

庐山山麓第四纪泥石流堆积的确证

——以庐山西北麓羊角岭为例

施雅风 邓养鑫

(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

庐山山麓广泛分布着一套通称为“泥砾”的红色混杂堆积,在五十年前曾被李四光教授看作是第四纪冰川作用的主要证据,称之为“大姑冰期”山麓冰川的堆积,并断言“假若否认它们

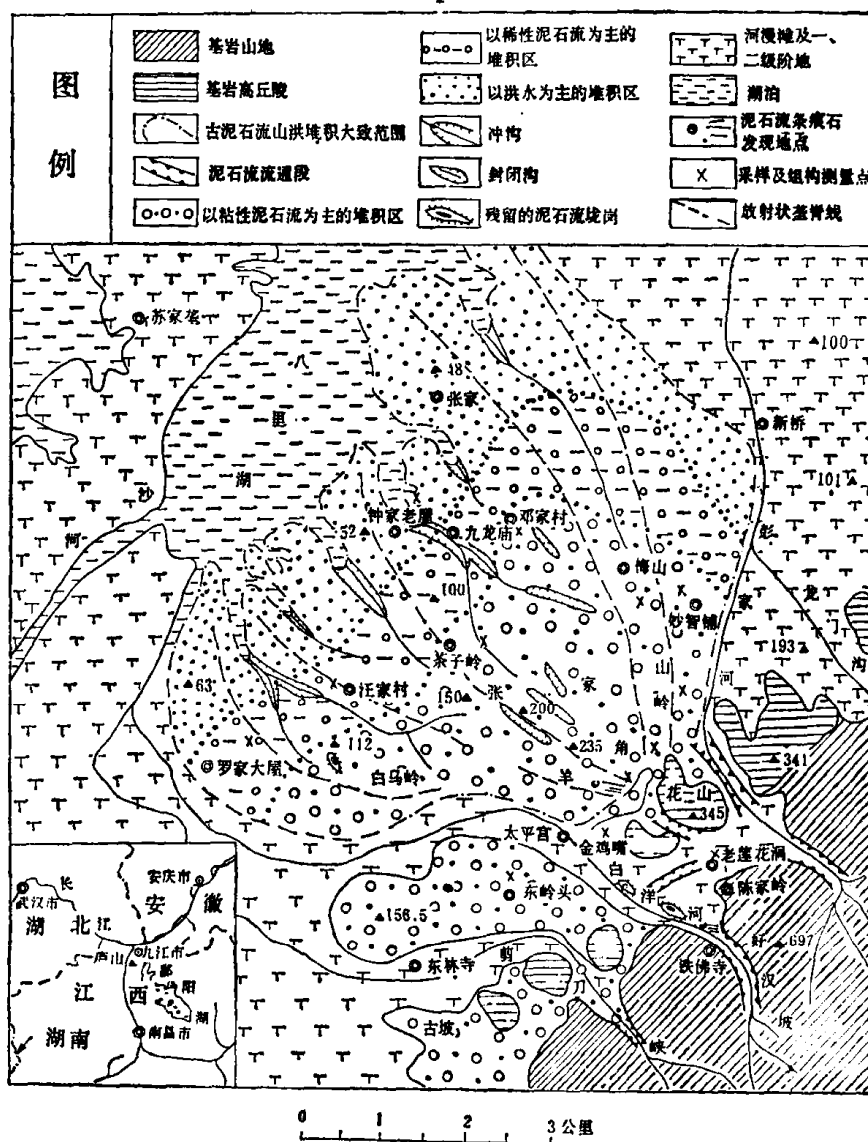


图1 庐山羊角岭古泥石流堆积扇略图

本文 1982 年 5 月 4 日收到。

的冰川成因的话,那么将似乎显示沉积物是由于迄今为止还不知道的过程的作用而形成的。”^[1]当时学者对混杂堆积的研究程度很低,对泥石流现象所知甚少,李四光教授对这类大小混杂、分选性很差、偶然具有条痕石的混杂堆积,在不能用正常流水作用解释的条件下,大胆的提出冰川学说,是我国地学界的重大事件,曾促进了第四纪研究的发展。在长期的争论中,随着沉积学与冰川学研究的深入,以及泥石流现象的大量发现并为人们所熟悉,庐山山麓混杂堆积的冰川成因说,越来越多的受到怀疑与挑战。在七十年代,谢又予等同志首先应用实地调查和较多的分析资料,明确指出:“大姑期冰碛物……用泥石流作用来解释更为恰当。”^[2]1980年夏季,兰州大学与中国科学院兰州冰川冻土研究所组织的冰川沉积研究班,在庐山工作了一段时间,包括作者在内的许多研究者曾支持泥石流解释而反对冰川成因^[3,4]。经过随后较深入的工作,在庐山找到了较丰富的确切无疑的泥石流沉积的证据。现以庐山西北麓羊角岭附近泥石流堆积扇为例(图1)加以说明。

羊角岭堆积扇为一呈扇状展布的丘陵地,扇轴长7公里,扇缘最宽处约8公里,扇顶海拔330米,扇缘降至50米。在堆积扇上广泛的覆盖着红色“泥砾”,李四光教授称之为“大姑冰期”中“莲花冰泛”的前碛(即终碛)与冰水堆积。他虽然指出“其原来停积的形态,不易明了”和“零落不堪”,但仍然得出“于四道前碛之外,尚有一二道前碛”的结论(图2)^[5]。冰川区的多道终碛垅是在冰川断续后退过程中形成的,每道垅代表着冰川末端的一次停顿,而相邻垅间常有一片低洼地,则标志着冰川的迅速后退。如天山木札尔特谷口外晚更新世冰期的破城子终碛丘

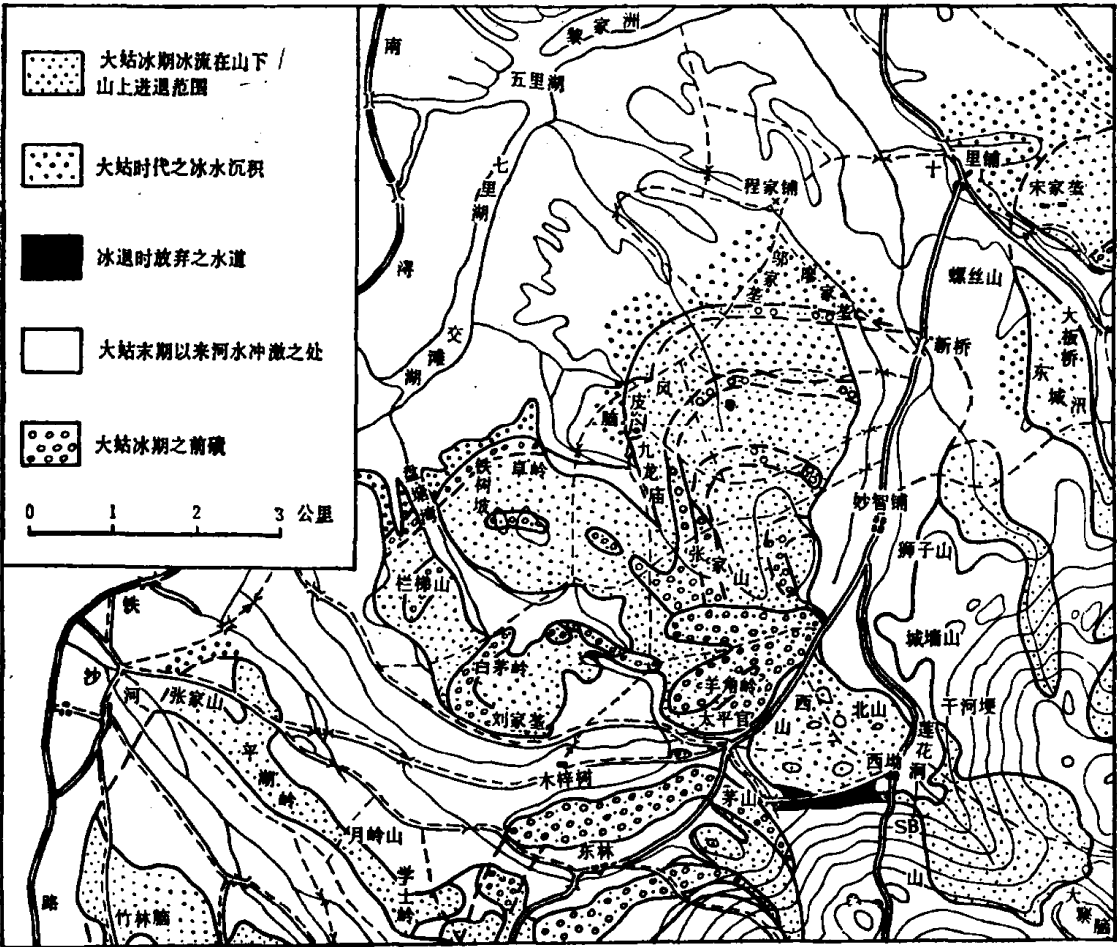


图2 李四光想像中的“大姑冰期”中的“莲花冰汎”^[13]

陵,就表现出上述堆积形态(图3)^[6]。经我们考察,在羊角岭堆积扇上没有这种垅岗与低地在纵向上交互出现的地形组合,相反,由泥砾组成的垅岗的主轴线不是像一般山口外终碛垅那样呈弧形平行于扇缘,而是与扇缘垂直,呈辐射状分布。几处保存较好的垅岗状与岛状泥砾堆积体,朝向扇缘一方形成陡坎,大石块密集,多数石块的最大扁平面倾向于上游方向,朝向扇顶一方形成缓倾斜的长堤,这是粘性(或结构型)泥石流“龙头”部份的堆积特征,而与冰川终碛垅迥异。

在混杂堆积中粒径达到数米的巨砾,远离庐山基岩分布区而堆积于山麓地带,显然其搬运力并非一般流水作用、山崩等所能胜任。李四光教授乃求助于冰川作用,他说:“据我有限的经验和推想能力,觉得如果不从冰川作用方面来考虑,这种解释的困难将难以克服。”^[7]我们对羊角岭堆积扇的上下游经往复考察,发现从扇顶至扇缘,泥砾层的厚度由厚变薄,最大一级巨砾的平均粒径由粗变细、砾石的磨圆程度由棱角完好逐渐变为次圆状(表1)。上述现象符合于一般山洪泥石流堆积扇的沉积特征。泥石流是由泥浆与石块共同组成的特殊流体,由于泥浆中粘粒胶体的吸附作用,所以泥石流具有比一般水流大许多倍的粘度,加之容重高、流速大,其搬运力十分可观。随着运动距离的增加和沟床纵坡的变缓,泥石流的流速及浮托石块的能力亦逐渐变小,挟带于浆体中的石块也由大至小逐渐沉积下来。堆积扇近沟口上段主要为粘性(或结构型)泥石流堆积的区域,巨砾的粒径最大,棱角显著;中段是粘性和稀性(即紊流型)泥石流的混合堆积区,巨砾的粒径稍减,棱角渐被磨去;下游为稀性泥石流与洪水的堆积地段,巨砾的粒径更小,并多磨圆(图1)。而在冰川终碛区内,

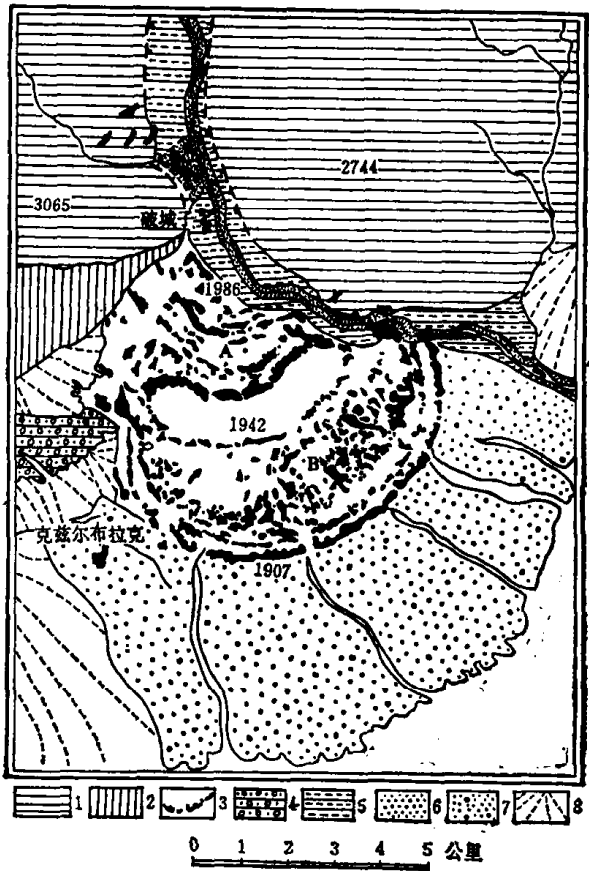


图3 天山木札尔特谷口晚更新世终碛形态(据任炳辉)

- 1.中高山带;2.低山丘陵;3.晚更新世破城子终碛垅;
4.冰水高阶地;5.冰水阶地;6.低级冲积阶地;7.晚更新世克兹尔布拉克冰碛平原(经流水剥蚀改造);8.洪积扇。
A.内终碛组;B.外终碛组

表1 羊角岭堆积扇泥砾层厚度、砾径、磨圆程度随距离的变化

地 点	陈家岭 (沟口内)	羊角岭 (扇顶附近)	张家老屋	白马岭	汪家村	罗家大屋
高程(米)	330	220	190	110	60	50
距沟口(公里)	0	2.0	3.5	5.0	5.5	6.5
泥砾层厚度(米)	8—10	5—8	4—6	2—4	0.6—1.5	0.3—0.8
最大一级巨砾粒径(米)	1.50	1.26	1.20	0.90	0.80	0.50
砾石磨圆程度	棱角完好	棱角至次棱角	次棱角	次棱角	次圆	次圆

不出现巨砾粒径沿程变小的现象，这是因为冰川挟带巨石的搬运过程是带塑性的巨厚冰体携带砂石的缓慢运动，可以而且必然将从冰川源头处获得的部份巨砾直接输送到冰舌末端以终碛的形式堆积下来。若以此用冰川成因(而不是用泥石流成因)来解释羊角岭堆积扇上述相变特征，那才是真正遇到了不可克服的困难。

庐山地区的“泥砾”虽然粗看起来是大小混杂，杂乱无章，但是通过对其中砾石的组构统计和细颗粒物质的粒度分析，发现它们具有一定的规律性，并清晰的显示其为泥石流作用所成。我们对羊角岭七个泥砾剖面中砾石的砾性、砾态、砾向进行了量测统计，发现在岩性上 80% 为来自庐山山体的石英砂岩和长石石英砂岩。同时还量测了 700 块砾石的最大扁平面(ab 面)与长轴(a 轴)的倾向和倾角，并分别绘制出它们的方位等密图(图 4a, b)，均清楚的显示出它们的主密部倾向于上游南东方向，a 轴主密部的倾角平均为 20—40°，ab 面主密部的倾角平均为 30—50°，这样的砾向特征同于泥石流堆积而异于冰川堆积(表 2)。推测泥石流堆积物中砾石的 a 轴与 ab 面多倾向于上游，倾角也较大，主要由于泥石流呈粘性的搬运和堆积过程的剪应力造成的，而冰川末端部份的堆积主要是在冰体消融后，所携带的岩屑就地或短距离内滑坠、流动堆积，随窝而安，受局部地形影响而出现砾石 ab 面不集中的离散状态。

表 2 庐山羊角岭泥砾中砾向与泥石流堆积及若干冰碛中砾向(主密部)比较

要素 沉积物	ab 面		a 轴	
	倾向	倾角(度)	倾向	倾角(度)
庐山羊角岭泥砾	上游	30—50	多倾向上游	20—40
甘肃武都等地泥石流堆积	上游	25—45	多倾向于上游	20—40
祁连山岗纳楼 5 号冰川冰碛 ^[4]	离散	6—34	多倾向于下游	0—25

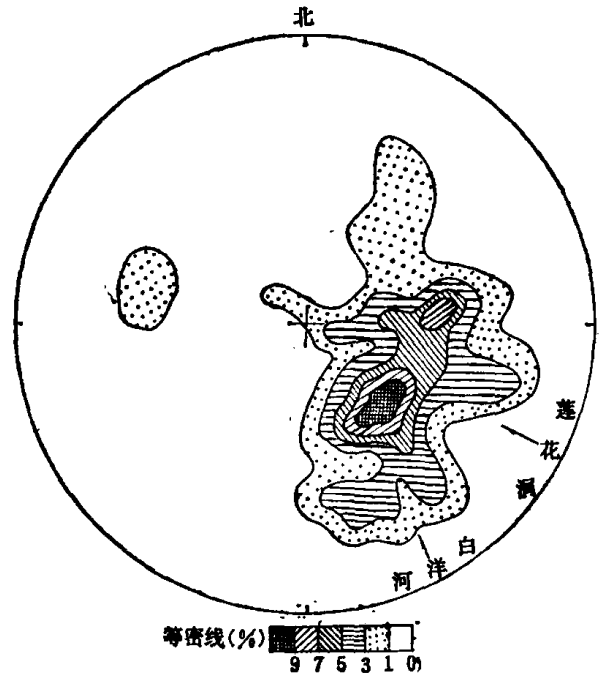


图 4a 庐山羊角岭公路西侧砾石 ab 面倾向等密图 (中心为 0 度)

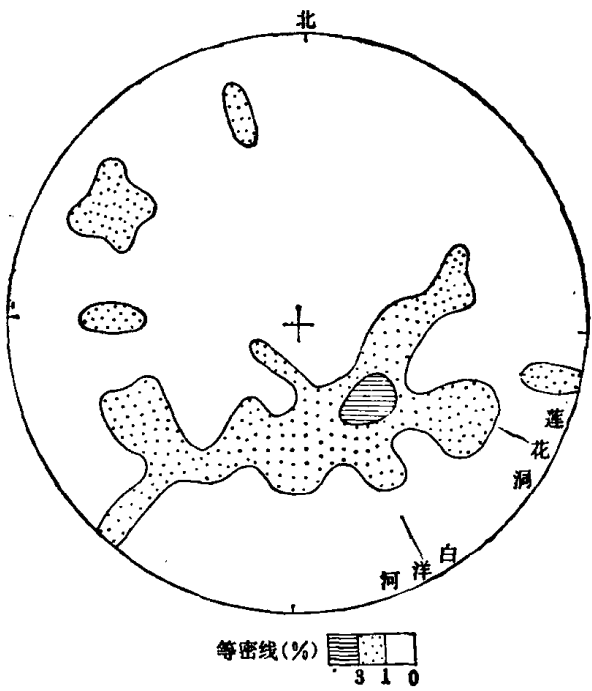


图 4b 庐山羊角岭公路西侧砾石 a 轴倾向等密图 (中心为 90 度)

冰川与泥石流堆积中除粗大的砾石外，还有大量的细颗粒填充物质，即“泥砾”中的泥质。

由于冰碛物是处于寒冷的气候条件下,化学风化作用极为微弱,它的细粒物质主要由冰川的机械磨碎作用所造成,其极限粒级一般为粉砂级。Dreimanis 等通过实验研究,发现凡是冰碛中的细粒物质在粒度频率曲线上都在 $4-5\phi$ (即 $0.063-0.032$ 毫米) 出现峰值,过此则表现为谷^[9]。但是形成于温暖气候条件下的泥石流堆积物,其泥质主要来源于化学风化作用所成的更细的物质。甘肃武都泥石流堆积物粒度频率曲线就是在 $4-5\phi$ 范围内表现为谷,而在 $6-7\phi$ (即 $0.016-0.008$ 毫米) 范围出现峰值,与冰碛物迥异。庐山羊角岭泥砾物质粒度频率曲线与武都泥石流堆积物的粒度频率曲线相似,而不同于一般的冰碛物的粒度频率曲线(图 5)。

羊角岭泥砾中的粘土矿物,经邢泽民与区荣康同志进行 X 光衍射分析,主要系水云母-高岭石组合,局部为高岭石-水云母-蒙脱石组合。经马正海同志对羊角岭 11 个泥砾样品进行岩矿分析,发现石英与长石比值高达 $14.26-100$ 。这些均反映出泥砾沉积时与沉积以后经历了长期而强烈的化学风化作用,而与寒冷气候下冰川分布区化学风化作用极为微弱的情况截然不同。早在本世纪三十年代初期,李四光教授根据化学分析结果

(氧化硅、铝土、氧化铁三者合占 90% 以上),判定泥砾与网纹红土均经过了“湿热变化”^[5],当然冰川堆积时期的寒冷气候条件下不可能有这样的“湿热变化”,所以李四光教授便进而解释它们是冰川退却之后的间冰期暖热气候条件下形成的。

然而对于厚达十余米的通层均显红色的泥砾剖面,上下都含有蠕虫状的白条(主要成份为高岭土),认为其所经历的湿热化作用全属于堆积之后间冰期暖热气候下一种过程,而与原始沉积环境毫无关系的论点,早已被许多研究者所怀疑^[10]。但遗憾的是长期以来在红色泥砾中没有找到适当的植物遗迹以揭示原始沉积的气候条件。十分感谢河北地质学院孢粉室的同志经仔细分离与搜寻,在我们采集的羊角岭 10 个泥砾样品中,有 4 个分析出少量的总共只 100 粒的孢粉,其中木本植物占 30%,草本植物占 26%,孢子占 44%。在木本植物中,最多的是榆(*Ulmus*, 9 粒),其次为柳(*Salix*, 4 粒)和栎(*Quercus*, 4 粒),再次还有胡桃(*Juglans*, 2 粒)、枫香(*Liquidambar*, 1 粒)、杜鹃(*Ericaceae*, 2 粒)、忍冬(*Lonicera*, 1 粒)与松(*Pinus*, 2 粒);草本植物中以藜科(*Chenopodiaceae*, 15 粒)为主,其次为蒿(*Artemisia*, 5 粒)、禾本科(*Gramineae*, 3 粒);在孢子中,最多的是蕨(*Bryophyta*, 34 粒),其次为水龙骨(*Polypodium*, 3 粒)、卷柏(*Selaginella*, 3 粒)、双星藻(*Zygnema*, 3 粒)和环纹藻(*Sphaeroplea annulina*, 1 粒)。上述孢粉组合已足以定性的表示出泥砾堆积时的温暖气候环境,而绝不可能反映出冰川堆积的寒冷气候。

考虑到羊角岭堆积扇上游山区的地形条件,姚檀栋曾将李四光教授所编《晚近地质时代庐山冰川分布图》所标明的“大姑冰期”冰川范围套置在 1966 年出版的 1:50,000 航测地形图上,应用霍费尔(Höfer)法,即假定平衡线高度位于冰川末端和粒雪盆后缘山脊平均高度的算术平均高度上,计算出“莲花冰泛”的长度为 10 公里,面积为 30 平方公里,上限平均高度为 955 米,末端高 20 米,雪线高度为 488 米,积累区面积为 2.3 平方公里,仅占冰川总面积的 7.7%^[11]。如此之小的积累区而要供应超过自己面积 10 倍以上的消融区,这是不可思议的,因为一般山地

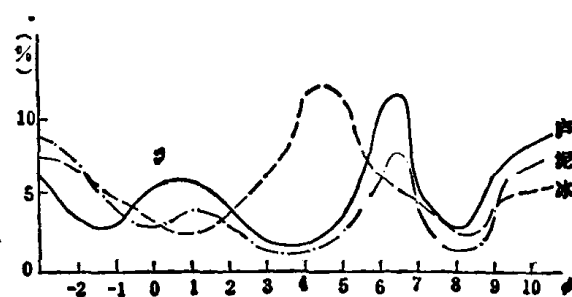


图 5 庐山羊角岭泥砾(卢)与西藏海洋性冰川冰碛(冰)以及甘肃武都粘性泥石流堆积(泥)粒度(平均)频率曲线比较

冰川的积累区面积需占冰川总面积的 60% 左右,其流入冰舌区的冰量才能与消融相平衡。而泥石流则不需要上述的严酷条件。在漫长的过程中,泥石流既可以从沟谷源头,也可以从堆积扇的上部获取丰富的泥砂石块等固体物质,并把它们搬至下游堆积。在没有阻拦的条件下,使扇缘不断扩展,而终将造成一个比源头形成区面积大得多的堆积扇。

根据上述事实,可以确认以羊角岭堆积扇为代表的庐山山麓的混杂堆积,系温暖气候条件下的泥石流堆积,而不是寒冷气候条件下的冰川堆积。作者本着尊重科学和追求真理的态度,诚挚的欢迎实事求是而不囿于成见的科学家检验上述资料的正确性,讨论这个问题,以早日求得对以庐山为代表的我国东部第四纪历史的较一致的认识。

致谢:在野外及室内工作中得邓晓峰同志协助,孢粉资料承江德昕同志帮助分析,附图由李玉芳、王银学同志清绘,顺致谢忱。

参 考 文 献

- [1] 李四光,中国地质学会志,13(1934)3: 345—432. 收入《中国第四纪冰川》,科学出版社,1975, 31—44.
- [2] 谢又予、吴淑安,地理集刊,第 13 号,1981, 106—132.
- [3] 李吉均、徐叔鹰,地理学报,35(1980), 4: 356—357.
- [4] 施雅风,自然辩证法通讯,3(1980), 2: 41—45.
- [5] 李四光,冰期之庐山,1937. 收入《中国第四纪冰川》,科学出版社,1975, 56—110.
- [6] 施雅风、任炳辉,中国自然地理(地貌),第 8 章,第 1 节,科学出版社,1980, 202—232.
- [7] 李四光,中国地质学会志,13(1933)1: 15—62. 收入《中国第四纪冰川》,科学出版社,1975, 7—21.
- [8] 武安斌,兰州大学学报(自然科学版),1980, 3: 119—126.
- [9] Dreimanis, A. & Vagners, U. *Etudes Sur Le Quaternaire Dans Le Monde*, 2(1969).
- [10] 周廷儒,地理学报,34(1979), 4: 279—292.
- [11] 姚檀栋,冰川冻土,3(1981), 1: 82—86.