

地心说 VS 日心说

卢昌海

我们已经知道，天上的日月星辰并不是静止不动的，从它们的东升西落中所能得到的最直接、最直观的结论，就是所有天体都在一个以地球为中心的天球上，围绕地球转动。这种几乎出现在所有早期文明中的猜测是地心说的雏形。

但世界的有趣之处就在于，它常常给你一点希望，似乎一个简单图像就能让你抓住点什么，但稍稍细究一下却会发现事情并不那么妥帖。拿日月星辰的运动来说，星星的运动倒是的确能用一个天球的转动来描述——因为它们只有周日运动，但太阳、月亮及五大行星却除了周日运动外还各有各的“私活”：太阳有周年运动，月亮有月相变化，五大行星更不像话，不仅各有各的周期，甚至还每隔一段时间就“倒行逆施”（逆行）一番。区区一个天球是无论如何摆不平那么多运动的。怎么办呢？古人们想到了一招，那就是把天球当成礼物派发，让太阳、月亮及五大行星各占一个，乖乖听话的其他星星们则共享一个。

但这还不够，因为行星的逆行还无法解释。有人也许会说，那有什么难的？让天球一会儿正转，一会儿逆转不就行了？万万不行！要知道，从古希腊开始直到 17 世纪之前，在差不多两千年的时间里，人们对天体运动的描述一直遵守着两个要素：一是天球必须为球形，二是它的运动必须有某种类型的均匀性。让天球像眼珠子那样乱转是万万不行的——文雅点说是不完美的。

天球必须完美，行星却要倒行逆施，这就让人伤脑筋了。在被伤了脑筋的人当中就有古希腊先贤柏拉图，他给后人留了一道思考题：如何用均匀有序的运动来描述看起来不规则的行星运动？

要说历史上的聪明人还真不少，柏拉图的思考题一出，很快就有人按下了抢答键。抢答者不是外人，而是柏拉图的学生欧多克斯。他的答案很豪爽，那就是派发更多的天球，让每个行星都被几个同心天球共同带动，直到满意为止。这个答案的妙处在于可以让那些同心天球的转轴及快慢彼此不同，但

却各自保持均匀（从而仍然是完美的）。在欧多克斯的模型中一共用到了 27 个天球，用这种方法，他对包括行星逆行在内的很多天体运动现象给予了粗略描述。为了表彰他的贡献，我们授予他一个荣誉称号：第一位试图对行星运动做出数学描述的先贤。

但欧多克斯的模型无法经受住哪怕只是稍微细致一点的观测考验，而且人们早就发现行星的亮度并不是恒定的，在当时这意味着它们与地球的距离不是恒定的，这显然不是欧多克斯的同心天球模型所能解释的。怎么办呢？另一位古希腊先贤，以研究圆锥曲线著称的阿波罗尼斯支了一个妙招。阿波罗尼斯提出太阳、月亮及五大行星各自绕一个所谓的本轮作匀速圆周运动，而本轮的中心则绕一个以地球为中心的所谓均轮作匀速圆周运动。用这种方式，他不仅可以使行星与地球的距离发生变化，而且同样可以——并且能更好地——解释行星的逆行。不过在他的模型中出现了不以地球为中心的东西——本轮，这对最刻板的地心说模型是一种偏离。这种偏离是在纯粹观念与观测现实之间小心翼翼的妥协，它看似细微，却是一种实证精神的萌芽。

阿波罗尼斯的这种均轮加本轮的构想成为了地心说模型的新框架。为了拟合越来越精密的观测，地心说模型变得越来越“轮丁兴旺”。但不幸的是，人们很快就发现，轮多不



图 1 古希腊天文学家托勒密(90~168)

一定力量大，有一些细微现象，比如行星的逆行幅度时大时小，似乎无法靠简单的增添轮子来解释。怎么办呢？地心说模型的集大成者，古希腊天文学家托勒密决定下猛药，让纯粹观念再次向观测现实作出妥协——而

且是重大妥协。托勒密一举放弃了均轮的中心为地球，以及均轮的转动为匀速这两大几乎被视为底线的观念，引进了所谓偏心等距点的概念，对诸如行星逆行幅度时大时小之类的现象作出了一定程度的解释。

除上述现象外，行星运动还有一个引人注目之处，那就是水星和金星的运动总是局限在太阳左右的一个小范围之内，而不像其他行星那样满世界乱跑。为了解释这一现象，这两颗行星的本轮中心被假定为永远处在地球与太阳的联线上。把这些修正汇集到一起，地心说模型就基本完成了，剩下的只是微调。

后人对托勒密这个与地心说联系在一起的名字往往有一种模糊的错觉，以为那是某种保守理论的代言人。事实上，托勒密是一位真正伟大的天文学家，他的伟大不仅体现在他自己的时代，甚至还向后延伸了一千多年。在那个重理念轻实践的时代里，他明确提出理论必须拟合观测。他的地心说模型就是这种努力的典范，其精度之高，甚至连一千四百年后的日心说模型也无法轻易超越。当代科学史学家霍尔顿曾有过这样一句感慨：“没有什么事情比低估古希腊人的观点更容易和更错误”。我有同感。当我们挟两千年的历史优势来回顾某些古希腊先贤的思想时，理所当然地会看到大量的错误，甚至可以毫不夸张地说，他们写得越多，就错得越多。但那些错误就像孩子学步时的摔跤，没有它们，人类恐怕直到今天还在爬。

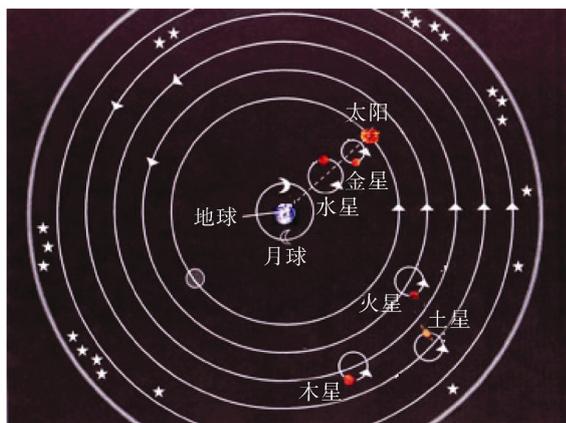


图2 简化版的地心说模型

在接下来一千多年的时间里，地心说模型作为主流模型，成为了导航、测绘及星图计算的基础。不过，在这一模型的发展过程中，如上所述，实证

精神已开始萌发。随着偏心等距点等概念的提出，诸如以地球为中心以及均匀圆周运动这样的古老信念已被显著削弱。而且地心说虽然解释了不少现象，带来的问题却也不少。对那些问题的探究使一些人进行了不同的尝试，其中最早的努力甚至在托勒密之前就出现了。

事实上，古希腊先贤阿里斯塔克斯曾用我们在上一篇中介绍过的方法估计过太阳的直径，结果约为地球直径的7倍。虽然与现代值相差很远，但太阳比地球更大这一定性结果还是给了阿里斯塔克斯很大的启示。要知道，地心说的产生在很大程度上乃是出自直觉，而这直觉有两个来源，一个是天体的周日运动，另一个则是天体看上去很小——小东西围绕大东西转似乎是天经地义的。但如果太阳比地球更大，这直觉就成问题了。一个庞大的太阳有什么理由要绕一个体积不到自己1/300的小点儿转呢？一般认为，正是这个怀疑使阿里斯塔克斯提出了太阳才是宇宙中心的观点，这是最早的日心说。

但阿里斯塔克斯的日心说并未引起什么反响，因为它面临很多棘手的问题，比方说如果地球在运动，那天上的云彩为什么不会被运动的地球所抛离？这个问题别说阿里斯塔克斯，就连一千八百年后哥白尼也难以回答。另一个问题比较有意思，那就是如果地球在运动，那么星星的位置应该会有视差，但实际上我们却从未发现过那样的视差，这是为什么？对于这个问题，阿里斯塔克斯作出了很正确的回答（可惜没人相信），那就是星星离我们实在太远，以至于视差小到了无法被察觉的程度。他的这个回答本身就是一个了不起的天文发现，因为它给当时无人知晓的宇宙大小设置了下限，即宇宙起码要大到能让星星的视差不被肉眼所察觉。第三个问题来自所谓“天贵地贱”的观念，当时的很多人相信天上的星星是永恒而完美的，地上的一切则是腐朽而卑微的，两者无论在外观还是质料上都截然不同。而日心说却要让腐朽卑微的地球混迹于永恒完美的行星行列，这怎么可以呢？这个问题在今天看来很无厘头，但在当时却是难以抗拒的“主流民意”。

虽然阿里斯塔克斯的日心说未能掀起波澜，但地心说的麻烦却并未结束。除了太阳比地球大所导致的困扰外，地心说还有其他一些不如人意之处。

比方说行星和太阳在地心说中是有相同地位的，但行星的本轮周期却全都是一年，即恰好等于太阳绕地球运动的周期，这种巧合在地心说中是很难解释的。此外，随着航海业的兴起及对日历与定位的精度要求的提高，地心说的精度也越来越成问题了。正是在这种背景下，1543年，一本全面阐述日心说的著作——《天体运行论》问世了。这是一部“难产”的著作，它的作者——波兰天文学家哥白尼——用了长达23年的时间来撰写它，完成之后又因担心触怒教会（同时也为了进行细节完善）而延迟了13年，直到去世前不久才发表。

哥白尼的这部著作是托勒密以来最杰出的天文学著作，哥白尼虽然不是最早提出日心说的人，却是最早将日心说由一个观念性学说转变为具有预言能力的定量模型的人。在哥白尼的日心说模型中，我们

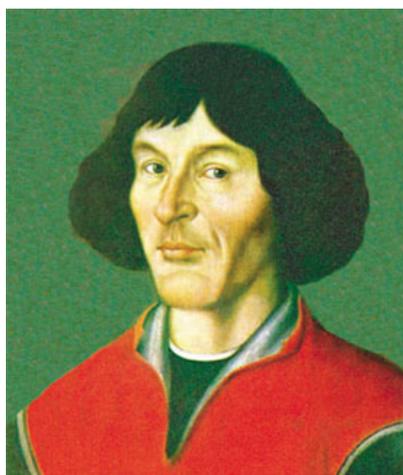


图3 波兰天文学家哥白尼 (1473~1543)

这个系列的主角——太阳——荣升为了宇宙的中心，我们脚下的地球则变成了行星，一边自转，一边和其他行星一样围绕太阳公转。地心说无法解释的行星本轮周期全都是一年的巧合在日心说中变得显而易见，因为那不过是地球公转产生的表观现象。天体的周日运动也有了很简单的解释，即地球自转产生的表观现象。不过哥白尼的日心说模型在最低阶近似上虽比同等近似的地心说模型高明得多（因为无需引进本轮），但由于和地心说一样未能摆脱圆周运动这一束缚（在这方面哥白尼甚至比托勒密更保守，连偏心等距点这样的概念都不曾引进），从而一涉及细微之处，就无论在复杂程度还是精度上，都无法真正超越托勒密的地心说模型，这一点直到17世纪初德国天文学家开普勒发现椭圆轨道后才得以改变。

我们刚才提到，哥白尼曾经担心自己的日心说模型会触怒教会。这种担心并非杞人忧天，因为《圣经》中有不止一处提到太阳运动而地球静止，日心

说与那些文字是有冲突的。不过具有讽刺意味的是，哥白尼时代的教会虽然竭力维护托勒密的地心说，仿佛后者是天经地义的真理，但实际上，无论托勒密的地心说，还是老资格的亚里斯多德的著作，都并非一直就是教会的宠儿。相反，它们都曾经上过黑名单——一度被教会所禁止。因为那些著作的逻辑与实证色彩和教会所希望的盲从与盲信背道而驰，而且它们在文字上虽对上帝充满了虔敬，其所宣扬的世界体系却基本无需上帝的帮助，把上帝这个“活雷锋”架空了。不过在13世纪中期，教会采取了新的策略，对一些有影响力的自然哲学著作进行“无菌处理”，使之与圣经接轨。这样做既减少了对手，又充实了自己的理论阵地，可谓一举两得。在哥白尼时代受教会维护的托勒密地心说就是这种经过“无菌处理”后具有教会特色的自然哲学。而哥白尼要推出一种“带菌”的学说，心中自然不无忐忑。



图4 简化版的日心说模型

不过忐忑归忐忑，哥白尼与教会的关系其实还是蛮“和谐”的，他的正业其实是神职人员（因此有人戏称哥白尼白天是神父，晚上才是天文学家），他甚至把自己的《天体运行论》献给当时的教宗保罗三世。而《天体运行论》的出版者奥希亚德更是为该书包上了一层精心制备的“糖衣”——序言，谦虚地宣称日心说仅仅是一个便于计算的假设，不一定是真实的。经过这样的包装，《天体运行论》这一“糖衣炮弹”的发表并未受到教会的干预。直到

几十年后意大利科学巨匠伽利略支持日心说的著作引起强烈反响后，教会才意识到自己被忽悠了。

伽利略的工作为日心说的胜出提供了强有力的支持。我们在前面提到过，在地心说模型中水星和金星的本轮中心被固定在地球与太阳的联线上（参阅图4），按照那种模型，相对于地球来说，太阳永远只能从后方或侧后方照射水星和金星，由此导致的结果是这两者永远只能有弯钩状的相。但伽利略却通过望远镜发现金星具有类似“满月”那样的相，从而对地心说构成了判决性的打击。另一方面，在所有针对日心说的反对意见中，除宗教因素外，最棘手的问题是运动地球上的东西为什么不会被地球所抛离？这个问题难倒了从阿里斯塔克斯到哥白尼的所有人，却被伽利略提出的相对性原理所回答。甚至连“天贵地贱”这样的“主流民意”，也因伽利略发现太阳黑子而遭到了驳斥。

1632年，伽利略发表了名著《关于两大世界体系的对话》（简称《对话》），对地心说和日心说这两大世界体系进行了看似不偏不倚，实则显著青睐后者的阐述，而且在阐述中

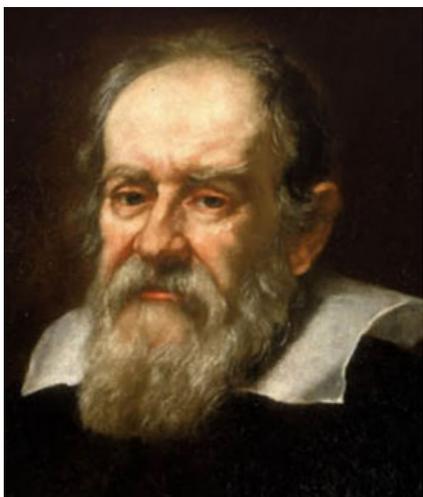


图5 意大利科学巨匠伽利略(1564~1642)

还对已被教会认可的亚里斯多德的很多观点提出了异议。这一切令教会很生气，后果很严重。其实，伽利略倒也并非吃了熊心豹子胆，他在1616年曾受到过教会的“警告处分”，在那之后安静过几年。这回之所以敢“顶风作案”，是因为他的一位大主教朋友于1623年成为了教宗厄本八世。这么硬的上层关系给了伽利略一种安全感，使他以为“科学的春天”到来了。

他完全错判了形势。

实际情况是：《对话》发表后才不过一年，1633年，罗马宗教裁判所就对伽利略进行了审判，并裁定他有罪。低头认罪还是顽抗到底？这是一个问题。年近古稀的伽利略选择了前者，他在认罪书中表示：

“我，伽利略，……手按圣经起誓，我过去和现在一直相信，在主的帮助下今后也将相信圣天主教和使徒教会所持有、传授及教导的一切”。对于日心说，他表示：“我发誓今后绝不以口头或书面形式发表任何类似的东西”。

但教会的干预最终未能阻止科学在经历了中世纪黑暗后的快速复兴。日心说先是作为一种纯粹的计算工具（如《天体运行论》的序言所谦称的那样），而后作为一种具有真理性的理论还是逐渐流行了起来。1832年，苏格兰天文学家亨德森发现了半人马座 α 星的视差，从而直接证实了阿里斯塔克斯的先见之明，同时也扫清了日心说的最后一个技术障碍。

在无可逆转的局势面前，教会的态度也终于有了变化。1992年10月，教宗保罗二世向伽利略在引进实验方法及理解日心说方面所做的巨大贡献表示了敬意和感谢，并承认教会对地心说的维护乃是对《圣经》作字面解读导致的错误。2000年3月，保罗二世签署正式声明，承认当年对伽利略的审判是错误的，并为教会两千年来所犯的暴力、迫害及错误道歉。2008年3月，梵蒂冈教廷为伽利略建造了雕像——离那雕像的矗立之处不远，便是375年前伽利略等待审判的地方。

无可奈何花落去，似曾相识燕归来，历史走过了一个漫长而沉重的轮回。

日心说与地心说的争论虽然以日心说的胜出而落幕，但日心说将太阳视为宇宙中心的做法却很快受到了质疑。事实上，太阳与星星的差别不就是前者看上去像一个圆盘而后者像一群小点吗？既然日心说已经把我们脚下这看起来比太阳还大的地球与那五个看上去像小点的行星归入了同一类别，太阳为什么就不能和星星一样呢？

思想的禁忌一旦被打破，新的想法就会源源而生。1584年，意大利哲学家布鲁诺提出太阳只是无限宇宙里无数颗星星中的一员。1644年，法国数学家笛卡尔也提出了太阳和其他星星一样的观点（虽然他有关太阳和星星的具体模型——漩涡模型——是完全错误的）。今天我们知道，太阳只是太阳系的中心，而不是宇宙的中心。太阳是银河系上千亿颗恒星中很普通的一员，而银河系又只是可观测宇宙上千亿个星系中很普通的一员。

这就是太阳的真正身份——一颗非常普通的恒星，可观测宇宙中发光星体的一百万亿亿分之一。