

柴达木盆地盐类沉积的形成 及与油气的关系

孙 大 鹏

(中国科学院青海盐湖研究所)

一、盐类沉积的分布

柴达木盆地的盐类沉积相当发育,不仅现代盐湖星罗棋布,晚第三纪一早第四纪盐类沉积也比比皆是,发育着石盐、石膏、芒硝、白钠镁矾、泻利盐、水氯镁石、钾盐、硼酸盐、天青石等。从这些盐类沉积的性质来看,古湖盆应属硫酸盐型,这是我国成油气盆地的一种重要水型^[1]。

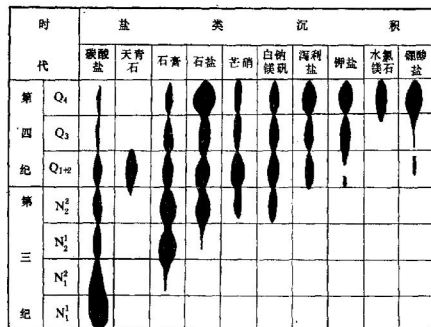


图1 柴达木盆地盐类沉积在时代上的分布

盐类沉积主要分布在第三系上新统至第四系全新统(图1)。上新统下部的盐类沉积以石膏为主,夹少量盐层和芒硝层;上部以盐和石膏层为主,尚见较多的芒硝层和白钠镁矾层。第四系下中更新统,除有大量石盐、石膏、天青石、芒硝和白钠镁矾层外,尚有泻利盐出现。上更新统一全新统盐类沉积最发育,除有大量石盐分布外,尚有芒硝、白钠镁矾、软钾镁矾、钾石盐、光卤石、水氯镁石和硼酸盐等。这套硫酸盐型盐类沉积,

一般都与泥质岩(或淤泥层)交互出现,具明显的韵律性,无论在种类上,或在发育程度上,都是我国东部盆地难以比拟的。

在渐新世一中新世,盆地西部为湖相,东部为湖滨相—河流相,无明显的盐类沉积。上新世至早中更新世,盐类沉积只局限于盆地西部,但随时间而分布范围和盐的种类逐步扩大和增加(图2,3,4)。上新世早期除了在盆地西南缘黄石构造、凤凰台构造一带有石盐和石膏,西北部小梁山构造有芒硝和石膏层外,其它地区广泛发育着碳酸盐岩和石膏质泥岩等(图2)。上新世晚期盐类沉积范围扩大,除石盐、石膏广泛分布外,在油墩子、南翼山和黄瓜梁等构造已出现了白钠镁矾(图3)。第四纪早中更新世,盐类沉积更加扩大,小梁山构造北侧更有泻利盐分布,大风山构造一带有与碳酸盐同时沉积的天青石(SrSO_4)大量发育(图4)。晚更新世—全新世,盐类沉积分布于盆地各

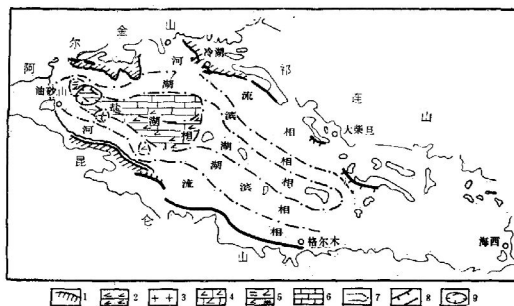


图2 柴达木盆地上新世早期(N_2)岩相古地理略图
(据青海石油管理局资料编制)

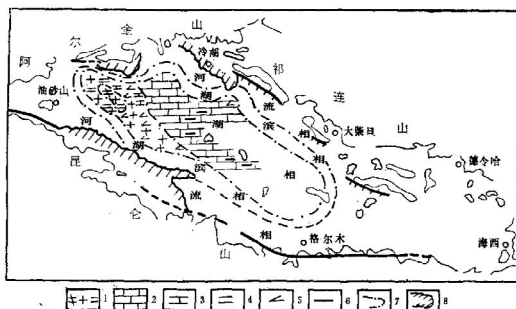


图3 柴达木盆地上新世晚期(N_2)岩相古地理略图
(主要根据青海石油管理局资料编制)

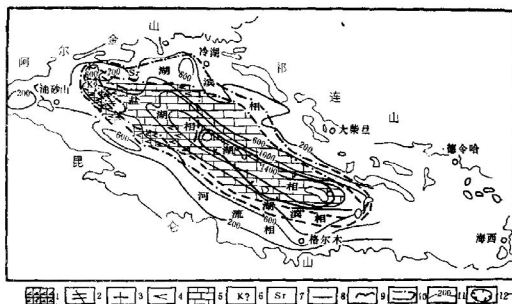


图4 柴达木盆地第四纪早中更新世(Q_{1+2})岩相古地理略图
(主要根据青海石油管理局资料编制)

- 1—侵蚀区
- 2—石膏
- 3—石盐
- 4—碳酸盐-石膏沉积区
- 5—石膏-芒硝沉积区
- 6—碳酸盐区(有时含石膏)
- 7—岩相界线
- 8—断裂
- 9—有利生油区

- 1—石盐-芒硝-白钠镁矾区
- 2—含碳酸盐区
- 3—泥灰岩
- 4—芒硝
- 5—石膏
- 6—炭质页岩
- 7—岩相界线
- 8—侵蚀区

- 1—石膏-石盐沉积区
- 2—白钠镁矾
- 3—石盐
- 4—石膏
- 5—碳酸盐
- 6—含钾层(?)
- 7—天青石沉积
- 8—含炭质泥岩
- 9—海利盐
- 10—岩相界线
- 11—等厚线
- 12—有利生气区

个现代盐湖中(图5),西部属硫酸盐型,有芒硝、白钠镁矾、泻利盐、石盐和钾石盐等,而东部基本属于氯化物型,其中有石盐、光卤石和水氯镁石等。

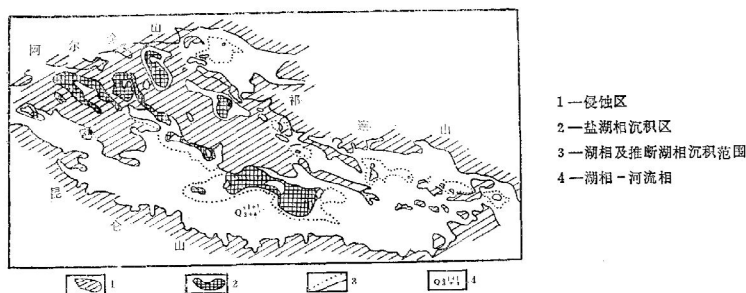


图5 柴达木盆地第四纪晚更新世—全新世(Q_{3+4})岩相古地理略图
(主要根据青海地质局资料编制)

参照 Schmalz 成盐模式^[2],上述盐类沉积可分为二:上新世—早中更新世的“泪滴式”和晚更新世—全新世的多心“牛眼式”。前者不仅利于钾盐沉积,也与石油和天然气的形成有关;后者只对钾盐沉积起重要作用。

二、盐类沉积的形成

柴达木盆地的盐类沉积是在一定的构造和气候条件下,当湖盆水体演化到一定阶段而形成的,与硫酸盐型水体演化的一定阶段相适应。存在两个成盐期:一为上新世—早中更新世;二为晚更新世晚期(三万年以来)—全新世。前者限于西部,后者遍于整个盆地。

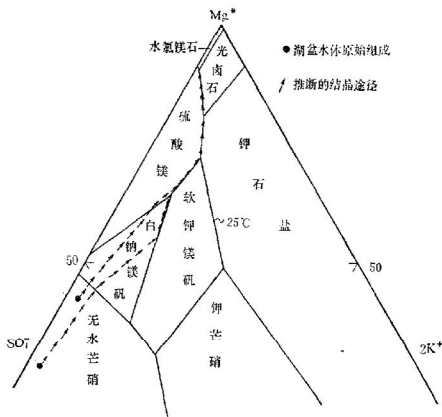
第一成盐期处于地壳回返上升阶段的干燥气候发育期。从石膏和石盐析出开始,相继沉积了芒硝、白钠镁矾和泻利盐等,反映了大陆硫酸盐型水体正常蒸发浓缩的析盐序列。这与笔者所推断的结晶途径和析盐序列,以及某些实验结果基本一致(图6)。

第二成盐期处于青藏高原急剧隆起阶段和第四纪冰川发育时期,成盐作用主要发生于间冰期和冰后期。因本区冰川活动属山麓冰川性质,规模较小,对盆地盐类沉积影响不大。此期的盐类沉积是在两种不同类型的盐湖水体中进行的:一种为硫酸盐型;另一种为氯化物型,以两种析盐序列进行(图7,8)。

实际上,自然界的成盐作用是相当复杂的,它们不仅受湖盆水体性质和温度多变性的影响,还受外来补给水所引起的掺杂作用的影响,由于这种作用引起水体性质和含盐成分的变化。这样,在湖盆水体浓缩的过程中,便遵循了不同水盐物理化学平衡体系和不同的结晶途径,而形成了不同类型和不同序列的盐类沉积。

1. 上新世—早中更新世时期的“泪滴式”成盐模式(图2—4)

此期盆地西部发育着盐湖相沉积,而东部则为正常的湖相沉积。若以早中更新世为例,当西部析出白钠镁矾时,矿化度可达340克/升左右,而东部的泥质(或泥质碳酸盐)沉积,矿化度仅20—30克/升。湖盆水体这种悬殊的不均一性,必然导致沉积物的



时 代	湖盆演化阶段	析 盐 阶 段	碳酸盐	石膏	芒硝	石盐	白钠镁矾	泻利盐	钾石盐	光卤石	浓缩曲线 淡化 ← 浓缩
Q_{1-2}	成钾阶段	硫酸镁盐阶段									
N_2^1	成盐阶段	硫酸钠盐阶段									
N_2^2	成盐阶段	石膏-石盐阶段									
$E-N_1$	预备盆地阶段	碳酸盐阶段									

图 6 柴达木盆地湖盆演化及其成盐作用过程

时 代	湖盆演化阶段	析 盐 阶 段	碎屑物	碳酸盐	石膏	芒硝	石盐	白钠镁矾	泻利盐	软钾镁矾	钾石盐	光卤石	钾盐镁矾	水氯镁石	浓缩曲线 淡化 ← 浓缩
Q_4	成钾阶段	钾盐盐阶段													
Q_3^2	成盐阶段	碎屑物-石盐阶段													
Q_3^1	成盐阶段	硫酸盐阶段													
Q_2	预备盆地阶段	碎屑物-碳酸盐阶段													

图 7 现代盐湖硫酸盐型水体演化过程及其成盐作用

不均一分布，原因在于盆地东、西部构造活动和气候条件的差异，引起外围水系补给的不同。

“泪滴式”成盐就是发生在这种不均一的水体中，成为自然界比较常见的模式。柴达木盆地现代盐湖——达布逊湖，就是因为南侧有河流补给，便造成了南、北水体浓度的较大差异，从而自南而北形成黄色、黑色含盐钙质淤泥→石盐→光卤石沉积（图 9）^[3]。

2. 晚更新世—全新世的多心“牛眼式”成盐模式（图 5）

由于早中更新世末期构造运动的影响，柴达木古湖盆的统一遭到破坏瓦解，在局部拗陷和向斜中形成许多小型现代盐湖。这些盐湖中沉积了数十米至近百米的盐类沉积，也造成了一些较大的盐类和钾盐富集区，如察尔汗盐湖等。由于盐湖继承了早中更新世古湖盆的不同水体，因而，盆地西部的盐湖为硫酸盐型，沉积了一系列硫酸盐型盐类

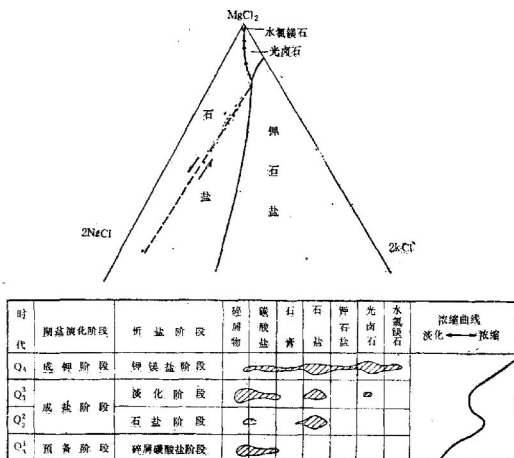


图8 现代盐湖氯化物型水体演化过程及其成盐作用

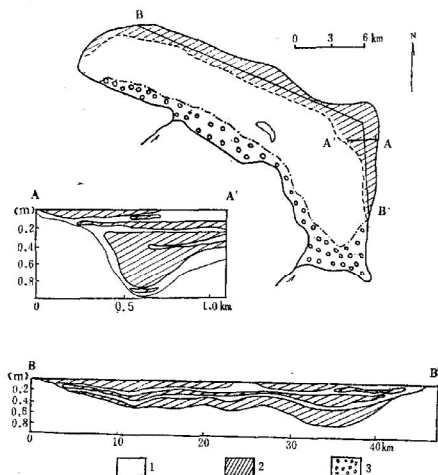


图9 达布逊湖现代沉积物分布图

1—石盐, 2—光卤石, 3—土黄色、黑色淤泥

(包括钾盐); 盆地东部经历了成油气作用过程, 盐湖基本上属于氯化物型, 形成了大量氯化物型盐类(包括钾盐)。这种多心“牛眼式”成盐模式与一般“牛眼式”成盐模式一样, 都出现于湖盆发展的最后阶段。

柴达木盆地盐类沉积的形成, 除了与上述构造条件、气候条件和湖盆水体的演化过程有关外, 尚有一个重要的因素就是有着相当丰富的盐分物源。其一、来自外围山系大量花岗岩类和海成沉积变质岩的长期风化淋滤; 其二、来自深部水的补给。

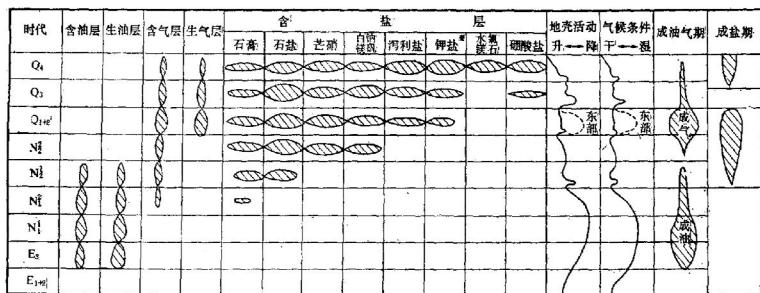
三、成盐作用与油气的关系

柴达木盆地的石油和天然气资源相当丰富, 石油主要分布在西部, 天然气集中在东部。根据分析数据(表1), 结合岩性、岩相与油气显示, 生油层主要是西部的渐新统和中新统, 其次为上新统下部; 生气层主要是东部的下中更新统和部分上新统, 其与成盐的关系如图10。

表1 柴达木盆地生油气层分析数据表*

时代	主要生油指标				有机质类型	石油成熟度
	C(%)	"A" (ppm)	总烃(ppm)	OEP		
Q ₁₊₂	1.91			1.30?	混合型?	成熟度低
N ₂	0.44	519		1.13	腐殖型?	成熟度低
N ₂	0.47	411	199	1.21	腐殖型	成熟度低
N ₁	0.40—0.49	628—861	268—379	1.09	混合型	成熟
N ₁	0.48	1036	522	1.60?	混合型	成熟
E ₃	0.55	869	368	1.33	混合型	成熟

* 据青海石油管理局分析资料



* 包括钾盐和光卤石

图10 柴达木盆地油气与盐类沉积的分布及其相互关系

根据盆地成油气与成盐过程在时间和空间上的关系,可划分为下列三种型式(图11)。

1. 正常型 即在同一地区先成油气后成盐,如盆地西部渐新统和中新统成油,上新统和下中更新统成盐(甚至可断续延至全新统);盆地东部下中更新统成气,上覆上新统和全新统成盐,均属此型。在这种过程中,盐层仅起封闭作用,然而成油气过程对于其后的成盐作用有时却存在一定的影响,促使水体性质发生改变,形成一系列氯化物型盐类沉积,如盆地东部的察尔汗盐湖等。

2. 侧变型 即在同一盆地同一时期的不同地带,既成油气又成盐。上述“泪滴式”成盐模式就属这种类型,最明显的例子是下中更新统沉积。西部沉积了厚达600—700米的具有石膏、石盐、芒硝和白钠镁矾层的盐湖沉积;而东部则为厚达1200米以上的由灰色、灰黑色泥岩与灰色粉砂岩、细砂岩组成的正常湖相沉积。后者泥质岩占总厚

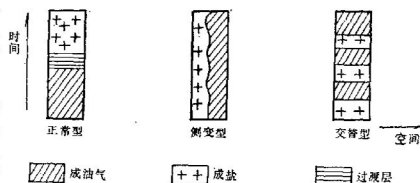


图11 柴达木盆地成盐与成油气相关模式

的75%，含丰富的螺、蚌和植物残骸。有机碳含量最高达6.3%，平均为1.91%；低价铁与高价铁比值最高为20.71，平均为9.32；二价硫含量最高为1.55%，平均为0.54%。OEP值1.30，“A”/C值0.040—0.070，烃/C值0.008—0.038。沥青族组分：非烃58—74%，烷烃6—33%，芳烃4—12%，沥青质0—29%。说明有机质丰富，具有良好的还原环境，是一个极有利的生油气地带，该区已获丰富的工业性天然气流。

3. 交替型 即在同一地区成油气的低盐度深水相与成盐的高盐度浅水相频繁交替出现。这种类型在柴达木盆地不发育，仅在西部上新统成盐区与成油区的衔接地带可能存在。盆地东部一些现代盐湖的钻探过程中曾发现有天然气，气体组分： CH_4 97%， C_2H_6 0.22%， H_2+N_2 2.41%， O_2 0.16%， $\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2$ 0.7%。沉积物是由盐层与黑色淤泥交替组成，气分布于盐层的晶间孔隙与卤水伴生，类似情况在美国西尔斯湖也曾发现^[4]。所种类型有着有机物质大量富集的良好条件，但却难以形成大规模的石油和天然气聚集。主要因为生油层被盐层分割，直接影响到有机质的成熟度和油气的迁出量^[5]。

四、结 论

1. 柴达木盆地的盐类沉积是在地壳活动的回返或急剧上升阶段的干燥气候条件下，湖盆水体浓缩进入成盐阶段逐步形成的。由于古湖盆水体属硫酸盐型，盐类沉积主要是沿着硫酸盐型的水盐物理化学体系(Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} // Cl^- 、 $\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)的某些结晶途径和析盐序列进行。部分现代盐湖的盐类沉积是沿着氯化物型水盐物理化学体系(Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} // $\text{Cl} \cdot \text{H}_2\text{O}$)的某些结晶途径和析盐序列进行的。

2. 油气是在盆地处于地壳稳定下降阶段，在比较潮湿的气候条件下的微咸水—半咸水较深水湖盆中形成，处于成盐阶段之前，或同时异地。

3. 根据成盐与成油气在时间和空间的关系，划分为三种相关型式：正常型、侧变型和交替型。前二者对大量石油和天然气的形成、聚集起着重要作用。

本文编写过程中曾得到陈发景教授、张绍维、张文楼、罗斌杰、邵宏舜和陈欣荣同志的指导和帮助，在此一并致谢。

(收稿日期 1983年1月21日)

主 要 参 考 文 献

- [1] 孙大鵬, 1981, 论大陆含钾盆地钾盐沉积的形成问题. 科学通报, 第7期, 429—432页.
- [2] Schmalz, R.F., 1970, Environment of marine evaporate deposition, Miner. Ind. 35(8), 1—7.
- [3] 孙大鵬, 1974, 我国某盐湖现代钾盐沉积的形成问题. 地球化学, 第4期, 230—247页.
- [4] Баталин, Ю. В., Касимов, В. С., ипр., 1973, Месторождения природной соды и условия их образования. М. «Недра». Стр. 89—90.
- [5] 孙大鵬, 1984, 论油页岩的性质及其与石油间的成因联系. 地质论评, 第4期, P 276—288页.

DISTRIBUTION AND FORMATION OF SALTS AND THEIR RELATIONSHIP WITH PETROLEUM GENERATION IN QAIDAM BASIN

Sun Dapeng

(*Qinghai Institute of Salt Lakes, Academia Sinica*)

Abstract

Qaidam Basin, ever developed with sulphate water, is typical in salts and petroleum coexisting continental lacustrine basins.

Various kinds of salts, such as gypsum, halite, mirabilite, bloedite, epsomite, potash, bischofite, borate and celestite are found in Qaidam Basin, mainly distributed in Pliocene to Holocene series.

Salt formation could be divided into two stages, i.e. the first, Pliocene to early and middle Pleistocene, and the second, late Pleistocene to Holocene. The former mainly occurred in the western part of the basin, sulphate waters of which were precipitated typically in continental environment; the later is proceeding in all the modern saline lakes of the Qaidam Basin, the western part of which contain sulphate waters, while those in the eastern part contain chlorate waters.

It is assumed that the salt precipitation was proceeded after vigorous uplift of the present region, under dry climate, and by ways of different crystallization process and salt separating sequence for different types of waters. Therefore, two salt-formation patterns have been suggested, the "tear drop" pattern and the "bull's eye" pattern. The former is important not only for the formation of salt, but also for oil and gas.

The major oil source rocks are in Oligocene and Miocene in the western part of the basin, while main gas source rocks are in the middle-lower Pleistocene in its eastern part. They were formed in deep lacustrine lakes, where slightly saline to semi-saline sulphate waters under the more humid climate while the region suffering stable downwarping.

According to spacial and temporal relationship between the formation of salt as well as oil and gas, three patterns can be suggested,

1. Typically, oil and gas are formed before the salt precipitation,
2. Oil (-gas) and salt are formed at the same time, but not at the same place,
3. Salt and oil-gas are formed alternately.