

能源科普丛书

话说低碳生活



中国能源研究会

前言

实现碳达峰、碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革，事关能源革命与产业变革，涉及工业、建筑和交通多领域，更与每一个人的生活息息相关。

实现碳达峰、碳中和需要全民参与，从我做起，从身边做起。

《话说低碳生活》从二氧化碳的温室效应开始，谈到节约能源、新能源替代和增加碳汇等碳中和路径，推介并倡导低碳生活方式。

江苏省能源研究会 王培红

2020年9月

目录

1. 太阳辐射与温室效应.....01
2. 从全球气候变暖说起.....04
3. 常规能源消费与二氧化碳排放.....07
4. 什么是新能源.....09
5. 大气中二氧化碳的来源
（碳源）.....14
6. 消纳二氧化碳的生态资源
（生态碳汇）.....16
7. 二氧化碳的捕集与封存
（工程碳汇）.....19
8. 实现低碳发展的基本途径.....21
9. 生活用能及其特点.....24

目录

- 10. 生活节能的原理.....29
- 11. 建筑节能.....33
- 12. 家电节能.....35
- 13. 燃气灶节能.....37
- 14. 私家车及其节能.....40
- 15. 巧用可再生能源.....42
- 16. 居家生态碳汇.....44
- 17. 生活垃圾的资源化利用.....45
- 18. 明晰碳足迹，争做低碳达人.....49
- 19. 实行绿证制度有什么意义.....51
- 20. 倡导低碳生活.....53

1. 太阳辐射与温室效应

(1) 太阳辐射

热量传递是自然界中广泛存在的一种现象。例如，炙热的太阳就是通过热辐射的方式将热量源源不断地传递给地球。热辐射是唯一可以在真空环境下发生的热量传递方式。只要具有温度，任何物体都可以向外发射或者接收外界的热辐射。

热辐射本质上是电磁辐射。热辐射的波长与其温度成反比，温度高则波长短。

热辐射的波长通常处于0.1 ~ 100 微米的范围内，主要包含紫外线、可见光和红外线。

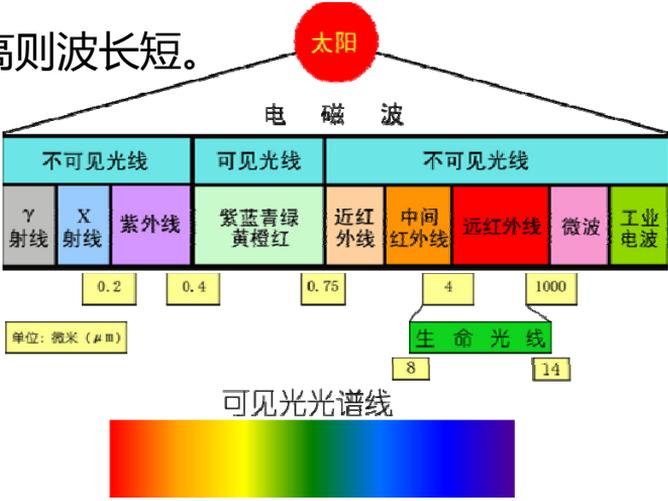


图1-1 太阳辐射光谱图

太阳辐射是指太阳以电磁波的形式向外传递的能量。太阳辐射为短波辐射。其中，大约7%在紫外光谱区（波长0.15 ~ 0.4 微米），50%的太阳辐射在可见光谱区（波长0.4 ~

0.76微米)，43%在红外光谱区（波长0.76~4微米）。

地球表面物体因其温度远低于太阳，其热辐射属于长波辐射，其中，生命光线（生物体热辐射），其波长在8~14微米范围。

（2）大气层及其温室效应

大气层是地球外部的的气体圈层，其主要成分有：氮气（约78%）；氧气（约21%）；还有少量的二氧化碳、稀有气体（氦气、氖气、氩气、氪气、氙气、氡气）和水蒸汽。

由于大气层中存在着二氧化碳等温室气体，使大气层具有温室效应。

大气层对于来自太阳的短波辐射，近半数被透射（透过大气层进入地球），其余被反射或吸收；而对来自于地球表面各类物体的长波辐射，绝大部分被反射（进入地球），只有极少的部分被透射或吸收。这样，大气层包裹的地球就相当于一个大温室。

正常情况下，大气层及其温室效应有利于在地球

表面维持适于人类生存的温度环境，但随着人类过度使用化石燃料，导致大气层中二氧化碳等温室气体的浓度不断升高，出现了地球气候变暖的趋势，主要表现在冰川融化、海平面上升，极端天气现象频发，严重影响到人类社会的可持续发展。

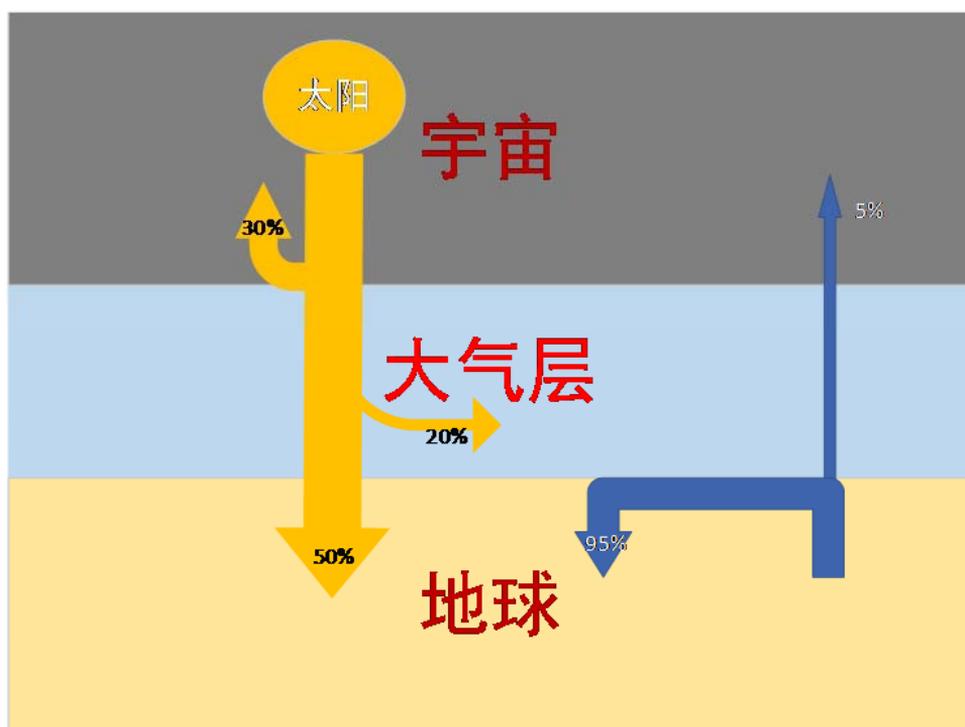


图1-2 大气层温室效应示意图

2. 从全球气候变暖说起

(1) 全球气候变暖的原因

联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）在其发布的评估报告中指出，人类活动极为可能导致了20世纪50年代以来的大部分全球地表气温升高。

表2-1、IPCC报告中的有关地表气温升高的结论

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
时间	1990年	1995年	2001年	2007年	2014年
定性	大约可能	较为可能	可能	非常可能	极为可能
定量	33%以上	50%以上	65%以上	90%以上	95%以上

(2) 全球气候变暖的主要证据

① 全球平均温度升温。气象记录表明，全球地表平均温度自1850年以来上升了 1°C ，而中国近百年来来的升温也达到了 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 。

最近50年的温度变化（2014-2018与1951-1980相比）

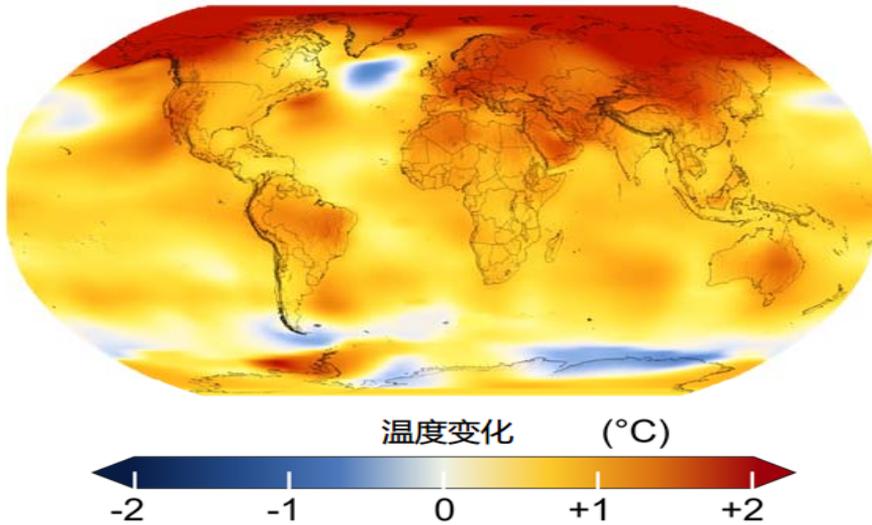


图2-1 全球最近五十年气温变化示意图

② 北极地区升温迅速。自1979以来，西伯利亚以及格陵兰和加拿大的东部等北极地区快速增温。北极变暖，意味着北冰洋的海冰会快速融化，对全球气候和海平面上升产生深远的影响。

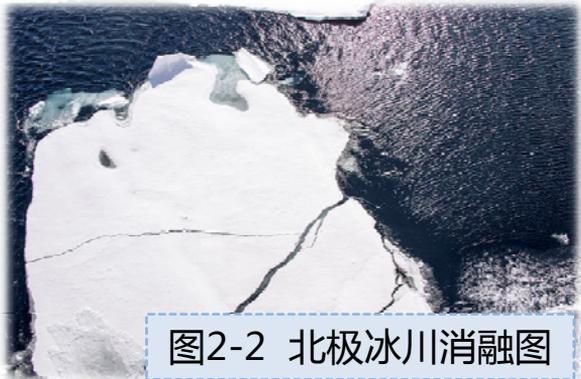


图2-2 北极冰川消融图

③ 城市内涝。全球气候变化会引起海洋温度升高，海洋的蒸发量就会变大，全球的水循环强度就会增加。具体来说，便是陆地上的降水强度会增加，而突如其来的强降雨会造成严重的城市内涝。

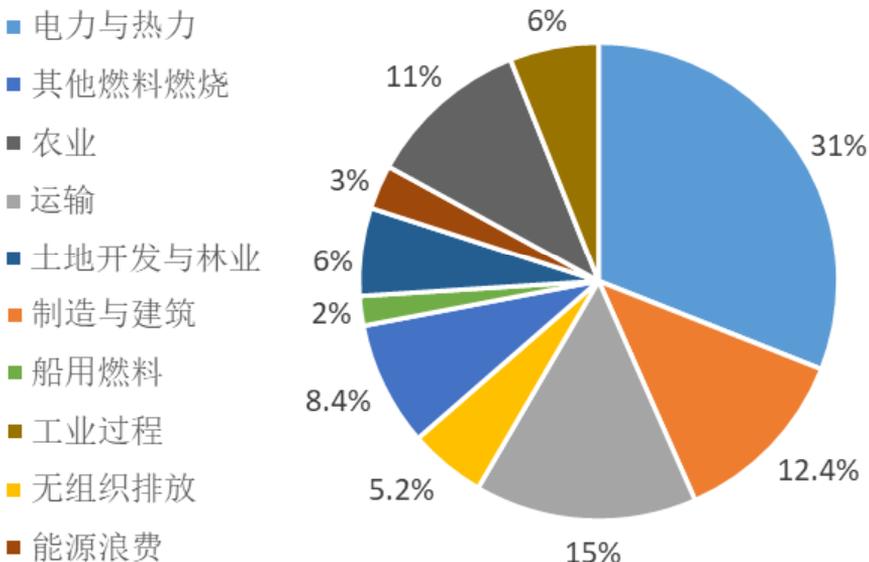
(3) 温室气体有哪些？

京都议定书中规定需要控制的几种温室气体分别是：二氧化碳（ CO_2 ）、甲烷（ CH_4 ）、氧化亚氮（ N_2O ）以及多种氟化物（HFCs、PFCs和 SF_6 ）。

这些温室气体主要来源于电力生产、工业过程、交通运输、农业生产等多个国民经济主要部门。

控制温室气体排放涉及的领域广，任务艰巨，但挑战中也蕴藏着机遇，低碳科技与低碳产业将成为我国高质量发展的新引擎。

图2-3 2013年全球人为温室气体排放来源示意图



数据来源：气候与能源解决方案中心

(<http://www.c2es.org/content/international-emissions/>)

3. 常规能源消费与二氧化碳排放

(1) 常规能源的种类

常规能源是指煤炭、石油和天然气等化石燃料，是目前世界上使用最广泛、技术最成熟的商品能源。

煤炭是一种黑色固体矿物，被称为“工业的粮食”。根据其煤化程度的不同，煤炭分为褐煤、烟煤和无烟煤。其主要成分是碳、氢、氧，且煤化程度越深，碳的含量越高。



图3-1 煤炭

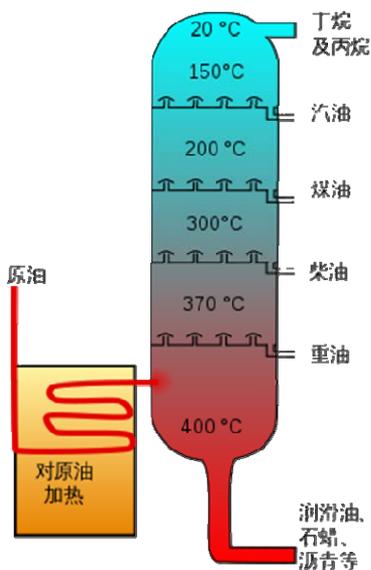


图3-2 原油分馏示意图

石油是一种粘稠、深褐色的液体，被称为“工业的血液”，其主要成分是碳和氢。它是由各种烷烃、环烷烃、芳香烃组成的混合物。

天然气是一种以烷烃为主体的混合气体。天然气中以甲烷（ CH_4 ）占绝大多数，另有少量的乙烷、丙烷和丁烷。

（2）常规能源的利用方式及其碳排放

常规能源最主要的利用方式就是燃烧放热，如燃煤火力发电、燃气蒸汽联合循环发电、以燃油内燃机为动力的运输工具等都是如此。

化石燃料在其燃烧过程中，不可避免地产生了大量的二氧化碳。

常规能源的中可燃成分主要是碳和氢，由于碳与氢的含量不同，其燃烧产物中二氧化碳的含量亦不同。

煤炭内含碳量最高，燃烧后产生的二氧化碳排放量也最多；天然气中含氢量高，燃烧后产生的二氧化碳排放量就较少。

（3）常规能源的碳排放系数

常规能源的二氧化碳排放系数见表3-1。

表3-1、常规能源二氧化碳排放系数表

能源名称	平均低位发热量	碳氧化因子	单位热量碳排放系数	二氧化碳排放系数
	kJ/kg或kJ/m ³	~	t/TJ	kg•CO ₂ /kg
煤炭	20908	0.94	27.4	1.9745
焦炭	28435	0.93	29.5	2.8604
原油	41816	0.98	20.1	3.0202

能源名称	平均低位发热量	碳氧化因子	单位热量碳排放系数	二氧化碳排放系数
	kJ/kg或kJ/m ³	~	t/TJ	kg•CO ₂ /kg
汽油	43070	0.98	18.9	2.9251
煤油	43070	0.98	19.6	3.0334
柴油	42652	0.98	20.2	3.0959
燃料油	41816	0.98	21.1	3.1705
天然气	38931	0.99	15.3	2.1662

可见，不同种类的常规能源，碳排放系数存在较大差异。

4. 什么是新能源

新能源包含可再生能源和清洁能源两大类。新能源普遍具有环境友好的特征，除了生物质能属于碳中性能源外，其余几乎都是无碳能源，无疑新能源是能源低碳化的最佳选择。

(1) “古老的”新能源

新能源中的可再生能源其实并不新，薪柴燃料（生物质能）是人类最早使用的能源，风车、水车也早已应用于生产和生活之中，即便是核裂变发电，也有数十年的应用历史，那么，新能源“新”在哪里？

对于太阳能、风能、生物质能、地热能和潮汐能等可再生能源而言，

“新”就表现为太阳能光伏发电、太阳能光热发电、风力发电、生物质能发电、垃圾发电、地热电站、地



图4-1 风力发电

源热泵、潮汐发电等可再生能源的规模化（发电）应用中的科技创新。

对于洁净煤、氢能与核能等清洁能源，“新”在这些清洁能源的规模化应用中还存在诸如煤气化、制氢、储氢、氢能利用以及核电站运行安全与核废料处置等技术难题的科技创新。

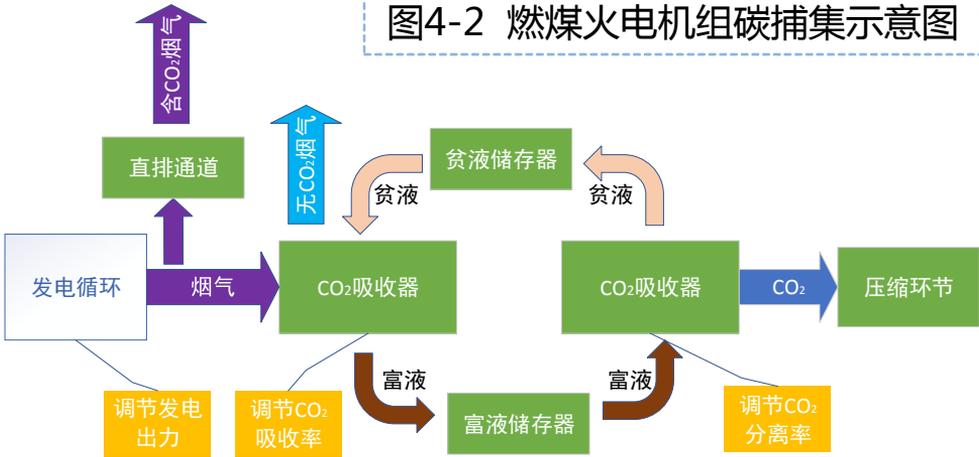
（2）典型的新能源技术

可再生能源技术主要包括：太阳能光伏发电、太阳能光热发电、风力发电（海上与陆地）、生物质能发电、垃圾发电、地热发电、地源热泵、潮汐发电等可再生能源的大规模利用技术。

洁净煤技术是常规能源低碳化利用的技术。我国重点发展的洁净煤技术如下：一是高参数大容量超低

排放的燃煤发电技术；二是以煤气化为基础的新型多联产发电技术（如IGCC）；三是碳捕集存储与资源化利用技术。

图4-2 燃煤火电机组碳捕集示意图



燃煤火电机组的碳捕集技术就属于洁净煤技术。

氢能是最重要的清洁能源之一。氢能技术主要包括氢能制取、储存以及氢燃料电池和氢内燃机等氢能利用技术。

除了常用的氢燃料电池外，下面介绍的氢气分离提纯技术也属于氢能技术。

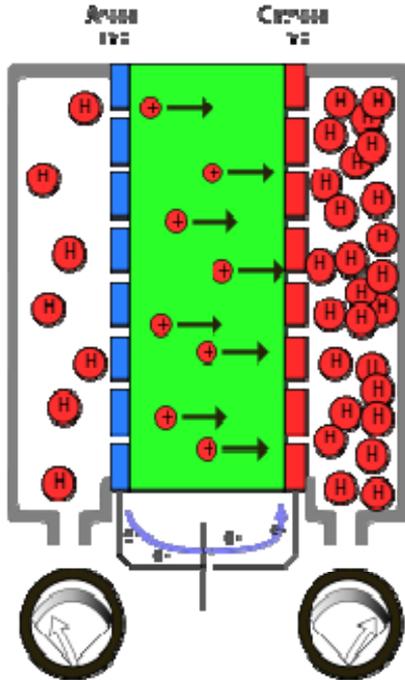


图4-3 电化学氢压缩机原理示意图

电化学氢压缩机是一种新型的氢气分离提纯设备。它的结构类似于质子交换膜燃料电池，但采用电解模式，可以在阳极氧化氢气再在阴极还原氢气。电化学氢泵的最大优点是氢气的分离和压缩只需要一步就可以完成，且由于能量只作用于透过膜层的氢分子，它需要的能耗非常少。

核电安全运行技术正处于快速发展的过程中。目前广泛使用的是第二代技术，第三代技术已经达到示范应用的阶段，其中，华龙一号是我国自主研发的第三代核电技术。

（3）低碳的新能源

以环境友好的可再生能源为代表的新能源是能源低碳化的必然选择，新能源既包含太阳能、风能、生物质能、地热能、潮汐能等可再生能源，也包含洁净煤、氢能与核能等清洁能源。

常规能源与新能源既有区别，也有关联，其相互关系见图4-4。

图中，常规能源是指煤炭、石油和天然气的常规利用方式。可再生能源是指太阳能、风能、水能以及生物质能的规模化利用方式。

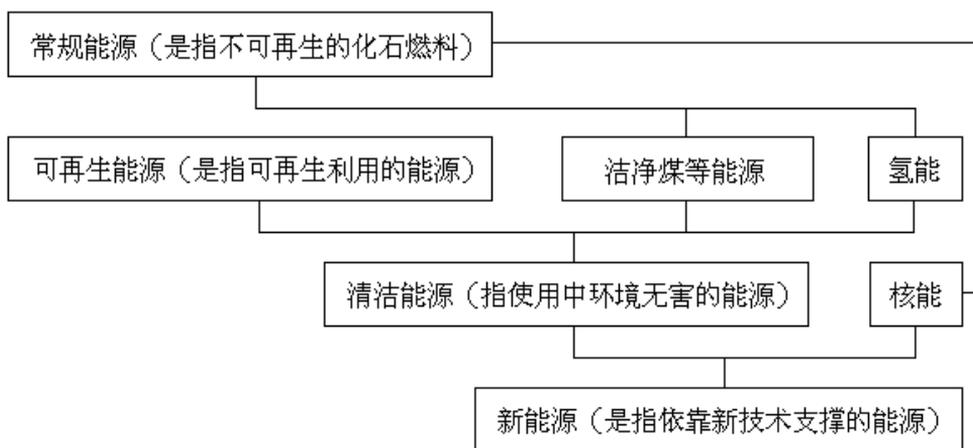


图4-4 常规能源与新能源的相互关系示意图

洁净煤是指常规能源的高效清洁利用方式，例如，超超临界超低排放的燃煤发电技术、整体煤气化联合循环发电技术等；

氢能是指氢燃料电池和氢气内燃机等利用方式，考虑到氢能制取中可以采用燃煤火电厂在用电低谷时段电解水制氢的方式获取，所以认为氢能与常规能源之间具有一定的关联性。

清洁能源是指可再生能源、洁净煤以及氢能等环境友好的能源。

新能源是指需要得到技术支撑的能源利用方式，主要包含清洁能源与核能。其中，清洁能源的规模化利用方式以及核能的安全利用方式均需要技术支撑。

5. 大气中二氧化碳的来源 (碳源)

(1) 碳源的定义与种类

碳源是指向大气中释放二氧化碳的过程、活动或系统，主要有自然碳源和人为碳源两类。人为碳源是全球气候变化的主要原因。

(2) 典型的碳源

生产和生活中存在着各种各样的碳源。



其中，三种典型的碳源分别是自工业、农业和交通运输部门。

工业碳源是指在工业生产中排放的二氧化碳，其排放量约占我国排放总量的75%左右。工业碳源中，

电力、钢铁、水泥等高耗能行业的碳排放排名居前。

农业碳源是指农业生产活动中产生的碳排放。广义的农业碳源还包含农资（化肥、农药、农膜）生产环节产生的碳排放和农牧渔生产过程中产生的碳排放。

交通碳源是指在交通运输过程中产生的碳排放，包括航空、江海航运、公路和铁路等交通运输过程中产生的碳排放。



工业碳源

农业碳源

交通碳源

图5-2 三种典型碳源

生活碳源在本文中主要是指生活用能产生的碳排放。

生活用能涵盖空调、照明、炊事、洗浴和交通出行等方方面面。

国家统计局年鉴资料显示，随着生活水平的不断提升，生活用能的增长速度非常快。

6. 消纳二氧化碳的生态资源 (生态碳汇)

(1) 碳汇的定义与种类

碳汇是指从大气中清除二氧化碳的过程、活动或机制。

生态碳汇主要是指各类生态系统所具有的碳汇功能，有森林碳汇、湿地碳汇和海洋碳汇等多种形式。

(2) 典型的生态碳汇

生态碳汇种类多样，如图6-1所示。



图6-1 碳汇的分类

典型的生态碳汇包括森林碳汇、湿地碳汇、海洋碳汇和农作物碳汇。

森林碳汇是指森林植物通过光合作用将大气中的二氧化碳吸收并固定在植被与土壤当中，从而降低大气中二氧化碳浓度的过程、活动或机制。相关资料表明，虽然森林总面积仅占陆地总面积1/3，但是森林植被区域的碳储量却占到了陆地碳储量的50%以上。

湿地碳汇同样依靠湿地植物经光合作用将大气中的二氧化碳转化为有机物，其碳汇效果显著。据统计，湿地面积仅占全球面积的4%~6%，但是湿地系统碳储量占全球陆地碳储量的12%~24%。

海洋碳汇是指海洋生物、非生物和其他海洋活动来吸收、固定和存储大气中二氧化碳的过程、活动和机制。在全球自然生态系统通过光合作用捕获的碳中，有约55%是由海洋生物捕获的，特别是海岸带的红树林、海草床和盐沼能够捕获和储存大量的碳。

农作物碳汇包括作物自身生产过程对碳的吸收、农田土壤固碳和秸秆换填的固碳效应等。农田生态系统是全球陆地生态系统重要组成部分，也是重要的大



图6-2 四种典型碳源

气碳源和碳汇，据统计，在未来 50-100 年内，全世界农田可固碳 $20-30 \times 10^{15} \text{g}$ ，小麦、水稻等粮食作物具有明显的碳汇能力。

(3) 光合作用与生态碳汇

植物光合作用是生态碳汇的核心，其机制如图6-3。

图6-3 光合作用中消纳二氧化碳并释放氧的机制



7. 二氧化碳的捕集与封存 (工程碳汇)

通过捕集与封存工业生产过程中产生的二氧化碳 (CCUS) 的工程碳汇技术也受到各国的高度重视，并得到快速发展。

(1) 洁净煤技术

洁净煤技术是指常规能源的高效低污染与碳减排的集成应用技术，除了超超临界参数与超低排放控制的燃煤火电技术外，还包含整体煤气化联合循环发电 (IGCC) 以及各种先进碳捕集技术。

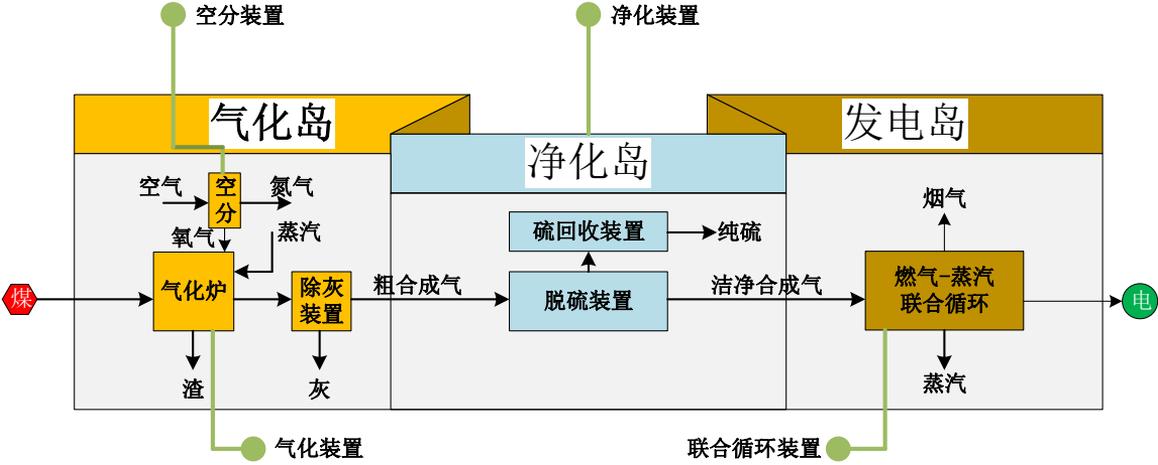
洁净煤技术是常规能源低碳化利用的核心技术之一。该技术已经成为关注的焦点，其中，二氧化碳捕集和封存技术快速发展。

(2) 典型的二氧化碳捕集技术

整体煤气化联合循环 (IGCC) 发电技术 (见图 7-1) 是将煤在高压富氧条件下气化为煤气，再经过水煤气变换后产生二氧化碳和氢气。由于CO₂浓度高，其碳捕集的成本较低，剩下的H₂可用作燃料。然而，

IGCC发电技术仍面临着投资成本高，可靠性低等技术难题。

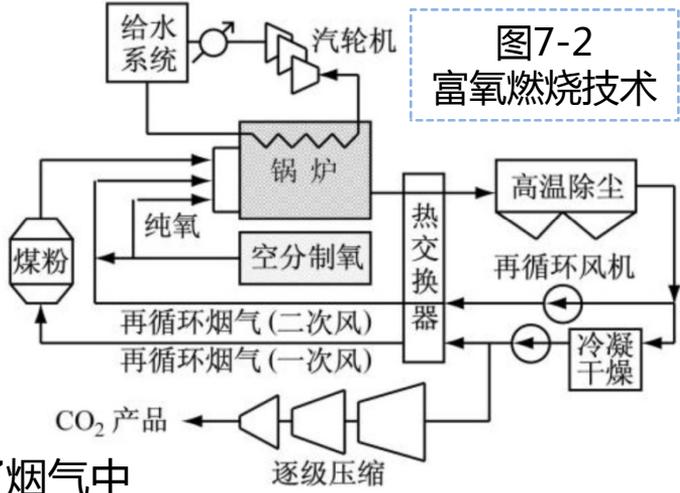
图7-1 华能天津IGCC工艺流程图



资料来源：华能天津IGCC微信公众号

富氧燃烧技术（图7-2）是另一种可用于传统燃煤电站的洁净煤技术。通过空分装置产生氧气代替传统的空气助燃，在减少烟气量的同时，提高了烟气中二氧化碳的浓度，便于后续的捕集和封存。该技术路线面临的重大难题是制氧的投资和能耗相对较高。

图7-2 富氧燃烧技术



烟气二氧化碳捕集技术是一种烟气后处理技术。主要有采用化学吸收法（胺吸收）和物理吸收法（变温或变压吸附）的二氧化碳捕集技术。此外，膜分离法技术也处于发展阶段，但其能耗高且体积庞大，影响了该技术的应用。

（3）二氧化碳的封存

二氧化碳的封存常常采用地质封存的方案。一般是将超临界状态（气态及液态的混合体）的CO₂注入地质结构中，这些地质结构可以是油田、气田、咸水层、无法开采的煤矿等。

8. 实现低碳发展的基本途径

低碳发展是应对全球气候变暖的可持续发展模式，受到各国普遍重视。

根据IPCC报告，人类活动中过度使用常规能源并显著提升大气中二氧化碳的浓度，是引起全球气候变化的主要原因。

为了降低大气中二氧化碳的浓度需要从高效用能、

新能源替代以及二氧化碳资源化利用等三个方面采取措施（见图8-1）。

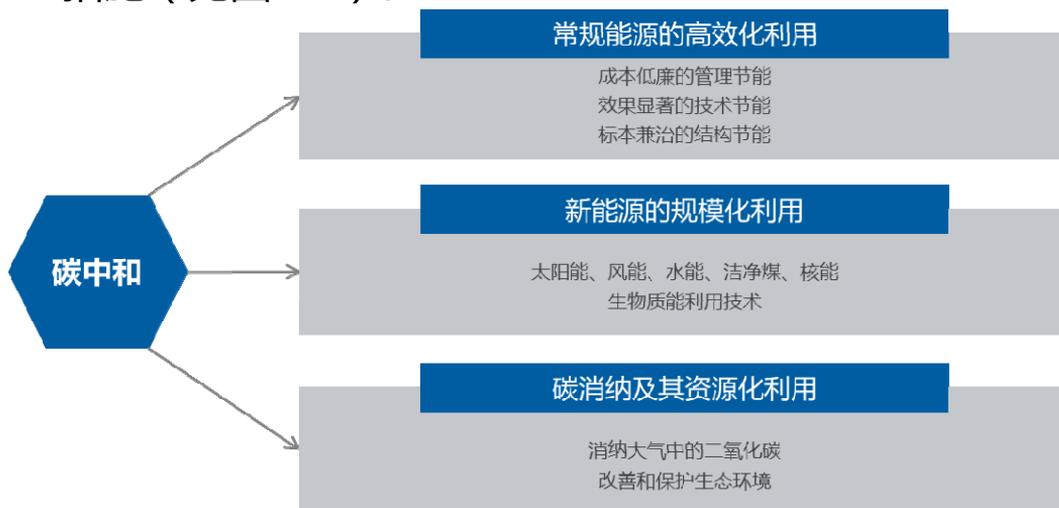


图8-1 实现碳中和的基本途径

（1）常规能源的高效化利用（节约能源）

《中华人民共和国节约能源法》中指出，节约能源是指加强用能管理，采取技术上可行、经济上合理以及环境和社会可以承受的措施，从能源生产到消费的各个环节，降低消耗、减少损失和污染物排放、制止浪费，有效、合理地利用能源。



图8-2
《中华人民共和国节约能源法》

节能的途径有三种，一是成本低廉的管理节能；二是效果显著的技术节能；三是标本兼治的结构节能。

结构节能是指通过全社会产业结构、工业内行业结构、企业内产品结构优化获得节能效益。具体而言就是大力发展现代服务业、振兴战略性新兴产业的发展，提高科技对经济的贡献率。

（2）新能源的规模化利用（新能源替代）

除了因地制宜地利用太阳能、风能、水能、洁净煤与核能外，还应当在积极推广城市垃圾分类回收的基础上，大力发展包括垃圾焚烧发电在内的生物质能利用技术，既解决垃圾围城的困扰，也实现生活垃圾的资源化利用和无害化处置。

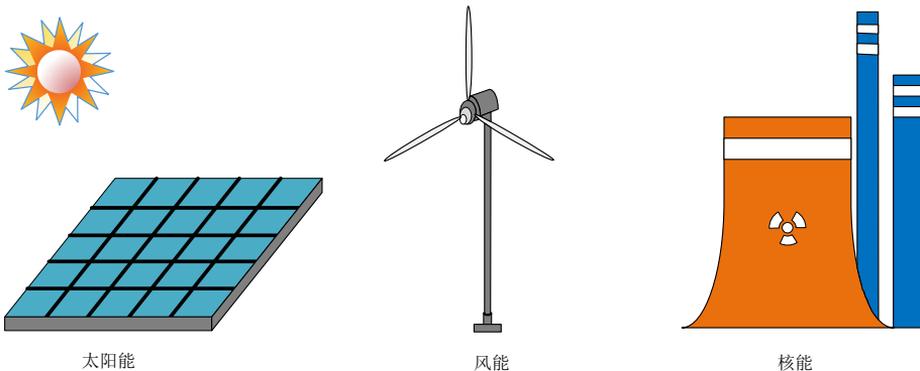


图8-3 新能源替代

（3）碳消纳及其资源化利用（提升碳汇）

提升生态碳汇与工程碳汇的碳消纳能力，既可以消纳大气中的二氧化碳，也可以改善和保护生态环境，是碳中和技术路线中的多赢选择，特别是生态碳汇建设更是我国应对全球气候变暖的主要措施。

9. 生活用能及其特点

在全社会的能源消费中，生活能耗的总量虽然不是最大的，但其增长速度却是最快的。因而，倡导低碳生活不仅具有营造社会氛围、动员全民参与等积极意义，也具有碳减排的真实效果。

（1）生活用能的种类

生活用能的种类主要是电、天然气和汽油（乘用车）。其中，从消费总量上看，电在生活用能中占有极大的比重，而汽油在生活用能中具有增速快的特点。

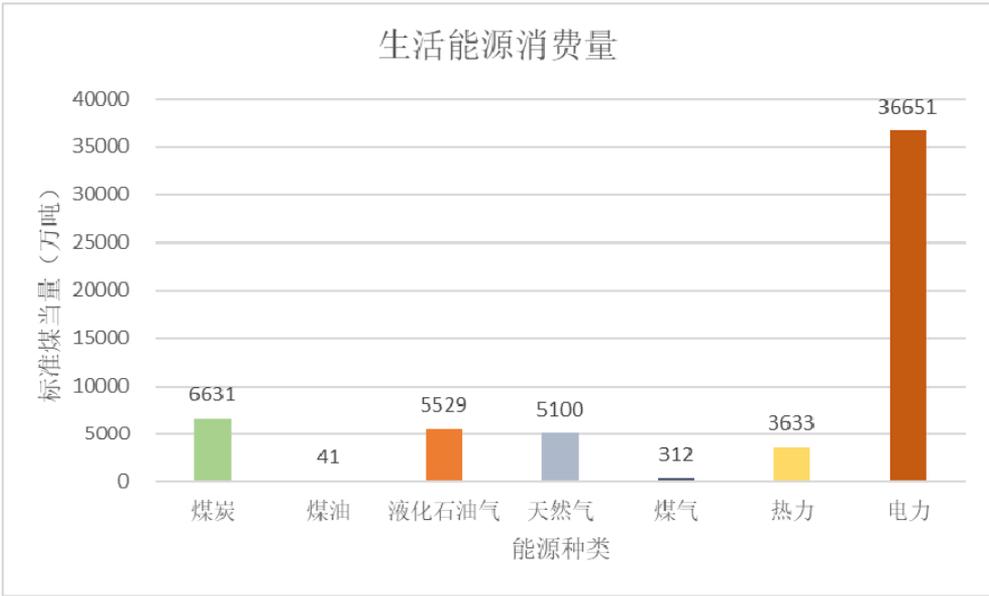


图9-1 生活能源消费量
(源自2019年中国统计年鉴)

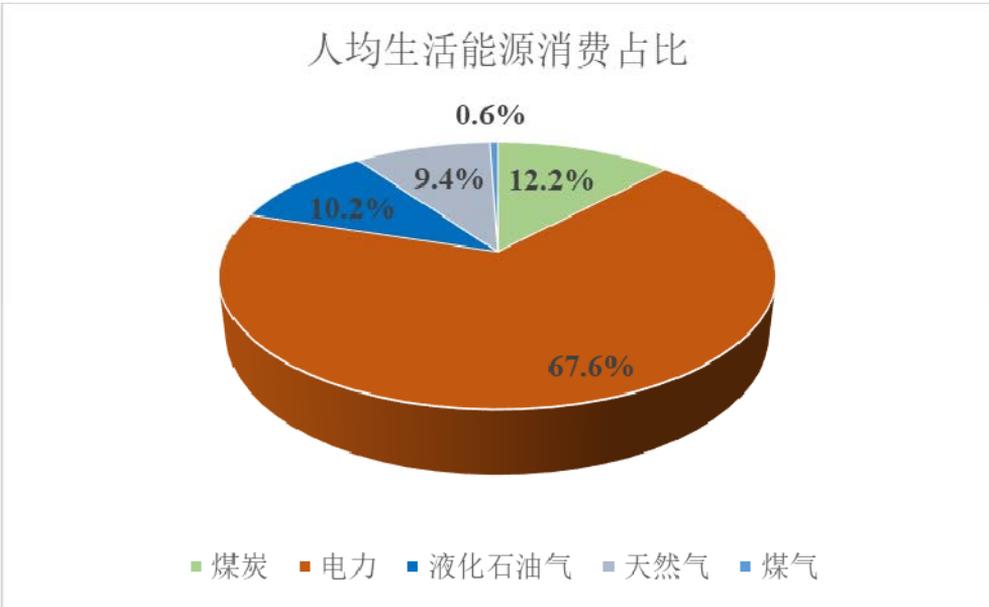


图9-2 人均生活能源消费占比
(源自2019年中国统计年鉴)

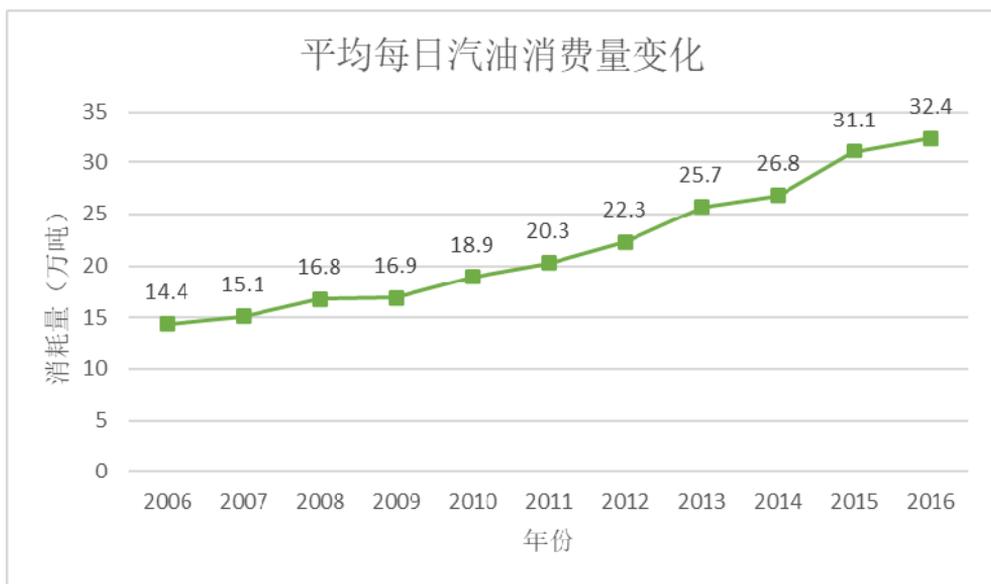


图9-3 生活用汽油消耗量变化
(源自2019年中国统计年鉴)

(2) 生活用电

由于电能使用方便，几乎可以满足所有生活用能的需要。一是暖通空调，冷暖空调设备几乎成为家庭生活的必需品，虽然热泵式冷暖空调的能效高，但依然在家庭用能中占比最高；二是电光源，除了特殊需要的白炽灯外，LED等几乎成为家庭照明的标配；三是厨房电器，电饭煲、电压力锅、电炒锅比比皆是，大有取代燃气炊具的趋势；四是其他家电，如电视机、冰箱和洗衣机等。

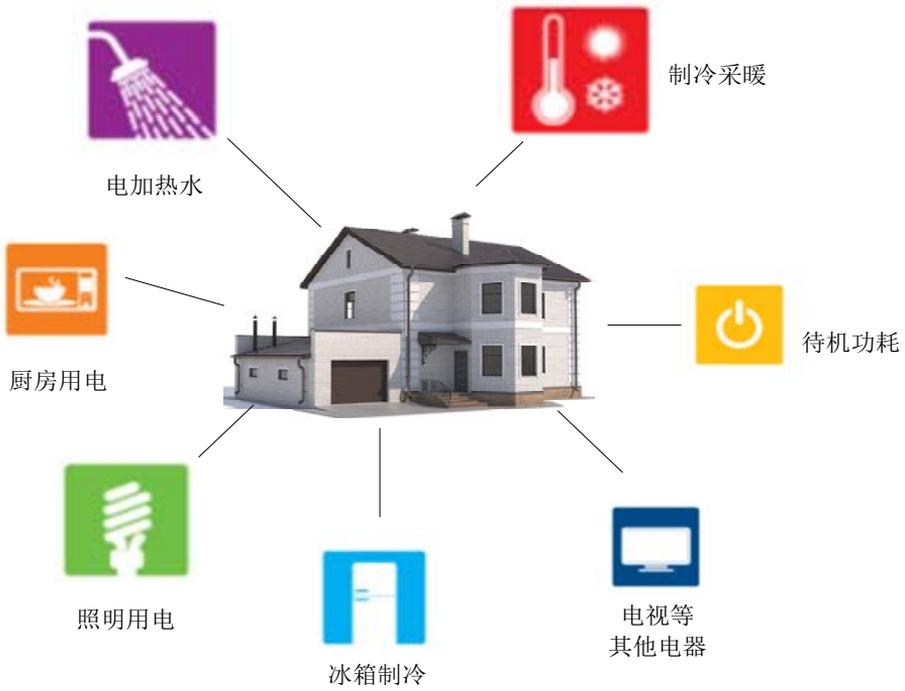


图9-4 生活用电分布

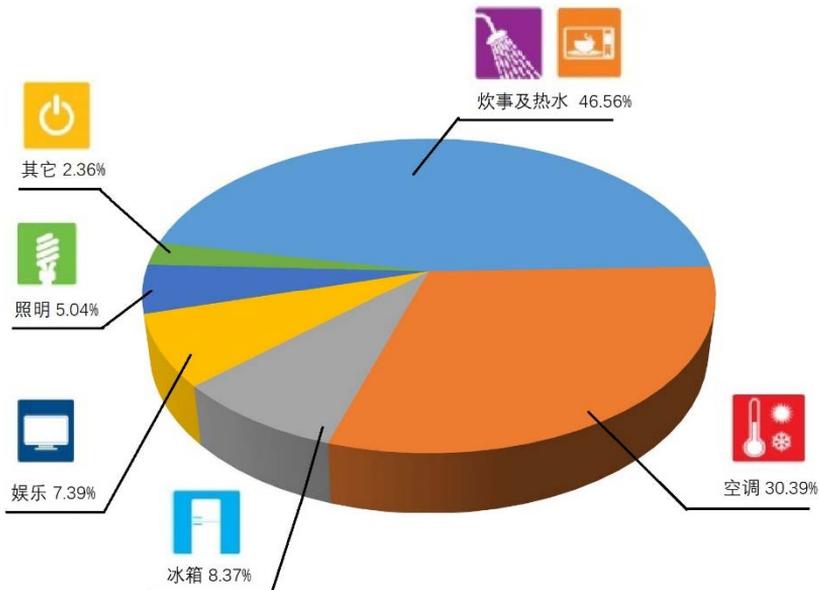


图9-5 马鞍山市典型家庭用电情况
(来源：2012年《居住建筑使用阶段CO2排放量构成分析》)

(3) 生活用天然气

天然气是家用炊事用煤炭的最佳替代品。

除了用做灶具的燃料外，也在部分家庭作为家用热水的燃气热水器以及室内地暖系统中燃气热水锅炉的燃料。

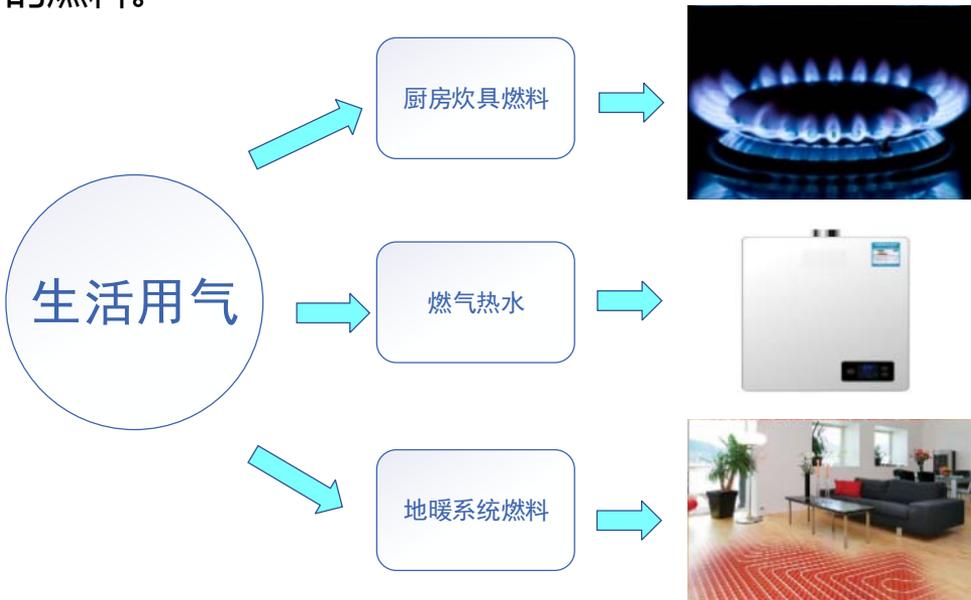


图9-6 生活中天然气的主要用途

(4) 私家车用燃油

随着燃油私家车的逐步普及，特别是大排量SUV的使用，家庭交通出行及其汽柴油消费快速增长。



图9-7 选择环保节能的汽车

10. 生活节能的原理

节约常规能源（煤、油、气和电）是低碳生活的基本途径之一。需要强调的是生活节能不是不用能，而是要求高效率地使用能源。

（1）节能原理

节能是一个技术问题，有其自身的科学原理和规律，我们需要关注能源使用过程中输出（终端）、传输和输入三个环节，特别是降低终端需求是节能的核心。



图10-1 节能核心是降低终端需求



图10-2 节能宣传周宣传贴画

节能同时也是意识问题，不合理地强调高配置、高舒适性，也会导致巨大的能源浪费，小户型建筑和超标准大户型建筑之间的能耗相差巨大；小排量汽车与大排量豪华汽车的交通能耗同样差距显著。

(2) 夏日空调节能案例

空调系统的终端需求是指冷热负荷需求。主要受门窗以及围护结构的保温性能、室内温度设定值等因素的影响。如果在门窗未关闭的条件下使用空调，既影响空调效果，也浪费能源；

空调的冷媒在传输过程中不可避免地存在阻力和损失，经常清洗滤网无疑可以降低传输过程的能耗；

空调系统的输入侧就是指空调设备。建议选择能效标识为1或2级的节能型空调，在相同的空调负荷（输出）下，耗电量（输入）会大幅度下降。



图10-3 空调夏季节能措施

(3) 照明节能的案例

照明系统的终端需求就是照度需求。一是要执行国家相关标准，照度过高和过低都会影响健康、影响工作效率；二是要充分利用自然采光。

照明系统的输入侧就是照明灯具。除了满足特殊需求而配置白炽灯外，目前一般使用LED，有条件的可以选用OLED等功能型电光源。

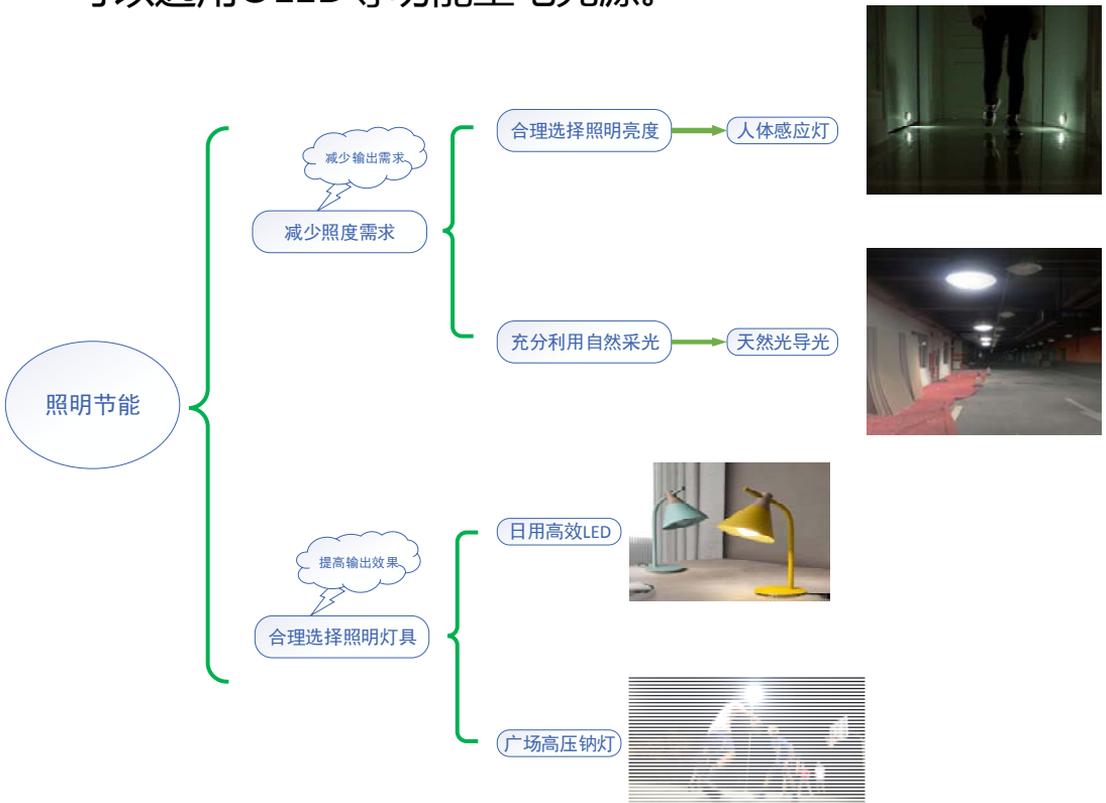
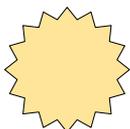


图10-4 照明节能的手段

11. 建筑节能

节能型建筑是指根据当地气候特点以及太阳辐射和风向的季节性变化规律，研究建筑规划分区、群体和单体、建筑朝向、间距后，设计出的低能耗建筑。

(1) 被动式建筑节能技术



被动式建筑是指采用非机械或电气玻璃设备等干预手段满足建筑采光和暖通需要的建筑。被动式建筑节能技术是指通过对建筑朝向的合理布置、遮阳的设置、建筑围护结构的保

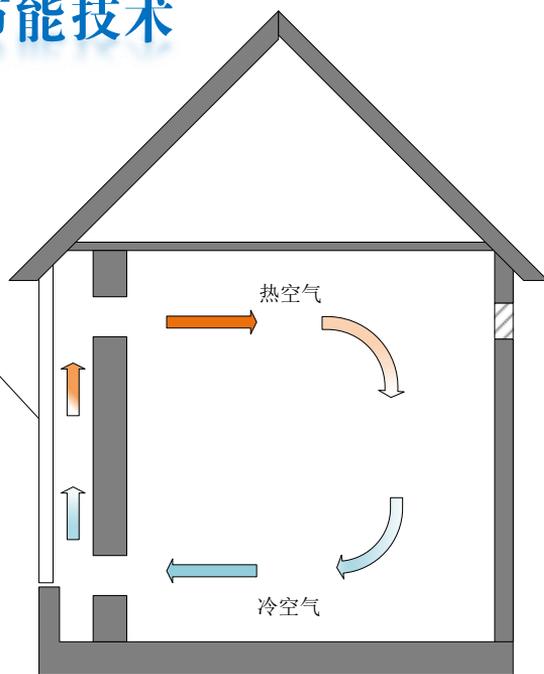
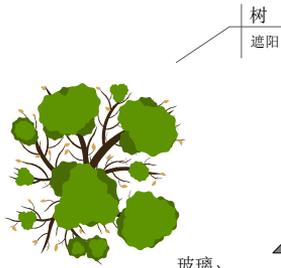
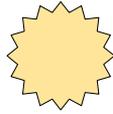


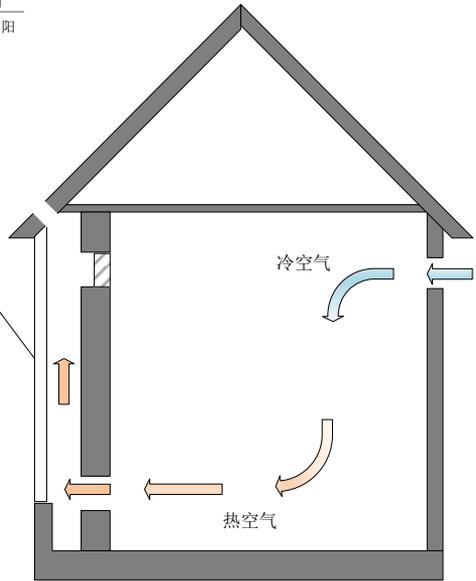
图11-1 被动式建筑冬季空气循环示意图

温隔热技术、有利于自然通风的建筑开口设计等实现建筑需要的采暖、空调、通风等能耗的降低。其中，围护结构的高标准设计和节能门窗的广泛应用是其重要特征。



树
遮阳

玻璃



(2) 主动式建筑 节能技术

主动式建筑是指通过机械或电气设备等干预手段为建筑提供采暖空调通风等舒适环境的建筑。

图11-2 被动式建筑夏季空气循环示意图

主动式建筑节能技术则指在主动式建筑中通过优化的设备系统设计、高效的设备选用实现其节能的技术。

例如，高效空调系统、空气源热泵热水系统、太阳能热水器太阳能采光机照明系统等。

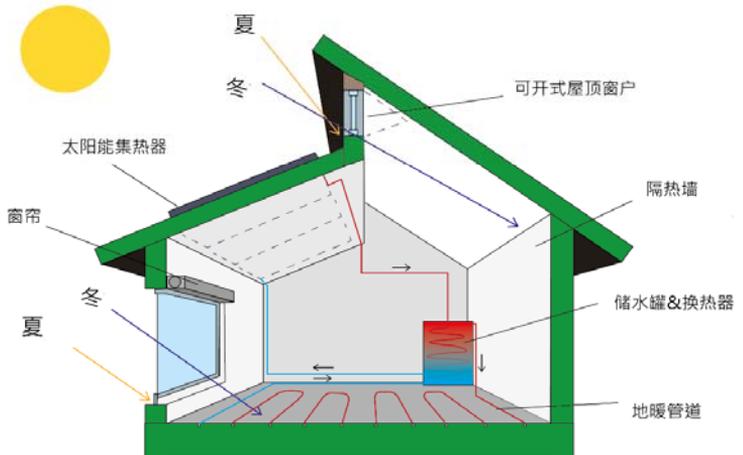
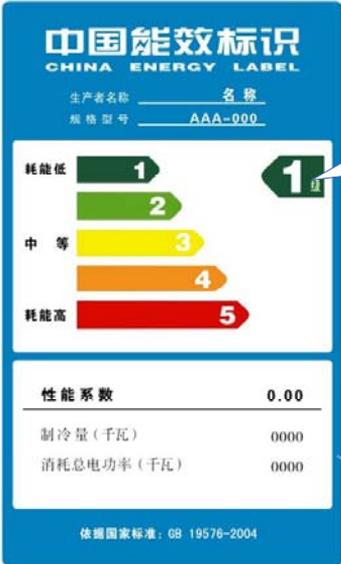


图11-3 被动式与主动式结合的节能建筑示意图

12. 家电节能

家用电器种类多，用电量大，是生活节能的重点。



能效等级数字越小
节能效果等级越高

(1) 家电的选购

优先选购1级或2级能效标识的家电产品。

图12-1 优先选购节能家电

(2) 关注待机能耗

对于即插即用型家电，建议停用彻底切断电源。



图12-2 离开时随手拔掉电源

表12-1、常见家用电器待机能耗一览表（参考值）

设备名称	待机能耗	设备名称	待机能耗
饮水机	0.53W	空气净化器	0.48W
路由器	2.33W	机顶盒	6.83W
42吋液晶电视	0.49W	滚筒洗衣机	0.69W
大1匹空调	1.83W	落地电风扇	1.57W
吸油烟机	1.54W	电热水器	1.3W
微波炉	0.32W	笔记本电脑	0.91W
电磁炉	0.86W	手机充电器	0.14W

(3) 家电节能小窍门

冰箱内存放食物的量以占容积的60-70%为宜，食品之间最好保留一定的空隙。冰箱里存放食物过少时，热容量会变小，冰箱开门会加速冷气释放，压缩机启动频繁，增大耗电量。储存食品过满，则不利

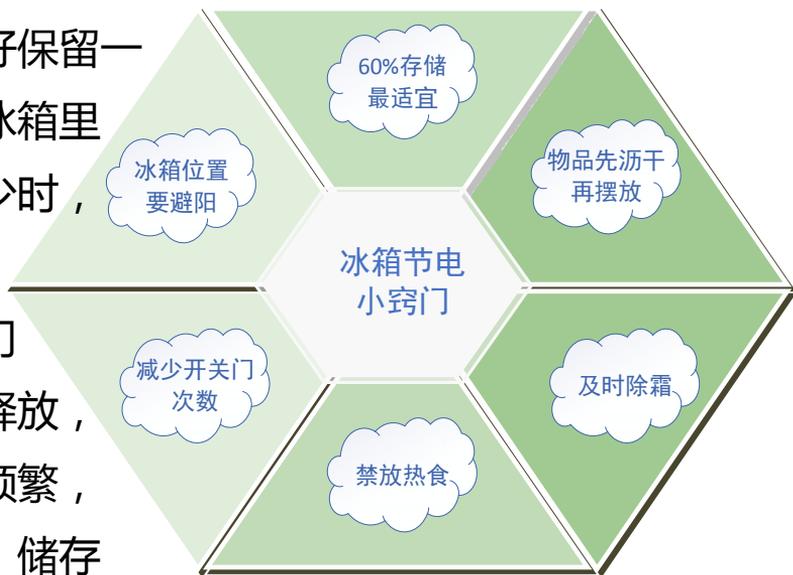


图12-3 冰箱节电小窍门

于冷空气循环，冰箱内容易结冰，会增加压缩机运行时间，增加耗电量。

空调启动瞬间电流较大，频繁开关耗电多，且易损坏压缩机；空调开启几小时后关闭，开启电风扇，可以因缩短了空调的工作时间而省电；将空调设置在除湿模式工作，此时即使室温稍高也能令人感觉凉爽，且比制冷模式省电。

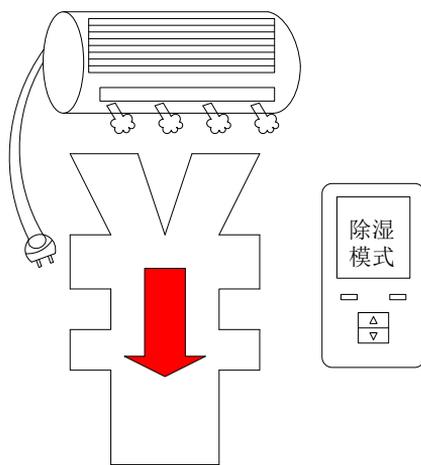
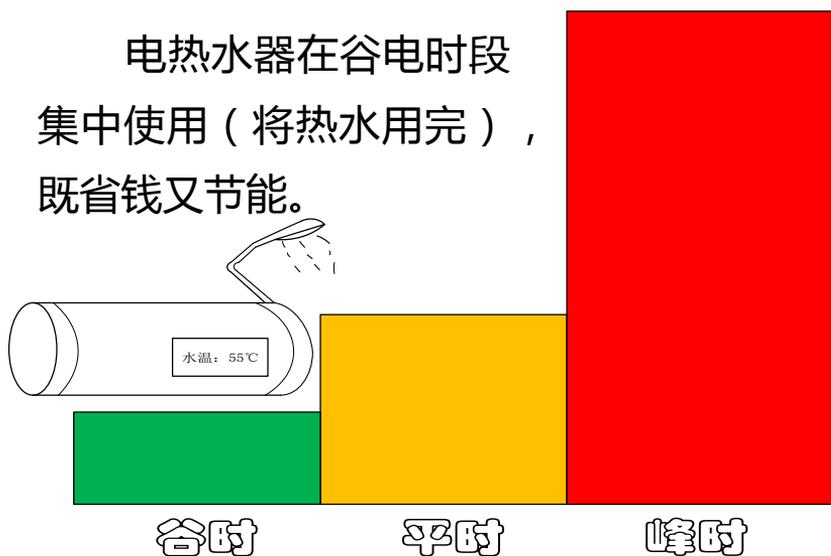


图12-4 空调除湿模式更节能



峰谷电价

图12-5 谷电时段使用热水器

13. 燃气灶节能

(1) 气体燃料燃烧的条件

气体燃料的燃烧需要二个条件：一是达到着火温度和着火浓度；二是着火后充分供应助燃空气并混合均匀。

天然气等气体燃料的着火条件见表13-1。可知，天然气的着火温度在750-850℃，着火浓度为5.1-13.9%。

表13-1、气体燃料的特性

燃料种类	着火温度 ℃	着火浓度 %	发热量 kJ/m ³	燃烧温度 ℃
天然气	750-850	5.1-13.9	33440-38456	1900-1986
甲烷	800-850	4.9-15.4	——	——
乙炔	335-500	2.5-80	——	——
发生炉煤气	700-800	20.7-77.4	4138-6479	1600

根据天然气燃烧的化学反应方程式，可以确定：
1m³天然气完全燃烧需要的理论空气量为9.5m³空气；
考虑到燃烧中多种不利因素的影响，其空气需求系数
为1.05-1.2，即需要的实际空气量为9.98-11.4m³，
相应地，天然气在混合气体中的浓度分别为9.1%和
8.1%。

燃气灶的设计，需要考虑着火温度、着火浓度以及
稳定燃烧阶段的天然气浓度控制等因素。

(2) 燃气灶的能效指标与节能燃气灶

燃气灶的热效率是指消耗燃气实际产生的热量与
其完全燃烧产生的热量之比。一些大品牌优质产品的
热效率可以达到60%，高于国标规定的55%。

节能燃气灶采用合理的结构设计，实现单柱悬浮

燃烧，以满足燃气充分燃烧的条件并使其火力能够均匀分布在炊具的锅底，其热量几乎全部被锅底吸收。经检测，节能燃气灶热效率甚至可以达到60%及以上。



图13-1 单柱悬浮燃烧

（3）生活中的节约燃气的方法

调节进风口的大小，让燃气充分燃烧，保持燃烧火焰为蓝色；

合理使用灶具的架子，其高度应使火焰的外焰接触锅底；

在确保火焰不超出锅底的条件下，使用大火可以缩短烹调时间，减少热量散失；

夏季烧开水前，可以不加锅（或壶）盖，让低温的水与空气进行热交换，等水温升至空气温度时再加盖烧水，可以节约燃气；

此外，烧煮前先擦干锅外的水滴、能够煮的食物尽量不用蒸的方法烹饪、不易煮烂的食品可以先用高压锅烧煮或用微波炉预热熟食等，这些措施都可以节省燃气。

14. 私家车及其节能

私家车作为代步工具，已经进入千家万户。大部分私家车使用汽油或柴油，如何节能减排是车主普遍关心的问题。

(1) 家庭交通能耗指标及其影响因素

人均燃油消耗=人均车辆数*车均行驶里程*单位里程油耗

人均燃油消耗是家庭交通能耗指标；人均车辆数是配置指标；车均行驶里程是使用频度指标；单位里程油耗是车辆能效指标。

(2) 合理选配和使用私家车



图14-1 合理规划出行路线

倡导正确的消费理念和习惯，主要表现在以下方面：一是根据家庭人口与工作生活的需要，努力降低人均车辆数；二是尽可能使用公共交通出行或者合理规划行驶路线，可以降低私家车的车均行驶里程；三是优先选配小排量高能效车辆，可以降低单位里程油耗。

(3) 培养良好的驾驶习惯，

提高车辆能效指标

保持车距：可以减少频繁制动，既安全又省油

抵挡起步：可以提高发动机的效率保证燃油充分燃烧

改善润滑：使用具有低温启动性能的润滑油

适当预热：夏天亦需原地预热2分钟，低速行驶2km

调整胎压：低致胎肩磨损阻力大；高致胎面中心磨损

减少风阻：高速行驶中尽量避免打开车窗

经济车速：长途行驶选择经济车速或略高于经济车速

减轻负重：定期清理行李箱，清除不必要的杂物



图14-2 减轻私家车的负重



图14-3 选择经济车速



图14-4 适当暖车

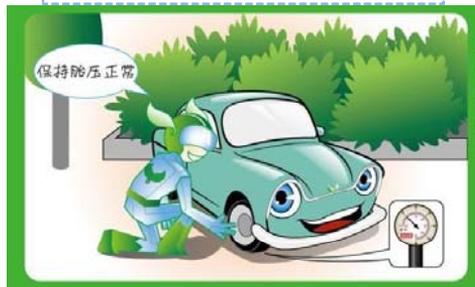


图14-5 保证胎压正常

15. 巧用可再生能源

用可再生能源替代常规能源是低碳生活的重要组成部分。

(1) 自然通风与采光

自然通风与采光是被动式建筑追求的设计目标。其中，自然通风是指利用建筑物内外空气的密度差或室外大气运动引起的风压差实现室内通风换气的一种通风方式；而自然采光则是指将太阳光引入室内并提供照明的过程。

(2) 太阳能热水器

太阳能热水器是一种技术成熟的太阳能热利用装置，可以利用太阳能加热并储存热水，可以满足生活洗浴的需要。



图15-1 太阳能热水器

(3) 光伏屋顶电站

随着光伏科技的迅速发展，光伏屋顶电站的成本大幅度下降，光伏屋顶电站已经进入部分寻常百姓的家中。



图15-2 光伏屋顶

影响光伏屋顶发电投资收益的主要因素：一是投资成本（元/千瓦）；二是年发电量或年利用小时数（小时/年）；三是电量消纳和售电收入（元/千瓦时）。

近几年来，分布式光伏电站的装机成本快速下降，每千瓦装机成本的下降，投资收益收益率明显提高。

年发电量主要受分布式光伏电站所在区域的日照条件、光伏组件及设备状况、安装方式、以及表面清洁条件等因素的影响，努力提高年发电量，有助于提升投资收益率。

尽管分布式光伏发电的上网补贴逐年减少，商用光伏发电替代仍具有较高的投资收益。

(4) 其他

光伏室外照明系统、地源/空气源热泵热水器系统等都是可再生能源在家庭生活中应用方案。

16. 居家生态碳汇

居家生态碳汇可以消纳二氧化碳，是低碳生活的多赢选择。

(1) 绿色屋顶好处多

屋顶绿化就是在各类建筑物的屋顶、露台、天台、阳台上种植花卉或建造各种绿色景观。



图16-1 屋顶绿化示意图

屋顶绿化好处多：一是提高城市绿化覆盖率，具有空气净化器的作用；二是充当屋顶的保护装置，保温隔热，减少空调的使用，具有节约作用；三是有利于缓解城市热岛效应，具有生态功效。

(2) 室内绿植巧栽培

室内绿植是指绿色观赏观叶类、观花、观果、藤蔓、水生植物等。

常春藤：生命力强，四季常青，具有较强的清除霉菌功效，可以在12小时内能清除空气中78%的霉菌。





垂叶榕：具有耐热、耐寒、耐湿以及光照要求不高等特性，它可以有效去除甲醛、苯和三氯乙烯等污染物。

吊兰：适应性强，生长速度非常快，具有净化空气的作用，能有效去除空气中的有毒物质。



17. 生活垃圾的资源化利用

(1) 生活垃圾的处置难题

随着城市化的快速推进和人民生活水平的不断提高，垃圾围城已经成为困扰当地社会发展的难题。

生活垃圾是指生活中产生的各类废弃物。生活垃圾种类多、数量大，实现生活垃圾的资源化利用难度大、要求高。

垃圾分类是垃圾资源化处置的基础，而垃圾处置装备与技术的不断进步是垃圾资源化处置的根本途径。

(2) 垃圾的种类和分类回收利用

生活垃圾一般可分为四大类：可回收垃圾、餐厨垃圾、有害垃圾和其它垃圾。



图17-1 分类回收垃圾桶

可回收垃圾

包括纸及纸制品；钢铁、铝、铜等金属制品；塑料和玻璃制品等，经分类回收和综合处理，可最大限度地资源化利用。

包括剩菜剩饭、禽畜骨、泔水和菜根菜叶瓜皮等。经生物技术处置后，每吨餐厨垃圾可生产0.3吨有机肥料。

餐厨垃圾

有害垃圾

包括废电池、废节能灯管、废水银温度计、过期药品等，这些垃圾更需要分类回收后，按规定做特殊处置。

包括砖瓦陶瓷、渣土等难以回收的废弃物。采取卫生填埋可有效减少对地下水、地表水、土壤及空气的污染。

其他垃圾

(3) 光大环保能源（南京）的垃圾焚烧发电项目

光大环保能源（南京）垃圾焚烧发电项目分期建设：一期工程于2014年投运，配置4台500吨/日机械炉排垃圾焚烧炉和2台20MW汽轮发电机组，日处理垃圾2000吨；二期工程于2017年投运，配置3台750吨/日机械炉排焚烧炉，2台25MW凝汽式汽轮发电机组，



图17-2 风景优美的光大环保能源南京垃圾电站全景图

日处理生活垃圾2250吨；该项目还同步建设了完备的环保设施。

烟气净化系统采用国际先进的处理工艺，全部烟气经过脱硫脱硝系统、活性炭系统和布袋除尘器等多道工序处理，确保烟气排放指标大大优于国家标准和欧盟2000标准。

垃圾渗滤液采用“预处理+厌氧反应器+好氧系统+纳滤膜+反渗透膜”处理，产水达《城市污水再生利用—工业用水水质标准》的要求，处理后的中水全部回用。

垃圾焚烧后产生的炉渣加工制作成砖块或建材，变废为宝，实现了燃烧产物的综合利用。

也就是说，南京市的生活垃圾，在垃圾焚烧发电厂进行了一次特殊的“旅行”后，变成了电能、中水以及铺在马路两侧的地砖等，垃圾在这里实现了“涅槃重生”。

18. 明晰碳足迹，争做低碳达人

(1) 什么是“碳足迹”

“碳足迹”指的是个人、团体或企事业单位在日常活动中所产生的温室气体排放量。



图18-1 碳足迹海报

通过测算“碳足迹”，可以明晰个人、团体或企事业单位在日常活动中所消耗的常规能源及其二氧化碳排放量，期望产生两个效果：一是转变生活方式，从“高碳”转向“低碳”；二是“碳补偿”，通过植树造林或者购买“碳排放权”，增加碳汇。

(2) “碳足迹”计算器

居家生活中的“衣”、“食”、“住”、“行”和“用”诸多方面，都存在常规能源的消费，亦即产生温室气体二氧化碳的排放。

百度一下，可以查到“碳足迹”计算器，不仅能计算家居生活中的“碳足迹”，还可以计算“碳补偿”需要植树数量。见图18-2。



(3) “碳补偿”

例如：如果你乘飞机旅行2000公里，那么你就排放了278千克的二氧化碳，为此你需要植3棵树来抵消；如果你用了100度电，那么你就排放了99.7千克二氧化碳。为此，你需要植1棵树；如果你自驾车（高耗油乘用车）消耗了100公里，那么你就排放了41千克二氧化碳，为此，需要植0.4棵树，等等。

如果不以种树补偿，则可以根据国际一般碳汇价格水平，每排放一吨二氧化碳，补偿10美元钱。用这部分钱，可以请别人去种树。当然这要去“碳交易”市场才能交易。

19. 实行绿证制度有什么意义

(1) 什么是“绿证”

绿证的全称是“绿色电力证书”。绿证是国家对除了水电之外的可再生能源发电企业上网电量颁发的具有独特标识代码的电子证书，是非水可再生能源发电量的确认和属性证明以及消费绿色电力的唯一凭证。



图19-1 我国的绿证

绿证的卖方是：国家可再生能源电价附加资金补助目录内的风电（陆上风电）和光伏发电项目（不含分布式光伏项目）。

绿证的买方有4类购买者：各级政府机关、企事业单位、社会机构和个人。

(2) 绿证制度的意义

在国家发改委等三部门联合发布的《关于试行可再生能源绿色电力证书核发及自愿认购交易制度的通

知》中提出：自2017年7月1日起在全国范围内试行可再生能源绿色电力证书核发和认购交易制度（以下简称绿证制度），其目的是引导全社会绿色消费、促进清洁能源消纳利用、进一步完善风电和光伏发电的补贴机制。

我国绿证制度的建立和推出，具有两面的意义：一是标志着我国新能源开发利用的扶持政策，正逐步从“刚性的直接补贴”向“市场化导向”的机制转型，有利于可再生能源产业长期、稳定、健康的发展；二是通过自愿认购或电力配额考核等机制，积极消纳可再生能源生产的清洁电力。



（3）如何购买绿证

方式1：登录绿证认购平台。

可以直接像在淘宝网购物一样，购买绿证产品，支持银联在线支付。该平台的网址是：<http://www.greenenergy.org.cn/gctrade/shop/index.html>。

方式2：个人买家可以通过微信公众号“国家可再生能源信息管理中心”进行购买，操作十分方便。

图19-2 购买绿电海报图

20. 倡导低碳生活

(1) 背景和意义

全球气候变化已经成为举世关注的焦点，IPCC 报告中明确指出：气候变化与大气中二氧化碳等温室气体的快速增长密切相关。低碳意指较低（更低）的温室气体（以二氧化碳为主）排放。

低碳生活就是崇尚自然、追求健康的生活，是一种乐观积极的生活态度和生活方式。

(2) 低碳生活的内涵

本书介绍了生成二氧化碳的碳源以及消纳二氧化碳的碳汇，而低碳生活包括控制碳源和增加碳汇等两个方面。

其中，控制碳源有以下两种基本途径：一是在生活中高效地利用能源（简称为能源节约）；二是充分利用环境友好的新能源（简称为能源替代），都可以有效地控制碳源、降低二氧化碳排放，是低碳生活核心内涵。

植树造林、家庭绿化，既可以增加生活碳汇，也可以改善生态环境，是低碳生活的多赢选择。

(3) 低碳生活要求改变生活理念

低碳生活还意味着量入为出和杜绝攀比等先进文明的生活理念。

房子是用来住的，一套也就够了；私家车是代步工具，好天气且有闲暇，不妨安步当车，既节能环保，又锻炼身体，一举多得，何乐而不为。

此外，“碳足迹”和“绿证制度”等新理念、新机制与低碳生活相伴而生，每个人都可以为这个世界做出一份贡献。

面对低碳生活，您如何选择？

换一种出行方式

更文明 更健康



图20-1 绿色出行

能 | 源 | 科 | 普 | 丛 | 书

话说低碳生活



中国能源研究会编著