

中国盐湖资源与生态环境

郑绵平

中国地质科学院矿产资源研究所;中国地质科学院盐湖与热水资源研究发展中心;
国土资源部盐湖资源与环境研究重点实验室,北京,100037

内容提要:中国盐湖区受干旱—半干旱气候控制,现代盐湖主要分布于年降水量 $<500\text{mm}$ 范围内。依据中国盐湖地貌、地质构造条件及物质成分特点,将中国盐湖划分为4个盐湖区,并简述第四纪以来各区由于古气候变化和地质构造活动性不同,而具有各自的盐湖演化特点。由于各区盐湖规模、经济价值和交通技术条件不同,开发利用程度有差异,以吉兰泰盐湖和运城盐湖综合利用和环境保护较好;以察尔汗为代表的钾盐湖开发规模最大。目前中国盐湖区环境还存在很多需要改善的问题,尤其是地处边远的中小型盐湖,采富弃贫、回收率低和单一矿种开采使大量伴生有用组分贫化等。同时,由于气候环境因素也引起盐湖环境的重大变化,在全球变暖的背景下,西北盐湖区,自1987年以来,出现向暖湿转型,湖泊有扩大上升趋势;青藏高原盐湖区则大致从1992年以来,由东往西,相继出现高湖面,显现向暖湿转型;而西北盐湖区仍处于暖干阶段,湖水位下降,盐湖沙化。随着中国全面建设小康和和谐社会的实施,生态环境保护日益受到重视,建议进一步吸取国内外在盐业综合利用、整体开发和环境保护的经验和先进技术,加强盐湖环境变化观察和监测,建设环境友好型的绿色大盐湖产业。

关键词: 中国盐湖资源;盐湖区;气候环境与盐湖演化;盐湖资源合理利用;盐湖环境监测与保护

盐湖是湖泊中一种重要类型,它是含盐量较高的咸化湖泊。盐湖是据其水体可溶盐的含量而界定的。地质学和生物学对盐湖的盐度下限有不同的标准。本文以 $\omega(\text{NaCl})_{\text{eq}} > 3.5\%$ 、即大于海水平均盐度作为划分盐湖含盐度的下限,而多数生物学家即以 $\omega(\text{NaCl})_{\text{eq}} = 0.3\%$ 作为盐湖的盐度的下界。鉴于近期国际上地质、生物等学科的新进展,为了促进不同学科研究盐湖的交流,制定一个统一的盐湖盐度界限是必要的。为此,本文作者建议,将盐湖分为狭义和广义盐湖。将狭义盐湖的含盐度下限定为 $>3.5\%$;广义盐湖的下限定为 0.3% (Zheng, 2001; 郑绵平, 2001)。本文着重讨论中国盐湖(狭义)资源及其生态环境^①。

盐湖在地球表层分布较广,它是特定自然地理、地质环境的产物。其基本形成条件是干旱—半干旱气候、适宜洼地和水盐补给。

1 中国盐湖的分布与资源概况

中国盐湖区展布于北纬 $28^{\circ}\sim 52^{\circ}$,东经 $75^{\circ}\sim 122^{\circ}$,位于北半球盐湖带的东西走向的欧亚盐湖亚

带的东端(郑绵平, 1989),其西部与哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、克什米尔相接,其北部与蒙古盐湖区相连,东部大致以大兴安岭—太行山—秦岭为界,它与北美盐湖亚带遥遥相对。

中国盐湖区受干旱—半干旱气候控制,主要分布于年降水量 $<500\text{mm}$ 范围内(图1)(中华人民共和国气候图集编委会, 2002)。

依据盐湖形成的地貌、地质构造条件和物质成分特点,大致以近东西走向的喜马拉雅山脉、昆仑—阿尔金山—祁连山—六盘山、北东向的贺兰山和太行山—大兴安岭为界,可将中国盐湖区划分为四个盐湖区:青藏高原盐湖区(I)、西北部盐湖区(II)、东北部盐湖区(III)和东部分散盐湖区(IV)(图2)(郑绵平, 2001)。

1.1 青藏高原盐湖区(I)

分布于中国地貌上最高的“一级台阶”的青藏高原,平均海拔 4000m 以上,它以巨大的高差屹立于亚洲东部,其主体由近东西向高大山脉和宽谷、平坝构成,其间湖泊广泛分布,其中盐湖湖面海拔在 2650m (柴达木盆地察尔汗盐湖)— 5057m (藏北宁

注:本文为中国地质调查局项目(编号1212010511901)、国家自然科学基金重点项目(编号40531002)资助项目。

收稿日期:2010-08-26;改回日期:2010-09-26;责任编辑:郝梓国。

作者简介:郑绵平,男,1934年生。研究员,中国工程院院士。从事盐湖学与盐类地质矿床研究。Email:zhengmp2010@126.com。

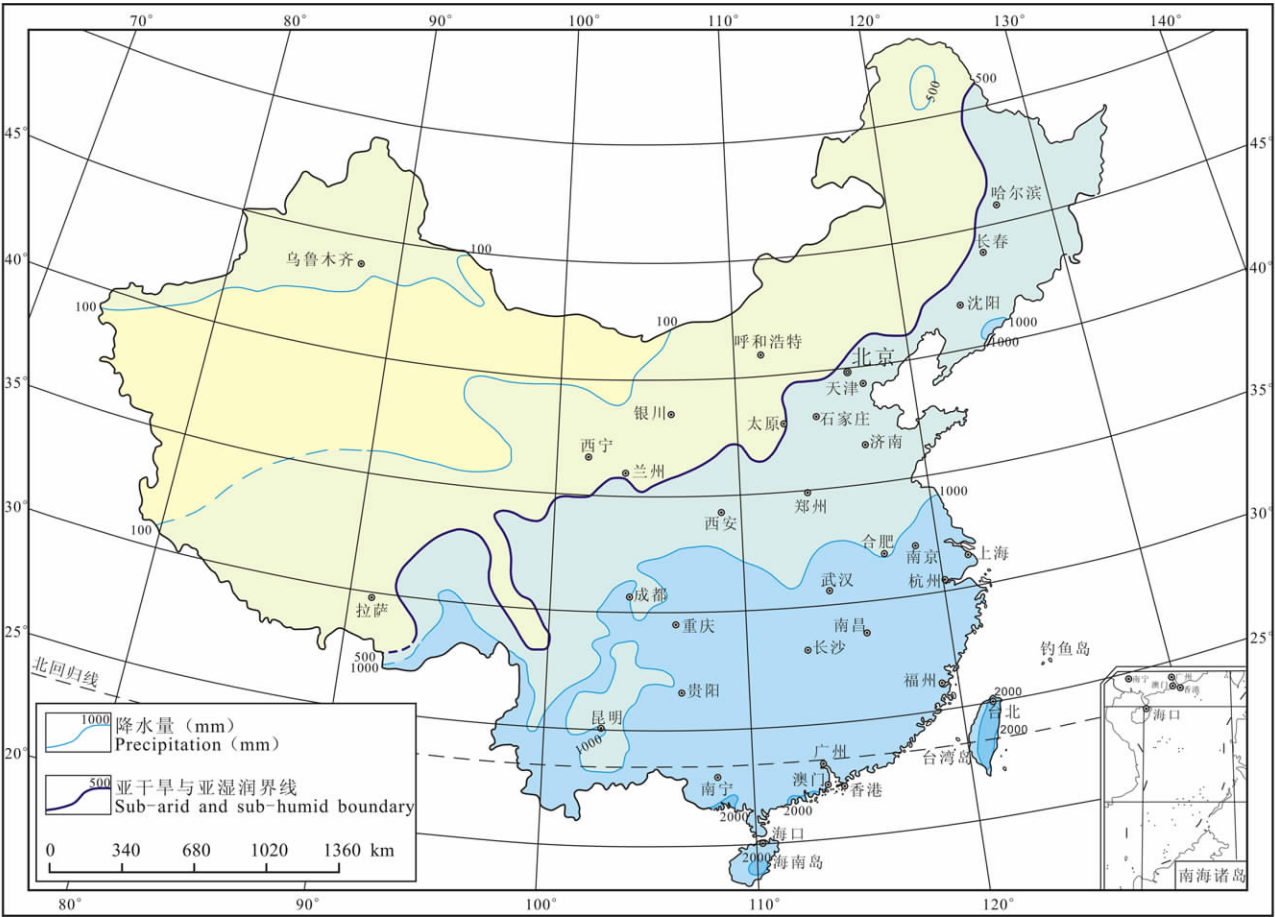


图 1 中国年降水量略图(引自中华人民共和国气候图集,2002,已简化)

Fig.1 Schematic map of annual precipitation of China (simplified from the Editorial Committee of Climatological Atlas of the People's Republic of China 2002)

湖)。本区盐湖星罗棋布,而呈独具特色的自然景观。

本区首先在其北部柴达木西部干旱中心出现上新世-早更新世大浪滩等盐湖(郑绵平,1989),然后向东南依次变新,至柴达木东南察尔汗盐湖仍在50000aB. P. 出现石盐沉积,向南至西藏北部班戈湖含芒硝、淤泥(碳酸型粘土), ^{14}C 年龄约为 16800±210 aB. P. (郑绵平等,1983),在扎布耶盐湖含石盐、硼砂、芒硝淤泥(碳酸盐粘土), C^{14} 年龄为 14000 aB. P.,往下至今距 34000 aB. P. 仍见含分散状石盐、硼砂和芒硝的碳酸盐粘土(郑绵平,2007)。

本区盐湖处于新构造活动和独特地球化学区,盐湖水化学类型齐全,成分复杂,以盛产钾镁盐湖(柴达木盆地察尔汗盐湖等)和富硼、锂(铯)等“特种盐湖”(如扎布耶盐湖)而闻名。

1.2 西北盐湖区(Ⅱ)

该区位于青藏高原盐湖区北面的中国地貌“第二台阶”,地形下降至 2000~1000m 以下,其东起贺

兰山一狼山,西至国境、与哈萨克斯坦等国接壤。本亚区受地质构造控制呈巨大盆地和山脉与高原相间,本盐湖区盐湖海拔一般 1500~500m,个别盐湖(吐鲁番艾丁湖)海拔降到-155m。主要盆地有塔里木盆地(海拔 800~1000m)、准噶尔盆地(200~1500m)、河西走廊(1000~2000m)和阿拉善高原(500~1500m)。

笔者曾经指出柴达木西部-塔里木东部是中国第四纪以来干旱成盐中心(郑绵平等,1998),该区全新世盐湖广泛发育。在天山凹陷乌尊布拉克盐城还见 ^{14}C 年龄 22120±430 aB. P. 的石盐层分布,其下还有一层 15m 的石盐(Zheng et al,1993)。在罗布泊已揭露钙芒硝层,根据古地磁资料(王弭力等,2001) $\geq 0.28\text{Ma}$,在 1.20MaB. P. 仍见石膏夹层,但钻孔未往下钻探。

本区多位于稳定的地质构造区,以产普通盐湖为主,但个别盐湖规模大,构成钾镁盐湖(罗布泊)。由于本区位于塔里木、天山盆地,属暖温带极干旱区

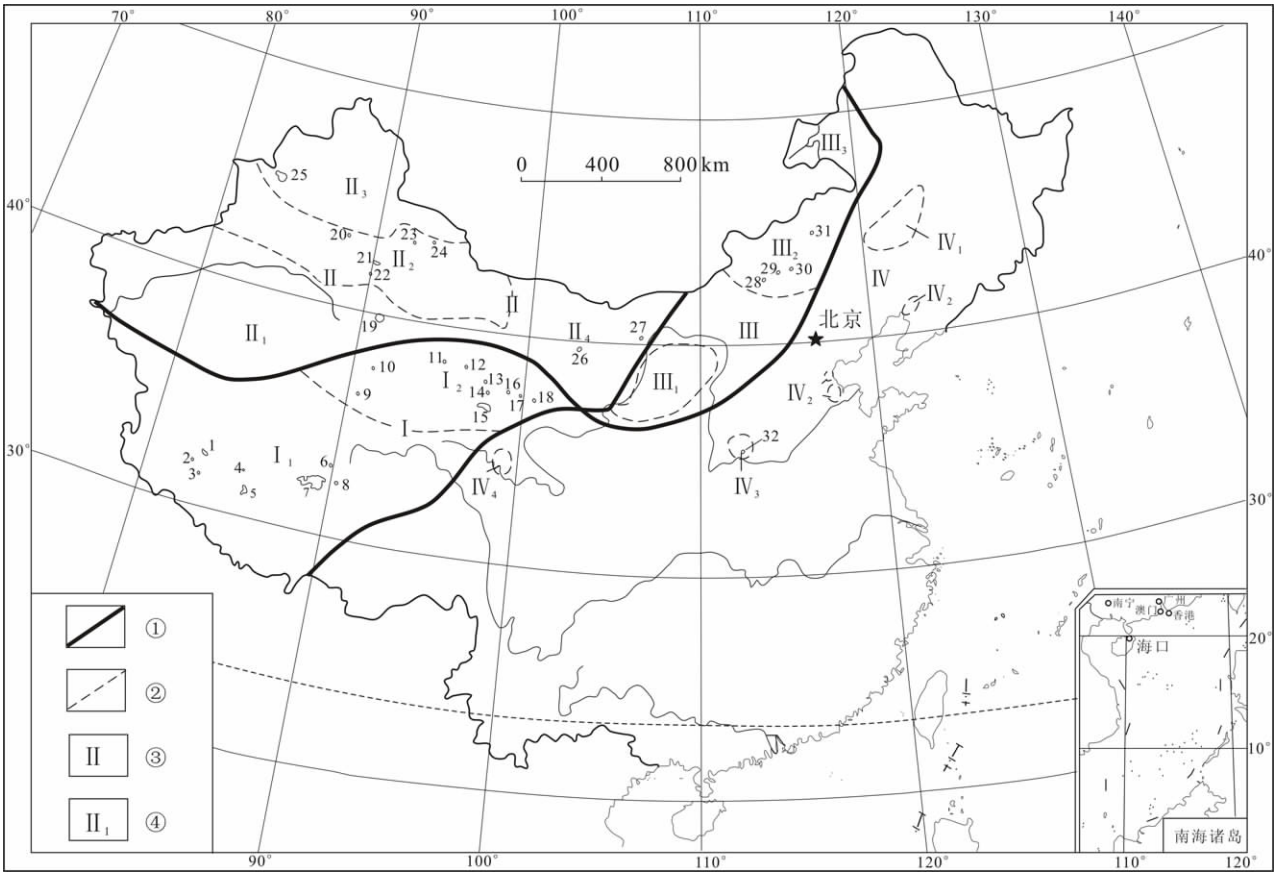


图 2 中国第四纪盐湖区略图

Fig. 2 Sketch map showing Quaternary saline lake regions in China

①—盐湖区界线;②—盐湖亚区界线;③—盐湖区编号;④—盐湖亚区编号; I—青藏高原盐湖区; I₁—西藏盐湖亚区; I₂—昆祁盐湖亚区; II—西北盐湖区; II₁—塔里木盐湖亚区; II₂—天山盐湖亚区; II₃—准噶尔盐湖亚区; II₄—阿拉善盐湖亚区; III—东北盐湖区; III₁—鄂尔多斯盐湖亚区; III₂—内蒙古东部盐湖亚区; III₃—呼伦贝尔盐湖亚区; IV—东部分散盐湖区; IV₁—嫩江盐湖亚区; IV₂—滨海地下卤水盐湖亚区; IV₃—运城盐湖亚区; IV₄—黄河源局部盐湖亚区; I₁: 1—扎仓茶卡; 2—聂尔错; 3—茶拉卡; 4—基步茶卡; 5—扎布耶; 6—占宗茶卡; 7—色林错; 8—班戈错; I₂: 9—尕斯库勒; 10—大浪滩; 11—昆特依; 12—马海; 13—大柴旦; 14—小柴旦; 15—察尔汗; 16—尕海; 17—柯柯; 18—茶卡; II₁: 19—罗布泊; II₂: 20—达坂城; 21—艾丁湖; 22—乌宗布拉克; 23—七角井; 24—巴里坤; II₃: 25—艾比湖; II₄: 26—雅布赖; 27—吉兰泰; III₂: 28—白音淖; 29—察汗诺尔; 30—查干诺尔; 31—额吉诺尔; III₃: 32—运城盐湖

①—Borderline of saline region; ②—Borderline of saline subregion; ③—Number of saline region; ④—Number of saline subregion; I—Qinghai-Tibet Plateau salt lake region; I₁—Tibet salt lake subregion; I₂—Kunlun—Qilian salt lake subregion; II—Northwest salt lake region; II₁—Tarim salt lake subregion; II₂—Tianshan salt lake subregion; II₃—Junggar salt lake subregion; II₄—Alxa salt lake subregion; III—Northeast salt lake region; III₁—Ordos salt lake subregion; III₂—Eastern Inner Mongolia salt lake subregion; III₃—Hulun Buir salt lake subregion; IV—East dispersed salt lake region; IV₁—Nengjiang River salt lake subregion; IV₂—Coastal underground brine lake subregion; IV₃—Yuncheng River salt lake subregion; IV₄—Yellow River Source local salt lake subregion. I₁: 1—Chagcam Caka; 2—Nyêr Co; 3—Chalaka; 4—Jibucaka; 5—Zabuye; 6—Zainzong Caka; 7—Siling Co; 8—Bangkog Co; I₂: 9—Gas Hure; 10—Dalangtan Playa; 11—Kunteyi; 12—Mahai; 13—Da Qaidam; 14—Xiao Qaidam; 15—Qarhan; 16—Gahai; 17—Hoh; 18—Caka; II₁: 19—Lop Nur; II₂: 20—Daban City; 21—Aydingkol L.; 22—Wuzongbulak; 23—Qijiaojing; 24—Barkol; II₃: 25—Ebinur L.; II₄: 26—Yabrai; 27—Jarantai; III₂: 28—Bayan Nur; 29—Qagan Nur; 30—Qagan Nur; 31—Eji Nur; IV₃: 32—Yuncheng Salt Lake

(《中华人民共和国气象图集》编委会, 2002), 气候极为干旱、且夏季气温很高, 而在戈壁区形成规模巨大的硝酸盐资源。

1.3 东北盐湖区(Ⅲ)

本区仍位于“第二台阶”, 地处 I、II 区的东北, 北邻蒙古人民共和国, 东以太行山—大兴安岭为界。

包括鄂尔多斯高原(海拔 1000~1500m)、内蒙高原(海拔 1000~2000m)和呼伦贝尔盆地(海拔 200~500m)。该亚区多属地质构造稳定区, 按现代气候区划属于中温带亚干旱至干旱区(《中华人民共和国气象图集编委会, 2002》), 本区盐湖规模较小, 以产芒硝、天然碱和石盐的普通盐湖为主。

1.4 东部分散盐湖区(Ⅳ)

分布于现代中国东北部温带亚潮湿区闭流盆地和西南的高原亚寒带山间牛轭湖,由东北往西南零星分布有:嫩江盐湖亚区(Ⅳ₁)、滨海地下卤水湖亚区(Ⅳ₂)、运城盐湖亚区(Ⅳ₃)、黄河源局部盐湖亚区(Ⅳ₄)。Ⅳ₁、Ⅳ₄亚区盐湖系间歇性干早期形成中小型盐湖,均在年降水量≤500mm 区域;而Ⅳ₂、Ⅳ₃亚区均在年降水量>500mm 的暖温带亚湿润区,且Ⅳ₃运城盐湖规模较大,它的成因与其更新世成盐历史和人类早期筑堤排洪有关。分布于渤海岸带的滨海地下卤水湖亚区(Ⅳ₂),为地下孔隙卤水湖,是由于局部滨海洼地碎屑层孔隙中由全新世早期海水浓缩形成的卤水层。

本区除运城盐湖发育有第四纪早期白钠镁矾和芒硝沉积外,均为全新世以来的现代小规模盐湖。

本区(Ⅳ)均为普通盐湖,但由于位于中国中原或沿海发达地区,对其盐湖开发和环境保护较好:如开发历史悠久的运城盐湖(Zheng et al.,1993)。

2 盐湖资源开发利用现状与环境问题

2.1 开发利用现状

根据盐湖资源赋存盐类矿产种类的差异和应用价值,作者将中国盐湖矿产划分为:钾镁盐湖、特种盐湖(锂、硼、钾)、硝酸盐—石盐芒硝盐湖及普通盐湖(盐、碱、芒硝)。现按上述中国盐湖区将该 4 类盐湖矿产数量和比率列如表 1(郑绵平,2001)。

青藏高原盐湖区(I)发育于地质构造活动区,其盐湖总面积在 22000km² 以上(包括干盐湖)。西藏盐湖亚区(I₁):主要已开发的特种盐湖有扎布耶的锂盐和石盐、扎仓茶卡、班戈湖、聂尔错、基步茶卡、杜佳里湖、茶拉卡的硼酸盐以及占宗茶卡和扎仓茶

卡的石盐。其中以扎布耶盐湖的锂硼和石盐、扎仓茶卡的镁硼酸盐和石盐规模较大。昆祁(柴达木)亚区(I₂):主要已开发的盐湖有察尔汗、马海、昆特依、尕斯库勒湖、大浪滩等钾镁盐湖的钾盐;茶卡、柯柯普通盐湖的石盐;大、小柴旦湖的硼酸盐。其中以察尔汗开发规模最大。此外,尕海湖和小柴旦还开采盐卤虫。

西北盐湖区(Ⅱ)—本区主要发育于地质构造稳定区,但南邻 I 区接受 I 区物质成分的补给(Ⅱ₁)。在塔里木区(Ⅱ₁)主要为生产硫酸钾的罗布泊钾镁盐湖,卤水含硼锂相对较高;天山盐湖亚区(Ⅱ₂)有七角井(湖)、乌宗布拉克湖、大坂城湖、艾丁湖、艾比湖等普通盐湖,主要生产石盐和芒硝或单产石盐;鄯善等硝酸盐、石盐芒硝湖,且以产硝酸盐为主。阿拉善盐湖亚区(Ⅱ₄):主要有吉兰泰湖和雅布赖湖,此外,艾比湖还捕捞大量卤虫卵;准噶尔(Ⅱ₃)的玛纳斯湖和阿拉善亚区(Ⅱ₄)的巴里坤等普通盐湖已小规模生产石盐,巴里坤湖还常有卤虫卵生产。

东北盐湖区(Ⅲ)主要发育于地质构造稳定区。已开发的盐湖均为普通盐湖:如定边盐湖的石盐、查干诺尔、额吉诺尔、白彦淖、察汗淖尔的天然碱。其中以查干淖尔的天然碱产业规模较大。

东部分散盐湖区(Ⅳ),主要发育于地质构造稳定区,并部分受海水补给。主要为生产硫酸钠和硫酸镁的运城盐湖和环渤海湾的地下碎屑卤水湖,后者以生产石盐及溴素为主。此外,运城盐湖还生产少量卤虫卵。

中国是一个多盐湖国家,目前已开发的盐湖虽然还是小部分,但是开采盐类资源总量较大,据不完全统计,近期年开采量如下:石盐约 350 万吨、硫酸钠约 200 万吨、钾盐(折算 KCl)约 300~350 万吨、

表 1 中国盐湖矿产类型及其分布
Table 1 Chinese saline lakes and playas in China classified according to types of mineral deposits with potential commercial significance

盐湖区	钾镁盐湖 ω(KCl)≥1%		特种盐湖 ρ(KCl)≥0.5% ω(LiCl)≥300mg/L ω(B ₂ O ₃)≥1000mg/L		普通盐湖 (盐、碱、芒硝等)		硝酸盐-石盐湖		合计	
	个数	比率(%)	个数	比率(%)	个数	比率(%)	个数	比率(%)	个数	比率(%)
(Ⅰ) 青藏高原盐湖区	6	50	80	93	248	29.1			334	34.8
(Ⅱ) 西北盐湖区	4	33.3	2	2.3	237	27.8	8	100	251	26.2
(Ⅲ) 东北盐湖区	2	16.6	4	4.7	303	35.6			309	32.3
(Ⅳ) 东部分散盐湖区					64	7.5			64 ^①	6.7
合计	12		86		852		8		958	

①未计地下孔隙卤水湖。

硼酸盐(折算为硼砂)8~10 万吨、硫酸镁 3 万吨、水氯镁石 5~8 万吨。一些先进盐湖产业还发展盐类深加工产品。此外,还产卤虫卵约 200 吨、少量盐藻和螺旋藻产品。从而对盐湖区经济发展和人民生活与就业发挥了良好效益。

古今中外盐湖的开发利用都是由小规模单品种、粗放式手工开始,随着社会经济发展和科学技术进步,逐步走向大规模综合性运用先进科技开发(郑绵平,2006)。

目前在中国盐湖区环境还存在很多需要改善问题:

(1)粗放式土法无序开采,采富弃贫、回收率低,造成盐湖资源浪费(郑绵平,1992)。如以班戈湖为例,硼砂富矿开采率不到 1/3,并且使得十余万吨纯净芒硝层暴露地表脱水粉化,污染周围环境。又如扎仓茶卡湖滨阶地镁硼矿层,由于仅采含 B_2O_3 26%~35% 以上富矿,致使含 B_2O_3 26%~5% 达到工业品位硼矿层丢弃贫化。但随着该矿开发进步,目前已着手对含 $B_2O_3 \leq 24\%$ 进行现场选矿利用。

(2)综合利用程度低、甚至单一矿种多家无序开采,使大量有用组分废弃,不但造成资源极大浪费,增加生产成本,而且污染盐湖环境以至使矿体变质。如目前中国最大的钾镁盐矿床,以往有 10 余个公司在该湖单一开采钾盐,由于缺乏统一规划和科学论证,出现了各个企业在开挖沟槽、采卤、集卤渠及自打卤井时,布局严重不合理、争抢资源、浪费资源的现象极为严重,矿区多处出现降落漏斗,局部卤水位下降 10~15m,铁路以东部分企业沟槽卤水干枯(贾海娟等,2004)。与此同时,由于在该湖单一提取 KCl,每生产 1t KCl,同时副产 8~10t $MgCl_2$ 老卤(郑绵平,1992;贾海娟等,2004)。由于早期生产时,未按要求挖渠通东边南、北霍布逊湖,各企业将 $MgCl_2$ 母卤多就地排放,造成企业周围老卤泛滥,并在南部团结湖一带形成一片老卤“汪洋”,使铁路以东矿区水位抬高,威胁钾盐生产,造成严重“镁害”(贾海娟等,2004)。

(3)盐湖周边城镇废水排放造成盐湖污染。盐湖是汇水盆地的最终排泄区,由于有些靠近盐湖的城镇往往对生活水和工业废水和垃圾缺乏严密管理,而使这些已开发盐湖不同程度受到污染。

如近期,运城湖周有个体工厂发展迅猛,造纸厂、化工厂等废水和废渣大量排入盐湖中。运城安邑镇有 5 家民营造纸厂将污水直接排到冯里滩排放,造成淤塞(刘清洋,2001)。又如:位于柴达木盆

地东端的尕斯库勒湖,由于近期湖周企业兴起化工厂和金属冶炼厂,其工业废水排入湖水,而使该湖盛产卤虫锐减。

此外,在一些边远的藏北盐湖,群众土法采盐,用牛羊到湖中运载石盐,牛羊排泄粪尿直接便溺湖中,使这些盐湖局部受到不同程度污染。

(4)盐类生产的提取加工化学物影响:目前已知柴达木盆地察尔汗、钾湖等钾镁盐湖在开采钾盐时,由于浮选法采用脂肪胺捕收剂有微毒,随其排放量增加,该污染物可能逐渐积累。而且随着钾肥产品向中国内地农田施放,日久月累是否会影响人民群众健康也值得注意。

(5)盐湖周边或湖中过量开采淡水或卤水资源,导致周边河流和盐湖沙化或盐湖水位锐降。如新疆罗布泊,由于 20 世纪 60~70 年代在孔雀河和塔里木河中上游大量筑坝和垦荒,过量和不合理使用淡水,使 1959 年前广达 1500km² 的罗布泊地表卤水在短期内潜入地下 2~4.5m,孔雀河和塔里木河下游大面积沙化,并已波及罗布泊。

以上列举皆以人为因素为主,也有环境自然因素引起盐湖环境重大变化。现将近期气候变化导致盐湖区湖泊环境变迁概述如下。

2.2 环境变迁

据研究,在全球变暖的大背景下,中国西北地区、主要是西部和中部(大致相当于西北盐湖区)、19 世纪 60~80 年代至 20 世纪 80 年代,基本处于向暖干化发展:气温上升、降水偏小、湖泊萎缩,而在 1987 年以来,西北盐湖区大部分气候出现向暖湿转型的突变(施雅风,2003)。但在西北盐湖区以东的东北盐湖区(Ⅲ)尚处于干暖背景下,湖泊萎缩、盐湖沙化阶段;而在青藏高原盐湖区的西藏盐湖亚区(I₁)的东部受冰川补给的湖泊冰融水增加、且年降水量也有所增加;从 1992 年始,首先在西藏东部和藏南出现高湖面(杨日红,2003;Zheng et al., 2005),继而在 1997 年向藏西推进,相继在 2003 年和 2008 年在扎布耶盐湖、当雄错和阿里麻米错等出现较高湖面,甚至那里一些远离冰川补给的盐湖,如聂尔错湖面也开始上升;在藏西北 2000~2008 年降水量与 1990~1998 年相比约增 30%~50%,显示青藏高原腹地正在向暖湿转型;而在昆祁盐湖亚区(I₂)则可能处于气候由干暖向暖湿转型的过渡阶段。现按湖泊泛滥、盐湖淡化和湖泊萎缩、盐湖沙化两种变化类型分述如下:

(1) 湖泊泛滥、盐湖淡化:在西北盐湖区的盐

湖,1987 年以来,气候偏暖湿,艾比湖、玛纳斯湖、艾丁湖、柴窝堡盐湖等湖水相继上涨。如位于准噶尔盆地西南较低汇水中心的艾比湖,该湖面积从 1957 年的 1070km² 快速萎缩到 1987 年的 499km²,但随着该区近期降水量和融水量增加,2000 年湖水面积扩大至 1064km² (图 3) (蒋先锋,2004; Zheng et al.,2005)。

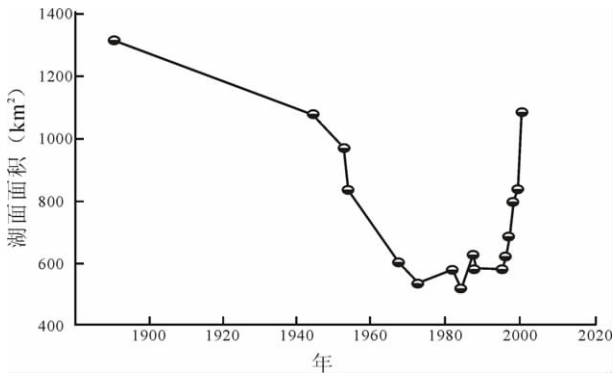


图 3 艾比湖湖面范围的变化(据王前进等,2003)
Fig. 3 Area change of Ebinur Lake
(after Wang et al., 2003)

青藏盐湖区的西藏盐湖亚区(I₁)的纳木错、色林错一班戈湖等 80 年代中后期以来也因气候显著

变暖,冰川融水增多,而且降水量也持续有所增加,而导致湖水水位也由藏东、藏南向藏西北相继上涨的趋势:纳木错(80 年代始)、色林错一班戈湖(1983 年始)、当雄错(约 2003 年前始)、扎布耶湖(1997 年始)、阿里麻米错(约 2003 年始)。如位于西藏盐湖亚区东部的班戈湖,1977 年 3 月面积 16.6km²,至 1983 年 7 月面积扩大为 83.8km²,至 1992 年 9 月达到 128.1km²,经研究,则认为班戈湖湖面扩大原因主要与 80 年代以来西藏高原气候变暖,冰川融水增多有关(赵元艺等,2006)。又如昆祁盐湖亚区(I₂),在柴达木 1989 年出现 6~7 月特大洪水,使达布逊湖水上升 1m,形成盐湖水产,该湖水面积由常年 200—300km² 增大至 500km²,而将岸区大片盐田淹没,造成察尔汗盐桥段多处冲毁,铁路基下沉等。此外,由于这次洪灾,柴达木盆地诸卤水湖的面积也均有扩大。

(2) 湖水水位下降、盐湖的沙化:如上所述,西北盐湖区(Ⅱ)的东缘基本上仍处于向暖干发展过程,该区多数湖泊仍属于此变化类型。如地处中温带干旱气候区(ⅡDTd)的内蒙古乌兰泰盐湖(中华人民共和国气象图集编委会,2002),该湖属半荒漠(赵国藏,1994)。据乌兰泰气象站 1955~1995 年资料统

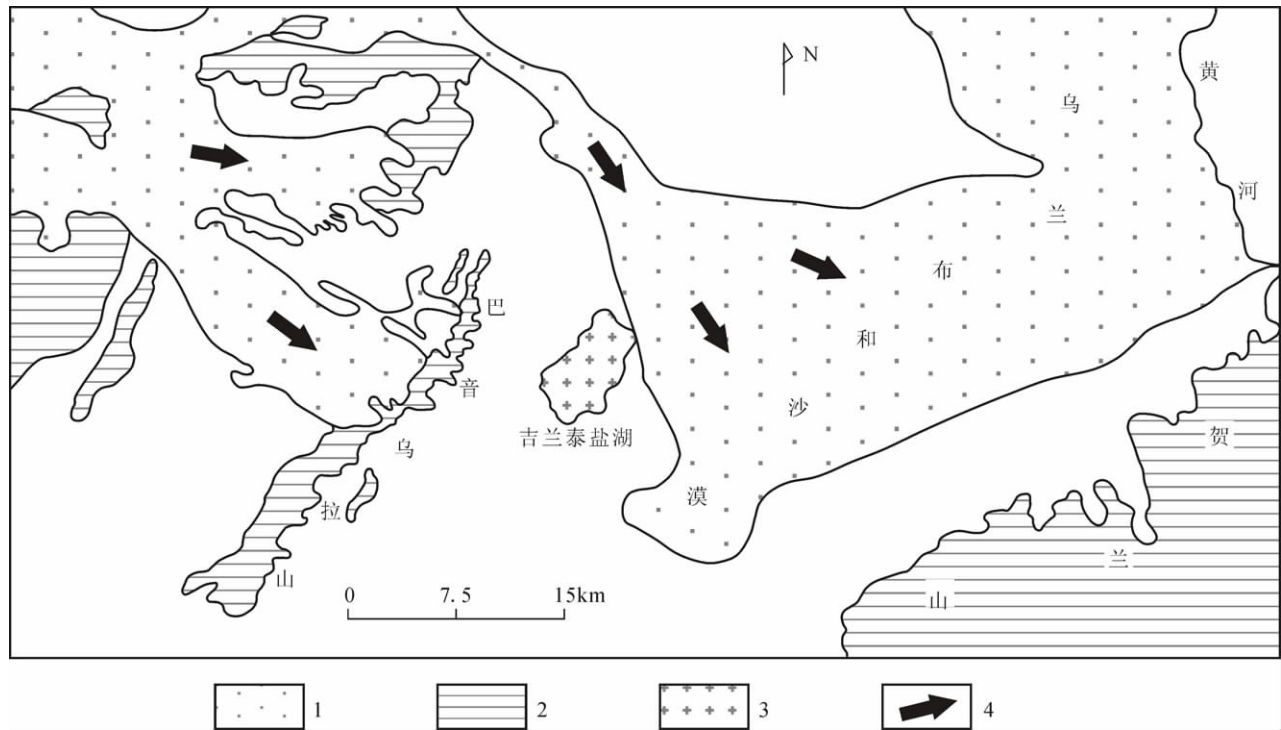


图 4 吉兰泰盐湖湖区沙侵情况解译图(据刘兴起和张辉,2000)

Fig. 4 Interpretation of the sand invasion situation in the Jarantai salt lake area (after Liu and Zhang,2000)
1—沙体; 2—山体; 3—盐湖; 4—沙体运移方向
1—Sandbody; 2—Mountain; 3—Salt lake; 4—Direction of sand body migration

计,其年均降水量 108.8mm,蒸发量 2983.3mm,年均气温 8.6℃(于升松等,2001)。最多风向 NNW 和 WNW(刘兴起和张辉,2000),风力一般 4~5 级,平均风速 3.03m/s,最大风速达 16~18m/s(于升松等,2001)受主要风向控制,该区西北发育的两条沙带向吉兰泰盐湖侵入(图 4)。

3 盐湖区资源合理利用和生态环境的保护

上述中国盐湖人为环境问题,虽然不是普遍的现象,但是随着中国全面建设小康社会战略的实施,对于我国盐湖资源需求将持续增长。因此,特别要吸取国内外盐湖开发的经验教训(Zheng,2004;郑绵平,2006),在盐湖资源开发中认真贯彻“在保护中开发,在开发中保护”的方针,吸取国内外在盐业综合利用、整体开发和环境保护的有益经验(Gwynn,1980;1987;2002;Ben-Amotz A.,1982;Garreff and Laborde,1985;Ide et al.,1985;Garpett,1991;郑绵平,1995;2006;2007;Harben and Edulands,1997a;1997b;1999;刘兴起和张辉,2000;刘清洋,2001;宋彭生,2000a;2000b;2000c;2000d;于升松等,2001;张辉等,2001;Arab potash company Ltd,2003;Partnership and Prosperity,2005;Qi and Zheng,2006),大力发展循环经济、建设资源节约和环境友好型盐湖企业。

3.1 加强综合利用科技研究,充分合理利用盐湖多种资源

在中国可以运城盐湖和吉兰泰为例:中国运城盐湖已有 4500 年以上盐湖开发历史(Zheng et al.,1993),目前南方盐类集团能够从该湖盐湖资源特点出发,通过科技集成,发展盐类深加工,延伸产业链,充分利用硫酸钠、镁盐发展元明粉、硫化碱和洗衣粉等高附加值产品,并用湖泥、卤水开发化妆品和旅游业;在环境保护方面也采取很多措施。吉兰泰盐化集团依据科技,通过多期技术改造,充分利用吉兰泰石盐资源,除了针对其主要的石盐发展各种食用盐外,还发展盐化工、延长产业链,生产纯碱、金属钠,发展盐湖农业,开发盐藻粉、 β -胡萝卜素等药物(于升松等,2001;郑绵平,2006)。青藏盐湖区的察尔汗盐湖,从 2002 年以后在钾盐大规模生产的同时,也着手盐湖的多元综合开发(郑绵平,2006)。在国外,智利的阿塔卡玛盐湖、美国大盐湖、以色列、约旦开发死海运用先进科技,综合利用盐类等资源,极大提高盐产品附加值,都是值得借鉴的。

3.2 重视盐湖资源与环境变化的观察与监测

盐湖是一种与周围气候环境变化密切相关的动态资源,只有不断积累盐湖区自然变化基础资料,不断加深对盐湖变化的认识,掌握其变化规律,才能达到合理开发利用和保护盐湖资源与环境的目的。例如大盐湖从 1850 年至今都有详细湖水水位变化记录,在 1986 年洪水灾害前 1 年半即作洪灾预警,而使当局采取大量措施,使人民财产减少不少损失等。因此,很有必要建立盐湖资源与环境变化科学观察与监测系统。自 1987 年以来,中国先后在察尔汗盐湖建立水位和水化学观察站,以后中断。至 1994 年又恢复观察迄今。90 年代以来,在国家支持下,我国有关单位先后在西藏扎布耶盐湖、吉兰泰、罗布泊、西台吉乃尔等盐湖建立了系统的盐湖科学观察,并利用 ETM 遥感数据对中国一些主要盐湖变化作了研究(齐文和郑绵平,2002;Qi and Zheng,2006)。目前正在筹划进行“中国盐湖动态变化监测与长观网站系统”研究,除了进行中国重点盐湖水文和气象系统监测外,还充分应用遥感动态环境监测系统。相信该项目实施,将为合理开发和保护盐湖提供重要科学依据。

3.3 因势利导,防止盐湖沙化

在干旱—极干旱地区的盐湖,易为沙化以至形成沙下湖。上述吉兰泰盐湖正是处于腾格里沙漠边缘。截至 1988 年,风沙覆盖该盐湖西部和西北部的面积分别达 8.30km²和 9.96km²。吉兰泰盐化集团依据科技,通过调研,掌握了沙漠入侵规律(刘兴起和张辉,2000;于升松等,2001),并经多次技术改造,自 1992 年以来实施盐湖补水和沙害治理一体化工程。他们采取湖区西北部巴音乌拉山山前的第三系地下承压咸水,沿东南向流入盐湖,咸水在浸灌流过中溶解沙下的盐类“固体复矿”和尾矿,使湖区西北部细粒沙体所覆盖的固体盐类重新胶结,并形成薄层盐,对沙体起到固定作用(于升松等,2001;张辉等,2001)。同时,还在风沙入侵区人工种植盐生和水生植物,起到固定沙体和绿化环境的良好效果。到 1997 年盐湖西部和西北部风沙覆盖盐湖的面积明显退缩,分别为 2.30km²和 2.49km²,风沙总覆盖盐湖面积缩小 74%(图 5)。据悉,目前吉兰泰盐湖风沙侵入区已完全被圈定^②。

3.4 加强盐湖区水文地质调查,建立合理的水利疏导工程

在重要的盐湖区,如察尔汗、东、西台乃尔湖、运城湖、扎布耶盐湖等,常有周期性和季节性洪水发

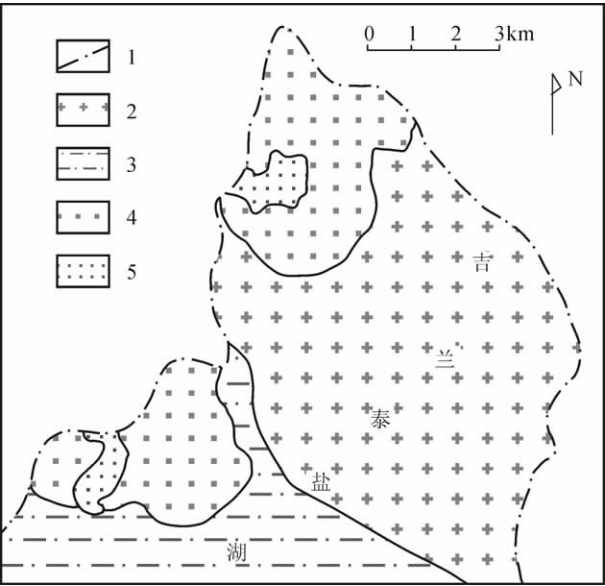


图 5 1988 年和 1997 年吉兰泰盐湖西部和西北部风沙覆盖情况(引自刘兴起和张辉,2000)

Fig.5 Situations of wind-blown sand coverages in the western and northwestern parts of Jarantai Salt lake in 1988 and 1997 (after Liu and Zhang, 2000)

1—盐湖边界;2—石盐沉积;3—粉砂质粘土沉积;
4—1988 年风沙覆盖;5—1997 年风沙覆盖
1—Boundary of salt lake; 2—Halite deposits; 3—Silty clay deposits; 4—Covered by windblown sand in 1988; 5—Covered by windblown sand in 1997

生,宜据盐湖水文地质条件,修建疏导防护设施;对于城镇工业和生活废水,应采取切实有效措施,特别要关注集中储存废水。

3.5 建立、健全盐湖管理体制,监督执行盐湖勘查、生产和生态环境保护有关法规

适当提高采矿门槛,实施贫富并用、薄厚兼采;合理规定捕捞卤虫月份,防止盐湖生态恶化、卤虫消失。

4 结论

本文依据中国盐湖地貌、地质构造条件及物质成分差异性,将中国盐湖区划分为四个盐湖区,由于各区在古气候变化和地质构造活动性不同,而具有各自的盐湖特点,其中以青藏高原盐湖区资源规模最大,经济价值最大。由于盐湖规模及其所在自然环境和经济技术条件不同,开发利用程度差异较大,其中以吉兰泰盐湖和运城盐湖综合利用程度和环境保护较高,一些地处边远的中小型盐湖存在粗放式开发,单一矿种开采大量伴生矿产贫化和造成环境污染。

盐湖是一种综合性无机盐和盐生物资源,也是一种动态变化“活矿床”。它与周围气候环境息息相关,随着中国全面建设小康和和谐社会政策的实施,建议加强盐湖综合利用、整体开发规划、进一步吸取国内外盐湖的先进技术,建设绿色的“大盐湖产业”;设立重点盐湖长期科学观察站,加强盐湖区环境变化和预警研究,使盐湖矿山得以持续发展,以筑建盐湖区环境友好、和谐社会。

注 释

- ① 作者在“Resources and lco-Invironmental protection of salt lakes in China”(Environmental Earch Sciences, published online: 22 June 2010) 中作过有关论述,本文增加了一些新内容,同时对其一些错漏作了修正。
- ② 与吉兰泰盐化集团公司原总工程师白福易个人通讯。

参 考 文 献

贾海娟,马俊杰,王伯锋,李克勇,边引固. 2004. 青海盐湖资源开发及可持续发展研究. 水土保持学报,18(5):193~196.

蒋先锋,郑绵平,齐文,赵元艺. 2004. 盐湖环境变化趋势与趋利避害. 中国地质,31(3):294~300.

刘清洋. 2001. 山西运城盐湖资源的保护与可持续利用. 矿产保护与利用,(6):8~11.

刘兴起,张辉. 2000. 吉兰泰盐湖沙漠化及其治理的遥感监测研究. 盐湖研究,8(2):1~5.

齐文,郑绵平. 2002. 中国重点盐湖动态变化监测数据库与预警体系. 矿床地质,21(增刊):52~54.

施雅风(主编). 2003. 中国西北气候由暖干向暖湿转型问题评估. 北京:气象出版社.

宋彭生. 2000a. 盐湖及相关资源开发利用进展. 盐湖研究,(1):1~16.

宋彭生. 2000b. 盐湖及相关资源开发利用进展(续一). 盐湖研究,8(2):33~58.

宋彭生. 2000c. 盐湖及相关资源开发利用进展(续二). 盐湖研究,8(2):44~61.

宋彭生. 2000d. 盐湖及相关资源开发利用进展(续完). 盐湖研究,8(4):50~69.

王弭力,刘成林,焦鹏称等. 2001. 罗布泊盐湖钾盐资源. 北京:地质出版社,28~35.

王前进,巴音查汗,马道典,曾庆江,姜逢清,王亚俊,胡汝骥. 2003. 艾比湖水面近 50a 变化成因分析. 冰川冻土,25(2):224~228.

杨日红,于学政,李玉龙. 2003. 西藏色林错湖面增长遥感信息动态分析. 国土资源遥感,2:64~67.

于升松,白福易,李浩基. 2001. 吉兰泰盐湖资源环境与可持续发展研究. 北京:科学出版社,27.

张辉,韩凤清,刘兴起. 2001. 吉兰泰盐湖地区沙漠环境变化的遥感研究. 盐湖研究,9(4):48~51.

赵元艺,赵希涛,郑绵平,李文智,曹建科,李明慧. 2006. 西藏班戈错近 50 年来的湖面变化. 地质学报,80(6):876~884.

郑绵平,刘文高,向军,蒋忠惕. 1983. 论西藏的盐湖. 地质学报,57

- (2):184~194.
- 郑绵平. 1989. 全球盐湖地质研究与展望. 国外矿床地质(国外盐湖地质专辑), (3~4), 1~34.
- 郑绵平. 1992. 青藏高原盐湖资源与发展远景. 中国青藏高原研究会第一届学术讨论会论文选. 中国青藏高原研究会编, 北京: 科学出版社, 91~103.
- 郑绵平. 1995. 论“盐湖农业”. 地球学报, (4): 404~418.
- 郑绵平, 赵元艺, 刘俊英. 1998. 第四纪盐湖沉积与古气候. 第四纪研究, (4): 297~307.
- 郑绵平. 2001. 论中国盐湖. 矿床地质, 20(2): 181~189.
- 郑绵平. 2002. 盐湖学与大盐湖产业. 青海国土经略, (增刊, 总第 3 期): 8~11.
- 郑绵平. 2006. 盐湖学的研究与展望. 地质论评, 52(6): 737~746.
- 郑绵平. 2007. 盐湖科学研究的扩展——盐体系研究的思考(代序). 地质学报, 81(12): 1603~1607.
- 郑绵平, 袁鹤然, 刘俊英, 李延河, 马志邦, 孙青. 2007. 西藏高原扎布耶盐湖 128ka 以来沉积特征与古环境记录. 地质学报, 81(12): 1608~1617.
- 中国气象局主编赵国藏. 1994. 中国气候资源地图集. 北京: 中国地图出版社, 277.
- 《中华人民共和国气象图集》编委会. 2002. 中华人民共和国气候图集. 北京: 气象出版社, 7.
- Arab Potash Company Ltd. 2003. Annual Report 2003. Amman: Public Shareholding Company.
- Ben-amotz A. 1982. Accumulation of β - carotene in halotolerant algae: Purification and characterization of β - carotene-rich globules from *Dunaliella bardawil* (chlorophyceae). J. of Physiology, 18: 529~537.
- Garreff D E, Laborde M. 1985. Salting out process for lithium recovery. In: Proceedings of the Sixth International Symposium on Salt, 2, Toronto, Canada, 421~430.
- Garpett D E. 1991. Natural Soda Ash Occurrences, Processing and Use. New York: VNP, 359~364.
- Great Salt Lake Minerals & Chemicals Corp. 1971. Efficient recovery of lake minerals. Chemical Engineering, 78(27): 62~63.
- Gwynn J W. 1980. Great salt lake-a scientific, historical and economic overview. Utah Geological and Mineral Survey Bulletin, 116(1): 204~217.
- Gwynn J W. 1987. Physical, chemical, and economic aspects: the Great Salt Lake, Utah 1847~1986. In: Cenozoic Geology of Western Utah-Sites for Precious Metal and Hydrocarbon Accumulations. Utah Geological Association Publication 16: 165~179.
- Gwynn J W. 2002. Great Salt Lake-an overview of Change, DNR Special Publication, Utah Geological Survey a division of Utah Department of Natural Resources.
- Harben P, Edulards G. 1997a. MINSAL lithium carbonate-metamorphosis for lithium. Industrial Minerals, 353: 25~39.
- Harben P, Edulards G. 1997b. Salts of the Atacama. Industrial Minerals, 358: 43~51.
- Harben P, Edulards G. 1999. SQM to increase capacity for lithium and potash. Industrial Minerals, 380: 9.
- Ide F, Vergara-Edwards L, Pavlovic-Zuvic P. 1985. Solar pond design for the production of potassium salts from the Salar de Atacama Brines. , In: Proceedings of the Sixth International Symposium on Salt, 2, Toronto, Canada, 367~375.
- Partnership and Prosperity. 2005. Arab Potash Copmpany, Amman: Sabra Group, 16.
- Qi W, Zheng M P. 2006. Time-sevial analyses of water level fluetuation of Zabuye salt lake, Tibet. Scientica Geographica Sinica, 26(6): 693~700.
- Zheng M P, Tang J Y, Liu J Y, Zhang F S. 1993. Chinese Saline Lakes. Hydrobiologica, (267): 23~36.
- Zheng M P. 2001. On Salinology. Hydrobiologica, (466): 339~347.
- Zheng M P, Qi W, Jiang X F, Zhao Y Y, Li M H. 2004. Trend of Salt Lake Changes in the Background of Global Warming and Tactics for Adaptation to the Changes. Acta Geologica Sinica (English Ed.) Journal of the Geological Society of China, 78 (3): 795~807.

Salt Lake Resources and Eco-environment in China

ZHENG Mianping

Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences; R & D Center of Saline Lakes and Epithermal Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences; Key Laboratory of Saline Lake Resources and Environment, Ministry of Land and Resources, Beijing, 100037

Abstract

The Chinese salt lake mega-region is controlled by the arid and semi-arid climate, and modern salt lakes are mainly distributed within the limits of annual mean precipitation <500 mm. According to the geomorphological features, structural conditions and material compositions, salt lakes in China may be broadly divided into four salt lake regions. The degrees of exploitation and utilization of these salt lakes are different because the four regions have differed in climatic changes and structural activities and have their own characteristics of salt lake evolutions since the beginning of Quaternary, and the salt lakes therein have different scales, economic values and traffic technical conditions. Compared with others, the Jarantai (Jartai) Salt Lake and Yuncheng Salt Lake are better in respect to comprehensive utilization and environmental protection, and the potash salt lakes represented by Qarhan are largest in exploitation scale. At present, there exist many problems about the environment in the salt lake regions of China, especially in remote medium and small basins, where abusive or wasteful mining, low recovery and mining of a single saline mineral alone cause impoverishment of large quantities of by-products. Furthermore, the climatic environmental factor may also cause significant change of the salt lake environment. Since 1987, in the background of global warming, the climate in the northwest salt lake region has turned warm and wet and the lakes have had a tendency of expansion and rise; whereas for east of the region the climate has been still in a warm-dry stage, the lake level has lowered and salt lakes have been desertified. With the implementation of the strategy of building an environmentally friendly society in China, increasing attention is being paid to the eco-environmental protection. It is suggested that experience and advanced techniques in comprehensive utilization, overall development and environmental protection of salt lakes at home and abroad be further extracted so as to strengthen observation and monitoring of the environmental change of salt lakes and build an environmentally friendly, green, great salt lake industry.

Key words: Salt lake resources of China; salt lake regions; climatic environment and salt lake evolution; rational utilization of salt lake resources; environmental monitory and protection