

地球演化早期 有机高分子的地质合成环境

谢力华¹, 黄智龙¹, 胡斌², 姚丽君¹
¹中国科学院地球化学研究所 湖南 长沙 410083)
²中南大学地质系 湖南 贵阳 550002;

摘要: 地球发展早期有机高分子的地质合成环境是生命起源研究中的一个重要方面, 对它的研究将有助于解决生命起源这一重要问题。通过对有机分子合成、相关地质作用的研究, 可以得出结论: 在远古地球环境中, 适当的水、大气、岩矿及物化条件的组合, 一定能够引发高分子化合物的产生甚至是生命的诞生。地幔流体与地壳中的对流热液是生命产出过程中的重要舞台, 整个岩石圈对生命的产出是个必不可少的因素。

关键词: 地幔流体; 对流热液; 生命起源

生命诞生于何处, 此事是生命起源问题的一个重要方面。关于生命起源的研究虽然已有长足的进步, 但是人们对生命起源中可能的自然环境下非生物成因的具生物活性的高分子有机化合物(如蛋白质、脱氧核糖核酸)是如何形成, 在何处形成的却依然是不甚了了。

长期以来, 研究者一直把有机高分子的合成环境限定于浅海、常温、常压、阳光驱动的化学过程, 因为蛋白质、核酸对温度比较敏感, 超过一定温度便会失去活性(如DNA在高于70℃时将失去活性^[1]), 甚至被破坏分解, 而此种环境对于生物的生存最为合适。但目前看来, 这种看法未免过于简单, 决定高分子有机物能否存在和保存活性取决于多方面的因素。数10年来, 我们认识到在地球上, 无论物理条件如何, 几乎哪儿有液

制度下区域经济发展和资源合理利用具有较强的适应性和指导性。弹性规划的立足点在于市场调节和政府干预并用, 有机协调, 适时适度, 不可偏废。在编制弹性土地利用总体规划时, 应着重解决合理的弹性期限(合乎实际的规划实施期限的浮动区间)、合理的弹性度(规划目标的高、中、低方案和土地利用结构弹性方案的上下浮动区间)、弹性发展政策和实施计划等。

参考文献

- [1] 曹荣林. 论城市规划与土地利用总体规划相互协调[J]. 经济地理, 2001, 21(5): 605~608.
 [2] 陶君德, 马龙泉, 张军, 等. 对土地利用总体规划修编工作的反思[J]. 国土与自然资源研究, 2001, (2): 43~44.
 [3] 张玉民. 浅议城市总体规划与土地利用总体规划的协调[J]. 科技情报开发与经济, 2002, 12(3): 47~48.
 [4] 吴明发, 陈美球, 刘序. 土地利用总体规划实施的保障措施[J]. 广东土地科学, 2003, 2(4): 19~22.

[5] 温宽勇. 论土地利用总体规划存在问题及对策. 见: 沈彭. 21世纪地政研究与探索[M]. 北京: 中国大地出版社, 2003: 281~284.

[6] 郑伟元. 土地利用规划面临的新形势与对策. 见: 中国土地学会. 21世纪中国土地科学与经济社会发展[M]. 北京: 中国大地出版社, 2003: 350~353.

[7] 张佳. 增强土地利用总体规划弹性和可操作性的思索[J]. 浙江国土资源, 2002, (1): 43~45.

[8] 冯广京, 严金明. 土地利用总体规划修编的战略思想[J]. 中国土地科学, 2002, 16(2): 4~7.

[9] 黄伟. 现代美国土地利用规划的发展及其启示. 见: 沈彭. 21世纪地政研究与探索[M]. 北京: 中国大地出版社, 2003: 273~277.

[10] 张颖, 王万茂. 土地利用规划修编中的难点和思路. 见: 中国土地学会. 21世纪中国土地科学与经济社会发展[M]. 北京: 中国大地出版社, 2003: 354~360.

第一作者简介: 谢炳庚, 男, 现任湖南师范大学教授、副院长, 长期从事土地资源评价与土地利用规划的教学与科研工作, 多次获得省部级以上科技成果奖励, 发表学术论文80余篇, 出版著作10余部, 兼任中国自然资源学会等多个学术团体职务。☐

态水,哪儿就有生命^[2],尤其是探索深海的科学家发现了海底火山口的过热开口处繁衍着多种多样的生物时,其中一种名为 *Pyrolobus fumarii* 的生物可以在 113℃ 下生存,在 80℃ 以上生长良好^[2],这些事实促使研究人员考虑:与生命起源有关的有机化学反应是否能够发生在这些所谓热液口周围的高热、高压、以地球内部热量为能源的环境。

室内实验证明,矿物质有助于增加脆弱的高分子化合物的稳定性。Jay.A.Brandes 在卡内基学会的地球物理实验室内进行过一系列试验,实验证明置于高压水中的白氨酸在加热到 200℃ 的高温时,几分钟内就分解了,然而向这一混合液中加入了海底热液口内以及热液口周围常见的一类硫化铁矿物时,白氨酸在几天的时间里保持完好无损,而这一时间长得足以使它与其它各种关键的分子发生了反应^[3]。已有资料表明:1 价盐与 2 价盐可以增强核酸的稳定性,因为这些盐能屏蔽磷酸根的负电荷,KCl 和 MgCl₂ 能保护 DNA 免遭脱嘌呤作用和水解作用^[4, 2]。除此之外;一定的压力也能增加酶的热稳定性。

对于在热液口周围诞生生命的可能性目前被科学家紧密关注着,提出了一系列假说,如:在热泉周围岩石中的喷气孔中的 RNA 生命假说^[5],然而我们可以考虑,将生命的起源限定于热液口周围可能过于狭窄,生命亦可能起源于其他有着稳定的水源并能提供某种形式能量的地方,液态水、必需的元素、能源、可为产物提供保护的环境是生命起源的 4 个必须条件。促使生命起源的有机分子不仅可能诞生于太阳系的星云中、海洋的表层、热液喷口的周围,而且有可能发生在地壳和地幔中。

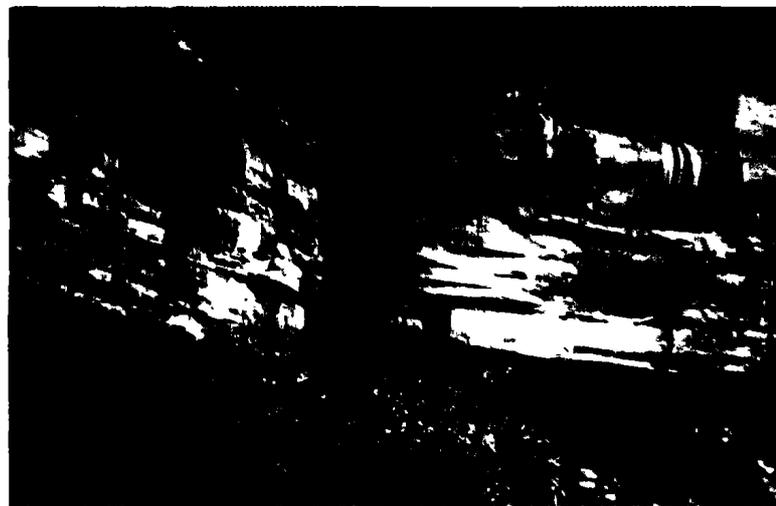
从太阳星云中继承来的原始地球大气,在地球形成后的数千万年间便被太阳风吹失殆尽^[6],而古代大气和古代海洋的诞生则是地球本身物质熔融和分异的过程中脱水脱气的结果。由此看来,除了彗星、陨石中带来的少量有机物质外,地球生命的物质完全来自地球的岩石矿物之中。地球的岩石圈不仅提供了生命的物质来源,很可能还提供了合成的环境和必需的条件,地幔流体与地壳中的热液对流可能起了重要的作用。

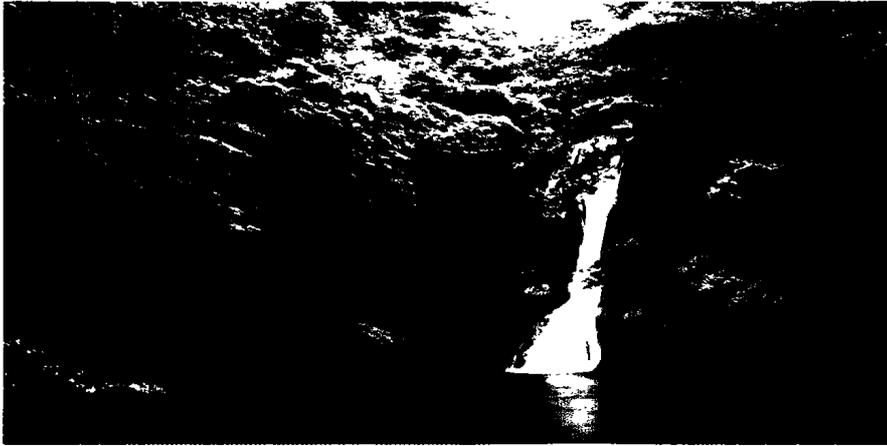
Shmulovich 认为地幔流体严格的物理化学定义为:富含地球内部原始成分,同时包含地壳再循环物质的超临界挥发份系统^[7]。在地幔熔融过程中,存在于地幔环境中的 H₂O、CO₂、S²⁻、气态的 C 和 N 逃逸出来,它们往往高度溶解或熔解于地幔硅酸盐熔体中,从而形成性质独特的地幔熔体/流体^[8]。地幔流体成分为 C-N-O 系统^[9],CO₂ 和 H₂O 为地幔流体

主要成分^[7, 10, 11]。地幔流体体系的成分与其所处氧化还原状态有关,随着氧逸度 f_{O_2} 的下降(水逸度 f_{H_2O} 升高),CO₂ 饱和的地幔流体可从 CO₂-H₂O-CO 系统变化为 H₂O-CH₄-H₂ 系统^[12]。此外,地幔流体还具有使溶质和各种微量元素活化和再沉淀的特性^[9]。地幔流体作为超临界流体,其介电常数减小而活性组分体积加大,能加快发生在其内的化学反应速率,而且超临界水的介电常数远低于常温条件,表现出非极性溶剂的性质,有机物在其中的溶解度大大提高^[13]。

有试验表明,有机分子可以在类似环境中合成:S.W.福克斯曾使用甲烷、氨和水的混合物快速通过 1,000℃ 高温的装有硅胶的石英管,将产物收集在氨水中,经过水解,可形成天冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、甘氨酸、丙氨酸、异亮氨酸、缬氨酸、酶氨酸、苯丙氨酸等产物^[6]。另外,Robert.M.Hazen 使用水、CO₂ 和一些常见矿物(包括铁、铜和锌的大多数氧化物和硫化物)在近 2,000 个大气压和大约 250℃ 条件下,几乎可以生成具有任意数目碳原子的分子,其反应机制类似于一种名为费希尔-特罗普希合成法(Fisher-Tropsch Type)的普通工业流程^[3]。

与其他内行星不同,地球不仅在其表面拥有厚厚的水圈,在岩石圈中也存在有数十公里的含水层,通过断层及其共生裂隙,含水层还可向下延伸。含水层内物质通过热液传递产生运动,含水层本身受热时,水产生密度反差,浮力驱使水流运动。早期地球具有高的地热梯度和频繁的岩浆活动,地壳中热液对流频繁。例如 1,000km³ 的岩浆侵入引起的环流可持续 10 万年之久^[14]。地壳中对流热液的成分较地幔流体更为复杂,它包含有大气降水、地表水、建造水、岩浆水、变质水等,一方面它可能继承了地幔流体所携带的物质;另一方面大气降水、地表水的下渗带来了外部物质(包括外部产生的有





境；另一方面，则要通过实验模拟，找出恰当的水、气、岩矿及物化条件组合。生命的起源是一个由许多较为温和的事件组成的渐进过程，其中的每个事件都使生命出现以前的分子世界的有序性和复杂性提高一步，其过程的复杂性远远超过了我们所能想象的程度，通过研究将每一步搞清对现在的科学家来说可能是遥不可及的，但是通过努力，我们也许能够搞清其中的几个片断，把这个过程看得更清楚一点，

机分子)；另外在热液对流中，还在岩石圈中进行了充分的萃取和溶解。

地幔流体和地壳中的热液对流与其它可能的有机分子合成环境相比，具有以下特别之处：①条件的多样化，温度可从常温至1,000℃以上，压力可从常压达1 Gpa 以上，其他物化条件也有大的变化范围；②与多种岩石、矿物具有充分的接触，可以充分发挥各种矿物在有机分子合成中所起的各种作用。据研究，在导致生命产生的化学反应中，矿物质可能起着至少8种重要的作用：提供反应空间、浓缩反应组分、保护反应产物、对反应物质的选择性吸附、构筑有机分子的模板、反应的催化剂、提供反应所需能量、提供反应组分等^[3]；③具有极大的规模；④有大量的各类无机盐参与反应。这些特点决定了地幔流体和地壳中的热液对流可以为生命起源提供数量充足的多种有机分子。

大量证据表明，只要原始物质中含有碳、氢、氧等元素，给予适当的能量，在各类矿物作用下，再加上充分的时间，有机高分子化合物完全可以产生。生命起源的过程不仅发生在太阳系星云、海面、热液口中，岩石圈中的地幔流体和对流热液可能起了主要作用。

生命的起源尽管有“外源说”，即认为生命起源于地球之外，由于偶然因素溅落于地球，但是种种证据表明，地球上的最初生命是厌氧、异养生物，为了维系最初生命的生存和发展，地球上必须存在有足够的可以利用的高分子有机化合物，至少在地球的早期环境中存在有可以形成高分子有机化合物的机制。只要承认这一点，那么在远古地球环境中，适当的水、大气、岩矿及物化条件的组合，一定能够引发高分子化合物的产生甚至是生命的诞生。为了揭开生命起源的奥秘，一方面要对远古环境进行充分的研究，正确了解生命产生的初始环

而加强研究地质因素的影响，应该能够有助于对这一问题的解决。

参 考 文 献

- [1] Peak M J., Robb F T. & Peak J G. Extreme resistance to the thermally induced DNA backbone breaks in the hyperthermophilic archaeon *Pyrococcus furiosus* [J]. *J. Bacteriol.*, 1995, 177: 6316-6318.
- [2] Rothschild L J. & Mancinelli R L. Life in extreme environments. *Nature*, 2001, 409: 1092-1101.
- [3] Hazen R M. Life's rocky start [J]. *Scientific American*, 2001, 284 (4): 77-85.
- [4] Marguet E. & Forterre P. Protection of DNA by salts against thermodegradation at temperatures typical for hyperthermophiles [J]. *Extremophiles*, 1998, 2: 115-122.
- [5] Nisbet E G. RNA and hydrothermal systems [J]. *Nature*, 1986, 321: 206.
- [6] 中国科学院地球化学研究所有机地球化学与沉积学研究室 [M]. *有机地球化学*, 北京: 科学出版社, 1982, 299-315.
- [7] Shmulovich K I. Yardley B W. D. and Gonchar G G. Fluids in the crust [M]. Chapman and Hall Press, Moscow, 1995, 215-312.
- [8] 张鸿翔, 徐志方, 黄智龙, 等. 地幔流体基本特征及成因 [J]. *地质地球化学*, 2000, 28 (2): 1-6.
- [9] Pasteris J D. Fluid inclusions in mantle xenoliths [A]. edited by Nixon. *Mantle xenoliths* [C]. A Wiley-Interscience Publications, New York, 1987: 691-707.
- [10] Menzies M A. and Hawkesworth C J. Mantle metasomatism [M]. Academic Press Inc., London, 1987, 1-470.
- [11] Schwab R C. and Freisleben B. Fluid inclusions in olivine and pyroxene and their behavior high pressure and temperature conditions. *Bulletin of Mineral* [J], 1998, 111: 297-306.
- [12] Matveev S. Volatile in the Earth's mantle: I. Synthesis of CHO fluids at 1723 K and 2.4 GPa. *Geochimica et Cosmochimica Acta* [J], 1997, 61 (15): 3081-3088.
- [13] 刘丛强, 黄智龙, 李和平, 等. 地幔流体及其成矿作用 [J]. *地学前缘*, 2001, 8 (4): 231-243.
- [14] 钟建业, 文京玲. 火星生命的形成与消失 [J]. *世界科学*, 2001, 10 (10): 15-16. 