

东汉著名的天文学家——张衡

(中国 78 ~ 139)



✿ 人物点评

张衡是我国东汉著名的天文学家、思想家、文学家，他发明了浑天仪和地动仪，同时也在历法、数学、词赋等方面作出了不少成就，是一位百科全书的人物。

✿ 传世名言

天之历数 不可任疑从虚 以非易是。

宇之表无极，宙之端无穷。

一、少年英才

张衡 字平子 生于东汉章帝建初三年（78年）东汉南阳郡西鄂县 南阳市卧龙区 石桥镇下村寨村人。

张衡出生于官僚家庭 其先为晋（山西）人 春秋末年有张老者为晋大夫，因规劝赵武侯改革奢侈之风俗，而世代传为美谈。张衡曾祖为两汉之际南阳郡世族大姓 曾有过数百万的家产 不幸早死。祖父张堪 字君游 把先父的财产全部让给兄子 自己出外拜师求学。王莽统治时期 张堪年纪不过十五六岁 就在长安太学受业 主攻《易经》 志向远大 品行优秀 才能超群 学习出类拔萃 当时诸儒称其为“神童”。时东汉开国皇帝刘秀也到长安游学 见张堪志操卓萃 与世不凡 常称赞不已 结为至交。刘秀于更始三年（25年）即位为皇帝 改元建武 史称光武帝。

经中郎将南阳人来歙推荐，刘秀亲自召见张堪，相谈甚欢，因同学之情 任为侍卫队的郎中 后迁为谒者 即侍工队长 保卫皇帝的安全，可见他备受刘秀宠信。刘秀曾委任张堪运输缣帛 并率领 7000 骑兵去增援大司马南阳人吴汉讨伐公孙述，途中又任他为蜀郡太守。蜀郡在今四川境内 当时公孙述盘踞这里 建立政权 自称皇帝 与刚刚建立的刘秀东汉政权为敌。

公元 96 年 也就是在韩棱任南阳太守期间 郡县曾推荐张衡为孝廉 被他谢绝了。在鲍德任郡守时 曾辟聘张衡为南阳郡主簿。后鲍德调中央任职 推荐张衡学问才华出众 被公车特征到中央任尚书郎。南阳人在东汉皇亲国戚、功臣勋旧很多 其中不少历世显贵 也多为张衡祖父的朋友 如来歙、吴汉等都与其祖父共事多年 所以这些人虽已早亡 但其后代仍居要职 多次

建议公府征聘张衡，如南阳人刘珍、邓鹭等人都推荐和聘用张衡。南阳人对他的帮助和提携，都对张衡成才起到了重要的作用。

南阳在汉代科技比较发达，这对张衡成为世界级科学家也产生了一定的影响。杜诗的水排是人类利用自然力为生产服务的一个创举。水排利用转轮、曲柄、连杆等机构把转轮的圆周运动改变成拉杆的直线往复运动，带动“韦囊”鼓风炼铁。张衡家在南阳，有较多的机会观看水排的构成和它工作时间的情况。少年时期的张衡对这种奇妙的机构发生了浓厚的兴趣。后来，他制作水运浑天仪就受到杜诗水排的很大启发。地动仪内部的曲柄、连杆也可能运用了水排这种机械传动的原理。南阳的天文学也较发达，天文学知识普及到乡村。南阳出土的汉代画像石已证明了这一点。现今已发现有 50 多幅天文图象，如日食图、日月合璧图、牛郎织女图、苍龙和白虎图、北斗星图等。这些天文学知识也在张衡少年时代的心灵打下了深深的烙印，为他以后取得伟大的天文科学成就奠定了基础。

少年时代的张衡生活在东汉章帝、和帝时代，国力强盛，是当时世界上最发达的国家，政治、经济、文化都遥遥领先，社会秩序比较稳定。高度发展的经济、文化滋养了张衡，安定的社会，给了张衡一个良好的学习环境。他先人去世早，失去了靠祖荫入仕的条件，要想改变这贫困的家境，只有靠自己勤奋努力。他的祖母和母亲也不断激励他奋发学习，将来有所建树，重振家业。张衡天资聪慧，学习刻苦，求知欲特别旺盛，学习的热情极其饱满，“一物不知，实以为耻；闻一善言，不胜其喜”达到了“如川之逝，不舍昼夜”的程度。所以少年时期的张衡便会做文章，得到乡里邻人的称赞。

两汉时期从汉武帝提倡‘罢黜百家 独尊儒术’以后 儒学十分发达和兴盛，儒家经典成了仕宦家庭儿童的必修课程。张衡少年时代也读过这些儒家经典 接受儒家思想的熏陶 培养了他高尚的道德情操。他对文学也十分爱好，司马迁、司马相如、贾谊、扬雄、班固等文学家的优秀作品 他都用心钻研过 不仅理解深刻 而且能背诵出来。他也不愿墨守陈规 像一般的读书人那样‘经明行修’后 由地方推荐 去做‘秀才’或‘博士’弟子 而是怀有更加远大的志向。

汉代盛行游学之风 六七岁小学有一定的基础 即欲投名师进一步攻读 然后踏入仕途。游学 既结交朋友 又求得做官的机会 也可开阔视野 学得新知识。

东汉和帝永元五年（93年）张衡 16岁 已是才华横溢的少年了。这一年他告别了家乡 载着家庭的厚望 外出求学 游览名胜古迹 寻师访友了。据《后汉书》卷 59《张衡传》写他游学这段经历时 只有这样简单的几句话：“衡少善属文 游于三辅 因入京师 观太学 遂通五经 贯六艺。”从中 我们可知 张衡同那些南北奔跑的名利之徒和纨绔子弟迥然不同 他珍惜寸阴 要趁韶华之年 亲历山河关隘 深入城邑村落 广泛接触人世 了解天下大势，开扩眼界，增长学识才干，然后踏入仕途干一番伟业。他不翘首洛阳的荣华富贵，而向往着关中的形胜文物。

少年张衡足迹踏遍了八百里秦川，他鉴赏着清浊分明的泾渭合流 浏览着阴晴壑殊的终南山景 遨游‘横被六合 三成帝畿’的关中大地 仔细地考察着山川形势、名胜古迹、资源矿产、风俗人情。至于长安城区的规模、宫殿建筑、街衢市井、作坊客栈 乃至文物典籍、奇技艺术、人事掌故等文化遗迹 他更是无不留意细访 潜记于心。通过游览 他不但对前人作品理解得更加

深刻 而且学识大增 积累了丰富的文学素材。这可以说是读了书本上所没有的‘活书’ 或许是受司马迁倡导的‘读万卷书 行万里路’ 影响的结果吧 为日后创作《西京赋》奠定了坚实的基础 真可谓实践长才干 实践出真知啊！

永和七年(95年)张衡结束了两年的关中旅游生活 向京师洛阳进发。途经临潼 他登上骊山 俯视秦始皇陵 面对这位曾经统一六国的‘始皇帝’陵墓 几百年前的战马硝烟 如在眼前。山下温泉的热浪，又使他对祖国大好河山无限慷慨。于是，他亲自沐浴了温泉水，觉得心旷神怡，即兴写下了《温泉赋》。“汤谷”的优美 春水的清新 在这篇赋里得到生动的描绘。他热烈地赞美温泉洗秽疗疾，有益于人类的功效，寄托自己的志趣。

永元十二年(100年)张衡离开家乡已经五六年了 难免产生了思乡之情。同时 他在京师洛阳没有一官半职 家里也无力继续供读，生活势必发生困难，急需谋得一个维持生计的饭碗。这时 有位任职黄门侍郎的鲍德要到南阳去助郡太守 邀请张衡做他的助理 聘为南阳郡主簿。

张衡欣然答应了鲍德之邀，回到了故乡，当了南阳郡主簿。他十分感激鲍德的知遇之恩 为之奔走效劳 尽力帮助鲍德利用南阳地区自然条件和发达的手工业基础，兴修水利，发展农业，兴办学校 推广教化 促进郡内经济文化的发展。据《后汉书》卷29《鲍永传》附《鲍德传》说：“时岁多荒灾 唯南阳丰穰 吏人爱悦 号为神父。时郡学久废 德乃修起横舍。备俎豆 黼冕行礼 奏乐 又尊飨国老 宴会诸儒 百姓观者 莫不劝服。”南阳教化大行 民安居乐业。张衡在《南阳文学儒林赞》中说：“南阳太守上党鲍君 憫文学之弛废 怀儒林之陵迟 乃命匠修而新之 崇肃肃之仪 扬济济之化。”对鲍德的歌颂之辞 溢于言表。

张衡在协助鲍德处理政务的同时，还抓紧学习，钻研文学，用大量的精力研究他在长安和洛阳考察时得到的资料，写成了著名的《二京赋》——《西京赋》和《东京赋》。这两篇赋加起来五六千字，他写了又改，改了又写。史书说他“精思博会，十年乃成”。从中可见张衡治学态度是十分严谨的。在《西京赋》中，他描绘了长安景物，揭露了统治者的穷奢极欲，醉生梦死。在《东京赋》中，他刻画了洛阳风光，又提醒了当时统治者要看到“民怨”、“下叛”的可忧可畏，借以向朝廷进行讽谏，有较强的政治性。《二京赋》公开之后，张衡名声大震，为时人所倾倒。这不仅在于它文字典雅，取材翔实，而且改变了以往辞赋歌功颂德的陋习，开辟了一代新赋风。同时《二京赋》也成为我们至今研究两汉都城和宫廷建筑的重要参考资料。

汉安帝永初二年（108年）南阳郡守鲍德升任大司农，调入京师洛阳，张衡也就辞去了主簿的职务。

二、捍卫真理

永初五年（111年）张衡34岁，安帝雅闻衡善术学，公车特征，拜郎中。

安帝永初八年（114年）张衡越级晋升为太史令。建光元年（121年）任公车司马令，职官级别仍为六百石，属于平级调动，掌宫南阙门，属卫尉卿领导，接受四方吏民上奏文书。顺帝永建元年（126年）再次转任太史令。顺帝阳嘉二年（133年）才晋升为侍中，职官级别为二千石。从此，张衡才脱离了太史令之职，前后任太史令之职达15年之久，相当于现代的天文台长，但职权比天文台长要大得多，主要从事天文历法研究。一方面观察星

象 探索大自然的奥秘 进行科学发明 另一方面根据星象占卜人间祸福、社会兴衰。这就是“术数”之学的研究。这里面既有科学又有神学。那么这种矛盾现象应该如何解释呢？

我们认为主要从古代天文学的历史发展过程和封建王朝把天文学作为维系统治的一个工具的特点来看待这个问题。在人类上古时代，天文学的萌芽一开始就同宗教迷信和神话想像混杂在一起的。进入阶级社会对自然崇拜的原始迷信和神话想像演变为宗教神学。历代王朝对天象神话的研究，目的是宣扬“君权神授”他们借助星占、卜筮、巫术以探测天意，实际上是以所谓“天命”来维持其统治。星象观测的目的是占卜人间的吉凶祸福，而观察的对象是客观存在的自然现象，往往又会从神学的圈子里跳出来，走向朴素的唯物主义，找到科学的真理。张衡发明创造的浑天仪、地动仪代表了当时天文学发展的高峰，他还写了不少的天算科学著作。他明天文，精历算，不但进行理论探索，而且勇于实践，是其科学研究的主流。更何况古代的星象占卜本身就有“神道设教”的作用。

古代观测天象的目的是在应人事吉凶。从历史的角度看，这种“神道设教”在当时是具有一定进步意义及制约皇权的作用的。

张衡对“天人之学”有精深的研究，里面包括主要的是科学，对东汉流行的讖纬迷信之学进行揭露和批判，表现了大无畏的反抗精神。

《太玄》是西汉杨雄前 53 ~ 后 18 年模仿《易经》著的一部哲学著作，张衡对《太玄》一书有精深的研究，成为他进行天文科学研究和政治活动的哲学理论基础。

张衡如醉如痴，夜以继日披读《太玄经》，不断击节赞叹，埋

头注释《太玄经》我们可以看出张衡知识的渊博和勤奋好学 刻苦钻研科学而忘我的精神。

讖和纬的广泛流传 本在西汉哀、平之际 (约前 6 年到后 5 年) 后经过王莽、刘秀用政治权力宣扬、推广 遂成了两汉之际唯心主义宗教神学的主导思想。

讖是“诡为隐语，预决吉凶”的宗教预言。它以神的启示的方式进行宣传，也就是神预示人间吉凶祸福的启示和隐语，张衡批判图讖的目的是“朱紫无所眩 典籍无瑕玷”反对图讖之学是不彻底的。在批判图讖 虚伪的同时 还说“卦候、九宫、风角，数有征效”，他是用阴阳术数的理论批判图讖的。但他在世人皆醉时，却能保持清醒的头脑，无情地揭露讖纬神学的虚伪本质，这是难能可贵的，还有一定的冒险精神。

张衡敢于在皇帝面前公开揭露图讖之伪 这种不畏权势 坚持真理的大无畏斗争精神，受到后人的敬重。

三、水运浑象

古代天文学在文化发展的过程中，是发达得最早的一门科学 所以中国在很古老的时候就有了自发的天文学 并经过几千年的发展，到汉代，我们的祖先已留传下来丰富的天文观测记录。在继汉武、昭、宣帝时期科技发展的第一次高潮之后 又出现了科技发展的第二次高潮 涌现出了一大批致力于农业、天文等方面的科学家，张衡即为第二次科技高潮时这一批科学家之代表。

张衡一生尤致力于天文学，可以说是古代天文学发展的重要里程碑。他是浑天说的代表 并发展了浑天说 在前人研究工

作的基础上，着手制作了演示浑天思想的仪器——水运浑象，写下了古代天文学巨篇——《灵宪》。他的成就对后世进一步研究和发展天文学起到了重要的促进作用。

科学家历来是尊重客观事实的。科学来不得半点虚伪，虚伪的东西最终会被事实所否定，并被扔到伪科学的垃圾箱。张衡在神学盛行的年代能够冲破神学、图讖的迷雾，继承和发展了前人的思想，坚持和发展了浑天说，在深入研究的基础上，写下了能代表当时最先进的天文学理论的巨篇——《灵宪》。

《灵宪》是张衡有关天文学的代表作，全面体现了张衡的天文学成就及思想。在该文中主要讨论了：1.宇宙的起源。认为宇宙的发展最初是一派无形五色的阴的精气，幽清寂寞，经过一个很长时间的孕育，发生各种变化，最终才形成了万物。2.宇宙的无限性。《灵宪》认为人们所见到的天地是有限的，但超出这个范围，人们就不知道了。认为宇宙的空间是没有边界的，在时间上也没有起点。3.天地的结构。《灵宪》中认为天是恒星所在的地方，是一个椭圆形的。曾说其直径为 232300 里，南北短，应减去千里，东西长，应增加千里。在天上有一个北极，枢星正好在这个位置上，日、月、五星都绕它旋转。天上还有一个南极，在地的底下，人看不见。从地到天和地的深度，均为这个椭圆直径的一半，由此认为地表是平的，地是一个半球形。4.在《灵宪》中还解释了月食的原因。在文中说，月亮本身不发光，当太阳光照到月亮上时才产生月光。月亮之所以有亏缺，是由于这一部分照不到日光。发生月食的原因是由于大地挡住了日光。5.日、月、五星运行的速度。在该著作中认为日、月、五星运行速度有快有慢，离地近的速度快，离地远的速度慢。日、月、五星及其他行星有留、逆、迟、速等运动变化的现象。并按照五星离地远近

及运行的快慢，将其分为两类，一类附于日，一类附于月。6. 讨论了天空中的星宿，并分成不同的星组进行讨论，指出各星宿的数量。7. 讨论了流星和陨星，认为陨星产生的原因是由于日、月、众星的衰败而致。总之，《灵宪》是从各个方面全面探讨了天体形成、演化及各星之间的关系。

张衡的《灵宪》对天体的演化、行星运行规律、月食的成因等的解释，无不闪烁着古代朴素的辩证唯物主义思想的光辉。它的科学价值在于反映了我国古代的天文学杰出成就，是研究我国古代朴素的自然辩证法思想的重要文献，也是探讨古代天文学发展过程的有价值的资料。当然，它同古代一切文化遗产一样，也仍存在着不可超脱时代的局限。在论述天体起源问题上，它的本原论是唯心主义的虚无创生论；在天体运行和宇宙模式方面，它类同于地心说。在理论分析中，有一些神学方面的内容，如文中把嫦娥奔月的神话，当作事实记载在内。这部天文学著作虽然存在着唯心主义内容，但瑕不掩玉，它掩盖不了《灵宪》在天文学方面的杰出成就，不因此在天文学史中而逊色。梁代刘昭赞颂张衡是“天文之妙，冠绝一代”，其评价的主要依据之一就是《灵宪》这篇杰出的著作。

浑天说是西汉末年的一种新的天文学说，是制造浑天仪的理论基础。浑天仪是一种观察天象的科学仪器，它是根据浑天理论制成的。

关于《浑天仪注》和《浑仪》的内容大致可分为二部分：

（一）关于天体结构的理论

在《浑天仪注》中首先论述了天地的形状均为球形。它们的相对位置同鸡蛋壳和蛋黄之间的关系（浑浑的天好像鸡蛋一样，天体圆圆的像弹丸，地好像卵中的蛋黄，孤立的居于里面，天大

地小 天包裹着地 好像蛋壳裹着蛋黄一样)其次说明大地一半露于水上 另一半没入水下“ 天地各乘气而立 载水而浮 ”;天表里有水 ”)第三 星宿半“ 覆地上 ”半“ 绕地下 ”绕着轴不停地旋转 轴的两端“ 谓之南北极 ”第四 与极轴垂直的大圆叫赤道,黄道为太阳运行的轨道 与赤道相交成二十四度角“ 赤道横带天之腹 ”,“ 横带者东西圆天之中腰也 ”,“ 黄道斜带其腹 出赤道表里各二十四度 ”,“ 日之所行也 ”)这些均是我国古代最主要的对天体结构的经典描述,在我国古代宇宙论中占居主要地位。在这里 张衡作为浑天家的代表 给宇宙以全面的总结概括。

(二 黄赤道进退之数量度与算法

1. 黄赤道进退之数量度法

文中说“,是以作小浑 尽赤道黄道 乃各调赋三百六十五度四分之一 ,.....令箴半之际 从冬至起 ,一度一移之 视箴之半际 少多 赤道几何也。其所多少 则进退之数也。”

这一段文字说明,张衡他首先制作了一个比浑天仪小的木质圆球,在圆球上先画出一大圆为赤道,然后再画一个与之成 24° 交角的大圆为黄道,在黄赤道上均分成 $365\frac{1}{4}$ 刻度,两者的起始都在冬至点。在赤道北极及相冲处(南极)各用针穿一个小孔,作为圆球旋转轴的两端。再取一条长竹箴,在其两头的中央各穿一孔,令两孔之间的距离与圆球半个大圆弧的长度相等,将竹箴的两孔与南北极相重合,竹箴则纵贯圆球,这时竹箴两孔间的连线必与圆球相切合。沿中线把竹箴削去一半,必须使中分线正好是竹箴两端孔中心的连线。从冬至点起,令竹箴的中分线沿赤道每隔一度移动一次,每一次均读出它与黄道相交处的度值,就可以得知赤道度每增一度时,黄道度或少或多于一度的

数值。这即为黄赤道进退数。赤道度增率大于黄道度增率时，为多 为进数 相反 为少 为退数。

2. 黄赤道进退数的计算法

《浑仪》中将 24 节气分为四组 冬至——春分 春分——夏至 夏至——秋分 秋分——冬至。每一组为二节，每一节又包含三个节气。

文中说“每一气者 黄道进退一度焉”。为计算方便；“令一气十五日”“黄道进退”当率四日差少半”；“三日之中若少半”意为每经 4,4,4,3 日 黄道进退各 $\frac{1}{4}$ 度。“至于差三之时 而五日同率者一”和“令残日居其策 故五日同率也”推其意是把两个余日即“残日”置于一节之后进退差三度的地方。

对于各个节气时黄赤道的进退文中也进行了描述，冬至——立春和夏至——立秋“黄道直 时去南北极近”。“于赤道多也”即是说在这一节气之间 黄道与赤道的相对位置及于平行 赤道度大于黄道度。在立春——春分和立秋——秋分之间，“黄道稍斜”；立春、立秋 横行稍退矣 而度犹云进者 以其所退 减其所进 犹有盈余 未尽故也”。即在这时期内 黄赤道相倾斜。赤道度为退，但赤道度仍大于黄道度，这是由于在冬至——立春和夏至——立秋节末了，赤道度已较黄道度累增三度之缘故 春分——立夏和秋分——立冬时“黄道始起更斜矣”，“横行不得度”即赤道度为退 赤道度小于黄道度 在立夏——夏至和立冬——冬至 黄道“稍远而直”；横行稍进矣 而度犹退者 以其所进 增其所退 犹有不足 未毕故也”。这就是说 在此间 赤道度为进 但赤道度仍小于黄道度 这是由于在春分——立夏和秋分——立冬这一节末了，赤道度已较黄道度累减三度

的缘故。

由球面天文学知，张衡文中所述的黄赤道进退的情况是正确的，其计算方法是一种简便易行的近似方法。

3. 二十八宿与黄赤道度间的关系

在《浑仪》的最后指出：“二十八宿相去度数，以赤道为距耳，故有黄道亦有进退也。冬至在斗二十一度少半，最远时也，而此历斗二十度二十一，俱百一十五强矣，冬至宜与之同率焉。夏至在井二十一度半强，最近时也，而此历井二十三度，俱六十七度强矣，夏至宜与之同率焉。”在这首先论及二十八宿度数有赤道度和黄道度之别。它们之间存在着或进或退的关系。接着以冬至、夏至日所在度作为例子加以说明：冬至时日所在依赤道度为斗宿 $21\frac{1}{4}$ 度，这时日距北极最远，而依黄道度计则为半宿 20 度 其去极度俱为 $115\frac{1}{8}$ 度，冬至时黄赤道度的变化同率。夏至时日所在依赤道度为井宿 $25\frac{5}{8}$ 度 这时日距北极最近 而依黄道度则为井宿 23 度 其去极度俱为 $67\frac{1}{8}$ 度 夏至时黄赤道的变化同率。

我们可依上述计算法加以验证。已知赤道斗宿零度与黄道斗宿零度相值，而赤道斗零度到冬至赤道斗 $21\frac{1}{4}$ 度 处于立冬——冬至这一节中，此时赤道度为进。由冬至点逆推，赤道度每经 3、4、4、4、3 度 黄道度均退 $\frac{1}{4}$ 度 这样赤道度经 18 度 黄道度退 $1\frac{1}{4}$ 度 赤道度再经 $(21\frac{1}{4} - 18)$ 度 黄道度再退 $\frac{13}{64}$ 度。则冬

至赤道斗宿“应与黄道斗宿 $19\frac{51}{64}$ 度相值。又，夏至与冬至的黄道宿度相距 $182\frac{5}{8}$ 度 由后汉四分历所载黄道宿度值 夏至黄道宿度应等于 $182\frac{5}{8} - 96\frac{1}{4} - 83 - 19\frac{51}{64} =$ 井宿 $23\frac{11}{64}$ 度。由此看来，“此历斗二十度二十一”和“此历井二十三度”应分别是黄道斗 $19\frac{51}{64}$ 和井 $23\frac{11}{64}$ 度的约值。

总之，关于黄赤道进退数的量度法，在量度的基础上归纳出来的算法，以及二十八宿黄赤道度换算的实例说明不仅严谨，而且非常简便。

另外，《浑天仪注》的内容也可用数字来说明。周天三百六十五度又四分之一度，由中腰分它为两半，则一百八十二又八分之五度覆地上，另外一百八十二又八分之五度绕地下，所以二十八宿半隐半现。浑天旋轴的二端，各叫北极和南极，北极即天中 在正北 出地上三十六度 因而北极上规的径是七十二度 这部分常见于地上而不隐没于地下。这里所谓北极上规，是以北极为中心，以北极出地度数为半径所画的圆周。南极也是天中，在正南，入地下也是三十六度，南极下规的径是七十二度，常伏于地下，永不见地上。而南北极相去是一百八十二度半强。

赤道横于天腹，距南北极恰为九十一又十九分之五度，它是东西围绕着天的中腰，这样则北极小规离赤道五十五又十六分之五度，南极小规也是一样。黄道斜交着天腹，出入赤道表里各二十四度。黄道是太阳所行的道路，白天最短的时候即冬至的时候，黄道最南点在赤道外二十四度的位置，这是它的表。白天最长的时候，即夏至时，黄道最北点在赤道内二十四度的部分，这是它的里。所以夏至去极六十七又十六分之五度，冬至去极

一百一十五又十六分之五度。就是在冬至时，太阳南到斗宿二十一度 去极一百十五又十六分之五度 所以这时白天最短 夜间最长 日影极长 太阳由辰出而入于申。这天太阳白天行地上的度数是一百四十六度少强，夜间行地下的度数是二百十九度少强。夏至时 太阳北到井宿二十五度 去极六十七又十六分之五度 所以这时白天最长 夜间最短 日影极短 太阳由寅出而入于戌。这天太阳白天行地上的度数是二百一十九度少强，夜间行地下的度数是一百四十六度少强。

黄道斜截赤道的两点叫春分、秋分点。黄道由赤道外向赤道内移行时所通过的点叫春分点；由赤道内向赤道外移行时所通过的点叫秋分点。春分点和秋分点去极都是九十一又十六分之五度 也就是春分、秋分时太阳的去极度数。而春分时太阳在奎宿十四度少强的位置，秋分时在角宿五度弱的位置。所以春分和秋分时 太阳由卯出而入于酉 白天行地上和夜间行地下都是一百八十二又八分之五度 这样昼夜相当一样长。这时候 所谓白天是指太阳由东方地平线出来到没入西方地平线止的期间 夜间指太阳在地下的期间 没有把昏旦计算在内。

张衡的《浑天仪注》基本上描述了天体的结构 承认地球是一个大的圆球 基本上掌握了天象里的日月星辰运行现象 能够比较精确的计算北斗七星移转的规律。但在张衡所处的时代还不知道地球绕太阳公转和自转这个道理，主要认为地是天体的中心 日月星辰绕地运行 所以在《浑天仪注》里虽然详细解说冬至、夏至、春分、秋分等时节的昼夜长短 但基本上是走错了方向 虽然如此 也应当肯定他在天文学方面远远超过其他研究者的突出成就。

浑天说的最大的成果是属于认识论方面的。由平面的大地

到球形的大地，这是宇宙论中感性认识向理性认识的一次飞跃。

浑天说并不是张衡一个人的发明创造，而是我国古代劳动人民经过多年的观察总结出来的，是我国天文学发展所经历的一个重要阶段。它能够比较圆满的解释和描述古人所见到的宇宙形象和天体的运动规律。张衡是我国古代重要的浑天家。他在浑天说的发展和宣传方面起到了重要的作用。

四、机械发明

张衡不仅在天文学方面取得了很大的成就，发展了天文学，成为当时最有名气的天文学家和浑天说的代表人物。而且在制作方面也表现出他的聪明才智。巧夺天工的浑天仪和震烁古今的地动仪是其两件不朽之作。其他如小浑、自行车、计里鼓车、指南车、土圭等也是他在制造方面杰出的成果。

浑天仪是我国古代天文学家研究天象的测试器。其历史大概可以追溯到汉代以前，但到汉代时才比较完备。武帝时落下闳造浑天仪，在地下转动，用来观测星象。宣帝时耿寿昌又铸铜为象。永元十五年（103）贾逵创黄道铜仪，测定黄道宿度，测得了黄赤距纬和黄白距纬等数值。

至公元 117 年左右，张衡创制了浑天仪。他所做的浑天仪是一种演示天球星象运动用的表演仪器。它的外部轮廓有球的形象，合于张衡所主张的浑天说。这种浑天仪是采用水运浑天的方法，即我们现在所说的用水力带动球体转动的“水运浑象”。它类似于现在的天球仪。此浑天仪用精铜制成，主体为一球体模型，代表着天球，在天球上画着它所定名的 444 官 2500 颗星。在天球拦腰处有一道铜圈是地平圈，使天球的一半在地上，一半

在地下。球体里有根铁轴斜穿其心，叫天轴，天轴与地平成三十六度之夹角。天轴与球两个交点，上为北极点，下为南极点。下有黄道图和赤道圈，黄道圈象征太阳运行的轨道，赤道圈与黄道圈相交成二十四度之夹角，在黄道和赤道上分别刻有二十四节气（从冬至点起，古代以冬至作为一年之开始）把圆周分成三百六十五又四分之一度，每度又细分为四个小格，太阳每天在黄道上移动一度。在球体外面有两个圆圈，一个是地平圈，一个是子午圈（通过南北极和天顶的圆环）。天轴支架在子午圈上。天轴的一端通过齿轮与漏壶联接，借助水力，天球即可绕天轴自动旋转，这样仪器所表示的天象正好与实际天象符合。正如《晋书·天文志》上所描述的：“于密室中以漏水转之于殿上，室内中星出没与天相应。……令伺者闭户而唱之。其伺之者以告灵台之观天者曰：‘某星始见，某星已中，某星今没’。皆如合符也。”即是说将此漏水转浑天仪置于密闭的暗室中，以漏水带动此仪器转动，铜球上所列各星辰的出没与天象相同。到了晚上，一人在外面观天象，一人在室内告诉观天者，某颗星出现了，某颗星已看不见了，浑天仪上所表示出来的现象与实际情况完全相符。由此可见，在张衡的天文学研究中，已基本上掌握了天空中各主要星辰的运动规律。张衡的漏水转浑天仪能和自然界天球的转动完全相符，可见其转动时的稳定性相当高，而张衡的浑天仪转动是以漏壶的运行为基础，由漏壶中的滴水作为原动力，可见，张衡也已掌握了很高的刻漏技术。

张衡在创造水运浑象的同时还创制了一种机械日历，叫做“瑞轮蓂莢”。这个仪器是借助漏水转动的，并和水运浑象连在一起。它从每月的初一开始，每天转出一片木叶，至十五日共转出十五片木叶，然后每天又转入一片木叶，依次减少，到月底转