

唐僧一行在科学上的贡献

何丙郁

“中央研究院”院士

一行发现当时许多恒星的位置，与古代典籍所载的位置有若干改变。现代天文学称恒星位置的变动为“本动”。西方国家的恒星本动现象最早发现，归功于哈雷彗星回归期的发现人艾蒙·哈雷（一六五六—一七四二年），比一行晚了约一千年！

距今三十七年前，我向英国剑桥大学的李约瑟请教，有什么题目适合写一部有关中国科学史的博士论文。他就提出两个题目，一个是《晋书·天文志》，一个是“唐僧一行”，结果我所选的是《晋书·天文志》。十五年后，当我在吉隆坡马来亚大学任职的时期，同人洪天赐希望我提出一个可以作为博士论文的题目，我就建议选择一行为题。后来他的博士论文完成了，获得校外考试委员李约瑟博士的赞赏。洪天赐现任吉隆坡马来亚大学中文

系主任职。

一行和尚俗姓张，名遂，生在唐高宗弘道元年（公元六八三年）。曾祖父张公谨，是唐太宗李世民的一位开国功臣，公谨三个儿子——大象、大素、大安，都是朝廷的大臣。但因文献无征，不知谁是一行的祖父，只知道一行的父亲张檀，曾任县令。张氏家族在武则天时代已经衰微，一行就是生在武则天称帝的前几年。一行自幼聪颖过人，读书过目不忘；稍长，博读经史书籍。他去元都观拜谒博学多闻的道士尹崇。尹崇因为一行虚心求学，对他极为嘉许，给他许多指导，并借自己的书给他阅读。有一次尹崇借了一部扬雄所作的《太玄经》给一行看。这是一部文词艰涩、内容隐晦的书，并非一般读者所能看得懂。一行隔了几天便把这部书交还尹崇。尹崇起初以为一行是觉得这部书名不副其实，实在是太玄了，失了兴趣，赶快还书。但当一行拿札记向他请教时，他却赞不绝口，并向外宣扬一行的学问，而且因自己能够发现一位天才而自慰。从此一行就以学识渊博而闻名于长安。

后来一行为着避开武三思（？—七〇七年）的拉拢，跑到嵩山的嵩阳寺剃度出家，改名敬贤，法号一行。他也借着遁世绝俗的机缘，和对天文、历法、数学等有修养的高僧接触，就近请益。嵩阳寺的主持普寂禅师十分

赞赏他的卓越表现。有一次嵩阳寺举行盛会，邀请四方沙门蒞临观礼，著名隐士卢鸿也在会列。卢鸿被邀请为大会写一篇文章。写成后，卢鸿把它置在几案上，对众宣布如果有人能诵读这篇文章，就立刻收他为弟子。他这篇文章实在是句僻字古、深奥难解，并不是常人所能读通的。一行上前拿来一看，就放回案上。卢鸿看见一行的行动，颇为不满，正想开口指斥他轻薄，但一行忽然回头望着他，瞬息间把整篇文章背诵出来。卢鸿极为惊讶，他告诉普寂没有能力教导这样一个门徒，应该让一行自己去游学。

不久一行辞别嵩阳寺，开始云游求学，经过长途跋涉，到达天台山的国清寺。当时国清寺有一位精通数学的高僧驻锡，可惜姓名、法号都不详。一行往国清寺的目的，就是专诚向他求教。下面引述唐代郑处海《明皇杂录》的记载：

一行因穷大衍，自此访求师资，不辞千里。尝至天台国清寺，见一院古松数十步，门有流水，一行立于屏间，闻院中僧于庭布算，其声簌簌，既而谓其徒曰：“今日当有弟子求吾算法，已合到门，岂无人导达耶？”徐一算，又谓曰：“门前水合转西流，弟子当至。”一行承言而入稽首，诸法尽授其术焉，

而门水旧东流忽改为西流矣。

上文所述的数学是指传统数学，包罗术数和现在所指的数学。大衍和易数有密切的关系，也和现在所指的数学有些关联，下文自有交代。

公元七一一年，一行回返嵩阳寺，朝廷有意邀他参政，但他以健康欠佳为借口婉辞。稍后一行再度整装远游，前往玉泉山的玉泉寺，专心研究占星术。不久唐玄宗（公元七一二—七五六年在位）即位，朝政革新，文化和科学都呈现着蓬勃的现象。玄宗派遣一行的族叔张洽前往玉泉寺，劝一行晋京。五年后，一行终于上京，玄宗亲予接见，一行便驻锡华严寺。在这期间，他有机会和许多精通天文和历法的印度僧侣交往，从中获得印度天文学方面的知识。

一行往长安与密宗从印度传入中土初期巧合。密宗是由公元七一六年善无畏 Subhakarasiṃha（公元六三七—七三五年）和公元七一九年不空 Amoghavajra（公元七〇五—七七四年）、金刚智 Vajrabodhi（公元六七—七四一年）先后携入该派的经典。一行从不空学得密教，他们两人结了亦师亦友之交，由一行协助翻译经典。不空的一位弟子惠果（公元七四六—八〇五年）为长安青龙寺主持。日本的真言宗为弘法大师（公元七七四—八三

四年)所创。他入唐求法,在长安青龙寺受戒时法名空海,师事主持惠果。所以一行和善无畏、不空、金刚智和弘法几位高僧,在日本的真言宗里具有崇高的地位。日本高野山真言宗圣地供奉有中土传入的一行大师绘像。闻说京都东寺亦有一行像,惜未得一见。

有三个从印度移居长安的家族,对印度文化东传和唐代天文学的发展曾做出很大的贡献。它们是瞿昙氏 Gautama、俱摩罗氏 Kumara (又作鸠摩罗、拘摩罗等)、迦叶波氏 Kasyapa 三个天文专业家族。一行上京的时候正值瞿昙悉达 Gautama Siddharta 任太史令职。他曾修理当时的铁浑仪,公元七一八年翻译“九执历” Navagraha,公元七一八至七二六年间编纂《大唐开元占经》(简称《开元占经》),采入许多秦汉以来天文和占星术的零散资料,以及一些从印度传入的天文和数学知识。一行和这些家族有来往。例如瞿昙氏家族对一行后来的“大衍历”提供了一种日食计算方法和一种占星书,而获得一行支持者则是俱摩罗氏。

当时善无畏、不空、金刚智几位密教高僧都在长安的大兴善寺内驻锡。瞿昙氏、俱摩罗氏和迦叶波氏也在大兴善寺居住。日本入唐高僧空海也尝在此驻锡。一九八六年十一月,我在西安西北大学讲学,顺便访问大兴善寺,凭吊唐代印度高僧所驻锡和一行常到访的遗迹,

当时的屋宇现已一无所存，遍布乱石和杂草，附近新建了空海大师纪念碑，这是由日本真言宗资助所建的。日本的真言宗又资助重建青龙寺，在旧址附近，供奉善无畏、不空、金刚智、一行、惠果、空海等画像。

言归正传，当开元九年（公元七二一年），唐玄宗面临历法需要修订的时候，他便召见一行，因为他知道要执行这一项重要而且困难的任务，除却一行，没有任何人可以担当得起。

一行准备开始观测天象的时候，便发觉当时所用的天文仪器都已经陈旧腐蚀，不堪使用。他便立刻重新设计，制造两座比以前更为精密的仪器。他获得梁令瓚的援助，共同进行这项工作。经过了三四年的岁月，这两座巨型天文仪器终于大功告成。一座是以铜制成的黄道游仪，这是用来测定日、月、五星在本身轨道上的位置。它的设计比以前所用的游仪更为精密、更为完善。以往的游仪都是赤道装置，仅能够测得日、月、五星的运行，但是没法直接确定它们本身轨道上的位置。黄道游仪的特点是仪器上的黄道环和赤道环不是固定在一处，所以能够依据它们的旋转动态，从仪器直接获得答案。黄道游仪在开元十三年制成，唐玄宗亲为制铭，置于灵台以考星度。灵台是天文台的古称。

一行的第二座天文仪器是水运浑仪。这是依据东汉

张衡（公元七八—一三九年）的浑天仪水力推动原理而制成的，不但能显出日、月进行的规律，而且可以自动计时。据《旧唐书·天文志上》记载“立二木人于地平之上，前置鼓以候辰刻，每一刻自然击鼓，每辰刻自然撞钟”，堪称世界上有史以来最早的一座自动计时器。后来北宋的苏颂（公元一〇二〇—一一〇一年）制造元祐仪，并写了一部《新仪象法要》详述这座仪器的构造。他说元祐仪系以古法为台三层。所谓古法该是指一行的水运浑仪。李约瑟、王铃和普莱士（Derek de Solla Price）在他们的一部 *Heavenly Clockwork*（一九六〇年出版）中称元祐仪为一座天文钟。“钟”是一具专门自动计时的仪器。一行的水运浑仪和后来苏颂的元祐仪都是天文仪器，同时也是自动计时器，一物两用。因为从来没有一个代表自动计时功能的专门名词，这两座天文仪器所具有的自动计时功能，便逐渐被忽略了。公元十六世纪下半叶，耶稣会教士利玛窦（Matteo Ricci）（公元一五五二—一六一〇年）带来自鸣钟，当时没有人想起一行的水运浑仪和苏颂的元祐仪其实早已具有自鸣钟的功能。

通过以上两座天文仪器的观察，一行发现当时许多恒星的位置，与古代典籍所载的位置有若干改变。现代天文学称恒星位置的变动为“本动”（proper motion）。西方国家的恒星本动现象最早发现，是归功于哈雷彗星回

归期的发现人艾蒙·哈雷 (Edmond Halley) (公元一六五六—一七四二年), 比一行晚了约一千年! 三十余年前天文学家陈遵妫首先提及一行发现恒星位置移动问题; 天文学家席泽宗认为这是由于古代观测天象仪器不够精确所引起; 而李约瑟的意见是, 无论如何, 在一行的心目中, 他所用的古代观测记录是可靠的, 他认为恒星的位置是已经移动了, 这就是“恒星本动”! 西方科学家很重视恒星本动的发现。三十三年前, 我在英国剑桥, 路上碰见一个朋友——在剑桥天文台工作的天文学家阿瑟·比尔 (Arthur Beer)。他手里拿着一些信件, 正赶往邮政局想要买邮票寄出。我们就跑到总邮政局邮票售卖处的前面停下, 因为还有半小时才下班而且没有其他顾客, 我们继续聊天, 所谈的是僧一行的天文学成就。他说一行发现恒星本动是一件很了不起的事情, 又说因为一行有过目不忘的天赋, 假如他来参加剑桥大学的毕业试, 必定胜人一筹。后来他想起来邮政局的目的时, 已经是下班时间了。他赶去柜台买邮票, 邮政员对他说: “来不及了, 请你明天再来吧。”可见连西方的天文学家也津津乐道一行在科学上的成就。

其实我和阿瑟·比尔是同在一个六人小组共同研究一行在天文学上的另外一个大贡献——这就是他的子午线测量的工作。从现代的常识来说, 子午线是通过南北

两极所画在地球上的一个想象中的大圆圈，圆圈分为三百六十度（在中国传统天文学上，这个圆圈是分为三百六十五又四分之一度）。假如能够测得子午线一度的弧长，那就可以算出地球的大小了。

自汉朝以来，一般从事天文工作的人员，都是凭着夏至或冬至的正午，在南北两个地点所测的日影长度，来做臆断。他们认为假如两地的日影长度相差一寸，则两地的距离是一千里。他们测量日影的方法，是使用一支八尺高的标杆。其实这个“损益寸千里”的说法，并不正确可靠。隋代的刘焯（公元五四四—六一〇年）就不同意这个理论。他主张在夏至、冬至和春分、秋分时在黄河南北两岸的平地，实测日影在正午的长度。他的计划已经递呈朝廷，隋炀帝表示赞同这份奏本，但是没有赐给任何人力和经费上的现实援助，因此刘焯的计划始终没有施行。

一行所领导的天文测量工作，能够如期进行，这是由于他获得玄宗的信任和太史监南宫说的鼎力支持。一行的工作人员所测量的地带，是以黄河南北地区为中心，北至北纬大约四十度，南至北纬十七余度。一行是以阳城（即今河南省登封县东南告成镇）为中点，指派工作人员前往分布于南北区所指定的地点进行测候，各处所测的数值，都要和在阳城所测的数值作为比较。一行实

地测量所获得的成果，终于推翻了过去“损益寸千里”的理论。

此外，一行又根据河南省平原上面四个规测地点，计算子午线长度和北极高度的关系。所得的结论是子午线每“度”相等于三百五十一里又八十步的距离。中国传统的“度”是以太阳一昼夜的移动为单位。太阳一年移动一周天三百六十五点二五“度”。折合现代的公制，一行所获得数值是：一度的子午线在地球平面的弧长是一三二点零三公里。从现代科学观点来说，这个数值并非很准确；但在公元八世纪，采用此实地测量方法，可算是科学史上的一个划时代的壮举。虽然在一行以前，希腊科学家埃拉托斯散纳（Eratosthenes）（公元前二七六—公元前一九五年），曾经试图测量子午线一度的弧长，但他的测量规模和准确性远比不上了一行的工作。另外一次的测量是由阿拉伯回教国王阿尔·马蒙（Al-Mamun）（公元八一三—八三三年在位）主持，晚于一行约九十年。

我们还试图解答一些有关一行测量子午线的问题。第一个问题是关于弧长的准确性。由于一行所取的子午线太短，仅仅大约二百公里，难怪弧长不甚准确。另外一个问题是关于一行是否有地球是圆体的概念。张衡的《浑天仪注》有“天如鸡子，地如鸡中黄，孤居于天内”

的记载。一行想已熟识张衡的著作，而且他在长安与精谙天文学的印度专家来往很密切，所以他对地球的形状该有所闻，且有地球圆周弧长的概念。一行的答案显示他对繁复的算式能够应付裕如，可能是得力于印度高僧或专家所指导的三角函数表。

一行制造新天文仪器，做详细的天文观察，和进行子午线的测量，目的在编制一部新历法，以取代已经不能符合当时天象观测的“麟德历”。他编制新历，大约自开元十二年（公元七二四年）开始。他一方面校验自己所观测的结果，另一方面博览前代的历本。当时有二十三家的历法，其中最受他重视的，是刘焯的“皇极历”。他也曾经采用印度历法的一些长处，以审慎态度取长补短，而非全部采用印度历法。

以往刘焯认为太阳运行速度有快慢的现象，这是一个很重要的发现。可是他对这种不均匀的运行现象，未能充分了解。一行补充他的发现，指出太阳运行的速度是由快渐转慢（这是从近日点太阳速度最快时开始），再由慢渐转快（即由远日点太阳速度最慢时开始）。这可以说是一行在天文学上的另外一项重大贡献。一行从太阳运行的快慢情况出发，按照不等的时间间隔，安排二十四节气，从而进一步指出，刘焯所用的“等间距二次内插法”来计算相邻两节气间太阳运行的速度，是不适当

的。因此，他便改用“不等间距二次内插法”，以算出相邻两节气间的太阳运行速度。

所谓“内插法”，乃是“近似算法”的一项重要课题。刘徽注《九章算术》第七章“盈不足术”就是一种最简单的内插法，亦即是所谓“一次内插法”。印度数学家布马古达（Brahmagupta）亦曾使用类似刘焯所用的“等间距二次内插法”公式，年代大约是公元六二八年，比刘焯稍晚。后世天文和历法工作者，沿用一行的内插法公式达五百年，直至元代郭守敬（公元一二三一—一三一六年）编订“授时历”时，才改用“三次内插公式”。由此可见，天文学的不断发展，对数学的要求也愈来愈高，这样一来就促进数学的发展了。高次内插法也是中国数学所达到的一个高峰。我们可以晓得一行在数学上的成就，并不逊于他在天文学的享誉。

一行为了编订新历法，耗费了六年的岁月，他的新历取名“大衍历”。这个历法追算出上古的一个“日、月、五星如联珠”的时期作为起点，算出“上元阏逢困敦之岁”，距开元十二年甲子岁，岁积九千六百六十六万一千七百四十算。一行所用的“大衍”这个名词已把对易数的关联表露无遗。一行所追算的上古“上元”的方法没有留存下来。后来南宋数学家秦九韶（公元一二〇八—一二六八年）悟出所用的“大衍求一术”即《孙子

算经》解答“物不知数”题的方法。秦九韶也利用“大衍求一术”解答著卦问题和历法问题，可见传统数学是包罗术数，而一行在易数方面无疑是很高的造诣。

“大衍历”的初稿在开元十五年（公元七二七年）完成。同年十一月二十五日，一行陪同玄宗往新丰（在今陕西省临潼东北新丰镇）。不料一行病倒，当天晚上竟在新丰与世长辞，享年四十四岁。玄宗敕令将他的遗体运回长安安葬，并为他建筑一座纪念塔。一行在长安时驻于华严寺。一九八四年九月，我访问西安，顺便访查华严寺古址，留下来的只是一座失修的古塔。闻说一行驻该寺时原有另一座塔，后为地震所毁，我见到的一座是后来增建的。

一行逝世后，玄宗命大臣张说与历官陈玄景负责整理“大衍历”的初稿，并于翌年（公元七二八年）颁行天下。“大衍历”颁发后，风靡一时，广受欢迎，但是也曾引起一场小风波。事因当时任职唐室的一名印度天文专家瞿昙谿，由于没有受邀参与修订历法工作，心怀不满，扬言一行的“大衍历”不过是抄袭印度古历“九执历”的一个历法，而且一行擅自加入若干错误。历官陈玄景及曾经协助一行的南宫说也竟然随声附和。为了分辨是非，玄宗下令侍御史李麟和太史令桓执圭依据天文台的实测，比较“大衍历”“麟德历”和“九执历”三种

历法的准确程度。校验的结果，在十次的测验中，“大衍历”有七八次准确，“麟德历”有三四次，而“九执历”只有一二次准确。于是朝廷继续使用“大衍历”，一直到公元七五六年，被“至德历”取代时为止。三百年后，宋代大科学家沈括（公元一〇三一——一〇九五年）对一行的“大衍历”还尽力推崇。李约瑟也在《中国之科学与文明》中的《数学编》说一行是唐代最著名的数学家，而在同卷的《天文编》中又说我们需要一部关于这位精通天文大师的专书。我们可以说一行是历史上最伟大的中国科学家之一。

无分别与对称性

梁乃崇

“中央研究院”物理所研究员

表面看来，科学好像迥异于佛学，二者探讨的对象并不相同；但仔细分析以后，就会发现它跟佛学的讲法是相同的，彼此是连贯的，只不过程度上有差别而已。为什么会有这种现象？

摘要

“无分别”是佛学的要义，“对称性”则是物理学的重要原理。表面看来，佛学迥异于科学，二者探讨的对象并不相同；但仔细分析以后，就会发现彼此是相通的，只不过程度上有差别而已。为什么会有这种现象？原因是我们心的构造本来如此，原本就有“无分别心”与“分别心”，心要“分别”的时候必定需要“无分别”来

做基础。因为人的心原本如此构造，所以无论是探讨佛学也好，或是研究科学也好，做出来都是同一套跟我们心的构造十分相像的东西。而两者程度上的差别在哪里？佛学里的无分别只有一部分是在“被知”的范畴，主要的部分都是在“知觉者”的范畴，而科学里的无分别全部都在“被知”的范畴，这是最大的不同点。

一、绪言

“无分别”是佛学的要义，而“对称性”则是科学的原理，这里我们想比较一下两者的异同，看看它们的性质有些什么共通处。在佛学里“无分别”是一个非常深的概念，而所谓的“无分别”是对应于“分别”来讲的，所以我将先介绍佛学中的“无分别”与“分别”。接着介绍科学的“对称性”，然后再将二者做一比较。

二、佛学中的无分别

表一

无分别	分别
被谁看、听……想？既然有“被知的存在”则必然有“知觉者的存在”，只是“知觉者”不在“被知的范畴”内	当一个物体（现象、情境等）被我们看、听、嗅、尝、触、想到，这个物体必属于“被知的范畴”，所有一切皆在“被知的范畴”内

“无分别”是佛学里非常重要的概念，为了便于各位了解，我现在就从一个大家都熟悉的情形开始，然后再慢慢引到佛学中的“无分别”。

（请见表一右）当我们面对一个东西、一种现象或者一种情景，甚至一个想法、一个念头、一种感觉时，你看到它、听到它，或者是尝到它、嗅到它、触到它，或者是你想到它、感觉到它了——这些全都是被你你知道的东西，在这里我为它们立了一个名词：被知的范畴。比如说我在讲话你听到了，这篇文章你看见了，或者是有个想法在你心中盘桓，你一定觉得这些是被你听到、看到、想到的。然而不管是在外也好，在内也好，这些全都是被你你知道的——在外是被你你知道的，在内也仍然是被你你知道的——也就是无论在外在内，它们全都属于被知的范畴。（请见表一左）这句话其实就隐含了另外一个问题：“是被谁知道的？”也就是说到底是被谁看到、听到、尝到、嗅到、触到、想到——这一切到底是被谁知觉到的？当然这个“谁”就不是属于被知的范畴了！

当我们这样来观察反省我们认知的过程时，很明显就可以晓得：所有的一切只要你知道的话，都是属于“被知的范畴”内的东西。我们既然说有“被知的范畴”存在，就一定会有有一个“能知道它”的“存在”，这是