



# 大地古今谈

DADIGUJINTAN

刘征天

湖南出版社

P183-49

LZT

# 大地古今谈

刘 征 天

60/3/11



测绘出版社

032479

## 内 容 提 要

本书从天文、大地、重力等一些日常可见的基本知识出发，结合不同理论在各个历史阶段的形成和发展过程，深入浅出地介绍了地球的形成、发展和未来；地球的形状、大小和引力作用；地球的运动，以及它们和人类生息活动的关系。对近十几年发展起来的新技术，新理论如卫星大地测量、大陆漂移、板块构造等也作了通俗的介绍。这里既有过去时代的杰出科学家如伽利略、牛顿、高斯……在这些方面的贡献，又有射电天文、宇宙飞船等现代技术所探索到的新成果。是一本内容较丰富的中等科普读物。

## 大 地 古 今 谈

刘 征 天

\*

测绘出版社出版

一二〇一工厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

\*

开本 787×1092 1/32·印张 5·字数 110千字

1983年7月第一版·1983年7月第一次印刷

印数 1—9000册·定价 0.50元

统一书号：13039·新 286

科目：55—189

## 前 言

“人生在勤，不索何获？”这是我国古代天文学家张衡说过的一句话。人们在“索”取知识的过程中，除了从自己的社会实践中获得直接的知识外，更多的是通过书本学习前人或他人的间接的知识。

科学知识的宝库，是人类的公共财富。现代科学的成就，包含了过去时代的那些伟大科学家的努力。我们是在他们奠定的基础上创造着今天和未来。这本小册子的内容，是从科学知识宝库中拾来的一星半点，也是我把不同时代科学家的创造成果，拿来极小一部分，献给读者。在这些成果中，在所涉及的范围内，我力求将近几年科学成就的新内容多包含一些进来，以开阔读者的眼界。

如果是书林漫步，你可能发现这个小册子最多算一片小小的绿叶。如果你学海泛舟，那么它只是一个微不足道的浪花。当你下定决心，要立志成材的时候；当你在敲击科学的大门，向登堂入室的目标前进的时候；当你追随理想的脚步，对科学知识处于“原始积累”阶段的时候；当你……如果这本小册子对你有一点启发，或者有一点帮助的话，笔者就觉得是极大的宽慰了。

这本小册子的由来，是我写的几篇短文，它们散落在有关的报章上。在一些同志的鼓励、支持下，我把它们充实、扩大，成了今天这个样子，和读者见面了。在成书的过程中，得到了南京地震局的楼宝棠工程师、北京测绘学

会的李晃工程师等的帮助。出版社的同志，除对作者的帮助指导外，还协助采制了有关插图。孙伟同志为本书誊抄了全部手稿。对上述同志，作者表示感谢。由于作者的学识所限，在所涉及的内容中，有不妥之处敬请读者批评指正。

刘 征 天

一九八二年秋 北京

## 目 录

一、我们的地球母亲·····	1
二、地球过去、现在和未来·····	22
三、太阳系唯我独尊·····	36
四、地动说的来龙去脉·····	52
五、牛顿的一个胜利——谈地球的形状与大小·····	69
六、从伽利略的“平反”谈起——关于地球重力场·····	87
七、地球和她的卫星·····	104
八、地球发脾气的时候·····	120
九、破碎的大地·····	139

# 一、我们的地球母亲

## (一)

汽笛长鸣，“东方红”号客轮起碇开航。黄浦江上，各种客货轮鱼贯穿梭，非常繁忙。轮船高大的烟囱拖着一条灰色的巨龙，犁开浪花，缓缓地驶向吴淞。进入长江口，江面突然开阔，天穹顿觉低垂。夜幕降临，崇明岛在朦胧的烟雾中隐去，“东方红”号，满载着一千多名旅客告别了上海，溯江而上，向武汉方向，开始了第一天的夜航。

周军启站在甲板上，眺望大江两岸点点灯火。他在想，这次出差在上海的任务已经完成，接下去是去武汉参加“学术年会”。从总的情况看，这次出差的任务算是完成一半了。不过有一件事，虽然计划的行程中没有安排，但是，这件事象一副担子架在周军启肩上，他并没有忘记，可自己一点也还没有动手。在出来之前，应一家科普杂志的约请，写一篇文章，谈谈地球和人类的关系。要求已经答应了，可是文章还没有动手写，有一点考虑，只能算有个初步的腹稿，可是总也没有时间，安下心来写。

船舱里灯火通明，喇叭里的广播停止了，多数的旅客已经入舱上了自己的铺位，准备休息了。周军启的铺位距灯很近，光线好，这对周军启来讲，十分有利。他打开了随身带来的一本稿纸……

人类有文字记载的历史已经几千年了。几千年来，人

类在地球上繁衍生息，可是谁也没有看到过地球的全貌，人们对地球只能是“不识庐山真面目，只缘身在此山中”。本世纪60年代以后，随着现代科学技术的发展，人造卫星出现了，人类进入太空，可以在月球上鸟瞰自己的家乡。啊！我们的地球母亲，她是那样美丽迷人。她，高悬在月亮上空，好象是被玻璃罩罩着的一个蔚蓝色的大圆盘。透过她四周缭绕的云雾，隐约可见她两端反射出白色的光点，那就是地球的南极和北极。大盘上3/5的地方呈现出暗蓝色，那就是浩瀚的海洋。在特别晴朗的天气里，借助高级望远镜，可以看到一些巨大的山峰顶上带着白色的雪盔。从月亮上看地球要比地球上看到的月亮大14倍，地球的亮度是月球亮度的80倍，象一盏明灯，足以供你看书写字。地球的体态美丽壮观，她宽广的胸怀，哺育着45亿子孙。

已故诗人郭沫若1919年曾写过一首诗赞美我们的地球，诗的题目是《地球，我的母亲》。郭沫若写道：

地球！我的母亲！  
我过去、现在、未来，  
食的是你，衣的是你，住的是你，  
我要怎样才能报答你的深恩？

地球！我的母亲！  
我羡慕那一切的草木，我的同胞，你的儿孙，  
他们自由地，自主地，随分的，健康的，  
享受着他们的赋生。

这是郭沫若60多年前关于赞美地球的诗，如果他今

天健在，如果他能作为宇航员登上月球，回视地球，那么他笔下的地球母亲，将更加动人。



从太空看到的地球

(二)

轮船划破波涛荡漾的江面，逆水而上。大江两岸，远山如黛，丛林似烟。近处，青青原野，菜花飘香。水上，水鸟在波涛内出没，伸展着长翼，时隐时现。挂着白帆的

小船，缓缓地在前面移动，江心出现了屹立的焦山，镇江古城到了。金山上有名的慈寿塔影隐约可见。金山呀！金山，神话故事《白蛇传》里白娘子水漫金山，不就是在这里发生的吗？镇江古城，作为三国时代孙氏东吴的旧都，有许多典故、传说。刘备招亲的甘露寺，就在这里的北固山上。神话的传说，历史的故事，文人雅士的陈迹，把人们的兴趣引向遥远的过去。此时此刻，周军启的思绪比别人回溯的更远，他在考虑文章怎样继续写下去，地球母亲的年龄有多大？45亿多年以来，地球的子孙是怎样繁殖、进化、发展到今天？

地球的年龄，历来说法不一。随着科学技术的发展，对这个问题的各种说法已经越来越接近了。一般认为地球的年龄在47亿年左右，而且正处在花容月貌的青壮年时期。我们的地球母亲，如此“高龄”，有谁来替她祝寿、过生日、计算年龄呢？有！原来科学家们发现，岩石矿物中的放射性元素，是测定各种地层年龄的理想“计时器”。在放射性的原子核中，能自发放出某种粒子而变成其他元素，这种现象称为放射性衰变现象。因为放射性元素蜕变速度很稳定，它不受高温、高压、震动、干湿等外界条件的影响，在一定时间内，一定的放射元素蜕变分量，生成多少新元素，都有一个固定不变的数字。所以，它是名副其实的“防震防水全自动的大自然时钟”。例如，1克铀每年有1/74亿克裂变为铅和氦。我们根据某一块岩石中现在含有多少铅和铀，就可以算出它的年龄。

科学家用这个方法，测得了各个地层岩石的绝对年龄。有了时间指标我们就可以去查阅大自然的历史档案了。地球母亲的年龄，也就可以查到了。这样的查阅方式

与人们到故纸堆去考证历史的情况很相似。不过故纸堆所记载的人类历史，与地球的年龄相比，那人类历史就象几秒钟以前刚产生的新闻一样。

在地球母亲的怀抱里，举目张望，鹰击长空、鱼翔海底，人类从猿到人，创造了自己的物质文明。地球母亲，靠什么滋荫了后代，哺育着自己的子孙呢？这要从生物存在的条件讲起了。科学家研究地球时把它划分成许多层次。地球的平均半径约为 6367 公里，最外层称为地壳，大约在 0~33 公里的范围，第二层 33~2900 公里处称为地幔，第三层是地核部分，大约是 2900~6367 公里之间。地球的表面有 70% 是海水覆盖，称为水圈，地球的表面外部笼罩一层大气，称为大气圈。人类生活在地球表面，与水圈，大气圈有密切的关系。地球的表面称为地壳，也叫岩石圈、岩石圈由于大气、水和生物的作用形成了土壤。有了土壤，再加上水、气两圈就形成了孕育生命的条件。因此地壳表面的岩石圈、水圈、大气圈又统称为生物圈。在生物圈这个空间舞台上，一幕幕生物进化的活剧在这里上演了。人类历史在这个舞台上的出现，还仅仅是一出短暂的“折子戏”。地球母亲虽然度过了 47 亿年的岁月，正属于青壮的妙龄时期。但她的“后代”——人类，还处在幼年或者婴儿时期。事实上地球上出现人类，大约只有 100 万年的历史，据最新说法，出现人类的历史提前到 400 万年左右，就是这样，与地球的年龄相比也是短暂的。

已到中午，开饭的铃声响了，周军启走进餐厅，他找到一个临窗的位子坐下，要了一份饭，他慢慢地一边吃一边眺望窗外。江面上一长串小火轮从上游迤邐而来，有装货的，也有载客的，喷吐着黑烟，在江面上划过一道斜

波。周军启看得出神，广播中传来了“南京快到了”的声音。周军启吃完了饭，回到舱室，搬出椅子坐在甲板上，凭栏远眺，想看看南京江面的景色。

船过栖霞山，长江大桥横贯南北的巍峨身影，逐渐变得清楚了，南京真的到了。南京古城，“地涌金陵势，城回江水流”，这个八朝故都果然气势不凡。面对着历史的陈迹，勾引起周军启无限的感慨。他驰骋自己的遐想，重温自己的记忆。从封建京畿和六朝朱楼，到天京悲剧和“蒋家王朝”，这座古城经历了怎样的历史风雨，它是中华民族衰兴的见证。19世纪50年代，中国近代史刚刚开卷，英帝国主义的战舰攻占了吴淞口炮台，沿着长江航道直逼南京城下。在下关江面的英舰“皋华丽”号签订了丧权辱国的《南京条约》。从此，气势磅礴的长江，长期喘息在列强五颜六色的旗帜下，成为帝国主义吸吮中国人民血液的输导管。“百万雄师过大江”，中国人民在这里结束了中国历史上最后一个封建王朝，蒋家天下被扫进历史的垃圾堆了。雄鸡一唱，天下大白，中国人民从此站起来了。南京名胜古迹很多，有著名的雨花台、明孝陵，特别是建筑宏伟的中山陵。

孙中山先生诞生于清王朝的末年。幼年时期家里很穷，13岁了还没有穿过一双鞋子。但他刻苦学习，在私塾总是第一名。他经常听村里的老农讲太平天国、义和团的故事，从这时起他就树立了“驱除鞑虏、平定中华”的决心。从青年时期开始孙中山就追求真理、奔走海外、组织革命活动。终于推翻了满清王朝、结束了中国历史上2000多年的封建帝制。为了纪念中国革命的先行者孙中山先生，在他逝世一年以后破土兴工，数万民工化了3年多时间修建了

那座陵墓，当时化了62万两白银，大多由爱国侨胞自动募捐集资的。

随着周军启的思绪感慨，一座横卧云空的钢铁长虹出现在眼前了。舱室里的旅客差不多都走出来，站在甲板上，要看看中国劳动人民用自己的双手建立起来的这座巍峨雄伟的长江大桥。南京古城头的砖石沉默不语，江心的巨浪却在不分昼夜地奔腾，有谁能从这喧哗声中辨别出它们在倾诉些什么？

### (三)

太阳西斜把江面烘染得一片通红。岸边的渔船，渔民们正在那里忙碌拉网，似乎他们要及早赶在天黑前结束工作赶回家去。黄昏已去，夜幕降临，“东方红”号客轮，把南京远远抛在后面，开始了它的第二个夜航。周军启回到舱室，打开他那本稿纸，书接上回，继续写他的文章。在今晚，他想完成的这部分是：人类在地球上是怎样进化来的，或者说他要沿着人类祖先走过的路，上溯得很远，很远！

人类，在地球母亲的怀抱里，就按较新的说法算吧，到现在有四百万年的历史！这个时间与不足百年的一个人的生命史作比较，那是很长了。但是，如果和35亿年以前（这是一种说法）地球上开始出现生命的形迹那个时间相比，就很短了。我们的地球母亲，是怎样“十月怀胎”养育了人类，这就说来话长了。

谈到地球上人类的起源，大概小学生也会回答，劳动创造了世界，劳动创造了人类本身，这在今天可以说已经成为谁都知道的常识了。可是，在生产和科学很不发达的

古时候，由于人们的知识缺乏，对人类的起源却作了许多幼稚的、主观臆测的解答。在古代的埃及有人传说，第一批人是用陶土塑造的。在我国古代也有所谓女娲娘娘团土造人的故事。宗教信仰者提出的特创论，主张生命是神造的。基督教圣经的“创世记”是特创论的主要代表。按照“创世记”的说法，天体，大地上的各种生物，包括人类，都是一个“万能”的上帝创造的。他们说，上帝创造了天地和日月星辰，又创造了动物、植物，最后用泥土造人。先造了一个男人叫“亚当”，后从他身上抽出一根肋骨造了一个女人叫“夏娃”，给他做妻子。从此，“亚当”和“夏娃”子孙繁衍，就有了人类。这种说法还认为，万物一经创造，就一成不变，一模一样直到今天。这些荒诞的宗教迷信，在中世纪的欧洲曾经被奉为最高圣典，统治了人们的精神生活长达千年之久。

关于生命起源的“自然发生论”者，他们主张，地球上的一切生物，包括结构复杂的高等生物在内，最早都是直接从非生命物质中突然产生出来的。例如，在中国有“天地合万物自生”，“蝉固朽木所化也”等说法。在欧洲，也有这样类似的说法。“自然发生论”，虽然具有朴素的唯物主义因素，但它是不科学的。尽管如此，在文艺复兴之后的欧洲相当长的时期内，这种说法还有强大的势力，一些颇具声望的科学家，如笛卡尔，牛顿等都曾经信奉过这种说法。

对于生命的起源，还有这样和那样的各种说法，象“生源论”，“宇宙生命论”，说法虽多，但都没有说到点子上。因为古时候科学还不发达，人们的思想受到当时历史条件的限制，也只能是这样了。

1859年11月24日，在英国伦敦街头的书店里，一些自然科学的爱好者在争相购买一本书。在这本书里人们大吃一惊地读到了“人类是由猴子进化而来的”。这本书，就是英国博物学家达尔文所著的《物种起源》。达尔文，出身于英国鲁兹巴利镇上一个世代行医的家庭，祖父是当地的名医，父亲不但是名医而且酷爱花木，母亲也专事果树和花卉的栽培。这样的家庭环境和丰富的幼年生活，对达尔文的影响是很深刻的。他从中学起，就热心于搜集昆虫、鸟蛋、贝壳，跟着哥哥当助手，在花园的工具房里搞实验。中学毕业父亲送他入爱丁堡大学学医，准备让他学成之后继承祖业。谁知达尔文的志趣仍在自然科学，他和同学一块到沙滩上捕捉水生动物，进行解剖。在假期里，他们一块旅行、打猎，整天跋涉在丛林蔓草之中。父亲见到达尔文无意学医，就想培养他成为一个“尊贵的牧师”，转送他进剑桥大学神学院。可是，进了神学院的达尔文却与地质学家交上了朋友，他们一块去进行地质考察，查看古岩，了解化石，干一些与神学毫无关连的事情。

19世纪后半期，英国完成了工业革命，当时的自然科学蓬勃发展。在这样的社会环境的熏陶下，学过医、进过神学院的达尔文却以自然科学家的身份，登上水文地理军舰“贝格尔”号的甲板，开始了历时5年的航行考察生活。22岁的达尔文，跟随“贝格尔”号考察舰，绕过南美洲的东西海岸，穿过太平洋，经过澳洲南沿，越过印度洋，绕过好望角，行程万里，历时5年于1836年10月2日回到了英国。

5年的远洋考察，达尔文历尽艰辛。每到一处他都要仔细地观察研究，入丛林、攀悬崖、涉河水、过草地，搜

集各种动植物标本，挖掘各种生物化石。大自然的葱茏妩媚，铺满大地的奇花异草，彩蝶千种，昆虫万类，千差万别的飞禽走兽，从未见过的化石兽迹……，他观察、搜集、思考。大自然是生物界的百科全书，它向达尔文提供了丰富的素材，供他研究，供他思考。他的思想开始从宗教的束缚中解脱出来，他开始认识了大自然处在发生、发展、变化的本来面目。一个重要的揭示生物界历史的学说，开始酝酿了。

达尔文的《物种起源》一书，奠定了生物进化论的理论基础，它告诉人们生物是怎样进化的。沧桑万类从水生的简单植物，到陆地复杂的脊椎动物，一直到最高级的动物——人。他们都有着共同的祖先，在地球母亲的怀抱里，经过几十亿年的演变进化，由简单到复杂，由低级到高级。生物的演变是通过遗传和变异以及自然选择等过程来实现的。“物生其类”这是生物界普遍的遗传现象。然而如果只有“种瓜得瓜，种豆得豆”，那么瓜永远是瓜，豆永远是豆，现代生物和古代生物就没有什么两样了，也就不会有什么进化。所谓“一娘生九子，连娘十个样”，这种说法是指生物的变异现象。达尔文通过对地质、古生物的考察，以及长期的家养动植物的实践，发现一种生物经过许多世代以后，可以变成新的种类。生存斗争和自然选择，是生物进化的另一个重要的途径。生命的生存发展是要有一定的客观条件的，地区环境、气候条件都影响着生物的繁殖发展。同一种生物在多变的环境里有的能适应生存下去，有的就濒临死亡灭迹。生物除了与自然环境的斗争之外还有着“大鱼吃小鱼，小鱼吃虾米”这样的所谓种内斗争和种间斗争。在这种斗争中，万类生物各有一套保存自己，繁

衍后代的本领，使地球上始终保持着五彩缤纷，万类霜天竞自由的生动局面。

由达尔文奠定了理论基础的“进化论”揭示了生物界历史发展的规律。人们把进化论的发现、同能量守恒和转换定律、细胞学说，统称为19世纪自然科学的三大发明。随着现代生物科学的发展，达尔文的理论完全被证实了。今天人们已经能从生物进化的历史“档案”中清晰地查阅到生物的来龙去脉。地球哺育了人类，人类是怎样沿着生物进化的道路走过来的呢？地球母亲为我们作了详细的记录，在地球母亲的哺育下，人们知道从地球母亲所记录的“档案”中去查找生命起源的时间，那还是1954年的事。当时有人在北美苏必利尔湖附近找到了19亿年前的藻类化石，这是已发现的最早的生物形迹。后来到了最近，即1977年，有人在南非东部德兰士瓦省发现35亿年前的单细胞和双细胞的生物化石。这是目前发现最早的生命踪迹。生命起源于几十亿年以前，经过漫长的进化演变发展到今天的人类。在这漫长的岁月里虽然沧桑更迭，事过境迁，但是地球母亲的躯体里，却有着详细的记录。原来在地球的不同地质年代的地层里埋藏了不同的生物化石，人们把不同的地质年代的地层比喻为卷页浩繁的史册，把化石看作是这部史册的特殊文字。这部史册记录了地球母亲的年龄，也记录了生命在地球母亲的怀抱里孕育发展的全过程。

周军启收起了那本稿纸，因为他一边思考，一边书写，时间不短了，他觉得有点头晕，该休息一会了。

#### (四)

周军启走出舱室，在甲板上凭栏杆坐下来。因为已是

深夜，室外的人不多，只有几个中年以上的人，在那里闲聊。从他们的谈话中，他知道船已经驶过马鞍山。其中一个人触景生情谈起了“马鞍山”这个名称的来源。马鞍山的对面，有一条乌江，是霸王项羽自刎的地方。传说，曾经不可一世的西楚霸王，由于战败，在“别姬”之后来到这里。船夫要渡他过江，他觉得自己兵败如此，无颜回见江东父老，拔剑自杀。临终前托嘱船夫将他征战多年所骑的战马“乌骓”渡过江去，可是“乌骓”在船上，回首不见主人，便跃入江中殉主而死。船夫为了纪念，将马鞍埋于山下，“马鞍山”从此得名。这是历史的典故传说，至于认真的考查起来，却是司马迁在史记里记录了项羽死后，把乌骓送给乌江江边亭长。“乌骓”不管是投江也好，还是送给了亭长也好，在将近两千年以后的今天，去考证这件事总是没有什么多大的意义了。

周军启手扶船栏，凝视着黑夜里的长江，这里一星灯火，那儿一簇灯光，好象长江在向他眨着眼睛。一会儿又是一片漆黑，他从船身微微的荡漾中感到波涛正在翻滚沸腾。江风猎猎，上下前后，无数道强烈的探照灯光，从船顶射向江面，夜空江上一片云雾迷朦，电光闪闪，水声风声，这个与地球科学打交道的周军启，觉得自己的心和大自然贴得更近了，好象整个宇宙，都罗列在他的胸前。水天，风雾，浑然融为一体，好象不是一只船，而是你自己正在和江流搏斗前进。“努力，前面就是胜利！”庄严、美好的感情充溢在他的心灵，我们的时代一下突然集中的体现在这奔腾的长江之上。是的，我们全部生活不就是战斗、航行、穿过黑暗、走向光明吗？驾驶室里，灯火通明，掌舵的人们，正在透过闪闪光点，在惊涛骇浪之中，寻一条

破浪前进的途径。他们真不容易，航程中不会没有曲折，重要的是及时拨正了方向，这是多么豪迈的事业啊！

时针已经指过午夜，周军启回到舱室，送走了紧张的一天，他入睡了。

## （五）

一觉醒来，已经是日上三竿，这是“东方红”号客轮上的第三天。阳光拂掠江面，显出万顷银波，沿岸黄土丘陵，沙洲上青青的麦田，油菜花飘香，景色宜人。周军启无心欣赏这两岸的风光，因为他想在船到武汉之前，把他的文章初稿写完。按照他的想法，接下去该写人类在地球上的生息繁衍了。

任何事物，都有它的发生、发展和消亡的过程。在这个过程中任何事物也离不开一定的客观条件。地球母亲在哺育人类的过程中首先依靠的条件是什么呢？是空气（大气圈）、水（水圈）、土壤（地壳岩石圈）。有了这三圈形成的地球生物圈，生命才能发生，生命才能进化，人类也才能诞生。人类在地球上诞生以来，与地球的历史相比，只是短暂的一瞬间。但是，这短暂的一瞬，却成了地球这个天体最壮观的一幕。在地球上，由于有了人类，她才有了生气，有了“灵魂”，否则的话，地球也成为一个“死”的天体了。象人类的代表，曾经拜访过的月球那样，在那里没有空气，没有水分，没有鸟语花香，……完全是一个“死”的世界。

达尔文的“进化论”，正确地指出了人类的起源，他在《物种起源》一书中明确的指出：“人类是由猴子进化而来的”，至于人类怎样从猿进化到人类，起决定作用的是什么？

同样的，人毕竟不是一种普通动物，人和动物之间有亲缘关系，但又有本质的差别。所以，不能够把人和动物简单的等同起来。关于这些，由于当时历史条件的限制，达尔文还不能做出更科学的解释。

## (六)

人类的祖先——森林古猿，大约在 500 至 2000 万年以前，它们成群的生活在热带森林里。后来地球上由于地壳和气候等自然条件的影响，发生了“沧海桑田”的变化，古猿生活的自然区域，逐渐变得干寒起来，森林逐渐减少以至消失。就在这个变化过程中，许多古猿逐渐的灭绝了。然而在和自然环境和生活条件的斗争过程中，由于“自然选择”和斗争的本能，它们自身的形态构造、生理机能和生活习性逐步适应变化着的生活条件，由树上转到地面生活，并通过劳动逐渐发展为现代的人类。

人类的发展过程，一般认为分三个阶段。这就是猿人、古人、新人。在猿人阶段，它们身上虽然保留有较多的古猿的残迹，但已经能制造和使用简单粗糙的石器。使用工具进行生产劳动，正是人与动物相区别的分界线。由于能制造工具，劳动生产，初期的人类向前发展，进入到“古人”阶段。古人时期距今约 10 万年到 20 万年。这时的人类，过着原始的群居生活，大约几十人一群，他们手里拿着自己制造的石器、木棒，集体采集野果，猎取动物，通常居住在山洞中，并知道用火和熟食。当人类进入新人阶段，已经是距今一万年以前的事情了。这时的人类，从体质形态上来讲，跟现代人已经没有多大的区别了。这时的人类所制作的石器工具更加精致，他们已经知道在木棒上绑上

石器的投枪、梭标。精巧的骨针，表示他们已经能缝制衣服。他们既打猎，又捕鱼。已经产生了绘画、雕刻、装饰品等原始的艺术。

在生物进化的过程中，由于“自然选择”的关系，总是首先从一定的自然条件下开始的。人类在地球上的成长过程就是这样。

我们伟大的祖国。人类的四分之一生活在这块土地上，这块肥美的土地也是人类重要的发祥地之一。很早很早以前，我们的远祖——森林古猿，就在中国的大地上生活了。1956年，我国科学工作者，在云南省开源县境内发现了十枚森林古猿的牙齿化石。

古猿继续进化，开始步入人类的阶段，这时的猿人化石非常珍贵。到目前为止世界上还只发现了少数几起。我国的北京猿人、蓝田猿人现在已是举世皆知的了。不久前又有报道，我国云南省元谋地区，又发现了元谋猿人的两枚门齿，其年代可能比北京猿人和蓝田猿人更早一点。随着劳动的发展，人类从“古人”阶段发展成“新人”大约是一万年以前的事。“新人”在地区上，不仅广泛分布在亚、非、欧的广大地区，而且也分布到澳美两洲了。在我国，新人的化石更有多处发现。在周口店北京猿人所在地的山顶部分发现了山顶洞人，四川发现的资阳人，广西发现的来宾人、柳江人。这些都是属于“新人”的化石。最近，我国陕西省大荔县发现的大约20万年前的人的头盖骨化石，被命名为大荔人。大荔人的发现有极大的科学价值。美国加利福尼亚大学的布朗博士，不久前提出：……亚洲大荔人是黄种人、白人和黑人的共同祖先。更有国外学者得出结论说：“人类从北京猿人，经过大荔人，发展到现在的各个

人种……。”尽管这些说法在现阶段只是作为一种学术观点而存在，还有待于科学家们进一步去探索、去证明。但是有一点可以肯定，我们的祖先在人类形成的过程中占据着重要的历史地位。

## (七)

在中华民族生息繁衍的这块土地上，人类走过来的脚印是那样的明显。我们祖国的大地，是人类的重要的发祥地，是人类的摇篮。我们民族在黄河流域发育成长。哺育了我们民族的黄河，她滔滔千里，奔腾东去。黄河洗刷了黄土高原，染黄了自身，也染黄了我们民族的肤色。追寻人类的过去，我们不能不想到古都西安的半坡博物馆，那里展出了地下出土的母系社会的村落遗址。从那里我们看到了六千多年前我们祖先怎样在生产、劳动。原始的陶器、简单的房基、村边的墓地……一个活生生的母系社会时代的村落展现在我们的面前。听到黄河的咆哮，我们怎能不回溯历史。唐宗、宋祖时期，我们民族对人类有过自己的贡献；秦皇、汉武年代，我们民族也有过她的事业。再往前，一直到山顶洞人，北京猿人，……没有过去他们的活动，就没有今天人类的智慧；没有勇敢的森林古猿，从树上走向地面，就不会有今天高度发达的人类社会。有了以几百万年为计的劳动经验和生活智慧的积累，才有了今天的人类文明。

追寻着人类的过去，你怎能不热爱这块人类发祥之地——我们的祖国。在这里有奔腾的长江、黄河，肥沃的四川盆地，大兴安岭森林遍野，珠穆朗马峰山高接天。如果说祖国的自然地理可爱，那么作为一个历史悠久的民族的

子孙，我们的先人、我们的祖先，对人类的贡献也是值得我们引以自豪的。如果回溯过去热爱祖国的历史悠久，那么吸一口新鲜的空气，你会更热爱她的现在。如果你热爱她的现在，那么你勤奋地学习，努力地工作，用汗水浇灌着祖国的未来，将来她会变得更可爱更迷人。怨不得，有的侨胞包一包祖国的泥土，放在身边，远走海外他乡；有人在临终的遗言中告诉后人要把祖国的泥土撒在自己的胸上；革命战士在战场上为胜利喊着保卫祖国的口号，英勇献出了宝贵的生命；运动员在与对手搏斗过程中，鼓舞他的是祖国的荣誉、民族的光荣。祖国，这个亲切的称呼，激励着人们在各条战线奋发前进。

当周军启收起稿纸本，停止思考和书写，“东方红”号已经驶过安庆。从安庆到九江，这一段长江两岸，景色特别优美。山峦起伏，林木蓊郁，奇峰异石，层出不穷。轮船溯江而上，很快地，北岸的华阳过去了，南岸的彭泽来临了。彭泽江岸有个矾头伸向江中，人们叫它“彭郎碓”。和它隔江对峙的，就是小孤山。小孤山平波突起，汛期来临，它有如水中孤岛。春秋枯水季节，又和北岸连接在一起。山上林深竹密，苍翠秀丽。林丛中有座白色小庙，人们称为“小娘娘庙”。相传江边小村里，有位叫小姑的姑娘，美丽而勇敢，和本村的渔民小伙子彭郎相爱。但是他们纯真的爱情遭到了破坏，她贪图钱财的后母把她许给了一个渔霸。但她坚贞不屈和彭郎双双投江，化为山石相伴。这个爱情悲剧的传说成了后世画家诗人的描写对象。唐人李思训给这座山画了一幅《长江绝岛图》，宋朝的苏轼对它有过这样的描述：

山苍苍，水茫茫，大孤小孤江中央；

崖崩路绝猿鸟去，唯有乔木参天长。

客舟何处来？棹歌中流声抑扬；

沙平风软望不到，孤山久与船低昂。

峨峨雨烟鬟，晓镜开新装。

舟中贾客莫漫狂，小姑前年嫁彭郎。

苏轼所描绘的江川景色，自然是充满想象，也很优美。其实，大孤山在鄱阳湖，和小孤山相隔很远。人们大概不会责怪苏轼缺乏调查研究吧！因为他在写《石钟山记》时却又很重视调查研究。石钟山，蹲伏在长江与鄱阳湖会合处的湖口东侧。它不仅形似石钟，且能发出铮铮的钟声。郦道元说它“下临深潭，微风鼓浪，水石相搏，声如洪钟”；唐人李渤说它“访其遗踪，得双石于潭上，扣而聆之，南声函胡、北音清越，桴止响腾，余音徐歇”；这些，苏轼却不肯轻信，要亲临其境，作一番实地研究，这才发现原来“两山间”“有大石当中流，可坐百人，空中而多窍，与风水相吞吐，有窾坎镗鞳之声，与向之噌吰者相应，如作乐焉”。并慨叹道：“不目见耳闻，而臆其有无，可乎？”可见他重视调查研究。至于为什么在上面的描述中写到，“大孤小孤江中央”？我们就没有必要去寻根问底了。

## （八）

“东方红”号继续航行，一天又过去了，晚霞的彩幕已经卷起，在落日的余晖中，随着夜幕的降临，庐山的影子渐渐隐去。又是一个夜航开始了，晚上照例是周军启工作效率最好的时光，他要抓紧时间争取在明天轮船到达武汉之前把自己的文章写完。就这样，在舱室里的床位上，周军启又开始做文章了……

现在已知的地球“母亲”的年龄大约是 45 亿年。那么她怀抱里的人类，从“年龄”上讲最多也是个“婴儿”，或者可能算是刚刚落地降生。

40多亿年的地球还处于“中年”时期，待到她进入“老年”时期，那时的人类又将如何呢？对于这个问题，最杰出的科学家也很难给出一个答案。因为人类的历史还很短，人类有记载的文明史还只有几千年。这样少的“已知数据”，要“推算未来几十亿年以后人类的变化，简直是不可能了。即使是幻想，也将是幻想家的难题。

事物总是在变化，事物也总是在发展。在不同的阶段，事物发展变化的速度是不一样的。地球上的人类从旧石器时期进入到新石器时期经历了几万年的时间，从新石器到近代人又经历了几千年的历史。但是，从19世纪初到现在，不足 200 年的历史，人类在科学技术方面却经历了翻天覆地的变化。19 世纪初蒸汽机和纺织机械的出现，有了火车轮船。19 世纪末，到第一次世界大战前，出现了汽车、无线电通讯、螺旋桨飞机。从第一次世界大战以后到现在，半导体、原子能、电视机、电子计算机、激光……被称为“尖端”的技术又出现了。人类的代表访问了月球，航天飞机往返于地球太空之间。人类在科学技术上的发展是那样快。由于科学技术的发展也推动了生产的发展，人类的物质财富也增多了。另一方面，人类在发展科学技术的同时，也在大量的消耗着所创造的物质财富。尽管由于社会制度不同，人类对共同财富的占有和分配上存在着贫富不等，苦乐不均的现象。但总的来讲，对物质财富，人类在创造，人类也在消耗。人类本身也在增长，根据预测到本世纪末，世界人口可能由现在的 45 亿增加到 60 亿；再过

100年世界人口将可能达到120亿。人口增多，“人丁兴旺”。人们要吃饭、要穿衣、要上学、……要提高生活水平，参加工作不久的小伙子，要把飞鸽、永久牌自行车换成“嘉陵”牌的轻骑摩托；年轻的姑娘，想把涤纶上衣，换成纯毛呢料；双职工，要减轻繁重的家务劳动，想买一台洗衣机。这一切都标志着人们对物质财富的消费在一天天的增加。如果不致力于人口控制，人类无限制的增长势必给人类本身造成危机。

实行人口控制，计划生育，已被许多国家所重视，对地球上的人类来讲，这只是问题的一个方面。另一方面就是要发展生产，创造财富，以更多的物质财富来丰富人类的生活。这个道理说起来很简单，但做起来就难了。当今的地球上有一百多个独立的国家，由于种种原因，有的发展快，有的发展慢，问题的复杂性就这样的显示出来了。地球母亲，对她的45亿子女，一视同仁，公正无偏。地球母亲愿把她的一切都献给她的子孙——人类。她的内腑资源——地热正等待着人类去开发。可以设想，一个地热发电站已经建成，炽热的岩浆，被从火山口引出，进入发电站，转换成电能输往四面八方，应用于工农业生产。地球表面覆盖了70%的海水将被利用，向海洋进军，在受控制的环境下养殖藻类、鱼类，解决人类的食物问题。深入海底，探采矿藏。利用海水表面和深处的温度差（这种温差高达摄氏230度），象用蒸汽来推动汽船的原理那样，来取得动力的来源，使海洋热能转化，成为重要的电力来源。人类可以取地热、可以建造粮食“加工厂”，可以合成生物制品，……人类在征服自然的过程中可以这样，可以那样，但最重要的莫过于开发人类本身的资源了。世界

上最可宝贵的资源是人才资源。人，所以区别于别的动物，是因为人类有思维能力。所有的科学技术成就，都是通过不断地实践、总结来取得的，在这个过程中人的思维作用是重要的。任何先进的科学技术，都是在人的主持下进行的，就是高度自动化的任何工厂，也是通过人所安排的程序进行的。所以开发人才资源，造就人才，是开发地球资源的前提。一个科学技术比较先进的国家，必然拥有第一流的科学技术专家。科学是生产力。这种生产力的基本因素是人的头脑，是用科学知识武装了的人。至于其他因素，象能源，物质，时间都只能是制约因素。随着人的知识的增加，各种制约因素将会减少，制约的作用也会变小。

为了未来、为了祖国、为了人类在地球母亲的怀抱里生活得更美好。我们必须首先着眼于人的工作，让更多的人掌握先进的科学知识，让更多的人成为讲文明，懂礼貌，具有自我献身的精神。

汽笛长鸣，周军启的心潮思绪，从对人类未来的思考中被拉回到船上。眼前出现了钢铁的彩虹，龟山、蛇山伸出巨臂搂抱着万里长江，“天堑变通途”的大桥，巍峨壮观，这是50年代中期的建筑。新中国诞生不久，它向全世界宣布，中国人民有能力用自己的双手创造着美好的未来。钟声阵阵，江汉关大楼的身影清晰可见，武汉到了！

周军启象其他旅客一样，清点东西，整理行装，准备登岸，要去迎接新的战斗了。

## 二、地球过去、现在和未来

为了承担市文化宫举办的科学讲座，周军启进行了各方面的准备。这样的社会工作，占了他许多时间。有时他也想，现在有的文章五年前他就可以写，当时却没有人向他约稿；现在有的报告，他的同事完全有能力去作，可是人们偏要找“周军启博士”。原因是他有了名，出国进修获得博士学位，电台广播了他的事迹，报纸登了他的材料，就是这个原因找上门来的人就多了。看来，一个人的成就只有得到社会的承认，他的聪明才智才能得到充分的发挥。从这个意义上讲“伯乐”比“千里马”更重要了。

### (一)

主持报告会的同志宣布报告会开始，自然是先介绍了周军启博士。之后介绍了他今天讲的课题：地球过去、现在和未来。

地球是人类的家，人类对自己的家，应该有一个清楚的了解。可是人类到现在为止，对自己的“家史”了解得还很不够。特别是地球的起源。地球是太阳系的一颗行星，它的起源可能与太阳系的起源和诞生是有关系的。我们知道，以太阳为首的太阳系是九大行星围绕太阳在旋转运行的。有的行星还有自己的卫星，如地球、木星、土星等，它们就各有自己的卫星。地球的卫星是月亮。此外，太阳系还有彗星，拖着长长的尾巴，在绕太阳公转，这就是我

们有时在天空中看到的“扫帚星”。在太阳系里还有大量的小天体，人们称为小行星，它们的直径一般在1公里——800公里之间。在行星际空间里布满着无数叫做流星体的小物体，当它们运行到地球附近，被地球的引力“俘获”拉向地面进入大气层，就摩擦发热产生一道白光，这就是我们夏夜乘凉，常见到的夜空中出现的流星。太阳系有这个，有那个，我们且不去管它，我们的话题仍然回到地球的起源这个内容上来。大约300多年以前，人们孤立地仅靠理性去揣测地球、太阳系的起源。后来，人们慢慢地发现，地球和它的八姐妹——九大行星在绕太阳运行的过程中，有一些十分近似的特征。例如：第一，它们围绕太阳运行的轨道，都近似地处在太阳的赤道面上。也就是说，如果你把每个行星公转轨道作一个平面，那么，这些平面近乎重叠，说明它们的轨道接近于在一个平面内。第二，这些行星绕太阳运行的方向都相同，如果你是站在地球的北极望着太阳的话，那么这些行星都是逆时针方向绕着太阳运行。第三，太阳本身也在作逆时针方向的自转，而这些行星（个别除外）也都是绕自己的轴作同样的逆时针方向的自转。第四，各行星彼此之间的间隔，随着它们离太阳的距离而依次增大，而且它们的运行轨道都接近圆形。第五，有卫星的行星（个别例外）它们的卫星绕行星运行的规律和行星本身绕太阳运行的规律很相似，如运行轨道在相应行星的赤道面内，运行的方向是逆时针等。

从九大行星围绕太阳公转这些极相近似的规律，可以看出来它们“行动统一”。这些行动统一的特征，使人们开始考虑，它们可能是起源于一个单一的过程中。也就是说，很可能九大行星和太阳是在一个统一的过程中演变而来。

如果是这样的话，我们要谈谈地球的起源，实际上就是要谈谈太阳系的起源了。

## (二)

在科学的舞台上，节目繁多，内容丰富。关于地球的诞生，太阳系的形成，可算是一段精采的“相声”在演出。不过表演这段“宇宙相声”的演员既不是侯宝林和郭启儒，也不是马季和唐杰中，而是对太阳系起源持有不同见解的科学家们。随着时间的推移，在不同的时期，对太阳系的起源，科学家们有各种各样的说法。这些说法，你一套理论，他一套理论，各有各的道理。从17世纪的40年代开始到现在，在这300多年里，关于太阳系形成的说法，我们可以列举出25种以上。你这样一个说法，他那样一个说法，多么象演员在舞台上表演相声。

我们谈论地球，首先要弄清地球在宇宙中所处的地位。我们的地球，在茫茫的宇宙中属于什么“单位”呢？这要从宇宙谈起了。古人说：“上下四方曰宇，往古来今曰宙”，也就是说，宇是空间，宙是时间。宇宙，就空间讲，它有多大，是否有边际？就时间来讲它的年龄有多大？这些问题，我看还是不要作肯定的回答好，因为到现在为止人类所掌握的知识还不足以回答这些问题。人们对宇宙的认识，是缓慢的，一点一点加深的。最初人类以自己居住的地球为中心，推算了地球和月亮之间的距离。1543年，哥白尼出版了他的著作，奠定了太阳位于太阳系中心的学说。不过这时人类还不能精确地测定各个行星的距离。直到又过了半个世纪，德国天文学家开普勒发现了行星运动的规律，这就是著名的开普勒三大定律，这时人类才第一次可能精确

地计算太阳系里各个行星之间的距离。到了 1609 年，伽利略把他制造的望远镜指向天空，他发现了许多以前看不到的新星。当他向银河望去，这个用肉眼看来不过是一条灰蒙蒙的亮带，在伽利略的望远镜里却分裂成无数的星星，多得象爽身粉中的粉粒一样。望远镜的出现，计算方法的改进，使人类认识宇宙视野，继续开阔起来。到 19 世纪结束，人类不仅认识了太阳系，而且距太阳系较近的一些恒星的距离也知道了。

人类认识宇宙由近到远，首先了解的是我们的近邻月球，开始人们知道了地球和月亮之间的距离是 384401 公里，人们进一步又知道地球距太阳的距离是 14624~15136 万公里之间（由于地球公转轨道是椭圆形，所以地球和太阳的距离在变化）。以公里为单位来量度行星之间的距离，数字太大，天文学家为解决这个问题，规定了一个新的量度单位。这个单位就是取地球和太阳之间距离的平均值 14960 万公里，称为一个“天文单位”。太阳系里的其他距离都用这个单位来表示。例如，土星到太阳的平均距离为 142600 万公里，即 9.54 个天文单位。太阳系最外的一颗行星冥王星，它离太阳的距离是 39.87 天文单位。随着时间的推移，科学技术的发展，人类对宇宙认识的视野继续加大，人们发现我们的太阳系在宇宙中只不过是象一个微不足道的小点。人们要量度太阳系以外的恒星，就是用“天文单位”也显得太小了。为了缩小庞大的测量数字，为了方便，天文学家选用了光的速度作为尺度表示距离。光速每秒钟 299792 公里，在一年里光要走过  $9.4605 \times 10^{12}$  公里（接近 10 万亿公里）的路程，这个距离叫做“光年”。现在就是用光年来量度恒星之间的距离，用光年来量度人类所能认识到

的宇宙的直径。距我们太阳系最近的恒星有 4.3 光年。这是一颗在半人马星座的  $\alpha$  星，它是“天上”第三个最亮的星，在恒星世界中，它是我们最近的邻居。进入本世纪初人类所知道的宇宙直径还不到 20 万光年，大体上只包括我们的银河系。到本世纪 20 年代以后，大的望远镜相继出现，人们对宇宙的认识能力增强了，宇宙的范围也一再扩大。这个范围已经远远超出我们太阳系所属的银河系，而包括数以十亿计的其他星系，这些星系称为河外星系，每个星系包含着数以百亿、万亿计的恒星。今天，天文学家已能辨认出 100 亿光年远的天体了。这就是我们人类今天所能了解到的宇宙的范围。

了解了宇宙的概况我们的话题仍要回到我们所居住的地球上。我们的地球，在宇宙中从“基层”算起，它和它的卫星——月亮，属于一个“单位”，称为地月系。高一级，它属于太阳系，太阳是银河系的一个成员，所以，按“组织系统”比太阳系更高一级的“单位”就是银河系了。银河系还属于它所在的星系团，这样地球也就属于这个星系团了。我们在谈了宇宙的大概情况以后，又讲了地球的“组织系统”，从而了解了地球在宇宙中所处的地位。

### (三)

关于地球的形成和太阳系的产生，千百年来一直是人们所议论不休的一个问题。围绕着这个问题，有过各式各样的说法。在我国古时候，就有盘古开天辟地，经历 1.8 万年才有了大地的说法。300 多年前，爱尔兰一个大主教乌索尔，公开宣称：“地球是在公元前 4004 年 10 月 23 日一个星期日，被上帝创造出来的”。这些都是地球的“神创”

说。在以后的年代里，科学家们受《圣经》中关于洪水之类的重大事件的故事的影响，产生一种很流行的说法，称为“灾变”说。这种说法认为地球完全可以是在一次巨大的过程中偶然产生的。例如，法国的布丰曾提出行星是由太阳和一颗彗星相碰撞时飞出的碎片而产生的。后来人们发现彗星不过是由一些稀薄的尘埃所组成，与太阳碰撞产生太阳系的说法就不能成立了。牛顿(1642~1727年)曾经提出，太阳系可能产生于一团稀薄的气体尘埃云，在万有引力的作用下，云团缓慢地凝聚而形成太阳系。和牛顿的这种说法很相近，德国哲学家康德于1755年在一本叫《宇宙发展史概论》的书中提出，形成太阳系的物质微粒，最初是分布于比现在太阳系大得多的空间内。因为万有引力作用，微粒相互接近，逐渐形成团块，较大的团块成为引力中心。中心体因不断地吸引四周微粒和小团块而壮大，最后聚集成太阳。有些微粒在向中心体降落过程中，因相互碰撞，向旁偏转而围绕中心体作圆周运动。这些微粒又各自形成小的引力中心，最后聚集成卫星。这就是康德的星云假设说。又过了40年，法国天文学家，数学家拉普拉斯\*，独立地提出了和康德很接近的说法。还用数学为他的“星云假设说”进行了论证。按拉普拉斯的描述，那巨大的收缩着的物质云团，一开始就是旋转着的，随着云团的继续收缩，旋转的速度越来越快，就象花样滑冰表演者双手收拢后，就旋转得更快一样。这个道理，是由于“角动量守恒”的缘故。因为角动量是等于速度乘以到旋转中心的距离。所以，当这个距离减少时，运动速度就相应增大。按照拉普拉斯

\* 拉普拉斯在概率论、天体力学等方面都有重要的贡献，以他命名的拉普拉斯变换和拉普拉斯方程在数学上有广泛的应用。

的说法，随着旋转云团速度的不断加大，云团开始从它快速旋转的赤道抛出一个物质环来。这个物质环带走了一部分“角动量”，于是剩下的物质团转动变慢。可是随着云团的继续再收缩，速度又加快了，又再一次达到一定的速度就又抛出一部分物质环来。这样一来，正在形成的太阳就抛出了一系列的物质环，这些物质环后来缓慢地聚集成各个行星，太阳系就形成了。

康德的“星云假设”说比拉普拉斯早 40 年，但当时他匿名发表，不为人们重视。拉普拉斯提出“星云假设”说以后，由于他在天文、数学方面的声望，也由于他用数学的方法作了一些论证，当时看来这种说法，和太阳系的一些主要特征十分一致。这样“星云假设”的观点，就为人们接受，在 19 世纪大部分时间里占据了统治地位。不过好景不长，过不了多久，拉普拉斯的理论被动摇了。原来麦克斯韦对土星环进行了分析，从数学上证明，不管什么天体抛出的气态物质环，不可能形成一个固体，因为万有引力会把这个圆环扯散。这样拉普拉斯所说的物质环形成行星就不可能了。关于角动量的说法也有问题。原来尽管全部行星只占有太阳系总质量的 0.1% 多一点，但它们却拥有太阳系总角动量的 98%！单是木星就占有角动量的 60%，这样太阳只保留了原始星云角动量的极小一部分。那么为什么差不多全部的角动量集中到那些小小的物质环上呢？这个问题使人难以置信。由于这些矛盾无法解释，就这样，曾经时兴一阵的“星云假设”学说，进入 20 世纪就陷入了沦落、熄灭的地步了。

而地球形成的“灾变”说又复活了。这次“灾变”说的花样更多了，在这些“灾变”说的假设中，有的说一个恒星从

太阳附近擦过，由于引力作用，形成了太阳系。有的说是两个恒星相撞的结果，也有的说是三个恒星相撞……这样那样的说法尽管很多，但是，当用数学去对这些说法进行分析、检验时，这些说法没有一种是能站住脚的。这样，关于地球和太阳系是在一次偶然的灾变过程中产生的说法就又一次被否定了。

#### (四)

由于灾变说又陷于绝境，科学家们在近 20 年来又抬起了“演化说”，而且对当年拉普拉斯的理论也另眼看待了。由于观测设备的改进，人类对宇宙的认识扩大了，虽然“演化说”关于地球的形成还有一些问题，无法解决，但现在的一些“演变”说，比起拉普拉斯当时的理论看来要更完善一些。由于科学技术的发展，大型的望远镜相继出现。本世纪 40 年代后出现的雷达天文学、射电天文学，能够用无线电技术，对天体和星际物质进行观测。这样的观测，使人们的眼界扩大了，对宇宙空间了解了更多的东西，也为研究太阳系的形成搜集了更多的“素材”。长期以来，关于地球和太阳系的形成，各种说法虽然很多，但把这些说法“梳一下辫子”，我们可以看出，说法虽多，大体上类属于两家。一家是认为太阳系在一次偶然的时机中产生了，这称为“灾变说”，另一家属于“演化”说，认为太阳系是由原始的物质星云演化而来，称为“演化说”。这两种说法，虽然经过了几起几落，到现在看来，“演化”说占了上风，也比较流行。这种说法，早期始于牛顿，经康德、拉普拉斯提得更具体一些了，到了现在又有一些科学家，利用今天的天文成果进行了一些补充。星云演变形成为太阳系的说法

尽管今天比较流行，但不能说它是太阳系形成的定解了。象我们在十进制的数里  $3+2=5$  那样“绝对”正确。相反的演变说，也在发展，关于太阳系的形成有一些问题它也还解释不了，还有待于未来的发展。不过在未来，在科学发展的路程上，一定会出现一个路标，上面写着“演化论”是否正确这个答案，只是这个路标与人类当前的认识能力还有一段相当的距离。

地球和太阳系是星际物质演化形成的，今天这种说法很时兴。如果这种说法是正确的，我们可以按照这种说法给我们的地球“算个卦”，当一下太阳系的“算命先生”，为地球推断一下过去，卜卜它的未来。象所有的事物都有它的发生、发展和衰亡一样，我们的地球和它所在的太阳系将也有它的发生、发展和衰亡。

尽管天体的演化过程，现在还有一些问题没有解决。可是现在一般认为地球和它所在的太阳系，象许许多多的恒星一样是由空间星际弥漫物质演化而来。每当晴朗的夏夜，你到室外乘凉，举目天空，就会见到繁星闪烁，夜空十分美丽。在这些数不尽的星光中多数是恒星，我们的肉眼所能见到的恒星大约有 6500 颗。如果用望远镜指向天空，你会见到更多的星星。这许许多多的恒星，由于它们处于不同的发展阶段，因而它们有着不同的“年龄”。它们当中有的年轻，有的年老，有的正在形成，有的接近死亡阶段，有的已经转化为别的形态了。我们的太阳正处在壮年时期，它的形成到现在大约已经经历了 50 亿年的发展史。太阳是一个普通的恒星，也必将经历着一般恒星的演化过程。这是个怎样的过程呢？我们先从一个例子谈起吧！新近天文学家们在观测距我们大约 2 千光年的麒麟座一颗

R 星时发现，这颗星很暗，只有强大的望远镜才能发现。天文学家们一度认为这是一颗白矮星，但光谱分析表明它不是白矮星。它发射很大的能量，但这种能量多数在红外线范围。它发的一点可见光，好象被什么遮住了，透不过来。现在天文学家们相信这是一颗形成不久的“原星”。这颗原星给一大片气体尘埃所包围，这些气体和尘埃，可能慢慢地集聚成球状物质，形成行星，一个与太阳系类似的星系可能就这样诞生了。对麒麟座 R 星的观测结果可能正是向我们提供了一个太阳系形成的实例。我们的太阳系，在当初大概也是这样一颗原星，可能就是它周围的气体尘埃形成了我们太阳系的九大行星。我们的地球，作为太阳系的一个成员，九大行星之一，可能就是在这样的演化过程中产生的。

在恒星形成过程的开始阶段，由于空间的尘埃气体（星际物质）的收缩，它们的内部压力加大，温度开始升高，这样就开始形成“原星”了。以后它还在继续收缩，内部压力也在继续加大，温度也在继续升高。当温度升高到一定程度，引起了热核反应，就产生了巨大的能量，开始发光、发热，向外辐射。太阳，就是以这样的辐射能量，给我们的地球送来了光和热，这种光和热是地球上生命赖以生存的源泉。有朝一日，如果太阳的能量枯竭，再不能向我们提供能源，那时如果地球还存在的话，它失去太阳的光和热，那么地球上的生命就难以存在了，如果那时地球上还有人类，那么人类的末日也就到来了。维持太阳进行热核反应产生能源的主要物质是氢，也有少量的氦，和非常少的较重元素。当太阳内部的热核反应继续加大，造成了更高的温度，就产生了一种逐渐加大的向外压力，当向外压



### 地球的晚年

太阳闪烁着微弱的光，地球变成个冰的世界，月球被吸引到她的附近，一切生命都消失了。

力与外部的收缩引力势均力敌的时候，收缩便停止了。太阳就处于稳定阶段了。现在的太阳正处在这样稳定的“壮年”阶段。当太阳内部的氢消耗掉它的10%以上的话，这时太阳的内部核心会开始收缩。缩合作用会放出能量，迫使太阳外部区域开始膨胀。由于收缩而放出能量，这时的太阳实际上会变得更热。如果太阳的亮度达到我们今天的亮度的两倍的话，那时地球也将变得更热，大海会被烤干，陆地变成一片焦土。这时的太阳，越来越亮，体积膨胀得越来越大，直径比现在要大几百倍，一旦如此，水星和金星就都被太阳吞没了。这时的太阳真象一个怪物，变得很大，发着红光，成为一颗“红巨星”。在太阳变成红巨星以后，太阳的亮度逐渐减弱，比现在可能减弱100多倍，体积也在缩小，体积大约是现在的 $\frac{1}{200}$ ，这时的太阳，已是进入老年时期了。这时它的内部变化并没有停止，核心部分仍在收缩而且温度在继续升高。当温度达到一定程度时，就能使氦、氢已燃烧的废品重新进行热核反应，这种热核反应的能量很大，太阳表面来不及辐射出去，这样，内部的温度可能高达难以置信的3.5亿度，这时的太阳就要产生大的爆发。这以后，太阳就变成一颗“白矮星”了，慢慢地萎缩，枯小，发着蓝白色的光。白矮星密度大，体积小，差不多完全由燃烧以后的退化物质所组成。白矮星之后的太阳还要变化，再往后它会变冷，变成无力发光，没落暗淡，成为一颗“黑矮星”。这时太阳的寿命也就终结了。

地球随着太阳系的演化进程而产生、发展，也将随着太阳系的演化进程而衰退、终结。

## (五)

周军启报告的主要部分已经讲完了，接下去他要对自己的报告加以说明。他是全国知名的科学家了，他要对科学负责，要对自己的听众负责。他必须把自己的报告内容加以明确地说明，因为他今天讲的内容有许多是没有定论的，有待探索的问题。作为科普讲座，他主要的任务是向人们介绍知识。所以他特别向他的听众讲清楚，今天所讲的内容不能作为定型的理论来引用。因为关于地球、太阳系的形成直到今天还没有一个能令人们满意的理论来加以说明。

人类的精神文明发展到现在，在科学知识方面，拥有丰富的内容。人们从用肉眼观测天体，利用简单的望远镜，一直发展到现代大型光学仪器、电子望远镜、光谱分析等许多现代化的观测手段。人类对宇宙的视野在不断地扩大，在许多知识领域不断取得新的成就，人类的知识宝库在不断地丰富，这些都为人们了解地球和太阳系的形成发展提供了有利的条件。今天关于地球和太阳系的演化理论，已经远不是康德和拉普拉斯时代那样，主要靠个人的主观猜测了。今天的科学家可以利用现代科学所提供的素材，来丰富自己的理论了。现代的天文观测可以观测各种不同类型的星体，借以推断我们的太阳系和地球。尽管人类所掌握的科学知识相当丰富，但想用这些知识去说明地球和太阳系的诞生发展，去说明宇宙空间向我们提出的许多问题，那还是远远不可能的。宇宙间的气体尘埃从哪里来的？什么力使它们开始聚合、收缩？幽渺寂寞、飘浮无度的宇宙空间向我们显示了许许多多的知识空白，需要我们去填

满、去补充。人类在解释星体的演化过程时，只有当气体和尘埃开始收缩成一颗“原星”时，才能援引我们已经掌握的很有限的一点数学、物理和化学知识来推算它的具体过程，而更多的情况下还要靠猜测推敲。这就是为什么关于地球和太阳系的形成众说纷纭，但没有一个能使人信服统一的理论。正象一台“多口相声”一样，各说各的道理。

按照比较流行的演化理论，太阳总有一天要“死亡”，地球在太阳死亡以后也就不复存在了。地球和太阳一块“死亡”，或者地球先于太阳“归天”灭亡，人类的“家”也就没有了，这时人类就要沦为“家破人亡”了。这样看来，人类的前途是可怕的。其实，“死”并不可怕，作为一种自然规律，一个人的“死”来得更早，一个人最多也只能活 100 多岁。但是太阳的“死”，地球的“死”，那还是十分遥远的事，这一个过程是以几十亿年来计算的。在这个漫长的过程中，我们地球上的人类会发生什么变化呢？科学技术在飞速地发展，人们很难预料。如果在 100 年前，有人告诉孙中山先生，在 20 世纪的 70 年代有人要登上月球，大概他不会相信。在今天，这已经是事实了。待到几十亿年以后，地球要“死亡”的灾难到来之前，人类的智慧发达程度和技术能力是否可能达到足以应付这种灾难的程度，也不可知。比如人类是不是能乘上太空运输工具，集体从地球上转移到另外的星系去，重新建立自己的“家”？比如说，如果人类能发明一种燃料，使推进器在升空以后，能获得一个单位的重力加速度（就是象下落物体一样的那样的加速度），那么，这样的运输工具只需要 28 年就可以到达距我们 200 万光年的仙女星系了。

未来的人类，到底怎样？未来科学的发展到底能是个

什么样子？人类社会的未来在地球的演化过程中结果如何？现在还很难说出一个究竟。对于科学发展的未来加以预测，那是属于科学幻想作品的作者们的事。至于整个人类的未来，涉及的问题就更多了，涉及的面也更广了，它不但涉及到科学，也涉及到政治，经济……一句话，不是周军启所能回答的问题，也不是这个科学讲座所要谈的问题了。

三个多小时已经过去，周军启结束了他的报告。

### 三、太阳系唯我独尊

#### (一)

林家庄村东头的麦场上，20来个人坐在一块，多数是年轻人，也有几个年岁稍大一点的人和他们在—起坐着。周军启就是这几个年岁较大的人之一，他也是这一堆正在聊天的人的主讲者。正在侃侃而谈太阳系的娇子——地球，它以唯我独尊的身份，在太阳系处于特殊的地位……

为支援郊区社队的麦收，今年单位派的人不多，一共来了三十几个，他们多数是年轻人。劳动了一天，晚饭之后，常在场上乘凉聊天。而经常的内容是请周军启讲讲关于地球方面的知识，今天有几个人提出了关于地球为什么能产生象人类这样的高级生命，而其他太阳系的行星却不是这样？对这个问题，周军启象打开了的收音机—样，滔滔不绝地讲述着他的见解。

以太阳为首的太阳系，有九个行星围绕着太阳，以椭圆形的轨道不停地运转。太阳系活象一个家族，它们的家长是太阳，九颗行星象是九个兄弟姐妹，各自在自己的轨道上作周而复始的运动。这些行星有的也“立业成家”，有自己的“子女”（卫星）也围绕着它们不停地运动。地球在它的九兄妹当中“才不出众”、“貌不过人”，看起来很平常。论质量的大小，木星是“老大哥”，质量是地球的318倍；冥王星可算着小妹妹了，它的质量只有地球的0.0024倍。如果以质量的大小来排次序，那么地球只能算是老五。说也有趣，在九兄妹中它正好居中，比它大的有四个，它们是木星、土星、天王星、海王星。比它小的也是四个，它们是水星、金星、火星、冥王星。如果按离太阳的距离远近顺序排，地球要算老三。离太阳最近的是水星，其次是金星，比地球更远的行星依次是火星、木星、土星、天王星、海王星、冥王星。地球质量的大小，地球距太阳的远近，这两个条件是在太阳系形成的过程中，地球所具有的“先天”条件。可能就是这两个“先天”条件，成了地球繁衍生殖，产生象人类这样高级生命的主要因由。

人类文明发展到今天，使我们已经知道在太阳系的九大行星中只有地球有人类这样的高级生命存在。40年前，科学家们还在谈论火星人，那时如果电讯机构或者是无线电爱好者，每当他们收到不明真相的无线电信号时，他们往往先想到可能是火星人在向他们呼唤。甚至有人还写了幻想小说《大战火星人》。今天，如果有人再谈论火星人，那么人们一定笑他无知，大概有才华的作家可能也不会再去写关于火星人的故事了。因为本世纪70年代人类的“使者”已经访问过火星，在1976年7月和9月美国发射的

“海盗一号”和“海盗二号”飞行器，曾先后在火星上不同的地点分别着陆。它们的实验和发回来的资料清楚地表明，在火星上这两位“使者”没有发现任何形式的生命。虽然，有人还不完全相信火星上没有生命，但有一点人们的意见是一致的，那就是火星上不可能有高级的生命存在，火星人是肯定不存在了。火星长期以来曾经被人们认为有可能存在人类的行星，因为它与地球近邻，有一些条件和地球很接近。火星上既然已经肯定不会有象人这样的高级生命存在，那么太阳系其他行星就更不可能有人类存在了。地球的另一个近邻是金星，我国古代称为“太白金星”，它是我们肉眼所能看到的最明亮的天体。它的外部也有一层大气，长期以来它象一个含羞的女子，躲在大气层的后面，不轻易地露出它的真面貌。本世纪60年代初，拉开了航天探测行星的序幕，人们很自然地注意了金星。随着时间的推移，人们对“不见庐山真面目”的金星了解得越来越清楚了。特别是1978年5月20日和8月8日，“先锋-金星1号”和“先锋-金星2号”先后发射以后，它们飞临金星，进行了多方面的考察，把考察的资料播发回地球“老家”。这样人们已经知道，金星原来是一个闷热的“地狱”。据金星探测器探测和着陆后记录所知：金星上层大气，约以每秒100米的速度沿自转方向运动着，形成高速度的风，云层被急速而复杂的大气拉成长条形。在大气中有极为频繁的闪电，有时在5分钟内闪电多达100次。金星上没有四季的变化也没有地区温度的差别，金星表面不分时间地点岩石都是滚烫的，在任何地方找不到一滴水，北极区反倒比赤道区热40℃。它的表面温度达到摄氏465~485度，这样的高温几乎昼夜相等。它的大气密度是地球的50倍，地球

海平面的气压是一个大气压而金星表面的气压高达 90 个大气压，相当于地球上海洋深处 900 米处所受的压力。更惊人的是，金星表面 32~88 公里的空间，充满了又热又浓又具有腐蚀性的硫酸雨和硫酸雾。这样的温度，这样的气压，这样的环境，除非是曾经历过太上老君炉冶炼过的孙悟空到那里去安家落户，恐怕是不可能有的生命存在了。

除了地球的左右邻居金星和火星之外，太阳系的其他行星，大概就更不可能有生命存在了。距太阳最近的水星，它没有大气，处于太阳的曝晒之下，白天温度高达摄氏 400 多度，热得可以把铅熔化；到了夜晚，一下子又冷到摄氏零下近 200 度，昼夜温差竟有 600 度；这样的环境之下，生命是自然难以存在了。离太阳最远的冥王星，太阳的光芒要达到它那里需要在星际空间走上 5 个多小时，它所接受的太阳热量，只及地球的万分之六。它的温度在摄氏零下 220 度左右，这真是一个又寒冷，又黑暗的“地狱”，这样的条件下自然也不会有生命存在了。在太阳系里还有几个行星，它们比地球的质量大得多，最大的老大哥算木星了，它的质量是地球的 318 倍。象这样的行星有木星、土星、天王星和海王星。这些行星的特点主要是个儿大，自转快、卫星多。对这几个行星人们称为“类木行星”。它们在结构上的主要成分是氢，其次是氦。木星和土星没有岩层表面，它们的表面主要是液氢。天王星和海王星大概都覆盖着几千公里厚的冰层，终年低温，在摄氏零下 200 度以下。看来这几个行星也远不是能栖息生命的温园乐土了。

今天，人们对太阳系的行星有了一定的了解，这种了解只算是它们的“基本”情况，至于对它们作深入细致的研究，还有待于人类今后的努力。事实上，航天技术比较先

进的国家，已经在朝这方面努力了。早在1979年9月，1980年11月，美国的宇宙飞船“先驱者十一号”和“旅行者一号”就先后探测过土星。1981年8月美国的“旅行者二号”经过了四年的飞行之后，临近土星，从土星云顶距离仅为10.1万公里的地方掠过，对土星进行了第三次探测。在这次探测中意外地发现了土星的第17颗卫星——土卫17。通过探测科学家们发现，土星大气极为复杂，土星表面寒冷多风，可能正在下着洁净的氨雨，在土星的北半球高纬地区，有强劲的风暴……时隐时现有闪电现象，电脉冲的强度在10~100万千瓦之间。“旅行者二号”对土星的探测向人类提供了了解土星的新成果，揭示了一些关于土星的奇观奥秘。同时旅行者对土星的探索，也为人们提出了一连串的新问题，许多不解之谜，等待着人们的继续研究、观测。现在“旅行者二号”以每小时5.1万公里的速度从土星附近离去，它将在1986年到达天王星附近。那时，对于天王星，“旅行者二号”将为人类送回什么情报？它将揭开哪些谜底？又能提出什么样的新问题？我们还不知道。

## (二)

在太阳系里，只有地球才有生命存在，这可以肯定，至少只有地球才存在着象人类这样的高级生命，这是无疑的。地球上的生命经过了漫长的进化过程，生命进化到人类这个阶段，就发生了“质”的变化。人类是生命，同样也属于动物，但人类有感情，有思维，与动物有着质的差别。动物对自然界，只能被动地去适应，为了适应自然界的變化，动物在漫长的进化过程中只能改变自己的器官，去适应外界条件。可是，人类就不一样了，人类通过自己的劳

动，用智慧和双手可以改变自然环境。地球首先是因为有了人类，才有人类的劳动，人类的思维，人类的感情，人类的智慧，人类的社会活动，人类的物质和精神文明，……正是因为地球繁衍了人类才在太阳系的九大行星中处于特殊的、唯我独尊的地位，这是任何行星所无法与之比拟的。正是由于这样，地球本身有了生机，有了灵魂，成了太阳系的娇子。

这是来支援麦收的第六天，从昨天后半夜开始的这场雨，今天还在下……

由于不能干活，周军启他们住的生产大队的小学校就热闹了，除了他们这些城里来的人以外，还有一些农村的青年。这些青年到这里来，主要是由于好奇，到这里凑热闹。他们有的下棋，多数人都围着周军启坐着，听他讲有关地球的故事。也不知是哪一个人说：“正在谈话的那位是周军启博士，他到过外国，得了博士学位，可有名气啦。”这样更引起了几个农村青年的好奇。向周军启的身边凑得更近了。

这次他首先谈的是，地球为什么能在太阳系得天独厚地处于唯我独尊的地位，哺乳了人类。地球凭借着什么独特的优势，胜过其他行星能发展到今天呢？周军启说，要回答这个问题，看来容易却又不简单。提到人类存在的条件，人们很自然地想到，土壤、水和空气。这有一定的道理，因为土壤能生长庄稼，出产粮食，养育人类。水就不用讲了，每人每天都离不开它。关于空气的重要性恐怕也不必多讲了。这些条件虽然是对的，但这些条件，都是对地球已形成的自然条件来讲的。如果把问题继续追问下去，地球是怎样具备了这些条件的呢？这样，我们就容易一

下子说清楚了。

生命在发展进化的过程中，首先是通过自然选择来使自己生存下来，在进行自然选择时生命对客观环境的要求是严格的。关于这一点，当你打开一幅世界挂图一看也就清楚了。在雪山林立的帕米尔高原上，人烟稀少；冰天雪地的南极地带，只有探险考察的科学家到达时，才出现人类这种高级生物；在举目千里的大沙漠里，很少有人居住。这一切都说明，生命赖以生存发展的首先是较好的自然条件。

生命生存所要求的条件是很苛刻的。首先是温度条件，我们可以讲，生命赖以生存和发展的温度条件，是要求使水能保持在液体状态（摄氏 $0\sim 100$ 度）。以水为标准，因为水是有机体结构的最根本成分，我们可以想象，哪一种有机体的生长和形成能缺少水。有的有机生命是可以在摄氏 $0\sim 100$ 度这个范围以外生存的，比如有的细菌能够经受住沸水的熬煎、北极熊和爱斯基摩人，生活在永久的冰天雪地中也满不在乎。不过，就前一种情况而言，细菌在沸水中的死亡，只不过是迟早的问题。而后一种情况，北极熊和爱斯基摩人，都已经是高度发达了的有机体，用皮毛和他们身体内自然的氧化办法来保持温暖。

生命能够在地球上繁衍生殖，发展成有今天这样高度智慧的人类，地球的温度条件好，适宜于生命的存在和发展，这是重要的条件之一。促成这个有利条件的主要原因是地球距太阳的距离适中，再加上地球的自转和公转周期配合得十分得当。这种恰到好处的配合，使地球昼夜相间，温度交替变化，而且相差不大，一年又有四季之分，冬去春来给生物的生长繁殖提供了有利的气候条件。如果要是

地球远离太阳，象冥王星那样，那么从太阳接受到的热量只及现在的万分之六，地表面温度会降到摄氏零下 240 度，那地球就不可能有生命存在了。如果要是地球距太阳太近，象水星那样，太阳的曝晒之下，会使地球的表面温度上升到几百度，自然一切生命也是无法存在了。

### (三)

地球之所以能够有生命存在，能把简单的有机生命，抚养到“长大成人”，发展到今天，另一个重要的条件是地球的大气层。地球外层的大气层对地球上的生命，特别是对于人类的存在也是重要的。无怪乎，有人讲：“地球是人类的母亲，空气是人类的父亲。”这个话是有道理的。地球对人类的重要性，我们已经知道得很多了，但是，空气，也就是大气层对人类存在的作用，我们可能还知道得不太详细。其实大气也就是“空气父亲”对人类的作用并不亚于固体的“地球母亲”。

包围地球的大气层，由多种气体所组成，它们的成分大概是这样的：有 78.08% 是氮，20.95% 是氧，0.9% 是惰性气体氩，有 0.03% 是二氧化碳，还有少量的别的气体。大气层的存在为地球表面导演了各种各样的自然现象，蒸发了的水分在空间行云布雨，滋润着万物生长；发怒的大气层，会翻脸不认人，强烈的台风能毁掉良田里的庄稼，疯狂的飓风能把漂亮的城市破坏得凄惨万状。除了在化学性质上懒惰的气体之外，空气中的一切成分对维持地球上生命的存在，都有着重大的功能。蛋白质是形成一切活的有机体的主要部分，它的“原材料”是由碳、氧、氢和氮组成的。地球表面的植物吸收了二氧化碳，在阳光的

作用下，为生命的需要制造了氧这样的“产品”。动物的呼吸，吸收了氧，使其转化为有机物质。据估计地球表面的植物每年能消耗大约5千亿吨的二氧化碳，这个数字占地球大气层二氧化碳总含量的1/3。氢、氧的化合形成水，水有的存在地下，有的存在地上，有的为动植物所吸收。由于植物的吸收，大气层里失掉的二氧化碳，能够为动物的呼吸和腐烂了的动植物的身躯所释放的二氧化碳加以补充；动物的吸收，各种氧化物的消耗，空气中失去的氧，可由呼吸的植物来释放补充。这样一来，地球的大气层，象一家服务周到的空气“银行”，保证了各种生物对不同气体的需要而进行着空气交流。也是长期以来使大气层保持“收支平衡”，生命得以进化、发展、安居乐业、世代相传的重要条件。

我们的“空气父亲”对生命和人类的作用还不仅限于此。“空气父亲”对自己的子女——人类，不仅负有赡养的责任，也还担负着监护的义务。你看地球表面厚厚的大气层，象一个大的玻璃罩，被玻璃罩盖着的地球，象一个植物园里的大温室，又象是生产蔬菜的郊区生产队的“塑料大棚”。在这个“温室”或者“大棚”里，养育着地球的子孙，养育着万物生灵。为这个大温室起玻璃作用的是大气层中的二氧化碳和水蒸汽，它们几乎完全透明，让可见的光线射入，大部分的太阳热量能随着光线进来。但给太阳的辐射晒热了的物体发出的热线，却受玻璃的阻挡，不会散失。二氧化碳和水蒸汽形成的玻璃罩还能吸收地球温暖的表面放出的极强烈的热线，并能将它们反射回地球。这样，白天给对流的气流搬离地球表面的过量的热，到了寒冷的夜晚又给运回地面。大气层就是这样的在调节着我们的生活

环境，使我们有适当的温度和湿度，促使着万物的生长繁殖。如果地球失去了大气的调节作用象月亮那样，那么地球就是另一种可怕的景象了。在月亮上，它接受的太阳照射的热量和地球是差不多的，但它没有大气层的保护、调节，当太阳直接照射时热得惊人，当没有太阳光的时候就冷得可怕。地球如果是这样，那么白天的海水可能将要沸腾，到了夜晚连酒精也会结冰。

我们的大气层，一方面控制着可见的阳光，令地球表面保持着温暖而舒适的环境。另一方面，又保护着我们不受太阳发出的各种讨厌的辐射的侵害。据查明，太阳除了发射可见的光线外，还发射大量的紫外射线、X射线以及高能粒子，假如任这些东西长驱直入侵抵地面，会使地球上的植物和动物因它们的侵袭而死亡。我们的大气层在它的上层就将这些讨厌的射线挡驾了，大部分把它们吸收，极少数的逃逸之后溜进大气来，它们也成不了大器，最多是能将在海滩上洗澡的人的皮肤晒成棕色。大气层对地球上的人类还有着机械性的保护作用，当大气层执行这个任务的时候，它象一顶战士戴的钢盔，它保护着地球表面免受大大小小陨石的经常轰炸。象陨石这样空间的不速之客，如果是粗野的闯进我们的大气层，在多数情况下，由于摩擦高温，就要被烧毁，使它们不至于伤害人类，只有极少数的才能陨落地面。你看，空气，这位慈祥的“父亲”就是这样无微不至地关怀保护着自己的“子女”，使人类安全的生存在地球“母亲”的怀抱里。

在太阳系的九大行星中除个别的没有大气层以外，差不多各有自己的大气层，别的行星上的大气层为什么不能象地球上的大气层那样对生命的产生和发展起到促进作用

呢？这要谈谈行星大气层的形成过程了。

关于行星大气层的形成，要涉及太阳系的起源，问题就复杂化了。如果我们接受太阳系的形成是星云演变的结果，这种理论告诉我们太阳和它的九大行星，是在一个统一的过程中形成的。那么各行星的大气层的形成一定也有一个互相类似的过程。它们可能是在形成的过程中，就形成了各自的大气层，或者是在行星冷却、气体外逸，各自形成了自己的大气层。随着时间的推移，岁月的流逝，各个行星由于本身所处的具体条件不一样，在以后的演变过程中它们就分道扬镳，各走各的路，各自形成了自己的大气层，因而才有今天这样不同的结果。

在行星的大气层形成以后，首先影响大气层演化变迁的，可能是行星的本身的质量。

关于行星和太阳的距离、质量、逃脱速度的数据表：

	距太阳距离 (日地距=1)	质 量 (地球=1)	逃 脱 速 度 (公里/秒)
水 星	0.4	0.06	4.3
金 星	0.7	0.82	10.3
地 球	1.0	1.00	11.2
火 星	1.5	0.11	5.0
木 星	5.2	317.94	59.5
土 星	9.5	95.18	35.6
天 王 星	19.2	14.03	21.4
海 王 星	30.1	17.22	23.6
冥 王 星	39.4	0.0024	1.2

由于引力作用，行星周围的物质，必须在获得一定的速度以后，才能摆脱行星的引力而进入星际空间，这个速

度称为逃逸速度。引力的大小，与行星的质量成正比。所以，质量越大的行星，它的逃逸速度越大。从上面的表里我们可以看出，不同质量的行星，有着不同的逃逸速度。要发射一枚火箭，使它离开地球，进入星际空间，必须使火箭能获得每秒钟 11.2 公里的速度。如果在木星上要发射一枚这样的火箭的话，就要使火箭获得每秒钟 60 公里的速度！才能使火箭进入星际空间。不同质量的行星有着不同的逃逸速度，这种现象必然要影响行星周围的大气层。那几个质量大，逃逸速度大的行星，如木星、土星、天王星、海王星必定能以它们强大的吸引力，牢牢地“抓住”它周围的大气层。就是自由的氢分子，尽管它速度较快，也不易逃走。所以这些行星的大气层的成分大体一致，主要成分是氢，其次是氮。在几个较小的行星中，情况就不同了。它们质量小，逃逸速度小，它们的大气层中，有一部分可能要挣脱行星引力的控制，而逃到星际空间去了。大概最易逃走的是氢分子了，因为它轻，又活跃，速度也快。有的行星由于质量小，逃逸速度也小，不但抓不住“活动”的氢，就是其它较重的一些大气成分它也控制不住。最后不得不无可奈何地、眼睁睁望着自己的大气层四处逃散，成为一个赤身裸体的可怜行星，这样的行星，白日里被强烈的日光曝晒，黑夜里又受到严寒的侵袭。地球的“水星妹妹”就是这样一颗可怜的行星。

#### (四)

在太阳系的九大行星中，人们就其质量分成两大类。第一类称为类木行星，这类行星包括木星、土星、天王星、海王星。它们的共同特点是质量大，有着厚厚的大气层。

由于它们本身的质量大，引力强，大概它们的大气层在形成之后，很少“丢失”，所以至今仍有一个厚厚的大气层。第二类称为类地行星，这类行星包括地球、水星、金星、火星。这一类行星，由于质量比较小，引力作用也小，它们的大气层在形成以后“逃走”了一部分，所以大气层比较薄。有的象水星，就完全丧失了自己的大气层。

我们的话题还是回到我们自己的星球上来吧！地球的大气层，在形成的初期，可能与它同时诞生的其他行星的大气层大体一致。后来地球的大气成分中有一部分“逃掉”了，特别是它的氢，可能都给逃走了。今天地球的大气层成分的构成，一定远不是刚形成大气层时那种样子了。除了“逃走”的一部分之外，还因为今天的地球表面，有许多植物、动物，这些动、植物的生存也在影响着大气的成分。

我们且不管地球大气层形成以后“逃走”了多少氢，也不管大气层在形成之后还发生了哪些变化，我们所谈及的是地球大气层的存在，对地球生命存在的重要意义。地球大气层在形成之后，在漫长的岁月里，可能有这样的变化，也可能有那样的变化，但对于促进生命的进化发展来讲，这些变化确是恰到好处。地球上所以有生命的存在，可能是由于这样的原因和那样的原因，但是一个恰如其分的大气层，肯定是重要的原因之一。

周军启对地球上所以存在生命，存在着象人类这样有智慧的生命谈了几个理由。其中主要的是谈了温度条件和大气条件。前者涉及了地球在太阳系的“位置”，与太阳的距离，以及它的运动规律，这样的条件就可以称为“天文条件”了。大气条件涉及了地球的质量、引力作用，这样的

条件也可以称为“物理”条件了。当然，对地球上为什么能存在人类？这样一个人们正在探索的复杂的问题，一定还可能有人举出这样和那样的理由，恐怕任何人也不能否认，温度和大气条件对人类的形成和发展的影响。这也许是地球在太阳系唯我独尊、与众不同的特点。可能正是由于有这些特点，地球上才有我们人类这样的高级生命存在。在场听讲的一些年轻人，对这些内容多数很感兴趣，由于各个人的具体条件不同，思想的基础也不一样，志趣和爱好都不一致，所以有几个人对周军启的所谈，还是漫不经心的。由于多数人兴趣很浓，特别是那几个生产队来的年轻人，听了周军启的介绍，他们觉得耳目一新，了解了科学知识的新天地。这几个年轻人还向周军启提问别的星球上是否有生命，是否有象人类这样有高度智慧的生命。关于这个问题，他又谈了起来。

### (五)

太阳系的九个行星，只有地球有高等生物存在，这种看法已经没有人反对了。那么，在其他的行星上是否有较低级的生命形式存在？这个问题，科学家们的意见还不一致。有的认为太阳系的行星中只有地球存在生命形式，有的认为在别的行星上可能存在着低级的生命形式。如象火星、金星、土星上都可能有低级的生命存在。不过到现在为止，认为别的行星上有生命这种说法，还没有得到证明。

如果把我们的目光，放远到太阳系以外，在银河系里面，在河外星系，在宇宙的其他地方，多数人认为肯定能有高等生物的存在。出生于俄国的美国天文学家斯特鲁维

(1897~1963)，在银河系和恒星的研究方面，有过卓越的贡献。他确信，银河系中数百万个其他星球上，其中有的—定住着有智慧的高级生命。为了和恒星际之间的高级生命进行联系，他指导了“奥兹马计划”。这个计划是以地球为中心，在半径为 15 光年的范围内的 40 个恒星中，选择了两个恒星作为通信对象。设想那里的宇宙人也想和外界星空的生物通信，他们必定不断地发出信号。为了接受这些信号，斯特鲁维安装了一台直径为 26 米的射电望远镜，遗憾的是和宇宙人通信至今仍未成功，“奥兹马计划”也一直没有实现。

宇宙空间其他的星球上存在着高级的生命，这是一种推测，这种推测为多数人所接受。至于在其他星球上高级的生命以怎样的形式存在，也有人做过推测，但这种推测，比起前一种推测难度就大得多了。人们对未来的事物做出科学的推测，总是在总结了人们的经验、知识的基础上进行的。人们研究了生命的形成发展过程，人们了解了地球，也比较地了解了太阳系，对宇宙空间也有一定的了解，在这样的基础上进行推断，相信在宇宙中别的星球上一定会有高级生命存在，这是合乎逻辑的。这种见解也为多数的人们所接受。人们要推测宇宙中高级生命的形式，因为可作推断依据的知识太少，就不容易有一个统一的见解了。地球上象人类这种高级生命形成以来已有几百万年的历史了，这几百万年的历史，与太阳系形成后 50 亿年的历史相比，人类仅是一个刚落地的婴儿。在宇宙空间有数之不尽的星球，它们必然各自在经历着不同的发展阶段，高级生命的形成一定也经历着不同的发展过程，他们与地球的生命相比有的可能是“小弟弟”，有的可能是“老大哥”。

有的可能进化得比地球更慢，也许那里的生命正在孕育阶段。有的可能比地球上的生命进化得更快，在那里有比地球上的生命更高级得多的生命存在。有的很可能在发展演化的进程中，超过了地球上的人类，以新的物种出现，以更高级的生命形式存在。对于这些，限于人类是一个刚落地的“婴儿”，由于知识缺乏而不能做出科学的具体的推断了。尽管人们可以作各种各样的推测，甚至还可以加上幻想，不管是大西洋底来的“麦克”也好，还是无所不能的“铁臂阿童木”也好，他们都是以“人”为生命形式而出现的，他们都没有离开人的“模式”，这也难怪，因为人们的认识是以实践为基础的，人类作为一个刚落地的“婴儿”实践的阅历能有多少？所以，麦克和阿童木与早已存在于中国人民心目中的孙悟空差不多，只是他们稍带点现代气味。如果在宇宙空间真有比人类更高级的生命形式存在，那么有朝一日，他们从太空来到地球，即使他们见到了我们人类的孙悟空、麦克、阿童木，那么在他们眼里很可能象我们今天看待“山顶洞人”一样，觉得他们原始可笑。关于宇宙中是否有更高级的生命存在？他们怎样能和我们取得联系？他们以怎样的形式存在？这些题目留给我们的子孙后代去解答吧！或者是留给我们子孙的子孙，让他们去解答吧！

天已经放晴了，太阳从云缝里间歇地露出来。看看天晴以后，下午有可能继续下地去收割麦子，周军启也就不再讲下去了。于是人们就陆续起身告辞，各自散去了。

## 四、地动说的来龙去脉

### (一)

收音机里传出整点的时号声，广播员标准的普通话：“刚才最后一响是北京时间 18 点整。”儿子关上了收音机，向爸爸提出一个问题，什么叫“北京时间”？

那还是十几年前的时候，几个老同学到周军启家来，见到他两岁的儿子，几个人都讲，长得真象周军启，十几年已经过去了。现在儿子已经是中学生了，父子俩从什么是“北京时间”？开始的对话，就要求周军启对地球的运动进行一番通俗的讲解。

周军启：

“北京时间”是我国现在通用的标准时间。是北京所在的东八时区的区时，即以东经 120 度子午线为准的时间。要想把这个“北京时间”讲清楚，我就必须讲讲什么是时间，时间是怎样量度的。这样的问题涉及着地球的自转、公转，地球和太阳在空间的关系……要把这个问题弄清楚，就要从地球的运动讲起了。物质世界，是一个运动着的世界，地球作为物质世界的一个组成部分，它自然也在不停地运动着。地球在空间有多种运动，但最主要的是地球的自转和它绕太阳的公转。

儿子：

地球的自转和绕太阳的公转是怎样被发现和证明的？

周军启：

地球绕地轴的自转，因为转一圈就是一天，时间短，容易发现，也好理解。我们生活在地球表面的人，可以用来证明地球在自转的事例很多。比如，在一个很深的矿井上，如果从井口中心投下石头，那么下落的石头总是在一定的深度同井壁相撞，这就是地球自转的结果。我们如果乘坐火车和汽车，在开动着的车厢里我们可以发现窗外的树木、房屋会飞驰而过，其实这是我们的火车和汽车在运动的反映，而树木和房屋并没有动。从地球的自转过程中我们同样可以感觉到类似的情形。如果是夜晚，你遥望夜空，时间长了，你会发现天上有一些星斗，不断的在改变它们在空中的位置。其实它们多是位置不明显变化的恒星，星在天空中移动是由于我们“乘坐”的地球在转动，就似星斗象车厢外的树木、房屋一样在移动，这就是地球自转的反映。

地球绕太阳的公转，就不象地球的自转那样显而易见了，因为地球公转的周期比较长。这种公转周而复始地变化一次要一年。人们在发现地球绕太阳公转的过程中，首先发现的是太阳在空间的位置的变化，这种变化实际上是由于人们所在的地球在公转轨道上的位置发生了变化，引起人们视觉上感到太阳在空间的位置发生变化了。这种现象在天文学上称为太阳的“周年视运动”。

儿子：

这么说，太阳在空间位置的变化仅仅是一种“假象”，而真正在空间变化了位置的是地球。那么这种“假象”人们又是怎样发现的呢？

周军启：

在古时候，人们为了认识星空，把繁星万里的星空划分成许多区域。这种划分方法，古巴比伦人称为“星座”。我国古代则将星空分为三垣和二十八宿。长期的观察，人们发现在一天的同一个时刻，同一个方向上出现的“星座”或者“星宿”随季节的变化而不同，这说明太阳在空间的位置由于季节的不同而发生了变化。比如说，在半夜我们于某观测点见到正南出现的是一个星宿（或称星座），因为是“半夜”我们知道这时太阳的位置与“中午”的位置正好差180度。如果过了一段时间，仍然在“半夜”，如果在同一地点见到正南方出现的不是原来的“星宿”（或者“星座”）了，因为这时还是“半夜”，太阳仍在与白天“正午”相差180度的位置上。这是正南方所对应的星宿变了，这说明太阳和原先对应的那个星宿在空间的相对位置发生了变化了。组成星宿或者星座的星都是恒星，它们在空间的位置被认为是不变的，剩下来的只有一种可能，即太阳在空间的位置发生了变化了。人们就是这样，在古代就发现了由于地球在空间的运动所引起的和太阳之间的关系位置的相互变化。只是人们长时期把太阳这种“假”运动当成了太阳的“真”运动。其实，太阳的这种运动只是一种表面现象，真实的情况是地球在绕太阳公转，居住在地球上的人们随着地球的公转，从视觉上觉得太阳也在动，正象我们坐在火车里，车外的树木、房屋在动的道理一样，这才是事情的本质。长期以来，人们就是根据当时所认识的表面现象，建立了古代天文学。这种古代天文学的基本观点是把地球看成是宇宙的中心，行星、太阳，天上的一切都以地球为中心，绕地球旋转。这种现象只是到了哥白尼奠定了太阳中心说的理论以后，天文学才有了革命的变化。

## (二)

儿子：

我知道有哥白尼这个人。关于他的事，我知道的不多。您给我讲讲吧！

周军启：

哥白尼是波兰人，1473年出生在一个富商的家里。10岁的时候父亲死了，由他的舅舅瓦兹洛德抚养。他的舅舅家，是当地的富户望族，后来舅舅成了邦埃尔门兰德的大主教。当时政教合一，作为大主教的舅舅，既是宗教事物的主持者，又是本地的“行政长官”。少年的哥白尼在他舅舅的门庭下过着上流社会的生活。依靠舅舅的社会地位，他上大学，出国留学，有着各种各样的深造机会。

1491年，18岁的哥白尼，进了当时波兰首都的克拉科夫大学。后去意大利留学，在10多年里，哥白尼走了好几所大学。他学过文学，学过医学，得过教会法学博士学位。当初，舅舅让他求学深造，期望他将来在自己的阵地上做教会工作，以便管理教会法律。哥白尼是一个志趣广博的学生，他对许多方面都有兴趣，尤其是钻研数学、天文兴趣远远超过了舅舅让他主修的教会法课程。

学生时代的哥白尼，凭着他的兴趣，广泛地猎取了有关数学、天文方面的知识，只要是在这方面有造诣的教授，不管他是否听过他的讲课，也要到家去登门求教。哥白尼在克拉科夫读书的时候，搜集了许多有关数学和天文学的书籍，这些书现今还保存着，书中空白处有不少是哥白尼所作的注解，并且粘贴有他计算的草稿。哥白尼在这个期间已经开始了他的天文观测了，在他写的天演论中，

引用的 27 个观测结果中，有一个就是他在学生期间观测的结果。一份重大的科学成果，都是多年日积月累的结果，科学上的成就决不是一蹴而就取得的，有的科学家甚至对一项成果倾注了毕生的精力，哥白尼的《天体运行论》写了 30 年。

在当时，哥白尼有优越的社会地位，又有主教舅舅的栽培，如果他沿着追求功名、富贵的道路走下去，是有机会的。但是，他不是这样；他从职教会，身为僧正（教堂的高级职务）。他却忠于自己的兴趣，不为那里的功名利禄所俘虏，他要进行天体观测，他要计算，要在掌握资料的基础上著书立说来建立自己的理论。工作是何等的艰巨！而这艰巨伟大的工作，正是哥白尼在政事纷纭的 30 年里用“业余时间”完成的。

1506 年 33 岁的哥白尼结束了在意大利的留学生涯，回到波兰，担任他舅舅瓦兹洛德主教的医生。哥白尼所受过的教育在当时是很少有人能够与之相比的，他受过教士所需要的神学和哲学的教育，教会法的研究达到了博士水平。他掌握了当时欧洲通用的拉丁文，能写又能说。他也学会了希腊文。这对他以后研究亚里士多德和托勒密的著作是很有意义的。托勒密在公元 2 世纪创立了地球中心说，只有找到他错误的根源，才能找到真理。这时的哥白尼在舅父的身边，在政事纷扰的环境里，在豪华奢侈的府第中，仍然是头脑冷静的从事与这些性质迥然不同的工作，他在着手改造旧天文学的工作。

当舅父瓦兹洛德主教去世以后，哥白尼根据舅父生前的安排成了弗洛思堡大教堂的僧正。在教堂里为数不多的僧正，他们的生活是豪华的。在弗洛思堡大教堂城垣的西

北角上有一座箭楼，那就是当年哥白尼的宿舍，当时的教堂，当老资格的僧正死去以后，他们可以调换宿舍，可以换到更好的房子里去，哥白尼却在这座箭楼上生活了30年直到临终。他的伟大事业，主要就是在这里完成的。这座箭楼就是他当时的天文台，箭楼三层，除东方外其他三面都空旷没有障碍。上层有门通城垣上的平台，适于露天观测。现在这里的箭楼人们称为“哥白尼塔”，自17世纪以来，哥白尼塔被当成天文学的圣地而保存下来了。

### (三)

儿子：

哥白尼的经历是这样，他的主要成就是什么？对后人又有什么意义呢？

周军启：

从古时候的哲学家亚里士多德和天文学家托勒密到哥白尼，在1000多年的时间里，人们对宇宙的看法，主要是亚里士多德和托勒密的观点。他们认为地球是宇宙的中心，没有自转，也没有公转。月亮和所有行星都绕地球而转动，成为九重天。最近的一重天是月球，依次是水星、金星、太阳、火星、木星、土星等。其次是恒星，最外一层则是辽阔的天空。按照这种观点，地球就是宇宙的中心，它被众星环绕，俨然是宇宙的主人。生活在地球上的人类自然成了天之娇子，成了自然的主人。这种观点和圣经上所说的上帝创造一切都是为着人类，在思想上就一致了，因此这种观点在当时得到了“官方”——教会的拥护。随着时间的推移，这种地球中心说的理论，有许多难以克服的困难。现在我们知道地球和行星都是绕太阳运动，如

果把地球当成宇宙的中心，那就把它们们的轨道弄复杂了。地球中心说在开始时，还能解释观测的结果。以后观测手段愈来愈进步，观测结果的精确度越来越高，这种理论对许多问题就不能解释了，甚至会出现一些荒唐的推论。哥白尼的成就，就是为陷于困难的地球中心说宇宙观找到了出路，正确地指出了地球和各大行星都是以太阳为中心在绕日运行。地球不是宇宙的中心，地球本身也在环绕太阳运动。哥白尼的理论主要反映在他所著的《天体运行论》这本书里，在这本划时代的巨著里，哥白尼明确指出：

（一）地球不在宇宙的中心，但在月亮轨道的中心。

（二）所有行星的轨道包括地球在内都以太阳为中心。

（三）天上星宿看上去在不断移动，不是天动，而是地球自己在转动。

（四）地球与太阳的距离远比地球与其他恒星的距离为小，可以说是微不足道的。

（五）每天太阳由东向西的运行，不是太阳在移动而是地球在自转。

哥白尼学说，在天文学上引起的革命是伟大的。根据他的理论，开普勒用更精确的观测，掌握了行星运动的规律，确定了行星运动的三大定律。伽利略第一个用望远镜观测天象，发现了木星的4个卫星和金星的盈亏现象，更证实月球是地球的卫星和金星绕太阳转动是合乎事实的，证明了哥白尼的学说是正确的。牛顿发表了他的万有引力学说，进一步说明了开普勒三定律的物理意义，使天体现象相互的引力作用都联系起来，把天文学和力学推向光辉的境界。哥白尼的“地动说”不只是在科学上引起了空前的革命，在人类思想上的影响，也是极深刻的。地动学说撼

动了人类的认识，剥夺了地球主宰宇宙的尊号，就等于把自古以来许多人类认为地球不动的事情，给倒转过来。如果地球不是宇宙的中心，那么无数古人相信的事物，将成为一场空了。地动说就是这样震撼着人类的认识。

#### (四)

儿子：

现在可以说，有许多哥白尼了，因为地球在自转和公转，作为一种常识，多数人是知道的。但是，对这些转动的速度、方向、周期，我还想知道得具体一些。

周军启：

这样我就先讲讲地球的自转吧！知道了地球的自转，是绕它的自转轴进行的，地球的自转轴通过地球的南极和北极。地球自转的方向，如果我们是站在北极的上空看，它是逆时针的，如果是站在南极的方向看，它是顺时针的。地球这样的自转方向，按传统的概念我们总是说：“日出东方”，根据这个定义我们就说地球是由西向东的自转。

地球自转的周期，笼统地说是一日。如果我们设想在地面上通过站立者的头顶上的这一点和地球的南北极画一条子午线，在中午太阳正好对准这条子午线，此后由于地球的自转这条线就离开了太阳，又过了一日，第二天中午太阳就又对正这条线，这样地球就自转了一周，也就是一昼夜。

地球自转的速度，可以分两方面讲，即线速度和角速度。凡是运动的物体都有线速度，而作圆周运动的物体才有角速度。因为地球一昼夜绕地轴转一圈是360度，一昼夜的时间是24小时，所以我们说地球自转的角速度是每

小时 15 度或者说每 4 分钟转 1 度，每 4 秒钟转 1 分。关于地球自转的线速度就有点复杂了。我们设想一个人在地球表面一点，站住不动，地球自转一周时，地球表面上的人被带着在空间转了一个圈，这个人脚下的这一点也就在空间转了一个圈。如果我们能计算出随地球自转了一圈的这个点所经过的这一个圈的长度，那么有了长度和时间就可以计算线速度了。上面所说的那个圆圈，实质上是通过地球上的那一点，作一个垂直于地轴的平面，这个平面与地球相交所成的圆圈。我们知道地球是一个球体，在不同点作垂直于地轴的平面与地球相交所成的圆的大小是不等的。在这些圆中，赤道圈最大，向北极和南极都逐渐缩小，到了南北极就各等于“0”了。根据这种情况，如果有两个人，一个站在赤道圈上，一个站在靠近北极的地方，这样地球自转一周后在赤道圈上的人在空间移动了一个最大的圆圈，而靠近北极的那个人则移动了一个小圆圈。这样地球自转一周同是 24 小时，在赤道圈上的人在空间移动的距离最大，速度就最快，越靠近两极移动的距离就越小，速度也就最慢。这样地球表面不同纬度的地方自转的线速度是不一样的。如下表所示：

纬 度 (度)	线 速 度 (米/秒)	纬 度 (度)	线 速 度 (米/秒)
0	464	50	298
10	457	60	232
20	436	70	159
30	402	80	81.0
40	328	90	0

从上面的表我们可以看到地球的自转速度在地面的不同点速度就不一样，在赤道上最大达到每秒钟 464 米。离开赤道向两极移动速度越来越慢，到了南极和北极就变成了“0”。我们作这样一个假设，如果我们从北极沿一条子午线的方向发射一发炮弹，炮弹飞行了 1 小时后到达赤道，这时炮弹的落点就不在这条子午线上了，由于地球向东的自转，炮弹就落在这条子午线的西边 1670 公里的地方了。因为一个小时，在赤道上地球已经自转了 1670 公里的距离。

地球的公转，是地球在自己的轨道上绕着太阳运动。公转一周的时间是一年，约为 365 日，这就叫地球公转的周期。公转一周的长度是 940,000,000 公里。地球公转的方向和地球自转的方向是一致的，也是由西向东。至于地球公转的速度，那就比地球自转的速度快得多了。地球自转的速度，在赤道上最快，每秒钟 464 米，可是地球的公转在它的轨道上却以每秒钟 29.78 公里的速度在运动。这样看来，我们生活在地球上的人，无论你在沙发上坐着，也无论是在田间劳动，每当计时表的秒针跳动一下，地球就带着你在宇宙空间跑了近 30 公里。所以，我们每个人在宇宙空间的位置每时每刻都在移动着。只是由于人的质量与地球相比太小了，对这种移动觉察不出来。

## (五)

儿子：

地球的自转和公转，我已经知道了。关于地球的自转和公转对我们人类有什么关系呢？希望您能给我讲讲。

周军启：

人类生活在地球表面，地球的运动当然和我们人类有着密切的关系。我们都知道，地球上生命的存在离不开阳光，或者说，地球上维持生命要靠太阳的辐射能。地球表面，所接受太阳的辐射能量，与地球的运动有很大关系。地球上昼夜的交替，四季的变换，五带的划分，都是由于地球自转和公转运动的结果。地球自转运动，使地球上昼夜交替，白天太阳当空温度升高。到了夜晚，太阳“落去”气温就降低了。这是人们习以为常的事。关于四季的变化，说来要复杂一些了。

地球的公转是沿着椭圆形轨道绕太阳运行的。由于地球的公转，使地球上的人觉得太阳好象在天空上移动，实际上这是地球公转的反映。太阳在天空作这种相对的视运动，它所经过的“路线”，天文学上称为“黄道”。这样地球绕太阳公转一周，太阳就在“黄道”上跑了一圈。影响地球表面接受太阳光辐射能量发生变化的主要因素有二个：一个是地球和太阳的距离，地球在自己的轨道上绕太阳公转的过程中，它与太阳的距离是不等的。它和太阳的距离有时近，有时远，距太阳最近的地方称为近日点，距太阳14710万公里，距太阳最远的地方称为远日点，距太阳15210万公里。由于距离不同，地球接受太阳的辐射能量就不一样，距太阳愈近，就愈热，反之，愈远就愈冷。另一个因素是，地球在公转的过程中地轴的方向也在不断地变化，以地球赤道为界。由于这样的变化，有时太阳光直射北半球，有时太阳光直射南半球。当太阳光直射的时候对地球的辐射能量就大，地球就“热”。反之，太阳光斜射的时候对地球的辐射能量就小，因而就“冷”。以上两个因素都影响地球上的“冷”“热”，哪个是主要的呢？主要的因素是

太阳光对地球的直射与否，关于太阳与地球的距离是居次要地位的。两者比较，前者引起太阳对地球的辐射总能量的变化是在 100 与 93 之间，而后者南北半球各自所得太阳热能就其对全球总量所占的比数来说，则是 100 与 43 之间。这也就是说地球上“冷”“热”的变化主要是取决于太阳光对地球直射的程度。我们的国家，在北半球处于中纬度地区。当地球公转到一定的位置，太阳光直射北半球的时候，在我国就觉得“热”，夏天就来到了。当地球运动到一定的位置，太阳光直射南半球时，我们就觉得“冷”，冬天就来到了。冬夏之间，不冷不热，就是气候宜人的春秋季节。一年四季寒来暑往就是这样变化的。因为一年四季的变化，首先是地球运动的结果，也可以说四季的变化，首先是一种天文现象。

由于地球的运动，太阳对地球的照射“程度”在变化，就时间来讲，一年有四季之分。就地球表面地理位置来讲，又可分为五个地带。即：热带、南北温带、南北寒带。热带是以赤道为准向南向北 23 度 27 分的地带，在这个 46 度 54 分的地带内，它的面积约占地球总面积的 40%。在这个地区，太阳的高度在全球五带中是最高的，因此受到强烈的太阳光的照射，被称为热带，在那里一年四季的变化不大。我国的南宁、广州、海南岛在地球上就属于这一带。南北温带，是从热带开始向南向北各 43 度 06 分的地带，它们的面积约占地球总面积的 52%，是五带之中宽度最大、面积最广的两个地带，我们的祖国大部分处于这个地带。南北寒带，是两个圆形的高纬度地带，分别从南北温带开始，一直到两极。这两个地带的面积，在五带之中是最小的，它们仅占地球总面积的 8%。由于太阳高度很

低，阳光斜照，所以这里气温很低，是地球上最寒冷的地带。这个地带就天文特征来讲有极昼极夜之分，这种特征，越近两极，表现越明显。在两极附近，夏季伴随着极昼的到来，有半年都是白天。到了冬季，极夜到来，有半年都是黑夜。

以上我所讲的四季和五带主要是从“冷”“热”出发，从地球运动的角度出发讲的，这叫做“天文季节”。其实在地球表面影响“冷”“热”的还有别的条件。不管怎么样，四季五带划分的依据首先是天文的，也就是首先是依据地球运动的规律来进行划分的。

## (六)

儿子：

地球的自转和公转我明白了。关于地球运动和时间的关系，您还没有讲？

周军启：

是啊，下面我就准备讲了。时间和人类的生息活动有密切的关系。古时候人们“日出而作，日入而息”，现代许多人都带一只手表，时间的计量应用在生产、科学技术和生活领域的各方面。火车的运行、飞机的起落、广播电视节目的安排，人们一刻也不能离开时间的概念，甚至当你使用“高压锅”蒸大米饭时也要看看表，记下时间。

通常我们所讲的时间概念，严格地讲，有两个意义：一个指的是时刻，表示时间的迟早和先后。一个指的是时段，表示时间的久暂和长短。要表示时刻的迟早或时段的长短，就需要确定时间的单位。时间的单位，就是根据天体的运动来确定的。这种以天体的运动来确定的时间单位

有三种，即年、月、日。年、月和日都是天体运行的周期。其中，年是地球绕太阳公转的周期；月是月球运行的周期；通常指朔望月；日是指地球自转的周期。因此，地球的公转；月球绕地球的运行；地球的自转，这三种天体运动现象，好象是三座天然的时钟。在这三者中，日是基本单位。月和年，以日的倍数表示，如一个月是30天左右，一年是365天左右。比日更小的单位是时、分、秒。都是日的等分。

时间的计量单位，既然是依天体的运行规律来确定的，那么要确定准确的时间就要进行天体观测。这在天文学上称为“测时”。如果我们使用的钟表的走动速度和天体的运行速度相同，只要把测时的结果和钟表的表面时刻比较一下，这种钟表就可以把测时的结果保持下去，在天文学上这称为“守时”。将测时和守时得到的准确时间传播给各行各业的人们，这称为“授时”。

生产的发展，推动着科学技术的发展，而科学技术的发展往往首先是从为生产服务开始的。测定天体，安排历法，确定时间，在开始首先是为农业生产服务的。我国古时候在没有历法的时代，为了农业生产的需要曾经采用“观象授时”的办法，来解决农事季节的问题。那时的授时就是定季节，所谓“观象授时”就是观察自然现象确定季节。原始的观象授时，首先是观察地面现象，判断农事季节，称为地象授时。例如，布谷鸟叫了，该插秧了；野菊花开了，该种麦了。地象授时曾经解决了农事的季节问题，在当时起过一定的作用。但是，草木、鸟兽的季节性活动，并没有十分确切的时间，后来地象授时就为天象授时所代替。

所谓天象授时，就是观察天空现象，判断农事季节。当然，这种天空现象的变化，也是地球运动的反映。在我国最早的天象授时是“斗柄授时”，这种授时方法是根据北斗七星中的斗柄三星在初昏时所指方向来判断农事季节。例如，当夜幕降临，斗柄指向东方就是春季，当斗柄指向南方夏季就来到了，秋季到了斗柄指向西方，冬季来临，斗柄就指向北方了。这样的定时方法显然比观察地象授时要可靠了。

科学技术发展到今天，观测天体确定时间已经可以做得很准确了。从道理上讲，地球表面上任何一点，都有一条子午线，这条子午线连续两次“对准”太阳所经历的时段就是一日。这样，地球表面的每一点都有自己的时间，为了避免时间上的各自为政的现象。国际上统一将地球表面每隔 15 度划为一个时区，每个时区中央的那条子午线的经度称为标准经度，它们从本初子午线(格林威治天文台)起分别向东和向西量度各是  $0^{\circ}$ 、 $15^{\circ}$ 、 $30^{\circ}$ …… $180^{\circ}$  这条子午线的时间就是这个区的“区时”。我国的首都北京在东经  $120^{\circ}$  那条子午线所在的时区，因为它是东经第八时区，所以也叫做东八时区。可见“北京时间”并不是北京所在的子午线(东经  $116^{\circ}19'$ )上的时间。

既然地球表面每个地点都有自己的时间(地方时)，全国使用的又是统一的“北京时间”，所以就全国来讲在同一个北京时间之下太阳的位置就不一样了。比如在北京中午 12 点左右太阳居正南，可是到了乌鲁木齐，当太阳临近正南时已经是北京时间下午 2 点 10 分了。地方时与标准时的差别，主要表现为两地的经度上的差别，两地的经度相差 15 度，时间就要差一小时。我国是一个幅员辽阔的国

家，东西较长，因而时差较大。所以，当兰州太阳正南要吃中午饭时，收音机里报的北京时间已是下午1点，在拉萨到了太阳正午吃中饭的时候已是北京时间下午2点了。为了解决这种情况，所以在新疆的交通邮电部门采用90度经度子午线的时间，也就是比北京时间慢了两小时。

关于北京时间我已经讲完了。

### (七)

儿子：

您讲了测时、守时、授时，现在科学技术很发达，这些方面一定有了很大的发展。您能讲讲在这些方面古往今来的变化吗？

周军启：

是啊，科学技术，随着历史的步伐，随着生产的发展在不断的不断发展。古时候人们观测天体用肉眼，或者用简单的自制工具。哥白尼，在他的箭楼上就是用简单的木制工具，对天体进行观测。现代的科学仪器，对天体运行的观测和时间的确定都可达到极高的精度。用钟表“守时”也同样有很先进的技术。

用于“守时”的钟表，也跟着历史老人的步伐，走过一条不断发展的道路。古时候的人们，为了计时，以铜壶滴水，用漏水的数量计算时间。有了机械钟表以后，机械钟表往往因温度变化而有快慢，为了适用航海定位和天文测量，人们又创造了不因温度变化而变化的机械钟表，称为“天文钟表”。本世纪20年代石英钟问世了，它走时的稳定、准确，不但可以用来“守时”，还可以用它的准确性，来测出地球自转速度的变化，也就是说可以对我们这座天然

时钟进行鉴定。可是石英钟，也有弱点，它提供的时刻仍不能完全准确，且石英钟也会老化，它的振荡频率变得愈来愈大，这样就难以准确测定地球自转的长期缓慢的变化。这样，一种新的计时钟——原子钟又问世了。原子内部的电子在跃迁时，会辐射出电磁波，而它的跃迁频率是极其稳定的。利用这种电磁波来控制电子振荡器，从而控制钟的走时，这就是原子钟。现在最好的铯原子钟，是十分准确的，每30万年才有一秒的误差变化，它的准确度真是达到惊人的地步了。

至于授时，古往今来更是发生了翻天覆地的变化。古时候，曾用敲钟、击鼓、放炮的方法，把比较准确的时间授给人们知道。我国许多城市设有钟鼓楼，有的还保存到今天，这种钟鼓楼就是为了敲钟击鼓授时用的。炮声授时一般是用于正午，所谓“午炮”就是用来报告正午的。现代的授时，是无线电授时。国际上和各国均有专门的天文台进行授时，定时发出无线电信号供导航、天文测量、人造卫星观测等有关专门技术上收录使用。至于民用，如我国中央人民广播电台在每整点都发出时间信号。它是6划信号，每划延续1秒钟，两划间相隔1秒钟，最后一划的起点是正点。此外，一些城市的电信局，还设有报时台，只要你拿起电话听筒，拨个号码它就会告诉你时间。

关于地球的运动和时间，我只作为一般知识讲这些，如果你还感兴趣的话，那就发奋用功，将来成为一个天文学家，对天体的运行会了解得更多。或者是用你的发明创造，为人类在天文知识领域里增添新的内容。再过上一些年，我现在讲的这些内容一定要显得陈旧了。因为，社会在发展，人类在进步，新的人才会不断地出现，新的知识

领域会不断的有人去开发。

## 五、牛顿的一个胜利

### ——谈地球的形状与大小

#### (一)

列车驶出大同车站，天刚亮，硬卧车厢里的人有的起来，有的已经洗完脸，个别人还在睡觉。

周军启应几个年轻人的提问，在讲地球是什么形状。

同车相邻的几个铺位上都是林学院的，他们去西北实习，两位带队的教师，其中一个年纪较轻的，同学们管他叫任老师，30来岁，大概是位助教。让周军启谈地球形状的几个年轻人，是几个学生。给别人讲讲有关地球方面的知识，在周军启来说这是常事。这里是火车上的闲谈，不拘形式，不要讲稿，想到哪，说到哪，问什么答什么。43次列车在向前奔驰，车厢里热闹非常，这几个铺位的人主要是周军启在说话。

地球的形状与大小，是一个古老的科学问题。长期以来，人们对这个问题进行了许多研究。

地球是一个球形的星球，这在今天谁都知道了。但是，在科学技术不发达的古时候，关于地球的形状，却有过各种各样的说法。我国是一个古老的文明国家，很早以前就有“盘古开天地”的说法，也有所谓“天圆如张盖，地方如

棋局”的说法。公元前 6 世纪，古希腊哲学家毕达哥拉斯，最早提出大地是球形的。他从数学推论出发，主观认定球形是“最完美的图形”，他主张大地是最完美的，所以应该是球形的。

有一个简单的道理，如果大地是一个球体，那么人们从一个地点出发绕行一圈以后，就会回到原来的地方。我们的大地是球形的，首先就是这样的被证实了。是谁完成了科学上这道重要的命题的呢？是葡萄牙杰出的航海家斐尔南多·麦哲伦。

随着欧洲资本主义的发展，新兴的资产阶级为了掠夺商品、黄金，他们不断地向外扩展。要向外扩展，就要打开通路，在当时交通不发达的情况下，首先就是从海上找出路。这样 15 世纪后期，欧洲的航海事业，随着资本主义的发展，很快发展起来了。继哥伦布发现美洲大陆以后，葡萄牙航海家麦哲伦在西班牙国王的资助下，于 1519 年 9 月 20 日率领他的船队开始了具有历史意义的探险航行。这是一支由 5 只船 265 人组成的船队，他们从西班牙的圣路卡尔·迪巴拉麦达港出发，沿着非洲的海岸往南到佛得角群岛。再由此向西前进，不久，到达了巴西海岸。在这里他们进行了短时间的休整以后，船队又继续向南前进了。他们绕过南美洲的南端，进入水流湍急的海峡（现在人们为纪念麦哲伦称这里为麦哲伦海峡）。在和狂风巨浪顽强地搏斗了 28 天之后，进入了浩瀚的太平洋。说也奇怪，在这片汪洋无际的海域上，经常是飓风肆虐，翻脸无情。这次却改变了态度，以温顺和悦的神情，迎接了这些远方的客人。麦哲伦的船队在这里航行了 3 个月，狂风有情，巨浪讲礼，大海从未发过脾气。船员们说：“这真是

一个太平洋”，大洋从此得名，这就是今天“太平洋”的来历。

“好事多磨”，任何事业的成就，大概都是克服困难的結果。麦哲伦的船队在航行的过程中，经受了难以想象的艰苦历程，克服了难以想象的困难。他们吃不到新鲜食物，喝的是又黄又臭的黑水，有时甚至以木屑和老鼠来充饥。到最后他们甚至连维持生命的点滴东西都没有了，正当他们躺在甲板上准备迎接死神的时候，他们又见到了青山绿水，来到了东方的菲律宾，接着他们又到了印度尼西亚。而后，他们经过印度洋，绕过非洲，在1522年9月从另一条路回到了西班牙。这是一次艰苦卓绝的航行，历时3年，出发时的5只船上有265人，回来时只剩下2只船，活下来的水手只有18人。麦哲伦本人也因介入当地居民的斗争，在菲律宾被杀害了。

麦哲伦的环球航行，是人类第一次绕地球一圈。这一行动，从实践上证明了地球是一个球体。长期以来，人们对地球的形状持有各种各样的说法，这时候，有了一个正确的答案——地球确实是一个球体。

## (二)

周军启讲完麦哲伦的航行以后，林学院的任老师补充了一句话：“牛顿对地球的形状，曾发表过自己的见解，在当时引起人们极大的重视。但具体的情形我们就知道了。”周军启接着又往下讲了。他说，是的，下面我想说说17世纪在欧洲关于地球形状的一场争论。在这场争论中，以牛顿为代表的一方是胜利者，他们的理论，在实践的验证之后被肯定了。

地球是一个球体，在麦哲伦首次环球航行之后被证实了。在地球形状的研究过程中，这是重要的一步。但是，这仅仅是个开始，因为在这时候，人们仅仅知道地球是个球体。它是一个什么样的球体？是一个正圆球？还是一个沿自转轴方向拉长的长球？或者是一个向赤道方向拉长的扁球？这些问题，当时就成了地球形状问题研究的新课题。

17世纪，英国的科学巨匠牛顿(1642~1727年)和荷兰的物理学家、天文学家和数学家惠更斯(1629~1695年)，他们根据引力的原理指出：地球应该是一个沿自转轴方向扁平，而在赤道方向拉长的扁球。他们的见解，与当时法国天文学家卡西尼父子所测量的结果却完全相反。在这个期间，卡西尼父子在法国巴黎和亚眠之间，测定了两段子午线的弧长。这两段弧，每段是1度，一段在南、1段在北。测量的结果南面的1度弧长是111282米，北面的1度弧长为111015米。这样同是1度子午弧长，南边的长，北边的短。我们知道，子午线上一段弧长，实际上是地球上的一段曲线。在球面上，1度子午弧曲线的长短，曲线的“弯曲程度”，都关系着球的形状。按卡西尼父子的测量结果，地球将是一个沿自转轴方向长而沿赤道方向短的球。这个测量结果和牛顿的理论刚好相反。

以牛顿、惠更斯为代表的扁球论和以卡西尼父子测量结果所反映的长球论，这不仅是学术之争。在当时也是对诞生不久的牛顿的“万有引力”定律的一块试金石，因为牛顿的扁球理论，是建立在“万有引力”基础上的。科学上的诸家争鸣，推动了科学事业的发展。谁的见解符合客观实际，经受住实践的考验，谁就是真理的主人。

为了解决关于地球是长球还是短球的争议，法国科学院在 18 世纪 30 年代派出了两个测量队。这两个测量队一个到冰天雪地终年寒冷的北极圈附近的拉普兰地区（现在的芬兰与瑞典北部）。一个到赤道附近的基多（厄瓜多尔首都）地区。这两个测量队，经过了几年的时间，历尽了千辛万苦，测量了比较准确的结果。这两个测量队所测的结果是：在北极附近 1 度子午线弧长为 111992.6 米，在赤道附近为 111657.0 米。这个测量结果，否定了卡西尼父子关于地长说的结论。证明了牛顿为首的关于地球是一个扁球的说法的理论是正确的。牛顿胜利了，“万有引力”定律也经受住实践的考验。从此人类对地球形状的研究又进了一步。

### （三）

周军启讲到这里不想再讲下去，一个高个子学生又问，地球的形状与我们人类的活动有什么关系？经高个子青年这样一问，原来打算不再讲了，想看一看车窗外面的景色的周军启，又只能按他的问话讲下去了。

人类生息活动在地球表面，地球的形状与大小和人们所从事的生产活动是密切相关的。比如，我们要把大面积的地球表面缩绘成平面的地形图，供科学研究和国民经济的使用，要把图纸上设计好的建筑物、构筑物的位置，在地面上标定出来，作为施工的依据。铁路、公路、港口、矿山，要施工，要设计，都离不开地形图，离不开测量资料。军事指挥员，要安排国防工事的构筑，兵力的布置、火力的配置、作战行军，一时一刻也不能离开地形图。地球表面千姿百态，奇异不已，就我国的情况讲，东岳泰山

有多高？新疆的吐鲁番盆地有多低？刺上青天的珠穆朗玛峰究竟有多少米？为了科学的目的，为了生产的需要，人们经常要测量。为了使航行的巨轮不至于搁浅触礁，能够安全地行驶，人们要进行海道测量，绘制海底地形图。为了向海洋索取财富，到大陆架去寻找石油，人们要深入海底，揭示大洋深处的秘密，需要研究海洋深处的地貌。在人造卫星的轨道推算上，在发射远程武器的制导过程中，地球形状与大小的有关资料就更显得重要了。

我们知道，如果将地球表面上的点和线，投影到一个与地球十分近似的球面上，在小范围内我们可以把球面看成平面。在建设中的测量，也是这样，在小范围内可以把地球表面看成平面，如果范围大了，就不能不考虑地球表面的“弯曲”了。假如地球的半径按 6371 公里来计算，地球表面两点按平面计算它们之间的距离，和按球面计算它们之间的距离是有差别的。这种差别在 10 公里范围内为 1 厘米，在 20 公里范围内为 7 厘米，当范围大到 50 公里，这种差别就达到 1 米以上了。可见，要在较大的范围内正确地表示地球表面的特征，就不能不顾及地球的形状与大小了。我国是一个幅员广大的国家，研究地球的形状大小就更有现实意义了。其实地球的形状与大小的最基本数据简单地说就是地球的长短半径。

#### (四)

列车在不停地前进，越过大青山脚下的重镇，内蒙古自治区的首府呼和浩特市，快 2 点了，火车要到包头了。车厢里中午休息的人，都陆续起来。人们在以包头为话题聊天，这个说草原上的城市如何，那个讲钢铁基地怎

么样，了解情况的人谈得更具体，青山区、昆区……火车离开包头以后人们的话题也随着离开了包头。

一个梳小辫子的姑娘向周军启提了一个问题，地球的表面山高水深那样复杂，怎么看也不象一个球体表面呀？周军启接下去讲。

地球的自然表面是很不平坦，变化很大。高山峡谷，山川湖泽，世界屋顶的珠穆朗玛峰高达 8848 米，在茫茫的大洋深处，太平洋的马利亚纳海沟（在关岛东南）和菲律宾海沟深达万米以下。地球固体表面的差异虽然这样大，起伏这样明显，但是，这些差异与地球 6 千多公里的半径相比还是微不足道的。所以，从整体上看，地球仍不失为一个球体。如果你有幸成为一名宇航员，进入太空，从那里观察我们的地球，那更有趣了。它比我们在地球上看到的月球要大，橙黄色的大地，蔚蓝的海洋，两极是银白色的积雪，……绚丽多采、奇异壮观。

科学的海洋无边无际，人类的认识也没有止境，总是一个问题解决了，新的问题又在等待人们去探索，去认识。

在关于地球形状的“长短球”之争的问题解决之后，人们只是大体上知道了地球是一个在两极略带扁平，在赤道方向稍有拉长的一个扁球体。对地球表面的千差万别，碧波万顷的大海，千姿百态的山岳。对这样一个复杂的表面怎样进行更细致的研究呢？德国的数学家高斯为此做出了宝贵的贡献。

高斯(1777~1855)出身贫寒，祖父是农民，父亲是杂工，母亲是一个石匠的女儿。据说他 3 岁的时候能发现父亲算错了账，11 岁的时候发明了二项式定理。当他还是

个 17 岁的孩子的时候，就用代数的方法解出了 2000 多年来的几何难题。而且找到了方法，用直尺和圆规作正十七边形的图。据说他曾说过：希望在他死后于他的墓碑上刻上一个正十七边形。

高斯的一生，在数学、天文、测地学、电磁学等许多方面都有着卓越的贡献。他的成就除了个人客观上的天赋条件之外，刻苦学习，谦虚待人和严格律己的治学态度也是一个重要的原因。高斯在数学之外有着广泛的兴趣，他爱读当时欧洲的文学作品和古代的文学作品；他关心时事，工作再忙每天也要花一小时翻一遍当天的报纸；他 62 岁时，在没有任何人帮助的情况下自学俄文，两年后就能顺利地阅读俄国作家和诗人的作品了。高斯的学识是渊博的，高斯的成就是多方面的。无怪在他死后，一个美国数学家这样说：“高斯死后人们才知道，他早就预见了一些 19 世纪的数学。如果当时他能把他知道的一些东西泄漏，很可能现代数学比目前要先进半个世纪，或更多的时间。”

对地球形状的研究，高斯的重要贡献是他提出了一个“地球的数学形体面”这样一个概念。这个“数学形体面”，后来称为大地水准面，它是现代地球形状研究中重要的基准面之一。

地球的表面有 70% 为海水覆盖。为了研究起伏不平的地球表面形状，人们假设当海水处于自由静止的状态时，将其向大陆延伸，得到一个假设面，这个面称为“大地水准面”，也就是高斯所设想的地球的数学形体面。大地水准面所包围的形体，近似地被看成地球的形体，称为“大地球体”。研究地球形状的第一步，就是以大地水准面来

取代地球的自然表面。

地球上的海水是不可能处于静止状态的。海洋上风起浪涌，经常是水峰浪谷极不平静，就是微风拂动也有阵阵波纹。那么怎样确定一个静止的海水面呢？一般情况下，就是取平均海面。平均海水面的确定，是在沿海地区，通过验潮的方法连续测定该地区海水面的高度。也就是以验潮站的水位标志经常量测海水面的高度。这样积年累月取其平均值，就是平均海水面的高度，也就是大地水准面。我们平俗所讲的地面某点的“海拔高”，就是指从地球自然表面的一点沿铅垂线方向量度到平均海水面的距离。我国的海拔高程起算的基准面，也是采用验潮的方法，选取了平均海面，作为全国高程系统的统一起算面。

新中国诞生不久，我国选定了青岛附近的验潮站，用1950~1956年的验潮结果，计算了黄海的平均海面高度。这个高度就是我国的高程起算基准，称为“1956年黄海高程系”。当然为了技术上的临时应用，有时在局部地区，根据不同系统的需要，人们有时也临时性的假定一个起算高程，如在水利、公路、铁路的建设过程中都有这种情况。但是为了统一、方便，还是应该把局部地区的不同高程起算数据统一归算到国家系统上来。为了明显而固定地表示全国高程起算面的固定位置，还要建立一个与测定平均海水面的验潮站相联系的一个水准点，它们之间以高精度的水准测量测得了它们之间的高度差。这样验潮站用以测定平均海水面的水位标志，就通过这个水准点而在地面上明显、固定地确定了。这个水准点就成了我国高程起算的统一点，称为“水准原点”。它是国家重要的基本设施之一。

大地水准面并不是一个简单的曲面，它比我们所想象的要复杂得多，这是一个十分复杂的物理面。我们知道地球表面的物质，由于地球的重力作用，才保持了相对的平衡，海水面就是在地球重力的作用下才形成的。地球表面上由于地形不同，地质构造不一样以及地壳的厚度等多种原因，使地球表面的重力变化很复杂。这种变化的复杂性，到目前为止，我们还不能精确地找到它的规律，因而人们还不能给出一个圆满的数学表达形式。

在研究空间曲面时，曲面的法线方向很重要，大地水准面的法线方向，就是它的重力方向。这样，地面重力变化的不规则，就使得大地水准面变得十分复杂了。大地水准面的变化，在小范围内是不容易觉察的，只有在大范围地区内才能反映出来。据研究，大地水准面就全球来讲，在太平洋中部和大西洋西部下陷约 40~50 米，而在印度洋和太平洋东部则隆起 30 米左右。

我们已经说过了，人类的生产活动，是在地球表面进行的。工厂矿山的修建，水利设施的规划施工、地形图的绘制，……都涉及在地球表面进行测量的问题，再比如，北京在地球的什么地方？上海又在哪儿？它们之间的距离有多远？类似这样的问题也同样涉及到地球表面的测量问题。空间的一切物质形式，都可以用数学的形式来表达。人们在应用数学这个工具来处理地球自然表面的测量问题时，遇到了一个难题，这就是大地水准面的复杂性。由于大地水准面的复杂性，给人们这方面的工作带来了很大的困难，为了解决这个困难，人们又不得不另想别的法子了。

对大地水准面所包围的大地球体，人们进行了长期的研究。特别是 19 世纪以来，随着测量仪器的改进，观测

技术的提高,促使这种研究越来越深入。研究的结果表明,大地水准面所包围的大地球体,在形状上与一个略带扁平的旋转椭球体十分接近。所谓旋转椭球,就是一个椭圆平面绕其短轴在空间旋转所形成的椭球体。这样一个球体,称为“参考椭球体”。它的表面称为“参考椭圆面”。这个参考椭圆面与大地水准面极为接近。而且参考椭圆面,不象大地水准面那样复杂,它能以简单的数学形式给出。如果以这样一个球体表面,来取代大地水准面,那么地球表面的测量数据在这个球面上进行各种计算,那就方便多了。实际上大地测量工作者,正是这样来进行地球表面测量数据的处理的。现代对地球形状与大小的研究,就是在于通过测量、计算,推求一个旋转椭球体,使它的大小和形状与大地球体极为接近。这个球体的大小和形状,我们就称之为地球的形状和大小。足以代表整个地球的旋转椭球体,它的表面应该和大地水准面极为吻合。它们必须满足以下几个条件:

- (1) 椭球中心与地球重心相合为一。
- (2) 椭球的短轴和地球的自转轴相合。
- (3) 椭球内部的总质量应等于地球的总质量。
- (4) 地球的大地水准面,偏出于椭球面的偏差的平方和应该是最小。

象这样一个参考椭球体我们称为“地球椭球”。

一个大地水准面所包围的大地球体,一个测量、推算的参考椭球体(旋转椭球体),这两个球体应该是“极为接近”。既然如此也总还是有差异。这样现代研究地球形状与大小的问题,可以说包含两种意义。其一,是通过测量,推算求得一个与大地球体极为接近的——参考椭球

体。其二，是研究大地球体与参考椭球体之间的差异。或者说，研究它们之间的不吻合程度。

一般情况下，我们所讲的地球形状与大小，是指通过测量所推求出的那个参考椭球体的形状和大小。我们知道代表旋转椭球体大小的是它的长半径  $a$  和短半径  $b$ ，而代表这个球体形状的是它的扁率  $f$ 。所谓扁率是指长半径与短半径之差与长半径之比（ $f = \frac{a-b}{a}$ ）。简单地讲，地球形状与大小的研究就是确定这几个数据。

### （五）

奔向兰州的快车，不停地在前进，运行正点。当列车通过乌拉特前旗、五原，进入内蒙古富庶的粮仓——河套地区时，太阳已经落山。夜间行车，车内灯光昏暗，看书看报很吃力，车窗外一片漆黑，大自然的景色什么也看不见。这时候，旅客之间最好的活动内容就是谈天说地的闲聊了。一天一夜的旅行生活，使一些到终点才下车的人成了“老相识”。林学院的几个学生，对周军启博士也不象开始时那样拘束了。大伙闲谈了一会，那个高个子学生希望接着话题继续往下讲。更具体地介绍一下现代关于地球形状与大小的研究情况。特别是人造卫星出现以后，大型快速电子计算机的问世，激光测距的应用，对地球形状和大小的研究有些什么新的进展。

周军启又接着讲。

我们讲过了，研究地球的形状与大小，主要是两个方面的问题。一个是通过地球表面大规模的测量工作，把大量的测量资料，经过研究、计算，推求一个与大地球体极为接近的——参考椭球体。这样一个参考椭

球体的大小以它的长短半径 $a$ ,  $b$ 来表示, 形状以它的扁率 $f$ 来表示。这个结果, 前者( $a$ ,  $b$ )表示了椭球的大小, 也是地球的大小; 后者( $f$ )表示了椭球的形状, 也是地球的形状。另一个问题, 就是研究所推求的参考椭球面与大地水准面之间的差异。

就地球形状与大小的研究来讲, 如果地球是一个物质均匀的正圆球, 那么人们只需要在它的表面, 测得一段弧长, 并且测量这段弧长两端的经纬度, 就可以精确地求得球的半径, 这样地球的形状和大小问题就解决了。即使地球不是正球体, 是一个均匀质量的两轴椭球体, 那么人们只要在它的表面测得两段弧长以及这两段弧长两端的经纬度, 同样可以精确地求得地球的形状和大小。但是, 我们的地球远非如此。它既不是质量均匀, 又不是体态规则的正圆球或椭球。所以, 要推求它的大小和形状, 就困难了。象其他的科学技术问题都有一个发展过程一样, 地球形状和大小的研究, 也经历着从落后到先进, 从原始到现代这样一个发展过程。

地球形状与大小的测定, 就方法而言, 不外乎三种方法。第一, 天文大地的方法(也称为几何方法)。为求得长短半径 $a$ 和 $b$ 以及扁率 $f$ 的值, 可以用天文测量的方法, 也可以用大地测量的方法。但是, 要求得参考椭圆面与大地水准面的差异, 就必须将天文测量方法和大地测量方法结合起来, 这就是天文大地测量的方法。第二, 重力测量方法(也称为物理测量方法)。这种方法是利用地球表面的重力测量资料, 首先求得扁率 $f$ , 依次再求得长短半径 $a$ 和 $b$ 。第三, 卫星大地测量方法。人造卫星出现以来, 观测人造卫星, 测量地球的形状与大小, 已经受到人们的重

视。以上是测量地球形状与大小的三种方法，这些方法，比较一下衡量利弊各有千秋。天文大地测量方法，可以讲是直接在地面进行的，但这种方法有它的局限性。因为，这种方法只能在大陆上进行，而陆地面积，只占地球表面面积的30%。重力测量的方法，虽然不限于陆地，今天已经能在海洋进行重力测量了，但这种方法间接的。用观测人造卫星的方法，当前也还有一些尚待解决的问题。总之，目前国际上根据天文大地、重力、卫星等各种方法所求得的关于地球形状与大小的数据，因为采用的资料不一样，立论也各不相同，结果是很难一致的。

就目前看，测定地球的形状与大小，最好的方法莫过于综合这几种方法，更广泛地采用全球性的测量资料。可是，这样做就全球来讲，不仅仅是一个科学技术问题，也是一个政治问题。因为在当今的世界上，各国和各地区之间政治制度纷纭不已，要想在科学技术上进行全球性的合作，是有极大障碍的。

由于技术上的原因，也由于政治上的原因，过去使许多关于地球形状与大小的研究成果都带有地区性的色彩。也就是根据一个国家或一个洲的天文大地测量资料所推求的，适合于本地区的参考椭球体。一般地来讲，一个国家在经济建设开始之初，由于缺乏资料，还不能推算出适合于自己国土范围的参考椭球体，在这种情况下，为了归算测量结果，满足经济建设的急需，往往是暂时采用一个不是应用本国或本地区的测量资料所推求的一个参考椭球体，作为临时性的措施。比如，在建国初期，我国在开始进行大规模经济建设的时候，为建立我国大规模的测量控制网，就临时采用了克拉索夫斯基参考椭球体作为在地球

表面进行各种计算的依据。这个椭球体的长半径  $a=6378245$ 米,它的扁率  $f=1/298.3$ (已知长半径  $a$ 和扁率  $f$ ,则短半径  $b$ 可以根据  $f=\frac{a-b}{a}$ 求得)。

18世纪初法国天文学家卡西尼父子所引起的关于地球形状的争论,促进了地球形状与大小理论研究的发展。但是,关于地球的形状与大小的理论研究并不是始于此,而是可以上溯得更远。不过,真正的以大量的天文大地的实测资料,来研究地球的形状与大小,这仍是19世纪以后的事。

19世纪是资本主义科学技术发展的“革命时期”,在这个世纪的初叶,英国完成了产业革命,蒸汽机的发展完善,人类进入蒸汽时代,机器制造、航海交通、采矿……许多行业也都有着日新月异的发展。生产的发展,人类越来越需要使用地图资料;由于战争,由于军事上的需要,实测地图的准确性越来越显得重要了。地球表面的测量工作,首先是大地测量工作伴随着其他科学的发展,很快地发展起来了。在地球形状的理论研究上,有成就的学者相继出现,如:拉普拉斯,斯托克斯等,他们就是这个时代的人。

由于测量技术的提高,仪器装备的日趋完善,大量的大地测量资料的逐渐积累,另一方面测量工作者为了提高测量资料的准确性,也必须对地球的形状与大小进行深入的研究。这样,就有力地推动了这门科学的发展。因此,1800年以来,许多学者相继推算了一些关于地球形状和大小的数据。

说到这里,周军启从提包里拿出一个材料,有几个附表,他指给大家看,载于表上的地球元素,按推算时代的顺

序,列于表(1),列表内的元素,一般是以地球表面陆地上的天文大地、重力测量资料为依据,用弧度测量的方法推算的。这种推算方法一般是在地球表面测定一段弧长,并测定弧段端点的经纬度,通过测量、计算,推算出结果来。这样对地球形状的研究,往往局限于几何特性。所以,表(1)所列的元素,可以视为地球的几何参数。

人造卫星出现以后,从60年代初开始,卫星大地测量逐渐成为推算地球参考椭球体数据的强有力手段。所得到的数据已不是单纯的具有几何特性了,而是包含了以卫星运行的动力性能来测定的参考椭球体的几何参数了。

表 1

年 代	推 算 者	长 半 径 (a) (米)	扁 率 (f)
1800	德 兰 半	6,375,653	1:334.0
1830	埃 弗 瑞 斯	6,377,276	1:300.8
1841	贝 塞 尔	6,377,397	1:299.15
1866	克 拉 克	6,378,206	1:295.0
1880	克 拉 克	6,378,249	1:293.5
1907	赫 尔 默 特	6,378,200	1:298.3
1910	海 福 特	6,378,388	1:297.0
1929	海 斯 塔 宁	6,378,400	1:298.2
1940	克拉索夫斯基	6,378,245	1:298.3
1955	柯 洛 柯 夫	6,378,203	1:298.3
1955	力 伯 曼	6,378,181	1:294.1

近十几年来,在地球形状与大小的元素推算方面,世界许多组织和国家都在进行。在表(2)列出了近年来一些推算的结果。从表(1)和表(2)中,我们可以清楚地看出,地球

形状与大小的研究，有一个发展过程。这些数据测量得越晚，它的精确程度也就越高。

表2

年 代	推 算 者	长 半 径 (a) (米)	扁 率 (f)
1967	国际大地测量协会	6,378,160	1:298.247
1967	史密松天文台	6,378,142	1:298.255
1972	美国国防部	6,378,135	1:298.26
1973	史密松天文台	6,378,140	1:298.256
1973	哥达德宇航中心	6,378,144	1:298.256
1975	国际大地测量协会	6,378,140	1:298.257
1976	哥达德宇航中心	6,378,145	1:298.256
1976	德法专门研究组	6,378,136	1:298.255

从表(2)中我们还可以看到，采用新的手段推算的地球元素，对地球的长半径来讲已经基本上稳定在 6,378,145 ± 15M 的范围。对地球扁率值  $f$  的推算，也大体稳定在 1:298.25 ± 0.03 的范围内。可以说，人造卫星出现以后，人类在研究地球形状与大小的过程中，所走过的道路，超过了 19 世纪以来人们 100 多年所作的努力。

尽管地球形状与大小的研究，在今天已有了很大的进展，但远不能讲人类对地球的真面貌已经完全清楚了。在想象中，地球的陆地部分大都高于平均海水面，水下部分居低。打开世界地图，我们还可以看到，南半球多水，北半球多为陆洲，这样地球的形状，似乎应成梨状，可是并不尽然。大地球体的极半径南北并不相等，大约相差 15 米左右。大地球体的赤道也不是圆，而是接近一个椭圆，这个椭圆长短半径之差约为 104 米，其长半径方向在西经

15度线上。

地球表面的测量,和其他部门的科学技术有密切联系,例如地质、地震、天文、地球动力、海洋勘测……就其成就来讲,已经可以满足人们的现实需要了。单从这些需要出发去提高大地测量的精度,已经不是人们的兴趣了。但是,科学技术的发展是无止境的,人们的认识也是无穷尽的。20世纪的今天,科学技术正在蕴酿着新的重大的突破,地球科学也正面临着新的挑战。一些新的学说正在被提出,一些新的见解等待着人们去证实。“大陆漂移”说,“板块结构论”,地震的预报,海洋的探索……都对地球形状与大小的研究,或者说对地球表面的研究提出了新的要求。

人类对地球形状与大小的研究,取得了很大进步,但就目前的测量资料和技术能力,要进一步精确地求定地球的形状和大小,仍是地学工作者未来的历史使命之一。

谈到地学的未来,周军启言犹未尽,但时间已经很晚了。已经是晚上10点多钟了,列车已经过了石咀山市,进入宁夏境内,再过一会就要到达宁夏回族自治区的首府——银川市了。周军启再也没有讲什么,听的人们仍然以敬重的眼光看着我们的周军启博士。夜深人静,只有奔驰的列车不知疲倦地向前,向前!直到第二天午前,43次列车到达兰州,从这个终点站,人们各自奔向自己的目的地。有的办公出差,有的探亲访友,有的是来西北旅行,有的……

## 六、从伽利略的“平反”谈起 ——关于地球重力场

最近报载“真理属于伽利略，世界著名科学家要为300年的沉冤昭雪”。

一个由世界著名科学家组成的委员会重新审理“伽利略案件”，为意大利伟大科学家的300年沉冤翻案。罗马教皇已经公开承认，伽利略当年受到教廷审判是不公正的，并提出要重新审理此案。这个由不同宗教信仰的世界著名科学家组成的委员会已经成立，他们将研究伽利略案件的科学方面，以及伽利略学说对现代科学的贡献。这个委员会的六名成员，全部是诺贝尔奖金获得者。他们中包括美籍中国学者杨振宁博士，丁肇中博士。

周军启详细地看了这一条消息，很有感触。因为几年前他写过一篇《人类生活在地球引力场之中》的文章，文章一开始就先讲到伽利略。当时他想，对人类科学事业有重大贡献的伽利略，晚年遭到那样的不幸，被教廷迫害得双目失明，含冤而死。就是我们今天的人也应该为伽利略鸣不平。

伽利略生于1564年，当时的欧洲是个神权时代。黑暗的宗教势力扼杀一切同天主教教义相违背的科学真理。伽利略通过望远镜的观察，证实了波兰天文学家哥白尼提出的地球绕太阳转动的学说，否定了圣经里关于上帝创造

世界的说法，就这样触怒了当时的教廷。他的著作被认为是“异端邪说”，禁止发行。69岁高龄的伽利略，受到宗教裁判所的传讯，并被施以酷刑，使他双目失明，终于在1642年含冤死去。天主教教廷虽然过了300多年才被迫为这位科学巨人昭雪“平反”，但这件事毕竟证明，真理是不可抗拒的。

今天，全世界都看到了，那位手持真理的伽利略是怎样在300年以后才得到平反。300年！时间长了一点，当然时间愈长愈说明真理的不可抗拒性。周军启兴奋之下，放下报纸起身去翻箱倒柜，找出他几年前的底稿《人类生活在地球重力场之中》，他一页一页地慢慢地翻阅，稿中写道：

晨钟报晓，东方发白，当新的一天开始的时候，你可能不去注意，房间里的摆设象往常一样。桌上的茶杯，地上的痰盂，它们静止不动。如果你不小心把餐桌弄翻了，桌上的勺、碗、菜碟总是往地上掉，熟透了的果子，从树上掉下来；桌上的茶杯滚下去；社员在田里劳动离不开地面；汽车在公路上行驶，不能轻易腾空。这些极平常的日常事例，大概不为人们所注意。可是，正是这些普普通通的日常事例，涉及一个重要的，也是有趣的科学问题——地球的重力作用。正是由于这种重力作用，地球上的万物保持了平衡。人类就是在这种平衡中从事生产活动，创造着自己的物质文明。

### (一)从伽利略开始

物体相互之间具有吸引力，现在这可以说是人们的常识了。根据万有引力定律我们知道，这种引力的大小与物

体的质量成正比，与它们之间的距离平方成反比。也就是说两个物体之间的相互引力作用，质量大的物体对质量小的物体，它的引力作用就大。这种引力作用的大小也和物体之间的距离有关，同样两个物体，它们之间的距离越大，那么它们之间相互的引力作用就越小。反之，如果它们之间的距离越小，那么它们之间的引力也就越大。

人类世世代代生息活动在地球表面，在渺茫无际的宇宙空间，地球是作为一个物体而存在的，它与其他物体也都具有引力作用，由于太阳的引力作用，地球绕着太阳按椭圆形的轨道，有规律地运行。地球上的万物，尽管千差万别各不一样，但是，它们与地球之间都存在着引力作用，也受到引力规律的约束。在地球表面上，无论细至针头纸屑，大至万吨巨轮，它们与地球之间都存在着相互的引力作用，只是它们的体积与地球相比太小了，地球的引力足以把它们拉到自己的怀抱。

地球在宇宙空间，只是一个物体，它对它附近的物体具有引力作用。但是，在宇宙之间地球并不是唯一的星体，其他的星球，对地球表面物体同样具有引力作用，只是由于它们的距离太远，它们的引力作用与地球相比是微不足道的。在另外的情况下，研究三个以上物体之间的引力作用，就构成了另一门学问，称为“ $n$ 体问题”了。地球对物体的引力作用的结果，使我们抛上天空的石头落下来，好象一切物体都被地球拉向了地面。但，也不尽如此，当离开地面的物体获得了一定的速度以后，地球的引力就拉不住它了。当物体获得每秒钟7.9公里的速度，它就可以离开地面而绕地球运行，成为人造卫星。如果物体继续获得更高的速度，比如获得每秒钟11.2公里的速度，物体就

可以离开绕地球运行的轨道，而进入到绕太阳运行的轨道飞行。同一个物体，它距地球的距离越远，地球对它的引力就越小，如果这种距离远到“足够远”，那么地球对它的引力作用也就消失了。在“阿波罗”登月的飞行中，飞船离开了地球向月球飞去，随着它距地球的距离越来越远，地球对飞船的引力作用就越来越小，同时随着飞船距月球的距离越来越近，月球对飞船的引力也就越来越大了。飞船在离开地球飞往月球的过程中，在空间必定要经过这样一个区域，在这个区域中，地球和月球对飞船的引力作用是相等的。不知你是否看过美国电视片《阿波罗登月》，你如果看过的话，就可以见到当飞船进入地球和月球引力相等的空间区域时，宇航员爬到了飞船的仓外进行考察，为什么要选择在这时进行仓外的考察呢？因为这时爬到仓外的宇航员受到地球和月球相等的引力作用，不至于被任何一方“吸走”，所以，是安全的。

对地球的引力作用，已经久久为人们所注意，只是到了16世纪80年代，从伽利略起，对地球的引力作用才开始有了正确的解释。远在公元前，古希腊哲学家亚里士多德就提出，不同重量的物体下落，重量大的物体比重量轻的物体速度要快。亚里士多德的这个观点是错误的，可是由于他的声望，却使这种错误的观点，被人们崇拜了1700多年。

文艺复兴之后的欧洲，科学文化有了空前的发展，一大批杰出的科学家相继出现了。波兰的哥白尼，意大利的伽利略，英国的牛顿……

1564年，在意大利北部，距海不远的比萨城，伽利略(Galilei 1564—1642)诞生了。这位在天文、力学、数学

应用等多方面有过卓越贡献的伟大科学家，首先向亚里士多德关于物体下落的错误观点进行挑战了。1589年，25岁的伽利略，受聘为比萨大学的数学教授，第二年他写了长篇论文《论重力》。在这篇论文里他说：“亚里士多德是伟大的，但是，他有一些观点是错误的。”接着他以著名的比萨斜塔进行的自由落体实验，证明自己的论点是正确的。

意大利比萨城的“比萨斜塔”，由于初建时地基倾斜而得名。它建于1173年，塔高55公尺。在伽利略做实验那天，塔周围站了許多人，有学生，有市民，有比萨大学的教师们。他们中间各式各样的人，怀着不同的想法，有的属于亚里士多德的崇拜者，他们以嘲笑的神态在等待，看这位年轻的伽利略是怎样当众出丑。有的是伽利略的学生，他们支持伽利略，在等待祝贺自己老师的胜利。可能更多的人是出于好奇，围观，看看热闹。试验开始了，伽利略手里拿了一个1磅重的铁球和一个10磅重的铁球。他宣布同时抛下这两个不同重量的铁球，它们将同时落地。铁球抛下，果然同时落地，伽利略的预言被证实了，实验成功了。从此伽利略在探索地球引力作用的规律上开创了新的一页。也是伽利略第一个测定了重力加速度的数值为980厘米/秒<sup>2</sup>。在现代重力测量中所使用的单位“伽”就是源于这位伟大科学家的名字，以表示对他的纪念。

地球的引力作用，是通过被吸引物体所产生的重力加速度的大小来描述的。重力是个力，在厘米·克·秒制中力的单位是达因。在地球引力场的研究中往往令被吸引的质点的质量等于1个单位，这样单位质点所受的重力作用等于1厘米/秒<sup>2</sup>，作为重力的单位称为“伽”。由于“伽”的单位太大，应用起来很不方便，取1伽的千分之一，称为“毫

伽”。前面已经说过，这里的“伽”就是对伽利略的纪念。这是一个很重要的物理量。

我们已经讲过，在宇宙空间地球是一个巨大的物体，它对于其他物体具有引力作用。人类是生息活动在地球表面上的，工厂、矿山是修建在地球表面上，奔驰的列车，远航的巨轮，也都是在地球表面进行的。地球对附着在表面的物体不只是只有引力作用，由于地球在不停地自转，这样地球附近的物体除受到地球的引力作用外，还受到地球自转所产生的离心力的作用。地球引力和离心力对物体的共同作用，所产生的合力，这个合力称为重力。由于离心力的作用很小，只有引力作用的  $1/288$ 。所以，在这里我们对地球的引力和重力就不去严格地区分了。

在现代科学技术中，为了描述物质在空间的分布和运动状态，科学家们建立了“场”的概念。诸如电场，磁场……。地球重力场，就是这样的物理场之一。

17世纪，英国伟大的科学家牛顿（Newton, 1642—1727），在总结了开普勒定律的基础上，建立了万有引力定律。在牛顿的万有引力定律的验证过程中，地球和月球之间的引力作用，是否服从万有引力定律？在当时是对这个诞生不久的万有引力定律的一次严峻的考验。验证的结果表明，万有引力定律经受住了这次严峻的考验。

开普勒（Kepler J., 1571~1630年）是德国的天文学家，他仔细分析了第谷·布拉赫多年的观测资料。经过研究总结，提出了关于行星运动的规律，这就是著名的开普勒三大定律。他的第一定律说明了：行星运动的轨道是一个椭圆，太阳位于这个椭圆的一个焦点上。第二定律（面积定律）说明：在相等的时间内，行星和太阳的连线，所扫

过的面积相等。第三定律(调合定律)说明:任何两行星公转周期的平方,同轨道长半径的立方成比例。牛顿在总结了开普勒定律的基础上,提出了万有引力定律。万有引力定律指出:两物体之间具有引力作用,这种引力作用的大小,与物体的质量成正比,与它们之间距离的平方成反比。这个定律对地球表面一般物体来讲,意义并不明显,因为一般的物体质量都比较小。但是,应用到天体之间,这种力的作用就明显了。比如,地球的质量有 $5.976 \times 10^{27}$ 克,月球的质量有 $7.350 \times 10^{25}$ 克,它们之间的距离384401公里,这样它们相互的引力作用就非同小可了。

牛顿大约是在1665~1666年就知道了引力与距离的平方成反比的规律。应用这个规律,他假定地球对月球的引力与地球重力的比,等于地球半径的平方与地球和月球之间距离的平方之比,并据此推算了地球的重力值。但是他当时推算的重力值,比实测的重力值大了六分之一,原因是他使用的地球半径值不正确。后来,1682年,牛顿知道了毕加于1669~1670年在巴黎与亚眠之间进行了测量,求得的地球半径为6372公里。牛顿用毕加所测的地球半径值,重新作了计算,得到了十分满意的结果。

人类的认识是无穷的,在人类认识的长河里,真理总是相对的。牛顿的万有引力说在当时是经受住了实践的验证,在以后一个相当长的历史阶段,它被认为是“绝对”正确的。但是,事实并不是这样,牛顿的万有引力定律,在物理现象的宏观世界里,是正确的。可是在微观的物理现象中,在量子力学中,它的规律就产生矛盾了。

## (二)对地球重力场的认识过程

地球的引力作用，与地球本身的质量有关，也与地球内部的质量有关，这个道理远在 300 多年以前人们就已经知道了，为了研究地球的形状和地球的引力作用，牛顿和惠更斯(Huygens, 1629~1695)都曾对地球内部的物质分布情况，进行过不同的假设。牛顿曾假设过地球是一个物质均匀分布的球体，而惠更斯当时则将地球看成是一个质量全部集中在球心的一点。在当时他们各自根据自己的假设，通过对地球引力的计算，分别求得了地球的扁率为  $1/230$  和  $1/578$ 。现在看来，他们俩人的研究都极为粗糙，但这都是对地球引力研究的重要开端。实际上，牛顿和惠更斯两人对地球内部物质分布的假设是两个极限。因为地球内部的物质分布，既不是均匀的，也不是全部集中于地球中心。关于地球内部的物质分布情况，就是在今天人们还没有完全搞清楚，不过有一点是肯定的，地球内部的物质分布是随着深度的增加而增加的。

在研究地球引力的过程中，法国数学家克莱劳(Claireaut A.C., 1713~1765)对地球内部的物质分布作了另一种假设。他设想地球的物质分布是成层次的，地球内部的物质密度是半径的函数，也就是物质的分布密度随半径的变化而变化。根据这个设想，他从数学上推导出地球的几何扁率，力学扁率和离心力比之间的关系。所谓几何扁率，是地球的长短半径之差，与长半径之比，这个数值表征了地球椭球的扁平程度，称为几何扁率。力学扁率，是地球极地的重力值与地球赤道上重力值之差与地球赤道重力值的比值。离心力比，是地球自转角速度，乘以地球长半径与

地球赤道重力值的比值。克莱劳根据他的假设，推导出上述三者之间的数学关系，并进一步推导出一个重要的地球重力计算公式。利用他推导的计算式，根据已知的赤道上的重力值和力学扁率值，以及地面点的纬度，就可以计算出该点的重力值。这就是在地球重力研究中著名的克莱劳定理，是研究地球形状和地球重力场的重要理论之一。克莱劳定理告诉我们，地球表面的重力变化与纬度变化有关系。也就是我们俗知的一个常识，在地球表面上，不同点的重力随纬度的变化而变化。同一个物体在地球赤道和极地，它的重量是不一致的(以弹簧秤称)。例如，一个巨轮从北极附近满载 5000 吨化肥，驶到赤道附近，那么 5000 吨化肥就变成 4981 吨了。重力变化的影响使 5000 吨化肥的重量减少了 19 吨。从地球的两极，到赤道之间重力值的变化大约在 978 至 983 伽之间。下面的表里载出了这种变化的情况。

前面已经提到了，地球重力场是一个复杂的物理场。尽管从伽利略到今天已经 300 多年了，但是到目前为止，关于地球重力场的研究仍然是近似的，也是不能令人满意的。我们还不能找到一个数学形式和取得必要的数字，“绝对”精确地描述我们的地球重力场。

人类认识自然、改造自然的过程，就是一个克服困难的过程。在科学技术领域内，无论哪一行，每前进一步，都是人们辛勤劳动、克服困难的结果。只有那些勇于实践，善于思考，既能虚心地继承前人的成就，又能够客观地去总结自己实践的人，才能够成为科学上的尖兵。为科学技术的发展，前进，去突破前沿阵地。这样的科学家，古今中外举不胜举，他们为自己从事的事业秉一心而不移；他

表 3

纬 度 (度)	重 力 (伽)
0	978.046
10	978.203
20	978.652
40	980.178
50	981.078
60	981.930
70	982.623
80	983.073
90	983.223

们的成就，是人类科学宝库的珍贵财富；他们为后人攀登科学的更高峰，打开了前进的通路；人们沿用他们的科学成果，人们也怀念他们对人类科学事业发展的贡献。

对地球重力的研究，在伽利略、牛顿、惠更斯和克莱劳之后，英国的物理学家斯托克斯在 1849 年又提出一个新的见解。斯托克斯的见解是：第一，如果地球为一个水准面所包围（将地球表面 70% 的海水面，假设它静止时，将其向大陆延伸，得到一个封闭的假设曲面，这个面就是水准面），而且这个水准面的外部没有物质存在，水准面所包围的物体总质量，等于地球的总质量，如果这个总质量是已知的。第二，包围地球的这个水准面的形状是已知的。第三，地球绕地轴旋转的角速度，也是已知的。那么，

根据这三个条件，地球重力场就完全可以确定了。也就是说，根据上述的条件我们可以“找到”能够表达地球重力场的具体的数学公式，这样就可以确定地球对其表面以及它的外部空间，任何一点的重力作用了。这里所说的司托克斯的见解，就是地球重力场研究中，居于十分重要地位的司托克斯定理。这个定理在地球形状的研究中，是极为重要的。

有了司托克斯定理，似乎地球重力场的问题就可以解决了。但是，问题并不是这样简单。因为，应用司托克斯定理，求解地球重力场是有条件的。它要求包围地球的水准面外部，不存在物质。事实上代表地球表面的大地水准面，是平均海水面向大陆的延伸。这样的假想面的外部是存在物质的，不过这种在大陆上大地水准面之外存在的物质是可以在计算过程中设法用数学的方法消去的。这样，司托克斯定理尽管是有一定的限制条件，但它在实际中仍是有实用价值的。

司托克斯定理，早在1849年就提出来了，但当时不为人们所重视。因为应用司托克斯定理无论求解地球重力场，还是推求地球表面的形状，都需要地球表面测有均匀密集的重力点，这在当时还是难以办到的。特别是地球表面有70%是为海水覆盖，在水面上测定重力点，在当时还是办不到的。由于这些客观原因，当时司托克斯的理论还不为人们所重视。

时间老人的步伐从来没有停止过，100多年后的今天，地球表面的重力测量，无论从方法上，仪器装备上都有了极大的改进。1928年，荷兰的维宁·曼尼斯在海上施测重力成功，从此人们有可能在包括海洋在内的地球表面大

面积地取得重力测量资料。这样就有可能应用斯托克斯定理来研究地球重力场和地球形状了。这时斯托克斯的理论才为人们所重视。直到今天，斯托克斯的理论，仍不失为大地测量工作者进行地球重力场和地球形状研究的重要工具。

### (三)地球重力场的测定

地球的重力作用，对几乎所有的自然现象都有关系，地球重力场的影响所及，也几乎达到了科学技术的各个领域。正因为这样，现在世界一些发达的国家对重力测量都很重视。

重力是地球对其附近物体的引力作用。同一物体在地球上的不同点，所受到地球的重力作用不一样。重力随纬度变化的情况我们在前面已经谈过了。重力除了随纬度的变化而变化之外，也随着地面点的高度变化而变化。地面点的水平高度每升高3米，重力值大约减少3毫伽。这也就是，离地面愈远，重力值就愈小。对地球重力场的研究，首先就是在地球表面进行重力测量，也就是在按一定密度分布的许多地面点上，测定重力加速度(即重力值)。为了测定重力加速度，人们以重力有关系的物理现象为原理，制造成仪器，来测定重力的数值。例如：利用自由落体，根据物体下落的时间和距离来决定某点的重力值；利用振摆的摆动周期来确定一点的重力值；也可以利用负荷弹簧的伸长，在两点上比较弹簧伸长的差数来求取两点之间的重力差。重力测量的方法较多，但总的来讲就是两类，一是直接测定点上受力物体的重力加速度，称为“绝对重力测量”。另一是测定两点的重力差称为“相对重力测量”。在

一般情况下，现在多数是测定两点之间的重力差，并与已知点联测，由重力差推算未知点的重力值。

现代重力测量，主要是相对重力测量。国际上都是以德国波茨坦的重力点作为起算点，各地的相对重力测量都直接或间接地与此点相联系。用以推算本国或本地区的重力结果，这种推算的结果称为“波茨坦系统”。在50年代初期，我国开始建立了重力测量控制网，同时进行了国际联测，将我国的重力网与“波茨坦系统”联系起来。波茨坦重力点的数据，由富特万格勒和居能二人经过15年的努力，其中经过6年精细的观测，于1906年发表了他们的结果，精确度达到 $\pm 3$ 毫伽。这个结果，几十年来，一直被认为是最精确的数值。随着科学技术的发展，用今天的标准看这个值已经显得不够精确了。因为在一些国家，用现代技术进行的绝对重力测量所得之值，与它比较，发现当时的重力值偏大，大约偏大十几个毫伽。新近由艾利斯特聂尔于1969年用复摆又对波茨坦点进行了施测，精度达到 $\pm 0.3$ 毫伽。但是，这个结果比现代弹道重力仪所获得的精度，还要低一些。

现代重力测量，象其他科学技术一样在日新月异地发展着。随着技术装备的改善和提高，重力测量从大陆延伸到海洋、空间，直到大洋的深处，人造卫星出现以后，为研究地球重力场，开辟了一条崭新的途径。人造卫星绕地球运行，它的轨道就是在地球引力场中通过。卫星作为一个被吸引物体，它的轨道的变化，直接反映了地球重力场的变化。因此观测人造卫星研究地球重力场是一种有效的方法。目前一些技术先进的国家，正是利用这种方法研究地球重力场。有的国家正准备为研究地球重力场而发射专门

的人造卫星。

科学技术发展的步伐是很快的，20 世纪的今天，科学技术正在酝酿着新的突破，重力测量也同样面临一场新的革命。现代重力测量的特点，首先是精度要求高。在地球重力场的不同点，重力值的差异、变化，是很小的。由两极到赤道最大的变化不超过 5%，最大的重力异常值也不超过重力值的 0.05%。要测定这样极小的变化，自然需要很高的精确度。长期以来，重力测量是以测定相对重力为主。这种相对重力测量的结果，无法提供有关重力随时间变化的资料。可是，我们的地球，不论是公转，还是自转，都是在瞬息不停地变化着，这种变化也必将影响地球重力随时间而变化。所以，仅仅是依靠相对重力测量取得的资料，对重力随时间变化的结果就无法考察了。因此，发展高精度的“绝对重力测量”，直接测定地面点的重力值，是未来的方向。有的国家正在这样做了，高精度的弹道重力仪正在进行研制。

长期以来，人类对地球重力场的研究，无论从理论上、方法上、仪器装备上都有很大的改进。可是，地球重力场的研究，和其他科学相比，就发展的速度来讲，并不快，尤其是在理论方面。由于技术装备的改善，当前在重力测量资料的获取方面无论是在地面、海上、水下和空中，都有一些较新的发展。相比之下，在地球重力场研究的理论方面，在数据的运用处理方面，如何将获得的大量的实测重力数据，应用到地球重力场的研究，这方面，则显得落后了。

#### (四) 人类活动在地球重力场之中

人类生息活动在地球表面，即便是有人已经进入太空，

登上月球。但是，他们仍然以地球为出发点，受设在地面的基地的遥控指挥。从这个意义上讲，人类一刻也不能脱离地球，地球对它表面的物体具有重力作用，人类也可以说，就是生活在地球的重力场之中。我们还可以这样讲，自然界中的一切现象，几乎都和地球重力场有关系，生活在地球表面的人类，一刻也摆脱不了重力作用的影响。

节假日，当你提着菜篮、网袋，来到市场上，买上2斤鱼，3斤菜，再给你家里的老人或娃娃买上几斤刚上市的水果。这里的2斤，3斤，都是用秤称出来的，那么秤的标准是什么呢？这是地球对物质的重力作用。由于地球的重力作用，物体才具有重量。在普通物理学中三个基本单位之一的重量，就是这样来的。不管你是否注意，地球的重力作用对我们每个人，对我们周围的一切自然现象，时时刻刻都在起着作用。就是刚学会走路的小孩，不小心摔倒了，这也和地球的重力作用有关系。

既然一切自然现象，差不多都与地球重力作用有关系。因此，在科学技术的许多部门，要用到重力测量的资料。在自然资源的勘探方面，应用重力勘测，可以判断被上层新岩层覆盖，缺乏头露，难以直接研究地区的地质构造，为寻找矿床提供重要的参考依据。这种方法，尤其在石油勘探中应用较多。地球重力场象地球的磁场一样，是地球的基准标架之一。但是它的应用，在人们的日常生活里，比地球磁场更普通，更直接。人们要用地球的磁北方向来做基准，标定一个方向，最简单要有一个罗针，或者一个罗盘仪。而人们用地球的重力方向做基准的地方就很普遍了。我们平俗所讲的这个东西“立直”，那个东西“放歪”了，这里的“直”和“歪”实际是对地球的重力方向而言的。事实上，

正在用砖砌墙的瓦工师傅，不是从地上拿起一个碎砖头用一条线绳吊起来，就可以看出墙角是否垂直了吗？在航空和国防事业中，远距离飞行体的制导过程，有时就采用了重力陀螺仪，作为制导的基准方向。这种仪器在飞行过程中，能始终指出地球重力的方向，并以此为准，通过各种装置，对飞行体以重力方向进行控制，来保证正常的飞行。重力测量，对地震工作者来讲，是很重视的。有的地震工作者经过统计，计算，提出了重力异常是引起地震的主要原因。在地球物理中，重力测量也是极为重要的。利用重力测量的数据，可以测定地球的弹性、密度以及地壳的构造。在天体力学中，应用重力测量的数据，可以研究天体运动在……。

在大地测量中，重力测量的资料就更显得重要了。大地测量是建立国家控制网所进行的精密测量，包括三角测量、精密导线测量、水准测量、天文测量等。所有这些测量在野外进行过程中，仪器的设置是以地球重力方向为准的（也称铅垂方向）。地球的重力方向，由于受到地球表面形状，内部的物质分布等多种因素的影响，这个方向的变化是很复杂的。为了计算的方便，大地测量的各种测量结果，是归算到一个假设的规则椭球面上进行数学处理的。在椭球面上，做基准的是椭球面的法线。野外测量的基准铅垂线（重力方向）和椭球面上的基准线法线，两者是不同的，要消除这种矛盾，就要进行化算，在化算的过程中，重力测量资料是不可缺少的。在地球表面形状的研究中，就更显得重要了。我们知道就地球表面来讲，一点的垂线是与该点的地面垂直的，在不同点上，如果地球的表面形状发生了变化，那么与表面形状处处垂直的方向，也就随

之发生了变化。所以，研究地球的表面形状，从一定的意义上讲，就是研究地球的重力方向了。在工厂、矿山、铁路、交通和许多的工程建设项目中，都要进行地面点之间的高低测量。我们都知道，高程测量是以水准测量的方法进行的。从一个基准起始面开始，用水准测量的方法，测定地面点与点之间的高差，以推算地面点的高程，这是水准高程测量的基本方法。高程控制，是国家基本控制网之一，由于采用的起始面不同，就有不同的高程系统。在我国采用的是从平均海水面起算的“正常高”系统。不同的高程系统，在推算过程中都必须用到重力测量资料。

地球的重力作用，在勘探、测量、地球物理、宇宙航行……许多方面的影响是显而易见的。但是，在机械加工、材料合成这些方面有没有影响呢？随着科学技术的发展，人们对这方面的奥秘，也在逐渐揭开了。据有关资料介绍，在技术领域里，有一些合成材料，它们在理论上的强度，在实验测试中总不能满足。也就是许多材料性质的理论极限，比实际能达到的极限高得多，究竟是什么因素影响了材料性质，使之难以达到或接近理论极限值？人们开始怀疑，这是否与地球重力作用有关系？根据美国最近“天空实验室”的科研成果报告表明，重力的确是加工过程中影响材料质量的一个因素。例如，天空实验室曾进行了金——锆、铝——锌和铈——锡——铟三种合金的实验。这三种合金的组分，由于密度相差很大，在地面上熔融不能形成合金。但在重力影响较少的天空实验室中形成了。又如有的合金在地面形成没有超导性，可是在天空实验室中形成，就具有超导性。当然，到现在为止，科学家们还只是定性地知道重力在限制制造出完美的金属方面的重要

影响。但还不清楚重力是怎样施加其影响的？这并不为奇，科学的峰巅是没有绝顶的，在一定的时间里，人们只能达到一个相对的高度。昨天的难题，今天解决了，今天还不清楚的东西，可能在明天人们就认识了它的规律。

科学的迷宫里，有说不尽的难题，人类的智慧是无穷无尽的。在探索大自然奥秘的过程中，人们总是认识，前进，再认识，再前进，以至无穷。对地球重力场的认识也是如此。300多年前，伽利略的自由落体实验，开始揭开了地球重力作用的奥秘，他比公元前的亚里士多德前进了一大步。今天，人们对地球重力场的认识，比伽利略知道得更多了。

## 七、地球和她的卫星

周军启从初中开始就有记日记的习惯。他的日记内容“包罗万象”，样样都有，篇幅也有长有短，有的几个字，有的三言两语，有的也可能洋洋一大篇。不过在日记里较多的是关于科学技术问题的记载。这里有科技新闻的摘录，有对具体问题的个人见解，也有学习的体会、个人的感受。

在日记里，如果那一天记录的是专门的技术问题，他总喜欢在开始，用一个小标题把要记的内容标出来。这种写日记的方法，可能在一般人的日记里是不多见的。如果把日记分门别类地进行整理，又能够完整地表现一个个专题。周军启在进行专题研究，或者撰写专题文章时，他经常分类整理自己的日记，从中找出自己对这个问题的“日

常感受”，往往这些日积月累的素材成了他重要的“原材料”来源。关于地球和她的卫星在他的日记里就有过这样的记载：

四月廿五日            晴

### 恒星、行星和卫星

广播里已经广播，我国发射了第一颗人造地球卫星，这件事意义很大，它引起了人们极大的兴趣。对于卫星，人们并不陌生，我们地球的自然卫星——月亮，不是谁都见过吗？晴朗的夜晚，我们走到室外，向天空望去，满天繁星。勺星“北斗”，“天河”两岸的“牛郎”“织女”，……天文工作者为了区分满天的星辰，通常把它们分为三大类。第一类称为恒星，夜空中我们所见到的星星多数是属于这一类，它们在空间看起来好象不动，我们所说的“北斗”勺星，“天河”两岸的“牛郎”“织女”等，就属于这一类的星。我们的太阳也是恒星之一。第二类是行星，它们在空间绕着太阳运行，象水星、金星、火星、木星、土星……，我们的地球就是属于这一类的行星。第三类是卫星，它们是绕行星运行的天体，象木星就有好几个这样的卫星，我们的地球也有一个，就是月亮。所以，月亮是地球的天然卫星。人造卫星，是人工制造的天体，把它发射到空间去，使它绕着地球运行。现在世界上能够发射人造卫星的国家有好几个，发射的人造卫星已经很多了。

人造卫星，作为一门新兴的科学技术，引起人们的极大注意，那还是1957年以后的事。这一年的10月苏联发射了第一颗人造地球卫星。人造卫星的出现，是人类离开地球进入空间的开始，长期以来人们梦想冲出大气层，冲

出地球的引力，到空间去，到宇宙的深处去，现在这个愿望随着人造地球卫星的出现而开始实现了。地球是人类的摇篮，人类总不该永远生活在摇篮里。今天，人类已经开始离开地球母亲的怀抱，要跳出摇篮去探索新世界了。

虽然说人造卫星的发射这是 50 年代末期的事，可是发射人造卫星的思想和理论，很早以前就有了。17 世纪的牛顿曾经讲过，如果一个人抛出一块石头，用力愈大抛得愈远，当这个力大到一定程度，使抛出的石头获得某一个一定的速度，这块石头就不会再掉到地球上来了。这时的石头将获得“环绕速度”，它将绕地球按圆形轨道不停地运动。就今天人们所掌握的知识来讲，要推算这个速度也不算什么高深的理论了。

学过物理的人都知道，要使一个东西转圈子就一定要给它一个向心力( $F$ )，这个力的大小和东西的质量( $m$ )成正比，和速度( $V$ )的平方成正比，和半径( $r$ )成反比。也就是：

$$F = \frac{mV^2}{r}$$

假设一个石块在转圈子时，当它转到头顶上时，如果向下的地球引力等于所需要的向心力，这石块就正好转成圆圈。如果石块速度快，需要的向心力大，地球引力不够那么大时，还需要用劲拉住石头才行；如果石块速度太小，需要的向心力小，而地球的引力大，那么石块就循抛物线下落，转不成圈子了。这样，石块至少需要具备的速度  $V$  和半径  $r$ ，地球引力  $G$  有这样的关系：

$$\frac{mV^2}{r} = \text{向心力} = \text{地球引力 } mG$$

其中  $G$  为地球引力所引起的重力加速度。

因此：

$$\frac{V^2}{r} = G \quad V^2 = r \cdot G \quad V = \sqrt{rG}$$

如果  $r = 1$  公尺， $G = 9.8$  公尺/秒<sup>2</sup>，则

$$V = \sqrt{1 \text{ 公尺} \times 9.8 \text{ 公尺/秒}^2} \\ = 3.13 \text{ 公尺/秒}$$

如果我们要使石头所转的圈子的半径等于地球的赤道半径即 6378160 公尺，那么，这块转动的石头所需要的速度就是：

$$V = \sqrt{6378160 \text{ 公尺} \times 9.8 \text{ 公尺/秒}^2} \\ = 7906 \text{ 公尺/秒}$$

这就是当抛出的石头获得每秒 7.9 公里的速度，它就可以绕地球转圈子成为人造地球卫星了。物体在获得每秒 7.9 公里的速度后，可以成为人造天体绕地球转圈子，这个速度人们称之为“第一宇宙速度”或者叫“环绕速度”。物体所获得的速度越快，它绕地球的圈子就越大，当它获得每秒钟 11.2 公里的速度，那么这个物体就将飞出绕地球运动的圈子，成为绕太阳运行的一颗人造行星了。这个每秒钟 11.2 公里的速度，人们称为“第二宇宙速度”。如果物体获得每秒钟 16.7 公里的速度，这时物体就要离开太阳系，飞向宇宙的“深处”去了。这个速度人们称为“第三宇宙速度”。

物体在地球表面获得每秒 7.9 公里的速度，可以绕地球运动了，这仅仅是从运动的力学观点来考虑，实际上一颗人造卫星的发射要复杂得多。首先要有高级火箭把卫星送入高空，一个物体升得越高，地球对它的引力就越小，从那里推进它就越省劲。比如，在地球表面一个 90 公斤重

的物体，升到 6437 公里的高空，就剩 23 公斤重了，到 12874 公里的高度，就只有 10 公斤重了。把物体送于高空，地球的引力作用，也就是向下的拉力作用减少了。但是，由于物体升高，就好象地球的半径延长了，这时又要求物体加大速度才能绕地球运动。这样，升入高空的物体要获得环绕速度，就要考虑两个因素的影响。一个是由于物体升高，绕地球的旋转半径加大，需要的速度加大。另一个是由于物体升高，地球引力减少，所需要的速度减少。这两个因素一个要求物体的速度加大，一个要求物体的速度减少，哪个因素影响大呢？根据计算后者减得快，前者增得慢，两者的共同影响，要求物体的速度是减少了。如果我们发射一颗人造卫星，让它升入高空，到达月球的高度，这时地球和月球的距离按 384400 公里算，大约是赤道半径的 60 倍。这时卫星要获得环绕速度即所必需的速度，只是每秒 1.02 公里（这就是月球绕地球的平均速度）。

发射人造地球卫星，是现代科学技术发展的综合成果，是科学技术各部门的集体结晶。要制造高级火箭，就要研制高级燃料，就要研制耐高温的合金材料；要发射人造卫星，就要解决电子工程方面的许多问题，要有良好性能的电子计算机控制；人造卫星，作为人类的耳目进入空间，它要求有各种科学仪器来发挥“耳”“目”作用；要发射人造卫星，就要对卫星进行跟踪观测，就要有高精确度的通信联络系统。这样看来，人造卫星的发射，是人类科学技术发展的一个新的里程碑。

十一月十七日                      晴

### 人造卫星和千家万户都有关系

昨晚中国女子排球队，在日本大阪体育馆，战胜了最后一个对手日本女队，以七战七胜的成绩获得世界冠军。这是中国“大球”获得的第一个世界冠军，也是排球界几代人共同努力的结果。人们为女排的胜利所激动。在球赛之后已是深夜11点多钟了，可是院里几个年轻人还在高谈阔论，谈论这场比赛。球赛是通过人造卫星传送的电视播出的。其实几个小伙子高兴之余，他们还应该感谢人造卫星，因为人造卫星为我们传送了这场精采的比赛。

从苏联发射第一颗人造地球卫星“伴侣”号，到现在已经20多年了。20多年来，人造卫星技术有了很大的发展。世界上现在已经有几个国家能够发射人造卫星，天空中有几千颗卫星在运行。现在的人造卫星科学再不是发射初期那种“一掷千金”的单纯的科学探索了。现在的人造地球卫星已经成了“招财进宝”的生产手段，在发展国民经济，改善人民生活方面越来越显示了它的重要作用。

人类有史以来，一直生活在地球表面，地球表面的大气层障碍着人类对外部空间的了解。有了人造地球卫星这个新的“耳”“目”，人类就能够对外部空间进行详细的研究了。“大型”的人造卫星——天空实验室可以把人带进外层空间进行各种研究。研究反射短波通信的“电离层”，研究太阳短波紫外线和X射线，研究宇宙射线，研究星尘分布……气象卫星为天气预报搜集的气象资料，供给气象台，使气象台能准确地预报天气的变化，人们对晴、雨、风、云，就能够未卜先知。在通信卫星的帮助下，人们可以与

大洋彼岸的亲人通电话，也可以为千里之外的病人会诊。人造卫星能为大海航行的船只导航，能对陆地的资源进行调查。普查矿藏、勘测石油、预报洪水、发现虫害……人造地球卫星真可算一个生产多面手。每当晚上，当你辛勤劳动一天，下班回家，饭前茶后，坐在电视机前，那么通过卫星传送的电视节目，可以使你看到国际新闻，了解世界上发生了什么大事。卫星传送的文艺节目、体育竞赛，可以使你看到世界冠军的精采表演。人造卫星在各个领域应用的结果，可以说和地球上千家万户的日常生活都有着直接的联系。

十月九日            晴

### 卫星用于大地测量

上午在东苑宾馆二楼大会议室听了奥地利大地测量专家 LN 教授的学术报告。因为同行，内容听起来很吸引人，由于翻译同志不懂专业知识，对一些技术术语发生了困难，使报告听得不算顺利。

人造卫星用于对地球的研究是多方面的，据 LN 教授讲，在国际上比较重视的是通过卫星研究地球的形状，地球重力场的变化，地球的磁场等。在这方面发展较快的要算是“卫星大地测量”了。

测量是一门古老的科学，最初人们为了垦田开荒，发展农业生产要丈量土地；人们航海、旅行、进行战争需要各种地图；人们进行各种建设，兴修水利，开发矿山也需要进行各种测量；人们……

为了研究地球的形状大小，为了各种建设上的需要，为了绘制精确的地图，人们要在地球表面进行大量的测量

工作。这种测量工作的传统方法通常是在地面选定一些点，这些点一般相距几公里、十几公里，也可以达到二十或者三十公里，把这些点连结起来，构成一些连续的三角形。在这些三角图形中，用测量仪器测量它们的角度，或者测量各边的长度。在多数情况下是测量角度，称为三角测量。这样点与点之间的相对关系位置就可以一个一个地推算出来了。按照这样的传统方法，可以想象在大面积范围内进行测量工作，工作量是很大的。特别是对一些幅员比较大的国家，象我国有 960 万平方公里的土地，要完成这样浩繁的工作化费的人力、物力和财力是相当大的。为了解决这个问题，人们曾经设想用测量天体的方法来推算地球表面相距较远的点与点之间的相对位置。这就是所谓“恒星三角测量”。这种概念远在人造卫星出现以前，人们已经有了，但由于没有恰当的天体可供观测，所以这种设想在实践中，由于测量的结果精确度太低，而没有什么实用意义。我们知道距地球最近的天体，就是月球，就算我们来测量月球吧！月球的直径有 3476.4 公里，地球和月球的平均距离大约是 384400 公里，这样大的目标，这样远的距离在测量的过程中是无法取得精确的观测结果的。对月球的观测就是有 0.01 秒的误差，就可能引起地面点 20 米的位移。这样的精确程度，对现代科学技术的需要来讲，无论如何也是不能满足了。人造卫星出现以后，人们对人造卫星的测量情况就大为改观了。与月球相比，人造卫星距地球比较近，以 1000 公里为例，在这个范围内就是观测有 1 秒的误差，引起地面点的位移也只有 5 米。而且，人造卫星体积很小，可以当成点状天体进行观测，精确度就高了。另外，专门发射为测量用的人造地球卫星，它们

根据测量的特殊需要可以装有特别装置。如闪光信号系统，用于供激光测距的反光镜以及用于无线电跟踪测量的应答机等。现在，专供测量用的卫星已经发射了几颗，正在太空遨游，卫星大地测量以新的方法，新的装备，别开生面地向人们提供着广泛、精确的有关地球的资料。

十月十日            晴

### 卫星大地测量的方法

LN教授的学术报告按计划应该是讲三次。今天是第二次，下午参加的人比较多，增加了一些较年轻的同志，这样，会场上听众的“平均年龄”看来要降低一些了。今天的翻译是一位懂专业的同志，与上次不一样了，翻译得准确流畅，使人听起来声声入耳，效果自然也就好一些。

卫星大地测量，是本世纪60年代发展起来的一门新技术，它是通过对人造卫星的观测，达到地球表面测量的目的。也就是通过对人造地球卫星的观测，计算，求得地面点与卫星的距离方向，借以推算地面观测点的坐标位置；多普勒测量，是直接获得频移，并自动显示地心坐标有关的记数，从而求得地面点与点之间的相对位置。为测图、国防施工、勘测设计以及研究地球的形状与大小、地球引力场、地壳的变化等科学目的提供地球表面的测量数据。

在卫星大地测量中，由于所采用的空间坐标不同，可以分为几何方法和物理(力学)方法两种。采用几何的方法，进行测量时，空间坐标系统的原点可以任意选定，选定了坐标系统以后，在观测计算过程中，卫星和地面点的位置，就以这种坐标系表示。

当采用物理(力学)的方法进行卫星大地测量时,就不同了。在物理方法中,卫星和地面测站点的位置,在空间表示它们的坐标系的原点不能任意选择,而必须是地球的质心。在以地球质心为原点的坐标系中,地面观测点的位置用三度坐标  $x, y, z$  表示。而人造卫星在空间的位置就不是直接以三个直角坐标变量  $(x, y, z)$  表示,而是以卫星轨道的六个参数来表示。这六个参数是:轨道的长半径  $a$ , 离心率  $e$ , 轨道平面与赤道平面的倾角  $I$ , 卫星从南半球进入北半球的升交点到春分点的角距  $\Omega$ , 近地点到升交点的角距  $\omega$ , 卫星进入近地点的时间  $T$ 。当然轨道参数也是  $x, y, z$  三个变量的函数。对卫星轨道,所以要这样表示是为了应用中的方便。因为根据开普勒关于行星运动的三大定律,我们知道人造地球卫星运动的轨道,必定是在通过地球质心的平面内。卫星轨道参数的变化,与地球引力作用有关,也就是与地球引力场的变化有关。正是由于这个原因,这种测量方法才称为物理(力学)测量方法。在采用这种方法的测量中,除了和采用几何的方法一样能推求地面点的坐标位置和地球的形状与大小这些数据之外,还可以推求地球引力场的变化情况,从而能获得描述地球引力场的资料。

在卫星大地测量中,由于所采用的装备,观测手段不同又可分为光学和电学两种方法。光学法是在地面观测站用照像的方法,进行摄影观测。这种方法是用光学摄影仪器,对以恒星为背景的人造卫星进行摄影,摄影以后在底片上同时记录下卫星和恒星的影像(线或点)。因为恒星的天文坐标是已知的(在天文观测中制有专门的已知星表,可以从星表中查出恒星的坐标值)。这样,可以根据在摄影观

测的底片上记录下来的卫星和恒星的相关位置，经过一定的数学处理，求得卫星在空间的方位(以角度表示的在空间的方向)。有了这样一些方向数据之后，就可以根据地面观测点与卫星在空间的位置所构成的空间图形(三角形)，再根据已知数据对这些图形进行数学解算，就可以推求出未知点的坐标，这样点与点之间的相对位置就确定了。在光学观测方法中，除了摄影的方法测定卫星的方向外，还包括用激光的方法测量地面点到卫星的距离，用测定的距离数据，也同样可以达到上述测量的目的。所谓“激光测距”，就是人造卫星上带有激光反射器，地面上的观测站发出的脉冲激光，经卫星反射回地面。地面站同时记录下从发射到接收的时间。这样，根据光的传播速度，可以求出往返光的行程是地面观测站到卫星距离的两倍，从而求得地面点至卫星的距离。目前，世界上无论是摄影法测量卫星的方向，还是激光测距法测量卫星的距离都可以获得很高的精确度，前者可以达到1秒或者更高，后者可以达到分米级的精确程度。

用光学的方法既可以测量空间卫星的方向，又可以测量卫星的距离。虽然如此，对测量卫星来讲，这还只解决了问题的一部分。因为卫星在空间是运动的，地面站也随着地球的自转而运动。这样，要确定卫星和地面站的相对位置，还必须加一个条件，就是测定观测那一瞬间的时刻。有了观测瞬间的时刻，这样卫星和地面点的位置关系就“绝对”的确定了。有了这些数据，根据观测的结果，就可以进行数学处理，解算出所需要的结果了。

在电学方法中，目前国际上使用较多、效果最好的是“卫星多普勒测量”。

提起测量，人们很自然地想到那些野外勘测队员的生活。为了几个测量数据，他们披星戴月，风餐露宿，战斗在荒原戈壁；他们出深山，入老林，攀登在荆棘横生的峻岭丛山；雪山之上，他们与白云接吻；在沙漠之中，他们与黄羊为伴；无人问津的大草地，他们第一个留下自己的脚印；沼泽岸边，他们燃起篝火过夜；建设时期的游击队员，他们辛苦了！如今的卫星多普勒测量，从事这项工作的测量工作者，就是另一番景象了。你看，他们在一间整洁的房间里，观测员安闲自得地坐在椅子上，他面前的办公桌上放置一台象一架台式收音机大小那样的仪器。按照预定的时间，观测者轻轻地打开仪器上的开关。这时一颗肉眼看不到的人造地球卫星，正从天际升起，于是各种信息便随着电波从架设在室外的天线，经过一根电缆传进了仪器，最后被记录在磁带上。十几分钟以后，与电子计算机连接在一起的电传打字机就自动将这次观测的结果——天线中心点在地球表面上的坐标位置和高程自动地打印出来了，一个点的测量成果就这样获得了。

所谓卫星多普勒测量，是利用测量电磁波的多普勒效应，来测定由地面点至轨道上不同卫星点的距离差，用这些距离差来推算地面点的位置。什么是多普勒效应呢？这是由奥地利的物理学家多普勒(1803~1853)发现的一种物理现象。如果发射某种稳定频率的物体(波源)与观测者之间有相对运动(径向距离发生变化)的话，则观测者接受到的频率，与波源发生的频率不同。当两者相互接近时，接受到的频率升高，反之则接受到的频率变低。在日常生活中，我们可以发现这样的例子。例如，一列长鸣而过的列车(假定其频率是稳定的)呼啸着驶过车站时，所听到的

汽笛声越来越高(频率由小变大)。当列车从车站驶过,并逐渐远去时,这时听到的汽笛声也就逐渐由高变低(频率由大变小),这就是多普勒效应的一个实例。

在卫星大地测量中,不管采用光学法还是电学法,也不管设备和计算方法怎样不同,最后所测得的数据总不外乎是地面点至卫星的距离,方位和观测那一瞬间的时刻等基本数据。这些观测数据,与地面点的位置(坐标)和卫星在空间的位置之间,有着严格的数学关系。在不同情况下,根据观测所得的数据,运用上述三者之间的数学关系进行解算,就可以求出地面点与点之间的相对位置、地球的形状与大小的有关数据,以及地球引力场变化的情况等。这样,卫星大地测量的目的也就达到了。这些观测结果的计算,当然是很繁杂的,但是现在利用快速的电子计算机进行计算,这已经不是什么难题了。

十月十二日 晴

### 卫星大地测量系统

上午仍在东苑宾馆听了LN教授的最后一次报告,这次LN教授主要向与会者介绍了卫星测量系统的设备情况和卫星“多普勒测量”的发展情况。

在进行卫星大地测量过程中,要有一个完整的工作体系。这个体系从地面到空间主要由这样几个部分组成。当然在这个体系中,首要的是要有供观测的人造地球卫星。这种卫星要载有各种供观测用的特殊设备。如:供激光测距用的激光反射器,稳定的振荡器播发稳定的频率供多普勒测量用……。这样供观测用的卫星,它的轨道一般要接近圆形,轨道的高度一般在900~1200公里之间,轨道应

该是通过地球两极。当卫星围绕其轨道旋转时，地球也在不停地自转，从而使得卫星与地球上任一点的相对位置不断变化。如果有几颗这样的卫星，就可以保证地球上任一点在一定的时间内都可有一次卫星通过，这样进行观测就方便了。卫星还要能连续稳定地播发信号，供地面观测站收录以取得有关的已知数据。

除了上述天空中的卫星和它所带的专门设备以外，还应该地面跟踪网(也称地面支持网)。这一部分一般包括地面跟踪站，计算中心，天文台，控制中心和注入站等。跟踪站是不断地对卫星进行跟踪观测，并把观测结果传送给计算中心的。由计算中心将观测数据进行计算处理，计算出卫星的轨道数据。天文台是为了接受卫星发出的时间信号，与世界时进行比较后并对时间进行修正计算，使卫星的时间信号的精确程度，保证在合要求的范围内。控制中心，是将卫星发出的数据、信号传到各个需要的部门。至于注入站，它有两个作用：其一是接收整理和记录由计算中心转送过来的数据信息，其二是将这些信息发送给卫星的存储器，并还要对注入情况加以检查。

在卫星测量的整个工作体系中的第三部分是地面接收设备，或者称为用户设备。这些设备包括各类接收机，如：多普勒接收机、天线装置、记录装置、专用电子计算机、地面摄影机、激光测距仪和各种计时装置等。

卫星测量，作为一门新技术，还在发展。除了上述的光学法的摄影和激光测距和电学法的“多普勒测量”外，尚有别的方法，但多属于试验阶段。目前在国际上应用较多的，仍是上述的几种方法，尤其是卫星“多普勒测量”。因为这种方法，目前无论在节省时间、经费以及精度等各方面都

优于其他方法。

卫星测量的发展，从60年代初期算起，已经有20年的历史了。由于它不断地取得进展，至今还以方兴未艾的势头，在各方面不断地发展。远在50年代后期，第一颗人造卫星出现以后的短短几年，由于观测人造卫星所获得的关于地球重力场以及有关地球形状方面的资料，已经超过以往数十年来人们在地面辛勤测量的劳动成果。虽然当时的卫星并不是专为解决测量问题而专门发射的。可是这些宝贵资料的获取，为启发人们发射专门的测地卫星打开了思路，也为专门测地卫星的发射，提供了宝贵的新知识，为发射专门的测地卫星打下了可靠的基础。

在经过一次发射失败之后，美国于1962年10月31日发射了第一颗测地卫星。这颗被称为“安纳”的卫星，可以说是测地卫星的先行者。今天载有专门设备的测地卫星已经有6颗，它们遨游太空，不时地播发各种信号，服务于导航、测量。这些卫星是美国发射的，十多年前已经开始商营，提供给国外用户使用。以后美国又发表了用卫星多普勒测量建立大地测量控制网的实验结果。从此以后，在国际上竞相研究卫星多普勒测量，使这种方法发展很快。测量是一门古老的科学，长期以来人们依靠双手，运动双脚，借助于简单笨重的装备在地球的表面进行了大量的工作。无论是对地球形状与大小的研究，还是为工程建设，测绘地图的需要，都提供了大量的资料。在20世纪的今天，人类已经进入太空时代。科学技术在飞速地发展。今天我们已经能通过卫星多普勒测量，直接测得地球表面点的地心坐标(以地球质心为原点的空间坐标系)，而且这种测量简便、迅速、效果好。这种以地球质心为原点的地心坐

标的用处是十分广泛的。当然仅仅为了地形测图的控制来讲，地心坐标和一般的大地坐标并没有什么多大的区别。可是，对许多空间技术来讲，就显得十分重要了。比如，导弹、人造卫星，它们都是绕地球质心运动的，只有采用以地球质心为原点的地心坐标系，才便于表示出它们在空间每个时刻的位置来。特别是远程导弹的发射，为保证导弹的正确飞行和命中目标就必须要有精确的地心坐标。

人类生活在地球表面，地球表面每天都在变化着。一个人，对他的身体发育，健康状况是要经常检查的，头痛脑热要请医生，量量体温。对于我们的地球表面，也应该这样。我们应该了解地球每天在发生什么变化，它是膨胀了，还是缩小了？大陆是否在漂移，地震能不能发生？海底蕴藏着什么？石油埋在哪里？……这许许多多的问题都有待人们去解答。卫星测量的结果将为人们在这方面提供有价值的资料。

象所有的事物都不会是十全十美一样，卫星测量虽然很先进，但仍有它自身的问题尚待解决，因而也有它的局限性。但它对地球表面的大地测量所起的巨大作用是无可怀疑的。国际上技术发达的国家正在计划更完善、更大的卫星大地测量计划。到 1987 年为测地侦察和研究地球引力场等将专门发射人造卫星，可能达到 18 颗。其他的装备、设施也将随之发展。

## 八、地球发脾气的时候

### (一)

科学院召集的“地学会议”正在西安举行，来自全国许多单位的 200 多名代表出席了会议。“地学”，也就是地球科学。与数、理、化、天(天文学)、地(地球学)、生(生物学)统称为“六大基础科学”。会议进行得紧张热烈。全国与地学有关的许多单位，包括院校、科研、生产等许多单位的代表，他们在一起结合自己的专业情况对地球科学的发展、未来，进行了讨论。

这次虽然是“地学”会议，按理说“地学”涉及的内容很广泛，包括地质、地理、地球物理、大地测量……。但这次会议谈得最多、与会者意见最集中的是关于地震方面的问题。这也是会议组织者的意图，想通过这次“地学会议”集中听听有关地学各个学科对地震方面有些什么看法。地震之所以这样为国家和地学工作者们所重视，不是没有原因的。近几年在我国四川、云南、辽宁、唐山一系列的强烈地震，给人民的生命财产带来了很大损失，特别是 76 年的唐山大地震后，地震越来越引起人们的重视了。

地球是人类的母亲，她温和慈祥，哺育着 40 多亿子女。她以体外的大气层保护着人类，不受太阳强烈辐射的损害；以她的大气层保护了地球表面水分不至于飞散到太空去，使地球表面象一个大温室；地球以她表面的水分和

土壤，滋养着人类，给予我们衣食之足。地球的体内有丰富的矿藏资源，任凭人类开采提取，只要你有技术有力量，就是掘开她的心脏，她也没有怨言。为了人类，她可以献出躯体的每个部分；为了供养几十亿“子女”，向太阳取光，采热，她昼夜不停地周身转动；她带着“全家老少”年复一年地绕着太阳跑圈子；我们的地球母亲实在是辛苦！地球母亲，贤惠、可亲，她对人类可算是全心全意了。

天下的事物无不具有双重性，空间的一切大概都不会是完整无缺的。金不能足赤，人不会十全十美。我们的地球母亲对我们，对人类，有她慈祥可亲的一面。同样，我们的地球母亲，她也有很大的脾气。每当她脾气发作，盛怒不可止的时候，她身体的某一部分就会发抖，或者是眼冒金光，口喷烟雾。前者是地震来临了，后者是火山爆发了。每当这个时候作为子女的人类，总有一部分要遭受痛苦，甚至陷入一场灾难之中。

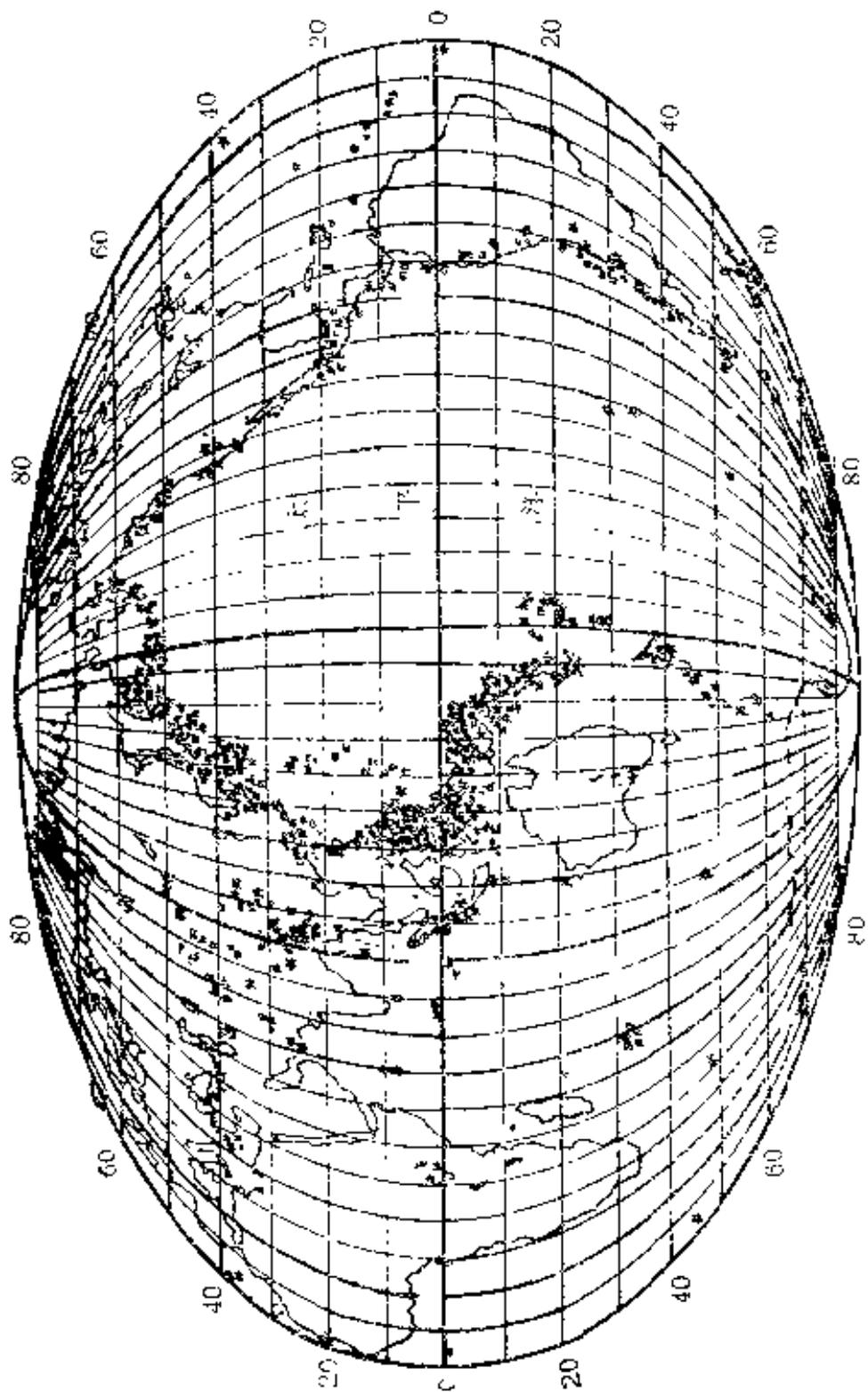
## （二）

地震是一种自然现象，正象茫茫的大海有时会波涛汹涌，晴朗的天空突然能风云变幻一样。平静的地球表面可能突然间“地光”闪闪，蓝里发白，有点象电焊火花那样颜色的闪光，一下子笼罩了大地，可达几十秒钟。这时候“红光遍邑，人畜皆惊”。紧接着就是“地声”隆隆，象闷雷一样的声音不断传来，大地发生抖动，严重的还可能地面裂缝，冒沙、冒水。成片的建筑物可能在一瞬间倒塌，繁华的城市顷刻间成为一片废墟，成千上万的人被夺去生命……

关于地震，目前科学家们还不可能把一切问题解释清楚，致力于地震研究的许多科研机构，专家学者们，对有

关地震的不少重要问题还没有统一的认识，有的还正在研究之中。但有一点是肯定的，地震的发生，是地球最外边这一层岩石构成的地壳运动的表现。是震源(震动的发源处)所在处的物质发生形体改变和位置移动的结果。就整个地球表面来讲，地震的发生无论是次数和强弱程度，在不同地区是不一样的。人们根据长期以来，特别是从本世纪初以来，对世界地震观测资料的统计发现，世界上地震的发生大体上集中在以下两个地带：一个是环太平洋这一带，包括南北美洲、太平洋沿岸和从阿留申群岛、堪察加半岛，经千岛群岛、日本列岛南下至我国台湾省，再经菲律宾群岛转向东南，直到新西兰。世界上绝大多数地震发生在这一带，被称为“环太平洋地震带”。另一个是从印度尼西亚经缅甸至我国横断山脉、喜马拉雅山区，越帕米尔高原，经中亚西亚到地中海。这一带地区地震也很多很强烈，但稍逊于环太平洋地带，称为“喜马拉雅——地中海地震带”。我们的祖国正好处在这两个大地震带之间，所以是一个多地震的国家。

对地震规律的认识，人们还不能做到据今天的理论，去推断未来的结果，更多的知识还是凭借着对过去的资料统计和分析。我国是世界文化发达最早的国家之一，关于地震的记载，有着悠久的历史和丰富的资料。这些宝贵的资料，在客观上成了我国地震工作者研究我国地震规律的重要依据。我们的国家幅员辽阔，从历史上看地震的发生，在不同省区差别很大。台湾省位于环太平洋地震带上，西藏、新疆、云南、青海、四川(西部)等五省区，位于喜马拉雅——地中海地震带上，或与之密切相关，这一部分地区是我国地震最多也最强烈的地区。其次位于阴山——燕



地震带分布图

山以南，祁连山——秦岭以北的地区包括京津地区、河北、山东、山西、陕西、甘肃、宁夏、河南及辽宁南部，这也是一个地震活动较强烈的地区，不过比前面几个省区差得较多。历史上强烈地震较少的地区是不是就不存在地震的危险了呢？这有两种情况，一是那里缺少发生大地震的地质条件，这样过去没有发生过大地震，今后也可能不会发生。另一种情况是过去记载不全，或者过去虽未发生大震，但从地质条件上看还有发生大震的可能，这就需要注意了。

1966年河北省邢台地震以来，我国几乎每年都有较强烈地震发生。特别是从河北到辽南这个地区的地震，10年来明显的加强了，这个地区又是我国人口比较稠密的地区。地震给人民的生命财产造成了巨大的损失，象1976年的唐山大地震，对人民生命财产造成的惨重损失，到现在，人们还记忆犹新。据历史上的记载，3000多年来我国曾发生五级以上的地震2100多次，其中8级以上的大地震有17次。明代嘉靖三十四年十二月十二日（1556年1月23日），半夜发生的关中大地震，波及面积除陕西、山西外，还有甘肃、河北、河南、山东、湖北、湖南等省的185个县。当时正是人们熟睡的午夜，发震地点又处在人烟稠密的渭河下游，因此造成了人口的大量伤亡，据记载有82万人在这次地震中失去了生命。特别是山谷窑洞的居民死亡更惨，据称“穴居之民，谷处之众，多全家压死，而鲜有脱者”。这次地震使震中地区的房屋建筑几乎全部毁坏。在这里，地裂、地陷、山崩、滑坡几乎到处可见，庙宇、亭阁、衙署、民房和城墙尽塌，城门陷入地中，华州墙无尺竖。

1920年12月16日晚7时，宁夏的海原、固原、隆德及甘肃的会宁、通渭、靖远等县发生的强烈地震达到了

8.5级，当时地处北京的电灯发生摇摆，远在上海的人们都有感觉。地震影响的地区达到300万平方公里，据估计当时死亡的人数不下20万人，震中区的死亡更是惨重，例如海原全城覆没，死去7万多人；隆德人口共8万，死掉了3万7千余人。宁夏、甘肃一带，人口稀少，竟然死去这么多的人，可见当时灾情之重了。震中区的几个县山崩土裂，村庄压没，水道阻塞，满目凄凉。当时的报刊曾有这样的描述：隆德“西北各村……人多依山为宅，借崖为窑，山崩则宅没，崖塌窑覆，有移宅基在数里之外覆压在数十丈之深者……诚千古未有之奇灾也。”

### (三)

地震的灾害竟能这样可怕，地球母亲“发怒”的后果如此严重！人们肯定会问：地球为什么“发怒”？地震产生的原因是什么？我们已经说过了要把这些问题，给一个圆满的答案，在现阶段还不可能。因为这些问题的某些根本原因还有待于进一步探讨。不过事实告诉人们，不管发生地震的根本原因是什么，最后总是那里的岩石发生了破裂。所以，说到地震发生的原因，自然必须先从地球的内部构造谈起。

我们的地球母亲，她的“体内”构造很复杂，根据物质状况的不同，归纳起来可以分成三层。即地壳、地幔、地核三个部分。

地球最表面的一层称为地壳，主要是岩石构成的，平均厚度约33公里。大洋底下的最薄，一般不到10公里。大陆部分地壳较厚，高山区最厚，据测量我国青藏高原厚度达到70公里左右。

地壳再往里的一层称为地幔，它的上部分也有一层岩石。在这个岩层之下的地幔物质，温度很高，具有塑性，可以在力的长期作用下，以一种半粘性流动的形式，缓慢地改变形状。地幔的厚度大约是 2900 公里。

地球的最里面的一部分称为地核。对地核部分人们还缺乏了解。它的外部表现出液体的某些性质，在内部则可能存在着一个半径为 1000 公里的固体内核。

地球的内部结构，按上面所讲的三层我们来打一个比方的话，地球象一个煮熟了的鸡蛋，薄薄的地壳象是鸡蛋皮，第二层地幔好比鸡蛋清，最里面的地核就象是鸡蛋黄了。

如果把地幔上部分的那层岩层和地壳合起来计算，它们总厚度最多也只有 100 公里。这个岩石构成的圈层和整个地球比起来，只不过是薄薄的一层表皮。可是，绝大多数的地震，就发生在这个地球最刚硬的部分，也就是发生在地球的这个表皮部分。地震的发生，就是在力的作用下，地球表层的岩石发生了破裂的结果。

岩石具有受力后发生破裂的性质，这是它会变裂的根据，但必须有力作用才行。在地下存在着各种形式的力的作用，这些力会在地下的某些处所积累加强，“引而不发”，一旦增大到使那里的岩石承受不了时，破裂就发生了。许多研究的结果表明，在这个变动的过程中起主要作用的是地壳的运动。在地壳运动的过程中，地壳的不同部位受到了挤压、拉伸、旋扭等力的作用，在那些构造比较脆弱的地方，就引起岩石破裂，引起断裂变动。这种变动成为地震的主要原因，全世界 90% 以上地震，就是由于地壳的断裂变动造成的，这类地震称为“构造地震”。此外火山爆

发，洞穴坍塌等也可造成地震，但数量、规模都小。因此，专家们说，“地震是现今地壳运动的一种表现”。

#### (四)

“地壳在运动”，说起来似乎不可思议，在人们的印象中大地最安稳不过了。其实，物质世界是一个运动着的世界没有一成不变的东西。就是在精神领域里，由于对物质的依从关系，也没有绝对静止的概念。空间的一切事物都在运动、在发展、在变化。只是有的事物变化得快，瞬息可见，有的事物变化得慢，千百万年以后才能显示结果。地壳的运动，实际上从古到今，一直没有停歇过。我这样说是有根据的，因为在地球母亲的躯体上保存了许多地壳运动的痕迹。

宋朝著名的学者沈括，在宋辽对峙，边防紧张的时候为了公务来到了太行山区。在太行山东麓的山崖间，他发现了大自然的奥秘。他看到夹有许多螺蚌壳和卵石，它们沿水平方向排列好象一条带子。在河边和海边，螺蚌壳和卵石并不是什么稀奇的东西，但是在这高山地区的大量出现，就发人深思了。沈括当时正确的指出，这里是从前的海滨，那东边的平原本是一片汪洋大海，后来才被泥沙充填成了陆地。过了800多年以后靠着现代科学的帮助，人们才发现原来河北平原在下降，太行山却在上升。当初的河北平原曾经被海水淹没，我们的首都北京，在很早以前原来是个海湾。只是由于海河、黄河这些河流不断把大量泥沙带来，将海底充填，补偿了地壳的下沉。假若不是这样，今天的河北平原、繁华的北京城将还是“一片汪洋都不见”。

地壳在运动，地壳在变化这种证据许多地方都可以找到。人们早就测出格陵兰岛和欧洲的距离在不断增大。近年来有人在北美洲沿太平洋岸一条大断层附近，测到断层两侧地壳在相对向右旋转，平均每年移动的距离不过 1.32 厘米。珠穆朗玛峰所在的地区很久以前还是海底，它以每年 2 毫米的速度不断上升成了地球上最高的地方，雄居五岳之首的泰山，它的最高处玉皇顶 100 万年以前还只有 1000 米高。后来由于地壳的变化，它以每年 0.5 毫米的速度不断上升，到今天，它在我国东方成了群山之首，驰名中外，极顶高度已经是 1500 米以上了。它的雄伟多姿，成了人们涉足攀登的胜地，古今中外多少帝王将相亲临登攀，数不尽的文人墨客为它题词命句。地震的本身，也说明大地在运动。地球上天天都有地震发生，而且多则一天可以发生 1 万多次，一年约有 500 万次，这些地震大多是很小的，只有用灵敏的仪器才能测出来，大约有 1% 才能为人们觉察出来。我国 1966 年的邢台大地震，1970 年的通海大地震和其它许多大地震中都留下了地壳运动的痕迹。在 1976 年唐山大地震后许多地方都观测到，地壳的某些部分，在水平方向移动了 1 米多，垂直升降也达到了几十厘米。

地壳在运动，这是确定无疑的了。是什么原因促使地壳运动？这还是一个尚未解决的问题。长期以来，人们对地壳的运动，进行了许多研究，但总没有得出一个满意的答案。人们曾从热胀冷缩的原理出发，设想地球在冷却收缩，或变热膨胀。由于这种收缩或膨胀的作用，导致了地壳运动。以后由于实践的证明，这种见解是错误的，所以现在很少有人再提了。

近来国外流行另一种看法，认为地幔里的物质，因冷

热不均而对流，带动了地壳，导致了地壳运动。这种观点，只是对现象的一种假设性的解释。我国已故的著名地质学家李四光，他总结了前人的经验，经过调查研究和模拟实验，提出了另外一种看法，认为地球自转速度的变化是地壳运动的主要原因。科学上的不同见解，学术上的诸家争鸣，这是正常的事，只有实践的检验才能对各种答案作出最终的判断。对于地壳在运动的原因，虽然还没有定论，有许多问题尚待探索，但有一点可以肯定，那就是地壳运动是由于地球内部物质运动的结果。地球的内部，有许多能量，象地球自转产生的能，地球内部放射性物质产生的能，地球的重力能……可能就是这些能，它们促使了地壳的运动。

#### (五)

地震的产生，大地的抖动，特别是那些强烈的地震，释放出来的能量是很大的，一个五级的地震，相当于安放在岩石中爆炸的2万吨黄色炸药(TNT)的能量。我国甘肃省刘家峡水电站(122.5万千瓦)工作八、九年所发电量的总和只相当于一个8.5级地震释放出来的能量。当然8级以上的地震发生的机会是不多的，就我国来讲，历史上发生8级以上的大地震只有十几次，最多也不会超过20次(据统计是17次)。

强烈地震发生时，首先是它的震动冲击房屋、桥梁、水坝等各种建筑物，造成灾害。其次在地面产生裂缝及位置错动，沉降隆起，喷沙冒水等现象，也会严重的破坏房屋、道路和园田。地震造成的山崩、滑坡、泥石流、海啸有时比震动造成的损失还要大。当然这种情况的产生是有

一定地区条件的。比如象喷沙冒水多见于平原地区，特别是河边、湖边、海边。山崩、泥石流等则多见于多雨的山岳地区。

地震的发生及其所造成的破坏是多方面的，但强烈地震发生时，首先出现的灾害最普遍的是各种建筑物的破坏，大量的伤亡是房倒屋塌造成的。由于在大城市，大工矿区人烟稠密，地震的破坏性就更为严重。在同一个地区由于建筑物的质量不同，损失也不一样，在同样的震动下有的建筑物可能倒塌损坏，有的可能屹立不变经受住地震的考验。1966年3月22日16时19分河北省邢台地区发生了7.2级强烈地震，给当地的建筑物造成了很大的破坏。可是距离震中只有30多公里，横跨汶水的赵州桥仍旧安然无恙。

提起赵州桥，知道它的人很多，这是我国有名的古代建筑。民间流传的“小放牛”就有这样的唱词：

赵州桥是什么人修，  
玉石的栏杆是什么人留。  
什么人骑驴桥上走，  
什么人推车轧了一道沟。

× × ×

赵州桥是鲁班爷爷修，  
玉石的栏杆是圣人留。  
张果老骑驴桥上走，  
财王爷推车轧了一道沟。

我们且不管鲁班爷和圣人怎样和赵州桥发生了联系，也不管是否有张果老和财王爷过桥。有一点可以肯定，“赵州桥”名闻天下，是我国古代建筑的代表之一。其实这

座有名的古桥是由隋代工匠李春设计施工的，它建于公元605~617年之间，到现在已有1360多年的历史了。赵州桥一带是多地震地区，桥在建成以来，已经受了多次地震，至今仍基本上保持原状。这是什么原因？因为这座桥，建造的质量好，修得特别结实，因此，它经受住7.2级地震的冲击。这说明在地震地区提高建筑物的质量，增强建筑物的防震能力，是可以防止地震对建筑物的破坏的，也说明地震造成的损失是可以预防的。

### (六)

地震是一种自然现象，对这种自然现象能不能找到规律，进行预报呢？对这个问题说法不一。一部分人认为地震的成因复杂，神秘莫测，是不可能预报的。更多的人认为地震和风雨等自然现象一样，是可以认识的。目前许多国家正在就地震预报的问题进行研究。也取得了一些进展。但从总的情况看，人们对地震规律的认识只能算刚刚开始。由于地震是地壳岩层受机械力的作用产生的，是一种物理现象。同时，地震是在地壳中发生的（多数发生在地下5~20公里处），所以地震又是一种地质现象。地球的物质组成有它特殊的形式，地壳的各部分也是很不均一的，因而地震的发生寓有很大的复杂性。正是由于它的复杂性，人们对地震的预报还没有达到令人满意的程度。地震的预报自然也没有多大把握。

由于地震会造成严重的灾害，现在许多国家比较重视地震预报的研究，特别是处于地震带附近的一些国家。比如位于太平洋周围地震带的美国，它的西部沿太平洋岸有一条巨大的活动断裂带，它又是著名的地震带，美国人也

布置了不少仪器台站进行观测监视。但是，在1971年2月9日，一次6.6级的地震突然袭击了这一带上的城市洛杉矶，由于事先并没有察觉，结果一次震级并不太大的地震造成了大约5亿美元的损失。以后由于一些科学工作者的努力，预测地震有些进展，据报道，到目前为止他们已预测到了4次地震。日本，也在太平洋地震带，是一个多地震的国家。他们对地震进行了长期的研究，但在预报地震方面也不曾取得重大的突破。在我国，也开展了预报地震的工作，并取得了一定的成绩，象71年3月23日和24日新疆乌什两次6.3级地震，75年2月4日辽宁海城7.3级地震，76年8月16日四川松潘、平武7.2级地震等都曾经进行了较好的震前预报。特别是群众性的地震预报活动中总结了许多临震前的预兆现象，这些地震的前兆现象，对地震的预报有重要的参考价值。比如：

雷雨欲来，风云剧变。  
大震之前，前兆纷现。  
宏观前兆，肉眼可见；  
井水升降，翻花打漩；  
大小动物，惊恐不安；  
黄尘四塞，蔽日遮天；  
怪风呼啸，砂石扑面；  
酷暑恶寒，扰人心弦；  
特大水涝，百年奇旱；  
八月飞霜，严冬花艳；  
地泡地气，臭味可辨；  
地声隆隆，地光闪闪。  
微观前兆，仪器侦探；

地应力场，应是关键；  
断层位移，地壳形变；  
活动构造，紧密相联；  
小震大闹，大震危险；  
地温猛升，水气增减；  
物理场中，重力磁电；  
异常甚多，抓住重点。  
地震地质，重要一环；  
有此依据，大为方便。  
排除干扰，行动果断，  
提高警惕，有备无患。

地震的前兆出现了，不一定马上就有地震，也有的地震之前并没有发现什么前兆现象。总的来讲，地震的预报，许多国家都在致力于这方面的研究，但目前还只能说处在探索阶段。

## (七)

地壳的运动，岩层的断裂错动，发生了地震。而火山爆发，被看作是地震的“兄弟”，同样是一种自然灾害，也是地球“发怒”的表现之一。

地球上的死火山，分布的面积比较广，而活火山，主要分布在太平洋周围一带，印度洋中以爪哇为中心的一串弧形岛屿上，地中海、大西洋中部和非洲东部也有。在我国，火山不多。除台湾还有活火山外，大陆内地已不多见。东北的白头山和德都附近的火山，它们曾经喷发过，不过这已是200年以前的事了。所以，提到火山爆发，人们不象对地震那样敏感、那样印象深刻。可是，在地球的别的

地方，在另外一些国家里火山的爆发就可能成为一场灾难。

不久前，位于美国华盛顿州的圣海伦斯活火山又爆发了。晴朗的早晨，火山顶突然喷出一小股浓烟，二、三秒钟以后，在低沉的隆隆声中整个山顶为浓烟所笼罩，烟灰组成的巨大蘑菇云迅速上升，象一次氢弹爆炸。烟云滚滚，向四周蔓延，电光闪闪，发出脆裂的响声。终年积雪冰冻的山顶，迸发出火花，一片巨大的黑云，在头顶展开，挡住了太阳，下起了“灰雨”。霎时天昏地暗，大白天成了黑夜，对面不见人，伸手不见五指，直到第二天才重见天日。

圣海伦斯这座3万2千年前出现的活火山，沉睡了123年以后，又爆发了。它的咆哮怒吼，等于数千万吨烈性炸药的爆炸。2950公尺高的山顶，被削掉400米，被炸碎的岩石，大约有400座埃及金字塔的体积那么大。火山口升起的蒸汽和火山灰升到了18300米的高空，随风飘去散落在北美洲的大部分地区。融化了的冰雪与火山灰、沙石混在一起，汇成沸腾的泥浆，顺山谷而下，以每小时80公里的速度倾泻，横扫了一切地面建筑物——房屋、桥梁、农舍、住宅……象烧开了锅一样的河流，四处横溢，烫得鱼类翻肚死亡，烧得飞鸟远去他乡。泥浆堵塞了哥伦比亚河的支流，使大批海船被困于波特兰温哥华港，火山使……。

火山造成的危害，莫过于铺天盖地的火山灰。火山灰汇成一片海洋，使华盛顿州4800公里公路陷于瘫痪，成千上万的汽车寸步难行。火车和飞机也无法通过厚厚的灰末。据估计散落下来的灰尘大约有60万吨，殃及美国六个州。方圆800公里的范围内，好象下了一场大雪，厚达

1.6厘米，可是气温确达到摄氏40度。火山灰使人窒息，污染饮水，大片果园和农作物被覆盖，机场关闭，商店停业，学校不能继续上课，灰尘使输电设备短路，电台停止广播……生命似乎顿时终止了。当时的美国总统卡特，在乘直升飞机视察灾区以后讲“这是一幅可怕景象。我不知道世界上是否还有如此类似的地方”。

火山爆发的力量这样大，火山爆发所造成的损失是如此惨重，这是远离火山爆发地区的人们难以想象的。在历史上由于火山的爆发也曾使成千上万的人死亡，有的火山曾把整座城市埋掉。可见我们的地球母亲发起“脾气”来真是不得了。

根据有关资料，世界上大的火山爆发曾有这样的记录：

公元79年，维苏威火山爆发，毁掉了意大利的庞贝市和赫莱尼厄姆市，有2000多人丧生。

1631年，维苏威火山再次爆发，随后又发生地震和海啸，有4000多人死亡。

1669年，意大利卡塔尼亚附近的埃特纳火山爆发，估计死亡数字高达2万人。

1783年6月8日，冰岛斯卡普塔火山爆发，使冰岛五分之一的人口死亡。

1815年4月5日，印度尼西亚松巴哇岛塔博罗火山爆发，引起旋风和海啸，死亡人数达12000人。

1883年，印度尼西亚巽他海峡克拉卡托火山爆发，使这个岛的三分之二遭到毁灭。火山爆发从8月26日延续到8月28日，这是当代历史上最大的一次火山爆发，造成36000多人死亡。

1902年5月8日，西印度群岛马提尼克岛皮莱火山爆发，使圣皮尔市彻底毁灭，造成3万多人死亡。

1963年3月18日印尼巴厘岛上的阿贡火山爆发，迫使78000人逃离家园。据记录有1584人死亡。

火山的喷发，气势壮观，火山的灾害在一些地区如此严重。对于火山，在很久很久以前已经引起人们的注意了。2000多年以前，我们的祖先在《山海经》这部古老的地理书中就曾经有过关于火山的记述。书中把火山称为“炎之山”，意思是把东西扔进去就会燃烧起来。古代的欧洲也曾把火山说成是火神在拉风箱烧旺他的熔铁炉。总之，当人们对火山还不甚了了的时候，都以为火山就是“燃烧的山”。

随着科学技术的不断发展，经过一些科学家的努力，有的科学家历尽了许多艰难困苦，攀登到山顶俯伏在火山口的边缘，冒着生命的危险，进行观察。他们经过调查了解，取得了第一手的材料。人们发现火山喷出的烟是些气体、水汽和火山灰以及其他的碎屑物质，这些物质和燃烧生成的烟是不同的。

## (八)

火山爆发是地球内部物质运动的结果。人们生活在地球表面，对地球内部的一切活动，还只能依靠间接的方法进行了解，对火山爆发的原因也只能作这样或那样的推测。研究发现从地球表面开始随着深度的增加温度越来越高。假若把一个温度计插到地下去，你会发现地下几米到十几米的这一层，经常保持和当地常年平均温度相似，被

称为常温层。在常温层以下大约每深入 33 米, 温度升高大约  $1^{\circ}\text{C}$ , 这个规律大体上适用于 20 公里以内的范围。如果再深就不那么有规律了。不过有一点可以肯定, 那就是越往地球内部温度越高, 如果按上述方法推算, 到 60 公里深度, 温度将达到  $1000^{\circ}\text{C}$ , 地球内部的温度足以使岩石熔化。这样有的人就设想, 地下有一个沸腾的岩浆海洋, 外面被一层岩石构成的硬壳包住, 在那些地壳的薄弱部分, 岩浆冲了出来, 这就是火山喷发。

但是, 地球内部除了“热”之外, 还有很大的压力这个因素, 强大的压力起着使物质不容易熔成液体的作用。比如, 在 10000 大气压的条件下, 冰要加热到  $80^{\circ}\text{C}$  才会融化。据科学家们测定地下 10 公里深处的压力已有 2000 大气压以上, 到 50 公里的深处就有 10000 大气压以上了。这样人们又开始另一种设想了。在地下深处就温度来讲, 岩石该熔化了, 但压力却不允许, 因而处于一种潜在的熔融状态, 可能有些象烧红了的玻璃似的, 既不是液体, 又具有可塑性。一旦压力减轻, 或温度升得很高, 突破了压力的限制, 这才转化为液体。这样看来地球内部不可能全是岩浆, 当然在地下也可能有那么一层适宜于岩浆形成的地带, 在这岩浆之上就是我们的地壳。

如果上面的说法是正确的, 可以这样设想, 当地壳某个部分隆起升高, 或者发生破裂, 地下受到的压力就会减小, 岩浆就会“活跃”起来向地表运动, 因为这个方向受的压力较小, 就可能象“挤牙膏”一样的挤上去了。尤其是当地壳存在裂缝时, 更有了通道, 当它向上运动后, 所受压力愈接近地面愈小, 这时岩浆中的气体、水分就会逐渐释出, 推动岩浆冲出地面, 发生爆炸。火山爆发可能就这样开始

了。

### (九)

“地学会议”期间，针对大家谈论较多的地震问题，几位专家介绍了国外关于这方面研究的一些新情况。地震和火山爆发是地壳运动的结果，近几年来在国际上越来越注意从“动”的角度来研究地球了，一个新的内容被称为“地球动力学”的领域正在形成，也正在被人们“开掘”，这个新领域由传统的大地测量学、天文学、地球物理学所构成。从“动”的观点来研究地球的许多现象，如地球的极移，（地球的自转轴并不稳定，它有微小的变化），地球自转速度的变化，地球的板块运动，大陆的漂移，地球的固体潮变化（这种地球固体外壳的潮汐性变化有时可以达到几厘米），……人们通过多方面的研究，也许可能摸到地球母亲的“脉搏”，为地震的预测预报找到一条新的途径。果真如此，到那时人们将象听天气预报一样，按时地准确地从收音机里了解到确切的情况。地震将在什么时间发生？地震中心在什么地方？地震强度（震级）有多大？到那时人们再也不要全家老少离开住宅，在马路边，在村口外，凭着简易的“地震棚”去躲避地震的发生了。这时候，地球母亲的脾气再大，她的亿万子孙也就不怕了。

这样的一天会来到吗？大概多数人会回答：“一定会来到！”他们这样讲是有依据的：客观世界的一切，只有还没有被认识的东西，确没有不可认识的东西。真理不能穷尽，人的认识也是无穷的。在一定的阶段上，任何事物都将被认识。可是，在真理的长河里，人们永远也见不到尽头。

## 九、破碎的大地

### (一)

由于年岁的增长，周军启明显地觉得自己在精力上不是二十年前那样了，那时，他埋头于科学知识的学习、看书、思考、写笔记……好象有使不完的劲，现在不能和那时相比了。双职工的家务负担、关心子女的学业，过多的社会活动，占了周军启许多时间，这样他用于学习、研究专业知识的时间越来越少了。尽管在别人眼里周军启博士在中年一代科技人员中，是一个有成就的人，在全国也算有点名气，许多场合下他被人们另眼看待。但是，他却越来越觉得自己的知识不足，需要学习。现代科学技术的发展是很快的，科学技术成就，作为人们社会实践的成果，每时每刻都在不断的出现新的内容。今天知道的东西，明天可能陈旧了，后天又有新的内容需要你去研究、去学习。作为一个科技人员，为了在飞速发展的科学技术面前不落伍；在自己的本行，在地球科学方面，他觉得迫切需要更新自己的知识；要学习和研究的新问题很多。近十几年来，在世界地学界，大陆漂移的概念衰而复苏，海底扩张和板块结构说的急速崛起，被看成是地球科学发展的划时代的事件。越来越多的人相信“板块构造”论并不是一项推断性的假设，而是一种全球性的构造理论。这种理论已经超出了地质构造学的范围，几乎渗透到地球科学的所有领域。

近年来，欧美的地质学教科书，都添写了板块构造的内容，有的学校还专门开设了板块构造学的课程。对地球科学方面的这些新成就，周军启觉得真需要很好的研究。

“板块构造论”是60年代中期，在大量海洋地质、地球物理和海底地貌等资料分析的基础上建立起来的一种新的大地构造理论。这种理论认为，地球固体表面的岩石圈是一个破碎的大地，是由一些板块组成的，这些板块象一些不规则的“西瓜皮”，镶嵌在地球的表面。一般认为全球划分为六大板块：即欧亚板块、太平洋板块、美洲板块、非洲板块、印度洋板块和南极板块。往后又被划分出一些小板块如可可板块、智利板块等。对世界板块的划分目前还不统一，还存在不同的意见。板块构造的理论，近几年来已被人们普遍的接受，它较好的解释了某些全球性的大地构造问题和矿产分布规律。但也存在一些问题，如在大陆地壳中板块构造理论的应用上还有待进一步的研究。

“板块构造”是对地球的固体表面而言，我们知道地球的表面有70%为海水覆盖，大陆的面积约为30%。大陆也并不是均匀地分布在地球表面，比如在北半球陆地占地表的39%，而在南半球陆地只占地表的19%。海洋和陆地的高度上也有很大的差异，全球海洋的平均深度约为3.7公里，而大陆的平均高度只有0.8公里。如果我们设想把地球的水全部抽干，露出地球的全部固体表面，我们就可以发现有一个陡峭的斜坡，把大陆和大洋底分开。这样看来，地球固体表面的两个主要特征是大陆地台（包括大陆架）和大洋盆底。介于二者之间的界限是大陆坡，它从大陆边缘开始以3~6度的角度急剧下降，一直达到深度为3~6公里。在地球固体表面的大陆台地上有山脉隆起，同样在

大洋盆底上也贯穿有山脉体系。这样一个地球固体表面，科学家为什么说它是由几个板块组成的呢？说来话长，这要从大陆漂移的发现开始说起了。

说来真不敢相信，茫茫大地是由一些碎块组成，这些碎块竟然象一艘艘巨轮，能一漂千里。它们经历了漫长的漂移岁月，至今还在不停地漂移着，5000万年以后，大西洋的宽度将增大1000公里。随着大西洋和印度洋的张开，太平洋将进一步缩小，它收缩的幅度不会小于1000公里。印度继续向北移动，在一定时期内将使喜马拉雅山、西藏其余部分、天山、帕米尔等更为高耸。若干万年以后喜马拉雅山海拔将超过10000米。

非洲的向北漂移将使比斯开湾逐渐合拢，使地中海不断缩小，先萎缩成若干孤立的海湖，最后将完全干涸消逝。这时的非洲和欧洲进一步的焊接在一起，在其间升起了高山。阿尔卑斯山将更高峻，这里将象帕米尔一样形成庞大的山国。非洲大陆的本身也将发生惊心动魄的变化。它将沿着乌干达、扎伊尔、赞比亚等内陆国家一分为二，裂缝与红海连接成新的海洋。随着半个非洲大陆的向东漂去，一个新的大洋就要在这里产生了。

总有一天，我们的祖国将变成一个内陆国家，到那时我国将东接美洲，南临澳大利亚，居于世界大陆的中央，成为名副其实的“中国”了。那时的太平洋将完全关闭、亚洲大陆和美洲大陆紧紧的焊接在一起，它们之间出现一座无比宏伟的山脉。世界其他部分，将出现新的大洋，整个世界的海陆山川，与今天相比面目全非。如果那时候的你再回到这个世界上，那么你一定是一是南北不分，四顾茫然，再也找不到你的故土家园了。这些，都是亿万年之后将要

发生的事。

## (二)

大陆漂移的速度十分缓慢，每年只能移动几厘米，这样细微的变化是怎样被发现的呢？这要归功于德国科学家阿尔弗雷德·魏格纳(Wegener A. L., 1880~1930年)教授了。

魏格纳 1880 年 11 月 1 日出生在柏林，父亲是个福音派新教会的传教士。在大学里他攻读过天文学和气象学，25 岁获得了博士学位。他在各方面造诣很深，他对许多方面也都感兴趣。无论是天文、气象、大气物理……许多学科他都钻研，称得上一位才气横溢的学者。他学识渊博，特别擅长于综合和概括，他的大陆漂移理论就是综合几个学科的成果。他的思想象一匹骏马在众多的学科园地上纵横驰骋，而他的与争者往往由于知识面狭窄根本没法和他匹敌。

一幅墙上悬挂的世界地图，启发了魏格纳关于大陆漂移的想法，这个故事成为科学发明的佳话。那是 1910 年的一天，这位勤于思考的年轻的德国科学家（当时是从事气象和天文学的学习和研究），他由于身体不适半躺在床上。一个偶然的机会，他的目光落在墙上一幅世界地图上，他意外地发现大西洋两岸的轮廓竟是如此相对应，特别是巴西东端的直角突出部分，与非洲西岸呈直角凹进的几内亚湾非常吻合。自此以南，巴西海岸每一个突出部分，都恰好和非洲西岸同样形状的海湾相对应。相反，在巴西海岸有一个海湾，非洲方面就有一个相应的突出部分与之相对应。这难道是无缘的巧合？年轻的魏格纳脑际掠过一念

头：非洲大陆与南美大陆是不是曾经贴合在一起，是不是由于它们的分裂漂移才产生了今天的大西洋。

一个偶然事物在特殊的情况下可以启发人们的思想，但是，科学理论的建立决不是灵机一动的事。魏格纳关于大陆漂移理论的建立就是经过了反复的实践走过了曲折的道路，他自己就在古生物、古气候、地质构造等方面进行了许多艰苦卓绝的工作。甚至于为此献出了自己的生命。

在“世界挂图的启发”之后第二年，魏格纳读到一篇论文，里面提到根据古生物的证据，巴西和非洲之间曾有过陆地联系。他由此想到病中的发现，大西洋两岸轮廓如此互相吻合，一定有内在联系，或许是涉及到地球的形成、大陆的演化这样一些大问题，他要进一步加以研究。大陆漂移的研究远远超过了科学各科之间的界限，它涉及到地质、大地测量、古生物、动物地理、植物地理、古气候等一系列学科。俗话说“隔行如隔山”，涉及这许多学科的大陆漂移问题，论证起来会有多大的困难啊！然而勇于探索的魏格纳确是迎着这些困难冲上去了。两年以后的1912年他发表了第一篇关于大陆漂移的论文《大陆的生成》，在这里他提出了现今的大陆是从一个原始的超级大陆漂移开始的。这样的理论一出现，在一些人看来简直是不可能的，好端端的“五洲四海”怎么能是一个超级大陆、一个超级大海演变来的，真不可思议，甚至是荒唐的。尽管这样，魏格纳却不管一些权威的地质学家、地球物理学家们的反对，他相信自己的理论。就这样关于大陆漂移与否的一场大论战在地学领域里展开了。为了探索大陆漂移的证据，魏格纳怀着探求真理的巨大热情忘我地工作。到了1915年他牺牲了较长的休息时间搜集了有关地层构造、古生物地理、

古气候等许多有价值的资料，对大陆漂移又作了有理有据的论证。写下了曾一度风靡全球的代表作《海陆的起源》。这本书的发表标志着完整的大陆漂移假说已经诞生于世，这时的魏格纳年仅 35 岁。在魏格纳之前，关于大陆漂移早已经有人在谈论了。然而，这些谈论多是零星的，论据也不充足，并带有灾变论和神学的色彩。到了魏格纳，虽然他的灵机一动，是受了一幅世界挂图的启发，但在此以后他穷搜博览，精心研究，终于把简朴粗略的大陆漂移主张，发展成为一项完整而系统的理论，从而远远超过了他的前辈。这样，人们把大陆漂移创始人的“桂冠”加在魏格纳的头上，也就是合情合理的了。

### (三)

魏格纳的大陆漂移学说，以及此后顺理成章发展起来的“板块构造”理论是地球科学的一场大革命。有人曾把这种理论和哥白尼的太阳中心说，达尔文的生物进化论来相提并论。我们且不管哥白尼和达尔文以及魏格纳，他们之间是否能用等号连结。有一点可以肯定，魏格纳是一个伟大的科学家。一提到科学家，特别是近代的科学家，人们很可能会想到，那是一位身穿白大褂，进出实验室，鼻子上架一副深色眼镜，宏书巨卷不离手的人。其实不然，有的科学家，特别是地球科学工作者，他们的学问往往是在爬山卧野、露宿餐风的条件下做出来的。魏格纳就是这样一个人。作为一个地球科学工作者，他有坚强的毅力，壮健的身体和非凡的智力，他那种对科学事业坚韧不拔的精神，百折不回的劲头，无疑是他成就事业的原因。魏格纳曾经三次到冰天雪地的格陵兰岛进行科学考察，1912年

当他在美因河的法兰克福地质协会和马尔堡自然科学促进会宣读了他的第一次陈述大陆漂移的论文以后，不久就第二次去格陵兰考察了。这次他和他的伙伴在最宽的部分通过了几乎是未曾有人通过的冰原。在这次考察中魏格纳受了伤，折断了一根肋骨。

在 1929 ~ 1930 年魏格纳亲自带领一个考察队，对格陵兰进行了他一生中的第三次考察，也是他最后的一次考察。这次他们二十名成员的考察队分成三个组，以矮种马、狗队拉的雪橇为主要运输工具，还带了两架空气推动式雪橇。三个小组一个在格陵兰岛的东岸，一个在西岸，一个在中部建立了艾斯米特站。1930 年他们为中部的艾斯米特站运送了三次补给品。艾斯米特站位于海拔 3000 米的格陵兰中部，距东西两岸大约 400 公里。当最后一次运送补给的雪橇回来，他们带来的消息说，中心站的物资仍不足以度过漫长的北极夜。如果在 10 月 20 日以前，不能把补充的石油运到那里，冬季计划将不得不放弃，中心站的人员将离开中心站，徒步返回来。为了支援中心站，10 月 27 日魏格纳和两名同伴带着满载的两辆狗队雪橇到中心站来了。这时中心站的温度已经是零下 50℃。11 月 1 日魏格纳在中心站用装货木箱打起的临时木屋里庆祝了他五十岁生日，第二天和一个爱斯基摩人一起乘狗拉雪橇告别了中心站的伙伴，开始登程返回海岸。有谁知道，这一次魏格纳根本没有回到海岸。西海岸站以为他留在中心站过冬了，中心站以为他回到了海岸。直到漫长的极夜过去，春天来临，第二年的 5 月，当一个换班的小组来到中心站，大家才知道魏格纳和他的同伴失踪了。随后人们在海岸站和中心站之间，发现了魏格纳的遗体。这时人们才知道这位大陆漂

移说的创始人，已经离开人间，为地球科学的发展，贡献了宝贵的生命。

#### (四)

一种科学理论的诞生，总是伴随着激烈的争辩。魏格纳关于大陆漂移的理论，也经历过一个艰难曲折的过程。然而，地球科学的发展最终将要证明他的论断是正确的。

本世纪 20 年代初期，大陆漂移说已经传播开来。在学术会议上，在杂志刊物中，到处都有议论，并形成了对立的两大派：一派是传统的海陆固定论，通常称为固定论。他们认为海陆的相对位置，在地球的历史中是固定的，地壳的运动仅仅是垂直的升降运动，他们也承认海陆的面积有扩大和缩小，但反对海陆位置有相对的运动。另一派以大陆漂移说为代表，主张地壳存在着宏伟的水平运动，一般称为活动论。从此，固定论和运动论之间展开了激烈的论战，直到今天，虽然运动论已经取得了“绝对优势”，看来争论也还没有完全止息。

科学理论的发展、成熟，不能离开当时的历史条件。大陆漂移说在当时由于历史条件和技术条件的限制，还不能对大陆漂移的原因作出圆满的解释。如深沉的大陆为什么能一漂千里？是什么力驱使大陆在漂移？大地固定论者抓住这个弱点，象找到缺口一样向大地活动论发起了猛烈冲击。魏格纳本人并不讳言他的学说的薄弱之处是不能从力学上对漂移的原因作出解释。他曾感慨地说“漂移理论中的牛顿，还没有出现。”魏格纳，也曾试图对漂移的原因进行解释，由于当时历史条件和技术条件的限制，他的一些解释有时还难以自圆其说。这样大陆漂移说一时又陷入了

困难，好象造成了这样一种情况，在地质学家看来，大陆漂移是可以找到证据的，但这是一种现象。在地球物理学家看来，在理论上这种漂移论又是站不住脚的，是不能接受的。

在魏格纳的大陆漂移学说中遭受指责最多的，除了他对漂移的物理解释之外，就是他为了证实大陆在漂移，错误地使用了一组大地测量数据，这组数据给他的反对者造成了反对大陆漂移的口实。看来，科学理论是一个佼佼之神，容不得数据上的半点差错，魏格纳利用的这一组数据是一份天文测量成果，这份成果指出格陵兰东北与欧洲之间的距离在增加，在 1823~1870 年间每年移动 9 米，1870~1907 年间每年移动 32 米。按当时的测量精度和技术条件，大地测量成果还远不足以证实或否定大陆的漂移。就是在本世纪 50 年代人们测量纽约和伦敦之间的距离尚有 1~2 千米的出入。魏格纳所引用的这组数值看起来不一样，实际上是测量误差引起的，它比现代板块构造说所得出的大地漂移速度要大好几百倍。他用这样一组数据来论证大陆的漂移显然是有点画蛇添足了。由于这种种原因，大陆漂移说在 20 年代中期遇到了很大困难。1926 年 11 月，在纽约召开了一次讨论大陆漂移的会议，这是美国石油地质学家协会召开的一次著名年会。魏格纳本人也参加了这次会议。在当时传统学派势力最盛的美国，除了少数人支持大陆漂移外，更多的人是大加贬斥。魏格纳很受难堪，甚至在人格上也遭到非议。据说在这次会议以后数十年内几乎没有一个北美地质学家，认真考虑过大陆漂移的可能性。大陆漂移说就这样败落下来，处于暂时的低潮。

## (五)

大陆漂移说，并不是诗人的梦语，也不是天方夜谭，它是从实践中总结出的结论，它经得住时间的考验，也经得住实践的检验。随着科学技术的发展，到了本世纪60年代，大陆漂移说，以新的面貌开始死而复生，人们从多方面证明了大陆的漂移理论的正确性。

大西洋两岸的非洲和美洲的两两相对应，当初在世界挂图上曾启发了魏格纳关于大陆漂移的思想。同样大西洋两岸的相应部分也为大陆漂移提供了地质证据。在非洲西部有一块向外鼓出来的部分，人们称为撒哈拉地盾，在这个地盾上人们用放射性年龄测定的方法，测定了一片年龄为20亿年的岩石，这层岩石具有构造“纹理”，这种纹理和树木的构造纹理十分相似，当然要比树木纹理规模大得多。这片岩石大体上呈南北走向，但最后向西进入大西洋。在这片古老岩石的东侧，则有一片年龄只有5亿5千万年的岩群。这两类年龄不同的岩石之间差别极其明显。而且可以看到它们在加纳的阿克拉附近进入海中。一个由美国麻省理工学院组织的考察队，曾到南美的巴西，在那里找到了同样的界线。并且果然在圣路易斯附近，也就是当人们把两个大陆拼起来以后，在与非洲的阿克拉附近相对应的地方也找到了同样的界线。此外，对较老的岩石详细的研究以后，证明南美岩石的“纹理”与非洲岩石中的“纹理”是相吻合的。这样，人们在南大西洋两岸相对应的两大陆上找到了可以拼合起来的地质证据。

关于古生物为大陆漂移提供的证据，远在19世纪末叶已为博物学家所发现。古植物和古动物的化石，可以告

诉我们许多关于过去曾经存在过的地理条件。一切生物都有一定的、能够适应特定环境的生活方式。如果能够把过去的各种生物的地理分布情况搞清楚，我们就能够知道它们赖以生存的周围环境的位置和情况。在 19 世纪末叶，博物学家们已经发现大量关于各大洲都具有相同的化石种属的实例。并且根据这些实例得出结论，认为南美洲、非洲、印度、大洋洲和南极洲之间，在很长的一段地质时间里一定存在过非常广阔的陆地联系。为了解释这种现象，早期的博物学家们，甚至还有近代的一些生物学家曾经设想了一种他们臆想中的极其宽广的陆桥，把各大陆连结起来了。但是，地球物理学家们早就指出，这样大的陆桥是不可能消失得无影无踪，竟连一点痕迹也不留下。就我们今天所知道的全部海洋知识，也仍然没有向我们揭示出这个已沉没的大陆桥的任何痕迹，这样可以讲，大陆桥是根本不存在的。就现代生物来讲，我们也无法解释有一种园庭蜗牛既发现于德国和英国，又发现于大西洋对岸的北美洲，在北美洲这种蜗牛主要分布于邻近大西洋的一些地方。蜗牛行动的速度只是人类步行速度的千分之一，难道它们有本事跨过大西洋的千重波涛，从一岸传到另一岸。我们同样无法解释，有一些种属的蚯蚓生活在东起中国和日本西到西欧以至越过大西洋，出现在美国东部，而在远离大西洋的美国西部，却见不到这类蚯蚓的踪迹。这些情况都说明在更古的时候有容许蜗牛和蚯蚓相通过的地理条件。

地球的岩石层象一卷百科全书，它记录了许多关于地球过去曾发生的事。它记录了生物的进化过程，也记录了地球古气候的变化情况。从地球的岩层里既可以找到以前

很热很咸的沙漠留下的记录，也可以找到由冰川所留下的冰盖。奇怪的是今天在两极找到了古时候热带沙漠的征兆，在赤道森林中却发现了古时候的冰盖痕迹。对这种情况只能有两种解释：一个是过去和现在比较，控制气候带的因素发生了变化，而大陆的位置并没有发生变化。另一种可能就是，控制气候带的因素没有发生变化，也就是过去的气候模式和今天一样，由于大陆的漂移运动，使他处的气候区发生了变化。我们知道控制气候带的因素虽然较多，如陆地海洋的分布、山脉的存在与否……。但是最重要的因素就是地球自转轴对太阳的偏角。也就是说气候在过去的地质时期可能由于山脉的形成和遭到剥蚀，也可能由于大陆上的海浸海退而多少发生一些变化，但这种变化和那种由于纬度位置的变化所引起的气候变化相比是很微小的。如果是纬度发生了变化，那么也只有两种情况，一是地球的自转轴对太阳的偏角发生了很大程度的变化。另一种可能是在过去的地质年代里由于大陆的漂移运动，使大陆所处的气候区域发生了变化。然而，如果地球的自转轴真的发生这样的变化，就应当有一个非常大的力对地球发生作用。这个力必须很大，以致应该会使地球发生破裂，从而必定会在地质记录中留下非常明显的痕迹。可是，人们没有在这方面发现任何征兆。这样看来，合乎情理的解释是第二种情况，即大陆在过去的地质年代里由于漂移而发生了位置变化。

## （六）

对各个大陆的古生物研究、古气候研究以及地质构造的研究都为大陆漂移说提供了证据。然而，这些证据都是

以大陆漂移的说法为前提,对上述现象进行了解释,并不是独立的证实了大陆在漂移。同一种自然现象可以这样解释,也可以作出另一种解释。如果有一种方法能够独立的证明大陆是在漂移的话,那就好了。本世纪50年代,在西方特别是在英国盛极一时的古地磁研究,在证实大陆漂移方面走出了一条新路。古地磁的研究,使沉默了许久的大陆漂移说开始复苏了,也可以说为大陆漂移说“平反昭雪”是从古地磁的研究开始的。

在古地磁的研究中人们发现,有的岩石能够把它们形成时候的地球古磁场的方向记录下来。也就是—些岩石在高温形成的过程中,发生的磁化现象非常稳定,并且能把这种磁化结果“冻结”在熔岩的内部。因此磁化的方向将不会受到以后发生地球磁场变化的影响,这样,在这些岩石中就把当时的磁场方向记录下来。

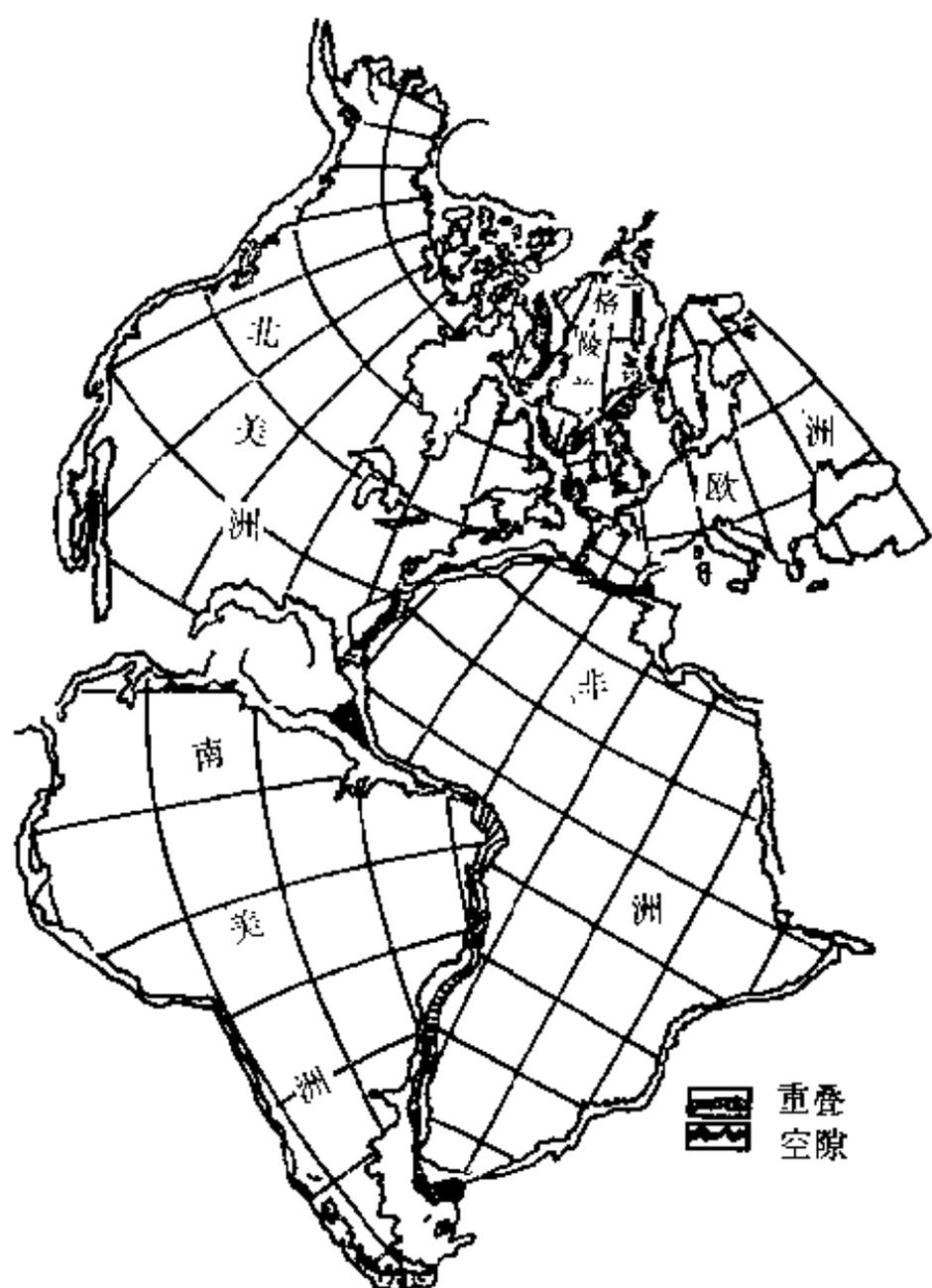
现代在进行古地磁研究的科学家们,他们在不同的大陆上搜集了岩石,测定了岩石形成的时间,也测定了当时的地球磁极方向。根据这些结果,他们可以把古磁极的变化情况描述下来,这种描述的结果称为“磁极游动曲线”。古地磁研究的科学家们,根据他们测得的资料描绘了欧洲大陆和北美大陆的磁极游动曲线。这两条曲线在现代交于一点,随着时间的推移,两条线的偏离越来越远。如果让北美的极移游动曲线和欧洲大陆的极移游动曲线重合在一起,就需要把北美大陆,顺着时间的变化逐步的向东退,大概退回二十几度(经度),北美大陆正好和欧洲大陆贴合,其间没有大西洋的位置。这正是当年魏格纳提出大陆漂移说以后,对联合古陆的设想。这就是使人们觉得大陆漂移的理论是正确的,北美和欧洲原来是连在一起的,只是在漫

长的漂移岁月中它们才分道扬镳，成为今天这样的分离局面。人们也强烈的感到，魏格纳没有错，错误倒是曾经反对过他的那些人。大陆漂移说开始复苏了，越来越多的人，相信大陆漂移的说法是正确的。败落多年无人问津的大陆漂移说，今天，一个“柳暗花明又一村”的新局面开始出现了。如果已故的魏格纳能知道此景此情的话，他一定会含笑九泉了。

### (七)

大陆漂移的说法已经被肯定了，那么，我们如何把大陆拼合起来，恢复它原始的面貌呢？要这样做，首先就得把大陆的边界弄清楚。从直观上看，海洋分隔着大陆；大陆和海洋的界线就是海岸线。其实不然，大陆和海洋的分界线是在“大陆坡”。这样，要把各大陆拼合起来，就要找出在水面以下的大陆坡，也就是找出各大陆漂移之前的边界在水面以下的什么位置。根据科学家们的计算，拼合最好的结果是在 2000 米等深线的地方，而这里恰是大陆坡的中间。

试图将大陆拼合起来，在 1958 年以前的大多数人所想的方法不外乎是图解法。这样的拼合，尽管拼不合的总是小部分，但终归不够理想。1958 年澳大利亚地质学家沃伦·凯里试图对大西洋两岸的大陆进行拼合。为此他先把两个大陆描绘在一个直径为 76 厘米的地球仪上，然后在圆面的有机玻璃上分别画上这两个大陆轮廓。这样，他就可以让绘上大陆轮廓的有机玻璃，在地球仪上滑动，以检测各种各样的吻合程度，凯里用这种方法得到了非常好的效果，使得非洲和南美洲几乎在所有的地方都能吻合起来了。这



美洲、欧洲、非洲、格陵兰的拼合

时，还有些科学家认为，凯里的复原过于主观，他们要求提供更为客观的数学证明。到了1965年，英国地球物理学家埃德华·布拉德终于向人们提供了这种证据。布拉德和他的同事们，利用现代电子计算机计算了大西洋两岸这两个大陆的种种拼合情况，结果和凯里的拼合情况相一致。

右拉德的方法引起了人们的注意，人们很自然就会想到将这种方法应用到其他大陆的拼合上去的。到了1969年人们已经能够将南极洲，大洋洲和印度很好的拼合到一起了，而且南极洲和大洋洲甚至比大西洋的两岸吻合得更好。

## (八)

大陆漂移说，从诞生到为人们所接受，经历了前后几十年的时间。它的重要意义并不在于只是单纯的让人们接受，大陆漂移说的意义在于，它作为一个很解决问题的全球构造理论——“板块构造论”的先声而出现。事实上，大陆漂移说和而后的海底扩张说，现在已经被归纳到板块构造体系中来了。这种理论告诉我们，地球的表面是由几个壳状的刚性岩石板块所覆盖，而板块在地球内层之上运动着。这些冷的岩石圈板块是稳定的，这些板块的交界处是多事的地区，火山、地震就集中在这里。在一些边界地带，板块在相互分离，随着板块的分离漂移，由于上地幔发热，对流上升的物质又在旧有的板块边缘增添了新的部分。在另一些边界板块又相互汇聚。在这些地带，也由于上地幔的对流作用，板块在这里从它的边沿部分开始流失沉陷到地球内部去。我们的大地就是这样的在周身运动永不休止。

板块运动的速度是缓慢的，有人把它比成象人手指甲的生长一样，不管板块每天移动0.1毫米也好，一年移动几厘米也好，它是人们直接难以觉察的。然而，板块活动的威力却大的惊人，它移动着大陆，散开（或关闭）了大洋，它升起了山脉、扩展了陆地。板块运动可以造山，造

洋、造陆。海陆的变迁，山系的形成，又会促使气候的变化、生物环境的改变。板块活动实际上控制了整个地质、地貌、气候和生物环境的变化，从而最终规定了当今世界自然地理的变化。板块的运动使印度次大陆与西藏相撞，形成了当今的世界屋脊——珠穆朗玛峰，也奠定了我国西高东低的地貌大势、孕育了源远流长的黄河、长江。

由于板块在边界上的错动，地震就发生了。人类正绞尽脑汁、付出很大的代价，来研究对付地震的方法。人类也许有一天，能从大陆的漂移、板块的运动以及对板块边缘断层的研究中找到一条出路，最终能解决地震的预报问题，使人类再也不受地震灾难的祸害。人类也将要从对板块构造的研究中去掌握矿藏的形成规律，为发掘矿产，开发能源找到更好的途径。

大陆漂移、板块构造的理论，正在从少数专家学者纯学术之争的范围扩展开来。随着时间的推移，这种新理论必将与人类的生息活动发生越来越密切的关系。

[ G e n e r a l I n f o r m a t i o n ]

书名 = 大地古今谈

作者 =

页数 = 1 5 5

S S 号 = 0

出版日期 =

V s s 号 = 6 1 4 9 5 5 4 1

封面  
书名  
版权  
前言  
目录  
正文