

doi:10.12097/j.issn.1671-2552.2022.11.009

福建三明地区第四纪地层序列

赵举兴¹, 李长安^{2*}, 林淑珍¹, 黄光明¹, 李亚伟², 贾明明²

ZHAO Juxing¹, LI Chang'an^{2*}, LIN Shuzhen¹, HUANG Guangming¹, LI Yawei², JIA Mingming²

1.福建省煤田地质勘查院,福建 福州 350005;

2.中国地质大学地理与信息工程学院,湖北 武汉 430074

1. Fujian Exploration Institute of Coalfield Geology, Fuzhou 350005, Fujian, China;

2. School of Geography and Information Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China

摘要:为解决福建三明地区第四纪岩石地层划分方案未统一、年代地层研究精度偏低和区域河流阶地序列研究程度较低的问题,对该区的第四系进行了系统的综合地层学研究。根据岩石地层学研究,结合光释光测年结果和地貌地层学特征,将三明地区的第四系划分为 3 个岩石地层单位。由老到新为:同安组,一般组成三至五级河流阶地,局部地区表现为山前洪积扇,沉积物以褐红色为主,由上部细粒沉积物和下部泥质网纹化砾石层组成二元结构,时代为中更新世—晚更新世早期;龙海组,一般组成二级阶地或山前洪积扇,少数为一级阶地下部,沉积物以褐黄色为主,由上部细粒沉积物或细网纹红土和下部泥质砂砾石层组成二元结构,时代为晚更新世;小陶组,组成一级阶地及漫滩,沉积物以灰黄色、灰褐色为主,由上部细粒沉积物和下部砂砾石层组成二元结构,局部存在淤泥质透镜体,时代为全新世。在此基础上,建立了沙溪、巴溪和文川溪的河流阶地序列,以期更加全面地了解区内第四纪地层格架。

关键词:第四系;岩石地层;光释光;福建

中图分类号:P534.63;P535 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2022)11-2007-12

Zhao J X, Li C A, Lin S Z, Huang G M, Li Y W, Jia M M. Quaternary stratigraphic sequence in Sanming area, Fujian Province. *Geological Bulletin of China*, 2022, 41(11): 2007-2018

Abstract: In this study, we systematically studied Quaternary stratigraphic sequence of Sanming area, Fujian Province, to address several debated topics, including inconsistent division of Quaternary, imprecise chrono-stratigraphy and poor-studied river terraces. On the basis of intensive field surveys, the lithostratigraphy, optically stimulated luminescence (OSL) dating results and morphostratigraphic characteristic, the Quaternary deposits in Sanming area have been divided into three units: the Tong'an Formation, Longhai Formation and Xiaotao Formation. The Tong'an Formation, formed from Middle Pleistocene to early Late Pleistocene, consists of dark red sediments, which are fine grained in the upper part and argillaceous net-like gravels in the lower part, comprising terraces T3, T4, T5 and local alluvial fan. The Late Pleistocene Longhai Formation is divided into two parts: fine-grained or thin red earth in the upper part, and argillaceous sandy gravels in the lower part. The sediment's color shows brownish yellow to this formation. Most of the Longhai Formation comprise terrace T2 and alluvial fan, few bottom of terrace T1. The Holocene Xiaotao Formation is composed of grayish yellow and brownish gray sediments, which are fine grained in the upper part and sandy gravels in the lower part, comprising terrace T1 and flood plain. Moreover, terrace sequences of Sha River, Ba River and Wenchuan River have been established in order to comprehensively understand the Quaternary deposits in the study area.

Key words: Quaternary; lithostratigraphy; OSL dating; Fujian Province

收稿日期:2020-08-17;修订日期:2021-03-29

资助项目:国家自然科学基金项目《江汉盆地宜昌冲积扇物源解析与区域地貌演化》(批准号:41671011)和福建省煤田地质局和三明市自然资源局项目《福建省地质调查项目三明城市地质调查》(编号:201601)

作者简介:赵举兴(1986-),男,博士,高级工程师,第四纪地质学专业。E-mail: zhaojuxing1986@126.com

* 通信作者:李长安(1956-),男,教授,第四纪地质学专业。E-mail: chanli@cug.edu.cn

三明市位于福建省中心地带,是海峡西岸连接华中地区的交通要冲。目前三明市正在实施海西三明生态工贸区(图1-A)建设,推动实现三明市区与沙县、永安同城化空间整合的发展战略目标。

沙溪是闽江上游三大支流之一,发源于武夷山脉杉岭南麓的九县山,流经宁化后称为九龙溪,九龙溪流至永安西郊汇入文川溪后称为沙溪,后经永安、三明和沙县在南平汇入闽江。沙溪是海西三明生态工贸区内最大的河流,工贸区内水系均为沙溪水系,同时沙溪也是三明地区最大的河流(图1-B)^[1]。因此,工贸区内的第四纪地层在三明地区具有一定的代表意义。

三明地区的第四纪地层划分工作始于1963年余泽忠等^[2]对益溪河谷地貌的研究(图1-A)。此后,多位地质工作者对该区的第四系进行了调查研究,并建立了第四纪地层序列与年代格架。区内第四纪地层划分沿革可划分为3个阶段(表1)。第一阶段,20世纪60年代,仅对区内第四系进行了简单的描述,并未建立岩石地层单位^{[2]①②}。第二阶段,1975年—20世纪80年代末期,童永福^[3]将福建省的第四系划分为2统5组,即下更新统天宝组、中更新统同安组、上更新统龙海组、全新统东山组与长乐组,该方案奠定了区内第四纪地层的工作基

础;《福建省区域地质志》^[4]延续了这一方案。由于认为永安地区存在冰川遗迹,一些报告中更新统没有使用同安组^{③④},而是用连江新建的中更新统冰碛层丹阳组表示区内的冰川沉积物,也因此导致这一阶段中更新统同安组和丹阳组使用混乱^{⑤⑥}。丹阳组与同安组的交替使用反映了20世纪80年代以来对永安地区乃至整个福建省有没有第四纪冰川遗迹这一问题的争论,这种争论也体现在诸多研究中^[5-7]。第三阶段,1989年至今,王雨灼^[8]将福建省第四系划分为沿海和山区2个大区(图1-B),同时新建了一批岩石地层单位,并构建年代地层格架,这是福建省首次构建的完整的第四纪年代地层格架。《中国区域地质志福建志》^[9]延续了上述划分方案。不同的是,内陆区的第四系采用“时代+成因”表达方式,但与上述方案的岩石地层单位完全对应,如中更新统冲洪积层对应中更新统同安组。

由于前人的研究主要服务于基础地质和水文地质,研究重点并不在第四纪地质方面。虽然部分工作属于第四纪地质专项研究,但受限于当时的研究条件,仍存在不足。导致该区的第四纪地层研究还存在一些问题,主要可归纳为以下3个方面:①岩石地层划分方案未统一;②年代地层研究精度偏低,使年代地层序列未能建立;③区域河流阶地序

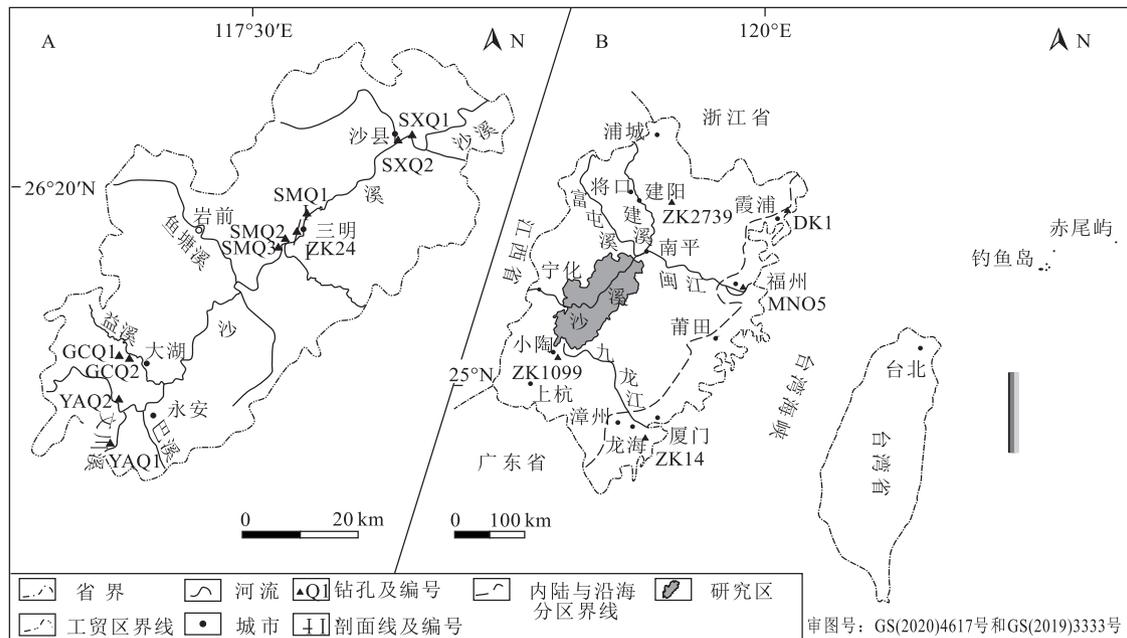


图1 研究区范围(A)及福建省第四纪地层分区^[4](B)

Fig. 1 The study area(A)and Quaternary division of Fujian Province (B)

列研究程度较低,为开展闽江流域乃至整个福建省内陆区的空间地层对比带来困难。

为解决上述问题,笔者在福建三明城市地质调查时通过资料收集与整理、野外地质调查、第四纪地质钻孔及光释光测年对工贸区(工贸区即三明城市地质调查的研究区)的第四系进行了系统的综合地层学研究。

本次梳理了区内第四纪地层划分沿革,找出了岩石地层单位使用混乱的关键问题,明确了第四纪地层划分方案,建立了区内的第四纪地层格架与年代序列;首次将光释光测年应用于区内第四纪地质研究,有效保证了年代序列的可靠性^[10-15];首次建立了沙溪不同河段和不同支流的河流阶地序列。研究成果对区内今后基础地质工作、水系演化过程及新构造运动特征均有重要的理论和指导意义。

1 岩石地层划分方案

岩石地层单位必须以实际岩石组分的特征为基础,而不是以岩石的地球物理性能(电性、磁性、放射性和其他推论或度量的物理性质)、推论出的时间间隔、地质事件、成因等为基础。因此,岩石地层单位的定义中不考虑时间、成因、气候、环境或时间等因素^[16]。据此,建议区内今后第四纪地层工作使用岩石地层单位,而不是用“时代+成因”的表达方式。

本次工作根据岩石地层学特征将区内第四系

划分为 3 个岩石地层单位,由老到新分别为同安组、龙海组和小陶组(表 1)。岩石地层序列的厘定详见后文讨论部分。

2 研究方法

调查工作按照《第四纪地质调查工作方法》^[17],调查第四纪地质点 52 个,施工第四纪地质钻孔 9 孔,所有调查点和钻孔孔位均完成了包括地貌形态、地貌单元和地貌类型在内的地貌调查。

第四纪地质点调查在揭露新鲜面后,对剖面按颜色、岩性、结构、构造、产状、内含物等进行分层;及时对各层进行详细描述、测量、拍照和相关样品采集。第四纪地质钻孔除进行上述工作外,还特别注意沉积韵律和沉积旋回的划分及沉积物成因类型的分析。

本次共测试 10 件光释光样品用于建立第四纪地层年代序列,其中剖面样品 4 件,钻孔样品 6 件(表 2)。测试在中国地质大学(武汉)地球科学学院光释光实验室完成,方法参照文献[18]。此外,收集钻孔 133 孔和 4 件 TL 测试结果,用于区域地层对比。

3 第四纪地层分述及区域河流阶地序列

3.1 同安组(Qp₂t)

同安组一般以三至五级河流阶地分布于河谷

表 1 研究区第四纪岩石地层划分沿革及本文划分方案

Table 1 Historical and this division of Quaternary in the study area

地层	余泽忠等 ^[2]	福建省区测队 ^{①②}	童永福 ^[3] 福建省地矿局 ^[4]	福建省水文地质工程地质队 ^③	福建省地质局 ^{[5]⑥}	王雨灼 ^[8]		福建省地质调查研究院 ^[9]		本文
全新统	全新世冲积物	未划分	长乐组	全新统	全新统冲积层	小陶组	坚村组	上全新统	冲积层 洪积层 冲洪积层 冲沼积层	小陶组
			东山组					中全新统		
下全新统	龙海组		龙海组	龙海组	水吉组	上更新统冲洪积层	龙海组			
上更新统洪积层										
中更新统	/	同安组	丹阳组	同安组/丹阳组	同安组	中更新统冲洪积层	同安组			
		← 第一阶段 →	← 第二阶段 →			← 第三阶段 →				

表2 光释光测年结果及相关参数

Table 2 OSL ages and relative parameters of this study

样号	K/%	Th/ 10^{-6}	U/ 10^{-6}	含水率/%	测片数	环境剂量率 /(Gy·ka ⁻¹)	等效剂量 /ka	OSL 年龄 /ka
BX-OSL-1	0.92	20	2.95	23.1±5	6 ^a +12 ^b	2.36±0.15	270.01±15.33	114.4±9.8
BX-OSL-2	1.01	18.4	3.37	23.4±5	6 ^a +12 ^b	2.48±0.15	453.96±19.24	183.1±14.0
BX-OSL-3	0.74	17.2	2.92	25.4±5	6 ^a +12 ^b	2.10±0.16	247.58±19.58	117.8±12.7
YAQ1-OSL-3	3.15	36.9	6.31	15.8±5	6 ^a +12 ^b	6.02±0.40	356.35±16.39	59.16±4.77
YAQ2-OSL-2	3.20	30.1	8.06	25.8±5	6 ^a +12 ^b	5.14±0.34	122.01±12.23	23.72±2.58
YAQ2-PM-OSL-2	3.79	34.5	7.66	6.0±5	6 ^a +12 ^b	7.68±0.51	63.79±5.54	8.31±0.91
SXQ1-OSL-1	4.36	32.2	6.59	15.5±5	6 ^a +12 ^b	6.83±0.45	308.33±20.65	45.16±4.24
SX-OSL-2	1.51	28.5	4.43	15.4±5	6 ^a +12 ^b	3.83±0.27	58.22±3.2	15.19±1.35
SMQ2-OSL-2	4.32	28.4	5.17	15.4±5	6 ^a +12 ^b	6.29±0.42	379.8±4.4	60.4±4.08
GCQ2-OSL-3	2.41	11.2	2.63	13.5±5	6 ^a +12 ^b	3.27±0.22	226.7±2.0	69.7±4.8

注:a为SAR法测片数,b为SGC法测片数

的最上部,局部地区表现为山前洪积扇,河拔高度为15~60 m。沉积物主要呈褐红色,由上部粘土、含砾粘土和下部泥质砾石层组成二元结构,砾石风化程度高,锤击易碎,网纹发育。砾石层的胶结程度在前人研究中常作为同安组的一个特征,根据本次调查,笔者认为不宜作为该组的主要标志之一。在裸露型和覆盖型喀斯特区,如大湖镇一带,地下水富含Ca²⁺,在地下水的径流和排泄过程中,沿途的第四纪沉积物极易发生胶结,本次调查中有2处调查点砾石胶结程度高,但均位于一级阶地。

研究区同安组分布于三明盆地三明钢铁厂和大湖盆地岭岗—湖峰—罗家坪—竹坑一带,面积8.55 km²。

本次施工的GCQ1孔0.9~47.9 m段(2~4层),揭露了完整的同安组。该段自上而下岩性描述如下。

上覆地层:素填土

-----平行不整合-----

2.褐红色含砾粘土 1.4 m

3.褐红色砾石层。砾石成分为相对单一,以砂岩、粉砂岩为主;砾石磨圆度较差,以次棱状—棱状为主;分选差,最大粒径21 cm;砾石风化程度高,锤击易碎 37.7 m

4.黑色—褐黄色含粘土砾石层。砾石成分为相对单一,以砂岩、粉砂岩为主;砾石磨圆度以次棱状—次圆状为主,偶见圆状;砾石粒径略见正粒序结构,最大粒径49 cm;砾石风化程度高,锤击易碎 7.9 m

-----平行不整合-----

下伏地层:文笔山组

在永安盆地南侧发现3处典型的同安组地层剖面,地貌上组成巴溪河的三级至五级阶地。这三级阶地均为基座阶地,其中T3从上到下由褐红色网纹红土、红色夹薄砾石层网纹红土层和浅红色—灰白色网纹红土组成;T4从上到下由褐红色网纹红土、红色网纹红土和黄红色网纹化砾石层组成;T5从上到下由褐红色网纹红土、黄红色网纹化砾石层和红色网纹化砾石层组成^[19](图2)。

前人在建阳和上杭获得了同安组的时代^[4],其中建阳西岸村TL年龄为211±23 ka,上杭城关桥南TL年龄为216±21 ka。本次光释光(OSL)测年获得巴溪T3的年龄为114±10~183±14 ka。由此判断同安组应属中更新世—晚更新世早期。区内典型的同安组对比如图2所示。

3.2 龙海组(QP₃l)

龙海组广泛分布于河谷两岸及山间盆地,地貌上呈二级阶地或山前洪积扇,少数为一级阶地下部,河拔高度为10~15 m。沉积物主要呈褐黄色,由上部粘土、砂质粘土或细网纹红土和下部泥质砂砾石层组成二元结构,砾石具有一定的风化程度。

研究区龙海组分布于三明盆地三明钢铁厂—三明化工厂一线以西,至山前、大湖盆地大湖镇政府、永安盆地巴溪河洛溪两岸及沙县城关地区,面积11.44 km²。

区内典型的龙海组剖面为本次调查的永安盆地南侧巴溪的二级阶地。阶地类型为嵌入阶地,岩

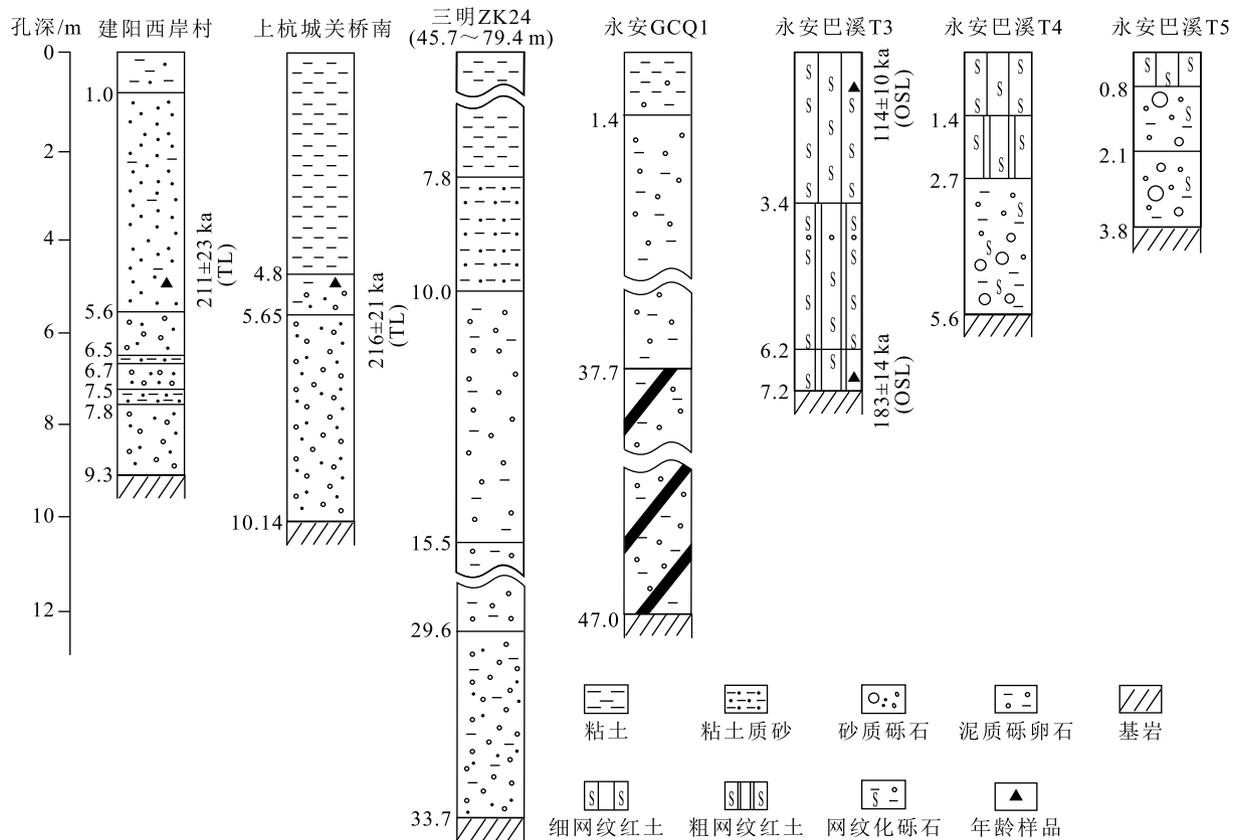


图 2 三明地区典型同安组对比

Fig. 2 Comparison of the typical Tongan Formation in Sanming area

性由上向下描述如下。

上覆地层: 灰黑色、灰色人工填土

-----平行不整合-----

龙海组

2. 褐红色细网纹红土层。网纹呈灰黄色, 宽度集中在 1~3 cm, 多发育植物根系 1.5 m
3. 灰紫色含砾细砂层 0.8 m
4. 褐黄色砾石层。砾石含量 60%, 砂含量 30%。对该层 1 m² 范围的砾石进行统计, 共统计砾石 101 颗, 岩性以砂岩为主, 含量 59.4%, 其次为粉砂岩, 含量 33.7%, 偶见辉绿岩; 砾石粒径集中在 20~150 mm, 最大粒径 256 mm; 磨圆度好, 以圆—次圆状为主; AB 面倾向 120°~150°, 倾角 20°~25°; 风化层厚度 1 mm 左右; 该层底部砂质透镜体取光释光样品, 测试结果为 118±13 ka 1.6 m

-----平行不整合-----

下伏地层: 坂头组凝灰质砂岩

此外, 本次施工的 6 口第四纪地质钻孔和调查的 1 处剖面(沙县沙溪 T2)也揭露了龙海组(表 3)。

前人曾在建阳和浦城获得龙海组的时代^[4], 其

中建阳水吉乡 ZK2739 孔 TL 年龄为 19±2 ka, 浦城永兴乡剖面 TL 年龄为 82±8 ka, 综合本次测试的龙海组 6 个 OSL 年龄, 龙海组应属晚更新世。区内典型的龙海组对比如图 3 所示。

3.3 小陶组(Qhx)

小陶组广泛分布于河谷两岸及山间盆地, 组成一级阶地及河漫滩, 沉积物大多具二元结构: 下部为灰黄色砂、砂砾石, 与下伏龙海组不整合接触; 上部为灰黄色、灰褐色粉质粘土、粘土质粉砂等细粒沉积物, 在较宽阔河段上部常见淤泥层。

研究区小陶组分布于第四系覆盖区的大部分地区, 面积 25.01 km²。本次施工的 5 口第四纪地质钻孔和调查的 1 处剖面(岩前鱼塘溪 T1)揭露了小陶组(表 4)。

根据本次测试的小陶组 OSL 年龄和收集的 2 个 TL 年龄, 该组属全新世。区内典型的小陶组对比如图 4 所示。

表3 龙海组岩石组合特征及OSL测年结果

Table 3 Lithostratigraphy and OSL ages of the Longhai Formation

孔号/剖面	地点	地貌单元	厚度/m	岩石组合特征(由上到下)	OSL 年龄/ka
YAQ1 孔	永安	文川溪二级阶地	9.87	黄褐色粉质粘土+红褐色粘土+灰黄色粉砂+黄褐色砾石层	59.2±4.8
YAQ2 孔	永安	沙溪二级阶地	7.72	黄褐色粘土质粉砂、粉砂+黄褐色中粗砂+灰黄色砾石层	23.7±2.6
GCQ2 孔	永安	益溪二级阶地	11.4	褐黄色粘土质粉砂+褐黄色砾石层	69.7±4.8
SMQ2 孔	三明	山前洪积扇	6.24	灰黄色、黑色夹砾石粗砂+灰黄色粗+灰黑、灰黄色砾石层	60.4±4.1
SXQ1 孔	沙县	沙溪一级阶地下部	5.50	黄褐色粉质粘土+褐黄色粉砂+褐黄色砾石层	45.2±4.2
SXQ2 孔	沙县	沙溪二级阶地	5.50	黄褐色粘土质粉砂(含铁锰结核)+黄色细砂+褐黄色砾石层	/
沙县沙溪 T2	沙县	沙溪二级阶地	3.5m	褐黄色粘土+褐黄色砾石层	15.2±1.4

表4 小陶组岩石组合特征及测年结果

Table 4 Lithostratigraphy and ages of the Xiaotao Formation

孔号/剖面	地点	地貌单元	厚度/m	岩石组合特征(由上到下)	年龄/ka
YAQ1 孔	永安	文川溪二级阶地上部	2.1	灰黄色粉质粘土	8.3±0.9(OSL)
GCQ2 孔	永安	益溪二级阶地上部	6.0	棕褐色砾石层+黄白色粘土+褐色砾石层	
SXQ1 孔	沙县	沙溪一级阶地	5.5	灰黑色淤泥	
SMQ1 孔	三明	沙溪一级阶地	15.2	灰黄色粉质粘土+灰黄色细砂+灰黄色砾石层	
SMQ3 孔	三明	沙溪一级阶地	8.55	灰褐色粘土质粉砂+灰黄色粗砂+褐色砾石层	
鱼塘溪 T1	岩前	鱼塘溪一级阶地	2.8	浅黄色粉砂+浅黄色砾石层	10.36±0.21(TL) 12.18±0.56(TL)

综上所述,区内各岩石地层单位的地貌学、年代学特征如图5所示。

3.4 区域河流阶地序列

为全面了解区内第四纪地层格架,本次建立了沙溪、巴溪、文川溪的河流阶地序列,共计7条剖面(表5;图6)。剖面1-1'位于沙县古县村,河流阶地序列由河漫滩和一级阶地组成,两者呈内叠关系。

河漫滩厚度为7 m,下部为灰黄色砾石层,上部为灰黄色砂及粘土质粉砂,属小陶组。一级阶地厚度为7.6 m,上部为灰黑色淤泥,属小陶组,下部为褐黄色粉质粘土与褐黄色砾石层组成的二元结构,属龙海组。

剖面2-2'位于沙县城关,河流阶地序列由一级阶地和二级阶地组成,阶地类型为嵌入阶地。一级

表5 三明地区典型河流阶地序列特征

Table 5 Characteristics of typical terrace sequences in Sanming area

河流	位置	剖面线	长度/m	阶面海拔/m(岩石地层单位)					
				河面	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
沙县	1-1'	250	109	112(Qhx)	/	/	/	/	
	2-2'	350	110	115(Qhx)	121(QP ₃ l)	/	/	/	
沙溪	3-3'	850	128	135(Qhx)	138(QP ₃ l)	148(QP ₂ t)	/	/	
	4-4'	900	130	135~140(Qhx)	145~148(QP ₃ l)	/	/	/	
永安	5-5'	680	162	165(Qhx)	172(Qhx+QP ₃ l)	180(QP ₃ l)	200(QP ₂ t)	/	
文川溪	永安	6-6'	910	178	180(Qhx)	191(QP ₃ l)	210(QP ₂ t)	/	/
巴溪	永安	7-7'	450	175	184	190(QP ₃ l)	197(QP ₂ t)	215(QP ₂ t)	235(QP ₂ t)

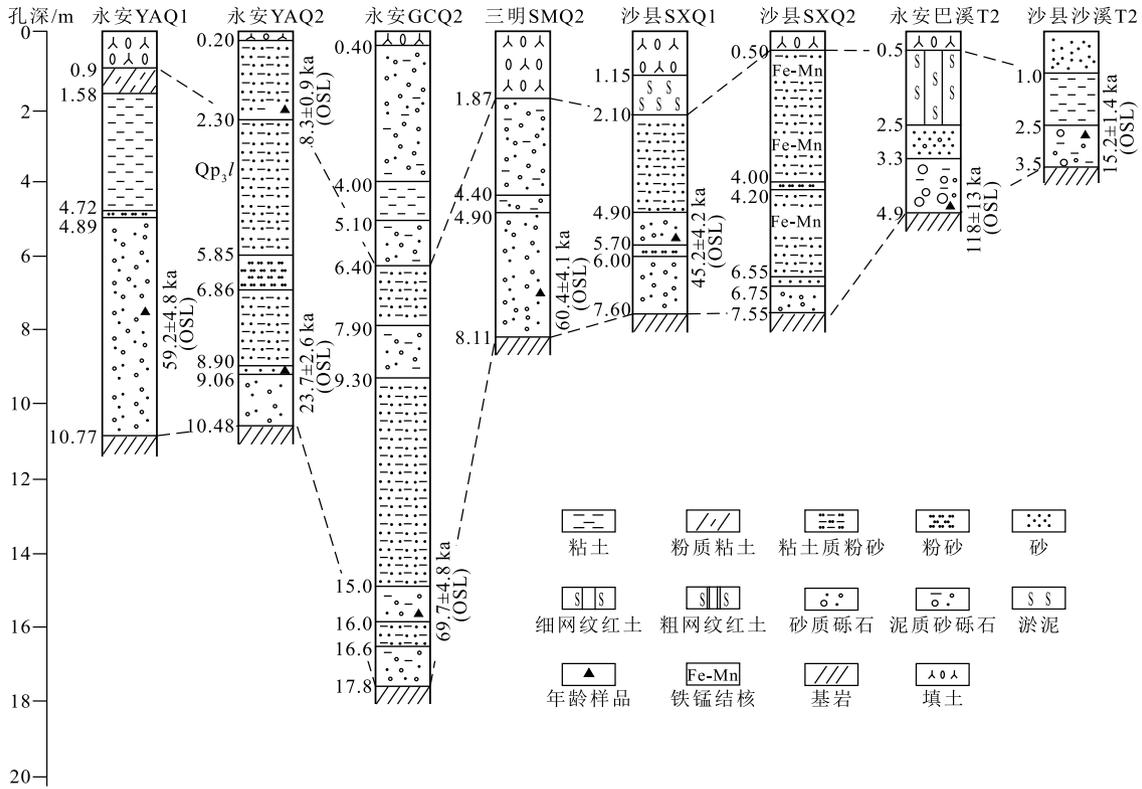


图 3 三明地区典型龙海组(Qp₃l)对比

Fig. 3 Comparison of the typical Longhai Formation in Sanming area

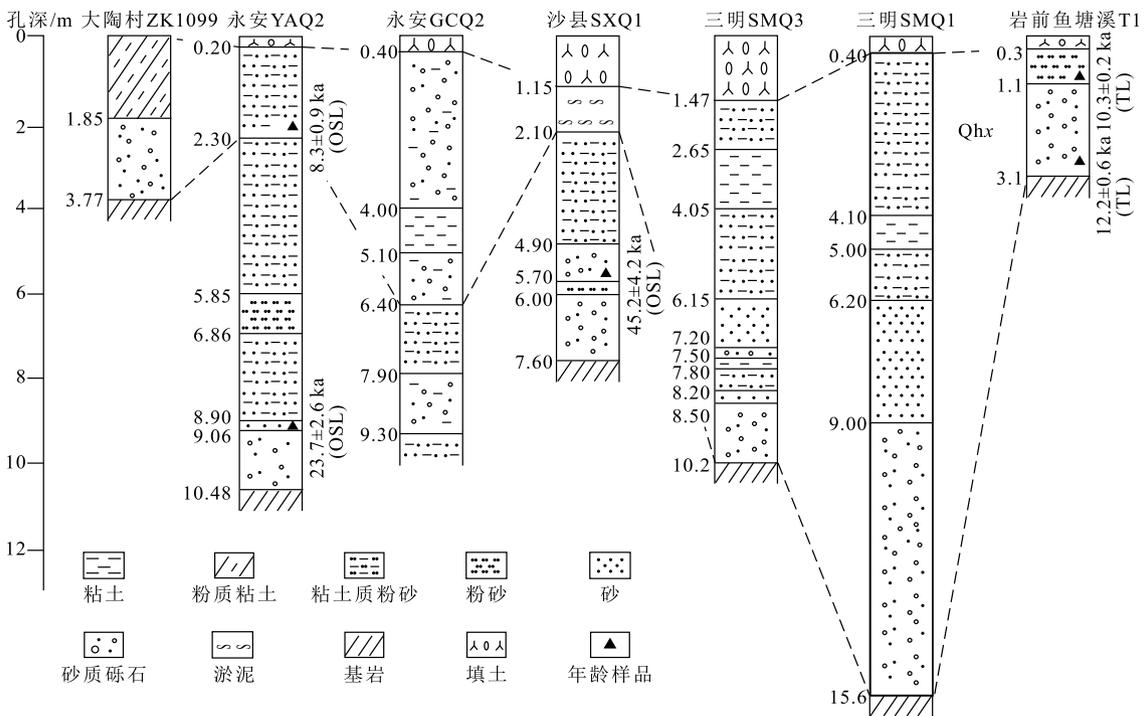
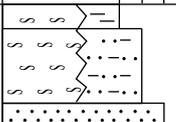
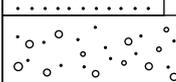
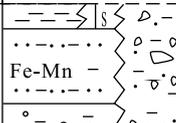
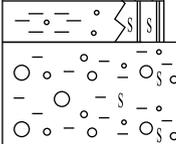


图 4 三明地区典型小陶组(Qhx)对比

Fig. 4 Comparison of the typical Xiaotao Formation in Sanming area

地质时代	岩石地层单位	厚度/m	岩石地层学		地貌地层学	年代地层学	代表性地物
			柱状图	岩石特征及区域变化			
全新世	小陶组 (Qhx)	2.3~15.6		上部灰黄色粘土、粘土质粉砂；下部灰黄色砂及砂砾石层	现代河床 河漫滩 一级阶地	8.3±0.9 ka/OSL	耕地 村道
				较宽阔河段存在灰黑色淤泥，以透镜体产出	少数二级阶地顶部 (嵌入阶地)	10.3±0.2 ka/TL 12.2±0.6 ka/TL	
晚更新世	龙海组 (Qp _{3l})	3.5~11.4		上部褐黄色粘土、粘土质粉砂；下部褐黄色泥质砂砾石层	二级阶地 (基座阶地)	15.2±1.4 ka/OSL 23.7±2.6 ka/OSL	居民区 省、国道 鹰厦铁路
				山前地区为混杂堆积的褐黄色泥质砂砾石层	少数三级阶地 (基座阶地)	59.2±4.8 ka/OSL 60.4±4.1 ka/OSL 69.7±4.8 ka/OSL 118±13 ka/OSL	
中更新世	同安组 (Qp _{2t})	2~45.6		上部褐红色粘土、含砾粘土；下部褐红色泥质砾石层 切割较深沟谷上部网纹红土；下部网纹化泥质砾石层 山前地区为混杂堆积的褐红色泥质砂砾石层	三级阶地 (基座阶地) 四级阶地 (基座阶地) 五级阶地 (基座阶地)	114±10 ka/OSL 183±14 ka/OSL	/

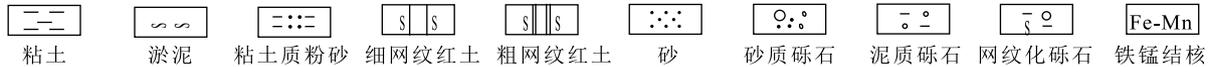

 粘土 淤泥 粘土质粉砂 细网纹红土 粗网纹红土 砂 砂质砾石 泥质砾石 网纹化砾石 铁锰结核

图5 福建三明地区第四纪地层层序

Fig. 5 Quaternary stratigraphic sequence of Sanming area, Fujian Province

阶地厚度为5 m,属小陶组。二级阶地厚度为7.5 m,属龙海组,其上部粉砂质粘土含铁锰结核。

剖面3-3'位于三明钢铁厂一带,河流阶地序列由一至三级阶地组成,均为基座阶地。一级阶地厚度为15.6 m,是区内厚度最大的小陶组。二级阶地厚度为6 m,属龙海组。三级阶地出露厚度为2~3 m,出露范围较小,为同安组,砾石风化程度高、锤击易碎,且砾石层中砂含量极低,整体表现为泥质砾石层。3-3'剖面属于反盆地型的第四纪地层格架,即盆地边缘厚度更大,这种类型常出现在岩溶盆地^[3],三明盆地正是一个岩溶盆地。而这种第四纪地层格架与地质历史时期的岩溶塌陷有关(该段河流地貌过程将另文详述)。

剖面4-4'位于三明市列西实验小学一带,河流阶地序列由一级阶地、二级阶地和山前洪积扇组成,阶地类型为嵌入阶地。一级阶地厚度为6 m,属小陶组。二级阶地厚度为7 m,属龙海组。本次施工的SMQ2孔整体为堆积混杂的砂砾石层,含粉砂质粘土透镜体,砾石分选性、磨圆度差,成分与附近山体基岩岩性一致,表现为明显的山前洪积相。该

洪积扇与二级阶地为同时异相,反映了龙海组在区域上的变化。

剖面5-5'位于永安尼纶厂,河流阶地序列由一至四级阶地组成,一级阶地为嵌入阶地,其余三级阶地为基座阶地。一级阶地厚度大于5 m,属小陶组。二级阶地厚度为10.4 m,上部灰黄色粉砂质粘土为小陶组,下部褐黄色粉质粘土与褐黄色砾石层组成的二元结构属龙海组。三级阶地厚度为7.8 m,砾石存在一定程度的风化,但程度不高,同属龙海组。四级阶地出露厚度为5.5 m,砾石风化程度高,锤击易碎,整体表现为褐红泥质砾石层,属同安组。

剖面6-6'位于永安西郊大炼村,河流阶地序列由一至三级阶地组成,均为基座阶地。一级阶地厚度大于5 m,属小陶组。二级阶地厚度为10.7 m,属龙海组。三级阶地厚度为6.8 m,属同安组。

剖面7-7'位于永安水利电力职业技术学院一带,河流阶地序列由一至五级阶地组成,其中二级阶地为嵌入阶地,其余阶地为基座阶地。由于公路建设,一级阶地的沉积物已无保留。其余阶地特征

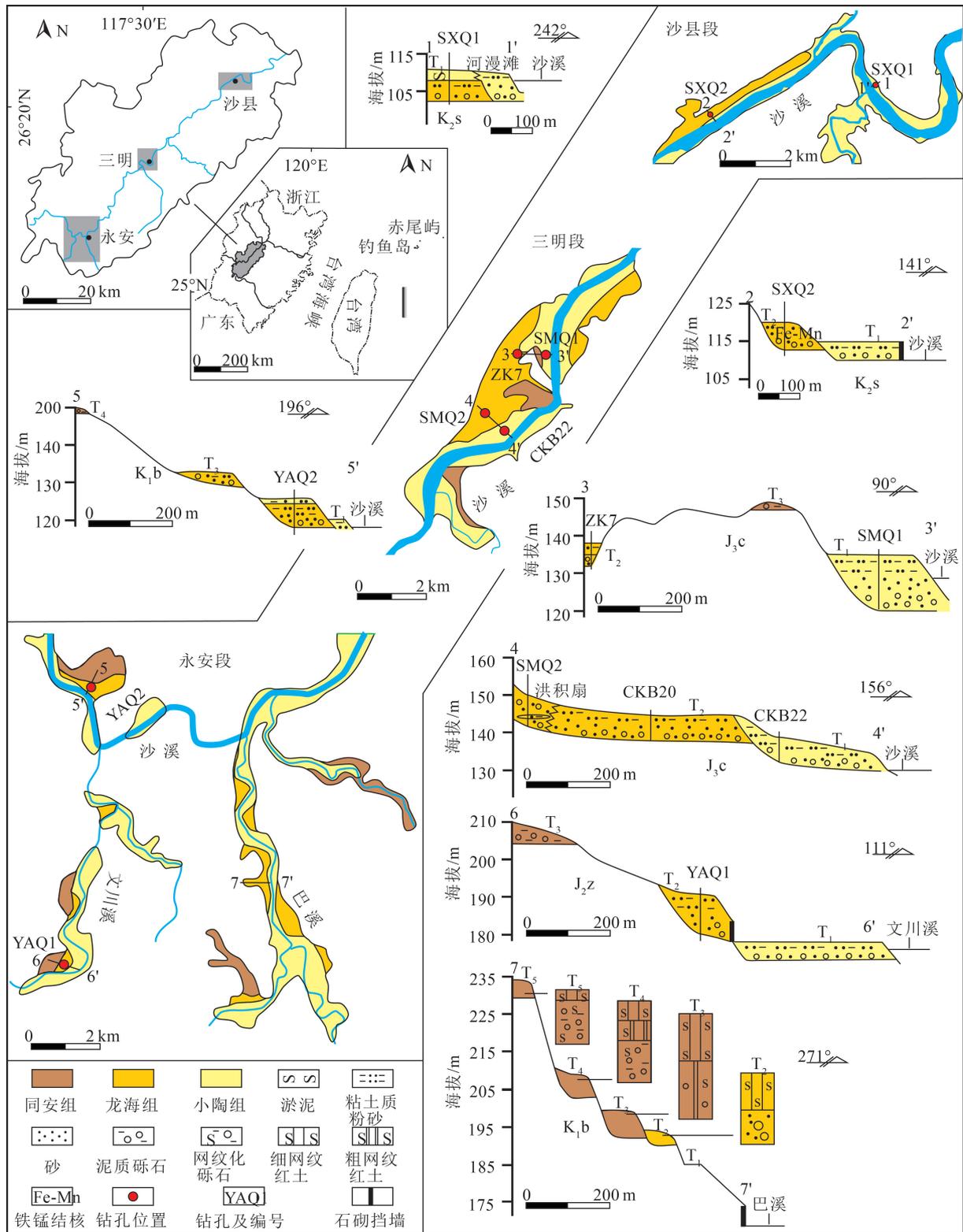


图 6 三明地区典型河流阶地序列

Fig. 6 Typical terrace sequences in Sanming area

K₁b—早白垩世坂头组; K₂s—晚白垩世沙县组; J₃c—晚侏罗世长林组; J₂z—中侏罗世漳平组

在前文已进行描述,此处不再重复。

4 讨论

厘定岩石地层序列是区域地质工作的基础。厘定过程中需要对各岩石地层单位的创名及原始定义、沿革、现在定义、层型地质特征及区域变化进行详细的研究与对比^[20]。通过前文中第四纪地层分述,对比前人在研究区建立的岩石地层单位,认为区内第四纪岩石地层单位的厘定需要解决区内是否存在下更新统和中更新世以来岩石地层序列2个问题。

4.1 区内是否存在下更新统

福建省内陆区的下更新统发育非常少且非常局限,目前仅见于明溪城关褐煤矿区的钻孔中^[9],由灰色、灰黑色砂砾石、砂质粘土、粘土及褐煤夹层组成,底部发育一层橄辉玢岩,厚 102.5 m。郑芬^[21]通过孢粉特征与附近已知年代的橄辉玢岩(1.8~2.2 Ma)研究,认为该套地层属于早更新世,并命名为明溪组。三明地区目前尚未发现该套地层,区内不存在下更新统。

4.2 中更新世以来的岩石地层序列

中更新统同安组正层型位于厦门同安泥山,由童永福于 1975 年创建^[3],并一直沿用至今。区内对同安组的使用不存在异议,本次划分仍沿用。

上更新统龙海组正层型位于漳州龙海下沧,同样由童永福于 1975 年创建^[3]。1990 年,王雨灼^[8]建立水吉组(正层型位于建阳将口乡西岸村)用来代替龙海组在内陆区的使用。组是野外宏观岩类或岩类组合相同、结构类似、颜色相近、整体岩性和变质程度特征一致、空间上有一定的延展性,并据以填图的地层体^[10]。将龙海组与水吉组的岩性特征进行对比(表 6),两者没有本质的区别,且龙海组上覆和下伏地层的接触关系都有说明^[3],这是一个岩石地层单位必须具备的内容,水吉组则没有说明。

因此,区内上更新统岩石地层单位应沿用童永福 1975 年建立的龙海组。

全新统东山组(正层型位于漳州东山县澳角)与长乐组(正层型位于福州东长乐潭头镇)均由童永福于 1975 年创建^[3]。但以上 2 个岩石地层单位(表 1)最重要的特征是含海生贝壳与木屑,与内陆区沉积物差异明显,不宜在内陆区使用。为解决该问题,王雨灼^[8]建立了坚村组和小陶组,作为内陆区全新世的岩石地层单位,两者是同时异相关系,坚村组为湖沼沉积物,小陶组为冲积物。

坚村组正层型建立于永安小陶乡坚村^[4]。剖面分层描述如下。

1. 黄褐色含腐殖质粘土 1.0 m
2. 棕褐色泥炭,¹⁴C 年龄为 2750±150 a B.P. 2.0 m
3. 灰白色砂质粘土 1.0 m

①上述描述并没有将坚村组的上覆地层与下伏地层交代清楚,其他已有资料也未对坚村组作详细交代,仅描述为一般上盖灰色粘质砂土,下伏泥质砂砾卵石^④;②这套湖沼相的泥炭沉积零星分布于德化、永安、南平等地,不具有空间上一定的延展性;③这套沉积物多在河流沉积物中以呈透镜体产出,是该泥炭层的本质,反映了全新世沉积物在区域上的变化。因此,坚村组的建组依据并不充分。

小陶组正层型位于永安小陶乡 ZK1099 孔,岩性特征具有代表性,能够反映山区全新世沉积物的特征,顶底界清晰,符合建组要求。建议将区内全新统岩石地层归为小陶组。

综上所述,根据岩石地层学特征将区内第四系划分为 3 个岩石地层单位,由老到新分别为同安组(Qp₂t)、龙海组(Qp₃l)和小陶组(Qhx)。

4.3 ZK24 孔同安组的成因

前人^②曾将 1961 年施工的 ZK24 孔 45.69~79.40 m 段(图 7)作为三明盆地中典型的同安组地

表 6 龙海组与水吉组特征对比

Table 6 Characteristics of the Longhai Formation and Shuiji Formation

组	上段	下段	地貌单元
龙海组	以黄色陆相粘土为主	黄色泥质砂砾卵石夹黄色粘土	二级河流阶地
水吉组	灰黄色-棕黄色砂质粘土、粘质砂土或粘土,局部夹少量砾石	灰白色、桔黄色泥质砂砾卵石,半固结,砾石表层风化、磨圆度及分选性各地不一	二级河流阶地

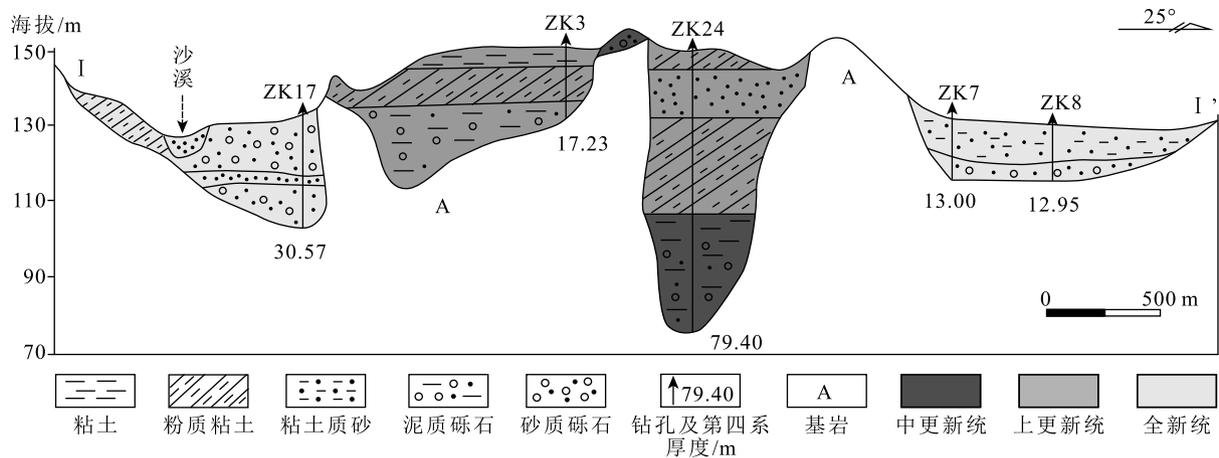


图 7 三明盆地 I-I' 第四系剖面图

Fig. 7 I-I' Quaternary section of Sanming Basin

层剖面,该段由上向下岩性描述如下。

上覆地层:龙海组

- | | |
|----------|---------|
| 5.暗红色粘土 | 7.83 m |
| 4.黄色泥砂层 | 2.21 m |
| 3.泥质卵石层 | 5.5 m |
| 2.泥质砾卵石层 | 14.06 m |
| 1.泥质砂夹卵石 | 4.11 m |

下伏地层:长林组

但该区并不是原始的河流沉积物,而是经过岩溶塌陷及二次搬运的沉积物。原因如下。

(1)该孔揭露第四系厚度共计 79.40 m,对比福建其他地区,沿海区闽东北区揭露最深的第四系为霞浦利埕 DK1 孔(87.66 m),福州地区揭露第四系较深钻孔为福州 MNO5 孔(58.47 m);沿海区闽中一闽南地区揭露最深的第四系为龙海平原 ZK14 孔(81.30 m)。上述地区不仅位于沿海地区,更是福建省各大水系的入海口地区,这些地区最深的第四系仅为 60~90 m;三明盆地作为闽江上游支流的山区盆地,并没有能力沉积 79.40 m 厚的第四系(图 1-B)。

(2)三明盆地第四系剖面图(图 1-B、图 7)显示,同安组以基座阶地的形式存在,ZK24 孔左、右两侧以中更新统为基座阶地,而 ZK24 孔的中更新统出现在钻孔底部,反映中更新统与钻孔两侧的中更新统存在于同一基座阶地上,之后由于岩溶塌陷,ZK24 孔周围的中更新统全部落入陷坑中,导致孔中的中更新统厚 33.71 m,而阶地上的中更新统

厚度小于 10 m。ZK24 孔中更新统沉积物为经过岩溶塌陷及二次搬运的沉积物系本次研究首次提出。

5 结论

(1)通过梳理区内第四纪地层划分沿革,根据钻孔和地表出露的岩石特征,将三明地区的第四系划分为 3 个岩石地层单位,由老到新为同安组(Qp₂t)、龙海组(Qp₃l)和小陶组(Qhx)。同安组主要呈褐红色,由上部细粒沉积物和下部泥质网纹化砾石层组成二元结构;龙海组主要呈褐黄色,由上部细粒沉积物或细网纹红土和下部泥质砂砾石层组成二元结构;小陶组主要呈灰黄色、灰褐色,由上部细粒沉积物和下部砂砾石层组成二元结构,局部存在淤泥质透镜体。

(2)光释光测试结果与河流阶地序列显示,同安组时代为中更新世—晚更新世早期,一般组成三至五级河流阶地,局部地区表现为山前洪积扇;龙海组时代为晚更新世,一般组成二级阶地或山前洪积扇,少数为一级阶地下部;小陶组时代为全新世,组成一级阶地及漫滩。

致谢:审稿专家提出了宝贵建议,中国科学院南京地质古生物研究所黄兴博士多次参与讨论并提出建议,中国地质大学(武汉)硕士研究生苏建超和朱海参与了野外样品采集,在此一并感谢。

参考文献

- [1] 赵举兴.福建省三明市城市地质调查内容设置——兼论山区城市的城市地质工作重点[J].资源环境与工程,2018,32(3): 403-407.

- [2] 余泽忠,丁祥焕,席廷山.福建永安益溪河谷地貌特征和地质构造的关系[J].福建师范学院学报,1963,(2):115-130.
- [3] 童永福.福建省第四系沉积概况[J].第四纪研究,1985,6(1):99-106.
- [4] 福建省地质矿产局.福建省区域地质志[M].北京:地质出版社,1985:172-180.
- [5] 陈金秀.福建省永安盆地第四纪冰川遗迹的探讨[J].福建地质,1984,(1):61-67.
- [6] 王惠霖.福建冰川遗迹质疑[J].福建地质,1986,5(1):48-64.
- [7] 王绍鸿.福建第四纪不可能有冰川活动[J].亚热带资源与环境学报,2008,3(1):83-88.
- [8] 王雨灼.福建省第四纪地层的划分[J].福建地质,1990,9(4):289-306.
- [9] 福建省地质调查研究院.中国区域地质志福建志[M].北京:地质出版社,2016.
- [10] 刘进峰,陈杰,王昌盛.新疆叶尔羌河上游全新世阶地的释光年代与河流下切速率[J].地震地质,2011,33(2):421-429.
- [11] 张克旗,吴中海,吕同艳,等.光释光测年法——综述及进展[J].地质通报,2015,34(1):183-203.
- [12] 庞奖励,黄春长,周亚利,等.湖北庾家湾剖面释光测年与地层年代学及记录的55 ka BP气候变化[J].地质学报,2017,91(12):2841-2853.
- [13] 颜燕燕,张家富,胡钢,等.陕峡谷基座阶地沉积物释光测年方法的比较研究[J].第四纪研究,2018,38(3):594-610.
- [14] 王继龙,吴中海,张克旗,等.四川龙门山南段青衣江河流阶地形成时代及其构造地貌意义[J].地质通报,2018,37(6):996-1005.
- [15] 田钰琛,殷志强,张绪教,等.燕山山地伊逊河下游河流阶地沉积物特征及古环境意义[J].地质论评,2022,68(1):111-121.
- [16] 全国地层委员会.中国地层指南及中国地层指南说明书(修订版)[M].北京:地质出版社,2001.
- [17] 杨振京,毕志伟,刘林敬,等.第四纪地质调查工作方法[M].北京:地质出版社,2010.
- [18] 赖忠平,欧先交.光释光测年基本流程[J].地理科学进展,2013,32(5):683-693.
- [19] 赵举兴,李长安,黄光明,等.福建永安地区网纹红土粒度特征及其成因指示意义[J].地质科技通报,2020,39(6):43-51.
- [20] 福建省地质矿产局.福建省岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1997.
- [21] 郑芬.福建省明溪组早更新世孢粉组合特征[J].中国区域地质,1989,3:226-232.
- ①福建省地质局区域地质测量队.永安幅1:20万区域地质矿产调查报告.1965.
- ②福建省地质局区域地质测量队.三明幅1:20万区域地质矿产调查报告.1966.
- ③福建省水文地质工程地质队.福建省永安县永安盆地供水勘探报告.1980.
- ④福建省闽西地质大队.福建省永安市地质系列图说明书.1989.
- ⑤福建省地质局.中华人民共和国1:20万顺昌幅、宁化幅、三明幅区域水文地质普查报告.1981.
- ⑥福建省地质局.中华人民共和国1:20万南平幅、永安幅、德化幅区域水文地质普查报告.1981.
- ⑦福建省闽西地质大队.中华人民共和国1:5万安砂幅、贡川幅区域地质调查报告.1990.