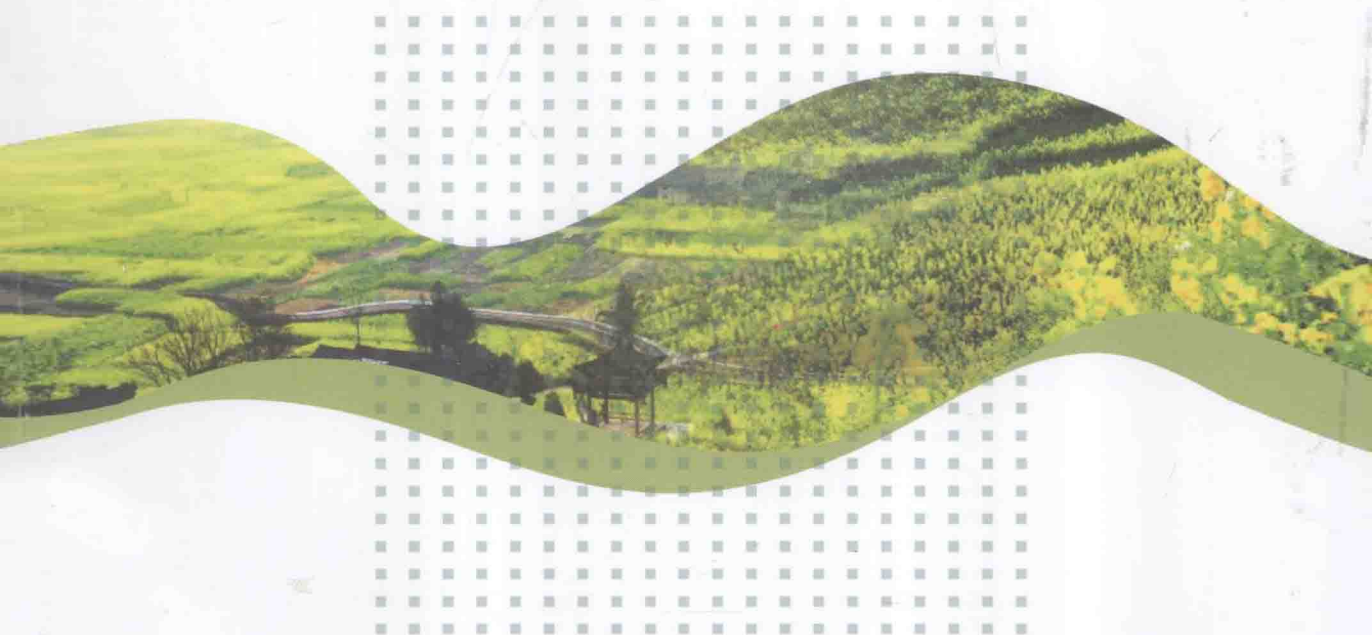


CHENGDU PINGYUAN DISIJI
DIZHI YU HUANJING

成都平原第四纪 地质与环境

梁 斌 朱 兵 王全伟 等 著
付小方 郝雪峰



科学出版社

成都平原第四纪地质与环境

梁 斌 朱 兵 王全伟 付小方 郝雪峰 等 著



科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是作者对成都平原区第四纪地质调查研究的成果总结。书中运用多种先进的测试手段,对成都平原不同时代、不同成因类型的第四纪地层的物质组成、结构特征、形成时代、成因类型、孢粉组合以及地球化学特征等进行了较为深入的研究。本书建立了成都平原第四纪地层系统,查明了第四纪堆积物的时空分布及成因类型,解决了长期存在争论的第四系成因问题,初步恢复了成都平原第四纪以来的古环境特征。

本书可供从事区域地质、第四纪地质、地震地质研究的科研人员及高等院校相关专业师生参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

成都平原第四纪地质与环境 / 梁斌等著. —北京: 科学出版社, 2014.4

ISBN 978-7-03-039975-5

I. ①成… II. ①梁… III. ①平原-第四纪地质-研究-成都市 IV. ①P534.63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 040919 号

责任编辑: 张 展 罗 莉 / 封面设计: 墨创文化

责任校对: 陈 靖 / 责任印制: 余少力

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

成都创新包装印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014年3月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2014年3月第一次印刷 印张: 8.75

字数: 205千字

定价: 45.00元

中国地质调查局青藏高原东缘地震活动带基础地质综合调查(1212010880704,1212010918038)
中国地质调查局川滇黔相邻区地质矿产调查(1212011120610,1212011220411)
四川省国土资源厅重点项目(KJ-2010-5)

本书作者名单

梁 斌 朱 兵 王全伟 付小方 郝雪峰
应立朝 刘 亮 余光模 任志栋 唐桢俊

成都平原位于四川盆地西部,邻接青藏高原东部边缘,第四纪以来伴随着青藏高原东南缘的龙门山脉大幅度抬升,盆地边缘急剧下降,形成了一套厚度较大、成因类型多样的第四纪堆积物。成都平原第四系记录了青藏高原东缘(龙门山)阶段性隆升的重要信息,而且作为青藏高原东缘的山前平原区以及中国地势第一阶梯向第二阶梯的过渡地带,地貌起伏悬殊,西风带在越过青藏高原时发生分流,并在长江中下游汇合,四川盆地则成为背风的“死水区”,因而在第四纪古环境研究上具有重要的地位,越来越受到人们的关注。同时,成都平原是四川省经济最发达、城市最集中、人口最稠密的地区,2008年发生于相邻的龙门山构造带的“5.12”汶川8.0Ms特大地震,给成都平原区人民生命财产造成了巨大的损失。对该区第四纪地质的深入研究,也有助于深入探讨成都平原新构造运动的特征,能够为区域地壳稳定性评价以及社会生产、城市建设提供科学依据。

一、研究历史

成都平原位于四川盆地与青藏高原东南缘接合部位,东至龙泉山西麓,西缘龙门山前山之边,南抵总岗山西北坡,北东濒临川中红层丘陵区,为轴向呈 $NE30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 展布盆地,面积大约为 8400km^2 。作为西南地区重要的第四纪堆积区,以及其所处的特殊的构造位置,成都平原第四纪地质一直受到人们的高度关注,具有悠久的历史。

对成都平原第四系的研究可以追溯到20世纪30年代,萨尔费德、梭颇、戴意、谭锡畴、李春昱、侯德封、李陶、马溶之、李承三等先后入川工作,研究工作涉及成都平原第四纪地文、地形以及成因等内容,开创了该地区第四纪地质研究工作。这些研究成果奠定了该区第四纪地质的基础,至今许多认识仍被人们广泛接受。

新中国成立后,对成都平原的地质调查日渐加强,不少单位进行过晚新生代地质范畴的专题研究和区域地质、水文地质调查。20世纪70~90年代,四川省地质局(后更名为四川省地质矿产局)相继开展了涉及成都平原区的1:20万区域地质调查、水文地质调查工作以及水文地质工程地质综合勘察,对该区第四纪地层进行了年代-成因划分,并依据大量钻孔及地球物理资料,初步查明了成都平原(凹陷区)第四系的岩性组成、空间分布和基底构造等特征。在此期间,李永昭、康彦仁、刘兴诗、张倬元、徐毅峰等对成都平原第四纪的物质组成、成因类型进行了研究,并进行了地文期、气候地层以及岩石地层划分。80年代末,四川省地质矿产局组织完成的《四川省区域地质志》,根据完成的区域地质调查及其他相关研究成果,对四川盆地内第四纪地层进行了总结,并进行了岩石地层划分。这

一时期的研究中,对成都黏土、雅安砾石层的成因问题提出了不同的认识。陈治荣等(1990)采用 ^{14}C 等测年方法对成都黏土、广汉黏土的形成时代进行了研究。

21世纪以来,学者们对成都平原第四系地层开展了多方面的深入研究。在第四系年代地层方面,李吉均、李勇等采用石英电子自旋共振(electron spin-resonance spectroscopy, ESR)测年方法对大邑砾岩、雅安砾石层的形成时代进行了研究;赵志中等对四川双流胜利和黄甲两个红土剖面进行了系统的磁性地层学研究,表明成都平原网纹红土的母质形成于第四纪中期。第四系成因方面,赵志中、乔彦松等根据成都黏土、更新世网纹红土粒度、石英颗粒表面形态以及稀土元素分布模式等特征对其成因进行了研究,认为两者均属于风成成因。在古环境的研究方面,姚轶锋、付顺等在进行三星堆、金沙古文化遗址等的环境考古中,对4ka以来的堆积层中的孢粉化石进行了研究;赵志中等在早—中更新世网纹红土中分析出较为丰富的孢粉化石,并根据孢粉化石的组合特征恢复了成都平原这一时期古植被特征及古环境变化。

20世纪80年代以来,学者们对成都平原晚新生代以来的地质构造演化及新构造运动的特征进行了研究。何银武根据获得的水文地质资料,论述了成都平原的形成时代和演化过程;李勇等将晚新生生成都盆地充填序列作为一个构造层序,并分为三套沉积层序,认为龙门山的逆冲—走滑控制了成都平原的形成与演化,同时对岷江、青衣江的水系演化与变迁进行了分析。张倬元、崔志强等,在对蒲江地区(名邛台地)、丹棱地区第四纪堆积物的特征进行研究的基础上,分析了熊坡背斜的隆升对古青衣江水系演化的制约。卢登仕、贺尚荣、邓起东、钱洪、唐荣昌、郑文俊等根据遥感、地质调查、历史地震等资料,对成都平原隐伏断层及活动性进行了研究。

二、研究思路和主要内容

本次研究的思路是:在对成都平原区区域地质调查的基础上,对代表性的第四系剖面的深入研究,依据第四纪地层的物质组成、成因类型、阶地的级次等宏观地质特征,配合较为系统的测年数据,按岷江、古青衣江水系建立第四系地层系统,进行岩石地层、年代地层、生物地层的多重划分与对比,通过第四纪地层的成因以及孢粉、地球化学指标分析恢复第四纪以来的环境变化。

第四纪地层的划分与对比是成都平原区第四纪地质研究的关键问题,主要涉及第四系的物质组成、成因、年代学、生物地层学等问题,而这些问题又是探讨成都平原第四纪以来环境变化、新构造运动以及盆地形成演化的前提。由于受到年代学、成因认识以及生物化石相对贫乏等多种因素的制约,对这些问题长期以来存在不同的认识。另一方面,成都平原区古环境问题研究相对薄弱,学者们近年来对这一问题有所涉及。古环境问题的研究不仅需要对反映环境变化的替代性指标进行分析,而且对于第四系成因的认识也是确定古环境变化的重要方面,这一点在成都平原区古环境研究中表现得尤为突出。如对网纹红土母质及下部砾石层是冰川堆积物还是冲(洪)积物的认识,是关系成都平原及青藏高原东缘早—中更新世古环境的重大地质问题;还有晚更新世成都黏土是风成还是水成的认识,也关系到成都平原末次冰期的古环境问题。围绕上述两个方面的问题,具体研究内容和方法如下:

(1)第四纪堆积物的物质组成。对于成都平原周围出露于地表的不同时代的第四纪堆积物,在地貌调查的基础上,对其分层结构进行详细调查描述,主要包括不同分层的颜色、粒度及沉积构造、次生构造等。对砾石的岩性、砾向、粒度、砾态、风化程度等进行统计,为岩石地层划分、成因判别以及分析物源区提供资料;对黏土层的粒度、颜色变化以及次生构造等进行详细观察描述。

(2)钻孔资料的分析。对于成都平原内埋藏于平原内的第四纪堆积物,主要依据已有的钻孔资料进行分析,根据钻孔岩心的砾石成分、颜色、胶结程度、含水性以及电性等特征进行划分与对比,在此基础上综合分析埋藏型第四系在成都平原内的时空分布特征。

(3)年代学研究。成都平原区第四系年代学研究十分薄弱,20世纪60年代以来开展的区域地质调查,主要根据区域地层对比、地文期以及地貌特征等进行了年代地层划分。21世纪以来,一些研究者对成都平原第四纪堆积物应用 ESR、 ^{14}C 、磁性地层等方法进行了年龄的研究,但数据不多,且缺乏系统性。本次研究,针对不同时代的地层以及测年对象,采用光释光(optically stimulated luminescence, OSL)、ESR 等方法,结合部分已有的磁性地层研究结果,确定第四纪沉积物的形成时代,为地层的划分对比以及环境变化研究提供时间标尺。

(4)堆积物的粒度特征。沉积物的粒度特征与沉积环境有密切的关系,常被用于不同沉积物成因类型的判别及搬运动力条件的研究。重点针对成都黏土、网纹红土进行系统的粒度分析,对粒参数进行计算统计和图解,与已知沉积环境下的粒度特征进行对比,根据其粒度组成特征进一步确定其成因类型。

(5)石英颗粒形貌特征。应用扫描电子显微镜对沉积物中石英颗粒表面的微细特征进行研究,已成为分析其沉积环境的一种方法,在第四纪沉积物的成因研究中得到了广泛地应用。对成都平原区内广泛分布的成都黏土以及更新世网纹红土(认为是冰水堆积或风尘堆积),通过扫描电子显微镜对其中的石英颗粒的表面特征进行分析,以确定其成因类型。

(6)孢粉分析。第四纪堆积物中的孢粉化石对生物地层以及古植被、古环境恢复等方面具有重要的意义。成都平原第四纪堆积物中孢粉研究相对薄弱。在不同时代、不同成因的代表性剖面上,按照一定间距系统采集孢粉化石样品,根据孢粉化石的组合特征,恢复成都平原的古植被、古气候特征。

(7)地球化学特征研究。第四纪堆积物的元素地球化学特征与物源区性质具有十分密切的关系,同时在风化成土作用过程中,控制风化作用强度的关键因素是气候变化,其风化特征和元素在剖面上的变化能够揭示其古气候变化。在具有代表性的剖面上,系统采集化学分析样品,对其主量、微量及稀土元素进行分析测试,根据反映风化程度的变化指标以及元素的组成特征,探讨古气候及物源区特征。

三、工作概况

本书研究工作是在中国地质调查局青藏高原东缘地震活动带基础地质综合调查(项目编号:1212010918039、1212010880704)、川滇黔相邻区地质矿产调查(项目编号:1212011120610、1212011220411)计划项目支持下完成的。2008年汶川“5.12”地震

后，中国地质调查局向四川省地质调查院下达的 1：25 万成都市幅(H48C002002)区域地质调查(修测)增量项目(任务书编号：基 [2008] 增 01-07-04/基 [2009] 青藏 03-01/[2010] 增 07-01 号/基 [2011] 02-07-2)，属于上述计划项目，西南科技大学承担了其中的第四纪地质专题研究任务。研究工作还得到了四川省国土资源厅重点项目“成都市第四纪断裂及其活动性的综合调查与研究(项目编号：KJ-2010-5)”的资助。研究工作始于 2009 年，2013 年 11 月由中国地质调查局西南项目办公室组织专家对项目进行了评审验收，被评为优秀级成果。本书就是上述项目的成果之一。

研究工作完成实物工作量如下表所示。

完成工作量表

工作项目	技术指标	完成工作量
地质观测路线		900km
实测第四系地质剖面		25km
稀土分析	稀土元素 15 项	40 件
微量元素分析	Zr、Hf、Ba、Cu、V、Zn、Sc、Cr、Co、Ni、Rb、Th、U	40 件
主量元素分析	SiO ₂ 、Al ₂ O ₃ 、Na ₂ O、MgO、P ₂ O ₅ 、K ₂ O、CaO、TiO ₂ 、MnO、Fe ₂ O ₃ 、FeO、H ₂ O ⁺ 、CO ₂	40 件
粒度分析		120 件
孢粉化石鉴定		60 件
石英形貌分析		28 件
ESR 测年		20 件
OSL 测年		6 件
钻孔原始编录资料		23 孔(3.31km)

四、研究进展

本书在总结前人富有成效的研究成果及大量野外地质调查的基础上，运用多种先进的测试手段，对成都平原不同时代、不同成因类型的第四纪地层的物质组成、结构特征、形成时代、成因类型、孢粉组合以及地球化学特征等进行了较为深入的研究。建立了成都平原第四纪地层系统，查明了第四纪堆积物的时空分布及成因类型，解决了长期存在争论的第四系成因问题，初步恢复了成都平原第四纪以来的古环境特征。本研究主要取得了以下成果：

(1)区域地质调查的结果表明，成都平原区第四纪堆积物主要受岷江水系控制，在其西南部还分布了古青衣江水系的沉积物，两者在物质组成和阶地级次，特别是砾石的成分上具有显著的差别。根据两条水系物质组成上的差异，将成都平原区岷江水系的早更新世一晚更新世堆积物划分为下更新统磨盘山组、下—中更新统牧马山组、中更新统合江组、上更新统广汉组；古青衣江水系早更新世一晚更新世堆积物划分为下—中更新统蒲江组、中更新统丹棱组及东馆组等岩石地层单位。这些是成都平原区首次系统建立的第四系岩石地层单位，这不仅对于区域第四纪地层划分与对比具有重要的意义，而且为深入探讨

成都平原区第四纪地质构造演化奠定了较为坚实的基础。

(2)成都平原区除了分布于平原周围的出露型第四系以外,尚有分布面积更大的埋藏型的第四系,前者构成成都平原周围的第四纪阶地,后者组成现代成都平原。通过对钻孔资料的分析研究,对成都平原埋藏型上新统一第四系进行了重新划分,将其概略地划分为上新统大邑砾岩、下更新统、下一中更新统、中更新统、上更新统和全新统,绘制了不同时代第四系等厚图,基本查明了埋藏型第四系的物质组成、时空分布以及不同时代堆积物的厚度变化情况。埋藏型第四纪地层的划分,清晰地表现出成都平原阶段性、不均匀凹陷的过程,为研究成都平原(凹陷区)晚新生代以来的地质构造演化提供了重要资料。

(3)对第四纪堆积物采用了 ESR、OSL 等测年方法,新获得了一批第四纪测年资料,将成都平原区第四系年代地层划分为:更新统泥河湾阶(午城阶),对应岩石地层单位为磨盘山组;更新统泥河湾阶(午城阶)—周口店阶(离石阶),对应岩石地层单位为岷江水系的牧马山组、古青衣江水系的蒲江组;更新统周口店阶(离石阶),对应的岩石地层单位为岷江水系的合江组,古青衣江水系的丹棱组、东馆组;更新统萨拉乌苏阶(马兰阶),对应的岩石地层单位为成都黏土、广汉组;更新统萨拉乌苏阶(马兰阶)—全新统,对应的岩石地层单位为资阳组。结果表明,成都平原大面积分布有早更新世(原划为中更新世)的堆积物,与已有的磁性地层研究结果是一致的。

(4)首次采用 OSL 测年方法,系统地获得了成都黏土可靠性高的测年数据,测年结果为 $74.67 \pm 9.59\text{ka} \sim 8.60 \pm 0.33\text{ka}$,其时代为晚更新世中—晚期。通过系统地质调查,配合粒度、石英形貌特征、地球化学特征的综合分析,确定了成都黏土为末次冰期的风成堆积物,与黄土高原马兰黄土相当,其物源主要来源于当地,明确了成都黏土的地层学含义。

(5)在龙泉山西麓发现了早—中更新世的泥石流堆积,泥石流沉积相组合为 AA1B、AA1C、AA1,具有黏性泥石流的沉积特征。ESR 测年 $779 \pm 77\text{ka}$ 及孢粉化石组合特征表明,泥石流形成于早—中更新世温暖湿润的气候环境下。龙泉山西坡泥石流堆积物的发现,不仅丰富了成都平原区第四系成因类型,而且反映了龙泉山早、中更新世之交的构造隆升,以及四川盆地盆地期夷平面的解体,是对早、中更新世之交青藏高原的隆起、季风的加强、暴雨式降水出现的沉积响应。

(6)在更新世网纹红土中获得了丰富的孢粉化石,为恢复第四纪以来成都平原区的古植被类型及古气候特征提供了依据。早—中更新世网纹红土中的孢粉组合均反映出,成都平原区这一时期的植被类型为栎、栗、桦、蒿、莎草科等为主的森林草原植被,其气候环境温暖湿润。

(7)成都平原区是否存在古冰川遗迹(堆积物)的问题,是有关成都平原区第四纪古气候以及青藏高原东缘是否存在大面积冰川分布的重要地质问题,学者们对这一问题长期存在不同认识。本书,从第四纪沉积物的沉积特征、石英颗粒表面形态特征以及孢粉反映的气候特征,并与中国冰期划分数值年代进行对比,认为成都平原区早—中更新世没有古冰川遗迹的存在,否定了成都平原区存在冰碛物、冰水堆积物,成都平原区广泛分布的网纹红土及其下的砾石层的成因为河流的冲(洪)积物。

(8)对早、中更新世网纹红土开展了较为系统的岩石地球化学研究,通过对化学蚀变指数(chemical index of alteration, CIA)、风化淋溶系数(Ba 值)A-CN-K 图解的分析,表明网纹红土经历了湿热环境下强烈的化学风化,为长江上游第四纪古气候恢复提供了资

料。网纹红土的化学蚀变指数(CIA)为 84.51~88.91, 平均值为 86.35, 江西九江、安徽宣城红土基本相同; 风化淋溶系数(Ba 值)一般为 20.92%~29.30%, 平均值为 26.09%, 表明网纹红土的 Ca、Na、K、Mg 等活动性组分相对于 Al、Fe 等惰性组分强烈淋失, 属于强风化作用强度; A-CN-K 图解指示, 网纹红土中斜长石几乎风化殆尽, 呈现了明显的脱 K 特征和较强的富 Al 化趋势。这些特征均说明, 成都平原区更新世网纹红土经历了炎热、潮湿环境下的强烈化学风化作用, 反映了这一时期成都平原总的为湿热气候环境。

本书是项目组全体人员辛勤工作的集体成果。编写本书的分工如下: 前言, 梁斌、朱兵; 第一章, 付小方、郝雪峰; 第二章, 梁斌、朱兵、王全伟、郝雪峰、应立朝、刘亮、唐桢俊; 第三章, 梁斌、王全伟、朱兵、付小方、应立朝、刘亮、余光模; 第四章, 梁斌、应立朝、王全伟、朱兵、任志栋、唐桢俊; 结语, 梁斌。本书由梁斌统攥定稿。侯兰杰、胡立、张跃跃、文龙、燕中林、王鑫等参加了野外工作。

五、致谢

本书是国土资源部地质大调查成果之一, 是在中国地质调查局、中国地质调查局西南项目办领导下完成。中国地质调查局翟刚毅处长、于庆文处长、张海敞处长、毛晓长教授级高级工程师, 成都地调中心丁俊主任、尹福光研究员、李生教授级高级工程师, 四川省地质矿产勘查开发局李树总工程师、四川省地质调查院冯健院长、阚泽忠副院长、曾宜君教授级高级工程师给予了许多重要的指导和帮助, 侯立玮教授级高级工程师、刘啸虎教授级高级工程师, 多次组织项目组开展学术交流, 并在野外进行了现场指导, 对于开拓项目研究思路起到了很好作用, 在此一并表示诚挚的感谢!

承担本次研究工作的测试分析单位主要有: 国土资源部武汉矿产资源监督检测中心、中国地震局地质研究所地震动力学国家重点实验室、中国地震局地壳应力研究所新生代学实验室、西南科技大学测试中心等。对上述测试单位表示衷心地感谢!

目 录

前言

第一章 自然地理及区域地质背景	1
第一节 自然地理	1
第二节 区域地质背景	2
一、区域地质特征	2
二、成都平原地质构造格局	4
三、区域地质构造演化	4
第二章 成都平原区第四纪地层	7
第一节 第四纪地层的划分与对比	7
一、研究历史	7
二、第四纪地层划分与对比	8
第二节 出露型第四系	13
一、岷江水系出露型第四系特征	13
二、古青衣江水系出露型第四系特征	29
三、上更新统成都黏土	39
第三节 成都平原区埋藏型上新统一第四系	45
一、埋藏型堆积物的分布特征	47
二、埋藏型各时代地层特征	48
第四节 龙泉山西坡更新世泥石流堆积物	54
一、泥石流岩相划分及沉积特征	55
二、泥石流形成的时代和气候环境	56
三、对龙泉山第四纪构造隆升的指示	58
第三章 成都平原区更新世红土及古环境记录	59
第一节 红土形成时代及其成因	59
一、成都平原区红土的年代地层学	59
二、成都平原区红土的成因	61
第二节 网纹红土的粒度特征	68
一、粒度组成及分布特征	69
二、粒度参数	70
三、网纹红土与成都黏土粒度组成及参数的比较	71

第三节	孢粉特征及记录的古植被、古气候	73
一、	早—中更新世孢粉特征	73
二、	中更新世孢粉特征	77
第四节	网纹红土的地球化学特征及其古环境意义	81
一、	主量元素特征	82
二、	微量元素特征	84
三、	稀土元素组成及特征	86
四、	网纹红土的化学风化强度及对古环境的指示	88
第四章	成都黏土及古环境记录	92
第一节	成都黏土的 OSL 年代学	92
一、	样品的采集	92
二、	OSL 测年研究	93
三、	讨论	96
第二节	成都黏土的粒度特征	96
一、	材料与方法	97
二、	成都黏土的粒度特征	98
三、	讨论	102
第三节	成都黏土的地球化学特征及其对物源和风化强度的指示	102
一、	采样和分析方法	103
二、	主量元素特征	103
三、	微量元素特征	105
四、	稀土元素特征	106
五、	主量和微量元素的比值	108
六、	成都黏土的物源区	108
七、	成都黏土的风化强度	109
第四节	成都黏土的成因讨论	110
一、	成都黏土的空间分布	110
二、	成都黏土的粒度特征	110
三、	成都黏土的风化强度	111
四、	成都黏土的形成时代	111
五、	成都黏土石英颗粒的扫描电镜特征	111
结语		114
参考文献		119
名词索引		125

第一章 自然地理及区域地质背景

第一节 自然地理

成都平原(又称川西平原)位于四川盆地西部,是西南地区最大的平原。成都平原东至龙泉山西麓,西缘龙门山前山之边,南抵总岗山西北坡,北东濒临川中红层丘陵区,呈NE30°~40°方向展布,面积约为 8400km²(图 1-1)。

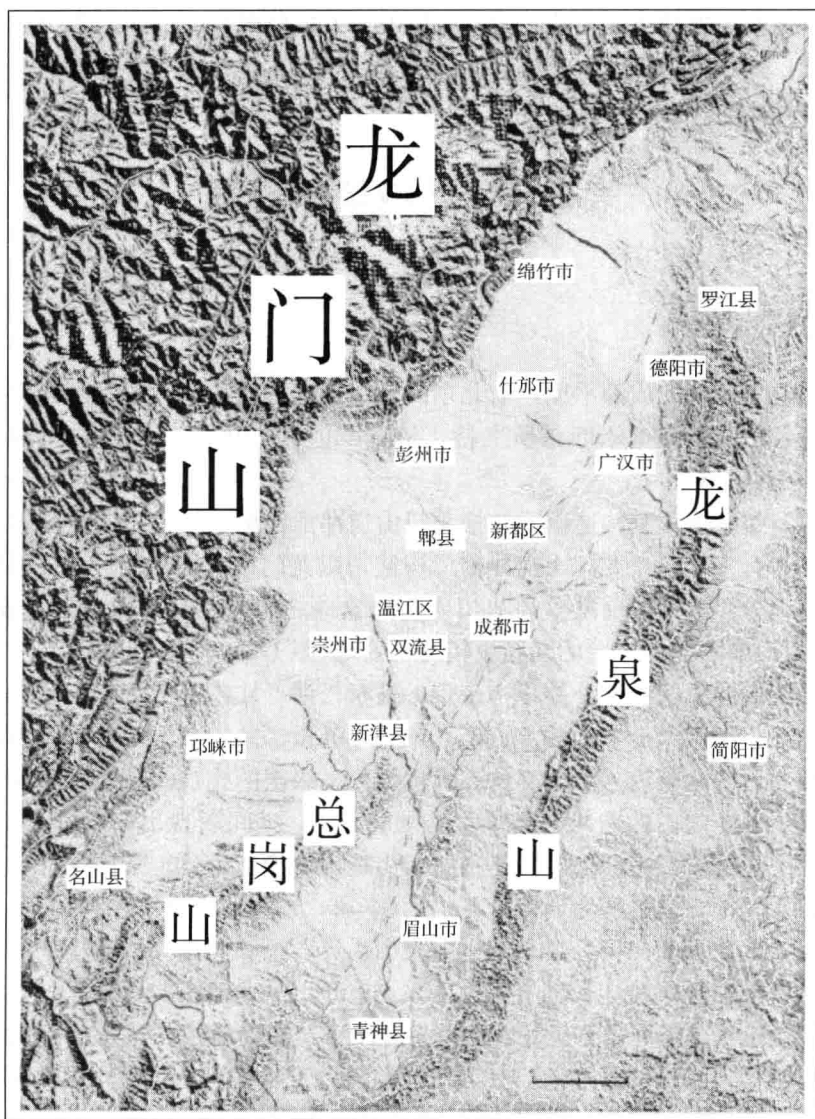


图 1-1 成都平原地貌图

成都平原内部从地形上分为扇状平原和周边台地两部分,前者构成平原主体,后者在平原周边断续分布,海拔 500~600m,地形高差一般小于 20m。平原西侧龙门山前山和山前地带,为中—高山区和中—低山区,一般海拔 1000~3000m;东侧为龙泉山中—低山和川中丘陵区,一般海拔 500~600m,龙泉山最高峰海拔 1051m。成都平原是我国河网稠密地区之一,有分属长江流域上游的岷江、沱江和青衣江三大水系。

成都平原属亚热带湿润季风气候,一年四季日照少,夏无酷暑,冬无严寒,多雾少风,降雨充沛,湿度较大。全年无霜期大于 337 天,年平均日照时数 1071 小时。年平均气温约 17℃,7~8 月最热,极端最高气温偶达 37.3℃;最冷月出现在 1 月,最低-5.9℃。年总降水量为 1000mm 左右,降雨主要集中在 7~8 月,月降雨量分别为 225mm 和 229mm;降雨最少月份为 12 月和 1 月,月降雨量为 6mm 左右。常年暴雨出现的始终期分别在 6 月底、7 月初和 8 月下旬。

成都平原是四川省经济最发达、城市最集中、人口最密集的地区,省会成都市位于成都平原的东侧,是四川省政治、经济、文化中心,同时又是中国西南地区科技、商贸、金融、教育中心和交通、通信枢纽。

第二节 区域地质背景

一、区域地质特征

位于四川盆地西部的成都平原,为北东向龙门山逆冲推覆构造带前缘断裂——安县—灌县断裂和龙泉山前陆隆起褶断带所夹持,呈 NE40°~45°展布,长约 150km,宽约 40~80km,面积约 8400km²。

成都平原及邻接地区其构造单元包括龙门山逆冲推覆构造带、川西前陆盆地及川中前陆盆地(潘桂堂等,2009),龙门山逆冲推覆构造带以龙门山前缘断裂——安县—灌县断裂与川西前陆盆地分界,川西前陆盆地与川中前陆盆地之间为龙泉山褶断带。成都平原(盆地)是上叠于川西前陆盆地之上的晚新生代沉积盆地(图 1-2)。

成都平原西侧的龙门山逆冲推覆构造带,处于松潘—甘孜造山带与扬子地台的结合部位。它北起广元,南至天全,长约 500km,宽约 30km,呈北东—南西向展布,以前山断裂、中央断裂和后山断裂为主要滑面构成大规模、多级次的叠加式冲断推覆构造带。川西前陆盆地的形成与龙门山的逆冲—走滑运动关系密切,之间表现出典型的盆山耦合关系,川西前陆盆地之上的成都平原(盆地)是在龙门山造山带晚新生代走滑与逆冲的联合作用下形成的走滑挤压盆地,其物源为西侧的龙门山(李勇,1998;李勇等,2006)。

川西前陆盆地西以龙门山为界,东以龙泉山为界,呈“两山夹一盆”的构造格局,并显示为狭窄的线性盆地。盆地长轴方向为北东—南西,与龙门山构造带平行,以堆积巨厚的中—新生代陆相红色碎屑岩—蒸发岩及山前磨拉石建造为特征。成都平原(盆地)是上叠于其上的晚新生代以来形成的盆地,其沉积物源来自于西侧的龙门山。成都平原(盆地)于新近纪上新世—第四纪早更新世的大幅沉降和沉积作用、不均衡局部差异抬升和剥蚀作用,及其所形成的地貌形态,总体与龙门山前陆带再次强烈逆冲—推覆和抬升密切相关,

并主要受新生代沉积基底构造，特别是同沉积活动断裂的控制。

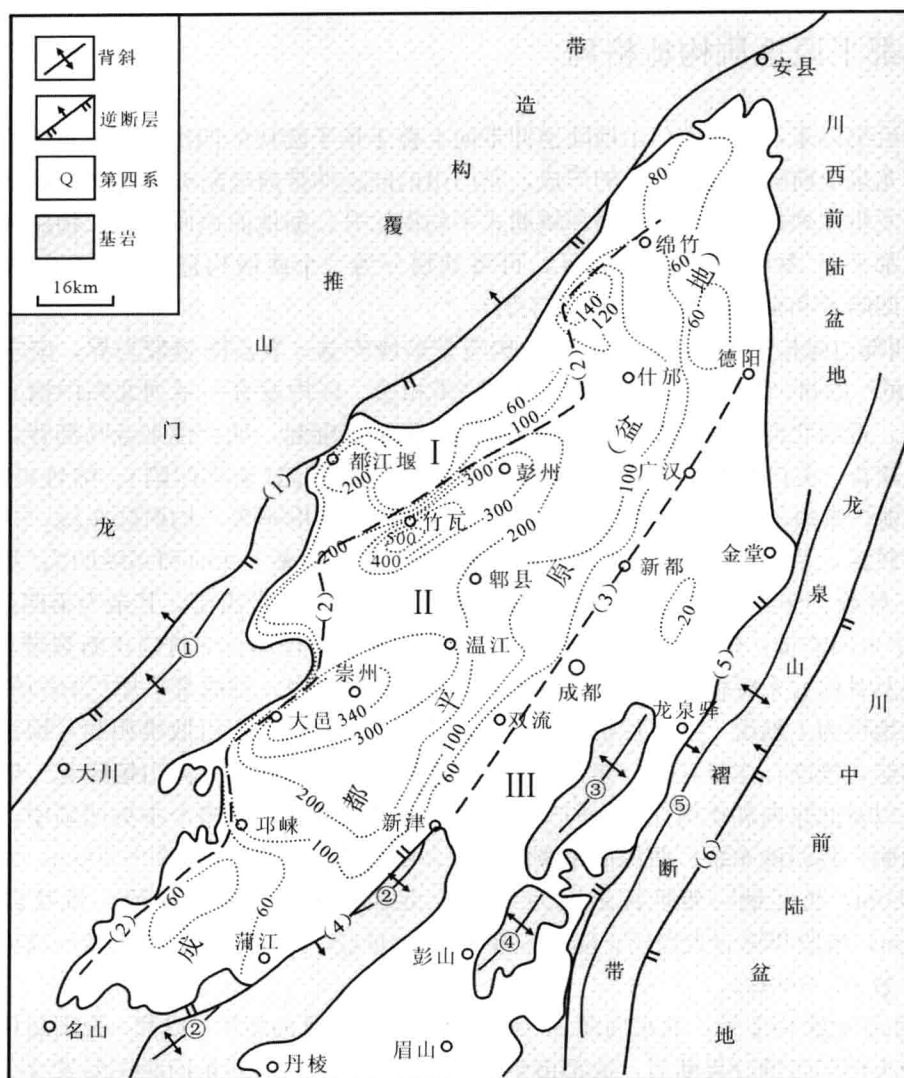


图 1-2 成都平原构造地质图

I—西部边缘构造带；II—中央凹陷带；III—东部边缘构造带。

(1)安县—灌县断裂带；(2)大邑—崇州、竹瓦铺—彭州—什邡和绵竹隐伏断裂带；(3)新津—成都—德阳隐伏断裂带；(4)蒲江—新津断裂；(5)龙泉山西坡断裂带；(6)龙泉山东坡断裂带。

①雾中山背斜；②总岗山熊坡背斜；③苏码头背斜；④盐井沟背斜；⑤龙泉山背斜

成都平原东侧为川西前陆盆地与川中前陆盆地之间的龙泉山褶断带，构成了成都平原的东部边界。龙泉山褶断带北起中江，南经金堂、龙泉驿、久隆场、仁寿，直达乐山新桥镇附近，总体走向 $NE20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，全长 230km，宽 15~20km。龙泉山褶断带由龙泉山复背斜及其东、西两侧相对倾斜的龙泉山断裂带组成，其西侧控制了成都平原第四纪沉积的东界。龙泉山东、西两侧断裂是第四纪活动性断裂，主要的活动时限为更新世早、中期，少数断层最新活动时限为晚更新世晚期。

川中前陆盆地位于龙泉山褶断带以东，由岩浆杂岩及各类片麻岩构成结晶基底，褶皱基底缺失。盖层发育基本完整，陆相中生界尤为发育。构造变形相对较弱，主要发育穹

隆、短轴背斜及鼻状构造,深部由多个滑脱面组成叠加构造。

二、成都平原地质构造格局

晚新近纪以来,随着龙门山前陆逆冲带向上叠于扬子陆块的四川盆地再度强烈逆冲—推覆,和龙泉山前陆隆起褶断带的形成,龙门山前陆逆冲带前缘断裂与龙泉山前陆隆起褶断带之间发生强烈拗陷、断陷和局部块断式不均衡抬升。据地面地质调查、物探和钻探资料,按成都平原(盆地)地质构造特征,可将其划分为三个次级构造带,即西部边缘构造带、中央凹陷带和东部边缘构造带(图 1-2)。

(1)西部边缘构造带:北西以龙门山构造带前缘安县—灌县断裂带为界,南东大体以邛崃—大邑—彭州—绵竹一线为界与中央凹陷带相接。区内发育一系列北东向褶皱、断裂和北西向、近南北向半隐伏断裂,以及次级凹陷和局部隆起,如:悦来金马场背斜、雾中山背斜,聚源—关口断裂,灌县(都江堰)凹陷、李家碾凹陷(洛水凹陷)、绵竹兴隆凹陷,羊马、聚源—崇州、新市—彭州等相对隆起。每个凹陷深度不等,均西陡东缓,其中灌县凹陷相对较深,基岩埋深 253m,次为李家碾凹陷(基岩埋深 139m)和兴隆凹陷(基岩埋深 89m)。三叠系、侏罗系、白垩系及古近系主要沿北西边缘地带出露,其余为第四系覆盖。

(2)中央凹陷带:位于大邑新场—邛崃、大邑—彭州—什邡、绵竹隐伏断裂带与蒲江—新津断裂及其向北东延伸的新津—成都—德阳隐伏断裂之间,是成都平原(拗陷)的主体构造。区内地层为上新统—第四系冲积扇和扇前冲积平原半固结—松散堆积物。据物探、钻探等资料综合推断,主要存在:崇州—大邑凹陷、竹瓦铺深凹陷,高山镇隆起、聚源崇义铺隆起,以及北东向和次级北北西向—近南北向的隐伏断裂。在整个中央凹陷中,沉降中心偏居西侧,具西陡东缓、西深而东浅的特点。西部基岩一般埋深 100~300m,大邑王场一带为 380m,竹瓦铺一带埋深最大为 541m;北段彭州三界桥至什邡一带基岩埋深为 100~150m;南段邛崃、大兴场、蒲江一带为 60m 左右;东部广汉、成都西—双流一带基岩埋深一般 60~100m。

(3)东部边缘构造带:北东向蒲江—新津断裂及其北延的新津—成都—德阳隐伏断裂为该带与中央凹陷带的分界断裂,成都市坐落于分界断裂东侧,其东南缘主要发育一系列走向北东 30°,呈雁列式展布的背、向斜,自西至东有:苏码头背斜、盐井沟背斜、总岗山熊坡背斜、龙泉山背斜等。背斜构造一般西翼陡倾,近轴部有上三叠统及侏罗—白垩系地层出露,常伴生有背冲式逆断裂,余为第四系覆盖,总体沉降幅度不大,第四系厚度多为十余米至数十米。

三、区域地质构造演化

成都平原位于扬子陆块西部四川前陆盆地西缘,北西与松潘—甘孜造山带东缘的龙门山构造带中南段相接。区域地质调查和深部物探资料显示,扬子陆块西缘主要由前震旦纪结晶—褶皱基底,以及上覆的震旦纪、古生代、中生代早期海相沉积层,以及晚三叠世以来陆相沉积层组成。通过总结和深入分析,从地质构造演化阶段上,成都平原及相邻地区可划分为震旦—晚三叠世早期扬子陆块大陆边缘演化阶段、晚三叠世晚期—白垩纪前陆盆

地演化阶段、古近纪陆内改造阶段、新近纪—第四纪块断式差异性沉降与隆升阶段等四个阶段。

1. 震旦—晚三叠世早期扬子陆块大陆边缘演化阶段

震旦系—寒武系的建造与生物群特征,以及与前震旦纪结晶—褶皱基底间沉积不整合界面的普遍存在,表明了在此期间泛扬子陆缘尚未裂解。龙门山区早寒武世磨拉石沉积的出现,中—晚寒武世地层的缺失、奥陶纪沉积的大部分缺失,以及早志留世超覆平行不整合于寒武系及奥陶系不同地层层位之上等,均显示于早寒武世晚期至晚奥陶世时期,龙门山地区曾一度抬升成陆。志留纪—早二叠世龙门山前山地区,主要为浅海、滨海台地相沉积,晚二叠世以后,扬子地区开始进入盆地发展时期,晚二叠世—三叠世为一个海侵、海退过程,为一个半封闭状态的内海盆地,沉积了红色复陆屑建造和碳酸盐建造沉积。

2. 晚三叠世晚—白垩纪前陆盆地演化阶段

晚三叠世末,由于古特提斯洋闭合而引起的碰撞造山事件,使龙门山及其以西地区卷入松潘—甘孜造山带及前陆逆冲构造带,并总体隆起;龙门山以东地区进入四川前陆盆地发展阶段,并于四川盆地中连续沉积了侏罗系—白垩系—古近系巨厚的山前磨拉石和陆相红色碎屑岩沉积层。

川西前陆盆地是从晚三叠世晚期(须家河期)以来逐渐发育起来的。本区从须家河期起沉积环境发生了重大变化,由中三叠世和晚三叠世早、中期的海相碳酸盐沉积转变为陆相碎屑沉积。从晚三叠世须家河期开始,四川盆地即与外海隔离,在川西前陆盆地中沉积了以碎屑岩为主的须家河组,侏罗系为一套红色陆相建造,早白垩世与四川盆地大部分地区缺失沉积不同,前陆盆地接受了堆积,晚白垩世前陆盆地沉积范围收缩,盆地内沉积物为咸湖红色砂泥岩相、蒸发岩相,石膏、钙芒硝大量沉积,直至新生代仍保持这一收缩的特点,第四纪则进一步收缩至成都平原。上述不同时期沉积与川西前陆盆地中的沉积相带的空间配置关系相似,自北西往南东可依次划分出冲积扇相、河流相和湖泊相等沉积相带,这表明其物质来源于北西侧的龙门山推覆构造带。不同时期的沉积相带在剖面上相互叠置,构成一个西厚东薄的沉积楔状体,盆地形态为一个向西倾斜的不对称箕状盆地,这也表明前陆盆地与龙门山推覆构造带的紧密关系。

3. 古近纪陆内改造阶段

古近纪龙门山推覆构造带向东南发展,成都平原西北部的龙门山边缘地带的侏罗系—白垩系地层发生了强烈的变形,形成褶皱、断层,其前缘安县—灌县断裂向前扩展,三叠系须家河组逆冲于侏罗系地层之上。前陆盆地中、东部总体变形较弱,形成宽缓的褶皱。但成都平原东侧的龙泉山以及总岗山一带,构造变形相对强烈,形成了褶皱及断层。由于受龙门山的逆冲推覆以及扬子陆块的阻挡,龙泉山下部地层沿三叠系与二叠系界面发生滑脱,形成以断层主导的褶皱。古近纪以来,龙泉山东、西坡断裂带持续发展,控制了成都平原的东部边界。总岗山一带形成熊坡背斜,其北西翼发育蒲江—新津断裂,该断裂第四纪以来持续活动,向北东方向隐伏于第四系以下,成为控制成都盆地第四系沉积的主要断层之一。