

▶ 三江义敦 岛弧碰撞造山过程 与成矿系统

侯增谦 杨岳清 等著

地质出版社

COLLISION-OROGENIC PROCESSES AND MINERALIZATION SYSTEMS OF THE YIDUN ARC

HOU Zengqian YANG Yueqing WANG Haiping Qu Xiaoming
LU Qingtian HUANG Dianhao WU Xuanzhi YU Jinjie
TANG Shaohua ZHAO Jinhua

Geological Publishing House
Beijing

ISBN 7-116-03922-8



9 787116 039223 >

ISBN 7-116-03922-8

P·2421 定价: 60.00元

三江义敦岛弧碰撞造山 过程与成矿系统

侯增谦 杨岳清 王海平
曲晓明 吕庆田 黄典豪
吴宣志 余金杰 唐绍华
赵金花 著

地质出版社

· 北 京 ·



内 容 提 要

义敦岛弧造山带是我国西南三江构造-岩浆带中重要的构造单元和多金属成矿带。作者通过对义敦岛弧造山过程和造山机制地深入研究,首次划分出了义敦岛弧造山带的发育演化阶段,指出其中纵向分段性和差异性的产生背景;从成矿系统角度分析总结了岩浆活动和成矿作用在不同阶段的发育特点,首次建立了3套成矿巨系统和7个成矿系统,对区域成矿规律的认识上升到一个崭新的阶段;在成矿预测和矿床定位方面也取得重要进展,在GIS平台上首创了成矿预测智能专家系统。

全书内容丰富,论述严谨,学术思想新颖,研究思路清晰,可供矿产勘查、科学研究及教学部门的地质工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

三江义敦岛弧碰撞造山过程与成矿系统/侯增谦等著. -北京:地质出版社, 2003. 11
ISBN 7-116-03922-8

I. 三… II. 侯… III. ①岛弧-碰撞-造山运动-研究-西南地区②矿床成因论-研究-西南地区
IV. ①P542②P617. 27

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第093455号

SANJIANG YIDUN DAOHU PENGZHUANG ZAOSHAN GUO-
CHENG YU CHENGKUANG XITONG

责任编辑:郝杰 孙亚芸 王璞

责任校对:王素荣

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

电 话:(010) 82324508(邮购部);(010) 82324572(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京中科印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm^{1/16}

印 张:22.5

字 数:535千字

印 数:1—600册

版 次:2003年11月北京第一版·第一次印刷

定 价:60.00元

ISBN 7-116-03922-8/P·2421

(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

三江构造-岩浆带属特提斯-喜马拉雅构造域东段，是特提斯与环太平洋两大巨型构造域的汇合部位，受到印度洋板块、太平洋板块和欧亚板块三大板块作用的影响，造成了地质构造的复杂性和多样性。因此，该地区是研究特提斯构造的一个重要的窗口。同时，强烈的构造-岩浆活动造就了十分优越的成矿地质环境，形成了大量的有色金属和贵金属矿产，是我国西南最重要的有色金属和贵金属矿产勘查基地。

义敦岛弧（张之孟等，1979）是三江构造-岩浆带中的一个重要构造单元和多金属成矿带。对它的形成和演化历史探讨不仅有助于揭示“三江”特提斯乃至青藏高原的演化历史，而且那里也是研究碰撞造山带成矿规律的理想地区。

本专著是原地质矿产部所制定的“三江特别找矿计划”中专门设立的研究项目——“西南三江中段重要成矿带的演化与贵金属、有色金属矿产的关系”（95-02-001）中“义敦岛弧带构造演化与多金属矿成矿规律研究”（95-02-001-04）的成果之一。

一、前人工作与问题

三江地区地质工作始于20世纪30至40年代，我国老一辈地质学家李春昱、谭锡畴等在此期间曾在川西开展了地质、矿产调查。自50年代初李璞等在藏东首次开展地质考察开始，原地质矿产部和其他系统的生产、科研单位及大专院校的广大地质工作者陆续进入三江地区，进行了大量的区调、找矿、物化探测量及科研工作。迄今为止，三江全区已完成了1:100万和1:20万区域地质调查、1:20万化探、1:100万航磁和重磁测量以及遥感解释和GIS图形库。重点区带已完成了1:5万区调，1:5万化探也已开始起步。

在科研方面，自20世纪70年代以来陆续出版或完成了一批研究成果，具代表性的综合成果如《四川省区域地质志》、《川西藏东地区地层与古生物》、《怒江、澜沧江、金沙江区域地质》、《怒江、澜沧江、金沙江区域矿产志》、《青藏高原的形成演化及主要矿产分布规律》及《三江有色金属成矿带成矿远景区划》。具代表性的科研专著有《金沙江-澜沧江-怒江大地构造》（陈炳蔚等，1987、1991）、《怒江-澜沧江-金沙江重要金属矿产成矿特征及分布规律》（李永森等，1986）、《川西藏东三叠系沉积-构造演化与成矿》（侯立纬等，

1992)、《三江地区花岗岩类及其成矿专属性》(吕伯西等, 1993)、《三江特提斯火山作用与成矿》(莫宣学等, 1993)、《川西义敦岛弧火山-沉积作用》(胡世华等, 1992)及《三江地区义敦岛弧构造-岩浆演化与火山成因块状硫化物矿床》(侯增谦等, 1995)。这些科研成果的出版大大深化了人们对三江和义敦岛弧形成与演化的认识。

虽然三江地质工作已经取得了大量成果,但是由于三江特提斯构造演化的复杂性和野外地质工作的艰难性,因此造成不同地区研究程度的不平衡,在不少关键地质问题的认识上还存在着很多分歧。例如:关于义敦岛弧的认识,存在着如下几方面的问题:

(1) 义敦古岛弧的基底是陆壳,还是洋壳? 应力体制是张性,还是压性?

(2) 虽然人们已经认识了岛弧火山岩浆作用及其相关的成矿作用特点,但是对岛弧演化晚期的弧后火山作用以至陆内岩浆作用方式及其成矿作用特点还知之甚少。

(3) 义敦岛弧南北两段无论从火山-侵入杂岩组合、类型、规模,还是矿床类型、矿化组合,都存在很大差异,原因在哪里? 造成一条岛弧带南北段存在巨大差异的地球动力学体制是什么?

本专著主要就上述问题进行了详细和深入地研究。

二、学术思想和研究思路

根据项目整体目标和总体设计,本专著作者的主要任务是:深化对义敦岛弧构造-岩浆演化的研究,阐明重要大型金属矿床的地质背景、成矿环境、成矿作用过程及时空配置,总结岛弧碰撞造山带区域成矿规律;提交两处具有大型矿床成矿远景的矿产勘查基地,为义敦岛弧带矿产资源勘查评价提供理论依据和技术支持。围绕上述两大目标,作者将研究重点聚集在两个方面,即深化对控制金属矿产形成规律的岛弧碰撞造山带的演化历史与过程的了解和认识;加强矿产预测评价的地物化遥方法技术和多元信息的集成分析与综合示范。经过3年的努力,基本达到了预期的目标,超额完成了项目下达的各项任务。

1. 学术思想

所有的矿床都是常见的地质作用在极端条件和漫长时期内形成的。这些地质作用不仅从根本上决定了矿床形成的构造背景和地球动力过程,而且有效地聚集了成矿组分,从而控制了矿床的位置、规模和质量。这些作用在不同层次和不同尺度上有不同的反映。在岩石圈层次,岩石圈深部作用过程中的壳/幔物质与能量交换作用控制了区域性成矿物质场(chemical reservoir)和能量场(thermal regime),岩石圈变形产生的大型构造和贯穿岩石圈的渗透带,既是幔源岩浆和流体(fluid flow)向地壳侵位的通道,又是深部高热流和

源流体 (source fluids) 的汇聚地带; 在浅部地壳层次上, 地壳环境与微细结构从根本上控制了矿集区内的成矿系统及其空间边界与成矿金属丰度及其矿集规模; 在矿集区和矿田尺度上, 流体系统的物理-化学-水文过程是预测矿床空间位置、规模大小和矿石质量的重要基础。因此, 深刻理解不同尺度 (局部、区域、大陆) 和不同矿化单元 (矿床、矿集区、成矿省) 的关键地质作用及其控制的构造背景、成矿环境和地球动力学过程, 是揭示区域成矿规律的关键问题, 是开展成矿预测的研究核心。

2. 研究思路

本次研究以大陆动力学理论为指导, 深刻揭示岛弧碰撞造山带的时空结构与演化历史, 阐明控制成矿作用和矿床分布的构造背景和成矿环境; 通过对成矿地球动力学过程的研究, 揭示金属矿床形成的时空演化规律; 预测不同级别矿化单元 (矿集区、矿田、矿床) 成矿物质聚集过程 (processes)、空间位置 (location) 和规模尺度 (scale or size), 采用先进的地物化遥示矿-成矿信息的识别、提取、集成、分析技术, 进行矿集区的定性预测与重要矿床的定位预测。具体的技术路线包括:

岛弧碰撞造山带形成演化: 把岛弧碰撞造山带发育的几套花岗岩和火山岩作为主要研究对象, 通过建立花岗岩-火山岩的时空坐标, 再造岛弧碰撞造山带形成演化历史。

多金属矿产成矿规律: 把成矿作用视为地壳演化的特殊事件, 建立成矿事件的年代学格架; 通过建造分析和“构造-岩浆-流体-成矿”统一系统分析, 研究矿床成矿环境, 识别成矿系统; 通过典型矿床解剖, 研究成矿作用过程, 建立矿床描述模型和成因模型。

成矿预测与资源评价: 通过成矿理论分析和对比研究, 预测新的有利成矿背景和可能的成矿远景区带; 采用 GIS 技术和 RS 技术, 对义敦岛弧碰撞造山带进行 1:50 万区域定性和定量成矿预测; 通过地物化遥技术方法示范与集成, 进行矿床矿体定位预测。

三、主要成果

(一) 关于义敦岛弧碰撞造山过程和造山机制的研究所取得的创新认识

(1) 系统提出义敦岛弧先后经历洋生弧和主弧两个发育演化阶段。义敦岛弧发育在一个长期处于伸展状态下的薄陆壳之上, 在岛弧南段的乡城地区, 局部拉张形成局限洋盆。本次研究首次在潘拥—得荣一带 (扩张中心) 发现了 231 Ma 的典型洋壳残片。而在岛弧西侧的薄陆壳下部可能存在刚性的变质结晶基底。根据重磁资料和反演, 首次发现 3 个呈 SN 向断续展布的刚性岩块 (结晶基底?), 它们控制着岛弧碰撞造山带的形态和矿床分布。

(2) 义敦古岛弧具有明显的纵向分段性和差异性。岛弧北段的昌台弧为

“张性弧”，经历挤压隆升—扩张断陷交替更迭的复杂演化历史。岛弧带南端的中甸弧为“压性弧”，以不发育弧后盆地特征，在主弧带发育着安山岩及相应的浅成—超浅成斑（玢）岩相组合；而乡城弧则介于“压性弧”与“张性弧”之间，由洋生弧发展而来，短暂的弧火山活动后，转变为拉张和沉陷，在弧后盆地中以不发育火山活动为特征。

(3) 3种不同的岛弧形成了不同的成矿环境，控制着不同的金属矿床组合。昌台弧的弧间裂谷控制着黑矿型 VMS 矿床的发育，其弧后扩张盆地控制着与酸性火山岩系有关的浅成低温热液矿床（金、银、汞、砷、锑等）的形成；中甸弧中发育了斑岩型铜矿和矽卡岩型多金属矿。

(4) 在义敦弧后盆地双峰火山岩带的两侧，首次发现了年龄为 189 Ma 的板内火山岩带，并伴有以黄铁矿化为表现形式的 Ag、Au、Pb、Zn 多金属矿化，其岩浆类型与西侧的造山后 A 型花岗岩一致，表明义敦岛弧至此已完全转入陆内演化阶段。

(5) 初步建立了花岗岩时空坐标，详细识别出了 4 套不同类型的花岗岩：火山弧花岗岩（237~208 Ma）；同碰撞花岗岩（207~138 Ma）；造山期后花岗岩（135~65 Ma）；陆内花岗岩（55~11 Ma）。

(6) 基于花岗岩时空坐标和形成环境，初步再造了岛弧碰撞造山带演化与成矿历史。即开始于印支晚期（诺利克期）的大规模俯冲造山作用，在薄陆壳“基底”上，形成了典型的沟、弧、盆体系。从东到西，有甘孜-理塘蛇绿混杂岩带、弧前增生楔、岩浆弧花岗岩带、主火山弧安山岩带、弧后双峰岩石组合带。此外，岛弧西南部位的白松-池中洋盆及洋壳残片可能也是该阶段的产物。在此过程中，发育了弧间裂谷块状硫化物矿床、弧岩浆-热液铜多金属矿床和弧后火山-热液多金属矿床。其后经历了燕山期的碰撞造山过程，使义敦岛弧强烈挤压隆升成陆，它以同碰撞花岗岩、造山期后伸展构造花岗岩和板内火山岩的发育为标志。在此过程中形成了分布广泛的，与花岗岩浆-热液活动有关的有色金属及贵金属矿床。此后又遭受了新特提斯时期陆内会聚和大规模剪切平移作用的叠加改造，并形成众多与推覆-剪切构造-热液活动有关的贵金属矿床。因此，义敦岛弧碰撞造山带是特提斯-喜马拉雅巨型造山带中的一个复合造山成矿带。

（二）基本查明了义敦岛弧碰撞造山带多金属矿床成矿规律，从成矿系统角度，对成矿作用提出了系统性认识

(1) 在基本查明义敦岛弧碰撞造山带时空结构和形成演化的基础上，系统分析总结了区域成矿规律，初步识别和划分出 4 条重要的成矿带，即弧间裂谷 VMS 多金属成矿带；弧后盆地浅成低温 Ag-Au-Hg 多金属成矿带；俯冲造山晚期斑岩-矽卡岩型 Cu 多金属成矿带；与造山期后花岗岩有关的 W-Mo、Sn-Ag 多金属成矿带。

(2) 在成矿带地质背景、成矿环境、成矿要素、矿化结构的系统分析基础上,建立了3套成矿巨系统:俯冲造山成矿巨系统;碰撞造山成矿巨系统和陆内汇聚成矿巨系统,包括7个成矿系统。

(3) 首次对义敦岛弧昌台盆地开展了流体系统结构演化、流体迁移路径与对流循环机制研究以及流体系统的热动力学模拟。厘定了海底流体系统的空间尺度、活动时限和来源演化,提出了流体“双扩散对流循环”机制和高压流体库新观点。

详细解剖了几种不同构造背景下的典型矿床,系统建立了成矿模式和找矿模式,主要是:弧间裂谷带呷村式矿床成矿模式;弧后盆地农都柯式矿床成矿模式;俯冲造山晚期雪鸡坪式和红山式矿床成矿模式;造山后夏塞式、连龙式矿床成矿模式和休瓦促式矿床成矿模式等。

(三) 成矿预测与矿床定位取得重要进展,成功地建立了矿床矿体定位预测的最佳方法组合模式,创新性地开发了矿床矿体定位预测新技术,在GIS平台上首创了成矿预测智能专家系统

(1) 在义敦岛弧弧后扩张盆地中,首次确立了一条火山岩型浅成低温 Au-Ag-Hg 多金属成矿带;初步查明义敦岛弧西侧陆内伸展环境中发育一条规模较大的与造山后 A 型花岗岩有关的 Sn、Ag、W-Mo 多金属成矿带,矿床类型视侵位的围岩环境不同而有差异。

(2) 首次利用 GIS 技术,完成了7幅1:20万数字化地质图和用于成矿预测的地球物理、地球化学、遥感等系统图件。

(3) 在GIS平台上建成了成矿预测智能专家系统,并成功地进行了1:50万区域成矿预测,分别圈定了斑岩型铜矿,矽卡岩型铜矿,浅成低温热液 Au、Ag 矿,火山岩型块状硫化物以及与花岗岩有关的 Sn、Ag 矿等5类供进一步工作作为找矿靶区。

(4) 首次系统开展了各类地质-矿化单元野外波谱测量,建立了遥感地质成矿预测和矿床定位模型;发展了遥感地空波谱反演新技术,开发了增强图像矿化异常提取处理技术。

(5) 在义敦岛弧碰撞带进行了矿床矿体定位预测理论方法综合示范研究,探索出了一套适应于不同类型矿床矿体定位预测的最佳方法组合模式和工作流程。

(6) 通过昌台、乡城、中甸等地的矿床矿体定位预测综合示范,成功地圈定了几个可供钻探验证的矿体和矿化地质体,并提出了布钻建议。

本专著是参加 95-02-001-04 课题成员的集体成果,在撰写时各有所侧重,其中前言、第一章、第二章主要由侯增谦完成,杨岳清撰写了有关中甸弧部分内容,第三章中的第一节由王海平完成,第二、三节由杨岳清完成,第四章第一节由杨岳清完成,第二节由侯增谦、余金杰完成;第三节由曲晓明完

成；第五章第一节由黄典豪、曲晓明、杨岳清完成；第二节由杨岳清完成；第六章由杨岳清完成；第七章由王海平、吴宣志、吕庆田完成。唐绍华、赵金花承担了 GIS 成矿预测数字化及一些图件的编制工作。专著全文由侯增谦和杨岳清修改、统稿。绘图及初稿的打印由贾秀敏、樊莉等完成。

作者的最大心愿是希望本专著能为今后在该区工作的地质工作者构成一块攀登高峰的基石，同时也能成为我国广大地质工作者的借鉴。但由于工作时间较短及其他主、客观方面存在的一些问题，研究成果还有不尽如人意之处，请学者、专家给予批评指正。

在研究工作过程中，作者得到原地质矿产部地调局、四川地勘局、云南地勘局领导的指导和关怀，四川、云南地质矿产局有关地质队也给予了热情协助；此外还得到中国科学院矿床所、测试所、地质所、物探所及湖北省岩矿测试中心的大力支持，在此一并向他们表示衷心感谢。



目 录

前 言

上 篇 义敦岛弧碰撞造山过程概述	(1)
------------------------	-----

第一章 俯冲造山作用及其火山-沉积记录	(3)
---------------------------	-----

第一节 岛弧的“基底”	(3)
-------------------	-----

一、基底的构造-地层单元	(3)
--------------------	-----

二、基底的地球物理场特征	(5)
--------------------	-----

三、基底刚性块体与磁重力异常	(6)
----------------------	-----

四、基底的属性	(9)
---------------	-----

第二节 俯冲带与洋壳残片	(11)
--------------------	------

一、甘孜-理塘海沟与洋壳残片	(11)
----------------------	------

二、白松-池中洋盆与洋壳残片	(15)
----------------------	------

第三节 岛弧与火山-沉积作用	(22)
----------------------	------

一、池中洋生岛弧	(22)
----------------	------

二、昌台岛弧	(28)
--------------	------

三、乡城岛弧	(45)
--------------	------

四、中甸岛弧	(49)
--------------	------

第四节 弧后扩张盆地与火山-沉积作用	(57)
--------------------------	------

一、弧后盆地的时空分布和火山-沉积作用	(58)
---------------------------	------

二、弧后区板内火山作用	(64)
-------------------	------

第五节 岛弧演化与分段分带	(69)
---------------------	------

一、岛弧类型	(69)
--------------	------

二、岛弧演化	(70)
--------------	------

小结	(73)
----------	------

第二章 碰撞造山作用与花岗岩	(75)
----------------------	------

第一节 岩浆事件与时空坐标	(75)
---------------------	------

一、208 ~ 237 Ma 岩浆事件	(75)
---------------------------	------

二、138 ~ 207 Ma 岩浆事件	(75)
---------------------------	------

三、65 ~ 135 Ma 岩浆事件	(77)
--------------------------	------

第二节 花岗岩分类	(77)
-----------------	------

一、弧花岗岩	(77)
--------------	------

二、同碰撞花岗岩	(89)
----------------	------

三、造山期后花岗岩	(89)
-----------------	------

第三节 碰撞造山过程再造	(98)
--------------------	------

一、碰撞前的俯冲造山作用	(98)
二、弧-陆碰撞与碰撞造山作用	(98)
三、造山期后作用与岩石圈伸展	(99)
小结	(100)
第三章 陆内汇聚作用	(101)
第一节 遥感构造的基本特征	(101)
一、影像构造单元及其基本特征	(102)
二、遥感构造格局及其基本特征	(108)
三、线性构造演化与应力场分析	(128)
第二节 新生代陆内造山活动	(134)
一、岗嘎逆冲推覆构造	(134)
二、雀儿山滑覆构造	(135)
第三节 陆内岩浆活动	(137)
一、花岗岩类	(137)
二、正长岩类	(138)
下 篇 义敦岛弧碰撞造山带成矿系统与成矿预测	(140)
第四章 俯冲造山成矿巨系统	(144)
第一节 弧岩浆-热液成矿系统	(144)
一、成矿地质背景	(144)
二、成矿系统时空结构	(145)
三、成矿系统主要控矿因素	(150)
四、成矿系统矿化组合	(152)
五、典型矿床	(154)
六、弧岩浆-热液成矿系统模型	(188)
第二节 弧间裂谷成矿系统	(191)
一、成矿地质背景	(192)
二、成矿系统时空结构	(193)
三、成矿系统主要控矿因素	(197)
四、成矿系统矿化组合	(205)
五、典型矿床——以呷村矿床为例	(207)
六、矿床形成机制与模式	(220)
第三节 弧后火山-热液成矿系统	(224)
一、成矿地质背景	(224)
二、成矿系统时空结构	(226)
三、成矿系统主要控矿因素	(226)
四、成矿系统矿化组合	(231)
五、典型矿床——农都柯火山岩型低温热液 Au-Ag 多金属矿床	(232)
第五章 碰撞造山成矿巨系统	(243)
第一节 造山后伸展构造-岩浆热液成矿系统	(243)

一、成矿地质背景	(243)
二、成矿系统时空结构	(243)
三、成矿系统主要控矿因素	(245)
四、成矿系统矿化组合	(247)
五、代表性矿床	(249)
第二节 远成岩浆热液成矿系统	(275)
一、成矿地质背景	(275)
二、成矿系统时空结构	(279)
三、成矿系统主要控矿因素	(279)
四、成矿系统矿化组合	(280)
五、典型矿床	(280)
六、成矿机制和成因模式	(288)
第六章 陆内汇聚成矿巨系统	(294)
第一节 陆内壳/幔岩浆热液成矿系统	(294)
一、成矿地质背景及时空结构	(294)
二、成矿系统主要控矿因素	(295)
三、成矿作用特征	(295)
四、成矿系统中构造-岩浆演化和金成矿机制	(297)
第二节 推覆剪切构造-流体成矿系统	(298)
一、成矿系统背景和时空结构	(298)
二、成矿系统主要控矿因素	(299)
三、成矿系统矿化组合及成矿特征	(299)
四、成矿系统中构造演化和金的成矿作用	(304)
第七章 成矿远景评价与矿体定位预测	(305)
第一节 区域成矿远景评价的原理和工作程序	(305)
一、评价原理	(305)
二、工作程序	(305)
第二节 区域成矿多元信息评价	(306)
一、区域地球物理成矿远景评价	(306)
二、区域遥感成矿远景评价	(307)
三、GIS 与多元信息综合成矿远景评价	(321)
第三节 重要靶区矿体定位预测	(327)
一、岬村外围靶区成矿预测	(327)
二、农都柯靶区成矿预测综合示范研究	(330)
三、乡城青麦乡靶区成矿预测综合示范研究	(332)
参考文献	(338)

上篇 义敦岛弧碰撞 造山过程概述

义敦岛弧是“三江”构造-岩浆带中一个重要的构造单元，也是一个十分重要的多金属成矿带。自张之孟等（1979）提出义敦岛弧的认识后，关于其的研究已日益受到广大地质工作者的重视。义敦岛弧具有世界上众多岛弧共同的特点，即从洋中脊上升地幔对流在大陆附近碰撞岩石圈，大洋壳向大陆壳下面俯冲形成海沟，俯冲带的前端在地幔中熔融上升成为火山岩带或侵入体，形成岛弧。在横向上具有沟-弧-盆的构造体系，其中火山岩浆弧构成了岛弧的主体。然而，义敦岛弧的形成具有更复杂的发育历史，构成岛弧的次级构造单元不仅众多，而且岛弧形成之前的“基底”也颇为特殊。岛弧形成后，又发生了强烈的碰撞造山作用和陆内造山作用，其造山过程显示出明显的阶段性。

（1）岛弧“基底”特征及属性。根据构造-地层单元和地球物理场研究发现，“基底”具薄陆壳性质，厚度不大于 25 km。其中最古老的变质岩系——恰斯群，与扬子地台的河口群相当，表明义敦地区曾是扬子地台西缘的一部分。长期处于伸张状态的薄陆壳基底，局部曾扩张成洋壳或过渡壳，并且也曾处于强烈拉张状态，因而曾发育三个线状不连续分布的刚性块体以及堑-垒构造体系。

（2）俯冲造山作用是义敦岛弧形成的基础，其典型产物包括甘孜-理塘蛇绿混杂岩带、弧前增生楔、岩浆弧花岗岩带、主火山弧安山岩带、弧后双峰岩石组合带，它们自东向西依次分布。代表洋壳残片的蛇绿岩多被肢解，沿甘孜-理塘断裂带断续分布，蛇绿岩由变质橄榄岩、堆积杂岩、辉绿岩墙、块状—枕状玄武岩和硅质岩及深水浊积岩构成；弧前增生楔分布于甘孜-理塘西侧，由上三叠统浅海陆棚及复理石浊积岩组成；岩浆弧花岗岩与火山弧安山岩带并列排布，二者的发育标志着义敦岛弧的形成，暗示着甘孜-理塘洋盆已于晚三叠世卡尼期消减闭合；弧后盆地发育于火山-岩浆弧西侧，双峰岩石组合由钾玄岩—高钾流纹岩构成，表明俯冲造山作用以火山岩浆弧发育为高峰，以双峰岩石组合发育为尾声。

（3）碰撞造山作用使义敦岛弧强烈挤压隆升成陆，它以同碰撞花岗岩和造山后伸展构造花岗岩以及板内火山岩的发育为标志。它们是高密度洋壳拖拉着密度较轻的陆壳继续沿着俯冲带俯冲，导致陆壳缩短和弧陆汇聚碰撞。沿俯冲带俯冲的陆壳因携带大量水圈物质，随向下的俯冲和 $P-T$ 条件的改变，而发生大规模的脱水，一方面导致干莫霍岩石重新水化，形成莫霍软化带，俯冲的陆壳沿软化带平行插入，造成碰撞带地壳加厚；另一方面因矿物脱水而发生陆壳深熔作用，形成壳源为主的碰撞花岗岩，就位于弧花岗岩带内部及其附近。造山后伸展构造花岗岩在空间上分布于岛弧阶段的弧后区部位，构成义敦岛弧中

另一条重要的花岗岩带，其岩性具有 A 型花岗岩体的特征。它的发育表明造山后期的区域应力场发生了重大变化，由挤压构造体制转变为伸展构造体制。在造山后伸展构造体制下，造山带下部热结构状态决定了岩浆的形成起源、岩浆类型和时空分布特点。软流圈上升并发生减压熔融可以产生玄武岩浆，其侵入下地壳形成垫托作用；软流圈物质强烈上涌和热侵蚀作用强烈改变了地壳热结构，从而导致地壳大规模熔融，形成花岗岩浆。另外在弧后盆地西侧发育的一套火山岩与岛弧岩浆明显不同，具有典型的板内裂谷岩浆作用特点，其中的矿化组合也不同，它的发现深化了义敦岛弧的构造岩浆演化的研究。

(4) 陆内造山作用是义敦岛弧中发生的另一种类型的构造活动，它和印度板块向北楔入碰撞及陆内汇聚密切相关，主要表现为陆壳急速垂直抬升和大规模逆冲—推覆，与之相伴的是大规模平移走滑活动，形成了一系列串珠状走滑拉分盆地，接受第三纪红层沉积。同时沿着近 SN 向的平移断层发生喜马拉雅期岩浆活动，其中的花岗岩虽也具 A 型特征，但与造山后伸展构造背景的 A 型花岗岩在地球化学性质上有较大差异，表明两者具有不同的岩浆来源和动力学背景。

总之，义敦岛弧形成背景与造山过程的再造不仅对“三江”构造-岩浆带的形成历史，特别是对我国古岛弧的发育史的深入了解有着重要的意义，而且对其中矿产形成环境的研究和矿床的寻找也有着重大的指导意义。

第一章 俯冲造山作用及其火山-沉积记录

大量研究表明,义敦岛弧始于晚三叠世卡尼晚期,终结于晚三叠世诺利克期。岛弧主体发育在具铍-垒系特征的拉薄陆壳基础之上,经历了挤压—扩张交替复杂的发育历史,形成了各具特色的弧火山-岩浆组合和槽岭沉积体系,自东而西依次发育甘孜-理塘海沟、弧前增生楔、外火山岩浆弧、弧间裂谷、内火山岩浆弧和弧后扩张盆地等次级构造单元(图 1-1)。然而,就义敦岛弧造山带及俯冲造山作用而言,尚有几个问题需要进一步研究解决:①制约岛弧形成演化的“基底”特征与属性;②洋生弧时空分布与形成演化;③岛弧时空结构与分段分带性。本章将主要针对这些问题,依据最新的地质资料并结合前人的研究成果,对义敦岛弧的时空结构与形成演化历史进行讨论。

第一节 岛弧的“基底”

岛弧的“基底”系指岛弧形成发育之前的构造-岩浆-沉积建造,可以由前寒武纪结晶基底和古生代盖层组成,也可以仅由古生代—早中生代地层构成。鉴于义敦岛弧造山作用主体发生于晚三叠世卡尼期末,所以这里把上三叠统之前的构造-岩浆-沉积建造序列统称为岛弧“基底”岩系。

一、基底的构造-地层单元

依据义敦地区不同地质时期构造运动、沉积建造、岩相特征可以将区内“基底”地层划分为 4 个构造-地层单元。

1. 前震旦系—震旦系构造-地层单元

仅出露于义敦岛弧碰撞造山带的东南缘的“恰斯”断隆上。由前震旦系基底恰斯群和震旦系盖层沉积观音崖组和灯影组组成。

2. 奥陶系—下二叠统构造-地层单元

主要分布于本区东部马尼干戈、理塘、瓦厂一线和西部雅洼、色仓一带。奥陶系主要为黑色大理岩、石英片岩和石英砂岩;志留系—泥盆系主要为白云质大理岩、块状结晶灰岩和绢云石英片岩;石炭系—下二叠统主要为互层的大理岩与千枚岩及结晶灰岩。就沉积相型而言,东部地层多属介壳灰岩和笔石碎屑岩相,碳酸盐岩发育较少,生物化石相对贫乏,地层厚约 13600 m。西部多为礁灰岩相,偶夹碎屑岩相,生物十分繁盛(姚冬生, 1983),地层厚约 5900 m。就沉积类型和生物面貌,与扬子西型沉积相类似。就火山岩系而言,东部仅奥陶系、志留系和下二叠统偶夹基性火山岩;西部各系均夹有规模不等的基性火山岩,反映西部较东部有着较大的活动性。

3. 上二叠统一—中三叠统构造-地层单元

与 2 单元相依分布,但较广。包括下义敦群和下热水塘群主体,东部与下伏地层多呈

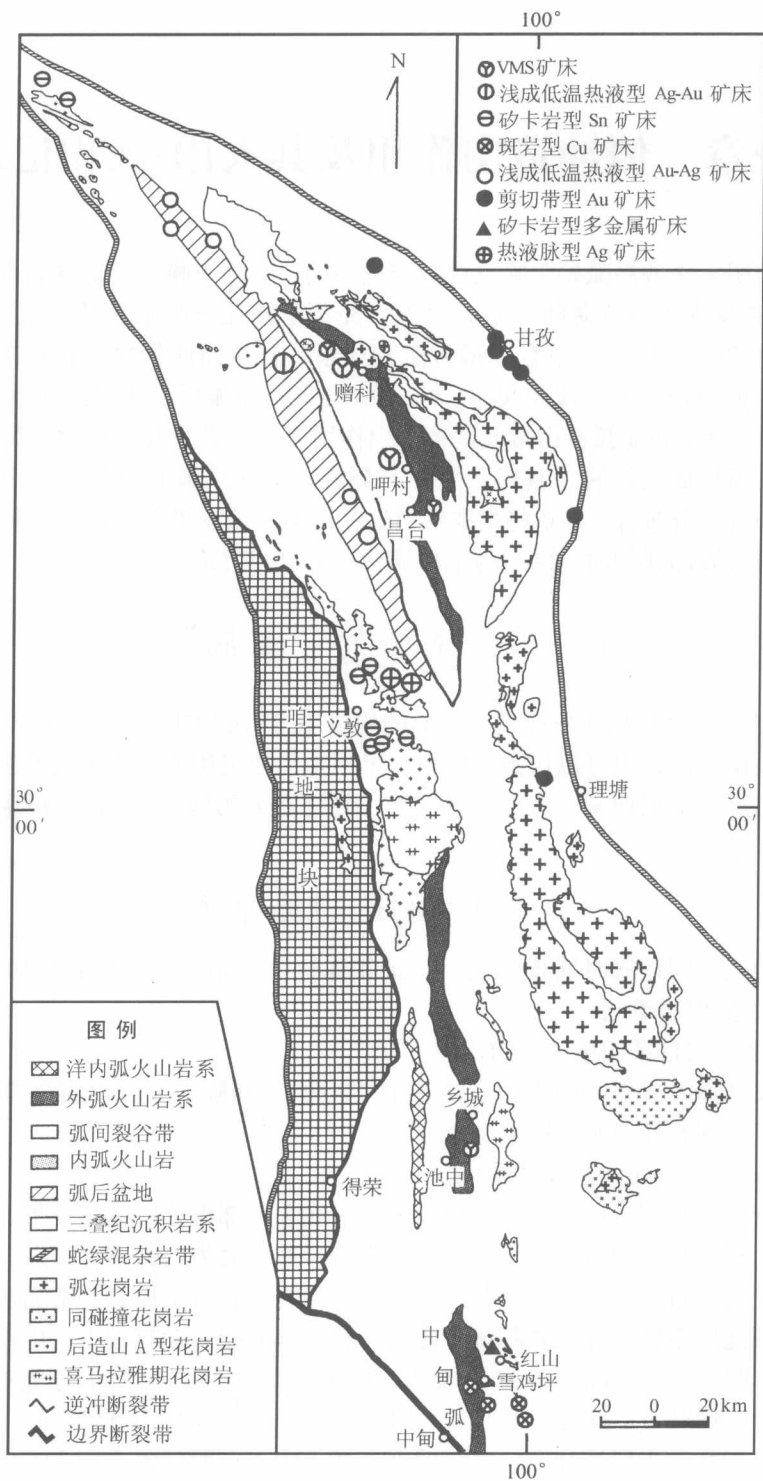


图 1-1 义敦古岛弧构造格架及矿床分布略图