

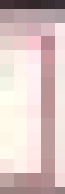
阿尔金断裂系

崔军文 唐哲民 邓晋福 等著
岳永君 孟令顺 余钦范

等著

地质出版社

國家金庫券



中華民國二十二年

阿尔金断裂系

崔军文 唐哲民 邓晋福 岳永君 孟令顺 余钦范 著
李冀湘 赖绍聪 齐立 郭耕成 卢德源 朱红

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书著者提出了一种新的活动论观点——扩展构造。作者将阿尔金断裂系的形成作为青藏高原隆升动力学系统中的一次重大变形事件,系统阐明了阿尔金断裂系的几何学特征、性质、生长方式、形成机制和动力学过程,以及青藏高原北缘的地球动力学系统——扩展构造;提出了阿尔金断裂系形成的倒退式动力学扩展模式;通过对阿尔金断裂系两侧构造单元的对比,对该区古生代板块构造体制、秦-祁-昆洋盆的肢解和柴达木“地块”性质等,特别是祁连山的断裂构造格架和盆-山构造体制等均提出了新颖的看法。

本书对地质工作者及从事大陆动力学、构造地质,特别是从事断裂构造和青藏高原隆升动力学的研究和教学人员,具有重要参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

阿尔金断裂系/崔军文等著.-北京:地质出版社,1999.6

ISBN 7-116-02794-7

I. 阿… II. 崔… III. 断裂带-研究-新疆-阿尔金山 N.P548.245

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第15094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:白铁 江晓庆

*

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:16.625 图版:6页 字数:430000

1999年6月北京第一版·1999年6月北京第一次印刷

印数:1—800册 定价:50.00元

ISBN 7-116-02794-7

P·2008

(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)

总 序

“青藏高原北缘变形动力学研究”是地质矿产部“八五”深部地质重点研究项目，属当代“大陆动力学计划”研究的重要组成部分，是探索新的全球构造的前沿课题，举世瞩目。

“大陆动力学计划”是国际地学界 80 年代末和 90 年代初，在“岩石圈计划”研究的重点转移到地质过程和动力学的基础上，为进一步充实板块构造理论和发展新的全球构造理论而拟定的。计划本身就说明它是地球科学发展的前沿。

作者选择青藏高原北缘开展大陆动力学研究，是因为在青藏高原造山复合体与周缘刚性地块的接壤带发现了丰富的动力学信息，且认为青藏高原腹地与阿尔金山、昆仑山、祁连山，甚至天山和塔里木盆地都处于统一的地球动力学体系中，表明解决高原隆升机制问题的关键是必须深入研究高原北缘的变形动力学。这一地区是大陆动力学研究的热点地区。“青藏高原北缘变形动力学研究”项目包括青藏高原北缘构造变形和隆升机制的研究，重点探讨阿尔金断裂系，特别是左行走滑系统，以及综合研究青藏高原北缘岩石圈构造应力场。

在研究方法上，以水平扩展和垂向伸展为基本动力学思想，运用早造山期、主造山期和后造山期造山带变形阶段的划分及变形分析与数值模拟相结合的方法，对该地区国内外前人已有的地质学、岩石地球化学和地球物理学的文献资料进行综合分析，通过野外详细的观察和室内现代化的测试，将后造山期变形和青藏高原隆升机制进行了模拟。依据特提斯-喜马拉雅构造域岩石圈的新生代构造变形和结构特征的分析，首次提出了青藏高原造山复合体的新观点和高原隆升的深层热动力扩展动力学模式的新思维；并根据后造山期构造变形动力学特征，划分出喜马拉雅型、冈底斯型和昆仑型三种成因类型。以上成果观点创新，起点很高，突破了以往有关青藏高原的形成和演化的研究。

《阿尔金断裂系》、《青藏高原北缘岩石圈构造应力场》和《青藏高原后造山期变形和隆升机制》这三本优秀专著的出版，无疑将极大地提高我国大陆动力学研究的水平。该项工作是在复杂的造山带和盆地耦合地区完成的，环境极为恶劣，工作十分艰辛，时间又很短促。这种敬业精神值得我们学习。在此谨向参加工作的全体同志表示衷心的祝贺！

南京大学教授

中国科学院院士

郭令智

1996. 10. 8

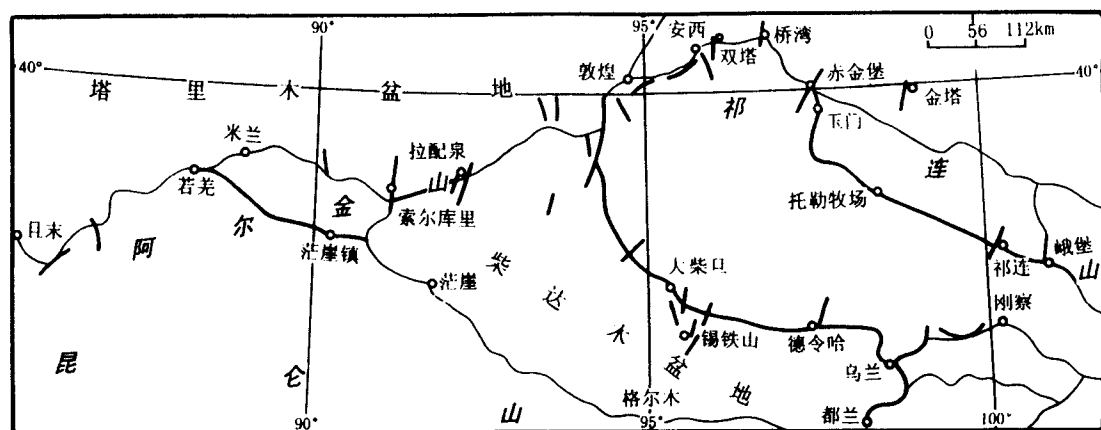
前 言

青藏高原北缘,在地域上包括昆仑山及其以北的阿尔金山、祁连山和柴达木盆地(三山一盆)及“三山”的山前坳陷带,构造上占据青藏高原造山复合体后陆部位的主体。青藏高原北缘的岩石圈变形,记载了该区始造山期、早造山期和主造山期古板块裂解、汇聚和拼合的过程及后造山期地块四维运动的轨迹。其研究对解决我国西部构造单元的划分、对比,重建大地构造格架,深化青藏高原隆升和动力学机制的研究至关重要。青藏高原北缘又处于包括哈萨克斯坦板块、塔里木-中朝板块和青藏高原在内的中亚地区的核心部位,其研究对解决中亚地区变形运动学和动力学,特别是阿尔金断裂的形成、演化过程十分关键。总之,该地区是当前国际“大陆动力学计划”中引人瞩目的重点地区之一。因此,“八五”期间地质矿产部实施了“青藏高原北缘构造变形动力学研究”项目,“青藏高原北缘构造变形和隆升机制”属该项目之第一课题。它以阿尔金断裂为重点研究对象,具体研究内容有:阿尔金地区晚中生代前地质构造背景;变形、变质过程中热动力条件;1:50万重、磁测量和地球物理资料的综合分析;变形运动学和动力学。其目的是研究阿尔金断裂的形成机制和动力学模式及其与青藏高原隆升的关系。

该课题负责单位为中国地质科学院岩石圈研究中心。参加单位有中国地质大学、长春地质学院和青海省地矿局综合地质研究队。参加课题研究的人员有崔军文、唐哲民、赖绍聪、邓晋福、孟令顺、余钦范。参加课题前期(专题)研究的尚有岳永君、李冀湘、齐立、郭耕成、卢德源、朱红、高静。课题下设7个研究专题:

1. 青藏高原北缘沉积岩类、花岗岩类研究;
2. 青藏高原北缘变形运动学研究;
3. 青藏高原北缘蛇绿岩与火山岩岩石-地球化学研究;
4. 青藏高原北缘变质作用和热动力条件研究;
5. 青藏高原北缘重力场与深部构造研究;
6. 青藏高原北缘磁构造研究;
7. 青藏高原北缘爆炸地震资料综合分析研究。

该课题以研究构造变形为主,结合综合地质调查,辅以1:50万重、磁测量和地球物理资料综合分析。在北起阿尔干—赤金—金塔一线(大约40°N),南至花土沟—德令哈—都兰(大约37°N),西起且末—江孜勒萨依(大约86°E),东至祁连—门源—海晏一线(大约101°E),面积约3000 km²范围(见下页图)内,采用点、线、面相结合的研究方法,进行了为时4年的野外地质调查和综合研究。完成的野外实际工作量有:①各种路线观察剖面48条,累计长度约1000 km;其中,重点变形构造剖面28条,长约464 km,沉积岩和花岗岩实测剖面33条,长约37.2 km;②各种地质观察点237个;③采集各种标本1125块;其中,沉积岩、花岗岩标本256块,定向标本379块,变质岩标本428块,火山岩和蛇绿岩标本101块;④K-Ar、Rb-Sr和⁴⁰Ar/³⁹Ar同位素年龄样42套;⑤微体古生物样23套;⑥



工作区路线剖面分布简图

古地磁样 250 套；⑦磨制各种薄片 510 块；⑧新疆阿尔干—青海花土沟 1:50 万重力、磁力测量剖面，长 550 km，共测量有效物理点 79 个，测点间距为 20~30 km。室内完成的测试项目有：电子探针 150 个，全岩分析 55 个，稀土分析 36 个，微量分析 36 个，同位素分析 18 个（其中 K-Ar 法 7 个、Rb-Sr 法 4 个、 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法 7 个），透射电镜 15 个，岩组分析 20 个。同志们克服高山缺氧、干燥炎热等恶劣自然条件的影响，数次穿越戈壁和号称“死亡谷”的阿尔金槽地，为圆满获取第一手野外资料作出了极大努力。由张炳熹、李廷栋、陈庆宜、丁国瑜等院士和何国琦教授等组成的专家组分别于 1994 年 4 月和 1996 年 6 月通过了专题和课题项目的验收与评审。

为避免与项目研究成果重复，本书以阿尔金断裂系为重点，有关隆升机制及其与青藏高原隆升关系部分纳入项目最终研究成果。参加本书编写的有：崔军文、唐哲民、邓晋福、孟令顺、余钦范、岳永君、赖绍聪和李冀湘。各章分工如下：前言，第七、十二、十三、十四章和结束语，崔军文；第一、十一章，崔军文、唐哲民；第十章，唐哲民、崔军文；第二章，岳永君；第三、四、五章，赖绍聪、邓晋福；第六章，李冀湘；第八章，孟令顺；第九章，余钦范。全书由崔军文汇总、统编，李莉、王薇协助。

在整个项目研究过程中，得到了青海省、甘肃省和新疆维吾尔自治区等地质矿产局，甘肃省区调队，青海省区调队，新疆地矿局地研所等单位 and “格尔木-额济纳旗地学断面多学科综合调查研究”项目有关专题组的大力支持和帮助。在本书出版之际，谨向上述单位、学术组和张炳熹、郭令智、肖序常、李廷栋、陈庆宜、丁国瑜等院士，何国琦教授，郑剑东、沈显杰、肖庆辉等研究员，冯昭贤、吴向农、王云山、李绍雄和冯明昭等高级工程师，陈文副研究员，致以诚挚谢意。

目 录

总 序 前 言

第一篇 青藏高原北缘区域构造背景分析

第一章 区域断裂构造系统	(2)
第一节 祁连-柴达木地区的北西西向冲断裂和韧性推覆剪切带	(2)
一、双塔韧性推覆剪切带	(2)
二、北祁连冲断裂	(6)
三、中祁连冲断裂	(9)
四、南祁连逆冲-走滑断裂	(11)
五、柴达木北缘逆冲-左行走滑断裂	(14)
六、柴中冲断裂	(21)
七、祁漫塔格冲断裂	(21)
八、阿尔喀冲断裂	(22)
第二节 阿尔金地区的东西向断裂系	(22)
一、东西向直立断裂系	(23)
二、东西向逆冲断裂系	(27)
第三节 青藏高原北缘的北东东向断裂	(27)
第二章 青藏高原北缘的沉积岩和花岗岩	(28)
第一节 阿尔金山的早古生代沉积岩和花岗岩	(28)
一、北阿尔金早古生代沉积构造带	(28)
二、阿尔金山早古生代花岗岩类	(29)
第二节 晚古生—中生代早期花岗岩类	(32)
一、东、西昆仑晚古生—中生代早期花岗岩带对比	(32)
二、柴达木北缘晚古生—早中生代花岗岩类	(33)
三、多坝沟岩体	(36)
第三节 中、新生代沉积岩和花岗岩	(37)
第四节 小结	(38)
第三章 阿尔金山火山岩与蛇绿岩岩石-地球化学特征	(39)
第一节 区域地质概况	(39)
第二节 北阿尔金早古生代蛇绿岩	(40)
一、蛇绿岩带的地质特征	(40)
二、蛇绿岩带的岩石学特征	(40)
三、蛇绿岩带的地球化学特征	(41)
四、蛇绿岩带形成的构造背景	(46)

第三节 茫崖古生代蛇绿岩地质特征	(48)
第四节 索尔库里元古宙变质火山岩及其构造背景	(49)
第四章 柴达木北缘早古生代海相火山岩及其构造背景	(52)
第一节 区域地质背景	(52)
第二节 岩石学特征	(52)
第三节 岩石化学特征	(53)
第四节 微量元素及稀土元素地球化学特征	(57)
第五节 火山作用的大地构造背景	(62)
第六节 火山作用与板块构造演化	(64)
一、大洋扩张速率及洋盆宽度的估算	(64)
二、板块闭合速率与闭合的洋盆宽度估算	(65)
三、柴达木北缘板块构造演化的岩石学模型	(65)
第五章 北祁连早古生代火山作用与构造演化	(66)
第一节 方法与思路	(66)
第二节 北祁连洋脊型火山岩	(66)
第三节 北祁连洋岛(海山)型火山岩	(69)
第四节 北祁连岛弧型火山岩	(73)
第五节 火山作用与板块构造演化	(75)
一、北祁连构造分区框架	(75)
二、古洋盆扩张速率与洋盆宽度的估算	(76)
三、板块闭合速率与闭合宽度的估算	(77)
四、北祁连地区板块构造演化的岩石学模型	(77)
第六章 青藏高原北缘的变质作用和热动力条件	(80)
第一节 区域变质岩系的地质特征	(80)
第二节 塔里木南缘新太古—古元古界变质杂岩系变质作用特征	(81)
一、岩石组合类型及其变质作用特征	(81)
二、岩石化学及地球化学特征	(83)
三、变质温压条件及岩系构造成因初探	(88)
四、古元古界变质岩系及变质作用特征	(88)
第三节 祁连-柴达木地区区域变质作用特征	(90)
一、北祁连变质带	(90)
二、中祁连变质带	(90)
三、南祁连变质带	(91)
四、柴达木地区区域变质作用特征	(91)
第四节 青藏高原北缘变质作用与地壳演化	(92)
第七章 青藏高原北缘的构造演化	(94)
第一节 显生宙前地质构造演化	(94)
第二节 显生宙地质构造演化概述	(95)
一、早古生代	(95)
二、晚古生代	(98)

三、中—新生代	(99)
第三节 青藏高原北缘构造单元划分和对比	(99)

第二篇 青藏高原北缘重、磁场

第八章 青藏高原北缘重力场研究	(104)
第一节 重力测量工作方法	(104)
第二节 区域重力场分析	(105)
一、中国西部 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 布格重力异常	(105)
二、青藏高原北缘 $1:250$ 万布格重力异常及大地构造分区	(105)
三、利用剖面重力异常确定断裂位置及产状	(107)
第三节 均衡异常与地球动力学关系	(111)
一、均衡异常分布特点	(111)
二、均衡信息与地球动力学关系	(112)
第四节 重力异常与地壳构造	(113)
一、莫霍界面深度的计算	(113)
二、地壳构造浅析	(113)
第五节 结论	(114)
第九章 青藏高原北缘磁测资料构造解析、岩石磁组构与古地磁研究	(115)
第一节 区域基底结构与构造分析	(115)
一、基底结构	(115)
二、关于阿尔金断裂	(116)
第二节 茫崖—阿尔干高精度磁测剖面的构造分析	(118)
一、解释方法概述	(119)
二、磁测剖面构造分析的主要结论	(119)
第三节 阿尔金断裂带岩石磁组构分析	(121)
一、岩石磁组构分析概述	(121)
二、野外采样与实验测定	(124)
三、磁组构分析结果	(124)
第四节 塔里木南缘古地磁初步研究	(128)
一、前人研究程度与本次野外采样	(128)
二、古地磁样品的实验测试	(130)
三、古地磁结果的分析与认识	(131)

第三篇 阿尔金断裂系

第十章 阿尔金断裂系的组成	(137)
第一节 阿尔金南缘断裂和阿尔金北缘断裂	(137)
一、阿尔金南缘断裂	(137)
二、阿尔金北缘断裂	(138)
第二节 米兰—红柳园断裂、且末—黑尖山断裂和罗布庄—星星峡断裂	(139)
第十一章 阿尔金断裂系的运动学特征	(141)
第一节 阿尔金南缘断裂的几何学特征	(142)

第二节 阿尔金断裂带的力学性质	(142)
第三节 昆仑-祁连地块中的冲断裂	(146)
一、主要冲断裂形成时代分析	(146)
二、上叠式或倒退式逆冲序列	(149)
三、上叠式或倒退式逆冲序列中构造岩石演化趋势	(152)
第四节 阿尔金断裂系形成时代分析和力学机制的转化	(154)
第十二章 青藏高原北缘的盆-山构造	(156)
第一节 盆地的成因类型及其形成的力学机制	(156)
一、冲断盆地	(156)
二、挤压（或压性）盆地	(158)
三、拉分盆地	(159)
四、滑覆盆地	(160)
五、断陷盆地	(162)
六、垂向伸展盆地	(163)
七、拆离伸展盆地	(165)
第二节 成盆过程中的构造应力场分析	(165)
第三节 “盆-山”构造类型及其动力学意义	(167)
一、收缩型盆-山构造	(167)
二、走滑型盆-山构造	(167)
三、伸展型盆-山构造	(167)
第四节 青藏高原北缘“盆-山”构造格架	(169)
第十三章 阿尔金断裂系的动力学	(170)
第一节 青藏高原北缘的地球动力学系统——扩展构造	(170)
一、逆冲扩展	(170)
二、热隆扩展	(171)
三、扩展构造	(178)
第二节 青藏高原北缘的深部构造	(179)
一、地壳结构	(179)
二、深部构造和动力学分析	(181)
三、青藏高原北缘和南缘动力学特征对比——阿尔金断裂系形成的深部构造背景分析	(183)
第三节 应变参数的对比性研究	(189)
第四节 青藏高原北缘变形的不均一性	(191)
一、西昆仑-阿尔金强收缩应变区	(191)
二、东昆仑-祁连逆冲-走滑（扩展）区	(193)
第五节 阿尔金断裂系的生长方式	(194)
一、阿尔金断裂系形成的力学机制分析	(194)
二、阿尔金南缘断裂的生长方式	(196)
三、阿尔金断裂系的生长方式	(197)
第六节 阿尔金南缘断裂走滑量和走滑速率的估算	(198)
一、走滑量估算的基本思路和依据	(198)
二、阿尔金南缘断裂的走滑量和走滑速率	(199)

三、青藏高原北缘的扩展量和扩展速率·····	(200)
四、计算结果分析·····	(202)
第七节 阿尔金断裂系的形成机制 ·····	(205)
一、亚洲三类不同成因机制的走滑断裂·····	(206)
二、青藏高原的地球动力学系统——阿尔金断裂系的形成机制·····	(208)
三、阿尔金南缘断裂深部运动学特征分析·····	(210)
第八节 阿尔金断裂系的动力学模式——倒退式扩展动力学模式 ·····	(213)
第十四章 关于柴达木“地块” ·····	(216)
第一节 问题的提出 ·····	(216)
第二节 柴达木盆地周缘的古生代岩浆岩和变质岩 ·····	(217)
一、岩浆岩和变质岩的时空分布·····	(217)
二、变形构造及其对岩浆岩分布的制约作用·····	(219)
三、柴达木北缘构造岩浆岩带性质·····	(223)
第三节 柴达木盆地形成机制·····	(226)
结束语 ·····	(231)
英文摘要 ·····	(236)
参考文献 ·····	(243)
图版及图版说明	

第一篇 青藏高原北缘区域 构造背景分析

新生代前青藏高原北缘经历了复杂的地质发展史，新生代以来又作为青藏高原的北部动力边界经历了挤压、逆冲、走滑和伸展及山地崛起等一系列重大地质事件。这些无疑会在岩石圈中留下各种形迹，提供了人们追寻、探索和研究复杂地质事件的各种信息。本篇试图通过青藏高原北缘，特别是阿尔金地区系统的变形构造和岩石地球化学研究及区域构造背景分析，建立青藏高原北缘的基本构造格架，为阿尔金断裂系及青藏高原隆升和动力学的研究提供区域地质，特别是基础构造地质资料。

第一章 区域断裂构造系统

断裂构造是传递岩石圈构造演化、深部动力学过程和物质组成信息的最重要的构造类型，特别是在遭受强烈后造山作用的构造复合区，它是恢复、重建被移置地体或地块的古构造体制和移置过程，阐明后造山作用的最重要的依据之一。因此，60年代以来国际上相继开展的地球动力学计划、上地幔计划、岩石圈计划和大陆动力学计划都把断裂构造列为重要研究内容之一，特别是在实施大陆动力学计划的今天，断裂构造已成为阐明大陆地壳演化、建立大陆动力学模式的核心研究内容（肖庆辉等，1993；许志琴、崔军文，1996）。

断裂构造的研究范畴，广义讲应包括各造山阶段的板块俯冲带、陆-陆碰撞带、陆内俯冲带、水平剪切带（或拆离带）和直立剪切带等，但按项目合同要求本报告仅探讨新特提斯洋盆闭合（晚白垩世）（崔军文，1992），青藏高原进入后造山期和隆升阶段以来的区域性大断裂。

青藏高原北缘的断裂构造，按其走向和形成演化历史可区分为走向东西到北西西向和走向北东东向的断裂构造系统。前者按其分布又可划分两套区域性断裂系统：祁连-柴达木地区的北西西向走滑-逆冲断裂系和阿尔金地区的东西向断裂系（图1-1、1-2）。

第一节 祁连-柴达木地区的北西西向冲断裂 和韧性推覆剪切带

祁连-柴达木地区（以下简称祁-柴区）以北西西走向的冲断裂最为发育，其间包容有近于东西向的断裂，两者组成醒目的菱形断裂格局（图版I）。规模较大的北西西向断裂和韧性推覆剪切带，自北而南依次为：双塔韧性推覆剪切带、北祁连冲断裂、中祁连冲断裂、南祁连冲断裂、柴达木北缘冲断裂、柴中冲断裂、祁漫塔格冲断裂和阿尔喀冲断裂等（图1-2）。

一、双塔韧性推覆剪切带

双塔韧性推覆剪切带（STS）位于安西南约10 km的变质岩系中，变质岩属前长城纪敦煌群（甘肃地质矿产局，1989）。剪切带走向北 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 西，向南中等一缓倾斜。剪切带内广泛发育的韧性应变现象有流劈理（图版I-1）、拉伸线理、S-C组构、糜棱结构和石英次颗粒构造等。卷入剪切带的黑云石英片岩及平行流劈理、呈脉状展布的华力西期花岗岩（年龄262.7 Ma）（甘肃省地质矿产局，1989）强烈糜棱岩化。剪切带内发育由两组流劈理组成的应变滑劈理（图1-3）， S_1 面石英拉伸线理大致平行流劈理倾向， S_2 面石英拉伸线理近于水平。S-C组构显示 S_1 面和 S_2 面分别具有自南而北逆冲和左行走滑性质。石英残斑晶显示三种 c 轴组构类型： $\{10\bar{1}0\}$ （ c ）高温柱面组构，形成温度 $>650^{\circ}\text{C}$ （许志琴等，1996）； (0001) （ a ）低温底面组构，形成温度 $<400^{\circ}\text{C}$ ；形成温度介于 $400\sim 500^{\circ}\text{C}$ 的 $\{10\bar{1}1\}$ （ a ）中温菱面组构（图1-3）。以上显示该剪切带经历了自南而北逆冲（高温—低温）和自北而南正滑（中温—低温）的两种不同性质的剪切运动。该剪切带往北约100 m， S_2 流劈理

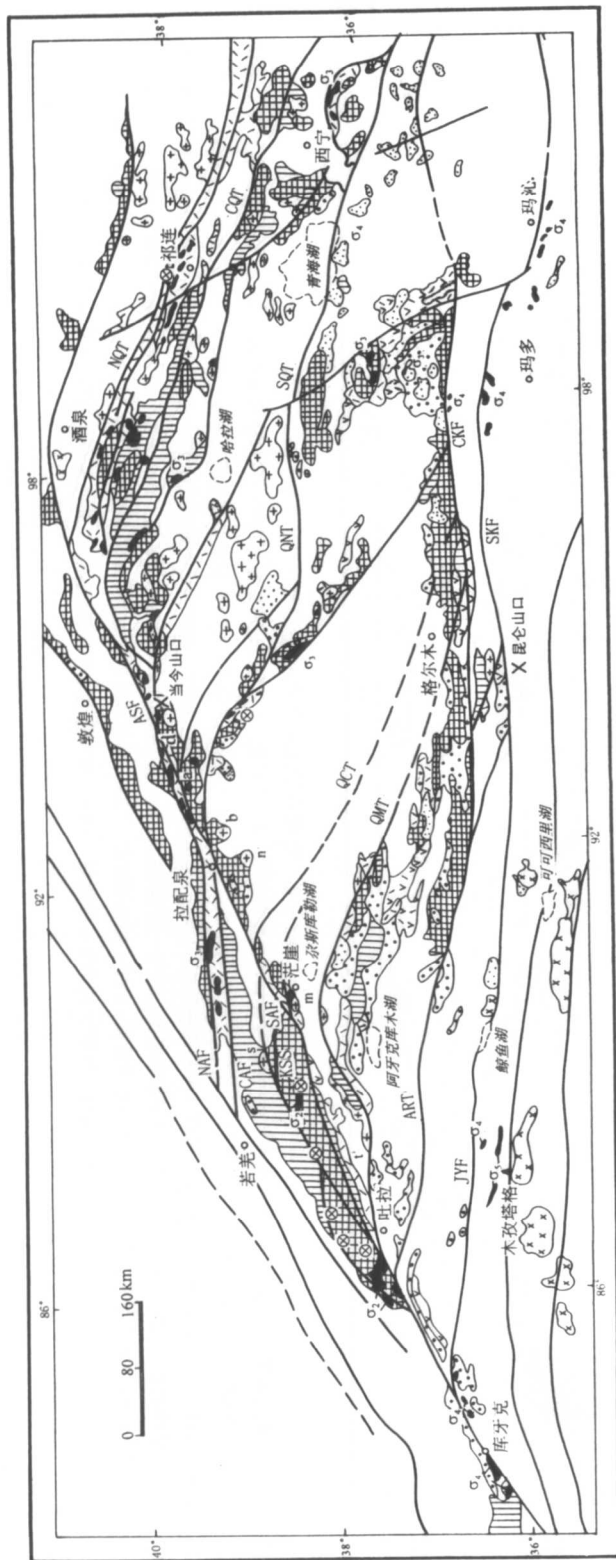


图 1-1 青藏高原北缘地质简图

1—显生宙沉积盖层；2—中—新元古界浅变质岩系；3—新太古—古元古界结晶岩系；4—早古生代海相基性火山岩；5—晚古生代陆相—海相火山岩；6—三叠纪海相—陆相火山岩；7—新生代陆相火山岩；8—早古生代花岗岩；9—晚古生代花岗岩；10—中生代花岗岩；11—超基性岩（ σ_2 、 σ_3 、 σ_4 、 σ_5 依次代表元古宙、早古生代、晚古生代、中生代超基性岩）；12—榴辉岩和高压变质岩出露点；13—断裂。NAF—北阿尔金山断裂；CAF—中阿尔金山断裂；SAF—南阿尔金山断裂；ASF—阿尔金山南缘断裂；NQT—北祁连山断裂；QCT—中祁连山断裂；QNT—南祁连山断裂；QMT—柴达木北缘冲断裂；QCT—柴达木冲断裂；QMT—祁连山冲断裂；ART—阿尔喀冲断裂；JYF—鲸鱼湖断裂；CKF—中昆仑断裂；SKF—南昆仑断裂。t—吐拉早古生代蛇绿混杂岩段；m—茫崖早古生代蛇绿混杂岩段；a—阿尔金山早古生代蛇绿混杂岩段；d—当金山口早古生代蛇绿混杂岩段；s—苏吾·什杰岩体；n—牛鼻子梁岩体群；b—北山岩体群

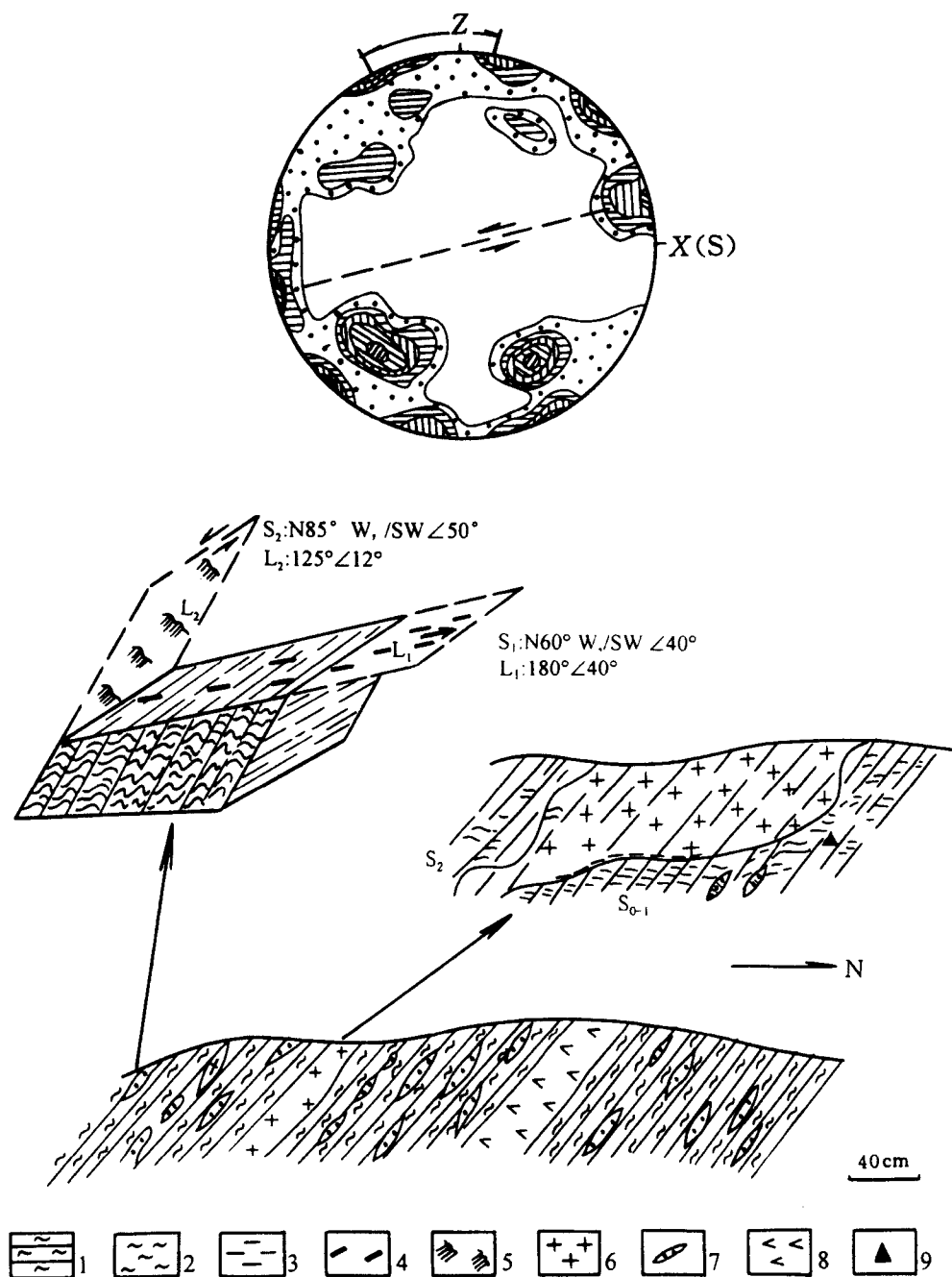


图 1-3 双塔韧性推覆剪切带微构造

1—流劈理化黑云石英片岩；2—流劈理；3—劈理；4—石英拉伸线理；5—擦痕线理；6—花岗岩 (γ_4)；7—正长花岗岩脉；8—辉长岩；9—同位素年龄采样点 (N_{52-260})； S_{0-1} 、 S_2 —第一、二期变形的流劈理面；

L_1 、 L_2 —第一、二期变形的拉伸线理。石英 c 轴组构图， XZ 面，下半球投影，石英残碎斑晶，

130 个颗粒，1%~3%~5%~7%~8%