

第一章 库车盆地地质特征及盆地类型

中生代以来，塔里木板块南缘青藏高原地体增生，尤其是印度板块与欧亚板块之间持续的陆陆碰撞作用，导致中亚地区由南向北 2500 m 以内地区发生强烈的陆内变形（图 1-1）。最为明显的是天山南侧库车盆地为中生代发育的盆地。库车盆地沉积记录了古生代天山造山带在中生代重新活动历史，研究库车盆地沉积沉降和变形史对天山造山带重

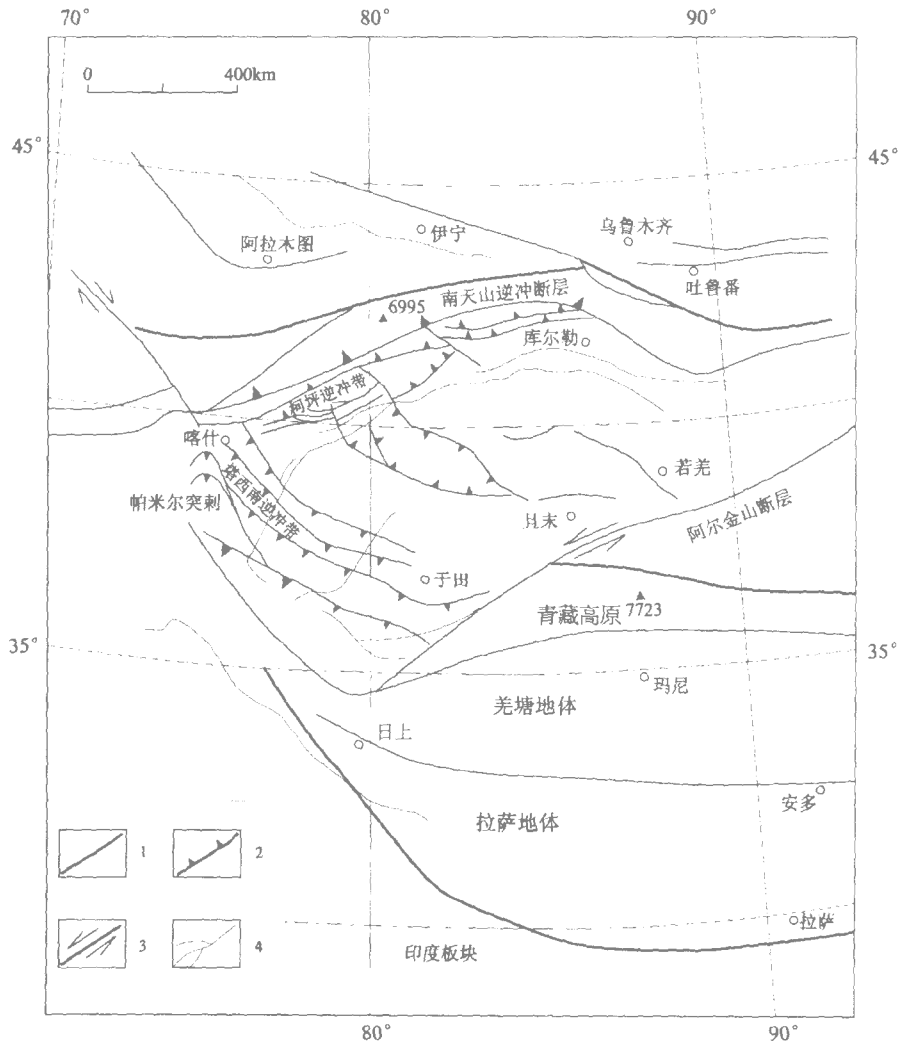


图 1-1 塔里木板块区域构造图

1—板块边界；2—逆冲断层；3—走滑断层；4—河流

Figure 1-1 Regional tectonic map of the Tarim plate

1—boundaries of the plates; 2—Thrust fault; 3—Strike-slip fault; 4—river

新活动，盆山耦合关系的了解有着重要意义。

中国西部盆地是中亚最有含油气远景的地区之一，经历了长期的构造发展演化，并受青藏高原地体增生、印度板块与欧亚板块碰撞影响，形成了复杂的造山带与盆地相嵌的构造格局，所发育的盆地均与造山带相邻，具有独自的特殊性。塔里木盆地作为中国西部最大的含油气盆地，已经历了半个多世纪的勘探历程。在“稳定东部，开发西部”的石油工业战略方针指导下，塔里木盆地已经作为中国西部石油工业开发的重点，是我国西部最有希望的含油气盆地之一，虽然历经半个多世纪的勘探历程，现在乃至将来仍是我国的石油工业生产基地。

库车盆地位于天山山脉和塔里木盆地之间，行政上隶属新疆维吾尔自治区管辖；东起库尔楚，西至温宿，南界在轮台、库车、阿克苏一线，北邻天山造山带；长约 470 km，宽约 20~25 km，面积达 30000 km²。盆地内总的地势北高南低，地形条件复杂，交通不便，人烟稀少。整个盆地形态东窄西宽，呈近东西向展布，中生代地层最厚可达万米，构造性质上该盆地属于中生代沉积盆地。库车盆地地形高差较大，地形复杂，给该区地质研究带来许多困难。塔里木北缘库车盆地作为天山造山带相邻的盆地，一直作为前陆盆地来进行研究，它与典型前陆盆地有相似之处，但也有不同之处，是否可以作为前陆盆地来认识，还有待进一步研究。

第一节 研究简况

库车盆地大地构造位置位于天山板内造山带和塔里木板块之间，为中生代发育的盆地。前人一直把库车盆地作为山前拗陷盆地来进行研究（张连壁等，1984；周朝济等，1985）。前已叙及，对库车盆地及塔里木盆地北缘的地质考察和调查，早在一百多年前就已开始，但真正对库车盆地地质研究开始于 20 世纪 40 年代，黄汲清（1947）对库车盆地进行了石油地质调查，划分出库车盆地下三叠统俄霍布拉克群。到 20 世纪 50 年代，新中国建立不久，组建的新疆石油公司（1956）（后改名为新疆石油管理局）在苏联航测大队帮助下对库车盆地进行了 1:20 万区调地质调查，当时的勘探思想认为库车盆地可和苏联费尔干纳、塔吉克盆地类比；工作的主要成果是建立起库车盆地中生代地层层序和划分对比方案，提出库车盆地最有希望的构造控制区，对比分析认为三叠系塔里奇克组和中下侏罗统克孜勒努尔组为生油岩。随后，新疆煤田公司（1986）对库车盆地北缘进行了煤田地质勘探工作；新疆地矿局（1987）对该区进行了 1:20 万地质填图工作，以及库车盆地钾盐找矿工作（张义民等，1986）。新疆石油管理局通过多年地震勘探和钻探得出库车盆地地面构造和深部构造不符的认识（张连壁等，1984；周朝济等，1985）。为此，不少学者从不同方面对库车盆地进行了研究（李宇昌，1984；高兴辰，1985；何向阳，1986；康玉柱，1989）；有的认为库车盆地地表构造为挤压不对称构造，地下深部为受断裂控制的复杂断块区，受张应力控制，据此得出库车盆地是断陷型盆地的结论（周朝济，1985；谭试典，1986）；而现在多数人认为库车盆地为前陆盆地（田在艺等，1985；贾承造等，1992）。出现认识不同的根本原因在于，对深部构造细节研究不清楚所引起的。关于库车盆地形成机制和盆地范围各家认识不一致。盆地范围的分歧点是关于库车盆地南界的位置：张义民等（1986）认为库车盆地的南界在塔里木河附近，但塔里木石油指挥部地质研

究大队则以秋里塔格山作为盆地南界；多数研究者把库车盆地南界以库尔勒—库车—新一—阿克苏公路作为盆地南界。作者认为上述界线是库车盆地冲断构造带变形南界，所谓库车盆地南界应指塔里木板块北缘塔北前隆以北至天山的广大范围（中生代界线）；新生代，由于前隆迁移，盆地南界的位置亦应有所改变，这个界线就是盆地沉积物边界（塔里木工业联队，1986）。

杨福忠和张恺（1991）提出，库车盆地构造高点深浅层不一致是由于从上到下构造高点迁移的原因；汤良杰（1992）用多层次滑脱构造观点分析库车盆地冲断构造，认为由于天山侧向挤压，使深部古生代地层和中生代地层组成双重构造，并造成中生界底面隆起形成库车盆地冲断构造的结论，但未讨论深、浅层构造差异原因；王作勋等（1990）、杨克宁等（1990）根据却尔塔格（阳霞地区）之南存在有反向冲断层、向东延伸到库尔勒附近的地质事实，提出塔里木北缘向天山方向逆冲的认识；杨庚等（1995）认为库车盆地冲断构造由一系列向南逆冲的叠瓦状断裂组成。为此，作者运用现代逆冲推覆构造理论，结合平衡剖面技术，深入地研究了库车盆地前陆冲断构造带深层构造和浅层构造特征，对冲断构造进行几何学、运动学及动力学分析，确定了油气勘探目的层位置。

由于库车盆地内有着丰富的矿产资源，如煤、石油、钾盐矿床等，尤其是地表广泛存在丰富的油苗及依奇克里克油田的发现和开采，促进了对库车盆地的地质研究。石油部门对库车盆地进行了长期的地质研究和石油勘探，但至今尚未发现新的工业性油流，因此在以往的工作基础上，应用新理论和新概念认真总结经验教训，重新研究库车盆地地表地质构造和深部构造，以及油气生、储盖条件，特别是油气运移规律，以便为下一步石油勘探确定有利勘探部位，尽快提出油气富集区，是当务之急。揭示出库车盆地油气聚集规律，为塔里木盆地石油勘探确定新的油气开发区，意义十分重大，这也是本书讨论的主要问题。

第二节 区域地质特征

库车盆地位于天山板内造山带和塔里木板块之间，为中新生代发育的盆地，古生代为盆地基底发育时期。作者根据多年来对天山西段进行的野外地质调查，综合前人资料，把天山造山带划分为北天山古生代褶皱带、中天山深成-变质岩带、南天山古生代褶皱带、库车前陆冲断构造带（图 1-2），这几个构造单元的划分界线与王作勋等（1990）、赵中岩（1990）的划分方案基本相同。作者的主要工作区域在库车盆地，因此只简述除北天山古生代褶皱带之外的其单元构造性质，以及南北缝合带的构造性质。

中天山深成-变质岩带：即过去所谓的中天山隆起带，以前被认为是加里东褶皱带（黄汲清，1984）、加里东岛弧（张良臣和吴乃元，1985；成守德等，1986）和中天山地体（郭召杰，1992），现在普遍认为中天山具有陆壳基底（肖序常等，1992），前寒武系变质岩的同位素年龄也证明了这一点，如艾肯达坂锆石 U-Pb 等时线年龄为 (1306 ± 193) Ma，Rb-Sr 等时年龄 (1397 ± 118) Ma。中天山除了基底岩系，还发育有前寒武纪花岗岩、古生代花岗岩。中天山巴仑台片麻状闪长岩侵入到元古界星星峡群，全岩 Rb-Sr 等时线为 818 Ma。库米什附近花岗岩锆石 U-Pb 年龄为 365 Ma 和 334 Ma。中天山变质深成岩带之上，也有石炭纪地层和部分早、中三叠世陆相粗碎屑沉积物。

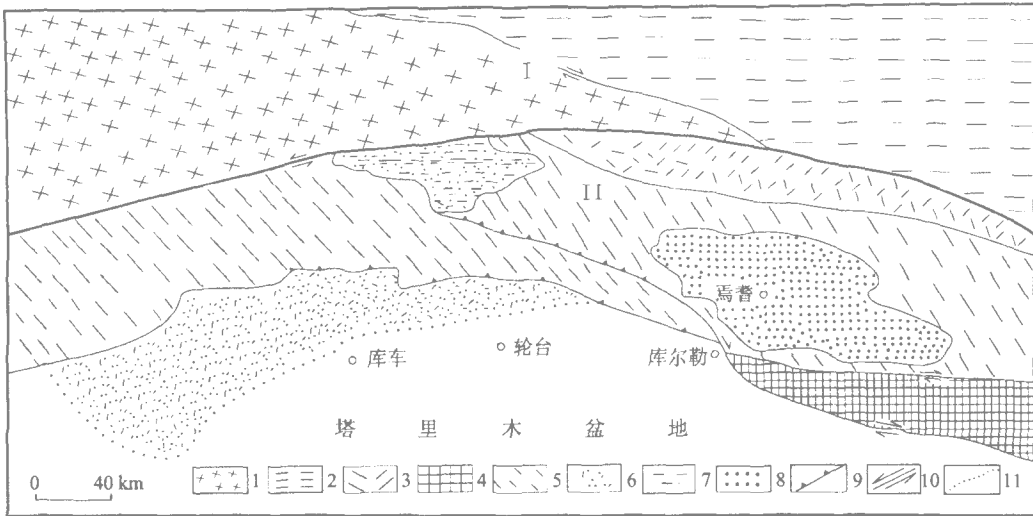


图 1-2 库车盆地地区构造位置图

I—哈萨克斯坦板块：1—伊犁地块；2—北天山古生代褶皱带；II—塔里木板块：3—中天山深成变质岩带；4—库鲁克塔克隆起；5—南天山古生代褶皱带；6—库车盆地；7—巴音布鲁克盆地；8—焉耆盆地；9—逆冲断层；10—走滑断层；11—库车盆地南界

Figure 1-2 Regional tectonic map located in the Kuche Basin

I—Khazakstan plate: 1—Yili Block; 2—Paleozoic fold belt of the North Tianshan; II—Tarim plate: 3—Pluton and metamorphic belt of the Middle Tianshan; 4—Kuluketake Uplift; 5—Paleozoic fold belt of the South Tianshan; 6—Kuche Basin; 7—Bayin Buluke basin; 8—Yeqi Basin; 9—Thrust fault; 10—Strike-slip fault; 11—South boundary of the Kuche Basin

南天山古生代褶皱带：主要由古生代地层组成，古生代沉积基本上属于稳定大陆边缘浅海碳酸盐岩和陆源碎屑岩建造（成守德等，1986）。除晚志留世沉积有中—基性火山岩外，泥盆—石炭纪沉积了一套浅海陆源碎屑岩和碳酸盐岩，火山碎屑岩很少，沉积厚度相对比北天山小，反映了塔里木板块北缘是一个稳定的被动大陆边缘（肖世录等，1985；陈哲夫等，1985）。根据对天山中段进行的野外地质调查和大量的文献资料，作者把天山造山带和塔里木盆地北缘划分为北天山古生代褶皱带和伊犁地块，北天山古生代褶皱带属于哈萨克斯坦板块，其余均属于塔里木板块。这两大板块在古生代末期碰撞拼贴，形成了古生代碰撞造山带——天山造山带，中生代代板内构造活动阶段，古生代天山碰撞造山带发生了重新活动。

古生代时期，塔里木板块内部构造活动一直是稳定的，主要表现为块体稳定升降，如库鲁克塔格隆起是一个长期处于隆升状态的构造单元。塔里木板块北缘，在早古生代一直保持着被动大陆边缘的特征，沉积物主要为大陆源碎屑岩和碳酸盐岩，很少有火山岩或火山碎屑岩。二叠纪南天山磨拉石建造的广泛发育，表明哈萨克斯坦板块和塔里木板块已碰撞拼合在一起；与这次碰撞作用相关，在南天山地区发育有大量与古板块运动有关的花岗岩（时代为晚泥盆纪—早石炭纪），如额尔宾山、独库公路上库车盆地北侧边界的欧西达坂花岗岩，以及包尔图、库米什等地的花岗岩体。塔里木板块古地磁研究也表明（李永安，1992），在晚泥盆世至晚石炭世之间，塔里木板块大幅度向北漂移约 13° ，自二叠纪之

后位移则不明显，表明二叠纪时塔里木板块已与西伯利亚板块缝合在一起。

中生代，塔里木板块北缘及天山地带进入了新的构造演化阶段。由于受北侧西伯利亚板块向南运动和塔里木板块南缘特提斯域构造演化的影响，塔里木板块北缘天山地区持续发生了强烈的构造运动。据此可把该区构造演化分为两大阶段：前中生代构造演化期和中新生代构造演化期。这两大构造演化阶段分属于不同构造体制：前中生代天山造山带形成属板块汇聚造山的造山作用体制；中生代天山造山带形成属板内构造作用体制，并出现挤压剪切环境下的板内调整和天山中生代造山作用的形成。天山两侧塔里木板块北缘和准噶尔板块南缘受天山构造带的影响，发生挠曲下凹形成挤压挠曲盆地，充填着天山造山带剥蚀下来的陆源碎屑物质，天山造山带一方面沿原有断裂复活向盆地内逆掩，另一方面造山带本身发生大规模走滑运动，形成焉耆拉分盆地。天山中生代构造演化的信息，大部分都保存在两侧的沉积盆地中，因此研究天山两侧的沉积盆地记录有助于揭示这一问题，从而最终阐明大陆变形的特征。

第三节 库车盆地基底构造特征

塔里木板块基底是双层结构，下构造层是高度固结的克拉通基底，由强烈褶皱变形的变质岩系（包括结晶变质岩系）组成的前震旦纪结晶基底及变质岩系基底，上构造层是震旦纪到古生代末稳定的台型沉积盖层。研究表明，塔里木北缘有在 30 亿 ~ 32 亿年前形成的太古宙岩石。长城纪前 1800 Ma，即中元古宙长城纪地塔格群与其下伏元古宙达格拉布拉克群之间角度不整合，证明此时塔里木地区形成颇具规模的陆块，中晚元古宙板块俯冲作用产生典型的高压变质岩组合（肖序常等，1992）。塔里木地盾主要形成时间大约在 700 Ma，造成震旦纪冰碛岩同下伏元古宙变质岩系之间的角度不整合。自震旦纪开始，除库鲁克塔格地区发生局部裂隙作用、形成含中基性火山岩的巨厚浊积岩外，绝大部分地区接受陆棚浅海相沉积，这一沉积环境一直持续到早二叠世末期。震旦纪一早二叠世末的稳定台型沉积，实质上为塔里木克拉通的盖层。

库车盆地主要沉积有中生代陆相地层，地层发育齐全，从二叠纪一直到第四纪均有沉积，但厚度变化较大。盆地的基底主要由中生代地层之下的古生代和元古宙地层所组成，基底埋藏深度较深，因而对库车盆地中生代以下的基底性质认识不清。根据库车盆地吐格尔蒙背斜核部出露的元古宙浅变质石英片岩、花岗岩，认为这套元古宙浅变质岩系代表库车盆地的基底；但是根据航磁测量资料，在背斜核部之下 3 ~ 5 km 深部存在磁性基底，表层出露的元古宙可能是推覆而来的断片，构造样式上应属前陆卷入基底褶皱，作者将在后面章节详细论述这一特征。由此看来，库车盆地基底性质只能靠地球物理方法和区域地质演化分析来认识。根据重力资料，库车盆地古生界基底埋深 7 ~ 10 km，相邻的塔北地区古生界基底埋深为 5 ~ 7 km，这与航磁资料和地震反射剖面资料求得的基底埋深是一致的（基底埋深 7 ~ 10 km），并且推测库车盆地基底主要是晚古生代浅海相碎屑岩及火山岩建造。丁道桂等（1990）根据地震反射剖面资料认为，库车盆地确实存在东西向展布，与塔北隆起同期沉积，厚度相当的古生代沉积地层。地震剖面显示，库车盆地亚肯以南存在早古生代地层。

根据已完成的航磁资料（朱英，1989），塔里木盆地北缘地区乌什、库车、库尔勒等

地及南天山分布着一片面积广大的负磁场背景区, 磁场强度为 $-100 \sim -200$ nT, 即南天山-北塔里木负异常区。由于这一带出露的基底变质岩主要是弱磁性绿片岩, 因此将这片负磁场区解释为绿片岩系组成的早元古宙基底构造区, 而且该负异常区的北界, 大致沿中、南天山构造界线分布。负异常区的南界比较平直, 包括塔北地区、南天山、库车盆地广大范围内磁场变化不明显, 这反映了这些地区存在共同的基底。位于乌鲁木齐—库尔勒以西大面积负磁场区的库车块体明显与此线以东地区不同, 西部磁异常变化小, 分带性不明显, 磁性结构较均匀; 东部变化大, 并且具有明显的条带状。由于南天山古生代冲断构造带和塔里木北部克拉通具有相似的深部(磁性)结构特征, 故推测南天山造山带可属上叠性质的构造(朱英, 1989)。

众所周知, 区域重力异常是地表以下物质密度不均匀性的综合反应。根据重力资料, 天山地区东西两段有明显的差异, 其界线仍在乌鲁木齐—库尔勒一线。西天山布格重力异常一般在 -250 mgal, 局部高达 -300 mgal, 而东天山一般为 -150 mgal 左右, 东西相差 100 mgal 以上。在卫星磁异常图上, 西天山为正 2.0 nT, 而东天山为 $2.0 \sim 4.0$ nT。根据卫星磁异常图换算的上地幔莫霍面等深度图, 西天山地壳厚度可达 50 km 以上, 最深可达 60 km, 而东天山地壳厚度为 45 km, 东西天山地壳厚度由 45 km 递变到 50 km, 两者相差达 5 km 以上。根据天然地震资料, 在依奇克里克地震台下求得的地壳厚度可达 60 km, 拜城、库尔勒等地的地壳厚度已接近 60 km。根据最新资料, 塔里木盆地沿温宿—库尔勒一线向北, 重力异常值向北东方向从 -200 mgal 减少至 -300 mgal 左右, 梯度值最窄达到 -1.2 mgal/km, 最宽处达到 1 mgal/km。库车盆地已发现的依奇克里克油田正处于天山与塔里木盆地之间的布格重力梯度带上, 梯度值为 1.2 mgal/km; 梯度带北部重力低, 重力值为 -270 mgal, 而梯度带南部(库车)以南达 -200 mgal。区域布格资料表明, 库车盆地深部构造为塔里木地幔隆起区向天山地幔拗陷区的过渡带, 利用布格重力资料初步计算莫霍面埋深可达 50 km 以上, 向天山方向莫霍面埋藏深度增大, 向南侧则减小。布格重力异常图反映了塔里木盆地北缘库车盆地深部构造形态为塔里木板块向天山方向变深的弯曲形态, 因此布格重力异常也被广泛用来研究大陆碰撞作用产生的岩石圈挠曲, 揭示造山带和挠曲前陆盆地的深部构造(Kamer & Watts, 1983; Lyon & Molnar, 1985)。横穿造山带和挤压盆地的重力异常, 显示出在挤压盆地上方重力异常明显比造山带和前陆重力异常要低(Steckler, 1978)。喜马拉雅山、安第斯山和比利牛斯山、阿尔卑斯山等造山带与相邻前陆盆地局部重力达到均衡。如在喜马拉雅山前陆盆地为负 100 mgal 均衡异常, 表明该区存在质量亏损; 相反, 在造山带为正的均衡异常, 常常超过 $+100$ mgal, 表明造山带存在质量过剩(Angevine, 1983)。Burov 等(1990)发现天山造山带出现明显重力亏损, 而与均衡模式有一定的差距, 说明了库车盆地具有挤压挠曲性质。

首次完成的穿越天山连接塔里木、准噶尔盆地的大地电磁测深区域剖面表明, 在塔里木盆地与南天山之间存在宽达 30 km 的挤压破碎带。电性反映岩石破碎带由多条断裂组成, 在 30 km 深度范围内, 电阻有时高达 $5000 \sim 10000 \Omega$, 这种现象被解释为深变质岩与岩体的综合反映(贾润胥, 1992)。电磁测深表明, 南天山有 10 km 厚沉积体存在, 中天山 30 km 深度范围由古老变质岩和岩体组成的高阻体; 库车盆地为一不对称的挠曲盆地, 靠近南天山厚度大, 向塔北隆起方向厚度明显减薄。

构造演化分析表明, 库车盆地在古生代位于塔里木板内北缘, 与塔里木盆地具有共同

的古生界、震旦系盖层及前寒武纪结晶基底，而且与南天山造山带演化是一致的。古生代，塔里木北缘——南天山是一个稳定被动大陆边缘沉积环境，包括库车盆地在内当时属于被动陆缘的一个组成部分，该被动陆缘南部靠稳定区面向（北部）洋盆。在被动大陆边缘上沉积了一套北厚南薄的沉积楔形体，如塔里木柯坪地区志留系为稳定陆源碎屑沉积，沉积厚度小，厚几百米，而南天山地区志留系为类复理石建造组成的碎屑岩和碳酸盐岩、火山岩，沉积厚度达万米，虽然后来的造山事件掩盖了这一特征，但是原始沉积体系未被破坏，因此作者认为库车盆地中生界之下应该残留有古生界，无须质疑，库车盆地古生界之下也存在有前寒武纪基底，该基底和塔北隆起出露的前寒武纪基底是相同的，这与丁道桂等(1990)根据地震资料解释是一致的。作者认为，库车盆地基底泛指三叠系之下由古生界、元古宇、太古宇组成的统一基底，库车盆地是在此基础上发育的中新生代地质构造单元。盆地沉积物为一套陆相碎屑沉积，这些沉积物由天山造山带因隆升而被剥蚀下来的碎屑物组成，它记录了天山造山带岩石出露和剥蚀历史。

前陆挤压盆地主要是力学性质的盆地，由造山带前缘的岩石圈拗陷和造山带载荷作用控制。盆地形状直接反映岩石圈刚度，即前陆盆地宽度和深度是岩石圈刚度和岩石圈热力学状态的函数。宽、浅前陆盆地发育在厚、冷岩石圈之上，而深、窄前陆盆地发育在更薄、更热岩石圈之上，也就是说挠曲的波长取决于岩石圈的热年龄。喜马拉雅山恒河前渊位于印度板块太古界岩石圈之上，出现的长波长弯曲；而瑞士平原前渊则在海西岩石圈上，出现的是短波长弯曲。Watson (1987) 认为天山北部的准噶尔盆地是一个短波长、深沉积中心，而天山南部的塔里木盆地是长波长的沉积中心。近年来 McNutt 等 (1988) 研究表明：俯冲板块的倾角、造山带前缘的弯曲度、造山带长度都取决于岩石圈的挠曲刚度；弹性板的厚度和造山带冲断平面上地表弯曲度之间存在明显的关系，即造山带弯曲度越大、弹性厚度越低，剖面上挠曲板弯曲度越高、倾角越大，刚度就弱，产生较短的冲断席体，并且对较长冲断层缺少整体上的连续性 (Fleming、Jordan, 1989)。研究表明，板块年龄与刚度关系不大，主要与基底性质有关 (McNutt 等, 1988; Allen、Allen, 1990)。由此可以认为，塔里木板块北缘的基底性质控制了南天山冲断带长度和库车板内挠曲盆地的形态，从而最终控制盆地的沉积、造山带剥蚀和隆升及其演化。

第四节 库车盆地类型

对大多数沉积盆地，现在我们能够用以下三个准则进行分类：盆地所处的地壳类型；盆地相对于板块边缘的位置；在盆地处于板块边缘附近的情况下，沉积作用进行过程中所发生的板块相互作用类型。板块构造理论已经证明，所有这三类参数都能够随时间而发生变化；因此，Miall (1990) 认为除非能够把整个大地构造历史阐明清楚，并把一个盆地都安放在准确无误的板块演化格局位置上，否则没有一种盆地分类与解释是有意义的。由于库车盆地所处的构造位置，许多研究者认为库车盆地为前陆盆地，因此我们认为有必要把前陆盆地的概念及其特征和库车盆地的地质特点进行对比分析。

国际上前陆盆地或前渊是指由于板块碰撞产生的冲断推覆构造加载于大陆边缘，并使大陆前缘隆升或前隆 (forebulge)，在冲断推覆体与发育前缘隆起 (forebulge) 的大陆克拉通之间的一种不对称盆地 (Beaumont, 1981)。概念上，前陆盆地与外支副地槽、边缘盆地

和前渊 (foredeep) 是相同的,也和缝合带周缘盆地 (perisutured basin)、周缘前陆盆地 (peripheral foreland basin) 和弧后前陆盆地 (retroarc foreland basin), 以及前苏联学者称之为的边缘拗陷是相同的。根据前陆盆地发育的构造环境,前陆盆地分为两类:一类是发育在大陆碰撞造山带俯冲板块上面形成的前陆盆地,称之为周缘前陆盆地;另一类是发育在岛弧——大陆碰撞造山带俯冲板块上面形成的前陆盆地,称之为弧后前陆盆地,多数研究者一般都采用这个分类方案。前陆盆地是典型的楔形沉积盆地,靠近造山带一侧沉积厚度大,向克拉通方向减薄,而且现代地震反射资料也证实了这种楔形挠曲盆地形态的存在。前陆盆地也可以是复杂形态,如卫星前陆盆地,有时前陆盆地被冲断构造分割成许多小盆地,呈背驮式盆地形态 (Orie and Friend, 1984) 出现。

库车盆地位于南天山造山带和塔里木板块之间,地壳类型为大陆壳,是由造山带(即冲断体)负载作用使塔里木大陆边缘产生岩石圈弯曲作用形成的挠曲盆地。但按照前陆盆地的定义,前陆盆地通常是指由板块碰撞作用产生的冲断席体对大陆边缘加载,并使大陆岩石圈前缘隆起,在冲断推覆体与发育前缘隆起的大陆克拉通之间的一种不对称盆地,前陆盆地中最关键因素是它的同碰撞构造特征,那么库车盆地从概念上只能是一种挤压挠曲盆地,不是真正意义上的前陆盆地。因此, Bally (1992) 认为中国不存在真正的前陆盆地,因为与板块碰撞作用形成的南天山造山带的时代为晚泥盆世—早石炭世。并且也有人认为,晚石炭世—晚二叠世磨拉石沉积代表碰撞造山作用的结束,而库车盆地发育于中生代,与板块碰撞作用关系不大。

在古生代,塔里木盆地北缘(包括库车地区)构造演化属板块碰撞、大洋闭合、板块边缘汇聚造山作用体制,库车盆地是古生代天山造山带形成之后,即板块碰撞造山体制结束之后,区域构造演化已转入中生代板内造山作用体制,在中生代才发育形成的挤压挠曲盆地。盆地形成时间上不与其相邻的缝合带直接相连,在时间上又不与同时期碰撞带相邻。作者对比了世界上大部分前陆盆地及其造山带形成类型,从中可以看出,世界上大部分前陆盆地都是与板块碰撞作用相关的,而库车盆地是在天山板内造山带急剧隆升扩展、冲断席体对塔里木板块的构造负荷引起岩石圈弯曲的背景下形成的,其成因类型与卡拉库姆盆地相类似。但是卡拉库姆盆地的地壳类型不是大陆壳。库车盆地属于何种类型?它即不属于 Ingersoll (1988) 的沉积盆地的构造类型的任何一种,也不能简单用 Dickison (1974) 的分类来阐明其性质。作者经研究认为,根据天山板内造山作用类型和盆地沉积相的特征,库车盆地应属于板内挤压挠曲盆地,而有别于世界上其它类型的前陆盆地。它与美国的风河 (Wind) 盆地和绿河 (Green) 盆地也不相同,这两个盆地相邻的不是造山带,而是基岩隆起。落基山前陆内基底拆离作用及伴生冲断席体上升的构造负荷作用形成的挠曲盆地——风河 (Wind River) 盆地和绿河 (Green River) 盆地,是 Wichita 隆升相伴的挠曲盆地 (Steckler, 1978); 这种类型的盆地为在克拉通岩石圈挠曲作用产生类似前陆盆地的类型,但这种类型盆地并不与造山带相邻。由此看来,库车盆地具有独特的形成机制,可以归属于挤压盆地大类型之内,应该说是挤压盆地分类中的一个尚需补充类型。而且库车盆地在中生代演化过程中,板块相互作用类型差别不大,因此这种盆地分类是有意义的。

自从 Price (1970) 提出前陆盆地与造山带构造关系以来,许多学者根据盆地内的沉积相来探讨板块碰撞导致造山带隆升、剥蚀和前陆盆地沉降之间的构造演化关系,并提出许

多前陆盆地成因模式，这些成因模式主要根据挠曲前陆岩石圈性质来进行归纳的，主要可分为两类：弹性模式（Jordan, 1981; Heller, 1988; Heller 等, 1986; Fleming、Jordan, 1989, 1990; McNutt 等, 1988）和粘弹性模式（Beaumont, 1981; Tankard, 1986）。在弹性模式中，造山带冲断负载使前陆岩石圈发生挠曲，形成靠近冲断裂最厚的沉积楔形体，该沉积楔形体在冲断裂远端超覆在盆地边缘。靠近造山带的盆地边部，沉积体系的边缘相体积最大，其碎屑物质来源于造山带的冲断带。在盆地近前隆处也有较窄的碎屑沉积相带，来源于上升的前隆。变形作用停止后，造山带继续遭受剥蚀而发生均衡补偿作用，从而导致造山带均衡隆升，靠近冲断带盆地近源端物质堆积减少，在底部由于抬升剥蚀，形成不整合，此时沉积物总体形态为透镜状。尽管沉积物补给较少，但盆地不断变宽，沉积物连续进积；如果冲断带重新活动，其前缘的沉积体由宽缓的透镜状转变为近冲断带处快速沉积和堆积，负载向冲断带集中，并使前隆向冲断带迁移，同时迁移的前隆遭受剥蚀使地层上升（Heller 等, 1988）。Sinclair 等（1991）根据弹性模式用数值模拟了前陆盆地沉积与造山带楔形体剥蚀、上升之间演化关系。

与弹性模式相反，Quinlan、Beaumont（1984）、Beaumont（1981）和 Beaumont 等（1988）认为岩石圈应力松弛是前陆盆地沉积相、前隆迁移主要控制因素，提出岩石圈粘弹性流变模式，同时用此模式解释了阿巴拉契亚山前陆盆地的演化过程。Tankard（1986a, 1986b）对比阿巴拉契亚山和科迪勒拉前陆盆地的构造-沉积演化，提出在冲断载荷期间，岩石圈是刚性的，形成的前陆盆地呈较宽、较浅的几何形态，冲断带和前隆之间距离较大；构造平静期，岩石圈松弛造成与冲断带相邻盆地沉降，前隆向冲断带迁移，盆地加深，沉积一些细粒沉积物；在以后的冲断构造事件，岩石圈再次显示刚性，前隆向前迁移，因此岩石圈流变性质不同会导致根据前陆盆地沉积和前隆迁移来推断造山带构造活动史而存在相应差异的事实，并且这个差异可由造山带中的构造运动对前陆盆地演化的控制作用来区分。沉积序列上，库车板内挠曲盆地与典型前陆盆地沉积序列也有明显不同。库车板内挠曲盆地沉积特征为典型的板内盆地，主要为河湖相陆相碎屑岩沉积。而典型的前陆盆地是板块（或地体）碰撞、增生导致在原有被动边缘上由冲断作用造成的岩石圈弯曲形成的盆地（Stockmal、Beaumont, 1986）。在早期碰撞增生期，冲断增生楔开始沿大陆斜坡和陆隆增生，这种早期冲断作用阶段导致异地冲断楔的构造增厚作用。与岩石圈加载作用相反，载荷作用则造成岩石圈向下均衡弯曲，在载荷附近前陆沉降形成前陆盆地，类似于梁的弯曲，并在前陆盆地的向克拉通方向发育周缘隆起（peripheral forebulge）。当构造载荷向克拉通边缘增生时，周缘隆起和前陆盆地均向克拉通方向迁移。周缘隆起幅度一般小于 350m（Cant、Stockmal, 1989）。因此，早期前陆是浅水位置，为被动边缘沉积，由前隆迁移造成的抬升可能导致在首次前陆盆地沉积下伏并发育底界（basal）不整合，在此阶段冲断楔形成的地势多数在水下，主要原因是冲断作用发生在深水的大陆隆上。如果大陆边缘下的岩石圈在早期裂谷作用下发生热挠动，那么岩石圈可能较弱，不能支持很大的弯曲应力，结果冲断带地貌高差很小，这些条件总体效果是地势很低，盆地中沉积物量小，主要是深水条件下的沉积物，如在阿尔卑斯前陆盆地，这个阶段主要对应于复理石，同变形的浊积相。在碰撞晚期，构造增厚作用在海平面之上产生很高的地貌，造成沉积速率的增加，并使前陆盆地充填到海平面以上。在经典的阿尔卑斯前陆盆地中，这个阶段对应于磨拉石沉积阶段，以及同变形和变形后浅海到陆相沉积物，类似的例子为台湾西部前陆盆地

(Covey, 1986)。当汇聚作用停止, 冲断作用造成岩石圈加载作用, 沉积载荷产生的前陆沉降也停止, 周缘隆起由于岩石圈弯曲应力松弛结果发生后退。当造山带经受剥蚀, 减少了岩石圈上载荷, 盆地经历区域性隆升和反弹, 因而在前陆盆地地层顶部形成区域不整合。对许多前陆盆地而言, 早期前陆盆地沉积物多为细粒深水沉积, 包括类复理石海相沉积、靠近正在上升的造山带的次深海相扇沉积、以及克拉通台地附近的浅海(三角洲相)沉积或河流三角洲沉积, 盆地处于欠补偿状态(underfilled)。晚期前陆盆地沉积物主要为浅水沉积, 盆地处于过补偿状态(Overfilled), 许多沉积物流出盆地(Covey, 1986)。如台湾西部前陆盆地从早期到晚期经历了近海环境、浅海环境、三角洲以及河流环境的变迁(Covey, 1986)。有的前陆盆地早期深水沉积阶段具有巨厚的复理石(浊流)沉积; 也有的前陆盆地缺少早期的深水沉积, 只有浅水沉积。有的前陆盆地沉积早期发育向上变深沉积序列, 晚期发育向上变浅的沉积序列, 如阿巴拉契亚弗吉尼亚中奥陶世发育的前陆盆地就是这种类型(Quilian、Beaumont, 1984)。

库车盆地沉积物为一套陆相碎屑沉积, 这些沉积物是天山造山带因隆升而被剥蚀的产物。库车盆地和塔里木北部地区在早侏罗世以前, 属于连续统一的盆地基底发育时期。侏罗纪初的大面积夷平、沼泽成煤环境之后, 天山板内造山带受特提斯域构造演化影响下, 强烈上升, 在塔北地区和库车盆地堆积了巨厚的陆相碎屑沉积物。塔里木地区(含库车盆地)分为两大构造演化阶段: 早侏罗世前, 为该区连续沉积发育和塔里木盆地基底发育时期; 早侏罗世至现在, 该区为塔里木盆地充填、变形阶段, 并且中新世塔里木地区为统一成盆阶段。在地震剖面上, 明显看到侏罗纪反射层广泛削蚀在早侏罗世前不同时代的反射层之上, 即早侏罗世是塔里木盆地演化的一个最主要分界线。库车盆地出露的中新生代地层都为非海相陆源碎屑沉积。三叠、侏罗纪地层厚度最大在库车河, 在库车盆地西部缺失七克台组以上层系, 东部缺失俄霍布拉克组及克拉玛依组, 库尔楚一带仅沉积黄山街组及残余侏罗系中下统地层, 白垩系地层沉积范围明显减小, 到第三纪沉积范围又增大。

由于国际上的新理论和新方法在盆地油气地质研究上的应用, 近十年来对库车盆地的研究取得了长足的进展。如对盆地的性质则有以下一些认识: 周朝济等(1980)认为库车盆地中生代为断陷盆地, 新生代为挤压山前盆地; 李德生(1982)认为该盆地为中新世山前拗陷; 贾承造(1992)认为库车盆地在三叠纪为一前陆盆地, 侏罗纪为陆内拗陷盆地, 白垩纪-第三纪为复合前陆盆地; 卢华复等(1996)提出库车盆地为再生前陆盆地; Graham等(1993)根据盆地历史和构造环境的综合分析, 认为塔里木北缘中生代为弧后盆地, 新生代则为碰撞继承盆地。我们则认为, 中国西部造山带和盆地相嵌的构造格局是新生代已拼合固结的中亚大陆受特提斯域构造演化影响, 天山造山带重新活动造成在造山带边缘发育的库车盆地, 从而与典型前陆盆地发育的构造环境明显不同。陈发景等(1992)称之为类前陆盆地, 更准确地说应为陆内挠曲盆地(杨庚等, 1995)。由于盆地内构造变形较为强烈, 这种特点制约了对库车盆地构造演化、油气聚集规律和油气田分布特点的认识, 分析这些盆地, 尤其是库车盆地的构造特征, 对于我国西部地区的油气勘探具有重要的指导意义。就库车盆地构造演化方面来讲, 库车盆地和塔里木北部地区在早侏罗世以前, 属于连续统一盆地基底发育时期。在侏罗纪初的大面积夷平、沼泽成煤环境之后, 中新世天山造山带(我们称之为天山板内造山带)受特提斯域构造演化影响而强烈上升, 在塔北地区和库车盆地堆积了巨厚陆相碎屑沉积物。塔里木地区(含库车盆地)

可分为两大构造演化阶段：早侏罗世前，为该区连续沉积发育、塔里木盆地基底发育时期；早侏罗世至现在，该区为塔里木盆地充填、变形阶段，中新世为塔里木地区统一成盆阶段。在地震剖面上，明显看到侏罗纪反射层广泛削蚀在早侏罗世前不同时代的反射层之上，即早侏罗世是塔里木盆地演化的一个最主要分界线。

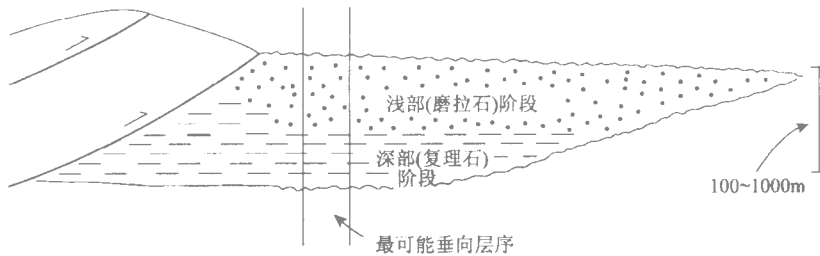


图 1-3 理想前陆盆地充填层序及最可能垂向层序，楔形体主要由上下不整合组成，表示向上变迁的特点
(据 Cant 和 Stockmal, 1989)

Figure 1-3 Filling sequence and the most likely vertical sequence in the ideal foreland basin. The wedged-shape is mainly composed of the upper and lower unconformity, indicating upward coarsening
(After Cant and Stockmal, 1989)

图 1-3 为总结碰撞事件下形成的理想前陆盆地充填层序。从图中可以看出，典型前陆盆地充填序列为：早期为深水复理石充填，晚期为浅水磨拉石充填。而库车板内挠曲盆地则不同，充填为河湖相陆相碎屑岩。虽然两者都属挤压盆地，但沉积物充填和造山带类型均不一样，因此不能把两者等同看待。由于两者成因类型相似性，因而可借助于前陆盆地研究成果来进行库车板内挠曲盆地研究，中国西部大部分挤压盆地（陈发景等，1992）都应属于这一类型，详细研究这类盆地沉积、构造及其形成机制，以及与造山带相邻盆地相互作用方式的探讨，对中国西部油气勘探和板内造山理论的完善均具有非常重要的意义。

第二章 库车挠曲盆地沉积与天山造山带剥蚀

前陆挤压盆地和冲断构造带成因上相联系,共同记录了造山作用过程,因此, Dewey 等(1986)把前陆挤压盆地划归为碰撞造山带的一个基本构造单元。前陆盆地邻近造山带,在造山带和前陆地台之间,其发育主要是由于造山带构造负荷作用引起的岩石圈挠曲响应,山脉上升、盆地下沉。前陆盆地充填的沉积物主要由来自造山带隆升剥蚀下来的碎屑物组成,这些碎屑物记录了造山带活动史的基本信息。尤其是前陆盆地中沉积的陆源砾岩成分、砂岩成分、沉积相和古水流方向的变化提供了造山带活动的地质证据。

第一节 中生代库车盆地沉积特征

晚二叠世磨拉石出现,表明塔里木板块和哈萨克斯坦板块已经碰撞缝合在一起,结束了塔里木板块北缘被动大陆边缘的演化历史,形成了古生代天山造山带。中生代天山造山带因受特提斯构造演化影响而重新活动对塔里木板块进行构造加载在天山陆内板内造山带前缘形成一个不对称的挤压挠曲盆地——库车陆内挠曲盆地(图 1-2)。库车盆地沉积了一套陆相碎屑沉积,多数沉积物为天山造山带因隆升而被剥蚀下来的碎屑物组成。由于天山造山带与库车盆地是一个封闭的沉积系统,在造山带剥蚀与盆地沉积平衡体系中,研究库车盆地沉积物可以了解天山陆内造山带岩石出露和剥蚀的历史。在挤压盆地向克拉通方向,由于岩石圈拱起造成的前隆(forebulge),也可以提供少部分挤压盆地的物源。这个前隆即塔北隆起,南侧的满加尔盆地也受塔北隆起的控制,它是一个拗陷盆地,其沉积相演化主要受塔北隆起控制。库车盆地是一个不对称挠曲沉降盆地,靠近造山带沉积厚度大,向塔里木板块方向沉积厚度减小(贾承造等,1992; Watson, 1987; 贾润胥,1992; 陈发景等,1992)。整个中生代库车盆地沉积地层厚度变化趋势都符合这一变化规律,沉积地层形状为楔形体,该楔形体的形态决定了后期库车盆地冲断构造变形样式及天山造山带隆升扩展方式,也控制了更晚期与造山带相关的库车盆地沉积变形。

一、库车盆地北缘上二叠统沉积特征

南天山山前库车陆内挠曲盆地北缘保存的晚古生代末碰撞结束的磨拉石沉积,主要为晚二叠世比尤勒包谷孜群山麓河流相粗碎屑岩,该组地层超覆在中石炭世虎拉山组灰岩地层之上,或不整合在下二叠统小提立克组火山岩之上。早二叠世玄武岩 K-Ar 绝对年龄为 241~278 Ma(贾承造等,1992),单颗粒 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法测得火山岩年龄为 (282 ± 2) Ma(Hendrix 等,1992)。上二叠统比尤勒包谷孜群分布在比尤勒包谷干沟、俄霍布拉克、卡拉苏河、舒善沟、卡普沙良河等地,其中以比尤勒包谷孜干沟出露较全,含较丰富的植物及双壳类化石。比尤勒包谷孜群以相碎屑沉积为主,下部为灰色、紫红色厚层砾岩及少量泥质粉砂岩夹砂砾岩,厚度为 73.1 m;中上部常以灰绿色厚层—巨厚层状砾岩、砂砾岩

与紫红色、暗灰色泥质粉砂岩、粉砂质泥岩互层，夹钙质粉砂岩，厚 250 m。向西在克拉苏河一带，变为砖红色、紫红色粗碎屑岩。在比尤勒包谷孜干沟，晚二叠世砾石成分以大量黑色硅质岩为主，其次有火山岩、石英等砾石，古水流方向表明源区来自天山造山带。但从其沉积相可以看出，每一沉积旋回的下部属河流沉积的砂岩，中部发育河流边滩—堤岸沉积的粉砂岩、泥岩沉积，该组最顶部发育一套以泥岩沉积为主的细碎屑岩，为堤岸沉积或沼泽沉积。该期的沉积体系由几个沉积旋回组成，说明河流经过几次周期性的变化，而每一次变化都不大，反映了天山造山带在晚二叠世构造活动的稳定性。由沉积相推测当时天山地势北高南低，发育坡度较大的曲流河，从沉积厚度图的变化可以看出，晚二叠世地层的沉积中心在比尤勒包谷孜—俄霍布拉克一带。

晚二叠世末期，天山造山带急剧隆升，山前发生挠曲下陷，形成库车挤压挠曲盆地；从此进入陆内盆地发育阶段，从早三叠世开始到第四纪是库车盆地的主要发展阶段。

二、库车挠曲盆地中生代沉积相特征

库车陆内挠曲盆地中生代地层出露齐全，岩性特征明显，是塔里木盆地北缘沉积相研究的一个典型地区，近年来取得很大进展（张义民，1986；李宇昌，1984；高兴辰，1985；Hendrix 等，1992；杨秀燃等，1992）。这些研究结果表明，库车盆地中生代地层主要是河湖相沉积物，邻近造山带最大厚度可达 10 km，向塔里木盆地中央减薄。中生代，库车盆地经历了拗陷—充填—变浅加宽—拗陷—充填到中新世末期的挤压变形作用等 4 个构造—沉积演化阶段。库车盆地为典型的陆内挠曲盆地，其沉积相的变化（见表 2-1）受天山造山带构造活动和古气候影响。

三、库车挠曲盆地中生代沉积物迁移方向——古流向分析

挤压挠曲盆地的古流向一般是纵向的，沉积物来源于造山带，沿盆地弯曲方向迁移。虽然挠曲盆地总体上是具二维方向的不对称性，但沿走向沉积源区的变化对沉积物迁移方

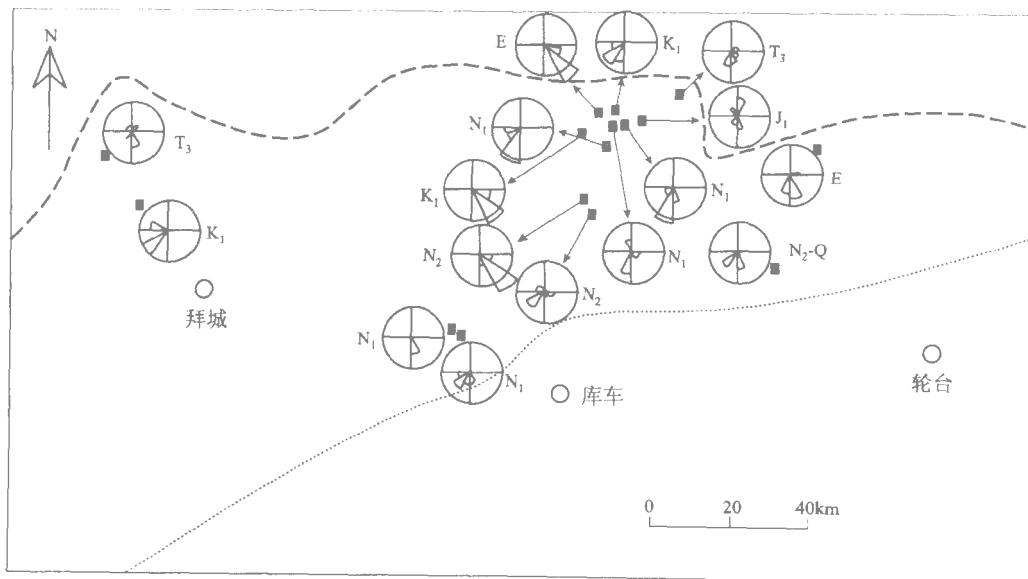


图 2-1 库车陆内挠曲盆地中生代地层古水流方向

Figure 2-1 Paleocurrent direction of the Mesozoic-Cenozoic strata in the Kuche intracontinental flexural basin

表 2-1 库车陆内挠曲盆地地层系统、岩性岩相特征、天山隆升、青藏高原地体增生事件

界	地层系统		岩性描述	岩相特征	天山构造活动	青藏高原地体增生事件	
	系	组					
新生界	第四系	更新统	西域组 Q_1x	灰棕, 灰色砾岩、砂岩、类砂质泥岩, 厚 1300 ~ 200 m	冲积扇相	构造活动强烈, 形成库车盆地冲断构造带	4 ~ 2 Ma 喜马拉雅前陆盆地形成冲断构造; 17 ~ 10 Ma 山体快速隆升, 强烈侵蚀, 构造活动强烈; 20 Ma 主中央逆断层 (MCT) 活动
		新近系	上新统	库车组 N_2k	盆地边缘棕褐色砾岩, 向盆地中心渐变为砾状砂岩、粉砂岩、泥岩, 厚 1247 ~ 1678 m		
	中新统		康村组 N_1k	橙黄色钙质砂岩、泥岩、砾岩、灰岩, 厚 660 m, 盆地边缘缺失	河流相		
			吉迪克组 N_1j	盆地边缘红色砂岩、泥岩夹砾岩, 向盆地中心渐变为泥岩	盆地边缘冲积扇相, 盆内大部分深湖相	构造活动强烈时期 (40 Ma - 现在)	
	古近系	渐新统	苏维依组 (E_3-N_1) s	盆地边缘为褐红色砾岩, 盆地内为棕红色泥岩	盆地边缘冲积扇相, 盆内大部分深湖相		剥蚀
		古始新统	库姆格列木组 (E_k)	盆地边缘为褐红色砾岩、砂岩, 盆地内为棕红、灰绿、咖啡色泥岩、砂岩夹灰岩, 底部为砾岩, 厚 177 ~ 592 m	盆地边缘冲积扇相, 盆内大部分深湖相, 底部为河流相		
中生界	白垩系	上统	巴什基奇克组 K_2b	上部粉红、咖啡色泥岩、砂质泥岩、下部浅棕、淡紫、紫红色砾岩, 厚 68 m	湖相	剥蚀	冈底斯地体与拉萨地体碰撞
			巴西改组 K_1b	粉红、棕红、褐棕色泥岩、粉砂岩, 下部为泥岩夹砂岩, 厚 217 m	氧化宽浅湖相		
		下统	舒善河组 K_1sh	棕红、褐棕色泥岩、粉砂岩夹细砂岩, 厚度大, 最厚 1048 m, 平均厚 440 m	氧化宽浅湖相	构造活动强烈时期 (130 ~ 80 Ma)	
			亚格列木组 K_1y	灰紫、棕褐色砾岩、砂砾岩及砂岩, 局部夹泥岩, 厚 79 ~ 133 m	河流相		
	侏罗系	上统	喀拉扎组 J_3k	灰棕、红棕、紫红色砾岩及砂岩为主, 局部夹泥岩, 岩石中泥质含量高。分布局限, 厚度变化大, 厚 74 ~ 300 m	河流相	剥蚀	拉萨地体与羌塘地体碰撞 ($J_2 \sim J_3$)
			齐古组 J_3q	棕红、紫红色泥岩及粉砂岩, 厚 208 ~ 260 m	浅湖相		
		中统	恰克马克组 J_2q	杂色泥岩、页岩、粉砂岩夹砂岩, 厚 82 ~ 125 m	深湖相、半深湖相	构造活动强烈时期 (165 ~ 60 Ma)	
			克孜勒努尔组 J_2k	灰绿、深灰色砂岩与泥岩、页岩及炭质页岩互层, 厚 805 ~ 840 m	扇三角洲相, 河流—沼泽相		
		下统	阳霞组 J_1y	灰绿、深灰、灰黄色细砾岩、砂砾岩、砾岩为主, 夹泥岩、页岩, 厚 332 m	河流相	剥蚀	
			阿合组 J_1a	浅灰色细砾岩、含砾砂岩及砂岩, 厚 450 m	河流相		
三叠系	上统	塔里奇克组 T_1t	灰黄、灰黑色、深灰色泥岩、粉砂岩、页岩, 厚 205 ~ 486 m	三角洲相	隆升	羌塘地体与巴颜喀拉地体碰撞 (T_3)	
		黄山街组 T_3h	灰黄、灰绿色、深灰色砂岩、粉砂岩、泥岩, 厚 170 ~ 467 m	深湖相			
	中统	克拉玛依组 K_2k	灰黄色、灰色砾岩、砂岩, 绿色粉砂岩、泥岩, 顶部深灰色、灰色泥岩, 厚 283 ~ 772 m	深湖相	构造活动强烈时期 (225 ~ 200 Ma)	巴颜喀拉地体与南昆仑山碰撞拼合 (T_2)	
		下统	俄霍布拉克组 T_1eh	紫红色、灰棕、灰褐色、灰黄色及黄绿色砂砾岩及砂岩, 厚 346 ~ 519 m			冲积扇相

向影响比较明显。Hendrix 等 (1992)、何开华 (1986) 已使用各种方法建立起库车陆内挠曲盆地中生代地层沉积的古流向, 但主要工作集中在中生代和少部分新生代, 笔者在野外测量了砂岩层的斜层理、砾岩层的叠瓦状砾石参数, 重点在新生代地层。一般在每个测量点上测量 20~30 个相关数据, 最后通过赤平投影方法消除地层倾角的影响, 恢复了其原始古水流方位 (图 2-1)。

在库车陆内挠曲盆地中新世代地层中, 总共测量了 16 个具有代表古流向沉积构造的产状点, 这些测量点主要位于库车河东西两侧附近。通过研究, 并结合该区已有古流向资料和准噶尔盆地古流向分析 (Hendrix 等, 1992; 杨秀然等, 1992; 金若谷, 1985), 说明天山造山带在整个中新世代一直是正地形, 向两侧盆地提供物源。沉积相资料和古流向证据表明, 库车盆地中新世代地层保存的古流向主要为: 由北而南的横向古水流和盆地东西两侧向盆地中心方向 (库车) 汇聚的古水流; 这种汇聚古流向反映库车附近, 盆地主要沉积中心的轴向移动。从造山带排水的横向河流组成的轴向盆地流域系是挤压盆地的一个普遍特征来看, 沉积物来源于造山带的褶皱冲断带。

第二节 盆地演化阶段划分

库车陆内挠曲盆地中聚集的地层, 代表从缩短的天山造山带迁移到地势较低区的物质面貌。众所周知, 沉积相展布及随时间变化是盆地沉积地层主要特征, 而沉积相变化主要受构造、源区岩性、剥蚀基准面、古气候等条件影响, 但起主导因素是构造活动的强烈程度。由于沉积物补充到沉积盆地边缘速率是造山带隆升速率, 即剥蚀速率和物质迁移速率的总和 (Watson 等, 1987), 因此, 根据沉积相变化来推断构造活动时间不是准确对应, 常比变形时间稍晚 (Jordan、Flemings, 1990), 但在地质时间尺度上, 这个延迟时间可以忽略。

库车陆内挠曲盆地沉积作用和拗陷形态明显受天山造山带构造活动作用的控制, 在紧邻天山南麓边缘库车盆地沉积了巨厚的河湖相为主的陆源碎屑沉积物。表 2-1 把库车挠曲盆地沉积演化和天山造山带构造活动、青藏高原地体增生 (即特提斯碰撞关闭) 联系在一起, 从库车盆地沉积相组合和空间展布可以看出, 每期强烈构造活动均造成盆地边缘发育冲积扇, 盆地中心发育半深湖—深湖相沉积物, 相带分布狭窄, 冲积扇仅限制在盆地边缘, 盆地内大部分地区沉积了湖相细碎屑岩, 相比而言粗碎屑沉积仅占很少部分; 而在构造活动和缓时期, 盆地内发育面积广泛的河流相粗碎屑沉积——砾岩、砂岩, 表明盆地趋于消亡。根据沉积相变化、盆地沉降幅度、构造活动强度可以把库车盆地构造演化划分为 4 个阶段: ① 早三叠世到早侏罗世同构造沉积阶段; ② 中侏罗世到早白垩世早期同构造沉积阶段; ③ 早白垩世早期—渐新世同构造沉积阶段; ④ 渐新世到第四纪同构造变形阶段和冲断构造发育期。每个构造演化阶段均以强烈构造挤压活动开始到构造挤压和缓结束为标志, 而且每个构造演化阶段均有其不同的特征。根据同位素资料 (包括笔者裂变径迹年龄, 见第四章), 天山构造活动强烈时期主要有: 225~200 Ma、165~160 Ma、90~30 Ma 和 40 Ma~现在, 分别相当于三叠纪中晚期、中侏罗世末和早白垩世晚期、渐新世、第四纪; 盆地内中生代构造变动, 可很好地同步反映天山造山带构造挤压和盆地沉降的同时性, 并与青藏高原地体增生时代相吻合。

一、早三叠世—早侏罗世同构造沉积阶段

早三叠世是库车陆内挠曲盆地开始发育的起始时间，由于天山造造成库车盆地沉降加快，在造山带前缘形成同构造活动的冲积扇。库车盆地发育的三叠系上统俄霍布拉克组由两个沉积环境完全相同的冲积扇旋回沉积物组成，在横向上为若干个相邻冲积扇体所组成，构成了该期的冲积扇群。第一个扇体的下部岩性为紫灰色、灰白色砾岩所组成，砾石成分主要为石英、硅质岩，约占砾石总量的 85%，次为第二旋回沉积的灰绿色砂岩、紫红色砂岩、大理岩（砾石成分与上述相同，约占 85%）。砾石分选较差，为次滚圆状—次棱角状，最大砾石直径为 25 cm，一般 1~3 cm。基质中以砂级颗粒为主，亦含少量泥质，砾岩层之上为灰绿色砂岩、细砂岩组成的扇体前缘——扇端沉积。在扇端之上为灰绿色、灰红色粗粒岩屑石英砂岩、粗粒岩屑砂岩，发育平行层理、交错层理，这套灰红色粗粒碎屑岩具有扇体中部的沉积特征，即扇中相产物。

该期两个扇体沉积的总厚度达 550 m，单个扇体厚度可达 225 m。据研究 (Fraser、Decelles, 1992; Heward, 1978) 在冲断构造体制环境下形成 250~350 m 厚的冲积扇需要时间为 $1 \times 10^5 \sim 2 \times 10^5$ 年，而形成等厚的古代冲积扇可能需要 $0.5 \times 10^6 \sim 1 \times 10^6$ 年 (Heward, 1978)。据此可以认为形成俄霍布拉克组 550 m 厚的冲积扇约需 2×10^6 年，但据 Haq 和 Van (1987) 早三叠世时间间隔为 4×10^6 年，这可能反映该冲积扇厚度未考虑压实影响；或者可能反映俄霍布拉克组为早三叠世晚期形成，因为下三叠统和下二叠统是平行不整合接触。

Fraser (1992) 认为，沉积 250~350 m 的冲积扇至少要剥蚀 60~140 m 厚物质，才能充填到体积为 15~30 km³ 的整个盆地中。如果不考虑横向分布物质，在整个俄霍布拉克组沉积期间，天山至少要剥蚀 120~280 m 厚物质。据计算 (Ibbecken、Schleyer, 1981)，形成的单个冲积扇半径只有 3~4 km、扇体面积 15~30 km²、汇水盆地面积为 15~30 km² 的话，那么据此可粗略估计早三叠世南天山造山带剥蚀速率达 0.06~0.14 mm/a (按 2 Ma 计算) 沉积物堆积速率为 0.225 mm/a。有限的资料分析表明，逆冲带的隆升速率和前陆盆地中沉积物聚集速率 (为补充到盆地沉积物和盆地空间产生速率的函数) 总体上是平衡的。例如，冲断带的隆升速率范围 0.3~1.0 mm/a (Gloppen、Steel, 1980; Suppe 等, 1992)，沉积物聚集速率为 0.2~0.6 mm/a (Burbank 等, 1992)。

早三叠世冲积扇序列为扇根—扇端—扇中，出现倒置现象。造成该现象的原因可能是盆地下降速度慢，而沉积物堆积速度快，导致扇中沉积物盖在扇端沉积物之上。三叠系上统库车盆地沉积范围较小，西起塔克拉克，东止库车河，南界在拜城以北，北至南天山南缘，大致呈北东东向的条带状，北部边缘发育冲积扇；南部为湖泊沉积，相带很窄，主要以细碎屑岩沉积为主。

三叠系中统克拉玛依组和下统黄山街组为库车陆内挠曲盆地快速沉降期 (见下一章)，此时盆地沉降速度大于沉积速度，沉积了灰绿色、灰色砂岩、砾岩夹灰绿色粉砂岩及泥岩的扇三角洲相 (克拉玛依组) 和深湖相灰色泥岩、页岩及炭质页岩 (黄山街组) 沉积。中三叠世库车陆内挠曲盆地沉积范围扩大，东部越过库车河以东的依奇克里克地区，反映天山构造活动性由西向东增加，可能受天山造山带走滑作用影响，或者反映天山造山带构造作用随时间向东部逐渐增强的过程。由于库车盆地拗陷加深，加大了天山造山带与山前库车盆地的地势差，因此，库车盆地发育的深湖紧靠天山造山带，从而在包孜东克拉玛依组半深湖—深湖中发育水下冲积扇相，而且有浊流沉积，可见多个不完整的鲍玛序列组合

(高兴辰, 1985)。在野云沟地区可以观察到黄山街组厚近 40 m 深灰色纹层泥岩, 不整合超覆在元古宇结晶片岩之上。盆地内可见三叠系反射波向南超覆在塔北隆起之上的现象。由此看来, 库车陆内挠曲盆地活动下沉期与天山构造活动期是相对应的, 与塔里木板块东南巴颜喀拉地体与昆仑山地体碰撞拼合时期是相一致的。尤其是晚三叠世早期羌塘地体与巴颜喀拉地体碰撞作用对塔里木板块北部影响最大, 造成塔里木盆地内强烈的隆起和广泛的块断活动(贾承造等, 1992)。

三叠系下统塔里奇克组发育河流相沉积(高兴辰, 1985)的灰白色砾岩、砂岩, 黄绿色粉砂岩、炭质页岩, 往南局部有三角洲沉积, 此时库车盆地范围更加扩大, 大部分地区以滨、浅湖相沉积为主, 说明三叠纪晚期天山构造活动性减弱, 对库车盆地构造负荷作用减小, 有利于库车盆地发生均衡反弹, 降低天山造山带与库车盆地之间的地势差, 因而到了早侏罗世早期库车盆地大部 and 整个塔北隆起(周经才和孙丽霞, 1992)都发育有一套河流相或河漫滩一沼泽相的灰白、灰色细砾岩、砂砾岩、含砾粗砾岩、砂岩, 而且砂岩分选中等, 磨圆较好, 侧向上砂岩、砾岩分布广泛(其构造意义将在后面讨论), 古水流方向垂直造山带, 均为由北向南流动。同时, 由于气候改变, 在天山造山带南、北、西侧内部出现广泛成煤沼泽环境, 反映造山带夷平作用已达到了准平原化阶段(张良臣和吴乃元, 1985), 盆地内侏罗系底界反射波与下伏地层呈明显消截关系。这个时期河流广泛发育, 在温暖潮湿气候下形成大片成煤沼泽, 天山造山带业已停止活动。

在早三叠世到早侏罗世构造一沉积期, 包括满加尔盆地、天山北侧准噶尔盆地、吐哈盆地(Hendrix 等, 1992)沉积相均是一致的, 反映这几个盆地统一受一个构造应力场控制, 其构造力源为受塔里木板块南侧地体增生影响导致天山造山带复活, 以及天山造山带本身构造活动。此次构造活动造成天山造山带以走滑作用为主, 其运动时代为 209 Ma(李向东, 1992)。在吐鲁番、哈密盆地南缘和北缘、焉耆盆地南缘、塔里木盆地北缘、伊犁盆地两侧均有从山脉向盆地的逆冲构造, 尤其在塔里木盆地西北缘柯坪一带, 形成沿震旦系不整合面拆离的低角度薄皮构造, 造成古生界地层冲断到石炭一二叠系地层之上(柯坪一带缺失三叠系地层)(肖序常等, 1992), 这次断裂活动在塔北隆起和柯坪隆起以早侏罗世不整合形成而告终结。此外, 古地磁资料表明新疆北部三叠纪有一次明显地壳缩短(Sharps 等, 1989), 这次构造活动与 220~210 Ma 期间羌塘地体向北增生有关。

二、中侏罗世—早白垩世早期同构造沉积阶段

中一晚侏罗世, 由于塔里木板块南缘拉萨地体与羌塘地体碰撞作用, 天山造山带再次发生幕式隆升。库车盆地受天山造山带构造负荷增加作用, 拗陷幅度再次增大, 构成一个新的活动下沉期, 沉积速率明显增大, 而在塔北隆起上中、上侏罗统与下侏罗统之间发育平行不整合。在中侏罗世库车盆地活动下沉期, 克孜勒努尔组地层在包孜东地区由水下冲积扇沉积物组成; 库车河地区为网状河流相沉积, 从北到南为河流—滨湖—浅湖—半深湖相沉积。克拉苏河早侏罗世晚期阳霞组发育扇三角洲相沉积, 从下到上变迁顺序为扇端到扇中、扇根沉积(高兴辰, 1985), 反映造山带隆升加快的过程。包孜东地区中侏罗世发育的水下冲积扇, 自下而上沉积物由粗变细, 从扇根微相—扇中微相—扇端微相属退积扇体, 反映库车盆地快速下沉, 造山带构造活动性加强。到恰克马克组主要发育浅湖—半深湖相砂质泥岩和炭质页岩, 晚侏罗世齐古组则主要发育冲积平原—滨湖亚相的红色泥岩, 喀拉扎组和白垩系亚格列木组发育高能、高梯度冲积平原和河流相沉积(图 2-2)在塔北隆起白垩系