

中国第四纪 冰川沉积与地貌问题

34·63

储

1982

前 言

一九八〇年六至七月，由兰州大学和兰州冰川冻土研究所共同举办了“全国第一届冰川沉积研究班”。国内一些单位有关现代冰川和古冰川的教学研究人员，参加了研究班。英国基尔大学冰川沉积学专家E·D·德比希尔博士，应邀做了一系列学术演讲。研究班选择新疆天山乌鲁木齐河源现代冰川区和庐山地区，进行了堆积物和相关地貌的现场考察。在现场考察的基础上，对冰川沉积和冰川地貌的基本特征和鉴定标志，展开了热烈的讨论。为了集中反映这次研究班学术活动的成果，参加者一致同意出这个论文集，以便进行学术交流。

本着“百家争鸣”的方针，我们将不同学术见解的文章汇集在一起，不加评语，让读者自己去做判断。这些研究成果还是初步的。但我们的期望是：通过本文集的出版，在学术界能对关系到我国第四纪古气候和整个第四纪环境演变这个具有重大理论和实践意义的东部第四纪山地冰川问题，继续开展深入的研讨，以便尽可能求得统一的认识。

兰州大学地质地理系《中国第四纪冰川沉积与地貌问题》编辑组
中国科学院兰州冰川冻土研究所

1981年12月

编 后 记

1980年夏由兰州大学和中国科学院兰州冰川冻土研究所共同举办的全国冰川沉积学研究班，在天山乌鲁木齐河源和庐山两地，分别进行了现代冰川和第四纪冰川沉积和地貌考察，并开展了学术讨论。按照研究班的要求，各成员根据这次考察活动和多年来在不同地区的研究成果，写出了这方面的论文。现将本文集付印前尚未公开发表的编辑成册，以供同行们参考。研究班的活动，还涉及兰州地区的第四纪冰川和冻土问题，因兰州地区位于我国东西两部分之间的过渡带上，这一问题的研究成果无疑对国内同行有参考价值。

研究班学术活动所产生的论文，已经在学术刊物上发表的，不再收入本文集。为便于查阅，列于后：

(1) 任炳辉：1981年，兰州地区附近山地第四纪冰川与冰缘问题，冰川冻土，3卷1期，19—25页。

(2) 张林源、牟昀智：1981，庐山羊角岭“表皮构造”成因探讨，科学通报，26卷16期，1006—1008页。

(3) 张维信、石生仁：1981，兰州—永登地区的某些冰缘现象与古气候意义，兰州大学学报，第3期，133—141页。

本文集编辑仓促，又限于水平，错误之处一定不少，请批评指正。来信请寄：甘肃省兰州市兰州大学地质地理系冰川冻土研究室。

目 录

前言

庐山真的有第四纪冰川吗?	施雅风 (1)
冰川沉积与非冰川沉积中砾石和碎屑矿物的表面形态特征	郑本兴、马正海 (7)
论冰川擦痕	李吉均 (14)
庐山古冰川何在?	谢又予、崔之久 (19)
庐山羊角岭附近泥砾成因的泥石流解释	邓养鑫 (23)
论庐山第四纪冰川研究中的争论	景才瑞 (44)
浅析我国长江中下游的古冰川遗迹问题	顾嗣亮 (49)
庐山第四纪古冰川问题	张兰庭 (52)
九江一庐山地区鄱阳冰期冰川分布范围	赵良政 (55)
红崖砾石层的成因及时代归属问题的初步意见	王尧瑜 (62)
庐山地区混杂沉积的特征和成因	张林源、牟昀智 (66)
庐山地区泥砾的砾向分析	朱俊杰、陈怀录 (80)
庐山: 用来证明冰川假说的现象	E. D. Derbyshire (92)
注意庐山热带地貌和沉积的遗迹	李吉均、朱俊杰、姚檀栋 (96)
庐山羊角岭附近古泥砾与甘肃武都现代泥石流堆积物中砾石组构的 初步研究	邓晓峰 (105)
冰碛组构研究及其意义	冯兆东、秦大河 (110)
冰碛物的一些粒度特征及其意义	姚檀栋 (122)
庐山东南麓叶家垄剖面的初步研究	周尚哲 (133)
• 兰州附近山地现代冻土问题 •	
兰州马啣山冻土问题初步探讨	郭东信 (140)
编后记	

Contents

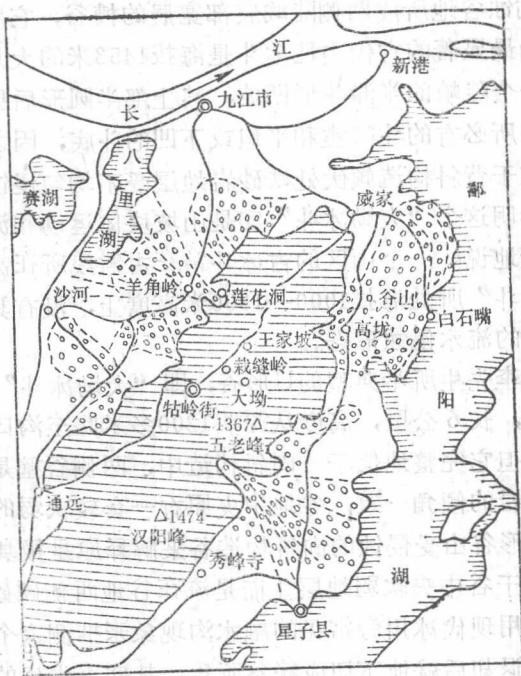
Foreword	Page
Is There Really Quaternary Glaciation in the Lushan.....	<i>Shi Yafeng</i> (1)
Morphological Characteristics of the Surfaces of the Gravels and Debris Minerals in Glacial and Non-glacial Deposits	
.....	<i>Zheng Benxing & Ma Zhenghai</i> (7)
On the Glacial Striation.....	<i>Li Jijun</i> (14)
Where Were the Quaternary Glaciers on the Lushan	
.....	<i>Xie Youyu & Cui Zhijiu</i> (19)
An Explanation of the Boulder Clay Formation near Yangjiaoling Ridge of the Lushan by Debris Flow Theory	
.....	<i>Deng Yangxin</i> (23)
On the Debate about the Quaternary Glacial Research on the Lushan.....	<i>Jing Cairui</i> (44)
Preliminary Study on the Palaeoglacial Traces in the Middle and Lower Reaches of Yangtse River.....	<i>Gu Siliang</i> (49)
The Problems of Quaternary Glaciation on the Lushan	
.....	<i>Zhang Lanting</i> (52)
Glacial Distribution in the Regions of Jiujiang-Lushan During Poyang Ice Age.....	<i>Zhao Liangzheng</i> (55)
Discussion on the Origin and the Period of the Hongya Gravel Bed.....	<i>Wang Xianyu</i> (62)
Features and Genesis of the Diamicton in the Lushan Region	
.....	<i>Zhang Linyuan & Mou Yunzhi</i> (66)
Gravel Orientation Analysis of Boulder Clay in the Lushan Region.....	<i>Zhu Junjie & Cheng Huailu</i> (80)
Lushan, Status of phenomena used to Support the Glacial Hypothesis.....	<i>E. D. Derbyshire</i> (92)
Pay Attention to Studing the Tropical Landform and Sedimentary Relics in the Lushan Area.....	<i>Li Jijun, Zhu Junjie & Yao Tandong</i> (96)
Comparison Between the Paleo-Boulder-Clay around Yangjiaoling Ridge in the Lushan and the Present-Mud-Rock Flow in Wudu District, Gansu.....	<i>Deng Xiaofeng</i> (105)
A Study of Till Fabric and Its Significance	
.....	<i>Feng Zhaodong & Qing Dahe</i> (110)
Some Particle-Size Features and Their Significance in Till	
.....	<i>Yao Tandong</i> (122)
On the Profile of Yejialong at the Southeastern Foot of the Lushan	
.....	<i>Zhou Shangzhe</i> (133)
• Cryopedological Problem of Mountains in the Vicinity of Lanzhou.	
Preliminary Study on the Cryopedoiogical Problem of Mt. Mahanshan, Lanzhou.....	<i>Guo Dongxin</i> (140)
Postscript	

庐山真的有第四纪冰川吗？

施雅凤

(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

庐山突峙于江西省北部、长江南岸，是驰名中外、风景秀丽的旅游胜地。在学术上，由于已故杰出地质学家李四光教授倡导，庐山被看作我国第四纪冰川的标准地点。早在1931年，李四光教授带领学生考察，发现第四纪冰川遗迹，尽管当时受到一些学者的反对，李仍力排众议，于1937年完成《冰期之庐山》专著（1947年印行），详细论述庐山多种地形和沉积物并给予冰川成因解释，划分出鄱阳、大姑、庐山三个冰期，认为在前二个冰期，庐山存在大规模的冰泛，即山麓冰川，直达鄱阳湖边；在后一冰期，庐山有规模较小的山谷冰川，限于山上，未达山麓。以后李进一步将这三次冰期与欧洲阿尔卑斯山的恭兹、民德、里斯三次冰期对比，加上抗日战争前德国来华学者费斯曼教授提出的大理冰期（相当阿尔卑斯山的玉木冰期），首次给予中国第四纪以冰期、间冰期相间出现、中国东部中低山区第四纪冰川广泛发育的观念。李四光的冰川学说已为很多中外学者所承认和应用，但也有许多学者表示怀疑和反对。六十年代，《科学通报》曾一度对此问题展开讨论，可惜当时条件，不允许充分的辩论，以致中途停止，未得结果。近年怀疑论者更为增加，可以毫不夸张地说，以庐山为代表的中国东部第四纪冰川问题是我国地质、地理学家争议最大，认识最



1. 基岩山地；
2. 典型的山洪泥石流扇形地；
3. 红色泥砾分布大致界线

图1 庐山地区略图

分歧的重大问题，有必要认真求得解决。笔者多年从事我国西部山区冰川研究，也关注于东部地区古冰川问题的争论。1980年6月，我有机会参加兰州大学地质地理系和兰州冰川冰土研究所联合组织的冰川沉积研究班，在庐山工作了一段时间。笔者认为庐山某些地形和沉积物与冰川遗迹有相似之处，但并非冰川作用所成。(图1)李四光先生对第四纪冰川现象的认识是值得商榷的。“我爱我师，我尤爱真理”，这里坦率陈述一些看法，以引起进一步的讨论和深入研究，求得问题的彻底解决。

一、对冰川侵蚀形态的误解

李先生叙述的庐山多种冰川侵蚀现象中，以冰斗和U形冰川槽谷为最重要。冰斗是位于雪线附近或稍高处，为冻川提供物质来源的粒雪盆所在。U谷则是雪线以下山谷冰川刨蚀谷地所成两侧陡峻底部宽展的槽谷，它和山地河流侵蚀的V形谷不同。李氏所举庐山最显著的有代表性冰斗是海拔1453米的大月山西北侧的“大坳冰斗”。这个“冰斗”是一个陡峭的半漏斗形凹坡，其上部半圆形后壁与冰斗有相似之处，但不具备一个典型冰斗所必有斗门槛和平坦或下凹的斗底，因之，不宜称为冰斗。其上部半圆形后壁是由位于背斜构造倾伏处硬砂岩地层受不均匀侵蚀的结果，其坡脚的倒石堆和坡上的流水沟表明这个“大坳冰斗”实是山坡块体运动和流水侵蚀共同作用的产物，和冰川无关。一般地说，一个山区的古冰斗常在古雪线所在高度上成群出现，但在庐山地区，在“大坳冰斗”所处海拔1000—1300米高度上，没有其他“冰斗”，相反的是山坡一条条冲沟所表现的流水侵蚀形态。

李先生所举典型的U形谷，即“大坳冰斗”下侧的王家坡宽谷。该谷作西南至东北走向，长6公里，高度从源头1200多米降至沟口的200米。这个宽谷确具类似冰槽谷的U形，但它完整地处于一向斜构造中，两侧谷壁是向斜两翼的硬砂岩，谷壁的陡峻程度和硬砂岩的倾角一致，谷地中央原有一套较软弱的砂岩地层，已被流水侵蚀掉。这样王家坡U形谷由受侵蚀的向斜构造谷来解释原是极其方便的。李先生想不通的是宽谷中河道不流于谷中央软弱地层上而是流在谷地西侧硬砂岩中切成深数十米的V形小峡谷，于是他就用现代冰川旁常见的融水沟现象来推测这个切入基岩的河道就是冰川侧缘流水沟在冰川退却后就地下切成峡谷所致。其实李先生的猜测是多余的。在没有受到冰川影响的常态河流侵蚀地区，常可以看到叠置河流遵循故道位置切入坚硬的基岩而舍弃不远处较软弱的岩层，不需用冰川成因解释。相反，由于冰川进退变化频繁，冰融水道经常迁移其位置，其侧缘融水沟稳定地切入谷地边缘坚硬岩层的现象倒是少有的。王家坡西侧支沟承受雨水面积较大，水量较丰，侵蚀能力较强，可能是王家坡宽谷中河道偏流于西侧的原因。李先生所提出的庐山地区几条U形谷都是向斜谷或被软弱地层控制的次成宽谷。而更多的横切构造或横过地层走向流向山麓的许多沟谷，虽也被李先生解释成冰川经过的谷地，但几乎都是V形峡谷，而不是U形谷，这也可以反证这些河谷与冰川发育无关。

二、是冰川堆积还是泥石流堆积？

李四光教授所说的庐山冰川堆积主要是指大小混杂、分选性很差的称之为泥砾的堆

积物，其中粒径粗大远离母岩而且带条状擦痕的石块，更被看作冰川搬运的重要证据。

我们观察庐山上部宽谷中的所谓堆积物，一部分是坡麓的重力堆积或融冻泥流堆积，虽然大石块散乱出露于地面，甚至以长垄状横切谷地，但其岩性非常单一，同于附近山坡基岩，不能认为是冰川堆积；一部分是泥砂岩块的混杂物，如王家坡宽谷中的裁缝岭，是一列纵卧在谷地中的低垄。李先生称之为古代冰川的侧碛垄，我们观察到，石块都呈次圆或次棱角状，充填于石块间的小砾石、砂、粘土，有粗分选和层理，小砾石磨圆较好，肯定经过流水搬运。这类堆积与其用冰川成因解释，不如说更接近于泥石流堆积。

庐山山麓的泥砾堆积分布广泛而复杂，它构成相对高十多米至四、五十米的丘陵地，除表面覆盖的黄色土层外，整层为红色的没有层理的粘土、砂、砾以至直径二、三米的块石的混杂堆积，最远的堆积地点已距庐山10公里。对其中的大部分，李先生称之为大姑冰期的前碛（或称终碛）和冰前排泄物（即冰水沉积）。这和一般河流相堆积，显然不同，但能否就此推测为冰川沉积呢？我们观测，这些泥砾的分布和特征与正常的冰川堆积也不同，它更像古代泥石流堆积。理由如下：

（1）庐山各山口外的泥砾堆积都作扇状分布。例如李先生称为“莲花冰汛”的扇形地，在庐山西麓，扇顶高330米，扇缘在7公里外，高50米，扇缘的宽度达8公里。我们在泥砾剖面量测了几百块最大一级石块的直径，发现这些大石块在扇顶处的长轴平均直径为1.5米，棱角完好，向扇的中下部粒径渐小，磨圆度转好。如在2公里外的羊角岭，高度降至220米，最大一级石块长轴平均粒径降至1.26米，都呈次棱角形；至6.5公里外的罗家大屋，其长轴平均粒径更降至0.5米，多数有较好磨圆。这一现象显然不同于冰川堆积而接近于山洪泥石流堆积，因为冰川搬运过程是带塑性的巨厚冰体夹带着泥沙石块缓慢运动，可以而且必然将冰川源头处的直径数米以至二、三十米的巨石直接运至冰川末端停积，而不出现大块石粒径迅速变小的现象。另外，冰川流出山口后冰体可适当放宽，甚至相互联结成山麓冰川，但必须以其上游有充分的补给来源为条件。但是莲花扇形地的上游即山口以上地段是很小的，只有扇形地面积的十分之一，即使在冰期时发育冰川，也决不可能形成那样规模的山麓冰川。

（2）泥砾中砾石的排列方向，粗看是混乱的。但经过量测统计，发现较大石块的扁平面（即AB面）多数向上游倾斜，倾角多数在20—40度间。这和我们在若干现代泥石流堆积中所看到的现象一致。泥砾中大石块间的填充物多次见到的是经过流水作用的磨圆的细砂砾层，并有较高的粘土成分，这也接近于山洪泥石流堆积。

（3）厚度在十余米以上的泥砾剖面，整层都现红色，红色泥层中有网状的蚯蚓状的白条（主要成分为高岭土），偶然出现铁盘，这样厚层网纹红土表明它是在长期湿热气候强烈化学风化环境下形成的，不可能是寒冷的冰川环境的产物。李先生解释泥砾原始堆积时不具红色，只是堆积后经历了间冰期湿热变化才形成网纹红土的，那么究竟剖面中有什么物质表现其原始堆积时的寒冷环境呢？至今无人能够指出。

（4）李先生著作中多次提到石块上具有擦伤的条痕和基岩上的擦面作为冰川流行的证据。诚然，在冰川区经常可以看到显明的条痕石和石壁上粗大擦痕。但形成条痕石和基岩擦面的动力不限于冰川作用，泥石流、山崩、滑坡和断层都可以导致这种形态。其具体特征也有所差别。我们曾在庐山上下将近50个地点的泥砾剖面中搜寻，可惜都未

找到一块具清楚擦面真正由冰川形成的条痕石。相反，在庐山西麓铁佛寺旁的现代河床中，发现一块长径达3米的石英砂岩有若干新鲜的粗而深的擦痕和撞击坑，擦痕长3—10厘米，宽2—3毫米，深2—4毫米，撞击坑直径1—3厘米，深3—5毫米（邓养鑫记录），这肯定是近代山洪泥石流爆发时石块间相互磨擦和撞击所成。在庐山东麓秀峰寺的深切峡谷中，在高距河床数米处的谷壁上存在若干平行于河床的粗而深的擦痕，这也不可能是冰川所成，而是现代山洪泥石流产物。在李先生《冰期之庐山》著作中发表的七块条痕石照片中，有六块是次圆形的，长径均小于1米，这就意味着这些石块先经过相当长距离的滚动，磨成次圆形，以后才出现擦痕的。这可能是山洪泥石流的特征而不应是冰川作用的证据。

总之，庐山周围广泛分布的泥砾堆积更像是特殊气候地形条件下的山洪泥石流堆积而不像是冰川堆积。

三、冰期庐山气候不允许发育冰川

在距今二百万年以来的第四纪，全球气候出现过多次冰期、间冰期的冷暖交替。冰期时气温比现代低数度至十二、三度，雪线下降数百米至一千数百米，冰川规模比现代大三倍左右。那么，冰期时庐山气候有无可能发育冰川呢？

中国东部属季风气候，夏季炎热多雨，冬季严寒少雨。中国东部中低山地发育冰川必须夏季大量降雪为主要条件。据庐山牯岭气象站同志记录，该站海拔1165米，年平均气温 11.4°C ，其中七月为 22.6°C ，1月为 -0.4°C ，年降水1834毫米，主要降于4—7月，庐山的降雪只出现在3000米高空温度低于 -6°C 时，那时牯岭地面温度低于 6°C ，如要7月份降雪，则温度下降值至少为 16°C ，这样剧烈的降温幅度远超过一般中纬度冰期的降温幅度，其出现的可能性是很少的。

根据李先生所编《晚近地质时期庐山冰川分布图》推算“大姑冰期”时雪线高度在400—600米左右。第四纪末次冰期的雪线高度根据确切的古冰斗遗迹，陕西太白山和台湾玉山均在3500—3700米左右，前者位置偏北而降水较少，后者位置偏南而降水丰富，雪线出现在相近高度上。日本本州中部高山降雪多而位置偏北，末次冰期的雪线高度出现在2500米左右。庐山界于上述三地之间，估计末次冰期时的雪线高度在3000米左右。“大姑冰期”相应于中更新世的民德冰期，当时气温比末次冰期冷一些、冰川规模大一些，但并非很悬殊。要如李先生意见，庐山在“大姑冰期”发育那样规模的冰川，使雪线降至400—600米，比末次冰期雪线还低2500米左右，气温相差 15°C 左右，这是难于想像的，实际是不大可能的。

为保持冰川发育的平衡状态，冰川在雪线以上的积累区和雪线以下消融区面积有一定比例。一般地说，积累区面积大于消融区，欧洲阿尔卑斯山冰川积累区面占整个冰川的60%以上，我国祁连山冰川更大至75%左右。然而李先生编制的“大姑冰期”冰川分布图上，即使在雪线低至400—600米的条件下，积累区面积仍不到20%（兰州大学姚檀栋统计），如此小的冰川积累区而能展现出超过积累区面积4倍以上的消融区，是违背冰川学常理的推测。

上文从侵蚀地形、堆积特征和气候条件三方面论证李四光教授关于庐山地区第四纪冰川学说的不能成立。李氏学说提出于五十年前，当时学者对冰川发育条件、冰川的侵蚀和堆积过程、冰缘冻土现象和泥石流现象等所知很少，对第四纪历史发展缺乏系统认识。李先生把大小混杂、缺乏分选的泥砾堆积，把具有条痕的石块，把U形宽谷等一般流水侵蚀区不常见的现象统当作冰川成因看待，提出自己的见解，是可以理解的。解放以后，我国第四纪研究有了很大进展，古孢粉、古冰川与冰缘资料不仅定性甚至定量的说明冰期气候条件，对于现代冰川和现代泥石流的研究，也有助于古冰川遗迹的确定。这样，我们对五十年来长期争论的问题有可能在新的认识基础上加以解决。科学在不断发展，我们的认识也应该不断提高，不能停止在原先的水平上。科学研究的任务是探索未知，追求真理，科学家的态度是实事求是。笔者衷心希望我国关心于第四纪冰川问题的学者不囿于成见，从各方面进行调查研究，展开讨论，以求得问题的合理解决。

(本文原载“自然辩证法通讯”，1981年，第2期。原文照片因故未能刊印。)

Is There Really Quaternary Glaciation in Lushan

by

Shi Yafeng

(Lanzhou Institute of Glaciology and

Cryopedology, Academia Sinica)

Abstract

Having looked back on the history of prof. Li Si-guang's (J.S.-Lee's) hypothesis of the Quaternary glaciation in the Lushan region, the author of this paper suggests a controvertible issue about the Quaternary events in Lushan. The so-called "cirques" in Lushan may be formed both by mass movement on slopes and gully erosion with suitable structure. The typical "glacier trough" i.e. U-shaped valley in Wangjiapo coincides with a syncline and may be taken shape by a normal fluvial erosion. The traced boulders and features of the diamictons (boulder clay) both inside and outside Lushan may well be considered to be similar to deposits of debris flow, without the character of till. Up to now no relics which reflect a cold climate during their accumulating period have been found in the boulder clay.

In east China which belongs to the monsoon climate, it is hot and rainy in the summer, and a few snowfall in the cold winter. Therefore, if in the middle and lower mountain areas of east China glaciers had ever developed, a large quantity of snowfall in summer would have been needed. According to the data from Guling Meteorological Station (1165 m above sea level), a summer temperature would have been 16°C lower than that of present, which is hard to believe. In general, an essential condition for developing glaciers is that the accumulation area has to be larger than the ablation area. But a calculation based on "The Map of the Glacial Distribution During Dagu Ice Age" by prof. Li Si-guang has shown that the accumulation area is only less than 20% of the whole "glacial" area. So, the conclusion is that the development of glacier in Lushan would be lack of evidence.

Is There Really Quaternary Glaciation in Lushan

by

Shi Yafeng

(Lanzhou Institute of Glaciology and

Cryopedology, Academia Sinica)

Abstract

Having looked back on the history of glacial research in the Lushan region, the author of this paper suggests a controversial issue about the Quaternary glaciation in Lushan. The so-called "glaciers" in Lushan may be formed both by mass movement of slopes and gully erosion with water. The typical "glacier trough" (U shaped valley) in Wuyang glacial region, with a "Y" shape and may be taken shape for a normal glacial erosion. The traced boulders and features of the glacial deposits (other than both inside and outside Lushan) may well be considered to be similar to deposits of debris flow, without the character of glacial. The so-called "glaciers" which reflect a cold climate during the Quaternary period have been found in the boulder clay.

冰川沉积与非冰川沉积

中砾石和碎屑矿物的表面形态特征

郑本兴 马正海

(中国科学院兰州冰川冻土研究所) 二

从李四光创立我国第四纪冰川学说以来,至今半个世纪。但在中国东部仍然存在着有无冰川和冰川作用次数与规模大小之争。皆因何谓冰川沉积,它有那些特殊标志尚未能统一认识。

我们想以西部高山及邻近地区冰碛与非冰川沉积为例(图1,见12页),从砾石与碎屑矿物表面形态入手,研究其砾石表面形态和碎屑矿物在显微镜和扫描电镜下的表面微结构等特征,希望能对研究东部冰川与类冰川沉积作出微小的贡献。现仅根据野外观察和室内象片显示分别按堆积形态、漂砾、砾石表面形态,显微镜下碎屑矿物表面形态,和扫描电镜下石英砂微形态等方面进行初步研究,愿和从事冰川地质、地貌及第四纪沉积研究的同志们一起把这项研究工作推向前进。由于我们是初次尝试,水平有限,文中不妥之处,请批评指正。

一、冰川沉积与类冰川(泥石流、山崩、洪积等)

沉积的堆积形态特征

1、冰川沉积的堆积形态特征:

1) 冰川之终碛侧碛,因其来源较远,它一般具有流经途中的所有地面岩石成份,因而愈往下游其岩性愈复杂,特别是组成终碛的岩石成份最复杂。

2) 冰川侧碛形成时代愈新则它与山坡之间,特别是晚更新世的侧碛垅与山坡之间一般存在着反向坡,或边缘沟槽的遗迹。

3) 冰川之终碛垅,一般呈弧形垅岗、或丘陵起伏的舌状垅岗。

4) 终碛垅与外围冰水扇形平原之间,沉积物粒度组成和磨圆度有突变,即冰川沉积与冰水沉积的分带现象明显。

2、泥石流的堆积形态:

1) 泥石流的岩石成份与物质供给区的山坡堆积物的岩性成份一致。

2) 泥石流沟下段堆积区如为多次堆积而成,则具有放射状的密集的或稀疏的泥石流堤垅,形如爪状或扇状,泥石流岩块堆积的末端有泥石流龙头(即与前沿下部堆积物呈陡坎过渡形式)。

3、山崩堆积形态

1) 山崩堆积如大量崩塌入河谷, 可以堵塞江河形成堤坝, 但其组成物质均来自山坡, 岩性单一。

2) 崩塌体所在的山谷两侧山坡不对称, 崩塌体一般不具备冰川舌形状或与主谷流向垂直的多级式的弧形的垅岗。

4、洪积扇形堆积形态

山口外洪积扇的岩性与供给区岩性一致, 一般组成物质有从扇顶向下逐步由粗变细的过渡现象, 其间无突变现象。而是一个扇形的倾斜平原。

二、砾石形态特征

1、山崩堆积的岩块虽大小不一, 但砾石均为棱角状, 冰碛砾石大小混杂虽与泥石流堆积组成相似, 但冰碛中具有特殊的漂砾如同一漂石, 其嵌入冰层中的一侧为原始岩块, 呈棱角状, 断口, 而裸露在外的部分却被磨光, 并在磨光面上有成组的擦痕。

2、松散沉积物中之畸形怪石, 并不都是冰川沉积所特有, 其他地质构造运动也可使岩层造成多种多样的变形, 而冰川的巨大力量使冰层中的石块发生变形的现象, 我们在西部冰川作用区很少发现, 是值得以后注意的问题。

3、擦痕:

冰川、洪积与泥石流堆积物中的某些砾石表面均能形成擦痕, 它们之间系统的严格的区别至今尚未研究清楚。一般情况它们之间仍有差别, 冰川漂砾上之擦痕比较深而粗, 其边界比较光滑, 如砾石发生多次位移在砾石各磨蚀面上具有2—3组以上的交叉状擦痕, 擦痕形状有细长而深的、绳形的、微弯曲的、扫帚形的、钉字形的等等。

泥石流的巨砾或砾石表面之擦痕, 是在砾石运移过程中互相碰击推挤造成, 因其受力方向多变, 受力时间短促, 是阵性或突然受力刻划或撞击而成的, 其擦痕多为浅而细, 不光滑的刻纹和打击斑痕。

4、冰川漂砾表面常见有冰川造成的挖掘面(或磨蚀凹面), 有的形状成浅的下凹面, 但尚未见到深的凹坑, 但在镜下观察碎屑矿物, 其表确实存在有凹坑(见下)。

三、显微镜下碎屑矿物的形态特征

〈一〉凹坑:

不同时代不同成因的多种矿物和晶体上, 都可以出现凹坑。

1、第三纪地层中矿物表面的溶蚀凹坑。

天山托克逊县境鱼尔沟上新世洪积物单矿物表面, 以云母片和石英砂上的凹坑稍深, 普通辉石上的凹坑浅些。

西藏阿里扎达上新世——更新世初的湖相沉积物中, 普通辉石面上凹坑亦浅, 而锆英面上的凹坑有的浅, 有的很深, 呈U形, 其区别在于受湿热化溶蚀作用的强弱程度不同, 因而虽然同为锆英石, 但溶蚀作用非常悬殊。

2、第四纪冰川冻土沉积碎屑矿物上的溶蚀凹坑与压坑

青藏高原地区的冰川与冻土沉积中某些矿物上有凹坑。

川西竹庆盆地冰碛中的锆英石凹坑呈U形，而希夏邦马峰北坡的新冰期冰碛中锆英石凹坑呈浅凹状，其差别可能也是前者海拔低，后者海拔高，自然条件不同，冰川类型不同，前者湿热化程度高，冰川活动性强，后者受湿热化程度弱。我们主张深浅不同的凹坑是由于湿热化程度不同而引起，冰川压力作用大小所起作用可能不是主要原因。如同为希峰北坡、聂聂雄拉冰期的冰碛中板钛矿的凹坑比较深，因为它经历了长而炎热的加布拉间冰期湿热气候的影响，但需指出，青藏线风火山冻土砂中的石榴石表面之凹坑呈马蹄状，它显然不是冰川造成，也不是现代高寒气候下的产物，而可能是基岩风化壳中的砂粒再堆积而成，由于搬运距离近（砂粒为棱角状），故仍保留原生砂的外形。

3、风蚀凹坑（麻点）

带砂粒的风能将坚硬的石英砾石表面吹打成千疮百孔的畸形，如塔里木的一个风打石外形结构之美，真是天功雕刻，可见风之神功。风成砂表面，可以有麻点，也可以打成小而深的凹坑（如毛鸟素风成砂表面吹打成毛玻璃状，并具有小而深的风蚀凹坑）。

〈二〉 裂纹和擦痕

从黄河冲积之砂表面出现因撞击而成的星状放射形裂纹，可以看出坚硬的石英砂因受力方式不同能产生不同形状裂纹。在飞砂走石的大风中风砂碰撞可生裂纹；在寒冻机械风化作用下有冻胀裂纹，在泥石流撞击或冰川压力作用下产生压裂裂纹，但裂纹与冰川擦痕之区别如何，在显微镜下只能按砾石成因来加以区别，反之根据裂缝的形态组合也可推断其成因。冰川造成的擦痕细而长，比较直，有刻槽，刻槽在石英颗粒的某一平面。裂纹则不同有放射状（一点突然撞击），近于平行的（压裂），不规则状的裂缝（应力不均），弯曲状的（单向受力），裂缝走向多为贯穿了整个石英颗粒：

四、扫描电镜下石英砂表面的微结构

目前利用扫描电镜观察物质表面的微结构，从而研究固体物质在物理化学作用下发生的变化。这项研究工作在国内外，已被广泛应用于化工、土建、冶金等工矿部门和其他科研教学中D. H. 克林斯雷，J. C. 杜尔卡蒙曾专门对不同环境下的石英砂在扫描电镜下进行观察，得出了很有意义的结果，我们按照他们的操作规程对20多个不同成因，不同时代地层中的石英砂进行了整体和局部的微观结构观察，并在中国科学院动物所扫描电镜室李文浩同志的帮助下拍摄了扫描照片，从而得出了一系列不同成因，不同时代的石英砂的微结构特征。

〈一〉 冰川作用的石英砂

1) 冰川擦痕：D. H. 克林斯雷在扫描电镜下，未观察到石英砂表面有冰川擦痕，但我们对西藏冰碛石英砂逐级放大倍数，反复观察研究，发现在1000倍时，表面有平行排列的擦痕和弧形擦痕（拍片号3）再将该平行擦痕放大到3000倍观察，可见擦痕边界被磨光，擦痕脊上又有小的平行擦痕和刻蚀的小槽坑，这种平行擦痕与D. H. 克林斯雷所描述的平整的解理面是有区别的。

2) 磨光面: 西昆仑山冰碛砂放大1000倍时, 可见砂子表面被冰川磨蚀作用过的部分有磨光了的短的刻槽, 磨光的有小起伏的磨光面, 而未被磨蚀的部分有裂纹和参加参差不齐的粗糙面。

3、压溶凹坑: 系指在冰川强大压力下, 坚硬砂粒对较软岩石或晶面的某点加压, 高压下岩石表面或晶石溶蚀变形造成凹坑, 称压溶坑(或简称压凹), 它与化学溶蚀凹坑之区别在于: 压溶凹坑圆而光滑, 而溶蚀凹坑, 边界不整齐, 周边呈波浪状和W形, 西昆仑山冰碛砂表面边缘既有溶蚀凹坑, 亦有压溶凹坑, 凹坑内的均为再生的氧化硅薄层复盖, 但仍保留原始凹坑的形状。值得提出的是嘉黎麦地卡鼓丘冰碛砂表面放大1800倍观察在平整解理面上有几处凹坑, 圆形或次圆形, 其中一个较大的椭圆形凹坑中还有与凹坑形状一致的小晶体, 而晶体本身也被压裂成两段。

4、贝壳状断口, 由于冰川阵性突然运动, 可使冰层中的矿物相互碰撞, 形成贝壳状断口, 如阿里喀拉昆仑山的现代冰碛砂表面有明显的贝壳状断口。

5、平整的理解面, 在机械受力作用下, 石英砂出现平整解理面, 如阿里喀拉昆仑山的现代冰碛砂表面、高低解理面间呈现陡坎, 另外在昆仑山冰碛砂的解理薄片, 呈层状, 但经多次受力形成弧形的层状解理面, 而中部受力变形弯曲, 另外在平行的层状解理面中部受过刻蚀, 形成粗而微曲的直立刻槽, 槽中的再生氧化硅小粒也呈条状分布, 克林斯雷认为瑞士现代冰川砂表面变形的解理薄片是冰川作用的可靠证据, 我们所见则显示更为典型。

6、机械成因的V形痕: 冰川阵性运动, 矿物碰撞形成的V形坑槽, 以阿底斯山冰碛砂最为典型。

〈二〉泥石流作用的石英砂

1、泥石流砾石因在运动中, 被磨蚀, 砾石外形多为次棱角状, 如兰州泥石流砾石边缘, 凸起的尖锐棱角已被磨圆。

2、参差不齐的贝状断口与V形坑槽:

参差不齐的贝状断口以西昌汉罗沟泥石流砂子表面最明显, 在兰州泥石流砂粒表面可以看到V形坑槽。

3、擦痕和撞击坑与撞击裂纹, 在西昌泥石流砂粒表面有短的刻槽(擦痕)和V形、新月形的小撞击坑, 兰州泥石流石英砂上的撞击凹坑也参差不齐。

4、撞击的解理面:

在西昌泥石流石英砂表面可见破碎的解理薄片, 呈阶梯状。

〈三〉冲积洪积的石英砂

1、砂粒的外形: 常态河流冲积洪积的砂粒一般呈次圆状, 圆状, 表面光滑、干燥区季节性河流或干沟的洪积物为棱角或次棱角状。

2、撞击坑与坑槽, 在兰州黄河砂粒表面可见撞击的V形坑槽, 特点是V形坑槽周边内亦有尖锐之棱角, 表明非刻蚀作用, 而是撞击成因, 而撞击凹坑周围成参差状。

3、撞击裂纹与溶蚀凹坑

在天山鱼儿沟第三纪地层中的石英砂有裂纹, 在黄河砂的V形坑槽上侧有斜交的裂

纹,在鱼儿沟上新世洪积石英砂上有溶蚀凹坑,

〈四〉风成砂

1、砂粒外形,浑园状或次园状:

2、风蚀凹坑,内蒙风成砂表面呈蜂窝状的风蚀凹坑,因风砂吹打砾石表面,正向打击成园坑,侧向受吹打成长椭圆形。

结 束 语

本文参考了1979年第三届全国第四纪学术会议讨论课题,根据施雅风教授的意见而作的初步总结,特别是在扫描电镜新技术的使用方面国内有许多兄弟单位已开始使用,如北京大学地理系早已用于研究第四纪沉积与环境,我们只是初学,但从中也有一些新的发现,限于水平,未必都解释的十分正确,只提出初步看法和同志们商榷。我们的结论是:无论从堆积地貌形态、砾石特征、碎屑矿物表面形态和石英砂微结构看,冰川与类冰川沉积物既有某些相似性,也有其自身的特点,是可以综合考虑加以区别的,因此不能单以某一容易混同的标志来判断其成因,必须找出其独特的起决定因素的标志作为判断的主要依据。

我们综合对比研究后,初步认为下列几点可以作为区分冰川与类冰川沉积(砾石、碎屑矿物等)的参考标志。

1、冰川作用过的岩块(砾石)磨光面上有一组或多组交叉的冰川擦痕,刻槽边缘光滑,刻槽一般比较深;而泥石流堆积物中砾石表面的擦痕有的与冰川擦痕相似,而大多数刻痕浅而小,不规则,无定向排列。冰川泥石流擦痕则因砾石来源于冰积中故既有少数冰川擦痕,又有泥石流造成的擦痕。

2、冰川砾石上的压溶凹坑,周边光滑,而泥石流洪积冲积砂表面的撞击凹坑,周边成参差状,风蚀凹坑在风成砂表面密集,有的为磨点,在扫描电镜下为蜂窝状,有的为光滑小园坑(正面风蚀)有的凹坑一侧陡,一侧缓呈椭圆形(砂表面侧向受风砂打击而成,而各成因的化学风化溶蚀凹坑周边成波浪状或为W形,但也有光滑的下凹形。

3、裂缝或裂纹与擦痕不同,裂纹不规则,边界粗糙,一般横贯整个砾石或砂粒表面,擦痕周边光滑有的在表面某一部分,有的横贯整个表面。

4、冰川、泥石流、冲洪积都因受机械撞击形成V形痕,V形坑,平整的解理面,贝壳状断口,无特殊突出之点,但冰川砂上的变形解理薄片,因受稳定的定向的压力,可使之变弯曲,这是冰川作用过的证据,而类冰川砂表面多次撞击,解理面可受到破坏,成为破碎的解理面和参差状贝壳断口。

本文附有《冰川与非冰川砾石与矿物表面形态图版共4页》每张图片都有详细说明,是由许多同志协助完成的,它包括五部分,即:

I、冰碛与冰川泥石流堆积形态;

II、冰川侵蚀过的岩面和冰碛形态;

III、冰碛与非冰川沉积砾石表面形态对比;

VI、偏光显微镜下碎屑矿物表面形态;

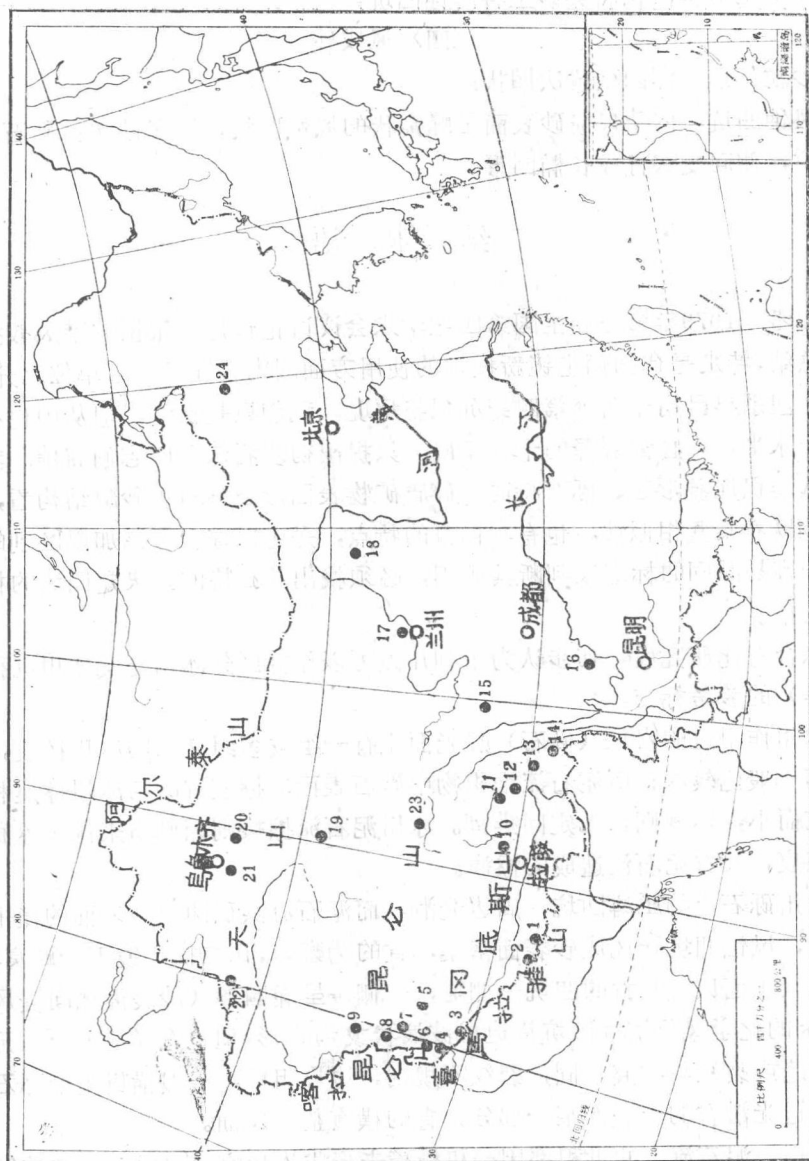


图1 冰碛与非冰川沉积样品位置略图

- | | |
|----------------------|--------------------|
| 1、珠穆朗马峰地区 | 2、希夏邦马峰地区 |
| 3、普兰地区 | 4、北达地区 |
| 5、冈仁布齐峰地区 | 6、阿伊拉山地区 |
| 7、阿陵山(嘎玉顶)地区 | 8、阿里喀拉昆仑山区 |
| 9、西昆仑山区 | 10、念青唐古拉山西段 |
| 11、嘉黎麦地卡盆地 | 12、易贡地区(若果冰川) |
| 13、波密地区(古乡、白玉、朱西沟) | 14、察隅地区(阿北冰川、拉古冰川) |
| 15、雀儿山地区(竹庆) | 16、西昌地区(汉罗沟泥石流) |
| 17、兰州地区(黄河沙、兰州泥石流) | 18、毛乌素沙漠 |
| 19、南疆地区(风雕石) | 20、托克逊(鱼儿沟) |
| 21、天山中部(乌河上游, 阿拉沟上游) | 22、托木尔峰地区 |
| 23、风火山冻土区 | 24、东北地区(舍利虎) |