

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

上海地区覆盖层底部砾石层的成因与时代问题的探讨

孙永福

一、引言

上海地区巨厚的松散覆盖层底部有一层砾石层。许多研究长江三角洲新构造运动的学者,曾把该砾石层的存在作为地壳下沉的有力证据之一^[1,2,8,9]。袁复礼曾经指出:“上海地区覆盖层底部的砾石层中既有冰川形成的压扭石子,又有温暖气候的孢粉植物,值得仔细研究”¹⁾。刘国昌曾指出:“上海地区覆盖层最低层称‘泥砾’,应进一步核对研究”²⁾。贾福海也曾观察过此砾石层的岩性,并指出:“该砾石层是否能与邻近地区砾石层进行对比”的问题。

笔者根据前人的看法,收集了大量的砾石,进行了分析、整理,所得初步成果很不成熟,希望读者批评指正。

按目前资料所知,上海地区松散覆盖层底部砾石层,在上海市区一带发育较完全,笔者建议将该砾石层命名为“上海砾石层”,并作为局部地区的标准剖面。

本文承蒙虞叔和、刘景德等同志收集和测定了大量砾石,特此致谢。

二、上海砾石层之地质

(一) 基底地质特征

本区基底岩层由前寒武纪变质岩系、古生代碳酸盐岩、中生代燕山期火山岩以及侵入岩组成,后者分布尤为广泛,除本区西北部有残丘出露外,其他均深埋地下。

燕山运动以前,本区基底比较稳定,以后则发生块状断裂运动,使上海、杭州及太湖地区的地质构造发生了显著的分异现象,形成了中生代块断凹陷盆地,堆积了巨厚的火山岩,并有岩浆侵入。

喜马拉雅山运动使本区老构造复活,并伴有玄武岩的喷发。第三纪末期以前,本区一直处于隆起剝削状态,从而形成滨海准平原。第三纪末、第四纪初,本区以下降为主,与苏北凹陷极为相似,沉积了巨厚的松散沉积物。

上海砾石层位于松散沉积物最底部,不整合于老基岩风化剝蚀面上。由于基底岩层

1) 袁复礼 1964年 某地质专业会议上书面发言。

2) 刘国昌 1964年 某地质专业会议上书面发言。

起伏较大,使得本层在隆起处常常缺失,而在凹陷处发育较为完整。在上海市区一带该砾石层分布广泛,剖面完整,具代表性。

(二) 上海砾石层剖面

上海砾石层是一种粗碎屑沉积物。根据钻孔资料,其岩性特征可分为四层(图 1),自下而上:

底部砾石层,厚 0—10 米。与下部基岩成不整合接触。黄褐色、锈黄色、棕黄色砾石,粒径大小不一,一般直径 2—4 厘米,分选性较好,砾石形状多样,多扁长形,次之为椭圆、柱圆、圆形等,磨圆度较好,球度差,表面光滑,常见表面有磨蚀的细沟槽和冰川压扭石子。砾石成分,主要为硅质,其次为火成岩、火山岩、石灰岩,含少量泥质,泥质主要是黄褐色亚粘土、亚砂土,嵌合于砾石之间,铁质较多。

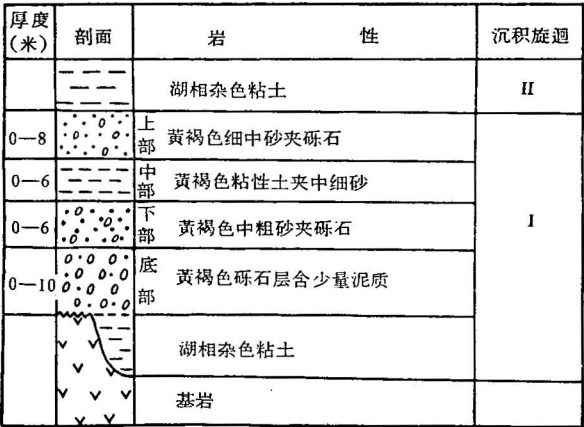


图 1 上海砾石层柱状剖面示意图

下部中粗砂夹砾石,厚 0—6 米。与下部呈整合冲刷接触。棕黄色、黄褐色,砂层分选性差,含多量细砾石。砾石成分主要为长石和石英。由粗颗粒组成单斜层理,倾角 20—25°。

中部黄褐色粘性土夹中细砂,厚 0—6 米。与下部呈逐渐接触关系。颜色杂乱,以黄褐色、锈黄色、棕红色等为主,含铁质、钙质等化合物极多。中细粒砂呈透镜状或楔状夹于粘土层中,二者组成交错层理,砂被铁质浸染变为锈黄色。

上部细中粒砂夹粗砂砾石,厚 0—8 米。与下部呈冲刷整合接触,向上渐变为厚层的湖相黄褐色硬粘土层。黄褐色、锈黄色,砂层分选性较好,粗砂及细砾石近等距斜平行排列,组成单斜层理,倾角 15—20°,矿物成分以石英、长石为主,次之为黑色矿物组成,含铁质较多。

总的来看,上海砾石层的厚度自西向东、由西南向东北逐渐增大。在本区上海砾石层位于覆盖层的底部,与基岩呈微不整合接触。在长江以北(包括江中崇明岛),上海砾石层层次不变,厚度变大,与其下部一套湖相的杂色粘土层呈假整合冲刷接触。此套地层在上海地区缺失,其岩性特征为黄褐色、棕褐色、黄绿色等杂色粘土、亚粘土、亚砂土,具水平层理,常见有灰蓝色、灰绿色浸染条带和斑块,含大量铁质与钙质结核,厚 20—30 米,与基岩呈微不整合接触。

该层与上海砾石层构成一个由细一粗的沉积旋迴,是上海地区松散覆盖层的第一沉积旋迴。由于该湖相杂色粘土层仅在长江以北有所发育,这样,在上海地区第一沉积旋迴,实际上是不完整的。

三、上海砾石层成因类型

(一) 古生物化石资料

上海砾石层中化石较少,已发现的主要有:介形虫、复足类、瓣鳃类、鱼类(残骨),全属陆相淡水类型。

介形虫,数量极少,种属简单,保存不好,碎片较多。主要有:

Ilyocypris errabundis Mandelstam, *I. biplicata* (Koch), *I. angulata* Sars, *Candoniella albicans* (Brady), *Candona compressa* (Koch)。

陆相淡水复足类和瓣鳃类,仅在该砾石层中部黄褐色粘土夹中细砂粒层中及上部细中粒砂、夹砾粗砂层中发现,它们均受不同程度的石化和分解作用的影响,构造不清楚,难以鉴定。

此外,上海砾石层中,植物孢籽花粉非常丰富,主要组合¹⁾:

Ceratopteris sp. (水蕨属), *Quercus* sp. (栎属), *Ulmus* sp. (榆属), *Carya* sp. (山核桃属), *Liquidambar* sp. (风香属), *Pinua* (松属), *Ketelleria* sp. (油杉属), *Tsuga* sp. (铁杉属), *Gramineae* sp. (星白属), *Salix* sp. (?)。

阔叶种在上述孢粉组合中占绝对优势,尤以一种仅分布在亚热带和热带的水蕨孢子为最多;针叶种虽不少,但无冷杉属,油杉、铁杉也很少出现。这充分反映了上海砾石层是在较热的古气候条件下形成的。

(二) 砾石层的物质成分

根据数百个砾石统计,其物质成分百分率如下表:

表 1 上海砾石层物质成分百分率

石 英 岩	50%	脉 石 英	7.5%	红色砂砾岩	2.5%
火 成 岩	18%	火 山 岩	5.0%	变 质 岩 类	2.0%
燧 石	11%	石 灰 岩	4.0%		

表中数值说明砾石成分主要为硅质砾石(如石英岩、燧石、脉石英等),约占 70% 左右,这些砾石质地坚硬,表面光滑,磨圆度高,粒径较大;次为各种侵入岩与火山岩质砾石(花岗岩、闪长岩、正长岩、安山岩),约占 20% 以上,粒径大小不一,遭受强烈风化,表面粗糙,在其表面见晶洞状构造。

此外,更值得注意的是,在砾石层中含有一定数量的石灰岩质砾石,表面粗糙,有溶蚀现象,约占 4%。第三纪浦口组红色砂砾岩砾石,约占 2.5%,但其粒径均较小。

砾石的物质成分组合与物质来源、水动力特征、古地理条件有密切关系。

从上海砾石层中的物质成分来看,既有占优势的坚硬硅质砾石,又有一定数量的疏松砾石,说明大部分砾石主要来自上游山区(长江中下游与西南杭州湾地区)较老地层的砂

1) 根据刘金陵等 1964 孢粉分析鉴定资料。中国科学院地质古生物研究所。

砾岩和砂岩中,属于再生砾石。其次,质地疏松的火成岩、火山岩、石灰岩质等砾石,很可能与本区广泛分布的中生代燕山期侵入岩、火山岩及古生代碳酸盐类岩石有关,即来自附近地区较老岩层中。

(三) 砾石的粒度、成分

我们测量了上海砾石层中几百个砾石的三个主轴长度: 长轴(a)、中轴(b)、短轴(c), 并分别计算出每一粒级砾石长轴、短轴和砾石粒径 ($d = \sqrt{a \cdot b \cdot c}$) 的频率和累积频率^[6,7], 然后分别作出柱状分布图和累积曲线图(图 2)。

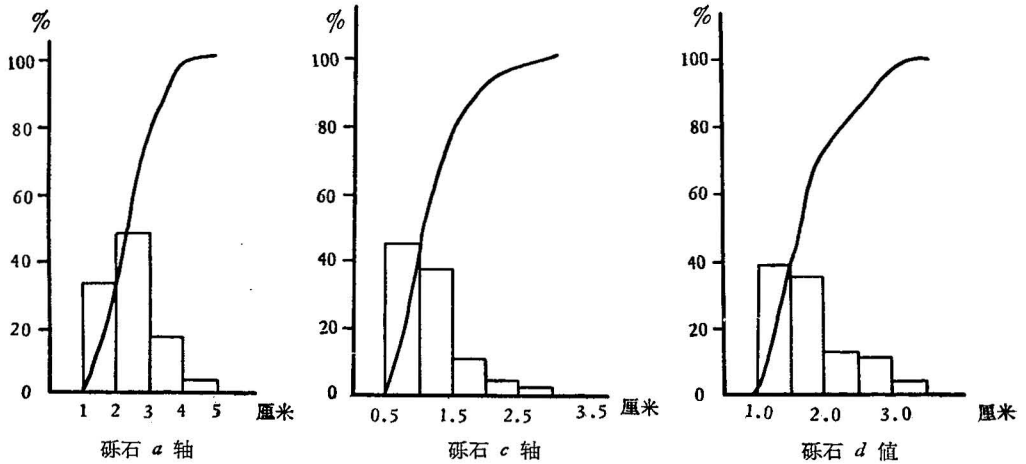


图 2 上海砾石层粒度分布图(据 200 个砾石统计)

从长轴柱状分布图知道,砾石 a 轴的长度最大者为 5 厘米,以 2—3 厘米及 1—2 厘米两个粒级最为显著。 c 轴则以 0.5—1.0 厘米与 1.0—1.5 厘米粒级占绝对优势,最大为 3.0 厘米。而粒径(d 值)则以 1.0—1.5 厘米与 1.5—2.0 厘米为主,最大者 3.5 厘米。

砾石粒度分选程度可以用公式 $E = \sqrt{d_{75}/d_{25}}$ 求得(式中 E 为分选系数, d_{75} 为累积频率的 75% 的粒度等级, d_{25} 是累积频率 25% 的粒度等级)^[6,7]。

现将根据图 2 计算的砾石 a 轴、 c 轴、 d 值的平均值和分选系数列表 2:

表 2 上海砾石层砾石粒度平均值与粒度分选系数

a 轴长度平均值 (厘米)	c 轴长度平均值 (厘米)	粒径(d 值)平均值 (厘米)	a 轴 长 度 分 选 系 数	c 轴 长 度 分 选 系 数	粒 径 d 值 分 选 系 数
2.4	1.1	1.65	1.58	1.75	1.48

我们知道,粒度分选系数近于 1,表示分选性好,分选系数越大的,则分选性越差,大于 3 的则分选性就很差^[6,7]。所以表中数值说明,砾石层粒度比较均匀,砾石分选性较良好,显示当时水流是比较稳定的。

根据 W. C. Krumbein 实验结果认为,直径为 5.4 厘米的砾石,其冲动流速为 1.6 米/秒^[10]。

上海砾石层粒径 d 值平均值为 1.65 厘米, 小于 3 厘米粒径占 97% 左右, 因此可以推测当时该砾石层形成时, 水流速度可能在 0.5—1.0 米/秒之间。

(四) 砾石的形状

砾石的形状, 主要包括球度, 扁度与圆度等项目。根据球度公式 $\phi = \frac{\sqrt[3]{a \cdot b \cdot c}}{a}$ 与扁度公式 $F = \frac{a+b}{2c}$, 分别对每个砾石进行了计算, 并绘制出累积曲线图 (图 3)。

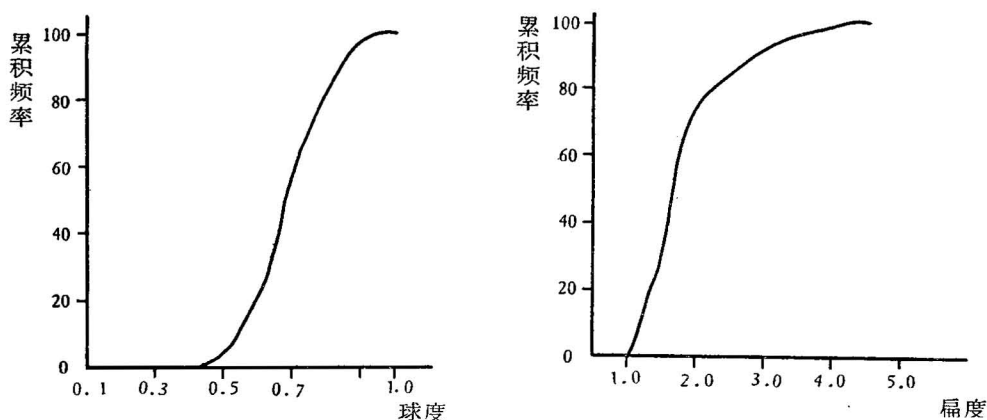


图 3 上海砾石层砾石球度与扁度累积曲线图(200 个砾石测定)

从图 3 可以求出砾石的球度与扁度的平均值和分选系数(表 3)。

表 3

球度平均值	球度分选系数	扁度平均值	扁度分选系数
0.69	1.20	1.70	1.30

粗碎屑物质的球度一般在 0.5—1.0 之间, 如果球度等于 1 则最好, 即 a 、 b 、 c 三主轴长度相等, 但通常难以达到^[6,7]。

上海砾石层砾石球度平均数为 0.69, 所以球度较差, 但球度分选系数为 1.20 则较好。

上海砾石层砾石扁度平均数为 1.70, 分选系数为 1.30, 说明扁度较小, 扁度变化区间较大(1—5), 但分选性较好。这反映大部分砾石主要以滑动形式和磨蚀方式搬运, 这时 c 轴垂直于最大磨蚀力的方向, 故砾石多趋于扁平状, 同时也说明大部分砾石是自上游搬运或冲刷而来的。

(五) 砾石层的层理构造

根据钻孔资料, 上海砾石层下部褐黄色中粗粒砂层、顶部细中粒砂层中, 均发育有单斜层理, 而且都向一个方向倾斜, 各细粒层彼此平行, 少数见到向末端收敛(由于岩芯所限), 倾角 20—30°, 各层之间的界面是由一些近等距离的斜平行排列的粗粒或细砾石组成。

这反映了单向水流速度强弱的周期性变化的特征。

此外,在上部黄褐色粘土夹细中砂层中,亦见到由厚层粘土与薄层细中粒砂组成的交错层理,各粘土层近于平行,而细中粒砂呈透镜状,楔状夹于粘土层中。

通过上述各项分析结果,从古生物资料可以证明上海砾石层属于陆相淡水沉积,再从砾石的物质成分,粒度成分,形状和层理等项目分析,不难看出,上海砾石层属于河流相成因的古代冲积层。

同时根据本区基岩起伏情况来看,自西南向东北和自西向东倾斜度逐渐加大,可以推测该河流可能沿此方向向东和东北方流去。

四、上海砾石层的时代及与区域砾石层对比

(一) 上海砾石层时代问题

对上海砾石层时代问题的探讨,必须与整个覆盖层沉积特点联系起来。上海地区整个覆盖层从古生物组合(大古生物和微体古生物)、古气候特征、岩相岩性变化规律,可以明显地划分为四个大的沉积旋迴,它是由细粒到粗粒的反沉积旋迴构成,上海砾石层就是这四个旋迴层中第一个迴旋的上部。

第四纪时期气候发生了多次的有节奏的波动,冰期和间冰期相互交替,气候冷热的节奏变化,是第四纪地层划分的重要标志^[3,4]。

上述松散覆盖层的四个大沉积旋迴与气候的关系,可以以整个覆盖层的岩性、岩相和孢粉组合的特征得到证实。整个覆盖层所显示的古气候特征是从冷到热的四个大的气候变化旋迴,完全与沉积旋迴相呼应,即四大较冷期和三大较热期。

覆盖层第一、二沉积旋迴岩性、岩相、孢粉组合等气候标志列表4(上部略去)。

表 4

沉积旋迴	岩 相、岩 性	孢 粉 组 合	古气候特征
II	河流相砂砾石层	第 三 组	较 热
	湖相杂色粘土	第 二 组	较 冷
I	上 海 砾 石 层	第 一 组	较 热
	湖相杂色粘土	未 分 析	较 冷(?)

第一组上海砾石层孢粉组合,前面已介绍过,是相当于间冰期较热的古气候条件下,形成的河流相粗碎屑沉积物。

第二组孢粉组合:

Pinus sp. (松属), *Abies* sp. (冷杉属), *Ketelleria* sp. (油杉属), *Larix* sp. (落叶松属), *Picea* sp. (云杉属), *Tsuga* sp. (铁杉属), *Ulmus* sp. (榆属), *Betula* sp. (桦木属), *Acer* sp. (槭属), *Araliaceae* sp. (五加科), *Juglans* sp. (胡桃属), *Quercus* sp. (栎属)。

这一组以针叶种为主(90%以上),尤其是耐湿冷的冷杉、云杉孢粉多见,说明当时的古气候是较冷的。

第三组孢粉组合:

Ceratopteris sp. (水蕨属), *Liquidambar* sp. (凤香属)。Polypodiaceae sp. (水龙骨科), *Ulmus* sp. (榆属), *Pteris* sp. (凤尾蕨属), *Gramineae* sp. (星白属), *Pinus* sp. (松属), *Ketelleria* sp. (油杉属)。

这一组孢粉组合与第一组相似,以阔叶种为主,其中多见水蕨孢子,凤香属和水龙骨科,三者之和大于90%,反映了较热的气候条件。

第一沉积旋迴下部湖相杂色粘土虽未做孢粉分析,但从岩性、岩相分析,它完全与第二沉积旋迴下部湖相杂色粘土相似。同时,从整个覆盖层孢粉组合规律来看,一般细颗粒层(粘土层)为较冷气候下的沉积,而粗粒层(砂砾石层)则为温暖气候下的沉积¹⁾。因此,可以推测第一沉积旋迴下部是较冷(?)的气候条件下形成的。

孙殿卿等指出:“研究中国各地冰川流行的痕迹使我们得出这样的结论:中国若干地区都可以划分为四次冰期和三次间冰期,根据过去工作结果,它们名为鄱阳、大姑、庐山和大理四个冰期以及鄱阳一大姑、大姑一庐山和庐山一大理三个间冰期”^[6, p. 238]。

据上述分析,我们初步认为,第一沉积旋迴相当于鄱阳冰期和鄱阳一大姑间冰期,即由较冷到较热条件下的沉积物,故第一旋迴上部上海砾石层时代应属于早更新世后期,相当于第一间冰期——鄱阳一大姑间冰期。

(二) 关于砾石层中“冰川压扭石子”问题

第四纪时期我国冰川活动的范围很广,特别在长江中下游一带,冰川活动更为频繁,这些都可以由冰川沉积物来加以证实。根据袁复礼先生提供的资料,近几年来在沿海一带发现的冰川遗迹也不算少,且在有些山麓地带还发现古冰川延伸到平原之上。

在上海砾石层中,我们发现一定数量的冰川形成的压扭石子²⁾,它是否足以证明上海砾石层是冰川成因的,或者是在早更新世时期上海地区有过冰川?

通过上述砾石层岩相岩性分析和孢粉组合资料,我们同意袁复礼先生的论断:“冰川形成的压扭石子很可能是早一期的冰碛物,由河水从上游山区搬运到上海地区来的”³⁾。这样上海砾石层可能是早更新世的产物,与间冰期河流相冲积层相当。

(三) 上海砾石层与区域砾石层的关系

在长江中下游的广大地区,沿长江两岸普遍分布着一层砾石层,它不整合于老基岩风化剥蚀面上,组成长江沿岸高阶地(一般二、三级阶地)。如雨花台砾石层、安庆砾石层、九江砾石层以及杭州之江层古砾石层^[2, 11](图4)。

这些地区的砾石层,大多数学者认为是第四纪初期河流相冲积产物^[2, 6, 11]。那么上海地区上海砾石层是否可以同这些地区砾石层对比,是值得讨论的问题。

笔者初步认为,从砾石层的物质成分,粒度的大小,砾石形状、原生沉积构造、成因类型、层位关系以及古气候特征等标志,上海地区上海砾石层可以与上述地区砾石层进行对

1) 根据刘金陵等孢粉分析鉴定资料。

2) 该砾石标本经袁复礼先生鉴定。

3) 袁复礼 1964 某地质专业会议上书面发言。

比,是同期异地的河流冲积产物。

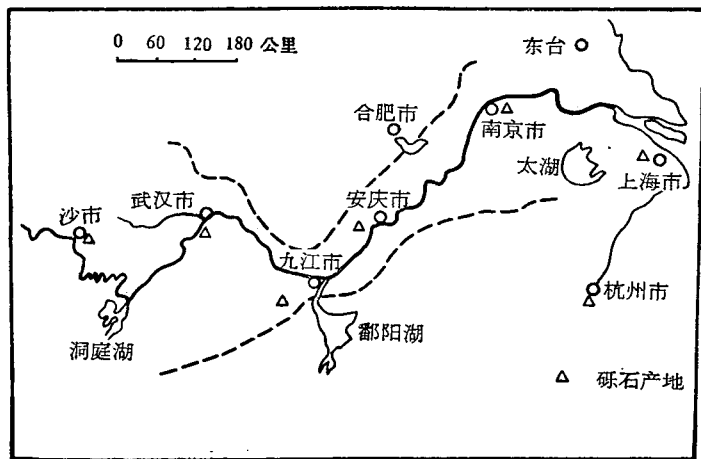


图4 长江中下游地区砾石层分布略图

长江中下游地区沿河谷砾石层常组成高阶地,如南京雨花台砾石层组成长江三级阶地,杭州之江层古砾石层组成钱塘江河谷三级阶地。而上海砾石层则深埋地下,二者标高相差如此之大,何以理解?笔者认为,这是由于第四纪以来在长江中下游各地区地壳发生了不均匀的升降运动,而本区却不断下降、海面不断上升的结果。

五、結 語

1. 上海砾石层是河流相冲积的粗碎屑沉积物。当时的水流速度可能在0.5—1.0米/秒之间,该河流可能自西向东和自西南向东北方向流去。

2. 砾石层的物质成分,对稳定性不同的砾石具有明显的分选性,即既有相当部分自上游搬运而来的硅质的再生砾石,又有附近地区的侵入岩、火山岩以及石灰岩类的松软砾石。

3. 上海砾石层中砾石球度较差(0.69),扁度较小(1.70),但滚圆度较好,分选性好。

4. 上海砾石层可能是早更新世后期相当于第一间冰期的产物。从“冰川压扭石子”的发现,说明上游地区在早更新世前期曾有过冰期。

5. 上海砾石层与长江中下游各地砾石层对比结果,认为是同期异地的产物,也说明长江中下游砾石层可能是早更新世后期第一间冰期的沉积,由于新构造不均匀升降,使得上海砾石层埋于地下深处。

6. 在新第三纪时期以及第四纪初期,上海似乎是微弱隆起,在广大面积上曾发生自西向东,由西南向东北倾斜。当时的剥蚀速度大于隆起速度,从而形成了剥蚀平原古地形,并使新第三纪和第四纪初期的沉积物又重新遭受剥蚀,因此,在上海地区(除江中崇明诸沙岛外),上海砾石层构成一个不完整的第一沉积旋迴。

7. 上海砾石层是一个丰富的淡水承压含水层,对该区水文地质研究和城市供水都具有较大意义。

参 考 文 献

- [1] 方鸿琪 1959 长江中下游地区的新构造运动。地质学报,第 39 卷 3 期。
- [2] 方鸿琪 1961 长江中下游地区的第四纪沉积。地质学报,第 41 卷 3—4 期。
- [3] 刘东生、刘敏厚、吴子荣、陈承惠 1964 关于中国第四纪地层划分问题。中国科学院地质研究所编,第四纪地质问题,科学出版社。
- [4] 刘东生、刘敏厚、吴子荣、陈承惠 1962 气候标志及中国第四纪地层划分。中国地质,第 6 期。
- [5] 孙殿卿、杨怀仁 1961 大冰期时期中国的冰川遗迹。地质学报,第 41 卷 3—4 期。
- [6] 李应运、方邨森 1963 南京雨花台砾石层的岩组-岩相分析。南京大学学报(地质学),第一期。
- [7] 吴磊伯、马胜云、沈淑敏 1958 砾石排列方位的分析并论述长沙等地白沙井砾石层的沉积构造。地质学报 38 卷 2 期。
- [8] 梅安新 1959 长江三角洲第四纪地质。华东师范大学地理系编,《地理学论文集,长江三角洲自然地理之二》3 期。
- [9] 虞志英 1959 长江三角洲新构造运动。华东师范大学地理系编,《地理学论文集,长江三角洲自然地理之二》3 期。
- [10] Krumbein W. C. 1939 Preferred orientation of pebbles in sedimentary deposits. Jour. Vol. 47, No.7.
- [11] Меркулов Д. М. 1959 杭州附近古砾石层(之江层)地质问题及其和中国南部一些地区砾石层的对比。中国第四纪研究第二卷第一期。