

上扬子东部古生代 被动陆缘页岩气地质 理论与实践

朱立军 张大伟 张金川 等/著
陈 祎 杨通保 陈厚国

**Geological theory and practice of
shale gas in Paleozoic passive
continental margin, eastern of Upper Yangtze**



科学出版社

上扬子东部古生代被动陆缘页岩气 地质理论与实践

朱立军 张大伟 张金川 等 著
陈 祎 杨通保 陈厚国

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是在全省开展页岩气资源调查评价的地质工作人员编写的一部专著,系统总结了贵州页岩气勘探开发和科研方面取得的新发现、新认识、新进展和重大突破,是政产学研密切合作的集体成果,以期为贵州今后的页岩气勘探开发、科研提供参考借鉴。全书共八章,内容包括贵州区域地质背景;贵州页岩气富集地质条件;贵州页岩气调查评价方法;贵州页岩气资源潜力;贵州页岩气勘探实践;贵州页岩气勘探开发与环境保护;贵州页岩气可持续发展战略;贵州页岩气地质理论与实践。

本书内容翔实,资料丰富,对贵州页岩气的总结具有全面性、客观性、科学性和实用性,可供从事页岩气地质工作者参考,也可供科研、高校相关专业师生阅读参考。

审图号:黔S(2018)003号

图书在版编目(CIP)数据

上扬子东部古生代被动陆缘页岩气地质理论技术与实践 / 朱立军等著.
—北京:科学出版社,2019.1

ISBN 978-7-03-058968-2

I. ①上… II. ①朱… III. ①扬子板块-古生代-被动-大陆边缘-页岩-石油天然气地质-研究 IV. ①P618.130.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第223936号

责任编辑:刘超 / 责任校对:王瑞

责任印制:张伟 / 封面设计:无极书装

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>

北京虎彩文化传播有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019年1月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2019年1月第一次印刷 印张:37 1/2

字数:880 000

定价:380.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序 一

作为国家战略的重要组成部分，油气资源不仅关系到国民经济的可持续发展，还会对国家安全产生重要影响。中华人民共和国成立以来，国家高度重视油气资源评价和发现，我国油气工业得到了快速发展，主要在北方省份获得了一系列重要突破。我国南方地区人口众多、经济发达，对能源需求极其旺盛，但除川、渝、苏等少部分省份地区外，大部分地区的油气资源供给全部依靠区外输入，供输距离长、运行成本高、影响因素多，曾数次出现能源供给问题。对油气成藏地质理论认识水平的提高和勘探开发关键技术的改进，促进了对多种类型非常规油气的开发和利用，开拓了在地域上以川渝黔鄂湘等地为主、在类型上以页岩气为代表的南方地区非常规天然气勘探开发新领域。

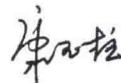
贵州省沉积地层发育、富有机质页岩厚度稳定，其区域油气地质调查工作开始于 20 世纪 50 年代。但由于区内构造运动多样、地质条件复杂、勘查开发难度较大等原因，除发现了一批油气苗并在赤水地区发现了小型气田外，贵州的油气勘探几十年来一直未有重大进展。2009 年，国土资源部启动“中国重点地区页岩气资源潜力及有利区优选”项目，对贵州省北部重点地区页岩气资源进行了调查评价，实施了松浅 1 井和岑页 1 井，获得了贵州省页岩气资源新发现，取得了贵州省页岩气资源调查的初步成果。2011 年全国页岩气资源潜力评价结果表明，贵州省页岩气地质资源量 10.48 万亿 m^3 ，列全国第四位，页岩气资源巨大。

贵州省十分重视页岩气工作，2012 年 3 月，组织省内外具有优势的专业单位，以上扬子东部古生代被动陆缘页岩气地质理论和技术研究为重点，共同对贵州省页岩气展开了系统的资源调查与评价工作，经过 22 个月地努力，圆满完成了贵州省页岩气资源调查评价项目工作任务。按照“黔北突破，带动两翼，兼顾黔南”的战略思路，累计完成了 26 口页岩气地质调查井，新发现了变马冲组、火烘组、打屋坝组/旧司组、梁山组、龙潭组五套具有页岩气资源潜力的富有机质页岩，获得了不同层系的一批页岩气勘探发现，优选了 26 个页岩气分布有利区，计算了全省及有利区页岩气资源量，提出了道真-正安和黔西-金沙两个页岩气勘探开发综合示范区建议，取得了丰硕成果。

该书作者长期从事贵州省地质调查研究和页岩气地质调查实践，掌握贵州省页岩气丰富的第一手资料。书中系统介绍了贵州页岩气勘查成果和研究进展，主要包括贵州省页岩气富集地质条件、有利区优选、资源潜力、勘查实践及可持续发展等相关内容，是对贵州省页岩气勘探与研究成果的系统归纳和总结。作为我国页岩气勘探开发的重点地区之一，贵州省的页岩气资源丰富，但赋存条件复杂，目前已先后在岑页 1、丁页 2HF 和安页 1 等钻井中获得页岩气重大突破，值此贵州省页岩气勘探开发拉开序幕之际，出版本书，对系统总结贵州省页岩气地质条件并指导勘探开发生产实践，不失为有益的尝试和探讨，有助于为贵州省的页岩气勘探开发和具体实践提供有力参考和指导。

本书是我国第一部以省份为单元、以上扬子东部古生代被动陆缘为重点的页岩气地质理论技术与实践著作，其中倾注了作者们的大量心血和智慧、充盈了理论实践过程中的宝贵经验和发展走向、透析了页岩气可持续发展的思路 and 战略，值得一读。

中国工程院院士



2018年8月

序 二

页岩气是一种清洁、高效的能源资源。近年来，美国页岩气随着技术不断进步，产量快速增加，已经改变了美国天然气以及能源格局，对国际天然气市场供应和世界能源格局产生了巨大影响。世界主要页岩气资源大国和地区也开始加快页岩气勘探开发进程。

我国页岩气勘探开发虽然起步晚，但发展速度很快，目前已成为继美国之后世界上第二大页岩气生产国。这些得益于国家政府部门的高度重视和支持、企业的高效投入和不断创新、业界的坚定信念和积极参与。经过几年的努力，中国页岩气地质理论认识和配套的方法技术以及有效的政策支持、管理措施得到了很大的提升，为中国页岩气的跨越式发展奠定了基础。中国页岩气作为未来油气资源的重要接替领域，正蓄势待发，页岩气规模有效开发的局面正在形成。

贵州省发育多套含气页岩层系，厚度大、范围广，页岩气资源基础雄厚，资源潜力大。但地质构造复杂、地表条件差、古生界页岩层位多；配套技术要求高、难度大。贵州省作为国家页岩气发展规划中的重点勘探开发地区之一，在全国页岩气资源潜力调查评价基础上进行的，依据贵州省构造特征、断裂发育、凹陷分布及地层展布特点，以上扬子东部古生代被动陆缘页岩气地质理论和技术研究为重点，组织开展了涵盖全省范围的页岩气资源调查评价，取得了理论和技术上的新成果。这项基础性、公益性的成果，对于探索上扬子东部古生代被动陆缘页岩气新的理论认识和技术方法，进一步摸清贵州省页岩气资源潜力，优选出有利目标区，推动全省页岩气勘查开发具有重要意义，必将为国家和贵州省有关部门、石油企业、科研院所、高等院校等广泛应用。

我曾很荣幸地受邀参加了贵州省页岩气资源调查评价项目的验收工作，对这项丰富的成果有深入的了解，很高兴为本书作序。我对参与到这项研究工作同志们的创新精神、刻苦态度、辛勤工作感到由衷的赞赏和钦佩。对本书主编和作者们良好的组织、辛苦的耕耘、无私的奉献充满敬意。

这本书的问世，将会对上扬子东部古生代被动陆缘页岩气地质理论和技术的提升，以及对于把贵州省打造成全国页岩气勘探开发的主战场，尽快形成页岩气规模化产业，产生重要影响。

中国工程院院士

2018年8月

前 言

贵州地处上扬子东部，油气勘查始于 20 世纪初。中华人民共和国成立后，贵州油气勘查全面展开。20 世纪 50 年代，西南地质局 548 队在凯里虎庄实施了贵州第一口石油浅井。到 80 年代，地质矿产部及石油工业部在贵州不同地区施工了 216 口石油钻井。历经 60 余年的勘查，贵州石油尚未打出可供开发利用的工业油流，仅发现较多的油气显示及少数石油矿点，尚未探明储量；天然气仅在赤水地区探明了部分可供生产开发利用的储量，贵州被列入“缺油少气”的省份。

2010 年，我国海相页岩气的发现，标志着我国油气勘查进入常规与非常规油气并重发展的时代，也给贵州油气勘查突破传统认识、开拓新思路带来了重要启示。

2011 年 4 月 16 日，在贵州省国土资源厅专家咨询委员会座谈会上，肖序常、翟裕生、张洪涛、邓军等专家学者建议，贵州要重视页岩气的调查评价。会后，本书第一作者朱立军立即主持编制我国第一个以省辖区为评价单元的贵州省页岩气资源调查评价方案，并组织开展全省范围内页岩气资源调查评价工作。

2011 年 12 月 30 日，国务院批准页岩气为我国第 172 种矿产。国土资源部将页岩气按独立矿种进行管理，引进多种投资主体，制定相关支持政策，推进页岩气勘查开采进程，尽快实现中国页岩气规模开发，以缓解我国油气资源短缺现状。

2012 年 3 月，由贵州省土地矿产资源储备局负责具体实施，中国地质大学（北京）、国土资源部储量评审中心、成都地质矿产研究所、贵州省土地矿产资源储备局、贵州省地质调查院、贵州煤矿地质工程咨询与地质环境监测中心 6 家单位共同承担，全面推进实施贵州省页岩气资源调查评价工作。

2013 年 9 月，在地质构造最复杂、地表条件最差、古生界页岩层位最多、油气勘查最难的条件下，仅用 18 个月就全面完成了贵州省 17.62 万 km^2 省域面积的野外地质调查、实验测试、地球物理、地球化学、26 口勘探井、200 余幅图件编制等项目任务，成为全国第一个完成省域范围页岩气资源调查评价的省份。调查评价成果及时应用于贵州页岩气勘探实践中，取得了一系列重大新发现、新认识，实现了页岩气地质理论、调查评价技术方法和组织管理模式创新。

2014 年 6 月，国土资源部批准设立黔北页岩气综合勘查试验区，这是我国首个页岩气综合勘查试验区。

2017 年 8 月 18 日，黔北正安页岩气勘查区块（含安 1 井）探矿权拍卖会在贵州省公共资源交易中心举行，国内 4 家获得资格的企业参加此次拍卖。经过激烈角逐，贵州产业投资集团有限责任公司以 12.9 亿元竞得正安页岩气勘查区块探矿权。这是我国首宗页岩气探矿权拍卖，是我国油气矿业权出让制度改革的重要探索。

2017 年 11 月，贵州产业投资集团聘请康玉柱、何继善、胡文瑞、曹耀峰、赵文智、

邹才能、朱立军、张大伟等 19 位院士、专家作为贵州正安区块页岩气勘查开发专家组成员,由康玉柱任专家组组长,朱立军、张大伟任专家组副组长。

2018 年 1 月,通过测采合一的方式,对安页 1 井开展测试、试采,同步回收页岩气。截至 2 月 21 日,安页 1 井累计产气 24.55 万立方米,输送至正安县城及周边地区。

本书是贵州页岩气资源调查评价及勘探实践的总结,取得的新认识、新发现、新进展和重大突破主要如下。

1) 发现并查明了贵州下寒武统牛蹄塘组、下寒武统变马冲组、上奥陶统五峰组一下志留统龙马溪组、中泥盆统火烘组、下石炭统打屋坝组、中二叠统梁山组、上二叠统龙潭组 7 套页岩气有利目的层系及其地质地球化学条件。系统总结并提出了不同沉积环境、不同类型页岩的有效性及其页岩气、天然气、致密气形成与富集、褶皱复合构造保存的多类型油气有序聚集规律。黔北地区受深水陆棚相冲断复式背斜复合构造控制,形成以龙马溪组富有机质页岩为烃源的页岩气及其上部致密气、天然气有序聚集;黔东地区受深水陆棚相逆断向斜复合构造控制,形成以牛蹄塘组富有机质页岩为烃源的页岩气及其上部致密气、裂缝气有序聚集;黔西地区受海陆过渡相逆断向斜复合构造控制,形成以龙潭组富有机质页岩为烃源的页岩气、煤层气、致密气有序聚集;黔南地区受台棚相逆断背斜复合构造控制,形成以打屋坝组、梁山组富有机质页岩为烃源的页岩气及其上部裂缝气有序聚集。

2) 创建复杂地质构造区页岩气有利区优选标准与资源潜力评价方法。在详细调查和 26 口勘探井的基础上,建立复杂地质构造区页岩气资源量测算方法——条件概率体积法,克服了传统体积法参数选取单一、缺乏代表性的不足。参数选取上解决了地质、地理、主观等不确定性因素对评价结果的影响,给出了不同概率条件下的参数赋值,得出相应结果。首次系统测算了贵州页岩气地质资源量 13.54 万亿 m^3 ,可采资源量 1.92 万亿 m^3 ,确立了全国第三的地位。针对贵州复杂地质构造区页岩分布特征、地质地球化学特点、储集物性、裂缝发育条件、保存条件及含气性等评价指标,改进并完善多因素叠合法等油气资源综合评价方法,创建复杂地质构造区页岩气有利区综合评价指标体系,优选出 26 个页岩气富集有利区。在国土资源部第二轮 19 个页岩气招标区块中,贵州优选推出的 5 个区块全部中标并实现了重大突破,充分验证了复杂地质构造区页岩气有利区优选标准与资源潜力评价方法的科学性和精准度。

3) 创建复杂地质构造区页岩气资源调查评价关键技术体系。根据贵州复杂地质构造区潜质页岩赋存地质特征、微孔结构特征、物性特征、含气量及含气结构变化特征、有机碳含量、有机质成熟度等地质地球化学参数特征,研发并建立了复杂地质构造区页岩气有利区优选标准与资源潜力评价方法、页岩气地质制图规范、页岩气含气性分析方法、页岩气井位优选方法、页岩气资源调查评价实验方法 5 套页岩气资源调查评价关键技术体系,填补了我国南方复杂地质构造区古生界页岩气资源评价关键技术空白,为国家地质矿产行业标准《页岩气资源/储量计算与评价技术规范》(DZ/T 0254—2014)的制定提供了借鉴。应用该关键技术体系,铜仁中能天然气有限公司在黔东岑巩区块成功实施天星 1 井,成为我国在海相沉积岩牛蹄塘层系首次点火成功且持续点火时间最长,连续 14 个月稳产气量约 500 m^3/d ;中国石化勘探南方分公司在道真—正安页岩气丁山区块完成丁页 2HF 井勘探,最大初始产量 10.5 万 m^3/d ,平均日产商业气流 2.3 万 m^3 ,成为贵州复杂地质构造区第一

口成功实施深井水平压裂并获得高产工业气流的页岩气井。

4) 创建黔北(道真-正安、黔西-金沙)页岩气综合勘查示范区,成为国土资源部批准的全国唯一的页岩气综合勘查试验区。提出并实施了政府引导(调查、规划)、专家指导(技术、环保)、市场主导(勘查、开发)的“三位一体”管理模式。在页岩气有利区优选基础上,参照资源量丰度、含气性、有机碳含量、有机质成熟度、地表条件、钻井深度、勘探开发风险等指标对页岩气有利目的层系进行综合评价,形成了以理论创新、技术攻关、优势团队组合于一体的集成管理理念。提出了“调查先行、规划引导、技术创新、注重环保、开放市场、加强监管”的页岩气勘查开发管理原则,建立了全国第一个省级页岩气数据库,健全了一系列政策保障措施,构建起良好的“政产学研群”关系。正安页岩气勘查区块(含安页1井)探矿权的成功拍卖出让成为中国油气制度改革的第一拍。

全书共分八章。第一章简要介绍贵州区域地质背景;第二章主要介绍贵州页岩气富集地质条件;第三章重点介绍贵州页岩气调查评价方法;第四章详细阐述贵州页岩气资源潜力;第五章介绍贵州页岩气勘探实践;第六章重点探讨贵州页岩气勘探开发与环境保护;第七章主要讨论贵州页岩气可持续发展战略;第八章系统总结贵州页岩气地质理论与实践。

本书前言由朱立军执笔,第一章由陈厚国、陈祎执笔,第二章由杨通保、陈祎执笔,第三章由张金川、张鹏、杨超、黄宇琪执笔,第四章由张金川、林腊梅、姜生玲执笔,第五章由张金川、张鹏、韩双彪、刘颀执笔,第六章由王甘露、刘杰刚执笔,第七章由朱立军、史森、陈祎执笔,第八章由朱立军、陈祎、陈厚国执笔。全书由朱立军、张大伟、陈祎统稿和定稿。

本书的编著是在学习、消化、吸收、继承贵州60余年油气勘查研究成果的基础上完成的。本书取得的新发现、新认识、新进展和重大突破主要是贵州省页岩气资源调查评价研究和应用的总结,是“政产学研”密切合作的集体成果。在项目研究及本书编写过程中,得到了肖序常、翟裕生、康玉柱、翟光明、陈毓川、何继善、张洪涛、邓军、胡瑞忠、王赤兵、周琦、戴传固、杜定全、雷怀玉、翟刚毅、李玉喜等专家、学者及同行的悉心指导与帮助,在这项集体劳动成果结集出版之际,表示衷心的感谢!

贵州页岩气勘探开发尚处于起步发展阶段,本书尝试利用贵州页岩气调查评价系列成果资料,对贵州复杂构造区页岩气生成条件及富集规律进行初步总结和探讨,难免以偏概全、一孔之见,限于作者水平,书中不妥之处,敬请批评指正。



2018年8月

目 录

前言

第一章 贵州区域地质背景	1
第一节 地层	1
一、区域地层	1
二、潜质页岩层系	21
第二节 沉积演化	24
一、区域沉积盆地演化	24
二、潜质页岩沉积环境演化	32
第三节 构造	38
一、构造单元划分	38
二、构造单元特征分述	40
三、构造演化	60
第二章 贵州页岩气富集地质条件	67
第一节 潜质页岩发育特征	67
一、潜质页岩地层岩相特征	67
二、潜质页岩厚度分布	117
三、潜质页岩埋藏深度	127
第二节 潜质页岩有机地球化学	134
一、潜质页岩有机质丰度	134
二、潜质页岩有机质类型	151
三、潜质页岩有机质成熟度	160
四、潜质页岩有机地球化学评价	167
五、中美地化参数对比	170
第三节 潜质页岩储层表征	171
一、矿物组成	171
二、储集物性及其影响因素	190
三、岩石力学特征	212
四、储层评价	213
第四节 潜质页岩含气性	217
一、潜质页岩含气显示	217
二、潜质页岩等温吸附含气量	234
三、现场解吸含气量	239

四、含气主控因素	265
第三章 贵州页岩气调查评价方法	272
第一节 页岩气调查与评价方法	272
一、地质与地球化学	272
二、地球物理	277
三、钻井地质工程	295
四、页岩气地质评价	298
第二节 贵州页岩气调查关键技术	300
一、野外地质调查与研究	300
二、实验测试与分析	302
三、井位优选	306
第三节 贵州页岩气有利区优选	306
一、页岩气有利选区方法	306
二、页岩气资源评价与选区流程	309
三、贵州页岩气有利区分布	311
第四节 贵州页岩气勘探开发示范区	320
一、黔北页岩气勘查开发示范区	320
二、黔西北页岩气勘查开发示范区	323
第四章 贵州页岩气资源潜力	337
第一节 页岩气资源评价方法	337
一、页岩气资源评价概述	337
二、页岩气资源评价方法	339
三、页岩气资源评价概率体积法	342
第二节 贵州页岩气资源评价关键参数	344
一、页岩气资源评价参数	344
二、页岩气资源评价关键参数	347
三、贵州页岩气资源评价关键参数	351
第三节 贵州页岩气资源评价结果	355
一、贵州页岩气资源量	355
二、贵州页岩气资源量的层系分布	356
三、贵州页岩气资源量的区域分布	364
四、贵州页岩气资源量深度分布	365
第四节 页岩气资源评价结果可信度	366
一、页岩气资源评价结果可信度分析方法	366
二、贵州页岩气资源评价结果可信度分析	368
第五章 贵州页岩气勘探实践	370
第一节 贵州页岩气勘查历史与现状	370
一、贵州页岩气勘查阶段划分	370

二、贵州页岩气勘查与研究现状	371
三、贵州页岩气勘探发现	372
第二节 寒武系页岩气勘探实践	373
一、寒武系页岩气勘查及岑巩区块页岩气发现	373
二、岑巩区块页岩气地质模式	374
三、岑巩区块页岩气勘查经验与启示	383
第三节 奥陶-志留系页岩气勘探实践	383
一、奥陶-志留系页岩气勘查及正安向斜页岩气发现	383
二、正安向斜页岩气地质模式	384
三、正安向斜页岩气勘查经验与启示	413
第四节 石炭-二叠系页岩气勘探实践	421
一、石炭-二叠系页岩气勘查及六盘水拗陷页岩气发现	421
二、六盘水拗陷页岩气地质模式	422
第六章 贵州页岩气勘探开发与环境保护	428
第一节 页岩气开采对地下水环境影响	428
一、页岩气开采对环境的影响及研究思路	428
二、页岩气水力压裂过程中固液气反应实验模拟研究	430
三、页岩气开采井岩心和压裂液、返排液组分分析	439
第二节 页岩气开采对岩溶地下水污染风险评价	445
一、地下水污染风险评价方法	446
二、地下水污染风险评价指标数据获取	449
三、地下水污染风险评价	450
第三节 页岩气开采对岩溶地下水环境影响预测模型研究	454
一、岩溶区页岩气开采浅层地下水影响预测模型研究	454
二、页岩气开采对深部含水层环境影响的数值模拟分析	466
第四节 页岩气勘探开发对水资源的需求与承载力评价	473
一、岑巩页岩气区块	474
二、绥阳-凤冈区块页岩气开采水资源承载力可行性分析	482
第五节 岩溶地区污染场地修复技术	490
一、对污染区域的处理技术	491
二、对受污染地下水的修复技术	492
三、消除暴露途径	492
四、制度控制	492
第七章 贵州页岩气可持续发展战略	493
第一节 贵州省地理、经济与页岩气可持续发展基础	493
一、地理、人文与生态	493
二、页岩气开发基础	495
三、页岩气可持续发展的特殊性	498

第二节 贵州页岩气发展趋势与发展机遇	499
一、页岩气勘探开发发展机遇	499
二、页岩气勘探开发优势	503
三、页岩气发展趋势	504
第三节 贵州页岩气可持续发展战略	506
一、页岩气可持续发展的必然性	506
二、页岩气资源需求	507
三、页岩气开发利用可持续发展的基础与条件	510
四、页岩气开发利用可持续发展规划	513
五、页岩气可持续发展路径与实现模式	521
第八章 贵州页岩气地质理论与实践	524
第一节 贵州页岩气地质理论	524
一、贵州页岩气地质研究进展	524
二、贵州页岩气富集地质模式	527
第二节 贵州页岩气调查评价及关键技术	539
一、贵州页岩气分布及资源潜力	539
二、贵州页岩气调查评价关键技术	541
第三节 贵州页岩气勘查管理改革实践	545
一、贵州页岩气勘查组织管理改革	545
二、黔北页岩气综合勘查试验区	551
三、正安页岩气勘查区块探矿权出让	553
参考文献	558
附录	567

第一章 贵州区域地质背景

第一节 地 层

一、区域地层

贵州地层发育齐全，自新元古界至第四系均有出露。特别是震旦纪至三叠纪海相地层层序连续，其间多为整合接触。地层中发育多套富有机质页岩层系，是我国南方地区页岩气目标层系发育最多、资源潜力较大、最具研究价值的地区之一。

根据《贵州省区域地质志》(贵州省地质矿产局, 2013), 贵州地层属全国地层区划的羌塘-扬子-华南地层大区(Ⅳ)的扬子地层区(Ⅳ₃), 区域内大面积出露的地层主要有寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系、二叠系及三叠系。其中, 北部地区(大致在瓮安-赫章一线以北)以古生代地层分布广为主要特征, 中生代、新生代地层小范围分布于向斜核部及北缘地带(四川盆地南部边缘), 其间除缺失泥盆系、石炭系绝大部分地层外, 均有所发育; 东部地区(大致在印江-瓮安-三都一线以东地区)以前震旦系地层广泛分布为主要特征, 雪峰隆起西侧震旦系、寒武系地层分布较广, 隆起区震旦系、寒武系及二叠系有零星分布。该区域普遍缺失泥盆系、石炭系、志留系及二叠系以上地层, 发育不全; 南部地区(大致指盘县-关岭-贵阳-贵定-三都一线以南地区)以晚古生代及中生代地层广泛分布为主要特征, 其中晚古生代—三叠系地层发育齐全, 普遍缺失奥陶系、志留系地层; 西部地区(大致指盘县-普定-赫章一线以西地区)以石炭系、二叠系、三叠系地层广泛分布为主要特征, 其间除普遍缺失奥陶系、志留系外, 其余地层发育较齐全; 中部地区(指黔中隆起区, 大致分布于织金-贵阳-瓮安等地区)以二叠系、三叠系地层广泛分布为主要特征, 部分背斜核部出露有南华系、震旦系及寒武系地层, 局部向斜有侏罗系地层分布。区内因遭受剥蚀, 部分缺失寒武系、奥陶系、志留系及泥盆系全部地层, 石炭系绝大部地层。贵州全境地层系统详见表 1.1。

现将区内地层由老至新按地层分布和岩石特征简要叙述如下。

(一) 前震旦系 ($Pt_3^1-Pt_3^2$)

前震旦系主要分布在印江-瓮安-三都一线以东地区, 遵义松林背斜、开阳洋水背斜核部有少量分布。区内发育并出露青白口系(四堡群/梵净山群、下江群)及南华系地层, 为一套区域性的浅变质岩, 厚度大于 1000m。其中, 青白口系四堡群/梵净山群为一套具复理石建造的绢云母板岩、变质砂岩及千枚岩等, 下江群为石英绢云片岩、板岩、变余砂

表 1.1 贵州省地层序列总表 (据贵州省地质矿产局, 2013)

年 代 地 层		岩 石 地 层			
第 四 系	全新统 Qh	南屯组 Nantun Fm.		高旺组 Gaowang Fm.	
	更 新 统 Qp	松坡组 Songpo Fm.		高坡地堆积	
	冰川沉积 Q _u			坪地组 Pingdi Fm.	
				碧痕岩组 Bihenyang Fm.	
新 近 系	上新统 N ₂	NQch 陈选屯组 Chenxuantun Fm.		喜鹊沟组 Xiquegou Fm.	
	中统 N ₁	NQ ₂ 密上组 Yaoshang Fm.			
古 近 系	渐新统 E ₃	Nsh 中水组 Zhongshui Fm.		N _{1w} 翁明组 Wengming Fm.	
	始新统 E ₂			E _{2-sh} 石脑组 Shiniao Fm.	
白 垩 系	上统 K ₂	K _{2d} 嘉定组 Jiading Fm.		K _{2m} 茅台组 Maotai Fm.	
	下统 K ₁	K _{1s} 三道河组 Sandahe Fm.			
侏 罗 系	上统 J ₃	J _{3p} 蓬来镇组 Penglaizhen Fm.			
	中统 J ₂	J _{2s} 遂宁组 Suining Fm.			
三 叠 系	下统 J ₁	J _{1-sh} 沙溪庙组 Shaximiao Fm.			
		J _{1-2s} 自流井组 Ziliujing Fm.			
二 叠 系	上统 P ₃	P _{3-1e} 二桥组 Erqiao Fm.			
	中统 P ₂	P ₂₋₁ 三桥组 Sanqiao Fm.			
石 炭 系	下统 P ₁	P ₁₋₁ 火把冲组 Huobachong Fm.			
		P ₁₋₂ 把南组 Banan Fm.			
泥 盆 系	上统 D ₃	D ₃₋₁ 赖石科组 Laishike Fm.			
	中统 D ₂	D ₂₋₁ 改茶组 Gaicha Fm.			
泥 盆 系	下统 D ₁	D ₁₋₁ 法郎组 Falang Fm.			
		D ₁₋₂ 黑岩湾组 Heimaowan Fm.			
泥 盆 系	上统 D ₃	D ₃₋₁ 边阳组 Bianyang Fm.			
	中统 D ₂	D ₂₋₁ 杨柳井组 Yangliujing Fm.			
泥 盆 系	下统 D ₁	D ₁₋₁ 花溪组 T _{2p} 坡段组 T _{2p} Fm.			
		D ₁₋₂ 关岭组 Guanling Fm.			
泥 盆 系	上统 D ₃	D ₃₋₁ 嘉陵江组 Jialingjiang Fm.			
	中统 D ₂	D ₂₋₁ 安顺组 Anshun Fm.			
泥 盆 系	下统 D ₁	D ₁₋₁ 罗楼组 Luolou Fm.			
		D ₁₋₂ 乐康组 Lekang Fm.			
泥 盆 系	上统 D ₃	D ₃₋₁ 长兴组 Changxing Fm.			
	中统 D ₂	D ₂₋₁ 龙溪组 Longxi Fm.			
泥 盆 系	下统 D ₁	D ₁₋₁ 茅口组 Maokou Fm.			
		D ₁₋₂ 桐梓组 Tongzi Fm.			
泥 盆 系	上统 D ₃	D ₃₋₁ 梁山组 Liangshan Fm.			
	中统 D ₂	D ₂₋₁ 平川组 Pingchuan Fm.			
泥 盆 系	下统 D ₁	D ₁₋₁ 龙吟组 Longyin Fm.			
		D ₁₋₂ 威宁组 Weining Fm.			
泥 盆 系	上统 D ₃	D ₃₋₁ 马平组 Maping Fm.			
	中统 D ₂	D ₂₋₁ 黄坛组 Huangtan Fm.			
泥 盆 系	下统 D ₁	D ₁₋₁ 板溪组 Baxie Fm.			
		D ₁₋₂ 板溪组 Baxie Fm.			
泥 盆 系	上统 D ₃	D ₃₋₁ 上组 Shangsi Fm.			
	中统 D ₂	D ₂₋₁ 旧司组 Jiushi Fm.			
泥 盆 系	下统 D ₁	D ₁₋₁ 祥耀组 Xiangyao Fm.			
		D ₁₋₂ 汤包沟组 Tangbagou Fm.			
泥 盆 系	上统 D ₃	D ₃₋₁ 老河组 Laohe Fm.			
	中统 D ₂	D ₂₋₁ 亮棱组 Liangleng Fm.			
泥 盆 系	下统 D ₁	D ₁₋₁ 高坡组 Gaopo Fm.			
		D ₁₋₂ 高坡组 Gaopo Fm.			
泥 盆 系	上统 D ₃	D ₃₋₁ 王城坡组 Wangchengpo Fm.			
	中统 D ₂	D ₂₋₁ 鸡窝寨组 Jiwozhai Fm.			
泥 盆 系	下统 D ₁	D ₁₋₁ 独山组 Dushan Fm.			
		D ₁₋₂ 邦寨组 Bangzhai Fm.			
泥 盆 系	上统 D ₃	D ₃₋₁ 龙洞水组 Longdongshui Fm.			
	中统 D ₂	D ₂₋₁ 舒家坪组 Shujiaping Fm.			
泥 盆 系	下统 D ₁	D ₁₋₁ 丹林组 Danlin Fm.			

续表

年代地层		岩石地层	
志留系	S ₄ 普里道利统 Pridoli	S₄ 韩家店组 Hanjiadian Fm. S_{3sh} 石牛栏组 Shiniulan Fm. S_{3s} 松坎组 Songkan Fm. O₃S₁/龙马溪组 Longmaxi Fm. O_{3w} 五峰组 Wufeng Fm. O_{3b} 宝塔组 Baota Fm. O_{2-3sh} 十字铺组 Shizipu Fm. O_{1-2m} 潮潭组 Meitan Fm. O_{1h} 红花园组 Honghuayuan Fm. O_{1t} 桐梓组 Tongzi Fm. Є₄O_{3m} 毛田组 Maotian Fm. Є₃₋₄ 姜山关组 Jiangshanguan Fm. Є_{3sh} 石冷水组 Shilengshui Fm. Є_{2-3dp} 陡坡寺组 Douposi Fm. Є_{2q} 清虚洞组 Qingxudong Fm. Є_{2j} 金顶山组 Jindingshan Fm. Є_{2m} 明心寺组 Mingxinsi Fm. Є_{1-2qz} 筠竹寺组 Junzhusi Fm. Є_{1-2a} 牛蹄塘组 Niutitang Fm. S_{3hx} 同里塘组 Huixinghao Fm. S_{3xsh} 秀山组 Xiushan Fm. S_{3r} 溶溪组 Rongxi Fm. S_{3m} 马脚冲组 Majiaochong Fm. S_{3xh} 小河坝组 Xiaohaba Fm. S_{3s} 新滩组 Xintan Fm. O_{2-3b} 黄花冲组 Huanghuachong Fm. O_{1-2d} 大海组 Dawan Fm. O_{1-3m} 三都组 Sandu Fm. Є₃₋₄ 后坝组 Houba Fm. Є₃₋₄ 比寨组 Bitiao Fm. Є₃₋₄ 车夫组 Chufu Fm. Є_{2-3k} 凯里组 Kaili Fm. Є_{2w} 乌训组 Wuxun Fm. Є_{2p} 杞梓组 Palang Fm. Є_{2b} 变马冲组 Bianmachong Fm. Є_{2m} 九门冲组 Jiumenchong Fm. Є_{1-2zh} 渣拉沟组 Zhalaigou Fm.	
	S ₃ 拉德洛统 Ludlow		
	S ₂ 文洛克统 Wenlock		
	南塔梁阶 Nantaliangian		
	马蹄湾阶 Matiwanian		
	大中坝阶 Dazhongban		
	龙马溪阶 Longmaxian		
	赫南特阶 Hirnantian		
	钱塘江阶 Qiantangjiangian		
	艾家山阶 Aijashanian		
奥陶系	O ₃ 达瑞威尔阶 Darriwilian		
	O ₂ 大坪阶 Dapingian		
	O ₁ 益阳阶 Yiyangian		
	O ₁ 新厂阶 Xinchangian		
	O ₁ 牛车河阶 Niuchehean		
	O ₁ 江山阶 Jiangshanian		
	O ₁ 排雅阶 Paiban		
	O ₁ 古文阶 Guzhangian		
	O ₁ 王村阶 Wangcunian		
	O ₁ 台江阶 Taijiangian		
寒武系	Є ₄ 都匀阶 Duyunian		
	Є ₃ 南皋阶 Nangaoan		
	Є ₃ 梅树村阶 Meishucunian		
	Є ₃ 晋宁阶 Jinningian		
	Є ₃ 上统 Upper Pt ₃ ^{3b}		
	Є ₃ 下统 Lower Pt ₃ ^{3a}		
	Є ₃ 上统 Upper Pt ₃ ^{3a}		
	Є ₃ 中统 Middle Pt ₃ ^{3b}		
	Є ₃ 下统 Lower Pt ₃ ^{3a}		
	Є ₃ 下统 Lower Pt ₃ ^{3a}		
震旦系	Є ₂ 灯影组 Dengying Fm.		
	Є ₂ 老堡组 Laobao Fm.		
	Є ₂ 陡山沱组 Doushantuo Fm.		
	Є ₂ 南沱组 Nantuo Fm.		
	Є ₂ 李家坡组 Lijiapo Fm.		
	Є ₂ 大塘坡组 Datangpo Fm.		
	Є ₂ 富禄组 Fulu Fm.		
	Є ₂ 长安组 Changan Fm.		
	Є ₂ 白土地组 Baitudi Fm.		
	Є ₂ 康里组 Kongli Fm.		
新元古界	Є ₁ 平略组 Pinglue Fm.		
	Є ₁ 清水江组 Qingshuijiang Fm.		
	Є ₁ 张家坝组 Zhangjiaba Fm.		
	Є ₁ 再瓦组 Zaiwa Fm.		
	Є ₁ 番召组 Fanzhao Fm.		
	Є ₁ 乌叶组 Wuye Fm.		
	Є ₁ 新寨组 Xinzhai Fm.		
	Є ₁ 甲路组 Jialu Fm.		
	Є ₁ 芙蓉坝组 Furongba Fm.		
	Є ₁ 归眼组 Guiyan Fm.		
新元古界	Є ₁ 梵净山/四堡时期 Fanjingshan/Sibao phase		
	Є ₁ 梵净山群 Fanjingshan Gr.		
	Є ₁ 核桃坪亚群 Hetaoping SGr.		
	Є ₁ 白云寺亚群 Baiyunsì SGr.		
	Є ₁ 四堡群 Sibao Gr.		
	Є ₁ 梵净山/四堡时期 Fanjingshan/Sibao phase		
	Є ₁ 梵净山群 Fanjingshan Gr.		
	Є ₁ 核桃坪亚群 Hetaoping SGr.		
	Є ₁ 白云寺亚群 Baiyunsì SGr.		
	Є ₁ 四堡群 Sibao Gr.		

岩等；南华系地层以发育两套冰碛杂砾岩夹间冰期砂泥质岩为主，厚度变化大，自东向西呈逐渐变薄趋势。

(二) 震旦系 (Z)

震旦系出露于六盘水-安顺-荔波一线北东的广大地域，上、下统发育齐全。下统分为陡山沱组和洋水组，上统分为灯影组 and 老堡组，分别为同时异相关系。灯影组和老堡组的顶部跨及寒武系，西部地区（习水润南，织金毛稗冲、威宁银厂坡等地）未出露下统。

根据其发育情况、岩性、岩相及其古构造、古地理特征，大致以印江-瓮安一线分为贵阳-遵义小区和铜仁-榕江小区。

1. 铜仁-榕江小区

铜仁-榕江小区分布于印江-瓮安一线南东地区，岩石建造主要由一套黑色深水沉积组成，下部以深色泥质页岩夹白云岩为主，称陡山沱组；上部以硅泥质沉积为主，称老堡组。前者与下伏南华系黎家坡组呈整合接触，后者与上覆寒武系渣拉沟组呈整合接触。

2. 贵阳-遵义小区

分布于印江-瓮安一线北西地区，地处上扬子东南部台地沉积环境，岩石建造主要为暗灰至灰黑色陆源细碎屑岩、碳酸盐岩、磷酸盐岩，分为洋水组、灯影组。其中洋水组为贵州著名的黔中磷矿产出层位，灯影组顶部在织金新华一带产出有著名的新华稀土型磷矿（原戈仲伍组）。该区震旦系下伏为南华系南沱组或澄江组（局部下江群清水江组），呈平行不整合接触，与上覆寒武系牛蹄塘组呈整合或平行不整合接触。

(三) 寒武系 (Є)

寒武系分布广泛、发育完整、化石丰富、沉积特征明显、相变清楚，为贵州有机质页岩发育最丰富、最具潜力的重要目标层系之一。参照全国地层委员会《中国地层表》编委会（2012年9月）意见，采用寒武系四分方案，即纽芬兰统（ ϵ_1 ）、第二统（ ϵ_2 ）、第三统（ ϵ_3 ）及芙蓉统（ ϵ_4 ），沉积厚度一般为1000~2000m，最厚可达3000余米。毕节-贵阳一线之南西（黔中隆起区）由上至下因剥蚀逐渐缺失，六盘水-安顺-平塘-荔波一线之南西地腹不明。据地层发育特征、生物群面貌和沉积环境的差异，分为黔北-黔西北分区（曾称扬子区， IV_1^1 ）、黔东分区（曾称过渡区， IV_2^2 ）及黔东南分区（曾称江南区， IV_3^3 ），三个分区进一步分为七个小区（图1.1）。

1. 黔北-黔西北分区

黔北-黔西北分区指石阡-都匀一线以西的广大地区，占省内寒武系分布面积的70%以上。《贵州省区域地质志》（贵州省地质矿产局，2013）将其划分为威宁、遵义、沿河三个小区。其中，威宁小区第二统在岩性上与其他两个小区存在明显差异；沿河小区第三统及芙蓉统在岩性上略有差异。其余特征三个小区大致相同。其中，纽芬兰世晋宁期及梅树