



天体距离的测量方法

王学水 张玉梅

天体测量在天文研究中占有重要地位,在不同时代、对不同天体有不同的测量方法,随着科学技术的发展,天体测量的手段也越来越先进。由于宇宙空间广袤无垠,所使用的距离单位与通常表示距离的单位也有所不同,表示天体距离的单位有天文单位(AU)、光年(ly)和秒差距(pc)。太阳与地球间的平均距离叫做1天文单位(1AU),光在一年内所通过的距离叫1光年(ly),秒差距在后面我们再作介绍。它们的关系是:1秒差距(pc) = 3.26 光年(ly) = 206265 天文单位(AU)。

一、地球和月球间的距离——雷达法

20世纪60年代,人们利用雷达测出了地球与月球间的距离。方法是把雷达束对准月球,发出一个短脉冲信号,测出信号往返所用的时间 t ,由于雷达信号的速度等于光速,利用公式 $d = vt/2$,即可求出。从地球上发出的雷达信号,经2.56秒返回地球,于是得出地球和月球间的距离约为 $4 \times 10^5 \text{ km}$ 。

二、太阳和行星间的距离——开普勒定律法

开普勒定律为

$$T^2/d^3 = \text{恒量}, \quad (1)$$

式中 T 为行星的公转周期、 d 为行星到太阳的平均距离,若以地球、太阳间的距离作为1AU,以地球公转周期作为1恒星年,公式可简化为

$$T^2 = d^3. \quad (2)$$

在地球上仔细观察行星运转的轨迹,扣除地球公转的影响,就可精确计算出行星的公转周期,再利用开普勒定律,就可求出行星到太阳的距离。例如,离太阳最近的水星的公转周期为0.241年,则水星到太阳的距离为0.387AU。海王星离太阳最远,距离为30AU。

三、太阳和相邻恒星间的距离——三角视差法

在地面上,要测量人造卫星(图1C处)的高度,可以通过安放在地球上A、B两点的两个望远镜同时测得对C的两个角度A和B,算出视差(视差为C对A、B两点的张角),再测出A、B两点的距离——基线,利用三角知识就可求出人造卫星的高度。这

种测量距离的方法叫三角视差法。

在天文测量中,通常取地球绕太阳公转的轨道半径($1.5 \times 10^8 \text{ km}$)为基线,当被测天体的视差为1角秒时(1角秒 = $1/3600$ 度),该天体的距离叫做1秒差距(1pc)。若距离 d 用pc作单位,视差 π 用角秒作单位,它们的关系是

$$d = 1/\pi \quad (3)$$

假如我们要测量某恒星,可以先准确记录它此时的位置,半年后,当地球走到轨道的另一端时再测量一次,求得视差,利用上述公式就可算出距离(如图2)。例如南门二的视差为0.78角秒,它到地球的距离 $d = 1/0.78 \text{ pc} = 1.28 \text{ pc} = 4.19$ 光年。太阳和我们周围最近的恒星间的距离大约为10光年的数量级,这也是银河系中恒星间的平均距离。

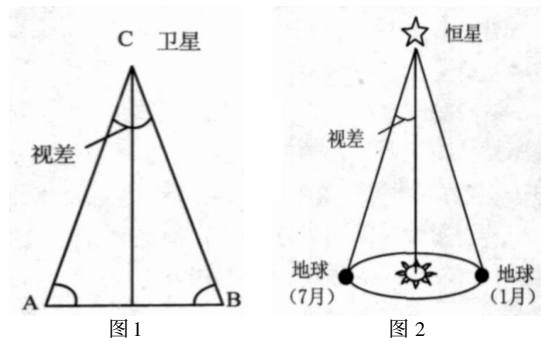


图1 图2

四、银河系的大小——光谱法

利用视差法,可以测量300光年范围内的天体,对于更遥远的天体,因为视差太小,就无能为力了,这时需要使用恒星光谱的方法。如果星体的视星等为 m (我们直接观测到的星等叫视星等)、绝对星等为 M (把所有恒星放到10秒差距的地方,观测到的星等叫绝对星等),以秒差距(pc)作为星体距离 d 的单位,它们的关系是

$$m - M = -5 + \log_{10} d. \quad (4)$$

视星等 m 由观测确定,关键是确定恒星的绝对星等 M 。方法是,先拍摄距离我们较近的恒星光谱,恒星的光谱和它的表面温度有关,按光谱的种类和强度可以把光谱归纳为几种类型,分别是O、B、A、F、G、K、M型;另一方面,利用视差法求出恒星的实际距离,再把视亮度(视星等)转换成真正的光度(绝对星等)。以光谱(温度)为横轴,以光度(绝对星等)为

现代物理知识

纵轴,把每颗恒星绘在一张表上,这就是赫罗图(如图3),它展现了恒星的光谱和光度之间的极巧妙关系。由图3可以看出,大部分恒星分布在从左上角到右下角的对角线上,构成了主序星,右上角是红巨星,左下角是白矮星。如果测量恒星的距离,可以先测出恒星的光谱,利用光谱从赫罗图上找到恒星应有的光度(绝对星等),再测出恒星的视星等 m ,利用公式(4)就可算出恒星的距离。

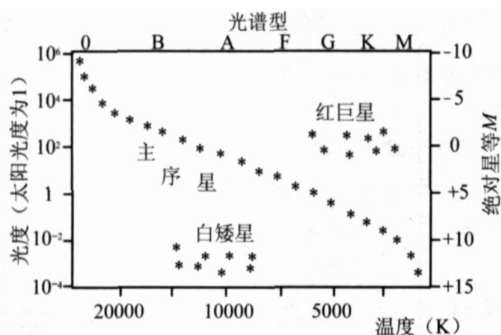


图3 赫罗图

银河系有多大呢?通过测量,其直径约为 10^5 光年,厚度约为 10^4 光年。银河系像一个扁平的盘,太阳系位于从圆盘中心到边缘一半的地方。银河系里恒星间的平均距离大约为10光年的数量级,据此可粗略算出银河系内有大约500亿颗星的数量级。

五、银河系和相邻星系间的距离——变星法

变星是指视亮度会随时间变化的恒星,主要分成规则性和不规则性变星。规则性变星中有一种叫脉动变星,脉动变星的光度是循环变化的,这是由于恒星的自动收缩和膨胀引起的。脉动变星因为其质量和组成成分的不同,会形成不同周期,如造父一变星的周期是5.37天。根据周期的光度变化曲线和光谱,便可将恒星分类。凡跟造父一有相同变化的恒星统称为造父变星,还有天琴座RR变星、室女座W型变星等。分类后,先找出可用光谱法测量的变星,测出这些变星的光度,发现同一类变星的光度和周期形成一种关系,即光变周期越长的恒星,其光度越大,这种关系称为周光关系(如图4)。在地面上测出变星的光变周期,根据周期容易从周光关系中推出变星的绝对星等 M ,再测出视星等 m ,利用公式(4)就可算出恒星的距离。

利用变星法可测出许多河外星系的距离,如仙女星云的距離大约为200万光年,大约是银河系直径的20倍。今天,已知的河外星云有好几百个,它们在各个方向相当均匀地分布着。相邻星云间的距

离是几百万光年,银河系与仙女星云之间的距离,一般来说,大约等于众星系之间的平均距离。

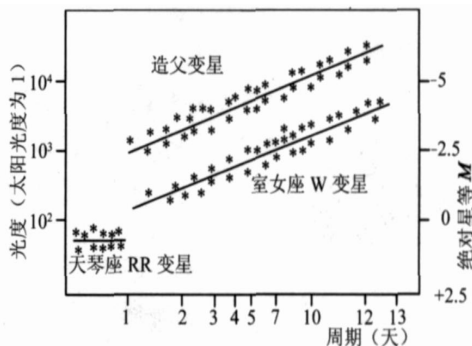


图4 周光关系

六、宇宙的大小——红移法

光谱研究发现,几乎所有星系发出的光都有红移现象,所谓红移现象就是观测到的某物质的谱线的频率比实验室测知的频率要低。根据多普勒效应,当光源离开观察者时,接收到的光的频率变低,星系的光谱红移证明,这些星系正在远离我们,这就是宇宙膨胀学说。1929年哈勃用2.5米大型望远镜观测到了更多星系,同时发现星系离我们越远,其退行速度(星系离开我们的速度)越大。退行速度 V 和距离 D 成正比,即

$$V = H \cdot D \quad (5)$$

这就是著名的哈勃定律, H 为哈勃常数,其数值约为50~80千米/(秒·兆秒差距)。将星系中特定原子的光谱同实验室中同原子的光谱进行比较,就可确定光源的退行速度并用哈勃定律算出星系的距离。

我们今天所用的天文仪器,已经能深入到退行速度为 $1/3$ 光速的距离,也就是30亿光年的距离。如果我们能够再深入宇宙3倍左右,就会看到人类一般理解的全部可见宇宙,这个距离约为100亿光年。

(青岛市山东科技大学 266510)

封面照片说明

国家“十五”科技攻关项目——三维颅面鉴定系统,由辽宁铁岭213所研制。该技术应用法医人类学、颜面解剖学与计算机三维数字图像处理技术,对无名颅骨进行面貌复原,获得失踪者照片,并进行颅骨重合核验鉴定,从而判定被验者身源。该系统主要用于杀人、碎尸、白骨案件侦察中的被害者身源查找与鉴别,火灾、空难、海难、爆炸事件中死者身源的辨别,可以为刑事侦察和司法审判提供线索和证据。

(李博文)