

天文、地质、古生物

资料摘要（初稿）

一九六九年十二月

毛主席語錄

人类的历史，就是一个不断地从必然王国向自由王国发展的历史。这个历史永远不会完结。在有阶级存在的社会内，阶级斗争不会完结。在无阶级存在的社会内，新与旧、正确与错误之间的斗争永远不会完结。在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。停止的论点，悲观的论点，无所作为和骄傲自满的论点，都是错误的。其所以是错误，因为这些论点，不符合大约一百万年以来人类社会发展的历史事实，也不符合迄今为止我们所知道的自然界（例如天体史，地球史，生物史，其他各种自然科学史所反映的自然界）的历史事实。

.

目 录

从地球看宇宙 (一九七〇年三月) 1—18

- 一、 星序..... 2
- 二、 星云的类型..... 7
- 三、 恒星的亮度、距离和运动..... 9
- 四、 星系..... 13
- 五、 太阳系的起源..... 15

启蒙时代的地質論战 (一九七〇年三月) 19—23

- 火成学派对水成学派的斗争..... 20
- 渐变論对災变論的斗争..... 21

总结地层工作的要点 (一九七〇年三月) 24—30

- 地質时代的划分..... 24
- 地質构造运动的时期問題..... 26
- 地槽和地台問題..... 27
- 沉积矿床..... 29

古生物及古人类 (一九七〇年六月) 31—48

- 元古时代原始生命形态的可疑遺迹..... 31
- 动物界的第一次大发展..... 35
- 植物界的第一次大发展..... 37
- 古生物工作中涉及进化論的一些主要論点..... 42
- 人类的出現..... 44
 - 一、 人类发展的第一阶段——古猿开始从猿的系統中分化出来..... 45
 - 二、 人类发展的第二阶段——猿人..... 46
 - 三、 人类发展的第三阶段——古人..... 47
 - 四、 人类发展的第四阶段——新人..... 47

三大冰期 (一九七〇年三月) 49—58

- 一、 第四紀大冰期..... 49
- 二、 上古生代的大冰期..... 53

三、 震旦紀大冰期.....	54
四、 关于冰川起源的一些論点.....	55

地壳的概念（一九七〇年三月）59—68

一、 地热.....	60
二、 酸性和基性岩类的分布.....	62
三、 地震波穿过地球各层的速度.....	63
四、 均衡代偿現象.....	66

地壳构造与地壳运动（一九七〇年三月）70—98

一、 大陆构造的主要特点.....	75
巨型緯向构造体系.....	77
阴山——天山构造带.....	77
秦岭——昆仑构造带.....	78
南岭构造带.....	79
經向构造体系.....	80
新华夏系构造体系.....	81
华夏系和华夏式构造体系.....	82
扭动构造体系.....	83
山字型构造.....	83
多字型构造.....	84
棋盘格式（或网状）构造体系.....	85
入字型构造体系.....	86
旋扭构造体系.....	86
二、 海底构造的主要特点.....	89
大西洋方面.....	89
印度洋方面.....	90
太平洋方面.....	90
北冰洋方面.....	92

*

*

*

运用毛主席的哲学思想发展科学技术

（原載《紅旗》杂志一九七〇年十一期） 99—102

毛 主 席 語 录

马克思主义的哲学认为，对立统一规律是宇宙的根本规律。这个规律，不论在自然界、人类社会和人们的思想中，都是普遍存在的。矛盾着的对立面又统一，又斗争，由此推动事物的运动和变化。矛盾是普遍存在的，不过按事物的性质不同，矛盾的性质也就不同。对于任何一个具体的事物说来，对立的统一是有条件的、暂时的、过渡的，因而是相对的，对立的斗争则是绝对的。

从 地 球 看 宇 宙

在宇宙空间中，分散着形形色色的物体和物质，都在运动，都在变化。有的正在生长，有的达到了成熟的阶段，有的已经消逝。我们今天看到的宇宙，是其中每一团、每一点物质，在有关它们各自历史发展过程中的一个剖面的总和。这个总和，不仅具有空间的意义，而且具有时间的意义。其所以具有时间意义，是因为散布在宇宙空间的星云、星体等等，距我们有的比较近，有的很远很远，尽管光的速度很大，可是宇宙空间更大得多。因此，我们同一时间，通过它们各自发出的光所获得的印象，是前前后后相差很远很远的时间的印象总合起来的一幅图象，在这个相差很远很远的时间内，不但星云、星体等等的形象有所变化，它们彼此的相对位置，在几十万年，甚至几万年中，肯定大不相同。可以断定，今天我们所见到的天空的面貌，不是天空今天真正的面貌；有的已成过去，有些新生的东西，还要等待很久很久以后，才能在地球上看见。

天文工作者用来衡量宇宙空间距离的单位是光年。光的速度每秒 2.99796×10^5 公里，一年的时间内光的行程叫做一光年，即 9.46×10^{12} 公里。近代天文工作者们，用来观察宇宙的工具，有各种类型的望远镜，其中大型反射镜效能最大，还有各种特制的光谱分析仪，可以用来测出发光的星体和星云的温度、组成物质和运动。最近十几年来，射电望远镜发展很快，这种工具的设计和使用，已经成了一项专业，叫做射电天文。射电“望远镜”实际上并不是什么望远镜，而是装上了特殊形式天线的无线电波接受器。第二次世界大战的后期，已经有人利用这种类似雷达的装置来侦察来袭的飞机和导弹，现在的射电望远镜，就是在这种装置的基础上发展起来的。射电望远镜能探测的范围，大

大超过了最大型反射望远镜所能达到的范围，但它不能代替用真正望远镜所能作的一切工作。

天文工作者們使用这些工具进行探索宇宙物质形态和运动已经多年了，他們逐步摸索出来了一些观测方法，获得了一些比较可靠的成果。

最近，宇宙航空技术的发展，对天体，特别是对我們太阳系成员的观测（包括行星、卫星和彗星），提出了新的途径。在不远的将来，可能发挥其他方法所不能起的作用；对于恒星的观测，也许可能起某些作用，不过有很大的困难还有待克服。最大的困难是恒星离我們太远，譬如說，离我們最近的是大犬星（又称为天狼座）的一颗伴星距地球就有 4.4 光年（火箭去金星就得走几年），假如我們能够把观测的仪表送到这颗星边去，等到仪表送回资料的时候，实际情况已经变更了。

下面扼要地列举一些重要成果和有关资料。其目的是在于，从今天我們见到的实况去比拟我們的地球在过去，特别是它幼年时代，发展的过程。如若可能，还企图进而探讨一下它的起源問題。

一、 星 序

二十世紀初期，赫茲·斯普隆根据一般恒星的某些特征，如光譜类型、亮度、等級、顏色等等，开展了一项有意义的統計工作，后来罗素对这项工作又加以发展，其結果，得出了現天文工作者所熟悉的赫——罗星序图。赫——罗星序图是以星的等級、亮度为纵座标，以星体表面溫度、光譜类型为横座标的座标系統中所有恒星的地位的总图谱。一般认为恒星可分为七大类型（O，B，A，F，G，K，M），还有极少数其他类型（R，N，S），各有特点，不易彼此互相比較，但几乎都可以归納到赫——罗图谱中。

极堪注意的事实是，在这样作出的一幅图谱上，宇宙空間一切星点的位置，不是一片混乱，散布在图谱的全面，而是絕大多数星体有秩序地成带分布。其中最突出的一带，由图谱的左上角，几乎呈直线状延伸到右下角。这一带甚为狭窄，其中星点极其密集，称为主星序。

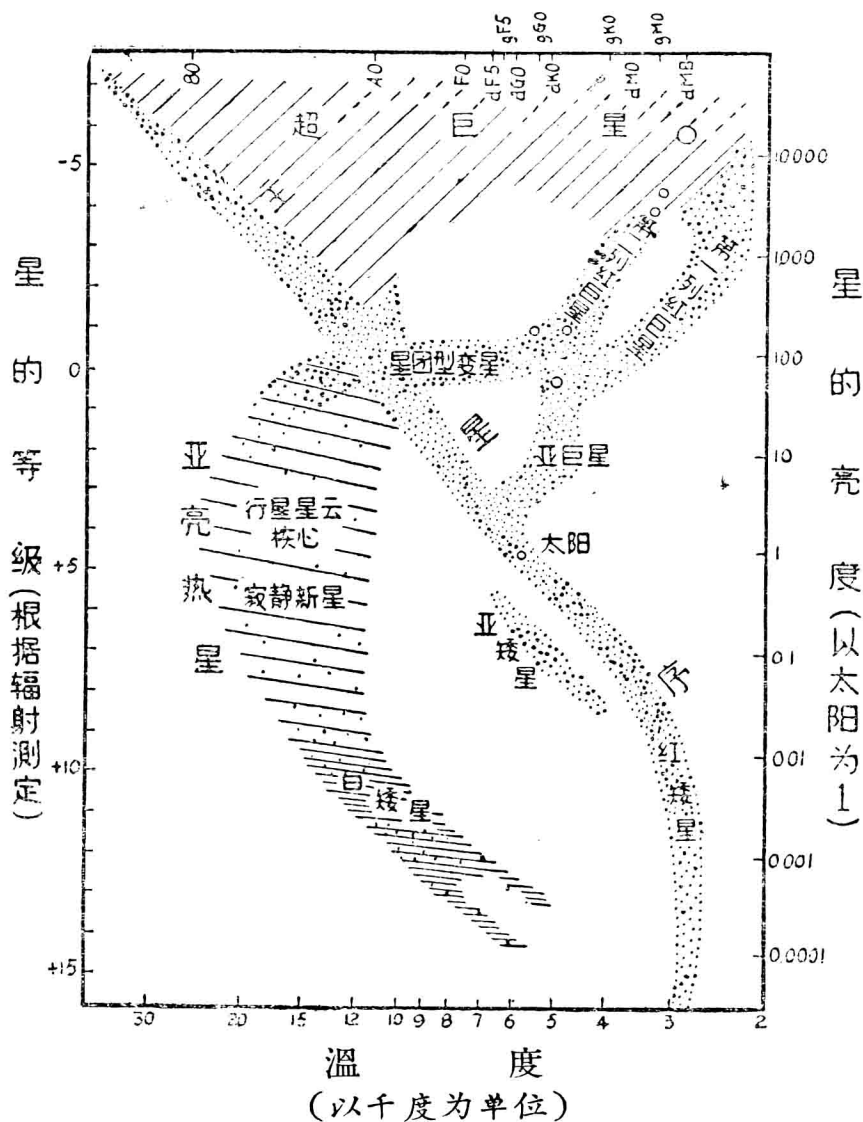
在主星序的右侧，还有一个次要的序列，向右上角伸展，在接近右上角的部位分为两支。

在主星序的左侧，又有一个次要的、隱隱約約的星序，起初由主星序的中部往下，然后向右下角轉折。

这样用图谱表示星体主要类型的联系，可能有助于我們发现不同星种之間的真正联系，进而找出某些线索，来探索星体的起源、发展和衰变的过程，虽然这种看法，現天文工作者几乎完全放弃了。

赫——罗图上标记的星种，一般具有代表一个序列或一个序列某一部分的意义。因此，下面对赫——罗图上标出的星种，分別作极为簡要的敘述。

光 谱 型



赫——罗温度、光谱、亮度图

1. 星云 在近代天文学的意义上,星云是指气体星云而言。所谓气体星云,一般地说,是由稀薄的一团气体和尘埃聚合而成的星际物质,其直径至少有 100 光年。它们散布在宇宙空间,外形不太明确,内部有时有发光的星体激发气体或尘埃自己发光或反射星光。在银河系中我们经常见到的一片片的白光,属于这一类型。星云有大有小,有暗淡的,也有很明亮的,其中往往存在着不同形式的星体或星团。根据这种情况,我们不好把星云当做一种类型的星体物质看待,而应该看做是既具有星体的意义,又具有星系意义的天体物质。

赫——罗图上部的星星，都是青白或白热的星体或星云。其中的星云是由一包一包呈巨大点滴形状的气体组成的，组成的物质主要是氢。这种由星体物质聚集而成的原始形态，有时称为星协。由于它们自身重力的作用，那些一包一包的气体，逐渐凝缩成球状，当然，这种凝缩成球状的过程是与它们内部因凝缩而产生的压力和辐射的压力作用的过程分不开的。这样，一颗原始的星球就出现了。在它们内部产生的压力和辐射的压力与它们自身重力互相斗争的过程中，就是幼年的星渡过它们成长壮大的阶段。

如若它们受到热核变化的自动控制，它们的质量就应该在太阳的质量的 $1/100$ 到 100 倍之间，低于这个限度，内部的压力不够发动热核作用，超过这个限度，放出的热能太大，趋向于自我毁灭。

2. 红巨星和红矮星 恒星的变化过程中，往往产生红巨星和红矮星两种星。有些人认为，红矮星也是衰变过程中的现象，但也有不同意见，这些人认为红矮星在它存在的过程中，一直是红矮星。其所以成为红矮星，主要是星球的物质中所蕴藏的燃料——氢，因聚变而产生氦的结果。氦是重氢原子结合而成的元素，在结合的过程中发出热能，消失热量。因此，一般的讲，红巨星也好，红矮星也好，都可以看做恒星发展过程的一个阶段。红巨星可能是一个巨星发展初期或壮年期的形式，也可能是在它衰变过程中出现的一种形式。一般地说，明亮的恒星中，都蕴藏着大量的氢和氦等气体元素。伴随着氢的产生，必然发出大量的热，这时候星光也就会越来越强，星的温度也越来越高，等到星中蕴藏的燃料——氢，接近枯竭的时候，它的温度也就降低，体积也会缩小，也成为一颗红巨星或红矮星。红矮星的密度约为水的 10 倍，表面温度达 3000°C 左右。

红矮星出现在主星序的下段，而红巨星出现在一个支序的上部，在赫——罗图上，看来它们的来历各不相同，这是表面现象，当然并不一定反映实质。实质问题，应该牵涉到它们的内部组成物质的变化。

可以推断，当一颗年轻的星表面温度逐渐增加，达到与主星序相应的温度的程度，可能暂时稳定，亮度也维持相应的水平。然而它内部的温度可能达到几百万度，密度可能达到每立方厘米 100 克左右，在这种情况下，氢就应该转化为氦和辐射能。到了这个阶段，有些星的内部，可能进入质子到质子的轮回变化，对温度的影响不大；而有些质量大的星的内部，则可能进入碳轮回的阶段，对温度极为敏感。经过这些阶段的星，通过不同的途径，最后都成为红巨星。

红巨星内部是由致密的氦组成的，这种惰性的东西，在星中一时起不了什么作用，但等到核心部分的质量和压力增加到一定的程度，碳轮回就开始了，碳又逐步变化，进入重元素的阶段，最后成铁。这样一个过程，有一定的客观存在的根据。

3. 白矮星 这类的星很多，温度高，表面温度就有 $9,000^{\circ}\text{C}$ 。最显著的特点是它的密度大得惊人，一般大约是水的 6 万倍。假如你把一个火柴盒装满白矮星的物质，那么这个火柴盒的重量就会达到好几吨。其所以有这样大的密度，是因为在巨大压力的作用下，星中的原子发生了聚变的效应，原子核周围的电子都被挤开，而原子核紧紧地挤在一起。在这个聚变的过程中，也必然发出巨大的热量和强烈的光，体积收缩了，亮度增加了，所以成为一颗白矮星。如若这个看法正确的话，那么白矮星之所以发光，就不是因为氢燃料燃烧的作用，而是原子被巨大压力压毁的结果。

4. 巨星和超巨星 恒星之中，还有巨星和超巨星，它們大都呈黃色，有的近于紅色，白色的巨星也偶然見到。这些巨星和超巨星的体积很大，它們的直径有的差不多与地球繞太阳軌道的直径相当。它們的密度很小，由疏松的物質組成，中心的溫度估計不过几百万度。例如 Y 天鵝座的质量比太阳大 17 倍，但比太阳亮 30,000 倍。太阳中心的溫度估計約 25,000,000 度，白巨星中心的溫度約 35,000,000~40,000,000 度，紅巨星中心的溫度約 15,000,000~20,000,000 度。必須指出，这些数据，都是按某种理論根据估計，而不是实测的。这是一方面的情况。

另一方面，在主星序的左下側，我們知道有一顆暗淡的、距地球最近的恒星，大犬星的伴星，发光很微弱，亮度只有太阳的 $1/3$ 。但它的表面比太阳热得多，它的直径只有太阳的 $1/50$ ，而它的质量差不多与太阳相等，它的密度比水大 175,000 倍。这个恒星，离我們很近（約 4.4 光年），上述测出的数据比較可靠。

5. 变星 变星的特点，是它們的亮度經常变化。每一顆变星，从最亮到最暗，又从最暗到最亮，都有一定的周期。不同的变星，它的周期有所不同，大体上可以分为两类：一类属于造父星型的变星，周期很少超过 20 天，但也有个别达到 30 天，这一类型的变星，总称为短周期的变星；还有长周期的变星，它們的周期，从 100 天到 500 天左右。

第一类变星的变化情况极有規律，从它們的光譜来看，它們发光的顏色在最亮与最暗的期間不同，这意味着一亮一暗的現象，反映这类变星星体的物理状态有所变化。譬如說，在最亮的时候，它的溫度最高，最暗的时候相反。有人認為，这种变星，可能是一种脉动星，它在一明一暗的周期間，发生收縮（亮）和胀大（暗）的現象。另外，从它的光譜中可以看出，在它向着地球接近的时候，它的表面隆起，而远离地球的时候，它的表面下降。从理論上考虑，当一个球形气体物質，发生脉动的时候，它的自然周期應該是和它的密度的平方根成反比例，这样計算的結果与已經观测到这一类变星的实际周期，基本上是相符合的。

第二类型（长周期）的变星，有三个特点与第一类型很不相同：首先，它們的亮度变化很大，平均为 5.5 級，只有少数的星超过 8 級；其次，它們不像第一类变星那样，無論在变化的幅度或变化的周期上，都缺乏規律性；第三，大多数变星，在它們大爆发时达到最大亮度的时候，在它們的光譜中出現氫线。

第一类的变星，为数极多，第二类变星，数目少多了。第一类变星，在探测宇宙工作中，可以起标尺的作用；第二类的变星，很难掌握它的变化規律，在探测宇宙的工作中，到現在为止，起不了什么作用。

变星的类型不少，其中某些类型、特別是在銀河系中的某些类型，例如仙王座的造父星等，就是被天文工作者們用来测量恒星的距离和它們运动的速度最方便的标志。

6. 新星 也是一种变星。但有它們的特点：突然发亮，在两、三天內往往亮到几千倍，以致模糊不清，之后，亮度起伏减弱。新星的光譜，大都按一定的程序发生变化，起初出現电离化的鈣、鉄、鈦原子的光譜线甚为显著，最后又出現电离化的氧、氮、氦原子的光譜线。构成新星的物質，圍繞着中間发亮的核心，运动极为复杂并迅速扩大，有时象是发生了毁灭性的爆炸，爆炸时射出气体物質的速度，达每秒 3,000 公里（差不多相当于光速的百分之一）。这种爆炸，究竟是什么原因，現在还没有定論。但是，有一些事实值得注意，就是在爆炸时，光譜中出現很多黑线，以不同的程度向紫色

方面移动，这是极堪注意的现象之一。牛顿认为，爆炸是由外星碰撞引起的。还有人认为，碰撞是新星与星云之间互相撞击的结果。

新星的形状，看来在它的暗淡阶段是呈球形的，爆炸以后，新星发生许多奇怪形状。例如，离开地球有4,000多光年的蟹状星云，就是在1054年，中国天文观察者所发现的一颗超新星的残骸。

新星的发现，中国人最早。大约早在公元前1300年的时候，甲骨文有某“月的第七天，新大星并火”的记载，另外，一块同时代的骨片上，又有“辛未有毁新星”的记载。这就证明，在辛未（就是在新大星出现之后几天）那一天新星就不见了。这个甲骨文，虽然没有准确的年月记载，但看来是中国历史上发现新星最古的记载。到汉代，新星改名为客星，最亮的时候，在白天可以看见，但不久又隐迹无踪了。这些记载，表明中国古代天文观察者，对新星的出现是非常注意的。

7. 流星和隕星 宇宙空间充满了物质，包括钙、钠、钾、钡、铁、碳化氢及碳化氮的气体，还可能有不少低能的氢原子以及极微的尘埃颗粒和不同大小的块状物质等等。总起来看，它们的分布是相当均匀的，据估计，每一立方厘米中最多不过一颗氢原子，成块的物质，可以达到长1.2公里，厚0.5—1公里左右。就已知记录来说，这些固体的碎片，看来是宇宙中某些星球经过自己发生爆炸或其他星球碰撞而遗留的残骸。它们在宇宙空间飘荡，当接近一个较大的星体时，譬如说地球，它们由于重力的吸引而向地球奔驰，有的在穿过地球的大气层中，因摩擦发热而被烧毁，这就是我们经常所见到的流星。另外，也有一小部分落到地球上，成为隕星。最小的隕星粒子，直径在0.5毫米以下，而最大的隕星，已知少数较大的，重量可达几吨，还有些特大的隕星，破坏地面，达成千上万平方公里。中小型的隕星，有时象冰雹和雨点一样，从空中下降到地面，在中国历史上不止一次有“星隕如雨”的记载，这样的隕星群，有时称为一阵隕星雨。

巨型隕星向地球表面冲击时，往往形成一种特殊的深坑，这种隕星坑，在世界各地已有所见。例如，在美国阿里佐纳，就发现过直径1,212米、深132米的坑，而加拿大魁北克以北的洽伯隕星坑还更大些。在非洲加纳北部的阿桑提地区，也有几个相当大的坑，其中最大的直径约10公里。这些坑，有人认为是火山口，也有人认为是隕星撞击而成的。根据后一设想，有人曾经建议在这些坑的周围勘探煤矿。

从隕星的这些现象看，天空中落到地球上隕石的重量与地球的质量比较起来，是微不足道的。这样看来，至少在几十亿年来的漫长地质时代中，由宇宙空间送来的物质，包括所谓宇宙尘埃对地球的成长，在地球时代中，看来不是一个重要的因素。

8. 双星和星团 在天空中，我们经常看到两颗星似乎连在一起的现象，这个类型的星，叫做双星。它们有的大、小大致相等，有的大、小相差很多，光度也经常有极为显著的变化，有时只见到一颗，有时两颗都出现了。在很久以前，人们把这种星当做变星看待，现在知道这种类型的星，不是变星，而是两颗相距不远（其间的距离可能有几个光年）的星组成，互相围绕旋转。因此，在它们旋转的过程中，必然发生不同程度的星蚀现象，这就是说在我们视线方向，一颗星在不同程度上掩盖了另一个星，被掩盖的星，光度减弱，甚至完全见不到了。北斗星斗柄上第二颗星——开阳，实际上就是双星，开阳的辅星，比它暗得多了，只有从望远镜里才能看见。另外，大陵五（英仙座 β

星)也是一个著名的双星,当这颗双星中較暗的一颗經過那颗亮星与地球之間的时候,这颗亮星的亮度就好象减弱了,但它的真实亮度并没有减弱。

另外,天文工作者們,在宇宙空間发现了不少聚集在一起的恒星团,从地球上看来,它們彼此相距很近。組成这种星团的恒星,大都具有类似的特点,譬如說,它們都是朝着一个方向运动,有时它們全体籠罩在一团朦朧的星云中。例如,参宿4(猎戶座 γ 星)就是一个。昴宿中,用肉眼看也有七、八颗星聚集在一起組成星团,如果用大型望远镜看,組成这个星团的恒星,数目还多。太阳是一颗恒星,看来它站在一个星团的中部,这个星团是由太阳、北斗星的一部分、大犬星和其他若干亮星組成的。根据天文工作者們在宇宙探索的結果,一般給人們这样的印象,即由銀河系中央部分直上太空,遇見恒星星团比宇宙空間其他部分頻繁得多。这意味着什么,現在还不了解。

也偶而見到三颗星聚合在一起,組成小的恒星星团,这种現象叫做三合星。三合星中的一颗星,有时經過仔細的观测,是由两颗星組成的。

二、 星云的类型

有些天文工作者就星云的类型,把它們分为两类:其一是銀河系的星云,簡称河内星云;其二是河外星云。河内星云又分为疏散星云和行星星云两种。

疏散星云,有明亮的,也有暗淡的。明亮疏散星云之所以发亮,根据光譜分析,是因为它們呈現亮线光譜;但也有一些是反射发亮的,因为根据光譜分析,它們呈現稀疏光譜。据一般的估計,需要有溫度超过 20,000 度以上的星,才能够激起星云发光。发光的星云,由于光集中在几条較亮的光譜线上,比較容易精确的测量它运动的速度。有些人作过大量的工作,发现了在視線方向,它們的速度仅仅是每秒 9.6—11.2 公里,在天文数字中,这个数字很小。我們認識暗淡疏散星云,有个較长的过程。銀河中,有很多黑暗的部分,几乎完全見不到什么星。在赫尔希尔时代,人們都認為黑暗部分是天空里的空洞。現在已經証明,不是空洞而是被极細微尘掩盖的領域。星光射到微尘上有三种反映:一是反射;二是吸收;三是扩散。扩散的作用,既加深昏暗的程度,又对下面(背景)的星,发生紅化的效应。天文工作者們,現在大都同意微尘的直径在三十万分之一吋的范围效果最为显著。从光譜分析結果来看,那些微尘大都是鉄、鋅、銅的化合物,还可能有类似岩石的微粒。

行星星云,与行星相同之点,只是它們的边緣用望远镜看去,相当清楚,而且呈圓形或橢圓形,这表明它們是球状或橢球状的物体,而它們的内部,往往具有一圈套一圈,实际上这可能都是一些同心球的一个套一个的壳子。它們的距离一般較远,估計离地球約 3,000—30,000 光年,有时只能見到一点星斑,亮度一般在 9—19 級之間,在光譜中只見到亮线,所以知道它們是全部由气体組成。它們中間經常有一颗发青白光的亮星,有的溫度达到 150,000 度(C°)。組成这种星云的气体是很稀薄的,它們的密度小于太阳的五分之一,它們大部分分布在銀河的中央部位。运动的速度平均每秒 24 公里。

有人通过光谱分析，发现在行星星云中存在的元素，与太阳中存在的元素可以比较。

行星星云的平均成分与太阳成分的比較表

元 素	原 子 的 相 对 数 目	
	星 云	太 阳
氢	1000	1000
氦	100	222
碳	0.6	0.04
氮	0.2	0.12
氧	0.25	0.37
氟	0.0001	
氖	0.01	
硫	0.036	0.037
氯	0.002	
氩	0.0015	

銀河系外的星云，简称河外星云。这些星云与河内星云不同，具有许多特点。它们的表面形状，有呈卵状、椭球状和透镜状的，而最多的是呈旋涡状。其中最大的一个也是离我们最近的一个，叫做仙女座，它的直径达六度以上，它离我们的距离，哈勃尔根据其中一个造父星型变星测量的结果为 900,000 万光年，但另有一说，它离我们有 2,000,000 光年。因为这个星云非常庞大，而且它的位置不是与我们视线垂直，而是偏于侧面，因为所测的目标所在不同，测出的距离不免相差很大，但差距达到如此程度，不能不令人怀疑一部分是由于测量方法不同而引起的。例如，哈勃尔所使用的变星，实际上并不在这个旋涡星云中，而是离它相当远的一个变星，在我们的视线上重复在一起，从地球上看上去好像贴在一起。这里说明一个问题，就是我们对于宇宙空间探测恒星的距离

河 外 星 云 纵 深 分 布 的 密 度
(假定空间的密度不变)

显 示 亮 度 (根据摄影)	平 均 距 离 (光年)	星 云 的 数 目	
		每 一 平 方 度	天 空 全 部
10	3,400,000	0.00031	34
12	8,600,000	0.013	540
14	21,500,000	0.20	8,500
16	54,000,000	3.2	135,000
18	136,000,000	51	2,100,000
20	342,000,000	810	34,000,000

所用的方法和所得的数据，在某些場合，似应采取保留的态度。

最小的河外星云，也是最遥远的河外星云只能看見是一小点、极为暗淡的星斑，有些迹象証明，至少其中有一部分是属于旋渦状的，不过現在还无法肯定。

还有许多看来是属于中型的河外星云，介乎大、小类型之間，其中也有些包括旋渦状星云。例如猎犬座中的某些星云，显示許多特点，值得注意。这种星云的共同特点，中間有一顆变星呈球形或近于球形，从这个核心部分伸出一对弧形星云带，环绕着核心部分呈旋渦状，而在弧形星云带中，有些結巴或球状、椭球状星体，可以明显的看到这些結巴或星体，是弧形星云带局部集結而成的。根据多方观测的結果，可以肯定那些旋渦带状星云，都是核心部分在旋轉中拖着的尾巴，随着母星旋轉的方向向前轉动，而不是由母星伸出来的两只臂膀，指向整个旋渦状星云向前旋轉的方向。

从地球上看去，好象这些无数的星云，都有避开銀河的趋向，又好象它們趋向于，在銀河中部的两边与銀河平面垂直的方向集中，这种現象是否真实，大可怀疑。經過多方观测和詳細的分析，現在大致可以确定，河外星云趋向集中于銀河軸这个現象，是因为銀河系可能有一薄层云雾状的物质包裹，当我们向垂直这个薄层蔽障看去，我們就可以看到很多的河外星云；当我们顺着这个薄层蔽障看去，也就是朝着銀河系的边缘看去，我們能看到的星体和星云就少得多了，并且越远越少，这是因为两个方向阻碍星光透过的情况大不相同而产生的錯觉。

現在看来，在宇宙空間河外星云的分布，一般是相当均匀的。

三、

恒星的亮度、距离和运动

恒星的亮度

星的等級主要是用亮度划分的，亮度只具有相对的意义，而没有绝对的意义。具体地说，就是亮度的相对大小，一般用来决定有关星体相对的等級。星的亮度，有真实亮度和显示亮度的区别。真实亮度，是由星光的强弱所决定的亮度；显示亮度，主要是受距离的影响，同一亮度的星，离我們越远，看起来它們的亮度就越低。

星星的相对亮度，是和它們之間的光比有密切联系，可以用不同的标尺来衡量星星的相对亮度和星星的相对等級。宇宙空間不同的星体，等級不同，可以排成一个逐渐加大或是逐渐减小的系列，这是客观存在的事实。为了进行某种探测的方便，我們可以把亮度标尺的单位作适当的划分，也可以把标尺放在系列中适当范围。例如，某些天文工作者，用亮度来表示星的等級，亮度越小，等級就越低，为了方便起见，規定星星的級別每差5級，相当于光比1:100，这就等于亮度每高一级，光比是2.512。用这样一个标准来規定星体的等級，几乎可以照顾到宇宙空間可見到的全部星体，不管是极明亮的或极暗淡的。按这个标准，在天空中极亮的大犬星的等級是-1.6，而天空中我們所能見到的是21級多一点。用现代化的观察工具，也只能見到比21級稍高一点的星，就

是說大犬星与最暗淡星之間的級差，差不多是 23 个級。按同一标准，太阳的級別是—26.7級，所以太阳和大犬星之級差是25个級。在晴朗的黑夜，肉眼能看見的星，大約是 6 級，大犬星比它亮 1,000 倍还多一点。

星的亮度，大致与它的质量的三次方成正比还稍大一点，与半径的平方根成反比例。无氢的星比含50%氢的星要亮得多，有时多到 100 倍。星的溫度，与它的质量成正比，与半径成反比例，在星体中如若存在这条規律，氢和氦就受到相应的影响。大犬星有一个暗淡的伴星，它的亮度只有太阳的 1/300，但它的表面比太阳还热得多，它的直径只有太阳的1/50，而它的质量差不多等于太阳，它的密度相当于水的 175,000 倍。这个現象，說明亮度、溫度和光的关系，在星体中是相当复杂的。这可能涉及星体内部的结构、組成成分的变化問題。太阳的表面溫度在 5,000 度左右，中心溫度估計在2,500 万度左右。我們知道，太阳中有不少的氢，还有碳、氮。有人計算过，如果太阳中50%的氢，加上 0.66% 的碳和氮，就可达到热的平衡。有一种白大星，估計它的溫度在 3,500—4,000 万度，而又有暗淡的紅星，它的溫度在 1,500—2,000 万度，这些事实如何理解，現在还不清楚。

恒星的距离和运动

一个星在天空的位置，和它邻近的星星相比較，是不断变化的。星体运动，历来分为两种：一是橫移运动，也就是橫跨天空的运动，传统习惯称为“正規运动”；二是在视线方向的縱深运动，又簡称为縱深运动。橫移运动一般很慢，通常的数值大致每 100 年 3'' 弧左右，如果知道星的距离，就立刻可以把上述橫移的角速度換算为线速度。縱深运动的速度，可以从星的光譜測定，不管星的远近如何。关于这种縱深运动的測法，下面另述。一顆星在宇宙空間的运动，應該由三方面的考虑来决定：1.星在三維空間中的真实位移；2.视线的方向；3.星所在的远近。結合这三方面的考虑，所求得运动方向和大小，不是一个絕對数值，而是一个星对它邻近星星的相对运动。

几个暗淡恒星的特点

恒 星	級 別	每年在空間的 正規运动（以 弧秒为单位）	距 离 （光年）	速 度 （每秒公里）		亮 度 （太阳为 1）
				橫 跨	縱 深	
1.	9.7	10.'25	6.0	90	—117	.0004
2.	9.2	8.76	10.3	131	+242	.002
3.	6.5	7.05	32.0	330	— 97	.23
4.	7.4	6.90	11.2	112	+ 12	.011
5.	8.3	6.11	14.8	132	+ 26	.009
6.	5.6	5.20	10.9	82	— 64	.058

上表中列举的星，都是离地球較近的恒星，它們比一般恒星橫移运动速度較大，这可能是因為离我們近些就显得快些，也可能是橫移运动真正快些。

天文工作者們通过大量观测的結果，发现了一条恒星运动的規律，它們运动的方向

不是乱杂无章，而是平均起来，朝着天鵝座（距大犬座南头不远）的方向前进。光谱分析的结果也表示，在天鵝座部位的群星平均起来，正在进行离开我们的运动，而在天空相反部位的星星，平均起来，正朝着我们进行运动。核定这种运动的标准是太阳，所以上述探测结果，可以说是表示天空的星星都在绕过太阳而向天鵝座的方向前进，也可以说是太阳在朝着相反的方向，即朝着武仙座或天琴座中的一点的前进。这个点叫做太阳顶点，太阳朝它的顶点运动的速度，大约是每秒 20 公里。

有些人认为，我们周围的恒星朝着反太阳顶点的运动，主要是由两股星流组成的，这两大股星流运动的方向各不相同，只是因为它们相互混合而形成向太阳和反太阳顶点的平均运动。在这两大股星流中，明亮和暗淡星数比例，有显著的差异，明亮星数在每股与第二股之中的比为 3:2；而暗淡星在两股中数目相等。其他还有两个星群，各具运动的特点，在此不赘述。主要的共同特点，是那两大股星流的运动，基本上，但不完全，在银河系平面中，它们向银河系中心和离开银河系中心运动。

有几种方法测量恒星的距离，最常用的方法是视差法。视差法的原理，与地面上三角测量所用的方法相类似。最重要的一点，是要首先尽量精确的测出一条尽量长的基线，当我们测量邻近的恒星和星云的距离时，我们可以简单地利用地球绕太阳轨道的直径为基线，因为我们已经精确地测定了地球离太阳的距离，所以从某一天对准某一个星测定它的位置，再过六个月，又对准那个星测定它的位置，我们就可以用地球轨道的直径，当做基线来算出那个星离我们的距离。但是，这个简单的方法，只能适用于距我们很近的恒星。

测量远星的距离，经常利用短周期造父型变星，就是说每 20 多天一周（一周最多不超过 30 天）的变星，这种变星不管在宇宙空间那里出现，它们都有共同的特点，只要它们的周期相同，它们的其他性质，都极相类似。发光的颜色（或光谱），在最亮与最暗的时候不同，表面温度在最亮时，比最暗时高得多，更重要的一个共同特点，是它们的亮度与周期有一定的关系。如果把亮度当做纵座标，周期当做横座标，对每一颗周期相同的造父型变星观测所得的各点，在这个座标系统里用点记下来，再把全周期的各点连成一条曲线，这条曲线是圆滑的，而且对每一颗同一类型的变星曲线的形状基本相同，只不过是整个曲线往明亮或暗淡的方面挪动了一些，这个规律对探测远星距离，极为有利。

具体进行的步骤是这样：在天空远处的一团星云中，找出一颗有一定周期的造父型变星，再在银河系中找一颗周期相同的造父型变星，既然知道这两个变星的真实亮度相同，那么只要首先测定离我们较近的那个变星的距离，（因为较近就可以测得比较准确），然后测定远星的显示亮度，这样就可以按照亮度与距离的平方成反比例减弱的一般法则，求得远星以及和它在一起的星云的距离。如若要测的目标太远，我们还可以利用下述方法，加长基线。地球轨道的直径是两个天文单位，地球跟着太阳，我们跟着地球每秒前进 20 公里，就是每年我们作为观测者前进 4.2 个天文单位，所以 50 年以后，我们观测的基线，就可以延长到 210 个天文单位，这样测量远星群的距离就精确多了。但对单个星不大适用。另外，对远星的视差不容易和它自己的运动分别开来，而对群星来说，它们都作同样的横移运动，问题就不太大了。

恒星纵深运动的速度

探测恒星纵深的距离和纵深运动的问题，实质上，就等于探测我们能见到的宇宙的大小问题，这是个人们一般感到兴趣的问题。探测的常用方法是红移。什么叫做红移？简单的说就是星光的光谱向红色光方面的移动。我们可以把光的传播当做一种波动看待，既然是一种波动，在光谱中一定的地位代表一定的波长，譬如太阳光经过分光器分析以后，就可以见到它是由赤、橙、黄、绿、青、兰、紫七个颜色的光所组成。这七个颜色在光谱中，按上述秩序挨次排成一个连续的系列，在光谱中每一个颜色的光，都有它自己的幅度，也就是说代表一定范围的光波波长，如若在光谱中找出一条线，那条线所代表的波长就不是一定的范围内光波的波长，而是一定的波长。我们检阅星光光谱，经常发现其中有些明亮线，也有的光谱有些黑暗线（即吸收线）。每一条这样的线，各代表一定的波长，它们各个在整个光谱中都有一定的相对地位，我们在实验室中所获得的各种发光物质的发光记录，都反映其中不同元素的存在，而且在正常情况下，很容易辨认某一条线代表某一种元素，那条线在光谱中的地位是固定的。例如，氢就有它自己的光谱线，诸如此类。

我们知道，太阳和其他许多恒星中，含有大量的氢和氦的成分（事实上，氦的发现不是从地球中或地球大气层中发现的，而是先从太阳中发现的）。有人以为，许许多多恒星，质量的三分之一是氢，质量大的星含氢更多。

有一种现象，名叫多普拉效应，可以用一个比喻来说明这种效应是什么意思。譬如说，你站在汽车旁边，当汽车行驶时，你就必然听到它的喇叭声音变低了，这是因为汽车喇叭的声源在对你，一面产生音波，一面离开你愈来愈远，这样就等于音波的频率发生了变化，也就是波长发生了变化。这种变化，显然是和音源不动时，音波传播的速度和汽车行驶的速度有关。

现在，我们假定在某一恒星的光谱中，见到我们所熟悉的某一条线的波长为 λ ，因为恒星在运动，这条线的位置就挪动了，经常是向红光方面挪动，也就是它的波长加大了。用 $d\lambda$ 来代表发光物体在不动时和运动时它的光谱线波长的差，用 V 代表光速，用 v 代表与波长差 $d\lambda$ 有关的运动速度，这样它们之间的关系就可以用下列公式表示：

$$d\lambda/\lambda = v/V$$

根据这个公式，可以求出所观察的恒星在进行运动的速度。但有两点须要注意：1. $d\lambda$ 必须是稳定的，光谱的变动有时可以因星体本身的物理性质的变动，特别是温度和发光情况的变动而引起的；2. 考虑到恒星纵深运动的速度很大，有时达到光速的二分之一或甚至更大，在那种情况下，多普拉效应还能不能照样适用，是个问题。极堪注意的现象，是天文工作者们发现了越来越多的恒星，都是向红光方面挪动。但是，也有相反的，例如某些巨型新星爆裂时，它的光谱有的向紫色方面挪动。这说明，绝大多数的恒星都在进行离开我们的运动，而且离开我们越远，它们离开我们的速度越快，无论在天空那一个部位，都有这样的现象。

哈勃尔 1929 年发现了远星的距离和纵深速度有一定关系，他把观测各个恒星所得

的速度和距离作为座标，再把观测的各点在座标图上連絡起来，在座标图上就得到一条直线表明速度和距离的关系。他进一步发现了，距离每增加 $1,000,000^5$ 光年，星的速度增加率为每秒 160 公里。前面已经说过，我們可以用紅移的方法，对于远星，特别是紅色暗淡的远星，比較正确的測出它的速度，用 160 公里除这样測出的速度，就可以求得以一百万光年为单位恒星的距离。如若哈布尔所发现的距离与速度的直线关系，在十几亿光年距离的范围还能适用，如若速度的增加率在速度达到光速二分之一以上的时候也保持不变的話，那么根据現在見到的資料（这当然不一定是最新的資料，也不一定是完全可靠的資料），最远最暗淡的恒星向外扩展的速度，是每秒 144,000 公里。这样，最远的星离我們的距离就應該是 9 亿光年。不管这些数据可靠的程度如何，星体在宇宙空間的縱深方向进行运动，越远越快，看来是无可怀疑的。这就是說，星体占据的宇宙，正在不断扩大。

四、 星 系

银河系

我們的太阳系，是銀河系中的一个成員。从地球上看来，銀河系是如此的庞大，已經可以看作是宇宙中的一个宇宙，但是我們的这个宇宙，在广大宇宙中，还毕竟是一个小天地，有一定的边际，有一定的形状。天文工作者們一般认为，銀河系是个圆盘形的复杂星系，由比較明亮的星体、星团、星云，不規則地分布在暗淡的群星背景中所組成。这个圆盘形星系的中部，两面凸出，越到边缘越薄，它的直径約 90,000 光年，厚度 3,000 到 6,000 光年，中央部分呈扁球状，厚达 15,000 光年。它的成員圍繞着通过圆盘的平面与圆盘的平面（又称为銀河平面）垂直的軸旋轉，旋轉的速度不大，大約二亿年旋轉一周，軌道差不多呈圓形。

銀河系的总質量，估計为 200,000,000 个太阳的質量。其中，百分之九十为星体和疏散的物質各占一半，其余百分之十，为各种类型扩散的星体，有的扩散速度不大，有的显示高速的扩散，有的属长期变星类型，有的属造父型短周期变星，也有属于疏密不等的結集星丛。这些星体运行的軌道，大都与圆盘平面呈不同程度的傾斜，軌道圍繞着焦点，往往离軌道的中心很远。質量的分布，一般越向外边，密度越小，这些疏散的星体，經常呈扁体状，散在圆盘边缘以外各种星体或物体的距离可达 15,000 光年，离圆盘平面的星体，对圆盘的垂直距离可达 30,000 光年。

我們的太阳，处于距圆盘中心較远（大約 24,000~30,000 光年）而离圆盘边缘較近的地位。象我們太阳这样的恒星，大約有一千亿个。我們的太阳，跟那些“太阳”比較起来，看来也不是什么了不起的星体。我們的太阳，帶着地球和其他行星在銀河系中旋轉，旋轉一周大約需要 2 亿多年。所以，总的看来，我們的太阳系在銀河系中的地位和它的运动（当然指相对运动），在宇宙空間中，都不是什么了不起的事情。但是，我