

## 徘徊于道技之间

——由张衡的科技成就想到……

许 结

张衡是中国古代著名的科学家。他在天文学、地震学、数学与机械制造诸领域均取得卓越的成就，在我国历来受到“数术穷天地，制作侔造化”<sup>①</sup>的美誉，在国际上又被公认为可与哥白尼、伽利略相媲美的杰出科学家。

有关张衡的科技成就，范曄《后汉书·张衡列传》谓其早岁善术数，研核阴阳，妙尽璇机，且居太史令职十余年，故有多项科技发明与创造，其中尤以倡浑天说与造“候风地动仪”称著于世。由于历时久远，张衡科技制作实物无存，其科学文献亦甚寥寥，且多孱杂残乱。清人严可均《全上古三代秦汉三国六朝文》收录较备，尚存张氏《灵宪》、《浑天仪》、《玄图》、《历议》残文，而《开元占经》所录《浑天图注》的著作权是否归属张衡，尚存疑义，但其中保存了张衡浑天论思想，似为可信<sup>②</sup>。根据现存文献史料，张衡的科技成就最突出地表现在两方面：

一是天文学的成就。《后汉书》本传载：衡“迁为太史令，遂乃研核阴阳，妙尽璇机之正，作浑天仪，著《灵宪》、《算罔论》，言甚详

徘徊于道技之间——由张衡的科技成就想到

明。”李贤注引《汉名臣奏》蔡邕曰：“言天体者有三家：一曰周髀，二曰宣夜，三曰浑天。宣夜之学绝，无师法。周髀（盖天）术数俱存，考验天状，多所违失，故史官不用。唯浑天者，近得其情，今史官所用候台铜仪，则其法也。”从中国古天文学史来看，浑天说是影响最久，流布最广的实证理论，张衡为倡浑天说的最有成就的代表人物。概述其略，张衡浑天说实证理论主要表现于：一、宇宙生成假说。《灵宪》云：“太素之前，幽清玄静，寂寞冥默，不可为象。厥中惟虚，厥外惟无。如是者永久焉，斯谓溟滓，盖乃道之根。”这一具有元气论特征的玄道观，是张衡天文科学理论的基础。二、宇宙无限思想。《灵宪》云：“过此（指天球）而往者，未之或知也。未之或知者，宇宙之谓也。宇之表无极，宙之端无穷。”这一说法表现出张衡天文理论中存在着可观测与不可观测的思考，具有明智的科学态度。三、宇宙结构理论。《浑天仪注》云：“浑天如鸡子。天体圆如弹丸，地如鸡中黄，孤居于内，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。”其说为浑天论核心，即“天球”理论，源于因“数”（关于天体的演算）而明“象”（关于天体的形状）的思维方式。四、日、月食成因阐释。《灵宪》云：“日譬犹火，月譬犹水，火则外光，水则含景。”“月端其形而洁其质，向日稟光。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<sup>③</sup>。”“日之薄地，暗其明也。由暗视明，明无所屈，是以望之若火。方于中天，天地同明。由明瞻暗，暗还自夺，故望之若水。火当夜而扬光，在昼则不明也。月之于夜，与日同而差微。”由此可见，视日、月食是有规律的自然现象，是张衡论点的科学基础，而其日之“火球”观、月“向日稟光”观以及有关交食形成的“暗虚”说，在当时均有着进步的理论意义。五、天体运动观点。在张衡的《灵宪》、《浑天仪注》等天学论文中，有关天体观测文字甚多，其中尤以天体运动理论见著于时。比如“七曜”（日月五星）在天球间运动的情形，将天体与黄赤道交角理论结合的思想，通过天体（行星）运动位置探讨“月”的朔望盈亏原理，以及

有关太阳回归年与“月行九道”的认识,皆经长期科学观测与实证而得出的。六、治历与圆周率计算。有关张衡治历问题,略见《后汉书》本传,即张氏针对当时因经学图讖改制历法思潮,提出因“月行九道”法改历主张,并由此牵涉到对太阳回归年长度及天球半径的计算,亦即早于祖冲之的“圆周率”计算,史称“衡率”<sup>④</sup>。综此六方面,可见张衡天文学成就之大概。

二是机械制造的成就。据史料记载,张衡平生创制了大量的机械仪器,包括水运浑象、候风地动仪、自动车、指南车、滑翔机、自飞木鸟模型等,其中以观测天体运行的水运浑象与观测地震方位的候风地动仪最著名。有关张衡制造的浑象,《晋书·天文志》引述较详:“顺帝时,张衡又制浑象,具内外规、南北极、黄赤道,列二十四气、二十八宿中外星官及日月五纬,以漏水转之于殿上室内,星中出没与天相应。因其关捩,又转瑞轮萸莢于阶下,随月虚盈,依历开落。”由此可知,张衡不仅能够采用漏水技术使水力成为运动的原动力,而且采用齿轮系和凸轮机构将浑象与计时器的漏壶连结起来,使浑象兼起机械天文钟的作用<sup>⑤</sup>。至于张衡所创制的世界上第一台地动仪的构造与作用,《后汉书》本传有详细记录:“以精铜铸成,员径八尺,合盖隆起,形似酒尊,饰以篆文山龟鸟兽之形。中有都柱,傍行八道,施关放机。外有八龙,首衔铜丸,下有蟾蜍,张口承之。其牙机巧制,皆隐在尊中,覆盖周密无际。如有地动,尊则振龙机发吐丸,而蟾蜍衔之。振声激扬,伺者因此觉知。虽一龙发机,而七首不动,寻其方面,乃知震之所在。验之以事,合契若神。自书典所记,未之有也。”从这段语言,地动仪精美的外部造型、复杂的内部结构和巧妙的运动情状,已可知大略,尤其是制造者对物理学惯性的应用和对机械间节制摆力、复杂互动的利用<sup>⑥</sup>,在当时确实已达到了“机巧”的最高境界。

张衡称得上是中国古代科技通才,而从上述两方面科技成就及其得失来看,确也能够引发我们对中国古代科学思想与技术创造的思考。近代物理学家爱因斯坦说过这样一段话:“西方科学的发展是以两个伟大成就为基础,那就是希腊哲学家发明形式逻辑

徘徊于道技之间——由张衡的科技成就想到辑体系(在欧几里德几何学中),以及通过系统的实验发现有可能找出因果关系(在文艺复兴时期)。在我看来,中国的圣贤没有走上这两步,那是用不着惊奇的。令人惊奇的倒是这些发现[在中国]全都做出来了。”<sup>⑦</sup>爱因斯坦这种说法得到很多西方文化学家和科学家的回应,即重视中国古代“圣贤”对科技的卓越贡献。但同时他提出的古希腊发明“形式逻辑体系”与欧洲文艺复兴时期通过系统实验对科学的“因果关系”之发现,实质暗示了古代西方科技发展的两个高峰阶段。因于前者,有的学者认为中国古代科技并没有超过西方<sup>⑧</sup>,因于后者,有的学者认为中国古代科技自十三世纪以后开始落后于西方,而在此前则保持着西方社会望尘莫及的水平<sup>⑨</sup>。如果偏重于某一领域或某种思想进行比较,两种见解均有足够的依据(比如偏重古希腊的“形式逻辑”或偏重古中国的“四大发明”),如果撇开这类绝对性的比较,也许有助于探讨文化传统与科技思想的关系。缘此,我想再结合张衡的科技成就之得失试述对中国古代科技之兴衰的几点看法,或许对理解文化与科技之关系有所启迪。

科学思想固有其独立性和自身发展的规律,比如自然科学所具有的预见性、重复性与数学量化性等,是不分中、西方而共存的。但是,从历史的观点看科技思想的发展,又不能脱离民族文化传统和与此相适应的政治制度,中国古代科技思想所表现出的道与技的关系,即为一大显征。这又可以落实于以下三个传统:

### 1. “史”的传统

一切文化学术均源自早期宗教,而中国古代学术(含科技)萌生的可考之源在殷商巫史,即原始巫术与原始人文的兼融状态。而随着西周人文革新,巫神性质的淡褪和人文思想的崛起,史官文化成为奠定中国学术的基础。周代因天、地、春、夏、秋、冬“六官”立制,见载《周礼》(亦名《周官》),《礼记·内则》以为“五官之史可数”,可知“六官”皆属史官<sup>⑩</sup>。唐人刘知几《史通·外篇》云:“周

《跨文化对话》3辑  
官》、《礼记》有太史、小史、内史、外史、左史、右史之名。太史掌国之六典，小史掌邦国之志，内史掌书王命，外史掌书，使乎四方，左史记言，右史记事。”又清人章学诚《校雠通义》谓：“后世文字，必溯源于六艺。六艺非孔氏之书，乃《周官》之旧典也。《易》掌太卜，《书》掌外史，《礼》在宗伯，《乐》隶司乐，《诗》领于太师，《春秋》存乎国史。”其说或重官制，或言学典，但表明周代史官文化的包容性和影响力，是非常值得重视的。由此来看中国古代著名的科学家，大多皆是与此政史体制紧密相关的人物，张衡之所以成为亘贯百代的大科学家，关键正在他居“太史令”职十数年之久。考汉代官制，太史令居在史官，职掌天文、星历、卜占诸学，西汉司马迁参与太初历的制订和编撰《天官书》，即与其“文史星历，近乎卜祝之间”（《报任少卿书》）职守相关。据《后汉书·百官志》，太史令列职“太常”，总属“掌礼仪祭祀”，而“太史令一人，六百石”，“掌天时、星历。凡岁将终，奏新年历。凡国祭祀、丧、娶之事，掌奏良日及时节禁忌。凡国有瑞应、灾异，掌记之”。刘昭注引《汉官仪》：“太史待诏三十七人，其六人治历，三人龟卜，三人庐宅，四人日时，三人《易》筮，二人典襍，九人籍氏、许氏、典昌氏，各三人，嘉法、请雨、解事各二人，医一人。”综此可知，张衡科学成就卓异于世，学识广博称著于时，实与其职守相关。这又表现在几个具体问题上，比如张氏科学研究的官方性质，对政教礼治的极度关注，信奉科学，于天文、星历、术算有卓越贡献，好谈灾异，于卦候、九宫、风角、卜占均有研究等等。特别是他在《灵宪》中既表现出科学的理性，又充斥了神学的荒诞，从科学思想来看是一悖论，从他的史官职守看又是十分自然的，而这种矛盾本身，也正是中国古代科技思想发展过程中始终存在的一大特性。

## 2. “圣”的传统

有关中国古代文化中“圣”的原形及其地位影响，日本学者窪田忍从甲骨卜辞、古文献、古文字入手，进行过较全面的历史性探

徘徊于道技之间——由张衡的科技成就想到  
讨，以阐明其巫术·宗教与政治合一的文化特征<sup>⑩</sup>。尤其是春秋战国以来士阶层对“圣”的问题研究，已在政治意念上将古史系统的帝王与古神系统的神灵（如伏羲等）融为一体，就不仅表现于在中国古代政治上建立起的宗法圣统与天道圣统，而且包括古代的科技发明也很自然地被纳入其中。比如中国古代对科技发展与器物创造持赞美态度者，总是喜欢将技的功用提升到道的境界，以为非“圣人”莫属。如《易·系辞上》云：“备物致用，立成器以为天下利，莫大乎圣人。”《周礼·考工记》云：“智者创物，巧者述之、守之，世谓之工。百工之事皆圣人作也。”又云：“炼金以为刃，凝土以为器，作车以行陆，作舟以行水，皆圣人之所作也。”据考古发现与文献记载，我国先民早在旧、新石器时代即为生存和发展创造了大量的器物文明，在先秦文献中，诸如《世本·作篇》记录的上古三代工艺发明<sup>⑪</sup>，《周礼·考工记》记录的春秋时期手工技术，《墨经》中有关先秦光学、力学、几何学发展的记录，以及《史记》、《汉书》中对秦汉以来科技进步的记录等，极为显明。但是将这些创造归于“圣人”所为，实际上是一种对科技态度的思想错位，这也必然导致了对并非“圣人”的具体科技人才的轻贱。如《礼记·王制》云：“凡执技以事上者，祝、史、射、御、医、卜及百工。凡执技以事上者，不贰事，不移官，出乡不与士齿。”而做不符合圣人规范、统治者需要的“淫声、异服、奇技、奇器”者则被列于“四杀”之一。直到明清时代，王微、阮元言及西方“奇器”，尚谓“特工匠技艺流耳，君子不器”和“奇器之作”，“虽小道必有可观”<sup>⑫</sup>，其尊圣贱技、重道轻器观念可谓根深蒂固。然而最为有趣的也正在此尊、贱之间，使中国古代科学思想的隆、替在道技之间徘徊。比如张衡初因汉安帝刘祜闻其“善术学”，方“公车特征”，使之“拜郎中，再迁为太史令。遂乃研核阴阳，妙尽璇机之正，作浑天仪，著《灵宪》、《算罔论》，言甚详明”（《后汉书》本传），同时又因其学术精博（含科技）得充“公车司马令”（守宫门之官）、“侍中”（国策顾问）诸职。这就充分说明一个道理，即张衡受帝王的器重在科技，而其科技亦仅是圣道传统的一部分，张衡正是借助具有政教性质的“圣学”得以弘展其科技才能；同时，又因为张衡

的科技创造只能是圣道的附庸，他一方面积极参与政治活动并担任游离于科技活动的职务，一方面又因其生存行为与爱好科技的天性相左而陷于苦闷与彷徨，张衡在《与特进书》中要求归复太史令之职，在《应问》中有关“君子不患位之不尊，而患德之不崇；不耻禄之不夥，而耻智之不博”的解嘲，即此表现。而由圣学看科技，并作为观其兴衰的一重要标识，是大致不谬的。

### 3. “经”的传统

“经”作为汉代学者对先秦儒学原典“六艺”的称谓，取经天纬地之“常道”义，而由此成为中国古代文化学术一大传统，显然具有兼括前述“史”学与“圣”学的本体意蕴。汉儒董仲舒说：“《春秋》大一统者，天地之常经，古今之通谊。”<sup>④</sup>刘歆谓：“经，元一以统始。”<sup>⑤</sup>这种对“经”囊括天人、括古今的解释，显然也包容了中国古代的科技思想。于是，汉代经学的建构（以及影响于后世）对科技思想的包容与铸塑也就明显地表现在很多层面。首先是大学教育，汉代经学承继先秦政治伦理型教育特征，以太学为主建立了“五经博士”系统，科学技术实质上是包涵于这种人文教育之内。张衡入仕治学，也是由“入京师，观太学，遂通《五经》，贯六艺”（《后汉书》）开始的。缘于这一传统，隋唐以后学人科学思想的表现往往不在重工程技术的“工部”，而在主持科举考试的“礼部”，诸如像杨炯《浑天赋》、卢肇《海潮赋》这类文学化的科学论文，多为应试之作，从而受到包括帝王在内的上层社会领域的重视<sup>⑥</sup>。二是经学典籍涵盖科技著作，这不仅如《周礼·考工记》记载工程器物者被奉为《经》，即连一些医学、算学、天学著作亦被经学化，譬如《黄帝内经》、《周髀算经》、《开元占经》等皆是。张衡在《灵宪》中强调“昔在先王，将步天路，用定灵轨，寻绪本元”，“正仪立度”，“斯经天常”，在某种程度上也是出于依附《经》学典籍的文化心态。三是天人思想与象数模式对科技观念的笼罩，这一则因“类比”意识提升了汉以后科学思想的逻辑层次，一则又因“附会”思想而违背了科学的

徘徊于道技之间——由张衡的科技成就想到理性。张衡科技思想的系统性与经学化的文化特征有内在联系，而他在观测行星运动时又反复阐发“在野象物，在朝象官，在人象事”（《灵宪》）等天人取象观点，同样具有浓重的经学天人感应色彩。经学思想在中国古代文化占据主导地位，确实存在与科学思想的悖离，比如神道设教观念、伦理政治思想以及注疏解释学体系的形成，对科学思想的公理性、独立性与创造性均有着较大程度的戕害。也正如此，中国古代较为优秀的科技研究者在受经学传统影响的同时，又能或多或少地突破其限囿，显露出一定的创造个性。张衡在热衷于机械制造时曾受到当世儒者“盖闻前哲首务，务于下学上达，佐国理民”，“何贪于支离，而习其孤技”的质疑，他却能以“与世殊技，固孤是求”的心态和作为进行回应（详见《应问》），这也是他沉潜科学研究并取得非凡成绩的重要原因。

从上述互有关联的“史”学、“圣”学、“经”学传统来看中国古代科技的发展，实质上贯穿着一个“道”的传统。中国古代学者对“道”与“技（艺）”、“器（物）”关系的看法，往往表现出一元化形态，即以“道”为主，以“技”“器”为辅，以“技”“器”为手段，以“道”为目的之观念。《易·系辞》云：“形而上者谓之道，形而下者谓之器。”朱熹解曰：“形而上者，无形无影是此理；形而下者，有情有状是此器。”<sup>⑦</sup>《庄子·养生主》中也托“庖丁”之口谓：“臣之好者道也，进乎技矣。”值得注意的是，在中国古代这种重道而轻技的思想只是一种比较值，而非绝对值，因为其重道即内涵了技与器，中国古代与国家事务关系密切的学科如天文、历法、算术、农牧、医学最为发达，诚为明证。由于这种道技关系及其矛盾，中国古代科技观念始终处在提升与坠落之间，而随着近代大工业社会的兴起，这种较强地依附于农耕经济文化的科技思想的衰落，也就比较明显了。

### 注释

①崔瑗《河间相张平子碑》，《全后汉文》卷四五。

②参见陈久金《〈浑天仪注〉非张衡作考》（《社会科学战线》1981年第3期）、陈美东《〈浑天仪注〉为张衡所作辩》（《中国天文学史文集》第五集，科学



《跨文化对话》3辑

出版社1989年版)与许结《张衡评传》第二章第二节《著述考辨》(南京大学出版社1999年版)的有关论析。

③严可均《全后汉文》作“在星则星微,遇月则月食”,误。此从《后汉书·五行志》刘昭注引《灵宪》文。

④参见钱宝琮《张衡〈灵宪〉中的圆周率问题》,载《科学史集刊》1958年创刊号。

⑤参见刘仙洲《中国机械工程发明史》第五章,科学出版社1962年版。

⑥参见王振铎《汉张衡候风地动仪造法之推测》,载《燕京学报》第二十二期。

⑦引自《爱因斯坦文集》第一卷第574页,商务印书馆中译本1976年版。

⑧参见陈方正《从〈大汇篇〉谈现代科学的起源》有关“科学起源的线索”的论述,文载《跨文化对话》第1辑(上海文艺出版社1998年版)。

⑨英国先后有三位著名科学家持此观点,即培根的《新工具》、贝尔纳《历史上的科学》中文版《序》和李约瑟《中国科学技术史》。李约瑟在其书中明确指出:“中国在公元三世纪到十三世纪之间保持一个西方所望尘莫及的科学知识水平。”引自科学出版社1975年版中译本《中国科学技术史》。

⑩按:《礼记》所称五官,指“冬官”佚失“不可知”,后补以《考工记》为冬官之缺失,亦隋唐时代三省六部制之“工部”的源头。

⑪详见[日]窪田忍《中国哲学思想史上的“圣”的起源》,载《学人》第一辑,江苏文艺出版社1991年版。

⑫参见商务印书馆《世本八种》之秦嘉谋辑补本。

⑬参见王氏《远西奇器图说序》、阮氏《畴人传》卷四四《西洋二》。

⑭《汉书·董仲舒传》引董氏对策语。

⑮刘歆《三统历》,《全汉文》卷四一。

⑯详见许结《说〈浑天〉谈〈海潮〉——兼论唐代科技赋的创作与成就》,载《南京大学学报》1999年第1期。

⑰《朱子语类》类九五。