

第一章 地质概况

第一节 地质背景

本文所研究的白垩-第三纪沙漠沉积区位于四川地块的西南缘。四川地块由印支运动形成广阔的内陆盆地格架,于三叠纪晚期构成完整的四川盆地(包括黔北),并且沉积盆地与现在的地理盆地基本相当。当时气候炎热湿润,生物繁盛,既是举世闻名的恐龙之乡,也是好的成煤期。但由于习称的燕山运动第一幕的影响,侏罗纪晚期的四川地块由于南东东方向的推力作用,加上龙门山断裂的走滑,广阔的四川内陆湖盆广泛升起,沉积范围收缩到西北部分地区,接受了城墙岩群(莲花口组-剑阁组)的冲积扇相沉积及由其相变而成的天马山组的河、湖相沉积。至早白垩世,沉积区进一步缩小,仅在四川盆地中部的广汉、中江和德阳等地留下了地层。早白垩世晚期的四川盆地没有留下任何沉积记载,可能当时已全面升起。但这时四川地块所受构造应力已转为南南西方向的推力(或南东东方向的张力),即受燕山运动第二幕影响,四川盆地北东部继续上升,南部和西部下降,构成南东东-北西西向的沉积盆地,并且最早下降的是其南东部,先接受了川南嘉定群下部的窝头山组和乐山地区的夹关组的下部沉积,然后陆续沉积了川南,黔北的打儿函组、乐山地区夹关组上部(本文称大佛砂岩)以及邛崃地区的夹关组。本文研究的白垩纪沙漠相就是指打儿函组和大佛砂岩沉积时期的沙漠沉积及其环境。这个时期的沉积盆地周围,根据洪积扇的追索,西边和南边以及东边都有山地,唯独北边是开阔的平缓地带,系由刚刚升起不久的侏罗纪和少量早白垩世河湖沉积所组成的。这就是盆地外围南边陡峻北边低平的地形背景。古地磁资料反映当时该区是处于亚热带-热带地区(北纬 $21^{\circ}\pm 3^{\circ}$)。古地理资料则表明当时最近的海域为南面的特提斯海。因此,所处的古纬度决定了大气环流及大气水循环样式,即位于副热高压带之南的东北信风带,它是大气降水极少的干旱地带(原因后述);南海北陆的地理格局造成的海-陆温差也可形成南北流动的季风,无疑也是沙漠形成营力的一支生力军;南高北低的古地形可对南来季节带来的水分起阻挡作用,同时进入盆地的顺坡而下的风可造成焚风效应,加剧了当时的炎热干旱气候。就是在上述条件作用下,逐渐形成了该盆地的沙漠环境。干旱的沉积区的地势不断下降,风砂得以不断堆积。尔后,中至晚白垩世,沙漠环境逐渐被河、湖环境所代替。但在老第三纪初期,这一盆地又被缩小和分割,在宜宾县北部的柳嘉区一带形成了较小的沙漠环境。

第二节 地层概况

不少地层古生物工作者(李玉文,1981、1982、1983、1987;王孟筠、曾良瑾,1984;叶春辉,1982、1983)对含有沙漠沉积的嘉定群进行过研究和讨论,提出过多种划分对比意见。不少人将这一套白垩-第三纪地层划分为两个相区,即“川西南”相区(指仁寿-乐山

以西至天全-邛崃)和川南相区(主要指宜宾柳嘉场复式向斜和叙永象鼻场复式向斜),把既与四川盆地南部相似又与四川盆地西部相似的乐山、仁寿和夹江的嘉定群归于盆地西部相区(四川省地质局航空区域地质调查队,1980,1:20万遂宁幅等五幅区域地质调查报告;王孟筠、曾良铿,1984)。本文作者研究了这两个相区的前人资料,并进行了野外沉积相调查,认为乐山-仁寿地区的嘉定群最突出的沉积特征是,下部风成砂岩与宜宾柳嘉复式向斜的相似,而与邛崃夹关的河流相不同;上部的灌口组至余光坡组与邛崃-天全的相似,但前者的湖相沉积远不如后者的发育,说明乐山-仁寿地区是宜宾-习水地区与邛崃-天全相区之间的过渡区。虽然在这个地区内有仁寿断裂隔开,但断裂东西两侧地层并无本质的差异。乐山-仁寿正处于前述地质背景所说的两次升降运动转换的支点附近,沉积物反映出过渡相区性质,则恰好与之吻合。所以本文将之列为单独相区讨论。至于宜宾-习水地区前述两个复式向斜的沉积相也有一定的差异,但属性近似,仅为横向上的变化,对于以沙漠沉积物为主要研究对象来说,归为同一个相区讨论是合适的。鉴此,本文提出如下划分对比方案(表1)。

表1 四川盆地西部和南部地层划分对比表

Table 1 Stratigraphic division and correlation in western and southern Sichuan Basin

地层		邛崃-天全			乐山-仁寿			宜宾-习水			说明		
第三系	始新统	芦山群											
	古新统	余光坡组	余光坡组			嘉定群	柳嘉组			有盐矿			
		金鸡关组	金鸡关组							有沙漠			
白垩系	上统	灌口组	灌口组				高坎坝组			有盐矿			
	中统	夹关组	夹关组	上部 (大佛砂岩)			三合组						
				下部			打儿函组			有沙漠			
	下统						窝头山组			有石膏			
下伏层		蓬莱镇组											

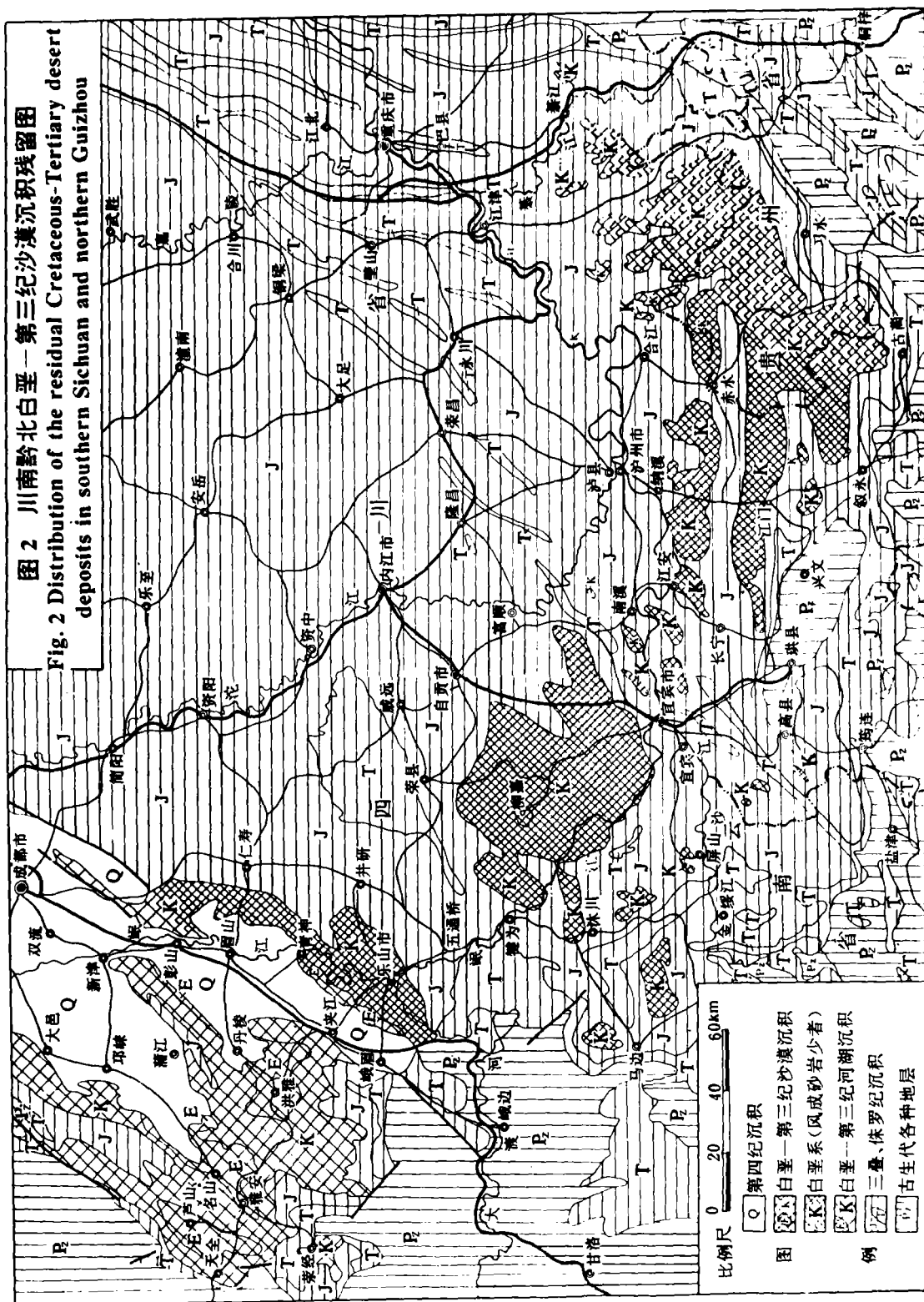
在这三个相区中,乐山-仁寿地区以中白垩世沙漠发育和晚白垩世盐湖发育为特征;宜宾-习水地区以中白垩世和老第三纪均发育沙漠而湖相均不发育为特征;邛崃-天全地区则属漠外沉积,全为河流湖泊相,且白垩、第三纪均有盐湖发育。上述各地的白垩系绝大部分平行不整合覆于侏罗系蓬莱镇组之上,其间缺失上侏罗至下白垩统的一大套相当于川北城墙岩群沉积时期的沉积物,只有天全等极少地方有部分相当于城墙岩群天马山组的少量属上侏罗统的沉积(图2)。

一、四川乐山-仁寿地区

四川乐山-仁寿地区的白垩第三系习称嘉定群,因建群地点乐山市原名嘉定府而得名。70年代以来,这套红色碎屑岩建造先后被解体,并与四川盆地西部相应层位对比而套用其名,自下而上为夹关组、灌口组、金鸡关组和余光坡组(四川区测队,1971,1:20万峨

图 2 川南黔北白垩—第三纪沙漠沉积残留图

Fig. 2 Distribution of the residual Cretaceous-Tertiary desert deposits in southern Sichuan and northern Guizhou



眉幅区测报告; 李玉文等, 1981、1983、1987; 王孟筠、曾良锋, 1984)。

(一) 夹关组

夹关组为砖红色中厚层-巨厚层状细粒长石石英砂岩, 下部夹不规则泥质粉砂岩, 底部偶见石英质砾石, 与下伏晚侏罗世蓬莱镇组平行不整合接触; 上部厚-巨厚层状砂岩中, 大-巨型斜层理和交错层理极为发育(图3、图4), 著名的乐山大佛就刻于其上, 故本文称本区的夹关组上部为大佛砂岩。在峨眉川主乡的该组中部砂岩层面上曾见有恐龙足印遗迹(图5)。在仁寿高店子该组下部泥岩夹层中曾发现大量的介形类化石(见后列高店子剖面)。根据介形虫化石和叶肢介化石, 该组地质时代应为中白垩世早期, 组厚 370m 左右。

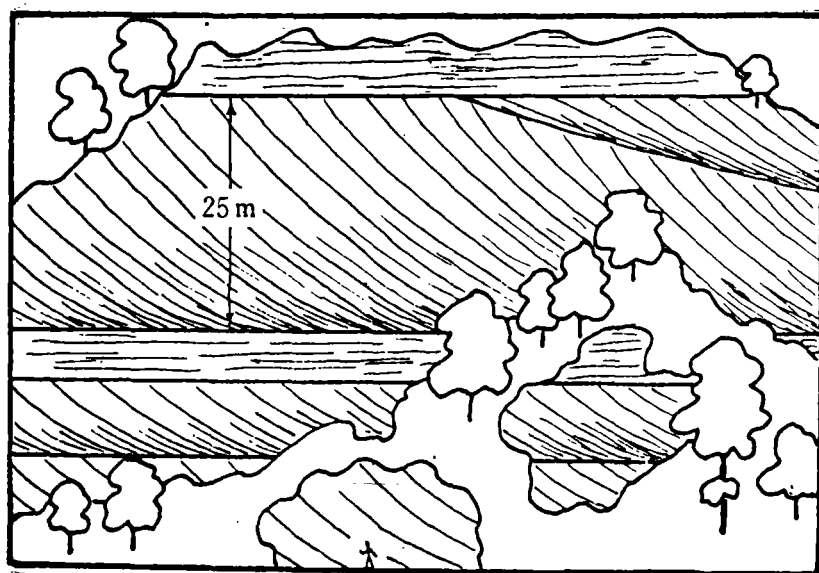


图3. 乐山磨儿岩大佛砂岩巨型板状交错层

Fig. 3 Sketch of large-scale tabular cross-bedding in Dafo Sandstones in Mo'er yan, Leshan, Sichuan

为了便于分析沙漠沉积的发生和发展, 特列举仁寿高店子剖面(据四川地质局航空区域地质调查队二分队, 1979)于后。

灌口组 (K_{3g})	>32.9m
9. 棕红色泥岩为主夹粉红色细-中粒泥质长石石英砂岩(其上未测全)	6.39m
8. 棕红色泥岩为主夹粉红色泥质钙质岩屑长石细-粉砂岩	26.53m
——整合——	
夹关组 (K_{2j})	251.41m
7. 砖红色巨块状中-细粒长石石英砂岩, 大型斜层理发育	19.17m
6. 砖红色厚层至块状不等粒泥质岩屑长石石英砂岩夹暗棕红色含粉砂质泥岩或粉砂质条带状泥岩。产轮藻 <i>Mesochara</i> sp., 叶肢介 <i>Migrausia</i> sp. 及介形类化石等	13.38m
5. 砖红色巨块状长石石英砂岩, 底部含砾。砂岩中大型斜层理及平行层理发育	136.38m
4. 砾岩, 砾石成分主要为石英岩, 次为燧石、砂岩及灰岩, 砾径大小不等, 风化后结构疏松	7.6m
3. 砖红色块状细-中粒钙泥质长石岩屑砂岩夹含云母铁泥质长石粉砂岩及棕红色粉砂质泥岩, 中部夹厚 0.5-1m 的砾岩凸镜体	56.96m
2. 砖红色薄至中层状细粒钙质岩屑砂岩夹棕红色泥质微晶白云岩或白云质泥岩。产双壳类	

Sphaerium sp.; 介形类 *Ziczyphocypris subacta*, *Z. acuta*, *Z. renshouensis*, *Cypridea* (C.) *elliptica*. C., (C.)
cf. *ampullacea*, C. (C.) *concisa*, C. (C.) *setina acerata*, C. (C.) s. *bellatula*, C. (C.) *postdeflecta*,
C. (C.) *postacuta*, C. (C.) *antedeclivis*, C. (C.) cf. *yunnanensis* 及硬鳞鱼鳞片等 10.16m

1. 底砾岩, 砾石成分为石英岩、砂岩及灰岩等, 砾径一般为 1—3cm, 钙质、砂质胶结, 局部相变为含砾砂岩 7.76m

.....假整合.....

下伏层 蓬莱镇组 (J₃P) 顶部紫红色钙质岩屑砂岩。

以上剖面是本区边缘向非沙漠沉积区过渡处的产物, 并非典型沙漠相剖面 (典型沙漠沉积在后面沉积相部分讨论), 但已可看出一个简单的沉积环境演变过程: 从底砾岩代表的河流相开始 (第一层); 水域扩大为河泛平原或小湖, 生物繁盛, 但短暂, 红色泥质微晶白云岩反映干旱气候的到来 (第 2 层); 转为河流相 (第 3、4 层); 进一步的干旱, 出现风成砂沉积中一大型斜层理 (第 5 层); 风力作用与水力作用交互 (第 6 层); 出现沙丘大型斜层理 (第 7 层)。

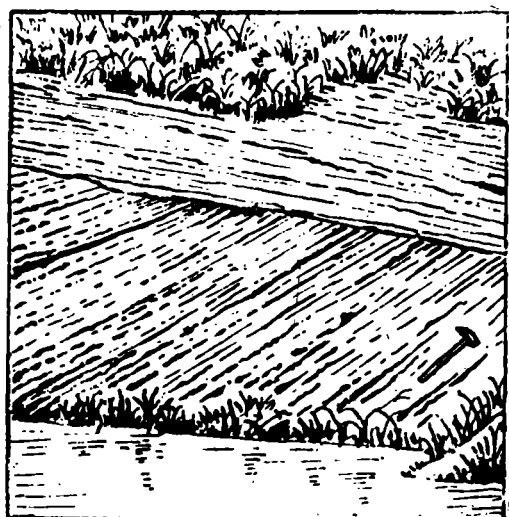


图 4. 仁寿龙镇三道拐夹关组砂岩大型斜层理
(据川地航调队, 1980)

Fig. 4 Large-scale oblique bedding in sandstones
from the Jiaguan Formation in Sandaoguai,
Longzhen, Renshou, Sichuan

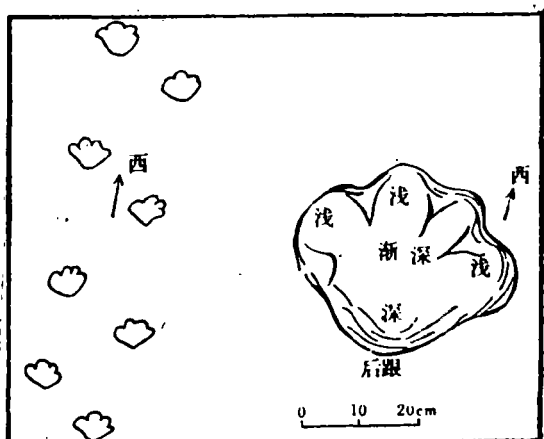


图 5. 峨眉川主乡西夹关组砂岩层面的恐龙足印,
后跟深 6—7cm (共三龙同行, 此为其中之一)
(据川地区测队, 1971, 峨眉幅)

Fig. 5 Footprints on the bedding plane of sandstones
from the Jiaguan Formation in western Chuanshu-
xiang, Emei, Sichuan

(二) 灌口组

以棕红色泥岩为主, 与同色细粒长石石英砂岩构成不等厚互层, 局部见方解石晶洞, 产石膏。发现有介形类 *Quadracypris favosa*, *Linnocythere leshanensis*, 有孔虫 *Nonion sichuanensis* 等化石, 时代为晚白垩世。组厚 480m 左右。

(三) 金鸡关组

为砖红色厚层至块状细粒长石石英砂岩, 偶夹泥质粉砂岩薄层, 细砂岩中斜层理发育。组厚 140m 左右。

(四) 余光坡组

为棕红色泥岩与粉砂岩互层, 以前者为主。产介形类 *Ilyocypris* cf. *dungschensis*, *Linnocythere*

hubeiensis 等化石。组厚大于 140m。

金鸡关组和余光坡组的地质时代应为古-始新世。

二、四川宜宾-贵州习水地区

这一地区曾套用乐山地区的地层名称,亦称嘉定群,并与四川盆地西部的夹关组对比(四川省 1:100 万地质图,1981),后经四川航调队等五个单位的协同工作,作了进一步划分。自下而上分为窝头山组、打儿函组、三合组、高坎坝组和柳嘉组(李玉文等,1983;王孟筠、曾良瑾 1984)。

四川宜宾-贵州习水的白垩-第三系的残留地层分别出露于西部宜宾柳嘉场复式向斜和东部叙永象鼻场复式向斜(图 2),岩性特征基本相似,古生物化石组合亦可对比,故采用了统一的地层名称。在 1:20 万区调工作中通过 30 余条剖面的实地观察和分析研究,证明这两个向斜的沉积在褶皱变形前,在总体上应是相连的同一地层体,只是地理位置不同,物源区略有差异,岩性、古生物组合及岩层厚度均有所变化(四川省地质局航空区域地质调查队,1980)。笔者之一李玉文参加上述区调工作协作和本文研究的大面积踏勘,亦具同样的看法。现自下而上简述于下。

(一) 窝头山组

窝头山组是在西部的宜宾三合剖面建立的,为砖红色厚层至块状不等粒铁泥质岩屑长石石英砂岩,中部夹泥岩;底部为含砾砂岩;顶部为泥岩,厚 109.6m。下部砂岩具斜层理;中部砂岩微含钙或具钙质结核,夹砂质微晶灰岩扁豆体及少许泥页岩;底部含砾砂岩,不稳定,厚 0—0.7m,砾石为圆度极好的石英岩。与下伏蓬莱镇组(上侏罗统)呈假整合接触。

大致以纳溪—古宋南北一线为界,该组岩性东西略有变化。西部色调单一,砖红色,石英含量高,底砾稀少,上部砂岩层中尚见石膏矿化(宜宾宗场)。东部颜色不一,中上部为紫红、棕红色夹灰紫色厚层至块状泥质长石石英砂岩;下部为灰紫色块状长石石英砂岩。砂岩中含石英量相对较低,底部砾岩较普遍,0.5m 至数米厚,个别达 20m(合江识字乡正子石)。在组的厚度上,明显地显示东厚西薄,东部一般厚 220—240m,中部叙永一带厚 110—170m,西部宜宾三合只有百米左右,也显示北厚南薄的趋势。

该组产双壳类等 5 个门类化石,例如双壳类 *Plicatounio* (*P.*) *cf. naktongensis*, *P. (P.) equiplacatus*, *P. (Rongzianella) rongzianensis*; 介形类 *Cypridea* (*C.*) *angusticaudata*, *C. (C.) propunctata*, *C. (C.) sichuanensis*, *C. (Pseudocypridina) sp.*, *C. (Bisulcocypridea) chuxiongensis*, *C. (B.) longa*, *Latonia dorsipinula*, *L. cf. subovata*; 轮藻 *Flabellochara Langzhouensis*, *Mesochara cf. symmetrica*; 螺, *Amnicola zinyuensis*, *Campeloma zinyuensis*; 叶肢介 *Orthistheria sp.*, *Migransia sp.* 等化石。地质时代为中白垩世早期。与云南马头山组沉积时期相当。

(二) 打儿函组

该组在建组剖面的宜宾三合场,为砖红色块状、巨块状细粒长石石英砂岩。普遍具大一巨型斜层理或交错层理,多为平板状,横向稳定延伸(图 6、图 7)。该组岩性单一,变化不大,以巨块状、具大型板状斜层理为特征,地貌上多形成陡崖。东部地区该组下部夹少许泥岩凸镜体。在组的厚度上亦显示出东厚西薄的特点;东部一般厚 230—260m;中部厚

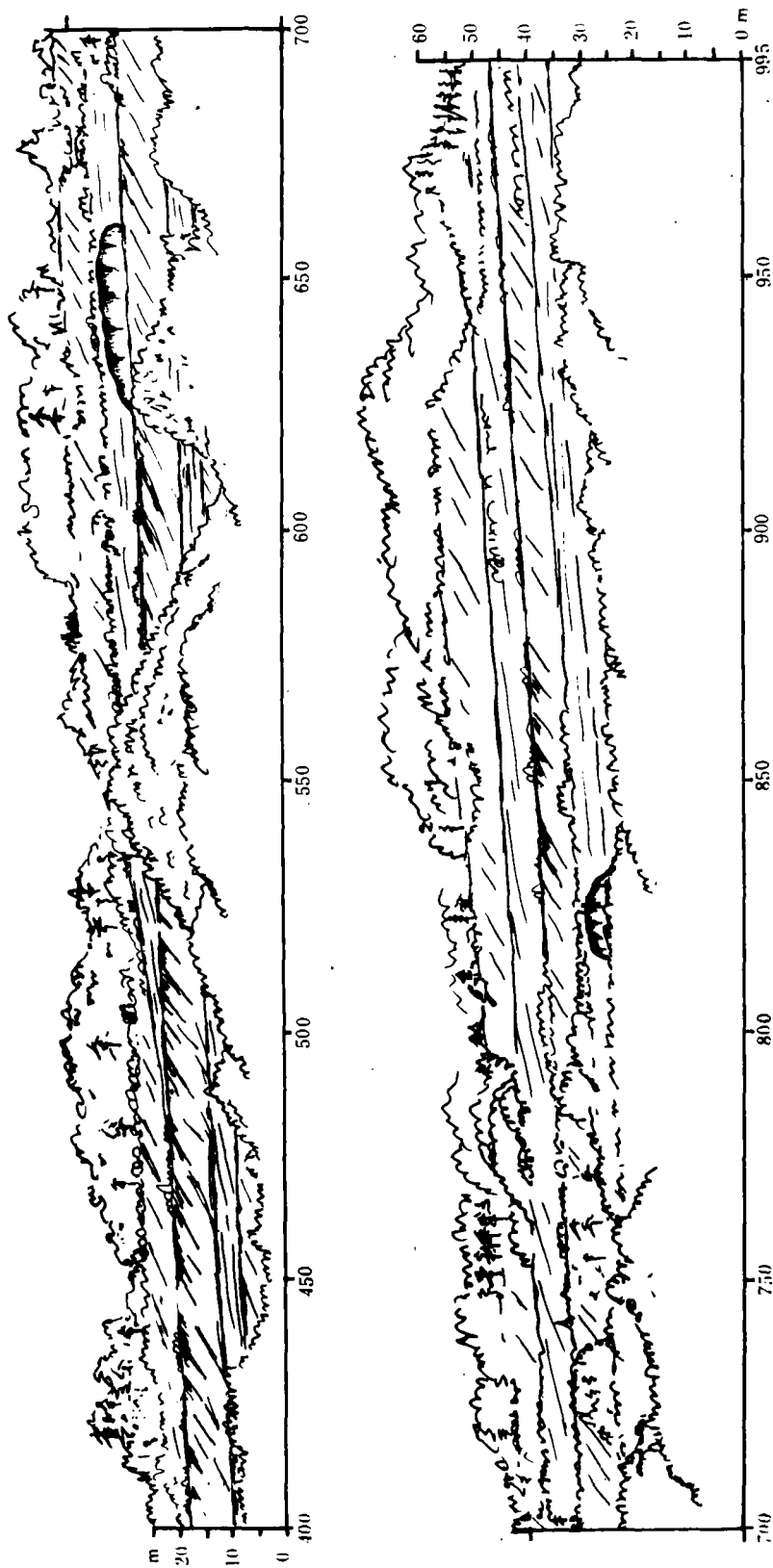


图 6 四川宜宾三台岭高山坡脚中白垩统打儿垭组下部风成砂岩巨型平板状交错层(据照片素描)

Fig. 6 Megatabular cross-bedding in the eolian sandstones from the lower part of the Middle Cretaceous Da'erdang Formation at the foot of Linglinggaoshan, Sanhe, Yibin, Sichuan

180—190m; 西部一般为 160m 左右。与下伏窝头山组整合接触。

由于该组几乎全为砂岩, 泥岩夹层极少, 化石罕见, 仅在东部该组下部采获介形虫, *Cypridea angusticaudata*, *C. (C.) cf. ampullacea*, 及少量叶肢介 (*Orthis sp.*) 等。地质时代为中白垩世中期。



图 7 四川宜宾三合场打儿沟组上部平板状单斜层理

Fig. 7 Tabular monoclinical bedding in the upper part of the Da'erdang Formation in Sanhechang, Yibin, Sichuan

(三) 三合组

该组为红色薄至厚层状细粒岩屑长石石英砂岩夹少许泥岩或不等厚互层。砂岩中微细层理发育 (下部见斜层理), 并见波痕 (图 8)、泥岩贝泥裂 (图 9)。底部以泥岩与打儿沟



图 8. 贵州习水土城庙子头三合组上部砂岩之波痕 (据川地航调队, 1980)

Fig. 8 Ripple marks in the sandstones from the upper part of the Sanhe Formation in Miaozitou, Xishui, Guizhou



图 9. 叙永象鼻场长串子三合组之泥裂 (据川地航调队, 1980)

Fig. 9 Mud cracks in the Sanhe Formation in Changchuanzi, Xuyong, Sichuan

组整合接触。该组在西部为砖红色,在东部颜色稍杂,夹紫灰、暗紫等色,且砂岩层比西部多,显示东粗西细的特点,但厚度亦为东厚西薄,东部一般厚 300 多米,而西部仅 170—190m。

该组化石较丰富,主要有双壳类 *Trigonioides* sp., 介形类 *Cypridea* sp., *C. (Pseudocypridea) jiaguanensis*, *C. (Bisulocypridea)* sp.; *Quadracypris crassa*, *Rhinocypris* sp., *Metacypris* sp., *Harbinia Lantia*; *H. jingshanensis*; 叶肢介 *Halyssetheria* sp., *Aglestheria?* *sanhechangensis*, *Dictyostheria* sp., *Orthesstheria* sp. 等。地质时代为中白垩世晚期。

(四) 高坎坝组

该组为砖红色块状粉至细粒岩屑长石石英砂岩夹少许同色泥岩条带或凸镜体(图 10), 见泥裂、雨痕等。砂岩斜层理较发育, 见波痕。东部粒度较粗, 泥岩夹层较少。西部柳嘉向斜保存全, 厚 503m。东部多保存不全, 残厚最大为 479m。底与下伏三合组合接触。

该组只在西部的中上部采获化石, 介形类有 *Talicypridea* sp., *Quadracypris* sp., *Cypridea* sp., *C. (Pseudocypridea)* sp., *Tangziella?* *sichuanensis*, *T.?* *subrotunda* sp., *Metacypris* sp., *Eucypris* sp., *Candona (C.) maxina*; 叶肢介有 *Orthesstheria* sp.; 轮藻有 *Amblyochara* sp. 等。地质时代为晚白垩世。

(五) 柳嘉组

柳嘉组为浅砖红色巨块状细粒长石石英砂岩, 巨型斜层理极发育, 或为平板状(图 11、12), 或为楔状。向上间夹棕红色泥岩透镜体, 至上部构成以砂岩为主的间互层。其底以巨型斜层理极为发育的巨块状砂岩与下伏高坎坝整合接触。该组只残留于西部宜宾柳嘉场复式向斜核部, 面积约 20km², 残厚 88m。

因该组夹泥岩甚少, 仅发现介形类 *Candona* cf. *miniflexa*, *Eucypris* sp. 等少量化石。加上邻区和下伏地层的联系分析, 地质时代可定为古至始新统, 与邛崃地区的金鸡关组相当。



图 10. 宜宾三合三角鞍高坎坝组砂岩夹泥岩条带或凸镜体 (据川地航调队, 1980)。

Fig. 10 Sandstone-mudstone bands or lens in the Gaokanba Formation in Sanjiao'an, Sanhe, Yibin, Sichuan

三、四川邛崃-天全地区

这一地区的白垩一第三系与乐山地区的白垩第三系相毗邻, 只是南西插进了峨眉山, 半隔半连。地层情况相似而又有差异(前面有述)。由于沉积盆地随时间的推移而西部边缘沉降加深, 所以, 这里由夹关组的河流相发展为灌口组上部的湖相以及名山群的河湖相和芦山群的河湖相, 并多次出现盐矿层。该地区不是本文研究的主要对象, 不打算分组介绍地层情况, 但作为沙漠环境相邻的水成环境, 作为漠外地区, 作为物源区, 又必须涉及。根据生物化石、地层及其沉积相对比, 四川邛崃-天全地区的夹关组与四川乐山-仁寿地区的夹关组不

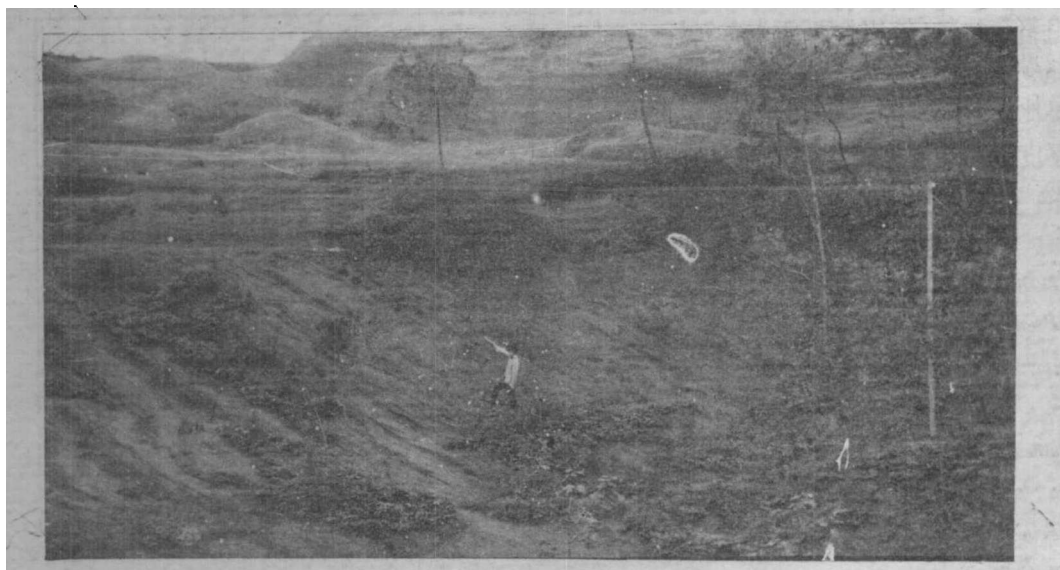


图 11. 宜宾柳嘉场柳嘉组下部, 巨型平板状斜层理。

Fig. 11 Megatabular oblique bedding in the lower part of the Liujia Formation in Liujiachang, Yibin, Sichuan

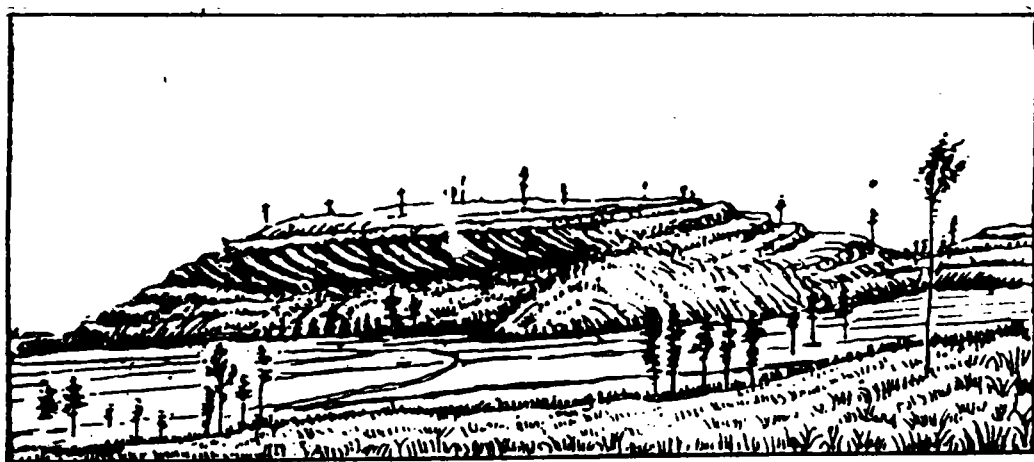


图 12. 宜宾柳嘉场柳嘉组砂岩之巨型斜层理 (据川地航调队, 1980)

Fig. 12 Large-scale oblique bedding in the sandstones from the Liujia Formation in western Liujiachang, Yibin, Sichuan

仅在环境上不同, 沉积时间也有差异。当四川宜宾-贵州习水地区盆地下降沉积较厚的窝头山组时(东厚西薄), 四川乐山-仁寿地区只沉积了较少的夹关组下部, 而邛崃夹关地区则处于剥蚀地带没有沉积; 当宜宾-习水沉积打儿函组和乐山-仁寿沉积大佛砂岩(夹关组上部)时, 邛崃夹关才沉积了夹关组(表1)。