

doi:10.3969/j.issn.2097-0013.2021.04.007

成都盆地晚新生代地层划分与对比中存在的问题探讨

陈浩, 冯兴雷, 王羽珂, 王东辉

CHEN Hao, FENG Xing-Lei, WANG Yu-Ke, WANG Dong-Hui

(中国地质调查局成都地质调查中心, 成都 610081)

(Chengdu Center of China Geological Survey, Chengdu 610081, China)

摘要:成都盆地为龙门山推覆造山带与龙泉山褶断带之间的陆相盆地,晚新生代时期沉积了厚度较大的松散砂砾石层,过去对其地层划分与对比主要依赖于盆地周围的阶地剖面。笔者通过野外调查及室内综合研究,认为这些阶地剖面存在如下问题:(1)长度较短、地层连续性差,沉积物的颜色、成分、结构构造及剖面序列等相似;(2)缺少年代地层与生物地层资料;(3)缺少地层划分对比的标准剖面和标志层,进而导致依据阶地剖面建立的岩石地层单元时代归属存在不确定性,年代地层与岩石地层存在矛盾,生物地层还没有起到地层划分对比的支撑作用。建议在盆地拗陷区实施地质调查井,通过钻井的岩石地层组合及充填序列、年代数据的系统测试和孢粉组合的系统分析等,建立成都盆地地层划分的标准剖面和辅助对比剖面,从而完善该区晚新生代地层划分与对比,为成都市地下空间的三维地质结构建模提供依据。

关键词:晚新生代;阶地剖面;标准剖面;标志层;三维地质结构建模;成都盆地;

中图分类号:P534.6

文献标识码:A

文章编号:2097-0013(2021)04-0427-10

Chen H, Feng X L, Wang Y K and Wang D H. Problems Existing in the Division and Comparison of Late Cenozoic Strata in the Chengdu Basin. *South China Geology*, 2021, 37(4):427-436.

Abstract: The Chengdu basin is a continental basin located between Longmenshan nappe orogenic belt and Longquanshan fold fault belt, which has deposited a thick layer of loose gravel in Late Cenozoic. In the past, the stratigraphic division and comparison of Late Cenozoic in Chengdu basin was mainly depended on the terrace sections around it. Through field investigation and indoor comprehensive research, it is considered that there are some defects about these terrace sections: (1) short length, poor stratigraphic continuity, similar in color, composition, structure of sediments and section sequence; (2) lack of chronostratigraphic and biostratigraphic data; (3) lack of standard sections and marker layers for stratigraphic division and comparison. As a result, the age attribution of lithostratigraphic units established according to terrace sections is uncertain, chronostratigraphy and lithostratigraphy are irreconcilable, and biostratigraphy has not played a supporting role in stratigraphic division and comparison. It is suggested to implement geological survey wells in the basin depression area, and establish the standard profile and auxiliary correlation section for stratigraphic division of Chengdu basin through systematic test of rock stratigraphic assemblage, filling sequence and chronological data, and systematic analysis of sporopollen assemblage. This can promote the stratigraphic division and comparison of Late Cenozoic in this area, which provides a basis for the three-dimensional geological

收稿日期:2021-9-22;修回日期:2021-10-30

基金项目:中国地质调查局项目“成都多要素城市地质调查(DD20189210)”和“成绵乐资源环境综合地质调查(DD20211402)”

作者简介:陈浩(1990—),男,硕士研究生,工程师,沉积地质、城市地质专业,E-mail:930032730@qq.com

structure modeling of underground space in Chengdu City.

Key words: Late Cenozoic; terrace profile; standard profile; mark layer; three-dimensional geological structure modeling; Chengdu basin

随着国民经济的不断向前发展和城市规模的不断扩大,地表空间已难以满足城市的可持续发展要求,而地下空间的合理利用已成为城市发展的重要途径之一。近年来,成都市已将地下空间视为资源,并开展了地下空间的资源地质调查工作,但地下空间资源调查离不开近地表地层的精细划分与对比。

成都盆地地理上位于四川省西部的川西平原地区,构造上位于青藏高原东南缘的龙门山推覆造山带与龙泉山褶断带之间(图1)。盆地呈北东-南西向展布,宽约100 km,长约200 km,面积约20000 km²。自晚新生代以来,随着青藏高原东南缘龙门山逆冲构造带的大幅冲断抬升,位于冲断带前

缘的成都盆地急剧下沉,因而盆地内充填了一套厚度较大(最厚达541 m)呈面状分布的松散砂砾石层;同时在总体沉降过程中,由于存在局部断块式不均衡抬升,导致盆地坳陷区周围分布了多级阶地。

自二十世纪三十年代谭锡畴、李春昱(1929-1931年)对四川、西康进行地质调查以来,先后有诸多学者及单位对晚新生代成都盆地的形成演化^[1-3]、地层的划分与对比^[4-7]及部分地层的特征^[8-13]、时代^[14-16]、成因^[17-20]等进行了研究。这些成果对成都盆地的地层划分与对比、地层特征及成因等做出了极大的贡献。但是,前人成果主要集中于阶地露头剖面,而所有阶地露头剖面由于剖面短、厚度小(多数剖面厚度仅几米至十余米)、地层不连续且缺

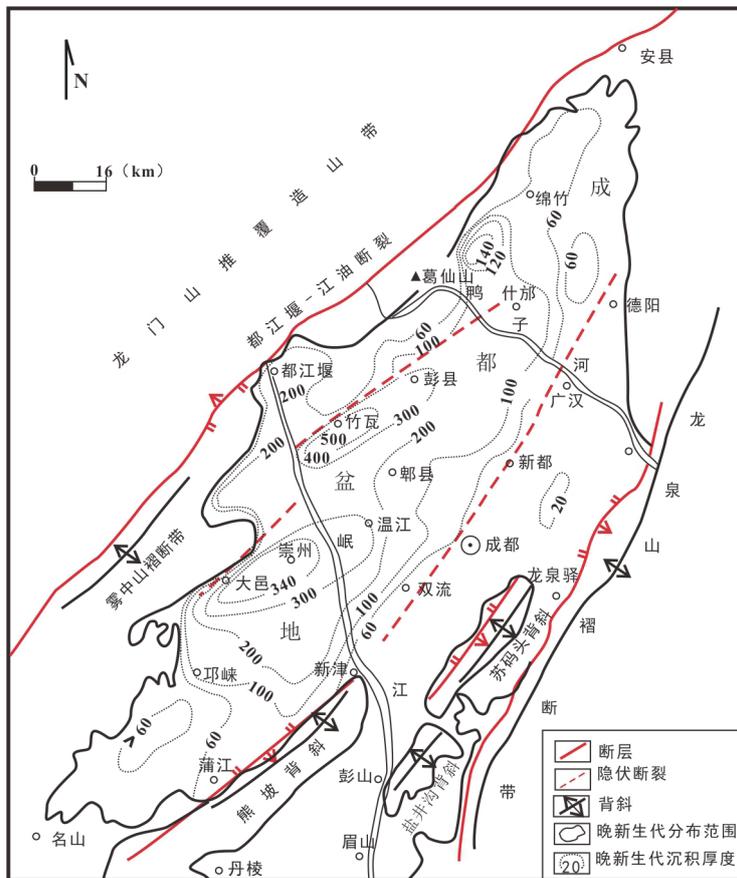


图1 成都盆地构造位置简图

Fig. 1 Sketch of tectonic location in the Chengdu Basin

少地层划分与对比的标志层、年龄数据及古生物资料欠缺等因素,造成了地层划分与对比存在着不同程度的混乱现象。虽然前人在坳陷覆盖区实施了大量钻井及地球物理测量等工程,但主要集中在水文地质及工程地质调查方面,针对地层划分与对比等基础地质研究的相对较少。笔者在野外调查与室内综合研究基础上,通过岩石地层、年代地层、生物地层、沉积充填演化等分析,认为晚新生代成都盆地的地层划分与对比存在较多分歧,建议在盆地坳陷区实施以地层划分与对比为主要目的的地质调查井,建立地层连续的标准剖面 and 可进行地层对比的标志层,为成都市地下空间精细划分提供资料,这对成都市地下空间的三维地质结构建模具有重要意义。

1 阶地岩石地层剖面在地层划分与对比中存在不确定性

针对成都盆地晚新生代沉积体,多数学者认为除成都黏土层为风成成因外^[5,7, 15,18,22-23],其它沉积物主要为河流冲积成因^[1,5,7-8,21,24]。盆地岩石地层剖面绝大多数来自于坳陷周围的阶地上,沉积物主要由河床砾石层、河床砂层和河漫滩亚黏土层组成,构成了河流“二元结构”。砾石层横向延伸不稳定,呈透镜状产出;颜色主要为黄褐色、橙黄色、棕褐色、棕红色;砾石成分主要为石英岩、石英砂岩、岩浆岩、变质岩等;砾石含量一般为 60%-70%,砾石间为砂泥质等充填;砾石分选性较差,粒径大小不

等,一般为 5-15 cm,部分为 20-50 cm,极少数可达 100 cm;砾石具有流水磨蚀现象,多呈次圆状;砾石多具定向和叠瓦状排列。砂层呈透镜状产出,横向延伸易尖灭;颜色为黄褐色、棕黄色、紫红色等;成分以岩屑为主,次为石英、长石;颗粒大小不等,粗砂到粉细砂均有,颗粒有磨蚀,呈次棱角状-次圆状;少数砂体可见斜层理。亚黏土层多为灰黄色、褐黄色、棕褐色、紫红色;具有粉砂质、黏土质结构,部分层段具有网纹构造、钙质结核及铁镁质结核或薄膜。

笔者通过大量的野外调查研究发现,盆地阶地剖面结构主要具有以下几种类型(图 2):(1)阶地上仅出现河床底部滞留砾石层(图 2-A),无河床砂层和河漫滩亚黏土层;(2)阶地上出现河床底部滞留砾石层和河漫滩亚黏土层,二者组成“二元结构”,无河床砂层(图 2-B);(3)阶地上出现河床底部滞留砾石层和河床砂层,无河漫滩亚黏土层(图 2-C);(4)阶地上出现河床底部滞留砾石层、河床砂层和河漫滩粉砂质黏土层,河床砾石层、砂层与河漫滩亚黏土层组成“二元结构”(图 2-D);(5)阶地上出现两个沉积韵律的河流“二元结构”(图 2-E)。

一个完整的河流“二元结构”剖面通常由河床底部滞留砾石层、河床砂层与河漫滩亚黏土层组成(图 2-D),但是在河流迁移过程中由于河流的侧向侵蚀作用造成河床砂及河漫滩难以保存,仅残留河床底部滞留砾石层(图 2-A)或河床砾石层和砂层(图 2-C)或河流砾石层和河漫滩亚黏土层(图 2-B);也可能由于河流沉积物抬升到台阶上之后遭

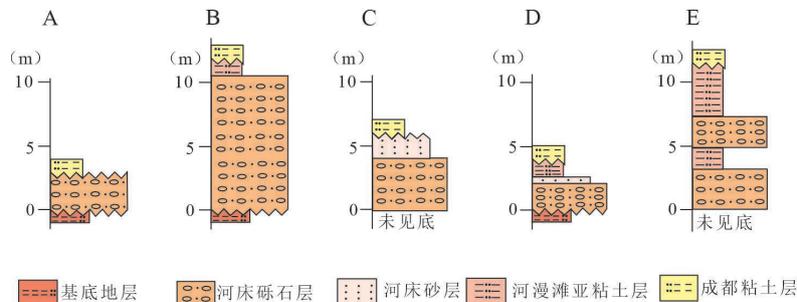


图 2 成都盆地阶地地层剖面类型

Fig. 2 Stratum profile of the Chengdu Basin

A- 双流县黄龙溪天鹅抱蛋 V 级阶地剖面; B- 绵阳涪江城区西厢观 - 新庙子 IV 级阶地剖面;
C- 眉山市猫儿山 II 阶地剖面; D- 眉山市东馆 II 级阶地剖面; E- 双流县胡家滩 IV 阶地剖面

受后期侵蚀作用造成河流剖面结构不完整,因此对于一个完整或不完整的河流阶地剖面代表了一次沉积-抬升过程,为一个时期的沉积充填体。但是对于具有两个(图 2-E)或者多个“二元结构”的河流阶地剖面,不应该是同一时期的沉积物,应为多期沉降沉积之后再抬升的产物,即早期河流作用形成第一个“二元结构”的河流剖面,由于盆地沉降作用,后期河流作用形成的“二元结构”河流剖面叠置到早期“二元结构”的剖面之上,从而形成两个或者多个“二元结构”的剖面叠置,再后由于构造作用使具有两个或者多个“二元结构”的河流剖面出现在台阶上,因此具有两个或者多个“二元结构”的阶地剖面不应是同一地质时期的沉积充填物。

前人在地层划分中将一个完整或不完整“二元结构”阶地剖面归属为一个地层组(或地层单元),这无可争议,但对于如双流县胡家滩、眉山县观音场、双流县合江、眉山县万胜、仁寿杨柳场、丹棱县万胜镇等具有多个“二元结构”组合叠置而成的阶地剖面也归属于一个地层组(地层单元)^[7]是否合理有待进一步工作证实。如眉山县观音场阶地剖面具有两个“二元结构”旋回叠置,其中下部旋回的细粉砂 ESR 测年结果为 1064 ± 106 ka,属于早更新世沉积,上部旋回无年龄数据,可能为后期沉积;梁斌^[7]等在描述该剖面时将整个剖面归属于一个地层单元(即下-中更新统牧马山组),而在

地层划分对比时将该年龄数据归属于下更新统磨盘山组,这是否可以说明该套沉积体可能为两个时期的产物呢?再如笔者在对牧马山台阶的双流应天寺剖面(N: $30^{\circ}30.45'$; E: $103^{\circ}53.88'$)和恒大金碧天下建筑工地剖面(N: $30^{\circ}21.57'$; E: $103^{\circ}56.16'$) (图 3)及丹棱县万胜镇Ⅲ级阶地剖面(N: $30^{\circ}06.00'$; E: $103^{\circ}36.75'$) (图 4)进行测制研究时,发现这些剖面均具有两个“二元结构”的沉积旋回,其上、下沉积旋回砾石层的砾石大小、成分、固结程度、颜色存在明显差异,并且双流应天寺剖面的磁性地层学研究认为其磁性地层年龄为 $1.13-0.64$ Ma^[15],时限从早更新世延续到中更新世,是否也说明本剖面应具两个地质时期的产物?刘兴诗^[5]在研究成都生物制药厂门外Ⅲ级阶地剖面时,明确指出该阶地剖面的上、下砾石层沉积体为不同地质时期的产物(图 5);袁俊杰等^[25]在研究名山新店毛家坝Ⅳ级阶地时,从年代测定和砾石定向上也说明该阶地上下砾石层为不同时期的产物。

综上所述,盆地阶地岩石地层剖面具有以下特点:(1)剖面短、厚度小(多数剖面仅几米至十余米);(2)垂向上各地层单元多数不直接接触,横向上沉积体延伸不稳定;(3)孤立分布于各级台阶上;(4)沉积物的颜色、物质组成、结构构造相似;(5)沉积序列剖面结构相似(完整或不完整的“二元结构”);(6)缺少地层划分对比的标志层;(7)年代地

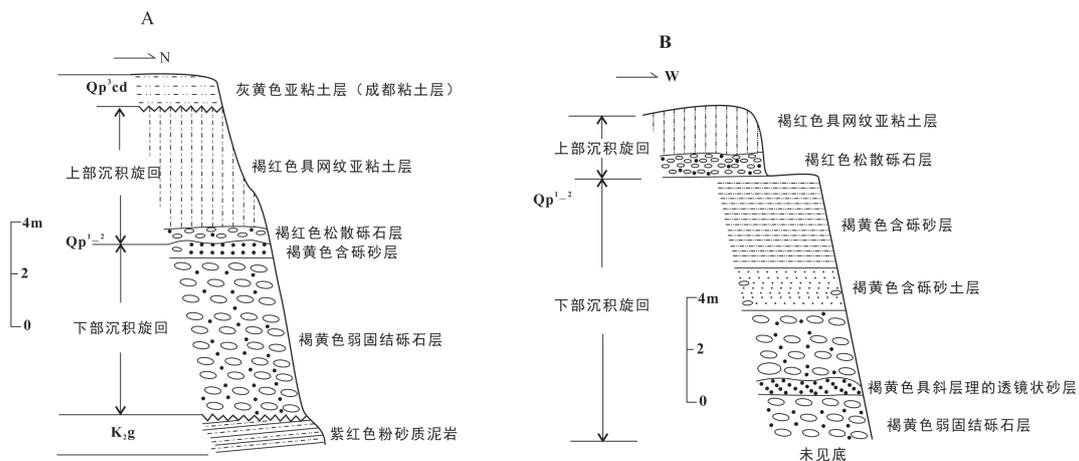


图 3 双流牧马山台阶的两个沉积韵律特征

Fig. 3 Two sedimental rhythms in the Mumashan step of Shuangliu

A- 应天寺剖面; B- 金碧天下建筑基坑剖面

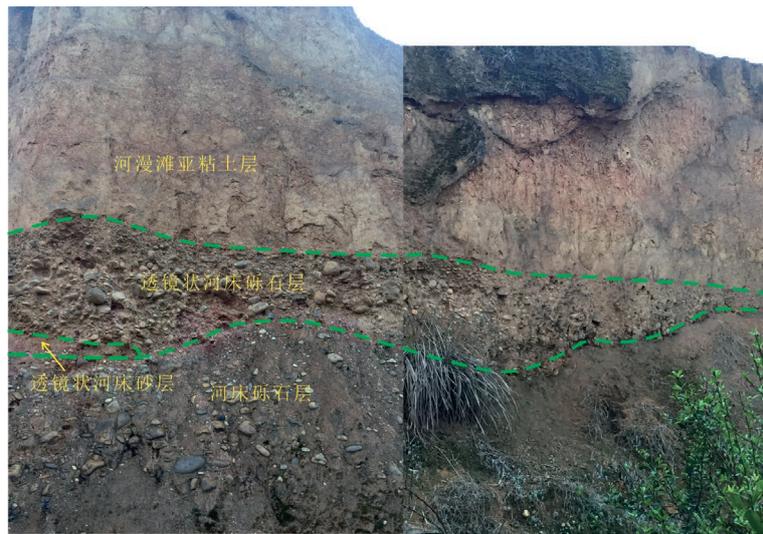
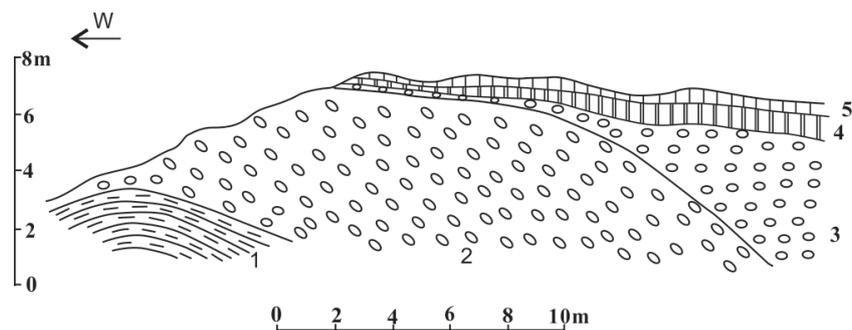


图 4 丹棱县万胜镇Ⅲ级阶地剖面

Fig. 4 Third terrace section in the Wansheng town, Danling county



1-白垩系基岩; 2-下部砾石层; 3-上部砾石层; 4-网纹红土; 5-成都粘土

图 5 成都生物制品厂Ⅲ级阶地剖面示意图(据文献[5])

Fig. 5 Third terrace section in the biological products of Chengdu

层和生物地层等资料欠缺。基于上述特征,各阶地地层剖面在地层序列上的时代归属难以确定,甚至出现混乱。如“成都粘土”作为一个岩石地层单位,应具有唯一性,但出现了“异物同名”现象^[17]。

2 岩石地层与年代地层的分歧

成都盆地晚新生代地层中,除“成都粘土层”(主要为灰黄色、棕黄色亚黏土,质地较均一,无层理,粉砂质黏土质结构,不含卵砾石,含钙质结核)和大邑砾岩层(处于半固结状态)在岩石地层上相

对较易识别外,其它各地层组(或地层单元)主要由黄褐色、棕黄色、棕红色等颜色的松散砂砾石层与黏土层组成“二元结构”或者仅由黄褐色、棕黄色、棕红色等颜色的砂砾石层构成,由于各组(地层单元)地层的颜色、成分、结构构造相似,并且多呈孤立状态分布于成都平原周围的各级阶地之上,这就造成阶地上沉积物在地层序列上的时代归属出现分歧,如成都凤凰山阶地上的沉积体,部分观点认为该套地层时代属于早更新世^[7,21],但该阶地上砂砾石层的年龄测定值为 65100 ± 5600 a^[3] 和 $24500 \pm 2000 \sim 33000 \pm 2800$ a(热释光法)^[26],时

代应归属于晚更新世;再如成都锦江区凉风顶V级阶地上的沉积体,一些观点认为该套地层时代属于早更新世^[7,21],但该阶地上砂砾石层的年龄测定值为 104600 ± 9200 a(热释光法)^[27],时代归属于晚更新世。造成岩石地层与年代地层分歧的原因之一可能是没有完整的标准剖面 and 可对比的标志层。

成都盆地晚新生代地层中的“成都粘土”层是相对较易识别的地层单元,陈志荣等^[14]通过¹⁴C测得年龄数据为 $10.87 \pm 0.19 \sim 25.29 \pm 1.45$ ka;刘兴诗等^[5]测得钙质结核¹⁴C年龄为 $16.96 \pm 0.21 \sim 23.5 \pm 0.41$ ka;而梁斌等^[16]通过光释光法测得5个剖面的沉积物年龄为 $74.67 \pm 9.59 \sim 18.60 \pm 0.33$ ka,但进一步分析,其金堂福兴剖面典型含钙质结核“成都粘土”的年龄为 18.60 ± 0.33 ka,其它剖面为 $32.34 \pm 2.11 \sim 74.67 \pm 9.59$ ka。这些测试数据的差异一方面可能为测试方法的不同造成,另一方面也可能是地层时代的归属问题。冯金良等^[17]指出,“成都粘土”出现许多“异物同名”现象,是由于缺乏标准剖面控制。

3 生物地层难以支撑地层划分及序列的建立

成都盆地晚新生代地层主要为陆相氧化环境沉积体,其内保存的动物化石稀少,但植物孢粉化石较多,一些作者试图通过孢粉组合建立地层序列和划分对比^[28],如1:25万绵阳幅区域地质调查报告^[29]通过分布于I、II、III、IV、V级阶地冲积黏土层中占优势的孢粉组合特征,建立了绵阳地区由老至新的五个孢粉组合。笔者据此对成都地区的各组地层优势孢粉进行组合划分(分析资料来自1:25万成都幅区域地质调查报告^[30])(表1),发现该地区仅出现两个优势特征的孢粉组合,即松属-栎属-蒿属-水龙骨属(*Pinus-Quercus-Artemisia-Polypodium*)组合和松属-栎属-莎草科-水龙骨属(*Pinus-Quercus-Cyperaceae-Polypodium*)组合;并且同一孢粉组合出现在多个地层单元中或者同一地层单元中出现两个孢粉组合现象:如松属-栎属-蒿属-水龙骨属(*Pinus-Quercus-Artemisia-Polypodium*)

表1 成都地区第四纪孢粉组合特征

Table 1 Characteristics of Quaternary Sporopollen Assemblage in Chengdu

时代	岷江水系		古青衣江水系	
	阶地	组名 孢粉组合	组名	孢粉组合
全新世	I	资阳组 (11) 松属-栎属-蒿属-水龙骨属 (<i>Pinus-Quercus-Artemisia-Polypodium</i>) (12) 松属-栎属-莎草科-水龙骨属 (<i>Pinus-Quercus-Cyperaceae-Polypodium</i>)		
晚更新世		(7) 松属-栎属-蒿属-水龙骨属 (<i>Pinus-Quercus-Artemisia-Polypodium</i>) (8) 松属-栎属-蒿属-水龙骨属 (<i>Pinus-Quercus-Artemisia-Polypodium</i>) (9) 松属-栎属-蒿属-水龙骨属 (<i>Pinus-Quercus-Artemisia-Polypodium</i>) (10) 松属-栎属-蒿属-水龙骨属 (<i>Pinus-Quercus-Artemisia-Polypodium</i>)		
	II	广汉组		
中更新世	III	合江组 (5) 松属-栎属-蒿属-水龙骨属 (<i>Pinus-Quercus-Artemisia-Polypodium</i>)	东馆组 (6) 松属-栎属-莎草科-水龙骨属 (<i>Pinus-Quercus-Cyperaceae-Polypodium</i>) 丹棱组 (4) 松属-栎属-莎草科-水龙骨属 (<i>Pinus-Quercus-Cyperaceae-Polypodium</i>)	
		(1) 松属-栎属-蒿属-水龙骨属 (<i>Pinus-Quercus-Artemisia-Polypodium</i>) (2) 松属-栎属-莎草科-水龙骨属 (<i>Pinus-Quercus-Cyperaceae-Polypodium</i>)	蒲江组 (3) 松属-栎属-蒿属-水龙骨属 (<i>Pinus-Quercus-Artemisia-Polypodium</i>)	
早更新世	IV	牧马山组		
	V	磨盘山组		

注:(1)双流县胜利乡应天寺下-中更新统牧马山组孢粉组合;(2)仁寿县视高镇下-中更新统牧马山组孢粉组合;(3)蒲江县五里碑下-中更新统蒲江组孢粉组合;(4)丹棱城关中更新统丹棱组孢粉组合;(5)双流黄龙溪剖面中更新统合江组孢粉组合;(6)眉山东馆中更新统东馆组孢粉组合;(7)双流飞机场成都粘土孢粉组合;(8)青白江姚渡成都粘土孢粉组合;(9)双流应天寺成都粘土孢粉组合;(10)眉山东馆成都粘土孢粉组合;(11)成都百合资阳组孢粉组合;(12)金堂三星资阳组孢粉组合。★本表的孢粉资料来自于1:25万成都幅区域地质调查报告。

组合出现在双流县胜利乡应天寺下 - 中更新统牧马山组、双流黄龙溪剖面中更新统合江组、多个剖面的“成都粘土”和成都百合资阳组中;松属 - 栎属 - 莎草科 - 水龙骨属 (*Pinus-Quercus-Cyperaceae-Polypodium*)组合出现在仁寿县视高镇下 - 中更新统牧马山组、眉山东馆中更新统东馆组和金堂三星资阳组中;岷江水系的下 - 中更新统牧马山组和资阳组中同时出现二个优势特征的孢粉组合。以上说明运用优势孢粉组合方法建立的地层时代序列在成都盆地并不适用。造成这种现象的原因是由于该方法确定的孢粉组合不具有唯一性或可能是阶地剖面的时代归属存在问题,这些有待于下一步工作来证实。

4 本区阶地地貌作为地层划分与对比的方法可能存在误区

前人在调查研究盆地地层过程中,多少运用了相对海拔高度及阶地地貌作为地层划分对比或地层时代归属的辅助证据^[3,5-7],这种方法对本区地层划分与对比具有一定的指导意义,但也可能存在误区。

阶地是由于地壳上升、河流下切而形成的阶梯状地貌,其成因机制主要是在地壳垂直升降运动的影响下,由河流的下切侵蚀作用形成的,是地球内外动力地质作用共同作用的结果。有几级阶地,就有过几次运动;阶地位置、级别越高,形成时代越老。

虽然成都盆地在新构造升降运动过程中可能形成一些阶地,但是该区位于龙门山推覆造山带与龙泉山褶断带之间,构造应力以水平挤压为主。由水平挤压及逆冲断层上升盘的抬升而造成河流充填物抬升到高出河面地区形成的沉积物结构被称为台阶地层,这种台阶地层的时限序列可能有别于构造升降运动及河流下切侵蚀作用形成的阶地地层时限序列(即阶地级数越高,形成时代越老)。

然而,升降运动形成的阶地与挤压运动形成的台阶在本区共存,很容易产生混淆。因此前人可能把部分挤压运动形成的台阶地貌误认为升降运动形成的阶地地貌,从而造成阶地地层划分与对比的误区,主要表现在以下几个方面。

4.1 同期沉积物出现在多级台阶或阶地上

本区逆冲断层的形成具有多期次性,不同断裂活动的时间和强度不同,甚至同一条断裂在不同地区具有不同的活动时间和强度^[3,7,26],这就造成同期沉积物可以分布于不同的台阶上,如某一时期沉积物受第一期逆冲构造作用可以出现在逆冲盘台阶上,当逆冲盘上再次发生逆冲断层时,早期逆冲盘台阶上的沉积物可以出现在更高级别的台阶上,以此类推,从而出现同期沉积物分布于不同的台阶上。如成都盆地葛仙山地区的大邑砾岩组出现在相对高程 770 m、870 m 和 950 m 三个台阶上,何银武等^[2]认为是多期构造的结果;帽盒山砾石层受断层作用出现在Ⅲ、Ⅳ级阶地上^[5];雅安砾石层分布于Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ级阶地上^[31],说明同一地层单元的沉积产物可以分布于不同台阶或阶地上。因此不能运用所谓阶地的台阶级数判定沉积物时代的新老。同样,某一时期沉积物受同一断裂的活动时间和强度不同,也可以出现在不同的台阶上。以上看出,本区的部分阶地地貌在地层划分中不可靠,甚至将研究者引入误区。

4.2 阶地级别及时序性难以把握

阶地级数一般反映地层时代的新老,但是针对本区的同一阶地,不同的研究者将其划分为不同的等级,如凤凰山台阶,刘兴诗^[5]及梁斌等^[7]认为是Ⅴ级阶地,钱洪等^[3]认为是Ⅳ级阶地;再如凉风顶台阶,刘兴诗等^[5]认为是Ⅳ级阶地,而李勇等^[27]和梁斌等^[7]认为是Ⅴ级阶地;成都包江桥剖面,刘兴诗^[5]认为是Ⅲ级阶地,李勇等^[27]认为是Ⅰ级阶地。并且,李勇等^[32]在研究汶川 - 茂汶断裂时,发现低级阶地的年龄大于高级阶地的年龄,如茂县城北砖瓦厂Ⅲ级河流阶地沉积物(23700 ± 1900 a)老于茂县南侧约 5 km 处的Ⅴ级河流阶地沉积物(年龄为 16100 ± 1700 a)。鉴于此,本区阶地难以确定地层时序的先后。

4.3 同级阶地的时代归属比较混乱

在不同地区的同级阶地,其时限归属不同,如成都地区岷江水系Ⅴ级阶地的磨盘山组归属于早更新世^[7],而绵阳地区Ⅴ级阶地的草坝场组上段归属于中更新世^[29];岷江水系Ⅲ级阶地的合江组对应于古青衣江水系Ⅲ级阶地丹棱组和Ⅱ级阶地

东馆组^[7,21](表1)。李勇等^[27,32]在研究岷江流域阶地时,同级阶地其年龄相差较大,如岷江流域茂县南侧约5 km处第V级河流阶地年龄(热释光法)为 16100 ± 1700 a,紫坪铺第V级阶地年龄(热释光法)为 76600 ± 5700 a,而岷江流域成都凉风顶第V级阶地年龄(热释光法)为 104600 ± 9200 a。

在同一地区的同级阶地出现不同时限归属的沉积物,如前述成都生物制药厂门外Ⅲ级阶地^[5]和名山新店毛家坝Ⅳ阶地^[25]均出现不同地质时期产物。笔者调查的牧马山台阶双流应天寺剖面及恒大金碧天下建筑基坑剖面和丹棱县万胜镇Ⅲ级阶地剖面,均具有两个“二元结构”韵律,应属于两个地质时期产物。以上说明同级阶地可归属不同的时限,因此本区阶地地层不能作为地层对比的依据。

5 盆地充填演化与阶地剖面(或地层单元)的时代归属存在差异

成都盆地的沉积充填主要为河流成因,而这些河流的发源地主要是盆地西北的龙门山构造带,河流自北西流向南东(图1)。盆地沉积物均来源于西侧的龙门山带,具有单向充填特征^[33],沉积沉降中心位于西部靠龙门山构造带一侧,河流沉积物主要散布于盆地西部,沉积体具有西厚东薄、西粗东细^[1,3,7,9]、沉积物年龄向东变新等特点(图1)。

从盆地沉积充填过程来看,上新世末至早更新世早期(大邑砾岩沉积期),沉积物仅充填于盆地西部;早更新世-中更新世早期(磨盘山组和牧马山组沉积期),沉积体仅分布于新津-成都-广汉-德阳隐伏断裂以西地区^[1,3,8-9,33-34],该断裂以东地区未见分布^[7,21];中更新世晚期至全新世(牧马山组-资阳组沉积期),沉积物扩展到龙泉山以西地区。然而,前人^[7,21]在研究新津-成都-广汉-德阳隐伏断裂以东的大量阶地剖面时,将高级阶地(V、Ⅳ级阶地)剖面(或地层单元)时代归属于早更新世(磨盘山组)或早-中更新世早期(牧马山组),这是否妥当有待进一步工作验证。因为龙泉山以西地区在早更新世-中更新世早期(磨盘山组和牧马山组沉积期)主要处于隆起剥蚀区,即使有沉积,也是局部

的冲-洪积堆积、泥石流堆积或少量可能发源于龙泉山带的河流沉积,而不应出现大量岷江流域的河流阶地沉积产物。

6 结论与建议

成都盆地晚新生代地层划分对比主要依赖于坳陷周围阶地露头剖面,而所有阶地露头剖面由于剖面短、厚度小、地层不连续等,从而造成了阶地剖面岩石地层单元的时代归属存在不确定性,年代地层与岩石地层出现分歧,盆地充填演化与地层单元的时代归属存在差异等现象。

同时,成都盆地晚新生代沉积体在地层划分与对比过程中可能存在“同物异名”或“异物同名”现象,其关键问题是缺乏标准剖面的建立和标志层的对比,不同的研究者,选择了不同的地区或不同地貌单元作为研究对象,从而产生一定的片面性和局限性,由点到面以及系统和区域性综合对比研究尚显不足;受研究历史所限,不同学说的产生与研究方法或指标的非唯一指示性(常量元素地球化学分析结果、粒度数据、钙质结核成因、矿物组成)等研究为“地层划分与对比”做出了贡献。但这些方法的不确定性和局限性,使它们对“地层划分与对比”研究尚缺乏明确的指示性。

鉴于上述不确定性,笔者提出以下建议:(1)在盆地坳陷覆盖区实施以地层划分与对比为主要目的的地质调查井,通过钻井岩心的物质成分、岩石组合、沉积物结构构造及充填序列、地球化学特征、系统的年代地层数据和孢粉组合、磁性地层特征等综合研究,建立盆地标准剖面及辅助对比剖面。在此基础上,通过标准剖面与辅助对比剖面的对比分析,建立区域地层对比格架,确定各地层组(或地层单元)的横向展布,为盆地的地层划分与对比提供依据;(2)加强露头剖面的岩石地层、年代地层和生物地层的进一步研究。在建立钻井标准剖面 and 辅助对比剖面的地层划分与对比方案后,通过盆地沉积充填演化初步确定盆地周围各地区的地层分布,并在此基础上开展盆地露头阶地剖面的岩石地层、生物地层与年代地层的对比分析,修正前人可能出现的地层划分错误。(3)开展如物源追踪

分析方法、同位素对比分析、气候变化曲线对比分析等其它方法研究。

参考文献:

- [1] 何银武. 试论成都盆地(平原)的形成[J]. 中国区域地质, 1987, (2):169-176.
- [2] 何银武. 论成都盆地的成生时代及其早期沉积物的一般特征[J]. 地质论评, 1992, 38(2):149-156.
- [3] 钱洪, 唐荣昌. 成都平原的形成与演化[J]. 四川地震, 1997, (3):1-7.
- [4] 四川区域地层表编写组. 西南地区区域地层表 - 四川分册[M]. 北京:地质出版社, 1978:96-97.
- [5] 刘兴诗. 四川盆地第四系[M]. 成都:四川科学技术出版社, 1983.
- [6] 四川地矿局. 四川区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1991:293-305.
- [7] 梁斌, 朱兵, 王全伟, 付小芳, 郝雪峰. 成都平原第四纪地质与环境[M]. 北京:科学出版社, 2014: 7-113.
- [8] 王凤林, 李勇, 李永昭, 王谋, 张玉修. 成都盆地新生代大邑砾岩的沉积特征[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2003, 30(2):139-146.
- [9] 白毛伟, 谢小平, 陈芝聪. 川西龙门山前陆盆地晚新生代沉积记录与构造响应[J]. 地质学刊, 2016, 40(4): 640-645.
- [10] 周绪纶. 成都粘土中的钙质结核[J]. 水文地质工程地质, 1986, (4):29-31.
- [11] 赵璐璐, 洪汉烈, 殷科, 程峰. 成都盆地红土沉积物中黏土矿物的特征及其古气候指示意义[J]. 地质科技情报, 2015, 34(3):80-86.
- [12] 胡赵国, 冯金良, 鞠建廷. 成都粘土中石英的粒度分布及其表面微结构特征[J]. 山地学报, 2010, 28(4):392-406.
- [13] 应立朝, 梁斌, 王全伟, 朱兵, 郝雪峰, 王鑫, 刘亮, 付小方. 川西平原中更新世网纹红土主量元素地球化学特征[J]. 高校地质学报, 2012, 18(4):759-764.
- [14] 陈志荣, 何银武. 据 ^{14}C 年龄数据浅议广汉粘土与成都粘土的时代归属[J]. 山地研究, 1990, 8(3):167-173+205-206.
- [15] 赵志中, 乔彦松, 王燕, 傅建利, 王书兵, 李朝柱, 姚海涛, 蒋复初. 成都平原红土堆积的磁性地层学及古环境记录[J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2007, 37(3):370-377.
- [16] 梁斌, 王全伟, 朱兵, 郝雪峰, 应立朝, 刘亮, 付小方. 川西地区成都粘土的光释光年代学[J]. 第四纪研究, 2013, 33(4):823-828.
- [17] 冯金良, 赵振宏, 赵翔, 赵其华, 彭社琴. “成都粘土”的成因、物源、时代及其古环境问题[J]. 山地学报, 2014, 32(5):513-525.
- [18] 汪波, 聂前勇, 王运生, 张建永. 也论成都粘土的成因[J]. 地质灾害与环境保护, 2002, 13(1):54-56+64.
- [19] 乔彦松, 赵志中, 李增悦, 王燕, 傅建利, 王书兵, 李朝柱, 姚海涛, 蒋复初. 成都平原红土堆积的风成成因证据[J]. 第四纪研究, 2007, 27(2): 286-294.
- [20] 谭元隆, 乔彦松, 赵志中, 王燕. 成都平原风尘堆积的化学风化特征及其古气候意义[J]. 地质力学学报, 2013, 19(1):26-34.
- [21] 付小方, 侯立伟, 梁斌, 李海兵. 成都平原第四纪断裂及其活动性[M]. 北京:科学出版社, 2013: 51-66.
- [22] 应立朝, 梁斌, 王全伟, 朱兵, 郝雪峰, 刘亮, 文龙, 燕钟林, 付小方. 成都粘土地球化学特征及其对物源和风化强度的指示[J]. 中国地质, 2013, 40(5):1666-1674.
- [23] 应立朝, 梁斌, 王全伟, 朱兵, 郝雪峰, 王鑫, 刘亮, 付小方. 成都平原区成都粘土的粒度特征及其成因意义[J]. 沉积与特提斯地质, 2012, 32(1):72-77.
- [24] 梁明剑, 李大虎, 郭红梅, 王世元. 成都盆地南缘第四纪构造变形及地貌响应特征[J]. 地震工程学报, 2014, 36(1):98-106.
- [25] 袁俊杰, 陶晓风. 四川名山一丹棱地区青衣江流域的砾石层特征及水系演化[J]. (四川)地质学报, 2008, 28(1):6-12.
- [26] 何强, 李录明, 赖敏, 黎大虎, 黄伟. 凤凰山地区蒲江 - 新津 - 德阳隐伏断裂反射波法地震勘探与断裂活动性研究[J]. 地震地质, 2004, 26(4): 706-715.
- [27] 李勇, 曹叔尤, 周荣军, Densmore A L, Ellis M A. 晚新生代岷江下蚀速率及其对青藏高原东缘山脉隆升机制和形成时限的定量约束[J]. 地质学报, 2005, 79(1):28-37.
- [28] 李代钧. 成都平原更新世孢粉组合[J]. 四川地质学报, 1980, (1):89-106.
- [29] 谢启兴. 1:25 万中华人民共和国区域地质调查报告 - 绵阳幅(H48C001002). 四川省地质调查院. 2013.
- [30] 朱兵. 1:25 万中华人民共和国区域地质调查报告 - 成

都幅(H48C002002).四川省地质调查院.2013.

[31] 李永昭,郭兵.成都平原的晚新生代构造[J].成都理工大学学报(自然科学版),2008,35(4):371-376.

[32] 李勇,周荣军,Densmore A L, Ellis M A.青藏高原东缘龙门山晚新生代走滑-逆冲作用的地貌标志[J].第四纪研究,2006,26(1):40-51.

[33] 李勇,周荣军,Densmore A L, Ellis M A, 黎兵.青藏高原东缘龙门山晚新生代走滑挤压作用的沉积响应[J].

沉积学报,2006,24(2):153-164.

[34] Li Y, Densmore A L, Allen P A, Xu Q. Sedimentary responses to thrusting and strike-slipping of Longmen Shan along eastern margin of Tibetan Plateau, and their implication of Cimmerian continents and India/Eurasia collision[J]. Scientia Geologica Sinica, 2001, 10(4): 223-243.

《华南地质》参考文献著录格式

自2022年起,《华南地质》参考文献的著录格式改为著者-出版年制。引用格式举例:“在当前复杂的国际国内形势下,关键金属矿产成矿作用的研究成为固体地球科学领域研究热点(翟明国等,2019;毛景文等,2019;蒋少涌等,2019)。”“高山和金振民(1997)最早将‘拆沉作用’的概念引入国内。”

文后参考文献著录格式如下:

1 普通图书

作者(全部列出).出版年.书名[M].版次(第1版不写).出版地:出版者.起止页码.例如:

史明魁,傅必勤,靳西祥,周雪昌.1993.湘中锑矿[M].长沙:湖南科学技术出版社.56-67.

2 普通图书、会议论文集等中析出的文献

作者(全部列出).出版年题名[文献类型标识]//原文献编者(全部列出).原文献题名.版次(第1版不写).出版地:出版者.起止页码.例如:

陈丕基,万晓樵,曹流,李罡.2008.中国陆相白垩系富饶阶研究进展[M]//见:王泽九,黄枝高.中国主要断代地层建阶研究报告(2001-2005).北京:地质出版社.65-73.

3 连续出版物中析出的文献

论文作者(全部列出).出版年.题名[J].连续出版物名,卷号(期号):起止页码.例如:

翟明国,吴福元,胡瑞忠,蒋少涌,李文昌,王汝成,王登红,齐涛,秦克章,温汉捷.战略性关键金属矿产资源:现状与问题[J].中国科学基金,2019,33(2):106-111.

4 学位论文

作者.年份.题名[D].学位授予单位学位类型,例如:

刘锐.2009.华夏地块前海西期地壳深熔作用[D].中国地质大学博士学位论文.65-69.

5 参考文献类型及其标识

文献类型	普通图书	会议论文集	报纸文章	期刊文章
类型标识	M	C	N	J
文献类型	学位论文	报告	汇编	档案
类型标识	D	R	G	B
文献类型	标准	专利	参考工具	其他
类型标识	S	P	K	Z