

中国活断层研究专辑

昌马活动断裂带

国家地震局兰州地震研究所



地震出版社



序

活动断裂既与地震和地质灾害的形成密切相关，也是工程安全评价中的一个关键问题，而且，它还是现代岩石圈动力学研究的重要基础内容之一。因此，几十年来，一直为国内外地球科学界和工程界的科学家和工程师们所重视。无论在 80 年代和 90 年代国际岩石圈计划，还是正在进行的国际减灾十年工作中都是一项重要的研究内容。近 10 多年来，活动断裂研究获得了迅速的发展，主要表现在研究工作已由定性研究发展到定量研究阶段，在不同类型断裂几何学和运动学、全新世断裂滑动速率、古地震和位错历史、断裂分段性、活动断裂与地震关系的研究等方面都取得了新的进展，并逐步得到实际应用。我国自 80 年代以来，逐步对大陆内部一些重要的活动断裂开展了专题研究和大比例尺填图及研究工作，并将其中一些较好的研究成果以《中国活动断裂研究专辑》逐一出版，本书就是这一研究专辑中的一本。

青藏高原是亚洲大陆一个最重要的现代构造活动区，一直为全球地球科学家所瞩目。在这一世界屋脊的内部和边缘地带发育着一系列强烈活动的活动断裂带，并控制着大地震的发生，昌马断裂带就是其中的一条。

昌马断裂实际上只是青藏高原北部昌马-祁连断裂带的西段。昌马-祁连断裂带既是一条占板块俯冲带，又是一条晚第四纪活动的左旋走滑断裂带，据其活动程度的差别，沿这一条规模巨大的活动断裂带可以分出三个强烈活动段，昌马段就是其中之一，正是在这一活动段，于 1932 年发生了 7.6 级强烈地震。值得注意的是，这一次大地震是本世纪 20—30 年代沿青藏高原北部，尤其沿昌马-祁连-海原断裂带发生的一个大地震活动系列中的一次，在这一地震活动系列中，1920 年海原 8.5 级地震、1927 古浪 8 级地震和 1932 年昌马 7.6 级地震沿断裂带自东向西迁移，它们反映了断裂活动的过程及其与地震活动紧密的相关性。如果我们从这一角度出发，就更加可以看到本项研究的重要性。

多年来，不同方面的学者对昌马活动断裂和 1932 年昌马地震已作过不少研究，但这些研究的工作重点不一，工作程度差别较大，也还存在一些不同的认识，究其根本原因是缺乏对这一条活动断裂进行详细的测绘和定量研究。本书的作者在前人工作的基础上，积数年实地考察和测绘的成果，而取得的对这一条活动断裂和这一次大地震的全面研究成果，本书就是这一综合研究成果的一次很好的总结。

本书在对青藏高原北部地区区域地质、地球物理场和深部构造研究的基础上，重点研究了昌马活动断裂的几何学、运动学和动力学特征，并获得了多种定量参数。其中特别需要指出的是，本项工作对这一条活动的左旋走滑断裂的内部结构及其几何参数、1932 年昌马地震的各项震源参数、昌马地震地表破裂带的几何学和位移数据、全新世古地震事件和大地震重复间隔的研究尤为详细和深入，这正是本书的特色，也是读者可以从书中得到的最宝贵的资料和研究结果。这一研究表明，昌马断裂活动程度高，全新世滑动速率达 3

—4mm/a, 最近 10000 年以来已发生过 6 次大地震事件, 且重复间隔并不均匀, 小者仅 1000 余年。1932 年发生的 7.6 级地震、长达 120km 的地表破裂带和高达 5.5m 的左旋水平位错只是这一条活动断裂带的最新破裂和位移的结果。无疑这些定量数据的取得对本区地震危险性评估和工程安全评估及青藏高原地区动力学问题的认识都具有重要的意义。正是在这一研究的基础上, 作者对青藏高原北部地区的动力学问题进行了有益的讨论, 并且立足于这一动力学条件进一步分析了昌马地震孕育和发生的模式。

本书是关于青藏高原地区一系列活动断裂研究成果之一, 这一系列著作的出版, 一定会使我们对青藏高原的现代构造活动及其动力学得到近一步的认识, 并在地震和地质灾害研究中发挥更大的作用。

邓起东

1991 年 12 月

前 言^①

昌马断裂是昌马-祁连-海原活动断裂带的西段组成部分，后者是青藏高原北部边缘的一条巨型的现今活动十分强烈的断裂带。

众所周知，青藏高原是举世瞩目的一个现代构造活动区，素有世界屋脊之称，是国内外地球科学家们极为关注的区域，而青藏高原的地壳结构、演化历史、现代构造活动、强地震的孕育和发生，以及青藏高原的持续抬升等一系列问题都是国内外科学家们极为关心的课题，并且已在不同的领域开展了一些研究。

强震的发生，也就是说断裂的新活动是地壳在长期缓慢运动的基础上产生的瞬间急剧运动的一种表现形式，是现今地壳运动的鲜明的、直接的证据之一。

活动断裂与大型工程的基础稳定性、地震活动、地震危险区划、地震预报和城市规划以及地球动力学等一系列问题有十分密切的关系。因此，活动断裂一直是地学专家们十分注意和感兴趣的问题。近年来，随着各种新的观测技术的应用以及板块构造、地球动力学、岩石圈和地震预报等重大科研计划的国际合作，将活动断裂的研究工作推向了更广阔的领域。显而易见，活动断裂的调查和研究对上述重大科研课题的进展具有十分重要的理论意义和实际意义。

80年代初开始，国家地震局对我国一些重要的活动断裂逐渐地、有计划地开展了调查和研究工作，如新疆的富蕴断裂、四川的鲜水河断裂、云南的红河断裂、鄂尔多斯周边断裂、中国东部的郯庐断裂及甘宁两省内的海原断裂等，通过几年的研究相继取得了一批有价值的新资料和新认识，昌马活动断裂的研究也是其中之一。

昌马-祁连-海原活动断裂带，纵贯甘、宁、青三省(区)，总体呈北西西向展布，长达1200余公里。本世纪内活动十分明显，自东而西依次发生了多次毁灭性的特大地震和强震，如1920年海原8.5级地震、1927年古浪8级地震和1932年昌马7.6级地震，它们造成的灾害，特别是海原8.5级特大地震的灾难，震惊全球。

国家地震局自80年代以来组织有关单位相继在该断裂带上以海原、古浪、昌马三大地震为中心，开展了地震地质调查和专题研究。

昌马断裂和昌马7.6级地震的调查和研究工作已有一定的历史。很多单位的很多学者涉足深山荒野对它进行了反复调查和研究，获得了宝贵的资料，认识不断深化。

1932年昌马地震发生后，金咏深先生撰写了“甘肃西北部地震述略”一文(金咏深，1933)，对昌马7.6级地震的灾情进行了介绍，并依此圈定出等震线和灾区范围，等震线长轴方向为北东东向。并认为这次地震的发生与祁连山的走向自南西西向东至酒泉转折为南东方向的山脉“折断”有关。推断其震中位置在玉门县西南祁连山脉间。他还收集了世界上一些地震台的P波初动资料。此后，民政厅王文堂前往灾区视察灾情并考察震中。他根据震区及各县的灾情，测定震中位于祁连山麓玉门县属之昌马区，发现水泉干涸，地震

① 侯珍清执笔。

龟裂甚多, 龟裂方向以南北向为最多(谢毓寿, 1985)。他的调查比较明确地肯定了震中在祁连山麓的昌马一带。金咏深和王文堂两人的调查和取得的资料是极其可贵的。

新中国成立后, 1954 年甘肃省人民政府农林厅水利科郑戴福、周瑞等同志对昌马地震破裂带进行了宏观调查, 查明地震破裂带西起朱家戈壁, 东至大河沟, 总长 61 公里。地震裂缝多为北西西向或近东西向, 并确定其宏观震中位于昌马盆地南缘。

1964 年中国科学院地球物理研究所、兰州地球物理研究所和兰州地质研究所共同组成了昌马地震考察队(梅世蓉任队长, 郭增建、刘多域为副队长), 第一次针对重点地区进行大型的综合性考察, 取得了重要的成绩, 分别编写了有关专题的总结报告^①。这次宏观考察详细调查了 1932 年昌马强震的震害分布, 圈定了烈度等震线图, 发现了长达 116 公里的地震形变带, 并较详细地论述了地震形变带的基本特征、形变类型及其形成机制, 拍摄了较多的震害照片。他们认为地震时受到垂直应力、近南北向的水平挤压力和近东西向的剪切力等三组力的作用, 同时指出昌马主断裂为右旋压扭性质, 是近南北向区域构造应力场挤压作用下的必然结果(时振梁, 1974)。还发现了史料中未有记载的地震——1832 年昌马 6 级地震, 并做了概略的调查。为了取得昌马库坝区弱震活动资料, 在昌马及其邻近地区建立了昌马、石包城、安西、石油沟和黄花 5 个临时性地震台, 取得了该区发生的弱震的地震图。

兰州地震大队地震地质队于 1974—1975 年间对昌马 7.6 级地震的构造背景、发震构造进行了调查研究, 除较为详细地论述了地震形变带的基本特征外, 还对昌马地震形成的构造条件和宏观震中位置提出了看法。认为形变带的空间展布形态呈三条反 S 形, 斜列排列, 昌马地震发生在北西西向昌马断裂与小口子(北北西向)断裂复合部位, 前者控制地震的发生, 后者起了激化作用。北西西向断裂显示明显的左旋运动。1974 年兰州地震大队地震地质队物探组在昌马盆地进行了电测深工作, 发现朱家湾至小口子一线存在着隐伏的北北西向断裂, 其两侧白垩纪地层厚度有显著差别^②。

进入 80 年代, 先后有更多的同志对昌马断裂和 7.6 级地震给予关注, 并进行了多次考察和研究。1980 年贾云鸿对昌马地震发震构造进行了研究, 认为昌马地震断裂属单断滑动型, 7.6 级地震没有前震, 属于主震—余震型(贾云鸿, 1980)。周俊喜和张生源又一次对昌马地震形变带和发震构造作了深入的研究, 提出昌马 7.6 级地震的宏观震中应位于红窑子(周俊喜等, 1981)。同年, 白启圣也对昌马断裂带和地震破裂带进行了研究, 认为昌马地震断裂主要由三条大型反 S 形压扭性地裂缝带呈雁列构造形式组合而成, 显示出左旋走滑性质, 并认为将昌马地震的宏观震中确定在小口子断层与红窑子断层之间的居中段段的二道川较为合适(白启圣, 1981; 1986)。1983 年高维明对昌马地震破裂带及其性质、占地震现象和宏观震中位置作了考察, 并将宏观震中仍定在红窑子(高维明, 1983)。1984 年于珉在昌马断裂带进行了占地震研究, 他在石庄湾子和吊大坂沟内的上更新世地层中发现了喷砂现象, 认为至少有一次古地震事件, 其发生时间约在上更新世中期(于珉, 1984)。1980—1984 年侯珍清等对昌马断裂和 7.6 级地震形变带进行了调查, 研究了昌马断裂的活动性质和构造地貌特征, 测量了山脊冲沟的水平错距, 探讨了昌马断裂带上的古

① 刘正荣等, 1965, 昌马及其邻近地区的宏观地震考察与研究。

② 兰州地震大队地震地质队, 1974, 1975, 1932 年昌马地震构造背景研究。

地震事件和昌马地震的成因。他们指出昌马断裂第四纪晚期以左旋张扭性活动为特征,使一系列山脊、冲沟发生了逆时针方向的左旋错动,其水平错距可分为四级。结合多期的鼓包和滑坡等地貌特征的分析认为,昌马断裂带至少经历了4次活动,其中最后一次断裂活动产生4.6米的水平错距,是昌马7.6级地震的产物。同时还指出昌马断裂属于超岩石圈断裂,深部恰是岩石圈陡坡带,该区主要受因印度海岭扩张导致印度板块向东北推挤而形成的北东-南西向挤压构造应力场的控制。他们认为深部物质活动是地震发生的主因,而介质条件确定了昌马地震的浅源性(侯珍清,1987)。1985年侯珍清等同志在中国活断层图集中昌马活断层图的编制工作中,对昌马断裂的构造地貌特征、断裂活动性质及其现今活动、全新世以来断裂滑运速率、地球物理场诸特征、1932年昌马地震破裂带展布及其形变类型、强震和弱震的空间分布及古地震特征等问题作了深入的论述,同时附以大量的照片。在国家地震局和兰州地震研究所的支持、关怀下,侯珍清、郭敬信等同志自1986—1988年对昌马活断裂进行了更深入的调查研究,开展了活断裂的几何学特征、活动历史、活动性质及其随时间的演化、大震形变类型及其断距的空间分布等问题的研究,完成了沿昌马地震破裂带的地震地质概略图(1:50000)的填图工作。填图范围全长120公里,宽2—5公里,开挖了古地震探槽11个,采集地层和古地震 ^{14}C 年代测定样品27个,详细测制了地质构造剖面14条。为了对整个青藏高原北部边缘昌马-祁连断裂带现代构造活动和深部特征有全面、系统的了解,我们在肃南、祁连和冷龙岭地段进行了详细的考察。编制了重、磁和地热等地球物理场图,研究了断裂带的深部性状。同时还研究了区域内强震和弱震的活动规律。

本书是在前人工作的基础上,结合我们多年的实地调查,经综合分析研究取得的全面、系统的总结。由侯珍清、郭敬信、王华林、侯康明和陈爱玲等编写,最后由侯珍清统一汇总和修改。

参加该项科研工作的人员有侯珍清、郭敬信、王华林、侯康明、陈爱玲和邵世勤等同志。1986年康来迅同志参加过部分野外考察工作。

在该项研究工作的整个过程中,得到国家地震局灾害防御司、兰州地震研究所和山东省地震局有关领导的支持、指导。许多兄弟单位和个人提供了宝贵的资料,兰州地震研究所冯爱敏同志清绘有关图件,在此致以衷心感谢。还要提到的是新疆地震局范芳琴、丁素英同志为我们进行了光弹试验,四川省地震局徐叶帮同志作了断层泥中石英颗粒表面性状的电镜分析研究,兰州大学地理系 ^{14}C 实验室徐齐治、曹继秀、张宇田等同志进行了 ^{14}C 样品的绝对年龄测定,在此一并感谢。

通过多年的研究,我们对昌马活断层获得了新的宝贵资料,取得了一定的认识,也提出一些粗浅的看法。我们取得的认识还是肤浅的,讨论问题的深度也感不足,难免存在着纰漏和错误之处,敬请批评指正。

目 录

第一章 区域地质构造概况	(1)
第一节 地层特征	(1)
第二节 岩浆活动特征	(13)
第三节 区域主要活动断裂带	(16)
第四节 地貌概况	(23)
第五节 区域构造发展和演化	(32)
第二章 昌马活动断裂带及其邻区深部构造特征	(35)
第一节 磁场特征	(35)
第二节 重力场特征	(39)
第三节 断裂带附近大地电磁测深结果	(42)
第四节 断裂带附近地温场分布特征	(43)
第三章 昌马活动断裂带内部结构及滑动速率	(46)
第一节 次级剪切断层	(46)
第二节 断层几何学特征	(55)
第三节 断层的位移和滑动速率	(59)
第四节 断层活动性质转化时代	(64)
第四章 昌马活动断裂带及其邻区的地震活动性	(66)
第一节 青藏高原区强震活动的时空分布特征	(66)
第二节 昌马活动断裂带及其邻区强震活动特征	(67)
第三节 昌马活动断裂带及其邻区 $M_s > 6$ 级强震间隔时间分布的 理论计算	(71)
第四节 昌马活动断裂带的弱震活动特征	(74)
第五章 昌马 7.6 级地震	(84)
第一节 震害及烈度分布	(84)
第二节 地震基本参数	(86)
第三节 震源参数	(104)
第六章 1932 年昌马地震破裂带	(109)
第一节 地震破裂带的展布	(109)
第二节 地震破裂位移	(116)
第三节 地震形变类型及其组合形态	(133)
第四节 地震破裂特征	(143)
第七章 1932 年昌马地震的成因	(151)
第一节 区域受力分析	(151)
第二节 昌马地震断裂的闭锁形式	(153)

第三节 吕马地震的发震机制	(158)
第八章 昌马断裂带的古地震	(161)
第一节 古地震标志	(161)
第二节 古地震遗迹的空间分布	(169)
第三节 古地震事件的时间分布	(179)
第四节 古地震事件的强度及重复间隔	(184)
第九章 青藏高原北部地区地球动力学问题的探讨	(186)
第一节 新构造应力场及现代构造应力场基本特征	(186)
第二节 震源应力场特征及其与区域构造应力场的关系	(194)
第三节 模拟试验	(195)
第四节 地球动力学问题的探讨	(198)
结束语	(201)
参考文献	(203)

Contents

Chapter 1 General Situation of Regional Geotectonics	(1)
1. Main Stratigraphic Feature	(1)
2. Magmatism	(13)
3. Major Active Fault Zone	(16)
4. Geomorphological Characteristics	(23)
5. Development and Evolution of Regional Tectonics	(32)
Chapter 2 Characteristics of Deep-Seated Structures of	
Changma Fault Zone and Its Adjacent Region	(35)
1. Characteristics of Magnetic Field	(35)
2. Characteristics of Gravity Field	(39)
3. The Result of Telluric Electromagnetic Sounding	(42)
4. Distribution Characteristics of Geothermal Field	(43)
Chapter 3 Internal Structure of Changma Active Fault Zone and Its	
Slip Rate	(46)
1. Secondary Shear Faults	(46)
2. Geometric Characteristics of Faults	(55)
3. Displacement and Slip Rate of the Fault	(59)
4. Geological Time for Transformation of Activity Property	
of the Fault	(64)
Chapter 4 Seismicity of Changma Fault Zone and Its	
Adjacent Region	(66)
1. Spatial-Temporal Distribution of Strong Earthquakes	
in Qinghai-Xizang Plateau Region	(66)
2. Seismicity of Changma Fault Zone and Its Adjacent Region	(67)
3. Theoretical Calculation of Recurrence Interval of $M_s \geq 6$ Strong	
Earthquakes	(71)
4. Characteristics of Weak Earthquakes	(74)
Chapter 5 Changma 7.6 Earthquake	(84)
1. Earthquake Intensity and Earthquake Hazard	(84)
2. Basic Parameters of the Earthquake	(86)
3. Focal Parameters	(104)
Chapter 6 The Surface Rupture Zone of Changma Earthquake	(109)
1. Distribution of Surface Rupture Zone	(109)
2. Distribution of Displacement Along the Rupture Zone	(116)
3. Earthquake Deformation Types and Constitution Pattern	(133)
4. Characteristics of Earthquake Rupture	(143)

Chapter 7 Genesis of the Changma Earthquake	(151)
1. Strain Analysis of the Region	(151)
2. The Source Locked Model of the Changma Earthquake	(153)
3. Mechanism of the Changma Earthquake	(158)
Chapter 8 Paleo-Earthquake Events in the Changma Fault Zone	(161)
1. Indicators for Determination of Paleo-Earthquake Events.....	(161)
2. Spatial Distribution of Paleo-Earthquake Events	(169)
3 Temporal Distribution of Paleo-Earthquake Events	(179)
4. Intensity and Average Recurrence Interval of Paleo-Earthquake Events.....	(184)
Chapter 9 Discussion on Geodynamics of the Northern Part of Qinghai-Xizang Plateau	(186)
1. Characteristics of Stress Field of Neotectonics and Present Tectonics	(186)
2. Relationship Between Focal Stress Field and Regional Tectonic Stress Field	(194)
3. Simulation Test	(195)
4. Discussion on Geodynamic Problem	(198)
Conclusion	(201)
References	(203)
Photos	

第一章 区域地质构造概况^①

青藏高原地区自南而北发育着一系列弧顶指向东北的弧形构造带。最北部的一条为昌马—祁连—古浪—海原弧形构造带。

昌马断裂带是该弧形构造带西部的成员,为了认识昌马地震发生的构造环境,首先有必要对区域的地层、岩浆活动及构造演化进行概略分析。

著名的昆仑—秦岭地槽区位于青藏高原的北部,它包括祁连褶皱系、松潘褶皱系和秦岭褶皱系(黄汲清等, 1980)。

祁连褶皱系位于该区北部,呈北西西向横贯甘肃西部和青海北部。其西端被北东东向的阿尔金断裂带所截切。东北以龙首山南缘断裂带为界与属于华北地台的阿拉善地块相邻;西南与柴达木盆地的欧龙布鲁克隆起带相邻,东与属于华北地台的鄂尔多斯地块相接,东南与北秦岭地槽褶皱带接连。根据地层、构造、岩浆活动及其演化历史等特征,将祁连地槽褶皱系划分为河西走廊过渡带、北祁连优地槽带、祁连中央隆起带和南祁连地槽带等四个构造带。其间为五条深大断裂带所分割,自北而南依次为龙首山南缘、北祁连北缘、昌马—祁连、中祁连北缘和南祁连北缘等断裂带(图 1-1)。

第一节 地层特征

在该区前人已作了大量的地层研究工作,并写出了总结(甘肃省地层表编写组, 1980)。根据有关资料和 1:20 万区域地质测量报告及我们对新地层的认识,将与昌马—祁连断裂带相关的河西走廊过渡带(简称走廊带)和北祁连优地槽带(简称地槽带)的地层作一概略叙述。上述两带的下古生代地层有明显差异,并且大致以民乐、祁连为界又可分为东西两段。由于我们主要在西段工作,所以,下面仅扼要描述西段地层。上古生代及以后地层岩性相似,统的划分也相同,故一并描述。所有地层我们不作分层描述,最后统一列表说明本地区地层及其相互接触关系(表 1-1)。

前震旦亚界(AnZ):在地槽带内有南、北两带,北带西起香毛山,向东经月儿红山、雅儿河脑、北大河至祁连山主峰;南带自肃北县刘口峡起,向东分两支,北支经石油河脑至肃南七个大坂一带,南支经大东沟至陶莱山南坡。根据岩性和沉积旋回可分上下两个岩组,上岩组为片岩和碳酸盐岩含沉积变质铁矿;下岩组以片麻岩和各种片岩为主夹大理岩及白云岩,局部混合岩化。出露的总厚度大于 6000 米。白杨河套地区侵入下岩组的片理化的辉长伟晶岩中的黑云母的绝对年龄值为 487 百万年(用 K—Ar 法测得)。

震旦亚界(Z):总厚度大于 10000 米,呈北西向条带状展布。

长城系:主要分布在黑河上游及朱龙关河两侧,称为朱龙关群,以基性火山岩和碎屑岩为主。可分三个岩组,上岩组为碎屑岩,总厚大于 2547 米;中岩组以基性火山岩为主夹碎屑岩,总厚大于 2160 米;下岩组为碎屑岩夹灰岩及铁矿层,总厚大于 1019 米。中下岩组含叠层石及微古植物化石, *Leiominuscula* sp., *Protosphaeridium* sp., *Kussiella* sp.。

^① 郭敬信、侯康明执笔。

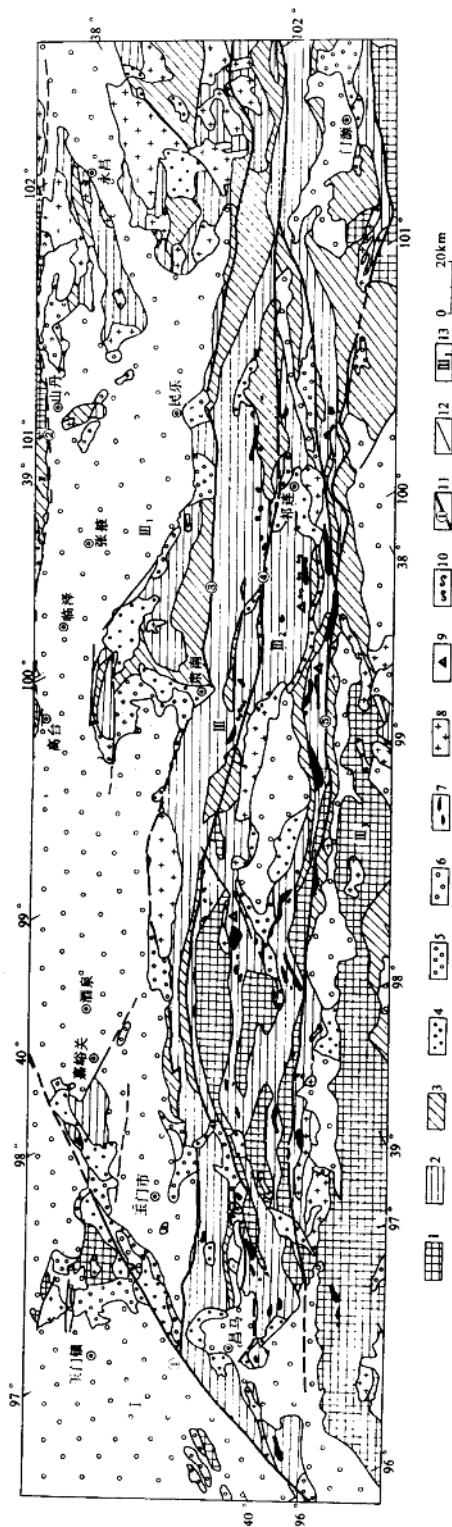


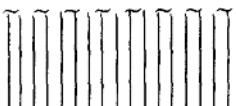
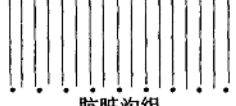
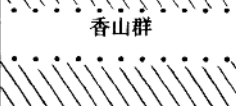
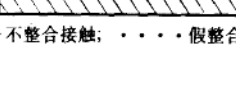
图 1-1 昌马-祁连断裂带区域地质构造图

1. 前寒武系构造层; 2. 寒武-志留系构造层; 3. 泥盆-三叠系构造层; 4. 侏罗-白垩系构造层; 5. 第三系构造层; 6. 第四系构造层; 7. 基性-超基性岩; 8. 花岗岩; 9. 混杂岩; 10. 蓝闪石片岩; 11. 主要断裂及编号; ① 阿尔金山断裂; ② 龙首山南缘断裂; ③ 祁连山北缘断裂; ④ 昌马-祁连断裂; ⑤ 中祁连北缘断裂; 12. 次级断裂; 13. 构造单元及编号: I. 塔里木地块; II. 阿拉善地块; III. 祁连山褶皱带; III₁. 走廊过渡带; III₂. 北祁连山褶皱带; III₃. 祁连山中央隆起带

表 1-1

青藏高原北缘地区地层对比简表

地 层 系 统			分区及地方性地层名称		
界	系	统	河西走廊过渡带 (西部)	北祁连地槽带 (西部)	
				昌马盆地	二道川 白杨河谷地
新 生 界	第 四 系	全新统	风积: 褐黄色细砂 坡积: 碎石、砾石、砂 洪积-坡积: 砾石、砂、粘土 洪积-冲积: 砂砾石类亚砂土 冲积: 构成现代河床及 I、II 级阶地, 砂砾石及亚粘土 湖积: 细砂、亚粘土、腐殖泥、泥炭层, 总厚 1—30 米	冲积层: 构成河漫滩及 I、II 级阶地, 砂砾石类亚砂土, 厚 2—10 米 洪积层: 砂砾石 < 10 米	冲积层: 构成河漫滩及 I、II 级阶地, 砂砾石厚 2—10 米 坡积-洪积层: 砂砾石夹砂质土 > 3.7 米 洪积层: 砂砾石类透镜状黄土 > 2 米
		上更新统	洪积: 砂、碎石、砾石 冲积: 砾石、砂砾石、砂质粘土, 20—150 米	冲积层: 构成 III、IV 阶地上部, 砾石类亚砂土 2—5 米 冲洪积层: 浅黄色亚砂土 10—15 米 洪积层: 砂砾石类透镜状砂层 15—20 米	冲积层: 构成 III 级阶地, 黄土及砂砾石 > 12.5 米 洪积层: 砾石 > 2 米 坡积-洪积层: 碎石、黄土碎石, 0.2—3.4 米 坡积层: 角砾石层 2 米
		中更新统	酒泉层: 半固结砂砾石、砾石、冲川泥砾、亚砂土, 39—358 米	冲积层: V 级阶地及低阶地基座, 半胶结砂砾石夹透镜状砂层, 50—70 米	冰水沉积: 砾石层, 数米—10 余米
		下更新统	玉门组: 砾岩、砂砾岩、砂岩, 400—900 米	玉门组: 砾岩、砂砾岩夹透镜状砂层, 200—500 米	
	第三系	上新统	疏勒河组: 砾岩类砂岩、泥岩 400—1490 米		
		中新统	白杨河组: 砂岩、泥岩夹石膏层, 含油层 404—525 米		白杨河组: 砂岩、泥岩类石膏层, < 100 米
		渐新统	火烧沟组: 247—960 米		
		始新统			
		古新统			
	中生界	上统			
		下统	新民堡群	新民堡群	新民堡群
			中沟组	上岩段: 砾岩、砂岩、泥岩夹泥灰岩、石膏, 500—887 米	砾岩、砂质泥岩、砂岩、泥灰岩, 1200 米
			下沟组	下岩段: 砾岩、砂砾岩、砂质泥岩 340—993 米	
			低窝铺组		
		侏罗系	赤金桥组		赤金桥组
中生界	三叠系	上统	博罗群		博罗群
		下统	大山口群		大山口群
中生界	三叠系	上统	西大沟群		南营儿群
		下统			西大沟群

古 生 界	二叠系	上统	窑沟群	窑沟群
		下统	大黄沟群	大黄沟群
	石炭系	上统	太原群	太原群
		中统		中统
		下统		臭牛沟群
	泥盆系	上统		沙流水群
		中下统		雪山群
	志留系	上统		早峡群
		中统		泉脑沟山群
		下统	肮脏沟组	肮脏沟组
	奥陶系	上统		小石户沟组
		中统		南石门子组
		下统	阴沟群	妖魔山组
	寒武系	上统		牛堡群
		中统	香山群	阴沟群
		下统		香毛山群
震旦亚界	震旦系			黑刺沟群
	青白口系			白杨沟群
	蓟县系			大柳沟群
	长城系			镜铁山群
前震旦亚界				朱龙关群
				北大河群

注: —— 整合接触; ~~~ 不整合接触; . . . 假整合接触; — — — 断层接触。

蓟县系：仅见于走廊南山臭水沟北山至镜铁山地区，称为镜铁山群。可分上下二个岩组，上岩组为碳酸盐岩夹碎屑岩；下岩组为碎屑岩，局部地区夹透镜状火山碎屑岩及铁矿层。出露厚度大于 2991 米，含微古植物化石及叠层石，*Protosphaeridium* sp., *Baicalia* sp., *Conophyton* sp., 它与朱龙关群呈断层接触。

青白口系：分布不广，主要出露于肃南县斑赛尔山西南坡和陶菜山西段等地，称为大柳沟群。可分三个岩组，出露厚度大于 2967 米。上岩组为碳酸盐岩和泥质碎屑岩；中岩组为碳酸盐岩夹碎屑岩；下岩组为碳酸盐岩。中下岩组含微古植物化石：*Laminarites* sp., *Leiosphaeridia* sp., *Trematosphaeridium* sp., *T.cf.holtedalii* 等。与下伏镜铁山群为假整合接触。

震旦系 (Z)：分布于肃南县北大河两岸二道沟口、白杨沟一带。为砾岩、含砾千枚岩、钙质板岩、硅质灰岩夹石英砂岩和贫铁矿层。出露厚度大于 1042 米。与下伏震旦亚界大柳沟群为不整合接触。

寒武系 (C)：缺失寒武系下统，中、上统在地槽带内均有分布，走廊带仅见中统。中统：在走廊带称为香山群，地槽带称黑刺沟群。上统在地槽带内称为香毛山群。

黑刺沟群：在昌马的鹰嘴山、香毛山、玉门大黑沟脑及祁连县野牛台等地呈断续分布。主要由海相中基性、中酸性火山岩、碎屑岩和碳酸盐组成。厚度大于 3566 米，含三叶虫及少量腕足类化石：*Datongites* sp., *Hypagnostus cf.lateimbates*, *Huzhuia aff. typica*, *Asphiscus* sp., *Dorypyge* sp., *D.cf. perconyxalis*, *Solenoparia trogus*, *Taitzia cf. puteata*, *Lisaniella hsuehachuangensis* 及 *Eoorthis* sp., *Palaeostrophia* sp. 等，在祁连县野牛台至百经寺一带夹蓝闪石片岩并在硅质岩中发现放射虫(肖序常 1978)。

香山群：出露于河西走廊的榆树沟山等地，岩性为碎屑岩、大理岩夹少量细碧岩，厚度大于 1587 米，含 *Oncoceras* sp.

香毛山群：在玉门市南、二道沟、石油河一带断续出露，以浅海相板岩、砂岩、凝灰质砂岩、灰岩、硅质灰岩为主夹少量砾岩、凝灰岩，厚度大于 1211 米。含三叶虫、腕足类化石：*Proceatopyge* sp., *Maryvillia* sp., *Aphelaspis qilianensis*, *Dunderbergia elangata*, *D.qilianensis*, *Acrothela obicularis*, *Eoorthis cf. shakuotuensis* 等。整合于黑刺沟群之上。

奥陶系 (O)：在地槽带出露完整，下统称阴沟群，中统称中堡群，上统称妖魔山组和南石门子组。走廊带出露下统和上统，分别称为阴沟群和南石门子组，缺失中统。

阴沟群：在地槽带沿北祁连山的主体呈带状分布，西自玉门昌马东至肃南洪水坝河，为浅海相碎屑岩及火山岩沉积，主要有中基性火山岩(安山岩、安山玄武岩、玄武岩)、火山角砾岩、中基性凝灰质砂岩、板岩和灰岩等。沉积中心在肃南东白泉、红沟至冷龙岭一带，最厚大于 7000 米。含丰富三叶虫、腕足类化石：*Geragnostus crassus*, *Ceratopyge transevera*, *C. elongata*, *Bathyuriscops kantsigensis*, *Cardiograptus yini*, *Paragloss ograptus*, *Symphysurus subrectanglatus*, 及 *Sowerbyella cf. sericea*, *Sinothis typica* 等。

在走廊带该群仅出露于嘉峪关市榆树沟山地区。为一套海相绿色火山岩、火山碎屑岩、碎屑岩沉积。厚度约 2118—3234 米。含头足类化石：*Oncoceras* sp.

中堡群：在地槽带内呈东西向的带状分布，与阴沟群为连续沉积。上部以碎屑岩为主夹

火山岩，下部以火山岩为主。主要岩性为变质砂岩、板岩、凝灰质砂岩、中基性火山岩、中酸性火山岩夹少量灰岩，出露厚度大于 4317 米。含笔石、腕足类及三叶虫化石：*Nemagraptus gracilis*, *Glossograptus fimbriatus*, *G. cf. hincksii*, *Cardiograptus sp.*, *Paraglossograptus intermedius*, *Trigonograptus ensiformis*, *T. ensiformis var. minor*, *Retiograptus genitizianus*, 等。

妖魔山组：分布广泛，在地槽带分布在玉门妖魔山、肃南大草滩、大野口和祁连苏优河等地。主要岩性为灰岩、砾状灰岩，局部地段夹火山角砾岩、玄武质和安山质玢岩，厚度大于 823 米，东大窑处厚 479 米，土大坂处厚 507 米，含腕足类、笔石化石：*Dicellograptus sextans*, *Dicranograptus nicholsoni*, *Climacograptus bicornis var. tridentatus*, *Cl. cf. antiguns*, *Cl. latus*, *Amplexograptus cf. perexcavatus* 等。在祁连县大浪沟见其不整合于阴沟群之上。

南石门子组：在地槽带内的分布与妖魔山群相同，下部以砂岩、板岩、灰岩为主，上部各地均见火山岩夹少量碧玉岩、硅质岩。厚度为 330—1665 米，含笔石化石：*Climacograptus putillus*, *Cl. yumenensis*, *Cl. cf. supermus* 等。

在走廊带仅见于榆木山东麓、东西牛毛山等地，为灰绿色变质安山岩、安山玄武岩、凝灰岩夹硅质岩及灰绿色千枚岩、粉砂岩。含 *Climacograptus sp.*，厚度大于 2372 米。

志留系 (S)：在地槽带出露完整，有下统小石户沟组、肮脏沟组，中统泉脑沟群和上统早峡群。在走廊带研究较差，缺失下统。

小石户沟组：仅见于地槽带，在昌马至肃南土大坂间零星出露，土大坂以东呈带状展布。为粉砂质页岩、粉砂岩、页岩夹粗砂岩、砾岩、局部夹火山岩，厚度为 775—2291 米。含笔石化石：*Glyptograptus kaochiapienensis*, *Demirastrites triangulatus*, *Petalotithus palmeus*, *Glyptograptus tamaricus incertus* 等。

肮脏沟组：在地槽带内呈连续带状分布，为砂岩、粉砂岩、板岩夹中基性和中酸性火山岩，厚度为 840—3500 米。含笔石化石：*Monograptus pridon*, *Spirograptus turriculatus*, *Streptograptus crispus*, *Monoclimacis griestoniensis* 等。

在走廊带该组仅见于玉门附近红柳峡和榆树沟山地区，为一套海相灰绿色薄层—中厚层长石英砂岩夹板岩。厚度约 350 米。

在榆木山地区，中下志留统未分，为灰绿色细粒—中粒变质砂岩夹灰色千枚岩。含笔石化石。

泉脑沟山群：在地槽带内西自安西红口子，东至民乐海潮坎均有出露，呈带状展布，与其上的早峡群和其下的肮脏沟组均为整合接触。为浅海相灰绿色，黄褐色和紫红色砂岩、粉砂岩、砂质页岩、页岩及泥灰岩，局部夹火山岩。厚度大于 2107 米。富含珊瑚、腕足类等化石：*Favosites forbesi*, *Mesofavosites confertus*, *Palaeofavosites densitabulatus*, *Multisolenia toruosa*, *Syrigopora bifurcata* 等。

在走廊带仅见于肃南县青隆地区，为紫红色粉砂岩夹细砂岩，厚度大于 175 米。

早峡群：在地槽带内主要沿走廊南山北麓的安西红口子，昌马、肃南大坂沟和大依麻河等地呈带状断续分布。为滨海—浅海相砂岩、粉砂岩夹砂砾岩及砾岩。厚度为 169—1579 米。含少量珊瑚、腕足类化石：*Mesofavosites ex. grobiguns*, *Cyrtina cf. praecedens*, *Eospirifer tingi* 等。

在走廊带仅见于肃南青隆地区，为暗紫色、紫红色中细粒砂岩夹板岩、砾岩。厚度大于

238 米。

上古生界地槽带与走廊带均为地台型海陆交替相沉积。不整合于老地层之上，总厚度达 5500 米。在走廊带内上古生界出露很少。

泥盆系 (D)：在走廊带内仅见于榆木山区，地槽带内分布零星，为小盆地或凹陷沉积。中下统称为雪山群，上统称为沙流水群。

雪山群：主要见于肃南石窑河一带，分上下两部分，下部为紫红色砾岩、砂砾岩夹砂岩、粉砂岩、局部夹凝灰岩、安山玄武玢岩，不整合于旱峡群之上；上部为紫红色砂岩夹粉砂岩、泥岩及砾岩，含 *Protolpidodendron cf. scharyanum*, *Taeniocrida sp.*。厚度为 2919—3519 米。

沙流水群：分布较零星，主要出露于头道墙子、香台子—石居里沟、榆木山北坡、大野口—苏优河等地。它与雪山群关系不明。为山麓—湖泊相紫红色砂岩、硬砂岩、砂砾岩和砾岩。厚度为 10—1406 米。含植物化石：*Leptophloeum rhombicum*, *Sublepidodendron cf. wusiheuse* 等。

石炭系 (C)：

下统：下统在走廊带西段，仅见于榆木山。在地槽带则发育在祁连山主峰以东的吊大坂、香台子、大青沟及海潮坎等地，主要为砂岩、粉砂岩、炭质页岩夹泥灰岩、砾岩。含腕足类、珊瑚化石：*Rugosochonetes laguessianus*, *Gigentoprodustus latissimus*, *Yuanopyllum kansuense*, *Aulina rotiformis*, *Kueichouphyllum sp.*, *Caninia subibicia*, *Eostaffella sp.*等，厚度为 72—364 米。它以角度不整合超覆于中、下志留统之上。

中统：在走廊带仅见于榆木山，在地槽带于肃南雪大坂以西未见沉积，以东断续分布于金龙河、香台子、大野口、海潮坎等地，为海陆交互相沉积，以砂岩、页岩、灰岩夹煤层为主，含多量菱铁矿结核。含珊瑚、腕足类、古植物等化石：*Hapsipohyllum yuari*, *Choristites sowerbyi*, *Dictyoclostus houyensis*, *Fusulina sp.*, *Pseudostaffella sphaeroidea*, *Lepidodendron solungpylukense*, *Linopteris cf. brongniartii* 等，厚 18—197 米。与下伏下石炭统呈整合接触或不整合于老地层之上。

上统：称为太原群。分布较广，走廊带内于榆树沟山、大黄沟、榆木山等地均有出露。地槽带内出露于昌马、黎园河上游、黑河上游、大野口等地，为砂岩、泥质粉砂岩、炭质页岩、灰岩夹煤层。厚度为 49—524 米。含腕足类、蜓类及植物等化石：*Pseudoschwagerina sp.*, *Triticites cf. primarius*, *Rugosofusulina sp.*, *Dictyoclostus taiyuanfuensis*, *Choristites wynnei*, *Brachythrina lata*, *Peopoteris taiyuanensis*, *Neuropteris gigantea* 等。

它与中统为整合接触或超复不整合于上泥盆统之上。

二叠系 (P)：它是继承石炭纪凹陷最后一次海退相的碎屑岩沉积，与石炭系为平行不整合接触，下统称为大黄沟群，上统称为窑沟群。

大黄沟群：出露于玉门大山口及祁连山北麓的大黄沟、康隆寺及玉门的四道墙子、加羊沟等地。为紫红色砂岩、粉砂岩夹砂砾岩、砾岩，局部夹煤线、火山碎屑岩，厚度为 108—1568 米。含 *Ullmannia bronii*, *Discinites oreinites*, *Lobataunularia sinensis* 等植物化石。

窑沟群：其空间分布与大黄沟群相似，为紫红色含砾粗砂岩、石英砂岩夹粉砂岩、页