

# 塔里木盆地轮台断隆第三系盐湖沉积环境研究

徐天光<sup>1</sup> 顾家裕<sup>2</sup> 薛叔浩<sup>2</sup>

1(青海石油管理局勘探开发研究院 甘肃敦煌 736202)

2(石油勘探开发科学研究院 北京 100083)

**提 要** 详细研究了塔里木盆地塔北隆起轮台断隆第三系盐湖—碎屑岩沉积体系的沉积环境。整个研究以干旱—半干旱的气候条件为主因素,以盐湖沉积中盐类矿物硬石膏的不同构造类型与环境关系为突破口,结合元素地球化学,从一个新的角度总结了研究区的沉积特征。

**关键词** 盐湖 沉积环境 硬石膏 沙坪

**第一作者简介** 徐天光 男 28岁 硕士 工程师 沉积学及储层地质

轮台断隆位于塔里木盆地北部,呈东西向展布,东起提尔根,西至羊塔克,东西长 240 km,南北宽 20~40 km,面积约 7 800 km<sup>2</sup>,划分为九个次一级的中生界断裂构造带,呈雁行状东西向排列,从西向东依次为羊塔克断裂构造带、英买 7 号断裂构造带、英买 7 北断裂构造带、红旗断裂构造带、齐满断裂构造带、雅克拉断裂构造带、哈拉库木断裂构造带、牙哈断裂构造带、二八台—提尔根断裂构造带。轮台断隆新生界发育了两套储盖组合,分别是下第三系苏维依组 and 上第三系吉迪克组,为干旱—半干旱气候条件下形成的一套化学膏盐岩—碎屑岩沉积体系,其沉积特征及储层特征均与盐类矿物有着密切的关系,尤其是本区广泛分布的硬石膏。本文详细研究了硬石膏的构造类型与沉积环境的关系,通过研究认为本区第三系为干旱—半干旱气候条件下形成的冲积扇—沙坪—间歇性盐湖沉积体系,间歇性盐湖中的膏泥坪及常年性盐湖之岩盐坪为区域性盖层,在仔细研究主要储层沉积相沙坪的基础上,划分出本区所特有的三种沙坪亚环境,并命名为普通沙坪、高分选沙坪和膏化沙坪,这三种亚环境的划分对本区盐湖储层的研究具有重要的指导意义。

## 1 沉积特征

### 1.1 沉积构造

本区第三系原始沉积构造总体上不发育,有的十几米的砂岩段都表现为块状层理,粉砂岩中表现出较多的原始沉积构造,另外膏岩中的各类构造常见。沉积构造类型主要有冲刷面、平行层理、水平层理、波纹层理及石膏中的构造。经仔细观察硬石膏的产状,将膏岩中的构造划分为 10 种类型,分述如下:

(1)块状硬石膏:浅灰白、白色、质纯,硬石膏含量一般大于 95%,块状构造,厚度一般在 10 cm 以上,只有少量的泥质及粉砂质混入物。硬石膏以不等粒变晶结构、花岗变晶结

构、微细晶粒结构为主。静水沉积环境,蒸发量远大于补给量,并且很少受到外来地质因素的干扰,因此,可形成稳定的膏岩层,硬石膏主要呈块状构造,主要形成于 CaSO<sub>4</sub> 成盐阶段顶盛期。

(2)微纹层状硬石膏:主要由浅灰白、白色硬石膏及棕红或灰绿色泥组成 0.5~2 mm 的细纹层,细纹层主要呈断续平行状,少量呈不规则花纹状。硬石膏主要为粒状变晶、板柱状变晶结构。此类硬石膏主要为滞水环境产物,代表较弱的水动力条件。

(3)斜纹层状硬石膏:此类硬石膏主要呈连续或断续状(2~4 mm),与棕红色泥(0.5~1 mm)构成斜纹层,角度可达 20°。硬石膏主要为板柱状变晶结构。代表浅水沉积环境,表明具有弱—中等水动力条件。

(4)透镜状硬石膏:硬石膏由一个个小扁豆形透镜体组成,透镜体大小不很均一,一般在 1×4 mm~5×30 mm 之间,透镜体定向排列,透镜体之间为棕红色或灰绿色泥岩,成岩压实作用可使透镜体趋于紧密排列。此类硬石膏为往返水流迁移作用形成。

(5)斑块状、云雾状硬石膏:主要表现为大小不一的不规则状硬石膏散布于泥岩中,云雾状一般指较大的不规则状硬石膏,一般为 1.5×3 cm,小于云雾状的则为斑块,并且其形状比云雾状硬石膏要规则。此类硬石膏在本区比较发育,代表较弱的水动力条件。

(6)鸡窝状硬石膏:表现为泥质包围硬石膏形成网形条纹,呈鸡笼构造。斑块状、云雾状硬石膏的外形与鸡窝状硬石膏相比,无典型的网状构造。主要形成于陆上蒸发环境。

(7)条带状硬石膏:此类硬石膏要呈条带状产出,条带多呈断续状,宽 1~8 mm,长 10~30 mm,条带显示平行纹层构造,主要为低能浅水环境的产物。

(8)星点状硬石膏:在泥岩中硬石膏呈毫米级(0.5~

2 mm)大小浸染状分布,有时具有定向性,为浅水蒸发收缩所形成,类似于鸟眼构造。

(9)撕裂状硬石膏:此类硬石膏具不规则棱角外形,斑状硬石膏被撕裂产生线状(0.5 mm宽)硬石膏,其形成应与构造应力有关。

(10)充填脉状硬石膏:硬石膏呈脉状充填于构造裂缝,偶见。

综上所述,本区膏岩的构造种类多,分布广,这是因为本区第三系为干旱—半干旱的盐湖沉积环境,吉迪克组和苏维依组已达到  $\text{CaCO}_3$  成盐阶段。本区膏岩中的沉积构造除块状硬石膏外均表现为浅水滞流的特点,这表明本区主要为间歇性的盐湖沉积环境。本区第三系碎屑岩中原始沉积构造不发育,而且种类单一,与本区碎屑沉积环境主要为沙坪和泛滥平原有关。

## 1.2 沉积岩中元素分布特征

本区第三系为干旱—半干旱气候条件,因此着重进行了

盐类矿物的元素分析。

### (1)泥岩中 B 元素分析

对本区不同构造带的五块样品进行了 B 元素分析,牙哈和红旗构造带的 B 含量高,最高可达  $173.3 \times 10^{-6}$  (牙哈 2 井),提尔根构造带最低  $70.0 \times 10^{-6}$ ,总体上说,本区的 B 含量偏高,这主要是因为本区为干旱—半干旱盐湖沉积环境,提尔根构造带最低是因为提尔根为冲积环境,离盐湖中心远,含盐度低,因此 B 含量低。

### (2)膏岩元素分析

对本区膏岩作了 K Na Mg Sr Ba Al Fe Mn 等元素的分析测试(表 1)。从表中可以看出提 101 井分析数据与其它井明显不同,每一项均表现为较高值,由此可以判断除提尔根构造带外本区第三系膏岩沉积时它们的水体盐度是相近的,主要为硫酸盐沉积阶段。但各地区由于沉积阶段的差异或沉积环境的局部变化,这些微量元素在一定范围内变化。

表 1 膏岩元素分析数据 ( $\times 10^{-6}$ )

Table 1 Chemical elements data of gypsolith

井与	井深 /m	层位	K	Na	Mg	Sr	Ba	Al	Fe	Mn	Sr/Ba	备注
英买 901	4 696.00	E	51	104	107	347	9	71	42	3	38.6	
牙哈 2	5 069.95	E	32	230	24	353	2	21	15	1	176.5	
牙哈 2	5 127.54	E	47	103	32	296	1	20	81	1	296	
牙哈 2	5 129.70	E	43	401	67	517	3	45	54	2	172.3	
提 101	4 830.00	N <sub>ij</sub>	262	308	1 855	388	7	1 107	2 045	24	55.4	
羊塔 1	5 290.13	E	108	642	300	351	5	153	267	10	70.2	
阳霞 1		N <sub>ij</sub>	58	182	175	807	4	63	176	5	201.8	野外样
阳霞 2		N <sub>ij</sub>	43	3 949	145	140	4	89	108	3	35.0	

## 2 沉积相类型及特征

轮台断隆带吉迪克组和苏维依组发育了两套储盖组合,储集层均位于两个组底部,故称底砂岩。以下重点探讨以上两个组的沉积相类型及特征。

本区主要为干旱—半干旱沉积环境,沉积体系组合归纳为:①冲积扇;②冲积扇前缘沙坪;③间歇性盐湖(膏泥坪);④间歇性辫状河(泛滥平原、河道);⑤常年性盐湖。以下主要分析盐湖主力储层和主力盖层的沉积环境。

### 2.1 冲积扇

本区钻井中主要见扇中及扇缘亚相,分布于台 1 井至提尔根构造带的苏维依组,主要为冲积扇之辫状河沉积,由于上覆地层岩性变粗,底砂岩的概念也就逐渐模糊了。岩性主要为棕红色细砾岩夹棕红色砂岩、泥质粉砂岩。砾石成分复杂,以火山岩岩屑和变质岩岩屑为主,为复成分细砾岩,粒径一般为 2~5 mm,次棱角状,分选中—差,疏松,泥质胶结为

主,单层厚度达 2.5 m。砂岩以次长石岩屑砂岩和岩屑砂岩为主,成分、结构成熟度低,成岩作用弱。沉积构造较为简单,砾砂泥之间呈突变侵蚀接触,具有冲刷充填构造。砂岩中含泥砾,局部富集,系洪水后的淤泥薄层暴露干裂成泥片,被下次洪水冲刷成泥砾,泥砾多呈倾斜定向排列。砾砂岩中夹泥质薄层,层面见微波纹层理构造。另外还见有粒度递变层理。上述特征为强弱水流交替变化沉积形成的粗、细两种岩石类型,属扇中辫状河道沉积。

### 2.2 沙坪

位于冲积扇前缘由扇缘的末端逐渐过渡为沙坪环境,有的文献称作冲积扇前缘无水道沙裙。由板状、波状和纹层状砂组成,为高流态底形特征。在该处辫状河道失去了其特性,洪水呈无水道的、没有限制的片流,呈现水浅流急的高流态状态下的砂质平原区。沙坪上的浅水池,当毗邻的盐湖由于洪水而扩张时,可能导致沙坪表面被风成波浪改造;另外沙坪表面常暴露于地表,因此,可能会受到风的重大改造和砂

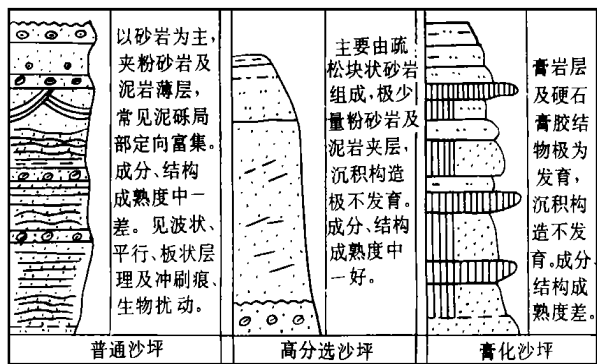


图 1 沙坪沉积相模式

Fig. 1 Model map of sandsheet sedimentary facies

的再沉积<sup>[1]</sup>。

本区苏维依组砂岩属于沙坪沉积,底砂岩分布广、延伸长,从英买 7-9井区—牙哈构造带,东西长达 175 km 以上,底砂岩厚度一般保持在 30~ 50 m。从沉积特征上看它们都发育在盐湖盆地的底部,处在冲积扇前缘的沙坪相带,具有相似的沉积特征,同时各具有自身所在沉积区范围内独有的沉积特征,经详细分析可把本区沙坪环境进一步划分为普通沙坪、高分选沙坪和膏化沙坪(图 1)。

普通沙坪沉积分布广泛,主要位于苏维依组底砂岩的底部,以砂岩为主,夹粉砂岩及泥岩薄层。砂岩中常见泥砾局部富集,泥砾多定向排列,大小一般在 2~ 4 mm。砂岩类型主要为次长石岩屑砂岩及次岩屑长石砂岩,分选中等,以次棱角状为主,胶结物种类多,有方解石、方沸石、硬石膏、铁方解石等,成分、结构成熟度中—差。沉积构造有波状层理、平行层理、板状交错层理、冲刷痕、生物扰动等构造。

高分选沙坪沉积主要分布于英买 7-9井区及红旗断裂构造带苏维依组底砂岩的上部,主要特点是由疏松块状砂岩组成,几乎不含粉砂岩及泥岩夹层,砂岩中沉积构造极不发育,主要见一些水平层理。砂岩类型为次岩屑长石砂岩、次长石岩屑砂岩夹少量石英砂岩,分选中等,以次圆—次棱角状为主,泥质杂基含量微,一般小于 2%,胶结物含量少,一般小于 8%,主要为方沸石、硬石膏、白云石。砂岩的成分、结构成熟度好—中等,以中等为主。高分选沙坪与下伏普通沙坪多呈突变接触关系。这种沙坪的形成较为复杂,可能受到风的作用,也可能受到波浪的作用,或者二者兼而有之。本区高分选沙坪的形成主要受多方面因素的控制,具有风成的特点,也具波浪成因的特点,因此在成分、磨圆等方面均表现出与前者不同。胶结物种类具有盐湖沉积的特点。

膏化沙坪沉积主要分布于牙哈断裂构造带苏维依组底砂岩的上部。此亚环境最明显的特征是硬石膏胶结物及膏岩层极发育。砂岩孔隙主要被硬石膏充填,硬石膏含量平均 14%,岩石致密,储层物性明显变差,沉积构造不发育,硬石膏主要呈斑块状。砂岩类型有岩屑长石砂岩、次岩屑长石砂岩,特殊岩性有膏质团块砂岩。砂岩分选中—差,以次棱角—棱角

状为主,成分、结构成熟度差。膏化沙坪与下伏普通沙坪多呈渐变接触关系。此类沙坪的出现主要受气候条件控制,离盐湖沉积中心越近就越容易形成这种沙坪沉积。在牙哈一带膏化沙坪发育,主要是因为牙哈一带存在一东西向分布的干盐湖。

### 2.3 间歇性盐湖

间歇性盐湖环境指水体一般为浓卤水的浅水体,它至少若干年枯竭一次,并在中心低凹区留下一层出露的由卤水蒸发而沉淀的盐层。这种环境在潮湿时被描述成高盐湖、碱性湖;当干涸时被描述成干盐湖、干湖、碱坪、盐坪、盐盘或内陆盐沼<sup>[2]</sup>。间歇性盐湖在本区主要为膏泥坪。

膏泥坪沉积在本区吉迪克组和苏维依组较为普遍,为本区区域性的盖层。主要由灰白、白色石膏与棕褐色、灰绿色泥岩、粉砂质泥岩组成不等厚的韵律层。在英买力、羊塔克、牙哈地区尤其发育。除了在英买力地区及牙哈构造带见有质纯的膏盐层外,在羊塔克构造带还见有石盐层。硬石膏的构造类型表现为浅水滞流的特点,主要有斑块状、云雾状硬石膏、鸡窝状硬石膏、星点状硬石膏、微纹状硬石膏及块状硬石膏。

### 2.4 间歇性河流与泛滥平原环境

间歇性河流是季节性或某些年份无水流的河流体系,这种沉积体系不同于冲积扇—沙坪组合,这是因为它们垂直物源区延伸,离高的扬源区较远,主要分布于广而浅的封闭盆地中。沉积构造以平行层理为主,夹板状交错层理。上部变细的泥质薄层有干裂、泥砾等暴露标志<sup>[1]</sup>。本区吉迪克组为此沉积环境,主要为泛滥平原及河道沉积。

### 2.5 常年性盐湖

常年性盐湖是指保持多年(几十、几百甚至几千年)而不干涸的地面卤水体。它可以是浅的,也可以是深的。常年性盐湖要求有稳定的常年性河水流入,常流河的流入不仅保持水的稳定供应,湖不会因为蒸发而干涸,而且同时供给可溶性

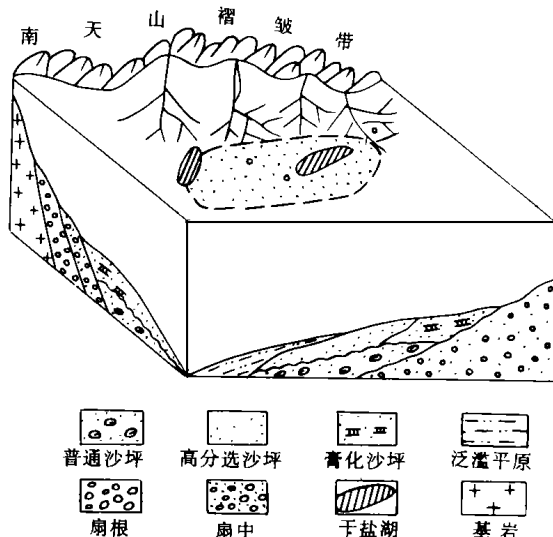


图 2 底砂岩沉积模式

Fig. 2 Depositional model for bottom sandstone

溶质和碎屑沉积物<sup>[1]</sup>。在本区主要表现为岩盐坪。

岩盐坪主要分布于牙哈及羊塔克地区。羊塔 1 井 4809.78~4815.45 m 井段顶部主要由无色透明石盐组成,呈半自形—它形晶,石盐中见硬石膏及泥质混入物,厚 2.52 m。底部主要由棕红色泥岩及泥质粉砂岩组成。羊塔 1 井出现岩盐坪说明盐湖已进入 NaCl 阶段,为盐湖蒸发的晚期阶段,南喀 1 井也发育较厚的石盐层,说明羊塔—南喀地区为当时盐湖的沉积中心。

### 3 沉积模式

沉积模式是对研究区沉积环境的概括和总结。本区第三系盐湖储层沉积环境有其独特性,苏维依组底砂岩为本区主力储层,在详细研究剖析的基础上概括总结出本区苏维依组底砂岩沉积模式(图 2)。

南天山褶皱山系为本区储层沉积相的主要物源区。水系呈由北向南辐射状展开形成冲积扇,在本区英买力—牙哈哈

造带一线以北的库车坳陷为冲积扇主体部分,形成以扇根和扇中亚相为主体的扇裙,在本区主要过渡为冲积扇前缘的沙坪沉积。由于小区的气候、物源、地形及沉积作用等不同而表现出东西部沙坪的差异。按沉积特征可将沙坪环境进一步划分为普通沙坪、高分选沙坪和膏化沙坪。普通沙坪均位于本区苏维依组底砂岩的底部,在英买 7-9 井区及红旗断裂构造带普通沙坪往上突变为高分选沙坪,而在牙哈断裂构造带普通沙坪往上渐变为膏化沙坪,膏化沙坪之上发育一东西向展布的干盐湖。苏维依组底砂岩向东至提尔根地区则相变为冲积扇之扇中亚相,砂体增厚,模糊了底砂岩的概念。南喀—羊塔地区为盐湖的沉积中心区。

#### 参 考 文 献

- 1 Hardie L A, Smoot J P, Eugster H P. 盐湖及其沉积物. 沉积学研究方法. 见: 马特 A 塔克 M E 主编. 现代和古代湖泊沉积物. 北京: 地质出版社, 1984. 7-29

## Saline Lake Sedimentary Environments of Tertiary in Luntai Fracture-uplift, Tarim Basin

Xu Tianguang<sup>1</sup> Gu Jiayu<sup>2</sup> Xue Shuhao<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(Research Institute of Exploration and Development, Qinghai Petroleum Administration, Dunhuang, Gansu 736202)

<sup>2</sup>(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Beijing 100083)

#### Abstract

Sedimentary environments of Tertiary saline lake and clastic depositional system in Luntai fracture-uplift of Tabei uplift, Tarim basin are studied in detail. In the study area, the depositional patterns were dominated by arid and semi-arid climate. Two suits of reservoir and seal, respectively Suweiyi Fm. of Paleogene and Jidik Fm. of Neogene developed in such conditions, so that their sedimentary and reservoir characteristics had close correlation with the saline deposits, especially the widely distributed anhydrite in this area. Anhydrite was classified into ten sorts according to its occurrence. The sedimentary characteristics are summarized in this paper based on the relationship between different structures in anhydrite and environments as the breakthrough point, simultaneously combined with element geochemistry. Five kinds of sedimentary facies were recognized as alluvial fan, sandsheet, ephemeral saline lake, perennial saline lake, ephemeral river and flooded plain, among which the key reservoir sandsheet was subdivided into common, finesorted and gypsificated ones. In conclusion, the author summarized the depositional model of Suweiyi Fm.

**Key words** saline lake sedimentary environment anhydrite sandsheet