

56.5412
03316

中 国 地 质 科 学 院

地质力学研究所刊

第 1 号

5412

6

地 质 学 版 社

内 容 简 介

本期共辑录14篇文章,包括研究论文11篇,综合评述1篇,研究简报2篇,内容较广泛,有矿物变形、砾石及断裂带砾岩变形、地震地表变形、挽近地壳变形及地应力测量研究成果;有对超基性岩、金伯利岩成岩成矿作用及蒸发岩对铁矿形成意义的探讨;有地下水网络、热田构造分析以及石炭纪地层、构造—火山活动时期的研究;此外,还有根据国外资料对前寒武纪经向和纬向构造体系及其控矿作用的综合评述等。可供地质、地震、生产、科研、教学方面参考。

中国地质科学院
地质力学研究所所刊

第 1 号

地质力学研究所 编

*

地质部书刊编辑室编辑

责任编辑:刘建三 邢瑞珍

地质出版社出版

(北京西四)

地质印刷厂印刷

(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: $787 \times 1092^{1/16}$ · 印张: $11^{5/8}$ · 字数: 275,000

1982年2月北京第一版·1982年2月北京第一次印刷

印数1—2,430册·定价1.60元

统一书号: 15038·新727



发 刊 词

地质部地质力学研究所，是全国性地质力学专门研究机构之一，于1956年初成立（当时是“地质力学研究室”，1960年改为“地质力学研究所”），到现在已经有二十五年了，它和其他新研究机构一样，曾经常得到党和政府的关怀，得到各有关方面的支援。

地质力学研究所在党的领导下，由于全所同志的共同努力，开展了许多研究工作，在基本理论及生产实践方面，曾经作出一些成绩。建所之初，为了报导地质力学研究工作的成果和交流地质力学研究工作的方法与经验，在李四光同志的主持下于1959年编辑和出版了“地质力学论丛”等学术刊物。到现在已经出版了多期。

在实现我国科学技术现代化的新的历史时期，为了促进地质力学的更快发展，多出成果和人材，及时交流地质力学科研成果，地质力学研究所拟从1981年起编辑出版“中国地质科学院地质力学研究所所刊”。它是综合反映地质力学研究所科研成果的学术刊物。

“地质力学论丛”和“中国地质科学院地质力学研究所所刊”都是地质力学研究所主编的学术性刊物，是该所的两种机关刊物。

“中国地质科学院地质力学研究所所刊”的任务主要是报导在地质力学理论研究方面的重要科研成果；用地质力学理论、方法探讨解决我国地质找矿勘探和科研实际问题的研究报告或论文；地质力学实验研究成果的论文和简报，包括实验理论、方法、技术等；国内外有关这一学科的新方法、新成就以及发展状况，提出今后研究方向和课题的综述或专题评述；从总结生产实践经验中提出的地质力学理论问题的报告；以及有关这一学科的学术讨论、学术活动、学术讲座、书刊评价、会议报导等等。

这一刊物将按顺序连号出版，暂不定期，每期篇幅也暂不定，如遇某一方面的稿件较多，而又有一定的参考价值时，则可作为“地质力学研究所所刊”的专辑出版。

我们的业务水平不高，经验也很不够，诚恳地希望广大地质工作者对于本刊多提意见，多加支持，使它能够不断改进和~~提高~~~~在发展中~~和繁荣地质科学事业中起到积极的作用。

1981年6月

目 录

鲁黔滇三省部分地区下第三系红色砾岩中的砾石构造形迹及其成因探讨	孙殿卿 张国铎 王长利 (1)
断裂带里的显观砾岩和结构面力学性质的鉴定.....	韩克从 王学孟 (19)
根据地应力测量结果设计采场和巷道	中国地质科学院地质力学研究所 廖椿庭执笔 (37)
邢台地震地表变形现象初步分析.....	刘 迅 (48)
青藏高原格拉地段的晚近构造运动及隆起运动初探.....	易明初 (66)
哀牢山构造带的特征与超基性岩成岩成矿的关系.....	李尚淮 (80)
构造体系对金伯利岩形成和分布控制作用的初步探讨.....	李开善 (99)
大冶式铁矿床形成条件 ——蒸发岩对铁矿床形成的意义.....	蔡本俊 (110)
土耳其西南部安纳托利亚山字型西翼反射弧内侧地下水网络的探讨	胡海涛 许贵森 王瑞久 (119)
西藏羊八井热田的构造控制及热水的赋存运移特点.....	康文华 李德禄 白嘉启 (130)
秦岭石炭纪地层的变异与三分性.....	王国莲 (143)

综 述

试谈前寒武纪经向和纬向构造体系及其控矿作用.....	吴振寰 (151)
----------------------------	-----------

研究简报

重晶石的变形特征.....	地质力学研究所一室岩矿组 刘曼俐执笔 (170)
安徽庐枞地区构造-火山活动时期同位素地质年龄初步研究	孙家树 张振海 执笔 (177)

BULLETIN OF THE INSTITUTE OF GEOMECHANICS CHINESE ACADEMY OF GEOLOGICAL SCIENCES

No.1

CONTENTS

- Preliminary Study on the Structural Features of Gravels and Their Genesis in the Lower Tertiary Red Conglomerates in Shandong, Guizhou and Yunnan Provinces**
.....*Sun Dianqing, Zhang Guoduo and Wang Changli* (14)
- Megascopic Psephytes in Fracture Zones and Deformation of the Mechanical Nature of Structure Planes**
.....*Han Kecong and Wang Xuemeng* (32)
- Designing Stopes and Excavations Based on the Results of Ground Stress Measurements**.....*Liao Chunting et al.* (46)
- Land Deformations in the Xingtai Earthquake, 1966**.....*Liu Xun* (62)
- A Preliminary Study on the Neoid Tectono-structural Activity and the Uplifting Movement in Gela Area of the Qinghai-Xizang Plateau**.....*Yi Mingcu* (78)
- The Characteristics of the Ailaoshan Structural Belt and Its Relationship with Diagenesis and Metallogenesis of the Basic and Ultrabasic Rocks**.....*Li Shanghuai* (95)
- Preliminary Study on the Control of the Formation and Distribution of Kimberite by Structural Systems**.....*Li Kaishan* (109)
- The Conditions for the Formation of Iron Ore Deposits of Daye Type—Significance of Evaporite Beds for the Formation of Iron Ore Deposits**.....*Cai Benjun* (118)
- A Preliminary Study on the Ground Water Network in the Inside Part of the Western Arc of the Antalya Epsilon-type Structure, Southwestern Turkey**.....*Hu Haitao, Xu Guisen and Wang Ruijin* (129)
- Characteristics of the Structural Control and the Location and Migration of Thermal Water of the Yangbajing Geothermal Field, Xizang (Tibet)**.....*Kang Wenhua, Li Delu and Bai Jiaqi* (141)
- On the Variation and Threefold Division of the Carboniferous Strata in the Qinling Mountains**.....*Wang Guolian* (150)
- Summarization**
- Preliminary Studies of Precambrian Latitudinal and Meridional Structural Systems and Their Ore-Controlling Role.....*Wu Zhenhuan* (168)
- Research Notes**
- The Characteristics of Deformed Barite.....*Liu Manli et al.* (173)
- A Preliminary Study of Isotopic Dating of the Tecto-Volcanic Activity in Lu-Zhong Area of Anhui Province
 *Sun Jiashu and Zhang Zhenhai* (183)

鲁、黔、滇三省部分地区 下第三系红色砾岩中的砾石构造形迹 及其成因探讨

孙殿卿 张国铎 王长利

砾石构造形迹是指发生在各种砾岩中砾石上的擦痕、压坑、裂隙、弯曲……等一系列构造现象。研究砾石构造形迹是一个与野外地质、同时又与岩石力学有关的重要问题。就已掌握的资料看,近年来国外有人^①对砾石上的裂隙类型和成因提出了较新见解;国内,多限于报导第四纪冰川沉积物中的砾石构造形迹^[1,2,3,4],并认为这些构造形迹是产生在搬运过程,或者是在冰层重压下产生的。关于下第三系砾石构造形迹的论述尚未见于文献。

笔者等认为,砾石构造形迹可能是一个比较普遍的现象,并不限于第四系,也不只限于冰川、洪水及泥石流等沉积物中,实际的成因因素很复杂。据我们野外所见,已有第四纪、第三纪、三叠纪及二叠纪等四个时代的陆相和海相地层中的沉积物,成因也不尽相同,但与搬运过程中产生的擦痕等形迹有明显差别,可能是产生在沉积以后,与上覆地层的长期重力作用或当地的断层、褶皱作用有关。因此,砾石构造形迹为探讨岩石力学性质提供了良好的天然证据,在研究岩石长期受力情况下的弹塑性表象、松弛和蠕变现象等疑难问题时,它将具有一定的意义。在这一方面,国内唯有李四光教授^[5]做过精辟论述。

本文将侧重讨论我们所调查过的山东、贵州、云南三省下第三系中的砾石构造形迹,对其成因问题提出几点粗浅看法,以供参考。

一、下第三系地层概述

山东下第三系^[6]因沉积部位不同岩相多有变化,并被分别赋予不同名称。我们所研究的地层主要分布在鲁西地区的莱芜、新泰及平邑三个盆地之中(图1),通称为官庄组(E_2-3g)^②,该组属始新统至渐新统,一般认为缺失古新统。总厚度为1545—2386米。

官庄组于三个盆地中常具三分特点,据此可由下而上划作三个岩性段:

① 参看成都地质学院所编《国外地质》(78—2, 57—62页)。

② 关于官庄组的叙述,主要依据文献[6],并按笔者观察作过修改。

二、砾石构造形迹的分类

在砾岩中,由于种种原因,砾石表面可以生成擦痕、擦坑、压坑、磨光面等构造形迹,砾石整体也可产生弯曲、扭曲、裂隙及多面体等构造形迹。这里将以上二者统称为砾石构造形迹,简称砾石构造。

上述三省下第三系中,砾石构造主要发生在灰岩砾石上,其它成分砾石上少见,现分类叙述如下。

1、擦痕

擦痕是一种最主要的砾石构造。它的展布形态不完全一致,常见的有以下几种。

a) 直线平行擦痕: 此类占绝对多数,常出现在较平坦的砾石表面,各条擦痕大致呈直线状且相互平行或近似平行(图版 I—1)①。

b) 弧形平行擦痕: 各擦痕间呈缓慢的弧形弯曲状排列,相互间近似平行(图版 I—2)。具有这种擦痕的砾石表面也较平坦。

c) 放射擦痕: 多发生于球度较高的砾石表面,各条擦痕相互不平行,而是从一个收敛端向另一端呈扇形撒开(图版 I—3),从一个中心向四面八方放射的擦痕极少。

d) 曲折擦痕: 在一系列直线状或弧形擦痕之中偶见个别擦痕呈曲折状,表明局部运动变化频繁。这种现象常出现在凸凹不平的砾石表面,有时与多组擦痕共生(图 3)。

e) 多组擦痕: 大多数砾石在一个面上只有一组擦痕(放射擦痕也算一组),但也有少数为两组或多组共存者(图 3);各组间或彼此分离或相互交切,交切者常能分辨其生成的先后顺序。

f) 多层擦痕及多阶擦痕: 通常擦面仅有一层,但已发现部分砾石具多层擦面,因而擦痕也是多层的(图版 I—4)。另外,有的擦痕面呈阶梯状,具明显的阶步,则擦痕便是多阶的。这两种现象与在一般断层擦面上所见到的同类现象极相似。

擦痕的长度虽不相同,但三省所见,普通都在 0.5—2 厘米左右,而曲折擦痕有时较长。

擦痕的宽度是由刻划物大小决定的,故相差悬殊,由 0.2 毫米至 1 厘米宽者都有,以 0.5—2 毫米者居多。

擦痕的分布密度常与擦痕的宽度有关,一般是宽度愈大愈稀疏,宽度愈小愈密集,但以密集者居多。采自云南宣威鸭子矿的一块砾石上的擦痕纤细而密集,测量结果为每毫米内平均有 6 条擦痕(图版 I—5)。

2、擦坑

发生在砾石表面的擦坑一般呈椭圆形(图版 I—6),长度与普通擦痕接近,深度为



图 3 多组擦痕素描,其中一部分擦痕呈曲折状。砾石长 50 厘米
(山东奥林)

① 本文的文字、照片及插图中的砾石成分,凡未加说明者均为石灰岩。

数毫米至2厘米,宽度远大于擦痕。在坑内常有清晰的擦痕,痕的延伸方向与坑的长轴一致。可见擦坑实质上只是擦痕的一种特殊形式,有时两者还表现为过渡关系。

3、镶嵌或压坑

一个砾石被压入另一砾石之中又牢固地胶结在一起便成为典型的镶嵌构造(图版I—7),一旦压入的砾石被风化剥蚀掉则暴露出压坑(图版I—8)。在胶结松散的砾岩中,若将压入砾石取下,可直接观察到压坑的完整形象。其形态多近于圆形或不规则状。它与擦坑的主要区别在于坑内无擦痕,而有时不易分辨。

4、磨光面

磨光面是砾石在岩层中与它周围物质彼此磨擦过程产生的,其外观光亮如镜,并常有一层氧化铁薄膜,多见于硬度较大的砾石表面。

5、弯曲

一个较薄又较长的砾石,在其ab面(扁平面)上若有另一个或几个紧密相邻的砾石作为支点,当受挤压作用时最易形成背斜状弯曲(图版I—9),有时于“背斜”顶部产生横向张裂隙。如果砾石是圆饼状的,则形成穹窿状弯曲。

6、扭曲

扭曲是砾石遭受不均衡挤压时而产生的剪切力所造成的一种构造形迹——砾石被扭成麻花状(图版II—1)。

7、裂隙

裂隙有张性和扭性两种。发育在弯曲砾石“背斜”顶部的张裂隙最多见,通常只有一条,位于弯曲最大处(图7)。在穹窿状弯曲砾石的凸面往往形成若干条放射状或龟纹状的张裂隙(图版II—2)。

在三省下第三系砾石上所见的典型扭裂隙不多,并常在后来的变动中演化为张裂隙同时被胶结物所充填(图版II—3)。

三、砾石构造的分区叙述

(一) 鲁西地区

山东西部下第三系官庄组的下段和上段砾岩层较多,故砾石构造多出现在这两个层位,并以下段为主,上段次之,中段极少见。但同一层位于不同地点砾石构造的发育程度不尽相同,仅据野外初步观察,平邑盆地仲村以西经泗水至曲阜一线砾石构造现象最普遍、发育程度最高,仲村以东则发育不良,仅见一些压坑和少数不太明显的擦痕。

新泰盆地中砾石构造亦发育不良,与仲村以东情况类似,在新泰至蒙阴一带曾零星发现一些压坑和擦痕。

莱芜盆地下第三系以中段的泥岩和砂岩为主,莱芜县以东百咀红村旁有下段出露,其中有两层胶结松散的砾岩,砾石上的擦痕、压坑、张裂隙等较发育,其余钙质胶结的砾岩中未见明显砾石构造。

以下将以平邑盆地泗水县泉林观察点这一典型地区为代表进行叙述。

泉林露头位于当地铁厂北旁公路两侧。地层属下第三系下段，其下部为紫红色细砂岩，未见底。在泉林以西黄阴集等地见最底部砾岩分别与石炭系、奥陶系灰岩呈不整合接触。其上部为紫红色砾岩，与下部砂岩之间有一侵蚀面（图4）。砾岩由于砾石直径大小不同而有粗细之分，各单层有时呈透镜状，局部具交错层理。出露厚度共30米。

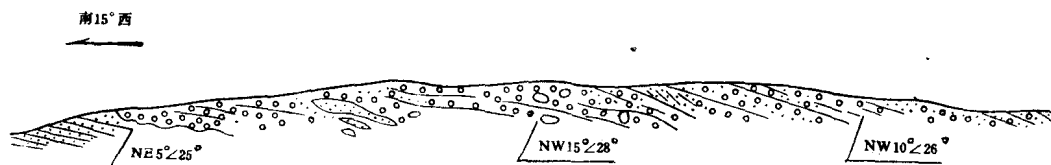


图 4 泉林铁厂北旁公路西侧下第三系下段地层剖面图 (1:400)

砾岩的砾石成分以古生界石灰岩为主，其体积约占砾石总体积的90%，此外还有少量太古界的片麻岩以及不同时代的燧石、石英、赤铁矿、砂岩、火成岩等。各单层分选程度不同，由中等至很低。胶结物为紫红色泥质，较松散。

砾石直径相差悬殊，长径由数毫米至120厘米。5厘米以上者灰岩砾石占绝大多数；10厘米以上者几乎全是灰岩砾石；2厘米以下者仍以灰岩砾石居多，但燧石、赤铁矿等砾石基本都在此砾级中。这种情况对于灰岩砾石构造特别是擦痕的形成具有重要意义。

各单层中砾石磨圆度不同，砾石可呈浑圆状、半浑圆状、棱角状或次棱角状。多数砾石具明显的ab面，但也有一部分球度较高，近于圆球状或椭球状。

经实地观察和产状测量统计（图5），表明砾石具一定程度的定向排列。ab面极点在施密特网上投影虽然形成几个分散的极密区从而显示其产状多变，但均向东北或北西倾斜却是一个突出的特点。据各极密点求出的砾石产状加权平均值分别为：I号测量点 $NE2^\circ \angle 39^\circ$ （此点地层产状 $NE32^\circ \angle 23^\circ$ ），II号测量点 $NE46^\circ \angle 20^\circ$ （此点地层产状 $NE5^\circ \angle 17^\circ$ ）。这两个点处于不同层位。

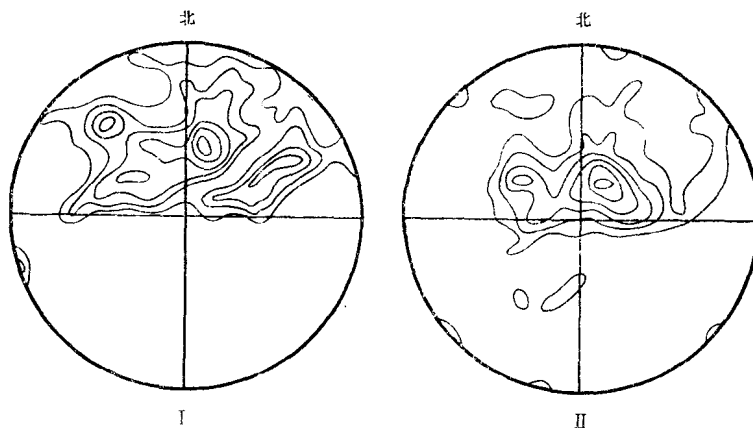


图 5 砾石ab面极点投影图

（I、II是测量点编号）

泉林观察点的砾石构造发育良好，尤以擦痕为最，分述如下。

1、擦痕

反复观察结果证实,擦痕是由较小的砾石、砂粒或大砾石的尖端及棱角刻划而成。灰岩砾石之间可互相刻划,赤铁矿、燧石、石英等硬度较高的砂粒和小砾石更易刻划灰岩砾石,故该地擦痕比其它各地特别发育,以致几乎每块灰岩砾石上都有擦痕,而且常可直接见到擦痕与刻划物的对应关系。擦痕长度多在1厘米左右,一般相差不大。

最值得注意的是,擦痕具有四种定向特征。第一,绝大部分擦痕是一头窄而逐渐向另一头变宽,亦即都有一个细端和一个粗端,整体呈丁字形。并且

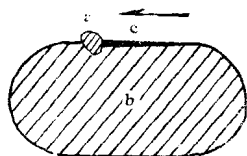


图6 典型擦痕纵断面模式图

a—刻划物; b—被刻划砾石; c—擦痕; 箭头—a的运动方向

细端痕浅、粗端痕深,当仔细观察所剥露的砾石新鲜面时,常能发现痕的粗端尚残留着刻划物,多为各种砂粒。这表明刻划物是从细端(首端)开始向粗端(尾端)运动的,随运动的进展痕逐渐加宽、加深,最后便嵌入于粗端(图6)。若擦面上同时具有阶步,则阶步与痕所示运动方向一致。

第二,大多数同一砾石表面仅有一组直线平行擦痕或扇形放射擦痕,各条痕的首尾两端定向相同,即指示同一面上刻划物的

运动方向是一致的。

第三,大多数同一块砾石正反两个对应面上的擦痕也是平行的,但首尾两端定向却相反,说明两个面上刻划物运动方向也相反(图版II—4)。

第四,大多数砾石均向北东或北西倾斜,因而砾石上的擦痕在地层中大致也定向。砾石上(正)面痕的尾端在下方,刻划物向下运动,下(反)面的情况正相反。曾在这里进行统计,即不加选择地依序剥露174块砾石的上下两个面观察,其中符合上述规律者159块,占91%,不符者仅15块。

2、擦坑

擦坑也很发育,数量仅次于擦痕,也是一种具指示性的构造形迹。

擦坑的刻划物远大于擦痕的刻划物;常能看出坑的首端浅、尾端深的特征,尾端有时具白色方解石薄壳;坑内有擦痕,是由夹于两个砾石间的砂粒刻划而成的,痕和坑的首尾端定向一致;坑与痕长度近似,深度为数毫米,很少达到1厘米,宽度一般在0.5—3厘米间。

关于擦坑尾端的方解石薄壳,我们认为可能是在两个砾石相对运动时,由于摩擦和挤压作用而造成的碳酸钙重结晶现象,即相当于所谓固体重结晶或压溶现象。薄壳本来遍及整个坑中,但很容易被水溶蚀,全部残留者较少,唯独在尾端因刻划物掩护而容易保存至今。

总之,因擦坑在地层里首、尾端定向方式与擦痕一致,故从运动方向看二者意义相同。

3、镶嵌或压坑

此地压坑形状多呈不规则状,深度为数毫米。坑内无擦痕也无首尾两端之分,表明压入砾石沿被压砾石间无刻划作用。坑内往往也有一层白色方解石薄壳,壳的最大厚度2毫米(图版II—5)。

因压坑深度小、胶结松散,当砾石离开地层时镶嵌现象难以保留,图版II—6是经人

工恢复原状的镶嵌实例。

4、磨光面

磨光面主要发生在直径为 2 厘米以下的石英、燧石及赤铁矿等成分的砾石上，其表面常具高价氧化铁薄膜，可能与受磨擦时产生的高温作用有关。

5、弯曲

以背斜状弯曲最常见。弯曲砾石的凹面一般都有另一个作为支点的砾石，其受力状况与梁弯曲或岩层褶皱的情况类似，因此，在“背斜”顶部张应力集中处有时形成张裂隙（图7）。

弯曲砾石长径多在 5 厘米以下，曲度不大，按测量结果曲率半径在 2—7 厘米间，凹面半径有时略小于凸面半径，这显然是塑性形变的特点。

必须指出，“背斜”顶部张裂隙的形成并不完全决定于曲率半径的大小，很可能还与砾石的岩性（同是灰岩但岩性亦有差异）以及各种边界条件有关。

6、扭曲

砾石被扭成麻花状的扭曲现象不太发育，图版 II—1 是少数实例之一

7、裂隙

出现在背斜状弯曲顶部的张裂隙最多，穹窿状弯曲凸面的张裂隙次之，扭裂隙较少。

泉林露头点在构造上处于一条逆断层的下盘（南盘）。该断层在泉林东北面贺庄水库南侧因水利工程而被揭露出来，其下盘以下第三系下段紫红至砖红色砂岩为主，仅在断面近旁有一薄层砾岩，已很破碎；上盘为中石炭系灰岩，由北而南逆冲。断面向北倾斜，倾角 35° ，总体沿西北西方向延伸，大部为浮土掩盖，据上下盘地层零星出露情况判断，已延至泗水以西。由泉林直至曲阜一线南侧下第三系中砾石构造均较发育，并都位于这条断层的下盘。

（二）黔西地区

贵州黔西地区的下第三系虽在多处出露，但目前已知有砾石构造者只有清镇、石脑及惠水盆地等三处，其它各地尚未调查。

1. 清镇观察点

清镇观察点位于该县姬昌桥之东约 1 公里处，是铁路两旁人工露头（图 8）。底部为一层石灰质角砾岩，各处厚度不等，一般为 4 米左右，局部达 10 余米，与下伏三叠系灰岩呈不整合接触；其上为石灰质砾岩，保存厚度约 12 米，与底部角砾岩之间有一不太明显的侵蚀面。岩层整体为一平缓的向斜状，两翼倾角 $8^\circ—15^\circ$ ，轴部仅为 $0^\circ—5^\circ$ 。在露头清晰处可见到一系列断距很小的高角度正断层将岩层切开。

上部砾岩中的砾石成分以下二叠系茅口灰岩为主，有的含鲕化石或具豆状结构，其次尚有少量石英和砂岩等。砾径多为 1—30 厘米，小于 4 厘米者所占体积很小，大于 30 厘米者少见，最大砾径达 45 厘米。磨圆度中等至较高，而球度高者很少。砾石有定向排列，但不

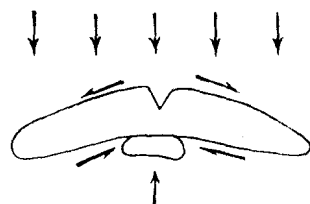


图 7 一个呈背斜状弯曲的砾石素描及其受力状况解析
其凹面有一个作为支点的小砾石，凸面有一个张裂隙；箭头示外力，半箭头示应力。

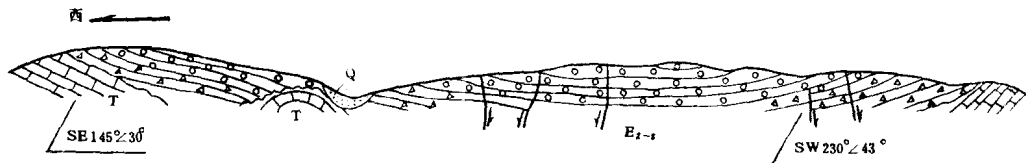


图 8 清镇姬昌桥铁路北侧下第三系露头素描

下第三系 (E_{2-3}) 与三叠系 (T) 呈不整合接触, Q 为第四系, 剖面长 300 米

显著。胶结物为紫红色钙泥质, 致密而较坚硬。

砾岩中砾石构造很发育, 其中以镶嵌构造最普遍。在一个较大的灰岩砾石上, 往往可见有几个乃至几百个长径由数毫米至 2 厘米的灰岩及其它成分的小砾石压入其中, 并牢固地镶嵌在一起 (图版 II-7)。镶嵌的砾石自然剥落后露出的压坑深度常大于其它各地所见, 已知最大深度为 2 厘米左右。在人工切面上能看出压入砾石周缘有一层被同时压入的紫红色胶结物或重结晶方解石薄膜 (图版 III-1)。个别压坑中伴有张裂隙, 而绝大多数未见裂隙。

此地砾石上的擦痕和擦坑发育良好, 但次于山东泉林, 因胶结致密, 擦痕在地层中产状尚不清楚, 但其它定向性与泉林的完全相同。

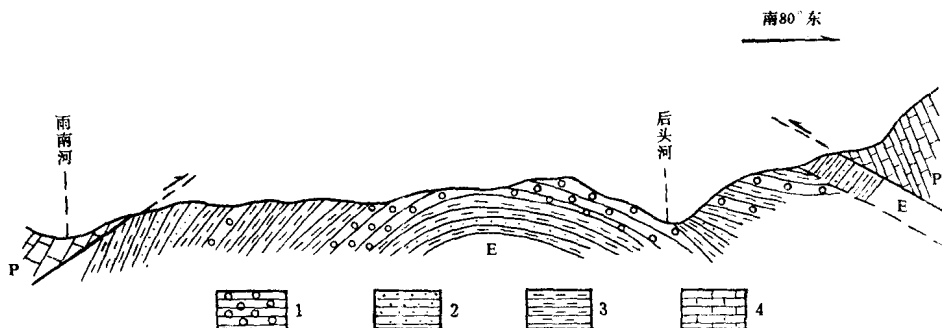
弯曲、扭曲和张裂隙少见, 扭裂隙比泉林稍多。

底部角砾岩中也有砾石构造, 只是发育程度很差。

2. 石脑观察点

该点在盘县石脑附近。这里的下第三系^①紫红色泥岩较多, 夹灰色泥岩、砂岩及紫色砾岩。砾岩中砾石也以灰岩成分为主, 磨圆度低, 次棱角状者含量不少, 局部过渡为角砾岩。胶结物为钙泥质或泥质。这套岩层整体为一背斜构造 (图 9); 东翼在后头河一带被断层所切, 下二叠系茅口灰岩向西逆冲于其上; 西翼在雨南河旁被另一条逆断层所切, 断层上盘为上二叠系灰岩。看来这个背斜和两条相对逆冲的断层是在同一次运动 (喜山运动) 中形成的。

砾岩中的砾石构造以擦痕为主兼有少数压坑、擦坑和裂隙。擦痕的一般定向性也与山

图 9 石脑附近雨南河至后头河以东地质构造剖面草图^②

1—砾岩; 2—砂岩; 3—泥岩; 4—灰岩, 剖面长约 1500 米

① 在文献〔7〕中, 平关 (包括石脑在内) 一带的红色岩层被划为上第三系, 据与滇东上村观察点对比, 本文中暂作下第三系。

② 这幅草图曾参照毕坤所赠未刊资料作过局部修改。

东泉林的相同 (图版Ⅲ—2), 但因露头条件所限, 不易确定它们在地层中的产状, 唯在后头河西岸即背斜东翼发现局部露头上的砾石ab面及擦痕产状与地层产状近似, 砾石上面擦痕尾端在上, 下面擦痕尾端在下, 所示刻划物运动方向正与泉林的相反。

此外, 于惠水盆地北段水泥厂附近, 下第三系石灰质砾岩中也发现有擦痕及压坑等砾石构造, 发育程度较差。

(三) 滇东地区

在宣威南面铁路东侧上村一带的红色盆地中, 下第三系岩性与黔西石脑一带相似。上村水库以西的剖面可作代表 (图10), 紫红色泥岩较多, 偶夹粉砂岩, 底部及中部有角砾岩。底部角砾岩与下伏二叠系灰岩、砂岩、页岩等呈不整合接触。

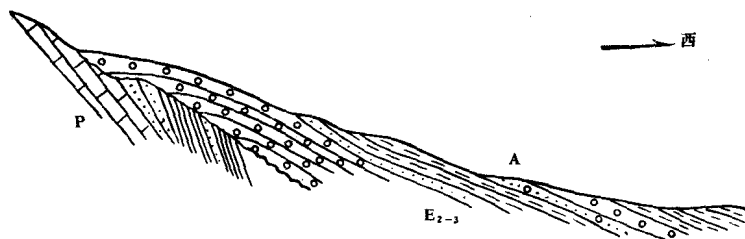


图 10 上村水库以西地层剖面草图

P—二叠系; E₂₋₃—下第三系; A—小巨犀牙齿化石发现地点; 剖面长约1000米

角砾岩在底部为层状, 中部为透镜状。砾石以灰岩成分为主, 约占95%, 石英岩、砂岩、燧石等成分约占5%; 多为棱角状至次棱角状, 少数为浑圆状; 砾径一般在3—30厘米间, 最大达70厘米; 钙泥质胶结, 比较致密, 局部泥质含量多、胶结松散。

砾石构造以裂隙最为发育, 擦痕及压坑极少。裂隙构造主要集中在底部角砾岩中, 在许多灰岩砾石上都有扭裂隙及一部分张裂隙。扭裂隙一般只有一组发育, 沿裂面有明显错动, 而另一组短小、错动不明显; 裂面并不都象通常所见的那样平直、光滑, 而常显波状 (图版Ⅲ—3)。

该地的裂隙如此发育, 也许与砾石的来源有关。这里角砾岩应属于坡积和残积物。从岩性看, 砾石的母岩就是当地扭裂隙十分发育的二叠系灰岩, 因未经长距离搬运, 故裂隙保存完好并在成岩后的变动中得以加强, 有的砾石还由于变弯致使裂隙复杂化 (图版Ⅲ—4)。在这种场合, 裂隙于地层中应毫无定向, 这一估计正与实际观察相符。

在上村水库剖面南面的鸭子塘村旁, 见底部角砾岩向西北西方向高角度倾斜, 倾角在60°—80°间, 局部直立。其东侧的二叠系灰岩、砂岩及页岩也向西高角度倾斜, 在两种地层邻近处为浮土掩盖, 从产状判断二者为逆断层接触。此处角砾岩中砾石擦痕较发育, 也有明显的定向特点。

四、砾石构造形迹成因探讨

砾石构造的成因因素是个复杂的问题, 在很大程度上与岩石力学范畴紧密相关, 因此,

在缺乏大量资料又无广泛研究基础的时候,若想得出结论性的意见是不可能的。本文只想通过野外观察和初步的实验进行必要的讨论。

根据前述擦痕(包括擦坑在内)的四种定向,尤其在地层中刻划物运动方向的定向以及多数擦痕在砾石上密集分布的特点,可以确认擦痕的产生时间一定是在地层形成之后,而不是发生在沉积物的搬运过程。所以这种擦痕可与冰川、泥石流以及洪水流行时形成的砾石擦痕相区别,因为后者通常不具备那样严格的定向性,尤其不会在地层中定向,而且多数擦痕也比较稀疏。其它除磨光面指示性较差外,如镶嵌、弯曲、裂隙等构造形迹也都很难解释成搬运过程的产物。因而我们认为形成砾石构造的主要原因在于岩层的重力作用和断层、褶皱发生时的构造作用。

1. 重力作用

岩层自身的重力是普遍存在的,在山东、贵州、云南三省所见,砾石构造最发育处皆在下第三系的下部,显然其所受重力作用大于中、上两部分。基于这两点事实,故先从重力作用进行分析。

极堪注意的是,一块砾石正、反两面的擦痕所示刻划物运动方向恰恰相反,说明是剪切运动的结果。如果在原始水平的地层里砾石本来具有一定的倾角,在重力作用下砾石将向着与倾向相反的方向旋转而减小倾角,各相邻砾石之间便会发生相对剪切运动,大小不同的砾石和细小的砂粒等相互摩擦、刻划,两面定向相反的擦痕可能就是在此过程产生的。

山东平邑盆地一带,一般认为无上第三系沉积,第四系总厚度虽有数百米,但分布零星且各地岩层不全,均可忽略不计。下第三系平均总厚度1965米,我们取含砾石较少的砾岩测得其比重为2.56,约可代表下第三系砾岩与砂岩等相混合的地层比重。按此数据计算,于老第三纪末下段砾岩所承担的平均压力则为503公斤/厘米²。

与重力作用的同时,温度在构造变形中的意义也不容忽视。但按一般地热增温率每下降100米温度增加3℃计,下段砾岩的温度只有59℃,并不算高。

还必须估计到,因砾石的形状和产状不同,在大砾石尖端、棱角及小砾石、砂粒与其它砾石的接触点上的压力将大于503公斤/厘米²,更因相互挤压、摩擦局部温度也将大于59℃。

以上是平邑盆地的数值,大致也能代表新泰和莱芜盆地的情况。对于贵州、云南各地,因下第三系岩层保存不全,厚度资料不宜使用,压力、温度数值只好与山东比较。

重力作用不但能形成擦痕也会形成压坑、弯曲及扭曲等典型塑性形变。从最普通的经验得知,如果在温度不太高的自由空间里经短时间施以足可变形的压力,这些灰岩砾石只能产生破裂而不可能产生显著的塑性形变。因此,只能认为这种塑性形变是在重力长期作用下的结果,而且这个过程是发生在具有一定围限压力的地层中。重力对下段地层的作用时间仅从老第三纪末算起大约为 25×10^6 年。而各地压坑的深度仅有数毫米至2厘米,几厘米长的砾石作背斜状弯曲的曲率半径为2—7厘米,即使擦痕的长度一般也只有1厘米左右,如再考虑到种种因素将上述时间减少一半,仍可看出变形速度之缓慢。

此外,下第三系砾岩多半具有不同程度的含水性,在变形过程中也会有一定的影响。

2. 断层及褶皱的构造作用

对比三省各地擦痕发育状况,可知同是在下第三系下部,砾石构造尤其擦痕发育较好

者多在逆断层下盘。其中以山东平邑盆地西段最发育，此处正位于一条规模较大的逆断层下盘，在断面近旁的擦痕宽度、深度、长度比远处的都大，最长者达10厘米(图版Ⅲ—5)，这是罕见的特例。云南鸭一塘及贵州石脑，砾石擦痕发育较好，也都位于逆断层下盘。唯清镇附近因露头有限，断层情况不详。据此推断，砾石构造的形成除与重力有关外，还可能与断层（特别是逆断层）作用有一定关系。

以泉林观察点为例，当断层上盘由北而南逆冲于砾岩层之上时，在断层的直接剪切作用下或由其引起的层间滑动作用下，也会使原来向北倾斜的砾石往倾向相反方向旋转，并导致各砾石间的相对剪切运动，从而在砾石的上下两面产生运动方向相反的擦痕。这与前述重力作用的效果是类似的。

我们曾经用模拟实验验证过这一推断（图11 a）。实验是用一系列倾斜而平行排列的水泥块代替天然的砾石，并将石英砂粒夹于各相邻水泥块的缝隙间，当施以剪切力同时伴有垂直压力时，水泥块便向着剪切力的作用方向亦即与倾向相反的方向旋转。若水泥块为右列，所施剪切力是反时针向，在旋转过程各水泥块之间便发生顺时针向的剪切运动。施力后观察砂粒在水泥块上刻划出的擦痕与泉林露头的实际现象有一定相似性。多数擦痕首端细、尾端粗，呈丁字形，水泥块上面擦痕尾端在下，示砂粒相对向下运动，下面情况与此相反（图11b、c）。

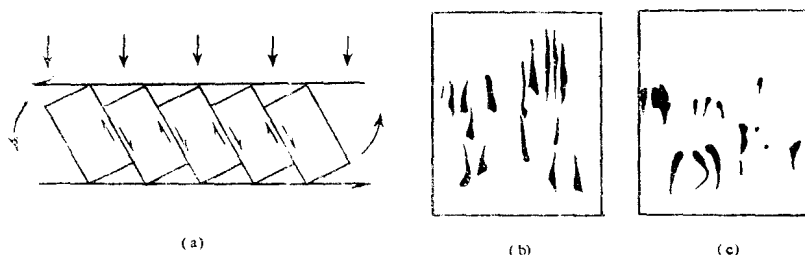


图 11 模拟实验及其结果

a 为实验示意图，长矢号示所施剪切力（相当于层间滑动），垂直矢号示压力，弯矢号示水泥块旋转方向，短矢号示相邻水泥块相对剪切运动方向；b 和 c 分别是同一个水泥块上下两面擦痕的素描

在实验中擦痕的成长规律亦即石英砂粒的相对运动规律应取决于多种因素，若只从几何角度看，水泥块长度及其原始倾角大小是主要因素。此长度和倾角愈大，成长速度亦愈大，这种关系可从图12中看出。以 XO 代表水平面， YO 垂直 XO ； AO 是两个水泥块之间缝隙长度的一半（即水泥块重叠部分长之半，等于 R ）， O 是这条缝隙的旋转中心； AO 对于 XO 的原始倾角为 α ， A 是一个砂粒的初始位置；作 AC 垂直于 XO ，当 AO 沿圆弧旋转过 β 角而到达 BO 时， BO 与 AC 交于 A' ，砂粒已从 A 运动到 A' ， BA' 即为擦痕长度（等于 L ）。则有

$$\cos(\alpha - \beta) = \frac{AO \cos \alpha}{AO - BA'}$$

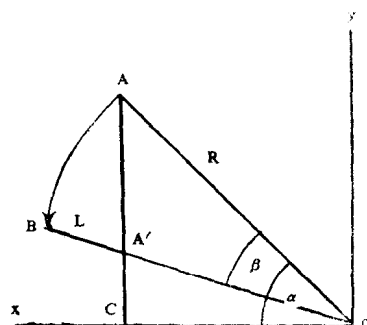


图 12 擦痕成长规律解析图

$$\cos(\alpha - \beta) = \frac{R \cos \alpha}{R - L}$$

$$L = R - \frac{R \cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)}$$

假如 R 取 6 厘米、 α 取 45° ，若使擦痕长 L 为 1 厘米，旋转角 β 仅须 $13^\circ 05'$ ；其它条件相同的情况下， α 取 35° ， β 即为 $34^\circ 25'$ ； α 取 30° ，则擦痕不能达到 1 厘米长。这种规律在自然界里是有实际意义的。根据沉积砾岩的一般特点，我们没理由设想多数砾石的原始倾角会大于 45° ，而砾石的半长轴以 1—8 厘米者居多，故擦痕长度一般不超过 1 厘米很多，常在数毫米至 1 厘米间变化。大于 2 厘米的擦痕多发生在大砾石上。至于个别长达 10 厘米者皆位于断面近旁，显然与断层直接作用有关，与由断层引起的层间滑动造成的擦痕不同。因此，可认为按上式所作计算及理论分析结果与野外实际大体相符。

须要说明，在实验之所以有一个附加的垂直压力，这是因为水泥块在不断旋转并减小倾角，其垂直高度也在降低，如无垂直压力使实验装置与其同步降低就无法施加剪切力。这个垂直压力即相当于地层中的重力。

这里的实验是就断层引起的层间滑动与重力联合作用而提出的，其实也实用于单纯重力作用的场合。曾将实验中的剪切力去掉而仅用较大的垂直压力，结果水泥块同样发生旋转并产生擦痕。

我们还注意过某些下第三系与古老地层呈正断层接触时的情况。下第三系砾岩均位于正断层上盘，其中的砾石构造不发育，有时只见少数不明显的擦痕及压坑，如山东泗水翟家庄及新泰城东等地都是如此。不过这些砾岩皆属下第三系上段，所受重力作用较小恐怕也是砾石构造不发育的原因之一。

褶皱过程对砾石构造形成可能也有一定作用。如在贵州石脑，擦痕发育处正位于背斜东翼（西翼地层出露不全），此处除断层外褶皱也会引起层间滑动，自然有利于擦痕的形成。还须指出，当砾石原始倾角很小时，即使遭受层间滑动作用也很难旋转，此时所形成的擦痕首尾端定向应与泉林的相反，即刻划物的运动方向与层间滑动方向一致。前述石脑背斜东翼所见擦痕定向方式或许属于此类。

此外，砾岩的成分对砾石构造的形成也是一个有意义的因素。三个省分下第三系砾石成分均以灰岩为主，各种砾石构造基本都发生在这种砾石和少数其它砾石上，较坚硬的燧石等砾石仅见有磨光面。不同的灰岩力学性质也不同，抗压强度在 400—1400 公斤/厘米²之间，有的甚至超过 2000 公斤/厘米²。如清镇的镶嵌现象异常发育，其中的砾石成分可能就是属于抗压强度低、塑性较高的灰岩。胶结物若为松散的泥质，容易形成擦痕，反之若为致密的钙质胶结，擦痕发育较差，如前述山东莱芜百嘴红村所见的实例。

综上所述，就动力来源而言，重力作用可能是产生砾石构造的主要因素，其次则是断层及褶皱的构造因素，但构造因素也不能脱离重力因素而单独发生作用。另外，力的作用时间长短，当时地下温度的高低、岩石的力学性质以及岩层的含水性等诸项因素也不容忽视，特别是力的作用时间长短更为重要。但只要岩层埋藏不太深（如较新的地层）、附近无近期岩浆活动，则温度的意义不大。