

第 1 章

与天对话是人类永恒的主题

说到天与人之间的关系脑海中突然冒出了一个与天文学无关，而且还有点荒唐的事情。前几年有一个新闻热点，北京的“天上人间”是一个被某些人寓意为享乐的地方，那里的经营者在科学知识上完全可以称之为“科盲”，但当他们给自己的娱乐场所起名字时第一个想到的就是“天上（人间）”、就是“天人合一”想借老天爷的“光”。可见“上天”“老天爷”“以天为鉴”一直是人类发展和存在的主题。

称之为“天上”“上天”，这是一种多么纯真、向往的崇拜呀；“老天爷”，尊敬、依赖、多么朴素而又万能的身份体现；“以天为鉴”说明人类的生存、进化一直是在仰头看天，以期待上苍的指引的。尤其是文明并不发达的年代。

1.1 远古人类以天为鉴

1.1.1 埃及大金字塔有一条法老的通天之路

世界上很多著名的建筑物都是“天象的倒映”。

人类历史上最宏伟、最壮观的建筑物（群）应该首推埃及的大金字塔（图 1.1）！一般人看到它们可能想到的是劳工劳作的辛苦，进一步又奇怪那些巨石是怎样被运输和堆砌起来的？而历史学家想到



图 1.1 埃及大金字塔

的是金字塔为什么是这样的造型和结构，建造它们的价值和意义何在？我们要说的是，金字塔的建造和存在所体现出来的是埃及文明、它的天文学意义以及古埃及人“天人合一”的思想。

1. 古埃及人的死亡观

《金字塔铭文》（*Pyramid Text*）中有这样的话：“天空把自己的光芒伸向你，以便你可以去到天上，犹如‘拉’的眼睛一样。”

古埃及文明的开始有这么一个与我国盘古开天辟地的神话相似的传说：在遥远的史前文明时期，天地一片混沌。创世之神“拉”（Rah）——古埃及的太阳神，他决定开辟一个世界。“拉”创造了“休”（Shu），一个空间之神，然后让“休”去开天辟地，并把“休”新开辟的世界命名为（mood）。“拉”将一片干涸大地改造为适合人类生存的土壤。从

此，埃及文明拉开了序幕。

英国博物馆埃及部前任负责人爱德华博士仔细研究了埃及文中“pyramid”（金字塔）一词，认为其中字母“m”代表的意思是“地方”或“工具”，而字母“r”的意思是“升天”。也就是说金字塔内在的、更隐秘的、更深层的含义就是“登天之所”。此外，古埃及神话中将通往天堂的尘界之门称作“罗塞托”，而这一地点已被证实就是吉萨。

“升天”“登天之所”这些和法老们建造金字塔有关吗？

这是古代埃及人的“死亡观”所决定的，他们十分注重对死亡的认识，有一本历史文献就叫《亡灵书》。《亡灵书》的基本思想是灵魂并不随同肉体一起死亡。按古埃及人的观念，人生在世死后升天，主要依靠两大要素：一是看得见的人体“木乃伊”；二是看不见的灵魂“巴”。灵魂的形状是长着人头、人手的鸟。人死后，“巴”可以自由飞离尸体。但尸体仍是“巴”依存的基础。为此，要为亡者举行一系列名目繁多的复杂仪式，使他的各个器官重新发挥作用，使木乃伊能够复活，继续在来世生活。而亡者在来世生活，需要有坚固的居住地。古王国时的金字塔和中王国、新王国时期在山坡挖掘的墓室，都是亡灵永久生活的住地。

古埃及人认为，现世是短暂的，来世才是永恒的。这就是在埃及我们所看到的，到处都是陵墓和庙堂，而找不到古代村落遗址的缘故。同时古埃及人认为今世的欢乐是极为短暂的，死后的极乐世界才是他们的终极追求，那么如何才能顺利到达来世的幸福王国呢？首要的就是妥善地保存尸体，即将尸体制成木乃伊，然后再正确指引他们升入天堂。这种死亡观无疑很好地解释了埃及金字塔和木乃伊存在的原因。此外，法老将坟墓建成角锥体的形式（即如今金字塔的形式）又是因为古埃及人的一种观念：国王死后要成为神，他的灵魂要升天，而金字塔就是他们通往天堂的天梯。《金字塔铭文》中也这样记述道：“为他（法



老) 建造起上天的天梯, 以便他可由此上到天上。”这很好地证明了这观点。同时, 角锥体金字塔形式又表示对太阳神的崇拜, 因为古代埃及太阳神“拉”的标志是太阳光芒。金字塔象征的就是刺向青天的太阳光芒。就像《金字塔铭文》中的这段话: “天空把自己的光芒伸向你, 以便你可以去到天上, 犹如拉的眼睛一样。”后来古代埃及对方尖碑的崇拜也存有这个含义, 因为方尖碑也表示太阳的光芒。

“外星派”也对“登天之所”或“升天之地”做出了他们的解释, 认为金字塔是宇宙飞船的发射塔, “天上”即意味着外星球。但这种解释缺乏科学的严谨性。如果我们将“未来说(类似佛教中的轮回)”引用于此, 那么据此所得出的结论就显得合理得多: 我们完全可以将“升入”理解为“转世复活”; 把“天上”解释为未来世界。而“拉”又是古埃及神话中的太阳神。据考证, 他的儿子捷德夫拉和哈夫拉是拥有“太阳神拉之子”这一称号的最早的国王, 这暗示着胡夫已成为拉。古埃及人相信, 法老通过金字塔, 死而复生就能进入另外一个世界。金字塔又被称作“巨大的眼睛”, 因此“犹如拉的眼睛一样”即暗示了胡夫在复活之后将能够目睹未来世界。那么金字塔也就是帮助尚处于远古的人(特指胡夫)在遥远的未来世界中复活的“让人休眠千万年的场所”。此外, 在晚于吉萨古建筑群的很多金字塔的内墙上都雕刻着有关死亡和来世的古埃及神话和宗教礼仪的经文, 也很好地说明了这点。

2. 如何找到“通天之路”

我们不关心古埃及人如何保存尸体制作木乃伊, 我们关心的是他们是怎样找到法老的登天之路的。

在埃及, 死神俄赛里斯掌管着出生、在世、死亡、复活这一伟大的轮回, 而天上的猎户座就是他居住的地方, 把法老(国王)送到那里, 就能让俄赛里斯神陪他完成这一轮回。俄赛里斯神最小的妹妹同时也是他妻子的性爱女神伊希斯死后化为了天狼星, 而大金字塔中王后墓

室引出的一条通道就是指向天狼星的。

1993年，一个叫作罗伯特·波法尔的比利时土木工程师发现了天空和吉萨金字塔之间引人注目的神秘联系：吉萨三大金字塔相对位置与猎户座的三颗腰带星精确对应（图1.2），甚至三星的亮度对应于三座金字塔的高度。胡夫大金字塔恰好对应着参宿一，哈夫拉第二金字塔则与参宿二相对应，而门卡乌拉第三金字塔对应的是参宿三。它们的位置，相对于另外两个金字塔（构成猎户的两个肩膀）来说，要偏东一点。这正好构成了一幅极其完整的猎户星座构图。同时，沿着它们排列的方向，还能很容易地找到天狼星。



图 1.2 吉萨三大金字塔对应猎户座三颗腰带星

图 1.2 由北向南视角：吉萨三大金字塔对应猎户座三颗腰带星，图中左上方为参宿四，左下方为天狼星。寻找天狼星最简易和常用的方法是通过猎户座的三颗腰带星。

大金字塔内部通道表达了这样的天文学含义：金字塔内四条主要通道分别正对天狼星、猎户座、天龙座 α 和小熊座 β （图 1.3）。消除了岁差的影响，指向天狼星和猎户座的通道在金字塔建造的年代是精确定位天狼星和猎户座的。另外两个通道指向了当时年代的北极星——

天龙座 α 和与岁差修正相关的小熊座 β 。也就是天龙座 α 是古埃及人当时认定的北极星，而小熊座 β 在所有亮星中最靠近地轴岁差运动的轴心所指向的北天极。寻找天狼星的最简易的方法就是通过猎户座的三颗腰带星，把它们的连线指向左下，看到的最亮的星就是天狼星。指向天狼星和猎户座的通道在整个路径上是笔直的（图 1.4），而指向天龙座 α 和小熊座 β 的通道在整个路径上存在弯曲，弯曲意味着两颗星的位置需要经过计算（以后观测的人们需要扣除岁差的影响）。

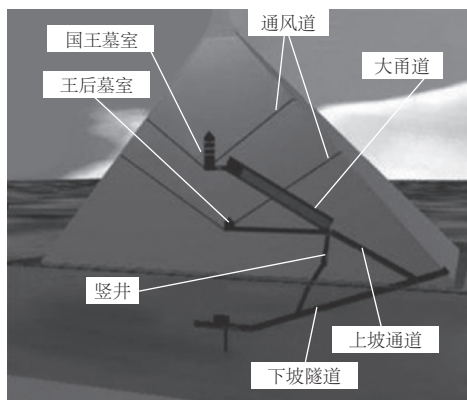


图 1.3 吉萨大金字塔内部结构图

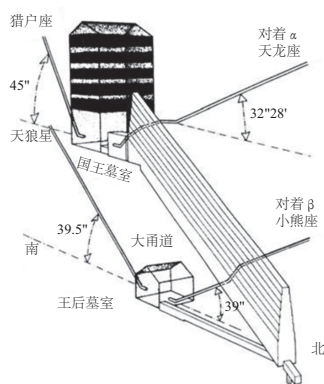


图 1.4 吉萨大金字塔内部通道指向图

古埃及未形成现今星座的概念。现代星座是由古巴比伦人提出的，大多由古希腊传统星座演化而来，并且由当今国际天文学联合会（IAU）正式定名为 88 星座。天狼星是大犬座第一亮星。一般认为大金字塔落成于距今四千多年前。但是在数千年的历史长河中，猎户座三颗腰带星的相对位置几乎没有改变，参宿一、参宿二和参宿三完全可以作为寻找天狼星的标志。

天狼星是与胡夫大金字塔相关的少数几颗恒星之一。埃及人有独立的天狼星历，并将天狼星记入历书。天狼星历和历书对指示尼罗河泛滥和指导农业运作起到了必要的作用。

在埃及有一本公元前 421 年的、内容详细的历书。这本历书以天狼星升起（初显为 7 月 19 日）为准，它采用了一种称为天狼星周期的历法概念。所谓天狼星周期，亦即天狼星再次和太阳在同样的地方升起的周期；在固定的季节中，天狼星自天空中消失，然后在太阳升空天亮以前，再次从东方的天空中升起。从时间上计算，若将小数点的尾数除去，这个周期则为 365.25 日。

同时，在古埃及的历法中，特地将天狼星比太阳早升空的那天，定为元旦日。而此前，在海里欧波里斯，这个金字塔经文的撰写地，古埃及人早已计算出元旦日的来临。在金字塔经文中，天狼星被命名为：新年之名（Her name of the new year）。

在金字塔铭文中曾经反复提到“永远的生命”，法老王如果经过再生，从而成为猎户星座的一颗明星后，便获得永生，鲜明地表达了再生的意愿：“噢，王哟。你是伟大的明星，猎户星座中的伙伴……从东方的天空中，你升了起来，在恰当的季节获得新生，在恰当的时机获得重生……”这样看来，猎户星座代表了法老重生的正确地点；而天狼星（偕日升）代表了法老重生的正确时间。

大金字塔存在着许多和太阳、地球有关的“天文学神秘数字”：

（1）大金字塔的高度（现代测量值为 146.6 米）乘以 10 亿，其乘积近似于地球到太阳之间的距离，即 1.495 亿千米；

（2）大金字塔塔基（正方形）的边长，如用古埃及的丈量单位埃耳计为 365342 埃耳，其值和公历年一年的天数刚好一致；

（3）大金字塔的塔基周长除以 2 倍的塔高，其值近似于著名的圆周率；

（4）穿过大金字塔的一条子午线将地球上的海洋和陆地分为对等的两半。

此外，大金字塔内部的直角三角形厅室，各边之比为 3 : 4 : 5，体



现了勾股定理的数值。而其总重量约为 6000 万吨，如果乘以 10 的 15 次方，正好是地球的重量。

这些都是为了“烘托”大金字塔的天文学价值吗？

3. 金字塔的真正价值

金字塔的附近建有一个雕着哈夫拉的头部而配着狮子身体的大雕像，即狮身人面像（图 1.5）。除狮身是用石块砌成之外，整个狮身人面像是在一块巨大的天然岩石上凿成的。它至今已有 4500 多年的历史。狮身人面像总是面朝正东方，即日月星辰升起的地方。在古埃及语中“金字塔”和“地平线”使用的是同一个词。



图 1.5 狮身人面像

为什么刻成狮身呢？在古埃及神话里，狮子乃是各种神秘地方的守护者，也是地下世界大门的守护者。因为法老死后要成为太阳神，所以就造了这样一个狮身人面像为法老守护门户。第四王朝以后，其他法老虽然建造了许多金字塔，但规模和质量都不能和上述金字塔相比。第六王朝以后，随着古王国的分裂和法老权力下降以及埃及人民的反抗和有些人的盗墓，常把法老的“木乃伊”从金字塔里拖出来，所以埃及的法老们也就不再建造金字塔，而是在深山里开凿秘密陵墓了（帝王谷）。

另一方面，研究人员发现狮身人面像的目光总是汇集于一点，永远注视着东边的海平面，这一点正是当时年代的太阳在春分这天从海平面升起的地方。通过计算机模拟天象发现在大约公元前一万年前，太阳与狮子座升上天空，而狮身人面像正好处于其旋转周期中距离地

球最近的一点上（春分点），春分的星座改作狮子座的那一段时间，当太阳造访吉萨高地的狮身人面像时，也是狮身人面像能够面对自己的星座的唯一时间。

在世界各地古人们建造了许多具有天文学象征意义的金字塔。比如墨西哥的“日月金字塔”可以指示春分点的方向。埃尔塔欣（El Tajin）金字塔又叫神龛金字塔（图 1.6）。塔基呈方形，每边长约 27 米，高约 18 米，共



图 1.6 神龛金字塔

为 6 层，最上层已经毁损。金字塔正面有一条宽大的阶梯通至塔顶。金字塔各层被布置得像楼房的走廊，上边是宽厚的飞檐，下边是凹进去的神龛，飞檐突出在凹进去的神龛上，产生出不可思议的明暗对比效果。各层神龛的总数是 365 个。365 这个数字是太阳历中一年的天数，据推断，神龛金字塔具有祭祀和历法意义。

1.1.2 天之影像四方五行合一的紫禁城

古语曰：“方位自天，礼序从人。”

《左传·昭公二十五年》里这样写道：“礼，上下之纪，天地之经纬也，民之所以生也……”

礼，在汉文化中凝聚了传统和现实；礼，深含着人们对宇宙天地的敬畏。礼，是对德性的追寻，对和谐的追求，对人本身的期望和宽容，以及对美好生活的期待，对审美情趣的重视和培养，以及对社会秩序的协调，礼包含了人生能够遇到的一切问题的制度化或习俗化准则，即《左传·隐公十一年》所谓：“礼，经国家，定社稷，序民人，利后嗣者也。”



而最初的“礼”何来？我们的祖先告诉我们：从上天得来。

《易经》里有这样一句话：“观乎天文，以察时变。”《易·系辞传》里写道：“仰以观于天文，俯以察于地理，是故知幽明之故。”天文一词最早就出现于《易经》。那天文一词是什么意思呢？《淮南子·天文训》称：“文者象也。”也就是说，在古代，人们已清楚地认识到，天文就是天象，即天空的现象。天空所发生的现象，可以分为两大类：一类是关于日月星辰的现象，即天象；一类是地球大气层内所发生的现象，即气象。古人发现天象也好、气象也罢，它们的变化实在是极其微妙的，很值得地上的人们，尤其是社会 and 科技还不发达的古人们去效仿、去学习！所以，它们观察星象和气象，用于生产，用于立法。古代的执法者们更是利用“天象”来治理社会。

1. 地上的银河和北斗

紫禁城——帝王的宫殿，皇帝生活和工作的地方，当然要最大限度地体现出“上天”的意向，所以把玉皇大帝天上的宫殿（天宫）“映像”到地上来，就是皇宫、就是紫禁城。紫，三垣正中之紫薇垣之紫，也就是“紫垣正中”之紫，意为皇宫就是人间的“正中”。“禁”则指皇室所居，尊严无比，严禁侵扰。

看看故宫中太和殿的构造，太和殿广场两边的围廊绵延如“天边”，把天际线压得很低，太和殿纯高虽然只有 35.05 米，但它耸立在三层汉白玉石阶上，让人仰视，背衬蓝天白云，宛若天宫（图 1.7）。

按照中国古代的天象理论，天上有五宫（东西南北中），中



图 1.7 在周边建筑的映衬下太和殿宛若“天宫”

宫居于中间，而中宫又分为三垣（城堡），即上垣太微、中垣紫薇、下垣天市。东西南北则由青龙、白虎、朱雀和玄武构成了“护卫”中宫的二十八星宿（图 1.8）。

从紫禁城的布局来看，宫城分前朝、后寝两大部分，前朝分三大殿，为皇帝听政和举行朝会大典之处，后寝二宫是皇帝燕寝之处。

紫薇垣墙由 15 颗星组成，东边八颗星和西边七颗星围成了一个城垣，整体位于北斗七星的北方，处在天的中心（图 1.9），正是天皇帝居住的地方。

而故宫建造的殿宇中也体现了“北斗七星”的存在。故宫的午门有四座角楼，它们都是四角攒尖的造型，攒尖顶着一个大圆球（图 1.10），圆球就代表了一颗星。这种结构分别存在于中和殿、交泰殿和钦安殿。这样四座角楼和三座大殿尖顶的圆球就组成了北斗七星的形状（图 1.11）。

有“天宫”紫禁城，则必有“天河（银河）”金水河。流经紫

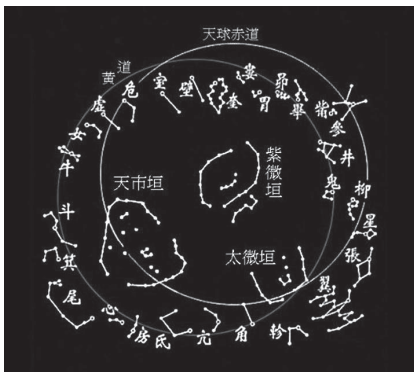


图 1.8 紫禁城犹如天上的“中宫”，由二十八星宿护卫

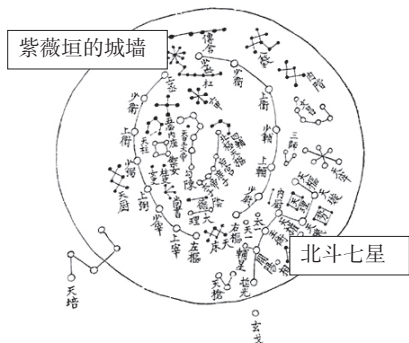


图 1.9 紫薇垣于由 15 颗星组成的围墙之中，在北斗七星上方



图 1.10 午门的四个角楼

禁城的金水河，从什刹海引水自北水关入城，先北上，复东折而南，总体入城走势由西北而东南。紫禁城内的金水河之水从护城河西北角引入，曲曲弯弯地流经武英殿、大和殿、文渊阁、南三所、东化门等重要建筑和宫门前，既将“生气”导入，又形成风水学中的“水抱”之势（图 1.12）。

内金水河则从太和殿正中流过，尤其衬托出了“银河”中的“天宫”（图 1.13）。

而太和殿对面的午门所形成的北斗七星的“斗”，更是在银河中烁烁闪耀（图 1.14）。

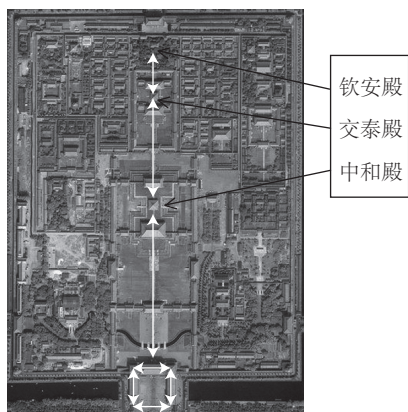


图 1.11 故宫中的北斗七星

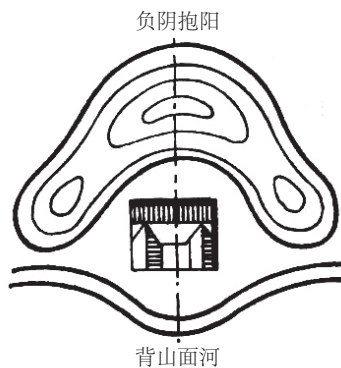


图 1.12 山水相环，阴阳和谐



图 1.13 银河环抱的太和殿天宫



图 1.14 银河倒映下的午门，北斗闪耀

2. 皇家城府里的阴阳五行

中华文明的哲学思想就是阴阳之道，阴阳相交。《易经》说，“立天之道曰阴与阳”。看紫禁城的总体布局，它的中轴线也把北京城分成东西（阴阳）两半，中轴以东属阳，主春、生、文、仁，故有文楼、文华殿、万春亭、仁祥门、崇文门等建筑；以西属阴，主秋、收、武、义，故有武楼、武英殿、千秋亭、遵义门、玄武门等建筑。而且国家中央官署机构也是以中轴为准按阴阳布置的，中轴以东设吏、户、礼、兵、工部及鸿胪寺、钦天监等机构，主文属阳，以西设中、左、右、前、后五军都督府、刑部、太常寺、锦衣卫等机构，主武属阴。明清两代考中文状元在长安左门揭皇榜，考中武状元则在长安右门揭皇榜。

过午门、神武门一条中轴线又将宫城分为东西阴阳二区。东方是太阳升起的地方，为阳、为木、为春，在“生长化收藏”属生，所以宫城的东部布置了“阳”有关的建筑内容。东部某些宫殿是太子所居，文华殿是太子讲学之处，乾隆年间所建的南三所，系皇太子的宫室。西方为阴、为金、为秋，在“生长化收藏”属收，所以宫城的西部布置了与“阴”有关的建筑内容。如皇后、宫妃居住的寿安宫、寿康宫、慈宁宫都布置在西。东居太子，西栖宫妃，男左女右，阳左阴右。皇城东有太庙法阳象天，西设社稷坛法阴象地。天坛在南（属阳），地坛在北（属阴）；天安门在南（属阳），地安门在北（属阴）；乾清宫在南（属阳），坤宁宫在北（属阴）。乾为天，坤为地，故天尊地卑。朝堂之上，文臣列于左，武将位于右，与此相应的文华殿位于左，武英殿位于右。太和殿丹陛上左陈日晷以司天，右置嘉量以司地（图 1.15），前者定天文历法，后者定制度量衡，皆左主天道属阳，右主地道属阴，阴阳相合而成一体。古代建筑大师就是这样把阴阳宇宙观与宗法礼治巧妙地结合起来，规划设计了气势磅礴的皇宫建筑群。

紫禁城由水、火、木、金、土五大元素组成，从方位的角度来看，



紫禁城的东、南、西、北、中五方位由建筑的名称、色彩及河水来暗示。北方有一座建筑名玄武门，清代康熙时为避讳改名神武门，二者的意思完全相同。在神武门内有二座建筑（东大房和西大房）它们的房顶均为黑色。紫禁城的南方为午门，火的颜



(a)

(b)

图 1.15 太和殿广场上的 (a) 日晷 (b) 嘉量

色为红色，故午门以红色为主，建筑高大，以为火旺。午门内的五座石桥，其雕刻为火焰状。紫禁城的西方有金水河和武英殿，武英殿之“武”属阴。紫禁城的东方为太子宫所在地文华殿，故太子宫文华殿和太子居住的南三所的屋顶均用绿色瓦。紫禁城的中央有两大建筑群体即前朝后廷，前朝是太和殿、中和殿和保和殿，后廷是乾清宫、交泰殿和坤宁宫。这两大建筑群体建在象征“土”的“土字形玉石台基”上以表示其中央的地位(图 1.16)。中央在五行上属土，土的颜色为黄色，黄色是五行中最尊贵的颜色，亦是宇宙的颜色，故这两大建筑群体屋顶均用黄瓦，表示帝王理政的前朝和燕寝的后廷是天下的中心，至尊至大，意味着帝王是“以土德而王”。

北京城的总体设计在遵循《周礼》“前朝后市、左祖右社”的传统布局思想外，也按照阴阳五行的思想进行了实用礼仪的布置，以期达到与天地相融的境地。

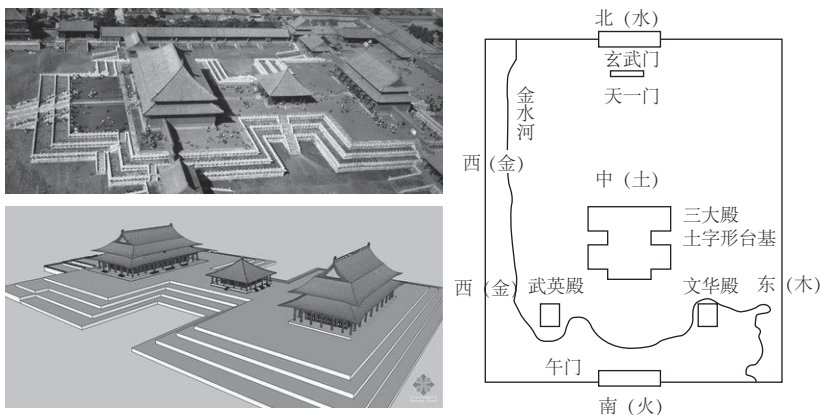


图 1.16 故宫三大殿

天坛、地坛、日坛、月坛，就是按照方位来布局的。天坛是天子祭天的地方，位置在北京城的南端，外城的里侧，建筑形状是圆的，体现了南为天、为乾、为圆、为阳的思想；地坛是天子祭地的地方，它位置在北方，内城的外侧，它的建筑形状是方形的，体现了北方为地、为坤、为方、为阴的思想；日坛在东方，日为阳、为火，月坛在西方，为水、为阴，它们的位置都在城外（图 1.17）。

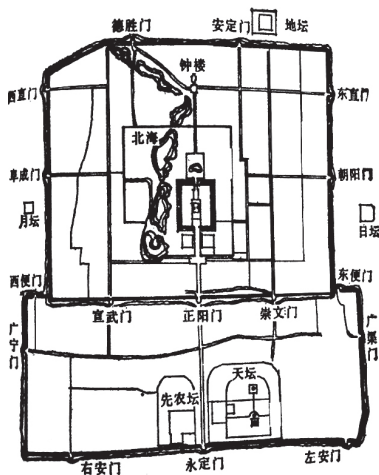


图 1.17 北京城的阴阳五行

北京城、紫禁城是中国本土文化的产物，它是以“天人合一”的思维建造的城市，是中国传统文化的精髓，体现的是宇宙、天地、人文与建筑融为一体。



1.2 天文学是天地人和谐的产物

人类的记忆模式中，有一类叫做“情景记忆”，看到什么特定的场景或事物，大脑中才会产生与之一致的记忆。科学的发展许多也是如此，我们所说的“天人合一”不就可以说是——看到天，想到地，再想到人吗？

天文学取得的许多成就，过程也是如此。就我们下面要具体谈到事例而言，哥白尼最初的想法不就是感觉天空、宇宙是那么的伟大浩瀚，不可能它的构成会像托勒密的“地心说”那么琐碎复杂，再加上天文观测手段的进步，更精确的天象记录的利用，从而顺理成章地产生了“日心说”。这也可以说是历史进步的必然产物，有了社会的、科学的、现实的基础，在当时哥白尼所处的年代，即使不是他发现总结了“日心说”，也会有“张白尼”“李白尼”来完成这一历史使命！爱因斯坦的名言就说，科学的就是简单的，事物总是越简单越美。还有那个“苹果砸中牛顿脑袋”的故事，真的确有其事吗？据说牛顿的姑妈还出面证实，她亲眼看到一个大大的苹果砸中了牛顿的脑袋……其实，我们真的不会在意这件事情的真假，在意的是任何事物都会有一个必然的发生和发展的过程，绝不会凭空出现。

1.2.1 深厚的基础和良好的氛围

哥白尼，伟大的波兰天文学家，“日心说”理论的创始人。许多关于社会和科学发展的论述都会把他看成是一个革命家，一个旧世界的“斗士”。其实，他应该是一个科学家、天才、幸运儿，有着科学家所固有的严谨的工作态度，有着发现事物缺陷和理论不协调的敏锐眼光，受过良好正统的教育，生活无忧，这才使得他有能力、有运气、有时

间去改变历史的进程。

哥白尼 10 岁时父亲就去世了，但是身为教堂主教的舅父收留了他。他 18 岁进入大学学习文学和天文学，要注意当时天文学的学习内容，几乎是包罗万象的，有几何、代数、占星和天文学宇宙学等。当时的哥白尼就对天文学产生了极大的兴趣，而且他的数学成绩很好。大学毕业后，他又去意大利留学 10 年，那个时期的意大利是文艺复兴（图 1.18）的中心，人才济济。



图 1.18 文艺复兴

哥白尼在博洛尼亚大学专注于天文学的学习，1497 年 3 月 9 日记录了他平生第一次天文观测。其后他在罗马教授数学，回国后就被任命为弗洛恩堡教堂的一位教士，拥有这种职位，就可以终生享受充足的生活费，因此，哥白尼事实上过着衣食无忧的优裕生活，并具有充分的自由支配的时间从事天文学的研究。1513 年 3 月 31 日，他在教堂里建成了一座小型的天文台，并设计了三架天文仪器。

哥白尼数学很好，又有着对天文学的极度热爱。在他留学期间，文艺复兴的“春风”已经促使意大利以及其他国家的许多学者在汲取古希腊思想源泉的基础上，在自由的氛围里对诸多现存的僵化学说和制度提出批评和挑战。在天文学领域，托勒密的地心说就自然而然地成为被批评和挑战的对象。

哥白尼在思想上倾向于毕达哥拉斯学派，信仰柏拉图的完美主义，追求数学、天文学上的简单性和完美性。托勒密体系中由于引入了“对应点”的概念，使得天体不能再进行完美的匀速圆周运动，哥白尼认



为体系是“不合格”的，违背了希腊人完美运动的原理，而如果体系（宇宙）的中心不是地球而是太阳，那么对天体运行的描述就可能会简单得多。他在他最早的著作《关于天体运动假说的要释》中指出：“托勒密的理论，虽然与数值计算相符，但也吸引了不少疑问。的确，这种理论是不充足的……天体既不是沿着载运它的轨道，也不绕着它自身的中心在作等速运动。因此，这样的理论，既不够完善，也不完全合理。”这似乎是在说，托勒密的体系对天体位置的预测是有效的，但是它违背了希腊天文学和哲学中完美运动的原理。可见哥白尼是多么推崇毕达哥拉斯，中毒至深！他又说道：“我注意到了这一点，于是就常常想，能不能找到这些圆的一种更合理的组合，用它可以解释一切明显的不均匀性，并且如同完美运动原理所要求的，每个运动本身都是均匀的。”由此可见，哥白尼最初的用心只是想到了事物的完美和理论的不协调，并不是真的想要开创一场天文学的革命。后面我们会看到，他的日心理论的提出就是建立在一般性的“公理”之上的。

1.2.2 柏拉图的完美和托勒密的不完备

直觉告诉我们，所有的天体都是围绕着地球旋转，作为宇宙的中心，地球是静止不动的。在不能认识宇宙的古代，人类只能是“坐井观天”地去体会和赞美宇宙。认识宇宙的真面目也只能是无奈地退而求其次了。

Cosmos（宇宙）一词，是由古希腊的数学家毕达哥拉斯创造的，原意为“一个和谐而有规律的体系”。毕达哥拉斯学派认为，天文学的目的，首先是追求宇宙的和谐，而不是狭义地去拟合观测。因此，对于古希腊的科学家来说，科学的目的，是为了揭示宇宙的奥秘。构建

模型、解释现象，要比追求实用、迎合世俗的价值观更加重要。在他们的心目中，科学一定是美的，作为宇宙论的一个基本特征，和谐与简单，就是这种美学的最高标准。这种科学观，最终形成了绵延持久的学术传统，对西方科学的发展产生了极为深远的影响。

你可能会问，难道他们不想去实际地观察宇宙、认识宇宙吗？当然想！那是人类一直的梦想。只是手段和认识能力不具备而已！心理学和社会学的研究告诉我们，人对于未可知的东西，更可能产生的情感和思维就是畏惧或者赞美。

所以，当时统治科学界的“大神”柏拉图才会这样描述天体运行所应该采用的轨道：宇宙的本质是和谐的，而和谐的体系应当是绝对完美的，由于圆是最完美的形状，因此，所有天体运动的轨道都应该是圆形的（图 1.19）。

按照这种假说，柏拉图提出了一种同心球宇宙模型，在这个模型中，月亮、太阳、水星、金星、火星、木星、土星依次在以地球为中心的固定的球面上作圆周运动。

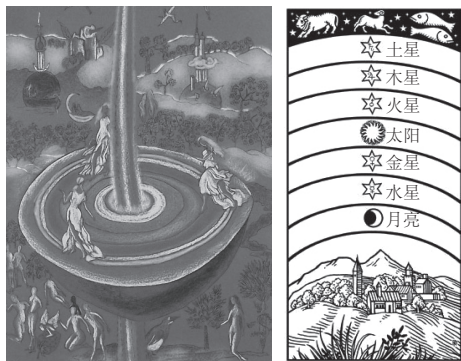


图 1.19 柏拉图的和谐宇宙和天体的完美圆轨道

这个模型提出后，很快就遭到人们的质疑。因为，行星在天空中时而顺行、时而逆行，凭直觉就可以判定，它们的视运动轨迹显然不是一个圆周。对此，柏拉图认为，行星运动所表现出来的这些现象是表面的、个别的，并不能够证明宇宙遵循“和谐”的这个理性主义的



美学原则错了。为了对付这些异常现象，他发起了一场所谓的“拯救现象”运动，试图继续用同心球模型的框架来解释行星逆行之类的异常现象。

在“拯救现象”的运动中，涌现出了一位杰出的几何学家，他就是在缓解古希腊第一次数学危机的过程中扮演了重要角色的欧多克斯。在柏拉图同心球理论的基础上，欧多克斯提出了一种新的同心球模型。在这个模型中，日月五星的视运动轨迹，每个都是由一系列的同心球按不同的速度、绕不同的轴旋转而成的。

而古希腊的天文学家发现日月五星运动的不均匀性现象，在欧多克斯的同心球模型中还是不能够反映出来。为了更精确地模拟天体的运动，后来有人对日月五星分别增加了一层天球，使整个模型中同心球的数目达到 34 个，甚至更多……

到了公元前 340 年前后，柏拉图的学生亚里士多德在欧多克斯的同心球理论的基础上，又提出了所谓的水晶球体系（图 1.20）。这个模型修正了柏拉图同心球体系中天体的排列次序，调整了太阳与内行星（水星和金星）的位置，地球之外次第为：月亮、水星、金星、太阳、火星、木星、土星、恒星天。

在亚里士多德的宇宙论中，有两点基本的假设：

第一，地球是宇宙的中心，是绝对静止不动的。为了证明这一点，他举出了两条论据，其一，假设地球是运动的，就会有所谓的“恒星视差”，但是，当时对恒星的观测并没有发现这一点（当时的观测精度无法测量到恒星视差，但它是存在的）；其二，假设地球是运动的，从高处坠落下来的物体就不应该是它的垂直的投影点。

第二，天体运动必须符合统一的圆周运动（uniform circular motion）。这一条，在欧多克斯的同心球模型提出来后，基本上可以确立了。

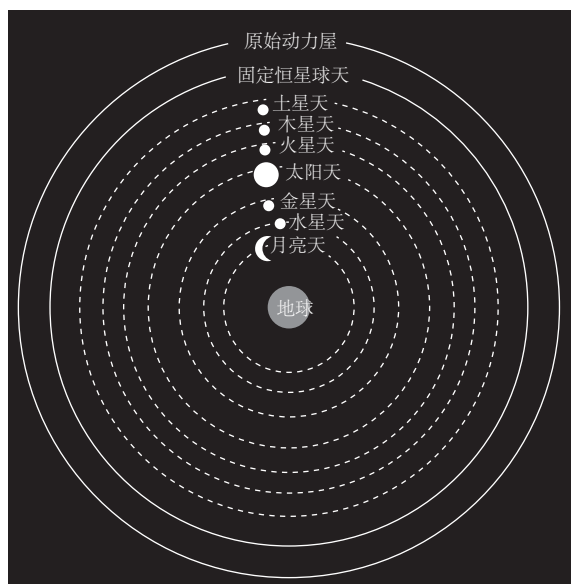


图 1.20 水晶球体系

按照欧多克斯的同心球模型，可以比较好地解释日月运行的快慢，以及行星的顺行、逆行等现象，虽然复杂一些，但是不失“和谐”，可以说是一个很“完美”的宇宙模型。可是，不久人们便发现，行星（特别是金星、火星）的亮度会发生周期性的变化，而对于这个现象，欧多克斯的同心球模型却无法解释，因为按照同心球理论，行星到地球的距离始终是一样的，不应该产生亮度的变化。

那么，行星的亮度为什么会发生变化呢？这个问题成为亚里士多德之后的一些学者关注的焦点。

以研究圆锥曲线著称的阿波隆尼认为，行星并不是直接绕地球作圆周运动，因此，行星与地球的距离并不总是相等的，有时远，有时近。当行星离地球较远的时候，看起来较暗，当行星离地球较近的时候，看起来较亮。

为了说明他的想法，阿波隆尼提出了最早的“本轮－均轮”模型（图 1.21）。在这个模型中，行星 P 本身绕空间中的一个点 C 作圆周运动，这个圆被称为“本轮”。本轮的圆心 C 则绕地球作圆周运动，这个圆被称为“均轮”。这两个圆周运动的合成，所画出的轨迹，就是我们看到的行星运行的真实路径。

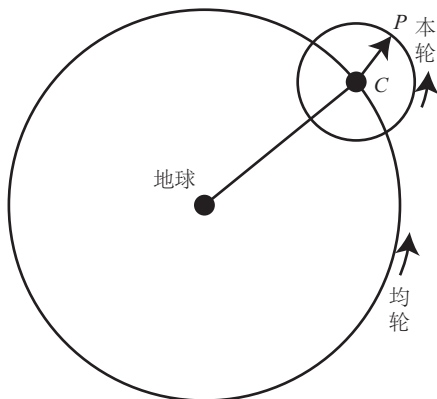


图 1.21 行星的“本轮－均轮”模型

在亚里士多德之后的近 500 年中，古希腊的数理天文学基本上只重视对宇宙模型的构建与修改，并不太关心这些宇宙模型对具体的天体运动的计算精度。实际上，各种模型的提出和改进，都是为了提高它的解释功能，所以在很大程度上，忽视了计算上的精度。因此，这些模型，虽然可以很简明地演示天体的运动，但是，都不具备历法意义上和计算天体运行工作中的实用性。

这种状况，在公元 150 年，被伟大的天文学家托勒密进行了根本性的改变，这一年，他出版了一部数理天文学著作《天文学大成》。托勒密仔细地研究了前人的成果，特别是阿波隆尼的本轮－均轮模型与希帕恰斯的偏心圆模型，在这两种模型的基础上，托勒密构造了一种新的本轮－均轮模型。利用这个模型所建立的计算方法，是与当时的

天文观测相当吻合的。

托勒密模型中最重要的创造，是提出了一种叫“对应点”的概念（图 1.22）。根据阿波隆尼的本轮-均轮模型，行星 P 在本轮上绕圆心 C 作匀速圆周运动。与阿波隆尼不同，托勒密将均轮设计为一个偏心圆，以圆心 O 为中心，选择与地球 E 相对称的点 E' ，称之为“对应点”。本轮的圆心 C 绕对应点 E' 作匀角速度运动。托勒密的体系中 C 点 P 点没有改变，只是在地球的所在处增加了“对应点”的设置，这样就能满足行星的圆周运动。

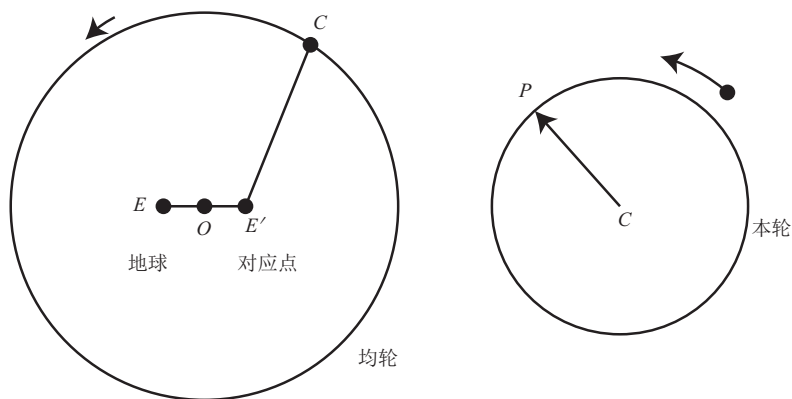


图 1.22 对应点

虽然，托勒密的模型在实际应用上，远远高于以前的所有模型，但是，它存在着一个致命的弱点，那就是，本轮的圆心 C 围绕着对应点 E' 作角速度均匀的运动，而不是绕均轮的圆心 O 作线速度均匀的运动。因此，这个模型违背了亚里士多德宇宙论中的基本要求——统一的圆周运动（uniform circular motion）。

1.2.3 哥白尼的日心体系

我们前面提到，哥白尼日心理论（图 1.23）的提出是建立在一般性的“公理”之上的。他当时这样讲：“当我致力于这个无疑是很困难的

的而且几乎是无法解决的课题之后，我终于想到了只要能符合某些我们称之为公理的要求，就可以用比以前少的天球和更简单的组合来做到这一点。”

他所说的公理有七条：

第一条：所有的天体轨道或天球，不存在一个共同的中心。

第二条：地球的中心不是宇宙的中心，而是重力中心和月球轨道的中心。

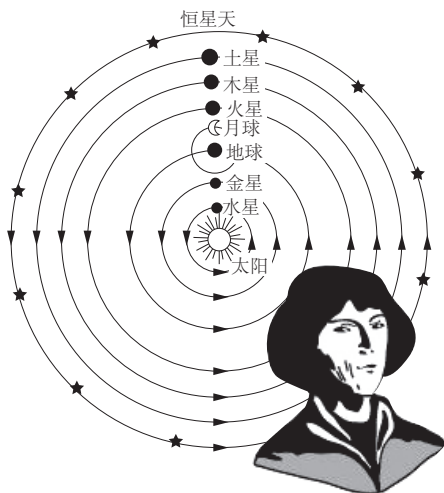


图 1.23 哥白尼和他的日心说

第三条：所有的天体都围绕太阳旋转，太阳俨然是在一切的中央，于是宇宙的中心是在太阳的附近。

第四条：日地距离和天穹高度的比小于地球半径和日地距离的比。因此，与天穹高度比起来，日地距离就是微不足道的了。

第五条：天穹上出现的任何运动，不是天穹本身产生的，而是由于地球的运动。正是地球带动着周围的物质绕其不动的极点作周日运动，而天穹和最高的天球始终是不动的。

第六条：我们看到的太阳的各种运动，不是它本身所固有的，而是属于地球和其所在的天球。就像任何别的行星一样，地球和其所在的天球一起绕着太阳运动。这样，地球就具有几种运动了。

第七条：行星的视运动和逆行，不是它们在运动，而是由于地球在运动。因此，只要用地球运动这一点就足以解释天上见到的许多种不均匀性了。

根据哥白尼的理论，“只要用地球运动这一点就足以解释天上见到的许多种不均匀性了”，因此，托勒密地心说中无法解释的诸多现象，在日心说看来都是可以迎刃而解的，这是日心说得以提出的最重要的原因。

实际上在公元前3世纪，希腊学者阿里斯塔克就提出，太阳处于宇宙的中心，地球围绕着太阳旋转，由于他首次提出了日心说，因而被称为“古代的哥白尼”。哥白尼在托勒密学说的基础上，继承了阿里斯塔克的日心说主张，提出了崭新的日心说理论。哥白尼认为：地球是球形的，因此它的自转与公转运动也应当是圆周运动。

1.2.4 完善日心体系的功臣们

1543年哥白尼的《天体运行论》出版了，在科学界，它和达尔文的《物种起源》以及牛顿的《自然哲学的数学原理》并称为奠基性的三大著作。《天体运行论》的出版，在天文学领域标志着柏拉图对行星进行“完美”几何描述的结束，促使科学家们开始研究行星运动学的问题，更进一步，自然也就产生了行星动力学方面问题的思考，也就是说，是什么原因使得行星特别是地球运动起来的？

在回答这些问题的过程中出现了四个关键人物：第一个是第谷，他的主要贡献在于给出了精确和完备的观测；第二个是开普勒，他将天文学从几何学的应用转换成了物理动力学的一支；第三个是伽利略，他利用望远镜揭示了天体隐藏着的真相，并发展了运动的新概念，巩固了哥白尼的主张；第四个是笛卡儿，他构想了一个无限的宇宙，在这个宇宙里没有什么位置和方向是特殊的，太阳只不过是一颗区域性的恒星而已。



1. “前无古人后无来者”的第谷

第谷，一位伟大的观测天文学大师。通过一系列的革新和精心的设计，他的仪器的观测精度可以控制在1弧分之内，几乎达到了天文目视观测的极限，真正是前无古人。说他后无来者，是因为在他之后的天文学家基本上都不再利用目视观测了。借助于这些精良的天文仪器（图1.24），他不仅对恒星位置进行了重新测量、系统测量了太阳运动的

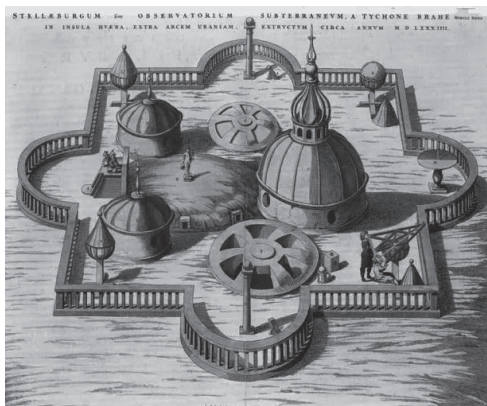


图 1.24 第谷的“私人”天文台——星堡

各主要参数、修正了大气折射的数值，而且发现了一种不均匀性。更重要的是，他为行星运动的研究积累了大量的精密观测数据。

第谷出生于丹麦一个地位显赫的世袭贵族家庭，12岁进入哥本哈根大学学习法律和其他学科，其间他对天文学产生了极大

兴趣。通过对1560年8月21日日食的观测，年仅13岁的第谷对日食能够预报这一点留下了极深的印象，同时也从预报存在的巨大误差（1天）中意识到，要想获得更加精确的预报就必须有更加精确的天文观测。

1572年11月11日晚上，第谷在仙后座发现了一颗“比金星还要亮”的“新星”（图1.25（a））。他利用自己制作的四分仪开展了系统观测，发现这颗“新星”的位置相对于恒星背景没有任何变动，根本不是大气层内的变化，而是位于天界，甚至比五大行星的距离更远，这与亚里士多德关于天界永恒的观点完全相反。他请其他人一起来见证自己

的发现，并发明“新星”（Stella Nova）一词来描述这颗新发现的天界物体。次年他在哥本哈根出版了《论新星》（*De nova stella*）一书，由此名声大振，并彻底走上了职业天文学家的道路。当然，反对他的保守派人也很多，对于这些人第谷在这本书中给出了明确的批判和讥讽：“O crassa ingenia. O caecos coeli spectatores.”——“哦，那一窍不通的才智；哦，那些观天的睁眼瞎。”

1577 年 11 月到次年 1 月他对大彗星的详细观测，包括对其距离以及彗尾（图 1.25（b））的直径、质量和长度的测算，发现彗尾总是指向远离太阳方向的规律。通过观测，第谷认为该彗星远远位于月球天层以上。这一结果不仅再次对亚里士多德的天界永恒观提出了挑战，而且对第谷的宇宙学思想产生了更加重要的影响。

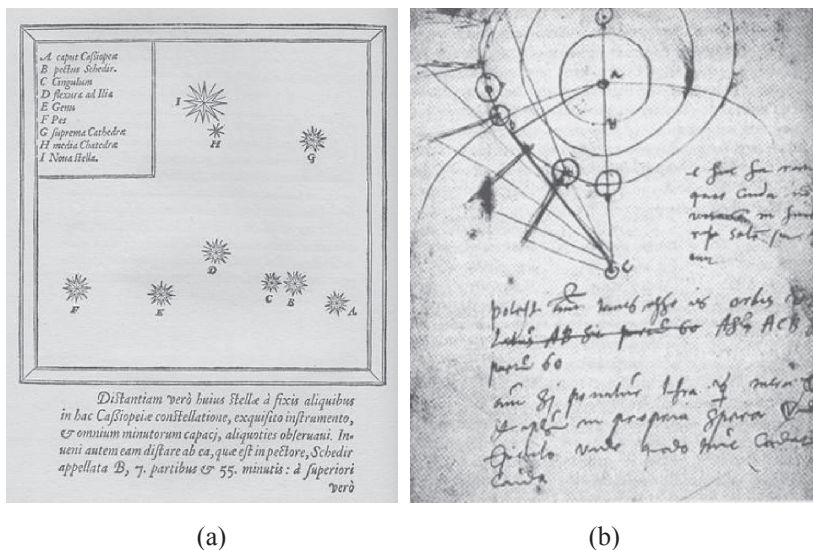


图 1.25 第谷观测记录的 1572 年超新星（a）和他计算的大彗星的基本数据（b）

在宇宙模型方面，第谷是一个“折中”主义者。他遵循天体作匀



速圆周运动这一最高法则，赞赏哥白尼对托勒密“对应点”模型的抛弃。但是，出于天文学和物理学两方面的原因，他不接受日心地动说。在他看来，哥白尼不光没有令人信服地解决地球的自转会造成“抛体悖论”问题，而且靠无限增大恒星天球半径的办法不但不能解决“视差悖论”问题，反倒会出现更加荒谬的结果。例如，如果假定恒星的周年视差为1弧分，那么，从土星到恒星天球的距离就要增大700倍。在这种情况下，光是一颗视半径为1弧分的3等恒星，其半径将相当于地球轨道的大小；而那些视半径更大的恒星将会比这更大。另外，他认为地球是一个沉重而充满惰性的物体，不会像哥白尼所认为的那样运动。而且他也认为，地动说根本违背了《圣经》上关于地球静止的说法。

第谷想建立一个既没有托勒密体系的“对应点”问题，又没有哥

白尼地动说面临的各種问题的新体系，他想到了一种折中方案，也就是所谓的“第谷体系”（图1.26）：让月球与太阳继续围绕地球运动，而让五大行星围绕太阳运行。这样做既延续了日心说在简洁等方面的优势，又避免了该模型在当时所面临的种种诘难。问题是，这样一个模型意味着水星和火星的天球必须与太阳天球相切割。如果承认固体天球的存在，则这种体系在物理上是不可能的。然而，1577年出现的这颗彗星让第谷走出了困扰。因为，他的观测表明，这颗彗星实际上是自由地穿行于天球之间的：古人所认为的固体天球根本就不存在，大气层并

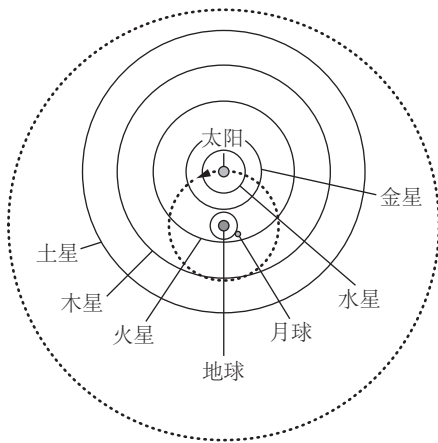


图 1.26 第谷的宇宙模型

非只到月球天，而是一直延续到所谓的“天界”。这层窗户纸一旦捅破，第谷立即在1588年出版的《论天界新现象》中公布了自己的宇宙模型。

哥白尼理论的最大问题是它和实际观测不符！如果地球是在运动的话，理论上我们会见到恒星在天空中的位置在产生微小的变动，这叫做恒星的周年视差。第谷也好，伽利略也好，都没能观测到这个现象。当然，这不能怪第谷，因为恒星离我们是如此遥远，它的视差不要说用肉眼，哪怕是望远镜发明后的整整两百年内，都没有被最终发现。可站在第谷当年的立场上，这无疑是日心说的一个反证。

更何况，从日心说推算出来的星表，其精度根本不能和第谷本人的相提并论。客观地说，从当年的情况来看，并没有特别值得倾向于哥白尼体系的理由。之后布鲁诺捍卫日心说观点，结果被教廷判决烧死。但布鲁诺的用意并不在于坚持一种科学革命，相反，历史学家认为他的目的很可能是出于对一种古老宗教体系的恢复。这种被称为赫尔墨斯主义的思想充满了巫术色彩，崇拜太阳，而日心说正好与该教义暗合。我们今天说布鲁诺是“为了科学而献身”，这种说法其实存在着很大的争议。

而开普勒、伽利略对日心说的信奉，可以称之为眼光独到，同时也具有一定的科学证据。

2. 开普勒创造了太阳系真正的完美

和哥白尼、第谷两人不同，开普勒出身贫寒，还是个早产儿。更不幸的是由于3岁时被传染了天花，不仅损坏了面容，还使得他一只手半残，视力也受到损害。也可能正是由于处世的艰难，才有了他追求科学真理、天体运动的真相的坚强意志。开普勒对天文学的贡献完全可以和哥白尼相媲美。而作为一个科学家，他升华自然现象到科学本质的能力，更是要超过他的“老师”加同事——第谷！



开普勒虽然家境不好，但他还是走完了自己的受教育之路。当然他最初接受教育的动力是为了摆脱贫困，所以，他在 1587 年 17 岁时进入图宾根大学神学院。在进神学院以前，开普勒对天文学并没有多大兴趣，他热衷的是神学，希望日后能当一名牧师，为上帝传播福音。是他的老师和当时流行的日心说引起了他对天文学的兴趣。

1596 年，开普勒发表了他的第一本著作《宇宙的奥秘》。并把书寄给了当时天文界的领袖人物第谷，几次通信之后，他们就感觉到了彼此的“惺惺相惜”。已经身在布拉格的第谷就邀请开普勒来共同工作。他在信中写道：“来吧，作为朋友而不是客人，和我用我的一切一起观察。”

第谷去世后，将他的所有观测资料留给了开普勒。当开普勒用第谷的观测资料研究火星的运动时，发现火星如果真是作圆周运动的话，那就与第谷的观测资料有 8 分的误差。对一般的观测结果来说，这是一个能够被接受的误差，但开普勒认为对第谷来说，这是一个不能允许的误差，他心里很清楚，第谷的实测误差绝对不会超过 2 分！

这时，开普勒以非凡的创造性精神大胆扬弃了一些不符合观测的传统观念。火星的运动轨道偏离圆轨道已经比较明显，与哥白尼认为行星运动一定是圆周运动的观点矛盾。但开普勒既没有因此怀疑日心说，也没有怀疑第谷的观测资料，而是认为哥白尼日心说里延续自柏拉图的完美的“圆周运动”值得怀疑。于是，开普勒摒弃火星运动轨道是圆周的假说，把它视为卵形。他对火星轨道试验了多种类似卵圆的曲线，花了 3 年时间才最终确定火星的轨道实际上是椭圆。而且发现火星椭圆运动轨道的猜想与观测资料非常一致。经过进一步的研究证明，不仅仅是火星，而且所有行星运动的轨道都是椭圆，太阳在椭圆的一个焦点上（图 1.27）。这就是开普勒的行星运动第一定律。

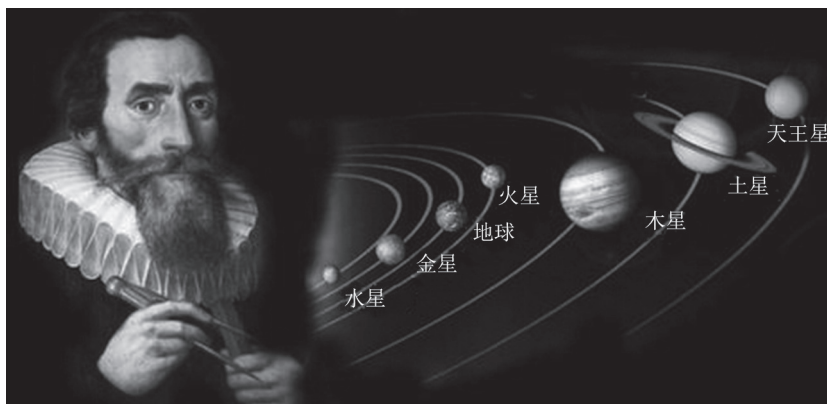


图 1.27 开普勒——行星运动的“总指挥”

在确定行星沿椭圆轨道运动后，开普勒迫切想了解：“为什么行星偏爱椭圆运动？行星运动的原因是什么？”这促使他又证实，行星在椭圆轨道上，当离太阳近时行星运动快，离太阳远时行星运动慢。这样，开普勒又抛弃了星体作神圣的匀速运动的理论。去计算、找寻行星运动在椭圆轨道上所遵循的规律。这个规律就是开普勒第二定律：太阳到行星的矢径在相等的时间内扫过相等的面积。

由于开普勒坚定宇宙有一种内在的和谐存在于各行星之间的运动，在之后的十年里，他又不知疲倦地继续观察行星运动和分析第谷的观察资料。1618年5月，开普勒终于发现了行星运动第三定律：各个行星运动周期的平方与各自离太阳的平均距离的立方成正比。

可以说，开普勒既完善了哥白尼的学说，又破坏了哥白尼的学说。哥白尼所寻求的满足几何简单性要求的行星系统，开普勒用一种圆锥曲线就解决了，把那些复杂的本轮、偏心轮统统淹没在椭圆的简单性之中；而开普勒对于火星研究总结出的行星定律，又把哥白尼一直推崇的完美的“几何天文学”引导到了物理学的一个分支。而开普勒行星定律更是奠定了牛顿力学及天体力学的基础。

但是，开普勒定律当时只是停留在理论上的精彩，还缺乏实际的考证。最初第谷邀请开普勒一起工作的原因之一，就是完成《鲁道夫星表》，开普勒最终也完成了这份任务，而正是这个基于第谷的观察和开普勒的理论的星表的精确性，证明了开普勒行星定律的正确。相比以往的星表，利用《鲁道夫星表》观测 1631 年的水星凌日现象时，精度是其他观测的十倍！

3. 伽利略的天文望远镜和运动新定义

伽利略，意大利物理学家、天文学家和哲学家，近代实验科学的前驱者。其成就包括改进望远镜和其所带来的天文观测，以及支持哥白尼的日心说。当时，人们争相传颂：“哥伦布发现了新大陆，伽利略发现了新宇宙。”可见他的伟大程度，有一种说法，伽利略去世的那一年，牛顿出生（图 1.28）。

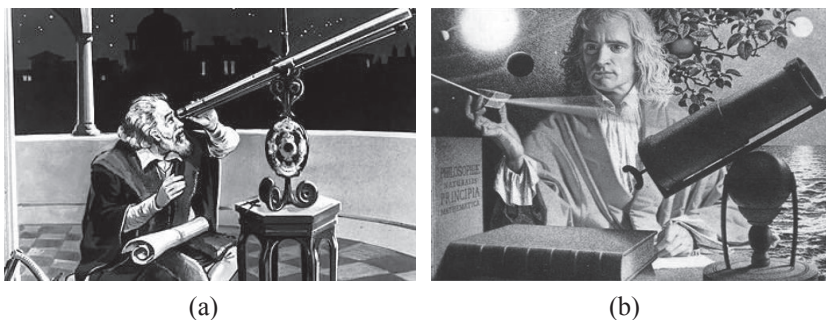


图 1.28 (a) 伽利略制造了第一台折射式天文望远镜；(b) 牛顿制造了第一台反射式天文望远镜

1564 年 2 月 15 日伽利略出生于意大利西部海岸的比萨城，出身于没落的名门贵族家庭。父亲是一位音乐家，精通希腊文和拉丁文，对数学也颇有造诣。因此，伽利略从小受到了良好的家庭教育。

伽利略在 12 岁时，进入佛罗伦萨附近的瓦洛姆布洛萨修道院，接受古典教育。17 岁时，他进入比萨大学学医，同时潜心钻研物理学和

数学。由于家庭经济困难，伽利略没有拿到毕业证书便离开了比萨大学。在艰苦的环境下，他仍坚持科学研究，攻读了欧几里得和阿基米德的许多著作，做了许多实验，并发表了许多有影响的论文，从而受到了当时学术界的高度重视，被誉为“当代的阿基米德”。

伽利略在 25 岁时被比萨大学聘请为数学教授。两年后，伽利略因为著名的比萨斜塔实验，触怒了教会，失去这份工作。伽利略离开比萨大学后，于 1592 年去威尼斯的帕多瓦大学任教，一直到 1610 年。这一段时期是伽利略从事科学研究的黄金时期。在这里，他在力学、天文学等各方面都取得了累累硕果。

伽利略的研究在两个层面上对哥白尼学说起到了支撑的作用。第一个是他通过望远镜的天文发现，从事实上证明了哥白尼的学说；第二个层面是他关于运动的重新评价，反驳了对地动说的经典驳难，从物理上支持了哥白尼。

1609 年他听说荷兰人发明了望远镜之后，正处于创造能力顶峰的他，马上想到了利用望远镜观测天体的可能性，立即动手制作并投入观测。他说道：“同肉眼所见相比，它们几乎大了一千倍，而距离只有三十分之一。”他看见了月球表面的“坑”，知道了天体并非像希腊人描述的那么完美；他看到了比肉眼观察要多得多的恒星，而它们并不像行星一样视圆面会被放大，说明它们距离地球很远很远……真的可能像第谷驳斥哥白尼时所说的那样，恒星比原来的位置要远了 700 多倍，甚至更多，这对哥白尼当然是好消息。

1610 年，当他把望远镜指向木星时，发现木星位于三颗小星星的中间，而这三颗小星星令人惊奇地排成了一条直线。那天是 1 月 7 日，而他在 1 月 13 日再度观察它们时，小星星已经不是三颗，而是四颗，而且从它们的位置变化判断，它们是在围绕着木星公转。就像行星围绕着太阳，月亮围绕着地球一样。四颗卫星可以围绕着木星（公）转，

如果是这样，那哥白尼构想的行星体系当然也就可以围绕着太阳（公）转啦。这一事实，还支持了哥白尼提出的宇宙没有唯一的绕转中心的猜想。

哥白尼的地动学说还曾经面临这样的驳难：如果说地球在自转的同时还在绕日公转，为什么我们完全感觉不到这种运动？一支箭垂直射向空中，为什么又落回到原地？因为按照亚里士多德的论证，地面上的物体除了寻找其固有位置的自然运动之外，别的运动都需要外力。如果地面从西往东在移动，那么垂直落下的箭因为没有横向的作用力，势必落到偏向西面的地方。然而事实并非如此，所以地球在箭飞行的时间内是没有移动的。

面对这一驳难，伽利略采取了釜底抽薪的策略，也就是重新评价（定义）运动的概念。对亚里士多德来说，非自然运动的强迫运动需要一个原因，因此需要一个解释；而静止是不需要原因的。伽利略关于运动的观点告诉我们：并不是运动本身需要原因，而是运动的变化需要原因。稳定的运动包括静止这种特例是一种状态（惯性），保持这种状态会感觉不到运动。这就是为什么地球上的人在地球绕太阳旋转的时候

感觉不到自己的运动（速度）的原因。

伽利略那个大船的故事我们都听过很多遍了，现在我们从图上来看他是如何描述的（图 1.29）：“把你和一些朋友关在一条大船下的主舱里，再让你们带几只苍蝇、蝴蝶和其他小飞虫。舱内放一只大水碗，其中放几条鱼；然后挂上一个



图 1.29 伽利略的大船实验

水瓶，让水一滴一滴地滴到下面的一个宽口罐子里。船停着不动时，你留神观察，小虫都可以等速向舱内各个方向飞行，鱼向各个方向随

便游动，水滴滴进下面的罐子中。你把任何东西扔给你的朋友时，只要距离相等，向这一方向不必比另一方向用更多的力，你双脚齐跳，无论向哪个方向跳过的距离都相等。当你仔细地观察这些事情后（虽然当船停止时，事情无疑是这样发生的），再使船以任何速度前进，只要运动是匀速的，也不忽左忽右地摇摆，你将发现，所有上述现象丝毫没有变化，你也无法从其中任何一个现象来确定，船是在运动还是停着不动。”

这就是当前物理学课本中的“伽利略相对性原理”，大约三百年之后爱因斯坦的相对论论证了，这一原理也适用于任何封闭系统的电磁现象。而在当时，这一实验结论，无疑地起到了论证地球运动立碑存证的效果。

4. 超脱了所有人的笛卡儿

笛卡儿，因为笛卡儿坐标系，很多人会想他是一名数学家，其实他可以说是一名物理学家、天文学家，他建立的无限宇宙的涡旋模型几乎统治了整个17世纪，直到牛顿万有引力定律的提出。也许有些人愿意把他看成哲学家，你会想起他著名的“心形曲线”（图1.30）。好吧，我们就顺便提一下他的两句名言：

我思故我在！

所有的好书，读起来就像同过去世界上最杰出的人们谈话！

笛卡儿的确是一个天才，他提出坐标系的概念，对光学也有研究，还特别研究了碰撞运动，提出运动中总动量守恒的思想，被认

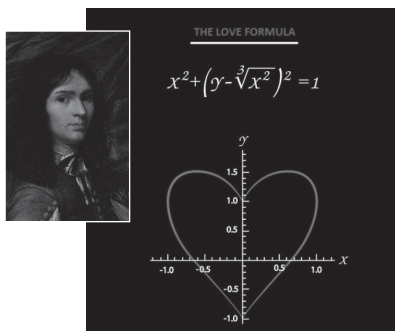


图 1.30 笛卡儿和他的“心形曲线”



为是动量守恒的雏形。他最重要的贡献是打破了依旧禁锢在哥白尼、开普勒和伽利略脑袋里的有限宇宙的概念，提出了无限宇宙的思维。他认为宇宙是一个充满物质的空间，空间的物质运动形成了无数的旋涡。他提出，我们的太阳系就处于这样一个旋涡中，这个旋涡如此之巨大，以至于整个土星轨道相对于整个旋涡来说只不过是一个点。笛卡儿的涡旋宇宙理论是第一个取代固态不变的水晶球模型的宇宙学说，为人们指出了宇宙的可变性和无限性，开拓了人类科学的视野。

1.3 “天人合一”的思维影响着人类的历史

夜观天象、占星术、天人合一，从古至今人们为什么那么关心“天上的”事情呢？一方面，只能依赖原始力、原始能源、原始工具的原始人，没有任何可供依据的生活技能和生存本领，而每天高高在上的天空，似乎是那么变幻莫测，应该在隐约地告诉我们什么；另一方面，科学的本质，实际上就是对大自然规律的了解和掌握，以及加以利用，人类最早知晓并掌握、利用的大自然规律，应该就来自“天上”。白天黑夜、暑去寒来，这些都带给人类最真切的体验；来来往往、外出又归来，人们要有目标、参照物，要明了方向。这一切都来自大自然，来自上天，来自人类天人合一的思维。

1.3.1 天亮天黑说说“日”

不管你是否知晓天文学知识，如果有人问你，在表达时间的词汇中，比如，年、月、日，人类最早掌握其规律的是哪个？你一定会回

答——日。是呀，天黑了又亮了，天亮了又黑了，人们逐渐地掌握了大自然、老天的变化规律，就出现了“日”的概念；然后是看月亮有了“月”，看太阳有了“年”。

1. 看“日头”说时辰

你一大清早（图 1.31）的就起来遛弯啦？

大晌午的，怎么你跟这儿晒着呢？

看见这样的词语，你一定明白，这是北京人之间的“问候语”。很亲切，而且关于时间还是一语中的。大清早，清曰清静；早，在说文解字中是这样说的：



图 1.31 清晨，太阳初升，一天开始了

早，晨也。从日在甲上。“甲”的最早写法像“十”，指皮开裂，或东西破裂。“早”即天将破晓，太阳冲破黑暗而裂开涌出之意。早晨，大地清静，太阳带来阳气，当然要去遛弯啦！

晌午就更明白啦！晌，指一段时间（俗语——歇晌）；午，正午，中午。太阳正高，这一段时候你肯定会被晒得很惨呀！

类似“大清早”“晌午”，我国古代制定和沿用了自成体系的计时法。常见的主要是天色法与地支法两种，夜里由于不能观察天色，所以就采用守漏、击鼓报时（更）的方法，称之为记夜法，属于天色法的延续。

一般地说，日出时可称旦、早、朝、晨，日入时称夕、暮、晚。太阳正中时叫日中、正午、亭午，将近日中时叫隅中，偏西时叫昃、日昃。日入后是黄昏，黄昏后是人定，人定后是夜半（或叫夜分），夜半后是鸡鸣，鸡鸣后是昧旦、平明——也就是说天已亮了。古人一天



两餐，上餐在日出后隅中前，这段时间就叫食时或朝食；晚餐在日昃后日入前，这段时间叫晡时。这些就是天色法的基础了。

天色法早在西周时就已采用。

殷周时的 12 段计时：

白天：夙、旦、明（大采）、占、食日（大食）、日中、昃、小食、小采（上半段）；

夜间：小采（下半段）、会、（木+凡）、夕。

殷周时后来也采用 16 段计时：

白天：夙、旦、朝（大采）、占、食日（大食）、日中、昃、郭兮（郭）、小食、萌小采、莫

夜间：会、昏、（木+凡）、夕、寤。

秦代 16 段计时：夙、平旦、日出、食时、朝（大采）、莫食、东中、日中、西中、日昃、晡时、下市、黄昏、人定、夜半、鸡鸣。

汉代命名为：夜半、鸡鸣、平旦、日出、食时、隅中、日中、日昃、晡时、日入、黄昏、人定。

秦末汉初，人们将天象（太阳）与更靠近人类的动物（十二生肖

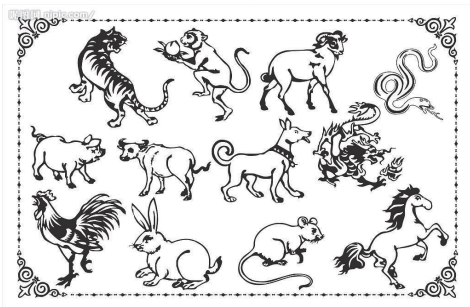


图 1.32 用十二种动物来表示一天的十二个时辰

图 1.32) 的活动结合起来，开始用十二地支来表示时间（时辰，现今的两个小时等于一个时辰），以夜半二十三点至一点为子时，一至三点为丑时，三至五点为寅时，依次递推。

子时夜半（鼠，鼠在这时间最活跃），又名子夜、中夜，十二时辰的第一个

时辰（23时至01时）。

丑时鸡鸣（牛，牛在这时候吃完草，准备耕田），又名荒鸡，十二时辰的第二个时辰（01时至03时）。

寅时平旦（虎，老虎在此时最猛），又称黎明、早晨、日旦等，此时是夜与日的交替之际（03时至05时）。

卯时日出（兔，月亮又称玉兔，在这段时间还在天上），又名日始、破晓、旭日等，指太阳刚刚露脸，冉冉初升的那段时间（05时至07时）。

辰时食时（龙，相传这是“群龙行雨”的时候），又名朝食等，古人“朝食”之时也就是吃早饭的时间（07时至09时）。

巳时隅中（蛇，在这时候隐藏在草丛中），又名日禺等，临近中午的时候称为隅中（09时至11时）。

午时日中（马，这时候太阳最猛烈，相传这时阳气达到极限，阴气将会产生，而马是阴类动物），又名日正、中午等（11时至13时）。

未时日昃（羊，羊在这段时间吃草），又名日跌、日央等，太阳偏西为日昃（13时至15时）。

申时晡时（猴，猴子喜欢在这时候啼叫），又名日铺、夕食等（15时至17时）。

酉时日入（鸡，鸡于傍晚开始归巢），又名日落、日沉、傍晚，意为太阳落山的时候（17时至19时）。

戌时黄昏（狗，狗开始守门口），又名日夕、日暮、日晚等，此时太阳已落山，天将黑未黑。天地昏黄，万物朦胧，故称黄昏（19时至21时）。

亥时人定（猪，夜深时分猪正在熟睡），又名定昏等，此时夜色已深，人们已经停止活动，安歇睡眠了。人定也就是人静（21时至23时）。

按照我国的哲学思维和宇宙观，天地（阴阳）相合达成五行（金



木水火土)而形成万物。所以,一天内的气象也匹配了它们的五行属性。如早晨因太阳出来而植物启动了生长,所以这时辰别名为“木”。到了中午太阳最旺盛,空气中、土地里灼热,所以这时辰别名为“火、金”和“火、土”。下午5点到7点最干燥,果实糖分最充足,这时辰别名为“金”。到了深夜12点,环境一切冷静,这时辰别名为“水”。

地支计时,每个时辰恰好等于现在的两个小时,后世(清代)又把每个时辰分为先“初”后“正”,使十二时辰变成了二十四段。现时每昼夜为二十四小时,在古时则为十二个时辰。当年西方机械钟表传入中国时,人们将中西时点,分别称为“大时”和“小时”。随着钟表的普及,人们将“大时”淡忘,而“小时”沿用至今。

古人说时间,白天与黑夜还有不同,白天说“钟”,黑夜说“更”或“鼓”。又有“晨钟暮鼓”之说,古时城镇多设钟鼓楼,晨起(辰时,今之七点)撞钟报时,所以白天说“几点钟”;暮起(酉时,今之十九点)击鼓报时,故夜晚又说是几鼓天。夜晚说时间也可以用“更”的,这是由于巡夜人,边巡行边打击梆子,以点数报时。全夜分五个更,第三更是子时,所以又有“三更半夜”之说。时以下的计量单位为“刻”,一个时辰分作八刻,每刻等于现时的十五分钟。旧小说有“午时三刻



图 1.33 犯人被砍头

开斩”之说,意即,在午时三刻钟(差十五分钟到正午)时开刀问斩(图 1.33),此时阳气最盛,可让阴气即时消散,那些罪大恶极的犯人,聚拢不起“阴气”,应该“连鬼都不得做”,以示严惩。皇城的午门阳气最盛,所以皇帝令推出午门斩首者,不计时间,也无鬼做。

刻以下为“字”,关于“字”,我国有些地区的人会说:“下午三点

十个字”，其意即“十五点五十分”。“字”，是“漏表”上两刻（度）之间的时间间隔。字以下又用细如麦芒的线条来划分，叫做“秒（不同于现在的秒）”；秒字由“禾”与“少”合成，禾指麦禾，少指细小的芒。秒以下无法划，只能说“细如蜘蛛丝”来说明，叫做“忽”；如“忽然”一词，忽指极短时间，然指变，合在一起意即在极短时间内有了转变。

《摩诃僧只律》卷十七中即有这样的记载：“一刹那者为一念，二十念为一瞬，二十瞬为一弹指，二十弹指为一罗豫，二十罗豫为一须臾，三十须臾为一昼夜。”

民间也有用“一炷香”“一盏茶”来计时的。一般认为一盏茶有10分钟，一炷香有5分钟左右。许多词语也可以用来表示时间，时间不大叫做“旋”，“俄尔”表示忽然间。“俄顷”“倾之”是一会儿，“食顷”功夫吃顿饭。“斯须”“倏忽”和“须臾”都表示瞬间，“少顷”“未几”和“逾时”，也是指片刻短时间。

2. 计时工具

“日出而作，日落而息”（图1.34）。这样看来我们的祖先把太阳作为最早的“计时器”。



图 1.34 日出而作，日落而息

不误农时是农业社会的基本准则，“悬象著明，莫大于日月”，每天出没的太阳就成了人们最早的时间标记物。同时人们观察到阳光下

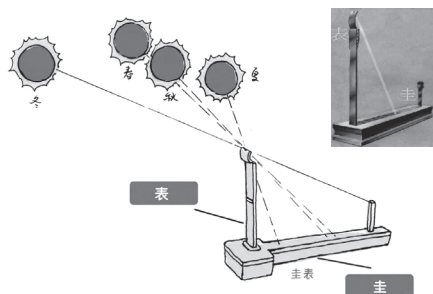


图 1.35 圭表

树影、房影的移动，就衍生出了“立竿见影”。一寸光阴一寸金，光阴怎么可以度量呢，不能，但影子可以！

人类最早使用的计时仪器就是利用太阳的射影长短和方向来判断时间的。前者称为圭表（图 1.35），用来测量日中

时间、定四季和辨方位；后者称为日晷（图 1.36），用来测量时间。二者统称为太阳钟。



图 1.36 日晷

太阳钟在阴天或夜间就失去效用。为此人们又发明了漏壶和沙漏、油灯钟和蜡烛钟等计时仪器。我国古代应用机械原理设计的计时器主要有两大类，一类利用流体力学计时，有刻漏和后来出现的沙漏；一类采用机械传动结构计时，有浑天仪、水运仪象台等。

圭表，由“圭”和“表”两个部件组成。直立于平地上测日影的标杆和石柱，叫做表；正南正北方向平放的测定表影长度的刻板，叫做圭。在不同季节，太阳的出没方位和正午高度不同，并有周期变化的

规律。于露天将圭平置于表北面，根据圭上的表影，测量、比较和标定日影的周日、周年变化，可以定方向、测时间、求出周年常数、划分季节和制定历法。所以圭表测影是中国古代天文学的主要观测手段之一。

日晷，又称“日规”，其原理就是利用太阳投射的影子来测定并划分时刻。日晷通常由铜制的指针和石制的圆盘组成。铜制的指针叫做“晷针”，垂直地穿过圆盘中心，起着圭表中立竿的作用，因此，晷针又叫“表”，石制的圆盘叫做“晷面”，安放在石台上，呈南高北低，使晷面平行于天赤道面，这样，晷针的上端正好指向北天极，下端正好指向南天极。在晷面的正反两面刻画 12 个大格，每个大格代表两个小时。当太阳光照在日晷上时，晷针的影子就会投向晷面，太阳由东向西移动，投向晷面的晷针影子也慢慢地由西向东移动（所谓顺时针，就是这样来的）。由于从春分到秋分期间，太阳总是在天赤道的北侧运行，因此，晷针的影子投向晷面上方；从秋分到春分期间，太阳在天赤道的南侧运行，因此，晷针的影子投向晷面的下方。

世界上最早的日晷诞生于六千年前的巴比伦王国。中国最早文献记载是《隋书·天文志》中提到的袁充于隋开皇十四年（公元 574 年）发明的短影平仪，即地平日晷。

刻漏，又称漏刻、漏壶（图 1.37）。漏壶主要有泄水型和受水型两类。早期的刻漏多为泄水型。水从漏壶底部侧面流泄，格叉和关舌叉上升，使浮在漏壶水面上的漏箭随水面下降，由漏箭上的刻度指示时间。后来创造出受水型，水从漏壶以恒定的流量注入受水壶，浮在受水壶水面上的漏箭随水面上升指示时间，提高了计时精度。

当时已认识到水温和空气湿度对刻漏计时精度的影响。漏刻的度数会因干、湿、冷、暖而异，在白天和夜间需要分别参照日晷和星宿核对。



图 1.37 我国出土的最早的刻漏和多层漏壶计时器

刻漏的最早记载见于《周礼》。已出土的文物中最古老的刻漏是西汉遗物，共 3 件，均为泄水型。其中以 1976 年内蒙古自治区（现鄂尔多斯）杭锦旗出土的青铜漏壶最为完整，并刻有明确纪年。

其他一些计时方法，如香篆、沙钟（沙漏）、油灯钟、蜡烛钟等。而最有名的当属东汉张衡制造的水运浑天仪和宋代苏颂制造的水运仪象台了。



图 1.38 浑天仪

浑天仪 张衡，东汉时期杰出的科学家，中国历史上最早制造浑天仪（图 1.38）的人。张衡的《浑天仪图注》是浑天说的代表作。他明确地指出了大地是个圆球，形象地说明了天与地的关系。从《晋书》中记载得知，张衡的浑天仪是一个直径约 5 尺的空心球，上面绘有二十八宿，中外星官以及互成 24° 的黄道和赤道，黄道上还标明二十四节气的名称。紧附于天球外的有地平环和子午环等。天体半露于地平环之上，半隐于地平环之下。天轴则支架在子午环上，其北极高出地平环 36° ，天球可绕天轴转动，这就是浑天仪的外部结构，它形象地表达了浑天思想。

张衡还利用中国古代机械工程技术的发展，把计量时间用的漏壶与浑象（图 1.39）联系起来，即利用漏壶的等时性，以漏壶流出的水为原动力，再通过浑象内部装置的齿轮系统等传动和控制设备，使浑象每天均匀地绕天轴旋转一周，从而达到自动地、接近正确地演示天象的目的。此外水运浑象还带动一个称作“瑞轮冥莢”的巧妙仪器，制成机械日历。“瑞轮冥莢”就像是一个水车，有 24 个水斗，通过它利用机械装置推动浑象仪一天 24 小时转动一周。传说冥莢是一种奇妙的植物，它每天长一片叶子，到月半共长 15 片叶子，以后每天掉一片叶子，到月底正好掉完。“瑞轮冥莢”就是依照这种现象进行构思，用机械的方法使得在一个杠杆上每天转出一片叶子来，月半之后每天再落下一片叶子来，这样就可以知道月相。



图 1.39 浑象仪

水运仪象台（图 1.40）宋代科学家苏颂于 1088 年制成。在机械结构方面，采用了民间使用的水车、筒车、桔槔、凸轮和天平秤杆等机械原理，把观测、演示和报时设备集中起来，组成了一个整体，成为一部自动化的天文台。

水运仪象台是一座底为正方形、下宽上窄略有收分的木结构建筑，高大约有 12 米，底宽大约有 7 米，共分为 3 层。上层是一个露天的平台，设有浑仪一座，用龙柱支持，下面有水槽以定水平。浑仪上面覆盖有



图 1.40 集实用性和机械
灵活性为一体的
水运仪象台

遮蔽日晒雨淋的木板屋顶，为了便于观测，屋顶可以随意开闭，构思巧妙。露台到仪象台的台基有 7 米多高。中层是一间没有窗户的“密室”，里面放置浑象。天球的一半隐没在“地平”之下，另一半露在“地平”的上面，靠机轮带动旋转，一昼夜转动一圈，真实地再现了星辰的起落等天象的变化。下层设有向南打开的大门，门里装置有五层木阁，木阁后面是机械传动系统。第 1 层木阁又名“正衙钟鼓楼”，负责全台的标准报时。木阁设有 3 个小门。到了每个

时辰的时初，就有一个穿红衣服の木人在左门里摇铃；每逢时正，就有一个穿紫色衣服の木人在右门里敲钟；每过一刻钟，就有一个穿绿衣服の木人在中门击鼓。第 2 层木阁可以报告 12 个时辰的时初、时正名称，相当于现代时钟的时针表盘。这一层的机轮边有 24 个司辰木人，手拿时辰牌，牌面依次写着子初、子正、丑初、丑正等。每逢时初，时正，司辰木人按时在木阁门前出现。第 3 层木阁专报刻的时间。共有 96 个司辰木人，其中有 24 个木人报时初、时正，其余木人报刻。例如，子正：初刻、二刻、三刻；丑初：初刻、二刻、三刻，等等。第 4 层木阁报告晚上的时刻。木人可以根据四季的不同击钲报更数。第 5 层木阁装置有 38 个木人，木人位置可以随着节气的变更，报告昏、晓、日出以及几更几筹等详细情况。5 层木阁里的木人能够表演出这些精彩、准确的报时动作，是靠一套复杂的机械装置“昼夜轮机”带动的。而整个机械轮系的运转依靠水的恒定流量，推动水轮做不间断的运动，带动仪器转动，因而命名为“水运仪象台”。

还有一些“因地制宜”的计时器，都很巧妙实用。

碑漏 碑漏（图 1.41）属辊弹漏刻的一种。在一个高、宽各 2 尺的屏风上，贴着“之”字形竹管。有 10 个约半两重的铜弹丸，计时者从竹管顶端投入铜弹丸，在底部有铜莲花形的容器，弹丸落入后砰然发声，这时再投入 1 丸，如此往复，据此计时。

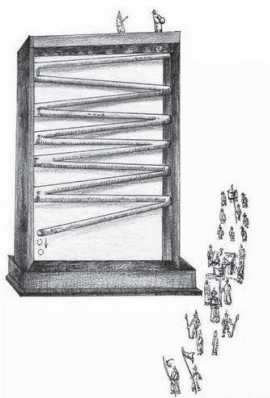


图 1.41 碑漏

香漏 知识改变命运一事古今皆同。因而寒门子弟萤窗雪案，暮史朝经，以求取功名。《南汇县续志》中记载：明末时，南汇县有一叶姓的寒门寡母教子读书，又恐幼子过于劳累，“尝以线香，按定尺寸，系钱于上。每晚读，则以火熏香，承以铜盘。烧至系钱处，则线断钱落盘中，锵然有声，以验时之早晚，谓之香漏（图 1.42）”。也就是说，这种装置除却目视，通过耳闻亦可知时刻，是一种简易的自动报时工具。香漏在古代的竞渡龙舟中也经常使用。

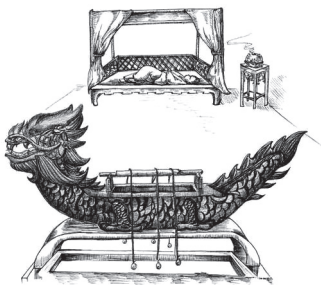


图 1.42 香漏

秤漏 秤漏（图 1.43）是一种官方使用的，供全城或全军营人使用的报时、守时装置。配圭表以校准，置于谯楼之上，并设有专人轮值测时、报时，通过钟铎、鼓、角等设备将时间播送至全城。

田漏 每年四月上旬，谷苗尚嫩、野草遍布，耕耘的人们就全部出动。几十上百人为一曹，安置一个田漏（图 1.44），用击鼓的方法指挥群众。具体为选两个德高望重的人，一人敲鼓发布号令，一人看钟漏掌握时间。歇晌吃饭、出工收工，都听从此二人指挥。鼓声响了还

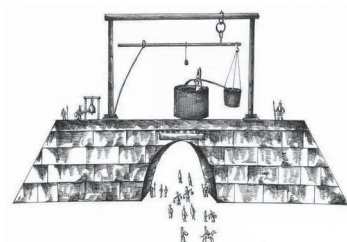


图 1.43 秤漏

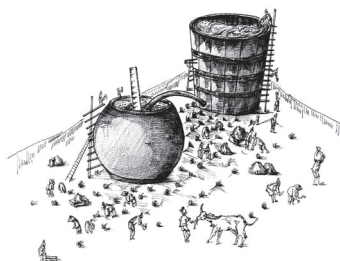


图 1.44 田漏

没到，或者到了却不努力劳作，都要受到责罚。到了七月中旬，稻谷成熟而杂草衰败的时候，就把鼓、漏收回。

3. “跳秒”科技与自然的结合

跳秒（图 1.45）也称闰秒，它的作用就像是弥合农历和公历之间的不协调而使用的“闰月”一样。是指为保持协调世界时接近于世界时时刻，由国际计量局统一规定在年底或年中（也可能在季末）对协调世界时增加或减少 1 秒的调整。由于地球自转的不均匀性和长期变慢性（主要由潮汐摩擦引起的），会使世界时（民用时）和原子时之间相差超过到 ± 0.9 秒时，就把协调世界时向前拨 1 秒（负闰秒，最后一分钟为 59 秒）或向后拨 1 秒（正闰秒，最后一分钟为 61 秒）；闰秒一般加在公历年末或公历六月末。如果正闰秒，则这一秒是被加在第二

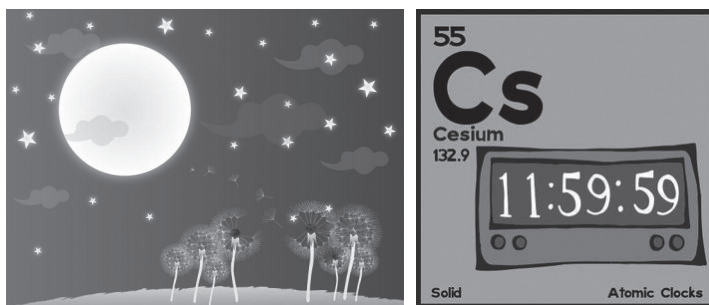


图 1.45 跳秒

天的 00:00:00 前的。当决定加入正闰秒的时候，当天 23:59:59 的下一秒当记为 23:59:60，然后才是第二天的 00:00:00。如果是负闰秒的话，23:59:58 的下一秒就是第二天的 00:00:00 了。

目前，全球已经进行了 27 次闰秒，均为正闰秒。最近一次闰秒在北京时间 2017 年 1 月 1 日 7 时 59 分 59 秒（时钟显示 07:59:60）出现。这也是 21 世纪的第五次闰秒。

如果不增加闰秒会有什么影响呢？按照世界时与原子时之间时差的累积速度来看（43 年减慢了 25 秒），大概在七八千年后，太阳升起的时间可能会与现在相差 2 个小时了，本来中午 12 点太阳当头照，而七八千年后就要下午 2 点太阳才当头照了。

世界协调时的依据是地球自转，而地球的转速是越来越慢，相比几亿年之前，慢了很多（据估算，每过 35 000 年，地球上一天的长度就会增长 1 秒钟）。自转变慢主要是潮汐作用的影响，也有一些因素会使得地球自转变快，比如，2010 年 2 月 27 日，智利发生里氏 8.8 级地震，并且引发了海啸。将地球上每一天的时间缩短了大约 1.26/1000000 秒（1.26 微秒）。当然，这个量级是太小了，不足以产生什么明显的效果。

实际上，地球的自转是很不规则的，有长期减慢、周年、半年、季节性变化等。

我们知道，地球绕太阳公转的轨道并不是均匀的圆形，而是椭圆形。椭圆形的轨道有两个焦点，而太阳只处于其中一个，根据开普勒定律，相等的时间内扫过相等的面积，这样，地球在相等的时间里走过的轨道的长度其实是不一样的，这造成地球离太阳的距离总是变化的，而地球离太阳的远近，会影响两者之间的力量对比（引力变化），从而影响地球自转的速度。



地球本身不是一个正球体，而是一个近似梨形的扁球体，球体内的物质分布不均匀，造成其转动过程中的不规律性。

地球的地轴与太阳之间有个角度，是“歪着脖子”转动，因为这个夹角，太阳会产生一种想要纠正它的拉力，想使其垂直转动，但实际上并不可能，地球会产生一种反拉力，使得地球在自转过程中像陀螺一样转动，在每年都会产生岁差，虽然看似可以忽略，但是每26 000年，这个误差就有一圈。

地球这么“不老实”，也许就会有人说：我们可以完全按照原子时生活呀！真的那样了，人类生活的时间将与大自然的内在规律慢慢地分离。就像有人描述的那样：“作为科技进步的产物，全面采用原子时，意味着人们可以完全摆脱地球自转与日月更替，孤独地奔跑在向前的路上。”

也有人说，新世纪才过去17年就调整了5次了，是不是有点太频繁了，改为“闰分钟”吧！我们只想问一句，多给你的生命加了5秒，你有感觉吗？

1.3.2 月圆月缺谈谈“月”

除去光芒四射的太阳，天空中最引人瞩目的就是月亮了。月圆月缺，云中出没，既规律又神秘，是带给了人类“月”的印象。

1. 中国人的月亮情怀

魄依钩样小，扇逐汉机团。细影将圆质，人间几处看？

——《月》【唐】薛涛

移舟泊烟渚，日暮客愁新。野旷天低树，江清月近人。

——《宿建德江》【唐】孟浩然

你随便问一个中国人：中秋节为什么吃月饼，他都能给你讲出关于