第 47 卷 第 1 期 天 文 学 报 Vol.47 No.1
2006 年 1 月 ACTA ASTRONOMICA SINICA Jan., 2006

论鲁庄公七年夏四月辛卯夜，恒星不见，夜中星陨如雨

庄天山

(华侨大学人文与公共管理学院 福建泉州 362021)

摘要 对《春秋》记载的“鲁庄公七年 (前 687 年) 四月辛卯夜，恒星不见，夜中星陨如雨.”一段中的夜恒星何以当见而不见这个千古未解的迷团进行探讨，在 1994 年笔者研究的 1533 年狮子座流星雨出现时呈现的天空亮度的基础上，结合古今中外的有关资料，发现这天恒星不见的原因，实际是夜中出现的流星雨产生的天空明亮掩盖恒星. 文中附带证明恒星不见和星陨如雨实际是出现在同一时段，即都在夜中. 同时还估算了这次流星雨的流星数密度和流星总数、掩盖恒星亮度的流星质量以及被掩盖恒星的天空面积.

关键词 中国天文学史：恒星不见，夜明，星陨如雨
中图分类号： P 1-092; **文献标识码**： A

1 引言

标题这段记载据说源出于《春秋》，说的是公元前 687 年四月初五夜，出现了两个不寻常的天文现象，前一个是这天晚上不知何故恒星忽然都不见，后一个是夜中出现一场流星雨.

对这两个天象，历来《春秋》解释家、注疏家、史学家、以至现代的天文学家，都把它作为两个彼此无关、前后分立的独立现象. 后一个现象经早期《春秋》解释家和史学家的辩论，已证实它是现代天文学通称的流星雨. 而正是古人的这场辩论，才使流星雨这个概念流芳千古，成为现代天文的一大景观和研究课题. 150 多年前，一个外国人根据它的出现日期，推断出它的归属，即它的辐射点是属于哪个星座的流星群. 似乎这个天文现象已经可以划一个圆满的句号，但实际上这个天文记录还远没有完成它的历史使命，还是现在研究的一个重要课题.

前一个天象则至今尚是困惑科学界的一个迷团，此中有历史资料的错杂，有古注释家的误导，还有哲学上的辩证思考问题，而最终是科学研究不够深入所致. 下文将对这个问题进行剖析，在已往笔者的研究结果和新发现的古今中外的资料的基础上，通过辩证分析，揭示这两个天象的内在联系和因果关系，从而解决这个千古遗留的问题.

由于后一个天象是解决前一个天象的前提条件，因此有必要“倒叙”，把后一个天象的证认过程作一个介绍.

2004-12-23 收到原稿， 2005-03-20 收到修改稿

2 这次“星陨如雨”是流星雨和它的归属的证认过程

最先对这个实际已沉睡在简书中近二百年的天象提出解释的是《左传》，稍后有战国初期的《公羊传》和《耕梁传》，再后就是历代对这“三传”的“注”和“疏”.

《左传》的解释是“恒星不见，夜明也；星陨如雨，与雨偕也”[1]. 西晋杜预《左传注》认为《左传》的意思是：“如”是“而”, 解释说：“夜半乃有云，星落而且雨，其数多，皆记异也.”唐孔颖达《左传正义》取杜说. 就是说，《左传》解释的“如雨”是“而雨”, 不过，承认“其数多”, 固然也保留有流星雨的痕迹，但不是现在所认定的“流星散落如雨下”这样的概念，而是“流星和雨俱下”的意思 —— 这是曲解原意.

《公羊传》的记载是：“如雨者何？非雨也. 非雨则曷为谓之‘如雨’？不修《春秋》曰：‘雨星，不及地尺而复.’君子修之曰：‘星陨如雨”[2].

《公羊传》的意思是说：“如雨”, 不是天上下雨，这是反驳《左传》的说法. 又认为不修《春秋》的意思是“星陨落如下雨”, 但不及地面尺高而返回 (天上). 所以“君子”才将它修定为“星陨如雨”. 《公羊传注疏》在此基础上再进一步明确，说：“如雨者，言其状似雨也”. 可以说是对流星雨本义的正确解释. “不修《春秋》”, 《公羊传注疏》认为是“古之史记”或孔子未修《春秋》前的《春秋》. 东汉王充则认为是指未修《春秋》前的《鲁史记》. 君子，王充认为就是孔子. 并且补充说，孔子之所以修定为“星陨如雨”而不取《鲁史记》所记的“不及地尺而复”是他认为“恐失其实”[3]. 说明孔子的判断是正确的. 但有趣的是外国近代也报道过，强大流星暴出现时，许多流星看起来似乎是落在地球上而又反弹到空中的记载 [4]. 这倒证明《鲁史记》的“雨星，不及地而复”有其观察的现实性.

《耕梁传》的记载也认为“星陨如雨”是“星其陨也如雨”. 义与《公羊传》同. 同时也不同意《左传》的解释，反驳说：“岂雨说哉”[5].

继《公羊传》、《耕梁传》之后，解释这个现象且起决定性作用的是王充. 王充首先借《公羊传》的解释，认为孔子所说的“星陨如雨”是“其所陨之者，皆是星也”. 即所散落的尽皆是星而没有雨，再次肯定这次记载的实质，其次 —— 也是最重要的 —— 他把《左传》解释恒星不见的“夜明”和这里的“与雨偕也”结合起来, 反驳《左传》说：“夫辛卯之夜明，故星不见，明则不雨之验也. 雨气阴暗安得明？明则无雨，安得与雨俱？夫如是言，与雨俱者，非实. 且言夜明 (星) 不见，安得见星与雨俱？”是科学事实 [3], 按逻辑推理揭示《左传》这二句的自相矛盾性，因而是不能共存的.

这一场长达四百年的辩论，最后以《左传》的解释失败而告终. 但得出二条有意义的结论：

1) 鲁庄公七年四月辛卯的星陨如雨是经过古代史学家从史实、义理和科学逻辑推理综合辩析而证认的，这是成为后世记录流星雨的楷模和建立流星雨的科学概念的根本原因.

2) “星陨如雨”四个字是根据当时所见的实况 —— 流星像下雨一样的散落 —— 以白

描记载下来的，是史无前例的创造[1]，与其后史书和地方志袭用这 4 个字作为流星雨的正统记法，在流星数量的概念上有所不同，按照当时的记法，我们从 “星落如雨下” 的形象中可大致估算它的流星数，而现在袭用的记法则不能.

至于本次流星雨的辐射点归属于哪一个星座，1848 年，法国的天文学家毕约 (Biot.E) 曾根据记载时间推算出它是公元前 687 年 3 月 16 日，相当于 1850 年春分点的 4 月 21 日，合天琴座流星雨的极盛日期，于是断定它是天琴座流星雨的最早记录[6]. 从此以后，世界均因袭这个说法，即为世界、包括中国科学界所公认，载于所有有关的著作. 1999 年，笔者发现毕约推算的日期有误，按现行的历法推算，日期应是 3 月 24 日，相当于 1950 年春分点的 4 月 30 日，因著文纠正，否定它是天琴座流星雨，同时证明它是与哈雷彗星有关的宝瓶座 η 流星雨的最早记录[7].

3　强大的流星雨可造成掩没恒星的天空亮度的实据

如果说《左传》把星陨如雨错解为 “与雨偕” 而为史家所否决，那么它提出的恒星不见是 “夜明” 所致却是古今诸家、包括科学界都承认. 笔者也做过一些探索，怀疑它可能是如外国报导的，而现在尚不清楚的 “虚幻的黎明” 那样的现象[7]，现在已清楚这个想法是错误的.

但实际上早在 1994 年，我们在研究 1533 年狮子座流星雨出现时的天空亮度可达 -1^{m} (星等)[8]，就已经注意到这个问题，即怀疑这里使恒星不见的 “夜明” 很可能就是流星雨自身所造成的，但由于当时也受传统观念的影响，把原记载也理解为前后两句是两个互不相干的天象，且恒星不见记在前，似是先于星陨如雨发生的现象，故无法用流星雨造成的天空明亮去解释. 此外还受古人对此现象注释的误导，于是放弃深究. 最近，我们在校订中国古代记录的流星雨的过程中，才发现由流星雨造成的天空异常，除了直接记 “天星暗” 或 “天星无光” (相当或仅次于 “不见”) 外，还有如天星动摇，出现白气、黑气、月无光或月光失色、(天星) 一时无光或空际星稀、声音、观测者的心理恐慌等，不下十余条；这个发现再度引起我们对恒星不见是夜明的思考，于是我们再寻找外国的有关资料，发现外国也有类似的报导. 现把中外的有关资料列之如下：

3.1　中国资料

(a) 《新唐书天文志》： “唐哀宗天佑二年三月乙丑 (905 年 4 月 13 日)，夜中，有大星出中天，如五斗器，流至西北，去地十余丈而止. 上有星芒，炎如火，赤而黄，长丈五余而蛇行，小星皆动. 而东南，其陨如雨. 少顷没. 后有苍白气如竹丛，上冲天，色蓈蓈. 占曰：亦枉矢也”.

(b) 山西《曲沃县志》、河北《清苑县志》记 1533 年 10 月 24 日，狮子座流星雨出现时，有： “夜，星陨，有光. 天为赤色，散落四方，如掷砖石，至晓未已”. 或： “天为赤色，自上而下，至晓未已”[2].

(c) 《山西通志》、《襄垣县志》记 1533 年 11 月 3 日狮子座流星雨出现时，有：

[1] 《竹书纪年》记的 “帝癸十年，夜中，星陨如雨.” 未被史学界所承认. 即使真有此记录，《春秋》也没有抄袭其记法. 否则不会有《左传》 “与雨偕也” 的误解.

[2] 《明世宗实录》、《明史》 “天文志”，皆记： “四更至五更，四方大小流星纵横交行，不计其数，至晓乃息”.

“星陨如雨，天色遂去”. “星陨如雨，天色昏迷，云中有变”.

(d) 山东《平度县志》记 1533 年 10 月 27 日，狮子座流星雨出现时，有 “星陨如雨，有火光著门户，焰焰如灼”.

(e) 《山西通志》记 1533 年 11 月的另一次狮子座流星雨出现时，有 “太原、榆次、太谷、祈县、阳曲、孟县、清沅、寿阳、崞县、临汾、霍州、长治、襄垣，星陨如雨，光若火，天尽赤”.

(f) 安徽《虹县志》记 1533 年冬，狮子座流星雨出现时，有 “夜半，星陨如雨，红光烛天”.

(g) 江西《新昌县志》、《盐乘》记 1866 年 11 月 3 日，狮子座流星出现时有： “夜半，天如昼，金光坠，如雨粟”.

(h) 浙江《泰顺分疆录》记 1797 年冬仙女座流星雨出现时，有 “夜，北方星陨如雨，复见天北面一半青苍，星影寥寥”.

(i) 山东《馆陶县志》记 1885 年 11 月 28 日，仙女座流星雨出现时，有 “戌刻，流星乱陨，已而黑气蔽天，移时乃消”.

(j) 陕西《周至县志》记 1885 年 11 月 19 (29) 日，仙女座流星雨出现时，有 “晚，亥、子之际，星陨如雨，天星暗移时. 咸 (宁) 、长 (安) 、泾 (阳) 、 (三) 原等属尤甚”.

(k) 山西《晋祠志》记 1797 年 12 月 17 日，小熊座流星雨 (?) 出现时，有： “夜半，星陨如雨，尽趋西南，火焰蓬勃，久之乃止息”.

(l) 《浙江续通志稿》记 1882 年 12 月 22 日小熊座流星雨出现时，有： “夜，流星多如烟火，光满天际”.

(m) 山西《临沂县志》记 1906 年 10 月 24 日，猎户座流星雨出现时有 “夜明. 声自西南来，空中流星乱落. ”[3]

(n) 陕西《华阴县志》记 1546 年 1 月 14 日的流星雨，有 “夜半，月无光，星陨如雨”.

(o) 《明斋小识》记 1798 年夏历九月出现的一次流星雨，有： “上海青浦县，有星移于天，如飞、如织，辉光四布. 如是者数夜. ”

(p) 云南《呈贡县志》记 1869 年 2 月 11 日出现的流星雨，有 “星陨如雨，(天星) 一时无光”.

(q) 河南《信阳县志》记 1885 年夏历 11 月出现的一次流星雨，有： “夜间星流，流火满天，大小不一. 甚多，无数，纵横乱窜，彻夜不息”.

(r) 陕西《乾县新志》记 1890 年夏历七月出现的一次流星雨，有： “星陨如雨，空际星稀，大地暗然无光”.

(s) 陕西《澄城续志》记 1893 年夏历九月的一次流星雨，有： “星陨如雨，红光满天”.

(t) 《甘肃新通志》记 1893 年 11 月 10 日出现的流星雨，有： “夜，丹山县星陨如雨，光芒烛地，越一时始灭”.

3.2 外国资料

比较集中的实例是体现在对 1833 年 11 月 13 日狮子座流星雨的描述，据《天空着

[3] 长谷川一郎把： “夜明” 译为 “before sunrise” 似不合原载意思 [14].

火》一书的记载 [4], 摘录几段如下：

(a) 德尼逊 · 奥尔姆斯特德教授 (prof. Denison, Olmsted) 在 13 日清晨看到流星雨时，写到：“那似乎是在下雨火.”

(b) 休姆弗列伊斯 (Humphreys) 在马里兰州的安纳波利斯，当他在黎明前看到流星雨时，写下：“天空是火花的流星雨”, 而且 “光是如此之强烈. 以至于一些被惊醒过来的入睡者认为他们是处于火焰之中.”

(c) 康涅狄格州和南卡罗来纳州人，则有的说是：“下雪火”, 有的则惊喊：“我的上帝，世界是在火里”.

其次，据柯尔利斯 (W.R.Corliss) 编辑的《奇异自然现象》记载有：

(d) 天文爱好者霍夫姆斯特 (Hoffmcister) 曾收集过包括英仙座流星雨、狮子座流星雨和 1872 年仙女座流星雨等各种各样的流星雨，当流星雨暴发生时，曾同时出现有类似极光样的发光现象，特别指出，德国和英国也曾观察到狮子座流星雨出现时，伴有极光式的发光现象 [9].

(e) 天文爱好者冯 · 乌朗吉尔 (Von·Wrangel), 曾于 1820—1824 年间，在西伯利亚水域观测到北极光带的一个黑暗区域，由于一群流星雨穿过其间，使这个黑暗区变得十分明亮，并且持续发光. 当时的科学界曾推测，这个现象很可能是大量流星雨使得高空大气层的气体电离带电而造成的 [9].

(f) 1908 年 9 月 14 日，月光颇亮. 英国观测到一片形同淡白云似的极光，并不明亮. 由于一颗流星穿过其间，使得这片淡弱的极光 “突然放射出一片不寻常的、远比金星的光辉更加光彩夺目、灿烂辉煌的光芒”. 5 分钟后，发光处 “又射出一道光柱”, 持续 10 分钟才开始减弱 [9].

(g) 美国天文观测家戈兹 (Gotz, 1949), 上世纪 40 年代，曾在阿奴沙 (Arosa) 观测夜空达好几年，据他报告，1941 年曾有 3 个夜晚，空中亮度突然增大，最大在凌晨 3 时，他认为 “宇宙尘的闯入有利于 E 层的发射，而 E 层的亮结构则与太阳还有流星都有关.”[10]

3.3 分析上面中外资料

中国所载，1533 年狮子座流星雨造成的天空亮度至少达到 -1^{m} 我们已有专论 [8], 不再讨论. 其余的：

(a) 《新唐书天文志》这则记载，1965 年我们曾断为宝瓶座 η 流星雨，列入《中国古代流星雨记录》表中，并认为那片如竹丛似的苍白气是类同极光的现象. 于是试用 “能量转移和碰撞自激来证明大量流星出现时，可造成极光现象”[11]. 但被当年《天文学报》的审稿者否定，他们认为是火流星的分裂体，不是流星雨，要我们删去，两次审稿都没有通过. 我们只好从命，把它开除出 1966 年的 “流星雨表”[12,13]. 但 1993 年，日本的长谷川一郎却又证认它是宝瓶座 η 流星雨 [14]. 不管怎样，这片 “上冲中天、色蒨蒨、如竹丛” 的苍白气是流星雨造成的无可非议. 这片苍白气不是流星尾迹，而是亮度同银河、形质同极光的一种 “光状云”. 如果我们当年的证认和长谷川一郎的证认无误，那么宝瓶座 η 流星雨造成天空明亮已不是一次，那就更可证明鲁庄公七年的夜明是流星雨所造成.

(b) 《曲沃县志》、《山西通志》等记的 “天为赤色” 、 “天色遂赤”, 或 “光若火，天尽赤”, 或 “天色昏迷，云中有变. ” 等，显然是众多流星电离大气分子至复合过程形成的

天空颜色，此种天色掩没恒星可想而知.

(c) 《平度县志》的 “火光著门户，焰焰如灼” 、《虹县志》的 “红光烛天” 、《晋祠志》的 “火焰蓬勃” 、《浙江续通志稿》的 “流星多如烟火，光满天际” 、《澄城续志》的 “红光满天” 、《明斋小识》的 “辉光四布” 、《信阳县志》的 “流火满天” 、《甘肃新通志》的 “光芒烛地” 、《临沂县志》的 “夜明” 等，与西方《天空着火》一书所载的 “下雨火” 、 “下雪火” 、 “处于火焰中” 、 “世界在火里” 等如出一辙，从《天空着火》提供的照片 [4], 恒星被流星光所掩没显而易见.

(d) 《泰顺分疆录》记的 “青苍”, 《馆陶县志》记的 “黑气蔽天”, 都是极光式的发光现象，中国古代记载极光常用 “赤气” 、 “红光” 、 “白气” 、 “苍黑气” 、 “青气” 等来描述. 颜色是流星的融化能电离、激发空气分子或原子发射出不同波长的光的反映，一般是红色，其次是白色和兰绿 (青苍). 而当各种波长混合，浓度又较大即呈黑紫色，在天空背景的衬托下就成为黑色，所以黑气实际也是有一定的亮度的.

(e) 《华阴县志》记的 “月无光” 、《呈贡县志》记的 “(天星) 一时无光” 、《新昌县志》和《盐乘》记的 “天如昼” 、《周至县志》记的 “天星暗移时”; 《泰顺分疆录》记的 “星影寥寥” 、《乾县新志》记的 “空际星稀” 等则从另一个角度衬托出天空的明亮程度，并且直截了当地证明鲁庄公七年的 “夜明，恒星不见” 就是流星雨造成.

(f) 外国资料第 1 条已明确说明，当流星雨暴发生时可同时出现类似极光的发光现象，这倒证明我们当年 (上世纪 60 年代) 的考虑是正确的. 极光的亮度最亮甚至可超过满月，一般亮度也可比上弦月，或月照卷云、积云，或满月将出那样的亮度，暗的也有银河的光亮. 这种亮度掩没恒星在极圈司空见惯.

(g) (e) 和 (f) 说明一个重要问题:

那个北极光带的黑暗区域并非黑云密布而黑暗，而是由一大堆处于一定激发态的大气分子组成的暗带，与前面中国记载的 “黑气” 相似，只不过是物理机制不同而已. 由太阳发射的带电高能粒子流激发的氮分子发出的是紫光和蓝光，氧原子发出的是深红光和绿光. 这些光在混合情况下就成黑紫色和暗紫绿色，这些颜色在一定浓度和天空背景的衬托下也成黑色. 总之它是带有激发态的大气分子群. 英国观察到的那片形同淡弱白云的极光则自身已经是受激发的弱发光体，流星雨或流星穿过这种处于一定激发态的大气分子或原子，其产生的能量可起强大的 “增援” 激发作用，使这些大气分子或原子加大电离度或处于更高的激发态而发出强光. 暗区变亮、弱光转强就是在这种机制下产生的. 这说明流星雨中大量的小流星甚至是微流星，它们对天空亮度的作用是不可忽视的.

(h) 戈兹的观察报告和说明提醒人们，即便不是流星雨，夜空也可以因流星的作用而增亮. 当然，这种增亮是很有限的.

至此，流星雨暴造成的天空明亮可掩盖恒星使之不见完全可以肯定！

4 辛卯夜两个天象出现的时段

从问题的性质和历史记载的角度看，这是一个关键的问题，因为流星雨造成天空明亮掩没恒星，从物理机制来说，必须先有流星雨产生天空明亮，而后才有掩没恒星的现象，这是一个严格的因果关系. 因此，这二个现象从逻辑上说必须产生在同一时段，历代

注释家拆句分立，成为如标题那样的记载，造成误导主要也在这里.

但《春秋》、《左传》毕竟是千古不朽的名著，尽管它们早年就被 “肢解”, 甚至曲解. 但其基本内容绝不会磨灭，何况历代还有数不尽的名家在研究，所以这段记载的原貌仍有可能被比较完整地保存下来.

首先，记得最清楚的是王充的《论衡》 “说日篇”, 这一篇先后有二处完整地引用原著的记载，一处引文是： “《春秋》庄公七年夏四月辛卯，夜中恒星不见，星陨如雨者”[4] 另一处引文是： “《春秋左氏传》四月辛卯，夜中恒星不见，夜明也；星陨如雨，与雨俱也.” 前面提到，王充还从这两个天象同时出现于夜中出发，指出： “夜中 (恒) 星不见，夜光明也 ..... 盖其实也 ..... 明则不雨之验也，雨气阴暗安得明 ..... ” 等一段揭露《左传》既说夜明而又下雨，既说不见星，而又见星与雨俱下，等自相矛盾，因而是 “非实” 的注解，进一步证明《春秋》原载这二个天象确实是在同一时段.

其次是 “二传” 和《左传注》, 还有后来的《十三经注疏》对 “三传” 的 “注” 和 “疏”, 它们固然也都拆释《春秋》的原文, 致使原文的意义特别是时间概念变得模糊; 但它们毕竟是脱胎于《春秋》，而且也忠于《春秋》. 所以不可能不保留《春秋》原文的信息，即恒星不见时的 “夜” 实际也是指夜中.

(a) 杜预的《左传注》，《十三经注疏》 “左传注疏” 在《左传注》之前，加一句 “夜之早晚，以星为验”, 然后引《左传注》说： “日光不匿，恒星不见，而云夜中者以水漏知之”. 明说恒星不见的时刻是夜中.

(b) 《公羊传》在拆句《春秋》之后，立即提出： “列星不见，何以知夜中星反？” 不管 “星反” 如何解释， “列星不见何以知夜中” 已经说明恒星不见是在夜中. 至于 “星反” 《公羊传注疏》解释是 “星复其位”, 即恒星恢复可见 [5], 接着又 “疏” 说： “解云：星反附 (靠近) 在半夜之后，则知乡 (响，不久前) 者恒星不见之时是在夜中矣”. 同样明确指出恒星不见之时是在夜中.

(c) 《耕梁传》记载恒星不见的时间是独特的，据各有关资料所引，都是： “昔，恒星不见 ..... ”, 接着定义 “昔”, 说是： “日入至于星出谓之 ‘昔’, ” 相当于初昏蒙影未终时的一段时间，显然错误. 因为此时的恒星根本尚未出现，当然不见，所以《左传注疏》反驳说： “必如彼言，星出之前名之曰 ‘昔’, 则名 ‘昔’ 之时法当未有星，何以怪其不见而书异也？明《经》所言 ‘夜’ 者，初昏之后，星应见之时而不见耳. ” 驳得很顺理. 其实 “昔” 古通 “夕”, 也通 “夜”, 如《广雅》有： “昔，夜也.” 《庄子 · 天运》有： “蚊虻肤，则通昔不寐矣.” 这里的 “昔” 实也是 “夜”[15]. 失误很可能是出于西汉的编书者，因为书中还有一段专论夜中的，说： “夜中，星陨如雨，其陨也如雨 —— 是夜中与 (欤)?..... 何用 (由) 见其中也，失变而录其时，则夜中矣”. “失变” 指星陨如雨. 《耕梁传注疏》的 “注” 和 “疏” 皆解释说： “失星变之始而录其坠之时，揆度漏刻，则当夜中矣”. 借助漏刻来断定时辰，可见星坠之时恒星是不见的. 这倒暗示恒星是众坠星的光所掩盖.

另外, 如果承认恒星不见是因被流星雨的亮度所掩盖, 那末恒星不见也必须在夜中, 因为流星群的辐射点出地面已是鲁都曲阜近夜中的时刻.

[4] 据黄晖《论衡校释》 (1990)“者” 字系衍文

[5] 此释不通. 因为既然知道星复其位是在夜中，又何必再问 “何以知？” 又何须再写 “列星不见”？所以我们认为 “星反” 不是指 “星复其位”, 而是指星陨如雨，即星反常态.

结合上节，这个千古未解的谜团，可以说圆满的解决了！

5 流星密度的估计

这里的流星密度是指单位时间内出现的流星数.

这场流星雨出现在公元前 687 年，它的母体是著名的哈雷彗星；据张钰哲先生的计算，它应出现于公元前 689 年 12 月 23 日 (过近日点)[16], 与本次流星雨仅差一年余，距实际出现的时间鲁文公十四年七月 (前 613 年) 差 74 年，与当时哈雷彗星回归的周期 74.940 年非常接近，所以极有可能是前 689 年或者更前一周哈雷彗星抛脱出的物质尘粒产生的. 这些物质尘粒由于脱离母体不久，尚未广泛扩散，还以密集云团状态运行于轨道上，所以当地球穿过它的轨道交点时，会有大量的流星雨出现. 又由于它的轨道交角是 163° [6], 运动方向与地球的运动方向几乎迎面相冲，速度达每秒 66 km, 因此撞入地球大气层会有强大的摩擦力与空气分子摩擦，产生巨大的电离能或激发能，从而发出强光，且电离光迹可深入到较低的大气层，形成较长的电离路线.

尽管原载没有明确地提供统计流星数的文字，但可从两个方面间接估计其流星密度和流星数的数量级. 这两个方面是：

(1)“星陨状如雨”. 我们强调过这是当年反映实况的比喻，这个比喻与西方大博物学家汉姆堡尔德 (Alexander Von Humboldt) 在南美洲观测到 1799 年 11 月 12 日狮子座流星雨出现时的描写： “天空中没有一处如月亮两倍大的地方，每一瞬时不被流星或火流星所划过.” 对应很吻合 [17]. 也与天文学家莫尔顿 [17] (F.R.Moulton) 对 1833 年 11 月 13 日狮子座流星雨出现时某些人恐惧的心理反应的报道： (流星之多)“恐吓了许多无知和迷信者，他们把这个奇观看成是世界末日即将到来的不祥之兆.” 以及中国京口、潮州、琼州等地的舟人，被 1533 年 10 月 29 日超大量狮子座流星雨于白天出现吓得无敢摆渡相呼应 [7]. 汉姆堡尔德的描写和莫尔顿的报导相应的图片都为李特曼 (Littmann.m) 收入《天空着火》一书 [8]. 至于流星密度, 我们已经证明, 中国古代前期记录的星陨如雨与 “众(多)” 、“不计其数” 、“不可胜数” 、“无数” 、“观者不能数” 等, 具有同等的数量含义, 即超过目视观测可计数的最大局限 [18]. 而这个局限我们根据 1886 年牛顿 (H.A.Newton), 总结 1885 年仙女座流星雨出现时西方的观测结果，和我们 1999 年狮子座流星雨出现时的调查结果，证明它每秒应大于 27 个，即每小时大于 97000 个 [18].

(2) 与公元五世纪宝瓶座 η 的流星雨出现情况作比较. 公元五世纪距本次流星雨出现的时间已有 1100 余年，经历 15 个哈雷彗星回归周期. 从哈雷彗星的历史演变来看，公元前 11 年至公元 65 年二次出现的亮度为 -5^{m} 至 -7^{m}, 至 451 年回归下降为 -3^{m}[16], 不及 500 年即 6 个回归周期亮度减弱 2 至 4 个星等，平均 2 个回归周期亮度减弱一个星等. 此后至 1910 年才降为 0^{m}, 1459 年即 19 个回归周期也只减弱 3 星等，平均 6 个回归周期才减弱一个星等. 亮度减弱与彗星抛射物质有密切关系，光度减弱愈快，说明抛射出的物质也愈多，彗头缩小. 另外，彗头愈大，抛射的物质也愈多. 所以从光度减弱的情

[6] 现在宝瓶座 η 流星雨的轨道交角是 165° .

[7] 参阅：北京天文台主编《中国古代天象记录总集》 “流星雨篇” 江苏科学技术出版社 1988 586

[8] 参考文献 [4]PP58.10

况看，彗星前期抛射出的物质比后期多得利害，地球撞到的流星物质也将多得多．这样前 687 年的流星雨就应比五世纪的流星雨更壮观．所以我们有理由从公元五世纪流星雨出现的情况反推出前 687 年流星雨的情况．

五世纪宝瓶座 η 的流星雨的资料，都是中国记录，所以只需考察中国记录．这些记录录之如下：

(1) 晋安帝隆安五年三月甲寅 (401 年 4 月 8 日) 流星赤色从多，西行，经牵牛、虚、危、天津、阁道、 (贯索，《开元占经》) 贯太微、紫宫．《晋书》、《宋书》

(2) 宋文帝元嘉二十年二月二十四日 (443 年 4 月 9 日), 有流星大如桃，出天津，入紫宫．须臾，有细流星或五或三相续．又有一大星从紫宫出，入北斗魁．须臾，又有一星出贯索中，经天市垣．诸流星向西北行 [9], 至晓不可称数．《宋书》

(3) 北魏高宗太安四年三月 (458 年 4 月), 流星数万西行．《魏书》

(4) 宋武帝大明五年三月 (461 年 4 月), 月掩轩辕，有流星数千万，或长或短，或大或小，并西行，至晓而止．《宋书》

(5) 北魏高宗和平六年三月 (465 年 4 月), 有流星西行，不可胜数，至明乃止．《魏书》

(6) 宋明帝泰始二年三月乙未 (466 年 4 月 8 日), 有流星大小西行，不可称数，至晓乃息．《宋书》

以上资料 (3) 、(4) 、(5) 条均无具体日子，但可和其他记录比较，特别是 “西行”, 这是一个最好的判断特征．这群流星的辐射点，在当时，近夜中才出地平面，黎明上中天，赤纬近 $-3°$, 在东稍偏南，所以观测时，地平高度都不可能高．因此流星的运动方向，在视角上都应呈西行或西北行．第 (1) 、(2) 条，流星经虚、危、天津、贯索、太微、天市、阁道、北斗魁，都是西行和西偏北行．因此可以判断是同一流星群．

据这 6 条记载，第 (1) 条记 “众多”, 第 (2) 、(5) 、(6) 条则都是 “不可称数” 或 “不可胜数”, 它们的数量含义上面已经交代．第 3 条 “数万”, 由于没有书明观测多长时间，所以难以确定其密度．第 4 条 “数千万”, 这是中国流星雨记录史上最大的一个估计数字．不管其误差有多大，那怕是高达百倍，硬说是误 “十” 为 “千”, 起码也有数十万．那么估计每小时十万个应该不会过分，从辐射点出地平面到 “晓”, 以 4 小时记，总数不会低于 40 万个 [10].

总结上述，鲁庄公四月辛卯这次流星雨的密度每秒不会低于 30 个流星．总数当在 40 万个以上.

6　产生掩没恒星的天空亮度的流星质量

从原则上说，天空亮度必须达到 -1 星等才能掩没恒星，但彗星抛射出的物质尘粒质量一般都很小，起作用的大多数在 $10^0 - 10^{-6}$ 克之间，主要是密度很小．如此小的质量

[9] 《开元占经》作 “并向西北行”

[10] H.A. 牛顿的结果是：周天全方位观测每小时可数得 75000 个流星，相当于每秒 20.8 个．我们的调查结果是一个观测者以 135° 视觉观测，每秒最多可以数得 8 至 10 个流星，以 8 个计，则周天全方位观测，每秒可得 21.3 个流星，与 H.A. 牛顿相符.

要产生亮度达 -1 星等的天空单靠某些尘粒的质 — 能转换是否达得到是个问题. 对此, 我们试做一个探讨.

我们仍以融化理论为基础, 整个计算过程在 1994 年基本上都已推导过 [8], 这里仅列其结果, 新引入的计算式另加说明.

(1) 基本方程

$$\begin{cases} \dfrac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}t} = \dfrac{1}{2}v^2\dfrac{\mathrm{d}M}{\mathrm{d}t} \\ \dfrac{\mathrm{d}M}{\mathrm{d}t} = -\dfrac{\Lambda}{2\varsigma}\rho_L v^3 S \\ I = \tau\dfrac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}t} \\ \tau = \tau_0 v, \quad \lg\tau_0 = -9.07\,, \end{cases}$$

式中 E 、M 、S 、V 和 Λ 为动能、流星质量、流星尘截面积、速度和导热率, ρ_L 、ς 、τ 和 I 为大气密度、融化热、发光效率和流星发射的可见光强度, 以 (ergs/sec) 表示.

(2) 积分结果

$$\begin{cases} M = M_0\left(1 - \dfrac{\Lambda A}{6\zeta}\cdot\dfrac{v^2 P}{gM_0^{1/3}\cos\alpha}\right) \\ \dfrac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}t} = \dfrac{\Lambda A}{4\zeta}v^5\rho_L M_0^{2/3}\left(1 - \dfrac{\Lambda A}{6\zeta}\cdot\dfrac{v^2 P}{gM_0^{1/3}\cos\alpha}\right) \\ A = \left(\dfrac{9\pi}{16\rho_m}\right)^{1/3}, \end{cases}$$

ρ_m 和 α 分别为流星体密度和流星飞行路线与地面垂线的夹角

(3) 新引入的公式

$$\lg I = 9.84 - 0.4m^{[19]}\,,$$

m 为目视星等.

(4) 据现在的观测, 本流星群的发光高度为 116 km, 消失高度为 100 km. 但这是现在, 距公元前 687 年, 彗星已经历 32 个回归周期, 前面说过, 在前期, 彗星喷发的物质比现在要多得利害, 试比较 ZHR 值, 当年最大可超过 10 万颗流星, 如今最大不过 110 颗, 古今差距达千倍! 又大颗粒的流星质粒也多得多, 从第 5 节所录的公元五世纪的资料 (2) 、(4) 、(6) 条, 可见当时的流星, 即使是已历千余年, 仍然是大、小相杂; 六世纪还有一条更强有力的证据: 北魏庄帝永安三年二月壬申 (530 年 4 月 9 日), 有大流星 (亮于 -1^{m}), 相随西北, 尾迹不绝, 以千计. 所出现的数以千计的竟然都是大流星. 而据现在西方的报导, 这群流星群中几乎已没有大流星. 所以早期的发光高度要比现在高一些, 消失高度则更低得多. 大致在 120 至 85 km 之间. 从能量凝集和简化计算方面考虑, 取 100 km 高作为计算的参考层将更合适, 下面所有系数均取 100 km 高空的数值:

$$P = 0.320[\mathrm{mb}], \quad g = 9.505\times10^2[\mathrm{cm/\,sec^2}], \quad \rho_L = 5.6\times10^{-10}[\mathrm{g/cm^3}],$$

$$\zeta = 9.43\times10^{10}[\mathrm{ergs/g}], \quad \Lambda = 0.89, \quad \alpha = 163^\circ\,, \quad \tau = 0.056, \quad A = 0.966[\mathrm{cm^2/g^{\frac{2}{3}}}],$$

当 $\rho_m = 1.4[\mathrm{g/cm^3}]$, $v = 66 \times 10^5[\mathrm{cm/\,sec}]$

计算结果见表 1:

表 1　流星目视星等与质量的关系

Table 1　Relationship between masses and visual magnitudes of meteors

M(g)	$\lg I$	m	M(g)	$\lg I$	m
0.00001	8.26	3.95	0.00005	8.51	3.32
0.0001	8.64	3.00	0.0005	8.99	2.16
0.001	9.13	1.76	0.005	9.53	0.78
0.01	9.71	0.33	0.05	10.14	−0.74
0.1	10.33	−1.22	0.5	10.78	−2.34
1	10.97	−2.83			

这个结果表明，质 - 能转换产生的流星亮度，相对这一层，需要 $M \geq 0.01\,\mathrm{g}$ 的流星体质量才能产生掩没恒星的天空亮度．从现在观测到的情况看，这种质量的流星质粒，在这群流星群中并不占明显的优势，但在二千六百多年前却是绰绰有余，更何况有更大量的微、小流星 ($M < 0.01\,\mathrm{g}$= 能量的增援), 使处于激发态的粒子电离度加强，增大天空亮度，逸散的能量得以补充，并使掩没恒星的天空亮度可以维持一段时间．当然，从亮度讲，微、小流星实际没有到达 100 km 高，所以它产生的亮度比实际计算要暗，约大于一个星等，而大流星由于穿越入更下层，所以产生的亮度比实际要亮一个多星等．因此是明亮的主流．

7　恒星不见的天区界域

上面说过，我们取 100 km 高空作为质 - 能转换成流星亮度的计算参考面，主要是从能量凝集方面考虑；对这群流星群，微、小流星发光高度低于 110 km, 发光持续时间不过 0.1—0.2 秒；大流星发光高度可达 120 km, 甚至更高，发光持续时间可超过 0.5 秒，质 - 能转换与大气密度成正比，所以侵入大气层下层的大流星产生的能量远大于微、小流星．故能量凝集区应稍近下层，大致集中于 105—95 km 之间，取平均值 100 km 高这一球冠面积作为能量体现为遮盖恒星的天空亮度的面，也具有代表性．

图 1 为流星雨亮度掩盖恒星的天空领域．

在图中，设 AB 为地平面，C 为观测者，Z 为天顶点，$OC = R$ 为地球半径，$\hbar = CZ = 100\,\mathrm{km}$, $\angle ZOB = \theta$ 为地心角，球冠面积 $ZACB = S$, 取 $R = 6370\,\mathrm{km}$. 则 $S = 2\pi(R + \hbar)$, $\hbar = 4065230.4\,\mathrm{km^2}$

$$\cos\theta = \frac{R}{R+\hbar} = 0.98454, \quad \theta = 10.1^\circ\ .$$

由于地面山陵、树林、建筑物的屏蔽和天边的大气消光的影响，地心角 $\angle NOB = \varphi = 2^\circ$ 的天边区域实际上看不到流星和恒星，相当于球带侧面积 $MABN(= S')$ 这一区域是星的盲区．所以以上面积应扣去这一盲区的面积，由 $\cos(\theta - \varphi) = \dfrac{OP}{R+\hbar}$ 得 $CP = OP - R = 35.5\,\mathrm{km}$,

$$S' = 2\pi(R+\hbar)\overline{CP} = 1443153.4\,\mathrm{km^2}\,,$$

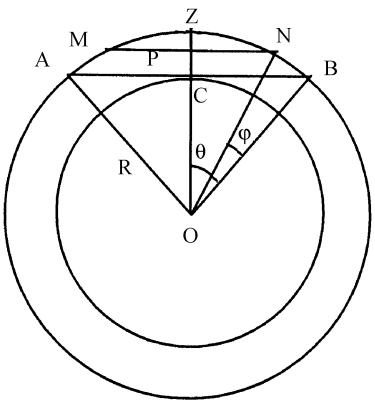

图 1 流星雨亮度掩盖恒星的天空领域

Fig. 1 The sketch map on the area of sky of the brightness in sky given by meteor shower appeared eclipsed the stars

最后得真正掩盖恒星的球冠面积:

$$ZMPC = S'' = 4065230.4 - 1443153.4 = 2622077\,\mathrm{km}^2\,.$$

这是一个观测者所见 100 km 高度流星出现的天区, 但是据东汉郑玄 —— 这个既熟知天文, 又精于《公羊传》和《左传》的著名学者的研究, 辛卯夜并非全天恒星都不见, 所不见的只是南方 (天区) 的恒星, 《耕梁传注疏》也认为不见的恒星只是南方七宿, 这个说法有一定的道理, 因为辐射点的赤纬偏南, 所以流星雨应更多偏向南方, 又北方天区紫微垣一带几乎都是 2 星等以下的恒星, 在明亮的天空的衬托下, 会更显得朦胧不清, 照此说法, 辛卯夜恒星不见的天区, 最多还只有可见天区的 3/4. 这样, 实际恒星不见的天区就是:

$$2622077 \times 3/4 = 1966557.8\,\mathrm{km}^2\,,$$

只有中国面积的 20%, 就这么一小块面积掩盖了 3/4 的天空.

致谢 本文蒙紫金山天文台徐品新先生和美国佛罗里达大学天文系教授陈广瑜在外国资料上大力支持, 谨致衷心感谢.

参 考 文 献

1 杜预注, 孔颖达疏, [清] 阮元校刻. 《十三经注疏》 “春秋左传正义” 卷八 “庄公七年”. 北京: 中华书局, 1980
2 何休注, 徐彦疏, [清] 阮元校刻. 《十三经注疏》 “春秋公羊传注疏” 卷六 “庄公”. 北京: 中华书局, 1980
3 [明] 程荣, 《汉魏丛书》 “论衡”, 卷第十一 “说日篇”. 吉林: 吉林大学出版社, 1992. 808
4 Littmann M[美]. The Heavens on Fire. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. 9, 10, 58, 59
5 范宁集解, 杨士勋疏 [清], 阮元校刻. 《十三经注疏》 “春秋耕梁传注疏” 卷五 “庄公七年” 北京: 中华书局, 1980
6 Biot E. Mem de l'Aciad sci l'Inst Nat de France paris V, 1848, 10: 129
7 庄天山. 华侨大学学报 “哲学社会科学版”, 1999, 43(3)1: 67

8 庄天山，自然科学史研究， 1994(13)1: 32
9 W R 柯尔利斯．奇异自然现象 (上册)．见：刘乃隆，康天初等译．北京：地质出版社， 1983, 35
10 F W Paul Gotz. Bright night sky. In: de la Reve D′Optique ed. Paris: 1949. 241
11 庄天山．论天狗、枉矢的实质及其他 —— 兼与有关同志商榷这些天象是否极光问题．见：中国天文学史整理研究小组编．科技史文集第 10 辑．上海：上海科学技术出版社， 1983. 160
12 Zhuang Tian-shan. Chinese Astron, 1977, (1): 197
13 Zhuang Tian shan. AcASn, 1966, 14(1): 39 (庄天山，天文学报， 1966, 14(1): 39)
14 Hasegawa. Historical Records of Meteor Showers. In: Stohl, Williams I P eds. Bratislava: Slovak Acad Sci, 1993, 212
15 《诸子精粹》第十卷，《庄子 · 外篇》 “天运”(六), 通辽：内蒙古少年儿童出版社， 2002, 384
16 张钰哲．天文学报， 1978, 19(1): 109
17 Moulton F R. Astronomy. New York: Macmillan Company, 1931: 308
18 庄天山．自然科学史研究， 2004, 23(3), 244
19 Kallmann H K. Relationship Between Masses and Visual Magnitudes of Meteors. Kaiser T R ed. (A Symposium on Meteor physics) Special Supplement (vol.2) to J Atmosph Terr phys. 1955, 44

On the Record in the Night of April 5, 687B.C.: Stars were not Seen and Stars Fell Like Rain at Midnight

ZHUANG Tian-san
(*Departmant of Humanity and Public Management of Overseas Chinese University, Quanzhou, Fujian* 362021)

Abstract A long time insoluble mystery is why the night stars were not seen; in a paragraph recorded in 《 Chun Qiu 》春秋 which was one night during the “Xin Mao 辛卯 in April in the seventh year of Lu zhuanggong (鲁庄公七年 687.B.C) in night, the stars were not seen and in midnight the stars fell like rain. ” Historically, most of the scholars had considered that “stars not seen ” and “stars fell like rain ”as two phenomena not related. On the basis of the brightness in the sky when Leonids appeared in 1533 researched in 1994, collating the relative date ancient and modern, Chinese and foreign, the author found the reason that the stars were not seen in fact was the brightness in sky given by meteor shower.

The phenomenon that the stars were not seen and the stars fell like rain at the same period, in midnight are proved concisely.

The density of the meteor shower appeared, the sum total of the meteor, the mass of the meteor eclipsing the light of the stars and the area of the concealed stars are also estimated.

Key words history of Chinese Astronomy: stars were not seen, night bright, stars fell like rain