

绿色-低碳经济 科技纵横

LUSE-DITAN JINGJI KEJI ZONGHENG

张启人 著



经济科学出版社
Economic Science Press

绿色-低碳经济 科技纵横

LUSE-DITAN JINGJI KEJI ZONGHENG

张启人 著



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

绿色 - 低碳经济科技纵横 / 张启人 著. — 北京:
经济科学出版社, 2015. 10

ISBN 978 - 7 - 5141 - 6027 - 7

I. ①绿… II. ①张… III. ①节能 - 技术 IV. ①TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 206208 号

责任编辑: 周秀霞
责任校对: 杨晓莹
版式设计: 齐 杰
责任印制: 李 鹏

绿色 - 低碳经济科技纵横

张启人 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编部电话: 010 - 88191217 发行部电话: 010 - 88191522

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@ esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: [http: //jjkxcbs. tmall. com](http://jjkxcbs.tmall.com)

北京汉德鼎印刷有限公司印刷

三河市华玉装订厂装订

880 × 1230 16 开 39.25 印张 1270000 字

2015 年 11 月第 1 版 2015 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 6027 - 7 定价: 98.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191502)

(版权所有 侵权必究 举报电话: 010 - 88191586)

电子邮箱: [dbts@ esp. com. cn](mailto:dbts@esp.com.cn))

序

在全球气候日见执着变暖，生态、环境日临左支右绌，能源、资源日益捉襟见肘，人口结构日趋老龄攀高，城镇交通建筑日形堵塞拥挤等挑战面前，可持续发展绿色—低碳经济的呼声一浪高过一浪。值兹政通人和、顽廉懦立之际，谨不揣谫陋，拟从经纬万端、纵横交错的国内外现实机缘，探寻寸长片善的细微末节和博大精深的累累硕果中可能有的瑕瑜互见，或许能从拾遗补阙中领悟某些不足，以佐刍蕘之见。《礼记·中庸》中，子曰“好学近乎知，力行近乎仁，知耻近乎勇”，可否借来描绘写本书的初始心情，但愿不致受吹影镂尘之讥！

习近平同志 2014 年 4 月 1 日在比利时布鲁日欧洲学院发表演讲时语重心长的一段话，代表着中华民族当代人民的心声，沦肌浹髓，感人肺腑。他说：“观察和认识中国，历史和现实都要看，物质和精神也都要看。中华民族 5000 多年文明史，中国人民近代以来 170 多年斗争史，中国共产党 90 多年奋斗史，中华人民共和国 60 多年发展史，改革开放 30 多年探索史，这些历史一脉相承，不可割裂。脱离了中国的历史，脱离了中国的文化，脱离了中国人的精神世界，脱离了当代中国的深刻变革，是难以正确认识中国的”。这段金玉良言足以用来透视写本书的基本出发点。

1937 年 7 月 7 日丧心病狂的日寇发动卢沟桥事变，我国抗日战起。当时我尚年幼，跟兄姊躲在北平城内。通过窗缝看得见日军铁蹄在全城横冲直闯、穷凶极恶搜捕爱国人士，重点迫害参加过“一二九”反日运动的北大、清华、北师大、燕京和辅仁等大学的师生。母亲郭懿君是北师大教育系的老师，参加过爱国游行和抵制日货。当嘱咐儿女免遭残忍屠杀的逃逸之策后，每每声泪俱下抱着骨肉亲情，忖度她若不幸惨遭杀害，告诫我们长大后要为国家、为母亲报仇。后来抗战重心南移，全家化装成乞丐逃出北平，辗转途经已沦陷但仍能躲进英法租界的天津，搭乘英国人提供的免费难民船乘夜大雨逃逸渤海湾，徙离日寇虎口。当时在天津曾目睹日寇血腥屠杀同胞亲人，至今历历在目，判若昨天。母亲带着五姊妹从平津战火里靠一路乞讨逃到湘西，后在湖南益阳信义中学女生部谋得枝栖，任教务主任，偏复遭日寇转战常德、益阳、衡阳，她顾不上自己儿女们的安危，独自连夜率全校女生西遁资江上游避难，我因走失被迫辍学放牛为生。当时能理解国难当头，母亲正在用救助女学生的大爱代替了骨肉情深的母爱！失散半年后，我已 9 岁，只身沿资江西觅靠乞讨风餐露宿跋涉约 200 多公里寻母，虽然染上需要跟死亡搏斗的重病，终于奇迹般找到了母亲！伟大的母爱是我在成长岁月里带病勤奋学习的原动力，是那抗日战火痛定思痛义愤填膺的赤子之心！是写本书蕴蓄心中的思亲力量！

遵循上述三个立论基准，全书贯穿着四个基本观点。谨在此陈其梗概，就正于大家：

其一，唐代名相魏征的《谏太宗十思疏》云：“求木之长者，必固其根本；欲流之远者，必浚其泉源……不念居安思危，戒奢以俭，斯亦伐根以求木茂，塞源而欲流长也”。杜牧所作

《阿房宫赋》则深刻揭露秦始皇大兴土木、荒淫无耻，“盘盘焉，囿囿焉，蜂房水涡，矗不知其几千万落”。其结果：从俭入奢易，从奢返俭难！“秦爱纷奢，人亦念其家……”吾辈发展绿色 - 低碳经济科技创新，当节用裕民，力争国富仓实为上。

其二，苏轼《晁错论》：“昔禹之治水，凿龙门，决大河，而放之海。方其功之未成也，盖亦有溃冒冲突可畏之患。惟能前知其当然，事至不惧，而徐为之图，是以得至于成功”。相传鲧治水，专工筑坝堵截，导致洪水泛滥成灾。其子大禹聪颖绝伦，专事疏浚，预测可能变生水路，事先采取有效化解措施，致水路畅通，渔舟兴旺。绿色 - 低碳经济发展依从的科技手段和管理方式也应以疏导为主，戒却靠限制、靠主观臆测维持虚构政绩的旧式官僚作风。交通要重疏导、轻拦截，重视人行道建设就能少开车、少耗能、少堵车、少污染！绿色并非单纯指环保，更重要的是推进社会包容和谐，官民共庆、上下齐心、有法同依，有规同守，“上有好者，下必有甚焉者也”才是疏导为怀，以民为本。有的超级城市把小区马路全让给走车，人行道仅仅留下十来厘米宽，这样的“疏导”事实上适得其反！

其三，关心弱势群体：2015年2月初，习近平同志不辞辛劳，在云南贫困地区和地震灾害后重建地区视察和访贫问苦，鼓舞着全国多年来支援老少边穷地区的积极扶贫行动。据2011年中国制定的新的农村贫困标准（农村居民年人均纯收入2300元），扶贫对象尚有1.22亿，多生活在自然条件较差的山区或荒原。据UNDP按世界银行定义的贫困线，即赤贫人口是人均日消费水平低于1.25美元；但亚洲开发银行进行广泛调研后认为亚洲人口贫困线应为人均日消费1.51美元。据2014年8月30日《经济学人》，以2010年的人口数据和以2005年购买力平价指数（PPP）测算，则孟加拉国的赤贫人口占总人口的58%，0.86亿人；印度占48%，5.84亿人；中国占16.31%，2.21亿人，斯里兰卡仅占10%，200万人。我国“十二五”期间，农村贫困人口生活状况已明显改善，特别是近年大力改进农村基础教育系统和积极推进农村社保，加速推行现代城镇化。然而我国还有8600万残疾人群，在推行绿色 - 低碳经济和普及相应的科学技术时更不要忘记他/她们！

其四，值得崇拜的四类人：

第一，以模范共产党员帅妈妈——帅孟奇为代表。她是1926年的老党员，1932年10月在上海被国民党特务抓捕，酷刑逼供，右腿压断，五官淌血，左眼被殴致残。面对敌人的严刑拷打，妈妈坚持斗争，严守党的秘密。1936年12月西安事变后，经组织积极营救，妈妈于1937年初出狱回湘，带着伤痛坚持工作。新中国成立后一直勤恳耕耘在党的第一线组织工作。“文革”浩劫中，竟被“四人帮”等叛逆关押7年和放逐2年。1977年回京操劳于正本清源、拨乱反正。20世纪80年代初我任职湖南科委领导，几次约见我，苦口婆心地晓以坚持不懈为党献身的磨砺品格；后在京每次祝贺年迈的帅妈妈过生日，更了解到她那为党为革命出生入死、坚贞不屈的高山景行。她是一位永远值得人们景仰的、为党的事业奋斗终生的好妈妈（1988年11月中央文献出版社出版《模范共产党员帅孟奇》）。

第二，以中国人才科学研究院针术所所长、中国海军总医院特聘医学专家刘合群为代表。他通过多年来在医疗战线上的深厉浅揭不断开拓，形成了医学界独辟蹊径的“宇宙力网理论”基本思路，在临床实践中获得意想不到的妙手回春效果。刘合群科技创新独具匠心，从理论基盘上殚精毕力（《科技日报》2014年12月25日报道）。

第三，以中国社科院数经所研究员、原全国政协委员、挚友周方教授为代表。他敢于挑战权威，从伽利略变换到牛顿力学，从洛伦兹变换到爱因斯坦的狭义相对论，更新哈勃光学

理论，体现在专著《牛顿力学的新时空变换——Z变换（广义的伽利略变换）》和《现代牛顿力学的运动观测理论——兼评狭义相对论之洛伦兹变换》中。这种以往鉴来、冲刺经典高论的严谨创新值得颂扬光大。

第四，湖南省长沙市兼资文武、才略超群的幼儿教育家谢庆先生。世纪之初创办“诺贝尔摇篮世界之窗幼儿园”先后已为国家培养了7000多名社会主义优秀接班人。他的辉煌教育思想、培育过得硬的中华智力后继已经名闻遐迩、有口皆碑。谢庆董事长本人是湖南省教育学会副会长、中国王阳明思想践习会常务副会长。2013年4月，所办幼儿园在京被评为“中国最具特色优秀民办幼儿园”，他本人被评为“中国民办幼儿园卓越领军人物”。2014年10月，在“中华优秀传统文化教育2014年度人物”评选中获“中华优秀传统文化教育2014年度人物·卓越贡献奖”。他从披肝沥胆创办、精心开创新型幼教到适应新形势培育国家未来栋梁之才，曾得到中央充分肯定和表彰。目前诺贝尔摇篮教育集团拥有小学1所、幼儿园12所。教职工中不乏幼教领域许多后起之秀，如担任集团副总的章洪即当地教育界幼教领域十分活跃的创新领军人物。毋庸讳言，共圆光辉灿烂的中国梦需要更多先进幼教领域培养出来的出类拔萃科技人才！

虽然四类在不同岗位令人崇敬的人表现出性质不同、坚定不移的高风亮节，其共同点却是追求真理和锲而不舍地弘扬造福人类的党的光辉、贡献人类的基元技术和丰富人类的基础理论！都在披肝沥胆共圆中国梦！以她/他们为代表的感人事迹成为撰写本书依从的精神支柱！

为本书题写书名的汪浩教授，是中国著名的数学家、教育家、系统科学家，一位有口皆碑的良师益友，中国人民解放军国防科学技术大学原政委。谨在此向他致谢、致候、致礼！

最后，向支持本书面世的广东工业大学党政领导，如先后任党委书记的陈年强和苏一凡、校长陈新、副校长章云、张光宇、王成勇、郝志峰等教授。还有给予过具体指导的易露霞教授、张成科和陈原教授以及下列副教授或博士（按姓氏笔画）：刘蓉、刘巍、李锦霖、闵惜琳、何军红、张延林、岳鹄、周扬、周海英、宾宁、奚菁、陶雷、韩小花等，以及绘制全书大部分插图的电脑专家、女儿张征。其中还有张延林博士承担广东省哲学社科项目“IT与业务匹配理论下云计算对提升广东制造业低碳竞争优势的机理研究”（GD12CGL12），有关成果也反映在本书个别章节。特别要感谢我任湖南科技大学兼职校长期间指导过九个科学系的后起之秀给了我情冠师生的有力支援！

诚恳地谢谢他/她们！谢谢关心本书的读者们和朋友们！

张启人

2015年10月10日

几点说明

1. 报刊和网传中文文字附在各章章末，提示参考文献序号放在行文的右上角，书末参考文献在正文中标注时中文用 [—]，外文用 (—)。

(1) 为节约版面，书末所附参考文献一般仅出现一次，个别具指导意义的文献也可能在不同章重复引用。

(2) 文献中有的序号后附有内容相关或出处相似或作者相同的其他文献，标注时除紧接序号的文献外，均在文献序号后加上“!”号或“↓”号以示区别，后者表示较重点参考。

(3) 引入文献时，同一序号内后一文献与前一文献出处相同则不再重复该报刊名；报刊版序相同时在后一文献末注明“均 x 版”。

(4) 个别参考文献是作为同一命题的有价值辅助资料，供读者必要时参考之用。

2. 书末所附缩写词一般均不加注解，除非需提示内容的个别关键用词，如 OECD 的成员国名单等。但如 CNY、RMB、USD 等常用习见缩写词均未收入。

3. 常用、多用英文缩写词如 GDP、GHG、UNEP、IEA、IPCC、KP、UNFCCC 等，除第一次出现时用中文译义或加中文解释，一般在行文时直接用缩写词。

4. 常用、多用化学名词如二氧化碳、二氧化硫、甲烷、氮氧化物一般直接用化学符号如 CO_2 、 SO_2 、 CH_4 、 NO_x 等。

5. 常用、常见单位如米（厘米、毫米、微米）、公斤、公里、公顷、电度等，均直接用英文词冠如 m (cm、mm、 μm)、kg、km、 hm^2 、kWh 等。

6. 文中提及资金数据涉及对应货币时，所有提及人民币的资金额后不再加注“人民币”三字；其他外币均注明货币种类，如美元、欧元、英镑等。

7. 图中所附图表均在引用时为了本书的版面协调做过修改或重绘处理，标注来源时改用“据”字以示尊重，谨在此向出图文献致以衷心感谢。正文所依据的部分内容亦循此做法，包括因出处未显原作者名而仅能用“佚名”二字代替的文献，特向所有被参考过文献的作者致以学界最诚挚的谢忱。

8. 每章所附参考文献绝大部分列入国内著名经济、科技报刊，特别是令人折服、及时传播和分析科技新闻的《科技日报》、精义入微论述时下经济热题的《中国经济时报》。其他还有《世界科学》杂志、跨学科综议的《中国社会科学报》等，恕未能一一提及，这里谨向有关报刊的编辑们、记者们和作者们致谢和致敬！

目 录

写在前面	1
第 1 章 全球气候渐升温	4
1-1 古往今来 气候追踪	4
1-2 气候渐次变暖 温室气体作祟	7
1-3 全球升温 后患无穷	14
1-4 恶劣天气 灾害旋踵	17
1-5 挖掘科技潜力 正视变暖挑战	20
1-6 追求真理 科坛活跃	23
第 2 章 生态失衡灾害增	31
2-1 全球环境 遍体鳞伤	31
2-2 中国环境污染严重 力增碳汇平衡生态	33
2-3 悬浮颗粒 大气污染	40
2-4 护臭氧层防酸雨 全人类共同责任	45
2-5 维护生物多样 力争生态平衡	48
2-6 防灾减灾 未雨绸缪	53
2-7 环境保护 旗帜鲜明	57
2-8 环境治理 除旧布新	59
第 3 章 资源短缺难持续	69
3-1 自然资源 铢积寸累	69
3-2 化石能源 煤炭居首	72
3-3 传统能源 油气居中	76
3-4 能源需求 与日俱增	78
3-5 矿产资源 积厚流广	81
3-6 土地资源 生存基础	83
3-7 水资源—水安全 生息本—动力功	88
3-8 化解资源矛盾 着力低碳发展	95
第 4 章 各国机谋见智仁	103
4-1 国际会议 折冲樽俎	103
4-2 中国对策 厉精更始	110
4-3 国际合作 兼程并进	114

4-4 各国对策殊途同归 见仁见智各行其是·····	117
第5章 从来上策节居首 ·····	129
5-1 降碳先节能 节能先提效·····	129
5-2 节能减排 持续发展·····	131
5-3 纵深发展 深图密虑·····	135
5-4 循环经济 兼权熟计·····	138
5-5 节能环保 同工异曲·····	141
5-6 LED 照明陆离光怪 半导体显示金碧辉煌·····	143
5-7 构筑智能电网 给力节能降耗·····	147
5-8 能源管理 节能服务·····	158
第6章 迭出鸿猷崇再生 ·····	165
6-1 化解能源环境积不相能 发展新型能源时不我待·····	165
6-2 能源可再生 经济添翅膀·····	167
6-3 太阳能光伏发电 功持续任重道远·····	171
6-4 太阳能光热利用 重系统综合优化·····	177
6-5 稳妥利用太阳能 灵活决策和管理·····	182
6-6 研发太阳能电池 提效理财重环保·····	185
6-7 风力发电 迎风展翅·····	188
第7章 决心绿色融经济 ·····	202
7-1 绿色低碳发展 能源清洁安全·····	202
7-2 绿色低碳信息化 生态文明现代化·····	207
7-3 页岩气旧貌新颜 地热能旧雨新知·····	211
7-4 核能安全发电 高科绿色能源·····	220
7-5 海洋能源丰盈 期盼巧夺天工·····	231
第8章 顿悟云天绘彩虹 ·····	242
8-1 信息化发展利器 网络化低碳中坚·····	242
8-2 信息通信产品勿苟碳足迹 信息通信产业义守安全门·····	246
8-3 云时代云计算云服务 苟日新日日新又日新·····	251
8-4 大数据时代陶冶 云计算本质特征·····	258
8-5 物联网前程似锦 全社会智慧升华·····	263
8-6 4G 竞赛伴移动互联 宽带淘金促三网融合·····	272
第9章 江山锦绣城乡旺 ·····	284
9-1 城市化浪潮汹涌 城镇化全面提速·····	284
9-2 建设绿色低碳城镇 维护生态文明家园·····	295
9-3 建设智慧城市 智酬城市规划·····	304
9-4 城乡一体化 农业现代化·····	310
第10章 产业升腾大转型 ·····	324
10-1 经济结构转型 升级任重道远·····	324

10-2	战略性新兴产业欣欣向荣	329
10-3	中国传统产业推陈出新	337
10-4	中国汽车工业突飞猛进	345
第 11 章	交通建筑寻优急	359
11-1	公共交通优先 毋忘绿色低碳	359
11-2	建设交通大系统 多制式综合优化	365
11-3	城市交通管控信息化 交通网络寻优智能化	369
11-4	信息化物流系统 全局化管控安全	375
11-5	绿色低碳建筑 智慧幸福家居	382
11-6	新型建材需求奔逸绝尘 绿色建材推广山长水远	394
第 12 章	消费旅游服务兴	404
12-1	绿色低碳衣食住行 康泰和谐生老病死	404
12-2	绿色低碳节能环保 智能家电舒畅身心	413
12-3	倡导绿色低碳网络营销 完善电子商务产销金链	416
12-4	发展低碳文明旅游 提倡绿色酒店餐饮	422
12-5	推动生产科技服务 崇尚唯美文明行为	426
第 13 章	奇掘财源开碳市	433
13-1	运行清洁发展机制 完善排放权交易市场	433
13-2	推环境保护市场 促环境产权交易	443
13-3	建绿色-低碳金融 绘绿色-低碳图景	445
13-4	税负推行保绿色 财政支持促发展	451
13-5	驱顽兽何如监禁 兴捕集利用封存	454
第 14 章	运筹管控伴征程	464
14-1	强化能源管控 坚持持续发展	464
14-2	强化能源科技深谋远虑 改进体制机制革故鼎新	469
14-3	绳趋尺步有法可依 绳愆纠谬有条不紊	472
14-4	垃圾围城谋出路 涤瑕荡秽变故常	476
14-5	奋进生物工程精微领域 迎接生命科学光华世纪	484
第 15 章	高瞻战略凝规划	504
15-1	发展氢能经济 探索深邃能源	504
15-2	材料工业推陈出新 兴盛成果风华正茂	509
15-3	数字智能制造 提升实体经济	531
15-4	优化能源战略结构 规划聚焦开源节流	535
第 16 章	科技纵横万代红	549
16-1	绿色低碳信息智慧璧合珠联 时代潮流前沿科技别开生面	549
16-2	3D 打印技术 演绎创新思维	558
16-3	第三次工业革命 高科技砥柱中流	561

16-4 弘扬正能量奋力耕耘绿色低碳经济 共圆中国梦创新开拓遐迩科技纵横	567
--	-----

附录

部分单位及十进制单位倍数/分数	584
十进制国际标准单位倍数/分数称谓	585
化学名词简表	586
缩写词一览表	587
中文参考书目	611
外文参考文献	612

写在前面

抑制气候变暖：据联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）和世界银行提供的数据，20 世纪经历两次世界大战以及随后经济复苏的 100 年里，人类共消耗煤炭 2650 亿吨、石油 1420 亿吨；消耗钢铁 380 亿吨、铝 7.6 亿吨、铜 4.8 亿吨，同时排放出巨量温室气体，使大气中 CO₂ 浓度在 20 世纪初不到 300ppm（百万分率）上升到世纪末的 390ppm 左右（2015 年的今天甚至越过了 400ppm），而且明显威胁着全球的生态平衡，包括岌岌可危的生物多样。据预测：到 2050 年世界经济规模可能比现在要高出 2~3 倍，而目前全球能源消费结构中，碳基能源（煤炭、石油、天然气）在总能源中所占的比重高达 80%，未来的发展如果仍然采用高碳模式，到本世纪中期地球将不堪重负，人类将吐丝自缚。面对每况愈下的环境、灾难频仍的生态、捉襟见肘的能源、资源、淡水、土地，与其徒唤奈何，卜问伊于胡底？不如奋发图强，依靠聪明睿智开拓日新月异的科学技术，力图掌控气候变暖颠覆可持续发展的纵横恣肆。在信息化、数字化、网络化、智能化的综合背景下，21 世纪初低碳经济发展模式应运而生。随后更有明智之士，在加强生态文明建设声中，发展维护生态平衡和包容性共享福祉为主要目标的绿色经济博得全球广泛响应。就科学意义而言，发展绿色—低碳经济为主要战略方向的生态文明建设已成为全人类“大道之行也，天下为公”的共享理念。

据《中国新闻网》报道：2014 年 6 月 11 日，全国低碳日深圳市主题活动开幕式上国家发改委的领导说：“积极应对气候变化，既是中国国内可持续发展的内在要求，也是发挥负责任大国作用的必然选择”。“作为一个资源禀赋较差、人均 GDP 略超 1 万美元、还有上亿贫困人口的发展中国家，中国在发展经济同时，面临消除贫困、改善民生、保护环境、应对气候变化等多重挑战。这就要求把生态文明建设摆在更加突出的位置，走一条新型工业化和城镇化的道路，加快转变发展方式，积极优化产业结构和能源结构，实现经济效益和生态效益双丰收”。我国“‘十二五’前三年累计单位 GDP 能耗下降 9.03%，碳排放量下降 10.68%。水电装机容量、风电装机容量、太阳能热水器集热面积、农村沼气用户量、人工造林面积均居世界第一”。“当前，中国正处于工业化、城镇化快速发展阶段，能源资源需求和碳排放还将保持刚性增长，应对气候变化任务艰巨。但中国将积极探索一条绿色—低碳发展的新道路”。中国已向全世界庄严承诺：到 2020 年中国单位 GDP 的 CO₂ 排放将比 2005 年下降 40%~45%；2014 年 11 月 12 日在《中美气候变化联合声明》中也已首次正式宣告中国在 2030 年的碳排放有望达到峰值，届时一次能源里非化石能源占比将提高到 20%。

中国能源系统锦绣前程：2014 年 6 月 13 日在中央财经领导小组第六次会议上，习近平同志指示：要抓紧制定 2030 年能源生产和消费革命战略，研究“十三五”能源规划。继续建设以电力外送为主的千万千瓦级大型煤电基地，提高煤电机组准入标准，对达不到节能减排标准的现役机组限期实施改造升级，继续发展远距离大容量输电技术。在采取国际最高安全标准、确保安全的前提下，抓紧启动东部沿海地区新的核电项目建设。务实推进“一带一路”能源合作，加大中亚、中东、美洲、非洲等油气的合作力度。加大油气资源勘探开发力度，加强油气管线、油气储备设施建设，完善能源应急体系和能力建设，完善能源统计制度。积极推进能源体制改革，抓紧制定电力体制改革和石油天然气体制改革总体方案，启动能源领域法律法规立改废工作。可以预期，中国的能源系统将在抑制气候变暖征途中展现举世瞩目的群芳竞艳！

化解气候变暖遭遇的挑战，须经披荆斩棘，需要蛮拼，悉力以赴！2014 年 5 月下旬，习近平同志在上海考察时强调，谁牵住了科技创新这个牛鼻子，谁走好了科技创新这步先手棋，谁就能占领先机、赢得

优势。随后不久,在面向两院院士发表讲话时再指出:我国科技发展的方向就是创新、创新、再创新。

据联合国开发规划署(UNDP)发布的《2014年人类发展报告》(HDR2014),较深刻地揭示目前全球存在的各种公开或隐藏的危机造成全人类行动协调统一步伐的不确定性:所形成的主要原因及掣肘全球治理机制的各种行为因素如图1所示。这也是相关国际会议上和国际间相互支持行动中对全人类生存和发



图1 全球危机挑战和全球治理机制之间存在不匹配现象

(据: Khalid Malik (主编). 2014年人类发展报告, UNDP, 2014-07, 图5.1 改绘)

展如此举足轻重的绿色-低碳经济可持续发展仍然存在某种形式的争论不休或遇责推诿现象。唯有中国虽然因人口大国面临的挑战远比其他任何国家都来得凌乱复杂,却始终在国际上发挥着负责任大国的风范,

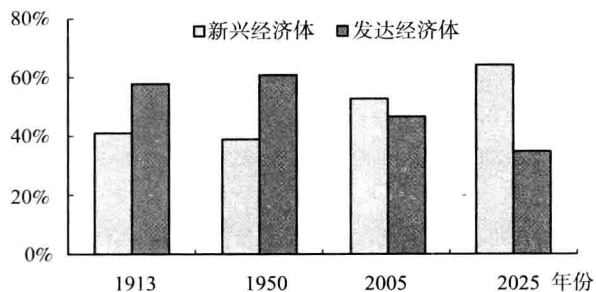


图2 世界财富正逐渐向发展中非OECD国家转移

(据:世界银行、OECD有关资料综合)

为各国树立了全球和衷共济抑制气候变暖的榜样。读完以后章节就能明白,在国际论坛上和交往中我国各阶层人物一直在为协调全球遏暖降碳正能量活动而不遗余力。

财富转移趋势:20世纪后半叶至今,各国的经济发展规模和速度各具匠心,但总体趋势是世界增长核心和财富总量正在逐渐向以中国、印度为首的发展中国家等非OECD新兴经济体转移(图2)。从数据看,2011年中国和印度的GDP已分列于全球GDP排序中的第二和第三位(表1),日本已从全球第二降为第四位!

表1

2011年部分国家/世界GDP总额和人均GDP

国名	2011年GDP	人均GDP	2012年GDP	人均GDP
美国	13238.3	42486	15965.5	50859
中国	9970.6	7418	14548.6	10771
印度	3976.5	3203	6245.4	5050
日本	3918.4	30660	4465.4	35006
德国	2814.4	34437	3375.2	41966
俄罗斯	2101.8	14808	3327.7	23184
英国	2034.2	32474	2207.0	34694
巴西	2021.3	10278	2840.9	14301
法国	1951.2	29819	2369.9	36074
韩国	1371.0	27541	1474.9	29495
世界	69016.4	10103	92869.8	13169

注:2011年数据按2006年购买力平价(PPP)换算,2012年按2011年PPP换算,造成两年的数值相差甚远。GDP单位:10亿美元;人均GDP单位:美元。2011年按GDP排序。美国占全球19.18%;中国占全球14.45%,排名第二。又按UNDP的HDR2013,世界人口数:2012年7052.1×10万人,预测2030年8321.3×10万人;2013年7162.1×10万人;预测2030年8424.9×10万人。

(据:UNDP. HDR2013; HDR2014)

中国人民生活水平日就月将：据 UNDP 历年《人类发展报告》可知全球社会经济发展速度和规模前各国（图 3）。1990 ~ 2012 年人类发展指数（HDI）提高最快前三国是韩国、伊朗和中国。韩国提高 54%；中国提高 41%。韩国、伊朗人口数均不及中国 1/10，HDI 评定指标受人口数制约，故中国泱泱大国的发展指数走在全球最前列已让全人类心折首肯。若从图中右边矩形框内的数字看，更能让人惊喜交加。原来 1990 年以来人均收入年均增长率，中国作为人口大国竟能稳居全球第一，达 9.4%。2014 年始，中国成为全球最大对外投资国和吸资国。在新形势下，中国在资金、医疗、物资、技术、淡水甚至救助抢险均力所能及地支援其他国家；国内则提倡自强不息，厚德载物，厉行清廉从政、勤勉奉公；俭约自守、力戒奢华。官民融洽，踔厉风发；弊绝风清，此乐何极！全民携手发展绿色 - 低碳经济，正当其时。百姓热潮如响斯应，科技创新如日中天。追求太平盛世、捍卫世界和平，迎向中华民族伟大复兴，发奋图强弘扬正能量；心驰神往共圆中国梦！

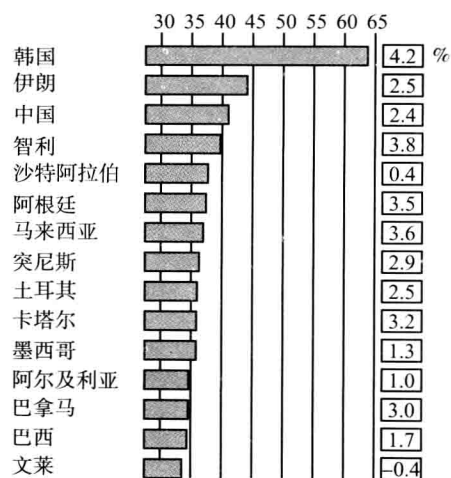


图 3 1990 ~ 2012 年人类发展指数（HDI）中提高最快的一些国家及对应人均收入年均增长

（据：The Economist, 2013 - 03 - 16, p. 62 UNDP）

第1章

全球气候渐升温

1-1 古往今来 气候追踪

1-1-1 年淹代远的气候变迁

根据天文、物理测算,宇宙年龄约为139亿年,地球的年龄也有50亿年。自地球诞生,表面气候变化始终没有停歇过,只是有时铄石流金,有时冰天雪窖。地质史上,气候变化幅度大且周期长¹。气候最冷时期称为大冰期(或称大冰川期/大冰河期),两个大冰期之间气候逐渐变暖直至炎热,称为间冰期。在大冰期,地球年均气温远低于 15°C ,常在零下 $-1^{\circ}\text{C} \sim -2^{\circ}\text{C}$ 甚至更低;而间冰期的年均气温则常在 30°C 以上,有的年份甚至高达 $45^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$,海平面温度略低于大陆。地质年代气候波动剧烈,曾经历9次大冰期。最近的3次发生在距今8亿年之后。地球的地质年代包括:

1. 太古代——25亿年前,延续至少10亿年。地球表面变化剧烈,未发现动植物化石。

2. 元古代——25亿~5.7亿年前(其中8亿~5.7亿年称震旦纪):地壳强烈变动,大量出现含碳岩石,后期地层中发现过生物踪迹化石。

3. 古生代(5.7亿~2.5亿年前)——延续3.25亿年,生物始兴,海生无脊椎动物为主,出现鱼和两栖脊椎动物,已有蕨类、石松等植物,出现松柏。古生代分为:

(1) 寒武纪:延续8000万年,陆地下沉,北半球大部淹没,动物多为三叶虫,植物仅有藻类。从震旦纪到寒武纪大半时期,地球处于大冰期,年均气温远低于 15°C 。

(2) 奥陶纪:延续5500万年,岩石为石灰岩和页岩,海生无脊椎动物笔石、三叶虫居多,同时有藻类、珊瑚类等。地球温度逐渐变暖,年均气温超过 15°C 并随后持续上升。

(3) 志留纪:延续4000万年,地壳稳定,末期造山运动强烈,笔石、三叶虫发达,出现鱼类。年均气温上升至 25°C 或以上。

(4) 泥盆纪:延续5000万年,海水先退后漫涌,形成砂岩、页岩,出现菊石类动物,腕足类和鱼类发达。气温曾一度下滑,但年均仍高于 15°C ,并随后继续升温。

(5) 石炭纪:延续7500万年,气候温暖湿润,深埋植物形成煤层,岩石有石灰岩、页岩、砂岩等,出现两栖动物,羊齿和松柏植物。升温达到顶值约 $45^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ 和海面水温达 40°C 后急剧下滑,到本纪后期年均气温开始降至 15°C 以下,进入新一轮大冰期。从上一次大冰期到本次大冰期中的间冰期共历时约1.8亿~2.0亿年。

(6) 二叠纪:延续2500万年,前500万年仍处于大冰期,然后迅速跃出年均 15°C 气温而急速上升。纪末陆地温度可能高达 50°C ,海面水温达 40°C ⁴。此时出现生物大灭绝。地壳构造强烈,菊石类、两栖类、原始爬虫类动物和松柏、苏铁等植物兴。

4. 中生代(2.5亿~0.67亿年前)——爬行类脊椎动物为主,恐龙繁衍,出现哺乳类和鸟类,也有

菊石类、剑石类无脊椎动物，植物仍有苏铁、银杏和松柏。

(1) 三叠纪：延续 3000 万年。在早三叠纪持续近 500 万年期间生物进化几乎停顿，较多头足类、甲壳类、鱼类、两栖类和爬行动物；植物多苏铁、松柏、银杏、木贼、蕨类等。气温居高不下，但波动较大。

(2) 侏罗纪：延续 3000 万年，有造山运动、剧烈火山爆发，爬行动物盛行，出现巨大恐龙、空中飞龙、始祖鸟，苏铁、银杏繁茂。气候基本上与三叠纪相似，亦时有起伏。

(3) 白垩纪（1.37 亿年至 0.67 亿年）：延续 7000 万年，形成白垩岩造山，恐龙由盛至衰，鱼鸟多，哺乳动物兴，显花植物茂盛，出现热带植物、阔叶林。气温早期异常炎热，北冰洋到本纪末根本没有冰。当时大气中 CO_2 的含量是今天的 3~6 倍⁹。整个白垩纪的气温年均高于 15°C 。在加拿大高纬度北极圈内曾在地层沉积物中发现热带植物和巨鳄化石。

5. 新生代（0.65 亿~160 万年前至今）——延续 6300 万年。地壳造山强烈，中生代曾繁衍的爬行动物已经绝迹，哺乳动物盛行，后期出现人类。其中：

(1) 第三纪：延续 6200 万年。造山盛行，海陆不定，哺乳动物、鸟类、被子植物繁盛。地球气温仍甚暖，处于年均高于 30°C 的水平。

(2) 第四纪：延续 100 万年。人类进化阶段，地球进入新一轮大冰期，年均气温保持摄氏几度。阿拉斯加、加拿大和美国的北部被冰覆盖，冰层厚度近 1000m。在欧洲，冰层推进到了今天的汉堡和柏林。

从 530 万年前到 160 万年前即上新世时期，出现过冰火交替年代。例如 300 万年前的地球要比现在热得多，格陵兰岛的北冰洋沿岸直至北极均极少见冰，且森林密布，高温的海洋平面比今天高出 30~35m。我们正在经历约 160 万年前就已开始的大冰期，目前正处于大冰期尾声，气温将顺势逐渐回升。这一趋势将不可避免地由于人类自身造成的生态失衡和温室气体超速排放而变得难以忍受地加速推高气温。第四纪分为两个阶段：前一阶段叫更新世，延续到 1.2 万年前；距今 1.2 万年起，便是人类文明滥觞的全新世，光阴荏苒到如今。

描述和调研地球气候变化的全过程以便更有把握地了解和推进当前人类所遇到的对付全球气温上升严酷现实的形形色色科技攻略，一般把地球的气候变化阶段区分为三个部分：只能依据古生物化石、岩石变迁、树的年轮、冰川、海底珊瑚和沉积物等，借助电脑仿真可大致推测各地质时期地球气候的“巨观变化”，被称为“地质年代分析”，这种粗略估测据说能追溯到 38 亿年前⁷，但较有把握的估测约为 25 亿年（或 22 亿年）前，即元古代的初始年代。图 1-1 粗略地描绘了元古代后地球气候冰炭两重天的“急剧”

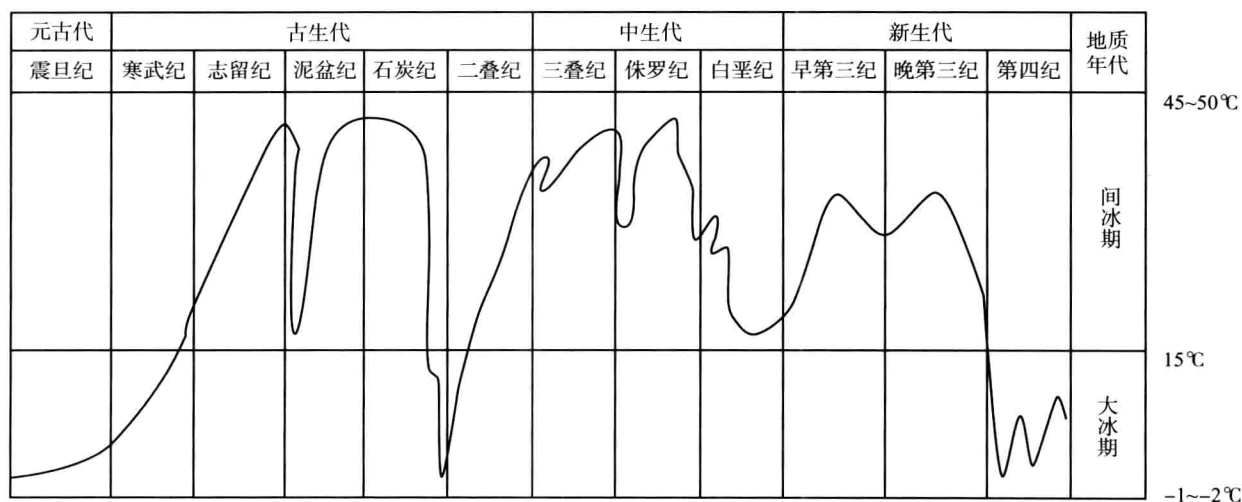


图 1-1 按地质年代地球各时期气候温度变化起伏情景

（据：多份有关文献改绘）

跌宕起伏状态。当演变到第四纪 1.2 万年后进入全新世, 出现人类文明, 研究内容和依据较丰富, 进入“宏观变化”的“历史年代分析”; 第四纪大冰川(或大冰河)后期一直延续至今进入尾声, 正在按照地球由寒冷变温暖的规律转移之中, 这就是迫使我们最严重关切和最需要深入探索的目前涉及“微观变化”的“近现代分析”, 其关键研究时段一般指公元 1000 年至今, 其间特别是后期有了越来越翔实和客观的统计、观测数据, 足以令人信服地了解当前地球变暖的现状和趋势, 希冀倾人类的科技智慧和能力遏制地球变暖的幅度和速度。美国弗吉尼亚大学的古气候学家威廉·拉迪曼(William Ruddiman)把气候变暖的原因推前到 8000 年前人类从事农业活动就已经排放温室气体了³。他研究发现 8000 年前地球大气中的 CO₂ 含量开始增加; 5000 年前甲烷也加入增量群; 农业耕耘和灌溉都能助长这些气体增加而使大气温度上扬。

1-1-2 时移代近 冷暖自知

在距今 1 万年左右的历史时期, 世界气候出现过两次大波动: 一次是公元前 5000 年到公元前 1500 年的“气候最适期”, 当时气温比现在高 3~4℃; 另一次是 15 世纪以来的寒冷气候, 历史上称为“小冰期”, 当时年均气温比现在低 1~2℃。随后的年代是地球逐渐升温, 例如至少有纪录的海洋温度上升已有百年以上⁶, 地球气温在整个 20 世纪已上升 0.74℃²。

最近一次气候变暖发生在公元 1000~1300 年间⁸, 恰值我国宋朝年代(960~1279 年), 难怪诗人骚客吟出“暖风吹得游人醉”的诗句来! 随后进入“小冰期”, 延续不足 200 年; 随后再次气温逐渐变暖, 但 600 年来的年均气温变化仅约 2~3℃, 呈波浪式上升。2013 年初一个由瑞士和美国科学基金联合支持的来自 24 个国家 78 位科学家组成的科研集体宣布: 通过对大量气候数据的分析研究得出结论: 眼下的全球气候变暖始于 19 世纪末⁵。

一个十分有趣且值得深究的论题是气候能否影响人类历史进程? 或者其反问题是历史上人类是否曾对地球气候产生主观能动式的干预? 众所周知, 自从 1972 年夏联合国在瑞典斯德哥尔摩召开空前规模的人类环境大会唤起人们为积极保护共同家园的觉醒和 1992 年在巴西里约热内卢召开更大规模的地球环境—气候大会, 由被动防范上升为主动干预已经在行动上证明了人类自信通过当前“历史”影响气候。美国科学院院士许靖华则从中外古今的人类文明史论证气候对历史的“无可厚非”的作用力。他所著《气候创造历史》(Climate Made History)^[6]引述了若干中国历史上的改朝换代曾经在很大程度上是气候变化造成的后果。或者, 中国的 80 多个朝代和 800 多个皇帝, 谁也没有想到“人定胜天”去干预气候, 充其量在干旱年借机兴师动众地爬到泰山顶上去求雨! 他特别认为明朝的终结源于那时倒霉的气候条件: 神宗万历年间(1573~1619 年)基本上风调雨顺, 气候宜人; 后续的两个短命皇帝光宗(在位 1 年)和熹宗(在位 7 年)虽无所作为甚至胡作非为, 因气候正常而相安无事; 唯独思宗崇祯上台后, 本来是个想要励精图治的好皇帝, 偏偏“时运不齐, 命途多舛”, 连续 6 年大旱, 民不聊生, 饿殍遍野, 被李自成攻陷北京后含恨吊死在煤山。许院士由此论证是气候断送了明代帝祚。此外, 当今气候变暖对人类文化的影响和冲击虽然多年来在潜移默化之中, 但对世界文化遗产、人类文明进程、文艺作品归属和指向、文化教育内容的刷新乃至人类的文明生活都将或正在起到深刻影响^{59,131}。2013 年 8 月 1 日美国《科学》杂志发表的一项新研究成果, 也断言气候变暖可能加剧社会冲突与动荡。结果显示: 气温或降水量发生一个标准差变化, 个人暴力行为发生率提高 4%, 发生群体冲突的风险增加 14%; 到 2050 年全球因气候变暖所导致的个人暴力和群体冲突风险将分别增加 16% 和 56%, 其中没有计入制度等社会环境以及地域差异影响⁶⁶。

世界气象组织(WMO)2014 年 12 月初发布报告, 2014 年可能是有纪录以来全球最炎热的年份¹。在全球变暖大背景下, 我国气候变暖的状况是全球变暖的一面镜子, 也发生过明显变化。20 世纪 20~40 年代我国平均气温持续偏高, 50~80 年代初气温有所下降, 80 年代中期开始又持续增温, 90 年代是近百年来最暖时期之一。据气象部门统计, 近 50 年来中国陆地表面平均温度上升 1.38℃, 变暖速率为 0.23℃/10 年。

然而, 按气候变化前瞻, 不容乐观。作者早在 2002 年就对气候变暖问题作了系统论述, 指出不能低