

科学史集刊

科学史集刊编辑委员会 编

10

地质出版社

科学史集刊

10

科学史集刊编辑委员会 编

地质出版社

科学史集刊

10

科学史集刊编辑委员会 编

地质矿产部书刊编辑室编辑

责任编辑：李鄂荣

地质出版社出版

（北京西四）

地质出版社印刷厂印刷

（北京海淀区学院路29号）

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：9 字数：207,000

1982年11月北京第一版·1982年11月北京第一次印刷

印数：1—2,792册·定价：1.70元

统一书号：15038·新855

目 录

- 庐山第四纪冰川论争五十年.....李鄂荣 (1)
- 我国古代关于“海陆变迁”地质思想资料考辨.....李仲均 (16)
- 对宋代矿冶发展的特点及原因的研究.....黄盛璋 (22)
- 一幅蜀石刻北宋地图的校读和研究.....邓少琴 (29)
- “九域守令图”地名订误.....郑锡煌 (40)
- 我国古代天文大地测量发展及取得成就的原
因初探.....钮仲勋 (47)
- 康熙和乾隆时期我国地图测绘事业的成就及
其评价.....任金城 (53)
- 现存最早的一部历史地图集——《历代地理
指掌图》.....曹婉如 (65)
- 徐霞客的地理学方法.....褚绍唐 (74)
- 清末地理学家王锡祺.....徐兆奎 (82)
- 图理琛与《异域录》.....唐锡仁 (87)
- 明《武备志》中“过洋牵星图”试释.....曾昭璇 (93)
- 我国海塘起源初探.....陆人骥 (101)
- 我国古代对台湾海峡的气象和水文的认识.....陈瑞平 (106)
- 对我国古代生物地理分布知识的初步探讨.....杨文衡 (116)
- 长期天气预报的过去、现在和将来.....张家诚 (125)
- 遥感的兴起及其在地球科学史上的地位.....宋正海 (133)

Collected Papers of History of Earth Science

Contents

1. 50 years of Arguments Concerning Lushan Glacier in Quaternary PeriodLi Erong (1)
2. Textual Research of Geological Thought of the Exchange Between Ocean and Continent in Ancient Chinese LiteratureLi Zhonjun (16)
3. The Research of the Characteristics and Reasons of the Development of Mining Metallurgy in Song Dynasty Huang Shenzhang (22)
4. Checking and Studying of a Stone Geographical Map of the Northern Song Dynasty from SichuanDeng Shaozong (29)
5. Corrections of Place Names on the Song Dynasty Map «*Jiu Yu Sho Ling Tu*»Zheng Xihuang (40)
6. Preliminary Inquiry into the Reasons for the Development and Achievement of Astronomical Geodesy in Ancient China Niu Zhongxun (47)
7. Achievements and Appraisal of Map Making During the Reign of Kang Xi and Qian Long Ren Jingcheng (53)
8. Earliest Extant Historical Atlas «*Li Dai Di Li Zhi Zhang Tu*» Cao Wanru (65)
9. Xu Xia Ke's Method of Geography Chu Shaotang (74)
10. Wang Xi Qi, Geographer of Late Qing Dynasty Xu Zhao Kuei (82)
11. Tu Li Shen and His «*Yi Yu Lu*»Tang Xiren (87)
12. Tentative Explanation of the Star Map in Navigation (*Guo Yang Qian Xing Tu* in the *Wu Bei Zhi*) of Ming Dynasty Zeng Zhaoxuan (93)
13. Preliminary Inquiry into the Origin of Seawalls in China Lu Renji (101)
14. Meteorological and Hydrological Knowledge of Taiwan Straits in Ancient ChinaChen Ruiping (106)
15. Preliminary Inquiry into the Knowledge of Biogeographical Distribution in Ancient China Yang Wenhen (116)
16. Long-range Weather Forecasting of Past, Present and Future Zhang Jiacheng (125)
17. Emergence of Remote Sensing and Its Position in the History of Earth Science Song Zhenhai (133)

庐山第四纪冰川论争五十年

李 鄂 荣

庐山风景秀丽，历来为我国著名的游览胜地。我国历代的许多伟大诗人如李白、白居易、苏轼等都在此写过脍炙人口的诗篇，歌咏这一个天地间的壮观。庐山也是我国历代科学家考察和研究的对象。徐霞客、李时珍等都到这里考察过地理和药物。近代科学兴起以后，庐山更是研究地质、地理和气象等等专门科学课题的理想地区，特别是地质、地理学界围绕庐山有无第四纪冰川的问题，进行了长期（整整五十年）的研究工作，发表了大量的科学论文和专题论著，大大地推动了我国第四纪地质和第四纪冰川的研究工作。今天来回顾这半个世纪的历史，是非常有意义的。

（一）庐山第四纪冰川的发现

首先提出第四纪冰川问题的是我国卓越的科学家李四光教授。1931年，他在北京大学任地质学教授，带领一批学生到庐山作野外地质实习时，发现那里的一些第四纪沉积物，如果不用冰川作用的结果来解释，很难解释得通。接着，第二年，即1932年，李四光重返庐山，从不同的角度再次研究了这些现象，确信系冰川作用的结果。于是，在1933年12月举行的中国地质学会第十次年会上发表了题为《扬子江流域之第四纪冰期》^①的学术讲演。在讲演中，他说：“如果冰川作用在我国终于被揭露出来的话，那么，很自然，庐山就会成为这一困惑难解而又引人入胜的学说的诞生场所。”

李四光在演讲中列举了庐山地区的冰川地貌和冰川堆积两个方面的证据。

在冰川地貌方面，他提出的证据有平底谷（月轮峰的东谷和西谷，牯岭的中谷和西谷，莲谷、七里冲等），U形谷（王家坡、牧马场等），悬谷（莲谷和大月山南侧的谷地等），冰斗和冰窖（铁船峰下的圆形洼地、芦林盆地等），雪坡和粒雪盆地（九奇峰和上霄峰的北坡、五老峰的背坡，含鄱口以下的山坡等）。他认为从广义来说，庐山北坡的全部地区在冰期形成了一个巨大的粒雪场。

在冰川堆积方面，他指出：庐山上下都堆积了大量的泥砾。上面所提到的山谷都布满了红色粘土及巨大的砾石。在泥砾层上又往往覆盖着黄色亚粘土，有的泥砾层甚至分布在山上两谷的分水岭上。在山下，围绕庐山的平原地区除山南以外，东、北、西三面都有冰川泥砾分布，最远的达到鄱阳湖边。这些泥砾堆积物中的砾石，有的直径达一两米，风化磨损较浅。泥砾层混杂而无分选，砾石含量高于粘土含量，两者均无层次。它们还往往组成长丘（当地叫做“垅”），作扇状联展分布于庐山与鄱阳湖之间的平缓地带，有的巨大砾

^① J. S. Lee, Quaternary Glaciation in the Yangtze Valley; Bull. Geol. Soc. China, Vol. XIII, No. 1, 1933.

石竟堆积在高出湖面一百三十多米的岗阜之上。

李四光说，这些泥砾物质最初被认为是一般的基岩风化残积或山麓坡积、洪积扇、山洪冲刷、山崩、河流泛滥等等。但是，泥砾中的粘土颗粒细腻粘韧，砾石及石块表面光滑，有的有清晰的擦痕，很难认为是残积物质。巨砾堆积最远者距庐山有六公里之遥。而且泥砾毫无分选作用，也很难用流水作用加以解释。而用冰川作用解释，则没有这种困难了。

在这篇讲演中，李四光首次提出了中国第四纪冰期的分期问题。他根据不同泥砾的分布范围和岩性成分以及风化的深浅不同，把庐山地区的第四纪冰川作用分为三期，即鄱阳期、金井期和土楼期。其时代分别为：鄱阳期不早于更新世，土楼期可与阿尔卑斯山地区的玉木冰期相对比，距今约16000年。

(二) 反对者和他们的理论

李四光关于庐山存在第四纪冰川遗迹的论点，并没有得到当时地质地理学界的一致承认，在他发表那次学术讲演以前不久，1933年12月的一天晚上，李四光同当时在中国因研究中国猿人而著名的步达生 (Davidson Black) 偶然谈及中国第四纪气候时，涉及到了他在长江流域发现了可能是近期冰川活动的特殊地形和沉积物。步达生大为惊讶地说：“如果真是如此，我们就要面对变白天为黑夜的危险了。”^①

步达生为什么说这样的话呢？因为在三十年代以前，国际地质地理学界有一种流行的观点，认为在第四纪时期中国没有发生过冰期。理论很多：有的说那时中国纬度过低，温度下降时也达不到形成冰流的寒冷气候；有的说中国气候在第四纪时过于干燥，没有足够的降水量，形成不了冰川，有的说，由于地极的漂移，在第四纪时，西北欧和北美更接近寒带，中国更接近热带等等。早在1921年，李四光在河北沙河县首次发现冰川遗迹时，就引起了争论。当时在我国中央地质调查所任顾问的瑞典人安特生 (J. G. Anderson) 就十分怀疑，对李四光说过：“如果第四纪时期发生过冰期，那么秦皇岛的一些残积物经过冰流的扫荡，就不能保留在原地了。”^②

在李四光发表关于庐山的第四纪冰川的论文^③之后，1934年3月（那时，李四光与朱森、喻德渊等在庐山研究冰川），曾在庐山现场开过讨论会。参与实地考察的有法籍学者德日进 (P. Teilhard de Chardin)，英籍学者巴尔博 (G. B. Barbour)，瑞典籍学者诺林 (Erik Norin)，中国学者杨钟健等人。这几个人中有些是反对中国存在第四纪冰期的。如巴尔博根据对山西太谷第四纪地层的研究，认为华北地区在第四纪时期只有暖寒、湿干等气候变化，没有发生过冰期^④。在庐山讨论之后，巴尔博又先后发表了两篇否定庐山冰川的文章，第一篇是讨论中国中部的地文期，第二篇文章则专门讨论庐山的冰川。在第一篇文章

① J. S. Lee, Data Relating to the Study of Problem of Glaciation in the Lower Yangtze Valley; Bull. Geol. Soc. China, Vol. XIII, No. 3, 1934. P. 395.

② J. S. Lee, Quaternary Glaciation in the Yangtze Valley; Bulletin of the Geological Society of China; Vol. XIII. P. 15.

③ Barbour, G. B., The Taiku Deposits and the problem of pleistocene Climates; Bull. Geol. Soc. China, Vol. X, pp. 71.

中他说：“庐山周围盆地的可疑的沉积物，初看极似冰碛物质，但是仔细研究之后，似乎觉得必须寻求另外的解释。”^①

在第二篇文章中，他对于庐山的冰蚀地形，除了王家坡U形谷以外，认为其他沟谷系统如紧邻牯岭的沟谷，其上游虽具有U字形剖面，通到下游就不具真正的冰川地形了。它们和王家坡U形谷一样，都是顺着—个软弱的岩石带经风化后自然形成的。而且王家坡U形谷（特别是其下游）的走向可能与基岩的构造有关。一些类似冰斗的地形，既可能是流水对山体的向源侵蚀所形成的沟头（通过坚硬倾斜岩层之后进入软弱岩层的流水侵蚀地形），也可能是最高山峰侧翼的陡峭地形。这两种情况都可以形成具有圆形轮廓的沟头。它们还可以解释为在两个各不相干的河流侵蚀旋迴的基础上形成的。

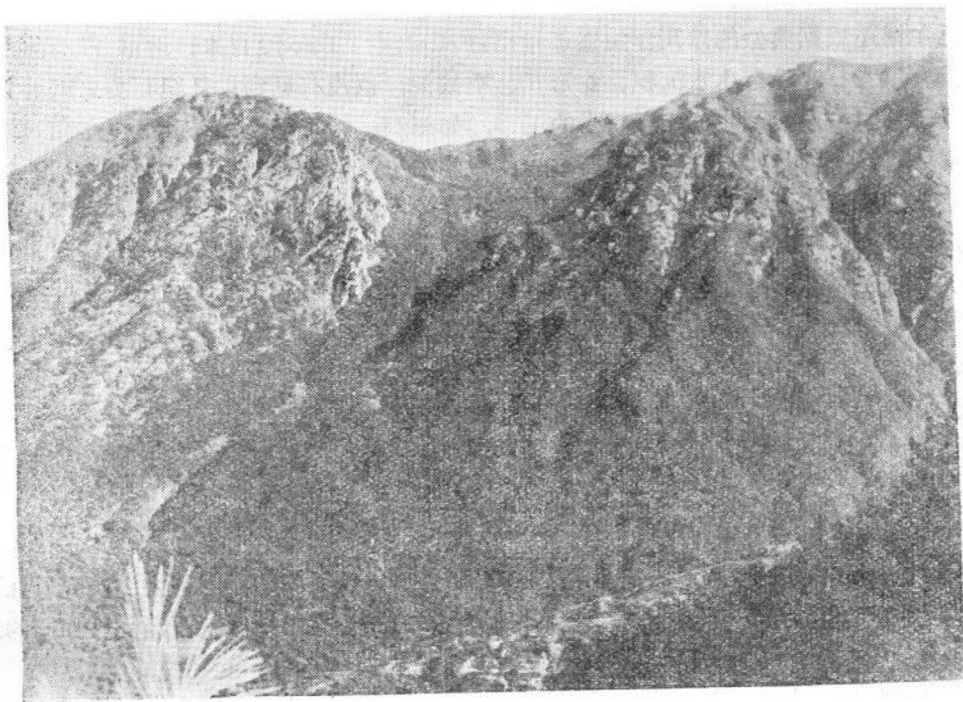


图1 大坳冰斗
陈钢摄

对于冰碛地形，巴尔博说：在不同的山谷和山外与沟谷走向垂直的“垅”，被认为是终碛。但是，有的具有基岩核心（在到五老峰的途中）。因而，“垅”是一种侵蚀形态而不是堆积形态。而且，冰川成因的U形谷切割在冰碛物自身之中，也是说不通的。

巴尔博特别着重讨论了“泥砾”沉积物。他说：从“泥砾”本身来看，在已知具有冰川历史的地区，毫无疑问，一看到它立刻就可以断定是冰碛物质。但是，这种泥砾曾经覆盖的面积，仅在庐山的东面就超过50平方英里，在西面和北面也有同样大的面积。如此巨大体积的沉积物，不是微不足道的刻蚀地形所能解释的。而且红土化作用的影响很深，就

① Barbour, G. B., Physiographic Stage of Central China, Bull. Geol. Soc. China, Vol. XIII, pp. 467.

其所知，没有哪一个冰川地区达到如此深的程度。倒有些相似于热带地区的冰川。他认为泥砾虽然粗看似无分选，但是趋向于两个粒级：在粘土基质中包含着巨大的砾石，缺少中间等级的碎石、砂粒等。粘土成分同由于崩积、残积物形成的红土状亚粘土很难区别，砾石是抗风化能力强的石英岩。它们的圆形是边棱已被风化的结果。这些坡积、残物滚到山沟之后，全被它们所带下来的泥土或雨水冲刷下来的泥土所掩埋。于是，两种成分便彻底地混合起来。那么，泥砾是如何被搬到鄱阳湖边呢？他说可能有三种情况，一是在泥砾“垆”之间原来就存在着震旦纪石英岩；二是山麓堆积在周期性的山洪作用下，缓慢地移向湖边；三是庐山东侧断层活动，使得悬崖后退而遗留下巨大的石英岩块石。总之，他认为庐山的泥砾不是冰碛物，而是遭受深度风化，又经山崩和土滑作用的堆积物。泥砾分布在有相当坡度的扇形地面也说明有急流的作用。

巴尔博还根据典型的冰川作用遗迹指出：庐山的主要山体没有冰蚀地形，没有冰溜磨擦面，没有羊背石，没有冰水沉积、蛇形丘、季候泥，也没有见到震旦纪石英岩以外其他岩性的巨砾等。虽然他还建议作进一步的工作，如测制一幅精确的泥砾成分分布图，仔细研究王家坡U谷特别是其下游的走向与基岩构造的关系，以及可能存在的冰刻痕迹，并且重点研究长江流域其他类似地区的地貌与沉积物等等，但是，实质上，他已基本否定了庐山的冰川作用。

从巴尔博的这篇论文中还可以看到德日进当时的观点^①，他也认为除了在湖滨的一两层巨厚山麓堆积中见到块砾之外，其他地区非常稀少。泥砾是由于在逐渐降低的坡地上混合而成的。

巴尔博认为“泥砾”的红土化时期可能早于更新世。

(三) 两个考察队的结论

在讨论庐山冰川的文章中，巴尔博提到要搞清庐山冰川问题，必须着重研究长江流域类似地区中新世以后的一系列问题，看看相应位置的其他高山地区是否经受过相同的地质作用。

似乎与此目的有关，前中央地质调查所在1935年组成了两个考察队，分别对长江流域和珠江流域的新生代地层进行考察^②。参加长江流域（南京至成都）考察的有巴尔博、德日进和杨钟健，参加珠江流域考察的有德日进、杨钟健、斐文中、张席祺。考察的结果都发表在中国地质学会志的第十四卷第二期上。

德日进和杨钟健在题为《扬子江流域新生代地层之层序》的文章中评论说：^③李四光把庐山的泥砾沉积归因于冰川作用是有问题的。在九江以南几英里处（往牯岭的途中），泥砾在雨花台阶地之下有很清楚的过渡界限，但不能断定这种接触是假整合关系，或者泥砾

① Barbour, Analysis of Lushan Glaciation Problem. Bull. geol. Soc. China, Vol. XIII. pp. 654.

② 根据巴尔博的文章：《Physiographic stage of central china》所述，在地貌学的基础上，对比中国的上新世和更新世沉积物是已故步达生博士为新生代研究室作的有深远意义的规划。见Bulltin of the Geological Society of China Vol. XIII. pp. 457.

③ Teihard and Young: Cenozoic Sequence in Yangtze Valley. Bulltin of the geological of China, Vol. XIV. No.2. pp. 166.

层就不是广义的雨花台砾石层。

这里所说的雨花台阶地，指的是沉积雨花台砾石层的长江阶地。而雨花台砾石层，德日进和杨钟健在本文中把它的时代定为上新世的晚期。也就是说，庐山的泥砾层不是第四纪沉积物，而是第三纪末期的沉积物。其红土化的时间则为第三纪和第四纪之间^①。他们也认为庐山的泥砾层可能是急流沉积的特性。

在同一期地质学会志上，德日进、杨钟健、斐文中和张席蓁在《两广之新生代地层》一文中，又对庐山的“泥砾”作了评述。他们把两广地区广泛分布的红土化沉积物叫做“红土扇”，把它的沉积时期定为上新世。他们把“红土扇”划分为三层，下面是底砾层，上面是淡水砂质粘土，再上亚粘土。并且认为“红土扇”是早上新世的湖相沉积在晚上新世的强烈侵蚀期间形成的山麓沉积。这种被急流形成的泥砾，常被解释为冰川沉积。它由于更新世切割，已被分割成一系列的舌状丘阜，完全与李四光在庐山所见的泥砾“垅”相同。每一个舌状丘阜都有一个老的沉积物核心，上面堆积着很厚的砾石和红色亚粘土。红土化的时期为晚上新世，强烈氧化的铁镁物质使得这一层的上上下下都红土化了。他们还认为“红土扇”的岩性和地文期都极其相似于长江下游的雨花台砾石层，而且在柳江发现的巨大砾石，正象庐山“泥砾”的“双重结构”。

紧接着这两篇文章，德日进又发表了《中国之大陆沉积》一文^②，从正面评论了李四光在长江下游所发现的更新世冰川遗迹。他说：“几年以前，李四光教授开始认为长江下游地区具有广泛的更新世冰川遗迹，在考察了几个标准地区之后，我并不能对此观点作充分的讨论，如果这个问题被证明确凿无疑，就会多多少少对我们关于中国新生代的观点来一个革新。但是，我希望对此问题谈谈自己的看法：

“①如果存在李四光教授所主张的如此广泛的近代冰川，就一定要有人瞩目的确切无误的地貌特征（如在德国或北美所见），但是事实上是没有。

“②李教授所拿出来的明显的冰川作用的证据，大多数是局部的，值得怀疑的现象（如粘土中无规律分布的擦痕砾石等），它们恰好可以用泥流加以解释。甚至对纹泥的解释也必须小心谨慎。我在中国就见过产于非冰川环境的盆地（在鄂尔多斯南部）中的极厚的薄层状蓝色粘土，其中含有大量哺乳动物化石（包括水牛）。

“③李四光的“冰碛”显然属于雨花台砾石层（至少在九江地区），因此，我认为可能属于维拉弗朗阶。此时，在“冰川地区”以北很远的山西中部生活着大量的马来亚动物群（水鹿，轴鹿，麂）。如果把雨花台砾石层划归下更新统（后维拉弗朗阶），那么，在此同时，华北有巨大的红色粘土冲积扇。这就要求进一步解释：（a）为何这些“冰碛”或冰水砾石，在其形成之后，马上就能够红土化？（b）为何在“冰碛”沉积时没有导致下更新世热带动物群（剑齿象—猩猩动物群）在中国中部和南部灭绝？（c）为何同时期的华北红土扇不是冰期沉积物（证据是它们的岩性结构和大量的温带动物群）。

“④李教授的真正重要的观察结果表明，在上新世末，东亚显示了急骤的造陆运动。

① Teilhard and young: Cenozoic Sequence in Yangtze Valley. Bull. geol. Soc. China Vol. XIV, No. 2 pp. 174. 1935

② P. Teilhard de Chardin; Notes on continental Geology. Buel. geol. Soc. China, Vol XVI, (The V. K. Ding Memorial Volume), pp. 212, 1936—37.

在中国，由于地壳的上升，导致了地貌回春，在一些地区发育了急流建造。”

根据以上的引文，可以清楚地看出德日进认为庐山的“泥砾”沉积不是“冰碛”，而是泥石流或是洪积。他把“泥砾”的红土化时期划为晚上新世至更新世末期。完全排除了更新世冰期的可能性。

(四) 新的证据与论据

在此期间，李四光也在寻找更多的冰川证据，并用以说服怀疑论者。1934年，他发表了《关于研究长江下游冰川问题的材料》^①，1937年发表了《安徽黄山之第四纪冰川现象》^②，1939年在伦敦出版了《中国地质学》——其中辟专章讨论了我国“更新世的气候”^③。在这些著作中，李四光除了进一步肯定庐山的冰川以外，对长江下游许多地区的冰川遗迹进行了报导，对于反对的意见进行了讨论。特别是1936年在黄山发现第四纪冰川遗迹以后，更增强了他的信心。

1936年9月14日和16日，天津《大公报》连续发表了关于李四光在庐山地区发现冰川新证据的消息。14日的消息说：李四光因各国人士对其发现中国冰碛层尚有怀疑，为从实地考察计，曾赴黄山调查，发现有力之证据甚多。最近更作进一步研究，特往庐山调查，……所得较黄山尤多，故以前疑义已完全冰释。16日的报导具体地指明新获得之证据是：“在星子县之白石嘴，于泥砾下发现冰磨条纹；同时在鄱阳湖之鞋山上发现庐山砾石。该砾石离庐山山麓约四十余里。推知该砾石当时为系挟于冰块中漂湖而过，达于鞋山，适与欧洲挪威、瑞典之冰碛漂过北海而抵英伦三岛相类似。由是知庐山之冰碛已直达鄱阳湖之中，当时冰碛层分布之区域为甚广泛。报导还说：“李四光认为冰磨条纹极其贵重，但容易摧残，想略施建筑加以保存。并决定在星子县设一白石陈列馆，专供陈冰碛标本之用，将由英庚款拨2万元作建筑费。”后来，据跟随李四光在庐山调查过冰川的许杰教授回忆：白石陈列馆就建筑在白石嘴湖滨，在抗战初期被国民党的海军以军事要地为由予以炸毁了。^④

经过这一次调查，李四光对庐山的第四纪冰川的认识又深入了一步。在1936年他以《冰期之庐山》这一著名专著总结了庐山的冰川遗迹。进一步肯定了庐山的冰川地形和冰碛泥砾。描述了在庐山山上玉屏峰以南所发现的季候泥（纹泥），白石嘴附近所发现的羊背石（他认为白石嘴附近孤立湖中的蛤蟆石也是一个羊背石的残留部分）。这是在以前发表的有关文章中没有的。^⑤

在《冰期之庐山》中，李四光特别写了一章“冰碛物释疑”^⑥对反对论者所提出的不同观点进行了分析与反驳。对于泥砾的成因问题，他否定了风化残积、山麓坡积、山崩、

① Lee, J. S. «Data Relating to the study of the problem of Glaciation in Lower Yangtze Valley». Bull. geol. Soc. China, Vol. XIII, pp. 395 1934

② Lee J. S. «Confirmatory Evidence of pliestocene Glaciation from the Huangshan, S. Anhui» Ibid. Vol. XV. 1936. pp. 2—15 1937.

③ Lee, J. S. «geology of China» 1939, London. Thomas Murby & Co. pp. 367—399

④ 许杰：回忆我的老师李四光同志和他的科学活动，《李四光纪念文集》1981年，地质出版社第3页

⑤ 李四光：《冰期之庐山》，前中央研究院地质研究所专刊乙种二号1937，中文本，第五节。

⑥ 《冰期之庐山》以中英两种文字发表，但两种文字本写法不同，着重点也不相同。“冰碛物释疑”英文本中没有此专节。——本文作者注。

泥流等等成因的可能性。李四光问道：如果是风化残积，何以山之南麓及山之东北端几于绝迹，山之北部泥砾特多？同一地域气候的变化不能大异，同类岩石在同一气候条件下变化何以相差如此之大？况且，山北多砂质岩层，山南多泥质岩层，受到风化破坏之后，泥质少之地区泥极多，泥质多之地而泥反少，有是理乎？泥砾所夹之石块，大者方二丈余，常离列于较平之地面。这样大的巨石，陷于泥中，在坡度极小的地方尚能移动，也难使人信服。还有，山脊之旁，泥砾中的卵石，大者直径二三寸，小者不及一寸。山脊并无水道经过，卵石从何而来？



图 2 庐山西麓羊角岭大姑期泥砾堆积。林景松摄

对于扇形停积说，李四光评论道：所谓扇形停积，有干湿之分。干者发生于气候干燥之地，只限于山麓；湿者发生于雨雪较多之地区，移动较远，即普遍所谓泥石流现象。但是，这两种停积扇都必须在斜坡上才能运动。庐山是一个块垒式孤山，四周皆有大断层，过了断层，地形顿形开阔，无斜坡可言。加以丘陵罗列，忽高勿低。泥砾也是或在平地，或在丘陵之顶。有的地方泥砾层之底面反而高出其距山较近之处三十余米。这是扇形停积所不能解释的。而且扇形停积的特征是离山越远，颗粒越细。但在庐山有些现象正与此相反。

对于山崩说，李四光也予以否定说：山崩积堆物的坡度，一般很大。他列举阿尔卑斯山区伏里猛士的山崩。崩裂处的斜坡为8度，其崩裂石流所及之处，坡度自4°至2°不等，溃裂之石块、石粉展布成三角形，横断莱茵河上游。其最前部宽约15公里，三角之中线长线7~8公里，面积略与庐山东北泥砾覆盖面积。但是其成分均为岩石碎屑，并非普通泥质。若谓泥砾中的砾石形状半圆是风化所致，但砾石（以石英岩为主）周围泥质均匀，并无愈近石块砂质增多现象。

根据以上理由，李四光再次肯定泥砾的冰川成因。至于泥砾的红土化现象，他认为泥砾的湿热变化，并不能说明它沉积时是热带气候，只能说明沉积是一时，湿热变化又是一时；正好说明庐山地区第四纪气候的变化——存在着冰期与间冰期。

至于庐山南麓没有冰碛物的问题，李四光认为是山南温度略高所致。根据他的观察，

在降雪季节，往往庐山北部积雪皑皑，南部在相同的高度或较高之处也雨雪甚少，或竟没有。或许是由东北来的冷湿空气为高山所阻。多降于北部的缘故。

关于王家坡U形谷的成因问题。李四光认为既不能用构造控制也不能用后期充填解释。他说：有些V形谷也受到构造控制，在相同的情况下，为什么在一个地方或一个时期形成U形谷，而在随后一个时期于其相邻的地区，甚或就在U形谷中却能形成V形谷？经过仔细观察，王家坡U形谷的底部，在基岩以上只停积了薄薄一层碎屑物质，并不是谷底厚、两侧薄，由后期充填而成的U形山谷。

此后不久，在1939年，李四光在英国伦敦以英文出版了他的《中国地质学》一书。在此书中，李四光专门讨论了中国的更新世气候问题。其中的主要论点都与《冰期之庐山》相同，仍然坚持第四纪更新世时期，我国存在着冰期与间冰期。不过在《中国地质学》中，李四光着重讨论了泥石流和雪线问题。对于泥石流，他说，即使承认如此巨大规模的泥砾是融冻泥石流所形成的，那就完全有必要承认在高山上发生了冰川作用^①。因为，如果在山下平原区发生了反复的冰冻与融化，以致产生了形成泥石流的低温条件，按升高100米降低温度1℃计算，那么庐山上面的温度就要比周围平原的温度降低10°—15℃，不可避免的会发生冰川。可见，据以反对庐山冰川的泥石流作用，反过来却成了有利于主张庐山冰川的有力证据了^②。

对雪线问题，在《中国地质学》中，李四光认为在更新世时期，雪线在东亚有所降低。他列举了四川西部的洪积世冰碛层分布地区低于现代冰川前沿缘1000米，云南山区的近代冰川最低达到海拔3800米，低于现代冰川1500米等事实。有人估计云南近期上升高度约2000米。如果把这个上升数字减去，其海拔高度便和长江下游相似了。这样一来，云南的第四纪冰川问题不是更大了吗？因为它的纬度比起庐山来更靠南一些。^③

李四光没有从古生物的角度论证更新世的气候条件。原因是从当时已知的动物化石很难说明问题。他在《中国地质学》一书中列举了周口店动物群为例，在那里，既有适应冻原气候的动物，也有适应半干旱草原动物，还有温带动物，形成了一个奇怪的混合体^④，根据这样的动物群集合体是得不出它们生活的时代的主要气候的结论的。他说：“披毛犀和其它一些通常生活于寒冷气候的动物，应该代表较为凛冽的气候。其中有些是欧洲冰期动物群的典型分子。但是，它们又同水牛和其他温暖气候的动物相伴生。以披毛犀而论，它是欧洲大冰期的冰原特征化石，但发现它在三门动物群和哈尔滨附近的晚更新世沉积中和猛犸象伴生。哈尔滨的沉积很明显是同华北的乌兰黄土同时，在乌兰黄土中也找到了鸵鸟和水牛化石。很难想象水牛这种动物能经受得了猛犸象生活的气候，但是它们却肩并肩地保存在一起。”所以，李四光主要还是根据冰川地貌和沉积物如泥砾等来讨论第四纪的气候和冰川。

① Lee, J. S. «Geology of China», 1939. London, Thomas Murby & Co. pp. 393—394.

② 泥石流的英文字为 Solifluction, 根据 J. G. Anderson 的原义, 是指岩石碎屑在多雨和融雪条件的流动。Rwssell 认为典型的情况是: 一年有 2/3 以上的日期有霜冻, 见同书 393—394 页。

③ Lee, J. S. «Geology of China» 1939. London, Thomas Murby & Co. pp. 395—397.

④ Lee, J. S. «Geology of China». 1939. 同上, pp. 369—370

(五) 怀疑与肯定

庐山冰川问题提出来以后,反对的人很多,不仅是前面所提到的那几位地质学者。但是,也有人从怀疑论者转变为肯定论者。比较突出的是费师孟和杨钟健。

费师孟即威斯曼(Hermann Von Wissman)是前中央大学的奥籍教授。他开始是对中国的第四纪冰川持怀疑态度的。他曾到过庐山和黄山考察,终于同意了李四光的观点。1937年他在《中国地质学会志》上发表了题为《中国更新世的冰川现象》^①一文,承认中国有第四纪冰川的存在。在文章中,他回顾了自己观点改变的过程。他说:

“我们过去对于把华中的一些山谷形态归因于冰川的侵蚀,是非常小心谨慎的。舒密特赫纳(Schmitthenner H.)曾经指出过:‘华中的一些山区,乃至不超过海拔300米的丘陵地区,常具有宽缓、平直的山谷,谷壁陡峭,山脊险峻。它们还具有漏斗状的出口,半圆剧场型的谷头,或者是横截山脉的宽广山口。这种地形在冰川地区是常见的。但是在低于600米的地区就不能认为是冰川侵蚀的了。’他的解释是:这些地貌形态是大陆性气候条件下的河流侵蚀所成。在这种气候条件下,周期性的阵阵倾盆大雨,加以强烈的风化作用,在山坡形成强大的径流。不断地冲刷岩石表面,使得山区河流中充满了冲刷下来的物质。特别是在山洪暴发时,侵蚀力很强大,山谷的底部便会逐步加宽,不是海洋性气候地区的线性侵蚀,而是面状侵蚀,所以有些类似冰川的侵蚀。我当时是完全相信他根据观察所得出的结论的。”

接着,费师孟写道:“但是,在长江下游,由于李四光的艰苦工作,很快地积累了大量的更新世冰川作用的资料。在这里以及高于1000米的山区,冰川沉积物不仅限于最高的山峰,而且伸展到山下的平原地区。象其他一些人一样,开始我对这些论述是抱怀疑态度的。我在讨论时,也按照舒氏的观点解释这些地貌形态,认为是在特别的大陆的气候条件下,强烈的周期性的降水反差、河流侵蚀作用的结果,山洪沉积物又受到化学风化变质而成的似冰碛物。冲刷、蠕动和滑动的联合作用,使得斜坡的底部平坦,上部陡峭,岩石裸露。所以,具有宽广谷底的山谷及其类似冰斗的沟头,实际是流水侵蚀的产物。”

“随后,我有机会考察李四光报导过冰川现象的典型地区庐山,黄山和天目山,在李四光的指引下进行观察。就我个人所得,我变得相信他的观察与解释的正确性了。”

对于庐山,费师孟认为保存得很好的泥砾中的大量典型的条痕石,特别是庐山山上的较高地带,存在着这些泥砾,除了用冰川作用解释,很难用其它作用解释。

另一个有力证据是从山麓延伸达8公里的泥砾堆积,象典型的冰碛一样,漂砾的个体很大,有的直径大于1米,泥砾堆积完全没有层理。在泥砾堆积的外缘,泥砾过渡为层理清楚的冰水砾石。从山体向外平缓倾斜。在这些沉积物之上,覆盖了一层厚薄不等的黄土状亚粘土和蠕虫状粘土(很象红土)。它们又被后期的侵蚀所切割或破坏。在庐山的上部有典型的冰斗,但被山坡崩塌下来的岩块所掩埋。同样,U谷也被山麓堆积和近期河流切割破坏了外形。但是,即使在这里也可以找到富条纹的漂砾,冰川沉积物的残余片断也同样

① Wissman H. Von. <The pleistocene Glaciation in China>1937. Geol. Soc. China. Bull. Vol. XVII. pp. 145-168



图3 石英砂岩条痕石、本文作者1978年在山上芦林湖附近大校场U谷找到，缩 $1/2$ 。

被黄土状亚粘土所覆盖。

在文章中，费师孟把中国的第四纪冰川现象分为两类：一类是中国西部的高山冰川，以冰斗或冰斗湖为特征，冰川现象保存完好；一类是中国中部的冰川，被风成沉积和山麓堆积所覆盖，遭受了强烈的侵蚀破坏。因此，他认为后者老于前者，而庐山的冰川属于后者。为此，他在李四光根据庐山冰川现象所确定的冰期和间冰期的基础上，把中国西部保存得完好而清楚的冰川遗迹命名为“大理冰期”。他认为，大理冰期可

以和欧洲的玉木冰期相对比。大理冰期的相应雪线在云南为3900米，在太白山为3500米，在大五台山为3000米，在台湾为3350米，长江下游应不低于2600米。但是，庐山没有达到这个高度，所以，在庐山以至长江下游没有受到大理冰期的影响。

费师孟还认为长江下游（包括庐山地区）之所以发育了较老的冰川，是由于寒冷的北风可以无阻挡地长驱直入；而在西部则有昆仑山脉和森林线的阻挡。而且长江下游的冬季降水量占年降水量的三分之一，而西部则甚少。他对比了长江下游与其他地区气候的差异，按纬度而言，偶然降雪的极限，在地中海区是 29° ，美国西海岸是 34° ，东海岸是 27° ，但是在中国南部则达到 $18^{\circ}.45'$ （海南岛的万宁）。同时，根据植被的垂直分带，在冰期庐山的雪线可能不高于900米。

他还说：“根据亚洲东部所获得的更新世冰川的新资料，柯本（Koeppen W.）和魏格纳（Wegener A.）关于地极漂移所设想的路线，从根本上发生了动摇。”“地极在更新世时期可能比今天更靠近东亚一些。”^①

在上文我们知道，杨钟健在他同德日进发表的文章中，对于庐山的冰川是持怀疑态度的。但是，到了晚年，杨钟健却完全改变了看法。在一篇文章中，他回忆道：“这里要说的就是1934年我和李先生，德日进，巴尔博·那琳等人去庐山看庐山的冰川的情形。……德日进等，特别以冰川专家自居的那琳抱着成见，不肯面对事实，而顽固地反对李先生的看法。我那时既不很了解（说完全不了解也不见得。因为我在德国阿尔卑斯山区看了许多冰川遗迹），也没有斗争的勇气，竟采取骑墙的态度，不置可否……”^②他还说：“就我国的第四纪地质问题来说，冰川好比一把钥匙，没有它，这门就开不开，更不用说登堂入室了，这个问题，目前已为大多数同志所接受。这是一个好现象。但是，前进的道路不是笔直的，而是“之”字形的。估计未来，总不免还有些曲折。可是无论怎么样的曲折，真理还是真理，中国冰川的存在，已不是只说几句空话，所能动摇它的了。”他认为，争论的原因就在于冰川地形受到后期的破坏，没有经验的人难以辨认。他说：“更新统的冰川，

① Wissmann V. H. The Pleistocene Glaciation in China Bull. Geol. Soc. China, Vol. XVII. NO.2. pp. 162.

② 杨钟健：《李四光老师回忆录》，《李四光纪念文集》1981地质出版社第九页和第13页

就以表现最好的庐山来说，也是受到了多少摧毁和破坏的。其他地区当然更多，加之又添上风成的、水成的许多堆积的东西，混杂在一起，因而真正认识它，是不太容易的。”

(六) 旧事重提

自从三十年代那一次持久的大论争之后，对于庐山的冰川，地质学界基本上趋于肯定，李四光所确立的庐山三次冰期，即鄱阳冰期、大姑冰期、庐山冰期，加上费师孟的大理冰期，已普遍为地质学者所引用，并和阿尔卑斯的四次冰期相对比。至今，对于中国第四纪地层的划分起着积极的作用。

四十年代，李四光仍继续从事中国第四纪冰川的探讨，先后发表了《鄂西、川东湘西桂北第四纪冰川现象述要》^①、《中国冰期之探讨》^②、《贵州高原冰川之残迹》^③等文章，在第一篇文章中，李四光根据恩施茅田一带冰川遗迹，划分为四次冰期，并以之与庐山冰期相比较，认为第四期范围很小，仅在高出海面1200米以上之山谷中有小冰川，庐山似无可比者，而前三期似各与鄱阳、大姑、庐山三期相当。但庐山之大姑冰期，可分为两段，第一段名谷山段，第二段为高垄段，则庐山之冰期便成为四期：鄱阳、谷山、高垄、庐山，与鄂西之四期适相符合。但是这种分期，后来很少应用。在第二篇文章（《中国冰期之探讨》）中，李四光对于中国第四纪冰川的性质，作了简略的概括，他说：“中国并非曾经大陆冰盖之掩覆，一如西欧北美；实则仅有多数小冰盖散布于高山之上部，由于此等局部山谷冰盖，时而伸出冰舌，向平地流溢。而此等小冰盖之生灭，以及冰层之进退，亦非仅只一次已耳。换言之，中国有冰期，亦有间冰期。”

1941年，有一位研究亚洲地质的美籍学者戴特拉（Hellmut de Terra）发表了《中国的更新世地层和石器时代的人类》^④一书，对李四光、巴尔博、德日进、威斯曼等人关于中国第四纪冰川和气候的文章进行了研究，结合他本人在印度、缅甸和中国的考察，认为中国第四纪存在着四个冰期、基本上同意威斯曼的意见。他称威斯曼是一个有经验的德国冰川学者。他也认为红土化是后期的现象，并把它同印度的锡瓦尼克地区以及缅甸的第四纪冰碛物作了对比。他认为黄土层中的动物群的复杂性，表示黄土层不是一个时期形成的；上更新世的动物群在哪里也是不好清楚地划分的。

以后，在一些国外冰川学者的著作中，也常有人提到庐山的冰川及其争论情况。如摩维阿斯（Movius. H. L.）1944年在他的著作《亚洲东南部早期人类和更新世地层》^⑤，弗林特（Flint. R. F.）1957年在他的著作《冰川和更新世地质》^⑥中都曾提到过庐山的冰川，但是后者也提到巴尔博的反对意见，认为问题尚未解决。

① 李四光，1940，《鄂西川东湘西桂北第四纪冰川现象述要》，《地质论评》第5卷，第3期，第171—184页。

② 李四光，1942年11月，《中国冰期之探讨》，《学术汇刊》，前中央研究院出版。第1卷，第1期，第1—12页。

③ Lee J. S., 《Vestiges of Corrie-Glaciation on the Kweichow Plateau》, Bull. geol. Soc. China, Vol. XXVII. pp. 35—54. 1947

④ Hellmut de Terra, 1941, 《Pleistocene Formations and Stone age Man in China》, Institut De Géo-Biologie, Pékin

⑤ Movius H. L. 1944, Early man and Pleistocene stratigraphy in southern and eastern Asia, Harvard Unw., peabody mus. paper, U. 19. No. 3. pp. 113.

⑥ Flint R. F. 1957. Glacial and pliestocene geology, p. 423.

在国内，从四十年代到五十年代，专门研究庐山冰川的文章很少，比较有代表意义的是任美镔(1953)^①、孙殿卿(1957)和景才瑞(1958)^②的文章。这些文章都肯定了庐山的冰川，只不过任文对冰期发生的时间略有不同的见解。他认为庐山山顶的河谷属于壮年期河流谷地。这种谷地与山峰的相对高差很小，不超过150米，河谷宽缓曲折，宛然是壮年中期的景象，决不能完全用冰川来解释，冰期发生在大断层发生之后，大概在第三纪末或第四纪初。随着庐山的上升，其东面鄱阳湖岸可能发生相对的下降运动，于是发生了冰川，目前的峡谷大概主要是大姑冰期以后河流急剧的向源侵蚀所形成的。孙以总结和记述全国各地第四纪冰川研究的成果，进一步阐明了庐山的几次冰期对全国的第四纪研究的意义。景文根据冰川的高程推算了当时雪线的位置，约在1100米高程处。

比较明确的提出庐山不存在冰期的问题的，是1963年黄培华的文章。题为《中国第四纪时期气候演变的初步探讨》^③。内容主要为：在第四纪更新世时，我国华南气候属于热带和亚热带湿润气候，在冰期，气温可能有所降低，但不可能变冷到能形成山谷或山麓冰川，因此，庐山冰期值得怀疑。这篇文章发表不久，《科学通报》又在同年第三期^④和第六期^⑤上发表了曹照垣、吴锡浩、浦庆余、杨达源等人的文章，接着，黄培华^⑥于同年第10期、曹照垣等^⑦于1964年第一期又先后发表了几篇文章，形成了六十年代对庐山冰期的一次学术性论争。总括他们争论的焦点，大体上是这样：

黄培华反对庐山冰川的论点是：1)，所谓的“冰碛物”不一定是冰川堆积，其他地质作用如山洪、泥石流都可以形成。泥砾是大陆冰川堆积的特征，作为山地冰川的冰碛物值得怀疑。因为在搬运距离仅只十公里以内的情况下，冰川与基岩间的研磨，不可能产生如此大量的粘土物质。基岩面的擦痕和条痕砾石，其他作用也可以形成。冰碛物的红土化如果是间冰期湿热气候风化而成，不可能如此厚层的堆积物表里风化和红土化程度如此均一。2)，在地形方面，庐山没有粒雪盆地。所谓的大坳冰斗，小天池冰斗，也不是粒雪盆地。王家坡谷地也没有粒雪盆地，在这种情况下，大量冰川物质如何形成？山地冰川的发育程度与规模同雪线以上的积雪厚度有一定关系。景才瑞所说的庐山冰期的雪线位于1100米处，它们与庐山最高峰汉阳峰（海拔1426米）之间仅相差300米。我国西部现代冰川雪线以上高度不足1000米者，均无山谷冰川。庐山山体不大而能发育10公里以上的山麓冰川，缺乏根据。而且何以山北冰川遗迹遍布而山南绝迹？3)，庐山地区尚未发现喜寒动植物群，只有热带和亚热带动植物群，整个第四纪变化不大，也说明庐山没有发生过冰川。

曹照垣等人赞同庐山有过冰期的论点是：黄培华的反对意见都是三十年代已经提出过并且已经得到解决了的论点（见上），黄只不过是旧话重提而已。1)关于雪线问题，首先应该切切实实地认清庐山地区保存下来的冰川遗迹及其它有关事实的含义，才能脚踏实地地对过去当地的古气候及古雪线的变化过程作出推测。不然，从数千里以外搬来许多由于局

① 任美镔：1953，庐山地形的初步研究，地理学报，第十九卷，第一期，科学出版社

② 景才瑞：1958，关于庐山冰蚀地形的讨论，地质论评第十八卷，第三期

③ 黄培华：1963，中国第四纪时期气候演变的初步探讨，科学报，1963年第一期，科学出版社

④ 曹照垣等：1963，关于中国冰期和间冰期问题，科学通报，1963年第3期，第29页

⑤ 吴锡浩、浦庆余、杨达源：1963，对“中国第四纪时期气候演变的初步探讨”一文的讨论，《科学通报》，1963年，第6期，第31页。

⑥ 黄培华：1963，关于长江以南地区冰川遗迹问题，科学通报，1963年第10期，第29页。

⑦ 曹照垣、吴锡浩、浦庆余：1963，庐山及其东北麓的冰川遗迹，科学通报，1964年，第1期，第48页。