

现代科学技术讲座讲义

江西师范学院教务处

一九八三年一月

第一版 前 言

为了积极创造条件，逐步向文理渗透方向发展，我们从一九八一年下半年开始，为文科四年级学生开设了《现代科学技术讲座》选修课。目的是使文科学生学点必要的现代科学技术知识，扩大知识面，初步树立马克思主义的自然科学观，增长未来参加国家现代化管理的才干。

讲座选了十四个专题，由十二位教师根据集体研究制定的教学方案，并依据下列要求进行编写的：（1）从文科学生的实际出发，按中级科普要求，组织好教学内容。（2）各专题有分有合，分要有相对独立性，完整性，合要有统一性，力避重复、矛盾、散乱，尽可能统一风格和水平。（3）选材应精简和有典型性、现代性；叙述要深入浅出，引人入胜；观点要富有哲理性。

由于这是一门新课，无现成大纲、教材可供借鉴，无现成经验可供参考，加上水平有限，又是匆促上阵，所列专题及其讲稿极不成熟是显而易见的。希望同行和读者提出宝贵意见，以利我们今后改进。

江西师院教务处

一九八一年十二月

第二版 序

《现代科学技术讲座》在七七级、七八级两届文科开设以后，受到文科各专业学生的普遍欢迎，并得到许多兄弟院校的关切。在使用这本讲义的过程中，也发现有许多不足之处，根据师生的意见和要求，邀请原任课教师对原来的讲义作了较大的修改，修订的原则是：从文科学生的实际出发，着重阐述现代科学技术各方面的应用，在解释科学原理时，尽量做到深入浅出、通俗易懂。还根据这一原则，对原来的十四讲，删去两讲，合并两讲，在第二版中共编写了十讲。

希望读者多提宝贵意见，以便再版时改正。

江西师院教务处

一九八二年十二月

目 录

第一讲	谈天说地话环境·····	朱宏富	1
第二讲	谈谈信息论、控制论和系统工程·····	倪国熙	13
第三讲	能源科学技术·····	李湘如	22
第四讲	空间科学技术简介·····	李津水	32
第五讲	漫话电子计算机·····	熊光魁	40
第六讲	高能物理浅谈·····	黄长春	53
第七讲	激光及其应用·····	舒邦华	65
第八讲	高分子化学·····	蔡兆群	73
第九讲	生物学的今天和明天·····	王素珍	84
第十讲	科学在现代社会中的地位 and 作用·····	廖德文	95

第一讲 谈天说地话环境

朱 宏 富

白天的太阳，夜晚的月亮和星星，这些天文学上所称的天体，它们虽然高处在遥远的天空，但是人类的生活却没有一刻不同它们发生联系。例如，白天和黑夜，一年和四季，时间和历法，导航和空间技术等都与天体息息相关。其所以息息相关，这是因为地球也是一个天体，它既绕轴自转，又绕日公转，并且随着太阳在银河系运行。从而使我们居住在它上面的人类，“坐地日行八万里，巡天遥看一千河”，观察和认识宇宙。

我们居住在地球上，地球就是人类之家。对这个人类之家的地球，我们必然有个总看法，这个总看法就是“地球观”。地球观是自然观的一个重要组成部分。随着科学技术特别是第二次世界大战以后科学技术的突飞猛进，人们对地球的认识日益深刻，新的地球观代替了旧的地球观，新的地球观的核心是：地球是一个综合体。

地球是一个综合体，我们所处的自然环境或者说自然地理环境也是综合体，它是由各个环境因子所组成。第二次世界大战以后，特别自七十年代起，生态平衡受到不同程度的破坏，“如此多娇”的江山，正在受到威胁，人和环境的矛盾，使不少有识之士大声疾呼：“只有一个地球”，“只有一个生物圈”，于是环境科学就应时而起，自然环境的综合研究也就提到议事日程上来了。

所有这些，就是这一讲的主要内容。

一、宇宙量空

在广漠无限的星空里，月球离我们最近，它是我们地球的唯一天然卫星。因而我们先从月球说起。

用激光脉冲回波技术，根据下述公式：

$$S = c \cdot \Delta t / 2$$

式中S为距离，C为光速， Δt 为发射脉冲到回波脉冲之间的时间间隔，得出月地平均距离为384401公里。而日地距离是月地距离的390倍，即约400倍，同时太阳半径是月球半径（约1738公里）的400倍，这就是为什么太阳和月球看起来大小大致相同的原因。或者用科学的术语来说，它们的视半径约略相等。

由于距离上的接近，月球对于地球所起的作用，远远超过一般的恒星和行星；月球在地

球上的照明作用，远远超过太阳以外的全部恒星；月圆月缺的周期变化，曾经是古人安排历月的依据；月球造成的日食现象，其明显程度远远超过水星和金星的凌日现象；月球对于地球的潮汐作用，远远超过太阳，以致地球上的潮汐现象，主要地反映月球运动的周期性。潮汐作用，使地球自转的速度变慢，以及由此产生的影响是多么巨大！正因为如此，对于地球来说，除了太阳以外，月球是一个十分重要的天体。

月球这个天体的十分重要，还表现在它在宇航史上占有光辉的一页，并帮助人类进一步认识宇宙提供科学数据。

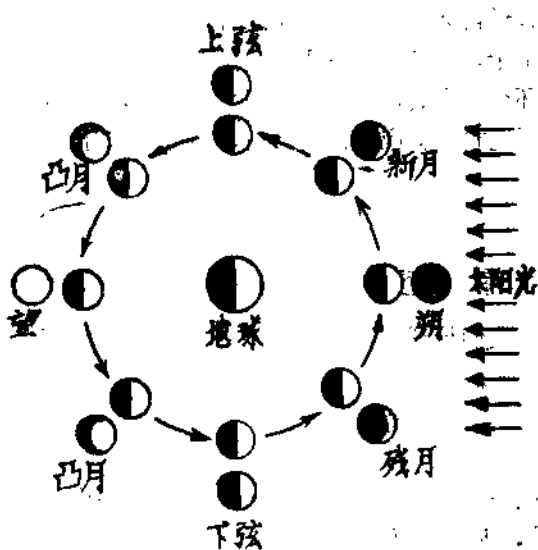
1969年7月16日，美国三名宇航员乘坐阿波罗11号宇宙飞船，经过109小时24分20秒的飞行，由两名宇航员驾登月舱安全登上月球。此后几年，人类的使者，六次十二人，先后登上月球，打开“广寒宫”的大门，设置了科学站，向地面发送珍贵的资料。

根据人类在月球上的实地考察，宇航人员证实了：月球上有高原、山脉，还有平原和火山活动的遗迹；月球表面的重力，只相当于地面的 $1/6$ ；月球上没有空气，没有水，更无所谓风云雨雾；月球上的温度变化剧烈，正午时月面温度接近 400°K ，黎明前只有 90°K ，昼夜温度差达 300°K 以上；月球上没有生命；月有月震，每年达300—400次；月面上有土壤，如阿波罗着陆处土壤有3—70厘米厚；月面的岩石是火成岩，其化学成分钙铝含量较高，接近地球上斜长石的成分。

月岩和月土的标本，已经由宇航员带回地球上。根据月岩标本，测定月球的年龄已有46亿年，这就是说“月地同庚。”从而可以协助推论月球、地球和太阳系的形成。

写到这里，不禁使我们想起宋代大文学家苏东坡在《水调歌头》词中所提出的问题：“明月几时有？把酒问青天：不知天上宫阙，今夕是何年？”过去文学家的提问，科学已在今天作出了正面回答。

这里特别提一下月相。月球在绕地球公转的同时，还有本身的自转。自转和公转，都是自西向东的，周期都是恒星月（27天7时43分12秒）。这样的自转称为同步自转。因而。我们在地球上所看到的月面，大体是相同的半个月面。就是这半个月面相同为我们所见到的月面，由于月球本身不会发光，只能反射太阳的光辉，由于月球在它自己轨道（白道）上每天东移约 13° ，其形相即月球的明暗两部分不断变化着的状况，叫做月的相位，简称月相，如左图所示。月相变化的周期为29天12时44分3秒，是为朔望月。



月相循环

如果仔细观察一下月相的变化，我们就不会把“晓风残月”说成或画成“一勾新月”，混淆了上弦月和下弦月的形象，致使在文艺创作上出现科学常识性的错误。

月球绕着地球运动，地球又绕着太阳公转。太阳呢？它又带着太阳系里所有的成员围绕银河系的中心旋转着。银河系里大约有一千多亿个恒星，太阳只是银河系里一个普通的恒星，它在银河系里的位置，如附图所示。

太阳和太阳系是怎样形成的？恒星的归宿如何？这些都是我们经常在海中迴旋的问题。

太阳系起源和演化问题，已经研究了二百多年，人类在这条道路上的步伐似乎比别的方面艰难得多。可能，这是因为只有一个太阳系可供研究，而人们以前又一直停留在太阳一系即地球上考察它的原故。现在，空间天文学正在飞跃发展，毫无疑问，这会大大加速这一研究的进程。

按照现代星云说比较共同的观点，形成太阳系的是银河系里的一团密度比较大的星际云，它的质量比现在太阳系总质量要大，温度很低，大约摄氏零下二百多度。

从现代对银河系的观察看到，银河系存在一些旋臂，在旋臂中物质特别稠密。在以后形成太阳的那个星云绕银河中心旋转，当它通过旋臂的时候，被压缩而密度增加。星云达到一定的密度以后，就在自身引力的作用下逐渐收缩，密度继续增加，体积越来越小。

由于收缩，引力势能转化为热能，星云的温度增高。中心部分密度增加最快，温度也最高，因而在中心部分聚集了星云总质量的大部分，形成了“原太阳”。

原太阳由于收缩，体积缩小，因而自转加快。在惯性离心力和磁力作用下，逐渐在赤道面上形成一个盘形结构。

原太阳在温度增高到一定程度时，就开始发生核反应。由引力收缩阶段转入核反应阶段，标志着太阳已经完全形成。扁盘上的物质又逐渐演化成为行星和其他小天体。

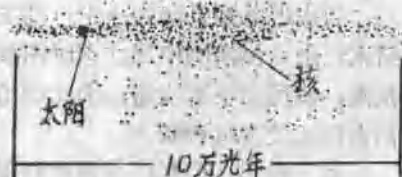
行星是怎样形成的？原来，在上面我们所说的星云盘里，太阳被一系列圆环所围绕，还有一条旋臂和这些环相交。

旋臂又可以说它具有“引力势井”的性质。靠近它的物质就要被它吸引进去，就像地面上有一口井，物体经过的时候就要落到井里去一样，这种臂的运动具有波动性质，它象波一样绕中心传播；当这种波传播的时候，环上的物质便不断地落入引力势井中。这样就逐渐把圆环里的物质汇集到一起，形成一个行星。由于只有一条最强的旋臂，每环同它只有一个交点，所以一个轨道上只能形成一个行星。

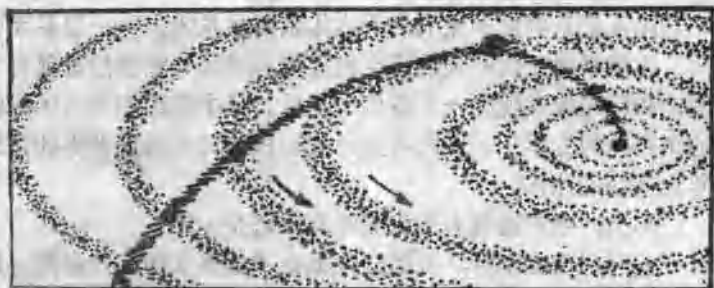
必须指出，行星形成过程，还需要大力研究。这里所说的现代星云说，需要有进一步的发展。

谈过太阳和行星的起源，自然会想到恒星的一生。

恒星的早期是由星际气体云凝聚成星的阶段。的确，在宇宙空间到处充满着弥漫的星际物质，而且观察到大量的星际云存在。只要星际云有足够的密度，就会在引力作用下开始收缩。同时，星云像恒星一样，绕银河系中心旋转。当它通过银河系的旋臂的时候，使



太阳在银河系的位置



“引力势井”示意图

它受到强烈的压缩，密度增大，发生引力收缩，收缩很快，星云的形状趋向球状，内部的温度也相应增高。

当内部温度升高到一千万度左右，氢核聚变为氦核的反应就不断发生，恒星的早期便告结束，进入恒星的中期。这时期核反应产生巨大的能量，恒星内部压力增高到足以和引力相抗衡，使恒星不再收缩，因此运动状态基本平衡，也就是星体处于相对稳定状态。目前，我们太阳正处在这种状态。

到了晚年，恒星内部核燃料耗尽，核反应结束了，向心的引力成为主要的矛盾方面，星体便开始向内塌缩，恒星进入了它的衰亡期。

联系到恒星的塌缩，自然会联系到黑洞学说。银河系中最大的黑洞C—433已被发现。

什么是黑洞，简单的说，它是一种看不见的天体，它具有极其强大的引力场，以致任何物体，至甚至连光都不能从中逃逸出去。正因为它不向外界发射和反射任何光线（无论是波长最长的无线电波还是波长最短的γ射线），因而看不见它，任何物体一进入它的边界，都将被它吞下去，所以它又是一个洞，故称黑洞。

当塌缩天体的半径小到：

$$R = 2MG/C^2$$

时便成为黑洞。式中R为半径，M为塌缩星的质量，G为引力常数，C为光速，这个公式又叫做质量为M的星体的史瓦西半径。由此可以算出太阳如果压缩成一个黑洞，则其半径只有3公里。

不是所有的恒星只有当质量大于太阳的3倍以上的，它的归缩才有可能是黑洞（例如在太阳质量1.3倍以下的恒星结局是白矮星）；有的还经过超新星爆发，向中子星过渡到它一生的最后时光。（注）

黑洞最后又以一场猛烈的爆炸而告终。这种反坍缩式的爆炸发生之时，正是“白洞”诞生之日。剧烈爆炸把恒星物质抛射到周围空间中，成为弥漫星云。

从星际物质形成恒星而又重返星际物质时，重元素的成分就增高了。所以这个过程不是简单的循环和重复。迄今为止，人类对于天体的全部知识都说明一个真理：宇宙是物质的，宇宙中没有静止不变的东西。天体演化史的历史事实，是辩证唯物主义宇宙观的明证。

我们已经说过了月地系、太阳系和银河系。象银河系这样包括大量恒星的天体体系叫星系。在我们目前所能觉察的范围内，这样的星系约有一千多亿个。除银河系外，所有的星系总称河外星系。在外表上，它们都表现为模糊的光点，因而又称为河外星云。

一些互相邻近的星系结合成的天体体系叫星系群。银河系所在的星系群叫本星系群。

比本星系群更加庞大的天体体系叫星系团。一个星系团包含几百个甚至几千个星系。

比星系团更高一级的天空世界称总星团。它包括着现有观测工具所能觉察的全部宇宙空间，和已经被发现的一千多亿个星系。其中最远的类天体离我们大约200亿光年（光走一年的距离称为光年）。由此可见，我们目前对于天空世界的认识范围，大体上只是以200亿光年为半径的球体。

那么，宇宙究竟有多大呢？有限还是无限？

近时的天文学者，有部分人根据“谱线红移”及相对论原理，提出宇宙膨胀和球状宇

〈注〉：白矮星和中子星最后都转化为不发光的黑矮星。黑矮星不再是恒星了，而是恒星的残骸。以后也很可能残骸和残骸的互相碰撞而碰碎，转化为星际弥漫物质。

宙。据此，宇宙是有边界的，也就是说宇宙是有限的。

我们认为：宇宙是时空的渗合体。宇宙既然是物质的，则空间就是物质运动的场所，时间是万物运动和发展变化的过程。时间和空间是物质存在的基本形式。对任何具体的东西例如大至总星系来说，都有边界、形状和中心，也就是有限的。但对大宇宙来说：星系的“谱线红移”，不一定全是速度红移，很可能存在着非速度红移。即使退一步说，“红移”现象指出了星云时时在扩散远离（指速度红移），则供天体活动的空间，就无法证明其为有限。如果说宇宙是球状，真有外界，则界外又是什么？因而说宇宙是无边的。

对任何具体的东西，都有起源，有年岁、有寿命，也就是说时间是有限的。就大宇宙来说，按照质量能量定律，则全宇宙无质尽能灭的一天，亦即宇宙不会有末日的来临。宇宙既无末日，也就没有开始的一日，因而宇宙在时间上是无始无终的。时间的无穷，反过来证明了不管多么遥远的宇宙空间，都没有神的位置，没有任何神的意志的作用。

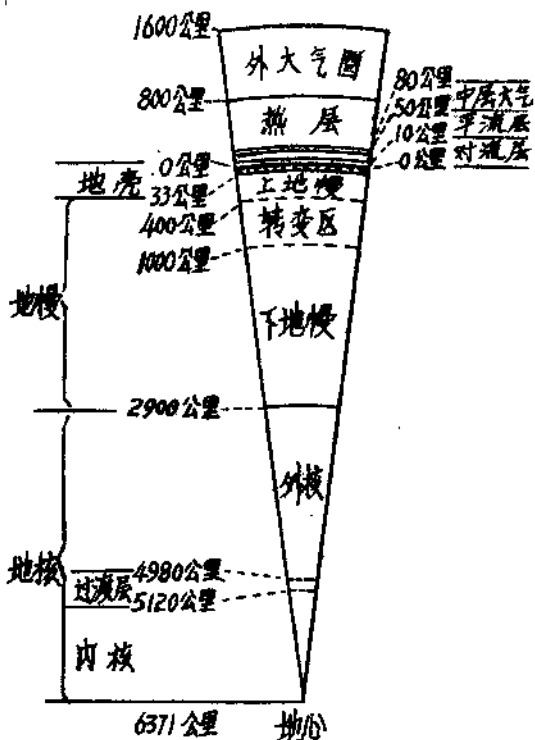
二、全面运动、变化、发展着的地球

前面我们已讲过太阳系的起源和行星的形成。我们也说过“月地同庚”，那是指月岩和地壳的对照所得出的结果。如果加上十几亿年的“天文演化时期”，我们人类居住的地球，大约已经度过了60亿年的岁月。如今正处在生机勃勃的中年阶段。

回顾“天文演化时期”的地球，地球上没有大气、水，也没有岩石，更谈不上有生物了。大约距今四十五、六亿年的时候，地球岩浆经过长期的重力分异作用，形成了三个圈层：较重的物质向地心集中形成地核，较轻的物质则浮在地球表面形成地壳，地壳与地核之间是地幔。由岩浆分异和频繁的火山喷发作用所产生的水汽、二氧化碳等气体，构成了薄薄一层空气圈，包围着整个地球，这就是原始大气圈。空气中的水汽凝结成水，降落到地表，流入低洼地区，形成原始海洋。当时的海洋并不深，而且不咸，只是到后来大气降水不断地将可溶性盐类从陆上带入海洋，海水才变咸。于是一个圈层分化复杂的地球出现了。

那时候，由于空气还十分稀薄，因而太阳光特别强烈，陆地上到处是光秃秃的。整个地球，除了火山爆发和风、雨、雷、电以及流水回击之外，没有植物，也没有动物，连微生物也没有，完全是一片荒凉世界。

地壳自形成以来，各个部分和各个质点都是运动着的。运动引起地壳结构改变和地壳内部变位，这种运动，叫做地壳运动。地壳运动改变着壳层的原始产状，并形成各种各样的构造形态，从而地壳运动又称构造运动。



地球的圈层结构

地壳运动有两种基本形式：其一是水平运动。常表现为地壳岩层的水平移动，并使地壳岩层在水平方向上受到不同程度的挤压力或引张力，形成巨大而强烈的褶皱和断裂构造。有人把这种运动称为造山运动。昆仑山、祁连山、秦岭、喜马拉雅山等以及世界上许多山脉，都是挤压褶皱形成的。

其二是垂直运动。地壳物质沿着地球半径方向进行缓慢的升降，常表现为大规模的隆起和拗陷，并引起地势高低的变化和海陆变迁，有人把这种运动叫做造陆运动。升降运动有其周期性（但不是简单重复）和交替性。例如，从空间上来看，甲地上升而乙地下降，或者相反，彼此互相交替，至今庐山还在上升，湖口到鞋山一带波阳湖出口地段还在下降就是很好例证。

再说一句，地壳运动总的表现形式，无论在大陆或大洋方面，有日益增多的证据说明，水平和近于水平的运动是主导的，垂直运动是派生的。

就是这两种运动的结合，加上地表的风化和搬运堆积，使人感到“沧海桑田”的变化。由地壳运动而引起的地震和火山活动，更是扣人心弦！

经过多次地壳构造运动之后，地球表面上出现了一个个古老陆块（例如北美的劳伦斯古陆，亚洲北部的安卡拉古陆，南半球的冈瓦纳古陆等）。大约距今35亿年的时候，在大气圈、水圈和岩石圈三者相接的浅海沿岸，终于出现了最原始的一群生物（单细胞原核生物）。这是地球上“开天辟地”的大事！由于有了这群原核生物，经过几十亿年的演变，地球才形成了今天繁花似锦、鸟鸣兽走、生物繁茂的星球！于是我们把地球表层具有生命物质的一圈，叫做生物圈。

从地壳形成到距今六亿年前的约四十亿年时间，是地质史上的太古代和元古代。地球在经历了泰山运动、五台运动和吕梁运动等地壳运动以后，古陆块面积又有扩大。广大的浅海区除了各种颜色的海生藻类外，动物已从单细胞经过多细胞阶段，进化到了低等无脊椎动物的阶段。

这时海洋中还聚集着大量的铁矿。今天被开采的大铁矿如我国的鞍山铁矿，就是在那时的海洋环境中沉积形成的。

在距今六~七亿年间，也就是地质史上元古代的末期，地球上出现了一件大事：气候十分寒冷，形成冰期，名叫“震旦纪大冰期”。现今我国江南地区的古地层中和美国、加拿大等地的古地层中，都有那时候的冰碛层的遗迹。这次大冰期大约延续了一亿年之久。

在距今6~2.25亿年之间，是地史上的古生代。古生代揭幕的时候，在现在的大陆区，海洋依然占绝对优势，陆地不多。那时的古陆有中国（又称华夏）、西北利亚（安卡拉）、俄罗斯、加拿大等，南方还有个冈瓦纳古陆。这些古陆经过多次地壳运动和岩浆活动，变得相对稳定坚实。所以又叫地台，在古陆与古陆之间或它的周围叫做海槽或地槽，是相对活动的地带。当然，由于地台上有差异性升降运动，所以古陆上有时也有海水侵入（叫做海侵）而形成广阔的浅海地台。

古生代时的地球，经历了两次大规模的地壳运动；前一次发生在古生代中叶，叫做加里东运动；后一次发生在古生代末期，叫做海西运动，特别是海西运动，使全球的海陆形势发生了巨大的变化。

加里东运动和海西运动使北方的各个地台间的海槽褶皱隆起，把各个北方古陆镶嵌成一个古陆，有人把这个古陆叫做北方古陆，也有人给它命名为劳亚古陆。也就是北美和欧洲相接，亚洲与欧洲相联。

当北方古陆联结在一起的时候，南方冈瓦纳古陆走向了相反发展的方向，海水侵入印非之间，冈瓦纳古陆开始解体。

海西运动之后，只剩下横亘南北古陆之间的古地中海槽，和环绕大陆外缘的环太平洋海槽，形成了两大海槽和两大古陆的对立形势。

在我国，经过海西运动，天山、祁连、昆仑、秦岭等都相继褶皱成山。

古生代是植物、动物演化进程较快的时代，也是植物和动物分别先后上陆的时代。特别是晚古生代的石炭纪（距今约3.5—2.7亿年前）二叠纪（距今2.7—2.25亿年前），较高级的植物如鳞木、封印木、羊齿类植物等，从海边延伸到大陆内部，出现了万木参天、密林成海的郁郁葱葱的景色。这些植物组成的巨大森林，由于地壳下降运动和水流冲刷，被泥沙埋藏起来。接着新的森林又继续成长。如此这般地往复进行，结果形成了许多煤层。今天世界上许多质量好、储量大的煤田如欧洲的萨尔煤田，顿涅茨煤田，南极洲的南维多利亚煤田以及我国著名的太原、开滦、峰峰、焦作、淮南、本溪等煤炭，都是那时森林的产物。我们江西的乐平煤田，也是二叠纪时形成的。据统计，光是石炭纪形成的煤炭，就占全世界煤炭总储量的一半以上。

石炭二叠纪也是地球上大气成分发生转折的重要时期，由于大地披上了青装，绿色植物的大量发展，光合作用广泛进行，植物大量吸收原先空气中的二氧化碳，放出氧气，从而改造了大气圈的成分。由于大气中的氧的含量增加，一方面为动物呼吸提供足够的氧气，另一方面这些氧气在太阳紫外线的作用下，使22公里左右的高空形成了一层臭氧层，阻挡着紫外线、宇宙射线进入地面，也为动物上陆提供了先决条件，鱼石螈、蚓螈、笠头螈等在原始森林中出现了，带着翅膀的昆虫在陆上森林中到处飞舞。

就在北方森林繁茂，形成大煤田的时候，冈瓦纳古陆上却是冰雪晶莹。这是地球上出现的第二次大冰期。这次大冰期主要影响着南半球。冰期也延续了约一亿年的时间。

古生代后期大冰期结束之后，地球上温度不断升高，成为地质史上最炎热的时代——中生代。中生代距今2.25亿年到7千万年。由于气候炎热，特别到了侏罗纪（距1.80—1.35亿年）时候，世界上许多内陆盆地，都生长着十分茂密的森林，形成地球史上第二次重要造煤时期。我国的大同煤田，北京门头沟煤田，就是这个时期形成的。

爬行类的恐龙和它的同类，以地球主人翁的姿态，占据着陆、海、空，成为名符其实的恐龙时代。

我国在中生代主要是大陆环境，因而恐龙化石非常丰富。1957年在四川合川发现了我国最大最完整的合川马门溪龙，身长22米，高3.5米。近年在山东诸城县发现的巨型山东龙，身长15米，高8米，是目前世界上发现的鸭嘴龙化石中最大最完整的一具。1964年在西藏希夏邦马峰山麓（海拔4300米），还发现了世界最大的鱼龙，长10米以上。证明了目前白雪皑皑、雄伟多姿的喜马拉雅山一带，当时还是东西横亘、波涛万顷的大海！

中生代的后期，尤其是白垩纪（距今约1.35—0.7亿年），世界上出现了一件大事：随着地壳运动发生了巨大的海侵。古地中海的海水，侵入了欧洲、非洲等许多地方。但亚洲东部包括中国在内以及其他一些地方，却一直耸立于海面之上。

由于这次海侵：北美渐渐与欧洲分开；南方古陆被分裂成南美、印、非、澳等几个互相隔离的陆块。至此，一点完正的冈瓦纳古陆，到中生代末期就彻底解体。

中生代最剧烈的地壳运动，人们称之为“燕山运动”。我国的喀拉昆仑山脉，念青唐古拉山，横断山脉、燕山和南岭等，都是中生代时形成的。燕山期地下岩浆运动也十分强烈，

或侵入地壳而形成花岗岩，或冲破地壳形成强烈的火山。赣南钨矿和德兴铜矿，就是由于花岗岩的侵入而形成。

从距今七千多万年开始，我们的地球进入了崭新的时代——新生代。新生代分为第三纪和第四纪。第四纪距今只有二、三百万年。

在新生代老第三纪末，发生了震撼全球的喜马拉雅造山运动，使全球面貌大为改观。

地球上出现了横贯东西的山脉，其中包括北非的阿特拉斯，欧洲的比利牛斯，阿尔卑斯，喀尔巴阡，以及向东延伸到高加索和喜马拉雅等山脉。它们是世界上最年青的褶皱山脉。今天还是雄伟高峻、气象万千。

与此同时，环太平洋外带也褶皱成山，如北美的海岸山脉、南美的安第斯山脉。西北利亚的堪察加半岛、日本、我国台湾、菲列滨、印度尼西亚、新西兰等，也就在这时升出海面。

由于喜马拉雅造山运动，我国的山川形势，更加美丽动人。无怪乎我们的先人，把我们祖国比喻得似锦如花（华）又“居天下之中”，而命名为“中华”。

如今，这个构造运动并未完结，喜马拉雅山和我们的庐山还在上升。登高山俯瞰大地，谁不惊叹着“沧海桑田”的变迁！

新生代是气候从炎热走向寒冷的时代。中生代盛极一时的恐龙不见了，只留下体形较小的鳄、鳖、龟、蛇、蜥蜴等繁衍到现在。随着第四纪大冰期的来临（地球史上第三次大冰期），有许多植物从地球上消失了，但也有许多植物又在地球上产生。例如，新生代是高级种子植物（被子植物）时代，是鸟类、哺乳类动物繁殖的时代。

据研究，在第四纪冰期中，地球上的气候发生过多波动。在距今一万年左右，最后一次冰期结束了，地球历史进入冰后期。

到第四纪时，从灵长类动物中分化出来的一支猿类——类人猿出现了。它们通过劳动逐渐演变成今日的人类。这是地球的骄傲，因为，直到现在，我们所知道的，只有地球上有人。从这个意义上来说，“人是多么骄傲的字眼”！

总之所说，可见我们的地球是一个全面运动、不断变化、不断发展着的地球。不仅海陆、地形、气候、生物都在不断的变化，而且地轴、地磁场和昼夜的长短也在变化。根据古冰川、古土壤、古植物化石的研究，古生代时期的地球，南、北极正好在今天的亚热带地区。例如，古生代中期的北极在今天太平洋中部，南极在南非，当时的赤道则通过格林兰南部——南极洲罗斯海北部、苏门答腊。由于南极洲当时处于热带地区，气候炎热，生长着十分茂密的热带雨林，如今在南维多利亚地区发现的面积达25万平方公里的世界罕见的大煤田，就是那时形成的。极地经过三亿多年的移动，到了今天南、北极的位置，目前仍在缓慢移动之中。同样，地球磁场发生过多倒转。就是地球的自转速度也是变化着的，总的趋势是不断地变慢，根据珊瑚日纹（珊瑚的骨骼一天形成一条纹）的生长情况，四亿年前的泥盆纪一年有398天，比现在多33天，可见当时地球自转比现在快得多。

地球自转变慢的原因是多方面的。主要是日月引起的潮汐，能以每平方厘米四十达因的力拖曳地球；另外，地球内部物质分布的变化，例如，有些科学家认为地球在膨胀，地球质量的分布半径增大。根据物理定律，地球在自转时，它的角动量是守恒的，而角动量等于转动惯量与角速度相乘，地球质量的分布半径增大，转动惯量也就增大，转动惯量大角速度必然减小，因而地球自转减慢。

地球自转速度的长期减慢，致使以地球自转为标准的“世界时”失去了精确。五十年代

末，随着“原子钟”的问世而出现了“原子时”，铯原子钟是目前最精确的一种时钟。铯原子钟具有几乎不变的频率，二十七万五千年中才误差一秒左右。因而自1972年开始，使用“协调世界时”。所谓“协调世界时”，就是经过同国际原子时协调的世界时，并规定二者差值将要超出0.9秒时，就在除夕（或年中）举行一次国际性的拨秒，即给原子时加上一“润秒”，从而保证原子时标与天文时标的一致性。这就是目前民用世界时，也是天文测量、大地测量和人造卫星跟踪等工作所用的时间。

地球，可说的内容太多了。我们不可能一一讲到，例如大陆漂移和板块学说，我们就没有提到。但就我们所提到的，一个圈层分化、全面运动变化发展着的地球，不论其内部联系是怎样复杂，它是一个不可分割的综合体。地球是个综合体的新观念，不仅生动地体现了辩证唯物主义的自然观，也为我们研究人类环境提供了新规范。

三、人 与 环 境

地球是个综合体，我们所处的自然环境也是综合体。第二次世界大战以后，环境、资源等问题日趋严重：食物生产、农业布局、水土资源开发、城市生态、人口问题等等也都提到重要的地位。所有这些问题，也都只有对有关环境的综合研究才能得到说明和有效的改造。于是对自然环境的综合研究发展起来了。

目前对环境的综合研究有不少新领域。生态学、自然地理学和新兴的环境科学的研究对象都离不开环境，但是三者所研究的主要矛盾不尽相同：

生态学是研究生物个体或群体与生态环境（光、热、水、土、气等因素的组合）之间的相互关系。也就是研究地球表面有生命的圈层中生命系统与环境系统之间相互作用的规律及其机理；

自然地理学是研究整个自然环境，指出环境问题在地区的特点，进而提出适合地区与地区间的调整和利用、改造措施。

环境科学主要研究污染物质在自然界迁移转化的规律及其对人体健康的关系。所以狭义的环境科学就是环境保护学。

三者研究的侧重点不同，但是都围着一个目标：解决人与环境之间的矛盾。

关于人和环境，我们这里只谈四个问题：

第一、正确对待人和自然环境的关系。

首先我们必须严肃指出环境决定论的立论是错误的。例如，美国的亨丁顿在其所著的《气候与文明》一书中说：西北欧的气候富有刺激性，能振奋人类的才智，有利于科学文化的发展，从而产生了工业革命；反之，热带气候单调，使人懒惰，所以文化落后，生产不发达。又如，我国三十年代有一位社会学者，也曾说过什么中国北方人身材高大，是由于华北多钙性土；而南方为酸性土，因而南方人身材矮小些。这些说法显然是环境决定论的错误思潮所致。

与此相反，在人和自然环境的关系上，不问客观环境，不尊重自然规律，特别在林彪、“四人帮”的极左思潮的影响下，片面强调“人定胜天”，说什么“不怕做不到，只怕想不到”。这实际上就是随心所欲的摆布自然。结果呢，必然会受到自然报复。举个例子来说。油橄榄是南欧地中海各国主要的食用油，当地亩产一般达60—110斤、树的寿命约200年，在那里却是高产优良的木本油料作物。如果我们在我国南方各省（包括江西）引种推广，结果必然是树种活了，但开花结果很少。原因是：油橄榄的本性是要求地中海式气候和石灰性土

壤的生态环境，而我国南方各省主要是亚热带气候，和地中海气候刚刚相反；我们这里土壤是酸性土壤，和地中海区的土壤性质不同，因而我们这里的生态环境，不符合油橄榄的本性要求，所以推广不会成功。

我们既反对环境决定论，我们也反对唯意志论。我们认为：

在人类科学技术迅猛发展的今天，地球上已没有不受人类活动影响的纯自然环境了。当我们把地球当作人类之家来考虑时，就不能不考虑到人对环境所起的作用，也不能不考虑到环境对人所产生的影响。所以现代地理学所讲的人和环境，是交互相处、相互作用着的统一体，称为“人地系统”。这就是我们今天对人和自然环境的正确看法。

第二、环境与资源问题。

人类生存发展，是在一定自然环境中进行的。环境与资源是人类赖以生存的基本条件，也是进行生产活动的物质基础。从区域角度来看，环境也是资源。例如，某地的气候环境，我们也可以说它是某地的气候资源。所以环境和资源，二者是两位一体密不可分的。肥沃的土地，蜿蜒的河流，宁静的湖泊，一望无际的森林，连天的青草，种类繁多的矿产，不仅构成了绚丽多彩的自然环境，也是宝贵的财富和资源。

在漫长的历史发展过程中，人类逐渐懂得开发利用环境资源，来取得自己所需要的生活资料与生产资料。同时，更重要的是人们经常按照自己意志改变周围的自然面貌，不断为人类创造新的生存条件与生活环境。

随着科学技术的发展，进一步增强了人类开发利用环境资源的能力，因而给自然界以更大规模的干预和更深刻的影响。然而，在这个过程中，特别在资本主义国家里，人们往往只注意取得近期可见的、最直接的物质财富与有益的效果，而忽视那些将来才显现出来、并逐渐积累起来的某些不良后果。特别是忽视那些难以预见的对环境资源的破坏作用，自觉不自觉地违背了自然界发展变化规律，致使生态平衡受到破坏，甚至出现恶性循环，给工农业生产和人们的生存环境带来了危害。例子太多了，毋需在这里列举。

第三、人类自身发展的问题。

关于人和环境不协调的问题，还表现在人类自身发展和食物需求关系之间的矛盾。

我们说过，宇宙是无限的，但对于具体的东西如我们人类之家的地球则是有限的。地球的有限性，决定了生物圈是有限的，资源也是有限的。所以任何一个种群也应该是有限的。这就不得不追问一句：人口是怎样增长的？

根据生态学家估计，靠渔猎采摘野果所能获得的食物，至多只能养活2000万人，随着农业生产的出现，世界人口便开始激增，到公元初期，世界人口约为1.5亿，到公元1600年，世界人口增加到5亿。以后，人口便开始爆炸性的增长：1800年，世界人口已膨胀至9亿，1900年增长到16亿，1965年35亿，现在已到46亿之多！

目前世界人口正以每年18%增长速率前进。这意味着每年约增加8000万人，按照这样的速率，在本世纪末，世界人口将接近70亿。

我们不禁要问：资源有限的地球，到底有多大的负荷量来满足人类发展的需要？这就联系到人类对食物的需求问题。

纵使不考虑目前世界上还有不少一部分人还处于饥饿状态，也不考虑年轻人和成人的食物要求量存在着差别（例如，印度人口几乎有一半在15岁以下，而人从出生到19岁，食量是稳步增加的，这样，纵使不再有婴儿增长，也需要增加食物量来维持原来的生活水平），而说目前食物生产量和人口总数是处于相对稳定的状态，则今后双方的发展情况，可约略估

计如下。

根据光合潜力的理论推导,以及其他方法的估计,陆地生产量可以比现在提高到4—8倍。即以7—8倍于今天的食物产量计算,地球最多只能养活300亿人口。

按照现在人口增长的速率,地球上总人口到300亿的时代,将出现在二十二世纪。也就是说,那时世界人口到达饱和点。

尽管上面的数字是理论推导和估计数据,但无论如何,在人口高度膨胀的前提下,食物生产量是有限的,食物问题是一个现实的、迫切的问题,要解决这个问题,除掉我们前面提过的;对于那些错综复杂的自然规律,研究得愈清楚,就愈能扬长避短,事半功倍地利用自然改造自然来满足人们日益增长的生活需要以外,人类还必须自我控制,成为自我调节的种群。否则,人类只有一条走向自我毁灭的道路。

人类如何进行自我控制,成为自我调节的种群?这又涉及到社会科学的范畴,办法是计划生育。

第四、值得注意的公害问题。

从前,自然界恢复能力要大得多,人类不论做什么,其冲击完全被吸引到动态平衡的系统之中,所以过去人们没有考虑到这方面的问题。但是,自然界动态平衡恢复能力毕竟是有限的,对比之下,人类各种活动按照几何级数不断扩大,结果,其冲击的大小,终于超过自然界的平衡恢复能力,导致生态系统的平衡发生崩溃。而这种平衡一旦崩溃,便发生公害。表明公害的基本方程是:

$(\text{人类各种活动的冲击}) - (\text{自然界动态平衡恢复能力}) = (\text{公害})$

例如,根据日人田守荣一氏的试算,自1950年到1960年的10年期间,由于燃烧化石(煤和石油)燃料,人类人为地往大气排出的碳(C)量约为 2.5×10^9 吨。而通过植物光合作用,可将大气中二氧化碳所含的碳以淀粉形式加以固定的,只约等于它的18%。这对于自然界所造成的不良影响,往往超过了常识所能想象的程度。

我们面临的事实是:环境污染日益严重,环境质量不断下降。我们南昌市每日排放废水110万吨,青山湖早就被污染了。苏联著名的伏尔加河,水面油污到处漂移,有一次因儿童玩火引起了一场水面大火。

由于地表水的污染导致了地下水污染。地处浑河下游的沈阳市,78年对174眼井检测结果,有一百零四眼井污染指标超过饮用水的标准。

由于化学物质特别是大量使用农药而损害着土壤的健全机能,土壤被污染了。随着土壤的污染,生长在土壤上的植物也受到污染,而以植物为饲料的家畜也由此受到污染,这种链条式的反应应该引起我们的重视。

这里特别强调一下,目前许多大中城市,噪音的发展已超出了人耳所能忍受的程度。据统计,美国每20人中就有一个人听觉已受到噪音的损害。

本来,人类一双结构精巧的耳朵,其功能之一是用来收听大自然发出的各种声音信息——风声、雨声、虫鸣、鸟语等有益于人们身心健康的大自然的音乐。然而,现在进入我们耳朵的是机器声,马达声、鸣着尖笛的列车声、机修厂发出的刺耳钻心的金属尖叫声,加上汽车喇叭参加的大合唱,从早到晚,连绵不断,改变人类环境的素质,构成了噪音污染。

根据加拿大声学家穆来·沙佛估计,城市噪音正以每年半“分贝”的速率增长着。

“分贝”是一个音强级单位,一分贝是人耳刚能听到的最微弱的声音。树叶沙沙作响大约是十分贝,柔和音乐大约是40分贝,繁华街道的吵声大约是90分贝,喷气发动机发出的声

音大约是130分贝。据研究70分贝的噪音便开始损害人的听觉。

噪音不仅损害人的听觉，引起人的失眠和烦躁，而且还与心血管病及精神紧张的各种疾病有关。例如，有心脏病的人，实在经受不住突如其来的一声巨响！就是许多正常人在听到一声巨响时，也会引起异常神经反应，使肾脏腺素注入血液中，心跳加快，血管收缩，肌肉紧张，甚至瞳孔放大，发生短时肠部痉挛。

因而在我们注意化学物质对环境污染的同时，必须认真对待噪音的污染。

大气污染、水质污染、以及土壤污染、放射性污染和噪音污染等等，构成总的环境污染，人们生存的环境受到干扰和破坏，因而给人们身体健康带来了潜在的危害。许多工矿企业和人口集中的大城市，癌症发病率和死亡率近年呈明显上升趋势。根据国外研究报导，人类癌症的60—90%是由于环境因素引起的。

综上所述，人和环境不协调的现象，我们不能再视而不见、听而不闻了。只有一个地球啦！

只有一个地球，“还我晴空”、“还我河流”、“还我生物”的呼声，日益强烈。于是保护自然资源，保护自然环境的各种提法和具体措施，都提到议事日程上来了。例如，对待自然资源、环境保护，要着手现在，放眼将来，不能杀鸡取卵、泽竭而渔；要立足本地，胸怀全局，不能强调片面，不顾整体；要绿化大地，建立自然保护区，要研究天敌除害，不能滥用农药；要建立“净化工厂”，不能放弃综合利用；要统一规划，做好城市生产布局；要建立环境监察网，提供环保依据。等等。

我们是社会主义国家，我国政府及时提出了计划生育、环保方针（注）和绿化措施。实践证明，认真执行这些方针和措施，人和环境的矛盾就可以缓解，环境就可以得到保护和改善，我们的国家，必然更加是“莺飞草长”、“物华天宝”的人间乐园。

《注：我国环保方针是：“全面规划，合理布局，综合利用，化害为利，依靠群众，大家动手，保护环境，造福人民”》

第二讲 谈谈信息论、控制论 和系统工程

倪 国 熙

二十世纪是科学技术突飞猛进的时代。尤其是在第二次世界大战之后，在科学的园地里呈现出一派百花齐放、欣欣向荣的气象。这个时期科学发展的特点，是各种新学科层出不穷，竞芳争艳。而在这些绽开的新花中，最引人瞩目的正是我们正要谈到的信息论、控制论和系统工程。它们以其深刻新颖的思想，以其横跨一切学科的特征，以其普遍而重大的价值，不仅在科学技术界引起广泛重视，而且在社会科学界也产生了意义深远的反响。

信息论、控制论和系统工程的对象极其广泛，可以说无所不包，因而要全面地谈论这三个学科，将超出本讲座的范围，也是我们的能力所不及的。我们只想粗略地介绍一下信息论、控制论和系统工程的基本想法和社会影响。需要事先说明的，是这三门学科中的许多概念，至今并无确切的、公认的定义，又由于这三门学科正处在蓬勃发展的阶段，对它们的对象和任务，也众说纷纭，莫衷一是。这就使得我们的介绍不可避免地具有“模糊性”。

一、信 息 论

有人认为，二十一世纪将是信息的世纪。这样的预言究竟对不对？它是在怎样的基础上产生的呢？

要回答这个问题，必须从信息这个概念谈起。但是，我们将避免给信息下一个精确的定义。这是因为信息是一个十分基本的概念，这类概念是无法予以精确定义的。对这类概念，唯有在深入研究的过程中逐步地去掌握。从字面上讲，信息二字可以有极通俗的理解，譬如有人问起：“某某有没有信息啊？”这里信息指的无非是某种“情况”。对于科学技术来说，信息就表现为“情报”。稍加深入观察，不难看出这类信息是无所不在的。不仅人有信息，一切生物都有信息，甚至于一切物体都“荷载”着丰富的信息。就拿眼前的随便一件物体来说吧，如这张涂过棕色油漆的，木头做的，两个人用的课桌，加在桌子前的形容词就描述了这张桌子所荷载的部分信息。至于像书，录音带，电影胶片这样一些专门用来传递信息的物体，当然就荷载着更加丰富的信息了。我们很容易进行如下的推理：信息是客观存在，它并不依赖于是否被感知，并且不会由于传递而有所损失和减少。因此，信息不同于意识，也不同于物质和能量（它们遵从守恒定律，即一物的能质的增加必伴随着另一物的能质的减少）它是独具特色的另一类存在。有人认为，信息是物质和能量之外，组成外部世界的第三个要素。单纯从这点出发，就不难理解信息该有何等重大的意义啊！

人类社会是一个相互联系的十分复杂的系统。容易看出，人们正是通过信息才沟通了相互联系的渠道。早在语言形成之前，作为氏族或部落的人们，就掌握了用声音，手势或其它方

式来传递信息。即使在那个时代，信息就起着重要的作用。但是，当人们主要精力尚直接从事于物质生活资料的生产时，信息的意义并不十分突出。然而，随着社会的不断进步，由于科学技术的高度发展，电子计算机的广泛应用和各种类型的自动控制机器的大量问世，信息的意义就显得越来越重要了。这时，人们的主要精力将用于接受和处理信息，而那些直接从事物质生产的活动将能在很大程度上交给新型的机器去执行。从这个意义上说，预言下个世纪是信息的世纪是不无道理的。

上面已初步描述的信息概念，作为一门具体的科学学科的对象，未免过于广泛。为此，我们必须对信息的概念加以限制，进一步考虑“有用的信息”。在任何实际问题中，我们总不会一般地关心任何信息，而是只关心和我们的对象有关的信息，而获取信息的目的，无非是消除对事物的认识的不确定性程度（简称不定度）。具有如此属性的信息，就称作有用的信息，并常常简称为信息。让我们举一个浅显的例子：某人出差在外，惦念着家里的儿子是否考取了大学。若此时家中来信说到儿子的“考分在录取线之上”，这一信息可以减少某人的不定度，因而是有用的信息，但此信息并不能完全消除不定度，如果信中说儿子“已被录取”，则某人的不定度就可完全消除。从而可以认为后一信息的量大于前者。如果信上又提到儿子的“身体很好”，那么，就某人所关心的问题而言，此信息是无用的，或者说信息量为零。由此可见，信息的有用性是相对的，并且有必要引进信息量的概念。而信息量的大小的合理的度量正是它所能消除的不定度的大小。

一门学科，在当它能够对所讨论的对象作出定量的刻划时，才有可能成为严格的精确的自然科学。因而信息量的概念无疑是信息论中头等重要的概念。信息量的概念，最早是由美国贝尔实验室的通信工程师申农给出的。他于1948年发表的题为“通信的数学理论”的论文，被公认为现代信息论的发端。

现在，我们用数学语言给出不定度和信息量的精确定义。当我们做一次试验或进行一次观测时，一般总有几种可能的结果中的某一个出现。譬如掷一个骰子，可能出现1点朝上，或2点朝上，……或6点朝上，总是这六个可能的结果中的某一个出现。我们称试验或观测中任一个可能的结果为基本事件或样本，称基本事件的全体为概率空间，每个样本出现的可能性大小，为该样本出现的概率。如在掷骰子的试验中，概率空间可用 $X = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ 表示，每种点数（1——6）出现的概率都是1/6。抽象地，一个概率空间中样本的个数是不受限制的（如观测水位，水位数是一个可在某个范围内连续取值的随机变量），但为了叙述简便起见，这里不妨假定样本数是有限数，即概率空间 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ，并且，每个样本出现的概率也不一定相等，设 X_i 出现的概率为 $P(X_i)$ 简记为 P_i ，则按理应有 $\sum_{i=1}^n P_i = 1$ ，下面从具体的例子出发，引出概率空间的（即试验或观察的）不定度的表示式。考虑 $X = \{X_1, X_2\}$ ，有概率 $p(x_1) = p(X_2) = 0.5$ ，而 $Y = \{Y_1, Y_2\}$ 有概率 $p(Y_1) = 0.9$ 、 $p(Y_2) = 0.1$ ，对 X 来说，是两个结果中的某一个出现，而究竟出现哪一个都是等可能的，即对于 X_1 还是 x_2 出现，无任何偏向。它对于 Y ，出 y_1 的可能性是90%，因此可预言多半是 y_1 出现。相此之下， X 的不定度应比 Y 大， Y 是几乎确定了的。设又有一个概率空间 $Z = (z_1, z_2, z_3, z_4)$ 、有概率 $p(Z_i) = 1/4$ ， $i = 1, 2, 3, 4$ 。于是，对 z 而言四种可能性中的某一个出现，而究竟是其中的哪一个，则无任何偏向，容易想像， Z 的不定度较 X 为大。从而可见，不定度既依赖于样本的个数 n ，又依赖于概率 $P_1, \dots, P_n$ 。申农给出的不定度的表达式为

$$H(x) = -k \sum_{i=1}^n P(x_i) \log P(x_i) \quad (1)$$