

敦煌中国星空：综合研究迄今发现最古老的星图

让-马克·博奈-比多，弗朗索瓦丝·普热得瑞，苏珊·维特菲尔德 著
黄丽萍 译 邓文宽 审校

内容提要：

本文主要分析考古学家奥雷尔·斯坦因 1907 年在中国敦煌所得的中世纪中国星图手卷，该卷现为大英图书馆收藏。尽管有一些中国学者对此作过一些研究，但在西方世界还尚未有充分的展示和讨论，这一系列星图（12 时角准圆柱投影和环极方位投影图），充分展示了北半球星空，是迄今人类文明考古发现中最古老、保存最完整的星图，也是最早用图画形方式描绘几乎完整的中国星宿的资料

文章从经卷本身材质——薄纸和墨描的历史开始展开论述，分析每张星图（共 1339 颗星星，257 个星座）中的星星以及释文，考证图中所绘最亮的星星（ $1.5-4^\circ$ ）位置的精确度以及所用的投影法。我们认为这星图是用精确的数学方式绘制的。我们还根据可靠资料推断了绘制日期和作者，认为这些星图绘制于公元 649-684 年间，是早唐时期，而非先前推断的公元 940 年。最后，我们还和后来的星图，包括中国和欧洲类似的资料，做了一些简单的比较，

主题词： 中国天文学 敦煌星图 星表 丝绸之路

1 简介

敦煌星图是天文学历史上最让人叹为观止的文献资料，它描绘一连串星图，完整展现了中国的星空中无数的星星和星宿。（图 1）在丝绸之路发现的这份文献，先撇开其美术意义不说，更了不起的是，它是人类文明迄今发现的年代最久远的星图。

这星图所提供的信息是独一无二的，它详细记录了以下几点：a)，描绘了在中国皇家观星台中肉眼所能看见的 1300 颗以上独立的星星，b)用非常现代的方法绘图——十二时角图和一张北极星图，记录天空；c)标记星座名称；d)用两种颜色在极其精细的纸上绘制，还配有补充说明文字；e)资料显示该图绘制于早唐时期（公元 618-907 年间），年代次早的星图是 11 世纪绘制。

此卷在各类百科全书和普及性出版物中经常被引用来说明关于中国天文学的知识。它有很重要的历史和科学意义，但西方文化界此前却没有深入研究和分析。只是李约瑟（1959：264）1959 年出版该卷的局部，并给过一段很短的描述。自那以后，就只有在其他研究中被顺带提及而已。（见邓文宽和刘乐贤，2003；孙小淳和基斯特梅科，1997：29）。

2004 年大英图书馆举办“丝绸之路”展览，这张星图也在展览中展出，当时附有一些说明（博奈-比多和普热得瑞，2004），此后，我们决定对此图进行深入研究。本文中，我们首先纵观资料的历史来源（第二部分），综述星图内容（第三部分），进而考核图中恒星图像描绘的

精准度，从天文学理论中寻找证据确定制图年代（第四部分）。然后比较中国其他星图，深入探讨文献资料的情况，结论该星图的绘制年代（第五部分）。附录中，我们还将详细描述星图中比较有代表性的两个部分。本次研究多得到国际敦煌项目部¹支持，提供的高清数码星图复本。这是第一次以西方语言发表，旨在让人们获悉这一重要文献资料的基本信息。

1.1 星图的“发现”

星图绘制在一张中国纸卷上，被发现的时候，无疑已是过了相当久远的年代，这卷子奇迹般完好保存至今。1907年，英国籍匈牙利出生的奥雷尔·斯坦因在至少40,000卷经卷（汉米尔顿，1986年）中发现了这张星图，当时这些经卷被封在敦煌莫高窟千佛洞的藏经洞（第17窟）中。莫高窟是几百个佛教洞窟群，里面有大量的雕塑和壁画。这地区从公元360年²起就非常活跃，一直到元代末期，大约公元1000年的时候，其中有一洞就被封了起来（荣新江，1999）以保存珍贵的经卷和其他一些印刷的材料，其中包括全世界最早的印刷书本（惠特菲尔德和西姆斯威廉斯，2004）。在斯坦因到达（即1907年）的前几年，藏经阁偶然被发现和挖掘，他是第一个看到藏经阁的欧洲人。

敦煌干燥的沙漠气候，为洞窟提供了天然优越的保藏条件。许多敦煌手卷都是佛教经卷，但也有一些社会经济、医药、预言和天文学（卡里诺夫斯基，2003）的资料。关于天文学的资料都是些日历，或者称黄历，另外还有两张星图。一张描绘了在北纬34度所能观察到的星空图像，那就是我们现在所讲的这张敦煌星图。另一张（可能指是一张大图中的某一部分）只是描绘北极星区，没有其他部分。

斯坦因之后，其他外国人，如伯希和、大谷光瑞和谢尔盖·奥登伯格随之而至，最后中国政府清空了藏经阁，但敦煌经卷已经散布到英国、法国、俄罗斯、中国和日本³。斯坦因的收藏最后转移给了大英博物馆，编号为Or.8210/S.3326（S.代表斯坦因；下文均以S.3326代指本文所论述的资料。）⁴另一张星图（DB76）现收藏于中国敦煌市博物馆。

S.3326在发现之初并未引起太多的关注。莱昂内尔·贾尔斯（1957年）将此手卷分为两部分编入目录，一部分是“占卜”说文（目录第6974号），另一部分他提到：“……附有说明文字的13张星图”。他没有推断其年代。其图录1947年⁵整理完成，却在1957年才出版发行。较早时期的研究中，还有李约瑟和陈世骧在研究“中国天文学”的书中（李约瑟，1959年）对斯坦因的收藏中与天文学有关的手卷做了一些研究。书中一处脚注表明李约瑟已经认识到此图的重要性，他说道：“我和我的朋友陈世骧教授一起发现了一张非常有趣的星图”，李约瑟还推断了此星图的大致年代，他接着说道，“它有可能和《恒星图象》（公元903至公元986）一书是同时代的……”，并且他在他文章以及复制的图中标注“公元940年”。

不幸的是，李约瑟的资料中并有更多关于他去大英博物馆观看此星图的的记载，也没有研究笔记（约翰·莫菲特，2007年1月9日私人通信）。那本天文学著作1959年出版，其中很多研究工作是在1949–1956年间进行的，这段时期内已经完成了对该星图的编入。因此，李约瑟“发现”该星图的时间，可能是在五十年代初。直至那时，贾尔斯已经完成了目录编录，虽然还未出版，但也有可能引导李约瑟在收集相关天文资料时关注该图。

2 中国相关资料

2.1 中国天文学背景

虽然我们都知道，中国、印度和美索不达米亚对星象的观察至少已达 4 千年之久，但是留下的文字或者图画的记载资料却支离破碎。中国这种情况很显著，虽然很多朝代正史中都有记载天文学的章节，从公元前二世纪司马迁的《史记》（沙畹，1895 年）开始就有相关记载。《史记》⁶是中国第一部通史，《史记·天官书》中记载有恒星的图录，是战国时期（-476—-221 年）的复本，原始目录已经丢失。这图录的传世源于三位古代天文学家甘德、石申和巫咸，他们各自代表不同的派别，分别撰写了描述星星和与之相关的星象预言（沙畹，1895；马斯贝罗，1929）。司马迁自己并没有区别派别，将其全部记录，汉代（-106—+220 年）时期这三种不同的星图录同时共存，直到后来另一位天文学家陈卓（公元 220 至 280 年）将其统一。中国星宿之所以成为独立派系传世，归根结底是人们对于星象预言的需求。

对中国星象最完整和详细的描述，包括以中国度为坐标定位，是出现在公元 729 年天文学家瞿坛悉达所编的《开元占经》里。其中部分内容在《晋书·天文志》和《隋书》中也有记载，这两部可能都是天文学家李淳风（602-670）所著（何，1966 年；李约瑟，1959 年：197，201）。

中国天文学与黄道之上的希腊占星传统不同，其原因在于北极星所扮演的重要角色（毕奥，1862；索素尔，1930）。赤道附近的天空被分为二十八宿，可以视为中国的黄道十二宫⁷。星宿是根据相邻两颗主导星星的中天位置所形成的时角来分的。中国星群也完全不同于希腊分法，除了赤道附近，天空的其他部分还被划分为许多小星群（接近 300 个星座），大部分和皇室实际事物或人相联系，指引星象预言。中国星宿名称贯穿整个中国历史，至今仍几乎没有变更过，这成了中国星象学的根基（何，1966；孙和基斯特梅科，1997）。

图注：图 1：敦煌星图全图。大英图书馆藏编号为 8210/S3326 手卷的尾部，（自上而下自左而右）展示 12 张星图，紧跟着一张环极星图，最后以一穿着传统服饰的弓箭手结尾。完整尺寸为 2100 毫米长，244 毫米宽。

2.2 回顾 S. 3326 的资料来源

自上个世纪六十年代以来，中国学者，包括历史学家、天文学家等，根据照片副本，已经在一些文章中提到过 S. 3326。

席泽宗（1966 年）是第一个在他的文章中刊登了全图的人，他用的可能是相片的传真图像。他首先强调了 S. 3326 星图不是用圆形投影法绘制的，而是类似于麦卡托投影法绘制，却比麦卡托早了几百年。他还指出每幅时角图中的文字是和《开元占经》第 64 章所写的很相近，并找出了更完整的文字叙述。然后他阐述了时角图和环极图，给出了星群的具体数目，根据星宿排列星群。他数出了图中总共描绘了 1359 颗星星，并将之与陈卓综合汇编自甘德、石申和巫咸（李约瑟，1959：265）的 1464 颗星星的星表作比较。

马世长（1983）则特别关注星图的绘制年代。李约瑟指出公元 940 年并没有充分的论证，马世长则从以下三点进行分析：a) 字体；b) 图末电神的服饰⁸；c) 文字中的避讳字。图卷中避讳“民”字，可以推断出该图绘制于唐太宗李世民统治（626-649）之后，但却多处出现“旦”字，这说明是在唐睿宗李旦即位（710 年）之前。一旦登基为皇帝，就避讳直接用到皇帝的名字。马世长还认为，图末电神的服饰风格（5.1 节也将谈到）是从武则天统治时期（690-705）才开始出现，而文本中并未出现武则天年代所忌讳的字，由此可推应该是在武则天统治之后，即 705

年之后。从以上几点可以推断，该星图的绘制年代应该是公元 705-710 年间。但是，马教授仍然对此结论持保留意见。

潘鼐（1989：148）也出版过关于 S. 3326 的相关文章，对其年代推断进行了重要的讨论。他细心指出了该图与原作的区别，认为 S. 3326 专用于占卜，很可能是参照李淳风绘的图卷。潘鼐驳斥该星图是源自于《步天歌》（公元 590-600 年间描述星空的诗歌集）的启发（李国豪，1982 年）的观点。他认为应该李淳风作的原始图，而 S. 3326 只是抄本。根据图中文字的字体，他推断此副本大约是十世纪的时候临摹的，这与李约瑟观点一致，但他没有更深研究论证此观点。

邓文宽（1996：58ff），在研究敦煌发现的天文学说和历法的过程中，也发表了对 S. 3326 的看法，他重点研究图卷中的文字内容。在近期发表的新书中，说到他在《晋书·天文志》找到与 S. 3326 中相符的内容，另外《开元占经》、以及李淳风的另一文章（《乙巳占》）中也有（2002：25-37）。

冯时在一本有关中国古代星图的书（2001：330）中也有关于 S. 3326 的简单概括。

3 综述 S. 3326

3.1 图卷的物理特征

S. 3326 现藏于大英图书馆，卷子长 3.9 米宽 0.244 米，保存状况良好。原纸厚 0.04 毫米（现代托纸厚 0.16 毫米），存放于丝套之中，放置在木圆筒里，这些都是外加的。中国造纸非常精细，最新分析显示，卷子是用纯桑皮纤维⁹做成的，卷轴完全是用棕色牛皮纸衬里¹⁰。这装裱是 20 世纪五十年代所做的处理，它的风格和当时乃至随后十年大英博物馆所采用的风格相同。卷子的照片还提供了另外一些信息。这是 1953 年拍的照片，可见当时已经装裱过。而牛皮纸部分可能是在李约瑟看过之后才装上的。很明显，斯坦因的收藏之中，受到高级别保藏待遇的就是这些受学者们关注的，其他的藏品大多还保持着原来的状态。

卷子单面书写的，卷首尾都遗失了，所以不知道作者的名字，而且由于长期卷藏，所以有些地方有一些褶皱和晕染的痕迹。该卷分为不同的两个部分：从右至左，第一部分是星象占经/气象占经，包括在 26 幅不同形状的星云图下 80 竖行文字。有趣的是第 43 行中提到“臣淳风言”（邓和刘，2003；潘，1989），很可能是指天文学家李淳风本人。其中，中国第一位黄帝秦始皇的谏臣吕不韦的名字也提到了。

星图紧跟在第一部分之后，没有断开。图长 2.1 米，由 12 幅竖图组成，每幅图的左边配有文字，另附一环极天区的星图，这幅没有文字。星图最后还有一行文字，总共是 13 幅图和 50 竖行文字。文中图 1 为星图全图，图的最后部分画了一个人穿着传统的衣服拉着弓箭，右边文字写着“电神”。紧挨着他的左边的文字，看似点题文字。中国经卷习惯首尾点题，所以推断此处应和前文标题一致。但是，这题目的意思至今仍未得解¹¹。再者，纵观中国所有的通史、自传史也未寻得有相近标题。

3.2 天文学内容

3.2.1 星图

十二张星图以独立的时角区分开描绘，从虚宿和危宿开始，涵盖了整个天空，称为 28 宿和它们的南北延长区，每片天域东西距离约 30° 。在每一张星图中画出赤纬约 -40° 至 $+40^\circ$ 的星状图形以及名称。星星用涂色圆点表现，大多数加黑色圆圈表示。所有圆点大小相似。点与点之间的黑色连线表示星座图形。坐标方向：上指北，右指西，因此该星星的赤经（黄经）自右向左递增。赤纬、黄道和银河均未出现，也没有坐标网。第十三张星图画的是北极天域星象，描绘了半径大约 40° （比如说，覆盖了从纬度 90° 至 50° 区间的面积）的星座图。显然，这 12 幅星图南方星空的星星是相当有限的，这是由于中国皇宫观星台可能是在长安或者洛阳，这两个地方均是在北纬 34° 。

值得注意的是，S. 3326 记录了几颗很靠南方星空的星星，从长安或者洛阳很少能见到，如图中农历五月（第六张图）中的“老人”（船底座 α 星），虽然位置有些偏差，比实际位置偏南更靠近赤道。尽管如此，但司马迁的《史记》中记载了这颗星星，指出了它是与“天狼”（大犬座 α 星，天狼星）更偏南一点——“狼比地有大星，曰南极老人”。司马迁还记载了其他位置极南的星星，如“北落柿门”（第一张图，南鱼座 α 星）和“南门”（第九张图，人马座的两颗星星）。这些都显示了中国天文学家在公元 724–725 年向南拓展疆域之前，早已经对南方星空有所探索。这归功于唐朝天文学家一行和尚，他重新测量了陈卓星表中许多星星的位置，建了至少十一座观星台，最南到达林邑，今越南境内，北纬 17.4° 。（beer et al, 1961）

每颗星星就像是陈卓的星表中逐一拿出来陈列的一样，虽然陈卓的星表已经遗失，据说里面也附有星图（何，1966：67），陈卓的星表也是汇编于甘德、石申和巫咸三个派别（见 2.1）。《开元占经》中仍然保留着三个不同派别的星表，总共记录 1464 颗星星，283 个星座。S. 3326 所载信息与之极为相近，而且，它是迄今发现的第一张用不同颜色的点来区别石申（红点）、甘德（黑点）和巫咸（白点或黄点）的星表所列星星的星图，历来惯用的三种颜色大致都用上了。然而，S. 3326 还是有很多改动，这说明绘图的那个年代并不是严格要求遵照传统。尽管有一些图像重叠，还有一些没有圈线的圆点混淆了我们的计数，但我们还数出了 1339 颗星星，分为 257 个星座，而席泽宗（1966）在这张图上数出了 1359 颗星星。除了其中 15 个星座之外，其它的我们都可以根据其中文命名辨认出来。

图注：图 2：S. 3326 第一部分局部（云气占文），右起第 41 行至 44 行。文中（第 5.1 节有完整的翻译）提到“李淳风”（红色框里），有可能是该星图的作者。

二十八星宿之中，S. 3326 星图中只画出了 27 个，像一条粗大的纽带沿着天赤道，每个星宿中的主星都很明显。唯一遗漏的是“胃”宿，它原本应该出现在第三张星图的东部，但却只出现了一个字，还是个错别字。按照李淳风的《晋书·天文志》所载，S. 3326 所展现的中国星空的三垣（墙的意思），即紫微、太微和天市，三垣各自被其它星星隔开，它们是和北极星在同一天域。紫微包括小熊座 α 星，天龙座的一些星星和仙后座；太微包括室女座 β 星和其它星星；天市包括蛇夫座 ζ 星和其它星星。所有在北纬 34° 所能见到的明亮的星星在图中都能找到。至于最暗的那些星星，天文学家要很好视力才能用肉眼观察到。奇怪的是，既然中国的天文学家对星空观测那么长时间，却从未在图纸上标示星星的亮度等级。S. 3326 也是这样，我们估计，图中最暗的星星按现在肉眼可见亮度等级衡量，应该是 6.5 等。

图注：图 3：猎户座星图（第五张星图，农历 4 月）。图中出现了可辨识的西方星座猎户座，包

括了附加的历文（左边）和中天文（底部）。

这份手绘图卷，很可能是一临摹品，它所描绘的星星，位置总体上准确度是相当高的（见 4.1）。中国的天文学中，有大量的星座（257 个中国星座，而现代天文学则分为 88 个）使人们可以清晰地描述非定态天体，如太阳、月亮和五大行星的“坐标”，甚至是偶然出现的“客星”（如彗星等）也可以。不过后者在该星图中没有说到。

图中有一些星星和星座错位，既有原本的错误，也有临摹时的疏忽所致。比如在第六张星图中，柳宿（长蛇座的一部分）应该和“南河”（小犬座 α 星在其中）赤纬同度，但是图中柳宿位置太靠北了。我们还注意到不同星座名字却相同的，但这和中国的传统有关。比如牛宿（第 12 张星图）和角宿（第 9 张）都出现“天田”；而第十三张星图中出现两组以三颗星星为一星座的，都名为“三公”，一组在“北斗”的南面，另一组也在“北斗”的旁边，靠近大熊座 α 星的地方，但这似乎是复制时错误的重复。此外，左右和星座的东西指向有些混乱，比如第三张星图中，右更在娄宿之东，而“左更”在西；第八张星图中，“右执法”在“太微”（室女座 β 星）之东，而“左执法”在西。这两处似乎是 S. 3326 星图的作者的出错，在第十二张图中就没有出现，“右旗”在西，而“左旗”在东。

图 3 和图 4 是两张有代表性的图——猎户座天区（第五张星图）和环极星区（第十三张星图），将在附录中详细论述。

3.2.2 历文（岁次）

每一张时角图左边都配有一两竖行说明文字，只有北极星图没有。

这些文字是中国历法里一年的 12 个星象预言。在每一张星图里面，赤道带用中国度¹²精确分区，和木星运行相关（所以木星成为岁星），木星绕日公转周期为 11.86 年，中国古时候约为 12 年。因此天空分为 12 区，并为每一区命名，木星每年值一区（岁次）。此外，图中每栏文字还有另外两项说明：与岁次相关的地支，和春秋战国时期各周郡邦国的名称，古人认为天域与不同的地区相对应。（见表一）

比如第一张图中提到岁次玄枵：

自女八度至危十五度于辰在子为玄枵。玄枵者，黑北方之色；枵者耗也，十一月之时阳气下降，阴气上升，万物幽死未有生者，天地空虚，故曰玄枵，齐之分也。

文中意思主要是为占星所用，但是这些在一定程度上的有科学根据的叙述显示了中国古人是根据天文的观察，并且尽力做到最精准。有趣的是，在《晋书·天文志》的修订版中找到了更为精短但内容相近的记载，应该是出自李淳风手笔，其中只提到了天域的度数、地支和所对应州国，没有星象预言。（何，1966，113-120）。我们核对过 S. 3326 星图，确定天域分区大致和《晋书》所载相同，只有很小的变动，只在三处出现一度之差而已。（见表一）。

根据与木星运行方向相反的假想星“太岁”的长期运行规律，我们还注意到有五张星图（第一、四、五、七和九）中，文中所写月份和星图所绘不一致。（见李约瑟，1959：402）。

类似的评论前人也说过，之后的《开元占经》（第 64 章）中的《分野略例》也有记载的。

根据这些资料，可以知道完整的中国十二月历文，于是可以补充 S. 3326 中所缺漏的文字内容。（邓，1996：58；席，1966）。S. 3326 中的占辞看似比《晋书》中的更进一步，而且可能是《开元占经》中此部分内容的雏形。

分析显示，S. 3326 图中，岁次赤纬分区基本是相等的，大致范围在 27.1° -31.4° 之间（对于公元 700 年的天赤道来讲），平均为 29°。但是有一些不同的地方，鹑火（6 月）和鹑尾（7 月）分别为 36.7° 和 19.7°（表一），张宿原本应该是给出 18° 的，这里明显出了 10° 的错误，整个星次在这里总共只有 8°（这不是岁差的影响，岁差不会导致这么大值的误差，即使在遥远的公元前 500 年，也只有 1° 之内而已。）

表一显示敦煌星图中岁次和星宿和李约瑟研究（1959 年）中的图 91 和表 34 所载是几乎一致的。其实，相对于岁次而排列星宿的做法是因旧传袭的了，而且还是相当古老的传统（索素尔，1930 年）。既然这些历文是根据木星纪年而言，那么所提供的天文信息对推断该图的绘制年代就帮助不大了。

表一：历文对比

图 ¹	月份 农历	S. 3326 岁次	S. 3326 岁次天域	S. 3326 中国星宿 ² (自西向东)	S. 3326/月/地支/ 国州 ³	李约瑟 岁次 ⁴	李约瑟 星宿 ⁴
1	12	玄枵	自女 8° 至危 15°	虚，危	11/子/齐	5. 玄枵	女虚危
2	1	諏訾	自危 16° 至奎 4°	室，壁	-/亥/卫	6. 諏訾	室壁
3	2	降娄	自奎 5° 至胃 6°	奎，娄	-/戌/鲁	7. 降娄	奎娄
4	3	大梁	自胃 7° 至毕 11°	卯，毕	8/酉/赵	8. 大梁	胃 ⁵ 昴 毕
5	4	实沉	自毕 12° 至井 15°	觜，参，井	7/申/魏	9. 实沉	觜参
6	5	鹑首	自井 16° 至柳 8°	鬼，柳	-/未/秦	10. 鹑首	井鬼
7	6	鹑火	自柳 9° 至张 ⁶ 17°	星，张	5/午/周	11 鹑心	柳星张
8	7	鹑尾	自张 18° 至轸 11°	翼，轸	-/巳/楚	12 鹑尾	翼轸
9	8	寿星	自轸 12° 至氏 4°	角，亢	3/辰/郑	1. 寿星	角亢
10	9	大火	自氏 5° 至尾 9°	氏，房，心， 尾	-/卯/宋	2. 大火	氏房心
11	10	析木	自尾 10° 至斗 ⁷ 12°	箕，斗	-/寅/燕	3. 析木	尾箕
12	11	星纪	自斗 ⁶ 12° 至女 7°	牛，女	-/丑/吴越	4. 星纪	斗牛

1、敦煌 S.3326 星图将根据图中顺序用 1-12 编号，1 相当于冬至日。

2、中国星宿名会出现相同的拼音（比如“壁”与“毕”，英文中用序号（14 壁和 19 毕）加以

区别，数字和李约瑟的记录（1959：243 页，图 91）保持一致。（中文不需以此区别，不加识别数字）

- 3、朔望月用于预言，而且洲国名字在占文中也有提到。
- 4、根据李约瑟编录的岁次与星宿（1959：第 243 页图 91 和第 403 页表 34）
- 5、S.3326 星图中缺漏胃宿
- 6、明显的抄写错误，岁次天域跨度极不均等
- 7、在 10 月和 11 月之间，图中岁次天域标度重复写着“自斗 12 度”，并没有正常递升到下一标度。

3.2.3 中天文

在星图的下面，有一些文字，写着农历月份和主要的星宿位置。月份之后，就是根据图中星宿指出太阳的位置，以及晨昏时的中天星座。第一张图写的是“农历 12 月”，第八、十、十二张星图中该部分内容缺失。

比如第一张图中写道：十二月日会女虚，昏奎娄中，旦氐中。

这部分的内容在表二中归纳总结，根据多位专家（邓，2002；潘，1989）研究，这些文字乃是出自月令，在《吕氏春秋》（-240 年）或者《礼记》（前 2-3 世纪）中都可以找到。表二中列出了该部分资料，对比表明，尽管总体来说，图中信息和月令很相近，但小处不同还是可圈可点，如昏旦中天星宿，星图中（有文字注明的 9 个月份当中）第 2、6、10 月有不一样的地方，和一处明显的抄写错误。（见表二）

有趣的是，关于太阳所会星宿，第 3、4、5、10、12 月中给出的星宿都不是一个而是两个，而且第二个星宿的赤经度数都比月令中的更高。如果说是考虑了进动的影响，以致漫长时间之后会比月令所载推后一些，从而对月令进行更正的话，那这结果却是和预想的相反。不管怎样，图中注明的中天文也许通过和相关的天文图对比，可以找出其年代（详见 4.2）。

表二 中天文

图	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
农历月	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
S. 3326 西方星座	天鹅座 飞马座 宝瓶座	仙女座 飞马座 双鱼座	白羊座 鲸鱼座 仙女座	英仙座 金牛座 波江座	御夫座 猎户座 天兔座	巨蟹座 大犬座 双子座	狮子座 长蛇座	室女座 猎犬座 乌鸦座	牧夫座 室女座 豺狼座	巨蛇座 蛇夫座 天蝎座	武仙座 蛇夫座 人马座	天琴座 唧筒座 摩羯座
S. 3326												
S. 3326 中国星宿 ¹	虚危	室壁	奎娄	昴毕	觜参 井	鬼柳	星张	翼轸	角亢	氐房 心尾	箕斗	牛女
太阳所会星宿	女虚	室	奎	胃 ² 昴	毕觜	井鬼	星	没写	角	没写	尾箕	没写
黄昏中天星宿	奎娄	参	柳星	缺失	翼	?? 亢	房	没写	牛	没写	亢 ³	没写

黎明中天星宿	氐	尾	牛	缺失	女	危	奎	没写	觜	没写	星	没写
月令 ⁴												
太阳所会星宿	女	营室	奎	胃	毕	井	柳	翼	角	房	尾	斗
黄昏中天星宿	娄	参	??	星	翼	亢	火 / 心 ⁵	建星	牛	虚	危	毕
黎明中天星宿	氐	尾	斗	牛	女	危	奎	毕	觜	柳	星	轸

- 1、中国星宿以自西至东（图右至左）的顺序在表中列出，名字会出现相同的拼音（比如“壁”与“毕”，英文中用序号（14 壁和 19 毕）加以区别，数字和李约瑟的记录（1959：243 页，图 91）保持一致。（中文不需以此区别，不标识别数字）
- 2、胃宿是唯一一个没出现在星图中的星宿。在第四张图中东边第三道上应该是胃宿，但图中出现错误了。
- 3、亢宿画得并不像相关天文资料中描述那样，也许是抄写错误。
- 4、见莱格，也见顾赛芬
- 5、火，也叫心宿

3.3 极星

环极星图在附录（见 10.2）和图 4 中有详细描述。北极天区在中国星空中是非同寻常的，它是天帝所在的紫微宫，天帝是北极星，周围是他的皇亲、仆人、文武官和宫殿。

根据宋君荣的研究（1819），索素尔也提过，中国在公元前一千年就把小熊座 β 星定为北极星，并取名“帝”，但它和真正的北极星有 6 度 30 分的偏差，由于岁差的原因，地轴延长线 25800 年绕黄极一圈。重新认识北极星有助于推断此星图的年代。在 S. 3326 中，北极星宫画得很清晰，有四个红色黑边圆点（小熊座 γ 星，小熊座 β 星，小熊座 5 和小熊座 4）和一个浅色红点，这浅红色的圆点不好辨识，坐落在小熊座 4 附近。北极星在这图中倒是指示不明，可能就是那颗浅红色的点，很奇怪，整张星图中对这么重要一颗星星竟是这样轻描淡写。和苏州天文图（见 5.2）很不同的是，S. 3326 中，“四辅”之内没见极星，由此推断，此图之中很可能并没有画出北极星。不管怎样，即使北极星没有画出来，S. 3326 环极星区采用的绘图风格也是有利于我们推断星图的年代的（见 4.1）。

图注：图 4 北极星区（第十三张星图）。该图展示了自极星至黄纬+50° 的天域。

4 S. 3326 星图的科学价值

4.1 精确度和投影法研究

S. 3326 之所以是非常独特珍贵的资料在于它用一种相当“现代”的方式描绘了整个星空，用圆柱形投影法绘制了一系列时角图，又用方位投影法绘制环极星图，这是现在许多地图仍在使用的绘图方式。它不像其它古老的天文作品（比如但德拉赫的黄道十二宫或者法尔内塞天球仪，见 5.2）只是描绘了星座图像而没有画出星星的个体。S. 3326 还指出了许多星星的位置，

连同星宿一起很容易标识，所以只有极少数不太清晰之处。从这意义上，它是一份有价值的科学资料，精准可以辨识。

我们只选取最亮的星星（3 等星以上）为例来评价星图中星星位置的精确度，并且只选取汉代星表（孙和基斯特梅科, 1997:44）中有研究的星星，但历史上其他版本的星图也将作为参考资料。我们还进一步筛选一些星星，主要选取图中有明确命名的那些，尽管如此，在某些情况下仍然会有小误差的存在，另外还可能会出现分类的错误。大英图书馆用高扫描测量了星图中星宿的位置，其尺度可以恢复到实际尺寸。扫描精度（204.8 像素/厘米）生成一个比原先图中符号更为精准的绝对值阶。图中代表星星的点（约 0.2 厘米）实际上是限制因素，因此精确度的计算可以假定它的值为小于 0.1 厘米。

星图中星星的位置是用赤道坐标（赤经和赤纬），跟固有运动和公元 700 年那时的进动比较。因为图中没有一个绝对的参照，所以进动的影响在这里并未充分体现出来（见以下北极星位置）。我们用最简单的两个圆柱型投影图（纯圆柱形图投影法和麦卡托投影法）测试星图中的时角图，用方位图法（等距和立体投影法）测试环极星图。这样，在两个坐标（赤经和赤纬）中的精确度就可以逐一被计算出来证明不同比例之下的结果。

投影参数和所测量的位置（x, y）一样是决定于最小平方和匹配函数的拟合，如：

时角图：

纯圆柱形投影：-

$$RA=a+b \cdot X \quad \text{和} \quad (1)$$

$$DEC=c+d \cdot Y \quad (2)$$

圆柱-麦卡托投影 “-”

$$RA=a+b \cdot X \quad \text{和} \quad (3)$$

$$DEC=c+d \cdot \ln[\operatorname{tg}(\pi/4+Y/2)] \quad (4)$$

环极星图：

方位等距投影：-

$$RA=a+b \cdot \operatorname{arctg}(Y/X) \quad \text{和} \quad (5)$$

$$\pi/2-DEC=c+d \cdot (X^2+Y^2)^{1/2} \quad (6)$$

立体投影：

$$RA=a+b \cdot \operatorname{arctg}(Y/X) \quad \text{和} \quad (7)$$

$$\operatorname{tg}(\pi/2-DEC)=c+d \cdot (X^2+Y^2)^{1/2} \quad (8)$$

当（RA 和 DEC）即赤经和赤纬为星星的预测方位时，（X 和 Y）是星星量定位置，（a 和 c）（b 和 d）是分别代表各投影图中的零点和标度因数。

表三给出了第一、二、五张时角图和第十三张图环极星区的测量结果。

整张星图的精确可以用平均残差（度数）和 R 值，即相关系数的值来表示¹³。时角图的回归系数都不错，整体都在 0.91-0.99 的范围之内，赤纬的系数还明显更好一些。残差都是几度之内，第五张星图中得到一个最精确的值是约 1.6°。横坐标（赤经）和纵坐标（赤纬）的标度明显不同，赤纬的标度因数比较大。这意味着投影图不是严格按照等角投影（相等刻度）绘制的，但是几张图的刻度却都很一致。刻度标准为赤经约 4.5°/厘米（横坐标）和赤纬约 5.5°/厘米

(纵坐标)。几何中心与延伸的赤纬度数均已根据图中极端的星星计算出大致位置。几张图的赤经度数都很相近(约 50°), 赤纬就变动比较大(70°至 100°), 尽管中心都基本定位在赤道附近。不同投影法对比的结果是: 根据相关回归系数显示, 圆柱形投影和麦卡托投影的拟合值相差非常小。个别不确定因素之外, 两种投影法都适用于此图。图 5 和图 6 第五张星图的一些相关结果, 以及用拟合度数标示的位置图。

表三: 投影结果

	图一	图二	图五	图十三
输入星星 ¹	19	12	17	22
所选星星 ²	16	10	15	19
赤经	地平线	地平线	地平线	方位角
标度因数(°/厘米)	4.40	4.24	4.56	1.50
平均残差(°)	3.54	4.63	2.26	1.67
相关系数 ³	0.947	0.957	0.907	0.995
赤纬	垂直线	垂直线	垂直线	射线
标度因数(°/厘米)	5.40	7.66	5.28	5.10
平均残差(°)	3.57	4.07	1.61	3.29
相关系数	0.974	0.975	0.996	0.919
麦卡托相关系数	0.972	0.974	0.994	-
立体投影相关系数	-	-	-	0.932
地图尺寸				
地图中心(赤经)	308°	344°	73°	-
图幅范围(赤经)	284至332°	321至366°	49至97°	-
延伸图(赤经)	48°	45°	48°	-
地图中心(赤纬)	+0.3°	+10°	+8°	+87.6°
图幅范围(赤纬)	-44至+45°	-41°至+61°	-27°至+43°	+90°至+52°
延伸图(赤纬)	89°	102°	70°	48°
几何中心(赤纬)	-14°	-8°	+5°	

1、星星的输入选择是根据其亮度等级

2、挑选投影图里偏差最大的星星

3、相关系数 R 是皮尔逊最小平方拟合参数, 当 R=1 时为最完美值; 当 R=0.76 和 0.68 时, 其随机概率分别为 0.01%和 0.1%

图注: 图 5 纯圆柱投影的回归系数和残差(猎户座, 第五张星图)最小平方拟合 X-Y 的测量位置。标记垂直线(Y-赤纬)上最精确的值。

图注：图 6 计算值和测量位置（猎户座，第五张星图）。最佳拟合圆柱投影的测量位置（实心圆点）和公元 700 年的星位（十字心空心圆）对比图。记录赤纬最精确值。

图注：图 7 回归因数和残差（北极星区，第十三张星图）。最小平方拟合量定极星距离（残差）和方位等距投影的方位。记录最精确的相关方位。

图注：图 8 计算值和测量位置（北极星区，第十三张星图）。最拟合方位投影的测量位置（实心圆点）和公元 700 年星位（十字空心圆）对比。并且标示最佳的极星位置（虚线圆圈）和历代不同的极星位置（十字空心方形）：小熊座 α 星（公元 2000）、天龙座 κ 星（约前 1000 年）和天龙座 α 星（约前 2500 年）。

环极星图（第十三张星图）的测定结果也在表三中，通过方位角（时角）度和射线长（极星距离）表现。方位角拟合非常好，相关系数为 0.995，平均残差是 1.7° 。标度因数为 $1.05 \pm 0.03^\circ$ ，和方位投影理论上的值（ 1.0° ）没有太大出入。相比之下，射线拟合明显弱了很多（ $R=0.92$ ），平均残差 3.3° ，明显歪曲极星距离（见表三，图 7）。方位等距投影和方位立体投影对比来说，后者（ $R=0.93$ ）情况稍微好些，但严格来讲，这不是统计上显著的。尽管明显存在一些错位（见图 8，也将附录中 10.2），但总体上还是有一定精确度存在的。

有趣的是，相关研究也根据公元 700 年极星的参考位置，指明了星图中极星的预想位置。S. 3326 中天极参照点（ 0.90° ）的极星距离和公元 700 年的天极点只有轻微的差距（ $3.9 \pm 2.9^\circ$ ）天极位置和变动的极星在图 8 中有对比标示出来，不同时期不同的北极星，分别为小熊座 α 星（约公元 2000），天龙座 κ 星或者小熊座 β 星（约公元前 1000），天龙座 α 星（约公元前 2500）。在上述的不确定性之中，极星位置和公元 8 世纪这个时期是紧密相连的。

从数值上对 S. 3326 的研究得出一个重要的结果。这星图不是简单粗糙靠想象绘制，而是严密的几何规则作依据的。其正交图所运用的投影法和等距投影、麦卡托投影一致，环状图则运用方位等距投影和立体投影。这和宋代末期的两张星图——苏州天文图和新仪象法要正交图所得结果一致。（见宫岛，2002）

综上所述，剔除了所有偶然性的巧合，计算的结果非常不错。通过对最亮等级的恒星位置的测算，可知总体上该星图对星星的定位精准到 $1.5^\circ - 4^\circ$ 之间。时角图之间的读数分区也相当合理，大致相等，只是赤道位置有 $\pm 5^\circ$ 的变动。尽管临摹的方法无法确知，但该星图很可能是临摹自另一张更为精准的星图，它本身的纸质精细到可以裱在字迹清晰的原图上临摹。尽管如此，它还是保有很高的精确度的。然而，必须提醒大家的是，文中关于星星位置准确度的研究，只是根据随机挑选较亮的星星并测算其位置而得。星图总的来说准确度是很高的，但仍然是有个别星星的位置有明显的错误（比如第五张星图中的大犬座 β 星和第六张星图中的船底座 α 星（老人星））。有些地方星座的连线也是很精确而且充满想象力的。

4.2 中天文分析：年代推断初探

从敦煌星图的中天文文字资料中可以提取出时间的信息，这些资料至少包含在其中八张有附带中天文信息的星图之中。这些文字中，给出的信息包括月份、当月太阳所经过的星宿和晨昏的中天星宿。这些在每年之间的变化都是非常微小的，但是随着漫长时间的推移，地球岁差的影响慢慢显示出来，表现在太阳所经过的星宿的主星位置的变动。

我们计算了自公元前 500 年至公元 900 年期间岁差的影响，也就是说这张星图所描绘的天文信息很可能就是这段时期之内的。星宿的定义，或者更确切地说，星宿中的主星位置，李约瑟曾经做表整理过（1959：234-237，表 24），标准岁差已经有运用但不计算天体固有运动，星表中也忽略不计。

在每张星图中，每月月中太阳在中国的黄道星宿上的位置都有计算，假设一般中国农历正月初一与阳历对应的时间大概为 2 月 5 日。中国朔望月天数多变，这里记载的是确切的每月中间的日子（见阿斯拉克森，2003：27）。在每一个月里，天球坐标（赤经和赤纬）都用天文学公式及天体仪软件计算出来（航海家 v. 4. 0. 3），计算了三组不同坐标。

太阳坐标位置 H_{sun} 是由太阳和星图中星宿的主星之间的赤经差来界定的。当星图中出现两个星宿，就用两个星宿的平均赤经表示。其他的两个参数， H_{rise} 和 H_{set} 的坐标是由中天位置分别和星宿上升和下沉时位置的赤经差表示，

中天赤经读数简单地用日出和日落的恒星时（ST）表示，可以运用以下公式计算：

$$ST_{rise} = 24 - 1/15 \arccos[-\text{tg}\Phi \cdot \text{tg}(\text{DEC})] + \text{RA} \quad (9)$$

$$ST_{set} = 1/15 \arccos[-\text{tg}\Phi \cdot \text{tg}(\text{DEC})] + \text{RA} \quad (10)$$

当赤经和赤纬在太阳的赤道坐标位置上的那天， Φ 是观测者所在的纬度。在这公式中是 34° ，即长安（今西安）或者洛阳（当时的中国的东京）的纬度。从公元前 500 年到公元 900 年，每 100 年为一座标点，每月的座标位置以及其平均值和每个时期的标准偏差均已算出。

H_{sun} 以时间为准的平均值在图 9 中有标示。由于地球进动的影响，它呈现出逐渐下降的趋势，从公元前 500 年的 +0.25 时到公元 900 年为 -0.27 时。根据平均系统误差可见，计算结果中最小变化的年代为公元 85 年，在 -40-220 年的间隔时间之内。围绕着每月的平均值出现一个重要的差量（到 0.5 时为止）反映在误差棒中。

关于星图准确日期，我们必须说明的是，因为星图中没有明确标示日期的文字，所以这里所有的假设都是建立在我们假设图中所描绘的太阳和星宿主星（每个星宿的第一颗星星）的位置都是在月中是正确的。如果星宿的命名是以星宿中央的星星为准或者太阳的位置是指每月初的位置的话，那么记载的日期就不是现在假想的年代，应该比之更早很多。

图注：图 9：中天文的记载日期。将星图中中天文描述的太阳位置和星宿位置之间时间的差别作为时间函数，标示太阳所在位置坐标平均值 H_{sun} ，这是每个时期 12 个月中的平均值。还有误差棒，反映每月平均值周围的重要差量。从多项式的插值法（黑线）以及平均误差值（垂直线）可以看出，最小误差的年代约为 85 年在（-40 至 +220）间隔时间之内。

5 S. 3326 综述

5.1 年代

关于 S. 3326 的确切年代很难推断，它必须辨别以下几点：

- (a) 画纸本身的年代。纸质近似于唐以前，包括唐代（618-907）时期的纸，尽管它是很薄很长的纯桑枝纤维纸，很昂贵，不是日常用纸。这种纸很可能是中心地区制造，很可能

是京都长安皇家特制。更精细的年代推断可以应用放射性碳(C^{14})年代测试法,但这里没有运用此项技术。

- (b) 作者身份所阐述的年代。S. 3326 前部分的缺失以至于我们只能根据以下猜测,然而,现存卷首的占言说到:“臣淳风言”,图2中整段提到:

“吕不韦(公?)凡近原阜有气如万丈竿冲天直竖,黄者,天子之气也;青赤白黑者,皆主有灾祸。臣淳风言,凡此郡邑出公侯,色青者,疫病;白者,有兵起;黑者,邑有盗贼兴也¹⁴。”

这是一论点,推断“淳风”可能是该星图手卷真正的作者,如果这星图是临摹品的话,那么,他就是原作的作者。历史记载中,在这个时期之内此方面的专家能人为此名字的只有李淳风,他是占星和术数方面的杰出人物。“臣……言”是习惯用语,不加姓是当有更伟大的人物名字一起出现的时候表示谦敬,这里的伟大人物是指吕不韦。另外,文中所述确实也和李淳风在《九章算术》¹⁵中所著相关内容相近。既然李淳风是水平如此高超的数学家,那么不难想象他设计运用图中所有的投影法的专业技能了。提及李淳风这点,可以推断该资料应是在650—670李淳风活跃于世的年间。

- (c) 由字体字形推断年代。和欧洲手写字体一样,中国书法风格也可以用来推断手卷的年代,潘鼐(1989)在文章中提到这点,推断该卷是10世纪的临摹本,盖兰博斯则认为是更早期的风格,约为7世纪或8世纪早期风格,马世长与之相同。图中的书写不是很专业,它本应该更利索更工整的,这也可能临摹更早期的字体所致。字体是很个人化的反映,这也作者是用他自己的手在追随着他那时社会流行的风格的体现。这里还涉及避讳的字,这是另一条追溯年代的线索。
- (d) 从避讳和同音字的运用推断年代。名字避讳是中文特有的(见注释8)。马世长指出图中对唐太宗李世民的“民”字有避讳,而对唐睿宗李旦的“旦”字没避讳。据此推断该星图产生于唐太宗统治(公元649年)之后,唐睿宗登基之前。马世长提出是公元710年。然而,睿宗在公元684年有短期的执政(例见费正清和杜希德,1979),那么避讳形式的影响应该是那时就开始产生了。这是相当有力的证据,可推断该星图是在649—684年间产生。而书写字体风格支持了这一理论,这不是手写的字体,而是对早年原始版本的临摹。这两点对李约瑟提出的产生的年代为940年提出了有力的质疑。
- (e) 从图中人物服饰风格推断年代。马世长指出,图中人物服饰一般认为是武则天时期的风格。衣服相当一般,但官帽却提供了有意义的信息。(见图10)自十世纪开始流行襜头,即是将唐巾垂下的两脚改为硬裹巾,水平伸展开来,图中人物帽子仍是软裹,应该是十世纪以前的风格。
- (f) 星空的年代其实也体现在这星图之中,天文学家分析说,可以根据以下推断那星空投影的年代,(a)星图中天赤道的位置,(b)环极星图中北极星的位置。由于每张时角图的跨度的局限,不足以精确到推断天赤道的位置(见表3)。然而,环极星图的投影分析则意义重大,由此可以看出极星的位置(图8)。其描绘和公元650前后的星空非常一致。
- (g) 由中天文推断的年代。星图中描述了每个星宿中太阳所在的位置,根据此描述推断出的日期为公元前40年至公元220年。这些文字所表达的信息比星图的出现提早了很多,可能是抄自其它相关文本。

根据我们的分析,该星图的原始图以及复本很可能都产生于公元649—684年年间,是早唐时期,这时期有许多重要的天文学著作产生。我们根据避讳字以及其他相关的推断才能把产生的日期精确到如此小的范围。这个时间范围也是在李淳风所在的年代里面,而且比重要的天文著作《开元占经》所产生的时期要早。这也是唐代对星图的发现地戈壁地区的统治的极盛时期。

之前李约瑟推断的年代为 940，这一点我们无迹可寻，当然这也和我们分析的结果不符，尽管这份档案资料在敦煌资料库中仍以此年代封印保存。其实这时中国已经处于分裂时期，那样的年代并不利于制作这样一份精密的科学资料。

图注：图 10：这是 S. 3326 资料最后部分，画着一位拉着弓箭的人，穿着传统的服装。根据右边文字介绍，这人物是“电神”。衣着是朝廷官服，帽子为星图年代的推断提供了一些证据。十世纪以来，官帽流行襍头，即将唐巾垂下二脚硬裹，使水平撑开。途中认为帽子仍为软裹，据此应为较早时期的。

5.2 与其它资料的对比

对比其他资料，包括以图画形式描绘天空的资料评论，是本篇论文的范围之外的事情了，但我们这里考虑到该星图的内容和其他一些早期的艺术品有关联。

在中国，比这张敦煌星图更早的资料或者说艺术品中以图画形式描绘星空的为数极少，并且没有比它描绘得更完整的，在这些古老的艺术品种，只有 1978 年湖北随州出土的曾侯乙墓中一件漆盒上有星象图的描绘，其年代考证为公元前 430 年（战国时期），盒上装饰画为围绕着北斗（大熊座）的二十八宿，但没有对其他关于星空的更详细的描绘（li changhao, 1987, 45；罗森，1997）。后来在一些古墓的洞顶中也发现了星空图，如公元前 25 年的 jia tong 古墓（史蒂芬孙，1993）和公元 526 年的洛阳古墓（《古迹画册》，1980），但只是描绘极小部分天空。和 S. 3326 最相近而具有可比性的资料是上面提到过的《步天歌》（伊安纳康，2002；周，2004）。这是公元 590-600 年间的一本书，揽括了天空中的恒星和星座的描述，可以和敦煌星图相比美，但只是黄道上和北极星区的星宿。尽管那可能是一初级版本，但无可厚非它和 S. 3326 一样完整，一样精细¹⁶。

后来，比如公元 700 年以后，中国、韩国乃至欧洲不断绘制星图，一时间许多类似于 S. 3326 的中国星图出现。当然这些是得益于宋代（960-1279）时期观星法的进步。李约瑟提到的两张杰出的中国星图中，其一正是来自宋代。

苏颂在《新仪象法要》中记录的星图，李约瑟推断年代为公元 1092 年。它是一套五张星图，比 S. 3326 更详尽更完整（记载 1464 颗星星），由两张（而不是 12 张）时角图（28 宿所在，并且明显画出天赤道和黄道），一张环极星图，以及北、南极星投影图。这五张图在《中国恒星观测史》（潘鼐，1989：436-438）上均有登出。

苏州天文图是 1247 年的石刻天球平面图，现在江苏苏州仍可看见。这是天文学家黄裳 1193 年为宋朝太子准备的献礼之一。值得注意的是，它还附着具有天文专题论述的说明文字，这些文字沙畹（1913 年）翻译过。苏州天文图比 S. 3326 更为详尽的地方在于它画出了从北极星出发的射线格子，覆盖了黄道上的星宿。同时它也划出了天赤道和黄极以及银河。和 S. 3326 一样，它也延伸记录到了现在在其观测点再也看不到的星星。

两张星图确定了 S. 3326 的天文学价值，敦煌星图比苏州天文图还早出了四五百年之久。有趣的是，所有的星图都是以甘石巫三派的星表为基础。宋代的观星法进步了，但观测的内容却和 S. 3326 一样，继承了汉以前的观测对象。这是中国古代天文学发展的重要见证。

西方文明中，至今没发现比波斯天文学家苏菲（公元 903-986 年）所著的穆斯林作品附有星座图片的《恒星图象》（见哈菲兹，2009）年代更早的星图。但不幸的是，除了保存于牛津的孤本之外，没有其他同年代，即公元 1009-1010 年（布兰德，1994；威利斯，1959）前后的复本，到了 20 世纪初才出现了最早的复本。书中，天空是通过不同的星座分别展示出来，但却都没有详细指出相关星星的位置。在其他类似的艺术品种，只有法尔内塞天球仪比上述资料古老。普遍认为是公元二世纪的时候罗马人临摹自希腊现代以前的原作（杜克，2006；沙佛，2005）。尽管希腊星图中是在大理石上雕刻出主要星座，但是在天球仪上没有单独定位星星，不像 S. 3326 一样是整张星图有可比性。同样的，另一份著名的资料——罗浮宫藏的公元前 50 年（奥伯格，1995）的德拉赫黄道十二星图也只是展示了十二星座，并没有具体的命名或者定位星星。还有，根据阿拉图斯所绘的加洛林王朝手稿（年代为公元 818 年），也有人认为这是欧洲最早的星图，但也只是简单画出星座形象，并没有画出星星来（惠特菲尔德，1995）。

描绘星空的习惯用法终于在文艺复兴前期传到了欧洲。最老一张真正意义的星图应该是维也纳手稿（奥地利国家图书馆 手稿第 5415 号），其年代约为公元 1440 年，该图包括了北方星座和少许星星。它从黄极开始画了一个极投影图（惠特菲尔德，1995），时间比敦煌星图晚了七百年。

大部分西方关于天文图的纲要，可以参考金格里奇的整理的资料（1983）。中国星图则是参考冯时整理的资料（2001）。

5.3 S. 3326 的用途

S. 3326 缺失封面和简介，原本那很有可能记录该星图创作意图，现在我们却无法得知。如今现存资料第一部分是云气占文，接着就全部是星图。卷子的封底也缺失了，所以我们无法得知它是原来就只由这两部分组成，或者是还有其他？第一部分对于整张卷子来说意义何在，我们也只能靠推测。

千年以前，敦煌一直是中国战略重镇，由中央指派的官员统治管理，那里保存着许多重要的档案资料。有一种推测说，敦煌在吐蕃统治期间（公元 781-868 年），由于用纸紧缺，一些中国来的文书会被回收再用——把佛经抄在文书的背面。有时佛经的背面也是这样被再利用。于是，此类佛教以外的资料就一同被收藏在藏经洞里。像 S. 3326 这样，背面没有佛经的资料，也许是日后有其他的用途。

然而，S. 3326 包含了非常重要的价值非凡的信息，那就是中国天文学是皇家非常重视的科学，他们将天象的活动与皇权统治相对应，用于占卜预言。S. 3326 也许是敦煌的抄本，或者是在太史局制作之后被带到了敦煌。但是并没有什么可以证明李淳风这位最有可能性的星图作者曾经去过敦煌。作为早唐时期的高官，他应该是曾经居住在唐朝的首都长安。至少一直到 664 年，他都一直在太史局，他在公元 648 年迁任太史令，即太史局长官。（林力娜和郭书春，2004；邓可奔，2007）

我们也可以转而关注它轻便易携带的特性。有可能我们手上所拥有的这份资料，它并非特别为科学家们所准备的科学文本，而不过是当时某些人广泛使用的抄本。也许这样的文本有许多抄本，而敦煌发现的这件只是其中之一，就像我们之前所提到的，它上面的书法字体并非皇家标准。敦煌发现的这卷子，在同一张纸上由连续的两部分内容组成，可能是丝绸之路上的旅

行者或是军队等用它的预言等来预卜前程，帮助他们的旅途顺利，而且它上面还有关于云气（这和天气有关）和夜空的描述。但是，上乘的纸质以及主体的敏感性和重要性，又不符合此推论。除非我们发现其他相似的资料，若不是，就很难解开 S. 3326 的神秘面纱，获知它真正的创作意图。

6. 结语

最后，我们将再一次强调 S. 3326 敦煌星图的重要性。

作为目前发现为止人类文明现存最古老的平面星图，敦煌星图在天文学史上有着特殊的地位。无论是西方欧洲或是其他地方文明史上从未发现有类似的资料。尽管它是被发现于中国的边缘地带——一个对各种不同文化开放的地方，而且还不是一直归属于中国统治的地方，但是这份珍贵的档案却承载着中国最纯粹的天文学传统。它极可能是一份综合资料，将来自不同著作的科学的的天文信息以及占卜资料整合在一起。

S. 3326 是迄今发现最古老的以图画形式表现中国传统星宿的资料。它所记录的单独的恒星数量远远多于托勒密的星表，并且以星宿的形象组合成星座标示出来。整张星图严格按照先前所列的星表完整描绘了中国星空，并且保留原来的传统，仍然以三种不同颜色来区分早期天文学中三个不同派别对星宿的命名和描述。星星的位置则是以细致的有规律的精确的投影法来描绘。这一点在当时是独一无二的，所描绘的点都和今天所使用的技法和相似。就整体的精确度（约为几度之内）以及造纸的精细，在那么早的年代产生都是让人啧啧称奇的。

敦煌星图之中也包括一些文字说明，是关于传统历法（每个季节之中朔望月的位置和木星岁次），和每月伴随出现的天文现象。这些文字也是中国古代天文学的一部分，它们和较早年代出现的《月令》（-240 年）、《晋书》（约 635 年编写），以及后来的《开元占经》（729 年）中所记载的相关资料只有少许出入。

S. 3326 的资料有可能缘自古代中国的星表，比如三世纪的陈卓星表。根据不同的研究讨论，该星图的年代（649-684）显示它很可能是 650 年前后李淳风所绘制，尽管没有封面和其他证据可以佐证我们的观点。

无论如何，我们今天所探讨的这张敦煌星图，确实偶然地被保存在藏经洞里将近千年之久，它独一无二地见证了盛世唐朝时代的天空。

7 注解（见尾注）

8 特别感谢

9 参考书目

- 14 邓文宽，1996，《敦煌天文历法文献辑校》 江苏古籍出版社 南京
- 15 邓文宽，2002，《顿还吐鲁番天文历法研究》 甘肃教育出版社 兰州
- 20 冯时，2001，《中国天文考古学》 中国社科文献出版社

- 21 冯锦荣, 2003, 《石氏星官簿赞》在 《古代中国书籍与科技记录》第 124—131 页, Zhengzhao
- 32 Li Changhao, 1987, 《中国天文学史》, 北京, 科学出版社
- 33 李国豪, 1982, 《中国科技史探索》, 国际版, 上海古籍出版社, 上海
- 34 马世长, 1983, 《敦煌星图的年代》, 《敦煌文物研究所》, 367—372
- 39 潘鼐, 1989, 《中国恒星观察史》, 学林出版社, 上海
- 49 席宗泽, 1966, 《敦煌星图》, 《文物》, 3, 27—38
- 50 周晓陆, 2004, 《步天歌研究》, 中国书店出版社, 北京

10 附录

10.1 猎户座恒星天域（第五张星图）

第五张星图（农历四月）所展现的天域是赤纬 -30° 至 $+40^{\circ}$ （见图 3 和表 4），赤经自 50° 至 100° 自右向左递升，图纸的右边为西方，左边是为东方。这张星图和其他许多张相比，特别的地方在于它的主要星宿参宿，是很罕见的西方人能够辨认出来的中国星宿，它和西方的猎户座连线非常相近。

图中描绘了 109 颗星星，分为 20 个星座（见表 4）。北方分别是“五车”、“三炷”，都是御夫座的组成部分。觜宿和井宿在其南边，很容易辨认出来。“参旗”和再南一点的参宿，组成猎户座最亮的星星。三个模糊的红点是“伐”，但是图上没标示名称；它们应该是猎户座 θ 星群，也可能是著名的猎户座 M42 星云，这些是肉眼可见的。参宿的最南边，不过稍微 10° 向北偏差的地方，有一颗星星命名为“野鸡”（大犬座 β 星），围绕着它的 11 颗星是“军市”，现在肉眼看上去它们都比较模糊了（六等星）。然而，非常亮的星星——“狼”（大犬座 α 星，或称天狼星）却没有和“野鸡”连在一起，分开画在第六张星图里。现代星座天兔座在这里分成几个小星座，全在同一赤纬上，这是不对的。最后，两个单独的星星（“子”和“丈人”），我们认为属于天鸽座的，但图中，参照“厕”、“军井”以及“屏”，它们的位置太过于偏北边了。

这张星图画得很清楚，可见作者定位这些最南区域的星星难度有多大。天赤道（ 0 度赤纬）上的星座描绘得最好。有些《晋书》上提到过的星星和星座在这里没有画出来，比如“五车”之内的“天潢”和“咸池”；五车以南的“天关星”，还有“司怪”和“五诸侯”。

历文（两行，左）

自毕十二度至井十五度于辰在申为实沉，七月之时万物雄盛，阴气沉重，降实万物，故曰实沉，魏之分也。

中天文（三行，下）

四月日会军觜，昏翼中，旦女中

10.2 环极星图（第十三张星图）

环极星图（图 4）是内容非常丰富的一张星图，总共展现了 144 颗星星。由此可见中国星象学家们是多么地用心观察北极星区，这也被认为是帝星所在的位置，包括皇室、朝廷、和官员。在敦煌星图上，所有星座名称都是清晰可读的，不清楚之处在于一些原作是否正确的问题上。

该图覆盖了超过 40° 赤纬（从 50° 到 90°）的天域。主要的星座都围绕着极星（或者说地轴顶端），天空似乎就是绕着它旋转。在本星图中，北极星却没有特别指明出来。也许那颗没有黑线外圈的浅红色的点就是北极星，旁边有一个由四颗星组成的星座，名为四辅，被视为皇帝的四位辅佐朝政的臣子，图中四星在它的西侧，但没有围绕着它。帝星坐落紫微宫，东边 7 星（图中左方）为一墙，西边 8 星（图中右方）是另一墙，这就是中国星空三垣之一的紫微垣。此外还有朝廷官员、谷物等商品、厨房、浴室等等，详见表 5。三个以“厨”字命名的星座，有两个出现在这张图中，即“天厨”和“内厨”，“内厨”没标注文字，见下表。

北斗在图的下方很容易认出，和现代星空对比，不同的是大熊座 α 星和 β 星的连线并没有指向北极星，而且也不进入紫微垣内。还有两颗单独的星星：相和太阳首，如果它们真的是大熊座 χ 星和 ψ 星的话，那它们的位置并不在北斗星的正南边，如孙小淳和基斯特梅科所讲的。而何丙郁（1966）则认为，它们更可能是猎犬座 5 和大熊座 χ 星。

在紫微的南门附近，有六颗星星，他们分别是“天一”、“太一”、“天”和“太”，以及两颗没有命名的星星在大熊座 δ 星的上方，我们认为它们就是“内厨”。“天一”和“太一”在大熊座 ϵ 星的北边，从字面上解释，它们的意思分别是“天庭的唯一或者天庭的一体”以及“至上的唯一和至上的一体”，其名字指出了它们的至高权力，说明了它们曾经是北极星¹⁷。“天”和“太”两颗星，在大熊座 ϵ 星的东北边，之前的星表¹⁸中并没有说到它们。这是临摹星图的时候出现的错误吗？这可能是其他两个星座位置倒置了，错误描绘了以前的北极星位置（Maeyama, 2002）。

在（图的上方）“天皇”和“勾陈”两个星座的中间，有一个黑边红点没有标注名字，它是出自石氏星表，它很可能是小熊座 δ 星。以往“勾陈六星”，但图中“勾陈”指的是一颗星星（红色），它就是小熊座 α 星（现在的北极星）。在“北极”（这是很重要的星座，因为它指代北极宫）之内，第二颗红星，就是“帝”，但是图中没有标示名字，它是小熊座 β 星，也是在公元前一千年里最靠近北极位子的一颗极星（和天龙座 κ 星一起）。

总而言之，S. 3326 是一份非常好的文献资料，但它也存在几处不够完美的地方：

- (a) 紫微垣中北斗形状和苏州天文图乃至现代所有星空图所展示的都不一样。过分地错误影响到两端的星星——大熊座 η 星和 α 星（见图 6b），由于这个错误，也让大熊座 α 星和 β 星很难定位。
- (b) 星座“勾陈”没有完整描绘出来，我们指出是小熊座 α 星的那颗星在图中是在“华盖”和“杠”最下面一颗星星，原本应该是“勾陈”中最亮的那颗。有一些《晋书》中有提到的星座（如“五帝”等）。

表 4：第五张星图星座列表（猎户座星区）

星图：第五张

月份：4（阳历 5 月）

星宿：觜 参 井

四月日会毕觜，昏翼中，旦女中

总数：20 个星座，109 颗星星

	中国 星座 名 ¹ 自北向 南	国际 天文 学会 ² 星座 命名	孙小 淳书 中 ³ 识 别	图中 颜色 (红黑 白) ⁴	孙未 识别 的星 数	图中 未识 别的 星星	孙识别的 单独星星	评论(孙引用和评论)	信心 指数 ⁵
1	五车+ 三柱	御夫	I 37	红	14	14	御夫座 ι 星		5
2	诸王		II 60	红	6	5	金牛座 τ 星	6颗 五车南边	5
3	左旗	御夫 座	II 62	黑	9	8	御夫座 κ 星	9颗 司怪东北	5
4	天尊	双子 座	II 59	黑	3	3	双子座 δ 星	3颗 井宿北, 左旗东	1
5	天高	金牛 座	II 64	白	4	4	金牛座 97	4颗 近毕宿, 毕在第四 张星图中	4
6	井	双子 座	I 114	白	8	8	双子座 μ 星		5
7	参旗	猎户 座	I 82	红	9	6	猎户座 π 星		5
8	觜	猎户 座	I 112	白	3	3	猎户座 φ 星		5
9	水府	麒麟 座	II 106	黑	1	1	猎户座 ν 星	4颗 井宿南, 图中名称 和四辅交叉错位了	1
10	四渎	猎户 座	II 107	黑	4	4	麒麟座 ε 星	4颗 井宿南, 图中名称 和四辅交叉错位了	4
11	参	猎户 座	I 113	黑圈 红点 、红	10	10	猎户座 δ 星	参宿名称没标示, 下面三 颗淡的红色的圆点是伐, 也没标示	5
12	九斿	猎户 座	I 104	黑	9	9	波江座 54?	9颗 玉井西南边, 图中 没标注	5
13	玉井		I 83	红	4	4	波江座 β 星	在猎户座 β 星附近的一 圈星星	5
14	野鸡	大犬 座	I 88	红	1	1	大犬座 β 星		5
15	军市	天兔 座	I 87	红	13	11	天兔座 17	围绕着野鸡	5
16	屏		I 84	白	2	2	天兔座 μ 星	这星座虽然标示, 但位置 不正确, 应该在军井的南 边	2
17	军井	天兔 座	II 105	黑	4	4	天兔座 κ 星	4颗 玉井东南	2
18	厕	天兔 座	I 85	白	4	4	天兔座 β 星		5

19	丈人	天 鸽 座	II 110	黑	2	2	天 鸽 座 ϵ 星	2 颗 军市西南；丈人和 子本应该比厕和军井更 靠南才对	5
20	子	天 鸽 座	II 111	白	2	2	天 鸽 座 β 星	2 颗 丈人东边；丈人和 子本应该比厕和军井更 靠南才对	5

1 星宿自北至南，自西至东依次列入（以赤经读数的增加为序）

2 “国际天文学会”缩写为 IAU

3 孙小淳和基斯特梅科的书中，清单用 I、II、III 标示

4 红色表示出自石氏（I）；黑色代表甘氏（II）；白色代表巫咸氏（III）

5 信心指数自 1-5；5 代表非常有信心；1 代表信心差

表 4：第十三张星图星座列表（北极星区）

星图：第十三张

星宿：

总数：34 个星座（其中 1 个未识别，142 颗星星（北极+3）；该星图中所归纳的星星皆自石氏或甘氏

	中 国 星 座 名 ¹ 自 北 向 南	国 际 天 文 学 会 ² 命 名 星 座	孙 小 淳 书 中 ³ 识 别	图 中 颜 色 (红 黑 白) ⁴	孙 未 识 别 的 星 星 数 量	图 中 未 识 别 的 星 星	孙 识 别 的 单 独 星 星	评 论 (孙 引 用 和 评 论)	信 心 指 数
1	天厨	天 龙 座	II 15	黑	5	6	天 龙 座 δ 星	5 颗 紫微垣外 东北	5
2	五 帝 座	仙 王 座	II 4	黑	5	5	仙 王 座 γ 星?	5 颗 紫微内华 盖下，而不是华 盖东	5
3	传舍		II 17	黑	9	7	鹿 豹 座 3947 星	9 颗 华盖之上	5
4	天柱	天 龙 座	II 6	黑	5	5	天 龙 座? 星	5 颗 紫微内，紫 微东垣附近	5
5	六甲	鹿 豹 座	II 5	黑	6	5	仙 王 座? 星	6 颗 紫微内，华 盖的斗柄附近	5
6	华盖	仙 后 座	II 3	黑	7	7 (+ 6)	仙 后 座? 星	7 颗 天皇之上； 6 上什么？这是 杠吗？又没写 “杠”字；见下 表	4
7	勾陈	小 熊 座	I 60	红	5	6		孙归类于北极， 可能是现在小 熊座柄，至小熊	5

								座 α 星止; 或者华盖的杠	
8	NI 1	小熊座		红		1		1 颗 勾陈东, 没有标注名称, 可能是小熊座 δ 星	
9	天皇	小熊座	II 1	黑	1	4	小熊座? 星	1 颗 勾陈内; 此处 4 星中有两颗属于小熊座	3
10	紫微	天龙座	I 59	14 红 1 黑	15	15	天龙座 κ 星	东垣, 西垣, 和太微一样	5
11	柱下史	天龙座	II 7	红	1	1	天龙座 \times 星	1 颗 紫微内, 北极东北	5
12	女史	天龙座	II 8	红	1	1	天龙座 ϕ 星	1 颗 柱下史北; 太过偏柱下史西	5
13	天棓	天龙座	I 7	5 红 1 黑?	5	5 或 6	武仙座 ι 星	图中最左边(东边)的星座	5
14	尚书	天龙座	II 9	黑	5	5	天龙座 15	5 颗 紫微东南	5
15	北极	小熊座	I 60	红	5	4	小熊座 β 星	北极连接着 3 颗黑点表示的星星, 没有标注名称; 另外一颗被稍微擦掉了的无黑边的红点可能是北极星	4
16	四辅	鹿豹座和小熊座	II 2	黑	4	4	大熊座? 星	4 颗 围绕北极; 有看北极到吗?	5
17	内阶	大熊座	II 14	黑	6	6	天龙座 2	6 颗 文昌北, 紫微外, 图的右边(西边)	5
18	八谷	鹿豹座	II 65	黑	8	8	鹿豹座 β 星	8 颗 五车北, “八”之后那个字不容易辨认, 五车没出现在图中	5
19	天床	天龙座	II 11	黑	6	4	天龙座? 星	6 颗 紫微宫外; 孙可能把我们指为天一、太一	3-4

								的那两颗星包括在内；；这两颗星应该在大熊座 δ 星之上，更为靠右的地方	
20	太一		I 62	黑	1	1	天龙座 8	字体清晰，但可能位置错了，索素尔有研究（1930）	3—4
21	天一		I 61	黑	1	1	天龙 7	字体清晰，但可能位置错了，索素尔有研究（1930）	3—4 或 supra
22	太		书中没有	黑		1	?	单字，一颗，紫薇西边，靠近南边界	
23	天		书中没有	黑		1	?	苏州天文图中这两颗星名字是天一和太一	
24	三公 (2)	大熊座	书中没有	黑		3	?	文昌东，毫不含糊的字	5
25	天枪	牧夫座	I 6	红	3	3	牧夫座 κ 星		5
26	北斗	大熊座	I 58	红	8	7	大熊座 α 星		5
27	天理	大熊座	II 12	黑	4	4	大熊座? 星	4 颗 北斗勺内	5
28	文昌	大熊座	I 57	红	6	5	大熊座 \circ 星	注：大熊座 \circ 星在图中没有出现	5
29	玄戈	牧夫座	I 5	红	1	1	牧夫座 λ 星	有个小问题：不容易辨别是波江座 η 星还是大熊座 ξ 星	5
30	三公 (1)	猎犬座	II 39	黑	3	3	猎犬座 24	3 颗 北斗柄南	5
31	相	大熊座	I 54	红	1	1	大熊座 x 星	孙识别为大熊座 x 星是不正确的，应该是在大熊座 γ 星的	5

								南边	
32	太 阳 首	大 熊 座	I 55	红	1	1	大 熊 座 ψ 星	孙不太肯定地 识别它为大熊 座 ψ 星；大熊 座 ψ 星应该在 大熊座 β 星的 南边	?
33	势	大 熊 座	II 55	黑	4	4	大 熊 座? 星	4 颗 太阳首北； 这颗星应该在 太阳首西，而 不是北	5
34	天牢	大 熊 座	I 56	红	6	6	大 熊 座 44		5

1 星宿自北至南，自西至东依次列入（以赤经读数的增加为序）

2 “国际天文学会”缩写为 IAU

3 孙小淳和基斯特梅科的书中，清单用 I、II、III 标示

4 红色表示出自石氏（I）；黑色代表甘氏（II）；白色代表巫咸氏（III）

5 信心指数自 1-5；5 代表非常有信心；1 代表信心差

¹ 国际敦煌项目部（IDP）1994 年开始设立“……为了通过国际间的合作，促进对东方丝绸之路的考古学遗产的研究和考察”，由大英图书馆设立。（见 <http://dip.bl.uk>）

² 本文中年代的记法是使用所谓的天文学记法，如-1 是为 2BC；+1 是 AD1

³ 中国政府当时只收走了中文手卷，留下了藏文经卷，这些现在在整个中国甘肃省都有藏品。斯坦因的收藏分为两部分，一部分给了大英博物馆，一部分给了印度政府，他的部分敦煌藏品现在收藏于新德里印度国家博物馆。日本的收藏后来四散开了，有很大一部分现存于首尔韩国国家博物馆。

⁴ 1972 年随着大英图书馆的建立，敦煌星图卷自大英博物馆转为图书馆收藏，现藏于图书馆的亚洲、太平洋和非洲藏品部。

⁵ 贾尔斯在 1940 年退休，手稿初稿于 1947 年交于出版社

⁶ 英文原文中同时给出“史记”两个简体中文字及其拼音，拼音以斜体字标示。

⁷ 这些星宿名称确切的起源仍然是个谜，而它们与月亮的关系也无从稽考。但是，它们贯穿整个中国历史一直沿用着，就好像是天体定位器一样精准出现在每个季节。

⁸ 在任何一位皇帝的统治期间，皇帝的个人名字中的字不允许被用到，如果要用到，那也不是标准字，而是多加或少去一些笔划以区别。这就是所谓的避讳。皇帝去世以后，其名字（不包括姓氏）的避讳字仍然使用直到那个朝代结束。避讳字是否持续使用并不是所有文献都十分肯定，但是这份星图中使用到避讳字，说明了那个时代是需要遵守这一规定的。

⁹ 安娜-葛莉丝（丹麦国家博物馆）的研究中说到这种纤维：“……特别长特别细”。在国际敦煌项目部网页中有手卷及其纤维的图片。连接

http://idp.bl.uk/database/oo_scroll_h.a4d?uid=16549492179;recnum=8280;index=1

¹⁰ 国际敦煌项目部英国和欧洲项目经理芭芭拉（在私人谈话中）说到：“卷子是采用无酸日本薄纸托裱，以防止酸转移。牛皮纸则伸展至卷子的两端。因为没有标明年代，无法追溯保存历史，所以只好从相关知识和肉眼观测入手。在透射光下可以看见有一条很长的补丁横穿整张卷子，它的边缘很不规律，很明显那不是装裱的时候造成的，很可能是在卷子产生的那个时代就有了。可以支持这一观点的还有随处可见的褶皱。这些褶皱沿着卷子穿过补丁，是

连续的状态，说明了这补丁确实存在很长时间了，虽然很难确定具体的时间。卷子上还有其他的小补丁，虽然已经被移开，但是我们还可以看到印子。”

¹¹ 这标题在近年一些中文出版物中有解读为“其解夢及電经一卷”（邓和刘，2003年）。然而这个解读是存在问题的。首先，无视“其”字在这里是没有意义的；第二，第三个字并非“夢”字的标准写法，反而更像“蔑”。并且，这两个主题以一“及”字并列在一起的形式在中国并未见过。

¹² 中国根据平均每年有 325.25^a 天，将周天分为 365.25 度，同欧洲的 360 度

¹³ 相关系数 R 是皮尔逊最小平方拟合参数，当 R=1 时为最完美值；当 R=0.76 和 0.68 时，其随机概率分别为 0.01% 和 0.1%

¹⁴ 原文英文是由大英图书馆盖兰博斯（Imre Galambos）翻译，他还注释说，公元三世纪由吕不韦主持编撰的《吕氏春秋》^b 的第一部分就是关于色彩的相互关系和宇宙规律的述说。

¹⁵ 此处与《九章算术》唯一不同的就是，书中用词“按”，而此处是“言”。（K.Chemla 的私人对话）

¹⁶ 这也是一份由石申的著作构成的星表，其中包括了对中国星宿的叙述文字。有一份抄本收藏于日本京都。我们没亲眼见过，只是从冯锦荣的文章（2003）中得知。

¹⁷ 早期关于古代北极星的讨论可以参考索素尔的研究（1930：494-525）

¹⁸ 《晋书》中没有提到（何，1966）；汉代星表中也没有提到（孙和基斯特梅科,1997）

a 译者认为这里应该是 365.25

b 原文拼音为“Lushu Chunqiu”，译者认为是“吕氏春秋”拼音的误写