

中外科学家发明家丛书

张衡



中国国际广播出版社

655

H

44.655-
ZH
53B-7.

中外科学家发明家丛书

张 衡

张 蕾 编著

目 录

小引	(1)
一、游学长安和洛阳	(1)
二、早期的文学创作	(4)
三、潜心研究学问	(6)
四、天文学上的光辉成就	(10)
五、浑天仪的创制	(14)
六、博学多能、全面发展的科学家	(19)
七、发明了地动仪	(23)

八、反对黷纬的斗争	(30)
九、“猗猗秋兰”咏晚年	(37)

小 引

1800 多年前(公元 117 年),一台利用水力推动自动运转的大型天文仪器——“水运浑象仪”在东汉的京都洛阳制造成功了。这台仪器的主体是一个大空心铜球,上面布满了星辰,球的一半隐没在地平圈下面,另一半显露在地平圈上面,就象人们看到的天穹一样。仪器靠漏壶流水的力量推动齿轮系,带动铜球(浑象)缓慢地运转着,一天旋转一周。到了晚上,人们从仪器上可以看到星辰的起落,和实际天象完全相同。仪器的表演在当时引起了极大的轰动。

时隔 20 年(公元 138 年),安置在京都洛阳的一台仪器——“地动仪”突然传出了清脆高亢的声响,一枚铜球从仪器上的一条龙嘴里吐落出来,掉落在下面准备承接的铜制蟾蜍口中,准确地报告了西方千里之外发生的地震。这架在我国历史上首创发明的仪器,就是杰出的科学家张衡创造的地动仪。在地动仪出现 1700 多年以后,欧洲才有了类似的测报地震的仪器。我国历史上正式记载地震,就是从地动仪出现以后开始的。

一、游学长安和洛阳

张衡,字平子,东汉章帝建初 3 年(公元 78 年)出生于南阳郡西鄂县石桥镇(今河南省南阳市城北 50 里)一个没落的官僚家庭。张衡的祖父张堪是地主官吏,曾任蜀郡太守和渔

阳(今河北省冀县一带)太守。张堪为官清廉,在当时贪污盛行的官场中,他不象别的官僚那样搜刮民财,因而也没有什么积蓄。张氏家族在当时的南阳是著名的大族。张衡的父亲很早便去世了。张衡幼年的时候,家境已经衰落,有时甚至还要靠亲友们的救济。

贫困的生活激励张衡自幼好学。张衡的思想开阔,不喜欢受传统观念的束缚。当时一般士大夫人家子弟,都必须读《诗经》、《礼记》等儒家经典。张衡少年时也熟读过这些书,但他认为经书太束缚人们思想。张衡最喜爱的是文学,对当时著名的司马相如、杨雄等人的作品,都曾经下过一番功夫。他不仅能深刻地理解,而且还能背诵。10多岁时,张衡已经读了很多书,文章也写得很好了。他不满足这种闭门诵读的生活,渴望到外面去开阔眼界,寻求书本以外的知识。

和帝永元6年(公元49年),刚满17岁的张衡便怀着远游的志愿,离开家乡,踏上了游览名都大邑、求师问业的旅途。张衡游历的目的不是为了寻求功名。因而,他离开家乡后没有先去京都洛阳,而是去了汉朝的故都长安。长安城周围的地区号称“京兆”,加上长安附近的“左冯翊”和“右扶风”合称三辅。京兆管理的地区相当于今陕西秦岭以北、西安市以东、渭河以南一带地方;左冯翊管理的地区为今渭河以北、泾河以东、洛河中下游一带地方;右扶风管理的地区相当今秦岭以北、泾河及西安市以西一带地方。三辅在西汉时是全国最富庶的地区,也是最高学府的所在地。张衡两年间游览了三辅名山大川,考察当地的民俗、物产和历史古迹,尤其对长安近郊的宫阙规模、市井制度、远近商贾(gǔ)货财的聚散、豪富王

候的故事等等,都有比较深切的认识。三辅的游览使张衡积累了丰富、新鲜的文学素材,张衡在安帝永初元年(公元107年)写成的《二京赋》(包括《西京赋》和《东京赋》),多数素材都来自这次游历。

永元七年,张衡到了洛阳。他在洛阳住了5、6年,但没有结交贵族豪门,奔走钻营,也没有进当时最高的学府——太学,去专门师从某一经师钻研一门经学。汉朝的太学以钻研经学为主。青年儒生欲图仕途之路,必需钻研经义。但太学不是一般青年可以随意进入的,除具备一定年龄条件外,还需得到县令的推荐,郡太守的考察。张衡虽多才多思,但是未经郡太守的选送,是不可能作太学的正式弟子的。所以,张衡在京师仅是时常到太学里去参观或去拜访各家经师,向他们虚心求教;另一方面,张衡也可以不受拘束地多闻博学。由于他虚心好学,勤奋努力,进步很快,达到了贯通五经、六艺的地步,成为学识比较渊博的学者。《后汉书·张衡传》中曾描述当时的张衡“虽才高于世,而无骄尚之情。常从容淡静,不好交接俗人”。张衡的学识已经被很多人所赏识。永元年间(公元89—104年),地方上曾经推举他做“孝廉”,但他不肯应命;朝廷屡次招聘他去公府做官,他也一律回绝。

张衡在洛阳结识了不少朋友,这些人都是和他志趣相投的著名学者和优秀青年,如著名的词赋家马融、贤士窦章、政论家王符、学者崔瑗等。在这些朋友中,崔瑗对张衡的影响最大。崔瑗对于天文、数学、历法有精深的研究,他们经常在一起研究问题,交换心得,交情也最深。这对于张衡以后研究天文、历数等科学并获得巨大成就有很大影响。

二、早期的文学创作

张衡在三辅一带游历的时候，骊山优美的风景，尤其是引人入胜的骊山温泉深深吸引了他。在此期间，他写了著名的《温泉赋》。《温泉赋》是张衡早期的文学作品，在这篇文章中，他反复赞美温泉一带的景物，歌颂了“汤谷”的优美，春水的清新。这篇《温泉赋》一直保存到现在，可惜里面有几段文章已经残缺不全了。

张衡在洛阳居住期间，他的学业和文学创作水平都有了很大提高。在此期间，他写了不少优美的辞赋，如《定情赋》、《同声歌》、《扇赋》、《七辩》等。这些作品大部分没有留传下来，我们今天只能看到残存的几十字或几百字。但是，从这些一鳞半爪的文句中，我们仍可以看出他很高的文学才能，体会到他的真挚情趣。

家境的贫寒使张衡无法在洛阳久留。张衡当时已有 20 多岁，如果长期留在京城，不谋一个职业是无法维持生活的。恰巧有一位黄门侍郎鲍德调到南阳郡去当太守，他素来仰慕张衡的才华，又因张衡是南阳郡人，所以他多方设法邀请张衡回南阳郡帮他办理郡政。张衡素闻鲍德的品学很好，又因自己生活上有了困难，也想顺便回到家乡看看，因而答应了鲍德的要求，做了鲍德的助理——主簿官。当时张衡 23 岁。

主簿官的职务主要是办理文件，不直接处理行政事务。以张衡的才能，担任这项工作自然就比较清闲。张衡便在公余时间，积极从事文学创作。他利用在游历三辅和洛阳时收

集到的材料，花了 10 年功夫，于公元 107 年写成了他的著名作品——《二京赋》。随后又写成了《南都赋》。

《二京赋》由《西京赋》和《东京赋》两部分组成，长达五、六千字。这篇文章，他写了又改，改了又写，又不断补充。《后汉书·张衡传》中说他“精思博会，十年乃成”，由此可见张衡对待写作的态度是十分严谨的。《二京赋》内容繁富，体制雄伟，在形式上模仿班固的《两都赋》。据说张衡曾研读过《两都赋》，觉得不很满意，便下决心“更造”《二京赋》。

张衡写《二京赋》的时候，东汉的政治局面比较稳定，社会经济已有很大发展，国力也处于强盛阶段。但尽管如此，在官僚、地主等剥削阶级的压迫下，百姓的生活仍然困苦，而统治阶层的生活依旧奢侈糜烂。张衡在《二京赋》中，除了颂扬当时东汉国势的昌盛以外，还以很大的篇幅无情揭露和讽刺了当时京师中帝王贵族“取乐今日，遑恤我后，既定且宁，焉知倾陨(zhì)”的腐朽寄生生活。在《西京赋》里，张衡以凭虚公子做为反面代表，通过写凭虚公子大谈汉朝皇帝宴会和狩猎的情形，披露了封建统治者纵情享乐，铺张浪费的豪奢生活和腐朽思想。他在《东京赋》里以安处先生做为正面代表，提出了自己的政治见解和积极建议。张衡认为官僚、贵族都以压榨老百姓来取得自己的享受快活，却忘了百姓们会把他们当作仇敌看待；他们不惜毁坏武器供自己玩乐，但却忘掉了老百姓也会起来反抗而使他们感到忧虑。张衡以水能载运又能翻沉船只的道理，讽谏统治者不要奢侈荒淫得太过分了，倘若过度劳民伤财，激起人民的怨怒和暴动，那末自己这只船就会被人民力量的洪流所覆没。张衡这些比较清醒的政治主张在当时

是具有一定的进步意义的。

张衡在南阳郡任主簿期间,也做了一些对民有益的事。他利用南阳郡较好的农业基础,帮助鲍德兴修水利,发展农业生产,使得南阳郡在各地连年灾荒的时候还能获得丰收。南阳郡的郡学学舍荒废了多年,张衡劝鲍德加以修理和重建。在学舍修建完成时,鲍德邀请了当地的儒家学者来参加典礼,举行宴会。张衡曾写了一篇《南阳文学儒林书赞》,来纪念这次盛会。在张衡的积极努力下,南阳地方的教育事业也蓬勃发展起来。张衡在后来完成的《南都赋》里曾生动地描绘了南阳郡的繁荣景象,反映了当时的社会面貌,人民生活情况和民间的风俗习惯。《南都赋》不仅是一部优秀的文学作品,也为研究当时社会情况提供了宝贵的资料。

鲍德在南阳郡当了9年太守,汉安帝永初2年(公元108年)被调到京师去,升任大司农,负责管理国家田赋税收。张衡没有跟鲍德同去京师,他辞去了南阳主簿的职位,回到家乡,专心钻研学问。

三、潜心研究学问

张衡住在家里研究学问的期间,有个叫邓骘的,依仗着姐姐邓太后的势力,做了大将军。为了巩固自己的地位,他网罗了一些社会上的名流学者做自己的幕僚和朝官。邓骘对于鼎鼎大名的张衡自然设法罗致,因而多次征召张衡到他那里去做官,张衡都坚决谢绝了。张衡不慕虚荣,淡于名利,洁身自好,他是不肯与那些过着奢侈淫逸生活的达官贵人同流合污

的。张衡曾在《应间》篇中表明了自己的态度：“不患位之不尊，而患德之不崇；不耻禄之不伙，而耻智之不博”。就是说，不能追求个人的名誉、地位和待遇，而应该严格要求自己，使自己的道德高尚，知识渊博。

张衡住在家里，专心进修学业，在此期间，他开始研读当代文豪和哲学家杨雄著的《太玄》。杨雄是西汉末年倾向于古文经学的哲学家，也是当时著名的文学家和语言学家。杨雄擅长辞赋和文字学，他主张辞赋的内容应具有教育和劝导的作用，否则写作赋只能称作是“童子雕虫篆刻”的小技而已，而那决非“壮夫”应做之事。杨雄的哲学著作有《法言》和《太玄》两部。《太玄》的体裁模仿《易经》，杨雄把《太玄》看作是自己的精心杰作。当时著名的古文经学家刘歆看了《太玄》后，曾对杨雄说：“空自苦！今学者有禄利，然尚不能明《易》，又如《玄》何？吾恐后人用覆瓿也。”意思是告诉杨雄人们都不会去读《太玄》，《太玄》将来只好被当作废物去盖酱罐。后来班固在《汉书·杨雄传》里也说，杨雄死后，他的《法言》很流行，而《太玄》却很少有人去理会它。

当张衡研究《太玄》时，杨雄去世已将近一百年了。张衡费了很多功夫，详细地分析和研究《太玄》，在精读过程中，他还写了《太玄经注解》并绘制了《太玄图》。《太玄经注解》和《太玄图》是张衡研究《太玄》的成果，其中也必然反映了张衡的一些哲学思想，可惜他们都没有留传下来，使我们现在无从评论。

幸亏杨雄的《太玄》留传至今，从中我们还可以寻找到张衡所受的思想影响的根源。侯外庐先生曾在《中国思想通史》

中指出：“杨雄所谓‘玄’与老子的‘道’同样，从玄妙莫测上而言，是超感觉的范畴，但同时又都是规定着万物的发生、运动及其秩序的最高原动力。”《中国思想通史》根据对《太玄》中各篇内容的分析，认为“杨雄的世界观是由唯物主义因素和唯心主义因素所奇妙结合的二元论的体系”，更认为“杨雄的思想，一方面摄取《周易》和《老子》的理论，并杂以阴阳家的神秘主义（历数），而铸成其二元论的世界观”。

张衡在细心研读了《太玄》后，曾几次特地写信给好友崔瑗说：“以其（《太玄》）满泛，故时人不务此。”意思是说《太玄》内容太杂，所以当时的人不肯费功夫去钻研它；“披读《太玄》，知子云（杨雄）特极阴阳之数也，……非特传记之属，乃实与五经似。……竭已精思，以揆其义，更使人难论阴阳之事。”在张衡的晚期作品《思玄赋》中，张衡也说道：“仰先哲之玄训兮，虽弥高而弗违。”“结典芟而为诂兮，殴儒墨以为禽；玩阴阳之变化兮，咏雅颂之徽音。”“回志竭来从玄谋，获我所求夫所思。”从以上所引张衡的话中，我们可以看出，张衡在学术思想上企图融合儒、墨、道、阴阳各家的学说，一同归纳到所谓的“玄训”或“玄谋”里。由此可见，杨雄的哲学思想对张衡的影响是很深的。这种影响在张衡的重要天文学著作《灵宪》中也有明显的反映。

张衡通过钻研《太玄》，也接触到了我国古代历史上的唯物论和无神论。例如《太玄经·玄莹篇》里说：“夫作者贵其有循而体自然也，其所循也大，则其体也壮；其所循也小，则其体也瘠。……故不攫所有，不强所无。譬诸身，增则赘而割则亏。……其可损益欤？”关于这段话，《中国思想通史》中解说

道：“是知在杨雄看来，唯有从客观世界出发，世界观才有根据，才可成为伟大的体系。”其次，“自然是独立于人类意识而存在的客观实在，一切的学说，只有契合于自然的本质，才能成为真理，如果出于主观的歪曲，即或‘攫’自然所本有，或‘强’自然所本无，而妄事增减，则非‘赘’即‘亏’，皆是错误。这两点在基本的精神上，都是唯物主义世界观的命题。”《太玄》里的这种唯物主义因素，启发了张衡去探求自然真理。

本来，在《太玄》里面就涉及好多有关天文、历法和算术方面的知识，这些都进一步启发了张衡研究自然科学的兴趣。杨雄在《太玄》中所提出的难盖天八事，是对盖天说错误思想的彻底批评，在社会上有很大影响。张衡能够在后来成为两汉时代最重要的浑天家，杨雄对他的影响可能也起到了相当大的作用。这使得张衡逐渐由文学创作转到对哲学的深入研究，转向对宇宙现象的执着探索，而终于在天文历算等方面获得了巨大的成就。

除专心研读《太玄》，张衡对于墨家学术也极为重视。《墨子》书里保存有我国古代劳动人民关于自然科学知识的珍贵资料。对于转向研究自然科学的张衡，自然也就对《墨经》极感兴趣。我们曾引证张衡《思玄赋》：“结典茝而为否兮，啜儒墨以为禽”，正表明他对于儒学和墨学是同等看待的，要同样加以研究，多方面吸取养分，为他以后所从事的科学研究打下坚实的基础。在东汉中期儒家经典盛行的情况下，张衡把儒墨并提，这显然是政治上的异议，学术上的争鸣，这在当时是极为罕见的。

张衡研究学问的态度是非常严肃认真的，对于大小问题，

他都不轻易放过，一定要弄个明白才肯罢手，并且有恒心，有毅力。崔瑗曾称赞他研究学问的态度，象大江里的水一样，日夜奔流，片刻不停。这也是张衡能够在学术上获得巨大成功的重要原因之一。

四、天文学上的光辉成就

永初5年(公元111年)，张衡34岁，他被安帝特征再度来到长安。这一年，安帝下令要全国各地的地方官保举有学问和通达政教的人。汉安帝平素常听人称道张衡精通天文、历法，于是特征他到京都，任命他为郎中。郎中是汉朝尚书台的低级官员，任务是“主作文书起草”。担任郎中，使张衡有机会阅读了许多平时难得见到的书籍。他利用官务余暇，进一步研究诸家学术，充实自己的知识，不断提高学术水平。

安帝元初元年(公元114年)，张衡升任做尚书侍郎。由于学识渊博，次年(公元115年)又被调任做太史令。太史令是汉朝中央管理“天时、星、历”的主任官员。它所属官员，有太史丞、明堂丞、灵台丞各一人，太史待诏和灵台待诏各数十人，分掌历法、观测日月星辰、候望风雨气象、调理钟律等事务。太史令管理的项目虽然很多，但主要项目是天文。担任太史令一职为张衡进一步研究天文历算提供了更加方便的条件。

张衡担任太史令的时间先后达14年之久，在此期间，他精心地钻研天文学，坚持不懈地观察日月星辰，努力探索它们的运行。他把研究的成果写成了一本书——《灵宪》。

《灵宪》是我国第一部重要的天文学理论著作。在这部论述非常详尽明了的著作里，张衡科学地、全面地阐述了天地的生成、结构、日月星辰的本质和运动。下面主要从《灵宪》的科学内容入手，概括地介绍张衡天文学方面的几项伟大成就。

张衡认为天地的生成是按照事物本身的客观规律发展形成的。他将天地的生成分为三个阶段：第一阶段称作“溟涬”，即早就存在的几何空间，“厥中惟灵，厥外惟无”，整个空间一片沉寂，什么物质都没有。但是，存在着宇宙万物变化发展的规律；有了这个基础，就能无中生有。这时首先产生的是各种不同的物质性的气，互相混合在一起，不断地运转，浑沌不分，此为第二阶段，称作“宠鸿”；又经过很长时间，这团元气清浊逐渐分开，天在外面形成了，地在里面定下了。天地构合精气，生育出万物来。此为第三阶段，称为“天元”。于是，在天上形成了各种天体，地上产生了万物。

张衡的天体演化思想在我国上古时代是具有代表性的，它在我国古代哲学界有广泛的影响。这种天体演化思想最早在《易·系辞》中就有记载：“易有太极，是生两仪，元气已分，天地设位，清浮升乎上，沉浊居乎下，阴阳以之而变化，寒暑用此而相推。”《老子》一书对一体演化也有一段简略的描述：“有物混成，先天地生，寂兮寥兮，独立不改，周行而不殆，可以为天下母。”《淮南子·天文训》中也有相似的阐述。张衡吸收了前人的先进思想，在《灵宪》中更系统地阐述了这种天体演化思想。这种思想在当时有重要的进步意义的。它从物质运动变化本身来说明宇宙的形成过程，这就否定了盘古开天辟地的无稽之谈，也是对天不变道亦不变的反动天命论的有力批

判。

张衡关于行星运动规律的认识也是十分卓越了。《灵宪》中说：“凡文耀丽乎天，其动者七，日月五星是也。周旋右回，天道者贵顺也。近天则迟，远天则速。行则屈，屈则留回，留回则逆，逆则迟，迫于天也”。张衡认为，各行星视运动的快慢不同，但有其共同规律可循。即视运动的快慢决定于该天体离开地球的远近。这是一个普遍的规律。当时，日月五星的恒星周期已经掌握得相当精密了，因此，张衡很清楚地知道日月五星与地球的距离各不相同，按顺序排列应为月、水、金、日、火、木、土。月亮为27天多运行一周，水星要近90天，太阳要一年，而运动最慢的土星则需要30年。由此可以推想，众恒星的相对位置并非不变，只是它们距离遥远，难以发现它们在移动而已。根据这一认识，张衡还将日月五星分为两类，运动快的称为月类，属于阴性，离地近；运动得慢的称为日类，属于阳性，离地远。由此可见，张衡当时对行星运动已有相当的科学认识，这在世界天文学发展史上应该是一项值得称道的重要发现。

张衡在《灵宪》中清楚地说明了月亮本身并不发光，而是反射太阳光。他说：“夫日譬犹火，月譬如水，火则外光，水则含景。故月光生于日之所照，魄生于日之所蔽，当日则光盈，就日则光尽也。”他形象地把太阳的和月亮比做火和水，火能发光，水能反光，并指出月光的产生是由于日光照射的缘故，有时看不见月光，是因为太阳光被遮住了。他这种见解在当时是十分新鲜和正确的。同时，张衡还进一步解释了日、月食发生的原因。他说：“当日之冲，光常不合者，蔽于地也，是谓

暗虚。在星则星微，遇月则食。”这段话的意思是：“望月”的时候，应该能看到满月，但是有时看不到，这是因为日光被地球遮住的缘故。他把地影遮住的暗处叫做“暗虚”，月亮经过“暗虚”便发生月食，精辟地阐述了月食的原理。至于“在星则星微”一句，说是星星碰上“暗虚”就隐而不见了。现在看来这种说法是不正确的，此为张衡的不足之处；对于日食的成因，张衡解释为当日月相合时，月在内，日在外，月挡住了太阳射向地球的光亮，所以就发生日食。我国古代对于日、月食发生规律的认识是很早的，《诗经·小雅》就有“彼月而食，则准其常”的记载。战国时的石申已经意识到日食与月亮有关；对于月食发生的周期在《史记·天官书》中首次提出，“凡百一十三月而复始。故月食，常也。”《三统历》也算出了一百三十五月有二十三交的交食周期，从此，我国开始了预报日、月食的历史。但是，从理论上详细对日、月食发生的原理作出科学的解释，则始于张衡。

此外，张衡在《灵宪》中还算出了日、月的角直径，记录了在中原洛阳观察到的恒星 2500 颗。《灵宪》中说：“中外之官，常明者百有二十四，可名者三百二十，为星二千五百，而海人之占未存焉。”据现今天文学家统计，以肉眼能看到的六等星为止，总数约 6000 颗，而在同时间同一地方所能看到的星，也不过 2500 颗左右，可见张衡的观察是比较精确的。

张衡在天文学上这种创见和发现，在今天看来，虽然并不稀奇，而且还有不科学之处，但在 1800 多年前科学水平还很低的情况下，张衡能有这样的见解，这就使我们不能不惊异他大胆的创见和卓越的智慧了。以张衡和世界各国同时代天文

学家相比,他也是最杰出的一个。这是值得我们骄傲的。

五、浑天仪的创制

我国是世界上天文学发达最早的国之一,我们的祖先经过对天象的长期观测和研究,到汉朝时,关于天体运动和宇宙结构,已经先后出现了几种不同的学说,其中有代表性的是盖天说、宣夜说和浑天说三个学派,它们的思想渊源有的可以追溯到春秋战国时代。

盖天说创立最早,成书于公元前一世纪的《周髀算经》便是这一学派的代表作。其中论述道:天与地是平行的。天象盖笠,地象棋盘。天在上,地在下,日月星辰都附在天盖上。盖不停地运动,因而日月星辰也在转动,从而把地球的自转说成是天盖的转动。用盖天说来解释天的视运动,已被越来越多的天文观测事实所否定。只是由于古人活动范围狭小,科学水平低,所以一般人较易接受这种直观的盖天说,以至于在西汉仍然流行。

浑天说是西汉中期新兴的一种学说。浑天说认为天是浑圆的,日月星辰会转入地下。这种学说把天比作蛋壳,地比作蛋黄,地包含在天内,日月星辰都在蛋壳上不停地转动。这种说法虽不是很恰当,但用浑天说的理论就能较客观地解释夜晚看不到太阳的现象,这种学说也逐渐为人们所接受。

宣夜说由东汉前期的郗萌作了系统的总结和明确的表述。他指出“日月众星,自然浮生虚空之中,其行止皆须气焉”,这就是说日月众星不是附着于天体的,而是悬浮在宇宙