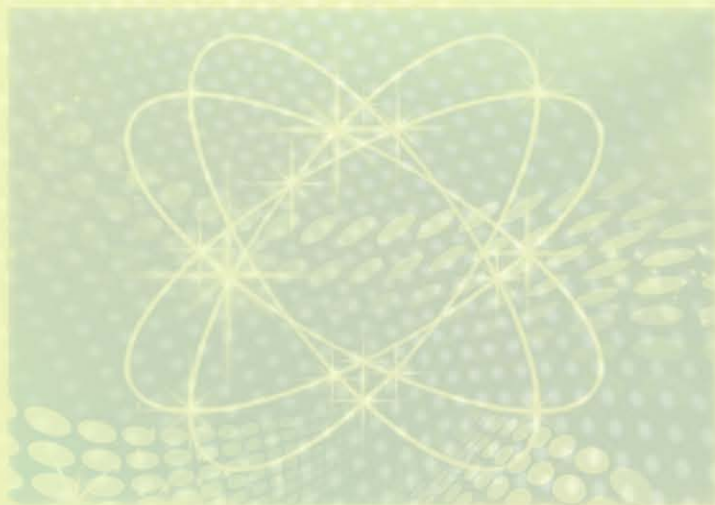


中学生环境教育

高中二年级 上册

《中学生环境教育》编写组 主编



四川大学出版社

责任编辑:梁 胜
责任校对:梁 平
封面设计:王 骞
责任印制:王 炜

图书在版编目(CIP)数据

中学生环境教育. 高中二年级. 上册 / 《中学生环境教育》编写组主编. —成都: 四川大学出版社, 2014. 6

ISBN 978-7-5614-7797-7

I. ①中… II. ①中… III. ①环境教育—高中—课外读物 IV. ①G634.983

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 130741 号

书名 中学生环境教育·高中二年级·上册

主 编 《中学生环境教育》编写组
出 版 四川大学出版社
地 址 成都市一环路南一段 24 号 (610065)
发 行 四川大学出版社
书 号 ISBN 978-7-5614-7797-7
印 刷 北京联兴华印刷厂
成品尺寸 185 mm×260 mm
印 张 5
字 数 100 千字
版 次 2014 年 7 月第 1 版
印 次 2014 年 7 月第 1 次印刷
定 价 12.00 元

◆读者邮购本书,请与本社发行科联系。

电话:(028)85408408/(028)85401670/

(028)85408023 邮政编码:610065

◆本社图书如有印装质量问题,请寄回出版社调换。

◆网址:<http://www.scup.cn>

版权所有◆侵权必究



目 录

第 1 章 地球也忧伤:明天的早餐在哪里

审视地球:人类不容乐观的生存环境	1
(一)人口压力	1
(二)环境污染	1
(三)生态破坏	2
(四)资源耗竭	2
(五)自然灾害	3

第 2 章 保护自然:可持续发展与环境保护(上)

一、警惕全球变暖:大气环境与化学污染	4
(一)地球大气环境	4
(二)酸 雨	8
(三)二氧化碳和温室效应	11
(四)臭氧层破坏	20
二、生命的重中之重:水环境保护	44
(一)水环境质量	44
(二)持久性有机污染	48
(三)天然水体的重金属污染	51



(四)水体富营养化	54
(五)水污染的控制	63
参考文献	75

第1章 地球也忧伤：明天的早餐在哪里

审视地球：人类不容乐观的生存环境

20世纪以来，世界人口数量和经济迅速增长，对环境造成巨大冲击。大量废弃物的排泄，大规模攫取自然资源和人类改造地球环境的活动，远远超过环境的自净能力和缓冲能力，造成一系列的环境问题。

（一）人口压力

地球上的人口在1999年已经突破了60亿，据世界卫生组织估计，到2050年世界人口将达到80亿，人口的急剧增长可以说是当前环境的首要问题。同时，人口增加在带来许多社会、经济问题的同时，也使得自然灾害、生态破坏、资源短缺和环境污染的问题更加严重。一旦人口超过了区域环境（自然生态环境以及人文环境）的承载能力（资源、生态、经济、基础设施等的承载能力），就会引发生态破坏、环境严重恶化等问题，甚至会出现人类文明的崩溃（如古巴比伦等）。

无论是从逐渐改善人类的生存质量来讲，还是从合理保护和利用环境以实现人类和环境的可持续发展角度来讲，控制人口规模都是必要的。

（二）环境污染

环境污染是指由于人为的或自然的因素，有害物质或者因子进入环境，破坏了环境系统正常的结构和功能，降低了环境质量，对人类或者环境系统本身产生不利影响的现象。其中，引起环境污染的物质或者因子称为环境污染物或者环境污染因子，简称污染物或者污染因子。它们可以是人类活动的结果，也可以是自然变化的结果，或者是两者共同作用的结果。



按照污染因子的性质可以将污染分为化学污染(有机污染、重金属污染等)、生物污染(细菌、病毒、真菌等)和物理污染(噪声、振动、热污染、电磁辐射、核辐射等),按照环境要素可以分为大气污染、水污染、土壤污染、生物污染、物理环境污染,按照污染产生的原因还可以分为工业污染、农业污染、交通污染、生活污染等。目前比较重要的全球性环境污染问题主要有温室气体过量排放造成的气候变化、广泛的大气污染和酸沉降、臭氧层破坏、有毒有害化学品污染及其越境转移以及海洋污染等。

环境污染除了本身对人类以及环境造成危害以外,还降低了水、生物和土地等资源中可利用部分的比例,使得资源短缺的局面更加严峻;加重了生态破坏,加快了植被的破坏和物种的灭绝;直接导致一些生态灾难和环境灾难(石油污染、污染公害、污染事故等)产生。环境污染还被怀疑是如厄尔尼诺、拉尼娜等新的“自然灾害”产生的原因。

(三)生态破坏

生态破坏是人类社会活动引起的生态退化及因此衍生的环境效应,导致了环境结构和功能的变化,对人类生存发展以及环境本身发展产生不利影响的现象。生态环境破坏主要包括水土流失、沙漠化、森林锐减、土地退化、生物多样性减少。此外,还有湖泊富营养化、地下水漏斗、地面下沉等。

土地退化是当代最严重的生态环境问题之一,它正在削弱人类赖以生存和发展的基础。由于人口增长,大规模、高强度的农业开发以及人为对植被的破坏,导致了水土流失、沙漠化、草场退化、土地贫瘠化和盐碱化等灾害。全世界水土流失面积约 2500 万平方千米,年均流失的土壤超过 257 亿吨,水土流失主要分布在干旱和半干旱地区。沙漠化是非沙漠地出现的以风沙活动、沙丘起伏为主要标志的环境退化过程,全球目前约有 36 亿公顷干旱土地受到沙漠化的直接威胁。在人为干扰下,生物物种濒危和灭绝的速度大大加快,从公元前 8000 年到 1975 年,哺乳动物和鸟类的平均灭绝速率大约增加了 1000 倍。

生态环境的恢复是比较困难的,而物种灭绝等则是不可恢复的,因此,人类应注重生态环境保护,强化生态建设,维护和提高生态环境的质量。

(四)资源耗竭

自然资源是人类生存发展不可缺少的物质依托和条件,也是实现可持续发展首先要解决的问题之一。随着全球人口的增加和社会经济的发展,人类对资源的需求与日俱增,然而目前人类正面临着某些重要资源严重短缺或者即将耗竭的威胁。全球资源匮乏主要表现为可利用土地资源紧缺、森林资源不断减少、淡水资源严重不足、生物多样性资源严



重减少及某些重要矿产资源(包括能源)濒临枯竭等。

土地资源的问题为全球可供开发的后备土地资源已很少,随着人口的增加,人均占有耕地面积正逐步下降,土地退化和城镇、道路建设占用着越来越多的土地,使得原本紧张的土地资源更加紧张。近几十年来,人们大量砍伐热带森林,使之正以前所未有的速率减少,1981—1990年每年损失森林平均达到1690万公顷,再造森林约1054万公顷。森林的减少同时还引发了许多其他环境问题,如物种灭绝、生物基因减少加快、水土流失加剧、土地退化、洪涝灾害及早灾增加等。

水资源短缺是当今人类发展面临的另一重要威胁。全球占陆地面积约60%的地区缺水,约20亿人用水紧张、10亿人得不到良好的饮用水。由于污染引起的水质性缺水以及对水资源需求的持续增加更加重了全球的水资源短缺。

煤炭、石油、天然气等化石能源以及铁、铜等矿产资源都是不可再生的,其中许多还是人类发展中极为重要的战略资源,而目前石油等资源正面临枯竭的境地。

为了解决资源短缺问题,人类应开发利用新的产业技术,以减少社会经济发展对一次性矿产资源的依赖,提高资源的利用效率和回收利用率;开发替代技术和替代产品,特别是要开发可更新的替代能源,以保障整个人类发展的稳定性。

(五)自然灾害

自然灾害是自然环境自身变化所引起的,主要受自然力的操控,在人类失去控制能力的情况下,使人类生存和发展的环境受到一定的损害,一般也称原环境问题或第一环境问题。但是,当今一些大型工程的建设、大型武器试验等也会引发类似的灾害,例如,在一些地方因为水库的建设而引发的水库地震,水库、河流等堤坝损毁造成的洪涝灾害,核试验引发的地震等。

陨石等天体撞击事件(通古斯大爆炸)、太阳异常、电磁风暴、宇宙射线等天文灾害,火山、地震、岩崩、泥石流、滑坡等地质灾害,水灾、旱灾、风暴、冰雹、雪灾、热浪、寒潮等气象水文灾害,病虫害、森林火灾、物种灭绝(自然因素)等生物灾害,都是自然灾害的典型表现形式。

虽然人类很难避免自然灾害的发生,但是可以采取一些措施来减少灾害带来的损失,例如,灾害预报,建设堤坝等防灾设施,提高建筑物抗灾能力,灾害中的紧急救助以及灾后疾病控制和灾区重建等;也可以运用已经掌握的规律,避开在灾害多发地区进行建设,或者避免人为地制造或强化自然灾害。在科学技术日益发达的今天,人们已经能够在一定范围内控制一些如病虫害以及泥石流等灾害的发生,将来人们也许可以控制更多的灾害发生。

第2章 保护自然:可持续发展与环境保护(上)

一、警惕全球变暖:大气环境与化学污染

地球的外圈是一层空气,这一层空气称为大气圈。根据大气的温度、成分和其他物理性质,可将大气圈分为四个层次:对流层、平流层、中间层和热层。

人类及其他生物生活在地球大气的下层。外层空间辐射的大部分宇宙射线及太阳发射的高能电磁辐射均为大气所吸收,从而保护了包括人类在内的一切生物免受高能辐射的危害。大气提供生命必需的氧气及植物呼吸所需的 CO_2 。人可以 5 周不吃东西,5 天不喝水继续生存,但不可以 5 分钟不呼吸空气。在巨大的太阳能作用下,水从海洋转移到陆地,在这个过程中,大气担负着冷凝的作用。因此,洁净的大气是生物生存的必要条件。

(一)地球大气环境

1. 大气的组成

大气圈的主要成分是空气,另外还有少量水汽、尘粒和其他微量杂质。

空气的主要成分是氮(78.09%)、氧(20.94%)、氩(0.93%),三者共占整个空气的 99.6%,空气中的 CO_2 含量只占 0.033%,另外还有一些稀有气体(He、Ne、Kr、Xe)和 CH_4 、 NO_2 、 SO_2 、 CO 、 NH_3 、 O_3 等,总共也不过占据 0.1%。

大气中的水汽主要来自江河湖海等水体、土壤和植物中水分的蒸发,大部分集中在低层大气中,含量最多不超过低层大气总量的 4%。一般情况下,空气中水汽含量随高度增加而减少,是大气中随地区、季节和气象等变化较大的成分,也是天气变化和大气污染中的重要因素。

大气中的固体悬浮粒子主要来自宇宙尘埃、岩石风化、火山喷尘、植物花粉、工业烟尘和海浪飞逸溅入大气的水滴蒸发后形成的盐粒等,粒径较大者称降尘,几小时可落到



地面,粒径小的(小于10微米)称飘尘,可在大气中飘荡数年之久。

2. 大气的结构

大气的总质量 3.9×10^{15} 吨,只有地球总质量的百万分之一。由于重力的作用,大气质量的垂直分布很不均匀,其质量的一半集中在离地面5千米以下,90%集中在30千米以下。

根据大气物理性质(温度、扩散速度、电子密度等)垂直分布的特征,可将大气圈分为许多层次。以温度随高度的分布,将大气层自下而上分为对流层、平流层、中间层和热层。

(1)对流层。对流层是大气圈的最下层,其厚度在中纬度附近为10~12千米,在赤道附近为16~18千米,在两极附近为8~9千米。其厚度还与季节有关,夏季较厚,冬季较薄。对流层的特点:

①气体密度大。对流层的厚度虽然不及整个地球大气圈的百分之一,但大气总质量的75%、水汽的90%以上都集中在对流层。因此,主要的天气现象(云、雾、降水等),化学污染物的产生和变化等都发生在对流层里。对流层与人类的关系最密切,人类将大量的物质排入对流层,如城市中的工业和交通运输排放的气体和微粒,燃烧农作物残渣的烟尘,草原、森林火灾的烟尘等。

②气温随高度增加而下降。高度大约每上升100米,温度平均降低 0.6°C ,所以对流层上部的气温为零下 50°C 左右。其原因与地面热辐射有关。

③空气强烈地上下对流。由于贴近地面的空气受地面热辐射的影响而膨胀上升,上部冷空气下沉,在垂直方向上形成强烈的对流。贴近地面空气中的热量、水汽和污染物质通过对流向上层输送,这种空气对流对地面污染物的扩散稀释是有利的。但如果由于气候、地形等因素影响而形成下冷上热的逆温层时,污染物则难以扩散而容易造成污染事件。

(2)平流层。平流层处于地面12~50千米的区域。平流层的温度分布由下而上逐渐升高,平流层顶的温度可达到最高值(273K)。平流层的大气稳定,没有对流现象,空气水平流动占显著优势,这是由于上热下冷的温度分布所致。平流层的大气是稳定的,污染物进入平流层后,往往随着气流随地球旋转而运动,甚至可停留多年,如在离地面20千米处发现的一层(NH_4), SO_4 气溶胶便是著名的例子。大气稳定的特征使污染物进入平流层后容易造成较大的全球性影响。

平流层的空气比对流层干燥且要稀薄得多,水汽和尘埃的含量甚微,因而很少出现天气现象。

在平流层中高度为15~35千米范围内,形成厚度约20千米的臭氧(O_3)层,由于臭



氧有吸收太阳光中短波辐射的能力,其将吸收的能量转变成热量释放出来,致使平流层气温随高度增加而增加。超音速飞机和宇航业的发展,使大量 CO 和 NO 等还原性气体被排放进平流层中,形成对臭氧层的破坏。

(3)中间层。距地面 50~85 千米范围称中间层。这一层的空气更加稀薄,气温随高度的增加而降低,至中间层顶(85 千米左右),气温可降低到 $-63^{\circ}\text{C} \sim -103^{\circ}\text{C}$ (中纬度上空),这与臭氧浓度减小有关。

(4)热层。热层的高度在 85~500 千米。这一层气体温度随高度增加而迅速升高,至 300 千米高度时,温度可高达 $1\ 000^{\circ}\text{C}$ 以上。由于太阳紫外线和宇宙射线的作用强烈,使热层和中间层空气分子发生电离,形成带电离子,因而又将 60~1 000 千米高度范围叫作电离层。

3. 大气污染

世界卫生组织给大气污染下的定义:“室外的大气中若存在人为造成的污染物质其含量与浓度及持续时间可引起多数居民的不适感,在很大范围内危害公共卫生并使人类、动植物生活处于受妨碍的状态。”

随着人类频繁的日常生活和生产活动,特别是近代科学技术的迅速发展,工农业随之发展,其给人类带来幸福的同时,也产生了大气污染物,大气圈成了人类重要的倾废场所之一。进入大气的污染物当其浓度超过了自然界自身的净化能力时,就造成了大气污染。污染了的大气对人类健康、动植物的生长、城市设施及名胜古迹的保护均有不同程度的影响,生态环境被破坏,也造成了严重的经济损失。

案例链接

比利时马斯河谷大气污染

1930 年 12 月 1—5 日,在比利时马斯河谷发生了大气污染事件。该地区集中有钢铁冶炼、火力发电、化肥、炼锌及硫酸制造等工业。它们向大气中排放了大量的污染物,加上生活用煤燃烧时产生的污染物,在当时的天气条件下,使河谷地区上空大雾笼罩,污染物经久不散,污染气体浓度愈积愈大,造成 63 人死亡,许多居民出现胸疼、呼吸困难等症状。

此事件中的污染元凶是硫的氧化物。此后世界上大气污染重大事件不断发生,引起



1930年12月比利时马斯河谷发生了大气污染事件

了人们对大气污染的关注和研究。

大气污染源可以分为自然源和人为源。自然源是来源于自然界的生命活动或其他自然现象的变化所产生的,例如:一类链状或环状烯烃在自然界广泛存在于树脂等物体中,是针叶

树的叶或花向大气中发散的一类碳氢化合物;火山爆发可向大气中排放大量的颗粒物及含硫气体化合物;森林火灾是大气中一氧化碳和二氧化碳的自然源;海水水花喷洒出含氯化物及硫酸盐等的微细水滴。

人为源是人类生活及生产活动产生的大量污染物,危害严重的大气污染物主要来自人为源。

(1)工业污染源。主要指火力发电厂、钢铁厂、化工厂、农药厂、造纸厂等各种工矿企业生产过程中排放出来的烟气,含有烟尘、硫氧化物、氮氧化物、二氧化碳及炭黑、卤素化合物、金属氧化物等有害物质。

(2)交通污染源。飞机、汽车、船舶排放的尾气中含 NO 、 NO_2 、二氧化硫、碳氢化合物(HC)、 CO 、 Pb 氧化物、苯并(a)芘、多环芳烃等。

(3)生活污染源。在生活中燃烧化石燃料用于取暖和加热食物等排放出大量污染物。煤的主要成分是碳、氢、氧及少量硫、氮等元素,此外还含有其他微量组分,如金属硫化物或硫酸盐等。煤中含硫量随产地不同变化较大(0.5%~5%),其中一部分硫元素与煤中主要化学成分结合而存在,大部分则以硫铁矿及硫酸盐的形式存在。当煤燃烧时,这些硫元素主要转化成二氧化硫形式随烟气排入大气,是大气中硫氧化物的主要来源。

(4)农业污染源。喷洒的农药、杀虫剂、杀菌剂挥发形成极细液滴,成为大气中的颗粒物,或从土壤表面挥发进入大气。使用化肥产生的氮氧化物在土壤微生物的反硝化作用下形成 N_2O ,进入对流层成为温室气体,进入平流层能破坏臭氧层。据测算,施用化肥的



土壤释放出的 N_2O 为未施用化肥的 2~10 倍。在工业化国家,牲畜的排泄物和化肥产生的氨的排放量占总排放量的 80%~90%。焚烧农业垃圾会排放出高浓度的 CO 、 CO_2 和 NO_x 及其他一些气体,而水稻耕作和牲畜是释放甲烷的主要来源。

大气污染所波及的范围较广,按其影响程度通常可分为:

①局部性污染。污染影响范围局限在污染源排出的局部地区,如某个工厂排出废气或排出污水造成的影响。

②地方性污染。污染范围仅在有限的区域内,如一个工业区、一座城镇及附近地区。如印度博帕尔农药厂事件。

③广域性污染。污染影响范围可扩展到较为广阔的地区,如大工业城市及附近地区,对国土范围较小的国家,污染影响有时可波及数国。如英、法、德等国的大气污染物,造成了斯堪的纳维亚半岛各国的酸雨危害。

④全球性污染。严重的大气污染会造成全球性的环境污染,如矿物燃料燃烧产生的二氧化碳和颗粒飘尘,可造成全球性的大气污染。1991 年菲律宾皮纳图博火山大爆发,喷发出大量尘埃、颗粒物,形成冷凝核心,导致全球气温下降。

4. 大气污染物

常见的大气污染物可以分为一次污染物和二次污染物。

一次污染物是指由污染源直接排放入大气的污染物。

二次污染物又称继发性污染物,是排入环境中的一次污染物在大气环境中经物理、化学或生物因素作用下发生变化或与环境中的其他物质发生反应,转化而形成的与一次污染物物理、化学性状不同的新污染物。如,二氧化硫在大气中被氧化成硫酸盐气溶胶,汽车排气中的一氧化氮、碳氢化合物等发生光化学反应生成的臭氧、过氧乙酰硝酸酯等。

二次污染物的形成机制往往很复杂,二次污染物毒性一般较一次污染物强,其对生物和人体的危害也更严重。近年来,大气中挥发性有机化合物(英文简称 VOC)对环境的影响日益引起人们的重视。VOC 包括碳氢化合物、有机卤化物、有机硫化物、羰基化合物、有机酸和有机过氧化物等,人类活动产生的 VOC 主要来自交通,其次是化工生产和溶剂的使用等。

(二)酸雨

酸沉降是指酸性物质从大气中迁移到地表的过程,它可以分为干沉降和湿沉降两种途径。酸性湿沉降又称为大气酸性降水,酸雨就是由大气中的酸性物质的湿沉降形成的。大气中的化学物质随降雨到达地面后会在地表的物质平衡产生各种影响,因而降水的组



成及化学性质很早就引起了人们的注意,随着大气污染的发展,酸雨已成为大气污染的重要特征,是当代全球的环境问题之一。西欧、北美一带尤为严重,我国南方城市也普遍发现雨水酸度偏高。

《2006年中国环境状况公报》指出:在2006年524个参加监测统计的城市(县)中,283个城市(县)出现至少1次以上的酸雨,占54%。有6个市(县)(浙江建德市、象山县、湖州市、安吉县、嵊泗县,重庆江津市)酸雨频率为100%。与上年相比,全国出现酸雨城市的比例降低3.1个百分点,发生较重酸雨的城市(降水pH值 <5.0)比例略有增加,发生重酸雨的城市(降水pH值 <4.5)比例略有下降。

2006年,全国酸雨发生率在5%以上区域占国土面积的32.6%,酸雨发生率在25%以上区域占国土面积的15.4%。与上年相比,酸雨频率增加50个百分点以上的城市为江西瑞昌市、四川泸州市、贵州清镇市。

2006年,全国酸雨分布区域主要集中在长江以南,四川、云南以东的区域。主要包括浙江、江西、湖南、福建、贵州、重庆的大部分地区,以及长江、珠江三角洲地区。与2005年同期相比,全国酸雨分布区域保持稳定。

1. 降水的酸度

降水的酸化程度通常用pH值来表示。一般来说,天然降雨都偏酸性,pH值约为6~7,这是因为大气中的 CO_2 溶于洁净雨水中而部分形成碳酸的缘故。

在1大气压和 25°C 时,大气中 CO_2 (浓度为350毫克/升)在水滴中所产生的最低pH值为5.6,所以pH值在6~7之间可以反映天然降水本底状况。

然而即使在未受人类活动影响的天然条件下,由于大气中除了 CO_2 外,还存在着其他酸性和碱性物质,地球上不同地区的降水pH值有可能高于或低于5.6。

天然降水的微弱酸性可使土壤的养分溶解,供生物吸收,这是有利于人类环境的。而pH值小于5.6的酸性降水即酸雨,却会对自然生态产生不利影响。

2. 酸雨的形成

酸雨的形成是一个复杂的大气物理和大气化学过程。它包括雨水凝结核的形成、水蒸气的凝结。云滴和雨滴的形成过程中还涉及化学物质(颗粒物和微量气体)的迁移和转化反应,包括雨除和雨刷过程。雨除是指云形成过程中细小颗粒物凝结、长大而成为雨滴的过程。雨刷是指在雨滴下降过程中冲刷着所经过的空气柱内的气体和颗粒物质,将其带至地表的过程。

雨除和雨刷过程,使雨水中含有多种无机酸和有机酸,90%以上是 H_2SO_4 和 HNO_3 ,国外的酸雨中 H_2SO_4 含量比 HNO_3 多一倍以上,我国酸雨中 H_2SO_4 含量更高,主要呈硫酸



型酸雨,这与我国以燃烧煤为主的能源结构有关。由于煤中还含有氯化物,燃烧时会以氯化氢的形式释放出来,进入雨水后就成为盐酸,但总的来说盐酸对酸雨的影响是很小的。影响雨水的酸度的另一因素是有机酸,如甲酸、乙酸、乳酸、柠檬酸等,在世界上个别地区,如:委内瑞拉的圣卡洛斯,有机酸的影响达 65%;澳大利亚北部的凯瑟琳,有机酸的影响也达 40%。有机酸的来源是大气中的醛类,如大气中的甲烷可氧化成甲醛,甲醛再进一步氧化成甲酸。

人为和天然排入大气的许多气态或固态物质,对酸雨的形成也会产生多种影响,颗粒物中的 Mn^{2+} 和 Fe^{2+} 是成酸反应的催化剂。光化学反应生成的 O_3 和 H_2O_2 是 SO_2 的氧化剂。飞灰中的 CaO 、土壤中的 $CaCO_3$ 、天然和人为来源的 NH_3 以及其他阳离子,可与酸反应而使酸中和。因此,降水的水质与降水中的化学组成和离子平衡密切相关。

3. 酸雨的危害

酸雨对环境有多方面的危害。

(1)酸雨使河流、湖泊等地表水酸化。淡水被酸化后,引起浮游植物种群变化,进而导致以此为饵料的浮游生物变化和鱼类迁移,危害渔业生产。 pH 值小于 4.8 时,水中鱼类就会消失绝迹。水体酸化还会使水中微生物降解水中有机污染物质的作用减弱。

(2)使土壤酸化。

①引起土壤成分的一系列变化,土壤中 Ca 、 Mg 、 K 等养分被淋溶,使土壤中的养分流失,土质日趋酸化,促进土壤贫瘠化。

②酸雨还能使土壤中有害重金属离子溶出,使植物受害而生长不良,并能从土壤胶体中置换出其他盐基性离子,并使之遭受淋溶损失而加速土壤的酸化,损害作物和林木生长,特别是对于我国南方酸性土壤地带有更大的危害性。

③土壤微生物固氮细菌一般生存在碱性、中性或微酸性的土壤中,酸雨造成土壤微生物生态系统的混乱,抑制土壤微生物活性,影响生物固氮。

(3)伤害植物。植物叶片与酸雨接触,会出现点状白色斑点,甚至枯死。酸雨还导致植物细胞膜结构发生变化,破坏叶绿素的光合作用,在酸雨影响下,植物叶片缩小,生长变慢,干物质积累减少,农作物减产。酸雨对森林的破坏尤其严重。

(4)腐蚀建筑、物品。酸雨腐蚀建筑物、工厂设备和文化古迹(建筑材料中含 $CaCO_3$),腐蚀油漆、皮革、金属、纺织品,如:英国特拉法加广场上的英王查理一世塑像满身孔隙,面目全非;雅典巴特神庙的大理石柱表面已凝结成 1 厘米厚的石膏层;中国卢沟桥上的雕刻石狮已被剥落得遍体鳞伤。

(5)影响人类健康。硫酸酸雾和硫酸盐的毒性比 SO_2 要高 10 倍,其微粒可侵入人体



的深部组织引起肺水肿和肺硬化等疾病而导致死亡。当空气中含 0.8 毫克/升硫酸雾时,就会使人难受而致病。

酸雨污染饮用水源。饮用酸化的地面水和由于土壤渗入金属含量较高的地下水,食用酸化湖泊和河流中的鱼类,这些对人体健康都可能产生危害。

在一般情况下,金属 Al 牢固地包裹在土壤中,不被水溶解,但酸雨使土壤中金属 Al 活化,以离子形式或其他易溶物形式流入江河湖泊,对淡水鱼产生危害,人食用这种鱼后对身体也有危害。在酸化的地下水中 Al、Cu、Zn 和 Cd 的浓度常常比中性地下水高 1~2 个数量级,饮用水管道为酸性地下水腐蚀,将进一步使 Pb、Cu、Zn、Cd 等重金属溶入水中,在人体内积聚有害重金属元素。

(6) 影响地球气候。酸雨增强了地下水和地表水对石灰岩的溶蚀,间接地使大气中的 CO_2 浓度增大。据我国学者孙立广等估计,我国南方高硫燃料煤所形成的酸雨,使石灰岩地区每年将间接释放出 $6.48 \times 10^{10} \sim 6.73 \times 10^{10}$ 摩尔 CO_2 。从全球范围来看,受酸雨影响的石灰岩溶蚀量是温室气体 CO_2 的一个不容忽视的来源。

4. 防治酸雨的对策

矿物燃料燃烧排放出来的硫氧化物、氮氧化物以及它们的盐类,是形成酸雨的主要原因,因此,减少硫氧化物和氮氧化物的排放量,是防止酸沉降的主要途径。

(1) 制定严格的大气环境质量标准,限制固定污染源和汽车污染源的排放量,加强排放控制。

(2) 调整能源结构,增加无污染或少污染的能源比例,发展太阳能、核能、水能、风能、地热能等不产生酸雨污染的能源。

(3) 积极开发利用煤炭的新技术,推广煤炭的净化技术、转化技术,改进燃煤技术,加强污染物控制技术,采取烟气脱硫、脱氮技术等措施。

(4) 加强大气污染的监测和科学研究,及时掌握大气中的硫氧化物和氮氧化物的排放和迁移状况,了解酸雨的时空变化情况和发展趋势,以便及时采取对策。

(5) 调整工业布局,改造污染严重的企业,改进生产技术,提高能源利用率,减少污染排放量。

(三) 二氧化碳和温室效应

1. 大气中的二氧化碳

据统计,释放到大气中的 CO_2 5%~20% 来自土壤,冻土层土壤中的好氧微生物对土壤有机物的分解是 CO_2 的主要来源之一。近十年来美国阿拉斯加地区每平方米冻土带



表土每年向大气中释放 100 克 CO_2 气体,这是由于近年阿拉斯加冻土带表层土壤温度上升 $2\sim 4^\circ\text{C}$,部分表土解冻,使大量富含碳的有机物分解,造成冻土带和北部森林上空的 CO_2 浓度升高。

大量的二氧化碳都来自于燃烧。即使我们能做到使燃料不含杂质,并能达到完全燃烧,也还要产生 CO_2 。产生的 CO_2 一般有两种去除途径:①被水吸收,溶解在雨水、江河、湖泊和海洋里;②植物利用 CO_2 进行光合作用。

在正常情况下,地球上 CO_2 的产生与去除之间基本能达到平衡,使大气中的 CO_2 浓度保持在一定的范围之内。但是,这种平衡正在被打破。在全球循环中,二氧化碳的排放量大大超过海水及植被光合作用的吸收量,一方面,随着工业的发展,化石燃料的消耗量不断增加, CO_2 的年排放量随人口的不断增加、工业的迅猛发展而逐年增加;另一方面,由于酸雨对植物的危害以及人类的乱砍滥伐,全世界森林覆盖率不断下降,植物光合作用消耗的 CO_2 量减少。因此,大气中的 CO_2 含量呈逐年上升的趋势。有人推断由于能源的大量消费, CO_2 每年正以 0.7 毫克/升的速率增加。

虽然大气中 CO_2 浓度的增加可能使海洋中溶解的 CO_2 量增加,破坏海洋中原有的 CO_2 的溶解平衡,能使海水中 CO_2 的含量增加,pH 值下降,但由于海洋中石灰石的溶解, HCO_3^- 浓度增大,使海水中游离 CO_2 的溶解量减少。这样大气中 CO_2 浓度虽有增加,但海水的 pH 值变化不大。其结果,大气中 CO_2 含量每增加 10%,只能使海洋中 CO_2 浓度增加 1%。

2. 二氧化碳和温室效应

CO_2 的非对称伸缩振动能引起分子偶极矩改变,故可以吸收红外线,并使这种震动的振幅增大。这就是低层大气中的 CO_2 能吸收地表红外辐射而产生温室效应的原因。

大气中的水蒸气和二氧化碳分子能将 800~20 000 纳米的长波辐射(红外线部分)几乎完全吸收掉。这样,只有波长为 300~700 纳米的可见光波基本上不被大气分子吸收,它们能透过大气到达地面,这部分约占太阳辐射总能量的 40%。穿过大气到达地面的太阳直接辐射和大气分子、微粒的散射辐射,一部分被地面反射,另一部分被地面吸收。

地面和大气吸收了太阳较短波长的辐射,由于本身具有一定温度而向外辐射,并且地面和大气的温度远远低于太阳的温度,因而它们辐射的电磁波比太阳辐射的波长长得多,可发射出波长为 4 微米的辐射(红外线部分),最大波长可达 10 微米以上。故通常把太阳辐射称为短波辐射,而把地面和大气的辐射称为长波辐射。

吸收地表红外辐射后的 CO_2 和 H_2O 同样再放出长波辐射,其中相当部分返回地表(逆辐射),形成多次辐射。这样,大部分长波辐射被阻留在地表和大气下层,致使地表和大气下层的温度升高。大气中的 CO_2 和 H_2O 对近地层热散失的这种屏蔽作用犹如农业上



的温室一样,故将这一现象称为温室效应。

地表红外线辐射的绝大部分(约 92%)都被低层大气中的 CO_2 和 H_2O 吸收(4~8 微米和 13~20 微米波长部分),仅有少部分红外线(约 8%)能透过大气进入太空。人们将不被大气吸收的 8~13 微米波长区域形象地称为“大气窗”。有相当一部分的地球长波辐射是从这一波段散失到宇宙空间去的。然而在这一波长范围内有 CH_4 、 NO_2 、 O_3 等微量气体的吸收带,一旦大气中这些微量气体大量增加,即这一波长范围的地球长波辐射也将被大量吸收,地球大气窗关闭,则温室效应就会进一步加剧。

如果不存在大气层,地表的长波辐射无阻挡地射向太空,地表的平均温度据估算应该在 -20°C 左右而不是现在的 15°C 左右。

由于 CO_2 的产生与去除之间的自然平衡遭到破坏,大气中的 CO_2 的浓度正在以每年大约 0.2% 的平均速度不断增加, CO_2 在大气中的含量已从一个世纪前的 275 毫克/升增加到 1980 年的 284 毫克/升,再增加到目前的 380 毫克/升左右。

由于温室效应, CO_2 的积累会使地球表面温度升高。据研究人员估算, CO_2 的浓度每增加 10%,将使地球表面平均温度升高 $0.3\sim 0.5^\circ\text{C}$,虽然温度增加不算多,但有可能使极地的冰冠融化,使海平面上升,某些陆地将会被淹没。

3. 其他温室气体

能够屏蔽地表热量辐射的气体种类很多,除了二氧化碳和水蒸气之外,能够称为温室气体的还有甲烷、一氧化二氮、臭氧、二氧化硫、碳氢化合物、醛类、氟化钠、溴化物、氯化物、一氧化铁、各种含氮氧化物和硫化物。20 世纪 80 年代研究结果表明,各种温室气体对全球的温室效应所起作用的比例不同,其中 CO_2 的作用约占 60%、 CH_4 占 14%、 O_3 占 10%、 CFC_s 占 9%、 H_2O 占 4%、 N_2O 占 3%。

4. 地球气候变化及其影响

在人类的生产力还不发达的时候,气候变化主要是气候的自然波动。但是,随着工业革命的发生,人类活动影响气候变化的能力越来越大。对气候变化进行的权威性评估倾向认为,最近 50 年的气候变化主要是由人类活动引起的。引起大气中温室气体浓度增加的主要因素是人类活动。这种影响主要分为两个方面:一方面是直接向大气排放温室气体,如化石燃料燃烧和生物质燃烧直接向大气中排放二氧化碳、一氧化二氮和甲烷等气体,工业生产过程中也会大量产生此类物质;另一方面,对森林大面积的砍伐使得吸收大气中二氧化碳的植物大为减少。

各种观测的记录表明,近百年来地球气候正经历着以全球变暖为主要特征的显著变化,最近 100 年的温度是过去 1000 年中最暖的,而最近 20 年又是过去 100 年中最暖的。