



# 手脚印遗迹可能指示夏河丹尼索瓦人距今20万年前生活在青藏高原腹地

陈发虎<sup>1,2\*</sup>, 夏欢<sup>3</sup>, 贾真秀<sup>1,2</sup>, 张东菊<sup>3</sup>

1. 中国科学院青藏高原研究所古生态与人类适应团队, 北京 100101;

2. 青藏高原地球系统与资源环境国家重点实验室, 北京 100101;

3. 兰州大学西部环境教育部重点实验室, 兰州 730000

\* 通讯作者, E-mail: fhchen@itpcas.ac.cn

收稿日期: 2021-09-17; 收修改稿日期: 2022-01-11; 接受日期: 2022-02-07; 网络版发表日期: 2022-02-21

国家自然科学基金项目(批准号: 41988101)资助

青藏高原晚新生代以来的强烈隆升, 最终成为迄今世界上海拔最高、面积达308万平方公里的巨大高原, 其寒冷、低氧、高太阳辐射、生物资源匮乏和恶劣生存环境对史前人类的生存繁衍形成极大挑战。青藏高原周边山地陡峭、地形复杂, 也是阻碍人类迁徙扩散的自然屏障。然而, 考古学研究却显示史前人类曾长期在高原广泛活动(张东菊等, 2020)。从距今约3600年开始定居于海拔3000m以上区域的农业人群(Chen等, 2015), 到距今4~3万前携带石叶技术涉足青藏高原海拔4600m地区的早期现代人(Zhang等, 2018), 再到距今至少16万年前就生活于青藏高原白石崖溶洞(海拔3280m)的夏河丹尼索瓦古老型智人(后文简称“夏河人”)(Chen等, 2019), 乃至夏河人于距今至少16万年(可能早至距今19万年)到距今6万年前(可能晚至距今4.5万)在青藏高原东北边缘区的长期占据历史(Zhang等, 2021)(图1a)。随着不断的考古新发现(Cheng等, 2021)与相关深入研究的开展, 青藏高原史前人类活动的历史在逐步被揭开。

在高原早期人类活动历史中, 夏河人无疑是最受关注的, 不仅仅是其在高原长达数十万年的占据历史

(Chen等, 2019; Zhang等, 2021), 也因其与阿尔泰山丹尼索瓦洞丹尼索瓦人(后文简称“丹人”)、东亚古老型智人以及现代人之间的直接或间接的密切联系(夏欢等, 2020)。Chen等(2019)基于古蛋白组学分析将白石崖溶洞出土的下颌骨确定为丹人或丹人近亲种。事实上, 此前我们对丹人的认识仅限于其高覆盖度基因组(Reich等, 2010)及零星化石的体质形态信息(夏欢等, 2020), 夏河人化石为丹人研究提供了极其关键的研究材料。从石器制作技术方面看, 白石崖溶洞遗址出土的石制品与丹尼索瓦洞的勒瓦哇技术产品和石叶技术产品有着明显差异, 却与东亚从旧石器早期到晚更新世持续存在的简单石核-石片技术具有较高的一致性。此外, 夏河人牙齿形态及牙釉质与牙本质接合面特征与许家窑人化石具有一定相似性, 其颌骨的粗壮程度也与澎湖人化石较为接近(Chen等, 2019), 反映了夏河人与东亚古老型智人可能存在密切联系。无独有偶, 近期Ni等(2021)报道了在黑龙江发现的一件脱层的但近乎完整的古人类头盖骨化石——龙人(*Homo longgi*)的研究结果, 通过X射线荧光、稀土元素、锶同位素等地球化学分析, 推测化石出土于距今30.9~13.8万年的

中文引用格式: 陈发虎, 夏欢, 贾真秀, 张东菊. 2022. 手脚印遗迹可能指示夏河丹尼索瓦人距今20万年前生活在青藏高原腹地. 中国科学: 地球科学, 52(5): 966–969, doi: 10.1360/STe-2021-0302

英文引用格式: Chen F, Xia H, Jia Z, Zhang D. 2022. Earliest hand- and footprint art indicates that Denisovans may have occupied the interior of the high-altitude Tibetan Plateau since 200 thousand years ago. Science China Earth Sciences, 65(4): 769–772, <https://doi.org/10.1007/s11430-021-9899-y>

湖相沉积地层,化石的铀系测年结果显示其年代为至少距今14.6万年,与夏河人生存年代较为接近。Ni等(2021)根据化石形态特征进行系统发育分析,将龙人与夏河人、大荔人、华龙洞人、金牛山人归于同一支系,并认为相较于尼人,该新支系与现代人亲缘关系更近。此项研究进一步加深了夏河人与东亚古老型智人之间的联系。而在东亚现代人中有较高出现率的第三臼齿先天性缺失以及第二臼齿三齿根等特征均在夏河人中发现(Chen等, 2019),并且后者作为具备第二臼齿三齿根特征的已知最古老化石,也揭示了夏河人与东亚现代人之间可能存在着基因流动(Bailey等, 2019)。那么,这样一支在东亚古人类演化历史中曾扮演了重要角色,并与东亚现代人有密切联系的夏河人,仅仅只生活在青藏高原东北部地区吗?夏河人是否曾经更广泛更长期地生活在高原面上,从而形成对高原高寒缺氧环境的特殊适应并促使他们能更为长久地在高原生存?

近日,广州大学章典教授研究团队在*Science Bulletin*期刊报道了青藏高原邱桑遗址(海拔~4200m)新发现的一组手脚印遗迹(Zhang等, 2021; 图1b和1c),铀系测年结果表明该遗迹形成于距今22.6~16.9万年间(最接近于距今20.7~18.7万年间,属于MIS7阶段间冰期),并通过痕迹学与形态学分析,指出这些手脚印是古人类有意识压制而成的岩面艺术,代表了迄今最早的艺术行为(Zhang等, 2021)。邱桑遗址研究可追溯至20世纪,1988年章典教授在邱桑村现代温泉附近的泉华沉积层地表首次发现手脚印遗迹,光释光测年结果显示这批手脚印形成于距今2万年前(Zhang和Li, 2002);2017年,奥地利因斯布鲁克大学Meyer等人对遗址进行重新采样测年,铀系测年结果表明手脚印形成年代不晚于7400年,碳十四与光释光测年结果则显示遗址的最早年代可能是距今8510~8200年或大约距今12700年。在此,本文作者将此组手脚印概括为大约形成于间冰期的早全新世时段。章典教授等此次报道的新发现的手脚印地点,位于全新世手脚印地点的南约800m处(图1a),所在岩体由四层泉华组成,年代分别为距今约48.5~32.4、29.9~21.5、22.6~16.9和16.2~15万年,在早期和近期发现的两组手脚印分布区之间还发现了11处古温泉和1处现代温泉(图1a),显示邱桑温泉区域曾存在多期的温泉活动(图1b)。我们的野外考察过程中也发现了更多的手脚印遗迹,表明该遗址是

一处难得的史前人类频繁活动区域,而获得年代的两组手脚印代表着两个不同时期的古人类活动。在2021年8月有关第四纪沉积地层和温泉活动的野外地质调查中,我们团队在邱桑村东侧海拔为4081m的一个第四纪砂质粉砂剖面的地层中还发现3件石制品(2件完整石片与1件石核)。其中一件石片距顶部地表约1.3m,其余两件出土于距顶部地层约2m处。此外,在邱桑村附近(海拔4032m)的砾石层与邱桑遗址附近公路旁松散堆积(海拔4027m)中分别发现1件完整石片与2件石制品,并在地表采集了13件石制品。根据目前发现的石制品判断,其石器类型与我们团队近期报道的在青藏高原东北部距今12~9万年(氧同位素5阶段;间冰期)的奖俊埠01遗址相似(Cheng等, 2021),应同属于中国传统的简单石核-石片工业。尽管邱桑遗址附近的石制品出土地层的具体年代有待测定,但这些遗存与遗迹均说明,古人类可能长期在此区域进行活动。邱桑温泉在历史时期和现代均被生活在高原的藏族人群当作治疗疾病的圣地,无论是对于现代或者史前人类而言,邱桑遗址的地热资源在青藏高原的高寒环境中都是极其难得可贵的,这也许是吸引古人类在此频繁活动的主要原因。

邱桑遗址的新发现表明,古人类早在中更新世晚期已经开始探索高原腹地(Zhang等, 2021),进一步刷新了我们对古人类适应高海拔环境能力的认识。新发现手脚印的形成年代远早于东亚地区迄今发现的早期现代人化石和相应遗存的年代,而却与夏河人在白石崖溶洞的活动时间比较接近,使我们不禁推测中更新世晚期探索高原腹地的古人类与夏河人之间是否可能存在密切的联系。古人类若要在高原长期生存,首先需要在生理上克服高寒低氧环境。现代藏族人群已形成对高原环境独特的生理适应方式,如在低氧环境下能够保持相对较低血液浓度。这得益于一些与低海拔人群存在明显差异的基因片段,有研究表明这些片段可能源于早期探索高原的古人类,在高原特殊环境的长期自然选择下积累到较高的频率(Lu等, 2016)。其中,藏族人群中有着较高频率的EPAS1(endothelial PAS domain-containing protein 1)适应性突变基因在丹人基因组中的发现(Huerta-Sánchez等, 2014),以及作为丹人的夏河人在青藏高原的发现与长期生存历史(Chen等, 2019; Zhang等, 2021),相继反映了夏河人应当已然具备高海拔环境适应能力以及其与现代藏族人群之间的



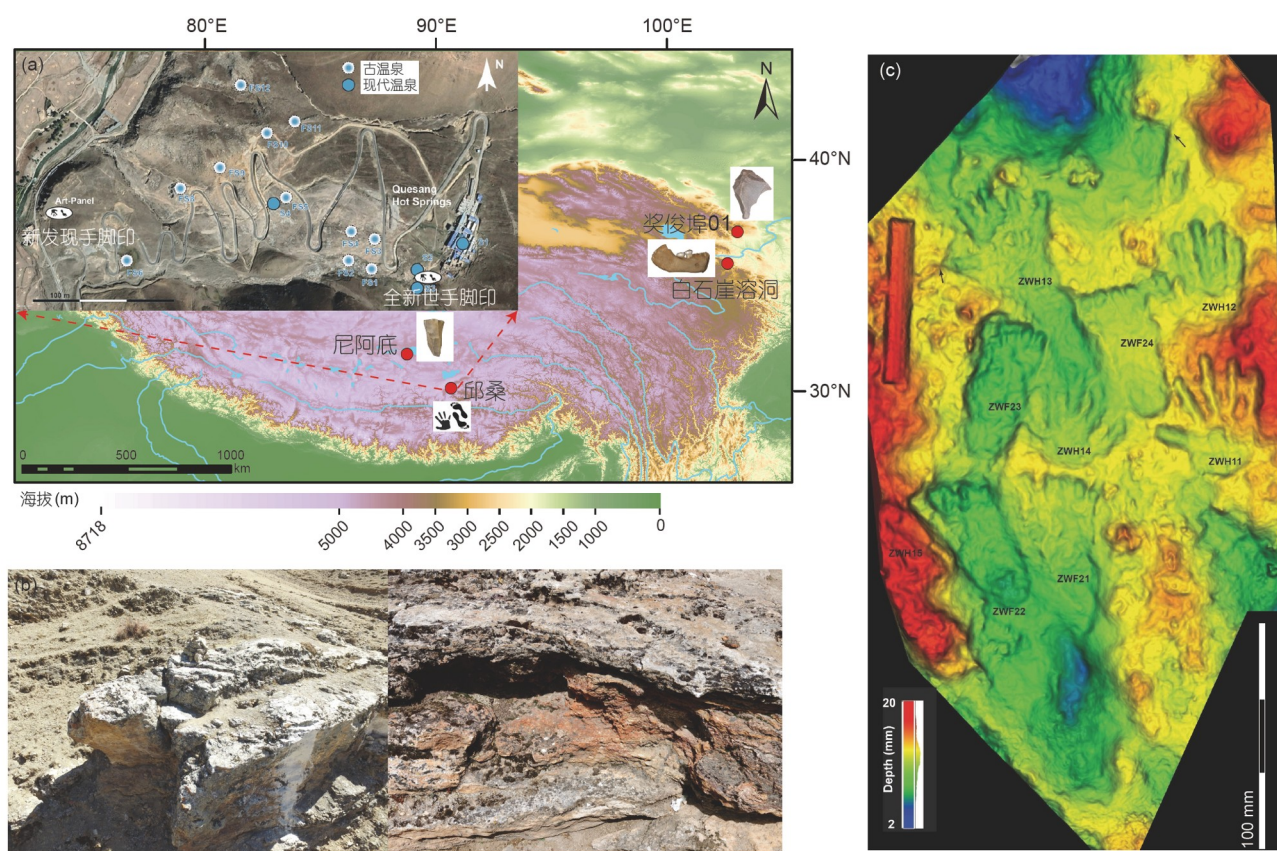


图1 邱桑遗址分布与手脚印遗迹

(a) 青藏高原重要旧石器遗址分布图。图中给出了甘肃白石崖溶洞遗址下颌骨(Chen等, 2019)、奖俊埠01遗址石片(Cheng等, 2021)、西藏尼阿底遗址石叶(Zhang等, 2018)、西藏温泉遗址手脚印示意图(Zhang等, 2021), 左上角图为邱桑遗址手脚印与周边泉华分布(引自Zhang等, 2021)。(b) 早期(左; 引自Zhang等, 2021)与晚期(右; 兰州大学仇梦涵拍摄)泉华照片。(c) 邱桑遗址手脚印彩色渲染三维模型图(引自Zhang等, 2021)

可能联系。而高原腹地邱桑遗址距今20万年手脚印遗迹——这一岩面艺术的发现(Zhang等, 2021), 也反映了生活在高原腹地制造该类艺术的中更新世晚期古人群具有了生理上的先进性, 也应该具备适应青藏高原缺氧环境的能力。相较于海拔4200m的高原腹地, 位于青藏高原东北边缘海拔3280m左右的白石崖溶洞, 在冰期时与高原面相比气候更为温暖植被也更好, 应是更适合古人类快速适应高原环境并形成生理适应的场所; 夏河人在此区域长达数十万年的生存历史, 也为适应性基因的形成与富集提供了充沛的时间。并且, 我们在白石崖溶洞的发掘工作并未结束, 在此前报道的距今19万年的文化层下仍发现有新的文化遗存, 这也意味着夏河人在此区域的活动历史可能更加久远。此外, 夏河人晚至距今6万年(甚至可能晚到距今4.5万年)的历史也为适应性基因从古老型人群流向现代人群提供

了可能。因而, 我们推测在邱桑遗址活动的中更新世晚期古人类与夏河人极有可能属于同一种群, 即丹人, 新发现的手脚印遗迹应是他们在生理上具备了适应高原缺氧环境的能力之后, 在相对温暖的间冰期探索至高海拔的高原腹地时所遗留的。

诚然, 此项推测需待更多的证据支撑, 尤其是遗传学证据。高原适应性遗传机制的形成是一个复杂的过程, 参与调节藏族人群适应高海拔环境的众多基因与高海拔适应的表现型以及古人类之间的关系仍是亟需开展的重要课题。此外, 古人类在高原的长期生存还需面对动植物资源匮乏, 尤其是冰期环境的生存挑战, 新石器时代及此后人群可通过农业生产与畜牧养殖获得稳定的食物资源, 而在此之前主要依赖野生动植物资源的旧石器狩猎采集人群是如何在高原上长期生存的? 古老型人群是否只有在相对温暖、生物资源相对

丰富的间冰期才扩散至高原腹地? 无疑, 区域古气候与古环境重建以及动植物等考古遗存的进一步解析是回答这些问题的突破口. 虽然, 仅有的零星的中更新世晚期旧石器考古遗址与有限的考古材料限制了我们开展相关研究. 然而, 夏河人及其考古遗存、奖俊埠遗址与邱桑遗址的新发现均表明, 中更新世晚期古人类在高原活动范围比此前认知的更为广泛, 这也意味着在高原可能会发现更多甚至更早的旧石器考古遗存. 因此, 在青藏高原开展广泛的旧石器遗址考古调查与重点遗址的正式考古发掘是非常有必要的, 尤其在缺乏同期考古遗存的邱桑遗址所在区域. 第二次青藏高原科学考察研究为大范围开展古人类对高原适应提供了良好条件, 期待未来新的发现与成果能够进一步揭示以夏河人为代表的古老型人类在高原的活动轨迹与生存策略.

## 参考文献

- 夏欢, 张东菊, 陈发虎. 2020. 丹尼索瓦人及其研究进展. 科学通报, 65: 2763–2774
- 张东菊, 申旭科, 成婷, 夏欢, 刘武, 高星, 陈发虎. 2020. 青藏高原史前人类活动研究新进展. 科学通报, 65: 475–482
- Bailey S E, Hublin J J, Antón S C. 2019. Rare dental trait provides morphological evidence of archaic introgression in Asian fossil record. *Proc Natl Acad Sci USA*, 116: 14806–14807
- Chen F H, Dong G H, Zhang D J, Liu X Y, Jia X, An C B, Ma M M, Xie Y W, Barton L, Ren X Y, Zhao Z J, Wu X H, Jones M K. 2015. Agriculture facilitated permanent human occupation of the Tibetan Plateau after 3600 B.P. *Science*, 347: 248–250
- Chen F, Welker F, Shen C C, Bailey S E, Bergmann I, Davis S, Xia H, Wang H, Fischer R, Freidline S E, Yu T L, Skinner M M, Stelzer S, Dong G, Fu Q, Dong G, Wang J, Zhang D, Hublin J J. 2019. A late Middle Pleistocene Denisovan mandible from the Tibetan Plateau. *Nature*, 569: 409–412
- Cheng T, Zhang D, Smith G M, Jöris O, Wang J, Yang S, Xia H, Shen X, Li Q, Chen X, Lin D, Han Y, Liu Y, Qiang M, Li B, Chen F. 2021. Hominin occupation of the Tibetan Plateau during the Last Interglacial Complex. *Quat Sci Rev*, 265: 107047
- Huerta-Sánchez E, Jin X, Asan X, Bianba Z, Peter B M, Vinckenbosch N, Liang Y, Yi X, He M, Somel M, Ni P, Wang B, Ou X, Huasang X, Luosang J, Cuo Z X P, Li K, Gao G, Yin Y, Wang W, Zhang X, Xu X, Yang H, Li Y, Wang J, Wang J, Nielsen R. 2014. Altitude adaptation in Tibetans caused by introgression of Denisovan-like DNA. *Nature*, 512: 194–197
- Lu D, Lou H, Yuan K, Wang X, Wang Y, Zhang C, Lu Y, Yang X, Deng L, Zhou Y, Feng Q, Hu Y, Ding Q, Yang Y, Li S, Jin L, Guan Y, Su B, Kang L, Xu S. 2016. Ancestral origins and genetic history of Tibetan highlanders. *Am J Hum Genet*, 99: 580–594
- Meyer M C, Aldenderfer M S, Wang Z, Hoffmann D L, Dahl J A, Degering D, Haas W R, Schlütz F. 2017. Permanent human occupation of the central Tibetan Plateau in the early Holocene. *Science*, 355: 64–67
- Ni X, Ji Q, Wu W, Shao Q, Ji Y, Zhang C, Liang L, Ge J, Guo Z, Li J, Li Q, Grün R, Stringer C. 2021. Massive cranium from Harbin in northeastern China establishes a new Middle Pleistocene human lineage. *Innovation*, 2: 100130
- Reich D, Green R E, Kircher M, Krause J, Patterson N, Durand E Y, Viola B, Briggs A W, Stenzel U, Johnson P L F, Maricic T, Good J M, Marques-Bonet T, Alkan C, Fu Q, Mallick S, Li H, Meyer M, Eichler E E, Stoneking M, Richards M, Talamo S, Shunkov M V, Derevianko A P, Hublin J J, Kelso J, Slatkin M, Pääbo S. 2010. Genetic history of an archaic hominin group from Denisova cave in Siberia. *Nature*, 468: 1053–1060
- Zhang D D, Bennett M R, Cheng H, Wang L, Zhang H, Reynolds S C, Zhang S, Wang X, Li T, Urban T, Pei Q, Wu Z, Zhang P, Liu C, Wang Y, Wang C, Zhang D, Lawrence Edwards R. 2021. Earliest parietal art: Hominin hand and foot traces from the middle Pleistocene of Tibet. *Sci Bull*, 66: 2506–2515
- Zhang D D, Li S H. 2002. Optical dating of Tibetan human hand- and footprints: An implication for the palaeoenvironment of the last glaciation of the Tibetan Plateau. *Geophys Res Lett*, 29: 16-1–16-3
- Zhang X L, Ha B B, Wang S J, Chen Z J, Ge J Y, Long H, He W, Da W, Nian X M, Yi M J, Zhou X Y, Zhang P Q, Jin Y S, Bar-Yosef O, Olsen J W, Gao X. 2018. The earliest human occupation of the high-altitude Tibetan Plateau 40 thousand to 30 thousand years ago. *Science*, 362: 1049–1051

(责任编辑: 倪喜军)