

<https://doi.org/10.3799/dqkx.2022.840>



自然界有氢气藏吗?

金之钧^{1,2}, 王璐¹

1. 北京大学能源研究院, 北京 100871

2. 中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083

随着碳中和时代的到来, 氢能作为可持续的清洁能源, 为世界上许多国家所青睐. 氢气用途广泛, 可以用于炼油厂、热工业、生产钢铁、合成氨和甲醇、航天技术以及深海船等. 目前制取氢气的方式主要有化石能源制氢, 以及风能、光伏的电解水制氢等, 化石能源制氢会排放二氧化碳, 而电解水制氢成本较高. 那么氢气可以像油气资源一样在地下天然生成并成藏吗?

1 天然氢气的分布

由于氢气无色无味又极易挥发, 在过去的许多年一直没有引起地质学家的注意, 直到 1970 年科学家在大西洋海脊的“黑烟囱”勘探时, 意外发现了富含氢气的热液. 随后几年陆续在别处的洋中脊也有发现. 目前关于氢气的生成机制, 尚未形成定论, 但普遍认为主要有以下几种: 蛇纹岩水岩反应、辐射水分解、断层摩擦、岩浆脱气、地幔脱气等 (Klein *et al.*, 2020). 最近的估计全球洋中脊的蛇纹岩化产生的 H_2 年通量为 $10^{11} \sim 10^{12}$ mol/a. 考虑历史时期大洋中脊蛇纹石化是普遍存在的, 因此生成的氢气质量是巨大的 (Worman *et al.*, 2020), 但海洋深处的氢气是很难开发利用的. 幸运的是, 在陆地上也陆续发现了氢气的存在. 大陆地区的氢广泛分布于俄罗斯、美国的北卡罗来纳州、巴西等. 在一些火山岩区也发现了氢气的异常分布, 如菲律宾 Zambales、南奥变质岩及花岗岩、以及拉尔泥盆纪喷发岩中均富含氢气 (Abrajano *et al.*, 1990). 意大利桑多里纳的火山气体中氢的含量大约为 11.7% (Aiuppa

et al., 2011). 而含油气盆地中也发现了高含量氢气, 澳大利亚 New Guinea 地区氢气的含量超过 10%, 德国 Mulhausen 的氢气含量为 61.5%, 美国 Kansas 气田的氢气高达 40% (Coveney Jr *et al.*, 1987), 马里发现的氢气井, 氢气含量高达 97%, 是目前唯一一个氢气田 (Prinzhofer *et al.*, 2018).

2 国外天然氢气勘探现状

天然氢气的优势激起了很多国家的兴趣. 2019 年德国联邦教育与研究部投资了 3000 万欧元在西非调研, 指出非洲的绿氢有可能解决一部分未来的能源供应需求. 另外法国国家科学研究中心组织了天然氢研讨会, 创建一个跨学科的机制. 美国俄亥俄州立大学能源研究与培训中心也认为天然氢气存在着研究和勘探价值, 掀起了天然氢气研究的热潮. 2020 年一家美国能源过渡基金宣布与西班牙氢氦勘探公司 Helios Aragon 签署了协议以开发“金氢”, 勘探区为西班牙阿拉贡省, 该油井曾在地表下 3 680 m 处被发现异常高氢气 (Fuelcellworks, 2022). 2013 年, 美国成立天然氢能源公司 (NH₂E), 在许多国家寻找天然氢排放点, 并于 2015 年在美国多处位置发现了估算每天排出量高达几吨的氢气流, 并于 2019 年底在堪萨斯州钻了第一口井 (Moretti and Webber, 2022). 2018 年, 巴西在圣弗朗西斯盆地对“仙女圈”的氢气逸出量进行评估 (Moretti *et al.*, 2021). 在法国, 2020 年 45-8 能源公司确定了整个欧洲的天然氢高潜力区域, 2021 年被授予勘探许可证, 将在 2023 年前进行首次试采

作者简介: 金之钧 (1957—), 男, 中国科学院院士, 教授, 主要从事石油地质理论研究和能源战略方面的研究. E-mail: jinzj1957@pku.edu.cn

引用格式: 金之钧, 王璐, 2022. 自然界有氢气藏吗? 地球科学, 47(10): 3858—3859.

Citation: Jin Zhijun, Wang Lu, 2022. Does Hydrogen Reservoir Exist in Nature? *Earth Science*, 47(10): 3858—3859.

(45-8 Energy, 2021). 2021 年, 南澳大利亚的金氢公司获得 687 号石油勘探许可证(在袋鼠岛和约克半岛南部)进行天然氢气的勘探(Department for Energy and Mining-Energy Resources, Government of South Australia, 2022).

那么地下氢气的行为是什么样的?目前一种新的机理即矿物的吸附有望回答这一问题. 因为沸石、粘土矿物的比表面积大, 孔隙结构发育, 推测是较好的储氢材料, 此外, 它们在地下广泛存在, 因此是十分值得探索的. 加拿大萨斯喀彻温省北部雪茄湖铀矿床是一个很好的粘土矿物吸附氢气的例子. 以伊利石、绿泥石和高岭石为主的粘土岩中富 H_2 最高的含量达到 500×10^{-6} , 同时靠近铀矿床的地方粘土矿物含量高, 氢气的含量也高(Truche *et al.*, 2018).

3 我国勘探天然氢气前景

中国东部深部流体活动地区, 如云南腾冲, 黑龙江五大连池、长白山等也有氢气的发现(胡沛青, 2006). 中国的松辽盆地的个别钻井中发现氢气的含量高达 85%(Han *et al.*, 2022), 在柴达木盆地三湖地区也检测到了高含量的氢气. 这些氢气显示能否成藏以及氢气的成藏机制, 是为未来探索的关键. 如果可以找到这种天然的氢气藏加以开发利用, 将比各种人工制造氢气都来的便宜. 目前我们推测中国未来可能的天然氢气地区分布在渤海湾、松辽盆地、苏北盆地和南海等.

参考文献

45-8 Energy. Natural Hydrogen: A French Future?. (2021-4-13)[2021-2-9]. <http://458energy.com/index.php/en/projects/projects-overview>

Abrajano, T. A., Sturchio, N. C., Kennedy, B. M., et al., 1990. Geochemistry of Reduced Gas Related to Serpentinization of the Zambales Ophiolite, Philippines. *Applied Geochemistry*, 5(5/6): 625-630.

Aiuppa, A., Shinohara, H., Tamburello, G., et al., 2011. Hydrogen in the Gas Plume of an Open-Vent Volcano, Mount Etna, Italy. *Journal of Geophysical Research*, 116(B10): B10204. <https://doi.org/10.1029/2011jb008461>

Coveney Jr, R. M., Goebel, E. D., Zeller, E. J., et al., 1987. Serpentinization and the Origin of Hydrogen Gas in Kansas. *AAPG Bulletin*, 71(1): 39-48. <https://doi.org/10.1306/94886D3F-1704-11D7-8645000102C1865D>

Department for Energy and Mining-Energy Resources, Government of South Australia. Hydrogen. Australia. [2022-2-9]. <https://www.energymining.sa.gov.au/industry/energy-resources/regulation/projects-of-public-interest/gold-hydrogen-natural-hydrogen-exploration>

Fuelcellsworks. Ascent Hydrogen Fund Signs New Deal with Spain's Helios Aragon to Explore and Produce 'Gold Hydrogen'. (2020-12-15) [2022-2-9]. <https://fuelcellsworks.com/news/ascent-hydrogen-fund-signs-new-deal-with-spains-helios-aragon-to-explore-and-produce-gold-hydrogen>

Han, S. B., Tang, Z. Y., Wang, C. S., et al., 2022. Hydrogen-Rich Gas Discovery in Continental Scientific Drilling Project of Songliao Basin, Northeast China: New Insights into Deep Earth Exploration. *Science Bulletin*, 67(10): 1007-1009. <https://doi.org/10.1016/j.scib.2022.02.008>

Moretti, I., Prinzhofer, A., Françolin, J., et al., 2021. Long-Term Monitoring of Natural Hydrogen Superficial Emissions in a Brazilian Cratonic Environment. Sporadic Large Pulses Versus Daily Periodic Emissions. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(5): 3615-3628. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.11.026>

Klein, F., Tarnas, J. D., Bach, W., 2020. Abiotic Sources of Molecular Hydrogen on Earth. *Elements*, 16(1): 24. <https://doi.org/10.2138/gselements.16.1.19>

Moretti, I., Webber, M. E.. Natural hydrogen: A Geological Curiosity of the Primary Energy Source for a Low-carbon Future?. *Renewable Matter* (2021-4-26) [2022-2-9]. <https://www.renewablematter.eu/articles/article/natural-hydrogen-a-geological-curiosity-or-the-primary-energy-source-for-a-low-carbon-future>

Prinzhofer, A., Cissé, C. S. T., Diallo, A. B., 2018. Discovery of a Large Accumulation of Natural Hydrogen in Bourakebougou (Mali). *International Journal of Hydrogen Energy*, 43(42): 19315-19326.

Truche, L., Joubert, G., Dargent, M., et al., 2018. Clay Minerals Trap Hydrogen in the Earth's Crust: Evidence from the Cigar Lake Uranium Deposit, Athabasca. *Earth and Planetary Science Letters*, 493: 186-197.

Worman, S., Pratson, L., Karson, J., et al., 2020. Abiotic Hydrogen (H_2) Sources and Sinks near the Mid-Ocean Ridge (MOR) with Implications for the Subseafloor Biosphere. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(24): 13283-13293. <https://doi.org/10.1073/pnas.2002619117>

胡沛青, 2006. 中国东部上地幔不同类型流体组成及其性质(博士学位论文). 兰州: 兰州大学.