

三叠纪扬子板块的漂移导致下扬子区石膏、硬石膏矿床的形成^①钱迈平¹, 厉建华², 孙万铨¹

(1. 南京地质矿产研究所, 江苏 南京 210016; 2. 江苏省地质调查研究院徐州分院, 江苏 徐州 221004)

摘要: 下扬子区中一下三叠统广泛分布一套厚几十至数百米的石膏、硬石膏矿层, 具较大的经济价值。笔者经多年野外工作, 在掌握大量第一手资料的基础上, 研究发现: 由于扬子板块在三叠纪期间从赤道附近的暖湿气候带向北回归线附近的干热气候带漂移, 并与亚洲板块碰撞抬升, 造成其地理环境由热带陆表海向亚热带潮坪—泻湖转变, 同时导致其生物群、沉积相及地球化学等发生一系列演变, 是这套石膏、硬石膏矿床形成的重要原因。

关键词: 石膏及硬石膏; 三叠纪; 爆块; 漂移; 下扬子区

中图分类号: P534.51; P619.26⁺1 文献标识码: A

下扬子区中一下三叠统为一套碳酸盐岩—硫酸盐岩海相地层, 早在 1924 年就被刘季辰、赵汝均和葛利普(A. W. Grabau) 分别称为“青龙组”^[1]和“青龙灰岩”(Chinglung Limestone)^[2]。后对其划分对比的意见甚多^[3], 笔者一方面遵照命名优先律, 另一方面考虑到便于大范围区域地层对比, 经反复详细考证决定: 本文对各地岩性特征基本一致的相关地层, 不再采用后来提出的地方性命名。因而将这套地层下部以薄层夹厚层灰岩及少量泥灰岩组成的地层, 仍沿用“青龙组”命名; 其上部以含膏盐沉积为特征的地层, 则另行划出采用赵亚曾和黄汲青 1931 年提出的“嘉陵江组”命名^[4]。这套含膏盐沉积的地层在扬子板块上分布非常广泛, 在时间顺序上大致由西向东逐渐穿时沉积, 1960 年~1970 年代曾被赋予一些不规范的地方性命名, 如: “龙头山组”^[5]、“扁担山组上段”^[6]、“周冲村组”^[7]及“东马鞍山组”^[8]。这套海相地层是下扬子区金属或非金属硫化物矿床重要的赋积层之一, 其中石膏、硬石膏等矿产具较大经济价值, 本文将讨论其分布特点及成因。

1 分布概况^{②③}

下扬子区三叠系石膏、硬石膏产于嘉陵江组, 分布广泛。由于该组是穿时性岩石地层单位, 其石膏、硬石膏形成时间在鄂东南一带约为奥伦尼期, 而在苏皖地区则为安尼锡期, 即膏盐化沉积作用是由西

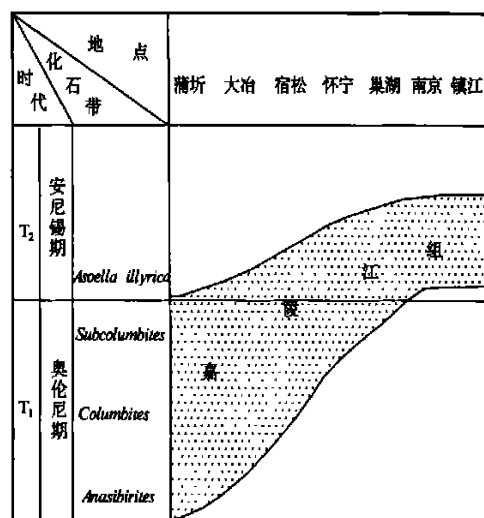


图1 下扬子区嘉陵江组穿时示意图

向东逐渐迁移(图1)。石膏、硬石膏在地表往往被方解石交代, 露头上常呈盐溶交代角砾岩及次生灰岩。或因所含的某些盐类比石膏、硬石膏更易溶解, 造成溶洞结构, 当上覆岩层在重力作用下垮塌破碎后, 充填于溶洞中, 后胶结成盐溶垮塌角砾岩(其角砾大小不等, 混杂堆积, 成分复杂: 包括白云岩、灰

① 收稿日期: 2002-07-10; 编辑: 毕葵森

② 中国地质调查局综合研究项目(200113000053 和 2001139000072) 成果

③ 作者简介: 钱迈平(1954—), 男, 江苏南京人, 南京地质矿产研究所副研究员, 博士。

岩、硬石膏岩及其他上覆岩层碎块,由碳酸盐或硫酸盐胶结)。

从各钻孔测得的这套石膏、硬石膏层厚度,由西向东依次为:

鄂东南地区:蒲圻凤凰山 107.70m,通山新桥 106.50m,张敬简 106.08m,武昌土地堂 20m,鄂城程潮 51.50m,灵乡余华寺 50.90m,大冶沙田 11.80m,黄石 345m,广济田家镇 49.50m,董家 31.72m,黄梅马鞍山 400m。

安徽沿江地区:怀宁月山 140m,贵池东湖 232.59m,铜陵西湖 6.70m,繁昌白马山 115.69m,当涂年斗门铁矿 > 98m,当涂钟九铁矿 > 80m,当涂钓鱼山铁矿 > 21m,含山陶厂 388.06m~510.77m,无为杨桥 247.29m~440.94m,无为汤沟 600m。

南京地区:岔路口聚宝山黄铁矿 > 130m,岔路口朝阳洞黄铁矿 > 29m,仙鹤门 > 16m,其林门铁矿 180m,凤凰山铁矿 > 68.55m,东阳 > 9m,周冲村石膏矿 > 400m。

江苏其他沿江地区:泰兴黄桥 241m,句容老人峰 > 105m,镇江劳动路 > 90m,镇江九华山 > 20m,常州郑陆桥 210m,无锡南门 > 4m。

该石膏、硬石膏层由鄂东南向东北方向延伸,直至南黄海之底(图2)。

2 类型

2.1 原生硬石膏

2.1.1 薄层一块状含白云石细粒硬石膏 位于嘉陵江组第1段,呈灰—灰白色,单层厚3cm至几十cm,往往与1cm~10cm厚的微生物(可能主要是蓝细菌等形成)纹层白云岩薄层互层,有时单层厚约2m。薄层一块状含白云石细粒硬石膏为细粒隐晶结构,粒径0.02mm~0.15mm,基质状分布,定向排列。沿层理有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%,粒径0.01mm~0.08mm,均匀分布在硬石膏中。

如,南京石膏矿 ZK105 孔 620m~626m,安徽年斗门 ZK804 孔 397m~405m 硬石膏层。

2.1.2 纹层状白云石—硬石膏 主要位于嘉陵江组第2段,呈灰—灰黑色,细粒结构,含白云岩细粒硬石膏与微生物纹层泥晶白云岩互层,韵律明显。纹层一般厚2mm~4mm,有时弯曲,甚至呈圆锥或椭球状构造,可能是成岩作用过程中石膏脱水时排出大量水分形成的流体压力变化造成的塑性变形。

白云石条带由0.02mm~0.03mm细粒自形一半自形菱面体白云石组成,含有机质纹,达3%~5%,较浑浊,常含少量0.01mm~0.03mm细粒硬石膏与

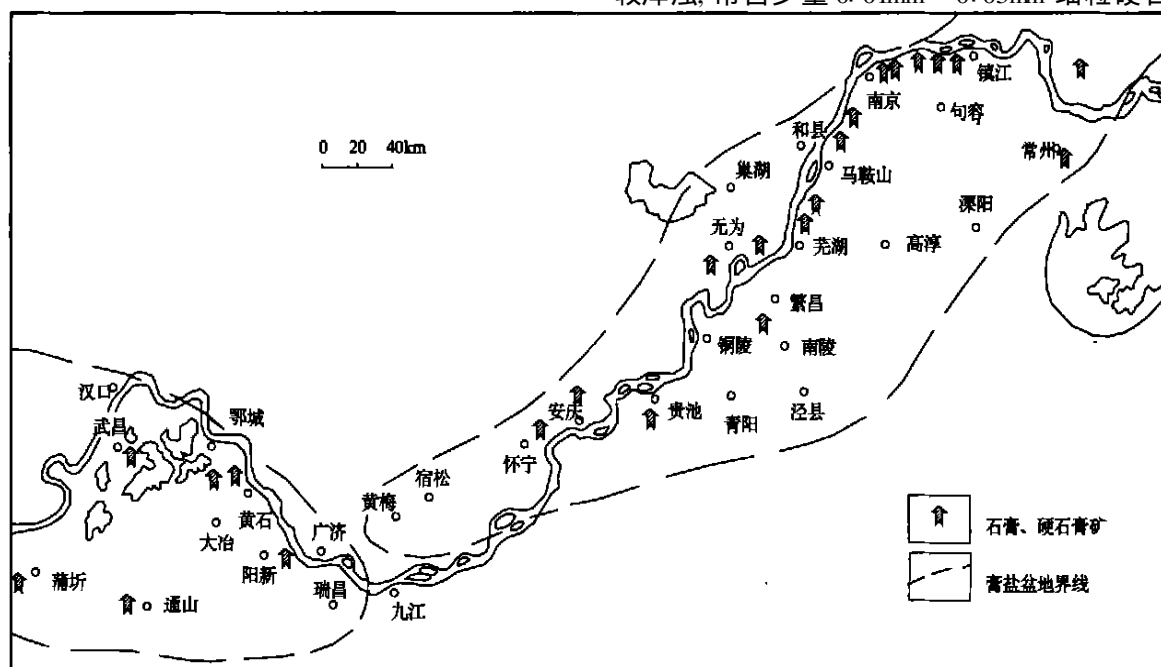


图2 下扬子区中一下三叠统石膏、硬石膏矿产分布图

白云石混杂共生。

硬石膏条带由 0.03mm~0.05mm 硬石膏粒组成,定向排列,光性一致。往往有少量白云石为自形晶,较洁净,呈集合体或星散状分布,集合体白云石常具有有机质环带。

如,南京石膏矿 ZK105 孔 480m~485m, ZK29 孔 329m~337m, 南京凤凰山 CK602 孔 530m~543m 石膏层。

2.1.3 结核—镶嵌状石膏、硬石膏 位于嘉陵江组第4段,在地表及钻孔浅部往往仅见石膏、硬石膏被溶解后的空洞残留在白云岩中,形成蜂巢状空洞白云岩,有时空洞被紫红色粉砂质泥岩充填。空洞少数呈正方体(钠盐溶洞),多数为长方体(石膏溶洞)。地表还可见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,还往往与石英外碎屑白云岩及不规则纹层白云岩共生。

如,南京仙鹤门栖 11 孔、岔路口 CK103 孔、镇江劳动路 Z_gS2 孔及当涂钟九铁矿 CK407 孔均可见。

2.2 次生石膏

2.2.1 水化石膏 有青灰色、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,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。其板条状石膏最多,为不等粒板状—柱状结构,长 1mm~2mm,排列极不规则,个别呈燕尾双晶。常含残余硬石膏碎块,并有细粒自形一半自形菱面体白云岩,星散分布。往往含天青石,呈他形粒状散布在石膏中,粒径 0.05mm~0.78mm,大多 0.45mm~0.75mm。

如,南京石膏矿 ZK107 孔、当涂钟九铁矿 CK407 孔、镇江劳动路 Z_gS2 孔等均有,南京小红山铁矿的水化石膏已被铁染。

2.2.2 交代硬石膏 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而成;或成岩期后地下水活动,溶解硬石膏岩,形成石膏溶液后再交代白云岩而成(其中常可见白云岩残块)。

如,繁昌白马山 CK110 孔 659.48m~659.93m、当涂钓鱼山 CK432 孔 474.50m~481.32m、南京石膏矿 ZK112 孔及 ZK106 孔都可见。

2.2.3 重结晶硬石膏 上述各型硬石膏外观很像灰岩或白云岩,而重结晶硬石膏却极似大理岩。它

们往往呈洁白透明一半透明状,亦有浅灰—蓝灰色者。矿物主要为板条状硬石膏,粗者长 1.50mm~2.80mm,最长达 3mm,宽 0.40mm~0.60mm;细者长 0.40mm~0.60mm,宽 0.20mm~0.35mm。有的一组或两组定向排列,相互交叉;有的则杂乱无章。含白云石较少,白云石常呈洁白的细粒自形晶,零星散布在硬石膏中,一般占 3%~5%。裂隙中常有不规则分布的他形粒状天青石,约占 1%,有时有自然硫析出,呈细脉或不规则小团块,潮解时还有粉末状钙芒硝析出。

一些重结晶硬石膏可能在石膏脱水成硬石膏的成岩作用时即已重结晶,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岩体附近的,有时围岩蚀变明显,有大理岩化、绿泥石化、矽卡岩化及黄铁矿化等。可见其重结晶原因,除成岩作用外主要是硬石膏深受压力及岩浆作用影响所致。热液作用强烈时,可使硬石膏退色成洁白透明一半透明状,故也可称为“热液硬石膏”。

作为围岩受热液作用重结晶的硬石膏有三个特点:①仍保存原有纹层或薄层理残余构造;②仍保存原有白云岩夹层,甚至在其中有时可找到古生物化石;③镜下观察薄片仍可见硬石膏中含星散白云石。

该硬石膏包体测温显示高达 290℃~320℃,其实这是后期热液影响所致,并非原始成矿温度。

3 沉积特征

3.1 鄂东南地区

未见完整的钻孔剖面,兹就地表所见自下而上分3段:

①下段:泥晶灰岩→斜层理泥晶白云岩、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 m。呈白云岩→石膏岩→易溶盐岩演化过程,是盐湖相沉积,是蒲圻凤凰山该段见石盐假晶。

②中段:动物潜穴遗迹灰岩为主,夹条带状灰岩及颗粒灰岩,厚约 190m。是水体加深局限台地潮坪沉积。

③上段: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,厚约 130m。是盐湖相沉积,蒲圻、通山、武昌、大冶、广济

及黄石等地钻孔中所见硬石膏主要属此段。

可见鄂东南地区共有两个聚盐期,是咸化程度较高的盐湖相产物。其间有一个时期盐度降低,中断聚盐。

3.2 苏皖地区

广泛分布于怀宁—常州沿江一带,层位稳定且研究程度较高。以南京周冲村石膏矿 ZK105 孔剖面为例,自下而上分 4 段:

①第 1 段:以微生物纹层泥晶白云岩与薄层一块状含白云石细粒硬石膏互层为主,夹数层季纹层白云岩,含有机质细纹(微生物席遗留物),常呈平行—微波状纹理。中部夹同生角砾白云岩及含鲕粒、生物屑白云岩,其中鲕粒占 3%,介形类、棘皮类生物屑达 45%~62%,棘皮类生物屑多为五角形海百合茎及海胆碎片;上部有叠层石白云岩。

含白云石细粒硬石膏厚 0.3mm~2mm 以上,其中亦含有机质细纹及菱面体白云石。

该段沉积时期为盐湖初期,常被广海淹没。当海水进入盐湖,卤水被冲淡,底栖微生物席发育,沉积微生物纹层白云岩;海水退出,卤水蒸发浓缩,形成薄层一块状含白云石细粒硬石膏;在其间稳定封闭时期,沉积与季节性变化有关的季纹层白云岩—硬石膏沉积;水动力作用一旦加强(可能是风暴或天文大潮)时则形成同生角砾、鲕粒、生物屑(可能从广海带入的)白云岩沉积。

②第 2 段:灰黑色微生物纹层白云岩与季纹层白云岩—硬石膏互层,共厚 161.16m。微生物纹层白云岩单层厚 1m~10 余 m,白云岩中见黄铁矿粒及有机质细纹(微生物席遗留物),中部白云岩含球粒及生物屑,球粒占 3%,生物屑中海百合茎占 0.5~45%,海胆 10%,有孔虫 5%~15%;季纹层白云石—硬石膏岩单层厚 2mm~4mm,由白云石与硬石膏组成互层。白云岩纹层中含少量细粒硬石膏,而硬石膏纹层中也含少量白云石。

该段沉积时,盐湖进入中期稳定阶段,往往呈停滞状态。雨季水体盐度降低,沉积白云岩;旱季水体盐度升高,沉积硬石膏;偶尔水动力能量升高,海水补入(如风暴或天文大潮时),则沉积球粒、生物屑白云石。

③第 3 段:盐溶垮塌角砾岩、季纹层白云石—硬石膏及微生物纹层白云岩互层,有 3 套共厚 82m,角砾成分主要为白云石和硬石膏。在 ZK29、ZK102

孔,角砾成分则为上覆紫红色砂岩碎块。

该段是比石膏、硬石膏易溶的盐类沉积被溶解掏空垮塌形成。显示盐湖晚期海水进一步蒸发浓缩,沉淀了较多的易溶盐。

④第 4 段:上部为蜂巢状—网格状白云岩,具正方体、长方体空洞(结核状石膏、石盐溶解留下的),厚约 5m;下部为含石英外碎屑白云岩、白云质灰岩,亦含鲕粒、生物屑及少量双壳类化石,厚 22.5m。在 ZK115 孔多为微生物纹层白云岩,含不规则有机质纹层(微生物席遗留物)及结核状—镶嵌状硬石膏,亦夹鲕粒、生物屑粗晶灰岩。是萨布哈型蒸发盐坪沉积。

综上所述,第 1 段~3 段沉积时期,因盐湖尚未完全与海洋隔绝,常有新的海水加入,底栖微生物仍较发育,故有微生物纹层白云岩沉积;总厚度达 400m 的薄层一块状含白云石细粒硬石膏、季纹层白云石—硬石膏及易溶盐沉积,说明盐湖经历了较长时间;盐湖沉积过程中,卤水较浓,窄盐性生物绝迹,但广盐性和嗜盐性微生物丰富,常形成底栖微生物席,在白云质沉积中构成层状、层柱状、苞状及柱状叠层石。甚至石膏、硬石膏中亦见微生物席降解后形成的有机质纹层,显然微生物积极参与了盐湖的沉积作用。

第 4 段沉积时期是本区三叠纪海退晚期,潮上带周期性沉积、干化作用,影响了微生物席的生长,形成不规则有机质纹层。风暴或天文大潮等带来的海水及盐湖渗入的卤水经浓缩,饱和和沉淀形成结核状石膏及石盐沉积。

4 有关成因的讨论

本区的石膏、硬石膏不但保留着化学沉积的结晶粒状结构和机械沉积的粒屑结构,而且还保留着许多沉积时形成的纹层、条带状层理,以及波痕、交错层理和粒序层理等构造。显然是原生的膏盐沉积。

一般说来,石膏是海水蒸发浓缩形成的沉淀物。在 30℃以下、海水含盐度提高 3.55 倍时,石膏开始沉淀;在 42℃以上、或浓度更大时,石膏沉淀为硬石膏所代替。从本区膏盐层上部(第 4 段)存在石盐晶体溶解后留下的正方形空洞来看,当时卤水浓度已进一步升高,可能已出现钠盐沉淀。

参考现代膏盐沉积区——波斯湾、墨西哥湾沿岸的地理气候特征,可以设想本区当时膏盐层形成的环境。现代波斯湾、墨西哥湾均处于北回归线附近常受大陆副热带高压控制的炎热干旱区。以波斯湾阿布扎比滨岸为例^[9]:年均气温 $12^{\circ}\text{C}\sim 47^{\circ}\text{C}$,泻湖水温 $15^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$,暴露的沉积物表面温度 $15^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$,盐度在开放海湾为 $4\%\sim 5\%$,在泻湖则高达 7% ,年均降水仅 $40\text{mm}\sim 50\text{mm}$,而年均净蒸发量在开放海湾约 $1\,500\text{mm}$,在泻湖则更高。以墨西哥湾下加利福尼亚滨岸为例^[10]:年均气温 $6^{\circ}\text{C}\sim 41^{\circ}\text{C}$,年均降水 80mm ,年均净蒸发量在开放海湾为 $1\,800\text{mm}$,在泻湖则可达 $2\,900\text{mm}$ 。上述两地的沉积特征和大量发育的耐高盐微生物席均与本区嘉陵江组沉积时期的情况相似。

根据对本区下一中三叠统下部(青龙组—嘉陵江组)古生物化石和沉积相的研究^[11,12],其主要化石类型的演替是从正常盐度环境的菊石类、双壳类、有孔虫类、牙形类、鱼类及鱼龙类等变为高盐度环境的微生物类;同时沉积物也由以碳酸盐为主相应地转为以硫酸盐为特征。结合古地磁测定^[13],显示该区在三叠纪早期—中期之初(印度期—安尼早期)古

地理经历了从赤道附近暖湿气候陆表海环境,向北回归线附近受大陆副热带高压影响的干热气候潮坪—泻湖环境的演变。体现了扬子板块自古生代末以来在地球构造作用下发生了大距离跨气候带的北移。推测北移的扬子板块在早三叠世晚期首先以其西部与亚洲板块碰撞,挤压抬升。因此,扬子板块西部海退最早,在北方大陆干燥季风影响下,最先转为干热气候潮坪—泻湖环境,沉积以含膏盐白云岩为特征的嘉陵江组。随着扬子板块北缘由西向东北陆续与亚洲板块碰撞抬升,海水也相应由西向东北逐渐退出,干热气候的潮坪—泻湖带也由西向东北迁移,嘉陵江组膏盐沉积亦与之同步发育,穿时分布,在一些构造低洼处陆续形成一系列膏盐盆地(图3)。因扬子板块与亚洲板块的接触边缘并不规整,各部的碰撞也有先有后,必然造成板块间发生偏转运动。有的区域拼合后又一度分离,使潮坪—泻湖也一度转为局限海台地(如,鄂东南的嘉陵江组含膏盐白云岩中夹一段灰岩)。直至中三叠世早期扬子板块才与亚洲板块拼合。

根据对该区中三叠统上部—上三叠统(黄马青组—范家塘组)化石生物群及沉积相的研究,当时的

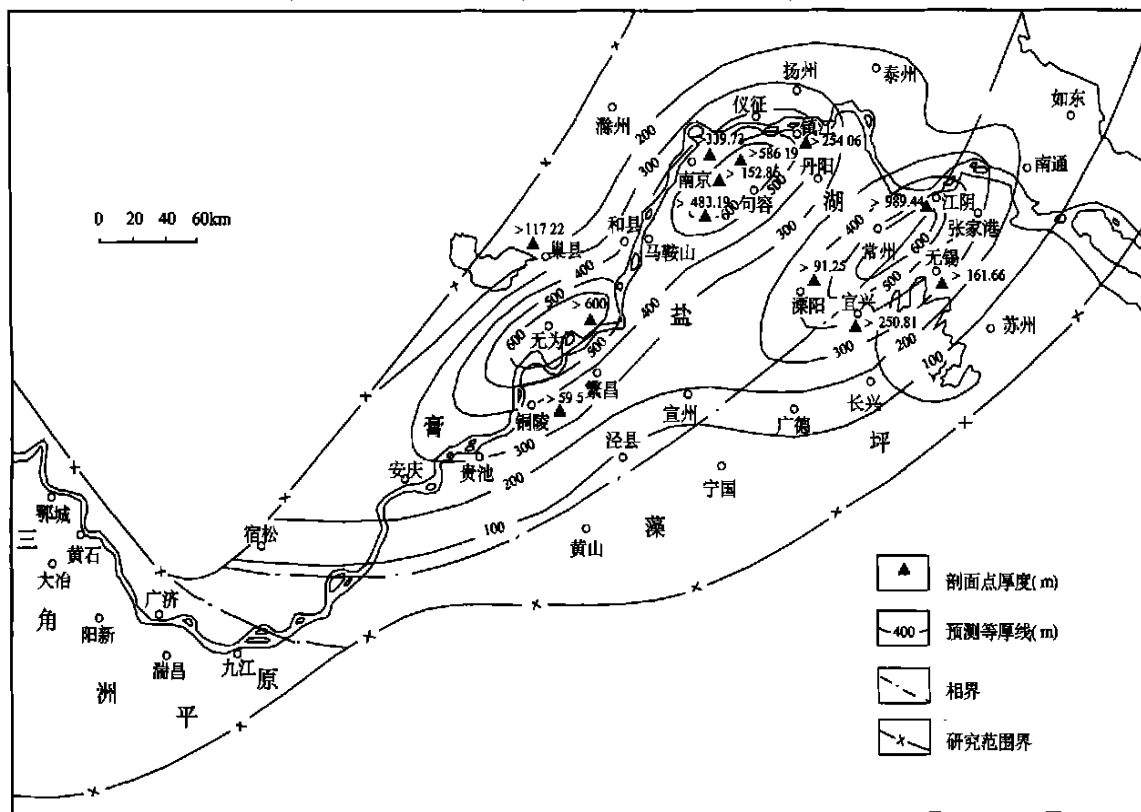


图3 下扬子区安尼锡早期古地理示意图

生物已转为陆相的双壳类、介壳类、鱼类和昆虫类等动物,以及轮藻类、苏铁类、有节类和蕨类等植物为主;沉积物也变为以湖沼相的粉砂质及碳质为主。反映了扬子板块与亚洲板块拼合后,在构造作用下继续挤压抬升,至中三叠世晚期一晚三叠世,导致秦岭一大别山脉的逐渐隆起,海水完全退出。而这一系列山脉的进一步升降又削弱或阻挡了北方大陆干燥季风的影响,使该区转为受北西太平洋暖流控制的亚热带温湿气候三角洲平原—丘陵环境。充沛的降水及丰富的地下水淋漓溶解了中三叠世早期膏盐沉积中的易溶盐(造成大量盐溶垮塌角砾岩及蜂巢状—网格状白云岩等),使其很难保存钾、钠等盐类矿床,仅较难溶的石膏、硬石膏矿床得以保存。

5 结 论

从上述沉积学及古生物学等证据显示,扬子板块由早三叠世的赤道附近向北漂移,到中三叠世已达北回归线附近,行程上千公里。这一跨气候带的大漂移,为下扬子区石膏、硬石膏矿床的形成创造了地理气候上及地形构造上的重要条件。

参考文献:

- [1] 刘季辰,赵汝均.江苏地质志[A].中央地质调查所地质专报,1924,甲种4号.全国地层会议学术报告汇编[C].北京:科学出版社,1962:61-63.

- [2] GRABAU A W. Stratigraphy of China, Part 1, Palaeozoic [A]. Geol. Surv., Peking, 1924. 全国地层会议学术报告汇编[C]. 北京:科学出版社, 1962: 61.
- [3] 《中国地层典》编委会. 中国地层典, 三叠系[M]. 北京:地质出版社, 2000. 85-86.
- [4] 赵亚曾, 黄汲清. 秦岭山及四川地质研究[A]. 中央地质调查所地质专报, 1931, 甲种9号. 全国地层会议学术报告汇编[C]. 北京:科学出版社, 1962: 39-47.
- [5] 王乙长, 刘学圭, 胡福仁. 安徽铜陵地区下、中三叠统划分[J]. 地质学报, 1966, 46(2): 163-172.
- [6] 安徽省地质局326地质队. 1:5万洪镇幅普查一区测报告[R]. 1966.
- [7] 江苏省地质局第1地质大队. 江苏省南京石膏矿区周冲村矿段勘察报告[R]. 1975.
- [8] 汪贵祥. 安徽下三叠统的菊石带、层——兼论安徽青龙群的建组界限[R]. 合肥:安徽省科学研究所, 1979.
- [9] PURSER B H, EVANS G. Regional sedimentation along the Trucial Coast, S. E. Persian Gulf [A]. PURSER B H ed. Berlin: Springer Verlag, 1973. 343-376.
- [10] SHEARMAN D J. Recent halite rock, Baja California, Mexico [J]. Trans. Inst. Min. Metall. B., 1970, 75: 208-215.
- [11] 钱迈平. 中下扬子区海相三叠系叠层石及其环境演变[J]. 古生物学报, 1995, 34(6): 731-741.
- [12] 钱迈平, 郭佩霞. 下扬子区三叠纪古生物和古地理变迁及其主要原因[J]. 江苏地质, 1996, 20(3): 156-165.
- [13] 王润华, 薛虎. 下扬子地区中生界古地理及其构造解析[J]. 中国地质科学院南京地质矿产研究所所刊, 1989, 10(1): 42-51.

Formation of Gypsum and Anhydrite in Lower Yangtze Valley by the Drifting of Triassic Yangtze Plate

QIAN Mai-ping¹, LI Jian-hua², SUN Wan-quan¹

(1. Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Nanjing 210016, China; 2. Geological Survey of Jiangsu Province, Nanjing 210018, China)

Abstract: The gypsum and anhydrite deposits with thickness of dozens and hundreds of metres mainly belong to original deposition of middle to lower Triassic Series and are widely distributed in stable beds in Lower Yangtze Valley. The investigation shows that changes of their various kinds are dependent on the horizons of the strata. The sequence in ascending order is as follows: thin bedded massive fine grained dolomitic anhydrite—dolomitic anhydrite—nodular and mosaic gypsum anhydrite reflecting in certain extent, the differences in sedimentary environment along with the diversity of stages in the development of the salt lake. According to paleontology, sedimentology and paleogeomagnetism in Low-Mid Triassic System in lower Yangtze Valley, it creates much favourable conditions of geography, biogeny, topography and geochemistry for the formation and preservation of gypsum anhydrite deposit when the Yangtze Block moved over from around the equator, an epicontinental sea under a warm moist climate, to surround the tropic of cancer collided with Asean Block, rose and changed into tidal flat lagoon or sabkha under an acid hot climate.

Keywords: Gypsum; Anhydrite; Triassic System; Drift; Lower Yangtze Valley