

# 普通天文学复习提纲

18 王若妍 整理

内容以天体物理为主，对总结性、概念性、思维性的知识进行介绍为天文学的学习提供基本的入门知识。

主要方面：天球坐标系，时间和历法，太阳，行星系统，恒星及其物理性质，宇宙的构造，天体的起源和演化

Remark:

1. 本文档在与 1807 刘炜昊同学的讨论中完成，仅供参考，不代表官方信息。
2. 高光/加粗-可能的重点，蓝色字体-2021 年考试内容，字体偏小-该内容不太重要，每章标题下小字-2021 年老师 ppt 上总结内容。

## 2 天体和天体系统

天球的概念和性质、各个天球坐标系的基本要素、坐标系之间的相互转换、根据这些坐标系解释一些天文现象

### 2.1.1 天体概念及主要天体介绍

1. 天体概念：目前把天体认为是宇宙间各种星体的总称。包括：恒星（如太阳）、行星（如地球）、卫星（如月亮）、彗星、流星体、陨星、小行星、星团、星系、星际物质以及暗物质等。

#### 2. 主要天体介绍

恒星是天体中的主体。1) 恒星并非不动。2) 由炽热的气体组成的仅是恒星的大气，恒星的内部，特别是内核密度都很大。3) 恒星有许多种类，恒星有生有灭。

行星指绕恒星运行、自身不会发可见光的天体。

卫星指绕行星运行、自身不会发可见光、以其表面反射恒星光而发亮。

彗星：主要由冰物质组成，以圆锥曲线（包括椭圆、抛物线和双曲线）轨道绕恒星运行，当靠近恒星时，因冰物质受热融化，蒸发或升华，并在恒星粒子流（如太阳风）的作用下拖出尾巴的天体。至今人们也仅观察到太阳系内的彗星。

流星体：是绕恒星运行的质量较小的天体，其轨道千差万别。在太阳系中有些流星体是成群的，称为流星群。当流星体或群进入地球大气层时，由于速度很高，进入地球大气层因摩擦生热燃烧发光，形成明亮的光迹，称为流星现象。大流星体未燃尽而降落在地

面称为陨星。陨星中含有许多种矿物元素，近年来还发现在陨石中存在有机物

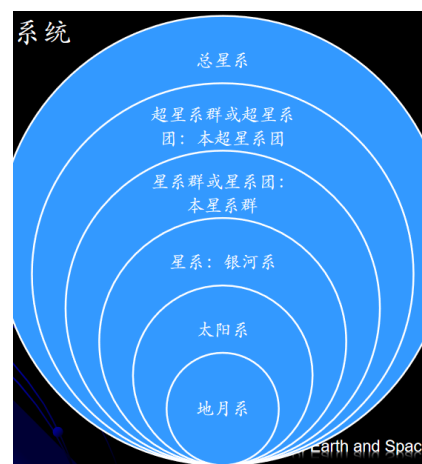
星云和星系：星云是指银河系空间气体和微粒组成的星际云。一般它们体积和质量较大，但密度较小；形状不一，亮暗不等。过去在星云性质不清楚之前，把星云分为河内星云和河外星云两种。河内星云实质就是“星云”，是银河系内的一些星际物质；河外星云就是现在说的河外星系，简称“星系”

星际物质：恒星之间的物质，包括星际气体、星际尘埃和各种各样的星际云，还包括星际磁场和宇宙线，统称为星际物质。在现代天体物理中星际物质研究越来越受到重视。

人造天体：在 1957 年人造卫星上天以后才有的天体。现有人造卫星、宇航器（宇宙飞船）和空间站等。虽然有的人造天体已瓦解，失去设计时功能，但每一块小碎片（宇宙垃圾）仍然是人造天体。现运行在空间的人造天体已有上万个。

可视天体和暗物质：在大量的宇宙物质中，人类把看得见的（在可见光波段）称为可视物质，看不见的称为不可视物质或暗物质。据现代天文研究，宇宙中存在大量暗物质。

3. 天体系统：在引力的作用下，邻近的天体会集结在一起，组成互有联系的系统，这就是天体系统。也可以表述为：天体系统是互有引力联系的若干天体所组成的集合体。



## 2.2 天球和天球坐标

### 1. 天球：以观测者为中心，以任意长为半径的

假想的球，称为天球。

视位置定义为：把不同远近的星星与观测者的眼睛连成的直线延长，它们和天球相交的点，即星星在天球上的投影。

#### 性质：

#### 1. 天球存在中心

选择不同的天球中心：

观测者→ 观测者天球

地心→ 地心天球（主要用于表示太阳系外天体的视运动和视位置）

日心→ 日心天球（主要用于表示太阳系内天体的视运动和视位置）

2. 天球半径任意：它包容一切，不论天体如何遥远，天球上总有它的位置

3. 在同一视线上的不同远近的星球，在天球上的视位置是重合的

4. 所有互相平行的直线向同一方向延长，和天球交于一点：这是因为天球半径无限大，所以观测者的任何位移都比圆球半径小得多。

球的性质：

1. 用任何一个平面切割球面，切痕都是圆。如果切割平面过球心，圆的直径最大，称为大圆。不过球心时，圆的直径较小，称为小圆；

2. 球面上任意两点之间的连线以大圆弧最短；

3. 通过球面上任意两点（与球心同在同一直线上的两点除外）可以做唯一的大圆；

4. 球面上任意两个不同的大圆必然相交于两点，该两点的连线必过球心；

5. 通过大圆中心（球心）做大圆平面的垂直线，与球面相交的两点称为该大圆的极。通过大圆的极的任意一个大圆都与原来的大圆垂直。从大圆上任意一点到极的大圆弧长度都是  $90^\circ$ 。两个大圆的交点是通过大圆的极的大圆的极。

## 2. 天球坐标系

建立球面坐标的三个条件

1. 选择一条通过球心的直线作为基本轴，或选择一个特定的大圆作为基本大圆。

基本轴与基本大圆垂直，基本轴与球面的交点就是基本大圆的极；

2. 选择球面上除极点外的任一点作基本点；

3. 约定坐标量度的方法和范围

地球坐标系：

基本轴：地球自转轴，基本轴与地球表面的两个交点是南北极

基本大圆：赤道

基本点：英国格林尼治天文台所在地 G

两个坐标：地理经度和地理纬度。

纬度由赤道向两极度量（正负各  $90^\circ$ ），北正南负；

经度由 G' 点向东西度量，正负各  $180^\circ$ ，西正东负。合肥的坐标为北纬  $32^\circ$ （+  $32^\circ$ ）、东经  $117^\circ$ （-  $117^\circ$ ）

天球的基本要素：

天顶 Z、天底 Z'、地平圈、

北天极 P 和南天极 P'（自转轴与大圆交点）、

天赤道（垂直于 PP'）、

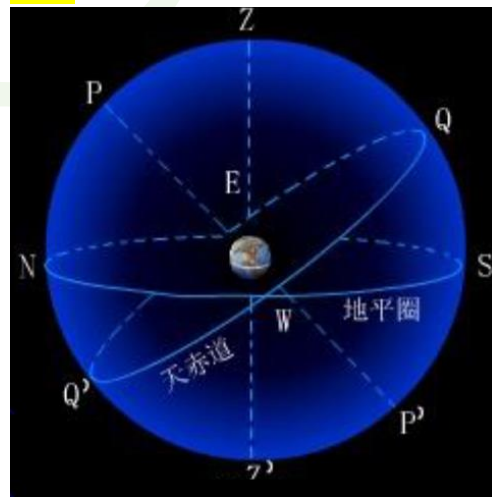
四方点（东南西北，PZ 大圆定 NS）、

子午圈：天顶、北天极、北点和南点的大圆 PZSP'Z'NP、

卯酉圈：天顶、天底、东西点的大圆 ZEZ'W

六时圈：北天极、天南极、东西点的大圆 PEP'W

黄道和黄极、银道和银极



地平坐标系：

基本轴：铅垂线

基本大圆：与铅垂线垂直的地平圈 E-S-W-N

天顶：观测者头顶正上方

地平圈：观测者所见的天与地相接的大圆就是地平圈

基本点：天北极（对于南半球的观测者就是天南极）。天北极旁（实际相差  $1^\circ$  左右）刚好有一颗小恒星-小熊座  $\alpha$ ，称为北极星

坐标量度方向和范围：北点和南点是定义地面南北方的

基准点，与之垂直的为东点和西点，东西南北按顺时针方向排序。

一对坐标：(高度  $h$  (地平纬度), 方位角  $A$  (地平经度))。  
高度  $h$  从地平圈向天顶(或天底)度量, 正负各为  $90^\circ$ , 上正下负; 方位角从南点, 正负各  $180^\circ$ , 东负西正。

### 第一赤道坐标系 (时角坐标系)

基本轴：地球自转轴

基本大圆：天赤道，自然天体东升西落总是沿着与天赤道平行的小圆进行

基本点：上点  $Q$  (子午圈与天赤道的两个交点，在天赤道上方为上点，下方为下点。)

一对坐标：(赤纬  $\delta$ , 时角  $t$ )。赤纬  $\delta$  以天赤道开始，北正南负。时角  $t$  以  $Q$  为原点，沿天赤道向西为+。以时、分、秒的单位代替度、分、秒的单位，从 0h 到 24h

只有地平坐标系和第一赤道坐标系向西为+

### 第二赤道坐标系

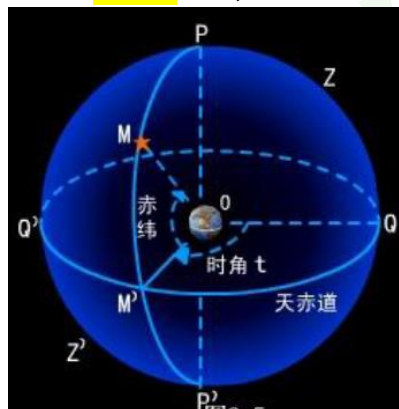
基本轴：地球自转轴

基本大圆：天赤道

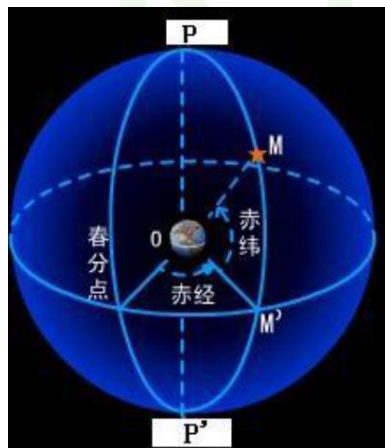
基本点：春分点

赤纬从天赤道向天北极和天南极度量，正负各  $90^\circ$ ，向北为正。

赤经从春分点算起，沿天赤道向东为+。



第一



第二

### 黄道坐标系

基本大圆：黄道面

基本轴：与黄道面垂直的轴，它与天球的交点为北黄极  $K$  和南黄极  $K'$ 。

基本点：春分点

纬线黄道和天球上与黄道平行的圆，称黄纬圈。黄道是最大的黄纬圈。太阳  $0$  度

经线天球上通过两个黄极的圆，称黄经圈，其中通过春分点的黄经圈是始圈。

几个坐标系的主要区别和联系，互相换算：赤道-地平，赤道-黄道，黄道-赤道

### 已知赤道坐标，计算地平坐标的换算

$$\sin h = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos t$$

$$\cos A = \frac{\sin h \sin \phi - \sin \delta}{\cos h \cos \phi}$$

$$\sin A = \frac{\sin t \cos \delta}{\cos h}$$

已知赤经  $\alpha$  和赤纬度  $\delta$ ，计算黄经  $\lambda$  和黄纬  $\beta$

$$\sin \beta = \cos \epsilon \sin \delta - \sin \epsilon \cos \delta \sin \alpha$$

$$\sin \lambda = \frac{\sin \delta \sin \epsilon + \cos \delta \cos \epsilon \sin \alpha}{\cos \beta}$$

$$\cos \lambda = \frac{\cos \delta \cos \alpha}{\cos \beta}$$

其中  $\epsilon$  是黄赤交角  $= 23^\circ 26'$

已知黄经  $\lambda$  和黄纬  $\beta$ ，计算赤经  $\alpha$  和赤纬度  $\delta$

$$\sin \delta = \cos \epsilon \sin \beta + \sin \epsilon \cos \beta \sin \lambda$$

$$\sin \alpha = \frac{-\sin \beta \sin \epsilon + \cos \beta \cos \epsilon \sin \lambda}{\cos \delta}$$

$$\cos \alpha = \frac{\cos \beta \cos \lambda}{\cos \delta}$$

2.3 天体的周日运动 (升落) 和太阳的周年运动  
所有天体均沿与赤道平行的小圆 (周日平行圈) 绕天极旋转。只有赤道上的天体才沿赤道做大圆运动。南北两极不参加周日视运动

北极  $\phi = 0$ ，赤道  $\phi = 90^\circ$

人站在任意纬度  $\phi$  处：地平坐标系下  $P$  点坐标  $h = \phi$ ，赤道与地平圈倾角  $90^\circ - \phi$

赤道以北的天体，东偏北升起，西偏北处落下，地平线以上的时间大于在地平线以下的时间；赤道以南反之。



上中天：地平坐标系下天体高度最大

$$h=90^\circ - |\phi - \delta|$$

下：最小， $h=-90^\circ + |\phi + \delta|$

可见天体：天体在地平面上方 ( $h>0$ )

永不落：高度最低时仍然在地平线以上， $\delta > 90^\circ - \phi$

(永不升反之， $\delta < -(90^\circ - \phi)$ )

春分、夏至、秋分和冬至点的赤纬：

$$0, 23^\circ 26', 0, -23^\circ 26'$$

太阳周年视运动的方向与周日视运动的方向刚好相反，  
自西向东

白夜：太阳永不落， $\delta > 90^\circ - \phi$

太阳最大赤纬： $23^\circ 26'$ ，所以纬度  $\phi \geq 66^\circ 34'$

黑昼：太阳永不升， $\delta \leq \phi - 90$

太阳最小赤纬： $-23^\circ 26'$ ，所以纬度  $\phi \geq 66^\circ 34'$

太阳的周年视运动的运动轨迹为黄道，在天球上是固定的，黄道与天赤道的两个交点分别为春分点和秋分点。  
太阳周年视运动造成了四季星空的变化

对于北半球的居民，最冷的时候并不是离太阳最远的时候。冬季和夏季主要是由于太阳入射角不同造成的。

### 3. 时间和历法

天文各种时间的概念和定义方法、历法的由来和利弊，  
时区的定义及区时的计算

#### 时间概念

回归年：太阳中心连续两次经过春分点时间间隔

真太阳日：太阳中心连续两次上中天的时间间隔

真太阳时：第一赤道坐标系，太阳中心的时角，  
符号  $t_\odot$

平太阳（假想的在赤道上运动的点滑动一周的时间和真太阳在黄道上滑动一周的时间相等）

平太阳时：平太阳的时角

平太阳日：平太阳连续两次上中天的时间间隔

时差：真太阳时和平太阳时之差

恒星日：地球上春分点连续两次上中天

恒星时：春分点的时角

任一恒星M，赤经为 $\alpha_M$ ，在恒星时为S的瞬间它的时角为 $t_M$ ，有：

$$S = t_M = \alpha_M + t_M$$

历书时=平太阳时+历书秒

#### 历法

太阴历：只看月亮的朔望月，历年长度人为规定，与回归年无关

阴历的置闰：

①30年11润（日），第2、5、7、10、13、16、18、21、24、26、29各年12月底

②阴阳合历：（闰日加上）19个阴历年中加入7个润月，二十四节气中节气与中气相间隔，无中气之月定为上个月的润月。若前一月有两个中气，则不做闰月

太阳历：以回归年为基本单位，阳历历年的平均长度等于回归年，每月日数和年月数人为规定。  
儒略-奥古斯都历-格里高利历

目前公历：年份为100的倍数，能被400除尽者才是闰年，其余年份能被4除尽者为闰年

干支纪年=(Y-3)%60

干支纪月：地支不变

公历

优点：历年与回归年同步，故月序与季节匹配较好；

缺陷：历月是人为安排的，四季的长度不一，岁首没有天文意义，每月的星期号数不固定与月相变化周期无关。

我国的阴阳历和阴历

优点：应用了两个日、月两个周期

缺点：平年与闰年有一个月的差值，日期与季节的对应关系有一个月的错动

#### 时区

地方时：看作业题，不用管太细节

地方恒星时、地方真太阳、地方平太阳

乙地地方时=甲地地方时±甲乙两地相隔经度

× 4m

若乙地在甲地之东，为“+”；若乙地在甲地之西，为“-”。东+西-

时区：

区时：中央经线的地方时

国家标准时

国际日期变更线

4. 太阳

太阳的基本参数、太阳的基本结构、常见的太阳活动及其特征、空间天气的基本了解

太阳的基本参数：

AU（地球轨道半长轴）

大小：视角测量

质量：开三

自转：25. 2d，会和 27d

磁场

| 参数名称     | 表示符号     | 数值   |
|----------|----------|--|
| 日地平均距离   | AU       | $1.496 \times 10^8 \text{km}$                        |
| 太阳半径     | $R_s$    | $6.96 \times 10^5 \text{km} \approx 1/215 \text{AU}$ |
| 太阳质量     | $M_s$    | $1.989 \times 10^{33} \text{g}$                      |
| 太阳密度     | $\rho_s$ | $1.408 \text{g/cm}^3$                                |
| 太阳重力加速度  | $g_s$    | $274 \text{m/s}^2$                                   |
| 太阳表面逃逸速度 |          | $617 \text{km/s}$                                    |

太阳的基本结构：

日冕-过渡区-色球层-光球层|大气&内部|-对流区-辐射区-内核（产能）

能量主要靠对流向外传播

光→色→冕，温度升高，厚度增大，亮度变低

光球：活动区，太阳黑子（11 年周期变化，磁场线），光斑，米粒组织

色球层：低中高，针状物、谱斑

黑子附近会出现光斑，上空的色球中出现谱斑，其附近经常有日珥（暗条）

日冕：完全电离的稀薄等离子体：电子、质子、高次电离的粒子。

特征结构：冕流、冕环、冕洞（高速太阳风起源）、日冕物质抛射。

日冕辐射：K+F 散射，E 发射

日冕分层：内中外

太阳活动现象

黑子：磁场聚集的地方

太阳耀斑：太阳亮度突然、快速和强烈的变化

日珥：宁静、活动、爆发

太阳射电活动

日冕物质抛射 CME：外环、空腔、内核

太阳活动的周期性，引发过程

空间天气

共转相互作用区 (CIR)：太阳风高速流和低速流相互作用

行星际磁云：CME 引发（？）

行星际激波：明显的激波特征，找不到对应的驱动物

行星际磁场：螺旋状，其南北转向过程（磁场南向分量）

行星际太阳风：速度和密度反相关，温度与太阳风速度正相关

射电暴：各种形态，耀斑、日冕物质抛射均可能引起，II 型用于研究 CME

太阳高能粒子事件：能量大于 10MeV 的质子 通量大于 10pfu 的事件。耀斑和日冕物质抛射均可能引起。可能影响的因素：背景强度、激波强度、日冕物质抛射相互作用。显著影响航空安全

地磁暴：地磁场水平分量大幅度减小，并且大约持续数天。激波、CIR 和行星际日冕物质抛射均能引起•显著影响输电系统。

5. 行星系统

行星运动规律、表征行星运动的公式、地球的基本性质、地球大气的分层结构，地月系统及其天文现象、了解太阳系中的其他行星

万有引力定律和行星运动方程

开普勒第一定律：椭圆轨道

开普勒第二定律：面积定律

开普勒第三定律：行星绕太阳公转周期的平方与它们轨道半长轴的立方成正比【修正，测量质量】

万有引力定律

轨道特性：近圆、共面、同向、距离定律（提丢斯-波德  $0.4+0.2 \times 2^{n-2}$ ）

抛射速度和轨道关系：1 环绕：8km/s，2 脱球（势能+动能=0）：11.2km/s，3 脱系 42km/s

## 太阳系中其他行星

类木：木土天海，

巨：密度小、温度低，易挥发元素，

水冰、氨冰、甲烷冰以及氢加氦

远日：冰物质和金属矿物

类地：水金地火，密度大，难熔的金属矿物

大气：水无，火稀薄，金木土、土卫六浓厚，木卫一 Na 云包围

磁场：水、地、木土天海有全球性磁场，木太阳系最强

会和周期 S， $1/S$ =周期倒数的差

## 地球的基本性质：

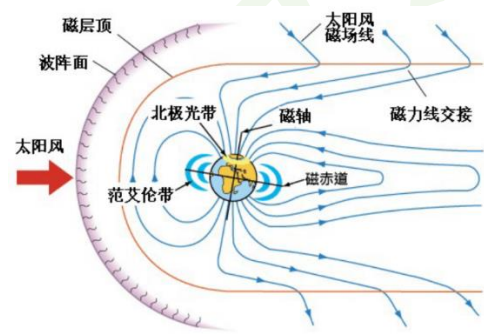
形状，大地水准面：地球重力作用下的等位面

重力与深度关系：地壳到地幔缓慢增加，进地核后急剧减小，地球质心处为 0

重力异常

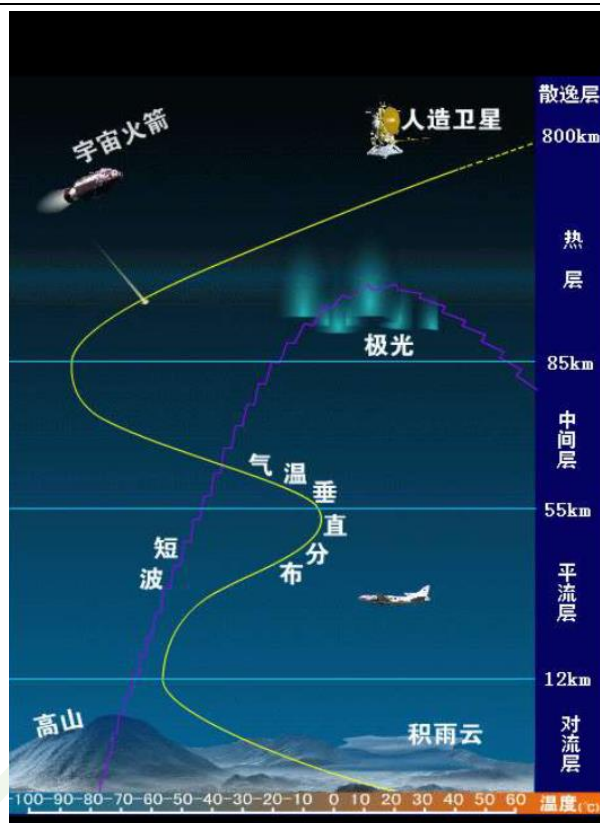
地球内部结构

地磁场=基本+变化



## 地球大气的分层结构：

密度随高度的增加按指数下降



臭氧层在平流层内，电离层包括中间层&热层

## 地月系统及其天文现象：

1. 月球的运动  
轨道（共同质心），周期，同步自转
2. 地形：环形山，月海，月陆和山脉，辐射纹，月谷
3. 大气：无，月震、磁场（目前无，有剩磁）、重力异常

天象：日月食（农历初一才有可能发生日食，农历月十六或十五左右可能发生月食）

日全（本影在地球上扫过）、偏（半影所扫过）、环（伪本影扫过）。月只有全和偏。

阶段：初亏、食既、食甚、生光和复圆

（2）日食从日轮西缘开始，在日轮的东缘结束；月食从月轮的东缘开始，在月轮的西缘结束。

（天狗吃太阳从左边吃，吃月亮从右边吃）

（3）一次日全食时间短，月全食时间长。

（4）日、月食时，看到的月面光不同（因大气的折光作用），日全食有贝利球现象，月全食时月面呈古铜色

（5）日偏食各地所见食分不一样；也就是不同地

方看到不同的日食景象。而月偏食各地所见食分一样；就是说半个地球上的人见到的月食情景是一样的。

(6) 日食时，见食地区窄，见时刻也不同，较西地区先于较东地区，由于日食带的范围不大，日食时地球上只有局部地区可见；月食时，见食地区广，面向着月亮的那半个地球上的人可以同时看到月食。对于全球范围，日食次数多于月食；对于具体观测地点，所见到的月食次数多于日食

## 6. 恒星及其物理特性：

表征恒星的基本参数及其相互关系式、恒星的光谱学分类、恒星的 H-R 图

### 一、恒星的基本参数测量

距离、半径、质量

#### 1. 星等：

视星等：地球上或空间探测器观测到的天体亮度的一种量度。

若两颗星被观测到的亮度分别为  $E_1$  和  $E_2$ ，观测到的亮度（视亮度）与距离的平方成反比

他们的视星等分别为  $m_1$  和  $m_2$ ，

则有方程： $E_1/E_2=100^{\{(m_2-m_1)/5\}}$

$$m_1-m_2=-2.5\lg E_1/E_2$$

越亮的星，视星等越小

不同星等和光度系统：不同测量方法或观测波段，目视、照相、仿视、辐射、热

绝对星等：把一颗视星等为  $m$  的星移到 10 秒差距（即 10pc）的距离，并把此时的视星等定义为它的绝对星等。

$$M=m+5-5\lg r$$

光度：恒星整个表面发射的所有波段的总辐射功率（或辐射流量）。它是恒星本身所固有的、表征其辐射本领的量。星体越亮，光度  $L$  越大，绝对星等  $M$  越小。

$$L=4\pi R^2\sigma T_e^4$$

太阳光度( $L_s$ ): 太阳整个表面每秒钟所发出的总辐射能

$$L_s = I_0 \times 4\pi a^2 \cong 3.845 \times 10^{26} W$$

知道了恒星的绝对星等后，利用与太阳的参数对比，可得：

$$\lg \frac{L}{L_s} = \frac{1}{2.5} (M_s - M)$$

#### 2. 温度

色指数和温度

黑体辐射维恩位移定律：黑体辐射能量分布曲线最大值对应的波长  $\lambda_{\max}$  与黑体温度  $T$  之间的关系为： $\lambda_{\max}=bT$ ， $b=2.898 \times 10^{-3} m \cdot K^{-1}$ ，维恩位移

色指数( $c$ ): 恒星的照相星等和目视星等之差。

色指数与恒星的表面温度之间存在下面的近似关系： $T=7200K/(C+0.64)$

$T$ : 恒星表面温度, 色温度。色指数逐渐升高，表面温度逐渐降低，光谱越红。

有效温度: 发光强度与恒星的光度  $L$  相同的绝对黑体的温度

#### 3. 光谱型：谱线观测=元素分布+温度特征

连续谱：热固体、气体或液体+高压

分立谱：热气体+低压

哈佛分类法：分类依据：恒星光谱线的相对强度和形状

OBAFGKM：恒星表面温度从高到低，颜色从蓝到红。

O、B 和 A 型的星温度较高称为早型星，而 K 和 M 型的星温度较低称为晚型星。



HF+光度=MK 分类法，巨星：光度大的恒星，矮星：光度小的恒星

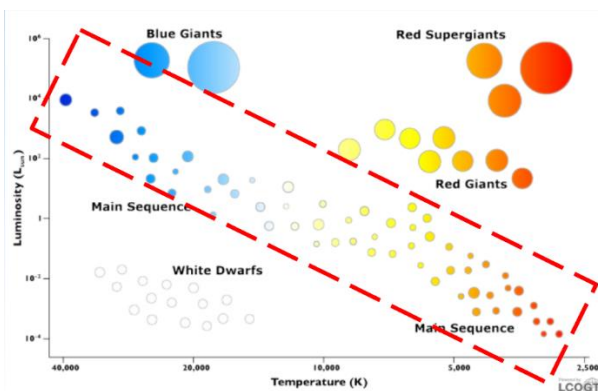
I：超巨星 II：亮巨星 III：正常巨星 IV：亚巨星 V：主序星 VI：亚矮星 VII：白矮星（超亮正亚主亚白）

赫罗图(H-R diagrams)(光谱—光度图)

横坐标光谱型或表面温度的对数

纵坐标绝对星等或光度





主星序：“H-R 图”中从左上角到右下角的对角线上的恒星，90%位于其中，停留时间占寿命的 90%

巨星：位于 HR 图偏右上，红巨星，蓝巨星，红超巨星，蓝超巨星，

白矮星：位于 HR 图的左下方。体积很小，半径仅有太阳的 1/40 到 1/100。超新星爆发的产物，一部分恒星演化的最终归宿  
等半径线：HR 图上一组平行的虚线，T 相同，M 越小（光度越大），半径 R 越大

4. 变星：光度、光谱特征、磁场等物理性质随时间做周期性的、半规则的、不规则的变化

几何变星（食变星）：双星相互掩食使得观测者看到星体亮度周期性变化、

分光变星：双星中的光谱线由于轨道的多普勒效应而呈现周期性的变化

物理变星：脉动变星&爆发变星

**脉动变星**：不断的产生径向脉动，交替的膨胀和收缩，从而引起恒星半径、光度、温度乃至磁场发生周期性或非周期性的变化，(HR 图上大部分位于主星序上方)。分为长周期和短周期，

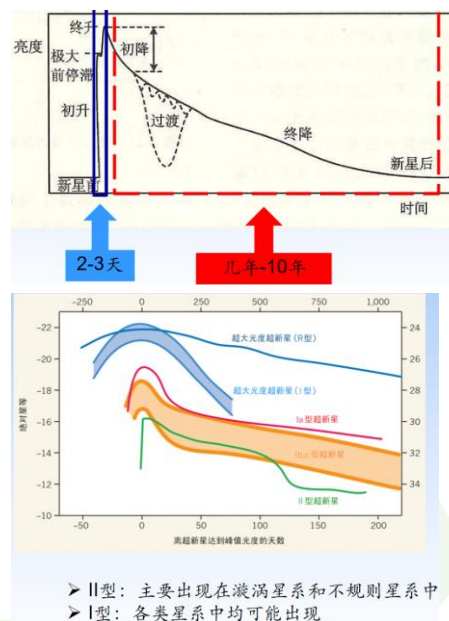
周光关系：光变周期越长，光度就越大。光谱型越晚，周日越长，光度越短

短 Eg：经典造父变星、天琴座 RR 型星

**造父变星**：光最强，视向速度最小(膨胀)；光最弱，收缩

5. 新星 N：地球上某一个地方出现一颗很亮的星，亮度在很短时间内(几小时到几天)迅速增加，以后就慢慢减弱，在几年或几十年之后才恢复原来的亮度。局部性，热

## 核反应



超新星 SN：同新星很类似，但爆发规模更大，爆发时亮度可猛增 20 个星等或更多，光度增加一千万倍到超过一亿倍，达到太阳光度的 10 亿倍以上。爆发后完全瓦解为碎片、气团，不再是恒星了，只有少数的超新星留下残骸，成为质量比原来小得多的恒星和它周围向外膨胀着的星云。整体性，引力塌缩。

命名方式：发现年份+大写字母发现顺序

6. 恒星距离的测定：

**三角视差法**：当恒星距离大于 100PC 时不适用

**分光视差法**：光谱类型相同的恒星的某些谱线的强度只随绝对星等而变化

**造父周光关系**：周日越长，光度越大，视星等越小，绝对星等也越小

**哈勃关系**：河外星系等遥远天体其谱线红移  $z$  与距离  $r$  成正比

7. 恒星半径：表面大小(半径大小)+辐射程度(温度高低)=绝对星等

$$\begin{aligned} \text{恒星半径} R, \text{日视星等} m \text{ 和表面温度} T: \quad & \lg R = \frac{5900}{T} - 0.2m - 0.01 \\ R \text{ 以太阳半径为单位, 把色指数} C \text{ 代入:} \quad & \lg R = 0.82C - 0.2m + 0.51 \\ \text{恒星的半径} R \text{ 和恒星的绝对星等} M \text{ 和恒星温度:} \quad & \lg R = 8.49 - 0.2M - 0.2 \lg T \end{aligned}$$

## 二、恒星的其他性质

1. 表面化学组成：光谱分析

N：C 多，R：C&CN 多；光谱 S：锆、锆特



别多

内部化学组成：不能直接观测

## 2. 恒星的运动：

自转：早型星（B A）自转速度大，晚型星（G K M 型）自转速度小

相对太阳运动：恒星的空间运动，速度称为空间速度。切向速度（每年若干角秒），就叫做恒星的自行

银河系里的恒星都相对银河系中心转动

## 3. 多样性：相互关系（单双三聚团[疏球]协），HR 图，稳定程度，特殊性质（普通&特殊）相互关系分类：

① 单星：孤独存在，无互相绕转天体，银河系中的主序星有 2/3 都是，维持合适环境，有利生命存在

② 双星：引力作用互相绕转。主星：较亮的星，伴星：较暗的星，银河系中 1/3 的恒星为双星。光学(x)、物理、目视（望眼镜分辨）、分光（视向速度判断谱线位移）、有食（亮度规则变化）、椭球（亮度随位相变化）

③ 聚星：3+。星团：疏散和球状（紧密）

④ 星协：光谱型大致相同，物理性质相近，成员星如 O 型星和 B 型星等（年青的恒星）组成且具有物理联系，空间范围大，密度不大。刚形成不久，在膨胀，与星云伴随渗透。

致密星体：

○ 白矮星：光度低，体积小，密度大。

质量不能超过钱德拉塞卡极限，A 型多，几乎所有光谱型都有，温度范围广，磁场强，引力红移。

○ 脉冲星：中子星的一种，自转快且自转可化为辐射能，周期性发射脉冲信号。银道面的附近，脉冲辐射偏振，辐射的谱多样。能量消耗它的自转能，所以其自转会慢慢变慢，而脉冲周期和自转周期相等，所以脉冲星的脉冲周期会随着时间的流逝而变长。

中子星的结构：

最外层是约几厘米厚的气体层

0 往里是重子排列成规则的点阵的中子固体

0 再往里是一部分中子固体淹没在超流的中子流体里，接近核的那一层则是粘滞性为零的中子超流体

0 核是极其复杂的各种基本粒子（超子、介子、中子、质子、重奇异粒子等等）的组合

## 一定是中子星的原因（密度）

为什么脉冲星一定是中子星？

设脉冲星的质量为  $M$ ，半径为  $R$ ，密度为  $\rho$  且均匀分布。现在让这样一个星体以周期  $P$  或角速度  $\omega$  旋转。为使这样的星体不致瓦解，一个必要条件是，赤道边缘处单位质量星体物质收到的惯性离心力必须小于引力，即：

$$\omega^2 R = \left(\frac{2\pi}{P}\right)^2 R \leq \frac{GM}{R^2} \approx \frac{4\pi}{3} G \rho R$$

这一条件给出：

$$P^2 \geq \frac{3\pi}{G\rho}$$

可见，如果星体是白矮星，即  $\rho \sim 10^6 \text{g/cm}^3$ ，则有  $P \geq 10 \text{s}$ ，这与观测到的几十毫秒的脉冲周期比显然大多了。要使转动周期  $P < 1 \text{s}$ ，则密度至少要  $\rho > 10^8 \text{g/cm}^3$ ，这已超过白矮星的密度范围，所以脉冲星只能是中子星。

○ 黑洞：光线和辐射都发射不出来，

$r < r_g$ ，史瓦西半径， $r_g = 2GM/c^2$

## 7. 宇宙的构造

### 一、 银河与银河系

1. 银河：银河系在天球上的投影，这条光带就是我们置身其内而侧视银河系时在可见光波段看到的

2. 银道坐标系：

基本大圆：银道面

基本点：在银河系自转轴所在的人马座方向  
银纬：以  $0^\circ$  至  $90^\circ$  角度为单位度量，往北为正  
银经：由  $0$  到  $360^\circ$  角度为单位度量，人马座方向起计量，以东为正

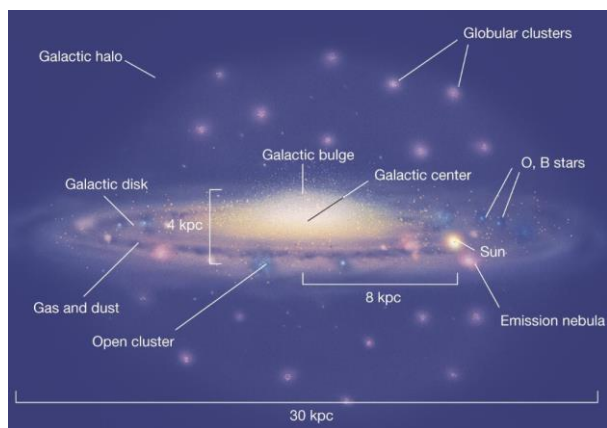
3. 恒星的空间分布不是球对称

4. 银河系的自转：距银心比太阳近的恒星绕银心运转的速度比太阳快，距银心较太阳远的恒星运转速度比太阳慢（越远越慢）

## 5. 银河系的结构

银盘：银河系的物质，主要是恒星，密集部分组成一个圆盘。银核：银盘中心隆起部分  
银道面：银盘的中心平面，与天赤道交角约62度

银晕：范围广大，近似球状分布，密度比银盘小



旋臂：盘内气体尘埃和年轻恒星集中的地方，大量的恒星和星际弥漫物质都高度集中

## 6. 星际物质

6.1 星云：真正的云雾状天体。位于银河系内太阳系以外一切非恒星状的气体尘埃云，主要成分：氢、氮

按形状分为弥散（形状不规则）和行星状（核心有一颗亮星，周围是星云，整体呈球形或扁球形）

按发光特性分为：发射（受激后自行发光），反射，暗（背景上有恒星即可显现）

6.2 星际物质：星云之外的银河系空间里，到处充满着比星云还要稀薄几十倍的物质，主要在银道面附近，不均匀

尘埃：冰、石墨、硅、固态的CH<sub>4</sub>和NH<sub>3</sub>

气体：氢是主要的，但也有氦及少量的其它元素

6.3 星际分子：各种微小的星际尘埃、稀薄的星际气体、各种宇宙射线以及粒子流，分子云的形式分布

## 7. 银河系的各种辐射

7.1 银河射电辐射

7.2 X射线辐射：韧致辐射&同步加速辐射

7.3  $\gamma$ 射线辐射：

7.4 宇宙线：高能带电粒子，能量极高，来源超新星爆发、脉冲星、白矮星、耀星及银核。耀星是指一种变星，它的亮度常有不可预测的巨大变化，原因是恒星表面色球层上大规模的耀斑爆发，光谱范围宽

7.5 中微子辐射：恒星内部进行着热核反应过程中要释放出中微子，不与其他粒子作用

## 二、河外星系：遥远的银河系

1. 分类：椭圆星系E，漩涡星系S（银河系Sb年轻，有旋臂向外伸展）：

Sa 旋臂紧缠且光滑，核心明亮。

a→b→c 旋臂逐渐宽松

SB 核心有明亮的恒星涌出聚成短棒

S0 透镜，无旋臂

不规则星系 Irr，I 无核，II 完全不规则

2. 一般特征：红移（远离，越远速度越大）

光谱，

亮度

成分

自转

大小

质量

3. 河外射电源：多数双源

射电星系：巨椭圆星系

4. 类星体：光学上和恒星类似但又不是恒星。大红移、远距离、高能量、小尺度

5. 活动星系：具有明显的剧烈活动，而且存在期大大短于正常，极亮的星系核，很多变化都来自这神秘的核区。主要观测特征来源于：形态、核区光度、光谱、动力学。

6. 互扰星系：两个星系靠得很近，由于引力作用，会产生物质交流，形成物质流或物质桥，甚至两个星系会碰撞，直至于兼并

## 三、总星系

1. 双星系（远距、相互作用、碰撞）和多重星系（常有相互作用，在某两个星系间发生）

2. 星系群（本银河系和它围的三十多个星系组成）、

星系团（比多重星系更大的星系集团）：  
CD 型，富旋涡星系型星系团，贫旋涡星  
系型星系团

### 3. 总星系——组成+特点（8 点——分布、 观测、组成、年龄）

星系团的空间分布是均匀的，各向同性的

射电源的分布是均匀的

河外星系都有红移

宇宙微波背景辐射 2.7K

因大量暗物质存在，宇宙物质总质量、总密度的  
估计不准

总星系中最丰富的元素是氢和氦

最老天体的年龄 109~1010 年

目前人类观测所及的宇宙范围大致是 150~200  
亿光年

## 8. 天体起源与演化

### 一、恒星演化

#### 1. 观测特征

HR 图 90%。表面化学组成：光谱分析，内部  
恒星参数有很大差别，种类多种多样

恒星的一生：星云-分子云-球状体-年轻的恒星-  
中年恒星-老年恒星-衰老或死亡

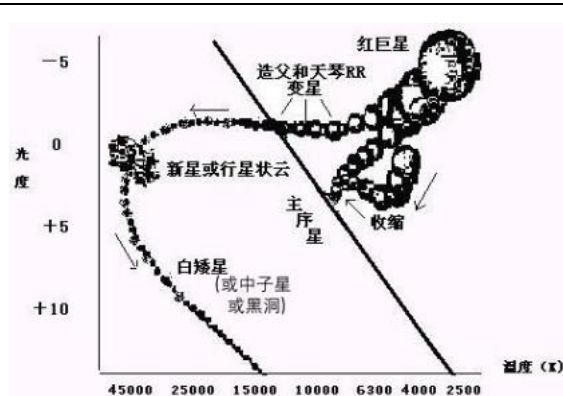
引力快收缩阶段-引力慢收缩阶段（引力势能）

-主序星阶段（平衡，质子——质子反应，碳氮循  
环）

-红巨星阶段（释放引力势能，温度升高、密度变  
大）

-红巨星之后的演化阶段-爆发阶段-最后阶段

刚好到达主星序的恒星年龄定为零。所以年龄为  
零的恒星组成的序列称为零龄主序，可以停留很  
长时间，质量越大，位置越高，时间越短



### 二、太阳系的起源

同向性

共面性

近圆性

行星分布满足提丢斯-波得定则

$a_n = 0.4 + 0.3 \times 2^{n-2}$  (天文单位)

### 三、宇宙起源

总星系的观测特征：

1. 星系的空间分布
2. 射电源的计数
3. 红移现象
4. 宇宙微波背景辐射
5. 物质密度
6. 元素丰度
- 比 7. 天体的年龄

宇宙大爆炸的三大观测证据：

- 宇宙膨胀的发现
- 宇宙元素丰度
- 宇宙微波背景辐射的发现

物质构成：暗能量：68.3%暗物质：26.8%发光物质：0.4%  
（恒星，发光气体，辐射）不可见的普通物质：4.5%

20 世纪 60 年代天文学四大发现

脉冲星

类星体

宇宙微波背景辐射

星际有机分子

|      | 地平坐标                              | 第一赤道坐标                                   | 第二赤道坐标           | 黄道坐标                           |
|------|-----------------------------------|--|------------------|--------------------------------|
| 天球轴  | 当地垂线                              | 天轴                                       | 天轴               | 黄轴                             |
| 两 极  | 天顶、天底                             | 北天极、南天极                                  | 北天极、南天极          | 北黄极、南黄极                        |
| 纬 圈  | 地平纬圈<br>(等高圈)                     | 赤纬圈                                      | 赤纬圈              | 黄纬圈                            |
| 基 圈  | 地平圈<br>(有四正点)                     | 天赤道 (有上、下点)                              | 天赤道<br>(有春分、秋分点) | 黄道<br>(有二分、二至点)                |
| 经 圈  | 地平经圈                              | 时圈                                       | 时圈               | 黄经圈                            |
| (辅圈) | (有子午、卯酉圈)                         | (有子午圈、六时圈)                               | (有二分、二至圈)        | (有二至圈)                         |
| 始圈   | 午圈                                | 午圈                                       | 春分圈              | 通过春分点的黄经圈                      |
| 原点   | 南点                                | 上点                                       | 春分点              | 春分点                            |
| 纬度   | 高度                                | 赤纬                                       | 赤纬               | 黄纬                             |
| 经度   | 方位<br>(向西度量)                      | 时角 (向西度量)                                | 赤经<br>(向东度量)     | 黄经<br>(向东度量)                   |
| 应用   | 在天文航海、天文航空、人造地球卫星观测及大地测量等部门都广泛应用它 | 观测恒星、星云、星团等类型的遥远天体常常采用赤道坐标系，它被广泛应用于天体测量中 |                  | 观测太阳以及太阳系内运行在黄道面附近的天体，则采用黄道坐标系 |