

冰川沉积物成因确定的一种新方法^{*}

赵志中 丁原辰 钱 方 何培元 邵兆刚

(中国地质科学院地质力学研究所,北京)

摘 要 冰川沉积物的成因鉴定一直存在争论,尤其是体现在讨论第四纪冰川沉积物的成因确定问题方面,传统地质学从冰川沉积物的沉积学和地貌学特征方面来讨论其成因受到了挑战。本文试图从沉积砾石中寻找与冰川成因直接相关的应力信息,进而提出用砾石的声发射应力测量法确定其冰川成因的新认识。首先对现代冰川砾石进行声发射应力测量,将此测量值再与砾石所受的实际铅直应力值比较,研究显示二者对应很好,说明冰川砾石是能够记忆上覆冰层所造成的应力;其次,无争议的第四纪冰川砾石亦具有对应的应力记录;最后讨论有争议的庐山地区第四纪冰川沉积,研究揭示了砾石中存在对应于古冰川成因的历史应力,证实该区第四纪泥砾层为古冰川沉积。因此,砾石的声发射应力测量法是冰川沉积物成因确定的一种新方法。

关键词 声发射 应力测量 砾石 冰川成因确定

地质历史时期地球曾经历过 3 次大冰期^[1],地球发展到第四纪(2.4 百万年前)进入到最近一次大冰期时期,在此时期内存在着多次亚冰期 亚间冰期旋回,这些旋回成为第四纪冰川地质研究的一条主线。传统上对冰期沉积物成因的鉴定和分析是从沉积学、地貌学特征上加以综合研究,而不同成因的沉积物在沉积学和地貌学特征方面往往具有相近性和微差性,因此,常常造成冰川沉积物成因鉴定的多解性和不确定性,尤其在第四纪冰川沉积的成因研究中就更显突出。对某地区发育的砾石层是何种成因类型,往往引起不同学者的长期争论。

1 冰碛砾石成因研究的新认识

地质时期沉积了各种不同成因的砾石层,究其成因有冰碛砾石、河流砾石、湖相砾石、海滩砾石、泥石流砾石、滑坡及崩塌砾石等^[2]。上述诸多成因的砾石层不外乎在冰川、水动力和重力等动力作用下形成,依据不同的动力条件有其自身的特征。其中,冰碛物的形成机制有其独特之处,其搬运介质为冰川,而冰川是一种可塑性固体,它搬运的砾石往往承受了上覆冰层的重荷,这是有别于其它砾石运移过程的特别之处。冰川的运动和自身的负荷使下部砾石承受着铅直应力,如果通过某种应力测量手段测出砾石中保存对应的记忆应力,那么该砾石层就有可能属于冰川砾石层。

声发射应力测量是历史应力测量方法的一种,利用岩石的声发射现象推算出其所受的历史记忆应力^[3]。丁原辰等^[4]开展了以下实验研究,一个在恒温下施压 25 兆帕的岩芯经

^{*} 本研究得到部“九五”基础项目、部青年基金项目(编号 9610)及 1999 年部新上科技项目(编号 9909)资助。
第一作者:赵志中,男,1966 年生,副研究员,硕士,从事第四纪地质与环境研究,邮编:100081,电话:66121111,传真:66121111,电子邮箱:zhizhong@geology.cn

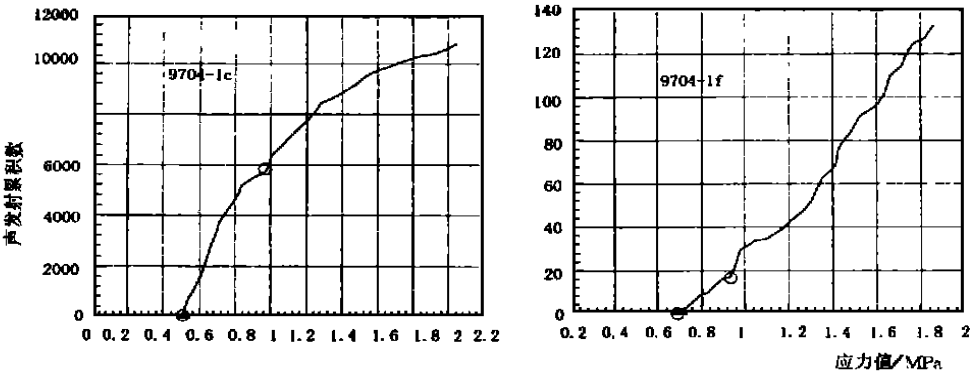


图 2 东昆仑山区望昆冰期冰碛砾石声发射累积数与外加压应力响应曲线图
图 2 望昆冰期冰碛砾石声发射累积数与外加压应力响应曲线图
发- 初压响应曲线 约- 复压响应曲线

值。说明砾石 槽卷应力测量判断成因的方法在无争议的古冰川砾石的成因研究中得到了很好的印证,为探索古冰川成因的一种可行的方法。

1.3 有成因争议的第四纪冰川砾石的槽卷法应力测量

现代冰川和无争议的古冰川砾石的槽卷法应力测量实验均获得了初步成功。中国东部的庐山地区发育了多套泥砾层,20 世纪 30 年代即为世人关注,李四光等通过从物源区—搬运通道—停积全过程的沉积学和地貌学特征分析,认为它们是发育于中低山地的第四纪冰川沉积,不同砾石层代表该区不同时期发育的 3 次冰期^[6,7]。施雅风等人一直从古雪线和沉积学分析等方面来否定其冰川成因^[8]。大半个世纪的多次争论未能取得一致意见,甚至国际上许多知名地质学家也存在 2 种截然不同的看法^[9,10]。研究中对庐山的观音桥、白石嘴、羊角岭、大校厂等地发育的砾石层进行了系统采样,做声发射应力测量实验(表 1),声发射响应曲线说明该区砾石层很好地显示了 1 槽卷左右的应力记录(图 3、图 4)。说明庐山地区的有争议的砾石具有相应的垂直应力记忆,为古冰川沉积。需要说明的是:①所采砾石样品均在剖面顶部 1~2 米内,排除了上覆第四纪沉积物造成的应力影响;②对砾石层物源区的基岩也作了槽卷应力测量实验,其应力值均大于 2.77 槽卷(表 1),排除了所测

表 1 庐山地区第四纪砾石及其母岩的声发射法应力测量结果概表
表 1 砾石及其母岩的声发射法应力测量结果概表

样 号	采样地点	岩 性	时代	砾石距地表 米	测样数量 个	试样大小 厘米	槽卷应力 平均值/槽卷
样 9601	观音桥	石英砂岩	惨	1	5	Φ50×100	0.95
样 9604	白石嘴	细砂岩	惨	1.5	4	Φ50×100	0.95
样 9605	白石嘴	石英砂岩	惨	2.5	9	Φ50×100	0.97
样 9606	大校厂	石英砂岩	惨	2	13	Φ50×100	1.02
样 9609	羊角岭	细砂岩	惨	2	5	Φ50×100	0.84
样 9610	羊角岭	砂 岩	惨	2	4	Φ50×100	0.92
样 9607	王家坡	细砂岩	搬	基岩	10	Φ30×60	2.77~4.75
样 9608	含鄱口	砂 岩	搬	基岩	4	Φ30×60	2.77~3.68

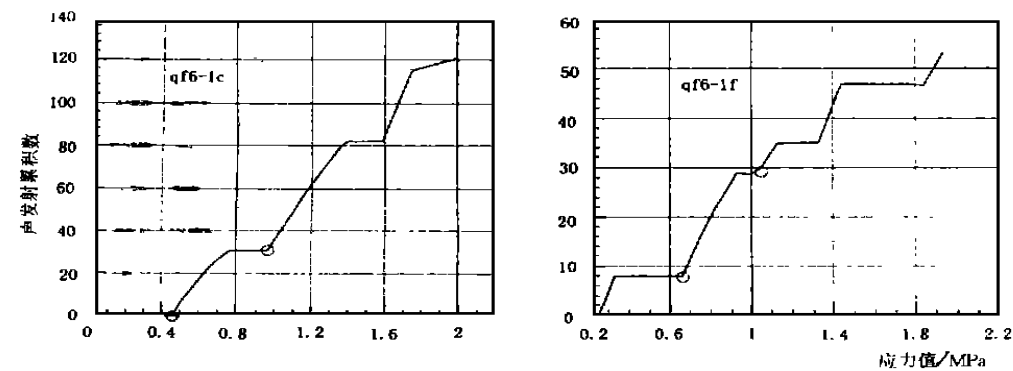


图 3 庐山地区大校厂处第四纪砾石的声发射累积数与外加压应力响应曲线图
图 3 增加应力值时声发射累积数随应力值变化的响应曲线图
a- 初压响应曲线 b- 复压响应曲线

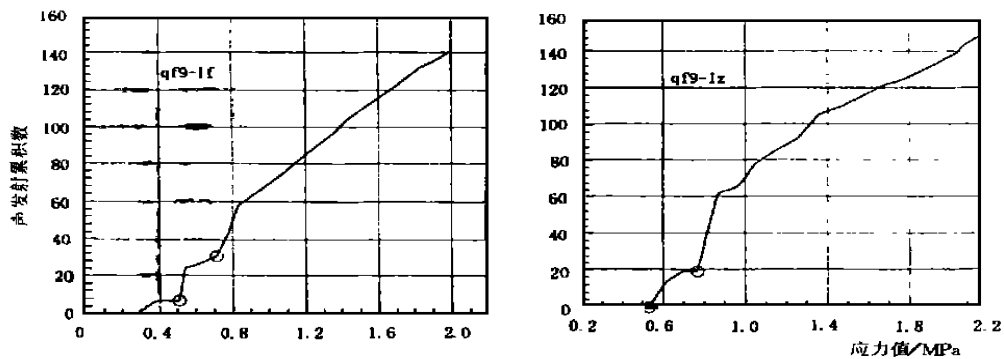


图 4 庐山地区羊角岭处第四纪砾石的声发射累积数与外加压应力响应曲线图
图 4 增加应力值时声发射累积数随应力值变化的响应曲线图
a- 复压响应曲线 b- 再压响应曲线

1 确定应力值为砾石层继承其母岩的应力记录的可能性。就目前实验研究来看,庐山地区有争议的砾石层是古冰川沉积而非其它成因。砾石的特殊应力测量能够作为古冰川成因确定的一种新方法。

2 讨论与结论

第四纪冰川研究旨在建立第四纪古气候演变的总框架^[11],第四纪冰川发育的时空分布特征一直为地质学家所关注,冰川成因研究是一项重要而基础的研究工作,多年来对冰川成因方面的争论促使了该方面研究的深入。

此项研究有 3 方面问题不容忽视:①首先是构造运动的应力与冰川重荷造成的应力如何区别;②砾石中记录的上覆厚层沉积物重荷造成的应力记忆问题;③热胀冷缩也会在砾石中造成热应力记录。针对第一个问题,大量实验数据表明,构造运动的应力与冰川重荷应力在量值上是能够区别的,二者不是同一个数量级的应力。而对于上覆沉积物重荷造成的应

