

# 张衡的科学思想与技术实践

李啸虎

张衡(公元78-139年)是中国东汉时期的大科学家、大文学家和名画家,一个在诸多领域都有杰出贡献,博学多能,全面发展的学者。张衡在中国和世界科学技术史上占有光辉的一席,向来深受海内外的敬仰和缅怀。值此迎接张衡第1920周年华诞纪念之际,深入研究和发扬光大张衡的科学技术思想与精神,对提高民族自豪感和民族自信心,实现四个现代化的宏伟蓝图,无疑有重大的现实意义和深远的历史意义。

张衡字平子,章帝建初三年出生于南阳西鄂(今河南省南阳县石桥镇)一个官僚家庭。张衡年幼时,家境已渐见衰落,有时还得靠亲友接济。但这显然对他的成长有好处,既磨炼了他的意志,又使他贴近了底层。他自幼志高力行,又生活在素有“南都”之称的经济文化发达的南阳地区,无疑为他后来从事文学和科学事业提供扎实的基础和良好的熏陶。

17岁始,张衡离乡游学,遍访天下。和帝永元十二年(100),回乡出任南阳太守鲍德的主簿,掌管文书。安帝永初二年(108),鲍德调任,张衡去职归家,闭户研讨阴阳、天文和历算诸学,三载足不出户。其间,深受扬雄《太玄经》影响。因声名大振,永初五年(111),应征进京,历任郎中、尚书侍郎、太史令、公车司马令等低中级官职。其中,自元初二年始,两度任主管天文历法气象及计量、音律等诸事务的太史令,前后凡十四年。这是张衡科学研究

生涯的主要时期。

汉顺帝永和元年(136),因遭宦官忌恨,调离京城赴任河间王刘政之相。到任后,“治威严,整法度”,视事三年,惩办豪强奸党,清冤狱释无辜,深得百姓拥戴。永和四年,张衡悲叹“天下渐弊”而无回天之功,请求告老还乡,顺帝不准。同年溘然去世,享年仅六十一岁。

张衡在科学技术方面的成就,涉及天文学、地震学、机械学、数学等诸多领域。张衡的挚友、文学家和书法家崔瑗(78-143)为他写的墓碑中,高度概括了他们这方面的成就:“数术穷天地,制作侔造化。”据《后汉书·张衡列传》记载,他身后留下科学、哲学和文学著作凡三十二篇,绘画不少,可惜今大部已佚。传世学术著作,主要是《灵宪》《浑天仪注》等。1956年,郭沫若在其新立的墓碑上题词赞颂:“如此全面发展之人物,在世界史中亦所罕见。万祀千龄,令人景仰。”这也是历史和人民对他的高度评价。

## 浑天学说,自成系统的宇宙结构与演化模型

汉代论天有三家:盖天说、浑天说和宣夜说。它们的思想渊源都可以追溯到春秋战国时期。张衡是浑天说的集大成者,其宇宙体系的基本观点和框架,集中体现于《灵宪》,以及

张文青:《张衡年谱》,上海商务印书馆,1935年。  
《浑天仪注》是否张衡之作,学术界有争议。陈久金认为非张衡所作,见《社会科学战线》,1981年(3);  
陈美东为张衡所作辩,见《中国天文学史文集》第五集,科学出版社,1989年。

者,宇也;有长而无本剽者,宙也。”) 还说,与宇宙的广袤相比,天地虽大也不过是一颗小米;同更微小的东西相比,毫末虽小也会大如山丘。但是,有限无限问题,向有争论。

扬雄是主张宇宙有限论的代表。他在《太玄经·玄》中提出了“察性知命,原始见终”的任务,要追溯宇宙的开始和终结。其基本观点是:“阖天谓之宇,辟天谓之宙。”也就是说,把天地相合浑沌未分叫做宇,天地开辟有了古今的区别就叫做宙。其思想和现代宇宙学的大爆炸模型在终极本质上似乎不谋而合。

张衡熟读《太玄经》,深研的结果却站到了庄子一边。他同庄子一样,严格区分天地宇宙的概念,并将天地有限与宇宙无限同时并论。张衡浑天说尽管坚持认为天有一个透明的硬壳,但并不认为“天球”壳层就是宇宙边界。他认为硬壳之外还有世界,即天之外的宇宙在时空上是无限的。时间上无始无终,空间上无边无际。张衡认为,恒星和日月五星都是依附于天球,随天一起运动的,至于天外还有什么,他说不知道。“过此而往者,未之或知也。未之或知者,宇宙之谓也。”但他认为有一点是肯定的:“宇之表无极,宙之端无穷。”《灵宪》的宇宙论与《太玄经》的宇宙论针锋相对,而宇宙无限论同现代的辩证唯物主义哲学相一致。张衡的固态天壳被尔后兴起的宣夜说所否定,但其宇宙无限的思想却为宣夜说的宇宙无限观念奠定了基础。

### 3. 宇宙的起源和演化观

强调宇宙并非恒古不变,而是有着产生和演化的过程,是中国古代宇宙论的传统思想。在这点上,与西方传统的机械论的“宇宙不变论”大相径庭,而与现代宇宙学的演化模型殊途同归。张衡的宇宙演化思想,其渊源是《易传》中的阴阳学说和老子的天道观,并受到扬雄《太玄经》的深刻影响。一方面,他否定了“天不变,道亦不变”的“宇宙不变论”;另一方面,又反对把天人格化,排斥了上帝的地位,从而和汉代官方的有神论宇宙观的“天命

论”相对立。

《灵宪》把宇宙演化分成三个发展阶段:道根、道干和道实。根、干、实的说法显然是类比于植物的生长,是机体论宇宙观的生动写照。张衡接受了老子“道法自然”的思想,把宇宙演化看成是由道所支配而运动的过程。但他并不象老子那样把道看成是虚玄微妙、超乎感觉的宇宙本体,而是继承了道家中的宋钘和尹文一派的元气学说,把宇宙万物的本原归结为物质性的“气”。在张衡看来,宇宙演化是气循着道的制约和支配而变化的过程。

张衡认为,宇宙演化就是气的演化。《灵宪》里说,宇宙的第一阶段称为“溟滓”,乃道之根。宇宙间弥漫着一派无形无色的阴的清气,幽清寂寞。这是一个非常漫长的阶段。宇宙的第二阶段称为“庞鸿”,这是由道根衍生出来的道之干。这时的气慢慢有了颜色,但仍然是不定形的,看不出形状也量不出速度。这种有色无形“浑沌不分”的气叫做“太素”。这个阶段也是非常漫长的过程。宇宙演化的第三个阶段叫做“太玄”,是由道干中生长出道之实的阶段。这时“元气剖判,刚柔始分,清浊异位,天成于外,地定于内。”清阳之气升为天,阴浊之气凝为地。天地交合,产生万物,由地溢出之气为星辰。

如果把《灵宪》和《淮南子·天文训》相比较,可以明显地发现两者的思想联系,但是仍有重大区别。首先,《淮南子》主张“天道曰员(圆),地道曰方”的盖天说,在宇宙生气、气分清浊后,“清阳者薄靡而为天,重浊者凝滞而为地。”明显把天地分为上下位置。《灵宪》则不然,主张清气成天在外,浊气成地在内,已无上下之分了。其次,无论是《淮南子》还是《太玄经》,都比不上《灵宪》的系统化、理论化程度。

《庄子》·《庚桑楚》·《秋水》  
《汉书》·董仲舒传》  
《淮南子》·天文训》

当发生这类事件,首先予以严重关注的就是君王,必问:“是何祥也?吉凶焉在?”

张衡对陨石进行了实地考察和深入研究,指出陨星下落也是一种自然现象,不必大惊小怪。他对陨星的来源和产生原因作了探究。他说:“夫三光(日月星)同形,有似珠玉,……及其衰也,神歇精,于是有陨星。然则奔星之所坠,至地则石矣。”(《灵宪》)

陨石是星陨至地之说,最早见于《左传》,比欧洲人要早二千多年。在汉代,关于陨石的自天说和天意说的论战,十分激烈。《史记·天官书》亦有“星坠至地则石也”的正确判断。张衡无疑是坚定站在无神论立场,继承了前人的成果。但是这种坚持,显然是冒着与官方神学冲突的危险的,弄不好还会招来杀身之祸。值得强调的是,他把陨星的来源同日月星的衰败相联系。虽然这种想法不完全正确,但也是天才的。首先,陨石显然同气体的太阳和恒星无关,大多是太阳系内大小流星体冲入地球所致,但也不排斥与月亮和其他行星有关。在地球上已找到来自月亮、火星和小行星的陨石,即明证。第二,他由此而论及关于天体都会发展到衰败死亡阶段的天体演化观,是非常难能可贵的科学思想。张衡天文理论中处处闪现出来的朴素辩证思维,正是西方古代天文学所缺少的。第三,陨石来自天外的思想,欧洲在十九世纪初才被科学界所承认。巴黎科学院1790年还根据贝尔托隆的提案通过一项决议,把“从天上落下石头”的“无稽之谈”当作巫术和愚昧来讨伐。而张衡早于此一千五百多年,就对陨石进行较详细的研究了。

### 3. 解释五星的本原和运动

为什么行星不同众星一起绕着天极旋转,而是走着忽进忽退忽停的路径呢?这向来是浑天说遭到的最大诘难之一。《灵宪》对五大行星的运动作了极有价值的探讨:

“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。”

从天体运行现象中寻找天启,向来也是神学的惯用手法。《白虎通义·日月篇》就认为,日月五星都是大大小小的神灵,还说“日行迟,月行疾”是要“君舒臣劳”。张衡以精气说反对神灵说。他认为周天列星皆是水精、气精等物质精华形成。“星也者,体生于地,精成于天。”现在听来很幼稚,但在当时却很大胆。其科学价值在于:从自然界本身去找自然现象原因,用物质来解释物质,从而同有神论划清了界限。

《灵宪》关于五星运动不规则性,还提出许多独到见解,在天文学思想史上有其独特地位。首先,他注意到了日月五星在天地之间的运行路径离地有远近,这基本是正确的,也是很大进步。其次,他注意到日月五星运动速度亦不同,近地快而远地慢。这同古希腊的行星理论不谋而合,并开了中国古代数理天文的先河。第三,模糊感到要用天的力量解释行星不规则运动原因,而不满足于几何结构研究,在思想上是超前的。在欧洲,对行星运动力学原因的探究是在16世纪科学革命才开始的。第四,根据运动快慢、离地远近,将五星分为两类:水星和金星属阴;火星、木星和土星属阳。阴阳之说显然牵强,但这种分类与现代把太阳系行星分为内行星和外行星(以地球轨道为界)的结果却吻合,足见他的功底眼力。

当然,历史的现象是复杂的。张衡那种自发的朴素唯物论科学思想也渗杂着一些星占术的神秘思想。这既反映了当时星占术与天文学仍未彻底分离的状况,又反映了他作为一个科学家与作为朝廷臣僚的两难境地。作为前者,他对神道主义的天启天命有较清醒认识;作为后者,他对官方正宗神学也不得不采取应付态度。因而,他在一些上疏中不乏有

《左传·僖公十六年》。  
沃隆佐夫-维利亚米诺夫:《宇宙概说》,江苏科学技术出版社,1983。

似酒坛。卵形仪体,象征浑天说的天球。上面雕刻飞禽走兽,山峦河流,以及青龙、白虎、朱雀、玄武二十八宿。乾坤震巽坎离艮兑等八卦篆文表示八方之气。八龙在上象征阳,蟾蜍居下象征阴。内部中央立一根起惯性摆作用的铜质“都柱”,象征顶天立地的天柱。柱旁有八条通道,内安杠杆结构的发动机关“牙机”。外围按八卦方位铸设的八条青龙,头下尾上,龙头与牙机相连,龙嘴各衔一铜球。对着龙头的八只铜蟾蜍,昂首张口,以待下落铜球。

顺帝永和三年(138)二月初三日,洛阳的地动仪二个龙头突然吐出铜球,的一声落在一只蟾蜍口中,一时哗然。但京城却没有纹丝震感,引得人们议论纷纷,都说仪器不灵。不过数日,西部一千余里外的陇西(今甘肃省东南部)官府差驿马飞报,说是前数日当地发生了大地震。京都一时轰动,世人啧啧称奇。据现代分析,地动仪可测出的最低震级是三度(按十二度地震烈度表计)。张衡地动仪利用物体惯性拾取大地震动波的原理,仍沿用至今,可进行远距离测量。在国外,直至张衡之后一千多年的十三世纪,古波斯才有类似仪器在马拉哈天文台出现。而欧洲到十八世纪才出现利用水银溢流来记录地震的仪器。

### 3. 张衡制作仪器的技术特征

张衡在机械技术方面十分高明。晋代葛洪在《抱朴子》中说:“木圣:张衡、马钧是也。”这是很高的评价。他制作的仪器有如下特征:

(1)模型性。直观地演示浑天说的基本宇宙理论,为说明和传播新学说思想服务。浑天仪和地动仪造型与功能都反映了这一明确的指导思想。

(2)综合性。集科学原理、技术设计与艺术构型于一体,并渗透着文化的深刻内涵;同时又是多技术的综合应用。

(3)实用性。能发挥实际的应用功能,解决现实的紧迫问题,效用性极高。

(4)定量性和精确性。从定性向定量的发

展,标志着科技水平的升级,并极大地提高实测的水平,为准确记录自然信息和预报自然现象提供有效的计量工具。

(5)新颖性。构思巧妙,独辟蹊径,反映了技术创新的高度水平,解决了技术难题,开创了新的思路。

值得一提的是,张衡虽学识渊博,技艺过人,却长期做个无权无势的太史令,难以升迁。其中一个原因,是“见谤于鄙儒”,后来“阉竖恐终为患,遂共谗之。”他们攻击张衡“不务正业”。有人趁机嘲笑他:你既然有本事让木鸟都飞起来,为何自己却“垂翅故栖”,不能高飞呢?张衡闻言,笑而不答。为表心志,专写了一篇《应闲》,说自己“不患位之不尊,而患德之不崇;不耻禄之不夥,而耻智之不博”;因而“捷径邪至,我不忍以投步;干进苟容,我不忍以歛肩。”“高风亮节,令万世敬仰。”

### 舌战鄙儒,反对谶纬神学

安帝延光二年(123),朝廷为修订历法展开一场大论战。在这场斗争中,张衡大胆坚持真理,以科学之光去驱散迷信的黑暗,置个人生死于度外,旗帜鲜明地高举无神论的大旗,力反当时泛滥成灾的谶纬神学。

所谓谶纬,无非是一帮巫师方士庸庸儒家经义,假托天意圣教而制作的隐语或预言,有的还配以图谜,作为预卜吉凶祸福的符验。由于这帮人打着“君权神授”的旗号,拥戴官方的正宗神学,故深得朝廷推崇,甚至把谶纬之说尊为朝章国典。

继桓谭、王充之后,张衡是东汉时期反谶纬迷信的旗手。由于反谶纬,东汉的桓谭几遭处斩;王充贫困潦倒一生。张衡步其后尘,反潮流义无反顾。

这场历史上有名的大辩论,围绕在历法上是否继续使用当时较为科学的东汉《四分历》而拉开序幕。西汉初年,沿用秦代通用的

《太平御览·工艺部九》转引。  
《后汉书·张衡传》。

《颛顼历》，汉武帝改用《太初历》。东汉章帝时，校订了“太初历”的误差，编制了《四分历》，在元和二年（公元85年）颁布通行。在当时，这算是一部较精确的历法。但是一批腐儒如梁丰、刘恺等人，纠集了八十余人上疏安帝，指责新历《四分历》不合图讖，会引起社会动乱，力主恢复西汉时的《太初历》；有的甚至主张恢复古代的《甲寅元历》（殷历），理由是旧历法“与天相应，合图讖”。另一方面，李泓等四十余人力主继行《四分历》，理由也是“《四分历》本起图讖，最得其正，不宜易”。这样一来，改历与不改历都是符合图讖的，足见图讖的不能自圆其说，已经一片混乱。

正是在这种情况下，只有当时身任尚书郎的张衡和另一位尚书郎、天文学家周兴奋起辩驳，据理力排群议。张衡认为，这两派的观点都是错误的，充分暴露出图讖本身的自相矛盾。他说：“天之历数，不可任疑从虚，以非为是。”就是说，历法只能按天象的实际变化规律而定，不能凭虚妄的主观臆测而随意附会。他们俩人都谙熟各类历书，且勤于天文实测，由于据理力辩，他们每每使那些惯于玩弄图讖的官僚陷于十分狼狈的境地。“或不能对，或言失误。”

张衡和周兴在论争中研究了多年的天文

观测记录，并把它们同各种历法理论推算进行比较，结果发现《九道法》最为精密，因为它最符合观测到的天象。《九道法》虽然最后仍未被采用，但妄图以图讖之学来附会历法，作为历法根据的做法，也归于失败。结果是《四分历》继续使用。这是中国天文学史上唯物论对唯心论斗争的一次胜利。

顺帝阳嘉元年（132），张衡又一次上疏揭露太学考试中暴露的种种弊端，又极力反对把图讖作为太学考试内容。他的《请禁绝图讖疏》直言要求皇帝下令禁止图讖。第二年，又上疏顺帝，强烈要求“宜收藏图，一禁绝之。”理由很简单，“图纬虚妄，非圣人之法。”他坚持用科学的态度摆事实讲道理，因而具有充分说服力。

科学追求真，道德追求善，艺术追求美，真善美的统一，就是宇宙的最高和谐。追求真善美的最高境界，这便是张衡孜孜以求的人生目标，亦给后世以启迪。

（作者为上海交通大学人文社会科学学院副教授，责任编辑：杨善群）

《后汉书·律历中》  
《后汉书·张衡传》

（上接第58页）

从以上二表的情况分析可以看出，无锡较早投资建厂的几大家族，经过20多年的奋斗，终于各自形成了以纺织、缫丝和面粉三大行业为主的资本集团，在无锡的民族工业中有着举足轻重的地位。这六个资本集团以工业群体存在于无锡实业界，他们在机器设备、技术管理以及产品数量、质量方面占着优势，共同左右着无锡工业的兴衰。并未因某一个集团或大工厂的衰落而导致整个无锡工业的衰败。如本世纪初显赫一时的铁业巨商周舜卿，随着信成银行的倒闭，自己年老病故，其儿子周肇甫不善经营管理，生活糜烂，资本逐

渐缩小，到抗战前已经微乎其微，几乎破产。但周氏集团的衰落并未影响到无锡工业的发展。

1914~1936年是无锡工业的发展时期，六个集团也在此间形成和壮大。他们与无锡民族工业有着极其密切的关系，可谓相辅相成，兴衰与共。抗战前无锡民族工业饮誉国内外，与六大集团共同努力奋斗的精神是分不开的。

（作者为无锡市社会科学研究所以所长，责任编辑：陈正书）

《浑天仪注》中。张衡系统地讨论了天地的结构问题,宇宙的起源与演化问题,宇宙的有限与无限问题,代表了中国古代宇宙学说发展的重要阶段,对后世有很大影响。

### 1. 天地结构的“鸡蛋模型”

中国历史上的宇宙论,最早出现的盖天说,雏形见于周初,体系化、量化以汉赵爽注《周髀算经》为标志。盖天说的出现是很自然的。人们放牧和农耕之际,放眼但见“天似穹庐,笼盖四野”,于是大受启发。中国科学史家钱宝琮先生认为,盖天说有前后二次。《晋书·天文志》所载:“周髀家云:‘天员(圆)如张盖,地方如棋局,’是第一次盖天说。中国的古钱币,外圆内方的造型,正是这种“天圆地方”宇宙模型的平面投影。西汉初,贾谊《新书》说,“盖圆以象天,轸方以象地”,就是沿袭了早期盖天说。

但一圆一方如何连接?于是有《周髀》的第二次盖天说:“天象盖笠,地法覆盘。”就是说,天像一顶戴着的箬帽,地像一只伏倒的盘子。王充的《论衡·说日篇》有力驳斥了阴阳家的谬论,但在宇宙论上基本接受《周髀》盖天说。《晋书·天文志》甚至说,“汉王仲任据盖天之说以驳浑仪”,指出王充反对当时比较先进的浑天说。钱宝琮先生认为王充反浑天说无根据,值得商榷。

浑天说的出现,是因为盖天说难以解释日月星辰东升西落现象。屈原《天问》:“圆则九重,孰营度之?”有的注家认为,这里的“圆”就是天球的意思。西汉末的扬雄提及“浑天”,是迄今所知最早记载。他在《法言·重黎篇》简述浑天说的发展,大致是准确的:“或问浑天。曰:落下闳营之,鲜于妄人度之,耿中丞象之。”在三人中,显然落下闳这位汉武帝时应征修订太初的巴郡民间天文学家,是浑天说的始作俑者。尔后,“扬雄难盖天八事以通浑天”,指出盖天说理论中的种种破绽,无疑是为浑天说的发展清扫道路。因而,张衡作为浑天说集大成者,水到渠成。

张衡的《浑天仪注》是浑天说代表作。他指出:“浑天如鸡子。天体圆如弹丸,地如鸡子中黄,孤居于天内,天大而地小。天表里有水,天之包地,犹壳之裹黄。天地各乘气而立,载水而浮。”“天转如车毂之运也,周旋无端,其形浑浑,故曰浑天。”

虽说盖天和浑天同属地心说范畴,但历史地看,后者是进了一大步。首先,天已由半球形而进化为整球形,天体视运动得到了经验的解释。其次,关于地的结构也已有半球形或球形的设想。《灵宪》上说,“自地至天,半于八极;则地之深亦如之”。地的形状是上平下凸的半球。至于“地如鸡子中黄”,则似乎隐含着地为球形的猜测。第三,地载水而浮,开了“地有四游”朴素地动说的先河。第四,便于天文学采用球面坐标系(如赤道坐标系),加速天文学数学化的进程。但浑天说无法解释行星运行不规则的现象。

### 2. 宇宙无限论思想

张衡的浑天说虽然仍保留了盖天说的固态天穹的说法,受到尔后的宣夜说“天了无质”观点的否定,但他并不认为硬壳的天是宇宙的边缘。严格地说,他的“鸡蛋模型”只是天地构造,而不是宇宙结构。张衡深受扬雄思想影响,但在关于宇宙有限与无限问题上却与扬雄背道而驰。

历史地看,关于宇宙无限性问题,先秦诸子已就不同侧面进行过争鸣。战国时代的《尸子》说,“上下四方曰宇,住古来今曰宙”。宇宙就是时间——空间的存在。自此,把空间与时间统一起来考虑,成了中国传统宇宙论的一大特征。第一次以清晰的语言论述宇宙无限思想的是庄子。他说,有实体而无处所的是宇;有成长而无始终的是宙。“有实而无乎处

钱宝琮:《盖天说源流考》,载《科学史集刊》第一期,1958年3月。  
《钱宝琮科学史论文选集》,科学出版社,1983年,第396页。  
《隋书·天文志》

## 博智求实, 坚持以自然原因来说明自然现象

张衡是个好学不倦的人, 崔瑗说他“如川之逝, 不舍昼夜。”他又虚怀若谷, “虽才高于世而无骄尚之情。”作为一个自然科学家, 他以自己渊博的学识和杰出的科学成就去理解自然之谜, 坚持以自然原因来说明自然现象, 在自然领域鲜明地坚持了无神论的立场。

张衡的科学思想具有强烈的反神学正宗的异端色彩, 同扬雄、桓谭、王充等人有很多相似之处。但张衡不仅是以哲学家的思辨, 更重要的是用自然科学的实证, 同当时泛滥的神学迷信开展针锋相对的斗争。

推演天象尤其是灾异以附会人事, 是封建神学迷信的重要表现。神学家们往往以“大儒”的面目出现, 为迷信虚妄寻找理论根据。长期以来, 盖天说被神学家诠释为天尊地卑以附会社会森严等级制度的永恒合理性。对神道主义和传统等级观来说, 张衡手里的那颗“鸡蛋”, 不啻是巨石。神学家说, 天是“百神之天”, 日月星辰都是“神灵”。张衡驳道, 天地本都是自然之气的产物, 根本没有人格和意志。根据神学目的论, 万物都是天神有目的的创造。张衡却认为万物都是“自然相生”, 反对神创说。一些少见或反常的自然现象, 如日食、月食、流星、陨石、彗星、地震等等, 常常使朝野上下人心惶惶, 谏诤迷信趁机泛滥。张衡每每挺身而出, 帮助人们从迷信的困扰中清醒。此外, 他对天体的运行, 也进行了独到的研究。当然, 由于科学尚不发达, 有些解释免不了牵强附会, 但反对把自然神化的科学思想和精神, 却是历历可见。以下仅举数例以证。

### 1. 解释月食的成因

神学家说, “至尊莫过于天, 天之变莫大乎日蚀”, 而日蚀则由“君道有亏”所致; 至于月蚀, 必有妖人作祟, 都是社会动乱的险恶征兆。

张衡的《灵宪》, 科学地解释了日食和月

食产生的自然原因。他认为月亮是反射日光才发亮的, 犹如水反射火光一样; 并认为蚀的产生, 源于日月地三者位置不同, 生“暗虚”即影子而造成的。在张衡之前, 西汉的刘向和东汉的王充, 都正确解释过日食原因。如刘向就说过“日蚀者, 月往蔽之。”王充《论衡·说日篇》也引述过类似的观点。张衡则从日、月、地三者的相对位置, 着重于揭示月食产生的原因。《灵宪》指出:

“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。众星被耀, 因水转光。当日之冲, 光常不合者, 蔽于地也, 是谓暗虚。在星星微, 月过则食。”

这就是说, 月亮本身是不会发光的, 全靠太阳光的照射才生光。月亮的亏缺在于这一部分照不到日光。月和日正相对就是满月, 当月向日靠近时, 亏缺越来越大, 终于完全不见了。在月和日还相对时, 如果恰好大地挡住了日光, 月亮进入大地的影子时就会发生月食。

张衡的精辟分析, 是建立在实际天文观测的基础上的。在他看来, 既然日食和月食都可以推算和预报, 则同神鬼和人事都毫不相干。因而, 他的月食理论对后世影响很大。

### 2. 解释陨星的成因

在古代中国, 陨星坠落往往被看成是一种凶兆。《后汉书》志第十二《天文下》里就提到: “陨, 民困之象也。”硬是要推演阴阳灾异以附会人事。陨星即陨石, 是从宇宙空间穿过地球大气层引起燃烧后落到地面的天然固态物(流星体)。中国历史上约有 700 多次陨星降落的文献记载, 如《春秋》就记载了公元前 645 年岁末的一次陨落事件。中国是世界文明古国中记载、研究陨石最为系统最为持久的国家。这种情况, 显然同由异常天象以预卜王朝兴衰、人间祸福的实际需要有关。因此每

崔瑗:《河间相张平子碑》。  
《春秋繁露·郊语》。  
《后汉书》志第十八《五行六》。  
《开元占经》卷九所引。

种种诸如“福仁祸淫，景响而应”；“天道虽反，吉凶可见”；“政善则休祥降，政恶则咎征见”等等用语，也是可以理解的。在君权至上时代，能限制君权的，也只有阴阳灾异说这个武器。

### 注重技术，潜心研制各种科学仪器

中国的封建士大夫阶层，向来崇尚“劳心者治人，劳力者治于人”；“君子动口不动手”。学术是“形而上”的，而技术是“形而下”的，不能同日而语。因而一向视技术发明创造是“雕虫小技”，为君子所不齿。能工巧匠在社会上从来没有地位，而读书才能做官。“万般皆下品，唯有读书高”，一向是社会的主流思想。读书人动手搞发明，实在是“不务正业”之举。张衡则不然，他反其道而行之，敢于向传统观念挑战。他主张脑手并用，注重科学理论与技术发明并重，科技内涵与艺术形象合一，创制了许多技艺高超、造型独特、构思新颖的科学仪器和艺术精品。其中，在科技史上最为著名的，要数漏水转浑天仪和候风地动仪，曾轰动一时，亦令后人惊叹，堪称是创造发明中的奇迹。

#### 1. 制作漏水转浑天仪

公元 117 年，张衡在京都洛阳演示了他制作的浑天仪，即水运浑象，类似现在的天球仪。既形象地论证了他的浑天说宇宙理论，又为观测天象提供一种计算和模拟的工具。《晋书·天文志》转引晋代科学家葛洪的话，对前朝的演示情况作了间接的报道：

“张平子既作铜浑天仪，于密室中以漏水转之，令伺之者闭户而唱之。其伺之者以告灵台之观天者曰：璇玑所加，某星始见，某星已中，某星今没，皆如合符也。”

根据《晋书·天文志》“仪象”一节的记载，以及唐初《初学记》卷二十五转载的《张衡漏水转浑天仪制》残文可知：张衡的水运浑天仪，是一个直径四尺余的中空铜球，上刻南北极、黄赤道、二十四节气、二十八宿、中外星官

444 官 2500 颗星，还有日、月和五大行星等天文标记。地平圈把铜球上下一分为二区域，地平上的星象即人们仰视的天穹。用齿轮系统将浑象和计时漏壶相接，让漏壶流水控制其均匀旋转，一日一周，逼真地再现星空的周日视运动，如恒星的出没和中天等天象，皆可一览无遗。这台仪器还附有一个称为“瑞轮荚”的机械日历在台阶下，“随月盈虚，依历开落”。也就是说，从每月初一始，每天生一叶片；月半后每天落一叶片。这是从神话中得到启发：尧帝的住处台阶下长着一种神奇的报时植物叫做“荚”，满月前新月始一天长一荚，满月后一天掉一荚，周而复始。在两个受水壶盖上各铸有金铜仙人，“以左手把箭，右手指刻，以别天时早晚。”

这是有明确记载的世界上第一台水力发动的天文仪器，集星象与授时为一体，对后世影响很大。

#### 2. 制作候风地动仪

阳嘉元年（132），张衡又发明了世界上第一台测定地震方位的地动仪。在此之前，尚未见有用仪器来观测记录地震的史料。东汉时期，地震频繁。据《后汉书·五行志》记载，自和帝永元四年（92）到安帝延光四年（125）的三十多年间，较大地震有 26 次。张衡任太史令时就有五、六次。震时山崩地裂，江河决口，房屋倾塌，死伤无数。而神学迷信随之风行，朝廷内部还出现政治动乱。张衡为解除人们对地震的神秘和恐惧心理，搜集和记录有关地震的资料，他抱定“约己博艺，无坚不钻”的决心，终于发明了彪炳古今的地震仪器——候风地动仪。对此，《后汉书·张衡传》有较详记载。

张衡地动仪造型精美，构造奇巧，功能独特，灵敏度高。“以精铜铸成，圆径八尺”，形

《晋书·天文志》、  
《初学记》卷二十五、  
《后汉书·张衡传》。那时 1 尺约合现在 23.68 厘米。