

我国东南四省五个岩盐矿床石盐中 流体包裹体的初步研究

杨吉根

(华东地质学院地质系)

摘要 扼要地介绍了我国东南四省五个岩盐矿床的地质情况,初步研究了这五个岩盐矿床石盐中流体包裹体在类型、成因、成分、数量、大小、形态以及排列方式等方面的特征,并在最后指出了研究石盐中流体包裹体的重要性。

关键词 东南地区 岩盐矿床 石盐 流体包裹体

前 言

迄今为止,国内外对石盐中流体包裹体作过许多研究,但就研究范围来说,多限于实验分析及其理论探讨,较少结合具体的盐类矿床石盐中包裹体的专门研究,更缺少对古代盐类矿床石盐中包裹体面上的综合性研究。就笔者所知,目前国内只有我国著名盐类矿床学家袁见齐等人,对云南勐野井钾盐矿床石盐中包裹体进行了研究^[1],而对我国东南地区鲁、苏、皖、赣、豫、鄂、湘、粤八省三十多个岩盐矿床石盐包裹体的研究在此之前还未有过报导。存在这种状况的原因,主要有两点:第一,在客观上石盐易受潮、易溶解、易结晶、易破碎、易愈合、易变形等特征给研究包裹体带来不少困难,难以得到满意结果;第二,在主观上可以认为岩盐等盐类矿床石盐中包裹体的研究是件可有可无的工作,因此重视不够。

笔者从事岩盐矿床地质工作与开采工作十多年,在一贯注重岩盐矿床地质与开采问题研究的同时,也重视石盐和其它盐类矿物中包裹体的研究,特别是对石盐中流体包裹体的研究。现就笔者多处对我国东南部皖、赣、鄂、湘四省五个岩盐矿床石盐中流体包裹体的初步研究结果介绍于后。

五个岩盐矿床的地质概况

近二、三十年来在我国东南地区的鲁、苏、皖、赣、豫、鄂、湘、粤八省的中新生代陆相盆地内相继发现了石盐(NaCl)储量1千万至100亿吨的岩盐矿床三十多个^[2]。本文所说的皖、赣、鄂、湘四省五个岩盐矿床只是其中的一小部分。它们分别是安徽的定远(东兴)、湖北的应城(长江埠)、湖南的衡阳(茶山坳)和澧县(津市)。这五个岩盐矿床的基本地质特征是:矿床的石盐(NaCl)储量从1亿至100亿吨,矿体埋藏深度从214米(定远)至1107米(清江),但多数为220至500米。矿体形态平面上呈椭圆型或似椭圆型,剖面上呈层状、似层状或透镜状。矿体(层)产状平缓,其边部倾角7°左右,中心部位倾角3°至5°,矿体由多盐层组成,最少8层(澧县),最多

59 层(清江). 盐层单层厚度一般 2 米左右,最薄 10 多厘米(应城),最厚 10.8 米(清江). 岩盐矿石品位 NaCl 含量一般为 50%~60%,最低为 30%,最高达 98%. 岩盐矿石矿物成分,高品位或纯矿石的矿物几乎全是石盐. 中低品位或者含泥质的矿石,其矿物主要是石盐,其次为硬石膏(CaSO_4)和钙芒硝($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$)以及非盐类矿物(主要为伊利石). 此外还含有少量的碳酸盐和它的硫酸盐矿物以及石英、长石、白云母等碎屑矿物. 岩盐矿石的化学成分主要为 NaCl,其次为 Na_2SO_4 和 CaSO_4 ,而 MgCl_2 、 MgSO_4 、 NaCO_3 、 KCl 、 CaCO_3 等的含量则很少. 组成矿石的石盐有两种,第一种是纯矿石中的石盐,它一般无色透明,极少或不含杂质. 其晶粒粗大,一般为 2~5 毫米,最大可达 1 厘米以上. 它往往呈立方体状,且具有完全的立方解理. 第二种是中低品位矿石中的石盐,它一般有色半透明,颜色随所含杂质成分和数量不同而异,含泥质者为烟灰、灰、浅灰等色,含氧化铁质者多为桔红、棕褐等色,含其它盐类矿物者多为乳白、蓝白等色. 透明度也与所含杂质的成分与数量多少有关,杂质越多透明度越差,泥质越多透明度越差. 第二种石盐往往呈半自形或它形粒状,晶粒大小一般为 0 至几毫米,很少达到 1 厘米. 在这种石盐中较难见到完全的立方解理. 此外,有一种产于泥质岩裂隙中无开采价值的石盐. 其特征是桔红色、呈纤维状垂直于裂隙两壁生长. 这种石盐数量少,分布局限.

石盐中流体包裹体的特征

本文的五个岩盐矿床均是成分十分近似的盐水溶液在常温常压下,经过蒸发作用石盐从中晶出而形成的岩盐矿床. 因此这五个岩盐矿床石盐中的流体包裹体在其类型、成因、成分、数量、分布等方面具有相似的特征. 现就这些特征分述如下:

1 流体包裹体的分类及类型特征

根据目前对包裹体分类一般采用成因和物相分类的原则^[3-6],可将上述五个岩盐矿床石盐中的流体包裹体分成两大类九个亚类(表 1).

表 1 中国东南五个岩盐矿床石盐中流体包裹体的成因和物相分类

成因分类	物 相 分 类		
	液 相	气 相	气液相*
原 生	+++	+	+
假次生	++	—	+
次 生	++	+	+
备 注	①表中+,—表示流体包裹体的相对含量. —很少、+少、++多、+++很多. ②* 指气体含量大于液体含量,气液体并存的包裹体		

由表 1 得知:①石盐中各种成因和物相类型的流体包裹体均有;②在九种流体包裹体中原生的液相包裹体数量第一;③假次生气相包裹体数量最少;④三种成因类型的液相包裹体在数量上占绝对优势.

此外,笔者根据五个岩盐矿床所经历沉积成岩后的全过程,将石盐中流体包裹体分成沉积、成岩和成岩后三种类型. 有关它们的特征将在后面结合流体包裹体排列方式的特征加以叙述.

2 流体包裹体的成因特征

如上所述五个岩盐矿床石盐中流体包裹体在成因上共分为原生、假次生和次生三种,它们

均有自身的特征:(1)原生流体包裹体:其主要特征为液相的单体和群体,在群体中绝大多数流体包裹体的大小近一致,且多呈面状分布,此外,原生流体包裹体不论是单体还是群体,其形态与石盐主晶的形态一致,而且外形轮廓及方位也与石盐主晶的外形轮廓及方位一致.(2)假次生流体包裹体:按目前对假次生包裹体的解释,认为假次生包裹体是一种介于原生包裹体与次生包裹体之间的过渡类型^[4-5].按成因它属于原生包裹体,按形成时间和产状它相似于次生包裹体.在形成时间上,晚于原生包裹体,同时或早于次生包裹体,在产状上它分布于主晶矿物的外带或封闭的裂隙及蚀坑中.本文论及的假次生流体包裹体就是按这种解释确定的.假次生流体包裹体主要分布于石盐主晶的生长外带(照片 1)或封闭的裂隙中(照片 2).假次生流体包裹体有单体和群体两种,群体在排列方式上可呈带状或串珠式的直线、曲线和树枝等形状.(3)次生流体包裹体:其主要特征是它们分布于石盐主晶的解理缝及裂隙中.群体带呈曲线状排列(照片 3、4).有时还斜切原生液相包裹体群(照片 5).

从上述情况所知,石盐中三种成因的流体包裹体其主要区别表现在它们的成分、相态、形成时间和群体产状等方面.但是在许多情况下要把它们从成因上准确地区别出来确是比较困难.这是因为石盐及石盐中流体包裹体极易随物理化学条件的变化而发生溶解、重结晶、碎裂、愈合和变形等作用.这些作用在漫长的地质历史时期往往可以发生多次,使石盐中流体包裹体复杂化.这种现象可以从石盐中流体包裹体的形态各异、大小不同、成因和相态多样以及群体分布杂乱等情况得到证实(照片 6).

3 流体包裹体的成分特征

潘文达(1987)曾用冷冻法测量清江岩盐矿床多个样品石盐中的液相包裹体,测得冷冻温度均在一36℃以下(个别在一45℃以下).将该结果与 NaCl—H₂O 体系相图对照,得知石盐中液相包裹体内 NaCl 含量在 26.3%以上.表明液相包裹体的成分是高盐度(NaCl)的卤水.又根据笔者对石盐中大量液相包裹体的镜下观察,发现有个别负晶形的液相包裹体中有针状芒硝(Na₂SO₄·10H₂O)子晶的存在(照片 7).这表明液相包裹体中有少量的 Na₂SO₄ 成分.潘文达(1987)曾用压碎法和质谱法测得清江和衡阳两盐矿石盐中气相包裹体成分为 CO₂ 气,没有发现有 H₂S 等有机气体.上述所测结果表明,东南四省五个岩盐矿床石盐中流体包裹体成分简单,以 NaCl 为主.由于石盐中流体包裹体成分是采用普通的常规方法测定的,因此所测结果只是石盐中流体包裹体的主要成分,而且也是定性的.

4 流体包裹体的形态特征

由于流体包裹体的主晶是石盐,因此在镜下所见的流体包裹体形态绝大多数为正方形或长方形,它成为包裹体形态上的最显著特征.表 2 是三种成因类型液相包裹体单体的形态特征表.

表 2 三种成因类型液相包裹体单体的形态特征

形态特征	成因类型		
	原生	假原生	次生
形态及规则程度	正方形、长方形规则	正方形、长方形、亚铃形、蠕虫形等规则和不规则	正方形、长方形、它形规则和不规则
与主晶的形态关系	一致	多数一致 少数不一致	多数不一致 少数一致

从该表看出,原生液相包裹体形态几乎于石盐主晶形态一致.而假原生和次生液相包裹体形态可与或不与主晶形态一致.在石盐中三种成因类型的气液相包裹体形态一般呈长方形,其次为正方形以及其他形态.而气相包裹体形态则有正方形、圆形以及椭圆形.

5 流体包裹体的大小特征

根据镜下大量的观测表明,石盐中流体包裹体的大小其变化范围在零点几至 20 μm 之间,但 60%~70%的包裹体大小为零点几至几 μm . 其中最大的包裹体为液相包裹体.包裹体若为正方形时最大的面积约 600 μm^2 (35 $\times$ 17 μm^2). 由于包裹体的大小是在显微镜下测定的,最高放大为 630 倍,因此不能以零点几 μm 作为包裹体大小的最小值,实际上石盐中还有比 0.0 μm 更小的包裹体.

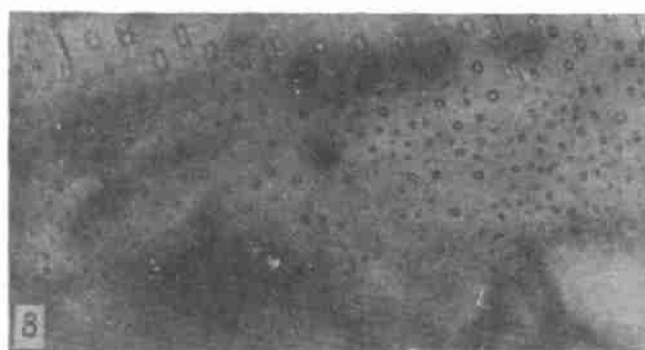
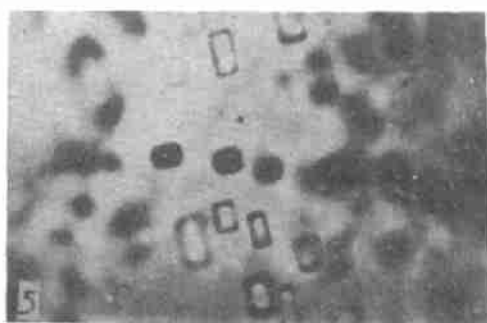
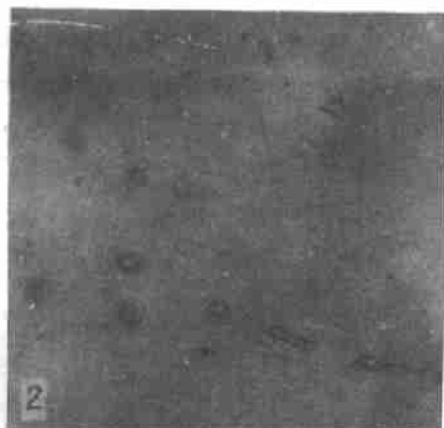
6 流体包裹体的数量特征

总的来说,东南四省五个岩盐矿床石盐中流体包裹体是极为常见、极为丰富的.根据镜下大量的观测,石盐中流体包裹体的密度最大时为 9.24 $\times 10^4$ 个/ mm^2 . 一般情况下为 $n \times 10^2 - n \times 10^3$ 个/ mm^2 . 根据统计计算, n 种相态包裹体的百分比分别是:液相包裹体占 73.2%,气相包裹体 8.9%,气液相包裹体 15.9%. 在液相包裹体中,纯液相包裹体占 81.5%. 上述几组百分比表明,在数量上液相(含纯液相)包裹体占明显优势.此外,在观测流体包裹体数量时,发现流体包裹体的有无和数量的多少与石盐中所含固体杂质、石盐的性质有很大关系.当石盐中含有固体杂质,特别是泥质物时,其中流体包裹体就相当少,甚至没有.当石盐晶粒大、自形成度高、纯净透明时,其中流体包裹体就常见到,而且数量也多.这种情况表明,不含固体杂质并具有上述性质的石盐是研究流体包裹体的最佳对象.

7 流体包裹体群排列方式的特征

本文所谓石盐中流体包裹体排列方式是指流体包裹体群排列方式.东南四省五个岩盐矿床石盐中流体包裹体群共有线状、带状、枝状、面状和扇状五种排列方式:(1)线状排列方式是指流体包裹体群呈线条状排列.这种排列又可分为直线状、曲线状和雁行状三种排列.(2)带状排列方式是指流体包裹体群呈带状排列.这种排列又可分为条带状和环带状两种排列.前者包裹体群呈一向延长排列,它可以细分成单带和多带两种排列.后者包裹体群围绕先前的石盐晶体(晶核或碎粒)呈封闭式的环向排列(照片 1).它可以细分成一环或多环两种排列.(3)枝状排列方式是指流体包裹体群呈树枝状排列.这种排列又可分为简单枝状(照片 4)和复杂枝状两种排列.(4)面状排列方式是指流体包裹体群呈面状排列.其包裹体群中的单体既可以呈均匀规则分布,也可以呈不均匀不规则分布(照片 6).(5)扇状排列方式是指流体包裹体群呈冲积扇状排列.这种排列方式的最大特征是:扇顶包裹体直径较大,数量较少,分布较稀.扇缘包裹体直径较小,数量多,分布密.从扇顶至扇缘其总的趋势是包裹体由大变小,由稀变密,由多种形状(长方形、长卵形、亚铃形等)变为单一形状的正方形(照片 8).有关石盐中流体包裹体群排列方式的其它特征及与石盐主晶的关系见表 3.

有关石盐中流体包裹体群排列方式与其形成阶段的关系问题,袁见齐(1991)等^[1]对云南勐野井钾盐矿床石盐中包裹体的成因研究后,认为均匀分布呈面状排列的包裹体群形成于沉积早期阶段.扇状排列的包裹体群形成于沉积晚期阶段.梳状排列的包裹体群形成于成岩阶段.笔者根据袁见齐等的这一研究结果与本文所研究的五个岩盐矿床相比较发现,两者石盐中流体包裹体群的排列方式和形成阶段有许多相似之处.例如五个岩盐矿床石盐中流体包裹体群在排列方式上除缺少梳状排列外,其他均与勐野井钾盐矿床相同.在形成阶段上五个岩盐矿



床也与勐野井钾盐矿床相同^[1]。石盐中流体包裹体^[1]分为沉积、成岩和成岩期后三种。但由于矿种不同,区域不同,沉积成矿的地质环境以及物理化学条件也有一些不同,因此流体包裹体群的排列方式和形成情况也会有所不同。例如同属Ⅰ阶段的流体包裹体群,在勐野井钾盐矿床石盐中呈梳状排列,而在东南五个岩盐矿床石盐中呈环带排列。前者是由泥砾边缘的卤水逐渐结晶形成的,后者则是由碎屑石盐周围的卤水逐渐结晶形成的(照片1)。

表 3 中国东南五个岩盐矿床石盐中流体包裹体群的排列特征

特征内容	排 列 方 式				
	线 状	带 状	枝 状	面 状	扇 状
所见情况	较常见	较常见	少见	常见	少见
包裹体群的相对密度	较稀	较密	较稀	密	密
包裹体群排列	直线状排列	直带状排列	枝状排列	面状排列	扇的纵向排列
方位与石盐主晶	方位与主晶	方位与主晶	方位少数与主	方位很少与主	的方位少数与
方位的关系	方位一致,曲	方位一致,曲	晶方位一致,	晶方位一致,	主晶方位一致
	线状、雁行状	带状排列与主	多数与主晶斜	绝大多数与主	绝大多数与主
	排列方位与主	晶方位低角度	交不一致	晶方位斜交不	晶方位低角度
	晶方位斜交	斜交,环带状		一致	斜交。扇的横
		排列与主晶外			向排列的方位
		形一致			与主晶方位不
					一致

石盐中流体包裹体的研究意义

1 理论意义

首先表现在通过研究有助于了解岩盐矿床的形成过程。例如通过对东南地区五个岩盐矿床石盐中流体包裹体群排列方式的研究可以得知,既然流体包裹体群分别形成于沉积、成岩和成岩期后三个阶段,并且在各自阶段显出了各自不同的排列特征,这就充分表明岩盐矿床的形成必然也经历了由沉积、成岩和成岩期后三个阶段组成的全过程。其次表现在通过研究有助于推断岩盐矿床形成过程中的卤水成分和盐度以及物理化学条件。举例来说,潘文达(1987)对清江和应城两个岩盐矿床四个样品的石盐中的流体包裹体作热台加热实验,测得它们开始汽化时的温度在 364℃至 381℃之间,爆裂时的温度在 445℃至 467℃之间。又据单林等^[1](1981)作现代盐湖石盐中液相包裹体的汽化和爆裂实验,测得汽化时的温度为 400℃,爆裂时的温度为 455℃。单林等根据所测得的结果认为:(1)对石盐中纯液相包裹体在逐渐加热的情况下都会发生汽化和爆裂。(2)汽化和爆裂的发生是石盐在常温下沉积形成的主要依据之一。据此,可以认为东南地区五个岩盐矿床石盐中的液相包裹体也是在常温下沉积形成的,因而也表明了这五个岩盐矿床必然也是在常温下沉积形成的。

2 实际意义

主要表现在岩盐水溶开采和岩盐地质处置核废物贮存库选择两方面。在岩盐开采方面,目前国内外多采用水溶开采法。此法以单井对流法为例。其原理及开采流程是利用石盐易溶于水的性质,将地面上的淡水通过内管(又名中心管)注入盐层,使石盐溶解成卤水,再利用注水时形成的井下压力把卤水从内管与大套管的环形空间压出地面进入储卤池。从水溶开采的原理和工艺流程来看,当石盐中包裹体为气相时对水溶开采是不利的。这表现两方面:第一,在石盐

遇水溶解后气体释出,当达到一定数量时会受气阻,严重时会造成井下事故。第二,包裹体的成分有时也会影响制盐生产和产品质量。例如含有较多 H_2S 等有机气体的卤水抽至地面后须将它们清除,才能保证生产的正常进行和原盐产品的质量。在岩盐地质处置核废物方面,石盐中流体包裹体的成分、数量、相态及其后期变化是贮存库选定之前和建成之后必须经常研究的重要内容。举例来说,核废物,特别是高放射性核废物所产生的热辐射可以使流体包裹体在岩盐从高温处向低温处迁移,并使石盐主晶和液相包裹体之间发生溶解及重结晶,从而引起核废物贮存库结构变形和破坏。再者当核辐射热达到 400°C 以上后可使流体包裹体汽化和爆裂也会降低核废物贮存库结构强度。美国和前德国等美欧一些国家早在 30 年前就开始采用岩盐地质处置中低放射性核废物^[6,8-9]。从选定库址之前到核废物贮存之后,对石盐中流体包裹体的研究就一直不停。例如前德国阿塞(Asse)^[10]岩盐矿床 65 年转为核废物贮存库后,对该矿石盐中流体包裹体的研究很重视,一直都有科技人员进行这方面的研究,取得了大量的研究成果。

结 束 语

通过对东南地区四省五个岩盐矿床石盐中流体包裹体的研究可以得以下几点结论:(1)石盐中流体包裹体极其常见,极为丰富。(2)流体包裹体在石盐中呈液相、气相和气液相三种相态,其中以液相和纯液相为主。(3)石盐中具有原生、假次生和次生三种成因类型的流体包裹体。其中以原生和次生流体包裹体为主。(4)石盐中液相包裹体的成分主要是高盐度的卤水(NaCl),气相包裹体的成分是二氧化碳气(CO_2)。(5)石盐中以流体包裹体群为主,它们排列的方式有线状、带状、枝状、面状和扇状五种。不同的排列方式各自代表着沉积、成岩和成岩期后三个阶段中的一至两个阶段。(6)流体包裹体大量地分布于大粒自形不含或很少含固体杂质无色透明的石盐主晶中,而在细粒他形含固体杂质有色半透明的石盐主晶中则少有或没有分布。(7)石盐中流体包裹体的大小比较悬殊,差值可以达三个数量级。(8)石盐中流体包裹体是在常温常压下形成的,但在岩盐矿床形成的全过程中也发生过重结晶,再溶解等作用。

本文是笔者对我国东南地区四省五个岩盐矿床石盐中流体包裹体初步研究后的一个总结。其中所谈的一些认识尚不成熟。此外,又由于研究盐类矿床石盐中流体包裹体比研究非盐类矿床矿物中流体包裹体要困难一些,再加之研究手段与方法不多,笔者学识水平有限,因此文中难免存在不当之处,希望专家读者给予指正。

照片说明

- 照片 1 围绕石盐碎屑颗粒呈带状和环状排列和假次生液相包裹体群,江西清江
- 照片 2 石盐中由重结晶作用形成的“卡脖子”现象及呈串珠式微弯曲线状排列的液相包裹体,湖北应城
- 照片 3 石盐中不规则裂隙分布的,呈曲线状(右)及窄弯带状(左)排列的次生液相和气液相包裹体群,湖南衡阳
- 照片 4 石盐中沿解理裂隙分布的,呈线状和枝状排列的假次生和次生液相和气液相包裹体群,安徽定远
- 照片 5 石盐中呈线状排列的次生气相包裹体群,(黑色四方形者)穿切呈带状排列的原生液

相包裹体群的现象,江西清江

照片 6 石盐中单体为多种形状的,呈面状排列的原生、假次生液及气相包裹体群,湖南澧县

照片 7 石盐主晶中的原生液相包裹体及芒硝子晶矿物(细针状者),江西清江

照片 8 石盐中具有“卡脖子”和“叠瓦”现象的,呈扇状排列的液相及气液相包裹体群,江西清江

以上照片均为单偏光镜下所摄,除照片 7 放大 630 倍外,其余照片放大均为 250 倍

参 考 文 献

- 1 袁见齐等. 云南勐野井钾盐矿床石盐中包裹体特征及其成因的讨论. 地球科学——中国地质大学学报, 1991, (2): 140-142
- 2 杨吉根. 中国东南地区中生代岩盐矿床的沉积成盐特征. 盐湖研究, 1993, (4): 1-8
- 3 中国科学院地球化学研究所包裹体实验室. 矿物中的包裹体及其在地质上的应用. 北京: 地质出版社, 1977. 5-10, 13-19
- 4 何知礼. 包体矿物学. 北京: 地质出版社, 1982. 8-16, 25-27, 35
- 5 Hollister, L. S 等著, 芮宗瑶等译. 流体包裹体在岩石学和矿床学中的应用. 北京: 地质出版社, 1986. 98-136
- 6 Roedder, E 著. 卢焕章等译. 流体包裹体. 中南工业大学出版社. 上册, 1985. 17-30. 下册, 1986. 4-12
- 7 单林等. 几种盐类矿物中的包裹体及其汽化现象的初步研究. 地质论评, 1981, (3): 213-215
- 8 杨吉根. 略谈我国核废物岩盐处置的前景. 华东地质学院学报, 1989, (2): 56-57
- 9 Dix, O. R and Jackson, M. P. A. Lithology, microstructures, fluid inclusions, and geochemistry of Rock salt and of the Cap-rock contact in Oakwood dome, East Texas: Significance for unclear waste storage. Bureaus of Economic Geology The University of Texas. Reprot of Investigtions No. 120, 1982, 26-31
- 10 Roedder, E and Belkin, H. E. Petrographic study of fluid inclusion in salt-core samples from Asse mine, Federal Republic of Germany. United States Department of Interior Geological Survey. 1981, 6-8

The Preliminary Study of Fluid Inclusions in Salt from Five Halite Deposits of Four Provinces in Southeast China

Yang Jigen

(East China Colleg of Geology)

ABSTRACT

This paper briefly introduced geological situation of Dingyuan, Qingjiang, Yingchen, Hengyang, Lixian five halite deposits from Anfei, Jiangxi, Hubei, Hunan four provinces in Southeast China, and preliminarily studied fluid inclusions in salt from these halite deposits. The result of study showed that fluid inclusions in salt are areextraor- dinary abundances. Their common and abvious characteristics as showed by followings: (1) complete type, (2) more complicated genesis, (3) main in liquid phase, (4) simple componet, (5) multiple, (6) disparity in size of single, (7) preponderant assemblage, (8) varied in array pattern of assemblage. The study of fluid inclusions in salt from halite deposits is very important, because it is favorable to understand total process as well as physicochrenical condition in form for halite deposits and analyze also influence of fluid inclusions on hydro-mining of halites as well as building of waste repository.

Keywords Southeast China, Halite deposit, Salt, Inclusion