

西台吉乃尔盐湖地下卤水的赋存特征

高东林, 马海州, 张西营, 韩凤清, 周笃
(中国科学院青海盐湖研究所, 青海 西宁 810008)

摘要:西台吉乃尔盐湖属于柴达木盆地构造分区茫崖坳陷中的一里坪凹陷区, 位于柴达木盆地东部三湖(台吉乃尔湖、涩聂湖和达布逊湖)沉降区的西端, 接受来自昆仑山北坡的那陵格勒河补给。此盐湖是以卤水锂矿物为主, 并伴生钾、硼、镁等多种组分的大型矿产地, 水化学类型属于硫酸盐型硫酸镁亚型。地下水划分为晶间潜卤水(WI)、孔隙潜卤水(WII-1)和晶间承压卤水(WII-2)三层。
关键词:柴达木盆地; 盐湖; 地下水
中图分类号: P641.464 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-858X(2006)02-0001-06

1 概 况

西台吉乃尔盐湖位于柴达木盆地中部, 地理坐标: 东经 $93^{\circ}13' \sim 93^{\circ}34'$, 北纬 $37^{\circ}33' \sim 37^{\circ}53'$, 海拔高度约 2 680m, 面积约 560km², 为一封闭的内流盆地, 接受来自昆仑山北坡的那陵格勒河补给, 是该河的最终排泄区之一。经过几十年的地质勘探工作, 证明西台吉乃尔盐湖是以卤水锂矿物为主, 并伴生钾、硼、镁等多种组分的大型矿产地。

2 区域地质背景

2.1 地形地貌特征

西台吉乃尔盐湖在柴达木盆地构造分区上属于茫崖坳陷中的一里坪凹陷区^[1], 位于柴达木盆地东部三湖(台吉乃尔湖、涩聂湖和达布逊湖)沉降区的西端。湖区被北西部的红三旱四号背斜构造、北东侧的巴嘎雅乌尔背斜构造、西南部的船形丘背斜构造等第三纪背斜构造所包

围, 具有构造断陷盆地的特征^[1]。

湖区内地形平坦, 海拔高度约 2 680m。西部及北部为剥蚀堆积平原, 呈北西向排列的风蚀残丘地形。湖区东部为盐积平原, 地表由风积沙和湖泊化学沉积的石盐组成。南部为冲洪积、湖积的砂质粘土组成的湖积平原, 地表遍布南北向间歇性河流, 地形坡度 35 % 左右。在湖相地层出露地段, 发育有波状坡地, 高差 5~8 m。在原湖水覆盖区的北岸和南岸有湖岸阶地发育, 北岸阶地高差较南岸阶地为大, 湖区地形是由四周较高地形圈围的半封闭的洼地。

2.2 构造特征

西台湖位于柴达木盆地东部沉降区的西端, 是由褶皱和断裂构造运动形成的一个次级成盐盆地, 处于巴嘎雅乌尔背斜和船形丘背斜之间的一个 V 级小型向斜中(图 1 和图 2)。

湖区外围的红三旱四号背斜、巴嘎雅乌尔背斜和船形丘背斜分布方向为北西向, 平面上多呈短轴状, 呈斜列式错开, 隆起平缓, 两翼不完全对称, 以穹窿式为主。背斜核部地层一般由狮子沟组(N_{2s})泥岩、泥质粉砂岩(巴嘎雅乌

收稿日期: 2005-12-21

作者简介: 高东林(1965-) 男, 博士, 主要从事盐湖沉积与水文地质研究。

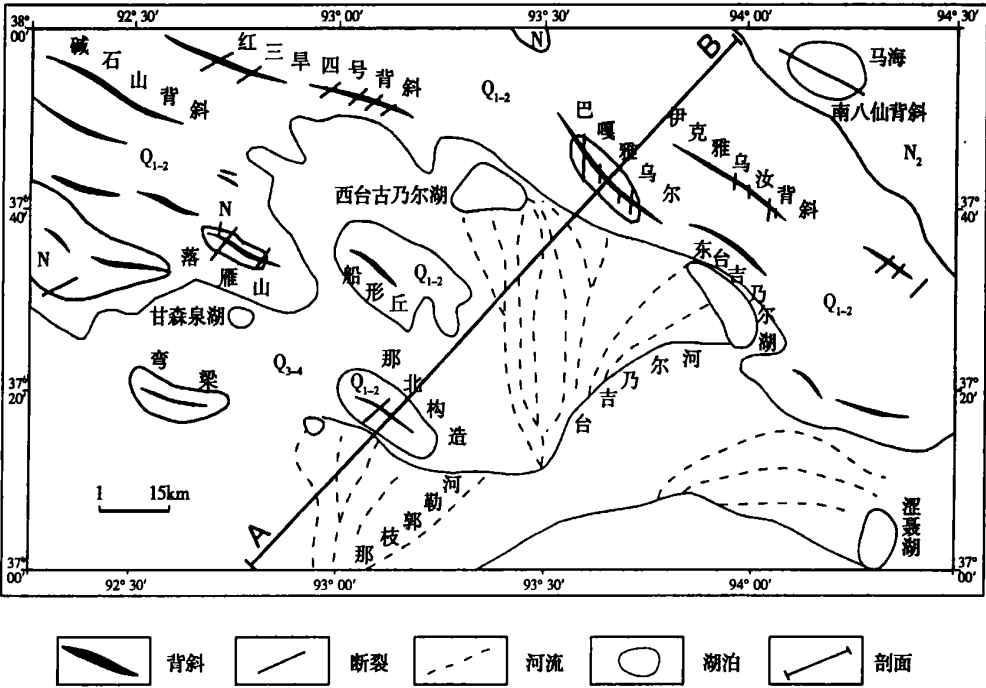


图 1 西台周边地区构造简图(改自^[1])

Fig. 1 Simplified regional tectonic map of West Taijinar Lake

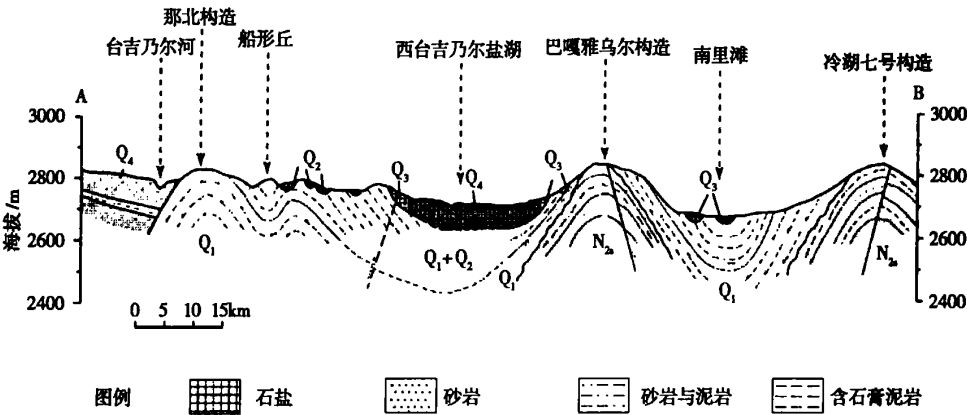


图 2 西台湖外围构造剖面图(改自^[1])

Fig. 2 Tectonic section of peripheral region of West Taijinar Lake

尔背斜)和中下更新统湖积(Q_1-Q_2)砂质泥岩、泥质粉砂岩(红三早四号背斜和船形丘背斜)组成,顶部发育正断层。

西台湖位于甘森一小柴旦断裂系统附近,近EW向的断裂系统将柴达木盆地一分为二,第三纪沉积和沉降中心位于断裂带的北部,第四纪沉积和沉降中心迁移到断裂带的南部^[3]。

湖区的北东缘和西南缘可能受北西西向和北西向次级隐伏断裂所控制,具有断陷性质的次盆地性质。在湖区比较值得关注的断裂系统是两条隐伏断层。一里坪—东台吉乃尔湖断裂和西北部的苦水沟断裂。一里坪—东台吉乃尔湖断裂在西台湖东北缘部位表现为潜卤水化学成因类型以氯化钙型为主,可能与深部油田水补给

有关, 该断层可属导水通道。苦水沟断裂可能是沟通西台湖和一里坪盐滩地下水的主要构造, 通过此导水断裂西台湖水可以补给一里坪干盐湖。

3 水文特征

3.1 气象

西台湖位于柴达木盆地腹地, 具有典型的内陆干旱气候环境。表现为干燥多风, 降雨稀少, 蒸发强烈, 昼夜温差大的特征。据 2001 年简易气象观测资料, 矿区年平均气温为 4.47℃, 蒸发量为 2 505.9 mm, 降水量为 17.8 mm。

3.2 河流

西台湖水文上属于那陵格勒河乌图美仁河区, 那陵格勒河是湖区水的主要来源。湖区地表河流有西台河和分流河, 二者均为那陵格勒河下游的季节性河流。那陵格勒河是柴达木盆地最大的一条河流, 发源于昆仑山布喀达坂山北坡的雪莲山, 河源海拔 5 598 m, 位于柴达木盆地西南部, 由西南流向东北, 最后汇入台吉乃尔湖。那陵格勒河上游有冰川分布, 冰川面积 774.63 m², 年冰川融水量 3.072 亿立方米, 占年径流的 29.7%。那陵格勒河集水面积 20 790 km², 河长 396 km, 河道平均比降 5.67%, 多年平均径流量 10.34 亿立方米^[4]。湖区水文上属于那陵格勒河区, 那陵格勒河是矿区水的主要来源。湖区地表河流有西台河和

分流河, 二者均为那陵格勒河下游的季节性河流。那陵格勒河对湖区的补给是脉冲性质的, 一年中主要有两个时期: 4~6 月份融冰期补给和 7~8 月份洪水补给。由于河流的季节性特点, 决定了西台湖湖水面积的多变性。近 20 多年来的气候监测、研究发现, 柴达木盆地气温升高、降水增多、地表蒸发增加, 这些气象要素都有利于气候向暖湿方向发展^[5]。

4 盐湖地下水(卤水)的分布特征

西台湖区内地下水以卤水形式在洼地赋存。根据含水层底板等埋深图, 地下水均赋存于 40 m 以内的含水介质之中, 埋藏深度由湖盆中心(埋深>30 m)向湖区边缘变浅, 与湖区走向基本一致。纵观全区, 含水层底板埋深大多大于 10 m。

4.1 地下水(卤水)的赋存介质特征

西台湖矿区揭露的第四系厚度大于 897.10 m, 盐类矿产主要赋存于上更新统上部 and 全新统的化学沉积层中, 盐类沉积岩系从 Q₃ 底界算起至 Q₄ 之顶界, 不足 35 m。上更新统按成因类型可划分为: 湖积、化学沉积及湖沼沉积 3 种类型。岩性、岩相较复杂, 由盆地边缘向中心, 系洪积逐渐过渡为湖积和湖泊化学沉积。依据岩性和沉积岩相特征, 并结合与邻区地层划分、对比, 将本统划分为 4 个岩性段(表 1)。由于盐类矿产主要赋存于上更新统上部和全新统的化学沉积层中, 现着重介绍如下:

表 1 西台吉乃尔湖上更新统岩性特征表

Table 1 Pleistocene lithologic characteristic of West Taijinar Lake

层 位	深度/m	岩 性
Q ₄	8 65—32 70	棕红色、褐色粉砂粘土夹灰白色含粉砂的石盐, 底部局部含石膏、芒硝、石盐层。
Q ₃	32 70—59 67	黄灰色含粘土的粉砂夹黄绿色粉砂粘土。
Q ₃ ²	59 67—93 30	灰黑色含粉砂的淤泥, 夹含粉砂的淤泥粉砂土。
Q ₃ ¹	93 30—100 20	灰黄色及灰绿色含粘土的粉砂及夹绿色粘土, 局部含少量淤泥。

上更新统第 4 岩段(Q₃⁴)为机械碎屑沉积与化学沉积互层。机械碎屑沉积以灰黄色、褐黄色及棕红色含粘土的粉砂、粘土粉砂、粉砂粘

土、中粗砂、含石盐的粘土粉砂、含石盐的粉砂粘土夹石盐薄层和含粉砂的石盐透镜体, 富含孔隙卤水(W II—1)(湖西地区)(图 3)。化学沉

积以白色、灰白色含粉砂的石盐、含粘土的石盐、含粉砂的粘土石盐、粉砂石盐、含淤泥的石盐、含芒硝的石盐、含石膏粉砂之石盐、石盐、含白钠镁矾的石盐、含粉砂石盐之石膏、含芒硝石盐之白钠镁矾等夹薄层褐黄色含石盐的粘土粉砂、石盐粉砂、含石盐的粘土透镜体,局部为含粉砂的石膏薄层和含泥砂的白钠镁矾层及固体钾镁盐。主要分布盆地中心部位,厚度达 31.25 m,向周边逐渐变薄,一般厚度 15~25 m,含晶间承压卤水(W II-2)(图 3)。

全新统广泛分布于全矿区,面积约 522 平方公里。按成因类型可分为:风积、化学沉积、冲积、湖积 4 种沉积类型。按岩性和层序分析,可大致划分为上下两个岩段,由下至上为:下岩段(Q_4^1)为碎屑岩段。岩性以湖积棕红色粘土及土黄色含粘土的粉细砂为主,广泛分布于 Q_3^4 之上,厚度 4~6 m 不等,面积达 372 km²;在矿区

西北部,湖积中细砂和含粘土的粉细砂上常覆盖一薄层风积砂,风积砂的厚度数厘米至数十厘米,面积可达 100 余平方公里;在矿西东侧及东南侧,湖积层上多覆盖有冲积粘土和粉砂粘土等,冲积层的厚度为 0.2~1.0 m。上岩段(Q_4^2)化学岩段:分布于西台湖的现代湖水分布区的边缘和湖底,固、液体盐类矿产(LiCl、B₂O₃、KCl、NaCl、MgCl₂等)主要赋存于本岩段中,亦是地表潜卤水矿(WI)(图 3)的含矿层位。

4.2 地下水(卤水)的分布特征

西台湖卤水矿具有规模大、埋深小、矿层多和分布叠置等特征。根据赋存状态,可分为地表卤水矿和地下卤水矿两部分。后者按照赋水岩层地质时代和水力性质等,又划分出晶间潜卤水(WI)、孔隙潜卤水(W II-1)和晶间承压卤水(W II-2)3 个地下卤水矿层(图 3)。

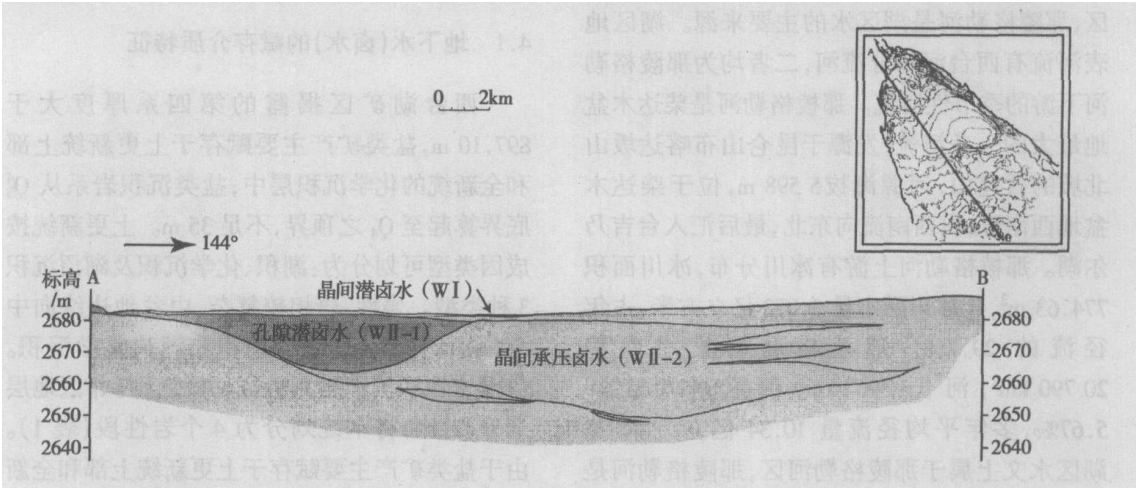


图 3 西台吉乃尔盐湖水文地质 A—A' 线剖面图
Fig. 3 Hydrogeological A—A' section of West Taijinar Lake

晶间潜卤水主要分布在现代湖水分布区的西部,当湖区有了湖水后,晶间潜卤水直接接受湖水补给,水位埋深一般<0.2 m,含水层厚度一般在 0.2 m,最厚为 0.40 m,面积约 30.8 km²。孔隙潜卤水主要分布在湖区和晶间潜卤水的西侧,主要分布在湖区西部,厚度最大 25.56 m,向边缘逐渐变薄乃至尖灭,含水层一般厚度 10~15 m。地下水位埋深最大可达 3.13 m,一般为 1~2 m,总趋势由东向西增大。晶间承压水分布于湖区的大片地段,含水层厚度一般在 10~

15 m。承压含水层顶板埋深由南部的 7.1 m 向矿区中部和北部逐渐变薄以至与潜水含水层直接接触。承压含水层水头均低于地表,水头高度也小于 5 m,为浅藏承压水。

5 盐湖卤水水化学特征

西台吉乃尔盐湖为固液相并存盐湖,湖表卤水矿化度 336.3 g/L,相对密度 1.2255,pH 值 7.7;晶间卤水矿化度 334.6 g/L,相对密度

1. 2233, pH 值 7. 9, 盐湖水化学类型为硫酸盐型 硫酸镁亚型(表 2)。

表 2 西台吉乃尔盐湖不同种类卤水化学成分表
Table 2 The chemical composition of different types of brine

卤水种类	主要组份含量/g°L ⁻¹				
	LiCl	B ₂ O ₃	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
晶间卤水(盐湖所, 1980)	1. 563	1 219	8 444	15. 737	101. 175
晶间潜卤水矿(WI) *	3. 85	3 49	17. 56	41. 13	54. 17
孔隙潜卤水矿(WII-1) *	3. 60	0 93	12 58	42 86	64 28
晶间承压卤水矿(WII-2) *	1. 88	1 29	9. 51	31. 89	70. 21

* 引自文献^[1]

从资料分析来看, LiCl 的高值区在远离补给源的湖区西北部, LiCl 含量> 3. 0 g/L, 次高值区在湖盆轴线一带, LiCl 含量> 2. 5 g/L, 并平缓向南北递低。低值区位于矿区南端, LiCl 含量< 0. 3 g/L, 反映出矿区南端有地下迳流补给。组份 B₂O₃ 的分布特征与 LiCl 相似。高值区也在西北部, B₂O₃ 含量最高达 1. 97 g/L, 次高值区在湖盆轴线两侧, B₂O₃ 含量多在 1. 6 g/L 左右, 低值区在南端, B₂O₃ 含量多数< 0. 4 g/L。组份 K⁺ 的分布特征与 LiCl 和 B₂O₃ 相似。

卤水水化学组份在垂直方向上的变化规律和分异作用不十分显著。由浅而深, 卤水中 Li⁺、B₂O₃ 及 Mg²⁺ 的含量普遍有所增高; K⁺ 含量总体也略有增高, 但这种趋势不明显; Na⁺ 的含量有高有低, 并无规律可循。总体上 Li⁺、B₂O₃ 及 K⁺ 的含量变化具有由南向北逐渐趋高的侧向变化规律。总的来说, 西台湖的卤水演化程度较高。

6 结 语

西台吉乃尔盐湖综合开发项目已经获国家

核准, 由青海省招商引资进来的中信国安集团建设。建设规模为年产钾镁肥 100 万吨、硼酸 5 万吨、碳酸锂 2. 5 万吨。项目分两期建设, 一期工程规模为年产钾镁肥 30 万吨、硼酸 2 万吨、碳酸锂 1 万吨。该大型盐湖钾锂硼综合开发项目将充分利用青海省柴达木盆地西台吉乃尔盐湖丰富的钾锂硼镁等资源, 推动青海经济的发展。

感谢: 感谢中信国安集团提供相关的地质资料以及张明刚副研究员对本文仔细阅读并提出宝贵的修改意见。

参考文献:

[1] 郑喜玉, 张明刚, 等. 中国盐湖志[M]. 北京: 科学出版社, 2002
[2] 戴俊生, 叶兴树, 等. 柴达木盆地构造分区及其油气远景[J]. 地质科学, 2003, 38(3): 413—424.
[3] 汤良杰, 金之钧, 等. 柴达木盆地及相邻造山带区域断裂系统[J]. 地球科学, 2002, (27)6: 676—682.
[4] 杨贵林, 张静娴. 柴达木盆地水文特征[J]. 干旱区研究, 1996, 13(1): 7—13.
[5] 时兴合, 赵燕宁, 等. 柴达木盆地 40 多年来的气候变化研究[J]. 中国沙漠, 2005, (25)1: 123—128.

Storage Characteristics of Ground Brines of West Taijinar Salt Lake

GAO Dong-lin, MA Hai-zhou, ZHANG Xi-ying, HAN Feng-qing, ZHOU Do-jun
(Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China)

Abstract: Belonging to the Yiliping depression of the Mangya sink, the west Taijinar Lake is located in the western region of the three lakes (West Taijinar Lake, East Taijinar Lake, and Senie Lake). The lake water is replenished by the Nalinggele River, which originates from the north of the Kunlun Mountain. This lake is characterized as a large mineral reserve of brines containing remarkable amount of lithium associated with other components like potassium, boron and magnesium. The hydrochemistry of the brines are of the magnesium sulfate sub-type. The underground brines can be classified into the latent intercrystalline brine (WI), the latent cavity brine (W II-1), and the pressurized brine (W II-2)

Key words: Qaidam Basin; Salt lake; Ground brine

全国唯一的研究盐湖科学和技术的专业性学术期刊
欢迎订阅《盐湖研究》

《盐湖研究》是国家科委批准的学术类自然科学期刊,由中国科学院青海盐湖研究所主办,科学出版社出版,1993年创刊并在国内外公开发行。

《盐湖研究》是国内唯一的研究盐湖科学和技术的专业性期刊。面向国内外报导交流盐湖、地下卤水、油田水、海水等基础、应用、开发和技术及管理的研究报告、论文和成果,探讨其资源的分离提取技术与综合利用途径。

《盐湖研究》为季刊, A4开本, 72页, 每季末月5日出版发行。 单价: 8.00元/本, 全年32.00元。 刊号: ISSN1008—858X; CN63—1026/P。 邮发代号: 56—20。 全国各地邮局均可订阅。 联系电话: 0971—6301683。