

罗布泊干盐湖富水(矿)性分区特征 与控制因素分析

顾新鲁¹, 颜 辉², 江善斌¹, 齐万秋¹, 曾永刚¹

(1. 新疆地矿局第二水文工程地质大队, 新疆 昌吉 831100;

2. 国投新疆罗布泊钾盐有限责任公司, 新疆 哈密 839000)

摘 要: 通过对罗布泊干盐湖地区富水(矿)性特征的分析, 指出盐湖及盐类液体矿床的储水介质、盐类矿体间连通性及晶体间孔隙是决定其特征变化的主要因素。同时, 区域的附加构造应力场造成的地层(盐类地层)构造裂隙也是造成富水性差异与控水(矿)的重要因素。

关键词: 富水(矿)性; 储水介质; 连通性; 构造应力场; 裂隙

中图分类号: P641.5

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2011)02-0001-06

1 前 言

罗布泊干盐湖地区(指罗北凹地、腾龙台地、新庆台地与南部干盐湖,下同)在大地构造上位于塔里木地台、东天山褶皱带和北山褶皱带的交汇处,各时期地层均有出露,地层和构造比较复杂(见图1、表1)^[1]。

干盐湖下地下水体均为咸(卤)水,且其中富含钾离子,构成卤水钾矿体,含钾品位一般大于0.5%,多数超过1%,达到工业矿体^[1-2],本文将两者统称为地下水(矿)。

主要的压性与张性线性构造带的方向分别为北西西280°和北北东10°,它们的基本方向互相垂直,而与张性带即主压应力方向东西两侧成55°角的北东65°和北西315°各有一个剪切带,其扭动方向又分别为左旋和右旋,恰成共轭之势,与压性、张性带构成统一的构造应力场^[3]。

这些不同的构造类型大体上决定了区域与局部地段的富水(矿)性差异。总体说来,张扭性构造带(北北东向)的一些特征地段可能形

成局部富水(矿)地段而成为今后找水(矿)与开采的重要部位,而压性构造带(北东东向)也并不是完全隔水(矿)构造,地层虽然有较大变化,但地下水(矿)体仍是连通的。

2 罗布泊干盐湖富水性分带(区)

分为罗北凹地、腾龙台地、新庆台地富水性亚区与南部干盐湖富水性亚区。

2.1 罗北凹地、腾龙台地、新庆台地孔隙及晶间孔隙水亚区

该亚区分布腾龙台地、罗北凹地、新庆台地等湖盆(见图2)^[4]。区内地层结构复杂,岩性多变,所含地下水水质类型较多。有盐系地层中的晶间孔隙潜水和承压水,还有松散碎屑层中的孔隙潜水和承压水。晶间孔隙潜水主要分布于腾龙台地、罗北凹地、新庆台地一带,含水层由全新统、中更新统上部的石膏、钙芒硝和石盐层构成,含水介质为盐类晶体之间的孔隙和盐溶洞,含水层厚一般5~30 m,富水性中等偏弱或极强。

收稿日期: 2010-07-26

作者简介: 顾新鲁(1974-),男,硕士,高级工程师,主要从事水文、工程与环境地质及液体矿产勘察工作。

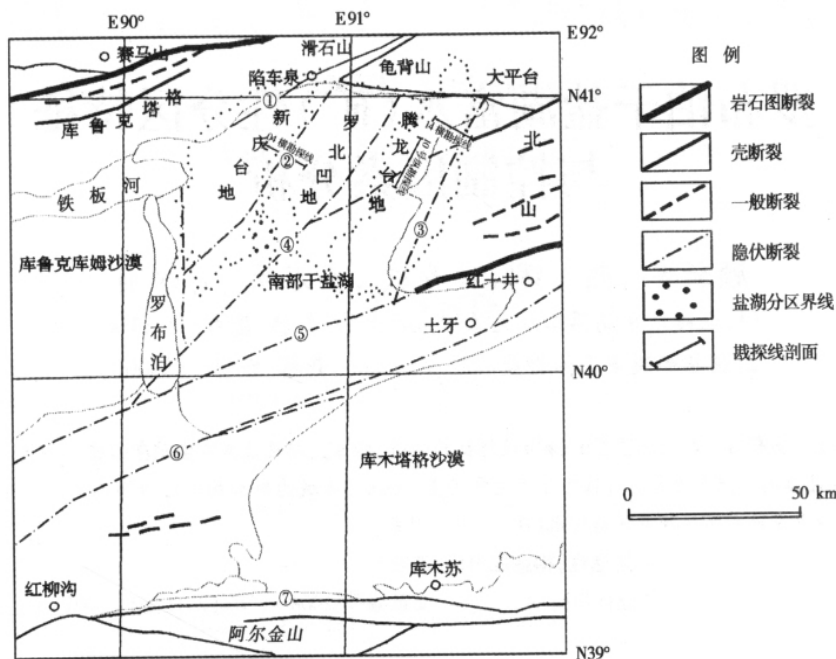


图 1 罗布泊湖区域构造略图
Fig.1 Regional structure sketch of Lop nur

表 1 罗布泊区域主要断裂特征表
Table 1 Regional main fracture characteristic chart of Lop nur

编号	名称	深度	活动性质	强烈活动时时代	岩浆活动及其它	产状			特 征
						走向	倾向	倾角	
①	孔雀河断裂	C	压性,东段具右行剪切	P_z, M_z, K_z		北东	北西		继承性活动断裂,北盘上升,南盘下降,构成盆地与山区的界线,沿断裂带第四系有褶皱及掀斜现象,控制着罗布泊干盐湖的北界。
②	罗北断裂	M	压性	K_z	中性岩脉	北北东	南南东	70°	新生性断裂,西盘上升,东盘下降,控制着罗北凹地的形成发展,造成新庆台地中晚更新统地层出露地表形成台地。
③	罗布泊东侧	M	张扭	K_z	中酸性岩株	北北东	西	陡	新生性断裂,东盘上升,西盘下降,控制着罗布泊盐湖的东部边界,构成北山与盐湖的界线。
④	车尔臣河断裂	L	压扭	P_z, K_z	中酸性岩脉	北东	南南东		继承性活动断裂,北盘上升,从腾龙台地中部穿过,将腾龙矿床分为南北两部分。
⑤	矛头山断裂	C	左行压扭	K_z	石英脉、中酸性岩脉	北东东			继承性活动断裂,控制北山的南界。
⑥	坑抵-课帕断裂	L	压性	K_z		北东东	南	65°	继承性活动断裂,具新生性,南盘上升,北盘下降,形成阿其克谷地,控制罗布泊盐湖南界。

罗北凹地单位涌水量 0.94 ~ 1 523.20 m/d。腾龙台地靠近罗北凹地附近单位涌水量 15 239.27 m³/d·m,单井涌水量 10.0 ~ 单位涌水量 10 ~ 300 m³/d·m,单井涌水量 100 ~ 1 296.50 m³/h,渗透系数 27.68 ~ 1 000 m³/d,渗透系数 5 ~ 100 m/d,潜卤水含水

层孔隙和盐溶极为发育,平均孔隙度一般在 10.79% 左右,平均给水度 5.54% 左右。其东南部揭露有 2 层承压卤水含水层,主要分布在④号断裂以南,中间主要由粘土层相隔。含水层岩性为石膏和钙芒硝,厚度 3~10 m,在台地中部最厚,由南向北逐渐变厚,富水性中等偏弱或强,单位涌水量 10~100 m³/d·m,单井涌水量 10~200 m³/d,渗透系数 1~50 m/d。新庆台地揭露有 2 层承压卤水含水层,含水层岩性

为石膏和钙芒硝,厚度 3~5 m,单位涌水量由中部 100~3 000 m³/d·m 过渡到边部的 10~100 m³/d·m,单井涌水量 10~200 m³/d,渗透系数 1~20 m/d^[1]。

上述地区地下水均为高矿化的卤水,地下水矿化度一般在 200~320 g/L。腾龙台地一带卤水矿化度更高,达 360 g/L 以上,水化学类型为 Cl·SO₄-Na 型或 Cl-Na 型水。

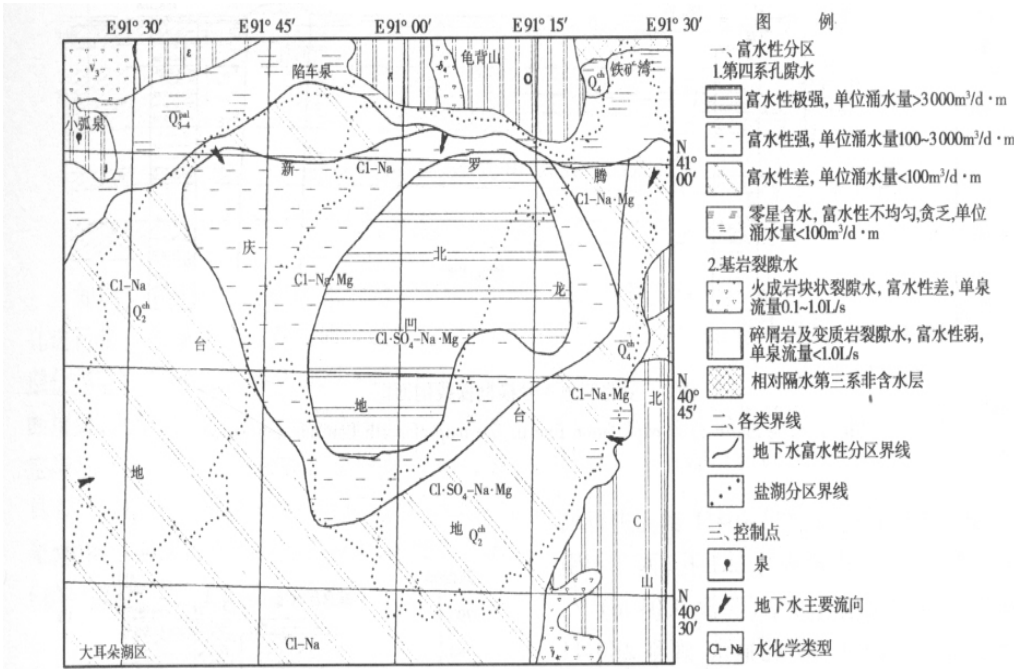


图 2 罗布泊区域水文地质图
Fig.2 Regional hydrogeologic map of Lop nur

2.2 南部干盐湖孔隙及晶间孔隙水亚区

南部干盐湖亚区包括松散岩类孔隙潜水和承压水,主要分布于现在罗布泊“大耳形”湖盆区内。潜水含水层主要由湖积的粉细砂层构成,厚度一般小于 1 m,水位埋深一般 1.5~2.5 m,底板为粘土,空间分布不连续。潜水含水层单井涌水量小于 10 m³/d,渗透系数小于 1 m/d,富水性相对较差。承压水含水层据 K1 孔揭露,含水层岩性为泥质中细砂、砂岩、石膏质砂岩、泥质砂岩等,单层厚度一般小于 1 m,层组厚度 15~20 m,隔水层为泥岩和粘土,由于隔水层在水平上分布不连续,承压水与上覆潜水存在水力联系,承压水单井涌水量为

21 m³/d,单位涌水量为 2.27 m³/d·m,渗透系数 0.17 m/d,导压系数 2.73 m²/d。地下水矿化度一般在 320~350 g/L,为高矿化卤水,水化学类型为 Cl-Na 型^[1]。

3 构造带富水性特征

区内的北北东向、北东向②、③、④断裂组发育于罗布泊干盐湖,尤其是④号车尔臣断裂为继承性断裂,属压扭性,是本区主要的控矿构造,也是控制罗北凹地、腾龙台地形成和发展的主要断裂。近东西向断裂组发育于阿尔金山区,属基底式断裂,如⑥断裂,多呈舒波状展布,规模较大,以压扭性为主,具阻水性,控制南部

基岩山区和盆地的界线。北东和北西向断裂组成共轭断裂带,如①、⑤发育于库鲁克塔格、北山和阿其克谷地一带,其延伸较远,规模较大,具左旋压扭性,控制着罗布泊干盐湖的北、南界,并穿过罗布泊干盐湖,将其分为几个单元,沿断裂有泉点分布,如陷车泉等^[1]。

据近年来的勘探成果,沿断裂附近其富水

性变化有一定的差异性,就其具体特征以②、③、④号断裂为例进行分析。

②号断裂,控制罗北凹地与新庆台地的界线,属张性正断层,走向 30° ,倾向 120° 左右,其东盘下降,形成凹地,西盘上升,形成台地。在卫星照片上断裂两侧的地质体影像色调明显不同,断裂呈线状延伸^[1]。

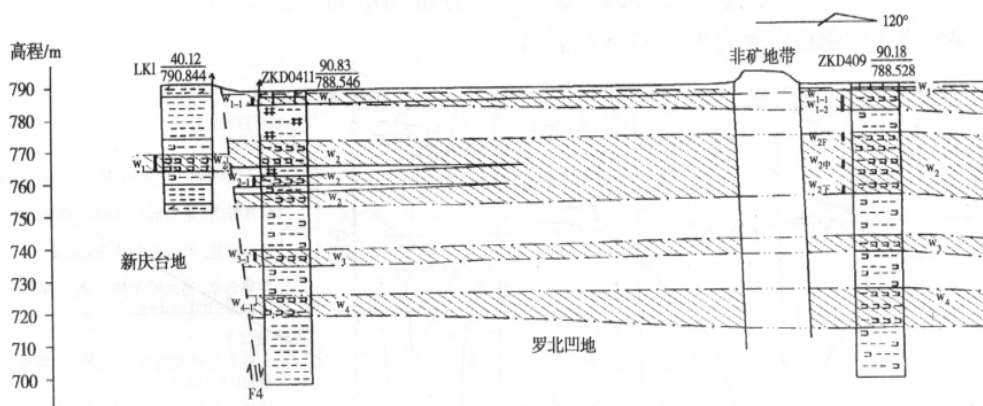


图 3 罗北凹地 4 号横勘探线剖面图

Fig. 3 The fourth cross exploration line profile map of north Lop nur depression

如图 3 钻孔位置,在 ZK0411 钻孔进行抽水试验时,位于新庆台地的 LK1 孔(两孔相距 240.5 m)内的水位有波动(降深 0.04 m)^[1];同时,反向抽水时(LK1 孔抽水,观测 ZK0411 孔内水位),水位亦有波动,此种特征反映此条断层是具有导水性质的,断层两侧的地层虽不属于同一时代地层,但富水介质大致相同(均为钙芒硝),水(矿)体是相通的或有相同来源的,即地层的不同期与水(矿)体的同源现象,此种现象也可以指导勘查区内两处“非矿地带”内可能富有卤水(矿)^[1]。

③号断裂,为张扭性,属新生性断裂。正断层,走向 30° ,倾向 210° 左右,东盘上升,西盘下降,控制着罗布泊盐湖的东部边界,构成北山与腾龙台地的界线,在卫星照片上断裂两侧的地质体影像色调明显不同,断裂呈线状延伸^[1]。

如图 4 钻孔位置,在腾龙台地的 CK1 (LK5 原位置) 孔进行多孔抽水试验时,位于罗北凹地的 5 号观测孔(两孔相距 60 m)内的水位有波动(稳定降深 0.05 m)^[1],此种特征反映此条断层也是具有导水性质的。

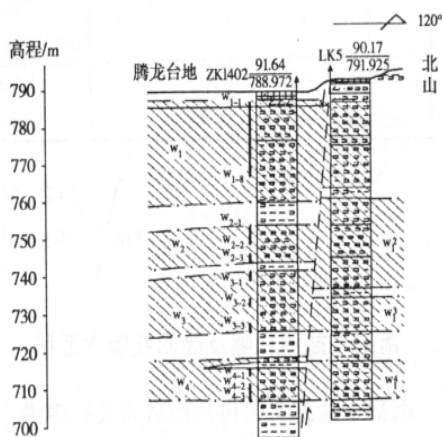


图 4 罗北凹地液体钾盐矿 14 号横勘探线剖面图

Fig. 4 The fourteenth cross exploration line profile map of north Lop nur depression

④号断裂,为区域性、继承性活动大断裂。整体呈北东向,切穿腾龙台地,断裂羽状尾部转折端(右旋)向北部延伸,至龟背山,控制着罗布泊北部地区与南部的界线,属压扭性质的逆断层,航空影像明显,走向 70° 左右,其北盘上升,南盘下降,在地质历史时期活动强烈,控制

着罗北凹地的演化和发展^[1]。

第四纪时期的活动造成罗布泊地区分为南北两个部分,罗布泊北部地区抬升形成局部的

汇水湖盆,形成罗北凹地的雏形;南部地区形成一个大的汇水盆地,即罗布泊南部湖盆。

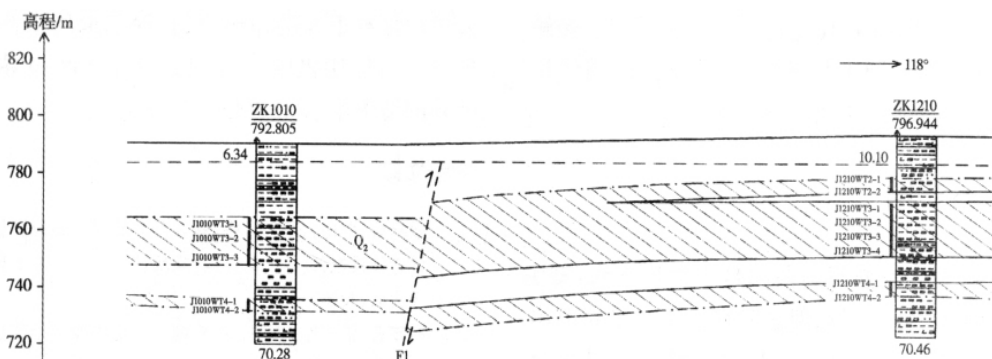


图5 腾龙台地10号纵勘探线剖面图

Fig.5 The tenth vertical exploration line profile map of Tomron platform

如图5 钻孔位置,在腾龙台地的ZK1010孔进行带一个观测孔的多孔抽水试验时(抽水层位 W_{T2}),观测孔距离9 m,大致位于车尔臣断层处,观测孔内的水位有波动(最大落程稳定降深0.56 m)^[2],此种特征反映此条断层是具有导水性质的,也表现出水(矿)体的同源现象,但断层两侧富水性差异性较大,主要与含水(矿)层厚度与连通性有直接关系。

4 富水性特征控制机理分析

4.1 富水性与盐类地层孔隙的连通性、渗透率关系

对已勘探区(以腾龙台地为例)多个钻孔进行孔隙度测试,北部潜卤层样品孔隙度平均值8.64%~15.37%,一般上部储卤层的孔隙度和给水度较大,往下减少,靠近罗北凹地部分样品达到33%以上,部分地段钙芒硝层较致密,根据目测及试验室孔隙度测试成果孔隙度极小,本次未将该部分含盐系划入含水层。南部储卤层品孔隙度平均值3.21%~8.58%,部分样品达15%以上,相对潜水层较小,这与地层的静压力作用有关,同时对于连通性较好的地段(粘土成分充填与含量较小),富水性远较连通性差(粘土成分充填与含量较大或盐类较致密)的地段大,其两者单位富水性最大可相

差1个数量级^[2]。

引用并对比前人资料,潜卤层渗透率为 $214 \sim 39\,400 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均为 $6\,348.25 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,变化范围较大。同一块样品钻两个测试样柱,孔隙度相近,而其渗透率可相差2~19倍,由此反应出储卤层的连通性变化极大。

承压层渗透率 $29.1 \sim 329 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均为 $145.34 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。潜水层渗透率相当于承压层的43倍,说明承压层因静压力作用被压榨,导致孔隙减小,连通性也大大降低^[3-4]。

4.2 富水性与构造部位的关系

从上述各构造形迹的空间展布规律并结合地质勘探孔的认识得出,区内的张扭性构造由于多数为新生性断裂,地层中粘性土与盐类地层均具有塑性与流态变化的特征。因此,其理想的张性大裂隙与构造空间并不是十分明显(钻孔中也不能有效地判定断裂带或断层泥等)^[2],但多数变形已形成一定的构造解理或裂缝。这些次生构造裂隙或裂缝能将地下水(矿)的连通性进一步贯通并加大,这就是地下水富水性在赋存介质中的各个异性所决定的。多孔抽水试验中相同距离不同影响半径与降深就是证明。

压扭性构造在整体上决定了地下水(矿)的类型与赋存空间,但地下水(矿)做为流体是可以运动的,当局部或整体存在渗透压力差时,

地下水(矿)总是会向低势能的方向运动。因此,理想的断层隔水边界也是不存在的。但断层附近的富水性应是相对较差的,反映了地层挤压与密实作用,其连通的通道应是断层接触带(面),而不同于张扭性的断层通道(整体接触),因此其富水性总体相对较差。

5 小 结

1. 张扭性断裂与断陷带中的地下水(矿) 一般来说,盐湖卤水钾盐矿存储于水平状产出的盐类沉积地层和部分碎屑层中,可以称为“水平”成储模式^[1],这是国内外盐湖钾盐成储的基本规律,也是国内外盐湖钾盐勘查工作的地质基础依据。

从上述罗布泊干盐湖地区构造特征分析,罗布泊出现一系列张性断裂和断陷带,勘探初步了解,这些断裂带存储着一定的地下水(矿)^[2],应该成为找水(矿)的新方向。由于这种断裂带呈垂向分布,类似于墙体,因此,将这种成钾模式称为“含水墙”模式。

该认识与理论扩大了盐湖找钾思路和方向,在罗布泊干盐湖地区指导寻找新的钾盐资源量,是一种可能的找水(矿)方向。

2. 沿深部断裂上升的地下水(矿) 罗布泊盐湖区存在流体上涌的通道,为活动流体的喷出口或泥火山口,这些现象在局部地段很发育(如铁南凹地)。它们是地下深部卤水流体沿断裂上升喷出或排泄地表的出口^[3]。

据勘探成果,此类上升流体(水)对盐湖钾

盐成矿作用,一是促进钙芒硝沉积和卤水中的钾元素富集;二是促使固体钾盐矿物沉积。

可以认为,上升卤水流体对罗布泊盐湖钾盐成矿具有重要的作用^[4],且深部地层水补给的水动力作用极强^[5],因此,沿深部断裂寻找上升的地下水(矿)也是一个方向。

参考文献:

- [1] 顾新鲁,白铭,黄新凤,等. 新疆若羌县罗北凹地钾盐矿详查地质报告 [R]. 昌吉: 新疆地矿局第二水文工程地质大队,2006.
- [2] 顾新鲁,曾永刚,李明,等. 新疆罗布泊腾龙台地钾盐矿详查地质报告 [R]. 昌吉: 新疆地矿局第二水文工程地质大队,2009.
- [3] 王弼力,刘成林,焦鹏程,等. 罗布泊盐湖钾盐资源 [M]. 北京: 地质出版社,2001.
- [4] 顾新鲁,陆成新,宋文杰,等. 罗北凹地液体钾盐矿远景区“同源不同期”成矿模式分析 [J]. 盐湖研究,2009,17(2): 21-26.
- [5] 刘成林,王弼力,焦鹏程,等. 罗布泊第四纪卤水钾矿储层孔隙成因与储集机制研究 [J]. 地质评论,2002,48(4): 439-440.
- [6] 刘成林,焦鹏程,王弼力,等. 罗布泊第四纪含盐系成岩作用特征研究 [J]. 沉积学报,2003,21(2): 240-246.
- [7] Liu C L, Wang M L, Jiao P C, et al. Features and formation mechanism of faults and potash-forming effect in the Lop Nur Salt Lake, Xinjiang, China [J]. Acta Geologica Sinica-English edition, 2006, 80(6): 936-943.
- [8] 刘成林,焦鹏程,王弼力,等. 新疆罗布泊第四纪盐湖上升卤水流体及其成钾意义 [J]. 矿床地质,2003,22(4): 386-392.
- [9] 焦鹏程,刘成林,王弼力,等. 罗布泊盐湖晶间卤水运动特征及其动力学分析 [J]. 地球学报,2003,24(3): 255-260.

(下转第 10 页)

Aquifers Hydrogeological Characteristics of Kuntay Salt Lake

ZHANG Jia-hao^{1,2}, REN Jin-run², ZHANG Zhao-guang^{1,2}

(1. *China University of Geosciences (Beijing) , Beijing , 100083 , China*; 2. *Qaidam Integrated Geological Mineral Survey Institute of Qinghai Province , Golmud , 816000 , China*)

Abstract: The brine in Kuntay salt lake exist as intercrystalline brine and layer cavity brine , and the hydrogeological characteristics limit the production process. Getting a clear picture of the aquifers hydrogeological characteristics can provide a favorable technical basis for sylvite development.

Key words: Kuntay salt lake; Aquifer; Hydrogeological characteristics

(上接第 6 页)

Rich Water (Mine) Subarea Characters and Controlling Factors in Lop nur Dry Saline

GU Xin-lu¹, YAN Hui², JIANG Shan-bin¹, QI Wan-qiu, ZENG Yong-gang¹

(1. *The Second Hydrologic Engineering Geology Brigade of Xinjiang Geological and Mineral Resources Bureau , Changji , 831100 , China*; 2. *Guotou Xinjiang Lop nur Potassium Salt Co. , Ltd , Hami , 831100 , China*)

Abstract: Through analyzing the rich water (mine) nature characters in Lop nur dry saline region , the authors get the conclusion that water (mine) storing medium , the connectivity between salt orebody and the intercrystal caves are the major factors for water (mine) enrichment; and the stratum (salt stratum) crannies caused by the regional additional structure stress are also the important factors for the difference of water (mine) enrichment ability.

Key words: Rich water (mine) character; Water-storing medium; Connectivity; Structure stress force field; Cranny