

四川盆地侏罗纪至早白垩世沉积旋回与构造隆升的关系

王永标,徐海军

(中国地质大学地球科学学院,湖北武汉 430074)

摘要:为弄清四川盆地在侏罗至白垩纪的演化及古气候特征,对该时期的沉积相及生物特征进行了综合分析.研究证明,侏罗纪至白垩纪四川盆地周边山系的构造活动可分为两个旋回.早、中侏罗世为第一个旋回,晚侏罗至早白垩世为第二个旋回.每个旋回的早期多以湖相泥页岩、砂岩夹介壳灰岩的广泛发育为特征,沉积物颗粒细、厚度较小,反映出相对稳定的构造背景.晚期则以大套杂色的河流相砂泥岩、巨厚的河流相及洪冲积相砂泥岩、砂砾岩及砾岩的出现为特征,且厚度巨大,反映出盆地周边山系强烈的构造隆升.从沉积物及生物特征上分析,第一个旋回期间,四川盆地处在一个温暖湿润的环境之下,而从第二个旋回开始,总体则以潮湿、炎热的气候为特征.

关键词:沉积旋回;古气候;构造隆升;侏罗纪;早白垩世;四川盆地.

中图分类号: P53 **文献标识码:** A

文章编号: 1000-2383(2001)03-0241-06

作者简介:王永标(1965),男,副教授,1999年毕业于中国地质大学地球科学学院,获博士学位,主要从事地层学及古生物学的教学与科研工作.

晚三叠世后期,由于位于扬子板块西端的松潘—甘孜地区与南秦岭、巴颜喀拉一起褶皱隆升^[1],四川盆地从此进入陆相盆地沉积阶段.在盆地的发展过程中,盆地周边山系及断裂构造的活动和演化一方面直接影响到沉积盆地物源的供给及沉积相的改变,同时也影响到四川盆地古气候的变迁.从岩性组合及沉积相变化分析,四川盆地侏罗纪至白垩纪可分为两个大的沉积旋回.第一个旋回从早侏罗世开始至中侏罗世结束,第二个旋回从晚侏罗世开始至早白垩世.

1 早、中侏罗世沉积旋回及构造演化

1.1 早侏罗世稳定的淡水湖泊沉积

四川盆地早侏罗世沉积主体以自流井组和白田坝组为代表^[2].

自流井组主要为一套灰色、灰黄绿色中薄层状的泥岩、粉砂岩、砂岩夹介壳灰岩,区域上比较稳定,

可对比性强,反映出大型湖相沉积的特点.其中的介壳灰岩更是湖相沉积的良好标志.在达县一带,所夹介壳灰岩不但层数多,而且层厚可达40 cm左右.介壳灰岩中介壳定向明显,但壳体总体较薄,而且大小不同的介壳常保存在一起,侧向延伸好.因此这类介壳灰岩应该是浅湖相至半深湖相沉积的产物.在达县一带的自流井组中除了介壳灰岩以外,还有许多种类的双壳类化石,其中大型蚌类化石十分醒目.这类化石保存在细砂岩中,反映的环境可能为滨湖相.

白田坝组代表早侏罗世四川盆地周边地区的山麓相、河流相及滨湖相沉积,主要分布在龙门山东侧的江油至广元一线及北大巴山南麓的旺苍及南江一带.白田坝组底部为冲积扇相砾岩层堆积,向上多为含煤的泥页岩夹砂岩及砾岩层^[3].

从以上分析可以看出,自流井组代表了一种相对稳定的陆相淡水湖泊沉积,而白田坝组代表了活动型的山前洪冲积建造.但由于自流井组分布更为广泛,因此,自流井组的沉积特征反映了四川盆地早侏罗世总的构造背景处在一个相对稳定的环境.而白田坝组活动型的山麓堆积则说明在一个相对稳定的大型湖泊的周边地区当时仍处在一个相对活跃的

构造背景之下。另外,由于白田坝组为一套快速堆积的洪冲积、河流及滨湖相沉积,因此,其中存在沉积间断是完全可能的。也就是说,该组只代表早侏罗世某一时段内的沉积。基于这一认识,龙门山东侧及北大巴山南麓的构造活动只局限在早侏罗世的某一或某些时段,并不一定贯穿于整个早侏罗世。总之,三叠纪末松潘、甘孜地区的褶皱隆升及秦岭海槽的闭合在四川盆地北西周缘形成山系。之后,山前断裂活动时有所发生,但四川盆地总体处在一个相对稳定的沉积时期。

早侏罗世四川盆地的古气候特征可以从沉积物特征及生物群面貌上得到反映。自流井组以灰黄绿色泥页岩、粉砂岩、砂岩夹介壳砂岩为特征,从沉积物特征上看不出有极端气候条件的存在。自流井组中生物种类繁多,有双壳、腹足、脊椎、轮藻等。其中特别是以双壳为主体的大量介壳灰岩的广泛分布更是自流井组生物繁盛的象征^[4](图 1)。自流井组中大量生物的繁盛说明当时湖盆处在一种比较温暖、潮湿的正常湖相环境。在湖盆的西北缘白田坝组主要为山麓洪冲积及河流、滨湖相沉积,含煤。从白田坝组底部冲积扇砾石特征分析,其当时气候应该潮湿多雨。因为白田坝组冲积扇中的石英岩质砾石磨圆度好,应为雨水充沛、河流流水长期作用的产物。而干旱条件下洪冲积形成的砾石由于流水作用时间短,往往很难将硬度很大的石英岩质砾石磨圆。而白田坝组中含煤泥页岩的存在更加佐证了上述推断。

值得注意的是白田坝组中的植物化石大部分为须家河组上延分子,同时又出现新的以 *Coniopteris* 和 *Ptilophyllum* 为代表的植物群^[2]。植物群面貌的

特征往往是气候特征的良好标志,而植物群面貌的改变往往受制于板块的漂移、海陆的变迁及造山作用形成的山系的阻隔等。早侏罗世白田坝组植物群与晚三叠世须家河组植物群面貌上总体的一致性,一方面说明三叠纪与侏罗纪之交气候特征并没有发生大的变化,另一方面也说明,至早侏罗世时,松潘、甘孜地区褶皱成陆后并未形成高峻的山系,因为四川盆地侏罗纪、白垩纪古气候的演化无疑受西部山系隆升的影响。

1.2 中侏罗世巨厚的河湖相沉积

1.2.1 中侏罗世早期沉积

中侏罗世沉积可进一步分为两个次一级的旋回,中侏罗世早期沉积以新田沟组和千佛岩组为代表。两组沉积特征较相似,故《四川省区域地质志》^[3] 废弃千佛岩组一名,统称为新田沟组。新田沟组主要为一套灰绿色砂岩与灰色、灰黑色的粉砂岩及泥岩。在四川达县一带,新田沟组的旋回性很强,每个旋回的下部往往为厚层至中厚层的砂岩体,向上则多为灰色、灰黑色的中薄层泥岩及粉砂岩。从其沉积构造及特征上分析,可能为河流相沉积。但在有些地区,新田沟组中仍夹有介壳灰岩,因此新田沟组可被认为是以湖相为主的自流井组向以河流相广泛发育的沙溪庙组转变的过渡类型。

新田沟组中河流相沉积的增多,反映出沉积区构造的抬升。殷建棠等^[4] 认为早侏罗世后四川盆地有一次区域性的抬升活动,在雅安、乐山、宜宾及兴文以南地区缺失中侏罗世早期的沉积。但作者认为,尽管从新田沟组开始四川盆地在沉积相上发生了一些变化,但这种变化尚未引起古气候发生根本性的转变。无论从沉积物特征,还是生物化石群面貌上分析,新田沟组沉积时的古气候环境与自流井组沉积时的古气候环境相类似。

1.2.2 中侏罗世晚期沉积

中侏罗世晚期沉积以沙溪庙组为代表。沙溪庙组总体上为一套灰黄绿色、灰紫色厚层砂岩与泥岩组合,与早侏罗世自流井组及白田坝组相比,中侏罗世沙溪庙组沉积物无论在色调上还是在岩性组合上都发生了显著的变化。早侏罗世沉积物颜色偏灰黑,而沙溪庙组颜色较杂。从岩性上看,沙溪庙组中河流相的厚层砂层明显增多,而自流井组则主要发育湖相的砂泥岩夹介壳灰岩。

从沉积相分布上看,早侏罗世四川盆地以广泛分布的湖相沉积为特征,而中侏罗世沙溪庙组沉积中,湖相沉积范围明显缩小,河流相沉积的分布范围大为扩展。这种从湖相到河流相沉积的转变,反映出

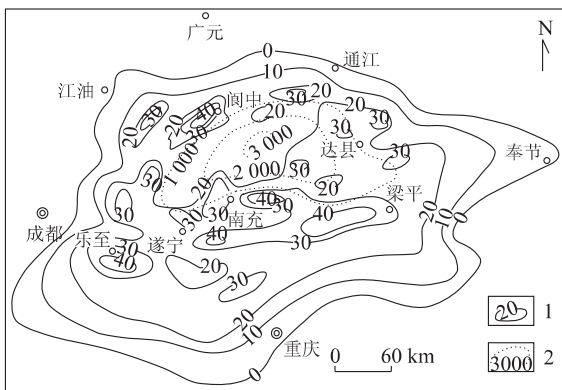


图 1 早侏罗世自流井组介壳灰岩厚度等值线^[4]

Fig. 1 Distribution of Early Jurassic shell limestone in Ziliujing Formation

1. 灰岩厚度等值线, m; 2. 残余烃等值线, 10^{-6}

中侏罗世四川盆地的区域抬升而导致水流的下切作用增强,其结果必然是河流沉积作用的广泛发育.沙溪庙组在龙门山前缘发育有冲积扇相砾岩和砂砾岩^[4],说明中侏罗世沙溪庙组沉积时期龙门山区构造活动较强烈.另外,从沉积厚度上看,四川盆地北部的南江、万源等地的沙溪庙组沉积厚度最大,可达1 400~2 300 m^[4],但沉积物则以河流相砂岩和紫红色泥岩互层为特征,尚未见粗碎屑岩^[4].这一现象说明尽管北大巴山南麓地区沙溪庙组沉积厚度巨大,但当时北大巴山山前断裂活动并不剧烈.

中侏罗世盆地周边山系的活动和区域抬升导致了从早侏罗世以湖相沉积为主到中侏罗世以河流相沉积为主的古地理格局上的转变.在这种转变过程中,由于湖泊范围的缩小,势必导致湖相生物分布范围的萎缩.尽管湖相范围受到压缩,但在美姑、会理一带仍发育有湖相的灰色泥岩、泥灰岩和粉、细砂岩夹生物灰岩^[4].这说明湖泊的各种环境因素与早侏罗世相比仍有相似之处.另外,尽管湖相生物分布局限,但河流相沉积物中仍产有丰富的恐龙、龟、鳖、鱼等化石^[4].这说明当时四川盆地的气候仍比较适合多种生物的生存.沙溪庙组沉积物中灰紫红色色调比早侏罗世自流井组的要多,这并不一定反映中侏罗世时的气候比早侏罗世时要炎热.因为沙溪庙组以河流相沉积为主,其沉积物暴露地表、接触空气的几率和程度也大,其颜色比以浅湖一半深湖相为主的自流井组的颜色要红也是很自然的.

总之,中侏罗世沙溪庙组沉积时周边山系应该有较大幅度的隆升,这种隆升作用的结果是在广大范围内改变了四川盆地沉积相的类型及分布格局.但尚未对古气候造成巨大的质的变化.周边山系的大幅度隆升也可以从沙溪庙组沉积厚度上得到反映,其沉积厚度可达650~2 500 m.与之相反,早侏罗世自流井组的沉积厚度为200~500 m,明显小于沙溪庙组的厚度,这一特点与早侏罗世四川盆地总体构造背景较稳定有关,另外也与当时周边山系的隆升高度有关.

2 晚侏罗世至早白垩世沉积旋回及构造变动

2.1 晚侏罗世早期稳定的浅水湖相沉积

晚侏罗世早期沉积以遂宁组为代表.主要为—

套鲜红色的泥岩、粉砂岩夹中细粒砂岩.在龙门山前缘的剑门关剖面,遂宁组具明显的二分性.其下部为紫红色的泥岩、粉砂岩夹少量中厚层状中细粒砂岩.上部一般由中粗至中细粒厚层砂岩与砖红色的粉砂岩及泥岩所构成的旋回所组成.从遂宁组岩性分析,继中侏罗世开始的构造运动后,自晚侏罗世开始的相当长一段时间内四川盆地及周缘地区的地壳活动又趋稳定.在稳定的沉积环境下,沉积物有足够的时间被彻底地风化而形成泥、粉砂及成熟度较高的砂岩.另外,在这样一种稳定的构造背景下,中侏罗世晚期沙溪庙组沉积时形成的盆地内部相对高差较大的河流相沉积地貌经遂宁期的夷平,四川盆地范围内相对高差已被缩小,形成大面积的浅水湖相沉积,同时也使具有鲜红色色调的遂宁组在整个盆地内得到广泛的分布.龙门山前遂宁组上部出现河流相的砂泥岩沉积,其顶部甚至出现较多的含砾粗砂岩及砾岩层.这说明该区自遂宁组后期开始龙门山系又趋向活动.

遂宁组沉积时的古气候特征可从沉积物和生物及其遗迹特征上得到反映.前面已经提到,早侏罗世沉积物以灰黑色及黄绿色为主,中侏罗世沙溪庙组则以杂色砂泥岩为特征.而从晚侏罗世开始,细粒沉积物的颜色进入全红时期.从沉积物色调上可以看出,从晚侏罗世开始气候已发生明显的变化,从早中侏罗世时的温湿气候转变到晚侏罗世时的炎热气候.另外,晚侏罗世遂宁组中化石已明显减少,但穴居生物留下的钻孔及潜穴则非常发育.在剑门关剖面上,生物钻孔及潜穴的直径在1.5 cm左右,长达20 cm以上.表生生物的缺乏及穴居生物的繁盛说明当时的气候条件对表生生物来说已比较严酷,而如此深入的钻孔及潜穴也是当时穴居生物为躲避外界严酷气候的一种反应.另外,遂宁组中普遍发育的干裂及石膏层^[3]也是晚侏罗世炎热气候的一种佐证.

总之,从构造、沉积及古气候三者之间关系上分析,晚侏罗世在构造上处在一个相对稳定的时期,这一点在其沉积特征上可以得到很好的反映.尽管在这样一种稳定的构造背景下,当时的古气候特征则与早中侏罗世时的有质的区别.作者认为引起晚侏罗世古气候变化的原因无非有古纬度的变化及邻近地区山系的升高导致大气环流发生改变而形成区域性的特殊气候两种可能.从四川盆地的具体情况来看,从中侏罗世沙溪庙组沉积到晚侏罗世遂宁组沉积之间相当短暂的时期内,古纬度不太可能发生巨

大的变化. 即使四川盆地在这段时间内发生了几百 km 的漂移, 在纬度上也只迁移了几个度. 仅几度之差的纬度变化一般难以促成如此巨大的古气候的变迁. 因此, 作者认为, 四川盆地晚侏罗世遂宁组炎热气候的出现很可能是由于周边山系的隆升导致大气环流的改变所造成的.

2.2 晚侏罗世晚期至早白垩世的沉积

晚侏罗世晚期至早白垩世四川盆地的沉积比较类似, 其中特别是在盆地西缘地区, 两个时期的沉积旋回十分相似. 每个旋回的开始均以一套巨厚的砾岩层为特征, 而后则为大套河流相及洪冲积相砂砾岩与砂泥岩互层沉积. 因此, 本文将晚侏罗世晚期至早白垩世沉积又进一步划分为两个次一级的沉积旋回.

2.2.1 晚侏罗世晚期沉积

晚侏罗世晚期沉积以蓬莱镇组及莲花口组为代表. 其中, 蓬莱镇组代表盆地中相对较细粒的沉积, 而莲花口组则代表盆地边缘龙门山前的粗碎屑沉积. 蓬莱镇组主要以紫红色长石石英砂岩与紫红色泥岩互层为主, 局部夹黄绿色页岩及生物碎屑灰岩条带, 厚达 780~1 200 m^[2]. 莲花口组岩性较蓬莱镇组要粗得多, 主要为一套中细至中粗粒砂岩、含砾砂岩与紫红色泥岩、粉砂岩互层, 下部常有巨厚层砾岩层, 总厚达 1 700 m.

从沉积物特征上看, 无论是蓬莱镇组, 还是莲花口组, 其岩性均比晚侏罗世早期的遂宁组要粗得多. 蓬莱镇组尽管缺乏巨厚的砾岩层, 但厚层状砂岩层或砂岩体所占比例比遂宁组要多得多. 从沉积相上分析, 蓬莱镇组主体为河流相沉积. 莲花口组的下部有一套巨厚的冲积扇相砾岩, 厚度可达 200 m 左右. 莲花口组的上部几乎全由几米厚的含砾粗砂岩—粉砂岩—泥岩构成的旋回所组成, 反映河流相沉积的特点. 上文已提到, 遂宁组代表晚侏罗世早期四川盆地稳定型的沉积. 从晚侏罗世晚期开始, 这种以湖相沉积为主的古地理格局被打破, 而代之而来的为一套厚度巨大的河流相及冲积扇相沉积为特征的莲花口组和蓬莱镇组. 这种巨厚的碎屑沉积, 特别是莲花口组底部巨厚砾岩层的存在, 说明从晚侏罗世晚期开始四川盆地周边山系有大幅度的快速抬升, 反映出构造运动从晚侏罗世晚期开始又急剧活化. 另外, 莲花口组冲积扇主要分布在龙门山前一带, 而北大巴山前的南江一带的蓬莱镇组沉积虽然厚度巨大, 但沉积颗粒普遍较细, 未见砾岩层堆积. 这说明, 晚侏罗世晚期四川盆地周边地区的构造活动可能主要集中在龙门山一带.

遂宁组由于沉积物普遍较细, 因此以其鲜红色的细粒沉积而特别引人注目. 莲花口组和蓬莱镇组由于粗碎屑增多, 粗看颜色比遂宁组偏灰. 但据作者观察, 莲花口组中所夹的粉砂岩及泥岩的色调与遂宁组的几乎一样, 均呈砖红色. 作者认为真正反映沉积环境和古气候环境的是细粒沉积物的颜色, 砾岩及砂砾岩的颜色只代表未风化矿物及原岩的颜色. 此外, 与遂宁组类似, 莲花口组中也常发育有钻孔等生物遗迹, 所以笔者认为从沉积物特征上看, 遂宁组与莲花口组沉积时的古气候特征应该还是比较相似的, 都是在炎热气候环境下形成的. 问题的关键是当时气候属于干热气候还是湿热气候. 遂宁组除了以紫红色色调的细粒沉积物为特征外, 尚夹有石膏层, 作者认为其气候相对较干旱. 莲花口组及蓬莱镇组中尚未见有石膏层的报道, 但两组以河流相的持续广泛发育为特征. 不难推断, 河流作用的发育要有充足的雨水的供给, 因此认为莲花口组及蓬莱镇组沉积时气候虽然炎热, 但雨水尚较充沛. 另外莲花口组下部砾岩层中一些硬度较大的石英岩质砾石常被磨得很圆. 这种磨圆很好的砾石必然是流水作用长期作用的结果, 而在干旱地区间歇性流水作用产生的泥石流沉积中, 砾石磨圆度往往较差.

2.2.2 早白垩世沉积

从白垩纪开始, 四川盆地沉积范围已大为缩小, 主要分布在龙门山东侧、北大巴山南麓及四川盆地的南及西南缘. 在龙门山前一带主要为一套洪冲积沉积, 自下而上由从粗到细的 3 个韵律所组成, 分别称为剑门关组、汉阳铺组及剑阁组. 在梓潼及大巴山前的巴中地区, 沉积物较细, 主要为一套厚层砂岩、粉砂岩及泥岩, 自下而上称为苍溪组、白龙组及七曲寺组. 窝头山组主要分布在乐山—宜宾—綦江一线, 以砖红色厚层块状砂岩为主, 岩性单一而稳定, 层间夹少量泥页岩, 厚 200~500 m^[2].

从早白垩世开始沉积相及沉积厚度上分析, 早白垩世的构造运动仍主要集中在盆地西侧的龙门山一带, 其他地区相对较稳定. 从沉积相上看, 早白垩世开始在龙门山一带存在快速的构造隆升, 这一点可从早白垩世剑门关组底部存在一套厚约 160 m 的巨厚砾岩层中得到反映. 之后一直到汉阳铺组和剑阁组普遍发育由砂砾岩和砂泥岩组成的河流相或冲积扇相沉积, 3 个组总厚度可达 1 340 m 左右^[2]. 在北大巴山南麓, 早白垩世沉积尽管厚度巨大, 3 个组总厚为 1 142~1 172 m^[2], 但沉积物总体偏细, 这说明早白垩世时北大巴山一带构造活动相对较稳定. 而巴

中地区砂泥质沉积的物源可能仍主要来自西部的龙门山区。四川盆地南缘的乐山—宜宾—綦江一线的窝头山组沉积物总体较细,以砂岩为主,且沉积厚度较小,在200~500 m左右^[2]。因此,宜宾一带南缘的山系在早白垩世时应处在一个较稳定的构造时期。

尽管自晚侏罗世晚期至早白垩世,盆地西缘的龙门山系一直处在快速隆升状态,但从沉积相上分析来看,晚侏罗世时四川盆地古气候的总体面貌与早白垩世时的还比较相似,均应为炎热多雨的气候。因为早白垩世剑门关组、汉阳铺组及剑阁组的沉积序列及沉积相几乎是晚侏罗世莲花口组的翻版。剑门关组底部冲积扇砾岩中的砾石均具很好的磨圆度,而在龙门山前这样一种快速沉积的山前拗陷地区,没有长期不停的流水的作用难以形成如此好磨圆度的砾石。据此认为早白垩世时雨水还是充沛的。而早白垩世沉积中鲜红色的泥岩、粉砂岩及钻孔生物遗迹反映出来的则可能是炎热的古气候的一种特征。需要特别提到的是在盆地南部的宜宾一带,前人多次报道有风成砂沉积^[5~7]。据潘忠习等^[5]等研究认为,宜宾早白垩世沙漠早期处于副热带高压带的西风和东北信风切变带上,切变带曾作短周期南北向漂变,晚期因切变带南移而处于西风带中。副热带高压带处在中低纬度区^[8]。盆地南部沙漠相的存在与盆地北部湿热的环境并不矛盾,这种在一个盆地范围内局部地区气候的急剧变化可能是由于盆地周边山系不均匀隆升导致大气环流的改变所造成的。

3 结论

侏罗纪至早白垩世期间,四川盆地的沉积可分为两个大的旋回。第一个旋回从早侏罗世开始至中侏罗世为止。该旋回的早期,盆地中以广泛发育的湖相暗色砂泥岩夹介壳灰岩沉积为特征,晚期在盆地中沉积了大套杂色的河流相砂泥岩。晚侏罗世至早白垩世为第二个旋回。该旋回的早期以遂宁组湖相红色泥岩的广泛分布为特征,晚期则以巨厚的河流相及洪冲积相砂泥岩及砂砾岩的出现为特征。

以上两旋回的早期沉积物颗粒较细、沉积厚度较小,反映出相对稳定的构造背景。晚期沉积物颗粒明显变粗,且厚度巨大,反映出盆地周边山系强烈的构造活动。依据邓康龄^[9]对理县老君沟岩体的研究(图2),早侏罗世岩体上升速率较小,为0.125 mm/a,中侏罗世隆升急剧加快,达到0.375 mm/a,这一

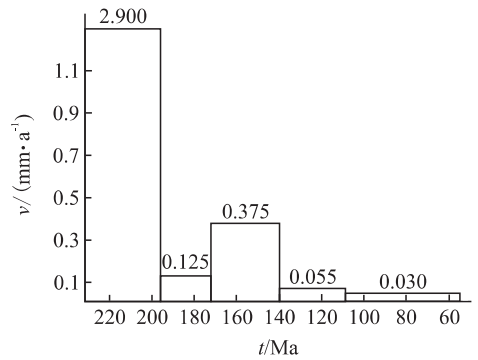


图2 理县老君沟花岗岩体隆升速率^[9]

Fig. 2 Uplift rate of Laojougou granite in Lixian county, Sichuan Province

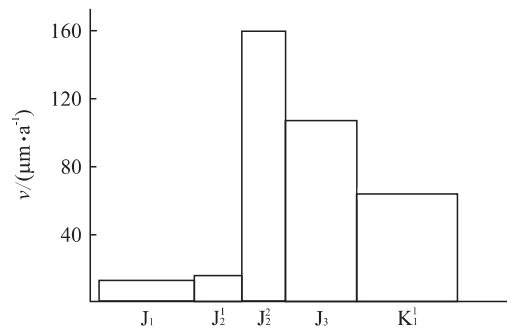


图3 川北侏罗纪、白垩纪沉降速率^[8](下白垩统为残留厚度计算值)

Fig. 3 Subsidence rate in North Sichuan Province during Jurassic and Cretaceous

结果与四川盆地早中侏罗世沉积相所反映出来的龙门山区的隆升情况相吻合。但晚侏罗世至早白垩世老君沟岩体的上升速率只有0.055~0.030 mm/a,这一结果与当时四川盆地的沉积相及巨大的沉积厚度似乎不太相衬。有关这一方面的问题有待进一步的研究。而邓康龄^[9]对川北地区侏罗纪至白垩纪的沉降速率的计算(图3)结果则与本文中两个沉积旋回所反映出来的构造背景具有很好的一致性。

在早中侏罗世第一个沉积旋回期间,沉积物色调以暗色及杂色色调为主,生物不仅数量大,而且种类多,反映出四川盆地当时处在一个温暖湿润的古气候环境之下。从晚侏罗世至早白垩世的第二个旋回期间,细粒沉积物以鲜红色色调为主,除了发育大量钻孔生物的遗迹外,其他各类表生生物种类已大为减少,反映出炎热潮湿的古气候为特征。

总之,侏罗纪至早白垩世时,四川盆地周边山系,其中特别是盆地西部的龙门山系的构造活动是控制盆地沉积的主要动力。山系的隆升首先使盆地

与周边山系之间的高差被不断拉大,为盆地接纳大量的碎屑物质创造了沉积空间.其次,山系构造活动的强弱直接影响到盆地内部沉积相的特征及沉积旋回的更替.再次,由于周边山系大幅度的隆升,势必在一定区域内影响到大气环流,从而最终影响到盆地的古气候特征.

杜远生教授审阅了全文,并提出了宝贵的意见,在此表示深深的谢意!

参考文献:

- [1] 杜远生. 陕甘川邻接区古海洋盆地格局、构造演化及控矿作用[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1999, 24 (增刊): 1—5.
- [2] 四川省地质矿产局. 四川省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997. 2—212.
- [3] 四川省地质矿产局. 四川省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1991. 159—260.

- [4] 殷建棠, 陈昭国, 何志国. 震旦纪—老第三纪沉积相概述[A]. 见: 郭正吾, 邓康龄, 韩永辉, 等编. 四川盆地形成与演化[C]. 北京: 地质出版社, 1996. 77—79.
- [5] 潘忠习, 江新胜, 傅清平. 四川盆地白垩纪沙漠沉积磁组构特征及古风向意义[J]. 岩相古地理, 1999, 19(1): 12—19.
- [6] 江新胜, 潘忠习, 傅清平. 四川盆地白垩纪沙漠风向变化规律及其意义[J]. 岩相古地理, 1999, 19(1): 1—11.
- [7] 李玉文, 陈乐尧, 江新胜. 西南区白垩、第三纪沙漠相及其意义[J]. 岩相古地理, 1988, 6: 1—44.
- [8] 张超, 马娉琦. 地理气候学[M]. 北京: 气象出版社, 1989. 73—107.
- [9] 邓康龄. 四川盆地的形成与演化[A]. 见: 郭正吾, 邓康龄, 韩永辉, 等编. 四川盆地形成与演化[C]. 北京: 地质出版社, 1996. 114—124.

RELATIONS BETWEEN EVOLUTION OF SEDIMENTARY CYCLES AND TECTONIC UPLIFT AROUND SICHUAN BASIN FROM JURASSIC TO EARLY CRETACEOUS

Wang Yongbiao, Xu Haijun

(Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: Sedimentary facies and paleontology are synthetically analyzed in order to clarify the evolution and paleo-climate of Shichuan basin during Jurassic and Cretaceous. The study shows that the tectogenesis around the basin can be divided into two cycles during Jurassic and Cretaceous. One began from Early Jurassic and ended in Middle Jurassic and the other one from Late Jurassic to Early Cretaceous. The basin was widely covered by mudstone, sandstone and shell limestone of lake facies in the early stage of the above two cycles. The thickness is relatively small and the sedimentary particles are much more fine-grained both in the early stage of the two cycles, showing that the tectogenesis is relatively stable. However, in the late stage the basin is characterized by widely spread varicolored thick sandstone, mudstone and conglomerate of river or alluvial fan facies. Even more, there are usually sediments and coarse sedimentary particles of large thickness in the late stages, reflecting rapid uplift of the mountains around the basin. According to the study of sedimentation and fossils, Sichuan basin should have a warm climate during the first cycle and hot climate from the beginning of the second cycle.

Key words: sedimentary cycle; paleo-climate; tectonic uplift; Jurassic; Early Cretaceous; Sichuan basin.