

NaCl 子晶消失温度高于汽泡消失温度的三相 NaCl-H₂O 溶液包裹体形成的物化条件研究

陈文明, 王 勇, 陈伟十

(中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

含石盐子晶的三相 NaCl-H₂O 溶液包裹体大量出现在国内外斑岩铜(钼)中, 并以 t_h (汽泡消失温度) $> t_m$ (盐晶消失温度)、 $t_h = t_m$ 及 $t_h < t_m$ 三种形式存在。该类包裹体的形成机制及捕获时物化条件一直是国内外矿床学家研究的热点, 尽管很多学者已做过很多详细研究 (Bischoff, 1991; Bodnar, 1994; Driesner, 2007; Zhang, 2007; Becker, 2008; 刘斌, 1999; 卢焕章, 2004; 陈文明, 2010), 但迄今仍有不少关键问题尚需探索, 特别是 $t_h < t_m$ 类包裹体的形成机制及捕获时的物化条件还困惑着众多的研究者。我们经研究认为 $t_h < t_m$ 类包裹体的出现主要有 2 种成因: ① 不匀一捕获固液二相 NaCl-H₂O 饱和溶液包裹体, t_h 是其捕获时温度, 该温度的 NaCl-H₂O 饱和溶液的压力和浓度是其捕获时的压力和浓度; ② 均一捕获 $|\Delta V_l|$ (包裹体降温过程中 NaCl-H₂O 饱和溶液体积变化绝对值) $\leq |\Delta V_s|$ (包裹体降温过程中盐晶体积变化绝对值) 的 NaCl-H₂O 溶液包裹体。由于该类包裹体在冷却过程中都表现为 $|\Delta V_l| = |\Delta V_s|$, 并随温度下降其 $|\Delta V_l|$ 与 $|\Delta V_s|$ 不断地增大, 相应包裹体中 NaCl-H₂O 饱和溶液的密度不断地变小, 在汽泡消失的液相线上的密度最低 (t_h 时 NaCl-H₂O 饱和溶液的密度), 在盐晶消失处的液相线上的密度最大 (t_m 时的 NaCl-H₂O 饱和溶液密度), 并代表该类包裹体捕获时的密度及盐度。由于该类包裹体捕获后冷却过程中包裹体的总容积不变, 即在固液二相区, 由于汽相体积为 0, 因此

$$Vl_0 = Vl_1 + Vst_1 \dots\dots\dots ①$$

式中: Vl_0 : 捕获时 NaCl-H₂O 饱和溶液体积, Vl_1 : 捕获后降温到 t_1 (汽泡出现) 时 NaCl-H₂O 饱和溶液体积, Vst_1 : 捕获后降温到 t_1 (汽泡出现) 时盐晶体积。

由于该类包裹体在降温过程中 (固液二相区) $|\Delta Vl_1| = |\Delta Vst_1| \dots\dots\dots ②$

由式①和②可得出:

$$\frac{dlt_0}{dst_1(1-elt_0) + dlt_1(elt_0 - elt_1)} = \frac{dlt_1dst_1(1-elt_1)}{\dots\dots\dots} ③$$

$$Vst_1 = \frac{dlt_0(e_0 - e_1)}{dst_1(1 - e_1)} \dots\dots\dots ④$$

$$dht_1 = \frac{dlt_0(1 - e_0)}{1 - Vst_1} \dots\dots\dots ⑤$$

式中: elt_0 为捕获时 NaCl-H₂O 饱和溶液的盐度 (重量百分比); elt_1 为捕获后降温到 t_1 (汽泡出现) 时 NaCl-H₂O 饱和溶液体积 (重量百分比); dst_1 为温度下降到 t_1 (汽泡出现) 时 NaCl 盐晶密度; dht_1 为温度下降到 t_1 (汽泡出现) 时 NaCl-H₂O 饱和溶液中水的密度, 其他同式①。

根据公式③~⑤的计算结果, 可绘制成图 1 和图 2。由图 1、2 可得出:

(1) 不同温压条件下包裹体中 NaCl-H₂O 饱和溶液及其水的密度、液相的行迹是曲线, 不是直线, (目前不少研究者认为是直线, Bodnar, 1994; Becker, 2008) 这是因为在降温过程中由于盐晶的不断析出使包裹体中的盐晶体积 (V_s) 及 NaCl-H₂O 饱和溶液的体积 (V_l) 不断地变小, 随之密度也在不断的变化, 是

一个不等容过程，其值是由 dl_{t_0} 、 dle_1 、 dst_1 、 elt_0 及 elt_1 值决定的。

(2) 在 t_m 相同的该类包裹体中， t_h 愈低其 NaCl-H₂O 饱和溶液的密度、液压力愈大，当 $t_h=t_m$ 时，其密度、液压力为最低值。

(3) 在 t_h 相同的该类包裹体中，当 $t_m \leq 650^\circ\text{C}$ 时， t_m 愈大，NaCl-H₂O 饱和溶液中水的密度愈大。

(4) 根据该类包裹体测定的 t_h 、 t_m 值，通过图 1, 2, 公式③--⑤就可求得该类包裹体捕获时较正确的密度、盐度，温度及压力。

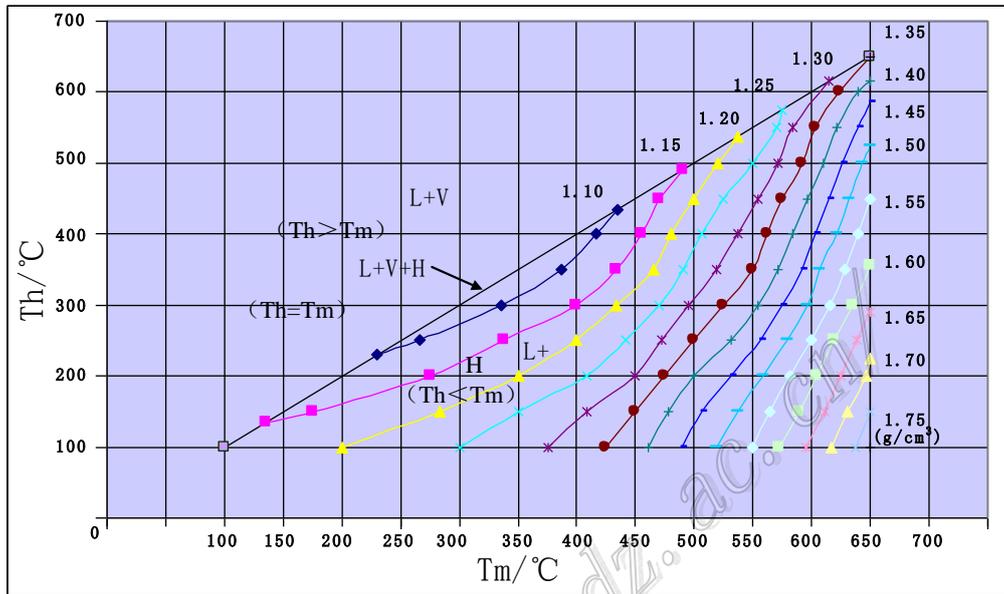


图 1 不同温压下 $t_h < t_m$ 包裹体中 NaCl-H₂O 饱和溶液在固液 (L+H) 两相区的密度 (g/cm^3) 值
(资料来自 Bodnar, 1994; Picha et al., 1982; Bischoff, 1991; 刘斌等, 1999)

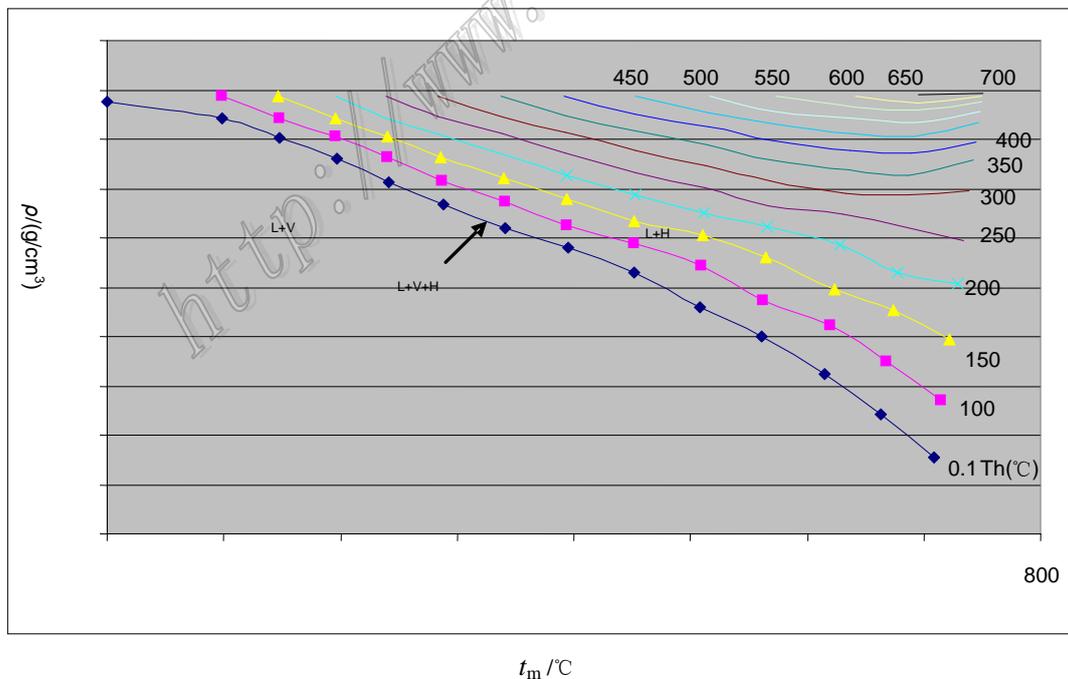


图 2 不同温压下 $t_h < t_m$ 包裹体中 NaCl-H₂O 饱和溶液中水在固液(L+H)两相区的的密度 (g/cm^3)
(资料来自 Bodnar, 1994; Picha et al., 1982; Bischoff, 1991; 刘斌等, 1999)

参考文献(略)