

山东大汶口盆地蒸发岩特征及成钾规律

李钟模

(化工部化学矿产地质研究院, 河北涿州 072754)

摘 要 大汶口盆地是目前苏、鲁、豫、皖诸省早第三纪唯一发现钾盐矿的盆地。研究其特征和成钾规律, 对下一步的找钾工作具有一定的指导意义。该盆地具有同断陷同沉积的性质。盐类物质来源丰富, 具多源性。杂卤石的分布很有规律, 可作为找钾的标志矿物。钾盐赋存在完整韵律的中上部。

关键词 蒸发岩特征 成钾规律 卤水浓缩程度

大汶口盆地位于山东省泰安市大汶口西部, 构造位置属于鲁西隆起南部, 是一个中生代以后形成的断陷盆地。北有泰山断块, 南有蒙山断块凸起, 东与汶东盆地和蒙阴盆地相连, 面积320平方公里。盆地基底为太古界泰山杂岩系, 四周为广泛发育的寒武、奥陶系地层。盆地主要受北侧的安驾庄断裂和南留断裂控制, 具有北断南超, 北陡南缓, 北深南浅的箕状形态。倾角一般5—10°(图1)。盆地内下第三系汶口组甚为发育, 厚度约3000米。

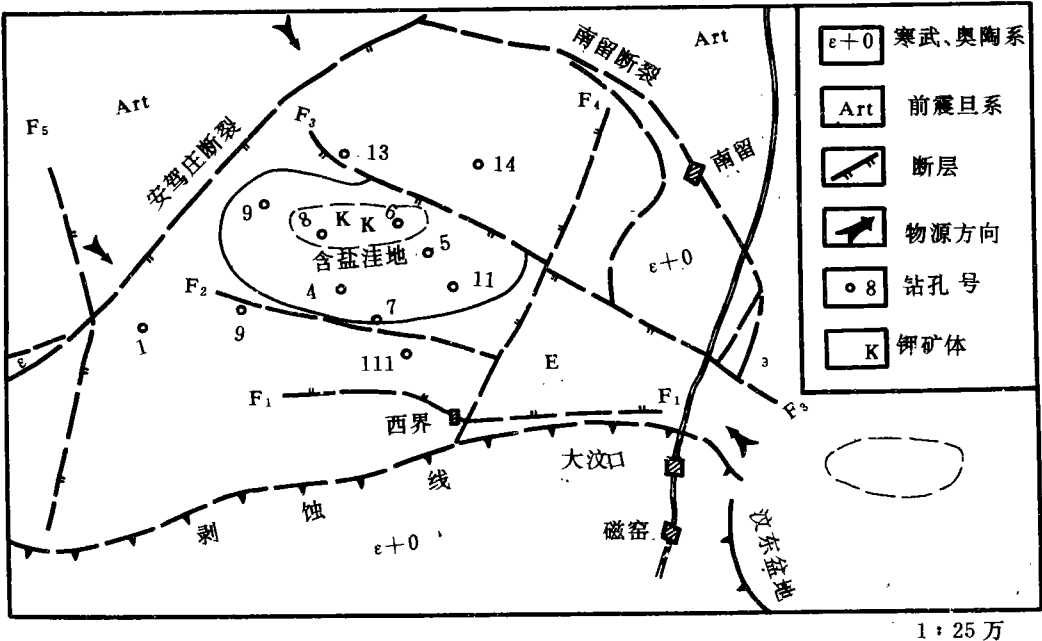


图1 大汶口盐盆地构造纲要图

地 层

盆地内广泛发育汶口组泥页岩、泥灰岩、油页岩及膏盐岩,底部以灰绿色砾岩不整合于奥陶系灰岩之上.

汶口组的命名地点即本盆地. 自下而上分下、中、上三段:

下段:紫红色砾岩、砂砾岩夹浅灰色砾岩和红色砂岩. 孢粉化石主要为麻黄粉属、杉粉属和栎粉属,厚度大于 200 米.

中段:下部为紫红砂质泥岩夹砂岩、含膏泥灰岩. 底部为灰绿色钙质砂砾岩,厚 370 米.

上部为灰色泥灰岩、泥质白云岩和含自然硫的一套膏盐岩系(并于 2K 8 号孔钻迂 1.18 米的钾盐矿层. 产介形类 *Austrocypris Levis Bojie*, *Cyprinotus altilis*, *Limnocythere Longipileiformis Bojie*, *Candona sp.*; 有孔虫 *Miliola sp.*, 厚度 787 米.

上段:深灰色泥灰岩夹油页岩、钙质砂岩、砂砾岩和辉绿岩. 产介形类 *Huabeinia cf. chinesis Bojie*, *Cyprinotus Xiaozhuangensis Bojie*, *Limnocythere sp.* *Eucypris sp Candona sp.*; 孢粉以小亨氏栎粉为主,藻类也较发育,厚度 1120.74 米.

依据介形类和孢粉组合,汶口组和沙河街组应为同时期沉积.

孢粉组合:汶口组下段以麻黄粉属、杉粉属发育和栎粉属较多为特征,可与沙河街组四段的孢粉组合对比;上段以小亨氏栎粉和藻类发育为特征,可与沙河街组三段对比.

介形类组合:汶口组中段以 *Austrocypris Levis Bojie*, *Cyprinotus altilis* 为主;上段以 *Huabeinia sp.*, *Cyprinotus xiaozhuangensis Bojie*, *Limnocythere sp* 为主;中段和上段的介形类组合可分别与沙河街组四段上部和三段的组合对比.

介形类和孢粉组合的对比意见基本一致,从而汶口组下、中段相当中始新统沙河街组四段;汶口组上段相当于上始新统沙河街组三段.

关于汶口组的划分对比尚有不同认识(详见表 1). 从化石材料分析,以华东石油学院的对比合理.

表 1 汶口地区下第三系划分沿革表

时 代	单 位	地质部石油地质局综合队 (1962)	山东地质局综合队 (1965)	胜利油田华东石油学院 (1975)	华东地区区域地层表 (山东分册) (1978)	华东石油学院 (1978)	中国的第三系 (1984)	本文			
		大汶口	大汶口	鲁西南	泰安地层小区	大汶口	鲁西分区	大汶口			
始新统 E_2	上统 E_2^3	渐新—始新统 E_3-E_2	渐新—始新统 E_3-E_2	官庄组	渐新—汶口组	渐新—始新统 E_3-E_2	渐新—汶口组	渐新—始新统 E_3-E_2	大汶口组	上始新统 E_2^3	上段
	中统 E_2^2				中下始新组 E_{2-1}	官庄组	始新统 E_2	中始新统 E_2^2	官庄组	中始新统 E_2^2	中下段
	下统 E_2^1										

盐类矿产特征及分布规律

含盐系赋存于汶口组中段上部,见盐的井有 ZK 4、ZK 5、ZK 6、ZK 7、ZK 8、ZK 9、ZK 11 等 7 口井.含盐面积约 45 平方公里.含盐系厚度>578.06 米(详见表 2),有盐层 4—30 层,盐层累计厚度 174.83 米,盐层最大单层厚度 18.59 米,最小 0.10 米.淡化层最大厚度 48.14 米,最小 0.34 米.含盐系的盖层是汶口组中段上部厚达数百米的一套薄层状泥灰岩,局部夹钙质泥岩和砂岩.含盐系的基底是汶口组中段下部的一套紫红色含钙质的砂泥岩.

含盐系剖面三分性特征明显,自下而上可分为下硬石膏段,中石盐段,上硬石膏段.

下硬石膏段:岩性以薄层状灰色泥质硬石膏或硬石膏质泥岩为主,偶含星散状自然硫,带夹薄层状泥灰岩,厚度>150 米.

中石盐段:以食盐岩为主(包括钾矿层)的盐层和以硬石膏岩、泥质岩为主的淡化层组成韵律层,厚度 345.68 米.

上硬石膏段:浅灰色薄层状、条带状泥质硬石膏岩与泥灰岩或少量泥质白云岩互层;底部有时夹钙芒硝薄层和浸染状、斑块状及团块状自然硫;顶部自然硫较多,一般富集在 20—30 米的层段中.

含盐系的这种结构类型反应了成盐时期的三个阶段,即淡化—浓缩—淡化的沉积阶段,并构成了一个完整的含有钾、镁盐岩系的成盐旋迴.下硬石膏段是盐湖发展时预备阶段的产物.中石盐段是石盐自析阶段的产物.这时含盐卤水中,包括氯化物、硫酸盐和碳酸盐三大类,物质比较全,从而沉积了天青石、石膏、硬石膏、钙芒硝、无水芒硝、盐镁芒硝、钾芒硝、杂卤石、石盐、钠镁盐、泻利盐、硫镁矾、无水钾镁矾、软钾镁矾、钾盐镁矾等矿种(表 2).上硬石膏段是石盐自析阶段结束后,全区开始淡化时的产物.

含盐地层的韵律特征

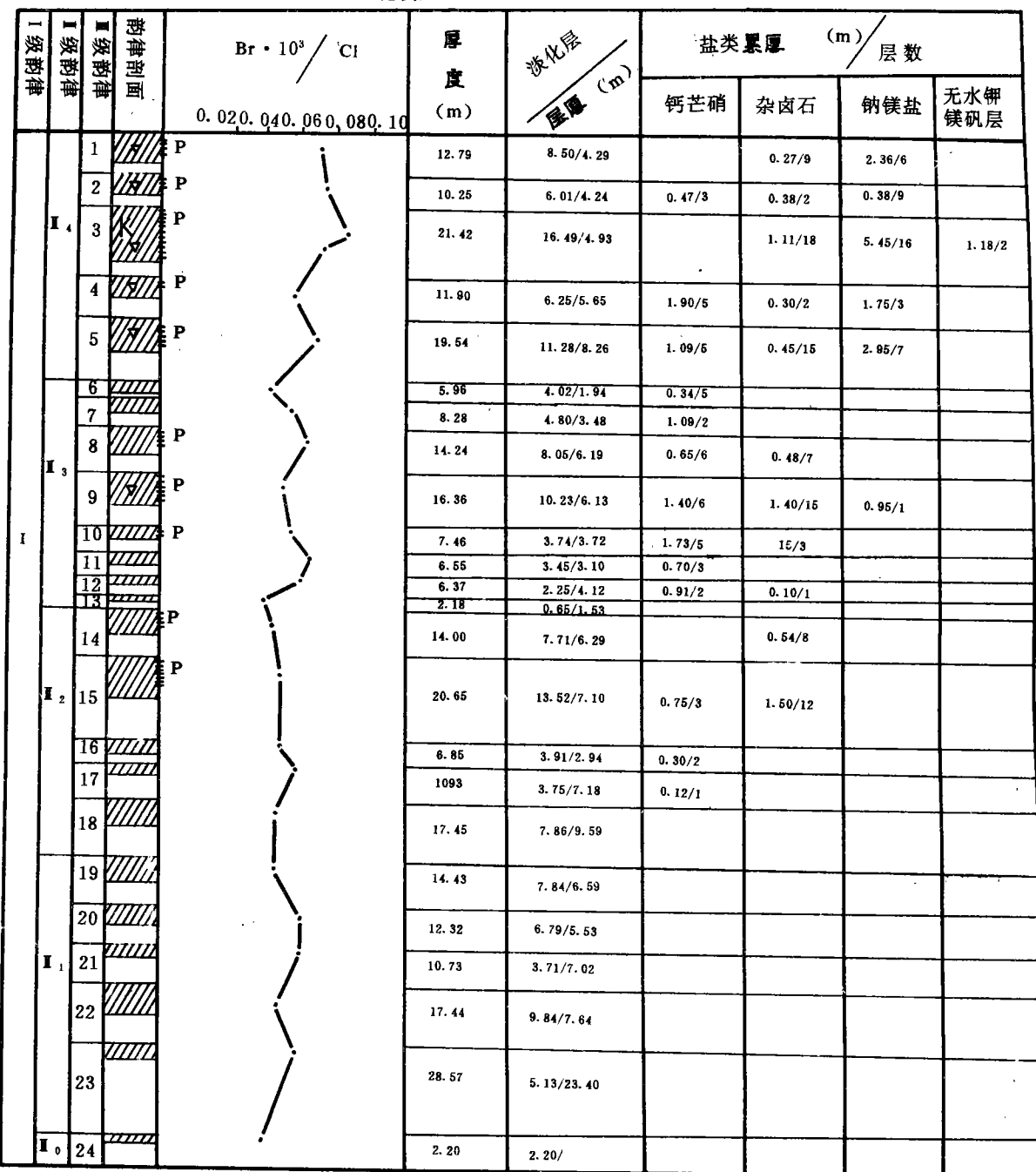
大汶口盆地成盐期(中始新世),由于受古构造古气候的控制,盆地发展经历了淡化—咸化—淡化三个阶段,盐类物质浓缩程度较高,已达到了成钾的高浓缩阶段,为完整韵律.整个含盐系地层为一个完整的沉积旋迴,故划分其为 I 级含盐韵律.

在成盐过程中,由于古气候出现了干、湿交替的周期性变化,以及受到地壳下降为主的振荡运动的影响,致使沉积盐出现频繁的互层.把这些在成因上有联系,在剖面上有规律的含盐韵律作为划分 II 级韵律和 III 级韵律的划分标准,即由一套相对较厚的淡化层和一套相对较厚的盐层(根据岩性组合、厚度大小、溴氯系数数值变化等特征)组成 II 韵律(即盐组);一个相邻的淡化层和石盐层组成 III 级韵律(图 2).

现以盐类物质发育完整的 ZK 8 号井为例,共划分 5 个 II 级韵律和 24 个 III 级韵律.其中 II₁ 盐组仅包含一个 III 级韵律,II₁ 盐组含 5 个 III 级韵律,II₂ 盐组含 5 个 III 级韵律,II₃ 岩组含 8 个 III 级韵律,II₄ 盐组含 5 个 III 级韵律.杂卤石开始出现在 II₂ 盐组的上部,一直上延至 II₄ 盐组顶部.钠镁盐层开始出现在 II₃ 盐组中部,一直上延至 II₄ 盐组顶部,但以 II₄ 盐组最发育.无水钾镁矾赋存于 II₄ 盐组上部.

从 III 级韵律的岩层组成来看,整个含盐系具有两种韵律结构类型:

0 20 40 60m
比例尺：



盐层



淡化层



钠镁盐层



杂卤石层



钾矿层

图2 大汶口盆地汶口组 ZK8 号孔盐韵律及氯系数盐类物质分布图

表 2 大汶口盆地七个取心钻孔的含系沉积厚度简表

	ZK11	ZK5	ZK6	ZK7	ZK4	ZK9	ZK8
含盐系厚度(米)(以硬石膏为顶底)	>444.21	>327.15	>578.06		>257.14	506.72	469.09
含盐段厚度(米)(以盐层为顶底)	104.58	>231.83	345.68	23.48	138.65	345.24	298.84
盐上膏盐段厚度(米)	339.63	95.32	87.4		99.11	93.77	85.67
盐下膏盐段厚度(米)	不详	未遇	>144.98		不详	67.71	84.58
盐层层数(即Ⅲ级韵律数)	9	>22	30	4	14	25	24
盐层累计厚度(米)	38.48	>108.30	174.83	4.69	61.60	140.32	157.98
单盐层最大厚度(米)	8.26	13.93	18.59	1.92	9.61	14.85	16.49
单盐层最小厚度(米)	1.32	0.47	0.10	0.68	1.54	0.90	0.71
淡化层最大厚度(米)	48.14	19.48	14.63	7.14	19.38	41.35	23.40
淡化层最小厚度(米)	1.24	0.49	0.34	5.44	0.82	2.76	1.47
所见盐类矿物	天青石、石膏、硬石膏、钙芒硝、杂卤石、石盐	天青石、石膏、硬石膏、钙芒硝、杂卤石、石盐、无水芒硝、盐镁芒硝、钠镁盐	天青石、石膏、硬石膏、钙芒硝、杂卤石、石盐、无水芒硝、盐镁芒硝、钠镁盐、无水钾镁矾、泻利盐	天青石、石膏、硬石膏、钙芒硝、石盐、钙芒硝	天青石、石膏、硬石膏、石盐、钙芒硝、杂卤石	天青石、石膏、硬石膏、石盐、钙芒硝、杂卤石、盐镁芒硝、无水芒硝、钠镁盐、硫酸盐	同 ZK9 孔 + 无水钾镁矾、泻利盐、钾盐、芒硝、软钾镁矾、钾盐、硫酸盐

据徐其俊、闫东兰资料。

1. 由硬石膏和泥灰岩互层组成非含盐韵律,它们在下硬石膏段有 4—5 个,上硬石膏段有 13—14 个.

2. 由泥灰岩或泥质白云岩—硬石膏岩—石盐岩—硬石膏岩—泥灰岩或泥质白云岩组成具

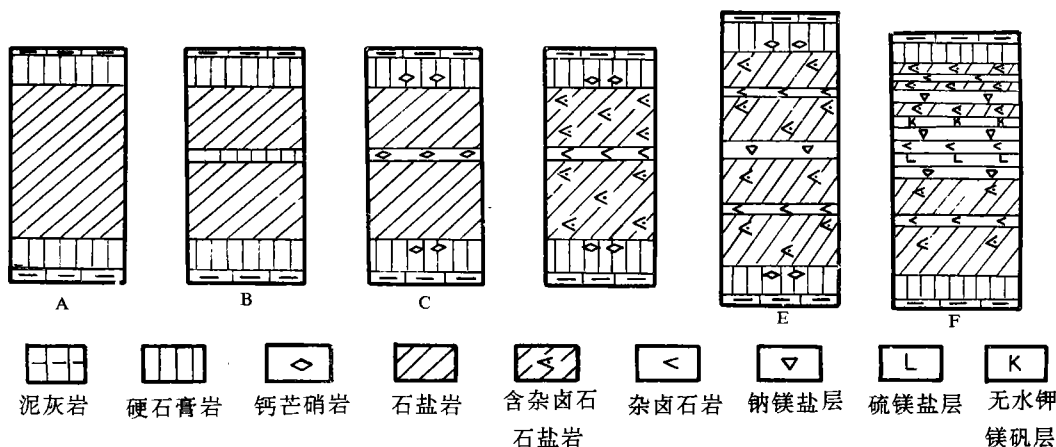


图 3 大汶口盆地含盐系盐层剖面结构类型图

A 型即膏盐型:盐韵律简单,为硬石膏与石膏组成,厚度数米至十余米.

B 型即岩盐夹硬石膏型:主要为岩盐夹硬石膏薄层和条带,岩盐中含较多硬石膏团块偶见杂卤石,盐层厚度变化较大(1—10 米).

C 型即岩盐夹钙芒硝型:由岩盐夹钙芒硝薄层和条带组成.岩盐中常含分散状,团块状钙芒硝和硬石膏,偶见微量杂卤石颗粒,盐层厚度一般为 1—4 米.

D 型即岩盐夹杂卤石型:岩盐中普遍含分散状杂卤石,并夹杂卤石层(一般有 1—32 层,厚 1~178cm),也常夹少量钙芒硝层,杂卤石层多分布在盐层中上部,盐层厚度一般 4~8 米.

E 型即钠镁盐型:除岩盐夹多层杂卤石层外,还出现了钠镁盐层(一般 1~16 层,厚 8—822cm);钠镁盐多分布在盐层的中上部,个别在底部,盐层厚度大,一般 6~10 余米.

F 型即硫镁矾~无水钾镁矾型:岩性复杂,除具有 E 型特点外,还有硫镁矾和无水钾镁矾层,盐层厚度大(16.49 米).

ZK8 号井含盐系井深 1055.30~1358.21 米,总厚度为 302.91 米,共划分 24 个Ⅲ级韵律层,岩盐层总厚 171.42 米,单层厚 0.71~16.53 米,一般厚 4~10 米,下部九个含盐韵律层为含钙芒硝、硬石膏、石盐层,盐韵律结构简单;中部六个含盐韵律层,除六、七层为钙芒硝石盐层外,其余各层均含有不等量的条带状薄层杂卤石和钠镁盐,盐韵律结构复杂.

钾矿层产于上(即Ⅱ₄盐组Ⅲ₂韵律层)第三韵律层中,井深 1078.82~1095.81 米,盐层厚 16.53 米.从上到下层序如下:

- 1 钙芒硝岩,深度 1078.82 米,厚度 0.04 米.
- 2 含杂卤石盐岩,深度 1079.02 米,厚 0.20 米.
- 3 钙芒硝岩,深度 1079.10 米,厚度 0.08 米.
- 4 含杂卤石石盐岩,深度 1081.78 米,厚 2.69 米.

- 5 杂卤石岩,深度 1081.85 米,厚 0.06 米.
- 6 含杂卤石石盐岩及含钠镁盐、石盐岩,深度 1085.65 米,厚 3.85 米.
- 7 无水钾镁矾石盐岩,深度 1086.23 米,厚 0.58 米.
- 8 石盐无水钾镁矾岩,深度 1086.83 米,厚 0.6 米.
- 9 含无水钾镁矾硫镁矾石盐岩,深度 1087.18 米,厚 0.35 米.
- 10 含镁盐石盐岩及石盐镁盐岩,深度 1095.81 米,厚 8.13 米.

这六种盐层剖面,除 F 型外,其余五种都是发育不完整的剖面. A、B、C 型没有钾镁盐沉积,卤水浓缩程度低,只发育到石盐沉积阶段. D 型虽有杂卤石层发育,但盐层较薄,咸化时间短,而且常受淡水影响,使卤水中的 K^+ 、 Mg^{2+} 大量被杂卤石所消耗. E 型盐层厚度较大,淡化层较薄,对成钾有利,但它只发展到钠镁盐沉积阶段. 唯有 F 型是含盐系中发育完整的盐层剖面.

成钾条件分析

通过 ZK9、ZK8、ZK6、ZK5、ZK11 号孔盐层对比(图 4),可得出如下认识:

1 钾盐赋存在完整盐韵律的中上部,成钾条件是盐层单层厚度要大(本区大于 16 米),淡化层要薄(本区小于 4 米). 只有在卤水浓缩时间长、淡化时间短的情况下,才有利于 K、Mg 离子的富集.

2 盆地的沉降中心与盐类的沉积中心是不完全一致的,例如 II_0 时期,盐类沉积以后石盐和硬石膏为主,沉积厚度最大的地带是 ZK6 孔,它有 5 层石盐,厚度为 26.83 米. 在 ZK11 孔有 4 层石盐,厚度为 9.69 米. 而在 ZK6 孔以西的 ZK8、ZK9 两孔中,仅有一层石盐厚 3 米左右. 说明这一时期盆地的沉降中心和沉积中心都是在 ZK6 孔一带,相对浓缩的重卤水首先在 ZK6 孔富集,沉积了较厚的盐层.

II_1 时期含盐面积最大,ZK9 孔沉降最深,沉积了 90 米的盐系地层; II_2 — II_3 时期由于 ZK11 孔一带的抬升,使含盐面积缩小,并在 ZK8 孔一带沉积厚度最大; II_4 时期在 ZK9—ZK6 孔之间沉降幅度相差不多,只是在晚期 ZK8 孔一带抬升,残余卤水才向 ZK9 井所在地区汇集,此时孔尚有一层石盐,而 ZK9 孔还继续沉积了三层具有钠镁盐的较厚盐层.

据此,可知盆地的沉降和沉积演化在各个成盐阶段,除具有继承性地发展外,并有过迁移聚积的过程. 在成盐初期 ZK6 孔一带是局部深凹地带,它聚集了盆地内进入石盐阶段浓缩的卤水. 而后沉降中心迁移到 ZK9 孔和 ZK8 孔一带. 虽然浓卤水有向 ZK9 孔聚积的趋势,如 II_2 时期 ZK9 孔首先沉积了钠镁团块,但是由于该孔距盆地北缘陆源方向较近,坡度较陡,受陆源和淡水影响较大,使相对浓缩的卤水未达到钾镁离子饱和时就受到淡水的稀释;而 ZK8 孔和 ZK6 孔距陆源方向较远,陆源淡水影响较小,有利于聚积的浓缩卤水达到钾镁离子的饱和程度,从而析出钾镁盐层. 因此,汶口组成盐时期,有利成钾的地区是 ZK8 孔一带. 值得注意的是晚期残余卤水尚向 ZK9 孔一带聚积,这一地区也是不可忽视的.

3 大汶口盆地经历了五次较大的淡化和咸化的周期,而且一次比一次浓缩,最终达到了钾盐沉积阶段. 如此交替上升,表明卤水的演化既有阶段性,又有明显的继承性. 说明大汶口盆地具有同断陷同沉积的性质.

4 盐类物质来源是多源的,根据 ZK6 孔含盐段底部 4—5 个 III 级韵律的溴氯系数值表现异常,其起点值 0.068,最高值 0.178,每个盐层平均为 0.07~0.11,接近于海相石盐的溴氯系

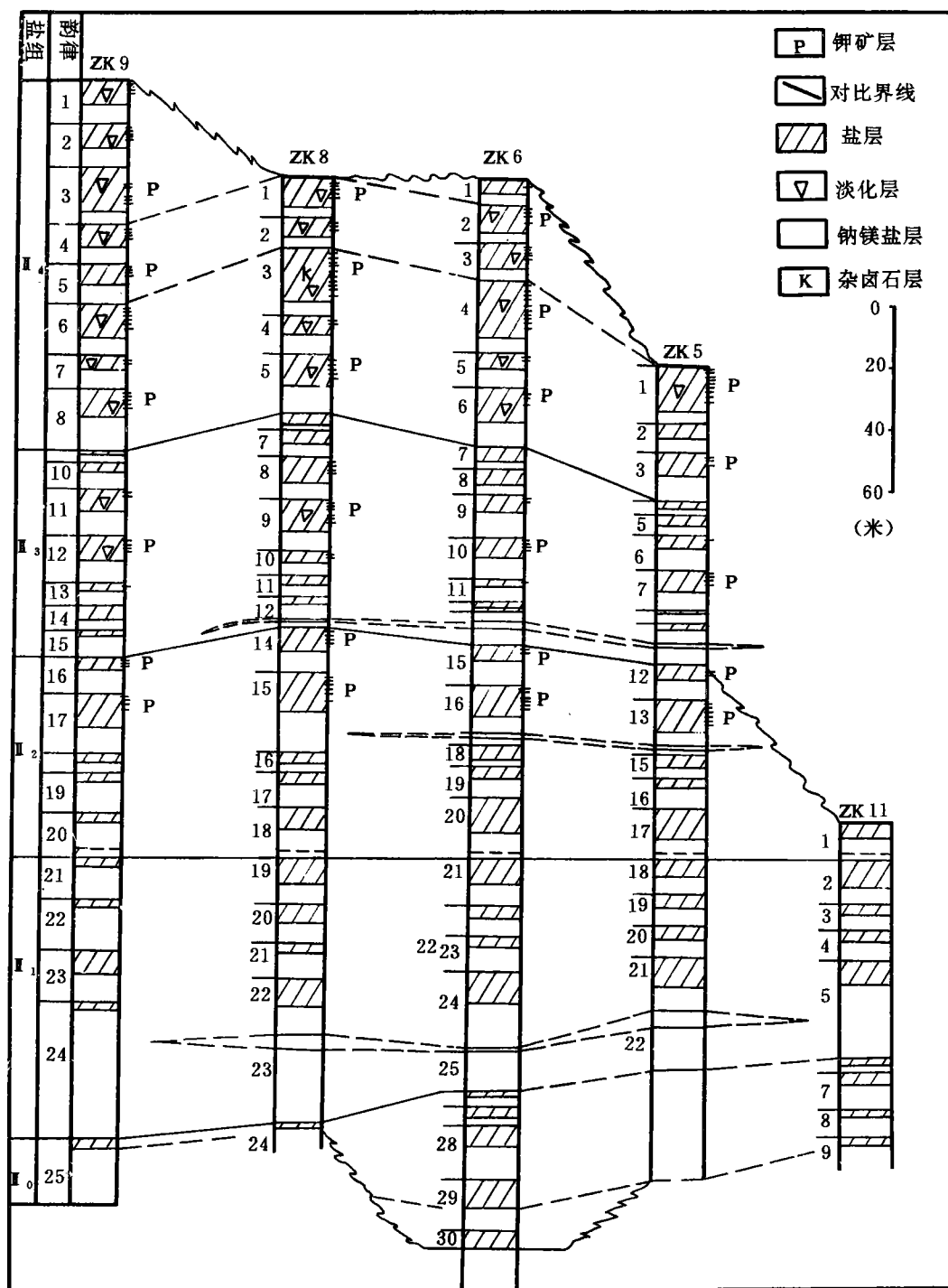


图 4 大汶口盆地汶口组含盐段韵律及盐层的划分对比图(据徐其俊等资料 1982)

数值。另外,在含盐段下部盐类矿物种类简单,只有石盐和硬石膏,而没有陆相标志矿物如无水芒硝和钙芒硝等。同时发现了半咸水有孔虫 *Miliola* 和海绿石以及在含盐系粘土中含硼量普遍偏高等,表明海水可能是主要盐源之一^[3]。盆地周边广泛发育寒武、奥陶系的白云石、石膏和硬石膏,在长期风化中,必然要将含 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 SO_4^{2-} 等风化物质随地表水带入到盆地中,从硫酸盐 δS^{34} 值的研究结果,说明盆地周边老地层的物源补给是客观存在的;在盆地以北的外围有广泛分布的古老泰山杂岩系(片麻岩、混合岩),据山东省地矿局综合研究队资料,经化学分析含 MgO 1.87~3.3%, Na_2O 3.65~4.29%, K_2O 3.05~3.6%,这些物质也势必搬运到盆地中来。此外,本盆地与其东部的汶东盆地和蒙阴盆地是连通的,而本盆地的位置最低,可接受这两个盆地的物源补给;也可能有深部卤水的补给?

5 盆地自东向西沉积厚度由小到大,由沉积石膏渐变为钙芒硝—石盐—硫酸钾、镁盐。说明汶口组中段上部,盆地沉降中心是由东向西迁移,卤水自东向西方向补给。

6 盆地内杂卤石的分布多在岩盐层的中上部,且多为原生沉积。杂卤石的生成无疑标志卤水已接近钾、镁盐饱和浓度,这种卤水如持续蒸发浓缩而无含钙淡水的影响,必将会形成可溶性钾盐的沉积,从这个意义上看,杂卤石可以作为找钾的标志矿物。

7 只要条件具备,小型盆地同样能形成钾盐(本盆地仅 320Km^2)。可见某一盆地成钾与否,不能以其大小论优劣。这方面国外有加拿大新布伦瑞克盐泉地区钾盐矿床作例证;汶口盆地则不失为国内之一例。尤其是后者,对东部新生代找钾具有一定的指导意义。

据山东省地质矿产局第一地质大队 1982 年 12 月“山东省大汶口盆地盐类矿床(钾盐、岩盐、石膏)详查地质报告”52/ZK 8 孔见钾矿一层,厚 1.18 米, K_2O 平均品位 10.92%,按单孔无限外推,圈定远景分布区 3.20 平方公里,计算远景储量 944 万吨;圈定岩盐矿分布面积 36.44 平方公里,获 D 级储量 75.21 亿吨;圈定石膏矿分布面积 57.73 平方公里,获 D 级储量 299.97 亿吨;自然硫圈定面积 29.65 平方公里,获 D 级储量 2.47 亿吨。如果进一步在 ZK 8 孔~ZK 6 孔之间布钻三孔,求得钾盐矿的实际分布范围和储量,进行综合开采,综合利用,前景是可观的。

致谢 承山东省地质矿产局第一、第九地质大队,地矿部矿床地质研究所五室徐其俊、阎东兰,我院朱峰、孙玉章等同志提供部分资料,特致以谢意!

参 考 文 献

- 1 山东省区域地层表编写组,华东地区区域地层表山东省分册,北京:地质出版社,1978
- 2 李云通等,中国的第三系,北京:地质出版社,1984
- 3 李钟模、江宗龙,试论我国东部早第三纪的海水通道,中国古生物学会第十三、十四届学术年会论文选集,合肥:安徽科学技术出版社,1986

The Evaporite Characteristics and Potashgenetic Pattern in Da Wen Kou Basin of Shan Dong Province

Li Zhongmo

*(Geological Institute for Chemical Minerals Resources,
Ministry of Chemical Industry. Zhuozhou, Hebei 072754)*

ABSTRACT

Up till Now the Da Wen Kou basin is only one potash deposit that was discovered during Eogen period and distribute in Su. Lu. Yu and Wan provinces etc.

It is significant to study on the basin characteristics and Potashgenetic pattern for farther investigation on potash.

There is a character of the same rift and subsidence as well as sedimentation in the basin. except for the inheriting development, the basin had been displaced and aggregated in every salt — forming period of the basin settle and sedimentary evolution. Sources of the salt — forming materials are very rich and there are many kinds of sources. The polyhalite distribution is also very regular. Polyhalite belongs to the protogenous sedimentation and it can be treated as the index mineral to search for potash. There are 30 salt cyclothems belong to grade — III in the basin and halo — syorite is preserved in the middle and upper positions of a complete cyclothem. There is a dry and burning hot paleoclimate during Eogen period and confining condition of the basin is very good.

Keywords Evaporite characteristics, Potashgenetic Pattern in Da Wen Kou Basin