

DOI:10.12119/j.yhyj.201802007

罗布泊盐湖储卤层水文参数在钾盐开发过程中的变化规律及成因探讨

李文学,张凡凯,于永梅,王江,马宝成,赵亮亮,陈伟,杨宝恒

(国投新疆罗布泊钾盐有限责任公司矿产资源部,新疆哈密 839000)

摘要:2013年进行的疏干开采抽水试验揭示罗布泊罗北凹地钾盐矿区现阶段深部承压储卤层(W1、W2、W3)水文地质参数为附近区域zk0601在2006年详勘时的十余倍。为了确认这种现象在罗布泊盐湖是否具有普遍性,2016年在罗北凹地钾盐矿区选择LBSK1、LBSK2两个区域开展水文地质参数验证研究工作。验证研究表明,2006年至今罗北凹地钾盐矿区承压储水层水文参数的确有普遍增大的现象。分析认为,矿区钾盐开发过程中大规模抽取地下卤水引起的卤水运动加速、储卤层水—盐动态平衡被破坏,从而导致深部承压储卤层水化学成分、地质结构发生变化,这些变化是导致上述现象的重要原因。对上述现象的分析研究将为矿区下一步采输卤工程设计提供重要的水文参数,对今后矿区储量管理以及生产计划安排具有指导意义。

关键词:承压储水层;水文参数;抽水试验;储量管理;生产计划管理

中图分类号:P641.464

文献标识码:A

文章编号:1008-858X(2018)03-0044-08

0 前言

研究区位于国投新疆罗布泊钾盐有限责任公司罗北凹地钾盐矿区。罗北凹地钾盐矿位于塔里木盆地东部,行政区划隶属新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州若羌县管辖。罗布泊干盐湖地下存在多层含钾卤水矿床(已发现有7层含钾卤水)。第一层为潜卤水,下部6层为承压卤水,其中承压卤水所包含的钾资源量占罗布泊干盐湖中钾资源总量的65%以上。根据现有的详查资料,承压卤水的贮存介质为结晶盐层或粗碎屑层的孔隙或溶隙,呈层状分布。各层之间被细粒碎屑沉积层分隔,相对独立封闭,疏干采出难度较大。罗北凹地地下卤水潜水层(W1层)井采开采技术已渐成熟,资源总回收率也高于核定值。为了进一步提高地下卤水的资源回收率,为企业和社会创造更好的效益,2013年国投罗布泊钾盐有限公司在zk0601钻孔附近进行了LBSK(深部

承压卤水疏干开采抽水试验)工作。试验时封止上部W₁卤水层,混合抽取井内的W₂、W₃、W₄承压卤水,采用承压水稳定流公式进行计算。单井涌水量15 698.88 m³/d,计算得渗透系数49.47 m/d,单位涌水量857.86 m³/d·m。抽水试验所求得单位涌水量,较2006年详勘矿体详勘阶段W₂、W₃、W₄卤水矿层单位涌水量有较大幅度的增加(5~10倍)^[1]。在充分收集相关资料的基础上,国投罗布泊钾盐有限公司在ZK1802、ZK1205详查钻孔附近再选择LBSK1、LBSK2两个区域开展水文地质参数验证研究工作,分析研究含钾卤水层水文参数的变化,以用来指导今后的资源储量管理及采输卤设施设计与生产计划管理工作。

1 罗北凹地钾盐矿床地质背景

罗北凹地为断陷盆地,连续分布下更新统Q₁全新统Q₄沉积地层。表层全新统Q₄为蒸发作用

收稿日期:2017-06-21;修回日期:2017-07-23

基金项目:中央专项《(矿产资源节约与综合利用专项资金)(新国土资函[2011]720号)》项目;国投新疆罗布泊钾盐有限责任公司《罗布泊深部承压卤水疏干开采试验》配套研发资金支持项目

作者简介:李文学(1965-)男,工程师,主要从事盐湖地质,盐湖钾资源卤水的开发研究工作。E-mail:lwx0994@163.com

所形成的盐壳(0~1 m),出现钾盐镁矾、光卤石等。上更新统Q₃、中更新统Q₂岩性主要为钙芒硝、石膏,夹有杂卤石等矿物,呈互层结构。下更新统Q₁与上覆Q₂呈角度不整合接触,上部为一套以化学沉积为主的钙芒硝、石膏层等,夹泥岩薄层呈互层状结构;下部为洪积砂砾石、含砾中粗砂等,未见底^[2]。

2 罗北凹地钾盐矿床水文地质特征

罗布泊曾是塔里木盆地诸水系的尾闾湖,也是盆地内地表水(地下水)的最终汇集地。塔里木盆地地下水均以向心状向罗布泊湖盆区汇流。罗北凹地位于罗布泊湖积平原,接受其它系统单元的补给,是地下水的最终排泄地。卤水钾盐矿赋存于钙芒硝岩层中,钙芒硝岩石发育相互联通的蜂窝状孔隙。储卤层岩石成分以钙芒硝为主,石膏及石盐为次。潜卤层卤水w(KCl)为0.92%~1.83%,平均1.52%;承压层卤水w(KCl)为1.40%,卤水水化学类型属硫酸镁亚型^[3]。依含水层介质、含水层结构、水动力条件,可以分为单一结构孔隙潜水含水层,多层次结构的晶间孔隙潜水含水层,晶间孔隙承压含水层^[4~8]。

1)单一结构孔隙潜水含水层 潜卤层主要分布于罗北凹地的北端靠近山前2~3 km(ZK2003~ZK2204一带)的范围,呈条带状分布。潜水位埋深一般在1.8~2.4 m,底板埋深在6~15 m,含水层厚度3~13 m,且差异性很大。含水层岩性为第四系上更新统含砾细砂、粉砂为主,局部夹有含石膏的淤泥和粘土,主要为湖岸碎屑沉积并夹有少量的化学沉积,颗粒分选性相对较差。地下水富水性相对较差,含水层单位涌水量小于15 m³/d·m,属中等富水。

2)晶间孔隙潜水含水层(W₁) 本含水层类型基本分布于整个罗北凹地。含水层岩性多为第四系全新统石盐、钙芒硝和含淤泥的石膏、第四系上更新统钙芒硝和含淤泥的钙芒硝、以及含石膏的钙芒硝。含水层厚度分布均匀,在中部沿东北角一线含水层厚度为20.00~38.00 m。含水层钙芒硝层盐溶孔隙发育,孔隙率一般为25%~35%,且含水层之间联通性极好,含水层富水性极强。渗透系数为27.48~2122.89 m/d,平均

417.42 m/d;单位涌水量10 000~20 000 m³/d·m,极强富水区渗透系数一般大于300 m/d。

3)浅层晶间承压含水层组(W₂,W₃,W₄)

浅层晶间承压含水层组(W₂,W₃,W₄)在全区基本上都有分布。主要为第四系上更新统钙芒硝、含石膏钙芒硝,中间夹有1.50~5.00 m的薄层状含钙芒硝的粘土层底板,为含钙芒硝的粘土层。含水层厚度一般在8.40~67.50 m,平均43.27 m。含水层渗透系数0.028~73.45 m/d,平均渗透系数为16.52 m/d。影响半径一般为7~185 m,平均为89.17 m^[9~10]。

3 试验区抽水试验

2013年至2016年对罗北矿区浅层晶间承压含水层组(W₂,W₃,W₄)进行了3次13个落程抽水试验工作,2013年~2015年对LBSK浅层晶间承压含水层组(W₂,W₃,W₄)做了7个落程大规模群井抽水试验,所得浅层晶间承压含水层组(W₂,W₃,W₄)单位涌水量相比2006年矿体详勘阶段相同地段相同层组大了十余倍。为了验证地层单位涌水量增大是否具有普遍性,2016年对LBSK1,LBSK2浅层晶间承压含水层组(W₂,W₃,W₄)分别进行3个落程的混合抽水试验(其中S₂=2/3*S₁,S₃=2/3*S₂),合计6个落程,最大落程延续时间不小于72小时,其余落程延续时间不小于24小时;抽水试验结束后观测恢复水位,恢复水位观测延续时间24小时或满足恢复至静止水位、或连续4小时观测水位变幅小于0.05 m为终止观测条件。一个主孔带一个观测孔抽水试验,总延续时间为144小时^[11~12],贯穿整个含水层并且可以全部进水,因此是承压水完整井。在有垂向补给的无限含水层中,随着降深漏斗的扩展,垂向补给量不断增大,当它增大到与抽水量相等时,将形成稳定的降落漏斗,地下水井的运动也进入稳定状态。结合本井的实际情况,符合稳定流的状态,因此本采卤主井为稳定流的完整井。

由于是承压水完整井,利用主孔和一个观测孔的水位降深数据求渗透系数及影响半径。渗透系数: $K=0.366 * Q/M(S - S_1) * Lgr_1/r$;影响半径: $LgR = (S * Lgr_1 - S_1 * Lgr)/S - S_1$;单位涌水

量: $q = Q/s$ 。其中, Q 单井涌水量, 单位: m^3/d ; Q 单位涌水量, 单位: $\text{m}^3/\text{d} \cdot \text{m}$; M 含水层厚度, 单位: m ; S 主井降深, 单位: m ; S_1 观测孔降深, 单位: m ; r 抽水主井半径, 单位: m ; r_1 抽水主井到观测孔距离, 单位: m 。

3.1 LBSK 浅层晶间承压含水层组(W_2, W_3, W_4)混合抽水试验

抽水试验共布置 1 眼采卤井和 8 眼辅助井, 位于 1 号输卤渠与 ZK0601 之间。距离 1 号输卤渠的垂直距离为 2 km, 距 ZK0601 约 425 m 处(井中心点坐标: $X = 4520932, Y = 16329825$); 辅助井分别布置于采卤井的 4 个方向, 每个方向 2 眼, 且均垂直于采卤井。每个方向辅助井中心到采卤井中心的距离分别为 80 m、180 m。由于试验区域地层结构不稳定, 存在缩经及垮塌现象, 在以前采

卤井以北 10 m 处重新施工采卤井一口, 0~30 m 开孔直径 1 000 mm, 30~103 m 开孔直径 700 mm; 后在 0~30 m 下入 800 井管, 并对第一层潜水 W_1 做止水处理; 30~103 m 下入 600 mm 花管对整个井壁进行护壁, 防止井壁再次垮塌、缩径。

3.1.1 LBSK 试验区域水文地质情况

为了确定试验区域各含水层的位置及含水层厚度, 在原主井位置施工了一个孔径 150 mm 取芯钻孔, 设计孔深 104.12 m。采用 150 mm 合金肋骨钻头钻孔取芯, 全孔取芯盐类地层回次采取率大于等于 85%, 回次长度不大于 5 m。根据取芯孔岩芯编录与盐类矿物共生组合特征及野外肉眼孔隙度目测, 将整个取芯岩段分为 4 个卤水层组。一个潜水层组, 3 个承压卤水层组, 见图 1。

表 1 LBSK 简易柱状表

Table 1 The simple bar chart of LBSK

深度/m	厚度/m	含水层划分	岩性描述	备注
8.60			厚度 17.81 米, 主要成分为含光卤石、石膏、钾石盐, 石盐层。其中钙芒硝岩累计厚度 12.1 米, 呈黑褐色, 微一细一中晶, 细一中晶结构, 块状构造, 单晶以自形晶为主, 呈菱形, 晶体集合体呈菱板状, 一般晶间孔隙 3~10 毫米, 最大 30 毫米, 晶间孔隙呈蜂窝状, 目测孔隙度 20~25%	
17.81	17.81	第一潜水层		
26.41				
33.20			厚度 7.77 米, 主要成分为石膏、钙芒硝, 其中钙芒硝厚度 5.87 米褐色, 细中一粗晶, 以自形晶为主, 块状构造, 晶间孔隙发育目测孔隙度 15%~20%	
40.97	7.77	第一承压水层		
78.80			厚度 2.2 米, 主要成分石盐、石膏、含钙芒硝石膏等, 其中钙芒硝层厚度 2.2 米, 钙芒硝, 深褐色, 微一细一中晶以自形晶为主, 块状构造, 晶间孔隙 3~15 毫米, 目测孔隙度 15~20%	
81.00	2.2	第二承压水层		
87.80			厚度 15.97 米, 主要成分石盐、石膏、钙芒硝等, 其中钙芒硝层厚度 9.15 米, 钙芒硝深褐色, 钙芒硝微一粗晶块状构造, 见 5~10 毫米晶间孔隙, 目测孔隙度 20~25%, 钙芒硝含量 95%	
103.77	15.97	第三承压水层		

3.1.2 LBSK(W_2, W_3, W_4)混合抽水试验

抽水试验采用流量 400 m^3 、扬程 100 m 的深水潜水泵作为抽水设备。下泵深度 90 m, 7 个辅

助孔全部封闭, 开启一个辅助井作为观测孔, 辅助井距离主井 80 米, 见图 1。试验时间 2014 年 1 月 6 日至 2014 年 1 月 16 日, 抽水时间 238 h, 稳定降

深18.35 m,堰箱测定流量654.12 m³/h;1号观测孔稳定降深3.22 m,5号观测孔稳定降深2.38 m,观测孔水位变化较大。经计算此落程单井涌水量15 698.88 m³/d,单位涌水量857.86 m³/dm,渗透系数49.53 m/d,影响半径474.725 m。停止抽水后采卤井水位在一个半小时内几乎恢复到静止水位,确定此含水层富水性较强^[1],见图2。

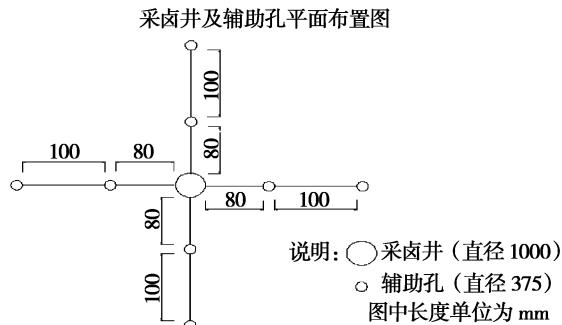


图1 采卤井及辅助孔平面布置图

Fig. 1 The layout of the brine well and auxiliary orifice

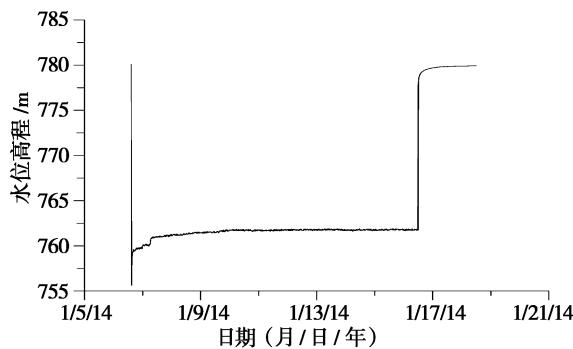


图2 抽水试验水位恢复曲线图

Fig. 2 The pumping test water level recovery graph

3.2 LBSK1 浅层晶间承压含水层组(W_2 , W_3 , W_4)混合抽水试验

2016年9月,距离zk1802钻孔以东700 m处施工1眼承压完整井(揭穿 W_1 , W_2 , W_3 , W_4),井位坐标(4537264 16350118)。周边布置1眼观测孔,垂直地下水流向,离主孔距离15 m(图3)。主孔深度及观测孔深度均为103 m,以揭穿 W_4 卤水矿层为终孔依据,而且观测孔与主孔结构一致。取芯孔径为150 mm,主孔上部 W_1 段采用650 mm孔径,下部采用360 mm孔径,变径位置确定为47.3 m;上部47.3 m下入426 mm×6 mm井管,采用水泥止水、固井,下部采用裸孔。观测孔上部

W_1 段采用250 mm孔径、下部采用150 mm孔径,变径位置47.3 m;上部47.3 m下入168 mm×4.0 mm井管,采用水泥止水、固井,下部采用裸孔。

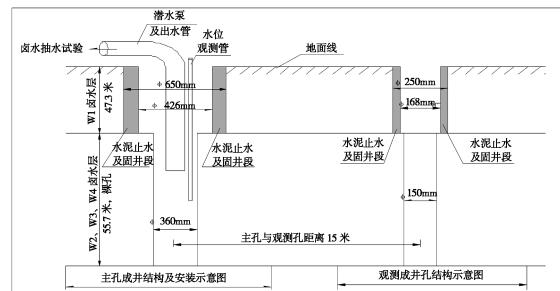


图3 LSK1 钻孔成井结构及抽水试验布置示意图

Fig. 3 Drilling well structure and pumping test layout diagram of LSK1

3.2.1 试验区域水文地质情况

为了确定试验区域各含水层的位置及含水层厚度,在LBSK1附近施工了一个孔径150 mm取岩芯钻孔,孔深103 m。采用150 mm合金肋骨钻头钻孔取芯,全孔取芯盐类地层回次采取率大于等于85%,回次长度不大于5 m。据LBSK1取芯孔岩芯编录与盐类矿物共生组合特征及野外肉眼孔隙度目测情况,将整个取芯岩段分为4个卤水层组。一个潜水层组,3个承压卤水层组,见表2。

3.2.2 LBSK01(W_2 , W_3 , W_4)混合抽水试验

第一落程(大流量、大降深)抽水试验采用流量80 m³、扬程80 m的深水潜水泵作为抽水设备。下泵深度43.24 m,抽水试验段47~103.5 m。试验时间2016年11月8日8时50分至2016年11月9日9时30分,抽水时间合计25小时30分,抽水井稳定降深14.49 m,堰箱测定流量2 007.94 m³/d,观测孔稳定降深2.43 m;第二落程(中等流量、中等降深)试验采用流量80 m³、扬程80 m的深水潜水泵作为抽水工具。下泵深度43.24 m,抽水试验段47~103.5 m。抽水时间合计25小时,抽水井稳定降深10.74 m,堰箱测定流量1 757.37 m³/d,观测孔稳定降深2.19 m;第三落程(小流量、小降深)试验采用流量100 m³、扬程25 m的深水潜水泵作为抽水工具。下泵深度20 m,抽水试验段47~103.5 m。抽水时间合计15小时,抽水井稳定降深5.20 m,堰箱测定流

量 $982.25 \text{ m}^3/\text{d}$, 观测孔稳定降深 1.2 m。经计算混合 (W_2 , W_3 , W_4) 地层平均单位涌水量

$163.70 \text{ m}^3/\text{dm}$, 渗透系数 4.12 m/d , 确定此混合含水层富水性中等。

表 2 LBSK1 简易柱状表
Table 2 The simple bar chart of LBSK1

深度/m	厚度/m	含水层划分	岩性描述	备注
13.02				
27.08		第一潜水层	厚度 27.08 米, 含粉砂石盐、粉砂质石膏、钙芒硝、粉砂质钙芒硝等。其中储卤岩层为钙芒硝岩累计厚度 26.1 米, 钙芒硝呈黑褐色, 微一细一中晶, 细一中晶结构, 块状构造, 单晶以自形晶为主, 呈菱形, 晶体集合体呈菱板状, 一般晶间孔隙 2~8 毫米, 最大 20 毫米, 晶间孔隙呈蜂窝状, 含量 65~75%, 目测孔隙度: 10~25%。	
40.10				
55.20			厚度 17.1 米, 储卤层岩型钙芒硝、石膏、石盐等, 钙芒硝晶体呈细中一粗晶, 片状构造, 以自形晶为主, 含量 60~75%, 晶间孔隙发育目测孔隙度 10%~15%。	
72.30	17.1	第一承压水层		
77.50			厚度 10.2 米, 储卤岩层型主要有石盐、石膏、钙芒硝等, 钙芒硝呈细一中一粗晶体, 灰黑色, 自形一半自形结构, 层状构造, 含量 80~85%, 孔隙度: 10~15%	
87.90	10.2	第二承压水层		
92.40			厚度 7.7 米, 储卤层岩型钙石盐、钙芒硝等, 钙芒硝呈细一中晶自形一半自形菱板状, 片状结构, 青灰—灰黑色, 含量 65~75%, 目测孔隙度 10%~15%。	
100.10	7.7	第三承压水层		

3.3 LBSK2 浅层晶间承压含水层组 (W_2 , W_3 , W_4) 混合抽水试验

2016 年 11 月, 距离 zk1205 孔 10 m 处施工 1 眼承压完整井 (揭穿 W_1 , W_2 , W_3 , W_4) 坐标 (329437 4535116)。布置 1 眼观测孔, 垂直地下水流向, 离主孔距离为 15 m (图 4)。主孔深度及观测孔深度均为 103 m, 以揭穿 W_4 卤水矿层为终孔依据, 且观测孔与主孔结构一致。取芯孔径为 150 mm, 上部 W_1 段采用 650 mm 孔径、下部采用 360 mm 孔径, 变径位置 30 m; 上部 30 m 下入 426 mm 井管, 采用水泥止水、固井, 下部采用裸孔。观测孔上部 W_1 段采用 250 mm 孔径、下部采用 150 mm 孔径, 变径位置确定为 30 m 处; 上部 30 m 下入 168 mm 井管, 采用水泥止水、固井, 下部采用裸孔。

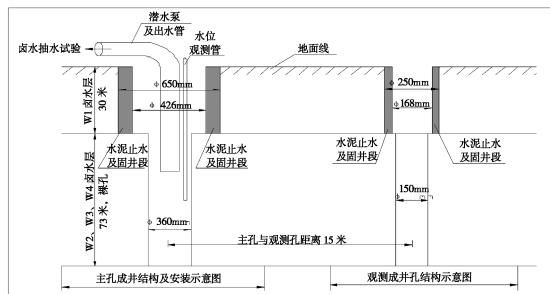


图 4 LBSK2 钻孔成井结构及抽水试验布置示意图
Fig. 4 Drilling well structure and pumping test layout diagram of LSK2

3.3.1 试验区域水文地质情况

为了确定试验区域各含水层的位置及含水层厚度, 在 LBSK2 钻孔附近施工了一个孔径 150 mm 取岩芯钻孔, 孔深 103 m。采用 150 mm 合金肋骨钻头钻孔取芯, 全孔取芯盐类地层回次采取率大

于等于85%,回次长度不大于5 m。据LBSK2取芯孔岩芯编录与盐类矿物共生组合特征及野外肉眼孔隙度目测情况,将整个取芯岩段分为4个卤

水层组,一个潜水层组,3个承压卤水层组,见表3。

表3 LBSK2 简易柱状表
Table 3 The simple bar chart of LBSK2

深度/m	厚度/m	含水层划分	岩性描述	备注
12.5			厚度15.7米,储卤层岩型为:粉砂石盐、含石膏粉砂质石盐、粘土质钙芒硝等。其中钙芒硝岩累计厚度15.6米,钙芒硝呈灰色,细中粗晶,单晶以自形晶一半自形为主,呈菱形,晶体集合体呈菱板状,一般晶间孔隙2~8毫米,最大20毫米,晶间孔隙呈蜂窝状,目测孔隙度:10~20%	
15.7	28.20	第一潜水层		
32.19	10.67	第一承压水层	厚度10.67米,储卤层岩型主要有钙芒硝,钙芒硝晶体呈细中粗晶为主,片状结构,以自形晶一半自形为主,含量85%,晶间孔隙发育目测孔隙度10%~15%。	
42.86				
54.95	26.53	第二承压水层	厚度7.60米,储卤层岩型主要有钙芒硝岩,钙芒硝呈细一中粗晶为主,灰黑色,自形一半自形晶体,呈菱板状、片状,含量60%,目测孔隙度:5%~10%。	
81.48				
92.10	2.01	第三承压水层	厚度2.01米,储卤层岩型主要有:钙芒硝呈细一中粗晶为主,自形一半自形晶体,青灰—灰色,菱板状,片状结构,含量90%,目测孔隙度10%。	
94.11				

3.3.2 LBSK02(W_2, W_3, W_4)混合抽水试验

第一落程(大流量)抽水试验采用流量80 m³、扬程80 m的深水潜水泵作为抽水设备。下泵深度30.00 m,抽水试验段32.50~103.50 m。试验时间2016年12月17日10时40分至2016年12月18日15时40分,抽水时间合计25小时30分,抽水井稳定降深14.70 m,堰箱测定流量1 767.84 m³/d,观测孔稳定降深0.57 m;第二落程(中等流量)抽水试验采用流量80 m³、扬程80 m的深水潜水泵作为抽水工具。下泵深度30.00 m,抽水试验段32.50~103.50 m,抽水试验时间2016年12月19日09时30分至2016年20日02点30分,抽水时间合计17小时,抽水井稳定降深9.84 m,堰箱测定流量1 658.40 m³/d,观测孔稳定降深0.52 m。第三落程(小流量)抽水试验采用流量80 m³、扬程

80 m的深水潜水泵作为抽水工具。下泵深度30 m,抽水试验段32.50~103.50 m,抽水时间2016年12月20日17:00至21日13:00,合计20小时,抽水井稳定降深4.65 m,堰箱测定流量1 505.30 m³/d,观测孔稳定降深0.51 m。经计算混合(W_2, W_3, W_4)地层平均单位涌水量203.48 m³/dm,渗透系数6.97 m/d,确定混合含水层富水性中等。

4 结 论

LBSK1孔(W_2, W_3, W_4)混合抽水试验单位涌水量163.7 m³/dm,对比2006年详勘时相近区块zk1802第一承压含水地层 W_2 的单位涌水量的0.13 m³/dm、第二承压含水地层 W_3 的单位涌

水量的 $0.18 \text{ m}^3/\text{dm}$, 大了近百倍。LBSK2 孔 (W_2 , W_3 , W_4) 混合抽水试验单位涌水量 $203.48 \text{ m}^3/\text{dm}$, 对比 2006 年详勘时 Zk1205 浅层晶间承压含水层组 W_2 单位涌水量的 $0.233 \text{ m}^3/\text{dm}$, 也大将近百倍。据 2016 年 LBSK1

孔及 LBSK2 孔混合抽水试验的水文参数, 基本验证了 2013 年 zk0601 附近 LBSK 深部承压卤水疏干开采抽水试验的结果, 揭示了罗北矿区浅层承压含水层单位涌水量等水文参数普遍增大的趋势, 见表 4。

表 4 罗北凹地钾盐矿区抽水试验水文参数对比表

Table 4 Comparation of current pumping test in Lop Nur potash mine area

抽水 孔号	含水层 编号	含水层 类型	抽水试段 /m	孔隙度 /%	给水度 /%	单位涌水量 /($w_2 w_3 w_4$)混合抽水 /($\text{m}^3/\text{d} \cdot \text{m}$)	单位涌水量 /($\text{m}^3/\text{d} \cdot \text{m}$)
zk0601	W_2	浅层承压水	38.65 ~ 41.15	1.77	9.48	61.8	
	W_3	浅层承压水	46.55 ~ 49.05	1.93	6.8	1.4	LBSK(875.86)
	W_4	浅层承压水	87.85 ~ 90.35	2.06	7.41	7.9	
zk1802	W_2	浅层承压水	33.97 ~ 52.41	5.66	2.95	0.13	
	W_3	浅层承压水	56.71 ~ 67.8	11.98	5.96	0.18	LBSK1(163.7)
	W_4	浅层承压水	69.00 ~ 87.00	11.86	8.02		
zk1205	W_2	浅层承压水	21.3 ~ 43.19	6.04	3.19	0.233	
	W_3	浅层承压水	52.41 ~ 65.20	10.06	5.33		LBSK2(203.48)
	W_4	浅层承压水	77.39 ~ 82.00	6.69	3.38		

分析认为 3 次抽水试验所取得的关于 (W_2 、 W_3 、 W_4) 承压含水层的水文数据(单位涌水量、渗透系数、单井涌水量)对比新疆第二水文地质大队 2006 年《罗布泊罗北凹地钾资源详查报告》的数据, 水文参数变化很大。这主要由于试验区域位于采区中部, 采区大部分采卤井深度已达 90 m, 承压含水层和大气联通释放了部分压力, 改善了承压卤水的储存流通环境; 罗北凹地钾盐矿属于化学沉积矿床, 化学沉积液体矿床经过长时间大规模抽取地下卤水后, 由于矿区地下水运动加速, 化学沉积钙芒硝储卤层内水—盐动态平衡被破坏, 引起析盐或溶蚀, 导致地下储层卤水化学成分、地质结构发生很大变化, 增大了承压层的导水性。以上研究结果对国投罗钾公司制定承压储卤层液体矿床开采方案具有指导意义。

致 谢:本文主要依托《罗布泊深部承压卤水疏干开采试验》、《罗北承压卤水(2.3.4)水文地质

参数验证研究》项目抽水试验完成。在野外施工及论文编写过程中, 中国地质科学院矿产资源研究所刘成林研究员、焦鹏程研究员、宣之强高级工程师及孙小虹博士后、国投罗钾公司总经理助理颜辉高工、新疆地矿局第二水文地质大队张磊高级工程师等给予帮助、指导和大力支持, 在此一并表示深深地谢意。

参考文献:

- [1] 李文学, 马宝成, 陈伟, 曾永刚. 爆破法及大气联通法对罗布泊深部含承压卤水地层水文参数的影响研究. 西部探矿[J]. 2017, 29(250).
- [2] 孟祥贵, 焦鹏程, 刘成林, 等. 罗布泊盐湖盆地结构新发现及找钾意义[J]. 矿床地质, 2010, 29(4): 609 ~ 615.
- [3] 王弭力, 刘成林, 焦鹏程, 等. 罗布泊盐湖钾盐矿床调查科研进展与开发现状[J]. 地质论评, 2006(6): 757 ~ 764.
- [4] 新疆地矿局第二水文地质大队. 新疆若羌县罗北凹地钾盐矿详查报告[R]. 2006.
- [5] 新疆地矿局第二水文地质大队. 新疆若羌县腾龙台地钾盐矿详查报告[R]. 2008.

- [6] 新疆地矿局第二水文地质大队.新疆若羌县新庆台地钾盐矿详查报告[R].2011.
- [7] 新疆地勘局第三地质大队,新疆若羌县罗布泊地区钾盐资源调查地质报告[R].1989.
- [8] 王弭力.罗布泊盐湖钾盐资源[M].北京:地质出版社,2001.
- [9] 焦鹏程,颜辉,等.罗布泊盐湖深部钾盐资源调查研究[J].2011.
- [10] 焦鹏程,刘成林,颜辉,等.新疆罗布泊盐湖深部钾盐找矿新进展[J].地质学报,2014,88(6):1011~1023.
- [11] 聂庆林,高广东,等.抽水试验确定承压含水层参数方法探讨[J].水文地质工程地质,2009;37~40.
- [12] GB50027-2001,供水水文地质勘察规范[S].

Preliminary Studies on Variation Regulation and Genetic of Hydrologic Parameter of Brine Reservoirs in Playa Lop Nur during Potash Exploitation

LI Wen-xue, ZHANG Fan-kai, YU Yong-mei, WANG Jiang, MA Bao-cheng,

ZHAO Liang-liang, CHEN Wei, YANG Bao-heng

(SDIC Xinjiang Lop Nor potash mineral resources limited liability company, Hami, 839000, China)

Abstract: Dewatering pumping tests in 2013 reveals hydro-geological parameters of deep confined brine reservoirs (W_2 、 W_3 、 W_4) in Luobei potash mining area are more than 10 times than that in core ZK0601 district obtained in 2006. Investigation of Hydro-geological parameters conducted in area of LBSK1 and LBSK2 in Luobei potash mining area in 2016 also shows an increase in hydro-geological parameters since 2006, suggesting this phenomenon is universal in Lop Nur. It is probably associated with changes of chemical composition and geological structure of confined brine reservoirs resulted from the acceleration of brine and the destruction of related brine-salt dynamic equilibrium of brine reservoirs caused by large-scale extraction of brine during potash exploitation. Our results provide important information on dynamic changes of hydro-geological parameter for the next project design of extraction and transportation of brine, and are instructive for reserves management and production plan.

Key words: Confined aquifer; Hydrological parameters; Pumping test; Reserve management; Production planning management

封面图片:哈拉湖

哈拉湖是青藏高原北部内陆流域中的一个大型微咸水湖,也是青海省内地第二大湖泊,位于青海省海西蒙古族藏族自治州德令哈市以北约130 km处,地理坐标N38°12'~38°25',E97°24'~97°47'。湖面海拔4077 m,面积601 km²,最大水深65 m。最新的分析测试表明,湖水比重1.0097,pH8.93,矿化度14 354 mg/L,其中K⁺132 mg/L,Li⁺2.37 mg/L,Li⁺2.37 mg/L,Na⁺3 716 mg/L,Ca²⁺17.46 mg/L,Mg²⁺1 044 mg/L;SO₄²⁻1 977 mg/L,Cl⁻7 410 mg/L,B₂O₃35.26 mg/L。

(中国科学院青海盐湖研究所 杨波)