

地下天然碱溶采的最适烧碱浓度问题

华 克 刚

(化工系)

提 要

在前文〔1〕讨论中涉及了“临界烧碱浓度问题”，为了进一步寻求它的规律性，并作出有理论依据的推断，本文探讨了计算的办法，并讨论它在单井采卤与双井联采的应用。

一 最适烧碱浓度的提出

地下天然碱资源，有的国家已视为纯碱生产重要的来源。我国近年来由于地质勘探工作者辛勤的劳动，发现了吴城地下天然碱矿层。此矿不久的将来必将成为我国纯碱生产中的一个重要基地。

自从河南桐柏吴城公社碱矿试验开采以来，专业工作者对之颇为重视，原因是地下储量可观，纯度极高，溶采又是一项新技术，即使国外虽有少量资料，而应用上远不如早采多见；至于工业上溶采至少说在生产理论上还有待充实。笔者根据报导，对吴城下层矿的平均矿层（代表）组分，进行了45℃临界烧碱浓度的推算。但考虑到矿层的厚薄，更重要的是组成分布不可能一致，天然碱石与其他盐碱类共存，比量复杂，似应求得一种针对某井（某矿层）的具体组成及溶采温度，寻求最适烧碱浓度，以便溶采。

由于地下矿层状态复杂，往往使溶采打了折扣（即流失），本文不准备在这方面进行讨论。而理论上最佳则意味着将地下矿石溶取到地面上来，不因“不相称”等溶解度原因，损失部分矿石于地下，破坏改变了地下结构，反而造成不应有的困难。

如果我们在某溶采温度下，对某具体矿层组成，能推算出其最适烧碱浓度，经溶液与固相接触充分溶解与反应，理应得到平衡液固关系。如处理得当，应当按成分比例溶入液相，而液相应达到两盐（ NaHCO_3 和 T_r ）共饱。

二 针对溶采温度及矿层组成求得最适浓度

溶采温度，究竟以何温为宜，〔1〕文已推荐以不加热于溶剂为较节约，但地壳热溶及热损究未明确，手边尚缺实测数据，而且随地区经纬度，埋藏深浅以及季节都会有所影响；本文从理论上进行探讨，取溶采温度为 $t^\circ\text{C}$ ，在此温度下上述两盐共饱溶液浓度是容易找到的。

对矿层的组成，我们重点讨论 $\text{NaHCO}_3 + T_r$ ，但在全矿区中不可能到处一致，〔1〕文是选取了一个代表值。现命名某井实际固相点为： $x\% \text{Na}_2\text{CO}_3$ ， $y\% \text{NaHCO}_3$ ，和 $(100 - x - y)\% \text{H}_2\text{O}$ 。

本文曾在1981年纯碱专业学会上宣读，现略有存增删。

表 1: NaHCO_3 与 Tr 两盐共饱点数据

| 温 度 $^{\circ}\text{C}$ | $\text{NaHCO}_3\%$ (a) | $\text{Na}_2\text{CO}_3\%$ (b) |
|------------------------|------------------------|--------------------------------|
| 30 | 1.3 | 17.60 |
| 35 | 1.7 | 17.3 |
| 45 | 5.9 | 16.9 |
| 60 | 7.4 | 16.9 |

通过上述已知数据: t , a , b , x , y 诸值, 经相图运算, 我们可以扩大研究范围, 而能处理不同溶采温度和矿层组成, 不再受它们的限制。

所谓“最适”意指使用了较淡烧碱溶液, 并将矿层按组成溶出到达地面, 而不会造成人为的地下障壁与不溶的 NaHCO_3 残余。至于使用浓烧碱溶采, 能减轻地上蒸发负荷, 但单从出现断层裂隙流失来说, 显然欠妥。至于在理想下如何结论, 因无可靠的全局(地上与地下)投资核算, 现仅仅考虑了地下溶剂的经济性。

三 烧碱溶采的临界浓度

1、临界浓度的意义: 在前文〔1〕所讨论的基础上, 不难体会到 W 矿(平均组成)是在三角形相图中, 位于固相点 Tr 与 NaHCO_3 顶点连线之上某点位置。如它被一种较浓或较淡的烧碱溶液去溶采, 则都会出现共饱溶液 M , 如图 1 所示。对无限多的矿藏层而言, 固相点 W 可暂视为不动, 但用浓烧碱不经济, 太稀者恐不够用, 都不能认为“最适”, 如不能按原矿组分比例取出, 将会造成紊乱或变体, 给以后遗留问题。

2、临界烧碱浓度何以称为最适浓度: 针对一定的溶采温度, 一定的固相矿层组成, 可以提出一个“临界”烧碱浓度, 理论上说: 它将使具体的矿组分, 除不溶物外全部按原比例溶入液相成为饱和溶液, (即使达不到饱和, 生产上接近饱和, 也所欢迎), 从道理上说, 矿层组分, 可按其组分比例进入助溶水溶液, 所用溶采液体开始建穴后, 完全可以正常稳定地采卤, 所以, 除不能采出的地壳结构障碍物外应当全部送达地面, 这里当然会存留地下一部分, (也可能是不小的部分), 做为理论上长期观察, 固相应既不向 Tr 移动 ($W \rightarrow \text{Tr}$), 又不向 NaHCO_3 移动 ($W \rightarrow \text{NaHCO}_3$), 故可视为“临界”, 而所需烧碱浓度, 在该温该矿层情况下, 既不过浓, (促使固相点右下移), 又不过淡(促使固相点左上移), 故又可称之为“最适”浓度, 这样我们就不会视注水为最便宜而“饮鸩止渴”了。

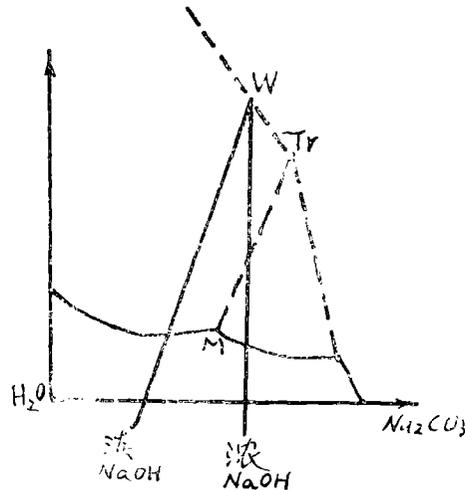


图 1

3、最适烧碱浓度的推断 取100克可溶矿，（即原矿料除去不溶物）为x克 Na_2CO_3 ，y克 NaHCO_3 ，及（100-x-y）克 H_2O ，使用c%NaOH溶液溶采，在t℃下进行，该两盐共饱和溶液（ NaHCO_3 与T，共饱）含a% NaHCO_3 ，b% Na_2CO_3 ，见表1与图2。

从相似三角形关系，联结WV并引伸，横轴上为n%，NaOH轴上为c%，M为两盐共饱点。

任何这种系统，只要溶剂量少于矿层可溶晶量，且时间足够长的话，总会得到M饱和溶液和残余不溶物。

由图2可见这一最适c%NaOH溶液是由WM线引长到NaOH轴而得，其浓度计算已见前文〔1〕，现普遍地推算如下：

先只考虑反应段，只进行到横轴为止，因其上截为溶解段不出现反应，只有物理溶入，那么

$$n = b - m \text{ 或 } m = a(x - b) / (y - a)$$

根据（新生 Na_2CO_3 +原矿中 Na_2CO_3 ）×100÷〔（新生 Na_2CO_3 +原矿中 Na_2CO_3 ）+（新生 H_2O +原矿石中 H_2O ）+NaOH溶液中 H_2O 〕=（b-m）

式中 新生 Na_2CO_3 $\frac{y}{84} \times 106 = 1.2619y$

原矿石中 Na_2CO_3 x

新生 H_2O $\frac{y}{84} \times 18 = 0.2143y$

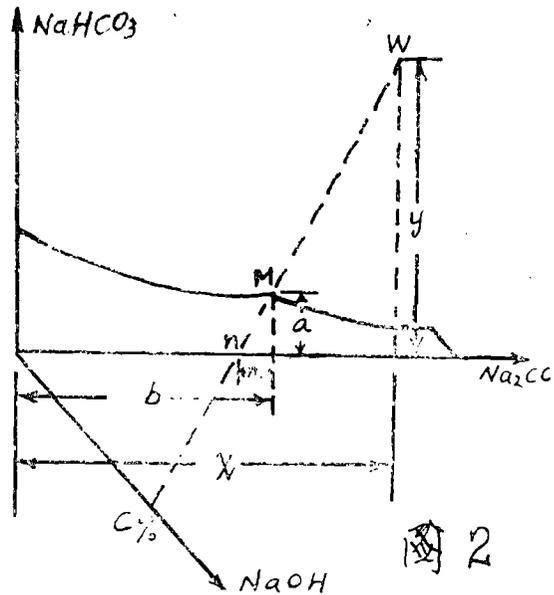
原矿石中 H_2O 100-x-y

使用NaOH浓度为c%的溶液所含 H_2O

$$\frac{y}{84} \times 40 \frac{(100-c)}{c} = 0.4762y \frac{(100-c)}{c}$$

总平衡得出 $c = \frac{47.62y(b-m)}{100x - 126.19y - 100(b-m)}$ } 联立求c

其中 $m = \frac{a(x-b)}{y-a}$



对普遍的问题x,y,a,b,均为已知，而m, c为未知，这一方程组可用以解决如吴城下层矿（ NaHCO_3 +Tr）类型的不同采卤的温度，从而得出最适烧碱浓度。这里所提出的数量关系式，笔者前文〔1〕已用逐步分析法举例计算，与这里的公式结果能达到一致。

四、最适烧碱溶液对单井采卤和双井联采的应用

溶采温度取决于地下工作温度，加热于溶剂的热源经济条件（是廉价石油气，是太阳能，还是液态固态燃料？）当然，较热的溶剂可以更多地溶解矿石，但更应考虑热源成本，地下保温与散热情况。目前仍有许多要进一步掌握的数据，例如用单井似较双井简便些，但后者似可提高流动强度及延长溶解时间，虽然另有流失漏隙及贮存的短处，究有多大损失，温度波动多大，可否忽略不计，这都是应继续摸清的问题。

其次，固相点位置在相图上犹如井在矿区中一样，随井位井深而异，一般说吴城下层矿是典型的，经研究单井使用本文的公式似较双井更为合宜，因井间距愈远，组成变动难免较大，如其间再出现有地层凹陷突断，则不便采用正常公式了。

由于工作连续的需要，由井提出粗液，部分应苛化成为下批注井的烧碱溶液，所以应取一部分取出液，苛化后重新注回，以延长溶采工作寿命。

五、小 结

由于具有如吴城下层矿的典型矿层，其组成可以看做天然碱石（ $\text{NaHCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）与碳酸氢钠 NaHCO_3 合并出现的情况，其可溶而提升到地面的代表成分现写成 $x\%\text{Na}_2\text{CO}_3$ ， $y\%\text{NaHCO}_3$ ， 和 $(100-x-y)\%\text{H}_2\text{O}$

溶采取用 $c\%$ 浓度的烧碱溶液，在 $t^\circ\text{C}$ 温下进行；这温下（ $\text{NaHCO}_3 + \text{T}_r$ ）共饱点由表1可查出为 $a\%\text{NaHCO}_3$ 和 $b\%\text{Na}_2\text{CO}_3$ 。

为了简化，取一定符号 m ，令 $m = a(x-b)/(y-a)$

则溶采最适烧碱浓度 $c\%$ 由下式可以求得：

$$c = \frac{47.62y(b-m)}{100x + 126.13y - 100(b-m)} \% \text{NaOH}$$

这里所归纳的结果，已在前文〔1〕举例中证实可用，而上述两式则更加普遍了。

参 考 文 献

- 〔1〕华克刚：地下天然碱的溶采与相图分析。 郑州工学院学报 1983年 第二期
- 〔2〕吕秉玲：碱类生产相图分析 《纯碱工业》 6, 40, 1978
- 〔3〕袁一：国外天然碱生产概况 《化工技术资料》 1, 19, 1964
- 〔4〕段志毅、姚维崇、张大钧、门闯：河南省桐柏吴城安棚碱矿开采加工的进展和今后工作建议《纯碱工业》6, 1, 1980
- 〔5〕侯德榜、魏云昌：《制碱工作者手册》
- 〔6〕王向荣：《化肥生产的相图分析》 石油工业出版社 1977
- 〔7〕J.E.Ricci: The Phase Rule and Heterogeneous Equilibrium. (1951)
- 〔8〕M. M. 维克托洛夫著，罗澄源等译：《无机物工艺学图解计算》中国工业出版社出版（1964）