48.5Mtce, 95% 柴油 ($9.8 \times 95\%$) = 9.3Mtce

商业 100% 汽油 3.9Mtce, 35% 柴油 ($3.4 \times 35\%$) = 1.2Mtce

其他行业 100% 汽油 30.5Mtce, 35% 柴油 ($18.0 \times 35\%$) = 6.3Mtce

合计：汽油 82.9Mtce + 柴油 16.8Mtce = 99.7Mtce

加上：少算的居民生活用煤。中国能源平衡表 93Mt，实际消费量 310Mt，少算 217Mt，折 155Mtce。

2017年建筑能源消费量为 $649.9 - 99.7 + 155.0 = 700.2 \text{ Mtce}$

表 58 世界化石燃料消费量

	煤炭/Mtoe				石油/Mt				天然气/亿 m ³					
	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018		
中国	1914.0	1889.1	1890.4	1906.7	美国	884.5	893.3	902.0	919.7	美国	7436	7491	7394	8208
印度	395.3	400.4	415.9	452.2	中国	573.3	587.0	610.7	641.2	俄罗斯	4087	4206	4311	4545
美国	372.2	340.6	331.3	317.0	印度	199.8	219.5	227.1	239.1	中国	1947	2094	2404	2830
日本	119.3	118.8	119.9	117.5	日本	196.5	191.0	187.8	182.4	伊朗	1840	1963	2099	2256
韩国	85.4	81.5	86.2	88.2	沙特阿拉伯	173.5	171.5	168.8	162.6	日本	1187	1164	1170	1157
俄罗斯	92.1	89.3	83.9	88.0	俄罗斯	149.4	153.1	151.5	152.3	沙特阿拉伯	992	1053	1093	1121
南非	85.2	86.9	84.3	86.0	巴西	140.6	132.7	136.1	135.9	加拿大	1098	1059	1097	1157
德国	78.7	76.5	71.5	66.4	韩国	120.2	129.3	130.0	128.9	墨西哥	808	830	864	895
印尼	51.2	53.4	57.2	61.6	德国	114.2	116.5	119.0	113.2	德国	770	849	897	883
波兰	48.7	49.5	49.6	50.5	加拿大	107.0	108.7	108.8	110.0	英国	720	812	788	789
澳大利亚	45.0	46.5	45.1	44.3	伊朗	85.6	81.8	84.5	86.2	韩国	456	476	498	559
					墨西哥	88.5	89.1	85.8	82.8					
					法国	79.2	78.7	79.1	78.9					
					英国	75.3	77.5	78.0	77.0					
世界	3769.0	3710.0	3718.4	3772.1	世界	4485.8	4584.3	4607.0	4662.1	世界	34665	35502	36540	38489

来源：BP Statistical Review of world Energy, June 2019；中国国家统计局。

表 59

中国分品种石油制品消费量

单位: Mt

	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
汽油	35.05	48.53	68.56	115.99	119.83	122.20	131.73
柴油	67.74	109.73	146.99	174.07	164.69	166.70	173.53
煤油	8.70	10.77	17.65	27.90	30.23	33.45	37.42
燃料油	38.73	42.42	37.58	29.20	29.03	29.40	24.56

来源: 国家统计局; 中国石油和化学工业联合会; 中国石油集团经济技术研究院。

表 60

中国天然气消费量及结构

	2010		2014		2015		2016		2017		2018	
	亿 m ³	%										
发电	192.4	17.9	352	18.8	395	20.5	446	21.4	467	19.5	485	17.3
工业	381.3	35.4	480	25.7	454	23.5	493	23.6	727	30.4	1022	36.5
化工	187.3	17.4	264	14.1	245	12.7	254	12.2	273	11.4	286	10.2
交通	79.7	7.4	224	12.0	243	12.6	261	12.5	272	11.3	300	10.7
建筑	235.1	21.9	549	29.4	594	30.7	631	30.3	655	27.4	710	25.3
合计	1075.8	100.0	1869	100.0	1931	100.0	2085	100.0	2394	100.0	2803	100.0

来源: 国家统计局; 国家能源局; 中石油经济技术研究院。

表 61

中国人均用电量

单位: kWh

年份	全国	城镇	农村
1978	218	1072	32
1995	535	1747	100
2000	1063	2574	205
2005	1624	2999	587
2010	2752	4519	989
2015	4142	6212	1496
2016	4321	6370	1566
2017	4538	6578	1652
2018	4905	7108	1659

来源: 国家统计局。

表 62

中国制造业能源消费量（2018 年）

	单位产品能耗	2018 年产量	2018 年能源消费量/Mtce
钢	861 kgce/t	928.0 Mt	799.0
电解铝	13555 kWh/t	35.8 Mt	140.7
铜冶炼	342 kgce/t	8.69 Mt	3.0
水泥	132 kgce/t	2208 Mt	291.5
建筑陶瓷	6.7 kgce/m ²	90.1 亿 m ²	61.6
墙体材料	425 kgce/万块标准砖	12010 亿块标准砖	51.0
建筑石灰	142 kgce/t	115 Mt	16.3
平板玻璃	14.0 kgce/重量箱	8.69 亿重量箱	11.7
炼油	96 kgce/t	831 Mt (加工量)	79.8
乙烯	840 kgce/t	18.41 Mt	15.5
合成氨	1453 kgce/t	56.12 Mt	81.5
烧碱	871 kgce/t	34.20 Mt	29.8
纯碱	331 kgce/t	26.20 Mt	8.7
电石	3208 kWh/t	25.57 Mt	23.8
纸和纸板	318 kgce/t	116.1 Mt	36.9
合计			1650.8
总计			2358.3

注：1、产品综合能耗为全行业。墙体材料为粘土砖和新型墙体材料加权平均值。

2、产品电耗按发电煤耗折标准煤。

3、表中 6 个行业 15 种产品能源消费量约占制造业能源消费量的 70%。

来源：国家统计局；国家发展改革委；工业和信息化部；中国钢铁工业协会；中国有色金属工业协会；中国电力企业联合会；中国建材工业协会；中国石油和化学工业联合会；中国化工节能技术协会；中国陶瓷工业协会；中国电石工业协会；中国造纸协会。

表 63

世界十大钢铁公司（2018 年）

钢铁公司	钢产量/万 t
1、卢森堡安赛乐米塔尔集团	9703
2、中国宝武集团	6743
3、日本新日铁住金集团	4736
4、中国河北钢铁集团	4556
5、韩国浦项集团	4489
6、中国沙钢集团	4066
7、中国鞍钢集团	4066
8、日本钢铁工程控股公司	3736
9、中国首钢集团	2734
10、印度塔塔钢铁集团	2511

注：宝武集团系 2016 年上海宝山钢铁集团与武汉钢铁集团合并重组成立。日本新日铁住金集团系 2012 年新日铁与住友金属合并重组成立。

来源：世界钢铁协会；中国钢铁工业协会。

表 64

中国各种运输线路长度

单位：万 km

	2000	2010	2014	2015	2016	2017	2018
铁路营业里程	6.87	9.12	11.18	12.10	12.40	12.70	13.10
公路里程	140.3	400.8	446.39	457.73	469.63	477.35	484.65
其中：高速公路	1.63	7.41	11.19	12.35	13.10	13.64	14.26
内河航运里程	11.93	12.42	12.63	12.70	12.71	12.70	12.71
民用航空航线里程	150.3	276.5	463.7	531.7	634.8	748.3	838.0
输油气管道里程	2.47	7.85	10.57	10.87	11.34	11.93	12.23

来源：国家统计局，中国统计年鉴 2019。

表 65

中国各种运输方式运量、周转量和交通工具拥有量

	2000	2010	2014	2015	2016	2017	2018
运量							
客运/亿人次	147.9	327.0	220.9	194.3	190.0	184.9	179.4
铁路	10.5	16.8	23.6	25.3	28.1	30.8	33.7
公路	134.7	305.3	190.8	161.9	154.3	145.7	136.7
水路	1.9	2.2	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8
民航	0.7	2.7	3.9	4.4	4.9	5.5	6.1
货运/亿 t	135.87	324.18	438.11	417.1	438.7	480.5	515.3
铁路	17.86	36.43	38.13	33.6	33.3	36.9	40.3
公路	103.88	244.81	333.28	315.0	334.1	368.7	395.7
水路	12.24	37.89	59.83	61.4	63.8	66.8	70.3
民航	0.002	0.0056	0.059	0.063	0.067	0.071	0.074
周转量							
客运/亿人-km	12261	27894	30096	30047	31258	32813	34218
铁路	4533	8762	11605	11961	12579	13457	14147
公路	6657	15021	12084	10473	10229	9765	9280
水路	101	72	74	73	72	78	80
民航	971	4039	6333	7271	8360	9513	10712
货运/亿 t-km	43321	141837	181668	178356	186629	197372	199386
铁路	13770	27644	27530	23754	23792	26962	28821
公路	6129	43390	61017	56847	61080	66772	71249
水路	23734	68428	92775	91772	97339	98611	99053
民航	50	179	188	202	222	244	263
民用汽车拥有量/万辆	1608.9	7801.8	14598.1	16284.5	18574.5	20906.7	23231*
其中：私人载客车	365.1	4989.5	10945.4	12737.2	14896.3	17001.5	18930.3
民用机动船拥有量/万艘	18.50	15.56	15.50	14.97	14.46	13.17	12.58
民用飞机拥有量/架	982	2405	4168	4554	5046	5593	6134

注：*包括 906 万辆农用三轮汽车和低速货车。

来源：同上表。

表 66 中国交通运输能源消费量

	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018
公路								
汽油/Mt	46.08	67.5	95.5	101.7	112.0	118.0	120.4	122.9
柴油/Mt	54.60	77.9	106.0	108.0	105.3	90.2	108.6	107.6
铁路								
柴油/Mt	5.61	6.72	6.81	6.58	6.25	7.03	8.28	8.16
电力/亿 kWh	198.1	307.0	428.4	478.0	507.7	571.2	595.0	603.0
水路								
燃料油和柴油/Mt	14.83	22.45	26.80	27.49	26.19	27.50	27.8	27.3
民航								
煤油/Mt	9.52	16.01	19.8	23.4	25.6	30.3	33.45	37.41

来源：国家统计局；国家发展改革委；国家铁路局；交通运输部；中国民用航空局；中国汽车工业协会；中国汽车技术研究中心；中石油经济技术研究院，中石油经研院数据统计。

表 67 中国农业和农村能源指标

	2000	2010	2015	2016	2017	2018
农业机械总动力/万 kW	52574	92786	111728	97250	98783	100372
耕地灌溉面积/万 ha	5382.0	6034.8	6587.3	6714.9	6781.6	6827.2
节水灌溉面积/万 ha	1639	2731	3106	3317	3432	3614
农用化肥施用量/万 t	4145	5562	6023	5984	5859	5653
乡村办小水电站装机容量/万 kW	698.5	5924.0	7588.0	7791.0	7927.0	8044.0
农村用电量/亿 kWh	2421.3	6632.3	9026.9	9238.3	9524.4	9358.5

来源：国家统计局。

表 68

中国家用耗能器具和设备普及率

单位：台/百户

	2010		2015			2017			2018		
	城镇	农村	全国	城镇	农村	全国	城镇	农村	全国	城镇	农村
房间空调器	112.1	16.0	81.5	114.6	38.8	96.1	128.6	52.6	109.3	142.2	65.2
电冰箱	96.6	45.2	89.0	94.0	82.6	95.3	98.0	91.7	98.8	100.9	95.9
彩色电视机	137.4	111.8	119.9	122.3	116.9	122.2	123.8	120.0	119.3	121.3	116.6
排油烟机		11.1	45.7	69.2	15.3	51.0	73.7	20.4	56.4	79.1	26.0
热水器		84.8	71.2	85.6	52.5	78.6	90.7	62.5	85.0	97.2	68.7
洗衣机		96.9	57.3	86.4	92.3	78.8	91.7	95.7	86.3	93.8	97.7
微波炉		59.0	36.9	53.8	15.0	40.0	56.9	17.3	39.2	55.2	17.7
家用电脑		71.2	10.4	55.5	78.5	25.7	58.7	80.8	29.2	53.4	73.1
移动电话		188.9	136.5	224.8	223.8	226.1	240.0	233.4	246.1	249.1	243.1
家用汽车		13.1	22.7	30.0	13.3	29.7	37.5	19.3	33.0	41.0	22.3

来源：国家统计局。

表 69

中国家用电器用电量（2018 年）

	拥有量/亿台		用电量/亿 kWh	
	居民家庭	全社会	居民家庭	全社会
房间空调器	5.08	7.81	2743	4271
电冰箱	4.60	4.65	1343	1358
彩色电视机	5.55	6.17	699	777
电饭锅	3.50	3.50	341	341
电风扇	6.10	8.70	120	171
电热水器	2.03	2.26	964	1074
排油烟机	2.62	2.92	317	353
微波炉	1.82	2.03	93	104
洗衣机	4.36	4.84	174	194
合计			6794	8643

注：1、居民家庭拥有量按全国平均每百户拥有量乘全国居民户数 465.1 百万户计算。

2、居民家庭拥有量占全社会拥有量比例，电饭锅 100%，房间空调器 65%，电风扇 70%，其余电器 90%。

3、每台平均功率和年利用小时：房间空调器 1200W，450h；彩色电视机 120W，1050h；电饭锅 650W，150h；电风扇 55W，360h；电淋浴热水器 2500W，190 h；抽油烟机 220W，550 h；微波炉 750W，60 h；洗衣机 400W，100 h；电冰箱平均日耗电 0.8kWh。

来源：国家统计局；行业统计数据；家用电器平均功率和年利用小时，王庆一编著，2014 能源数据。

表 70

美国居民家庭用电

	2010	2015	2016	2017	2018
全国人口/百万	309.6	322.0	324.0	325.8	327.2
居民户数/百万	113.8	115.4	116.0	119.5	120.4
住房面积/m ² /户	153.6	157.4	158.2	159.0	159.6
户均终端能耗/kgce/户	3678	3407	3331	3357	3592
居民家庭用电/TWh					
照明	202.2	167.3	147.7	147.2	138.3
采暖	87.9	110.4	109.7	117.1	154.0
空调制冷	316.4	267.6	282.1	277.6	332.2
热水	131.9	150.5	152.4	153.9	153.9
冰箱	108.4	120.4	117.3	117.1	117.1
冷藏箱	23.4	26.8	25.0	23.4	23.4
彩色电视机和机顶盒	96.7	97.0	94.5	93.7	89.4
洗衣机	8.8	10.0	8.6	6.7	6.7
干衣机	55.7	70.2	69.2	70.2	73.7
烹调	32.2	36.8	36.4	36.8	36.8
洗碟机	29.3	30.1	31.6	30.1	30.1
个人电脑及相关设备	49.8	36.8	36.1	33.5	33.5
炉子风扇和锅炉循环泵	38.1	36.8	36.7	40.1	51.6
其他	296.6	441.5	461.8	481.7	478.7
合计	1450.4	1598.9	1609.2	1598.9	1629.5
人均家庭生活用电/kWh	4685	4966	4967	4908	4980

注：其他包括小电器、加热部件和其他电动机。

来源：DOE/EIA, Annual Energy Outlook 2012, 2017, 2018, 2019。

解析。美国城市禁止室外晾晒衣物，干衣机普及率很高。2010 年，全国有 8800 万台干衣机，每台平均年耗电 1079kWh，相当于我国 2017 年全国居民人均生活用电 626kWh 的 1.7 倍。奢侈浪费的美国生活方式由此可见一斑。

表 71**中国公共机构能源消费量**

2000	61.18 Mtce
2005	104.84 Mtce
2010	150.51 Mtce
2011	168.43 Mtce
2012	184.07 Mtce
2013	197.63 Mtce
2014	200.84 Mtce
2015	218.81 Mtce
2016	231.54 Mtce
2017	242.69 Mtce
其中：电力	4881 亿 kWh
汽油	20.75 Mt
农村居民生活用电	4109 亿 kWh
2017 年公共机构人均用电为农村居民人均生活用电的 10.1 倍	

注：公共机构是指依靠政府财政资金运作的政府机关、事业单位、社会团体和公共事业单位。

来源：国家统计局；中国电力企业联合会；住房和城乡建设部。

表 72 中国的能源浪费

我国的能源浪费十分严重，后果堪忧。2017 年，全国浪费能源 6.86 亿 tce，价值 2.0 万亿元；浪费投资 2.06 万亿元，相当于能源工业投资的 64.0%；排放 CO₂ 13.4 亿 t，相当于全国 CO₂ 排放量的 15.3%。

2017 年全国能源浪费计算如下。

1、建筑

1.1 住房超常空置

中国是世界上住房浪费最严重的国家。2017 年，全国城镇新增住房建筑面积 33.7 亿 m²，农村新增 9.5 亿 m²。全国城乡住房空置率分别高达惊人的 30% 和 50%。农村空置率包括只在春节十来天有人住的住房。国际警戒线为 5%-10%。美国多年平均空置率不超过 5%。

住房空置率偏高的原因，首先是地方政府的土地财政。政府低价收购土地使用权，强行征地拆迁，然后拍卖转让，牟取暴利，导致房地产扩张失控。炒房客疯狂囤房，推波助澜。在农村，青壮年外出谋生，十室九空，加之跟风攀比，多占宅基地建房，结婚必有新房，留房养老，促使住房大肆扩张。

城镇新建 1 m² 住房，需用钢材 50kg，水泥 220kg，墙体材料 180 块标准砖，铺地陶瓷砖 0.7 m²。2017 年，生产这些材料的产品能耗分别为 890kgce/t、135kgce/t、429kgce/万块标准砖和 6.8kgce/m²。总共耗能 86.7kgce/m²，加上施工能耗 7kgce/m²，总计 93.7kgce/m²。农村新建 1 m² 住房需用钢材 25kg，水泥 130kg，墙体材料 100 块标准砖，总共耗能 44.2kgce/m²，加上施工能耗 7kgce/m²，总计 51.2kgce/m²。

住房合理空置率按 10% 计，城镇超常空置率为 20%，超常空置 6.7 亿 m²，浪费能源 62.8Mtce。农村超常空置率为 40%，超常空置 3.8 亿 m²，浪费能源 19.5Mtce。全国城乡住房超常空置浪费能源 82.3Mtce。

1.2 城市大拆大建

2017 年，城市拆除短命建筑（25 年）7.8 亿 m²，浪费能源 73.1Mtce。

2017 年，全国建筑浪费能源 155.4Mtce。

2.电力

2.1 火力发电

2017年，全国火力发电装机容量1106GW，利用小时4209，发电46552亿kWh，年利用小时如果达到2014年以前多年平均5000，可发电55300亿kWh。火电过剩电量8778亿kWh，发电煤耗292gce/kWh，浪费能源256.3Mtce。

2.2企业自备电厂

2017年，全国企业自备电厂燃煤机组装机容量115GW，大都是无证经营的违规电厂，采用明令禁止的小火电机组，单台容量只有几千瓦到几万千瓦，发电煤耗320gce/kWh，比全国统调电厂高30gce/kWh，浪费能源15.0Mtce。

2.3弃水弃风弃光

2017年，全国弃水电量515亿kWh，弃风419亿kWh，弃光73亿kWh，合计1007亿kWh，浪费能源29.4Mtce。

2017年，电力行业浪费能源300.8Mtce。

3.锅炉和窑炉

3.1小锅炉

2017年，全国燃煤小锅炉46.7万台，耗煤700Mt。如果改用经过洗选的煤，耗煤量可减少6.5%，避免浪费煤炭46Mt，折33Mtce。

3.2窑炉

制砖。2017年，全国砖厂多达3.7万家，95%在农村，生产墙体材料11850亿块标准砖，其中粘土砖占29%。墙体材料产品能耗429tce/万块标准砖，为美国的1.43倍。能源消耗量50.8Mtce，浪费能源15.2Mtce。

石灰。2017年，全国石灰窑多达1亿多座，其中土石灰窑占70%。生产石灰240Mt，耗煤49Mt。土窑产品能耗比机械化立窑高一倍，浪费能源25Mtce。

2017年，窑炉浪费能源40.2Mtce。

4.民用和服务业小煤炉

2017年，全国民用和服务业小煤炉保有量达1.5亿台，其中民用1.2亿台，服务业0.3亿台（商业为炉灶）。耗煤400Mt，其中民用320Mt，服务业80Mt。传统煤炉占75%，热效率仅20%；节能煤炉40%，仍是很低的。效率70%的炉灶已商业化，与效率70%的炉灶相比，浪费煤炭48Mt，折34Mtce。这种我国古代就有的采暖和炊事工具，早应全部淘汰。

5.汽油

我国公共机构公车数量多，排量大，公车私用，导致浪费。2017年，全国私人小型载客车保有量1.56亿辆，消耗汽油3294万t，人均0.21t。公车消耗汽油2044万t，公共机构就业人员6802万人，人均用油0.30t。2017年，公共机构浪费汽油6.8Mt，折10.0Mtce。

6.出口高耗能产品

我国产能严重过剩的钢材和光伏组件大量出口，遭致美、欧等多国反倾销。2017年出口钢材75.41Mt。生产1t钢材耗能915kgce，出口钢材浪费能源69.0Mtce。出口光伏组件37.9GW，占产量的50.5%。光伏组件综合电耗2670kWh/kW。出口光伏组件浪费电量1012亿kWh，当年供电热耗309gce/kWh，浪费能源31.3Mtce。

2017年，出口高耗能产品消费能源100.3Mtce。

7.粮食

联合国粮农组织指出，中国是世界上粮食浪费最多的国家。目前，全国家庭、餐馆、学校、食堂等粮食终端消费每年浪费50Mt。生产1t粮食，农田耕作和灌溉需用柴油、电力、化肥等消耗能源0.25tce。2017年浪费能源12.5Mtce。

2017年，全国浪费能源686.2Mtce。

六、能源效率和节能

表 73

中国历年节能率和节能量

	一次能源消费量/Mtce	万元 GDP 能耗/tce	万元 GDP 能耗下降率/%	节能量/Mtce
1980	602.8	13.20		
1981	594.5	12.37	6.3	37.8
1982	620.7	11.84	4.3	22.5
1983	660.4	11.36	4.1	22.3
1984	709.0	10.59	6.8	41.1
1985	766.8	10.10	4.6	37.9
“六五”合计				161.6
1986	808.5	9.78	3.2	17.3
1987	866.3	9.39	4.0	24.7
1988	930.0	9.06	3.5	34.1
1989	970.0	0.07	+1.1	-4.9
1990	987.0	8.90(5.32)	1.8	28.9
“七五”合计				100.1
1991	1037.8	5.12	3.8	41.0
1992	1091.7	4.72	7.8	93.4
1993	1159.9	4.40	6.8	116.6
1994	1227.4	4.12	6.4	75.1
1995	1311.8	3.97	3.6	44.6
“八五”合计				370.7
1996	1351.9	3.69	7.1	59.6
1997	1359.1	3.40	7.9	74.0
1998	1361.8	3.16	7.1	159.7
1999	1405.7	3.03	4.1	117.0
2000	1469.6	2.89(1.47)	4.6	139.7
“九五”合计				550.0
2001	1555.5	1.44	2.0	44.1
2002	1695.8	1.44	0	0
2003	1970.8	1.52	+5.6	-109.3
2004	2320.8	1.61	+5.9	-144.6
2005	2613.7	1.64(1.41)	+1.9	-55.8
“十五”合计				-265.6
2006	2864.7	1.37	2.8	87.1
2007	3114.4	1.30	5.1	187.6
2008	3206.1	1.22	6.2	253.4
2009	3361.3	1.17	4.1	172.8
2010	3606.5	1.14(0.88)	2.6	122.7
“十一五”合计				823.6
2011	3870.4	0.86	2.3	96.8
2012	4120.4	0.83	3.5	160.2
2013	4169.1	0.80	3.6	176.4
2014	4258.1	0.762	4.80	214.8
2015	4299.1	0.719	5.60	240.9
“十二五”合计				889.1
2016	4358.2	0.683	5.0	218.1
2017	4490	0.658	3.7	166.2
2018	4640	0.638	3.1	143.9

来源：国家统计局；国家发展改革委。

注：1980~1990、1990~2000、2000~2005、2005~2010、2010~2018GDP 分别按 1980、1990、2000、2005 和 2010 年可比价格计算。

计算方法：2018 一次能源消费量 4640Mtce × 节能率 0.031/100 - 0.031 = 143.9 Mtce.

表 74

中国 2018 年节能量

单位: Mtce

	2018 年比 2017 年节能量	占比/%
技术节能量	106.41	74.7
制造业	35.77	25.1
交通运输	8.33	5.8
建筑	62.31	43.8
结构节能量	36.00	25.3
全社会节能量	142.40	100.0

表 75

中国 2018 年制造业节能量

	单位	产品能耗					2018 产量	2018 比 2017 节 能量 /Mtce
		2010	2015	2016	2017	2018		
钢	kgce/t	950	899	898	890	861	928 Mt	26.91
电解铝	kWh/t	13979	13562	13599	13577	13555	35.8 Mt	0.23
铜	kgce/t	500	372	337	359	342	9.03 Mt	0.15
水泥	kgce/t	143	137	135	133	132	2208 Mt	2.21
建筑陶瓷	kgce/m ²	7.7	7.0	6.9	6.8	6.7	90.1 亿 m ²	0.90
墙体材料	kgce/万块标准砖	468	444	434	429	425	12010 亿块标准砖	0.48
建筑石灰	kgce/t	160	145	144	143	142	115 Mt	0.12
平板玻璃	kgce/重量箱	16.9	14.7	14.5	14.3	14.0	8.69 亿重量箱	0.26
炼油	kgce/t	100	96	97	97	96	831 Mt (加工量)	0.83
乙烯	kgce/t	950	854	842	841	840	18.41 Mt	0.02
合成氨	kgce/t	1587	1495	1486	1463	1453	56.12 Mt	0.56
烧碱	kgce/t	1006	897	878	875	871	34.20 Mt	0.14
纯碱	kgce/t	385	339	336	333	331	26.20 Mt	0.05
电石	kWh/t	3340	3303	3224	3279	3208	25.57 Mt	0.53
纸和纸板	kgce/t	390	339	333	326	318	116.1 Mt	0.93
合计								34.32
制造业总计								49.03

注: 1、产品综合能耗中的电耗, 按发电煤耗折算标准煤。

2、产品能耗均为全行业平均。

3、2018 年表中 6 个行业 15 项产品能源消费量约占制造业能源总消费量的 70%。

来源: 国家统计局; 2019 中国统计摘要; 2018 中国能源统计年鉴; 国家发展改革委; 工业和信息化部; 中国电力企业联合会; 中国钢铁工业协会; 中国有色金属工业协会; 中国建材工业协会; 中国水泥协会; 中国陶瓷工业协会; 中国石油和化学工业联合会; 中国化工节能技术协会; 中国电石工业协会; 中国造纸协会。

表 76

中国 2018 年交通运输节能量

	单位工作量能耗/kgce/万换算 t-km				2018 工作量/亿换算 t-km	2018 比 2017 节能量/万 tce
	2015	2016	2017	2018		
公路	506.5	492.0	486.0	480.0	72177	433
铁路	47.1	47.1	43.3	41.1	42968	95
水运	41.3	40.8	40.2	40.1	99133	10
民用航空	5152	5134	4562	4223	1046	355
总计						833

来源：国家统计局；国家铁路局；交通运输部；中国电力企业联合会；中国汽车工业协会；中国汽车技术研究中心；中石油经济技术研究院，2018 中石油经研院能源数据统计；2018 年交通运输业发展公报；2018 年中国民航统计公报；2018 铁道统计公报。

表 77

中国 2018 年建筑节能量

单位：Mtce

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
新建建筑	10.00	13.00	10.65	10.20	15.67	16.00	18.30
既有居住建筑	2.42	2.46	1.92	1.67	1.32	1.60	2.38
照明节电	11.10	13.10	12.80	22.10	24.50	30.60	48.55
合计	23.52	28.56	25.37	33.97	41.49	42.20	69.23

注：1、2018 年新建建筑是新建 19.70 亿 m² 节能建筑的节能能力。

2、2018 年既有居住建筑是 1.59 亿 m² 北方地区住宅节能技术改造形成的节能能力。

3、照明节电为新增 LED 替代白炽灯节能量。

4、可再生能源建筑应用为新增量，包括太阳能热水器、光伏发电、地源热泵、地热采暖和农村沼气。

来源：住房和城乡建设部；国家发展改革委；自然资源部；农业部；中国农村能源行业协会；中国太阳能协会；国家半导体照明工业研发及产业联盟。

表 78

部分国家和地区单位 GDP 能耗（2018 年）

单位：tce/百万美元

英国	97.9
意大利	105.7
德国	114.9
法国	124.0
日本	128.0
美国	160.3
中国	347.6
印度	429.7
世界	233.4

来源：GDP，IMF；能源消费量，BP Statistical Review of World Energy，June 2019。

表 79

中国物理能源效率

单位: %

	2000	2005	2010	2014	2015	2016	2017
1、开采效率	33.0	33.3	35.9	36.2	36.2	36.3	36.6
2、中间环节效率	68.5	70.8	70.9	68.7	67.5	68.7	70.0
3、终端利用效率							
农业	32.0	33.0	34.0	36.2	36.5	36.6	36.7
工业	46.0	47.3	50.5	53.8	54.0	54.8	55.0
交通运输	28.9	29.2	29.1	33.1	33.3	34.5	34.5
建筑	66.0	68.4	74.2	74.2	74.5	74.8	75.4
合计	46.7	48.3	51.0	53.5	54.8	55.2	55.4
4、能源效率 (2×3)	32.0	34.2	36.0	36.8	37.0	37.9	38.8
5、能源系统总效率 (1×4)	10.6	11.4	12.9	13.3	13.4	14.1	14.2

注: 1、本表系作者按国际通行的能源平衡定义和计算方法计算得出。

2、中间环节是能源加工、转换和贮运, 工业包括建筑业。

解析: 物理能源效率计算方法

物理能源效率的计算, 以国家统计局编制的中国能源平衡表为基础。但中国能源平衡表有很大的缺陷, 令人一头雾水。主要是在平衡表结构、行业分类、企业能耗统计等方面。最大的问题, 一是终端能源消费未扣除能源工业用能, 二是行业能源消费统计沿用“工厂法”, 只统计行业所属企业法人的能源消费量, 而不是按生产活动分类统计。结果是交通运输和建筑材料行业等能源消费量严重失真。在交通运输行业中, 公路运输只统计交通行业营运车辆用油, 不计其他行业和私人车辆用油。2017年, 其他行业和私人车辆用油占总消费量的47.3%。为测算中国公路运输实际用油量, 世界银行经过调研, 推出以下经验公式: 中国能源平衡表中, 工业和建筑业消费的95%的汽油、35%的柴油, 农业消费的100%的汽油, 居民生活消费的100%的汽油、95%的柴油, 批发零售业和住宿餐饮业消费的95%的汽油、35%的柴油, 计入交通运输。

在中国能源平衡表中, 建材行业能源消费量只统计行业所属企业, 生产大量建材的其他行业不计在内。2017年, 采用笔者按发电煤耗法修正的建材产品综合能耗计算的建材行业能源消费量如下。

	产量	产量综合能耗	能源消费量/Mtce
水泥	2331 Mt	135kgce/t	314.7
建筑陶瓷	101.5 亿 m ²	6.8kgce/m ²	69.0
墙体材料	11850 亿块标准砖	429kgce/万块标准砖	50.8
建筑石灰	120 Mt	145kgce/t	17.4
平板玻璃	8.38 亿重量箱	14.2kgce/重量箱	11.9
总计			463.8

表中5种产品能源消费量占建材行业总消费量的95%, 建材行业能源消费量为488.2Mtce。我国从2006年开始, 产品综合能耗中的电耗折标准煤的方法由发电煤耗法改为电热当量法。而国外所有国家都采用发电煤耗法。2017年, 国家统计局统计的建材行业电热当量法能源消费量为276.0Mtce, 相当于包括其他行业在内的发电煤耗法消费量的59.5%。

中国能源平衡表的上述弊端, 导致流传颇广、令人疑惑的中国能源消费和能源效率数据。在有关部门负责人的讲话、文章和文件中, 有以下几个数据: “我国工业能源消费量约占全社会总能耗的73%左右”。“交通运输行业能源消费量约占全社会能源消费量的8%”。“我国建筑能耗已占全社会总能耗的33%”。

这都是错得离谱的，很大程度上归因于中国能源平衡表。

2017年物理能源效率计算如下。

1、开采效率

煤炭、石油、天然气产量占化石能源产量比重 \times 煤、油、气回采率，然后相加得出。2017年，煤、油、气回采率分别为 35%、31% 和 64%。开采效率为 36.6%。

2、中间环节效率

中间环节包括能源加工、转换和贮运。

中间环节效率 = $1 - (\text{能源工业用能} + \text{中间环节损失}) / \text{一次能源消费量}$

2017 年中间环节效率 = $1 - (308.7\text{Mtce} + 1038.4\text{Mtce}) / 4485.3\text{Mtce} = 70\%$

3、终端利用效率

终端利用效率 = 农业、工业、交通运输、建筑能源消费量占终端能源消费量比重 \times 各自的能源效率，然后相加。

2017 年终端利用效率为 55.4%。

2017 年终端利用效率计算如下。

(1) 农业

农业能源效率按农用机械效率测算，2017 年为 36.7%。

(2) 工业

按照中国能源平衡表的行业分类，工业分为采掘业、制造业以及电力、热力生产和供应业。终端能源消费为制造业。制造业能源消费按主要行业测算。钢、电解铝、水泥、合成氨能源消费量占制造业能源消费量比重 \times 能源效率，然后相加得出。行业能源消费量和单位产品耗能中的电耗按当年发电煤耗折标准煤。2017 年，钢、电解铝、水泥、合成氨生产用能占制造业的比重分别为 32.0%、6.0%、13.7% 和 3.3%，其他行业占 45%。制造业能源消费量为 2310Mtce。产品生产的能源效率 = 理论效率（单位产品能耗）/ 实际效率（单位产品能耗）。钢、电解铝、水泥、合成氨理论能耗分别为 440kgce/t、6330kWh/t、57kgce/t 和 727kgce/t，2017 年能耗分别为 634kgce/t（可比能耗）、13577kWh/t、135kgce/t 和 1463kgce/t。

2017 年制造业能源效率为 55.0%。

(3) 交通运输

交通运输能源效率计算公路、铁路和水运能源效率。

计算方法。公路运输用汽油和柴油、铁路用柴油和电力、水运用燃料油和柴油消费量占比 \times 汽油、柴油汽车、内燃机车和电力机车、船用柴油机热效率，然后相加。2017 年，汽油汽车和柴油汽车热效率分别为 31% 和 37%，内燃机车和电力机车分别为 25% 和 30%，船用柴油机为 40%。

2017 年，交通运输能源效率为 34.5%。

2017 年交通运输能源效率计算如下。

	能源消费量/Mtce	占比/%	能源效率/%	终端能源效率/%
公路				
汽油	177.1	43.8	31	13.6
柴油	158.2	39.1	37	14.5
铁路				
柴油	12.1	3.0	25	0.8

电力	17.4	4.3	30	1.3
水运				
燃料油和柴油	39.7	9.8	40	4.3
总计	404.5	100.0		34.5

注：水运船舶使用燃料油，船舶进出港、进出狭窄航道、大风大浪天气使用柴油。燃料油和柴油是各自独立的系统。2018年，水运消耗燃料油24.8Mt，柴油3.0Mt。

(4) 建筑

建筑能源消费量分为煤炭、气体燃料（焦炉煤气、其他煤气、液化石油气、天然气）和电力。按中国能源平衡表中民用、商业和其他行业消费量相加得出。

民用煤消费量国家统计局为92.8Mt，按国家环保部数据修正为310Mt，商业和其他行业80Mt。煤炭消费量75%用于采暖，25%用于炊事。

气体燃料消费量129.5Mtce，其中天然气531亿m³，液化石油气34.4Mt。电力消费量16479亿kWh，折481.0Mtce。

建筑能源效率计算方法。建筑用煤炭、气体燃料和电力消费量占比×各自的能源效率，然后相加得出。

2017年建筑能源效率计算如下。

	能源消费量/Mtce	占比/%	能源效率/%	终端能源效率/%
煤炭				
采暖	209.0	23.5	57	13.4
炊事	69.6	7.8	40	3.1
气体燃料	129.5	14.6	70	10.2
电力	481.0	54.1	90	48.7
总计	889.1	100.0		75.4

(5) 终端利用效率

终端利用效率=农业、工业、交通运输、建筑能源消费量占终端能源消费量比重×各自的能源效率，然后相加。

2017年终端利用效率为55.4%。

4、能源效率

能源效率=中间环节效率×终端利用效率。

2017年能源效率为38.8%。

5、能源系统总效率

能源系统总效率=开采效率×能源效率。

2017年为14.2%。

表 80

中国高耗能产品能耗

	2000	2010	2015	2016	2017	2018	国际先进水平
煤炭开采和洗选							
综合能耗/kgce/t	38.2	32.7	29.5	31.0	30.5	31.0	
电耗/kWh/t	29	24.0	23.6	24.8	25.8	26.7	17.0
石油和天然气开采							
综合能耗/kgce/toe	208	141	121	117	115	118	105
电耗/kWh/toe	172	121	137	132	129	133	90
火力发电热耗/gce/kWh	363	312	298	294	292	290	287
火电厂供电热耗/gce/kWh	392	333	315	312	309	308	275
钢综合能耗/kgce/t							
全行业	1475	950	899	898	890	861	
大中型企业	906	701	663	676	670	634	
钢可比能耗/kgce/t	784	681	644	640	634	613	576
电解铝交流电耗/kWh/t	15418	13979	13562	13599	13577	13555	12900
铜冶炼综合能耗/kgce/t	1227	500	372	366	359	342	360
水泥综合能耗/kgce/t	172	143	137	135	133	132	97
墙体材料综合能耗/kgce/万块标准砖	763	468	444	434	429	425	300
建筑陶瓷综合能耗/kgce/m ²	8.6	7.7	7.0	6.9	6.8	6.7	3.4
建筑石灰综合能耗/kgce/t		160	145	144	143	142	120
平板玻璃综合能耗/kgce/重量箱	25.0	16.9	14.7	14.4	14.2	14.0	13.0
原油加工综合能耗/kgce/t	118	100	96	97	97	97	73
乙烯综合能耗/kgce/t	1125	950	854	842	841	841	629
合成氨综合能耗/kgce/t	1699	1587	1495	1486	1463	1453	990
烧碱综合能耗/kgce/t	1439	1006	897	878	875	871	670
纯碱综合能耗/kgce/t	406	385	329	336	333	331	255
电石电耗/kWh/t	3475	3340	3303	3224	3279	3208	3000
纸和纸板综合能耗/kgce/t							
全行业	912	390	339	333	326	318	
自制浆企业	1540	1200	1045	1027	1006	981	506

注：1、国际先进水平是居世界领先水平的国家的平均值。

2、中外历年产品综合能耗中，电耗均按发电煤耗折算标准煤。

3、煤炭开采和洗选电耗国际先进水平为美国。2018年，美国露天矿产量比重为65.0%，中国16.3%；露天开采吨煤电耗约为矿井的1/5。

4、油气开采电耗国际先进水平为壳牌和英国石油公司估计值。

5、火电厂发电热耗和供电煤耗中国为6MW以上机组，国际先进水平发电热耗为日本，供电热耗为意大利。2017年，中国火电电源结构中，煤、油、气分别占95.3%、0.2%和4.5%，日本分别为45.6%、7.3%和47.1%，意大利分别为21.0%、6.2%和72.8%。

6、2018年大中型钢铁企业产量占全国的75.7%。国际先进水平为德国。

7、水泥综合能耗按熟料热耗和水泥综合电耗计算，电耗按发电煤耗折算标准煤。国际先进水平为德国，2014年代用燃料（石油焦、废塑料、废轮胎、城市垃圾等）替代率63.4%。

8、墙体材料综合能耗国际先进水平为美国。

- 9、中国乙烯生产主要用石脑油作原料，国际先进水平为中东地区，主要用乙烷作原料。
- 10、烧碱综合能耗国际先进水平为德国意大利合资企业伍德迪诺拉公司。
- 11、中国合成氨综合能耗是以煤、油、气为原料的大、中、小型企业的平均值。2018年中国合成氨原料中煤占75%。国际先进水平为美国，天然气占原料的98%。
- 来源：国家统计局；工业和信息化部；中国煤炭工业协会；中国电力企业联合会；中国钢铁工业协会；中国有色金属工业协会；中国建筑材料工业协会；中国建筑陶瓷工业协会；中国化工节能技术协会；中国石油规划总院；中国造纸协会；中国化纤协会；日本能源经济研究所，日本能源与经济统计手册2016年版；德国钢铁企业协会；德国水泥工程协会。

表 81 中国主要耗电产品电耗

	产品电耗					2017 产量
	单位	2010	2014	2015	2016	
煤炭开采和洗选	kWh/t	24.0	24.3	23.6	24.8	25.8
石油和天然气开采	kWh/toe	121	132	137	132	129
钢	kWh/t	467	470	474	468	474
电解铝交流电耗	kWh/t	13979	13596	13562	13599	13577
水泥	kWh/t	89.7	85.5	82.7	81.5	80.5
平板玻璃	kWh/重量箱	7.1	6.2	6.1	6.0	6.0
合成氨	kWh/t	1116	1043	989	983	968
烧碱	kWh/t	2203	2280	2228	2028	1988
电石	kWh/t	3340	3272	3303	3224	3279
纸和纸板	kWh/t	545	536	539	549	537

注：1111m³天然气=1toe。

来源：国家统计局；工业和信息化部；中国煤炭工业协会；中国电力企业联合会；中国钢铁工业协会；中国有色金属工业协会；中国建筑材料工业协会；中国化工节能技术协会；中国造纸协会；中国化纤协会。

表 82 高耗能行业集中度国际比较（2018 年）

	中国	外国
煤炭	5800 个矿，63.5 万 t/个	俄罗斯，181 个矿，239.4 万 t/个
炼铁	1000 座高炉，77.1 万 t/座	日本，25 座高炉，309 万 t/座
水泥	3000 个企业，73.7 万 t/厂	泰国，560 万 t/厂
砖瓦	3.7 万个厂，3240 万块标准砖/厂	先进企业，2.2 万块标准砖/厂
建筑石灰	8600 万座石灰窑，1.3 万 t/座	巴西，瑞士麦尔茨窑，29 万 t/座
炼油	345 座炼油厂，年加工能力 241 万 t/厂	韩国，6 座炼油厂，2470 万 t/厂
乙烯	34 套装置，年产 54.1 万 t/套	沙特阿拉伯，13 套装置，131 万 t/套
造纸	2657 个厂，纸和纸板产量 4.4 万 t/厂	发达国家平均 30 万 t/厂

来源：中国钢铁工业协会；中国建材工业协会；中国砖瓦工业协会；中国石油和化学工业联合会；中国造纸协会；日本钢铁协会；美国《油气》杂志。

解析：产业集中度对节能减排的影响

我国高耗能行业集中度很低，这是工业部门能效低、污染严重的重要原因。

(1) 煤炭

我国是世界最大产煤国，煤矿数量惊人，2000年多达3.32万个，2010年1.50万个，2018年仍有5800个，平均每矿产量63.5万t。相比之下，俄罗斯181个矿平均每矿产煤239.4万t。我国煤矿生产效率低，事故多。小矿死亡事故占全行业的70%以上。据国家煤矿安全监察局统计，2018年，全国未列入国家统计局统计的规模以下煤矿产量0.9亿t。小矿数以千计。

(2) 炼铁

2018年，全国有1000座高炉，平均每座产铁77.1万t，远低于日本的309万t。主要原因是占全国粗钢产量59%的民营钢铁企业高炉平均容积小，仅为全国大中型企业的50%左右。

(3) 水泥

2018年，全国3000个水泥企业生产水泥2208Mt，平均每个企业生产73.6万t，远低于泰国的560万t和日本的230万t。主要原因是农村为就地提供基本建设和农田水利建设所需水泥，建了大量水泥厂。

(4) 砖瓦

2018年，全国砖厂多达3.7万个，平均每厂年产2340万块标准砖，国外大型砖厂年产2.2万块标准砖。全国规模以下砖厂占94%，产量占1/3。目前，全国砖厂90%在农村，80%采用落后的轮窑，生产效率很低，污染严重。2018年，砖瓦行业就业人员达500万。80%的砖厂节能减排不达标，粘土砖产品综合能耗比美国高一倍。

(5) 建筑石灰

2018年，全国建筑石灰产量115Mt，有8600万座石灰窑，平均每座年产1.3万t。巴西的瑞士麦尔兹石灰窑，年产近30万t。我国石灰窑小而散，普遍脏乱差。2018年，先进产能仅占30%。正在淘汰的石灰窑，每座年产仅2万t。占产能70%的传统石灰窑，排放大量NO_x和含致癌物的粉尘，对人体和环境造成严重危害。江西玉山县岩瑞镇关山桥村，附近6座石灰窑排放的粉尘和煤烟，导致一个60多户的村民小组，有10多人死于癌症。

(6) 炼油

2018年，全国原油加工能力831Mt，规模以上炼油厂有1210家，平均每厂加工能力69万t，远低于世界平均每套759万t。韩国6个炼油厂，平均每厂炼油能力达2470万t。我国炼油装置品均规模小的原因，主要是大量地方炼厂平均规模很小。2017年，地方炼厂总能力261Mt，占全国的31.4%。山东69家炼厂加工能力163Mt，平均每厂仅2.36万t。

(7) 乙烯

2018年，全国有34套乙烯装置，平均每套年产54万t。沙特阿拉伯13套乙烯装置，平均每套达131万t。

(8) 造纸

2018年，全国有2657家造纸厂，平均每厂纸和纸板产量仅4.4万t。发达国家平均每厂30万t。我国大量小型自制浆造纸企业的产品综合能耗比国际先进水平高一倍。许多小纸厂缺乏污水处理能力，造纸行业废水污染严重。

表 83 中国高耗能行业产能利用率（2018 年）

	产量	产能	产能利用率/%
煤炭	3683 Mt	5210 Mt	70.6
焦炭	438.2 Mt	645 Mt	67.9
钢	928.0 Mt	1190 Mt	78.1
电解铝	35.8 Mt	39.9 Mt	89.8
水泥	221 Mt	350 Mt	63.1
平板玻璃	8.69 亿重量箱	12.23 亿重量箱	71.0
炼油	831 Mt	1143 Mt	72.7
乙烯	18.41 Mt	20.92 Mt	88.0
烧碱	34.20 Mt	42.60 Mt	80.3
纯碱	26.21 Mt	30.4 Mt	86.2
甲醇	50.9 Mt	87.0 Mt	58.5
电石	25.57 Mt	37.8 Mt	67.6

注：炼油产能和产量为原油加工能力和加工量。

来源：工业和信息化部；国家统计局；国家发展改革委；中国煤炭工业协会；中国炼焦行业协会；中国钢铁工业协会；中国建材工业协会；中国石油和化学工业联合会。

表 84 中国工业部门产能淘汰量

	淘汰量					2018 年产量
	2006~2010	2015	2016	2017	2018	
煤炭	450.0 Mt	90 Mt	290 Mt	150 Mt	150 Mt	3683 Mt
焦炭	10.38 Mt	19.35 Mt	40 Mt	16.8 Mt	19.2 Mt	438.2 Mt
火力发电	72.1 GW	4.23 GW	4 GW	5.0 GW	12.9 GW	1143.7 GW
炼钢	68.6 Mt	17.1 Mt	65 Mt	50 Mt	30 Mt	928.0 Mt
电解铝	0.80 Mt	0.34 Mt	0.88 Mt	2.4 Mt	2.72 Mt	35.80 Mt
水泥	403 Mt	39 Mt	0.11 Mt	50 Mt	84 Mt	2208 Mt
平板玻璃	1.52 亿重量箱	0.11 亿重量箱	0.33 亿重量箱	2.3 亿重量箱	1.2 亿重量箱	8.69 亿重量箱
电石	4.0 Mt	2.0 Mt	2.52 Mt	3.5 Mt	3.7 Mt	25.57 Mt
造纸	10.3 Mt	5.90 Mt	10.0 Mt	3.0 Mt	1.6 Mt	116.1 Mt

来源：工业和信息化部；国家统计局；中国煤炭工业协会；中国电力企业联合会；中国钢铁工业协会；中国建材工业协会；中国电石工业协会；中国造纸协会。

表 85

中国调整产品结构节能

1、煤炭	提高原煤洗选比重。选煤可脱除 50%~70% 的灰分和 60%~70% 的无机硫。燃煤设备使用经过洗选的煤，可节煤 10% 以上。我国原煤入洗比重由 2005 年的 31.9% 提高到 2018 年的 71.8%。2018 年洗选原煤 26.4 亿 t，节煤 2.6 亿 t，减排 CO ₂ 5.28 亿 t。
2、钢铁	<p>(1) 2018 年我国钢筋产量达 209.61Mt。用 400MPa 及以上高强度钢筋替代 1 亿 t 335MPa 普通钢筋，每年可减少 1000 万 t 钢筋消耗，节省铁矿石 1600 万 t，节能 950 万 tce。2018 年，400MPa 及以上钢筋占钢筋总产量的比重已达 80%。</p> <p>(2) 降低铁钢比。铁钢比是生铁产量与粗钢产量的比值，主要取决于废钢回炉再生量。2018 年，我国铁钢比为 0.83，钢铁行业利用废钢 187Mt。利用废钢回炉炼钢的综合能耗仅为大中型企业吨钢能耗的 19%，利用废钢节能 101.6Mtce。</p>
3、有色金属	提高再生金属产量占比。2018 年，全国再生有色金属产量达 1440 万 t，其中再生铜、铝、铅、锌产量分别为 325、710、230 和 175 万 t，分别占总产量的 36.0%、19.8%、45.0% 和 30.8%。再生铜、铝、铅综合能耗分别为原生金属的 18%、45% 和 27%。2018 年，再生有色金属与生产等量原生金属相比，节电 835 亿 kWh。
4、建筑材料	<p>(1) 提高高强度水泥产量占比。高强度水泥是指标号 42.5 及以上的水泥。标号 42.5 是标准试块完全硬化时抗压强度为 42.5MPa 的水泥。2018 年高标号水泥销量占比为 54%。用高标号水泥替代 32.5 号水泥可节省水泥 15%。</p> <p>(2) 推广散装水泥。散装水泥是在出厂前预拌砂浆，用专用车辆直接运到施工现场。1 万 t 水泥散装与袋装相比，可节省制造包装纸袋耗用的优质木材 330m³，避免纸袋破损和残留损耗 450kg，可节能 237tce。我国水泥散装率 2018 年为 66.9%。</p> <p>(3) 推广新型墙体材料。新型墙体材料主要是利用工业废渣为主要原料生产的烧结制品。与黏土实心砖相比，其生产能耗降低 40%；用于建筑，采暖能耗减少 30%。我国新型墙体材料产量占墙体材料总产量的比重由 2005 年的 44% 提高到 2018 年的 74%。2018 年，墙体材料比 2016 年节能 0.48Mtce。</p> <p>(4) 推广低辐射率镀膜玻璃。这种节能玻璃是在玻璃上镀银、铜、锡等金属或其化合物的薄膜，具有良好的阻隔热辐射的保温性能，并反射太阳辐射热，可节能 50% 以上。目前欧美国家普及率已达 85%。2018 年我国低辐射率玻璃产能 4.26 亿 m²。</p>
5、化肥	推广包膜控释肥料。2018 年我国化肥施用量达 5653 万 t，2017 年有效利用率 37.8%，美国 52%，欧洲 68%。包膜控释肥料是根据作物需要和土壤特性制定肥料配方，通过包膜按预定释放模式施肥，可大幅提高肥料养分利用率，节省化肥 15%~25%，并减少污染。2018 年我国包膜控释肥产量 315 万 t，已在 25 个省份的 31 种作物大面积推广，玉米增产 10.4%，马铃薯、葡萄、西瓜等增产 10%~20%，少用尿素 130 万 t。
6、汽车	推广节能汽车。2018 年，销售排量 1.6 升以下的节能汽车 1583.5 万辆，每年可节油 440 万 t。小排量汽车市场占有率已达乘用车的 66.8%。
7、照明器具	推广发光二极管光源（LED）。LED 是一种半导体器件。半导体芯片用作发光材料，当芯片两端加上正向电压时，半导体与电子复合引起光子发射，把电能直接转换成光能。LED 电耗比白炽灯少 80%，比紧凑型荧光灯少 50%，寿命达 5 万小时。近年我国 LED 产业爆发式发展，2018 年 LED 产量达 135 亿只，内销 64 亿只。2018 年，全国用 LED 替代白炽灯，节能 41.67Mtce。
8、房间空调器	推广节能空调。节能空调是指能效标准 1 级和 2 级的高效空调。房间空调器是我国用电最多的家用电器，2017 年全社会拥有量达 6.2 亿台，用电 3337 亿 kWh。2009 年 6 月至 2011 年 6 月，全国财政补贴推广节能空调 5000 多万台，每年可节电 147 亿 kWh。高效空调市场占有率从 5% 提高到 70% 以上，能效标准 3、4、5 级的空调已全部停产。2017 年，变频空调已占房间空调器销量的 78.7%。与定频空调相比，变频空调可节能 30%。

表 86**中国调整产业和行业结构节能（2017 年）****1. 产业结构**

	能源消费量/Mtce	万元产值能耗/tce
第一产业	89.3	137
第二产业	2832.7	846
第三产业	785.7	184

第二产业万元产值能耗为第三产业的 4.7 倍。第二产业占比下降一个百分点，节约少用能源 2833 万 tce。

2. 行业结构

	五大高耗能行业能源消费量/Mtce
钢铁	799.0
有色金属	221.6
建材	432.1
炼油炼焦	243.7
化工	490.6
合计	2187.0
制造业总计	2509.0

注：建材行业能源消费量（Mtce）中，水泥 291.5，墙体材料 51.0，建筑陶瓷 61.6，建筑石灰 16.3，平板玻璃 11.7，其他 25.0。

化学工业能源消费量（Mtce）中，乙烯 15.5，合成氨 81.5，烧碱 29.8，纯碱 8.7，电石 23.8。

高耗能行业能源消费量占比下降一个百分点，节约少用能源 2187 万 tce。

表 87**中国节能服务产业**

2018 年，全国实施合同能源管理的节能服务公司有 6439 家；节能服务产业从业人员 72.9 万人。节能服务产业产值 4774 亿元；合同能源管理投资 1171 亿元，形成节能能力 3930 万 tce。

来源：中国节能协会节能服务产业专业委员会。

表 88

中国政府节能采购

我国“政府采购”是指政府机构，即各级政府机关、事业单位和团体组织使用财政性资金进行的采购活动。耗能产品采购在政府机构开支中占很大比重。政府采购对激励节能产品的生产和销售起很大作用，对节能减排起引导、示范作用。2007年7月，我国建立政府强制采购节能产品制度。节能产品政府采购清单由财政部、国家发展改革委从国家采信的节能产品认证机构认证的节能产品中，根据节能性能、技术水平和市场成熟程度等因素择优确定。节能产品政府采购清单明确规定政府优先采购和强制采购的节能产品类别。目前，列入节能产品政府采购清单的节能产品包括空调、照明、计算机、显示器、打印机、复印机、公务用车等。空调机、照明产品、电视机、电热水器、计算机、显示器、座便器、水嘴等产品为政府强制采购节能产品。2018年，全国政府采购金额为35861亿元，占全国财政支出10.5%，占GDP4.0%。强制和优先采购节能节水产品1654亿元，占同类产品的90.1%；优先采购环保产品1647亿元，占同类产品的90.2%。目前，节能产品清单有54种产品，5.8万个型系列；环保标志产品83种，近3.8万个型系列。

七、能源贸易

表 89

中国能源进出口

	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018
原油/Mt									
出口	10.44	8.07	3.04	1.62	0.60	2.87	2.94	4.86	2.63
进口	70.27	127.08	239.31	282.14	308.36	335.49	381.04	419.97	461.90
石油制品/Mt									
出口	10.30	16.88	30.44	32.78	33.84	40.92	53.07	52.16	58.64
进口	24.32	41.45	47.84	56.48	46.55	52.63	53.27	60.56	60.19
天然气/亿 m ³									
出口	31.4	29.7	40.3	27.1	25.7	32.0	33.3	34.0	34.0
进口			164.7	518.2	583.5	603.2	736.2	943.6	1250.0
煤炭/Mt									
出口	58.84	71.68	19.03	7.51	5.74	5.33	8.78	8.17	4.93
进口	2.02	26.17	164.78	327.08	291.22	204.06	255.51	270.90	281.23

注：1、煤炭进口包括褐煤，2018年进口褐煤9428万t。

2、2018年煤炭进口包括褐煤（万t），印度尼西亚12600，澳大利亚8040，蒙古国3624，俄罗斯2735，菲律宾440。五国占总进口量的97.5%。

3、2018年进口天然气1250亿m³，其中管道气514亿m³，LNG736亿m³。

4、2018年管道气进口来源，中亚474亿m³，占总进口量的92.2%。LNG进口来源（亿m³），澳大利亚323.9，卡塔尔127.5。

来源：国家海关总署。

表 90

中国能源对外依存度

原油

2000 年，中国原油进口量为 70.27Mt，对外依存度为 26.4%。2018 年原油进口量达 461.90Mt，出口 2.63 Mt，净进口量 459.27 Mt，消费量 647.8 Mt，对外依存度达 70.9%。

天然气

2000 年，出口天然气 31.4 亿 m³。2008 年进口 46.4 亿 m³，出口 32.5 亿 m³，净进口 13.9 亿 m³。2018 年天然气（管输气加液化天然气）进口达 1250 亿 m³，出口 34 亿 m³，净进口量 1216 亿 m³，消费量 2803 亿 m³，对外依存度达 43.4%。

煤炭

2000 年，中国出口煤炭 58.84Mt，进口仅 2.02 Mt。2009 年进口 129.83 Mt，进口 22.40 Mt，成为煤炭净进口国。近年东南沿海地区进口煤价低于国产煤，进口量激增，2018 年达 281.23 Mt，出口 4.43 Mt，净进口量达 276.8 Mt。消费量 3835 Mt，对外依存度为 7.2%。

解析。依赖中东石油的风险

我国原油进口量和对外依存度剧升。进口量从 2000 年的 70.3Mt 增至 2018 年的 461.9Mt，对外依存度从 26.4% 升至 70.9%，从中东地区进口量由 112.8Mt 增至 204.6Mt，占原油进口量的 44.30%。中国已经成为对中东石油依赖最大的国家，这种格局将会持续较长时间。

原油对外依存度飙升，意味着更大的供应风险，价格风险，以及地缘政治风险和外交风险。

世界银行指出，国际原油价格上涨 10 美元/桶，并持续一年，发展中国家 GDP 增长率会下降 0.75 个百分点。中东和北非政局动荡难以平息，导致一些国家石油产量、价格和出口变幻莫测。如 2016 年初伊朗解除制裁后，原油对中国出口量从 2015 年的 26.6Mt 增至 2017 年的 31.2Mt。

我国从中东和非洲进口的原油的海运，油轮要经过亚丁湾索马里附近海域和马六甲海峡。索马里海盗对我国航运构成严重威胁，商船多次遇袭。2008 年，我国派护航编队赴亚丁湾索马里海域护航。2017 年 8 月，我国建在吉布提的首个海外军事基地启用。吉布提位于亚丁湾。2008 ~ 2018 年，护航编队共解救中外商船 70 多艘，驱赶疑似海盗船只约 3000 艘。马六甲海峡和中缅油气管道也遭遇袭击威胁。中巴（巴基斯坦）油气管线已发生袭击事件。

表 91

中国原油进口来源

单位：万 t

	2010	2015	2016	2017	2018
前 10 来源国					
1、俄罗斯	1524.5	4243.2	5247.9	5979.6	7149.4
2、沙特阿拉伯	4463.0	5054.2	5100.3	5218.4	5673.3
3、安哥拉	3938.2	3871.8	4375.2	5043.0	4738.5
4、伊拉克	1123.8	3211.4	3621.6	3686.5	4505.3
5、阿曼	1586.8	3206.4	3506.9	3101.0	3297.1
6、巴西	804.8	1391.8	1914.0	2308.3	3162.3
7、伊朗	2132.0	2661.6	3129.8	3115.0	2927.4
8、科威特	983.4	1442.8	1634.0	1824.5	2321.2
9、委内瑞拉	755.0	1600.9	2015.7	2177.0	1663.2
10、刚果	504.8	586.2	694.3	888.5	1257.9
总进口量	23931.1	33549.1	38103.8	41996.7	46190.1
从中东进口量	11275.6	17016.0	18299.3	18219.6	20458.9
占总进口量比重/%	47.1	50.7	48.0	43.4	44.3

注：中东地区包括沙特阿拉伯、伊朗、伊拉克、科威特、阿曼、卡塔尔和阿联酋。

来源：国家海关总署。

表 92

中国石油进出口金额

单位：亿美元

	2010	2014	2015	2016	2017	2018
原油						
进口	1353.1	2281.4	1341.5	1166.6	1623.3	2402.6
占比	9.59	11.64	1.28	7.34	8.82	11.29
出口	16.4	4.9	15.5	9.4	18.2	12.7
占比	0.11	0.03	0.01	0.04	0.08	0.05
成品油						
进口	224.7	233.7	143.5	111.2	144.9	201.8
占比	1.59	1.00	0.14	0.7	0.79	0.95
出口	170.3	254.0	191.0	193.1	254.0	214.8
占比	1.10	1.08	0.14	0.92	1.12	0.87

注：占比为占全国进出口总额的比重。

来源：国家海关总署。

表 93

世界石油贸易

单位：Mt

	原油进口	石油制品进口	原油出口	石油制品出口
美国	386.3	103.9	93.2	251.6
加拿大	29.1	37.0	190.9	33.3
墨西哥	0.1	64.4	61.7	5.8
中南美	27.0	106.9	156.7	28.6
欧洲	519.2	224.7	31.2	134.0
俄罗斯	0.5	9.4	275.9	173.1
其他独联体国家	18.6	10.1	85.9	21.3
伊拉克	*	3.7	200.9	8.5
科威特	*	0.7	103.0	23.5
沙特阿拉伯	*	10.9	367.4	56.2
阿联酋	9.8	27.8	125.9	75.8
中东其他国家	30.9	16.2	192.1	64.3
北非	7.0	28.8	95.6	27.1
西非	0.5	39.4	219.9	7.5
东南非	21.6	33.4	7.7	3.4
澳大利亚	23.6	33.6	10.9	3.7
中国	464.5	81.9	2.7	55.7
印度	227.5	31.3	0.1	53.4
日本	150.8	43.7	*	17.6
新加坡	52.2	115.5	0.6	89.7
其他亚太国家	293.8	215.5	40.8	104.7
世界	2263.1	1238.8	2263.1	1238.8

来源：BP Statistical Review of World Energy, June, 2019

表 94

世界煤炭贸易

单位: Mt

	2015	2016	2017	2018
出口				
印度尼西亚	368.0	372.0	390.6	429.1
澳大利亚	392.3	389.3	378.9	383.0
俄罗斯	155.7	171.1	189.7	191.0
美国	67.1	54.7	88.0	104.9
哥伦比亚	72.8	83.3	86.1	86.9
南非	75.8	69.9	71.0	77.9
蒙古	14.7	24.1	33.4	36.3
加拿大	30.5	30.3	31.1	33.7
哈萨克斯坦	31.2	26.0	27.1	
世界	1305.0	1326.9	1370.3	1433.0
进口				
中国	204.1	255.6	271.1	281.2
印度	212.1	193.6	208.3	227.4
日本	189.3	186.0	187.5	191.2
韩国	134.0	134.5	148.2	148.7
中国台湾	64.8	65.6	67.6	69.9
德国	54.5	57.8	51.4	44.5
荷兰	57.1	36.2	36.6	31.5
土耳其	25.5	27.2	31.5	34.0
马来西亚	24.1	24.0	29.0	21.7
俄罗斯				
世界	1305.4	1318.3	1386.9	1446.9

来源: IEA, Coal Information, 2019。

表 95

世界天然气贸易

单位: 10 亿 m³

	管道气进口	LNG 进口	管道气出口	LNG 出口
美国	77.3	2.1	67.6	28.4
加拿大	21.9	0.6	77.2	—
墨西哥	45.8	6.9	—	—
特立尼达和多巴哥	—	—	—	16.8
中南美其他地区	14.4	3.7	0.6	3.7
法国	36.8	13.1	—	1.0
德国	100.8	—	7.1	—
意大利	56.2	8.0	—	—
荷兰	35.6	—	35.2	—
挪威	—	—	114.3	6.6
西班牙	20.2	15.0	—	—
土耳其	37.6	11.5	—	—

英国	42.8	7.3		—
欧洲其他国家	11.5	0.1	83.1	5.0
俄罗斯	25.2	—	223.0	24.9
乌克兰	13.3	—	—	—
独联体其他国家	29.6	—	81.4	
卡塔尔			20.2	104.8
中东其他国家	8.3	4.0	0.1	19.1
阿尔及利亚			38.9	13.5
非洲其他国家	5.5	5.4	4.8	5.4
澳大利亚	5.9	—	—	91.8
中国	47.9	73.5	—	—
印度	—	30.6	—	—
日本	—	113.0	—	—
印度尼西亚	—	—	7.6	20.8
韩国	—	60.2	—	—
亚太其他国家	74.0	0.8	10.7	0.6
世界	805.4	431.0	805.4	431.0

来源：BP Statistical Review of World Energy, June, 2019。

表 96 中国主要高耗能产品进出口量

	2000	2005	2010	2014	2015	2016	2017	2018
进口								
钢材/万 t	1596	2582	1643	1443	1278	1322	1330	1317
铜及铜合金/万 t	81	142	338	422	425	439	411	475
铝及铝合金/万 t	91	64	36	35	22	26	19	20
肥料/万 t	1189	1397	718	959	1116	832	918	950
纸浆/万 t	335	759	1137	1796	1984	2107	2372	2479
纺织用合成纤维/万 t	100	84	37	34	34	32	40	45
出口								
水泥/万 t	605	2216	1616	1391	1575	1785	1286	904
平板玻璃/万 m ²	5592	19925	17398	21896	21460	22661	21032	19347
钢材/万 t	621	2052	4256	9378	11240	10853	7541	6933
铜材/万 t	14	46	51	51	47	51	48	51
铝材/万 t	13	71	218	367	420	407	424	523
锌及锌合金/万 t	59	15	4	13.3	9.7	2.3	1.6	2.4
纸及纸板/万 t	65	167	380	630	590	683	652	565

来源：国家统计局。

八、能源价格

表 97

中国能源价格指数

	燃料零售价	企业燃料电力购进 价	出厂价			
			煤炭	石油和天然气	电力	燃气
2000	117.7	115.4	98.1	144.3	102.4	
2001	102.4	100.2	106.5	99.1	102.3	
2002	102.0	100.1	111.6	95.2	100.8	
2003	109.3	107.4	103.8	119.1	100.9	
2004	112.4	109.7	116.8	119.6	102.4	
2005	115.4	115.0	123.2	129.9	104.2	104.0
2006	112.4	111.9	105.0	122.0	102.8	106.8
2007	104.2	104.3	103.8	102.0	102.2	104.8
2008	116.0	120.6	128.7	122.1	101.9	105.9
2009	92.7	89.2	101.9	66.0	102.4	100.5
2010	112.3	116.3	110.0	137.8	102.0	105.4
2011	111.1	110.8	110.2	124.5	101.6	109.4
2012	102.9	100.9	97.0	99.6	103.7	102.0
2013	99.9	96.6	88.7	96.5	100.2	102.1
2014	99.2	97.1	89.0	96.8	100.2	103.5
2015	87.7	88.7	85.3	65.1	98.7	97.0
2016	97.0	95.6	98.3	83.6	96.9	90.4
2017	108.9	113.0	128.2	129.0	99.3	102.1
2018	109.7	107.1	104.6	124.3	99.0	104.0

来源：国家统计局。

解析。

价格是市场经济的基本要素。它为企业和消费者提供经济信号，调节资源配置和供需关系。美国制订国家能源战略的一项基本原则，是让市场决定能源供应的价格、数量和技术选择。市场经济国家的能源预测，都把价格当作关键变量。

能源价格上升，会使需求减少。若原油价格上涨 1 倍，中国石油消费量当年会减少 3%（IEA）。油价上升会使原先开采不经济的储量变得经济可采，会促进可再生能源开发利用。还会激励新技术的研发和应用。美国 1980 年汽油价格比 1970 年上升 60%，新汽车燃料效率提高 85%。能源价格下降则会使需求增加，有利于石油进口国的经济增长。据世界银行测算，油价下降 30%，将拉动世界经济增长 0.5%。中国 2014 年进口原油 308.4Mt，比 2013 年的 282.1Mt 多 26.3 Mt，进口价格从 2013 年的 778 美元/t 降至 2014 年的 740 美元/t，下降 38 美元/t，节省 115 亿美元。

我国原油和成品油价格已与国际市场接轨。政府给石油公司巨额亏损补贴，2015 年达 98 亿元，其中中石油 48 亿元，中石化 50 亿元。为减轻国际油价波动对国内市场的影响，2016 年设定成品油调控下限。

煤炭价格有合同价和市场价两类。煤炭企业与用户签订的供销合同受政府监管，合同价远低于市场价。2017 年，市场煤仅占煤炭供应量的 15%，合同煤占 85%。2018 年，5500kcal/kg 动力煤合同价 559 元/t，比市场价 709 元/t 少 150 元/t。

天然气由政府定价，2018 年开始气价市场化改革，LNG 实行竞价交易，管道气居民与非居民门站价并轨。LNG 以及页岩气、煤层气、煤制气由市场定价。

需要指出的是，迄今为止，国内能源预测和规划，只讲实物量，不考虑价格因素，不计成本效益。这会导致决策失误，增长质量低，效益差。

表 98

中国能源价格

	2017	2018
发电用动力煤/元/t	490.9	528.6
92号汽油/元/升	6.37	6.42
民用天然气/元/m ³	2.44	2.95
民用电/元/kWh	0.53	0.56

注：发电用动力煤为6月价格。

表 99

中国省份能源价格（2017年）

	发电用动力煤价/ (元/t)	92号汽油零售价/ (元/升)	民用天然气用户价/ (元/m ³)	民用电价/ (元/千瓦时)
全国	536	6.37	2.44	511
北京	487	6.86	2.28	488
天津	541	6.83	2.40	490
河北	508	6.83	2.40	515
山西	390	6.79	2.26	477
内蒙古	267	6.77	1.82	450
辽宁	559	6.81	2.45	500
吉林	558	6.80	2.80	525
黑龙江	510	6.82	2.80	510
上海	634	6.80	3.00	637
江苏	619	6.81	2.50	528
浙江	595	6.81	3.10	548
安徽	626	6.80	2.40	565
福建	655	6.81	2.86	498
江西	736	6.80	3.20	600
山东	616	6.82	3.00	547
河南	605	6.84	2.25	540
湖北	646	6.85	2.53	554
湖南	492	6.79	2.45	588
广东	641	6.86	3.45	592
广西	751	6.90	3.22	528
海南	606	7.95	3.15	608
重庆	612	6.91	1.72	520
四川	652	6.87	1.89	522
贵州	516	6.96	3.05	456
云南	487	6.98	3.31	360

西藏		7.77	1.20	
陕西	454	6.73	1.98	498
甘肃	480	6.73	1.70	510
青海	537	6.79	1.60	377
宁夏	400	6.75	1.63	449
新疆	256	6.73	1.37	390

来源：国家发改委价格监测中心。

表 100 国际市场能源价格

	布伦特原油/美元/桶	日本进口 LNG/美元/Mbtu	中国进口煤/美元/t
2010	61.67	10.91	120.56
2015	52.39	16.01	59.30
2016	43.73	6.94	59.30
2017	54.19	8.10	83.57
2018	71.31	10.05	87.49

注：1、布伦特原油（Brent oil）产于北大西洋北海布伦特海上油田，是国际市场油价标杆。

2、2018年中国是世界最大天然气进口国，进口 LNG 735 亿 m³。

3、中国是世界最大煤炭进口国，2018 年进口 281.23Mt。

来源：中国国家统计局；BP Statistical Review of World Energy；中国国家海关总署。

表 101 国际市场原油现货价格 单位：美元/桶

	迪拜	布伦特	尼日利亚福卡多斯	美国西得克萨斯中间原油 (MTI)
1982	31. 80	32. 97	33. 29	33. 65
1990	20. 45	23. 73	23. 85	26. 50
2000	26. 20	28. 50	28. 42	30. 33
2010	78. 06	61. 67	63. 35	61. 92
2011	106. 18	79. 50	81. 05	79. 45
2012	109. 08	111. 26	113. 65	95. 04
2013	105. 47	111. 67	114. 21	94. 13
2014	97. 07	108. 66	111. 95	97. 99
2015	51. 20	52. 39	54. 41	48. 71
2016	41. 19	43. 73	44. 54	43. 34
2017	53. 13	54. 19	54. 31	50. 79
2018	69. 51	71. 31	72. 47	65. 20

来源：BP Statistical Review of World Energy, June, 2019。

表 102

各国汽油零售价（2018年5月2日）

单位：美元/升

委内瑞拉	0.01	美国	0.70	法国	1.50
沙特阿拉伯	0.24	中国台湾	0.84	英国	1.51
土库曼斯坦	0.29	加拿大	0.93	意大利	1.66
科威特	0.34	澳大利亚	1.01	荷兰	1.68
伊朗	0.37	中国	0.98	挪威	1.85
马来西亚	0.49	印度	1.08	中国香港	1.93
阿联酋	0.52	日本	1.14		
俄罗斯	0.69	德国	1.48		

表 103

国际市场煤价

单位：美元/t

	西北欧标价	美国中阿巴拉契亚现货价	日本进口动力煤到岸价	中国秦皇岛现货价
2000	35.99	29.90	—	27.52
2005	60.51	70.12	64.62	51.34
2010	92.50	67.87	108.47	110.08
2011	121.52	84.75	126.13	127.27
2012	92.50	67.28	100.30	111.89
2013	81.69	69.72	90.07	95.42
2014	75.38	67.08	76.13	84.12
2015	56.64	51.57	60.10	67.53
2016	60.69	51.45	71.66	71.35
2017	84.51	63.83	96.02	94.72
2018	91.83	72.84	112.73	99.45

来源：同表 101。

表 104

中国煤炭价格链（5500kcal/kg 动力煤）

单位：元/t

	2014年6月	2016年6月	2017年6月	2018年6月
山西大同出矿价	370	400	440	470
秦皇岛港大同煤平仓价	525	560	610	670
广州港市场价	592	630	685	795
广州港进口煤市场价	585	600	615	745

注：广州港进口煤 2014、2016、2017 为澳大利亚煤，2018 为印尼煤。

表 105

国际市场天然气价格

单位：美元/百万英热单位

	LNG 日本进口到岸价	天然气			OECD 原油
		德国平均进口价	美国亨利港	加拿大阿尔伯塔	
2000	4.72	2.91	4.23	3.75	4.83
2010	10.91	8.03	4.39	3.69	13.47
2011	14.73	8.03	4.01	3.47	18.55
2012	16.75	10.93	2.76	2.27	18.82
2013	16.17	10.73	3.71	2.93	18.25
2014	16.33	9.11	4.35	3.87	16.80
2015	16.31	6.72	2.60	2.01	8.77
2016	6.94	4.93	2.46	1.55	7.04
2017	8.10	5.62	2.96	1.60	8.97
2018	10.05	6.62	3.13	1.12	11.69

注：100 万英热单位=28m³ 天然气

九、能源科技

表 106 全球能源和耗能产品生产企业研发投入排行（2018 年） 单位：亿欧元

1	三星电子	134	43	爱立信	33
3	大众汽车	131	46	空客	30
4	微软	123	48	雷诺	30
5	华为	113	50	标致雪铁龙	29
6	英特尔	109	51	阿里巴巴	29
7	苹果	97	53	LG 电子	26
10	戴姆勒	87	54	塔塔汽车	25
12	丰田汽车	79	55	日立	25
14	福特汽车	67	59	鸿海精密	23
15	脸书	65	60	台积电	23
17	宝马	61	61	腾讯	22
19	博世	59	72	中兴	18
20	西门子	55	73	现代汽车	18
22	本田	54	76	沃尔沃	18
24	甲骨文	51	79	飞利浦	17
25	思科	51	81	百度	17
27	诺基亚	49	83	联发科	16
28	高通	46	85	卡特彼勒	16
31	菲亚特克莱斯勒	43	86	中国建筑	16
32	IBM	43	88	中石油	16
34	通用电气	40	89	三菱电机	16
35	戴尔	40	91	霍尼韦尔	15
36	松下	37	99	中国铁路总公司	14
37	日产汽车	37			
39	索尼	34			

注：1 欧元=1.461 美元

来源：欧盟委员会 2018 年 12 月 25 日发布

表 107

中国能源和高耗能行业企业研究开发经费

单位：亿元

	2010	2014	2015	2016	2017	2018
全国工业企业总计	4015.4	9254.3	10013.9	10944.7	12013.0	12459.8
煤炭开采和洗选	108.7	151.5	143.3	132.1	148.9	146.5
石油和天然气开采	88.1	84.4	62.5	63.9	57.3	89.3
石油加工、炼焦和核燃料加工	43.8	106.6	100.8	119.6	146.6	145.4
电力、热力生产和供应	31.9	61.9	81.4	81.6	85.8	96.9
钢铁	402.1	642.0	561.2	537.7	638.7	706.9
有色金属	118.9	330.6	371.5	406.8	461.6	442.5
建材	81.3	246.5	277.6	323.1	362.8	415.9
化工	247.5	746.5	794.4	840.7	912.5	899.9
化学纤维	41.0	75.0	78.5	83.8	106.1	112.1
食品、饮料、烟草	98.8	232.4	246.2	274.8	267.7	298.4
纺织、服装	101.2	251.9	297.8	236.9	343.7	358.4
造纸和纸制品	36.7	91.4	107.6	122.8	144.6	167.8
交通运输设备制造	582.2	1213.3	1340.1	1348.3	1593.4	1712.9
电气机械及器材制造	425.1	922.9	1012.7	1102.4	1242.4	1320.1
通信设备、计算机及其他电子设备制造	686.3	1392.5	1611.7	1811.0	2002.8	2279.9
通用设备和专用设备制造	472.2	1161.5	1199.7	1242.8	1333.7	1461.4

注：2010 年为大中型企业，2011 ~ 2018 年为规模以上企业。

来源：国家统计局。

表 108

美国能源部研究开发经费

单位：百万美元

	2017 年度预算	2018 年度拨款	2019 年度申请
能源项目			
能源效率和可再生能源	2034.6	2040.2	695.6
能源供应和能源可靠性	229.6	228.0	—
核能	1015.8	1008.9	757.1
化石能源			
化石能源研究开发	421.2	425.1	502.1
海军石油和油页岩储备	12.0	14.8	10.0
战略石油储备	222.6	221.5	175.1
东北家庭采暖用油储备	6.5	6.5	10.0
合计	662.3	667.9	697.2
铀浓缩研究和放射性污染清除基金	767.9	763.1	752.7
核废料处置	0	0	90.0
能源信息署	122.0	121.2	115.0
非防务环境净化	246.8	245.3	218.4
科学	5391.0	5354.4	5391.0

先进研究计划署—能源	305.2	303.2	—
能源部机关	120.7	120.0	139.5
监察长办公室	44.4	44.1	51.3
创新技术贷款担保	0.1	16.7	7.0
先进技术汽车制造贷款	3.9	5.0	1.0
总计	10953.3	10927.0	9064.5

注：科学项目包括基础科学、高能物理、生物和环境研究、核物理、超级计算机、聚变能研究、其他。

来源：Department of Energy, Budget by Appropriation 2019。

表 109 中国领先世界的能源技术

1、高速铁路

2019 年，全国高速铁路运营里程达 3.5 万 km，占世界的 70%。中国是世界上高铁唯一成网运行的国家，高铁促使中国城市化进程加速。

2、超超临界燃煤发电

2019 年，全国百万千瓦燃煤超超临界机组有 111 台在运行，超过其他国家的总和。引领世界火电技术发展方向。供电煤耗比全国火电机组平均值低 26gce/kWh。

3、特高压输电

2019 年，全国已建成 10 条 1000KV 交流输电线路，总长 9015km；± 800KV 直流输电线路，总长 22181km；一条 ± 1000KV 线路，长 3239km；合计 28798km。特高压线路总长 38713km。2018 年建成的准东-皖南 ± 1100KV 线路，长 3324km，输送能力 660 亿 kWh，是世界电压等级最高、输送量最大、距离最大、技术水平最高的输电工程。

4、可再生能源发电

2019 年，全国水电、风电、光伏发电装机容量分别达 356、246 和 217GW，合计 819GW。远超美国 2018 年的 246GW。

5、工业机器人

中国是工业机器人全球最大市场。2019 年销量 17.48 万台，保有量 71.18 万台。销量远超美国 2018 年出货量 1.8 万台。2018 年安装 15.4 万台，占全球的 36%。

6、新能源乘用车

2019 年，全国新能源车销量超过 120 万辆。2018 年销量 105.3 万辆，其中纯电动车 78.8 万辆，混合动力车 26.5 万辆。2019 年销量远超美国的 56.8 万辆。

7、超级计算机

2019 年 11 月，国际 TOP500 组织发布世界超级计算机排名，中国 227 台，占全球 TOP500 的 45.4%；美国 118 台，占 23.6%。

8、电子商务

2018 年，全国电子商务交易额达 31.6 万亿元，占全球的 40%以上。

9、移动支付

2018 年，全国移动支付（即手机支付）达 277.4 万亿元。2016 年 157.6 万亿元，为美国的 50 倍。

表 110

应用低碳技术全球领先国家

1、智能采煤	中国，2018年已有15个矿区应用，智能化无人采煤工作面47个。
2、选煤	中国，2018年洗选原煤2644Mt，节煤264Mt，减排CO ₂ 719Mt，技术世界领先。
3、超超临界发电	中国，2018年有103台百万千瓦超超临界燃煤机组在运行，节能1182万tce。
4、特高压输电	中国，2018年已建成8条1000kV线路，9015km；13条±800kV线路，22181km，合计31196km。
5、智能制造	德国，世界最先进的智能工厂西门子安贝格工厂，按用户需要预定生产工艺和生产线，所有工序自动控制完成。
6、高速铁路	中国，2018年已建成2.9万km，占世界的2/3。世界商业运营最快的复兴号动车组，时速350km，2018年4月10日在京沪线运行，全程1318km，仅需4小时28分。
7、新能源汽车	中国，2018年销售纯电动汽车销量78.8万辆；混合动力汽车销量26.5万辆，合计105.3万辆，超过美国的35.9万辆。
8、智能交通	美国，2017年普及率超过80%，交通事故减少15%，汽车尾气排放可减少10%。
9、被动房	中国，2018年已建在建410万m ² 。与不采取节能措施的住宅相比，节能90%。
10、可再生能源	中国，2018年水电、风电和光伏发电装机容量744.1GW，为美国的2.8倍。
11、物联网	中国，2018年市场规模突破1.2万亿元。
12、互联网	中国，2018年网民8.29亿，超过欧美国家总和，其中手机网民8.17亿。
13、电子商务	中国，2018年交易额36.63万亿元，占全球的40%以上。
14、移动支付	中国，2018年移动支付（即手机支付）277.4万亿元。2016年157.6万亿元，为美国的50倍。
15、工业机器人	新加坡，2018年每万工人831台，中国140台。
16、人工智能	美国，2018年初创公司600多家，中国不到200家。
17、3D打印	美国，2018年3D打印开支48亿美元，中国15亿美元。
18、超级计算机	中国，2018年中国拥有219台，美国116台。
19、云计算	美国，2018年市场规模1819亿美元，中国146亿美元。
20、大数据	美国，2018年超大规模数据中心有220个，占全球的44%；中国40个，占8%。

表 111

中国洁净煤技术和煤化工（2018年）

选煤	2018年原煤入选率71.8%，洗选原煤2644Mt，节煤264Mt。
洁净型煤	目前民用洁净型煤年产能超过1亿t。
水煤浆	2018年使用180Mt，用作燃料的30Mt，用作气化原料的150Mt。
超超临界火电机组	2018年，1000MW超超临界机组有103台在运行。
循环流化床锅炉	2018年装机容量130GW，已建成600MW超临界CFBC。
煤气化联合循环发电	250MW示范厂2012年在天津建成投产，到2018年累计发电58亿kWh。
电厂大气污染物控制	2018年，烟气脱硫占煤电装机容量的近100%，脱硝装置占煤电装机容量的98.0%。
煤化工	2018年，煤制油产量617.5万t，煤制天然气28亿m ³ ，煤制烯烃1242万t。

来源：中国煤炭加工利用协会；煤炭工业洁净煤工程技术研究中心；中国电力企业联合会；中国石油和化学工业联合会。

解析：1、洁净煤技术是中国减碳关键

中国是世界上少数几个能源以煤为主的国家之一，煤炭消费量极其巨大。2018 年消费量 3835Mt，长期过度依赖煤炭，已经形成“碳锁定”，很难减下来。

中国煤炭资源丰富，分布广泛，是最廉价的能源。2017 年，按热值计算，发电用煤市场价为汽油零售价的 13%，为民用天然气的 39%，为民用电力的 17%。加之一些地方政府和企业偏爱煤炭，助推惊人的煤炭消费量居高不下。

现在，减煤靠电代煤，气代煤。2017 年，全国电代煤、气代煤削减散煤耗量 1000 万 t，仅为民用煤消费量的 0.3%。电代煤、气代煤代价很高。北京煤改电，2015 年代 1t 煤耗资 9076 元。2017 年，天然气发电成本是煤电的 2.5 倍，燃气锅炉成本是燃煤的 3 倍，天然气采暖的成本是烧煤的 4 倍。可再生能源发电代煤存在很大问题。2017 年，可再生能源发电补贴缺口已达 1000 亿元。全国弃水、弃风、弃光 1007 亿 kWh，经济损失 413 亿元，浪费投资 699 亿元。光伏电池生产企业毒气外泄，引发两起大规模群体事件。西南水电“大跃进”，严重破坏生态环境。电代煤把污染转移到电厂，2017 年全国火电厂脱硫、脱硝、除尘补贴达 1228 亿元。

洁净煤技术是中国减煤减碳的关键。联合国工业发展组织指出，高碳能源低碳利用的洁净煤技术，到 2050 年，对中国碳减排的贡献率可达 77.5%。洁净煤技术有巨大的节能减碳潜力。2017 年，选煤、型煤、水煤浆、超超临界煤电机组、循环流化床锅炉、煤气化联合循环发电、高效工业锅炉、高效工业窑炉、节能民用煤炉分别节煤 179、11.2、15.6、11.8、12.0、0.4、100.0、10.7 和 7.5Mtce，合计 348.2Mtce，相当于全国节能量 166.2Mtce 的 2.1 倍；减排 CO₂ 942.6Mt，相当于全国 CO₂ 排放量的 9.8%。到 2030 年，选煤、型煤、水煤浆、超超临界煤电机组、循环流化床锅炉、高效工业锅炉分别节煤 214.0、35.7、31.2、68.0、25.0、79.0 和 229.0Mtce（民用煤炉全部淘汰），总计 681.9Mtce，减排 CO₂ 1840.0Mt，相当于 2018 年全国 CO₂ 排放量的 20.6%。

2、发展煤化工面临三大难题

(1) 高碳排放。煤制油全寿命周期 CO₂ 排放量为原油的 3.5 倍，煤制天然气燃烧排放的 NO_x，经物理化学反应生成 PM2.5，从而增加 PM2.5 排放。

(2) 高耗水。煤制油水耗 11m³/t，为炼油厂水耗 0.5m³/t 的 22 倍。煤制乙烯水耗 60m³/t，为石油化工制乙烯 6m³/t 的 10 倍。煤制油排放的废水中，含有多种致癌物。废水处理难度大，成本高。

(3) 效益低。神华煤制油项目，投资达 1.26 万元/t，为炼油厂扩建投资 1000 元/t 的 12.6 倍，企业严重亏损。2016 年生产 1t 柴油和石脑油分别亏损 1392 元和 1836 元。当年煤制油盈亏平衡点原油价格为 65 美元/桶，相当于国际市场油价 44 美元/桶的近 1.5 倍。新疆伊犁煤制油企业，2017 年产气 16 亿 m³，亏损 13 亿元。内蒙古克什克腾煤制油企业产气 10.3 亿 m³，亏损 6.5 亿元。

表 112 中国高耗能工业节能技术进步

	2000	2010	2015	2016	2017	2018	节能效果
煤炭							
原煤洗选比重/%	24.3	50.9	65.9	68.9	70.2	71.8	可节煤 10% 以上, 2017 年少排 SO ₂ 12Mt
千万吨级煤矿数/座	1	35	57	59	60	61	千万吨级矿井生产效率已达世界先进水平
电力							
300MW 及以上机组占火电装机容量比重/%	42.7	72.7	78.6	79.1	79.4	80.1	2017 年 1000MW 机组供电煤耗 285.3gce/kWh, 300MW 机组 318.5gce/kWh
百万千瓦超超临界机组/台	0	33	82	100	104	103	供电煤耗比火电平均值少 30gce/kWh
钢铁							
高炉喷煤/kg/t	118	149	143	142	143	139	喷 1t 煤代焦, 工序能耗减少 90kgce/t
干熄焦普及率/%	6	80	95	95	95	95	处理 100 万 t 红焦可节能 10 万 tce
电解铝							
大型预焙槽占产量比重/%	52	90	98	98	98	98	160kA 以上大型预焙槽比自焙槽节电 9%
化工							
离子膜法占烧碱产量比重/%	24.9	76.0	88.4	88.2	83.1	83.0	吨碱电耗比隔膜法少 123kWh
石化							
千万吨级炼油厂数/座	4	20	24	24	27	29	吨加工量能耗比行业平均值低 22%
新型干法产量占水泥产量比重/%	12	80	97	97	98	98	大型新干法生产线热耗比机立窑低 40%
水泥散装率/%	28	48.1	58.4	57.9	62.7	66.9	1 亿 t 水泥散装与袋装相比, 可节省纸袋耗用木材 330 万 m ³ , 避免纸袋破损 4.5%, 节能 237 万 tce
浮法工艺产量占平板玻璃产量比重/%	57	85	93	95	97	98	浮法工艺综合能耗比垂直引上工艺低 16%

注: 干熄焦普及率是钢铁行业干熄焦处理量占焦炭产量比重。

来源: 中国煤炭加工利用协会; 中国电力企业联合会; 中国钢铁工业协会; 中国有色金属工业协会; 中国建筑材料工业协会; 中国建筑玻璃与工业玻璃协会。

表 113

中、美煤炭工业主要指标比较（2018 年）

	中国	美国
原煤产量/Mt	3683	797
煤炭出口量/Mt	4.93	109.4
煤炭进口量/Mt	281.23	5.44
煤炭消费量/Mt	3839	624.1
发电用煤占比/%	49.1	92.6
露天矿产量比重/%	16.3	65.0
矿井平均开采深度/m	510	90
煤炭平均出矿价/美元/t	66.1	38.5
生产煤矿数/个	5800	978
煤炭工业职工数/万人	350	7.4
原煤生产效率/t/人/年	1052	10784
煤矿职工平均工资/美元	11088	84080
煤矿事故死亡人数/人	333	15*
煤矿事故死亡率/人/Mt	0.090	0.019*

注：1、美国商品煤占原煤的 86%。

2、*为 2017

来源：国家统计局；中国煤炭工业协会；DOE/EIA；National Mining Association。

十、能源与环境

表 114

中国的环境污染和生态破坏

1. 环境污染和碳排放

1.1 大气污染

中国大气污染严重，近年虽明显好转，但 2018 年全国 PM2.5 平均浓度仍达 39 微克/ m^3 ，为中国国家标准的 1.1 倍，为世界卫生组织安全标准 10 微克/ m^3 的 4 倍。北京 2015 年 11 月 4 日至 7 日，PM2.5 局地浓度超过 900 微克/ m^3 ，为世界卫生组织日均安全浓度的 36 倍。

据 2013 年 3 月 31 日发布的《2010 全球疾病负担报告》（50 个国家近 500 名科学家共同参与完成），2010 年中国室外空气颗粒物（主要是 PM2.5）污染导致 120 万人死亡。北京肺癌发病率从 2003 年的 45/10 万上升到 2016 年的 70/10 万。空气污染是主要致病因素。预计到 2030 年，全国 PM2.5 年均浓度可达国家标准，达到国际标准则遥遥无期。

此外，大气中 NO_x 形成光化学烟雾（臭氧约占 90%）污染也已成为一个严重的环境问题。光化学烟雾会使肺功能受损，刺激眼、鼻、喉，导致头痛、恶心，也是城市能见度下降的主要原因。2017 年 5 月，京津冀大气中臭氧浓度超标，出现光化学烟雾。

1.2 室内空气污染

世界银行认为，居民家庭燃烧固体燃料（煤和柴草）造成的室内空气污染对健康的损害，是中国能源环境的首要问题。据世界卫生组织调查，2012 年，全球室内空气污染导致的死亡人数达 430 万，为室外空气污染导致死亡人数的 1.6 倍。

2017 年，我国有 4.5 亿居民的采暖、热水和烹调使用煤炭 3.2 亿 t，1.4 亿人使用薪柴和秸秆 0.8 亿 tce。

传统煤炉热效率 20% ~ 25%，节煤炉灶 40%；传统烧柴炉灶热效率仅 15%，省柴灶 30%，仍是很低的。固体燃料低效燃烧，排放大量污染物，包括碳氢化合物，多环芳烃，硫氧化物，氟化物，金属和非金属氧化物，悬浮颗粒物等。这些污染物会导致呼吸系统疾病、肺癌、心血管疾病、砷中毒等病症。据世界卫生组织调查，河北、吉林农村室内燃煤排放的颗粒物浓度达 1900 ~ 2500 mg/ m^3 。云南宣威肺癌高发区，烧烟煤的农村居民家庭室内空气中的苯并芘浓度高达 6.26 $\mu\text{g}/m^3$ ，为卫生标准的 2000 倍。

中国居民使用固体燃料造成的室内空气污染，导致呼吸系统疾病高发病率和高死亡率。2018 年，全国农村呼吸系统疾病死亡率高达 77.67 人/10 万人，城镇 68.20 人/10 万人。按城乡人口计算，共计死亡 100.4 万人，其中城镇 56.4 万人，农村 43.8 万人。（2019 中国统计年鉴，717 ~ 718 页）

1.3 水污染

据环保部调查，目前全国 70% 的江河湖泊被污染，75% 的湖泊出现不同程度的富营养化。富营养化是排入水中的含氮、磷污水产生的蓝藻死亡后的分解过程中，消耗水中的氧，并产生硫化氢等有害气体，使水质恶化，会导致鱼类死亡，不能饮用。长江南京以下江段盛产的鲥鱼、刀鱼比 1970 年代减少 80% 以上。中华鲟等珍稀鱼类濒临灭绝。

90% 流经城市的河段受到严重污染。近 60% 的地下水水源水质差，其中 16.8% 极差。

2018 年，全国排放化学需氧量（COD）2017 万 t。COD 主要反映水体受有机物污染的程度。2018 年 COD 排放量相当于全国水环境承受力的 3 倍，污染十分严重。

2018 年，全国近 2 亿居民使用不安全饮用水。

1.4 土壤污染

我国耕地质量严重恶化。据自然资源部调查，东北地区耕地有机质含量 2014 年比 1980 年下降 22%，导致土壤肥力大幅下降。2014 年，全国耕地有机质平均含量仅为 2.08%（农业部调查），而肥沃土壤的有机质含量达 20%以上。耕地有机质含量下降的主要原因是过度施用化肥和农药，污水灌溉，秸秆不还田。北大荒黑土地土层厚度 1950 年代为 80~100cm，目前已减到 20~40cm。

据环保部 2014 年“全国土壤污染状况调查报告”，全国土壤总超标率达 16.1%。污染物主要有：镉，镍，砷；有机污染物次之；滴滴涕超标率最高。耕地点位超标率 19.4%，污染物主要有：镉，镍，铜，砷，汞，铅，滴滴涕，多环芳烃。

镉、汞、铅、镍、砷等重金属主要来自燃煤排放、化工厂和有色金属企业排放。重金属污染地表水、地下水和土壤，通过植物和动物食物链进入人体，严重损害人体健康。汞会损害脑组织，迄今无有效疗法。镉影响肝、肾的正常功能，并导致骨质疏松，引起贫血。铅会使中枢神经受损，导致智力障碍，听力下降，畸形发育等。

重金属污染的危害日益严重。湖南、广东、福建、云南、陕西等地儿童血铅超标，贵州、新疆出现砷中毒，黑龙江发现汞中毒。

全国受重金属污染的耕地已达 2000 万公顷，占全国耕地面积的 1/6。每年减少粮食产量 1000 万 t，受重金属污染的粮食 1200 万 t。珠三角遭受大面积重金属污染。2013 年 5 月，含镉“毒大米”被曝光。珠三角 1/5 蔬菜重金属含量超标。

1.5 CO₂ 排放

中国 2010 年超过美国成为世界最大 CO₂ 排放国。2018 年，中国化石燃料燃烧排放的 CO₂ 为 8920Mt（煤炭消费量按商品煤计算，按原煤计算为 9869Mt），占世界总排放量的 26.5%，比美国多 78%，中国人均 CO₂ 排放量为 6.39t，相当于世界平均值的 143%。

2. 生态破坏

2.1 水土流失

我国是世界上水土流失最严重的国家之一。2018 年水土流失面积为 273.9 万 km²，占国土面积的 28.6%，其中西部地区占 83.7%，比 2011 年减少 21.23 万 Km²。

大规模开发建设是导致人为水土流失的主要原因。主要是植被严重破坏造成的。严重的水土流失是我国生态恶化的集中反映，威胁国家生态安全、饮水安全、防洪安全和粮食安全，制约经济社会发展。

水土流失导致每年损失耕地 100 万亩，导致江河湖库淤积，加剧洪涝灾害。恶化生态环境。全国贫困人口 74%生活在水土流失严重地区。全国城市饮用水源 95%处于水土流失严重区，对我国生态安全和饮水安全构成严重威胁。全国水土流失造成的经济损失占 GDP 的 3.5%。

2.2 荒漠化

荒漠化是干旱少雨、植被破坏、大风吹蚀、流水侵蚀、土壤盐渍化导致大片土壤生产力下降或丧失的过程。

2009 年，全国荒漠化土地面积 262.37 万 km²，土地沙化面积 173.11 万 km²。有 4 亿人口受荒漠化威胁，全国贫困人口有一半生活在这些地区。（国家林业局，2011 年）土地沙化以后，在大风作用下形成沙尘暴。春季的沙尘暴从西北地区东行南下，侵袭京津冀，直至长江下游北部。

2014 年，据国家林业局第 5 次监测结果，全国荒漠化土地面积 261.16 万 km²，土地沙化面积 172.12 万 km²，分别占国土面积的 27.20% 和 17.93%。

由此可见，近 5 年全国荒漠化和沙化面积几乎无变化。“治理成绩与荒漠化沙化情况相比只是九牛一毛。”（国家林业局）荒漠化沙化治理任重道远。

2.3 草原退化

我国草地面积约为 4 亿公顷。目前，全国 90%的草原存在不同程度的退化、沙化，40%的重要湿地面临退化威胁，11%的高等植物和 21%的脊椎动物受到威胁。50%的草原严重退化，将逐渐变成沙地、盐碱地这种不毛之地。

草原退化是土地荒漠化的主要表现形式。导致土地沙化，加之过度放牧，草本植物遭受大面积破坏，草群变矮变稀，对畜牧业冲击很大。土壤贫瘠，保持水土能力下降，导致风沙、沙尘暴等自然灾害。生物多样性遭到破坏，草原多样性降低，动物种群发生变化，珍贵野生动物数量减少，甚至灭绝，老鼠、蝗虫等更加猖獗。

2.4 土地破坏

2018年，全国15.3万座矿山的采矿活动损毁土地332.5万公顷。

我国矿山地质环境恢复治理任务十分繁重。2018年，全国有220万公顷损毁土地尚未治理。“十三五”计划修复50万公顷。矿山开采引起地面坍塌等地质灾害达2.6万多处；采矿产生的固体废弃物累计存量约近600亿t，成为矿区及其周边区域水土环境的重要污染源；采矿活动平均每年抽排地下水约60亿t，对区域地下水系统产生不同程度的影响和破坏。

2.4 生物多样性丧失

中国是生物多样性受到最严重威胁的国家之一。目前，我国野生高等植物濒危比例达15%~20%，其中裸子植物和兰科植物达40%以上。44%的陆栖野生动物种群数，1970~2010年减少50%，长江白鳍豚数量1980~2006年减少99.4%，扬子鳄1995~2010年减少97.0%。全国有230多种脊椎动物面临灭绝。近年我国野生动物保护取得明显成效。2018年，东北虎繁殖家庭频现国家公园，大熊猫野外引种成功产仔，三江源区雪豹种群数量越来越多，白鳍豚重现长江，扬子鳄总数已超过200条，10万尾人工繁殖长江鲟生长状况良好。（世界自然基金会，新华社，人民日报，光明日报等）

中国正经历前所未有的生态赤字。2018年，我国消耗了自身生物承载力1.75倍的生态资源，只有青海和西藏仍维持生态盈余。（世界自然基金会）

表 115 中国主要污染物排放量

年份	PM2.5/微克/m ³	二氧化硫/Mt	氮氧化物/Mt	化学需氧量/Mt
2000	22	19.95		14.45
2001		19.48		14.05
2002		19.27		13.67
2003		21.59		13.34
2004		22.55		13.39
2005		25.49		14.14
2006	28	25.89	15.24	14.28
2007		24.68	16.40	13.82
2008		23.21	16.25	13.21
2009		22.14	16.93	12.78
2010		21.85	18.52	12.38
2011		22.18	24.04	25.00
2012		21.18	23.38	24.24
2013	72	20.44	22.27	23.53
2014	61	19.74	20.78	22.95
2015	50	18.59	18.51	22.24
2016	47	17.55	17.77	21.66
2017	43	16.15	16.90	20.99
2018	39	15.07	16.07	20.17

注：从2011年开始，化学需氧量等指标的统计范围扩展，调查方法和相关技术规定作了修订，数据不可与以前年度直接比较。

来源：生态环境部。

表 116

中国和世界 CO₂ 排放

	排放量/Mt-CO ₂					2018 人均排放量/t-CO ₂
	2010	2015	2016	2017	2018	
中国	7530 (8138)	8674 (9534)	8661 (9485)	8737 (9667)	8920 (9869)	6.39
美国	5508	5214	5130	5088	5018	15.33
印度	1662	2146	2251	2344	2481	1.85
俄罗斯	1490	1496	1511	1525	1551	10.56
日本	1182	1197	1181	1177	1150	9.11
德国	780	754	765	764	717	8.72
韩国	610	656	665	680	696	13.60
伊朗	530	596	599	634	656	8.00
沙特阿拉伯	485	587	591	595	571	17.02
加拿大	526	530	543	560	555	14.00
欧盟	3934	3488	3499	3542	3440	6.70
世界	31074	32852	33018	33444	33685	4.46

注：中国排放量按中国化石燃料消费量和 CO₂ 排放系数计算得出。煤炭 CO₂ 排放量按商品煤消费量计算，() 内为按原煤计算。商品煤是原煤（不是全部）经过洗选脱除矸石供销售的煤。2018 年，中国原煤洗选率为 71.8%，脱除的矸石占入洗原煤的 18%。BP 计算的中国 2010、2015、2016 和 2017、2018 年 CO₂ 排放量分别为 8105、9163、9114、9233Mt 和 9420Mt。

来源：BP Statistical Review of World Energy, June 2019。

表 117 中国能源、电力大气污染物和 CO₂ 排放系数（2018 年）

大气污染物		
能源/kg/tce		
SO ₂		
一次能源总消费量		3.25
化石能源消费量		3.79
NO _x		
一次能源总消费量		3.46
化石能源消费量		4.04
电力/g/kWh		
SO ₂		
总发电量		0.14
火电		0.20
NO _x		
总发电量		0.13
火电		0.19
烟尘		
总发电量		0.03
火电		0.04
CO ₂		
能源/t-CO ₂ /tce		
煤炭		2.71
石油		2.13
天然气		1.65
一次能源消费		1.92
化石能源		2.24
电力/g-CO ₂ /kWh		
总发电量		592
火电		841

来源：国家统计局；生态环境部；中国电力企业联合会。

表 118

中国环境污染治理投资

单位：亿元

	2015	2016	2017
环境污染治理投资总数/亿元	8806.3	9219.8	9539.0
城镇环境基础设施建设投资	4946.8	5412.0	6085.7
煤气	463.1	532.0	566.7
集中供热	687.8	662.5	778.3
排水	1248.5	1485.5	1727.5
园林绿化	2075.4	2170.9	2390.2
市容环境卫生	472.0	561.1	623.0
工业污染源治理投资	773.7	819.0	681.5
当年完成环保验收项目环保投资	3085.8	2988.8	2771.7
环境污染治理投资总额占 GDP 比重/%	1.28	1.24	1.16

来源：国家统计局，2019 中国统计年鉴。

表 119**中国节能环保资金投入**

2017 年，全国节能投资 4986 亿元，环保投资 10820 亿元。

中央财政环保专项资金。497 亿元，其中大气污染防治 160 亿元。

火力发电脱硫、脱硝、除尘补贴。1228.2 亿元。

可再生能源发电补贴。实收 766 亿元。

农村小水电扶贫补贴。16 亿元。

购买节能汽车（排量小于 1.6 升）补贴。515.8 亿元。

购买电动汽车补贴。187.4 亿元，其中纯电动汽车 161.6 亿元，混合动力汽车 25.8 亿元。

小水电代柴专项资金。129 亿元，代柴 2980 万 m³。

既有住宅节能改造补贴。321 亿元，节能改造 1.07 亿 m²。

中央财政补贴 LED 制造企业。17.5 亿元。

煤层气地面抽采补贴。15 亿元。

煤矿瓦斯治理专项资金。30 亿元。

中央财政农村沼气建设补助。100 亿元。

中央财政秸秆综合利用补贴。13 亿元。

中央财政测土配方施肥专项资金。7 亿元。

中央财政退耕还林投资。256 亿元，退耕还林 1110 万亩。

中央财政植树造林专项资金。180 亿元。

煤矿尘肺病补贴。新增患者补贴 20 亿元，每名患者 9 万元。

表 120**中国工业污染治理投资****单位：亿元**

	2015	2016	2017
工业污染治理投资总额	773.68	819.00	681.53
治理废水	118.41	108.24	76.38
治理废气	321.81	561.47	446.26
治理固体废物	16.15	46.67	12.74
治理噪音	27.89	0.62	1.29
治理其他	114.53	112.00	144.87

来源：2019 中国统计年鉴，268 页。

表 121**中国节能环保新机制****1.电力需求侧管理**

是电力公司采取激励和诱导措施，以及适当的运作方式，与用户共同协力提高终端利用效率，改变用电方式，以减少电量消费和电力需求的管理活动。2018年，全国电力需求侧管理节约电量164.4亿kWh，节省电力410.2万kW。

2.合同能源管理

是一种基于市场的节能项目投资机制，以实施节能项目取得的节能效益，来支付项目的全部费用。合同能源管理通过节能服务公司运作。2018年，全国实施合同能源管理的节能服务公司有6439家，从业人员72.9万，节能服务业产值4774亿元，形成节能能力3930万tce，节省1tce能源投资3000元。

3.能源效率标准

是政府主导、市场导向的节能政策工具。它规范终端用能产品市场准入，维护公平竞争的市场秩序，为消费者提供可靠的能效信息。强制性能效国家标准是一种技术法规。

我国2005年3月1日开始实施，到2015年，累计节电4419亿kWh。2016年实施新的能效标识管理办法，预计到2020年节电2775亿kWh。

4.政府节能采购

政府采购占国家财政支出很大比重。2018年我国政府采购金额达35861亿元，占国家财政支出10.5%，占GDP4.0%。2018年强制和优先采购节能产品1654亿元，占同类产品90.1%；采购环保产品1647亿元，占同类产品90.2%。

政府采购对激励节能产品的生产和销售起重要作用。

5.节能补贴

节能补贴对节能减排和拉动内需起很好的杠杆作用。2017年，全国可再生能源发电补贴853亿元，购买节能汽车（排量小于1.6升）补贴515.8亿元（2017年，2018年取消减按7.5%税率征收购置税优惠）购买电动汽车补贴303亿元，既有住宅节能改造补贴4.78亿元，农村沼气建设补贴100亿元。

6.差别电价

对高耗能企业（钢铁，电解铝，钛合金，锌冶炼，电石，烧碱，水泥，黄磷）用电采取不同的价格，允许类和鼓励类企业执行正常电价，限制类加价0.2元/kWh，淘汰类加价0.4元/kWh。2017年1月1日起，钢铁工业淘汰类企业加价0.5元/kWh，吨钢生产成本增加120元，影响1亿多吨产能，对促进去产能起重要作用。

7.可再生能源配额制

政府对可再生能源发电的市场份额做出强制性规定，向电力企业颁布绿色电力证书，保证可再生能源发电的市场需求；建立市场竞争机制，有效利用可再生能源资源。可再生能源电量可在地区间交易，可再生能源发电电价高出常规电价的差价，由消费者分摊。

我国2018年下达配额指标，正式实施可再生能源配额制。2019年1月日起进行配额考核。

8.电力市场化交易

是由市场决定电价，售电公司直接收取电费，逐步取消国家电网公司售电业务。目前已有2000多家售电公司。2018年市场交易电量达20654亿kWh，占全国用电量的近40%。开放竞争性电价，市场化交易电量，平均电价降低7.23分/kWh，企业用电成本降低1000亿元以上。

9.开征环境税

2018年1月1日开征环境税，应税大气污染物的税额为每污染当量1.2~12.0元，水污染物为1.4~14.0元。

环境税可促使各类企业之间进行平等竞争，高污染、高排放行业优胜劣汰。税款用于污染治理。

10. 碳排放市场交易

是旨在减少 CO₂ 排放的市场机制，激励排放实体降低完成减排目标的成本，倒逼企业淘汰落后产能，转型升级。

我国 2013 年开始 8 个地区试点，成交量 2.11 亿 t-CO₂，成交额 12.2 亿元，均价 16.71 元/t-CO₂。

2017 年 12 月 19 日，全国碳排放权交易市场正式启动，覆盖 1700 多家企业，总排放规模 35 亿 t-CO₂，占全国 CO₂ 排放量的 39%，超过欧盟成为全球最大的碳市场。

附录

低碳技术 80 例

- | | | |
|------------------|--------------|------------|
| 1、智能采煤 | 27、高标号水泥 | 54、地源热泵 |
| 2、煤矿循环经济园区 | 28、水泥散装 | 55、紧凑型荧光灯 |
| 3、选煤 | 29、新型墙体材料 | 56、发光二极管光源 |
| 4、洁净型煤 | 30、先进制砖技术 | 57、智能居住小区 |
| 5、水煤浆 | 31、薄陶瓷砖 | 58、智慧城市 |
| 6、三次采油 | 32、离子膜法制烧碱技术 | 59、生态城市 |
| 7、煤层气开采 | 33、炼油化工一体化 | 60、新能源汽车 |
| 8、页岩气开采 | 34、化工园区 | 61、电动自行车 |
| 9、天然气水合物开采 | 35、绿色制造 | 62、共享单车 |
| 10、高效低排放工业锅炉 | 36、智能制造 | 63、绿色交通 |
| 11、超超临界燃煤机组 | 37、工业机器人 | 64、智能交通系统 |
| 12、煤气化联合循环发电 | 38、再制造技术 | 65、车联网 |
| 13、循环流化床锅炉 | 39、煤矸石综合利用 | 66、高速列车 |
| 14、第三代核反应堆 | 40、粉煤灰综合利用 | 67、磁悬浮列车 |
| 15、分布式能源 | 41、包膜控释肥料 | 68、船联网 |
| 16、可再生能源 | 42、测土配方施肥 | 69、高效电动机 |
| 17、特高压输电 | 43、秸秆综合利用 | 70、信息通信技术 |
| 18、智能电网 | 44、绿色建筑 | 71、3D 打印 |
| 19、干熄焦 | 45、被动房 | 72、新型半导体芯片 |
| 20、高炉喷煤粉 | 46、装配式住宅 | 73、互联网 |
| 21、钢铁可循环流程 | 47、低发射率玻璃 | 74、物联网 |
| 22、高强度钢材 | 48、立体绿化 | 75、电子商务 |
| 23、全密闭电石炉 | 49、智能冰箱 | 76、移动支付 |
| 24、再生金属 | 50、超节能热水器 | 77、人工智能 |
| 25、第二代新型干法水泥生产技术 | 51、3D 洗衣干衣机 | 78、云计算 |
| 26、纯余热发电技术 | 52、先进固体燃料炉灶 | 79、大数据 |
| | 53、农村沼气 | 80、碳捕集和封存 |

1、智能采煤 intellectual coal mining

在煤矿生产机械化和自动化基础上，应用信息通信技术，实现煤矿主要生产环节和设备的监测和地面远程操控。2014年建成我国第一座智能采煤示范矿井—陕西黄陵矿业公司一号矿。这是我国采煤技术的一项重大突破。目前，我国已形成适应各种地质环境的智能采煤技术方案，并在神华集团、陕西煤化集团、冀中能源集团、阳泉煤业集团等15个矿区推广应用。

2015年，世界最大矿井神东矿区大柳塔矿，原煤产量3544万t，职工3053人，全员效率达127t/工，连续8年无事故死亡。是世界领先的安全、绿色、智能煤矿。2018年9月神华集团首创无人操作采煤技术，井下采煤作业自动化、智能化，地面集中监控。如果视频显示采煤机切割矸石等情况，进行远程干预。2018年，全国智能无人采煤工作面已有47个。

2、煤矿循环经济园区 recycling economy park based on coal mine

按照循环经济理念建设的以煤矿为基础的工业园区。有煤—电—建材、煤—电—化工—建材、煤—焦—化工、煤—油（煤液化）—化工、煤—电—铝、煤—电—硅（生产多晶硅）等多种模式。在这种园区内，矿井采用绿色开采技术，发展煤基多元化产业集群，资源循环利用，废弃物无害化处理和资源化利用，矿井瓦斯抽放利用，排空可燃气体和有毒有害气体回收利用，塌陷土地复垦。有些煤矿已实现矸石、矿井水、选煤废水零排放。年产400万t的峰峰矿区梧桐庄矿，矸石不出井，充填采空区；矿井水经处理后注入岩层；利用井下水（19℃）和回风余热替代5台采暖锅炉和2080台空调。

山西大同煤矿塔山循环经济园区，采用先进低碳技术推行绿色开采和循环经济。园区年产能20Mt和10Mt的现代化矿井，开采特厚煤层，工作面回采率高达90%以上。原煤经洗选供空冷坑口电厂。中煤供热电厂（集中供热550m²）和甲醇厂（煤气化制甲醇）。煤矸石发电装机容量245万kW。煤矸石制砖，年产能达2.4亿块标准砖，机器人操作。粉煤灰用作水泥厂原料。固体废物100%利用。煤层伴生高岭岩利用25万t，加工成世界最细的6250目高岭岩粉。利用脱硫石膏107万t。污水经处理后循环利用，实现近零排放。矿区绿化42万亩，建成全国最大的坑木林基地。循环经济和综合利用使园区产值增加3倍。

3、选煤 coal preparation

煤炭洗选是利用密度不同的原理，脱除原煤中的矸石等杂质。选煤可以脱除50%~70%的灰分和60%~70%的无机硫。燃煤设备使用经过洗选的煤，可提高热效率，节煤10%以上。发达国家需要洗选的原煤早已全部入洗。

我国2018年原煤入选率71.8%，入选2644Mt。2016年入选2345Mt，其中炼焦煤985Mt，动力煤1360Mt，入选率69.7%。动力煤入选后，平均灰分由28.6%降至15.5%，下降46%；平均硫分由1.01%降至0.66%，下降35%。使用经过洗选的动力煤可大大减少颗粒物和SO₂排放。选煤脱硫的单位投资和成本仅为发电厂烟气脱硫的1/10。

4、洁净型煤 clean briquette

洁净型煤是用优质烟煤为原料，粉碎后掺入防水、助燃、固硫和粘合剂，冷压成型。与烧散煤相比，排放的烟尘减少70%，SO₂减少60%，已在全国推广。2018年，河北、山东、河南、内蒙古、陕西等地年产能总计已超过1亿t。

5、水煤浆 coal water slurry, CWS

水煤浆是用65%的煤粉（250~300μm）、约34%的水，加入1%的分散剂（保证其流动性）和稳定剂配制而成的一种代油燃料。约2t水煤浆可代1t燃料油。制备水煤浆采用低灰（≤8%）、低硫（≤0.5%）煤，燃烧产生的SO₂和颗粒物比烧原煤分别减少65%和85%。燃烧温度比烧原煤低100~200℃，NO_x生成量较少。近年我国水煤浆生产利用发展迅速，2019年产能达2.0亿t，其中0.3亿t用作工业锅炉、窑炉和电厂燃料，1.7亿t用作气化原料。工业锅炉燃用水煤浆，热效率达83%以上，比传统燃煤工业锅炉高10%~20%，可节煤20%。水煤浆气化后用作窑炉燃料，可节煤15%。

6、三次采油 tertiary oil recovery

一次采油是利用油层的自然能量采油。二次采油是向油层注水补充能量的开采方法。三次采油是向油层注入蒸汽、聚合物等化学剂、天然气或二氧化碳，提高采收率。注入蒸汽可降低原油黏度。注入聚合物可改善地下油、水流度比；在注入水中加表面活性剂，可减少油、水界面表面张力。注入天然气或二氧化碳可溶解或稀释原油，改善其流动性。目前，世界油田平均采收率为35%，三次采油可提高到50%以上。我国大庆油田推广以聚合物驱油为主导的三次采油技术，2002年以来每年增产原油1000万t以上，2018年为1090万t。

7、煤层气开采 coal bed methane mining

煤层气是一种以吸附或游离状态赋存在煤层中的非常规天然气，其甲烷含量超过 90%。它既是洁净能源，又是一种温室气体，而且煤矿井下泄出的甲烷有爆炸危险，是煤矿安全生产的一大隐患。全球煤层气总资源量达 260 万亿 m³，中国 36.8 万亿 m³，相当于陆上常规天然气总资源量。煤层气从井下或地面钻孔抽采。开采利用煤层气，对预防煤矿瓦斯事故、增加洁净能源供应和减排温室气体具有重要意义。我国 2018 年产量 199 亿 m³，其中井下抽采 128 亿 m³，地面抽采 71 亿 m³，煤层气利用 104 亿 m³。

8、页岩气开采 shale gas mining

将页岩气从地层采出到地面的工艺过程。通常在探明的气田钻井，并诱导气流，使页岩气靠地层压力由井内自喷至井口。

页岩气是一种非常规天然气，赋存在泥页岩中，以吸附和游离状态存在。世界页岩气预测资源量达 456 万亿 m³。美国探明可采储量 14 万亿 m³，采用水平钻井和水力压裂技术，突破了开采页岩气的技术障碍，页岩气产量从 2000 年的 110 亿 m³ 增至 2018 年的 6791 亿 m³。我国页岩气可采资源量达 36 万亿 m³，居世界首位。美国 2017 年，4620 亿 m³。我国 2018 年产量 108.8 亿 m³。

9、天然气水合物开采 natural gas hydrate mining

天然气水合物是天然气和水分子组成的一种类冰状固体结晶体，也称可燃冰。它在低温（0 ~ 10°C）和高压（1 ~ 10MPa）条件下赋存，主要埋藏在深度大于 300~500m 的海底沉积物中和寒冷的高纬度区域的永冻层中。1m³ 的天然气水合物可释放出 164m³ 天然气。中国南海已探明天然气水合物资源达 1000 亿 toe。

2017 年，我国在南海试采成功，取得重大突破。5 月 10 日至 7 月 9 日，从南海神狐海域水深 1266m 海底下 203 ~ 277m 的天然气水合物矿藏中连续稳定采气 30.9 万 m³。

天然气水合物开采的最大难题，是发生不可控的水合物分解，导致甲烷泄漏，引起海底滑坡等地质灾害。甲烷泄漏到大气中，会导致环境灾难。

这次试采，采用地层流体抽取法。进行试采作业的蓝鲸一号钻井平台，技术世界领先，解决了储层流体控制和水合物持续分解难题。

10、高效低排放工业锅炉 high-efficiency and low-emission industry boiler

工业锅炉是指小时蒸发量 75t/h 以下的中小型锅炉。包括工业用蒸汽锅炉、民用采暖热水锅炉、热电联产锅炉和余热锅炉。2018 年，全国燃煤工业锅炉 46.7 万台，年耗煤 7.7 亿 t。平均运行效率 65%，比国际先进水平低 15 个百分点。2015 年，工业锅炉排放 SO₂ 718 万 t，NO_x 217 万 t，烟尘 160 万 t，废渣约 9000 万 t。仅次于燃煤电厂，是第二大污染源。我国已研制出高效、低排放煤粉工业锅炉，热效率由 65% 提高到 90%，每年可节煤 1 亿 tce，已在 20 个省份推广。烟尘、SO₂ 和 NO_x 排放分别为 3、2 和 20 毫克/m³，分别比传统锅炉减少 95%、90%-95% 和 90%。已开始推广，节能潜力达 1 亿 tce。

11、超超临界燃煤机组 ultra supercritical pressure unit

超超临界燃煤机组是锅炉蒸汽压力高达 30MPa 的火电机组。2010 年，我国有 33 台 1000MW 超超临界机组在运行，2012 年 59 台，2015 年 82 台，2018 年 103 台。平均供电煤耗 282gce/kWh，比全国火电平均供电煤耗少 26gce/kWh。按此计算，2018 年采用超超临界机组节能 1168 万 tce。莱芜电厂 GW 二次再热机组，效率达 48.12%，发电煤耗 255.29gce/kWh，刷新世界纪录。2019 年有 111 台在运行。

12、煤气化联合循环发电 integrated gasification combined-cycle, IGCC

IGCC 是煤气化生产燃料气，驱动燃气轮机发电，余气用来烧锅炉，生产蒸汽驱动汽轮机发电。粗煤气经净化处理，可在燃烧前脱除硫和氮；联合循环可提高系统热效率。烧硫分为 3.5% 的高硫煤的 IGCC 电站，SO₂ 排放量比煤粉炉加烟气脱硫少 70%，NO_x 少 60%，固体废物少 60%。新一代 IGCC 的发电效率可达 45% 以上。

全世界已建成 10 多座 IGCC 电厂，最大的 IGCC 机组在美国佛罗里达州马丁电厂，2×385MW。我国第一座 IGCC 示范电站 2012 年在天津建成投产，装机容量 250MW，包括污染物回收，碳分离、利用或封存。采用自主开发的两段式干煤粉加压气化技术。脱硫效率可达 90%，污染物和 CO₂ 可实现近零排放。投资 1.38 万元/kW。到 2018 年末，累计发电 58 亿 kWh，稳定运行 3918 小时，污染物排放达到天然气电站水平，完成世界最大燃烧前 CO₂ 捕集装置满负荷试运行。

13、循环流化床锅炉 circulation fluidized bed boiler, CFBB

流化床锅炉是把煤和吸附剂（石灰石）加入燃烧室的床层中，从炉底鼓风使床层悬浮，进行流化燃烧。流化形成湍流混合条件，从而提高燃烧效率；石灰石固硫减少 SO₂ 排放；较低的燃烧温度（830 ~ 900°C）使 NO_x 生成量大大减少。循环流化床锅炉通过高速空气夹带固体颗粒进入并返回燃烧器，进行辅助燃烧，促进煤粒沸腾燃尽。与常规锅炉相比，约可节煤 10%；与煤粉炉加烟气脱硫装置的电站相比，

SO_2 和 NO_x 可减少 90%，无需烟气脱硫装置。

我国是世界上应用 CFBB 最多的国家，2018 年有 4000 台，80% 为中小型， $35 \sim 1025 \text{t/h}$ 的 CFBB3000 台，总容量 120GW， 400 t/h 机组有近 500 台，已建成 5 台 350MW 超临界 CFBB 机组，自主研制的 600MW 超临界 CFBB 机组，已在四川白马电厂建成。

14、第三代核反应堆 third generation nuclear reactor

第一代核反应堆是苏联和美国 1950 年代建设的实验原型堆。第二代反应堆是 1960 年代在第一代反应堆基础上设计制造的 30 万 kW 以上的压水堆、沸水堆和重水堆。第三代反应堆具有非能动安全系统，堆芯熔化和放射性外泄等严重事故的发生概率比现有反应堆降低 1 ~ 2 个数量级，寿命 60 年，可用率 87% 以上，建设周期缩短到 42 ~ 54 个月。目前比较成熟的第三代反应堆有美国的 AP-1000 和欧洲的 ERP。我国引进的 4 台 AP-1000 压水堆机组正在浙江三门和山东海阳建设。这是世界上首批建设的第三代核电机组。在 AP-1000 引进技术基础上研发的中国 CAP-1400 (1400MW) 先进压水堆机组，2018 年末开工建设。2018 年，AP-1000 一号机、ERP 一号机分别在三门和台山投运。

我国自主研发的华龙一号百万千瓦核电机组，融合了能动与非能动先进设计理念，从 157 燃料组件堆芯扩容到 177 堆芯，使发电功率增加 5%~10%，具备三个实体隔离安全系列，采用世界最高安全要求和最新技术标准，满足中国政府新建核电机组“从设计上实际消除大量放射性物质释放的可能性”的 2020 年目标。华龙一号示范工程，福建福清核电站 5、6 号机组和广西防城港核电站 3、4 号机组，以及巴基斯坦 2 台机组正在建设。

15、分布式能源 distributed energy

是指在终端用户或靠近用户处安装小型发电装置供电。它无需输配电，用户可自行控制，供电可靠性高，热电或冷热电联供提高能源效率。分布式能源主要采用天然气，以及水能、太阳能、风能等可再生能源。美国分布式能源主要用于医院、建筑、工厂、互联网服务器、军事基地等要求供电不中断的地方，并与微电网和智能电网相结合。2018 年，我国分布式光伏发电 5061 万 kW。2018 年，全国已建成 4.65 万座小水电站，总装机容量 8044 万 kW，年发电 2346 亿 kWh。

16、可再生能源 renewable energy

中国可再生能源开发利用世界领先。2018 年，全国可再生能源开发利用量达 671.2Mtce。其中，水电 12329 亿 kWh，风电 4449 亿 kWh，光伏发电 1775 亿 kWh，生物质和垃圾发电 906 亿 kWh，太阳能热水器 4.82 亿 m^2 (集热面积)，农村沼气 188 亿 m^3 ，地热直接利用 (地源热泵和地热采暖) 44.2Mtce。

17、特高压输电 ultra-high (UHV) transmission line

按照中国的电网电压标准，交流标准电压 1000kV (设备最高电压 1100kV)、直流额定电压 ±800kV 称为特高压。特高压长距离、大容量输电，可减少线路损失。1000kV 交流输送功率可达 4 ~ 5GW，为 500kV 输送功率的 4 ~ 5 倍，理论线路损耗仅为 500kV 的 1/4。

2019 年全国已有 26 条特高压线路投运，总长 37813km。其中 1000kV 10 条，9015km；±800kV 14 条，22181km。2017 年建成的榆横—潍坊 1000kV 线路 1049km，为世界最长交流特高压线路。2018 年，建成的准东—皖南 ±1100kV 线路，长 3324km，输电能力 660 亿 kWh，是世界电压等级最高、输送量最大、输电距离最长、技术水平最高的特高压输电工程。±1100kV 一条，3293km。

18、智能电网 smart grid

智能电网利用先进的通讯、信息和控制技术，实现电网的信息化、数字化、自动化和互动化，从而提高电网资源优化配置能力，提高供电可靠性，改善电能质量；解决可再生能源电力的接入问题；通过需求侧精细管理，提高终端用电效率。我国智能电网已进入全面建设阶段。2017 年已累计安装智能电表 4.3 亿户，覆盖率 97%，已初步形成智能电网运行控制和互动服务体系。预计 2020 年建成后，年节能量可达 400Mtce 以上，减排 CO_2 1100Mt。

19、干熄焦 coke dry quenching, CDQ

在密闭的装置内，用惰性气体氮气作热载体熄灭红焦，利用高温氮气的热能生产蒸汽供发电的装置。干熄焦装置一般由熄焦槽、余热锅炉、发电设备、提升设备、带式输送机、氮气循环系统和除尘系统组成。整个工艺系统可分为物料流程、氮气循环和蒸汽热力循环三个部分。每熄 1 吨红焦约需循环氮气 1500Nm³，焦炭一般冷却到 250°C 以下。与湿法熄焦相比，干熄焦可以回收利用红焦的物理显热，每吨焦可回收蒸汽 500~600kg。处理 1 吨红焦可节能 40kgce，同时大幅减少熄焦水等污染物排放，并可提高焦炭质量。2015 年，全国已有 198 套 CDQ 装置，处理能力 2.5 万 t/h。2018 年，钢铁行业大中型企业 CDQ 普及率 (CDQ 处理量占焦炭产量比重) 已达 95% 以上。

20、高炉喷煤粉 pulverized coal injection in blast furnace

高炉炼铁用煤替代焦炭的工艺。从高炉风口直接向炉内喷吹磨细的无烟煤，也可用烟煤或无烟煤和烟煤的混合煤粉，替代部分焦炭，提供炼铁过程需要的热量，并起还原剂的作用，从而降低焦比，降低生铁生产成本，是高炉冶炼的一项重要节能技术。煤粉气化过程中放出的氢气比焦炭放出的多，提高了煤气的还原能力和穿透扩散能力，有利于矿石还原和改善高炉操作指标。喷1t煤代焦可使工序能耗降低90kg/t。2018年，我国高炉吨铁喷煤量已达139kg。

21、钢铁可循环流程 circulative process for steel complex

将钢铁生产、能源转换、废物利用等先进技术综合集成，形成新一代可循环钢铁制造流程。我国6家大型钢铁企业组成钢铁可循环技术创新战略联盟，目标是年产300Mt优质钢材，可同时发电210TWh，吨钢能耗降到640kgce以下，减排CO₂100Mt。2010年末，应用可循环流程技术建成首钢曹妃甸京唐钢铁厂，年产钢9.7Mt。2012年6月，全系统达产，各工序产能和技术经济指标达到设计水平。2016年5月5日，采用可循环流程，年产钢材9.4Mt的宝钢湛江钢铁厂建成投产。

22、高强度钢材 high strength steel products

宝钢已制出汽车用高强度冷轧钢板和热镀锌板，满足汽车减重节能和安全性要求。建筑用钢筋，2018年全国产量209.61Mt。其中400MPa及以上高强度钢筋占80%。用1亿t高强钢筋替代335MPa普通钢筋，每年可节省钢筋1680多万t，减少铁矿石消耗2600万t，节能1470万tce。

23、全密闭电石炉 full-airtight carbide furnace

是指带炉盖的完全密闭的电石炉。其特点是炉型大，自动化程度高，产品质量好，烟气比敞开炉少90%以上。大型密闭电石炉每吨电石电耗比敞开炉少400kWh。烟气可直接烧锅炉，或经除尘、脱焦后用来烘干碳原料，或用作烧石灰的燃料。2017年，我国电石行业密闭炉产能比重为85%。

24、再生金属 regenerated metal

是指回收废旧金属加工生产出来的金属。纯净的废铜可在感应电炉中熔炼；混杂的废铜再生采用反射熔炼炉—电解精炼工艺。废杂铝再生以单室反射炉熔炼为主。

2018年，我国再生有色金属产量达1440万t，其中再生铜、铝、铅、锌产量分别为325万t、710万t、230万t和175万t，分别占总产量的36.0%、19.6%、45.0%和30.8%。再生铜、铝、铅综合能耗分别为原生金属的18%、45%和27%。2018年，再生有色金属与生产等量原生金属相比，节电835亿kWh。

2018年，我国利用废钢188Mt。废钢回炉炼钢综合能耗仅为大中型企业吨钢能耗的19.4%。2018年，利用废钢节能102Mtce。

25、第二代新干法水泥生产技术 second generation new dry technique for cement production

新干法水泥生产工艺亦称水泥窑外窑分解窑。带分解窑的悬浮预热窑，是1970年代发展起来的水泥生产新工艺。这种新工艺是将原在回转窑中进行的干燥、预热过程改在悬浮预热器中进行，将物料的分解反应移到回转窑以外的分解炉中进行，窑内只有消耗热量少的反应过程，从而大大减轻了窑的热负荷。分解炉装在窑尾，并有流化床燃烧器，改变了窑内火焰与料层表面接触的低效加热，实现能量的分级利用。水泥窑外分解窑与同样直径的湿法窑相比，热耗可降低一半左右，还能大幅提高产量。我国已有日产2000、4000、5000、8000和12000t的窑外分解窑投入运行。2016年新型干法占水泥产量的97%。

第二代新干法工艺是高固气比悬浮预热分解技术。高固气比悬浮预热系统，高温烟气从并联并行排列的旋风预热器自下而上流出，物料自上而下在预热器中交叉串行，固气比由传统预热分解的不到1.0提高到2.0以上，从而大幅提高系统热效率，增加产量，降低废气温度和排放量。高固气比分解炉，采用炉外循环技术，延长物料在炉内停留时间，从而提高物料分解率，外循环使未分解完全的粗颗粒返回并多次通过分解炉，大大增加了炉内固气比，并降低操作温度，避免结皮、堵塞现象，提高可靠性。与普通干法生产技术相比，第二代新法工艺过程简单，投资省，热稳定性好，产量高，节能，有害气体排放少。产品热耗降低15%，电耗降低22%，日产量增加44%，SO₂排放量减少78%。已有10多条生产线采用第二代新干法工艺。

26、纯余热发电技术 net waste heat generation

利用新型干法水泥窑余热发电的技术。窑头、窑尾分别加设余热锅炉回收余热。在确保煤磨与原料磨物料烘干所需的热量后，剩余的余热通过余热锅炉回收产生蒸汽。一般窑尾余热锅炉直接产生过热蒸汽供汽轮机发电，窑头锅炉若带回热系统的可直接生产过热蒸汽，若不带回热系统则生产部分饱和蒸汽和过热水送至窑尾锅炉。日产2000t新型干法水泥窑纯余热发电系统可装机3000kW，年发电量约1620万kWh。我国2016年已有770条新型干法水泥生产线安装余热发电装置，装机容量770万kW。2018年，

水泥行业可回收余热资源 73Mtce，回收利用 22Mtce，占 30%。2018 年，水泥窑可回收余热 0.22Mtce，占行业能耗 30%以上，回收利用量仅占 30%。

27、高标号水泥 high grade cement

是指标号 42.5 及以上的水泥。2018 年，我国标号 42.5（按水泥：标准砂 1：3 配比制成的 $7.07 \times 7.07 \times 7.07\text{cm}$ 的立方体试块完全硬化时的抗压强度为 42.5MPa 的水泥）及以上的高强度水泥占 54%，其余为 32.5 低标号水泥。采用高标号水泥替代低标号水泥，可节省水泥 15%。

28、水泥散装 cement unpackaged

水泥散装是指在水泥生产出来后直接用专用车辆运到施工现场。1亿 t 水泥散装，可少用 20 亿只包装纸袋，节省制造纸袋的优质木材 330 万 m^3 ，以及生产纸袋用纸消耗的水 1.2 亿 m^3 ，煤 80 万 t，还可避免纸袋破损和残留造成的水泥损耗 500 万 t，总共节能 237 万 tce。我国 2017 年水泥散装率为 62.7%，散装量 14.7 亿 t，节煤 3374 万 tce，减少粉尘排放 1476 万 t，综合效益 661 亿元。2018 年散装率 66.9%。

29、新型墙体材料 new type wall materials

新型墙体材料是指用来替代传统粘土实心砖的墙体材料。有三大类 20 多种。包括烧结空心制品，如空心砖、加气混凝土砌块等；利用工业废渣（煤矸石，粉煤灰，各种废渣）和江、河、湖淤泥（砂）为主要原料的烧结制品；轻质墙板，如聚苯泡沫塑料板、岩棉板、玻璃棉板、石膏板等。新型墙体材料与粘土实心砖相比，具有重量轻、性能好、耗能低、施工快等优点，而且可避免取土毁田。生产新型墙体材料的能耗比粘土实心砖低 40%。用于建筑，采暖能耗减少 30%以上。2018 年，我国新型墙体材料占墙体材料总产量的 74%。

30、先进制砖技术 advanced brick production technique

高效率、多功能、自动化、节能环保的制砖技术。大型自动化制砖设备，液压振动成型，砖或砌块密实度均匀，强度高；可用煤矸石、粉煤灰、炉渣等为主要原料，生产免烧砖，无需烧结，常温保养；采用真空挤出机。大型制砖机年产能超过 6000 万块标准砖，计算机控制，机器人操作。可生产普通砖、多孔砖、空心砌块等多种产品。

31、薄陶瓷砖 thickness ceramic tile

普通陶瓷砖厚度为 9 ~ 12mm。近年我国被淘汰的陶瓷企业 90%以上是因节能减排问题被关停的。陶瓷砖减薄是节能减排的重要举措。2015 年，在全国范围内推广薄陶瓷砖，厚度为 4.7mm。全行业一年可节煤 500~600 万 t，节省原料 2000 万 t。2018 年，我国陶瓷砖产量达 90.1 亿 m^2 。

32、离子膜法制烧碱技术 caustic soda production technique by ion exchange membrane

是用离子交换膜、电解质溶液制造高纯度烧碱、氯气和氢气的工艺。原盐经水化、精制后进入电解槽阳极室，利用阳极室和阴极室之间的电子膜有选择地让一定离子通过的特性电解盐，得到高纯度碱，并产出氯气和氢气。离子交换膜具有排斥阴离子而吸引阳离子的特性。电解时，阳极室中带正电荷的钠离子通过离子膜进入阴极室，与纯水离解生成的带负电荷的 OH 结合成 NaOH，即烧碱。同时，从阴极放出氢气，从阳极放出氯气。离子膜法制烧碱和隔膜法相比，综合耗能可降低 28%；设备效率高，占地少，单位投资可减少 25%；生产稳定，无污染。2018 年，我国离子膜法烧碱产能占烧碱产能的 99.7%。

33、炼油化工一体化 refining-chemical integration

在一个企业内同时进行炼油和化工生产，充分体现循环经济理念。这种模式的特点是集约化、短流程、安全环保。各种生产装置通过管道连接，不用储罐和车辆；原料互供，综合利用率高；所用原料全部是经脱硫净化的气体燃料；充分利用余热。因此，原料和能源利用率高，污染物排放少。我国最大的炼油化工一体化项目 2009 年 11 月在泉州建成投产，炼油厂产能由 400 万 t 扩建到 1200 万 t，年产乙烯 80 万 t，丙烯 65 万 t，聚丙烯 40 万 t，芳烃 100 万 t。2018 年全国 26 家千万吨级炼油厂中，炼油化工一体化的有 16 家，炼油能力 500Mt，占全国的 65%。

34、化工园区 chemical industrial park

园区内及周边化工企业的原料、中间体、产品、副产品和废弃物互供、共享，实现资源利用最大化。我国已建成各类化工园区和化工集中区千余家，其中省级及以上重点化工园区或以石化为主导产业的工业园区有 200 多家。上海化工园区平均万元产值耗能 1.2tce，水耗 33t，仅为同行业平均值的 1/2 和 1/5；与企业自建公用工程相比，投资成本降低近半。

35、绿色制造 green manufacture

旨在提高钢材利用率、生产节能产品的制造技术。包括净成形技术、快速制造技术、热加工工艺模

拟及优化技术等。净成形技术是指零件成型后不用再加工或仅需少量加工即可用作机械构件的制造技术。快速制造技术是由产品模型驱动，直接或间接作用于材料质点，减少甚至无需任何模具，快速完成任意复杂形状的原型、零件、模具制造的技术。我国机械工业钢材利用率 60%~70%，国际先进水平达 90%~95%。节材潜力很大。

36、智能制造 intelligent manufacturing

制造业与信息通信技术的深度融合。工业机器人与物联网、人工智能、云计算、大数据等新技术相结合，实现生产装备、生产线和生产组织的智能化。应用智能制造的企业，生产成本可下降 20%，能源消耗和污染物排放减少 10%。

我国已开始在汽车、航空、电子制造以及金属加工、钢铁、建材、石化、纺织、食品饮料等行业应用智能制造。2015 年有 38 个行业、46 个智能制造示范项目，生产效率提高 30%，节能 9.5%。2018 年，试点示范项目增至 99 项，其中包括智能制造十大重点领域：新一代信息技术，高档数控机床，机器人，智能驾驶，航空航天装备，海洋工程装备和高技术船舶，先进轨道交通装备，节能与新能源汽车，电力装备，新材料，高性能医疗器械。

37、工业机器人 industrial robots

是一种仿人操作、机电一体化的自动化生产设备。自动控制，可重复编程，能在三维空间完成多种作业，在工业生产中代替人做某些单调、频繁、重复的长时间作业，或危险、恶劣环境下的作业。工业机器人是一种节能、增效的绿色生产设备。采用工业机器人的全自动喷涂系统，可节能 15%。2018 年我国工业机器人安装 15.4 万台，是世界上工业机器人增长最快的国家。保有量 63.0 万台，每万工人 140 台。

38、再制造技术 remanufacturing technique

利用废旧的机械设备的零部件进行批量化高技术修复和性能升级，再重新组装成产品。再制造设备的技术性能和质量可以达到甚至超过新产品的水平，而成本仅为制造新产品的 50%，可节能 60%，节材 70%。再制造技术已用于汽车、工程机械、家用电器、办公设备等领域。美国再制造业年销售额已超过 1000 亿美元。我国再制造技术发展迅速，已研制出有自主知识产权的等离子和高速电弧喷涂、纳米电刷镀、纳米自修复添加剂等关键技术，并用于汽车零部件、飞机叶片、数控机床、斯太尔发动机、大型化工装置部件等设备的再制造。2018 年，已形成汽车发动机、变速箱 15 万台套的再制造能力，发电机、发电机部件 160 万台再制造产能。

39、煤矸石综合利用 coal refuse comprehensive utilization

煤矸石主要用于发电，生产建材，以及筑路、复垦、塌陷区回填。2018 年，我国煤矸石产生量达 4.656 亿 t，利用率 70%。2016 年，煤矸石发电装机容量 5435 万 kW，发电 2498 亿 kWh，制砖 200 亿块标准砖。2015 年利用矸石筑路、复垦和塌陷区回填 2.6 亿 t。

40、粉煤灰综合利用 flyash comprehensive utilization

2018 年，我国粉煤灰产生量达 7.24 亿 t。2017 年利用率 72%。其中用作水泥掺合剂占 38%，用作混凝土添加剂占 14%，用于建材深加工产品占 26%。

41、包膜控释肥料 controlled release fertilizer by contatined membrane

包膜控释肥料是根据作物需要和土壤特性制定肥料（氮磷钾）配方，通过包膜按预定释放模式施肥，可大幅提高肥料养分利用率，节省化肥 15%~25%，并减少污染。

2018 年我国产量 315 万 t。已在 25 个省份的 31 种作物大面积应用，平均增产 10%。全国累计使用 2100 万 t，占世界 50%，节支增收 1100 亿元。

42、测土配方施肥 spread manure by measure the soil and make up a prescription

通过土壤测试，了解土壤肥力状况，遵循作物需肥规律，建立科学施肥体系，制定作物所需肥料配方，由企业按配方生产，并指导农民施肥。测土配方施肥可改善土壤理化性能，增强土壤保水保肥能力，节省肥料，增加作物产量，减少作物病害，提高产品质量。2018 年，已有 1200 多个县实施，推广面积 18.37 亿亩，减少不合理施肥 490 万 t，节煤 1300 万 t。

43、秸秆综合利用 straw comprehensive utilization

2018 年，我国秸秆理论资源量 8.86 亿 t，可收集量 7.38 亿 t，利用率 82%。2015 年，利用 7.2 亿 t，秸秆用作农村居民燃料的占 11.4%，用来还田作肥料占 43.2%，用作饲料占 18.8%，用作人造板材和制浆造纸占 2.7%，用作种植食用菌基料占 4.0%。

44、绿色建筑 green building

是指全寿命周期内，最大限度节约资源（节能、节地、节水、节材），保护环境，减少污染，为人们提供健康、适用和高效的使用空间，与自然和谐共生的建筑。又可称为可持续建筑，生态建筑，节能环保建筑。

我国 2015 年 1 月 1 日开始实施的《绿色建筑评价标准》，绿色建筑分为一星、二星和三星 3 个等级。2018 年，我国新建绿色节能建筑 18.6 亿 m²。绿色建筑平均节能率达 60%。

天津万科锦庐园社区服务中心，是国内首个获得三星设计标识的会所。采用的技术主要有：LED 照明，太阳能热水系统，地源热泵系统，可调遮阳百叶系统，双向流新风系统，热回收系统，CO₂ 监控系统，湿度调节系统，光导管，屋面种植，垂直绿化。

45、被动房 passive house

是指采用节能的构造设计、围护结构、建筑材料等技术，充分利用室内生活热量和可再生能源，实现舒适的居住环境的房屋。与未采取节能措施的传统住宅相比，可节能 75%。2017 年，全国已建在建 410 万 m²。据不完全统计，2018 年全国开工建设被动房项目建筑面积约 150 万 m²。

中德被动式低能耗建筑示范项目秦皇岛“在水一方”小区，地上 6 层，1200 m²，2014 年建成，是目前国内节能率最高的住宅。

采用的技术主要有：外墙和屋顶保温隔热分别采用 220mm 石墨聚苯板和挤塑聚苯板；节能门窗，窗玻璃采用三层两中空低发射率玻璃，门采用德国铝木复合框料；可调节外遮阳卷帘，可按太阳光照强度自动控制；自然通风技术；无热桥处理技术，避免建筑物内结露霉污现象；太阳能热水系统，集热面积 305 m²，保温水箱 8m³；新风预冷（热）技术；地下光导照明技术，利用自然光为地下车库照明；光伏发电，屋顶光伏电池 20kW；新风系统热回收技术，回收率达 79%；空调主机变频技术；新风系统末端变风量技术；地源热泵；能耗综合监测技术；室内空气质量实时监测和新风自动控制技术；能耗模拟分析技术。

46、装配式住宅 Assembled house

以工厂预制、现场组装方式建造房屋。具有节材、节能、节地、抗震、环保等优点，工地几乎没有建筑垃圾。中国已有成熟技术，通常采用钢结构、高强度预应力混凝土构件和轻质建材。与传统建房方式相比，可节材 30%，节能 70%，节地 20%，工期缩短 80%，建筑垃圾减少 90%。欧、美住宅建设产业化率超过 60%，日本达 70%。2016 年新建 1 亿 m²，2018 年新开工 1.9 亿 m²。

47、低发射率玻璃 Low-E membrane plating glass

在玻璃上镀一层或多层由银、铜、锡等金属或其化合物组成的薄膜。这种玻璃对可见光有较高的透射率，能反射 80% 以上的室内物体辐射的红外线，使其保留在室内，具有良好的阻隔热辐射的保温性能，同时能反射太阳辐射热，并避免反射光污染。广东东莞住宅建筑推广应用，年耗电量减少 60%。欧美国家普及率已达 85%。2017 年产量 1.5 亿 m²，2018 年产能达 4.26 亿 m²。

低发射率玻璃按镀银层数分为单银、双银和三银 LOW-E 玻璃，分别为第一代、第二代和第三代产品。其节能率分别为 50%、60% 和 70%。三银 LOW-E 玻璃国内已有产品。

48、立体绿化 three-dimensional greening

在建筑物屋顶、墙壁、门窗等处种植绿色植物，可以减少灰尘，削弱城市“热岛”效应，节约能源。盛夏室内温度比未立体绿化建筑低 3~5℃，公共建筑夏季空调可节电 30% 以上。上海 2018 年新增立体绿化面积 351 万 m²。

49、智能冰箱 intelligent refrigerator

西门子双温双控智能冰箱是用 2 个温控器控制冰箱。冷藏室和冷冻室各有一个温控器。当冷藏室达到指定温度，或者不需要制冷时，立即关闭，制冷剂进入冷冻室制冷。当冷藏室和冷冻室都需要制冷时，同时制冷。冷藏冷冻分开操作可减少冰箱电耗。这种冰箱制冷能力超强，能使食物快速冷冻，保持食物营养，还采用零度保鲜技术和风冷无霜技术。已在中国销售。

50、超节能热水器 super energy-saving water heater

西门子灵感超节能热水器，有一个智能记忆芯，记录主人用水习惯和偏爱的水温。使用时，能判断所需水量和水温。还能根据季节变化，高峰用水等信息，将水加热到适合的温度。智能控制提高热水器工作效率，大幅降低能耗。80 升的电热水器，一年可节电 490kWh。热水器有半胆和全胆两套智能加热系统，3200W 大功率速热，持续加热功能可为 4 人接连洗澡提供热水。2010 年在中国上市，获年度热水器最佳产品奖。

51、3D 洗衣干衣机 3D washing dryer

西门子 3D 空气冷凝式洗衣干衣机，采用空气冷凝和立体烘干等新技术，比传统洗衣干衣机节水 90%，

节能 50%。国内已有产品出售。

经加热器加热的干燥热空气，穿过衣物变成冷湿空气，然后通过冷凝系统，变成干燥冷空气，同时析出水分，流入储水器或排出，如此循环往复，将衣物烘干。立体烘干技术，使衣物与气流接触面最大化，大大提高烘干效率。自动控制烘干过程，衣物均匀烘干，并避免衣物变形或受损。

52、先进固体燃料炉灶 advanced solid fuel stove and cooking stove

2017 年，全国民用煤炉灶耗煤 3.2 亿 t，生物质能直接燃烧消耗 0.8 亿 tce。民用固体燃料炉具热效率低，污染严重。传统煤炉热效率只有 20%，传统烧柴炉灶热效率仅 10%~15%。国内已推出热效率 70% 以上的烧煤、烧柴炉灶。推广高效燃煤炉灶，节煤潜力达 1.5 亿 t。

我国居民生活低效利用大量固体燃料带来严重的健康和生态问题。2018 年，我国居民使用固体燃料产生的室内污染，导致呼吸系统疾病死亡 100.2 万人，其中城镇 56.4 万人，乡村 43.8 万人。联合国环境规划署指出，烧生物质和煤的传统炉灶、砖窑和柴油机排放的烟尘中的黑碳，是引起气候变化的第二大因素，仅次于 CO₂。我国民用柴炉排放的黑碳占黑碳总排放量的 40%。大量薪柴低效利用，还导致森林植被破坏，水土流失加剧。

53、农村沼气 rural biogas

沼气是生物质（人、畜粪便、农业和工业有机废弃物等）在厌氧条件下通过微生物分解而成的一种可燃气体，含甲烷 60%~70%，热值约 5500kcal/m³。

2017 年，全国农村沼气达 4300 万户（含集中供气），约 1.73 亿人受益。全国沼气产量 184 亿 m³，生产有机肥 5.1 亿 t。使用 184 亿 m³ 沼气替代薪柴，相当于 1.65 亿亩林地的年蓄积量。2018 年，全国产量 188 亿 m³。

54、地源热泵 ground source heat pumps

地源热泵是利用浅层地热的一种地下热交换器热泵系统。浅层地热来自土壤、砂石和地下水。热交换器通常采用垂直埋管，钻井深度一般不超过 50~100m。地源热泵的供热系数一般可达 3~4。地源热泵供暖比燃煤锅炉节能 20%~50%，供冷比冷水机组节能 10%~20%。我国地源热泵发展迅猛，2018 年地源热泵供暖的建筑面积达 7.93 亿 m²。

55、紧凑型荧光灯 compact fluorescent lamps,CFL

俗称节能灯。是一种新型高效电光源产品，发光效率 80 流明/瓦，寿命 5000~10000 小时。与普通白炽灯相比，发光效率高 5~7 倍，节电 70~75%，寿命长 8~10 倍。由于光效高、显色性好、体积小巧、结构紧凑、使用方便，是替代白炽灯的理想电光源。

CFL 是一种低压汞蒸气放电灯。灯管以专用玻璃管制成，两端是灯丝，灯丝上涂有发射电子的电子粉，灯管内充有少量汞及惰性气体，管壁涂有稀土三基色荧光粉，灯管与镇流器合为一体，不用启辉器。产品有 U、D、螺旋、球、环等形状，配电子或电感镇流器。其发光原理与荧光灯基本相同。通电后，电极发出电子，撞击汞原子，产生紫外辐射，轰击荧光粉产生可见光。

CFL 适用于家庭、宾馆、商场、学校、办公室以及公共建筑照明。我国是世界 CFL 最大生产国和出口国。2014 年产量达 44.7 亿只，占全球的 80%。

56、发光二极管光源 light emitting diode, LED

又称半导体照明。是一种半导体固体发光器件。其发光原理是：利用半导体芯片作为发光材料，当芯片两端加上正向电压时，半导体的 P-N 结中注入的空穴与电子复合引起光子发射，把电能直接转换为光能。其优点是：光效高，已达 110 流明/瓦，耗电比白炽灯少 80%，比紧凑型荧光灯少 50%；寿命长，超过 5 万小时，为白炽灯的 50 倍；不含紫外线和红外线，以及汞、氙等有害物质；90% 电能转化为可见光，发热小，白炽灯 80% 电能转化为热能，只有 20% 转化为光能；所需电压、电流小，安全；无灯线，无玻壳，免维护，不怕丢。缺点是：交流驱动有频闪；光线过亮，只在直径狭小角度内有高亮度；价格高。

LED 初期为红、黄、绿、蓝光，用作仪器仪表指示光源，后来用于交通信号灯，汽车信号灯，大面积显示屏。1998 年推出白光 LED。目前，6~7W 的白光 LED 灯，有 0.06~0.07W 的单管 LED100 颗，可替代 45W 白炽灯。近年我国 LED 产业爆发式发展，2017 年，LED 灯产量 106 亿只，内销 47 亿只，占照明市场的 65%。2018 年，产量 135 亿只，内销 64 亿只，国内照明市场渗透率 70%。

57、智能居住小区 intelligent residential subdistricts

应用计算机、通信、控制等新技术，把物业管理、安防、通信等系统集成，为用户提供安全、舒适、便利的生活环境。有 3 个系统。1，物业管理与安防系统。包括燃气、消防监控、报警系统，可视对讲门禁，指纹电子门锁，停车场监控；电、水、气表计量；社区机电设备监控系统。2，信息网络服务与管理

系统。包括就业、文化娱乐、旅游、交通、健康信息发布；网上超市、订餐、电子付费等电子商务系统；社区安全、物业设备、人口、车辆管理系统。3，住宅智能管理系统。包括家庭保安监控；防火、防燃气泄漏报警；紧急求助报警；家用电器自动控制；门窗自动开闭；照明自动控制；社区有线电视、按用户要求点播节目、音乐点播等家庭娱乐系统。

我国已建成一批示范智能居住小区。2018年深圳在建600个智能示范小区。

58、智慧城市 smart city

是应用物联网、云计算、大数据、空间地理信息集成等新一代信息技术，构建城市规划、建设、管理和服务的智慧化体系，实现城市化和信息化高度融合的更高级城市形态，创造更加美好的生活。它是城市发展的新理念，城市建设的新机制，城市运行的新模式，城市管理的新方式。智慧城市可节电25%。

2018年末，我国有500个智慧城市正在建设。试点城市深圳，已建成节能建筑1.5亿m²，年节电476亿kWh。

59、生态城市 eco-city

生态城市是按照生态学原则设计、建造的社会、经济与自然协调发展的新型城市。2017年，我国正在建设285个生态城市。

正在建设的天津中新生态城，面积31.2km²，规划人口35万。2018年，已居住10万人。已建房屋（住宅、产业、公共建筑）100%是绿色建筑，节能率超过70%。绿色产业体系包括：国家动漫园，国家影视园，环保产业园，信息产业园，生态科技园。生态社区走廊构成生态的基本构架。绿色交通支撑紧凑型城市。已建生态循环水系统。正在建设智慧城市，已开始推广无人超市和无人售货车，进行5G移动网络试点。

60、电动汽车 electric vehicle

有两种：纯电动汽车和混合动力汽车。

纯电动汽车是指完全用车载可充电电池作动力源的汽车。用常用交流插头在家充电，或连接充电桩充电。电池通常采用铅酸电池，近年锂电池增长迅猛。2017年采用锂电池的国产纯电动汽车，续驶里程已达450km。需要指出的是，在煤电占发电量比重超过80%的条件下，纯电动汽车是不节能减排的。目前，中国除湖北、湖南和云南、贵州、四川外，都在80%以上。因此，中国采用纯电动汽车大体是不节能减排的。

混合动力汽车是以汽油或柴油为基本燃料的内燃机和电动机共同提供动力的汽车。动力源通常是汽油内燃机和充电电动机。这两种动力源在汽车不同行驶状态下分别工作或一起工作，通过这种组合减少燃油消耗和尾气排放。通常起步和低速行驶时，仅靠电力驱动；行驶速度升高或紧急加速时，汽油发动机和电动机同时工作；高速行驶时，电池为空调、音响、前灯、尾灯等供电；减速和制动时，电动机变成发电机，为电池充电。与燃油汽车相比，可节油15%~25%。与纯电动车相比，它在动力性能、续驶里程、使用方便性方面具有优势。2017年，国产排量1.8升的混合动力汽车的油耗为1.2升/100km。

2018年，我国纯电动汽车销量105.3万辆，其中纯电动车78.8万辆，混合动力车26.5万辆。保有量261万辆，纯电动和混合动力汽车分别为211和50万辆。

61、电动自行车 electric bicycle

用电池输出的电力驱动的自行车。使用电动自行车既安静又清洁，而且穿行、停车方便，维修保养成本低，可替代燃油轻便摩托车。电动自行车是中国发展最快的交通工具，2000年只有5万辆，2018年2.97亿辆。目前，电动自行车90%采用铅酸电池，每个电池重4~5kg；10%采用锂电池，寿命为铅酸电池的3倍。国家标准规定，电动自行整车重量应小于40kg，时速小于20km。2017年，我国摩托车保有量约9000万辆。如果全部用电动自行车替代，一年可节省汽油130万吨。

62、共享单车 bicycle-sharing

共享单车是一种新型自行车租赁业务。使用方法是：用户凭身份证件实名注册登录，并交押金（99元）——手机点击用车，输入车牌号，根据显示的单车密码开锁骑行——到目的地后，点击结束用车，通过手机支付宝付费（1小时1元，学生减半）。2018年，全国累计投放2300万辆，拥有2.35亿用户。

共享单车有明显节能减排效果。据ofo和交通部科学研究院发布的《2017年1季度中国主要城市骑行报告》，20个城市共享单车骑行5.93亿km，相当于节省汽油4150万升，减排CO₂13万吨。

63、绿色交通 green communications

是指减少环境污染、减轻交通拥挤、合理利用资源的可持续交通系统。采取的措施主要有：改进城市规划和交通需求管理，发展公共交通、节能和清洁能源车辆、电动自行车和公共自行车。在市区运送100名乘客，小汽车油耗比公共汽车增加5倍，排放的有害气体多15倍。北京绿色出行（公共交通和自

行车) 2018 年已达 73%，2020 年将超过 75%。我国城市交通推广共享单车，2018 年，全国共享单车用户 2.35 亿人。

64、智能交通系统 intellectual transportation system, ITS

是将信息技术、卫星技术、数据通信传输技术、电子控制技术和计算机处理技术结合在一起的自动引导、调度和控制的智能化交通系统。包括：城市交通和高速公路智能调度系统，信号灯自适应系统，基于数字地图和全球定位系统的车载导航系统，驾驶者信息系统，不停车收费系统，紧急情况处理系统等。它使人、车、路和谐统一，密切配合。完善的智能交通系统可使路网运行效率提高 80% ~ 100%，堵塞减少 60%，交通事故死亡人数减少 30%~70%，车辆油耗和 CO₂ 排放量降低 15% ~ 30%。

我国已应用智能交通技术。用于信息采集和发布、公共交通、停车管理、不停车收费(ETC)等方面。到 2019 年 5 月，全国已建成 ETC 专用车道 20809 条，用户 8367 万。每年可节油 2.46 亿升。车辆在不停车收费过程中，可减排 CO₂ 50% 以上。ETC 车道的通行能力为普通车道的 4 倍，有利于集约用地。

65、车联网 car networking

将物联网技术应用于汽车。车载电子标签通过无线射频识别、卫星导航、移动通信、无线网络等设备，在网络信息平台上提取、利用所有车辆的属性信息，以及静、动态信息，对所有车辆的运行状态进行检测和监管，并提供多项服务，实现“人—车—路—环境”的和谐统一，对节能减排和行车安全有很大促进作用。我国已在智能公共交通、智能停车管理、不停车收费、车辆信息采集等方面应用车联网技术。2017 年，全国车联网用户已达 4100 万户。

66、高速列车 high-speed rail train

据德国航空和空间技术研究院风洞试验，时速 300km 的高速列车每人每公里平均能耗相当于 2.85 升汽油，轿车(150km/h) 为 6 升，空中客车为 7.7 升。高速列车节能措施主要有：列车轻量化；流线型车头，光滑平整车体，减小运行空气阻力；制动能量回收利用。

我国研制的 CRH-380 系列电力动车组，最高商业运营时速 380km。2014 年 8 月 28 日上线运行。

我国自主开发的复兴号高速列车，是世界商业运营速度最快的动车组，时速 350km，最高 400km，人均百公里能耗比 CRH-380 下降 17%。CR-400BF 最高达 420km。2018 年 4 月 10 日，复兴号在京沪高速铁路运行，全程 1318km，仅 4 小时 18 分。2018 年 6 月 7 日，复兴号实现时速 350km 自动驾驶。

67、磁悬浮列车 magnetically levitated train

是靠磁悬浮力(磁的吸力和斥力)推动的列车。轨道的磁力使列车悬浮在空中，因此列车只受来自空气的阻力。中国自主研发的中低速磁悬浮列车上浮 8mm。

2003 年 1 月，世界第一条商业运营的磁悬浮线路在上海诞生，线路长 30km，运营时速 430km。

2015 年 4 月 21 日，日本东海旅客铁道公司挂有 7 节车厢的磁悬浮列车创时速 603km 的世界纪录。

2016 年 5 月 6 日，长沙中低速磁悬浮列车载客试运行，线路长 18.55km，最高时速 100km，载客 363 人。2017 年 12 月 30 日，北京中低速磁悬浮 S1 线开通试运营。2018 年 5 月 23 日，北京第五代磁悬浮列车试运行成功。设计时速 160km，与中低速列车相比，牵引效率提高 10%，能耗下降 20% 以上。2018 年初，正式开通。

68、船联网 the ship network

内河航运与物联网融合，实现人船互联、船舶互联、船货互联和船岸互联的内河智能航运网络，具有智能识别、定位、跟踪、监控、管理等功能。

2014 年，浙江杭州、嘉兴、湖州，江苏无锡、泰州、镇江等试点城市开始建设船联网。包括船舶航运感知传输网络，水运数据中心监测和数据整合，水路交通监测预警平台，业务协同流程优化水路综合服务体系。采用的技术有：无线射频识别技术(RFID)，便捷过闸系统(水上 ETC)，电子标签(OBU)，全球定位系统(GPS)，自动识别系统(AIS 终端)。AIS 是集网络技术、现代通信技术、计算机技术、电子信息显示技术为一体的数字助航系统，配合 GPS，将船位、船重、船向等动态信息，结合船名、呼号、吃水等静态信息，由甚高频(VHF) 频道向附近船舶和岸台广播，得以立刻互相通话协调，采取避让行动。

69、高效电动机 high efficiency motor

是指比通用标准型电动机具有更高效率的电动机。高效电动机从设计、材料和工艺上采取措施，如采用合理的定、转子槽数、风扇参数和正弦组等措施，降低损耗；用冷轧硅钢片代替热轧硅钢片；与变频器集成的变频电动机；高起动转矩永磁电动机等。2011 年我国中小型电动机约有 10 亿台，用电量约 2 万亿 kWh，占全社会用电量的 50%。我国中小型电动机平均效率比国际先进水平低 5 个百分点，系统运行效率低 10 ~ 20 个百分点。我国 2013 ~ 2015 年推广高效电动机 1.7 亿 kW，到 2015 年估计可节电 800

亿 kWh。2018 年，高效电动机市场占有率已达 25%。

70、信息通信技术 information and communication technologies

信息通信技术是信息技术和通信技术的融合，近 10 多年来迅猛发展，已渗透到经济和社会的各个领域。应用信息通信技术可以大大促进节能减排。

据国际数据公司的一项研究，中国应用信息通信技术，到 2020 年，可减排 CO₂ 14 亿 t，节能 5.5 亿 tce。仅此一项，就能实现 2020 年碳排放强度比 2005 年降低 40% 的目标。应用领域包括：智能电网，智能建筑，智能物流，节能汽车，工业节能，智能电机，以及交通替代和非物质化服务（通信，电子商务，远程办公，远程会议等）。

71、3D 打印 3 dimension printing

即三维打印。是一种激光快速成形技术。采用分层加工、迭加成形、逐层增加材料的方法来生成三维实体。是应用数字化技术的制造工艺和产品的重大创新。使用的材料是可产生固化反应的材料，如树脂、塑料、陶瓷、金属等。其优点是无需机械加工和模具，能直接按照计算机图形数据生成任何形状的物体，可制成汽车、电子、航空航天、钢铁、船舶等高端制造业所需的零部件。加工出的零部件精度和强度高，可实现无缝连接，连接部位的稳定性和强度远高于焊接和加固方法。3D 打印已产业化。我国已用于医疗、航空航天、汽车、军工、模具、电子电器、造船等行业。2017 年 5 月 5 日首飞成功的国产 919 干线飞机，用 3D 打印机打印出世界最大钛合金零件和超临界机翼设计。意大利 XEV 公司研制出世界首款 3D 打印量产电动汽车，2019 年将在中国销售。2017 年我国 3D 打印产业规模 110 亿元，增长 37.5%。2018 年，我国 3D 打印开支 15 亿美元。

72、半导体芯片 type semiconductor chip

半导体是导电率介于导体与绝缘体之间的晶体材料。最常用的是元素半导体硅，还有锗；以砷化镓为代表的化合半导体；新一代半导体主要是氮化镓。半导体材料可用化学方法处理，使它具有传导和控制电流的功能。

半导体技术开创信息时代之先河。半导体芯片用途十分广泛，节能潜力巨大。应用领域包括：计算机和服务器，智能通信，互联网，燃油汽车和电动汽车，智能交通系统，照明，电机系统，智能电网，传感器和控制器，风力发电和光伏发电系统。

2018 年，我国芯片 84% 靠进口，进口金额达 3120.6 亿美元，远超石油进口金额 2604.4 亿美元（原油 2402.6 亿美元，成品油 201.8 亿美元），是第一大进口商品。

73、互联网 internet

是多台计算机互联，并以网络软件实现网络资源共享和信息传递的系统。

我国拥有全球规模最大的互联网。2018 年末，全国网民达 8.29 亿，普及率 59.6%，其中手机网民 8.17 亿。搜索引擎、网络新闻、网络购物、网上支付、网络直播分别达 6.80、6.77、6.10、6.00 和 3.97 亿。互联网与包括传统行业在内的经济和社会深度融合，提升全社会的创新力和生产力。

74、物联网 internet of things

在互联网基础上扩展到任何物品与物品之间进行信息交换。它是感知技术、信息传输和分析处理技术，以及人工智能和自动化技术集成应用的一种社会信息系统。应用领域包括：智能制造，电力系统，智能交通，物流，智能家居、社区和城市，城市安保，教育，医疗，环境检测。全国物联网产业经济规模 2011 年为 2600 亿元，2017 年 9300 亿元，2018 年全国物联网市场规模达 1.2 万亿元。

75、电子商务 electronic business

电子商务是在互联网上进行商品和服务交易的商务活动。它不受时空限制，每天 24 小时随时随地以多媒体信息提供全程信息服务。电子商务实行无纸交易，可以做到生产和销售无库存，直销减少交易过程损耗，是一种高效、经济、节能的营销模式。

电子商务主要有 4 种模式。B2B。英文 two (2) 的发音同 to。企业之间的电子交易，如阿里巴巴。是应用最广的电子商务模式，目前占电子商务市场的 85%。企业通过网络寻找最佳合作伙伴，紧密结合，从而促进业务发展。B2C。企业与消费者之间的交易，通过网络开展在线销售活动，如京东商城。C2C。消费者之间的交易。卖方提供商品上网拍卖，买方选择商品进行竞价，如淘宝网。B2M 企业对销售商或职业经理人，是为企业提供网络营销委托的电子商务的服务商，选择和开发市场，实现销售增长，提高市场占有率。

2018 年，我国电子商务交易额达 36.63 万亿元，网购用户 6.1 亿，其中手机用户 5.83 亿。

76、移动支付 mobile payment

也称手机支付。是一种便捷的电子支付方式。用户用手机支付所消费的商品或服务的费用，手机向

银行发送支付指令，实现资金转移。

移动支付平台主要是支付宝和微信。阿里巴巴公司旗下的支付宝，先注册一个账号，手机与银行卡联通，往银行卡里存钱，输入账号和密码后付款。微信是腾讯公司的支付业务品牌，也是绑定银行卡。

2017年，我国移动支付总额达202.9万亿元，2018年达277.4万亿元。

77、人工智能 artificial intelligence

人工智能是用机器仿真或模拟人的智能的系统。正在推动经济和社会的创新发展。它是智能制造和智能交通的核心技术，并已在智能手机、安防、医疗、教育和金融等领域应用。人工智能对促进经济增长、提高生活质量具有重要意义。国家“新一代机器人和人工智能发展规划”指出，“到2020年，人工智能产业成为新的重要经济增长点。”“2020年人工智能相关领域价值将达1万亿元。”

2015年，工业和信息化部实施46个智能制造试点示范，生产效率提高30%，节能9.5%。2018年，全国人工智能市场规模281亿元。2018年6月，中国人工智能企业已有1011家，美国2028家。

78、云计算 cloud computing

是一种基于互联网的计算新技术。在计算机流程图中，互联网通常以云状图案来表示，形象地类比为云。云计算通过网络把多个计算机和服务器整合成一个具有强大计算能力的系统。终端用户可以通过网络利用这种系统处理数以千万甚至亿计的信息。这意味着只要连上网络，就能得到世界上所有强大的计算机包括超级计算机提供的服务，如世界运算速度最快的中国“天河一号”超级计算机，其峰值速度达每秒5.49亿亿次。“云”就是计算机群，每朵“云”有几十万甚至上百万台计算机。云计算不用担心资料丢失，但共享、动态的云计算资源减弱了用户的控制能力，给信息安全带来新的挑战。

我国已掌握云计算的核心技术，主要云计算平台、计算能力和数据处理能力已跻身世界前列。应用领域迅速扩展，目前包括医药医疗，制造，能源，金融，交通，电信，电子政务，教育，科研等。2017年，我国云计算产业规模5850亿元。

云计算可促进工业生产方式向数字化、网络化和智能化变革，大幅降低企业尤其是中小企业信息化成本，促进大众创业，万众创新。

79、大数据 big data

是指对网络上海量文本、图像、音频和视频数据进行采集、分析、加工和利用。大数据量大，类型多样，生成速度快，是一般软件工具难以捕捉、存储、管理和分析的数据。大数据已经成为新知识的一个主要来源，是信息产业最具发展潜力的技术。我国是大数据产业发展最快的国家之一，大数据正在快速、广泛、多维度、多层次普及应用，包括能源开发，电力，智慧城市，智能交通，电子商务，通信，医疗，教育，游戏，旅游，服装，房地产，银行，证券，保险，食品安全，气象，海事等。应用大数据可提高企业和政府的管理效率，优化资源配置，促进社会稳定。2017年全国大数据产业规模达3615亿元，2018年6200亿元。

80、碳捕集和封存 carbon capture and sequestration,CCS

将化石燃料产生的CO₂捕集，并长期封存在地质结构中。

将CO₂注入油气层，可起到驱油气作用，提高油气采收率，同时封存CO₂；将CO₂注入煤层，可置换出CH₄，提高煤层气采收率。CCS可使工业源和燃煤电厂的CO₂排放量减少85%左右。因此，CCS可望成为减少温室气体排放的一项关键技术。

2018年，全球CCS项目已达21个。近年我国CCS发展迅速，2018年已建成十多个中试和示范项目。

2010年建成的华能上海石洞口电厂CO₂捕集项目，是目前全球最大的燃烧后CO₂捕集示范工程，年产纯度99.9%的CO₂10万t，占上海CO₂用量的2/3。2012年，神华10万t/aCCS项目建成投产，从煤炭直接液化生产线捕集的CO₂，注入深1000~3000m的咸水层中封存。神华CCS是目前全球最大的煤基全流程CCS项目。2018年，陕西延长煤制天然气碳捕集封存项目建成投产，每年捕集41万tCO₂，封存在140km以外的齐家洼油田。吉林油田2014年建成的CCS项目，到2018年已埋存CO₂170万t。

CCS是高耗能、高耗水、高成本技术。2016年，CCS减排1吨CO₂的成本高达65美元，电厂捕集和压缩CO₂耗电使发电效率下降10%以上，耗水增加1倍。我国煤电容量巨大，大规模采用CCS的可行性和前景存在很大不确定性。

能源领域世界之最

1、煤炭可采储量最多的国家

中国，2018年末，2610亿t，居世界首位。

2、石油可采储量最多的国家

委内瑞拉，2018年末，480亿t，占世界总储量的19.7%。

3、天然气可采储量最多的国家

俄罗斯，2018年末，38.9万亿m³，占世界总储量的19.8%。

4、页岩气技术可采储量最多的国家

中国，2018年，2253亿m³。

5、最大煤田

中国，新疆准东煤田，探明储量2136亿t。

6、最大油田

陆上：沙特阿拉伯加瓦尔油田，1948年发现，可采储量115亿t。

海上：沙特波斯湾萨法尼亚油田，可采储量360亿桶。

7、最大气田

陆上：俄罗斯乌连戈伊气田，探明储量8.06万亿m³。

海上：伊朗南帕斯气田，探明储量8万亿m³。

8、经济可开发水能资源最多的国家

中国，401.8GW，1753.4TWh。

9、一次能源总产量最大的国家

中国，2018年，37.7亿tce。

10、原油产量最大的国家

美国，2018年，651.3Mt。

11、原油加工能力最大的国家

美国，2018年，937.0 Mt。

12、煤产量最大的国家

中国，2018年，3683Mt，占世界总产量的46.0%。

13、焦炭产量最大的国家

中国，2018年，438.2Mt，占世界总产量的60%以上。

14、天然气产量最大的国家

美国，2018年，7484亿m³，占世界总产量的21.5%。

15、煤层气产量最多的国家

美国，2015年，660亿m³。此后下降。

16、页岩气产量最多的国家

美国，2018年，6791.4亿m³。

17、发电量最多的国家

中国，2018年，7111.8TWh，占世界总量26.7%。

18、水力发电最多的国家

中国，2018年，1232.9TWh，占世界总量29.4%。

19、小水电最多的国家

中国，2018年，80.44GW，234.6TWh。

20、水电占发电量比重最大的国家

哥斯达黎加，2018年，占总发电量98.15%。

21、超超临界机组最多的国家

- 中国，2018年，百万千瓦超超临界机组有103台在运行。
- 22、最长特高压输电线路
中国，酒泉—湖南±800kV线路，全长2386km，年输电400亿kWh。2018年建成。
- 23、核电最多的国家
美国，2018年，9964.7MW。
- 24、核电占发电量比重最高的国家
法国，2018年，71.6%。
- 25、在建核电站最多的国家
中国，2019年1月，在建11座反应堆，12.18GW。
- 26、铀产量最多的国家
哈萨克斯坦，2018年，2.16t。
- 27、地热电站装机容量最多的国家
美国，2018年，3591MW。
- 28、地热占一次能源消费量最大的国家
冰岛，2018年，96%。
- 29、风力发电装机容量最多的国家
中国，2018年，221GW。
- 30、风电占总发电量比重最大的国家
丹麦，2018年，41.0%。
- 31、光伏电池产量最多的国家
中国，2018年，96.05GW。
- 32、光伏发电量最多的国家
中国，2018年，177.5TWh。
- 33、生物质能直接燃烧最多的国家
中国，2018年，80Mtce。
- 34、沼气产量最多的国家
中国，2018年，188亿m³。
- 35、生物质发电装机容量最多的国家
美国，2018年，16.25GW。
- 36、生物燃料产量最多的国家
美国，2018年，38.1Mtoe。
- 37、太阳能热水器使用最多的国家
中国，2018年，集热面积48200万m²。
- 38、地热直接利用最多的国家
中国，2018年，44.2Mtce。
- 39、最大石油公司
沙特阿拉伯国家石油公司，2018年，原油产量497.6Mt，天然气1114亿m³。
- 40、最大天然气公司
俄罗斯天然气工业股份公司，2018年，产量4744亿m³。
- 41、最大煤炭公司
印度煤炭公司，2018年，产量567Mt。
- 42、最大电力公司
中国国家能源集团，2018年装机容量238.9GW，发电9533亿kWh。
- 43、最大煤矿区

中国神木-东胜，2018年煤产量5亿t。

44、最大矿井

中国神木—东胜矿区大柳塔矿，2014年，原煤产量3851万t，2018年3300万t。

45、最大露天煤矿

美国怀俄明州North Antelope Rochelle矿，2018年产量9840万t。

46、最大燃煤电站

中国内蒙古托克托电站，2018年装机容量6720MW。

47、最大燃油电站

沙特阿拉伯舒艾拜电站，2018年装机容量5600MW，用于海水淡化厂。

48、最大燃气电站

俄罗斯苏古特电站，装机容量5597MW。

49、最大水电站

中国三峡水电站，装机容量22.4GW，2018年发电1016.25亿kWh。

50、最大核电站

日本，柏崎核电站，8212MW。受2011年3月11日九级大地震影响，第一核电站6台机组全部报废，第二核电站4台机组停运至今。

51、最大在建核电站

中国阳江核电站，装机容量6500MW，6台机组，2018年已投产5台。

52、最大地热电站

美国盖瑟尔斯地热电站，2018年装机容量1520MW，1988年曾达2043MW。

53、最大风电场

陆上：中国酒泉风电场，2018年装机容量9150MW。

海上：英国，2018年，820MW。

54、最大光伏电站

中国腾格里沙漠光伏电站，2018年1547MW。

55、最大太阳热发电站

迪拜太阳热能发电站，装机容量700MW，2018年在建。

56、最大生物质电站

英国德拉克斯电站，3960MW，掺烧石油焦。

57、一次能源消费量最大的国家

中国，2018年，4640Mtce，占世界总消费量23.6%。

58、石油消费量最大的国家

美国，2018年，919.7Mt，占世界总消费量19.7%。

59、最大炼油厂

印度贾姆讷格尔炼油厂，2018年，年加工能力62Mt。

60、战略石油储备最多的国家

美国，2019年8月30日，6.448亿桶。

61、煤炭消费量最大的国家

中国，2018年，3797Mt，占世界总消费量50.7%。

62、天然气消费量最大的国家

美国，2018年，8208亿m³，占世界总消费量21.3%。

63、煤占一次能源消费量比例最高的国家

波兰，2017年，78.4%。

64、石油占一次能源消费量比例最高的国家

- 新加坡，2018年，86.5%。
- 65、天然气占一次能源消费量比例最高的国家
特立尼达和多巴哥，2018年，86.3%。
- 66、核电占一次能源消费量比例最高的国家
法国，2018年，38.5%。
- 67、水电占一次能源消费量比例最高的国家
挪威，2016年，66.8%。
- 68、人均用电量最多的国家
冰岛，2018年，50613kWh。
- 69、人均生活用电最多的国家
科威特，2014年，7882kWh。
- 70、无电人口最多的国家
印度，2018年，2.9亿人，占总人口的23%。
- 71、高速铁路里程最长的国家
中国，2018年，2.9万km，占全球的2/3。
- 72、最快的高铁动车组
中国，2018年，复兴号动车组，商业运营时速350km，最高400km。
- 73、运煤最多的铁路
中国大同—秦皇岛铁路线，2018年，运煤451Mt。
- 74、新能源汽车销量最多的国家
中国，2018年，销售125.5万辆。其中纯电动汽车98.4万辆，混合动力汽车27.1万辆。
- 75、电动自行车最多的国家
中国，2018年，保有量2.97亿辆。
- 76、最繁忙机场
美国亚特兰大国际机场，2018年，进出1.0739亿人次。第二，北京国际机场，1.0098亿人次。
- 77、LED灯产量最大的国家
中国，2018年，生产135亿只，内销64亿只。
- 78、最大石油出口国
沙特阿拉伯，2018年，出口367.4Mt，占世界的30.0%。
- 79、最大石油进口国
中国，2018年进口原油461.9Mt。
- 80、最大油轮
新加坡海洋油船公司，净重吨位31.8万t，中国上海外高桥造船公司制造，2015-10-27交船。
- 81、最大煤炭出口国
印度尼西亚，2018年，出口429Mt，占世界的29.6%。
- 82、最大煤炭进口国
中国，2018年，进口281.2Mt。
- 83、最大管输天然气出口国
俄罗斯，2018年，出口1990亿m³，占世界管输天然气贸易量的24.7%。
- 84、最大天然气进口国
中国，2018年，进口1250亿m³，其中管道气514亿m³，LNG736亿m³。
- 85、最大液化天然气出口国
卡塔尔，2018年，出口1048亿m³，占世界液化天然气贸易量的24.3%。
- 86、最长输气管道

中国中亚输气管道 A/B 线，从土库曼斯坦经乌兹别克斯坦和哈萨克斯坦，由新疆霍尔果斯入境，与西气东输二线连接，穿越 15 个省（市，区）到广州，全长近 10000km，年输气能力 300 亿 m³，2009 年 12 月投运。C 线长 1830km，年输气能力 250 亿 m³，2014 年 6 月通气。2018 年，中亚输气管道输气 474.9 亿 m³。

87、最大海上钻井平台

中国蓝鲸 2 号，最大作业水深 3658m，最大钻井深度 15250m，2018 年 8 月交付。

88、最大露天矿用挖掘机

中国太重集团 WK-75 型，斗容 75m³，2012 年出厂。

89、最大露天煤矿自卸卡车

白俄罗斯制造的别拉斯-75710 型，载重 450t，最大载重超过 500t。

90、煤矿事故死亡率最低的国家

澳大利亚，2000 年以来，基本实现零死亡，年死亡人数不超过 3 人，多年零死亡。

91、煤矿事故死亡人数最多的国家

中国，2018 年，事故死亡 333 人。

92、最严重的停电事故

印度，2012 年 7 月 31 日 13 时发生，造成北部、东北部和东部超过国土面积一半地区的 6.7 亿人口（占全国人口 43%）电力供应中断，15 个小时后基本恢复正常。

93、单位产值能耗最低的国家

英国，2018 年，97.9tce/百万美元 GDP。

94、火电厂供电热耗最低的国家

意大利，2011 年，275gce/kWh。

95、钢可比能耗最低的国家

德国，2006 年，576kgce/t。

96、水泥综合能耗最低的国家

德国，2014 年，97kgce/t。

97、政府支出的能源科研费用最多的国家

美国，能源部，2018 年度，109.3 亿美元。

98、空气污染最严重的城市

印度坎普尔，2018 年，PM2.5 浓度，173 微克/m³。

99、二氧化硫排放量最多的国家

中国，2018 年，15.07Mt。

100、二氧化碳排放量最多的国家

中国，2018 年，8920Mt。

能源统计名词释义

- | | |
|---------------|---------------|
| 1、化石燃料资源与储量 | 21、单位产品综合能耗 |
| 2、单位 GDP 能耗 | 22、发电煤耗 |
| 3、单位工业增加值能耗 | 23、输电线路损失率 |
| 4、物理能源效率 | 24、钢可比能耗 |
| 5、节能率 | 25、炼油单位能量因素能耗 |
| 6、终端能源消费量 | 26、产品物理能源效率 |
| 7、生物质燃料消费 | 27、高标号水泥 |
| 8、工厂法行业能源消费统计 | 28、平板玻璃重量箱 |
| 9、电气化程度 | 29、标准砖 |
| 10、能源消费弹性系数 | 30、换算吨公里 |
| 11、能源价格弹性 | 31、产品原料结构 |
| 12、能源需求收入弹性 | 32、采暖度日数 |
| 13、重化工业 | 33、能效比 |
| 14、高技术产业 | 34、外部成本 |
| 15、高端装备制造业 | 35、差别电价 |
| 16、规模以上工业企业 | 36、居民用电阶梯电价 |
| 17、中小微型工业企业 | 37、标杆电价 |
| 18、产业集中度 | 38、可再生能源电价 |
| 19、剩余可采储量 | 39、两部制热价 |
| 20、原煤和商品煤 | |

1、化石燃料资源与储量 resources and reserves of fossil fuels

化石燃料的资源与储量通常分为资源量、探明储量和可采储量。按照世界能源委员会的定义，化石燃料资源是“自然界赋存的、已查明和推断的资源的数量。这些资源已证明在经济上有开采价值，或在可预见的时期内有经济价值。”

探明储量是“经过详细勘探，在目前和可预期的当地经济条件下，可用现有技术开采的储量。”

可采储量是“截止某一日期（通常是某年末）可从探明储量中开采到地面的储量。”也就是某一日期累计探明储量扣除累计产量，再乘以采收率。

我国 2004 年《矿产资源/储量分类》基本与国际接轨。但名词术语仍有明显差异，令人费解。分为 4 类：储量，基础储量，资源量，查明资源储量。“资源量”大致与国际分类相当。“基础储量”大致相当于国际分类中的探明储量，但“基础储量”中包括普查储量。因此“基础储量”大致相当于国际分类中探明储量的 2/3。“查明资源储量”相当于国际分类中的可采储量。

2018 年，我国煤炭资源量为 38796 亿 t（1500m 深度内），累计探明储量 1.7 万亿 t，剩余可采储量 2640 亿 t。

2、单位 GDP 能耗 energy consumption for unit GDP

也称能源强度（energy intensity）。是指一个国家或地区单位 GDP 消耗的能源量，通常以吨（或公斤）油当量（或煤当量）/万元（或万美元）来表示。它反映经济对能源的依赖程度，受一系列因素的影响，包括经济结构、经济体制、技术水平、能源结构、人口等。

把单位 GDP 能耗当作各地区绩效考核的指标，或进行国际比较，存在明显缺陷。一是当年 GDP 包含过去能源消耗和对未来 GDP 的贡献，导致能源效率被低估或高估。二是由于发展阶段、经济结构、资源条件的差异，以及能源贸易和汇率等因素，地区间和国际间可比性差。

3、单位工业增加值能耗 energy consumption for unit value-added of industry

每产生一个单位的工业增加值所消耗的能源量。工业增加值是工业企业报告期内以货币形式表现的工业生产活动的最终成果。工业增加值 = 工业总产值 - 工业中间投入 - 应交增值税。

我国分行业能源平衡表按一次能源计算，未扣除能源加工、转换和贮运损失，也未扣除平衡表中工业部门用于交通运输的汽油和柴油。因此，单位工业增加值能耗下降形成的节能量失真。有关部门计算的工业增加值能耗下降节能量比全国 GDP 能耗下降节能量还高。

4、物理能源效率 physical energy efficiency

是指在使用能源（开采、加工转换、贮运和终端利用）的活动中，所得到的起作用的能源量与实际消耗的能源量之比。能源系统的效率由三部分组成：

开采效率 mining efficiency

即回采率或采收率，用从一定能源储量中开采出来的产量的热值与储量的热值之比来衡量。

加工和转换效率 processing and conversion efficiency

是起作用的能源的产量与加工转换时投入的能量之比，其差额即加工转换过程中的损失和耗用的能源。“加工”是指煤、石油、天然气、铀矿等的精选或炼制。“转换”则是包括炼焦、发电、产热、气化、液化等一次能源变成二次能源的过程。

储运效率 storage and transportation efficiency

用能源输送、分配和储存过程中的损失率来衡量。一般不包括自身消耗的能源，但输电线路中的变压器和管道输送泵所消耗的能源计算在内。

终端利用效率 end-use efficiency

是指终端用户得到的有用能与过程开始时输入的能源量之比。

能源系统总效率 total efficiency of energy system

是能源开采效率、加工转换效率、储运效率和终端利用效率的乘积。通常所说的“能源效率”是指后三个环节的总效率。

2017 年，我国能源效率（加工、转换、储运和终端利用）为 38.8%。

5、节能率 energy saving rate

节能量与比较基准期的相应能源消费量之比。通常按单位 GDP、工业增加值节能量或单位产品节能量计算。我国 2018 年万元 GDP 能耗下降节能率为 3.1%。

6、终端能源消费量 final consumption of energy

按照国际通行的能源平衡定义，终端能源消费量等于一次能源消费量扣除能源工业（我国分 5 个行业：煤炭开采和洗选，石油和天然气开采，石油加工和炼焦，电力、热力生产和供应，燃气生产和供应）所用的能源和一次能源加工、转换、输送损失（火力发电损失，选煤、石油加工、炼焦损失，输电损失等）。中国能源平衡表按电力折标准煤方法列出两组数据，即发电煤耗法和电热当量法。平衡表中按发电煤耗法计算的终端能源消费量未扣除能源工业所用能源和发电等损失；按电热当量法计算的终端能源消费量，扣除了发电等损失，但未扣除能源工业所用能源。我国 2017 年终端能源消费量为 3138.2Mtce，占一次能源消费量的 69.9%。

7、生物质燃料消费 biomass fuel consumption

国际能源署的统计称为“可燃可再生能源”。是指直接燃烧的薪柴、秸秆等生物质能的消费量。2017 年，我国用于居民炊事和取暖的生物质燃料消费量为 80Mtce。

8、工厂法行业能源消费统计 statistics of trade energy consumption by factory method

我国分行业能源消费统计至今沿用“工厂法”，即按照各行业企业的能源消费量来统计，而不是按产业活动原则分类。因此，交通运输用油只统计交通部门运营车辆用油，农业、工业、建筑业、服务业和私人汽车用油计入相应行业和居民生活汽油和柴油消费量中。2017 年，其他部门和私人汽车汽油消费量占总消费量的 47.3%。能源平衡表中分行业终端能源消费量另一项与实际消费量相差很大的是建材工业用能，因为只统计本行业企业用能，而其他行业也大量生产建材。2017 年，其他行业建材生产的能源消费量约占总消费量的 31.4%。

9、电气化程度 electrification level

电气化可定义为能源需求向电力转化的过程，也就是用来替代其他形式能源的电力的需求不断增长的过程。电气化程度，即社会经济发展对电力的依赖程度，通常用两个指标来衡量：一是发电能源占一次能源总消费量的百分比，它反映电力在能源系统中的地位；二是电力占终端能源总消费量的百分比，用来度量各类用户的电力消费水平，说明电力对社会经济发展的作用。此外，单位 GDP 用电量、人均用电量、人均生活用电量等，也是衡量电气化程度的重要指标。

我国电力占终端能源消费量的比重，2000 年为 14.8%，2018 年提高到 25.5%。我国人均用电量和人均生活用电量 2018 年分别为 4905kWh 和 694kWh。

10、能源消费弹性系数 elasticity of energy consumption

一个国家或地区某一年度一次能源消费量增长率与 GDP 增长率之比。它反映能源与经济增长的相互关系。由于产值和能耗都是综合性指标，涉及经济结构、管理体制、资源状况、技术水平、人口多寡、气候条件以至国际关系等许多因素。因此在一个国家的年度之间以及不同国家之间有很大的差异。第一次石油危机以来，能源来源和品种趋于多样化，节能取得很大进展，各种能源之间的相互替代复杂多变，能源市场更加灵活，国际化更为突出，电气化进程加速。这些因素使得能源与经济的相互关系发生畸变，总的的趋势是从紧密相关变得没有规律，甚至脱节。因此能源消费弹性系数不宜用作预测能源需求的依据。

11、能源价格弹性 energy price elasticity

是能源价格上升 1%，能源需求减少的百分数。按能源类别和不同用途（工业、运输和民用）得出短期和长期的价格弹性，来进行能源需求和节能预测，并分析能源价格变化对经济的影响。我国 1953 ~ 2005 年能源价格弹性为 0.37。

12、能源需求收入弹性 income elasticity of energy demand

是人均收入每增长 1% 所引起的能源需求增长的百分数。是能源需求预测的一项重要参数，1981 ~ 2002 年长期收入弹性中国为 0.44，日本 0.78，印度 0.84。

13、重化工业 heavy-chemical industry

按照中国的工业分类，工业分为重工业和轻工业。重工业是指为国民经济各部门提供主要生产资料的工业，分为采掘业（伐）工业、原材料工业和加工工业三类。

早先曾按产品单位体积重量来划分轻、重工业，同时把化学工业单列，工业分为重工业、化学工业和轻工业。把重工业和化学工业放在一起，称为重化工业。从 2013 年开始，国民经济行业分类，不再采用“轻工业”和“重工业”分类。行业分为：采矿业、制造业、电力、热力、燃气及水生产和供应业。

14、高技术产业 high technology industry

按国家统计局《高技术产业统计分类目录》的规定，高技术产业包括：航空航天制造业，电子和通信设备制造业，电子计算机及办公设备制造业，医药和医疗设备制造业，仪器仪表制造业。

15、高端装备制造业 top-grade equipment manufacturing

是我国战略性新兴产业之一。包括：航天装备；空间基础设施建设；卫星及其应用产业；城市轨道交通；海洋工程装备；以数字化、柔性化、系统集成技术为核心的智能制造装备。

16、规模以上工业企业 industrial enterprises above designated size

是指年主营业务收入在 2000 万元（2011 年以前为 500 万元）以上的法人工业企业。

17、中小微型工业企业 medium、small and mini-sized industrial enterprises

中小型工业企业是指职工数在 2000 人以下，或销售额 3 亿元以下，或资产总额 4 亿元以下的工业企业。其中，中型工业企业是指同时满足职工数 300 人以上、销售额 3000 万元以上、资产总额 4000 万元以上的工业企业；其余为小型工业企业。2011 年 7 月 4 日起，新增“微型”类，微型工业企业是指从业人员 20 人以下，或营业收入 300 万元以下的企业。

18、产业集中度 industry centralization level

是反映行业企业规模结构的指标。以某一行业企业的平均年产量，大、中、小型企业产量占比，或前 5 名、前 10 名企业产量占比来表示。我国高耗能行业小企业单位产品能耗比大型企业高 30% 以上。产业集中度对工业部门的能源效率有很大影响。

19、剩余可采储量 remaining recoverable reserves

截止某一日期保有的煤炭、石油、天然气可采储量。根据我国 1999 年发布的与《联合国国际资源/储量分类框架（固体燃料和其他矿产）》接轨的《固体矿产资源/储量分类》国家标准，探明可采储量是在现有的经济和生产条件下，可从探明储量中开采到地面的数量，也就是探明储量乘采收率（回采率）。因此，可采储量会随着开采技术的进步而增加。探明储量是指经过详细勘探，在目前和预期的当地经济条件下，可用现有技术开采的数量。我国 2018 年石油剩余可采储量 35.0 亿 t。

20、原煤和商品煤 raw coal and salable coal

原煤是指从毛煤中拣出规定粒度的矸石（包括黄铁矿硫等杂质）后的煤。毛煤是煤矿开采出来后未经任何加工处理的煤。商品煤是指原煤经过洗选筛分减少其中所含的灰分、硫分等杂质后出售的煤。我国煤产量按原煤计量，其他国家通常按商品煤计量。商品煤占原煤的比重，美国约 86%，澳大利亚 81%，波兰 76%。2018 年，我国煤产量按原煤计为 3683Mt，按商品煤计为 3207Mt。

21、单位产品综合能耗 full energy consumption for unit products

是指生产单位产品所消耗的能源量，包括一次能源、二次能源以及耗能工质消耗的能源。二次能源和耗能工质一般按等价热值（发电煤耗）计算。综合能耗通常以千克标准煤为计量单位。

综合能耗可以反映企业的用能状况。但各种产品或同一产品的不同工艺的能耗结构有很大差异，如有的几乎完全用煤，有的绝大部分用电，而相同热值的煤和电的价值相差很大，因此不能真实反映节能降耗的经济效益。应把单位电耗和单位燃料消耗分开统计。

我国从 2006 年开始，产品综合能耗中的电耗折标准煤的方法由发电煤耗法改为电热当量法。而国外所有国家都采用发电煤耗法。2017 年，我国大中型钢铁企业按电热当量法计算的综合能耗为 543kgce/t，按发电煤耗法为 670kgce/t。全行业煤耗法可比能耗为 634kgce/t，比国际先进水平高 10.1%。

22、发电煤耗 gross coal consumption rate

又称发电热耗。火力发电厂每发 1kWh 电能平均耗用的燃料按热值计算的标准煤量。主要取决于发电能源结构和机组容量。燃油、气电厂厂用电率较低。2018 年，我国供电热耗 308gce/kWh，煤、油、气占火力发电比重分别为 66.5%、0.2% 和 3.1%。世界先进水平意大利供电热耗为 275gce/kWh，煤、油、气占火力发电比重分别为 12.6%、3.8% 和 43.8%。

23、输电线路损失率 loss factor of electricity transmission

是指一定时间内，电能沿输电线路传输和通过变压器时，所产生的容量和电量损耗。即从发电厂变压器一次侧起，经送电和配电线路、降压变电站到用户，所发生的全部电能消耗和损失。在我国的统计中，由于农村电网大部分电能是趸售的，这部分电能的低压配电损失未计在内。目前，农村电网低压配电损失约 12%。因此，全国实际输电线路损失率远高于公布的统计数据（2018 年为 6.21%）。

24、钢可比能耗 comparable energy consumption for steel

我国钢铁企业吨钢综合能耗的统计范围与国外有很大差异。国外钢铁企业一般只包括烧结、炼铁、炼钢、轧材、铁合金等主要生产工序，而我国钢铁企业除上述工序外，还包括耐火材料、炭素、焦化、机修等辅助工序。因此，为便于国内外比较，按照国外的统计范围来计算吨钢综合能耗，叫做可比能耗。

2018 年，我国钢可比能耗为 613kgce/t，比国际先进水平 576kgce/t 高 6.4%。

25、炼油单位能量因素能耗 energy factor consumption for petroleum refining

“能量因素”是反映炼油厂加工深度的指标。加工深度高单位能耗必然增大，所以“单位能耗”不宜直接对比。引入“单位能量因素能耗”作为对比的指标是国际通行的方法。“能量因素”是根据“单位能耗”和炼油装置的组成计算得出的。我国 2014 年 9 月 1 日开始实施的《炼油单位产品能源消耗限额》（GB-30251-2013）规定，现有炼企业单位能量因素能耗≤11.5kgce/t；新建企业单位综合能耗≤63 kgce/t，单位能量因素能耗≤8 kgce/t。2018 年，综合能耗 57.2kgce/t，单位能量因素能耗为 8.5kgce/t。

26、产品物理能源效率 physical energy efficiency of product

是指产品生产过程中有用能消耗量与过程开始时输入的能源量之比。产品物理能源效率 = 单位产品理论能耗或电耗/产品实际能耗或电耗。例如，2017 年中国钢可比能耗为 634kgce/t，理论能耗 440kgce/t，能源效率为 69.4%。电解铝交流电耗为 13577kWh/t，理论电耗 6330kWh，能源效率为 46.6%。

27、高标号水泥 high-grade cement

标号为 42.5 及上（42.5R, 52.5R, 62.5, 62.5R）的水泥。标号 42.5 代表按水泥：标准砂 1：3 制成的 $7.07 \times 7.07 \times 7.07\text{cm}^3$ 立方体试块完全硬化时的抗压强度为 42.5 兆帕。用高标号水泥替代 32.5 低标号水泥，可节省水泥 15%。2018 年，我国高标号水泥产量占比为 54%。

28、平板玻璃重量箱 sheet glass weight-box

平板玻璃计量单位。1 重量箱平板玻璃重 50kg，厚 2mm 的平板玻璃 1 重量箱 10m^2 。

29、标准砖 standard brick

砖的计量单位。标准砖尺寸为 $240 \times 115 \times 53\text{mm}$ ，包括 10mm 厚的砖缝，长宽厚之比为 4：2：1。2 片瓦折合 1 块标准砖。

30、换算吨公里 conversion t-km

换算吨公里 = 货运吨公里 + 客运人公里 × 折算系数。铁路客运折算系数为 1t/人，公路客运为 0.1t/人，水路客运为 1t/人，民航客运国内航线为 72kg/人，国际航线为 75kg/人。

31、产品原料结构 product raw material mix

是指生产某种工业产品所用各种原料占产品产量的比重。它对产品能耗有很大影响。例如，煤制合成氨的单位产品能耗比天然气高 30%。2018 年，我国煤占合成氨原料的 75%，天然气占 22%，产品综合能耗为 1453kgce/t；美国合成氨原料天然气占 98%，产品综合能耗为 990kgce/t。

32、采暖度日数 heating degree-days

是指室外日平均气温与采暖基准温度之差值。是计算和评价建筑物采暖或供冷所需能源的户外平均温度的指标。国际上通常采用 18°C 作为采暖基准温度。平均温度低于基准温度的日子，均计算采暖度日数。例如，某地某日日平均气温为 -3°C ，当日的采暖度日数即为 $18 - (-3) = 21$ 。将同年（或同月）各日的采暖度日数累计，即得该年（或该月）的采暖度日数。

与相同纬度的欧美国家城市相比，我国城市的采暖度日数较高。以 18°C 为基准温度的采暖度日数，哈尔滨（北纬 45.7° ）为 5578，长春（北纬 43.6° ）为 5172，沈阳（北纬 41.8° ）为 4291，北京（北纬 39.8° ）3076；而纬度较高的德国柏林（北纬 52.5° ）仅为 3420，加拿大温哥华（北纬 49.2° ）只有 2924。由此可以看出，我国冬天气候较为寒冷，建筑节能与提高建筑舒适性的问题更为突出。

33、能效比 energy efficient ratio, EER

在额定工况和国家规定条件下，空调器制冷运行时，制冷量与有效输入功率之比，用 W/W 表示。

34、外部成本 external cost

能源外部成本是指能源生产利用的环境和社会成本，以及为确保能源供应所付出的代价。煤炭的环境成本是开采、加工、贮运和燃烧过程中对环境和公众健康造成的损害，包括空气污染，水污染，土壤污染，土地破坏，水资源破坏，生态破坏，建筑损害，人体健康损害等。

35、差别电价 differential electricity price

对高耗能企业（电解铝，铁合金，电石，烧碱，水泥，钢铁，黄磷，锌冶炼）用电采取不同的价格。允许类和鼓励类企业执行正常电价，限制类企业加价 0.2 元/kWh，淘汰类企业加价 0.3 元/kWh。2014 年 7 月 1 日起，淘汰类企业加价 0.4 元/kWh。2017 年 1 月 1 日起，钢铁工业淘汰类企业家加价 0.5 元/kWh。

36、居民用电阶梯电价 stepped electricity price for residents

按照用户消费的电量分段定价，电价随用电量增加呈阶梯状逐级递增的一种定价机制。这种定价机制遵循“多耗能多付费”的原则，是运用价格杠杆促进节能减排的定价模式。2012 年 7 月 1 日起，在全国

范围内试行。阶梯电价按每户月用电量分为三档。一、二、三档分别为 210kWh 以下，电价不上调；201~400kWh，加价 0.05 元/kWh；超过 400kWh，加价 0.3 元/kWh。电价不上调的第一档电量覆盖率都在 80% 以上，上海、北京、四川、陕西第一档每户每月用电量分别为 260、240、180 和 150kWh。

37、标杆电价 range pole electricity price

是指为推进电价市场化改革，国家在经营期电价的基础上，对新建发电项目实行按区域或省平均成本统一定价的电价政策。2018 年，煤电标杆电价为 0.453 元/KWh。2020 年，燃煤发电标杆上网电价改为基准电价 + 上下浮动的市场机制。

38、可再生能源电价 renewable energy electricity price

超过常规火电上网标杆电价的部分，附加在销售电价中分摊。2011 年 12 月 1 日起，可再生能源附加由 4 厘/kWh 上调到 8 厘/kWh。2013 年 9 月 5 日起，上调到 1.5 分/kWh。2016 年 1 月 1 日起，上调到 1.9 分/kWh。2019 年，财政部拨付可再生能源电价附加补助资金 866 亿元。

39、两部制热价 two-part price system for space heating

城市供热价格由容量热价和计量热价两部分组成。根据热用户热容量建设、维修和管理而投入的资金计算的热价称为容量热价；按用户的用热量和供热系统运营耗费的资金计算的热价，称为计量热价。计算容量热价的依据是：供热系统是根据热用户的最大热负荷建设的，无论用户用热多少或者是否用热，都要运行管理。因此容量热价是固定费用，应由所有用户分担。

国际组织

经济合作与发展组织 Organization for Economic Co-operation and Development, OECD

经济合作与发展组织（简称经合组织），是市场经济国家组成的国际经济组织，1961年9月30日成立，总部设在巴黎。目前，OECD有35个成员国：澳大利亚，奥地利，比利时，加拿大，捷克，丹麦，芬兰，法国，德国，希腊，匈牙利，冰岛，爱尔兰，意大利，日本，韩国，卢森堡，墨西哥，荷兰，新西兰，挪威，波兰，葡萄牙，斯洛伐克，西班牙，瑞典，瑞士，土耳其，英国，美国，2010年智利、爱沙尼亚、以色列、斯洛文尼亚加入，2016年拉脱维亚加入。2018年，OECD人口达13.18亿，GDP为46.35万亿美元。

经合组织的宗旨是：（1）实现成员国最高程度的可持续经济增长和就业，并提高生活水准，同时保持财政金融稳定，从而促进世界经济发展；（2）促进成员国经济健康成长，以及非成员国经济发展进程；（3）按照无歧视的国际契约，促进多边世界贸易的扩大。

国际能源署 International Energy Agency, IEA

1973年第一次石油危机以后，在美国倡议下于1974年11月15日成立，总部设在巴黎。它是在经济合作与发展组织（OECD）的框架内为实施国际能源计划而建立的国际自治团体，担负成员国之间的综合性能源合作事务。其基本宗旨是：（1）保持并改进应付石油供应中断或出现混乱的体制；（2）通过与非成员国、产业界和国际组织的合作，促进全球范围的能源政策合理化；（3）保持永久性的国际石油市场信息系统；（4）发展替代能源，提高能源利用效率，以改善世界能源供需结构；（5）推进国际间环境和能源政策的研究制订。

现有29个成员国：澳大利亚，奥地利，比利时，加拿大，捷克，丹麦，爱沙尼亚，芬兰，法国，德国，希腊，匈牙利，爱尔兰，意大利，日本，韩国，卢森堡，荷兰，新西兰，挪威，波兰，葡萄牙，斯洛伐克，西班牙，瑞典，瑞士，土耳其，英国，美国。欧洲委员会参与IEA的工作。

欧洲联盟 European Union, EU

简称欧盟。1993年11月在欧洲共同体基础上成立。当时有12个成员国：法国，德国，意大利，荷兰，比利时，卢森堡，英国，丹麦，爱尔兰，希腊，西班牙，葡萄牙。1995年1月1日，瑞典、芬兰、奥地利加入。2004年5月1日，波兰、捷克、匈牙利、斯洛伐克、斯洛文尼亚、立陶宛、拉脱维亚、爱沙尼亚、马耳他、塞普路斯10国加入。2007年1月1日，保加利亚、罗马尼亚加入。2013年7月1日，克罗地亚加入。现有28个成员国，面积460万km²，2018年人口5.132亿，GDP18.75万亿美元。

1993年1月1日起，欧盟内部实现商品、服务、人员和资本自由流动。2002年1月1日起，欧元在12个成员国正式使用。欧盟总部设在布鲁塞尔。

世界能源委员会 World Energy Council, WEC

综合性国际能源组织。原为1924年创立的世界动力会议，1968年改名为世界能源会议，1990年更名为世界能源委员会。现有98个成员，是一个非官方、非盈利组织。其宗旨是研究、分析和讨论能源以及与能源有关的重大问题，为各国公众和能源决策者提供意见、咨询和建议。目前主要探讨以下问题：能源与环境，各种能源之间的相互关系，能源与公众，能源经济，能源效率与节能，能源与用户。WEC的目标是在社会和环境可接受的条件下，促进能源发展，以及最有效地和平利用所有能源。

WEC总部设在伦敦。1985年中国成为WEC执行理事会成员。

石油输出国组织 Organization of the Petroleum Exporting Countries, OPEC

1960年9月，伊拉克、伊朗、科威特、沙特阿拉伯和委内瑞拉的代表在巴格达开会，共同对付西方石油公司。14日宣告成立石油输出国组织，简称欧佩克（OPEC）。总部设在维也纳。2020年有11个成员国，除上述5国外，还有阿尔及利亚、安哥拉、阿拉伯联合酋长国、印尼。加蓬和印尼，分别于1994年和2008年退出，印尼于2015年12月重返，2019年卡塔尔退出，2020年厄尔瓜多退出。

OPEC的宗旨是：协调和统一成员国的石油政策，并确定以最适宜的手段来维护各自的和共同的利益。2018年，石油可采储量1748Mt，占世界的71.6%；原油产量1854.3Mt，占世界的41.4%。

能源计量单位及换算

1、常用能源计量单位

tce	吨标准煤（吨煤当量）。标准煤是按煤的热当量值计算各种能源的计量单位。 1kgce=7000kcal=29307kJ
Mtce	百万吨标准煤
kgce	公斤标准煤
gce	克标准煤
toe	吨油当量。油当量是按石油的热当量值计算各种能源的计量单位。 1kgoe=10000kcal=41816kJ
Btu	英热单位。1Btu=252cal=1055J
kcal	千卡
Mt	百万吨
st	短吨。1st=2000Ib=907.185kg
MW	千千瓦（兆瓦）
GW	百万千瓦（吉瓦）
TW	10亿千瓦（太瓦）
kWh	千瓦小时
GWh	百万千瓦小时
TWh	10亿千瓦小时

2、能源计量单位换算

(1) 中国

能源名称	平均低位发热量	折标准煤系数
原煤	20908kJ (5000kcal) /kg	0.7143 kgce/kg
洗精煤	26344kJ (6300kcal) /kg	0.9000 kgce/kg
其它洗煤		
洗中煤	8363kJ (2000kcal) /kg	0.2857 kgce/kg
煤泥	8363kJ (2000 ~ 3000kcal) /kg	0.2857 ~ 0.4286 kgce/kg
焦炭	28435kJ/ (6800kcal) /kg	0.9714 kgce/kg
原油	41816kJ/ (10000kcal) /kg	1.4286 kgce/kg
燃料油	41816kJ/ (10000kcal) /kg	1.4286 kgce/kg
汽油	43070kJ/ (10300kcal) /kg	1.4714 kgce/kg
煤油	43070kJ/ (10300kcal) /kg	1.4714 kgce/kg
柴油	42652kJ/ (10200kcal) /kg	1.4571 kgce/kg
液化石油气	50179kJ/ (12000kcal) /kg	1.7143 kgce/kg
炼厂干气	45998kJ/ (11000kcal) /kg	1.5714 kgce/kg
天然气	38931kJ/ (9310kcal) /m ³	1.3300 kgce/m ³
焦炉煤气	16726~17981kJ/ (4000 ~ 4300kcal) /m ³	0.5714 ~ 0.6143 kgce/m ³
其它煤气		
发生炉煤气	5227kJ/ (1250kcal) /m ³	0.1786 kgce/m ³
重油催化裂解煤气	19235kJ/ (4600kcal) /m ³	0.6571 kgce/m ³
重油热裂解煤气	35544kJ/ (8500kcal) /m ³	1.2143 kgce/m ³
焦炭制气	16308kJ/ (3900kcal) /m ³	0.5571 kgce/m ³
压力气化煤气	15054kJ/ (3600kcal) /m ³	0.5143 kgce/m ³
水煤气	10454kJ/ (2500kcal) /m ³	0.3571 kgce/m ³
煤焦油	33453kJ/ (8000kcal) /kg	1.1429 kgce/m ³
粗苯	41816kJ/ (10000kcal) /kg	1.4286 kgce/m ³
热力 (当量)		0.03412 kgce/MJ (0.14286 kgce/1000kcal)
电力 (当量) (等价)	3596kJ/ (860kcal) /kW·h 按当年火电发电标准煤耗计算	0.1229 kgce/kW·h
生物质能		
人粪	18817kJ/ (4500kcal) /kg	0.643 kgce/kg
牛粪	13799kJ/ (3300kcal) /kg	0.471 kgce/kg
猪粪	12545kJ/ (3000kcal) /kg	0.429 kgce/kg
羊、驴、马、骡粪	15472kJ/ (3700kcal) /kg	0.529 kgce/kg
鸡粪	18817kJ/ (4500kcal) /kg	0.643 kgce/kg
大豆秆、棉花秆	15890kJ/ (3800kcal) /kg	0.543 kgce/kg
稻秆	12545kJ/ (3000kcal) /kg	0.429 kgce/kg
麦秆	14635kJ/ (3500kcal) /kg	0.500 kgce/kg
玉米秆	15472kJ/ (3700kcal) /kg	0.529 kgce/kg
杂草	13799kJ/ (3300kcal) /kg	0.471 kgce/kg
树叶	14635kJ/ (3500kcal) /kg	0.500 kgce/kg
薪柴	16726kJ/ (4000kcal) /kg	0.571 kgce/kg
沼气	20908kJ/ (5000kcal) /kg	0.714 kgce/m ³

(2) 英国石油公司

原油换算

	吨	千升	桶	美制加仑	吨/年
吨=	1	1.165	7.33	307.86	—
千升=	0.858	1	6.2898	264.17	—
桶=	0.136	0.159	1	42	—
美制加仑	0.00325	0.0038	0.0238	1	—
桶/日=	—	—	—	—	49.8*

*按世界平均比重计算

石油制品换算

	桶换算成吨	吨换算成桶	千升换算成吨	吨换算成千升
LPG	0.086	11.6	0.542	1.844
汽油	0.118	8.5	0.740	1.351
煤油	0.128	7.8	0.806	1.240
粗柴油/柴油	0.133	7.5	0.839	1.192
燃料油	0.149	6.7	0.939	1.065

天然气 (NG) 和液化天然气 (LNG) 换算

	10 亿立方米 NG	10 亿立方呎 NG	百万吨 油当量	百万吨 LNG	万亿英热 单位	百万桶 油当量
10 亿立方米 NG=	1	35.3	0.90	0.74	35.7	6.60
10 亿立方呎 NG=	0.028	1	0.026	0.021	1.01	0.19
百万吨油当量=	1.111	39.2	1	0.82	39.7	7.33
百万吨 LNG=	1.38	48.7	1.22	1	48.6	8.97
万亿英热单位=	0.028	0.99	0.025	0.021	1	0.18
百万桶油当量=	0.15	5.35	0.14	0.121	5.41	1

热值当量

1 吨油当量约等于:	
热单位	1000 万千卡
	42 吉焦
	4000 万英热单位
固体燃料	1.5 吨硬煤
	3 吨褐煤
气体燃料	见天然气换算表
电	12 兆瓦时
	100 万吨油约生产 4500 吉瓦小时电

来源: BP Statistical Review of World Energy, June 2015。