

西藏盐湖的钾盐资源

刘喜方, 郑绵平

中国地质科学院矿产资源研究所, 国土资源部盐湖资源与环境重点实验室, 北京 100037

摘要 西藏盐湖赋存锂、硼、钾等特种资源及普通盐类。综述了西藏盐湖调查历史, 对已勘查盐湖的钾盐资源储量和已详细取样调查盐湖的钾盐资源量分别进行了汇总与估算, 阐述了盐湖成矿物质来源及西藏盐湖钾盐资源远景。西藏盐湖钾盐资源以中小型为主, 钾含量较高但规模较小, 而其伴生矿锂、硼的矿床规模大, 建议三者综合开采, 以取得最大效益。

关键词 盐湖; 钾盐资源; 西藏

青藏高原幅员辽阔, 盐湖星罗棋布, 是中国盐湖分布最密集的地区之一, 也是实际上海拔最高、范围最大、数量最多、类型齐全的高原盐湖分布区^[1]。据统计^[2-3], 青藏高原2000多个湖泊中, 有盐湖近500个, 占西藏湖泊总数量的1/4, 盐湖面积8225.18 km², 占西藏湖泊总面积的30.46%。在近500个盐湖中, 面积大于1 km²的盐湖234个, 其中, 藏北高原有218个, 为主要盐湖分布区; 藏南有14个, 为次要分布区; 藏东仅有2个, 分布最少^[1]。

西藏盐湖水化学类型齐全, 成分复杂, 除赋存有巨量石盐、芒硝、镁盐和天然碱等的“普通盐湖”外, 还以“钾镁盐湖”和富硼、锂(铯)等“特种盐湖”而闻名^[4]。本文在整理西藏盐湖以往调查资料的基础上, 简要阐述西藏盐湖的钾盐资源。

1 西藏盐湖调查历史

中国对青藏高原盐湖的了解和开采利用历史悠久, 如西藏远自6世纪就已开始利用硼砂, 是世界上最早发现和利用硼砂的闻名产地^[5]。19世纪初—40年代, 来自欧洲和印度的探险家、地质、地理人士零星涉足西藏高原某些盐湖和其他湖泊, 但几乎没有直接涉及盐湖资源。

青藏高原盐湖专业调查始于20世纪50年代。1952年, 中国科学院西藏工作队李朴等, 对班戈湖进行过调查^[5]。1951—1953年, 中国科学院西藏工作在藏东地区进行了盐湖矿产资源调查, 撰写了《西藏东部地质及矿产调查资料》。1956年, 西藏821地质队在班戈错进行了硼矿调查; 新疆841队在阿里茶拉卡硼矿区进行了踏勘, 但未做探部揭露, 所收集的资料较为简单。1957年, 新疆地质局喀什地质大队在噶尔昆沙一带进行地质调查时, 对浪马日湖硼砂做过调查^[6]。

1958—1961年, 藏北地质队范敏中、曾章仁等和地质部矿物原料研究所(中国科学院柴达木盐湖科学调查队)盐湖分队郑绵平、刘文高等, 对藏北沿黑阿(安狮)公路两侧进行了联合调查。1959年, 郑绵平撰写了《藏北东部硼矿初步报告》; 刘庭榕、曾章仁等撰写了《藏北地质队1959年硼矿普查报告》; 1960年, 曾章仁、向军等撰写了《旁于茶卡(盐湖)普查报告》^[6]; 中国科学院西藏综合考察队与藏北地质队撰写了《1960年西藏盐类矿产(盐湖)考察报告》^[3]。1961年, 刘庭榕、朱永铸等分别撰写了茶拉卡、扎布耶盐湖等年度普查报告, 同年郑绵平等发现扎仓茶卡新类型镁硼酸盐大型盐湖矿床^[7-8]。1965年, 范敏中等撰写了《西藏北部盐湖硼矿普查总结报告》和《西藏杜加里湖、班戈湖硼砂矿区初步勘探报告》。1962—1965年, 地质部矿物原料研究所盐湖分队先后撰写了《西藏盐湖硼矿研究报告》和《西藏盐湖及其他矿产地质考察实录》^[6]。

20世纪70年代, 中国科学院青海盐湖研究所于1976、1978年两次组队进入藏北考察; 在1988年综合上述前人盐湖资源调查成果, 出版了专著《西藏盐湖》。1974年, 西藏地质局区测队夏代祥等, 在扎布耶盐湖南湖进行了部分块段食盐详细普查^[3]。20世纪70年代末—80年代初, 西藏地矿局区测队在藏北进行1/1000000区域地质调查《日土幅》和《改则幅》时, 调查并收集了大量盐湖(湖泊)水质资料, 提供了羌北大片无人区湖泊的宝贵资料。

20世纪80年代, 中国地质科学院矿床所郑绵平、刘文高、郑元等, 青海地矿局第一地质队向军、魏新俊、徐国文等, 对扎布耶盐湖、扎仓茶卡和班戈湖进行了钻探与研究, 对双湖一带、风火山、可可西里盐湖和古近纪膏盐层进行了调查, 编

收稿日期: 2017-02-10; 修回日期: 2017-04-18

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目(DD20160054)

作者简介: 刘喜方, 研究员, 研究方向为盐湖学及盐类矿床, 电子信箱: liuxifang369@163.com; 郑绵平, 研究员, 中国工程院院士, 研究方向为盐类学与盐类矿床地质学, 电子信箱: zhengmp2010@126.com.

引用格式: 刘喜方, 郑绵平. 西藏盐湖的钾盐资源[J]. 科技导报, 2017, 35(12): 62-66; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2017.12.009

制了青藏高原盐湖水化学分带图(1/2500000),对青藏高原盐湖各类矿产进行了全面评估。1989年郑绵平等出版了专著《青藏高原盐湖》^[3]。

1991年,西藏地质矿产局第五地质大队开展了西藏北部盐湖调查,获得了黑-阿公路两侧一些湖泊较为详细的盐湖水化学分析资料。1994年,西藏地质矿产局开展了全区区域矿产总结,提交了《西藏自治区区域矿产总结》,提出了进一步开展地质勘查和开发利用的规划建议,提交有《西藏自治区矿产资源对2010年国民经济建设保障程度论证报告》^[6]。1997—1998年中国地质科学院矿产研究所盐湖中心在昂拉陵湖区和沿安狮公路西侧进行了盐湖调查。

1999—2002年,中国地质科学院盐湖中心郑绵平、刘喜方等对西藏高原羌塘地区盐湖资源进行了调查,编制了《西藏羌塘地区湖泊水化学分带图》等;将达到边界品位以上的各矿种编辑成册进而编制《西藏羌塘地区湖泊矿产、生物资源分布图》(1/1000000)和《青藏高原盐湖资源分布图》(1/2500000)。

2000—2002年,中国地质科学院矿产资源研究所(盐湖与热水资源研究发展中心)郑绵平、赵元艺等开展地质调查项目“青藏高原盐湖资源潜力评价及锂硼铷元素提取技术探索研究”,调查了班戈湖等15个湖泊矿产资源及生物资源,编制了《西藏自治区藏北东部湖泊资源调查评价图》(1/500000)。2001年,河南省地质调查院对西藏全区开展了全面、系统的资源与环境遥感综合调查,出版了《西藏盐湖矿产资源遥感成矿预测》。2002年,中国地质科学院矿产资源研究所(盐湖与热水资源研究发展中心)对扎仓茶卡II盐湖进行了详细调查工作,提交了《西藏自治区革吉县扎仓茶卡II湖东缘镁硼矿区详查报告》。

2008年以来,中国地质科学院矿床资源研究所先后承担了《青藏高原重要盐湖资源远景调查》(2008—2010)和《西藏

盐湖钾盐资源调查评价》(2011—2014)地质调查项目,提交了相关报告,目前正在开展“西藏重点盐湖锂硼等新能源资源调查”项目。

20世纪90年代末以来,中国地质科学院矿床资源研究所郑绵平团队先后完成了扎布耶盐湖和当雄错盐湖资源详查工作并提交了勘查报告。西藏地矿局第五地质大队先后完成了鄂雅错和拉果错等盐湖的勘查报告。一些矿业公司完成了结则茶卡、龙木错、麻米错、扎仓茶卡等盐湖卤水的勘查工作,提交了勘查报告。

2 西藏盐湖钾盐资源量估算

据已有公开出版的文献^[1-3,6]及近年来的地质调查报告^[9-11],西藏盐湖钾盐矿床多为中小型矿床。目前已经完成勘查的盐湖钾盐资源储量统计如表1所示,可以看出,西藏已经完成勘查的盐湖钾盐(KCl)资源储量共计8341.88万t。根据《盐湖和盐类矿产地地质勘查规范》(DZ/T 0212—2002),液体钾盐(KCl)储量小于500万t为小型矿床,储量500~5000万t为中型矿床,储量≥5000万t为大型矿床。表1中的捌千错和查波错属小型钾盐矿床,其他如龙木错、扎布耶盐湖、鄂雅错等为中型钾盐矿床。

2000年以来,中国地质科学院矿床资源研究所盐湖中心在完成地质调查项目时,依据符合《盐湖和盐类矿产地地质勘查规范》的合理网度,对西藏多格错仁、班戈湖、朋彦错、洞错、热觉茶卡、雅根查错等盐湖进行了详细调查,估算了这些盐湖的钾盐(KCl)资源量,如表2所示,共计2862.29万t。其中,多格错仁盐湖KCl资源量达中型规模。上述盐湖的地理分布如图1所示。

重点盐湖简要分述如下。

1) 龙木错。位于西藏阿里地区日土县松西区境内,盐湖面积约120 km²,湖水矿化度173.6g/L,pH值7.8,水化学类型

表1 已完成勘查的盐湖KCl资源储量

Table 1 KCl resource reserves in lakes which have prospected

盐湖名称	品位/(g·L ⁻¹)	资源储量/万t	盐湖名称	品位/(g·L ⁻¹)	资源储量/万t
当雄错	24.40	770.66	结则茶卡	4.90	979.94
拉果错	9.80	744.35	龙木错	7.90	1859.43
扎布耶盐湖	60.95	1592.56	扎仓茶卡(I II III)	31.76	228.53
麻米(仓木)错	13.50	560.00	捌千错	7.70	25.84
鄂雅错	10.20	1106.23	查波错	30.70	474.34

表2 近年来详细取样调查的盐湖钾盐(KCl)资源量

Table 2 Amount of potash(KCl)resources in lakes according to detailed sampling in recent years

盐湖名称	品位/(g·L ⁻¹)	资源储量/万t	盐湖名称	品位/(g·L ⁻¹)	资源储量/万t
多格错仁	9.40	2034.55	洞错	6.60	154.40
班戈湖	13.00	444.29	热觉茶卡	6.70	36.35
朋彦错	6.80	119.10	雅根查错	1.80	73.60

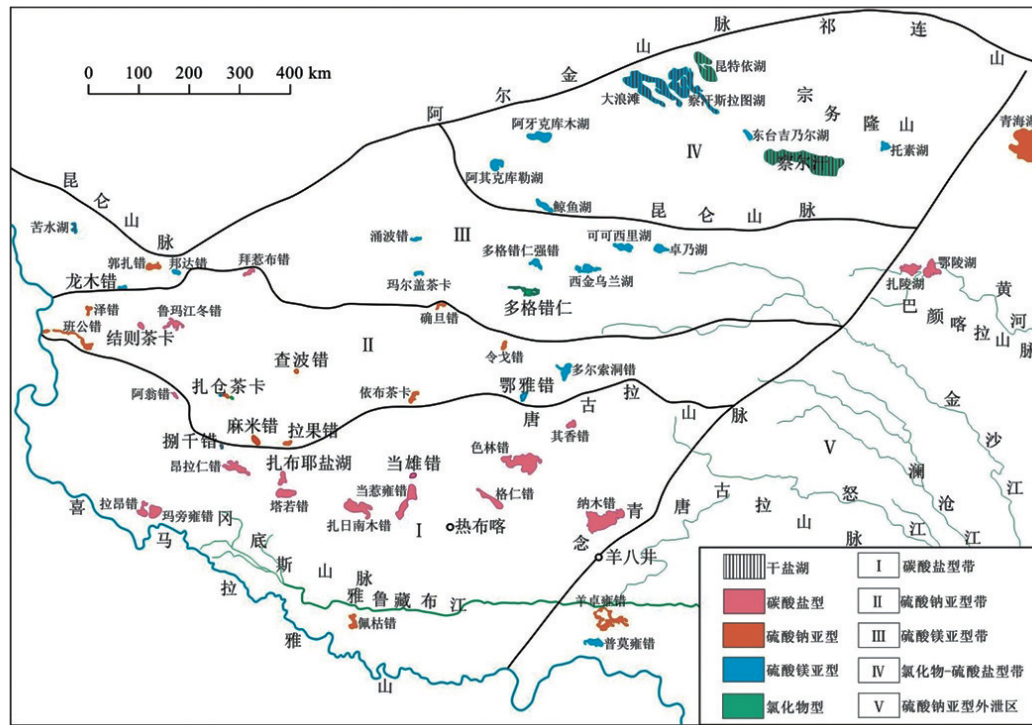


图1 主要盐湖地理分布示意

Fig. 1 Geographical distribution map of the main salt lakes

为硫酸镁亚型。卤水成分中K、B、Li等含量较高。LiCl和B₂O₃资源量均达到大型规模,KCl含量为7.9 g/L,资源储量为1859.43万t。

2) 扎布耶盐湖(茶卡)。隶属于西藏日喀则地区仲巴县隆格区,盐湖面积241 km²。扎布耶茶卡分南湖和北湖两部分,20世纪80年代在北湖南部靠近湖岸地带沉积了固体石盐层,21世纪以来,由于湖水位上升、盐度变低,固体石盐层已全部溶解、消失;南湖大部分为干盐滩,主要矿物成分为石盐、天然碱、芒硝、钾石盐、硼砂等。扎布耶茶卡不仅含有丰富的石盐等普通盐类资源,而且富含锂、硼、钾、铯等特种资源,盐湖水化学类型为碳酸盐型,KCl资源储量1592.56万t。

3) 鄂雅错。隶属于西藏那曲地区双湖县,现代盐湖面积62 km²,湖水盐度22%,pH值为7.8,水化学类型属硫酸镁亚型,水深6~8 m(据2002年5月测量)。湖水中的NaCl、MgCl₂等普通盐类和KCl、Li、B等特种盐类矿产均已达到工业开采品位,Rb超过了边界品位。湖水中的LiCl和B₂O₃资源量均达到大型规模;KCl资源储量为1106.23万t。此外该湖还有轮虫、盐藻等生物资源,是一个很有开发价值的盐湖。

4) 多格错仁。隶属于西藏那曲地区双湖县,位于双湖县北约150 km的无人区。现代盐湖面积480 km²,湖水盐度13%~22.2%,pH值为7.2~7.9,水化学类型属氯化物型,最大水深39.4 m。湖水中的LiCl含量达到了工业品位,规模为大型;KCl资源量为2034.55万t。

3 西藏盐湖钾盐资源远景

除上述已做详细调查并估算钾盐资源量的盐湖外,西藏高原还有一些盐湖的卤水KCl含量达到了边界品位。通过收集分析已有盐湖资料,本文整理出卤水KCl含量达到了边界工业品位的盐湖,概略估算了这些盐湖的KCl资源量,如表3所示。

表3中所有盐湖的KCl总资源量为507.16万t。需要说明的是,由于没有这些盐湖的深度数据,本文仅根据经验进行估算,可能与实际情况有较大偏差。

此外,羌塘北部还有大量盐湖至今没有水化学分析结果。由于自然环境恶劣,西藏盐湖地质勘查程度很低,只有少数盐湖地区有浅部钻探,如杜佳里湖、扎布耶盐湖等,其他盐湖区是否具有地下卤水钾盐资源有待进一步调查。

4 西藏盐湖钾盐矿床成矿物质来源

通过对西藏扎布耶盐湖矿床成矿物质来源研究表明^[9-10],扎布耶盐湖Li、B等主要由地热水与深部围岩相互作用获取大量的Li、B等成矿物质携至地表湖水中,地表岩石长期风化淋滤以及第四纪沉积物中大量Li、B等随河水、泉水汇聚到湖中也是重要的成矿物质来源。拉果错、麻米错、当雄错、扎仓茶卡等盐湖周围也发育大量温泉^[3,11-12]、钙华堆积,这些温泉和钙华的Li、B、K含量均表现正异常。近期在色卡执发现中新世富硼、锂(铯、铷、钾)火山沉积及地热水^[10],有力证明西藏

表3 KCl含量达到边界品位的盐湖及其资源量

Table 3 Salt lakes with KCl content reaching the cut-off grade and the amount of resources

盐湖名称	品位/(g·L ⁻¹)	资源储量/万t	盐湖名称	品位/(g·L ⁻¹)	资源储量/万t
毕洛错	10.70	46.95	日弯茶卡	11.39	0.43
达闭错	7.30	0.82	冈玛错	22.35	9.18
才玛尔错	38.80	99.35	阿木错	7.15	62.21
恰果错	8.70	0.17	北雷错	9.53	10.44
聂尔错	28.30	6.80	夏茶卡	27.68	1.68
孔孔茶卡	8.80	2.12	占宗茶卡	22.80	21.89
加勒湖	10.50	19.86	都布克II湖	18.57	0.28
题玛尔茶卡	7.90	1.42	杜佳里湖*	15.42	66.90
玛尔果茶卡	5.50	33.68	查那错	27.04	4.87
半岛湖	5.90	25.53	布尔嘎错	8.99	3.24
永波错	10.30	82.08	康如茶卡	6.80	3.10
冈圻错	7.57	4.16			

注:*杜佳里湖为晶间卤水资料。

盐湖和地热水硼、锂(铯)正异常中心^[3]及其物质来源,与高原新近纪以来火山-热水活动密切相关。

多格错仁盐湖南部及东南部分布大量盐泉、温泉及钙华,研究表明,盐泉及温泉的Li、B、K含量较高,是多格错仁盐湖的重要成矿物质来源;根据盐泉水的钠氯系数、溴氯系数、硫同位素、铯含量及同位素特征,推断盐泉水可能溶滤了侏罗纪夏里组二段和索瓦组一段地层中的蒸发盐,指出该地区夏里组和索瓦组最有可能蕴含成盐成钾层系,进一步论证了羌北侏罗纪钾盐成矿前景^[13-19]。

5 结论

西藏盐湖钾盐资源以中小型为主,多数盐湖钾含量较高但规模较小;盐湖钾盐多以共生矿出现,主矿产为锂和硼,多数达到大中型。由于盐湖调查程度低,盐湖资源尚有潜力,值得进一步开展工作。

由于西藏盐湖特殊的自然地理环境、交通及能源条件,单独开采盐湖钾盐资源可能难以取得较好的经济效益,应与具有良好应用前景、价值高、矿床规模大的锂和硼资源综合开采,取得最大收益。

参考文献(References)

- [1] 郑喜玉, 张明刚, 徐昶, 等. 中国盐湖志[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
Zheng Xiyu, Zhang Minggang, Xu Chang, et al. salt lakes in China[M]. Beijing: Science Press, 2002.
- [2] 郑喜玉, 唐渊, 徐昶, 等. 西藏盐湖[M]. 北京: 科学出版社, 1988.
Zheng Xiyu, Tang Yuan, Xu Chang, et al. Salt lakes in Xizang[M]. Beijing: Science Press, 1988.
- [3] 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.
Zheng Mianping, Xiang Jun, Wei Xinjun, et al. Saline lakes on the Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau[M]. Beijing: Beijing Scientific and Technical Publishing House, 1989
- [4] 郑绵平. 论中国盐湖[J]. 矿床地质, 2001, 20(2): 181-189.

Zheng Mianping. On saline lakes of China[J]. Mineral Deposit, 2001, 20(2): 191-189.

- [5] 李朴. 西藏东部地区地质及矿产调查资料[M]. 北京: 科学出版社, 1959.
Li Pu. Survey data of geology and minerals in eastern Tibet[M]. Beijing: Science Press, 1959.
- [6] 王建平, 白朝军, 王跃峰, 等. 西藏盐湖矿产资源遥感成矿预测[M]. 北京: 地质出版社, 2008.
Wang Jianping, Bai Chaojun, Wang Yuefeng, et al. Remote sensing metallogenic prognosis on salt lakes mineral resources in Tibet[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2008.
- [7] 郑绵平, 金文山. 我国某地一个新类型镁硼酸盐矿床的初步研究[J]. 中国地质, 1964(2): 24-30.
Zheng Mianping, Jin Wenshan. Preliminary study of a new type of magnesian borate deposit in China[J]. Geology in China, 1964(2): 24-30.
- [8] 郑绵平, 刘文高. 西藏发现富锂镁硼酸盐矿床[J]. 地质论评, 1982, 28(3): 263-266.
Zheng Mianping, Liu Wengao. The discovery of a lithium-rich magnesian borate deposit in Xizang(Tibet)[J]. Geological Review, 1982, 28(3): 263-266.
- [9] 郑绵平, 刘喜方, 刘俊英, 等. 西藏羌塘盐湖资源调查评价[R]. 北京: 中国地质科学院矿产资源研究所, 2003.
Zheng Mianping, Liu Xifang, Liu Junying, et al. Investigation and evaluation on resources of saline lake in Qiangtang, Tibet[R]. Beijing: Institute of mineral resources, Chinese Academy of Geological Sciences, 2008.
- [10] 刘喜方, 郑绵平, 贾沁贤, 等. 青藏高原重要盐湖资源远景调查成果报告[R]. 北京: 中国地质科学院矿产资源研究所, 2011.
Liu Xifang, Zheng Mianping, Jia Qinxian, et al. Survey report on resources perspective of important Saline lakes in Qinghai-Tibet[R]. Beijing: Institute of mineral resources, Chinese Academy of Geological Sciences, 2011.
- [11] 刘喜方, 郑绵平, 贾沁贤, 等. 西藏盐湖锂钾资源调查评价成果报告[R]. 北京: 中国地质科学院矿产资源研究所, 2015
Liu Xifang, Zheng Mianping, Jia Qinxian, et al. Report of survey and evaluation on Li & K resource in the saline lakes in Tibet[R]. Beijing: Institute of mineral resources, Chinese Academy of Geological Scienc-

- es, 2015.
- [12] 刘喜方, 郑绵平, 齐文. 西藏扎布耶盐湖超大型B、Li矿床成矿成矿物质来源研究[J]. 地质学报, 2007, 81(12): 1709-1715.
Liu Xifang, Zheng Mianping, Qi Wen. Sources of ore-forming materials of superlarge B and Li deposit in Zabuye Salt Lake, Tibet, China [J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81(12):1709-1715.
- [13] 郑绵平, 张永生, 刘喜方, 等. 中国盐湖科学技术研究的若干进展与展望[J]. 地质学报, 2016, 90(9): 2123-2166.
Zheng Mianping, Zhang Yongsheng, Liu Xifang, et al. Progress and prospects of salt lakes research in China[J]. Acta Geologica Sinica, 2016, 90(9): 2123-2166.
- [14] 郑绵平, 陈文西, 齐文. 青藏高原火山-沉积硼矿的新发现与远景分析[J]. 地球学报, 2016, 37(4): 387-418.
Zheng Mianping, Chen Wenxi, Qi Wen. New findings and perspective analysis of prospecting for volcanic sedimentary boron deposits in the Tibetan Plateau[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2016, 37(4): 387-418.
- [15] 佟伟, 廖志杰, 刘时彬, 等. 西藏温泉志[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
Tong Wei, Liao Zhijie, Liu Shibin, et al. Thermal springs in Tibet[M]. Beijing: Science Press, 2000.
- [16] 牛新生, 陈文西, 刘喜方. 羌塘盆地多格错仁地区盐泉地球化学特征及成钾预测[J]. 现代地质, 2013, 27(3): 1-8.
Niu Xinsheng, Chen Wenxi, Liu Xifang. Geochemical characteristics on salt springs and potash perspective in Dogai Coring area of Qiangtang Basin[J]. 2013, 27(3):1-8.
- [17] 牛新生, 刘喜方, 陈文西. 西藏多格错仁南岸钙华地球化学特征与钾盐地质意义[J]. 沉积学报, 2013, 31(6): 1031-1040.
Niu Xinsheng, Liu Xifang, Chen Wenxi. Travertine in south bank of Dogai Coring, Tibet: Geochemical characteristics and potash geological significance[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2013, 31(6): 1031-1040.
- [18] 牛新生, 刘喜方, 陈文西. 西藏北羌塘盆地多格错仁地区盐泉水化学特征及其物质来源[J]. 地质学报, 2014, 88(6): 1003-1010.
Niu Xinsheng, Liu Xifang, Chen Wenxi. Hydrochemical characteristic and origin for salt springs water in Dogai Coring area of North Qiangtang Basin, Tibet[J]. Acta Geologica Sinica, 2014, 88(6): 1003-1010.
- [19] 郑绵平, 袁鹤然, 张永生, 等. 中国钾盐区域分布与找钾远景[J]. 地质学报, 2010, 84(11): 1321-1553.
Zheng Mianping, Yuan Heran, Zhang yongsheng, et al. Regional distribution and prospects of potash in China[J]. Acta Geologica Sinica, 2010, 84(11): 1321-1553.

Saline lake potash resources in Tibet

LIU Xifang, ZHENG Mianping

MLR Key Laboratory of Saline Lake Resources and Environments, Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China

Abstract Common salts and resources of some special elements are found in the saline lakes in the Tibet. In this paper, the survey history of the saline lakes in the Tibet is reviewed briefly, the reserves of the potash resource in the saline lakes is estimated according to the prospected results, as well as the amount of the potash resources in the saline lakes according to the detailed sampling. The perspective of the potash resources in the saline lakes in the Tibet is analyzed, as well as the source of the mineralization materials. Some suggestions are made for the potash mining in the saline lakes.

Keywords salt lake; potash resources; Tibet

(责任编辑 韩星明)