古钾盐成矿条件和塔里木盆地找钾研究

姚 远,马海州,谭红兵,董亚萍,马万栋
(中国科学院青海盐湖研究所,青海 西宁 810008)

摘 要:我国已发现的钾盐矿床不能满足国民经济发展的需求,寻找新的大型钾盐矿床是一项紧迫的任务,塔里木盆地西部,在地史时期接受多次海侵,且盆地内广泛出露岩盐矿,是一有利的成矿区。古盐湖演化的最后阶段,浓度程度高的卤水汇聚到盆地的次级拗陷中,最后形成钾盐矿床,所以确定盐湖演化阶段盆地的次级拗陷位置对寻找钾盐矿至关重要。在详细查阅和消化前人资料的基础上,结合最近的野外考察认识和室内样品分析的数据,确立库车盆地的拜城—轮台地区和莎车盆地的喀什—和田、乌恰—阿克陶地区为找矿重点区域。

关键词:钾盐矿床;塔里木盆地;岩相古地理;次级拗陷;海侵
中图分类号:P619.211 文献标识码:A 文章编号:1008-858X(2004)02-0008-06

0 引 言

钾肥是农业生产中不可缺少的肥料,在国民经济中有着举足轻重的地位。我国已探明的钾盐矿床主要分布在青海柴达木盆地和新疆罗布泊现代盐湖中;其次,云南的江城、勐野井和山东的大汶口等地有少量的古钾盐开采。我国是一个农业大国,耕地面积中70%缺钾。据国家统计局按工业部门的要求预测,到2020年我国钾盐需求量接近1 000×10^4t(按K_2O计),而目前国内每年只能生产约100×10^4t,已探明的钾盐储量仅4.6×10^8t(按K_2O计),这远不能满足我国农业可持续发展的要求。因此开展钾盐找矿及理论研究,特别是寻找第四纪以前的古钾矿,进一步探明地质储量,是我国地质学界研究的重大课题。其中新疆塔里木盆地西部(莎车、库车次级盆地)盐矿分布广泛,地史时期与广海连通,且与其相邻的中亚一带都曾发现有大型钾盐矿床,因此该区被认为是一有利成矿区。前人在此区开展过长期的基础地质成矿和钾盐普查研究,积累有大量文献资料。笔者在详细查阅前人资料的基础上,结合最近的野外考察认识和室内样品分析的数据,对古钾盐成矿条件及塔里木盆地西部找矿进行了初步分析,提出了自己的见解。

1 古钾盐成矿条件

世界上已发现的大型钾盐矿床主要赋存在寒武系、三叠系和第三系地层以及第四系古盐湖中,其中第三系钾盐矿床分布广泛。前人在分析这些已发现的钾矿床后,总结了四条钾盐矿床的成矿条件。

1.1 充足的盐类物质来源

海水是钾盐矿床的最主要的物源,相对于淡水,海水中的钾含量0.38%,比淡水高很多,

收稿日期:2003-08-05
作者简介:姚远(1977-),男,硕士研究生,地球化学专业.
基金项目:中国科学院知识创新重要方向性项目(KZCX3-SW-137)

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnk

且海水拥有比淡水大得多的面积。世界上绝大多数的钾盐矿床都与海水补给有关。随着对钾盐矿床研究的不断深入, “沙漠说”的提出, 认为陆源盐类物质也是重要的物源, 降水和冰雪融水会携带大量的盐类物质入湖。近年来地壳深部水作为钾盐矿床的物源之一也受到重视。

1.2　干旱的气候环境

盐湖的演化一般要分为三个阶段(碳酸盐阶段, 硫酸盐阶段, 氯化物阶段)。在干旱的气候条件下, 湖泊的蒸发量大于补给量, 湖泊面积逐渐减少, 析出溶解度小的物质, 最后才析出钾盐, 持续的干旱环境有利于成矿。

1.3　封闭或半封闭的含盐盆地

已知的几乎所有的钾盐矿床都形成于盆地中, 半封闭的盆地在海侵时, 便能有大量的海水进入盆地, 形成海滨泻湖景观, 海退后大量的海水留在盆地中成为盐湖。逐渐形成封闭的盆地, 在地质构造和海侵海退的作用下, 盆地在封闭半封闭之间变换, 在一定条件下便能形成矿床。

1.4　有利的构造及保存条件

大型拗陷、断陷盆地、地堑和裂谷是有利成钾矿床地形, 一般是地质历史时期大地构造活动的结果。构造运动末期形成了对钾盐成矿有利的海退环境和干旱气候条件, 而地壳的相对稳定有助于钾盐矿床的生成和保存, 盆地中的次级凹陷是极有利于成盐的构造。

2　塔里木盆地找矿研究

钾盐作为最易溶的蒸发岩在蒸发析盐的晚期才沉淀, 钾盐形成于盆地的位置取决于两个条件: 即沉积盆地的次级凹陷中心和外来物源的补给方向。在干旱的气候下, 湖水蒸发量大于补给量, 湖面下降, 卤水最后浓缩到凹陷中心沉积成盐。因凹陷一般位于盆地的中心, 钾盐在层位上位于石盐层的上部, 平面上位于成盐盆地的中央部分, 通常称为“牛眼式”沉积。若有外来物质补给, 位置可能会向物源补给方向迁移, 位于盆地的一侧, 通常称为“泪滴式”沉积[1]。这两种沉积都与盆地次级凹陷的位置密切相关, 找到古盐湖成盐期的次级凹陷位置和判断成盐古卤水最后的蒸发浓缩阶段对寻找钾盐至关重要。

通过前人的资料和野外实地考查, 分析塔里木盆地形成与演化、岩相古地理特征, 结合岩盐元素地化特征, 希望找出最有远景的成矿区。

2.1　塔里木盆地形成与演化

地质历史时期, 塔里木盆地经历了多期的大地构造运动, 形成了三个大的拗陷构造单元——塔北拗陷区、塔东拗陷区、西南拗陷区。在三个大的拗陷单元里包括一些次一级的小构造单元。塔盆从古生代—新生代, 发生过多次海侵, 其中三次大的海侵为: 震旦纪—志留纪, 泥盆纪—下二叠世, 晚白垩纪—早第三纪。期间还发生过多次小的海侵海退, 为塔盆提供了丰富的含钾物质, 形成多次成盐期, 盆地里出露多个时代的石盐岩, 主要的成盐期为中新生代, 西南地区主要成盐时代为晚白垩世, 盆地北部和东部地区主要成盐期为下第三纪。

在太古代—元古代, 塔盆为地槽建造, 沉积了巨厚的碎屑岩和碳酸盐。晚元古代的晋宁运动使地层发生褶皱, 同时有大量的花岗岩侵入, 地层强烈变质, 形成塔盆的基底。

晋宁运动之后, 塔盆构造向地台发展, 震旦纪—志留纪的第一次海侵, 沉积了一套海相碎屑岩和碳酸盐, 志留纪中上期地台上升为陆, 泥盆纪的第二次海侵, 沉积中心在塔西南。

二叠纪的天山运动, 使天山、昆仑山整体抬升, 结束了地槽沉积阶段, 塔盆随之全面隆起, 晚二叠世, 海水退出塔盆, 结束了第二次海侵。

侏罗纪的燕山运动, 盆地下降, 由断陷型向拗陷型发展, 晚白垩世的喜马拉雅运动使塔盆形成了位于天山、昆仑山前的两个大的前陆盆地——库车和莎车盆地。晚白垩世—早第三纪的三次海侵, 在海退后有着很长时期的干旱期, 且地质构造稳定, 是最有利的成盐期。

2.2　岩相古地理环境

库车盆地: 从本区盐岩形成的模式分析, 库

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

车拗陷大体上经历了中生代断陷阶段,第三纪拗陷阶段和第四纪初期的表层褶皱阶段。第三纪燕山运动,天山进一步上升,拗陷区进一步整体沉降,构造运动使中生代沉积中心逐渐向南迁移,并在塔拉克、包孜墩、盐山口、乔尔禾、大宛其、吐孜玛扎地区,形成了一些次级凹陷和凸起;东塔里木泻湖的高浓度卤水通过阿瓦提海峡进入本区,在上述凹陷中形成众多的盐湖群,并在天山陆源淡水和陆源碎屑的参与下,沉积了巨厚的红色含泥砾、泥砾质石盐岩地层。早第三纪末期燕山运动的兴起,天山快速上升,盆地基底随之抬起,海水退出库车盆地。阿克陶地区为库车盆地西南的一个沉积中心,封闭条件好,早第三纪气候干燥炎热,沉积环境稳定,沉积了厚层的石膏,由岩盐出露。拜城—轮台地区早第三纪为一与外海连通的泻湖盆地,气候干燥炎热,盐类物质充足,沉积厚层石膏及岩盐夹层,由岩盐透镜体出露[2,3],是库车盆地相对成钾的更有利地区。

莎车盆地:该盆地在晚白垩世—早第三纪总体上为一半封闭的海湾—泻湖景观。海水由中亚通过阿莱海峡进入本区,其间海水时有进退,而以早第三纪达到最高潮,浅海相碳酸盐沉积物遍及全区,到早第三纪末期海水全部退出[4]。在平面上,莎车盆地与费尔干纳盆地、塔吉克盆地呈串珠状分布。在第三系地层上可以与费尔干纳盆地、塔吉克盆地进行很好的对比,莎车盆地地层中的生物化石和费尔干纳盆地、塔吉克盆地极为相似。在费尔干纳盆地、塔吉克盆地都已发现大型钾盐矿床,三个盆地地理位置上相邻,为古地中海自西向东海侵的三个海盆,区域构造相似,所以,莎车盆地有很好的成钾盐远景。喀什—和田、乌恰—阿克陶地区为莎车盆地的两个次一级凹陷。喀什—和田地区早第三纪为一与外海连通的泻湖盆地,盐类物质来源充足,沉积了巨厚的石膏层,并有多处岩盐透镜体;乌恰—阿克陶地区为莎车盆地西北侧的沉积中心,封闭条件好,沉积厚层石膏,并有多处盐点出露[5]。

塔东地区:晚白垩纪—早第三纪为面积宽广的东塔里木海,具有很大的成矿远景,但由于其位于塔克拉玛干沙漠腹地,很难开展勘探工作,只能作为今后勘探的方向。

2.3 成盐元素的研究

塔里木盆地出露的盐点主要分布于库车和莎车盆地,大地构造上位于塔盆的西北和西南边缘,我们野外采取样品的区域为库车和莎车盆地。库车盆地:包孜敦、吐孜玛扎、盐水沟、米斯坎塔克、盐山口;莎车盆地:乌克沙鲁、塔什米里克、乌恰。

样品的分析结果,莎车石盐样品 K^+ 含量 0.0000%~0.0950%,库车石盐样品 K^+ 含量 0.0001%~0.0186%。钾离子含量变化曲线见图 1,图 2。

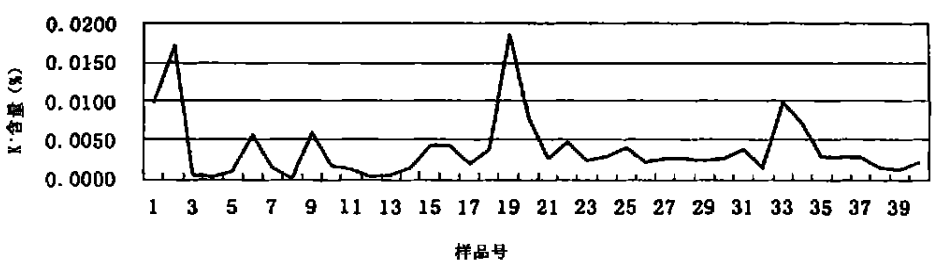

图 1 莎车盆地石盐样品钾离子含量曲线图

Fig 1 Graph of potash ion in Shache Basin sample

莎车盆地的盐矿点的钾离子含量相差很大,有的样品钾离子含量几乎为零,而有的相对较高。库车盆地样品的钾离子相对含量稳定,总体 K^+ 含量低。

钾离子不进入石盐矿物,如果石盐矿物中钾离子含量高,主要为包裹体进入石盐矿物的母液成分,如果石盐矿物包裹体少,则钾离子含量明显降低。此外,古卤水演化过程中,K、Na

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnk

分异完全, 一个盆地成盐, 另一个盆地成钾, 则成盐盆地中石盐矿物明显含钾较低。塔里木盆地古钾盐大部分受构造挤压变形, 显微镜下观察包裹体较少, 因此导致石盐中钾含量较低, 但这不能说明成钾条件不好。

形成盐矿床的海水在蒸发过程中, 各种盐类从溶液中析离出来, 按照盐的析出顺序, 在沉积物中有碳酸盐、膏盐、石盐岩。假如卤水浓缩到晚期, 那么沉积物中还会有钾石盐、光卤石、水氯镁石、溢晶石等易溶盐类。在残余母液中则难以单独成矿的元素和最易溶性盐类成分如 Br、K、B 等会越来越富集, 而且原始沉积卤水中 Br、Mg、K、B 等组分总比淋滤卤水的高, 且由于 Cl 离子在溶液中是很稳定的组分, 很少受变质作用的影响, 因此相对 Cl 离子, 各种系数作有规律的演化, 这种离子间的比例关系不会因淡化而发生改变。据大量的研究资料证实, 海洋水中的 $n(Na)/n(Cl)$、$Br\times 10^3/Cl$ 两对系数, 具有最大的稳定性。因此如果是真正的海相成盐环境, 那么盐岩淋滤水或原始古卤水中 Br 含量越高, 相应的 K 增高, 则表明卤水可能溶滤了钾盐层或原始残留卤水浓缩程度高, 成钾的条件好[6-10]。莎车和库车盆地的溴氯比值曲线见图 3, 图 4。

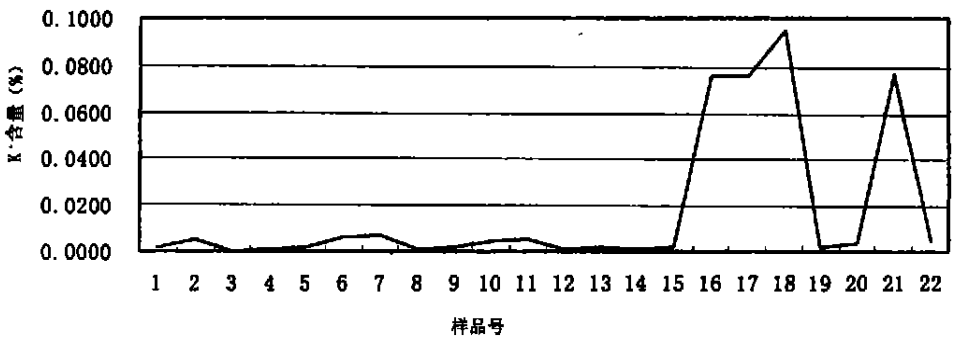

图 2　库车盆地石盐样品钾离子含量曲线图

Fig 2　Graph of potash ion in Kuche Basin sample

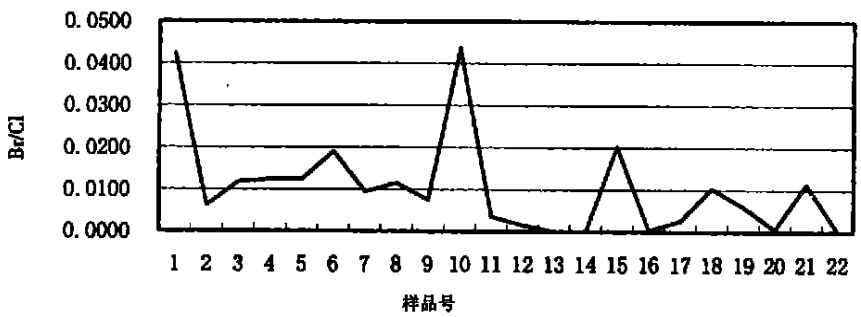

图 3　莎车盆地石盐样品溴氯比含量曲线图

Fig 3　Graph of bromine chlorine ratio in Suche Basin sample

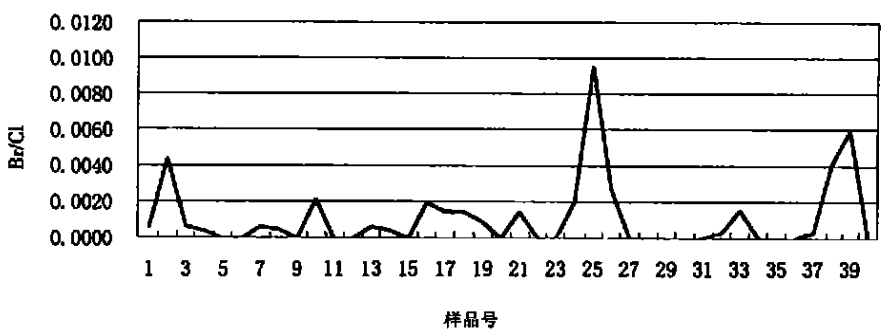

图 4　库车盆地石盐样品溴氯比含量曲线图

Fig 4　Graph of bromine chlorine ratio in Kuche Basin sample

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnk

图3、图4中 Br×10^3/Cl比值莎车盆地高于库车盆地，乌克沙鲁、塔什米里克都属莎车盆地次级拗陷—喀什坳陷区，盐水沟为库车盆地次级拗陷—拜城坳陷带，岩相古地理特征都为成钾有利区，其溴氯比值相对较高。乌克沙鲁0.062～0.438，塔什米里克0.003～0.0203，盐水沟0.0020～0.0096。证明莎车盆地成盐古卤水浓缩程度较高，更偏向于海相沉积，成钾条件优于库车盆地。

莎车和库车盆地的钾离子、溴氯比值比较低，可能有几方面因素：(1)正常海相成因的钾盐矿床其溴氯比值比塔盆高很多，这可能表明塔里木盆地岩层不是单纯的海相成因的，天山和昆仑山冰雪融水会携带很多的盐类碎屑物质入湖，还有构造运动频繁，地壳深部水也可能补充，多物源的补充降低了原始卤水中的溴的含量。(2)古地中海海水贫溴，很多资料证实古地中海自西海侵经过的盆地溴氯比值都比较低(3)钾含量低，可能因为卤水分离阶段钾离子分离比较完全，很少有包裹体进入石盐层，导致钾离子含量较低[11—17]。

3 结论与讨论

1)通过分析盆地发展演化、古地理环境、出露盐矿地化特征，确立库车盆地的拜城—轮台地区和莎车盆地的喀什—和田、乌恰—阿克陶地区为找矿重点区域。

2)塔里木盆地石盐矿物分析表明，石盐中明显缺溴和钾，原因可能是盆地的物源并非单一的海相，而是多源的。古卤水的分异程度可能影响石盐矿物中溴钾含量。这些都有待于进行深入研究。

3)在看到世界上已发现的钾盐矿的很多共同点时，也要分析不同地区有区域上的构造地层、气候等的差异，钾盐矿的形成方式有差别。因此，加强钾盐矿床基础理论研究，在盐类物质来源、卤水的演化、钾盐沉积模式等方面加以深入研究，以更好的指导钾盐勘探工作。

致谢：在野外工作中高章洪研究员，韩凤清副研究员给予很多帮助，在此表示感谢！

参考文献：

[1] 魏东岩. 试论钾盐矿床的成矿条件[J]. 化工矿产地质，1999，21(1)：1—14.

[2] 杨庚. 库车坳陷沉降与天山中新生代构造活动[J]. 新疆地质，1995，13(3)：264—273.

[3] 邓云山，康健，孟自芳. 库车坳陷同沉积演化的古地磁研究[J]. 沉积学报，1998，16(4)：109—113.

[4] 陈荣林. 塔里木盆地第三纪含盐系地质特征研究[J]. 化工矿产地质，1996，18(4)：276—283.

[5] 邱芳强，丁勇，王辉. 库车盆地的沉积物源分析[J]. 新疆地质，2000，18(3)：252—257.

[6] 张彭熹，张保珍，T. K. 洛温斯坦，R. J. 斯潘塞. 古代异常钾盐蒸发岩的成因—以柴达木盆地察尔汗盐湖钾盐的形成为例[M]. 北京：科学出版社，1993.

[7] 郑喜玉，李秉孝，徐昶，等. 新疆盐湖[M]. 北京：科学出版社，1995，69—94.

[8] 肖荣阁，大井隆夫，蔡克勤，等. 硼及硼同位素地球化学在地质研究中的应用[J]. 地学前缘，1999，6(4)：361—367.

[9] 蒋少涌. 硼同位素及其地质应用研究[J]. 高校地质学报，2000，6(3)：1—15.

[10] 牟保垒. 元素地球化学[M]. 北京：北京大学出版社，1999.

[11] 林耀庭，唐庆，熊淑君. 四川盆地海相三叠系异常水化学探盐找钾的研究[J]. 化工矿产地质，1999：7—14.

[12] 林耀庭，何金权，王田丁. 四川盆地中三叠统成都盐盆富钾卤水地球化学特征及其勘查开发前景研究[J]. 化工矿产地质，2002，24(2)：71—83.

[13] Tim K. Lowenstein, Ronald J. Origin of Ancient Potash Evaporites: Clues from the Modern Nonmarine Qaidam Basin of Western China[J]. Scence, 1989, Volume 245: 1090—1092.

[14] 陈发景. 前陆(或扰曲)盆地分析[M]. 北京：中国地质大学出版社. 1992.

[15] 陈楚铭，卢华复，贾东，等. 塔里木盆地晚第三纪—第四纪沉积特征、构造变形与石油地质意义[J]. 沉积学报，1998，16(4)：113—116。

[16] 郭宪璞，丁孝忠，何希贤，等. 塔里木盆地中新生代海侵和海相地层研究的新进展[J]. 地质学报，2002，16(3)：299—307.

[17] 钱自强，曲一华，刘群. 钾盐矿床[M]. 北京：地质出版社，1994.

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnk

Potash Deposit Formation Condition and Tarim Basin Potash Deposit Exploration Reasearsh

YAO Yuan, MA Hai-zhou, TAN Hong-bing, DONG Ya-ping, MA Wan-dong
(*Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining* 810008, *China*)

Abstract: China's proved potash deposits cannot meet domestic economic development. Exploring new deposits is an impending task for the geological community. During geological ages, the western Tarim Basin have undergone numerous transgressions, and extensive bare deposit points have been found in the basin. Thus, it is a prospective foreground of potash deposits. In the final phase of saline evolvement, highly concentrated halogen water congregated in the subordinate depression of the basin, hence the potash deposits. Therefore, determining the location of the subordinate depression is of great significance for exploring potash deposits. Based on predecessors' data, recent field investigation and sample analysis, the author(s) confirmed that the Baicheng—Luntai area in Kuche Basin, and the Kashi—Hetian and Wuqia—Aketao areas in Shache Basin serve as good foreground of potash deposits.

Key words: Potash Deposit; Tarim Basin; Lithograph; Geography subordinate; Depression; Transgression

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnk