

文章编号:1004-4116(2023)02-0022-08

甘肃省漳县岩盐矿含矿地层特征与找矿方向

杨 永

(甘肃省地矿局第一地勘院,甘肃 兰州 741020)

摘 要:研究区位于西秦岭北缘断裂带漳县盆地内,通过对钻探成果资料和地质剖面资料研究,综合分析了漳县岩盐含矿地层特征和盐矿层赋存规律。结果表明漳县岩盐矿属内陆湖泊型沉积,受喜山运动控制影响。盐矿层主要赋存于新近纪上新世临夏组上段(N_2^3)和中段(N_2^2)灰(黑)色钙质泥岩、泥灰岩中,圈出含盐矿层4层。结合区内盐矿沉积旋回、赋存规律等特征,圈定2个找矿靶区,对下一步漳县岩盐矿勘查具有一定的指导意义。

关键词:漳县盆地;上新世地层;沉积环境;岩盐矿;找矿方向;甘肃

中图分类号:P619.215

文献标志码:A

漳县盐矿开采历史悠久,史载:“盐井创自秦时”。上世纪六十年代至今,多个勘查单位在漳县含盐盆地内进行过多次找矿工作^{①②}和区域研究,包括晚新生代以来构造活动及变形^[1-5]、地震活动^[6-7]、地貌变化^[8]、沉积地层^[9-12]、古地磁测年、地球化学、区域构造综合分析等。受限于当时勘查技术,钻孔普遍在600 m以浅。

2011年甘肃省地矿局第一地质矿产勘查院在采矿权外围开展找矿工作,钻探深度达到1 100 m,提交岩盐矿产地一处,估算盐矿资源量超过2亿吨,为漳县盐矿资源开采利用提供了充足的资源保障。2022年又在普查的基础上进行岩盐矿资源详查,钻探深度达到1 591 m,查明主要盐矿层埋深可达1 150~1 550 m。

根据野外调查和收集的地质、钻探资料,运用现代沉积学理论,遵循盐矿成矿规律,综合分析盐矿层沉积特征和赋存规律,在区内圈定了2个找矿靶区,为漳县盐矿找矿工作提供了思路 and 方向,对扩大矿山后备资源储量可持续开采和漳县经济发展具有现实意义。

1 地质背景

研究区位于西秦岭造山带北缘漳县含盐盆地,该盆地是喜山期以来青藏高原隆升在远端的构造运动响应的结果^[3],是个具有“高山深盆”沉积成盐模式的含盐盆地^[2]。其经历了3个阶段的沉积演化,该盆地形成于古近纪始新世至渐新世的华北构造时期(52~23.5 Ma),新近纪早更新世(5.3~2.59 Ma)湖盆接受盐类物质补给,盐矿层形成,闭合于早更新世(2.59 Ma)。

盆地走向近东西向,形似“纺锤型”(图1)。西起三岔,东至漳县、椿树坪一带。东西长20 km,南北宽0.3~4.0 km,漳河至西向东穿盆地而过。盆地北部边界由F1边缘断裂控制,以北为白垩纪麦积山组砂砾岩,是盆地的基底;南部由F5边缘断裂控制,该断裂是西秦岭造山带与漳县—陇西盆地的分界线^[8],地层岩性有泥盆纪大草滩组浅灰色、紫红色长石石英砂岩、岩屑砂岩等,晚泥盆—早石炭世灰色、灰绿色长石、石英砂岩夹薄层砂岩、页岩,局部含砂砾岩,二叠纪灰黑色含生物碎屑微晶灰岩

收稿日期:2022-10-18

基金项目:甘肃省地勘基金项目(甘国土资勘发[2011]37号)

作者简介:杨永(1987~),男,地矿工程师,主要从事区域地质、区域矿产调查及矿产勘查工作。E-mail:774194637@qq.com

① 甘肃省地质调查院,岷县幅1:25万区域地质调查报告,2007

② 甘肃省地矿局第一地勘院,甘肃省漳县盐矿资源普查报告,2015

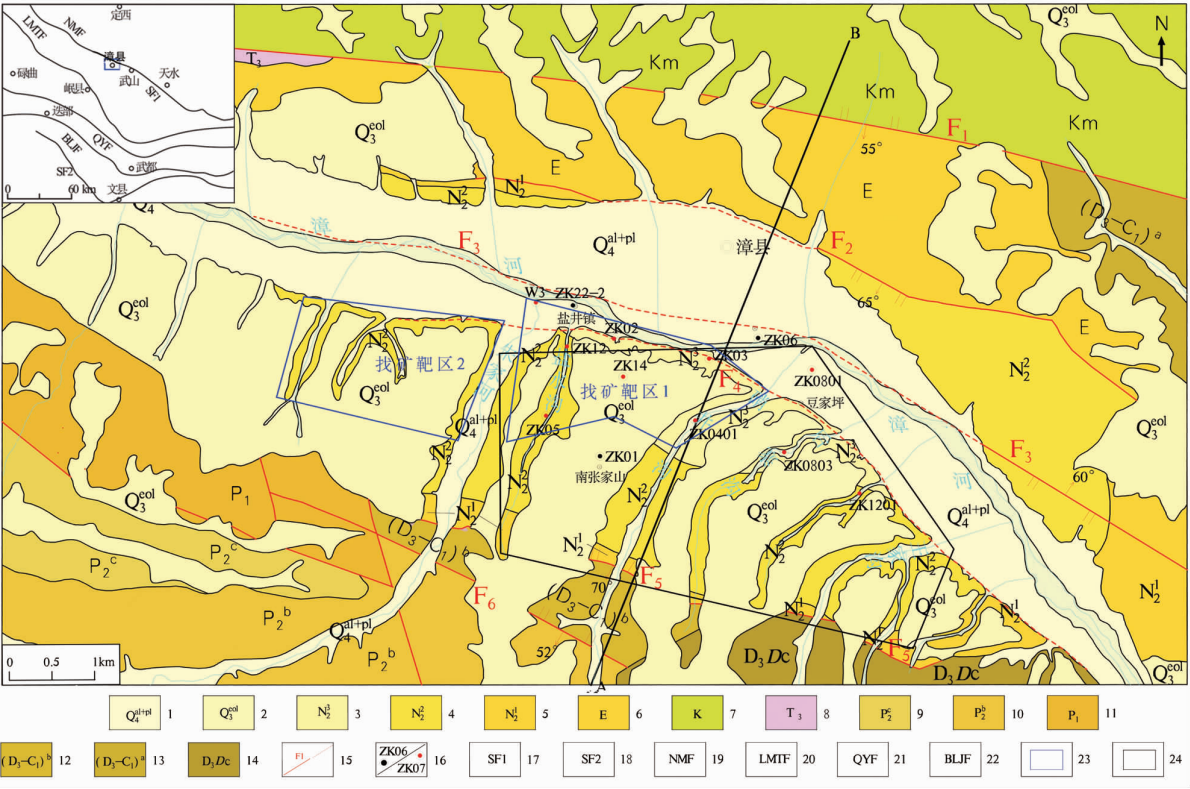


图 1 西秦岭北缘漳县一带地质略图

Fig. 1 Geological sketch of Zhangxian area in the northern margin of the West Qinling Mountains

1—第四系冲洪积层;2—第四系风积层;3—新近系第三段;4—新近系第二段;5—新近系第一段;6—古近系;7—白垩系;8—三叠系;
9—上二叠统第三段;10—上二叠统第二段;11—下二叠统;12—下石炭统一上泥盆统第二段;13—下石炭统一上泥盆统第一段;
14—上泥盆统大草滩群;15—实测、推测断层及编号;16—未见矿/见矿钻孔及编号;17—商丹缝合带;18—勉略缝合带;
19—西秦岭北缘断层;20—临潭岷县宕昌断层;21—秦峪断层;22—白龙江断层;23—找矿靶区范围;24—漳县盐矿详查范围

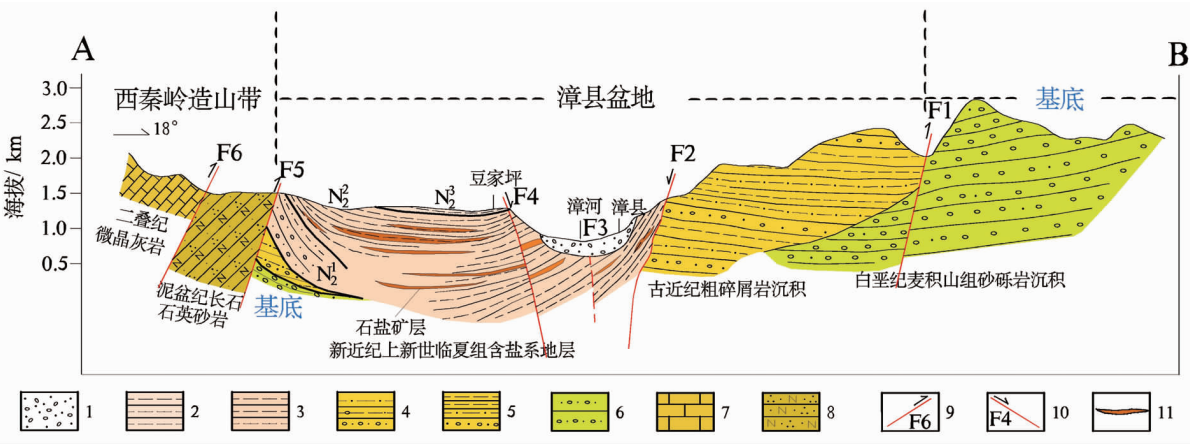


图 2 漳县含盐盆地地质剖面示意图(A-B)

Fig. 2 Geological profile of salt-bearing basin in Zhangxian County (A-B)

1—第四系冲洪积层;2—新近系第三段;3—新近系第二段;4—新近系第一段;5—古近系;6—白垩系;
7—二叠系;8—泥盆系;9—逆断层及编号;10—正断层及编号;11—石盐矿层

等。

盆地内部沉积地层有新生代古近系(E)、新近系上新统(N₂)和第四系(Q₄)。盐系地层为新近纪上新统。岩盐矿主要赋存于新近纪上新世具有沉积旋回特征的灰(黑)色含岩盐泥岩、钙质泥岩、泥灰岩地层中(图 2)。区内总体构造线方向呈 NW—SE 向,构

造具有多期次性、继承性、复活性等特征^[4-5,7]。

2 盐系地层特征

盆地内新近纪上新统主要分布于盆地中部和南部。中部主要被漳河冲洪积物覆盖。南部分布范围大,呈 NW—SE 向展布,沿沟谷及两侧出露,其余地段被大面积第四纪风成黄土覆盖。沉积物主要是一套河—湖相碎屑岩,自下而上分为三个岩性段。

第一岩性段(N_2^1):主要沿盆地边缘分布,在研究区出露面积相对较小,局部甚至缺失。下部为砾岩(图 3),向上渐变成含砾泥岩(图 4),顶部为泥岩。岩层倾向湖盆中心。

砾岩岩石新鲜面呈灰色,具不明显层状构造。主要由砾石(40%)、砂质(55%)组成,胶结物为砂质、钙质及少量泥质。砾石大小 0.5 ~ 30 cm 之间,呈次

棱角状—椭圆状,分选性差,磨圆度较差。砾石成分主要为灰岩及少量砖红色粉砂岩、长石石英砂岩,野外观测未见岩盐矿化。该岩性段底部沉积相为河流相,向上水体变深,渐变为浅湖相。沉积环境为炎热、干旱环境。

第二岩性段(N_2^2):主要分布于盆地南部和东部,出露面积大。底部为浅灰绿色泥灰岩,向上渐变为浅灰绿色泥岩夹浅灰绿色泥灰岩、(浅)砖红色泥岩(图 5)。岩层总体倾向湖盆中心。

地表可见钙芒硝及石膏矿化,深部含岩盐矿层累计厚度达 86 m,埋藏深度可达 1 550 m。钙芒硝矿化主要表现为白色散土状、粉末状,具苦涩味。石膏主要以薄层形式顺层产出,于浅灰绿色、灰色泥岩中,厚度约 0.5 ~ 3 cm,呈纤维状、板状,具有一组极完全解理,硬度低。该岩性段底部沉积相为浅湖相,向上水体变深,渐变为浅湖—半深湖相。上部灰色、灰



图 3 第一岩性段底部砾岩特征

Fig. 3 Conglomerate at the bottom of the first member of Pliocene Series sedimentary formation



图 4 第一岩性段中部含砾泥岩特征

Fig. 4 Pebbly mudstone in central of the first member of Pliocene Series sedimentary formation

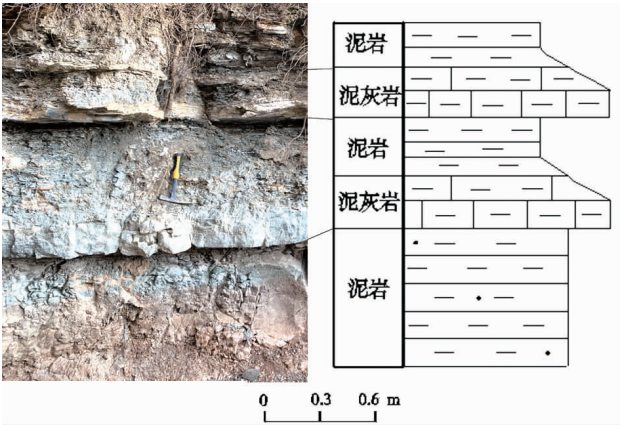


图 5 泥灰岩—灰质泥岩—泥岩沉积韵律

Fig. 5 Depositional rhythm of marl stone, limestone, mudstone

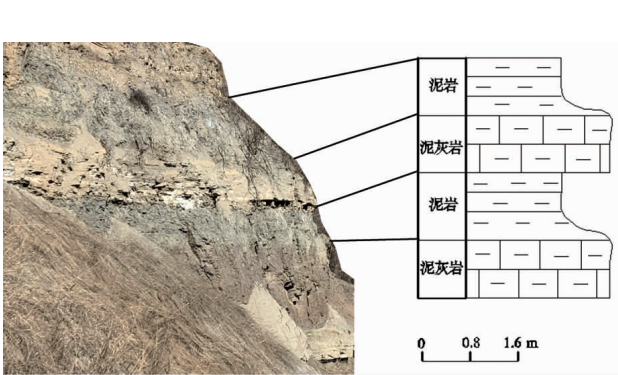


图 6 泥灰岩—泥岩沉积旋回特征

Fig. 6 Sedimentary cycles of marl stone, mudstone



图 7 第三岩性段顶部的杂色泥岩

Fig. 7 Variegated mudstone at the top of the first member of Pliocene Series sedimentary formation

黑色岩系为半深湖相沉积。沉积环境为炎热、干旱环境。

第三岩性段(N_2^3):主要分布于盆地中部,沿盐厂—硝井沟—酒店下一带出露,呈 NW—SE 向展布。岩性组合为浅灰绿色泥灰岩与浅砖红色泥岩互层(图 6),局部互有夹层,表现为杂色泥岩(图 7)。岩层中含石盐、钙芒硝及石膏层,地表仅见薄层钙芒硝和石膏。沉积相总体为浅湖相,沉积环境为炎热、干旱环境。

3 盐矿层特征

漳县岩盐矿沉积具有明显的旋回性,含矿层与围岩界线较为清晰,共圈定 4 个含盐矿层(图 8),由

上向下编号为 I、II、III、IV。岩盐矿体主要受地层控制,总体向北倾,倾角一般在 $5^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 之间。矿层呈舒缓波状延伸,沿走向和倾向上均具有膨大、缩小之现象,厚薄不均匀,薄处厚度约几厘米,最厚处可达数十米,单矿体厚度一般在 $0.10 \sim 21.39\text{ m}$,石盐品位一般在 $25\% \sim 91.13\%$ 。

平面上岩盐矿层呈 NW 向展布,西起盐井镇,东至王家沟,东西长 6.5 km ;南部延伸至南张家山一带逐渐尖灭,北部边界由 F4 断裂控制,南北宽 $0.8 \sim 1.3\text{ km}$,面积约 6.0 km^2 。

第 I 含盐矿层:断续分布于盐井镇至郭家坪一带,东西延伸长度约 2.50 km 。含矿层厚度 30 m ,矿层累积厚度 6 m ,含矿率 20% ,NaCl 平均品位 71.50% 。含盐矿层顶底板岩性为灰黑色泥岩,靠近

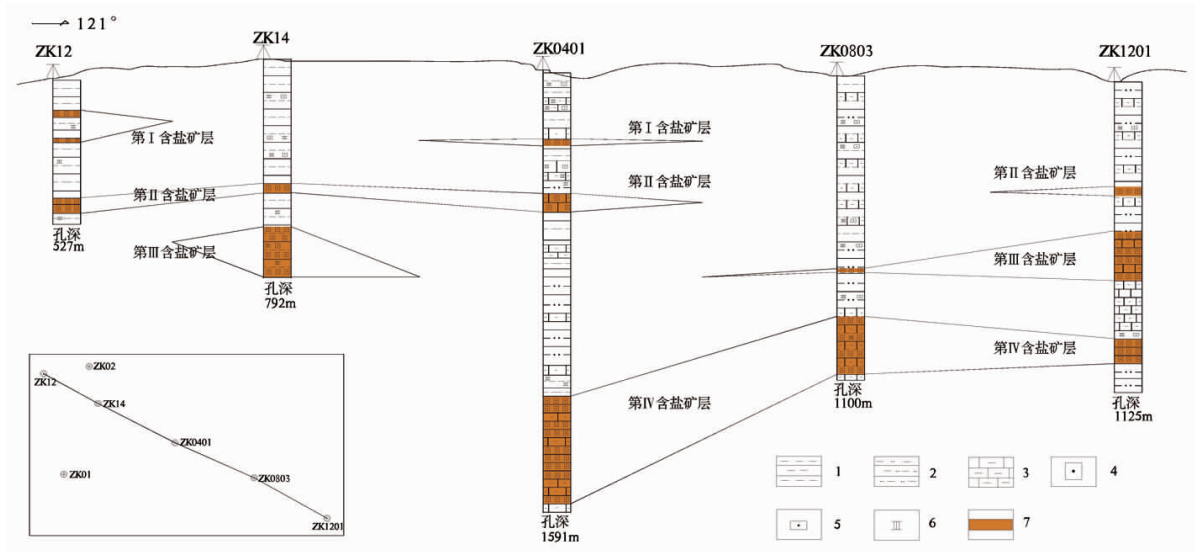


图 8 漳县岩盐矿层对比图

Fig. 8 Correlation of salt-bearing strata in Zhangxian County

1—泥岩;2—粉砂质泥岩;3—泥灰岩;4—石盐;5—芒硝;6—石膏;7—岩盐矿层

含矿层以裂隙发育为特征,裂隙中填充少量石盐、钙芒硝。

第Ⅱ含盐矿层:分布于盐水沟至郭家坪东一带,有沉积间断,东西延伸长度约 4.25 km。含矿层厚度 45 m,矿层累积厚度 9 m,含矿率 20%,NaCl 平均品位 56.86%。含矿层顶板岩性为灰绿色泥岩、灰黑色泥灰岩,底板岩性为灰黑色泥岩,岩性较单一。盐矿层整体近于水平,局部地段有小范围抬升,抬升范围在 40~60 m。

第Ⅲ含盐矿层:分布于徐家坪至郭家坪东一带,有沉积间断。东西延伸长度约 3.70 km。含矿层顶底板岩性为灰绿色粉砂质泥岩,靠近含矿层以岩性碎裂为特征,填充少量岩盐、芒硝等;矿体在徐家坪和郭家坪地段沉积厚度较大,含矿层厚度近 170 m,矿层累积厚度 18 m,含矿率 10.59%,NaCl 平均品位 55%。盐矿层形态呈中间薄或沉积间断,两端沉积厚度大的特征。

第Ⅳ含盐矿层:分布于硝井沟—郭家坪东一带。东西延伸长度约 2.5 km。含矿层顶板岩性为灰色、灰黑色泥灰岩,底板岩性以灰黑色泥灰岩为主。含盐矿层局部裂隙发育,填充少量岩盐、芒硝等。含矿层厚度 90~380 m,矿层累积厚度 40~86 m,含矿率约 22%,NaCl 平均品位 65.6%。盐矿层在硝井沟地段埋藏深,沉积厚度大,向东有抬升,沉积厚度变薄。

4 成矿规律分析

盆地内勘查深度最深的

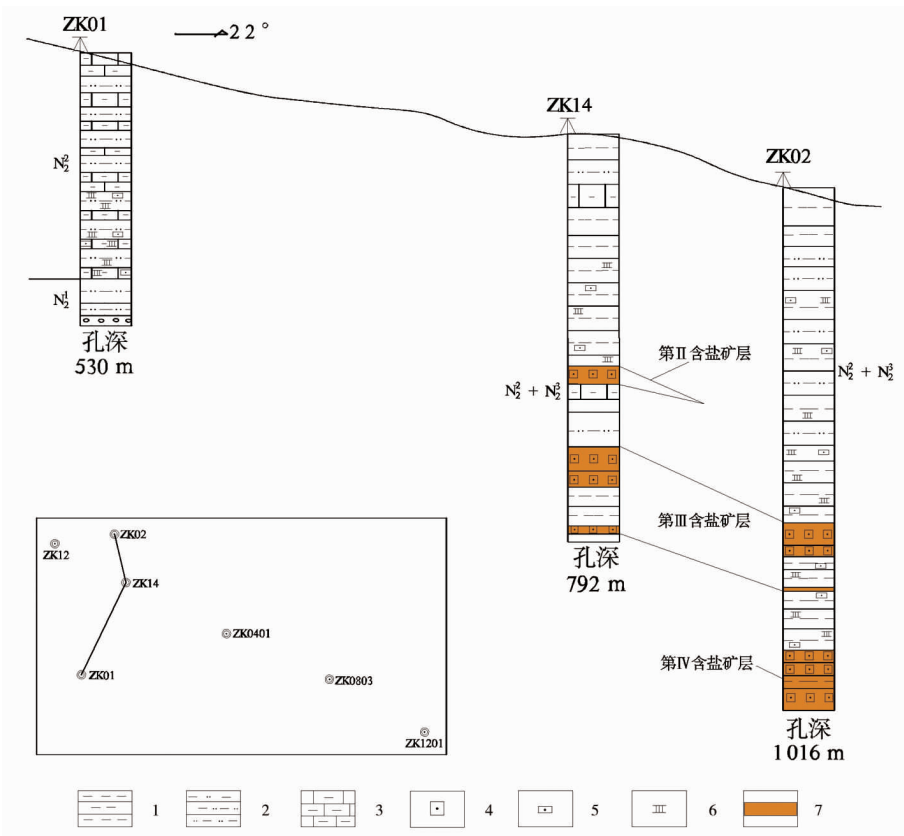


图 9 南张家山—徐家坪一带岩盐矿层对比图
Fig. 9 Correlation of salt-bearing strata in south Zhangjiashan-Xujiaping area
1—泥岩;2—粉砂质泥岩;3—泥灰岩;4—石盐;5—芒硝;6—石膏;7—岩盐矿层

钻孔为 ZK0401,孔深 1 591 m,其钻遇矿层最多,盐矿层厚度最大;ZK01 钻孔地理位置最靠近盆地南部边界,位于高阶地之上,也是盆地中唯一一个见到新近纪第一岩性段(N₂¹)砂砾岩层的钻孔。因此选择上

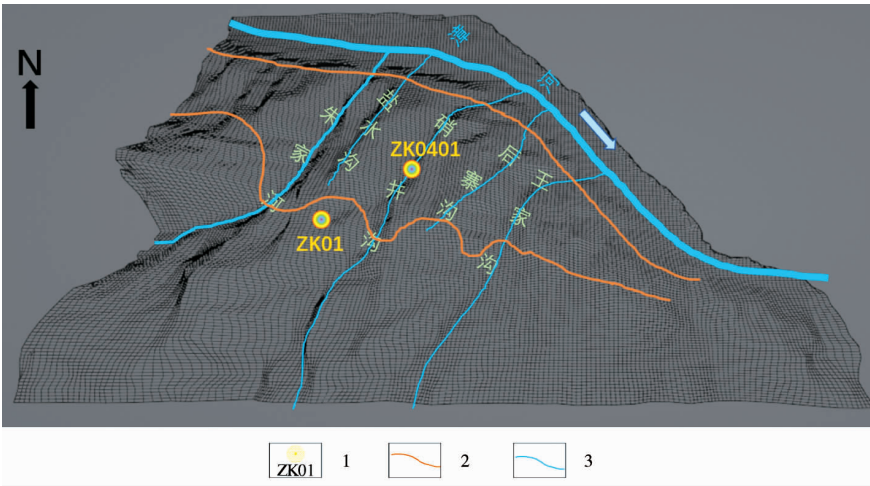


图 10 盐矿层沿古沟谷沉积
Fig. 10 Deposition of salt-bearing strata along the ancient valley
1—钻孔位置及编号;2—盐矿层沉积边界;3—水系

述 2 个钻孔岩矿心资料和剖面资料进行分析研究,探讨漳县含盐盆地盐矿层的沉积规律。

横向上,漳县含盐盆地盐矿层沉积范围在 ZK01—ZK14 之间,结合地质资料可推断盆地内含矿层的南部沉积边界大致范围。受成盐期后不同期次构造作用,西秦岭造山带向北逆冲挤压漳县盆地,北部又受到陇西盆地阻挡^[7],使盆地南部和北部边缘抬升,盐矿层形成南北两侧高中间下沉的赋存形态(图 9)。盐矿物质沉积可能受古地貌影响,在当前山脊所在的地段,古地理也可能是山脊,石盐沉积条件受限,而在水体更深的湖下沟谷位置沉积盐矿层(图 10)。

垂向上,受沉积成盐时期气候、蒸发量、盐卤水

矿化度和古地貌等影响,盐矿层沉积具有多期性、轮回性。钻孔 ZK0401 资料揭示了盆地内至少发生了 3 个成盐阶段,包含 5 个沉积旋回(图 11)。早期成盐阶段(旋回 I)底部为沉积厚度巨大的砖红色粉砂质泥岩,上部为沉积厚度巨大的灰黑色泥灰岩、岩盐矿层组成;中期成盐阶段(旋回 II)底部为相对沉积厚度变薄的砖红色粉砂质泥岩,中下部为沉积厚度相当的砖红色泥岩、灰(黑)色泥灰岩互层,中上部为(浅)灰绿色泥岩,上部为灰黑色泥灰岩、岩盐矿层;晚期成盐阶段(旋回 V、IV、III)各岩性沉积厚度相对较薄。盐矿沉积主要为第 I 沉积旋回,该旋回岩盐矿层埋深在 850 ~ 1 550 m 之间,盐矿层累计厚度 50 ~ 86 m。

5 找矿方向

漳县盐矿含盐系地层为新近纪上新统,该地层出露范围广,沉积厚度大,可控源音频大地电磁测量,成果显示该含盐系地层埋藏深度超过 2 000 m。盐矿层主要赋存于上新统第 2、第 3 岩性段,赋矿岩性主要为灰色、灰黑色泥灰岩。钻探成果揭示盐矿层主要分布于盐井镇至王家沟一带,南部延伸至南张家山一带逐渐尖灭,北部边界由 F4 断裂控制。

从钻遇成果资料分析,漳县盐矿沉积中心主要分布在盐井镇和硝井沟两个地段(图 1),现有钻孔几乎均未揭穿新近纪上新统地层,预示着漳县盐矿有多个沉积旋回,经历了几个期次的抬升、沉降过程还没有确切依据。但从 ZK0401 揭露的 5 个沉积旋回分析,漳县含盐盆地在沉积成盐的构造演化过程中至少经历了 5 次盆地抬升与沉降补给。综合分析后圈定出 2 处找矿靶区(图 1,图 12):

找矿靶区 1 在盐井镇南侧盐水沟—硝井沟一带,盐井镇一带 ZK02、ZK03、ZK05、ZK12、ZK14 等钻孔孔深普遍在 400 ~ 800 m 范围,根据盐矿层成矿规律分析结果,盐矿层主要在第 V 沉积期发生大规模沉积成盐(盐矿层埋深 850 ~ 1 500 m)。以上钻孔均未探及该矿层,其深部找矿前景广阔;东部 ZK0801 和 ZK1201 虽然孔深达到 1 100 m,但深部矿层尚未揭穿,1 100 m 以深依然具有找矿潜力。

找矿靶区 2 在盐井镇西部,朱家河以西,该地段出露含盐系地层,沉积范围较大,沉积特征与东部地层相当且靠近盐矿沉积中心。在该范围内尚无钻探工程控制,从湖盆盐类物质沉积理论,结合已有盐矿

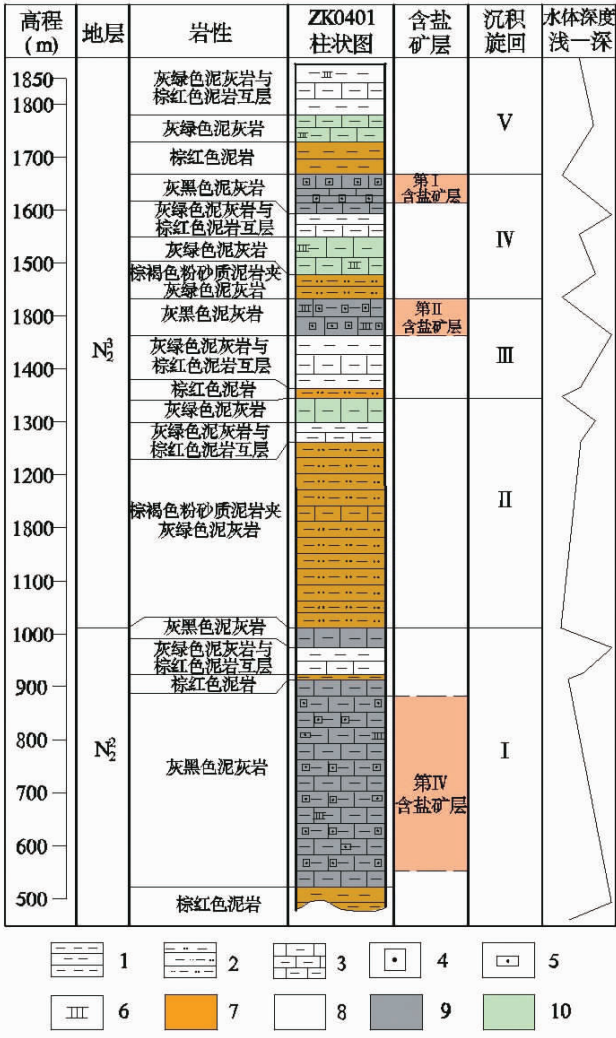


图 11 钻孔 ZK0401 柱状图

Fig. 11 Stratigraphic column of borehole ZK0401
1—泥岩;2—粉砂质泥岩;3—泥灰岩;4—石盐;5—芒硝;6—石膏;
7—棕红色粉砂质泥岩;8—棕红色粉砂质泥岩与灰(黑)色
泥灰岩互层;9—(浅)灰绿色泥岩;10—灰(黑)色泥灰岩

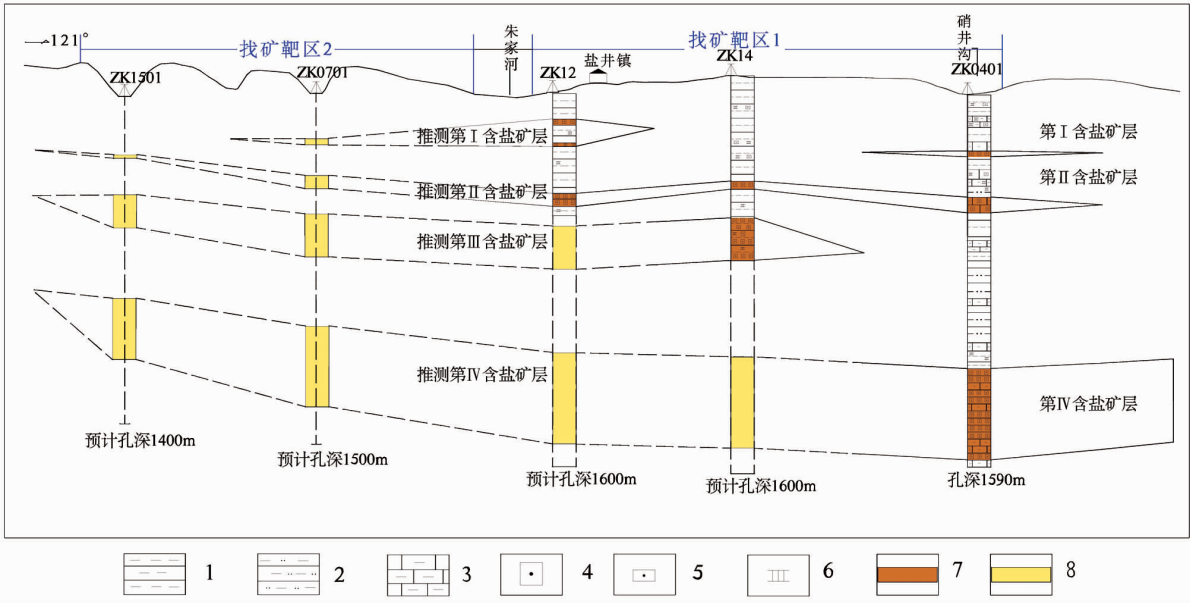


图 12 漳县岩盐矿层纵剖面图

Fig. 12 Longitudinal profile of salt-bearing strata in Zhangxian County

1—泥岩;2—粉砂质泥岩;3—泥灰岩;4—石盐;5—芒硝;6—石膏;7—岩盐矿层;8—推测岩盐矿层

层分布规律分析该地段成矿地质条件优越，深部找矿前景良好。

6 结论

(1)漳县盐系地层具有较为明显的沉积旋回特征,盐矿层主要赋存于灰色、灰黑色泥灰岩中,受古地理环境约束。

(2)研究区划分 5 个沉积旋回,圈出 4 层盐矿层,盐矿层主矿体沉积期在第 I 沉积旋回(第IV含盐矿层)。总体具有深部沉积厚度大,向上沉积厚度逐渐变薄的特征。

(3)根据沉积规律圈定 2 个找矿靶区。盐井镇一带深部(> 1 500 m)找矿可能性大。朱家河以西范围(1 400 ~ 1 600 m)具有找矿潜力。

参 考 文 献

[1] 郭进京,赵海涛,刘重庆,等. 青藏高原东北缘何时卷入现今青藏高原构造系统?——以西秦岭北缘断裂带漳县盆地为例[J]. 地学前缘,2020:1-16

[2] 常璐璐. 西秦岭北缘断层的多期变形演化及其构造动力学意义[D]. 天津:天津城建大学,2022-6:17-37

[3] 郭进京,韩文峰,王志强,等. 西秦岭北缘断裂带漳县—车厂断层的结构及构造演化[J]. 地球学报,2013,34(2):154-162

[4] 张国伟,郭安林,姚安平,等. 中国大地构造西秦岭—松潘大陆构造结[J]. 地学前缘,2004,11(3):20-33

[5] 王志才,张陪震,张广良,等. 西秦岭北缘构造带的新生代构造活动——兼论青藏高原东北缘形成过程的指示意义[J]. 地学前缘,2006,13(4):119-135

[6] 赵凌强,詹艳,陈小斌,等. 西秦岭造山带(中段)及其两侧地块深部电性结构特征 [J]. 地球物理学报,2015,58 (7):2462-2466

[7] 赵凌强,詹艳,赵国泽,等. 基于深部电性结构特征的 2013 年甘肃岷县漳县 Ms6. 6 地震孕震环境探讨 [J]. 地震地质, 2015,37(2):543-547

[8] 李均吉,方晓敏. 青藏高原隆起与环境变化研究 [J]. 科学通报,1998,43(15):1570-1575

[9] 周江羽,王江安,尹安,等. 青藏东北缘早第三纪盆地充填的沉积型式及构造背景——以囊谦和下拉秀盆地为例[J]. 沉积学报,2002,20(1):85-88

[10] 张勇. 陇西盆地东南隅新近纪沉积与环境演变[D]. 兰州:兰州大学,2006:6-9,28-30,50-59,100-101

[11] 郭进京,韩文峰,胡晓隆,等. 西秦岭北缘漳县中—新生代红层地层格架厘定及其地质意义[J]. 西北地质,2016,49(1):84-88

[12] 王丽丽,郭进京,胡晓隆,等. 西秦岭北缘漳县盐矿含盐地层沉积特征与盐矿成因[J]. 地质找矿论丛,2016,31(3):384-388

CHARACTERISTICS OF ORE-BEARING STRATA AND PROSPECTING DIRECTION OF SALT MINE IN ZHANGXIAN COUNTY, GANSU PROVINCE, CHINA

YANG Yong

*(The First Institute of Geology and Mineral Exploration, Gansu Provincial Bureau of Geology and Mineral
Exploration and Development, Tianshui 741020, China)*

Abstract: A salt mine of research is located in Zhangxian basin of the northern margin fault zone of West Qinling Mountains. In this paper, the characteristics of ore-bearing strata of the mine have been analyzed comprehensively according to the drilling results and geological profile data. Then, the law of salt deposit occurrence in the mine has been summarized, with subsequent prospecting direction advanced. The study shows that the salt mine is a type of inland-lake deposit, influenced by the Himalayan movement control and formed by residual seawater supply, evaporation and deposition after the formation of extensional rifting. During the prospecting, the area is divided into 5 sedimentary cycles and 4 layers of salt-bearing ore layers are circled. It has been found that salt layer mostly occurs in the upper (N_2^3) and middle (N_2^2) ash (black) color calcareous mudstone and marl of the Upper (N_2^3) and Middle (N_2^2) Linxia Formation of the Neogene, that the eastern, western and southern areas are mainly restricted by the paleogeographic environment, and that the northern part is mainly controlled by the F4 fault. With the foregoing efforts, two prospecting target areas can be delineated in this section, combining with the exploration degree and the characteristics of salt deposit cycle and occurrence law in the area, it can be inferred that the drilling depth in the western part of the deposit is generally shallow (within 600m), and the main salt-bearing ore layer is not exposed and controlled. Two prospecting target areas can be circled in this section, and the potential of deep control prospecting by drilling is huge. It is of guiding significance for the next step of rock salt exploration in Zhangxian County.

Key words: lithologic association; sedimentary cycle; sedimentary environment; prospecting direction; salt mine; Zhangxian County