

中生代盆地蒸发岩沉积旋回对比及库车盆地成钾探讨*

曹养同, 刘成林, 焦鹏程, 陈永志

(中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

摘要 新疆库车盆地古近纪—新近纪发育巨厚的蒸发岩沉积, 古近纪蒸发岩沉积主要发生在盆地西部的拜城凹陷, 新近纪吉迪克时期, 蒸发岩沉积迁移至盆地东部的康村凹陷。根据剖面及钻井资料, 利用蒸发岩沉积旋回, 对欧洲莱茵地堑盆地、库车盆地、云南兰坪-思茅盆地、江汉盆地、大汶口等盆地蒸发岩沉积特征进行分析和对比。结合蒸发岩沉积背景及库车盆地钻井资料, 对库车盆地成钾影响因素、成钾可能性、成钾层位进行了探讨。研究认为, 库车盆地的次级构造单元拜城凹陷、康村凹陷具有成钾的能力, 钾盐层应位于 I₂、I₄ 蒸发岩沉积旋回的上部。对比研究显示, 库车盆地具有成钾的远景和潜力。

关键词 地质学; 蒸发岩; 沉积旋回; 对比; 库车盆地

中图分类号: P619.21⁺1

文献标志码: A

Sedimentary cycles of correlation of evaporites in Paleogene-Neogene basin and formation mechanism of potash deposits in Kuqa basin

CAO YangTong, LIU ChengLin, JIAO PengCheng and CHEN YongZhi

(Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

Abstract

Evaporite deposits with gigantic thickness were developed in Kuqa basin during the Paleogene-Neogene period. Evaporite deposition took place in Baicheng depression within western Kuqa basin in Paleogene period, and the deposited materials moved to Kangcun depression in eastern Kuqa basin in Neogene Jidike period. Based on data available and borehole sections, this paper selected evaporate sedimentary cycles of Rhine graben in Europe, Kuqa basin, Lanping-Simao basin, Jianghan basin and Dawenkou basin to make analysis and comparison. In combination with the sedimentary background and some chemical analysis data of debris in drill holes, the authors analyzed the factors affecting potash formation, the potash-forming probability, and the horizon of potash deposits. Baicheng and Kongcun depressions which are secondary structural units of Kuqa basin are considered to be favorable for the formation of potash deposits, and the potash deposits should lie in the upper part of the second or the fourth evaporite sedimentary cycle. Therefore, it is prospecting to conduct the potash investigation in kuqa basin.

Key words: geology, evaporite, sedimentary cycle, correlation, Kuqa basin

本文得到中国地质科学院矿产资源研究所中央级公益性科研院所基本科研业务项目(K0807)和国家“十一五”科技支撑课题“塔里木盆地钾盐大规模成矿条件研究与找矿靶区预测技术”(2006BAB07B06)的联合资助

第一作者简介 曹养同,男,1975年生,博士研究生,矿物、岩石、矿床学专业。Email: cyt1941@yahoo.com.cn

收稿日期 2010-01-16; 改回日期 2010-04-09。李德先编辑。

世界蒸发岩的时空分布很广,从寒武纪到近代,除奥陶纪尚未发现钾盐矿床外,其余地质时代均有钾盐分布(钱自强等,1994)。中生代—新生代,特别是白垩纪—新近纪是地质历史上重要的成盐期。在中国,中生代、新生代是成盐作用最强的地质时期,尤其是白垩纪—新近纪,盐类沉积分布最广、成盐点最多(刘群等,1987)。

蒸发岩含盐系剖面一般分为中部含盐段和上部、下部石膏、碳酸盐岩段,其间有时夹杂部分薄层碎屑岩沉积,构成一个蒸发岩沉积旋回,反映了盐湖水体在成盐期有间断地淡水补给的特点。当沉积盆地中蒸发岩伴随着碎屑岩沉积,即盐湖水体从淡→咸→盐→咸→淡的旋回变化时,沉积物相应地发生由碎屑岩→膏岩→盐岩→膏岩→碎屑岩变化。沉积盆地中陆源碎屑-化学岩类沉积往往具有多旋回性(刘群等,1987)。根据盆地中已有的钻孔资料,分析钻孔岩性剖面中碎屑岩-膏岩-盐岩-膏岩-碎屑岩沉积韵律的变化,可以对钻孔剖面逐步划出四级、三级、二级、一级的沉积韵律。划分方法为:首先划分出小的沉积韵律,比如碎屑岩-膏岩的变化,定为四

级韵律,然后将相同的四级韵律合并成三级韵律,逐级向上合并,最后划出一级韵律(沉积旋回)。通过划分,识别出沉积旋回期次,并进行沉积旋回对比。文章通过对大致位于同一成盐时代和气候带上的欧洲莱茵地堑、中国云南兰坪-思茅、湖北江汉、新疆库车和山东大汶口等盆地(见图1)蒸发岩发育特征、钾盐层赋存部位及其他地质因素的对比分析,以期预测新疆库车盆地成钾的可能性及其赋存层位。

1 含盐盆地蒸发岩沉积特征

1.1 欧洲莱茵地堑

莱茵地堑位于欧洲西部,海西地块和黑森山之间,地堑从瑞士的巴塞尔(Basel)开始,向北延伸至法兰克福,钾盐矿床分布于地堑的3个次级盆地中,即法国境内的维特尔斯海姆(Wittelsheim)盆地、明许豪森盆地(Munchhausen)和联邦德国境内的布金根(Buggingen)盆地。地堑呈NNE-SSW向展布,为一大陆边缘构造(钱自强等,1994)。自始新统至下中新统共发育 I_1 、 I_2 、 I_3 等3个蒸发岩沉积旋回,具



图1 选取的中国盐盆分布位置图

Fig. 1 Distribution of selected evaporate basins in China

体年代、岩性及地层厚度见图 2。3 个沉积旋回中以 I₂ 沉积旋回盐层发育最好，绝大部分为盐岩沉积，盐层厚度大于 800 m，在盐岩层顶部发育钾矿层。

1.2 潜江凹陷

潜江凹陷位于江汉盆地的中部，是江汉盆地次一级构造单元。江汉盆地位于中扬子板块东北部，是在前震旦系变质基底上发展起来的一个中、新生代拉张型断陷盆地(朱国华等, 2005; 刘春平等, 2006)。潜江凹陷为盆地的沉积中心，古近纪时期发育了一套巨厚的蒸发岩沉积，主要为膏岩、盐岩，并在潜江组的潜二段发育钾盐矿层。根据刘群等(1987)绘制的潜江组含盐系剖面，方志雄(2002)、张永生等(2005)所做的江汉盆地潜江凹陷地层简表，以及王必金等(2006)对江汉盆地幕式构造的研究资料，依据蒸发岩沉积旋回变化规律，绘制了潜江凹陷晚白垩世至新近纪综合地层剖面及蒸发岩沉积旋回图(图 3)。从图 3 中可以看出，潜江凹陷自古近系沙市组至潜江组，发育完整的 I₁ 和 I₂ 两个蒸发岩沉积旋回。I₁ 沉积旋回(沙市组-新沟组)岩性组合为泥岩沉积-膏岩、盐岩沉积(沙市组)砂岩、泥岩、膏岩沉积(新沟组)，反映了盐湖水体由淡→咸、盐→淡的变化过程，但据陈波等(2007)对沙 15 井(沙

市组下段)岩性剖面柱描述资料，I₁ 沉积旋回盐层累计厚度不大于 100 m。I₂ 沉积旋回(潜江组)岩性组合为：薄层粉砂岩、泥岩沉积-盐岩夹粉砂岩沉积-盐岩、膏岩沉积-泥岩沉积，在沉积旋回中上部发育钾盐矿层，I₂ 沉积旋回蒸发岩沉积厚度较大，达 4 000~5 000 m。I₁ 和 I₂ 沉积旋回的顶部均发育不整合面，反映了因构造运动，盐湖宁静稳定的沉积环境被打破，由于淡水注入，发生蒸发岩沉积间断及碎屑岩沉积的地质演化过程。

1.3 江城凹陷

江城凹陷属于云南兰坪-思茅盆地中次一级构造单元。兰坪-思茅盆地位于特提斯-三江造山带，属于特提斯构造域，由欧亚板块、印度板块、特提斯构造带相互作用而成，是在前古生界构造基底上发育起来的中、新生代凹陷盆地(袁品泉, 1980^①; 薛纪春等, 2002; 陈跃昆等, 2004; 廖宗廷等, 2005)。中、新生代以来，兰坪-思茅盆地发育一套巨厚的红色砂泥岩建造、含盐建造、磨拉石建造，江城凹陷位于兰坪-思茅盆地的中部，上白垩统(曼宽河组下段)发育少量的膏岩沉积，至古新统(勐野井组)发育一套巨厚的蒸发岩沉积并形成钾盐矿层(曲懿华, 1997)。依据前人资料，绘制出江城凹陷上白垩统至新近纪地

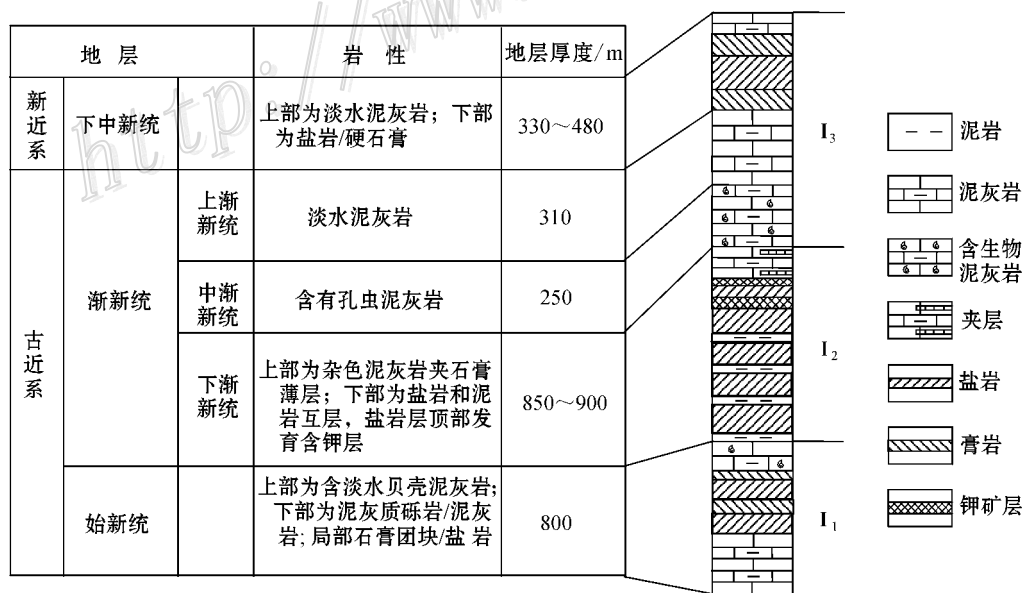


图 2 欧洲莱茵地堑蒸发岩沉积特征(据钱自强等, 1994 绘制)

Fig. 2 Sedimentary characteristics of evaporates in Rhine graben, Europe(after Qian et al. , 1994)

① 袁品泉. 1980. 云南思茅盆地盐类矿床特征及成盐条件的初步认识. 云南思茅地区钾盐地质研究论文集. 云南省地质局. 38-44.

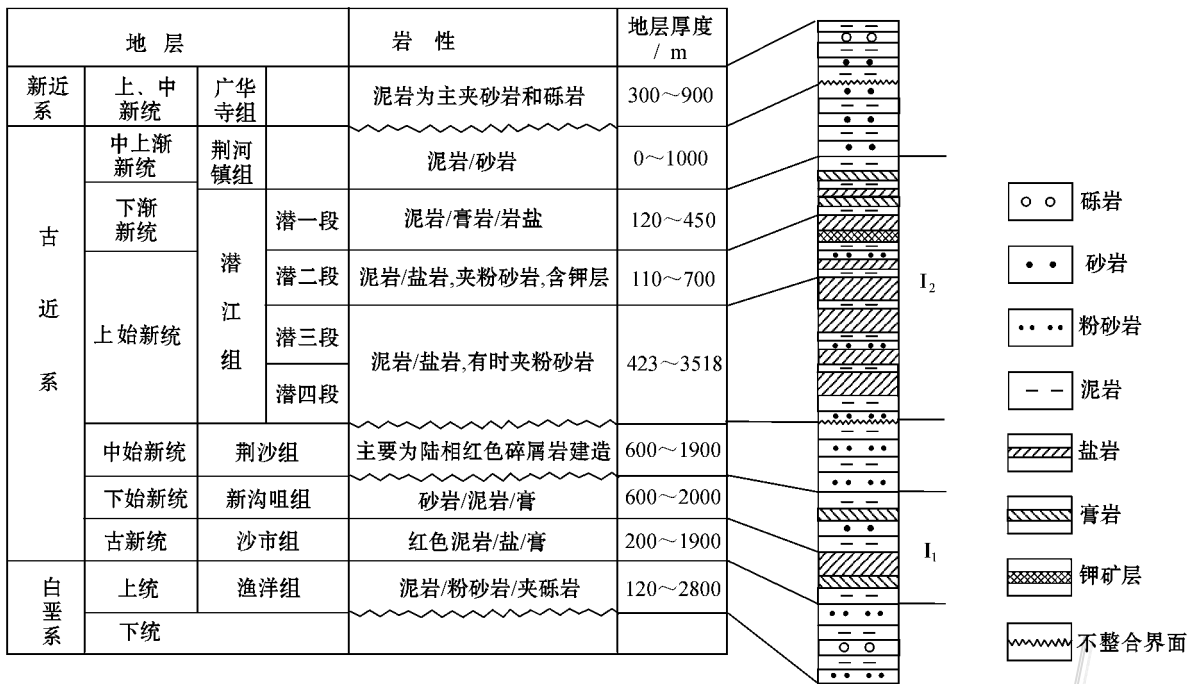


图3 潜江凹陷蒸发岩沉积特征(据刘群等,1987;方志雄,2002;张永生等,2005;王必金等,2006绘制)

Fig. 3 Sedimentary characteristics of evaporates in Qianjiang depression (after Liu et al., 1987; Fang, 2002; Zhang et al., 2005; Wang et al., 2006)

层剖面及蒸发岩沉积剖面图(图4)。由图4可见,江城凹陷自上白垩统至新近系存在 I_1 和 I_2 两个蒸发岩沉积旋回, I_1 沉积旋回位于上白垩统的曼宽河组下段,以碎屑岩和少量的膏岩沉积为主,沉积厚度相对较小; I_2 沉积旋回位于古新统的勐野井组,下段主要为泥砾岩、膏岩、盐岩沉积,夹部分灰绿色泥岩、砂岩,至上段变为棕红色泥岩、粉砂岩沉积,夹石膏脉体。 I_2 旋回中单一的盐层厚度可达410.5 m^①,并在沉积顶部(勐野井组下段)中发育钾盐矿层。

1.4 大汶口盆地

山东大汶口盆地位于鲁西隆起南部,产于以构造拉张作用为主的中、新生代断陷盆地中,属于汶蒙盆地西端的一个凹陷(朱忠德,1988;李钟模,1994)。含盐系地层位于中始新统上部,为一套含泥灰岩、含泥盐岩、硬石膏岩沉积组合(李钟模,1994)。依据前人资料,绘制了大汶口盆地蒸发岩沉积特征图(图5)。由图可见,大汶口盆地中始新统一上始新统的中下部发育 I_1 蒸发岩沉积旋回,表现为以灰岩沉积为开端,逐渐变为膏岩、盐岩沉积,最后以含砂、含砾

的泥灰岩沉积结束,在旋回的中上部,发育钾盐矿层,反映出盐湖演化晚期卤水已经达到钾盐矿物析出阶段。

1.5 库车盆地

新疆库车盆地位于塔里木盆地的东北缘,北邻南天山构造带,是一个在挤压构造背景下发育起来的中、新生代再生前陆盆地(贾承造,1992;Graham et al., 1993;曹守连等,1994;Lu et al., 1994;卢华复等,1996)。整个盆地自古近纪的库姆格列木时期至新近纪的吉迪克时期发育累计厚度约2000余米的蒸发岩沉积(表1)。依据石油钻井资料,对盆地中13口钻井剖面进行了沉积旋回的对比,共识别出5个蒸发岩沉积旋回,其中库姆格列木群2个,苏维依组1个,吉迪克组2个(图6)。受盆地基底控制和南北向构造挤压应力变化的影响,古近纪蒸发岩沉积主要发生在盆地西部,以拜城凹陷为中心,新近纪吉迪克时期,盆地西北部转为陆源碎屑岩沉积(西南部少量蒸发岩沉积),而东部发育巨厚的蒸发岩沉积,以康村凹陷为沉积中心,显示出东西分带的特点。

① 张家良, 1980. 思茅盆地中、新生代含盐系地层. 云南思茅地区钾盐地质研究论文集. 云南省地质局. 101-131.

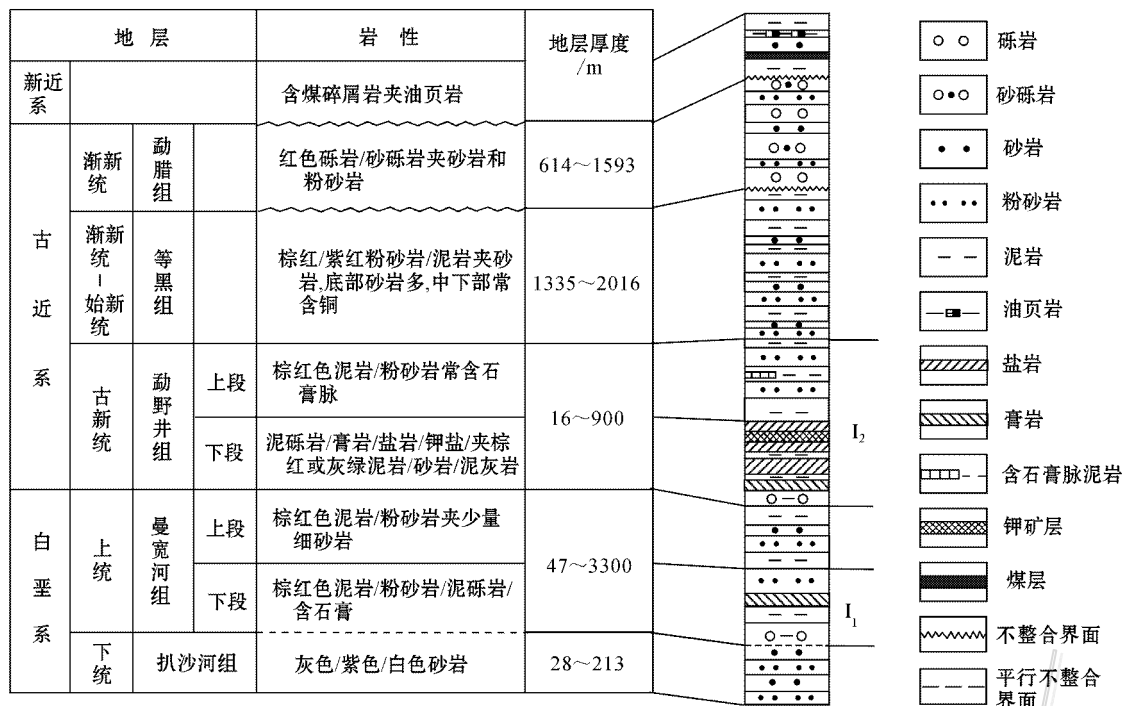


图 4 江城凹陷蒸发岩沉积特征(据张家良,1980^①,袁品泉,1980^②绘制)

Fig. 4 Sedimentary characteristics of evaporates in Jiangcheng depression (after Zhang et al., 1980; Yuan et al., 1980)

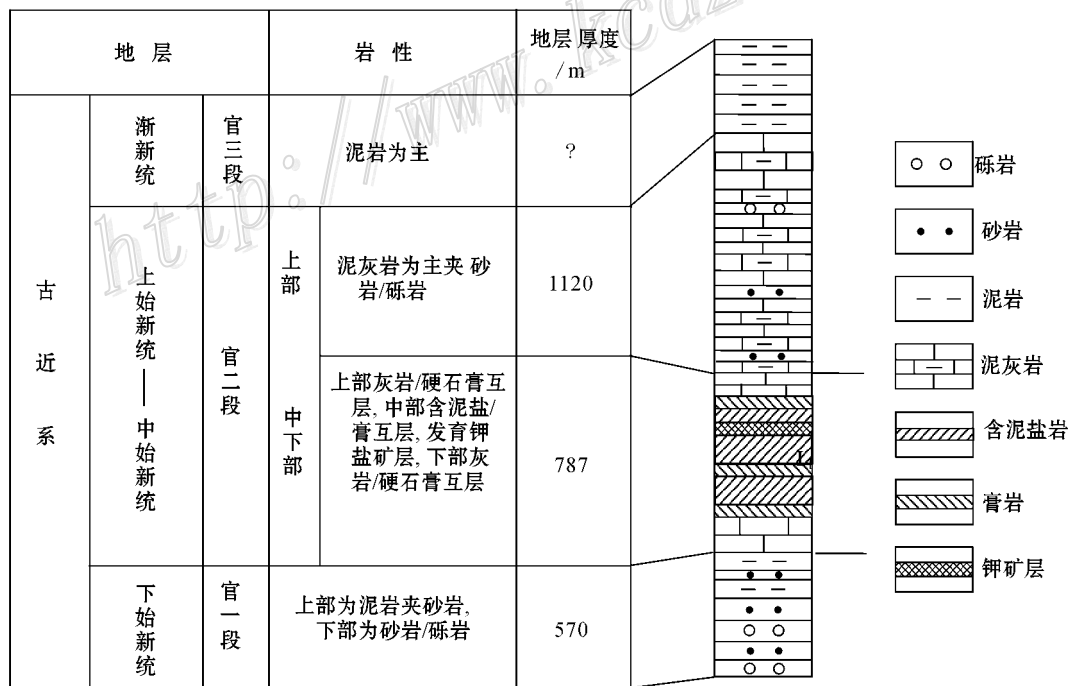


图 5 大汶口盆地蒸发岩沉积特征(据朱忠德,1988,李钟模,1994 绘制)

Fig. 4 Sedimentary characteristics of evaporates in Dawenkou basin (after Zhu, 1988; Li, 1994)

① 袁品泉. 1980. 云南思茅盆地盐类矿床特征及成盐条件的初步认识. 云南思茅地区钾盐地质研究论文集. 云南省地质局. 38-44.

② 张家良. 1980. 思茅盆地中、新生界含盐系地层. 云南思茅地区钾盐地质研究论文集. 云南省地质局. 101-131.

在5个蒸发岩沉积旋回中,以西部的I₂沉积旋回(始新世)和东部的I₄沉积旋回(中新世)蒸发岩发育最好,均为巨厚的盐、膏沉积,I₁、I₃、I₅沉积旋回中蒸发岩相对较小,为少量的中、薄层石膏沉积(或中、薄层盐、膏沉积)。始新世末受印度板块和欧亚板块碰撞的远距离效应影响,库车盆地自苏维依时期开始蒸发岩沉积中心迁移,自盆地西部向东、向南迁移,吉迪克时期在盆地南部、东部继续发育蒸发岩沉积,但以东部发育最好。

2 蒸发岩沉积对比

2.1 构造背景对比

莱茵地堑沉积盆地属于拉张性构造盆地,是在

阿摩力克-海西造山运动时期形成的大陆边缘构造盆地,早始新世之前盆地为淡水沉积且与海相隔,地堑下沉始于始新世末,中新世-晚渐新世它成为北海和古地中海的连接通道,盆地沉降作用持续到上新世(钱自强等,1994),而钾盐沉积恰恰发育在地堑南部3个次级盆地中。对于中国中、新生代沉积盆地,东部盆地一般为产于拉张性大地构造背景下的断陷盆地,盆地中一般为陆相碎屑岩沉积,西部盆地一般产于挤压性大地构造背景之下,盆地中的沉积相一般为海相、海陆交互相或陆相。潜江凹陷、江城凹陷、大汶口盆地、库车盆地4个沉积区均属于中、新生代沉积盆地,不同的是潜江凹陷及其所在的江汉盆地、大汶口盆地属于中国东部的拉张性断陷盆地,其构造作用以拉张、伸展为主,构造环境与莱茵地堑

表1 库车盆地古近系-新近系岩性特征

Table 1 Main outcrops and lithologic character of Paleogene-Neogene sediments in Kuqa basin

年代地层单位	组(群)	岩性	地层厚度/m
新近系	库车组	杂色砾岩,紫红、灰绿含砾砂岩	约3000
新近系	康村组	杂色砾岩,紫红、灰绿含砾砂岩、粉砂岩	约3000
新近系	吉迪克组	紫红色含砾砂岩、灰绿色粉砂岩、泥岩、巨厚盐岩和石膏	约3000
古近系	苏维依组	灰绿色粉砂岩、泥岩、少量石膏	约2000
古近系	库姆格列木群	紫红色、灰绿色粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩夹灰绿色泥质条带、巨厚的盐岩和石膏	约2000

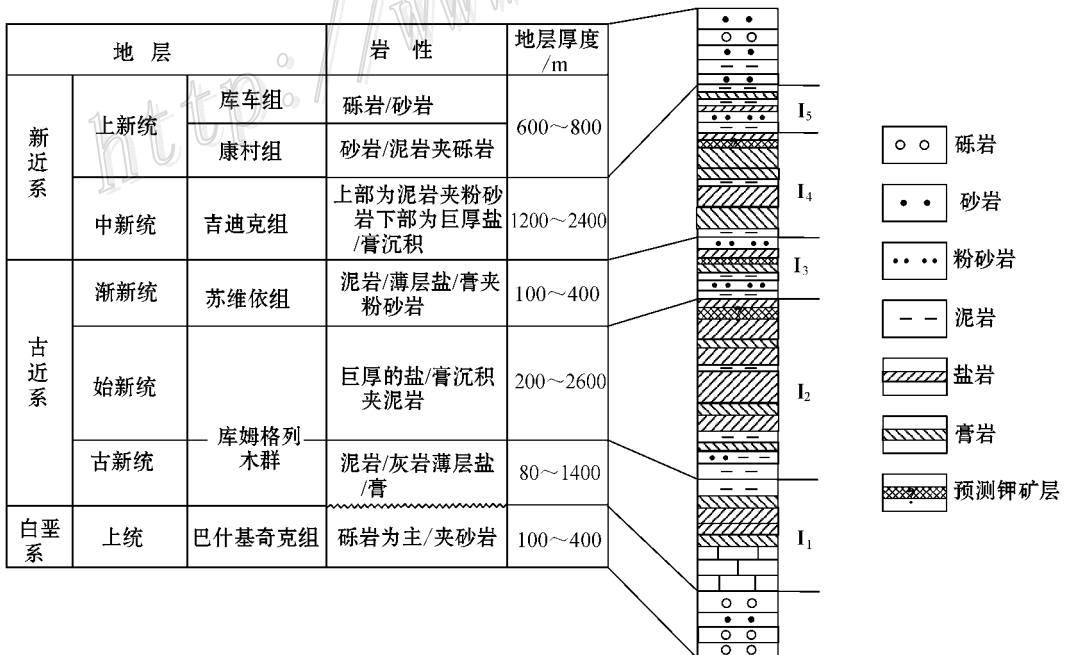


图6 库车盆地蒸发岩沉积特征(综合石油钻孔资料绘制)

Fig. 6 Sedimentary characteristics of evaporates in Kuqa basin (based on drill holes for petroleum)

相似。而江城凹陷所在的兰坪-思茅盆地及新疆库车盆地属于以构造挤压为主的沉积盆地。江城凹陷、库车盆地属于中国西部的中、新生代凹陷盆地,盆地的发育受燕山期-喜马拉雅期构造运动的影响,具有相似的大地构造地质背景。一般认为,钾盐的沉积受沉积盆地中次一级地质构造单元控制(蔡克勤等,1994;刘成林等,2006),江城凹陷位于兰坪-思茅盆地的中部,是盆地沉积厚度最大的区域,同样,库车盆地的拜城凹陷、康村凹陷阳霞凹陷分别位于盆地西部、东部,拜城凹陷是古近纪时期库车盆地蒸发岩沉积中心,蒸发岩沉积厚度最大,康村凹陷为新近纪早期库车盆地蒸发岩沉积中心,三者均为盆地中次一级构造单元,有利于富钾卤水的汇集。潜江凹陷属于中国东部中、新生代断陷盆地,盆地的发育同样受燕山期-喜马拉雅期构造运动的影响,虽然属于拉张性断陷盆地,但潜江凹陷同样为江汉盆地的沉积中心,同样属于沉积盆地中次一级的构造单元,不同的是,前者蒸发岩沉积过程中受海水补给^①,后者蒸发岩属于内陆湖盆沉积(吴必豪等,1983)。大汶口盆地属于汶蒙盆地西端的一个次级凹陷,在这种次级凹陷中发育钾盐沉积。5个盆地蒸发岩沉积构造背景对比见表2。

2.2 沉积旋回对比

由于盆地所处的地理位置、构造条件、气候条件不同,只能依据沉积旋回所在的时代或地层层位对各盆地进行对比(图7)。从图上可看出,除大汶口盆地外,其余盆地的 I_2 沉积旋回均发育较好,并在 I_2 沉积旋回之前出现沉积厚度相对较小的 I_1 沉积旋回。这种沉积特征可能反映了盆地构造环境较稳定,盐湖演化晚期(I_2 沉积旋回中上部)可能形成钾

盐矿层。莱茵地堑盆地蒸发岩沉积属于海相化学岩型,在3个封闭的次级盆地中,相对稳定构造条件和干旱气候条件下形成的,大汶口盆地蒸发岩沉积没有经历前期的“小”旋回,直接过度到“大”旋回,这是与其他4个盆地最大的差异之处。

从图7可以看出,除大汶口盆地,其余4个盐盆的成盐旋回在层位上具有一致性。古新统库车、潜江、江城均发育成盐旋回,只是前两者发育 I_1 沉积旋回,后者发育 I_2 沉积旋回;始新统前两者发育成盐旋回,后者虽无成盐旋回,但在上白垩统发育 I_1 成盐旋回,说明后者成盐旋回较前两者早,成盐旋回发生“错位”的原因可能与盆地的封闭性、构造环境、气候条件不同有关,渐新统只在库车盆地、莱茵盆地发育 I_3 沉积旋回;中新统则只在库车盆地发育较好的 I_4 和 I_5 沉积旋回。

对于库车盆地的拜城凹陷(位于盆地西部),始新统 I_2 沉积旋回最好,为巨厚的盐、膏沉积,与潜江凹陷 I_2 沉积旋回在成盐时代和成盐特征上都极其相似,潜江凹陷 I_2 沉积旋回中上部已经成钾,据此推断库车盆地 I_2 沉积旋回应该具有良好的成钾前景,若能成钾,则应位于 I_2 沉积旋回的上部。江城凹陷 I_2 沉积旋回虽然在时代上不同于库车盆地,成盐旋回发生“错位”,但两个盆地中 I_1 至 I_2 沉积旋回总体上具有相似的成盐特征,江城凹陷钾盐矿层位于 I_2 沉积旋回上部,进一步说明库车盆地 I_2 沉积旋回中上部成钾的可能性。

对于库车盆地的康村凹陷(位于盆地东部),中新统发育 I_4 、 I_5 沉积旋回, I_4 沉积旋回为巨厚的盐、膏沉积,为库车盆地古近纪剩余卤水向东部迁移、沉积成盐的产物,从成盐韵律变化、盐类矿物组

表 2 蒸发岩沉积构造背景对比

Table 2 Correlation of tectonic settings for deposition of evaporates

盆地名称	钾盐层	构造性质	沉积中心	沉积中心构造级别	发育时代
莱茵地堑	发育钾盐矿层	拉张型构造盆地	地堑中三个次级盆地		
大汶口盆地	发育钾盐矿层	拉张型构造盆地	大汶口盆地(属于汶蒙盆地西部次级凹陷)	均属于沉积盆地中次一级构造单元	均为中、新生代
江汉盆地	发育钾盐矿层	拉张型构造盆地	潜江凹陷		
兰坪-思茅盆地	发育钾盐矿层	挤压型构造盆地	江城凹陷		
库车盆地	暂未发现	挤压型构造盆地	拜城凹陷		
库车盆地	暂未发现	挤压型构造盆地	康村凹陷		

① 刘成林,杨海军,顾乔元,焦鹏程. 2008. 塔里木盆地重要蒸发岩坳陷成盐及油气生储条件研究报告. 45-150.

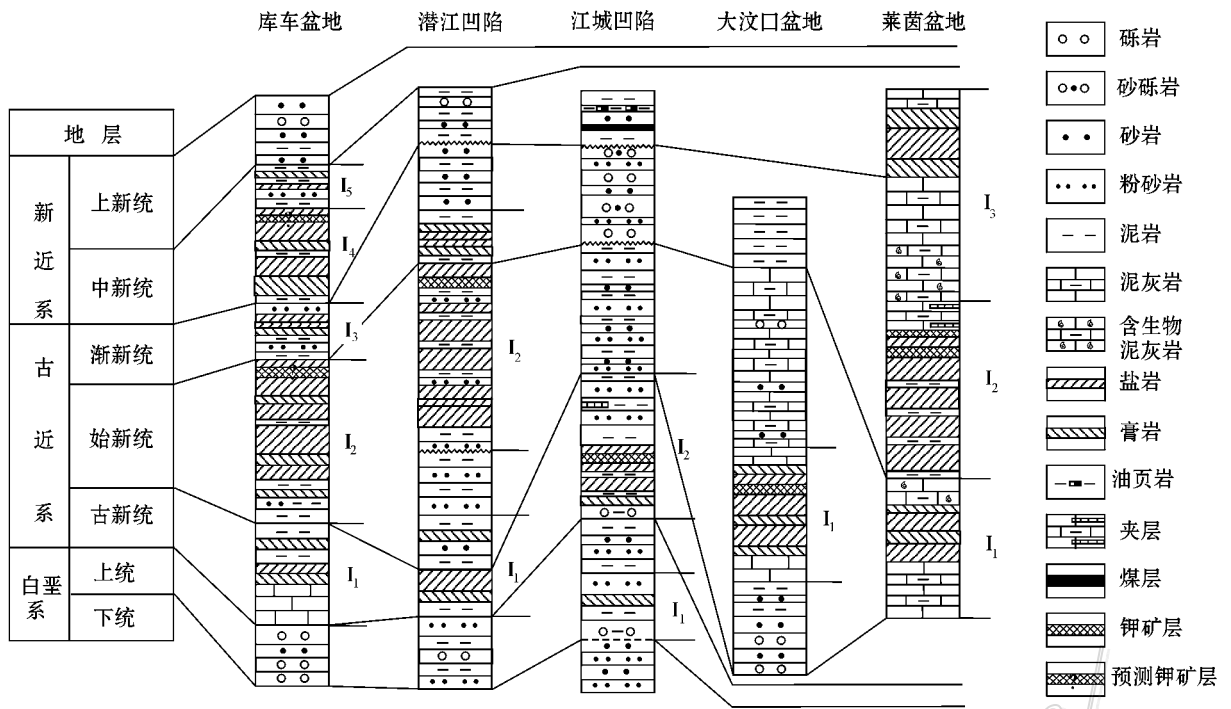


图 7 五个成钾盆地蒸发岩沉积旋回对比

Fig. 7 Correlation of sedimentary cycles of evaporates of five basins

合、盐湖演化阶段上,与拜城凹陷 I₂ 沉积旋回具有相似的特征^①,所以, I₄ 沉积旋回可能出现高浓度富钾卤水,形成钾矿层。若有,则应位于 I₄ 沉积旋回的上部。各盆地蒸发岩沉积旋回对比见表 3。

3 库车盆地成钾分析

3.1 成钾与保存影响因素分析

库车盆地为中、新生代前陆盆地,中、新生代以来盆地内构造活动强烈,而巨厚的蒸发岩沉积一般发生在强烈构造活动之后的宁静期(图 8),如 I₁、I₂ 沉积旋回发生在燕山期后相对宁静的构造环境, I₃ 沉积旋回由于早喜马拉雅构造运动的兴起,盐湖沉积中心开始由西向东、向南迁移,在迁移过程中仅发育少量的薄层膏岩沉积。 I₄ 沉积旋回发生在相对宁静的早喜马拉雅构造晚期,此时早喜马拉雅构造运动的高峰期已经过去,地质环境相对稳定,在这种构造运动期后相对稳定的条件下,发育了 I₄ 沉积旋回。一般来说,在相对稳定的大地构造条件下,卤

水朝着特定的成盐方向演化,在干旱气候条件下,盐湖演化晚期发生卤水浓缩,出现钾富集,形成钾盐矿层。但是,中新世中晚期,受中喜马拉雅强烈构造运动的影响,盆地内的蒸发岩开始发生强烈的变形,形成各种盐构造,甚至部分盐层出露地表,形成各种盐丘,这种强烈活动的后期构造环境对钾盐的保存十分不利,容易发生大规模后退变质作用(蔡克勤等,1986),特别是对于这种陆源碎屑-化学岩类的蒸发岩沉积来说,对比化学岩型的钾盐层,其钾盐层稳定性较差^②,钾盐在地层中遇水易溶失。一般认为,蒸发岩在构造挤压下(即各种盐丘体形成的过程中),容易发生晶间脱水作用,这种晶间卤水虽然含盐度很高,但由于钾盐的溶解度大于石盐,对于钾盐具有一定的溶解能力。另外构造挤压或构造伸展易于在盐层周围的碎屑岩地层中产生节理、断裂、破碎带,伴随着地表水的下渗,对钾盐具有强烈的溶解作用。新近纪以来,库车盆地在天山构造带和塔里木板块南北向的挤压下,发育 2 组基本的断裂构造,北西-南东向断裂构造和北东-南西向断裂构造,主要位

① 刘成林,杨海军,顾乔元,焦鹏程. 2008. 塔里木盆地重要蒸发岩坳陷成盐及油气生储条件研究报告. 45-150.

② 刘群,许德明. 1980. 钾盐矿床分类及其找矿意义. 云南思茅地区钾盐地质研究论文集. 云南省地质局.

于北部逆冲带、克拉苏-依奇克里克构造带、秋里塔格构造带,并在北部形成一系列向南逆冲的冲断层,在南部形成一系列向北逆冲的冲断层(何光玉等,2004),这种复杂的断裂构造对钾盐层的后期保存具有强烈的破坏作用。所以虽然库车盆地有良好的成钾可能性,但受后期的构造活动影响,对钾盐的保存不利。

3.2 成钾可能性分析

依据上述资料,分别对库车盆地西部拜城凹陷的钻井^① I₂ 沉积旋回上部和盆地东部康村凹陷的钻井 I₄ 沉积旋回上部的蒸发岩岩屑样品进行钾含量变化分析,发现拜城凹陷的地层在 I₂ 沉积旋回上部盐岩段出现了钾含量变化曲线高峰,显示了盐湖卤水演化至晚期开始发生钾的浓缩,同样康村凹陷^② 地层在 I₄ 沉积旋回上部出现 K/Na、K/Cl 变化曲线高峰,说明盐湖演化晚期(I₄ 沉积旋回上部)也已经出现钾浓缩阶段,预示了良好的成钾前景。综上所述,库车盆地蒸发岩沉积具有良好的成钾前景,成钾区域为盆地西部的库车凹陷、东部的康村凹陷,成钾层位分别位于 I₂、I₄ 蒸发岩沉积旋回的上部,但受后期构造运动影响,不利于钾盐的保存。

4 结 论

通过对欧洲莱茵地堑盆地、云南江城凹陷、湖北潜江凹陷、山东大汶口盆地、新疆库车盆地(拜城凹陷和康村凹陷)蒸发岩沉积旋回的对比和分析,获得以下认识:

(1) 上述含盐盆地具有基本相同的成盐成钾时代——古近纪和新近纪,江城凹陷、拜城凹陷、康村凹陷在中、新生代以来具有相同的大地构造演化背景。据此推断,拜城凹陷、康村凹陷具有成钾可能性。

(2) 除大汶口盆地外,其余盆地均具有先“小”旋回(I₁)、后“大”旋回(I₂)的特点;“大”旋回中上部一般发育钾盐矿层。另外,拜城凹陷与潜江凹陷 I₂ 沉积旋回在成盐时代和成盐特征上,都极为相似,拜城凹陷钻井岩屑钾含量变化显示了盐湖晚期的钾浓缩。潜江凹陷 I₂ 旋回中上部已经成钾,据此推断库车盆地 I₂ 旋回应该具有良好的成钾前景,若能成钾,则应位于 I₂ 沉积旋回的上部。

(3) 康村凹陷 I₄ 沉积旋回与拜城凹陷 I₂ 沉积

表 3 蒸发岩沉积旋回对比

Table 3 Correlation of sedimentary cycles of evaporates

盆地名称	沉积中心	蒸发岩类型	蒸发岩层位	沉积旋回特征	钾矿层位
莱茵地堑	地堑中三个次级盆地	海源化学岩型	下中新统	I ₃ 旋回: 厚层灰岩、膏、盐沉积	未见
莱茵地堑	地堑中三个次级盆地	海源化学岩型	渐新统	I ₂ 旋回: 巨厚层泥膏、盐沉积	I ₂ 旋回上部
莱茵地堑	地堑中三个次级盆地	海源化学岩型	始新统	I ₁ 旋回: 灰岩、砾岩、薄层盐、膏沉积	未见
江汉盆地	潜江凹陷	陆源碎屑-化学岩型	上始新统—下渐新统	I ₂ 旋回: 巨厚膏、盐沉积	I ₂ 旋回上部
江汉盆地	潜江凹陷	陆源碎屑-化学岩型	古新统—始新统	I ₁ 旋回: 薄层盐、膏沉积	未见
兰坪-思茅盆地	江城凹陷	陆源碎屑-化学岩型	古新统	I ₂ 旋回: 巨厚膏、盐沉积	I ₂ 旋回上部
兰坪-思茅盆地	江城凹陷	陆源碎屑-化学岩型	上白垩统	I ₁ 旋回: 薄层膏、泥沉积	未见
大汶口盆地	大汶口盆地	陆源碎屑-化学岩型	始新统	I ₂ 旋回: 巨厚膏、盐沉积	I ₂ 旋回中上部
库车盆地	康村凹陷	陆源碎屑-化学岩型	中新统	I ₃ 旋回: 薄层膏、泥沉积	未发现
库车盆地	康村凹陷	陆源碎屑-化学岩型	中新统	I ₄ 旋回: 巨厚膏、盐沉积	未发现
库车盆地	康村凹陷	陆源碎屑-化学岩型	中新统	I ₃ 旋回: 薄层膏、泥沉积	未发现
库车盆地	康村凹陷	陆源碎屑-化学岩型	中新统	I ₂ 旋回: 巨厚膏、盐沉积	未发现
库车盆地	康村凹陷	陆源碎屑-化学岩型	中新统	I ₁ 旋回: 薄层膏、膏沉积	未发现

① 刘成林, 杨海军, 顾乔元, 焦鹏程. 2008. 塔里木盆地重要蒸发岩坳陷成盐及油气生储条件研究报告. 45-150.

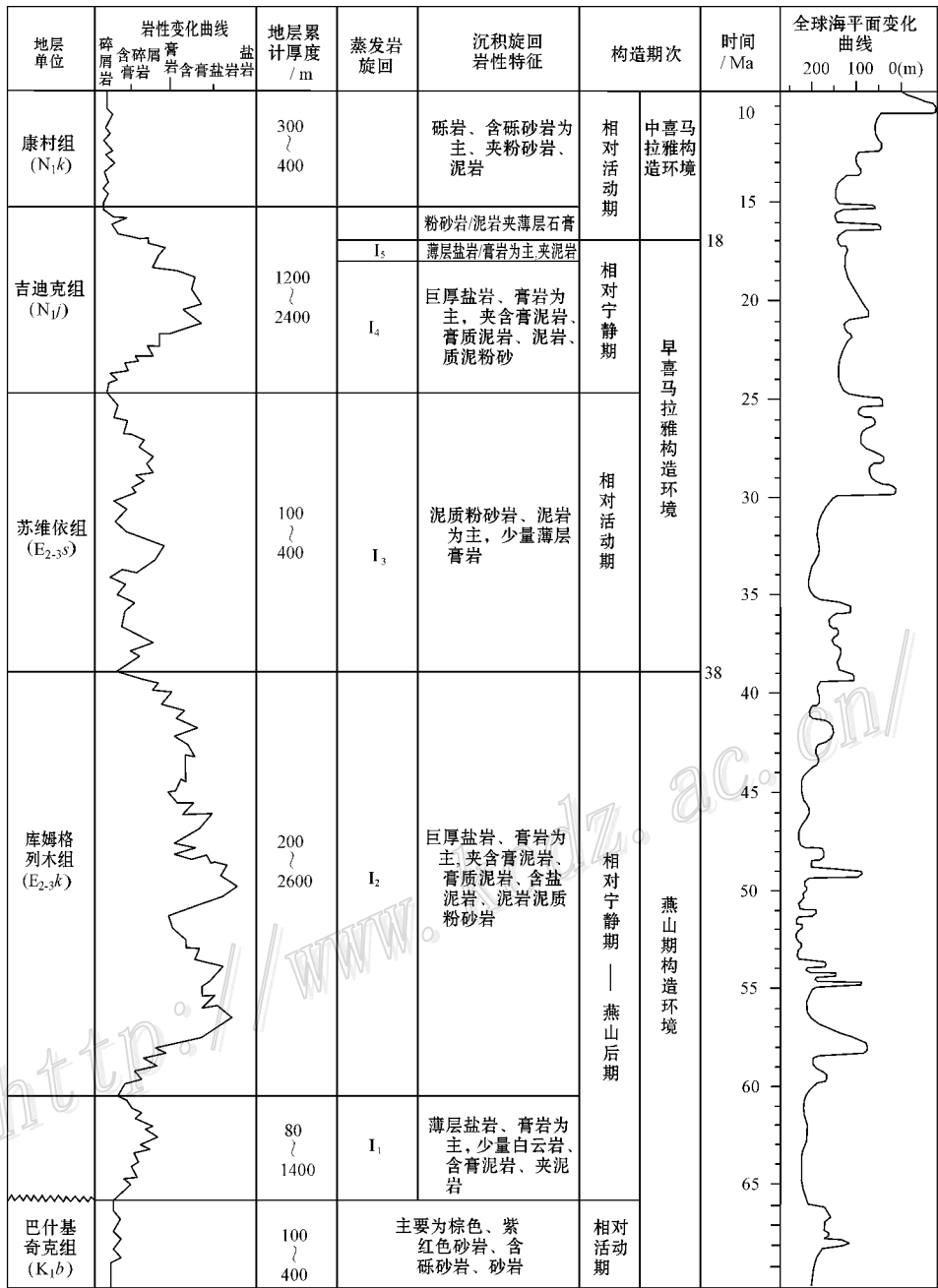


图8 库车盆地蒸发岩沉积构造环境 (综合石油钻孔资料, Bilalu et al., 1987)

Fig. 8 Sedimentary and tectonic environment of evaporates in Kuqa basin (based on drill holes for petroleum, Bilalu et al., 1987)

旋回在成盐韵律变化及盐类矿物组合上,具有相似的特征,钻井岩屑钾含量变化分析进一步证实其成钾可能性。所以 I₄ 沉积旋回也具有良好的成钾可能,若有,应位于 I₄ 旋回上部。

总之,对比研究认为,库车盆地具有很好的成钾可能,具有进一步勘查潜力。

References

Bilalu U H, Jan Hardenbol and Petr R V. 1987. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic [J]. Science, 235: 1156-1167.
 Cai K Q and Yuan J Q. 1986. The mineralization conditions and prospect direction of potash in Sichuan Province in Triassic [J]. Geology of Chemical Minerals, (2): 1-9 (in Chinese with English abstract).

- Cai K Q and Gao J H. 1994. The forming conditions of potash deposit in salt lake Qarhar [J]. *Earth Science Frontiers*, 1 (3-4): 231-233 (in Chinese with English abstract).
- Cao S L, Chen F J and Luo C R. 1994. Numerical modeling of subsidence mechanism of a Meso-Cenozoic Foreland Basin in North Tarim [J]. *Oil and Gas Geology*, 15 (2): 113-120 (in Chinese with English abstract).
- Chen P, Xiao Q G, Cao W S and Zhao H T. 2007. Exploration potential contrast of non-sandstone reservoirs with in salt-layers between Shashi and Qianjiang Formations, Jiangnan Basin [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 34 (2): 190-196 (in Chinese with English abstract).
- Chen Y K, Liao Z T, Wei Z H and Li M H. 2004. Characteristics and tectonic evolution of the Lanping-Simao Mesozoic Basin [J]. *Petroleum Geology and Experiment*, 26 (3): 219-228 (in Chinese with English abstract).
- Fang Z X. 2002. Hydrocarbon exploration signification of intersalt sediments in Qianjiang saline Lake Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 20 (4): 608-620 (in Chinese with English abstract).
- He G Y, Lu H F and Li S X. 2004. Petroleum migration features in the Kuqa rejuvenated foreland Basin, northwestern China [J]. *Acta Geologica Sinica*, 78 (6): 848-853 (in Chinese with English abstract).
- Graham S A, Hendrix M S and Wang L B. 1993. Collision success or basin of western China: Impact of tectonic in heritage on sand composition [J]. *Geological Society of American Bulletin*, 105: 323-324.
- Jia C Z. 1992. Evolvement of slab structure in Tarim Basin [A]. In: Li Q B, Dai J X, Liu Q R and Li J L, eds. *Corpus of research on modern geology* [C]. Nanjing: Nanjing University Press. 22-31.
- Liao Z T and Chen Y K. 2005. Nature and evolution of Lanping-Simao basin prototyp [J]. *Journal of Tongji University*, (11): 1527-1531 (in Chinese with English abstract).
- Li Z M. 1994. The evaporite characteristics and Potashgenetic pattern in Dawenkou basin of Shandong Province [J]. *Journal of Salt Lake Research*, 2 (2): 1-10 (in Chinese with English abstract).
- Liu C L, Wang M L, Jiao P C, Li S D and Chen Y Z. 2006. The Characteristics mechanism formed of structure and significance of mineralization on potash in the Lop Nur Saline Lake, Xinjiang [J]. *Acta Geologica Sinica*, (12): 1806 (in Chinese).
- Liu C P, Wang Y J, Lin J H and Yuan J J. 2006. Indosinian-Himalayan tectonic evolution, marine reservoir-forming pattern and exploration field in Jiangnan Basin [J]. *China Petroleum Exploration*, (6): 24-28 (in Chinese with English abstract).
- Liu Q, Chen Y H, Li Y C, Lan Q C, Yuan H R and Yan D L. 1987. Terrigenous fragmentary-chemistry salt rock deposits from Mesozoic to Cenozoic in China [M]. Beijing: Science & Technology Press. 15-17 (in Chinese).
- Lu H, Howell D G, Jia D and D Cai. 1994. Rejuvenation of the Kuqa foreland basin, northern flank of the Tarim basin, northern China [J]. *International Geology Review*, 36: 1151-1158.
- Lu H F, Jia D and Cai D S. 1996. Evolvement of slab structure in Paleozoic in Tarim Basin and in the west in Tianshan [A]. In: Tong X G, Liang D G and Jia C Z, eds. *The New Evolvement of Petroleum Geology in Tarim Basin* [C]. Beijing: Science Press.
- Qian Z Q, Qu Y H and Liu Q. 1994. Potassium Deposit [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 11.
- Qu Y H. 1997. Research on congenetic characteristics of Brine filled of potash: Discussion on beneficial stratum and areas on potash prospect in Lanping-Simao basin and Heli Basin in Thailand [J]. *Geology of Chemical Minerals*, (2): 1-9 (in Chinese with English abstract).
- Wang B J, Lin C S, Chen Y, Lu M G and Liu J Y. 2006. Episodic tectonic movement and evolutionary character in Jiangnan basin [J]. *Oil Geophysical Prospecting*, 41 (2): 226-230 (in Chinese with English abstract).
- Wu B H, Qu J Y, Wang M L, Huang L H and Qi Z M. 1983. Research on geochemistry of Br, Rb, B, Li in salt Rock of Q depression in Hubei Province [J]. *Mineral Deposits*, 2 (1): 76-86 (in Chinese with English abstract).
- Xue J C and Chen Y C. 2002. Analysis of Qre-forming background and tectonic system of Lanping Basin, western Yunnan Province [J]. *Mineral Deposits*, 21 (1): 36-44 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Y S, Wang G L, Yang Y Q and Qi Z X. 2005. Rhythms of saline lake sediments of the Paleogene and their Paleoclimatic significance in Qianjiang Sag, Jiangnan Basin [J]. *Journal of Palaeogeography*, 7 (4): 462-470 (in Chinese with English abstract).
- Zhu G H and Liu C P. 2005. Evolvement of structure and hydrocarbon accumulation in Jiangling depression [J]. *Journal of Oil and Gas Technology*, 27 (4): 429-432 (in Chinese with English abstract).
- Zhu Z D. 1988. Rhythm characteristics and depositional stages of salts in Dawenkou depression of Shandong Province [J]. *Mineral Deposits*, 7 (1): 87-96 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 蔡克勤, 袁见齐. 1986. 四川三叠系钾盐成矿条件和找矿方向 [J]. *化工矿产地质*, 2 (2): 1-9.
- 蔡克勤, 高建华. 1994. 察尔汗盐湖钾盐矿床的形成条件 [J]. *地质学前沿*, (3-4): 31-233.
- 曹守连, 陈发景, 罗传容. 1994. 塔北中、新生代前陆盆地沉降机制的数值模拟 [J]. *石油天然气地质*, 15 (2): 113-120.
- 陈波, 肖秋菊, 曹卫生, 赵海涛. 2007. 江汉盆地潜江组与沙市组盐间非砂岩油气藏勘探潜力对比 [J]. *石油勘探与开发*, 34 (2): 190-196.
- 陈跃昆, 廖宗廷, 魏志红, 李明辉. 2004. 兰坪-思茅中生代盆地的特征及构造演化 [J]. *石油实验地质*, 26 (3): 219-228.
- 方志雄. 2002. 潜江盐湖盆地盐间沉积的石油地质特征 [J]. *沉积学报*, 20 (4): 608-620.
- 何光玉, 卢华复, 李树新. 2004. 库车再生前陆盆地油气运移特征 [J]. *地质学报*, 78 (6): 848-853.
- 贾承造. 1992. 塔里木板块构造演化 [A]. 见: 李清波, 戴金星, 刘如琦, 李继亮主编. *现代地质学研究文集(上)* [M]. 南京: 南京大学出版社. 22-31.
- 李钟模. 1994. 山东大汶口盆地蒸发岩特征及成钾规律 [J]. *盐湖研*

- 究(2):1-10.
- 廖宗廷,陈跃昆. 2005. 兰坪-思茅盆地原型的性质及演化[J]. 同济大学学报, 33(27):1527-1531.
- 刘成林,王弼力,焦鹏程,李树德,陈永志. 2006. 中国新疆罗布泊盐湖断裂构造特征、形成机制及成钾意义[J]. 地质学报(12): 1866.
- 刘春平,王拥军,林娟华,袁井菊. 2006. 江汉盆地印支-喜马拉雅期构造演化与海相地层油气成藏模式及勘探方向[J]. 中国石油勘探(6):24-28.
- 刘群,陈郁华,李银彩,蓝庆春,袁鹤然,阎东兰. 1987. 中国中、新生代陆源碎屑岩-化学岩型盐类沉积[M]. 北京:北京科学技术出版社. 15-17.
- 卢华复,贾东,蔡东升. 1996. 塔里木和西天山古生代板块构造演化[A]. 见:童晓光,梁狄刚,贾承造. 塔里木盆地石油地质研究新进展[M]. 北京:科学出版社. 235-245.
- 钱自强,曲一华,刘群. 1994. 钾盐矿床[M]. 北京:地质出版社. 11.
- 曲懿华. 1997. 兰坪-思茅盆地与泰国呵叻盆地含钾卤水同源性研究——兼论该区找钾有利层位和地区[J]. 化工矿产地质, 19(2): 81-98.
- 王必金,林畅松,陈莹,卢明国,刘景彦. 2006. 江汉盆地幕式构造运动及其演化特征[J]. 石油地球物理勘探, 41(2):226-230.
- 吴必豪,渠洁瑜,王弼力,黄良汉,祁佐明. 1983. 湖北Q凹陷第三纪含盐系 Br、Rb、B、Li 的地球化学研究[J]. 矿床地质, 2(1):76-86.
- 薛纪春,陈毓川. 2002. 滇西兰坪盆地构造体制和成矿背景分析[J]. 矿床地质, 21(1):36-44.
- 张永生,王国力,杨玉卿,漆智先. 2005. 江汉盆地潜江凹陷古近系盐湖沉积盐韵律及其古气候意义[J]. 古地理学报, 7(4):462-470.
- 朱国华,刘春平. 2005. 江陵凹陷构造演化与油气成藏[J]. 石油天然气学报, 27(4):429-432.
- 朱忠德. 1988. 山东大汶口盐矿盐类沉积的韵律特征和沉积阶段[J]. 矿床地质, 7(1):87-96.

<http://www.kcdz.ac.cn/>