

关于砾石再破坏与再改造痕迹的研究

严奉林

朱明善

(江苏省地质矿产局第六地质队) (地质矿产部上海海洋地质调查局实验室)

岩体破碎成岩块,经不同方式搬运后形成砾石。因此,砾石在世界上分布极为广泛。早就引起了许多地质学家的重视,作了许多研究,积累了丰富的资料^[1、3、4、5]。

在漫长的地质年代中,虽然砾石仍能在地层中保持着有规律的空间分布形态,而提供了形成条件的信息,但必然会受到各种地质作用的影响,这些影响也一定会在砾石上反映出来,这就是本文研究的主题。

一、砾石再破坏再改造的分类特征、命名及形成机制

研究样品采自北起山东豆家岭,南至江苏宿迁附近。南北长一百余公里,位于庐一郯深大断裂带中的古沂沭河流域。这里广泛分布着第四纪含金刚石砾石层,是中国大颗粒金刚石的主要产区之一。

这里的砾石成份达二十多种,其中最稳定的是脉石英砾石。笔者认为最稳定砾石的再破坏与再改造带来的地质信息比不稳定砾石可靠,因此,选择脉石英砾石为研究对象。根据石英砾石再破坏再改造情况,我们将它分为三种类型,即Q—O型、Q—Q型和Q—D型。

(一) Q—O型砾石

砾石主要特征是磨圆度极好,多呈球状,扁球状或卵圆状。按斯特拉霍夫的分类法,应全为IV级。砾石表面糙感明显,呈毛玻璃状,光泽暗淡,是未经再破坏的砾石。此类砾石因其形状近于圆,故以“O”表示,冠以“Q”则表示为石英质。笔者对3684颗-25+16毫米的砾石进行了测定和统计,平均圆度为0.6。砾石形态按津格提出的A、B、C轴关系,对943颗-50+25毫米的砾石进行了统计,其中属扁圆体者为54%,椭球体者为19.4%,圆球体为15.8%,长扁圆体为10.8%。由此可见Q—O型砾石中以扁圆体为主。通过对-50+25毫米的84颗砾石的统计,利用图解法求得球度平均值为0.68;用奥凯 $\frac{A+B}{2C}$ 公式求得平均扁度为2.2;用哈巴科夫 $\frac{A+C}{2B}$ 和 $\frac{A \cdot B}{C}$ 公式求得平均等向系数为0.95,平均不等向系数为10。根据上述研究结果,笔者认为石英砾石性质稳定,圆化程度高的特点表明,是经远距离搬运来的。从砾石表面糙感明显,对称度差看,属河冲积成因。砾石以扁圆体为主这一事实,决定于脉石英解体后石英碎块的原始形态。

(二) Q—Q型砾石

主要由Q—O型砾石经再破坏而成。裂开面大多垂直AB面,呈半个O—O型或在Q—O型砾石的一定部位有一相对平直的裂开线,大部分可见裂开线两侧有位移现象,裂开面上有擦痕,边缘棱角锐利,无磨损钝化现象。由于其形态与字母“Q”或“q”相似,故以Q命名。在Q—Q型砾石的断裂面上,一般均被褐黑色、褐黄色铁锰物质污染,少数断裂面上有钙质胶结物。在地质剖面里的大量Q—Q型砾石中,亦见有少数砾石的裂开面无位移现象,仅有穿透整块砾石的裂缝。

Q—Q型砾石是由Q—O型砾石中的裂纹再破坏而成的。Q—O型砾石的裂纹,一部分是由石英母体带来的原生裂纹,后又受到各种地质作用的破坏,故这种裂纹不具方向性,它们杂乱地互相切割,也会偶有平行或具有相近夹角的斜交切割。因此,母体破碎后形成的石英碎块,其形状是不规则的。在这些不规则的石英碎块中,必然有一些是从母体中带来的原生裂纹,它们是Q—O型砾石上原生裂纹的主要来源,也是Q—O砾石再破坏为Q—Q砾石的基本条件。

砾石在搬运过程中产生撞击。因为同供给源、同搬运动力条件下,故砾石的搬运速度不会悬殊很大。因此,除一些原生裂纹很深、本身维系能力极弱的砾石能被撞碎(再破坏)外,大量原生裂纹不深的砾石,虽经猛烈撞击,留下了近似放射状的撞击凹坑(图版I—6)但保持了它的本来面目。因此,由撞击而使Q—O砾石再破坏成Q—Q砾石是因素之一,但不是主要因素。

砾石堆积以后,砾石层本身具有很大的静压力。一些扁平状Q—O型砾石,若中间部位有原生裂纹,此处能承受的压力最小,易被再破坏成Q—Q型砾石。非扁平状砾石中的原生裂纹,在接受均匀静压力时,其作用力最大处必然是它的凸出部位,如图版I,6,设静压力垂直A—A',则P处虽有裂纹,因压力沿A—A'面扩散,至P处其作用是不大的,所以P的原生裂纹状态明显地保存了下来。若砾石层已经固结成岩,砾石在受压时不可能有自由空间,这时若砾石状态P处于静压力的垂直方向,则P将成为再破坏面。如果砾石尚未固结成岩,当砾石受压时,必然会利用其微小的自由空间,以蠕动方式产生状态变化。当蠕动到处于最稳定状态时,砾石凸出部位必定向上,于是,这里受到的静压力以单位面积计算将是最大。这就是Q—Q型砾石的裂开面常处于比较中间部位的原因之一。大量样品观察证明静压力的再破坏作用也不占主导地位。

当新构造运动来临时,裂纹处能承受的力必定比无裂纹处小得多,因此,构造运动产生的营力,轻而易举地必将在裂纹处产生再破坏作用,同时由构造运动产生的热能,促使物体膨胀而产生的应力叠加到构造营力之中,这又加快了砾石裂纹处的再破坏作用。这是砾石再破坏的主要原因之一。

Q—O破坏成Q—Q最主要的因素是冰劈作用。其物理基础是水具有相当大的渗透力,砾石深浅不一的原生裂纹,水有机会渗透进去,气温转低,裂纹中的水由液相转变为固相,这一相转变能使体积增大9.2%〔2〕,裂纹深的砾石即可产生再破坏;裂纹较浅的砾石,其裂纹将加深、加宽和延伸。温度升高,裂纹间冰液化,由于裂纹已经加深,扩大和延伸了,故裂纹间含水量较第一次大大增加,当再次使裂纹水转化为固相时,体积的绝对增大值较第一次大许多倍。裂纹水的液—固相反复进行,比容变化对砾石裂

纹两壁产生的反向侧压力可达6000公斤/厘米²〔2〕。如此巨大的力，足以使裂纹进一步加深、扩大、延伸，直至破裂而形成Q—Q型砾石。

第四纪地层中的孢粉组合资料证明，本区中更新统时期，含金刚石砾石层曾遭受过冷热气候的剧变过程，因而Q—Q型砾石主要产在中更新统地层中。

砾石遭到再破坏，表面能发生了变化，为使表面能降低而达到平衡，再破坏面产生了吸附作用，结果是再破坏面布满了铁锰质氧化物薄膜，从而导致了再破坏面常呈褐黑、褐棕或棕红色。

砾石再破坏同时，再破坏面两侧产生相对位移，这是再破坏面上擦痕的产生原因。

（三）Q—D型砾石

Q—D型砾石是Q—Q型砾石经再改造而成。其特点是Q—Q型砾石裂开面边缘的锐棱遭受磨损而钝化，严重时可至圆化。其断面形状与D颇相似，故以Q—D命名。

Q—D型砾石的D形成机制：

1.冰劈蠕动作用 指在冰劈作用过程中，被劈裂的两半砾石在小范围内产生相对位移，即产生裂开面擦痕的同时，裂开面边缘的锐棱处与其它砾石产生摩擦，导致锐棱钝化。由于是小范围硬挤压的钝化，造成钝化面十分粗糙，光泽暗淡。双目镜观察，钝化面是具有锐边的不规则小凹坑组成。

2.冰融蠕动作用 裂纹中的水固化劈裂砾石的同时，又兼作被劈裂成两个新砾石间的连接物，温度升高，冰化成水，连接作用消失，而水又可起作接触面的滑润剂，一当失去平衡，新的两半砾石必然产生相对位移（滑动），Q—Q型砾石的锐棱与它的接触面产生摩擦，导致锐棱钝化而造成Q—D型砾石。

上述两种作用范围小，强度低，时间短，所以只能是形成Q—D型砾石的次要作用。

3.坡积搬运作用 研究区的新构造运动十分强烈，导致中、下更新统砾石层抬升，地形起伏，从而使砾石层失去平衡。位于地形高处的砾石层，可能向地形低处迁移，这就产生了坡积搬运作用。这一作用与冰劈、冰融蠕动作用相比，不但范围广、强度大，而且时间也长得多，因此，Q—Q型砾石锐棱钝化直至圆化主要是坡积搬运作用的结果。

综上所述，石英碎块经河流远距离搬运后堆积形成Q—O型砾石，经再破坏作用使Q—O变成Q—Q型砾石，又经再改造过程，使Q—Q变成Q—D型砾石。三者之间，有比较明显的继承关系。

二、砾石再破坏与再改造痕迹的地质信息：

（一）本区第四纪含金刚石砾石层的概况

前人将本区第四纪含金刚石砾石层分为下、中、上更新统三个部份。

1.下更新统地层为一套棕黄色、褐棕色的砾石层和粗砂砾石层，砾石中粗砂层及亚粘土层组成，胶结比较紧实，厚度一般为1—7米。

2.中更新统地层是由棕红色、棕色、褐黄色亚粘土砾石层组成，厚度一般为0.3—1.0米。

3.上更新统地层是灰黄色、灰褐色亚砂土砾石层，岩性较松散，砾岩分选性差，属残坡积成因，各家至今无异议。

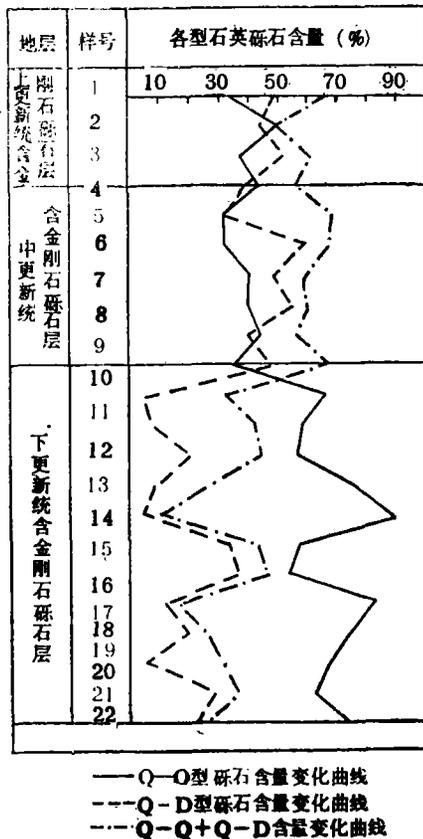


图1 第四纪上、中、下更新统地层中
各型石英砾石含量变化曲线

Fig. 1 Content change curves of various types of quartz gravels in the Upper, Middle and Lower Pleistocene strata of the Quaternary.

的更迭,这种反消长关系明显缩短。根据Q—Q和Q—D形成机制可以判断,在下、中更新统之间有一次强烈的地质作用,而中、上更新统之间缺乏这种强烈地质作用的背景。为划分中、下更新统地层提供了一个依据,也为再造第四纪地质提供了一个方面的线索。

4.利用三角形图解法可以看出,下更新统三类砾石的投影点,比较集中地落在三角形(图2)QO—QD和QQ—QD中点连线右侧的D角区域,中、上更新统三类砾石的投影点,清楚地位于QO—QD和QQ—QD中点连线左侧中下方,点较分散,且又互相重叠,从而可以考虑以QQ—QD和QQ—QD中点连线为本区第四纪更新统下—中、上统地层的划分界限。

5.根据Q—Q和Q—D形成机制,从图1已经看到下—中更新统之间曾发生过强烈的地地质作用,冰劈作用的出现,表明在中更新统以后,本区有过剧烈的气候变化,从而提供了本区第四纪中更新统时期的古气候线索。

下、中、上更新统地层的接触关系一般清晰完整,有时它们间为渐变的过渡关系。它们的物质成份基本一致,但中、上更新统地层中稳定成份明显增多。笔者认为中更新统地层是由下更新统地层经风化剥蚀后残坡积而成;上更新统地层则是由中更新统地层经再改造而成。

(二) 采样及研究结果

在下、中、上更新统地层中,按不同地点和层位,共采集了22个样品,每个样品约200公升。室内进行脱泥和分级再对-50+25毫米的4270颗石英砾石进行分类研究和统计,其结果如表1所示:

为便于分析对比,我们将表一数据编绘成图一。

上列图表至少表征了五点地质信息:

1.再破坏的Q—Q型砾石和再改造的Q—D型砾石,在第四纪更新统含金刚石砾石层中均有产出,说明第四纪更新统。地层均遭受了不同程度的再破坏与再改造

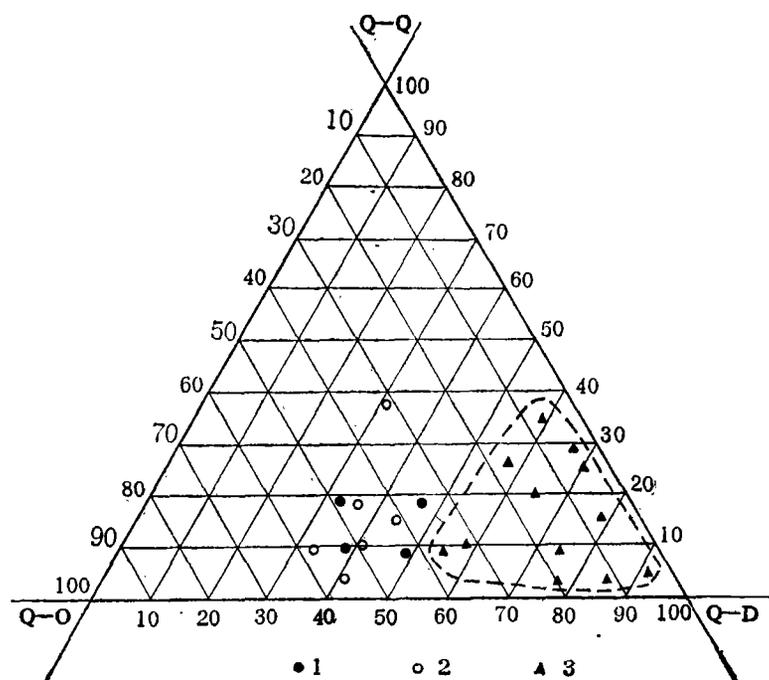
2.Q—Q、Q—D型砾石从下更新统至中、上更新统的含量明显增加,证明更新统砾石层主要再破坏与再改造的发生时间是从下更新统结束,中更新统开始以后。

3.由图1判断,Q—O与Q—Q加Q—D的含量,在下、中、上更新统地层中均呈明显的反消长关系,而通过下—中更新统

表 1 -50+25毫米各型石英砾石统计结果表

Table 1 Statistical result of -50+25mm various quartz gravels.

采 样 层 位	样 品 号	统 计 颗 数	各型石英砾石含量(%)						
			Q—O型		Q—Q型		Q—D型		Q—Q型加 Q—D型%
			颗数	(%)	颗数	(%)	颗数	(%)	
上更新统含金刚 石砾石层	1	537	179	33.33	94	17.50	264	49.16	66.66
	2	197	98	49.75	12	6.09	87	44.16	50.25
	3	63	24	38.10	6	9.52	33	52.38	61.90
	4	79	35	44.30	13	16.46	31	39.24	55.70
	总计	876	336	38.36	125	14.27	415	47.37	61.64
中更新统含金刚 石砾石层	5	249	80	32.13	88	35.34	81	32.53	67.87
	6	342	113	33.04	28	8.19	221	58.77	66.96
	7	325	133	40.92	34	10.46	158	48.62	59.08
	8	289	116	40.14	13	4.50	160	55.36	59.86
	9	306	134	43.79	48	15.69	124	40.52	56.21
	10	215	74	34.42	37	17.21	104	48.37	65.58
	总	1726	650	37.66	248	14.37	828	47.97	62.34
下更新统含金刚 石砾石层	11	95	63	66.32	27	28.42	5	5.26	33.68
	12	24	14	58.33	8	33.33	2	8.33	41.66
	13	52	29	55.77	13	25.00	10	19.23	44.23
	14	74	55	74.32	12	16.22	7	9.46	25.68
	15	463	410	88.55	32	6.91	21	4.54	11.45
	16	143	81	56.64	15	10.49	47	32.87	43.36
	17	140	74	52.86	14	10.00	52	37.14	47.14
	18	125	103	82.40	7	5.60	15	12.00	17.60
	19	120	89	74.17	6	5.00	25	20.83	25.83
	20	128	87	69.97	36	28.13	5	3.91	32.04
	21	185	116	62.70	40	21.62	29	15.68	37.30
	22	119	86	72.27	10	8.40	23	19.33	27.23
总计	1668	1207	72.36	220	13.19	241	14.45	27.64	



1. 上更新统三类砾石组成的投影点 2. 中更新统三类砾石的投影点 3. 下更新统三类砾石组成的投影点

图2 第四纪上、中、下更新统地层中Q—O、Q—Q、Q—D三类砾石组成的三角形图解

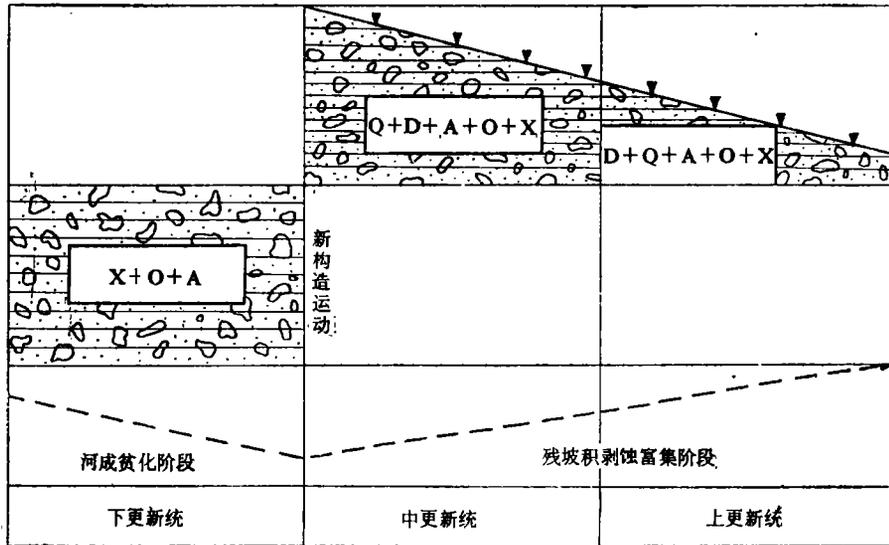
Fig. 2 Triangle formed by Q—O, Q—Q and Q—D three types of gravels in the Upper, Middle and Low Pleistocene strata of the Quaternary.

三、砾石再破坏再改造与找矿的关系

本区第四纪含金刚石砾石层成因问题，各家尚有分歧。成因不同，金刚石的富集规律也不同，找矿方向及工作方法也就各异，根据砾石再破坏再改造的研究，下更新统砾石层应属河成类型，并有远距离搬运过程。

中、上更新统砾石层因下更新统末期有强烈的新构造运动，致使下更新统地层抬升并产生地形起伏，经再破坏再改造而成。因此，中、上更新统砾石层应为残坡积成因。原生金刚石在下更新统随石英砾石经河流远距离搬运后沉积下来，搬运过程中由于外来物质的掺入，金刚石含量远低于原生矿床。其后经新构造运动抬升并遭破坏，至中更新统由于气候变迁，砾石层物质进一步被风化剥蚀，不稳定物质大量流失，金刚石、石英等稳定物质得到初步富集。中更新统地层经再破坏后堆积成上更新统地层，进一步的风化剥蚀，使上更新统堆积物中的不稳定物质再次大量流失，稳定物质再次得到富集。因此，更新统地层破坏愈烈，金刚石富集程度愈高，亦即Q—Q与Q—D型砾石与金刚石在含量上成正比关系。所以，在本区应注意Q—D型砾石的含量，可能它是金刚石富砂矿的重要标志。

根据上述概念，笔者试拟了本区金刚石富砂矿床成因模式示意图（图3）



▲—残坡积剥蚀面 ×—未圆砾石 A—金刚石 ○—(Q—O)型砾石
Q—(Q—Q)型砾石 D—(Q—D)型砾石 砾石符号依含量为序

图3 金刚石砂矿床成因模式矩形示意图

Fig. 3 Model rectangle of genesis of diamond sand deposits.

据图3 Q—Q型, Q—D型砾石的含量与金刚石含量之间, 有可能存在着某种线性关系。图3是理想化了的示意图, 剥蚀面与富集演变线实际情况决不会这么单一, 图3仅从砾石再破坏再改造类型含量上指出可能的找矿方向。

(收稿日期1984年2月11日)

参 考 文 献

- [1] 吴磊伯等, 1958, 地质学报, 38卷2期, 201—231页。
[2] 刘宝珺主编, 1980, 沉积岩石学, 9页。

STUDY ON REDESTRUCTION AND RETRANSFORMATION TRACES OF GRAVELS

Yan Fenglin

(Laboratory of the Sixth Geological Team, Jiangsu Bureau of
Geology and Minerals)

Zhu Mingshan

(Laboratory of Shanghai Investigation Bureau of Oceanic Geology,
Ministry of Geology and Minerals)

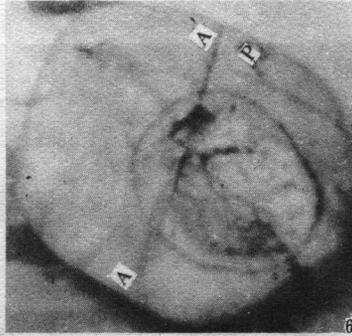
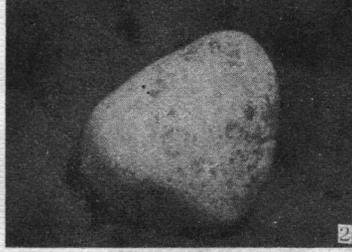
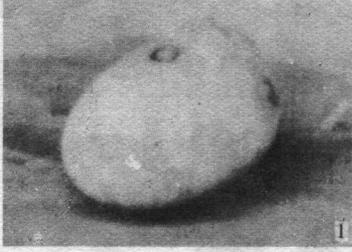
Abstract

The paper covers three aspects to redestuction and retransformation traces of quartz gravels.

1 Redestruction and retransformation traces result inevitably from various geological actions after gravel accumulation. The non-transformed redestraction gravel is named by the authors the Q—Q gravel, which is characterised by obvious destruction traces (e. g. rift, etc.), scratches on the surface and sharp edges without bluntness or roundness (Fig. 2). After another geological action, if the sharp edge of the Q—Q gravel is abraded and becomes blunt or round, showing a trace of retransformation, this type of gravels is named the Q--D gravel (Fig. 4). However, if there is no abrasion or an obviously partial abrasion with the original shape remained, it is named the Q--O gravel (Fig. 1, 3). Based on these studies, it is found that the geological actions causing redestuction and retransformation are tectonic movement, driftbed, glacial erosion, glacial split and scion action of plant roots, etc.. The tectonic movement and driftbed are the main factions of redestuction and retransformation.

2 In the Quaternary sediment of the ancient Yishu River area, different types of quartz gravels of redestuction and retransformation are counted and the result shows in Table 1 and Fig. 1. From which it is obviously that there are some changes in the gravel content of different types of the Upper, Middle and Low Pleistocene strata and with a triangle diagram (Fig. 1) the authors probed into the possibility of using the points and link lines of the OD--QD to determine the border between the Middle Pleistocene and the Low Pleistocene.

3 Along with redestuction and retransformation, a great quantity of unstable materials in strata are eroded and the volumn of strata are rapidly reduced while the content of stable materials are relatively increased. Thus, the ore tenor of stable and valuable minerals is also correspondingly increased. By this way, in this ditrici are formed diamond sand deposits with the industrial value. According to the above studies, the authors have drown up a genesis model of diamond sand deposits (Fig. 3) and based on the model the possible research direction to diamond sand deposits in this district is given.



1. 典型的Q—O型偏圆状砾石，锐棱全已磨光 2. Q—O型不规则状砾石，锐棱全已磨光 3. Q—O型砾石，Q—O型砾石中间裂开，裂开面边缘锐棱清晰 4. Q—O型砾石，为一Q—O型砾石再破坏而成，断面边缘锐棱清晰，断面有擦痕 5. Q—D型砾石，类似图版4的Q—O型砾石经再改造而成，边缘已圆化 6. 具有撞击凹坑的Q—O型砾石。