青藏高原盐湖观测站概述

孔维刚,卜令忠,郑绵平,乜贞

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　盐湖长期观测对资源开发和盐湖学基础研究具有重要意义。介绍了青藏高原3个锂硼盐湖科学观测站的建站背景、已有基础设施、观测设备、研究进展及展望。观测站分别建在青藏高原北部3个重点锂硼盐湖区——扎布耶、当雄错和班戈湖。建立至今,已在3个科学站配备了水化学分析、气象、水文自动观测等相关仪器设备,建成蒸发实验平台。依托3个盐湖观测站,开展了重点盐湖系统连续气象、水文动态变化观测、盐湖型锂硼矿床动态变化研究、盐湖矿物资源提取实验等工作。下一步,需对科学站所积累的大量气象、水文资料进行整理,力争建立可用性好的数据库,实现数据共享。

关键词　青藏高原;盐湖;科学站;长期观测;锂硼

美国的大盐湖(Great Salt Lake)自1850年以来即有水位观测记录。研究揭示湖水位有半周期为90年的长周期波动和与太阳黑子活动基本同步的短周期(8~12年)等多种周期性规律,为企业生产与政府部门决策提供了基础科学数据[1]。中东—中亚地区是目前地球上最大的干旱带,水资源危机是制约该区经济发展与社会稳定的最关键因素之一。例如,死海(Dead Sea)蕴含丰富的钾、溴、镁,自1930年以来水位下降约25 m,过去20年内面积收缩约30%,从1977以来平均下降速率约为60 cm/年。该湖自1800年开始即有长期记录,且以色列在此地建有现代化自动科学观测站和大型科学调查船[2]。里海(Caspian Sea)是世界上最大的咸水湖。长达一个半世纪的水位记录数据表明,1933年以前里海水位变幅较小,从1933年至今里海水位经历了变幅达3 m的快速下降与再次快速上升的过程,这不仅影响着里海资源开发(如里海东岸的卡纳博加兹湾盐化企业的兴衰),也影响着周边城镇兴废及生态环境[3]。

中国自20世纪60年代,曾先后在青海察尔汗、吉兰泰、运城等地建立盐湖观察站,但多未坚持。20世纪90年代相继在内蒙吉兰太、西藏扎布耶和当雄错、青海察尔汗和西台吉乃尔、新疆罗布泊等地建立盐湖观察站,这些台站多数取得了较为宝贵的长期观察资料。有的盐湖还进行水化学、沉积作用等研究,或进行现场扩大提取实验,取得较好的科学和应用成果,对发展中国钾盐和锂盐产业发挥了重要作用。但由于经费等原因,没有长期坚持下来,获取的数据不够连续、全面;缺乏把盐湖作为沉积成矿作用和综合利用的野外平台的思路和设施;各科学观测站之间缺乏联系和交流,未能构成统一的网络,没有与实时的卫星遥感数据相结合,因而也不能为有关单位及公众提供数据或发挥及时预警作用。

因此,在重要盐湖区建立科学实验观测站,并与重大科学问题结合,为保障盐湖资源合理开发、气候变化预警、防灾减灾、环境保护服务,是盐湖科学研究的发展方向[4-6]。

21世纪初,中国地质科学院盐湖中心在西藏扎布耶盐湖,针对盐湖湖区的辐射平衡、卤水蒸发速率、含锂碳酸盐型水盐体系的结晶规律与Pitzer模型参数,试图建立适合中国盐湖条件的能量平衡、水量平衡、水化学平衡的综合性水文地球化学模型[7-8]。2011年开始,在科学技术部行业专项和财政部修缮专项资助下,建立了西藏扎布耶—塔若错、当雄错—当惹雍错、班戈湖—色林错3个盐湖科学实验观测研究站,以期补充中国重点盐湖动态变化监测数据库,建立预测预警数值模型,根据监测网实时观测与遥感资料进行预测预警,向全社会提供中国重点盐湖区的基础研究数据,为当地政府和企业的决策提供借鉴;并建立科研平台,积累盐湖沉积作用与盐类物理化学及盐生物科学数据,提高中国在盐湖学和相关领域的科研水平。本文将重点介绍西藏现有3个盐湖观测站的建站背景、已有基础设施、观测设备、现有科研方向等。

1　建站背景、基础设施及设备

3个盐湖观测站大约等距分布于拉萨与狮泉河(阿里地

收稿日期:2016-11-20;修回日期:2017-02-08

基金项目:国家自然科学基金项目(41303049)

作者简介:孔维刚,副研究员,研究方向为盐湖学,电子信箱:kwg@cags.ac.cn;卜令忠(通信作者),高级工程师,研究方向为盐湖化学,电子信箱:291154451@qq.com

引用格式:孔维刚, 卜令忠, 郑绵平, 等. 青藏高原盐湖观测站概述[J]. 科技导报, 2017, 35(6): 103-107; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2017.06.013

区政府所在地)之间,分别位于扎布耶湖区、当雄错湖区、班戈湖区(图1)。这种选址既针对最重要几个盐湖的长期观测,又考虑到对人类居住地的辐射作用,为观测站周围的盐湖考察提供支撑。经过20余年、多轮建设,观测站已能为海拔高于4500 m的地区提供野外观测研究所需要的基本生活和科研条件。

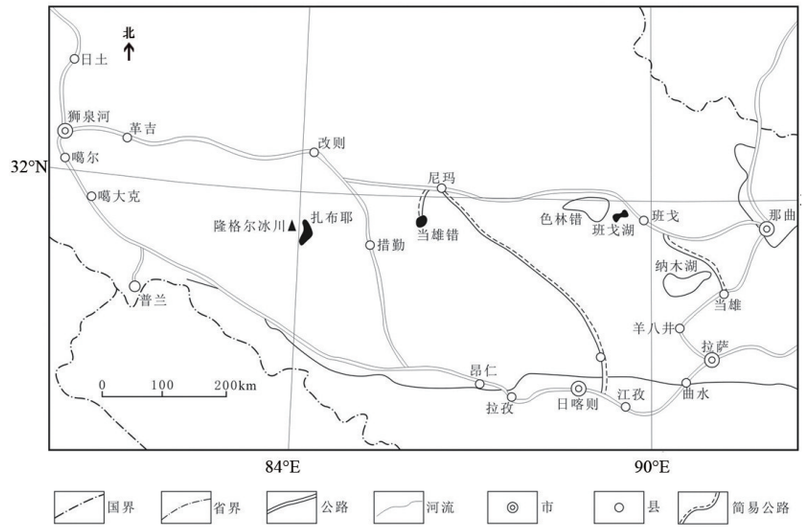

图1 西藏盐湖观测站分布

Fig. 1 Schematic map of salt lake stations

1.1 建站背景及基础设施

1)扎布耶盐湖观测站。西藏扎布耶盐湖野外观测站始建于1990年,在科学技术部重点项目"西藏扎布耶盐湖开发前期长期观测研究"(1990—1994年,经费120万元)资助下建立,进行盐湖区气象、水文、水化学动态变化长期监测和少量生态环境观测。后又得到科学技术部"中国重点盐湖动态变化监测数据库与预警体系"(2002—2003年,190万元)和"中国重点盐湖动态变化持续监测与预警研究"(2006—2007年,100万元)的资助,部分后勤保障得到西藏扎布耶锂业有限公司的帮助。至今该观测站已经连续运行20余年。

2011年,扎布耶观测站在财政部修缮项目"盐湖野外科学实验观测站修缮"扶持下,修缮了扎布耶站的生活、工作设施,形成了3000 m^2的院落,600 m^2的办公、住宿用房,锅炉取暖,10 kW太阳能供电系统等设施。

2)当雄错盐湖观测站。当雄错盐湖观测站在2003年建站时租用当地民房,后于2008年在湖区修建了600 m^2实验办公和生活用房,配备有实验室、分析室等,整个院落1600 m^2。

2011年,当雄错观测站在财政部修缮项目"盐湖野外科学实验观测站修缮"扶持下,修缮了相关的生活、工作设施,配套了锅炉取暖、20 kW太阳能供电系统、制氧系统等设施。

3)班戈湖盐湖观测站。在中国地质调查局大地调项目资助下,于2003年开始在西藏班戈湖建立了初步的盐湖观测站,开展了2年时间的气象水文动态变化监测工作,由于经费等原因,该观测站于2005年停止运行。

2011年,班戈湖观测站受国土资源部修缮项目"盐湖野外科学实验观测站修缮"项目扶持,修缮了班戈湖站的相关设施,形成了3000 m^2的院落,600 m^2的办公、住宿用房,锅炉取暖,15 kW太阳能供电系统等设施(图2)。

图2 盐湖观测站基础设施(班戈站)

Fig. 2 Infrastructure of salt lake stations(Ban´ge Station)

1.2 科学目标及科研设备

盐湖观测站在建站之初设立了5个主要科学目标。1)积累重点盐湖气象—水文动态变化基础科学数据,形成盐湖观

测站观测规范。2）进行重点盐湖区冰缘—洪积扇—盐湖系统动态变化观测研究,对比研究野外监测数据和遥感数据,建立中国重点盐湖区预测预警模型,向全社会提供网络化信息服务。3）初步建立盐湖沉积典型盐类矿物的环境转换指标,探讨湖泊沉积与成矿作用、盐湖生态系统对环境及全球变化的响应。4）把盐湖野外科学实验观测站建成为盐类研究的“蒸发盆地天然实验室”,成为中国研究湖泊与盐湖“将今论古”的综合基地。5）开展锂硼重点盐湖卤水提取实验,获得优化的盐湖提锂、硼工艺路线,为发展中国世界级大盐湖产业提供重要科技支撑。

基于以上科学目标,配备了与之相应的科研设备。1）野外观测站建有高低温恒温实验室(-25℃~60℃),用于卤水的结晶研究,盐矿鉴定室用于盐类矿物的现场鉴定。2)BWB XP 5通道数字型火焰光度计及原子吸收光谱仪,可高效精确测量水样中的Na、K、Li、Ca、Ba的离子浓度。3）较为完备的水样离子化学分析所需基本实验材料。4）用于数据采集分析的台式计算机。

野外观测站还配有观测设备:气象自动观测设备(图3)用于湖区风向、风速、日照、气压和降水等基础数据的连续测量;水文自动观测系统(水位、水深、水温、浪高等测量和河水泉水补给的测量,图3);天然蒸发器可进行卤水日晒蒸发试验等。其中,气象水文自动观测系统已实现实时无线传输。

图3　盐湖观测站已安装的观测仪器

Fig. 3　Observation instruments installed at the salt lake stations

2　观测及研究进展

2.1　气象水文观测研究

形成观测站基础平台后,国土资源部盐湖资源与环境重点实验室开展了全面的湖泊气象水文生态环境监测,积累了大量的气象、水文、水化学观测数据,不但为盐湖开发起到重要指导作用,成为从事西藏盐湖研究的野外基地,而且积累了不可多得的气候环境变化数据,对藏北环境保护将发挥重大作用。

通过盐湖科学观测,积累了西藏扎布耶盐湖区(1990—2016年)、当雄错盐湖区(2003—2016年)及班戈湖区(2003—2005、2012—2016年)连续几年的气象、湖水及补给水文数据集(表1)。

2.2　研究内容及进展

西藏盐湖动态观测网络的构想由来已久[9],直到目前基本建成了以扎布耶、当雄错、班戈湖3个长期观测站为核心的盐湖动态变化观测网络,实现了实时监测和数据的无线传输。事实上,从建站开始,基于观测站平台就已经开始了多方面的观测及研究。

表1　已有气象水文数据集

Table 1　Meteorological and hydrochemical data set obtained

盐湖区	气象数据年限(类型)	盐湖环湖补给水文数据年限(类型)
扎布耶湖区	1990—1999年(人工观测,纸质版) 2000—2011年(人工观测,纸质版、电子版) 2012—2016年(自动观测,电子版)	1990—2010年(人工观测,纸质版) 2011—2016年(自动观测,电子版)
当雄错湖区	2004—2011年(人工观测,纸质版、电子版) 2012—2016年(自动观测、人工观测,纸质版、电子版)	2003—2011年(人工观测,纸质版、电子版) 2012—2016年(自动观测,电子版)
班戈湖区	2003—2005年(人工观测,纸质版) 2013—2016年(自动观测,电子版)	2003—2005年(人工观测,纸质版) 2013—2016年(自动观测,电子版)

基于观测数据已经进行了一些基础科学研究,如基于扎布耶环湖观测进行了扎布耶盐湖的物源研究[10],基于水位观测对扎布耶盐湖水位变化规律进行的研究[11],基于气象水文综合数据进行的气候对盐湖动态变化影响的研究。

随着新能源新材料产业的发展,锂硼资源已经成为新型战略矿产资源。青藏高原拥有中国最大的盐湖型矿床,其中扎布耶盐湖、当雄错盐湖及班戈湖都是重要的盐湖型锂硼特种矿床[12]。因此,依托观测站平台,开展了大量开发实验和资源动态变化观测等方面的工作。扎布耶是中国第一个也是目前唯一产业化的盐湖型碳酸锂生产基地。依托扎布耶站,针对扎布耶盐湖锂资源的提取做了大量的野外实验[13-15],研发了一套完备、绿色适合当地条件的碳酸锂提取的绿色工艺流程。此外,也分别针对当雄错、班戈湖及其附近的杜佳里盐湖的资源提取进行了大量实验[16-22]。

3 展望

3个观测站已积累了大量的盐湖区水文、气象数据,但数据多以独立记录为主,需要整合成较为方便使用的数据库数据,为数据共享、服务社会提供支撑,下一步将对数据进行整理并建立统一的盐湖动态观测数据库。

截至目前,直接基于盐湖观测数据的基础研究还较少,可以从盐湖物源、盐湖—气候—水系—雪山相互作用及盐湖生态等方面进一步加深研究。

3个观测站基本覆盖到了拉萨—狮泉河一线大幅地区,除了为盐湖研究提供支撑外,还可以为其他需要野外考察或观测的研究项目提供平台支撑。

参考文献(References)

[1] Arnow T, Stephens D W. Hydrological characteristics of the Great Salt Lake, Utah: 1847-1986[R]. Reston: United States Geological Survey, 1990.

[2] Salameh E, El-Naser H. Changes in the Dead Sea level and their impacts on the surrounding groundwater bodies[J]. Acta Hydrochemica et Hydrobiologica, 2000, 28(1): 24-33.

[3] Shiklomanov I A, Georgievsky V Y, Kopaliani Z O. Water balance of the Caspian Sea and reasons of water level rise in the Caspian Sea[C]// Intergovernmental Oceanographic Commission Workshop. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 1995, 28: 1-27.

[4] Zheng M P. On salinology[J]. Hydrobiologia. 2001, 162: 339-347.

[5] 郑绵平. 青藏高原盐湖资源研究的新进展[J]. 地球学报, 2001, 22(2): 97-102.
Zheng Mianping. Study advances in saline lake resources on the Qinghai-Tibetan Pleteau[J]. Acta Geoscientia Sinica, 2001, 22(2): 97-102.

[6] 郑绵平. 盐湖学的研究与展望[J]. 地质评论, 2006, 52(6): 737-746.
Zheng Mianping. Salinology: Research and prospects[J]. Geological Review, 2006, 52(6):737-746.

[7] 齐文, 郑绵平. 西藏盐湖卤水蒸发速率的实验与计算[J]. 地质学报, 2007, 81(12): 1727-1733.
Qi Wen, Zheng Mianping. Rates of evaporation from saline lakes on the Tibetan Plateau: An approach to measurements and calculations[J]. Actageologica Sinica, 2007, 81(12): 1727-1733.

[8] 齐文, 郑绵平. 西藏扎布耶盐湖卤水演化的Pitzer模型模拟[J]. 地质学报, 2007, 81(12): 1734-1741.
Qi Wen, Zheng Mianping. Simulation with Pitzer model of lake brine evolution of Zabuye Salt Lake, Tibetan Plateau[J]. Actageologica Sinica, 2007, 81(12) : 1734-1741.

[9] 齐文, 郑绵平. 中国重点盐湖动态变化监测数据库与预警体系[J]. 矿床地质, 2002, 21(增刊1): 52-54.
Qi Wen, Zheng Mianping. Database and presentiment of dynamic changes of key saline lakes in China[J]. Mineral Deposits, 2002, 21(Suppl 1): 52-54.

[10] 刘喜方, 郑绵平, 齐文. 西藏扎布耶盐湖超大型B、Li矿床成矿物质来源研究[J]. 地质学报, 2007, 81(12): 1709-1715.
Liu Xifang, Zheng Mianping, Qi Wen. Source of ore-forming materials of the superlarge B and Li deposits in Zabuye Salt Lake, Tibet, China [J]. Actageologica Sinica, 2007, 81(12): 1709-1715.

[11] 齐文, 郑绵平. 西藏扎布耶盐湖水位波动规律初探[J]. 地理科学, 2006, 26(6): 693-700.
Qi Wen, Zheng Mianping. Time-serial analyses of water level fluctuation of Zabuye Salt Lake, Tibet[J]. Scientica Geographica Sinica, 2006, 26(6): 693-700.

[12] 郑绵平, 刘喜方. 青藏高原盐湖水化学及其矿物组合特征[J]. 地质学报, 2010, 84(11): 1585-1600.
Zheng Mianping, Liu Xifang. Hydrochemistry and mineral assemblages of salt lakes in the Qinghai-Tibetan Plateau, China[J]. Actageologica Sinica, 2010, 84(11): 1585-1600.

[13] 乜贞, 郑绵平. 西藏扎布耶盐湖夏季卤水盐田晒制研究[J]. 地球学报, 2001, 22(3): 271-275.
Nie Zhen, Zheng Mianping. A study of the brine solarizing behavior in solar ponds of Zabuye Salt Lake[J]. Acta Geoscientia Sinica, 2001, 22(3): 271-275.

[14] 张永生, 乜贞, 卜令忠, 等. 富锂碳酸盐型卤水在系列冷冻温度下的组成演变[J]. 海湖盐与化工, 2001, 30(1): 3-6.
Zhang Yongsheng, Nie Zhen, Bu Lingzhong, et al. Evolution of Li rich carbonate type brine under freezing temperatures[J]. Journal of Salt and Chemical Industry, 2001, 30(1): 3-6.

[15] 乜贞, 张永生, 卜令忠, 等. 西藏扎布耶盐湖卤水冬季制卤试验研究[J]. 地质通报, 2005, 24(4): 386-390.
Nie Zhen, Zhang Yongsheng, Bu Lingzhong, et al. Experimental study on concentration of winter brines in Zabuye Salt Lake, Tibet[J]. Geological Bulletin Of China, 2005, 24(4): 386-390.

[16] 伍倩, 郑绵平, 乜贞, 等. 西藏当雄错碳酸盐型盐湖卤水自然蒸发析盐规律研究[J]. 无机化学学报, 2012, 28(9): 1895-1903.
Wu Qian, Zheng Mianping, Nie Zhen, et al. Natural evaporation and crystallization regularity of Dangxiongcuo carbonate- type salt lake brine in Tibet[J]. Chinese Journal of Inorganic Chemistry, 2012, 28(9): 1895-1903.

[17] 伍倩, 郑绵平, 乜贞, 等. 当雄错盐湖卤水提钾盐田日晒工艺扩大试验研究[J]. 无机化学学报, 2013, 29(1): 36-44.
Wu Qian, Zheng Mianping, Nie Zhen, et al. Scale-up study on potassium extraction from Dangxiongcuo Salt Lake brine by evaporating ponds[J]. Chinese Journal of Inorganic Chemistry, 2013, 29(1): 36-44.

[18] 伍倩, 郑绵平, 乜贞, 等. 西藏湖区现场热溶冷结晶法提钾实验研究[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2013, 32(1): 102-106.
Wu Qian, Zheng Mianping, Nie Zhen, et al. Study on potassium extrac-

tion using hot-dissolving and cooling crystallization process in Tibet lake scene[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2013, 32(1): 102-106.

[19] 伍倩, 郑绵平, 乜贞, 等. 西藏当雄错盐湖卤水冬季日晒蒸发实验研究[J]. 地质学报, 2013, 87(3): 433-440.
Wu Qian, Zheng Mianping, Nie Zhen, et al. Experiment study of solar evaporation of brine from the Dangxiongcuo Salt Lake in Tibet in winter[J]. Actageologica Sinica, 2013, 87(3): 433-440.

[20] 余疆江, 郑绵平, 伍倩, 等. 西藏杜佳里盐湖湖水的自然蒸发及析盐规律[J]. 化工进展, 2015, 34(12): 4172-4178.
Yu Jiangjiang, Zheng Mianping, Wu Qian, et al. Natural evaporation and crystallization of Dujiali Salt Lake water in Tibet[J]. Chemical Industry and Engineering Progress, 2015, 34(12): 4172-4178.

[21] Yu J J, Zheng M P, Wu Q, et al. Extracting lithium from Tibetan Dangxiong Tso Salt Lake of carbonate type by using geothermal salinity-gradient solar pond[J]. Solar Energy, 2015, 115: 133-144.

[22] 余疆江, 郑绵平, 伍倩, 等. 西藏班戈湖淡化湖水的自然蒸发和析盐规律. 科技导报, 2016, 34(5): 60-66.
Yu Jiangjiang, Zheng Mianping, Wu Qian, et al. Natural evaporation and crystallization of Bangor Salt Lake water in Tibet[J]. Science & Technology Review, 2016, 34(5): 60-66.

Overview of salt lake stations on Tibetan Plateau

KONG Weigang, BU Lingzhong, ZHENG Mianping, Nie Zhen

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

Abstract The long term salt lake observation is of great significance in the resource exploitation and the fundamental studies of salinology. This paper reviews the background, the existing infrastructure, the equipments, and the current research progress and prospects of three salt lake stations on the Tibetan Plateau. These salt lake stations are located adjacent to the lake districts Zabuye, Dangxiongcuo, and Bange, respectively, Northern Tibetan Plateau, with rich Li and B deposits. Up to now, these three stations are equipped with instruments for hydrochemical analysis and for the meterologic and hydrographic automatic observations, and the experimental platform for brine evaporation studies is established. Based on the three salt lake stations, we have carried out continuous meterologic and hydrographic observations on the selected salt lake system and the study of the dynamic change of salt lake type Li and B deposits, and the extraction experiments of lake mineral resources, with many meaningful results. In the future, we will compile a large volume of meterologic and hydrographic data observed, and built a database for sharing by public.

Keywords Tibetan Plateau; salt lake; research station; long-term observation; lithium and boron

（编辑　王志敏）

勘误声明

本刊2017年第5期目录中的书评《中国信息研究的新路标》应为《夯实中国科技外交,提升国家软实力——评〈科技外交的理论与实践〉》,作者为李军平。特此更正,并向作者、审校者表示歉意。

《科技导报》编辑部