
中华人民共和国地质矿产部

地 质 专 报

四 矿床与矿产

第 54 号

云开隆起区 成矿规律与成矿预测

梁约翰 张启富 杨世义 刘姝群 等著

P
406
141-1
54

地 质 书 版 社

中华人民共和国地质矿产部

地质专报

四 矿床与矿产 第54号

云开隆起区 成矿规律与成矿预测

梁约翰 张启富 杨世义 刘姝群 等著

1201/15



538375



CB00058807

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书是一部以矿产预测为核心的区域成矿学专著,是以作者参加的地质矿产部“八五”地质找矿科技攻关项目研究的6个专题报告为基础编写而成的。根据地勘单位提出的与地质找矿密切相关的关键地质矿产问题,深入研究了云开隆起区及其邻区成矿地质环境和4个矿带的基本地质特征;对与找矿密切相关的重要基础地质问题,如基底与盖层的性质和形成历史、阳春和廉江盆地的演化、云开隆起区韧性剪切带阵列的脆性改造及其对金矿分布的控制、金矿成矿斑岩体定性判别标志、金成矿流体来源、天堂矿区控矿构造、龙山—镇龙山区寒武系黄洞组浊积岩和岩浆活动序次等进行了探讨,提出了不拘传统的见解;从解剖典型矿床入手,总结了区域成矿规律和4类(蚀变构造岩型、斑岩型、夕卡岩型、热液型)铜铅锌金(银)矿床成矿规律,建立了成矿预测地质准则,开展了不同层次的成矿预测,取得了良好效果。

本书可供矿床学及地质普查专业教学、科研及生产人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

中华人民共和国地质矿产部地质专报 (四):矿床与矿产 第54号:云开隆起区成矿规律与成矿预测/梁约翰等著.-北京:地质出版社,1998.6

ISBN 7-116-02524-3

I. 中… I. 梁… ■.①地质学-研究报告-中国②隆起带,云开-成矿规律③成矿预测-隆起带,云开 N.P5

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第00536号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路29号)

责任编辑:江晓庆 渠洁瑜 孙旭东

责任校对:关风云

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:7.625 插页:1页 字数:18.6万字

1998年6月北京第一版·1998年6月北京第一次印刷

印数:1—400册 定价:24.00元

ISBN 7-116-02524-3
P·1868

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

前 言

云开隆起区及其邻区是我国重要的有色金属和贵金属矿产基地之一，也是研究华南地壳组成和演化的关键地区之一。40多年来，广东地质矿产局、广西地质矿产局、宜昌地质矿产研究所和中山大学等单位的广大地质工作者在该区进行了大量普查勘探和科学研究工作，发现了一批大型和超大型矿床，积累了丰富的地质资料，取得了许多高水平的成果，出版了一批地质专著。为了深化“七五”期间国家科技攻关项目“我国东部隐伏矿研究”“湘桂（含湘、桂、粤、赣，作者注）地区铜、铅、锌、锡隐伏矿床研究”课题的研究，地矿部把“武夷-云开典型成矿区矿产预测”项目列入了地矿部“八五”科技攻关项目。

“云开隆起区成矿地质环境和成矿预测研究”是地矿部“八五”科技攻关项目“武夷-云开典型成矿区矿产预测”的下属二级课题（编号85-01-007-03）。课题研究任务为：查明云开隆起区基底与盖层性质、形成历史和隆起、拗陷环境各自的铜、铅、锌、金（银）成矿地质条件和找矿标志，确定其找矿方向；对典型矿带进行矿区预测，提出3—4个可供验证（其中1处有重要找矿意义）的靶区。

本书是在全面收集前人资料，注意资料二次开发，以及在宜昌地质矿产研究所、广东地质矿产局704地质大队、广西地质矿产局第六地质大队和中国地质大学（武汉）4个单位38名研究人员共同完成的6个专题研究成果基础上编写成的。专题报告计有：

1. 广西容县—博白地区成矿预测及靶区优选，编号85-01-007-03-1，组长张启富、冯启民，组员（仅列参与报告编写者，下同）陈明是、张树淮；
2. 广东新兴—阳江地区成矿预测及靶区优选，编号85-01-007-03-2，组长陈辉琪、易顺华，组员林豪登、汤明珠、陈土金、郑思娟；
3. 广东廉江—化州一带成矿预测及靶区优选，编号85-01-007-03-3，组长吴淦国、林豪登，组员周竞平、陈紫英、池顺都、伍大茂、王淑华；
4. 广西大瑶山地区斑岩体的地质特征及斑岩型金矿的找矿前景，编号85-01-007-03-4-1，组长康先济、杨世义；
5. 广西贵港—横县地区成矿预测和靶区优选，编号85-01-007-03-4-2，组长李蔚铮，组员许仿实、李先尊；
6. 云开隆起区基底岩系地质特征、构造演化及含矿性，编号85-01-007-03-5，组长游振东、钟增球，组员韩郁菁、周汉文。

因此，本书是整个课题组和各专题组全体成员辛勤劳动的结晶。各章节的执笔人是：梁约翰完成前言，第一章第二节，第二章，第三章，结语；张启富完成第一章第一、四节，第四章；杨世义和刘姝群完成第一章第三节。初稿完成后，相互传阅、讨论，提出修改意见，由拟稿人修改、定稿。全书最后由梁约翰统编。定稿后的校正和技术性处理工作由李林完成。图件的清绘和审核分别由王丽娟和张启富负责。梁约翰负责英文摘要的撰写。

整个研究工作一直得到项目协调小组、宜昌地质矿产研究所、广东地质矿产局及其所

属 704 地质大队、广西地质矿产局及其所属第六和第四地质队、中国地质大学（武汉）和项目办公室的关心与支持；在编写过程中，得到饶家光、伍广宇、陈开礼、张忠伟等专家的热情帮助与指导，在此一并致谢。

目 录

前 言

第一章 区域地质背景	(1)
第一节 地层与建造特征	(1)
第二节 基底岩系变质作用、变形特征及构造演化	(7)
第三节 成矿岩体的时空分布、成因类型与重要岩带(区)的主要地质-地球化学特征	(11)
第四节 构造背景及区域构造格架	(19)
第二章 成矿区(带)的基本地质特征	(34)
第一节 新兴-阳春铜铅锌金(银)矿带	(34)
第二节 罗定-高州金铅锌(银)矿带	(42)
第三节 岑溪-陆川银金铅锌铜矿带	(50)
第四节 大瑶山-龙山-镇龙山金(银)铜铅锌矿带	(57)
第三章 区域成矿规律	(66)
第一节 成矿岩体与成矿带的空间分布、主要成矿时代和赋矿层位	(66)
第二节 不同类型矿床的成矿规律	(69)
第四章 成矿预测	(77)
第一节 成矿预测的地质准则与隐伏矿床找矿标志	(77)
第二节 成矿单元划分与预测区的圈定	(82)
第三节 靶区优选	(87)
结 语	(96)
主要参考文献	(105)
英文摘要	(106)

CONTENTS

Preface

Chapter I Regional Geological Setting	(1)
1. Stratum and Formation Characteristics	(1)
2. Metamorphism, Deformation and Structural Evolution of the Basement Series	(7)
3. Temporal, Spatial Distribution and Genetic Type of Ore-Forming Intrusive Bodies and Main Geological-Geochemical Features of Important Intrusive Belts	(11)
4. Structural Setting and Regional Structural Framework	(19)
Chapter I Basic Geological Characteristics of Metallogenic Belts	(34)
1. Xinxing-Yangchun Cu-Pb-Zn-Au (-Ag) Ore Belt	(34)
2. Luoding-Gaozhou Au-Pb-Zn (-Ag) Ore Belt	(42)
3. Cenxi-Luchuan Ag-Au-Pb-Zn-Cu Ore Belt	(50)
4. Dayaoshan-Longshan-Zhenlongshan Au-Cu-Pb-Zn (-Ag) Ore Belt	(57)
Chapter II Regional Metallogenic Regularities	(66)
1. Spatial Distribution of Ore-Forming Intrusive Bodies and Metallogenic Belts, Main Metallogenic Era and Ore -Bearing Stratigraphic Horizons	(66)
2. Metallogenic Regularities of Four-Type Deposits	(69)
Chapter IV Metallogenic Prognosis	(77)
1. Geological Standards of Metallogenic Prognosis and Indicators for Concealed Ore Deposits	(77)
2. Dividing Metallogenic Units and Outlining of Prognostic Areas	(82)
3. Optimum Prognostic Aim Districts	(87)
Conclusions	(96)
References	(105)
Abstract in English	(106)

第一章 区域地质背景

第一节 地层与建造特征

云开隆起区及其毗邻地区地层发育齐全,自元古宇至第四系均有出露,计有 30 余个岩石地层单位,总厚度达 41000 余米。

一、古、中元古界

仅零星出露在高州深镇柏坑、古丁樟木垌、长坡圩等地。这些残存的地层往往呈现高度韧性变形变质特征,构造形变复杂且不连续,层序难以恢复。其岩石组成为黑云斜长片麻岩、黑云变粒岩和少量石英岩、石英片岩及白云石大理岩,变质程度达角闪岩相,局部为麻粒岩相。

在阳东县南部三甲一带见辉石岩体侵入于斜长片麻岩、黑云斜长变粒岩和均质混合岩中。袁正新^[1]等采集的三甲双井附近水坝河床中辉石岩体的岩石和辉石、黑云母矿物样品,经宜昌地质矿产研究所同位素地质研究室测定,其 Sm-Nd 等时线年龄为 (1442 ± 18) Ma;王鹤年等^[2]在信宜楼洞采集丁铁矿中的阳起片岩及层间夕卡岩样品,经测定,其 Sm-Nd 模式年龄为 2153~2522Ma。上述年龄数据说明这套地层的时代可能为古中元古代。

二、新元古界——云开群

新元古界分布于云开隆起内的广宁、德庆、罗定、高州一带,包括粤西信宜、新兴等地出露的一套低绿片岩相的变质砂泥质碎屑岩系。

南颐将云开群划分为 4 个岩石地层单位^[3],自下而上描述如下。

(一) 罗碑组

下部以变质粉砂岩为主,夹绢云片岩及少量长石石英砂岩、阳起透闪辉石岩,片岩中含丰富的微古植物化石;中部以石英绢云千枚岩、绢云片岩为主,夹变质粉砂岩、砂岩及变质英安斑岩,岩层中可见水平层理,具鲍马序列特征;上部以阳起绿帘石英岩为主,夹长石石英砂岩,含铁矿层。厚 545~1432m。

(二) 半垌口组

下部以变质粉砂岩与石英绢云千枚岩互层为主,夹黑色绢云千枚岩;中部以绢云千枚岩为主,夹炭质绢云千枚岩及少量长石石英砂岩;上部砂岩增多,夹炭质绢云千枚岩及绿泥云母片岩。岩层具微细水平层理和典型的鲍马序列特征。厚 625~872m。

(三) 牛辰勘组

下部以含石榴绿泥细—微粒石英岩(似硅质岩)为特征,岩石致密坚硬,水平层理发育,部分见缓斜层理及鲍马序列特征;中部以长石石英砂岩为主,夹长石砂岩;上部以绢云千枚岩为主,局部含炭质。厚 500m。

(四) 沙湾坪组

由石英二云片岩与二云石英片岩互层夹多层二云石英英岩组成,中上部尚夹石英绿泥绢云千枚岩。岩层中水平及微细层理极为发育,具典型的鲍玛序列特征。厚度大于134m。

从形成环境来看,上述4个组自下而上可归纳为以下3个沉积建造。

(1) 海相陆源碎屑建造,下部粗粒长石英砂岩、杂砂岩,向上为粉砂质泥岩,泥岩明显增多,顶部钙质沉积,具浅海类复理石沉积特征。

(2) 以滨岸浅水环境的石英岩为标志,普遍含炭锰质沉积,具硅质岩及碳酸盐岩,反映滨岸、海湾相浅水滞流沉积环境,向上过渡为以浅海类复理石碎屑沉积为主,其中酸性火山岩层和碳酸盐岩层增加,并赋存铁、磷矿层。

(3) 完整的海侵沉积建造,由砂岩、粉砂岩、砂质粉砂质页岩组成的正向粒序韵律层和由砂岩、砂质页岩或粉砂质页岩组成的类复理石的韵律层组成。

总体看来,云开群以浅海及滨岸类复理石碎屑沉积为主,岩性为砂泥质岩夹少量碳酸盐岩和基性—酸性火山岩,仅罗畴组、丰垌口组沉积类型比较复杂。

南颐(1994)在信宜冻水坑石英岩中采获微古植物小型光面小球藻(*Leiomniscula in-crassuta*, *Leiomniscula minuta*)、小光面球形藻(*Leioposphosphaera minor*)、有褶粗面球形藻(*Trachysphaeridium rugosum*)组合,将其时代归入青白口纪—震旦纪;并在信宜滩垌旺沙云开群中部采集了云英片岩所夹变质英安斑岩中的锆石样,获两组有意义的U-Pb年龄,即磨圆锆石的1616、2038、2084Ma(可能代表较老地壳年龄)和晶形完好锆石的922~940Ma(为英安斑岩生成年龄)。罗畴组的云母片岩和石英片岩所夹变质基性火山岩的Sm-Nd等时线年龄为980Ma(李献华,1993)。另外广东区调队(1987)在信宜钱排获828Ma的黑云长石英岩Rb-Sr全岩等时线年龄。王鹤年等在大降坪块状黄铁矿中发现前寒武纪藻类化石。据此,本书将云开群时代归入新元古代。

三、震旦系

震旦系主要分布于粤西的云浮、高要和阳春县圭岗一带。根据广东省地质科学研究所^①资料,云开地区的震旦系可划分为大绀山组、活道组、坝里组和老虎塘组4个岩石地层单位。

(一) 大绀山组

以石英云母片岩、云母石英片岩、石英岩为主,夹炭质千枚岩、硅质岩、灰岩、沉凝灰岩及黄铁矿层,底部以石英岩夹砾岩平行不整合覆于云开群沙湾坪组之上。出露于云浮大降坪、罗定塘蓬等地。总厚大于1021m。

(二) 活道组

以棕灰、青灰色细砂岩、粉砂岩(石英片岩、云母石英片岩)为主,夹炭质千枚岩(石英云母片岩),中上部夹灰岩(大理岩),底部以砾岩或砂砾岩为标志,平行不整合于大绀山组之上。分布于云浮、罗定龙涌等地。厚470~500m。

(三) 坝里组

为石英片岩、黑云石英片岩、黑云长石英片岩、黑云片岩夹炭质片岩,代表一套复理石砂泥质岩组合。本组分布于永宁(厚1776m)、阳春圭岗(厚1635m)一带,呈北东向展布,往北至郁南,岩石变质甚微,多为粉砂岩和细砂岩。本组厚度可大于2683m。

^① 广东省地质科学研究所,1995,云开地区片麻状花岗岩岩石形成的构造-深熔机理。

(四) 老虎塘组

主要为细砂岩、粉砂岩和片岩,以夹多层杂色硅质岩(石英岩)为特征,主要见于阳春圭岗一带,厚大于358m。

四、下古生界

(一) 寒武系

寒武系分布于云开隆起区东、西两侧及大瑶山、大明山一带,粤西统称为八村群,广西划分为培地组、小内冲组和黄洞口组。

粤西的八村群按沉积旋回分3个亚群。在郁南—德庆一线以南为泥质砂岩夹砂质板岩。下亚群炭质板岩不发育,厚2068m;中亚群厚2260m;上亚群含炭质粉砂质板岩、硅泥质板岩较发育,富含黄铁矿,偶见含磷结核及钒铀矿化,厚1585m,与上覆下奥陶统呈平行不整合接触。郁南—德庆一线以北,下亚群底部炭质页岩、石煤层发育,富含铁矿,厚1600m;中亚群为长石石英砂岩,间夹板岩,中上部夹多层透镜状钙质白云岩或白云质灰岩,厚1730m;上亚群由浅灰、灰绿色粉砂岩、细砂岩夹页岩、黑色页岩组成,底部见粗砂岩,厚2400m,与下奥陶统整合接触。粤中以石英砂岩为主,以含铁砂岩较发育为特征,与下奥陶统整合接触。阳春、开平一带,下亚群厚1850m,黄铁矿、磷质结核较发育;中亚群夹少量炭质页岩,上部见泥质灰岩、含磷灰岩透镜体,厚1000~1600m;上亚群厚1000m。

桂东南地区的寒武系为一套陆源碎屑砂页岩及少量硅质岩、碳酸盐岩,具明显的复理石、类复理石沉积特征,出露厚度2074~6642m。下部由细砂岩、粉砂岩、页岩夹多层硅质岩组成,主要发育于大瑶山地区。中部由块状杂砂岩、岩屑砂岩、长石砂岩与页岩互层组成,主要分布于大瑶山、镇龙山一带。上部由异粒砂岩、细粒长石石英砂岩、粉砂岩夹页岩、少量炭质页岩及透镜状灰岩组成。我们发现并研究了龙山—镇龙山区寒武系黄洞口组浊积岩,将其划分为3段:①下段为厚层细砂岩、粉砂岩夹含炭泥岩及灰岩透镜体,下部以不完整的鲍玛序列A-B-D组合为主,上部发育A-B-E或A-C-D组合;②中段碎屑岩,下部为不等粒长石石英砂岩、中-薄层粉砂岩与含白云石泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、含炭泥岩互层,产海绵骨针,以鲍玛序列的A-C-E组合为主;③上段细碎屑岩,自下而上鲍玛序列由以A-B-D组合为主过渡到以A-D-E组合为主。黄洞口组具典型的浊流沉积特征,可见千姿百态的浊流特征构造,大小不等的沉积韵律及明显的鲍玛序列特征。其中、上段滑塌浊积岩比较发育,反映其沉积期构造地质事件较多,有利于金等元素的重矿物于浊流中沉积,形成高含金层位。中、上段为金矿主要赋存层位。据统计,赋存于这两个层位的金矿储量占已知储量的86.77%。浊积岩与金矿成矿关系表现为:①浊积岩初始金含量较高,A段 15.17×10^{-9} 、B段 14.73×10^{-9} 、C段 14.49×10^{-9} 、D段 7.9×10^{-9} 、E段 10.21×10^{-9} ;②浊积岩的岩性结构(泥质细砂岩、粉砂岩、含炭泥岩)有利于金的富集;③滑塌浊积岩多与金矿体伴生,某些金矿体规模大小、品位高低与滑塌浊积岩的厚度似呈正比关系。黄洞口组与其下伏小内冲组(前人已定为浊积岩)分别是龙山—镇龙山区的铜、金矿主要赋存层位。

云开大山西侧的寒武系经区域变质和混合岩化作用,成为变质岩和混合岩,厚度大于4090m。博白县宁潭、容县黎村、岑溪县梨木一带,由于变质较深且无化石,与奥陶系无法

● 未说明的以百分数、千分数及 10^{-6} 、 10^{-9} 为单位的数据均指质量分数。

详分,称为寒武-奥陶系,由混合花岗岩、均质混合岩、阴影状混合岩、眼球状混合岩、条痕状混合岩组成,局部夹变粒岩、混合质片岩。广西地质矿产局等把北流县隆盛一带的寒武系进一步分为a、b、c3个岩组。

研究区内寒武系属浅海相类复理石细碎屑岩建造,夹少量碳酸盐岩、硅质岩、中酸性及中基性火山岩,为活动型沉积建造。

(二) 奥陶系

奥陶系分布于云开隆起区东、西两侧。粤西出露于高要、德庆、郁南及罗定一带,下统缩尾岭群为紫红色至灰白色石英砂岩,底部有砾岩、含砾砂岩,在郁南以角度不整合或平行不整合覆于寒武系之上,是郁南运动存在的标志,厚50~1983m;中、上统三尖群为石英砂岩、砂质页岩,间夹灰黑色页岩,厚500~3625m。

桂东南地区的奥陶系主要分布于平南、苍梧、北流和大明山等地。下统主要为长石石英砂岩、细砂岩、粉砂质页岩,少量含砾不等粒砂岩等,大明山一带底部为砾岩夹火山碎屑岩及中性角斑岩,北流县隆盛、博白县旺茂一带,普遍变质成千枚岩、变质石英砂岩等,与寒武系整合接触,大明山、岑溪一带则呈平行不整合接触。中统主要由碎屑岩组成,在北流县三板、容县灵山一带出现浅变质泥质、砂质岩及灰岩,岑溪县回龙及博白县附近变质加深,出现变粒岩、条带状混合岩及大理岩,厚度变化大,为400~2000m。上统为介壳相碎屑岩,岑溪县波塘一带为砂岩、粉砂岩夹少量页岩和含砾砂岩,厚度大于765m;容县杨梅、灵山圩一带为厚层细砂岩、含砾粗砂岩和不等粒砂岩夹少量砂页岩及含锰菱铁矿,厚1207m;北流县三板一带变为以灰绿色砂质页岩、页岩为主,夹粉砂岩或细砂岩,厚687m;岑溪县回龙、古练、荔枝一带为紫红色砂岩夹页岩及少量含泥不等粒砂岩,局部受混合岩化影响变为蓝青黑云变粒岩、粒状混合岩等,厚约1151~1304m。

奥陶系属浅海相碎屑岩建造,为活动型陆缘海环境沉积。

(三) 志留系

志留系分布甚少,在粤西仅见于郁南、罗定、云浮及廉江一带,在桂南见于钦州、灵山、合浦及玉林樟木一带,在桂东南分布于博白-岑溪断裂带以东的博白县松山、宁潭及陆川、北流、岑溪一带。

粤西地区的志留系下统连滩组为深灰色、棕灰色页岩夹少量砂岩,中统文头山组为灰色、暗灰褐色页岩,均属于以浊流沉积为主的浅海相类复理石建造。上统岭下群以泥质页岩为主,代表浅海-海湾相碎屑岩建造。

桂南和桂东南地区的志留系为含笔石和少量介壳类的半深海—深海相碎屑岩建造,具复理石特征,北流尚见有海底浊积扇。岩石普遍轻变质,局部混合岩化。下统灵山群,在桂南地区由细砂岩、粉砂岩、岩屑砂岩、页岩及少量炭质页岩组成,桂东南地区为砾岩、含砾砂岩、细砂岩、页岩或变粒岩、千枚岩、片岩。可进一步分为a、b、c三个组,a组局部夹灰岩、白云岩和大理岩,b组在岑溪太平白板、大爽一带夹一层中基性火山岩。与下伏奥陶系大多整合接触,局部地区志留系底部有砾岩存在,为平行不整合接触,是北流运动的表现。中统合浦群,在桂南地区为粉砂岩和泥质岩,具复理石特征,桂东南地区为不等粒石英砂岩、砂岩夹页岩。上统防城群,在桂南地区为笔石碎屑岩相,具复理石、类复理石特征,在桂东南为砾岩、含砾砂岩、细砂岩,夹灰黑色页岩、粉砂质页岩及粉砂岩。

本系总厚度大于800m,赋存磷矿,在桂东南等地金银多金属矿床(点)广泛分布其中。

五、上古生界

(一) 泥盆系

广泛出露于云开隆起区周围。下统分布于封开、云浮及玉林地区，属浅海滨海相陆源碎屑建造，下部为砾岩、砂砾岩夹页岩，中上部为砂岩、粉砂岩、页岩夹碳酸盐岩。中统分为下部信都组（或北流组）和上部东岗岭组。信都组为砂岩夹粉砂岩、页岩，底部为砾岩，上部夹白云岩、灰岩、铁磷矿层，在廉江、化州一带以砂岩为主，北部和南部均具砾岩。东岗岭组为灰岩夹白云岩，局部白云岩为主，夹砂岩、页岩及赤铁矿层。上统榴江组为燧石条带灰岩、粉砂岩与页岩互层，夹细砂岩、硅质岩，含硫、锰、磷、钼。

除钦州、玉林一带，志留系与泥盆系为连续沉积外，其余地区均呈角度不整合接触，是广西运动的标志。中泥盆世时，只有云浮、罗定一带尚存在狭长指状海湾，丘元禧^[4]称之为钦廉-罗定海槽，其余地区多为河流及浅海相沉积，可以看到中泥盆统角度不整合于前泥盆系之上；云开变质地块构成陆内岛屿，周围为断陷槽所围限。

(二) 石炭系

石炭系分布于广东的云浮、罗定、信宜的贵子地区，向西进入桂东南的北流、玉林、贵港、钦州一带。下石炭统全为海相碳酸盐岩，与下伏的上泥盆统整合接触。下石炭统自下而上细分为邵东组、孟公坳组、刘家塘组、石碇子组和梓门桥组。在阳春铁屎迳前人厘定的上泥盆统大乌石组下段为薄层-中厚层状灰岩及少量白云岩，上段为页岩、粉砂岩和长石英砂岩。本次工作在上述碳酸盐岩中采到 *Humoboldtia qiyangensis* Jing (祁阳洪波特氏珊瑚) 化石应划归下石炭统刘家塘组，并对石松—福楼塘一带面积约 2km² 的灰岩进行了重新圈绘和时代厘定。

凌井生等^[7]提出，云开地区下统以吴川-四会断裂带为界，断裂带以西主要为碳酸盐岩建造（仅下统上部夹海陆交互的煤系地层），以东过渡为陆源碎屑岩建造；上统则全为碳酸盐岩建造。早石炭世海水从西南向东北进入广东腹地，其时的云开大山区仅有广宁和信宜两个小型水下隆起区，反映古地理复杂面貌。

(三) 二叠系

二叠系分布于云开隆起区东、西两侧。西侧沿普灵山、钦州一带零星分布。东侧限于云开大山麓的新兴、阳江地区，沿小云雾山东侧呈狭窄的条带状出露，以阳春龙运岗剖面为例，分上、下两部分。下部栖霞组为深灰色灰岩、含燧石结核灰岩夹黑色页岩；文笔山组为粉砂岩、页岩互层夹细砂岩；童子岩组为砂岩夹页岩，局部砂页岩互层夹煤层。上部沙湖组以青灰色粉砂岩为主，与细粒长石英砂岩及页岩互层，偶夹泥灰岩、薄层煤或煤线、黄铁矿层，底部为鲕状铝土岩夹凝灰岩；圣堂组为紫红色泥质砂岩、粉砂岩夹页岩，中粗粒长石英砂岩，含铁质结核。

灵山、钦州一带，二叠系下统为深灰黑色硅质岩、含锰硅质岩、硅质泥岩和泥岩，与下伏石炭系整合接触。上统下部多为陆相碎屑岩，上部渐变为海陆交互相细碎屑岩，底部夹有一层酸性熔岩、流纹岩、角砾岩等，与下伏二叠统及志留系呈角度不整合接触，是钦廉运动的标志。

从二叠纪沉积建造特征看，本区早期一度为海进型沉积，后期呈现海退沉积序列，从浅海台地相、滨海相（即文笔山组）、沼泽相（童子岩组）逐渐变为内陆湖泊相（圣堂组、沙湖组等）。从古地理看，早二叠世早期（栖霞期）广宁、云开两个古陆到茅口期已连成—

片。

六、中生界

中生代沉积，以陆相上三叠统小云雾山群为最早，多沿北东向断裂作串珠状分布。侏罗系分布零星，仅见于云浮以北，主要为上侏罗统火山岩系。白垩系多为山间盆地沉积，最大的为罗定盆地，高州北部和西部、容县汶水、北流六麻等地也有零星分布。

(一) 三叠系

云开地区出露的主要是上三叠统，是印支运动的第一盖层，常以明显的角度不整合覆于下伏岩系之上；在云浮、阳春小云雾山，不整合于下石炭统石英片岩之上。

上三叠统，多沿吴川-四会断裂带发育的小型陆相山间盆地分布，为含煤碎屑岩建造，以四会的讴坑坊一带最为典型，以灰黑色及黄色薄-中层状粉砂岩、粉砂质页岩、炭质页岩为主，夹透镜状细砂岩、含砾砂岩、不稳定煤层、煤线，具不连续水平层理、透镜状层理，富含植物化石及黄铁矿结核。在讴坑坊附近煤系地层变质变形，成为具强烈揉皱的石榴子石、红柱石云母片岩，是印支期断裂变质作用的产物。

(二) 侏罗系

云开地区侏罗系分布于粤中云浮-高州、开平和桂东南博白-钦州两个中生代沉积盆地。桂东南区的盆地呈北东向及南北向，其形成与断裂构造关系密切，其中主要沉积了中侏罗统角砾岩、砂砾岩、砂岩、页岩，个别盆地有上统，厚度较小，含煤性较好。

粤中云浮、高州、开平一带的中生代盆地，主要是上侏罗统的陆相中酸性火山岩建造，岩石为角闪安山岩、辉石安山岩、安山玢岩、中酸性熔结凝灰岩（具塑性岩屑及流动构造），下部有酸性火山角砾岩，以喷发不整合覆于下伏高州片麻岩之上。个别盆地有下、中统的浅海碎屑岩建造，厚度较小。

(三) 白垩系

云开地区的白垩系出露于两区：一是粤西怀集、郁南、罗定、茂名等一系列红色盆地；另一是桂东南藤县、博白、容县一带，呈串珠状沿断裂带分布。

粤西的白垩系，为红色盆地沉积，以罗定盆地发育最为完整。下统罗定群，为内陆湖泊相及山间盆地红色碎屑岩建造，依岩性分上、下两亚群：下亚群以紫红色长石石英砂岩为主，夹泥质砂岩、砾状砂岩及砾岩，以明显的角度不整合覆于上古生界之上；上亚群以紫红色长石石英粉砂岩为主，夹钙质粉砂岩、砂岩。上统闸口群，为紫红色砂岩、凝灰质砂岩、火山角砾岩及沉凝灰岩类，与下统罗定群呈平行不整合接触。

桂东南的白垩系皆为断陷盆地沉积，盆地展布与基底断裂构造线一致，呈北东向。下统主要为杂色碎屑岩和紫红色泥质岩，不整合覆于下伏地层之上；上统为杂色碎屑岩和紫红色泥岩夹基性-酸性熔岩及火山碎屑岩。

七、新生界

(一) 下第三系

见于粤西山区和桂东南地区的内陆山间盆地和内陆断陷盆地中，如封开、南丰、罗定、茂名、阳春春湾和藤县自良、容县、博白、合浦等小型盆地。茂名盆地的下第三系为内陆河湖及山麓洪积相碎屑岩沉积。主要为油松窝组，其上部以油页岩、褐煤为主，夹细砂岩、粉砂岩及泥岩，下部为粉砂岩、砂岩和砂砾岩，不整合覆于白垩系之上。

桂东南地区的下第三系为内陆河湖和山麓洪积相碎屑岩沉积。下部为紫红色砾岩、凝

灰质砾岩夹砂岩，上部为紫红色含砾砂岩、砂岩、泥岩，局部夹灰岩，常见薄层石膏夹层，不整合覆于下伏地层之上。

(二) 上第三系

主要分布于云开地区南部的茂名盆地和合浦盆地，为内陆河湖及山麓洪积相碎屑沉积。

(三) 第四系

云开地区的第四系主要为全新统和上更新统，以残坡积亚粘土及河流冲（洪）积砂砾岩沉积为主。各地厚度变化甚大，全新统一般 2~30m，更新统一般为几米到 150m。

第二节 基底岩系变质作用、变形特征及构造演化

我们发现，云开隆起基底岩系具双层结构，即按其变质程度分两个层次：一是由古、中元古界中深变质岩系组成的深层次基底；二是以新元古界云开群浅变质岩系为主组成的浅层次基底，其中包括部分卷入加里东期变质的下古生界。

深层次基底暂称信宜-高州杂岩，其组成包括：①中深变质的黑云斜长片麻岩、黑云变粒岩及少量石英岩、大理岩，夹极少量斜长角闪岩，以碎屑岩建造为主，变质程度普遍达角闪岩相、局部达麻粒岩相，两者呈渐变关系；②不同重熔程度的混合岩、混合片麻岩和花岗岩、紫苏花岗岩。前者大多以残留体形式赋存于后者之中，其总体为一套片麻岩系，主体部分为变质的岩杂岩，次为变质地层残余，显示递进重熔特点。

浅层次基底云开群的变质相以绿片岩相为主，局部可达绿帘角闪岩相，并有接触变质作用叠加，绕云开隆起深层次基底分布。

一、基底岩系变质作用

云开隆起基底岩系变质作用的空间分布具明显规律性：以深层次基底为中心，向外变质越来越浅，具有明显变质相区的矿物分带（图 1-1）。但是，不同变质相区均以断裂或韧性剪切带分开，不存在前人所说的相系列和递进变质带。不同变质单元是不同期次变质作用叠加的产物。

(一) 深层次基底变质作用

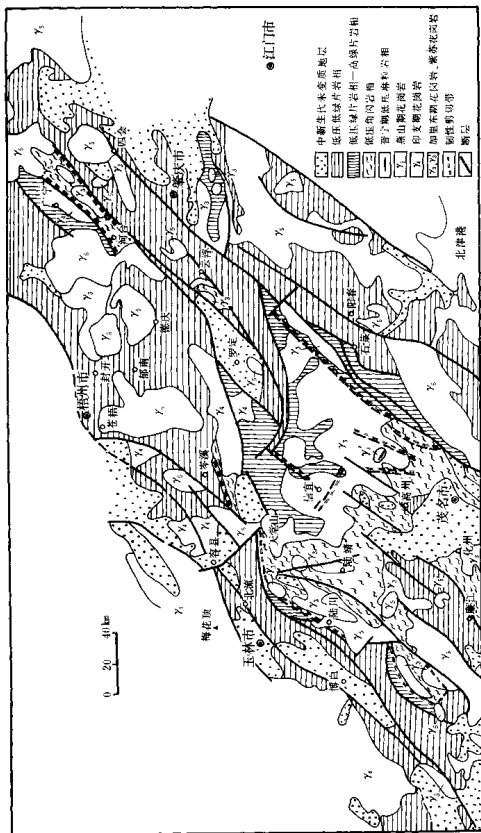
1. 低压麻粒岩相变质作用

深层次基底的低压麻粒岩相岩石仅见于高州云炉圩—龙修一带，其分布与紫苏花岗岩有密切联系，紫苏花岗岩中有大量低压麻粒岩相岩石的包体。

我们采集了高州龙修麻粒岩锆石样品，经天津地质矿产研究所李惠民等用 U-Pb 法测定，其不一致曲线的上交点年龄（锆石形成年龄）为 950Ma，代表低压麻粒岩相变质作用年龄。据此，确定该变质作用发生于晋宁期。

主要变质矿物普遍可分出两个世代，显示变质作用至少有两期：峰期变质作用温压条件是： $p=0.42\text{ GPa}$ ， $t=720^{\circ}\text{C}$ ；退变质作用条件为 $p=0.40\text{ GPa}$ ， $t=650^{\circ}\text{C}$ 。根据这一低压麻粒岩相近等压降温的变质轨迹和麻粒岩片理不发育等特征判断，本区晋宁期处于拉张环境，地温梯度为 $52^{\circ}\text{C}/\text{km}$ ，麻粒岩形成深度约 15km。

在麻粒岩相变质区有两大特点。一是紫苏花岗岩外围岩石普遍发生强烈变形，片理发育，而紫苏花岗岩中包体麻粒岩相岩石片理不显著。这一现象表明低压麻粒岩相岩石虽然卷进了加里东期区域变形，但岩体内包体岩石因岩体屏蔽未受强烈韧性再造。另一特点是



低压麻粒岩与紫苏花岗岩矿物组成相似,说明紫苏花岗岩与麻粒岩具有相似的成岩温压条件。

2. 低压角闪岩相变质作用

在云开隆起区低压角闪岩相变质岩占主要地位,出露于北流六麻、陆靖、高州、云浮大蚮山、河台、广宁等地。变质岩岩石类型多样,角闪岩相岩石中的片岩、片麻岩、变粒岩为副变质岩,其原岩主要为泥质岩、石英砂岩和杂砂岩(金振威,1985;蔡木湖等,1988),斜长角闪岩则为基性火山岩。在强烈混合岩化地区,混合岩基体中仍可见到低压麻粒岩的残余,甚至有的混合岩基体为低压麻粒岩。由此看来,低压麻粒岩相与低压角闪岩相呈渐变关系,反映同期变质作用在不同层次的表现有所不同。

区域混合岩化作用主要发生于云开隆起深层次基底,主要分布在广宁石洞、云浮大蚮山、天堂山-陆靖-高州地区。不同混合岩化程度的岩石在空间上多以某一岩体为中心呈环状分布,这一中心一般为加里东期深熔型钾长石球斑黑云母花岗岩。由中心向外,混合岩化作用逐渐减弱,是递进熔融的结果。该花岗岩有3类形貌不同的锆石:Ⅰ类锆石,扁圆状、表面磨圆呈毛玻璃状,有的颗粒具熔蚀坑,推断其来自源区;Ⅱ类锆石,短柱状,晶棱熔蚀圆化,分布于石英和黑云母中,推断为混合岩化时形成;Ⅲ类锆石,长柱状,个别颗粒包裹短柱状锆石,推断为岩体结晶时形成。经U-Pb法测定:Ⅰ类锆石 ^{207}Pb - ^{206}Pb 表面年龄1152~1356Ma,代表源区年龄;Ⅱ类锆石 ^{206}Pb - ^{238}U 年龄为643Ma和646Ma,代表混合岩化年龄;Ⅲ类锆石 ^{207}Pb - ^{235}U 年龄为429~508Ma,代表岩体结晶年龄。在云开隆起腹地天堂山-陆靖-高州一带,呈现出多中心特征。由于混合岩化作用对原岩的选择性,由中心向外可以见到混合岩化作用强弱不同的岩石交互出现。在混合岩的基体中,常可发现红柱石、夕线石、堇青石、石榴子石等特征变质矿物,反映混合岩化作用是低压变质作用发展的产物;基体以黑云斜长质为主,反映了富铝的原岩建造特征;脉体以花岗岩质为主,长英质、伟晶质亦常见,一般顺基体片麻理分布。具多期区域混合岩。根据高州龙修麻粒岩锆石U-Pb法不一致曲线的上交点年龄(锆石形成年龄或变质作用时代),重熔作用开始时间可追溯到950Ma,混合岩化作用持续到640Ma($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$)。

(二) 浅层次基底云开群变质作用

围绕云开隆起深层次基底分布的云开群在不同地区变质作用有明显差异。这种差异除了云开群区域变质局部热流差异外,加里东期和燕山期接触热变质的叠加是主要原因。如信宜白鸡岭地区,二云石英片岩和二云变粒岩中出现特征的十字石、堇青石和石榴子石变斑晶,它们的生长切割了区域片理,是加里东期钾长石球斑黑云母花岗岩接触热变质叠加的产物。由此还可推断,云开群的区域变质也至少在加里东早期即已发生。区域变质只有一期,跨越两个变形期,峰期发生于变形期间,以绿片岩相为主,局部可达绿帘角闪岩相。由于接触变质作用叠加,局部出现角闪岩相变质矿物组合。

二、基底岩系变形特征及构造演化

伴随多期变质作用,基底岩系还经历了多期变形作用。如前所述,晋宁期本区处于拉伸的构造环境,地幔上隆并导致高热流的产生。之后,于加里东期前或加里东早期,云开隆起表现为以挤压体制下的地壳增厚为主,这从深层次基底杂岩之残留变质岩系和云开群中保留的各种紧闭倒转、斜卧不协调褶皱、鞘褶皱以及在浅层次基底变质岩的热流值中幔源的贡献仅占50%左右(其生热不高,只有增加地壳厚度才能形成高热流)等可得到反映。

在高州龙修修地区、大田顶南侧、信宜白鸡坳及旺沙一带的调查表明,褶皱具北倒南倾趋势,主褶皱轴线近东西向,显示主体构造由南向北运动。如大田顶南侧的古丁樟木垌黑云变粒岩和大理岩系中具有极为复杂的不协调褶皱和箭鞘褶皱,不协调褶皱轴面倾向南 176° 东,倾角 65° ,枢纽倾向西 270° ,倾角 40° ;黑云变粒岩中皱纹线理倾向北 280° 西,倾角 80° 或倾向东 90° ,倾角 5° 。

然而在基底岩系边缘部分,由于北流-博白和吴川-四会断裂带的影响,面理变成NE-SW走向,这种面理的置换现象,在阳春三甲以西的双溶、古重等地清晰可见。根据深层次基底变质岩被加里东期花岗岩捕虏这一现象判断,此时已发生大规模区域变质作用。

云开群大体上在北部广宁一带变质较浅,具浅层次构造变形,在南部罗定信宜一带变质较深,面理十分发育,重熔作用亦相当显著,可以出现各类褶皱,如信宜白鸡坳追索出早期平卧、晚期直立褶皱,钱排至信宜可见片岩内无根褶皱以及有熔体加入的角砾混合岩带等。

深层次和浅层次基底都不同程度地受到加里东运动的影响,接受韧性再造和岩浆作用,形成多期S面的叠置。

在加里东期,伴随大规模的变质和重熔作用,云开隆起区基底成分再造、大量岩浆的形成,使云开地块上浮、隆升,以致伸展垮塌,从而导致不同层次基底或基底与盖层之间的滑脱,形成了边缘韧性剪切带阵列,包括云开隆起西缘的灵山-陆川-凤山剪切带和东缘的大王山剪切带等。它们与基底及盖层一起,组成了云开隆起区的变质核杂岩或穹隆构造。

在海西-印支期,伴随富铝(含堇青石和石榴子石)花岗岩的形成,云开隆起区基底又经受了一次较强烈的韧性-脆韧性再造。边缘剪切带阵列又叠加了一次固态塑性变形,还形成了诸如大王山剪切带西侧的石灰坪等韧性剪切带。河台剪切带和云开隆起区内部的一系列剪切带也是此时的产物。石灰坪糜棱岩带附近的矿物Rb-Sr等时线年龄为 (216 ± 11) Ma^[16],亦为证据之一。隆起区内部剪切带多切穿和改造加里东期钾长石球斑黑云母花岗岩,并使之沿剪切带发生不同程度的退变质,也说明它们形成于岩体入侵之后。除了这些剪切带外,信宜-高州杂岩北缘的罗定分界一带的逆冲推覆构造也是海西-印支期所形成的半脆性构造。

在印支-燕山期,云开隆起区基底主要经受了固结之后的脆性改造,于其边缘和内部形成了一系列脆性断层,包括通常所说的博白-岑溪断裂带和吴川-四会断裂带等。它们或继承、叠加于先存的韧性-脆韧性剪切带之上,或新生。它们切割了印支期和燕山期花岗岩体,并制约了中新世盆地(如博白盆地和罗定盆地等)的产出,其活动可延至喜马拉雅期。燕山期的变质改造主要表现为燕山期花岗岩的接触变质作用,如沿吴川-四会断裂带出现的黄田、石狗等岩体都有接触变质晕。

综上所述,云开隆起区基底经历了多期变质作用。变质作用的不均一性,似乎反映了地壳热状态的不均一性,不同时代、不同性质变质作用的叠加和共存,使云开隆起区基底呈现出复杂的变质演化图像。