

新疆金属 矿产资源 的基础研究

赵振华 沈远超 涂光炽 等 著



科学出版社

新疆金属 矿产资源 的基础研究

新疆维吾尔自治区地质矿产研究所

地质出版社

新疆北部固体地球科学系列书

新疆金属矿产资源的基础研究

赵振华 沈远超 涂光炽 等 著

科学出版社

2001

内 容 简 介

本书是中国科学院有关研究所参加国家“八五”攻关研究项目“加速查明新疆贵重、有色金属大型矿产资源基地的综合研究”(国家“305”项目)的集体研究成果,主要包括新疆北部地壳化学成分,造山带前寒武纪基底同位素地球化学特征、演化及主要事件同位素年表,大型变形构造和火山-沉积盆地形成演化,岩浆作用、古生代火山岩与成矿,遥感技术在寻找大型-超大型矿床中的应用,大型-超大型矿床靶区研究,金矿成矿规律及找矿方向,新疆北部与邻区超大型矿床成矿背景条件对比及前景评价等。

本书可供从事地球科学的科研、教学及地质勘探技术人员等参考。

图书在版编目(CIP)数据

新疆金属矿产资源的基础研究/赵振华等著. -北京:科学出版社, 2001
(新疆北部固体地球科学系列书)

ISBN 7-03-009253-8

I. 新… II. 赵… III. 金属矿-矿产资源-研究-新疆 IV.
P618.206.245

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 10069 号

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>

源海印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2001年8月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2001年8月第一次印刷 印张: 18

印数: 1-1 200 字数: 283 000

定价: 49.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

序

本书是中国科学院“新疆北部固体地球科学系列书”之一——《新疆金属矿产资源的基础研究》，它是“八五”期间中国科学院有关研究所承担国家“305”攻关项目的科技成果，经去粗取精，加工提炼写出的。

作为全球三大巨型成矿域之一的中亚成矿域重要组成部分的新疆，在成矿的地质背景、控矿因素、物质组成等若干方面都有特点。在新疆发育元古宙、早晚古生代的成矿作用，分布多条带、多期次的蛇绿岩带。富碱杂岩在时间和空间上出现频率都大于中国东部。同是钙碱系列产出锡石矿床的黑云母花岗岩，在南岭具低 ϵ_{Nd} 值 (< -10)，而在新疆博罗却具高 ϵ_{Nd} 值 ($+2.2$)，说明两者的来源深度不同。更有意思的是一些在其他地区主要分布于古老克拉通边缘的矿床类型，如铜镍硫化物矿床、伟晶岩矿床等，在新疆北部却出现于阿尔泰和天山造山带。

作为已知矿产资源十分丰富的新疆，找矿潜力仍很大，许多应用研究和基础研究课题有待解决。相信“305”或类似项目还会持续若干个五年计划，中国科学院有关研究所理应做出更多的贡献。这本书就是基础研究方面的一部分贡献。

涂光炽

2001年1月19日

前 言

本书是中国科学院有关研究所执行国家“八五”“305”攻关项目“加速查明新疆贵重、有色金属大型矿产资源基地的综合研究”的成果总结。1985年,为国家经济建设战略西移和西部经济发展作好资源准备,设立了“七五”科技攻关项目“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”(简称“305”项目)。中国科学院十多个研究所,300余名科技人员参加了攻关项目,取得了丰硕成果,并出版了以《新疆北部固体地球科学新进展》为代表的一系列专著。“八五”期间,国家继续将“305”项目列为攻关项目,项目名称为“加速查明新疆贵重、有色金属大型矿产资源基地的综合研究”,项目对贵重、有色金属作为矿产资源攻关的主要研究对象,把这些矿产资源的大型基地列为攻关的目标,方法仍强调是综合研究。不难看出,国家“305”项目在“八五”期间的攻关目标更为集中了。

中国科学院在国家“八五”“305”项目中共承担了9个专题,涉及了基础地质、新技术、新方法等多方面,它们主要包括:阿尔泰大型变形构造和泥盆纪火山-沉积盆地形成与演化;洪格勒楞-阿尔曼太蛇绿岩及其成矿关系;新疆北部古生代花岗岩陆相火山岩及其含矿性研究;新疆北部地壳化学成分;新疆北部造山带前寒武纪基底特征及其成矿前景;新疆大型靶区和异常的快速评价研究;航天遥感技术在西天山和阿尔金-东昆仑地区地质找矿中的应用;新疆大型靶区和快速评价研究;新疆北部金矿成矿规律及找矿方向;新疆北部与邻区超大型矿床背景条件对比研究及其前景评估等。

不难看出,“八五”“305”科技攻关包括了基础地质、矿产地质、地球化学和新技术、新方法,体现了“多学科、多兵种”联合攻关的特点,其重点地区虽然仍是北疆,但对南疆地区也做了一些开拓性研究。通过五年的联合攻关,各专题均取得了显著成果。例如,对新疆前寒武纪基底进行了较系统的年代学和同位素地球化学工作,提出了关于造山带基底的时代和性质的一系列重要新认识;在大量岩石化学成果基础上,以板块学说和地球物理资料建立了北疆地壳模型,首次提出了北疆地壳的层壳结构和化学元素丰度;重点研究了与成矿关系密切的北疆晚古生代花岗岩、陆相火山岩的岩石学、地球化学,深入探讨了各种岩浆岩的构造环境和含矿性、岩石组合的时空分布规律和成矿预测;运用航天遥感先进技术在西天山、阿尔金-东昆仑地区开展了以聚矿构造为核心的遥感影像分析,建立了遥感找矿模型,发展了遥感找矿方法和理论,圈定了具有大型成矿前景的靶区;对“七五”发现的靶区和异常采用地质物探相配套的多种技术和方法快速追综评价,获得了显著的找矿效果。对比北疆及邻区超大型矿床成矿背景的对比研究,提出了新疆Au、Cu形成超大型矿床的有势类型有望地段。提出了世界第三大成矿域——中亚成矿域,与环太平洋成矿域和地中海-特提斯成矿域具有同样重要意义,从全球角度考虑新疆北部的成矿问题,对在该区寻找大型-超大型矿床有重要意义。

因此,“305”项目“八五”攻关的科研成果,无论是研究地区,还是研究内容,都

是“七五”攻关成果的发展和深化，使北疆基础地质研究程度上了一个新台阶，并在与成矿的结合上取得了可喜成果。

由于主、客观原因，本书中所涉及的有关研究深度还很不够，特别是综合研究不够，对一些问题的认识还存在不同的学术观点，这些在“九五”攻关研究中将得到一定程度的解决。

在项目执行过程中，国家“305”项目办公室，中国科学院资源环境局、中国科学院新疆分院给予中国科学院各专题组以大力支持和热情指导，涂光炽院士自始至终对各专题组给予了学术指导和热情关怀，在此一并表示衷心感谢。

目 录

序

前言

第一章 阿尔泰山大型变形构造和泥盆纪火山-沉积盆地的形成和演化.....

..... 李志纯、杨新岳 (1)

第一节 大型变形构造的形成和演化..... (1)

第二节 泥盆纪岩相古地理和火山-沉积盆地的形成和改造..... (17)

主要参考文献 (25)

第二章 洪古勒楞-阿尔曼太蛇绿岩及其与成矿关系.....

..... 金成伟、黄萱、徐永生、李曰俊 (27)

第一节 蛇绿岩地质 (27)

第二节 蛇绿岩岩相学 (29)

第三节 蛇绿岩地球化学 (31)

第四节 同位素地质年代学 (37)

第五节 蛇绿岩的形成环境 (40)

第六节 与蛇绿岩有关的矿产 (44)

第七节 小结 (49)

主要参考文献 (50)

第三章 新疆北部晚古生代陆相火山岩及其含矿性研究

..... 于学元、白正华、陈繁荣等 (52)

第一节 晚古生代陆相火山岩的分布 (52)

第二节 陆相火山岩地层组 (53)

第三节 陆相火山岩岩石化学 (56)

第四节 微量元素地球化学与构造环境 (63)

第五节 黄玉流纹岩岩浆成因探讨 (67)

第六节 新疆北部与陆相火山岩有关的金属成矿作用 (70)

第七节 新疆北部晚古生代陆相火山岩系岩浆与构造演化的某些问题的讨论

..... (72)

主要参考文献 (74)

第四章 新疆北部晚古生代花岗岩类及其与成矿的关系

..... 赵振华、王中刚、洪文兴等 (75)

第一节 晚古生代花岗岩类地质特征 (75)

第二节 晚古生代花岗岩类的岩石学与岩石化学 (77)

第三节 晚古生代花岗岩类造岩矿物学 (82)

第四节 晚古生代花岗岩类微量元素地球化学 (89)

第五节 晚古生代花岗岩类稳定同位素地球化学	(96)
第六节 晚古生代花岗岩类的同位素年代学	(99)
第七节 与花岗岩类有关的成矿作用	(100)
第八节 讨论	(104)
主要参考文献	(105)
第五章 新疆北部地壳的层壳结构及其化学元素丰度	
..... 侵守斌、满发胜、黎彤	(106)
第一节 新疆北部大地构造单位和地壳结构层	(106)
第二节 新疆北部各类岩石的分布	(111)
第三节 新疆北部地壳模型	(112)
第四节 新疆北部主要岩类平均化学成分	(117)
第五节 新疆北部微量元素在岩石中的平均含量	(121)
第六节 新疆北部地区的大地化学背景	(126)
第七节 新疆北部地壳的化学成分	(129)
第八节 新疆北部地壳的元素丰度特征	(132)
主要参考文献	(135)
第六章 新疆北部大陆前寒武纪基底同位素地球化学研究新进展	
..... 胡霭琴、张国新、张前锋、陈义兵	(137)
第一节 新疆北部造山带前寒武纪基底同位素年代学研究进展	(137)
第二节 钕同位素示踪对新疆大陆基底的划分	(150)
第三节 新疆北部大陆地壳前寒武纪基底分区特征	(154)
主要参考文献	(155)
第七章 新疆特克斯盆地南北缘贵重、多金属异常快速追踪方法技术及综合评价研究	
..... 满发胜、倪守斌、陈江峰	(157)
第一节 研究区地质概况及异常快速追踪评价	(158)
第二节 异常的综合评价结果	(159)
第三节 与成矿和找矿有关的基础地质研究	(180)
第四节 结论	(183)
主要参考文献	(184)
第八章 航天遥感技术在西天山和阿尔金-东昆仑地区找矿中的应用研究	
..... 蔺启忠、迟国斌等	(185)
第一节 航天遥感技术在西天山地区寻找大型-超大型矿找矿靶区中的应用研究	(185)
第二节 航天遥感技术在阿尔金山-东昆仑地质找矿中的应用研究	(206)
主要参考文献	(222)
第九章 新疆北部金矿成矿规律及找矿方向	
..... 沈远超、曾庆栋	(223)
第一节 新疆北部古板块构造格局及其演化	(223)
第二节 重要金成矿区(带)的特征	(226)
第三节 新疆北部金矿主要类型	(241)

第四节	新疆北部金矿床的时空分布规律及找矿方向·····	(244)
主要参考文献·····		(251)
第十章	新疆北部与邻区超大型矿床成矿背景条件对比研究及其前景评估 ·····	
·····	赵振华、梅厚钧、涂光炽	(252)
第一节	新疆北部寻找大型-超大型金属矿床的地质条件 ·····	(252)
第二节	新疆北部金矿成矿特征及远景·····	(257)
第三节	新疆北部铜矿成矿特征及远景·····	(262)
第四节	新疆北部银矿成矿特征及远景·····	(264)
第五节	新疆北部富钾火山岩-钾质花岗岩系列与金、铜矿化 ·····	(267)
第六节	新疆北部超镁铁岩-镁铁岩建造与铜镍铂成矿前景 ·····	(270)
第七节	新疆北部寻找超大型矿床若干基本问题讨论·····	(273)
主要参考文献·····		(276)

第一章 阿尔泰山大型变形构造 和泥盆纪火山-沉积盆地的形成和演化

第一节 大型变形构造的形成和演化

阿尔泰造山带位于西伯利亚壳块的西南边缘,为加里东-海西阶段形成和发展的陆缘增生型造山带。它处于两大板块——西伯利亚板块和哈萨克斯坦-准噶尔板块的接合部位,后者在早古生代开始沿玛尔卡库里-额尔齐斯-玛因鄂博一线发生俯冲作用,导致阿尔泰地区由北东向南西形成逐渐迁移和逐渐加强的陆缘岩浆活动和褶皱造山作用。由北东向南西依次发育有阿尔泰山区加里东构造-岩浆带、阿尔泰山前海西构造-岩浆带、额尔齐斯海西构造-岩浆带和乌伦古-斋桑泊海西末期碱性杂岩带,它们在时间上逐渐变新。造山带内褶皱-冲断构造的形成和发展也有与构造-岩浆带相对应的迁移格局(张湘炳,杨新岳,1993)。

乌伦古-斋桑泊海西末期碱性杂岩带代表了海西末期造山作用之后应力松弛阶段的产物。该杂岩带与哈萨克斯坦-准噶尔板块的北侧活动边缘相邻。两大板块的海西晚期沿科克森它乌-乌伦古-阿尔曼泰一线缝合,沿该带形成以构造侵位机制为主的超基性岩带,由变质橄榄岩、超镁铁质-镁铁质堆晶岩、中基性火山岩和放射虫硅质岩共同构成蛇绿岩层序。阿尔曼泰超基性岩体的围岩为一套海相中-基性火山碎屑岩和深海沉积硅质岩建造。据报道(肖序常等,1992),放射虫硅质岩中有晚泥盆世和奥陶纪放射虫。该蛇绿岩带应为碰撞缝合过程中的洋壳残留物质(张湘炳,杨新岳,1993),但其最终形成的时代仍有待进一步研究确定,根据现有资料倾向于该带为晚泥盆世—晚石炭世的碰撞缝合带。

由于阿尔泰山南缘地区位于古生代不同板块俯冲消减的接合部位,因此古生代期间哈萨克斯坦-准噶尔板块向北俯冲作用导致位于西伯利亚板块西南陆缘的阿尔泰山南缘地区发生大规模地壳缩短和褶皱造山作用,并伴有强烈的冲断推覆作用和重熔岩浆岩的产生和侵入,至古生代末,随着阿尔泰造山带的最终形成,奠定了该区区域构造的基本格局,具有如下显著特点:

1) 区内发育的区域性褶皱构造方位较为单一,褶皱轴以 $290^{\circ} \sim 310^{\circ}$ 展布为主,发育于泥盆—石炭纪地层之中,具典型的线性紧密型褶皱特点,即大多为两翼陡倾或南西翼倒转、轴面近直立的褶皱形态。褶皱岩层强烈劈理化,发育区域性透入劈理,为区域性褶皱构造的轴面劈理。区域性褶皱构造代表了造山作用早期阶段形成的基本构造格局,随着造山作用的加强,早期形成的褶皱构造可能被构造置换作用和冲断推覆作用所改造,前者导致强烈变形岩石中形成大量的片内无根褶曲和近于同方向的叠加褶皱,使得沿轴面劈理产出的分异层理发生再褶皱。后者导致大量中型规模的平卧型褶皱的形成和发育。

2) 区域断裂(剪切带)构造极为发育,具有多阶段、多期次形成和活动的特征,在展布方向上有北西-南东、北西西-南东东、北北西-南南东和北东-南西 4 组。其中,北西-南东、北西西-南东东和北北西-南南东走向的断裂带多为区域性的大型断裂带,不仅地表呈

现显著的构造变形(包括脆性和韧性变形)特征,而且在卫星照片上显示出典型的线性构造特征。

虽然,该区不同走向的断裂(剪切带)构造均形成于古生代造山作用过程中统一的构造应力场之中,但是它们各自的形成动力和活动环境与造山作用过程中某一特定的构造动力条件有关,并为地壳不同变形层次的产物,因此它们分别具有其各自的特征(表 1-1)。北西-南东向大型断裂带构成了阿尔泰造山带的主体断裂构造格局,发育于阿尔泰山南缘地区的有额尔齐斯深断裂、特斯巴汗大断裂和阿巴宫-库尔提大断裂。这些断裂带的延伸均大于 200 km,特别是额尔齐斯深断裂,国境内延伸大于 400 km,向南东和北西分别延入蒙古和哈萨克斯坦境内,与哈萨克斯坦境内的同名构造带相连,而与蒙古境内的中蒙古深断裂相接。北西-南东走向的大型断裂带以冲断-推覆作用为典型特征,构成了多个大型推覆片体的前缘推覆面,并发育由北东向南西的叠瓦式冲断-推覆格局。它们在平面上的展布特征是向北西撒开,向南东收敛,并被北北西-南南东走向的右型走滑断裂带所切错。

表 1-1 阿尔泰山南缘地区不同方向断裂(剪切带)的构造特征

方 位	产 状 及 规 模	运 动 学	变 形 性 质	活 动 历 史	实 例
北西-南东	倾向北东,倾角 70°~80°,多为区域性大型断裂带,延伸可达数百公里,至少数百公里	以逆冲推覆为主,具右型走滑性质	以韧性和脆-韧性变形作用为主,代表地壳较深层次的变形作用	形成于早古生代,强烈活动于泥盆、石炭纪,晚古生代末和中生代仍有继承性活动	额尔齐斯深断裂、特斯巴汗大断裂、阿巴宫-库尔提大断裂
北西西-南东东	近于直立,延伸长达数十公里,宽约 300~500 m	为右型走滑剪切	为典型的韧性剪切带,形成于地壳深度 10~15 km 处	形成于早古生代或晚古生代初,中生代基本未活动	富蕴-锡伯渡韧性剪切带
北北西-南南东	倾向东,倾角 80°~85°,延伸长达 100 多公里,发育宽约 100 m 的断裂破碎带	右型走滑为主	为典型的走滑型断裂破碎带,具脆性变形特征,其中发育假玄武玻璃,反映约在地壳 1.5 km 深度的剪切熔融和快速冷却	形成于晚古生代初,中生代强烈活动,现代仍为重要的地震构造带	二台-可可托海断裂、萨热朔克断裂
北东-南西	近于直立,规模较小,延长多为数百米到 2 km 左右	具左型走滑性质	表现为张性破碎带,且其中大多充填有二叠纪的酸性岩脉	酸性岩脉的铷-锶等时线年龄为 241 Ma,代表了造山后期的最后一次构造-岩浆活动	富蕴县以西萨勒巴斯地区的岩脉群

一、变形构造的几何学和运动学

(一) 冲断-推覆构造的几何学特征

大型冲断变形带和推覆体构成了阿尔泰山南缘的基本构造格局。深部地球物理场信息显示,在阿尔泰造山带南缘地壳中 8 km、17 km 和 27 km 的深度,存在三个地震 P 波反射界面,并在 17~26 km 的深度范围内存在一纵波速度为 7.31 km/s、横波速度为 4.39

km/s 的高速层(袁学诚等,1991)。这些 P 波反射界面可能反映了造山带地壳的构造分层和壳内薄皮状滑脱构造的滑动界面。在地壳 10~29 km 深度范围内存在 6~65 $\Omega \cdot m$ 的区域性低阻层(张朝文等,1992),该低阻层和 P 波高速层的存在应反映造山带地壳内存在含熔融体或流体较多的滑脱构造面,正是该滑脱面构成了造山带内的主滑脱构造,地表发育的各级冲断-推覆体的形成和发展格局受到该滑脱面的控制,并由南向北形成了五个大型推覆体,分别为:额尔齐斯推覆体、特斯巴汗推覆体、阿巴宫-库尔提推覆体、巴塞推覆体和库热克特推覆体。这里将着重研究发育于阿尔泰山南缘地区的额尔齐斯、特斯巴汗和阿巴宫-库尔提三个大型推覆体。

1. 额尔齐斯推覆体

额尔齐斯推覆体以额尔齐斯主断面与下伏岩系相接触,其北侧边界为特斯巴汗冲断裂。推覆体呈狭长带状展布,宽度 7~15 km,地表出露较完整的地段为富蕴、青河的东部地区,锡伯渡以西被第四系覆盖,但在哈巴河以北地区以玛尔卡库里冲断带出露,哈萨克斯坦境内的布赫塔明水库地区仍表现为强烈的逆掩推覆变形带(Chikov and Solovjev, 1983)。因此,额尔齐斯推覆体在规模上是阿尔泰山造山带南缘的一级冲断-推覆带。额尔齐斯断裂具俯冲带性质,地表以较大的倾角($70^{\circ} \sim 80^{\circ}$)向深部延伸,在壳内 20 km $\pm$ 的深度分为两支,一支继续以高倾角向深部切割,切穿岩石圈;另一支以较低倾角在壳内延伸,构成壳内的主滑脱面。

额尔齐斯推覆体内部发育一套强烈变形的火山岩和火山沉积岩,其变形构造组合具典型的深层次韧性变形特征(杨新岳等,1994)。在萨勒巴斯地区,由滑脱-推覆面向北东方向发育一套与劈入性劈理倾向相同的递增变质带。依次发育:绢云母绿泥石带、角闪石-阳起石带、黑云母-铁铝榴石带、夕线石带、糜棱岩带、混合岩带和混合花岗岩带,为一典型的倒转递增变质带(曲国胜,张进江,1991;杨新岳等,1994),反映了地壳中大型冲断推覆构造带典型的变形和变质特征,并与喜马拉雅造山带内大型推覆构造中发育的倒转递增变质带相似(Windley, 1985)。

额尔齐斯冲断推覆面在东段被二台-可可托海走滑断裂右型错断,其东侧与玛因鄂博大断裂相连。由于玛因鄂博断裂带的大规模逆掩推覆,导致一套厚约 4 000 m 强烈变形的糜棱岩-片岩-片麻岩-混合岩组合(前人称为下泥盆统玛因鄂博组)被逆冲推覆于下石炭统那林卡拉组之上。并且在冲断面上盘附近发育一宽约 700 m 的糜棱岩-超糜棱岩带,系冲断推覆面附近的强烈塑性流变带。在推覆体内部的次级推覆滑动面均向南西推覆,导致代表更老变质基底的哈巴河群($\epsilon_2 - O_1$)被逆冲推覆于玛因鄂博组之上。推覆体中的哈巴河群显示出与玛因鄂博组不同的强烈动-热变质作用特征,岩石均经历混合岩化和高温重结晶作用,发育产状向北东缓倾的分异层理和大量由长英质脉和分异层理构成的流动状褶曲和轴面倾向北东的近平卧褶曲。在变质基底内部发育大量向北东缓倾的低角度逆掩断层,形成有露头规模的逆掩双层构造(thrusting duplex)。双层构造的底部冲断层和双层构造体均向北东方向缓倾,反映出向南西方向的强烈逆掩作用。

额尔齐斯推覆体西段大部分被第四系覆盖,仅在哈巴河阿舍勒地区和布尔津北东部部分出露。在阿舍勒地区推覆体大部分被哈巴河花岗岩基所破坏,但冲断变形带和冲断面在阿舍勒和赛都等地出露较明显,习惯称其为玛尔卡库里断裂带,表现为倾角在 $75^{\circ} \sim$

80°之间波状起伏的断层面和宽约数十米的断层破碎带,具脆性变形的特征,赛都金矿床也就产在该断层破碎带之中。玛尔卡库里断裂带下盘发育近南北走向的次级张性断层破碎带,这些南北走向的张性断层是重要的容矿构造,多拉纳萨依金矿床的成矿空间与这组次级张性断裂有关。

玛尔卡库里断裂带向东延伸处被北北西走向的萨热朔克断裂带右型错断,东侧出露额尔齐斯推覆体北侧边界断裂——特斯巴汗断裂带,但推覆体大部分被第四系覆盖,仅出露北侧的少部分露头。野外观察发现,以萨热朔克断裂为界,西部的变形以脆性变形为主,而东部的窝依莫克村附近,变形则表现为较强烈的韧性变形,发育S-C糜棱岩,其中C面产状 $25^{\circ}/56^{\circ}$,S面产状 $55^{\circ}/80^{\circ}$,出现两翼同斜、褶皱轴直立的叠加褶皱和复杂的叠加褶皱形式(图1-1)。

褶皱岩层在该处被北西走向的断裂面右型走滑错断(图1-2),反映该处的下泥盆统岩层在经历了强烈的逆冲挤压变形之后,还经历过右型走滑剪切,平面上的S-C构造和被动褶曲也反映了右型走滑剪切的性质。

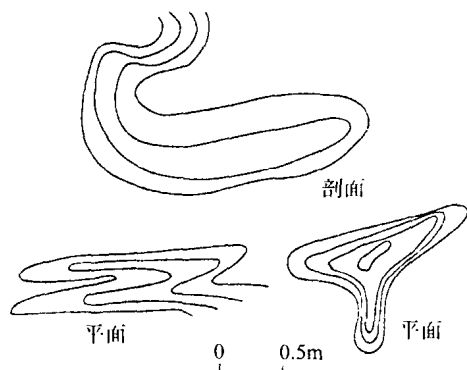


图1-1 布尔津北东窝依莫克村附近特斯巴汗断裂带下盘下泥盆统岩石中的叠加褶皱形式素描

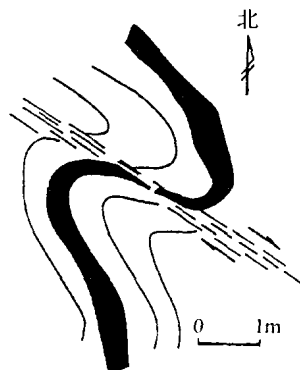


图1-2 窝依莫克村附近的右型走滑剪切带和被动褶曲
(据照片素描)

前人根据在锡伯渡附近浅变质岩石中发现的孢粉组合和芦木化石^①,将推覆体中的变形和变质杂岩的时代厘定为上石炭统,称为卡拉额尔齐斯组。然而近年来的研究发现推覆体内部的变形和变质岩石可能为不同时代岩块,在俯冲削刮和逆掩推覆等构造混杂过程中形成的一套变形变质杂岩,以推覆体轴部发育的富蕴-锡伯渡韧性剪切带为界,其南侧的一套混合岩化斜长片麻岩的时代引起了较多争议,曲国胜等(1991)在混合岩中获得长石多阶段铅模式年龄 $t_1 = 1\ 849\ \text{Ma}$, $t_2 = 412\ \text{Ma}$,认为带内深变质杂岩体是由元古宙一早泥盆世多时代地层组成。胡霭琴等(1990)在斜长角闪岩中获得钇-铍模式年龄 $1\ 588\ \text{Ma}$,据此认为该套深变质杂岩的时代可能与乌恰沟上游出露的蓟县系的时代相同。因此,不能排除该推覆体中存在古老结晶基底的可能性。

2. 特斯巴汗推覆体

特斯巴汗推覆体位于额尔齐斯推覆体的北侧,沿特斯巴汗冲断带逆冲推覆于额尔齐

① 新疆地质局区域地质调查大队. 1978. 1:20 万区域地质调查报告,富蕴幅。

斯推覆体之上。该推覆体平面上呈北西宽向南东收敛,并在富蕴附近尖灭的形态,其主体岩层为中泥盆统阿勒泰组,岩性以一套长石石英砂岩、变砂岩、千枚岩、大理岩等为主,变形和变质程度北西段较低,南东段强。北西段的阿勒泰市附近出露海相枕状熔岩,南东段由一较为完整的紧密背斜——苏普特背斜构成,岩石变形和变质程度明显高于北西段。背斜两翼为中泥盆统的片岩、片麻岩,核部出露下泥盆统深变质混合岩和混合花岗岩。

该推覆体出露于阿勒泰市至富蕴县城之间(约 120 km)的范围内,阿勒泰市以西地区被大规模的海西花岗岩岩基所破坏,东段在苏普特村附近尖灭。在东段的达拉维孜村附近可见中泥盆统阿勒泰组的混合岩沿特斯巴汗冲断裂逆冲于片岩之上(图 1-3A),上盘混合岩的分异层理与下盘片岩中的透入片理表现为方位完全不同的面状构造,上盘混合岩中的分异层理与下盘片岩中的透入片理表现为方位完全不同的面状构造,上盘混合岩中的分异层形成断层弯曲褶皱(fault-bend fold)(图 1-3B),但下盘的片理基本未褶皱,反映逆冲过程中变形主要发生在上盘。

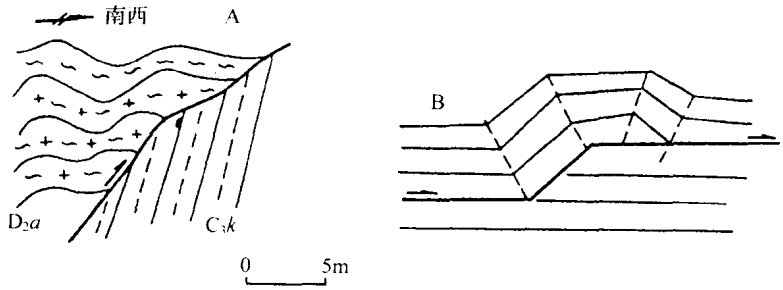


图 1-3 富蕴达拉维孜村附近阿勒泰组(D_2a)沿特斯巴汗冲断层逆冲于卡拉额尔齐斯组(C_3k)的片岩之上,上盘混合岩分异层形成断层弯曲褶皱(A);断层弯曲褶皱的几何形式(B)

推覆体内部发育的褶皱-冲断系代表了冲断推覆变形的几何学特征,冲断面具上部陡倾下部逐渐变缓的铲形断层形态,冲断面上盘岩层常发生为强烈褶皱变形,形成的褶皱形态表现为北东翼倾角较缓,而南西翼陡倾成倒转(图 1-4),反映了断层扩展褶皱(fault-propagation fold)的典型几何形式(图 1-5A)。剖面上测量获得冲断角 $\alpha = 43^\circ$ (图

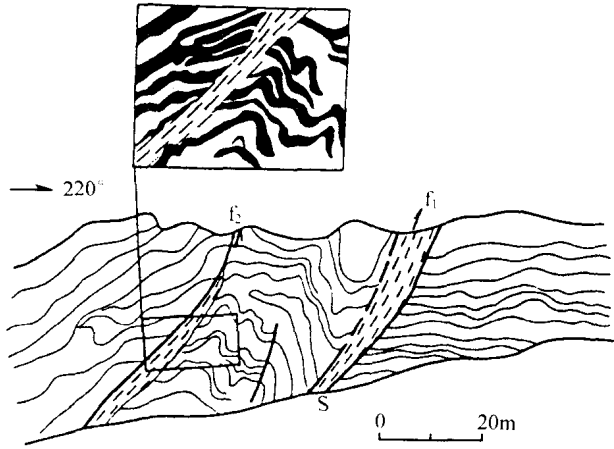


图 1-4 特斯巴汗冲断 推覆体内部的褶皱-冲断形式(地点:达拉维孜村以北 2 km)
褶皱岩层为能干层(黑色层)和非能干层构成的多层岩层,S 代表糜棱岩页理

1-4中的 f_1),在其上盘测量岩层形成的5条褶皱,获得褶皱两翼夹角分别为 $35^\circ, 41^\circ, 60^\circ, 37^\circ$ 和 47° ,在几何分析图上,这些褶皱均落在“前翼减薄”区内(图1-5B),其前翼(南西翼)减薄为30%~80%,反映逆冲推覆过程中,多层岩系中的岩层发生褶皱时,前翼通常变形较后翼强烈,发生半塑性-塑性流变,这种特征的褶皱-冲断形式通常发生于地壳较深层次(Tamison,1992)。

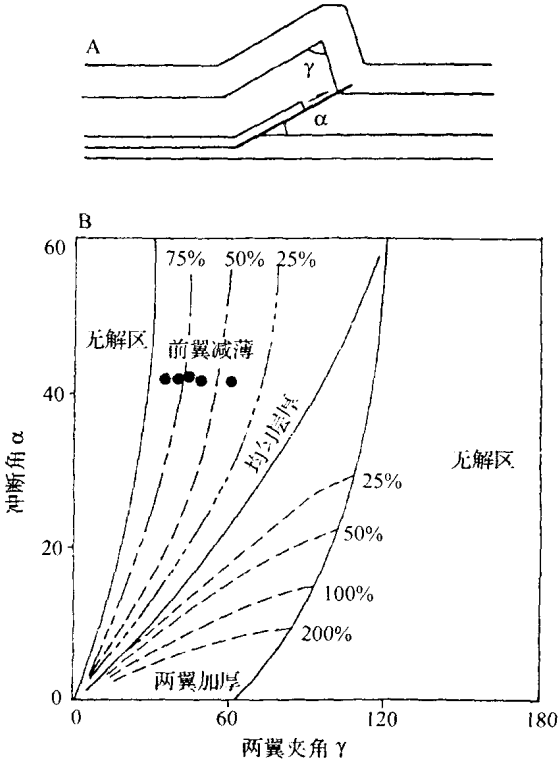


图1-5 冲断-推覆体上盘断层扩展褶皱的几何学分析
(Tamison, 1987)

3. 阿巴宫-库尔提冲断-推覆体

阿巴宫-库尔提冲断-推覆体分布于阿尔泰山前地区,呈狭长带状展布,南界为阿巴宫-库尔提冲断裂,北界为巴寨冲断裂,宽度约为8~15km,北西-南东向延长超过150km。沿阿巴宫-库尔提冲断裂该推覆体内的一套下泥盆统中-酸性火山岩和海西花岗岩岩基推覆于中泥盆统阿勒泰组之上,南界冲断面倾向北东,地表附近倾角 $60^\circ\sim 80^\circ$,向深部延伸,倾角逐渐变小,并最终与地壳内滑脱面归并。该冲断-推覆体内部发育一组北西走向的逆冲断层。该组近于平行的逆冲断层呈叠瓦状逆冲的几何形式(图1-6),冲断-推覆体的北西段被该组冲断裂破碎较强,主要表现为脆性或脆-韧性变形的特征。在南东段的库尔提一带变形作用明显加强,阿巴宫-库尔提冲断裂上盘出现大量的不对称紧密褶皱,其北东翼倾角较缓,均为正常层序,而南西翼为直立或倒转层序,这种几何形式的褶皱系应为阿巴宫-库尔提冲断带大规模冲断-推覆变形时,上盘岩层经历挤压缩短的产物,具有断层扩展褶皱的几何特征。

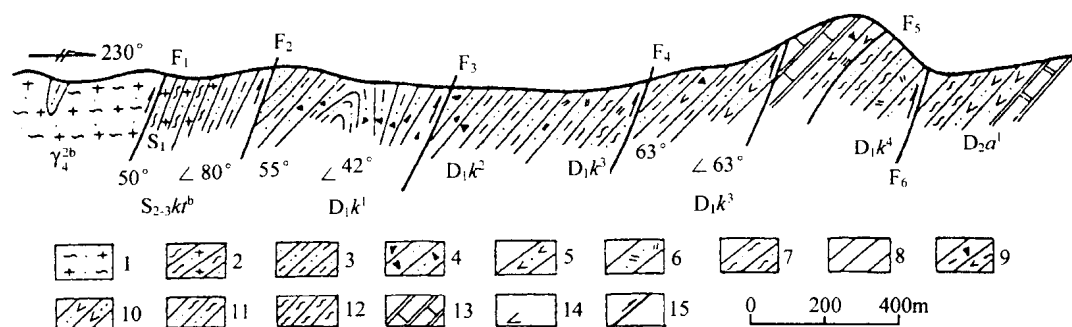


图 1-6 铁木尔特一带叠瓦式冲断构造剖面

1. 花岗岩; 2. 十字红柱石英片岩; 3. 云母石英片岩; 4. 晶屑凝灰岩; 5. 磁铁矿化凝灰质熔岩;
6. 变质霏细岩脉; 7. 绿泥石英片岩; 8. 晶屑凝灰熔岩; 9. 角砾晶屑凝灰岩; 10. 凝灰质砂岩;
11. 石英钠长斑岩; 12. 千枚岩; 13. 大理岩; 14. 劈理及产状; 15. 断层

沿该冲断-推覆体内部发育的这组逆冲断层南东段的乌恰沟上游附近发育更为强烈的逆冲抬升作用, 导致抬升出阿尔泰造山带深部结晶基底——蓟县系。在二台-可可托海走滑断裂以东地区, 该推覆体主要出露哈巴河群一套片岩、片麻岩和混合岩等, 反映东段的冲断抬升和剥蚀程度普遍高于二台-可可托海断裂以西地区, 一方面沿冲断面, 东段逆冲较强; 另一方面倾向北东东的二台-可可托海断裂的右型走滑作用导致东部被强烈抬升有关。

4. 巴塞推覆体

巴塞推覆体以大桥-巴塞-恰尔沟-拜城冲断裂为南界。二台-可可托海断裂以西地区, 推覆体主要由志留纪地层和大型海西花岗岩体组成, 北部大面积出露的基底岩系——寒武系—奥陶系被逆冲推覆于下泥盆统火山岩之上, 南界冲断-推覆面发育于大型复式背斜——哈龙复背斜的南西翼, 地表附近倾向北东, 倾角 $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$, 向深部延伸逐渐变缓, 并与主滑脱面——额尔齐斯滑脱面归并。二台-可可托海走滑断裂以东地区出露哈巴河群, 产出较深层次变形-变质岩石。

5. 库热克特推覆体

库热克特推覆体南界为红山嘴-库热克特冲断带, 发育于哈龙复背斜的北东翼, 加里东—海西早期沿该冲断带发生较大规模褶皱-推覆作用, 形成推覆体。但中泥盆统以后, 阿尔泰造山带内冲断-推覆系发生后缘拉张, 在冲断带以北地区形成中泥盆世—早石炭世的上叠盆地, 形成一套碎屑岩、碳酸盐岩和中酸性喷发岩组合。早石炭世末结束后缘拉张, 红山嘴-库热克特冲断裂继续发生逆冲-推覆作用, 导致上叠盆地中形成的中泥盆统—早石炭统被逆冲-推覆于基底变质岩之上。

(二) 冲断-推覆构造的运动学规律

1. 冲断-推覆过程的变形运动学

阿尔泰山南缘地区的古生代变形变质岩石中广泛发育与剪切变形有关的下述几种变