

纵观西方科学发展：一个传统，两次革命

陈方正

作者注：本文应本刊主编之邀，并征得出版者同意，节录自拙著《继承与叛逆：现代科学为何出现于西方》（北京三联书店 2009）中的“自序”、“前言”、“导论”和“总结”等四部份，惟由于书稿电子版与印刷本有细微差异，且删节过程中为顺应文气略有修订，故此与书中相应文字亦不全同，读者鉴诸。

缘起（自序 xxi-xxii 页）

我之走进科学史领域，是由于偶然机缘：1994 年为了讲授一门有关天文学知识的课程而开始细读《周髀算经》，并且深受吸引，翌年蒙李学勤先生邀请参加在海口召开的国际汉学会议，遂将研究结果整理成论文发表。此后涉猎渐多，陆陆续续写了几篇文章，其中 1997 年底在《二十一世纪》发表的〈为什么现代科学出现于西方？〉代表了我当时对西方与中国科学发展史的看法，它虽然粗略，但其中一些观点至今可能还是有价值的。

在撰写该文过程中，我逐渐意识到，国人对于中西科学传统的一些观念（例如中国古代科学比西方优胜，以及其后的停滞是由于宋明理学的影响，等等）是如何之广泛和根深蒂固，而这些观念的形成，则直接或间接受李约瑟巨着的影响——虽然它们和后者看法并不一定符合，甚至可能相反。我深切感到的另一点是，国人真正感兴趣的，往往只是为中西科学发展的巨大差异直接寻求解释，但对于西方科学发展过程本身，则既不甚熟悉，也不太注意。因此，李约瑟的开创性工作虽然对中国文化带来无可比拟的巨大贡献，却吊诡地使得中西科学的比较更加难以深入和客观。

2004 年刘钝先生很客气的邀请我到中国科学院自然科学史研究所担任「竺可

楨自然科学史讲席」，为我在这方面的工作提供了新动力。当年春季我以毕达哥拉斯教派与古希腊科学的渊源为题，在中山大学哲学系作了两次演讲；十至十一月间到北京，以「西方科学的哲学与宗教渊源」为题作公开演讲，又以「西方文化传统中的科学」为总题，对自然科学史所的研究生作了八次演讲，都引起出乎意料的热切反应。事后三联书店编辑张艳华女士建议我将演讲稿整理出版，我很高兴的答应了，并且天真地以为可以在半年内交卷。始料不及的是，当初拟定的论述规模却由于其内在逻辑而无可抗拒地不断扩大，至于相关资料、著述之丰富各种问题之错综复杂，更远远超乎原先想象。这正如许多作者所说，一本书自有其内在生命，非作者从头就能预见，更非其所能完全控制。此书有如婴儿长大成人，当初的简明讲稿已蜕变为不复可以辨识的另一部作品了。

全书纵览（前言 1—3 页）

本书以西方科学史为主题，但出发点则是胡明复等中国知识分子在五四运动前后所提出来的大问题：为何中国科学发展落后于西方？此问题从上世纪五十年代开始，就由于李约瑟的庞大与深入研究，以及此研究背后的特殊观点，而发生转移。他的观点是：中国传统科技并不落后于西方，甚至还远远优胜之，西方科学超前只是文艺复兴以来的事情，因此真正需要解决的问题是：为何现代科学出现于西方而非中国？在过去大半个世纪，这观点深刻地影响了中国人的科学史观念和研究。然而，他的实证研究虽然开拓了宽广的新领域并且赢得举世学者衷心景仰，他的观点却并不能由是得到证明。事实上，如许多西方科学史家所一再指出，这观点是有深刻缺陷的。国人倘若不正视这些缺陷，提出批判，并且开拓新研究方向，那么就不可能对于解决上述问题取得决定性进展。

本书将西方科学自远古以迄近代的发展过程连同其宗教、文化与政治背景作了详细叙述与分析，指出在此过程中曾经发生先后两次科学革命，即公元前五世纪的「新普罗米修斯革命」，那导致以严格论证为特征的古典希腊数学与天文学之出现，以及十六七世纪间由哥白尼、刻卜勒、伽利略、笛卡儿、牛顿等所推动

的近代科学革命，那导致现代科学之出现。书中论证，柏拉图建立学园、崇尚数学，和追求绝对不变理念这种种观念都深受毕达哥拉斯神秘教派影响，而由此所产生的科学传统则成为西方文明的核心，它后来虽然受基督教压制，但影响力持续至十七世纪末而不衰。因此，在古代与近代之间的千余年（约200—1400年），西方科学虽然历经停滞、转折、断裂和移植等许多变化，在观念上却仍然形成前后接续连贯的整体，现代科学基本上就是此大传统的产物。忽视、否定这一点，或者过份强调外部因素诸如社会、经济、技术等对其发展的影响，就没有可能真正了解现代科学的本质与由来。

书中最后指出，西方科学有如下特征：可以远溯古巴比伦的四千年悠久传统；其中心区域的不断转移；其与宗教的密切关系；以及突变性革命之一再出现。因此，现代科学没有出现于中国是有深层原因的，而并非如李约瑟所宣称，仅仅是由于近代社会经济结构的差异所造成。至于胡明复等所最先提出来的问题虽然非常有意义和重要，但它的解答必须建立在对于西方科学传统的全面和深入了解之上。本书目标正就是为建立这样一个基础而作准备。此外，书中还对中国与西方科学发展的分野提出了一些初步看法。

本书以西方科学史的叙述与讨论为主体（1—12章），但原动力与背后意义则在于中西科学发展的比较，所以书中亦牵涉到许多科学史的理论问题，包括李约瑟的整体思想（导论与总结部份）。

有关西方科学史部份还需要作几点简单说明。首先，古希腊时期在篇幅上占相当大比重，因为它历时七八个世纪之久，而且是西方科学传统的源头，也是西方文明核心部份，所以不深究希腊科学特别是其渊源，则不可能了解西方科学传统，对现代科学起源的讨论更将流于皮相。其次，伊斯兰时期和中古时期也各占相当篇幅，这同样是出于时间跨度和重要性的考虑。换言之，西方科学传统中的各个阶段都不能够忽略，都需要平衡处理。第三，本书各章节的题材基本上以人物为中心，并且按时间先后顺序排列，但有需要的时候亦改以学科、问题历史发展等其它题材作为章节重心，并且不一定按时序排列，这两种结构方式

视乎需要与方便结合使用。最后，本书收录了相当份量的科学史数据，这不仅为作者的观点提供论证，对读者希望也有参考价值。此外，本书篇幅颇长，题材亦甚繁复，因此书后附有详细译名对照表及题材索引以资检索，幸为垂注。

中国科学落后原因的探讨（导论 5—11 页）

在抗战最后阶段即 1944 年 12 月初，日军曾经自广西向北挺进，占领贵州南部有「小上海」之称的独山，令位于四百余公里外重庆的国民政府大为震动。可是，日军的进逼只是虚惊而已：他们旋即退走，独山最终成为其入侵极限。当然世事有似重而实轻，也有似轻而实重者，孰轻孰重，当时难以看清。就在上述事件之前大约一个月，贵州北边小镇湄潭来了一位身材魁梧的中年英国人，10 月 24 日晚饭后他向一群中国学者发表演讲，随后还与听众作公开讨论。这个聚会在当时不会引起注意，甚至在座学者恐怕也未必意识到它的意义。那英国人名李约瑟（Joseph Needham），他是在浙江大学校长竺可桢主持下向「中国科学社」社员演讲，题目为〈中国科学史与西方之比较观察〉。根据事后自述，此时上距他立志撰写一部「权威性」中国科技史已经多年。这演讲是他初度公开发表自己的独特科学史观点，也是他介入中国科学史研究的开始。他将在十年后崭露头角，二十年后冲击国际学术界，而且影响将不断扩大，以迄今日¹。

其实，国人初次感到西方科学冲击是在明朝末年，也就是比上述事件早三百四十年。当时徐光启在利玛窦口授下翻译《几何原本》前六卷完毕，又进一步写成《测量法义》、《测量异同》、《勾股义》等三部书以发扬《几何原本》的用途。他由是指出，古代数学经典《九章算术》与西方数学「其法略同，其义全阙，学者不能识其由」；「泰西子之译测量诸法，……与《周髀》、《九章》之勾股测望，异乎？不异也。不异，何贵焉？亦贵其义也。」这样，中国与西方数学的根本差别，即前者只重程序（即所谓「法」），而不讲究直接、详细、明确的证明（即所谓「义」）这一

¹ 贵州湄潭和附近的遵义都是浙江大学在抗日战争中西迁的校區，上述演講翌日「中國科學社」在湄潭文廟召開年會，李約瑟亦以名譽會員身份與會。以上有關記載見《竺可桢日記》第 2 冊，頁 789—790。日軍進佔獨山事在同書頁 800—805 有記載，當時國府已經有命令浙大再度遷徙甚至解散的想法了。

点，就在中国与西方的近代第一遭相遇中被揭露出来了。可是，徐光启虽然对于西方宗教、数学、天文学心悦诚服，赞叹无极，因而虚怀接受，悉心研习，却从来没有向他的老师追问《几何原本》的产生背景，或者发愤深究为何中土大儒未能悟出同样深奥精妙的道理。对于他来说，利玛窦的笼统解释「西士之精于历无它巧也，千百为辈，传习讲求者三千年，其青于蓝而寒于水者，时时有之」，至于中国学者研究科学者则「越百载一人焉。或二三百载一人焉。此其间工拙何可较论哉」，就已经足够了²。

徐光启心胸开阔，思想敏锐，又笃信天主教，但他深受传统文化熏染，所以仍然仅循老师利玛窦的教导前进，而并没有对远隔重洋的其它方外事物产生好奇，或者动念独立探索中西文化异同。因此，国人初次明确地提出和讨论中国科学落后问题，已经是五四运动前后了。这以1915年1月任鸿隽在《科学》创刊号上发表文章为开端，此后十年间梁启超、蒋方震、王琏、冯友兰等相继就此发表论文，或者在著作中讨论相关问题³。当时和明末一样，中国正处于风雨飘摇，国难方殷的危险关头，但这些思想界领袖人物的心态却迥异于徐光启，因为在西方军事、政治、文化排山倒海般冲击下，他们对于传统文化信心已经动摇乃至崩溃，所以认为必须转向西方文化精义如科学与民主来寻求救国之道。在此危急情势下，为何像科学这样具有普世价值的学问，在古代中国竟然显得落后甚或阙如，方才成为触动国人心弦的问题。

1944年恰逢「中国科学社」成立三十周年，因此有关中国古代科学落后原因的讨论再一趋掀起高潮。当时浙江大学为避战乱迁校贵州遵义、湄潭等地，它集中了多位科学史家，所以成为热潮中心：当年7月间浙大心理学教授陈立和数学史家钱宝琮分别发表文章；10月1日《科学时报》在复刊第一期上刊登了德国学者魏福格（K.A. Wittfogel）相关议论的译文；李约瑟则在10月24日晚间作了

² 以上所引徐光启和利玛窦的言论，分别见《徐光启集》卷二〈测量异同绪言〉；同书〈题测量法义〉；以及《增订徐文定公集》卷一〈简平仪说〉，分别转引自：席泽宗、吴德铎1986，页47-48；《徐光启传》（《罗光全书》第二十八册，台北学生书局1972），页288/34及294/40。

³ 有关中国科学落后和李约瑟问题讨论的综述，见范岱年：〈关于中国近代科学落后原因的讨论〉，《二十一世纪》第44期（香港，1997年12月），页18-29，此文章经收入刘钝、王扬宗2002，页625-643。

有关中国科学的主题演讲。由于他持论独特，因此引起热烈讨论。1946年竺可桢在《科学》杂志上发表〈为什么中国古代没有产生自然科学？〉，它的结论是：「中国农村社会的机构和封建思想，使中国古代不能产生自然科学。」那一方面可以视为前述讨论的综合，另一方面则反映李约瑟开始对中国学界发生影响，因为此文已经将社会、经济因素与文化因素并列了。然而，此文仍然认为中国古代无科学，和三十年前任鸿隽的文章并无二致⁴。

李约瑟的思想渊源与体系（导论 12—20 页）

其实，与国人热烈讨论中国科学落后原因同时，西方学者也正在展开有关现代科学革命动力的争论。本来，自十七世纪耶稣会士来华以还，西方对于中国文化包括其发明与技术已经颇有报导和著述，但十九世纪中叶科学史研究兴起之后，西方学者大都理所当然地认为，科学是西方文明的特征，在其它文明是不发达乃至不存在的。哲学家怀海特（Alfred North Whitehead）在 1925 年很自信的说，「中国科学实际上是微不足道的。毫无理由相信，倘若只凭它自己，中国会产生任何科学进步。印度亦复如此」；数年后后德国汉学家也是早期马克思主义者魏福格同样在其著作中讨论「中国为什么没有产生自然科学」⁵。这朴素「西方中心」观念的转变开始于荷兰学者萨顿（George Sarton），他在一次大战期间从比利时移居美国，并致力于建立「新人文主义」和科学史研究传统。他创办的科学史期刊《艾西斯》（Isis）至今仍享盛名，他所撰的三卷本巨著《科学史导论》（1927年初版）也成为经典。

二十世纪三十年代是英国知识分子的「红色年代」，刚届而立之年的生物化

⁴ 任鸿隽的〈说中国无科学之原因〉（1915）、竺可桢的〈中国实验科学不发达的原因〉（1935）以及〈为什么中国古代没有产生自然科学〉（1946）等三篇文章俱已经收入刘钝、王扬宗 2002，分别见页 31—35，45—51 以及 52—62。

⁵ 怀海特的话见 Alfred N. Whitehead, *Science and the Modern World*, Lowell Lectures 1925, 8（Cambridge 1926），转引自 Habib and Raina 1999, 31（作者译文）。魏福格的文章是其著作 *Wirtschaft und Gesellschaft Chinas*（Leipzig 1931）中的一部份，由吴藻溪节译发表於其《科学运动文稿》（上海农村科学出版社 1946），转载於刘钝、王扬宗 2002，36-44。

学家李约瑟则是剑桥年轻左翼科学家与国际主义者之中的表表者。他深受怀海特与魏福格两位前辈以及历史理论家柯林武德（R.G. Collingwood）影响，但并不接受西方中心主义科学史观，而且当时就已经发表过不少有关政治、社会与宗教方面的言论。他积极参与组织 1931 年在伦敦召开的第二次国际科学史会议，那成为科学「外史」（external history）崛起的转折点。当时苏联布尔什维克元老布哈林（Nikolai Bukhalin）率领强大而活跃的代表团参加此会，其代表物理学家赫申（Boris M. Hessen）发表了〈牛顿《原理》的社会与经济根源〉一文，从马克思观点论证，现代科学之出现当以资本主义的需求以及技术发展的带动来解释，这就是著名的「赫申论题」（Hessen thesis）。它虽然粗糙，但其崭新角度与宏观气魄却深深打动不少年青有才华的学者，其中李约瑟就是在赫申论题引导下转向向科学「外史」，即以社会经济制度为科学发展决定性因素。但对李约瑟思想发生决定性影响的，当是维也纳学派左翼的赤尔素（Edgar Zilsel）。后者是犹太哲学与历史学家，纳粹掌权之后被迫流亡美国，在四十年代初发表一系列探讨现代科学根源的论文，其中最重要的是 1941/42 年在《美国社会学期刊》发表的〈科学的社会学根源〉。他的基本论题是：既然现代科学出现于欧洲资本主义早期即十六世纪，那末相关的社会结构转变就是其必要条件。这个论断是基于以下观察：现代科学的数量方法得自大规模货币商业所需要的计算；至于科学实验之兴起，则是由于学者与工匠、工程师开始紧密接触，从后者吸收了实地测试的方法。在此论题以外，他还提出在不同文明之间作比较的问题：中国同样有货币商业和学者、工匠阶层，那么为什么中国没有出现资本主义，也没有出现实验科学⁶？赤尔素在 1944 年自杀，但他的论题则几乎全盘为李约瑟所接收，特别是，他认为需要比较西方与中国科学发展的呼吁，事实上决定了李约瑟一生事业的整体方

⁶ 有關赫申與赤爾素的論述，見 Cohen 1994, §5.2.2, §5.2.4。

向⁷。

其实，从1937年抗日战争爆发开始，李约瑟就已经注意中国与中国文化，恰巧同年鲁桂珍等三位中国生物化学研究生前赴剑桥求学，向他提出为何中国没有发展出现代科学的问题，这不但刺激他在这方面的兴趣，更勾起他学习中文的意念。根据后来的自述，他翌年就已经立志撰写一部「有关中国文化区之科学、科学思想和技术的系统、客观与权威性著作」；赤尔素论文的出现，自然更进一步坚定了他以中国古代科学史研究为终身职志的决心。珍珠港事变之后他谋得「中英科学合作馆」(Sino-British Science Cooperation Office)馆长的身份来华，那可以说是顺理成章的事情了。

李约瑟在1944年湄潭大会上所作演讲是中国科学落后原因讨论的转折点。当时他不但直接批驳「泰西与中国学人」所谓「中国自来无科学」的观点，并且宣称问题之解决「当于坚实物质因素中求答。」这充满自信的宣言不但吸收了赫申和赤尔素的论题，也包含他自「七七事变」以来多年研究和思索的结果。因此，在其中已经出现日后「李约瑟问题」的雏型与「李约瑟论题」的核心了⁸。十年之后，他和合作者王铃、鲁桂珍等开始发表所撰的多卷本《中国科学技术史》，至1964年此巨着分别有关史地、思想、数学与天文，以及物理学等四方面的前三卷和第四卷第一分册已经面世。这是个划时代贡献，它决定性地改变了中国科技史研究的整体面貌，在这前所难以想象的庞大实证基础面前，古代中国无科学说似乎已经不攻自破，二十年前他对中国科技的看法至此也得到证验。至于在湄潭演讲中已经提及的「李约瑟问题」，则在1964年的一篇论文中「定型」：「我认为主要问

⁷ 有關李約瑟的研究與評論汗牛充棟，但以下兩部以他個人經歷、思想與事業為主題的論文集可能是最基本的：Nakayama and Sivin 1973；Habib and Raina 1999。關於他早年經歷及科學史思想發展歷程，見（1）前書頁9-21；（2）他長期助手兼私人助理卜魯（George Blue）的論述：“Science (s), Civilization (s), Historie (s): A Continuing Dialogue with Joseph Needham”, Habib and Raina 1999, 29-72，此文章譯文見劉鈍、王揚宗2002，頁516-559；以及（3）劉鈍的論述，包括對「紅色年代」和李約瑟國際主義的簡介，以及對「李約瑟問題」的評論，見其〈李約瑟的世界和世界的李約瑟〉（代序），同書頁1-28。

⁸ 引文見李約瑟〈中國之科學與文化〉，《科學》28卷1期（1945），54-55，並載《湄潭區年會論文提要》，轉引自前引范岱年的〈關於中國近代科學落後原因的討論〉；有關李約瑟於1938年立志撰寫中國科技史見Needham 1969, 190的自述。

题是：为什么中国（或者印度）文明没有发展出现代科学？随着岁月流逝，我对中国科学与社会的了解渐增，就意识到还有第二个最少同样重要的问题，即是：为什么从公元前一世纪以至公元十五世纪之间，中国文明在将人类自然知识应用于人类实际需要的效率，要比西方高得多？」⁹。此文后来收入1969年出版的论文集《大滴定》，成为「李约瑟问题」的经典文本。

在此文本中，李约瑟问题有两个紧密关联，不可分割部份。第一部份可以称为「中国科技长期优胜说」（这在上述文本中是「第二个问题」）——它以问题形式出现，实质上却属于论断（assertion）。而且，虽然在该论文开头李约瑟只审慎地提到「自然知识」以及中国将之应用于实际需要的「效率」，而完全没有涉及「科学」或者「技术」水平，但文章整体仍然予人以「中国科技水平在公元前一世纪至公元十五世纪远远超过西方」的强烈印象和暗示，因为在同一讲词的下文，「应用自然知识的效率」就逐渐为「科技水平」或者类似观念所取代，而讲词结尾更用上了「中国科学和技术在早期（作者按：指十五世纪和公元前一世纪之间）的绝大优势（predominance）」那样的词语¹⁰。当然，有了四巨册《中国科学技术史》作为后盾，这观念上的「滑动」并不显得突兀，甚至好像是理所当然。

然而，现代科学出现于西方是不争的事实，所以「长期优胜说」导致了一个悖论：到底是什么因素使得千余年来那么辉煌的中国科技从世界领先地位殒落，而为欧洲在十五世纪以后所决定性地超越呢？这优劣形势之逆转，到底是如何发生的？这个悖论非常重要，因为倘若孤立地看，则「为什么中国文明没有发展出现代科学？」那样的问题并没有特殊意义，它和「为什么西方文明没有发明火药？」相类似，因此很自然地会受到质疑。然而，倘若将「李约瑟问题」经典文本的两部份合并，也就是通过上述悖论来重新表述此问题，那么它的真正意义——不，更应该说是它的巨大挑战性，就立刻显露无遗：「既然古代中国的科技长

⁹ Needham 1969, 190。

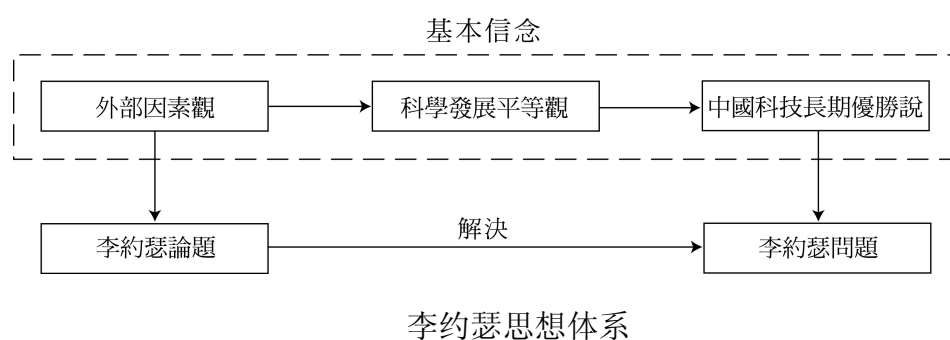
¹⁰ 分别见 Needham 1969, 190, 213, 217。

期领先于西方，那么为何现代科学的锦标却居然为西方夺取？两者高下形势之逆转到底是如何发生的？」它之所以也被称为谜或者难题，原因大概就在于此。

不过，无论将之称为李约瑟问题、难题或者谜，其实都不确切。道理很简单在六十年代的《大滴定》诸文章中，李约瑟就已经对自己提出的著名问题作出明确解答——最少是提供绝大部份答案了。因此，对他来说，此问题并非开放性的「疑问」，而是具有引导性的「诘问」：它的主要作用不在于激发探索，而在于导向他就此问题所已经发展出来，事实上从未曾动摇过的那套基本观念，也就是我所谓「李约瑟论题」者。那么，「李约瑟论题」有些什么内涵呢？他最初对中国科技史发生强烈兴趣是受到三十年代风靡牛津剑桥校园的马克思主义激发，因此对于自己所提出来的大问题之解答，也是以不同文明之间的社会经济体制差异为关键。他并不同意魏福格通过「亚洲生产方式」来说明中国科学之所以落后，而认为中国与西方科技水平戏剧性逆转的根源在于：中国历史上高度理性化的「官僚封建体制」（bureaucratic feudalism）阻止了小资产阶级和资本主义出现，西方的「军事—贵族封建体制」（military-aristocratic feudalism）却没有那么坚强，它在十五六世纪亦即文艺复兴时代崩溃了，由是导致资本主义和现代科学出现。至于后两者之间的关系则是循以下思路发展出来：现代科学之出现是由于可控实验的发展，它补足了古希腊科学只尚纯粹理论而轻视实用的阙失；而实验科学之所以兴起，则与实用技术受重视和工商业发达有关，亦即是由资本主义的刺激而来。这样，现代科学、实验科学、资本主义、文艺复兴就都紧紧联系在一起，成为「中国传统社会显示了整体以及科学上的连续进步，但在欧洲文艺复兴之后这就被以指数速度增长的现代科学所猛然超越」的解释。根据这逻辑，李约瑟问题基本上等同于「何以资本主义是在西方而没有在中国出现」。

上述「论题」是解释科学发展，特别是现代科学出现的理论。对李约瑟而言，更根本的，是贯穿其一生的三个基本信念。第一个信念就是前述的中国科技「长期优胜说」。第二个信念是现代科学并非由西方文明或者其中的数理科学单线发展出来，它整体之形成犹如百川汇海，是由众多不同民族、不同文明千百年来在

许多不同方向所作的努力，点点滴滴积聚而成，这可以称为「科学发展平等观」它可以彰显中国科学的普世性，却仍然不能够解开他自己提出来的问题。所以，他还需要第三个信念，即现代科学突破之所以出现于西方，绝不能够用种族、思想、文化等内在差异来解释，而必须采取马克思观点，即求之于社会经济制度之不同发展途径这外在差异，这可以称为科学发展的「外部因素观」，「李约瑟论题」就是将它应用于现代科学出现过程的结果。以上三个信念密切相关，互相支持，共同构成了完整、具有强大和广泛解释能力的思想体系，它可以用下列示意图说明。



李约瑟本人在 1995 年以九十五岁高龄辞世，将近十年后克伦（Christopher Cullen）与罗宾逊（Kenneth Robinson）两位学者根据他所遗留文稿以及其它资料出版了《中国科学技术史》的压卷之作，即《总结与反思》。在那么多学者辛勤将近半个世纪以及十数卷巨着出版之后，我们自然期待此压卷之作对「李约瑟问题」提出更全面和深入答案。然而，他的基本信念并没有任何变更，书中也没有对于资本主义促成现代科学的过程提出更详细说明。那也就是说，李约瑟对自己著名问题的答案至终没有越出《大滴定》的观点。他从来不讳言，他的真正动机与兴趣是在探究中国科技史本身，以及阐扬它的辉煌：如他所坦白承认，他的使命就是彰显非西方以及非机械性科学。柯亨（H. Floris Cohen）将他称为中国科技的「宣教师」（preacher），那应该是相当准确的说法。

李约瑟问题的消解（总结 622—627 页）

由于耶稣会士来华，西方科学在它发生根本性革命前夕得以进入中国，并且赢得士大夫和皇帝青睐，由是广为传播达一个多世纪之久。然而，它却未能够在神州大地生根、发芽、滋长，更不用说触发中国科学的真正革命。史景迁 (Jonathan Spence) 在评论李约瑟观点的时候说得好：「可以相当肯定地论证，在二十世纪以前中国还未曾真正进入普遍有效的现代科学之世界」¹¹。这不能不令我们意识到，李约瑟「中国科技长期优胜说」和「科学发展平等观」都可能存在严重缺陷。因为倘若各个文明对于现代科学的贡献都大致同等，或者中国科学在公元前一世纪至公元十五世纪的确比西方远为优胜，而现代科学革命出现于西方只不过是在文艺复兴刺激下的短暂现象，那么就绝对无法解释，为何耶稣会教士所传入的西方科学没有触发中国科学更剧烈，更根本的巨变，也就是使得它在十七或者至迟十八世纪就全面赶上西方科学前缘，并且确实地完全融入世界科学主流。这是个关键问题，而且李约瑟对其中利害十分清楚，所以他在 1966 年一篇演讲词中详细讨论此问题，并且如上面所提到，强调中国与欧洲的数理天文学早在明末即 1644 年就完全「融合」¹²。但稍为细考就可以见到，他这说法距离事实是极其遥远的，这在柯亨的书中已经有详细评论了¹³。

倘若是这样，那么我们自然就必须重新检讨「中国科技长期优胜说」到底是怎么样建立起来的了。如本书「导论」所指出，「优胜说」在《大滴定》第六章开头有很严谨的意义：「从公元前一世纪以至公元十五世纪之间，中国文明在将人类自然知识应用于人类实际需要的效率，要比西方高得多」。它具体所指，最主要的就是传入西方社会之后对之产生巨大影响的指南针、火药、印刷术等三种培根特别提到过的发明，以及机械定时器即苏颂的水钟，这些是李约瑟在比较中西方文明对「普世科学」(oecumenical science) 贡献所绘示意图中所特别标明者¹⁴。除此之

¹¹ Jonathan Spence, contribution to Review Symposia, *Isis* Vol. 75, No. 1 (March 1984), 171-179；引文見頁 180-181。有關李約瑟整個「中國科學在十七世紀已經融合於世界主流」論題的批判，尚見 Cohen 1994, 466-471。

¹² Needham, "The Roles of Europe and China in the Evolution of Oecumenical Science", in Needham 1970, 396-418.

¹³ 見 Cohen 1994, 466-471。

¹⁴ 見 Figure 99, Needham 1970, 414。

外，它自然还包括《中国科学技术史》中所详细研究、论证过的大量其它发明，包括连弩、船尾舵，马蹬、手推独轮车等等。然而，由此进一步论证传统中国在应用技术上有许多方面领先于欧洲（假如没有忘记像罗马斗兽场、高架引水道和欧洲中古哥德式大教堂这些显著例子的话，我们恐怕也会意识到，这不可能是在所有方面领先）固然很有力，但倘若像上述文章那样，由此而逐渐改变命题重心，以至最后「滑动」到另外一个位置，即宣称中国科学与技术都比欧洲全面优胜 (predominant)，那就变为截然不同，也不可能成立的新命题了。

在李约瑟的论证方式中这是个核心问题，值得详细讨论。而以磁现象作为例子可能是最适当的，因为李约瑟对它极端重视：「可是，要声称中国对这欧洲文艺复兴晚期的现代科学大突破没有贡献是不可能的，因为欧几里德几何学以及托勒密天文学虽然无可否认是发源于希腊，但它还有第三个重要部份，即有关磁现象的知识，其基础完全是在中国建立的。」磁石和磁针的性质首先由中国人发现，时间不晚于十一世纪末，它为欧洲认识则不早于十二世纪末，也就是在中国之后整整一个世纪，这些李约瑟有详细考证，那没有什么争议。但是，他对于这个事实的引申和解释却令人十分吃惊。他宣称，磁力提供了「超距离作用」(action at a distance)的例证，而基尔拔(William Gilbert)认为地球可能是一块大磁石的观念，影响刻卜勒和牛顿，为万有引力观念提供了灵感，因此「在牛顿的综合中，我们几乎可以说重力是公理性的，它扩展到所有空间，正如磁力可以没有明显的中介而跨过空间发生作用。因此中国古代的超距离作用观念通过基尔拔和刻卜勒成为牛顿（思想）准备工作的极其重要部份」¹⁵。

这个说法表面上顺理成章，实则充满问题。首先，如上文所说，虽然刻卜勒和加利略的确为磁力的神奇作用吸引，并且猜想这与天体所受引力相关，但牛顿则很清醒地拒绝对万有引力的根源作任何假设或者猜测，因此，磁现象对于十七世纪科学革命即使不无关联也绝对没有发生决定性影响。其次，中国古代虽然知道磁石、磁针有恒定地指南或者指北的性质，却不可能有「超距离作用」观念

¹⁵ 以上兩段引文分別見 Needham 1970, 396-397 與 Needham 1969, 74。

因为那是和「直接碰撞作用」(action by impact)相对，并且是由后者衍生出来。「直接碰撞作用」观念的基础是古希腊的原子论，即宇宙万物是由极其微细，不可见也不可直接感觉的原子，它们的相互碰撞是一切力和运动的来源。在十七世纪笛卡儿提出「机械世界观」，那便是以充斥太空的原子流亦即所谓「以太」(aether)所产生的漩涡之冲击来解释天体之间的吸引力。而磁力则显示，两块磁石之间可以超越空间而发生吸引或者排斥力量，这不是用产生碰撞作用的中间媒介能够解释的，因此称为「超距离作用」。可是，古代中国压根就没有原子论和「直接碰撞作用」观念，那又怎么可能平白无端冒出相反的「超距离作用」观念呢？李约瑟在讨论物理学的《中国科学技术史》第四卷第一分册将中国古代大量有关日月盈亏、阴阳消长、精气感应、声气相通相应等观念附和于「超距离作用」¹⁶，但这些循环消长观念基本上是时间现象，并没有空间观念在其中，而他提到的感应、相通观念或需依赖充斥空间的介质传递，或者属于人事、精神而非自然事物范畴，和「超距离作用」根本不相干。因此他也不得不承认：「气这连续介质中的波动与严格意义的超距离运动这两者之间的对立是中国古代思想所未认真面对的」，但却又仍然坚持「但对中国人来说整个宇宙是如此息息相关，因此他们倘若有理由认为这物质介质在某些特定地方不存在，那么大概也不会坚持其普遍性。」¹⁷可是，中国古代思想从未经历古希腊巴门尼底的「存有不生不灭不动」悖论和原子论派以「大虚空」来破除此悖论的曲折历程（见§2.5-6）或者类似争论，因此这奇特假设对中国古人毫无意义，它只不过是「超距离作用」投射到中国古代思想中的手段而已。

此外，李约瑟用了大量篇幅来论证中国人自古以来对于磁石的了解和应用¹⁸，但其实，古籍如《吕氏春秋》、《淮南子》、《论衡》等的有关记载都仅限于「慈石召铁」、「慈石能引铁」、「磁石上飞」、「以磁石之能连铁也」、「司南之杓」、「磁石引针」

¹⁶ 分别见 SCC IV, Pt. I, 6-8, 12, 29-33, 60, 135, 233, 236-237。

¹⁷ SCC IV, Pt. I, 32-33.

¹⁸ 这主要见之於 SCC IV, Pt. 1, Section 26(i), 229-334，以及“The Chinese Contribution to the Development of the Mariner’s Compass”, in Needham 1970, Ch. 12。

那样极其简短的一言半语，即使偶有论述，也都只是物以相类感应的粗糙观念¹⁹。即使到了宋代，提到磁石、磁针的文字大多仍然属于异志、杂志或者技术类型的简短记载，其性质可以视为认真与系统学理探究的绝无仅有。例如李约瑟所引沈括《梦溪笔谈》有关磁石的一条全文仅百余字，列于卷二十四「杂志一」，基本上只谈到制造、悬挂、支撑磁针的方法，触及原理的只有最后「磁石之指南，犹柏之指西，莫可原其理」这么寥寥数语；至于曾公亮《武备总要》的一条记载长度相若也纯粹是叙述行军辨向所用「指南鱼」的制造方法而已²⁰。这些与十三世纪佩理格林纳斯长达十数页的《磁学书简》或者十七世纪基尔拔《磁论》那样洋洋洒洒十数万言的专著显然是属于完全不同类型的文献²¹。统而言之，中国虽然首先发现磁石及其应用，但古籍仅有磁石、磁针发现、应用和制造方法的极端简略记载，西方有关文献时间较晚，却是详细、有系统的长篇现象研究和学理探讨，两者性质迥异，实在完全没有可比性。因此，「有关磁现象的知识，其基础完全是在中国建立」或者「中国古代的超距离作用观念通过基尔拔和刻卜勒成为牛顿（思想）准备工作的极其重要部份」那样样的论断²²不但西方学者无法接受，恐怕中国学者也难以居之不疑吧。

再者，如上文所已经讨论过的，磁针、火药、印刷术和许多其它中国发明传入欧洲之后的确对于社会、经济产生了巨大和深远影响，因此它们也无疑间接促成了现代科学之出现。然而，这些发明都属于应用技术范畴，它们虽然也往往牵涉某些抽象观念或者宗教、哲学传统，但这和科学亦即自然现象背后规律之系统与深入探究，仍然有基本分别。除非我们在原则上拒绝承认科学与技术之间有基本分别，否则恐怕就难以从古代中国在多项技术领域的领先来论证中国科学的「优胜」。另一方面，倘若要将《墨子》、《吕氏春秋》、《淮南子》、《论衡》、《周髀算经》、《九章算术》、《梦溪笔谈》乃至《算书九章》、《测圆海镜》这些古代经典与科学著作

¹⁹ 引文见刘殿爵、陈方正主编《先秦两汉逐字索引丛刊》（香港商务印书馆1992—）各该三部典籍文本。

²⁰ 分别见沈括撰、胡道静校《新校梦溪笔谈》（香港中华书局1987）第437条，页240；以及《四库全书》（上海古籍出版社1987）第726册曾公亮、丁度撰《武备总要》前集卷十五，页726—468/469。

²¹ 有关《磁学书简》的内容以及英译见§10.4注55；《磁论》的英译见Gilbert 1958。

²² 见前注39。

来与同时期西方科学、哲学典籍比较，从而来论证，自公元前一世纪以迄十五世纪中国科学一直比西方优胜，恐怕也戛戛其难，要成为不可能完成的任务吧。

这样，「中国科学长期优胜说」就必须放弃了。放弃此说的最重要后果是：现代科学出现于西方这个基本事实不复是悖论，它不再意味在十六七世纪间中西科学的相对水平发生了大逆转。但这么一来，李约瑟论题就难免失去根据，李约瑟问题也连带丧失力量乃至意义，因为我们就再也不可能像在「导论」中那样，将它以「既然古代中国的科技长期领先于西方，那么为何现代科学的锦标却居然为西方夺取？」的质询形式来表达了。同时，席文(Nathan Sivin)的批判，即「它（李约瑟问题）是类似于为什么你的名字没有在今天报纸第三版出现那样的问题。它属于历史学家所不可能直接回答，因此也会不去研究的无限多问题之一」也就变得尖锐和不可忽视。事实上，这就意味「李约瑟问题」之消解。

本书的基本观念与构思 (导论 26—31 页)

半个多世纪以来，李约瑟在中国他广受尊崇，他的论题发生巨大影响力；但西方学者的一致态度则是尊重其具体实证研究，但严厉批判其推论之空疏与严谨不足，也就是贵其躯体，弃其精神。这和中国学者之汲汲于「李约瑟问题」是完全不一样的。在上述两种对立科学史观的大背景之下，本书的撰述原则可以综述如下。首先，历史发展是极其复杂的过程，它受众多因素决定，其中包括集体因素即社会、技术与经济结构，但个人因素例如其思想、禀赋、能力、际遇，以及文化因素例如哲学、宗教等等，亦同样甚至更为重要。政治、军事、经济、宗教、文学的历史发展是如此，科学亦不例外。因此，新兴的科学「外史」固然是有价值的研究角度，但这绝不能够构成忽略乃至实际上否定传统「内史」的理由：科学发展的整体动力还得求之于两者之间。事实上，在我们看来，「内史」亦即科学家与他们思想、发现的研究毫无疑问仍然是科学史的核心，而「外史」潮流所侧重的社会、经济、技术等因素对科学之影响虽然可能相当重要，但无可避免是间接、不确定与辅助性的。因此，它绝不可能取代「内史」。

其次，历史有可能出现突变，亦即发生所谓「革命」，但基本上仍然是连续的，也就是说，即使在急速变化过程中，「传统」力量仍然有不可忽略的作用。所以科学发展的探讨需要顾及长期历史背景，而不能局限于特定时期。这也就是说，科学前进的动力必须求之于「革命」与「传统」两者之间的张力与交互作用。举个最明显的例子：十六世纪文艺复兴虽然是现代科学出现的前奏，但它本身却不能仅仅从战争的「火器化」、海外探险、早期资本主义兴起等连串近期社会经济变化来了解，因为倘若忘记了十二世纪的拉丁翻译运动和十三世纪的大学兴起，那么十五六世纪的欧洲学术便不可能真正理解，只能笼统地视为错误的「亚理斯多德传统」。但这样一来，近代学者的众多中古前驱就将全部被忽略。因此，将文艺复兴与它之前的「中古」割裂开来是个错误，这样是没有可能求得现代科学出现过程之真谛的。

历史不但有连续性，还有整体相关性（global connectivity）。那也就是说，对任何主要事件或者重大发现发生影响的，不仅仅是在其前一百数十年的「晚近」历史，还有在此之前的全部历史。例如，从十五世纪开始的「希腊热潮」同样是产生文艺复兴精神的要素。忽视了这根源远在古希腊罗马时代的热潮，那么贯穿整个十六世纪的魔法与炼金术运动、柏拉图主义之高涨，以至古希腊数学典籍的研究与大量翻译等等，都将成为不可解，而且，有许多实证研究显示，从哥白尼以至牛顿，其思想、工作都深受此热潮影响。历史之所以有整体相关性，亦即历史上发生过的事情之可以影响到千百年后世界，是通过「文化」这载体所产生的「远距离作用」。因此，就科学发展的探讨而言，哲学、宗教以及科学本身的传统等文化因素是具有中心地位的。

第三，本书以数理科学即数学、天文学、物理学等可以量化的科学为主，实际上完全没有涉及化学、生物学、医学等领域，或者农业、建筑、运输、航海等应用技术的本身。它在若干处顺带提到机械学、医学和炼金术可以说是少数例外。这样的选择既有实际考虑，也有更为根本原因。实际考虑很简单：篇幅上的限制使得其它众多领域的深入讨论成为不可能。至于更根本原因也众所周知，那就是：现

代科学的出现毫无疑问是通过数理科学即刻卜勒、加利略、牛顿等的工作获得突破，而且此后三百年的发展显示，现代科学其它部份也莫不以数学和物理学为终极基础。例如，18—19世纪发展的化学至终得用二十世纪初发现的量子力学阐明，生物学则要通过19-20世纪发展的生物化学和二十世纪中叶发现的生物分子结构才能够获得充分解释，等等。

当然，在今日所谓的「后现代」时期，寻找历史发展脉络亦即所谓书写「大历史」的企图是被认为非常可疑，乃至徒劳无功的，因为其结果总是时时处于被新证据、新发现或者新观点、新诠释所颠覆的危险之中。这无疑已经成为所有历史探究所无法回避的风险，科学史并不例外。不过，在我们看来，这种风险毋宁是个警告——要尊重历史解释之限度的警告，却并非在我们所希望探究的领域外面梭巡不前，甚至反过来全盘否定原来出发点意义的借口。这意味我们必须认清：本书书题中的「为何」和「地球上为何有昼夜和四季？」的「为何」在性质上完全不一样，它们所期待的也是不同性质的响应。

最后，本书的中心问题即「现代科学为何出现于西方」早已经在西方学界被反复研究和争论过多时了。它的综述见于贺尔1983年出版的《科学革命1500—1750》。他在该书第一章对同一问题所产生的各种观点作了简短回顾与评论。

至于我们的看法有三点需要强调。首先，社会—经济变革虽然对于科学发展不无影响，但将现代科学这样基本上属于思想与智性的活动完全或者主要归因于社会因素，则颇难令人信服；其次，伊斯兰科学是了解现代科学出现的重要关键，因为它是欧洲中古乃至早期现代科学的前身，并且对诸如哥白尼的工作有直接和重大影响，本书以专章论述伊斯兰科学即是为此之故。第三，中国与西方的比较是我们关注的问题，但这两个文明的基本倾向或曰精神相差极远，它们之间的枝节比较其实并没有太大意义，甚至反而会产生误导作用。因此本书所致力，将是西方数理科学整体发展的具体论述，至于中西科技发展史的比较则非本书重点所在。当然，李约瑟早已经宣称他是不相信以所谓「种族—精神」亦即文化因素来解释科学发展的了，但在这一点上怀特所说的「文化特征都是坚韧

不拔的」也许更能够为人信服吧。无论如何，仅仅通过抽象讨论显然是不可能在诸如「现代科学为何出现于西方」那样庞大、复杂、基本的问题上取得实质进展的。怀特说：「要反对像李约瑟那么强有力头脑所长期执着的基本信念，那么通泛地陈述相反见解是没有价值的：只有事实才管用。」²³本书所要呈献于读者之前的，基本上便是事实。

一个传统，两次革命 (总结 598—601 页)

「现代科学为何出现于西方」的问题表面上千头万绪，但一言以蔽之，当可用「它是西方科学传统经历革命后的产物」作答。说准确一点，这传统当初是通过毕达哥拉斯教派与柏拉图学园的融合而形成；此后两千年间它吸引了无数第一流心智为之焚膏继晷，殚精竭虑，由是得以在不断转移的中心——克罗顿、雅典、亚历山大、巴格达、伊朗与中亚、开罗、哥多瓦、多勒多、巴黎、牛津、北意大利、剑桥等许多不同城市、区域长期发展和累积，至终导致十七世纪的革命与突破，现代科学于焉诞生。因此它是拜「一个传统，两次革命」所赐，亦即是一方面继承，另一方面叛逆「新普罗米修斯」传统的结果。我们在本书数百页篇幅中所试图说明的不外就是这么一个基本事实。

以上的概括说法好像只是复述历史，其实不然：它是有实质内涵的，那就是西方科学传统的整体性。这表现于两个方面：首先，这传统并非一堆孤立观念、学说、发明、技术、人物的集合，而是从某些共同问题和观念所衍生出来的成套理论、观察、论证、方法，它们互相结合，成为具有发展潜力与方向的有机体系，在此体系下又产生不同流派。其次，这传统有强大延续性：它不但在某些时期内蓬勃发展，而且经过移植或者长期中断之后，仍然能够凭借其前的观念、理论，而重新萌芽、滋长。我们认为现代科学是拜此大传统以及开创它和结束它的前后两次革命所赐，所指的就是这传统各个不同部份，以及上述历程每个主要阶段，对于促成现代科学之至终出现都各有贡献和重要性，都有如长链之一环，不可

²³ 見前註所引懷特的《艾西斯》文章，頁 177 及 175。

或缺。

更具体的说，公元前六至三世纪是这大传统的诞生时期，在其间古希腊宗教、神话以及埃及、巴比伦远古科学传统通过融合、蜕变而产生了多个相互关连、影响的不同个流派，包括自然哲学、毕达哥拉斯教派、柏拉图哲学、严格证明的数学、亚理斯多德科学，以及本书未曾论及的医学等等。它们的目标、观念、取向各异，但都以理性探究为基础，形式上着重论证、问难和竞争，而且从柏拉图开始都留下了相当详细的典籍。需要强调的是，这大传统所产生的思想、方法、发现、价值取向构成了西方文明最早，也最根本的内核部分，其影响一直延续到二千年后的哥白尼、第谷、加利略、刻卜勒与牛顿²⁴。在这个宽广、活跃、激动人心的基础上，亚历山大科学家进一步在数学、静力学、天文学乃至机械学等各方面将古希腊科学发展至极致。在罗马帝国时代希腊科学的创新能力衰减了：这是新毕达哥拉斯学派和新柏拉图学派兴起、发展的时期，也是灵智教派、炼金术、魔法等「小传统」形成的阶段，它们将十六世纪发生微妙而不可忽视的作用。也许更重要的是，帝国晚期编纂家虽然不能深究希腊科学、哲学的精义，却保存了它的大体观念与向往，并且将之广为传播，这成为欧洲渡过五百年大混乱时期之后科学能够迅速复兴的契机。

在西罗马帝国覆灭之后三百年，希腊科学与哲学传统就为伊斯兰世界所移植和继承，并且迅即蓬勃发展。伊斯兰科学曾经被认为仅有传承之功，但时至今日，它的多方面创新已经被广泛认识和承认——我们只要想到代数学、三角学、位置记数法、光学、炼金术上的大量发明，还有图西和沙提尔对哥白尼的影响，就不可能再有任何疑惑了。同样，中古科学也曾经被认为无非是错误思想与反动根源，这种观念在上世纪初由于都昂的开创性工作而开始动摇，最近数十年则为更平衡和成熟的看法取代。现在我们知道，中古科学绝非没有观念和方法创新。格罗撒提斯特的实验科学观念、费邦那奇的数学、施奥多力的光学，还有邓布顿、布理丹、柯勒瑞姆对加利略的影响都是强有力例证。从抽象理论转向观测与实验

²⁴ 克倫比在《歐洲傳統中的科學思維方式》中將西方科學思想方式分為從假設尋求原則與方法、以實驗檢驗理論、以實驗探究複雜現象、模型建構、通過類型學了解大自然，以及機率分析等六種形式，古希臘科學思想基本上屬於「假設推理」形式，但是與「類型學」與「機率分析」也有關。見 Crombie 1994, Vol. 1, xxi-xxxii。

证据，以及通过数学来寻求地上现象的规律这两个趋向现代观念的根本转变都是从中古开始的。从中世纪踏入近代的转折点则是十五世纪：其时由于奥图曼帝国进逼所间接造成的希腊热潮对欧洲学术产生刺激，数理科学的研究因而重新获得强大动力，这是导致现代科学革命最直接也最重要的因素。当然，除此之外东方传入的火药、印刷术、磁针等新事物导致了王室集权、民族国家兴起、宗教革命、远航探险、知识广泛传播等无数影响深远的变化，整个欧洲的政治、社会结构亦随之发生巨变，这大环境的根本改变对于现代科学革命之出现也是有密切关系的。

西方与中国科学的比较 (总结 627—629 页)

倘若我们至今的努力没有白费，那么读者可能会同意，「现代科学为何出现于西方」这问题的解答已经有了一点轮廓，而具有那么特殊背景与结构的李约瑟论题和李约瑟问题，也再没有必要继续困扰我们。但即使如此，仍然有一个问题是中国知识分子所无法，也不应该忘怀的，那就是我们在本书一开头所提到，由胡明复、任鸿隽、冯友兰、竺可桢等学者在二十世纪上半所提出来的：为什么中国古代没有产生自然科学？当然，李约瑟与合作者在过去半个世纪的辉煌工作使我们深深意识到，中国古代有大量技术发明与成果，也不乏自然哲学以及对自然现象的探究与认识。然而，中国没有发展出西方那样的科学传统，中国古代科学至终没有获得现代突破，也是不争的事实。所以，上述问题应当修订为：在过去两千年间，中国与西方科学的发展为何出现如此巨大差别？造成此差别的基本原因何在？

这个问题的深入探讨牵涉中西文明的全面比较，那自然远远超出本节乃至本书范围，因此这必须有待于来者了。至于我们在本书剩余篇幅所要为读者提供的，则只不过是对上述问题的几点非常粗略看法，以冀引起思考和讨论而已。

我们曾经再三强调，现代科学革命是由古希腊数理科学传统的复兴所触发，而且，倘若没有这传统作为继续发展的轴线，那么文艺复兴时代所有其它一切

因素，包括实验精神、对自然现象本身的尊重、学者与技师之间的合作，乃至印刷术、远航探险、魔法热潮等刺激，都将是无所附丽，也不可能产生任何后果。这是个最基本，也最重要的事实。从此事实往前追溯，可以很清楚的见到，公元前三世纪的亚历山大数理科学已经决定性地为西方与中国科学分别开来；从此再往前追溯，则可以见到，西方与中国科学的分野其实早在毕达哥拉斯—柏拉图的数学与哲学传统形成之际就已经决定。那也就是说，公元前五至四世纪间的新普罗米修斯革命是西方与中国科学的真正分水岭。自此以往，西方科学发展出以探索宇宙奥秘为目标，以追求严格证明的数学为基础的大传统，也就是「四艺」的传统，而中国科学则始终没有发展出这样的传统，故而两者渐行渐远，差别越来越大，以至南辕北辙，几乎成为不可比较。

那么，中国科学传统到底是怎么样的呢？这我们无法在此简单回答，但可以这样说：中国古代并非没有数学，而是没有发展出以了解数目性质或者空间关系本身为目的，以严格证明为特征的纯数学；也并非没有对于自然规律的探究，而是没有将数学与这种探究结合起来，发展出数理科学传统。当然，这说法不完全准确。中国第一部天文学典籍即《周髀算经》就是结合数学与天文模型的科学著作，然而它所开拓的，颇为接近于现代科学的思路，却未能在中国的文化土壤继续发展，其后竟然成为绝响²⁵。甚至，中国也并非没有将数学应用到自然现象上去：历代为建构历法而作的天文测算就曾经达到很高精密度。然而，这些计算都是利用实测数据和内插法(interpolation)来构造数值模型(numerical model)，目标在于提高测算的精确程度，而并非在于描绘天体运行的空间图像，也就是通过空间关系来理解宇宙。虽然这些数值模型的建构可能应用非常高妙的数学，例如导致「中国剩余定理」之发现的不定分析，甚至也可能牵涉了几何模型的应用²⁶，但这些手段始终都是为历算服务，而没有转变为发展数学或者天文学的动

²⁵ 《周髀算经》成书于西汉，但起源可能甚早，其中部份可能在春秋以前。關於此書結構、成書經歷以及後來發展的討論，見陳方正：〈有關《周髀算经》源流的想法和設想——兼論圓方圖和方圓圖〉，《華夏文明與傳世藏書》（北京：中國社會科學出版社 1996），頁 376—396。其後收入陳方正 2002，頁 586—605。此後討論《周髀算经》的尚有以下專書：Cullen 1996；曲安京 2002。

²⁶ 有關不定分析與曆法中所謂「上元積元」的關係見曲安京 2005，頁 24—35；有關中國曆算中曾經應用幾何模型的推斷見同書頁 302—308，314—329。

力，也就是说，以探究自然为至终目标的数理科学在中国曾经萌芽和偶一出现，但未能发展，更没有成为传统。归根究底，中国古代科学中的数学和宇宙探索是分家的：一方面，牵涉数量关系的数学与历算都以实用为至终目标，甚至术数、占卜等应用组合数学者也不例外；另一方面，以解释宇宙现象与奥秘为目标的阴阳五行、生克变化等学说则缺乏数学思维的运用。

西方科学传统则不然：从毕达哥拉斯学派开始，数学观念就和宇宙生化、建构过程紧密结合，柏拉图的《蒂迈欧篇》就是其最贴切，最全面的体现。其后尤多索、阿理斯它喀斯、托勒密等所建构的天文学模型，以及阿基米得的静力学，也莫不是从同样精神发展出来；甚至在中世纪萌芽，至加利略方才成形的动力学，亦无非是将数理精神贯彻到亚理斯多德物理学上去的结果而已。因此，以新普罗米修斯革命也就是毕达哥拉斯—柏拉图传统的形成作为中西科学之间的分水岭，可以说是再也适当不过。

西方科学发展的特征（总结 629—634 页）

但是中西两大文明为何会形成如此迥异的科学传统呢？对此困难问题我们自然不可能提出完全的解答，但在其巨大诱惑力驱使下，亦不免要从本书整体出发，来作一些观察和揣测，它们可以表达为西方科学发展过程的四个特征。

(1) 古代革命之前的悠久传统

也许，西方科学史最瞩目，最令人感到震惊的，就是它数学传统之悠久。《九章算术》是相当圆熟的实用型算书，它成型于西汉，但从内容和用语判断，一般认为起源于周秦之间，也就是不早于公元前三四世纪之间，与《几何原本》大体同时。然而，在此之前大约 1500 年，亦即中国最古老文字甲骨文出现之前 500 年，巴比伦就已经出现陶泥数学板，稍后埃及也出现林德数学手卷了。这些远古数学文献所显示的数学运算能力与《九章算术》相比绝不逊色，甚或过之。例如，陶泥板上已经出现解二次代数方程式的系统方法。因此，西方数学的起点并非在古希腊，而是在埃及的中皇朝和巴比伦的旧皇朝即汉谟拉比时期，也就是比中国要早足足 1500 年。这个观点是基于《几何原本》与巴比伦数学传统之间有

明显继承痕迹，古希腊记载中不止一次提到泰勒斯、毕达哥拉斯从这两个远古文明学习数学和其它知识，以及最近有关伊斯兰代数学源头的研究²⁷。所以埃及巴比伦远古数学与希腊数学是一脉相承的，后者不应该视为从公元前五世纪凭空开始，而应该视为前者为希腊继承，然后再经过新普罗米修斯革命而出现的结果——否则，没有其前的远古传统，何来翻天覆地的革命呢？从此观点看，中西方数学传统之迥然不同便极有可能是与这 1500 年的起点差距密切相关。

(2) 在广袤空间中的复杂轨迹

但是，时间差距虽然可能是因素之一，完全以此来解释西方与中国科学的基本差异还不足够。最明显的反例就是：苏末—巴比伦数学可以说是与其文明同步发展的，然而在汉谟拉比时期的短暂开花之后它就停滞不前，再也没有令人瞩目的变化了。那么，是否还可能有其它因素是导致希腊数学、科学那种非常特殊形态之出现的呢？

在试图回答此问题之前，我们先要讨论西方科学传统另外一个令人瞩目的特点，那可以称为「中心转移」现象，它表现为西方科学发展往往集中于一个中心区域，而这中心是不断移动、游走，并非长期固定的。在远古时期这中心从巴比伦或者埃及转移到希腊的过程已经湮没不可考，但在希腊时期我们知道它曾经先后在爱奥尼亚、南意大利、雅典、亚历山大等四个中心区之间转移；然后它移植于伊斯兰世界，在此时期它也先后经历了巴格达、伊朗和中亚多个城市，以及开罗、哥多瓦、多勒多等许多中心区；在转回西欧之后，它又先后经历了巴黎、牛津以至波隆那、巴度亚、佛罗伦萨等北意大利城市，最后才在十六七世纪间回转法国、荷兰和英国。因此，西方科学传统虽然悠久，但科学发展中心却不断在亚、欧、非等三大洲之间回环游走，它停留在任何城市或者地区的时间都颇为短暂，一般只有一两百年而已。与此密切相关的则是西方科学的文化和语言背景也因此不断转变：它最早的文献使用巴比伦楔形文字或者埃及行书体文字，其后

²⁷ 兩河流域的數學傳統包括其「幾何代數學」方法自古巴比倫以至中世紀可能一直未曾中斷，因此它與古希臘數學極可能是有直接關係的。見本書§8.5 的論證，特別是該章註 18。

则依次使用希腊文、阿拉伯文、拉丁文乃至多种欧洲近代语文，包括意大利文、法文、德文、英文等等。

科学发展的这种「中心转移」和「多文化、多言语」现象所意味，所反映的是什么？那很可能是：具有非常特殊型态和内在逻辑的西方科学，必须有非常特殊社会、环境、文化氛围和人才的结合才能够发展，但这样的结合显然是极其稀有和不稳定的，因此科学发展中心需要经常转移，以在适合其继续生长、发展的地区立足。由于广义的「西方世界」是具有复杂地理环境和包含多种民族、文化与文明的广大地区，它从来未曾真正统一于任何单独政权，因此在其中适合科学立足、发展的地区总是存在的。倘若这猜想并非无理，那么也许它还可以说明科学在诸如埃及、巴比伦、中国等大河农业文明之内发展的问题。这些文明的共同点是幅员宽广、时间连续性强，在强大皇朝控制下地区性差异相对细小。因此，在其中具有特殊型态与目标的科学，即类似于西方的科学，可能无法通过转移来寻求最佳立足点，并且会由于发展受窒碍而逐渐为社会淘汰。在此「社会过滤机制」作用之下，能够长期生存、发展的，主要限于适合皇朝或者社会实用目标的科技，或者能够为社会大众所认识、认同的那些观念。在我们看来，为什么像《周髀算经》那样的数理天文学著作，和像《墨子》那样包含精巧、复杂科学观念的经典，最后都未能充分发展而成为绝响，为甚么在魏晋南北朝和南宋这两个极其混乱时期中国数学反而呈现蓬勃发展的现象²⁸，也许都可以从此得到解释。那也就是说，中西科学发展模式的巨大分别，最终可能是由地理环境所决定的文明结构差异所产生。

(3) 科学与宗教的共同根源

我们还应该提到，虽然在现代观念中科学与宗教严重对立，但那只不过是十七世纪以来的新发展而已。在此之前，无论在西方抑或中国，科学与宗教都有密切关系，甚至可以说是共生的。毕达哥拉斯—柏拉图传统对西方科学的孕育之功，以及这思潮在文艺复兴时代对于现代科学革命所产生的推动作用，还有基

²⁸ 有關此特殊現象的詳細討論，見陳方正：〈試論中國數學發展與皇朝盛衰以及外來影響的關係〉，收入陳方正 2002，頁 631—659。

督教与科学的密切关系（诸如显示于阿尔拔图和牛顿者）是西方科学史上不断重复的旋律。值得注意的是，西方这个将「追求永生」与「探索宇宙奥秘」紧密结合的大传统，也同样出现于中国。中国传统科学中最强大和独特的两支是中医药和炼丹术。如所周知，这两者的发展和道教都有不可分割，乃至本质上的密切关系。医药是为养生全命，炼丹所求，便是白日飞升。所以毫不奇怪，葛洪、陆修静、陶弘景、孙思邈等著名道教人物同时也是杰出的炼丹师、医药家。不但如此，而且道士也同样有研习数学、天文学的传统：例如创立新天师道的北魏寇谦之与佛教人物颇多来往，因此也与印度数学、天文学之传入中国有关，并且很可能还对著名数学家祖冲之父子有影响；金元之际的刘秉忠基本上是全真道长，他曾经长期在河北邢台紫金山讲论术数、天文，培养出像郭守敬、王恂那样的历法专家²⁹。不过，道教的科学传统还是以医药、化学为主，它涉及数理天文只是后起和附带现象，说不上是其核心关注点，这是它与宣扬「万物皆数」的毕达哥拉斯学派之基本分歧所在。这巨大分歧到底如何形成颇不容易解答，但在中西科学分野成因的探索中，这恐怕也是不可忽略的一条重要线索吧。

(4) 科学革命之出现

最后，西方科学传统最特殊而迥然有异于中国、印度或者伊斯兰科学之处，是在于它先后发生了两趟「突变」(transmutation)，即「新普罗米修斯」革命和牛顿革命。这两趟革命无论在探究方法、问题意识或者思维模式上，都相当彻底地推翻了其前的传统，也因此开创了崭新传统。没有这两趟翻天覆地的突变，那么希腊科学或者现代科学都是不可能出现的。那么，为何科学革命只是在西方，而没有在任何其它文明中出现呢？这是相当根本的大问题，我们认为其解决或有可能从两个方向寻求。

第一个可能方向是上述「中心转移」现象：正唯西方科学发展既有强韧久远传统，又无固定地域或者文化背景为其桎梏，因此在旧传统中注入新意从而整体改造之，使之脱胎换骨成为可能。如本书第三章所详细论证，毕达哥拉斯便是

²⁹ 見陳方正 2002，頁 643—645。

撷取诸远古文明精华，加以融会贯通，然后移植于希腊文化土壤者，他的宏图为费罗莱斯和阿基塔斯所继承，而「新普罗米修斯」革命则是通过他们将教派精神移植、贯注于柏拉图学园而完成。同样，从十六世纪中期开始欧洲各地的科学发展风起云涌，诸如意大利、德国、法国、荷兰都人才辈出，然而至终能够精研覃思，综会各家学说而神奇变化之，得以完成现代科学突破的，反倒是独守寂静剑桥校园达三十五载之牛顿。

第二个可能方向则是宗教。毕达哥拉斯视宇宙奥妙之探索为超脱轮回，获得永生之道，其教派视数学发现为绝顶秘密，相传泄露此秘密者甚至可以被处死。那么对于学园内外的教派传人而言，数学与天文奥秘、规则是如何值得凝神竭智毕生全力以赴的头等大事也就不言而喻了。同样，如最近数十年的深入研究所揭露，牛顿不仅仅究心于科学探索，其宗教信仰之认真、坚定也远远超乎想象：他不但花费大量精力于炼金术以求窥见上帝的生化创造之功，更力图从自然法则中寻找世界末日的根据，甚至甘冒天下之大不讳与革职危险而坚守阿理乌派信仰。毕达哥拉斯和牛顿这两位先后触发科学革命的人物都具有无比强烈之宗教意识与向往，那自然不免令我们奇怪，这到底是巧合，抑或有更深意义在其中呢？例如，科学大突破需要焚膏继晷，废寝忘餐的苦思冥想，这精神上之高度与长时间集中对于常人而言是极其不自然，甚而根本无法做到，但在宗教热诚驱动下，或者在宗教意识的移情作用下，则很有可能变为自然。况且，具有强烈宗教信仰的人往往也具有坚执不挠、百折不回的禀赋，只要其信仰与科学探索所需要的开放心态没有抵触，那么这两方面也就可能相通而相成了。因此，宗教与科学的密切关系也有可能是科学革命只出现于西方的原因。当然，以上两个方向都只可视为何科学革命只发生于西方文明的一种揣测，至于其实际发生所需要的充分条件则如以上第五节的讨论所显示，是非常复杂而绝不可能简单归纳于少数原因的。

* * * * *

中国人最初接触西方科学是从十七世纪开始，也就是与现代科学的出现同时，至今已经超过三个世纪了。在此数百年间，国人对于西方科学的看法经历了三趟根本转变：在十六世纪认为它可学但又需发扬传统科学而超胜之；在二十世纪上半则通过在西方留学的知识分子而生出「中国古代无科学」的感觉；自五十年代以来却由于李约瑟庞大研究的影响而令不少人认为，长期以来中国古代科学比西方优胜，其落后只不过是文艺复兴以来的事情而已。很显然，这多趟转变都是由于对西方科学和它的发展史认识不足所致。这并不值得惊讶，因为西方科学并非只是其众多学术领域里面的分支，而是其整个文明精神的体现。要真正认识西方科学及其背后精神，就需要同时全面了解西方哲学、宗教，乃至其文明整体。这十分高远的目标并非本书所能企及，我们在此所敢于尝试的，只不过是朝此方向跨出小小一步而已，倘若它能够唤起国人对此问题的注意和兴趣，那么本书的目标也就达到了。