

青藏高原盐湖资源特点概述

汪 傲¹, 赵元艺², 许 虹¹, 李小赛¹

(1. 中国地质大学(北京)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: 青藏高原是我国重要的盐湖资源分布区, 区域内盐湖资源主要分布在柴达木盆地和羌塘高原, 具集中带状分布、资源储量巨大和共生特色资源三大特点。柴达木盆地盐湖总体上以富含钾、镁、硼、锂、钠为特点, 称为钾镁盐湖; 羌塘高原盐湖以贫钾, 富含硼、锂、铯等为特点, 称为特种盐湖。

关键词: 特色盐湖; 盐湖资源; 青藏高原

中图分类号: TS32

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2016)03-0024-06

引 言

盐湖通常是指矿化度大于 35 g/L 的湖泊, 也包括表面卤水干涸、由盐沉积与晶间卤水组成的干盐湖。盐湖中蕴藏着大量可供人类利用的自然资源, 如石盐、碱、芒硝、钾、镁、锂、硼、溴、硝石、石膏等。青藏高原因其独特的地理位置和自然条件形成了独具特色的盐湖资源, 但由于自然环境恶劣, 目前对高原上盐湖的研究和开发程度仍然较低。本文系统总结前人资料, 归纳出青藏高原盐湖矿床的特点, 以为青藏高原盐湖的研究及开发利用提供资料。

1 青藏高原盐湖概述

青藏高原平均海拔 4 000 m 以上, 是地球上海拔最高的高原。在广袤的青藏高原上, 星罗棋布地分布着约 1 055 个湖泊, 占全国湖泊总数量的 39.2%^[1]。据最新统计, 青藏高原湖泊总面积达 41 831.7 km², 约占全国湖泊总面

积的 51.4% (其中, 盐湖总面积约 21 465 km²)。在这些湖泊中, 有盐湖约 334 个, 占青藏高原地区湖泊总数的 34.8%, 其中钾镁盐湖 ($w(\text{KCl}) \geq 1\%$) 6 个, 占全国钾镁盐湖总量的 50%, 特种盐湖 ($w(\text{KCl}) \geq 0.5\%$ 、 $\rho(\text{LiCl}) \geq 300 \text{ mg/L}$ 、 $\rho(\text{B}_2\text{O}_3) \geq 1\,000 \text{ mg/L}$) 80 个, 占全国特种盐湖总数的 93%^[1]。

2 青藏高原盐湖矿床特点

青藏高原盐湖众多, 高原独特的构造背景、地理环境和气候条件使得这些盐湖有了以下三大主要特点。

2.1 呈带状集中分布

青藏高原是我国重要的盐湖分布区, 盐湖数量众多, 且以富集钾、镁、硼、锂、铯等元素为重要特点。区内盐湖分布主要受高原上的断裂构造控制, 青藏高原经印度板块与亚欧板块碰撞后, 构造沿展出现大量南北向的断裂, 这些断裂构造形成了众多汇水盆地, 为盐湖发育提供

收稿日期: 2015-09-19; 修回日期: 2015-10-21

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目“矿产资源承载力评价与检测预警方法研究”; 中国地质科学院地质调查项目 (200010000003)

作者简介: 汪 傲 (1990-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为矿床学与矿床地球化学。Email: wang_aof3@163.com。

通信作者: 赵元艺。Email: yuanyizhao2@sina.com。

了基础。区内盐湖矿床主要分布在柴达木盆地和羌塘高原(图1)。柴达木盆地为一个大型内陆盆地,面积约 240 000 km²,可分为察尔汗湖区、东西台吉乃尔—一里坪湖区、大小柴旦湖区、马海湖区、昆特依湖区、大浪滩湖区和尕斯库勒 7 个湖区。羌塘高原是青藏高原内最大的

内流区,同时也是世界上海拔最高的内陆湖区,面积 597 000 km²。羌塘高原的盐湖按水化学类型从南向北可分为碳酸盐型盐湖带、硫酸钠亚型盐湖带和硫酸镁亚型盐湖带(图1)。总体来看,青藏高原的盐湖分布具有带状集中分布的特点^[2-5]。

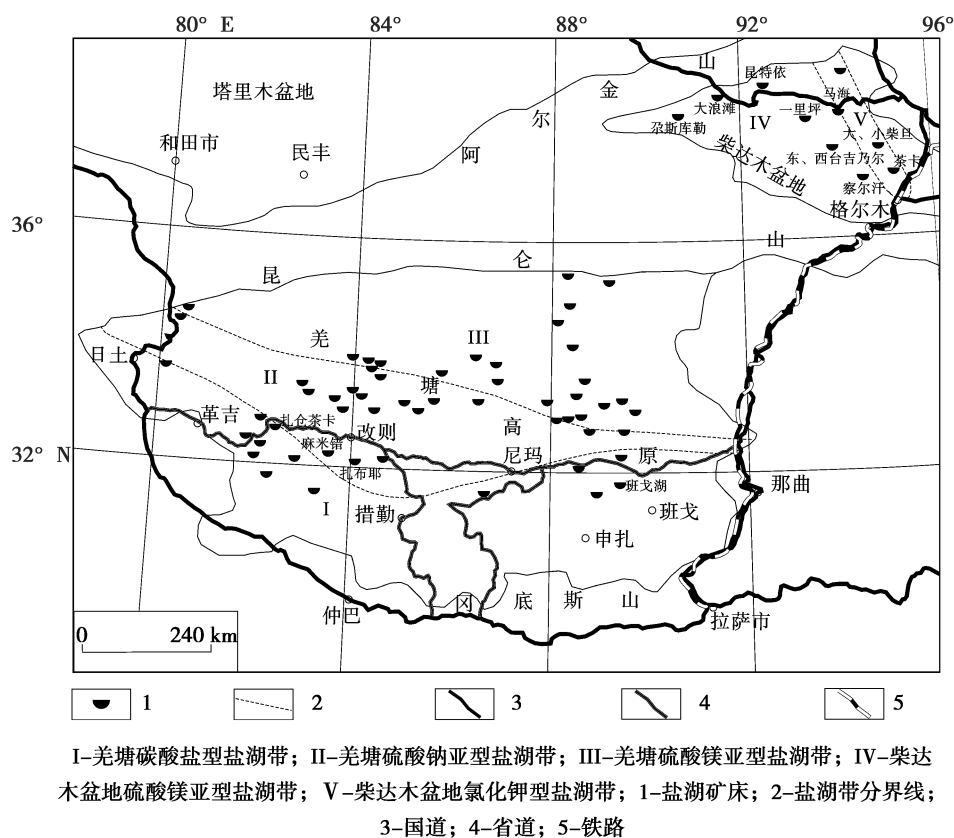


图1 青藏高原盐湖矿床分布略图^[2]

Fig. 1 The distribution map of salt lake deposits in Qinghai-Tibet Plateau

2.2 资源储量巨大

青藏高原盐湖众多,这些盐湖的资源储量十分巨大,尤以钾、镁、硼、锂、铯资源量大为特点,典型矿床具体资源量见表1。

青海柴达木盐湖钾盐(KCl)累积探明储量约44 649.3 × 10⁴ t,保有储量约44 104.6 × 10⁴ t,主要有察尔汗、昆特依、大浪滩和马海 4 个大型矿床^[5],这些盐湖矿床以伴生镁、硼、锂为特点,称为钾镁盐湖。察尔汗盐湖区钾盐(KCl)的资源量达 53 981 × 10⁴ t,其中固体钾盐资源量 29 621 × 10⁴ t,平均品位 10.86%;液体钾盐资源量 24 360 × 10⁴ t,品位 0.33% ~ 4.81%。镁

盐(MgCl₂)资源量 276 758 × 10⁴ t,其中固体镁盐资源量 19 723 × 10⁴ t,平均品位约 20.09%;液体镁盐资源量 257 035 × 10⁴ t,平均品位约 17.47%。此外,该盐湖区伴生的硼(B₂O₃)资源量约为 458 × 10⁴ t,均为液体资源;液体锂资源量为 1 836 × 10⁴ t,固体锂资源量 152 × 10⁴ t^[5-6]。主要盐类矿物有石盐、石膏、钾石盐、光卤石、杂卤石、软钾镁矾、水氯镁石等^[7]。马海盐湖钾盐资源量达 1 293 × 10⁴ t,其中固体钾盐资源 789 × 10⁴ t,品位 2.08% ~ 22.17%;液体钾盐资源 504 × 10⁴ t,品位 0.65% ~ 1.81%^[5];主要盐类矿物有石盐、钾石盐、光卤石、杂卤石、无水钾镁矾、钾盐镁矾、水氯镁石

等^[8]。大浪滩盐湖钾盐资源量达 $4\,363 \times 10^4$ t, 其中固体钾盐资源量 716×10^4 t, 品位 2% ~ 15%, 液体钾盐资源量 $3\,647 \times 10^4$ t, 品位 0.7% ~ 3.8%; 镁盐资源量达 $1\,666 \times 10^4$ t, 其中液体镁盐资源量 $1\,223 \times 10^4$ t, 品位 0.43% ~ 19.48%, 固体镁盐资源量 443×10^4 t; 锂资源量达 6.9×10^4 t, 为液体资源, 品位 0.006% ~ 0.124%^[5]; 主要盐类矿物有石盐、石膏、钾石盐、光卤石、杂卤石、钾芒硝、钾镁矾、水氯镁石、硬石膏、芒硝等^[9]。昆特依盐湖钾盐资源量达 $2\,765 \times 10^4$ t, 其中固体资源量 111×10^4 t, 品位 6% ~ 10%, 液体资源量 $2\,654 \times 10^4$ t, 品位 0.35% ~ 2.77%^[5]; 主要的盐类矿物有钾石盐、光卤石、杂卤石、钾芒硝、钾镁矾、石盐、水氯镁石、石膏、硬石膏、芒硝等^[9]。

西藏自治区由于自然环境和交通条件的制约, 盐湖整体的研究程度均较低。据已有资料看, 西藏盐湖资源以贫钾, 富集锂、硼、铯等特种资源为主, 称为特种盐湖。西藏盐湖钾的资源潜力较小, 截止到 2005 年, 探明的钾盐 563.83×10^4 t, 基础储量 941.13×10^4 t, 预测资源潜力 $2\,410.94 \times 10^4$ t^[10], 但锂、硼、铯等资源潜力十分巨大, 部分典型矿床资源量可表述如下。扎布耶盐湖钾盐资源量 $1\,618 \times 10^4$ t, 达中型矿床规模, 其中固体钾盐资源量 849×10^4 t, 品位 2% ~ 5%, 液体钾盐资源量 769×10^4 t, 品位 2.93% ~ 4.58%; 硼矿资源量 $1\,148 \times 10^4$ t, 其中固体硼矿资源量为 $1\,066 \times 10^4$ t, 达超大型矿床规模, 品位 1.5% ~ 6%, 液体硼矿资源量为 94×10^4 t, 品位大于 20%; 锂矿资源量 184×10^4 t, 其中固体锂矿资源量 102×10^4 t, 达超大型矿床规模, 品位 0.35% ~ 0.7%, 液体锂矿资源量 82×10^4 t, 品位 0.12% ~ 7.7%; 铯资源量达 1 590 t, 达中型矿床规模; 主要盐类矿物有硼砂、三方硼砂、石盐、扎布耶石 (Li_2CO_3)、芒硝、钾石盐和钾芒硝等。扎仓茶卡钾盐资源量 109×10^4 t, 其中液体钾盐资源量 97×10^4 t, 为小型矿床规模, 品位 1 ~ 21.98 g/L, 固体钾盐资源量 12×10^4 t, 品位 1.68% ~ 10.49%; 硼矿资源量 405.78×10^4 t, 其中品位大于 20% 的固体硼矿

资源量为 400×10^4 t, 达大型矿床规模, 品位大于 20% 的液体硼矿资源量 5.78×10^4 t; 锂矿资源量 29.8×10^4 t, 为液体资源, 达中型规模, 品位 2.66 ~ 7.37 g/L; 主要盐类矿物有库水硼镁石、多水硼镁石、柱硼镁石、菱镁矿、水菱镁矿、石盐、芒硝等^[5,11]。麻米错钾盐资源量 500×10^4 t, 为液体资源, 达中型矿床规模, 平均品位约 6.7 g/L; 硼矿资源量超过 290×10^4 t, 达大型规模, 其中固体硼矿资源量约 250×10^4 t, 品位大于 20%, 液体硼矿资源量约 40×10^4 t, 平均品位约 1.53 g/L; 锂矿资源量 200×10^4 t, 达大型矿床规模, 平均品位约 5 g/L; 铯资源量达 9 000 t, 达大型矿床规模, 平均品位约 0.015 g/L; 主要的盐类矿物有钠硼解石、柱硼镁石、芒硝、无水芒硝^[11]。班戈湖钾盐资源量为 68×10^4 t, 为固体资源, 达小型矿床规模, 平均品位约 1.515%; 硼资源量为 286×10^4 t, 其中固体硼矿资源量为 237×10^4 t, 品位大于 5%, 液体硼矿资源量为 49×10^4 t, 平均品位约 2.79 g/L; 锂资源量为 20×10^4 t, 为液体资源, 平均品位 0.43 g/L, 主要盐类矿物为芒硝和硼砂^[5]。

2.3 共生特色资源

青藏高原盐湖以共生钾、镁、硼、锂等资源为特点。其中, 青海柴达木盆地的钾盐盐湖以富含钾、镁、硼、锂、钠为特点, 称为钾镁盐湖; 西藏以羌塘高原为代表, 盐湖则以贫钾, 富硼、锂、铯等为特点, 称为特种盐湖。

青海不同湖区的特色资源元素共生种类有所不同。察尔汗湖区为钠—镁—钾—锂; 东、西台吉乃尔—一里坪湖区为锂—镁—钾; 大、小柴旦湖区为硼—锂—钾—镁; 马海湖区、昆特依湖区和尕斯库勒湖区为钾—镁; 大浪滩湖区为钠—钾—镁。

西藏不同盐湖矿床的特色资源共生种类略有不同, 总体上为锂—硼—钾—钠—铯。与青海盐湖的资源对比, 西藏盐湖富集锂、硼、铯, 但钾的储量较小, 仅有少数矿床达到中型钾盐矿床规模, 多为小型钾盐矿床。

表 1 青藏高原重要特色钾盐盐湖统计表
Table 1 Some significant salt lakes of Qinghai-Tibet Plateau

序号	湖区名称	地质概况	主要固体矿物组合	资源量(10 ⁴ t) /品位					资料来源
				KCl	MgCl ₂	B ₂ O ₃	LiCl	Cs	
1	察尔汗	干盐湖, 5 856 km ² , 液体为主, 固液并存的大型钾镁盐矿床	石盐、钾石盐、石膏、光卤石、杂卤石、软钾镁矾、水氯镁石	29 621(固) /10.86%; 24 360(液) /0.33% ~ 4.81%	19 723(固) /20.09%; 257 035 458(液) (液) /17.74%	458(液)	152(固); 1 836(液)		文献 [5-7]
2	马海	干盐湖, 盐滩面积 2 000 km ² , 以固体钾盐和晶间卤水为主	石盐、钾石盐、光卤石、杂卤石、水氯镁石、无水钾镁矾、钾盐镁矾	789(固) /2.08% ~ 22.17%; 504(液) /0.65% ~ 1.81%					文献 [5,8]
3	大浪滩	半干盐湖, 面积 500 km ² , 固液并存, 以液体矿为主	石盐、钾石盐、光卤石、杂卤石、水氯镁石、石膏、硬石膏、芒硝、钾芒硝、钾镁矾等	716(固) /2% ~ 15%; 3 647(液) /0.7% ~ 3.8%	443(固); 1 223(液) /0.43% ~ 19.48%		6.9(液) /0.006% ~ 0.124%		文献 [5,9]
4	昆特依	干盐湖, 面积 1 680 km ² , 固液并存, 液体为主	石盐、钾石盐、光卤石、杂卤石、水氯镁石、石膏、芒硝、钾镁矾等	111(固) /6% ~ 10%; 2 654(液) /0.35 ~ 2.77%					文献 [5,9]
5	扎布耶	北湖为卤水湖, 南湖为半干盐湖, 总面积 238 km ² , 固液并存, 以液体矿为主的大型盐类矿床	硼砂、三方硼砂、石盐、扎布耶石 (Li ₂ CO ₃)、钾芒硝、钾石盐、芒硝	849(固) /2% ~ 5%; 769(液) /2.93% ~ 4.58%		1066 (固) /1.5% ~ 6%; 94(液) />20%	102(固) /0.35% ~ 0.7%; 82(液) /0.12% ~ 7.7%	0.159 (液)	文献 [5,11]

续表 1:

序号	湖区名称	地质概况	主要固体矿物组合	资源量(10 ⁴ t) /品位					资料来源
				KCl	MgCl ₂	B ₂ O ₃	LiCl	Cs	
6	扎仓茶卡	半干盐湖, 总面积 128 km ² , 固液并存, 以固体硼矿为主	库水硼镁石、多水硼镁石、柱硼镁石、菱镁矿、水菱镁矿、石盐、芒硝	12(固)/1.68% ~10.49%; 97(液)/1~21.98 g/L		400(固)/≥20%; 5.78(液)/>20%	29.8 (液)/ 2.66~7.37 g/L	0.9	文献 [5,11]
7	麻米错	卤水湖, 面积 86.7 km ² , 固液并存	钠硼解石、柱硼镁石、芒硝、无水芒硝	500(液)/6.7 g/L		250(固)/≥20%; 40(液)/1.53 g/L	200 (液)/5 g/L	0.015 g/L	文献 [11]
8	班戈湖	卤水湖, 总面积 130 km ² , 固液并存	芒硝、硼砂	68(固)/1.515%		237(固)/>5%; 49(液)/2.74 g/L	20 (液)/0.43 g/L		文献 [5]

3 结 论

1) 青藏高原盐湖众多, 主要分布在青海的柴达木盆地和西藏的羌塘高原。这些盐湖富含钾、镁、硼、锂、铯等有用元素, 综合利用价值大。

2) 青藏高原盐湖总体上具有呈带状集中分布、资源储量巨大和共生特色资源的特点。青海柴达木盆地的代表性盐湖有察尔汗、昆特依、大浪滩和马海等盐湖, 以富含钾、镁、硼、锂、钠为特点, 称为钾镁盐湖。西藏羌塘高原的代表性盐湖有扎布耶盐湖、扎仓茶卡、麻米错、班戈湖等, 以贫钾, 富硼、锂、铯等特点, 为特种盐湖。

参考文献:

[1] 马荣华, 杨桂山, 段洪涛, 等. 中国湖泊的数量、面积与空间分布[J]. 中国科学: 地球科学, 2011, 41(3): 394 - 401.

[2] 高小芬, 林晓, 张智勇, 等. 青藏高原第四纪钾盐矿时空

分布特征及成矿控制因素[J]. 地质通报, 2013, 32(1): 186 - 194.

[3] 赵元艺, 焦鹏程, 李波涛, 等. 中国可溶性钾盐资源地质特征与潜力评价[J]. 矿床地质, 2010, 29(4): 649 - 656.

[4] 郑绵平, 向军, 魏新俊, 等. 青藏高原盐湖[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1989: 1 - 431.

[5] 曹文虎, 吴蝉. 卤水资源及其综合利用技术[M]. 北京: 地质出版社, 2004: 1 - 316.

[6] 李承宝, 张秀春. 青海察尔汗盐湖钾资源开发现状[J]. 现代矿业, 2009, (2): 16 - 19.

[7] 李波涛, 赵元艺, 叶荣, 等. 青海察尔汗盐湖固体钾盐矿物组成及意义[J]. 现代地质, 2012, 26(1): 71 - 84.

[8] 魏新俊, 姜继学, 王弭力. 马海钾矿第四纪沉积特征及盐湖演化[J]. 青海地质, 1992, (1): 40 - 51.

[9] 宣之强. 青海昆特依和马海盐湖区钾镁盐矿床固体矿的基本特征[J]. 盐湖研究, 1995, 3(4): 1 - 9.

[10] 赵元艺, 初娜, 刘成林, 等. 我国钾盐资源潜力数据库建设成果报告[R]. 北京: 中国地质科学院, 2008.

[11] 王伟, 王刚, 赵元艺. 西藏盐湖硼矿资源特点与开发利用[J]. 盐业与化工, 2013, 42(8): 9 - 12.

The Characteristics of Salt Lake Resources in Qinghai-Tibet Plateau

WANG Ao¹, ZHAO Yuan-yi², XU Hong¹, LI Xiao-sai¹

(1. *China University of Geosciences, Beijing, 100083, China;*

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

Abstract: Qinghai-Tibet Plateau is an important salt lake distribution area in China, those salt lakes are mainly distributed in the Qaidam Basin of Qinghai and Chang Tang Plateau of Tibet, with three characteristics: concentrated zonal distribution, huge reserves of resources and symbiotic special resources. Salt lakes of Qinghai are overall rich in potassium, magnesium, boron, lithium, sodium, and are named potassium-magnesium salt lakes; while salt lakes of Tibet are rich in boron, lithium, cesium, and are named special salt lakes.

Key words: Special salt lake; Salt lake resource; Qinghai-Tibet plateau

(上接第23页)

Ore-forming Tectonic Setting of the Mengyejing Formation Potash Deposits in Lanping-Simao Basin

LI Yong-shou^{1,2,3}, MA Hai-zhou¹, MIAO Wei-liang¹, TANG Qi-liang¹

(1. *Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining, 810008, China;*

2. Key Laboratory of Salt Lake Geology and Environment of Qinghai Province, Xining, 810008, China;

3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China)

Abstract: Lanping-Simao basin is the only basin with ancient sylvite deposit in China. This paper made a summary and analysis for the tectonic background of salt-forming and sylvite-forming in Lanping-Simao basin. And the result shows that the development of Mesozoic basin has undergone the formation to disappearance of intracontinental rift, the stage of the Jurassic half-graben depression basin, the stage of the Early Cretaceous double downfaulted basin, the salinization and compressional strike-slip stages of the late Early Cretaceous, respectively. On this basis, we recognize that the intense tectonic movement developed during salt-forming stage (late Early Cretaceous) in Lanping-Simao basin, multiple secondary salt-forming basins formed through the disintegration of the unified paleolake, and deposited salts resources should belong to different depositional sequences, through the analysis of sedimentary characteristics of salt-bearing strata. It has important implication to investigate the tectonic setting during salt-forming of Lanping-Simao basin, then understand the characteristics of evaporite deposits and ore-forming mechanism.

Key words: Lanping-Simao Basin; Sylvite deposit; Ore-forming tectonic setting