

国家三五项目系列丛书

中国新疆阿尔泰山地质 与矿产论文集

陈毓川 王京彬 主编

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本文集是“九五”国家科技攻关项目——新疆 305 项目阿尔泰山地区(含准噶尔地区)各专题研究成果的汇集,主要包括阿尔泰山地区基础地质、矿床地质、地球化学和找矿评价技术方法等方面的研究成果,具有较高的理论水平和较好的实用价值。

本书可供从事地球科学科研、教学及矿产勘查人员等参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国新疆阿尔泰山地质与矿产论文集/陈毓川,王京彬主编.

-北京:地质出版社,2003.10

ISBN 7-116-03914-7

.中... . 陈... 王... . 阿尔泰山-区域地质-文集
阿尔泰山-矿产资源-文集 . P562.45-53 P617.245-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 088895 号

ZHONGGUO XINJIANGAERTAI SHANDIZHI YU KUANGCHANLUNWENJI

组稿编辑:王大军 白 铁

责任编辑:邢瑞玲

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)82324579(编辑部)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010)82310759

印 刷:北京京科印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:15

字 数:360千字

印 数:1—800册

版 次:2003年10月北京第一版·第一次印刷

定 价:60.00元

ISBN 7-116-03914-7/P·2414

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社出版处负责调换)

国家三五项目系列丛书编辑委员会

主任：涂光炽 孙 枢

副主任：肖序常 陈毓川 何国琦

委员：(按姓氏笔划)

马映军 马福臣 王宝林 王京彬 王金良

刘益康 孙 枢 孙肇钧 肖序常 李庆昌

吴乃元 何国琦 陈毓川 张良臣 张洪涛

涂光炽 徐 新 范蔚茗

执行委员：徐 新 郝 杰

丛书编辑组：白 铁 王大军 邢瑞玲 沈 镭

郝梓国 余宏权 朱明玉 李凯明

王江海 刘建三

总 序

在 20 世纪 80 年代初期,为贯彻党中央提出的国家经济建设重点逐步西移的战略构想,提前为西部大开发作好矿产资源准备,国家专门在新疆设立了国家级地学科技攻关项目。国家计委、国家科委以计科(1985)305 号文批复将新疆地质矿产综合研究列为“七五”国家科技攻关项目,从此“国家三五项目”就成为一个约定俗成而被正式使用至今的名称。

国家 305 项目包括从 1986 年开始实施的一系列国家科技攻关项目,即 75 - 56“加速查明新疆矿产资源的地质、地球物理、地球化学综合研究”、85 - 902“加速查明新疆黄金、有色金属大型矿产资源基地的综合研究”、96 - 915“加速查明新疆优势金属矿产资源及大型矿床的综合研究”和 2001BA609A07“新疆优势矿产资源勘查评价研究”。

在国家科委(科技部)领导下,国家三五项目由新疆维吾尔自治区人民政府与国土资源部(原地质矿产部)、中国科学院、中国有色金属工业总公司、国家教育委员会(教育部)、原冶金工业部、国家自然科学基金委员会等部门联合实施并提供资金支持,在项目总体设计、攻关队伍的组织、目标管理与过程管理、研究网络的构建和科技经济一体化运行等方面进行了不断的探索和实践。全国 21 个省市、103 个单位、1500 余名科技人员先后参加了科技攻关。至 2000 年,共开展了 24 个课题、262 个专题的研究工作,提交 400 多份研究报告,发表论文 516 篇(国内核心期刊 210 篇、国外刊物 69 篇),出版地质矿产专著 22 部(未含此次出版的系列专著);先后有 40 余项成果获得省(区)部级科学技术进步奖。

国家三五项目在一个地质研究和矿产勘查程度很低的大区域启动,为查明大型矿床成矿的地质背景,在现代大陆地质与成矿学理论指导下,进行了大量的野外调查和室内测试分析,结合运用高精度的地球化学、地球物理、航天航空遥感、计算机数据模拟等现代技术,把新疆地质矿产研究提高到新的水平。15 年地学科技攻关取得的丰硕成果,可以概括为以下几个方面。

在新疆地壳结构与地质演化方面,研究了多期次蛇绿岩、基性 - 超基性杂岩、高压变质岩、不同类型花岗岩、海相与陆相火山岩、广泛发育的富碱岩带和多处深源岩石包体,揭示了新疆古生代洋陆格局变迁和地壳增生过程,提出了陆间洋盆、多块体聚合、显生宙地壳增生、后造山伸展、陆内造山和盆山耦合的“中亚型造山带”演化框架,碰撞后地壳垂向增生在中亚岩石圈演化过程中具有重要意义。多条贯通全区的地球物理综合剖面,初步显示出造山带与盆地的岩石圈、软流圈的结构特征与耦合关系。十多年地学科技攻关表明,新疆及中亚地质构造具有显著的区域特色,其古生代洋陆格局、造山带演化与陆壳增生机制比环太平洋、喜马拉雅 - 阿尔卑斯等世界级造山带更为复杂多样。

在中亚造山带成矿作用方面,初步完成了新疆主要地质和成矿事件年表,揭示中新元古代、早古生代和晚古生代有多次重要成矿期,特别是提出了石炭纪末至二叠纪初存在着大规模的成矿事件。与环太平洋带及特提斯带以中—新生代为主要成矿期不同,中亚造山带以晚古生代为主要成矿时期。大型-超大型矿床多期多阶段富集特征明显,基底的成矿预富集作用对大型-超大型矿床的形成具有重要意义,块体边缘与缝合带是成矿元素大规模聚集的有利场所,古陆壳多次裂解时期和挤压构造的伸展部位有利于大规模成矿物质的聚集。特色矿床类型主要与陆壳裂解伸展作用有关,如基性-超基性铜镍硫化物矿床、海相火山岩有关的块状硫化物矿床、陆相火山岩浅成低温热液金矿床、与含炭碎屑岩有关的穆龙套型金矿床和与富碱岩系有关的稀有(金)矿床等。中亚造山带成矿类型丰富,成矿机制多样,成矿过程复杂,不能被其他造山带成矿模型所涵盖。由此,提出“中亚成矿域”的概念,初步揭示了中亚成矿域的全球构造背景和成矿作用特点,为大陆成矿理论创新提供了条件。

对加速查明新疆矿产资源做出了开拓性的贡献。先后发现和圈定了 41 条重要矿带、200 余处找矿靶区和 50 多处评价基地,特别是阿尔泰山南缘金多金属矿带、吐拉苏金矿带、天格尔金矿带、察汗萨拉锑银矿带、康古尔塔格金矿带等成矿带的发现更具有开拓性意义。提交科研预测储量(333~334 资源量):金 895 吨、铜镍 698 万吨、铅锌 1080 万吨、钾盐 2.5 亿吨。地球化学研究圈出地球化学单元异常 36947 个、综合异常 2423 个,在快速查证中发现数百处可供地勘部门开展工作的普查基地。

与地勘部门合作推进科技成果转化,形成可供开发的大型矿产地 10 余处,有力地推动了新疆矿业经济的发展,并为矿产普查开辟了广阔前景。在阿尔泰山南缘和东天山-伊犁地区,一系列重要矿产地先后发现和陆续开发,包括多纳那萨依、赛都、萨尔布拉克、萨尔阔布、阔尔真阔腊、康古尔塔格、马头滩、马庄山、望峰、萨日达拉、阿希、伊尔曼得、京西、恰布坎卓它等大中型金矿,喀拉通克、阿舍勒、科克塔勒、黄山、喇嘛苏、土屋等大型有色金属矿床,初步形成两条黄金-有色金属产业带。罗布泊超大型钾盐矿床的发现,是我国继察尔汗钾盐矿之后钾盐勘查的最重要的进展,首选开发的罗北矿区,KCl 资源量在 2.5 亿吨以上,资源保证程度高,卤水可采性好,可生产高质量的硫酸钾,将成为我国的大型钾盐开发基地。

国家三五项目为适应成矿靶区筛选与评价的需要,先后引进和开发了 38 种矿产勘查新方法、新技术,与常规的技术方法相结合,形成了项目研究方法组合模式和快速评价新技术系列,在“区域选带、带中选段、段中求矿”的连续跟踪、高效勘查中发挥了重要作用。此外,在金属矿采矿选冶技术工艺开发方面有应用实绩,如高纯金属锂试制成功,技术工艺达到世界先进水平;非金属矿产(膨润土、蛭石、高岭土、沸石、地开石等)应用研究和深加工工艺技术开发取得系列成果。

国家三五项目野外工作地区,在新疆的三大山系和戈壁荒漠,环境艰险,有些地方被称之为“生命禁区”。攻关队伍履险如夷,有不少可歌可泣的事迹。在艰苦卓绝的奋斗拼搏中,老一辈地质学家亲自担纲、言传身教,一批青年地质科研人员成长为学术带头人和技术骨干,形成了一支大陆地质科学与中亚成矿域研究的跨世纪人才梯队。根据对 62 个专题的调查,在读的研究人员 210 人,培养出硕士 87 人、博士 56 人、博士后 10 人;晋升技术职称的 359 人,晋升教授、研究员和教授级高级工程师的 98 人,晋升副教授、副研究员及高级工程师的 151 人,晋升讲师、助理研究员和工程师的 110 人。据此推算,总计培养博士、硕士和晋升高技术职称者应在千人以上。

从当今我国西部大开发战略的实施,回顾国家三 五项目的科技攻关,人们不能不敬佩我国地质界巨子和国家科技计划决策者的远见卓识。国家三 五项目的持续实施,在 165 万平方公里的广袤国土上成长起一项先导性科技工程,对加速新疆矿产资源勘查、引导矿产资源合理开发产生了重大作用,对促进我国矿产资源接续基地建设、维护我国资源安全将有深远影响。人们不会忘记那些为国家三 五项目实施做出过杰出贡献的发起者、组织者和领导者,国家三 五项目的成功实施会给他们带来由衷的喜悦和欣慰。对曾经为国家三 五项目呕心沥血的先逝者,我们愿以这套系列专著作为对他们的纪念。

即将付梓的系列专著,是国家三 五项目 1986 ~ 2000 年研究工作的结晶,是千余名地质科学工作者近 20 年辛勤劳动和共同奋斗的结果。在编辑委员会领导下,系列专著的撰写者和编审者付出了巨大的辛劳,积锲而不舍之功,完成著作 16 部、论文集 3 本、图件及说明书 3 册。其书目如下:《中国新疆地壳结构与地质演化》、《中国新疆优势金属矿产成矿规律》、《中国新疆金矿床》、《中国新疆铜矿床和镍矿床》、《中国新疆铅锌矿床》、《中国新疆稀有及稀土金属矿床》、《中国新疆非金属矿床》、《中国新疆花岗岩》、《中国新疆地壳演化主要地质事件年代学和地球化学》、《中国新疆北部富碱火成岩及其成矿作用》、《中国新疆北部火山岩及其成矿作用》、《中国新疆阿尔泰成矿带矿床地质、成矿规律与技术经济评价》、《中国新疆地质概要》、《中国新疆区域成矿作用年代学》、《中国新疆南部(青藏高原北缘)盆山构造及其演化》、《中国新疆阿尔泰—准噶尔—天山地学断面综合探测与研究》、《中国新疆阿尔泰山地质与矿产论文集》、《中国新疆天山地质与矿产论文集》、《中国新疆昆仑—阿尔金地质与矿产论文集》、《中国新疆及邻区大地构造图》及说明书、《中国新疆天山—塔里木—昆仑山地学断面》及说明书、《中国新疆阿尔泰—准噶尔—天山地学断面》及说明书。

系列专著的出版,得力于国家科技部、新疆维吾尔自治区人民政府、中国科学院、国土资源部等部门的鼎力支持,也得到有关方面专家、学者的热诚关怀。在此,一并表示衷心的感谢。

国家三 五项目系列丛书编辑委员会

2003 年 3 月 20 日

前 言

本论文集是“九五”期间国家科技攻关项目——新疆 305 项目阿尔泰地区各专题研究成果的汇集,反映了现阶段对该地区一些重大地质矿产等问题的最新认识,这无疑对地质界内相互交流,并为今后进一步深化阿尔泰地区地质矿产研究是十分有益的。

阿尔泰地区是新疆亦是全国重要的有色、贵金属、稀有金属成矿带,可可托海稀有金属白云母伟晶岩矿床闻名于世,阿舍勒富铜矿床、喀拉通克铜镍矿床、可可塔勒铅锌矿床、蒙库铁矿床等均是国内有名的矿床,此地虽经多年勘查,矿产资源潜力仍不可低估,有不少地区工作程度还比较低,如北部的诺尔特地区等。

阿尔泰地区是一个典型的华力西构造运动发育完整,并伴随强烈成矿作用的地质构造带,是研究古大陆边缘华力西构造成矿旋回活动过程,以及陆内构造成矿活动的理想地区。连续 15 年来,新疆 305 国家科技攻关项目在阿尔泰地区进行了大量的较系统的基础地质与矿产资源成矿规律、预测评价研究工作,已取得丰硕成果,较深入地研究了该地区自华力西初期西伯利亚大陆西南缘张裂,海底火山作用与成矿,早、中期陆内强烈花岗岩化与成矿,中、晚期微陆块碰撞挤压褶皱又反弹伸展,地幔基性-超基性岩浆沿深断裂侵入并形成铜镍矿床以及较强烈的陆相火山-侵入活动与成矿等构造-岩浆-成矿活动,初步建立了较完整的华力西构造旋回时期的成矿谱系,又取得了中生代岩浆活动与成矿作用的重要信息。因此,为剖析本地区在华力西期大陆边缘及中生代陆内深部壳幔成矿动力学过程,进一步深化对区域成矿规律及成矿预测的研究已创造了较好条件。

总体来看,我国境内阿尔泰构造成矿带的研究工作远远不如俄罗斯和哈萨克斯坦境内的研究程度,那里从 20 世纪 30 年代就已开始不间断地进行地质勘查与地质矿产科学研究,他们那里找到的矿床亦远比我国境内的多。因此,继续开展该地区的矿产勘查与科学研究尚有很大潜力,仍是十分必要的。在此论文集出版之际,一方面我们庆贺已取得的成果;另一方面深感进一步深化研究的必要与任务的繁重。衷心希望在新的起点上将阿尔泰地区的地质科学探索工作及矿产勘查工作继续深化,并取得更大成绩,为祖国的地质事业与地质科学发展作出新的贡献。

陈毓川

2002 年 12 月 8 日

目 录

前 言

阿尔泰运动及相关的地质问题.....	徐 新(1)
“阿尔泰山构造成矿域”的形成机制研究.....	李志纯(12)
新疆阿尔泰山南缘地壳结构与构造演化.....	张传林 董永观(23)
新疆阿尔泰诺尔特地区岩浆活动研究 周涛发 袁 峰 岳书仓 袁旭音 周华平(30)	
新疆阿尔泰东部晚古生代的沉积环境和古地理 袁旭音 周华平 周涛发 袁 峰(51)	
东准噶尔中酸性浅成岩浆建造的地质地球化学特征、成因及其成矿意义	刘家远(61)
阿尔泰成矿系列的重新划分与演化.....	陈毓川 王登红 徐志刚 付旭杰(72)
阿尔泰型火山成因块状硫化物矿床.....	王京彬 张进红 丁汝福 方同辉(82)
阿尔泰铁木尔特铜铅锌矿床地质特征及找矿预测 张进红 王京彬 马忠美 姜 俊 刘 刚(95)	
新疆沙尔布尔海底火山喷流沉积磁铁矿床成因 陈大经 尹意求 胡兴坪 李嘉兴(103)	
阿克吐拜克金矿的发现及其意义.....	董永观 张传林 郭坤一(109)
新疆阿尔泰萨热阔布金矿成矿地球化学初探 丁汝福 王京彬 张进红 方同辉 马忠美(116)	
新疆萨吾尔山阔尔真阔腊金矿区深部找铜探讨 尹意求 陈大经 唐红松 李嘉兴 胡兴坪 郭正林(125)	
新疆伊吾北山金矿地质地球化学特征和矿床成因.....	钱建平 刘 纯(132)
新疆双峰山金矿床成矿作用与成矿模式 郇今敖 莫江平 彭晓明 席小平 三金柱(141)	
阿尔泰成矿区大型、超大型矿床综合信息预测 王世称 杨毅恒 李景朝 范继璋 刘光胜(149)	
新疆阿舍勒铜锌银矿床三维立体模型的建立及其地质意义 朱裕生 肖克炎 陈郑辉 宋国耀(170)	
乌伦布拉克铜矿地质地球物理特征及找矿研究.....	程志平 单娜琳(179)
新疆东准卡拉麦里—阿尔曼太地区内生金矿遥感信息找矿影像模型 张旺生 高怀忠(187)	
附录 1 国家三五项目“七五”、“八五”、“九五”期间项目委员会、 专家委员会名单	(198)
附录 2 国家三五项目专题承担单位和主要研究人员	(201)

CONTENTS

PREFACE	<i>Chen Yuchuan</i>
ALTAY MOVEMENT AND RELATED GEOLOGY	<i>Xu Xin (11)</i>
THEORETICAL FRAME OF MTS . ALTAY TECTONIC-METALLOGENIC ZONE 'S FORMATION	<i>Li Zhichun (22)</i>
CRUSTAL STRUCTURE AND TECTONIC EVOLUTION OF SOUTHERN ALTAY, XINJIANG	<i>Zhang Chuanlin and Dong Yongguan (29)</i>
MAGMATISM IN THE NURT AREA, ALTAY, XINJIANG	<i>Zhou Taofa Yuan Feng Yue Shucang Yuan Xuyin Zhou Huaping (49)</i>
SEDIMENTARY ENVIRONMENT AND PALAEOGEOGRAPHY OF LATE PALAEOZOIC IN EASTERN XINJIANG ALTAY	<i>Yuan Xuyin Zhou Huaping Zhou Taofa Yuan Feng (59)</i>
CEOLOGICAL-GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS, GENESIS AND METALLOGENETIC SIGNIFICANCE OF INTERMEDIATE-ACIDIC HYPAHYSSAL MAGMATIC FORMATION IN EAST JUNGGAR	<i>Liu Jiayuan (71)</i>
RE-DELIMITATION AND EVOLUTION OF THE MINEROGENETIC SERIES OF MINERAL DEPOSITS IN ALTAY, XINJIANG	<i>Chen Yuchuan Wang Denghong Xu Zhigang Fu Xujie (80)</i>
VOLCANOGENIC MASSIVE SULPHIDE DEPOSITS OF ALTAY TYPE	<i>Wang Jingbin Zhang Jinhong Ding Rufu Fang Tonghui (93)</i>
GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND PROSPECTING IN TIEMUERTE Cu-Pb-Zn DEPOSIT, ALTAY	<i>Zhang Jinhong Wang Jingbin Ma Zhongmei Jiang Jun Liu Gang (102)</i>
A SUBMARINE EXHALATION-SEDIMENTARY MAGNETITE DEPOSIT, SHAERBUER, XINJIANG	<i>Chen Dajing Yin Yiqiu Hu Xingping Li Jiaxing(108)</i>
CHARACTERISTICS AND GENESIS OF THE AKITUBIKE GOLD DEPOSIT IN ALTAY, XINJIANG	<i>Dong Yongguan Zhang Chuanlin Guo Kunyi(115)</i>
GEOCHEMISTRY AND GENESIS OF SAREKUOBU GOLD DEPOSIT, XINJIANG	<i>Ding Rufu Wang Jingbin Zhang Jinhong Fang Tonghui Ma Zhongmei(124)</i>

A DISCUSSION ON PROSPECTING DEEP COPPER DEPOSIT FOR
THE KUOERZHENKUOLA GOLD DISTRICT IN THE SAWUERSHANG,
XINJINAG

..... *Yin Yiqiu Chen Dajing Tang Hongsong Li Jiaxing Hu Xingping Guo Zhenglin*(131)

GEOLOGY, GEOCHEMISTRY AND ORE GENESIS OF BEISHAN GOLD

DISTRICT IN YIWU, XINJIANG *Qian Jianping and LIU Chun*(140)

MINERALIZATION AND METALLOGENIC MODEL OF

SHUANGFENGSHAN GOLD DEPOSIT

..... *Li Jinao Mo Jiangping Peng Xiaoming Xi Xiaoping San Jinzhu*(148)

THE PREDICTION OF LARGE AND SUPERLARGE MINERAL DEPOSITS

BASED ON THE COMPREHENSIVE INFORMATION IN XINJIANG

ALTAY METALLOGENIC PROVINCES

..... *Wang Shicheng Yang Yiheng Li Jingchao Fan Jizhang Liu Guangsheng*(169)

CONSTRUCTION AND GEOLOGICAL SIGNIFICATION OF

THREE DIMENSION MODEL ON THE ASHELE Cu-Zn-Ag

DEPOSIT IN HABAHE, XINJIANG

..... *Zhu Yusheng Xiao Keyan Chen Zhenghui Song Guoyao*(178)

RESEARCH ON THE GEOLOGIC AND GEOPHYSICAL FEATURES OF

WULUNBU LAKE COPPER MINE AND ITS EXPLORATION

..... *Cheng Zhiping and SHAN Nalin*(186)

IMAGERY MODEL OF REMOTE-SENSING INFORMATION PROSPECTING FOR

ENDOGENETIC GOLD DEPOSITS IN KALAMAILI-AERMANTAI AREA,

EASTERN JUNGGAR, XINJIANG *Zhang Wangsheng and Gao Huaizhong*(196)

APPENDIX (197)

APPENDIX (198)

APPENDIX (201)

阿尔泰运动及相关的地质问题

徐 新

(国家 305 项目办公室, 乌鲁木齐 830000)

摘 要 阿尔泰运动是中—晚奥陶世期间在阿尔泰地区发生的一次影响深远的区域构造运动, 其影响范围涉及西伯利亚板块南缘和准噶尔-巴尔喀什微板块的北部。阿尔泰运动标志着萨那伊尔洋盆的消亡, 准噶尔洋开始向北俯冲, 阿尔泰微板块由被动大陆边缘转化为活动大陆边缘, 并由此开始了阿尔泰稀有、贵金属和有色金属的大规模成矿作用。本文在阐述阿尔泰构造运动多方面表现时, 与科迪勒拉构造带新生代演化过程作了粗浅的对比, 初步解释了阿尔泰古生代由被动大陆边缘向活动大陆边缘的转化; 挤压性大陆边缘向拉张性大陆边缘转化; 钙碱系岩浆活动向双峰系和拉斑系的转化; 斜列式的火山-沉积盆地和海相块状硫化物有色金属矿床的形成等, 但详细的对比还需要做大量的扎实的研究工作。

关键词 阿尔泰运动 中—晚奥陶世 大陆边缘转化 新疆

中—晚奥陶世期间, 在阿尔泰微板块上发生了一次影响深远、分布广泛的构造运动, 认识这次运动的主要特点、影响范围、动力来源, 对研究阿尔泰大地构造演化及成矿作用都具有重要意义。阿尔泰运动最早是 1936 年苏联学者乌索夫对西伯利亚边区调查时首先提出的, 当时称“阿尔泰构造作用幕”, 指西伯利亚在奥陶纪的兰代洛世前出现的构造作用幕(别尔金, 1965), 后来这一术语在前苏联的地质文献中常被应用。

随着对阿尔泰微板块研究的深入, 这一运动的重要性更加显露出来。本文建议恢复使用“阿尔泰运动”的概念, 并从现代地质学角度重新认识这次运动的大地构造与成矿作用的意义。阿尔泰运动在亚欧大陆形成和古亚洲洋演化中起着重要作用, 代表西伯利亚板块边缘的一次大规模侧向增生, 标志着阿尔泰地体拼贴到西伯利亚板块的边缘, 古亚洲洋北支(萨那伊尔洋盆)的消亡, 准噶尔洋开始向北俯冲并由扩张转为消减, 哈萨克斯坦板块逐步形成。这次运动也开始了阿尔泰稀有、贵金属和有色金属的大规模成矿作用。

一、喀纳斯群复理石建造——萨那伊尔洋盆的被动大陆边缘的沉积

阿尔泰运动的主要标志在于中—晚奥陶世的类磨拉石和火山-陆源碎屑建造普遍不整合在震旦-寒武系巨厚复理石建造(图 1)之上。震旦-寒武系巨厚复理石建造喀纳斯群作为典型的被动大陆边缘的陆坡沉积, 它的形成可能与阿尔泰以北的萨那伊尔洋的发育过程有关。

国家“九五”科技攻关项目(编号:96-915-07-01)资助。

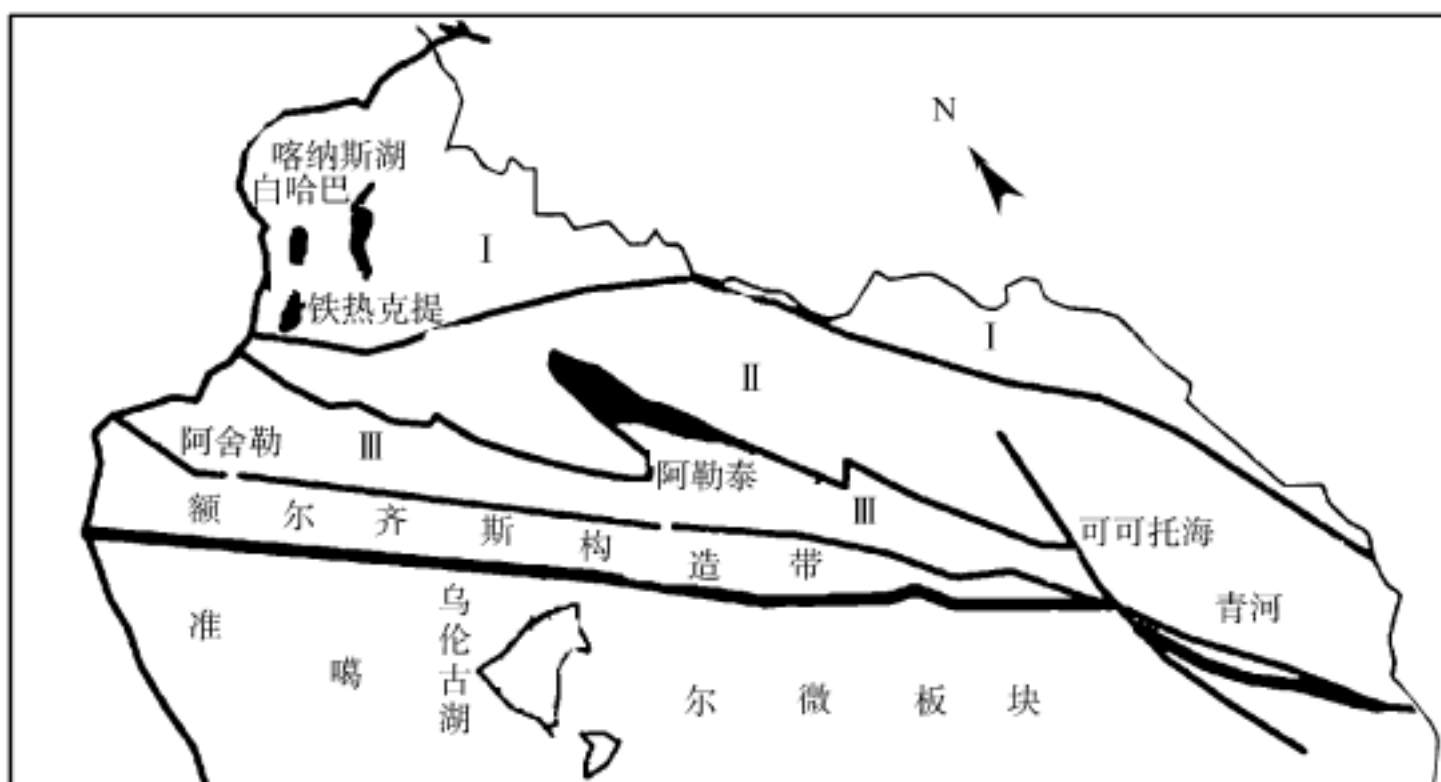


图1 阿尔泰构造分区及上奥陶统分布图

Fig.1 Tectonic units and the distribution of upper Ordovician system in Altay region

—北阿尔泰 Z—O₂ 复理石建造带； —青河-哈龙古生代花岗-变质岩带；
—阿尔泰南缘泥盆纪火山岩带；黑色充填部分为 O₃ 东锡勒克组和哈巴河组出露区

俄罗斯和蒙古国的有关地质资料证明,新元古代末期—寒武纪期间,在阿尔泰地体与西伯利亚古板块之间有萨那伊尔洋盆分开,何国琦等(1990)称之为西萨彦岭-蒙古西部湖区洋盆,它可能属早期古亚洲洋的北支。这里分布着震旦-寒武纪的大洋型地壳,由蛇绿混杂岩、海相基性、中基性火山岩及相应的沉积物质组成,恢复其剖面,底部为方辉橄榄岩、纯橄岩为代表的变质橄榄岩,向上变为层状(堆晶)辉石岩和辉长岩,其上为复杂的辉长-辉绿岩,顶部为厚达 2000 m 的枕状细碧岩,其间夹石英岩、千枚岩、碳酸盐岩(含化石原古杯类)。

与西萨彦岭-蒙古西部湖区洋盆发育的同时,即在新元古代末期-寒武纪期间,位于该古洋盆西南部的阿尔泰地体(包括山区阿尔泰及蒙古阿尔泰)堆积了巨厚的类复理石沉积,这套地层在中国境内被称为喀纳斯群。这是一套巨厚的板岩-千枚岩相的浅变质岩系,由单一的薄-中厚层状长石石英质细砂岩、粉砂岩的不均匀互层组成,普遍具有复理石韵律,以灰绿色调为主,上部夹灰紫色条带。总厚度达到 7754 m,其下未见底。因为没有古生物化石,20 世纪 70 年代以前一直根据与苏联境内山区阿尔泰的“卡宾岩系”对比,将该地层划为中-上奥陶统。1980 年新疆区调队六分队在喀纳斯湖地区进行 1:20 万地质调查时,在该套地层中发现大量的震旦-寒武纪的微古植物化石(王光耀等,1983),使该地层时代得到初步认定。在《新疆区域地质志》和《1:200 万新疆地质图》中,将该套地层暂定为震旦系,并得到其后的研究者(严永魁等,1989)研究结果的进一步证明。

这样巨厚的成熟度较高的类复理石建造沉积时代上限为不整合于其上的有丰富化石依据的中上奥陶统(东锡勒克组和白哈巴组)所限定。

二、东锡勒克组和白哈巴组——火山-类磨拉石、陆源碎屑建造

在铁热克提和白哈巴地区(图 1),不整合面之上的地层包括东锡勒克组和白哈巴组。下部东锡勒克组,主要为一套中酸性火山岩,包括霏细岩、英安岩、安山岩、熔结凝灰岩;底部有一层厚度不等的灰绿色凝灰质底砾岩。砾石成分比较复杂,以砂岩、粉砂岩、中酸性火山岩为主,混有较多的燧石、硅质岩、花岗斑岩,个别见有花岗岩的砾石。东锡勒克组至今未见化石,厚达 676~928m,与其上白哈巴组整合或假整合接触。白哈巴组为一套浅变质的灰、灰绿色的钙质砂岩、粉砂岩,夹含砾砂岩和生物灰岩,钙质砂岩和生物灰岩中含丰富的珊瑚、腕足、三叶虫及苔藓虫化石。厚度 742~1278 m。

1984 年笔者等曾对喀纳斯群与东锡勒克组之间的地层不整合关系进行实地调查。这次调查,除了在铁热克提村和白哈巴村一带复查,进一步证实喀纳斯群与东锡勒克组之间有显著的角度不整合接触关系的存在外,还在白哈巴组中找到大量晚奥陶世-志留纪的生物化石,包括床板珊瑚、腕足、三叶虫、苔藓虫等。同时,还意外地在阿尔泰镇北面克木齐河上游原划为志留系和下泥盆统中找到与白哈巴组同样的晚奥陶世珊瑚化石(*Plasmoporella* 等)。晚奥陶世的珊瑚化石赋存在该套地层偏上部层位中,以陆源碎屑岩中的生物灰岩透镜体的形式存在。这套地层与西部白哈巴地区的东锡勒克组在岩性和层序上都完全一致。这套地层底部为一套厚度较大(数百米)的砾、砂岩互层,其上也有的一套酸性火山岩(轻微变质的石英斑岩),但与白哈巴地区相比厚度较小,仅百余米。

由于东锡勒克组火山岩系至今未发现古生物化石,也没有取得可靠的同位素年龄数据,人们一直沿用 1:20 万区域地质调查时的处理方法,即根据白哈巴组中采到的化石定为“晚奥陶世”,但这种划分是值得商榷的。一方面东锡勒克组有厚达 900 m 的“哑地层”,而且产晚奥陶世的化石主要集中在白哈巴组的偏上部,化石提供的时代主要是阿什极尔世和部分卡拉道克进。

三、区域不整合面的特点、横向变化与地质意义

这一沉积不整合接触关系,在山区阿尔泰、中国阿尔泰及蒙古阿尔泰的北部均有发现,广泛发育。从 1984 年对阿尔泰东、西多个地点实地调查的结果看,东、西部不整合接触关系的表现是不同的。阿尔泰西部铁热克提和白哈巴村一带,不整合面之上底砾岩成分复杂,砾石磨圆度好,含有较多的花岗斑岩、硅质岩砾石。东部阿尔泰地区克木齐河上游,上下两套地层之间的角度不整合不很明显,一般为假整合或微角度不整合;底部砾岩中砾石成分单一,几乎全由下伏地层中的砂岩、粉砂岩组成;上下两套地层同样为板岩-千枚岩相变质,变形程度也相似,砾石均受到较强烈的压扁和拉长,长宽高一一般为 8:3:1;底砾岩之上的火山岩层岩性较单一且厚度也较小,化石罕见而且种类单一。这一现象表明萨那伊尔运动在阿尔泰西部铁热克提和白哈巴村一带运动强度较大,隆起较高并露出海平面,经受一段时期的剥蚀和搬运;而东部隆起的速度较慢,隆起幅度也相对较小,有些地区尚未露出水面,只是接受了水下冲刷。

在不长的距离内,接触关系就由不整合变为微角度不整合或假整合,这种现象一方面说

明当时地形起伏很大,同时也说明接触面上下两套地层的时代相隔不会很远,没有遭受过长时期的风化剥蚀和夷平。也就是说,喀纳斯群这套巨厚的类复理石建造形成的时代跨度可能较大,从震旦纪开始一直延续到奥陶纪早中期。中晚奥陶世开始,地体性质才发生了质的变化。

虽然在有些点上,上下两套地层之间的不整合界面不很明显,上下两套地层的变质程度也没有太大的差异,但两套地层建造性质的突变是清晰的。下部地层的特点可归纳为“四无”(无砾岩、无灰岩、无火山岩、无化石);而上部地层的特点可以归纳为“四多”(砾岩多、火山岩多、灰岩夹层多、化石多)。这表明沉积环境由相对稳定的深海-次深海陆坡相突变为火山活动性很强的滨-浅海相沉积环境。

四、伴随阿尔泰运动的岩浆作用和变质作用

伴随阿尔泰运动而来的首先是强烈的中酸性火山喷发,继而还发育了同一时期的活动陆缘型侵入岩建造。阿尔泰地区晚奥陶世-志留纪侵入岩主要分布在友谊峰到青河一带。主要岩性为英云闪长岩、斜长花岗岩、黑云母二长花岗岩等,侵入的最新地层为志留系。

在阿尔泰存在早古生代晚期花岗岩这一点上分歧不大,但尚缺乏足够的同位素年代学依据,目前,已知比较可靠的年龄数据有:大青格里河英云闪长岩的全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 408Ma,锆石 U-Pb 年龄为 401.8Ma(邹天人等,1988,1990);友谊峰黑云母花岗岩体东延至蒙古境内有 360~400Ma(黑云母 K-Ar 法)的数据(新疆地矿局,1990)。

在阿尔泰北部友谊峰和喀纳斯湖一带浅变质岩分布地区,这一时期花岗岩具有正常的花岗结构,与围岩有清晰的侵入接触关系。在阿尔泰南部青河、哈龙深变质岩分布地区,以出露面积达 1000 km² 的大青格里英云闪长岩基为代表,其岩性多为片麻岩、片麻状花岗岩和混合岩化花岗岩,与围岩接触关系十分复杂,边缘一般均有宽窄不一的交代混合花岗岩,常见与围岩呈渐变过渡关系。根据这些特点,部分学者认为是变质成因原地花岗岩化的产物(芮行健等,1984;王中刚等,1990)。

但大青格里英云闪长岩体岩石化学特点却有许多幔源物质为主的特点,与花岗岩化岩体的岩石化学特点有很大不同。这套岩体的岩石里特曼指数均 < 1.8,平均 1.36, A/NKC 均 > 1.05,平均 1.14,为低碱过铝型;岩石中云母类矿物为镁质黑云母,斜长石含量远大于钾长石,且为中长石($An = 40$ 左右);锶初始比值 $I_0 = 0.7069$ 。根据上述特点,部分学者推断,它们应该是活动大陆边缘背景下俯冲阶段的产物,属 I 型(或称同熔型)花岗岩,而不是碰撞后期的 S 型(或称重熔型)花岗岩,所表现出的混合岩化和原地花岗岩化的某些特点可能是由于受到后期板内区域动力热流变质和混合岩化作用的改造所致(邹天人,1989;董申保等,1986;新疆地矿局,1990)。持这一观点的学者另一重要依据是,阿尔泰地区早泥盆世地层受到区域动力热流变质作用的强烈改造,且局部发生花岗岩化,说明花岗岩化和深变质的事件要晚于早泥盆世。早古生代变质作用应以板岩-千枚岩相低温动力变质为特点。

20 世纪 80 年代后期,国家科技攻关 305 项目实施以来,不断取得一些新的同位素年龄数据,证明早古生代后期,不仅有岩浆作用,而且在热核中心又发生了区域热动力变质作用。张湘炳等(1996)获得乌恰沟混合岩全岩 Rb-Sr 等时线年龄 491Ma,王中刚等(1998)获得吐尔洪花岗岩全岩 Rb-Sr 等时线年龄 420Ma。特别是最近王登红等对变质成因的伟晶岩成矿

时代做了详细研究,于1999年,通过对阿尔泰西部也拉曼白云母矿床研究中获得全岩 Rb-Sr 等时线年龄 $426 \pm 13\text{Ma}$;矿床围岩为片麻岩、片岩组合,局部变质程度较高,貌似片麻状花岗岩,前人定为(1:20万地质图)华力西晚期花岗岩。在那森恰矿区(大桥幅西南五矿工区)对伟晶岩脉中的白云母进行 Ar-Ar 法同位素研究,快中子活化测定。 ^{39}Ar 在 $900 \sim 1300$ 的高温区释放,得到一个稳定的坪年龄 $t_p = 447.7 \pm 0.4\text{Ma}$ 。利用等时线和反等时线得到的年龄分别是 $447.6 \pm 3.2\text{Ma}$ 和 $446.9 \pm 0.7\text{Ma}$,与坪年龄几乎相等。矿区围岩为含蓝晶石电气石黑云母片岩。在青河县城西北约 16km 处的拜兴含铍锂白云母矿床(东经 $90^\circ 08' 42''$,北纬 $46^\circ 43' 12''$),对伟晶岩中白云母进行 Ar-Ar 法快中子活化测定,得到坪年龄 $436 \pm 0.5\text{Ma}$;等时线年龄 $436 \pm 3.9\text{Ma}$ 和反等时线年龄 $433.5 \pm 0.7\text{Ma}$,与坪年龄所得结果一致。

现有的同位素年代学研究表明,早古生代花岗岩侵入和主要变质事件发生的时间大致在 $420 \sim 450\text{Ma}$,这一时间正与阿尔泰运动的时间相吻合。

各种迹象表明,由阿尔泰运动开始的在西伯利亚板块南缘发生的构造变动、岩浆活动、变质作用和成矿作用,从早古生代晚期一直延续到晚古生代初期(早泥盆世)。但是,两者之间是如何衔接的,还有不少问题需要进一步研究。

五、与晚古生代初期构造运动、岩浆活动和变质作用的衔接

从阿尔泰运动的区域不整合性质来看,反映了地壳突发性的隆起,应该属于挤压性的构造背景。从伴随阿尔泰运动的侵入岩性质来看,主要是俯冲型岩浆系列,推断应与安第斯型陆缘岩浆弧类似。

由于阿尔泰南缘早中泥盆世火山岩带是世界著名的有色金属成矿带,因而研究得比较详细,已有大量的文献报道(何国琦等,1991;陈毓川等,1992;于学元等,1993)。在中国阿尔泰山南缘,自西向东分布一系列 NW 向雁列式排列的火山沉积盆地,包括阿舍勒盆地、冲乎尔盆地、阿尔泰(克朗)盆地、麦兹盆地等。总体上形成一条 NWW 向延伸的火山岩带,长达 400 多公里,向西与哈萨克斯坦境内同性质的火山岩带相连。阿尔泰南缘火山岩带主要由下泥盆统康布铁堡组和中泥盆统阿勒泰镇组的火山岩组成。由于该带陆续发现了阿舍勒、可可塔勒、萨尔阔布、蒙库、阿巴宫等一大批铜、铅、锌、金、铁等重要矿床,因而这条火山岩带的形成地质环境就成为广大地质工作者关注的问题之一,特别在火山岩成矿地质背景上争论较大。争论的焦点是这套火山岩是形成于板块汇聚阶段(岛弧型或安第斯型)的挤压背景(李春昱等,1983),还是大陆边缘裂谷的拉张背景(何国琦等,1991)。

目前,越来越多的人接受了后者观点,并被应用到典型矿床形成背景的分析当中(陈毓川,1992;王京彬,1998)。火山岩岩石学和岩石系列的研究为陆壳拉张环境提供了依据。早泥盆世火山岩为以石英角斑岩为主的双峰系列;中泥盆世时细碧岩、玄武岩增加,由双峰系列逐渐转为钙碱系列;两套地层总厚度超过 4000m,可见本区早、中泥盆世火山活动较强烈,中泥盆世晚期火山活动明显减弱并进入宁静期。沉积环境由滨-浅海相逐渐加深;火山喷发形式由中心式爆发为主渐变为以裂隙式溢流为主,局部还出现了枕状玄武岩。

根据陈毓川等(1996)的详细研究,认为阿舍勒铜矿区的火山岩在地质剖面上,酸性和基性火山岩层交替出现,属双峰式组合的细碧-角斑岩建造。在岩石化学和结构上也非常有特

色: Na_2O 含量和 $\text{Na}_2\text{O} / \text{K}_2\text{O}$ 比值都比一般细碧-角斑岩还要高;无论是角斑岩还是细碧岩都普遍含有石英大斑晶,特别是基性熔岩中出现石英大斑晶,这在其他地区是非常罕见的;在角斑岩的基质中矿物分布不均匀,基性熔岩和酸性熔岩结构可以同时出现。认为这些特点是两种端员岩浆混合的结果,它们是大陆边缘裂谷拉张作用的产物,阿舍勒铜锌矿、可可塔勒铅锌矿、蒙库铁矿等重要矿床都是在这样的构造背景下形成的。

于学元(1993)将阿尔泰山南缘泥盆纪火山岩划为3种不同的岩石系列: 钠质火山岩,即细碧岩、角斑岩、石英角斑岩系; 钾钠质火山岩,即正常的玄武岩、安山岩、流纹岩系; 钾质火山岩,即钾质流纹岩系。同时指出,3类不同源的火山岩系列共生在一起,在世界其他地区是不多见的。3种不同的火山岩系在地层层序中位于不同的部位。在早泥盆世火山旋回钾钠质位于下部,钠质在中部,钾质居顶部。中泥盆世火山旋回以细碧角斑岩为主,钾质和钾钠质火山岩系都较少。

于学元等(1998)在阿舍勒矿区研究中还注意到这套火山岩的高镁、高场强元素和较低的 $^{143}\text{Nd} / ^{144}\text{Nd}$ 比值的特点,认为是一套国内外罕见的玻镁玄武岩和玻镁英安岩,它们是玻镁安山岩系中铁镁质和硅质端员组分,母岩浆来自强地幔亏损的橄榄岩源。目前,这类岩石大都出现在洋内岛弧的弧前盆地环境。这一发现引起了人们更多的思考,但所提出的论据并未改变双峰式火山岩系的基本特点,因而难以动摇被多数人接受的大陆边缘裂谷成因的认识。但这些幔源特点提醒人们注意,这种大陆边缘双峰式火山岩与大陆裂谷双峰式火山岩在形成机制上有很大区别。

六、阿尔泰山运动及其伴随的岩浆活动、变质作用的动力学机制探讨

从以上讨论可以总结阿尔泰山运动及其伴随的岩浆活动、变质作用有如下4个特点。

(1)阿尔泰山由被动大陆边缘突变为活动大陆边缘,从而带来沉积建造、岩浆活动、变质作用的突变。

(2)早古生代中—晚期,火山岩为钙碱系列安山岩—英安岩—流纹岩组合;侵入岩为I型(或称同熔型)英云闪长岩、斜长花岗岩、黑云母二长花岗岩组合;变质作用以板岩-千枚岩相区域低温动力变质作用为主,热流中心发生了低角闪岩相的热动力变质作用;变质成因和侵入成因的稀有金属-白云母伟晶岩矿床已开始形成。

(3)早古生代中—晚期与晚古生代早期构造运动有连续性,沉积作用、岩浆作用、变质作用及伟晶岩成矿作用都有继承性,但活动更强烈,性质更复杂。

(4)晚古生代早期阿尔泰山南缘火山岩具有明显的裂解拉张的特点,又表现出亏损地幔物质大量参与的特点;陆源和幔源岩浆并存与混合的特点。

根据这几个特点,要回答以下3个问题。

第一个问题是阿尔泰山由被动大陆边缘突变为活动大陆边缘是与北面洋盆碰撞有关还是与南面洋盆的俯冲消减有关。也就是要回答阿尔泰山运动的动力源问题。

到目前为止,对这次运动的动力来源尚未取得一致意见,部分学者认为是与北面的萨那伊尔洋的闭合碰撞有关(何国琦等,1990),是这次碰撞之后的火山-磨拉石建造。但有两点事实难以解释: 萨那伊尔洋的闭合碰撞的时间主要在早寒武世,在前苏联被称为“萨那伊尔运动”(别尔金,1965),与阿尔泰山运动在时代上不是一回事; 岩浆侵入和变质作用的中心

主要出现在阿尔泰山南坡,北面变质很浅。因而,与南面洋盆的活动关系更大。近几年同位素年代学研究为准噶尔洋的发育历史提供了比较可靠的资料。

根据近年来取得的新资料,准噶尔洋大体从寒武纪就开始发育,早古生代是准噶尔洋的主要发育时期。这可以从准噶尔多条蛇绿岩套中已获得的同位素年龄资料得到证实(表 1)。

表 1 准噶尔地区蛇绿岩套同位素年龄
Table 1 Isotopic ages of the Junggar ophiolite suites

蛇绿岩产地	样品名称	测年对象	测年方法	年龄 Ma	资料来源
扎河坝	辉长岩	锆石	U-Pb	473.5	石绍清,1995
阿尔曼太	橄榄岩	全岩	Sm-Nd	479 ± 4.2	刘伟,1990
洪古勒楞	堆晶岩	全岩	Sm-Nd	444 ± 27	张驰,1990
喀拉麦里	基性-超基性	全岩 + 矿物	Sm-Nd	510 ± 51	李华芹,2000
达拉布特	辉长岩	全岩	Sm-Nd	395 ± 12	张驰,1990
达拉布特	玄武岩	全岩	Rb-Sr	411 ± 18	李华芹,2000
唐巴勒	玄武岩、辉长岩	全岩	Sm-Nd	477 ± 56	黄萱,1990
唐巴勒	辉石岩	全岩 + 矿物	Sm-Nd	489 ± 53	张驰,1990
唐巴勒	浅色辉长岩	锆石	Pb-Pb	508 ± 20	肖序常,1990
唐巴勒	浅色辉长岩	锆石	Pb-Pb	523 ± 7	Kwon,1989

(引自李华芹等国家 305 项目 96-915-07-05B 专题报告)

从现有资料分析,多数学者认为准噶尔洋的主要扩张时期是从早寒武世开始的,早—中奥陶世时准噶尔洋的扩张达到极盛期。早古生代晚期是准噶尔洋的主要闭合时期。因此,阿尔泰山运动的主导因素是准噶尔洋开始向阿尔泰山南缘俯冲。根据火山岩的岩石系列和以中酸性为主的特点推断,早古生代晚期阿尔泰山的特点类似于新生代科迪勒拉-安第斯型活动大陆边缘。

第二个问题是要回答在连续的、继承性的构造运动中,如何由挤压状态向裂解拉张状态转化的。从对比阿尔泰山古生代与科迪勒拉中—新生代构造演化历史(康迪 K.C.,1982)中我们会得到启示。

K.C. 康迪强调指出,科迪勒拉消减带在中—新生代板块构造史上的最重要事件是使东太平洋洋隆的逐渐消亡和圣·安德列斯转换断层系的同时发生。约 30Ma 前,洋隆抵达海沟处,而法拉荣板块变成两个板块:胡安德富卡板块和可可板块(图 2-A)。随着洋隆的不断消亡,圣·安德列斯转换断层便逐步形成,从而在太平洋板块和北美板块之间发生了右旋运动。圣·安德列斯转换断层与斜向与之相交的洋隆形成了南、北两个三叉点,这两个三叉点随着洋隆的逐渐消亡而分别沿转换断层向南、向北迁移(图 2-B)。约 3~4Ma 前,加利福尼亚与北美板块分离而同太平洋板块结合,且加利福尼亚湾也因一系列转换断层的水平错动而开始张开(图 2-D),沿海沟西北段(北三接点以北)的消减作用逐渐停止,且海沟也被沉积物填