

文章编号: 1009-3850(2016)01-0077-08

长江三峡地区的夷平面在宜昌地区白垩纪—第四纪沉积物中的反映

王金元¹, 向芳², 张瑶², 王誉婉¹

(1. 成都理工大学地球科学学院, 四川 成都 610059; 2. 成都理工大学沉积地质研究院, 四川 成都 610059)

摘要: 通过对湖北宜昌地区白垩纪—第四纪沉积演化的研究, 发现存在3个明显的沉积旋回, 每个旋回由下部颗粒粗大的砾石层和上部颗粒较细小的粉砂—泥质层组成。3个沉积旋回对应了宜昌以西三峡地区3期构造演化旋回, 同时反映了三峡地区3期夷平面的存在。结合前人研究结果、古生物化石和对第四系善溪窑组的测年数据, 认为3期夷平面形成时代分别为: 鄂西期夷平面形成于白垩纪晚期—古近纪的始新世, 山原期夷平面形成于上新世—早更新世初, 云梦期夷平面形成于早更新世末—中更新世早期。

关键词: 夷平面; 长江三峡; 宜昌; 白垩纪—第四纪沉积
中图分类号: P512.2 **文献标识码:** A

1 研究现状

夷平面是指由剥蚀和夷平作用所产生的、以截面形式横切所有在年龄上先于它的地层和构造的一种平缓地形^[1], 代表了一种稳定构造环境下的产物, 是地貌演化的终极阶段。长江三峡地区(包括宜昌地区)的夷平面研究具有重要意义, 因为其对于长江三峡的成因及其形成时间等关键性问题具有重要的佐证作用^[2]。叶良辅、谢家荣、刘季辰、巴尔博、沈玉昌、刘兴诗、田陵君、李吉均、谢世友^[2-9]等对三峡地区夷平面均有过研究, 但对于三峡地区夷平面的分期、形成时代存在争议(表1)。

前人在夷平面的研究中, 一般采用地貌学和地图学的原理^[2-9], 很少涉及利用能够反演构造运动的沉积记录来研究夷平面形成过程中从抬升到夷平这样一个构造从活跃到稳定的变化过程。因此, 本文采用沉积学的研究方法和思路, 利用宜昌地区

三峡出口处保存较好的白垩纪—第四纪沉积物的沉积记录, 讨论三峡地区在白垩纪—第四纪发生的构造运动旋回, 探讨夷平面的分期及其形成的时间, 为长江三峡的形成演化研究提供重要参考。

2 研究方法 with 原理

Penck^[10]指出, 夷平过程的相关沉积与侵蚀地貌有着同样重要的地貌意义。在发生剥蚀作用的情况下, 剥蚀物必定会在地势低洼的地方沉积下来, 而夷平面的异地相关堆积则是相邻沉积盆地中的堆积物^[11], 异地相关盆地堆积也可在某种程度上反映夷平面的特征^[12]。因此, 盆地中快速堆积、粗粒沉积为主的阶段对应于邻区构造抬升的活跃, 盆地中细粒、湖相、平静期为主的沉积对应于构造活动减弱、夷平作用的发生。

江汉盆地西缘的宜昌地区位于长江三峡的出口处(图1), 包括黄岭穹窿在内的三峡一线的构造

收稿日期: 2015-04-27; 改回日期: 2015-06-29

作者简介: 王金元(1991-)男, 硕士研究生

通讯作者: 向芳(1974-)女, 博士, 教授, 从事沉积学教学与科研

表 1 三峡地区夷平面研究资料对比

Table 1 Historical data of the planation surface in the Three Yangtze Gorges areas

	鄂西期夷平面		山原期夷平面		云梦期夷平面	
	时代	海拔(m)	时代	海拔(m)	时代	海拔(m)
叶良铺,谢家荣(1925)	$E_3 - N_1$	1700~2000	$N_1 - N_2$	太平镇亚期 1000 施来亚期 500		
巴尔博(1935)	N_1		N_2			
沈玉昌(1965)	$E_3 - N_1$	1500~2000	$N_1 - N_2$			
刘兴诗(1983)	K_2	云台荒亚期 1700~2000 召风台亚期 1300~1500	N_2	周家脑亚期 1000~1200 王家坪亚期 800~900	Q_1	500~600
田陵君(1996)	$K_2 - E_3$	云台荒亚期 1700~2000 召风台亚期 1300~1500	$N_2 - Q_1$	周家脑亚期 1000~1200 王家坪亚期 800~900	Q_{1-3}	500~600
李吉均(2001)	E_{1-3}	1800~2000	N_2	1200~1500	2.37~1.8MaBP	800~1200
谢世友(2006)	N_1	1700~2000	N_2	1200~1500	3.4~1.8MaBP	800~1200

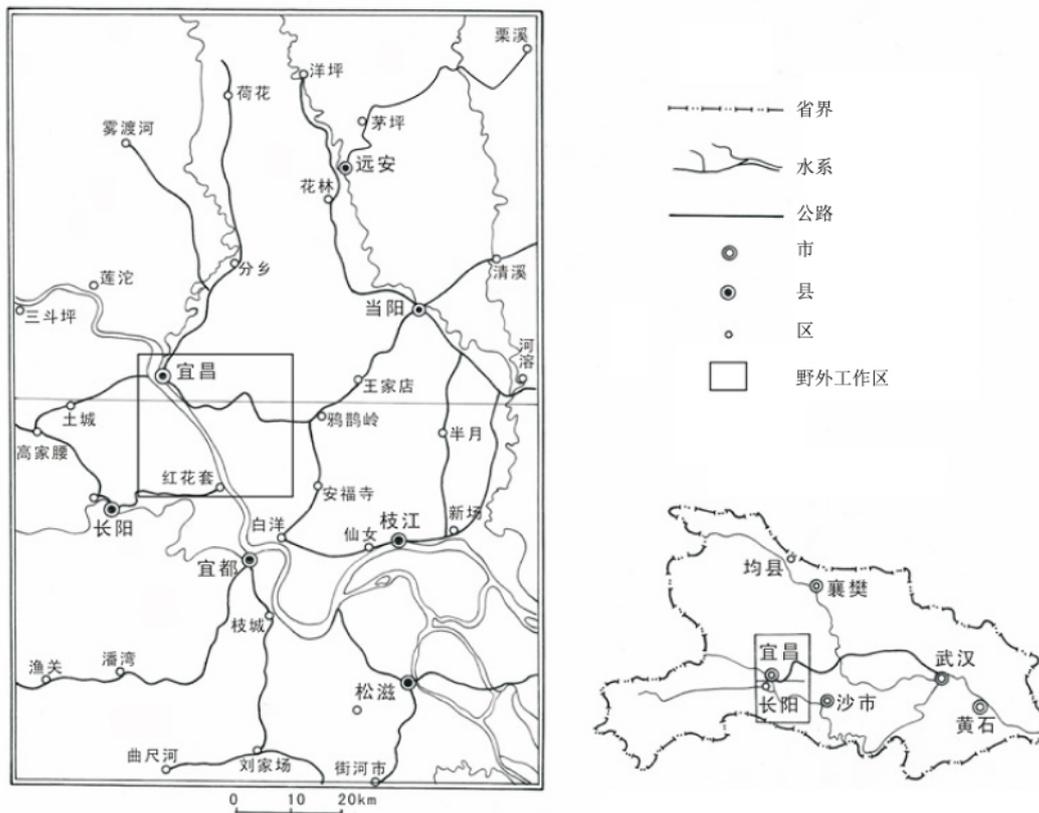


图 1 研究区位置

Fig. 1 Location of the Yichang region, Hubei

旋回变化,在相邻的宜昌地区均可形成沉积记录,而沉积物中记录的构造运动旋回与长江三峡地区的夷平面形成旋回具有可对比性。因此,本文主要基于能反映邻区构造活动的宜昌沉积盆地的演化及沉积物特征的分析,并且与前人利用地貌学原理对三峡地区夷平面的划分相对比,从沉积学的角度来讨论盆地西侧三峡一线夷平面的分期、形成时代

以及与长江三峡形成的关系。

3 宜昌地区的地质特征

宜昌地区的白垩系与前白垩系之间为角度不整合接触,第四系也呈角度不整合叠覆在以前的地层之上。古近系内部缺失晚始新世—中新世地层,上新统掇刀石组与下部地层之间形成角度不整合。

3.1 白垩系下统地层特征

白垩系下统主要分布于宜昌、当阳地区,呈走向北东、倾向南东的单斜层,略成带状展布,与前白垩系呈不整合接触(图2)。其岩性及分布特征表现如下:

3.1.1 石门组(K_{1s})

为两个由灰黄色、砖红色中砾岩和含泥质粉砂岩组成的简单韵律。砾岩的成分以白云岩为主,次为灰岩及燧石。砾径一般为3~8cm,分选差,磨圆度不好,底部呈角砾状,钙质胶结。厚度在本区西南侧靠近天阳坪断裂一带较大,向东北方向变薄,如在王家坝厚185m,至南津关仅12m,再往东则尖灭。

3.1.2 五龙组(K_{1w})

下段:由两个韵律组成。下部第一个韵律为灰红、砖红色中、粗砾岩与粉砂岩。上部第二韵律为灰红、砖红色中砾岩、钙质细砂岩、粉砂岩及泥质粉砂岩,其中还夹有灰绿色页岩透镜体及1~4cm厚的炭质沥青多层,含植物及腹足类碎片化石。砾岩中砾石成分除灰岩、白云岩以外,石英岩有显著增加,且分选性和磨圆度均较好,并且具有一定的排列方向,上部发育斜层理。与石门组为整合接触。

上段:由3个韵律组成。自下而上第一、第二韵律基本相同。底部为中砾岩、砾石,成分以灰岩、石英岩为主,分选和磨圆度均较好,大部为扁圆状,倾向北东。中部为砖红色砂岩、含钙质粉砂岩互层,局部夹有泥质粉砂岩。上部为细-粗砂岩夹砾石透镜体,局部见粉砂岩。粗砂岩中常发育斜层理、波痕、

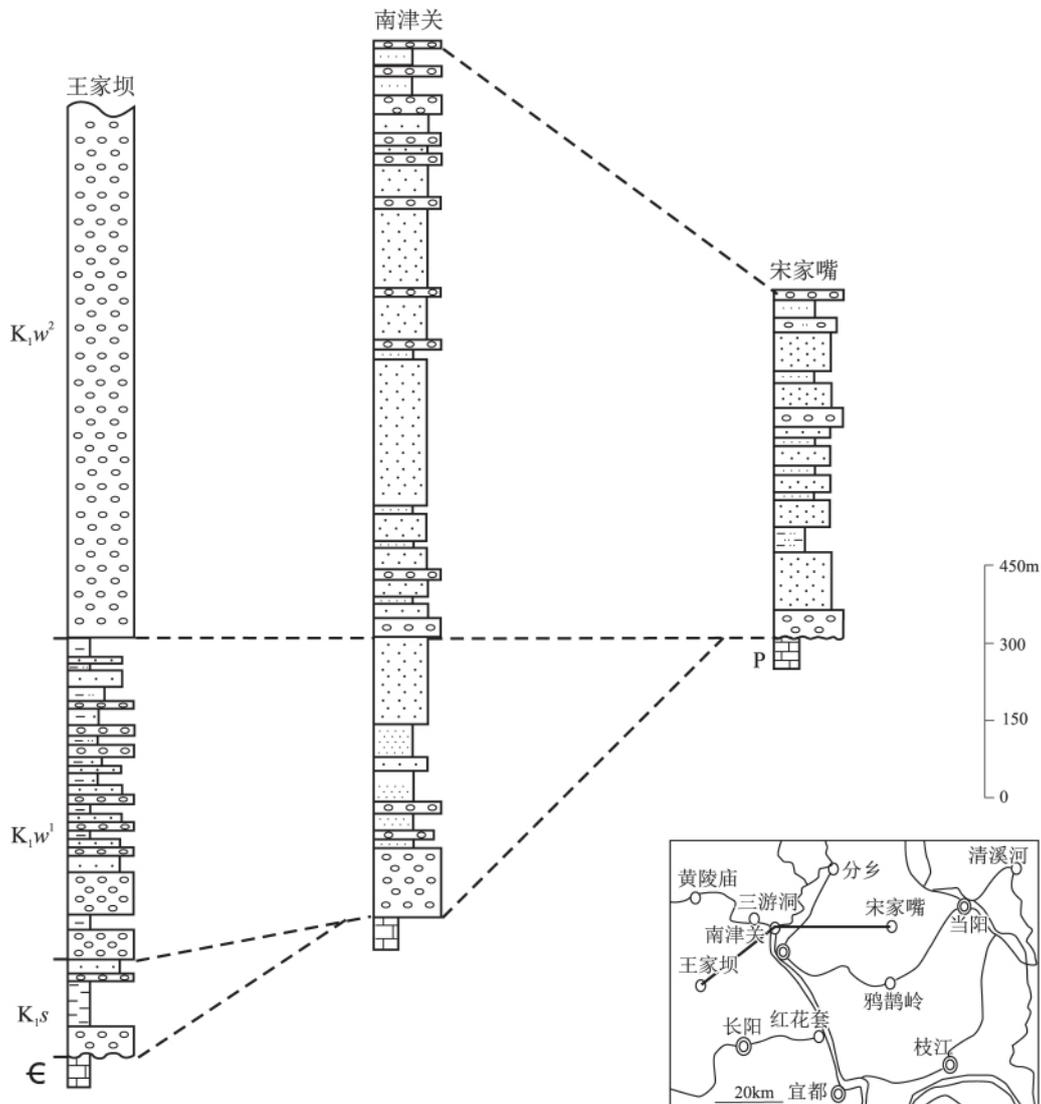


图2 宜昌地区白垩系下统地层柱状图(根据1:20万区调报告:宜昌—长阳幅改绘)

Fig.2 Columnar correlation of the Lower Cretaceous strata in the Yichang region, Hubei

冲刷面及虫迹构造。第三韵律底部为细-中砾岩,中上部为细砂岩、粉砂岩夹数层小砾岩,层理不明显。

五龙组岩性、厚度变化特征与石门组相同,在西南偏岩、王家坝等地厚度大,以砾岩为主,向北东到南津关一带砂岩增多,厚 1696m。再向北东至宋家嘴缺失下段,厚度仅为 714m,最后向东逐渐尖灭。

3.2 白垩系上统地层特征

白垩系上统主要分布在宜昌、当阳地区远安地堑一带,其岩性及分布特征(图 3)由下至上分别为:

3.2.1 罗镜滩组(K₂l)

以灰红色、棕红色块状中砾岩为主,下部夹砂岩、粉砂岩。砾石成分以灰岩为主,次为石英岩及少量砂岩、燧石,分选差,磨圆程度较高,常呈叠瓦状定向排列,钙质、泥质胶结。在宋家嘴一带厚 273m,由此向南西至南津关,厚度剧增至 801m,岩性全为砾岩,砾石砾径下细上粗,分选、磨圆度较差。由宋家嘴向北东至远安地区,在地堑中部洋坪一带,砾岩中夹有砂岩、粉砂岩及少量粉砂质泥岩,厚 353m,由此向南至曹家河,为厚 813m 的中砾岩。

3.2.2 红花套组(K₂h)

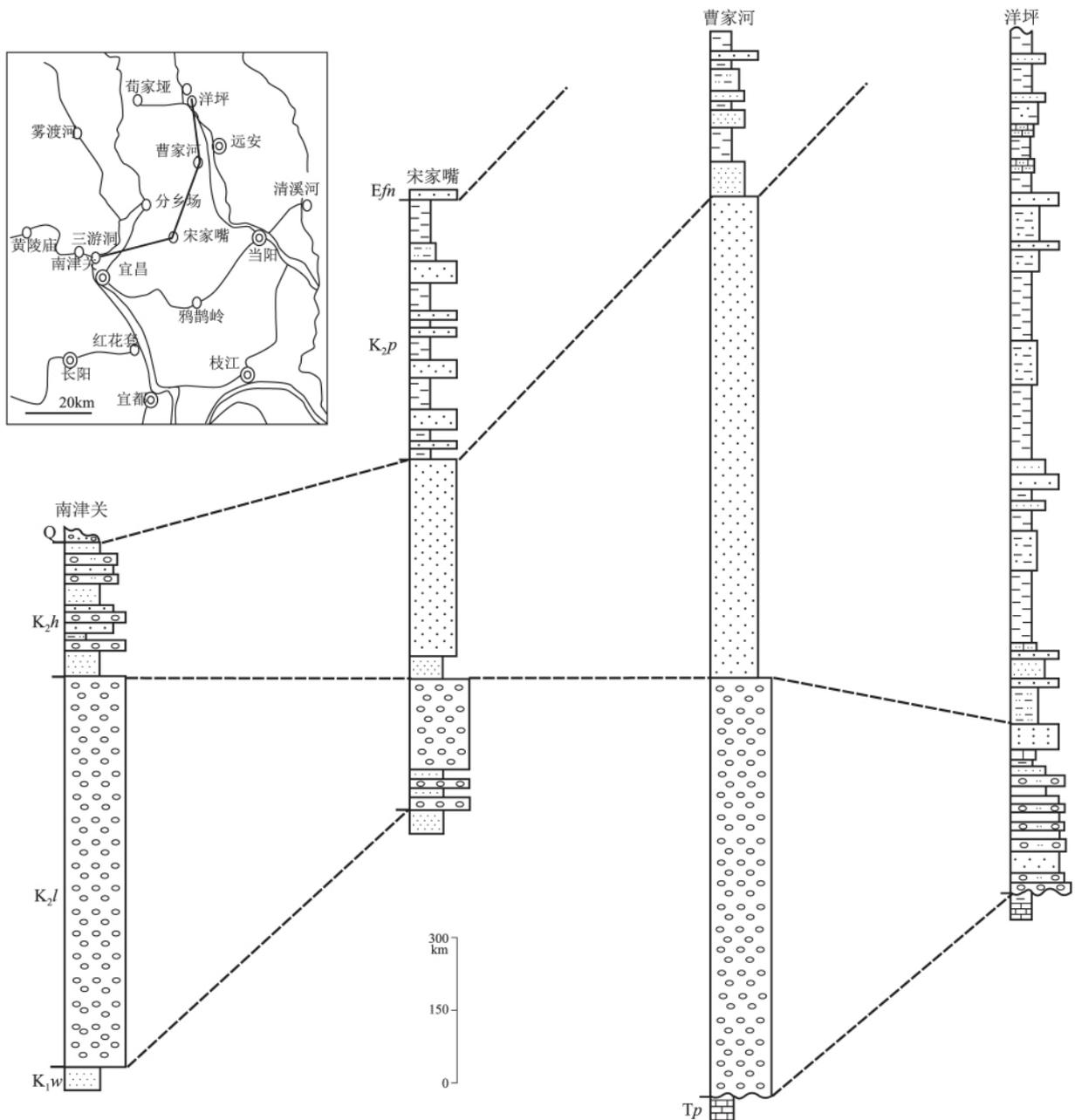


图 3 宜昌地区白垩系上统地层柱状图(根据 1:20 万区调报告:宜昌—长阳幅改绘)

Fig. 3 Columnar correlation of the Upper Cretaceous strata in the Yichang region, Hubei

以砖红色、棕红色块状细砂岩、粉砂岩为主,在洋坪一带发育较多的粉砂质泥岩及薄层灰岩。砂岩中发育斜层理和水平层理,层面偶见波痕。岩石粒度和厚度变化基本特征同罗镜滩组,厚度为 450~421m。

3.2.3 跑马岗组(K_2p)

下部为杂色中厚层状细砂岩、粉砂岩与紫红色、灰绿色泥岩、砂质泥岩互层,在鸦雀岭等地见薄层状石膏。上部为灰绿色、灰褐色薄 - 中厚层细砂岩、粉砂岩与泥岩、粉砂质泥岩互层,夹两层灰绿色含铜页岩及薄层石膏。砂岩中常发育平行层理、小型交错层理、水平层理及波痕。泥岩中含有介形虫、螺及轮藻化石。宋家嘴一带总厚度为 538m,向北东至远安地区,地层的出露厚度为 500m 左右。

3.3 古近系地层特征

3.3.1 分水岭组(Efn)

宜昌地区分水岭组下部为灰褐色、棕红色厚层状细砂岩、粉砂岩夹紫红色、灰绿色粉砂岩、泥岩。中部为棕黄色、灰绿色厚层状粉砂岩与紫红色泥岩互层,间夹薄层石膏。上部为褐灰色薄层状粉砂岩、细砂岩与灰绿色、紫红色泥岩互层,间夹薄层石膏及泥灰岩。水平层理为主,次为小型斜层理和各种波状层理。含介形虫、螺、轮藻、古植物化石。上部泥岩中还含有鱼化石。岩层在宋家嘴一带厚 919m,与下伏跑马岗组呈整合接触。在宜都松滋一带,岩性变化很大,常被称为“洋溪组”^[13],该沉积底部为棕红色厚层块状角砾岩、砾岩、含砾砂岩。《中南地区区域地层表》(1974)认为这些砾岩中出现了最早来自黄陵穹隆的花岗岩和变质岩^[14]。

3.3.2 方家河组(Ef)

在宜昌地区为一套棕红色、棕黄色及灰褐色厚层状细砂岩与薄层粉砂岩、泥岩互层,底部含砾砂岩。

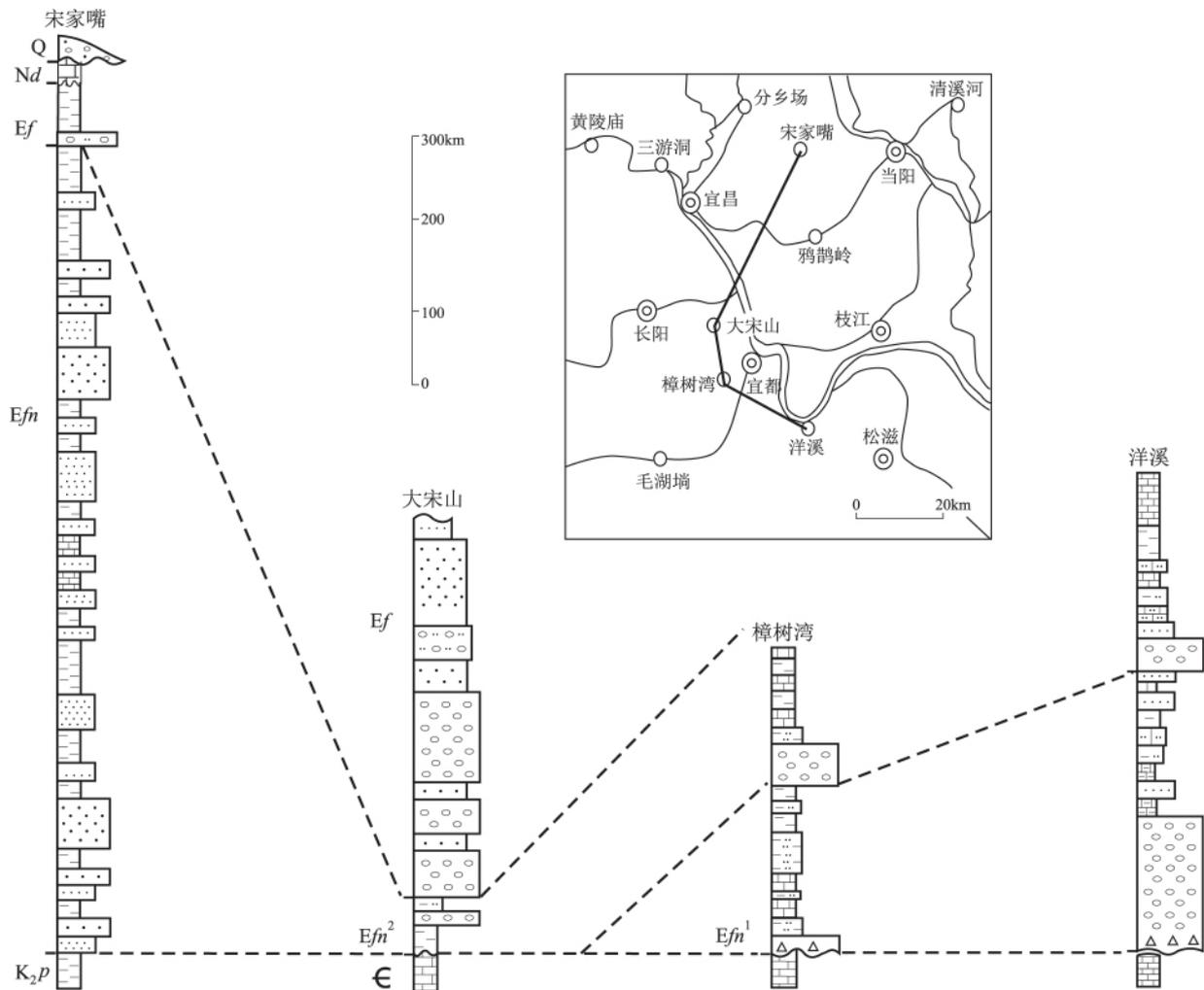


图 4 宜昌地区古近系柱状对比图(根据 1:20 万区调报告:宜昌—长阳幅改绘)

Fig. 4 Columnar correlation of the Palaeogene strata in the Yichang region, Hubei

在宋家嘴一带出露厚度为 84m,与分水岭为整合接触。在洋溪一带岩性以浅红色、灰白色、黄褐色砂岩为主,与泥岩互层。下部砂岩中入字形交错层理发育,并常见波痕及虫孔构造。从洋溪向西北至大宋山一带,底部出现厚度达 237m 的砾岩层。古近系只有上部地层分布,下部地层在宜昌地区普遍缺失(图 4)。

3.3.3 掇刀石组(Nd)

零星分布于双莲寺、安福寺、当阳、半月山等地,下部为灰白色厚层、块状、致密坚硬的细-中砾岩、砂岩。中部为钙质粉砂岩、泥岩,上部为泥灰岩,顶部偶见薄层灰绿色粘土岩。有时底部出现 5m 左右的砂砾岩,与下伏地层呈不整合接触,一般厚度为 15~50m,宜昌灯磁河一带最厚达 60~70m(图 4)。

3.4 第四系地层特征

3.4.1 云池组(Q_{1y})

下部为砾石层,上部为粉砂及细砂互层,局部砾石底部为薄层灰绿色黏土层。砾石成分以石英质砾石为主,伴有其它成分的砾石。砾石具有风化圈,磨圆较好,砾径多在 10cm 左右。砾石 ab 面倾斜平缓,多为水平排列,夹有砂质透镜体,局部地段夹有一层砾径大小悬殊、无一定排列方向的砾石层。砾石层均为钙质胶结,呈半成岩状,砂状及粉砂质填隙,上部粉砂及细砂层中具交错层理。主要在长江以北的白家湾鸦雀岭、云池、梅子溪呈半圆形展布,岩层向北东倾斜,沉积厚度在白家湾为 21m,在云池为 27m,在梅子溪为 4m,与下伏岩层为角度不整合接触(图 5)。

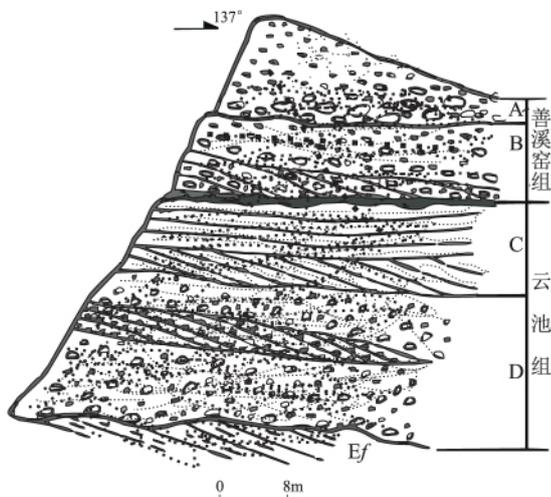


图 5 云池李家院子剖面素描图

Fig. 5 Sketch of the Lijiayuanzi section in Yunchi

3.4.2 善溪窑组(Q_{2s})

善溪窑组上段在整个江汉盆地分布广泛,分为上下两层。下层厚度在 5m 左右,个别地方仅为 1~2m,甚至没有砾石层。上层为标准的网纹红土,由粉砂质粘性土组成,结构较松。善溪窑组下段在盆地西缘主要出露于宜昌县磨盘溪至宜都县红花套及枝江县善溪窑、白洋一带。一般分为上、下两层。下层下部为砾石层,成分主要为石英、石英砂岩,磨圆度好,分选较好,大小砾石间互成层,由砂泥质胶结,较疏松上部为砂层或夹透镜体砂,具交错层理(图 5)。下层厚度一般为 30~50m,以善溪窑厚度最大,可达 87.1m;上层为褐红色网纹状粘性土,网纹粗大并常见蜂窝状虫孔,一般厚为 10~15m,至松滋老城沿江一带最大厚度可达 40m 以上。善溪窑组的下段分布较为局限,在很多地方缺失。

3.4.3 宜都组(Q_{3y})

宜都组下段广泛分布于河谷两侧,在鄂西三峡外围地区也较为发育,多不整合覆于新近系砂页岩之上,构成基座阶地,厚度多为 10~40m,个别地段厚度可达 70 余米。上段较下段分布更为广泛,主要为江河泛滥沉积的褐黄色、棕黄色砂质粘性土、粘性土层,常构成阶地。宜都组几乎遍及江汉平原及襄樊平原全区^[15]。

3.4.4 平原组(Q_{4p})

分布在长江及其它水系的两侧,在江汉平原区分布较广,集中分布于平原的中心部分及湖泊的周缘^[15]。平原组下段主要由冲积相和湖沼相组成。主要由砾石、砂砾、漫滩相粉砂、含砂粘性土或夹牛轭湖相淤泥质粘性土组成,岩性变化不大。砾石局限分布于河床附近,其余冲积相多为砂质沉积,厚度一般为 2~15m。平原组的上段为近代沉积,沉积物的成因类型受现在地貌所控制:冲积相主要形成现代河床、边滩、心滩堆积,由砾石、砂、砂质粘土等组成,一般厚度为 2~10m 不等;湖沼相堆积为灰黑色的亚粘土和粘土组成,含较多的植物残骸,分布于近代湖泊周缘及底部。

4 白垩纪—第四纪沉积演化与夷平面分期

白垩纪早期,在宜昌地区形成受天阳坪断裂控制的初始断陷盆地,其为一个南陡北缓的箕状盆地,在盆地南西侧的王家坝沉积了厚度为 185m,以砾岩为主的石门组以及厚度大于 1696m、向上厚度变厚、以砾岩为主的五龙组。晚白垩纪早中期,为

强断裂期,此时的盆地同样为断陷盆地^[16]。在南津关一带,沉积了厚度为801m、以砾岩为主的罗镜滩组,在远安曹家河一带的罗镜滩组厚度为813m,同样以砾岩为主。晚白垩世晚期,盆地的断陷作用减弱,同时盆地的面积有所扩张,湖相沉积面积扩大,并在局部地区出现薄层石膏及含铜页岩沉积。由此可见,早白垩世—晚白垩世早中期为构造活动期,以造山活动为主,形成受断裂控制的断陷盆地,同时地形差别大,因此形成厚度较大的近源粗颗粒沉积。古近纪古新世沉积了以红色碎屑岩间夹石膏层为特征的分水岭组湖相沉积,始新世沉积了以碎屑-泥质岩为主的方家河组地层。始新世以后该区发生抬升,造成渐新世—中新世的地层缺失。白垩纪晚期—古近纪始新世,拗陷盆地的出现以及以湖相细粒为主的沉积反映了构造活动的减弱和地形差别的减小,相对应了夷平作用的发生,即鄂西期夷平面的形成阶段。

古近纪渐新世—新近纪上新世以前,宜昌地区沉积的缺失反映了构造抬升的再次发生。上新世开始,新的拗陷盆地的出现,以及下部以河流相为主、上部以湖泊相泥灰岩为主的掇刀石组地层的沉积,代表了陆源物质来源的缺乏,反映了夷平作用再次发生,地形高度的减小,即对应于山原期夷平面的形成。当地壳运动从长期的相对稳定逐渐转为缓慢抬升时,开始对前一亚期夷平面进行分解,形成了套生其间的许多宽敞平坦的岩溶谷地,即为第二亚期的夷平面(王家坪亚期夷平面)。在该亚期的夷平面上发现了“巫山猿人”^[17]、“巫山人”化石实测年龄为1.80~2.04Ma BP^[18]。因而推测第二亚期夷平面形成的时代早于2Ma。

早更新世,在宜昌地区出现了分布较广的以粗碎屑为主的冲积扇-扇三角洲沉积,这种扇体的沉积从早更新世至中更新世早期,至少出现了两套沉积旋回。冲积扇-扇三角洲的广泛发育反映了较大地形高差的出现,特别是其中泥质岩碎屑的出现,更是反映了一种近源、快速堆积的沉积过程和沉积环境,因此代表了构造隆升的加剧。此后,大面积分布的湖相细粒沉积的出现,代表了物源供应减少,构造活动减弱。善溪窑组上部的网纹红土作为一种古土壤,代表了沉积物供应不充分、出露地表接受湿热条件下风化作用改造的结果,反映了善溪窑组沉积后期,湖盆逐渐趋于消亡的过程,另外还叠加有善溪窑组沉积结束后的构造抬升造成的沉积物暴露和改造。同时,大面积分布的高程近于相等

的平坦地貌、残余丘陵的出现^[2],也反映了构造活动减弱背景下夷平作用的存在,即三峡地区夷平面的第三期—云梦期夷平面。从宜昌地区早更新世—中更新世沉积特征分析来看,在宜昌一带,善溪窑组上部细粒湖相沉积和网纹红土的发育时间为0.75Ma左右^[19],而江汉盆地内部大面积分布、以河流相砂质沉积为特征的宜都组开始沉积的时间为中更新世^[20],因此该期夷平作用结束的时间应该在0.75Ma以后、中更新世以前。

5 结论

(1) 宜昌地区白垩纪—第四纪沉积演化具有3个明显的旋回。第一个旋回:白垩纪早期至古近纪始新世,下部的石门组、五龙组、罗镜滩组以砾石沉积为主,上部的分水岭组、方家河组以碎屑岩夹石膏层、泥质岩沉积为主。第二个旋回:新近纪上新世至早更新世,下部为细-中砾岩、砂岩,中部为钙质粉砂岩、泥岩,上部为以泥灰岩为主、顶部有时可见薄层灰绿色粘土岩。第三个旋回:下部为粗碎屑为主的冲积扇-扇三角洲沉积,上部为湖相细粒沉积,顶部可见网纹红土。

(2) 沉积旋回与构造演化是相对应的,3个沉积旋回反映了三峡地区3次主要的构造演化过程,相应也对应了3期夷平面的形成过程。结合前人研究结果、古生物化石和第四纪善溪窑组测年数据,可以获得3期夷平面的形成时间,即鄂西期夷平面形成于白垩纪晚期—古近纪的始新世,山原期夷平面形成于上新世—早更新世初,云梦期夷平面的形成在早更新世末—中更新世早期。

(3) 宜昌地区白垩纪—第四纪沉积物特征也表明,该区白垩纪—早更新世主要为断陷盆地-拗陷盆地沉积,大规模的河流沉积出现在中更新世早期以后(宜都组和平原组)。说明三峡贯通并在宜昌地区形成大规模的河流相沉积是在云梦期夷平面形成以后。

参考文献:

- [1] 徐叔鹰. 论夷平面的成因、年龄与变形[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 1963, (2): 96-106.
- [2] 田陵君, 李平忠, 罗雁编著. 长江三峡河谷发育史[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 1996.
- [3] 谢家荣, 刘季辰. 湖北西南部地质矿产[J]. 地质汇报, 1927, 9.
- [4] 巴尔博. 扬子江流域地文发育史[J]. 地质专报, 1935(甲种): 14.
- [5] 沈玉昌. 长江上游河谷地貌[M]. 北京: 科学出版社, 1965.

- [6] 刘兴诗. 四川盆地的第四纪 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1983.
- [7] 叶良辅, 谢家荣. 扬子江流域巫山以下地质构造与地文发育史 [J]. 地质汇报, 1925, 7.
- [8] 李吉均, 方小敏, 潘保田, 等. 新生代晚期青藏高原强烈隆起及其对周边环境的影响 [J]. 第四纪研究, 2001, 21(5): 281-291.
- [9] 谢世友, 袁道先, 王建力, 等. 长江三峡地区夷平面分布特征及其形成年代 [J]. 中国岩溶, 2006, 3(1): 40-45.
- [10] REN MEI' E. W. Penck's geomorphological theory and review [J]. Geography Sinica, 1964, (2): 70-73.
- [11] 王国芝, 王成善, 刘登忠, 等. 滇西高原第四纪以来的隆升和剥蚀 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 1999, 19(4): 67-74.
- [12] 冯金良, 崔之久, 朱立平, 刘耕年. 夷平面研究评述 [J]. 山地学报, 2005, 23(1): 1-13.
- [13] 陈公信, 金经纬. 湖北省岩石地层 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996.
- [14] 中南地区区域地层表 [M]. 北京: 地质出版社, 1974.
- [15] 周慕林, 闵隆瑞, 王淑芳. 中国地层典第四系 [M]. 北京: 地质出版社, 2000.
- [16] 刘云生, 王延斌. 江汉盆地的构造-地质结构样式分析 [J]. 石油天然气学报, 2008, 30(1): 161-165.
- [17] 黄万波, 方其仁. 巫山猿人遗址 [M]. 北京: 海洋出版社, 1991.
- [18] 刘椿, 金增信, 朱日祥. 中国最早人类化石地层年龄的测定 [J]. 第四纪研究, 1991, 11(3): 221-228.
- [19] 向芳, 罗来, 林良彪, 等. 重庆-宜昌地区长江阶地和相关沉积研究及其对三峡研究的意义 [J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2009, 36(5): 475-479.
- [20] 陈华慧, 马祖陆. 江汉平原下更新统 [J]. 地球科学, 1987, 12(2): 129-135.

Planation surfaces in the Three Yangtze Gorges area: Evidences from the Cretaceous to Quaternary deposits in the Yichang region, Hubei

WANG Jin-yuan¹, XIANG Fang², ZHANG Yao², WANG Yu-wan¹

(1. College of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2. Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

Abstract: There are three major depositional cycles recognized in the Cretaceous to Quaternary deposits in the Yichang region, Hubei. Each cycle is composed of the gravel beds in the lower part and silt and mud beds in the upper part. These depositional cycles are interpreted to be the responses to the three phases of tectonic evolution and three phases of planation surfaces in the Three Yangtze Gorges areas west of Yichang. Referenced to the previous data, organic fossils and age determinations for the Quaternary Shanxiyao Formation, the planation surfaces cited above were dated at the Late Cretaceous-Eocene for the Exian planation surfaces, the Pliocene - beginning of the early Pleistocene for the Shanyuanian planation surfaces, and the end of the early Pleistocene - the early stage of the middle Pleistocene for the Yunmengian planation surfaces, respectively.

Key words: planation surface; Three Yangtze Gorges; Yichang; Cretaceous to Quaternary deposit