

岩相古地理文集



地 质 出 版 社

5

岩相古地理文集

5

《岩相古地理文集》编辑部

地 质 出 版 社

《岩相古地理文集》编委会

名誉主编: 业治铮 王鸿祯 关士聪
主 编: 刘宝珺 曾允孚
副主编: 张思挥 余鸿彰 王福庆 路兆洽 章人骏 张瑞锡 唐静轩 王宜生
编 委: (以姓氏笔画为序)
马丽芳 王东坡 王章俊 丘东洲 艾惠珍 宋天锐 余光明 余素玉
吴应林 李文汉 李汉瑜 李思田 李树誉 陈文一 张家祚 张锦泉
扬子赓 杨邦昕 杨昌贵 罗益清 周怀玲 孟祥化 林文球 袁润广
奚瑾秋 夏宗实 曾学思 简人初 廖士范

the editorial board for collected papers of lithofacies and
paleogeography

Honorary editors

-in-chief Ye Zhizheng Wang Hongzhen Guan Shicong

Editors-in-chief Liu Baojun Zeng Yunfu

Vice-editors-in-

chief Zhang Sihui Yu Hongzhang Wang Fuqing

Lu Zhaoqia Zhang Renjun Zhang Ruixi

Tang Jingxuan Wang Yisheng

Editors

Ma Lifang Wang dongpo Wang Zhangjun

Qiu Dongzhou Ai Huizhen Song Tianrui

Yu Guangming Yu Suyu Wu Yinglin

Li Wenhan Li Hanyu Li Sitian Li Shuyu

Chen Wenyi Zhang Jiazuo Zhang Jinquan

Yang Zigeng Yang Bangxin Yang Changgui

Luo Yiqing Zhou Huailing Meng Xianghua

Lin Wenqiu Yuan Runguang Xi Jinqiu Xia

Zongshi Zeng Xuesi Jian Renchu Liao Shifan

岩相古地理文集

5

《岩相古地理文集》编辑部

责任编辑: 王章俊 李文汉

地质出版社出版发行

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092¹/₁₆印张: 8.625 字数: 201 000
1988年10月北京第一版·1988年10月北京第一次印刷

印数: 1—2100册 国内定价: 3.10元

ISBN 7-116-00263-4/P·237

目 录

- 吉林省东南部通化地区早寒武世馒头期沉积相特征.....张天国 靳继承 (1)
- 西秦岭南亚热带西段志留纪沉积相及其与铀矿化的关系.....闵永明 毛裕年 (17)
- 关于“钦防残留海槽”几个问题的探讨.....沈德麒 (59)
- 湘中泥盆系中层控矿床的同位素地质学特征及其地质意义.....刘文均 (67)
- 山东淄博地区石炭—二叠系沉积相及数学地质分析.....于兴河 (81)
- 四川盆地西部晚二叠世晚期沉积相特征及环境演变.....金若谷 (99)
- 晚新生代昆明断陷盆地褐煤的沉积模式.....罗建宁 (117)

CONTENTS

- The Early Cambrian Mantouan Sedimentary Facies in Tonghua,
Southeastern Jilin.....*Zhang Tianguo, Jin Jicheng* (15)
- The Silurian Sedimentary Facies and Their Bearings on Uranium
Mineralization in the Western Segment of the Southern Subzone
of Western Qinling Mountains.....*Min Yongming, Mao Yunian* (57)
- On the "Qin-Fang Trough".....*Shen Deqi* (66)
- Isotope Geology for the Devonian Stratabound Deposits in Central
Hunan and Its Significance.....*Liu Wenjun* (79)
- The Carboniferous-Permian Sedimentary Facies and Their Mathe-
matic Geological Analyses, Zibo Prefecture, Shandong Province
.....*Yu Xinghe* (97)
- The Late Late Permian Sedimentary Facies and the Environmental
Evolution in Western Sichuan Basin.....*Jin Ruogu* (115)
- The Sedimentary Model for Lignite in the Late Cenozoic Kun-
ming Fault Basin.....*Luo Jianning* (133)

吉林省东南部通化地区早寒武世 馒头期沉积相特征

张天国 靳继承

(吉林省地矿局第四地质调查所)

一、前 言

在吉林南部地台区的浑江、柳河—辉南杭民屯、长白等古生代沉积盆地中，广泛分布着寒武系，其中作为目的层的馒头组，保留的面积约2000km²。“早寒武世馒头期^①岩相古地理”课题的研究是与该区隐伏石膏矿的普查找矿紧密结合而进行的。岩相古地理研究工作主要是从分析研究相标志入手，由单个剖面的沉积环境分析开始的。先认识浑江、柳河—辉南杭民屯、长白、集安等地的馒头期沉积环境的特征，再由点到线，由线到面，对其岩性成因、结构和构造成因、生物成因等标志及地层层序、生物组合等，进行综合、归纳和概括，从而认识了吉林南部通化地区馒头期的特点，即岩相类型、微相分布规律和古地理景观。

研究中取得的主要成果有：(1) 正确地认识了早寒武世馒头期潮坪—泻湖古地理景观。在馒头期潮上带形成的成膏盆地表现了，一套受潮汐流所控制的蒸发、浓缩、咸化沉积的特色。控制石膏的微相主要为潮上坪—萨勃哈相，其中形成的石膏层在区域上具普遍意义和重要的工业价值。而咸化泻湖—藻坪—盐池相形成的石膏层则分布局限。(2) 在国内首次建立了海滨萨勃哈成膏模式。(3) 从岩相古地理入手，运用成膏模式，总结区域成矿地质规律，开展了卓有成效的矿产预测，筛选出下四平、太阳盆、时家店等七个有远景的预测区，指出了辽宁本溪等成膏盆地。

在预测区内，已经发现了两个大型和两个中型隐伏石膏矿床，取得了突破性的成果，填补了东北无石膏的空白。

二、地层划分及建造特征

早寒武世馒头期地层属于白云岩型蒸发岩建造，下伏碱厂期地层，上覆中寒武世毛庄期地层。

本区馒头期地层与华北南部和西南部、华北北部、辽宁太子河流域是一致的；可与我国西南地区龙王庙组对比（表1）。

① 本文的早寒武世馒头期应为早寒武世晚期——本刊编辑部

表 1 早寒武世地层对比表

Table 1 The correlation of Early Cambrian strata

地区 地层	西南地区	华北南部 与西南部	华北北部	辽宁太子 河流域	吉林 浑江流域	国内 标准分层	
下 寒 武 统	龙王庙组	馒头组	馒头组	馒头组	馒头组	龙王庙阶	
	沧浪铺组	猴家山组 (集组)	昌平组	碱厂组	碱厂组	沧浪铺组	
							鸟笼段
	红井哨段						
	箬竹寺组			康庭组 上部角砾 碎屑岩层	黑沟组	箬竹寺组	
梅树村组				水洞组	梅树村阶		

馒头组之下为水洞组、黑沟组和碱厂组。下寒武统下部水洞组为含磷陆源碎屑岩建造，上部黑沟组和碱厂组为陆源异地碳酸盐建造。碱厂组下部地层为含砾钙质砂岩；中部地层为含沥清质白云质微晶灰岩，局部为生物碎屑灰岩；上部地层为微晶白云质灰岩，部分地段可见呈筛孔状分布的鸟眼构造，和较发育的水平纹层。该组厚33.63—206.03m。以上表明碱厂期该区应是陆表海，局限碳酸盐盆地，潮间带砂坪→混合坪→泥坪（海退相序），之后有一个短时间的沉积间断，便开始了馒头期沉积。

馒头组 (\ominus_1m) 厚45.00—157.44m

主要是砂屑、粉屑白云岩和藻白云岩与粉屑状泥质白云岩互层，其中部分地段发育1—5层硬石膏石膏矿层。该组底部一般为砾岩；顶部均为砖红色粉屑状含铁泥质白云岩。

根据岩石类型、地层层序、韵律结构和沉积特征等因素，馒头组自下而上分为四个岩段。

(一) I岩段 (\ominus_1m^1)

砾岩段：为底砾岩，一般为砾屑微晶灰岩，唯辽宁省桓仁五里甸子剖面特殊，是砾屑球粒微晶灰岩。岩段厚1.42—45.10m。

(二) II岩段 (\ominus_1m^2)

粉屑白云岩与粉屑状泥质白云岩互层段，一般由粉屑白云岩与粉屑状泥质白云岩的5—7个韵律层组成。通化东热石膏矿区发育有9个韵律层，并具有1—4层石膏和硬石膏。五里甸子剖面则是由泥晶灰岩夹生物碎屑团粒亮晶灰岩与泥屑、粉屑灰质泥岩等构成的6个韵律层组成。岩段一般厚度较大，为96.73m，中部产化石*Redlichia (Pteroredlichia) chinensis* Walcott。一般单个韵律层厚度1.63—22.17m，岩段厚52.73—96.73m。

(三) III岩段 (\ominus_1m^3)

含膏岩段，是区域上主要含膏岩段。自下至上岩性为砂屑、粉屑状泥质白云岩、粉屑白云质石膏岩、粉屑膏质白云岩或粉屑白云岩、粉屑泥质石膏或粉屑状泥质白云岩。岩段厚度0.95—20.82m。

五里甸子剖面产出为灰质泥铁质岩、白云质微晶灰岩、泥晶灰岩薄层，厚度20.62m。

(四) IV岩段 ($\epsilon_1 m^4$)

砖红色粉屑白云岩段, 是区域标志层, 以往称砖红色泥岩或馒头页岩(紫红色页岩)。本区一般是粉屑状含铁泥质白云岩; 五里甸子剖面是砂屑状含粉砂白云质泥岩。岩段厚21.90—33.60m。

上覆中寒武统毛庄组, 亦属正内源异地碳酸盐建造, 主要为灰紫-猪肝色云母质粉砂岩, 含海绿石细砂岩类, 具数层鲕粒灰岩或生物碎屑灰岩。产山东壳虫 *Shantungaspis orientalis* 等化石。在该组内常见有粒序层理和虫迹等, 局部具有石盐假晶、干裂、雨痕、再作用面等, 厚度140—170m。该组底部分别以灰-深灰色砾屑灰岩, 鲕粒灰岩、灰绿色钙质粉砂岩与砖红色粉屑状含铁泥质白云岩整合接触, 该灰岩或粉砂岩普遍含有黄铜矿, 星散分布于岩层中, 含量一般 $>0.1\%$ 。据上述相标志分析, 毛庄组应属于潮间坪沉积。

三、沉积相分析

根据吉林省东南部地区寒武世馒头期地层的岩石类型、组分结构、沉积建造及生物特征等标志综合分析, 应属欧文依海水能量划分的Z带, 即低能带; 按杨氏等潮汐作用划分, 应分为潮下、潮间和潮上带; 与威尔逊沉积相模式和范嘉松等环境识别表对比, 其特征相当于局限台地。

研究区位于震旦纪沉降带辉南-靖宇古陆、龙岗及老岭古陆之间(图1), 早寒武世时为陆表海过渡相, 属潮汐作用控制的潮坪-(泻)湖亚相组合。

(一) 微相及划分

综合各沉积相剖面标志(表2)具体划分亚相和微相为: 潮下为潮下低能带; 潮间带为潮间坪、微成化(泻)潮、藻坪和盐池; 潮上带为潮上坪和萨勃哈等(表3)。

(二) 亚相及微相时空变化

本区处于中朝准地台(I), 辽东隆起区(II), 太子河—浑江拗陷(III)东北部。

本区是在震旦纪晚期构造格局基础上继承性发展而成的。由于构造运动的影响, 本区上升并引起海退, 原震旦纪沉积区收缩并局部继续隆起形成龙岗和老岭古陆。它们与辉南—靖宇古陆之间的地区构成了早寒武世的柳河—辉南和浑江两个主要沉积区, 另外在集安县汞洞子和辽宁省五里甸子等地亦有零星沉积。

上述沉积区于馒头期, 除辽宁省五里甸子和集安县汞洞子为潮下带以外, 均先为潮间带, 后发展为潮上带。

在此顺便指出: 在前述五里甸子和汞洞子一带的南部及辽宁省的辽阳和本溪一带, 馒头组内均含有石膏, 与本区的浑江等盆地基本相同。五里甸子和汞洞子一带馒头组各岩段均以灰岩为主, 白云岩少见, 又于II岩段见有窄盐度的三叶虫化石。这些盐度较低的标志说明该地段海水可以正常交换, 应属于潮下及潮间带沉积。经分析, 馒头期海水可能来自平壤拗陷(朝鲜), 海水从该区向西至辽阳和本溪, 向北至浑江盆地, 再入柳河—辉南盆地。因此, 集安五里甸子和汞洞子地段可能属入潮口(图1)。

以下, 我们将馒头组四个岩段的沉积时期分别称为始期、早—中期、晚期和末期, 并说明浑江盆地及柳河—辉南盆地在这四个时期的亚相和微相的变化。因为这两个主要沉积

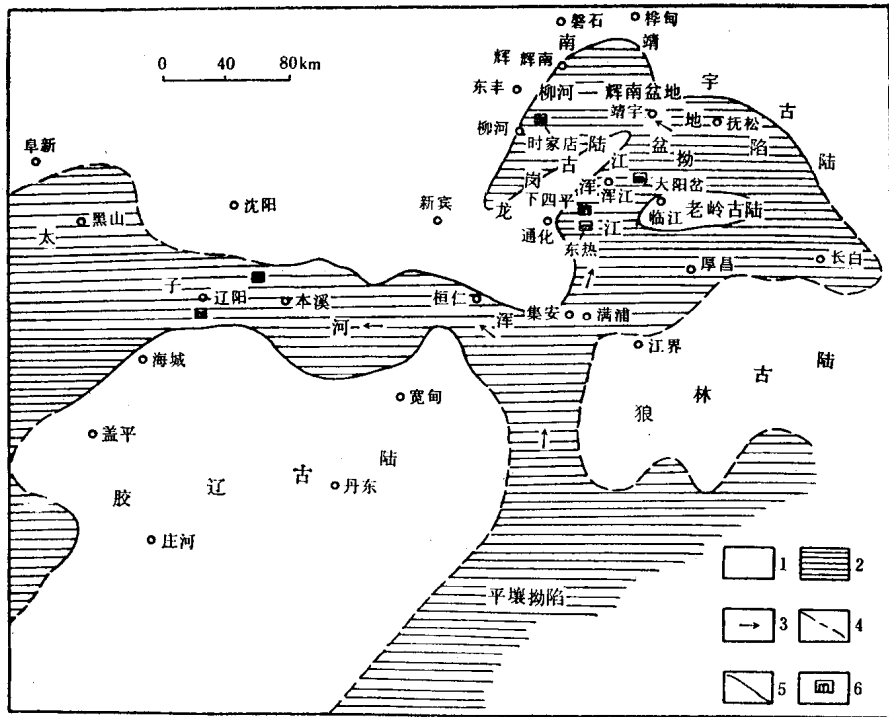


图 1 辽宁吉林南部早寒武世馒头期古地理示意图

1—古陆；2—海侵区；3—海侵方向；4—古海岸线；5—现代海岸线；6—石膏矿点

Fig. 1 The paleogeographic sketch map of the Mantou stage of Early Cambrian in southern Liaoning and Jilin Provinces

1—old land; 2—transgression area; 3—transgression direction; 4—ancient coastline; 5—present coastline; 6—gypsum occurrence

盆地的馒头期沉积分布普遍、发育完全，并基本相当。

1. 始期 (I 岩段) 和早—中期 (II 岩段)

为潮间带，其微相普遍有潮间坪和微咸化 (泻) 湖，局部发育有藻坪 (席) 和盐池等。

(1) 潮间坪微相：遍布整个沉积区；

(2) 微咸化 (泻) 湖微相：主要发育地段有浑江盆地的鹿圈子、东热、下四平、浑江、大阳岔和湾沟等地；柳河—辉南盆地的时家店—样子哨地段；

(3) 藻坪 (席) 微相：主要于浑江盆地的东热石膏矿区和柳河—辉南盆地的时家店石膏矿区；

(4) 盆池微相：主要发育地段与藻坪微相重合，并展布于藻坪的中间部位。

2. 晚期 (III 岩段)

二盆地普遍发展为潮上带，其微相有潮上坪和萨勃哈。

(1) 潮上坪微相：遍布整个沉积区；

(2) 萨勃哈微相：由于沉积相的继承性发展，该微相亦主要发育在鹿圈子、东热石膏矿区、下四平石膏矿区、浑江、大阳岔及大东石膏矿区、湾沟、时家店—样子哨等

表 3 相、亚相、微相划分简表
Table 3 The division of facies, subfacies and microfacies

相 组	相	亚 相	微 相	
过 渡 相 组	滨 海 相	陆源碳酸盐 碎屑沉积 (潮汐控制)	潮上带	潮上坪、萨勃哈。
			潮间带	潮间坪、微咸化(泻)湖、藻坪、盐池。
			潮下带	潮下低能带。

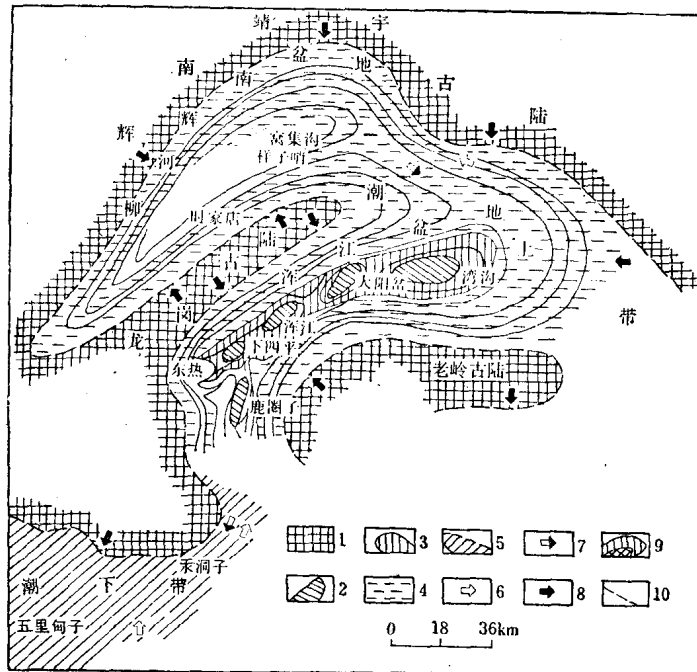


图 2 吉林东南部地区馒头期岩相古地理略图

1—古陆(剥蚀区); 2—潮上带萨勃哈(盐沼)膏盐相区; 3—潮上带盐池白云岩相; 4—潮上带泥坪粉泥屑白云岩相区; 5—潮下相带(正常海) 6—海侵主要方向(潮进); 7—海退主要方向(潮退); 8—剥蚀区物源方向; 9—相带界线; 10—推断最大海侵边界(海陆界线变动带)

Fig. 2 The sketch map of the Mantouan lithofacies and paleogeography in southeastern Jilin.

1—old land; 2—gypsum and salt facies in supratidal sabkha; 3—dolomite facies in supratidal salt pond; 4—silt dolomite facies in supratidal mudflat; 5—subtidal facies (normal sea); 6—transgression direction; 7—regression direction; 8—supply direction of the material derived from the denuded area; 9—facies zone boundary; 10—inferred boundary of maximum transgression

地。

3. 末期 (IV 岩段)

为潮上坪, 不但在二盆地普遍发育, 而且整个台区馒头期沉积区均有此微相。但二盆地与五里甸子—采洞子地段有所不同, 主要是: 前者以白云质为主, 沉积厚度较大(21.90—33.60m); 后者以灰质和泥质为主, 沉积厚度较小(近3m); 这表明二者潮上坪微相的

发育程度和发展过程不同(图2)。

(三) 微相特征

以上叙述表明在馒头始期→晚期形成海退相序,在末期形成海进相序。以下依次叙述各微相特征。

1. 潮间坪

主要沉积有砾岩和砂—粉屑状泥质白云岩。砾岩为杂色,砾屑结构,多呈基底式胶结;砾屑大小不等,多呈半滚圆或次棱角状;胶结物为钙质,填隙物为粗—粉砂,有时可见由填隙物构成的小型交错层理,交角仅10余度。砂—粉屑状泥质白云岩,灰紫—紫红色,砂—粉屑结构;具有微波状层理、羽状层理和小型交错层理;在层面上常见有波痕、石盐微晶、干裂等。

以上标志表明沉积环境为氧化条件,海水有一定能量(仍属低能),并有往复水流的特征,沉积物有时在水下,有时暴露在水上。

2. 微咸化(泻)湖

发育在潮间坪上,即为潮间坪上的洼地。主要沉积有粉屑白云岩,个别盆地边部有叠层石白云岩(图3)和鲕粒白云岩等。粉屑白云岩,一般呈青灰色,粉屑结构,常见微波状层理、水平纹层和星点状黄铁矿,有时具有叠层石或层纹石,叠层石一般沿古陆边缘分布,呈柱状或丘状者多向盆地内倾斜。鲕粒白云岩,一般呈暗灰色,鲕粒多为薄皮鲕,个别地段见亮晶鲕。

上述标志表明沉积环境为潮间坪上的洼地,其中水体封闭,中心部位属低能区,出现水平纹层,但边部能量较高,出现丘状及柱状叠层石,鲕粒白云岩层,以及亮晶鲕。另外其颜色和含黄铁矿表明洼地内的水具有一定深度,并为还原条件。

3. 藻坪(席)

藻坪微相一般发育在微咸化(泻)湖中的某些部位。主要岩性为黑灰色纹层状藻白云岩(图4),厚度较小,仅1.5—2.0m。环境专指具有成膏意义的纹层状藻白云岩的地段;在夹有粉屑白云岩和与粉屑白云岩互层的地段,因不具有成膏意义,不作为藻坪(席)阐述。纹层状藻白云岩的藻纹层呈微波状,由亮层、暗层相间组成。暗层薄,多有机质;亮层厚一般在0.5mm左右,主要由微晶白云岩组成。岩层内多见干缩裂隙,因其上多覆有石膏层,所以裂隙多被石膏充填(图4)。

上述藻坪(席)中的蓝绿藻生存在干旱的气候条件下。当时,藻坪表面覆盖着极浅的高盐度海水,阻止了底栖生物的活动,保护了藻席层,形成了一个有利于白云石、石膏、硬石膏沉淀的环境。

4. 盐池

该微相是上述藻坪(席)之上更加封闭的环境,其上覆的卤水蒸发浓缩形成白云岩,石膏和硬石膏岩。有关特征于后详述。

5. 潮上坪

随盆地继续上升或海平面继续下降,于潮间带各微相之上发育了潮上坪微相。主要岩性为粉屑状含铁泥质白云岩,紫红色和砖红色,具粉屑结构。一般具微波状层理,部分具有水平纹层,细层厚2mm左右。另外见鱼骨层理、再作用面、粒序层理,鸟眼构造,个

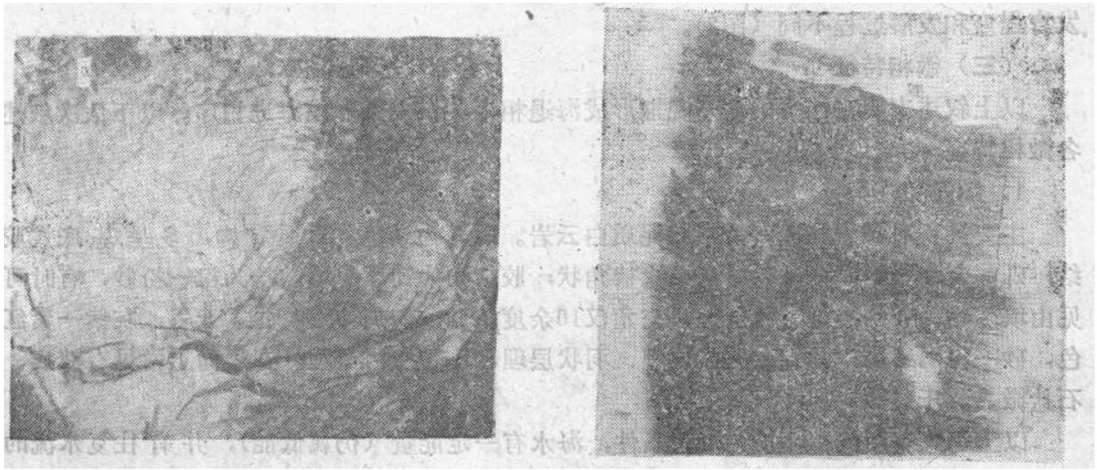


图 3 微咸化(泻)湖微相的藻白云岩叠层石呈丘状或柱状具一定倾斜方向
下四平石膏矿区II剖面

Fig. 3 Algal dolomite in brackish lake (lagoon) microfacies, showing hummocky and columnar stromatolite with dipping. Locality: Section II of lower Siping gypsum district

图 4 纹层状藻白云岩和藻坪微相的藻纹层, 其中干缩裂隙发育(指无位移者), 并被石膏充填
产地: 东热石膏矿区ZK₂₅₁钻孔

Fig. 4 Laminated algal dolomite, algal laminae in algal flat microfacies in which the desiccation cracks develop which are filled with gypsum. Locality: ZK₂₅₁ Hole in Dongre gypsum district

别有干裂、石盐假晶等。近石膏矿层的鸟眼均为石膏充填, 远离者为次生方解石充填。

以上标志表明沉积环境多暴露在水面之上, 海水能量低、气候干旱, 并有风暴潮作用。

6. 萨勃哈

该微相较广泛发育于本区馒头晚期潮上坪之上, 是本区的主要成膏微相, 即潮上坪上的盐滩或盐沼。有关特征将于后详述。

四、盐池和萨勃哈微相

(一) 盐池微相及其特征

1. 盐池微相特征

代表岩石为石膏硬石膏岩及微晶白云岩, 平面上二者呈过渡关系。盐池边部通常为微晶白云岩, 中部为石膏硬石膏岩, 其特征是:

(1) 石膏、硬石膏呈层状产出, 厚度薄, 连续性差, 剖面上呈透镜状, 厚度通常为0.5m左右, 薄者0.2m, 最厚4.5m。

(2) 石膏硬石膏岩较纯, 品位较高, 一般 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4$ 在80%以上。

(3) 石膏硬石膏层的下部通常具有纹层状藻白云岩角砾(为干缩角砾), 是干化收缩盆地的特点。

(4) 石膏硬石膏岩多具纹层状构造, 干裂发育(图4), 常见硬石膏角砾、团块及结核。

(5) 无潮汐作用或淡化标志。

2. 石膏硬石膏形成机制

在藻坪上低洼而封闭地段，风暴潮作用补给海水（也可以是卤水），而藻坪（席）的渗透性又很弱，不能通过渗透和毛细管作用（蒸发泵）交换海水，加之当时气候干旱，蒸发量大于补给量，于是盐池内的咸化卤水便进一步蒸发浓缩达到过饱和，则有石膏沉淀（图5）。



图5 干化盐池补给蒸发示意图

Fig. 5 The sketch map showing supply and evaporation in a desiccation salt pond

(二) 萨勃哈微相及其特征

1. 萨勃哈微相特征

主要岩石类型自下至上是：砂屑白云岩和含膏泥质白云岩→白云质石膏硬石膏岩→泥一粉屑白云岩→白云质石膏硬石膏岩→泥质石膏硬石膏岩。这些岩石类型的特征是：

(1) 多为红色，仅在底部和中部夹的白云岩为灰绿色。说明沉积物多数时间暴露在水面之上，且气候干旱炎热，氧化强烈。

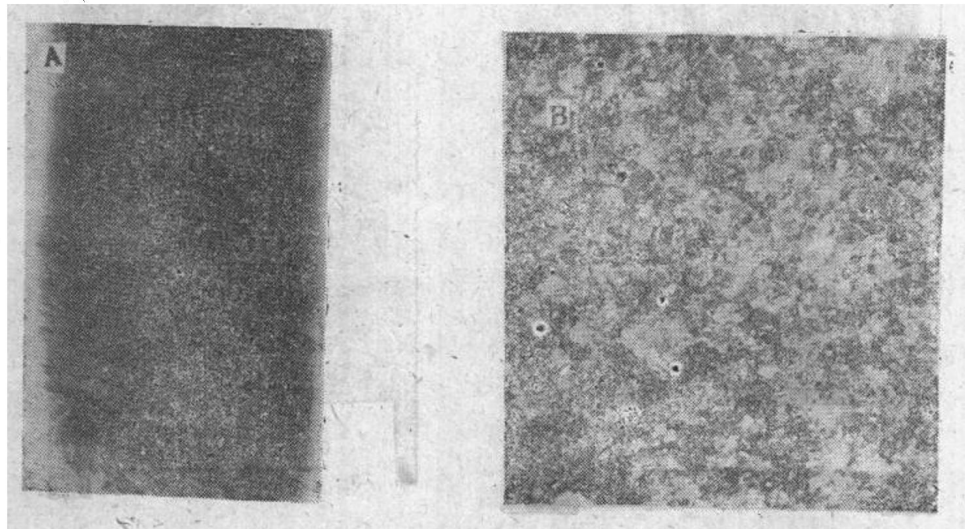


图6 A. 白云质硬石膏，具不规则纹层和硬石膏团块等

B. 短菱柱状硬石膏，正交偏光×10

东热石膏矿区ZK174钻孔

东热石膏矿区ZYK-1289

Fig. 6 A) Dolomitic anhydrite with irregular laminae and anhydrite lumps. Locality: ZK174

Hole in Dongre gypsum district; B) Short prismatic anhydrite. Coressed polars × 10.

Locality: Dongre gypsum district

(2) 石膏层中有相当一部分是硬石膏, 并且有结核和团块 (图6. A), 个别见有天青石, 表明有高盐度卤水活动。

(3) 均为泥—粉屑结构, 特别短菱柱状硬石膏 (图6. B)、石膏粥、鸡笼铁丝状、花瓣状石膏、硬石膏晶体等呈基质胶结白云石和泥质白云岩粉屑。此种石膏我们称为成岩石膏。回流渗透作用形成的淀晶石膏和成岩石膏在宏观上为微薄层状。

(4) 鸟眼构造发育, 并为石膏充填。白云质石膏岩中的鸟眼较细小, 呈筛孔状分布, 反映毛细管作用和蒸发作用强烈。

(5) 均为不规则纹层或微薄层状构造 (图7. A), 并具毡状纹层 (图7. B), 标志介

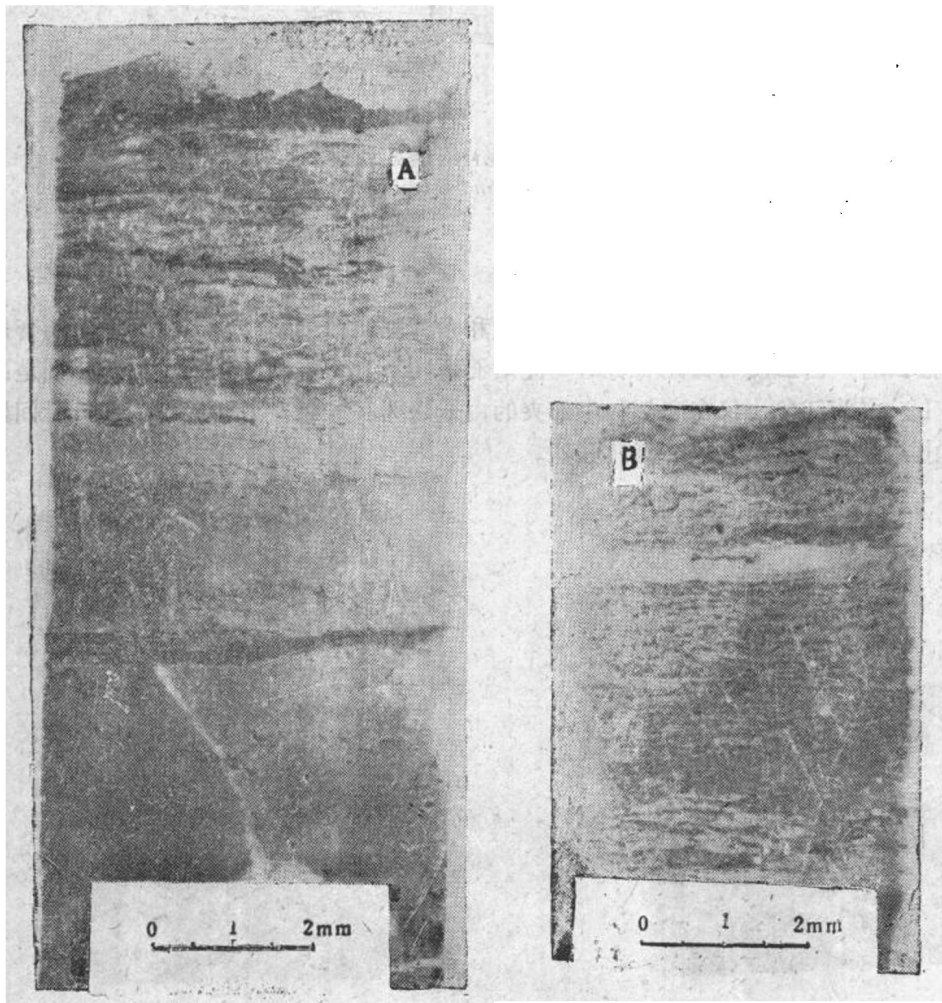


图 7 A. 含泥白云质硬石膏具薄层及纹层构造
B. 含泥白云质石膏硬石膏, 具毡状纹层
东热石膏矿区 ZK₁₇₄ 钻孔
东热石膏矿区

Fig. 7 A) Argillaceous dolomitic anhydrite showing thin-bedded and laminated structures. Locality: ZK₁₇₄ Hole in Dongre gypsum district; B) Argillaceous dolomitic gypsum and anhydrite with felty laminae. Locality: Dongre gypsum district

质能量极低。

(6) 沉积层中再作用面和粒序层理亦较为发育，是风暴潮的破坏作用和建造作用造成的。

(7) 层面见石盐晶痕，是气候干旱的标志。

(8) 微量元素中较为明显的特征是Sr/Ba值高，一般在10—20左右。

2. 海岸萨勃哈成膏特征

现以 ZK₁₇₄ 钻孔剖面为例，说明海岸萨勃哈微相的沉积序列及有关标志 (图8)，其层序自上而下的特征如下：

上覆潮上坪微相：砖红色粉屑状含铁泥质白云岩

⑧ 含泥质石膏岩：紫红色，粉屑结构，纹层状构造，厚0.75m。

⑦ 泥质石膏、硬石膏岩：紫红色，粉屑结构，纹层状构造，具变形层理等，厚1.56m。

⑥ 粉屑状含泥膏质白云岩：灰紫色，纹层状构造，厚0.70m。

⑤ 白云质石膏、硬石膏岩：浅灰色，砂屑结构，微薄层状构造，厚0.70m。

④ 泥质白云岩：青灰色，纹层状构造，厚0.68m。

③ 白云质石膏、硬石膏岩：灰白色，砂屑结构，具不规则纹层、粒序层理、变形层理、再作用面、鸟眼构造 (鸟眼孔由石膏充填) 等，厚1.91m。

② 粉屑状含膏泥质白云岩：灰紫色，微薄层状构造，厚0.70m。

① 砂屑白云岩：浅灰色，薄层状构造，厚0.51m。

下伏潮上坪微相：粉屑状泥质白云岩，灰—紫红色，粉屑结构，微薄层状构造，厚6.92m。

(三) 石膏、硬石膏的形成机制

早寒武世馒头晚期，本区的广阔潮上坪中分布着数个相对低洼的盐沼池。有两种补给海水 (微咸化卤

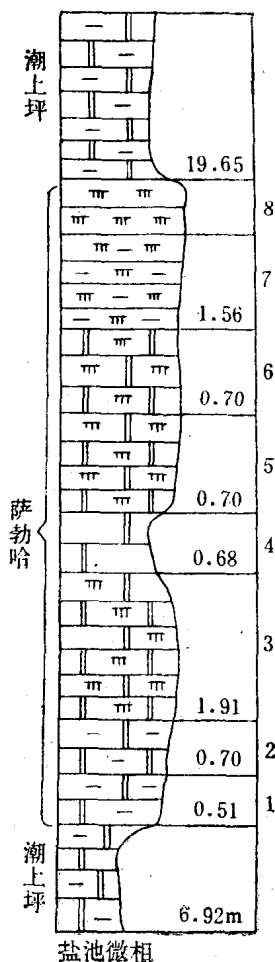


图8 海岸萨勃哈成膏沉积序列

Fig. 8 The gypsum-forming sedimentary sequence in coastal sabkha



图9 海岸萨勃哈补给方式示意图

Fig. 9 The sketch map showing the supply modes in coastal sabkha

水)的方式:一是风暴潮及其渗透回流作用;一是靠海一侧沉积物内孔隙中海水形成的缓慢水流,即蒸发泵流。它们的形成是由于蒸发作用强烈的萨勃哈地区毛细管作用形成一种垂向的水动力梯度所致。因为随着孔隙水的损失,水动力势能便向上减弱,于是产生蒸发泵流。渗透回流也是由于蒸发作用形成重盐(卤)水而造成的。此外,回流渗透作用与蒸发泵作用不是同时进行的,而是交替的。

本区当时气候炎热而干旱,强烈的蒸发作用使孔隙水内 Ca^{2+} 和 SO_4^{2-} 的浓度增高,并达到过饱和,因而沉淀了蒸发盐矿物:石膏、硬石膏,也有天青石等(图9)

五、成矿规律及成矿预测

(一) 成矿规律

本区馒头组内石膏矿的成矿规律就是盐池和萨勃哈微相的发展规律,主要有以下几点:

(1) 成膏盆地均处于中朝准地台内部拗陷区,严格受浑江拗陷与柳河—辉南拗陷(IV级构造单元)制约。内部拗陷中又有多个洼地分布,这就是盐池和萨勃哈微相形成和发育的场所。

(2) 含膏岩系沉积于以局限海为特征的潮坪(泻)湖环境,控矿微相为微咸化(泻)湖→藻坪→盐池;潮上坪→萨勃哈两种序列。纵向上具有明显的旋回性,横向上具有环带性。

(3) 含膏岩系属于稳定蒸发式白云岩型蒸发岩建造。区域共性是分布稳定,与下述两个沉积序列密切相关,①纹层状藻白云岩—石膏;②砂屑、粉屑状泥质白云岩—粉屑含泥白云质石膏—粉屑白云岩—粉屑状含泥膏质白云岩—粉屑状含泥白云质石膏。石膏与纹层状藻白云岩,特别是馒头组Ⅲ岩段石膏与粉屑状泥质白云岩密切共生是普遍规律。

(4) 纹层状藻白云岩组合中的石膏矿层,即藻坪之上的盐池微相中的石膏矿层发育比较局限,仅在东热和样子哨二洼地见到,石膏矿层仅具有一定的意义;相反,砂、粉屑状泥质白云岩组合(即潮上坪之上的萨勃哈微相)中石膏层则广泛发育,形成的石膏矿具有普遍的决定性意义。盐池微相发育于馒头早—中期,萨勃哈微相发育于馒头晚期,所以本区的石膏矿主要形成于馒头晚期。

(5) 由于萨勃哈微相(成膏洼地)有明显的继承性,所以馒头早—中期微咸化(泻)湖发育的地段,萨勃哈微相亦随之发育,因此石膏矿与白云岩、泥质白云岩相紧密相关。并且微咸化碳酸盐岩(粉屑白云岩)愈厚,石膏矿层也较厚、品位也较高。

(6) 由于海水蒸发浓缩的重力分异作用,卤水向沉积盆地低中心迁移并在此沉淀。已知矿床的钻探验证结果表明,在沉积盆地低中心处矿层较厚,品位也较高。

(二) 成矿预测

馒头期共有七个成膏洼地,即浑江盆地的鹿圈子、东热、下四平、浑江、大阳盆、湾沟等洼地和柳河—辉南盆地的样子哨洼地。依区域成膏地质条件分析,皆为石膏预测区。

在找矿工作中,我们根据各洼地的成膏条件、石膏的保存情况、以及工作程度和占有