

第一章 区域地质背景

亚洲中部主要山系发育在古板块边缘构造带的基础之上，它们在地质构造演化历史中经历了漫长而复杂的发展过程。山地夷平面的形成与演化代表了这一过程的最近发展阶段，而更早的发展阶段则为最近阶段奠定了必要的区域构造基础。夷平面作为区域准平原化的产物，其原始分布远远超出山地的分布范围，现代山地的层状地貌也仅仅是部分地保存了其原始形态特征。亚洲中部山地夷平面在阿尔泰山、天山、昆仑山、喀喇昆仑山和帕米尔高原等地都有保存，但其特征具有明显的差异，这充分表明了区域构造格局及其活动特性在夷平面形成演化过程中所起的重要作用。

关于亚洲中部区域地质，前人已做过大量基础性研究工作，为区域地质构造分析提供了丰富的资料（任纪舜等,1980 李春昱等,1982 黄汲清,1983,1984）。虽然不同的构造学派有其不同的解释，但他们所引用的基本事实依据是相同的，并且都越来越多地吸收板块构造学的理论。根据区域构造运动的发展演变规律、区域构造地貌的形成演化特征和大地构造动力学机制等之间的密切联系，板块构造学理论更能全面系统地解释亚洲中部地区的区域地质发展演化过程。因此，本书采用板块构造学术语（金性春, 1984）来讨论亚洲中部地区的区域地质背景。

第一节 区域地质构造格局

从大地构造学意义上讲，亚洲中部是全球最重要、最复杂的一个地区，记录了欧亚板块形成演变的全过程及印度板块对欧亚板块的俯冲和大陆近期的碰撞。亚洲中部现代区域构造格局的基础，奠定在以西伯利亚地块为核心的西伯利亚板块和以塔里木-中朝地块为核心的华夏板块（或称塔里木-中朝板块）的最后拼接，然而定形于印度板块向北作 A 型俯冲和印度大陆对古亚洲大陆的碰撞。说到亚洲中部既是全球最重要又最复杂的地域，那是在欧亚大陆形成之前，这里是西伯利亚板块、哈萨克斯坦板块、华夏板块及冈底斯-羌塘板块的长期相互作用地区（图 1.1）；而后又是印度板块向北俯冲，印度大陆对欧亚大陆强烈碰撞产生突出影响的地区。西伯利亚地块和塔里木-中朝地块都是十分古老的地块，经历了漫长的大陆边缘增生褶皱、变质和岩浆作用；到晚古生代中晚期古亚洲洋消亡，才形成了联合大陆——古亚洲大陆，并保存了古板块、地块、古陆等构造单元及其复杂多样的边缘构造带和古陆增生褶皱带。另外，华夏板块又不断向南增生，直到特提斯海消亡。亚洲中部山系就是在这些古板块、地块及古陆间边缘构造带的基础上，由于印度板块向欧亚板块作 A 型俯冲过程中板内陆壳再次强烈缩短、抬升，从而形成了亚洲中部规模巨大的诸条山系。

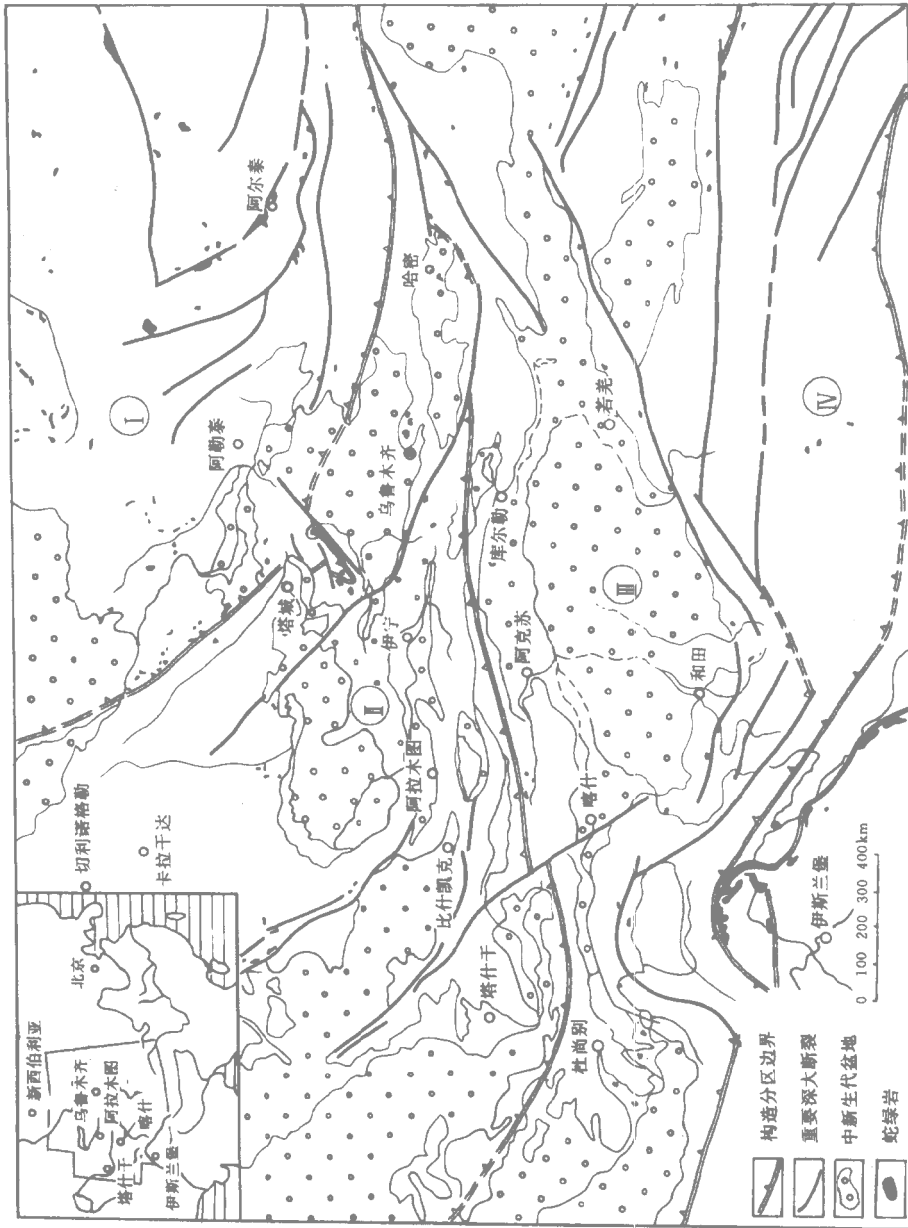


图 1.1 亚洲中部古板块构造示意图

资料来源:李春昱等,1982;肖序常等,1990,1992;姜春发等,1992。

I. 西伯利亚板块; II. 哈萨克斯坦板块; III. 华夏板块(或塔里木-宁朝板块); IV. 冈底斯-羌塘板块

一、区域构造单元简介

综合前人对欧亚大陆板块构造的划分,不难看出仍有许多不能统一的结论。西伯利亚地块和塔里木-中朝地块都是非常古老的地块,由于漫长的地质演化过程,每次构造运动都对以前大地构造产生强烈的改造和沉积埋藏,特别是板内构造发展演化,如走滑、剪切对古板块边界的破损以及拉张对古板块、地块及古陆等的裂解,导致古板块边界许多遗迹已变得模糊不清,对辨认古板块边界造成困难。因此,对亚洲中部古板块构造单元的划分众说纷纭,意见很不统一。显然这并不是板块理论不能用于现代大陆内部的大地构造体系,而是因为现代科学技术还无法恢复古老的大地构造格局。自1982年李春昱等第一次用板块构造学理论对亚洲大地构造进行单元划分(李春昱等,1982)后已有许多学者先后对中国的新疆、亚洲中部等有关区域提出了不同的板块构造划分意见(黄汲清等,1990;肖序常等,1990;张良臣,1995;何国琦等,1995;潘裕生,1992);并各自列举了大量的有利证据。总结前人的划分意见,我们发现虽然各自的划分结果相差甚远,但所引用的基本事实证据及整体轮廓是一致的。其共同之处有:①大型古板块的确认与命名;②具有控制性作用的深大断裂带的分布及其走向;③古板块之间的相互作用关系及总体演化阶段等。但争议也不少如:①古板块边界的位置与走向不能取得一致意见;②一部分构造单元的基底性质与组成仍没有一致的结果;③部分地段古洋壳的消亡及陆壳的增生方式还处在讨论阶段;④对一些深大断裂的功能仍有明显争议;⑤由于上述及其他争议,造成次级构造单元划分与命名具有很大差异。我们相信这些争议将随着板块构造理论的发展和区域地质研究的深入一定会逐步解决。

图1.1仅示意前人研究成果中已取得共识的主要部分,以反映亚洲中部山系形成演化的地质构造基础。欧洲板块最后形成于晚古生代晚期,由众多的古陆壳(或古板块、地体)拼合而成。前已述及,亚洲中部山地分布区主要包括西伯利亚板块、哈萨克斯坦板块、华夏板块和冈底斯-羌塘板块(或称为羌塘板块)。这些山系位于板块构造边缘,还可以进一步划分出次级构造单元,但目前认识还不统一。西伯利亚板块是以西伯利亚地盾及地台为核心的巨大板块,南部与华夏板块相接,西及西南部与哈萨克斯坦板块分界;哈萨克斯坦板块由一些大小不等的具有前震旦纪结晶基底的陆块及洋壳碎片组成,完整存在的时代为晚古生代早期。由于处在西伯利亚板块与华夏板块之间,在拼合前和成陆后长期受到上述两大板块的作用,使其边界及内部构造,特别是其东部构造十分复杂;华夏板块是以塔里木-中朝地块为核心,具有前震旦纪结晶基底及古生代稳定的陆棚相盖层;冈底斯-羌塘板块还未能被公认,包括了羌塘等高原内众多的地块,乃是塔里木-中朝古陆向南增生的区域。实际上也因处在古亚洲大陆与冈瓦纳大陆之间而造成其内部构造十分复杂。

二、诸山系发育的构造背景

阿尔泰山属西伯利亚板块与哈萨克斯坦板块的相互作用地带,为萨颜-蒙古加里东晚期褶皱带和斋桑-北准噶尔华力西早期褶皱带间夹的晚元古-早古生代固结的阿尔泰陆壳地块。岩石组成反映其南侧发育有同期的岛弧和弧后盆地等。虽然对两大板块的性质及

相互作用关系都是充分肯定的，但两大板块之间洋盆演化最后闭合的位置及缝合带的走向目前还没有取得统一认识。由额尔齐斯向南有一系列的蛇绿岩带和深大断裂等构造。因此，有人建议将两大板块的缝合带确定在阿尔泰山南麓山前，称其为查尔斯克-科克塔克-乔夏哈拉缝合带（张良臣, 1995）；也有人建议将其向南推至达拉布特-卡拉美里，向西与斋桑缝合带相接，向东沿至蒙古南部佐伦山蛇绿岩带，再经内蒙古贺根山蛇绿岩带再向东延伸（肖序常等, 1990, 1992）。还有人建议该两大板块的最后缝合带应在北天山（黄汲清等, 1990）

西伯利亚板块与哈萨克斯坦板块之间的古亚洲洋从元古代至三叠纪经历了四次产生与消亡过程，从而完成了西伯利亚古陆向南增生并与哈萨克斯坦板块的拼接，即元古代亚洲洋（ $P_{t_3}-C$ ）最后封闭使阿尔泰山南最后封闭，形成“西蒙古缝合带”；早古生代亚洲洋（ $O-S$ ）在阿尔泰山南最后封闭，形成“东准噶尔缝合带”泥盆纪亚洲洋（ D ）再向南移，形成“克拉麦里缝合带”和石炭纪亚洲洋（ C ）最后在北天山封闭，形成“北天山缝合带”。正如前述，该两大板块在古生代及其以前相互作用的应力场及构造线走向很难重现。现代板块（主要是印度大陆向北对欧亚大陆的碰撞）构造应力场则在有利部位强化了古板块构造的片段特征，同时也改造了其原来的面貌，包括其构造走向。根据典型蛇绿岩的分布特征，本文同意将两大板块最后拼接的缝合带放在达拉布特-卡拉美里一带。

天山属于华夏板块与哈萨克斯坦板块的相互作用地带。由于哈萨克斯坦板块是在早古生代末固结的，缺乏一个统一的前震旦纪结晶基底，而是由一些大小不等的具前震旦纪基底的陆块拼接而成的古板块（肖序常等, 1992）。它在其形成之前，古陆块的拼接完成了漫长的构造演化过程，因而其内部构造较为复杂。之后，在与西伯利亚板块和华夏板块等的作用过程中，板内构造进一步复杂化。在天山地区，特别是西天山，对一些微型古板块（或地块）的归属问题还有不同意见（Zhang et al., 1984; 张良臣, 1995; 肖序常, 1992）如伊犁-伊塞克湖-中天山-微型板块（或地块）由于震旦系、寒武系和下奥陶统可与塔里木北缘的台型盖层进行对比，这可能就是当时的“新疆古克拉通（地台）”（Zhang et al., 1984），包括天山以北，如塔城、阿尔泰等许多地块。在早古生代晚期沿汗腾格里峰—哈尔克他乌山—巴仑台—库米什一线拉张，形成了南天山洋，其北面的哈萨克斯坦板块也大体上在这个时期的晚些时候-古生代末-形成（李春昱等, 1982）。所以，有人认为将其划归哈萨克斯坦板块更为合理，但考虑到其于晚古生代早期又与塔里木古陆拼接，并且其北侧又于早石炭世中期拉张成北天山洋，使之与哈萨克斯坦板块分离，最后又于中石炭世随同塔里木地块一起向北拼接成古亚洲大陆，而被划归为伊犁-伊塞克湖板块（张良臣, 1995）。以上所述表明天山乃是另外一个古板块之间相互作用的构造强烈活动地带，山体主要属哈萨克斯坦板块的古生代活动大陆边缘构造带及陆壳构造带，而南天山的一小部分，如柯坪塔格、库鲁克塔格等，则属于华夏板块的塔里木陆壳北缘构造带。

昆仑山、喀喇昆仑山和帕米尔高原主要位于特提斯洋构造演化地带，属华夏板块西部古陆向南增生区域。至于塔里木古陆南邻的构造单元目前还未得到统一认识。有人主张划归华南板块（李春昱等, 1982; 张良臣, 1995），或华南古微板块（Zhang et al., 1984）；也有人建议划出一个冈底斯-羌塘板块（或羌塘板块）（黄汲清等, 1990）。在特提斯洋构造演化地带也有各种划分方案，如划有昆仑板块或古微型板块，再向南还有藏北板块（喀喇昆仑山）等，但目前尚缺少更详细的资料。总之，对昆仑山的构造研究表明，从北向南，无论是东

段还是西段都可明显地划分为北、中、南三个带(姜春发等, 1992; 潘裕生, 1992)并由深大断裂带(缝合带)分隔, 每一个带都从时间、岩性组成和构造特征等方面与其它单元相互区别并由北向南发展。因此有些学者称其为华夏板块或塔里木板块与印度或冈瓦纳板块之间的构造“互换域”(黄汲清, 1990)。由于该地带内的构造线同现代构造应力场的构造线走向很接近, 所以, 所有构造都被强化, 并对造山起了重要作用。

第二节 陆壳碰撞的造山作用及山体构造骨架

一、亚洲中部山地的地层褶皱变质与山地的抬升

两陆壳(或岛弧与大陆)碰撞首先引起陆壳缩短, 陆壳增厚, 发生造山作用、变质作用、岩浆作用和沉积作用以及板块内的拉张裂隙等。陆壳缩短是通过俯冲(或仰冲)引起碰撞、地层褶皱和水平走滑等过程实现, 而陆壳增厚则主要通过造山作用等完成, 其中, 造山作用广义上讲与褶皱作用关系密切, 但不是因果关系。造山作用和褶皱作用是两陆壳碰撞后释放巨大压力的两种不同形式。造山作用仅发生在仰冲板块一侧的陆壳上, 其中两大陆壳碰撞的造山作用最强并最终导致海槽的闭合, 陆块拼接, 大陆增生。例如喜马拉雅型造山作用形成了世界屋脊。众多的事实证明, 在板块之间具有汇聚分量的边界地区常发生造山作用, 因此将汇聚型板块边界称为褶皱造山运动的策源地。现代板块的内陆造山作用乃是在古汇聚型板块边界地区, 由现代汇聚型板块的巨大挤压应力作用产生。造山带的走向受古板块边界走向的影响, 而造山作用强度则受现代板块挤压应力场的区域分布特征控制。显然, 不是所有的古汇聚型板块边界都能再次产生造山作用, 这里有更复杂的力学原理, 不必细论, 但古汇聚型板块边界的再次造山运动有其鲜明的特征。

区域地层褶皱及变质发生在汇聚型板块边界的活动型大陆边缘阿尔泰山系的构造基底固结于前寒武纪(早元古代末中条运动, 黄汲清等, 1990)与准噶尔、北天山及哈萨克斯坦等构造块体有密切联系, 其后在北准噶尔拉张形成洋盆, 分离出阿尔泰地块。早古生代中晚期形成阿尔泰南的古活动型陆缘, 发育岛弧与弧后盆地, 于华力西期($3.60 \times 10^8 \sim 3.20 \times 10^8$ a B. P.)发生区域变质和褶皱作用, 在晚石炭世或石炭纪末洋盆闭合, 发生了哈萨克斯坦板块陆壳与西伯利亚板块陆壳的碰撞, 完成了两大陆块的拼贴, 从此阿尔泰山系进入碰撞后的发展阶段(肖序常等, 1992)。

天山山系的构造基底较为复杂。构造意义上的中天山、北天山及其以北地区褶皱固结较早(早元古代末中条运动)而南天山及以南地带相对较晚(晚元古代末)其中库鲁克塔格一带可能为双重古老基底, 但到震旦纪—寒武纪基本上为统一的地台(即所谓“新疆古克拉通”(或元古新疆板块))(任纪舜等, 1980)包括元古塔里木板块、元古哈萨克斯坦准噶尔板块和羌塘板块。从此先后拉张发展了早古生代中天山洋($Z_3 - \text{C}$)和早古生代南天山洋($O - S$), 分别形成北天山古生代活动大陆边缘构造带和南天山早-中生代活动大陆边缘构造带。伊犁-伊塞克湖微板块于早古生代早期加里东运动初期完成了与哈萨克斯坦板块的拼接, 使中天山洋闭合。在伊犁-伊塞克湖微板块的南侧, 古南天山洋壳向北的强烈俯冲消减, 在汗腾格里峰—科克苏河上游一带, 大约发生在早志留世晚期, 向东延于早泥盆世到中泥盆世, 发生了强烈的变质作用和挤压剪切作用, 古南天山洋成为残留海盆。大

约同一时期，阿尔泰以北的萨彦-蒙古洋也封闭，因此作为它们的中间地区处于强大的挤压状态。随着中间地带再次拉张，形成了石炭纪北天山洋（ $C_1^2-C_2$ ）海盆并于中石炭世末洋壳向南俯冲消减，最后古北天山和古南天山残留海盆几乎同时于晚石炭世早二叠世早期封闭，陆壳碰撞后发生褶皱造山作用。

昆仑山、喀喇昆仑山及帕米尔高原主要分布在华夏板块活动大陆边缘构造带，在华南古板块和羌塘板块等的向北俯冲挤压下，由特提斯洋演变褶皱升起。特提斯洋发育在前寒武纪结晶基底之上。在元古代末由塔里木-中朝古陆拉张裂解，到寒武—奥陶纪形成原特提斯洋，分隔了最早时期的塔里木-中朝古陆和冈瓦纳古陆。以后由北向南多次拉张，分别形成古特提斯洋（石炭—二叠纪）和新特提斯洋（晚三叠世晚期至始新世），洋壳依次向北俯冲、褶皱、拼贴，完成古亚洲大陆向南的增生过程。晚第三纪全区进入板块内部活动阶段。

应该承认，现代山地的发育在构造演变方面与早期的褶皱造山作用有着密切的内在联系；但现代山地的抬升作用与古板块的碰撞拼贴并不直接相关。自碰撞形成褶皱山系之后，山地的抬升动力主要来自相邻洋壳板块上地块的迅速汇聚和最后碰撞，巨大的挤压力通过刚性地块传递到古汇聚板块边界，使断裂构造复活再生或变性，并造成山地抬升。亚洲中部山系自褶皱造山作用之后，有多次来自于由南向北的地块同古亚洲大陆南缘的碰撞，大多数影响到前陆盆地（大规模转化和沉降等）或山前拗陷（褶皱或收缩）但山地的反应不十分强烈。例如晚三叠世末期羌塘地块碰撞形成昆仑山，盆地早侏罗世粗碎屑沉积层同下伏层形成角度不整合。早白垩世初期拉萨地块碰撞形成藏北山系，造成早白垩世粗碎屑层与下伏层的角度不整合。但晚第三纪上新世印度大陆的碰撞不仅形成了喜马拉雅山系，而且强大的挤压应力通过上地壳刚性块体向北传递，使亚洲中部山系所在地区产生大规模的走滑和共轭剪切，导致旧有断裂系统复活，在盆地周缘和山地两侧再次发生冲断和逆掩，使山体抬升，但作用强度由南向北呈递减趋势。

地质记录表明，强烈的褶皱造山作用之后，山系主要受到断裂构造运动的影响，因此山系主体的抬升也主要表现为断块抬升。虽然亚洲中部山系各自褶皱升起的时代不同，如阿尔泰山在华力西早期形成褶皱山地；天山分别在华力西早期（南天山，中晚泥盆世）和华力西晚期（北天山，晚石炭—早二叠世）受到褶皱造山作用，最后于古生代末形成褶皱山地。昆仑山、帕米尔高原、喀喇昆仑山则分别于晚石炭世—早二叠世、晚二叠世—三叠世和早白垩世（喀喇昆仑山、克什米尔等）受到了褶皱造山作用，并先后形成褶皱山地。但它们的共同之处就是经过中生代和新生代早期漫长的构造演化之后，在印度大陆向亚洲大陆碰撞的强烈挤压作用下，应力通过刚性地壳向北传递使现代山地都明显地表现出断块抬升特征。这一点在盆地沉积深层，在山体层状地貌等方面都有确凿证据。

构造运动的规律表明，三叠纪初期之后亚洲中部地区处于相对稳定状态，特别是侏罗纪期间，这种稳定的地质环境使外力地质作用有充足的时间将褶皱山地剥蚀夷平而成准平原化。各时期碎屑岩中斜长石和长石含量的比率变化也说明了区域构造的活动状况（图 1.2）（肖序常等，1992）。自三叠纪到晚第三纪该比率都较低，表明沉积碎屑中含较多的稳定成分。

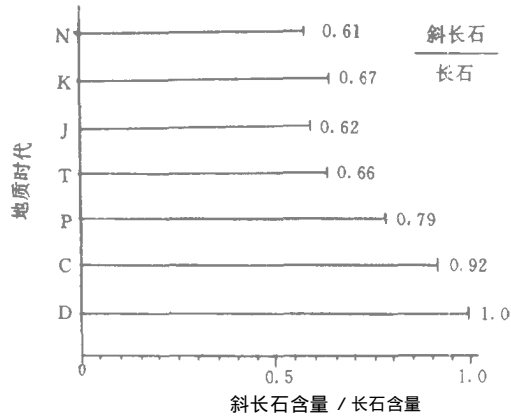


图 1.2 准噶尔盆地各地质时期碎屑岩中斜长石和长石含量比率变化 (肖序常等, 1992)
从泥盆纪到三叠纪比率呈递减趋势, 说明盆地超补偿沉积作用逐渐减弱, 到晚三叠世末, 在准噶尔盆地的个别地段甚至出现非补偿性沉积, 以湖相细碎屑沉积和软泥沉积为主。图中 D、C、P、T、J、K、N 分别代表泥盆纪、石炭纪等地质年代

二、现代山体的构造骨架

近年来, 在天山完成的综合物理勘探大剖面 and 阿尔泰—阿尔金断面研究, 揭示了新疆区域地质构造深层骨架, 进一步促进了对地表构造格局的认识。特别是对天山地区的构造骨架有了更清楚的显示 (图 1.3)。喜马拉雅期以来, 这些构成骨架的构造, 主要是断裂构造对山体的抬升, 并在形成阶梯型层状地貌过程中起了主导作用。天山山系主要受近东西向的构造控制, 在南北两侧盆地边缘及山体中部都有大型逆冲断层 (图 1.3) 同时大规模的走滑和共轭剪切断裂也对山地地貌及构造演化产生了重要作用。

综合物探剖面显示, 天山地区地壳存在多层叠覆结构, 各个断面均反映壳内多个低阻层和低速层, 如巴音布鲁克地表 15km 以下的低阻层, 巴轮台 10km 下和 20~30km 下的两个低阻层 (鲁新便等, 1995), 七角井至三道岭地表下 24~36km 处的低速层 (袁学诚等, 1994) 以及在天山其它地区都普遍见到类似状况。这些具有特殊物理特性的结构层的存在, 反映了天山地质演化的复杂过程。壳内低阻层和低速层可能形成于碰撞期或碰撞后的挤压过程。由于剪切流动形成的滑脱构造层, 导致壳内不同构造层的褶皱、冲断和叠覆, 使地壳增厚, 山体抬升。另一方面, 在中天山下, 如那拉提山下的上地幔也存在物理特性的结构分层现象 特别是出现高阻层异常体 其延伸可达数百公里 反映了“山根”的存在。

深大断裂系统构成了现代山体的构造骨架。综合物探剖面显示, 山体仍较完整地保留着古板块碰撞、挤压、冲断的体系格局。深大断裂集中成带分布, 构成古地体的边界。而挤压断裂带多为古板块的缝合带。由于碰撞过程的强大挤压和后期挤压改造, 产生地壳剧烈缩短, 在天山中部 (中天山) 的断裂常常很陡, 且向下延伸巨大; 而向南北两侧断裂产状明显变缓, 并一致向山体轴线方向倾斜, 构成所谓的“莲花状”形态 (图 1.3) (鲁新便等,

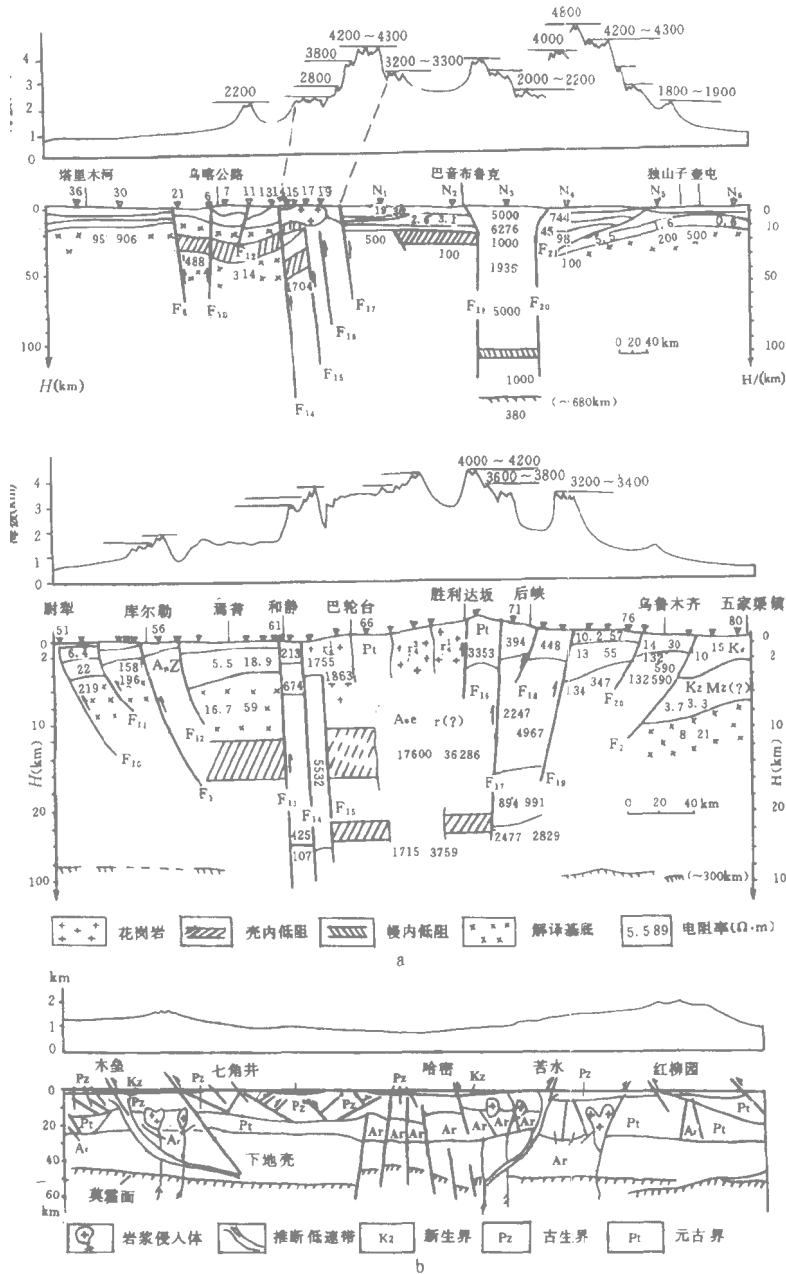


图 1.3 天山不同地段物探地质横剖面及地形剖面对比图

a. 大地电磁测深反映的天山山体构造 (鲁新便等, 1995) 及与山体构造地貌的对比关系;
 b. 天山东段地球物理综合剖面反映的山体构造 (袁学诚等, 1994) 及与山体构造地貌的关系。图 a 和图 b 的重要区别是图 a 中显示天山中西段山地质层状地貌边界与山体断裂构造吻合, 且山地质层状地貌轮廓清晰, 但天山东段剖面 (图 b) 并无此特征, 说明山地质层状地貌的形成与山体断裂体系的形成并无直接关系, 而与断裂构造后期 (特别是新构造活动期) 活动有关

1995)。深大断裂带不仅常为构造单元的界线，而在山地构造地貌上也多反映为梯级地貌的界线。深大断裂的活动是造成夷平面分解的主要原因。阿尔泰山因受哈萨克斯坦板块俯冲碰撞，构成山体构造骨架的深大断裂都向北倾，以逆掩、冲断等形式活动，形成逆掩断层、推覆体和叠瓦构造，产生推覆式掀升山地。因阿尔泰山大多数逆冲断裂构造都分布在地主脊南坡，控制了山体形态，使南坡相对较陡，而北坡较缓，同时也控制着夷平面的特征。昆仑山因阿尔金断裂走滑作用的影响，将山系主要构造分为东、西两段。西段以库地断裂为界，北侧断裂向南倾，使南侧地体向北推覆，造成山体北陡南缓；再向南，主要断裂构造均向北缓倾，形成叠瓦构造。东段则主要是一系列向北倾的断裂构造，形成叠瓦推覆体。需要说明的是，所有主构造线，特别是深大断裂，它们最近的活动形式、产状及其在现代山系中的作用，都或多或少地受到来自印度大陆碰撞的影响而发生了一定程度的变化，其中一部分古老的构造线可能完全改变了其原有的特征，因此，这部分改变了原有特征的构造线，并不代表其最初对山体发育所起的作用。

第三节 区域构造演化与夷平面形成演变的关系

长时间相对稳定的构造环境是形成夷平面的必要条件。亚洲大陆的形成经过了漫长的地质发展历史，在这一发展过程中，各古大陆的增生在一系列洋盆的形成与闭合和陆块拼接等构造作用下完成，同时山系也在陆壳碰撞过程中褶皱升起。虽然现代山系在分布范围，甚至在走向方面都可能与古山系有较大的区别（如阿尔泰山主要分布在早古生代陆壳板段之上，受到华力西中晚期的岩浆作用），但古板块边界构造活动带仍然是现代山系发育的有利构造部位。

亚洲中部古褶皱山系的发育时代大致为：阿尔泰陆壳地块在加里东晚期基本完成了与西伯利亚板块的拼接，形成了所谓的阿尔泰（山区）萨彦岭褶皱带。伊犁地块也在稍晚些时候或华力西初期完成了与塔里木板块的拼合。华力西中期（C1）哈萨克斯坦板块与西伯利亚板块拼合，随后又与塔里木板块拼合，使天山残留海（北天山残留海和南天山残留海）同时消失，使古天山山系褶皱升起。在南部，随着特提斯洋拉张位置南迁，塔里木板块也逐步向南增生。原特提斯于志留纪初封闭，北昆仑等褶皱升起；然后于晚三叠世晚期至早侏罗世初期古特提斯封闭，羌塘地块与古亚洲大陆南缘碰撞，形成南昆仑褶皱带；喀喇昆仑及羌塘等地块成为亚洲大陆南缘或大陆架；最后新特提斯持续发展到始新世，消失于印度大陆的强烈碰撞过程之中。

一、中生代—早第三纪的板内构造演化及山地准平原化

自华夏板块向北碰撞拼贴，在完成古亚洲大陆过程中产生强烈的造山作用之后，特提斯洋的构造作用一直很活跃，在古亚洲大陆南缘发生俯冲，产生岩浆作用，褶皱变质作用等，但在大陆内部则表现为块体升降。深大断裂的冲断、逆掩和推覆等继续导致地壳大规模缩短。各种不同规模的拗陷盆地于二叠纪开始相继发育。印支运动以来，晚三叠世中晚期古特提斯大洋封闭。一些大地块与古亚洲大陆碰撞，在青藏高原北部确实产生了重要影响。在大陆内部（或亚洲板块内部）古陆块或地块诸如伊犁、塔城、塔里木和准噶尔等形

成压陷盆地，连续接受沉积。仅受边缘断裂大规模推覆作用，在沉积盆地边缘，断裂下盘发生新地层的褶皱，并产生低角度的逆断层或逆掩断层，遗留下局部地段的角度不整合。新特提斯于印支运动晚期发育，并持续对古亚洲大陆产生作用，最后于始新世封闭。除在昆仑山和喀喇昆仑山等地形成多次沉积角度不整合外，北部其它地区相对一直很平缓。

山麓堆积从另外一个方面反映了板内构造的演化特征。粗大碎屑堆积和巨厚碎屑层的形成，都是物源区与沉积区的显著差异性运动所致（图 1.4），表明山地有较大的抬升速率。三叠系在各地都是以砾岩开始，由下向上渐变为砂泥岩，总的特征是沉积速度较快，分选性较差，最大总厚度 1 000~2 000m（新疆维吾尔自治区区域地层表编写组，1981）反

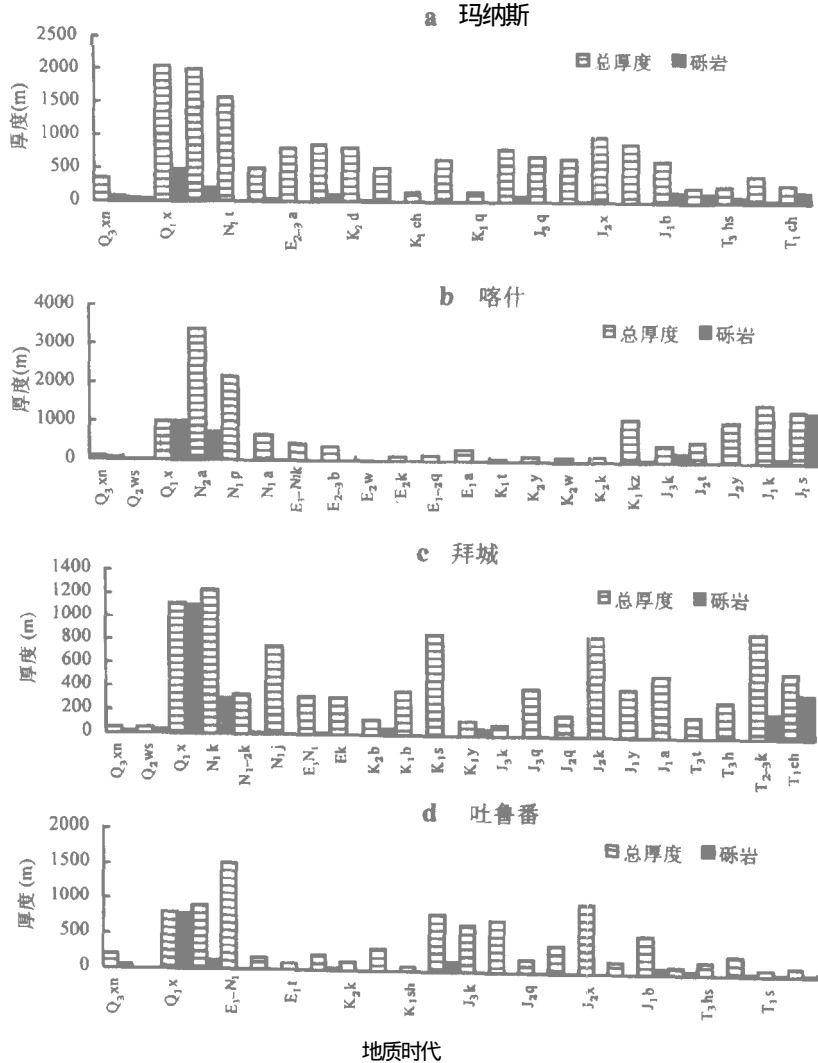


图 1.4 天山南北麓三叠纪以来各时期的堆积厚度及砾岩厚度柱状图

各地岩性及沉积厚度都反映三叠纪早期盆地规模有限，砾岩普遍发育，侏罗纪盆地构造下沉，沉积厚度巨大。盆地最突出的收缩和剧烈下沉发生在晚第三纪以来，表现为砾岩和巨厚堆积同时发育。图中地质时代字代码说明请见图 1.2 这里取了更细的划分，反映各不同时段的变化情况

映了古亚洲大陆拼接后,强烈的挤压产生了大陆板内造山作用。这种情况在三叠纪初期较为显著,随后趋于平稳。许多学者认为晚三叠世中亚古山系已趋于夷平(新疆维吾尔自治区地质矿产局,1993),侏罗纪仍以粗碎屑沉积开始首先形成较厚的砾岩和砂砾岩层,随后便形成良好的煤系地层,主要为砂岩、泥岩夹砾岩等,总厚度数千米。这些陆相沉积,其岩性组合在广大的亚洲中部地区大同小异,且同一沉积盆地内岩性稳定。总体反映侏罗纪与三叠纪相比,新发育了更多的沉积盆地,盆地的沉降速度较大,但岩性表明物源区的起伏度不大,且较为平稳。在准噶尔盆地,侏罗系中局部出现的几次角度不整合记录了新特提斯的构造演化,对北面所产生的挤压仍较明显。除使盆地在接受沉积的同时快速下降外,边缘断裂附近仍有新地层褶皱,并形成沉积角度不整合。陆相白垩系主要由砂泥岩和砾岩组成,早白垩世至晚白垩世早期是一个重要的构造稳定时期,晚白垩世晚期在天山地区反映明显的构造活动,特别是晚白垩世末期,在山麓及山间盆地不仅有较多的砾岩形成,总沉积厚度也较大,而且在晚白垩世末期普遍形成不整合,反映了燕山最后一幕。但沉积物的颜色仍然反映出碎屑在地表经受了充分的氧化过程,说明山地起伏度不大,水系的切割不甚剧烈。老第三系在准噶尔盆地代表了克拉通内部稳定型沉积,为河湖相,最大厚度发育在北天山山前,达千余米。在吐鲁番盆地仍为山间盆地堆积,有较多的粗碎屑岩性成分,厚度变化大为300~1000m(新疆维吾尔自治区区域地层表编写组,1981)。始新统和渐新统也基本上以泥岩及砂质泥岩为主,且碎屑成分的表生氧化很充分。在西天山及昆仑山缺失老第三系。在喀喇昆仑及塔里木盆地西南地区,老第三系为海相层,在盆地北部也有海相夹层,沉积岩相和厚度稳定。

沉积盆地范围的变化(新疆地质矿产局地质矿产研究所,1988)进一步反映了山地形态的变化(图1.5)。沉积范围的显著扩大和面积超覆,表明构造活动平稳、区域地形平缓。由于晚古生代的区域性褶皱造山作用,影响到三叠纪山麓堆积范围并不十分广泛,并表现为逐步扩大的趋势。东昆仑仅有晚三叠世的陆相火山岩,以中酸性为主,厚668~1596m。喀喇昆仑山也在中三叠世发生海侵,沉积厚度巨大,达2500~4500m(新疆维吾尔自治区区域地层表编写组,1981;新疆维吾尔自治区地质矿产局,1993)。侏罗纪沉积范围在晚三叠世沉积范围的基础上显著扩大。塔里木和准噶尔仍为克拉通内稳定型沉积盆地。天山、昆仑山和阿尔金山在剥蚀夷平过程中,在低缓的山地中发育了众多的小型山间盆地。早白垩世的沉积范围逐步迅速扩大直至中新世末,在各大压陷盆地(陈志明,1983)和山间断陷盆地的外围都形成大面积的超覆沉积,超覆沉积埋藏并保存了各时期的古风化壳。自晚白垩世以来喀喇昆仑地区和塔里木西南的两个海湾大面积地东扩,后又逐步后退,延续到中新世才完全消失。

总之,中生代—新生代早期,亚洲中部地区的构造活动相对平稳,断块升降是这一时期构造活动的主要形式,引起巨大压陷盆地的持续下沉和山间断陷盆地相继形成,但升降运动并未产生显著的造山作用。早第三纪,塔里木盆地大规模海侵是压陷盆地一个重要发展阶段。当时升降产生的差异不大,物源区保持有较厚的、充分氧化的风化壳碎屑物,并有侏罗纪以来不同时期的古风化壳。从古风化壳的发育程度及其完整性来看,亚洲中部山地准平原化的程度是由南向北逐趋完善。阿尔泰山最好,天山次之,昆仑山及其以南的山地较差。

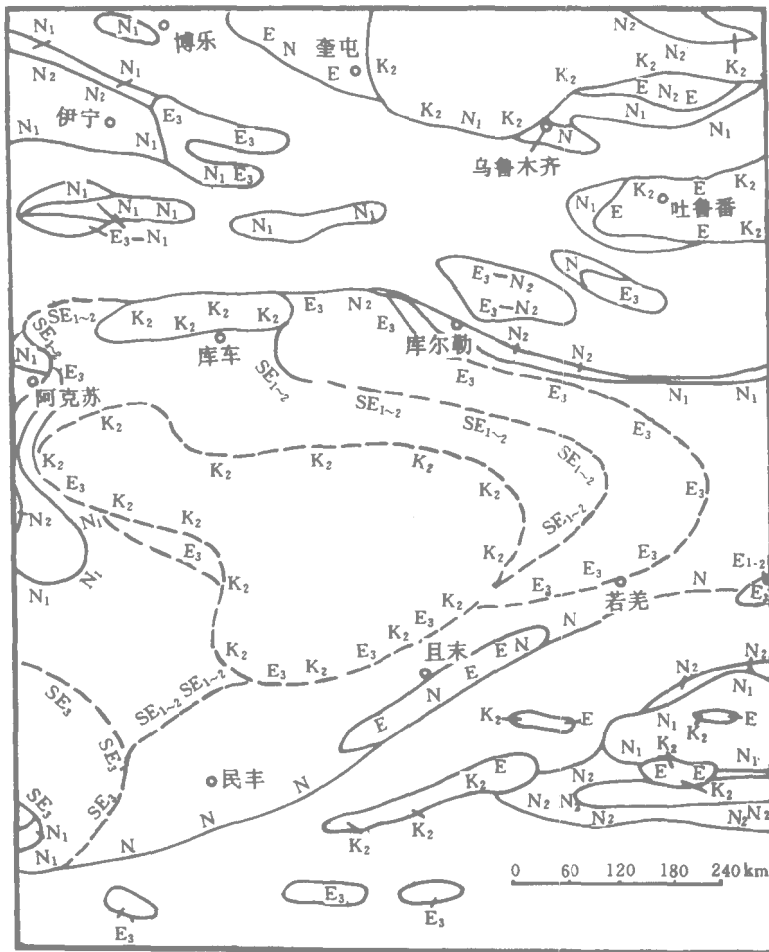


图 1.5 晚白垩世以来沉积范围变化图

资料来源：新疆地矿局地质矿产研究所，1988。沉积范围的逐步扩大和沉积层的超覆不仅表现在大型盆地，也同时发生在山地广大地区。山区高海拔地段还有许多零星分布的渐新世至中新世沉积（如奎屯河上游）还未在本图中反映出来。沉积范围扩大和盆地联合都是以平缓的地形起伏作为重要基础，而盆地收缩和分隔则是山地抬升的重要表现。

二、印度大陆碰撞引起亚洲中部地区的构造演化

中新世各沉积盆地范围已达到空前程度，除现今各大盆地之外，山地的部分地区也接受了沉积，表明此前区域准平原化达到完善阶段；同时，中新统在山间盆地及山前拗陷中的巨大厚度，反映了压陷盆地边缘的沉降作用很强。尽管沉积碎屑物质较细，但沉积速度很大，表明物源区碎屑十分丰富，所以形成了所谓的“细粒磨拉石建造”。中新统在吐鲁番盆地边缘为褐红、棕黄等碎屑岩厚达 1 500m 在库车拗陷为棕褐、褐红色碎屑岩最厚超过 2 000m 在昆仑山前的红色碎屑岩中夹海相层厚达 6 000 余米，而费尔干纳盆地超过

7 000m。中新统的岩性及颜色，表明其来自厚层红色风化壳的表层或上层，反映山体处在抬升初期，也暗示印度大陆向北剧烈碰撞的开始。这一时期山地的抬升方式既不是褶皱，也不是断裂，而应是以拱曲为特征，持续均匀发生的。

上新世，许多沉积盆地明显缩小，但盆地沉降速率和沉积速率则有增无减，反映差异性升降已十分剧烈。上新统岩性明显变粗，砾岩夹层增多，颜色也逐渐变为灰红、黄灰等，表明剥蚀区已大面积下降到红色风化壳的深层，且局部下切到古生代基岩。到早更新世，物源区的古风化壳所剩无几，主要物源为古生代基岩碎屑。此时山地抬升中的断裂作用应占有重要地位，应力集中地段的山地高度已达到当时发育冰川的地形条件。

早更新世末 - 中更新世初山地的抬升方式已转变为以断裂作用为主。断裂的推覆、冲断、逆掩、走滑造成了地壳在山系分布区的剧烈缩短，山地断块抬升；同时，在山麓盆地边界主断裂 (MBF) 的推覆、冲断造成了下盘新地层 (新生界) 的褶皱，继而并在其中发育所谓低角度的前沿活动断裂 (FAF) 向盆地方向逆冲 山地也以此方式向外扩张 (图 1.6)。中更新世以来沉积边界主要受断裂构造控制。山前带也表现为阶段性断裂抬升或掀斜性质，由此塑造出构造阶地、山麓阶梯式剥蚀面等。

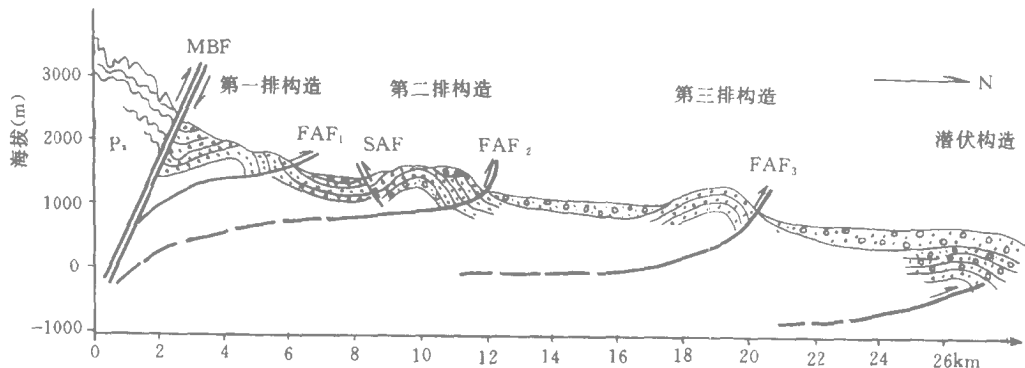


图 1.6 天山北麓山前构造发展模式示意图

MBF 边界主断裂 (Master Boundary Fault); FAF: 前沿活动断裂 (Frontal Active Fault)

SAF: 次反向断裂 (Secondary Antithetic Fault)

地质记录显示，山地的抬升时代各地略有差异，总体上是由南向北发展。昆仑山于上新世开始显著升起；天山的大幅度隆升始于早更新世；阿尔泰山显然自中生代初以来一直未接受沉积，在阿尔泰山南侧山麓也仅发育有下第三系泥岩，且厚度很有限，表明差异性升降运动很弱。上第三系在沉积范围、岩性及厚度等方面均没有明显特色。早更新世也仅是一种区域整体上升性质，虽有少数断裂活动，但一直未产生具典型造山意义的磨拉石建造。中更新世断裂剧烈活动，山地开始大幅度抬升或掀斜。众多的山间盆地形成，并在山间盆地产生粗大的堆积。大的水系网也相继形成。各山系的抬升强度也由南向北减弱，由西向东减弱。天山近期的抬升强度分布为 (彭树森, 1993 柏美祥, 1995) 南天山西部主脉以平均 14mm/a 速率上升。而依连哈比尔尕山则以平均 17.8mm/a 速率上升；中天山上升速率稍低，平均为 4.6mm/a 。山间盆地则表现为不同的性质。费尔干纳盆地正以平均 1.5mm/a 的速率上升；伊塞克湖拗陷东北侧以 3.9mm/a 上升，但北岸仍以 3.7mm/a 下

陷；伊犁盆地下陷速率为 2mm/a 吐鲁番-哈密盆地基本处于稳定状态。天山南北山前亦表现出显著差异，山地南麓阿克苏以西地段以 2mm/a 上升，但库车向东最大坳陷速率达 2.4mm/a ；山地北麓的艾比湖至呼图壁一带仍以 2mm/a 速率在不断下陷。

参 考 文 献

- 柏美祥 1995, 天山新构造, 新疆第三届天山地质矿产学术讨论会论文选辑。新疆人民出版社, 35~42(英文版)
- 陈志明 1993, 中国地貌纲要 1:400 万中国及其毗邻地区地貌图说明书)。中国地图出版社, 9(中文版), 133(英文版)
- 黄汲清 1983, 中国大地构造的几个问题。石油实验地质, 5(3)。
- 黄汲清, 1984 中国大地构造特征的新研究。中国地质科学院院报 第 9 号。地质出版社。
- 黄汲清 姜春发、王作勋, 1990, 新疆及邻区板块开合构造及手风琴式运动。新疆地质科学, 第 1 辑。地质出版社, 3~16。
- 何国琦、刘德权、李茂松、唐延龄、周汝洪, 1995, 新疆主要造山带地壳发展的五阶段模式及成矿系列专辑。新疆地质, 13(2)
- 姜春发、杨经绥、冯秉贵、宋志直、赵民、柴耀楚、施希德、王怀达、胡金庆, 1992, 昆仑开合构造。地质出版社, 224。
- 金性春, 1984。板块构造学基础。上海科学技术出版社, 283。
- 李春昱、王荃、刘雪亚、汤耀庆, 1982, 亚洲大地构造图及说明书。中国地图出版社, 49。
- 鲁新便、田春来, 1995, 新疆天山及邻区地电垂深大剖面地质结构构造研究, 新疆第三届天山地质矿产学术讨论会论文选辑。新疆人民出版社。135~144。
- 彭树森 1993, 大地形变测量所反映的天山最新构造运动。内陆地震, 2(2), 136~141。
- 潘裕生 1992, 喀喇昆仑山-昆仑山综合科学考察导论。气象出版社, 41(中文版), 92(英文版)
- 任纪舜、姜春发、张正坤、秦德余, 1980, 中国大地构造及其演化。科学出版社
- 肖序常、汤耀庆、李锦轶、赵民、冯益民、朱宝清, 1990 试论新疆北部大地构造演化。新疆地质科学 第 1 辑。地质出版社 47~68。
- 肖序常、汤耀庆、冯益民、朱宝清、李锦轶、赵民, 1992 新疆北部及其邻区大地构造。地质出版社, 169。
- 新疆维吾尔自治区区域地层表编写组, 1981, 西北地区区域地层表—新疆维吾尔自治区分册。地质出版社。496。
- 新疆维吾尔自治区地质矿产局, 1993, 新疆维吾尔自治区区域地质志。地质出版社, 841。
- 新疆地质矿产局地质矿产研究所, 1988, 新疆古地理图集。新疆人民出版社, 92
- 袁学诚、左愚、徐新忠、朱介寿、张朝文、李立、赵子言、金昕, 1994 阿-阿断面与西夏克拉通。新疆地质科学, 第 5 辑。地质出版社, 1~18。
- 袁方策、乌尔坤别克、陈险峰、叶玮, 1994, 阿尔泰山古风化壳。气象出版社, 144。
- 张良臣, 1995, 中国新疆板块构造与动力学特征, 新疆第三届天山地质矿产学术讨论会论文选辑。新疆人民出版社, 1~14。
- I keda, Y., 1983, Thrust-front migration and its mechanism—— evolution of intraplate thrust fault systems, Bull. Dept. University of Tokyo, 15, 125~159。
- Zhang, ZH. M., Liou, J. G., Coleman, R. G., 1984, An outline of the plate tectonics of China, Bulletin of Geological Society of America. 95(3), 295~311。

第二章 天山山系构造地貌的发展演变

亚洲中部 群山汇聚 高峻挺拔 山体宏大 绵延数千里 蔚为壮观。以帕米尔高原为山结的天山、昆仑山、喀喇昆仑山及兴都库什山等，与青藏高原及其喜马拉雅山共同构成亚洲大陆地貌的主要骨架，被誉为地球的第三极。亚洲中部的诸大山系大都呈纬向或近纬向展布，经向跨度大，纬向伸延宽。各山系的地势起伏复杂，海拔高程巨大。它们与其邻近盆地的差幅十分悬殊，呈现出强烈的地形反差。亚洲中部诸大山系的地质演化历史不尽相同，但构造地貌的发展过程大同小异，主要经历了晚古生代褶皱隆起山地、中生代和老第三纪剥蚀夷平为准平原、新第三纪上新世——第四纪早更新世断块隆升为高大山系几个阶段，天山山系为其典型代表。

天山山系是亚洲中部最大的山系，西起乌兹别克斯坦的克孜尔库姆沙漠以东，跨越哈萨克斯坦和吉尔吉斯斯坦，东止我国新疆哈密以东，东西长度超过 2 500km(其中我国境内长度为 1 700km 以上，占三分之二，境外约 800km，占三分之一)南北宽度一般为 250~350km，唯帕米尔以北的天山山体最宽，达 800km 以上(柏美祥等,1995)。现代天山山脊线的平均海拔为 4 000m 左右，而最高的托木尔峰达到 7 435.3m，该峰附近超过 6 000m 的山峰有 20 多座，成为天山山系的最高山结。天山山系的地质背景(见第一章)和构造地貌演变过程，在亚洲中部诸大山系中具有代表性。因此，阐明天山山系的构造地貌发展演变历史具有普遍意义。

第一节 天山山系构造演化概述

天山地区经历了漫长而复杂的地质发展演化历史(胡冰等,1964 新疆地质局编写组,1978)。震旦纪期间，海陆分布已有比较明显的轮廓。早古生代末的加里东运动，使天山的部分地区褶皱成山，这一方面为古天山的形成奠定了基础，另一方面导致天山地区的海域发生分异；以中天山隆起带为分界，北部为北天山-准噶尔海 南部为南天山-昆仑海。在晚古生代期间，天山南北海槽加深，沉积厚度增大，地壳构造运动强烈且活动频繁，到晚古生代后期剧烈的造山运动——华力西晚期运动，导致天山地区褶皱隆起成山，结束了海槽生命。古天山就在此一时期形成，它是构成现代天山的主体。

古天山的形成，华力西运动起着决定性的作用，一些学者称天山地区的华力西运动为天山运动(黄汲清等 1980 孙殿卿,1980)并认为天山旋回有七幕、八幕、九幕、十幕之说。如李社高等(1980)认为天山旋回有七幕，尹赞勋(1978)、曾亚参(1983)提出有八个褶皱幕，胡冰等认为有九幕(新疆地质局编写组,1978)，郭继易等(1986)认为有十幕。天山运动的显著特点是构造活动频繁而强烈，显示多次的造山运动与造陆运动，发生强烈的多期岩

浆活动，既有超基性、基性岩浆侵入，更有普遍的酸性岩浆侵入，出现多次火山喷发旋回。从泥盆纪末到二叠纪末的多幕褶皱运动，特别是经过该次运动的最后两幕之后，天山地区的海域沉积地层全面褶皱隆起成山，即形成所谓天山地槽褶皱带。

天山褶皱带由一系列复背斜和复向斜以及隆起与断陷共同组成。正是在这一时期，天山山系的北、中、南三列山脉（图 2.1）及其中的大型纵向山间盆地与谷地业已形成。在北天山地区，以华力西运动为主形成的构造形态，自西向东有准噶尔阿拉套复背斜、博罗科努复背斜、依连哈比尔尕复向斜、博格达复背斜、哈尔里克复背斜。在中天山地区有伊宁山间断陷、巩乃斯复向斜、艾尔宾复背斜、觉洛塔格复背斜、吐鲁番-哈密山间断陷。在南天山地区，有东阿莱褶皱带、科克同套断陷、迈丹他乌复向斜、巴什索贡复背斜、阔克萨勒复向斜、哈尔克他乌复背斜、博洛霍坦复背斜。此外，还有原来属于塔里木地台而后成为组成天山山系一部分的柯坪断块、库鲁克塔格断褶带等（黄汲清等，1983）。所有这些古天山的古生代构造形态，经过中生代和早第三纪强烈的外营力侵蚀破坏，现今保存者已不是原来的构造面貌，只是其中的山脊方向大致能代表当时褶皱构造的走向（中国科学院新疆地理研究所，1986），现代天山并非古生代华力西运动褶皱隆起的山地，而是后期的构造运动——主要是新构造运动的产物。因此，将现代天山称为褶皱山系的说法显然是不妥当的。

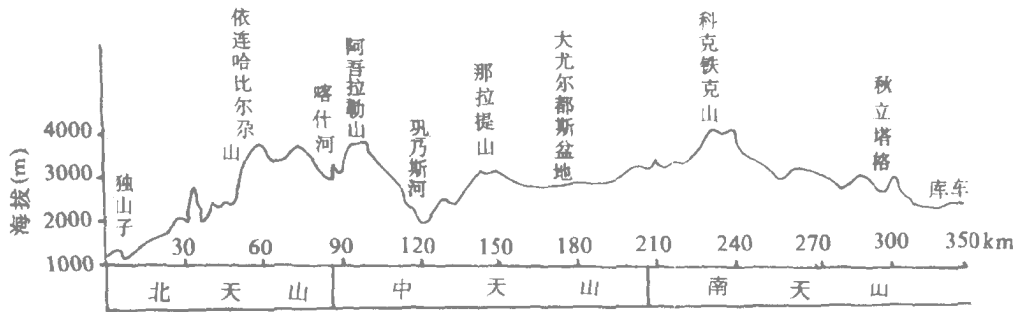


图 2.1 天山山系三列山脉

华力运动使天山山系大范围、大面积褶皱隆起的同时，在天山山体内部和外缘产生了一系列的大断裂带。这些断裂带基本上可分为东西向或近东西向、北西向和北东向三组，以及它们的变态，其中占绝对优势的是与褶皱轴向相一致的纵向大断裂带。例如，阿拉套山南缘断裂带、北天山古生界北缘大断裂带、伊宁盆地南北两侧大断裂带、博格达-哈尔里克断裂带、吐鲁番-哈密盆地北缘断裂带，以及南天山古生界南缘大断裂带，即北轮台-辛格尔断裂带等。北西向断裂带有：博罗科努-依连哈比尔尕断裂带、费尔干纳断裂带等。北东向断裂带有阔克萨勒岭断裂带、依斯拉克-卡拉乌尔断裂带、那拉提-哈尔克断裂带等。一些中、小型的山间盆地与谷地，诸如巩乃斯河谷地、大小尤尔都斯盆地、焉耆盆地、达坂城盆地、巴里坤盆地、伊吾盆地等，也都为断裂带所围限。这些断裂带大多数长期活动，至少经过侏罗纪末、白垩纪末、上新世、早更新世末多次构造运动的强烈活动。正是天山山系中这些长期活动的断裂带的存在，将天山切割成若干大小不等、高差悬殊的断块，致使天山山体形态复杂化。这些断块后期不等量的强烈升降，造就了现代天山的主要形态——断块隆升山地与山间断陷盆地。天山山系的某些断裂带控制着隆升的古生界山地和沉降的山前拗陷与山间断陷。在整个中生代和早第三纪期间，天山地区隆升的区域长期遭受剥蚀，

山间和山前沉降地区则不断接受沉积，为天山山体的向外扩展创造了条件。

天山古生界褶皱带南北的山前拗陷及许多山间断陷盆地边缘，在中生代以来均为接受沉积的洼地，堆积了厚度很大的河湖相沉积地层。在天山南北麓的库车山前拗陷与乌鲁木齐山前拗陷中，中、新生代地层的总厚度可达 15 000~16 000m（表 2.1）这种巨大厚度的地层在燕山运动和新构造运动中先后褶皱隆起，加入到天山山系的行列之中，成为山麓低山丘陵，扩大了天山山体的范围。天山山前这种中、新生代的褶皱隆起，形成与古生界主体山地大致平行的背斜带和向斜带，在山地北麓显示有三排，在山地南麓有四排，在山间盆地中也有类似的构造出现，唯排数减少。现代天山北麓的独山子、安集海丘陵，玛纳斯南部低山，天山南麓库车一带的秋里塔格，阿图什市以北的阿图什塔格等，以及吐鲁番盆地中的火焰山、盐山，焉耆盆地西部的七个星低丘等，都是这种褶皱运动的产物。

表 2.1 天山地区中新世代最大沉积厚度 (m)

地 区 时 代	乌鲁木齐山 前拗陷	库车山前拗陷	喀什北部拗陷	吐鲁番断陷
T	2 200	1 500	380	1 000
J	4 600	2 500	4 470	3 650
K	2 000	1 350	500	2 000
E	1 200	1 000	2 500	450
N	4 500	5 500	1 770	1 400
Q	2 640	2 720	2 300	1 100

第二节 天山山系构造地貌的发展演变

天山山系具有漫长的地质发展历史，地貌演化过程比较复杂。总体来说，天山山体的构造地貌演化，主要可以分为三个大的阶段。第一阶段为古生代天山的褶皱隆起时期，大致从震旦纪开始到二叠纪末，包括天山地区不同时期的海域沉积、岩浆活动，以及最后的全面褶皱隆起成为高度巨大的山地；第二阶段是古天山的剥蚀与夷平时期，从三叠纪初到第三纪末，古生代褶皱隆起的天山山地，在地壳运动相对平静的情况下，遭受长期的剥蚀夷平作用，导致天山最后成为起伏和缓、海拔很低的准平原；第三个阶段是天山的断块隆升时期，从晚第三纪末到第四纪，尤其是早更新世强烈的构造运动，使已被剥蚀夷平而成准平原化的低矮天山，产生了巨大的断块差异升降，形成接近现代天山的高大山岭与众多盆地相间的基本地貌轮廓。

天山山体地貌演化的每一个阶段，都是地球内动力与外动力相互作用的过程。相对而言，第一阶段内动力占绝对优势，第二阶段外动力占上风，第三个阶段又以内动力为主导。显而易见，天山山体地貌的形成演化过程，乃是经历了褶皱隆起→剥蚀与夷平→断块隆升的发展模式。现代天山山地形貌则是在断块山体的基础之上，经过第四纪以来各种外动力过程，特别是冰川作用、流水作用等多种因素的共同影响下形成的。