

普通高等院校环境科学与工程类系列规划教材

NENGYUAN

YU HUANJING

能源与环境

韦保仁 编著

中国建材工业出版社

普通高等院校环境科学与工程类系列规划教材

能源与环境

韦保仁 编著

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

能源与环境/韦保仁编著. —北京: 中国建材工业出版社, 2015. 1

普通高等院校环境科学与工程类系列规划教材

ISBN 978-7-5160-1084-6

I. ①能… II. ①韦… III. ①能源—关系—环境—高等学校—教材 IV. ①X24

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 302710 号

内 容 简 介

本书在介绍常规能源和新能源的基础上, 重点介绍了由于能源开发和使用造成的二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物排放, 特别是目前广受关注的 PM_{2.5} 污染以及应对这些污染的方法。本书最后讨论可持续框架下的能源开发和利用, 介绍了生命周期评价和为环境而设计等方法。

本书的编著过程中, 作者尽量做到通俗易懂, 便于跨专业的人员阅读; 采用了国家统计局、IPCC、环境保护部等机构最新的权威数据和资料, 并引用了大量研究人员的研究成果, 在此特向这些研究人员表示衷心的感谢。

本书适合作为普通高等院校环境类和能源类等相关专业教材, 也可作为相关专业从业人员的参考用书。

能源与环境

韦保仁 编著

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市海淀区三里河路 1 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京雁林吉兆印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 16.5

字 数: 412 千字

版 次: 2015 年 1 月第 1 版

印 次: 2015 年 1 月第 1 次

定 价: 49.00 元

本社网址: www.jcbs.com.cn 微信公众号: zgjcgycbs

本书如出现印装质量问题, 由我社市场营销部负责调换。联系电话: (010) 88386906

前 言

能源是社会进步的推动力，充足的能源是维持社会进步和人民正常生活的必要保障。人类社会千百年来对能源的使用，在推动社会进步的同时，也面临能源枯竭和因为能源开发、使用带来的环境污染的困扰。

本书在介绍常规能源和新能源的基础上，重点介绍了由于能源开发和使用造成的二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物排放，特别是目前广受关注的PM_{2.5}污染以及应对这些污染的方法。本书最后讨论可持续框架下的能源开发和利用，介绍了生命周期评价和为环境而设计等方法。

本书的编著过程中，作者尽量做到通俗易懂，便于跨专业的人员阅读；采用了国家统计局、IPCC、环境保护部等机构最新的权威数据和资料，并引用了大量研究人员的研究成果，在此特向这些研究人员表示衷心的感谢。

限于作者水平和时间，书中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者
2015 年 1 月于苏州

目 录

第一章 绪论	1
第一节 能源的定义与分类	1
第二节 能源与社会发展	3
第三节 能源与环境	7
第二章 常规能源	12
第一节 煤炭	12
第二节 石油	20
第三节 天然气	29
第四节 水能	37
第三章 新能源	43
第一节 太阳能	43
第二节 风能	50
第三节 核电	58
第四节 生物质能	64
第四章 中国能源需求情景分析	76
第一节 中国能源生产与消费现状和能源强度特性	76
第二节 能源相关的大气污染物排放现状	85
第三节 中国能源需求情景预测	90
第五章 能源开发利用的环境影响	102
第一节 能源开发利用与全球气候变化	102
第二节 能源开发利用与硫氧化物	111
第三节 能源开发利用与氮氧化物	118
第四节 能源开发利用与 PM _{2.5}	124
第六章 温室气体控制	134
第一节 联合国政府间气候变化专门委员会 (IPCC)	134
第二节 气候变化框架公约	138
第三节 《京都议定书》	144
第四节 后京都时代的温室气体减排	153
第五节 中国应对气候变化国家方案	161
第六节 碳足迹核查	166
第七节 碳捕捉与封存技术	176

第七章 能源开发利用的环境污染综合防治	184
第一节 我国有关大气污染防治的法律规定	184
第二节 大气环境质量标准	188
第三节 大气污染综合防治	195
第四节 二氧化硫控制技术	202
第五节 氮氧化物控制技术	207
第六节 PM2.5 控制技术	214
第八章 可持续发展框架下的能源利用	221
第一节 中国能源面临的问题	221
第二节 能源效率与能源审计	226
第三节 可持续发展能源指标体系	230
第四节 生命周期评价	236
第五节 为环境而设计	245
附录	250
参考文献	253

第一章 绪 论

第一节 能源的定义与分类

一、能源的定义

能源有多种定义。《科学技术百科全书》中说：“能源是可从其获得热、光和动力之类能量的资源”；《大英百科全书》中说：“能源是一个包括着所有燃料、流水、阳光和风的术语，人类用适当的转换手段便可让它为自己提供所需的能量”；《日本大百科全书》中说：“在各种生产活动中，我们利用热能、机械能、光能、电能等来做功，可作为这些能量源泉的自然界中的各种载体，称为能源”；我国的《能源百科全书》中说：“能源是可以直接或经转换提供人类所需的光、热、动力等任一形式能量的载能体资源”。可见，能源是一种呈多种形式的，且可以相互转换的能量的源泉。

能源，就是指能够直接或经过转换而提供能量的资源。从广义上讲，在自然界里有一些自然资源本身就拥有某种形式的能量，它们在一定条件下能够转换成人们所需要的能量形式，这种自然资源显然就是能源。如薪柴、煤、石油、天然气、水能、太阳能、风能、地热能、波浪能、潮汐能、海流能和核能等。但在生产和生活过程中，由于需要或为便于运输和使用，常将上述能源经过一定的加工、转换，使之成为更符合使用要求的能量来源，如煤气、电力、焦炭、蒸汽、沼气和氢能等，它们也称为能源，因为它们同样能为人们提供所需的能量。

二、能源的分类

由于能源形式多样，因此通常有多种不同的分类方法。它们或按能源的来源、形成、使用分类，或从技术、环保角度进行分类。不同的分类方法，都是从不同的侧面来反映各种能源的特征。

1. 按地球上能源的来源分类

(1) 第一类能源是来自地球外天体的能源

人们现在使用的能源主要来自太阳能，故太阳有“能源之母”的说法。现在，除了直接利用太阳的辐射能（宇宙射线及太阳能）之外，还大量间接地使用太阳能，如化石燃料（煤、石油、天然气等），它们就是千百万年前绿色植物在阳光照射下经光合作用形成有机质而长成的根茎及食用它们的动物遗骸，在漫长的地质变迁中所形成的，此外如生物质能、流水能、风能、海洋能和雷电等，也都是由太阳能经过某些方式转换而形成的。

(2) 第二类能源是地球自身蕴藏的能量

这里主要指地热能资源及原子能燃料，还包括地震、火山喷发和温泉等自然呈现出的能量。

(3) 第三类能源是地球和其他天体引力相互作用而形成的

这主要指地球和太阳、月球等天体间有规律运动而形成的潮汐能。

2. 按获得的方法分类

(1) 一次能源

一次能源即在自然界中天然存在的, 可供直接利用的能源, 如煤、石油、天然气、风能、水能和地热能等。

(2) 二次能源

二次能源即由一次能源直接或间接加工、转换而来的能源, 如电力、蒸汽、焦炭、煤气、氢气以及各种石油制品等。大部分一次能源都转换成容易输送、分配和使用的二次能源, 以适应消费者的需要。二次能源经过输送和分配, 在各种设备中使用, 即终端能源。

3. 按被利用的程度、生产技术水平 and 经济效果等分类

(1) 常规能源

常规能源是在相当长的历史时期和一定的科学技术水平下, 已经被人类长期广泛利用的能源, 不但为人们所熟悉, 而且也是当前主要能源和应用范围很广的能源, 如煤炭、石油、天然气、水力和电力等。其开发利用时间长、技术成熟、能大量生产并广泛使用, 如煤炭、石油、天然气、薪柴燃料和水能等, 常规能源有时又称之为传统能源。

(2) 新能源

新能源中一些虽属古老的能源, 但只有采用先进方法才能加以利用, 或采用新近开发的科学技术才能开发利用的能源; 有些能源近一二十年来才被人们所重视, 新近才开发利用, 而且在目前使用的能源中所占的比例很小, 但属于很有发展前途的能源, 如太阳能、地热能、潮汐能和生物质能等, 核能通常也被看作新能源, 尽管核燃料提供的核能在世界一次能源的消费中已占 15%, 但从被利用的程度看还远不能和已有的常规能源相比; 另外, 核能利用的技术非常复杂, 可控核聚变反应至今未能实现, 这也是将核能仍视为新能源的主要原因之一。不过也有不少学者认为, 应将核裂变作为常规能源, 核聚变作为新能源。新能源有时又称为非常规能源或替代能源。常规能源与新能源是相对而言的, 现在的常规能源过去也曾是新能源, 今天的新能源将来也会成为常规能源。

4. 按是否可以再生分类

(1) 可再生能源

可再生能源是在自然界中可以不断再生并有规律地得到补充的能源, 如太阳能和由太阳能转换而成的水能、风能、生物质能等。它们可以循环再生, 不会随其本身的转化或人类的利用而日益减少。

(2) 不可再生能源

不可再生能源是经过亿万年形成的、短期内无法恢复的能源, 如煤、石油、天然气、核燃料等。它们随着大规模地开采利用, 其储量越来越少, 总有枯竭之时。

5. 按能源本身的性质分类

(1) 含能体能源

含能体能源本身就是可提供能量的物质, 如石油、煤、天然气、氢等, 它们可以直接储存, 因此便于运输和传输。含能体能源又称之为载体能源。

(2) 过程性能源

过程性能源是指由可提供能量的物质的运动所产生的能源,如水能、风能、潮汐能和电力等,其特点是无法直接储存。

6. 按是否能作为燃料分类

(1) 燃料能源

燃料能源是可作为燃料使用的能源,包括矿物燃料(煤炭、石油、天然气),生物质燃料(薪柴、沼气、有机废物等),化工燃料(甲醇、酒精、丙烷以及可燃原料铝、镁等),和核燃料(铀、钍、氘等)四大类。

(2) 非燃料能源

非燃料能源是不可作为燃料使用的能源,多数具有机械能,如水能、风能等;有的含有热能,如地热能、海洋热能等;有的含有光能,如太阳能、激光等。

7. 按对环境的污染情况分类

(1) 清洁能源

清洁能源即对环境无污染或污染很小的能源,如太阳能、水能、海洋能等。

(2) 非清洁能源

非清洁能源即对环境污染较大的能源,如煤、石油等。

另外还有一些有关能源的术语或名词,如商品能源、非商品能源、农村能源、绿色能源和终端能源等。它们也都是从某一方面来反映能源的特征。例如,商品能源是指流通环节大量消费的能源,如煤炭、石油、天然气和电力等,而非商品能源则指不经流通环节而自产自用的能源,如农户自产自用的薪柴、秸秆,牧民自用的牲畜粪便等。

第二节 能源与社会发展

一、能源利用与人类文明

人类进化发展的程序是一部不断向自然界索取能源的历史,人类文明的每一步都和能源的使用息息相关。回顾人类的历史,可以明显地看出能源和人类文明进步间的密切关系。人类文明经历了三个能源时期,即薪柴时代、煤炭时代和石油时代。

1. 薪柴时代

薪柴是人类第一代主体能源。自从人类利用“火”开始,就以薪柴、秸秆和动物的排泄物等生物质燃料来烧饭和取暖,用草饲养牲畜,同时靠人力、畜力、简单的风力和水力机械作动力,从事生产活动和交通运输。这个以薪柴等生物质燃料为主要能源的时代,延续了很长时间,生产和生活水平都极低,社会发展迟缓。从远古时代直至中世纪,在马车的低吟声中,人类渡过了悠长的农业文明时代。

2. 煤炭时代

人类认识和利用煤炭的历史非常悠久,中国是世界上最早发现并使用煤炭、石油和天然气的国家之一。有文字记载的开采和利用煤炭的历史,可以追溯到 2 000 多年前的战国时代。人类真正进入煤炭时代则是在 18 世纪欧洲兴起的产业革命,以煤炭取代薪柴作为主要能源,蒸汽机成为生产的主要动力,工业得到迅速发展,劳动生产力有了很大的增长。煤炭

时代的到来是人类对能源这种资源旺盛需求的结果,煤炭推动了工业革命的进程。特别是19世纪末,电磁感应现象的发现,使得由蒸汽机作动力的发电机开始出现,电力开始进入社会的各个领域,电动机代替了蒸汽机,电灯代替了油灯和蜡烛,电力成为工矿企业的主要动力,成为生产和生活照明的主要来源,出现了电话、电影。在此过程中,不但社会生产力有了大幅度的增长,而且人类的生活水平和文化水平也有极大的提高,从根本上改变了人类社会的面貌。工业文明逐步扩大煤炭的利用,大量的煤炭转换成更加便于输送和利用的电力,煤炭也成为人类文明的第二代主体能源。

3. 石油时代

和煤炭一样,人类对石油的认识并不是在现代才有的。2 000多年前,我国西北地区人民用石油点灯;北魏时期用石油润滑车轴;唐宋以来用石油制作蜡烛及油墨;北宋时,开封出现了炼油作坊。我国古代的石油钻井工艺也不断改进。北宋中期开始以简单的机械冲击钻井(即顿钻)代替手工掘井,宋末元初,开始了以畜力绞车的钻井工艺。13世纪,在我国陕北的延长开凿出世界第一口石油井。美国人于1859年在宾夕法尼亚州打出了西方第一口石油井。后者被作为现代石油业的起点载入了史册。随后,俄国也开始开采石油,并在1897~1906年铺设了第一条输油管道。1886年德国的戴姆勒(Daimler, 1834~1900)制成了第一台使用液体石油的内燃机;19世纪末,发明了以汽油和柴油为燃料的奥托内燃机和狄塞尔内燃机;20世纪初,美国福特公司成功研制了第一辆汽车。特别是20世纪50年代,美国、中东、北非相继发现了巨大的油田和气田,从此石油开采和内燃机互为需求,形成了世界能源革命的新时期,将人类飞速推进到现代文明时代。在此过程中,西方发达国家或地区很快地从以煤为主要能源结构转为以石油和天然气为主要能源结构。

到1960年,全球石油的消费量超过煤炭,成为第三代主体能源。汽车、飞机、内燃机车和远洋客货轮的迅猛发展,不但极大地缩短了地区和国家之间的距离,也大大促进了世界经济的繁荣。30多年来,世界上许多国家或地区依靠石油和天然气,创造了人类历史上空前的物质文明。

4. 新能源与可再生能源时代

值得注意的是,传统工业文明比农耕文明的发展速度快,但持续性差。随着世界人口的增加,经济的飞速发展,能源消费量持续增长,能源给环境带来的污染也日益严重。与此同时,由于人类的活动,地球生态系统也受到破坏,森林锐减、物种毁灭、气候变暖、沙漠扩大、灾害频发。此外,1974年及1980年发生两次能源危机,也使欧美等发达国家认识到过度依靠石油并非长远之计,因此在提高能源利用效率的同时,如何充分开发与利用新能源与可再生能源,保持能源与环境协调,促进社会可持续发展是摆在全人类面前的共同任务。

二、能源与经济发展

能源是国民经济的重要基础和命脉,是现代化生产的主要动力来源。现代工业和现代农业都离不开能源动力。人类社会对能源的需求首先表现为经济发展的需求,反过来,能源促进人类社会进步首先表现为促进经济的发展,而经济增长是经济发展的首要物质基础和中心内容。

1. 能源在经济增长中的作用

能源是经济增长的推动力量,并限制经济增长的规模和速度。

(1) 能源推动生产的发展和规模的扩大

投入是经济增长的前提条件,在投入的其他要素具备时,必须有能源为其提供动力才能运转,而且运转的规模和程度也受能源供应的制约。物质资料的生产必须要依赖能源为其提供动力,只是能源的存在形式发生了改变。从历史上看,煤炭取代木材,石油取代煤炭以及电力的利用,都促进生产发展走入一个更高的阶段,并使经济规模急剧扩大。

(2) 能源推动技术进步

迄今为止,特别是在工业交通领域,几乎每一次的重大技术进步都是在“能源革命”的推动下实现的。蒸汽机的普遍利用是在煤炭大量供给的条件下实现的;电动机更是直接依赖电力的利用;交通运输的进步与煤炭、石油、电力的利用直接相关。农业现代化或现代农业的进步,包括机械化、水利化、化学化、电气化等同样依赖于能源利用的推动。此外,能源的开发和利用所产生的技术进步需求,也对整个社会技术进步起着促进作用。

(3) 能源是提高人民生活水平的主要物质基础之一

生产离不开能源,生活同样离不开能源,而且生活水平越高,对能源的依赖性就越大。火的利用首先也是从生活利用开始的,从此,生活水平的提高就与能源联系在一起了。这不仅在于能源促进生产发展,为生活的提高创造了日益增多的物质产品,而且依赖于民用能源的数量增加和质量提高。民用能源既包括炊事、取暖、卫生等家庭用能,也包括交通、商业、饮食服务业等公共事业用能。所以,民用能源的数量和质量是制约生活水平的主要基础之一。

2. 经济增长对能源的需求

经济增长对能源的需求首先或最终体现为对能源总需求的增长,主要有以下三种情况。

① 经济增长的速度低于其对能源总量需求的增长,即每增长单位国内生产总值(GDP)所增加的能源需求大于原来单位GDP的平均能耗量。

② 经济增长与其对能源总量需求同步增长,即每增加单位的GDP所增加的能源需求等于原来单位GDP的平均能耗量。

③ 经济增长的速度高于其对能源总量需求的增长,即每增长单位的GDP所增加的能源需求小于原来单位GDP的平均能耗量。

这三种情况在人类社会发展的历史上都曾出现过,而且在当今世界的不同国家或地区也同时并存。在一般情况下,能源消耗总是随着经济增长而增长,并且在大多数时候存在一定的比例关系。到目前为止,经济增长的同时保证能源总量需求下降仅属个别的特殊情况。

世界各国经济发展的实践证明,在经济正常发展的情况下,能源消耗总量和能源消耗增长速度与国民经济生产总值和国民经济生产总值增长率成正比例关系。这个比例关系通常用能源消费弹性系数来表示,其值可用式(1-1)计算,即

$$e = \frac{\text{能源消费年增长率}}{\text{经济年增长率}} = \frac{\Delta E/E}{\Delta M/M} \quad (1-1)$$

式中 E 为前期能源消费量,亿 t 标准煤; ΔE 为本期能源消费增量,亿 t 标准煤; M 为前期经济产量,亿美元; ΔM 为本期经济产量增量,亿美元。

根据式(1-1)分子选择的不同又可分为一次能源消费弹性系数和电力消费弹性系数,不特别说明一般是指一次能源消费弹性系数。 e 值越大,说明国民经济产值每增加 1%,能源消费的增长率越高;这个数值越小,则能源消费增长率越低。能源弹性系数的大小与国民经济结构、能源利用效率、生产产品的质量、原材料消耗、运输及人民生活需要等有关。

世界经济和能源发展的历史显示,处于工业化初期的国家或地区,经济的增长主要依靠能源密集工业的发展,能源效率也较低,因此能源弹性系数通常多大于1。例如,发达国家或地区工业化初期,能源增长率比工业产值增长率高一倍以上。到工业化后期,一方面经济结构转向服务业,另一方面技术进步促使能源效率提高,能源消费结构日益合理,因此能源弹性系数通常小于1。尽管各国或地区的实际条件不同,但只要处于类似的经济发展阶段,它们就具有大致相近的能源弹性系数。发展中国家或地区的能源弹性系数一般大于1,工业化国家或地区能源弹性系数大多小于1;人均收入越高,弹性系数越低。

我国自20世纪80年代以后,能源消费弹性系数一般都低于1,大多在0.5左右,1999年甚至低至0.16。自2003年开始能源消费弹性系数超过1,2003年、2004年两项系数均大于1.5,此时能源消费增长的速度明显超过经济增长速度,从2006年开始有所回落。

经济增长在对能源总量需求增长的同时,也日益扩展其对能源产品品种或结构的需求。首先,从一次能源中占主体地位的品种来划分,经济增长对一次能源的需求,经历了从薪柴到煤炭,又从煤炭到石油的发展,而且品种数量日益扩大。目前,各国政府不约而同地寻找替代石油的能源,也反映了经济增长对能源品种的需求。其次,即使对同一能源产品,也有不同的品种需求。品种需求在某些方面也包含着质量需求。特别是在发达国家或地区,能源产品质量是否符合环境保护要求已经成为其能源战略的重要内容之一。从历史发展及其趋势看,经济增长与其对能源产品质量的需求也是按相同方向变化的。

三、能源增长与人民生活

人们的日常生活处处离不开能源,不仅是衣、食、住、行,而且文化娱乐、医疗卫生都与能源密切相关。随着生活水平的提高,所需的能源也越多。因此从一个国家人民的能耗量就可以看出一个国家人民的生活水平,如生活最富裕的北美地区比贫穷的南亚地区每年每人的平均能耗要高出55倍。

现代社会生产和生活,究竟需要多少能源?按目前世界情况大致有以下三种水平:

① 维持生存所必需的能源消费量(以人体需要和生存可能性为依据),每人每年约400kg标准煤。

② 现代化生产和生活的能源消费量,即为保证人们能丰衣足食、满足起码的现代化生活所需的能源消费量,为每人每年1200~1600kg标准煤。

③ 更高级的现代化生活所需的能源消费量,以发达国家或地区的已有水平作参考,使人们能够享受更高的物质文明与精神文明,每人每年至少需要2000~3000kg标准煤。

表1-1是我国近20多年的人均生活能源消费量。由表可见,我国人均生活能源消费量逐年增长,2011年比1985年增长了一倍以上。不过,直到2011年,我国人均生活能源消费量也只达到278.3kg标准煤,当然,这一统计结果基本只包括食和住两项,基本没有包括衣,特别是行。就是这样,我国人均生活能耗依然属于非常低的范围。

表 1-1 人均生活能源消费量

年份	平均每人生活 消费能源 (kg 标准煤)	生活消费能源种类和数量					
		煤炭 (kg)	电能 (kW·h)	煤油 (kg)	液化石油气 (kg)	天然气 (m ³)	煤气 (m ³)
1985	126.7	148.7	21.2	1.2	0.9	0.4	1.3

续表

年份	平均每人生活 消费能源 (kg 标准煤)	生活消费能源种类和数量					
		煤炭 (kg)	电能 (kW·h)	煤油 (kg)	液化石油气 (kg)	天然气 (m ³)	煤气 (m ³)
1990	139.2	147.1	42.4	0.9	1.4	1.6	2.5
1995	130.7	112.3	83.5	0.5	4.4	1.6	4.7
2000	123.7	67.0	115.0	0.6	6.8	2.6	10.0
2005	194.1	77.0	221.3	0.2	10.2	6.1	11.1
2010	258.3	68.5	383.1	0.1	10.9	17.0	14.5
2011	278.3	68.5	418.1	0.2	12.0	19.7	10.9

数据来源：《中国统计年鉴 2013》。

第三节 能源与环境

一、环境的定义

环境是相对于某一事物来说的，指围绕着某一事物（通常称其为主体）并对该事物产生某些影响的所有外界事物（通常称其为客体），即环境是指相对并相关于某项中心事物的周围事物。环境因中心事物的不同而不同，随中心事物的变化而变化。围绕中心事物的外部空间、条件和状况，构成中心事物的环境。

环境是指周围所在的条件，对不同的对象和科学学科来说，环境的内容也不同。

对生物学来说，环境是指生物生活周围的气候、生态系统、周围群体和其他种群。

对文学、历史和社会科学来说，环境指具体的人生活周围的情况和条件。

对建筑学来说，是指室内条件和建筑物周围的景观条件。

对企业和管理学来说，环境指社会和心理的条件，如工作环境等。

对热力学来说，是指给所研究的系统提供热或吸收热的周围所有物体。

对化学或生物化学来说，是指发生化学反应的溶液。

从环境保护的宏观角度来说，就是这个人类的家园地球。

《中华人民共和国环境保护法》从法学的角度对环境概念进行了阐述：“本法所称环境是指影响人类生存和发展的各种天然的和经过人工改造的自然因素的总体，包括大气、水、海洋、土地、矿藏、森林、草原、野生生物、自然遗迹，人文遗迹、风景名胜区、自然保护区、城市和乡村等。”

通常认为，自然要素由四大系统组成：陆地生态系统（土壤、森林、草原、野生动植物等），水生态系统（河流、湖泊、海洋、水下生物等），大气（大气、阳光、声等），人类生活和工作聚集地（城市、乡村、人文历史遗迹、自然景观区域等）组成。土壤、大气、河流、湖泊、海洋、森林、草原、野生动植物、自然遗迹、人文遗迹、自然保护区、风景名胜区是较为普遍列举的环境要素，有的国家或地区也将光、声、阳光、气味、味道、地球内部、基因物质等纳入其中。总的趋势是范围越来越广。

许多时候，环境要素既包括自然要素，也包括社会、文化要素。

二、我国面临的主要环境问题

我国是一个发展中大国，几十年来，尤其是改革开放以来经济发展突飞猛进，与此同时，随着工业化和城市化的发展，环境问题明显地摆在了世人面前，并严重威胁经济与社会的进一步发展。

1. 水体污染及水资源问题

随着经济的高速发展，我国要继续发展钢铁、冶金、煤炭、石油、化工、建材等工业，因此，存在严重的结构性污染，尤其是水体污染。

水是人类消耗最多的自然资源，水资源的可持续利用是所有自然资源可持续开发利用的最重要的一个问题。由于人类活动的影响，使得水资源减少，污染加剧，危及人类对水资源的基本需求，进而引发一系列的经济、社会问题。

我国的水体污染主要是由工业废水、农药、生活污水、以及各种固、气体等废弃物排放所造成的。水体污染对人体与社会的危害及其所造成的各种损失十分巨大。

根据国家环保部发布的公告，2012年，全国废水排放总量为684.6亿t，化学需氧量排放总量为2423.7万t，与上年相比下降3.05%；氨氮排放总量为253.6万t，与上年相比下降2.62%。表1-2列出了我国2012年废水中污染物的主要排放源。由表可见，我国废水中污染物主要来源为生活源和农业源。

表 1-2 2012 年全国废水中主要污染物排放量

COD (万 t)					氨氮 (万 t)				
排放总量	工业源	生活源	农业源	集中式	排放总量	工业源	生活源	农业源	集中式
2 423.7	338.5	912.7	1 153.8	18.7	253.6	26.4	144.7	80.6	1.9

目前，我国的河流、湖泊和水库都遭到了不同程度的污染。北方的污染负荷重于南方，根据国家环保部发布的数据：

长江流域总体水质良好。160个国控断面中，Ⅰ～Ⅲ类、Ⅳ～Ⅴ类和劣Ⅴ类水质断面比例分别为86.2%、9.4%和4.4%。

长江干流水质为优。42个国控断面中，Ⅰ～Ⅲ类和Ⅳ～Ⅴ类水质断面比例分别为97.6%和2.4%。长江支流水质良好。118个国控断面中，Ⅰ～Ⅲ类、Ⅳ～Ⅴ类和劣Ⅴ类水质断面比例分别为82.2%、11.9%和5.9%。

黄河流域轻度污染。61个国控断面中，Ⅰ～Ⅲ类、Ⅳ～Ⅴ类和劣Ⅴ类水质断面比例分别为60.7%、21.3%和18.0%。主要污染指标为五日生化需氧量、化学需氧量和氨氮。

黄河干流水质为优。26个国控断面中，Ⅰ～Ⅲ类和Ⅳ～Ⅴ类水质断面比例分别为96.2%和3.8%。黄河支流为中度污染。35个国控断面中，Ⅰ～Ⅲ类、Ⅳ～Ⅴ类和劣Ⅴ类水质断面比例分别为34.3%、34.3%和31.4%。主要污染指标为五日生化需氧量、化学需氧量和氨氮。

2012年，62个国控重点湖泊（水库）中，Ⅰ～Ⅲ类、Ⅳ～Ⅴ类和劣Ⅴ类水质的湖泊（水库）比例分别为61.3%、27.4%和11.3%。主要污染指标为总磷、化学需氧量和高锰酸盐指数。

太湖轻度污染。主要污染指标为总磷和化学需氧量。从分布看,西部沿岸区为中度污染,北部沿岸区、湖心区、东部沿岸区和南部沿岸区均为轻度污染。

滇池重度污染。主要污染指标为总磷、化学需氧量和高锰酸盐指数。从分布看,草海和外海均为重度污染。营养状态评价结果表明,全湖总体为中度富营养状态。从分布看,草海和外海均为中度富营养状态。

巢湖轻度污染。主要污染指标为石油类、总磷和化学需氧量。

从分布看,西半湖为中度污染,东半湖为轻度污染。营养状态评价结果表明,全湖总体为轻度富营养状态。从分布看,西半湖为中度富营养状态,东半湖为轻度富营养状态。

由此可见,我国像长江这样的大型水体也有 4.4% 的机会出现劣 V 类水,当然主要出现在其支流,事实上,这已经是比较严重的情形;黄河的状况就更为严重,其支流已造成中度污染。大型湖泊,例如滇池已造成重度污染。

地下水环境质量也不容乐观。2012 年,全国 198 个地市级行政区开展了地下水水质监测,监测点总数为 4 929 个,其中国家级监测点 800 个。依据《地下水质量标准》(GB/T 14848—1993),综合评价结果为水质呈优良级的监测点 580 个,占全部监测点的 11.8%;水质呈良好级的监测点 1 348 个,占 27.3%;水质呈较好级的监测点 176 个,占 3.6%;水质呈较差级的监测点 1 999 个,占 40.5%;水质呈极差级的监测点 826 个,占 16.8%。

主要超标指标为铁、锰、氟化物、“三氮”(亚硝酸盐氮、硝酸盐氮和氨氮)、总硬度、溶解性总固体、硫酸盐、氯化物等,个别监测点存在重金属超标现象。

2. 城市大气污染

由于城市工业集中,人口密度大,大气污染十分严重,主要的污染源是工业和家庭燃煤污染,属于煤烟型污染。烟尘、二氧化硫和氮氧化物是我国城市大气污染的主要污染物。

根据国家环保部公告,2012 年,我国二氧化硫排放总量为 2 117.6 万 t,与上年相比下降 4.52%;氮氧化物排放总量为 2 337.8 万 t,与上年相比下降 2.77%。表 1-3 列出了大气污染物排放的主要污染源,由表可见,大气污染物依然主要来源于工业源。

表 1-3 2012 年全国废气中主要污染物排放量

SO ₂ (万 t)				氮氧化物 (万 t)				
排放总量	工业源	生活源	集中式	排放总量	工业源	生活源	机动车	集中式
2 117.6	1 911.7	205.6	0.3	2 337.8	1 658.1	39.3	640.0	0.4

按照《环境空气质量标准》(GB 3095—1996),对 325 个地级及以上城市(含部分地、州、盟所在地和省辖市,以下简称地级以上城市)和 113 个环境保护重点城市(以下简称环保重点城市)的二氧化硫、二氧化氮和可吸入颗粒物三项污染物进行评价,结果表明:2012 年,全国城市环境空气质量总体保持稳定。全国酸雨污染总体稳定,但程度依然较重。

2012 年,地级以上城市环境空气质量达标(达到或优于二级标准)城市比例为 91.4%,与上年相比上升 2.4 个百分点。其中海口、三亚、兴安、梅州、河源、阳江、阿坝、甘孜、普洱、大理、阿勒泰,11 个城市空气质量达到一级。超标(超过二级标准)城市比例为 8.6%。

3. 声环境状况

根据 GB 3096—2008,按区域的使用功能特点和环境质量要求,声环境功能区分为以下

五种类型：

0类声环境功能区：指康复疗养区等特别需要安静的区域。

1类声环境功能区：指以居民住宅、医疗卫生、文化教育、科研设计、行政办公为主要功能，需要保持安静的区域。

2类声环境功能区：指以商业金融、集市贸易为主要功能，或者居住、商业、工业混杂，需要维护住宅安静的区域。

3类声环境功能区：指以工业生产、仓储物流为主要功能，需要防止工业噪声对周围环境产生严重影响的区域。

4类声环境功能区：指交通干线两侧一定距离之内，需要防止交通噪声对周围环境产生严重影响的区域，包括4a类和4b类两种类型。4a类为高速公路、一级公路、二级公路、城市快速路、城市主干路、城市次干路、城市轨道交通（地面段）、内河航道两侧区域；4b类为铁路干线两侧区域。

2012年，全国城市区域声环境和道路交通声环境质量基本保持稳定；3类功能区达标率高于其他类功能区，0类及4类功能区夜间噪声超标较严重。

区域声环境监测的316个城市中，区域声环境质量为一级的城市占3.5%，二级占75.9%，三级占20.3%，四级占0.3%。与上年相比，城市区域声环境质量一级、三级和四级的城市比例分别下降1.3、1.2和0.3个百分点，二级城市比例上升2.8个百分点，总体上看，各类功能区昼间达标率高于夜间，3类功能区达标率高于其他类功能区，0类及4类功能区夜间达标率低于其他类功能区。表1-4列出了我国2012年全国城市功能区检测点的达标情况。

表 1-4 2012 年全国城市功能区监测点位达标情况

功能区类别	0类		1类		2类		3类		4类	
	昼	夜	昼	夜	昼	夜	昼	夜	昼	夜
达标点次	83	56	1 725	1 376	2 406	2 100	1 628	1 457	1 826	876
监测点次	114	114	1 975	1 975	2 654	2 654	1 667	1 667	2 018	2 018
达标率（%）	72.8	49.1	87.3	69.7	90.7	79.1	97.7	87.4	90.5	43.4

4. 固体废弃物污染

2012年，全国工业固体废物产生量为329 046万t，综合利用量（含利用往年储存量）为202 384万t，综合利用率为60.9%，如表1-5所示。

表 1-5 2012 年全国工业固体废物产生及利用情况

产生量（万 t）	综合利用量（万 t）	储存量（万 t）	处置量（万 t）
329 046	202 384	70 826	59 787

5. 生态破坏

（1）森林破坏、草地退化

森林不但为人们提供薪材，为经济发展提供原材料，还为各种野生动、植物提供了优越的栖息环境。森林的破坏不仅使木材和林副产品资源短缺，珍稀野生动植物濒临灭绝，还加剧了自然灾害的发生频率和危害程度，使陆地生态环境日益恶化。

草地是十分重要的自然资源和生产资料,既是维系人类生存和发展的基本条件,也是陆地生态系统的主体组成部分。由于人们长期无节制地掠夺式利用自然资源,使草地等资源日趋枯竭,人类面临着资源危机。目前,草地沙化、退化、碱化现象日趋严重,水土流失加剧,干旱、洪涝等自然灾害频繁发生,生态环境恶化,已影响到国民经济的可持续发展,社会的安定团结。草地退化的原因主要是牲畜的发展与草地的生产能力不适应,草原建设和管理落后以及滥垦、过度放牧造成的,另外,草场的病、虫、鼠害加重了草原的退化,草原退化又进一步导致这些灾害的加剧,这样形成了恶性循环。

(2) 水土流失

全国现有水土流失面积 294.91 万 km^2 ,占普查范围总面积的 31.12%。其中,水力侵蚀面积 129.32 万 km^2 ,风力侵蚀面积 165.59 万 km^2 。

三、能源消费与环境污染

在人类的生产和生活中,需要将能源从初级形式转换为可以消费应用的高级形式。这种转换过程对环境产生了各方面的负面影响。

各种能量中,热能、机械能和电能消费最多,它们在不同的工业装置中完成各种转换过程。如锅炉把燃料化学能 $\rightarrow$ 热能,汽轮机把热能 $\rightarrow$ 机械能,发电机把机械能 $\rightarrow$ 电能,三者组成火力发电厂;汽车的内燃机将燃料化学能 $\rightarrow$ 热能 $\rightarrow$ 机械能;水电站将水的位能 $\rightarrow$ 动能 $\rightarrow$ 电能;太阳能集热器或电池分别将光能转换为热能或电能等。高品质的电能也可以转换为光、热或机械能,用于照明、取暖或做功。这些在人为干预下的能量转换过程,不仅得到了造福于人类的结果,而且产生了有害于环境的某些不良效应,即环境污染。

根据热力学定律,任何能量转换装置的效率都不能达到 100%。例如,使用非再生性常规能源,火力发电厂将煤的化学能转化为电能的效率约为 40%;汽车发动机将石油化学能转化为机械能的效率约为 25%;核电站的效率约为 33%。可见,大部分能源在消费过程中以热能的形式散失于环境,造成热污染,同时还向环境排放有害污染物,产生不良的环境效应。因此,提高能源资源利用效率,不仅可以减少能耗,节约能源,提高产品的经济性;而且减少环境污染,有利于环境保护。

多数环境污染问题与能源应用直接有关,如空气污染、水体和土壤污染、热污染、放射性污染、固体废物和噪声等。化石燃料的燃烧,排放的 SO_2 、 NO_x 、 CO 、碳氢化合物和烟尘等直接污染大气,污染物在大气中经过物理过程和光化学反应形成酸雨和光化学烟雾影响涉及更广的范围,除大气之外,还包括水体和土壤。排放的大量 CO_2 和废热引起温室效应,造成区域性和全球性的危害。能源工业产生的大量固体废物也污染大气、水和土壤。

近年来,出现了切尔诺贝利、日本福岛等几次核电站重大事故,使公众对核电站辐射有了许多担忧。此外,核电站同样向环境排放废热。