第五章　有关的矿产

长江中、下游三叠系下及中统碳酸盐岩一硫酸盐岩组合，具有石油、石膏及铁、铜、硫等矿产。为本区重要含矿层位之一，具有较大的经济价值。本章将讨论这些矿产的赋存状况及其形成条件并探讨石油、膏盐与铁、铜、硫的富集可能存在的成因上的内在联系。值得提出的是，生物作用是不可忽视的因素。

一、石油

(一) 三叠系石油的分布

表 5-1　三叠系石油分布概况表

Table 5—1 Distribution of petroleum in Triassic

产　地	层　位	油气显示
江苏丹徒华丁一井	T_1^{1+2}	原油 500kg
江苏丹徒东风六井	T_1^{1+2}	原油 66kg
江苏丹徒东风三井	T_1^{1+2}	原油 1000^{+}Kg
江苏丹徒东风十二井	T_1^{1+2}	原油 250^{+}Kg
江苏句容东风十三井	T_1^{1+2}	原油 2800^{+}Kg
江苏句容东风四井	T_1^{1+2}	原油 60^{+}Kg
江苏句容句 12 井	T_1^{1+2}	原油 2700Kg
江苏句容容 2,容 3 井	T_1^{1+2}	原油 103000Kg
江苏太县黄桥 N9 井	T_1^{1+2}	原油数桶
江苏南京龙王山钟 23 井	T_1^1 泥岩	晶洞裂隙中原油
江苏南京珠山地表	T_1^3 蠕虫状灰泥灰岩	晶洞中原油
江苏南京湖山地表	T_1^3 蠕虫状灰泥灰岩	晶洞中原油
江苏宜兴万家坟地表	T_1^1 竹叶状粒泥灰岩	晶洞中原油
浙江长兴煤山钻孔	T_1^1 泥岩	裂隙中黄绿色原油
安徽巢湖马家山地表	T_1^3 灰泥灰岩	沥青、晶洞裂隙中原油
安徽巢湖马家山地表	T_2^1 白云岩	强裂油味

T_1^1 殷坑段，T_1^2 和龙山段,T_1^3 南陵湖段,T_2^1 嘉陵江组

从表 5-1 可知，三叠系泥岩、碳酸盐岩含油普遍，但目前还未发现工业油田。其原因可能是①地球物理在探寻碳酸盐岩构造的技术方面，还须进一步攻关；②目前见油的地区作为油气盖层的石膏、硬石膏层已遭剥蚀。有待进一步寻找具有石膏、硬石膏盖层的储油构造。

(二) 三叠系泥岩、碳酸盐岩是油源岩

江苏丹徒伏牛山至句容城一带，是见三叠系油流的地区，本区原油和岩石中干酪根的稳定碳同位素分析结果甚为接近。青龙组原油因采样深度不同，原油热演化程度略有差异，其 $\delta^{13}C$ 值分别为-28.27 ‰ 至-27.18 ‰，平均一 27.73 ‰，，生油岩 $\delta^{13}C$ 为一 25.98 ‰ 至-28.53 ‰，平均-27.15‰，与原油稳定碳同位素基本一致；从沥青 A 族的 C、H、O 元素分析，下三叠统原油与同层位岩石的元素组成亦甚接近，三叠系原油是自生自储的。因此，可以肯定三叠系泥岩、碳酸盐岩是油源岩。(表 5-2)：

必须指出安徽巢湖嘉陵江组底部藻纹层状白云岩具有强烈油味，有机碳含量达

表 5-2 句容原油和油源岩对比表

Table 5-2 Correlation of petroleum and oil source rock of Jurong

项目	容 2 井原油 295.45-425.88 米	容 3 井原油 569.73-653.31 米	容 3 井岩石 631-634 米	
			泥岩	灰泥灰岩
C(%)	87.74	84.45	83.82	85.15
H(%)	12.75	13.67	11.33	12.26
O(%)	0.49	1.18	4.12	4.29
H/ C 原子比	1.73	1.93	1.61	1.71
$\delta^{13}C$ ‰	-28.27	-27.18	-25.98 至-28.53	

(据徐卫民)

0.15%，南京石膏矿嘉陵江组藻纹层白云岩有机碳亦达 0.15%，根据碳酸盐岩：C 0.1-0.15%为较好生油岩；0.15-0.25%为好生油岩；＞0.25%为最好生油岩、因此藻纹层云泥白云岩、泥岩、灰泥灰岩均为本区的油源岩。

(三) 三叠系油源岩的沉积环境

长江中、下游三叠系泥岩、灰泥灰岩、藻纹层白云岩是有效生油岩，有机质丰度高，我们必须进一步探讨其有机质类型，才能探讨其沉积环境。有关有机质分类标准如下表(表 5-3)：

表5—3　有关生油岩中有机质类型表

Table 5—3 Classification of organic material in oil source rocks

有机质类型			腐泥型	腐植-腐泥型	腐泥-腐植型	腐植型	腐煤型
古生物			藻类为主	藻及部分植物	藻及部分植物	植物	高等植物
干酪根"A"	族组份	饱和烃%	40–60	20–40	20—40	5–17	7–15
		芳香烃%	12–25	5–15	15–25	10–22	20–30
		饱/芳	>3	1–3	1–1.16	0.5–0.8	0.3–0.5
		非烃+沥青%	20–40	40–60	40–60	60–80	60–70
		非+沥/总烃	0.3–1	1–3	1–3	3–4.5	>3
	元素组份	C%	82–86	72–82	72–82	65–72	82–86
		H%	12–13	9–12	7–9	6–7	6–7
		O+S+N%	1–6				
		C/H	6–7.5	7.5–9.5	8–9	9–12	12–14
		H/C原子比	1.4–1.6	1.0–1.4	0.8–1.0	0.5–0.8	
		镜下	无定形为主	无定形镜质体	无定形镜质体	镜质体	木质

表5—4 江苏地区三叠系青龙组沥青“A”族组分统计表

Table 5—4 Data of asphalt “A” of Qinglong Formation in Jiangsu province

地区	层位	岩性	饱和烃 %	芳香烃 %	非烃 %	沥青质 %	饱和烃/芳香烃	饱+芳%	非+沥%	$\frac{非+沥}{饱}$
句容	T_1^3	泥岩	51.93 (1 块)	13.81 (1 块)	20.44 (1 块)	4.97 (1 块)	3.76	65.74	25.41	0.49
		灰泥灰岩	49.23 (1 块)	14.43 (1 块)	16.24 (1 块)	14.59 (1 块)	3.41	63.66	31.19	0.63
	T_1^{1+2}	泥岩	43.93 (15 块)	15.96 (15 块)	25.02 (15 块)	10.97 (15 块)	2.94	59.89	35.99	1.09
		泥灰岩	48.58 (3 块)	13.11 (3 块)	22.46 (3 块)	7.45 (3 块)	3.80	61.69	29.91	0.70
		灰泥灰岩	50.41 (11 块)	14.63 (11 块)	23.02 (11 块)	8.97 (11 块)	3.68	64.72	31.99	0.63
南京龙王山钟23井	T_1^{1+2}	泥岩	43.35 (4 块)	14.25 (4 块)	18.85 (4 块)	5.22(4 块)	3.04	57.6	24.07	0.56
		灰泥灰岩	30.68 (1 块)	18.18 (1 块)	30.09(1 块)	17.05 (1 块)	1.69	48.55	47.14	1.54
宜兴	T_1^3	灰泥灰岩	44.11 (2 块)	5.4 (2 块)	43.58 (2 块)	6.92 (2 块)	8.17	49.51	50.5	1.14
	T_1^{1+2}	泥岩	41.13 (1 块)	11.01 (1 块)	30.78 (1 块)	17.4 (1 块)	3.73	52.14	48.18	1.17
		灰泥灰岩	48.16 (3 块)	7.15 (3 块)	30.81 (3 块)	13.90 (3 块)	6.74	55.29	44.71	0.92
苏州渡村1913井	T_1^{1+2}	泥岩	40.91 (2 块)	15.72 (2 块)	28.77 (2 块)	15.69 (2 块)	2.60	56.63	44.46	1.08

根据江苏各地区青龙组沥青“A”族组分与标准有机质类型对比，江苏省青龙组泥岩、

灰泥灰岩的有机质类型如下表（表 5-5）：

表 5-5　　江苏省三叠系青龙组有机质类型统计表

Table 5—5 Kinds of Organic material of Qinglong Formation in Jiangsu

层位 \ 有机质类型 \ 地区		句容	南京龙王山	宜兴	苏州渡村
T_1^{1+2}	泥岩	腐泥型	腐泥型	腐植腐泥型	腐植腐泥型
	灰泥灰岩	腐泥型	腐植腐泥型	腐植腐泥型	
	泥灰岩	腐泥型			
T_1^3	泥岩	腐泥型			
	灰泥灰岩	腐泥型		腐植腐泥型	

根据表 5-5，江苏省青龙组泥岩、灰泥灰岩的有机质类型主要为腐泥型及腐植腐泥型。以藻类沉积为主，有部分陆上低等植物参与。三叠系为陆表海浅水碳酸盐岩沉积，水体浅，光照度好，各种生物尤其是藻类大量繁殖，故多为腐泥型有机质；此外还有部分陆上低等植物的有机质参与，故亦有腐植腐泥型有机质。三叠系沉积物中有丰富藻类，反映在岩石上有各种隐藻碳酸盐岩，如凝块石颗粒灰岩，核形石颗粒灰岩，纹层状灰泥灰岩，藻纹层白云岩，叠层石白云岩等，亦与三叠系浅水沉积环境有关。藻类是最好生油物质之一，并有利于转化为液态烃。

二、石膏、硬石膏

（一）石膏、硬石膏分布概况。　表 (5-6)

长江中、下游三叠系石膏、硬石膏，产于嘉陵江组中分布广泛，在地表则为盐溶角砾岩及次生灰岩。由于嘉陵江组是穿时性的岩石地层单位，其中的石膏及硬石膏的形成时限并不等时，大体上说在鄂东南一带在奥伦尼期（T_1^2），而苏皖地区则为安尼锡早期（T_2^1）。

如前所述，石膏、硬石膏在地表往往被方解石交代。因此，在露头上往往形成盐溶交代角砾岩及次生灰岩。这种盐溶交代角砾岩，原来岩石结构、构造。塑性变形以及角砾碎块，基本上没有位移，被保存于盐溶交代角砾岩中。还有一种是盐溶垮塌角砾岩，这是因为比石膏、硬石膏更易溶解的盐类，快速溶解，造成掏空现象，使得上覆地层及夹层岩石垮塌破碎，形成角砾，然后充填于溶洞中，被胶结而成的角砾岩。这种盐溶垮塌角砾岩不但地表有，而且钻孔中也有；角砾成分复杂，不但有白云岩、灰泥灰岩，甚至有硬石膏角砾及上覆地层岩块；角砾零乱堆积，无一定排列方向，角砾大小不等；在钻井中角砾岩胶结物除碳酸盐外，还可见到石膏胶结。盐溶垮塌角砾岩溶解规模大，角砾中有上覆岩层碎块，在钻孔中尚保存有硬石膏角砾及石膏胶结物，因此推断可能与比石膏、硬石膏更易溶解的易溶盐有关。

表 5-6 长江中、下游三叠系石膏、硬石膏分布概况表

Table 5—6 Distribution of gypsum and anhydrite of Triassic in Lower Yangzi region

地点	钻孔	地质概况	石膏.硬石膏视厚度(米)
武昌土地堂		T_1^2 硬石膏.	20
广济田家镇		T_1^2 硬石膏.	49.5
黄 石	CK12 110-455 米	T_1^2 硬石膏夹盐溶角砾岩	345
大冶沙田		T_1^2 硬石膏.	11.8
蒲圻凤凰山		T_1^2 硬石膏夹盐溶角砾岩	107.7
蒲圻通山新桥		T_1^2 硬石膏夹盐溶角砾岩.	106.5
鄂城程潮	CK395	T_1^2 石膏二层.	51.5
灵乡余华寺	CK70	T_1^2 石膏.硬石膏五层.	50.9
童家	CK91	T_1^2 硬石膏一层	31.72
张敬筒	CK814	T_1^2 石膏二层硬石膏一厚层.	160.08
黄梅马鞍山	CK14 280-686.34 米	T_1^2 硬石膏.	400
怀宁月山	ZK83 860-1001 米	T_2^1 硬石膏夹白云岩.	140
贵池东湖	ZK24 210.71-443.20 米	T_2^1 硬石膏与白云岩互层	232.59
繁昌白马山	CK110 511—782.8 米	T_2^1 大理岩与硬石膏互层,共见 9 层硬石膏,最大单层厚度 41.5 米.	115.69

铜陵西湖	CK1 190.34–404.74 米	T_2^1 盐溶角砾岩夹硬石膏二层.	6.70
含山陶厂	ZK10–4 ZK8–2 ZK7–3 ZK6–4 ZK4–5	T_2^1 硬石膏.角砾状硬石膏.	388.06– 510.77
无为杨桥	ZK1 ZK5 ZK7 ZK10	T_2^1 硬石膏,角砾状硬石膏 ZK1 井有水化石膏. ZK10 井硬石膏含自然硫.	247.29— 440.94
无为罗石山	N 参 4 610–680 米	T_2^1 深灰色云泥白云岩夹灰色硬石膏.	50
无为汤沟	CK2305 18–632.63 米	T_2^1 盐溶角砾岩,灰泥灰岩及石膏岩.	600
当涂钟九铁矿区	CK407 219–492 米	T_2^1 盐溶角砾岩夹含角砾硬石膏 2 层,最大单层厚 67.5 米,夹层白云岩中含 *Eumorphotis(Asoella)*sp..	>80
当涂年斗门铁矿区	CK804 319–483 米	T_2^1 盐溶角砾岩夹季纹层状白云石–硬石膏.	>98
当涂钓鱼山铁矿区	CK432 439–505 米	T_2^1 硬石膏胶结的盐溶角砾岩与硬石膏互层,见硬石膏 4 层,最大单层厚 11 米,有闪长岩侵入.	>21
南京凤凰山铁矿区	CK602 62.86–455.97 米	T_2^1 62.86–309.15 米盐溶角砾岩夹泥灰岩藻纹层白云岩,有紫红色粉砂岩碎块充填. 309.15–455.97 米硬石膏与白云岩互层,共见五层硬石膏,最大单层厚 42.75 米,在白云岩夹层中有 *Myophoria submultifria* Chen 等化石.	>68.55

南京其林山铁矿区	CK251 588–800 米	T_2^1 白云岩与硬石膏互层,共见 2 层硬石膏,单层厚 90 米,有闪长岩体侵入。	180
南京岔路口聚宝山黄铁矿区	CK103 28–352 米	0–28 米 T_2^2 黄马青组,紫红色粉砂岩,细砂岩。28–48.89 米 T_2^1 嘉陵江组,盐溶角砾岩。48.89–157 米石膏夹白云岩层。157–352 米硬石膏与白云岩互层。	>130
南京岔路口朝阳洞黄铁矿区	CK914 211.27–245.35 米	$T_2^1$211.27–213.87 米.盐溶垮塌角砾岩。 213.87–239.57 米银白色乳白色透明石膏岩。 239.57–240.81 米闪长岩。 240.81–245.35 米黄铁矿层。	>29
南京东阳镇	东 3 孔 226.62–241 米	18.82–157 米,T_2^2 黄马青组,紫红色夹灰绿色粉砂岩。 157–226.62 米,无岩芯。 226.62–231.53 米,T_2^1 嘉陵江组盐溶角砾岩。 231.53–241 米,硬石膏。	>9
南京仙鹤门	栖 11 孔 34.84–294.16 米	34.84–239.70 米,T_2^1 蜂窝状盐溶角砾岩。 239.70–278.13 米,含石膏泥灰岩。 278.13–294.16 米,石膏层。	>16

南京周冲村石膏矿	ZK122、104、29、133、122、116…	T_2^1 共 16 层硬石膏矿,主要为季纹层状白云石一硬石膏,与纹层状云泥白云岩互层,硬石膏最大单层厚 200 米。	>400(已控制工业储量 11.4 亿吨,并正式开采)
句容下蜀老人峰	CK_3 18.18–355.74 米	0–18.18 米 Q 下蜀粘土。 18.18–245.21 米.T_2^1 盐溶角砾岩。 245.21–251.10 米含石膏角砾岩。 251.10–254.38 米.石膏层。 254.38–256.80 米含石膏角砾岩。 256.80–355.74 米石膏层。	>105
南京安基山铜矿	ZK1102 477–578 米	0–477 米石英闪长斑岩与矽卡岩,大理岩互层,黄铜矿化。硬石膏呈细脉状。 $T_2^1$477–578 米硬石膏矽卡岩铜矿体。 578–580 米黑云母花岗闪长岩。	>100
镇江九华山	ZK31 孔 195–470 米	26.22–195 米 T_2^1 灰泥灰岩夹泥灰岩,鲕粒颗粒灰岩。 195–380 米盐溶角砾岩。 380–450 米灰泥灰岩。 450–470 米硬石膏。 470–557.8 米灰泥灰岩。	>20
镇江劳动路	ZSg2 孔 106.2–384.28 米	51.6–106.2 米 T_2^2 黄马青组紫红,灰绿色粉砂岩。 106.2–180 米 T_2^1 嘉陵江组蜂窝状盐溶角砾岩,有正长斑岩侵入。 180–274.94 米石膏岩夹灰泥灰岩。 274.94–384.28 米灰泥灰岩,有花岗斑岩侵入,灰泥灰岩已大理岩化。	>90 (已控制地质储量 1100 万吨)

常州郑陆桥	郑2孔 250.99–766.01米	250.99–441.80米 T_2^1 黑灰色.深灰色灰泥灰岩. 441.80–755.30米硬石膏与灰泥灰岩互层. 755.30–766.01米灰泥灰岩.	210 (控制地质储量9.5亿吨)
无锡南门	2号孔 131.63–366.64米	131.63–136.70米 T_2^2 黄马青组底部:灰色钙质页岩.紫红色粉砂岩,含*Punctatasporites*等孢粉. 136.70–230.75米 T_2^1 嘉陵江组灰色砂屑颗粒灰岩,在161.32–166.56米含石膏. 230.75–366.64米砂屑颗粒灰岩,含鲕粒.骨屑,并有石膏脉.	>4
泰兴黄桥	N--7井 1380–1875米	1380–1552米 T_2^1 白云岩. 1552–1596.5米硬石膏岩. 1596.5–1610.5米白云质硬石膏岩. 1610.5–1664米含膏白云岩. 1644–1772米白云石一硬石膏岩. 1772–1778.5米含膏白云岩. 1778.5–1863米白云石一硬石膏岩. 1863–1875米白云岩.	241

次生灰岩，盐溶交代角砾岩，盐溶垮塌角砾岩，分布广泛，如湖北蒲圻、通山、广济、安徽怀宁、贵池、无为、巢湖、铜陵、青阳、南陵，江苏南京、镇江、溧阳等地均可见及，另据了解南黄海亦有盐溶角砾岩分布。

（二）石膏、硬石膏类型

1.沉积硬石膏（原生硬石膏）

(1) 薄层一块状含白云石细粒硬石膏

位于嘉陵江组第一段，呈灰至灰白色，单层厚3至数十厘米，往往与1–10厘米厚的

藻纹层微晶白云岩组成薄层互层，有时单层厚 2 米左右。薄层--块状含白云石细粒硬石膏，为细粒隐晶结构，含有机质细纹。镜下观察，硬石膏呈细一中粒集合体，粒径 0.02-0.15 毫米大小，基质状态分布，定向排列，沿层理有藻丝状平行及波状黑色有机质纹，含自形一半自形菱面体白云石晶粒，约占 20%左右，粒径 0.01-0.08 毫米大小，均匀分布在硬石膏中。南京石膏矿 ZK105 孔 620-626 米，安徽年斗门 ZK804 孔 397-405 米硬石膏就是这种类型。

(2) 季纹层状白云石--硬石膏

季纹层状白云石--硬石膏，主要位于嘉陵江组第二段，呈灰至灰黑色，细粒结构，系含白云石细粒硬石膏与藻纹层云泥白云岩组成季纹层互层，韵律十分明显。季纹层一般厚 0.2-0.4 厘米，有时弯曲，甚至呈圆锥状或椭球状似藻丘构造，可能是石膏脱水时排出大量水份形成的流体压力造成塑性变形。镜下观察，白云石条带中为 0.02-0.03 毫米细粒自形一半自形菱面体白云石，含有机质纹，达 3-5%，比较混浊，往往含少量 0.01-0.03 毫米左右细粒硬石膏，与白云石混杂共生。硬石膏条带中的硬石膏粒较粗大，粒径 0.03-0.05 毫米，呈定向排列，光性一致。硬石膏条带中往往有少量白云石，为自形晶，比较洁净，呈集合体或星散状分布在硬石膏条带中，这种集合体白云石往往具有机质环带。南京石膏矿 ZK105 孔 480-485 米，ZK29 孔 329-337 米，南京凤凰山 CK602 孔 530-543 米均为季纹层状白云石一硬石膏。

(3) 结核状--镶嵌状石膏--硬石膏

结核状--镶嵌石膏、硬石膏位于嘉陵江组第四段。结核状--镶嵌状石膏、硬石膏，在地表及钻井浅部往往只见到石膏、硬石膏被溶解后的空洞，残留在白云岩中，形成蜂窝状至溶洞状白云岩，一般没有充填物，有些空洞被紫红色粉砂质泥岩充填。少数空洞呈立方体（可能为钠盐溶洞），多数空洞为长方体（石膏溶洞）。此外在地表还可见到结核状石膏被方解石交代形成次生灰岩团块，镶嵌在白云岩中。这种结核状--镶嵌状硬石膏往往与含石英外碎屑白云岩及不规则纹层白云岩共生。南京仙鹤门栖 11 孔、岔路口 CK103 孔，镇江路 ZgS2 孔、安徽钟九铁矿 CK407 孔均可见到。有些钻孔中还可见到含有小鸡群状硬石膏团块的白云岩。

2.次生石膏

(1) 水化石膏

水化石膏有青灰色板条状石膏、白色板条状石膏，亦有裂隙中充填的纤维状石膏及少量透石膏。水化石膏系硬石膏受地下水作用水化而成，位于潜水面以上或断层破碎带含水层附近。镜下观察以板条状石膏为最多，为不等粒板状至柱状结构，长 1-2 毫米，排列极不规则，个别呈燕尾双晶。往往含残余硬石膏碎块，并有细粒自形一半自形菱面体白云石，呈星散状不规则分布其间。水化石膏中往往含天青石，呈他形粒状不规则散布在石膏中，最大粒径 0.78 毫米，最小粒径 0.05 毫米，一般在 0.45-0.75 毫米左右。南京石膏矿 ZK107 孔，当涂钟九铁矿 CK407 孔，镇江劳动路 ZgS2 孔…均有此种水化石膏。南京小红山铁矿的水化石膏，均已铁染，但在镜下仍可见到水化石膏中含白云石晶粒。

(2) 交代型硬石膏

交代型硬石膏系石膏、硬石膏夹层中白云岩经石膏溶液作用，石膏化形成的硬石膏。

其成因可能是石膏成岩时脱水变成硬石膏，体积收缩，白云岩破碎，石膏溶液沿裂隙充填交代形成；或成岩期后地下水活动，溶解硬石膏岩，形成石膏溶液，交代白云岩形成。在交代型硬石膏中往往可以见到白云岩残块。繁昌白马山 CK110 孔 659.48–659.93 米，当涂钓鱼山 CK432 孔 474.5–481.32 米，南京石膏矿 ZK112 孔，ZK106 孔都可见到交代型硬石膏。

(3) 重结晶硬石膏

上述各类型硬石膏外观上极似石灰岩或白云岩，而重结晶石膏外表极似大理岩。重结晶硬石膏往往呈洁白透明至半透明状，亦有浅灰至蓝灰色者。镜下观察，矿物主要为硬石膏，呈板条状，粗者长 1.5–2.8 毫米，最长可达 3 毫米，宽 0.4–0.6 毫米。细者长 0.4–0.6 毫米，宽 0.2–0.35 毫米。有的一组定向排列；有的两组定向排列，互相交叉；有的则杂乱排列。重结晶硬石膏含白云石较少，白云石往往呈细粒自形晶，洁白，零星散布在硬石膏中，一般只占 3–5%。在重结晶硬石膏裂隙中往往有他形粒状天青石，呈不规则分布，矿物含量 1%左右。重结晶硬石膏中有时有自然硫析出，呈细脉状或不规则小团块。潮解时还有粉末状钙芒硝析出。

重结晶硬石膏，有一些可能在石膏脱水成为硬石膏的成岩作用时即已重结晶，例如含白云石细粒硬石膏中常有板条状硬石膏及放射状硬石膏。但从其分布来看，一般位于地下深部和位于岩体附近，有时围岩蚀变很显著，有大理岩化、绿泥石化、矽卡岩化、黄铁矿化等。因此硬石膏重结晶的原因，除成岩作用外，主要是硬石膏埋深受压力影响及受岩浆作用影响形成，热液作用强烈时，可使硬石膏退色成洁白半透明硬石膏。有人将这种重结晶硬石膏称为“热液硬石膏”，实际上是石膏作为围岩受热液影响成为重结晶的石膏。它的特点是①仍保存原来季纹层或薄层理的残余构造；②仍保存原来白云岩夹层，而且在夹层中找到中三叠世化石；③在薄片中仍可见到硬石膏中含有星散白云石。有人根据这种硬石膏包体测温温度较高（290–320℃），确定其为“热液硬石膏”，事实上它是受了后期热液影响所致，并非原始成矿温度。

（三）石膏、硬石膏沉积特征

1.苏皖地区石膏、硬石膏沉积特征

苏皖地区石膏、硬石膏产于嘉陵江组（安徽原称东马鞍山组）中，分布广泛，在工作范围内自怀宁至常州沿江一带均有分布，而且层位稳定，已足以说明这类石膏，硬石膏是沉积的。兹就南京周冲石膏矿 ZK105 孔剖面为例，自下而上论述其沉积特征。

(1) 一段：以藻纹层云泥白云岩与薄层一块状含白云石细粒硬石膏互层为主，夹数层季纹层状白云岩，含有机质细纹（藻丝体），往往呈平行一微波状纹理；本段中部夹有同生角砾白云岩及含鲕粒，生物碎屑白云岩，鲕粒可达 3%，生物碎屑中介形类、棘皮类生物屑可达 45%–62%，棘皮类生物屑多为五角亚型海百合茎亦有海胆碎屑。本段上部尚有叠层石白云岩。本段硬石膏为含白云石细粒硬石膏，往往厚三至数十厘米，最大单层厚度亦只二米左右，细粒硬石膏中亦含有波状有机质细纹（藻丝体）及菱面体白云石。所夹季纹层硬石膏在本段下部和上部均有存在。嘉陵江组一段沉积时期，已进入盐湖初期，但此时，经常被广海淹没。当海水淹没时期，海水进入盐湖，卤水被冲淡，因而有藻纹层白云岩沉积；当海水退出时，卤水浓缩，便形成薄层一块状含白云石的细粒硬石膏。在一段沉

积时期，亦有间歇稳定封闭时期，因而有一部分与季节性变化有关的季纹层白云石--硬石膏沉积。一段沉积中部有同生角砾、鲕粒、生物碎屑，看来一度水动力很强，可能是风暴浪影响。嘉陵江组一段沉积时期，是盐湖初期阶段。

(2) 二段：为黑色藻纹层白云岩与季纹层白云石一硬石膏互层，共厚 161.16 米。灰黑色藻纹层白云岩，单层厚 1 至 10 余米，主要由微晶白云石组成，白云岩中还有黄铁矿粒及有机质细纹（藻丝体），中部白云岩含球粒及生物碎屑，球粒占 3%，生物屑中海百合茎占 0.5-45%，海胆占 10%，有孔虫占 5-15%。季纹层状白云石-硬石膏已如前述，单层很薄,厚仅 0.2-0.4 厘米，由白云石条带与硬石膏条带组成互层。白云石条带中含少量细粒硬石膏，硬石膏条带中亦含少量白云石。嘉陵江组二段沉积时期，盐湖已进入比较长久的停滞阶段，以季纹层白云石-硬石膏为主。季纹层白云石-硬石膏，反映季节性变化，当雨季时期盐湖水体含盐度较低，因而有白云岩条带沉积；当天气较旱时，水体含盐度较高，因而有硬石膏条带沉积。二段沉积时期也有藻纹层白云岩，球粒、生物碎屑白云岩，看来也有短期海水补给，代表盐湖中期阶段。

(3) 三段：在南京石膏矿 ZK105 孔为盐溶垮塌角砾岩与季纹层白云石-硬石膏及藻纹层白云岩组成互层，共厚 82 米。本段共有三套盐溶垮塌角砾岩，角砾成份为白云岩、硬石膏。在 ZK29 孔、ZK102 孔盐溶垮塌角砾岩中有上覆紫红色砂岩碎块充填。此种盐溶垮塌角砾岩如前所述是比石膏、硬石膏更易溶解的易溶盐被溶解掏空所形成，显示这一时期海水进一步浓缩，形成易溶盐，盐湖已进入晚期阶段。

(4) 四段：在南京石膏矿 ZK105 孔上部为蜂窝状--网格状白云岩，具立方体和长方体空洞，可能为结核状石膏和石盐溶解留下的空洞。厚约 5 米左右。下部为含石英外碎屑的白云岩，白云质灰岩，亦含鲕粒、生物碎屑及少量双壳类化石，厚 22.5 米。在 ZK115 孔多为藻纹层云泥白云岩，含不规则有机质细纹层及结核状--镶嵌状硬石膏，亦夹鲕粒、生物碎屑颗粒灰岩，显然是潮上带萨布哈(Sebkha) 型沉积。

嘉陵江组一段、二段、三段沉积时期，经常有新海水加入，因而有藻纹层白云岩沉积；薄层--块状含白云石细粒硬石膏、季纹层白云石--硬石膏，易溶盐沉积总厚度达 400 米，可见盐湖经历了较长久时间；盐湖沉积过程中，卤水较浓，狭盐性生物死亡，形成生物碎屑。但藻类丰富，往往有藻纹层白云岩、叠层石白云岩，甚至石膏硬石膏中亦含有机质水平纹层和波状纹层，显然是藻类参与了盐湖相沉积。嘉陵江组第四段沉积时期，三叠纪海退晚期，潮上带有周期性的沉积和干化作用，使藻丛造成不规则纹层，结核状硬石膏及置换空隙充填的硬石膏，是狂风巨浪带来的海水，以及从盐湖渗透进来的卤水、经过浓缩至石膏饱和度时沉淀下来的。

2.鄂东南地区石膏、硬石膏沉积特征

鄂东南地区含石膏，硬石膏的嘉陵江组，原称嘉陵江组属下三叠统，未见完整钻孔剖面，兹就地表所见自下而上分述如下：

(1) 下段（即原嘉二段)：灰泥灰岩→斜层理云泥白云岩、砂屑白云岩、膏晶白云岩→次生灰岩与膏晶白云岩互层→盐溶交代角砾岩→盐溶垮塌角砾岩，厚 170 余米，是由白云岩→石膏岩→易溶盐的完整韵律，已进入盐湖相，在蒲圻凤凰山该段中见到石盐假晶。

(2) 中段（原称嘉三段)：虫迹灰岩为主，夹条带状灰岩、颗粒灰岩，厚 190 米，水

体加深为局限台地潮间带沉积。

(3) 上段（原称嘉四段)：为灰岩→碎屑白云岩→灰岩、透镜状白云岩→针状膏晶白云岩→次生灰岩、交代角砾岩，厚 130 米，又一次进入盐湖相沉积。蒲圻、通山、武昌、大冶、广济、黄石钻孔中所见硬石膏主要属于此段。

鄂东南地区共有两个聚盐期，即下段和上段，是咸化程度较高的盐湖相产物。

三、铁、铜、硫矿产

长江中下游铁、铜、硫矿产，主要赋存在三个层位：一是石炭-二叠系，二是三叠系；三是中生代陆相火山岩。

与三叠系有关的铁、铜、硫矿产，一般产于嘉陵江组（包括安徽原东马鞍山组和江苏原周冲村组)，并与膏盐层有密切关系。鄂东南地区与三叠系膏盐层有关的铁、铜、要占该区铁、铜矿产的 85.5%（叶元正 1983)〈注：其余为石炭、二叠系铁铜〉；在铜陵地区与三叠系膏盐层有关的铁、铜要占该区铁、铜矿产的 33.4%（舒金 1984)〈其余为石炭、二叠系铁、铜〉。部分铁、铜矿产赋存在下三叠统青龙组（包括湖北原大冶组，安徽原南陵湖组、和龙山组及殷坑组，亦皆位于三叠纪膏盐盆地内)。这些矿产成层性好，具水平层理，并与岩层同步褶皱。

在南京云台山嘉陵江组有沉积菱铁矿。宁芜、宁镇地区其余的矿床是以海相三叠系矿源层作为围岩，与岩体接触交代，形成铁、铜、硫矿床，矿体亦多位于紧靠接触带的海相三叠系沉积岩一侧，平行或近于平行层理，但也有呈不规则状者。

(一) 三叠系铁、铜、硫矿床分布 (图 5--1)

图5—1 长江中下游中、下三叠统膏盐盆地及其有关铁铜硫矿床分布图

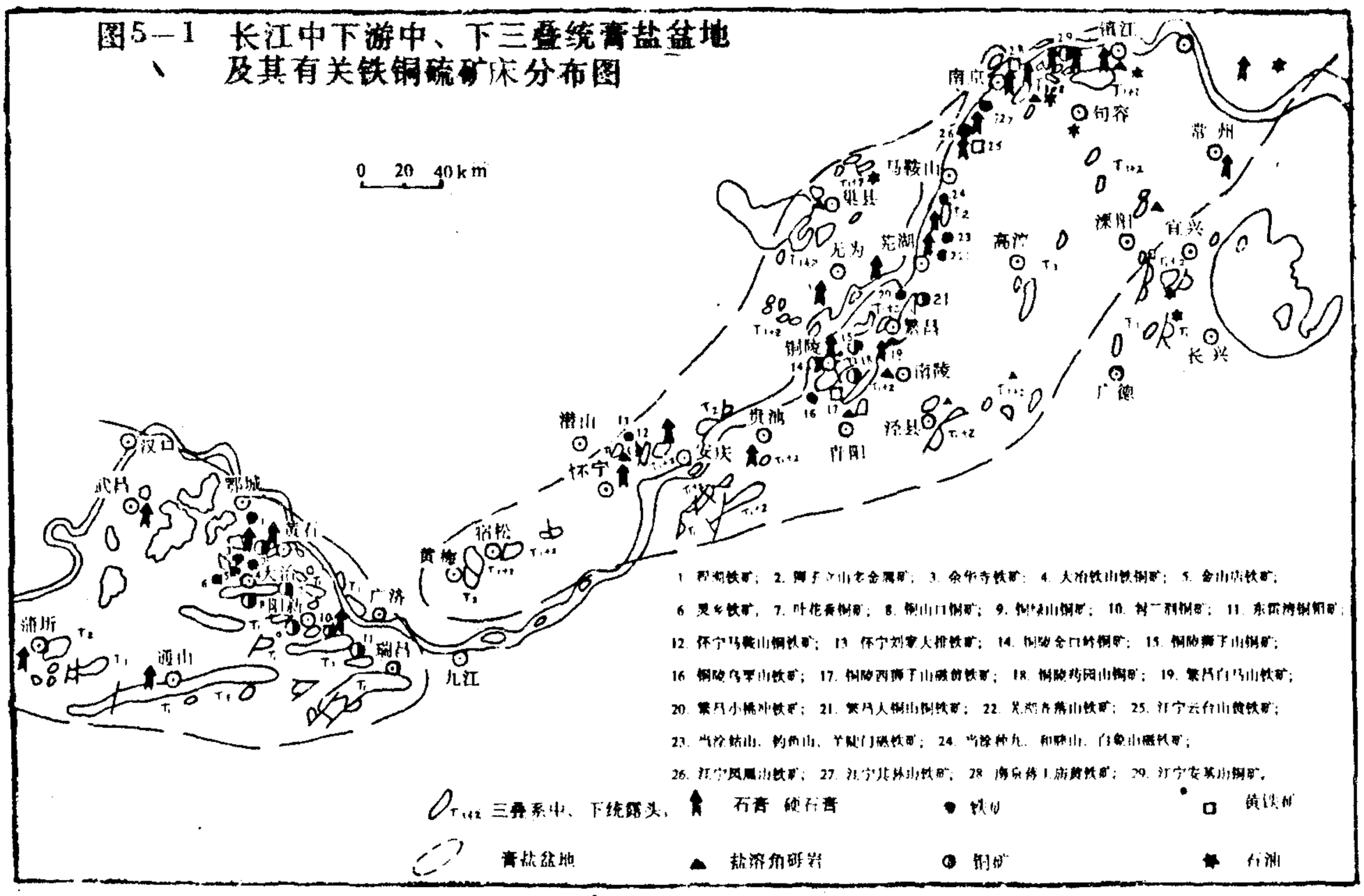


Fig 5—1 Distribution of gypsum—salt basins and the iron,copper and sulfide deposit

表 5-7　　长江中、下游与三叠系有关的主要铁、铜、硫矿床分布概况

Table 5--7 Distribution of main iron,copper and sulfide deposit hosted in Triassic of Lower and Middle Triassic of Lower Yangzi region

矿　床	主要矿种	围岩	岩体	围岩蚀变	备注
大冶铁山铁铜(钴)矿床	磁铁矿、赤铁矿、假象赤铁矿、黄铜矿。次为黄铁矿、磁黄铁矿、蓝铜矿、斑铜矿、铜蓝、方铅矿、孔雀石、软锰矿。	T_1^2(嘉陵江组)白云质大理岩、大理岩化盐溶角砾岩。	主要为闪长岩。	碳酸盐化、绿泥石化、绢云母化、高岭土化、硅化、钠长石化。	大型矿床:有铁门坎新矿、铁门坎、龙洞、尖林山、象鼻山、狮子山、尖山 7 个矿体。品位:TFe 53.63% Cu 0.70% Co 0.023%
程潮铁矿	铁、钴。	蒲圻群底部及 T_1^2 大理岩化盐溶角砾岩、硬石膏岩。	花岗斑岩	矽卡岩化、钠长石化。	大型矿床。与硬石膏矿完全重叠。
铜山口铜矿	主要为黄铜矿,次为黄铁矿辉钼矿、斑铜矿、磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、白钨矿及磁铁矿。	T_1^2 白云岩,大理岩化盐溶角砾岩。	花岗闪长斑岩。	硅化,碳酸盐化,绢云母化、绿泥石化。次有金云母化、蛇纹石化。	中型。Cu 0.89%
铜录山铁铜矿	黄铜矿、磁铁矿、斑铜矿,辉钼矿。	T_1^2 碳酸盐岩,盐溶角砾岩。	花岗闪长岩。	钾长石化、金云母化、蛇纹石化、硅化。	大型
狮子立山多金属矿	铁帽中有褐铁矿、软锰矿、赤铁矿、硬锰矿、镜铁矿。钻孔中为铅锌矿。	T_2 蒲圻群底部及 T_1^2 白云质灰岩,大理岩化盐溶角砾岩。	石英闪长斑岩。	碳酸盐化、硅化、重晶石化、高岭土化。	矿点

叶花香铜矿	辉铜矿、斑铜矿、次有赤铜矿、自然铜、黄铜矿、伴生有磁铁矿、辉钼矿。	T_1^1(原大冶组)灰岩	石英闪长岩	钾长石化、绿帘石化、硅化、碳酸盐化。并有钠长石化、黄铁矿化、黑云母化、透闪石化、高岭土化、绿泥石化	中型 Cu 1.23–3.39% 平均 2.14% Au 1.65g/T Ag 54g/T
东雷湾铜(钨、钼、铅、锌)矿.	黄铜矿、黄铁矿、磁铁矿、辉钼矿、铅锌矿、白钨矿。	T_1^2 大理岩化盐溶角砾岩。	花岗闪长斑岩。	矽卡岩化、大理岩化。次为绿泥石化、硅化，碳酸盐化、蛇纹石化。	矿点。 Cu 0.1–0.3% Mo 0.001–0.007%
封三洞铜钼矿。	黄铜矿、斑铜矿、菱铁矿。伴生有磁铁矿、赤铁矿、辉钼矿、白钨矿。	T_1^1（原大冶组）灰岩。	花岗闪长斑岩。	矽卡岩化、绿泥石化、蛇纹石化。	中型。 Cu 1.43% Mo 0.036% WO_3 0.012–0.02%
怀宁马鞍山铁铜矿。	磁铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿、辉钼矿。	T_2^1 盐溶角砾岩，硬石膏岩，白云岩。	闪长岩，石英闪长岩。	碳酸盐化、钾长石化、绿帘石化、阳起石化、矽卡岩化。	中型。 Cu 1.16–3.2% 最高 11.27% Fe 38–47% 最高 60%。伴生 Au
安庆龙门山铜矿。	黄铜矿、蓝铜矿。	T_2^1 盐溶角砾岩。	闪长岩。	阳起石化、碳酸盐化、大理岩化、矽卡岩化。	小型。
安庆铁铺岭铜矿。	黄铜矿、黄铁矿、赤铜矿、斑铜矿、磁铁矿。少量辉铜矿、磁黄铁矿。	T_2^1 盐溶角砾岩。	闪长岩。	阳起石化、碳酸盐化、大理岩化、矽卡岩化。	小型。Cu 0.59%

怀宁刘家大排铁矿	磁铁矿伴生黄铁矿、黄铜矿、孔雀石.	T_1^3 大理岩.(原南陵湖组)	闪长岩.	大理岩化、阳起石化.	小型. TFe 35.40–46.78%
铜陵金口岭铜矿	黄铜矿、斑铜矿	T_1^3 碳酸盐岩，T_2^1 膏盐层.	石英闪长岩.	矽卡岩化、硅化、黄铁矿化.	小型. Cu 2% 最高 7.85–28.3%
铜陵西狮子山磁黄铁矿	磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿	T1（原殷坑组，和龙山组，南陵湖组）碳酸盐岩.	闪长岩.	矽卡岩化、碳酸盐化、绿泥石化、钾长石化.	中型. Cu 0.01–18.7% 平均 1.17% S 3.8% Au 0.5–1.5g/T Ag 30g/T Mo 0.02%
铜陵东狮子山黄铜矿	黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿、毒砂	同上	闪长岩	矽卡岩化、碳酸盐化、绿泥石化、钾长石化、黄铁矿化、叶腊石化、蛇纹石化.	中型 Cu 1.23% S 2.38% Au 0.5–1.5g/T Ag 30g/T
铜陵乌栗山铁矿	磁铁矿、褐铁矿、赤铁矿、	T_2^1 白云质灰岩	闪长岩	大理岩化、矽卡岩化.	矿点. TFe 55–56% Cu 0.05–0.82% 平均0.33% Zn 0.29%
铜陵药园山铜矿	磁铁矿、赤铁矿、黄铜矿、黄铁矿、斑铜矿、次为赤铜矿、方铅矿、闪锌矿及毒砂	T_1^3 灰岩、 T_2^1 盐溶角砾岩	石英闪长岩	矽卡岩化、绿泥石化、碳酸盐化、钾长石化、绢云母化.	中型. Cu 0.3–2% 平均1.26% Pb 0.041% Zn 0.05%

铜陵铁山头铜矿	黄铜矿、黄铁矿、磁铁矿、方铅矿、闪锌矿。	T_1^3 灰岩。	石英闪长岩。	矽卡岩化、绿泥石化、赤铁矿化、钾长石化、云英岩化。	小型。1号矿体Cu平均0.71%；2号矿体Cu平均0.64%；3号矿体Cu平均0.43%
繁昌大铜山铜铁矿	黄铜矿、孔雀石、赤铁矿、褐铁矿、磁铁矿、黄铁矿、镜铁矿。	T_2^1 盐溶角砾岩。	石英闪长岩。	高岭土化、硅化、大理岩化、绢云母化。	小型。Cu 0.36–8.56%；局部15.72%
繁昌小桃冲铁矿	镜铁矿、少量孔雀石、黄铁矿。	T_1^2（原和龙山组）碳酸盐岩、页岩。	花岗岩。	绿泥石化、矽卡岩化。	小型。TFe 22 05–48.19%
繁昌白马山铁矿	磁铁矿、赤铁矿、假象赤铁矿。	侏罗系火山岩、黄马青组砂页岩、T_2^1 盐溶角砾岩。	石英闪长玢岩。	碳酸盐化、硅化、黄铁矿化、绿泥石化、绢云母化。	小型。TFe 30.33–50.58%
繁昌三山铜铁矿	黄铜矿、蓝铜矿、磁铁矿、赤铁矿、褐铁矿、镜铁矿。	T_1^3 灰岩	石英闪长玢岩。	矽卡岩化、透辉石化、高岭土化、绢云母化。	小型。Cu 0,39–1.81% TFe 31.75–55.23%。 S 12.7%
繁昌随山含镉钴闪锌矿	主要的：闪锌矿、黄铁矿、硫钴矿；次要的：方铅矿、镜铁矿、辉铜矿、黄铜矿。	同上。	闪长玢岩。		小型。Zn一般10.38%。最高59%。Cd平均0.101%最高0.23%。Co平均0.024%；最高0.06%

繁昌佛子岭多金属矿	黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、蓝铜矿、黄铁矿.	同上.	石英闪长玢岩.	大理岩化、矽卡岩化、硅化.	小型. Cu:0.45–1.04%
芜湖齐落山铁矿	磁铁矿为主,其次有赤铁矿、褐铁矿、菱铁矿、镜铁矿、伴生黄铁矿、黄铜矿.	T_2^1 盐溶角砾岩,灰岩.	石英闪长玢岩.	大理岩化、矽卡岩化、绿泥石化、硅化.	小型. TFe:20–50% 最高 60% Cu:0.026–0.47 % Co:0.019% Ga:0.001–0.002 %
当涂姑山铁矿	赤铁矿、假象赤铁矿、磁铁矿、穆磁铁矿.	龙王山组火山岩,黄马青组砂页岩,T_2^1 盐溶角砾岩.	闪长玢岩.	高岭土化、碳酸盐化、绢云母化、绿泥石化、钠长石化硅化.	大型. TFe:44–68% V:0.11–0.07% Ga:0.01–0.03%
当涂钟九铁矿	磁铁矿. 次有赤铁矿、褐铁矿. 此外还有微量黄铜矿、黄铁矿.	侏罗系火山沉积岩,黄马青组砂页岩,T_2^1 盐溶角砾岩.	闪长岩.	碳酸盐化、金云母化、绿泥石化、钠长石化.	中型. TFe:34% V_2O_5:0.204–0.24 %
和睦山磁铁矿	磁铁矿. 赤铁矿、假象赤铁矿、褐铁矿. 伴生有黄铜矿、铜蓝.	黄马青组砂页岩、T_2^1 盐溶角砾岩.	正长闪长岩,闪长岩.	阳起石化,绿泥石化、绢云母化、碳酸盐化、高岭土化、硅化.	中型. TFe:38–50.5% 个别 64% V_2O_5:0.01–0.08 % Ga:0.001–0.0038%
江宁凤凰山铁矿	赤铁矿、假象赤铁矿、磁铁矿为主. 次为镜铁矿。伴生有褐铁矿、黄铜矿、斑铜矿、黄铁矿	黄马青组砂页岩,T_2^1 盐溶角砾岩.	闪长玢岩	碳酸盐化、绿泥石化、高岭土化、绢云母化、硅化、黑云母化.	中型. TFe:43.77% 最高 68.35% Co:0.003–0.03% 最高 0.36% V_2O_5 0.237% Ga:0.003–0.01%

江宁其林山赤铁矿、磁铁矿.	假象赤铁矿、磁铁矿为主. 次有赤铁矿、褐铁矿、镜铁矿. 伴生有黄铜矿、斑铜矿.	黄马青组砂页岩,T_2^1 盐溶角砾岩.	辉石闪长玢岩.	碳酸盐化. 绿泥石化. 次为硅化、阳起石化、透辉石化.	中型. TFe:20.35–61% 平均 40% Cu:≤0.662% V:0–0.005% Ga:0.02–0.05%
江宁云台山黄铁矿	主要为黄铁矿、少量白铁矿. 伴生有磁铁矿、赤铁矿、镜铁矿、黄铜矿、闪锌矿方铅矿及毒砂.	龙王山组安山岩、 黄马青组粉砂岩, T_2^1 石膏岩,白云岩.	闪长玢岩.	硅化、碳酸盐化、高岭土化、绢去母化.	大型. S:10–30%,最高 47.02% Fe:20–30%最高 59.66% Zu:0.01–0.03% Pb:0.001–0.05% As:0.01–0.1g% Au 0.01–0.43g/T Ag : 0.05–2.32g/T
江宁云台山菱铁矿	鲕状菱铁矿、结核状菱铁矿、砂岩型菱铁矿、灰岩型菱铁矿.	T_2^1 白云岩,石膏岩.			TFe:10:5–34%
南京岔路口黄铁矿	黄铁矿.	黄马青组砂页岩, T_2^1 石膏岩, 盐溶角砾岩.	花岗闪长岩	绿泥石化, 绢云母化、高岭土化,碳酸盐化, 大理岩化.	中–大型. TS 2.48–46%,一般 20–30%
江宁安基山铜矿 ZK1102 孔矿体	黄铜矿,黄铁矿.	T_2^1 石膏岩.	花岗闪长斑岩.	硅化.绢云母化、高岭土化、钾长石化、矽卡岩化.	中型 . Cu :平均 0.78% 最高 4% S:20–30%

(二) 三叠系碳酸盐岩——硫酸盐岩是铁、铜、硫的矿源层之一。

1.三叠系碳酸盐岩——硫酸盐岩中铜、铅、锌含量，高于世界同类岩石。

表 5-8　世界上一般沉积岩主要金属元素含量 ($\times 10^{-6}$) 表

Table 5—8 Principal metalic element content in common sedimentary rocks of the world

岩石类型	Cu	Pb	Zn	依据
粘土岩	57	20	80	ВИНОГРАДОВА(1962)
页岩	45	20	95	K.Turkian *K.Wedopohl (1961)
砂岩	<10	7	16	
碳酸盐岩	4	9	20	

安徽铜陵——繁昌地区远离矿区的三叠系碳酸盐岩剖面中 Cu、Pb、Zn 含量，高出世界同类沉积岩数倍至数十倍。

表 5-9　安徽铜陵铜官山三叠系碳酸盐岩微量金属元素丰度平均值($\times 10^{-6}$)　表

Table 5—9 Average value of metal trace element abundance of Triassic carbonate rocks in Tongguanshan,Tongling

地层	岩石	块数	Cu	Pb	Zn
嘉陵江组 T_2^1	盐溶角砾岩	1	7	7	49
	叠层石白云岩	2	17	107	1010
	灰泥灰岩	1	17	45	102
南陵湖段 T_1^3	瘤状灰泥灰岩	2	16	30.5	24.5
	灰泥灰岩	6	7.3	30	111.5
	泥灰岩	1	7	20	36
	泥粒灰岩	1	3	20	22
和龙山段 T_1^2	泥粒灰岩	1	14	16	36
	泥灰岩	1	11	14	42
	灰泥灰岩	9	28	25	56
殷坑段 T_1^1	灰泥灰岩	1	52	40	44
	泥灰岩	1	24	22	59

注：光谱直读

表 5-10 繁昌三叠系碳酸盐岩微量金属元素丰度平均值($\times 10^{-6}$) 表

Table 5—10 Average value of metal trace element abundance of Triassic carbonate rocks in Fanchang

地层	岩石	块数	Cu	Pb	Zn
嘉陵江组 T_2^1	灰泥灰岩	9	10	71.1	355.6
	云泥白云岩	3	20	133.3	966.7
	砂屑白云岩	5	12	100	560
	盐溶角砾岩	1	15	100	800
南陵湖段 T_1^3	砾屑泥粒灰岩	3	6.7	18.3	
	灰泥灰岩	17	10.6	40	
	骨屑砂屑泥粒灰岩	5	13	72	190
	瘤状灰泥灰岩	1		10	
和龙山段 T_1^2	条带状灰泥灰岩	9	31.7	2.8	
	灰泥灰岩	2	22.5		
	瘤状灰泥灰岩	1	20		
	大理岩	1	5		
	砾屑泥粒灰岩	3	0.8	10	
殷坑段 T_1^1	泥页岩	7	84.3	34.3	50
	灰泥灰岩	4	45	41.3	12.5
	砾屑泥粒灰岩	1	5	5	
	泥灰岩	2	85	40	75
	泥岩	2	70	30	75

注: 光谱直读

宁镇地区远离矿区三叠系碳酸盐岩--硫酸盐岩剖面中铜的含量亦高于世界同类岩石，但区域内铅、锌背景值并不太高。

表 5-11 南京地区三叠系碳酸盐岩一硫酸盐岩微量金属元素丰度平均值 ($\times 10^{-6}$) 表
Table 5—11 Average value of metal trace element abundance of Triassic carbonate rocks—sulfate rocks in Nanjing district

地层	岩石	块数	Cu	Pb	Zn
嘉陵江组 T_1^2	白云岩	1	18	15	152
	硬石膏	6	8	36	17
南陵湖段上部 T_1^{3-2}	蠕虫状灰泥灰岩	1	7	13	24
南陵湖段下部 T_1^{3-1}	瘤状灰泥灰岩	1	20	5	52
	灰泥灰岩	3	12	8	20
和龙山段 T_1^2	蠕虫状灰泥灰岩	1	24	13	32
	灰泥灰岩	1	17	5	39
殷坑段 T_1^1	灰泥灰岩	4	25	23	61

注：光谱直读

根据江苏省第一地质队报导，南京石膏矿嘉陵江组硬石膏、白云岩，经光谱半定量分析，含 Cu30-50$\times 10^{-6}$ 含 Pb 30×10^{-6} 含 Zn 100×10^{-6}

2.三叠系碳酸盐岩一硫酸盐岩含铁问题

江宁云台山三叠系嘉陵江组有沉积菱铁矿，安徽当涂姑山嘉陵江组白云岩含铁在3.07-6.93%，是三叠系中统嘉陵江组含铁的充分证明。长江中、下游赋存在海相三叠系的铁矿围岩多为膏盐层及盐溶角砾岩的原因，也在于此。

三叠系下统碳酸盐岩经采样化学分析，亦含一定量的铁。

表 5-12　安徽铜陵下三叠统碳酸盐岩含铁概况表
Table 5—12 The iron content of carbonate rocks of Lower Triassic in Tongling,Anhui

地层	岩性	含铁%
和龙山段 T_1^2	泥灰岩(1 块)	1.09
	灰泥灰岩(9 块)	1.232
殷坑段 T_1^1	泥灰岩(1 块)	2.26
	灰泥灰岩(1 块)	1.06

表 5-13 南京地区下三叠统碳酸盐岩含铁概况表

Table 5—13 The iron content of carbonate rocks of Lower Triassic in Nanjing district

地层	岩 性	含铁%
南陵湖段 T_1^3	瘤状灰泥灰岩(1 块)	1.38
	灰泥灰岩(3 块)	0.636
和龙山段 T_1^2	蠕虫状灰泥灰岩(1 块)	0.570
	灰泥灰岩(1 块)	0.756
殷坑段 T_1^1	灰泥灰岩(4 块)	2.230

3.三叠系石膏、硬石膏是硫的来源

三叠系石膏、硬石膏含硫甚富，是众所周知的。南京岔路口硫铁矿主矿体，均在嘉陵江组石膏层中，便可佐证。

表 5-14 南京石膏矿季纹层白云石—硬石膏含 SO_3 概况表

Table 5—14 SO_3 content of dololaminite—anhydrite in Nanjing

孔号	井深(米)	SO_3%
ZK105	466.54—468.54	46.3
	481.95—485.88	51.05

资料来源：江苏省第一地质队

孔号	井深(米)	SO_3%
ZK_{105}	485.88—488.88	49.03
	620.29—621.80	36.87
	621.80—624.36	48.83
	624.36—626.73	51.83
ZK_{112}	726.89—728.86	47.98
	833.80—835.65	37.4
	961.22—964.26	44.73

表 5-15 南京石膏矿薄层理含白云石细粒硬石膏含 SO_3 概况表

Table 5—15 SO_3 content of thin bedded—fine grained dolomitic anhydrite in Nanjing

资料来源：江苏省第一地质队

(三) 三叠系铁、铜、硫矿源层的沉积特征

三叠系石膏、硬石膏沉积特征已见第二节，兹不赘述．如前所述，三叠系碳酸盐岩有机质含量很高．

表 5–16　长江中、下游三叠系碳酸盐岩有机质丰度表

Table 5—16 Abundance of Organic material of Triassic carbonate rocks in Lower Yangzi region

层位 / 岩石 / 地区	T_1^{1+2}		T_1^3		T_2^1
	泥岩	灰岩	泥岩	灰岩	白云岩
南京地区	0.42% (10 块)	0.91% (3 块)	0.75% (1 块)	0.05% (2 块)	0.15% (1 块)
句容地区	0.57% (48 块)	0.14% (29 块)	0.44% (19 块)	0.12% (42 块)	
安徽巢湖	0.03–0.39%	0.01–0.07%	0.04–1.48%	0.02–0.31%	0.15%
宜兴张渚		0.23% (10 块)		0.05% (16 块)	
苏州渡村	0.39% (2 块)	0.56% (1 块)			

注：宜兴、巢湖样品为地表露头

这些有机质多为腐泥型及腐植腐泥型．腐泥型有机质主要为海中藻类形成；腐植腐泥型有机质以来自海中藻类为主，也有来自陆上的少量低等植物的有机质．长江中、下游三叠纪海为陆表海，周围陆地河流带来古老矿层风化的金属元素及陆上低等植物吸咐的金属元素，流入海中．海中藻类除吸附海水中金属元素外，还会吸附来自陆上的金属元素，形成含有一定丰度金属元素的沉积岩（矿源层）．据统计藻类含锌量可比海水高 10000 倍；丝状蓝绿藻吸收铅量可比海水高 5000 倍；最近报导海藻吸附金、银、钴离子的能力也很强。三叠系碳酸盐岩、硫酸盐岩含蓝绿藻丰富，这就是三叠系碳酸盐岩—硫酸盐岩金属含量高于一般岩石的原因。

四、三叠系铁、铜、硫矿床与石油、膏盐层在成因上联系若干问题的探讨

长江中、下游与三叠系有关的铁、铜、硫矿床的成因，不同学者提出不同认识。有的认为是矽卡岩型矿床，有的认为是同生矿床，也有的认为是层控矿床，实际上是复合成因。三叠系矿源层与岩浆岩矿源层接触交代，形成与三叠系有关的铁、铜、硫矿床。与华北邯邢式铁、铜矿床一样，它的形成受到膏盐层控制。因此，我们 1979 年曾提出“膏盐层控矿”。但三叠系铁、铜、硫矿床的形成，究竟与膏盐层有什么成因上联系呢？兹探讨于下:

(一)　岩浆岩是矿源之一，　但其中一部分铁、铜、铅、锌来自三叠系膏盐层。

长江中、下游一些中生代岩体中含有铁、铜、铅、锌,主要是来自上地幔。但至少有

一部分是熔融三叠系膏盐层，而获得其中的铁、铜、铅、锌。例如鄂城岩体锆石流体包裹

表 5-17 长江中、下游一些岩体含微量元素统计表

Table 5-17 trace elements in some rock bodies in the region

地区	岩体	FeO%	Fe_2O_3%	Cu%	Pb%	Zn%	Mo%
月山	闪长岩,石英闪长岩	2.64	2.71	0.0043	0.0016	0.0067	
桃冲	花岗岩,钾长花岗岩			0.0020	0.0030	0.001	0.0001
安基山	花岗闪长岩			0.0093	0.0015	0.0099	0.00016
其林门	花岗岩			0.0010	0.0002	0.0009	0.000047
斗母尖	花岗闪长岩	2.17	0.92	0.0035	0.0015		0.0015
金家	闪长岩,石英闪长岩	5.06	3.37	0.0070	0.0014	0.0030	
和尚桥	闪长岩,石英闪长岩	1.99	2.22	.0.0019	0.0024	0.0013	0.00009
杨山	石英二长岩	3.08	1.75	0.0031	0.0029	0.0060	
杨山	闪长岩	5.88	3.26	0.0029	0.0023	0.0050	
凤凰山	花岗闪长岩,石英二长岩			0.0070	0.0030	<0.0100	<0.0003
铜官山	石英闪长岩,闪长岩			0.0102			
鄂城,黄石	闪长岩,正长闪长岩	1.32		0.002–0.005	0.0009	0.0051	<0.001
大冶,阳新	闪长岩,花岗闪长岩	1.22		0.0012	0.0009	0.0049	

据王中杰

体和气液包体含钠盐子晶及铁矿子晶；鄂城岩体石英流体包裹体含钾盐子晶和金属矿物子晶。鄂城岩体含盐度高达 20–60.82%(wt%),是鄂城岩体熔融了膏盐层而获得膏盐层中金属元素的佐证。

(二) 膏盐层是硫化金属矿床中硫的来源与石油中有机质作用有一定关系

大多数地质学家都同意赋存在三叠系的硫化金属矿床中的硫来自三叠系膏盐层。但有人认为 $\delta^{34}S‰$值低者(<5%。) 为来自上地慢的硫;$\delta^{34}S‰$值中等者(5–10%。)为混合硫;$\delta^{34}S‰$值高者才是来自沉积的硫。他们根据宁镇地区硫化金属矿物 $\delta^{34}S‰$值偏低，提出硫的来源主要为深源，少数黄铁矿硫来自膏盐层。

表 5-18　长江中下游中下三叠统若干铁铜矿床硫化物 $\delta^{34}S‰$ 值简表

Table 5-18　$\delta^{34}S‰$ value of sulfide ot seversal Fe and Cu ore deposits in lower Yangzi region

矿区	矿种	测试矿物	$\delta^{34}S‰$	资料来源
云台山	S	黄铁矿(16 块)	7 至 22(7 至 12 为主)	苏冶及本所
岔路口	S	黄铁矿	3 至 9.2	〃
白象山	Fe	黄铁矿(27 块)	11 至 16	桂林所
金口岭	Cu	硫化物	2 至 6	〃
狮子山	Cu	〃	3 至 7	中南冶金 608 队
药园山	Cu	〃	2.7 至 6.9	本所
大团山	Cu	〃	4.1	〃
刘家凹	Fe、Cu	黄铁矿	11.7 至 13.1	桂林所
月山	Cu、Fe	硫化物	−4.87 至−18.2	〃
龙门山	Cu、Fe	硫化物(5 块)	11.83 至 15.2	安徽 326 队
广山	Fe	黄铁矿(20 块)	14 至 21	中南冶金 608 队
程潮	Fe	黄铁矿	10 至 15.3	宜昌所,桂林所
巷子口	S、Cu	硫化物	−3 至 10	〃
张福山	Fe	〃	13 至 20	〃
铜录山	Cu、Fe	〃	3 至 7	宜昌所
铁山狮子山	Fe、Cu	〃	3 至 18	〃
铁山	Fe、Cu	〃	4 至 10	〃
铜山口	Cu	黄铁矿	0.1 至 4	湖北地矿一队
刘家畈	Fe	〃	13 至 15.5	宜昌所
大小脑窑	Fe	〃	10 至 16	〃

表 5-19 宁镇地区铜、铅、锌等矿石 $\delta^{34}S‰$统计表

Table 5-19 $\delta^{34}S‰$ value of ore of Cu, Pb, Zn etc in Nanjing-Zhenjiang area

矿物	块数	$\delta^{34}S‰$	推断硫的来源
黄铜矿	11	2 至-1.7,个别 4.7	深源
闪锌矿	13	1.9 至-1.5,个别-5.3 和 3.7	〃
方铅矿	10	3.3 至-2.6,个别 7.7	〃
辉钼矿		1.3 至 3.8	〃
黄铁矿	45	5 至-5,绝大多数-3.5 至 3.9	〃
黄铁矿	21	5 至 10 及-5 至-10	混合硫
黄铁矿	5	12 至 14.1 及-12.8 至-15.8	沉积硫

据刘伯铃

但宁镇地区的岩体含 S 甚微，安基山闪长斑岩含 S 0.04%，花岗闪长斑岩含 S 1.10%，其它地区中生代岩体含 S 也很低。因此，硫化金属矿物中的硫，是否来自深源，尚值得考虑，也就是说这种岩体含 S 甚微，是否能形成硫化金属矿床，颇值得研究。

根据樊玉勤同志利用脱硫细菌还原石膏、与铜、铅、锌氯化物作用得到方铅矿、铜蓝、黄铜矿、闪锌矿及黄铁矿，并进一步进行硫同位素测试，其结果除石膏 $\delta^{34}S‰$为 24.8 至 29.6 外,其余合成硫化物中 $\delta^{34}S‰$均为低值．因此，仅根据金属硫化物中硫同位素低值，就推测为"深源"，根据似嫌不足。樊玉勤的实验证明，$\delta^{34}S‰$低的硫化金属矿物中的硫仍与膏盐有关。

表 5-20 实验合成硫化物 $\delta^{34}S‰$值表

Table 5-20 $\delta^{34}S‰$ value of experiment synthetic sulfide

合成硫化物	$\delta^{34}S‰$
方铅矿	-1
闪锌矿	-4.3
铜 蓝	-0.5
铜 蓝	-1.5
铜蓝+黄铜矿	-0.5

据樊玉勤

桂林所分析大冶铁铜矿$\delta^{34}S‰$ 4.8 至 7.11‰，平均为 5.83‰,铜矿中黄铁矿 $\delta^{34}S‰$为 0.09 至 4.36‰，平均 2.75‰，这些铁铜矿围岩即为膏盐层，事实证明硫同素低值，硫的来源仍与膏盐层有关．

膏盐层中的硫只有通过有机质的还原作用才能生成硫化氢（H_2S），才能参与成矿作用，而细菌起着催化剂作用。沉积物中的有机质为这种还原细菌提供养料，这种细菌可以把有机质和元素氢作为活动能源，把硫酸盐还原为硫化氢。

$$CaSO_4+CH_4 \xrightarrow{\text{细菌}} H_2S+CaCO_3+H_2O$$

硫化氢再分解出硫，参与成矿作用。

$$2H_2S+O_2 \rightarrow 2S+2H_2O$$

碳酸盐岩中的碳酸铁、铜、铅、锌经过 S 的作用形成硫化金属矿床。

$$2CuCO_3+3S \rightarrow 2CuS+2CO_2+SO_2$$

$$2PbCO_3+3S \rightarrow 2PbS+2CO_2+SO_2$$

$$2ZnCO_3+3S \rightarrow 2ZnS+2CO_2+SO_2$$

$$2FeCO_3+5S \rightarrow 2FeS_2+2CO_2+SO_2$$

贫硫的含金属岩浆是以氯络合物形式进行运移的，当其与富含硫化氢的水溶液或与富含还原硫和有机质岩石相遇时，金属元素才能富集沉淀。

这就是这些硫化金属矿床分布在膏盐盆地的主要原因。长江中、下游与膏盐层有关的铁、铜、硫矿床，往往形成大一中型矿床。

膏盐层往往溶解形成溶液，可以沿断层上升至三叠系以上岩层；也可以沿裂隙渗透至三叠系以下地层，提供它们成矿时硫的来源。

（三）岩体的钠化和钾化，与膏盐层有关

长江中、下游与海相三叠系铁矿有关的岩体往往钠长石化；而与铜矿有关的岩体则往往钾长石化。据中国地质科学院吴思本同志研究，岩体早期形成自形晶钠长石及钠长石净边，被后期细粒钠长石交代，钠长石化发育在近矿岩体中。因此钠化是在接触交代型铁矿床成矿期间形成的。钠化后岩体中含 Na_2O 显然增加，如宁镇地区石英二长岩含 Na_2O 区域背景值为 5.53%；接近矿区的其林门地区石英二长岩含 Na_2O 为 6.58%；至贺家边矿区石英二长岩与三叠系盐溶垮塌角砾岩接触时，便形成石英钠长斑岩含 Na_2O 则为 7.85%，由此可见钠的来源与三叠系膏盐层有关。根据 M.B.巴甫洛夫实验，大量加入 NaCl 到暗色岩浆中在 1200℃时，能导致 47%以上铁质析出，钠化有促进接触交代型铁矿形成的作用。据陶奎元、黄光昭研究，铜陵凤凰山岩体钾化，钾长石交代斜长石，斜长石往往在被交代面上有残留碎片。金属硫化物伴随钾长石交代作用而普遍存在，说明含矿岩浆晚期受了钾质补给而富含钾质，这种钾质来源也与三叠系膏盐层有关。根据樊玉勤同志成矿实验加入 6%的 KCl+NaCl 溶液于 0.5−1%的 $ZnCl_2 \cdot 2H_2O$、$CuCl_2 \cdot 2H_2O$、$PbCl_2 \cdot 2H_2O$、$FeCl_2 \cdot 2H_2O$ 溶液中与石膏及脱硫细菌作用，生成铜蓝、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、看来钾化对促进接触交代型铜矿形成有一定作用。

（四）矿液的运移、富集、沉淀与膏盐层有关

我们知道含矿溶液是经过运移、富集、沉淀才能成矿。

根据铜陵、繁昌地区海相三叠系沉积岩金属含量区域背景值与富集区比较，这些金属是经过运移、富集、沉淀的。

表 5-21 铜陵-繁昌地区海相三叠系中金属迁移富集表

Table 5-21 Migration and concentration of metal elements in marine Triassic of Tongling-Fanchang area

地层	背景值($\times 10^{-6}$)			近矿围岩($\times 10^{-6}$)		
	Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn
T_1^2	40	60	30	112.7	173.7	56.9
T_1^1	50	40	30	63.7	171.7	78.9

江宁安基山地区中、下三叠统沉积岩中的金属经过迁移，富集，沉淀更为明显。

表 5-22 安基山地区海相三叠系中金属迁移富集

Table 5-22 migration and concentration of metal elements in marine Triassic of Anjishan, Nanjing

背景值($\times 10^{-6}$)			远矿围岩($\times 10^{-6}$)			近矿围岩($\times 10^{-6}$)		
Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn
39.35	14.32	38.65	53.1	25.6	65	110	60.2	500

1.热卤水运移 表 5-23 不同类型水的 $\delta^{18}O‰$，$\delta D‰$值对比表

Table 5-23 Comparison of the value between $\delta^{18}O‰$ and $\delta D‰$ in diffrent water

自然界类别	$\delta^{18}O_{H_2O}‰$	$\delta D_{H_2O}‰$	资料来源
海水	0.5 至 0.3	0	宜昌所
雨水	10 至-50	-50 至-350	
地下受热雨水	-16 至 3	-25 至-120	
雪和冰	-50 至-20	/	
原生水	-13 至 9	0 至-140	
变质水	-16 至 10	-20 至-65	
岩浆水	6 至 9.5	-50 至-85	

表 5-24　长江中下游海相三叠系菱铁矿 $\delta^{18}O_{H_2O}$‰值表

Table 5-24　$\delta^{18}O_{H_2O}$‰value of the siderite of marine Triassic in lower Yangzi region

矿　区	矿物组合	$\delta^{18}O_{H_2O}$‰	资料来源
铜陵凤凰山	石英-菱铁矿-黄铁矿	5.57	本所
大冶铁矿	菱铁矿-赤铁矿	1.19	
	菱铁矿-赤铁矿	2.04	
	菱铁矿-磁铁矿	6.53	

长江中、下游海相三叠系菱铁矿平衡水 $\delta^{18}O_{H_2O}$‰为 1.19‰至 6.53‰，均值为 3.83‰，有比正常海水的 $\delta^{18}O_{H_2O}$‰ 偏重的特点，这一特点表明菱铁矿平衡水为海水、雨水及地下受热雨水。

长江中、下游构造运动频繁,断裂、褶皱形成的裂隙也发育，雨水沿岩层裂隙向下渗透。长江中、下游地下水位较深，往往在地下 400-500 米深处还有盐溶角砾岩存在，下渗的雨水溶解膏盐层形成卤水。如溧阳飞家山盐溶角砾岩倾伏处有一水井，井水矿化度 1275mg/l，　含　Ca 157.5mg/l，　Mg 31.6mg/l，　Na 94mg/l，　K114mg/l，$SO_4$115.3mg/l。　又如南京石膏矿-270 米深度水样含 Ca 507.2mg/l，　Mg 58.48mg/l，K+Na 1346.29mg/l，　$SO_4$3576.80mg/l。　这些卤水在地热能，构造热能，岩浆热能作用

表 5-25　海相三叠系白云岩孔隙度统计表

Table 5-25　Porosity of dolomite in marine Triassic

钻井	深度(米)	岩性	孔隙度	资料来源
无锡锡南 3 井	420.50	细晶含灰质白云岩	8.34%	石油中心实验室
	420.90	粗粉晶-细晶白云岩	8.98%	
	435.00	细晶白云岩	8.21%	
	443.00	〃	13.87%	
	447.95	粗粉晶-细晶白云岩	14.49%	
苏州苏东 532 井	352.57-355.92	藻纹层微晶白云岩	7.34%	
	385.93-387.97	微晶白云岩	7.68%	
江阴苏江 133 井	2499.25-2499.80	含核形石鲕粒微晶白云岩	4.58-5.79%	
	2500-2500.75	含鲕粒微晶白云岩	4.10-4.99%	

下，形成热卤水，有利于金属元素的运移。

2.膏盐层中白云岩有利于金属的富集

含矿热卤水运移至嘉陵江组的白云岩中,由于其孔隙度高,有利于热卤水中金属储集。

3.白云岩也有利于低镁的岩浆交代

基性侵入岩含 MgO 高，可与灰岩交代形成大型铁、铜矿床；而长江中、下游为中偏碱性侵入体，含 MgO 低。这种低镁岩浆要与白云岩、白云质灰岩交代，才能形成铁、铜矿床。嘉陵江组白云岩含 MgO 可高达 16%，所以长江中、下游赋存于海相三叠系的铁、铜矿床的围岩多为白云岩。

表 5-26 一些岩体中 MgO 的含量

Table 5-26 MgO content of some intrusive bodies

岩体	安基山 闪长斑岩	安基山 花岗闪长斑岩	其林门 石英二长斑岩	宁镇一带 石英二长斑岩	当涂白象山 闪长岩
MgO	2.39	1.43	0.62	2.05	3.425

4.盐溶角砾岩是含矿溶液通道和停留空间

含矿溶（熔）液沿断裂带上升，当遇到盐溶角砾岩时，便沿盐溶角砾岩带分布。含矿溶（熔）液经过一段运移，根据液态物质运动力学机制，朝着应力释放最快的方向移动。盐溶角砾岩阻力最小，含矿溶（熔）液便向阻力最小的盐溶角砾岩中注入、盐溶角砾岩便形成矿液运动的通道和停留的空间。

长江中、下游海相三叠系矿产的形成和富集与沉积环境关系密切，其中三叠系金属矿源层和油气层的形成，和三叠系富含藻类有关，膏盐层沉积与早三叠世晚期至中三叠世古地理有关；同时藻类对于铁铜硫矿床形成直接间接起了不容忽视的重要作用。特别值得提出的是长江中下游铁、铜、硫矿床还伴生有金、银，所以进一步研究与三叠系有关的矿产及其形成机制，对探寻富铜、富铁、富硫和金银，有极其重要的意义。

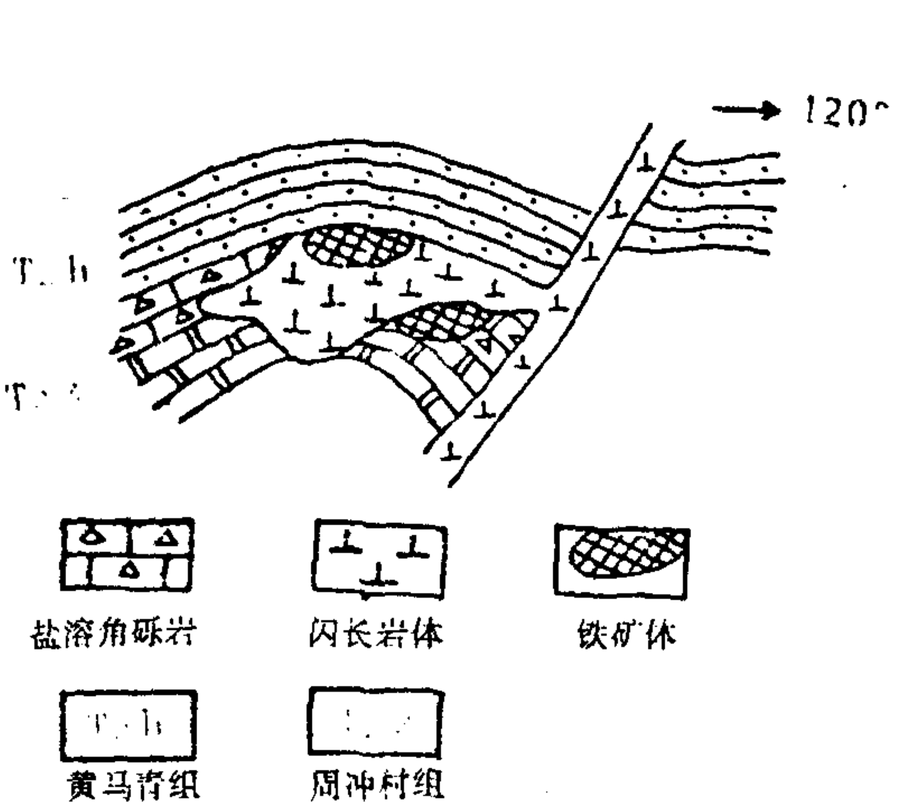


图 5-2 江宁凤凰山铁矿

Fig.5-2 Sketch section of Fenghuang shan iron ore in Jiangning, Nanjing

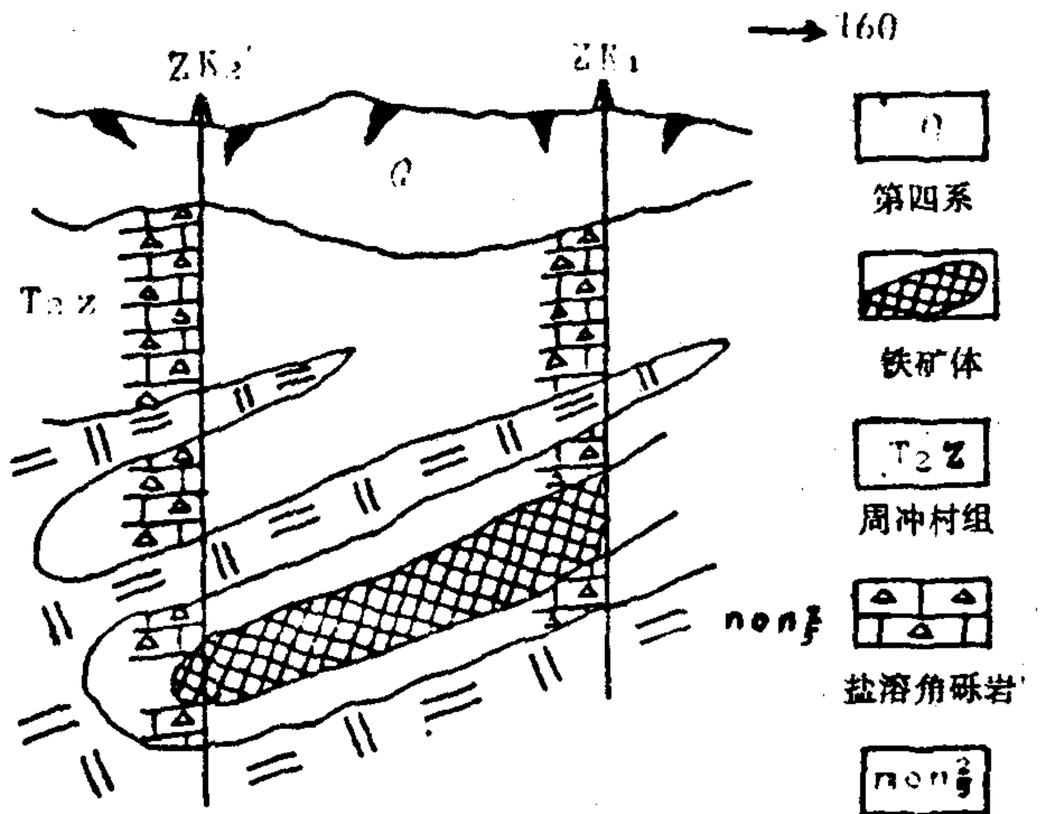


图 5-3 江宁其林门贺家边铁矿

Fig 5-3 Sretch section of Hejiabian iron ore in Qilinmen, Jiangning