

求知文库

绿色科技全书

气象科学 与观测



人创造环境，同样环境也创造人。

—— 马克思

袁晓宇 李波海 王克明 / 编

LUSE KEJI
QUANSHU

远方出版社



求知文库·绿色科技全书

气象科学与观测

袁晓宇 李波涛 王党丽/编

远方出版社

责任编辑:王月霞

封面设计:杨 静

求知文库·绿色科技全书

气象科学与观测

编 者	袁晓宇 李波涛 王党丽
出 版	远方出版社
社 址	呼和浩特市乌兰察布东路 666 号
邮 编	010010
发 行	新华书店
印 刷	北京市朝教印刷厂
开 本	850 * 1168 1/32
印 张	480
字 数	4800 千
版 次	2005 年 9 月第 1 版
印 次	2005 年 9 月第 1 次印刷
印 数	5000
标准书号	ISBN 7-80723-078-9/G · 50
总 定 价	1200.00 元(共 48 册)

远方版图书,版权所有,侵权必究。

远方版图书,印装错误请与印刷厂退换。

前 言

世界范围内的城市化趋势所带来的城市环境保护问题，已成为各国政府和城市领导者关注的焦点之一。目前，我国城市大气污染日趋严重，已严重地影响到社会的发展和人们的生存环境，引起了党中央和国务院领导的高度重视。一方面大量消耗化石燃料获得能源，造成它们的储量日趋减少；另一方面化石燃料消耗过程造成严重的环境污染。这两方面原因使人们更多地研究可再生清洁能源，如太阳能、海洋能、风能、生物能等的开发利用。

能源是国民经济的命脉，是经济发展的基础。几十年来，我国的能源构成中，一直是煤炭占据主导地位。近年，随着石油、天然气和水能的开发利用，煤炭在能源构成中的比例有所减少，但其主导地位尚未改变，仍占总能源的75%，大量煤炭的开采及消耗使用，已成为空气污染的主要来源。因此，如何清洁高效地利用煤炭，是清洁能源行动的核心问题。

清洁能源行动要以政策为导向，以高新技术产品的开发、应用、推广为依托，抓住当前经济结构调整的有利时机，通过试点示范，采取各种有效的综合整治措施，促进清洁能源技术应用水平的提高，减少由能源生产及消费所带来的大气污染。

我国的能源需求日益增加，这为经济的满足这些需求以及避免重蹈发达国家的覆辙提供了一个机会。中国无论在未

开发的能源储备上或未开发的可再生资源上,都有潜力展示一个更具可持续性的能源前景。

我们希望这套《绿色科技全书》丛书能成为宣传能源科学的“准教育”,更重要的是培养学生如何关注能源,以及对能源的开拓思考,让他们从青年时代就立志开拓新能源,但我们是否完全做到了这一点,那就要让读者去评价了。

编 者

目 录

第一章	我们生活的大气.....	(1)
第二章	大气的能量	(21)
第三章	大气的水分	(47)
第四章	风,大气的运动.....	(71)
第五章	气候变迁	(78)
第六章	大气晴雨表——探测	(92)
第七章	未雨先绸缪——预报.....	(117)
第八章	天若无情人有情——减灾.....	(139)
第九章	路漫漫其修远——技术.....	(169)
第十章	气象是个宝——造福.....	(203)
第十一章	气象知识小百科.....	(226)

第一章 我们生活的大气

我们居住的地球被一层大气圈所包围,大气圈随地球一道转动,形成一个整体。如果我们从星际空间去看地球,大气圈就像一层淡蓝色的薄幕紧裹着地球,透过这层薄幕,可以清晰地看到地面上的山脉、海洋等。如果把大气圈看作气体的海洋,我们就生活在这个海洋的底部。

大气圈与我们的关系太密切了。正是有了大气,地球上的人类和各种生物才能呼吸空气中的氧气而生存下来。正是有了大气,在炎热的阳光照射下,地面温度才不至于达到水的沸点之上,而在夜晚,又不至于冷得使生物无法生存。大气圈就像暖房的玻璃,它既让阳光通过、又充分地保存地球上的热量,从而调节地球上的温度使得适于人类和生物生存。大气圈又像一副盔甲,它保护我们不受星际空间来的高能宇宙射线和来源于太阳的紫外辐射的伤害。

正是有了大气,声音才能通过空气传播到我们的耳朵里。

正是有了大气地球上的一切才变得气象万千,丰富多彩。风、云、雷、电等在天气舞台上扮演着不同的角色。如果没有大气,现有的一切景象将面目全非,不可思议。

大气还蕴藏着人类取之不竭,用之不尽的自然资源。



大气的组成

与地球一起诞生的原始大气,大约只历时了 9000 万年就被太阳风扫除了。

不久,地球内部的挥发性物质向地表大量泄漏出来。这就是地质学家所说的脱气过程。这些挥发性物质,主要是二氧化碳、甲烷、水汽、一氧化碳、氨、氮、硫化氢等气体。这些气体组成了次生大气。除了最轻的气体外,地球的重力足以把这些气体“拴住”。使它们不致逃逸到星际空间去。

大约又过了十多亿年之后,地表开始冷却,稠密大气中的水汽凝结成雨降落下来,向坑坑洼洼的地方汇聚,形成最早的江河湖泊,即原始水圈。以后火山不断地爆发,排出的大量水汽又变成雨水回归地面。经过漫长年代的变迁,原始水圈逐渐扩展为现在的汪洋大海和湖河沼泽。次生大气中的二氧化碳和其他气体,逐渐被雨水融解降落到地面,再渗入地下,储

存于地壳中。

上面说过,原始大气是在地球形成的过程中,由于重力场的作用,把原始太阳星云中的一部分气体吸引到地球周围造成的。这个大气圈的组成与现代大气圈的组成大不相同,它没有氧,没有氮,也没有二氧化碳,而是由氢、氧、氨、氖、氦、氩、甲烷、水汽等共同组成。

原始大气的量很大。单是氢一项,就相当于现在构成固态地球的四个基本要素,即镁、硅、铁和氧的总量的 400 倍之多。然而,有趣的是,原始大气在地球形成后,不久就消失殆尽了。这是因为那时地球内部的铁核心尚未形成,地球还没有磁场,强劲的太阳风把没有地球磁场保护的原始大气“吹”跑了。因此,在地球历史的早期,一度没有大气。

以后,在漫长的岁月里,大气经过复杂的生消过程,又进一步演化。演化中的造气过程包括:

①火山活动,以及通过造岩物质融化后的结晶和凝固时释出的气体;

②水汽的光致离解产生氧;

③光合作用产生氧;

④放射性元素铀和钍的衰变产生氦;

⑤在太阳风中,主要由质子和电子组成的高温电离气体,

有极小一部分冲破地球磁场的屏障,进入次生大气的高层。演化中有一系列的除气过程,如:高层大气的氢和氦挣脱地球引力进入宇宙空间,煤和石油的生成吸收二氧化碳,碳酸盐类生成时吸收二氧化碳,氢、铁、硫等元素氧化时消耗氧,通过空气中氧化物的形成,以及在土壤中变成消化细菌而消耗氮。

次生大气的形成,又为水的分解和动植物的产生创造了条件。

原始绿色植物参与了改造大气的复杂过程。植物在光合作用中放出游离氧。水的离解也产生氧。氧的化学性质非常活泼,能和次生大气中的所有其他分子发生缓慢氧化。如它能与 CO 生成 CO_2 ,与甲烷反应生成 CO_2 和 H_2O 。于是, CO_2 渐渐多起来。光合作用又使有生命的细菌和藻类,利用太阳辐射能从周围环境中摄取有机物,进行简单的新陈代谢作用,吸收大气中的 CO_2 ,释放出大量的氧。

另一方面,当动植物繁茂以后,它们的排泄物和腐烂遗体中的蛋白质,一部分直接分解为氮,另一些则成为氨和铵盐,通过消化细菌和脱氧细菌等作用,变成了气体氮。氮在常温下的化学性质很不活泼、不易与其他元素化合,所以能在大气中积累,成为含量最丰富的成分。就这样,次生大气就演变为以氮、氧为主的现代大气。

大气中,除水汽、液体和固体杂质外的整个混合气体称为干洁空气。

干洁的大气是无色、无嗅、无味的混和气体。它看不见,摸不着,却有惊人的重量。据计算,地球大气的总质量超过 5×10^{15} 吨,约为水圈总质量 1.5×10^{18} 吨的 $1/300$,或相当于地球总质量的 6×10^{23} 吨的 120 万分之一。干洁空气的主要成分是氮、氧、氩、二氧化碳等,此外还有少量的氢、氦、氖、氙、臭氧等稀有气体。其中氮和氧两者就体积和质量来说,约占空气的 99% 。大气中,最轻的是氢气,最重的是氙气。

大气中含量最多的成分是氮,按体积比占 78% 。大气中的氮能冲淡氧,使氧不致太浓,氧化作用不过于激烈。在常温下,分子氮的化学性质不活泼,人和动物不能直接利用它,但植物的生长却离不开它。氮是植物制造叶绿素的原料,也是制造蛋白质的原料。氮还是制造化学肥料的原料。豆科植物可通过根瘤菌的作用,固定到土壤中,成为植物生长所需的氮肥。

大气中含量排在第二位的是氧。氧是人类及其他动植物呼吸、维持生命不可缺少的气体。此外,氧还决定着有机物质的燃烧、腐败及分解过程。

大气中的氧分子分解为氧原子,每个氧原子又与另外的

氧分子结合就形成了另外一种气体——臭氧，因其有一种特殊的臭味而得名——臭氧。臭氧通常呈浅蓝色。在常压下，当温度降至 -112.4°C 时，气体臭氧就变为暗蓝色的液体。当温度降至 -251.4°C 时，它就凝固成紫黑色的晶体。

大气中臭氧的含量很少，而且随着高度的变化而变化。在近地面层臭氧含量很少，从10公里高度开始逐渐增加，在12~15公里以上含量增加特别显著，在20~25公里高度处达最大值，再往上，臭氧的含量逐渐减少，到55~60公里高度上就极少了。

在水平方向上，臭氧的分布也有所不同。赤道和低纬度的臭氧含量最少，随着纬度的增高，臭氧含量也增加。臭氧也有季节变化和日变化。北半球高纬度地区，春季臭氧含量最大，秋季最小。

臭氧能大量吸收太阳紫外线，使极少量的紫外线到达地面，使地面上的生物免受过多紫外线的伤害。少量的紫外线能杀菌防病，促进机体内维生素D的形成，有利于机体增大和防止佝偻病。

二氧化碳是无色、无嗅、无味的气体。燃料的燃烧，有机物的腐化以及动、植物的呼吸都产生二氧化碳。同时，二氧化碳又是植物在光合作用下生长的原料。绿色植物在新陈代谢

过程中,吸收 CO_2 合成碳水化合物和其他物质。

二氧化碳对太阳辐射吸收很少,却能强烈吸收地面辐射,使从地表往外辐射的热量不易散失到太空中去。

大气中的水汽主要来自海洋、湖泊、河流和潮湿物体表面的水分蒸发。

海洋面积约占地球表面积的 70%。平均而言,整个海洋表面每年约有 100 厘米厚的水层转化为水汽,全年由海洋蒸发到空中的水汽达 350 万亿吨之多;陆地上的河流湖泊、地面上的动植物都在向大气输送水汽。

空气中的水汽含量随高度变化而变化。一般说来,水汽含量聚集在距地面 3 公里范围内,高度越高,水汽越少。观测证明,在 1.5~2 公里高度上,空气中水汽含量已减少为地面的一半;在 5 公里高度,减少为地面的 1/10;再往上,就少得可怜了。就地理分布而言,纬度越高,水汽含量越少,离海洋愈远,水汽含量愈少。在寒冷干燥的内陆地区上空,水汽含量几乎接近于零,而在温暖的洋面或热带丛林上空,其含量按容积来说可达 4%。

海洋和大陆表面的水蒸发成水汽进入大气被气流带至远处,又产生降水重新回到地球表面。其中,有 3/4 的降水落到海洋上,剩下的 1/4 则降落在大陆上。就形成了持续不断的

地球和大气的水分循环。全年全球的降水量和蒸发量大致相等。通过大气中水分的蒸发、凝结、成云致雨、落雪降雹,使地球与大气间的热量和水分得到交换,天空也变幻多端,时晴时雨。

大气中悬浮着各种各样大小不同的固体杂质和液体微粒。

固体杂质的来源有自然因素和人为因素。自然因素包括被风吹起的土壤微粒及火山喷发的烟尘,宇宙尘埃和陨石灰烬,细菌、微生物、植物的孢子花粉,岩石风化后的粉尘,海水飞溅扬入大气后被蒸发的盐粒等等。人为因素主要是人类活动和工业生产过程中排放的烟粒和粉尘等。它们大多集中在大气的底层。其分布随着时间、地区和天气条件的变化而变化。一般,在近地面大气中陆上多于海上,城市多于乡村,冬季多于夏季。

液体微粒是指悬浮在大气中的水滴、过冷水滴和冰晶等水汽凝结物。它们和固体颗粒都可以吸收一部分太阳辐射和阻挡地面放热。它们可以阻碍视线,降低能见度和污染空气,影响人类活动和危害人类健康。但是,它对云雾降雨却起着重要作用,它是水汽凝结的核心。没有它,即使大气环境已达到饱和状态,水汽还是不能凝结成云雾。人工降雨,就是利用

了上述原理,把碘化银撒入云中,就会促使过冷水滴冻结,产生局部降雨。碘化银的作用就类似于悬浮颗粒,它提高了水滴冻结的温度,在降水中起了催化作用。



大气的结构

我们前面讲过,大气分布随高度的增加而减少,愈往上,空气愈稀薄。

那么,大气层到底有多厚呢?

50%的大气质量集中在离地 5.5 公里以下的层次内,在离地 36~1000 多公里的大气内只占总质量的 1%。但无论哪个高度,大气密度都不会接近于零。也就是说,大气圈与星际空间之间很难用一个“分界面”把它们分开。

严格地说,不存在大气圈的这种上界。古人云:不知天高地厚。但是,我们还是可以通过物理分析确定大气圈的最大高度。很多人都看到过极光,它是部分太阳风带电粒子进入地球磁场,经过复杂的传输过程后,在 200~1200 公里的高空与地球大气中的原子相互碰撞而造成的发光现象。根据观测资料极光是大气中出现高度最高的物理现象。因此,可以把大气上界定为 1200 公里。另外,还可以用接近于星际的气体

密度的高度来估计大气的上界。根据人造卫星探测资料推算,这个大气上界大约在 2000~3000 公里高度上。



大气的温度分层

根据大气在垂直方向上的物理性质不同,我们可以把大气分层。如按大气的温度情况来分层,可以把大气分为五层,就是对流层、中流层、中间层、暖层和散逸层。

对流层是贴近地面且最低的一层,它与人类关系最密切。云、雾、雨、雪等主要天气现象都出现在这一层。

对流层内气温随高度的升高而降低。这是由于对流层是吸收地面的热量。地面吸收了太阳辐射的热量,同时它又向大气辐射热量,使上空的空气变热。所以越靠近地面,空气越热;离地面远的空气,受热就少;对流层顶温度最低。对流层中气温随高度而降低的数值,在不同地区、不同季节、不同高度是有区别的。平均而言,每上升 100 米,气温下降约 0.65°C 。赤道地区对流层温度比极区低,冬季又比夏季低。

由于对流层的空气,下面热,上面冷,“头重脚轻”,空气很不稳定,形成了对流。对流运动的强度随纬度和季节的变化而变化。一般说纬度越高,对流强度越弱。夏季要比冬季强。

由于对流强度的不同又导致了对流层厚度的不同,从地理分布上,赤道向两极减小。在低纬度地区平均为 17~18 公里,在中纬度地区为 10~12 公里,在高纬度地区为 8~9 公里。但从时间上,夏季较厚,冬季较薄,尤其是中纬度地区,特别明显。

对流层同大气的总厚度相比,显得十分渺小。它不及整个大气厚度的 1%。但是,它却集中了整个大气 3/4 的质量和几乎全部的水汽。对流的结果又使得高、低层空气均匀混合,使近地面的热量、水汽、杂质往上输送,从而引起了各种天气活动。

对流层厚度随纬度和季节的变化(公里):在对流层和平流层之间,有一个厚度为数百米到 1~2 公里的地渡层,称为对流层顶。在对流层顶里,温度随高度的增加降低得很慢,或者几乎为等温。对流层顶的气温随纬度变化很大。在低纬地区平均为 -83°C ,在高纬地区平均为 -53°C 。对流层顶阻挡了上升的气流,聚集了上升的水汽、尘粒,所以它的能见度很差。对流层顶以上到 55 公里左右为平流层。在对流层底部,有一个约有几公里厚的温度大致相同的区域,到了 25 公里以上,气温随高度增加而显著升高,到 55 公里气温上升至 3°C 。平流层曾有同温层之称,且以前一直认为该层的气流永远是