

河外星系距离的加倍問題

——近代天文学上一次大爭鳴

龔 树 模

天文学家寻求种种方法，以便測定遙远天体的距离。由于造父变星周光关系的发现，奠定了測量遙远天体距离的基础。因此二十年代初对于銀河系的大小以及河外星系的距离获得了可靠的数据。例如，当时知道离我們銀河系最近的南天两个星系，大、小麦哲伦星系的距离是7万多光年，同我們銀河系类似的仙女座大星系是70多万光年。那时天体的距离可以測量到几百万光年，而早先只能測到几百光年。

但是由于观测技术的进一步提高，精密数据的不断积累，漸漸发觉所測定的星系距离和观测結果有不符之处。1931年E. 赫勃耳研究仙女座星系里的球状星团，发现它們光度的上限比我們銀河系里的要暗4倍左右。因为发光体的亮度是和距离的平方成反比，所以这就意味着仙女座星系的距离可能比早年所定的要远一倍。E. 赫勃耳很謹慎，认为不應該太強調宇宙中天体的一致性，很可能仙女座星系里的球状星团和我們銀河系的是不同类型的。可是，以后观测数据不断发现矛盾，终于在1952年巴特首先发难，在国际天文协会大会上提出了大胆的創議，否定了早年測定的距离，认为星系的距离应为原来的两倍。这件事震动了整个天文学界；

巴特由怀疑而发难不仅依据好些观测資料，他以自己所創議的星族I和星族II两类型的恆星学說作为基础，并且是从世界最大的五米口径望远镜获得新的仙女座星系中星团型变星的观测資料后才肯定他的观点的。証据确实，事实胜于雄辯，不几年連反对最激烈的也不得不折服，且为巴特所提出的观点做細致的訂正工作。

現在辯論已經过去，但工作愈做愈細，由此而引起的周光关系零点的修正工作正方兴未艾。星系距离必須大大增加已无疑义。今后的問題是究竟增加多少，比一倍多一些呢？还是少一些呢？这又归結到精密測定周光关系的零点問題。

周光关系零点鑄成大錯的經過

与拉維脫在小麦哲伦星系中发现造父变星周光关系的同时，S. I. 培雷在銀河系里的球状星团中观测到大量光变周期短于1天的变星，即星团型变星；虽然它們的周期有从0.2天到1天的，但它們的絕對星等大致相同，弥散不超过0.1星等。S. I. 培雷还指出在球状星团里也偶然出現周期大于1天的造父变星；如半人馬座 ω 星团，其中除了一百多顆星团型变星外，还出現周期大于1天

的5顆造父變星。

拉維脫和 S. I. 培雷的結果表明，只要造父變星和星團型變星本身的絕對星等定得正確，它們都可以用來作為測定距離的利器。E. 赫勃耳最早測定造父變星的絕對星等，他從鮑斯星表中13個造父變星的自行數據，得到周期等於6.6天的造父變星的絕對仿視星等是-2.3星等，初步確定了周光關係的零点。

隨後沙泊萊應用大量造父變星的數據，把周光關係定得更加細緻；他並把小麥哲倫星系中得到的周光關係，通過半人馬座 ω 星團中的造父變星聯系到其中的星團型變星。由此得到星團型變星的絕對目視星等是-0.3星等。這樣，一個包括造父變星和星團型變星的周光關係得以確立，並沿用了三十年之久。

究竟這樣定出的星團型變星的絕對星等是否可靠呢？1933年P. F. 薄克等從58顆星團型變星的自行，測定了它們的平均絕對照相星等為+0.08星等，和沙泊萊的周光關係所得的頗為一致。於是沙泊萊就採用0星等作為星團型變星的絕對照相星等。威爾遜對周光關係的零点和星團型變星的絕對星等一再作了測定。1939年他根據鮑斯星表里157顆造父變星的自行以及55顆星團型變星的自行和視向速度數據，得到周光關係零點的修正是-0.14星等，而星團型變星絕對星等的改正是0。這樣微小的修正，更加增強對於接受周光關係的信心。因此沙泊萊也就採用威爾遜的修正值作為周光關係的零点。

看起來周光關係的真實性已經確立，似乎不會有什麼問題了。但在這些事實的背後，仍有上面提過E. 赫勃耳發現的仙女座星系里球狀星團光度的上限要比銀河系里的暗

1.5星等的矛盾未得解決。最初對周光關係發生真正懷疑的是巴特在四十年代發現恆星的兩種星族之後。由於多色光電測量恆星亮度的精密數據的積累，巴特指出在麥哲倫星系里拉維脫看到的造父變星和在銀河系里的造父變星明顯地是屬於星族I的成員，而星團型變星以及星團里的造父變星是星族II的成員。因為這兩族星的顏色和光度情況的差異無疑地說明它們是處在不同的物理狀態，所以同周期的造父變星屬於星族I的不會和屬於星族II的有一樣的光度。總起來說，沙泊萊不知不覺地把星團型變星通過球狀星團里星族II的造父變星和星族I的造父變星聯系起來。實際上，我們處理着兩個周光關係，一個是星族I的，另一個是星族II的；由此看來，E. 赫勃耳發現的仙女座星系里和我們銀河系里球狀星團光度的矛盾，就不難解釋。因為仙女座星系的距離和它的球狀星團的光度是從星族I的造父變星測定的，而我們銀河系里球狀星團的光度是根據星族II的星團型變星測定的。若是造父變星和星團型變星的絕對星等測得不正確，就會產生E. 赫勃耳所發現的矛盾。

與此同時，五米口徑的大望遠鏡剛好建成，巴特就用來解決這個問題。按照沙泊萊的周光關係，仙女座星系中的星團型變星就會在照片上剛剛顯露出來。結果卻不然，顯露出來的是比它們亮1.5星等的星族II中最亮的星。還有其它觀測現象亦說明同樣的情況。這說明沙泊萊的周光關係誤把星團型變星和星族II造父變星對於星族I的造父變星來說，相對地算亮了1.5星等；也可以說，誤把星族I的造父變星相對地算暗了1.5星等。

巴特根據他兩種星族的學說，提出有兩

个周光关系，并认为原来的周光关系零点大有问题。这看法当时不为他人所接受，因而展开了热烈的争论，历时多年，直到举出五米口径望远镜观测到的事实以后，才使这一争论宣告结束。

根据其它因素的考虑，象造父变星的自行非常小，使测值不能正确；它们集中在银河面附近，受星际吸光的影响大，使所测得的星等值误差大，巴特以为星族 I 造父变星的绝对星等是错了，而星团型变星的绝对星等没有什么错误。是否这样，值得细致地研究。这问题的彻底解决须同时独立测定造父变星和星团型变星的绝对星等，然后周光关系的零点才能正确改正，河外星系的距离才能正确测定。

综上所述，不难看出为什么周光关系的零点铸成大错而又历久未能为人发现，它是由于错误因素的偶合造成的。后来虽一再对造父变星的绝对星等作了多次的测定和零点校验，但因资料少，误差大，或虽有较丰富的资料，只因方法上有问题，都未能发现这项错误。

周光关系的零点和星团型变星的绝对星等

自 1952 年巴特提出周光关系的零点问题以后，各方都热心从事重订零点的工作。到目前为止，除了巴特本人的工作以外，已有十多件工作。值得提到的有沙泊莱测定大、小麦哲伦星系中球状星团总星等以及其中第 6 和第 30 亮星的两项工作，韦弗尔应用银河系自转所产生 21 颗造父变星视向速度效应的两项结果，勃劳和摩根从 18 颗有自行精确值的造父变星所进行的视差工作。他们的工作指出周光关系的零点约有 -1.3 到

-1.6 星等的改正，和巴特指出的 -1.5 星等甚为符合。不过他们的结果大多是在假定星团型变星的绝对星等是 0 的条件下得到的，所以仍包含着星团型变星的绝对星等误差。

新测定星团型变星绝对星等的工作有七、八件。巴甫洛夫斯卡娅从 69 颗星团型变星的自行得到它们的平均绝对照相星等是 $+0.5$ 星等。艾根和桑德基从运动星群视差法测得 7 颗星团型变星的平均绝对目视星等为 $+0.6$ 星等。一些细致的光电测光工作指出星团型变星并不象早年 S. I. 培雷所想象的那样是同一类型的，而可分作几次型，各次型的平均绝对星等并不相同，可从 -0.3 到 $+1.0$ 星等。总起来看，星团型变星的平均绝对星等要比 0 星等为暗。

现在周光关系的零点还不能最后确定，不过，从总的趋势看，零点应有一星等多的修正为大家所接受的，一般暂以 -1.5 星等为零点的改正值，也就是说，把星系的距离增加一倍。因此大、小麦哲伦星系的距离增为 15 万光年左右，仙女座星系的距离增为 150 万光年左右。

现在我们来回顾巴特发难以前有关测定周光关系零点的工作。远的不谈。沙泊莱 1940 年发表修正的周光关系，绝对照相等， $M = -0.28 - 1.74 \log P$ ，是根据 1939 年威尔逊二次测定零点的结果。自 1939 起到提出更改零点的十多年中，重要的工作，除了威尔逊的以外，还有閔纳尔的工作；其它的工作，有的对威尔逊的工作做了些修正，有的是閔纳尔工作的补充，但都没有发现原来工作的症结所在。现就威尔逊和閔纳尔的工作简述于下。

在谈他们工作之前，必须略说测定造父变星和星团型变星绝对星等的方法。测定它

們的絕對星等也就是等于測定它們的距离。如上所述应用造父变星周光关系測定距离的方法，對它們本身不适用，須另找其它的方法。一般所用的方法是从它們的运动、自行或視向速度的数据來確定它們的絕對星等。它們都是統計方法，采用星数愈多愈可靠，有現成的公式可以計算。但应用这两个方法，一般必須對星的視星等和絕對星等的弥散作改正，这样才可以把它們当作在同一距离來处理。視星等是觀測到的；絕對星等事前并不知道，可以假設某种分布函数來处理，對造父变星說，有特別便利之处，因弥散值只要計算相差值，通过未确定零点的周光关系也可以算出。

威尔逊应用 157 顆造父变星的自行和視向速度的数据以及 55 顆星团型变星的自行数据來測定它們的絕對星等，是采用星数最多的一項工作。他在处理星团型变星过程中，對它們的視星等和絕對星等的弥散都作了改正，所得的絕對照相星等值是 $+0.15$ 星等，和一般通用的很相近。但他在处理造父变星的过程中，並沒有對它們的視星等的弥散作改正，由此而得的零点改正值是 -0.14 照相星等。我們經過一番計算，把視星等弥散的改正考慮在內，零点的改正将是 -0.96 星等。这数值和目前一般得到的还差 -0.5 星等左右，这是由于当年星际吸光的資料貧乏，所取值过小所致。

1944 年閔納尔发表他采用 85 顆造父变星和 60 顆星团型变星的自行数据以及 142 顆造父变星視向速度的数据來求它們的絕對星等的結果。他采取展开距离的方法。这方法的优点在于可以不必考慮視星等和絕對星等弥散的改正。他在計算过程中，把造父变星和星团型变星分开处理，但在最后求零点

改正和星际吸光值时，又把它們混在一起。这两者應該分开处理。我們把两者分开处理，并按他的方法求結果，由此出現了一个反常現象：對造父变星的星际吸光是平均每千光年 0.19 星等而對星团型变星是平均每千光年 0.35 星等。造父变星靠近銀河面，星团型变星处在高銀緯，因为星际物質在銀河面多得多，星际吸光的情况應該和上面的現象相反。

檢驗他的工作，我們認為在理論上他的方法是正确的，然而在計算过程中，由于計算繁复，他作了一些不恰当的近似，并在展开式中取的項数太少，因而导致不能容忍的錯誤。

作者曾經对本問題做了一次系統的調查研究，* 把 1939 年以來有关周光关系零点的 28 項結果进行了檢驗，逐一評論，剔除了方法上有問題的 11 項結果，訂正了威尔逊等 3 項結果；就各項結果的可靠性和誤差大小，給以恰当的权重，統一考慮周光关系的零点和星团型变星的絕對星等。最后得到的結果是零点应改正 -1.34 星等，即星系的距离应加大 80% 左右，而星团型变星的平均絕對照相星等是 $+0.34$ 星等。這項結果的正确程度有待于今后的繼續檢驗。因为这問題牵涉到个别星的星际吸光数据，虽然近年来对于恆星多色光电測光的結果，数据的可靠性比过去有了很大的改进，但仍嫌不足；而各星視向速度，尤其自行的数据也包含着相当大的誤差，这些只有在觀測技术的不断改进中逐步提高，才能得到更好的解决。

* 請參閱“造父变星周光关系的零点和天琴座 RR 型星的絕對星等”，1960 年 6 月“天文学报”；該文有些印刷錯誤，請參看天文学第 9 卷 1-2 期 31 頁上的勘誤表。