

1. 中国载人航天工程

1.1 中国载人航天工程概述

1992 年 9 月 21 日，中央决策实施载人航天工程，并确定了我国载人航天“三步走”的发展战略。第一步，发射载人飞船，建成初步配套的试验性载人飞船工程，开展空间应用实验；第二步，突破航天员出舱活动技术、空间飞行器交会对接技术，发射空间实验室，解决有一定规模的、短期有人照料的空间应用问题；第三步，建造空间站，解决有较大规模的、长期有人照料的空间应用问题。

工程前期通过实施四次无人飞行任务，以及神舟五号、神舟六号载人飞行任务，突破和掌握了载人天地往返技术，使我国成为第三个具有独立开展载人航天活动能力的国家，实现了工程第一步任务目标。通过实施神舟七号飞行任务，以及天宫一号与神舟八号、神舟九号、神舟十号交会对接任务，突破和掌握了航天员出舱活动技术和空间交会对接技术，建成我国首个试验性空间实验室，标志着工程第二步第一阶段任务全面完成。

2010 年，中央批准载人空间站工程立项，分为空间实验室任务和空间站任务两个阶段实施。

空间实验室阶段主要任务是：突破和掌握货物运输、航天员中长期驻留、推进剂补加、地面长时间任务支持和保障等技术，开展空间科学实验与技术试验，为空间站建造和运营奠定基础、积累经验。通过实施长征七号首飞任务，以及天宫二号与神舟十一号、天舟一号交会对接等任务，工程第二步任务目标全部完成。

空间站阶段的主要任务是：建成和运营我国近地载人空间站，掌握近地空间长期载人飞行技术，具备长期开展近地空间有人参与科学实验、技术试验和综合开发利用太空资源能力。当前，中国载人航天已全面迈入空间站时代，2022 年已完成空间站在轨建造任务。

1.2 中国航天员名单

第一批：杨利伟、费俊龙、聂海胜、翟志刚、刘伯明、景海鹏、刘旺、张晓光、邓清明、李庆龙、吴杰、陈全、赵传东、潘占春

第二批：陈冬、刘洋（女）、王亚平（女）、杨洪波、叶光富、蔡旭哲、张陆

1.3 中国载人航天发射任务

序号	任务名称	运载火箭	发射日期
1	神舟一号	长征二号 F 遥一火箭	1999 年 11 月 20 日
2	神舟二号	长征二号 F 遥二火箭	2001 年 1 月 10 日
3	神舟三号	长征二号 F 遥三火箭	2002 年 3 月 25 日
4	神舟四号	长征二号 F 遥四火箭	2002 年 12 月 30 日
5	神舟五号	长征二号 F 遥五火箭	2003 年 10 月 15 日
6	神舟六号	长征二号 F 遥六火箭	2005 年 10 月 12 日
7	神舟七号	长征二号 F 遥七火箭	2008 年 9 月 25 日
8	天宫一号	长征二号 F T1 火箭	2011 年 9 月 29 日
9	神舟八号	长征二号 F 遥八火箭	2011 年 11 月 1 日
10	神舟九号	长征二号 F 遥九火箭	2012 年 6 月 16 日
11	神舟十号	长征二号 F 遥十火箭	2013 年 6 月 11 日
12	长征七号运载火箭首飞	长征七号遥一火箭	2016 年 6 月 25 日
13	天宫二号	长征二号 F T2 火箭	2016 年 9 月 15 日
14	神舟十一号	长征二号 F 遥十一火箭	2016 年 10 月 17 日
15	天舟一号	长征七号遥二火箭	2017 年 4 月 20 日
16	长征五号 B 运载火箭首飞	长征五号 B 遥一火箭	2020 年 5 月 5 日
17	空间站天和核心舱	长征五号 B 遥二火箭	2021 年 4 月 29 日
18	天舟二号	长征七号遥三火箭	2021 年 5 月 29 日

2023 年广州市中小学生天文知识学习竞赛初赛知识点提要（中学组）

19	神舟十二号	长征二号 F 遥十二火箭	2021 年 6 月 17 日
20	天舟三号	长征七号遥四火箭	2021 年 9 月 20 日
21	神舟十三号	长征二号 F 遥十三火箭	2021 年 10 月 16 日
22	天舟四号	长征七号遥五火箭	2022 年 5 月 10 日
23	神舟十四号	长征二号 F 遥十四火箭	2022 年 6 月 5 日
24	空间站问天实验舱	长征五号 B 遥三火箭	2022 年 7 月 24 日
25	空间站梦天实验舱	长征五号 B 遥四火箭	2022 年 10 月 31 日
26	天舟五号	长征七号遥六火箭	2022 年 11 月 12 日
27	神舟十五号	长征二号 F 遥十五火箭	2022 年 11 月 29 日

2 人类文明主要的探测工程

2.1 主要的太阳探测器

帕克太阳探测器（Parker Solar Probe, PSP）是 NASA 于 2018 年发射的无人航天器，其任务是反复的探测和观察太阳的外日冕。它将在 2025 年最接近太阳，与太阳中心距离仅有 9.86 太阳半径，届时的速度高达 690,000 km/h。

太阳动力学观测台（Solar Dynamics Observatory, SDO）是 NASA 一个观测太阳的太空任务。SDO 是美国国家航空航天局观测日地关系的“与恒星共存”（Living With a Star, LWS）计划的一部分。SDO 的科学目标是以小尺度的时间和空间下以多波段研究太阳大气层，以了解太阳对地球和近地球太空区域的影响。

太阳和日球层探测器（Solar and Heliospheric Observatory, SOHO）于 1995 年 12 月 2 日发射。它是研究太阳的太空船，安装了十二台主要的科学仪器，每一个都能够独立的观察太阳或者太阳的某个局部。迄今已发现超过 3,000 颗彗星。

太阳 H α 光谱探测与双超平台科学技术试验卫星，羲和号（Chinese H α Solar Explorer, CHASE）于 2021 年 10 月 14 日 18 时 51 分，在太原卫星发射中心采用长征二号丁运载火箭成功发射。该星实现国际首次太阳 H α 波段光谱成像的空间探测，填补太阳爆发源区高质量观测数据的空白，提高中国在太阳物理领域研究能力，对中国空间科学探测及卫星技术发展具有重要意义。

先进天基太阳天文台，夸父一号（Advanced Space-based Solar Observatory, ASO-S）于 2022 年 10 月 9 日 7 时 43 分在酒泉卫星发射中心使用长征二号丁运载火箭成功发射。夸父一号的科学目标简称为“一磁两暴”，“一磁”即太阳磁场，“两暴”即指太阳上两类最剧烈的爆发现象——耀斑爆发和日冕物质抛射，即观测和研究太阳磁场、太阳耀斑和日冕物质抛射的起源及三者之间可能存在的因果关系。

2.2 主要的大天体探测器

水手 10 号（Mariner 10）于 1973 年 11 月发射，以飞掠的方式探测水星与金星，也是第一个探测过水星的太空船。水手 10 号在 1974 年 3 月 29 日协调时 20:47 首次近距离飞掠水星，当时距离水星为 703 公里。在水星完成 2 次公转后，水手 10 号在 1974 年 9 月 21 日再度接近水星，当时距离为 48,069 公里。水手 10 号最后一次接近水星是在 1975 年 3 月 16 日，距离水星仅 327 公里，也是最接近的一次。

信使号（Mercury Surface Space Environment Geochemistry and Ranging, MESSENGER）是 NASA 在 2004 年 8 月 3 日发射的探测卫星，目的是为了研究水星表面的化学成分、地理环境、磁场、地质年代、核心的状态及大小、自转轴的运动情况、散逸层及磁场的分布等。信使号在 2011 年 3 月 18 日进入环水星轨道，在 3 月 24 日重新唤醒它携带的科学仪器，在 3 月 29 日传回第一张从轨道拍摄的照片。于 2015 年初开始用它残留的机动燃料执行轨道衰减。信使号任务结束后于 2015 年 4 月 30 日撞击水星表面。

贝比科隆博水星探测计划（BepiColombo）是由 ESA 与 JAXA 所合作的水星探测计划，于 2018 年 10 月 20 日发射升空。此计划包含了两颗轨道器：环水星轨道器（MPO）与水星磁层轨道器（MMO）。

金星 9 号（Venera 9）是苏联所发射的金星探测器。包含一台轨道环绕器与一台着陆器，于 1975 年 6 月 8 日发射。是第一台成功环绕金星、第一台成功从金星表面传回科学数据的探测器。

黎明号（Venus Climate Orbiter, VCO）是日本宇宙航空研究开发机构的行星探测计划，是世界第一个

非地球的行星气象卫星。于 2010 年 5 月 21 日发射。计划的主要目的在于探测金星大气的“超自转”现象。黎明号于 2015 年 12 月 7 日成功进入金星轨道。通过使用五种不同的摄像机，“破晓号”将研究大气层分层，大气动力学和云物理学。

阿波罗计划（Project Apollo）是 NASA 在 1961 年-1972 年从事的一系列载人航天任务，于 1960 年代的 10 年中，主要致力于完成载人登陆月球和安全返回地球的目标。1969 年，阿波罗 11 号宇宙飞船达成了上述目标，尼尔·阿姆斯特朗成为第一个踏足月球表面的人类。

中国探月工程（China Lunar Exploration Project, CLEP）亦称嫦娥工程，是中国国家航天局启动的第一个探月工程，于 2003 年 3 月 1 日正式启动。首先是发射绕月卫星，继而是发射无人探测装置，实现月面软着陆探测，最后为运输机器人上月球建立观测点，并且采取样本返回地球；整个计划将会历时 20 年，并为载人登月的长期目标作出准备。

水手 4 号（Mariner 4）是第一个成功飞越火星的太空船。它回传了第一张火星表面的照片，并且是第一张从地球以外另外一个行星上拍的照片。

勇气号火星探测车（Spirit Mars Exploration Rover），于 2004 年 1 月 3 日在火星表面成功着陆。勇气号的主要任务是探测火星上是否存在水和生命，并分析其物质成分，评估火星上的环境是否有益于生命。

机遇号火星探测车（Opportunity Mars Exploration Rover），于 2004 年 1 月 25 日在火星表面成功着陆。机遇号已经连续有效运作了超过原本设计（90 日）30 倍的时间；由于太阳能发电板被清洁干净，它能够继续执行大量对火星岩石的地质分析和地表描绘。2019 年 2 月 14 日，NASA 正式宣布任务结束。

好奇号火星车（Curiosity rover），于 2012 年 8 月 5 日在火星表面成功着陆。任务包括探测火星气候及地质，探测盖尔撞击坑内的环境是否曾经能够支持生命，探测火星上的水，及研究日后人类探索的可行性。

毅力号火星车（Perseverance rover）于北京时间 2021 年 2 月 19 日在火星表面成功着陆。灵巧号火星直升机（Ingenuity Mars Helicopter）于北京时间 2021 年 4 月 19 日完成首次飞行。

祝融号火星车于北京时间 2021 年 5 月 15 日 7 时 18 分在火星表面成功着陆，5 月 17 日，祝融号火星车首次通过环绕器传回遥测数据。5 月 22 日 10 时 40 分，“祝融号”火星车已安全驶离着陆平台，到达火星表面，开始巡视探测。6 月 11 日，天问一号探测器着陆火星首批科学影像图公布。8 月 23 日，祝融号火星车平安在火星度过 100 天，更是行驶里程突破 1000 米的关键一天。

伽利略木星探测器（Galileo spacecraft）是 NASA 的一艘无人航天器，专门用作研究木星及其卫星。于 1989 年 10 月 18 日发射升空，它于 1995 年 12 月 7 日接近木星。它是首个围绕木星公转，对木星大气作出探测的航天器。在前往木星的旅程中，它发现了首个属于小行星的卫星。于 2003 年 9 月 21 日以每秒 50 公里的速度坠落木星大气层，结束它长达 14 年的任务。

朱诺号（Juno）是 NASA 环绕木星的太空探测器。作为新疆界计划的一部分，太空探测器于 2011 年 8 月 5 日发射升空，并于 2016 年 7 月 5 日进入木星的极轨道。

先驱者 11 号（Pioneer 11），1979 年的 9 月，成为拜访土星的第一个人造天体，它从距离行星云层顶端 20,000 公里处飞越，获得了低分辨率的行星和一些卫星的影像，但影像的解析力上不足以分辨表面的特征。这艘太空船也观察了环，发现了环缝中有稀薄的物质，换句话说，环缝不是空无一物的。先驱者 11 号也测量了土卫六的温度。

卡西尼-惠更斯号土星探测器（Cassini-Huygens spacecraft）是前往土星系统的一架旗舰级空间探测器。整个任务分为两部分：环绕土星的卡西尼号（Cassini）与在土星最大卫星土卫六登陆的惠更斯号（Huygens）。于 1997 年 10 月 15 日一同发射升空，并于 2004 年 7 月初抵达土星轨道，随后在同年 12 月 25 日分离。卡西尼号自入轨后持续运作超过 13 年，直到 2017 年 9 月 15 日进入土星大气层焚毁；惠更斯号则于 2005 年 1 月 14 日成功于土卫六的阿迪立地区着陆并传回数据，是首具在外太阳系天体完成登陆的探测器。

2.3 主要的小天体探测器

罗塞塔号探测器（Rosetta spacecraft）是 ESA 组织的机器人空间探测器计划，研究 67P/楚留莫夫－格拉希门克彗星。于 2004 年 3 月 2 日发射升空，经过 10 年 8 个多月后进入彗星轨道，随后其所携带的菲莱登陆器则于 2014 年 11 月 12 日在彗星上着陆。罗塞塔号的任务将轨道环绕 67P/楚留莫夫－格拉希门克彗星 17 个月，并且被设计来完成对于彗星有史以来尝试的最详细的一个研究。

曙光号小行星探测器 (Dawn spacecraft) 是 NASA 的无人空间探测器, 于 2007 年 9 月 27 日发射升空, 目的是探索小行星带最大的两颗原行星: 灶神星与矮行星谷神星, 是第一架环绕矮行星的探测器, 也是首架在任务期间成功进入两颗太阳系天体轨道 (不含地球) 的探测器。

新视野号 (New Horizons) 是 NASA 旨在探索矮行星冥王星和柯伊伯带的行星际机器人航天器任务, 它是第一艘飞越和研究冥王星和它的卫星。2015 年 7 月 14 日, 新视野号接近冥王星 12,500 公里, 为旅程中最接近冥王星的位置。它成为了第一艘探索冥王星的航天器。2019 年 1 月 1 日, 新视野号探测器近距离飞掠小行星“天涯海角”进行探测。

隼鸟 2 号 (Hayabusa2) 是 JAXA 的小行星探测计划, 原隼鸟号的后续计划。于 2014 年 12 月 3 日, 主要目的是将隼鸟号探测器送往属于 C 型小行星的龙宫星 (162173 Ryugu), 于 2018 年到达并采集样本后, 于 2020 年返航, 将采集到的样本送回地球。

起源-光谱-资源-安全-风化层探测器, 奥西里斯王号小行星探测器 (Origins, Spectral Interpretation, Resource Identification, Security, Regolith Explorer, OSIRIS-REx,) 是一项由 NASA 进行中的小行星研究和采样返回任务。探测器于 2016 年 9 月 8 日发射, 任务是研究小行星 101955——一颗含碳的近地小行星, 并在 2023 年将样本送回地球进行详细分析。

双小行星重定向测试 (Double Asteroid Redirection Test, DART) 是一项美国航天任务, 旨在测试一种针对近地天体 (NEO) 的避免撞击方法。该任务将故意使一架空间探测器撞向孪大星系统 (Didymos) 中的孪小星 (Dimorphos), 以测试航天器撞击的动能效应是否能成功使一颗会与地球相撞的小行星偏离方向。空间探测器于 2021 年 11 月 24 日发射, 并已于 2022 年 9 月 26 日撞击目标。2022 年 10 月 11 日, NASA 宣布 DART 任务成功, 确认它将孪小星的轨道周期缩短了约 32 分钟, 超过了 73 秒的成功门槛。

2.4 星际探测器

旅行者 1 号 (Voyager 1) 是 NASA 研制的一艘无人外太阳系空间探测器, 重 825.5kg, 于 1977 年 9 月 5 日发射。它是有史以来距离地球最远的人造飞行器, 也是第一个离开太阳系的人造飞行器。

旅行者 2 号 (Voyager 2) 是一艘于 1977 年 8 月 20 日发射的美国宇航局无人星际航天器, 是有史以来运作时间最久的空间探测器。

先驱者 10 号 (Pioneer 10) 是 NASA 在 1972 年 3 月 2 日发射的一艘研究小行星带、木星的周遭环境、太阳风、宇宙射线以及太阳系与太阳圈之中最远能够到达的地方的航天器。它是人类史上第一个安然通过火星与木星之间的小行星带, 以及第一个拜访木星的航天器。1983 年 6 月 13 日, 它飞越海王星轨道, 成为第一个离开八大行星范围的人造物体。

先驱者 11 号 (Pioneer 11) 是第二个用来研究木星和外太阳系的空间探测器, 于 1973 年 4 月 6 日发射。它也是去研究土星和它的光环的第一个探测器。它还用了木星的强大引力去改变它的轨道飞向土星。它靠近土星后, 就顺着它的逃离轨道离开太阳系。

3. 星座与亮星

3.1 广州可见主要的亮星

星名	星等	所在星座	光谱型	星名	星等	所在星座	光谱型
天狼	-1.47	大犬座	A1V	轩辕十四	1.35	狮子座	B7 V
老人	-0.74	船底座	A9II	弧矢七	1.5	大犬座	B2II
南门二	-0.27	半人马座	G2 V	鹤一	1.73	天鹤座	B7 IV
大角	0	牧夫座	K1.5 IIIpe	天枢	1.79	大熊座	K0III
织女一	0.03	天琴座	A0 V	天船三	1.79	英仙座	F5 Ib
五车二	0.08	御夫座	G8III/K0III	箕宿三	1.79	人马座	B9.5 III
参宿七	0.12	猎户座	B8Ia	瑶光	1.86	大熊座	B3 V
南河三	0.34	小犬座	F5 IV-V	勾陈一	1.97	小熊座	F7 Ib-II SB
参宿四	0.42	猎户座	M2Iab	娄宿三	2	白羊座	K1IIIb

水委一	0.45	波江座	B6 Vep	星宿一	2	长蛇座	K3 II-III
马腹一	0.61	半人马座	B1 III	奎宿九	2.01	仙女座	M0III
河鼓二	0.77	天鹰座	A7V	土司空	2.02	鲸鱼座	K0 III
毕宿五	0.87	金牛座	K5+ III	五帝座一	2.14	狮子座	A3 V
角宿一	1.04	室女座	B1 III-IV	壁宿二	2.22	仙女座	B8IVpMnHg
心宿二	1.06	天蝎座	M1.5Iab-b	开阳	2.23	大熊座	A2 V
北河三	1.14	双子座	K0III	贯索四	2.23	北冕座	A0V
北落师门	1.16	南鱼座	A3 V	王良四	2.24	仙后座	K0IIla
天津四	1.25	天鹅座	A2 Ia	天璇	2.34	大熊座	A1V

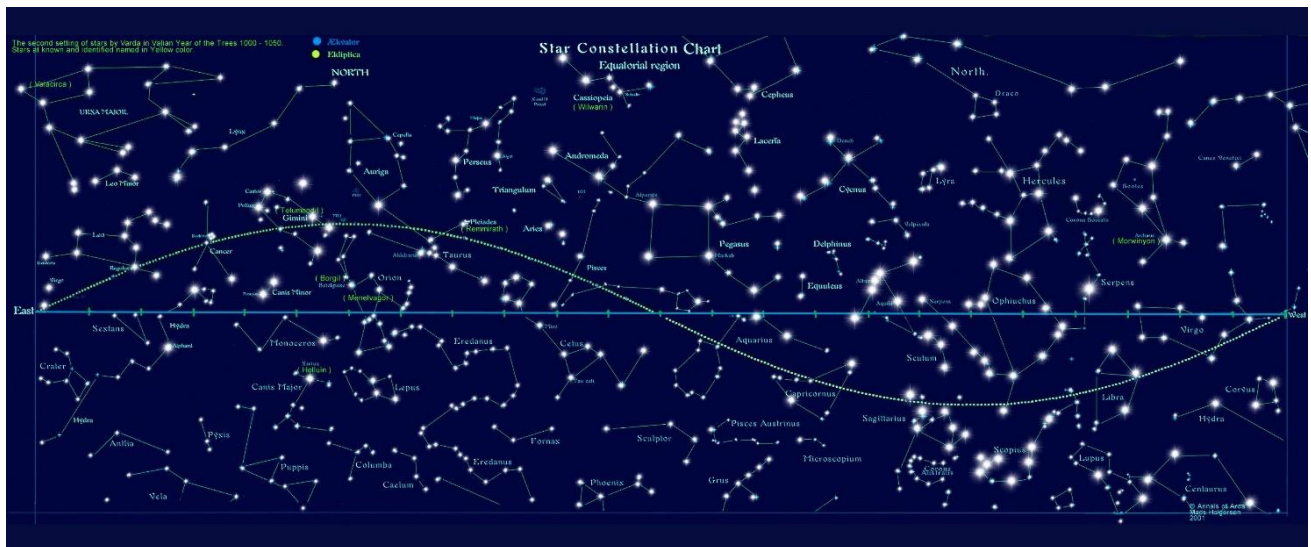
3.2 现代八十八星座

拱（北）极星座：大熊座、小熊座、仙王座、仙后座、鹿豹座、天龙座

北天星座：北冕座、武仙座、牧夫座、后发座、猎犬座、小狮座、天猫座、巨蟹座、双子座、御夫座、英仙座、三角座、白羊座、仙女座、飞马座、蝎虎座、小马座、海豚座、天箭座、狐狸座、天鹅座、天琴座

赤道星座（当前）：蛇夫座、巨蛇座、室女座、狮子座、六分仪座、长蛇座、小犬座、麒麟座、猎户座、鲸鱼座、金牛座、双鱼座、宝瓶座、天鹰座

南天星座：盾牌座、人马座、南冕座、显微镜座、望远镜座、孔雀座、南极座、天蝎座、天坛座、天燕座、南三角座、矩尺座、天秤座、豺狼座、圆规座、波江座、半人马座、南十字座、苍蝇座、蠓蜒座、乌鸦座、巨爵座、唧筒座、船帆座、船底座、飞鱼座、山案座、水蛇座、杜鹃座、印第安座、南鱼座、天鹤座、摩羯座、玉夫座、天炉座、凤凰座、时钟座、雕具座、网罟座、剑鱼座、绘架座、天鸽座、天兔座、大犬座、船尾座、罗盘座



3.3 深空天体

3.3.1 球状星团

一般来说我们认为有大量恒星密集分布并聚集在一起呈球状或椭球状分布的星团为球状星团，球状星团所含成员星数极大，相邻恒星靠得很近，空间运动几乎完全相同，并作为一个整体在空间中运动。球状星团的光度非常高，直径在 20-150pc 间。球状星团主要分布在银晕中，离银道面较远，成员星以星族 II 星为主，因此年龄都偏大。

3.3.2 疏散星团

疏散星团与球状星团相比，形状不规则，结构比较松散，多分布于银道面两侧，一般以星族 I 星为主，比较年轻，但是疏散星团仍有共同的运动特性。

3.3.3 星云

星云一般按照光学特征分为暗星云、发射星云、反射星云及恒星遗迹。暗星云一般都是由于遮蔽了背景亮星或亮的辐射背景而被观测发现。反射星云则是由于云气物质反射云内恒星的星光而发亮。发射星云则主要是由于星云气体电离而发光。恒星遗迹包括行星状星云及超新星遗迹，行星状星云由中心的白矮星或中子星激发，而超新星遗迹则由同步加速辐射引起。

3.3.4 星系

在哈勃掀开宇宙学新时代前，由于观测手段的限制以及对宇宙的错误认知，人们普遍认为这些云雾状的天体都是银河系内的成员，因此在梅西耶与赫歇尔的星表中有大量的星系入选。

4. 天球坐标系

4.1 天球与主要的天球坐标系

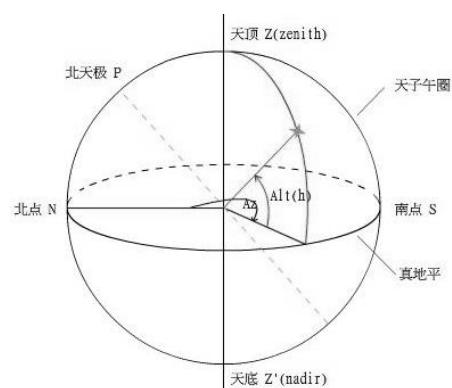
4.1.1 天球

天球是一个假想的球，它是以观测者（或地心、日心）为中心，以无穷远为半径，所有天体都投影在这个球面上。天球的轴是地球自转轴的延伸，叫天轴；天轴与天球有两个交点，叫天极；地球北极延伸的点叫北天极；地球南极延伸的点叫南天极。

4.1.2 地平坐标系

地平坐标系，是一个对于观测者非常直观的天球坐标系

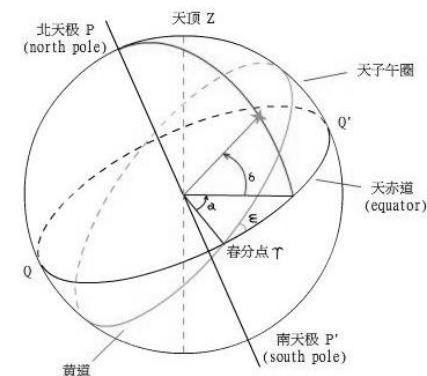
- 1) 坐标系的基本圈是地平圈，基本点是天顶和天底
- 2) 坐标系中，经过南点、北点、天顶、天底的圈是天子午圈
- 3) 坐标系统中表示共有方位角和高度角（天顶距）两个坐标
- 4) 方位角从北点顺时针方向起算（也有从南点起算的），共计 360°
- 5) 高度角是天体与地平线的夹角，在 0° 至 90° 间
- 6) 天极与地平圈的夹角就是该地的地理纬度（北半球）
- 7) 坐标系的优点是直观的表示出天体在当地天空中的位置
- 8) 坐标系的缺点是天体坐标无时无刻不在变动之中



4.1.3 赤道坐标系

星表中天体的坐标，通常都是在赤道坐标系体系下的坐标

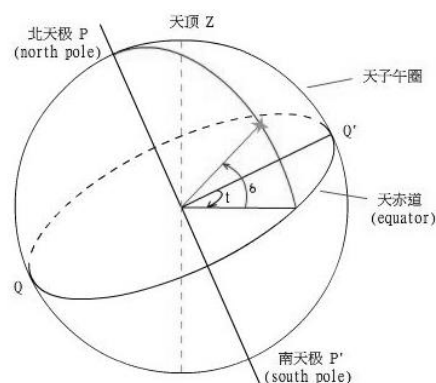
- 1) 坐标系的基本面是天赤道面，天赤道面与地球赤道共面
- 2) 坐标系的几何极称为天极，经过天极的大圆是赤经圈
- 3) 与天赤道面平行的小圆称为赤纬圈
- 4) 赤经从春分点（黄道与天赤道的升交点）沿逆时针方向起算
- 5) 赤纬从天赤道向两级起算从 $0^\circ \pm 90^\circ$ 计量，向北为正
- 6) 天体在坐标系中的坐标不随天体起落或不同观测点发生变化
- 7) 我们常说的赤道坐标系（过天极的大圆称为赤经圈），实际上是第二赤道坐标系，简称为赤道坐标系



4.1.4 时角坐标系

时角坐标系是一个与观测者有关的赤道坐标系

- 1) 坐标系的基本面是天赤道面，天赤道面与地球赤道共面
- 2) 坐标系的几何极称为天极，经过天极的大圆是时圈
- 3) 与天赤道面平行的小圆称为赤纬圈
- 4) 时角从上中天开始计量，从 $0h \pm 12h$ 计量，向西为正
- 5) 赤纬从天赤道向两级起算从 $0^\circ \pm 90^\circ$ 计量，向北为正
- 6) 坐标系是第一赤道坐标系，通常简称为时角坐标系
- 7) 某地的地方恒星时（S）等于该时刻春分点的时角（t）
- 8) 任何一个天体上中天的时角都是 0

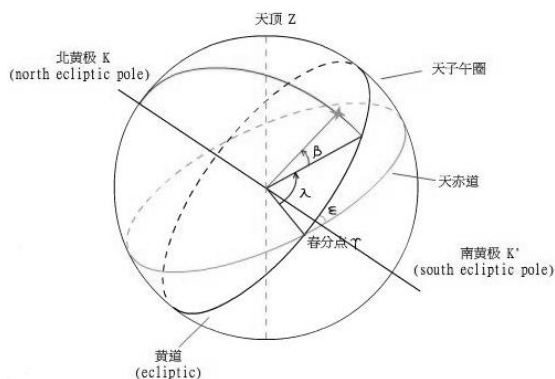


4.1.5 黄道坐标系

黄道坐标系是一个主要用于太阳系天体的坐标系统

1) 坐标系的基本面是黄道面, 与黄道面垂直的直线是黄轴

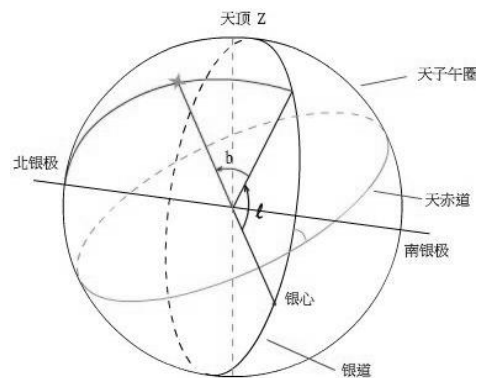
- 2) 经过两黄极且与黄道面垂直的天球大圈称为黄经圈
- 3) 黄经从春分点为起点, 逆时针从 0° 到 360° 度量
- 4) 天球上与黄道平行的小圆称为黄纬圈
- 5) 黄纬从黄道向两极起算从 $0^{\circ} \pm 90^{\circ}$ 计量, 向北为正
- 6) 黄道与天赤道的交点称为二分点
- 7) 黄道上与二分点相距 90° 的称为二至点
- 8) 坐标系中太阳的黄道坐标会发生周年性的变化, 其它恒星坐标则是唯一不变的



4.1.6 银道坐标系

银道坐标系是一个研究银河系内天体位置的天球坐标

- 1) 银道坐标系的基本面是过太阳且与银河系平均平面平行的银道面
- 2) 银道坐标系的两极是银道面的几何极
- 3) 过银极的大圆称为银经圈，向两极起算从 $0^\circ \pm 90^\circ$ 计量，向北为正
- 4) 银经从银心起算，沿银道向东从 0° 到 360° 计量
- 5) 北银极在后发座，南银极在玉夫座
- 6) 一般仅在有关恒星动力学或星系结构的理论工作中用到银道坐标系



4.2 天球坐标系统的应用

4.2.1 根据天体的出没状态及观测者地理纬度判断时间

例 4.2.1 现在有一名观测者位于广州（东经 113° 北纬 23° ），在某一天晚上 0 点时，观测者观测到 CMa β （军市一）正好上中天，已知 CMa β 星的 J2000 历元赤道坐标为 $(6^h24^m, -17^\circ57')$ ，那么观测者此时应该穿着哪套校服比较合适？

解：(1) 根据时角坐标系的定义及 CMa β 星的赤道坐标，该日恒星时与地方时的时差为 6h24m

- (2) 根据恒星日与平太阳日的时差, 该日与秋分日的天数间隔约为 $6\text{h}24\text{m} \div 4\text{min/d} = 96\text{d}$
- (3) 一般来说秋分日都在每年的 9 月 21 日前后, 因此该日日期约为 12 月 26 日左右

∴ 由于观测者处于北半球，因此 12 月 26 日处于深冬季节，观测者此时应该穿着冬装校服比较合适。

4.2.2 根据天体的天球坐标判断天体的出没状态

例 3.2.2 对于一位地处广州（东经 113° 北纬 23° ）的观测者而言，已知 UMI β （帝）星的 J2000 历元赤道坐标为 $(14^h50^m, 74^\circ9')$ ，那么 2020 年 11 月 1 日凌晨 0 点时，是否可以观测到 UMI β 星？

解：(1) 根据时角坐标系的定义，2020 年 11 月 1 日 0 时的恒星时为 4h，即此时赤经为 4h 的天体上中天

- (3) 由于观测者所在的地理纬度为 23° ，即所有天体赤经不小于 66.8° 的天体都不会落下， $74^\circ 9' > 66.8^\circ$

∴ 尽管 UMI β 星即将下中天，但是由于 UMI β 星处于恒显区，因此观测者可以在 2020 年 11 月 1 日凌晨 0 点时观测到 UMI β 星

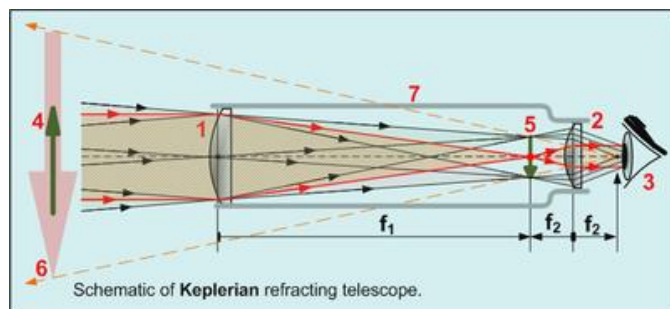
5.望远镜、多信使天文学与探测器

5.1 望远镜分类与参数

5.1.1 折射式望远镜

折射望远镜是一种使用透镜做物镜，利用屈光成像的望远镜。折射望远镜最初的设计是用于侦查和天文观测，但也用于其他设备上，例如双筒望远镜、长焦距的远距照相机镜头。较常用的折射望远镜的光学

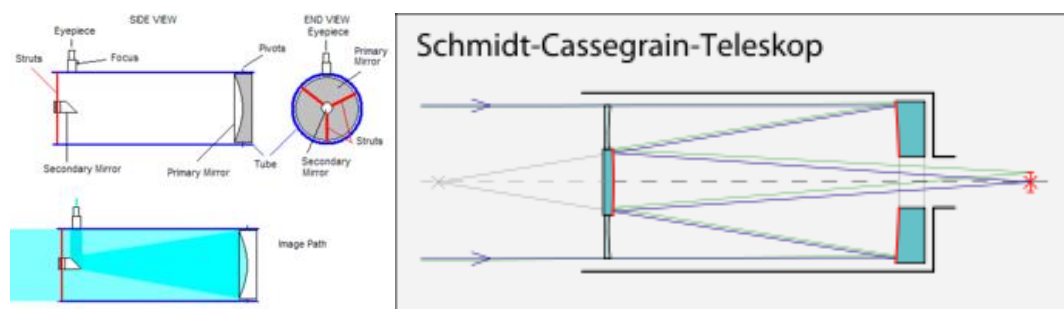
系统有两种形式：即伽利略望远镜和开普勒望远镜，其优点是成像比较鲜明、锐利；缺点是有色差。



5.1.2 反射式望远镜

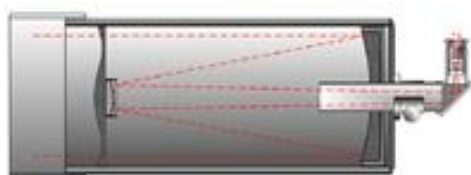
反射望远镜是使用曲面和平面的面镜组合来反射光线，并形成影像的光学望远镜。反射望远镜所用物镜为凹面镜，有球面和非球面之分；比较常见的反射望远镜的光学系统有牛顿望远镜与卡塞格林望远镜。

反射望远镜的性能很大程度上取决于所使用的物镜。通常使用的球面物镜具有容易加工的特点，但是如果所设计的望远镜焦比比较小，则会出现比较严重的光学球面像差；这时，由于平行光线不能精确的聚焦于一点，所以物像将会变得模糊。因而大口径，强光力的反射望远镜的物镜通常采用非球面设计，最常见的非球面物镜是抛物面物镜。由于抛物面的几何特性，平行于物镜光轴的光线将被精确的汇聚在焦点上，因而能大大改善像质。但即使是抛物面物镜的望远镜仍然会存在轴外像差。



5.1.3 折反式望远镜

反射折射这个名词在光学系统中的意思就是既有透镜也有面镜的系统。反射折射的光学系统常用在望远镜和照相机使用的质轻、长焦透镜。通常的设计是利用特殊形状的透镜来修正反射镜的像差。反射望远镜镜系统的物镜虽然没有色差，但球面反射镜存在球面像差，而且焦距越长的球面反射镜对加工精度要求越高。非球面的抛物面反射镜虽然在光轴中心不存在像差，但在光轴以外存在球差和彗差，而且加工难度大，成本也高。折反射望远镜就是针对反射系统的这些缺点，而试图利用透镜折射系统的优点来补偿。



5.1.4 望远镜的光学参数

5.1.4.1 口径

望远镜的口径指望望远镜的有效通光直径。口径愈大能集光愈多，聚光本领越强，能观测到更暗弱的天体。

5.1.4.2 光力

望远镜的光力也叫相对口径，即口径 D 和焦距 F 之比， $A = \frac{D}{F}$ 。

5.1.4.3 焦比

光力的倒数 $\frac{1}{A} = \frac{F}{D}$

5.1.4.4 分辨本领

望远镜的分析本领是指望远镜能分辨天体细节的能力，它是望远镜很重要的性能指标。 $\delta = \frac{1.22\lambda}{D}$

5.1.4.5 视场

望远镜的成像良好区域所对应的天空角直径的范围叫望远镜的视场，用角度（°）表示。

5.1.4.6 底片比例尺

照相望远镜在焦面获得天体的像，像平面上 1mm 与对应天空的角直径（角秒）的比率，叫底片比例尺，

采用"/mm 为单位。 $\alpha = \frac{\omega}{l} = \frac{206265}{F}$ （"/mm）

5.2 大型望远镜项目

5.2.1 地基光学望远镜项目

名称	有效口径	所在地
大双筒望远镜（Large Binocular Telescope, LBT）	11.8m (2*8.4m)	格拉汉姆山天文台
加那利大型望远镜（Gran Telescopio CANARIAS, GTC）	10.4m	穆查丘斯罗克天文台
凯克望远镜（Keck Telescope）	10m	毛纳基山天文台
南非大型望远镜（Southern African Large Telescope, SALT）	9.2m	南非天文台
霍比-埃伯利望远镜（Hobby-Eberly Telescope）	9.2m	麦克唐纳天文台
昴星团望远镜（Subaru Telescope）	8.2m	毛纳基山天文台
甚大望远镜（Very Large Telescope, VLT） 由 4 台 8.2 米口径望远镜组成，组合的等效口径可达 16 米	8.2m *16m	帕瑞纳天文台
北/南双子望远镜（Gemini Observatory）	8.1m	北:毛纳基山;南:托洛洛山
多镜面望远镜（Multiple Mirror Telescope, MMT）	6.5m	霍普金斯山
麦哲伦望远镜（Magellan telescopes）	6.5m	拉斯坎帕纳斯天文台
海尔望远镜（Hale Telescope）	5.08m	帕洛马山天文台
大天区面积多目标光纤光谱天文望远镜（Large Sky Area Multi-Object Fiber Spectroscopic Telescope LAMOST）	4.9-3.6m	兴隆观测站

5.2.2 空间望远镜项目

名称	口径	观测波段	状态
哈勃空间望远镜（Hubble Space Telescope, HST）	2.4m	紫外/可见光/近红外	服役
斯皮策空间望远镜（Spitzer Space Telescope, SST）	0.85m	红外	服役
开普勒空间望远镜（KEPLER）	0.95m	可见光	退役
盖亚空间望远镜（Gaia Space Telescope）		可见光	服役
钱德拉 X 射线天文台（Chandra X-ray Observatory）	1.2m	X 射线	服役
太阳动力学观测台（Solar Dynamics Observatory, SDO）		多波段	服役
韦布空间望远镜（James Webb Space Telescope, JWST）	6.5m	可见光/红外	服役

5.2.3 多波段望远镜探测项目

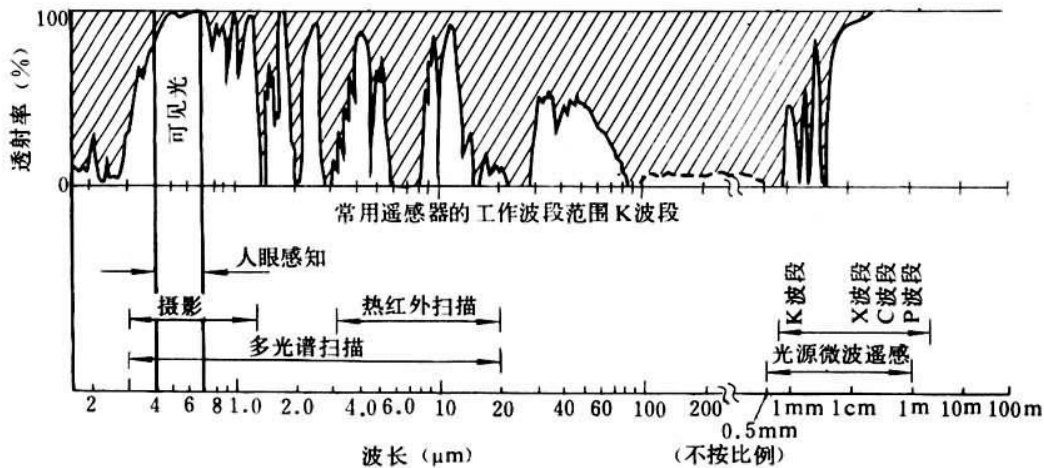
名称	口径	观测波段
500 米口径球面射电望远镜 (Five-hundred-meter Aperture Spherical radio Telescope, FAST)	500m	射电
阿雷西沃射电望远镜（Arecibo radio telescope）	305m	射电
甚大阵（Very Large Array, VLA）	27*25(m)	射电
阿塔卡马大型毫米/亚毫米波阵 (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array, ALMA)	54*12(m) 12*7(m)	射电
平方公里阵（Square Kilometre Array, SKA）		射电

高新激光干涉仪引力波天文台 (Advanced Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory, LIGO)		引力波
冰立方中微子天文台 (IceCube Neutrino Observatory)		中微子

5.3 多信使天文学

5.3.1 大气窗口

指天体辐射中能穿透大气的一些波段。由于地球大气中的各种粒子对辐射的吸收和反射，只有某些波段范围内的天体辐射才能到达地面。按所属范围不同分为光学窗口、红外窗口和射电窗口。



5.3.2 中微子天文学

天体物理学的一个分支，主要研究恒星上可能发生的中微子过程以及这些过程对恒星的结构和演化的作用。中微子是一种不带电、静止质量为零的基本粒子。早在研究原子核的 β 衰变时就从理论上预见到中微子的存在，但直到 1956 年才在实验中观察到。中微子和一般物质的相互作用非常微弱，除某些特殊情况外，在恒星内部产生的中微子能够不受阻碍地跑出恒星表面，因此，对恒星发射的中微子进行探测，可以获得有关恒星内部的信息。

5.3.3 引力波天文学

引力波天文学 (Gravitational-wave astronomy) 是观测天文学 20 世纪中叶以来逐渐兴起的一个新兴分支，其发展基础是广义相对论中引力的辐射理论在各类相对论性天体系统研究中的应用。与基于电磁波观测的传统观测天文学相对比，引力波天文学是通过引力波这个途径来观测发出引力辐射的天体系统。

6.行星系统

6.1 我们的太阳系

6.1.1 大行星

根据国际天文学会最新的定义，大行星的定义包括围绕恒星旋转，通过自身足够大的质量依靠引力使天体呈圆球形以及清除轨道上的其他物体。因此太阳系共有 8 个大行星，由内向外分别是水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星。

行星	质量 (以地球为 1)	体积 (以地球为 1)	轨道半径 (AU)	轨道周期 (天)
水星	0.05	0.056	0.38	87.7
金星	0.82	0.856	0.72	224.7
地球	1	1	1	365.2422
火星	0.11	0.15	1.5	686.9
木星	318	1313	5.2	4329.6
土星	95	745	9.5	10832.3

天王星	15	65	19.2	30667.5
海王星	17	57	30	60327.6

6.1.2 矮行星

矮行星的定义是，体积介于小行星和行星间，同时能够通过自身质量保持圆球形，但是并不能清空轨道上其他天体，并且围绕恒星运转的天体。因此太阳系内主要的矮行星包括被降级的冥王星，被升级的阋神星、谷神星、鸟神星、妊神星、卡戎等。

6.1.3 小行星

小行星指的是太阳系内环绕太阳运动但体积和质量比行星小得多的天体，目前为止发现的大多数小行星集中在主带小行星带与柯伊伯带上。另外小行星中有一个特殊的分类——近地小行星，这些是轨道与地球相交的小行星，这些小行星的最终命运要么是行星相撞，要么就是在接近行星时被弹出太阳系。

6.1.4 彗星

彗星指的是进入内太阳系后亮度和形状都会发生变化的一种绕日运动天体，在接近恒星时，彗星物质会升华并在核心附近行程彗发与彗尾。一般来说根据轨道可以将彗星分为周期彗星（椭圆轨道）和非周期彗星（抛物线及双曲线轨道），而周期彗星又可以分为长周期彗星及短周期彗星。

6.1.5 柯伊伯带与奥尔特云

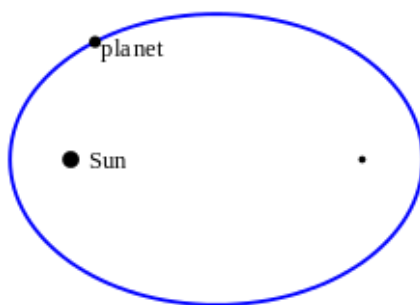
柯伊伯带与奥尔特云的提出都是为了解决彗星起源的问题，上世纪 50 年代时，奥尔特认为由于动力学原因，彗星最终必然会与太阳或行星碰撞或从太阳系弹出，而且考虑到彗星在回归时会消耗自己的物质，因此观测到很多从四面八方进入内太阳系的彗星必然不可能在其当前轨道上形成，因此应该存在一个遥远的可以保存彗星物质的区域。尽管奥尔特云解决了长周期彗星在天空四面八方均匀出现且物质保存完好的问题，但是仍有许多无法解释的缺失，同时人类仍然不具备直接观测到奥尔特云存在的能力。

柯伊伯带的提出要晚于奥尔特云，因为人们发现短周期彗星的动力学特征及速度和奥尔特云中诞生的长周期彗星显著不一致，尤其无法解释为什么短周期彗星会密集分布在黄道面上，因此人们认为应该存在一个区域作为短周期彗星的故乡，这也就是后来的柯伊伯带。随着越来越多的探测，人们越来越了解柯伊伯带成员的分布，但是柯伊伯带的确切起源及其复杂的结构仍然是一个未解之谜。

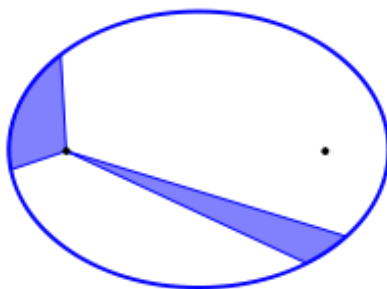
6.2 太阳系天体的运动规律

6.2.1 开普勒三大定律

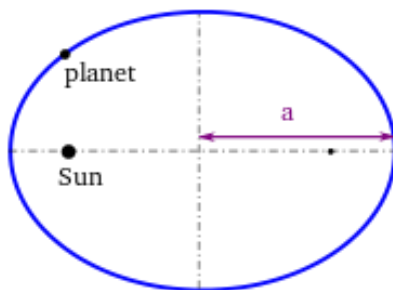
开普勒第一定律（椭圆定律）：所有行星绕太阳的轨道都是椭圆，太阳在椭圆的一个焦点上



开普勒第二定律（面积定律）：行星和太阳的连线在相等的时间间隔内扫过的面积相等



开普勒第三定律（调和定律）：所有行星绕太阳一周的时间的平方与它们轨道半长轴的立方成比例



开普勒定律适用于宇宙中一切绕心的二体运动问题，除了行星可以使用，以行星为中心的卫星也可使用。

在现代，第一定律的表述已经变更为，所有行星（和其他绕日公转的小天体）的轨道都属于圆锥曲线，而太阳在它们的一个焦点上。

6.2.2 万有引力定律

万有引力定律是低速世界中的运动规律，可以通过万有引力定律解释天体运动的问题。但是在高速世界中，仍然需要使用广义相对论来解释运动规律。

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

6.3 现代天文学前沿——系外行星探索

6.3.1 系外行星探测手段

系外行星的探测手段主要包括 4 种。

视向速度法：视向速度法是最早应用于系外行星检索的探测手段，如果恒星受到行星的引力影响在其自身轨道中运动并产生了相对于地球径向的速度变化，我们就能够通过多普勒效应在恒星光谱中推导出径向速度并确定行星的存在。尽管径向速度法要求系外行星离恒星比较近且质量比较大，而且我们无法测量通过视向速度法观测到的系外行星的半径，但是在 2012 年以前，视向速度法是系外行星发现这一天体物理学前沿上的核心王牌。

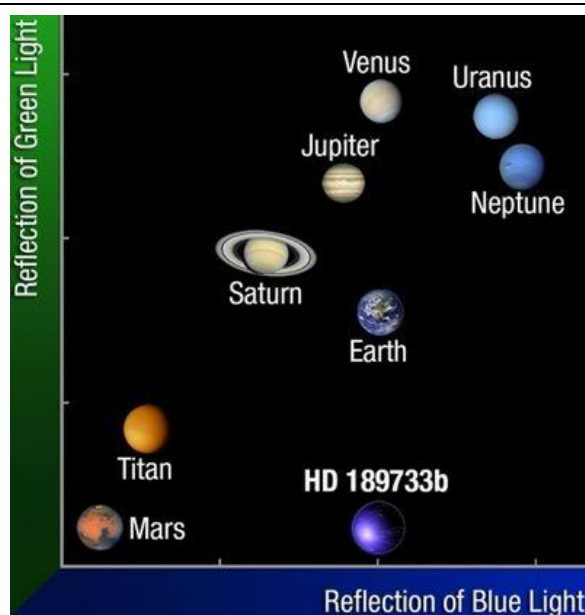
凌星法：如果系外行星、宿主恒星及地球之间恰好在一个平面上，我们就有机会观测到由于行星通过宿主恒星表面而让宿主恒星产生的光变，而且通过光变的时间可以计算行星的周期以及行星的半径。随着探测精度的提高，我们也能通过凌星法发现越来越多体型更小的系外行星。

微引力透镜法：微引力透镜法是一种可以探测到低质量行星的方法，因为微引力透镜是借助前景恒星放大远处背景的恒星，如果前景恒星存在一颗行星，那么这颗行星就会对引力场产生影响进而被发现。尽管这种方式的窗口非常短暂，但是人们通过这种方法已经发现了多颗低质量的行星。

直接成像法：直接成像法是一种要求较高的方法，因为恒星会掩盖掉行星暗弱的反光，不过这种方法仍然能够发现不少的系外行星。

6.3.2 系外行星分类

目前已探明的系外行星主要分为三大类。热木星，目前发现的系外行星中有相当多的一部分属于热木星，这是由于这些气体巨行星离宿主恒星太过接近，因此它们的表面非常炽热，甚至有一部分热木星的表面温度要比一些恒星表面温度更高。超级海王星，冰冷的巨行星，但是重元素占的质量比重较大，与热木星这种以氢和氦为主体的气态巨行星完全不通。超级地球或迷你海王星，质量或体积介于海王星与地球间的系外行星，根据它们由地球那样的岩石组成或由海王星那样的挥发物和气体组成进行分类。



7. 恒星天文学

7.1 太阳

7.1.1 太阳概况

太阳是人类研究最为深刻的恒星，这颗 G 型的主序星目前正处于壮年。组成太阳的质量中主要是氢和氦两种元素，其他重元素含量极小，但仍然是一颗富含重元素的星族 I 星。太阳没有明确的边界，因此规定太阳的半径是从其中心开始到光球层边缘的距离，这意味着太阳是一个近乎完美的球体。太阳的核心正在进行稳定的氢聚变反应，并通过辐射从太阳核心向外传递能量。

7.1.2 太阳活动

一般来说，我们目前认识到的太阳活动都由太阳的磁场引起，由于磁重联现象在太阳表面出现了因抑制对流而表面温度下降的区域，就被我们称为黑子。随着磁性活跃区域继续发展，在黑子区域随后还会发生太阳耀斑、日冕物质喷发等更剧烈的太阳活动现象。

7.2 恒星分类与特征

7.2.1 O 型恒星

O 型恒星非常炽热，它们的表面温度在 25000K 以上，在可见光谱中呈现出蓝色。O 型恒星质量非常大，温度非常高，因此 O 型恒星会非常快速的演化，并释放出强电离的氦线。

7.2.2 B 型恒星

B 型恒星也非常炽热，表面温度在 10000K 以上，在可见光谱中呈现出蓝白色。和 O 型恒星一样，B 型恒星演化速度也非常快。

7.2.3 A 型恒星

A 型恒星在全天可见的亮星中非常普遍，一般来说 A 型恒星看上去是白色的，温度在 8000K 左右。A 型恒星具有强氢谱线同时存在钙线。

7.2.4 F 型恒星

和并称为早型星的 O、B、A 型恒星不同，F 型恒星金属线比较明显，温度也没有那么高，一般在 7000K 左右，在可见光中呈现黄白色。

7.2.5 G 型恒星

G 型恒星比 F 型恒星表面温度更低一些，温度在 5700K 左右，在可见光中呈现黄色。G 型恒星的氢线比 F 型恒星要弱，同时出现中性的金属线。

7.2.6 K 型恒星

K 型恒星的氢线极弱，大多都是中性金属线，它们的温度在 4000K 到 5000K 间。

7.2.7M 型恒星

M 型恒星是最常见的恒星，太阳附近的主序星中绝大多数都是 M 型星，尽管如此，银河系中最大的超巨星也是 M 型恒星。M 型恒星表面温度很低，在 3000K 左右，有明显的氧化钛分子线。

7.3 恒星演化与赫罗图

7.3.1 主序前的演化

恒星的一生始于原始星云的塌缩，这些低温的星际尘埃、气体向自身的引力中心不断塌缩，温度逐渐提升，透明度逐渐下降，向外辐射的能量由外部物质下落释放的引力能转变而成。随着物质塌缩的停止，原始星云从密度极低的分子云变成达到初步流体静力学平衡的主序前星。主序前星内部温度仍然比较低，此时仍不能发生聚变反应。

7.3.2 主序中的演化

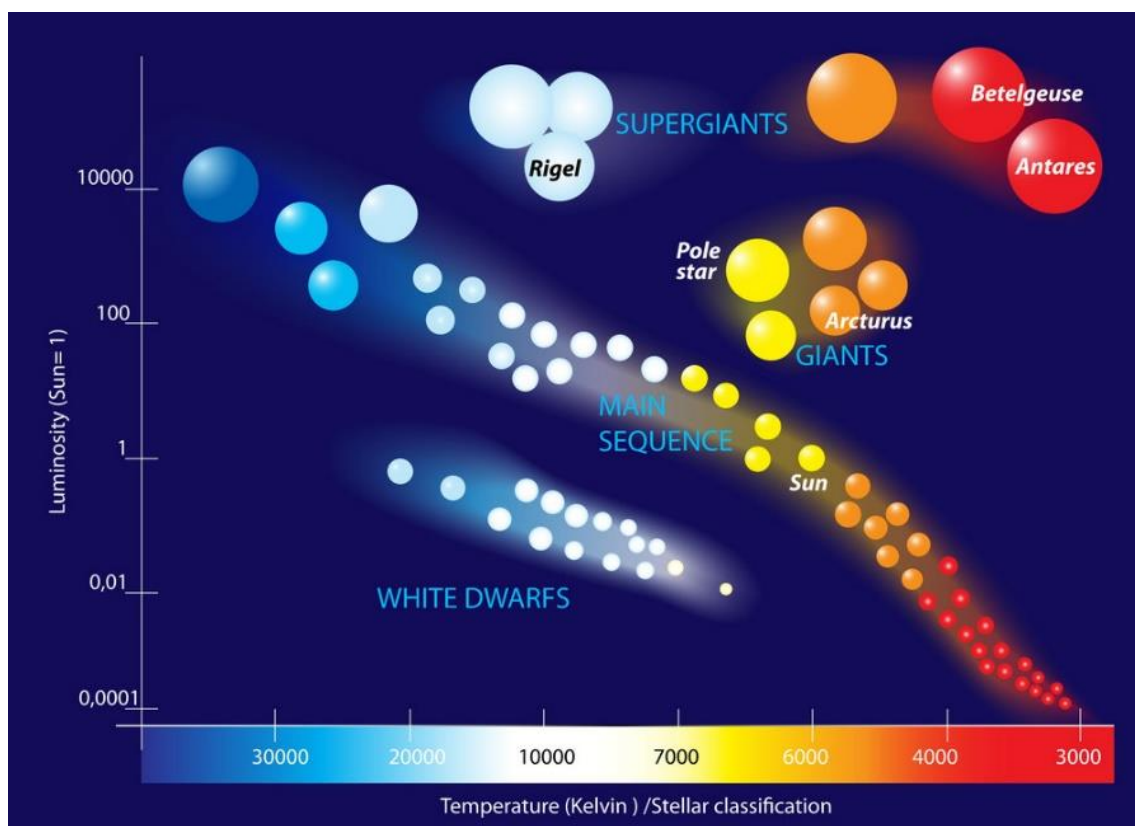
当恒星内部温度足以使恒星开始氢聚变的热核反应时，恒星进入主序带最左端的边缘，此时的恒星又被称为零龄主序星，由于热核反应产生的辐射压足以与恒星的引力相抗衡，恒星进入稳定演化的时间，所有的主序星都是核心在进行氢聚变的恒星。

7.3.3 主序后的演化

随着核心区氢聚变结束，恒星就结束主序阶段进入巨星支，由于核心区开始进行氢聚变而包层氢开始聚变，恒星体积会迅速增大，但是恒星表面温度会降低。质量较小的恒星在核心区温度抵达极限不能进行下一步聚变后会抛出外层物质称为一颗白矮星，质量较大的恒星则会演化到核心区变为铁核为止，足够大质量的恒星会以超新星爆发的方式结束一生。

7.3.4 赫罗图

赫罗图由丹麦天文学家赫茨普龙和美国天文学家罗素在 20 世纪初分别独立发现的，恒星在光谱-光度图中是有一定分布规律的，这张图对研究恒星的分类和演化起了重要作用。



7.4 变星

7.4.1 灾变变星

灾变变星是由于热核爆炸发生灾难性的爆发活动而引起光度变化的变星，超新星就是典型的灾变变星。

7.4.2 激变变星

由激烈的恒星活动引起光度变化的恒星，但是爆发规模较小，没有到达灾难性的规模，新星、类新星、矮新星都属于激变变星。

7.4.3 脉动变星

脉动变星是由于自身不断膨胀和收缩引起不停脉动而引起光度变化的，根据光变周期的长短，脉动变星分为造父变星、天琴座 RR 型变星，盾牌座 δ 变星、刍藁型变星等。

7.4.2 不规则变星

不规则变星的光度变化不规则，由于这类变星总和星云物质在一起，因此也被称为星云变星。

8.天象

8.1 日月食

8.1.1 日月食原理

日食成因

当月球运行到太阳和地球之间时，且日、月、地三者恰好或几乎成一直线，太阳射向地球的光线被月球遮挡一部分或者全部遮挡时，人们就看到了日食

月食成因

在望日（农历十五或十六），且当日、地、月三者恰好或几乎在一条直线上，月球运动到地球本影内时，照在月面上的阳光部分或全部被遮挡，这时就出现月食现象

8.1.2 日食

日全食是指整个太阳视圆面均被月球遮挡，地球处于月球的本影区时所看到的日食，日全食的全食带很窄，只有全食带中才能够看到日全食，其余地区只能看到偏食。21 世纪最长的一次日全食发生在 2009 年 7 月 29 日。

日偏食是太阳的一部分视圆面被月球遮挡时所观测到的日食，发生日偏食时不一定有日全食或日环食天象出现，但是发生日全食和日环食时，不在中心线上见食地区均可看到日偏食。

日环食是月球仅挡住了太阳圆面中心区域，周围还有一圈明亮圆环的一种日食，这是由于地月距离较大，地球进入到了月球的半影区形成的日食。

全环食是一种特殊的日食，这是指日全食和日环食在同一次日食中同时出现，但是同一个地区只能看到全食或环食一种天象，这是由于月球与地表距离恰好与月球本影长度相接近，使得本影影锥接触地球时发生日全食，半影影锥接触地球时发生日环食。

8.1.3 月食

月全食是当月球完全进入地球本影区时发生的月食，由于地球大气会折射一部分阳光到处于本影区中的月亮，因此发生月全食时月球并不会完全变黑，而是变成暗红色。

月偏食是月球部分进入地球本影区时发生的月食，月球不会发生月环食

半影月食是当月球进入地球的半影区时发生的月食，半影月食发生时，月球并不会出现缺角的情况，而是亮度变暗，一般来说要通过望远镜或其他仪器来观测才能看出显著的亮度变化。

8.2 行星天象

8.2.1 行星凌日

地球上可以观测到的行星凌日现象包括水星凌日和金星凌日。凌日现象的原理与日食相似，只是由于水星、金星离地球较远，无法显著遮蔽太阳圆面。由于轨道的原因，水星凌日在最近一般发生在 5 月和 11 月，其中 5 月发生的水星凌日较 11 月发生的更为罕见。金星凌日以两次凌日为一组，组间间隔为 8 年，组与组之间的间隔则为上百年。

8.2.2 行星大距

行星大距指的是地内行星在地球观测者方向上看与太阳最大视距离的位置，大距是观测地内行星最佳

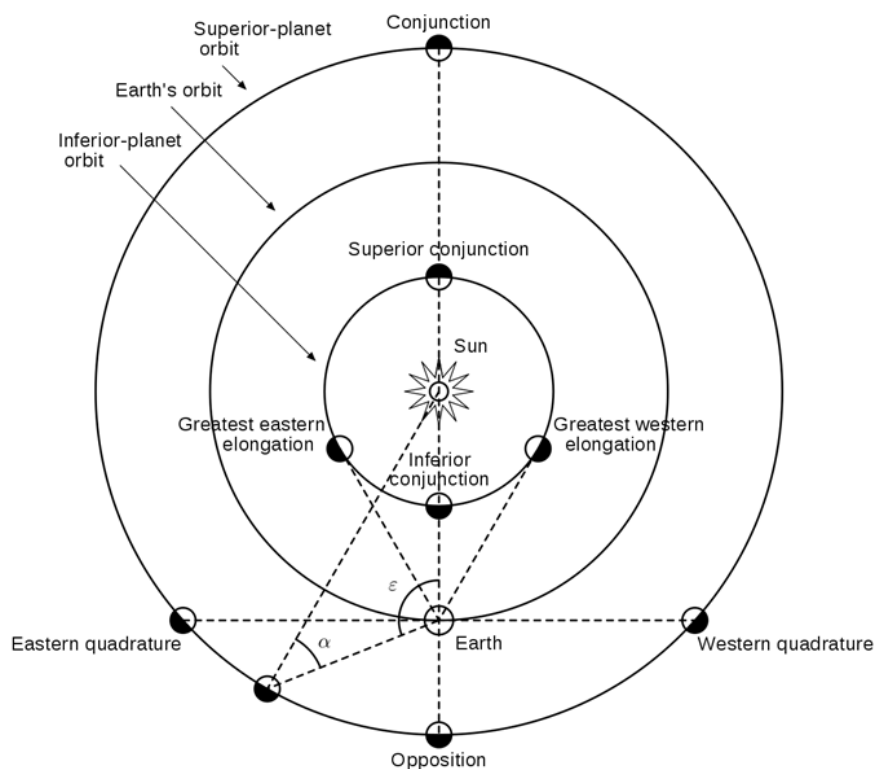
的时机，其中水星一年可以有几次大距。

8.2.3 行星冲

行星冲，指的是地外行星和太阳正好位于地球两侧并成一条直线的时刻，行星冲时太阳落下即升起，日出前才落下，全夜可见，亮度也最大，是观测地外行星最好的时机

8.2.4 行星逆行

行星逆行，指的是行星在背景天球上发生反向移动的视运动行为，但是实际上行星并不会发生真的逆行现象。一般来说行星在背景天球上自西向东运行称为顺行，自东向西称为逆行。



8.3 流星雨

8.3.1 流星雨的定义

流星雨是在夜空中流星从天空中一个辐射点发射出来的天文现象。这些流星是宇宙中被称为流星体的碎片，在平行的轨道上运行时以极高速度投射进入地球大气层的流束。大部分的流星体都比沙砾还要小，因此几乎所有的流星体都会在大气层内被销毁，不会击中地球的表面。

8.3.2 流量较大的流星雨流量及母体

象限仪座流星雨，流星体母体：小行星 2003 EH1 或 C/1490 Y1 和 C/1385 U1*有争议*，ZHR：20-160

宝瓶座 η 流星雨，流星体母体：哈雷彗星，ZHR：50

英仙座流星雨，流星体母体：109P/斯威夫特-塔特尔彗星，ZHR：110

双子座流星雨，流星体母体：3200 法厄同小行星，ZHR：120-150

8.4 罕见天象

8.4.1 大彗星回归

近 50 年出现的大彗星

威斯特彗星 (C/1975 V1) - 1976 年

百武彗星 (C/1996 B2) - 1996 年

海尔-波普彗星 (C/1997 O1) - 1997 年

麦克诺特彗星 (C/2006 P1) - 2007 年

洛弗乔伊彗星 (C/2011 W3) - 2011 年

新智慧星（C/2020 F3） - 2020 年

8.4.2 行星凌或掩

未来 100 年发生的行星凌或掩

2065 年 11 月 22 日-金星凌木星

2067 年 7 月 15 日-水星掩海王星

2079 年 8 月 11 日-水星掩火星

2088 年 10 月 27 日-水星凌木星

2094 年 4 月 7 日-水星凌木星

2104 年 8 月 21 日-金星掩海王星

8.4.3 肉眼可见超新星

结合史料与现代观测，目前认为历史上肉眼可见的超新星有以下几颗：

SN185、SN386、SN393、SN1006、SN1054、SN1181、SN1572、SN1604

9.宇宙学与星系学

9.1 我们的宇宙

9.1.1 可观测宇宙

在物理上，宇宙一般被定义为“存在的全部”，即所有的空间和时间（统称为时空）及发生在这个时空中的一切内容，这些内容包括了所有以任何形式存在的物质与能量。由于现阶段我们无法观测到全部的宇宙，“宇宙”一词在学术语境中一般指的是可观测宇宙。可观测宇宙指的是，以观察者（地球）为中心的球型空间及其中所有的物质与能量。

9.1.2 本超星系团

过去，天文学家曾认为银河系处于室女座超星系团中。室女座超星系团中有大约 100 个星系群及星系团，银河系所处的室女座星系团在室女座超星系团中心位置。现在，天文学家认识到，室女座超星系团只是更大尺度的拉尼亚凯亚超星系团的一部分，拉尼亚凯亚超星系团内大约拥有 10 万个星系，大小为 5.2 亿光年。

9.1.3 银河系

我们太阳系所在的银河系是一个棒旋星系，与仙女座大星系一同主宰着本星系群中众多的星系。银河系自核心向外分别由银心、银核、银盘及银晕、银冕组成，银河系恒星盘直径约 20 万光年。根据 2017 年的研究结论，银河系主要的四条悬臂分别为三千秒差距臂-英仙臂、矩尺臂-外缘旋臂、盾牌-半人马臂及船底-人马臂，而太阳系则位于小旋臂猎户-天鹅臂上。

9.2 宇宙学

9.2.1 宇宙大爆炸

目前为止，最为天文学界所普遍认同的宇宙起源学说是大爆炸理论。宇宙大爆炸理论最早于 1927 年为天文学家勒梅特所提出，在宇宙大爆炸理论中，宇宙从一个高密度高温度的奇点开始高速膨胀，由于这个奇点使得时间与空间失去意义，同时我们在奇点之前没有找到任何现象的证据，因此我们认为宇宙最初膨胀发生在约 137 亿年前。随着最初膨胀的发生，宇宙充分冷却至可以形成早期粒子及原子。根据现有的观测证据表明，宇宙仍处于一个加速膨胀的过程中。

9.2.2 支持宇宙大爆炸学说的重要证据

在上世纪 20 年代宇宙大爆炸学说提出后，天文学家们陆续观测到了许多支持大爆炸理论的观测证据，其中能够强烈支持大爆炸理论的观测证据包括丰富乃至占据宇宙中绝大多数的轻元素、宇宙微波背景辐射、星系高速退行等。

9.2.3 暗物质与暗能量

星系旋转曲线是星系从其中心径向向外侧的轨道速度曲线，观测证实，星系旋转曲线与引力理论体系下计算出来的结果存在无法解释的强烈差异。根据星系旋转曲线计算出来的星系质量与星系中可见物质的总

质量并不匹配，目前为止解决该问题最佳的方式就是假定暗物质的存在，且暗物质能够显著满足已有理论体系模型。暗物质之所以被称为暗物质就是因为它几乎不与电磁场相互作用。

与暗物质类似，暗能量的引入在于原有的宇宙学模型无法解释观测到的宇宙加速膨胀现象，尤其是根据宇宙微波背景的测量，宇宙中的物质总量（包括所有的物质）仅占临界密度的 30% 左右，因此必须有一种现有文明还没有探测到的能量占据剩下的内容。

9.2 量天尺

9.2.1 哈勃定律

哈勃在研究大量的河外星系后，发现绝大多数星系都存在退行现象，而且河外星系的距离与其视向速度之间成正比，因此如果我们通过测量遥远星系的红移值计算出星系的退行速度，那么进而通过观测总结出的哈勃常数，就可以计算出星系与我们之间的距离。

9.2.2 宇宙标准烛光

由于钱德拉塞卡极限的存在，Ia 型超新星爆发时的机制基本相同，所以 Ia 型超新星的绝对星等某种程度上是一个定值，如果测量出遥远宇宙中产生的一颗超新星是 Ia 型超新星，就可以利用距离模数公式与观测亮度，计算超新星与我们的距离，进而估计超新星所在星系与银河系之间的大致距离。

9.2.3 造父变星

造父变星是一种高光度的周期性脉动变星，其亮度随时间呈现周期性变化，因此可以利用周光关系计算出造父变星的绝对星等值，进而利用距离模数公式进一步计算造父变星与我们之间的距离。在上个世纪，宇宙学先驱哈勃正是通过计算邻近星系中数颗造父变星的距离，确认了河外星系的存在，开创了现代宇宙学。

9.2.4 三角视差

尽管长久以来我们认为天体在天空中大多是恒定不动的，但是实际上由于地球绕日公转，离我们越近的天体越会由于地球位置的变化而在天球上移动。因此大多数银河系内天体可以用过测量视差的方式测定距离。

9.3 宇宙的基本单元——星系

9.3.1 星系的形态学分类

哈勃按照星系的形态将星系大致分为椭圆星系、旋涡星系、棒旋星系以及不规则星系。其中旋涡星系一般按照核球的突起程度以及旋臂缠绕的松紧程度分为三大类型 Sa, Sb 及 Sc; 棒旋星系由于核区有一个明亮的棒状结构与旋涡星系区别开来，一般来说同样按照核球的大小及旋臂的松紧程度分为 SBa、SBb、SBc 三种类型。椭圆星系是宇宙中最普遍的一类星系，一般按照椭球的扁平程度分为 E0, E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7 和 E8 八个类型。

9.3.2 现代星系学研究前沿

随着观测手段的进步以及星系学理论的进步，现代天文学中，天文学家越来越开始关注位于星系中心的超大质量黑洞与星系演化之间的关系。在这方面的研究中，以活动星系核 AGN 的研究最为引人注目。活动星系核的吸积盘，中央黑洞，以及高能量喷流的形成机制，以及它们的相互关系受到了业界的广泛关注。除了 AGN 以外，人们发现当星系相互作用时，星系会显著出现强烈的气体外流与造星现象，这些内容揭示了过去宇宙中星系是如何从无到有及从小到大的演化过程。

10. 中国古代天文学

10.1 农历

历法是用年、月、日等时间单位计算时间的方法。中国以农业立国，而农时与季节有非常密切的联系，故授时颁历一直是历代君主的主要任务。自先秦古六历至明清时宪历，中国古代历法经历多次变革，出现许多历法，可以说是世界上历法科学最发达的国家。现行农历承袭自中国古代历法，保留了中国古代历法的标志性特征。历法一般可分为阳历、阴历与阴阳历三种类型，其中阳历制历时仅考虑太阳运动，如现行公历，其年长参考回归年制定。阴历制历时仅考虑月球运动，如伊斯兰历。而阴阳历制历时需同时考虑太阳运动与月亮

运动。农历属于阴阳历，其中体现阳历属性的部分是二十四节气与年长。节气的设置取决于太阳在天球上的位置，同时二十四节气是农历确定月名月序以及设置闰月的依据。农历平均年长与回归年相同，约为 365.2422 天。农历的月长参考的是朔望月长度，约为 29.53 天，故农历有大小月之分，大月 30 天，小月 29 天。

10.1.1 二十四节气

现代二十四节气自立春起算依次是：立春、雨水、惊蛰、春分、清明、谷雨、立夏、小满、芒种、夏至、小暑、大暑、立秋、处暑、白露、秋分、寒露、霜降、立冬、小雪、大雪、冬至、小寒、大寒

10.2 中国古代星空体系

中国古代有一套别具特色的星座体系。在中国，与星座对应的概念是星官，天空中一共有 306 个星官。相比星座，星官包含的恒星数相对更少，因此在星官之上还有更高一级的分类，即三垣与二十八宿，垣、宿与星官相比，包含了更大的天区与更多恒星，每垣或每宿中包含多个星官。二十八宿是古代中国人将黄道与天赤道附近的星空划分的二十八个区域，二十八宿又能以七个一组组成四象。古代中国还发展出了一套基于二十八宿分野的恒星坐标系，相当于现代天文学意义中的赤道坐标系。二十八宿坐标系中的两个重要参数为入宿度与去极度，分别对应现代天文学赤道坐标系的赤经与赤纬。入宿度表示天体与天体所在星宿距星的赤经差，去极度表示天体与北天极的赤纬差。在二十八宿坐标系中，赤经方向上设置了 28 颗标准星，称为距星，距星之间的赤经差称为距度。

10.2.1 三垣四象二十八宿

三垣为紫微垣、太微垣以及天市垣

二十八宿的名称分别为角、亢、氐、房、心、尾、箕、斗、牛、女、虚、危、室、壁、奎、娄、胃、昂、毕、觜、参、井、鬼、柳、星、张、翼、轸。

四象即东宫苍龙，南宫朱雀，西宫白虎与北宫玄武。东宫苍龙对应角、亢、氐、房、心、尾、箕七宿，南宫朱雀对应斗、牛、女、虚、危、室、壁七宿，西宫白虎对应奎、娄、胃、昂、毕、觜、参七宿，北宫玄武对应井、鬼、柳、星、张、翼、轸七宿。

10.3 中国古代天象记录

与世界上其他民族和国家相比，中国古代的天象记录可以称得上是历史悠久、门类齐全，且持续数千年而不断。目前有据可查的中国最早的天象记录可以追溯到殷墟中发现的甲骨卜辞，部分卜辞被认为是当时的先民对日月食乃至新星、彗星等天象的记录。在《尚书》、《诗经》、《春秋》等先秦典籍中，我们发现了更加丰富的天象资料。自司马迁修《史记》起，历代官修史书中都会有天象资料的一席之地，多收录在《天文志》章节。按照观测对象分类，中国古代天象记录囊括了日月食、日月五星运动、新星与超新星、太阳黑子、彗星、流星雨、极光等内容。中国古代天象记录之所以会多而全，主要有以下两个原因：一是中国古代的天文学始终由皇家主导，皇权的重视决定了天文活动可以连续不间断；其二是占星思想，即认为天象变化与人间事务，如战争政治、王朝兴衰、帝王生死等有直接联系，因此古代天文学家需要时刻关注天空以窥得“天机”，这样的观测活动虽以占星为目的，但也留下了宝贵的天象记录，成为全人类的共同财富。

10.4 中国古代文学中的天文学

天文学影响及于中国古代文学者，在于它的很多内容可以成为文学的形式和意象。有不少天象可以成为文学描写的重要题材与重要意象，在文学中，它们或是被直接歌咏，或是作为表情达意的重要手段。中国最早的文学典籍之一《诗经》中就有大量天文学相关的内容，历代的文学家们也常常将天文学内容化用在诗文中，借此抒发自己的情感。

11.天体计算

11.1 距离模数： $m - M = 5 \lg r - 5$ ，其中 r 为天体距离，以秒差距为单位

11.2 光度公式: $L = 4\pi R^2 \sigma T_e^4$, $\sigma = 5.67032 \times 10^{-8} \text{ J}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4 \cdot \text{s})$

11.3 普森公式: $m = -2.5 \lg E + \text{常数}$

11.4 活力公式: $v^2 = G(M+m) \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)$

11.5 质光关系: $\lg \left(\frac{L}{L_{\odot}} \right) = 3.8 \lg \left(\frac{m}{m_{\odot}} \right) + 0.08$

11.6 周光关系: $M_p = -1.80 - 1.74 \lg P$ (对于经典造父变星); $M_p = -0.35 - 1.74 \lg P$ (对于室女座 W 型变星)

11.7 三大宇宙速度: 第一宇宙速度: $v_0 = \sqrt{G(m_1 + m_2)/r} = 7.9 \text{ km/s}$

第二宇宙速度: $v_1 = \sqrt{2G(m_1)/r} = \sqrt{2}v_0 = 11.2 \text{ km/s}$

第三宇宙速度: $v_2 = \sqrt{v_1^2 + (12.3)^2} = 16.7 \text{ km/s}$

11.8 维恩位移定律: $\lambda_{\max} = b/T$, 其中 λ_{\max} 为黑体谱峰值波长, T 为黑体表面温度, 维恩位移常数 $b = 2.898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$

11.9 恒星运动方程: $r = \frac{a(1-e^2)}{1+e \cos f}$