

文章编号: 1000-0550(2009) 02-0326-08

# 世界海相钾盐矿床特征定量化分析及其意义<sup>①</sup>

唐 敏<sup>1</sup> 刘成林<sup>2</sup> 焦鹏程<sup>2</sup> 陈永志<sup>2</sup> 曹养同<sup>2</sup> 胡妍娜<sup>1</sup>

(1. 中国地质大学地球科学与资源学院 北京 100083 2. 中国地质科学院矿产资源研究所 北京 100037)

**摘 要** 通过对世界 26 个主要的海相钾盐矿床进行详细的特征描述和定量化分析, 获得了较为完善的海相钾盐矿床的特征参数值。结果表明钾矿区面积占盆地面积 4.47%、矿区含矿密度为  $1.616 \times 10^6$  t/km<sup>2</sup>、盆地含矿密度值为  $0.045 \times 10^6$  t/km<sup>2</sup>、钾盐层最大厚度与总盐层最大厚度的比值为 7.2%; 按构造类型分类, 相对活动区盆地含有最丰富的钾盐资源量, 其矿盆比为 6.87%、矿区含矿密度值是  $5.068 \times 10^6$  t/km<sup>2</sup>、盆地含矿密度值为  $0.063 \times 10^6$  t/km<sup>2</sup>、钾/总盐值为 12.27%, 其中后三项特征参数值在盆地构造类型中均属最大。讨论了世界海相钾盐矿床定量化研究的意义, 不同类型钾盐矿床的特征参数有助于对我国海相盆地成钾条件研究, 并可以对海相盆地中未发现钾资源储量进行远景预测与评估。

**关键词** 钾盐 海相 资源量 盆地 特征参数

**第一作者简介** 唐敏 女 1979 年出生 硕士研究生 自然地理学 E-mail: minnina@mail.sina.com

**中图分类号** P619.21<sup>+</sup>1 **文献标识码** A

钾盐是蒸发岩矿床的一种, 它常与石膏—硬石膏和厚层的岩盐相伴生。世界上许多有重要经济意义的钾盐矿床通常被认为是在极度干燥的条件下由海水蒸发浓缩沉积而成, 因而海相沉积形成的钾盐矿已成为世界钾盐资源的重要来源。现今, 世界(国外)已探明钾盐资源量达 2 144.7 亿 t, 已探明的地质储量超过 220.6 亿 t(K<sub>2</sub>O)<sup>[1]</sup>, 其中绝大部分是地下固体钾盐矿床, 少部分是地表或近地表的含钾卤水矿床。目前, 中国钾盐资源已探明资源量主要分布于青海柴达木盆地, 上世纪末发现新疆塔里木盆地罗布泊第四纪盐湖也蕴藏有超大型规模的钾盐资源<sup>[2]</sup>。但它们均属于陆相卤水钾矿, 采矿工艺较为复杂, 加之交通运输不便等, 导致开采成本相对较高, 而且它们的资源量远不能满足我国的需求。陕北奥陶系发现的钾盐层是我国海相地层中首次发现的卤化物型钾镁盐矿物, 为薄层钾盐层<sup>[3]</sup>。塔里木盆地西部的莎车、库车两大次级盆地在构造环境上具备成盐、成钾的基本地质条件<sup>[4-7]</sup>, 目前仍在研究勘查过程中。要实现中国钾盐资源找矿的突破, 必须寻找资源集中度很高的海相固体钾盐矿床, 开展研究国外海相钾盐矿床的特征并进行定量化分析, 可以总结出一些钾盐成矿规律, 应用于我国蒸发岩的盆地成钾预测, 为找钾勘查提供借鉴和参考。

## 1 国外主要钾盐矿的特征

### 1.1 盆地规模

按照盆地规模大小分类<sup>[8]</sup>, 世界上现有的主要含钾盆地有 5 种类型: 一般盆地(面积小于 1 万 km<sup>2</sup>)、大型盆地(面积为 1~5 万 km<sup>2</sup>)、超大型盆地(面积为 5~25 万 km<sup>2</sup>)、巨型盆地(面积为 25~125 万 km<sup>2</sup>)、超巨型盆地(面积大于 125 万 km<sup>2</sup>)。世界上主要的 26 个钾盐矿床盆地规模分类见表 1。

### 1.2 地理分布

世界上已发现的钾盐矿床地理分布很不均匀。超巨型的钾盐沉积区主要分布于西北欧和东西伯利亚, 其中有二叠世蔡希斯坦盆地<sup>[9]</sup>和下寒武世涅帕含钾矿床盆地等。巨型的钾盐沉积区, 如北美洲中泥盆世萨斯喀彻温钾盐矿床和俄罗斯、哈萨克斯坦早二叠世乌拉尔—滨里海钾盐矿床, 集中分布在北半球的欧洲和北美洲。超大型的钾盐沉积区分布更广, 如北美洲的密执安盆地和亚洲的呵叻盆地钾盐矿床(泰国、老挝所共同拥有)<sup>[12]</sup>。大型钾盐盆地有以色列、约旦的死海和巴基斯坦的盐岭钾盐矿床<sup>[13, 14]</sup>等。

### 1.3 盆地构造类型

钾盐矿床在地史上的分布与地壳运动和板块构造活动有关。地壳运动和板块活动可形成大型拗陷、断陷盆地、地堑和裂谷, 为钾盐成矿场所和物质来源

①国家“十一五”科技支撑课题(编号: 2006BAB07B06)、金木工程(编号: JFYM-DW-KZ4)资助。  
收稿日期: 2008-03-17 收修改稿日期: 2008-06-10

表 1 世界主要钾盐矿床基本特征

Table 1 The main characteristics of the important potash deposits in the world

序号	盆地及矿床名称	国别	盆地构造类型	地层	盆地面积 /km <sup>2</sup>	矿区面积 /km <sup>2</sup>	资源量 /10 <sup>6</sup> t	盆地规模类型
1	埃布罗	西班牙	①	E <sub>3</sub>	2 880	160	270	一般盆地
2	中西西里	意大利	①	N <sub>1</sub>	3 453	72	200	
3	苏伊士湾捷姆萨	埃及	①	N <sub>2</sub>	2 836	250	无数据	
4	上卡母	俄罗斯	②	P <sub>1</sub>	12 000	2 900	无资料	大型盆地
5	盐岭钾盐矿床	巴基斯坦	不清楚	Є <sub>3-1</sub>	36 000	1 8	0.156	
6	帕拉多克斯	美国	①	C	18 000	无数据	无数据	
7	塞尔希培	巴西	①	K <sub>1</sub>	无数据	1 200	2 282	
8	莱茵地堑	德国—法国	①	E <sub>3</sub>	10 800	250	1 500	
9	前喀尔巴阡第三纪钾盐盆地	俄罗斯—乌克兰等	②	N <sub>1</sub>	15 000	80(加卢什高伦矿区)	1 000	
10	达纳基尔洼地;裂谷盆地	埃塞俄比亚	①	Q	11 840	无数据	632	
11	死海	以色列—约旦	①	N <sub>2</sub> -Q	24 000	1 001	1 264	
12	彼里皮亚特	白俄罗斯	①	D <sub>3</sub>	60 000	450	574.6	超大型盆地
13	密执安	美国	③	S <sub>2-3</sub>	202 500	33 800	无数据	
14	Fundy盆地,新不伦瑞克	加拿大	①	C	无数据	4 000	230	
15	新墨西哥	美国	③	P	150 000	6400	85	
16	日梁钾盐矿床	俄罗斯	②	P <sub>1</sub>	无数据	无数据	280	
17	蔡希斯坦	英国	②	P <sub>3</sub>	55 000	无数据	300	
18	呵叻盆地钾盐矿床	泰国—老挝	②	K	170 000	4 452	26 662	
19	Elk Point盆地,萨斯喀彻温	加拿大	② <sup>[10]</sup>	D <sub>2</sub>	600 000	无数据	66 500	巨型盆地
20	Elk Point盆地,威利斯顿	美国	②	D <sub>2</sub>	600 000	36, 300	60 000	
21	滨里海凹地钾盐盆地	俄罗斯—哈萨克斯坦	②	P <sub>1</sub>	500 000	无数据	1 503	
22	亚马逊	巴西	不清楚	P <sub>3</sub>	700 000	30 000(蒸发岩)	560	
23	中亚盐盆地	中亚	③	J <sub>3</sub>	350 000	35 000	22 113	
24	加蓬和刚果盆地	加蓬—刚果	①	J <sub>3</sub> -K <sub>1</sub>	520 000	8 450	860 <sup>[11]</sup>	
25	涅帕盆地	俄罗斯	③	Є <sub>1</sub>	2 500 000	20 000	13 268	超巨型盆地
26	蔡希斯坦	德国	②	P <sub>3</sub>	10 000 000	100 000	13 000	

注: ①活动区; ②相对活动区; ③稳定区。

提供条件。而且地壳运动末期产生了对钾盐形成有利的干旱气候条件和海退的环境<sup>[15]</sup>。世界含钾盆地产出的大地构造环境多样,目前,按照盆地产出的构造环境将盆地分为三大类:(1)活动区——裂谷、海槽、地堑构造盆地;(2)相对活动区——陆棚、陆台边缘与褶皱带之间拗陷盆地;(3)稳定区——地台、陆台凹陷与向斜盆地(见表 1)。

#### 1.4 矿物组成

海相钾盐矿床中钾矿层主要是由石盐、钾石盐、光卤石和硫酸盐组成,这些矿物的含量比例因矿区的生成环境因素不同而差异显著。如有些矿床含有大量钾盐镁矾、溢晶石和少量杂卤石等,而有些钾盐矿床还含有绿钾铁矿,例如死海中就含有大量的绿钾铁矿和光卤石、钾芒硝等<sup>[16]①</sup>。

## 2 特征参数与分析

分析统计已知矿区的盆地面积、矿区面积和钾盐资源量的数据及其相互关系,计算钾盐层最大厚度与总盐(盐类矿物)层最大厚度的比值,确定按盆地规

模大小、盆地构造类型分类的特征参数值。

### 2.1 矿区面积与盆地面积的关系

由表 2 可见,18 个钾盐矿床中矿盆比(矿区面积/盆地面积)平均值为 5.32%,标准偏差是 6.3%。有 16 个矿床的矿盆比比值较为集中,范围在 0.53%~16.69% 之间。在 18 个钾盐矿床中去掉最小值 0.01% (盐岭钾盐矿床)和最大值 24.17% (上卡母矿床),则平均值为 4.47%,标准偏差值是 4.32%。由此确定钾盐矿区面积约占盆地面积的 4.47%。

按照盆地规模类型划分,矿区面积与盆地面积的比值如表 3 大型盆地比值最大,为 6.24%;其次为超大型盆地,比值是 6.08%;一般盆地和巨型盆地的矿盆比均为 5.49%;超巨型盆地最小,比值为 0.9%。由此可见,矿区面积不一定与盆地面积呈正比,在较小盆地中也可以形成大型钾矿,而大盆地不一定形成大钾矿。

① 化工矿山设计研究院. 国外钾盐矿地质与勘探专辑, 1972

表 2 矿盆比比值特征

Table 2 The characteristic of ratio of deposit area and basin area

序号	盆地及矿床名称	矿区面积/盆地面积 %	序号	盆地及矿床名称	矿区面积/盆地面积 %
1	盐岭钾盐矿床	0.01	11	加蓬和刚果盆地	1.63
2	东西伯利亚涅帕盆地	0.80	12	呵叻盆地钾盐矿床	2.62
3	Elk Point盆地, 威利斯顿	6.05	13	埃布罗	5.56
4	彼里皮亚特	0.75	14	前喀尔巴阡第三纪钾盐盆地	0.53
5	密执安	16.69	15	中西西里	2.07
6	新墨西哥	4.27	16	苏伊士湾捷姆萨	8.82
7	上卡母	24.17	17	莱茵地堑	2.31
8	亚马逊	4.29	18	德国蔡希斯坦	1.00
9	中亚盐盆地	10.00		平均值	5.32
10	死海	4.17		标准偏差值	6.30

表 3 盆地规模类型的特征参数值

Table 3 The characteristic parameter of basin size type

盆地规模类型	一般盆地	大型盆地	超大型盆地	巨型盆地	超巨型盆地
矿盆比 %	5.49	6.24	6.08	5.49	0.90
矿区含矿密度 $/(10^6 \text{ t}/\text{km}^2)$	2.233	4.350	1.834	0.602	0.397
盆地含矿密度 $/(10^6 \text{ t}/\text{km}^2)$	0.076	0.062	0.043	0.047	0.003
钾盐厚度/总盐层厚度 %	无资料	5.48	6.75	10.21	9.55

表 4 盆地构造类型的特征参数值

Table 4 The characteristic parameter of basin structure type

盆地构造类型	第一类 活动区	第二类 相对活动区	第三类 稳定区
矿盆比 %	3.62	6.87	7.94
矿区含矿密度 $/(10^6 \text{ t}/\text{km}^2)$	1.884	5.068	0.436
盆地含矿密度 $/(10^6 \text{ t}/\text{km}^2)$	0.058	0.063	0.023
钾盐厚度/总盐层厚度 %	4.69	12.27	4.44

从盆地构造类型上分析(表 4), 相对活动区盆地和稳定区盆地的矿盆比比值较大, 达 6.87% 和 7.94%。而活动区的矿盆比最小, 值为 3.62%。

## 2.2 含矿密度

本文将含矿密度分为两类: 矿区含矿密度(资源量与矿区面积的比值)和盆地含矿密度(资源量与盆地面积的比值)。

### (1) 矿区含矿密度

由表 5 可知, 17 个钾盐矿床的矿区含矿密度平均值是  $2.162 \times 10^6 \text{ t}/\text{km}^2$ , 其标准偏差为  $3.256 \times 10^6 \text{ t}/\text{km}^2$ 。以去掉一个最大值和最小值作为评判矿区含矿密度的特征值, 则去掉前喀尔巴阡第三纪钾盐盆地(最大值  $12.5 \times 10^6 \text{ t}/\text{km}^2$ ) 和新墨西哥钾盐矿床(最小值  $0.013 \times 10^6 \text{ t}/\text{km}^2$ ), 统计得到矿区含矿密度的平均值为  $1.616 \times 10^6 \text{ t}/\text{km}^2$  (标准偏差值是  $1.959 \times 10^6 \text{ t}/\text{km}^2$ )。超大型盆地的矿区含矿密度值  $1.834 \times 10^6 \text{ t}/\text{km}^2$  接近平均值, 而大型盆地的矿区含矿密度值  $4.350 \times 10^6 \text{ t}/\text{km}^2$ , 远远大于平均值。超巨型盆地的

矿区含矿密度值最小, 仅为  $0.397 \times 10^6 \text{ t}/\text{km}^2$ 。由此可见, 盆地的矿区含矿密度与盆地规模类型没有必然关系。按照盆地构造类型分类, 其中相对活动区盆地的矿区含矿密度最大, 为  $5.068 \times 10^6 \text{ t}/\text{km}^2$ , 活动区含矿密度值  $1.884 \times 10^6 \text{ t}/\text{km}^2$ , 接近平均值, 而稳定区的含矿密度值最小, 仅为  $0.436 \times 10^6 \text{ t}/\text{km}^2$ 。

### (2) 盆地含矿密度

由表 6 可知, 19 个钾盐矿床的盆地含矿密度的平均值约为  $0.049 \times 10^6 \text{ t}/\text{km}^2$ , 标准偏差值是  $0.052 \times 10^6 \text{ t}/\text{km}^2$ 。而去掉最大值  $0.157 \times 10^6 \text{ t}/\text{km}^2$  (呵叻盆地钾盐矿床) 和最小值  $0.000004 \times 10^6 \text{ t}/\text{km}^2$  (盐岭钾盐矿床), 则平均值为  $0.045 \times 10^6 \text{ t}/\text{km}^2$ , 它的标准偏差值是  $0.046 \times 10^6 \text{ t}/\text{km}^2$ 。由此确定盆地的含矿密度值为  $0.045 \times 10^6 \text{ t}/\text{km}^2$ 。大型盆地和一般盆地的盆地含矿密度值较大, 为  $0.062 \times 10^6 \text{ t}/\text{km}^2$  和  $0.076 \times 10^6 \text{ t}/\text{km}^2$ , 超巨型盆地的含矿密度值最小, 是  $0.003 \times 10^6 \text{ t}/\text{km}^2$ 。按盆地构造类型分类, 相对活动区盆地的含矿密度值最大, 为  $0.063 \times 10^6 \text{ t}/\text{km}^2$ , 稳

表 5 矿区含矿密度特征

Table 5 The characteristic of the ratio of potash resource potential and deposit area

序号	盆地及矿床名称	资源量 / 矿区面积 / ( $10^6$ t/ $\text{km}^2$ )	序号	盆地及矿床名称	资源量 / 矿区面积 / ( $10^6$ t/ $\text{km}^2$ )
1	盐岭钾盐矿床	0.087	10	塞尔希培	1.902
2	东西伯利亚盆地中的涅帕盆地	0.663	11	呵叻盆地钾盐矿床	5.989
3	Elk Point盆地, 威利斯顿	1.653	12	埃布罗	1.688
4	彼里皮亚特	1.277	13	前喀尔巴阡第三纪钾盐盆地	12.500
5	Fundy盆地, 新不伦瑞克	0.058	14	中西西里	2.778
6	新墨西哥	0.013	15	蔡希斯坦	0.130
7	亚马逊	0.019	16	莱茵地堑	6.000
8	中亚盐盆地	0.632	17	死海	1.263
9	加蓬和刚果盆地	0.102		平均值	2.162
				标准偏差值	3.256

表 6 盆地含矿密度特征

Table 6 The characteristic of the ratio of potash resource potential and basin area

序号	盆地及矿床名称	资源量 / 盆地面积 / ( $10^6$ t/ $\text{km}^2$ )	序号	盆地及矿床名称	资源量 / 盆地面积 / ( $10^6$ t/ $\text{km}^2$ )
1	埃布罗	0.094	11	Elk Point盆地, 萨斯喀彻温	0.111
2	中西西里	0.058	12	Elk Point盆地, 威利斯顿	0.1
3	盐岭钾盐矿床	0.000 004	13	滨里海凹地钾盐盆地	0.003
4	莱茵地堑	0.139	14	亚马逊	0.001
5	前喀尔巴阡第三纪钾盐盆地	0.067	15	中亚盐盆地	0.063
6	达纳基尔洼地: 裂谷盆地	0.053	16	加蓬和刚果盆地	0.002
7	死海	0.053	17	涅帕盆地	0.005
8	彼里皮亚特	0.01	18	德国蔡希斯坦	0.001
9	新墨西哥	0.001	19	英国蔡希斯坦	0.005
10	呵叻盆地钾盐矿床	0.157		平均值	0.049
				标准偏差值	0.052

注: 因为盐岭钾盐矿床的盆地含矿密度值是  $0.000004 \times 10^6$  t/ $\text{km}^2$ , 如果保留三位小数位则数值为 0 因此将其数值保留 6 位小数位。

定区盆地最小, 值是  $0.023 \times 10^6$  t/ $\text{km}^2$ 。

通过分析对比可知, 在盆地规模类型中, 大型盆地的矿区含矿密度最大, 一般盆地的盆地含矿密度最大, 而大型盆地的该值仅次于一般盆地的数值。按照盆地构造类型分类, 则位于相对活动区盆地的矿区含矿密度和盆地含矿密度均最大, 稳定区盆地的含矿密度最小。

### 2.3 钾盐层最大厚度与纯盐层最大厚度的关系

在资料完整的 14 个钾盐矿床中, 钾盐层最大厚度 / 总盐层最大厚度的平均值是 7.68%, 标准偏差是 5.62% (表 7)。以去掉极值, 最大值 19.6% (Elk Point 盆地—威利斯顿) 和最小值 1.56% (莱茵地堑) 后, 统计得到钾盐 / 总盐层的特征参数为 7.20% (标准偏差值是 4.53%), 即钾盐层最大厚度占总盐层最大厚度的 7.2%。

按盆地规模类型分析, 巨型盆地的钾盐 / 总盐的

特征参数最大, 高达 10.21%, 次之是超巨型盆地 9.55%, 再次之为超大型盆地, 是 6.75%, 而大型盆地钾盐 / 总盐值最小, 为 5.48%。

按照盆地构造类型分类, 相对活动区盆地构造类型的钾盐 / 总盐的特征参数比值最大, 达 12.27%。其次为活动区和稳定区盆地构造类型的特征参数, 分别是 4.69% 和 4.44%。

### 2.4 资源量与特征参数的关系

世界上钾盐矿床地理分布很不均匀, 其盆地蕴藏的钾盐资源量也各不相同。亚洲的超大型盆地呵叻盆地钾盐资源量高达 266.62 亿 t<sup>[16]</sup>。加拿大、俄罗斯、白俄罗斯、德国 4 国是拥有钾盐储量最多的国家, 探明储量占世界总量的 92%, 资源量达 978.6 亿 t 储量 806 亿 t<sup>[17, 18]</sup>。讨论资源量与上述特征参数的关系, 对可能存在的未发现钾盐资源量进行预测起到一定帮助意义。

表 7 钾盐最大厚度与总盐层最大厚度比值特征

Table 7 The characteristic of the ratio of maximum thickness of potash and salt

序号	盆地及矿床名称	钾盐最大厚度 /m	总盐层最大厚度 /m	钾盐 /总盐层 /%
1	盐岭钾盐矿床	12.8	685.8	1.87
2	东西伯利亚盆地中的涅帕盆地	76.14	1161	6.56
3	Elk Point盆地, 萨斯喀彻温	10.37	60	17.28
4	Elk Point盆地, 威利斯顿	29.4	150	19.60
5	密执安	30	600	5.00
6	Furly盆地, 新不伦瑞克	45	750	6.00
7	上卡母	82.4	1048.4	7.86
8	德国蔡希斯坦	100.2	800	12.53
9	中亚盐盆地	14	800	1.75
10	加蓬和刚果盆地	21.9	1000	2.19
11	呵叻盆地钾盐矿床	54.18	586.68	9.24
12	莱茵地堑	10.16	650	1.56
13	前喀尔巴阡第三纪钾盐盆地	110	1550	7.10
14	达纳基尔洼地; 裂谷盆地	33.8	374.6	9.02
	平均值			7.68
	标准偏差值			5.62

(1) 资源量与盆地规模的关系

本文统计的世界上 26 个主要含钾盆地中一般盆地有 3 个, 其中 1 个无资源量数据 (苏伊士湾捷姆萨盆地), 2 个矿床蕴藏钾盐资源量  $4.7 \times 10^8$  t 占世界总资源量 0.22%; 大型盆地, 有 8 个, 蕴藏钾盐资源量大于  $66.78 \times 10^8$  t 占世界总资源量 3.13%; 超大型盆地有 7 个,  $281.32 \times 10^8$  的资源量, 占总资源量 13.2%; 巨型盆地, 有 6 个, 资源量达  $1515.36 \times 10^8$  t 占世界总资源量最大, 高达 71.12%; 超巨型盆地有 2 个, 资源量是  $262.68 \times 10^8$  t 占 12.33%。

以平均资源量 (总资源量 / 盆地个数) 分析, 最高是巨型盆地, 平均资源量是  $252.56 \times 10^8$  t 以下依次是, 超巨型盆地, 超大型盆地和大型盆地, 平均资源量分别是  $131.34 \times 10^8$  t,  $46.89 \times 10^8$  t 和  $11.13 \times 10^8$  t 最低是一般盆地, 平均资源量仅有  $2.35 \times 10^8$  t。

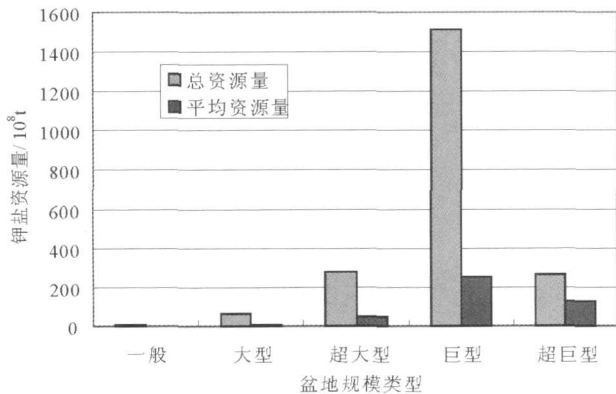


图 1 盆地规模类型与资源量的柱状图

Fig 1 The histogram of basin size type and potash resource potential

可见, 巨型盆地所蕴藏的钾盐资源量最大, 占世界钾盐总资源量的 71.12%, 它的平均资源量也相对较高, 可达  $252.56 \times 10^8$  t (见图 1)。

(2) 资源量与盆地构造类型关系

由图 2 可见, 相对活动区盆地构造类型的平均资源量最大, 高达 211.56 亿 t 占 26 个钾盐矿床总资源量的 62.51%; 稳定区盆地构造类型的平均资源量有 118.22 亿 t 占世界总资源量的 34.93%; 资源量最小值为活动区盆地构造类型, 仅有 8.68 亿 t 占世界总资源量的 2.56%。因此, 在钾盐资源找矿过程中, 需要密切关注盆地构造类型中的相对活动区盆地, 其中蕴藏有丰富的钾矿资源的可能性最大。

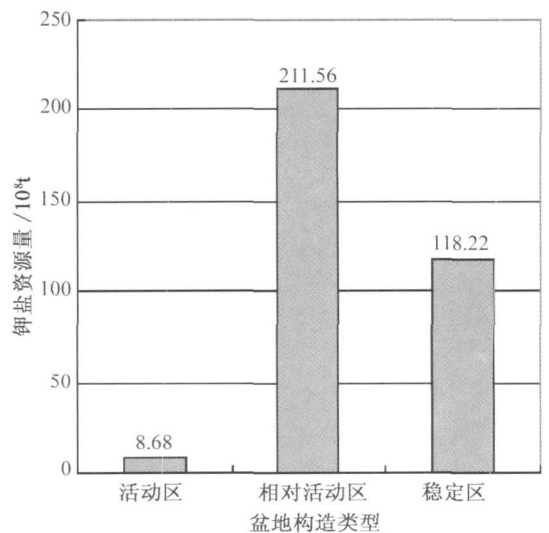


图 2 盆地构造类型与其蕴藏钾资源量关系图

Fig 2 The relation of potash resource potential and basin structure type

### 3 海相钾盐矿床特征参数的应用意义

通过对海相钾盐矿床特征参数分析表明, 矿盆面积比为 4.47%; 矿区含矿密度值为  $1.616 \times 10^6 \text{ t/km}^2$ , 盆地含矿密度值是  $0.045 \times 10^6 \text{ t/km}^2$ ; 钾盐 / 总盐层最大厚度值是 7.2%。将上述数据用形象的图形表示 (图 3)。由图 3 可见, 矿区面积与盆地面积相比很小, 而且钾盐层也只占总盐层厚度的很小一部分, 因此在蒸发岩盆地中寻找钾矿的难度很大。

根据统计可见, 钾盐矿床特征参数比值有一定的规律性或一定范围内变化, 其原因是海水中钾离子与钠离子含量存在固定的比例关系。当海水蒸发浓缩至钾盐沉积, 在平面和厚度分布上, 石盐与钾盐也相应存有固定比值, 正常海水沉积石盐与钾盐厚度理论比值为 7.7:1<sup>[20]</sup>, 或钾盐厚度占全盐层厚度之比为 11.36%。因此, 利用海相钾盐矿床特征参数可以对不同类型蒸发岩沉积盆地中可能存在的钾盐资源量进行预测。

目前, 关于钾盐成矿预测的方法尚未见报道, 但在其它矿产, 例如石油、煤及重要金属矿已有很多预测资源的方法<sup>[21]</sup>, 具体在多金属结核和天然气领域中的统计样品风度、品位的方法<sup>[22]</sup>和区带地质评价参数的研究方法<sup>[23]</sup>, 进行资源评价与预测。

文章从中找出古代海相钾盐矿床的内在规律及

特征参数, 为寻找和预测我国钾盐矿床提供理论基础。根据海相钾盐矿床特征参数, 拟订两种方法对未发现的钾盐资源量进行预测。

方法一: 体积估算法。具体步骤是: 首先, 求得预测钾矿层的面积和厚度, 对照盆地类型, 利用钾盐矿床特征参数比值 (表 3 表 4), 乘以预测盐盆地的面积和盐层最大厚度而获得; 然后, 相当于获得一个虚拟的“扁平透镜体”状的钾矿体, 按公式  $V = M * H / 2$  ( $V$ —矿体体积,  $M$ —矿层面积,  $H$ —矿层厚度), 求出钾矿体的体积 (透镜体的体积是矿层面积与矿层厚度所构成矩形体积的一半); 最后, 将求得的体积乘以钾盐比重和品位, 就可获得预测钾盐资源量。其数学公式是:  $PR = V * D * T$  ( $PR$ —预测钾盐资源量,  $V$ —钾盐矿体,  $D$ —矿石比重,  $T$ —氯化钾品位)。

方法二: 含矿密度法。已知矿区面积或盆地面积乘以对应的盆地类型的矿区含矿密度或盆地含矿密度, 按公式  $PR = Q * S$  ( $PR$ —预测钾盐资源量,  $Q$ —矿区含矿密度或盆地含矿密度,  $S$ —矿区面积或盆地面积) 就可获得预测的钾盐资源量。

通过上述两种方法预测可以获得盆地可能存在的钾盐资源量, 这是一理论值, 但并不一定代表蒸发岩盆地中就蕴藏有这么多的矿产, 主要代表被海水带入盆地的钾总量, 这些钾离子能否成为钾盐矿、以及形成多大规模的钾盐矿, 受很多因素制约, 例如盆地

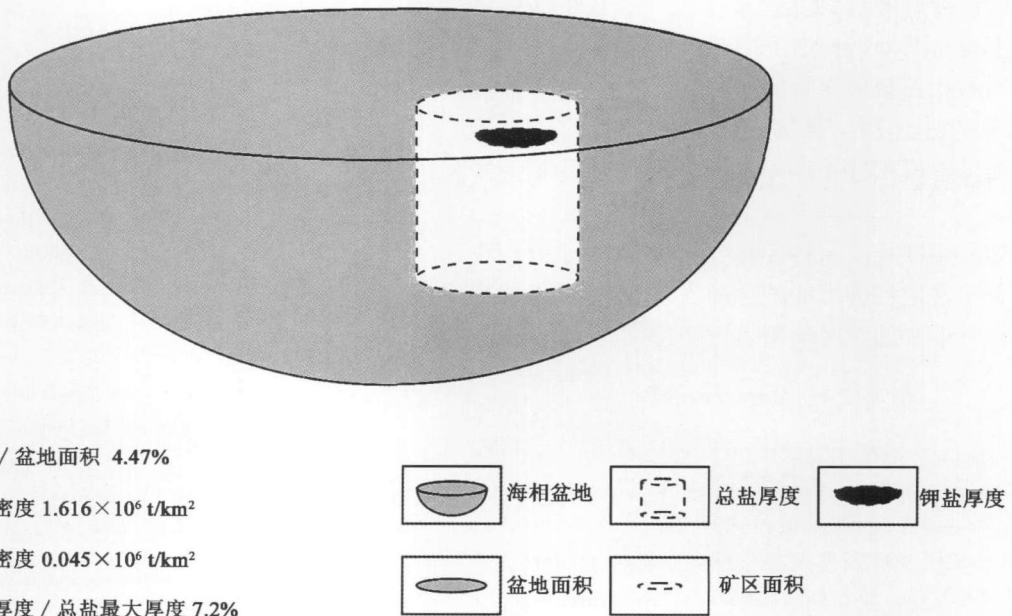


图 3 海相钾盐矿床的特征参数示意图

Fig 3 Characteristic parameter picture of the marine origin potash deposits

的封闭性, 补给来源, 古气候, 沉积环境及保存条件等<sup>[23]</sup>。要查清其能否形成钾矿及控制因素是比较困难的, 但有了理论预测资源量, 就有了在蒸发岩盆地中找钾的理论依据, 对于开展蒸发岩地质研究与钾盐调查工作可以提供指导。

## 4 结论

统计获得含钾盆地的矿盆面积比为 4.47%; 矿区含矿密度值是  $1.616 \times 10^6$  t/km<sup>2</sup>, 盆地含矿密度值是  $0.045 \times 10^6$  t/km<sup>2</sup>; 钾盐层最大厚度/总盐层最大厚度值是 7.2%。盆地规模类型的特征参数为大型盆地的矿盆比值、矿区含矿密度均为最大, 分别是 6.24% 和  $4.35 \times 10^6$  t/km<sup>2</sup>。超巨型盆地的该值最小, 仅为 0.9% 和  $0.397 \times 10^6$  t/km<sup>2</sup>。一般盆地的盆地含矿密度最大, 值是  $0.076 \times 10^6$  t/km<sup>2</sup>。巨型盆地的钾盐/总盐值最大, 高达 10.21%。按照盆地构造类型划分, 相对活动区的特征参数值较大, 分别是矿盆比 6.87%、矿区含矿密度  $5.068 \times 10^6$  t/km<sup>2</sup>、盆地含矿密度  $0.063 \times 10^6$  t/km<sup>2</sup>、钾盐厚度/纯盐层厚度 12.27%。

从钾盐资源量与盆地规模分析得出, 巨型盆地钾盐资源最为富集, 其次为超巨型盆地和超大型盆地。从盆地构造类型分析, 相对活动区钾盐盆地, 不仅矿区含矿密度高, 而且盆地含矿密度值也很大, 它蕴藏有丰富的钾盐资源, 因此, 未来在找钾过程中需要特别关注由相对活动区构造类型产出的盆地。

利用海相钾盐矿床特征参数, 拟订出两种钾盐资源量预测方法: 体积估算法和含矿密度法, 可以对不同类型蒸发岩沉积盆地中可能存在的钾盐资源量进行预测。

上述海相钾盐矿床特征参数的研究, 对于分析我国古代海相盆地各种可能的含钾线索与指标, 进行成钾预测具有重要的参考价值。

## 参考文献 (References)

- 1 钱自强, 曲懿华, 刘群. 钾盐矿床 [M]. 北京: 地质出版社, 1994 [Qian Ziqiang, Qu Yihua, Liu Qun. Mineral Deposit of Potash [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994]
- 2 王弼力, 刘成林, 焦鹏程, 等. 罗布泊盐湖钾盐资源 [J]. 北京: 地质出版社, 2001 [Wang Mili, Liu Chenglin, Jiao Pengcheng, et al. Saline Lake Potash Resources in the Lop Nur, Xinjiang, China [J]. Beijing: Geological Publishing House, 2001]
- 3 刘群, 杜之岳, 陈郁华, 等. 陕北奥陶系和塔里木石炭系钾盐找矿远景 [M]. 北京: 原子能出版社, 1997: 101-113 [Liu Qun, Du Zhiyue

- Chen Yuhua, et al. The Perspective of Potash Exploration in the Layers of Carboniferous System in Tarin Basin and Ordovician System in the North of Shanxi Province [M]. Beijing: Atomic Energy Press, 1997: 101-113]
- 4 刘成林. 塔里木盆地古代钾盐成矿条件与潜力研究 [R]. 中国地质科学院矿产资源研究所, 2007 [Liu Chenglin. Research on Metallogenic Conditions and Potential of Ancient Potash in Tarin Basin [R]. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, 2007]
- 5 袁见齐, 霍承禹, 蔡克勤. 高山深盆的成盐环境——一种新的成盐模式的分析 [J]. 地质论评, 1983, 29(2): 159-165 [Yuan Jianqi, Huo Chengyu, Cai Keqin. The high mountain-deep basin saline environment—a new genetic model of salt deposits [J]. Geological Review, 1983, 29(2): 159-165]
- 6 谭红兵, 马海州, 马万栋, 等. 塔里木盆地西部古岩盐地质地球化学特征与成钾条件分析 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 2004, 3: 194-199 [Tan Hongbing, Ma Haizhou, Ma Wandong, et al. Research on geological characteristics of paleo-salt rock and its potash ore formation in Western Tarin Basin [J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2004, 3: 194-199]
- 7 马万栋, 马海州. 塔里木盆地西部卤水地球化学特征及成钾远景预测 [J]. 沉积学报, 2006, 24(1): 76-106 [Ma Wandong, Ma Haizhou. Geochemical characteristics on brine and potash perspective in the Western Tarin Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2006, 24(1): 76-106]
- 8 刘成林, 王弼力, 焦鹏程, 等. 世界主要古代钾盐找矿实践与中国找钾对策 [M]. 北京: 化工矿产地质, 2006 [Liu Chenglin, Wang Mili, Jiao Pengcheng, et al. The Exploration Experiences of Potash Deposits in the World and Probing of Countermeasures of China's Future Potash Deposits Investigation [M]. Beijing: Geology of Chemical Minerals, 2006]
- 9 Kading K-Ch. Stratigraphische gliederung des Zechsteins in Werra-Fulda Becken [J]. Geol. J. Hessen, 1978, B 106 S. 123-130
- 10 Baar C A. Geological problems in Saskatchewan potash mining due to peculiar conditions during deposition of potash beds. Fourth Symposium on Salt, Cleveland Ohio, 1970, 1: 101-118
- 11 地科院情报所. 国外钾盐矿床普查资料 (专辑) [M]. 1972: 92-99 [Institute of Information, Chinese Academy of Geological Sciences. Data on General Exploration of Potash Deposits in Overseas (Special) [M]. 1972: 92-99]
- 12 Hite R J. Progress report on the potash deposits of the Khorat Plateau, Thailand [J]. United States Department of the Interior Geological Survey, 1982: 5-32
- 13 Bhatti M I, Khan I et al. A Survey of potash resources in West Pakistan [J]. Science and Industry, 1966, 4(1): 21-24
- 14 Zak I, Freund R. Asymmetry and basin migration in the Dead Sea Rift [J]. Tectonophysics, 1981, 80: 27-38
- 15 魏东岩. 试论钾盐矿床的成矿条件 [J]. 化工矿产地质, 1999, 21(1): 1-6 [Wei Dongyan. On conditions for origin of potash deposits [J]. Geology of Chemical Minerals, 1999, 21(1): 1-6]
- 16 Hite R J, Thawat Japakeset. Potash deposits of the Khorat Plateau,

- Thailand and Laos[J]. *Economic Geology*, 1979, 74(2): 448-458
- 17 王孝峰. 我国与世界钾资源及开发利用现状 [J]. 磷肥与复肥, 2005, 20(1): 10-13 [Wang Xiaofeng. The potash resources at home and abroad and current status of their exploitation and utilization[J]. *Phosphate & Compound Fertilizer*, 2005, 20(1): 10-13]
- 18 王春宁, 余俊清, 陈良, 等. 钾盐资源全球分布和我国找钾实践及方法探究 [J]. 盐湖研究, 2007, 3: 56-72 [Wang Chuning, Yu Junqing, Chen Liang, *et al.* A review on the exploration of global potash resources with an emphasis on the past and present status of China with a methodological perspective[J]. *Journal of Salt Lake Research*, 2007, 3: 56-72]
- 19 瓦里亚什克 . 钾盐矿床形成的地球化学规律 [M]. 范立等译. 北京: 中国工业出版社, 1965. 285 [Valyashko M. G. *Geochemical Regularity for the Formation of Potash Deposits*[M]. Fan Li *et al.* translation. Beijing: China Industry Press, 1965: 28]
- 20 朱裕生. 矿产资源评价方法学导论 [M]. 北京: 地质出版社, 1984 [Zhu Yusheng. *An Introduction to Methodology of Mineral Resource Evaluation*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1984]
- 21 张富元, 沈华梯, 韩喜球. 太平洋多金属结核富集区结核丰度和品位的地质统计学分析 [J]. 沉积学报, 1997, 15(3): 126-132 [Zhang Fuyuan, Shen Huati, Han Xiqiu. Geostatistical analysis of the abundance and grade of the polymetallic nodule enriched area of the Clarion-Clipperton Zone in the Pacific[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1997, 15(3): 126-132]
- 22 刘成林, 刘人和, 罗霞, 等. 天然气资源评价重点参数研究 [J]. 沉积学报, 2004, 12: 79-83 [Liu Chenglin, Liu Renhe, Luo Xia, *et al.* Study on key parameters of natural gas resource assessment[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2004, 12: 79-83]
- 23 刘成林, 王弼力, 焦鹏程, 等. 中国古代钾盐找矿突破的可能性及其措施和建议 [C] // 第一届世界钾盐大会. 上海, 2008 [Liu Chenglin, Wang Mili, Jiao Pengcheng, *et al.* The Feasibility and Measures of Surveying of Potash Deposits in the ancient evaporates strata of China [C] // World Potash Convention (paper volume). Shanghai, 2008]

## Quantitative Analysis and Significance of the Marine Potash Deposits in the World

TANG Min<sup>1</sup> LIU Cheng-lin<sup>2</sup> JIAO Peng-cheng<sup>2</sup>  
CHEN Yong-zhi<sup>2</sup> CAO Yang-tong<sup>2</sup> HU Yan-na<sup>1</sup>

(1 School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083;

2 Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

**Abstract** Based on the information of potash deposits in the world, we analyzed the characteristics of importance of 26 marine origin potash deposits and found out potash characteristic parameters in marine origin. According to the information, we can draw a conclusion that the ratio of deposit area and basin area is 4.47%, the ratio of resource potential and deposit area is  $1.616 \times 10^6$  t/km<sup>2</sup>, the ratio of resource potential and basin area is  $0.045 \times 10^6$  t/km<sup>2</sup> and the ratio of maximum thickness of potash and salt is 7.2%. Based on the sorts of structures, the basins located in comparative active zones are the most abundant potash resources distributed. Such as continental shelves, depression basins between continental edges and fold zones. Their ratio of deposit area and basin area is 6.87%, the ratio of resource quantity and deposit area is  $5.068 \times 10^6$  t/km<sup>2</sup>, the ratio of resource potential and basin area is  $0.063 \times 10^6$  t/km<sup>2</sup> and the ratio of maximum thickness of potash and salt is 12.27%. Meanwhile, paper discussed the significance of marine origin potash deposit. It is helpful to research the factors of potash deposits forming and for us to forecast the resource potential of unfound potash deposits in the paleo-marine basins in China.

**Key words** potash, marine origin, resource potential, basin, characteristic parameters