

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

大环境地理学



本书总结

这是一本用于基本教育、改变传统观念的参考书。通过本书改正数千年来“天”与“地”对立的错误观念，使大家相信我们住在星上，也生活在天上。这是本书的主要任务。

“摸地就是摸星”。笔者经过 60 多年来长时间的观察与分析，才有今日的认识。我问他人，他人完全不信。我国 11 亿多人口，要全都认识到“摸地就是摸星”，恐怕要经过一个很长时期才能达到，因为这不是一件简单的事，要知道“天”与“地”对立，是受中国最古老的封建意识影响的结果，因此必须把它纠正过来。

我希望中学地理教师带领学生到野外去作地理实习时，要求每个学生用手去摸摸坚固的岩石表面，他们所得到的感觉就是已经真实地摸到太阳系第三颗行星（地球星）岩壳表面的感觉。地球星岩石具有它自己的特征，水星、金星、火星及卫星月球表面虽也全是岩石，但其温度不同，硬度也不同，就象你与 10 位友人一一握手，你会发现每位友人的手掌、手指温度不同，软硬也不同。地球星的水层及大气层都是后来的附加物。地壳表面风化后，化为土壤；土壤和水，加上阳光及二氧化碳又可生长植物；有了植物又出现动物包括人类；人类又修筑房屋、道路，这些都是附加物。只有岩石表面才是地球星的直实表面。“摸地就是摸星，摸星等于摸天”。摸天是乐事。读者，如果大家都相信“摸地就是摸星”的话，中国的航天事业很快就会兴起，追上发达国家。

中小学讲授地球星，不应由太阳系开始，必须由银河星系讲起，这样误差比较小。因为儿童昼间才见到太阳，夜间满天星，这些星正是银河星系。太阳恒星是银河星系内恒星之一。我们的夜间正是地球星见不到太阳恒星的背面，这时不是没有太阳，而是被地球星自己挡住了。这样可使儿童对于星有亲切感。

地球星跟随太阳恒星在宇宙空间内前进，太阳恒星的周围环境天天变，我们居住的气候环境也必然跟着变，这种气候的大改变，不是现今气候学专家们所能测得到的。地壳表层岩石含有冰川侵蚀作用所成的地貌，例如槽状谷、悬谷和冰斗，岩层里也含有冰碛物。地质学家已证实中国由前寒武纪到更新世，时间有 6 亿多年，大冰期有三次。这三次冰期的每次间隔，各有 2.2 亿年之久。这现象不是西方专家各种假说所能透彻解释的。笔者推想，冰期的出现可能正是太阳恒星带领着地球星及其行星进入宇宙空间内比较寒冷的空域而酿成的灾难。宇宙空间内有暖空，也有冷空，似乎不值得讨论，我认为今后几千年内气候不会太冷而出现大陆冰川。

20 世纪后半纪“黑洞”假说很流行。这假说来自《广义相对论》。此说认为，由于一定质量的天体物质高度聚集到一个极小的体积以内时，它所产生的引力可以强大到这样的地步，即内部的光也不能射出，从而形成“黑洞”。这黑洞是一颗黑暗的星体，目不能见，但有强大的引力，任何恒星遇上了它，都要被它吸去而消失。黑洞假说属于天体物理学范畴，笔者不想多涉及。笔者重视的是大环境地理学，这包括地球星表地理学、太阳系地理学、银河星系地理学，证明其中并没有黑洞。笔者认为引力是力，它不可能单独存在，必须附在物质上。凡物质都有引力。引力虽然有强有弱，但是机械的，绝对不似手臂那样的可以自由屈伸。太阳恒星用引力拖住地球星，是属于机械性

的规律，并非一阵子强、一阵子弱，这样地球星绕日公转才有准确性。如果太阳的引力这一分钟忽然增强 10 倍，下一分钟又减弱 100 倍，我们的地球星在它的轨道上进行公转，将呈现个什么样子？不难想象。据说，黑洞的形成由于引力塌缩。所谓引力塌缩，是由于热核聚变。恒星内部有热核聚变的能，向外辐射，这辐射能可以抵抗引力。一旦引力的作用超过这辐射能，恒星外部的物质就要向内部塌缩而成为黑洞。这是一种想象，并非事实。热核聚变是逐渐地消失，并非一下子全部消失。因此，出现的结果应是物质渐缩，绝对不可能一下子塌缩。再者，引力并不是单向的，而是上下四方的呈辐辏状的。因此，我认为引力塌缩是不可能的。通常认为，一颗恒星从它的正常大小，忽然缩小几千倍或更多，在缩小的过程中可把质量转化为能，例如白矮星。银河系内恒星中有白矮星，有脉冲星或中子星，但无黑洞，因此我编写的《银河星系地理》中有白矮星、脉冲星，但无黑洞，因为没有一位天文学家曾见过黑洞的影子。

地球星是现今所知唯一有生物存在的星。地球星先保护它自己，然后进一步保护星上的生物。它有磁场，并用磁场内所有的磁力线组成巨大的磁层，地球星躲藏在这磁层里，不受太阳恒星粒子流（太阳风）所伤害。如有强力的粒子闯进磁层，必为磁力线所捕获而把它拘留起来；被拘留而又逃脱的粒子如进入大气层内，大气层可把它吸收。除粒子外，尚有短波辐射（紫外线）。地球星在平流层里又增列一层，叫做臭氧层，专门捕捉紫外线，不使它射到地面上，以保护地面上生物，包括人类。人类依赖这臭氧层的保护，就不该在地面上制造某些气体升空，去瓦解这个臭氧层。南极上空臭氧层有一个大窟窿，这已被证实，据说对于人类尚无大影响。至于温热带上空，我认为不可能出现臭氧层大破洞。

人人害怕地震。由板块运动造成的浅源地震尚有可能作出预报；如由板块运动在地壳深处造成的深源地震就无法预测。所谓板块运动就是“位移”。如果板块位移的距离很大时，地面可以开裂成缝，例如东非裂谷、红海地堑、约旦河裂谷及死海。此外，亚丁湾也是实例之一。任何大陆都受板块运动的影响，不能安定。据说，喜马拉雅山脉现今每年也在增加高度，这说明印度板块依旧向亚洲板块下方推进，中国板块不可能得到安宁。

地心引力常使人摔倒。至于那个摔倒的人站起来后只怪他自己不小心，却不怪地心引力。这地心引力非常厉害，当它认为它能够把人摔倒时，不论男女老幼绝对不留情。尤其是那些归心似箭的旅客，汽车超载、火车超载、轮船超载、飞机超载，地心引力绝不马虎，把它们一一弄翻，它才过瘾。因此，乘船、坐车、搭飞机，为了安全绝对不可超载。

美国中部各州受陆龙卷的骚扰，人人恐怖。中国甚少这样的灾难，江西省南部及湖南省南部有过陆龙卷。香港以南有过水龙卷。

当前大环境中最威胁人类生存的是淡水的缺乏。各国淡水都不充裕，中国西北部尤为缺乏。地球星是有水的星，然而由于地面干旱，缺乏植被，没有森林，也没有高的野草，往日的林地和草地大部分已辟为耕地或牧场，由于灌溉缺乏，使用过久，肥地化为瘠土，瘠土化为半沙漠，半沙漠又化为沙漠，全球已有 1/3 化为沙漠，这问题从全世界来看十分严重。目前有效的补救办法就是植树、种草，涵养水源。人类面对干旱，须作不懈的斗争。

一句话，我们居住的大地是一颗行星，叫做地球星。凡生活在这星上的人都叫做地星人。这些人必须和谐合作，同心协力，爱护这星上各方面与人

类生存有关的大环境。

自序

这是一本供大众作参考的书。书名创新，理论创新，写作方法及示意图也力求有所创新，并运用了浅近而又易懂的文字加以说明。内容包括宇宙空间、天体分布、星系分类、太阳恒星与各行星运动、地球星结构、板块分布、地貌演变、人类进化。我所说的“大环境”，有些象《红楼梦》中的“大观园”。试看九大行星绕着太阳恒星团团转，其中有些行星还带着卫星作伴，这现象很象贾府内各位小姐带着丫环、女仆向那位贾府“命根子”（贾宝玉）谨慎地周旋一样。

地球星是一颗行星，正确的说法是一颗“地球行星”，简称“地球星”或“地星”。这个“星”字绝对不可省略。如果省略，地球、马球、棍球、足球、排球就会混为一谈。因此，我用“地球星”一词，使读者可以清清楚楚地了解人类脚下正是一颗行星，而非大地。

幼年如听到讲“大地是一颗星”，必定在我脑中不起作用，因为脑中尚无行星的真实形象。后来，当上了教师，在讲台上大声对学生说：“人类居住的大地是太阳系第三颗行星”，嘴里尽管这么说，脑中依旧半信半疑，因为从未见过地球星的整体形象。后来看到了美国太空人在月球表面摄到的地球星的照片，知道地球确是一颗星，位于空中。但是对于“摸地就是摸星”还是不太相信。自从多读一些新的天文学书刊，自己又开始研究“类地行星”与“类木行星”的差异，九大行星在我脑的形象格外分明。尤其是有坚实外壳的行星各有特色，地球岩石外壳表面就是地球星外壳，摸岩石表面就是摸一颗行星的表面，已成为不容否定的事实。从此，我坚信“摸地就是摸星”。这个坚实的概念，八十一岁后才确立，真非易事。牛顿创“万有引力”成为真理，而我这“摸地就是摸星”的说法也无人能够把它推翻。它不是真理，却是真正的事实，而这一真正的事实可以导致航天思想的发展。

地球星度过 46 亿岁以后才成为人类的摇篮，最近数千年成为人类之家。然而各族间、国间、宗教间常发生战争。我祈求人类和谐合作，同心协力，以改善生活。特建议把所有的人类一律称为“地星人”。

1987 年 7 月 7 日完稿
卢沟桥 50 周年纪念日

作者简介

邹豹君先生，1906年生，山东蓬莱人。1933年北京师范大学毕业。1937年赴英留学，1939年获英国利物浦大学硕士。曾任北京师范大学教授、西北大学教授、西北师范学院教授兼史地学系主任、中山大学教授兼地理学系主任、台湾大学地理学系教授、新加坡南洋大学地理学系教授、系主任兼文学院院长。

1971年赴美，取得永久居留权。

1957年、1964年及1968年三次出席国际地理学术会议，发表重要论文，均于会后出版。

著有《欧洲地理》、《地学通论》、《小地貌学原理》、《新经济地理》、《美国与加拿大》、《中东大市场》、《地球星太空船》、《新加坡地理论文集》、《地理难题答客问》、《美国风趣50州》等书。后两书已由中国友谊出版公司出版。

出版说明

本书是作者积 60 年治学经验而成的一部专著。其中有许多新的观点、新的假说、新的理论。例如：一、作者提出了“惰力理论”。认为宇宙间存在着惰力，质量由惰力组成，惰力是力的根源，引力藏在惰力之内（第 28 页）。二、对于太阳系形成的问题，作者在康德和拉普拉斯“星云说”的基础上，又作了详细的阐述，提出了自己新的假说（第 94 页）。三、在地球星成因问题上，作者有一套新的理论。以前西方科学家认为地球星曾是一颗炽热的火球，冷却之后，地壳开始收缩，渐渐形成地球星。而作者认为，地球星开始时很冷，后来受高压才热起来。地球星的形成可分为三期，即地核期、地幔期、地壳期（第 148 页）。四、作者对于地质史上为什么出现三次大的冰期，也作了大胆地假说。认为宇宙空间内既有暖空，也有冷空。地球星跟随太阳恒星在银河系自转中前进。由于地球星转到了宇宙的冷空区，所以才出现了冰期。银河系自转一周大约需 2.2 亿年，与三次冰期出现的时间大致符合，从而使这一假说有了重要依据。作者预言，下一次冰期的到来将在 2 亿年以后（第 197 页）。诸如以上这些新的观点和新的理论，书中还有许多，在此不一一列举。这些观点和理论是否可以成立，还需进一步的观察与论证。

此书的出版，可以使大家了解这些新的内容，希望能够引起广大读者的兴趣和关注，也希望能够起到抛砖引玉的作用。

书中还介绍了许多常识性、科普性的内容，适合于广大天文地理爱好者和青少年阅读。作者在书中提出了一个最基本的观点——摸地就是摸星，摸星等于摸天。可以说这是全书的灵魂。希望广大读者读过此书之后都能树立这样一个正确观念。

生活在这颗星上的人们，应该真诚合作、友好相处、维护和平、避免战争，把整个地球星建设成为人类的美好乐园。

中国友谊出版公司
1991 年 1 月

大环境地理学

第一编 宇宙空间大环境

第一章 概论

一 为什么要重视大环境

重视大环境的理由 读者如果要问，什么是“大环境”？为什么要研究它？它对于人类有什么用？不了解大环境是否也可以活下去？这一系列问题，需要有一个答案。

与人类有关的一切物质，都来自大环境。世界上所有的物品，不论制作技术新旧，都只是改造大环境内某些物质的形象以适合人类的需要。即使是最尖端的科学技术所制造的物品，也无一不是利用大环境内的物质制作而成的；而且制成以后，依旧留在大环境里供人类利用。如果忽视大环境，那末就有可能遇到困难，甚至遇到一些灾难。如果想要离开这大环境，那是一件永远也办不到的事。

“大环境”一词，含义十分明显，是指宇宙空间及空间内所含有的一切物质。这个宇宙空间，下起地球星中心，上达天球视面，所有这些都属于大环境地理范畴，简称大环境。

所谓地球星就是我们两脚所踏的地面。这地面虽然很大，但却不能与天球视面相比，因为天球实在太大了。回忆我幼年时代，教师告诉学生说，大地是太阳系内第三颗行星，因为它自己不能发光，又是球形，所以叫做“地球”。因此，中国教科书上都称“地”为“地球”，不称“地球星”。其他八大行星，由水星到冥王星都加上“星”字，只有地球星把“星”字删去，以显示地球是“地”而不是“行星”。在个人意识上，也是把地面扩大同天球视面上下对立，例如对对联也总是“天”与“地”相对，甚至认为地比天大，因为“天幕落在地面之上”。这种说法是不正确的，直到现在还未改正过来。我曾问一些人，用手去摸岩石表面，在个人意识中认为那岩石面是地面还是星的表面？他们认为在直觉方面觉得这是地面，却没有联想到那是星面。有一次，我在乡间赶路，旁边有一位老太太也正在赶路，我对她说：“我们正在天上，我们脚下就是天上的一颗星。”她哼了一声说：“疯话！”但是，在英文书中却明确称“地”为“行星地球”（Planet Earth），即“地球星”。

大环境不仅是人类及其他生物生存所必需，同时也是钻研自然科学的唯一场所。中国文化起源极早，例如中国的数字和文字都起源于“一”。“一”最初只是一种符号，指天球内的一种自然现象或一种自然物，几经演变，才成为数字之首和文字之首。古代埃及由于尼罗河每年定期泛滥，流水每次所冲积出的土地必须测量，因而创造了“几何学”。近代人利用大地是一个圆球形，创立了“万有引力”定律，为全世界所采用。然而引力如何产生？引力可能到达的限度，并无清楚的说明。现代人利用太阳庞大的引力场的作用证明来自恒星的光线通过太阳附近时，必然发生偏转，因而创立了“广义相对论”。以上这些，只能说明宇宙一部分现象，仅是一些片段式的真理。科学进一步发展后，必须作出一套新的系统性的理论，以代替旧说。现在看来，地球星太小了，地球星上的物理实验室更小，不可能满足宇宙空间的实际需要。现今物理学发展出一种天体物理学，地质学也出现了行星地质学。我不

揣浅陋，也利用地理学上的“分布原则”，把地理区域环境扩展到全宇宙，形成“大环境地理学”。

人类住在星上，送人上太空“地球星”一词清清楚楚地指出人类住在一颗星的表面上。这颗星的表面，简称“地面”，但并非与“天球”相对。“地球”与“地球星”两词含义完全不同，前者只能使人了解大地为一球形，不能意识到它是一颗星；后者实实在在说明大地是一颗星。从这两个名词也可以看出，前者是不科学的，后者是个科学化的概念。

人类住在地面上与人类住在星上，这两种说法似乎矛盾，也可以把它们统一。地球星表面虽然复杂，但坚硬的岩层属于地壳。用手去接触岩层表面，就成为去接触地球星的表面。地壳是地球星实体的一部分，土层、水层、大气层都是地球星的外衣，不是它的本体。动物、植物、道路、房屋、工具、器物等，都是地球星上的附加物，不能视为地球星的实体。如果地理教师带领学生去野外作地理考察，那么就不完全只是游山玩水，轻松一番，而是要学一些真知识。例如，让学生在山边上或沟谷内接触一下岩石面，然后对学生说：这些石面就是地球星本体的表面；摸石面就是在摸天上行星的表面；摸石面的感受就是摸到太阳系第三颗行星表面所觉察的感受，这种感受与其他行星表面可能完全不同，起码温度方面就有巨大的差异。这样观察实验，可以扩大学生的思路，把地面上的思想扩展到星空，使青少年想到地面之外尚有许多星球，使学生能够将课文中所述与野外实际观察的事实统一起来。这样，航天观念可能油然而生，“大环境”概念也可以建立。

事实上，地面上的人不可能一眼看出大地是一个圆球，更不可能看出它是一颗星。只有当太空人乘坐一艘太空船绕这颗地球星飞行时，才可以清楚地看出它是一颗星。如果能够飞到月球上，才可以亲眼看到地球星在天空，也很象一个大月亮，也只有在这时候，任何人都不能再否认它是一颗星了。如果人了解到自己住在一个孤零零的小星表面时，他将有什么样的感想呢？

上文讲到，大环境的范围介于地球星的中心与天球视面之间。如果作进一步的观察，这地球星的中心确是有的，但不能看见，一切都是依据推测。天球视面人人可以望见，却又不是真的，因为人类所生存的宇宙并不是一个球形。

所谓“天球”是假设的。凡是球都有一个球面，天球并没有球面。天文学上所说的“天球”（celestial sphere），是以观测者为中心，以无限远为半径作的一个球体。所有的星，不论距地球星有多远，一律依据天球半径辐射不同的方向，投影在天球视面之上。夜间望星空，所有的星都在天球视面上。因此，人的视觉总认为所有的星都距离地球一般远。事实上并非如此。月亮距地面似乎与群星相同，也投影在天球视面上。事实上月球距离地面只有36~40万公里；太阳距地面有1.5亿公里。天球视面上距地面最近的一颗恒星也有40万亿公里远，比月球距地面多一亿倍。那些光度微弱的小星星，可能它的质量大于太阳质量千倍或万倍。

人们昼间到野外，只望见地和天，除日月外天空有些浮云，其他什么也望不见。这并不等于蓝天以外就没有其他东西。古诗“天似穹庐，笼罩四野”是美丽的诗句，但会使人发生错觉。昼间所望见的蔚蓝色晴空是由大气层组成的“气空”，它是地球星的外层，不是太空。“太空”应该指地球星轨道（或由冥王星轨道）以外的空间。距太阳系越远，光度越暗。太空深处一片黑，黑得可怕。为什么太空是黑的呢？这是因为可见光波全部被吸收后造成

的。太空深处的恒星绝对星等可能超过太阳，但在望远镜里却似一只萤火虫。

首先送人进入太空的是苏联，接着是美国。苏联非常重视发展太空科学。1957年10月4日，首先发射世界上第一颗人造地球卫星进入太空，重83.6公斤。人造卫星进入轨道后，即绕地球连续环行，太空时代由此开始。美国急起疾追，于1958年1月31日也发射一颗叫做“探险者”1号(Explorer)的人造地球卫星进入太空，重30磅。这里所说的太空只是地球大气层的外部，距昏黑的太空还远得很。

1958年美国创建“美国航空航天局”，简称为“太空署”(NASA)，具体部署向太空发展的具体计划。

1961年4月12日第一位太空人苏联人加加林驾驶“东方”1号飞船被送入太空，并环绕地球飞行一圈，这是人类历史上第一次太空航行。美国准备8年多，于1969年7月16日，美国人首先登月，成为震撼世界人心的壮举。1969年7月21日，首先把脚放在月面之上的人是阿姆斯特朗，成为世界第一位登月太空人。第二位是奥尔德林。另一位宇航员未登月，留在太空船内继续绕月飞行，等待他们回来。登月的地点是月球静海。登月任务完成后，两位太空人由月球面回到太空船，三人同返地面，时为1969年7月24日。

天文学与地理学互相交叉 当大科学家已经知道“地绕日”运行，而并非“日绕地”时，一般人受旧说的影响，并未接受正确可靠的新说，依旧把地球看作不动的大地。后来出现了两种截然不同的科学：一是地理学，专研究脚下的地面；另一是天文学，专研究位于天空的星辰。现今由于研究领域不断扩大，天文学早已把地球放在太阳系内，成为天文学研究的一部分；同样，北极星、大熊星座、太阳、月球、彗星、陨星也已成为地理学方面的教材。从此，两大学科互相交叉而不可分割。

长期以来，写自然地理学由太阳系写起。太阳被视为一颗恒星(fixed star)。何谓恒星？以前解释为“位置不变”的星，现已改解释为“位置恒变”的星。这个“恒”字是“恒动”而不是“恒静”。科学家们把在天球视面位置不变的星统统叫做“恒星”，又把其位置连续更易的星叫做“行星”(planet)。后来发觉恒星也在移动，只是距离太远因而不易觉察的缘故。结果，为求名词含义正确，把英文“fixed”删去，只称作“star”，即star专指恒星，planet专指行星。中文“星”字含义太广泛，几乎无科学上的含义。目所能见的卫星只有一个月球，已有专名；其他卫星人们肉眼全看不见。天空星辰也各有专名。

地球不是孤立的星；太阳系也非封闭的系 人们常说“地”或“大地”，似乎把地或大地看成一个孤立的东西。地理教师总是先从太阳系讲起，又似乎把太阳系看成为一个封闭的系统，也就是认为太阳系是宇宙内一座孤立的星系，与其他星系绝对无关。这种见解，阻碍了科学的发展。

太阳系是由太阳和九颗行星，以及它们的卫星、小行星、彗星、流星、陨星和行星尘埃等组成。一般人觉得太阳是一颗不动的星，在太空内静止，为太阳系的中心，另有九颗星即九大行星分别环绕着它进行公转。这是一种错误的观念。实际上，太阳是一颗运行得很快星，它不但不能独立，而且规规矩矩地接受银河星系中心的引力，参加银河星系的自转。人们脚下的地球只是一颗体积不大并不停地绕着太阳转的星，它并不孤立，是宇宙空间内的天体之一。由上可见，太阳系不是一个封闭的系。

总起来看，天体可视为宇宙大家族，人类就生存在这个大家族内。如果真有所谓的“外星人”这种进步的超级智慧动物，他们很可能正在使用新型的太空录相机及新型的太空录音带，把地球上发生的丑恶战争录下来作分析呢。

地球星与太阳恒星是否亲属 太阳系内所有的天体都是成分不相同的无机物，太阳系在形态上以太阳恒星为中心，用看不见的太阳引力作绳索，把一个个大小行星联系起来绕它转动，又用“太阳风”作长发，把系内大小天体分别包藏在里面，以显示这些天体都为它所有。此外，当微小的天体接近它时，它就毫不客气地把它们吃掉。金星轨道与太阳之间，除残存的水星外，其余的天体由于质量微小，而且离心力不够强，一一落在太阳恒星表面并被它吸收。

在这样的环境下，地球星又是如何应付太阳的“威力”呢？地球星可以视为一块很大的圆石头，它利用自身的离心力来反抗太阳的巨大引力，以直线方向向外逃，太阳恒星却又要把它拖住，就这样拉拉扯扯，使地球星的圆形轨道变为一个椭圆形轨道了。也就是说，地球星轨道有两个圆心，太阳只能占有其中一个。月球体积较小，太阳的引力似乎原也要把月球拖入它的光球内，但是地球星却用它自己的引力把月球纳入轨道，成为地球的卫星。

地球星虽然拒绝高能粒子冲入大气层，却又允许太阳电磁波辐射到地面。植物利用太阳辐射的光热进行光合作用，制造养料。这是太阳系内特有的现象。太阳光谱是全波段。由波长最短的伽马射线开始，接着是X射线、紫外线、可见光线、红外线，接着又是长波段，由1厘米到1万米的无线电波。人造光可以用于种植蔬菜，但不能在农场，更不能在森林及草原上使用。太阳辐射最重要的是可见光，波长为0.4~0.7微米，是全波段最重要的部分。太阳辐射绝大部分是短波。其辐射量只有二十亿分之一能够到达地球星大气层表面，其中有一部分被大气层表面反射回太空，进入大气层的又有一部分为气体、微尘及水汽所吸收，剩下一部分才为地面所吸收，转为地面热。估计地面吸收的太阳能只有太阳总辐射量四十亿分之一。太阳是球面辐射，其能量强度与距离平方成反比。

当地球星位于平均日地距，太阳辐射又直射大气层表面时，平均每平方厘米每分钟所得到的热量是2卡，这叫做“太阳常数”（solar constant）。这个常数变化很小，有史以来也未察觉到它有明显的变化。这说明地球星在光热方面必须依赖太阳，但它不是太阳的子女。关于这个问题，后文再述。

地壳是固态，太阳壳是气态 地球星的外壳是固态的；地壳表面有一部分是海洋，属于液态；陆面及洋面之上是大气层，为气态。地球星化学元素是多样性的。组成地核的主要元素是铁，组成地壳的主要成分是氧与硅。氧是人类生存必需的元素，在地壳里约占一半，在海水里约占1/3，在大气层里约占1/5。水是氧与氢的化合物。地球星上化学元素主要是以分子形式存在。

太阳恒星全是气态，其中氢占94%，氦占5%弱，其他元素占1%。所有的元素全是原子，没有分子，碳含量极微。太阳是一只不冒烟的大火球，太阳的外壳是光球层。光球表面以下不透明，不知是什么样的形象，所有的解释都是推想，只能用间接方法来证明。

地球星含有大量金属元素，例如铝、铁、钙、钾、钠、镁；太阳恒星也含有金属，但百分比太小。地球星缺少氢，它从来就不是一颗发光的星。地球星是一颗暗星，但不是死星。所谓暗星，指星体以内尚有热，行星和卫星

全是暗星，老年的恒星也可能由于光度微弱而变为暗星。死星内外都与太空温度相同，太阳系内小行星及陨星、流星体全是死星。太阳系以外可能到处有暗星，但不能看见。

地球星随着太阳到哪里去人类在地面上出生，在地面上居住生活，又在地面上死亡。地面是“人类的家”。这地面竟是一颗行星的表面，而这颗行星竟又是跟随太阳在连续不断地、永不停息地运动着。它现在究竟走到了宇宙空间的哪里？人在地球星上，正象成群的蚂蚁在一只大轮船上漂洋过海一样，并不知道驶往何处。

夏禹治水的时代，距今不过 4000 年左右，然而地球星离开那时候的位置已超过 1 万亿公里，真可谓惊人！地球星跟随太阳连续航行，离开旧环境，接触新环境，人类对此，似乎并无察觉。

地球星不是静止的星，它有各种运动，例如固体的地壳有轻微的胀缩，超过九级的地震会使所有的东西颤动，在空中摇摇晃晃；日月引力会发生潮汐现象；大气层也受它影响而有波动，等等。地球星在自转的同时还进行公转。它在自己的轨道上向前转动。地球星自转一周准确需时 23 小时 56 分 4.09 秒，这叫做一个“恒星日”（sidereal day）。地球自转不快不慢，天天如此。恒星日的计算方法是观察某一恒星通过午夜子午线上时起算，直到那颗恒星又回到这一子午线上时为止（注意：这时候并不是午夜，而是在午夜之前）。恒星日虽然准确，但不适用。另一种是太阳日（solar day），计算方法是由正午起算，到下一次正午为止；也可以由午夜起到下一次午夜止。在一个太阳日内，地球星自转的角度不是 360 度，而是 360 度 59 分，比恒星日多出 59 分。太阳日由于比较规律，所以人们喜爱采用太阳日，而放弃恒星日。地球星很有趣，它自转时规规矩矩，不快不慢，准确守时；公转时却不守规矩，有时快有时慢，似乎在和太阳开玩笑。因为太阳日每日长短不等，必须取平均值后才可以采用，那就是“平太阳日”（mean solar day），每日之长都作为 24 小时，比恒星日长 3 分 56 秒。这种小时叫做“平太阳时”。全世界都采用“平太阳日”与“平太阳时”。

现在，要指出的是，太阳昼夜发光，但是，地球星向日为昼、背日为夜，这却是人类的判断；地球星连续运转，不快不慢，永无休止，也是人类把地球自转引起的昼夜变化分成为恒星日或太阳日，又把它公转一周定为一年的原因。这是人类智慧的表现，也是人类主宰宇宙的开始。

地球星公转一周是一个“恒星年”（sidereal year），计算方法是：午夜时看到某一恒星位于子午线上开始直至下一次又在这子午线上为止，这一段时间叫做一个恒星年。这是它在轨道上真正绕太阳公转环行 360 度所需要的时间，为 365 日 6 小时 9 分 9.54 秒，也等于 365.25636 平太阳日，但是这种年的计算不能配合四季循环，不能采用。另一种叫做“回归年”（tropical year），是根据地球星连续两次经过春分点间的时间长度来计算，为 365 天 5 小时 48 分 46 秒，简单地说是 $365\frac{1}{4}$ 日或 365.24220 平太阳日。现今各国所用的阳历全依据回归年，因为它符合四季循环。但是，回归年并未绕行 360 度，即不到一周，时间也缩短 0.01414 日或 20 分 23.54 秒，这是因为“春分点”（vernal equinox）向西退或向西移的缘故。

所谓春分点就是黄道对于天赤道的升交点。太阳在天上所走的路线称作黄道，也就是地球星的轨道面扩大后，与天球视面所切的大圆。黄道面是水

平的，黄道轴是垂直的。黄道面与天球赤道面相交，两面之间的交角是 23 度 27 分，即 23 度半。相交的两点，一个叫做春分点，另一个叫做“秋分点”（autumnal equinox）。黄道面是固定的，春分点（或秋分点）向西移（或说是西退），每年西移的角度为 50.29 秒。因此，回归年要比恒星年短 20 分 23 秒。

从上述可见，地球星随着自转和绕太阳公转，在经历了无数个太阳日、回归年以后，不知又会随太阳转到什么地方去呢。

地球星随太阳运转是否会有危险？会不会有奇遇？奇遇又是什么？笔者曾大胆设想，可能有那么一天，在遥远的太空内出乎意料地飞来一颗可以供人类居住生息的大星，这情况可相当于当年哥伦布发现新大陆，从而成为地星人的又一领域。

二 大环境有什么用

生物需要大环境，人类更需要大环境。植物的根虽然长在土壤内不能迁移，但它的种子一旦成熟，就会以种种方法散布到远方，以求扩大它的生存空间。这说明植物需要大环境。动物依赖植物而生存，更离不开空气和水，可见动物也离不开大环境。植物和动物二者组成供与求的大环境，这个大环境的基础是阳光、空气、水和土壤。从这一大环境来看，地球星与太阳恒星很合作。人类是离不开大环境的，他们对于大环境是逐步加深认识的。而加深认识、扩大研究范围靠的是发明新的工具。

石器时代人类迁移靠徒步而行，走到海边就停下来，绝对没有去海面航行的概念。有史时期开始后，人类有了新工具，可以漂洋过海，但尚无航天的概念。李白有诗句为“蜀道之难难于上青天”，现今川、陕之间已有公路、铁路及定期的航空班机。第二次世界大战以后，大小国家间都开班机。据估计，每天同一时间内乘坐飞机的旅客最多时可达 1000 万人；也就是说，同一时间内有 1000 万人留在空中而不是留在地面上。尽管如此，当时人们尚无“航天思想”。

所谓航天，是指离开地球星，飞到另一个星球上。我认为，这个星球不应该是月球卫星，因为月球还是在地球星引力范围之内。火星是地球星轨道外侧的邻星，金星是地球星轨道内侧的邻星。金星表面太热而又无氧气，不适宜去探险，而火星上较安全。“飞天时代”应该由何时开始？我认为应该由人类登上火星时开始，不在火星表面上降落就不能算是航天。20 世纪是人类登月时代，21 世纪有可能飞上火星。由地球星飞上火星，最近的距离为 8000 万公里，最远的距离可达 4 亿公里，真是谈何容易，很可能推迟至 22 世纪。但是，人类是大胆的，回想在 20 世纪刚开始时，有谁曾想到 20 世纪 60 年代人类居然能到月球面上去采取岩石和土壤标本呢？因此，人们可以断定，数百年后人类是可以飞出太阳系，去探测一颗暗星的。火星轨道外有许多小行星，将来航行技术发达，航费低廉，航行安全，人们度假旅游时可以飞到某一行星上去野餐，并欣赏地球星在天空的灿烂发光，这一定是很惬意的。可见，扩大人类的生存大环境，必须创造新工具。

通常所说的环境是小环境，属于区域地理学，专研究一个区域内自然环境与人文现象的相互关系，但不能了解下起地心、上达天球视面的大环境。地球星连续前进，它舍弃旧环境，追求新环境，这都是发生在大环境范围内的。

大环境地理学定义 至此，可以给大环境地理学定义如下：大环境地理学是一门用以探讨对于地理方面发生影响的各种现象的学科，这现象叫做大环境。这个大环境上起天球视面，下至地球星中心。

例如，当气温低于摄氏零度时，大气层下部所含的水汽结为冰晶。据气象观测，高空气温降低十分缓慢，卷云温度低到摄氏零下 10 度时依旧为小水滴，未凝结为冰针。经过进一步研究，气温降低缓慢不是主要的因素，不能凝结主要是水汽内缺少一个凝结核的缘故。这个凝结核是微尘，它的来源各地不同，例如海岸附近多为空气里所含的干盐粒；陆地上空大多是火山灰，或由风力吹起的土粒；高空中则是来自太阳系行星际空间内的宇宙尘。缺乏凝结核，水汽降到摄氏零度以下尚不能凝结，形成过饱和气层，没有外来的刺激是不可能降落一滴雨的。由此看来，研究水汽凝结现象就需要了解大环

境。

有人见过这样的现象。四川省北部松潘高原某一海拔高度为 4000 米的平坦区域，植被繁茂青翠，风起无尘；四周又无火山；高原以西全是南北走向的大山，阻止了中亚大沙漠的沙尘输入，因此空气内缺少凝结核，加上空气平静，无上下对流，也无水平流动，故水汽很难凝结降落。但是，当有人大喊一声，声浪震荡，虽然天晴无片云，却能立即降落一些大雨滴，而且屡试不爽。声浪可引起过饱和气层内水汽迅速凝结，化为雨点，是松潘高原内某些地区特有的现象。

凝结核是俗名，正式名称是“亲湿性核”，因为它能吸收空气中的水分子。宇宙尘在空气中的含量多于盐粒，也多于火山灰。研究宇宙尘的由来，就属于大环境地理学的范围。

地球星不是封闭的天体，它一方面接受来自太阳的引力及其他星球的引力，同时也接受太阳的辐射及其他恒星的辐射及射电。月球有引力，有反射，但无辐射。地球星也接受来自太空的小天体及宇宙尘。大部分宇宙尘在通过大气层时受阻而生热，化为灰烬。因此，大气层内到处有微尘。大气层下层内的微尘是亲湿性核，帮助水汽凝结为雨；大气层上层内的微尘起扩散太阳辐射的电磁波的作用，其中最易扩散的是蓝光波，天空的蔚蓝色是微尘扩散可见光谱的结果。因此，我们不能忽视太空。

近地太空的开发 地球星有它自己的边疆，这边疆就是太空。“磁层顶”是地球星的磁场边界。由此向外，凡地球星引力所及之地，都应该属于它的范围。

近地太空在大气层外层，易于到达。月球距地面 40 万公里，也属于近地太空。近地太空有下列用途：(A) 在大气层上方用望远镜观测天体较为清晰；(B) 可设置通信卫星、气象卫星及资源卫星；(C) 可作为高速航空路线；(D) 可设立太空工厂，例如制造地面上工厂所不能制造的药物；(E) 进行太空内物理或化学研究，例如在太空内制造浑圆的球体，混合水银和水或油和水；(F) 可设立太空站，安装小型核电厂；(G) 可创立太空公园或旅游站；等等。

我深信，谁有能力去开发太空，谁就有能力去繁荣这颗地球星。

人类是否永远住在地球星上 地球星是人类的摇篮，也是人类之家。公元 2000 年地面人口将达 62 亿，为 1900 年人口 15 亿的四倍。等到人口增至 200 亿，就会出现淡水不足、粮食不足、矿产也不足的状况，闹市里人撞人。这样，有些人就会想到去表面洪荒的火星上去换换口味。众所周知，婴儿睡在摇篮里，长大后必须要离开摇篮，自求生存。人类把地球星作为摇篮，说明人类仍处于婴儿时代，虽然已创出多弹头核弹和火箭；同时也说明，人类成年时代还未到来。

到了成年时代的人类，一定会具有高度的科学技术，能乘坐近似光速的太空船访问银河星系、大小麦哲伦云星系、仙女座星系，到处有可爱而可以居住的行星，尽管行星上并无生物，更无类似人类的智慧动物，并以此证实地球星上的人类是这一部分宇宙空间内仅存的人类。成年时代的人类能听取他人所发出的噪音，而非听取自己所喜听的语音，这一点是人类和谐合作的起步。

由此可见，人类有婴儿时代，有成年时代。前者是现代，后者是遥远的未来。但人类并无老年时代。为什么呢？因为人类会变，会演变为另一类。

这另外一类是什么？现在还不可想象，但我可以预言，人类进入成年时代后一定会变，试想现代人类不是从以前的类人猿变来的吗？至于现代人以后怎么变？将变成什么样子？读者可以自己去推测吧！

第二章 大环境与新眼界

一 地理环境永远在变

小环境在变，大环境也在变。地理环境(geographical environment)通常包括自然环境与人文环境。但是一般人比较重视自然环境，即围绕人类社会的自然界。人们通常又把自然界局限于地面，包括岩石、地层、地貌、地表水和地下水、土壤、生物及气候。这些要素合起来看是一个整体，但仅仅是个小环境。自然界范围非常广大，包括了全宇宙，即包括了大宇宙中最重要的三个天体：太阳恒星、地球星及月球卫星。这些要素合起来也是一个整体，是一个大环境。其中某一个要素如出现大变化，其他要素也必然引起连锁性的大变化。因此，大地理环境主要的表现是变，可见“变”是地理学研究的中心。地面的美就在于它的多变，气象万千。

因此，我们研究地理学要注重观察，要留心它们的变化。如它为什么要变？如何开始变的？变化过程又如何？变化后的结果又怎么样？具有哪些影响？等等。

众所周知，干旱可以改变环境。例如月球表面、火星表面、金星表面、水星表面都没有水，全是干燥的砂土砾片，没有生物。北非撒哈拉大沙漠及阿拉伯大沙漠令人生畏，而且这些大沙漠的面积仍在扩大中，非洲中北部的大干旱给苏丹、埃塞俄比亚等国人民带来了灾难，很多人饿死。美国大盐湖周围全是干湖床，显示气候比往昔干旱。我国塔克拉玛大沙漠的前身也是一座大湖，现今已消失。这些不断沙化的现象是环境的变化。但是，如果有水，沙漠也可以变为绿洲，例如以色列南部是热带沙漠，用水灌溉后长出绿油油的作物，灌溉水来自淡化海水，用暗渠流入干旱地区。沙漠又成为农田，也是环境的变化。

洪水也会改变环境而造成灾难，比干旱来得更为突然。清康熙十九年(公元1680年)泗州古城陷入洪泽湖内，死者众多。美国每年水灾也很可怕。水灾以外，地震灾害就更为可怕，几秒钟以内可酿成巨大灾难。1985年9月19日，墨西哥首都墨西哥城突然发生8.1级地震，一座又一座高层住宅倒下来，死者9000多。地震是板块互撞的结果。墨西哥城大地震后不到两个月，南美洲大陆西北部的哥伦比亚共和国又发生火山爆发，灾害更大。灾害大的原因是农民住在火山口附近，当火山爆发时他们来不及躲避。他们知道这是一座活火山，但认为目前还不会爆发，这里土壤肥沃，务农有利可图，殊不知迟早有一天会爆发的。

1976年墨西哥东南的国家危地马拉发生大地震，死者24000人。这一次地震居然引发了墨西哥境内的一座叫做埃尔奇松休火山的突然爆发，又连锁性地引起安第斯山脉大地震。这是大环境内连续性大变化的一个很好的例子。

哥伦比亚西北部正是安第斯山脉的尽头，这里有几座高峰全是火山锥，虽未连续喷发，却并非死火山。安第斯山脉是环绕太平洋海岸的火山地震带内一个重要的环节。山脊上火山如有机会必然会爆发，不会永远休息。有一座接近太平洋海岸的火山，海拔5432米，叫做鲁伊斯火山，于1985年11月13日晚上突然爆发。当时火山锥上部积雪只有1/5被融化，当火山灰与雪水混合后，竟成为滚烫的火山泥流(lahar)，沿着坡度很陡的河谷直冲而下，

埋掉一个现代化的阿尔梅罗小市镇，镇内居民死者逾两万，生存的不足 3000 人。灾难造成后，立即轰动了全世界。阿尔梅罗在火山口以东 50 公里，人口有 2.3 万，绝大多数是白人。镇附近土壤由火山灰形成，十分肥沃，盛产大米、棉花及咖啡，镇内设有可供输出的咖啡仓库。这座火山口周围分别有四条河流下，一条向西流，三条向东流，其中以拉古尼拉河为最大，阿尔梅罗镇就位于这条河的两旁。高温的熔岩流加上火山泥流所淹没的地区广达 40 平方公里，硫磺的气味充满了这条河谷，使人难以呼吸，给抢救人员带来极大的苦难。镇内有一位老妇的住屋被埋在火山泥流的下面长达 24 日之久，她却非常镇定地在住宅的壁炉里日夜焚烧一些杂物，使浓烟连续地由烟囱里冒出直升空中，飞机上的拯救人员看见冒的烟，立即大量掘土把她抢救出来。她的耐性和坚定的意志为人们称颂。

火山是大环境内的主要地貌，不能视而不见。死火山虽然有一段长时间的安静，但不能保证它永远安静而不复活。活火山绝对不可接近，不仅是喷发时有岩浆立即进出成为熔岩流的危险，而且高热的火山灰落下来也会使人呼吸窒息。休火山可视为将要复活的火山，应该有定期视察，不能疏忽。因为火山大多位于板块边缘或在板缝上方，复活的可能性很大。火山泥流的速度可达每小时 50 公里。市镇建立必须距火山口 100 公里以外才能有安全感，火山爆发后，火山泥流在两个小时以后才到达，这样居民才有足够的时间外逃。鲁伊斯火山自 1985 年开始爆发后并未停止，1986 年依旧每日喷出约 5000 吨的二氧化硫。

哥伦比亚是世界主要出产咖啡的国家之一。火山锥下部土质特别肥沃，并逐渐向火山锥上部发展。最初只种植咖啡及粮食作物，后来在拉古尼拉河两岸逐渐建立起旅游站，可在这里欣赏高山风景，这是市镇管理机构人员对于大环境方面的严重疏忽，没有对火山作定期观察，也无警报系统，才造成了上述灾难。

大地震及大火山几乎全在太平洋沿岸 太平洋西岸多地震，也多火山。日本、印尼及菲律宾都有著名的火山。1986 年西太平洋内洋底火山活动，居然有两座小型火山锥出露海面。数日后，由于波浪冲刷又完全消失不见。美国夏威夷群岛多火山，更多活火山。日本群岛多地震。1923 年东京大地震使旧市区全毁。现今日本新建筑物都使用耐震材料，可以抗拒通常的地震。日本也多火山，也受火山泥流的威胁。日本人在火山口外山坡上的小河谷内，将河床改造为梯田式，以减缓流水的速度；并在陡坡河床上兴建钢柱，以防出现火山泥流时可以阻止大石块向下滚落。这说明日本人很重视大环境。

太平洋东岸也多地震，且多火山。太平洋板块一部分向东移，伸入美洲板块下方，互相叠置，出现板缝架构。美国西岸喀斯喀特火山带就在这条南北向板缝的上方。这些火山都是休火山，但不能保证它们不复活。西雅图市区以东的雷尼尔山，海拔 4393 米，史前曾爆发过。爆发时出现泥石流，被覆盖的地区达 300 多平方公里。现今这地区又已出现多座小市镇。据报导，雷尼尔山顶上散布有二三十条小冰川，显示山顶已完全冷却。爬山者的游记曾记载：山顶上有穴，其中有一股暖气连续地冒出来，穴内温暖，旅游者可在穴内过夜。太平洋板块东部如不能压住地幔内积存过多的能量，必然通过地震的方式而释放能量，引发火山活动，造成灾难。因此，地方有关机构十分重视，进行定期观察，便于预防。雷尼尔火山以南有许多休火山，其中一座叫做圣海伦斯山的近年来已爆发数次。它这样做可以把地下深处的岩浆喷出

来，使地幔内无过多的能量，这样美国西部可望减少地震次数与地震的级数。这就是大环境内的互相变化。

外星引力可能导致地幔内岩浆加剧对流 通常所说的地震有三种 陷落地震规模最小；火山地震就比较大些；灾难最大的是断层地震。1976年河北省唐山地震就是一个实例。断层地震中规模最大的是洋底开裂。不要小看这洋底开裂。洋底开裂后，居然能出现一片大西洋，并引发大陆漂移。

在地质史上，古生代开始时尚无大西洋。中生代时由于洋底地壳开裂，南美洲板块向西漂移，非洲板块向东漂移，中间出现大西洋。这条南北方向的大开裂，使岩浆有机会外流，形成一条南北向海底山岭，坡度和缓，它高出东、西两侧的海底达2000~3000米。岭的中部是山脊，很宽，无峰。凡是岭脊的地方都是裂谷，岩层很新。山脊上裂谷到大西洋东岸和西岸的距离大致相等，因此叫作大西洋中脊裂谷。这条中脊不是褶皱山脉而是凸起山脉。褶皱山是由于横向压力而形成，凸起山脉则是受张力的影响。这条张力裂谷简称大西洋中脊，一般人又叫它为“洋底山岭”。

上述两个板块，一个东移，一个西漂，如问是什么力量使它们有这样的运动？这由于地壳下方有多余的能量。能量向上冲，洋底向上凸，使以东的非洲板块向东滑，以西的南美洲板块向西滑。二者背向而移，愈移愈远。如接着向洋底地壳以下为什么有能量上冲？这可能是由于岩浆对流，某一股岩浆上冲时很强烈，使洋底地壳上凸而形成巨大的张力断层，出现岭脊。为什么地壳下方岩浆上冲？大环境情况很可能是这样的：当银河星系自转之时，一颗大星或是一座星团，偶然接近地球星而施加引力作用，使地球星受到影响，地壳破裂有岩浆外流。如果外星的引力作用非常强大，就可能引起地壳下方岩浆活动，并且形成两个大波，与月球对于海洋施加引力所出现的潮波情形相同。一个岩浆潮波在大西洋地壳下方出现，另一个在太平洋东部洋底地壳下方出现。结果，大西洋出现了中脊裂谷；太平洋东部洋底也出现了一条南北向岭脊，但这仅是山脊，其上无裂谷。

太阳附近集合许多恒星形成松散星团 前面指出，自然界范围非常广大，包括全宇宙。而全宇宙的大环境也是在不断变化中。

太阳在太空内前进，以前曾遇到什么大星很难说。人们夜间望星空，只看得见天球视面的一半，另外一半因被地球星本身所遮蔽而无法看见。然而看见的一半也并不真实，因为银河星系内的恒星、星云、星团可能又遮蔽这一半天球视面中的一部分。我们所望见的天球视面，已为恒星的投影所掩盖。至于银河背后，笔者推测可能有无数的星系，很可能比我们居住的银河星系更大。这是因为宇宙空间无限大，星系无限多。以前天文学家说，夜间用肉眼望空，同一时间只能望见3000颗恒星；有了光学望远镜以后，同一时间内可望见1亿多颗恒星。近年来，银河星系内可能有1千亿颗。星数越来越多。因此，如果有人把银河拖开，那末它后面的那耀眼的、罗列成群的星系会呈现在你眼前。

现在，笔者又认为太阳系是一座松散星团中的一个成员，它并不孤立。太阳附近最亮的一颗恒星是天狼星（Sirius A），相距为8.7光年。它是天球视面上最亮的一颗恒星，很象这松散星团的中心。距太阳最近的恒星是“比邻星”（Proxima Centauri），相距只有4.2光年，它在半人马座内。此外，尚有半人马座星都在比邻星附近，距太阳只有4.3光年。这星团之内尚有佛耳夫359（Wolf 359）、南河三（Procyon，小大座阿耳法）、巴纳德

星（Barnard's Star），相距都不远。通常星团内各恒星相互的距离为1~5光年。上述各恒星相距很近，已具有松散星团的形象。此外，牵牛星（Altair）距太阳只有16.3光年、织女星（Vega）距太阳26.5光年，也不算远。

这座松散星团不妨以天狼星为中心，因为它最亮，易使人辨认，暂时叫作天狼星松散星团。把太阳放在这个松散星团之内，一般人易于记忆太阳恒星附近有哪些恒星。

这松散星团距银河星系中心3万光年远。这些恒星虽然有引力，但不能使地壳凸起而有张力断裂。假如这一推想符合实际，大西洋地壳的凸起是由于某一颗大星的引力特别大，那颗大星必定是在6000~7000万年以前，地球星在旅途之中的一个巧遇。当银河星系一方面进行自转，一方面又在宇宙空间内前进时，地球星在旅途内突然受到某一天体的引力，使地幔内上层岩浆出现大潮波而向上涌，以致洋底地壳开裂。这种可能性不能说绝对没有。

冷空或暖空可引起地面气候突变 天文学家有这样见解 宇宙空间内如果某一区域恒星特多，其中有些星是蓝光星，通过热核聚变，大量辐射热使附近太空成为暖空。如果另一区域缺少星系，没有辐射热，势必寒冷异常，成为冷空。地面气候突变，而且很剧烈，绝对与太阳辐射能力无关，而是因为大环境起了变化。

假如太阳系前进，通过一段宇宙冷空时，地球星受冷空的影响，地面热量损失太大，势必出现低温。如果降低摄氏30度或20度，就会使地面寒温带或盛行西风带发生变化，可能会出现大灾难，长期后会出现大陆冰川。例如在西风带，夏季7月海平面等温线介于15~20之间。如果减去20度，在7月里出现0或-5的气候，使冬季的地面积雪进入夏季后还不能消融，形成了夏季有积雪的地面。这样一年复一年地累积下去，不到千年，就有可能积成数百米或一两千米厚的雪层。更新世内各冰期长达数万年或十多万，厚层积雪因压力而成坚冰，又受引力而移动，即成为覆盖广大地面的大陆冰川。更新世内西北欧冰川与北美大陆冰川可能通过冰岛及格陵兰岛，彼此连接。这一带正是“盛行的西风带”，也正是“北半球多雨带”。更新世内出现大陆冰川的地区，正是北半球降雪量最富的地带。冰期很久，生物为了适应新环境并继续生存下去就必须也作改变，因而出现了新品种。

假想的情力 宇宙空间里除日、月、星和地球星以外，除太阳风及宇宙尘以外，还有什么？我猜想有一种目不能见、手不能触的力，叫做“情力”。这力充塞整个宇宙空间，它不是物质，也没有微粒子。质量由情力组成，石块由情力组成；同样，地球星及太阳恒星也全是由上述的情力组成。所谓情力可以组成物体，也可以在物体以外存在。情力是“力的根源”。引力不是物质，没有一种东西可以阻挡引力，因为引力来自质量。没有质量也没有引力，可见引力藏在情力之内。引力是由情力演变出来的，属于次生力；情力是原生力，它具有传达引力、光、热、电及微粒子的能力。

读者要问，怎样可以觉察到这情力的存在？我可以证实我自己的身体内就充满了情力，它藏在细胞核原子内，使我懒惰而不愿工作。尽管我想要去扫除台阶上的落叶，但我的身体却不肯移动。什么力量在阻止我作工？它就是体内的情力。试看婴儿的两腿不睡觉时会不休止地动弹，而老年人却静坐不动，好似泥塑菩萨，连说一句话都嫌累，这也是他体内情力在作怪。牛不耕田，农人用鞭子抽打，把牛体内的情力压下去，牛才拉犁。这些都是好

例证。“静者常静”是由于惰力的作怪。惰力与惯力不同，后者可用外力改变它，前者不能。惰力是难以描述的“惰”。只有在特别高温与高压之下，才可以把它唤醒。醒了以后可以组成比粒子还小的粒子。

世界上物体可分为三大类：(A) 惰力在物体内占有绝对优势的，如矿物岩石类，它在地面上静止不动；(B) 惰力在物体内确占优势，但有能力生长，虽不能动，但可以增大自己的体积，这一类如植物。有风时或地震时，枝叶摇晃；风停后或地震后草木枝叶动也不动，显示出草木体内惰力占优势；(C) 惰力在物体内居劣势，不仅可以自己移动，且能自由动作。这一类如动物。为什么植物不能动？为什么动物会动？生物学家们从未说明。我的解释是，植物为地面上生产食物者，它静静地吸收阳光、二氧化碳、水及土中的液态矿物，制造成养料，储存在它的体内，供它自己及其他植物、动物的需要，因此它不需要动。动物不能自己制造食物，因此，必须自己会移动，而后才可得到食物。一般的书上说动物有神经才会动。这种解释非常不实际，而且是倒果为因。它们因求食物而移动，由移动而发展神经，由多方面的移动而发展成神经系统。动物体内也有惰力，并非为所欲为的动，有时为了适应惰力而休息。人类同猴子一样，体内都含有惰力。猴脑以内含有惰力比它前肢内所含的惰力为多，因此，猴的前肢不停地动作而不用脑思考。人脑内的惰力含量的百分比少于两手，因此，人多用脑思考、幻想，而较少动手去作。

巨大石块全部是惰力，可在地面上维持千年万年之久。高大树木全由惰力组成，也可生长两三千年之久。植物由发生直到枯死，从不改变它的生存地点。动物因为常动，去吃由惰力组成的水、矿物质及动植物，时间久了，数十年或一百多年也必然会倒下来，无一例外。

地球星具有智慧，读者不能不信。地壳形成后最先出现的生物是植物，不是动物。植物利用水、矿物质、气体及阳光在地面上生存，随之出现的是吃植物的动物，接着吃动物的动物也出现了。人出现得最晚。地面上生物出现的次序就体现了宇宙演化的智慧。这智慧十分奇特。人用眼睛、耳朵、皮肤来分辨环境；植物用气孔及根毛来试探环境，用鲜艳的花和多汁的果实来引诱动物；矿物用它的结晶面来接触环境，以黄金的光泽、钻石的明亮、珍珠的圆润、白玉的纯洁来引诱人类；星体则用引力和辐射与环境接触。能说它们没有智慧吗？

总括来说，宇宙空间内无论从宏观方面还是从微观方面，都有许多不可见与不可知的事物。微观方面先不说，有关宏观方面的也就是宇宙大环境方面的必须力求了解，以扩大人们的新眼界。

二 类星体与新眼界

目前所知类星体是距地球星最远的天体。最初先接收到太空内射电，发现类星体射电源（quasi-stellar radiosources），后来改称其为“类星体”（quasar）。它们所具有的特征有：（A）经常是射电源，且发出有极大的射电波直径；（B）在望远镜里只是一个小光点，没有直径，没有面积。似乎它是一颗小星，然而射电特强；（C）有很大的红移；（D）距地球星极远，据说最接近的有 10 亿光年，较远的在 100 亿光年以上。目前所知最远的一颗类星体距地球星约 360 亿光年，也就是说，今天所看到的这个类星体的光还是 360 亿年以前射出来的；（E）虽然是一个小光点，但光度极强，约相当于太阳恒星发光的 1 万亿倍。

所谓类星体，就是类似恒星的天体。1960 年发现，1961 年被证实，至 1986 年已发现许多颗。其中有些类星体可能早已消失，只留下光波，经过遥远的空间到达我们的眼里。

1950 年以前，使用光学望远镜只能望见一些有光的星体。后来发明了射电望远镜，就可以探测宇宙空间射电的来源。上述两种望远镜同时观察并探测同一个天球视面，所得到的结果不完全相同，引起观测者的好奇。1960 年前，天文学家只知太阳恒星有射电波向地面发射，其他恒星因为距离太远，当时技术又落后，收不到它们的射电波。光从太阳表面到达地面历时只需 8.5 分钟，其他恒星的光到达地面则需要许多光年或许多万光年。那时候，收不到其他天体发出来的射电波，但并不能说明远方恒星没有射电。

类星体无“角径”，只是一个小光点，出现于黑暗而又深远的太空内。类星体爆炸时，光度强烈，据说有万亿颗太阳恒星同时发光那么强烈。类星体光谱里的谱线正朝着长波进行位移，这种现象叫做“红移”（red shift），简单说来，即谱线射出后移向长波而离开短波。

红移现象只有在远距离内才会出现，短距离内是不会发生的。这就是地球上实验室内所不能实验的事。光速为每秒接近 30 万公里，地面上最远的距离只有两万公里远，可见，物理实验将来必须移到太空里，才会出现意料不到的大发现。

红移的现象有两种，一为多普勒红移，属于后退的红移；另一为爱因斯坦红移，属于强引力场内原子射出谱线朝着长波方向进行位移。后者与大环境无关，可以不论。多普勒红移也叫做多普勒效应，可以用下列例子来说明。当一列火车正朝着我们的方向疾驰过来，那么火车离我们愈近时，所听到的火车鸣声也愈高（频率升高），反过来，当火车驶离我们时，离开愈远，火车鸣声愈低（频率变低）。同样，当一个射电源正在退行（即远离我们）时，它发出的谱线即移向红外线光谱区，这就是上文所述的红移。类星体有明显的红移，证明它正在退行，愈退愈远。红移愈大，后退愈远。这就是多普勒效应。如果射电源换个方向，一直射着我们前进，愈进愈近，它的谱线就移向紫外线光谱区，形成紫移。但是，天文学家自有观察以来，从未有人发现过紫移，全是红移。

有人认为，这退行的现象显示了“宇宙膨胀”。可以做以下实验。先吹起一个玩具用的氢气球，在球面上绘上许多小点以代表天球视面上许多星系，然后继续吹起这个气球，使它更膨胀。这样，各小点彼此距离增大，显示了各星系彼此远离，而且远离我们居住的银河星系。观察者在望远镜里望

见这类星体飞也似的向后退,显示这宇宙正在扩大之中。这假说是否可信呢?

依据多普勒效应及哈勃定律,远距离星系正在迅速后退,远离我们。哈勃定律的主要概念也是红移,指远距离星系光谱内,谱线显示位移,移向长波光谱区,也叫做哈勃效应。他的定律是说,远距离星系离我们愈远,后退愈快;就是说,每离开我们百万秒差距,星系每秒退行速度增加 50 公里。这个速度并非每个人都能接受,有人另创新说。总之,天文学只能观察,不能实验,20 世纪内作的假说,到 21 世纪时必会有更新的假说来代替。

类星体与射电望远镜 类星体的发现是由于开始使用射电望远镜 (radio telescope)。

射电望远镜体积庞大,但运转灵活,昼夜可用,雨天也可使用,不象光学望远镜只限于晴朗之夜。据说中国柴达木盆地中也有一架全新的射电望远镜。射电望远镜所收集的波长必须长于 1 毫米,因为大气内的水汽、二氧化碳及臭氧可以吸收短于 1 毫米的波长;大气层内电离层又能够反射 30 米以上的长波。射电望远镜不怕大气干扰,不怕阳光辐射,只怕都市内电视台及广播电台。因为双方都使用长波,很难分辨。只有把射电望远镜放到离都市十分遥远的荒野区内,那里既无居民又无电视和广播台,可以避免上述麻烦。

从宇宙空间收集无线电波,波长限于 1 毫米到 30 米。射电望远镜可以收到强烈射电波,但不能确指由天球视面上哪一个点射出来的。改用光学望远镜向那个点望去,可看见星空里那个点光度微弱暗淡,似星非星,视星等低于 13 等。再改用射电望远镜观察,可以看到一股强大的射电波,千真万确地来自那个微弱的小光点。因此,这个小光点被叫做“类星体”。1961 年发现的第一颗类星体编号为 3C48,谱线上有红移。1963 年发现第二颗类星体,编号为 3C273,谱线上也有红移。1984 年澳大利亚天文台又找到一颗类星体,红移值极大,估计距地球星有 360 亿光年。据观测,类星体多至数万个。虽然光度微弱,全是蓝光星。估计一个类星体的直径约有 1 光年的长度,这比银河星系十万光年的直径小得多,然而射出的能量却比银河星系大数十倍。它的能量怎样得来?有人说,类星体可能是宇宙中心,才有这般宏大的能量。但现今已发现的类星体很多,此说也已不攻自破。类星体的光全是由氢原子射出的强电波。现今所看见的蓝光该是此类星体数十亿年前或一百亿年以前所射出的,直到现在才到达天文学家的眼里,可以推测,那颗星现今已非青年时期,可能早已衰老而死亡并已消失了。

类星体的发现的确扩大了人类的视野,使人们眼界大开,为一可喜之事。对于这 360 亿光年,人们一般未能感觉到有什么稀奇。《西游记》中孙悟空曾夸口:我老孙一个筋斗,可去十万八千里。这是中国小说家的夸张手法。但是,试作一比较,一秒钟时间内光可前进 30 万公里,孙猴子一筋斗只有 108 000 公里(现且把“里”字解为“公里”),一连三个筋斗,也不敌一个“光秒”。如果让孙猴子连续打筋斗,直到他死,也不能到达任何一颗类星体。这说明了中国古代虚构故事中所夸大的距离比不上现今科学家的实测。

三 近空不可见，远空漆黑一片

宇宙和宇宙空间 宇宙(universe)与宇宙空间(space)两词完全不同。前者包括所有的天体，其中有星系、星云、恒星、宇宙尘、不可见的天体等。后者仅指空间(指能容纳一切天体的空间)。这空间不是静止的，与时间混合在一起，叫做“时空”。物质的形态可以互变；光线可以变曲；空间可以分隔，但不能缩小，也不能把它扩大。所谓宇宙膨胀，我的看法是仅指星系膨胀，与宇宙空间无关，因为星系是位于宇宙空间之内，而非固定地镶嵌在宇宙空间之上的。

我认为宇宙空间并不是空的，其中充满了力。我假定它就是上文所述的情力。这力有传导光、热、电的能力，也是一切物质形成的基础。但我不能抓到这力。

在宇宙空间中，无论向那一方向看，除恒星分布不均匀以外，在视野范围内所看见的都是一个样，无重大区别。这是视力方面的错觉。宇宙空间十分复杂。宇宙空间内大天体有它的大重力场；微粒子也有它的微引力场。我们看不见也觉察不到，并非宇宙空间的空虚。它是充实的，不仅能够传递光、热、电，且能传播力。这空间用什么充实起来？粒子有引力，大小星体各有各的引力场，然而宇宙空间它自身并不具有引力场。如果有的话，这么多的天体及星系，都向宇宙中心引力场集中，岂不凑成一个大蛋？类似往日的“宇宙蛋”。因为宇宙空间不属于物质，不可能有宇宙引力场。各大星系之间都有足够的距离，不致引起互撞。同一星系之内或同一星团之内的恒星，彼此之间远远地隔开，彼此可以独立存在。

宇宙空间无限界 大环境地理学下起地球星中心，上达天球视面，其中拥有无限界的宇宙空间。地面上一望无际，似乎地比天大。事实上地球星是个“小不点”，它在空间内比一个小点还小，如果把它放在100亿光年以外，它比宇宙尘还小。太阳恒星比地球星大130万倍。维持人类生存的太阳系位于宇宙空间内何处？在空间上层？下层？内部？边缘？全都不是。因为这宇宙空间无限界，也无中心。

具体来说，空间只有两类：(A)有限界的空间，例如室内空间、都市空间、太阳系行星际空间、银河系恒星际空间；(B)无限界的空间，可容纳上述所有的空间，宇宙空间就是无限界的空间。晴昼望空，天色蔚蓝，那是大气层扩散的蓝光波；夜间望空，有微弱的星光、银河光、黄道光及大气的散光，太空深远处昏暗漆黑，什么都看不清楚。因此，夜空有神秘感。

宇宙空间的区划 由地球星大气层向外的这段空域，叫做“近地空间”。现今各国发射的通讯卫星、气象卫星、军事卫星及航天飞机，全在近地空间以内。地月之间叫做“地月空间”。月球轨道以外，冥王星轨道以内属于“太阳系行星际空间”，太阳系以外就是“恒星际空间”。

宇宙空间中有星的区域可以觉察，无星的区域一片漆黑，但可以通过引力及电磁波来测。

宇宙空间中距离的量测 众所周知，测量月球对于地球星的距离单位，通常用公里，测量日地距的单位也用公里。至于其他大行星对于太阳的距离单位不用公里，而用“天文单位”(Astronomical Unit, 简称为A.U.)，即地球到太阳间的平均距离。这个单位比公里大1.5亿倍，它比地球赤道长度大3750倍。试想绕赤道3750周才等于一个日地距，这数字实在惊人。

用天文单位表示宇宙空间中行星对于太阳的距离是把日地距作为 1 的。水、金两颗行星对太阳的距离均小于 1，其他行星均大于 1。兹列表如下：

行星名称/天文单位 (A.U.) /实际距离 (公里)		
水星	0.387	58000000
金星	0.723	108000000
地球星	1.000	149600000
火星	1.524	228000000
木星	5.203	778000000
土星	9.580	1427000000
天王星	19.218	2870000000
海王星	30.110	4500000000
冥王星	39.600	5900000000

在人们的观念中，1 亿公里不如 59 亿公里远，虽然在数量上是 1/59，却在人们脑中作不出实际的比较来。但是，如果测量远近的单位改用天文单位，那末就很容易作比较。冥王星距日大于日地距 39.6 倍，即约为 40 倍，这样比较给人印象就比较深。

由冥王星中心到太阳恒星中心作一直线，这一条线就是太阳系半径。这颗圆球形太阳系直径长达 118 亿公里，或 80 个天文单位。所有的行星由西向东大致环绕太阳恒星赤道前进，而非围绕太阳南北两极。

也可以用光速来表示宇宙空间中行星间的距离的大小。例如太阳光由太阳表面传到地球星表面，需时 498 秒，或 8 分 18 秒，或 8.3 分。简说是 500 秒。月球距地球星比太阳恒星近得多，月面所反射的太阳光到达地面，需时只有 1.3 秒。火星在绕日公转中当它最接近地球星时，火星反射太阳光到达地面需时 3.1 分。冥王星距地球星最近时反射太阳光到达地面需时 5.6 小时，距地球星最远时太阳光到达地面可能需 6.3 小时。如果有人往冥王星上打电话，时为正午 12 点；一直要等到夜里 11 点以后才能听到冥王星上回话的声音。

地球星直径如同太阳系直径相比，为 1/1000000，地球星实在太小，太阳系实在够大。如同银河星系作比较，太阳系又嫌太小，不能形成比例。因此，太阳系以外的宇宙空间中距离的测量不能采用天文单位，而只能用“光年” (light year) 作单位。1 光年相当于 63240 天文单位。所谓光年，并不表示时间，而是表示距离。光年是指光在一年以内所行进的距离。光速每秒可以走 30 万公里 (实际是 298128 公里)，一年 (指回归年) 内光前进 94600 亿公里 (9.46×10^{12} 公里)。这样大的数字作为距离单位，其实际意义已无法想象。

前文已述，最接近太阳恒星的是半人马座比邻星，相距 4.27 光年。南天球视面上亮星是天狼星，它在北半球地面上低纬度内也可以见到。接近天南极的老人星距地球星只有 98 光年远，比天狼星距离地球星多出 90 光年。北极附近的北极星 (Polaris 或 North Star) 距地球星为 652 光年。仙女座旋涡星系 (M31) 距地球星为 220 万光年。这都不算远，前文所述的最远的类星体为 360 亿光年。

另一种距离单位叫做秒差距 (parsec)。如果一个恒星的视差是 1 角秒 (或弧秒)，对于地球星的距离就叫做 1 秒差距，相当于 3.262 光年或 206265 天文单位。如远空星体的视差是 1 角秒或大于 1 角秒，可使用这种单位；如

果小于 1 角秒，例如类星体，则使用光年为单位。兹举例如下：半人马座比邻星 1.30 秒差距（4.27 光年）；天狼星是 2.66 秒差距（8.67 光年）。

可以伤人的宇宙线 宇宙空间内常常通过一种高能量带电粒子，叫做“宇宙射线”（cosmic rays），简称宇宙线。宇宙线速度近似光速。事实上这不是“线”而是有电荷的粒子。通常所见的电磁波辐射可视为波的效应或光子的效应。但是高能的粒子不是光子，也不是光波，它是破碎的原子核，其中约有 91%是质子，8%是氦核，其余是碳、氧、氮、铁等重原子核。实际应该叫做“宇宙粒子”，而不宜叫做宇宙线，然而它已是习惯用的名称了。

宇宙线分两种：一种为原生宇宙线，穿透力极强，可深入大气层内，可深入水内，也可穿透地面表层。另一种为次生宇宙线或次生宇宙粒子，由原生宇宙线撞击大气层气体而产生的。原生宇宙线或原生宇宙粒子来自星体爆炸，例如超新星大爆炸，银河星系或其他星系大爆炸；也可能来自星系核心，例如银河星系中心——银心；也可能来自大激波（shockwave），即超新星附近气体受压缩而出现的大波。由于爆炸力太强或激波力太猛，原子核被炸碎飞往太空，以光的速度前进，即原生宇宙线。太阳表面上耀斑（flare）也能产生原生宇宙线，但能量很低，属于低能宇宙线。由太空深处射出来的原生宇宙线是高能宇宙线，速度很强，能量很高。原生宇宙线由太空内四面八方碰撞地球大气层，使大气层内一些气体化为次生宇宙粒子或次生宇宙线。在大气层内产生的次生宇宙线也是四面八方地向地面撞击，穿透力很强。这说明我们的大气层内变化很大，不完全只限于氧、氮等类气体。

现今地面上已装置特殊的光学望远镜，可以望见大气层最外层出现的光流。这光流由高能宇宙线撞碰气体原子核而造成。

高能宇宙线即原生的宇宙粒子可以影响地磁场，可以破坏人的细胞，对于地面生物有严重的影响。由银河星系核内射出的宇宙粒子当然很可怕，它可撞出一些伽马射线、中子、质子、介子及其他微粒子，向地面辐射，促使遗传基因出现变异。太空人遇到宇宙线也不好受。因此，太空人必须穿上太空衣。

太空衣的妙用太空衣具有下列五种条件：（A）当太空人离开太空舱走进太空时，太空衣内必须有氧气供应设备；（B）太空衣可以保暖御寒，又可以阻挡太阳辐射。近地太空已无空气调节温度，身后缺乏空气射热，温度可能降低至-70℃；身前面向太阳，温度可能高达 120℃。这样身前身后温度相差 190℃。太空衣不仅能防寒，也能隔热；（C）可以抵抗宇宙射线；（D）可以抗拒小陨石撞碰；（E）太空衣不太硬，也不太重，太空人穿上太空衣可作太空漫步。

第三章 天球视面大环境

一 宇宙什么样

宇宙是开放型还是封闭型研究宇宙，包括宇宙空间及其中所有星系。天文学家及物理学家依据数理化方程式加以说明。数、理、化是对的，但发展时间很短，而且是在地球星上研究的，不可能解释宇宙中一切现象。宇宙是由它自己形成的，并不依据现今的数理化方程式去创造自身。因此，我们不妨撇开那些方程式，先求认识围绕我们的大环境。

本书任务就是帮助读者去认识那些可以影响人类生活的大环境。如果有人问，这个宇宙是开放的？还是封闭的？恐怕是无人知晓。

宇宙空间是否有边？从前面章节中已得到解答，那就是：宇宙是无边的，因此，无边的宇宙就是“开放的宇宙”（open universe）。如果宇宙空间有边，就成为“封闭的宇宙”（closed universe）。那末有人又会问，封闭的宇宙以外是什么宇宙？我只好回答是“反宇宙”，性质与宇宙相反，而且把这座封闭的宇宙完全包围起来。但这仅是不可思议的假说，应该放弃。我重视的开放型宇宙，就是下起地球星中心，上达天球视面的大环境。这个大环境是真实的，而且我们就在这个大环境以内生活。

晴夜望空，满天星斗。密密麻麻的星，不碰不撞，互相尊重。银河星系内生态系统同地面上生态系统完全不一样。地面上动物捕、捉、追、杀、吃、吞（例如大鱼吃小鱼，小鱼吃虾米，虾米吃浮游生物）。陆上的风吹扬尘埃及水汽，河流搬运沙土，浪蚀海岸，雨水刮地皮。我夜间观星，从未见过大星吃小星。银河以内的恒星，银河以外的星系都能相安无事，必有一种不可知的力量使它们安然相处。谁在控制这些星系？

星系的分类宇宙内已被发现的星系约有许多亿个，据估计距离我们约 50×100 亿光年。我们只能对那些最靠近我们地球星的星系进行构造研究。我们居住的星系是银河星系（Galaxy）。接近银河星系的星系约 30 座，叫做“本星系群”（local group of galaxies）。以银河星系为中心，以 200 万光年为半径，在这空域内一切星系都属于“本星系群”，除银河星系外，尚有大、小麦哲伦云及仙女星系。后者有 7 个伴星系，其中最大的伴星是 M33。银河阻隔我们的视线，银河的后方可能有许多星系被遮蔽。以上所述，全是望远镜里可以望见的星系。另有一种是射电星系（radio galaxy），可以射出无线电波，但望不见它的形象。

星系周围的 10 多个星系间相互有引力作用，可以叫做“星系团”。如果把范围再扩大，许多个星系团可成为一个超星系团（super-cluster），半径可超过 100 亿光年。

单独星系的形象有许多类，简单地说有两大类：（A）巨椭圆星系（giant ellipticals），直径长达 40 亿光年，质量大于太阳 10 万亿倍；（B）矮椭圆星系（dwarf ellipticals），直径长 6000 光年，质量只有几百万个太阳大。

美国天文学家哈勃根据基本结构将我们附近的星系分为三类：椭圆星系、旋涡星系、不规则星系。椭圆星系形状可从圆球形变到椭球形，自转越快，椭球体拉得越长。椭圆星系用其英文首字 E 表示，后面加上表示椭率级别的数字。例如把轮廓是圆形的作为椭圆星系基本型，叫做 E0，0 代表椭圆

起始，即由圆形图象开始。椭圆率最高为 7，E7 是长椭圆型，介于 E0 与 E7 之间尚有一些过渡型。E0 型的星系可以 NGC3379 为代表。M32 (NGC221) 属 E2 型，另一个伴星系 M59 (NGC4621) 属 E5 型，NGC3115 属 E7 型。

旋涡星系具有旋转核心并从核心螺旋地伸出旋臂。根据核心和旋臂展开程度分为标准旋涡星系和棒旋星系。哈勃把旋臂由核部伸出，轮廓是圆形而又具有旋涡状的作为旋涡星系基本型，叫做 So 型。S 为旋涡星系英文首字，o 代表旋涡起始时状态，即旋臂环绕使星系为圆形图象。So 可有两个演化的方向。第一，核部为圆形，演化为 Sa (旋臂紧紧环绕核部或浑圆型)、Sb (旋涡式星系，例如我们的银河星系)、Sc (旋臂更开放、更长，环绕其核部较松弛) 等型。第二，核部有棒，分向左右两方，棒的末端才伸展旋臂，演化为 SBa、SBb、SBc 等型。这第二种就称为棒旋星系。棒旋星系是指核心由许多恒星组成的棒状结构的星系。其特点是棒旋星系的棒体和核部连成一体旋转。

上文所说的 So 型与 E0 型，都是浑圆的大星。前者边缘处绝无环绕的星气，后者则有星气环绕。因此二者各自成为一类。E0 是椭圆星系类型的起点；S0 是旋涡星系类型的起点。

此外，尚有不规则星系，这类星系没有中央核、旋臂，没有对称平面，没有固定形状。例如大麦哲伦云星系、小麦哲伦云星系。前者轮廓是一个长矩形，显示尚未演化成为棒形，可列入原始型棒旋星系，因为有人看出它有短棒。另外一星系，编号是 M82，形状类似大蝙蝠，事实上是远空一类新星大爆炸后的形象。

银河星系是无数星系内的一个微小成员读者不要忘记，我们大家就住在宇宙中的银河星系内。我们的“宇宙籍贯”应该是“银河系内地星人”。银河系内有多少颗恒星？通常说有 1 亿。我认为太少。我估计可能有 1 万亿，这比通常多了 1 万倍。我的方法很简单。前文说银盘直径长 10 万光年，厚约两千光年，它的体积该有约 16 万亿立方光年。假定每 1 立方光年内有 1 颗恒星，就应该有约 16 万亿颗。我现今估计只有 1 万亿颗，即平均每 16 立方光年才有 1 颗。依据专家估计，球状星团内恒星的分布平均密度为每 1 立方光年空间之内可有 1~5 颗恒星，依此推论，整个银盘之内就可能容下 16~80 万亿恒星，这个数字似乎太大了。因此，我觉得采用 1 万亿颗比较合理些，这不包括银盘上方及下方的星团在内。

人们所说的银河与银河星系不同。前者指银河或天河，系天球视面上银色光带；后者包括银盘以内所有的恒星，也包括银盘上方及其下方所有的球状星团。太阳及北斗七星属于银河星系，但不在银色光带之内。南天星座老人星也远离银色光带。

银河光带内有些区域很亮，似乎显示恒星密集；有些区域比较黑暗，似乎那里恒星很少，甚至没有恒星。事实上，明亮的空域，不仅由于恒星密布，尚杂有“发射星云”(emission nebula)。这星云含有电离氢，可以发射光波。另有一种星云叫做“反射星云”(reflection nebula)，它可以反射恒星的光，自己却无辐射的能力。反射星云如果反射蓝光星的光波，通常是蓝色。例如“七姊妹星团”或称“昴星团”(pleiades)，距地球星 417 光年，每颗恒星都是年龄不大的青年星，5 千万年前出现。星数约有 1000，大星可以目见的只有 6 颗。这 6 颗大星全是蓝光星，光色优美。据说其中有 1 颗小恒星，视力特佳的人才能见到。

太空内还有的星云既不能辐射，又不能反射，但可以吸收星光，这样的星云叫做吸收星云(absorption nebula)，也叫做黑暗星云(dark nebula)，有消光作用。例如猎户座马头星云，可以消失星光，使附近黑暗，但是通过这暗区尚可望见后方太空内大星。又例如北美洲星云(North America Nebula)，编号为 NGC7000，位于天鹅座内，既有大片发射星云，轮廓近似北美大陆，又有大片黑暗星云，掩盖发射星云的边缘，类似墨西哥湾。当大片云气接近一颗灼热的恒星(O 型或 B 型) 温度超过 10000 ° K 时，这大片云气内的氢受到辐射，可以放光，这就成为发射星云。热星可以使相距 500 光年以外的云气影响。为什么不用“遮蔽”而主张用“吸收”二字？理由很简单，试用光学望远镜，北美洲星云以东大西洋及其以西太平洋内，依旧有星，证明并非是被遮蔽了，而仅是因光度微弱。这现象只能用“吸收”来说明。

前方是大片黑暗星云，后方是明亮的发射星云，可以组成一幅鲜明的轮廓。例如奥米加星云(Omega Nebula)，在人马座内(Sagittarius) 发射强光，因为它附近有许多颗青年星都是蓝光星，星云由氢原子组成，放出红光，被附近一片黑暗星云吸收，但大星的光依旧一一射出，并未全部被吃掉。又如人马座三叶星座象似一朵鲜花，向外发射红光波，但为前方浓厚的黑暗星云所吸收，把星云隔成三块，好似一朵有三个瓣的红花。星云的红光来自氢的加热。

银河星系内具有高能区。用光学望远镜看银河星系是一种形象，如改用红外线制成的影片，则具有另一种形象。至于使用射电天文镜收取射电源，又是另一番景色。现今又有伽马线及 X 射线等仪器可探测它们的来源。这种种射电源都是高能的空域。寻找黑洞的专家都向这些空域去探索。

天文学家怎样知道银河星系的形状晴夜望空，可以看到一条宽狭不一的银白色亮带，那就是中国人常说的“银河”，西方人叫做“奶路”(Milky Way)，即银河星系。银河星系是一座旋涡星系(spiral galaxy)，从侧面看似一只扁平的凸透镜，又象一只中部微凸的圆盘。圆盘中心致密区叫做“银核”(galactic bulge)。银核内能量很高，成为“银河星系核子核”(galactic nucleurbulge)。银核半径长达 16000 光年。银河周围扁平如盘，叫做“银盘”(galactic disk)。银盘围绕银核，半径长达 5 万光年(由银盘边到银心)。太阳恒星的位置距银心 3 万光年，距银盘边有 2 万光年。银盘的厚度约有 2 千光年。银盘形成较晚，其中多是青年星。银核形成较早，其中多是老年星，星际气体及星际尘埃分布很普遍。银盘边缘并非平整，微微向下弯曲，由于附近大、小麦哲伦星云有强大的引力。

图 4 银盘银晕及银冕示意图

A：银盘中部突起是银核，核内是银心。

B：环绕银盘是银晕，其中散布许多星团。

C：环绕银晕的大环是银冕，似乎银冕内有微弱的星体或中微子。

银盘周围的空间内全是球状星团组成的粒子流，叫做“银晕”(galactic halo)。银晕以外粒子流渐稀，叫做“银冕”(galactic corona)，类似日冕，在太空内形成一个大圆球，把银晕完全包围起来。银冕半径 15 万光年，比银盘半径多两倍，比银晕多一倍。

天文学家认为银河星系为盘状，不是毫无根据的。假设把银河星系的星

都放在一个圆盘体内，或放在扁平凸透镜以内，同时把视点也放在盘里，然后向周边看，会觉得这凸透镜玻璃体十分厚，星的分布十分拥挤；然后向上看或向下看，又觉得这凸透镜玻璃体十分薄，星数也只是三三两两，非常稀疏。现在如果你把视点放在地球星表面上向前方看，由于星数太多，分布太密，投影在天球视面之上成为银色光带，即“银河”；如果向上看，北天球星数甚少，分布又稀，如北极星及大熊星座一带为空域；如果向下看，为地球星本体所遮蔽，南天极附近的星一个也看不见，必须到赤道以南才望得见，但南天球星数也少。这现象显示出了“盘”的形式。以上说明，这银河星系确具有扁平凸镜型的模式。

实际上，银河星系也不是一个完整的盘子，由核部到边缘有巨大开裂，其间是一条一条旋臂（Spiral arm），由里向外呈顺时针方向旋涡状伸出。夜间望空，带状银河并非规律，宽狭不一，弯弯曲曲，象似大河有干流及支流一样。支流就是旋臂，例如猎户旋臂，就是由猎户座及其附近的星座共同组成的。

宇宙空间有许多星系为旋涡状星系，例如仙女座星系 M31（编号 NGC224）、大熊座内 M81 及回普星系（编号 NGC5194）、后发座星系（编号 NGC4565）等等。

旋涡星系又称螺旋星系。单按“旋涡”与“螺旋”两词，含义完全不同。前者指流水注入漏斗孔内而出现的旋涡，这是由外向内集中的现象；而后者方向则与旋涡完全相反，由中心向外发展，愈展愈大也愈远。但是，银河星系的旋臂，不是由旋转射出来的，也不是由周围四面八方向银心方面旋涡的集中。因此，这两个词形容银河星系的形象并未指出其运动方向，并未包含“集中内流”或“分散外流”的意思。因此，两词在此都可使用。

荷兰天文学家已证实银河星系核子核内有两个小旋臂，各自呈直线型地向后退。它们既不是螺旋型，也不是旋涡型。一个旋臂向太阳后退，另一个旋臂采取相反的方向后退，都是直射式。银盘内有两个大旋臂：一个是人马臂（Sagittarius arm），位于内侧；一个是英仙臂（Perseus arm），位于外侧。这两条旋臂都位于太阳附近，它们各自向后退，愈退距银心愈远，致使银河星系向宇宙空间扩展。由于星系本身有自转，旋臂外段在自转运动中较里段落后，才形成旋涡状或螺旋状。人马臂外段有一部分由于落后太大，居然脱离，成分支臂，叫做猎户突起或猎户臂（Orion spur 或 Orion arm）。太阳恒星与猎户座都在这个臂内。

如果我们能升到银河星系上空向下望，这些旋涡长臂作顺时针方向。如果把视点放在银河星系下方向上望，这些旋臂又作反时针方向。

假如有读者要问：地球星无止境地向前进，无尽期地航行，是否有奇遇？这很难回答。因为人类的两眼，有许多东西是看不见的。看不见时不能说没有。不能回答，并不等于地球星将来就没有奇遇。人的视力是有限的。视力好的人在晴夜观空，同一时间内也只能望见恒星 3000 颗。如用望远镜观察，估计可看到银河星系内 1 千亿颗左右。然而人的视力只限于可见光，这光的波长介于 0.4~0.7 微米；波长短于 0.4 微米的是短波，肉眼看不见；波长超过 0.7 微米的是长波，肉眼也看不见。肉眼能看见的电磁波只占 40%，也仅限于附近的宇宙空间，遥远的依旧望不见。天文学家可以使用 X 射线望远镜与射电望远镜观察，以扩大探测的范围。有了新工具，可以发现新物质，可以发现地球星是在连续前进以接触新环境，放弃旧环境，这些是不为人们所

觉察的。

康德星云假说似乎含有一点真理 1755 年德国哲学家康德发表《宇宙发展史概论》一书，主张万有引力使星云自身的密度增加，而且能够自转，逐渐成为灼热的太阳。太阳及太阳系内大小行星全部由原始星云产生。1796 年法国数学家和天文学家拉普拉斯也创星云假说，说法稍有不同。他发表的《宇宙体系论》一书中主张由一片炽热发光的星云自转而形成太阳，也形成太阳系内各大行星。两人主张的差异是：康德认为星云微粒不是炽热的；拉普拉斯则认为是炽热的。20 世纪内新的假说甚多，但可信的较少。

20 世纪内所有的假说都不能完全解答下列现象，列举如下。

(1) 各行星的轨道面同黄道面(地球星的轨道面)完全不一致，而且交角大小不一。例如水星为 7 度 0 分 17 秒，冥王星为 17 度 7 分 56 秒，天王星只有 0 度 46 分 27 秒。其他行星介于 1~3 度之间。如果都由太阳中分出来，为什么会出现这么大的差异？

(2) 各行星的轨道都不是真正的浑圆形，全是椭圆形的，而且偏心率(eccentricity)彼此相差很大。偏心率最小的是金星及海王星，均小于 1%。偏心率最大的是冥王星，超过 25%；其次是水星，超过 20%。前者距太阳最远，后者又最近。那末为什么距离太阳最远或距离最近的都有较大的偏心率？介于其间的偏心率反而较小，是什么原因？

(3) 太阳由西向东自转，其他凡属太阳系的天体也都应该由西向东转。为什么金星(太阳系内第二颗大行星)却由东向西自转，与太阳的自转方向完全相反？又，木星的卫星中第九个叫做木卫九，也是由东向西进行绕木星公转。此外，木卫八及木卫十一也是由东向西转，与木卫九同方向。又海王星第一个卫星叫做海卫一，也是逆转的。这是为什么？

(4) 太阳位于太阳系中心，应该自转很快。事实上，太阳自转一周平均速度为 25.38 日。各行星远离太阳，应该比它慢，然而木星自转一周才 9 小时又 50 分钟；土星自转一周才 10 小时又 13 分钟。地球星为 24 小时，只及太阳自转时间的 1/25。这又是为什么？

(5) 太阳是气态，密度很小。地球星是固态，密度特大，在九大行星中列第一位。太阳、木星、土星及天王星都小于地球星，而且小于它的密度的 1/3。为什么接近太阳的 4 颗行星密度特大？又为什么远离太阳的 4 颗行星(冥王星除外)密度特小？其中尤其是土星，它的密度只有太阳的 1/2，只及地球星密度的 1/9。

(6) 太阳是恒星，质量很大。为什么接近太阳的 4 颗行星(水、金、地、火)质量都小？距太阳较远的 4 颗行星(木、土、天王、海王)质量都大。什么原因？

(7) 太阳辐射依赖原子氢及原子氦。组成水、金、地、火 4 颗行星的化学元素是硅、镁、铁、铝等。其差异很大，为什么？

气态的太阳恒星为什么会生下来 4 个圆圆的大石头？水、金、地、火 4 颗行星，再加上月球共 5 个大石头，同太阳恒星完全不同。这说明原始星云假说距事实太远，很难成立。

太阳不是静止的，它不仅受银心的引力，环绕银心公转，而且它在猎户臂内向前直进。创立星云假说的人忽视了太阳的运动，因此不切合实际。

我认为，太阳向前进，当然也是在放弃旧环境，接触新环境。这新环境是什么？我推测，原始的太阳星云前进时撞上了一片黑暗星云，出现了巨大

变化，才造成种种行星。

太阳是壮年星，有 50 亿岁，属于星族 。在 100 亿岁左右的恒星是老年恒星，属于星族 。如果年龄更高，属于星族 ，可列入死亡或接近死亡的黑星。黑星崩解破碎，化为宇宙尘，组成黑暗星云。例如煤袋或马头星云。据推测，当银河星系自转而又开裂，并出现猎户臂之时，银盘边缘比较松弛。太阳恒星前身是一片炽热的发射星云，由氢原子组成，环绕银心做公转，旅途内撞碰一片黑暗星云。两片星云各有引力。发射星云热力高，旋转快，一方面继续自转，一方面浓缩成为恒星；后来把核部氢点燃，进入主序，成为主序星。这就是今天所见的太阳。黑暗星云较松散，被撞以后分裂为若干碎块，每块继续自转、公转、浓缩，各自形成一颗行星。太阳系内已发现有九颗行星。冥王星轨道外，可能也有行星。由于体积较小，反照率又弱，高倍望远镜也看不见。

二 星等与光谱

银河光带内的星座完全位于银河光带以内的星座有天鹅座 (Cygnus)、仙后座 (Cassiopeia) 以及天蝎座 (Scorpius)。在银河两岸遥遥相对的大星有织女星 (天琴座) 和牵牛星 (天鹰座)。此外,尚有三颗亮星的分布略似一个三角形,即北岸南河三 (小犬座)、南岸天狼星 (大犬座) 及参宿四 (猎户座)。

视星等西方天文学家重视“星等”(stella magnitude)。大约在公元前 2 世纪,古希腊天文学家喜帕恰斯及公元 2 世纪希腊天文学家托勒密编制了天空中 850 颗恒星的位置和亮度的星表,他们把天空约 20 个亮星作为 1 等星,把模糊不清的暗星作为 6 等星,其间又分为 4 等。数字愈大,光度愈弱。后来发明了望远镜,能看见更弱的星光。以科学方法来比较,第 1 等星光的亮度恰巧是第 6 等星光的 100 倍。其间,星等相差 1 等,亮度的比率相差 2.512 倍。这个比率数字正是数字 100 的 5 次平方根,如下式表示:

$2.512 \times 2.512 \times 2.512 \times 2.512 \times 2.512 = 2.512^5 = 100$ 人的视力所看到的星的亮度,凡亮度差 1 等,相当于光度差的比率 2.512 倍,可见人的视觉是很有规律的。例如 200 瓦灯泡比 100 瓦灯泡亮,但这 200 瓦的亮度并不是比 100 瓦的多 1 倍亮;而 400 瓦的也不是比 100 瓦的亮 4 倍;然而 100 瓦与 200 瓦彼此的亮度比率,相当于 200 瓦与 400 瓦的亮度比率,这比率正是 2.512 倍。这例子说明了肉眼所观测的星等间隔,实际上就是星等之间的亮度比率。

所谓“视星等”(apparent magnitude),指在地球星上观测恒星的亮度等级。有两个因素值得考虑:(1)这颗恒星距地球星有多远?愈近,亮度愈大;愈远,亮度愈小。(2)这颗恒星本身究竟有多亮?温度愈高且质量愈大,愈亮;温度愈低且质量愈小,愈不亮。当喜帕恰斯定出第 1 等星后,有些人又发现天空尚有更亮的星,超过那些属于第 1 等的亮星。例如织女星,它比角宿一 (室女座)、天津四 (天鹅座)、心宿二 (天蝎座) 等星亮得多,被定为 0 等星。天狼星更亮,加用负号表示,即为 -1.5 等。凡在 0 等以上的用负号表示,凡在 0 等以下的用正号表示。例如老人星,其视星等为 -0.72 等;五车二视星等为 +0.05 等。

太阳恒星距地球星最近,视星等也最高,为 -26.5 等;天狼星视星等为 -1.5 等,两者相差 (-26.5 减去 -1.5) 为 25,这说明太阳视星等比天狼星高 25 等。上文已说明,恒星星等每差 5 等,亮度比率为 100 倍;由此可见,现今太阳视星等的亮度要比天狼星视星等的亮度高 100 亿倍 (其计算公式为天狼星 $10^2 \times 10^2 \times 10^2 \times 10^2 \times 10^2 = 10^{10}$),毫无实际意义。因此,必须采用绝对星等。

绝对星等绝对星等 (absolute magnitude) 是依据想象在等距离上的视星等,即把所有的恒星都置于距地球星或说距离我们的眼睛 10 秒差距 (即 32.62 光年) 处所测得的星等。这种方法可以表示恒星的真实光度或实在的亮度。在观测恒星的视星等时,由于各星距地球星的距离远近不同,所测得的视星等是不合乎科学原则的。在观测绝对星等时,把各星相对于地球星的位置都放在同样的距离处,这样合乎科学原则。

设想把太阳及一切恒星都放在离地球星 32.62 光年远处,原来距离我们较近的恒星,这时候变得更暗更昏;原来距离我们较远的恒星,这时候会显得更明更亮。可根据平方反比律来推算。例如太阳恒星距我们只有 1 个天文

单位（1.5 亿公里），它原来的视星等是-26.5 等，如把它送到规定的距离 32.62 光年远后，它的视星等下降为+4.8 等。这是它的视星等，同时也是它的绝对星等。同样，天狼星距我们 8.7 光年，视星等为-1.5 等，当移到规定的距离（32.62 光年）后，光度变暗，为+1.5 等，这是它的视星等，同时也是它的绝对星等。又例如北极星距我们 700 光年远，星光很暗，视星等为+2.3 等，移到规定距离后距我们较近，距离几乎缩短 20 倍，视星等升为-4.6 等，这也是它的绝对星等。依据我们的眼睛，感到太阳最亮，其次是天狼星，北极星最暗。这是视星等的现象。如果改用绝对星等来作比较，北极星最亮（-4.6 等），天狼星次之（+1.5 等），太阳最暗（+4.8 等）。

光谱及其分类恒星发出的光经过色散系统（如光栅）分解后形成色带，叫做恒星光谱。绝大多数都与太阳光谱相似，为吸收光谱。恒星表面氢的吸收线有强有弱。如果氢被电离即一个氢原子失去它的电子后，叫做电离氢，不能显示光谱线。有一位美国天文学家叫安妮·坎农，她独自分析 5 万颗恒星的光谱，并给它分类。

19 世纪末美国哈佛大学天文台就开始向恒星拍照，研究光谱。发现恒星表面辐射的热，如为高温，必然明亮；如为低温，必然红暗。温凉的星为红色；炽热的星为蓝色或青白色。因此，根据恒星光谱线的相对温度可把恒星分为下列七个类型，用英文大写字母 O、B、A、F、G、K、M 来代表，后又加 R、N、S 型。每个类型中又用数字表示分为 10 个次型。

O 型代表高热的恒星。温度由 30000 °K 到 60000 °K。远望星光是蓝色或青色。例如蝎虎座第 10 星（10 Lacerta）。这 O 型恒星很少见，因为高温易使氢原子丧失它的电子，变为电离氢而不能显示光谱线。O 型恒星年龄较幼。O 型又可再分为 10 个次型级。第一级是 O₀ 型；第 10 级是 O₉ 型。在地球星附近的宇宙空间内迄今尚未发现一颗合乎 O₀ 型的恒星，也无 O₁ 型或 O₂ 型。

B 型也代表高热的星，温度由 10000 °K 到 30000 °K。也是蓝光星或蓝白星。光谱内氢线很强。更强的是中性氢线。例如猎户座星参宿七及室女座星角宿一（Spica）。参宿七距地球星 800 光年，光谱为 B₈ 型。角宿一距离为 260 光年光谱为 B₁ 型。

A 型代表中温的热星。温度由 7500 °K 到 10000 °K。星光蓝白色。氢线极强，并有金属元素吸收线，例如镁、钙、硅、铁、钛等元素吸收线。天狼星及织女星都属于这一类。

F 型代表中温的热量。温度由 6000 °K 到 7500 °K。星光是蓝白色或白色。氢线较弱，钙电离以后钙线很强。例如老人星及南河三（Procyon）。后者是小犬座阿耳法星。

G 型代表微温的热星。温度由 5000 °K 到 6000 °K。星面是白色或黄色。电离钙线很强，也有中性金属线。例如五车二（Capella）及太阳恒星。前者是御夫座阿耳法星。太阳也是淡黄色。如果太阳是 B 型或 O 型，我们居住的地球星受高热辐射，所有的水会被蒸发，立即变为沙漠。太阳是黄光二级星，写成 G₂。如果在 G 字前加 ，成为 G₂。是矮星，表示它是一颗矮的黄色二级星。

K 型代表凉星。温度由 3500 °K 到 5000 °K。星光为橘黄色。金属元素吸收线特别明显。例如大角星（Arcturus）及毕宿五（Aldebaran）。前者是牧夫座星；后者是金牛座星。

M 型代表更凉的星。温度低于 3500°K ($2500 \sim 3500^{\circ}\text{K}$)。星色是红的。有强烈的中性金属元素吸收线；也有分子线。分子不分裂为原子。例如参宿四 (Betelgeuze)，它是猎户座 星，距地球星 650 光年。光谱型为 M_2 。又例如心宿二 (大火, Antares)，是天蝎座 星，距地球星 420 光年，是双星，光谱是 M_1 型。

为便于记忆,美国学者编出一句顺口溜：“O!Be AFine Girl, Kiss Me。”这一句英语包括 O、B、A、F、G、K、M7 个英文大写字母，代表上述 7 种光谱型，易记易懂。

三 披发曳裙的彗星

彗星的特征彗星 (comet) 俗名“扫帚星”，因外貌类似扫帚而得名。它有鲜明的头发，又拖着淡淡的白色长裙，在天球视面上成为装束华丽的明星。如果有一颗大彗星偶尔出来绕日亮相，势必轰动全世界，家家户户大人小孩都要向它注目。事实上它比天上任何星都美，它才是明星。必须指出，它并不向地球星散播什么灾害，地球星上每年发生的水灾、旱灾、地震及战争，与它都毫无关系。

彗星有以下特征：(A) 彗星与恒星不同。彗星象一团白色云雾，轮廓不够清楚，但有一颗明亮的核。而恒星在夜空内只是一个小光点。(B) 彗星的核称做彗核，能够自转。哈雷彗星的核已证实有自转运动。彗核体积不大。以哈雷彗星为例，核长 15 公里，断面宽 10 公里，颇似不规则的圆柱。核由固态气体例如冰 (H_2O)、二氧化碳 (CO_2) 及一氧化碳 (CO) 等组成。彗核不外露，藏在柱状大冰块以内。(C) 有肮脏外壳，即上述柱状大冰块。因杂有尘埃，很肮脏，颜色乌黑。这壳又叫做尘埃壳，厚度不超过 1 公里。1949 年哈佛大学天文学家惠普尔创立了“彗核脏雪球模型”。他认为彗核是一颗形似肮脏的雪球，这雪球是太空内尘埃同太空内的水结合而成的紧密冰冻团块，他的这个假说现今已被很多天文学家接受，成为正确的理论。然而这彗核的能从哪里得来？尚无解答。日本人曾测得哈雷彗星核部有无线电波射出，但波长极大。柱状大冰块表面多孔，原因有二：一是受太空流星体的撞击；一是冰柱表面受太阳辐射化为水汽，由冰柱表面射出而成疤痕。这疤痕叫做气孔。(D) 柱状大冰块以外，就是云雾状的彗发 (coma)。它包围冰柱，由多种气体组成，如 CH 、 CN 、 HCN 、 H_2O 、 O 、 NH_2 等。彗发松散，环绕彗核似圆球，直径长数万公里到 100 多万公里。上文所述彗发的外层稀薄气体叫做彗晕 (cometary halo)。(E) 当彗星行近太阳时，因受太阳风的撞击，长裙展开或称做彗尾 (cometary tail)。愈接近太阳，裙色愈洁白。当它绕过近日点而离开太阳时，又渐渐地把长裙收起，再成为一团云雾，而且彗尾总是背着太阳。彗尾由粒子及尘埃构成。当接近太阳时受到太阳风的撞击，彗发内粒子同太阳风的粒子合在一起向彗核后方伸展，有时长达 3 亿公里，相当于两个天文单位。这是太阳系内最长的天体。

彗核具有何种温度？反照率如何？尚未测知。彗星的光有一部分来自太阳光的反射，有一部分由彗星气体吸收太阳热后，再向外辐射。

彗星绕日轨道不规律，有长椭圆形，有抛物线形，有双曲线形。椭圆形及长椭圆形轨道全是周期性，可以周而复始，彗星经一定周期能够重新回来。最短的周期是恩克彗星 (Enckes Comet)，为 3.3 年，它的近日点 0.34 天文单位，其轨道倾角为 160 度。又如哈雷彗星 (Halley's Comet) 周期为 76 年，它的近日点为 0.587 天文单位，其轨道倾角为 162 度。长椭圆形轨道全部在太阳系以内，其余两种轨道，一部分在太阳系以内，一部分在太阳系以外。所谓太阳系，一般的说法，冥王星是太阳系的边界，事实上太阳的引力远远超过这个限界。

彗星尾部曾扫过地球星太阳的直径约有 40 万公里长。彗星由彗晕到彗尾有 1.5 亿公里，相当于 1 天文单位，比太阳直径大 100 倍。小型的彗星长度也超过太阳的直径。但彗星密度极低，质量很小，因为彗晕及彗尾的气体十分稀薄，比地球星表面实验室内人为的真空还要空。据说，一颗大彗星的全

部质量不及地球星的十亿分之一。因此，如果彗星的长尾扫过地球星，并无任何影响。此外，彗星虽含有一氧化碳，但因其含量太低，不发生作用，对人类亦无害。

彗尾分上下两层：上层是“气体彗尾”，其中有 CO_2 、 H_2O 、 OH 、 CH 、 C 、 CN 等电离气体。这尾直而长，呈蓝色，受太阳风的压力，向后方直伸数百万公里长或1亿多公里长。因为这种彗尾是由离子组成，所以也叫做“离子彗尾”。下层是“尘埃彗尾”，其中全是尘埃而无气体。尘埃虽微细，但年龄不比太阳小。尘埃彗尾形状为向下弯曲而且分歧。尘埃可反射太阳光，呈淡黄色。彗尾尘埃来自彗发，彗发尘埃来自彗核。太阳光使彗核的冰融解，释放气体及尘埃，构成彗发，再由太阳风的撞击，气体化为离子流，向后伸展，化为气体彗尾，尘埃化为尘埃彗尾。

青年彗星尾部细长，全是气体。年代久了，彗核冰已蒸发完尽，彗核内只剩下一些石块，彗尾几乎全是尘埃。最后，彗发及彗尾全部消失，石块散布空中绕日公转，又成为小行星或流星体。

荷兰天文学家推想彗星的由来彗星怎样产生的？迄今尚无定论。宇宙内恒星与恒星之间，或星系与星系之间，都有气体存在，例如原子氢及原子氧，也有 CH 、 CN 及 NH_2 等气体。遇到宇宙射线，氢、氧等原子可结合为水，再混合宇宙尘凝结为冰，就有可能形成彗星核，再逐渐扩大，成为彗星。当太阳在环绕银心转动的时候，遇到彗星就把它纳入太阳系内，成为太阳系的一个成员。

1950年荷兰天文学家奥尔特提出了一种彗星起源的理论，叫做“奥尔特彗星”。这是一种假说。奥尔特认为在距太阳系外围约15万个天文单位远处，有一较均匀的球层云气完整地包围着太阳系，这云的质量相当于地球星1~10倍，云内已形成许多颗彗星，可称其为“彗星储库”。可能有一天，受太阳邻近区域经过的某一大恒星的引力，迫使云气内侧小彗星离开云气，又为太阳引力所捕捉，进入太阳系成为被人们发现的彗星。因此，彗星轨道变为狭而长的椭圆形。如果其轨道为双曲线形时，它绕过太阳后可再回到这个球状圆壳，彗星可从任何方向或任何角度进入太阳系，对于黄道面根本不理睬，有些彗星轨道倾角超过100度，例如哈雷彗星轨道倾角就有162度。

彗星进入太阳系内，是否每颗都去绕日？这是个问题。彗星运动依据它自己的惯力。因此，有些彗星绕日公转的方向，采用顺行，即九大行星绕日公转的方向；有些逆行，同九大行星绕日公转的方向相反，例如哈雷彗星。一般而论，周期短的彗星绕日方向全是顺行；周期长的有顺行，也有逆行。彗星出现在木星轨道以内，受太阳引力较大，可能绕日。如在木星轨道以外，根本望不见，不可能察觉。当彗星进入木星轨道以内，受太阳的引力而向太阳前进，愈近太阳，太阳的引力愈强而太阳风的压力也跟着加大，它不能直向太阳，必须环绕太阳，使太阳引力、邻近行星的引力及太阳风的阻力，彼此平衡。只有这样，彗星才不会坠入太阳光球之内。

哈雷彗星最近一次来比上次消瘦1910年，当哈雷彗星出现时，它在地平线上天空中，头部正对着已落的太阳，尾部直伸向后，活象一把光亮的扫帚，尾部下方是金星，景色壮观。1986年哈雷彗星再次出现。上次看到它时，笔者正处幼年，只是对它的形象十分好奇；这次看到它，已是老年，觉得哈雷彗星似乎消瘦了一些，而且光度减弱。这种感觉的产生，可能是由于距离不同，视点角度也有差异。我觉得它瘦了，未必真瘦。然而包围彗核的冰柱，

由于冰的升华作用，化为气态而飞散，势必较往日为瘦。当它在近日点时，因蒸发而减瘦；但当它到远日点时，在木星轨道外侧，由于温度太低可以吸取太空游离的小冰点，以增大它的体积。据 1986 年乔托 (Giotto, 欧洲发射的航天探测器) 的探测，哈雷彗星长约 16 公里，形似圆柱，而非块状，更不是球形。

据《科学新闻》(SN5/24/86) 介绍，哈雷彗星的核类似一块干瘪的马铃薯，而且肮脏非常难看。彗核不规则，其中有一个大核，也有一个小核，互相连接。大核较亮，小核较暗，大小两核之间是细腰。苏联发射的维加太空船进入太空后，距哈雷最近为 8030 公里时开始探测；欧洲发射的乔托在接近哈雷 605 公里时开始探测。苏联的太空船发现哈雷彗星核部放出五条爆炸的喷射气流，乔托太空船也有同样的探测结果。据说这块彗核长 14 公里，宽 7.5 公里，厚 8.5 公里。彗核黑暗，类似焦炭，一般人叫它是烧焦了的马铃薯。反照率只有 4% (月面反照率是 7%)。这些太空船探测的结果，都还认为这个彗核 80% 是冰 (由水结成的冰)，冰的表面有一层很薄的保护物，以阻止冰的蒸发，可能是尘埃。冰遇太阳辐射后直接化为水汽，叫做升华作用。水汽受热而膨胀，在冰核面上爆炸，化为喷射气流，一闪一闪地由冰面射出。射出水汽的地点是喷口，形似火山口。依据乔托的探测，彗核内含有氢、氮、氧、碳，这些元素都是有机物中必须有的元素。如果这彗核坠落地球星表面上，不仅带来水，也带来有机物。

哈雷彗星的正确周期为 76.2 年。公元前 1057 年中国已有关于彗星的记载，但不知它是那一颗彗星。英国天文学家哈雷曾观测研究了 1337 ~ 1698 年之间的 24 颗彗星的轨道，他指出他于 1682 年观测那颗彗星的轨道，与这彗星前两次 (1607 年和 1531 年) 的轨道相似。因此他认为这可能是同一颗彗星的三次回归。他也预告了这颗彗星将于 1758 年内再次回归。这预言后来得到了证实。因此，后来特命名这颗彗星为哈雷彗星，以纪念他的贡献。哈雷彗星近日点在地球星轨道以内，距太阳恒星只有 8 千万公里远。海王星轨道外才是它的远日点所在地。推测它下次回归将在公元 2061 年，等着瞧吧。

四 六颗导航用亮星

较亮的恒星有 16 颗天球视面夜间所见的亮星共有 16 颗，由视星等+1 等起到最亮级-1.5 等。首 6 颗为天狼、老人、大角、南门二、织女一、五车二。其次为参宿七、参宿四、南河三、水委一、马腹一、毕宿五、十字架二、河鼓二、心宿二、角宿一。最后一个视星等为+1 等。最先一个视星等为-1.5 等。本文只介绍前 6 名，因为它们都是零等星及负零等星，容易认识。

天狼星除太阳恒星外，天球视面可以望见最亮的恒星是天狼星 (Sirius)。它是大犬座阿耳法星 (CMa)。距地球星有 8.6 光年。视星等为-1.5 等，也有人把天狼星的视星等作为-1.46 等；绝对星等是+1.43 等。表面温度为 10000 °K，白色。光谱分类属 A₁ 型。其中含有强烈的氢线，显示很热。

上文所说的阿耳法 () 指星座内最亮的星。是希腊文中第一个字母。星大多是单星；有时是双星或三星；也有可能是一座星系。

天狼星是双星，一大一小。所谓双星 (binary star 或 double star)，用肉眼望时，只见一颗恒星；如改用望远镜望，是两颗恒星，彼此相距很近。在互相引力作用下，一方面相互绕行，一方面向前进。这两颗星叫做双星，其中任何一个成员叫做子星。大的是主星；小的是伴星。主星即上文所述的天狼星，编号是 CMaA；伴星编号是 CMaB。进一步说，这伴星是一颗白矮星，光度很暗，肉眼望不见，视星等是+8.5 等，绝对星等是+11.4 等，比主星差 10 等，亮度只有太阳的亮度 1/500。主星与伴星相互的距离为 20 个天文单位。两星相互绕行前进一周为 50 年。伴星的半径长 5000 公里，主星的半径长 100 万公里。从温度方面来看，伴星很热，表面温度高达 2.9 万 °K，它比主星高出 1.7 万 °K，成为蓝光星。光谱内有氢线。这伴星的体积小于地球星，但质量大于地球星 30 万倍。主星质量为太阳质量的 2.143 倍，伴星的质量为太阳质量的 1.053 倍。主星加伴星共为太阳质量的 3.196 倍。主星半径为太阳半径 1.678 倍，伴星的半径只有太阳半径的 0.0073 倍。

天狼星属于“金属线恒星类” (metallie-linestarclass)。其中元素丰量，有氢、氦，更有其他元素。它受人注意，与双星系统有关。天狼星冬季出现。从北半球看，它出现在南方，赤经 6 时 45 分，赤纬为-16 度 43 分。它是距地球星最近的第六颗星。

老人星第二颗最亮的星是老人星 (Canopus)。它是南天星座内大星，在北半球内望不见它。视星等为-0.72 等，绝对星等是-4.7 等。距地球星 200 光年。它是船底座阿耳法星 (Car)。色白。如在澳大利亚珀斯 (Perth) 可以望见老人星，高出地平线之上。这星的上方有大麦哲伦云，高出地平线 20 度。更上方是小麦哲伦云，高出地平线 40 度。老人星光谱属于 F₀ 型，光度较太阳大 6000 倍。老人星在赤经 6 时 24 分，赤纬-52 度 42 分。其半径约为太阳半径的 46 倍。

大角星第三颗最亮的星是大角星 (Arcturus)。它是牧夫座阿耳法星 (Boo)。视星等是-0.04 等，绝对星等为-0.23 等。距离地球星 33.6 光年。橙色，光谱属于 K₂ 型。氧元素含量很高。大角星距北斗七星的斗柄不远。赤经为 14 时 15 分，赤纬+19 度 11 分。它体积大，是老年星。属星族 。其轨道为椭圆形，速度快。它是北天球大星，6 月内夜间可望见。半径约为太阳半

径的 23 倍。

南门二第四颗最亮的星是南门二 (Rigel Kent)。这颗星是半人马座阿耳法星 (Cen)。这颗星是南天球内大星，在北纬 30 度以南可以望见。南门二是中国天文的星名，现已证实为一座巨大的星系。这颗星包括 A 与 B 两星。

A 星是一座射电中心，射电很强。事实上这是一座大星系，编号是 NGC5128，属于射电星系 (radio galaxy)。它的形象很美，似椭圆形，中部为尘埃所遮蔽，把星系分为两半。以前说 A 星是 G₂ 型，类似我们的太阳，即黄光二级星，视星等为 -0.3 等，而且距地球星为 4.35 光年。这些说法现已被推翻。现今认为 A 星是天球视面上的一座“活动星系” (Active galaxy)，而非银河星系内的一座恒星，更非最接近太阳恒星的恒星。它是一座十分遥远而且庞大的星系。它不是双星，更与 B 星无关。1986 年对它已有重大的发现。发现 A 星是一座射电来源之一。1986 年突然在这座射电星系内出现一颗超新星 (Supernova)。这是 1986 年 5 月 4 日伊凡斯发现的，新星定名为 1986G。伊凡斯是澳大利亚一位业余天文学家，通过澳大利亚及智利两座大天文台，证实这半人马星中的 A 星不再是距太阳恒星最近的恒星，而是一座遥远的星系。它的椭圆形体中部被一条暗黑色的“尘埃巷” (lane of dust) 所隔开，但因尘埃巷不可能很深，内部依旧连续成为一个整体。1986 年 4 月，曾从这巷内突然增多一颗新爆发的大星，4 月 21 日其光度最强，后来光度渐减。

据说这颗 A 星就是 NGC5128 射电星系，距地球星为 1500 万光年，比仙女座大星云 M31 (或 NGC224) 离我们的距离远 6 倍。这颗星系分为两个大瓣。一个大瓣的长度是 65 万光年，比银河星系的直径大 6 倍；另一个大瓣比银河星系大 13 倍，它的直径是 135 万光年。这两大瓣之间是大尘埃巷。巷内又有两个较小的瓣。大瓣看不见，只射出无线电波，用射电望远镜才可以看出。小瓣也必须用射电望远镜才能望见。可以望见的部分直径之长为 33000 光年，相当于银河星系直径 1/3 长。两个小瓣之间也有尘埃巷。上述 1986G 星就在这条小尘埃巷内出现。我再强调一下，那个星中的 A 星是距地球星最近的一座“活动星系”。所谓活动星系缺少热的光谱，它只射出 X 射线、紫外线、红外线、无线电波。只有活动而无可以目见的形象，也无可以照得出的影象。只能用 X 射线望远镜去描出它的图象，描绘一些类似等高线的图形，十分空洞。这说明宇宙内不可见的事物太多。

南门二的赤径是 14 时 39 分，赤纬是 -60 度 50 分。

织女星第五颗最亮的大星是织女星 (Vega)。它是天琴座阿耳法星 (Lyr)，中名“织女一”。视星等是 +0.03 等。绝对星等是 +0.5 等。距地球星为 24.5 光年。它是一颗青年星，不过 3 亿岁，在石炭纪内出现。光度很强，白色，是太阳的 60 倍。光谱 A₀ 型。半径比太阳半径大 2.76 倍。表面温度 10050 °K。在银河北侧。赤经是 18 时 37 分，赤纬是 +38 度 47 分。

五车二第六颗最亮的大星是五车二 (Capella)，这是御夫座阿耳法星 (Aur)。它是位于银河以内的星座。距地球星 40.7 光年。黄色。视星等是 +0.08 等。绝对星等是 0.12 等。光度大于太阳 140 倍。光谱 G₅ 型。表面温度 5000 °K。赤经为 5 时 16 分，赤纬是 46 度 00 分。它是双星。

五 人们不太熟悉的星类

星云与行星状星云 (nebula, 复数为 nebulae) 原指太空内一切具有云雾状外貌的天体, 由星际之间的尘埃及气体物组成, 其中也有恒星。后来把银河系外的星云改称为河外星系, 现今所说的星云只限于银河系空间由气体和微粒组成的星际物质, 称做“星际气体云”或“星际尘埃云”。根据其发光性质可分为发射星云、反射星云和暗星云; 根据其形态可分为弥漫星云、行星状星云、超新星爆发后残剩的物质云和暗黑的球状体。如在南十字星座附近的煤袋, 用肉眼观察, 这一带星空无恒星, 十分黑暗, 因为尘埃太多, 星光被吸收, 这星云属暗星云。又如猎户座马头星云, 也是暗星云。

行星状星云 (planetary nebula) 是普通恒星消失前在太空内所留下的一层“气状壳” (gaseous shell), 为气体星云, 形状似圆盘, 类似行星, 故名。当一颗红巨星的碳核 (carbon core) 出现时很象以前的氦核 (helium core), 碳核收缩而生热; 进而膨胀, 逐渐变为一颗超巨星。其外壳因颤动而脱离, 可射到距离数百“天文单位”以外的远空, 其中心气体异常稀薄。这时超巨星核部缩小, 成为一颗灼热的小星, 温度虽高但光度很低 (成为暗星), 向外壳辐射紫外线, 把外壳气体全部离子化, 使其外壳在太空内发亮, 形成行星状星云。这种星云的温度高达 10000°K 。最引人注目的是天琴座内的环状星云, 十分美观, 编号为 M57, 其周围是一片彩色光环, 中心有一颗亮星, 耐人寻思。又如双子座 (Gemini) 内 NGC2392, 也是一颗美丽而又透明的行星状星云。在大熊星座内有一座行星状星云, 叫做夜枭星云 (Owl Nebula), 在半透明的球形气壳层内有两个圆形暗区, 好似猫头鹰的两只大眼, 这座圆球形星云极大, 编号是 NGC3587。至于距地球最近的是“螺旋星云” (Helix Nebula), 也可音译为赫利格斯行星状星云, 编号是 NGC7293, 距地球约 400 光年远。是由于气状壳中部是空洞, 边缘重叠象螺旋而得名。可用望远镜看到它的形象, 类似一轮明月的边缘。

行星状星云就是已经脱离恒星飞往太空的外壳。最初是圆球形状。时间久了, 可变为圆卵形。愈膨胀愈稀薄, 距恒星也愈远, 直至消失。一个外壳的质量, 起码也有那颗恒星质量的 10% 或 20%。天文学家对于行星状星云很感兴趣, 原因有二: (1) 一颗恒星进入老年后, 怎样去减少它的质量; (2) 星际空间内重元素怎样由恒星体内造出来。所谓重元素, 指氢与氦以外的各元素, 也叫做金属元素。全宇宙内氢与氦约占全宇宙物质 95%, 其余的 5% 都是重元素。依据统计, 银河星系内每年可形成一个行星状星云, 5 万年可能就有 5 万个这样的星云, 把重元素散在星际空间内。时间愈向后, 星际空间内重元素愈多。失去外壳的恒星体积愈来愈缩小, 密度愈来愈加大, 化为白矮星。再继续演化可为黑矮星, 目不能见, 但却非黑洞。

红巨星与白矮星红巨星 (red giant star) 是红色或橙色的巨星, 是恒星处于中年期内的状况。这时候, 恒星核部内所有的氢已经燃烧完而化为氦。众所周知, 一颗恒星由下列两种力的不断角斗而存在。一种是向心的引力, 另一种是向外冲的反引力。内外两部力量平衡, 才能保持体积不变。当核部的氢已全部化为氦时, 失去热核反应, 因此, 向心的引力可以一直向内压下去, 结果核部因受高压而收缩, 并逐渐变热变稠密。温度增高后外层体积剧烈膨胀。这样就变成了有体积很大的外壳、气体较稀松的、表面温度低而色泽较红的红巨星。这意味着它快进入老年星的阶段, 属于星族 (即第二星

族)。我们的太阳现今已满 50 亿岁，核部有正常的热核反应，属于黄色星，列 G₂ 级。50 亿年以后，它有 100 亿岁，可能也会变为一颗红巨星，遮蔽整个天空。可见，红巨星是白矮星的前身，亮度最大。银河星系内红巨星很多。

白矮星 (white dwarf star) 是一种低光度、高密度、高温度的恒星，因颜色呈白色，体积小，故名白矮星。是演化到老年期的恒星。希普曼曾测过 100 多颗白矮星，发现光谱内有氢线，类型 A 型，属于中温热星。他还注意到：如果白矮星半径长相当于太阳半径的 1.03%，它的质量则约相当于太阳的 75%；如果它的半径长相当于太阳的 1.27%，它的质量则约相当于太阳的 55%。一般地说，白矮星质量如果拥有太阳质量 80% 时，它的半径长度可能只有 70 公里。它的密度每立方厘米有 1000 公斤，大得惊人！

白矮星是红巨星长期演化的结果，亮度很低，密度极大。上文所述天琴座内环状星云的中心有一颗白色小星，就是白矮星。已发现的白矮星超过 1000。

从以上可以看出，当恒星离开主星序后，也就是当恒星已结束热核反应时，即开始演化。演化共分四个阶段：(A) 当恒星核部的氢已完全燃烧化为氦，恒星开始燃烧外壳内的氢，星光突然加强；(B) 核内氢已烧完，失去向外的压力，出现引力塌缩，恒星核部受压而增温，直致使氦被点燃。在点燃之前，亮度很低；点燃以后亮度大增。最亮时相当于 1 万颗太阳同时在天空出现；(C) 当核内氢燃烧完尽时，只能燃烧外壳以取得能。这时便已成为一颗红巨星。以后，能量减弱，红巨星摇晃摆动，很不安定，最后把外壳射出，抛入太空；(D) 外壳抛弃后，已不是红巨星。引力塌缩，温度急剧增加，表面温度可达 3 万 °K，但亮度 (光度) 却急剧降低，类似一颗小型太阳。这时已化为一颗白矮星。如果继续塌缩，也可能成为中子星。

中子星与脉冲星中子星 (neutron star) 是主要由中子和少量质子、电子组成的超密型恒星。为处于演化晚期的恒星。脉冲星 (pulsar) 是一种年轻的快速自转的中子星。由于它能发射短而强的射电脉冲，又称做快速脉冲射电源，或脉冲射电源。

脉冲星于 1967 年 10 月发现。它是一种不能目见的恒星，望远镜里也很难望见。它能发射出稳定的脉冲式电磁波，周期稳定而且十分短，介于 0.002 ~ 3.7 秒间。脉冲持续大致介于 0.002 ~ 0.5 秒间。脉冲星距地球星很远，由 300 光年到 6 万光年或更多些。据专家研究，脉冲星的体积不大，半径长度可能只有 10 公里。但其密度很高，每立方厘米物质达 1 亿吨以上，甚至可达 10 亿吨，这在地球星上是找不到的。其表面超高温，温度可达 1 亿 °K。亮度不高，只及太阳百万倍。但具有超强磁场，磁场强度达 1 亿特斯拉以上。

所谓脉冲 (Pulse)，就是间歇性的射电。每次射电就是一次脉冲讯号 (pulsed signals)，每次讯号所占有的时间是脉冲的宽度 (pulse width)，每两次讯号之间的时间叫做“间脉冲” (interpulse)。有人说，脉冲星可能有定时系统。为什么会这样呢？如果我们把中子星比作建在海岬尖端上的一座灯塔，塔内的灯光旋转照射，海面上船舶每隔数秒钟可以望见这塔内的灯光。中子星自转时应该能连续发出射电及 X 射线来，为什么只能看到类似灯塔式的间歇性发光呢？应该说，灯塔内的光是连续地发光的，只是假设灯外的塔在连续地旋转，塔上有一窗口处才可以射出光亮，因此途经这里的海船仅能看到间歇性的光亮了。中子星也就具有类似的结构。假定中子星每经

若干时间自转一周，就可以有一次射电信号，即脉冲电波。据推侧它的自转轴同磁轴有倾角，角度很小。射电波由有倾角的磁轴射出，因此有周期；另一种说法，中子星外有一由磁场组成的外壳，等离子体（plasma）由磁壳表面上射出，故有周期性。现今已知，“脉冲周期”就是中子星的“自转周期”。

现今在天球视面上已找到许多射电源，这射电源在望远镜里却看不见。有人用 X 射线照得蟹状星云（Crab Nebula）一帧影象，显示这件星云中心有一光点，从这里射出的电波十分强烈。据说那个小光点就是一颗脉冲星。其脉冲周期是 0.033 秒，这就是中子星自转一周所需用的时间。所谓蟹状星云，就是往日一颗超新星爆炸（而不是由于红巨星的爆炸）后的残余气体。公元 1054 年 7 月 4 日（宋仁宗至和元年），这颗超新星突然爆炸，成为昼间可以望见的一颗亮星，视星等为 -5 等。昼间可见有 23 日之久。夜间可见达 650 日之久。这星位于金牛座内，距地球星为 6500 光年。把这数加上，正确的爆炸时间应该是在公元前 5550 年前后。这星爆炸后，出现大片紊乱网络状云气，极不规则，在太空飘荡，类似蟹壳内的状态，因此叫做蟹状星云。爆炸后向外扩展，每秒前进超过 1000 公里，现今仍继续膨胀。据推测，这星云中心的那颗中子星，O 型，蓝色，表面温度有数万 °K。有人把它叫做宇宙钟，因为它发出的信号极有规律而无休止。这中子星供应这星云所需要的一切能量，它每日射出的 X 射线能量比它每日辐射的光热能量可大 100 倍。

综上所述，恒星演化可分为四个阶段：第一个阶段是主序星，第二个阶段是红巨星，第三个阶段是超巨星，第四个阶段是白矮星。

恒星由炽热的星云或发光的星云演化而成。当星云刚演化成为恒星时，温度不高，表面温度不到 3000 °K，核部热核反应尚未开始，这时为红色星，又因其体积不大，是矮星。因此，初生的恒星全是红矮星。后来，吸取更多的星云后体积加大，并使外部压力加强，内部出现高温，点燃核部原子氢。有了氢能，该星即进入主序，由下端向上升，氢能愈富，亮度愈大，在主序上的位置也愈高。

先说主序和主序星。所谓主序（main sequence），是恒星光谱序，恒星的生命开始后最早的一段路线。首先在这一段路线上开始演化。能够进入主序的恒星，先由矮星（dwarf star）开始。所谓矮星是银河星系最多的一种恒星，也叫做主序星（main sequence stars），通常用 V 来表示。恒星的温度可以点燃核部内的氢，立即成为主序上一颗星。它继续演化，增加体积，增高温度及亮度，可持续数 10 亿或 100 多亿年之久而后离开主序，化为其他恒星，例如红巨星，再变为超巨星。放弃外壳以后，改为白矮星。这是恒星演化的顺序，相当于人由幼年、青年、壮年、老年四大阶段，有先后演化的顺序。

所谓矮星，例如我们的太阳。典型的矮星表面温度为 5750 °K，半径为 695000 公里，质量为 2×10^{33} 克，光度为 4×10^{33} 尔格/秒。大多数矮星的质量和半径与上述数据差不甚多，但光度有很大的变化，有 O 型也有 B 型，比太阳的亮度也有千倍万倍不等。温度也有巨大的差异，由 35000 °K 的 O 型；也可以低到 M 型，只有太阳的亮度的万分之一，表面温度为 3500 °K。它们所含的氢与氦的百分比相当稳定，变化少。

赫罗图丹麦天文学家赫茨普龙（Ejnar Hertzsprung, 1873 ~ 1967）及美国天文学家罗素（Henry Norris Russell, 1877 ~ 1957）在 1905 ~ 1913 年间，两人各自独立创制出表示恒星的亮度（绝对星等）与光谱型的关系图，后来

称作赫茨普龙-罗素图，简称赫罗图。他们把太阳附近的、凡距地球星不超过 30 光年的恒星都画在这图以内，以区别它们的类型。

M：主序与主序星。S：太阳。亮度是 1。G：超巨星。D：白矮星。

赫罗图有两个坐标，垂直的 Y 轴在图的左边，水平的 X 轴在图的下边。Y 轴标示绝对星等的亮度。太阳的亮度是 1，最上方 10^6 是 1000000 个太阳同时发光的亮度。 10^4 就是 10000 个太阳同时发光的亮度。在底侧 X 轴上标示星的光谱及星球表面温度(°K)。光谱型由左到右分别为 O 型到 M 型。即 O 型(50000 °K)、B 型(20000 °K)、A 型(9000 °K)、F 型(7000 °K)、G 型(5500 °K)、K 型(4000 °K)、M 型(2500 °K)。

在赫罗图中，太阳的位置在主序线下段，相当于垂直坐标上 1 等及水平坐标上 G 型。太阳的后方全是红矮星，太阳的前方温度与亮度都比太阳高，有南河三、牵牛星、北落师门(Fomalhaut)、天狼星、织女星、轩辕十四(Regulus)、角宿一、天津四(Deneb)及参宿七(Rigel)等。在赫罗图中，位于主序线上的恒星全是消耗氢能的恒星。

绝对星等低于+1 等的叫做矮星。所谓红矮星，是指光度最低而且表面最冷的矮星，分别出现在青年星类(指星族)及老年星类(指星族)内。红矮星是宇宙内分布最普遍的星类，银河星系内有，“河外星系”内也有。赫罗图上所列的全是太阳附近的红矮星，寿命很长的，但它们产生的核能量很微。如果红矮星的质量不及太阳质量的 6%，它就没有资格被列入主序之内。进一步看，用红外线去探测低温的红矮星，它全部辐射近 2000 °K，而且全是红外线，可见光波段内只有红光，成为呈现暗红色的矮星。

红巨星体积大些，亮度却有极明显的增加，而且大于主序上的恒星，所以它们在赫罗图中位于右上角的下方。它们属于亮星，例如大角星、五车二等，其亮度和星型前文已提及。

超红巨星的位置在赫罗图中右上角的上方，即在红巨星的上方，星大而且亮。最热的可达 30000 °K，最冷的可低至 3000 °K。亮度可大于太阳光亮的一万倍或百万倍。高温超红巨星的半径比太阳长 20 倍，低温超红巨星的半径比太阳长 300 倍，或者更大。例如天津四，这是北天星座中最大的一颗恒星，其次是参宿七、参宿四等。

超红巨星抛弃外壳后，就进入第四阶段，成为白矮星，它的位置在赫罗图中的左下角，在主序线的左下方。再进一步演化，化为黑矮星，在太空内与其他星体相撞，崩解分裂后，化为尘埃，组成黑暗星云，例如煤袋。

球状星团与疏散星团星团是相互距离较近，而且相互有引力关系的，在地球星视面上的投影聚在一起的集团星。银河星系内有两类星团：一是球状星团(globular cluster)；另一是疏散星团(open cluster)。二者都是各自成类的星团。

所谓球状星团，是指由几千颗到几十万颗恒星密集在一起形成的外形呈球状的星团，这是一群老年恒星(属于星族)，它们的年龄都超过 100 亿岁。它们受引力束缚，环绕银心进行公转。星团直径超过 100 光年。星团外层星稀，内层星密，平均密度比太阳附近的恒星密度大 50 倍；中心密度更大，达 1000 倍。从望远镜里只看见一团白光，分不清颗粒，这是星团内云气反射的光，并非全是星团内恒星的光。据估计，每立方光年的空域，其中只容纳一两颗恒星。各星相距可能有半个光年，相当于 3 万多个天文单位或 4 万公里。但是远望时，却只见密密稠稠，彼此挤在一起。

球状星团不在银盘以内，而在银盘上方或下方，相距很远。银盘内恒星比球形星团年幼，显示银盘的出现远较球形星团为晚。距地球星最远的球状星团可远达 160000 光年。距地球星最近的球状星团是 M4，约 6000 光年。银河星系内已发现这样的球状星团有 131 座，在其他星系中也有发现。仙女座星系内有 30 多座球状星团。有些球状星团位于星系与星系之间的空域内。全天最亮的球状星团是半人马座奥米伽星团(希腊字母中最后一个是 ω ，读“奥米伽”)，编号为 NGC5139。球状星团内恒星不是静止的，环绕公共中心而运行，秒速可达 400 公里。然而这速度小于球状星团的逃逸速度，因此，质量减损很慢。

球状星团由球形云气演化而成，它不成为一颗大恒星，而形成排列整齐的数十万颗恒星，各自有它自己的引力中心，同时又有星团共同的引力中心。球状星团内无 O 型星，也无 B 型星。

疏散星团的外貌并无固定的形式，星数也不多，由数十颗到数百颗，绝大部分分布在银道面附近。已发现的疏散星团数超过一千。疏散星团内的恒星多为新星，属于蓝光星，O 型。星团直径为 5~30 光年。成员年龄为几百万年或几十亿年。距地球星最近的疏散星团是毕星团，为 130 光年，离地球星最远的是暗星团，为 16000 光年或更远。著名的疏散星团之一是昴星团 (Pleiades)，又称七姊妹星团。距地球星 410 光年。年龄已有 5000 万年。星团内有极丰富的云气，其中恒星约有 300 颗，全是新星，蓝光星，属于星族。

新星与超新星新星 (nova，复数是 novae) 不是新生的星，而是指一颗恒星忽然爆发，亮度增加千倍、万倍或百万倍，星等增加 7~16 等的星。通常由双星内一颗较大的星忽然把大量物质加到较小的(通常是白矮星)星体上，使之亮度突然大增。以前看不见，是一颗暗星突然加亮，忽然可以目见，这就是新星。新星随后又会缓慢地衰减到原来的亮度。银河系和其他星系中都可以产生新星，据估计，银河星系中每年产生 30~50 颗新星。

所谓超新星 (supernova，复数是 supernovae)，是指一颗恒星突然爆炸时，体积及亮度增加千万倍或一亿倍，星等增加 17 等以上的新星。超新星爆发的结果是恒星的“死亡”，因为其大部分质量在爆炸中被抛入空中，成为云气，向外连续膨胀而散失，剩下的核部可能形成中子星或黑洞。

超新星有两个型：(A) 光谱内无氢，质量较小而膨胀速度较高；(B) 光谱内有氢，质量较大，膨胀速度较低。如超新星只爆炸去小部分，星体可继续生存。超新星如大量爆炸，爆炸后星体死亡，残余部分演化为中子星。宇宙空间内重元素来自超新星爆炸。超新星实例很多，如 1972 年内河外星系 NGC5252，突然出现一颗大星，亮度竟类似那座星系，1959 年还尚无此新星。又如，1987 年 2 月 23 日大麦哲伦云内一颗超新星爆炸，这新星距地球星有 15 万光年远，说明爆炸还是发生在 15 万年前的事，现在才传到地球星表面。爆炸的超新星定名为大麦哲伦云 1987A 星。

麦哲伦云大麦哲伦云是一座距银河星系最近的也是最早确认的河外星系，是大麦哲伦云 (Large Magellanic Cloud) 和与其相距不远的小麦哲伦云 (Small Magellanic Cloud) 的总称。大麦哲伦云距地球星 16 万光年，视直径为 7 度。所谓视直径就是角直径 (angular diameter)，质量相当于银河星系质量的 1/7。小麦哲伦云距地球星 19 万光年，角直径 2 度，质量相当于银河星系质量的 1/50。其中有恒星、星云、星团、双星。在地面上可以望见。

这大小麦哲伦云与银河星系本是同一组星系，因有激波而分裂成为三大区。公元 1521 年葡萄牙航海家麦哲伦环球航行时首先看见这云，并作精确的记录，当时叫做岬云（Cape Clouds），后来为纪念麦哲伦，才易为今名。

仙女座星系简称仙女星系（Andromeda Galaxy），位于仙女座方向的巨大旋涡星系肉眼可以望见，是北半天球肉眼可见的最亮的和距地球最近的大星系。视星等为+3.5 等。距地球星有 220 万光年。它的直径有 16 万光年，相当于银河星系直径 1.5 倍。因为是旋涡星系，有密集的核心、旋臂、星系盘、星系晕。它也有自转，每 1800 万年自转一周，同银河星系差不多。质量相当于两千亿颗太阳，在宇宙星系内属于 Sb 型。其中包含有蓝光星、球状星团、疏散星团、特别亮的超红巨星、行星状星云、发射星云、暗星云等，更有老年星，属于星族。这星系中心一片白光，全是老年星。

其核心主要由 K 型超巨星组成，它在法国天文学家梅西叶所编的星表中编号为 M31，在《星云星图新总表》中编号为 NGC224。

M31 星系有两个伴星系，都是独立的星系，一个距离近的叫做 M32（NGC221），另一个距离较远的叫做 NGC205。都是椭圆形的。三者组成仙女三重星系。

小熊座熊尾巴尖的位移小熊星座（Ursa Minor）有七颗星。其中四颗排成“口”字形，这是“小熊”的身体，其余三颗构成“小熊”尾巴，尾巴尖上一颗星叫做“北极星”（Polaris）。北极星是小熊座阿耳法（ α UMi），中国天文学家叫它“勾陈一”或“北辰”。它距北天极（也叫做天北极，中国人远在 2500 年前就已知北天极）很近，不及 1 度。据推测，到公元 2012 年，北极星距北天极只有 27.5 分，不及半度。由此以后，距离渐远，延至公元 14000 年前后，织女星将成为北极星。这现象完全是由于岁差（precession of the equinoxes）引起的。

所谓岁差，指“春分点”在黄道上每年向西退的角度。这角度很小，不到 1 分，只有 50 度 29 秒。天球内“黄道面”是水平的。“黄道轴”在黄道面上垂直。这两项都是固定不变。地球赤道面扩大与天球相切，形成天赤道，天赤道面与黄道面相交的两点，就是春分点（Vernal equinox）及秋分点（Autumnal equinox）。地球星在轨道上公转，由西向东前进，一方面受太阳的引力，一方面又受月球的引力，尤其是地球星有一个向外膨胀的赤道部，更容易受到日球及月球的吸引，使地球星前进受阻，从而前进的速度放缓，出现春分点西退或西移的现象。

赤道面对于黄道面有倾斜，其间交角是 23 度 26 分。地轴向外延伸，接触天球视面之点叫做北天极（或天北极 North celestial pole），在下的叫做南天极（或天南极，South celestial pole）。北天极与北黄极（North ecliptic pole）之间的交角，也是 23 度 26 分，等于赤道面与黄道面之间的交角。北天极与黄道面之间的交角是 66 度 34 分。北天极在天球视面并非固定，它不断地移动，绕着北黄极作环状运动，每环绕一周，需时约达 25800 年。西方学者指出这现象是北天极向西移，中国学者叫它是“岁差”，即春分点与秋分点向西移动。名词各异，意义相同。

北斗七星各奔东西，将来不为斗形北斗七星是大熊星座内的亮星。西方各国对于北斗七星各有不同的名称，中文名称最美。中国俗语“北斗七星一把勺”，人人都认识。其斗柄包括三星，斗体包括四星。斗柄三星由外向内依次是瑶光、开阳、玉衡，瑶光位于勺把尖端；斗体四星中外侧二星由上到

下是天枢及天璇，内侧二星由上到下是天玑及天权。

天枢最亮，是大熊星座阿耳法，视星等为+1.95 等。它是北斗一，西名 Dubhe，与天璇（北斗二，西名 β ）合为指极星（Pointers），天枢单独行动。今后向东移，愈东移，距其他六星愈远。其他五星天璇、天玑、天权、玉衡、开阳是一伙，一齐向西进。开阳附近有一小恒星，叫做“辅”（Alcor）也跟着开阳向西移。位于勺把尖上的瑶光却单独地向东南方移。因此，到 20 万年以后，天球视面上不再会有勺形排列的北斗七星。

六 星体大爆炸和陨石

星体的爆炸 爆炸 (explosion) 是老星的结束, 新星的开始。传说宇宙的开始是由于超热的爆炸, 出现物质, 用引力把物质结合而成为星体和各式各样的星系。

1054 年天空里曾突然出现一颗亮星, 我国古代将这类星叫做“客星”。此星视星等约为-5 等, 绝对星等估计有-18 等, 有太阳亮度的 16 亿倍, 其爆炸的时间约在公元前 5000 年左右, 爆炸时放射的光亮直到公元 1054 年才射到地球星上。这星就是前文所述的金牛座蟹状星云的前身。现今这星云的亮度尚为太阳亮度的 10 万倍。每年向外膨胀, 气体密度渐稀, 再过 1000 年, 可能类似太空内通常那么稀薄, 而不易被察觉。太空并非真空, 星的爆炸可引起“激波”, 以破坏其他星体。此外, 天鹅座内有许多超新星爆炸后留下来的残余气体在太空内浮荡, 被称作天鹅飘带 (CygnusCoop)。又天琴座内有环状星云 M57、狐狸座 (Vulpecula) 内有著名的哑铃星云 M27、天鹰座 (Aquila) 内有红色行星状星云 (NGC6781), 都非常美丽壮观。

大环境里一件可怕的事 大环境中使人可怕的事太多啦! 例如太阳风突然进到地面; 一颗小行星突然飞坠; 太阳恒星突然被拉入黑洞。这些事似乎永不可能发生。

如果太空人被拉入黑洞, 他将见到什么? 黑洞确有洞么? 人能进入黑洞么? 据我推想, 黑洞不但没有洞, 连一条裂缝都没有; 人也进不去, 如果进去, 也出不来, 因为他本人在洞内也无法存在。所谓黑洞全是推想, 并非实测。

黑洞是一部分恒星演化的最后阶段 所谓黑洞 (black-hole) 只是一种物质的状态。它不是洞, 而是一种看不见的黑天体。宇宙内某一空域内存在一团由于引力过度塌缩而形成的超级密度物质, 这团物质表面上逃逸速度大于光速, 也就是说, 这团物质内的密度已大到了极限, 光也不能向外射出, 这就形成了黑洞。黑洞也不是暗星, 因为暗星能够反光, 例如月球或冥王星; 但黑洞引力很强, 从四面八方来的光它都能很快吸收, 使之依旧漆黑一片, 似一个黑得可怕的黑洞。

据说一颗恒星如果它的质量与太阳的质量相同, 而它的半径却只有太阳半径 $1/25$ 万 (半径长 3 公里) 时, 由于引力向中心强烈压下去, 原子与原子互相挤压, 原子核与原子核挤在一起, 这时密度大增, 光波留在中心引力场内射不出来, 外来光射入后也被吸引, 形成漆黑的黑洞。质量在恒星范围内的黑洞也叫做坍缩星。

现今被认为可能有黑洞的地方有两个, 一是天鹅座 X-1, 一是 M87 (NGC4486) 室女座 (Virgo) 内。此种说法因证据不够充分, 均不可靠。人马座位于银心附近, 且在银河星系核子核内, 其中也无黑洞。据说有人用射电望远镜观测人马座 A 星, 附近有一黑区, 但非黑洞。黑区内有强烈的射电源。附近有大片银河云, 未呈现受外力而有流动的迹象, 显然附近无黑洞。因银河星系内光亮特强, 不可能有黑洞。

有人说, 黑洞表面是单向膜, 只准进入, 不许外出。事实上, 没有强大的反引力, 休想逃出这座强大的引力场。德国天文学家史瓦西曾研究出只有少数恒星能出现引力塌缩, 恒星的质量与它的半径长度有一定的关系, 这半径被称做“史瓦西半径”或“引力半径” (gravitational radius)。根据

引力半径可以推算出，如果一颗恒星必然化为一个黑洞，它应该具备下列条件：（1）如质量等于一个太阳，半径必须缩为 3 公里长。（2）如质量等于两个太阳，半径必须缩为 6 公里长。（3）如质量等于 10 个太阳，半径必须缩为 30 公里长。我们必须了解，黑洞是一个不可思议的场所，在天球视面上绝对望不见的。洞外与洞内的景色全是推测的。下面根据推测，给大家讲一个故事。

现今有两位太空人，一个是 A，另一个是 B，共同驾驶一艘太空船作太空探险。A 一切准备妥后，离开太空船，进入太空，开始太空漫步。B 留在太空船内观望。他们约定，每秒钟内，A 必须用手按一下激光灯，向 B 表示他平安无事，B 如望见灯光立即可放心。A 与 B 先把两人手表上的时间对好。A 手持一把激光灯，跳出太空船。这时候恰巧有一个黑洞，距太空船只有 1 个天文单位（1.5 亿公里），质量等于 10 个太阳质量，直径只有 30 公里长，引力十分强大。当时 A 并不知道，他只顾向前走，最初数步并不觉得什么，再行数步就觉得身体忽然下沉，似乎有一股力量正在拖他下去。这时，B 在太空船上望 A，只觉得他愈走愈快，愈走愈远，但 A 并不自知，依旧每秒按一次激光灯。后来 A 觉得前方似乎有一股类似波浪的力量向他袭击而来，身体很不好受。他的双腿好象被拉长，两肩之间的宽度已缩短，身子被拉长如同一根长棍。这黑洞的引力半径如有 30 公里长，由洞面向外伸约 3000 公里远的一段距离内，引力很强，这段引力究竟有多强？据估计，可强到把一个人的身体撕成两段。好在 A 的身体结实，虽然被引力拉长，成为一条木棍形状，但未受伤。他依旧向前降落，却并不是落向地球星，而是趋向前方的黑洞。他觉得浑身不舒服，一阵又一阵的引力大波向他袭来，但未受伤。他每秒钟照样按一次激光灯向 B 致意。这时候，他向下一望，似乎有一片面积不很大的星空，其中没有半点光。他一下子踩到黑洞的引力半径就进入了单行道，有进无退。当他刚接触这引力半径，可能不及 1/1000 秒，他已被吸入引力中心。其地叫做“独”（Singularity）。这是独一无二的独，可能是一个不可思议的超密度场所。这时 A 已化为乌有，手表与激光灯也不存在，他的太空漫步也已完全结束，也永远不能向 B 报告他误闯黑洞的故事。

太空船内的 B 望不见 A，也望不见黑洞，因为相距有一个天文单位远，他只望见激光灯光出现的红移（Red-shift）。这是引力红移，因为光受到引力干涉而出现红移。当光在黑洞外向 B 方传达时，辐射光谱进行红移，移向波长较长的光谱。这激光的波长愈走愈长，化为长波。到了最后，波太长，B 已不能望见。原因有二。第一，这激光灯的光要射到 B，必须消耗能量；第二，这灯光必须抗拒流向黑洞的引力。因此，灯光射出后，能量大减，短波逐渐拉长，化为长波，出现红移而消失。时间受引力牵制，也有变化。这时候一秒钟的长度似乎加倍的长。A 的手表所指示的时间本来与 B 相同，现在趋慢。当 A 踩到引力半径时，时间完全冻结，不再前进，灯光也消失。黑洞消灭了光，黑洞的景象无人能知。以上所述，是史瓦西半径代表无自转运动的恒星所产生的现象。1963 年克尔又提出有自转运动的黑洞，也只是假说。

任何恒星经过长时期演化，如果剩下的质量较小于太阳质量 1.4 倍时，它可能变为一颗白矮星；如果大于 1.4 倍时而又小于 5 倍太阳质量时，由于引力塌缩，它可能变为一颗中子星。这一切全是推测，并无实例。引力虽然可以塌缩，但不可能一下子把一颗恒星完全摧毁。也有人说，恒星质量如果大于 5 个太阳时可能化为黑洞，也只是假说。

五万年前美国曾受大陨石撞击 美国西南部亚利桑那州弗拉格斯塔夫 (Flagstaff, 一译旗杆城) 市区以东约 65 公里处, 有一个大陨石坑叫做巴陵吉陨石坑。坑略呈椭圆形, 直径 2593 米, 深约 356 米。坑的内壁全是斜坡, 沿坡可以直走到坑底。坑底表面微有起伏, 高低差 2 米左右。坑的周边是一低脊, 高出附近地面 40~45 米。这坑外就是科罗拉多高原表面, 平坦干燥。以前曾有一位美国工程师丹尼尔·巴陵吉, 误认为这坑内有大量的陨铁而投资开采, 因坑底土质坚硬似铁, 却并不含有铁矿而告失败。后来, 把这陨石坑改为旅游胜地, 取名巴陵吉陨石坑, 以纪念这位失败的工程师。

图 6 美国亚利桑那州内撞击坑

这是一座世界上最美丽的陨石坑, 由天体撞击地面而成, 可说是一座典型的陨石坑标本。这座陨石坑的外貌很象一座火山口, 但坑内无火山颈, 全是普通的被压缩而硬度加强的岩层。因为它的位置恰恰位于一个广大而干燥的高原区内, 坑内外无水, 其干燥的情况极似月球表面上的撞击坑, 去巴陵吉坑, 就等于离开地面作一次登月旅行, 去欣赏哥白尼环形山 (或陨星坑) 一样。

陨石坑的成因很有趣。远在 5 万年以前, 太空里一块流星体, 一块庞大的杂有石质的陨铁进入地球星强引力范围内, 向地面急落。据说当它通过大气层时, 秒速可达 15000 米, 它的重量介于 30~50 万吨之间。当它向地面猛撞来时, 由于下层大气密度太大, 摩擦力太强而发光; 又因大气阻力太大及地球星自转, 陨铁不得不斜行若干公里才撞地。这一段拖长的距离已使陨铁炽热。当固体的陨铁撞击地面时, 立即化为热气一团, 附近的空气受到高温而膨胀, 由膨胀而飞腾, 由飞腾而上扬。用高温、高压把地面沙土、石块及地表面以下岩层全部化为气态, 使其飞扬四散得无影无踪。这样的成因不易想象。

人们可以在陨石坑周围甚至在坑口外 8 公里远的地方, 看到有散碎石片及天然铁块, 因此使人误以为坑底下方深埋巨大的陨铁。陨石坑边缘以外地面上所寻到的铁片中附有残石, 石内竟含有金刚石。这证明陨铁撞力之强, 温度之高, 压力之大, 可使气态内游离的碳压成金刚石。坑口以外所能找到的零碎铁块, 最重的可达 20 公斤。陨石坑原有的地面化为气体而消失, 留下一座深坑。坑内岩层遭受巨大压力, 变为令人难以置信的坚硬, 但其中却又不含有铁质。

巴陵吉陨石坑是地球上最惊人的陨石撞击坑, 经过专家研究分析, 称这种陨铁为“宇宙弹”。此外, 地球表面上尚有 112 个这样的撞击坑, 例如南非弗里德堡撞击坑直径有 76 公里长。澳大利亚有多座, 称做玻陨石 (Tektites) 撞击坑, 玻陨石来自太空, 并非来自火山喷发。美国第二大陨石坑位于得克萨斯州奥德萨, 其直径长 0.16 公里。欧洲波兰有莫拉斯科陨石坑, 直径 0.1 公里。日本人及美国人在南极洲冰层以内都找到了陨石, 多至 7500 颗, 颗颗都是宇宙弹。

20 世纪初一颗落地立即爆炸的怪物据《太空怪物》(Monsters In The Sky) 一书所载, 1908 年 6 月 30 日, 在西伯利亚境内, 贝加尔湖北方的瓦纳瓦拉镇的西北 60 公里处 (北纬 60 度 55 分, 东经 101 度 57 分), 有一颗大型流星, 极似火球, 光芒四射, 撞地爆炸, 立即由地面升起一朵蘑菇云, 类似核子云, 但无辐射性。这一次大爆炸竟使周围数百平方公里地面内的树木受到严重的破坏, 大爆炸地点出现一大片泥潭, 如以大爆炸地点为中心,

以 30 公里半径作圆，圆内大树全部被强风吹倒，每一根倒下来的大树根都对着那个大爆炸地点，所有的树冠全向外倒下去。其中有些大树已被烧焦，也有许多只驯鹿被烧死。远在 1000 公里以外地区也听到爆炸的声响。

1927 年苏联派出一个由库利克教授率领的考察团，去出事地点考察这次爆炸的详细情形。这时，那里已化为一大片很平坦的淤泥平原，并无突起的火山口，其中也未生长树木。地面上找不到陨石碎片。访问附近居民时了解到，发生大爆炸那一天，有多人看见一只大火球，由东南方天空飞来，向下斜着前进数公里或数十公里后才坠地爆炸，随之轰然一声，天崩地裂，一团浓云直上苍穹，地面遗留一片浅水。这景象显然不是陨石，而是陨冰。后据《罕见的自然现象》(Unusual Natural Phenomena, 著者是 W.R. Corliss) 一书所写，西伯利亚大爆炸叫做“通古斯大爆炸”，地点在石泉通古斯卡河(Podkamennaya Tunguska)。

据专家研究，这一次大爆炸绝对不是陨石或陨铁而是大块陨冰。极有可能是死去彗星的残余冰核，误入地球星强引力范围之内，敌不过地球星的拖拉而坠落大气层内，一方面下降，一方面蒸发。彗星的核部由肮脏冰块构成，其中含有大量的宇宙尘。当它通过大气层下坠时，急剧摩擦而燃烧，形成一颗壮观的大火球；撞地后，立即爆炸使冰化为气，立即上升凝为蘑菇云；急升高空，又凝结为雨而

图 7 大块陨冰降落爆炸示意图降落，汇滞而成为一大片沼泽；10 多年后，沼泽干了又成为一片泥质平原。

据苏联专家解释，由于彗星核由固态氢组成，而不能抗拒地球星强大的引力而撞入大气层，把平流层内臭氧层撞成一个大窟窿，太阳风也跟着进来，冲击地面。太阳风是带电的粒子流，竟把地面上空气内的氮给弄活了。氮是惰性极强的气体，不轻易表现化学反应。当带电的粒子流进入地面空气后，氮的化学反应突然加强，立即产生下列三种结果：(A) 氮开始与其他元素化合而成肥料，可以帮助附近的天然植物加速生长。(B) 大爆炸时的爆炸力与高热，不仅唤醒氮与氧的化学反应，也唤醒氮与氢的化学反应，而且也利用这一次大爆炸的庞大力量，把产生的氮肥散布到附近各地，供应植物生长的需要。老土壤年代久了，其中缺氮，植物生长乏力。现今有了新的氮肥，土壤生长力立即加强，很明显，凡受到大爆炸影响的地区，其中树木枝叶茂盛，生气蓬勃。(C) 这次大爆炸不仅使地面老土壤恢复生长力，底层土壤也跟着恢复生长力。因为底层受到震荡，沉积时间很久、土质坚硬的底层土壤立刻松软，好象被耕透的土那样疏松多孔，含有气体；而且土内气体也发生化学反应，恢复往年生机。因此，区内树木葱翠可爱。可惜好景不长，土壤所得到的肥力不到 10 年全部丧失，又回到往年生长不良的样子。这说明土地内生态的变化与太空也有关系。

中国也有一实例。1983 年 4 月 11 日 12 时 50 分，江苏无锡市区内曾落下一块巨冰。这是一块陨冰，来自近地太空。冰块长、宽、厚都相差不多，各有半米左右。可以推测当它进入大气时，它应该比落在地面时大若干倍。它是一块天然冰，并非巨雹。

美国佛罗里达半岛南端，有一个天然大沼泽，现今已改建为国家公园，叫佛罗里达大沼泽地国家公园(Everglades National Park)。沼泽水浅而宽广，中间有许多小岛，高出水面 0.5~1 米左右。有人认为这大片沼泽也是由陨冰落地爆炸而成的，但证据不够充分。

流星体和陨石除行星、卫星及彗星外，太阳系内有无数的流星体。所谓流星体是一个天体，大于一个分子而小于一个小行星。它在行星际空间以内沿椭圆形轨道环绕太阳运行的。常为固态，其中也含有微细的冰块。

流星体通常有下述三类：(A) 流星 (Meteor 或 Shootingstar)。当一颗流星体进入地球大气层，因受大气的摩擦燃烧而发光，叫做流星。下坠时出现一道“光流”，比箭快得多。(B) 陨石流星通过大气层时，如不化为灰烬而落到地面之上，就叫做陨石。(C) 陨石内如大部分是铁，就叫做陨铁 (Meteoric Iron) 或铁陨星 (Iron Meteorite)。

太阳系行星际空间内，流星体最少的地方是介于太阳恒星与水星之间的空域，其中的天体大小都被太阳的引力吸去了。流星体较多的空域可能在土星与木星两轨道之间。因为土星环全是流星体。木星有环，天王星也有环，显示那一带空域里流星体很多。

陨石按其化学成分和矿物组成，可分为石陨石、铁陨石、石铁陨石。如按其结构可分为：(A) 无球粒陨石 (Achondrite)。这种陨石同地面上石块完全一样，其中不含有球粒组织。当它由空中落下时，立即把它拾起来，可以看见它表面上尚有玻璃光泽，不久即成为普通石块。这是陨石标本。(B) 球粒陨石 (Chondrite)。陨石内部含有一系列类似结核的球粒，破裂面呈灰色或黑色。球粒矿物是橄榄石。(C) 陨石球粒。陨石内含有直径为 0.1~20 毫米之间的球粒，是嵌在陨石里面的球形或半球形粒子，与球粒陨石之含有的球粒构造有区别，这是原始行星物质的基本状态，十分重要。

第四章 太阳系大环境

一 太阳系怎样生成

发射星云和黑暗星云合力形成太阳系 美国科学家爱迪生曾亲自作过 5 万次试验，完全失败，受人讥评；但他自己却认为这 5 万次是完全成功的，因为只有通过这实践才能证实这 5 万个方法都不是成功的道路，因而时间、精力、金钱并未白费。我认为他的见解是对的。创造假说，必先有胆量，并用科学方法去思考，用逻辑来判断。西方科学家对于太阳系的形成已有多种假说，我认为其中都有缺点，必须另创新说。笔者提出的新说也属于一种假说，成立与否，我不担心。之所以提出这种假说，是为了证实中国人也尚有胆量去创造与太阳系成因有关的假说。

关于太阳系成因的假说，最早提出的有德国人康德和法国人拉普拉斯的“星云说”、美国人张伯伦的“星子假说”、英国人金斯的“潮汐假说”及苏联人施密特的“施密特假说”即“陨星假说”。上述各种假说都是近年来新假说的骨干。

康德提出星云可能分两大类：一是发射星云（Emission Nebula），一是黑暗星云（Dark Nebula）。所谓发射星云是由电离氢组成的云气，其中全是粒子流，可以自发光热，也可以形成恒星；所谓黑暗星云是由重元素组成的星云，其中有甲烷、氨、水、尘埃及流星体，可以吸收恒星的光，但不能自发光热，它可以形成行星或暗星。银河星系内有很多恒星及暗星，也有发射星云及黑暗星云。

47 亿年前，一片发射星云在银河星系内运行，忽然撞上一片厚块状而非圆球形的黑暗星云，造成一个庞大的激波。这激波出现后，以同心圆的形状由内向外扩大，越过现今冥王星轨道继续向外，激波的波纹一圈又一圈地由撞击点向外飘出。接近发射星云的 4 个大波形成 4 颗类地行星；由此向外愈远，波谷愈宽，波高愈低，分别形成 4 颗类木行星及冥王星。当发射星云冲进黑暗星云内，发射星云尚能保持完整，只有少数碎片被激波震荡飞出，飘到远方；而黑暗星云则碎成许多大块。由于发射星云是轻元素，由原子氢组成，自发光热，并能自转，其自转方向类似银心。由于凝聚增温，形成恒星。后来内部又出现核子融合或热核聚变，又成为一颗主序星，体积加大，引力更强，成为太阳系中心。然而，黑暗星云成于重元素，全是尘埃，其中也有少量气体，例如氢、氦、氮、氧等，由于自身的引力，各块自成为一颗暗星，进行自转，又因受质量庞大的太阳吸引，绕它自转成为行星、小行星、彗星、流星体等。从而形成了太阳系。

太阳附近的碎块形成了类地行星，就是类似地球星的行星，如水星、金星、火星等。4 颗类地行星都是自转较慢、卫星少而密度大的，都有铁元素作为内核，都有坚硬的岩石表面。岩石表面与铁核之间全有由岩石组成的幔。还有其他许多小块各自浓缩成为小行星或流星体，也环绕太阳恒星，但由于它们各自的引力太弱，在空中飘荡，无固定的轨道，有时撞碎小行星，有时撞到行星表面，形成撞击坑。这种大规模的撞碰，不仅使各行星表面形态起了变化，各行星自转的速度、自转轴与黄道面的交角、自转的方向、行星质量等等都会有所变化。冥王星单独地远离太阳，也是撞碰的结果。火星轨道外是小行星带，其中有谷神星（Ceres）、智神星（Pallas）等，而且谷、智

两小行星都是圆球形，可以代表往日的黑暗星云小碎块；其他小行星都是块状，不成球体，显示都是往日撞碎了的小天体。其数之多，何止百万。

类木行星如木星、土星、天王星、海王星等，另有成因。试先作比较。木星质量大于地球星的 317.8 倍；土星次之，为 95.1 倍；天王星为 14.5 倍；海王星为 17.2 倍。论密度，土星最低，只有地球星密度的 11%；木星及天王星次之，只有 23%；海王星比较大些，占 31%。这 4 颗大行星的核心近似类地行星，但外层组成的物质多为分子氢，不能自发光热。显然，这 4 颗类木行星由两种不同性质的星云组成，内层来自黑暗星云，外层来自发射星云。

我的假说总结 (A) 把康德所设想的星云分为两类：一为发射星云；一为黑暗星云。前者撞入后者，逐渐演化为一颗恒星，能自发光热。后者被撞碎后，各自演化为九大行星、无数小行星、彗星及流星体，都不能自发光热。木星及土星的外层大多为分子氢，来自发射星云。由于本来是原子氢，因为温度降低演化为分子氢，而无能发光，但有少量的热可继续向外辐射。(B) 无论恒星或行星，一律服从银河星系的惯性，由西向东自转及公转。其中偶尔有几颗星是逆行的，那是受小行星的撞碰而改变了方向。(C) 凡有坚固外壳的行星及卫星，表面上都有陨石坑或撞击盆地。地球星表面也不例外，但大多数为风化作用所消去。(D) 凡行星外层有气态或液态而无固态表面的，它的外层形成发射星云，内层则含有黑暗星云的残渣。(E) 行星相互的间隔各不相同。距日愈近，轨道间隔的长度愈小；距日愈远，轨道间隔的长度愈大。水星距金星的距离略等于地球星距金星的距离；土星距天王星的距离略等于海王星距天王星的距离。然而天王与海王两行星轨道之间的距离，大于金星与地球星两轨道之间的距离约 30 倍。这现象很类似水面投石所产生的波纹。这波纹是撞击以后才出现的。我认为，发射星云撞碰黑暗星云假说，近乎事实。

太阳系行星际空间盛吹太阳风 地球星与恒星太阳之间并非真空，其间充满了可以伤人的太阳风 (Solar Wind)。这风与地球星上的风完全不同。组成太阳风的物质不是气体，而是粒子。这种粒子带电，成为有电荷的粒子流。粒子流包围地球星，也包围月球。宇宙恒星际空间或星系之间也不是真空，有看不见的物质在内。这说明大环境由地面向外有大气层。由气层向外就是保护地球星的“磁层”。由磁层向外，上下左右前后全是太阳风。

太阳风是带有电荷的粒子流，由太阳表面射出来。这可以说是太阳自身“减肥”的一种方法。据帕克所述，太阳每秒钟射出的粒子流，可以减少太阳质量 100 万吨。又据西蒙的估计，由太阳射出的太阳风及内部热核聚变，每秒可丧失太阳质量 400 万吨。那末，太阳会真的瘦下去了吗？

太阳是一个属于气态的圆球。最外层是“日冕”(Solar Corona)。这日冕是太阳大气层中最外面的一层。日冕看起来很美，淡淡的银白色。这一层的作用并非用以覆盖太阳的光球层，而是光球层表面的粒子流通过色球层射入太空。其流速超过音速，由太阳表面向各方向射出。在日冕的外缘，粒子流秒速可达 1000 公里；流到地球星轨道附近，秒速可达 500 公里；平均秒速为 600~700 公里。太阳射出的粒子流并非均匀，低纬度较强，两极区较弱。这现象在日全蚀时十分明显。有人主张太阳表面上有一个大罅裂，长条状，由太阳北极一直裂到南极，叫做“日冕洞”(Coronal Hole)。从洞里射出来的不仅有粒子流，还有磁力线。由于物质及能量不断地向外喷射，太阳表面并非平坦光滑，而是处处有爆炸，使其内部的能量及物质可以射出去。这样

看，太阳似乎是在陆续地瘦下去。但有人估计，其量极微，不值得重视；也就是说，100 万年内，所减去的重量还不及太阳本身质量的 1/1000 万。

日冕下层连接太阳大气层中间的一层色球，其密度最大，温度也高。通常说，太阳核部的温度可高达 1500 万 °K；光球表面温度高达 5800 °K。由于电离的关系，气体带电，温度增高。色球温度可达 1.5 万 °K。由于组成日冕的物质是高度电离的原子及自由电子，这些又叫做“离子体”（plasma）。由于太阳高热，一切的气体不得不强烈地互相撞碰，使原子的电子被撞掉，形成游离状态。原子丧失一个电子，要释放能量以增加温度，所以日冕底部温度比色球高。日冕顶部温度为 100 万 °K，而下层温度可达 200 万 °K；日冕洞也可达 150 万 °K。这些都是推算出来的，不是来自实测。由日冕向外，密度渐小，温度也渐减低。日冕最外部，目不能见，就成为太阳风；也可以说，太阳风就是太阳恒星的最外部。所谓九大行星都位于太阳风之内，这是事实。依据气象学上的解释，地面上 8 万公里高空，地球星大气层与太阳风已合而为一，分不开了。

太阳风由色球射出后，就远离太阳，一去不复返。这一现象同地面气流上升，全不一样。因为地面气流升到高空，由于温度减低，必须降落，结果成为对流层。太阳大气层由带电的粒子组成，冲力强大，秒速超过太阳表面上逃逸速度 617 公里，可达 1000~2000 公里，一下子冲入太空，永不返回。

太阳风主要由电子及质子组成。平均密度每立方厘米有 5 个，最少有 1 个，多时可有 40 个。美国人在测算密度时，发现一个有趣的事实，即平均每 100 个粒子中有 85 个是电子，有 15 个是质子。这质子可能是氢核，也可能是氦核。因为粒子都带电，太阳表面上磁场也被带入太空，这磁场并非固定的。日冕的形态千变万化，完全是受太阳磁场的影响，其密度之小，出人意外。日冕密度与地面上大气层来比，尚不及十亿分之一，近似真空。

太阳风可分为近中远三层 太阳风可以分为三层。（A）近层。色球以外是日冕。这是太阳风的近层，呈乳白色，有珍珠光，由于粒子带有电荷，温度高达 200 万 °K。平均密度每立方厘米可有粒子 100 个。氢与氦之比为 5 1。（B）中层。日冕外缘色泽清丽，是一种淡淡的白光。再向外，似有似无。这一层密度较低，每立方厘米只有 20 个粒子。氢与氦之比为 10 1。（C）远层。由中层向外，密度更小，太阳风不可能看见。它分布于星际之间。据估计每立方厘米约有 5 个原子而已。这些粒子或原子带有负电荷。当它前进时，如突然撞碰一颗带有正电荷的粒子，两者立时结合，形成物质的另一形态。这种现象叫做“碰而复合”。这样看来，地球星与太阳之间绝非真空，有自由电子、粒子及其他物质，还有流星体。地球星大气层以外有磁层。这是保护大气层不被电离的机构，不容忽视。

二 大环境内太阳恒星

太阳恒星使地球星上有人类 生物的出现依赖空气、水、阳光。事实上，适当的阳光是最重要的。如果太阳辐射太强或太弱，甚至全无辐射，空气与水也要发生变化。

阳光虽然这样重要，然而古代中国人对它却重视不够，例如中国人往往只喜欢“风调雨顺”，而不喜欢“夏日炎炎”。古人常说：“天行健”，显示中国古时就已认识到日、月、星运行有规律，且有稳健的持续性。中国人“自强不息”，确有道理。

太阳似慈母的温暖，当冬去春来，风暖、水暖、山暖、草木青青，鸟鸣嚶嚶。“春来也”！这一切也都是太阳给人类和一切有生命的东西带来的热量。太阳恒星控制着地球星面的气候，如果地球星距它更近些，地面可能会全部化为大沙漠；如果距太阳远些，地面又可能会被冰雪所覆盖，生物在冰雪的下面被压为化石。这说明，地球星成为人类之家并不简单，与太阳恒星有密切关系。

太阳恒星的特征 太阳是我们生存所依赖的恒星，它正值中年，年龄估计有 50 亿岁。最近 20 亿年内十分稳定，其质量、温度、辐射与往昔一样，均未有明显变化。将来当它进入百亿岁高龄时，它的形象同现在一定会完全不同。推测未来，必须先了解现在。兹将太阳的特征及其数据，择要列举如下。

太阳属于昼间恒星 (daytime star) 或本地恒星 (local star)。为太阳系的中心天体。

太阳属于银河星系，既进行自转，又环绕银心进行公转，距银心约 3 万光年或 1 万秒差距。

视星等为 -27 等 (或 -26.86 等)。

绝对星等为 +4.71 等。

光谱方面是黄光，属 G_2 型，星光为黄白色。

体积方面属于矮星类，为 1.412×10^{18} 立方公里，是地球体积的 130 万倍。

距地球星的距离为一个天文单位 (14900 万公里)。

半径有 69.6 万公里长 (直径长 139.2 万公里)，视直径超过半度。

太阳的亮度等于满月时月光的 40 万倍，等于夜空所有的星射到地面上的亮度 600 万倍。由于距离遥远，许多目见的恒星事实上都比太阳亮。

太阳的质量为 1.9×10^{33} 克，约为地球星 33 万倍。

太阳平均密度是 1.41 克/厘米³。核心密度比水大 150 倍。

太阳表面重力为 2.73×10^2 米/秒²，等于地面重力的 28 倍。

太阳主要元素有二：氢占 71%，氦占 27%，合计占 98%。其余 2% 的太阳元素中，已证实有 60 种元素在地球星上也有，但已因太阳高温而化为气体，例如铁、镍、钙、铝、氧、氖、镁等。

太阳表面辐射的光到达地球表面需时 499.012 秒 (简说为 500 秒) 或 8 分 18 秒。

太阳总辐射功率即总能量输出为 3.86×10^{13} 尔格/秒。

太阳表面逃逸速度为 618 公里/秒。

太阳光球温度为 5780 °K，核心温度为 1500 万 °K，也可能有 2000 万 °K。

K。

太阳自转轴与黄道轴之间的交角是 7° ，与黄道面之间的交角是 83° 。

太阳自转一周所需的时间，由于它本身是气体，因此各纬度时间不同。赤道约为 25.3 日（地球日），赤道上黑子东移最快；南纬、北纬 20° 处为 27.2 日；南、北纬 40° 为 28 日；南、北纬 60° 为 31 日；极区为 34 日。自转平均速度为 27 日。

太阳常数，是太阳光线垂直透过地球星大气层射来，每 1 分钟每 1 平方厘米地球星表面所得到的太阳辐射能，为 1.97 卡，简为 2 卡。这所得的太阳辐射能主要来自可见光波段及其附近，约由 3000 埃到 8000 埃。这个太阳常数很稳定，因此它影响地面上各地区气候每年表现的特征都稳定。如果这常数有变化，地面上气候系统也必然有变化。

太阳系半径指由太阳恒星中心到冥王星中心，平均距离有 59 亿公里长，相当于 40 天文单位。光行由 5.3 小时（近日点）到 5.6 小时（远日点），平均为 5.45 小时。

太阳系球体直径为 120 亿公里。球内充满太阳风。风的方向与太阳引力方向完全相反，冲过冥王星轨道继续向外吹，能量消耗完尽才停下来。时间久了，在距太阳一定距离的太空内，粒子积聚较富，形成一个薄薄的球壳，叫做“太阳系球晕”。这个球晕是笔者的推想。笔者相信它的存在。

太阳附近的恒星，距离在 10 光年以内的，有以下这些：

半人马座 星。其中比邻星（Proxima Centauri）距太阳为 4.27 光年，或 1.31 秒差距，视星等为 +11.8 等。亮度只有太阳的 $1/10000$ 。它是半人马座 C（Cen C）。尚有阿耳法 A 及阿耳法 B，距太阳 4.3 光年。前者视星等为 -0.01 等，后者为 +1.3 等。

巴纳德星（Barnard Star）距太阳 5.93 光年或 1.82 秒差距。视星等为 +9.5 等。它在蛇夫座（Ophiuchus）内。有两颗类行星绕着它进行公转，类似太阳系行星系统。

佛耳夫星（Wolf 359）距太阳 7.6 光年或 2.38 秒差距，光谱为 M8 型，视星等 +13.5 等。

拉兰德星（Lalande 21185）距太阳 8.1 光年，光谱为 M_2 型，视星等 +7.5 等。

鲁屯星（Luyten 726-8A）距太阳 8.4 光年，光谱为 M_6 型，视星等为 +13.0 等。

天狼星（Sirius A）距太阳 8.6 光年。光谱为 A_1 （天狼星伴星 B 为 W_0 型），视星等为 -1.5 等（伴星 B 为 +8.7 等）。

露斯星（Ross 154）距太阳 9.4 光年，光谱为 M_5 型，视星等为 +10.6 等。

这说明距太阳 10 光年以内的星能够目见的只有天狼星。此外，南天半人马座 B 星可见。其余全看不见。距太阳由 10 光年到 13 光年中，尚有 16 颗恒星，目不能见，是视星等太低的缘故。

太阳属于星族 I，是青年星 太阳是青年星，时年 23 岁。读者如若不信，我算给你们看。人在地球星上绕日一周，算是一岁；绕日 23 周，就是 23 岁。太阳恒星环绕银河星系中心，每 2.2 亿地球年可完成一周，叫做一“银河年”或“太阳年”，这是太阳的一岁。太阳自形成到现在有 50 亿地球年，相当于 22.7 银河年，即它尚未完成 23 周，是未满 23 周岁的一颗恒星。将来到它满

40 岁（银河年）时，相当于地球星 88 亿岁，这时它还不老，尚能依照现在的状态去照顾地球星上的人类。地球星现已满 46 亿岁，到 88 亿岁尚有 42 亿年的时间，人类尚有足够的时间去准备移民到其他星球上。42 亿年则相当于地壳由古生代到全新世时间的 7 倍。由三叶虫出现到石器时代，约有 6 亿地球年。由石器时代到现在也不过 1 万年。

图 8 夕阳半沉时日轮呈白色

A：白色日轮。B：黄色光辉。C：橙色光辉。D：红色光辉。

太阳进入老年可变为红巨星 太阳恒星的视运动为每日东出西落。太阳在天空中，光彩艳丽。但绝对不可用肉眼去直接观望，因为太阳所辐射的 γ 射线、X 射线、紫外线如果射入人眼中，会烧毁视神经，当即眼瞎，成为盲人。只有在日出或日落时，即太阳有一半为地平线遮盖时才可以望它一眼，因为地面附近多尘土，可以干涉日光。

但是，太阳形象及其活动并非永久不变。由于人的年龄最高不过百多岁，所以很难觉察到太阳的变化。如果以银河星系的 120 亿岁来作比较，太阳才 50 亿岁，它核部剩余的氢尚可再燃烧 50 亿年，因此，很明显，太阳现在还是一颗青年星。

太阳不仅有变化，而且也会衰老，还能死亡。当太阳核部的氢全部燃烧完尽，核融合结束，引力向内部加强，恒星核部的氢全变为氦，但未燃烧。后来，引力加大，氦也被点燃，开始燃烧，转化为碳。碳比氦更重。氦开始燃烧后所产生的能量也向外冲，抗拒引力。这时候，恒星外层的氢逐渐开始燃烧而变为红色，而且向外扩展，使太阳变成为一颗红巨星。如果恒星的质量等于我们的太阳，它开始氦燃烧，显示这恒星的生命已进入最后的阶段，进而再变为超红巨星。

等到氦燃烧完尽，核部全部化为碳。由于温度不高，压力不强，刚刚制成的碳不可能被点燃。当这颗恒星超过 100 亿岁后，所有的融合全部停止。没有融合，就没有能量由核部向外冲。这时候恒星的引力由外向中心急剧地压下去，外层当然被抛弃，成为星壳。内层（剩下的部分）由于引力塌缩，变为密度极大的白矮星。

红巨星转化为超红巨星后才抛弃它的外层，成为星壳。抛弃的方法是“星爆”。依据最新的假说，巨星的核部先开始缩小，使核部与外层渐渐分离，形成极稀薄的中间层。最后受引力塌缩，一声爆炸，外层与核部完全分开。在开始断裂之时不及 1/1000 秒，产生一个大波，外层受到震荡，向太空远方飞去，秒速可达 1000 公里或 10000 公里。又因爆炸过于强烈，粒子重新组合，形成更重的元素。例如金元素、铅元素，散布于宇宙星际空间之内。这些元素互相撞碰，结合为流星体、小行星，绕着恒星公转。如进一步再演化，将成为黑矮星，撞碰碎裂化为宇宙尘，组成黑暗星云。这是许许多多亿年以后的事了。

太阳的多样运动 太阳恒星有五种运动：（A）太阳球体自身的胀缩运动。因为它是气态，核心部热能极高，会发生“热核反应”。当内部发生大爆炸时，它就膨胀；恢复常态时它就比较小。（B）太阳自转。因为是气态，各纬度自转速度不同；内外部的也不相同。太阳赤道自转一周，需 24.65 日（地球日，以下同），相当于地面上三周半时间。纬度 40° 是 27.48 日； 90° 是 34 日。简单地说，太阳赤道自转一周为 25 日，高纬度是 30 日。内层较外层

为快，可能不及 10 日。(C) 太阳公转。太阳带领太阳系内大小天体，包括地球星在内，参加银河星系的自转。从太阳本身来看，就是环绕银河系中心进行公转，环绕一周约需 2.2 亿年（地球年），被称作“宇宙年”。(D) 向前直进。太阳位于银河星系之内，它的位置并非永恒不变，而是不停地前进。据说，太阳正受某大星的引力向武仙座（Hercules，在天琴座附近）直进。秒速约 250 公里。(E) 随银河星系前进，方向不明。

太阳有这么多的运动，但是人们看见的只是太阳每日由东方上升，地面接受它的光热，然后又从西方落下这样的运动。

太阳活动与宁静的太阳 太阳表面上的活动，叫做太阳活动。黑子、光斑、耀斑等现象忽然发生，忽然消失，显示了太阳生命的活耀。黑子是太阳表面活动的领导者。黑子出现后，光斑、耀斑也跟着出现。日珥也是太阳明显的活动特征。此外，尚有谱斑。太阳活动具有周期性，且与黑子有关系。

宁静的太阳指与太阳活动无关系的一切现象。光球表面上米粒组织及色球上的针状物，还有日冕等等，都是宁静太阳的形象。

太阳内部有热核聚变 太阳表面并不和善，十分可怕。它射出数万公里高的大火焰，还有比地球星大得多的火坑。这火坑就叫做“黑子”。事实上，它并不黑。太阳由发射星云演化成为恒星，后来又以热核反应得到能源。太阳中心温度已达 1500 万 °K，也有人估计为 2000 万 °K，压力约为 3000 亿个大气压。由于高温及高压，核部内粒互相撞碰，结果出现热核反应。四个氢原子化为一个氦原子，在演化的过程中，释放大量的能。太阳内部生产核能，类似地面上核能电厂。太阳内部核电厂远比整个地球星大许多倍。据估计，氢原子的消耗量每秒可达 8 吨。这 8 吨氢原子只有 6 吨用于生产氦原子，其余 2 吨化为“能”和无数的“中微子”。中微子形成后即由太阳内部向外传播。它前进的速度与光速相等，且有强大的穿透力。例如地球星，中微子自由通过，毫无困难。所谓中微子，是一种不带电的基本粒子，静止质量是零。它不与其他物质发生作用。因此，可以自由通过，不受阻拦。太阳辐射中有 2% 是中微子。它在太阳核部内形成后，不过两秒钟时间就到达太阳表面进入太空。再经过 500 秒钟即穿过地球星表面。据说，地球星表面平均每 1 平方厘米每 1 秒钟内可有 1000 亿个中微子通过，但并无人觉察。中微子对于人类有何作用，尚在观测中，可能助人有才智。

太阳核部生产质子，向外传播却是困难重重。所谓质子，是构成原子核的粒子，带阳电，易与其他物质发生作用。当它由太阳内部向外传播时，受到其周围粒子的拉拉扯扯，处处留难。它与中微子不同，看太阳密密实实，没有罅缝，东撞西碰，就是走不出来。它由核部走到表面需要 100 万年的时间。太阳恒星向外辐射的能量有 90% 为电磁波所带走；有 2% 为中微子所带走。电磁波包括红外线、可见光波、X 射线及伽马线，到达地面只用 8 分多钟，但这段距离喷气客机可能航行 20 年之久。

太阳恒星外层明亮，内部一片漆黑，比什么都黑。太阳内部的核反应，叫做“质子-质子链”（proton-proton chain；简写为 pp chain），由氢原子核质子转变为氦原子核质子。当太阳核部温度升高超过 800 °K 时，气体的粒子急剧活动，氢的质子与氢的质子互撞，转化为氦的质子，同时释放出大量的能量，并由核部向外传送。氢转化为氦的过程十分复杂。简单地说，用六个质子与两个电子作原料，可以造出两个质子、一个氦原子、两个中微子及大量的 γ 线。更简单而形象地说，把四个氢原子放在锅里炒，可以炒出一

个氦原子。

太阳核部内所生产的能量，全由 γ 线向外运。 γ 线是不可见的，因此，太阳内部昏黑一片。这说明，太阳光球层以下全是暗的，愈向核心愈黑暗。太阳核部半径长达 20 万公里。这个核部是太阳的核能工厂。太阳向外所辐射的能量全在这里生产。能量产生后必须向外送。因此，核部以外是能量外移层，厚度约 20 万公里。再向外是对流层，厚度有 25 万公里。再向外，能量已化为电磁波，其中有可见光波。光波出现后，昏暗化为光亮，形成光球层。太阳由中心到光球层表面的直径长达 139.2 万公里，简为 140 万公里。虽然是气态，但受中心引力而缩为庞大的圆球体。赤道部无明显的隆起，这与地球赤道部有明显的隆起截然不同。

太阳的光球及其表层变化 光球 (photosphere) 是太阳的外壳，同时也是太阳大气层最里面的一层，厚度约 500 公里。光球层很亮，但不透明，其下面究竟是什么只是全凭人们的推想。研究中微子是推测太阳内部结构的一种方法。由太阳中心到光球表面，能量要通过 139 万多公里远，它如何传递？没法知道。 γ 线波长极短，在核部内可能更短。对流层是太阳中层，压力较核部为低，气体才有流动。 γ 线进入对流层后，受氦原子碰撞无法通过；必须把它的波长拉长，才可以通过。波长加大后变为 X 射线，就能继续向外运送能量。但是依旧受到原子碰撞，不能通过，必须把波长拉得更长些才好通过，因此，X 射线又变为紫外线，把能量送入光球层内。当紫外线前进时依旧受阻。因此，紫外线的波长再度拉长，变为可见光波，由紫光波变为青蓝绿到黄橙红的光波。光球的表层主要由人眼可见的光波组成。

光球层的表面有“黑子”(sunspot)及“米粒组织”(granulation)。前者是光球表面上黑斑；后者是粒状组织，一粒接一粒地发亮。与黑子同时发生的尚有光斑(faculae)及耀斑。古代中国人把黑子叫做“踞鸟”(据《淮南子》)，又名“金乌”(“日中有三足鸟”，据《辞源》)。一个黑子的面积可以比地球星大。通常由 1000 公里到 20 万公里。黑子是太阳表面温度较低而形成的暗区。光球表面温度是 5800 °K。黑子的中央暗黑部分叫做“本影”(sunspot umbra)，本影周围有半暗区叫做“半影”(sunspot penumbra)。本影区内温度为 4200 °K，比光球表面温度低 1/5。黑子并非真黑。如果有方法移出一片黑子，放在夜空，它的光亮可以比满月大许多倍。据说，黑子就是太阳磁场，出现于太阳低纬度，大多在纬度 45° 以内。黑子存在的时间长短不等，或数小时，或数月。黑子区内有强烈的 X 射线及射电线。它的黑暗，并非是因为它的上空有遮光之物；同时，它的下方也并无阻光之物。我的浅见，当下方紫外线运送能量受阻不能一直上升化为可见光波时，磁场在上方集中，成为黑子；等到紫外线化为可见光时，磁场在上方集中，成为黑子；等到紫外线化为可见光波冲上来时，磁场化弱，黑子消失。黑子出现是有周期性的，通常观测是 11 年一个周期。

与黑子常常同时出现的“光斑”(faculae)，是光球上较亮的小块，直径长数千公里，温度比光球高，有 6700 °K，寿命比黑子长久，周期也是 11 年。

米粒组织是光球表面上无数的白亮斑点。当太阳对流层内炽热的气体由内向外升起，到达光球表面，温度较高，亮度较大，从望远镜里拍得的影片，它似米粒排列，所以叫做米粒组织。一个米粒的实际长度为 1000 ~ 3000 公里。光球表面除黑子、耀斑及光斑外，全是米粒。每个米粒表示它是一股上

升气流的顶部，米粒的中部较亮，边缘较暗。这些热气流来自 5 万公里以下的深处。上升的速度每秒不少于 10 公里。每个米粒面积都大于英国国土面积。它到达光球表面即成为电磁波，向太空辐射。它存在的时间不过数分钟，就变为昏暗的下降气流，向下降落，让热的气流上升。据说，光球圆面的中部米粒最亮，圆面的边缘米粒较暗，甚至望不见。由地面上远望，在望远镜内只能望见圆面中部米粒深处；圆面边缘因为偏斜而看不清楚。太阳内部能量向外部运送并不规律，有快有慢。气柱上升，冲撞猛烈；有时猛烈外冲，几股气柱合成一大股气柱，一起冲上来。气柱顶部面积特大，叫做“超米粒”（supergranulation），直径长达 3 万公里，面积相当于一个地球星。这样大的超级米粒，存在时间 20~30 小时不等，对于太阳辐射作用有极大影响。

光球表面尚有一种非常短暂的耀斑（solar flares）。这是米粒内特富的能量突然爆炸，产生强烈的闪光，就是光亮的大火焰。发光的面积可能有 1 亿平方公里，历时数分钟或数十分钟才消失。有人说，耀斑是光的爆炸。所谓光，也含有能量。上升的气流太猛，其中蕴藏的能受黑子压抑而爆炸，也是顺理成章的事。

光彩夺目的色球 太阳恒星活动没有一部分是宁静的。但上文所说的太阳活动，只限于有周期性的现象，而且以光球层为主。光球层以下全是 X 射线，昏黑一片。光球表层以上则彩色丰润，叫做色球（Chromosphere）。这是太阳大气层中间的一层，位于较低温的光球层顶部和高温的日冕之间的热缓冲区。平时不能觉察到色球，只有出现日全蚀的时候，光球为月球掩盖，月球的影子笼罩光球全部，但光球层以上的色球层依旧露出鲜艳夺目的色彩时，才引人注目。其中有多种元素。

色球层又分为上、中、下三层。下层是热气流，由光球表面上升而成，厚度有 500 公里，温度类似光球，约 5000°K；中层厚度 5000 公里，比下层厚十倍，其中有一部分是热气流，大部分是带电的粒子流，温度有 1 万°K。色球上层全是电离层，由带电的粒子组成，层厚 1 万公里，温度高达 5 万°K。色球以外是日冕。更外，是太阳风。

光球表面气流上升，温度由 5800°K 急速下降，进入色球层下部时已降为 5000°K。热气流由光球层表面米粒组织向上升，这些小气流叫做“针状物”（shicules），在影片里似针形，事实上是较细的气流向上冒，高达 1 万公里，横切直径有 1000 公里长。每个针状物都由色球下层向上行，穿过中层直达上层，存在的时间可达 10 多分钟。上升的秒速约为 30 公里。针状物愈高愈细以至消失。由此向外，气流已化为带电的粒子，组成日冕。光球表面上所发生的大爆炸，例如上文所述的耀斑，光亮一闪，进入色球，成为谱斑（plage）。所谓谱斑就是耀斑的后期，它已上升，进入色球层范围。

上文所述光球表面黑子是强磁场所在地，磁力压制气流上升，形成黑暗区，后来强磁场消失，下方高热气流连续向上喷射，通过色球层进入日冕下层，大放色彩艳丽的火焰，叫做“日珥”（Prominence）。这日珥光泽红亮，类似玫瑰。事实上色球层也是深红色，两者相同，日珥就是由色球层内喷射进入太空的一部分气流。

日珥分两类。一为“爆发日珥”，是气流爆发进入太空所形成的日珥，在空中飘扬，类似女孩子头发上的红色绸带。气流喷射每秒上升可达 1000 公里，上升高度 5 万到 10 万公里，形似喷射式水柱，或弯曲似弓形，历时数小时即消失。另一类是“宁静的日珥”，不上升入太空，而作水平方向伸展，

在色球层表面上象似一条山脉。它下面是水平磁场。磁场的力量可把它们隔开。因为这水平磁场能对抗太阳引力以支持日珥。这类日珥长达数万或 10 多万公里。主要由氢构成。它们投影在色球圆面上是黑条，叫做“色球纤维”（Filaments of Chromosphere）或“色球暗条”。如果高起，投影在黑暗的天空背景上，它又是明亮的火红色。有时它的中部向上拱起似一座虹桥，很美，历时数月不消失，它十分宁静。

以上所述的日珥、耀斑、黑子，都是太阳活动的形象，其周期都为 11 年。

认识太阳威力，慎防紫外线 太阳辐射有利于人，但过度利用也有害。例如在海滨浴场上晒背，或烈日之下行路。阿拉伯大沙漠是热带大沙漠，蒸发盛，辐射强烈。男女用白布包头，用围巾遮脸，用长袍蔽体，在干燥而又强辐射的阳光下，这一套服装是对的。如果在中国东部穿这一套服装，就不合乎中国东部的大环境了。在海滨晒太阳，是英国、爱尔兰等国的习俗。这习俗也是来自他们的大环境。英国位于高纬度西风带内。首都伦敦的纬度相当于中国黑龙江省爱辉（黑河），远在北京之北。冬季狂风，多云雾，少晴天；但受暖洋流的影响，不甚寒冷，偶尔太阳从云缝中出现，英国人就到院子里享受短暂的日晒，晓得冬日的可爱。夏季度假，到欧洲南岸（即地中海北岸）海滨游泳，并晒太阳。地中海北岸主要浴场的纬度都在北纬 42° 以北，相当于中国承德市或沈阳市以北的地方，阳光并非如闽、粤等省海岸那样灼人的热。

英格兰人和爱尔兰人移居美洲后，依旧保持卧在海滩上晒太阳的古老习惯。然而低纬度的美国和其他英国殖民地，阳光强烈，可使人受伤。经常曝晒，可能损害视力，并会形成皮肤癌。据说，鼻部和臂、腿各部都会生癌。皮肤科教授及眼科教授不断地在报纸上提出警告。据一些资料载，50 年代以来，美国因曝晒而造成皮肤癌的病人增加了三倍。这是说，我们应该听从美国皮肤科教授和眼科教授的劝告，不该再在美国海滩上晒背或晒腿。英国人住在寒温带内喜爱阳光，是他们重视他们的大环境。我国海岸大部在暖温带内或热带内，不宜久晒。因为紫外线太强，不仅皮肤易于老化，视力也受伤害，削弱角膜的功能，也伤害视网膜。我们也必须重视我们自己的大环境。

三 类木行星、类地行星及小行星

类木行星的共同特征 太阳系中体积大、密度小、自转很快而且卫星多的行星，类似木星的，称作类木行星（jovian planets），例如木星、土星、天王星、海王星等。类木行星的主要特征有七个。

(A) 质量大。假定地球星质量为 1，木星则是它的 317 倍，土星为其 95 倍，天王星为其 14 倍，海王星为其 17 倍。都是大质量行星。类地行星则相反，其质量都小于地球。(B) 无固态外壳。表层拥有氢、氦，但为量不多。由于温度低，水及甲烷、氨混合为冰。这现象同类地行星也完全相反。(C) 自转极快。木星自转一周需时 9 小时 3 分钟，土星为 10 小时 14 分钟，天王星为 15 小时 36 分钟，海王星为 18 小时 26 分钟。体积甚大而又自转特快。这现象与太阳恒星不同，与 4 颗类地行星也不相同。(D) 由于自转特快，赤道部位膨胀，两极扁平，扁率极高。木星扁率为 6.4%，土星为 10.8%，天王星为 3.0%，海王星为 2.5%（地球星为 3.3%）。(E) 比重极低，不及地球星比重的 1/3。假定地球星的比重为 1，类木行星与地球星相比，木星是 23%，土星为 11%，天王星为 23%，海王星为 31%。为什么这样轻呢？这是因为组成的元素有氢、氦等气体。(F) 都有光环。木星有一道光环，土星有无数道光环，天王星有 11 道光环；据推测，海王星也有一道光环。(G) 类木行星距日的距离比类地行星远，且都在小行星轨道以外。

木星是颗超巨行星 类木行星都是大行星，其中木星（Jupiter）最大（土星是第二）。太阳系中，木星之大仅次于太阳恒星。木、土两行星体积极大而比重极小，显示组成的元素中，有氢、氦、氨等物质。这颗行星不仅多卫星，也多光环。木星有环，但光度微弱。环的半径有多长？估计由环到木星中心约 13 万公里。环宽约 800 公里。全部由微粒组成。微粒就是太空的尘埃，聚集成环后，又为木星引力作用而降落，新的微粒又由太空飞来以补充光环的损失。

望远镜里所见到的木星并非它的表面，而是它的大气层表面。这表面的气流或云带呈现“带”和“条”，其方向与纬线平行，叫做纬向分布。组成其大气的成分主要是氢，约占 89%；其次是氦，约占 10%；其他尚有甲烷、氨、水汽、乙炔和少量的磷化氢。木星大气层表面深达 2000 公里，全是气体。组成的物质主要是氢，由于在气层下大气受高压而成为液态，即主要为液态氢。这是由液态氢构成的海洋，具有海洋的外貌，当然性质不同。木星无岩石壳，与地球星完全不同。核部也是氢分子，但受更高的气压，形成金属氢，由于高温，估计有 3 万 °K，电离液化，形成核部。这核部是液态的金属物。

总括来说，木星大气层与木星核部之间并无分层的界面。由大气层表面直到核心全是氢。这现象很象似一颗小太阳。它的云层表面向外辐射的热量大于吸收太阳的热量。然而木星不能发光，只是一颗暗星，其反照率为 70%，比月面大 10 倍。木星不发光的原因是缺少原子氢，因为它的氢全是分子氢。从木星大气层表面来看，只有极薄的一层是电离层，具有微光。以下为分子氢、液态氢，温度太低，其核部温度只有 3 万 °K。据说，核部温度必须高达 800 万 °K 时才可将氢的核子点燃。太阳核部温度可高达 1500 万 °K，木星无热核反应，只能乖乖地作为太阳系内的一颗行星。然而我们必须认识木星的特殊性，由大气层表面向下直到核心，90%是氢分子。大气表层温度 130 °K。辐射量大于吸收量只有两倍，并不很大。木星核部据推测可能有铁及硅酸盐。

木星大气层表面有“亮带”与“暗条”之分。所谓亮带(Bright Zones)是由氨(NH₃)组成的上升气流,温度较高,气压较低,热源来自核部。所谓暗条(Dark Belts)是下降气流,温度低而气压高。这对流的深度可超过2000公里。亮带多而且每带的宽度较大;暗条少而且每条的宽度较狭。带与条有多种颜色,例如暗红、褐、橙、白、暗蓝、深灰等色。

“大红斑”(Great Red Spot)最引人注目。它的红色是由于太阳的辐射线。尤其是紫外线,使大气内化学元素受到破坏而出现红色。上文所述亮带与暗条出现多种色彩,原因与大红斑相同。大红斑是一个巨大的反气旋区,属于高气压。表面很暗,虽然广阔,却是属于暗条的一类。这是大规模的下降气流区。虽然下降,但不能真的降落,因为下方有巨大的上升气流把它顶住,不让它降下去。它不能降落,只好随着木星自转而自行回旋。我们地球星赤道以北的反气旋是顺时针方向转动的,赤道以南反气旋是反时针方向转动的;现今木星上大红斑正是以反时针方向转动的大气流。

大红斑长约45000公里,宽约12000公里,高出附近大气层表面达8公里多。其轮廓似蛋,红红的,并不美观。它出现已有400多年,尚未消失,形态有变化,但不很大。大红斑是木星上的气岛。由于高度极大,周围气流有机会由底部侵入,以加强它的回旋能力。除大红斑外,尚有规模较小的白斑。

木星有16颗卫星。最接近木星的卫星是木卫五(Amalthea),1892年发现,距木星的表面只有11万公里。它环绕木星一周只需0.498日,相当于地球半天时间。这颗木卫五的直径很短,约有150公里。假如在木星表面上仰望,木卫五在天空飞走好似一只大球,冉冉而来,又缓缓而去,十分好看。

距离最远的卫星是木卫九,距木星为1470万公里。它环绕木星由东向西是逆转。此外,尚有木卫八、木卫十一及木卫十二,都由东向西采取逆转方向,而且直径都很短,介于8~40公里之间。它们显然是一些小行星,被木星引力抓过来,才成为其卫星。

木卫一(Io,半径1815公里,距木星35万公里)、木卫二(Europa,半径1569公里,距木星60万公里)、木卫三(Ganymede,半径2635公里,距木星99万公里)、木卫四(Callisto,半径2400公里,距木星188万公里)。这4颗卫星是伽利略在1610年内发现的,因此叫做“伽利略卫星”。

木卫一译为爱奥,视星等为+5.5等。反照率为37%。表面呈现红橙黄白棕等色。木卫一有火山,喷出碧绿色的烟柱,高达250公里(参看本书彩图片)。活火山有八座,高度介于50~300米之间。木卫二译为欧罗巴,反照率很强,为39%。视星等为+5.3等。表面全是冰,在望远镜里很明亮。木卫三译为加尼美,视星等为+4.6等。反照率很低,为20%。表面有岩壳,拥有陨石坑(撞击坑),也有冰盖。木卫四译为加利斯多。视星等为+5.6等。反照率为3%,比月球反照率还低。表面陨石坑密密麻麻,相当昏暗。加利斯多有一个大陨石坑,圆圈形,内外共有16层,是同心圆状陨石坑,显示撞击的猛烈。最外一层的直径有2600公里长。圆形坑很浅,环形山不存在是一特点。

土星光环极亮土星(Saturn)是类木行星中第二大的星,体积大比重小,多卫星,而且有极亮的光环。环在其赤道上空,好象一张巨大的唱片,直立于赤道之上。各环作同心圆由外向内,可分为许多层。往日观测,只能分出外层、中层及内层,各层之间夹有黑暗的环缝。事实上,由外向内可分为由

A 到 E 五大层，中间暗黑部分不是缝，依旧是环，只是光亮不够明显而已。

由土星表面向上，直到 1.2 万公里的高空，才是光环的内界，即光环的起点。由此向上进入高空，一层又一层向外，直达 6 万公里以外的外界全是光环，互相重叠无数道。在地球星面上用望远镜观望，光环直径长达 27 万公里。光环的厚度约有 1 公里至 5 公里左右。1973 年用雷达探测的结果，光环的组成全是碎石块，直径由 0.5 米到 1 米左右，石块表面覆有薄层冰，这是水汽凝结的冰，反射阳光，晶莹似珍珠。木星光环内微粒表面上无冰层，不反射阳光，结果不亮。

土星光环是如何形成的，迄今不明。有人认为由太空内流星体为土星引力抓来，在近空集积而成光环。这个说法不为人们所接受。因为其他行星也有引力，为什么不去抓取流星体，以制造它们自己的光环？另一种则认为当一颗卫星接近土星表面时，被土星表面起潮力（引力）所击碎，纷纷落在土星表面，惟有那些位于土星赤道上空的，由于赤道自转较快，离心力较强，未能落下来，暂时停在赤道上空从而形成光环。

土星光环随着土星自转而流动，不易下落；而距赤道远些的就免不了落到土星表面上。因此，直立于赤道上空的可以久存。A 环外界微粒前进速度平均每秒 16 公里，B 环内界前进速度为每秒 20 公里。如果光环上各微粒是固结连成一片，A 环外界（或外侧）的速度应该最快。现今已测知，最外侧最慢，最内侧却最快，这证实了各个微粒是各自分离、各自独立的，并非固结在一起。

土星有 23 颗卫星。其中最接近土星的是土卫一（Mimas），直径 392 公里，距土星表面只有 18 万公里。表面上全是陨石坑。其中最大的一个坑，直径约有 130 公里长。土卫六叫做泰坦（Titan），直径有 5150 公里，距土星表面 122 万公里。据说，它表面上有大气层，由甲烷组成。大气层下方就是由甲烷组成的海洋。这颗卫星比水星大。

土星的其他卫星奇形怪状。例如土卫七是一块大石块，外貌极不规则，纵横 410×220 公里。又例如土卫十一，象似一颗大牙，纵横 135×70 公里。据估计，土星的卫星可能超过 100 个，其中大多是小行星误入土星引力范围而成为卫星。

木星与土星对比木星与土星有许多类似之点，但其中也有差异，列举如下。

（1）两行星距日：先说平均距离，木星为 7.78 亿公里；土星远些，为 14.27 亿公里。论远日点，木星为 8.15 亿公里；土星为 15.07 亿公里。论近日点，木星为 7.40 亿公里；土星为 13.47 亿公里。

（2）视星等：木星及土星肉眼都可以望见，木星为 -2.7 等；土星为 +0.1 等。

（3）绕日公转：土星为 10760 日或 29.456 年。木星为 4337 日或 11.862 年。轨道上前进平均秒速，土星为 5.99 公里；木星为 8.12 公里。

（4）自转时间：土星为 10 小时 14 分；木星为 9 小时 3 分。因为自转特快，两行星表面上风速之强，不易想象。木星表面上出现亮带与暗杀，就是由于风速过于强大的缘故。试想地球星赤道上由任何一点开始前进，每小时可行 1660 公里。木星赤道上任何一点可达 43000 公里，快 25 倍。因此，地球星上大风暴每小时约行 100 公里，木星上每小时可行 2500 公里，当然惊人。一般来说，木星上一年相当于地球星的 12 年；然而木星上一天，只有地球星

上 9 小时，不及半日之久。

(5) 体积与质量：论体积，土星等于地球星 832 倍；木星等于地球星的 1403 倍。论质量，土星约等于地球星 95 倍；木星约等于地球星 317 倍。

(6) 密度方面：土星密度极小，只有水的密度 71% (0.71 克/厘米³)。木星的密度比土星大一倍，因此，土星在水面上可以漂起来，木星不能。木星的密度为 1.33 克/厘米³。木星的密度相当于地球星 23%；土星只有地球星的 11%。

(7) 赤道半径：土星为 6 万公里；扁率为 0.108。木星为 7.14 万公里，扁率只有 0.06。土星扁率为各行星之冠。它的两极地区扁平，比大南瓜还扁。

(8) 卫星特多。土星卫星有 23 颗，其中有数颗采用相同的轨道。木星有 16 颗卫星。

天王星与海王星对比 类木行星可分内外两组，海王星 (Neptune) 是远距太阳第八位行星。天王星 (Uranus) 列第七位。这两颗行星都是远行星，仅次于冥王星。这两颗行星彼此有些类似，可以合为一组，成为类木行星的外组；土星与木星仅可视为内组。

1781 年英国人赫歇耳发现天王星。1845 年英国人亚当斯发现海王星。这两颗行星都是通过望远镜找到的。

天王星的自转轴并非垂直于它的轨道面，其间有大倾斜。天王星自转轴与轨道面之间的交角只有 8°。在地面上望，好象自转轴与轨道面平行。这轨道面与黄道面相交只有 0.8° 或 0° 46' 27"。

天王星四季变化很怪，因为天王星自转轴大致与轨道面平行。如果天王星北极正对着太阳时，北极地区为昼，同时为夏季，昼长约 21 年，夏季也长约 21 年；南极地区此时为夜，同时为冬季，夜长约 21 年，冬季也约长 21 年。当天王星在轨道上前进 90° 时，太阳直射天王星赤道，这时候是它的秋季，长约 21 年。当它继续前进到 270° 时，太阳又直射它的赤道，这时候是它的春季，也有 21 年长。地球星公转一周为 12 个月，冬半与夏半各为六个月。天王星公转一周为 84 年，冬半及夏半各为 42 年。

天王星有 5 颗较大的卫星，轨道都在赤道上空。从望远镜里望去，5 星排列在同一平面上，横切天王星于赤道之上。因为这时候它的赤道面正对着太阳，它的赤道面如与太阳光线平行，这 5 颗卫星又排成一条直线状，正对着地球星。近年又发现 10 颗小卫星及 11 条光环，介于五大卫星与天王星表面之间。

天王星和海王星两星的特征作对比如下：

(1) 对日距离：海王星平均距离是 44.96 亿公里，天王星是 28.70 亿公里。远日点：海王星为 45.37 亿公里，天王星为 30.04 亿公里。近日点：海王星为 44.56 亿公里，天王星为 27.35 亿公里。天王星与海王星两星相距 16 亿公里，比日地距大 10 倍还多。从海王星上望太阳，仅似夜晚所见的一颗亮星。

(2) 绕日公转：海王星为 164.8 年或 59911.1 日；天王星为 84.01 年或 30676.1 日。轨道上速度都慢，海王星每秒为 5.48 公里，天王星每秒为 6.76 公里。

(3) 自转一周：海王星为 18 小时 26 分，天王星为 15 小时 36 分。天王星的自转是逆行，与其他行星相反。

(4) 体积：海王星是地球星体积的 55 倍，天王星是地球星体积的 63

倍。

(5) 质量：海王星的质量是地球星的 17.23 倍，天王星的质量是地球星的 14.5 倍。

(6) 密度：海王星平均密度约等于地球星的 31%。天王星平均密度约等于地球星的 23%。海王星是 1.66 克/厘米³，天王星是 1.2 克/厘米³。

(7) 半径：海王星的半径长 24750 公里，天王星半径长 25900 公里。海王星扁率为 0.025，天王星扁率为 0.030。

(8) 云层表面温度。海王星上云层由氢、氦、甲烷组成。云层表面温度为 50 °K。天王星上云层元素略似海王星，温度 58 °K。温度较高的原因可能是距日较近的缘故。这两颗行星向外辐射的热量，都大于吸收太阳的辐射热。

(9) 视星等：海王星视星等为+7.8 等，天王星视星等为+5.7 等。肉眼都望不见。

(10) 海王星有两颗卫星，天王星有 15 颗卫星。

冥王星与海王星 公元 1999 年以前的 20 年间 (1979 ~ 1999 年)，正是冥王星 (Pluto) 在轨道上运行，进入海王星轨道内侧，列为第八颗行星。海王星这时距日最远，成为第九位行星。冥王星近日点为 44.25 亿公里，其时正是 1989 年 8 月。由公元 2000 年开始，冥王星轨道在海王星轨道之外，又成为距日最远的行星第九位。它的远日点为 73.75 亿公里。它走到远日点时将在公元 2113 年，即 22 世纪上半期。距日平均距离为 59 亿公里。由于冥王星轨道面对于黄道面交角为 17° 8' 12"，角度很大，高高在海王星轨道之上，两行星不会互撞。

冥王星轨道上前进速度每秒 47 公里。绕日一周为 90824.2 日或 248.43 年。轨道偏心率为 0.247，大于水星。在九大行星中高列第一位。

冥王星视半径为 1.9 角秒。赤道半径为 1200 ~ 1300 公里。体积相当于地球的 1%，质量只有地球星的 2/1000。密度也只有地球星的 1/4。自转一周为 6.2 日。有一颗卫星凯隆 (Charon)，又叫冥卫一，直径有 800 公里，距冥王星 1700 公里。公转一周的时间等于冥王星自转一周。因此，在冥王星上看凯隆，它不移动，永远停在天空内一个固定的位置。

冥王星视星等为+14.7 等，普通望远镜里看不见。1930 年 2 月 18 日汤博检查星空照片，发现这星。他先看 1 月 23 日的照片，又看 1 月 29 日的照片，发觉一星的位置移动，延到 2 月 18 日在天空里找到它，定名为冥王星。它的外层由甲烷组成，白色，已结为冰。表面温度为 50 °K，内部是石头，可能有铁。

图 10 从各行星上望太阳视面大小示意图

1. 从水星上望； 2. 从金星上望； 3. 从地球上望 4. 从火星上望； 5. 从木星上望； 6. 从土星上望； 7. 从天王星上望； 8. 从海王星上望； 9. 从冥王星上望。

有人怀疑冥王星原是海王星一颗卫星，后来被其他天体撞碰，飞到海王星轨道外自成一行星。理由有三：(A) 自转一周的时间很长，较每个类木行星大许多倍。(B) 轨道偏心率大于其他行星。(C) 轨道面与黄道面之间倾角也为九大行星之冠。这个见解未被接受。冥王星既有卫星，应该是行星。

类地行星的主要特征 太阳系中有一类类似地球星的行星叫做类地行星 (Terrestrial Planets)，包括水星、金星、火星，类地行星的主要特征有

二：(A) 接近太阳。都在小行星轨道以内，通常叫做“内行星”(Inner Planets),指水、金、地、火四行星。轨道以外叫做“外行星”(Outer Planets),指木、土、天王、海王、冥王五行星。(B) 水、金、火三行星都类似地球星。这几颗行星比类本行星体积与质量都小，密度很大，有固态外壳，公转极快，自转极慢，表面温度很高，中心有铁核，含金属元素的比较多。卫星少，无光环。

水星是太阳恒星最近邻 除距日最远的冥王星外，水星(Mercury)轨道偏心率为0.206，在九大行星中列第二位。水星近日点距离是4590万公里。远日点是6970万公里。平均距离是5780万公里。东大距及西大距各为28°。因距日太近，阳光太强，只能在日落之后或日出之前的短暂时间内可以观测。秋季内当它行近西大距时，太阳尚未上升，它已出现，叫做晨星(Morning Star)。春季当它行近东大距时，太阳已落，它尚在地平线上，叫做昏星(Evening Star)。水星也有盈亏现象。距地球星最远时，视直径为4.7角秒；最近时为12.9角秒。每一百年内，水星可凌日13次(金星凌日不及10次)。所谓凌日，就是这星的位置恰在地、日的中间，三者成为一条直线时，水星(或金星)在太阳视面上横过。

水星赤道半径为2440公里，比月球半径多700公里，也不算很大。水星近似浑圆。公转一周为87.969日(简为88日)。轨道上秒速为47.6公里，九大行星中水星跑得最快；自转一周为58.646日或58日21小时58分。水、金二行星及月球自转都慢。当它自转一周时，它在轨道上前进很远。当它追上以前的太阳(例如正午)，它必须行走176日。这176日正是88日(公转时间)与58.646日(自转时间)的最小公倍数。换句话说，水星的一个太阳日(由日出到下一次日出的时间)的长度是水星恒星年的二倍，也等于水星恒星日的三倍。水星轨道偏心率为0.206。轨道面与黄道面的交角是7°。水星的质量为 3.33×10^{26} 克，相当于地球星的质量5.58%。体积相当于地球星的5.62%。平均密度每立方厘米为5.45克。最亮时视星等为-1.2等。

据探测，水星有极稀薄的大气层，这是因为距日太近，水星在形成过程中，轻元素中的氢、氦都被太阳吸收去了，剩下一些重元素构成水星的核部及外壳。大气内也没有水气，全部蒸发干了。昼间表面高温可达700°K，夜间降低为150°K。水星表面有无数的陨石坑或撞击坑，大坑类似盆地，也有辐射纹。类似月球表面上第谷山。水星上最大的盆地是卡路里盆地(Caloris Basin)，直径为1300公里。一般的盆地直径不超过400公里。水星表面上撞击坑不及月球表面上稠密，可能小天体被太阳恒星的引力抓去了。因水星近太阳，甚受压迫，由于太阳的引力太强，时时要把水星拉入太阳的星体里，把它吃掉。也因为水星近日，它必然接受太阳恒星自转向东的影响，它的近日点及远日点也逐渐由西向东移。平均每百年内水星近日点东移42角秒。这是太阳系内极为有趣的问题。水星要利用它的惯力竭力向外逃走，而太阳则用引力拖住，只准它绕着太阳进行公转。就这样，拉拉扯扯，水星的轨道成为长椭圆形，长轴比短轴多出35%，仅次于冥王星。水星表面上的那个大疤(卡路里盆地)可能是由直径超过100公里的小行星碰撞而成的，不仅使其轨道偏斜，其自转速度也减慢了。“撞”的作用在水星上也有明显的表现。这说明，撞击属于外力，可改变行星的惯力，使它的自转速度减缓。

据说水星有核，由重元素组成，早已凝固。也有人认为水星有一个液态

的铁核，因而水星表面有磁场。这磁场可以抗拒太阳风而出现冲击波。水星表面有逆断层大斜坡。可能在表面固结时受到压力而形成。

金星是地球星轨道内侧近邻 月球、地球星及金星（Venus）在它们的生命初期可能是三联星，相距很近。其间又有小行星。由于小行星易受引力而乱撞，结果月球成为地球星的卫星。金星被撞得南极与北极颠倒，而且离开地球星，较接近太阳恒星，自转的方向也改为由东向西。后来，太阳恒星由矮红星进化而为矮黄星，质量加大，引力加强，组成太阳系，用引力把九大行星包括金星及许多小行星联系在一起。

金星与地球星有许多类似之处，也有许多不同之点。体积方面：地球星假定为 1，金星相当于地球星的 85%。质量方面：地球星假定是 1，金星相当于地球星质量的 81%，其质量是 4.87×10^{27} 克。密度方面：地球星假定是 1，金星是 95%，其平均密度为每立方厘米 5.2 克。赤道半径：金星赤道半径长约 6050 公里，相当于地球星赤道半径的 94%。自转方向：地球星自转向东，金星自转向西，两者完全相反。自转时间两者相差极大，比例为 1 : 243。地球星自转一周需时 23 小时 56 分；金星自转一周据说为 243 日（地球日）。金星自转一周比其公转一周的时间还长。金星公转一周为 224.7 日。金星表面上覆盖浓而厚的浓硫酸云层，又无卫星，它的自转时间迄今尚未能完全肯定。海洋方面：地球星表面上有 70% 是海洋；金星表面没有一滴水，比月面还干燥。大气方面：地球星大气内氧可占 21%，二氧化碳只占 0.03%；金星大气层内含氧不及 1/1000，含二氧化碳高达 96%。为什么这两颗互相为邻的星的性质差异这么巨大呢！

仔细推想，金星本来由西向东自转，方向与地球星自转相同，因为那时候小行星特多，相互撞碰也的确厉害。地球星表面本来也撞碰，出现许多大坑，但由于风化作用强烈，这些大坑经不起重力滑跌、流水冲刷、风吹、日晒、雨洗、霜冻，一一消失不见。然而，月球表面受严重创伤，大大小小撞击坑穴有数十万或数百万，而且月背与月脸成为并非十分对称的两个半球。金星与水星也受到撞击，但金星被撞的十分凑巧，竟把南北两极颠倒过来。本来金星的自转方向是由西向东，由于金星两极位置颠倒以后，它依旧维持自转，致使转动的方向与以前相反，成为由东向西自转。天文学上这种倒转现象叫做“逆行”（retrograde motion）。读者也可以作个实验。一个正在由西向东自转的地球仪，忽然为人移动，两极的指向互易，北极指南，南极指北，地球仪受惯性的作用依旧自转。然而自转的方向，这时候与原来的方向完全相反。因此，我推想金星的逆行，导因是小行星的撞碰，把它撞颠倒。可见，“撞的作用”在太阳系演化史上占有极重要地位。

金星是距太阳第二近的行星。由地面上望金星，不论在太阳的东方或在太阳的西方，相距最远最远时都不超过 48° 。这角度叫做“大距”（greatest elongation）。金星（或水星）在太阳以东或以西有一定的限度。如果小于这限度就不易观测，因为受太阳强光的干扰。如果金星（或水星）接近西大距时（金星为 48° ，水星为 28° ），它在早晨出现。金星先升，然后日出。这时候，金星叫做晨星，中国古代叫做“启明星”。如果金星接近东大距时（金星为 48° ，水星为 28° ），它在傍晚出现。太阳已落，金星在西方地平线上空很亮，叫做昏星。中国古代叫做“长庚”。

金星反照率极高，有 77%，显得晶晶亮。金星类似月球，有位相，类似月球的新月、满月、上弦月及下弦月。当金星、太阳、地球星三者位于同一

垂直面上时，叫做“上合”（Superior Conjunction）。这时候，金星距地球星很远，有 2.56 亿公里。视直径很短，圆面很亮。“下合”（Inferior Conjunction）时，它介于地球星与太阳恒星间，暗面对向我们，看不见它，这时候的距离是 4480 万公里，通常金星由下合到西大距行 72 日，由西大距到上合行 220 日，上下合的间隔为 292 日。由下合开始有“位相”（phase）。出现“金星牙”，类似新月。上合时是满月型的圆面。

金星绕日一周是 224.7 日，上文已述。金星一年相当于地球星年 62%。近日点距离是 1.074 亿公里，相当于日地距 72%；远日点距离为 1.091 亿公里，相差不大；平均距离是 1.082 亿公里。轨道上前进秒速是 35 公里。金星轨道面与黄道面的交角是 $3^{\circ}24'$ 。金星大气层中 96% 气体是二氧化碳，这气体可使人立即窒息。大气压较地球星大 90 倍。

金星表面温度为 750°K （ 477°C ），固态的铅、锡在金星表面上都会融化成为液体。金星表面无水，无氧气；高热又高压；而且大气中浓厚的云层由浓硫酸气体组成，并非水汽。高空云层流动如飞，每小时可达 300 公里，相当于地球星大气层内的射流。云层环绕金星一周，需时 4 日，比金星表面自转一周所需的时间快 60 倍。金星无卫星，无磁层，表面也无磁场。金星表面有两块大陆，是比较高峻的地区，也有一部分是洼地。金星无板块运动。大气中原有的氧气因都与表面上的物质发生氧化作用而消失。大气内的水汽被太阳辐射线分解为氢、氧分子。氢上升，离开金星进入太空，氧因对流作用到达表面进行氧化作用。因此，大气内没有水汽。

1978 年美国太空船“先驱者探测器号”（Pioneer）绕行金星，距表面 400 公里远，用雷达探测得知金星表面有大盆地，可能是干涸的海洋，占金星表面的 16%；有平原也有高地，共占 84%。所谓平原，并非真实的平原，表面起伏介于数百米与 1000 多米之间，且有巨大石块到处散布，可能是风化作用的产物。高地很高，高峰比低地高出 11000 多米。还有大峡谷，深度超过美国大峡谷。金星表面有两块大陆：一为北方大陆，面积约等于美国大陆；另一大陆叫做南方大陆，比前者约大两倍。1978 年及 1982 年苏联太空船的探测器测知金星上有火山，甚为活跃；并成功地测得金星表面有岩石，且有丰富的硫化物。由于二氧化碳阻止阳光射向金星表面，其表面应该是昏暗的，然而有微光可以拍照，这微光来自硫化物的发光。太阳的可见光波及红外线在金星大气层表面即被反射，紫外线在大气层内全被吸收。探测器也测得大气层内有四云层，组成的物质都是浓硫酸。上层云流动快；下层云流动慢；愈接近表面愈稀薄，而且流动最慢。

大气层表面温度为 250°K （ -23°C ）。这热量来自太阳的直接辐射。由大气层表面向下，高度愈减低，温度愈升高。到达金星表面已高达 750°K 。其热量不直接来自太阳辐射，而来自大气层的温室效应（Greenhouse Effect）。

进一步看，太阳辐射只限于金星的昼间，即面日半球。背日半球得不到太阳的直接辐射，然而温度却也一样高。金星表面昼夜各有同样的高温，这一现象显示二氧化碳可以反射金星表面辐射的红外线波段，使热量不能向外太空散失。也就是说，金星大气中的二氧化碳能让阳光通过，照热金星表面，不让热辐射返回太空，从而产生温室效应。经过若干亿年时间，金星表面温度由于热量累积，形成了惊人的高温。这就是温室效应的结果。这一点应促使地球星上人类必须提高警觉。如果现今世界各国不研究新方法，而继续燃

烧大量石化燃料，例如石油及煤炭，势必增加地面上大气层内二氧化碳含量的百分比。二氧化碳在大气内累积愈多，温室效应愈强，气温也必燃升高。人类将如何应付？只有一个方法，大规模植树种草，绿化地面，让植物的叶子大量吸收空气中的二氧化碳。

大气层的温室效应同地面上实际的温室作用不完全一样。建在地面上的温室，太阳辐射光和热通过玻璃进入室内，被室内物质吸收后化为红外线。因为红外线波长太大，不能通过玻璃，只能留在室内，使室内温暖。玻璃窗有隔绝作用，使室内暖空气不能外出，室外冷空气也不能进入，冷暖空气不能混合。地球星大气层是透明的，金星大气层却不透明；这一个差异，使地球星表面热量收支平衡，金星表面热量却收支不平衡。

火星的特征 火星轨道在地球星轨道外侧。火星表面可能适合有人的太空船降落，尤其是由地球星飞往火星，途中小行星甚少，较为安全。金星与水星由于温度太高，不适合人类前往访问。因此，本书重视火星。

火星(Mars)古名荧惑，火红色。由地面仰望，光泽极美。大气层透明，表面多红色土。当火星、地球、太阳同位于一个剖面时，地面的黑夜恰对火星的白昼，这时候看火星十分清楚。这在天文学上叫做“冲”(opposition)。如果恰巧火星、地球二行星相距又最近，这时叫做“大冲”(favorable opposition)。1986年正是大冲之年，这时火星在轨道上前进正到达近日点。平均每两年可有一次冲，每15年或16年才有一次大冲。望远镜里的火星，冲时圆面视直径可达15角秒，视星等通常为+1.5等。大冲时圆面视直径可达25角秒，视星等为-2.9等。

火星离太阳的平均距离为22794万公里；近日点距离为20600万公里；远日点距离为24800万公里。距地球星最近时为7800万公里，相当于“月地距”的200倍。偏心率为0.093，仅次于冥王星及水星，列第三位。公转一周为687日或1.881年。自转一周为24小时37分22秒。这说明火星上一日比地球星上一日长37分多；火星上一年又比地球星上一年多10个月。

火星赤道面与轨道面之间的交角为 25.19° ，在轨道上前进速度为平均每秒24公里，比地球星慢。火星质量只有地球星10%；体积也只有地球星的15%。平均密度为 3.94克/厘米^3 ，相当于地球星的71%；表面重力只有地球星的38%。因此，火星表面上行路比在地表面上轻松，因为易于举足，也易于落脚。火星反照率有15%，等于月反照率的两倍。在可见光的光谱内，靠近紫外线波段的反照率为5%；靠近红外线波段的反照率可达30%。这是说，火星反照率随着波长的增加而急剧增加。结果，夜间望火星，它的颜色红亮。古人迷惑不可解，才命名为荧惑。表面逃逸速度每秒5公里（地面逃逸速度每秒为11.2公里）。火星表面也有四季的变化。

火星有大气层，大气层中二氧化碳占95%，氮占2.7%，氩占1.6%，氧占0.13%，一氧化碳占0.07%，大气下层的水汽占0.003%。这些气体来自火山喷发。火星体内气体通过火山作用，喷出表面，其中很少水汽。大气层厚度只有200公里，200公里以外直到2万公里间非常稀薄。大气压只有地球星大气压的1%左右。接近火星表面的气温约为 218°K ，50公里高空气温已降到 150°K 。由火星表面到50公里高空，其间是对流层，风力很强，秒速可达8米，最高风速可达每秒70米。风里尘土飞扬，形成尘暴。对流层内出现微量的云，由水汽组成。50~100公里之间是平流层。这一层内有二氧化碳云。又对流层与平流层内都有尘埃云。100公里以上高空是热层

(Thermosphere)，气温可达 300 ° K。

火星天空深紫色，比地球星上蓝色天空更为迷人。火星表面上有红色尘土及黄色尘土，当发生风暴，尘土直升时，天空出现桔黄色，十分美观。火星大气层内虽然差不多全是二氧化碳，但温室效应不大，因为密度太低的缘故。据估计，依赖二氧化碳所做出的温室效应不过 5 ° K 而已。

火星大气层内也有降落物，但不是雨雪及冰雹，而且由二氧化碳结成的冰。最使人惊奇的，它先用水冰结成一个小格子，体积极小，其中储藏二氧化碳分子。有时也可见到一粒一粒的水冰，但为量太微。英国人琼斯称这些水冰粒为“白色降落物”，简称白落物。火星北极区及南极区每年进入冬季，先降落水冰；接着降落白落物。更冷时，降落二氧化碳分子所结成的冰粒，叫做二氧化碳冰，也叫做干冰。在两极地区可积成二氧化碳冰盖。次年，夏季温暖，冰盖融化成为二氧化碳气体，回升到空中；剩下来永不融化的真正冰盖，即由水冻结而成的冰盖，覆盖火星北极区及南极区。

火星表面有土壤，其中含氧、硅、铁、钙、铝、钾。表层是火成岩，可能为玄武岩。火星南半球多陨石坑，密密麻麻，类似月球；火星北半球多玄武岩熔岩流，已固结成盾状火山。火星上有许多大火山，但无火山锥，全是盾形火山，趴在表面上；没有一座象日本富士山或美国雷尼尔山那样的锥状山体。因为全是玄武岩熔岩流，不粘，可以流得很远，类似盾形，覆在火星表面上。地球星上也有盾形火山，但规模不大，因为地球星有板块运动，可以阻止岩浆外流，例如夏威夷群岛。火星无板块运动，玄武岩岩浆由同一地点连续向外流，才造成比珠穆朗玛峰高三倍的奥林波斯山。从这一方面看地球星，板块运动酿成地震灾害、火山灾害，似乎不利于人类，然而从另一角度来看，板块运动可以平衡地面环境，又似乎利大于害。火星上最高的奥林波斯山是死火山，它的外形类似夏威夷岛上的冒纳罗亚火山，基部宽约 800 公里，山顶高出火星表面 25 公里，山顶有一大型火山口，直径长达 65 公里。由于火山喷发，引起火星表面岩层破碎，出现大裂谷；并因缺乏板块运动，裂谷不能填满，继续存在。火星上不仅有裂谷，而且有大盆地，例如希腊盆地 (Hellas Basin) 及阿尔及尔盆地 (Argyre Basin)，后者面积广大而平坦，类似大平原。

火星北极区及南极区各有一冰盖，叫做“极冠”(PolarCap)，冠的下面全是永冻不融的老冰。这老冰就是上文所说的水冰。

往日的火星似乎温度较高，现今低于 -80 °。火星表面也有流水，而且蚀成河谷。这些河道的分布介于北纬 30 ° 与南纬 40 ° 之间，较大的河长约 400 公里到 700 公里。后来，河水蒸发，河谷变为干谷，现今没有水，但谷系清晰可见，有干谷，也有支谷。水进入空中，受太阳辐射使氢与氧分开，水汽也逐渐被消灭。由于气温变低，两极地区出现永冻的冰，坚似岩石，不再融化。

火星表面无磁场，也无往日所猜测的弱磁场。没有磁场就没有辐射带。以前假定火星有一个金属核，也假定环绕火星外空有一个辐射带。现今已证实火星无磁场，也无辐射带(类似地球星外的磁层)。然而宇宙线可以直射到火星表面，强烈的程度相当于地球星面 100 倍，可以伤人。

经多年观测，火星表面有 60% 是沙漠区，由淡红色沙砾组成；有少数地区是绿色，而且这绿色地区依据“火星年”的变易而有变易。有人猜是植物，但火星上无水，少氮缺氧，如何能有植物？美国水手四号探测器 (Mariner 4)

探测的结果，证实无植物存在。因此，对此绿色地区有两种推测：一为火山喷出物，它的颜色随着表面温度高低变化而有改换；另一种推测，这绿色带是一种错觉，当大片红色沙砾表面邻接大片灰色表面，灰色表面的边缘受红色表面的影响，使人误认为绿色。我认为后一种解释较为正确。

1969年美国先后发射“水手六号”及“水手七号”去拍近距离火星照片。1971年又送“水手九号”拍得万帧照片，均无传说中的火星表面上的运河。1971年内苏联也发射两艘太空船“火星”及“火星（Mars及Mars）”。1975年美国又发射“海盗一号”（Viking）探测器，不久又发射“海盗二号”（Viking）探测器各运行10个月。1976年7月20日“海盗一号”到达火星；二号于同年9月3日到达。它们测出火星空气温度，表面土色及火山形状；测出希腊盆地有2000公里宽，4公里深，峡谷比美国大峡谷长10倍，深3倍；测出火星无海洋，无大山脉，无板块运动；测出火星没有地球星的结构，并非完全类似地球星，尤其是火星土壤内未能找到有机质，使人失望。

地球星上除高纬度外，月均温大致介于-10到20之间，相差不过30度；而火星上低纬度气温介于-30到-80之间，远低于冰点。地球星上大气层内气体中氧占21%，氮占78%，二氧化碳只占0.03%；而火星大气层内气体中氧不及0.1%，二氧化碳竟占95%。地球星表面上海洋占总面积71%，陆地上又有湖泊江河；而火星表面上无水，只有极冠区域由坚冰筑成它的下层。从以上三项比较来看，可以说，地球星真是美极了，好极了。因此，住在地球星上的人类为什么不好好保护空气，反使它受污染？为什么不好好保护淡水资源，使它受污染而不能饮用？我的浅见，最好请他们能到火星表面上去度假，那时候他们才能了解淡水的可爱与氧气的可贵。

在火星上仰望天空，由于空气稀薄，天空为深紫色。昼间可以望见大星，夜间尤为新奇，比在地球星表面上所能见到的要多许多倍，而且更明更亮，尤其是所看到的地球星及其卫星月球最易引起兴趣，前者明朗，类似一颗蓝光星；后者暗淡，类似小星。

火星有两个卫星。一个叫做火卫一（Phobos，意译为惧星，音译为浮博士。一译火星内卫星），另一个叫做火卫二（Deimos，意译为慌星，音译为第摩士。一译火星外卫星）。这两个卫星1877年内为霍尔所发现。

火卫一距火星表面只有6000公里，距火星中心为9397公里。因为距离太近，逐渐受到火星的强大引力，两者之间的距离在缩短，而且有可能会互相碰撞。火卫一的体积是 $27 \times 21 \times 19$ 立方公里，形状极不规则。表面多撞击坑（陨石坑）。环绕火星一周，恒星周期只有7小时39分，比火星自转一周快三倍。它是逆行的，西出东落。公转周期小于行星的自转周期是它的第一特征。逆转是其第二特征。第三特征是它在太阳系各卫星中最接近行星。从火星表面上看火卫一视周期为11小时；并且在每个火星日中，它由西方两次升起，从东方两次落下。火卫一表面上有两个很大的环形山，其中都是撞击坑，表面上又有许多凹槽，成于一连串的小撞击坑。火卫一表面上最大的撞击坑叫做斯蒂克尼（Stick-ney）。坑口直径长约8公里。

火卫二距火星中心较远，为23460公里。火卫二的体积是 $10 \times 12 \times 15$ 立方公里。环绕火星一周为30小时18分。它的轨道面与火卫一大致相同，一在内空，一在外空，无互撞的危险。火卫二的视周期约为132小时。表面上最大的撞击坑叫做霍尔坑。至于逃逸速度，据说火卫一为秒速16米，火卫

二为秒速 10 米。这两颗卫星反照率极低，各为 5%。月球反照率为 7%，只有月海 (Mare) 区内反照率为 5%。这现象使人联想到它具有小行星的构造，因为岩质内含有碳，反照率才会低。至于视星等，火卫一为 +11.5 等，火卫二为 +12.5 等。

有人认为这两颗火星小月亮是被火星的引力抓来的，因为火星轨道外侧就是小行星轨道，近水楼台，抓来很易。但也有人反对这种假说，因为这不符天体力学原理。有些人则认为，火星原来只有一个卫星，后来受流星撞击，分裂为大小两块，即今日所见的火卫一和火卫二。由于自身的引力不够强大，不能塑造为一圆球形而保留往日残破的怪状。有人说，火卫一表面上大凹槽是一些大裂缝，因为它太接近火星表面，受火星的起潮力（即引力）而开裂，开裂而破碎，大部分落在火星表面上，小部分也有可能坠落在地球星上或月球上。

据说，1978 年“海盗”号探测器曾探测到火星赤道附近有一个大型撞击坑，坑内有白色石块，叫做白岩 (WhiteRock)，长 18 公里，宽 14 公里，厚度不知，坑的位置在火星上南纬 8°、西经 135°。因为接近赤道，不可能是大冰块，也不可能是干冰。这块白岩表面温度高，不可能有冻结物。但是火星表面上是没有白岩的，火卫一和火卫二表面都无白岩，小行星内也未见白岩。因此，这个发现确是个大问题。

小行星是怎样产生的 小行星个个是大石块。表面上无空气，无水，更无生物，但有坚硬的岩石壳，这一点极似接近太阳的类地行星。因为它们的体积大于流星体 (Meteoroid)，改称小行星 (Asteroid，或 Planetoid，或 Minor Planet)。它们形成的时间与九大行星相同，有自转，也绕日进行公转。

小行星的轨道是椭圆的，大多介于火星与木星两轨道之间，叫做小行星带。1801 年 1 月 1 日第一颗小行星被发现，叫做谷神星 (Ceres)，编为小行星 1 号，直径 1020 公里，自转一周是 9 小时 5 分，公转一周是 1681 日。1802 年又发现智神星 (Pallas)，编为小行星 2 号，直径 585 公里。接着发现小行星 3 号，定名婚神星 (Juno)，直径长 248 公里，及小行星 4 号，定名灶神星 (Vesta)，直径 538 公里。

现今已发现而且被编号的小行星有 2958 颗，已被雷达测得的有 5 万多，估计小行星总数超过百万。由中国人发现的小行星有几十颗。小行星拉丁文前面附有数字，例如 1Ceres；16Psyche；433Eros，就是它的编号。小行星虽然很多，但所占空域也十分广大。它们彼此相距都超过百万公里远，很难互相撞碰。如果撞上了，破碎而成为小石块，依旧是小行星。

直径超过 100 公里的小行星不及 200 颗，大多数直径在 1 公里以下。小行星质量的总和比月球还小。谷神星及智神星的表面是碳质的，其他小行星全是石块。1898 年发现的爱神星 (433Eros) 是一块长条形的大石头，长 35 公里，宽 16 公里，厚 7 公里。在望远镜里看有时大，有时小。它有自转，自转一周的时间是 5 小时 16 分；又有公转，公转一周的时间为 1.5 年。当这石条的一端正对着太阳时，在望远镜里所见到的光点就小。如果这石条横列而向太阳时，从望远镜里所看到的光点化为光条，也很好看。

小行星带宽而深 小行星带的一侧接近火星及地球星两轨道，另一侧接近木星及土星两轨道。绝大部分都在火星与木星两轨道之间，只有少数的几颗接近地球星轨道或土星轨道。接近火星轨道的一侧全是石块；接近木星的一侧，表面多由碳组成，颜色昏暗，反照率极弱。这现象充分显示小行星成因

不同。

总之，小行星带内小行星分布并不均匀。大致可分为三带：主要的小行星带位于火、木两星轨道的中部，宽约 2 亿公里，相当于 1.3 天文单位，即介于距日 2.6 ~ 3.0 天文单位之间。由此向外，有一狭带叫做希尔达小行星群（Hilda Group）。更外，在木星轨道上有两组，都叫做特洛伊小行星群（Trojan Group），其中一组在木星前方，另一组在木星后方，这些小行星原来都是木星的卫星，受外力（可能是土星）的影响而离开木星，成为同轨道上的小行星。

最接近地球星的小行星，叫做伊卡鲁斯（Icarus），编号为 1566。当它最接近地球星时只有 560 万公里远（注意：火、地两行星轨道最狭处相距也有 7800 万公里）。次近的是阿波罗（Apollo）及亚当尼斯（Adonis），都是椭圆形轨道。近日点进入金星轨道以内；远日点在火星轨道以外。它们的轨道都在高空，远远在黄道面上方，不会发生碰撞的灾祸。伊卡鲁斯直径为 1.5 公里，自转一周为 2.3 小时。上文所述爱神星（433 Eros）距地球星最近时为 2300 万公里。

1977 年，在土星轨道内侧也发现一颗小行星，命名为奇伦（Chiron），编号 2060，意译为聪明的星。近日距为 8.5 天文单位，绕日公转一周为 50 年。轨道偏心率为 0.38，比冥王星还大，直径估计为 100 ~ 300 公里。据说这颗星有可能被撞出冥王星轨道外，或者破碎。一般人相信，彗星的起源地在太阳系以外；又相信小行星的起源地在太阳系中部。他们也相信，彗星有冰；小行星上可能也有冰。小行星由石块组成；彗星也有石头。两者的差别很微，那么，小行星是否是一颗彗星呢？（后来证实它是彗星。）

四 地球星是太阳第三位近邻

地球星在宇宙空间中是个在运动的小不点。中国人常说的“天地”是把两者对立的，他们认为地比天大，因为天幕落在地上。现今科学进步，已知苍苍者“天”是指天球视面，包括所有的星系，也包括脚下的地球星。如果从冥王星上望地球星，可能望不见。在宇宙内，地球星比地面上的一粒微尘还小，因此，我把它叫做“小不点”。所谓小不点，比点还小。

了解地球星的微小，就不会出现“地与天对立”的观念。距今2500年前，孔子登泰山而小天下，他已证实“视点愈高，视野愈大”的原理。他比别人高明多了。我也重视实地观察。西方学者也重视观察自然现象，例如航海者发现入港的船先看见其船桅，后见其船身；出港的船恰好相反。他们把这一现象作为“大地为一球形”的证据。又如北半球内旅客向北直进，北方星辰渐高，南方星辰渐低；如改向南行，情况又恰好相反。就与地圆学说取得联系。我国希望科学发展，必须重视观察，以求得到正确的结论。希望哲学家亚里斯多德首先指出月蚀现象是地球星的影子落在月球面上。因此，他推测地为圆球形。中国古代知识分子受帝王的压力比西方人大，因为中国的帝王被尊为“天子”，如果要研究天，相当于研究帝王的父母，那还了得！因此，无人敢言天，也无人敢言地。例如清朝末年，中国人兴修第一条铁路，由上海通到吴淞口，只是一条狭轨小铁路，清室却认为妨害坟墓中死人的宁静，下令拆除。这不是笑话，而是文化方面的大悲剧。现今中国人开采石油，向下已进入地下数千米深，并未遇见鬼。向天发射火箭，已进入高空数百公里，也未逢见神。

地球星是动的，整体的运动。然而人类不能察觉，显示人太微小了。人在火车内，知道火车在前进；人在轮船上，知道轮船在前进；人在地球星上也应该知道地球星在前进。学者指出日月星东出西没是由于地球星由西向东自转的缘故。这个运动，一般人都知道。春往夏来，冬去春来，一般人也能指出这是四季的变化。然而地质史上有三次大冰期，分别出现于震旦纪、二迭纪及更新世。这是什么原因？知识分子与专家学者也不了解？我认为这与地球星跟随太阳恒星环绕银心运动有关系。地球星在银河星系内有运动，同时也跟着银河星系在“星系团”内有运动。我观察夜半时正南方的星座有变易，了解地球星的绕日公转。但地球星环绕银心，我毫无感觉，然而我脑中时常有乘坐地球星巡视宇宙的想法。每逢我想到我正坐着地球星在宇宙空间内游览，我就很快乐，这种快乐不是古代帝王（如秦皇、汉武）所能了解的，也不是中国老道士及老和尚所希望的白日飞升，做活神仙。殊不知人已在星上，脚踩着星跟随太阳恒星每秒钟向前行约300公里或者更快。

地球星是宇宙内唯一的绿洲。宇宙内恒星相当于撒哈拉大沙漠中的细沙。恒星上无生物。只有地球星上有生物而且有人，所以可以说地球星是宇宙内唯一的“绿洲”。我们就在这片绿洲上生活，真是绝大的幸运！为什么不努力前进！地球星的特性及其优点略述如下。

(1) 九大行星中地球星密度最大，位于领导地位。如果把地球星的密度作为1，其后依次是水星(0.99)、金星(0.95)、火星(0.71)、海王星(0.31)、冥王星(0.25)、天王星(0.23)、木星(0.23)、土星(0.11)。

(2) 九大行星中地球星的质量恰处在枢纽地位。假定地球星的质量为1，一侧小于地球星质量；另一侧大于地球星质量。比1小的是金星(0.815)、

火星(0.107)、水星(0.055)及冥王星(0.002);比1大的是木星(317.83)、土星(95.16)、海王星(17.20)及天王星(14.50)。

(3) 如果有人太空中持望远镜看地球星, 他会发现地球星有大气层、海洋、陆地和一颗卫星。地球星的反照率是 39%, 反照率最大的地区是南极冰盖, 可达 50%。大气层内有云层, 分布很密, 且多变化。冬季内, 北极极冠可扩大到北纬 50°; 夏季可退到北纬 70°。南极极冠冬夏很少变化, 这是由于南极冰盖周围全是海水, 水温变化很微的缘故。

再仔细看, 可以看到地球星赤道部由于离心力较强而向外膨胀。地球星有自转, 赤道部就必然膨胀; 否则, 大洋表面在赤道处必然升起一道水墙, 所形成的能量全部来自离心力。因为地壳尚非太硬, 赤道部地壳上升, 海水未收到离心力的能, 就不会出现水墙。然而月球、太阳两天体对于地球星膨胀的赤道部也有引力, 结果出现“岁差”。如果仔细看, 岁差也分两种:(A) 日月岁差。太阳和月球的共同引力可使春分点及秋分点向西退;(B) 行星岁差。行星的引力作用可以改变赤道面与黄道面之间的交角。

再仔细看, 还可以看到地球星的体积只有太阳的 130 万分之一, 质量只及太阳的 33 万分之一, 金属元素远比太阳恒星丰富。月球和地球很象双星。月球与地球环绕它们的共同“质心”。因为两者质量相差很大, 月球只有地球星的 1.25%, 不能列入双星之类。“地月系质量中心”(center of mass of the earth - moon system) 在地面以下 1650 公里处, 距地心为 4728 公里。这质量中心在地幔以内, 而非地面以外, 不合双星标准。他又测知地球星赤道半径为 6378 公里, 极半径为 6356 公里。地球星具有扁球体形状。

地球星为什么没有光环 小行星轨道以内, 火、地、金、水四行星即类地行星、内行星, 都没有光环; 小行星轨道以外, 木、土、天王、海王即类木行星、外行星, 却都有光环, 其中以土星的光环为最大、最多也最美, 它在望远镜里的形象似美女颈上的多串项链, 十分美丽。九大行星中冥王星太小, 又太远, 有无光环, 目前不知。事情为什么这么凑巧? 又为什么地球星没有光环? 查遍参考资料, 未得要领。我的参考书太少了, 找不到其解释。但我认为类地行星无光环, 是大环境内的重要问题。以下是我试着作其解释, 错误之处敬请读者指正。

作为光环的物质是宇宙尘、石块、冰块, 体积都不大。这些物质原来散布在太阳系行星际之间, 有些绕着太阳恒星公转, 有些绕着行星又跟着行星进行公转。当它接近行星时, 遇到强大的行星引力, 就向行星表面接近。当行星赤道引力较弱时, 它们在行星表面赤道上方缓慢地下降, 降落的速度异常的微小, 使人觉察不出。赤道上空两侧的石块所受到的行星表面引力较大, 老早就被引落, 成为行星表面上物质。因此, 光环出现的位置必在行星赤道面的上空, 排成切面式的环状物。地球星赤道上空无光环, 因为它的密度特大而又扁率(flattening)特小, 其他类地行星也同样由于这种原因而无光环。除冥王星外, 其他八大行星密度与扁率列表如下。

(一) 密度(克/厘米³)

类地行星密度		类木行星密度	
水星	5.45	木星	1.33
金星	5.26	土星	0.70
地球星	5.52	天王星	1.24
火星	3.94	海王星	1.66

(二) 扁率

类地行星扁率		类木行星扁率	
水星	0.0	木星	0.061
金星	0.0	土星	0.109
地球星	0.0034	天王星	0.03
火星	0.005	海王星	0.03

这说明类木行星扁率大，赤道部膨胀加大，使赤道部上空引力小于赤道两侧引力，因而保存了光环。

太阳恒星有庞大的日冕，包括太阳风在内，充满整个太阳系。是否太阳也有一个光环呢？我个人想法，太阳恒星也该有一道光环，是球形的。将来有新仪器可能望见它。现在有了这些新认识，可以继续去认识宇宙空间的“大”。

地球星怎样开始层化 地球星如果缩小，类似一个地球仪大小，必是一个浑圆球形的大石块。如果到野外视察，地面上由最高的山峰到最深的海渊高差可达 20 公里。这圆石头表面有两个隆起区：一是欧亚非大陆台地；另一是南北美洲及南极洲大陆台地。又有两个大洼槽：一是太平洋洼槽；另一是大西洋洼槽。此外，尚有一些小隆起及小洼槽

太阳系行星际空间内，不仅有太阳风，还有丰富的宇宙尘、流星体、陨石、陨冰、陨铁。这些都是构成地球星的材料。

太空内微细的流星体叫做质点。引力较大的质点先成为一个引力中心，然后由这个引力中心连续吸收其他宇宙尘，成为较大的质点。这就是地球星幼小时期的开始。地球星在银河星系内只是一片星云的质点。

地球星中心刚开始时很冷，后来接受高压才热起来。往日西方科学家假定地球星中心是炽热的，核心热，地表也热，里外都是热的。西方科学家的解释并未通过实验，当然是假设的，可是竟有许多人相信。我认为地球星开始成立的时候，它的中心是冷的。这假说可能无人能接受，但它有充分的理由。理由尽管充足，但未通过实验，也不能成立。这些假说可能导致更进一步的假说，或更正确的理论。这是假说的真实价值。因此，请读者不要轻视，我要写出许多假说。

西方科学家认为地球星曾是一颗炽热的星，冷了后，地壳开始收缩，才出现横压力，地壳表面受横压力而出现大褶皱、大断层、大翘曲、大地洼、大开裂等现象。通过实地考察，这些说法与实际演变不全符合。因为地壳变冷并非一下子冷起来，不是立即冷下来，而是渐渐地冷的。地壳进行收缩，也是渐渐地收缩，不是一下子翘曲，一下子褶皱，一下子又出现大断层。一条褶皱性大山脉的出现，可能要经过一千万年的长时间。由寒武纪到现在，时间约有 6 亿年之久，大规模造山运动却只有四次，与漫长的地质年代不成比例。有人说，造山运动与板块运动假说有关系。板块运动假说近年来已成为正确的理论，因为板块运动可通过观察而证实。我认为板块运动可以说明大山脉的成因，但不能说明地球星的成因。

我认为地球星是由银河星系空间内的一小质点开始。所谓质点，指具有质量的小点，可能是宇宙尘，也可能是较大一些的石块或铁块，均有自转，铁块还具有磁性。它们集合在一起，十分宽松，各自运动，位置可以上下左右前后互换。由于比重不同，逐渐分化，比重大的留在中心，比重小的远离中心，就这样继续发展下去，出现层状结构。虽然质点愈来愈大，但它继续

自转。这质点的引力比它邻近的质点大。它用其引力吸引附近的质点，使其成为大质点，因而使它具有更大的引力，能吸取较远的质点成为一个更大的质点。这样发展下去，它的引力连续地增长就可以形成一个引力中心。这引力中心就是地球星的起点。这时候，它是冷的，与太空同样的冷。流星体或宇宙尘在太空内并非静止的，它会转动。成为引力中心以后继续转动，这现象就是自转。自转来自惯力。由引力形成的大质点必为圆球形。球形自转是必然规律。

地球星由炽热的星云形成，而且是一次形成的。这是西方人的理论。我的看法是：地球星绝不是一次造成的，极可能分为许多期。

地球星的形成可分为三期 由质点发展为地球星，至少可分为三个时期，即地核期、地幔期及地壳期。

最初的地核期。核很小，也很冷，更非坚实的固体。由于不断地加大，压力也加大，地核内部受高压而变暖。铁在地核内密集以后，非铁的矿物都向边缘集中，成为一个微小的原始地球星。这时候，附近的空域依旧有铁块、石块及宇宙尘向它表面落下来，使它体积加大，质量加大。内部因比重不同而迅速分化，出现强大的引力中心。表层的质点都服从引力而向中心施压。有一个短时期（数千年或数万年或百万年）坠落物忽然减少，使原始地球星表面不再加速成长，而形成较为明显的间歇，这就是地核表面。那时候的地核表面之上虽有坠落物，但与地核表面之间不完全连续。

最初的地幔期。由于宇宙尘、石块、铁块等流星体由星云各部内飞来，落在引力逐渐加强的地球星上。撞入地核，再受分化。比重较小的离开核心而上浮，形成地核的外围。这就是原始的地幔。比重较大的向核内密集。这时候，核内部的压力加强，温度升高，引力更加强，整个地核化为一个大质点。由于高温，放射性的流星体或宇宙尘，在核内释放热能，使温度继续升高，出现对流性的岩浆运动。比重小的岩浆流冲入地幔，比重大的岩浆流向引力中心聚集。由于对流作用愈来愈盛，新坠落的宇宙尘及流星体，不论大小，落下后即融化。这时候地幔已是一片火海般的高热。由于物质分化，气体由于比重较小，继续向外移，水汽也上升，但不能凝结。这时候由于地球星质量大增，引力更强，距离较远的大型石块、铁块、冰块蜂拥而来，纷纷落入地幔，直径有十多公里长的大流星体也被吸入。因此，地幔加厚，质量大过地核。地幔内比重较大的依旧分化而进入地核；比重较小的，仍留在地幔以内；比重更小的上升为水汽及空气，散布在地幔表面以上。后来，坠落物有一个时期（可能许多万年）忽然减少。落下来的物质也同样地被分化。比重大的下沉，比重小的上浮。这一层物质形成“软流圈”，可作为地幔的表面。坠落物依旧降落，只是量较以前为少而已。

最初的地壳期。由于地心引力愈来愈强，远方太空内石块及铁块也纷纷被强大的地心引力拖来，落在地幔表面上。坠落的全是陨石和陨铁，落下后依旧融化并分化。在表层的是玄武岩岩浆，由此向下是橄榄岩岩浆。由于岩浆分化而成为上下两层：上层化为地壳；下层侵入地幔。地壳与地幔之间有一不连续面，叫做“莫霍面”，一称莫霍界面，即莫霍洛维奇不连续面（Mohorovicic Discontinuity）。

1909年奥国地震学家莫霍洛维奇把地壳与地幔分开，这分开面是一种地震时“震波变更面”。他指出，这个面以上震波走得慢，这个面以下震波走得快，但未说明这个面是怎样生成的。

如果采用星云假说，主张往昔炽热的星云冷却凝结而成为地球星，依据这样的过程，不可能形成莫霍面。如果改为地球星由质点连续堆积而成的假说，地球星的生成可分为若干期，每一大期可以形成一个表面。用这个假说来解释就比较容易。因此，我的看法，地核表面可作为地球星第一期表面，也就是第一期的地壳。这个核含有大量的铁，且具有磁性。由于坠落物在这时期内较少，使表面状态稳定而成为地核面。

地幔表面同地核表面一样，也是由于有一段时期坠落物忽然减少，使表面状态稳定，形成地幔的表面。地幔很厚，绝不是一、二亿年时间以内堆积的，因此，又可分为下地幔及上地幔的区分。

莫霍面并不规律。海洋下方较浅，平均深度介于 8 公里到 10 公里之间，绝对不规则。大陆块下方莫霍面也不规则，平均深度介于 35 公里到 75 公里之间。洋底是沉积层，很薄，沉积层以下是玄武岩；大陆块下方也是玄武岩。两区完全连接，成为地壳下部，叫做玄武岩地壳。大陆下方玄武岩地壳出现较早；洋底玄武岩地壳成立较晚。

流星体向地球星表面坠落，其景象很象战场上的炸弹。试看月球表面照片的撞击坑（又名陨星坑），密密麻麻，这现象显示 46 亿年以前太空里流星体比现在多，而且颗很大。原始地核表面或原始地幔表面也会有大小不同的流星向它猛撞。有些流星体含有水，例如现今火山喷发，其中有天然气，也有水汽。海洋水的来源一部分自地下岩浆，另一部分直接来自太空。土星、木星、天王星都有水冰；哈雷彗星由冰球作为核心；西伯利亚 1908 年的一次大爆炸就是一块大冰块撞击地面；中国境内也有过冰块从太空降落。由此可见，太空内有冰是确实的，地球星上的水来自太空的提法是有充分理由的。

太空冰内含有有机物 DNA 和 RNA，前者是脱氧核糖核酸，后者是核糖核酸。碳、氢、氮、氧是组成蛋白质的主要元素。有机质在太空内很有可能利用冰块传入地球星。那时候海水是淡水，后来由于输入矿物质，才变成咸水，将来会越变越咸。生命先由海内开始，然后登上陆地。人类祖先曾生活在水海里，那时候，海水已是咸水，人类的血都是咸的，是良好的证明。

地幔质量大于地核，把地核束得很紧。有了地壳，地核被地幔及地壳束得更紧。地核内部所受到的压力约相当于大气压的 360 万倍。一切物质被压得紧而又紧，地核内原子可能被压扁。地核温度可达 6000~7000。虽然化为液态，但在高压之下，又流不动，形成固态，比钢还硬。这个高温而又高压的地核是地球星的引力中心。地核本身已是一个庞大的质点。

地球星可以抗太阳风，月球不能 月球表面磁力微弱，几乎等于不存在。因此，太阳风可以直接撞击月球表面。太阳风由太阳传到地球星约需 10 天之久。当它将到之时，就遇到地球星强大磁场的抗拒，为避免陷入磁场就绕道而行，躲过地球星以磁力线所组成的磁层以后，又继续前进。如果有高能量的粒子闯入磁层，必被磁力线所捕捉。所谓“范艾伦辐射带（Van Allen Radiation Belts），简称范艾伦带，就在这磁层以内。

地球星有明显的磁场，叫做“地磁场”（Geomagnetic Field）。所谓磁场是指磁针可以发出作用力的空间，也就是能够影响电荷的空间。地磁场可伸展到距地面许多万公里远处。当太阳风粒子流以秒速 500 公里向地球星袭来，行到距地面约 10 万公里远时，已能觉察到地磁场的抵抗力，受到了地磁场的阻力，太阳风只能大力减速前进，结果造成一个大波，叫做“激波（Shock Wave）”。太阳风只能从上下左右绕过上述的磁球层，简称磁层

(magnetosphere)。激波的后方是弓形的或新月形的一区域，叫做磁鞘(magneto-sheath)，其中全是闯进来的高能粒子，没有固定的前进方向，叫做乱流区，介于激波与磁层之间。磁层有边界，叫做“磁层顶”(magnetopause)。磁鞘内高能粒子东奔西闯，混乱流动一番，然后绕过磁层顶继续向前进，并不停下来。

众所周知，地面以上有一个大气层，由空气组成；这个大气层向上又有一个磁性大气层，由磁力线组成。这磁力线同地面磁力线完全相同，由磁南极走向磁北极呈弧形，在赤道上空向外突出，愈向外突出愈高，赤道高空可突出数十万公里远。磁层以内无太阳风，磁层以外有太阳风。磁层横亘长空，象只大口袋，地球星躲在里面，安安稳稳地作自转运动和公转运动。磁层长度可达500~1000万公里，在地球星附近磁层横跨的长度可达10万公里。面向太阳风或激波是“磁层头”，相反的方向是“磁层尾”。如果无太阳风，磁层不被压缩，磁层应该具有圆球形。现今磁层受太阳长期撞碰拖拉，成为椭球形，且有一条长尾，西方学者把它比作一滴正在下垂的泪珠，头部宽而圆，尾部细而长。

地球星保护它的大气层不被电离，使用地磁场以抗拒太阳风。所谓磁场，并非真实的物质，只是能量的一种形式，能拘留高能粒子。这些粒子都是物质，其中包括电离氢和电离氦，都由太阳光球表面飞来，其中有些高能粒子能乘虚闯入地磁场，被能量较大的磁力线捕捉而拘留。在地球星前方有一大拘留区，后方也有一个大拘留区，这两区各为圆弧形，正式名称叫做“陷阱”。地球星会设立陷阱保护自己，真了不起。

范艾伦带1958年美国发射的“探险者”号和号所携带的盖格计数器，发现了大气层由地面上空300公里到5万公里以外的高空间是一个厚度极大的辐射带，其中辐射最强的区域叫做“范艾伦辐射带”，这是地球星磁层内磁力最强的区域。

地球星本身是一个电导体，可以传导电流。然而地面上80公里高空以内的这一层大气没有带电的粒子，是不良导体，是安全的一层。80公里高空以上是电离层，其中有自由电子及带电的粒子，这一层就是地球星磁层的开始，由此向上还可以分为若干层。80公里~300公里高空的一层是较稀薄的电离层。300公里到达磁层顶有能量较强的磁力线，可以拘留带电的粒子及自由的电子，范艾伦带就位于高空，它的下界距地面300公里。

范艾伦带在磁层内有较密的磁力线，组成分布大致对称的圆弧：一在地球星前方，一在后方。但由于太阳风长时期袭击，这两个圆弧已被它给弄歪了。这两个圆弧各有两层：外层在上，内层在下。内层规模较小，叫做“内带”(inner belt)，介于300公里和500公里高空之间；外层较高，叫做“外带”(outer belt)，介于12万公里与20万公里高空之间。外带比内带大多了，约大100倍以上。两圆弧隔着地球星遥遥相对。地球星北极上空与南极上空都是开放的，无圆弧覆盖。无圆弧就表示那个空间内无陷阱，太空人往返太空通过这里比较安全。这两个开放的缺口叫做“极角”(polar cusp)。磁鞘里有些高能粒子溜出来又闯入极角，冲进大气层，撞击气体原子使之电离，因而出现“极光”(aurora)。在磁北极上空出现的叫做“北极光”，在磁南极上空出现的叫做“南极光”。

从1958年起，科学家已知极光的出现是电子及质子撞击大气层气体原子的结果。据说，每平方厘米大气层面积上必须有10亿电子来撞击，而且来撞

的秒速必须要超过 1 万公里，极光才会出现。电子能量较强，质子较弱。当电子撞到气体原子时，释放的能量可超过质子 100 倍，相当于点燃气体，因此撞击时可以出现色彩鲜明的极光，有蓝、紫、白、红等色。

五 月球是一颗大型卫星

月球是类地行星的卫星中最大的 类木行星的卫星中最大的是土卫六(泰坦)，直径 5840 公里；类地行星的卫星中最大的是月球，直径 3476 公里。在九大行星中，月球列为第六大卫星，仅次于土卫六泰坦(5840 公里)、木卫三加尼美(5270 公里)、木卫四加利斯多(4848 公里)、海卫-特利敦(4480 公里)、木卫-爱奥(3638 公里)。以上数字仅作参考，并非绝对准确。

月球半径仅为地球半径的 27%，即月球直径不及地球直径的 1/3。月球质量为 7.35×10^{25} 克，只及地球质量的 1.25%。月球体积相当于地球体积的 2%，即 50 个月球才有一个地球那样大。月球密度为 3.34 克/厘米³，只及地球密度的 62%。月球的反照率为 7%。月面无明显磁场，月球以外也无磁层。昼间表面温度可达 120 ~ 150 ，夜间表面温度可以低到 -150 ~ -180 。温度一昼夜内升降幅度可达 300 度。月球表面重力加速度为 162 厘米/秒²，相当于地球表面重力加速度的 1/6。

月面上一片死寂，这里是真正的死寂。通常在地面上所觉察的死寂，仅限于不闻人语声响及鸡鸣狗叫而已，然而尚有风声、流水声、虫叫声、落叶扫地声和波涛汹涌声。这些声音总起来称做天籁。而月球面因为无空气以传播声音，又无水，无生命，所以一片死寂，连月尘虽干燥也不飞扬。人在地面上思月，但太空人到达月球面又会立即思地。

月球自转公转时间相同 月球不是一个浑圆的球体，大概半面微圆，半面微扁。月面上无东半球与西半球之分，却只有“面地半球”和“背地半球”之别。面地半球，我把它叫做“月脸”；背地半球就是“月背”。由于月球中心的引力不够强，未能用引力使月球表面成为浑圆形。在地面上望月，只望见它的脸。月球自转一周的时间等于它环绕地球一周的时间，约为 27 日 7 小时 43 分 11.5 秒，简称为 27.321 日，这是“恒星月”(Sidereal Month)。

所谓恒星月，由夜半正南方某一恒星与月球同时开始计算，直到那颗恒星同月球又回到夜半正南方，这一段时间叫做一个恒星月。如果由第一次新月(朔)开始到第二次新月(朔)，叫做“朔望月”(Synodic Month)或太阴月(Lunar Month)，约为 29 日 12 小时 44 分 2.8 秒，简称为 29.53 日。

为什么朔望月大于恒星月？当月球在轨道上已完成一个恒星月，地球在它自己的轨道上也前进 29° 的角距。因此，月球必须再继续向前行两天多，才可以完成朔望月的相互位置。月球绕地球的轨道是椭圆形，偏心率为 0.0549。近地点为 356410 公里；远地点为 406700 公里。这两点正是月球轨道长轴的两端。这两端并非固定，每月向东移约有 3° 多。

为什么月球自转和公转的时间相同？我翻遍了手头的参考书，未能找到一个能令人满意的解释。只好自作聪明，寻求原因。我认为这是万有引力的问题。太阳是恒星，质量大，有较强的引力拖住九大行星。但九大行星各有独立的自转，尽管自转的方向与太阳相同，自转一周的时间却各不相同。因为各行星都把它自己的重心放在它自己的球体中心。月球的重心可能不在月球中心，而位于月脸半球之内。因为稍微偏向地球，它的重心竟被地球引力吸住，使月脸永远面向地球而无能力转动。试看月脸是半个圆球形，月背似乎不够圆，有些平扁的样子。为什么月背有些扁呢？这又是月球中心引力太弱的缘故。

地球质量大，密度也大，当它在轨道上向前进时，虽然有些摇摇晃晃，

但未出现惊人的摆动。月球质量小，密度低，当它在轨道上前进时，受地球星自转的影响而有摆动。这种摆动，叫做“天平动”（libration）。所谓天平动，指月球脸部的中心有上下左右的摆动。原因不同，摆动的方向也各不相同。在地面上望月，本来只能望见月球的一半，因为月脸有上下左右的摆动，可以望见月球表面的59%，即能看到比一半多9%的月面，是个有趣的事。

天平动有两类。（A）物理天平动（physical libration）。上文所说，由月球中心到月脸中心的半径，大于由月球中心到月背中心，结果导致地对月的引力作用不平衡，使月球自转的速度不一而出现摆动。这摆动包括两方面：一为经度方向的摆动；一为纬度方向的摆动。（B）光学天平动（optical libration）。可再分为三种：纬度方面天平动。月球赤道面同轨道面的交角有 $6^{\circ}40'$ ，当它环绕地球星时，我们首先望见的是北半球月脸，那就是比平时多望见的一部分；然后又多望见南半球多出的一部分。这多出现象类似夏季或冬季太阳光可以越过地球星北极或南极一样。每日的经度天平动。地、月两天体中心连线同视线的交角约有 1° ，因此，可以望见月球北极后方约有 1° 的月面。每月的经度天平动。月球轨道是椭圆的。月球在近地点时前进较快，在远地点时前进较慢。因此，在近地点时可以多望见月脸以西的一小部分；在远地点时，可以多望见月脸以东的一小部分。

月面颜色灰黑，除煤灰外月面算是最黑的了。通常说月色皎洁，其实这皎洁的月色全是反射的阳光。月面吸收率为93%，反射率只有7%。满月时这7%的反照率已足够使人十分欣赏。满月的光辉竟大于半月时的10倍，即半月时（弦月）的月光只有满月时的10%。满月时月轮皎洁，边缘也亮。这是由于月球表面具有玻璃光泽的角砾岩的散射作用，这些角砾碎片是良好的绝热体。昼间表面增温极快，夜间减温也迅速。月球表面无气体元素。月尘内可能有氢，来自太阳风。也无水。据说月球北极或南极月尘下方可能埋藏一些冰。

月球表面上举足很易，落脚很费力，因为月球重力只有地球重力的 $1/6$ 。这现象与地面恰好相反（地面上举足难，落脚易）。

认识月面形象 在人类登月之前，人们对它的认识不一。中国古人曾推测月面阴暗部分是一棵永不枯老的桂树，树下有一只玉兔在长年捣药。西方人则有一种想法，他们见地面上有海洋，就联想到月球表面上可能也有大海。因此，凡月面上有较大的阴暗区，都被命名为海（mare），例如雨海、静海及酒海等。事实上，月面无水，如何能有海？

月球密度近似地幔，全部由岩石组成，叫做月岩。组成月岩的主要矿物是斜长岩、玄武岩和苏长岩。月球表面的碎片中有岩石碎屑、玻璃碎屑，与地面上的土壤完全不同。碎片层厚度有2~5米，最厚的区域有10米。碎片到处都有，遍布于月海与月陆等区域。碎片来源有三：（A）月面温度昼夜变化太大，月岩崩解成为碎片；（B）来自往日火山喷发；（C）来自太空陨石。月陆表面碎片层较厚，月海内碎石层厚度较小。又碎片较细的叫做月尘（lunar dust）。不要小看月尘，每粒微尘年岁都超过40亿年。

当小行星飞坠月面化为气态时，飞起的月尘及岩片也开始熔化为气态或液态。冷却后，重新固结为岩屑。由于冷却迅速，大多成为玻璃质，叫做月面角砾岩。这种月面角砾岩与地面上角砾岩不同。地面上的形成于胶结作用，即一些有角的岩屑相互胶结而成；月面上的则是先熔化而后凝固的岩屑，再互相焊接起来，或由玻璃质包围一些尚未熔化的石粒，而后凝固成为新石块。

这是玻璃质包成的石块。

月球面上有许多坑，圆形，颇似火山口，但非真正的火山口，因为其中无火山颈。偶然也有真正的火山口，都埋在厚层的月尘之下。这些就是陨石坑，也叫撞击坑（crater）。这些坑的边缘较高，叫做环形山。环形山虽然类似火山口，但其中不冒烟，无火山灰，却有玄武岩，这是当小天体撞落月面时，月亮内岩浆（玄武岩熔岩流）迸出而成玄武岩。因为月面上无风蚀作用，又无水蚀作用，结果这些环形山自形成以来直到现在，保存完好，未受破坏。它所环绕的部分是盆地，表面平坦而宽广，并非深坑。因为刚撞入时是深坑，但月亮受撞后坑底向上反弹，致使坑的深度平复一半。坑的周围月岩反弹，形成环形山。山的内侧坡，碎片及尘土滚落坑里，使盆地表面平坦化。当月球形成时，附近小天体包括小行星及流星体遍布空中，向月面及其行星和卫星表面猛撞，因此月面及其他天体表面均有撞击坑。

当一颗流星体或小行星撞击月球表面时，它的秒速不是数公里，而是数十公里或百多公里，因为月面无大气阻挡，坠落月面，立即化为气态，压力大，温度高，月岩爆炸熔化。被撞的部分化为圆形洼地，直径长数米、数千米或数千米，甚至百万米。其周围出现环形山。如果撞击极重，环形山以外可以出现同心圆的多层圆环，很象投石水面后泛起的波纹。坑的直径如有数百公里长，成为盆地。盆地中心可能轻微隆起，成为小圆丘。月面上盆地全是撞击盆地。

盆地内小平原表层上是充填物。当一颗小行星因撞击月面而化为一个大气泡时，一方面被撞的月球表面，成为圆形大坑，一方面把撞起来的岩屑，通过熔化、冷却、固结等过程后，又向四周坠落、堆积，成为环形山。较细微的由于质量小，最后落入坑内，成为表层土，比较松软而成平原。由平原向下，土质渐粗。更下至坑底层，受严重撞击，硬度极大，叫做“质量密集”（mascon）。指那个区域质量特多，重力异常，实为超密区。现今已测知月面上有许多超密区。

月脸中心以西有一环形山，叫做哥白尼环形山（Copernicus Crater），直径长达 100 公里。这是一座典型的陨石坑。估计那陨石直径长可达 10 公里，撞落时秒速可达 100 公里。月坑出现后，外围也出现环形山。充填物铺平坑面，成为小平原。平原中部由于月亮反弹，又出现小丘。平原表面再被陨石撞击，成为新坑。月球形成于 46 亿年前。大型月海形成于 44 亿年前。哥白尼坑约在 38 亿年以前出现。坑面上小坑，可能在 34 亿年前形成。据说月面上类似哥白尼坑的有 5000 多个。

上面已提到，月面上有许多月海。其中大多数位于“面地半球”；“背地半球”甚少。月海类似大盆地，周围有环形山，都是由较大的小行星撞成的。最长的直径超过 1000 公里。月海也不是只撞击一次。月海的轮廓不规则，就由于有多次的撞击。据说月脸上有大型月海 30 多个；月背上只有 10 多个。这说明那时候月脸的引力较强，引来的小行星较多，撞击坑也较多。

如果把月脸分为四个象限，左上方作为第一象限，其中由上到下依次是冷海（Mare Frigoris）及雨海（Mare Imbrium）。左下方为第二象限，其中由上到下依次是风暴洋（Oceanus Procellarum）、云海（Mare Nubium）及湿海（Mare Humorum）。上文所说的哥白尼山恰在雨海和云海之间。第三象限在右上方，其中有澄海（Mare Serenitatis）、静海（Mare Tranquillitatis）及危海（Mare Crisium）。右下方为第四象限，其中有丰富海（Mare

Foecunditatis)及酒海(Mare Nectaris)。月背也有两个月海,即东方海(Mare Orientale)及莫斯科海(Mare Moscoviense),后者直径长350公里。

月海是大型陨石坑,证据有三:(A)不论大小,每个月海的轮廓都是圆形,周围都有环形山;(B)每个月海的中部都是超密区(质量密集),因为撞击太重;(C)月球中心引力可助撞击坑自动填平。例如雨海盆地直径长800公里,坑深150公里。由于月亮反弹,深坑化为浅坑。估计现今雨海表面比周围平均月面约低5公里。雨海表面下方充填物的厚度超过140公里。现今其他月海表面比平均月面约低1~2公里。

月脸陨石坑区,坑愈小其数愈多,密密麻麻,很不美观。此外,尚有更微小的坑,叫做微坑。这是微细的质点由太空落下,撞击月岩表面而成。月岩表面受到破坏,类似风化,出现月尘。

看到月球表面上撞击坑,再比较美国亚利桑那州内陨石坑,后者直径长度只有2公里多,而月球表面上大坑直径由数十公里到1000公里。这现象可以推知39亿年以前,这一带空域里曾有大量的小天体,其中体积较大的,类似小行星。说明月球体积最初不大,后来被小行星给撞大了的月球及水、金、地、火四颗行星都有撞击坑。火星两颗卫星也有陨石撞击的坑穴。这说明,距今39亿年以前,月球、地球星及其他类地行星都是由陨石增加质量并扩大体积。陨石绝对不会来自炽热的可以产生原始太阳的星云。用塑造太阳的星云来说明月球与地球星的由来是不合适的。

月球表面的高地区,叫做月陆(Lunarite),月脸内月陆与月海的面积相差不大;月背内月海面积很小,月陆面积很大。月陆由斜长岩组成,反照率很强,凡月光皎洁的部分都是月陆;阴暗似桂树的部分全是月海。月陆表层厚10~20公里,由于长期受陨石的撞击,结果已化为月尘或碎片。

月脸面向地球星,其中一半是高地,一半是低平的月海。月海表面以下质量密集。这说明,月脸(面地半球)质量比月背(背地半球)质量大些。月背与月脸要取得平衡,只有把月脸永远朝向地球星这一方向。月背边缘有一大撞击坑,叫做东方海。它的形成较晚,半径450公里,外围尚有两层更大的同心圆环形山,极为壮观。有人说,这内外共三层环形山,不是由于外来的陨石撞击,而是由于月亮自动的塌陷。这说法可能是对的。因为月亮以下玄武岩岩浆外流太多,失去平衡,就有可能向下陷落。东方海注入月亮深处,而且出现三层环形山,这现象与其他撞击坑只有一层环形山,完全不同。这说明月脸(面地半球)比月背(背地半球)较重。

一般的环形山都有辐射纹。由环形山外侧坡向外辐射。当陨石开始撞击时,月亮立即反弹,通过震荡才出现这纹。月脸下方第谷环形山(Mare Tycho)的外侧坡,有分布很美而且很长的辐射纹。第谷接近月球南极,排列匀整的细长辐射线好似月球南极附近的经线,从望远镜里看第谷环形山辐射纹极美。

月球表面上无褶皱山脉,因为月亮无板块运动,在撞击坑周围,即环形山的内侧坡,都是断层山脉。例如东方海环形山内侧坡及雨海环形山内侧坡,都有悬崖绝壁式的大断层山脉,东方海周围有科迪勒拉山脉,山脉高度2000~4000米,高峰可达7000米;雨海周围有亚平宁大山脉,长约1000公里;此外,尚有高加索山脉、阿尔卑斯山脉、喀尔巴阡山脉,都是长而且高的山脉。

月球表面有火山遗迹,其中以玄武岩为最显著,而且分布也最广。玄武

岩是岩浆岩。原始月球将要产生月亮的时候，表面熔化，为一大火球，冷却而成月亮。月亮中以斜长岩为最多，叫做斜长岩月亮。由于月心引力不够强大，不能整齐划一地形成月亮。一部分被引下去，形成月洼，即月球表面洼地，其中有月海；一部分被迫上升，形成月陆，即月球表面高地。月海被陨石撞击，岩浆外流，形成玄武岩。

月球的构造 月球自转一周，需 27.32 日，地球星自转一周，比月球快 27 倍多。因此，地球星赤道部膨胀；月球赤道部无膨胀。月亮是月球内部构造的上部，其厚度不均匀，约 20~150 公里，由辉长岩、玄武岩和苏长岩组成。月亮下方是月幔，这是月球内部构造的中间部分，厚度较大，约 150~1300 公里。月幔是刚性的，可细分为上下两层。更下是月核，这是月球内部构造的最里层，约 1300~1738 公里。有人认为核部温度约为 1600℃，也有人认为核部已冷却。月球也有震动，叫做月震 (Moonquake)。实测结果，最大的震级不超过里氏二级。火山活动在 30 亿年以前即停止。

月球成因 主要假说有三，分述如下。

(A) 分裂假说 (Fission Theory)。从空中照片看地球星上太平洋盆地象是一个大疤。以前英国学者达尔文认为当地壳尚在熔融状态时，有一部分地壳由于自转被抛出，进入太空并绕地公转，后来凝结，成为月球，现今所看到的太平洋盆地就是失去那部分后留下的疤痕。这是 19 世纪中期的假说。到 20 世纪中期出现板块运动学说，认为太平洋的出现是由于洋壳的移动，并非疤痕，达尔文的假说不能成立。

也有人认为：原始地球星是一块炽热的星云，自转很快，引起赤道部膨胀，向外突出很大，略似扁平的凸镜，也类似银河星系的银盘与银核。自转时间久了，赤道膨胀部分脱离本体，象似土星与它外围的光环。再进一步发展，环部旋转加快，而且变狭，轨道更为椭圆，其中云气结合为无数的小天体。这些小天体在轨道上互相吸引，互相结合，成为球体，依旧环绕地球星。这球体就是月球。

这假说并不完善，因为有两个问题不能解答。第一，地球星赤道部膨胀，成为圆盘状向外突出，后来这个突出部成为月球，那么这月球的轨道面理论上应该是地球星赤道部向太空的延长，月球轨道面与地球星赤道面应该是同一个面。现在事实却是月球轨道面与地球星赤道面的交角是不固定的，极小值为 $18^{\circ}21'$ ；极大值为 $28^{\circ}35'$ 。月球轨道面与黄道面之间为 $5^{\circ}8'43''$ 。为什么会这些差异？第二，地球星赤道部因离心力膨胀而有一部分脱离，进入太空形成月球。依据惯性理论，这脱离地球星的部分为什么不继续向太空逃逸？什么力量使它不能外逸？

(B) 俘获假说 (Capture Theory)。此说认为月球是单独生成的，它有一小段轨道接近地球星轨道，碰巧为地球星的引力所捕获，成为其卫星；也可能是受其他小行星的撞击，进入地球星的引力范围而成为卫星。也有人认为地球星最初有数颗小卫星，类似火卫一或火卫二，那时候月球也是行星，因为轨道接近地球星轨道，这几颗小卫星撞入月球表面而成为月海内质量密集的区域，月球也就被地球星捕获而成为卫星。

(C) 凝结假说 (Condensation Theory)。此说认为两块星云相距不太远，各自凝结成为星球。因互相吸引，成为双星，又互相环绕，后来地球星成为太阳的行星，月球跟随地球星，成为它的卫星，这时两个天体依旧绕行“地月系质量中心”。

两星都有核，而且核部都有铁。地核直径长度与地球直径长度之比，是 1 : 2.2；月核直径长度与月球直径长度之比，是 1 : 5.7。这说明月核之微小，是缺乏引力。

地球星上有月岩残片 1982 年美国科学家在南极大陆找到一小片石头，长、宽、厚各 1 厘米，形状及结构十分特殊。它绝不与南极大陆上任何一块岩石类似，与大陆上其他岩石比较，也无相同之点。与月球表面高地区内月岩比较，颜色、形状、结构一模一样，使人惊奇。为什么月球表面上碎片会飞到地球星上呢？据推测，当陨石开始猛撞月面时，月岩爆炸，碎片满空飞，月面上又无空气阻拦，飞出月球引力范围，进入地球星引力圈子，就有可能落在南极大陆上面。但是，落在地面上不可能只有这一块石头。1984 年日本人在南极大陆也找到一块，这石块是玻璃色小石头。

1980 年联合国曾通过“月球条约”，这一国际协定，各国代表一一签字，同意全部月球为地球星上住民所共有，月球及其资源属于人类全体，任何国家不得占有月球的一部或全部，也不得开采月面矿产。

月面上主要矿产是铁矿。估计铁储量有 4000 亿吨，镍储量有 300 亿吨，磷有 100 亿吨，铜有 60 亿吨。

月球对于人类的影响 月球对于人类影响很大。月球有起潮力，可使海洋发生潮汐。月球夜里可以照明，可供人欣赏，人可夜行，也可在月下做工。依据月球之朔望可以制订阴历。有不少古诗讲到月，如“戴月荷锄归”（陶渊明）、“一夕高楼月”（白居易）、“八千里路云和月”（岳飞）、“杨柳岸晓风残月”（柳永），画一般的景色。每年中秋月圆之夜，数不清的中国人的视线集中月面，找挂树和玉兔，月面又反射回来。也许这就是中国月亮特别明亮的理由。

第二编 地球星大环境

第五章 地球星表地壳层大环境

一 地心引力与地核

地心引力是什么 引力(gravitation)是一种力,来自质点(particle)。我们不妨推想一下,物质在假说“大爆炸”以前早已存在,物质可以形成质点。质点本身含有引力。质点与质点之间互相作用,就出现引力现象。这质点有大有小。

牛顿创“万有引力”。他说,两物体间引力的大小与其距离的平方为反比;与其质量的乘积为成正比。地球星本身就是一个大质点,当然具有引力。地球星表面上大小物体都是质点,因此,每一物体也各自有它自己的引力。但由于物体太小的缘故,远不如地球星引力的强大,其结果地面以上的物体,不论大小,一律落在地面之上,而不能飞入太空。一般书上所说的“地球重力”,就是地心引力。如果地球星静止不动,引力与重力并无区别;如果地球星有自转,地球重力就是指一种“合力”,这合力是指地心引力及地球星因自转而产生的“离心力的合力”。因为这离心力的最大值尚不及地心引力的1%,因此,一般人就把地心引力同地球重力混为一谈,不作区别,尤其地理方面是这样。

地心引力在地球星表面上并非处处相等。一方面与地球星表面有起伏有关,另一方面与地面以下各部分质量的大小也有关系。地面上有平原、丘陵、盆地、山岳;地面以下又有不同的岩层,这样就出现了不同的引力值。大气层表面上的地心引力小于地面上的地心引力;地面上的地心引力又小于洋底上的地心引力;同样的,洋底上的地心引力又小于地核表面上的地心引力。地核位于地球星的中心,它本身就是一个大质点。它是地球星星体内最奇特的一部分。所谓地心引力,是地球星体全部的引力,并不是由地球星几何学上中心作出的引力,这一点必须先搞清楚。

质点何时开始具有引力?我认为自质点开始成立时,它就具有引力。这引力永不衰竭,也永不消失。引力由质点向上下四方辐射而出,引力值各方向并无差异。不论质点大或小,引力射出后,都可以到达无限远,遍及全宇宙,没有终点。同样的情形,地球星的引力也可以射到无限远。各恒星的引力包括太阳系各天体在内,也可以各自辐射到无限远。虽然引力受距离大小的影响(即距离愈远,引力愈小)。只是愈远愈小,甚至可略而不计,但绝对不是零。这就是说,引力有起点,无终点。这是我的看法。

地心引力眼不能见,耳不能闻,但可以觉察。例如雨水下降,雪片飘坠,树叶、树枝及果实都向地面掉下来。这些现象都是地心引力所发生的作用。地球星虽然有引力,然而太阳恒星的引力更大,太阳系内大小行星不论距日远近,必须绕日公转,不能逃走,就是太阳引力较大的缘故。

太阳恒星位于银河星系外围猎户臂内,受银河星系中心的引力,也有环绕银河星系中心进行公转的现象。也可以说,这是银河星系全体自转。有人把太阳恒星环绕银河星系中心一周,叫做一个太阳年(Solar Year)。这说明很易和回归年(Tropical Year)混淆,因为也有人把回归年叫做太阳年。为了清楚,最好废掉这个名词,只用回归年(即地球星绕日一周,是365.2422

日或 365 日 5 小时 48 分 46 秒)。太阳恒星环绕银河星系中心公转，改称“银河自转”，比较清楚。

整个银河星系受银心的引力而进行自转，事实上引力最强大的部分应该在银核。银核虽然有引力，但银河自转并非类似一个钢体的旋转，银河内部旋转的角速度比外部为大。太阳恒星附近旋转一周，为 2.2 亿年。平均速度每秒为 220 公里。银河自转时，它的引力可以带动银河星系内所有的恒星、星团、星云、星气，一律跟着转动。如果放大视野来看，这银河星系也受更大的引力，伴同其他星系，环绕更远的引力中心。宇宙空间没有边际，不可能有自转。然而宇宙空间以内的物质有运动，空间不动，但跟着时间变易。

宇宙空间内物质如何动？试看武仙座内，有许多奇形怪状的星云，各有运动，彼此不碰撞。据说银河星系附近有十一座星系，其中包括银河星系、仙女座星系、大麦哲伦云和小麦哲伦云，彼此之间也无冲突。什么力量使它们彼此相距很远，互不相撞？试看那些球形星团，其中恒星密布，却能彼此界限分明，这又是什么道理？从理论上来说，这是因为有“作用力”和“反作用力”。引力是作用力，也是向心力；反作用力是离心力。是否还有另一种为人类目前未知的力？

地球星引力最强的部分是地核上文已述，地核是一个大质点。这个质点才是现今地球星的引力中心。几何学上的地球星中心，无长、宽、厚，类似几何学上的一个点，引力不可能很大。地球星密度最大的部分是地核。地核界面（即地幔与外地核之间的分界面）应该是地球星引力最强的部分。

试想地球星是近似圆球的星体，地壳以下引力加强，愈向下引力愈强，到达外地核表面时，引力最强。因为外地核表面以下由于引力累积太多，已由内地核发出反作用力，与作用力（引力）相遇于外地核界面。由这个界面向外，直达地壳及地壳以外，愈向外引力愈小。由这个界面向内，直达地球星中心，愈向内引力也愈小。可以说，地球星中心的引力已减为零。我可以这样说，地心引力最强的部分实际是地核的引力。我们不能只顾作用力（引力），而忘掉了反作用力。虽然地核是地球星的引力中心，但本书依旧使用通俗的名词“地心引力”，以求读者易于接受。

地心引力在地球星上永远存在。然而地球星有自转运动，这地心引力就被改变，其中约有不及 1% 的引力化为离心力（Centrifugal Force）。这离心力由于地球星连续自转，也叫做惯性力（Inertia Force），应该叫做离心惯性力（Centrifugal Inertia Force）。地球星自转时，沿着假设的地轴自转。当地轴在自转时，轴上每一个点也同样地作圆周运动，其中包括北极和南极，地心也在内，它们都作圆周式转动。地壳表面上每一个点也同样地作圆周运动。每一个点所画出的圆面，都与地轴以直角相交。离心力前进的方向是以直线式离开地轴。地球星赤道部膨胀，土星、木星和太阳恒星的赤道部也都向外膨胀，全由于离心力作怪。

又地球星表面重力值并非处处相等，这对于地面、水体及大气都有关系。一般人把地心引力在地壳表面上作用的现象，叫做重力。重力值各地不同。因为地球星表面与几何学上圆球的表示并不类似。一般说来，两极地面重力最大，重力值为 983 厘米/秒²。赤道地面最小，重力值为 978 厘米/秒²。主要原因，极半径较短，有 6356 公里长（实际是 6356.755 公里）。赤道半径较长，有 6378 公里长（实际是 6378.140 公里）。前者因为较短，接近地心，引力较强。后者较长，距地心较远，引力较弱。数学上地球星半径平均为 6371

公里长。平均地面重力值为 980 厘米/秒²。这样的重力值出现于纬度 45° 地面。

据说，地球星的形状象似一个梨，有人就把地球星改称“地梨”。这说法不能成立。据人造卫星实测，北极地面不正常，地面向上凸起有十米多；南极地面也不正常，地面向下陷，达 108 米深。这些轻微变化，对于地面重力值的影响，微不足道，可以略去不计。我常常想，南极大陆冰盖很厚，由数百米到一、二千米，冰块压力也真够大，因此，南极大陆才被冰盖压低 100 多米的。北极地面隆起十米多，南极北极一升一降，似乎有关系，事实上绝对无关。然而南极大陆陷落 100 多米，可能压迫地下岩浆由南向北流，导致板块移动。印度板块向北移，撞入亚洲板块南缘，可能受地下岩浆北流的影响。但是，是否真是如此，我这里暂且不谈。我要进一步说明的是地核在地球星星体内所扮演的着实重要的角色。

地核的形象和引力 这里先说明地核的大小。地核比月球大，地核是地球星星体内一颗大铁球，除含少量镍元素外，全是铁。地核直径为 5648 公里，是月球直径（月球直径为 3476 公里）的 1.6 倍。地核周围全是地幔，由岩石物质组成。地核与地幔不仅化学元素不同，物态也不同。地幔是普通的固态，其中含有岩浆，地核的内部是液内的固态；震波中的次波可以通过地幔，但不能通过地核。

地核的外部叫做“外地核”（Outer Core），简称外核，是一个层圈，其中大部分是铁；内部叫做“内地核”（Inner Core），简称内核，是一个钢性的铁球。内核中心就是地球星的中心。内核直径有 2400 公里（半径为 1200 公里）。内核的铁，虽然高温，已达 6000 ，但不流动，铁原子被压得扁扁的。外核的铁，可以流动，因为有流动，震波中的次波（或横波，也叫做 S 波），就不能通过。外核的液可以流入地幔；地幔的液，可以流入较流层，或进入地壳的下层。流动很慢，每年可能流动 0.5 厘米或 1 厘米的距离，显示外核与地幔是动的，而非静止的。地幔内完成一次对流，需要许多万年。

假如把地球星用大刀沿地轴切开为两半，可以看到地壳是深暗的；软流层及上地幔是淡红的；下地幔及外核是亮红色的；内核是耀眼的亮。内核由于高压高温，液态已成为高温的固态。上文所述地心温度为 6000 是推测的，并非实测，不可全信。

地心引力不是来自地心，上文已述。引力从何而来，我的看法，是来自整个地球星星体，地核由于密度特大，在引力作用中它已成为主要的角色。读者千万不可相信地心引力是由地心发出来的。它是来自地球星整个部分。这整个部分可视为一个大质点。

地球星不是由星云浓缩而成的。它是由太空内或星云内无数的小质点合并累积而成。地核是最早累积起来的。一般而论，宇宙空间内质点具有两种力：一种是由内向外的辐射压力；另一种是由外向内的吸引压力。当两个质点相距很近时，辐射压力如彼此完全相同，而吸引压力又彼此有差异，这时候，那个吸引压力较大的，就会把那个吸引压力较小的拖过来，彼此合并，成为另一个质点，使其质量较大。依据这个方式，早先位于地心附近的一些质点，彼此合并累积而成为内核，那时候很松散，密度不大，引力也不高。后来，以内核为中心，又吸收太空内更多的质点，累积合并成为外核。这外核覆在内核表面之上，形成一个更大的地核。它的表面高高低低，并非浑圆的球形，各部分半径长短不一。后来又继续累积，出现地幔层圈、软流层圈

及地壳层圈。层圈愈多，压力愈大，内部密度愈高。了解这些后，再说说我的看法。

内核在内层，受压力最大，密度也最大，它最初期时引力值并不高，但为最初期地球星的引力中心。后来以外核（包括内核的外核）为引力中心；后来又以地幔（包括整个地核）为引力中心；最后又以地壳（包括地幔及其以下部分）为引力中心。通常所说的地心引力，是指地球星整个星体所作用的引力，而非来自地心。地心在几何学上没有长、宽、厚，如何会产生引力？因此，我的看法，地心引力就是地球星的引力。由地面上任何一点作一铅垂线，直到地心，这条铅垂线就是一条引力线。地球星表面由无数的小点集合而成，每一小点都有一条引力线向下直达地球星中心。这一条引力线上每一质点都有引力。距地心愈近，引力线分布愈密，引力也愈强。反之，引力线分布愈稀，引力也愈弱。

地球星表面以上的物体，受了地心引力而产生重量。距地面愈高，重量愈小。珠穆朗玛峰上的引力值小于中国沿海陆地地面的引力值。由地面向下，矿坑愈深，引力愈大，到了地核表面，引力最大。地核表面的物体重量增加到最大限度。这样就可以了解地核的引力是地心引力最重要的一部分。地核由于高温及高压，而且化学元素单纯，除少量镍元素外，全是铁，因此，它的作用类似人体以内的心脏及头部以内的脑。

地核与地球星自转 地球星自转由西向东转动，在 24 小时内，赤道上某一个地点要前进 4 万多公里。在纬度 40° 要前进 3 万多公里。在纬度 89° 处要前进 700 多公里。在北极或南极，仅是一个点，自转一周就是一个昼夜，但这自转一周并无实际距离。一般人认为地球星自转，必须有一根轴，叫做地轴（Earth's Axis）。这一条地轴是假设的，实际并不存在。

没有地幔及地壳时代的地球星，先由地核由西向东自转。有了地幔及地壳以后，地球星依旧由西向东自转。这说明地核是地球星自转的原动力。当只有地核时，地核自转一昼一夜所用的时间，比现今为短。有了地幔之后，昼夜时间加长；有了地壳以后更长。现今地球星每次自转所需的时间，似乎比往年更长，这由于地球星的星体逐渐加大的缘故。地球星自转的速度非常规律，完全由于地核自转的规律。什么力量使它这样规律呢？可能是由于其惯性。

地核与磁北极及磁南极 地核本身就是一个具有磁性的大铁球。磁性来自太空内质点。质点累积合并而形成地核。其中的杂质，由于密度较小及质量较低，都被排挤，进入地幔层圈以内，剩下的铁质形成磁性大铁球，进行由西向东的自转。如问地核以内是否尚有一个磁轴？答案是：不需要。

磁轴与地轴不同。后者来自地核自转的力，这力不可能在地幔内或地壳内被其他物质所改变。磁轴在地核内与地轴合一，是同一方向。可是当磁轴伸入地幔后，受地幔层圈内对流性熔岩流（或岩浆流）所左右。因为岩浆里物质含有铁元素，也有磁性，可以改变磁轴的方向。这种解释也是一种假说。磁极可以颠倒；可以移位；有时可以出现单极；也可以消失成为无极。

总括来说，地核三大作用，引力最为重要；自转与磁场也不可忽视。

地心引力可使地面大环境改变 地心引力可使大气层内气流下降，出现对流现象；可使大气有水平状流动而成风；可使雨雪冰雹降落；可使海水流动；可使江河注入湖、海、大洋；也可使岩石崩坠，泥沙沉积。这一切现象，已成为常态，无人感觉新奇。如果超越常态，变化剧烈，成为灾害，才会引起

人注意，例如大水灾、大风灾、大雹灾、大地震及火山爆发。

从大规模范围来看，地心引力可以导致板块运动；中规模范围也可以引起造山运动，使岩层发生褶皱及断裂；小规模范围也可以出现小地貌，例如冲积锥及冲积扇，冰川流动及冰碛，天然堤及三角洲等。

二 地心引力与板块运动

板块构造与板块分界线所谓板块(plate)就是地球星地壳本身所分成的小块,接受地壳下方释放的能量而开始移动。有移动,必然有撞碰。其他板块受了撞碰,必然造成强烈的震动,而酿成灾害。

依据地质学家的研究,太平洋以东,不论海陆都是美洲板块,中美洲以西的海面下是太平洋板块。这两个板块都是大板块。美洲板块包括南、北美洲,也包括中美洲。与太平洋板块相遇的地方,在墨西哥共和国西岸,也在中美洲地峡西岸。这一带叫做“板缝”,也译为“缝合线”。这一条线是西北—东南向,在海底是一条海沟。与海沟平行的中美洲西岸,是跷起的一条大山脉。这板缝以东包括中美洲地峡及加勒比海一带,虽然是美洲板块,一般人却叫它是“加勒比板块”(Caribbean Plate)。

中美洲地峡以西是太平洋板块,其中接近中美洲地峡的一部分,因为地壳下方岩浆活动,这一部分隆起,与太平洋板块分离,叫做“科科斯板块”(Cocos Plate),也译为“可可斯板块”。这板块虽然面积不大,但不安定。科科斯板块以南是“纳斯卡板块”(Nazca Plate),它本是太平洋板块的一部分,也分裂而自成一个板块。太平洋板块向西北方移动,移向日本海沟。纳斯卡板块向东南方移,侵入南美洲板块以西的加拉帕戈斯海沟。科科斯板块向东北方移动,侵入北美洲板块下方。这是墨西哥及哥伦比亚等国时常出现灾难的原因。人的眼睛只看到地面上的灾变,经常忽视地壳下方的变化。它属于大环境。板块很多。它们之间的分界线,简单说,可有三型:(A)大洋中脊型。例如大西洋中脊,这是一条海底山岭。北起北冰洋,向南经过冰岛及亚速尔群岛,然后南下。这一段叫做北大西洋中脊(北大西洋海岭),由此南下,直到南冰洋(南大洋),这一段叫做南大西洋中脊或南大西洋海岭。中脊以东是美洲板块;以西是欧亚板块和非洲板块。这是出现于大洋裂谷带的例子。

另有一例出现于大陆地区内的裂谷,例如东非裂谷带。这也是地壳由于张力开裂而形成的谷。东非高地内裂谷带,有许多南北向大湖,例如马拉维湖、坦噶尼喀湖和鲁道夫湖,北去有尼罗河谷(地堑谷),直到红海。这红海也是大地堑,西北进入死海,约旦与以色列之间的地堑,东北进入亚丁湾,也是大地堑。东非大裂谷生成时期不过 200 万年,那时候猿人已出现,有人在裂谷内找到猿人的化石。

(B) 深海沟型。1961 年美国学者赫斯(H.H.Hess)及其他学者创立海底扩展假说,太平洋板块向西移,成为俯冲板块。由于海洋地壳组成的元素是硅和镁,比重大于大陆地壳(由硅和铝构成),西移的太平洋板块,遇到欧亚板块及印度洋板块,俯冲而下形成马里亚纳海沟和汤加海沟。向西北方俯冲,形成阿留申海沟。

(C) 板缝型。第三类是板块缝合线型,简称板缝型。例如印度洋板块北部(印巴次大陆)撞欧亚板块,形成青藏高原和伊朗高原。中生代内有一东西向大洋,隔开上述两大板块。后来,两板块之间缩短距离,成为古地中海(特提斯海,Tethys)。更进一步,那个由南向北移动的板块,撞入位置偏北的板块下方,掀起两座高原。东为青藏高原,西为伊朗高原。在板缝地区,出现高大山脉,例如喜马拉雅山脉、兴都库什山脉、扎格罗斯山脉,这些山脉都在印度洋板块碰撞部分的上端。在青藏高原内,板缝不在雅鲁藏布江谷

内，而在冈底斯山脉南侧坡。此外，兴都库什山脉也属于印度洋板块，不属于欧亚板块。又，非洲板块与欧亚板块之间的板缝在托罗斯山脉及阿尔卑斯山脉。

凡位于板缝之上或邻近的地区，常有地震的灾难，而且震级很高。凡位于深海沟附近的地方，必有火山岛或火山岛弧。深海沟附近海床不安定，常有地震。因为当地壳下方“能量”蓄积太多时，必然要寻求机会向外释放。途径有二：一是地震；另一是火山爆发。只有这样，才可以保持平衡，使地壳获得安定。1985年内这两种情况分别发生在墨西哥及哥伦比亚两国内，造成惊天动地的大灾难。

墨西哥城在北美洲板块之上。这板块的西侧向上翘，科科斯板块较低，向东推进，楔入北美洲板块下方约20公里远。因此，这一带地区多地震。1985年地震震源在墨西哥城以西太平洋海面下，相距约300公里。科科斯板块向北伸出一个尖角，不十分牢固，易被能量掀起造成震动。这次大地震的震中就在那里。震波到达墨西哥城，尚有8.1级。许多高楼大厦立即倒塌，居民埋在瓦砾堆里，受伤出不来就饿死。墨西哥城人口1500万。住宅区全是新建筑的多层高楼，然而其建筑材料并非采用能耐受剧烈地震的钢料，建筑技术也不适合地震区内的设计，巨震开始，自然崩溃。繁荣地区立即变为瓦砾堆。这种现象就是“变”。人目仅能看见地面以上的变，却不能望见地面以下板块在作怪。

板块本身并不能移动。当地壳下方能量聚积过多的时候，板块受能量的作用，被迫移动。这就是以地面下方的变，酿成地面以上的变。两种现象实为一体，不能分开。地震可以释放地下蕴积过多的能量，但受影响的地面却十分广大。火山喷发也可以释放地下过多的能量。地下能量积存过多时，它就开始喷发岩浆，把能量用于喷发而使之消失。活火山对于人类有威胁，但受影响的地面较小，因为火山的爆发都在火山口内，距离乡村市镇一般较远，不象大地震的范围广大而且吓人。

了解板块分界线后，再进一步说明板块的构造。板块构造是一种假说，为当前地质学家所采用，已形成真说。1968年6月法国人勒皮琼提出板块构造说，修正往日德国人魏格纳所创立的大陆漂移说。他认为板块是已开裂的岩石地壳重新缝合在一起的东西，地壳由六大片坚硬而脆的岩石板块组成。这六大板块都浮在地幔表面上的岩浆里，因岩浆有流动，板块也跟着移动。板块表面以上有些地区是大洋，也有些地方是大陆。例如欧亚板块，其范围不仅包括欧亚大陆，也包括东北大西洋。板块移动可以互相离开，中间出现地堑谷或裂谷，例如大西洋中脊；可以互相碰撞，例如印度板块撞亚洲板块；也可以互相平移，中间不发生裂谷，也无高山，例如南极洲板块。两大板块之间分裂而离开，由于地壳下方有上升的岩浆。两板块互相挤压必然会出现深海沟。

板块有大板块，也有中板块，更有小板块。大板块不仅面积广大，变化也慢，要超过一亿或两亿年之久才有明显的移动。中板块例如纳斯卡板块和科科斯板块。这两个中板块都介于太平洋板块与美洲板块之间。太平洋板块与中国板块之间的菲律宾板块是中板块。小板块面积很小，只有数万平方公里大，例如伊朗板块和亚德里亚板块。太平洋板块与澳大利亚板块之间的汤加板块也是小板块。中板块变动较大板块为快，但也需要数百万年之久。小板块数十万年以内，就有变化。

板块有动的板块和静的板块。如有两个板块相遇，其中一个前进，属于动的板块；另一个不动的，属于静的板块。板块还分叠置板块和俯冲板块。例如太平洋板块，比重较大，遇到欧亚板块，就俯冲而下沉，形成海沟。所以，太平洋板块叫俯冲板块，欧亚板块为叠置板块。所谓深海沟是一带海底洼地，狭长形，水深超过 4000 米，例如汤加海沟和菲律宾海沟。

大洋中脊例如大西洋中脊，是板块的分界，此界以西是南北美洲板块，此界以东是欧亚板块及非洲板块。1961 年赫斯提出解释，他认为上地幔的表层，由于岩浆向上的冲力很强，洋底开裂，中间出现一条南北向裂谷。这不是短时期以内形成的，可能在 2 亿年以前就开始分裂，旧洋底破裂，玄武岩岩浆流出来，筑成一条山脊，叫做大西洋中脊，高出附近洋底约 3000 米，山脊宽度为 2000 公里，约占大西洋宽度 1/3。沿着中脊的顶部是一条中央裂谷，宽 20~30 公里。这说明中脊的顶部不是山峰而是深谷，深约 2000 米。这深谷通过冰岛，在冰岛有大量玄武岩岩浆流出来凝结而成。冰岛上有火山。

地心引力使板块运动加强现今大陆已非原始地貌，坚硬的地壳也非原来的形状。现今太空内微细的宇宙尘受地心引力不断地降落，其中也有陨石。地球星早期降落的更多，累积而成厚层。这厚层下方有放射性元素，产生高温，使厚层的累积物熔化而成为岩浆。因高热而向上涌，成为岩浆流或熔岩流。初期地壳成于花岗岩及玄武岩。后来遭受风化、侵蚀、搬运、沉积，而成为沉积岩。原始大陆已经过多次的变化，例如中国境内高峰（如华山、黄山、贡嘎山等）高 2000 米到 7000 米，这样高的山体，应该在花岗岩的上面还覆盖着数千米厚的沉积岩。但实际上，沉积岩都已被流水冲刷掉，并已蚀去一部分花岗岩。现今华山尚有 2000 多米，贡嘎山尚有 7500 多米，全是原生于地下深处的花岗岩，现今已在地面上高处，可以想见大陆变化的剧烈。

当地壳一方面增加厚度，一方面又分出原始大陆和原始大洋的时候，它只有一个大陆，叫做“泛大陆”（Pangea），也叫做“联合大陆”；只有一个大洋，叫做“泛大洋”（Panthalassa）。后来，海水愈积愈多，淹没泛大陆的边缘，海床扩大并加深，泛大陆逐渐分为南北两大块：北为“劳亚大陆”（Laurasia Land），南为“冈瓦纳大陆”（Gondwana Land）。这些大陆在岩浆的上面，并非固定，年年漂移。地壳在软流圈上漂浮，正象轮船浮在海面上的样子。这是大陆漂移假说的由来。

创立大陆漂移假说的是德国人魏格纳。泛大陆出现于二迭纪以前。由于地球星有自转运动，海洋又有潮汐现象，泛大陆向西漂移而逐渐开裂，成为劳亚和冈瓦纳两个古陆，上文已述。中生代内，冈瓦纳又分裂为数块，各自漂移，并未固定下来。据魏格纳设想，非洲大陆是泛大陆的核心，年龄最老，位置最安定，它是一个静的陆块。印度地块也古老，但不固定，它与亚洲地块之间是一片大海。由于印度地块向北漂浮，这片大海逐渐变狭，称做“古地中海”（Tethys）。后来，印度地块继续向北移，碰撞亚洲地块南缘下方，与亚洲连接形成现今所见的印度半岛。澳大利亚是小地块，也很古老，内陆很少地震，但有漂移，向东漂移很远。

一般说来，地壳是坚硬而脆的岩石圈，大陆地壳厚达 30~70 公里。上部是花岗岩，下部是玄武岩。花岗岩是地壳表层内孤立的岩块，因不连续，不成为地壳层圈。玄武岩连续成为层圈，不仅为大陆地壳，也是海洋地壳，厚度只有 5~8 公里。花岗岩地壳内含硅铝元素较多，比重较小，叫做硅铝层。玄武岩地壳内含硅镁元素较多，比重较大，叫做硅镁层。玄武岩地壳以下是

上文所述的莫霍面。这面也有相当的层厚，并不那么简单。莫霍面是震波中纵波（p 波或初波）加速的起点。纵波在玄武岩地壳内平均每秒前进不到 7 公里。越过莫霍面以后，每秒可前进 8 公里。莫霍面下方就是地幔。地幔的表层由于温度升高，已超过 1000℃，而压力又未加大，岩石质具有塑态，可以流动。这一流动层叫做“软流圈”。软流圈内物质的流动依旧受地心引力的作用。流速很小，每年可达 0.5 厘米或 1 厘米。不要小看这 1 厘米，100 万年在地球历史上是很短暂的，然而高热的岩浆上升已有 10 公里。这一股子冲力可以突破 8 公里厚的洋壳，出现大裂缝，形成大洋中脊，例如大西洋中脊（Mid-Atlantic Ridge），两侧的洋壳却会因受地心引力而移动。

据魏格纳的推想，二迭纪以后，赤道以南有冈瓦纳大陆。这大陆以非洲为中心，周围连接许多地块。白垩纪时南美大陆离开非洲，向西漂移，愈漂愈远，中间出现大西洋。这大西洋洋底的构造，下部是新生代玄武岩洋壳，上部是新生代沉积层，年代都不古老。魏格纳的设想发表于 1921 年。到 1968 年，法国人勒皮琼创立板块运动假说，大陆漂移的现象又得到新的解释，更引人注意。因此地心引力和岩浆活动对于板块移动的关系显得更为重要。下文说明勒皮琼的六大板块。

勒皮琼创立的六大板块说 1968 年勒皮琼发表的六大板块说，如下述。

欧亚板块（Eurasian Plate）。范围包括欧大陆，北有东部北冰洋，西有大西洋的东北部，东有太平洋海沟带以西部分。菲律宾板块位于亚洲大陆斜坡，虽然它介于两条海沟带之间，又是中板块，但在位置上也属于欧亚板块一部分。菲律宾群岛是陆壳，不是洋壳，不能列入太平洋板块以内。欧亚板块包括欧洲板块、中国板块、伊朗板块、土耳其板块，这些板块的边缘都有山脉包围着。

印度洋板块（Indian Ocean Plate）。这一地区以前是冈瓦纳大陆。后来大陆沉降，剩下的两个残块，一为澳大利亚，一为印度板块，都是古陆的残余。印度洋中部海岭，叫做印度洋中脊，中脊以西属于非洲板块，中脊以东属于印度洋板块。又，阿拉伯半岛与非洲之间出现红海裂谷，自成一板块。在性质上，阿拉伯板块依旧属于非洲板块，但红海裂谷为西北-东南向，与印度洋中脊大裂谷互相连接，从这一点来看，阿拉伯板块应该列入印度洋板块内。阿拉伯、印度和澳大利亚三个板块十分古老。澳大利亚中部有一古老岩块叫做艾尔斯岩块（Ayers Rock）是前寒武纪内一座倾斜极陡的古砂岩。

美洲板块（American Plate）。美洲板块形状完整。除包括北美大陆、南美大陆和西印度群岛外，尚包括大西洋西半部及北冰洋西半部。东界是大西洋中脊。西接太平洋板块。这西界又可分为南北两段。

北段：为太平洋板块。这板块东北边缘向东移，俯冲而侵入北美板块西部边缘下方，两板块互相撞击而有破损。受破损的区域约有 10 多万平方公里，叫做胡安德富卡板块（Juan De Fuca Plate）。这板块北起加拿大温哥华岛（Van-couver Island）海床，南至加利福尼亚州沿海北部海床。由此向南就是加州居民最关心的圣安德烈斯断层（San Andres Fault），这断层近年来尚为安定。

南段：太平洋板块与中美洲之间有科科斯板块（Cocos Plate），与南美洲板块之间有纳斯卡板块（Nazca Plate）。这两个板块都是中板块，也都是太平洋板块的一部分。由于地壳下方有岩浆上升，成为“岩浆柱”，冲破洋壳，出现太平洋中脊。这中脊的上部无裂谷，而有平顶山。据说这是已中止

活动的现象。中脊以东是科科斯板块及纳斯卡板块。由于岩浆上冲，洋壳不安定，常有地震。墨西哥有地震，哥伦比亚有火山爆发，都不是偶然的事。

美洲板块可分为北美板块和南美板块。距今 1.7 亿年前北美板块与欧亚板块尚是联合古陆的一部分，到白垩纪才分开。北美板块向西移，其间出现大西洋。南美板块与非洲板块在侏罗纪之末已开始分裂而向西移，其间正是新出现的大西洋。

非洲板块 (African Plate)。这是联合古陆的中心，比较安定。勒皮琼规定非洲板块的四界为东至印度洋中脊，西至大西洋中脊的南段，北至阿尔卑斯山脉，南至南极洲板块边缘。由于南美板块西移，非洲板块受震荡，出现东非裂谷。这裂谷不深，未达到地幔，非洲依旧是一个完整的板块。

太平洋板块 (Pacific Plate)。这是完全由洋壳构成的板块，范围最广。东界是东太平洋中脊 (East Pacific Ridge)。这中脊是南北方向。新西兰与南美洲之间，海面上有一系列南北成行的小岛，岛的下方就是中脊，顶部无裂谷。中脊附近洋壳最新，由此向西，愈西洋壳愈老，到太平洋西部，洋壳最老，最老也不超过中生代。遇到亚洲板块，由于比重较大，且位置低下，就向下俯冲成为俯冲带，沉降于地幔层内。洋底出现深海沟，最深的地区叫做海渊 (deep)。著名的海沟有菲律宾海沟、马里亚纳海沟、汤加海沟，向西北去，尚有日本海沟及阿留申海沟。

南极洲板块 (Antarctic Plate)。南极洲板块位于南极之上，比较稳定，属于宁静型。可用以察看其他板块的移动。其他板块每年移动的距离由 2 厘米到 20 厘米不等。

钻深洞可知板块如何移动地质学家为求了解地下构造与板块移动的关系，大多主张向地下钻深洞。由陆地表面向下钻洞，或由海床表面向下钻洞，采取岩石样品，以求了解地下深处岩层的温度、热的传导、压力、地心引力的差异、液体压力、磁场变化及导电性质。

资力雄厚的国家竞相钻探。苏联领先，已在芬兰以东苏联境内的科拉半岛上钻成 12 公里深的洞。联邦德国计划钻 14 公里深的洞。据说瑞典已钻成一深达 7.5 公里的洞。证实地下石油和天然气的来源不是有机质的分解，而是一团碳氢化合物被掩盖。

众所周知，两手互相摩擦，可以发热。如果两个板块相遇，互相摩擦，也必然生热。深洞内岩块如有高热，可以推知地下板块正在移动。在洋底钻洞，可以测知新洋壳已出现，旧洋壳将摧毁。

西藏高原受板块挤压而隆起中国西南部有许多条略成东西向的大山脉，由北向南有阿尔金山脉、昆仑山脉、唐古拉山脉、冈底斯山脉和喜马拉雅山脉。这些山脉高峻、宽广而长，都是大山脉。它们的生长愈北愈老，愈南愈幼。阿尔金山出现最早，喜马拉雅山出现最晚。前者约在 4 亿年前相当于古生代。后者出现最晚，距今只有 1000 万到 2000 万年前左右 (第三纪)。可是当喜马拉雅造山运动开始发生时，喜马拉雅山脉立即隆起上升。它北面的冈底斯山脉及更北的各大山脉 (包括阿尔金山脉) 一一跟着上升，造成空前未有的大山脉群。不仅中国境内山脉受影响而上升，缅甸境内的阿拉干山脉和阿富汗境内兴都库什山脉也一一升起，远至台湾的台湾山脉 (在台湾境内叫做中央山脉) 也隆起上升。它们上升的动力从什么地方得来? 答案是：印度板块猛力碰撞中国板块的缘故。中国板块是欧亚板块的骨干，印度板块向北一撞，撞到西藏高原下方，使西藏高原升高，也使云贵高原升高，陕甘黄土

高原也轻微地升高。可见印度板块的力量之大。

西藏地区在第三纪以前是一片准平原，南滨古地中海，温暖多雨，森林茂密。印度板块向北移，冲力很大，把海床沉积物掀起、挤压，使它发生褶皱，高出海面。本来是一条东西向的大海，经这么一挤，就成为一条东西向的大山脉。开始时，山还不很高。后来，印度板块继续北进，俯冲插入西藏高原下方，西藏地区由准平原逐渐升高而成为高原。当它还是准平原时，北方的山脉尚不很高，西伯利亚高压中心并不明显，亚洲季风尚未形成。当喜马拉雅山脉成为高山时，西藏高原上多条东西方向大山脉阻止冬季西伯利亚高压气流南下，使之不能进入印度洋，而改变为西北季风，吹向华北及日本群岛。夏季内，印度洋西南季风也不能吹入西藏高原。西藏高原由于高度增加，气温降低，成为冷区；又由于西南季风不能吹入，水汽进不来，又成为干区。西藏地区由温暖多雨、森林茂密的地理景观一变而为荒寒干燥的大高原。喜马拉雅山脉是气候上的大障壁，南侧坡多雨而又多森林，北侧坡干寒无植物。在交通方面，喜马拉雅山脉已形成南北往来的一道不易逾越的高墙。

板块运动与地震 火山爆发可以出现地震。这一类属于浅源地震，即“震源”（focus）在地面下不过数公里深。通常试验地下核爆炸，或探测海底油源的爆炸都属浅源地震范围，威力都不大。另一种是深源地震，震源在地面下数十公里或数百公里，或者更深，其震动强烈，灾区广大。这样的大规模地震，由于板块有移动，往日叫做断层地震。所谓断层就是板块移动的结果。因板块运动而形成开裂的断层线非常长。1985年墨西哥的大地震，明显地来自板块互撞。1976年中国唐山突然出现断层地震，也属于板块在地下深处的移动。如板块在地下深处移动1厘米远，地面上可能就是一个大灾难。

中国主要地震带 中国东半部接近太平洋地震带，西半部接近欧亚新褶皱山脉地震带。因此，东西两半部都有地震。主要地震带有五个：（A）台湾地震带。这是地震出现次数最多的地区；（B）燕山与太行山地震带；（C）陕甘地震带；（D）滇西地震带；（E）喜马拉雅山地震带。1920年，中国西部固原、海原、通渭等县出现大地震，住宅全部扫平，死者10多万。

预报地震难 要预报地震何时发生是很难的。中国有一次预报成功，时为1975年2月4日，震区在营口及海城。却未能预报1976年7月27日唐山大地震。如果是浅源地震，在地震将要发生之前，地层已有轻微震颤，或者地下有热气上升，住在洞穴以内的小动物受岩石颤动，或受地热干扰，不能安居而逃出洞外。如发现大量动物从洞穴中外逃，可能要有地震，必须立即开始采取措施。如果属于深源地震，由软流圈内“岩浆柱”上冲，引起板块移动，不易预测。小地震可能预测，大灾难的地震不易测知。预报地震与预报天气完全不同。天气预报何时下雨，届时如果不下雨，也没有人过问。如果预报有大地震，人皆外逃，工作停顿，届时又不敢回来，怕遇上地震，如报不准，这时就会怨声载道。美国圣安德烈斯断层如果移动，就要出现大地震。地震专家钻深洞，察知岩层未热。如果板块移动，岩层必热；岩层未热，就是地层安定而未移动，不会出现大地震。日本有许多小地震，但无大地震。日本人研究地震预报，已有数十年之久，成就不显著。但日本已发展抗震方法，使用抗震材料与抗震设计，改善建筑物，尤其注意改善发电厂、蓄水池、桥梁、隧道、码头、医院、学校、大会堂及体育场等建筑物。

三 地壳演化各期长短

隐生宙和显生宙 地质时期由地壳成立时开始，距今约 45 亿年。地壳出现以前是天文时期，由质点算起可超过 50 亿年。由距今 5.75 亿年到距今 46 亿年间是“前寒武纪”（Precambrian Period），约有 39 亿年之久。这一大段时间叫做“隐生宙”（Cryptozoic Eon）。所谓“宙”（eon）是地质年代上最大的单位。所谓隐生，是说这 39 亿年内已有生物，但在地层内却找不到任何证据，生物遗骸完全隐藏在地层以内。在隐生宙内所建立的地层叫做“隐生宇”（Cryptozoic Eonothem），其中包括火成岩、沉积岩及变质岩。

由寒武纪（Cambrian Period）到现在，长达 5.75 亿年，叫做“显生宙”（Phanerozoic Eon），与上文所说的隐生宙对立，其中有生物化石。在显生宙内所建立的地层叫做“显生宇”（Phanerozoic Eonothem）。

假定把地质时间缩为 45 亿分之一，即将 45 亿年当作一年来计算，以这个办法来看地壳与生物演变时间的长短：

由元旦上午零时零分 1 秒有地壳，尚无沉积岩地层；

3 月 10 日地壳已有岩石地层；

3 月 29 日（35 亿年前）地面出现生物；

11 月 25 日（4.6 亿年前）地面出现脊椎动物；

12 月 16 日（2 亿年前）出现恐龙、鸟类；

12 月 26 日（6500 万年前）恐龙绝灭；

12 月 31 日人猿出现。

接着冰川出现；人类出现。又接着文明开始。这一年结束前千分之一秒内出现太空人。美国人登月。

化石可显示时间的早晚 沉积岩内含有化石（fossil）。这是地质时期内生物遗体、遗迹、遗物，保存在岩层以内形成的。生物由开始直到现在只有一个系统，由简单进化而成为复杂，绝对没有两个系统。例如寒武纪有三叶虫，到二迭纪末完全消灭，中生代不再开始有三叶虫，第三纪或第四纪内，也不再开始有。因此，化石可以确定年代先后。例如山东大汶口有丰富的三叶虫化石，俗名燕子石。四川自贡市有多样的恐龙化石。北京周口店有北京猿人化石及多样石器，也有灰烬层。

地质史上三大冰期与大环境 地球星上为什么会出现冰期？笔者认为，与大环境有关系。地球星跟随太阳恒星永无止境的前进，这是事实。宇宙空间内既有暖空，也有冷空，顺理成章。当银河星系进行自转之时，地球星极有可能在前进中通过一段冷空，因而出现冰期时代。地质时代由现代上溯到晚震旦纪，出现三次大冰期。即震旦纪冰期、石炭-二迭纪冰期及第四纪冰期。由晚震旦纪到现在，有 6 亿多年时间，平均每 2 亿多年可出现一次冰期。银河星系有自转，地球星跟随太阳恒星在银河星系自转中前进。自转一周大约需时 2.2 亿年；自转三次约需时 6.6 亿年。两种现象在时间方面大致符合。如果这个想法无误，在早震旦纪（或下震旦系岩层）内，可能找到更早的一次冰期。如果时间的间隔为 2.5~3 亿年，这个理论就可以成立。

依据地质史，大冰期出现的间隔，需时 2 亿多年。第四纪冰期，在距今 7000 年前结束。下一次来临，应该在 2 亿年以后。读者对于冰期的出现，不必担心。2 亿年绝不是一个短时间。例如人类远祖是巨猿一类的动物，距今不过 500 万年。巨猿的祖先来自哺乳类，距今已远达 1 亿年。更早是海水中

的生物，近似鱼类，距今已 2 亿多年。下一次冰期在 2 亿年以后才出现，那时人类进化到什么样子，很难预测。

四 地心引力与山地泥石流、坡面后退和土被滑跌

泥石流的成因和预兆 泥石流 (mud flow 或 mud-rockflow) 是烂泥浆混合大小石块受地心引力作用由上坡突然滚向下坡的一种急剧流动。如沿途没有居民, 问题不大; 如有居民, 或爬山滑雪的人, 可就危险万分。

泥石流爆发以前的预兆并不明显, 但在山坡积雪很厚的地区, 如突然出现连续数日的晴天, 或突然出现高温, 积雪迅速融化, 就会导致泥石流的发生。在黄土高原地区, 如果忽然连绵降雨; 在有地下水的地方如突然泉水大量涌出, 这些现象都可以导致泥石流, 必须提防。

谷底松散堆积物和两侧山坡上堆积物, 年深日久, 蓄势待发, 人并不知。一旦积雪化为水, 暗中润湿堆积物, 增加它们自身的重量, 加强“位能”, 而且又能润滑谷坡与堆积物之间的坡面。一旦为地心引力所牵动, 如有一石块跌落, 疏松堆积物具有极大的“位能”, 再有融雪的水或雨水作为润滑剂, 最后只要地心引力先牵动一些石块滚落, 它上方的堆积物失去原有石块的支持, 也跟着跌落。高坡上物质滚落, 撞击低坡上松散物, 后方的堆积物碰撞前方的堆积物, 出现连锁性反应, 不能中止, 导致一系列的堆积物滚落, 酿成灾祸。泥石流是在地心引力的作用下, 突然酿成的灾害。水流流速较慢, 泥石流流速很快。因为泥浆和石块在上坡, “位能”很大, 一旦泥石受地心引力掀动, 立即向下坡滚动。其滚动的形象好似向前方跌落, 无法阻止。一般来说, 河床的坡度很和缓, 泥石流的谷坡却很陡, 一旦开始滚动, 比万马奔腾的景象惊险万倍。不仅震撼, 而且挡之者立即披靡, 无一幸免。

可立即改变环境的泥石流 泥石流与河流完全不同, 它可以酿成灾难, 震惊社会。通常所见的河流作用, 有侵蚀、搬运、沉积三大作用。由于河道很长, 上游侵蚀作用最明显; 中游搬运作用最明显; 下游沉积作用很明显。泥石流的流程很短, 没有上、中、下三游的区别。一旦发动, 来势凶猛。

泥石流与江河发生洪水完全不同: (A) 河水中洪流主要来自大雨; 泥石流中的洪水首先是高山上坡融化的积雪, 人目不易察觉; 其次才是突然间发生的暴风雨, 有时也有可能因水坝崩溃或火山喷发, 融化山坡上的积雪, 使雪水成为洪流, 在短时间内酿成大灾难。(B) 河水一旦出现洪流, 河水的侵蚀与搬运能力立即加强, 可以泛滥成灾, 使人恐惧。泥石流爆发之前, 泥砂和石块是干燥而且松散的堆积物。在谷底或两侧山坡下部处于静止不动状态时, 无人对它恐惧; 只有当雪水或雨水把这些堆积物浸湿以后, 才使人害怕。简单来说, 河流中洪水与搬运物的比, 最高为 20 比 1。泥石流中的洪水与搬运物的比, 最高为 1 比 4, 泥砂和石块比流水多四倍。这不是流水搬运泥砂, 而是泥砂搬运流水, 真是奇观。(C) 河流先有侵蚀作用, 后有搬运作用。泥石流先有搬运作用, 后有侵蚀作用。泥石流在滚动中, 利用石块刻蚀谷底及谷底两侧坡面。(D) 河流沉积作用有明显的选择性, 重的先沉, 轻的后沉。不仅出现颗粒粗细的层次, 且有前后的排列。粗重的先沉下, 细而轻的要运到较远的地方沉下来。泥石流无选择性。它所搬运的物质, 不论轻重、粗细、大小, 同时运走, 也同时放下。乱七八糟的堆在一起。(E) 河水如出现“洪峰”, 必然会流到很远的地方才消失, 两岸居民望见洪峰过去, 即有安全感。泥石流很短, 从开始到结束不过几秒钟或几十秒钟。它的前方是“泥流头”, 俗名“龙头”。向谷口外直撞出去, 山摇地动, 无物可以阻止。

据估计, 泥浆中所含有的大小石块, 可占总流量中的 10%, 最高时可达

80%。泥石流前进的景象不似流动，而象倒垃圾桶，桶内所有的物体一齐向前方滚落。“泥流头”象一堵高墙，高数米到10多米，横着向前奔。最使人震惊的，泥石流内连续翻腾滚转的只是一堆一堆的泥浆拌上粗砂和岩屑，那些重量极大的，一吨或数吨重的大石块反而漂在泥石流表面上，顺流而下，好象木块似的。这说明泥石流的内部压力异常强大。因此，凡泥石流经过的地方，不论桥梁房屋，一律被毁。

1986年2月23日，意大利北部阿尔卑斯山脉南侧坡出现泥石流，活埋10多人，其中半数是学童。这说明横过一个谷底时，必须先注意谷底的上方堆积物有无异常现象。

中国西部山地区的泥石流中国西部包括青藏高原、新疆两大盆地及盆地边缘山脉，四川西部和祁连山地也有同样的泥石流发生。这些地区冬季高山山峰上都有积雪，而且气候干旱。春末夏初，高山有融雪，雪水由高坡流下来，浸润山坡下部松散的堆积物。条件成熟，就可能出现泥石流。祁连山脉北坡、天山山脉南北两坡和昆仑山脉北坡，由泥石流造成的岩屑堆很多。1985年6月西藏东部林芝县曾连续三次出现泥石流。

关于林芝县泥石流的发生，我的解释如下：西藏东部全是高原，冬季内山峰积雪很厚。每年6月前后，融雪的水由山坡上部流下来，到山坡下部滞存在低洼区内，久而成湖。湖水满面向外溢出。因为溢出很慢，不会酿成灾害。如果连日多雨，或者天气连续变暖，山坡上部积雪加速融化，大量雪水注入湖内。湖水外溢侵蚀湖壁，壁溃以后，湖水形成洪流，带走山坡下部松散堆积物。停留在山坡上的大石块，下方已无支持物，受地心引力也滚落到泥石流的表面上而被运走。

林芝是西藏东部大县，且是川藏公路上一个大站。桥梁被泥石流破坏，确是一件大事。如果泥石流发生在荒无人烟之处，再凶猛也关系不大。

陆地坡面千奇百怪 陆地表面不是一个面，而是由许多坡面组成的。坡面可分为两大类：一为侵蚀坡，由流水或冰川侵蚀而成的坡面，另外还有风力吹蚀的地面成为风蚀坡面。另一类是沉积坡，大多是平坦的，例如冲积坡、湖积坡及风积坡等。沉积坡最平坦的坡面尚无实例，通常认为冲积平原比较平坦。山东省平原县可为普通平坦坡面实例之一。县名都被叫做平原，显示这一县区确无起伏。如果在这县里建立高尔夫球场，施工极易。如果想要登高远望，只有登树或者上屋顶，平原坡面的角度小于 1° 。

侵蚀坡的坡面较陡。最陡的坡面是悬崖。通常所说的悬崖绝壁，并非垂直的 90° 。文学上常有“壁立千仞”，纯系夸张，并无实例。通常由崖底到崖顶的倾斜度，大多不过 45° 。因为超过 45° 以后，石块不能留在坡面上，必然滚下来。除非坡面上横沟，才可以阻挡它不滑落下来。坡面上岩屑受地心引力而滚落坡下，形成锥状堆积，叫做“岩屑堆”。许多岩屑堆互相连接成带，叫做岩屑坡或堆积扇。

中国东部多缓坡，由 0.5° 到 5° 。如超过 5° ，上坡时，已觉得行走吃力。超过 45° ，就列入断崖范围。一座大山可分为山峰、山腰（或山腹）、山麓三个部分。峰部大多是凸坡。腰部大多是直坡。山麓大多是凹坡。

所谓凸坡，指坡面纵断曲线向外突出，例如桂林市区内小山头。所谓凹坡，指坡面纵断曲线向内注入，例如山的下部。如果坡面纵断曲线既不向内注入，也不向外突出，叫做直坡。例如桂林市内小山的山腰。山麓有凹坡，可以建屋。如凹坡外伸而成山嘴（spur），山嘴似鸟嘴，向外伸也是凸坡，

有人称此为坡脚，俗话说说的“山环水绕”全是坡脚地貌。如果加上板块活动，有断层和褶皱，坡面复杂，叫做多样坡。泰山顶部是多样性的凸坡。美国大峡谷内陡坡全是阶梯状陡坡，因为沉积岩为水平状排列，无褶皱。中国长江三峡受褶皱作用，沉积岩垂直排列，形似悬崖式陡坡。又如广东省北部红色砂砾岩受侵蚀而形成砂岩石柱；广西有灰岩石柱，受溶蚀及风化作用而成；陕西省北部有黄土柱，受流水侵蚀而成，风蚀作用也很重要。

重力作用使坡面后退 重力作用就是地心引力。这力量可使板块产生横压力，引起大陆上升或山脉上升。上升以后的陆地离开海面，接受风化作用、雨雪冰的侵蚀、风力侵蚀、波浪侵蚀、流水侵蚀，岩石崩落，使一粒一粒的砂土，由坡面上落下来而在低洼地方内沉积。这样，低的地方可被填高；高的地方可被削低。大山变为小山，高原化为准平原，坡面后退，同时也变低。这一切现象都是在地心引力作用下发生的。可见，地心引力可使大山消失，陆地消失，海床平坦，巧妙地把地球星塑造为一颗真正的球形。

土被滑跌的成因和征兆 土被是覆盖在坚固岩层之外的松散物质，由土、砂及岩屑组成。一座小山如果全部是石头，没有松散的土层，它的坡是岩石坡，这石头叫做基岩。基岩表面长期受风吹雨打，日晒霜冻，逐渐崩碎成为岩屑，又与有机质混合，就可以形成土层，覆盖于基岩表面之上，其正式名称就是“土被”。

如果有大片土被向坡下滑落，或者缓慢移动，同时坡上树木、房屋也跟着向坡下移动或滑落，这现象俗名叫“山崩”。事实上，山并未崩，因为向下跌落的全是土被，其中不包括岩石。这些滑落的土被中全是松散的物质，有草根和枯叶。这种滑落现象叫做“土被滑跌”。

1983年3月7日下午5点钟，兰州市西南方东乡族自治县洒勒山突然出现土被滑跌，酿成严重灾难。据说这灾难从发生到结束，全部过程只有1分多钟。山坡上整片土被急剧下跌，第一跌竟跌落300米远，紧接着进行第二跌，一直跌到山坡前方一块平地上方才稳定下来，而这地方距开始滑跌地点已有2公里远。山前平地上农田及房屋全部被埋，死难者达277人，覆盖的砂土层竟厚达20米深。滑跌物中有黄土、细砂及岩屑，没有石块，滑跌物的体积共有6000万立方米。

土被滑跌出现前的征兆有四：(A)山麓地区忽然出现清泉。泉水外流，成为小溪。这不是好征兆，因为土被的下方有流水沿基岩表面下流，就有可能发生土被滑跌。(B)土壤爬动。土被滑跌将要开始时，一部分土层上面可能已生长野草和小树，沿基岩表面向下爬。这时候，如在深夜，可能闻到一些声响，来自土被与基岩表面之间的摩擦。夜深人静，万籁俱寂，鸡犬牲畜可能已有觉察而有不安的表现，有时终夜啼叫，洞内的小动物也会惊慌外逃。(C)山脊忽然开裂。这现象已足够证实山坡上部土被已开始向下滑动。这时候，附近居民就该逃避。(D)土被与基岩表面互相摩擦，可能出现光亮，象天空闪电一样。这时灾难已来，躲避很难。

土被滑跌的大致过程如下。山上有土被，土被内部是基岩。土被松散，易于吸水；基岩不吸收水。如果下雨时间很久，或积雪融化之水太丰，土被因已吸收大量的水而增加了它自身的重量。过多的水的渗入使土被已经饱和而不能容纳多余的水。这多余的水就在土被的下方沿基岩表面而下流。基岩表面成为润滑面，阻力减小。一旦开始滑动，很难中途停止，势必酿成灾难。

据说洒勒山出现土被滑跌，实由于表层是松散的黄土，内部是第三系粘

土层，不渗水，性质类似基岩。雨水及融雪的水大量渗入黄土层（土被），再向下渗，它不吸收，便滞集在黄土层下方而向山下流，润滑粘土层表面。土被滑跌的阻力大减，导致灾难发生。

五 地心引力和火口湖

火口湖的成因 中国白头山顶“天池”是一座很深的火口湖。原来的火山口已崩陷成为盆地，叫做破火山口（caldera），其中积水成湖，成为中朝界湖。湖底有无毒气，未经过调查，不可知。印尼苏门答腊岛也有一座火口湖，叫做多巴湖（Lake Toba），其中有岛，叫做沙摩西岛（Island of Samosir）。据荷兰地质学家解释，这是世界上最大的破火山口。原来的火山体由于大量喷发，岩浆流出太多，火山头及其下方岩浆室空虚，失去支持，火山口崩陷下坠。这个小岛就是原来火山体的上部。火山喷发的时间在晚第三纪，火山灰散布在火山口附近，约有2万多平方公里，火山灰堆积的厚度有600米。这座火口湖的湖底有无毒气，也无人知。美国俄勒冈州内有一座火山湖，就叫做“火山口湖”。现今这湖已建为美国国家公园，这是美国第一深湖，世界第七深湖，湖深589米。这火山口也因为喷发太猛，岩浆室内的岩浆完全喷出，从而使其上部失去支持而崩溃，形成破火山口。后来，积聚雨水及融雪的水而成湖。因为湖畔极高，并无河流的水注入湖内，也未闻湖底出现天然毒气。由于风光秀美，每年来此游客超过100万。然而非洲中部却有一座杀人的湖，毒死许多人。这说明大环境内无奇不有，绝对不可忽视。

非洲有放毒气的杀人湖 1984年8月16日清晨，非洲喀麦隆共和国莫努恩湖（Lake Monoun）边的湖岸公路上一辆货车正在前进中，司机看见有一人倒在停在路边的一辆摩托车上。货车内有三个人，其中一人是本地牧师，他急忙下车去察看，尚未走到那辆摩托车前则已倒地身亡。这时，车内二人忽然嗅到一种怪味，深知不妙，立即闭气不呼吸，驾车而逃。但是驾车人忽然看见坐在身旁的那人也倒下死亡。他惊慌极了，把车驶入附近小村庄去报告。到上午十点半钟，湖畔公路上倒地而死的总人数已多达37人。这座火口湖从来很安静，未出现过灾祸，这一次竟成为杀人湖。据说，那天早晨六点半时，湖畔有一段长达200米的毒雾，由湖面伸到公路上覆盖着公路，气味苦而使人恶心，有人看见不敢前进而返。上午十点半再去时，毒雾已消失，湖水与公路之间，所有的野草、树木、鸟兽全部死亡。湖面野草全部失踪。遇难的人全是附近居民，早晨起来赶往市镇买物，不幸途中遇害。经医生检验，尸体僵硬，口鼻外有粘液，并有淤血，身体有明显的灼伤，衣服上却无灼伤的迹象。这证明是明显的化学物品灼伤。据小村居民回忆，在这日前夜十一点半左右，突闻大爆炸声响，来自湖方。至8月17日，政府公布湖水已变为赤棕色。后来经美国火山学专家西格森检验，证实毒雾来自湖内，但湖内并无人为的爆炸物。他发现这湖底有一座小火山口，直径长达350米，这座火山口的地点很接近那条公路。他也找到了湖水深层内含有的碳酸氢离子。然而对湖水作化学分析后，证明湖底的水不含硫。如果有火山爆发，水中必含硫，现今无硫，证明湖底火山口并未爆发。杀人的毒雾含有大量的二氧化碳，灼伤人体的物质是毒雾的化合物（据推测可能是硝酸）。据说，湖底二氧化碳上升到达湖面时，与湖水猛烈地冲入空中，至少达5米高，湖水登岸后，夷平了草木，后又回到湖里。

喀麦隆共和国另一座杀人湖更厉害。位于共和国西北部的尼奥斯湖（Lake Nios）突然于1986年8月21日夜放出毒气，毒死湖周围20平方公里内的1900人。是日夜半，居民已入睡，突闻一声巨响，类似地震，毒气喷出，流入湖畔四个小时，村民有死有伤。其中一个小村共有人口360，全部死亡，

村内动物也全部死亡。象一颗中子弹爆炸似的，房屋未被破坏，而人口全部死亡。主要毒气是二氧化碳，其次是硫化氢。灾难发生后二天，一场大雨，毒气才消散。据专家的推测，湖底毒气外泄，地震具有最大的可能性。尼奥斯湖在武姆镇附近，长 500 米，宽 250 米，水色蓝，放毒气后改为红褐色。毒气很热很臭。

据说东非洲基伍湖 (Lake Kivu) 也有类似的构造，湖床表面上有一层二氧化碳的气层，气层的上方才是湖水层。但尚未有人去证实。

六 地心引力与世界三大长河及中国三大冲积扇

三大长河古老似化石 尼罗河、亚马孙河及长江这三条大河，都有长度超过 6000 公里的干流水道，号称是世界三大长河。这三条河不仅水道长，而且都具有悠久的发育史，出现的时间起码也在中更新世内。因此，这三条河都具有“化石”（fossil）的特征。然而这三条河的特征各不相同，所造成的大环境也彼此有异，值得比较。

（A）论长度：非洲尼罗河列第一位，由上源到河口长达 6671 公里；南美洲亚马孙河长达 6437 公里，列第二位；中国长江的干流长 6300 公里，列第三位。有一些人喜欢夸大，闻知长江上源向上延长，致使长江干流水道加长，认为是一种光荣。殊不知，河川对于人类是否有价值，要看它在大环境里表现什么样的作用。我担心长江向上源加长它的水道，是一种气候趋向干旱的预兆，显示青藏高原上永久雪野及高山冰川正在缩小它们的面积。由于永久性雪野后退，融化的水全是细流，并非类似长江下游的洪流，虽然加长数十公里或 100 多公里，并没有实际意义。

（B）论水源：尼罗河上游是一座大湖，叫做维多利亚湖，其湖水来自赤道型降雨，水源充裕。亚马孙河上源来自安第斯山地雨水，水源不富，但上游、中游、下游都有赤道型对流雨，水源处处充裕，流量最大。长江上源依赖融雪的水，水源不充裕，中游和下游都依赖东南季风雨，水源充裕。这三条大河比较，亚马孙河上中下三游全年有雨，水量最大。长江只有夏秋雨季是东南季风雨季，冬春干旱。尼罗河最惨，上、中、下游均无雨，虽然上源是一座大湖，因河道沿途属于热带沙漠，四季干旱，尼罗河水因蒸发、渗漏，损失很大。

（C）论地理区：尼罗河离开赤道雨林区向北流，通过很狭窄的热带草原后，即进入热带沙漠区（撒哈拉大沙漠），非常贫瘠。蓝尼罗河是它的唯一支流。由喀土穆以北河谷东西两侧全是沙漠，无农田，也不可居住。亚马孙河与赤道平行，流经的地区全是繁茂的热带雨林，不易通过。其北南两岸支流全部是大河。长江流经的地区属于暖温带季风区，这是全世界最美好的地区之一，两岸居民多至 4 亿，生活优裕。

（D）论河口：尼罗河口有尼罗河三角洲平原，这三角洲有三个边，两边是两条分流，由开罗北流入海，另一边是海岸，这三角洲地区是埃及的经济心脏。亚马孙河口无三角洲，泥沙运到大西洋里。长江口有一沙洲，现今已扩大为岛，即崇明岛。长江口并无三角洲，但一般人认为长江有三角洲。从地图上却看不出三角洲的形状来。有人说，镇江市以东就是三角洲。笔者认为，这一带地貌与三角洲的地貌不合。古老的长江三角洲已被黄海淹没，现今长江口同杭州湾一样，由海水侵入形成喇叭状三角港。这是沉降型，三角洲平原是冲积型。两者完全不同。

（E）论方向：尼罗河由赤道向北流，注入地中海，河口附近无富庶地区，也无著名的世界大都市，尼罗河畔只有开罗市。亚马孙河口更荒凉，两岸无一大都市。只有长江口附近有世界大都市上海，长江沿岸有上海、南京、武汉、重庆四大都市。宜宾以上金沙江富有水电潜力，其他两河经济价值不明显。以上看出长江的优越处。

放眼看来，英国泰晤士河，法国塞纳河，联邦德国莱茵河，美国密西西比河都不能与长江相提并论。长江尚有三峡风景，可以大大发展旅游业。长

江是中国的大动脉，也是中国经济方面的核心。因此，长江不可污染，不可使它的环境受到破坏。

中国三大冲积扇 河流由山地流出谷口，河水所搬运的泥沙逐渐沉积，形成冲积扇（alluvial fan），因为沉积的地区具有扇形，由谷口向外辐射而出，河流也由干流中分出数股，成为分流。分流和干流各自冲积，扇形面积因此不断扩大。叙利亚首都大马士革全市区都在冲积扇上。中国境内也有许多著名的冲积扇。最著名的由西向东有三个：（A）岷江冲积扇平原；（B）郑州黄河冲积扇平原；（C）永定河冲积扇平原。以下分别说明。

（A）岷江冲积扇平原。它的成因，主要是由于岷江的冲积作用。岷江穿过邛崃山地进入四川盆地，由于长期冲积，形成广大的冲积扇。冲积扇扇顶在灌县，扇缘在成都市以东。事实上，岷江冲积扇不止一个扇，而是有许多扇互相连接形成的联合冲积扇。因为邛崃山脉是四川盆地西侧大山脉，除岷江外，尚有许多小河。简单来说，北有沱江联合冲积扇；中有岷江联合冲积扇；南为邛崃河联合冲积扇。互相连接形成的叫川西联合冲积扇。这一地区是四川得以成为“天府之国”的地理基础。

往日雨水、融雪的水和冰川融化的水带下大量的泥砂，在灌县以东沉积，形成四川盆地内地面最平、冲积层最厚、土质最肥沃的地区。可是由于雨水不多，雨季不长，而且雨季开始与结束的日期又不固定，对于农业发展大有妨害。一般人对于这样的气候毫无办法。公元前 256 年到 251 年（秦昭王五十一年到五十六年）水利专家李冰到成都作官（任蜀守），治理四川。他看到这片冲积扇平原土质确是肥沃，冬季温暖，气候比渭河平原暖和，生长季很长；地面有斜坡，而且拥有八条水道，在冲积扇上分向东北、正东、东南等方向辐射而下，土质比渭河平原肥沃，只是短缺雨水。他再看灌县内岷江口很狭窄，可以利用岷江的水，灌溉整个岷江冲积扇（俗称成都平原）上的农田，这样，吃粮食就可以不发愁了。这说明李冰认识大环境，又会去设计、利用大环境。天府之国是拥有自然界提供人类生存大环境的多样要素，把这些要素组合起来的是李冰，也就是说李冰把四川大环境搞活，其功可盖天，这是中国人最了不起的成就之一。但当时世人对他的功劳不够重视，实在可惜。

李冰利用人力开凿“宝瓶口”。这是人造渠。岷江原有三条分流，经李冰一改，后人又补修，岷江多余的水由“离堆”以南的各条水道流出去，出现八条分流，由北而南依次是浦阳、柏条、走马、新开、金马、羊马、黑石、沙沟。这八条河大致平行流向东南，顺着冲积扇表面斜坡流下去。这八条纵流之间又有横渠，因此，灌溉的面积可以大大地推广。成都市依据岷江冲积扇的富饶而兴起，成为四川西部山麓的大都市。美国旧金山、洛杉矶，日本名古屋、大阪等山麓都市的发展都依赖港口，而非附近的小平原。成都市是岷江冲积扇平原上物产集散的中心，四川盆地陆运中心，中国西部文化起源地之一。

李冰治水的第一句名言是“深淘滩”，大意是说，把作为灌溉之用的水沟一一挖深，使其中泥沙不能淤积。因为如有泥沙淤积，必然阻塞水的流动。这种作法是求接近地心引力，使水流得畅快。第二句名言是“低作堰”，大意是说，水沟两岸的上堤不必修筑很高。因为地心引力不允许高堤存在很久，高堤易于倒塌。一道土堤，风来吹蚀，雨来侵蚀，蚂蚁挖洞，草根来吸收矿物质，地心引力又把微小而松散的小砂粒，从高坡上拖下来，时间久了，迟

早会倒塌，所以李冰不主张用高堤。明清两代治理黄河，理论与方法正好和李冰完全相反。结果，河南省开封一带黄河水道高于地面，河流在地面上爬，只好再加高土堤，这样，洪水季节内两岸居民人人忧虑。

2000 年来，成都平原的人民遵照李冰的遗训，修理沟渠，并扩大灌溉区，使川西距岷江冲积扇不远的小冲积扇完全连接在一起，成为川西联合冲积扇，面积超过 6000 平方公里，成为中国西部最大的产米区。这全都归功于李冰善于利用大环境。

(B) 郑州黄河冲积扇平原。在黄河北岸，围绕山西省南境的一条山脉叫做中条山脉，大致与黄河水道平行。在黄河南岸，也有一条山脉与之平行，是河南省崤山的支脉。这两条山脉之间是一条峡谷，黄河在这峡谷里向东流。谷口向东展开，形成喇叭状。由于谷道渐宽，黄河水道也由西向东逐渐加宽。在这喇叭口里的沉积愈向东沉积愈厚也愈宽，形成一片冲积扇，叫做黄河冲积扇平原。起点在洛阳市以北，孟津附近。那里黄河水道内有一沙洲，可用以渡河，从孟津可以渡河进入山西省南部。孟津以东平原渐宽，郑州成为冲积扇平原起点。开封位于冲积扇平原东缘。黄河水道东流出谷口，在冲积扇面上南北移动，并不固定。西周初，黄河向北流，由现今郑州市附近，一直向北流得相当远，又改向东北，在天津附近注入渤海。有时也改向东南流，例如 1194 年和 1494 年。黄河时常改变它的流向，这一现象完全符合冲积扇面上水系流动的规律，不足为怪。黄河改道的地点，通常在开封市以东铜瓦厢。西起孟津，东至铜瓦厢，形成冲积扇面上一条东西向长轴。冲积扇向东倾斜。扇面东缘是一条南北向湖带，这湖带在山东省西境，北起东平湖，中经南阳湖、蜀山湖及独山湖，直至微山湖。开封以西，郑州以东，这一带正是冲积扇的主要部分。这冲积扇形成很久，扇面上已有刻蚀，出现黄土残丘，是明显的证据。

这座古老的冲积扇通常算在黄淮海平原之内，未把它显示出来。我用三条线勾出它的轮廓：扇的北界是卫河水道，由西南向东北流，经河北、山东两省入海；扇的南界是贾鲁河水道，由西北流向东南，注入淮河；扇的东界就是上文所说的湖带。这个大三角形的冲积扇平原就是中国历史上习称的“中原”地区最早期的范围。

这古老的中原是中国地理上的枢纽。由这里向西去，通过潼关走廊，可进入渭河平原（古称关中）。由这里向东去，可到古代齐、鲁，北上可进入燕、赵，南下可达江、淮。

这中原是中国往古时代文化中心。人人皆知，开封是北宋（公元 960～1126 年）的首都。郑州也开发很早，先秦时代是郑国的大城，更早，郑州二里冈可能曾是商代首都（商代前期文化中心），偃师（在郑州市西约 80 公里）二里头据说是夏代首都。再向古时看，偃师以西有“仰韶文化”（在渑池县），更西，有“半坡村文化”及“大地湾文化”；由郑州向东，有“大汶口文化”及“龙山文化”。这座黄河冲积扇正是中国东部沿海文化与西部内陆文化交流的枢纽，十分重要。如把本区叫做“商代中原”，正是名副其实的。

黄河冲积扇脊轴部分较高，可以避免水灾，成为东西往来的桥梁，但土质不肥。农业时代开始后，农民寻求土质肥沃之地，向外迁移。商代政府也放弃郑州二里冈，向北迁，把首都移到安阳小屯村，在现今河南省内。那个地方正是黄河冲积扇北缘，也是太行山脉东侧坡南段冲积扇平原，与黄河冲积扇连接在一起，土地未曾利用，极为肥沃，又有小河流（安阳河）可供灌

溉，牧业和农业十分发达，但面积有限，扩展困难。因此，安阳虽然作了商代国都，但未能成为重要的经济地区，因为只有南北方向往来，并无东西方向交通，太单调。赵匡胤建立的宋以开封为首都。这说明黄河冲积扇在北宋时代仍具有重要性。三国时代，“中原”的含义已扩大到黄淮平原，晋代扩大到长江北岸，这比“商代中原”大许多倍。

(C) 永定河冲积扇平原。这是中国首都北京所在地的平原，意义十分重要。永定河冬季依赖积雪融化的水，夏季依赖雨水。从山西省北部进入北京市西北方时开始冲积，形成面积广大的冲积扇，扇面向东南方倾斜。除永定河外，附近尚有许多小河，例如潮白河及温榆河，共同构成这座扇形地，其正式名称应叫做“永定河冲积扇平原”，西方人却叫它是“北京湾平原”。实际上，这里没有海湾。在等高线地图上，此地显出一个形似海湾的地面。北京市东北方是一大片东西向的燕山山地，山地南北很宽。北京市以北是八达岭，西北方是军都山地（太行山脉东北段）。由上述三块山地合围西、北、东三面而成为半环状山地，其中正是永定河冲积扇，地下水很丰富，往日任何地点凿井，都有可饮的水。现今由于工厂太多，地下水不如往年丰富，地层也向下陷落，所以工厂应该移出市区。

以上所述三大冲积扇，都是世界上最著名的冲积扇，它们都在中国境内。

七 要认识到凶狠可怖的地心引力绝不饶人

地心引力在地面上所构成的灾祸 人饮水和吃东西都因得到地心引力的帮助而咽下去。步行、骑车、坐车，只是向前移动，从一条引力线上换到另一条引力线上去，用力不大。如果在一条或多条引力线上作相反方向的运动，那个反运动的力要增加许多倍才能战胜地心引力。地心引力不讲情面，只看实力。一辆货车可运货 3 吨，如装上 5 吨，车会不走，也可能翻倒；一个人肩负 100 公斤，走不多远，便须放下，这是地心引力迫他放下；一辆载客巴士，限定坐 50 人，如果客人一拥而上，多至百人，结果汽车会翻倒。有理智的司机是绝对不开车的，以防止发生意外。1987 年 4 月美国某地盖大房子，由于计算错误，竟为地心引力所拖垮，死了许多人。

地心引力在水面上所构成的灾祸 水面可以浮物，也可以沉物。俗话说：“水能载舟，也能覆舟”。1987 年 12 月圣诞节前，东南亚某一国家有一商轮，载客容量规定为 500 人，因为佳节在即，人人思归，船上客人超过 1500 人，比原规定的载客量大两倍。人人以为能上船是光荣的事。不幸，中途覆舟，活命的人数不及 20 人，其余全部沉在海底。这说明，地心引力绝对不宽容。客人必须想到，超载时上车或上船，就有死亡的可能；已上车或已上船的人也应该立即下车或下船，不值得去冒险。因此，我们必须认识大环境，认识地心引力的可怕。

第六章 地球星表水层大环境

一 海陆之间的渐移地带

海与陆分界 海洋与大陆的分界是海岸线。由海岸线走向陆地，线内就是大陆；由海岸线涉水向海，线外就是海洋。说来容易，如真实地去找海岸线，却又很难确定它的位置，因为高潮时与低潮时海岸线不在同一地点，尤其出现大高潮时与大低潮时，海岸线的位置变化更大。

详细分界，可分为高岸及低岸两类。

(A) 高岸方面：以断崖为准。这断崖可以高至数米或更多，也可能低至数厘米，但都具有断崖的形象。崖以内是陆，可以生长野草及小树。崖以外是海滨，高潮时海水进入，覆盖海滨，成为海的一部分；低潮时，海水退出，这里又形成海滨。

海滨具有斜坡，其坡面可能是泥面，也可能是细沙平铺；可能是一片鹅卵石，也可能是许多大石块。海滨具有多样性。海滨是海的一部分，因为海滨上不生长野草，它不属于陆。海滨沙内或岩缝内有海洋生物，应该视为海的边缘。

(B) 低岸方面：因为陆地冲积层很平坦，没有明显的边界。所谓海岸线，通常以堆积成行的海草作为标志。这成行的海草距海水远近，可分为四列：

(1) 最接近海水的一列，叫做低潮线。(2) 由低潮线向陆不远，又有一列海草，大致与低潮线平行，叫做高潮线。所谓低潮与高潮，即每日必有的潮汐现象。(3) 最大潮线，指每月或每年内最高潮所能到达的地方，也有海草，堆积成行。(4) 海岸，这是连最大高潮也不能到达的地方。通常冲积平原的表面非常平坦，看不出高低的差别，但冲积物在沉积的过程中受到地面坡度的限制。冲积平原表面上海岸线的特征，因无潮水到达，土质不咸，可以生长短草。凡有草生长的地面就是陆。草地以外，就是海滨，这海滨是冲积土。以上所述的是海水表面与陆地表面的分界线，但非大陆与大洋的分界线。

大陆台地和大洋盆地的分界 大陆块浮在玄武岩地壳之上，大洋盆地也浮在玄武岩地壳之上，二者互相连接。前者向上突起，属于正地形，具有凸坡；后者属于负地形，具有凹坡。凸坡和凹坡的连接地是大陆架边缘以外的斜坡，叫做大陆斜坡，也叫做大洋盆地盆壁，深度由 1000 米到 3000 米。3000 米以下已是大洋盆地，而非大陆台地。由海岸到 3000 米的水深，其沉积物来自大陆；水深 4000 米以下全是海洋沉积物。这是两者之间的差别。

由海岸线向外，通常到海平面下水深 200 米地区，这一段海底坡度，平均为 0.1° 左右，叫做大陆架 (continental shelf)，也叫做陆棚。海床很平坦，阳光可以下渗。鱼群喜欢聚集的所在，是大渔业区，也是近海油田分布区。大陆架宽度各地不同，由数十公里到数百公里。大陆架以外是大陆斜坡，坡度介于 $2^\circ \sim 6^\circ$ 之间，并非很陡。

二 海洋的重要性

海洋的作用 太阳系九大行星中，只有地球星表面有水。因此，地球星又被一些人叫做“水星”，它是太阳系内真正有水的行星。至于天文学上所说的水星即最接近太阳恒星的那颗星，表面上并无一滴水；第八颗行星叫做海王星，表面上并无海水，却称海王星，译文极不实际。地球星表面有水，才有生物，也包括人类。因此，我们必须保护海水。海水有什么用？略述如下。

(1) 海洋可以蓄积太阳辐射热，使之成为一座“热库”。由赤道到南北两极地的冰块下方，海水全是液态，估计其表面温度相差不过摄氏 10 度。海底水温较低，也是液态，相差约为 3 ~ 5 。地面上温度及接近地面的气温，赤道地区约为 30 ，北极圈内全是冻土；南极圈内又全是冰盖，温度各在 -10 到 -30 。这样比较，赤道与极地之间的温度差约为摄氏 50 或者更多。由此可见，大陆温差大，海洋温差小。海洋蓄积太阳辐射热量较多，陆地较少。海洋的热可使大气温暖，调节空气的温度，对于生物（包括人类）有极大的帮助。

地球星上海洋总面积为 3.62 亿平方公里，占地球星表总面积 71%。海水总体积约为 14 亿立方公里。海洋平均深度有 3800 米。假定地壳以下叫做地体，这地体、海洋、大气三部分的“重量比”如下：地体为 6000000，海水为 1.4，大气为 0.001。反过来看，假定大气为 1 万万亿吨；海洋可比大气的重量多 1400 倍；地体又比大气多 600 万倍。

现在再说说海洋是怎样增温的。海洋增温的方法有四：(A) 太阳直接辐射海洋表面，海水吸热而增加温度。这是最主要的方法。(B) 大气层底面用传导方法把大气的热传给海面。(C) 海面水汽开始凝结时，释放潜热，向海面辐射。(D) 地热向上传递，到达海底。或海底火山爆发，使海水增温。

海水减温的方法主要有：(A) 海洋表面向太空辐射。(B) 海水表面蒸发，吸收热量。海水有流动，利用波浪、潮汐、海流把热量散布到整个水体。

(2) 海洋可以作为陆地上空水汽的来源。地面上淡水的主要来源是空中水汽，这水汽大部分由海洋供应。

(3) 其他作用。例如海面可以行船。海水里有多样的天然资源。海边波浪可以改变海岸形状。

洋流概况 大洋表面因受到信风的长期吹动而产生洋流（海流）。南半球东南信风带内可出现南赤道海流；北半球东北信风带内可出现北赤道海流。它们的位置各介于北纬（或南纬） $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 之间。两股海流向西前进，遇到大陆的阻碍，各自改变方向。南赤道海流改向南，北赤道海流改向北，都进入西风带。又受西风吹送，改向东流，成为西风漂流。这漂流在北半球内连续东进，又受到大陆阻挡，分为两股：一股向北，沿大陆西岸北进，成为暖流；一股向南，进入东北信风带，完成北半球暖海洋一大环流系。同样，由南半球东南信风带开始的南赤道海流也完成一大环流系。现特将赤道以北及赤道以南的两个环流系详述如下。

北半球暖海洋环流系——由大陆西侧开始，东北信风带内出现北赤道海流，西行因受大陆之阻改向东北流，成为暖流。进入西风带，又成为西风漂流。再受大陆之阻，一股向北，暂且不提；另一股向南，进入东北信风带，完成北半球暖海洋环流系。

南半球暖海洋环流系——由大陆西侧开始，东南信风带内出现南赤道海流，西行受大陆之阻改向东南流，成为暖流。进入西风带又形成西风漂流。然而这漂流内只有一小部分受大陆的阻挡而北上（其余的继续向东流），进入东南信风带，也完成南半球暖海洋环流系。

此外，当两股赤道海流受大陆的阻挡而改变方向时，各自分出一小部分海水，转向东流，叫做赤道逆流。这是一种补充流。

现再说说冷海洋环流系。

北半球冷海洋环流系——由西风漂流开始。东进，受大陆的阻挡而分为两股：一股向南进入东北信风带；另一股向北成为暖流。在北太平洋为阿拉斯加湾暖流，在北大西洋叫做墨西哥湾暖流。这是因为这暖流来自墨西哥湾，又简称湾流。湾流所经地区中受益的海岛国家有英国和爱尔兰；冰岛偏北，也受到轻微的影响。欧陆国家受深刻影响的是比利时、荷兰、丹麦、挪威四国，其次是瑞典、芬兰与苏联科拉半岛北岸。科拉半岛北岸的摩尔曼斯克之所以成为暖海岸，就是由于受暖流影响，冬季不结冰。阿拉斯加暖流及墨西哥湾流（也叫做北大西洋暖流）都侵入北冰洋。由北冰洋侵入太平洋西岸的是堪察加寒流及千岛寒流；在大西洋西岸的有拉布拉多寒流。这些寒流南下，又并入西风漂流。这是北半球冷海洋环流系。这环流系并不十分完整。

南半球冷海洋环流系——由西风漂流开始。南半球西风漂流所跨的纬度很宽，由南纬 40° 到南纬 60°，全是海洋。这一片海洋叫做“南大洋”，实际是太平洋、大西洋、印度洋互相连接的区域，可直达南极冰盖的边缘，相当于南极圈。漂流中只有低纬度的一侧有水改向北流，形成寒流，例如在南美洲西岸有秘鲁寒流，在澳大利亚西岸有西澳寒流，在非洲西岸有本格拉寒流。事实上这三个寒流并不寒，故也有人叫它为凉流，例如西澳凉流和本格拉凉流。这个环流系也不完整。

黑潮使日本富庶 日本群岛的南半部是东西走向，在北纬 35° 左右，相当于中国西安、洛阳、开封、连云港等地区；但是它的气温却相当于中国长江流域中下游两岸，四季温暖多雨，极少旱灾。这就是黑潮带给日本的恩惠。

黑潮是太平洋北赤道海流的延续部分。它在赤道海域内，水温当然很高。离开赤道，经过台湾岛东侧改向东北流，又绕过琉球群岛西侧，直冲九州岛东岸和四国岛南岸，再向东流，又冲刷本州岛南岸。这是一股流动很强的暖水。因为水色深蓝而黑，故叫做黑潮（kuroshio）。黑的原因是水温很高，蒸发量很大，盐度增高，可达 34‰ 或 35‰。黑潮水面温度，夏季有 29℃，冬季也有 20℃。这样高温的海水冲刷日本南岸，使日本四季享有温暖湿润的气候，山地生长着苍翠的树木，稻田里经常有水灌溉。日本南半部无大江大河，但溪流多，泉水富，生活安适。

黑潮就象是海面上的一条大河，在日本南岸以南，宽约 200 公里，深约 200 米，流速为每小时 2~4 公里，透明度很高。黑潮由本州岛南岸以南向正东方直进，其地约在北纬 30° 与 32° 之间。后来又改向东北，进入西风带，直向东流。黑潮由于有流动，真似洋面上的一条河，河谷两岸有和缓的谷壁，完全由水组成。如驾驶小船，由日本南岸进入黑潮北侧坡时，船身向下冲，就好象人由岸上走到水边时下坡的样子；反之，由黑潮水面北去离开黑潮时，船身向上冲，好象人离开水边上岸的样子。两岸洋面的水不流动，黑潮的水面却缓缓前进。如果把船放在黑潮水面上，并不驾驶它，任其漂流，我们可以看到船会自己向东前进，50 小时以后，船已离开原来的位置 200 公里远了。

埃尔宁诺暖流 在南美洲秘鲁西岸有一股寒流，叫做秘鲁寒流，上文已述。这寒流会忽然变暖，影响秘鲁的沿岸气候。这股突然变暖的海流叫做“埃尔宁诺暖流”；这一现象称作“埃尔宁诺现象”，西方叫做 El Nino-Southern Oscillation，简称 ENSO，意谓“埃尔宁诺南方波动”，这名词含义不明显。据说，“埃尔宁诺”是秘鲁人所说的西班牙语“耶稣之子”，表示人们重视这一现象，但甚少意义，传说这现象出现在圣诞节以前的缘故。

埃尔宁诺现象使秘鲁海流突然增温，产生气候突变。这现象开始为人们所注意，始于 1951 年。从 1951 年到 1987 年中，此现象已出现过九次。1986 年 11~12 月间，太平洋赤道西部（菲律宾附近）海面水温无变化；但由关岛向东，愈向东水温愈高，秘鲁附近可增高摄氏 2 度，具有高温的水层深达 140 米，比往年多 20 米。由 1982 年到 1983 年，埃尔宁诺海流出现高温，超过往年摄氏 4 度，有些水域超过摄氏 6 度。因此，鱼类和鸟类大量死亡，致使秘鲁渔业大量减退。秘鲁海滨死鱼和死鸟腐烂而产生臭气，这种臭气与海雾结合后落在船上、汽车上及墙壁上，会形成黑色而有恶臭的漆状物。这现象在卡亚俄极为显著。卡亚俄是秘鲁大商港，接近首都利马。1982~1983 年之间，秘鲁和厄瓜多尔两国沿海高热，多人死亡，厄瓜多尔大雨成灾；同时美国西岸三州，也出现狂风暴雨。一般人认为这是埃尔宁诺的作用。我认为，埃尔宁诺有高温，但只是地方性现象，不会影响到全世界气候。就如东亚剧烈的台风，美国东岸大飓风，灾害都十分严重，但也都是属于地方性，而并非世界性。我认为，不宜把埃尔宁诺视为世界气候变动的主要因素。但是不可解的是埃尔宁诺暖流是由秘鲁寒流变来的，为什么它会由凉变暖？原因迄今不明。似乎这作用为人所夸大。

三 海岸环境

人类喜欢海 人类是喜欢水的。石器时代的人类喜爱住在泉水、湖畔、河岸附近，因为这些地方容易取得饮水。航海时代开始，人类住在海岸附近地区，如美国，全国人口有 90%住在距海或湖（五大湖）100 公里以内。内陆居民也集中于河岸附近。欧洲除苏联外，各国大都市也都集中在大河附近或距海 200 公里以内之地，英国人口集中在距海 80 公里以内，较远的也不过距海 150 公里。澳大利亚、新西兰及南美洲人口密集地区，全是海岸港口都市。日本人口密度很大，几乎全部住在距海岸 50 公里以内。印度人口除恒河两岸外，绝大部分住在沿海地区。中国地大人多，然而住在距海岸 200 公里以内的人口约占全中国人口的一半。这说明近海的地方，气候具有海洋性，温和多雨，同时海运发达，进出口方便，因此人人喜爱住在沿海地区。

如果高的海岸比较平坦，可以建屋居住，既可以避免波浪袭击，又可以保持视野开敞，爽朗胸襟。例如美国西海岸西雅图市，凡面临海峡住宅都可以望见海面波浪，视野空旷，比后排住宅（受包围，如坐井观天似的）价格可高出一半或一倍以上。又从前中国杭州湾北岸有一名人住宅，门联上写着“楼观沧海日，门对浙江潮”，象这样的住宅环境，比往年慈禧太后住在颐和园里可畅快多啦！这是海洋对于人民居住的诱惑力。中国人十分重视农业，平原地区或山间小盆地平原内塞满了人。现今交通工具及建筑技术进步，可在沿海山坡上建屋，扩大视野，例如香港岛、青岛、烟台、舟山群岛和鼓浪屿等地。

人类更喜爱海滨浴场。比利时国虽小，人口多，只有一段不很长的沙质海滨，本国人和联邦德国人、英国人（英国多岩岸，少沙岸）于夏季内挤满了这片柔软洁白的细沙海滩。美国纽约市科尼岛（Coney Island）沙滨，夏季也挤满了游客；著名的佛罗里达州东西两岸棕榈沙滨，已成为迷人的风景区。舒适的卧椅放在棕榈树下，旅游者躺着就可以看到海面白浪起伏，空中海鸥翱翔，耳听树叶沙沙声。地中海南岸很荒凉，没有富国；地中海北岸，法国尼斯（Nice）海岸、摩纳哥海岸、意大利圣雷莫（San Remo）海岸，都有豪华酒店、一流旅店、夜总会、浴场。

海滨对于游客具有吸引力，不能破坏。美国立法保护，把好的海滨建为国家海滨，例如科德角国家海滨（Cape Cod National Seashore）、佛罗里达州卡纳维拉尔角（Cape Canaveral）、北卡罗来纳州哈特勒斯角（Cape Hatteras）及加利福尼亚州雷斯角（Point Reyes，在旧金山以北）。在那里，尚有娱乐性海上垂钓、海面划船、海上扬帆，海面上看鲸呼吸和海豚跃水等娱乐活动。

各大陆都有海峡。欧亚大陆海峡最多，最著名的多佛尔海峡（Strait of Dover，也叫做加来海峡），介于英、法两国之间，运输最繁忙。偏偏有人喜爱用游泳方法渡过这海峡。波斯湾口有霍尔木兹海峡（Strait of Hormuz），为各国油轮出入必经之路，偏偏有敌对国家用炮火射击。直布罗陀海峡现今已由各国和平使用。白令海峡由于位置偏僻，很少有人重视，但距今 1~2 万年前的远古亚洲人就是踩着白令海峡冰桥进入美洲，成为现今印第安人的先世。亚洲南部马六甲海峡非常美丽，现今为日本油轮必经之地。我曾去旅游过，认为这是世界上最美丽的海峡，因为这里天气良好，是赤道无风带，气流和缓，不似多佛尔海峡内那么风狂浪猛；第二由于无狂风，海面平静如

镜，无骇人的白浪。海面往来船舶驶过，似油的波纹永不破碎，景象极美。

中国海岸线很长，除少数地方已开发为渔港和商港外，大部分还是天然景色。开发海岸，不仅需要科技与资金，而且也需要提倡。

海岸新分类 海岸很复杂，这些海岸都属于大环境。笔者将其分为三大类：（1）人造海岸。指用现代的科学技术改变天然海岸，例如当前荷兰填海为陆；新加坡岛南岸填海为陆；日本东京湾填海作新码头；美国圣迭戈填海作新港口。这些都是现今的人造海岸。（2）古老海岸。冰期以前的古海岸、冰期以内的古海岸、冰期以后的新海岸，各不相同。例如中国江苏省，冰期内海岸沉在黄海内，距现今的海岸有 100~200 公里远。冰期以后又移到现今江苏省海岸以西，约有 100 公里远。这种巨大变化，与久远的时间有关系。

（3）有史时期前后的海岸。由于时间不长，虽有变化，但不剧烈。这一类海岸是本书详细分类的范围。因为第一类属于人造海岸，不够复杂，不值得作进一步研究。第二类变动太大，时代距今又太远，已非人类生存大环境，也不需要讨论。这第三类可以作为重新分类的依据。分类的理论及方法也依据西方海岸地貌专家的贡献。

原始海岸与次生海岸 所谓“原始海岸”就是刚出现的幼年海岸。所谓“次生海岸”就是原始海岸因受外力而有明显的改变。分述如下。

（一）原始海岸，即新出现而还未受波浪侵蚀的海岸，又可以分为十二类。

（1）火山海岸。世界活火山很多，火山爆发出现火山锥，锥的坡面与海面相接，形成火山海岸，最典型的如夏威夷岛。火山海岸又可分为三小类：

（a）玄武岩熔岩流海岸。熔岩流又可细分为二种类型：一为“块状熔岩”，一为“绳状熔岩”。这两种熔岩流都从地壳下方流出来的，但因凝结的方式不同凝结后的状态也彼此不同。如果凝结较快，熔岩流里含有大量的气体被封闭，熔岩扭曲成为绳状，或扭曲而成为复杂的皱纹，这就是绳状熔岩。如果熔岩流凝结很慢，气体已散失，可凝结为大块，状似枕头，例如岛上冒纳罗亚火山和冒纳开亚火山。（b）火山灰海岸。由火山口喷出的火山灰堆积而成的海岸。这火山灰除灰外，尚有浮石、火山渣、火山砾在内。火山灰海岸常形成高崖，例如夏威夷岛科纳海岸。（c）火山口海岸。火山爆发为火山口或破火山口，海水侵入，形成湾形海岸。这种海岸出现于意大利半岛西岸中部。夏威夷瓦胡岛东南岸科科角也有这种海岸类型，科科角包围的半环状海湾以前就是一个火山口。中国广西以南北部湾内涠洲岛的海岸也是火山型。

（2）冰盖边缘海岸。例如南极大陆边缘和格陵兰岛边缘。由巨冰形成海岸，是一种特殊的海岸类型。冰雪下方是永冻的土层。冰雪融化的冷水及断裂而落入海内的浮冰可使海水更冷。南极大陆罗斯冰棚，全是雪冰的冰，不是冰川的冰。这雪冰是永久性的，厚达 300~400 米，面积有 55 万平方公里。冰崖以外海面有大块浮冰，俗名冰山，妨害航运。

（3）断层海岸。岩层或岩体中出现断裂面，岩层（或大块岩体）出现“位移”（displacement）。这位移是相对的移动。有时只移动数厘米，有时可移数千米或数万米远。有两型：（a）断层崖海岸。断层崖有的很直，有的却曲曲折折；有时与海岸平行，也可能与海岸斜交。最典型的断层海岸是伊朗的南海岸，东接巴基斯坦海岸，叫做莫克兰海岸，这一条东西向海岸长达 1000 公里，无港湾。至于多曲折的断层海岸，其最佳的实例是英国威尔士西南岸彭布罗克海岸；（b）断层槽海岸即地堑海岸。这是已沉降在海面以下的地堑，

海水侵入地堑，形成断层槽海岸。例如北美洲加利福尼亚湾和亚、非之间的红海，都是长形的大地堑海湾。

(4) 褶皱海岸。海岸与褶皱山脉平行，叫做褶皱海岸。分两型：(a) 海岸与背斜脊平行；(b) 海岸与向斜谷平行。例如波斯湾北岸伊朗扎格罗斯山地海岸，两型都有。

(5) 沉积物挤起为穹窿而成为海岸。例如盐穹窿。地下盐层因内部膨胀而向上隆起，使地面成为穹窿，又与海接触而成为海岸。除盐穹窿外，尚有天然气穹窿、石油穹窿、泥火山穹窿等。

(6) 谷湾海岸。这是沉降河谷形成的。中国杭州湾及长江口都是三角形，类似喇叭，属这种海岸。爱尔兰岛西南岸，其地质构造是岭谷平行区，沉降至海面以下后，凡是山岭的都成为小半岛，凡是山谷的都成为小港湾，其风景很美，但航行不便。这类海岸叫做横向海岸。1886年德国地理学家李希霍芬看到西班牙西北岸喇叭状河口海岸，称做“里亚斯海岸”(Rias Coast)。河谷仅受流水侵蚀，绝无冰川侵蚀。美国东岸切萨皮克湾和特拉华湾都是溺谷型，具有喇叭状河口。又南斯拉夫西岸也是沉降型，但海岸与岭谷平行，叫做达尔马提亚型海岸，这类海岸又叫做纵向海岸。

(7) 峡湾海岸。所谓峡湾(fjord或fiord)是海水进入由冰川侵蚀而成的槽状谷内形成的。冰期时代，冰川的冰充满了冰蚀谷，并由谷口伸入海内。后来，冰川消失，海水流入谷内，即可形成峡湾。谷湾与峡湾，二者成因截然不同。世界上最著名的峡湾海岸是挪威西岸。此外，新西兰南岛西岸、阿根廷巴塔哥尼亚海岸也是峡湾型。

挪威西岸松恩峡湾，中部最深，有1244米。当冰川还在时，最厚的部分在中部，最薄的部分在谷口。冰川融化，末端留下终碛，使湾口水浅，而且终碛可形成“暗坎”，妨碍航运。又，峡湾中部由于冰层特厚，冰川消失以后水深最大。峡湾谷底因受冰川压力而沉降；冰川消失后，又因失去压力而上升。海岸由沉降型再变为隆起型。挪威海岸迄今仍在上升。

另有一种峡湾，水浅而形状狭小，叫做“低浅峡湾”。这种峡湾出现于低小丘陵区域。上文所述的峡湾，具有深长的谷槽及悬谷出现的地方是大山高原。苏格兰境内小港湾都是低浅峡湾，景色极美。

(8) 沉降的岩溶海岸。海岸有椭圆形小湾，显示它以前是灰岩坑。例如亚得里亚海东岸，美国佛罗里达半岛西岸。

(9) 沉降的冰碛海岸。例如美国纽约州长岛及科德角，都成于冰碛。又，冰碛区内有鼓丘也可以沉降成为鼓丘型海岸。瑞典南部海岸属于冰川平原海岸，小岛特别多。主要是终碛、鼓丘、蛇丘和冰水沉积平原等小地貌沉降为海岸的结果。

(10) 陆地沉积物形成的海岸。可分两型：(a) 冲积平原型。例如中国渤海海岸和黄海海岸冲积平原区；(b) 三角洲型海岸。例如尼罗河三角洲。

(11) 风积海岸。分两型：(a) 移动沙丘海岸。如风积细沙的量大于波浪及沿岸流的搬运量，就可以出现沙丘海岸。例如巴基斯坦莫克兰海岸有风积丘，受风力吹蚀，不停止地向前移，其中有纵向沙丘、新月形沙丘或横向沙丘；(b) 稳定沙丘海岸。沙丘为海岸野草所固定，或由碳酸钙固定下来。这碳酸钙来自介壳破碎后所成的粉沙。

(12) 岩屑崩坠而成的海岸。这样的海岸可向海内扩张，这是因为岸线以内的陆地表面上有可能发生山崩，岩屑、岩块和土层由山坡向下滑动或跌

落而造成。

(二) 次生海岸。当幼年海岸发生后，立即受波浪的侵蚀，又受波浪和沿海潮流的沉积，使其形状改变而成为次生海岸。此外，红树林及珊瑚虫对于海岸的改变也有作用。

事实上，所有的海岸都在受波浪的破坏和潮流的沉积，世界上并没有纯粹的幼年海岸或原始海岸。由于板块运动，大陆上升或沉降，海岸永不能稳定，不是上升，就是沉降，不可能静止。次生海岸又可再分为三个类型：一为浪蚀海岸；一为浪积海岸；另一个是生物海岸。

(1) 浪蚀海岸。又名海蚀海岸。波浪有极大的侵蚀力，海岸岩石也有抵抗力，然而岩石性质不同，岩层排列与构造也各有差异。浪蚀海岸也分类型。

(A) 岩质的异同：(a) 同质岩石的海岸，例如同样的砂岩、石灰岩、玄武岩等；(b) 异质岩石的海岸。由于岩石软硬不同，抵抗力大有区别，结果海岸伸出的程度极不规律，例如山东半岛、辽东半岛，杭州湾以南的海岸都属于此类。(B) 构造的式样。这与岩层的排列、层面的倾斜角度、节理的多寡、褶曲与断层的形态等等都有关系。

波浪侵蚀所造成的海岸形态有海岬或岩礁，松软的岩层被蚀去形成小港湾。小型浪蚀地貌有多种，例如浪蚀小崖、浪蚀阶地、浪蚀台地、海蚀洞、海崖、海桥、海穹及浪蚀岩柱等。

(2) 浪积海岸。又名海积海岸。由波浪、潮流运来的泥沙，堆积而成为下列几种小地貌。例如：沙嘴、沙洲、海滨或海滩。

进一步看，沙嘴可出现于湾口，一端连接陆地，一端伸入海内。沙嘴的脊通常是直的，如受沿岸流的影响，可向陆弯曲如钩。沙嘴的寿命有时只维持数小时而消失；有时可历许多年而连续增长。例如美国东海岸科德角。另外，尚有一种滨外沙洲。“沙洲”一词，原来应用于大河水道以内由泥沙堆积而成的小岛；现今也应用于滨线以外的细长形沙坝。由波浪及沿岸流挖掘滨外海床，把所得到的泥沙在滨外重新沉积，形成一条细长形沙脊，叫做海底沙洲。又名暗沙洲。继续扩大而又增高，出离海面即成为滨外沙洲，也叫做“岸洲”。滨外沙洲由海底向上扩展，沙嘴由陆地向海伸长。如果沙嘴伸长把小港湾封闭，这小港湾成为小湖，叫做泻湖。滨外沙洲也可以阻塞小港湾，成为泻湖，例如杭州西湖的前身就是一个泻湖（太湖面积很大。它的成因是地盘向下洼曲，先成为浅盆，而后积水成湖）。沙洲也可以把岸外小岛连接陆地，形成一个“连岛沙洲”，这岛叫做陆连岛。江苏省黄海内的许多沙脊都是滨外沙洲。

大河口附近有由潮流淤积而成的低地，表面平坦，叫做“潮滩”，由泥土淤成，例如黄河口、恒河口、密西西比河口。

海滩是波浪和沿岸流共同作用的结果。通过选择作用，颗粒大小甚为整齐。有些海滩细沙平铺，非常松软，是海水浴场最佳的场地，例如北戴河浴场、青岛市浴场、蓬莱浴场，这些细沙由石英粒组成。另一种由珊瑚细粒组成，例如马来西亚浮罗交怡岛（又名凌家卫岛）。

(3) 生物海岸。有些海岸由植物组成；也有些海岸由动物的骨骼组成。前者有盐水野草海岸及红树林海岸；后者只有一种，是珊瑚海岸。这三种海岸常出现于热带。例如野草海岸出现于牙买加岛及澳大利亚北岸，大多在小河口或潮流口内。红树林海岸完全在热带以内，这种树很高大，生长在海内，海南岛南岸很多。马六甲海峡两岸全是红树林遮蔽海水，望不见海岸。

由赤道向外行，纬度越高，红树越矮，也越稀，最后变为灌木状。影响红树生长的条件有四：(a) 最冷月份的平均温度必须在 20℃ 以上；(b) 年温差并不大，冬夏之差不能超过 5℃；(c) 海床由粘土沉积物构成；(d) 海面永不出现大浪，幼年红树最怕大浪。

珊瑚海岸组成的物质非常复杂，主体是碳酸钙，由珊瑚虫的骨骼叠置而成。珊瑚虫形似圆筒，互相结合共同生活，分泌石灰质及角质，形成共同的骨骼。这种骨骼很奇特，有些是树枝状，有些是块状，堆积成礁。其中杂有软体动物壳、珊瑚藻、有孔虫及棘皮动物等生物的碎屑。这礁的外围尚有石灰质藻类，分泌石灰质，使珊瑚礁的构造加强。老珊瑚虫死了，新的珊瑚虫又在礁面上产生。因此，珊瑚礁可以一直向外扩展到潮水所及之地。它们生活在 22℃ 以上的海洋中。最适宜的水温为 25~29℃ 之间。主要分布由北纬 30° 向南到南纬 30°，且集中在大洋的西半部。因为西半部有暖洋流，东半部有凉洋流。珊瑚生存的水深多不过 20 米，它最喜爱清洁而且流动的海水。大河河口以外的海水多泥质，珊瑚虫不能生存。

珊瑚礁有多种类型。1896 年达尔文将其分为三类：(a) 裾礁；(b) 堡礁；(c) 环礁。1968 年费尔布里奇将其分为下列五类：(a) 裾礁。也称岸礁，位于海岸边缘；(b) 平顶礁。通常为椭圆形，位于大陆架上或大洋内台地之上，水深 20 米或 40 米，印度洋马尔代夫群岛有之；(c) 堡礁。澳大利亚东北岸长达 1300 公里的大堡礁，是最佳的实例；(d) 环礁。这是开敞的海面上环状珊瑚礁，中为泻湖，且有潮流口，潮水可以流入泻湖，例如南沙群岛中郑和群礁；(e) 礁群岛。全部由珊瑚礁构成的群岛。往年航海刚开始时，航海者记载太平洋内有两大类群岛：一为高群岛，即火山群岛，例如夏威夷群岛；另一为低群岛，就是本书所述的珊瑚礁群岛。

珊瑚礁群岛可细分为五型：(a) 简单的细沙型珊瑚洲 (simple sand cays, cay 的意义是珊瑚质沙洲，也写作 kay 或 key)，形状与普通沙洲无差别；(b) 有植物生长的珊瑚沙洲；(c) 卵石珊瑚洲；(d) 由波浪筑成卵石堤岸的珊瑚沙洲，其上生长植物；(e) 更新世内老珊瑚礁。风平浪静未受摧残的古老珊瑚礁，由于地盘上升，使珊瑚礁接近海面。在这上面又出现环状珊瑚礁，即上面所述的礁湖。

据达尔文的解释，环礁出现的地区是海床沉降的地区，或海面上升的地区。礁的形状似一个指环，其中有泻湖，并有潮流口。符合上述达尔文理论的海域，有南中国海、印尼附近海域、马尔代夫群岛及南太平洋社会群岛。但也有不符合达尔文理论却有珊瑚礁的海域，那就是澳大利亚东北岸大陆架上的环礁，与海床升降毫无关系。这海域有大型环礁，然而海床并无升降现象。环礁发生于海面下 400 米深处或 500 米深处，逐渐向上发展，直到露出海面，形成环礁。大堡礁景色十分壮观。又例如中太平洋海底火山锥，高出附近海床有 2000~3000 米高，但未出离海面。在海面下尚有一两百米深，受海浪的冲击，火山锥的顶部被削平，形成海底平顶山。海水把珊瑚虫带到这海底平顶山的表面上，它逐渐发展成礁，出离海面，形成环礁。这平顶山并无沉降的证据。

港口类型和腹地 沿海岸常有港口。所谓港口，是水陆运输工具互相连接的地方，有时也是小型船只与大型船只交换货物的地方。这是一个服务地区，它对于货物与旅客集散做不同形式的服务。所谓腹地，是港口进出货物的集散范围。集散需要输送工具，主要工具是铁路、公路、河运和空运，其次是

驮运。

(一) 港口类型。港口由于功能不同，可分为三大类：(a) 渔港；(b) 工商业港；(c) 军港。这三类所需要的条件尽管不同，但其中也有相同之处。例如，港口必须能避开大浪的冲击，以求安全。港口必须有足够的水深和广大的水面。至于设备方面，渔港必须有制造渔船和修理渔船的能力，并有处理渔获物的各种设备；工商业港口应有造船和修理船只的各种设备，并有多样码头、仓库和运输工具；军港应有坚强而可靠的防御工事，有修理战舰及潜艇的设备，并有安全的军火库。

合乎理想的港口应具备下列条件：(a) 面积广大，可以容纳较多的船舶同时停泊。例如美国上纽约湾、荷兰鹿特丹都是沉降型溺谷港口，可同时容纳许多大船进出。据说，平均每 1 吨位需要 20 平方米的水面，这样大船移动才方便；(b) 水深。大港口水深需 13 米才安全；(c) 港内海底物质以泥沙为最佳，适于抛锚；(d) 港口水道规律，船舶出入方便；(e) 位于盛行风的背风侧，这样港内风浪较小，例如青岛市附近的胶州湾；(f) 港口距大河口较远，可以避免泥沙沉积，例如法国马赛港；(g) 冬不结冰，四季可以通航；(h) 潮差不宜太大，1~3 米为宜。如果太大，必须有特别设备；(i) 沿岸有广大的平坦地区，适合建立仓库及市街之用；(j) 腹地必须广大；(k) 位于国际航线之上或接近国际航线。所谓国际航线，现今仅有两条。第一条是北大西洋航线，西端大港口有蒙特利尔、纽约；东端大港口有鹿特丹、安特卫普和伦敦。第二条是北太平洋航线，西端有香港、上海、神户、大阪、横滨；东端有旧金山和洛杉矶。中国地大人众，应该有一座世界性大港口，这大港口将是人工港，出现于宁波港与南通港之间，由多样功能组成的一个港口群。

第七章 地球星表大气层大环境

一 影响人类生存的大气层

人类经常接触对流层 地球星表的大气层同样也是一个大环境。大气层通常分为许多层。由地面向上的空间从下到上可分为四层。最下面的是对流层，人类就在这对流层的底部以内生存。地面上的最高峰珠穆朗玛峰也在对流层以内。这层内有上升气流，有下降气流，也有其他方向的气流，还有极不规则的乱流。据说，对流顶不是水平的在赤道地方其高度可达 16 公里左右，在两极仅为 8 公里。对流层的顶部叫做对流顶，高度并不固定，变化很大，它的上上下下对于天气变化有很大的影响。对流层上面是平流层，大致介于 16~55 公里之间。平流层上面是中间层，大致介于 55~85 公里之间。85 公里以上是热成层。

本书重视大环境。对流层内有“风切”，妨害航空事业。所谓风切，就是出现急剧的下降气流，当一架飞机飞越一座山脊，驾驶员必须慎防山脊后方的下降气流。假使飞机前进的方向与山脊上的水平风向相同时，飞机越过山脊必然跟着气流下降，结果撞山而遇险。因为水平气流过了山脊，必然沿着山坡下降，飞机也必然跟着下降，飞机一旦失去空气的托力，其结果可以想象。如飞机在万米以上高空内飞行时，忽然遇到急剧的下降气流，飞机势必也随之下坠。由于气流的下降有它自己一定的限度，当降到一定高度时，受密度较大的气层所托而不再继续下降，从而中止。正在航行的飞机也跟着由万米高空下降到 5000 米高空时被中止；如继续降落，由于下层空气密度极大，落到 3000 米高空时必被托住。这样使机内旅客极感不舒适，但无生命危险，因为飞机并未撞山，依旧继续向前飞行。

如果机场内或机场附近出现风切，飞机起飞和降落都有危险，因为这时机翼会失去托力而立即撞地，机毁人亡，造成严重灾难。风切通常出现在雷雨云下方，天气呈现十分恶劣的状态。雷雨云前方气流最不稳定。

安全的航行高度 对流层在温带地区内高度不过 10 公里，热带地区高度可达 16 公里。大西洋和太平洋上空班机往来，大多超过对流层顶，进入平流层的底部，高出海平面 12000 米。这一高度是喷气机的安全航行高度，超过这个高度，空气密度更小，飞机在这一层内易有震荡，旅客会感到不安。飞机的飞行速度必须力求均一，偶一不慎，速度减缓，飞机就可能抵抗不住地心引力而立即下坠，掉入海内。

据报载，有一架班机由于想节省燃料油，航行高度超过规定的安全高度限界而进入 12500 米高空（兹以波音 747 型为例，在 12500 米高空比 10000 米高空内航行，每小时可节省燃料油 2 吨，5 个小时可节省 10 吨），由于空气密度太小，空气托力大减，飞机居然掉下来，致使驾驶员及旅客都昏迷。当班机下坠，机身进入距海面尚有 2000 米的高空时，班机不再翻滚，可能受地心引力而恢复它原来的航行姿态，机上重要机器也开始正常工作。就在这时，驾驶员忽然恢复知觉，立即控制机械，并加以操纵，乃化险为夷。如果再迟延数十秒钟，可能坠入海洋。

平流层干空气可以降落地面 对流层内空气不仅有对流，且含有水汽、云雾、雨雪，气温也较高。平流层底部内空气干而且冷，气流由西向东作水平状流动。地面上西伯利亚冬季内出现高气压。这高气压正是下降气流，通常

来自对流层上部。如果高压系统加强，下降的气流可能来自对流顶，气温极低，而且空气极干。对流顶空气下降，也可能把平流层的底部拖下来。西伯利亚高压是一个历时达数月之久的“反气旋”，它不仅拖下对流顶，也把平流层的底部给拖下来。1984年3月1日下午1点左右，天朗日丽，美国新英格兰南部正是严冬，地面积雪。笔者忽然想起“冬日之可爱”，来到庭院内晒太阳。这时，已知户外阴影中气温为-20℃，身穿厚衣，并未觉得很冷。这时天空不是蔚蓝色，而是亮蓝，只觉得天亮得可怕。阳光灼人，与往日大不相同。深知不妙，急返室内。手掌未戴手套，这时手背全黑，鼻与脸已成灰色。翌日去医院看病，证实是为太阳紫外线所灼伤，一年以后才愈。那晚天气报告，西伯利亚高压系统扩大，下降气流居然进入北美洲。芝加哥气温在气流中测得为-57℃，有多人受灾。如问我怎知它是平流层内的空气，因为我的感觉是空气太干，天空又特亮，类似平流层空气的性质。已历数月之久的高压系统连续下降的高空空气，必然把平流层的底部也拖下来，这并非不可能的事。

蘑菇云 太空流星体坠入大气层内，受空气摩擦而成为蘑菇云。1985年4月9日，一架飞机由东京飞往阿拉斯加州安克雷奇机场，这是日本航空公司036号货运班机，飞行途中，驾驶员看到一块状似蘑菇的大云逐渐扩大，直径长约320公里，高度达18公里，看不见有火球，也无闪光，距离飞机相当于班机两分钟时间的航程。最初，驾驶员误认这是一颗核导弹爆炸。货机到达安克雷奇机场后，详细检查，并未发现任何具有放射性的微尘落在飞机上；附近陆地及海底也无火山爆发。据专家研究，可能有一颗流星进入浓厚的云雾中后爆炸，释放的热能使云层受热，翻腾滚转，从而形成蘑菇状的云气。

大气层的功过 1986年以前，美国已有多次发射航天飞机环绕地球星，每次都获得成功。航天飞机内工作人员无重量，在机内脚朝上，头朝下，倒立着睡觉，睡觉安适程度不亚于在地球星上睡在床上。轻微地呼气，能使舌尖上一小片饼干立即飞走，机内碎纸片乱飞，只有用胶纸才可把它粘住。

训练工作人员具有无重量的经验，其办法是把一架飞机驶入极高的高空，高达8000~10000米，然后停止驾驶，任它由高空下坠，这时候，机内人员已失去重量，可以自由活动，身体浮在机内空气中，开始工作，可以获得无重量的实际经验。飞机下坠，到达3000米或2000米的高空时再操纵飞机，恢复正常航行。

空中闪电对于航行也有害。1987年春，发射的一枚小型火箭居然为闪电击中，使火箭失控。同年3月，在肯尼迪角（卡纳维拉尔角）发射一颗人造卫星，价值1.6亿美元，升空后为闪电击毁。

六鹤退飞新解 有谁见过鸟退着飞？这是奇闻。从前在私塾读书，见“六鹤退飞过宋都”（《春秋·左氏传》）。塾师讲解时，十分起劲。他说，举目一望，天空有鸟飞来；数一数，共有六只；仔细一瞧，是鹤；再细看，六只鹤不是向前进，而是在向后退；一直退过了宋首都（今河南省商丘）。鹤属于水鸟类，体格很大，怎么能退飞？不可解。塾师怕学生不懂，两臂齐伸，似乎比划着鹤退飞的样子。那时候不明白，现今依旧不明白。查《辞源》，解为“过疾风，逆风不进，反退后也”。这“疾风”是什么风？该文也未作说明。

从地理方面来看，宋都在现今河南省东南部，属于温带季风区。其地无台风，也无其他风暴。夏季有东南季风，可以降雨，但风力不强；冬季有西

北季风，风力较强。虽然较强，也不可能使六鹤退飞。据经验，西北季风如同平流层内西风合流，形成“射流”，风力强大，才可以出现使“六鹤退飞”的现象。这平流层怎么可以下降呢？我在上面已说过，西伯利亚高压（反气旋）系统内下降气流，时间久了，平流层内西风就可以被拖下来。黄淮海平原隆冬季节内常出现不可解的西北狂风，极有可能是地面上老西北风同平流层内老西风合流的缘故。

二 陆龙卷和水龙卷

陆龙卷 龙卷风是报纸上常见的名词。因为它在陆面上出现，应该译为陆龙卷。这是直径短而且历时不久的强烈风暴。这是旋风型风暴，通常发生在积雨云下方。风暴中心气压极低，可以形成漏斗状云，向下方伸展。如果触及地面，树木、房屋、车辆、作物可受到严重破坏。美国陆龙卷出现最多的地区叫做“陆龙卷区”，其地包括密西西比河中游和上游。出现次数最多的一州是俄克拉何马州，每年由4月到10月是陆龙卷出现最频繁的季节。出现的时刻通常由下午3点到8点，午后如出现高温，并有积雨云，即须戒备，因为陆龙卷极可怕。兹举例如下。

1987年5月22日下午8点，美国得克萨斯州西南角，位于佩科斯市以南43公里处，有一小镇叫做萨拉戈萨，竟遇上一股杀人很多的陆龙卷。镇在山坡下方，周围是牧场，有居民200多。午后炎热，天气预报已提出警告，将出现陆龙卷风。可是镇内无警报器，居民不知。

镇内有一座大会堂。那日下午8点整，会堂内举行幼稚教育毕业典礼。幼稚儿童年龄由3岁到4岁，参加的男女老幼约有百人。典礼开始，儿童站在台上唱歌。这时候，陆龙卷突然出现。窗门为狂风吹走，大会堂屋顶也飞走了，户外汽车翻转。父母急忙上台把儿童抱下来，紧紧拥抱他们的孩子伏在桌面下。这时有的孩子已为狂风带走，不知去向。不多时，风暴停止。镇内房屋有80%被扫平，死者达29人，其中有6名是儿童，受伤的有121人。附近牧场内乳牛一一死亡。

笔者的经验，如果下午很热，有积雨云蔽空，可能有雷雨，也可能夹杂陆龙卷。所谓雷雨，是地面上暖气流上升，空中冷气流下降，因对流而产生雷雨。所谓陆龙卷，是由高纬度内冷而干的空气，流向低纬度；同时低纬度内暖而湿的空气，流向高纬度。两股性质截然不同的气流，中途相遇，又在空中交换热量，交换水汽，扭成一团，出现高空积雨云层。这是陆龙卷型积雨云，与由暖地面上的暖气流而形成的积雨云大不相同。

由暖地面上的暖气流，与由高空下降的干冷气流连接处，产生一个垂直的锋面（frontal surface，不连续面）。这锋面不易扩大，不可能含有巨大的“低气压泡”，因此，这样的积雨云只可发生雷雨，不可能有陆龙卷，相当的安全。

出现陆龙卷的积雨云，必须是低纬度暖湿气流与高纬度干冷气流在途中相遇而形成。这两股不同性质的气流在空中略似水平方向相遇，互相叠置。上层是暖湿气团，下层是干冷气团。两气团之间的锋面互相冲突，出现气旋，空气旋转，其中心是低气压，我叫它作“低气压泡”。这低气压泡周围的空气有回转运动，才成为积雨云层内气旋。这气旋发生在空中，不在地面上。如果这积雨云层很厚，这气旋式低气压继续发展，可从积雨云层下部向下突破。这时候，积雨云层底部可能出现一个或多个半圆球状的“短漏斗”。如果继续向下发展即可伸长，叫做“长漏斗”。漏斗内部是低气压，接近真空；这漏斗以上就是积雨云层以内气旋式空泡。由急剧回转的气流合围而成。这个泡内接近真空，具有强大的吸引力。但是如果这个空泡有破缝，立即消失，“短漏斗”也必然全部跟着消失。如果这个空泡继续旋转，空泡的体积必然加大，下面的“短漏斗”势必加长而形成“长漏斗”。漏斗愈长也愈细，类似蛇尾，俗名龙尾。如果这长漏斗末端触地，立即出现灾难。这漏斗的作用

类似“吸管”或室内使用的“吸尘器”，它具有强大的吸力，大树可以拔起，房屋可以倒塌，人也可以被吸上天空。如果被吸入漏斗管内，危险最大，因为管内有闪电。地面房屋倒塌，由于大气的压力。凡漏斗管口所经过的地面，气压极低。漏斗管移开以后，大气立即进入，具有排山倒海的力量，砖墙瓦屋均难幸免。

漏斗管与积雨云连接处是一朵对着地面半圆球形的云。这就是积雨云层内急剧回转低气压泡的底部，风速猛烈。据说，有人测过这云状漏斗管下端近地之处风速每小时可超过 500 公里。漏斗管内气压接近真空，这漏斗管上段的管壁风速更大，每小时可达 1000 公里。这低气压泡下通漏斗管，上面不是密封的，没有上盖。气流的方向为反时针方向（在北半球），因为空气绕着低气压中心前进一律向右偏。高空积雨云层内低气压泡，由于气流回转，不可能有上盖。因此，这个低气压泡不可能很大，近似柱状。下起漏斗管，通过积雨云层直到高空无云的大气层。因为高度愈大，气压愈低，对于低气压泡的存在并无任何影响。至于可以破裂这低气压泡的风是积雨云层内的干冷气流。如果这干冷空气能挤进这低气压泡，下面的长漏斗管会立即消失，这是因为这干冷空气的密度特大，可以立即增加泡内气压，上面低气压泡一破，下面长漏斗管同时消灭。高空积雨云层很厚，有时可以升到对流顶以上。低纬度暖湿气团与高纬度干冷气团彼此相遇，是大尺度的，水平相当的长，上下也相当厚，接触以后，干冷的空气把暖湿的空气抬高，相当紊乱，不难想象。由回转而形成的低气压泡可能多至无数个，必须能够由云层底部向下发展，一直伸到云底以下，且能形成漏斗状的，才有希望发展为龙卷风。1980 年 4 月 4 日突然出现 14 个陆龙卷，分别袭击美国中部 12 个州（威斯康星州、密苏里州、密歇根州、伊利诺伊州、阿肯色州、俄克拉何马州、密西西比州、印第安纳州、田纳西州、堪萨斯州、俄亥俄州、得克萨斯州）。事先均未能发布天气预报，只是在陆龙卷出现并酿成灾害后，编写报告而已。美国年年研究，直到现在也不能准确预报。预报台风或预报天气好坏比较容易着手，预报陆龙卷目前还不可能。因为陆龙卷来自积雨云层内低气压泡，这泡扩大才可出现漏斗。这个过程历时很短。等到望见短漏斗出现，不久就化为长漏斗；这长漏斗触地面以后，立即酿成灾害。这灾害的大小与漏斗管的粗细大有关系，管口直径只有数米长，灾害较轻；超过 10 米，灾害就严重。漏斗大小又与云层内空泡的大小有关。下面引的是依据密歇根大学盖兹教授所著《气候学》内一段记实，记述一名叫威尔·凯勒的农夫所亲眼见的管内景象：

“到了最后的一刹那，那个由乌云扭成的一条毛茸茸的漏斗型风管下部，终于来到了他的头顶上。所谓毛茸茸的风管，是由尘土和云气被回转的疾风抽扭而成，有些象绳索、细丝和毛发等织成的暗黑色长筒。这时候，他的头已进入漏斗管的管口。管内气压极低，呼吸困难，嗅到一股臭味（可能管内有臭氧）。由于气压低，空气稀薄，管内一片静寂。管外有嘶嘶声响，极为尖锐，使人恐怖。睁开眼睛向上一望，不由得大吃一惊。这一下子他居然望见龙卷风的“心脏”。这漏斗管下段细上段粗，管口直径约有 15 米，上段可能有 30 米，好象一条走廊似的，由地面斜着进入上空。管内耀眼的亮，因为管壁上全是闪电，光亮可怕。组成管壁的风带着云雾作反时针方向流动，且由上而下。管内空气由下而上，飘扬起来的物体上升不快。风管管口摩擦地面处出现许多破口，风速极大，吸引力极强，此生彼灭。前文所述的嘶嘶之声完全来自这些破口。风管管口向前移速度不大，且非直进，而是曲折拐弯，

主要方向大致趋向东北。此风管离开他后，又去破坏附近另一住宅和一座谷仓，并把它夷平。这些是农人伊凡的家产。伊凡全家人员一同去农田，看已被冰雹所摧毁的作物。他望见龙卷风已出现，急忙往家跑，希望回到家中躲在地下室。没想到刚走到中途，龙卷风已到，他们全家在一座土崖前卧倒，趴在地面上，用手紧紧揪住土崖前生长的小李树，以防自己的身体被风暴带走。他的长女 17 岁，也趴在地面，但在距土崖稍远一点的地方。说时迟，来时快，龙卷风已到他们的身前，把他们全家人个个吹起，这时他们更拼命死死揪住树枝，两腿与身体都离开地面悬在空中，就象蜻蜓点水。当龙卷风在破坏他们住宅时，伊凡两眼看得很清楚，但也无能为力。先把屋顶拔起，再吸起屋顶下方的家具，包括炉灶及餐具，一齐飞到他们的头上方，乱舞一番，然后抛落地面。风暴离开后，他们全家人员平安，无一受伤。他的长女距土崖较远，龙卷风把她的上衣全都剥光，她竟完全不知。”

笔者观察由于垂直对流而发生的积雨云，只能出现雷雨。这大块乌云停立空中，不会转动，其上端可能侵入平流层，呈现砧状云。由于水平对流在空中出现的积雨云不是静止的云块，它有盘旋的形象，这是最可怕的积雨云，最好躲避它。

美国最凶狠的陆龙卷大多出现于 4 月下旬或 5 月上旬，这时候上空暖湿气团与干冷气团冲突激烈。有人说，陆龙卷不会进入市区，这句话不可信。陆龙卷的威力来自云层内低气压泡，漏斗管可以进入郊区。由于市区中心气温较高，有上升气流，可改变空中云层的移动方向和位置。为躲避陆龙卷，通常进入地下室；但如遇大管口的陆龙卷，普通地下室也不安全。

水龙卷 在海面上出现的龙卷风，叫做水龙卷。在海面可兴起一股水柱，高达数米或数十米，这也是空中积雨云内低气压泡的作用。

1984 年 6 月 26 日下午 2 点半，香港西南方海面受旋风而出现了水龙卷。旋风卷起灰白色水柱，上连漏斗状浓云，云层都有旋转，下接海水，直达海面。水柱最初是直立的，不久就弯曲。水柱下端四周海水急剧旋转，并激起灰白色浪花。10 分钟后，水柱逐渐变得下窄上宽，呈长漏斗形，最后逐渐变小而消失。一位在钢线湾钓鱼的人看得很清楚，他说水龙卷出现后天气很闷热，不见雨点，只见云下有闪电，并听到断断续续的闷雷声响，约 10 分钟后才消失。长洲、南丫岛、华富邨、钢线湾等地的居民也都见到这次水龙卷。香港近 20 年内，每年可有一次或两次水龙卷出现。据说，水龙卷在西沙群岛出现较多。

