

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

青海大、小柴旦盐湖盆地 沉积亚环境探讨

单昌昊

郑绵平

(全国地质资料局, 北京)

(中国科学院矿床地质研究所, 北京)



大、小柴旦盐湖盆地主要沉积亚环境有: 洪冲积扇(裙)、沙坪、(盐)泥坪、盐盘、沙丘区和泉沼区。盆地内的各个亚环境大致呈同心圆状分布, 但由于盆地四周的构造性质和活动强度不同, 使得亚环境分布不完全对称。本文还通过对大、小柴旦盐湖盆地及其他实例的沉积分布特征分析, 作了盐湖盆地沉积亚环境不同发育程度及分布位置的成因解释。最后探讨了研究盐湖盆地沉积亚环境的意义。

(一) 概 述

青海大柴旦、小柴旦盐湖盆地位于柴达木盆地的东北缘, 具有山间盆地的性质, 在研究盐湖沉积环境方面有一定的代表性。

大、小柴旦盐湖盆地分布在北西、南东向延伸的一条线上, 东北侧为山势陡峻的达肯大阪山, 属中高山区; 西南侧从北向南为雁行排列的绿梁山和锡铁山, 山势低缓, 为一中低山区; 西北、东南方向上则为较开阔的平缓隆起区。

该地区具有典型的大陆性干旱气候。据多年统计, 年降水量的80%以上集中在5—9月份, 年平均蒸发量高于降水量25倍之多^①。区域内植被稀疏。该区处于西风急流带, 多西北风。

大、小柴旦为两个封闭的自流盆地, 其间为一平缓隆起区, 盆地内水系呈向心式, 水源主要为高山积雪融化水。各河流山区段常有水流, 但进入盆地不远, 除在雨季外, 多渗入沉积物变为潜流。

据已有资料^{②—④}, 大、小柴旦地区位于柴达木新生代断块北缘的祁连山边缘凹陷带。区内地层出露较全, 构造以断裂为主, 岩浆活动频繁。元古界变质岩系广泛分布于达肯大阪山、绿梁山和锡铁山; 中生界上三叠统、中上侏罗统和白垩系均有小面积分布, 侏罗系和白垩系常含煤层, 多属小型山间湖盆沉积; 第三系为一套陆相山麓碎屑沉积; 第四系在湖盆四周山前均有较发育的洪冲积扇, 湖区有湖相碎屑沉积、湖相化学沉积及小范围的风积等。大柴旦湖底最大钻探揭露深度为100.88m, 由地表至40m深为盐类或含盐沉积, 40m深以下为湖相碎屑沉积; 小柴旦湖底最大揭露深度为42m, 由地表至25m左右为盐类或含盐沉积。

(二) 盆地亚环境划分及其特征

沉积环境是由具有特征的物理、化学和生物因素所确定的, 常与一定大小的地貌单元相符

① 据青海省气象局提供的数据统计。

② 翁世赜等, 1963年, 青海柴达木盆地大小柴旦盐湖硼矿区区域地质报告。

③ 青海第一区调队, 1980年, 区域地质报告。

④ 张起振等, 1981年, 青海地质图及其说明书(1/100万)。

本文1988年12月收到, 1989年6月改回, 沈晓毅编辑。

合。一个大的沉积环境可看作一个体系，常由几个亚环境构成。

经调查，大、小柴旦盐湖盆地主要沉积亚环境有：洪冲积扇（裙）、沙坪、泥坪（包括盐泥坪）、盐盘、沙丘区、泉沼区。下面对各个亚环境特征作一分析。

1. 洪冲积扇（裙）

从宏观上看，洪冲积扇的纵剖面是下凹的，而横剖面是上凸的。扇面上常有一些放射性水道，在扇顶切割较深，向着扇尾变浅。扇的半径和形态受来源区岩性、构造活动强度、气候等多种因素控制。

扇积物颗粒大小悬殊，分选差。但从总体上看，也有一定的规律性，纵向上从扇顶到扇尾，大块砾石在扇顶附近最多，形成乱石堆，细碎屑物主要分布在扇的边缘；横向上，砂砾质粗碎屑层沿扇轴厚度较大，而粉砂粘土质细屑沉积物主要在扇的两翼。扇积物孔隙度一般很高。在强氧化条件下，扇积物一般带红、褐色调，常有沙漠漆。

洪冲积扇上植物不发育，有机质和生物化石都很少。

大、小柴旦盆地与许多内陆盐湖盆地一样，是由断块差异性运动所形成，受断裂构造控制，地形相对高差大，往往达几千米，使得洪冲积扇极为发育。

山区山谷很多，一般都可作为流水和洪水的通道。在山前地带的相邻地区往往有多个山口，因而形成多个洪冲积扇。侧向上相邻的扇常联结起来，形成洪冲积裙。

2. 沙坪

沙坪即洪、冲积形成的粉砂、砂质平原，地形平坦。就整个盐湖盆地来说，该亚环境所占面积较大。

河流在洪冲积扇上一般形成放射状水系，在扇尾向沙坪的过渡区变为辫状水系，而进入沙坪环境后，多形成弯曲河流。沙坪环境中很少有常年性河流，河床较浅。

沙坪沉积物主要成分是砂。从外到湖方向，粒径由粗变细，分选渐好，成分成熟度增高。从粒度分布曲线（图1）中可看出，沉积物有滚动和跳跃两个总体，平均粒径 $M_z = 1.1\phi(0.47\text{mm})$ ，分选性好。

沙坪沉积构造主要有板状交错层理、平行层理、波状层理（图2）。扇尾附近多见到槽状交错层理，而在与泥坪过渡区可见到水平层理。

沙坪环境地表植物不多，表面常呈裸露状态，因而受风的改造和再沉积作用强烈。对石英颗粒用扫描电镜进行表面显微特征分析，见其表面分布有“V”形撞击坑、贝壳状断口等流水作用特征，以及碟形撞击坑等风力作用特征。

3. 泥坪（包括盐泥坪）

在现代盐湖周围，环湖泥质沉积物带，称为泥坪。在近湖地区，泥质沉积物中饱含卤水，这部分可称为盐泥坪。

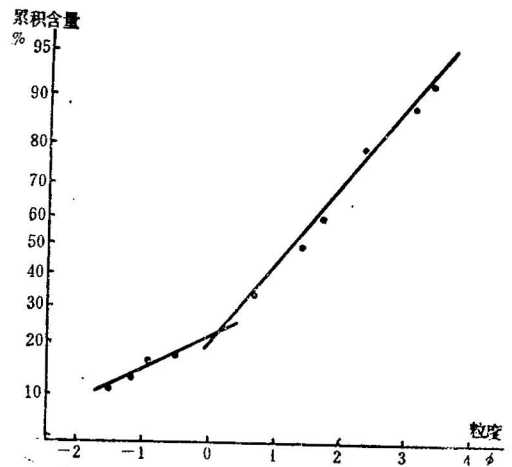


图 1 大柴旦沙坪沉积物粒度分布曲线
Fig. 1 Sedimental grain-size distribution curve of sand flat in Da Qaidm

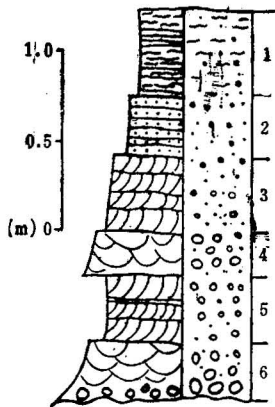


图 2 大柴旦沙坪沉积层序剖面图
Fig. 2 Profile section of sedimentary sequence
of sand flat in Da Qaidam

1—沙质粉砂，具水平层理、沙纹层理；2—含细砾沙，具平行层理；3—细砾质沙，具板状交错层理；4—沙质中细砾，具槽状交错层理；5—沙质细砾，具板状交错层理；6—中粗砾，槽状交错层理。底部有滞留砾石沉积

1—Sandy silt, horizontal bedding; 2—sand bearing fine gravel, evenly bedding; 3—fine gravelly sand, planar cross bedding; 4—sandy medium-fine gravel, trough cross bedding; 5—sandy fine gravel, planar cross bedding; 5—medium-coarse gravel, trough cross bedding, have lag gravel deposit at the base

泥坪表面特征是具有不规则多边形龟裂纹。在盐泥坪区，由于毛细蒸发作用，可形成盐霜或薄盐壳，沉积物内部结晶出盐粒。

泥坪沉积物主要是粘土物质。大、小柴旦泥坪中粘土矿物以伊利石为主，次为绿泥石。近沙坪区含有较多的粉砂，这是暴风雨后从沙坪流下的水流带来的物质，以及风携物。向湖方向粉砂含量渐低。

泥坪中沉积构造主要为水平纹理，主要在湖泊弱水动力条件下形成。泥坪环境中部分地区，主要是外侧，植物茂盛，使得沉积物中富含有机质。盐泥坪区植物稀疏。

4. 盐盘

盐盘是指盐滩和在地表长时期保持的卤水体，即通常所称的盐湖。盐滩在丰水期可成为浅水体。地表若有常年性卤水体存在，则一般有稳定的水流补给。

盐盘亚环境的各方面特征前人已研究较多，在此只结合大柴旦盐盘情况予以概述。

在该亚环境中，碎屑物主要为洪水期间水流带来的粉砂、粘土级物质，形成沉积纹层；枯水期由于蒸发浓缩，结晶出盐类矿物。这样盐盘沉积相随着季节变化可出现沉积层偶：一层薄泥层，一层结晶盐层。

盐类沉积层序从总体上有如下顺序：碳酸盐→硫酸盐→氯化物。当然每个湖的实际情况不同，即使同一湖由于气候、物质供应等因素的变化，也可使盐类沉积层序变得极为复杂。

盐滩常可见到不规则多边形盐脊，盐脊高度与生成时间长短有关。在丰水期可成为浅水体的部分，当露出时间不长时，只能见到一些白色细裂纹，随着出露时间变长，盐脊越来越高。长时期暴露的干盐滩，表面颜色呈灰、黄色，这是由于风力作用将携带的粉砂泥类物质沉积下来的原因。因此从盐壳微地貌特征，可以判断卤水退缩方向和地表盐沉积的新老关系。

以前认为盐盘亚环境中基本上不存在生物作用，但最近这种生物作用越来越为人们所重视。大柴旦盐盘环境中可明显见到嗜盐菌、藻活动的迹象。

5. 沙丘区

在盐湖盆地环境中，气候干燥，风力作用强，且地表植物不多，常呈裸露状态，因此沉积物易受风的改造和再沉积作用影响，形成沙丘、风蚀洼地等地貌景观。

沙丘分布区域多在沙坪末端较平坦地区，这可能与该区沉积物为沙、粉沙级颗粒有关。另外盆地呈狭长形态，短轴方向两山对峙，而在长轴方向没有高山阻挡，形成风口区，在这长轴两端也容易形成沙丘。

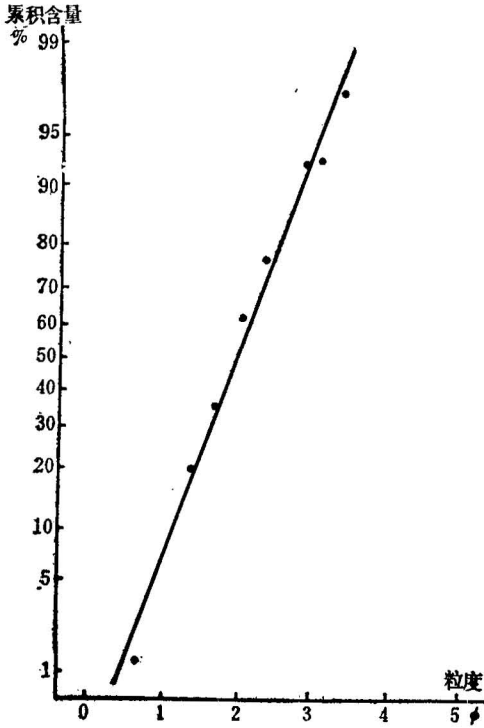


图 3 大柴旦固定沙丘沉积物粒度分布曲线

Fig. 3 Sedimental grain-size distribution curve of fixed dune in Da Qaidam

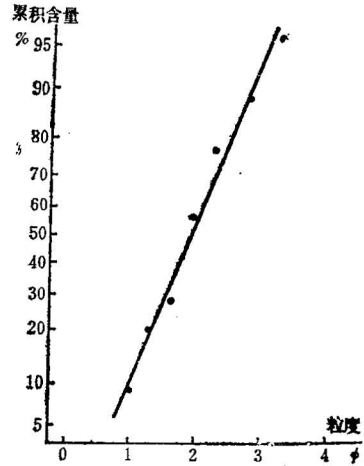


图 4 大柴旦活动沙丘沉积物粒度分布曲线

Fig. 4 Sedimental grain-size distribution curve of active sand dune in Da Qaidam

大、小柴旦盆地内的沙丘可分为固定沙丘和活动沙丘两类。固定沙丘表面已有植物生长，不发生明显的位移；活动沙丘仍处于运动之中。从大柴旦固定沙丘和活动沙丘沉积物粒度分布曲线（图3、4）可看出，两者性质相同，均为单峰曲线，沉积物平均粒径约 $2\phi(=0.25\text{mm})$ ，分选好，微正偏，峰态较窄。

6. 泉沼区

泉沼区属小型环境单元，但对成盐作用具有重要意义。泉水不仅供给湖泊以水份，而且可带入大量溶质，故对盐湖水化学性质有很大影响，同时可在泉沼区形成大量钙华乃至形成矿床。

泉眼出露区主要有两类地区：一是沿盆地边缘断裂，二是泥坪与沙坪交接处。

地堑盆地，与山区交接处常由断裂控制，这种断裂是泉水上升的重要通道。随着断裂深度的增加，可带来深部物质，并可形成温泉。这种泉水一般流出不远，就渗入多孔的洪冲积扇沉积物内，以地下水形式补给盐湖。温泉出口处可形成钙华乃至硅华。通过化学分析，大柴旦北山温泉沟出露的温泉水带来大量的硼、锂、钾等元素。

在沙坪前缘与泥坪交接处，常有地下水渗出，形成地下水溢出带。因沙坪底下有从山区渗入的地下水，而洪冲积扇和泥坪间的地形高差相对较大，且泥坪沉积物粒度细能起一定的隔水作用，故此带常有泉水出露。在该带因有淡水溢出，且以泥质沉积物为主，往往水草茂盛，形成沼泽地。

(三) 盆地亚环境组合特征及其成因

通过对大、小柴旦地区的航片、卫片分析,参考区域地质图等资料,结合野外观察所获得的认识,作出了大、小柴旦盐湖盆地亚环境地表分布图。下面将通过大、小柴旦盆地以及其他实例的亚环境分布特征分析,作出亚环境不同发育程度及分布位置的成因解释,说明不同盆地亚环境分布特征的一些规律。

1. 大柴旦盐湖盆地

从图5中可以看出,大柴旦盐湖盆地各环境大致呈环带状分布,从边缘到中心依次为:洪冲积扇(裙)、沙坪、(盐)泥坪、盐盘,沙坪末端发育有沙丘带,泥坪与沙坪交接处为地下水溢出带,致使泥坪外缘成为沼泽区。

由于东北侧达肯大坂山上升幅度较西南侧的绿梁山,造成了湖盆地的倾斜,在亚环境发育程度上表现出不对称性,达肯大坂山前洪冲积扇、沙坪、泥坪较发育。另外达肯大坂山脉分布范围广,接受大气降水的量多,且山顶终年积雪,所以有较多的水流进入湖盆地,导致主要水源补给区位于盆地东侧,使得该方向上泉沼区发育较好,并使现存盐湖卤水区占据了盐盘的东侧,而西部则盐滩相对较发育。

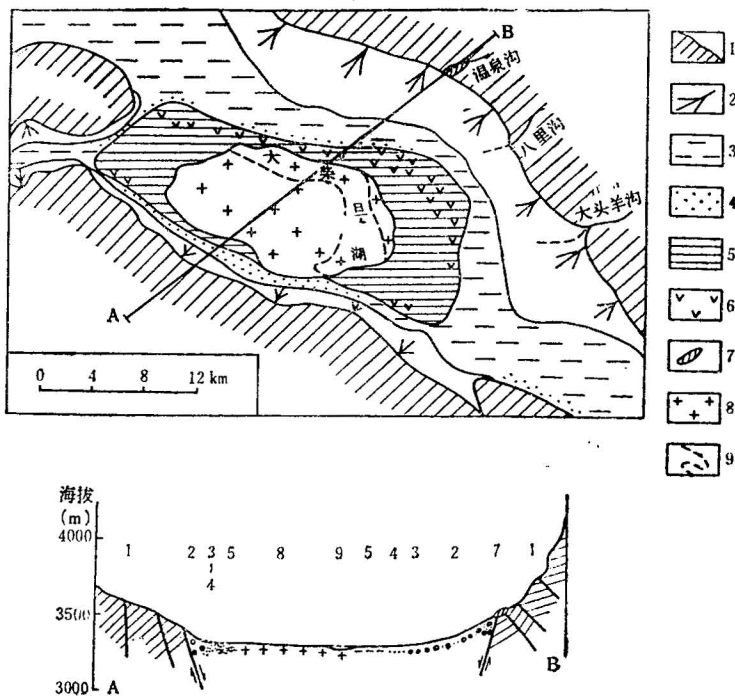


图 5 大柴旦盐湖盆地亚环境地表分布及横剖面图

Fig. 5 Surface subenvironment map and cross-section of Da Qaidam Salt Lake Basin

- 1—基岩; 2—洪冲积扇; 3—沙坪; 4—沙丘区; 5—(盐)泥坪; 6—泉沼区; 7—泉华; 8—盐盘; 9—卤水区
 1—Bedrock; 2—diluvial-alluvial apron; 3—sand flat; 4—dune field; 5—(saline) mudflat; 6—springs-marsh field; 7—spring travertines; 8—salt pan; 9—brine field

温泉沟内有大量泉华,主要为钙华,泉口附近尚有硅华,另外有芒硝、钠硼解石、硼砂等矿物,这是因为此处位于盆地深大断裂上,深循环的地下水带来成矿物质。

通过以上分析说明盆地构造是控制亚环境发育的重要因素,反过来我们可以通过盆地亚环境

发育的不对称性来推测控制盆地构造的活动强度。另外在盆地边缘断裂带有泉水上升的地方，在适宜的条件下也可成矿。

2. 小柴旦盐湖盆地

从图 6 中可以看出，小柴旦盐湖盆地东、北侧洪冲积扇、沙坪发育较好，与大柴旦盐盆一样，这与达肯大阪山上升幅度较大有关，另外盆地北侧由于新构造运动而形成相对隆起区。

由于盆地北侧沙坪较发育，同时该区恰位于盆地长端的风口区，因此沙丘区相对发育较好。盆地北部泥坪较发育，其原因是塔塔棱河从该方向进入，带来较多的细碎屑物。河流经过区附近的泥坪，形成比较发育的泉沼区。

就小柴旦湖的发展历史而言，盐湖阶段较大柴旦短，现代盐水湖占据了盐盘的绝大部分，盐滩面积不大，这也与塔塔棱河补给的水量较大有关。

结合大柴旦湖盆的情况可以知道，盆地外侧构造活动强度大的一侧洪冲积扇、沙坪发育较好；在河流进入盆地的方向上泥坪较发育；在盐湖发展的后期阶段，卤水区位于盐盘的主要水源补给方向上。

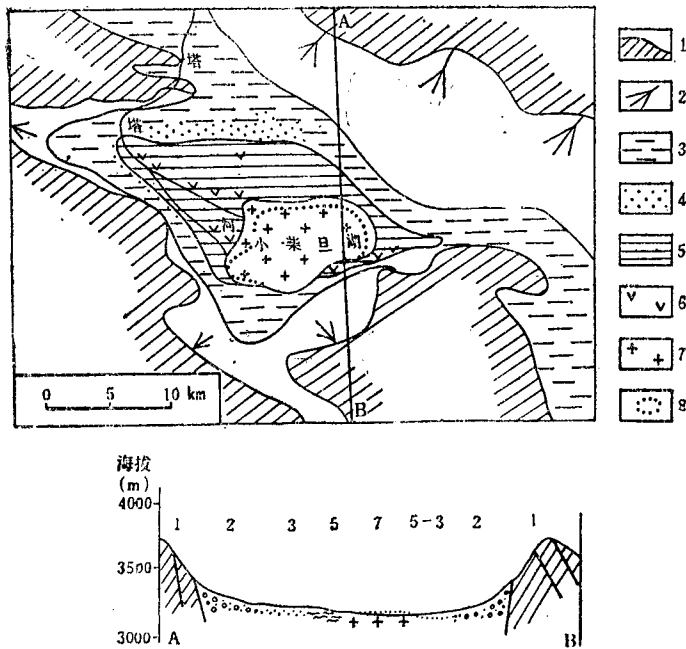


图 6 小柴旦盐湖盆地亚环境地表分布及横剖面图

Fig. 6 Surface subenvironment map and cross-section of Xiao Qaidam Salt Lake Basin

1—基岩；2—洪冲积扇；3—沙坪；4—沙丘区；5—（盐）泥坪；6—泉沼区；7—盐盘；8—卤水区

1—Bedrock; 2—diluvial-alluvial apron; 3—sand flat; 4—dune field; 5—(saline) mudflat; 6—springs-marsh field; 7—salt pan; 8—brine field

3. 其他实例

(1) 加利福尼亚盐谷

从加利福尼亚盐谷亚环境分布(图7)^[7]中可看到，冲积扇和沙坪都较发育，沙丘分布在盆地长轴的两端上；（盐）泥坪发育很好，位于盆地中心部位；盐盘靠近泉水补给一侧，位于盆地西部，可见泉水补给量较大，使得该方向不易干涸；另外冲积扇断裂处有泉水上升，形成泉华。在横剖

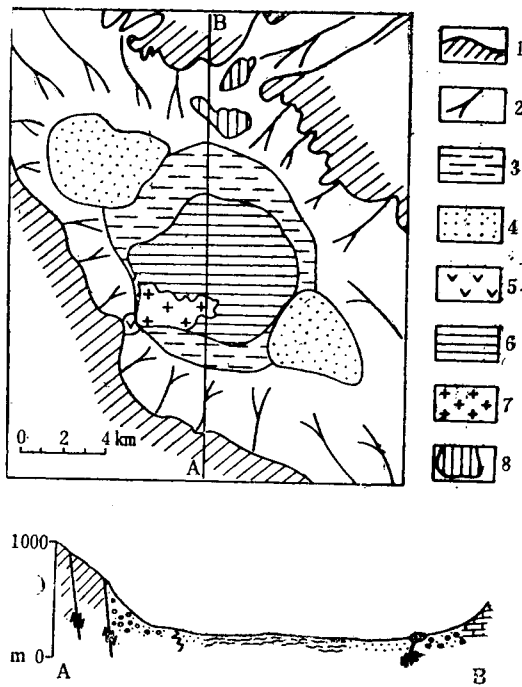


图 7 加利福尼亚盐谷地表亚环境分布及横剖面图 (据L. A. Hardie等, 1984)
 Fig. 7 Surface subenvironment map and cross-section of Saline Valley, California
 (after L. A. Hardie, et al. 1984)

1—基岩; 2—冲积扇; 3—沙坪; 4—沙丘区; 5—泉水池沼; 6—(盐)泥坪; 7—盐盘; 8—泉华
 1—Bedrock; 2—alluvial fan; 3—sand flat; 4—dune field; 5—springs-marsh field; 6—(saline) mudflat; 7—
 salt pan; 8—spring travert

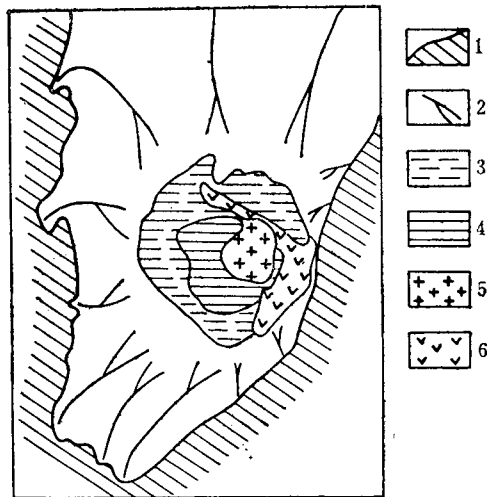


图 8 加利福尼亚深泉谷地表亚环境图 (据L. A. Hardie等, 1984)
 Fig. 8 Surface subenvironment map of Deep Springs Valley, California
 (after L. A. Hardie, et al. 1984)

1—基岩; 2—冲积扇; 3—沙坪 (有小沙丘); 4—(盐)泥坪; 5—盐盘; 6—泉沼区
 1—Bedrock; 2—alluvial fan; 3—sand flat (with small dunes); 4—(saline) mudflat; 5—salt pan; 6—springs-
 marsh field

面图上知道，该盐湖盆地的发育是受断裂控制的。

(2) 加利福尼亚深泉谷

图8⁽⁸⁾展示了加利福尼亚深泉谷亚环境地表分布情况。该盆地以冲积扇亚环境为主；泉水从东部补给湖区，使得盐盘处于偏东的位置上。冲积扇和泉沼区发育不对称，推测盆地四周的构造性质有差异。

(3) 察尔汗盐湖盆地

青海察尔汗盐湖与大、小柴旦一样，都有可供综合开发利用的钾、镁、盐、硝等矿产，但察尔汗盐盆分布范围比大、小柴旦要大得多；故以其盐类矿产资源极其丰富闻名，而大、小柴旦由于有特殊的硼质来源，以其盐湖硼矿见长。

通过已掌握的资料分析，察尔汗盐湖盆地的沉积亚环境与大、小柴旦有许多相似之处，该盆地同样具有洪冲积扇、沙坪、(盐)泥坪、盐盘、沙丘区、泉沼区等亚环境，但由于其面积大、周围地质背景复杂、物源性质多样，使得各亚环境更为分化、发育，分布的不对称性也更为明显。对于察尔汗盐盆的亚环境分析还有待于进一步工作。

4. 小结

通过以上对盐湖盆地亚环境分布特征的分析可知：(1)洪冲积扇、沙坪在盆地外围山区上升幅度较大的一侧发育较好；(2)主要河流补给方向上，由于有较多的陆源细碎屑物，泥坪相对比较发育，而以泉水补给为主要形式的盆地，泥坪占据中心，如加利福尼亚盐谷、深泉谷；(3)盐湖卤水位位于盐盘的主要水源补给方向一侧；(4)沙丘区主要分布在沙坪末端和盆地长轴两端上；(5)泉沼区在水源补给方向的位置发育较好；(6)在盆地与山区交界处，常由深大断裂控制，此处可成为深循环地下水上升的重要通道，同时带来成矿物质，在适宜的条件下可形成矿床。

盆地内各亚环境呈环带状分布，但由于盆地四周的构造性质和活动强度不同，带来了亚环境分布的不对称性。

(四) 盆地亚环境的研究意义

内陆盐湖在干旱、半干旱地区分布很广，主要受构造和气候条件控制，一般为封闭的自流盆地。

每个湖盆都各有其特征，不可能完全一样，因为各盆地的形成方式、构造背景、基岩类型、气候等因素都有差异，但是在各个湖盆中某种亚环境经常是重复出现的，并有着极其相似的特征，因此我们可以分别研究盐湖盆地中的各个沉积亚环境，研究它们的沉积体几何形态、沉积物结构和构造特征、岩相的分布规律(接触关系和沉积层序)、水动力特征、生物作用等，找出不同盆地中相同沉积亚环境的共同特征，当需要对一个具体的盐湖盆地进行研究时，按各种亚环境在时空上的分布将它们组合起来，用以反映这个盆地正在发生或已经发生过的各种具体作用。在现有的盐湖盆地上进行上述方面的研究，可为我们识别和解释古代盐湖盆地的沉积物，提供一套亚相和相的模式；可为我们提供一种有效的方法来解决包括气候和构造变动在内的盆地发展史问题；同时为我们寻找盐类矿床起一定的指导作用。

参 考 文 献

- [1] L. A. Hardie等著(郑浚茂译), 1984, 现代和古代湖泊沉积。地质出版社。

DEPOSITIONAL SUBENVIRONMENTS OF THE DA QAIDAM AND XIAO QAIDAM SALT LAKE BASINS, QINGHAI

Shan Changhao

(National Geological Archives, Beijing)

Zheng Mianping

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing)

Abstract

The Da Qaidam and Xiao Qaidam Salt Lake basins are two closed artesian basins, in which the main depositional subenvironments include diluvial-alluvial fans (aprons), sand flats, mudflats (including salt mudflats), salt pans, sand dunes and spring-swamp areas. The diluvial-alluvial fans (aprons) and sand flats are better developed on the side with a relatively large uplift amplitude of the surrounding mountains of the basins. Mudflats are better developed in the direction of recharge from the main rivers as there are more terrigenous fine clastic sediments in this direction. Brines in the salt basins are present on the side with the main source of water recharge of the salt pans. Sand dunes are mainly distributed at the ends of a sand flat and at both ends of the long axis of the basin. Spring-swamp areas are better developed in the direction of water recharge. The boundaries between the basins and their surrounding mountains are often subjected to the control of deep faults which serve as important passages along which spring water rises and brings ore substances. The various subenvironments in the Da Qaidam and Xiao Qaidam are largely distributed concentrically, but such distribution is not entirely symmetric, owing to the differences in the structural character and intensity of activity on the periphery of the basins. An integrated analysis has been made on the characteristics of the distribution of the depositional subenvironments in the Da Qaidam and Xiao Qaidam salt lake basins and other basins. According to this analysis the authors give a genetic interpretation of the different degrees of development and distribution of the depositional subenvironments of the salt lake basin and discuss the significance of the study of the depositional subenvironments of the salt lake basins.

作者简介

单昌昊, 1962年12月生, 1984年7月毕业于成都地质学院地质系, 1987年于中国地质科学院研究生部获硕士学位。现在全国地质资料局工作, 通讯处: 北京阜外北街277号。