

四川盆地地浸砂岩型铀矿的区域成矿条件浅析

魏继生^{1,2}, 朱西养², 陶晓风¹

(1. 成都理工大学, 成都 610059; 2. 核工业 280 研究所, 四川广汉 618300)

摘要:通过对四川盆地大地构造位置、地貌—气候、盆地盖层的岩性—岩相、水文地质条件等方面分析, 认为四川盆地具备可地浸砂岩型铀矿的区域成矿条件。指出找矿有利地区是盆地中部构造稳定区与活动区过渡的大型单斜地区和盆地南部宽缓向斜地区。找矿目的层是上三叠统和下、中侏罗统的疏松砂岩层。

关键词:砂岩型铀矿; 区域成矿条件; 四川盆地

中图分类号: P619.14 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-0995(2005)03-0135-06

1 前言

四川盆地是我国大型陆相盆地之一, 也是西南地区最大的中生代盆地, 现存面积达 17 万 km²。该盆地可地浸砂岩型铀矿找矿前景备受关注。前人在四川盆地北部地区白垩系中落实了 303、4 210、7 201 等砂岩型铀矿床, 但由于矿化砂岩多为钙质致密胶结不能地浸开发; 而其他地区是否存在形成地浸砂岩型铀矿的有利条件, 值得探索。

我国于 20 世纪 90 年代初引进层间氧化带砂岩型铀矿成矿理论和找矿方法, 并开始在与中亚相邻的新疆, 勘查层间氧化带砂岩型铀矿, 先后在北方地区, 如新疆伊犁、吐哈盆地和内蒙鄂尔多斯盆地取得突破, 落实了数个层间氧化带砂岩铀矿床, 形成了符合我国实际的层间氧化带砂岩型铀矿成矿地质理论。

2 区域地质背景

2.1 大地构造位置

四川盆地位于扬子准地台的西北部, 介于龙门山—大巴山台缘拗陷与滇黔川鄂台褶带之间, 盆地呈北东向菱形四边展布。四川盆地属扬子准地台的一部分, 是中生代发育起来的大型内陆盆地, 也是一个周边被构造活化了的克拉通盆地。形成时间为晚三叠世至新生代。

2.2 盆地演化阶段

根据地质构造演化特点及其作用, 四川盆地演化主要经历 5 个阶段, 即前震旦纪基底形成阶段, 震旦纪至中三叠世克拉通盆地阶段, 晚三叠世前陆盆地阶段, 早侏罗世—晚白垩世拗陷盆地阶段, 新生代构造盆地阶段(表 1)。

The Application of Paleocurrent Analysis and Reservoir Assessment Technology to the Exploration of Sandstone - type Uranium Deposits

YIN Hai-sheng

(Chengdu University of Technology, Chengdu 610059)

Abstract: Paleocurrent analysis and reservoir assessment technology may be applied to the exploration of sandstone - type uranium deposits.

Key words: Paleocurrent; reservoir assessment technology; sandstone - type uranium deposit

收稿日期: 2005-03-21

作者简介: 魏继生(1965-), 男, 四川资阳人, 高级工程师, 长期从事区域地质调查和遥感地质工作

表 1 四川盆地演化阶段划分表

地质年代	构造旋回	盆地演化阶段		主要地质构造事件
新生代	喜马拉雅运动	构造盆地		大面积隆升、剥蚀,形成略向南东倾斜的夷平面,龙泉山断裂以西形成成都第四系盆地,以东强烈抬升、隆起
晚白垩世 ┆ 早侏罗世	燕山运动	坳陷盆地		发育陆相地层,并以湖、湖沼→辫状三角洲、三角洲→河流沉积序列填充
晚三叠世	印支运动末	前陆盆地		秦岭海槽、特提斯海槽闭合,龙门山和北大巴山台缘坳褶带发生逆冲推覆,盆山转化,形成前陆盆地,海陆交互相→陆相沉积
中三叠世 ┆ 古生代	印支运动早期 海西运动 加里东运动	内陆克拉通	克拉通伸展坳陷	发育伸展坳陷盆地,以陆表海碳酸盐岩沉积为主,黏土、碎屑沉积次之
晚元古代	澄江运动		克拉通形成	挤压造山成陆及拉张裂陷,扬子克拉通形成
中元古代	晋宁运动	基底(陆块)形成	古裂谷发育	康滇、川西、川东等古裂谷及川中、川鄂古地块形成,陆块边缘俯冲带开始形成
早元古代	吕梁运动		原始陆块形成	原始扬子陆块形成
太古宙晚	五台运动		古陆核形成	川中古陆块及周边变质地体雏形形成

2.3 基底组成

根据重磁资料综合解释和个别钻孔揭露表明,四川盆地基底具结晶基底和褶皱基底组成的“二元结构”,即由太古界或太古一下元古界组成的结晶基底和由中元古界组成的褶皱基底(邓康龄等,1994),且不同地区基底明显不同而呈基底的不均一性。以龙泉山、华蓥山、七曜山三条壳断裂为界,大体可划为川西、川中、川东三个走向呈北东的区块(图 1)。

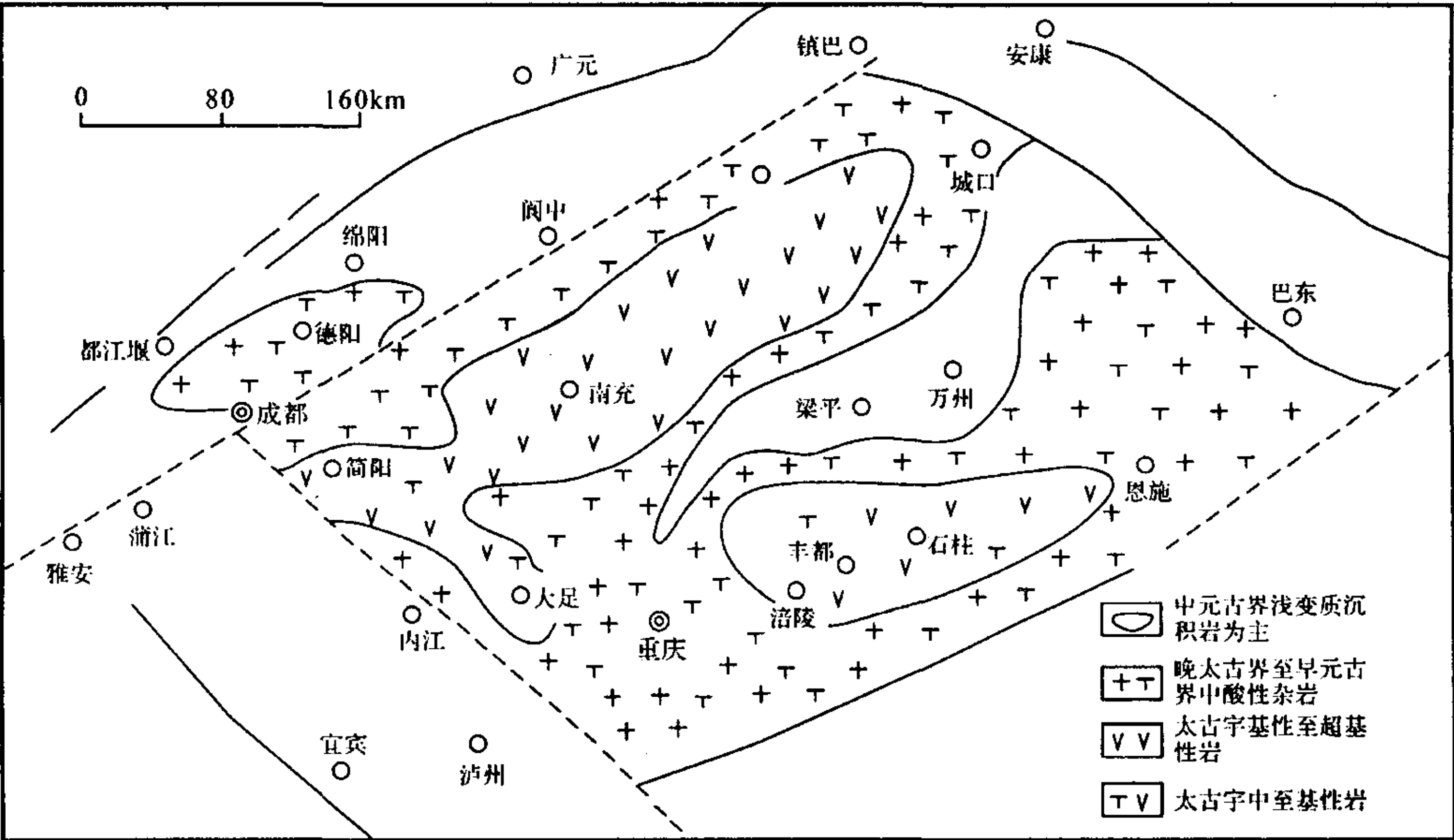


图 1 四川盆地前震旦纪基底岩性分布图(据邓康龄等,1994)

2.4 盆地盖层

四川盆地盖层包括上三叠统、侏罗系、白垩系、上第三系等。
上三叠统为前陆盆地背景、温暖潮湿气候下形成的海陆交互相含煤碎屑岩建造。
侏罗系自下而上分为下统自流井组、中统沙溪庙组、上统遂宁组和蓬莱镇组。
下侏罗统自流井组(J_{1z}):为页岩、泥岩、粉砂岩、细粒石英砂岩,在龙门山、大巴山山前沉积了以冲积扇为特征的白田坝组底部砾岩,从山前以舌形深入湖盆中心,过渡为河流—半深水湖相区(自流井组),二者为同时异相,厚度由西向东减薄。

中侏罗统沙溪庙组(J_2s):为紫、黄、灰绿色粗—中—细粒长石砂岩与紫红色泥岩呈不等厚互层,厚度由西向东变小。

上侏罗统遂宁组(J_3s):以棕红色泥岩为主夹粉、细砂岩,主要为氧化环境下的滨浅湖相沉积。龙门山前缘有少量粗碎屑沉积;川东南靠近江南古陆的斜坡地带,由于物源近,河流相砂岩显著增多,出现大型斜层理及交错层理,厚度也逐步减小。

上侏罗统蓬莱镇组(J_3p):为棕红色泥岩、砂质泥岩与浅灰、褐黄、灰白色长石石英砂岩、石英砂岩互层,上部偶夹灰绿色泥灰岩。

下白垩统苍溪组(K_1c):川东、川中大部分地区无沉积,主要在川西、川北拗陷发育,为紫红色砂砾岩夹灰色泥岩、砂岩,组成多个正向韵律。

上白垩统:沉降中心南移至成都、宜宾、古蔺一带,堆积了一套较单一的砖红色薄—厚层间块状的不等粒岩屑砂岩、岩屑长石砂岩、长石石英砂岩夹粉砂岩、泥岩。砂岩粒度分析结果,与现代沙漠区敦煌月牙泉砂丘相似。沉积面貌总体为干旱炎热环境下的河—湖—风成沙漠相交替沉积,在龙门山南段前缘依然有近源冲积扇发育。

第三系:沉积盆地继续萎缩,盆地内大部地区已无沉积。拗陷中心集中在川西山带,与晚白垩世连续沉积。川南有分布局限的柳嘉组,为红色河湖相和风成沙漠相交替沉积。龙门山南段前缘有近源冲积扇发育,在冲积扇前缘有盐湖沉积。

总体上侏罗系和白垩系为陆内拗陷背景下沉积的陆相灰色—杂色—红色碎屑岩建造,以湖、湖沼→辫状三角洲、三角洲→河流沉积序列填充,厚度 2 000 ~ 5 000 m;侏罗纪由潮湿气候向干旱气候转变,白垩纪—中新世为干旱气候。

2.5 盆地构造分区

四川盆地四周被断裂围限,南东和南西分别以七曜山断裂带和峨眉—宜宾断裂带与滇黔川鄂台褶带为界,北西以江油—灌县大断裂与龙门山台缘拗陷带为界,北与米仓山台褶带以断裂相隔,北东以城口—房县深断裂带与北大巴山冒地槽褶皱带分界。盆内构造线以北东向为主,东西向、南北向次之,龙泉山断裂、华蓥山断裂为盆地内具构造区划意义的断裂构造。根据构造和沉积特征,以龙泉山断裂和华蓥山断裂为界,盆地可分为川东—川南高、低陡背斜区,川中平缓褶皱带和川西低隆背斜带三个次级构造单元(图 2),其分布范围与基底分区基本相同。

川东—川南高、低陡背斜带:位于华蓥山断裂以东和七曜山断裂以西地区。包括四川盆地东部和南部,北东至万源,南西至宜宾。该区带中发育一系列北东向平行的隔挡式背向斜,褶皱主体由中生界组成。背斜带表现出高、陡、窄特征,轴部大多出露三叠纪地层,在紧闭的梳状背斜之间,分布有宽缓舒展的向斜。又可分为川东高陡断褶区和川南低缓断褶区。

川中平缓褶皱带:位于龙泉山断裂带以东,华蓥山断裂带以西地区,古生代及中生代都处于相对隆起区,沉积盖层一般厚 6 000 ~ 8 000 m。隆起最高部位基岩埋深仅 4 000 ~ 5 000 m。该带大部位于川中加里东古隆起上,主体为乐山—龙女寺隆起。由于结晶基底固化程度高,盖层发育的构造极为平缓,一般倾角只有 $3^{\circ} \sim 5^{\circ}$,褶皱幅度几十米至 300 m,多属低平构造;断层少,构造定向性差。

川西低隆背斜带:位于龙泉山断裂以西,与川中平缓褶皱带为逐渐过渡关系,二叠系直覆于下伏的泥盆系之上。由

于该带处于龙门山推覆构造带前缘,受其影响,晚三叠世至第四纪持续沉降,陆相地层厚度巨大,变形强度相对较弱,形成了一系列大致与之呈平行的北东向展布的构造,主要发育简单低缓背斜。

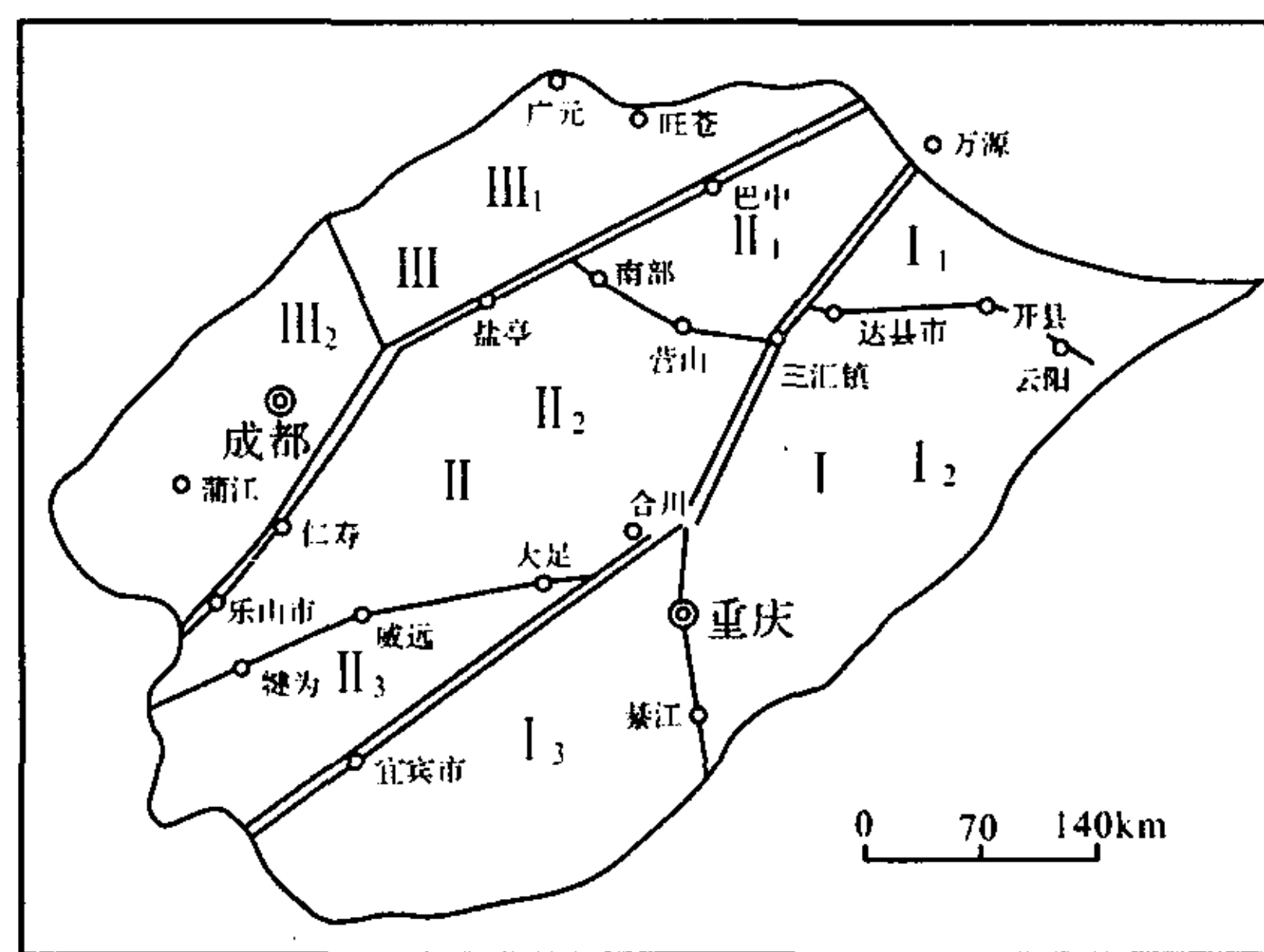


图 2 四川盆地构造区划简图(据邓康龄等, 1994)

I 川东—川南高、低陡背斜带: I₁—多层滑脱叠置区; I₂—多层滑脱高褶区; I₃—多层滑脱叠加区; II 川中平缓褶皱带: II₁—盐拱区; II₂—平缓褶曲带; II₃—平缓滑褶区; III 川西低隆背斜带: III₁—简单褶曲区; III₂—断展褶曲区

从上述可看出,四川盆地基底对盆地构造有明显的制约作用。川中地区是上扬子区中变质基底的核心,刚性强的太古宙结晶基底不易变形,该区构造活动较弱,多处于剥蚀或稳定沉积环境,盖层构造不发育,多形成平缓褶皱;其外围的川西和川东地区为中、晚元古代浅变质岩组成的褶皱基底,固结程度较低,当受到水平挤压应力后,这些浅变质岩首当其冲,易于变形而率先形变,从而在盆地边缘形成坳陷,沉积厚度大,后期构造较为发育,可形成紧密褶皱。

3 区域成矿条件分析

3.1 大地构造条件

地浸砂岩型铀矿均产于自流盆地,而自流盆地通常是中等程度的构造活化区——亚造山区所特有。因此,准确地划分亚造山区内的新构造区对地浸砂岩型铀矿预测至关重要。各国对水成铀矿研究经验表明,它们的形成与新构造区有着密切的空间联系(新构造运动时期实际上是层间氧化带发育与成矿作用期)。

四川盆地在喜马拉雅期,盆周山系向盆地递进挤压,盆地总体抬升,结束了自晚三叠世以来的大范围的沉积历史,并产生构造变形,进入构造盆地阶段。其特点为:主要构造形变时间长,且在多期次构造事件中渐次生成。构造变形时序为盆边早于盆内,现今构造地貌定型于喜马拉雅运动。构造变形不均一,盆缘变形强烈,盆中变形微弱;构造变形式样的演化发展序列为:隔档式(早)→城垛式(中)→隔槽式(晚);仅在川西(成都平原)表现为相对坳陷,发育冲积扇,伴有表层褶皱和扭动,而龙泉山以东整体缓慢抬升遭受剥蚀,构造活动微弱。盆地沉积盖层遭受了强烈而广泛的剥蚀,早侏罗世至中侏罗世的“四川盆地”为上扬子区中、新生代陆相沉积面积最大的克拉通坳陷盆地,盆地面积达 $58 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。而现存四川中、新生代红层分布的盆地,其面积仅是原侏罗纪沉积盆地的三分之一。

地浸砂岩型铀矿床一般产于地壳固化区(包括地台中间地块和褶皱回返区)的活化地带,垂直运动幅度不大,它具有较平缓的自流盆地的负向构造。四川盆地中心为川中地块,周边为褶皱回返区。基底岩石的巨型隆起地块是自流盆地的补给区,平缓褶皱的翼部为径流区。

3.2 地貌—气候条件

据地浸砂岩型铀矿成矿特点,其层间氧化带发育最早的地区是具有干旱、半干旱的气候条件及低山—丘陵和沙漠—半沙漠的地貌景观。原因在于这样的条件下,土壤及潜水中的有机质极低、腐植层很薄或缺乏,这就足以保证了大气中的氧毫无阻挡地渗入深部,促使深部层间氧化带持续发育。同时强烈的蒸发浓集作用也有利于地下水和部分层间水中铀的富集,保证有充分的氧和铀进入层状或表层潜水中。另外干旱地区的潜水面低,这就决定了来自补给区的基岩裂隙水主要进入自流盆地的含水层,而并不排泄于地表水系中,从而有利于层状氧化带在含水层中的形成。

四川盆地地貌具有低山—深丘—浅丘—缓丘—平坝组合,分布数百甚至数千平方千米,地形较为平缓。这种地貌实际上反映了新构造运动较弱,缓慢的隆升使化学溶蚀作用远远大于物理剥蚀作用,而有利于层间含氧含铀水的地球化学作用持续进行。

目的层形成时期为晚三叠世—侏罗纪,古气候条件为潮湿以及潮湿向干旱转变;目的层掀斜为白垩纪(燕山运动晚期),其古气候条件转为干旱炎热,发育渗入作用,且经历了漫长的地质时期,有利于铀持续后生富集。

3.3 岩性—岩相条件

地浸砂岩型铀矿的工业富集只有在较高的还原容量的透水岩层中形成。这类岩石通常是原生灰色,形成于河流—湖沼的沉积环境以及滨岸带海进—海退频繁交替的沿海平原之浅水条件下。该条件决定了层间氧化带的区域展布和目的层含水岩组的地球化学状态。

四川盆地主要找矿目的层为上三叠统须家河组、侏罗系沙溪庙组、遂宁组、蓬莱镇组,具有泥—砂—泥结构。其泥岩单层厚度 $10 \sim 50 \text{ m}$,砂岩单层厚度 $10 \sim 50 \text{ m}$,个别达 80 m 。其特征为黄色、灰色,结构疏松,胶结物主要为泥质,粒度为中粒—细粒,厚度大于 10 m ,地表延伸大于数千米,含有机质和碳质,有的含沥青,大多具有褐铁矿晕圈,氧化后呈黄色,其铀含量明显比新鲜的灰色岩石低,且低于地壳中放射性元素的平均丰度。

3.4 水文地质条件

水文地质条件是层间氧化带砂岩型铀矿的一个极为重要的因素。正向渗入自流盆地具有稳定入渗区,向下流入自流盆地中心区,有的甚至进一步流向排泄区。其特征如下:

1) 它具有独立的水力动力条件,完善的补、径、排系统。

2) 具有复式盆地特点,即大盆套小盆的格局,整个盆地面积可达几万至十几万平方千米,而相对孤立的盆地一般为几千至1万平方千米。

3) 存在有3个水文地质构造层,即下部古生界基岩裂隙—喀斯特水、裂隙水;中部中生界含层间氧化带发育的孔隙、裂隙承压水和上部第三系、第四系的孔隙潜水。下部和中部常为水交替迟缓带,而上部则为水交替积极带。这两个带是相互独立的,但通常受地质、构造环境影响,它们之间则有一定的联系,从而对氧化带的发育、矿化类型、水文环境等都有较大影响。

4) 地下水的运移方向在剖面上是向下渗入,在平面上是向心式的,即由周边向盆地中心或向稳定的排泄区径流,水动力压力是由地形地貌引起的。

5) 由补给区向排泄区,水的压力是逐渐增高的。水质类型由重碳酸—硫酸盐型淡水向硫酸—重碳酸盐、氯化物型水过渡。

四川盆地水文地质条件是受构造条件控制的。在川东、川北率先掀斜隆起,随着华蓥山褶皱群的形成,川中隆起,盆地发生构造分异,形成了由局部构造控制的水文地质单元。对于局部水文地质单元而言,地下水的补给来自降雨和地表潜流的垂直渗入,径流和排泄受岩性、构造与地貌的控制。含水层在构造隆起区出露,接受补给后,一部分地下水顺层作短暂运移到地形低洼处分散溢出地表;主要部分则沿裂隙、孔隙向顺层流动,直至裂隙发育段之下界线或砂岩尖灭处,然后回升再沿走向作纵向运动,在沟谷切割处以泉的形式排出地表。浅部地下水在地形平缓的浅丘宽谷地带,径流途径长,速度也缓慢。这种地段水文地质特征表现为从补给区到排泄区,依次呈 $\text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Mg} + \text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Na}(\text{补}) \rightarrow \text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Ca} \cdot \text{Mg} + \text{HCO}_3 \cdot \text{Cl} - \text{Ca} \cdot \text{Mg}(\text{径}) \rightarrow \text{HCO}_3 \cdot \text{Cl} - \text{Na} + \text{HCO}_3 \cdot \text{Cl} - \text{Na} \cdot \text{Ca}(\text{排})$ 型水过渡,矿化度由低到高,一般为 $0.1 \sim 0.3 \text{ g/L}$,局部达到 0.7 g/L 。具正向渗入型盆地的水化学特征。

4 结 论

四川盆地作为中新生代陆相大型盆地,从其大地构造位置、地貌—气候、盆地盖层的岩性—岩相、水文地质条件等方面分析,具备可地浸砂岩型铀矿的区域成矿条件。由于该盆地经历了燕山—喜马拉雅构造活化,盆地边缘构造发育,拗陷深度大,盖层掀斜抬升较强,多数地段寻找可地浸砂岩型铀矿的难度加大。但是,在盆地构造活动相对较弱的地区,具备寻找可地浸砂岩型铀矿的前景。

找矿有利地区是盆地中部构造稳定区与活动区过渡的大型单斜地区和盆地南部宽缓向斜,具体为川中平缓褶皱带、川南低缓断褶区等地区。找矿目的层是上三叠统和下、中侏罗统的疏松砂岩层。

参考文献:

- [1]肖新建,等.俄罗斯砂岩型铀矿的新近研究进展[J].铀矿地质,2003,19(1):34~41.
- [2]汪泽成,等.四川盆地复合含油气系统特征[J].石油勘探与开发,2002,29(2):26~28.
- [3]童崇光.新构造运动与四川盆地构造演化及气藏形成[J].成都理工学院学报,2000,27(2):123~130.
- [4]陈贵华.柴达木盆地东部层间氧化带砂岩型铀矿形成条件分析[J].铀矿地质,2001,17(2):70~75.
- [5]赵忠华,等.松辽盆地南部可地浸砂岩型铀矿区调阶段中的预测评价准则[J].贵金属地质,2000,19(3):174~177.
- [6]李亮,等.在油气藏周围寻找砂岩型铀矿[J].西安石油学院学报(自然科学版),2001,16(5):7~11.
- [7]王正邦.国外地浸砂岩型铀矿地质发展现状与展望[J].铀矿地质,2002,18(1):9~21.
- [8]秦明宽.可地浸砂岩型铀矿盲矿识别模式[J].铀矿地质,1999,15(3):129~136.
- [9]罗梅.中国西北部地区地浸砂岩型铀矿床的成矿条件与分布规律[J].物探化探计算技术,1996,18(增刊):70~73.
- [10]王永标,徐海军.四川盆地侏罗纪至早白垩世沉积旋回与构造隆升的关系[J].中国地质大学学报,2001,26(3):241~246.
- [11]钱洪.四川断裂活动的区域性差异及其与区域地壳运动的关系[J].地震研究,1995,18(1):49~55.

[12] 罗志立. 四川盆地基底结构的新认识[J]. 成都理工学院学报, 1998, 25(2): 192 ~ 200.

[13] 柳梅青, 何鲤. 四川盆地侏罗系陆相层序地层格架及有利相带展布特征[J]. 四川石油普查, 2000, 7(3): 67 ~ 77.

A Brief Talk on the Ore – forming Conditions of In – situ Leachable Sandstone – type Uranium Deposits in the Sichuan Basin

WEI Ji-sheng^{1,2}, ZHU Xi-yang², TAO Xiao-feng¹

(1 – Chengdu University of Technology, Chengdu, 610059;

2 – No.280 Institute, CNNC, Guanghan, Sichuan 618000)

Abstract: Research on geotectonic setting, geomorphology – climate, lithology and lithofacies of the cover and hydrogeological conditions indicates that ore – forming conditions of in – situ leachable sandstone – type uranium deposits come into existence in the Sichuan basin. Large monoclinal structure areas in intermediate zone between tectonically stable and active areas in the central basin and broad synclinal areas are favourable to the ore – formation of the sandstone – type deposits. The Upper Triassic, Lower and Middle Jurassic loose sandstone are potential ore – bearing beds.

Key words: sandstone – type deposit; regional ore – forming conditions; Sichuan basin

来自中国科协与中国地质学会的报告

1 关于中国科协所属全国性学会改革的目标

紧紧围绕增强科协对学会和学会对科技工作者的“两个凝聚力”,搭建好为学术建设服务、为经济社会发展服务、为会员和科技工作者服务的“三个服务平台”,不断探索学会改革发展的新对策,确保学会改革工作取得实质性成果,以优异的成绩和丰硕的成果迎接中国科协“七大”的召开。

2 关于搭建好为学术建设服务的平台

我们要为科技工作者服务,其中之一就是学术上的服务。我们应该从日新月异的科技发展中间去把握学术的跳动,把握学术的脉搏。要建设学术平台,让学术平台为科技人员服务。我们要把关注力放到学术上来。要进行学术建设。学术是我们的灵魂,而学术建设是要解决“灵魂”问题。我们必须进入科学技术主流,我们必须成为引导科学技术和科技社团向前发展的力量之一,为此,我们必须搞好学术建设。学术建设首先要有这个学科的中坚力量和新生力量积极参与学会活动。要开展与科技社团改革和发展有关的学术研究。科技社团中某些东西特别是学科方面的各个要素也是在发展,我们应该提炼出规律去判断哪些是要发展、方向在哪里,研究社团工作中学科发展所需要的因素和条件,促使其成长。学术在发展,建设要抓紧。

3 关于承担政府转移出来的职能之一:注册地质师执业资格认证

2001 年在香港举行海峡两岸三地及世界华人地质科学讨论会时,香港地质学会向我们建议:过去香港的注册地质师执业资格由伦敦地质学会认证,香港回归以后,再沿用旧制,会使许多香港同仁和内地赴港工作的地质师感到耻辱,中国地质学会应该做这项认证工作。在 2002、2003 和 2004 年学会秘书长王弭力以全国政协提案的方式向人事部和国土资源部反映,并于 2004 年 2 月召开了关于注册地质师资格认证的专家座谈会研究这个问题,邀请国土资源部人事司和有关司局的领导和香港地质学会会长参加。2004 年 5 月底,国土资源部人教司发文支持中国地质学会承担此项工作。学会成立了注册地质师资格认证工作筹备委员会,并召开了第一次筹备工作会议,制定了“中国注册地质师执业资格制度管理条例(讨论稿)”和“中国注册地质师职业道德规范(初稿)”,准备遴选特许注册地质师。此项工作得到了中国科协的支持。

做好注册地质师认证工作,首先,要做好特许注册地质师的认证,同时,完善注册地质师的培训、考试和认证等一系列准备工作,为全面开展注册地质师的认证奠定基础。

(下转第 155 页)