

宜昌砾石层的沉积环境及地貌意义

李 庭¹ 李长安^{1,2} 康春国^{1,3} 雷文大¹ 杨 建¹ 王节涛¹

(1. 中国地质大学地球科学学院, 湖北 武汉 430074; 2. 生物地质与环境地质教育部重点实验室, 湖北 武汉 430074;

3. 哈尔滨学院, 黑龙江 哈尔滨 150086)

提要:宜昌砾石层上覆中更新世网纹红土, 下伏白垩纪红层, 共有 22 个岩性层组成, 总厚超过 100 m。通过对宜昌地区剖面出露砾石层的沉积相分析表明, 善溪窑和云池剖面由下至上出现冲积扇扇中—扇根亚相; 李家院剖面与上述两剖面间有沉积间断, 由下至上出现冲积扇扇端—扇中亚相。粒度分析也证明了该砾石层中的砂体属冲积扇中的辫状水道沉积, 与沉积相分析所得结论一致。研究认为, 宜昌砾石层具有典型的冲积扇沉积环境特征, 主要为冲积扇扇顶部分。该冲积扇在宜昌东南地区如此大规模的发育, 显示其形成时具有强大的水动力条件, 通过对其形成的地貌环境意义进行探讨, 初步认为, 该冲积扇为长江三峡贯通的产物。据前人研究推断, 宜昌砾石层的形成时代应该在 1.08~0.73 Ma B.P., 三峡贯通应在 1.0 Ma B.P. 之前。

关 键 词:砾石层; 沉积环境; 沉积相; 粒度; 冲积扇; 形成时代

中图分类号: P588.21+2.5

文献标志码: A

文章编号: 1000-3657(2010)02-0438-08

1 引 言

江汉平原西缘宜昌东部的宜昌—云池—董市一带的丘陵地区, 分布着一套巨厚的松散砾石层, 称之为宜昌砾石层。该砾石层是整个江汉—洞庭平原边缘丘陵区的一套最为重要的第四纪沉积物, 其不仅厚度大、分布广, 而且处在长江出三峡的位置。因此, 宜昌砾石层对江汉—洞庭平原的第四纪地层、地貌演化、新构造运动、古环境以及长江的形成演化等研究均具有重要的研究意义, 一向颇受关注^[1-16]。尽管前人曾做过不少研究, 但关于该砾石层的厚度、沉积序列、成因和形成环境等尚有不同看法。由于宜昌砾石层主要分布于长江宜昌—枝城段两岸丘陵区 (图 1), 主要露头剖面 (善溪窑、云池、李家院、白洋渡、卢演冲、鸦鹊岭等) 零星或断续出露于长江谷坡及丘陵顶部的不同海拔高度上。受出露条件的限制, 前人的研究大都集中于独立的露头剖面上, 对砾石层的全貌尚缺少系统认识; 在地貌研究上, 有人曾将出露于不同高度的砾石层剖面作为长江不同级次的阶

地^[3-8,10]; 在地层研究方面, 按不同的剖面建组^[4,5,8,9], 如: 云池组、善溪窑组、卢演冲组、白洋组等; 在成因方面, 大多数认为是冲积成因, 也有人认为属冰缘相堆积^[3,4,13]。本文在系统野外面上调查的基础上, 通过剖面测量, 沉积学分析和层位对比, 初步查明其为长江冲积扇 (图 1), 其形成可能与三峡贯通有关。

2 宜昌砾石层沉积序列

野外调查发现, 位于云池镇附近的长江左岸的善溪窑剖面、云池剖面和李家院剖面出露最好。3 个剖面分布在长江河谷左岸谷坡的不同高度上, 且平面相距较近 (图 1)。地质剖面测量表明 3 个剖面呈上下层位关系, 基本上为连续沉积, 砾石层的总厚度达 100 m (图 2)。其中, 善溪窑剖面位于宜昌市枝江市白洋镇善溪窑村 318 国道旁处 (30°28′53.4″N, 111°27′38.76″E), 剖面厚约 19.5 m, 出露海拔 152.0~172.5 m。剖面以砾石层为主, 夹薄层砂层。砾石磨圆度较好, 有良好的定向排列, 叠瓦状排列明显, 分选较差, 砾径一般 5~30 cm, 少数可达 30 cm 以上, 上

收稿日期: 2009-10-09; 改回日期: 2009-11-21

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40771213; 40672206) 和中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室开放基金项目 (SKLLQG09) 资助。

作者简介: 李庭, 男, 1984 年生, 硕士生, 从事第四纪环境与流域资源的研究工作; E-mail: liting12092005@163.com。

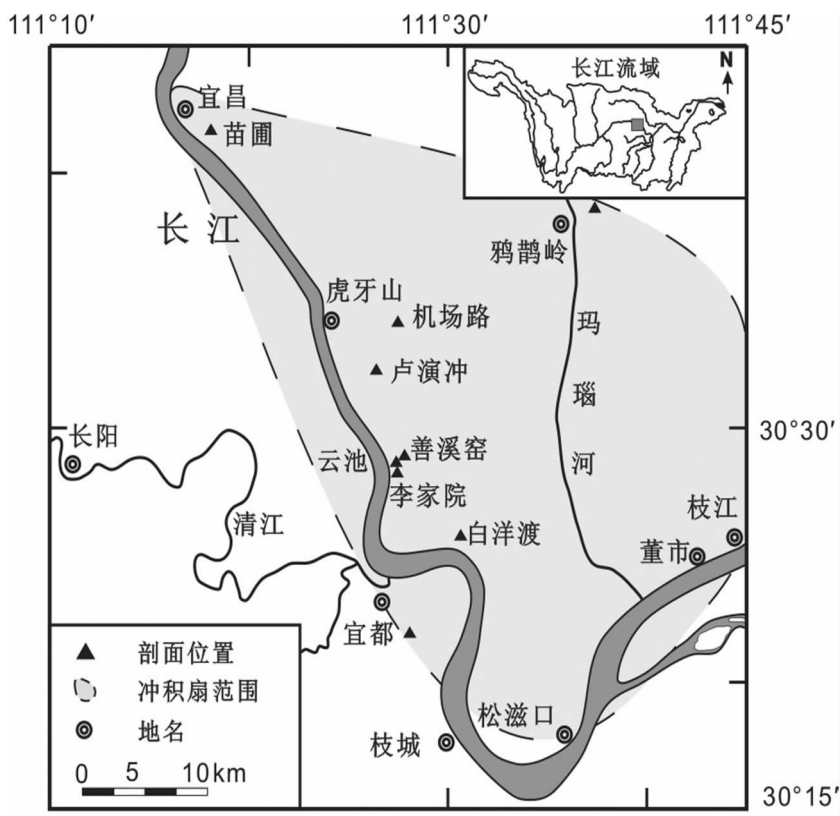


图 1 宜昌砾石层及剖面分布图

Fig.1 Schematic map showing distribution of Yichang gravel bed and profiles

覆网纹红土。云池剖面位于宜昌市猇亭区云池 318 国道旁(30°28′52.32″N,111°27′30.12″E)。剖面厚约 60 m,出露海拔 92~152 m。岩性特征与善溪窑剖面大致相同,砾径相对善溪窑剖面稍小。李家院剖面位于宜昌市猇亭区云池李家院 (30°28′22.86″N,111°27′11.58″E),剖面厚约 21 m,出露海拔 69~90 m,不整合在白垩纪基岩之上。砾石的磨圆好,砾径小,一般为 2~5 cm,且分选更好,砂层更多。

野外路线调查、剖面测量、高程和层位对比发现,上述 3 个剖面顶底相接,构成了宜昌砾石层的较为完整的沉积序列,上覆中更新世网纹红土,下伏白垩纪红层,共有 22 个岩性层组成,总厚超过 100 m。可作为宜昌砾石层研究的基本剖面。

3 宜昌砾石层沉积特征

3.1 善溪窑剖面

善溪窑剖面由砂砾石层与网纹红土泥砾层组成。剖面可分为 7 个岩性层(图 2),自上而下岩性特

征如下:

(I)红褐色网纹泥砂层。该岩性层为含砂泥土,厚约 1 m,泥流沉积相。

(II)红褐色砾石层。该岩性层最大砾径可达 15 cm。砾石无定向性,砾石层填隙物泥砂混合,基质支撑结构,砾石混杂堆积,无粒序变化,磨圆较好,厚 1.6 m,泥石流沉积相。

(III)红褐色砾石层。该岩性层砾径 3~6 cm 为主,最大可达 14 cm,砾石含量极高,达 80%。砾石表面具铁锰胶膜,定向性明显,颗粒支撑,具叠瓦构造,正粒序。砾石大多中等风化,磨圆较好,其中花岗岩砾石风化彻底,厚约 4.4 m,水道沉积相。

(IV)棕红色砾石层。该岩性层下部砾石砾径主要为 10~30 cm,约占 60%,颗粒支撑;至上部砾石砾径减小,含量减少,多为 3~5 cm,黄色粗砂胶结。岩性主要为石英砂岩、石英岩和火山碎屑岩,还含有少量硅质岩、花岗岩、安山岩、玄武岩、粗面岩、流纹岩、砾岩等。砾石表面具铁锰胶膜,定向性明显,具叠瓦构造,正粒序,总体风化中等,磨圆较好,厚约 6.2 m,水道沉积相。

(V)棕红色砾石层。该岩性层下部砾石砾径 10~30 cm 的占 60%~70%,最大可达 40 cm,颗粒支撑;向上砾石砾径减

小,3~5 cm 砾石约占 60%,具有明显平行层理,顶部夹有小型黄色粗砂透镜体。砾石岩性多数为石英砂岩、石英岩和硅质岩,砾径粗,还含有少量火山碎屑岩和花岗岩。砾石表面具铁锰胶膜,定向性明显,具叠瓦构造,正粒序,弱-中等风化,磨圆较好,花岗质砾石多数风化彻底,厚约 3.3 m,水道沉积相。

(VI)黄褐色砾石层。该岩性层砾石砾径较小,2~5 cm 的占 80%,黄色粗砂胶结。砾石岩性主要为石英砂岩、石英岩和硅质岩。砾石表面具铁锰胶膜,无明显定向性,具水平层理,砾石基质支撑,正粒序,中等风化,磨圆较好,厚约 1 m,水道沉积相。

(VII)黄色粗砂层,厚约 2 m,片流沉积相。
下伏云池砾石层,呈整合接触。

该剖面显示的沉积特征是以砾石沉积为主,定向性明显,具叠瓦构造,磨圆较好,且砾径较粗大,多为颗粒支撑结构。砾石以石英砂岩、石英岩和硅质岩为主,风化多为弱-中等风化,花岗岩多完全风化。每岩性层近水平成层,除第 I、II 岩性层外,由下至上含砂量增加,具有正粒序结构。

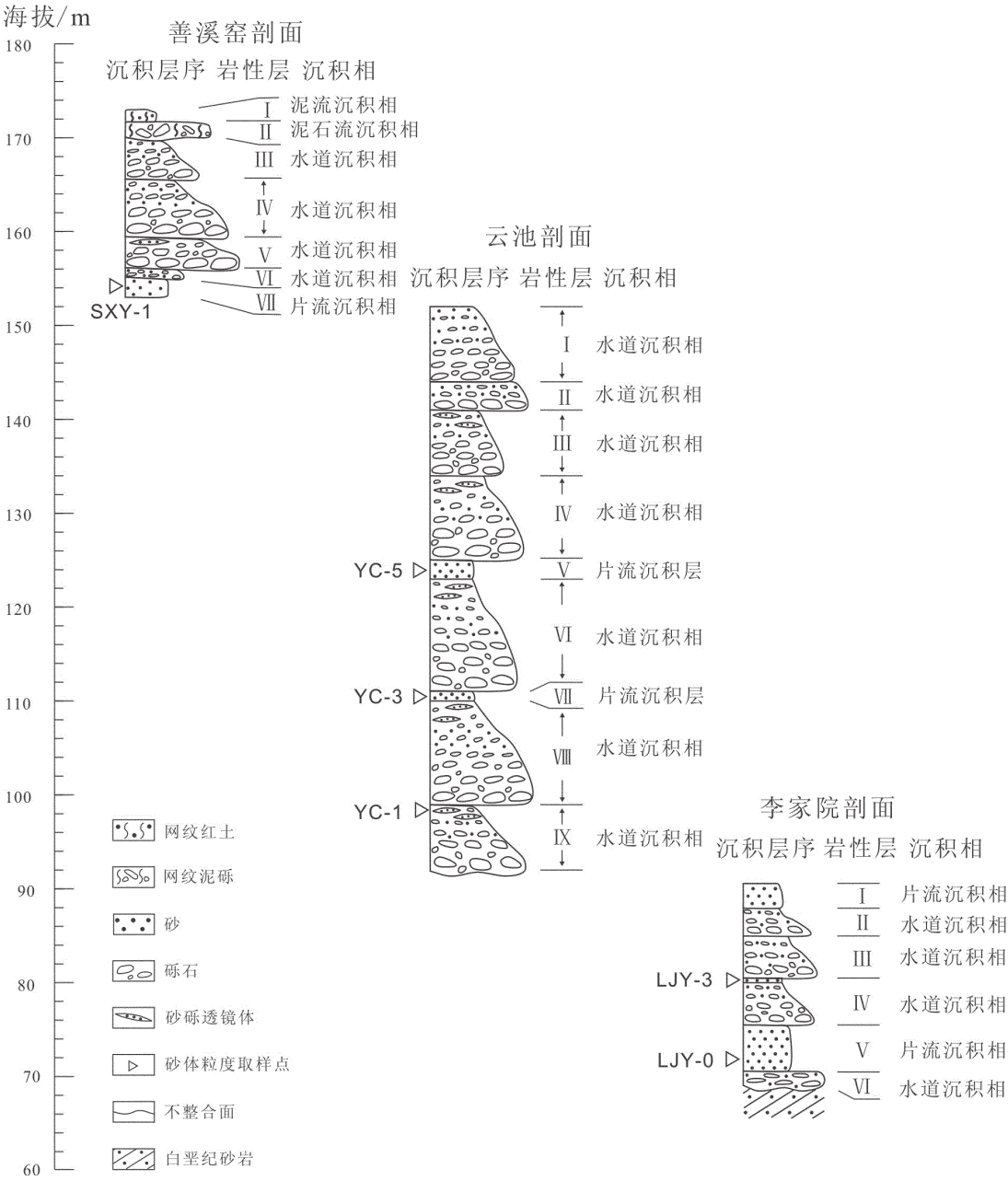


图 2 剖面层序和相应的沉积相分析

Fig.2 Description of profiles' sequences and corresponding sedimentary facies analysis

3.2 云池剖面

云池剖面出露砾石层为前人研究的善溪窑组^[9]。剖面表面风化,大部分为植被覆盖,可见 9 个岩性层,底部砾石层部分出露,有分散的坡积物。剖面自上而下描述如下:

顶部与善溪窑剖面相接

(I)棕黄色砾石层。该岩性层下部砾石较粗大,颗粒支撑;顶部砾石砾径以 3~6 cm 为主,黄色粗砂胶结,砂含量逐渐增加,总体为正粒序,磨圆较好,厚约 8 m,水道沉积相。

(II)棕黄色砾石层。该岩性层下部砾石砾径较粗大,紧密排列,颗粒支撑;向上砾石变小减少,总体为正粒序,黄色粗砂胶结。砾石磨圆好,厚约 3 m,水道沉积相。

(III)土黄色砾石层。该岩性层下部砾石砾径较粗大,颗粒支撑;向上砾石变小减少,可见砂质透镜体,变为以土黄色粗砂胶结,总体呈正粒序,磨圆较好,厚约 7 m,水道沉积相。

(IV)土黄色砾石层。该岩性层下部砾石砾径较粗大,颗粒支撑;顶部可见数个砂质透镜体,土黄色砂胶结,总体呈正粒序,磨圆好,厚约 9 m,水道沉积相。

(V)灰白色-黄色砂互层,厚约 2 m,片流沉积相。

(VI)灰黄色砾石层。砾石层下部砾石砾径较粗大,颗粒支撑;向上砾石变小减少,可见砂质透镜体,顶部含砂质透镜体,黄色粗砂胶结,该岩性层总体呈正粒序,厚约 12 m,水道沉积相。

(VII)灰白色-黄色砂互层,厚约 1 m,片流沉积相。

(VIII)灰黄色砾石层。该岩性层下部砾石层,砾径多为 6~18 cm,约占 70%,最大可达 30 cm,颗粒支撑;向上可见砂质透镜体,砾石砾径减小,含量减少,黄色粗砂胶结。岩性以石英砂岩、石英岩和硅质岩为主,含少量花岗岩(风化彻底)、凝灰岩、角砾岩、泥砾,偶见玛瑙、云母片麻岩和钾长云母片麻岩。砾石层总体风化中等,磨圆较好,具叠瓦构造,呈正粒序,厚约 11 m,水道沉积相。

(IX)土黄色砾石层。该岩性层下部砾石砾径多为 6~16 cm,约占 80%,最大可达 20 cm,颗粒支撑;向上可见砂质透镜体,砾石砾径减小,含量减少,黄色粗砂胶结。岩性同上。风化中等,磨圆好,具叠瓦构造,总体呈正粒序,厚约 7 m,水道沉积相。

下未见底,岩性层IX底部的延伸方向上,可见铁质风化层分布。

该剖面显示的沉积特征是以砾石沉积为主,砂层、砂质透镜体也有大量发育。除砂层外,剖面岩性层多较厚,砾石砾径相对善溪窑剖面较小,每岩性层中下部砾石定向性明显,具叠瓦构造,磨圆较好,多为颗粒支撑结构;上部砾石逐渐减小,基质支撑,多为黄色粗砂胶结,至顶部过渡为砂层、砂质透镜体。砾石以石英砂岩、石英岩和硅质岩为主,风化多为

弱-中等风化,花岗岩多完全风化。每岩性层近水平成层,具正粒序结构。

3.3 李家院剖面

李家院剖面出露砾石层为前人研究的云池组^[9]。剖面表面部分为植被覆盖,底部散布坡积物,可见 6 个岩性层。剖面自上而下描述如下:

(I)黄色中砂层。较松软,厚约 2 m,片流沉积相。

(II)灰褐色砾石层。该岩性层主要为细砾层,砾石砾径以 3~5 cm 为主,占 60%~70%,底部砾径最大可达 8 cm,向上砾径减小,砂含量增多,总体分选好。砾石层略显定向性,砾石含量高,基质支撑,磨圆好,球度高,正粒序结构,厚约 5 m,水道沉积相。

(III)灰褐色砾石层。该岩性层砾石以细砾为主,2~5 cm 细砾约占 80%,分选好,该层底部砾石最大砾径可达 15 cm。总体略显定向性,砾石含量高,颗粒支撑。砾石大部磨圆好,球度高,少数磨圆较差,球度低,该岩性层整体呈正粒序,厚约 4.5 m,水道沉积相。

(IV)灰褐色砾石层。该岩性层顶部发育厚约 0.5 m 的灰色砂层,砾石层以细砾为主,定向性不明显。砾石含量约为 60%,填隙物为粗砂,基质支撑结构,磨圆好,该岩性层总体具有向上变细层序,正粒序,厚约 5 m,水道沉积相。

(V)灰白色砂层。该岩性层内部可见不清晰的复杂层理,层理间有铁锈色纹理,厚约 5 m,片流沉积相。

(VI)灰白色砾石层。该层砾石砾径 2~8 cm 约占 60%,大于 8 cm 的砾石占 10~20%,小于 2 cm 的砾石占 20%~30%。石英砂岩、石英岩占 60%~70%,个别石英砂岩风化严重;硅质岩占 10%~15%;火山碎屑岩、凝灰岩占 5%~10%;花岗岩占 5%~10%,风化彻底;少量泥砾和脉石英等,偶见玛瑙和燧石。该岩性层砾石具叠瓦构造,定向性明显,颗粒支撑,填隙物为灰白色粗砂,风化较强,砾石磨圆好,略具正粒序结构,厚约 1.5 m,水道沉积相。

下伏白垩纪紫红色粉砂岩

该剖面显示的沉积特征是以砾石沉积为主,发育较多砂层,含砂量高。砾径明显小于善溪窑和云池剖面,砾石岩性层中下部定向性较明显,具叠瓦构造,磨圆好,多为颗粒支撑结构;上部砾石逐渐减小,基质支撑,多为黄色粗砂胶结。砾石以石英砂岩、石英岩和硅质岩为主,弱-中等风化,花岗岩完全风化。除第VI岩性层外,岩性层多近水平成层,砾石层具正粒序结构。

4 沉积环境分析

4.1 沉积相和沉积环境

善溪窑剖面岩性层 I、II 为泥流、泥石流沉积

相,岩性层Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ都为水道沉积相。该剖面中下部砾石近水平成层,每岩性层顶部无砂层或只少量出现砂质透镜体,为典型的水道沉积相^[17],说明当时的河流比降高,水流能量大,常见于冲积扇扇中和辫状河。剖面顶部发育泥砾和含砂网纹红土,前者判定为泥石流沉积相^[17],其为冲积扇扇根亚相特征微相;后者在研究区呈席状分布,且其岩性为泥质含砂,判定为泥流沉积相^[18],也为冲积扇特征微相。考虑到研究区砾石层的展布范围,推断该剖面砾石为冲积扇的扇顶部位沉积。剖面自下之上出现扇中-扇根亚相,具有进积型冲积扇特征。

云池剖面岩性层Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅵ、Ⅶ、Ⅷ、Ⅸ为水道沉积相,岩性层Ⅴ、Ⅷ为片流沉积相。各岩性层近水平成层,砾石层都为典型的水道沉积相,并大量发育砂质透镜体和片流沉积相砂层^[17],常见于冲积扇扇中亚相。由于云池剖面与善溪窑剖面在海拔高度上相衔接(图2),平面距离约为170 m(图1),两剖面间无侵蚀面或风化壳,故可推断两者以善溪窑剖面底部砂层衔接,该砂层为云池岩性层Ⅰ顶部被剥蚀后缺失的砂层,两剖面砾石层为连续堆积。相对于善溪窑剖面,云池剖面砾石层的砾径较小,砂体发育较多,表明其冲积水流能量相对较小,为冲积扇扇中亚相沉积。两剖面的这一整套砾石层自下而上,水动力有逐渐增强的趋势。

李家院剖面岩性层Ⅰ、Ⅴ为片流沉积相外,岩性层Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅵ为水道沉积相。各岩性层多近水平成层,中上部岩性层为水道沉积相沉积,常见于冲积扇扇中。岩性层Ⅰ、Ⅴ为片流沉积相沉积,常见于冲积扇扇端。该剖面岩性层Ⅰ顶部被侵蚀,但根据高程判断,其与云池剖面底部铁质风化层相接。这说明李家

院剖面砾石层形成后,曾有过沉积间断,然后重新开始扇体堆积。结合各岩性层沉积相特征可知,该剖面砾石层自下而上为冲积扇扇端-扇中亚相沉积,具有进积型冲积扇特征。与上部两个剖面相比,李家院剖面砾石层砾径最小,砂体发多,含砂量高,显示其水动力较小,且具向上增强特征。

根据3个剖面砾石层的沉积相分析,可以将宜昌砾石层分为2套:①李家院剖面沉积特征显示其水动力较小,剖面由下至上发育扇端至扇中亚相,由风化壳可知该套砾石层为早期冲积扇扇体,厚度较小,分布范围有限;②善溪窑-云池剖面沉积特征显示其水动力远远强于李家院剖面砾石层形成时期,剖面由下至上发育冲积扇扇中至扇根亚相,为后期形成扇体,整体为冲积扇扇顶部分。结合野外考察的其他剖面,可知该套砾石层为后期冲积扇堆积,厚度大,分布广,宜昌砾石层主要由这一套构成。同时,该砾石层的空间分布也具有冲积扇特征(图1)。综上所述,各剖面出露的砾石层,具有典型冲积扇沉积环境特征。

4.2 粒度分析

样品取自善溪窑、云池和李家院剖面,为保证粒度数据能准确地反映水动力条件,只选取在砂层和砂质透镜体中所取6个样品进行粒度分析(表1),进行了严格的实验分析处理^[19]。

6个样品的粒度分布呈双众数,概率累积曲线(图略)都为两段式,主要由跳跃和悬浮总体组成。其中,YC-1、3、5和LJY-0、3以跳跃总体为主,占71%~90%,斜率大;悬浮总体占10%~29%,斜率小。粒度参数显示总体分选中等至较差,正偏态,峰态中等至很窄。这5个样品的粒度特征反映水流具有较大的推动力和较高的扰动能量,具有辫状水道沉积物的粒度分

表 1 砂粒度分布
Table 1 Distribution of sand grain sizes

样品 编号	样品所在剖面位置	各总体百分含量及倾角		细截点 S	分选系 数 s	偏度 S _K	峰态 K _G
		跳跃总体	悬浮总体				
SXY-1	善溪窑Ⅶ层砂层	48%, 75°	52%, 34°	1.7	2.82	-0.03	0.68
YC-1	云池Ⅸ层砂层	84%, 77°	16%, 24°	1.7	1.64	0.59	2.08
YC-3	云池Ⅶ层砂层	90%, 78°	10%, 27°	2.2	0.93	0.39	2.11
YC-5	云池Ⅴ层砂质透镜体	90%, 75°	10%, 22°	2.2	1.01	0.37	2.33
LJY-0	李家院Ⅴ层砂层	71%, 72°	29%, 26°	1.9	2.15	0.62	0.9
LJY-3	李家院Ⅳ层砂层	85%, 72°	15%, 31°	1.8	2.43	0.5	0.97

注:由南京师范大学海岸与第四纪研究所粒度分析实验室分析。

布特征^[18,20~22]。SXY-1 以悬浮总体为主,占 52%,斜率较小;跳跃总体次之,占 30%,斜率大。粒度参数显示其分选相对最差,曲线略负偏,峰态宽,粉砂含量大并含粘土,可判断其为扇中片流沉积物^[18,21]。

在 6 个样品的 C-M 图(图略)中,SXY-1 号样品落入 C-M 图中 RS 段上部区域,其余都落入 QR 段,显示冲积扇沉积物的粒度象特征^[20,21]。

冲积扇扇中亚相往往发育云池、李家院粒度数据显示的辫状水道沉积物^[22],也可出现善溪窑粒度数据显示的片流沉积物,样品的粒度象数据符合冲积扇沉积环境特征,则 3 个剖面砂体的微观特征与前文的宏观沉积相分析有较好的对应。

5 砾石层形成的地貌意义

宜昌砾石层平面呈扇状分布(图 1),剖面沉积结构和沉积物特征呈现出明显的冲积扇沉积特点,因而,所组成的地貌应属河流冲积扇。从沉积物的特征看,宜昌砾石层所构成的仅为冲积扇的扇顶相部分^[17],其余的扇中和扇缘部分被掩埋于江汉平原之下(可能与断裂活动有关)。从扇顶部分的面积超过 1200 km² 和厚度超过 100 m 来看,该冲积扇的规模相当可观。从所处的地貌位置来看,该冲积扇位于江汉盆地的边缘,扇顶正对长江三峡的出口;其下不整合于白垩纪—早古近纪红层之上。另外,从砾石成分看,绝大部分砾石来自于三峡地区,并有四川盆地以西的物质(砾石测量将另文专述),前人也有的在该砾石层中发现峨眉山玄武岩砾石的报道^[16]。砾石层充填物岩石磁学研究也发现有四川盆地以西的物质^[23]。由此可见,宜昌砾石层所组成的冲积扇应与三峡的贯通有关,可能是由三峡切开后上游大量来水涌入江汉盆地而形成。

关于宜昌砾石层的形成时代,卢演冲组古地磁测定为松山反向时^[4,5,8];李家院剖面、善溪窑剖面和卢演冲剖面中的砂质填隙物的 ESR 年龄,分别为 (1.08±0.108) Ma B.P.、(0.87±0.087) Ma B.P. 和 (0.82±0.082) Ma B.P.^[15];善溪窑网纹红土的热释光测年为 0.73 Ma B.P.^[10]。据此推断,宜昌砾石层的形成时代应该在 1.08~0.73 Ma B.P.,亦即三峡贯通应在 1.0 Ma B.P.之前。

6 结 论

通过上述研究,得到以下结论:

(1) 宜昌砾石层上覆中更新世网纹红土,下伏白垩纪红层,共有 22 个岩性层组成,总厚超过 100 m。

(2) 研究区的沉积环境分析表明,宜昌砾石层具有典型的冲积扇沉积环境特征,主要为该地区大规模冲积扇扇顶部分。

(3) 宜昌砾石层组成的大规模冲积扇显示其形成具有强大的水动力条件,初步认为,可能是三峡贯通的产物,形成时代应该在 1.08~0.73 Ma B.P.,并据此推断三峡贯通应在 1.0 Ma B.P.之前。

致谢:笔者得到了张玉芬教授和王人镜教授的悉心指导,同时,在论文修改过程中得益于审稿专家提出的宝贵修改意见,在此表示衷心的感谢。

参考文献(References):

- [1] 杨怀仁. 荆江地貌与第四纪地质[J]. 南京大学学报(自然科学版), 1959, (2):79-92.
Yang Huaren. The landform and Quaternary geology of Jingjiang River [J]. Journal of Nanjing University (Natural Sciences), 1959, (2): 79-92(in Chinese).
- [2] 杨达源. 长江中下游干流东去入海的时代与原因的初步探讨[J]. 南京大学学报(自然科学版), 1985, 21(1):155-165.
Yang Dayuan. The primary study of the dating and causes of the Changjiang (Yangtze) River flowing eastwards into the Sea [J]. Journal of Nanjing University (Natural Sciences), 1985, 21(1):155-165(in Chinese with English abstract).
- [3] 康悦林. 江汉平原第四纪地层划分与古气候分期 [J]. 资源环境与工程, 1987, 1(1):1-10.
Kang Yuelin. The stratigraphic division and Palaeoclimate-divided stage of Quaternary period in Jiangnan Plain [J]. Resources Environment & Engineering, 1987, 1 (1):1-10 (in Chinese with English abstract).
- [4] 陈华慧, 关康年, 鄢志武. 湖北省钟祥第四纪冰缘融冻构造的发现及其意义[J]. 现代地质, 1990, 4(2):92-97.
Chen Huahui, Guan Kangnian, Yan Zhiwu. Discovery and significance of frost riving structure at the ice-front of Quaternary in Zhongxiang district, Hubei Province [J]. Geoscience, 1990, 4(2): 92-97(in Chinese with English abstract).
- [5] 陈华慧, 马祖陆. 江汉平原下更新统 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1987, 12(2):129-135.
Chen Huahui, Ma Zulu. Lower Pleistocene series in Jiangnan Plain [J]. Earth Science——Journal of China University of Geosciences, 1987, 12(2): 129-135(in Chinese with English abstract).
- [6] 杨达源. 长江三峡的起源与演变[J]. 南京大学学报(自然科学版), 1988, 24(3):466-474.
Yang Dayuan. The origin and evolution of the Three Gorges of the Changjiang Yangtze River [J]. Journal of Nanjing University (Natural Sciences), 1988, 24(3):466-474(in Chinese with English abstract).

- [7] 唐法贤, 郭厚祯. 长江中游宜昌——岳阳间河谷地貌发育的若干问题[C]//中国地质学会第四纪冰川与第四纪地质专业委员会主编. 第四纪冰川与第四纪地质论文集第五集. 北京:地质出版社, 1988:192-197.
- Tang Faxian, Guo Houzhen. Some Problems about River-Valley Landform Development between Yichang and Yueyang, in the Middle Yangtze River [C]//Professional Committee of Quaternary Period Glacier and Quaternary Geology (ed.). Articles Collection of Quaternary period Glacier and Quaternary Geology(Vol.5). Beijing: Geological Publishing House, 1988:192-197(in Chinese).
- [8] 关康年, 鄢志武. 江汉平原北缘的下更新统 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1990, 15(5): 481-486.
- Guan Kangnian, Yan Zhiwu. The Lower Pleistocene series on the Northern edge of Jianghan Plain [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 1990, 15(5): 481-486(in Chinese with English abstract).
- [9] 湖北省地质矿产局. 湖北省区域地质志 [M]. 北京:地质出版社, 1990.
- Bureau of Geological Exploration & Development of Hubei Province. Regional Geology of Hubei Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1990(in Chinese).
- [10] 杨达源, 闫国年. 长江三峡贯通的时代及其地质意义的研究[C]//刘东生, 安芷生主编. 黄土第四纪地质全球变化第三辑. 北京:科学出版社, 1992:140-143.
- Yang Dayuan, Lv Guonian. Study on the through time and its geological implication of the Three Gorges along the Changjiang (Yangtze) River[C]//Liu Tungsheng and An Zhisheng(ed.). Loess, Quaternary Geology and Global Change (Vol.3). Beijing: Science Press, 1992:140-143(in Chinese).
- [11] 张叶春. 长江三峡贯通的时代及意义[J]. 西北师范大学学报(自然科学版), 1995, 31(2):52-56.
- Zhang Yechun. Formation of the Yangtze Gorges and its significance [J]. Journal of Northwest Normal University (Natural Science Edition), 1995, 31(2):52-56 (in Chinese with English abstract).
- [12] 杨怀仁, 唐日长. 长江中游荆江变迁研究[M]. 北京:中国水利水电出版社, 1999.
- Yang Huairan, Tang Richang. Study on the Jingjiang River Changes of the Middle Reaches of the Yangtze [M]. Beijing: Chinese Water Conservancy and Water-electricity Press, 1999 (in Chinese).
- [13] 唐贵智, 陶明. 论长江三峡形成与中更新世大姑冰期的关系[J]. 华南地质与矿产, 1997, (4):9-18.
- Tang Guizhi, Tao Ming. Discussion on relationship between the Middle Pleistocene Glaciation and Formation of the Yangtze Gorges [J]. Geology and Mineral Resources of South China, 1997, (4):9-18(in Chinese with English abstract).
- [14] Li J J, Xie S Y, Kuang M S. Geomorphic evolution of the Yangtze Gorges and the time of their formation. Geomorphology, 2001, 41 (2-3):125-135.
- [15] 向芳, 朱利东, 王成善, 等. 长江三峡阶地的年代对比法及其意义[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2005, 32(2):162-166.
- Xiang Fang, Zhu Lidong, Wang Chengshan, et al. Terrace age correlation and its significance in research of Yangtze Three Gorges, China [J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2005, 32(2):162-166(in Chinese with English abstract).
- [16] 向芳, 朱利东, 王成善, 等. 宜昌地区第四纪沉积物中玄武岩砾石特征及其与长江三峡贯通的关系 [J]. 地球科学与环境学报, 2006, 28(2):6-10.
- Xiang Fang, Zhu Lidong, Wang Chengshan, et al. Character of basaltic gravels in Quaternary sediments in Yichang area and its relationship with formation of Yangtze Three Gorges [J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2006, 28 (2):6-10 (in Chinese with English abstract).
- [17] 王良忱, 张金亮. 沉积环境和沉积相[M]. 北京:石油工业出版社, 1996.
- Wang Liangchen, Zhang Jinliang. Sedimentary Environment and Sedimentary Facies[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1996 (in Chinese).
- [18] 孙永传, 李蕙生. 碎屑岩沉积相和沉积环境[M]. 北京:地质出版社, 1986.
- Sun Yongchuan, Li Huisheng. Sedimentary Facies and Sedimentary Environment of Clasticite [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1986(in Chinese).
- [19] 王秋良, 李长安, 谢远云, 等. 江陵剖面沉积物的粒度特征及其古气候意义[J]. 中国地质, 2006, 33(6):1406-1410.
- Wang Qiuliang, Li Chanan, Xie Yuanyun, et al. Grain-size characteristics of sediments in Jiangling section and their paleoclimatic significance[J]. Geology in China, 2006, 33(6):1406-1410(in Chinese with English abstract).
- [20] 郑浚茂, 王德发, 孙永传. 黄骅拗陷几种砂体的粒度分布特征及其水动力条件的初步分析[J]. 石油实验地质, 1980, 1(2):9-20.
- Zheng Junmao, Wang Defa, Sun Yongchuan. A preliminary analysis of size distribution characteristics and hydrodynamic force condition of several sand bodies in Huanghua Depression [J]. Petroleum Geology & Experiment, 1980, 1 (2):9-20 (in Chinese with English abstract).
- [21] 成都地质学院陕北队. 沉积岩(物)粒度分析及其应用[M]. 北京:地质出版社, 1978.
- Chengdu College of Geosciences Shanbei Team. The Grain-size Analysis and Application of Sedimentary Rock (Sediments) [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1978 (in Chinese).
- [22] 杨文才. 下辽河平原周边冲积扇沉积模式的探讨 [J]. 沉积学报, 1989, 7(3):63-72.
- Yang Wencai. Approach to depositional model of alluvial fans on the periphery of lower Liaohe plain [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1989, 7(3):63-72 (in Chinese with English abstract).
- [23] 张勇, 张玉芬, 李长安, 等. 宜昌地区砾石层的磁性特征与物源分析[J]. 第四纪研究, 2009, 29(2):380-386.

Zhang Yong, Zhang Yufen, Li Changan et al. Magnetism parameters of the gravel layers in Yichang area and their

provenance [J]. Quaternary Science, 2009, 29 (2):380-386 (in Chinese with English abstract).

Sedimentary environment and geomorphological significance of the gravel bed in Yichang

LI Ting¹, LI Chang-an^{1,2}, KANG Chun-guo^{1,3}, LEI Wen-da¹, YANG Jian¹, WANG Jie-tao¹

(1. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China; 2. Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology of Ministry of Education, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China; 3. Harbin University, Harbin 150086, Heilongjiang, China)

Abstract: The gravel bed in Yichang is more than 100m thick and composed of 22 layers. It lies over Cretaceous red bed and covered with Middle Pleistocene plinthitic red earth. The authors analyzed the sedimentary facies of the gravel bed. The upper and middle fan subfacies of alluvial fan exist in Shanxiyao and Yunchi profiles from the bottom upward. There is a hiatus between Lijiayuan profile and the above two profiles. The middle and lower fan subfacies exist in Lijiayuan profile from the bottom upward. Grain size analysis also shows that the outcropped sand body has the characteristics of braided river and alluvial fan, which is consistent with the result of sedimentary facies analysis. It is thus concluded that the very thick gravel bed in Yichang is a typical alluvial fan and seems to be mainly the upper part of the fan. Such wide development of the alluvial fan can only occur under the condition of strong hydrodynamic action. Through a study of the geomorphology and environmental significance of the formation of the fan, the authors preliminarily consider that the outcropped gravel bed in Yichang was produced by the formation of the Three Gorges. Data available also show that the gravel bed was formed in 1.08~0.73 Ma B.P., whereas the Three Gorges were formed before 1.0Ma B.P.

Key words: gravel bed; sedimentary environment; sedimentary facies; grain size; alluvial fan; formation age

About the first author: LI Ting, male, born in 1984, master, engages in the study of environment and valley resource; E-mail: liting12092005@163.com.