

多变的地球

石 工 著



P183

SG

多变的地球

石 工 著

地质出版社

多变的地球

石工著

地质部书刊编辑室编辑

责任编辑：荣灵璧 李德方

地质出版社出版

（北京西四）

地质印刷厂印刷

（北京安德路47号）

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经营

开本：850×1168¹/₃₂ 印张：4³/₄ 字数：124,000

1981年9月北京第一版·1981年9月北京第一次印刷

印数1—4,280册·定价0.70元

统一书号：13038·新5

目 录

第一章 太阳系中唯一适于人类生存的行星	1
还是我们的地球好.....	1
不可缺少的大气.....	3
大气圈的来历.....	8
地球上的水.....	12
生命的疆界.....	13
来自地球内部的消息.....	15
石头里面的学问.....	22
第二章 一部不断变化的历史	28
“万卷书”.....	28
记录在地壳中的时间.....	29
地质年代.....	32
在三峡的石壁上.....	34
江河湖海的纪录.....	40
岩浆写下的篇章.....	43
变得模糊了的记载.....	43
力在地壳中留下的图象.....	49
历史在继续编写.....	54
第三章 地球还在活动	58
你觉得地在动吗?.....	58
地震——地壳运动的激烈表现.....	62
地震是怎样发生的.....	67
地壳为什么会运动.....	70
地壳运动和岩浆的活动.....	73
岩浆是怎样跑到地面上来的.....	77

大有影响的火山活动.....	81
一个活动性还很强的行星.....	88
第四章 外力对地球面貌的改造.....	92
岩石破坏的开端.....	92
风和大地.....	99
流水的作用.....	105
地下面的水.....	113
湖泊及其作用.....	119
在海洋里发生的事情.....	126
冰川和冰期.....	136
生命的力量.....	143

第一章 太阳系中唯一

适于人类生存的行星

还是我们的地球好

从前，无论是中国人还是外国人，都以为“天上”比地下好，那里是“神仙世界”、是“天堂”，产生过“嫦娥奔月”这样的美丽幻想。后来科学兴起，渐渐知道这些不过是神话或者迷信，但又认为象火星这样的天体上，存在着比我们高级得多的生物，在一个幻想故事中，十几个“火星人”就把英伦三岛征服了。1829年，纽约有家报纸更煞有介事地宣称：有人在一架新造的望远镜中看到，月球上有象蝙蝠那样的人飞来飞去。

现在人已登上了月球，并正通过发射出去的探测器对太阳系里的行星进行访问，我们对周围的世界了解得多了，再回过头来看地球，人们发现，还是我们的地球好。

“举头望明月，低头思故乡”，当你在宇宙太空中去遨游的时候，肯定会对地球这个人类的故乡倍加思念，因为至少是在太阳系内再也找不到第二个象地球这样适于人类生存的行星。在更远的星系中可能有，但目前还没有发现。

在太阳系中，木星、土星、天王星、海王星、冥王星与地球的物质组成情况大不相同，体积大，密度小，它们距离太阳远，表面温度低，如木星低到 -138°C ，土星低到 -176°C ，其他三个更低，因此，一向被认为是人类无法生存的地方。

靠近地球的火星、金星、水星的物质组成情况与地球有类似之处，火星上还有一点大气，但非常稀薄，表面的大气压不到地面大气压的百分之一，而且百分之九十几是二氧化碳，氧气不到

百分之零点一，这样成分的大气是不能容许人类生存的。

火星上虽然有一点点水，但大部分冻结在它的两极，大气中水蒸汽含量比地球的大气少得多。火星上气温变化很大，有一个探测器在它着陆的地方测得24小时内最高气温为 -31°C ，最低 -86°C 。这里的气候是不宜于人的。截至目前为止，不仅没有什么“火星”人”，也没有发现其他有生命的东西，据推测，火星上局部地区可能有容许生命存在的条件，但即使有，也只能是微生物。

水星、金星条件更差，都没有人类可以生存的环境。水星上的大气，几等于零，由氦、氖和氩组成，其压力也几等于零，小于一个大气压的五千亿分之一，由于没有大气起保暖的作用，所以这里的温度变化很大，朝阳的一面，在赤道的中午可达 327°C 以上，背阴的一面则可低到接近 -163°C 。金星上的大气不少，表面的大气压力比地面约高一百倍，但大气中二氧化碳占去了百分之九十七，而且温度很高，使金星表面的温度达到 477°C ，水分都大量蒸发，形成浓厚的云层。

离我们最近的月球，没有大气，没有水，是个又冷又热，没有生命的世界。

地球的自转和公转所具有的特点也是适于人类生存的重要条件。地球一方面以每秒465米的速度（赤道上）绕地轴自转，造成24小时内白天黑夜交替，使我们可以日出而作，日入而息；同时又以每秒将近30公里的速度围绕太阳公转，并且始终在地轴与公转的轨道平面间保持 66.5° 的角度，使地球上能有一年四季的变化，可以春种秋收。总的来说，温度高低相差较小，而且从南极到北极都有机会受到阳光的照射，加上距离太阳的远近适宜，温度也很适于生命的活动，这些条件多是其他行星所没有的。

地球的近邻金星，自转一次需要相当地球自转的243次即地球上243天的时间，而公转一次却只要相当于225天的时间，因而金星的一天比金星的一年还略长一点，这就造成了一面长期对着太阳，另一面长期是黑夜；水星上的一年约等于它的一天半，自转一次要相当地球上58.6天的时间，公转一次则相当于88天。

海王星上有一年四季的变化，但距离太阳太远了，公转一次需要的时间约为地球的164.8倍，一个季度就等于地球上的四十一年！

还有的行星如木星，自转所围绕的轴和公转轨道的轴面接近平行，分不出四季。太阳系内和地球转动情况相近的行星只有火星，但是它公转一次所需的时间要比地球长将近两倍。

比来比去，还是地球现在这样的转动情况最适合我们的需要。假使转动的规律发生了变化，地球上秩序就大乱了，幸而各个星球自从形成之后就各按自己的规律运行，只是速度的快慢、倾斜的角度等小有变化。这些微小的变化在短暂的时间里不易觉察，但长期积累起来，也可以产生很大的影响。

一切过程都有始有终，地球现在这种状况也不是永恒的，在很长的历史时期内，地球上并不那么适于人类的生存，现在具有的这种环境，是它发展变化到一定阶段才出现的。这些变化目前仍在继续进行。我们是生活在一个多变的地球上，会不会有一天地球变得不适于人类居住了呢？会有这一天，但在相当长一段时间内，这种情况是不会发生的。当前我们最现实最重要的任务是充分了解地球上发生的各种变化的规律，自觉地遵守和运用，使人类的活动不致破坏我们赖以生存的这种环境，并尽可能使它向着更加有利于人类的方向变化。

不可缺少的大气

地球上的大气总共约重5000万亿吨，较地球质量的百万分之一还略少一点，但是它的重要性是不能用数字来衡量的，假使没有大气，不仅是人，地球上的一切生物都无法存在。大气占据的空间，比地球的固体部分还要大得多，形成一个很厚的包裹着地球的大气圈。不过，几乎全部大气圈的质量都集中在80公里高度以下的这个较小的范围内，主要是十几公里的高度以下这一带，愈高愈稀薄，大气的压力也愈小。高层大气的上部边界是不明确的，因为它稀薄的程度比人造真空还要“空”，但确实还有气体

的微粒存在，它们已不是成为气体分子出现，而是原子及原子再分裂而产生的粒子在那里活动，成分也与高度在100公里左右以下的大气大不相同。在此以下的大气，虽然有稠密与稀薄的差别，但都是以氮和氧的分子为主，并含有适量的二氧化碳，成分大体一致，这就是我们周围的空气。到1000公里上下的高度，变成以氧为主；再往上到2400公里上下的高度，变成以氮为主；再往上，大气的成分主要是氢。

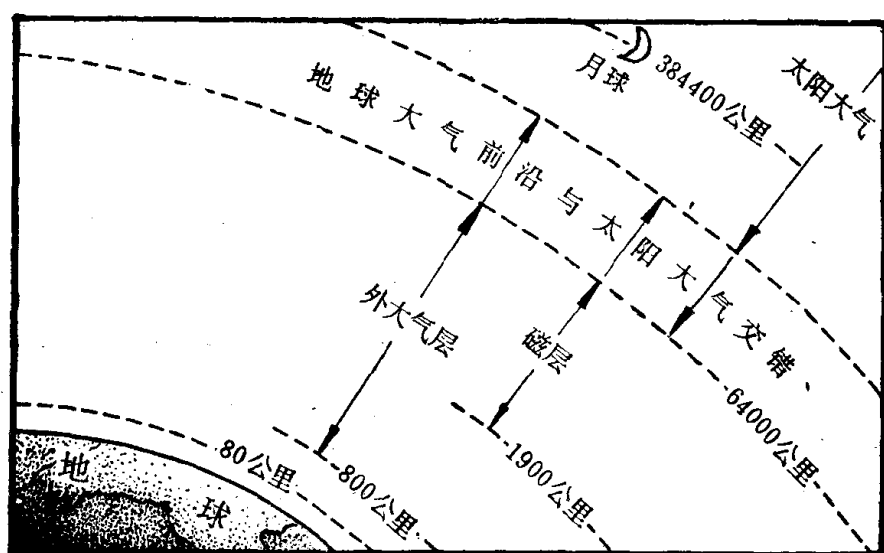


图 1

与人类生活直接有密切联系的是高度在十几公里以内的这部分低层大气，我们看到的蔚蓝色的，有时是其他颜色的天空，就是这部分大气存在的表现，从宇宙空间看来，它仿佛是一条轻盈的蓝色软纱飘浮在地球的表面。蓝色是清澈稠密的空气散射阳光的结果，烟尘、水汽的增多可以影响散射而改变天空的颜色，站在很高的山上可以看到紫色的天空，即因空气稀薄到了变为散射紫光的程度，如果飞越这个十几公里厚的稠密的大气层，我们看到的更是黑洞洞的天空，星星不再是那样晶莹可爱，而是发出刺目的光芒。

地球上能够有宜人的气候，是由于这些稠密大气有隔热、保暖作用，月球上就是因为没有大气，所以受到阳光照射时可以热到 127°C ，而在没有阳光照射时又可降低到 -183°C 。在高山上，空气稀薄，稠密的大气层在这里被戳了一个窟窿，隔热、保温的作用差了，其他地方的热还会流动到这里散失出去，因此，地球上出现很多高山的时候，气候就会变冷。

高于海平面10—12公里以内（在两极还可低至8公里，在赤道上还可高至16公里）的这部分大气，称为对流层。在这一层内，愈高愈冷，平均每升高一公里，温度大约要降低 6.5°C 左右；位置不同气温还有差别，空气受冷热不同的影响而不停地对流。大气圈全部质量有将近90%集中在对流层里，大气圈里几乎全部的水分也都集中在对流层里。对我们影响很大的风霜雨露等天气变化，都是在这一层里发生的。

不同高度大气中的水汽含量

高 度 (公里)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
水汽含量百分比	1.3	1.0	0.69	0.49	0.37	0.27	0.15	0.09	0.05

对流层之上是平流层，它的上界约在高于海面50公里一带，大气在这里主要表现为水平方向运动。在平流层里，由于氧气，特别是臭氧的增加，吸收了更多的太阳辐射能，所以温度随着高度的增加而增加，到50公里的高度，温度升高到 0°C 左右，直到55公里的高度，超过了臭氧层，这才又开始下降。臭氧是太阳的紫外线在80—100公里的高度对氧起作用而产生的，臭氧有毒，在靠近地面的空气中极少，主要分布在高出地面15—35公里一带，这就是臭氧层。在高度25公里左右臭氧的浓度最大。实际上，在这个臭氧层里臭氧的含量并不多，只占空气的四百万分之一。但是这个臭氧层的存在却是事关重要，假使没有它的阻挡，就会有过多的紫外线到达地面，将把地球上的生命都杀死。

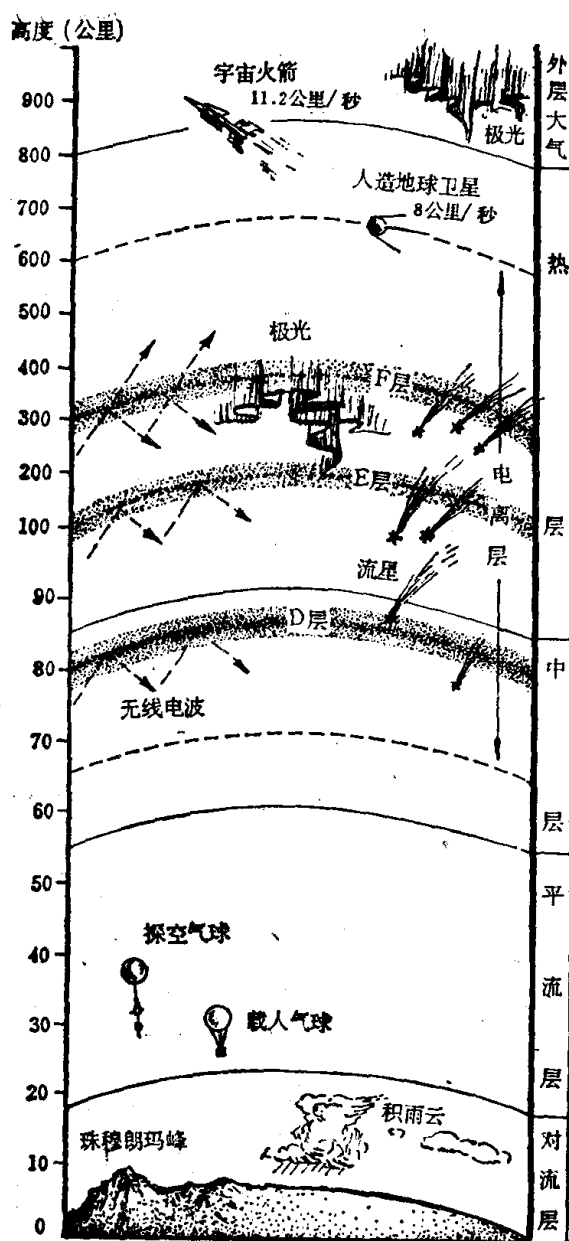


图 2

到了平流层之上，直至80—100公里左右的高度，大气很稀薄了，但成分还和地面的空气相近，这里的大气被称为中层大气或中间层，它的气温又是随着高度的增加而降低，到它的边界，即大约80公里的高度，降到只有 -90°C ，再往上去，温度又大幅度升高，到500公里高处达到 1000°C ，因而这一层被称为热层。温度上升得这样高是吸收了强烈的太阳辐射能的结果。

平流层以外的大气，因太阳辐射等作用，气体分子有分裂成为原子并发生电离成为离子和电子的，其实在低层大气中也不是没有一点没有，只是很少罢了。愈高这种

作用愈强烈，不过到了很高的地方因空气太稀薄，产生不出多少离子和电子。在高于海面65公里到650—1000公里之间这一带离子和电子比较多，形成了电离层。电离层能反射无线电波，如果没

有它就不能听广播或看电视了。

在电离层之外，是受着地球磁场控制的质子和电子等粒子组成的磁层，这里的物质极为稀薄，而且愈高愈稀薄。在3200公里的高空每立方厘米中有几千个粒子，

到32000公里的高空便只有几个粒子了，这些粒子有从大气中分离出来的，也有从宇宙空间中俘获过来的。磁层的存在使太阳辐射出来的高能带电粒子流偏转方向，起着阻挡它的作用，同时也受到太阳风的影响，面对太阳的那一侧，磁层顶被太阳风压缩，但离地面仍有64000公里远，而顺风的一侧，则被太阳风吹出一个长达

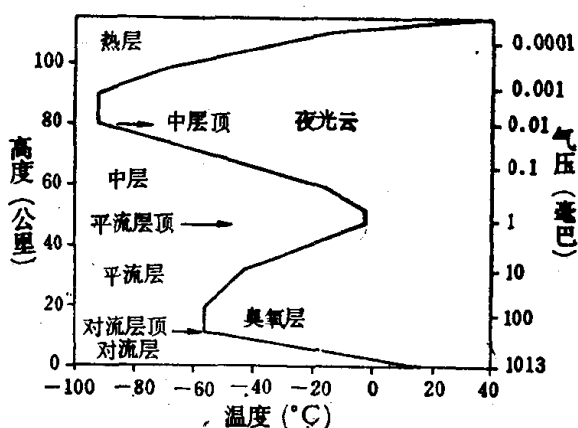


图 3

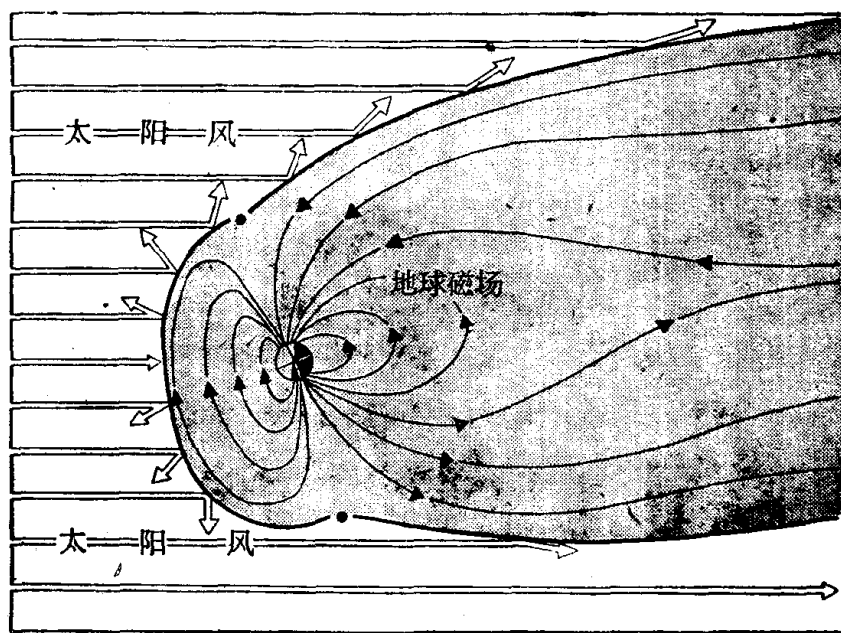


图 4

一、两百万公里的尾巴。亏得有磁层挡住了太阳风，否则大量带电粒子冲到地面，地球上的有机体将被破坏，生命都无法存在了。

整个大气圈看起来空明无物，其实在宇宙空间中比起来它还是很实在的。现在测得，在1600公里的高处，大气的密度只有海平面上空气密度的千万亿分之一（ 10^{-15} ），然而这个密度比外层空间物质的密度还要大10亿（ 10^9 ）倍，彗星是比较明亮的星，组成它的“头”、“尾”的物质密度只有地面空气的十亿亿分之一（ 10^{-17} ）。因此，在宇宙中，大气圈是地球真正的外壳，是保护我们不受冲击的万里长城。假使没有大气，向地球坠落的陨石早已把地面冲击得百孔千疮了，由于大气的阻挡，它们相互摩擦，产生高热，使大部陨石在一百多公里的高空就化为灰烬和气体，只有极少数到达地面，所以1976年3月8日我国吉林省坠落的陨石雨，极为罕见。据观测，这个大陨石在进入大气圈后，表面上产生了大约 $3,500^{\circ}\text{C}$ 的高温，周围的空气甚至高达 20000°C ，因而使陨石看起来像一个光彩夺目的火球，并在高空爆裂，分崩离析，坠落如雨。四十多年前，李四光同志曾经指出：“人们都以为我们住在地球的表面，实际上我们并非住在地面，却住在地中，我们的头上还有一层空气压着我们，包着我们”。“我们住在气壳底下，正和许多海洋生物住在海底，亦或蚯蚓之类住在土中相似”。事情正是如此，深海里的鱼不能在浅海里生存，浅海里的鱼也不能进入深海底，因静水压力不同。人到几千米的高山上呼吸困难，是因为气压太低了，到表面气压不到地面百分之一的火星或将近一百个大气压的金星，更是无法在其中生存的。

大气圈的来历

地球上为什么会存在现在这样的大气圈呢？这与地球形成及演化的许多特点分不开。

关于地球及太阳的系起源，尚在探索之中。有的说它是由一团炽热的星云冷凝而成，也有的说它是由冷的固体的宇宙尘埃聚集而成，但不管怎样，“浑沌初开，乾坤始奠，轻清者上升为天，

“重浊者下沉为地”，这个古老的认识，在今天看来也还是有意义的。或者是稀薄的星云在凝结出地球的固体部分后，剩下了气体；或者是固体的宇宙尘埃聚集成了地球后，再从中析出气体。有一点现在看来可以肯定，即火山活动时，喷出大量气体，证明从地球内部析出气体的作用确实存在。总之，是经过了一个逐渐分离的过程，把“天”和“地”划分出来了，或者说大气圈形成了。

“轻清者上升”，大气分离出来以后，为什么没有一直上升扩散到宇宙空间中去，却在地球周围形成一个圈层呢？是扩散了的，但没有都跑掉，这亏得有地球的引力把它拉住，由于存在地球的引力，在地面发射宇宙火箭，需要达到每秒11.2公里的速度，才能脱离地球。空气虽轻，运动的速度也很快，但在常温下，氧分子的平均速度不过每秒0.5公里，重量小的氢分子运动得更快一些，也不过每秒两公里，因此，一般的情况下，是不会散失到宇宙中去的。在高空的大气中，由于从宇宙中来的那些射线的作用，有些轻的元素如氢和氦的粒子可以被激发产生很高的速度逃离地球，这种作用，现在也还有发生，但其量极微，同时地球也从宇宙中俘获一些物质，增加着大气的质量，如陨石就是一种，这些陨石有许多成分化为气体，加入到大气圈中。因此，现阶段大气质量的多少，没有发生明显的变化。

大气圈外边的磁层抵挡了太阳风，对大气圈保存现状也有重要作用，否则，这种速度达每秒几百公里，有时甚至是一两千公里的高能粒子流冲入低层的大气，很可能扫掉大气中某些成分，引起我们想象不到的变化。

月球是产生大气的，但它的质量小，表面重力只有地球的六分之一，达到每秒2.38公里的速度就可和它脱离，所以没有形成大气圈。水星的表面重力只有地球的三分之一多一点儿，脱离速度是每秒4.2公里，所以也没有大气圈。火星的表面引力和水星相近，但表面温度低，气体分子运动得慢一些，所以还能保存一部分大气，但是非常稀薄。木星、土星、天王星、海王星这些行

星的质量和表面重力比地球大，大气保存下来不成问题，因此，都有大气圈，但这些大气的成分却又不适合人类的需要，为什么呢？

组成宇宙的物质中，以氢、氦、氮、碳和氧等元素为最多，形成太阳系各行星的星云，成分应该是大致相同的，但木星等行星质量、重力都大，能够把其中氢、氦这样轻的元素也牢牢吸住，并大量保存下来，所以现在的大气中还是氢和氦占优势，只是在地球这样的重力作用条件下，既能使许多大气保存下来，又能让氢和氦大量跑掉，剩下的氮、碳和氧相对地增多了，因而能逐渐演变成现在这样的成分。

金星的质量和表面重力都和地球极为相近，可是没有形成地球这样的以氮和氧为主的大气，而是以二氧化碳为主。一个重大的差别在于地球上的碳大量埋藏到地下去了，而金星上的碳则向大气中跑，和氧化合成二氧化碳。地球上的碳也是容易与氧化合的，在地球形成的初期，二氧化碳也曾大气中占优势，但是后来由于复杂的化学的和生物的作用，大量的二氧化碳溶解在水里和海洋中的钙、镁等元素化合起来形成碳酸盐，在海底沉淀堆积，变成的岩石，主要是石灰岩；还有许多被生物吸收，再变成煤炭和石油也埋藏到地下去了，大气中的二氧化碳含量减少下来，从百分之几十减少到今天只含万分之四点六。按重量计算，地球上的碳，99%以上埋藏在地下，只有0.17%以二氧化碳的形式溶解在水里并且存在于大气中，而存在于大气中的仅占这些二氧化碳的3.65%。如果埋藏在地下的碳有万分之一变成二氧化碳进入大气，也会使现有大气中的二氧化碳含量增加一倍以上。地球的大气圈并不是从来就适于人类生存的，而是地球发展到一定阶段时的情况。约在三亿五千万年前，地球的大气圈才演化成具有现在这样的成分；约在一亿多年前，地球上的气温才接近现在的状况，其间的冷暖变化还很多。

今天，我们正处在地球所经历的一个特别有利于人类生存的阶段，这阶段还将持续很久。当然还会变化，就是目前，小的变

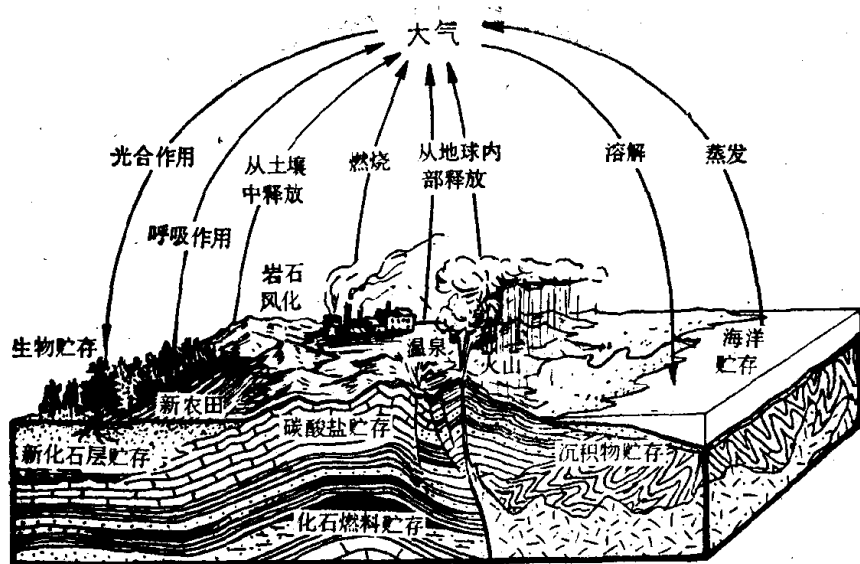


图 5 地球上 CO_2 的转换

化也从未停止过，譬如，由于人类大量燃烧煤炭、石油这些燃料，自工业革命以来，大气中二氧化碳的浓度，已增加了13%，照目前使用燃料的趋势，到下个世纪还将增加得更多。大气中二氧化碳增加，有阻挡地面热量散失的作用，因此，不少人担心会造成气温升高的后果。但是另一方面，人类活动使大气中的粉尘增加，有阻挡阳光使气温降低的作用。自然界中火山活动喷出大

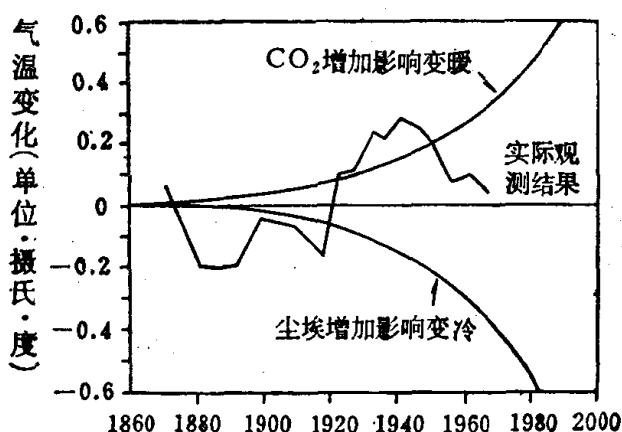


图 6 近百年来地球上气温的变化
(据北半球观测材料)

量水汽、二氧化碳和尘埃，也在使大气发生变化，影响气候的变迁。因此，近百年来观测到的北半球气温变化是时冷时热，并未一直上升或下降，而由于原来大气中二氧化碳含量很微，即使增加一倍，其绝对量也不大，但确实应该探索这类影响地球上环境变化的规律，因为只有人类的活动中遵守和运用这些规律，才有可能使地球这个良好的环境更长期地保持下去并得到改善。

地球上的水

没有水就不可能有生命。地球上有水，而且很多。这些水以不同的形式存在于地面附近几公里内，构成了地球的水圈，并大量以液体的状态分布于地面，这是地球能够成为人类摇篮的一个重要条件。

不要以为水成为液体出现是十分平常，是理所当然的事。要是把别的星球上的情况拿来一比，就可看到，地球上能有这样多液态的水是十分可贵的。

前面说到在太阳系中，水星、月球上都没有水。金星上的水因温度太高都化为蒸汽了；火星上的水并不少于地球，因温度太低，大部分以冰和冰冻霜的方式冻结起来了。火星以外的行星温度更低，一般认为是难以存在液态水的（特殊情况，如木星由于本身发热，也可能存在液态水）譬如著名的土星光环，现在查明是许多冰块组成的。

地球与众不同，百分之九十几的水是液态，只有2.15%常年成冰雪状态，主要分布在南极，还有北极以及一些高山之巅。

地球上的水绝大部分蓄积在海洋里，其体积达到十三亿六千万立方公里，剩下的分布在陆地上的液态水就很少了，总共不到百分之一，其中大部分埋在地下，陆地范围内的江河湖泊里的淡水，不到地球上水的总量的万分之一，但其绝对数量仍是不少的，达到十几万立方公里。

存在于大气圈中的水汽，只占地球上水的总量的十万分之一，但它的重要性是不能用百分比来衡量的，它不时凝结成雨雪