第一章　区域地质背景

1.1　区域大地构造位置

新疆阿尔泰地区系指新疆阿尔泰山区以及额尔齐斯河和乌伦古河之间的低山丘陵地带。它是我国重要的贵金属、有色金属、稀有金属和非金属矿床成矿区。诺尔特地区则位于阿尔泰北部山区，地处西伯利亚板块西南缘（肖序常等， 1992），属活动大陆边缘带的一部分，地理位置上位于卓勒特河、喀依尔特河、库额尔齐斯河和青格里河上游的高山区，长150 km，宽 10～40 km。

根据沉积建造、岩浆作用、变质作用及构造变形强度、期次、构造层位出露等特征，何国琦等（1990）将阿尔泰地区划分为 5 个构造带：北阿尔泰构造带，南阿尔泰构造带，琼库尔-阿巴宫构造带，额尔齐斯构造带，布尔津-二台构造带。诺尔特地区位于北阿尔泰构造带的东部（图 1-1）。

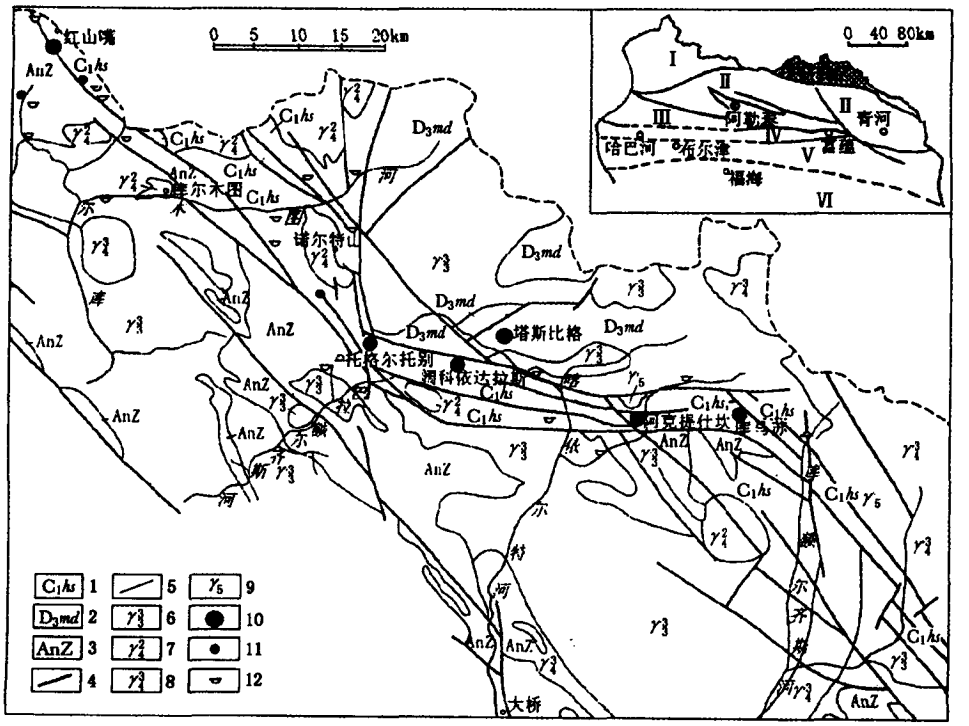

图 1-1　诺尔特地区区域地质略图

Ⅰ—北阿尔泰构造带；Ⅱ—南阿尔泰构造带；Ⅲ—琼库尔-阿巴宫构造带；Ⅳ—额尔齐斯构造带；Ⅴ—布尔津-二台构造带；1—下石炭统红山嘴组；2—上泥盆统忙代恰组；3—前震旦系库威群；4—断层；5—地质界线；6—加里东晚期花岗岩；7—华力西中期花岗岩；8—华力西晚期花岗岩；9—燕山期花岗岩；10—金、多金屑矿床；11—金、多金属矿点；12—砂金矿点

需要全本请访问 www.ertongbook.com

1.2 区域地球物理场

1.2.1 重磁异常

新疆阿尔泰及其邻区的布格重力异常显示出 4 个重力隆起区、3 个重力坳陷区和介于其间的重力梯度带。诺尔特地区属于阿尔泰重力坳陷区，以 $-200\times10^{-5}m/s^2$ 等值线圈团，最低值为 $-250\times10^{-5}m/s^2$ ，坳陷呈不规则状，长轴走向北西，构造上处于西伯利亚板块南缘。阿尔泰重力坳陷带南侧为阿尔泰南缘重力梯度带，位于额尔齐斯河一带，带长约 450 km，宽约 75 km ,梯度为 $2\times10^{-5}m/s^2\cdot km^{-1}$，此梯度带应为大断裂带的反映。重磁资料表明，诺尔特地区处于阿尔泰幔坳带上。阿尔泰幔坳呈 NW 向分布于中俄蒙边境，以 48 km 等深线圈闭，面积大于 $20\times10^4\ km^2$，莫氏面最深处约 52 km ，坳陷延伸方向与阿尔泰山脉走向一致，地壳增厚的原因是哈萨克斯坦板块向西伯利亚板块俯冲，地壳隆起均衡调整的结果。阿尔泰地区现代地壳厚度约 45～50 km（图 1-2）。

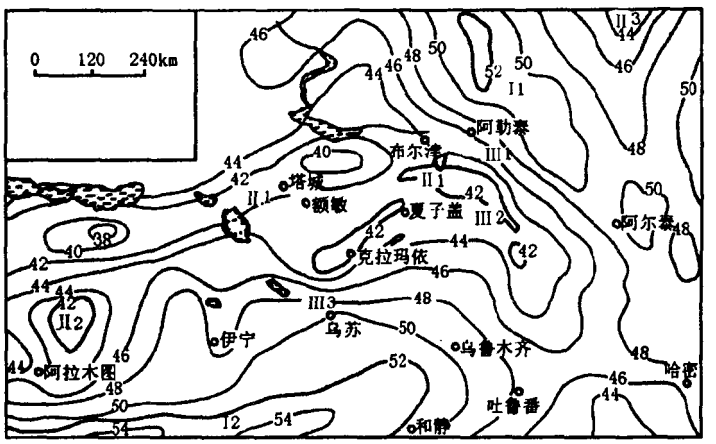

图 1-2 新疆阿尔泰及邻区莫氏面等深度线略图

（据芮行健等，1993）

Ⅰ1—阿尔泰幔坳；Ⅰ2—天山幔坳；Ⅱ1—北塔山-塔尔巴哈台-巴尔喀什湖幔梁；Ⅱ2—阿拉木图幔隆；Ⅱ3—乌布苏卓尔幔隆；Ⅲ1—阿尔泰南缘地幔坡度带；Ⅲ2—乌伦古河-塔城地幔坡度带；Ⅲ3—北天山地幔坡度带；等深度线间隔 2 km

1.2.2 地壳类型

新疆现代地壳为若干基底陆壳在显生宙时期（主要是古生代时期）经复杂的分裂、增生、拼合而成。其中每个块段都经历了不同的拉张型过渡壳-（洋壳）-汇聚型过渡壳阶段，最后固结为古生代新陆壳，最终拼接成新疆现代大陆地壳，属于欧亚现代大陆地壳的一部分（何国琦等，1995）。其现代地壳性质总体上是新陆壳，其中包括基底陆壳残块、不同程度改造过的新陆壳地段以及基本在洋壳基础上发展起来的实质性增生陆壳地段。

根据测深资料（地矿部地球物理研究所， 1990），新疆现代地壳除浅表疏松沉积层外，可划分出三种不同密度（表现为不同纵波速度）的层，分别称为上地壳“花岗岩”层，纵波速度为 5.78～6.09 km/s；中地壳“闪长岩”层，纵波速度为 6.10～6.60 km/s；下地壳“玄武岩”层，纵波速度为 6.70～7.64 km/s。按现代认识，下地壳一般是麻粒岩相至榴

辉岩相变质的前寒武纪古老岩系，密度最大；中地壳“闪长岩”层成分变化较大，一般认为是以洋壳成分或玄武质成分为主及经玄武质成分注入的古老陆壳部分；上地壳为有较多花岗质成分的硅铝层，以显生宙生成的新陆壳物质为主。

构成新疆现代大陆板块的各地壳块段按其演化特征和结构特征划分为 3 种类型（何国琦等，1995）：

古陆壳型，为显生宙未经强烈改造的古老陆壳，地壳演化史中，显生宙只有局部构造-岩浆事件，坳陷区有较厚的盖层沉积。下地壳密度最大，波速通常大于 7.10 km/s,壳下软流圈常不清晰。这种地壳块段成熟度最高，也最稳定，构造上表现为地盾性质。如塔里木块段及准噶尔块段。

新陆壳型，缺乏中地壳“闪长岩”层，表明拉张阶段将基底陆壳减薄至近于消失。地壳的上层几乎完全为显生宙新生物，其下地壳也经受改造，密度较小，波速常降到 6.7～6.9 km/s 左右。这种类型的地壳基本上可以认为是显生宙陆壳的实质性增生部分，属于这种地壳的有东准噶尔、喀尔力克及北觉洛塔格等块段。

改造陆壳型，为基底陆壳经一定改造而成的地段，具三层结构，即保留了不同程度改造的基底陆壳作为中地壳“闪长岩”层存在。基本代表正常发展的古生代造山带，新疆古生代造山带大多数都达到了这一状态。因此地壳为压实的基底陆壳（下地壳）、改造的基底陆壳（中地壳）、新生的上地壳（显生宙地质体组成的“花岗岩”层）三层组成。阿尔泰块段即属于这种改造陆壳型地壳，另外，在阿尔泰地区，可可托海-阿克塞人工地震测深资料揭示，在一些地段的地壳中部出现高密度物质夹层（反映为高阻高速层），目前均认为是上地幔物质的楔入。后文在对岩浆岩的讨论中，一方面从岩石化学及痕量元素研究认为岩浆岩具有壳源的特点，另一方面从部分稀土元素的特征值及同位素尤其是 Pb 同位素的研究中又发现其具有壳幔混源的特点，对岩浆岩成岩机制的研究表明其成岩作用过程为地壳深部部分熔融作用过程，并且有岩浆岩物质来源的壳幔混合作用是源区岩石熔融之前的混合，即源区物质可能为地壳物质与地幔物质的混合物或其互层。阿尔泰地区地壳中部有地幔物质楔入的特点为本文的意见提供了依据。

同时，由于阿尔泰块段为基底陆壳经一定改造而成的，具三层结构，这种改造型的地壳不像新陆壳型地壳中缺乏地壳“闪长岩”层，而是保留了不同程度改造的基底陆壳作为中地壳“闪长岩”层存在，其地壳由基底陆壳残块、上地幔分熔物（包括喷出部分和侵入部分）、上地幔物质与原基底陆壳的混合物等三部分和地表沉积物组成，也说明地壳深熔的源岩物质有可能是地壳物质与地幔物质的混合物或其互层物。

地壳类型不同，即演化史不同，可形成不同的成矿系列和矿床组合。一般地，新陆壳型地段是与拉张阶段火山岩有关的块状硫化物矿床、多金属矿床，以及与汇聚阶段火山作用有关的块状硫化物矿床、多金属矿床的有利地区。而对于改造陆壳型的阿尔泰块段，则是与汇聚阶段花岗岩基有关的各种成矿系列和矿床类型（钨、锡、钼、金、铜、铅、锌等）的有利地区。

1.3 区域地球化学场

在 1∶20 万水系沉积物化探测量成果的基础上，选取 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Sb、As、

Hg、Mo、W、Bi、Ni 等 12 种指示意义较明显的元素，作为研究元素地球化学背景场的对象，在元素相对浓度分布图中，根据 Au 的景观分布，并参照其他相关元素分布特征，阿尔泰地区划分出以 Au 为基础的 5 个高丰度带（芮行健等，1994）❶。诺尔特地区即为其中之一，与 Au 紧密伴生的有 As、Sb、Ag、Pb、Zn 等元素，相关性较好的尚有 W、Mo。诺尔特带是 Au、As、Sb、Hg、Ba、Pb、Zn、Cu、Ag、Cd、W、Sn、Mo 的高背景区，也形成了这些元素的异常群，异常群可分为三组（表 1-1）：

表 1-1 诺尔特地区成矿元素异常主要特征

成矿元素	异常面积 km^2	异常强度/10^{-6}		衬 度	清晰度	地壳丰度/10^{-6}（黎彤）	浓集系数
		平均值	峰 值				
Au	708	0.00495	0.276	3.10	173.0	0.004	1.24
As	748	21.87	180.0	2.19	18.0	2.2	9.94
Sb	244	6.0	54.0	1.88	16.9	0.60	10.0
Hg	345	0.034	0.088	1.40	3.5	0.089	0.38
Ba	264	724.0	537.6	1.07	1.4	390.0	1.86
Pb	328	80.57	1200.0	1.52	4.8	12.0	6.71
Ag	132	0.18	0.8	1.13	5.0	0.08	2.25
Cd	152	0.34	2.1	1.36	8.4	0.2	1.70
Cu	388	40.34	72.2	1.28	2.3	53	0.76
W	184	11.62	44.0	2.32	8.8	1.1	10.56
Sn	68	7.79	10.5	1.24	1.7	1.7	4.58
Mo	171	3.36	18.0	1.68	9.0	1.3	2.59

资料来源：芮行健等（1994）。

第一组由 Au、As、Sb、Hg、Ba 组成。Au 的高值区连续性好、规模大，长约 56 km，宽约 20 km，构成金的地球化学省。区内存在多个金的浓集中心，中心峰值多在 10×10^{-9} 以上，全区共圈定 13 个金异常，占总面积的 20%。异常形态呈椭圆状、串珠状和条带状。异常下限为 1.5×10^{-9}，浓集中心峰值常在（50～200）$\times10^{-9}$ 之间，最高值为 276×10^{-9}，异常范围内平均丰度为 4.95×10^{-9}，平均剩余异常在（0.3～1.5）$\times10^{-9}$，衬度 3.1，标准差（12.016～15.187）$\times10^{-9}$，变异系数 107.92～441.88。与 Au 异常紧密伴生且呈带状展布的元素有 As、Sb、Ba、Fe 和 Hg。这一组异常组合规模大，规律性好。

第二组由 Pb、Zn、Cu、Ag、Cd 组成，常有 As、Sb、Ba、Fe 共生，成带展布，展布区与下石炭统红山嘴火山岩系出露区基本一致。分段集中，集中区受红山嘴组分布区与北北西向断裂带或多组断裂带交接地段所控制。主要异常区在金格河与切格勒台河的分水岭、阿克提什坎、托格尔托别，以及库鲁木特河等地。

第三组由 W、Sn、Mo、Bi 组成。异常主要在卡依勒特河上游。

❶ 芮行健等，阿尔泰南缘金矿控矿规律与富矿赋存条件研究，新疆 305 项目专题报告，1994（后文同）。

1.4 区域地层及断裂构造

1.4.1 地层

区域地层主要属于天山-兴安岭地层区阿尔泰地层分区，诺尔特地区出露的地层主要为泥盆系和石炭系，另外，在红山嘴断裂以南出露有前震旦纪库威群基底岩系（图 1-1）。

（1）前震旦纪库威群

主要出露在红山嘴断裂南侧，具花岗绿岩系特征，均已受到不同程度的区域变质和多次变形。下部以变质的基性火山岩为主，局部夹变质的酸性火山岩及陆源碎屑岩，厚度大于 1500 m；上部以云母片岩和片麻岩为主，局部为混合岩和混合花岗岩，厚度大于 3000 m。由于其变质程度普遍较深，岩石组合具花岗绿岩系总貌，因此，许多研究者建议划为太古宇或中元古界。但是由于尚无属前震旦系的直接年龄证据，部分变质岩的延伸位置与找到化石碎片的泥盆系或石炭系相连，两者接触关系不十分清楚，因而曾被划为非常年轻的地层。近年来，在福海县达汗的里等花岗片麻岩中曾获得过 1800～2400 Ma 的 U-Pb 年龄（何国琦，1989）；在富蕴县城西石榴黑云母石英片岩中曾测到锆石 U-Pb 年龄为 2349 Ma，Nd 模式年龄为 2600 Ma（胡霭琴等，1993）；在富蕴县西南，原先划为上石炭统喀拉额尔齐斯组的片麻岩，以及在乌恰沟分水岭，曾被划入下泥盆统康布铁堡组的混合岩作了 Sm-Nd 同位素分析，其时代大致为 1400 Ma（胡霭琴等，1993）。考虑到阿尔泰地区的变质作用和混合岩化作用强烈，因此，这些年龄数据已相对年轻化，它们应该是基底构造层中古老物质的最低年龄值。所以阿尔泰地区基底构造层中沉积物的形成时代应不晚于中元古代。

（2）上泥盆统忙代恰组

主要分布在中蒙边境一带忙代恰大坂到库尔木图大坂的喀依尔特河流域，岩性为含火山物质的浅海-滨海相碎屑岩、英安质陆相火山岩、火山沉积岩，其中碎屑岩层基本上已成为千枚岩和片岩。该组下部被黑云母花岗岩侵入，未见底；上部与下石炭统红山嘴组呈断层接触（图 1-1）。根据层位和岩性差异，该组自下而上可分 4 个岩性段：

1 段（$\dot{D}_3md^1$）：分布在中蒙边境附近，下部以巨厚层状、块状，具杏仁构造的深灰色英安岩、英安玢岩和英安质熔结凝灰岩为主；上部为灰绿色凝灰质粉砂岩、细砂岩，已成为千枚岩、板岩和片岩。

2 段（$\dot{D}_3md^2$）：分布在中蒙边境附近，近东西向出露在喀依尔特河上游开尔根其克河一仔塞土尔根河一带，其下部为灰绿色英安质晶屑凝灰岩、岩屑晶屑凝灰岩，上部为硅质岩夹少量磁铁矿层，局部以已变成千枚岩、片岩、板岩的粉砂岩、层凝灰岩为主。

3 段（$\dot{D}_3md^3$）：分布在喀依尔特河上游，近东西向展开，岩性为千枚岩化的细砂岩、粉砂岩，夹有变质的灰绿色层凝灰岩，局部有炭质硅质岩。

4 段（$\dot{D}_3md^4$）：分布在生塔斯河和正格河中游一带，出露不连续，为含少量火山物质的正常浅海-滨海相沉积岩系，岩石多已千枚岩化。在生塔斯河一带可见由砂岩、粉砂岩组成的韵律，顶部与红山嘴组 1 段断层接触。

（3）下石炭统红山嘴组

主要分布在红山嘴、库尔木图河、正格河一带，即红山嘴大断裂的北侧（图 1-1），岩性主要为酸性、中酸性陆相火山岩、火山沉积岩和浅海-滨海相的碎屑岩、生物灰岩。生物

需要全本请访问 www.ertongbook.com

灰岩中可见珊瑚、腕足等化石，底部与上泥盆统忙代恰组断层接触。根据层位和岩性，该组可以分 3个岩性段。

1 段（C_1hs^1）：主要分布于红山嘴、库尔木图河中游诺尔特阿苏南坡一带。岩石类型比较复杂，岩性以长石石英砂岩（夹凝灰岩）、泥质粉砂岩、灰岩为主，局部见晶屑凝灰岩、凝灰岩和碎斑熔岩。

2 段（C_1hs^2）：分布在库尔木图河中游，正格河中下游一带，以正常沉积岩为主，间夹有火山碎屑岩。下部以泥质粉砂岩、石英砂岩互层为主，间夹有深灰色层凝灰岩，均已强烈千枚岩化，片理化。上部以浅灰、灰白色夹黄褐色的中厚层钙质细砂岩、粉砂岩和深灰色中厚层炭质泥质粉砂岩、灰岩组成。该段地层毒砂化、黄铁绢英岩化也较明显，亦是区内主要含矿层位。

3 段（C_1hs^3）：分布在库尔木图河中游至正格河一带，在库尔木图河中游走向近南北，向东到正格河一带渐转向近东西，岩性以灰白色、灰绿色流纹质凝灰熔岩、碎斑熔岩、凝灰岩、晶屑凝灰岩、火山角砾岩为主。岩石蚀变强烈，主要为毒砂化和黄铁绢英岩化，为区内主要金矿化层位。

1.4.2 断裂构造

诺尔特地区断裂构造十分发育（图 1-1），断裂分布的方向主要有 NW 向，NNW 向，近 EW 向和 NE 向几种，其中 NW 向规模一般较大，NE 向较小。区内规模最大的断裂是红山嘴断裂，它自俄罗斯境内进入，西起红山嘴，向东南经库尔木图河、诺尔特河、库热克特、喀依尔特河上游、正格河、切格勒台、王西库里等，延至蒙古人民共和国境内。总体走向 300°～320°，呈舒缓波状延伸，多北倾，部分地段南倾，为犁氏断层。倾角一般很陡，在 80°～85。左右。红山嘴断裂是一条极为重要的控制沉积作用、变质作用、岩浆活动以及矿产分布的边界断裂。该断裂的活动时间较长，具多阶段性。早期呈张剪性正断层发育于加里东结晶基底之上，向北倾斜，使北部地区形成火山断陷火山盆地；之后由于区域压剪作用强烈，使盆地未能形成洋壳就又重新被挤压褶皱隆起而封闭，断裂也因此而呈现出压剪性特点，并且，南侧的巨型花岗岩穹的侧挤作用，使原北倾的断面上部部分地弯曲甚至向南反转，变成犁式断裂。沿断裂带 200 m 左右的宽度内，岩石碎裂化、糜棱岩化、片理化和劈理带极为发育，东部甚至出现断裂作用带的岩石于深部发生花岗岩化。地貌上，该断裂呈明显的沟谷洼地。在红山嘴断裂以北，广泛发育一些次级断裂，多半是顺层发育于重要的岩性界面上。沿这些断裂带，广泛见到后期热液蚀变。诺尔特地区的金、铜多金属矿化带基本上沿这些断裂及其两侧分布。

1.5 区域矿产

阿尔泰成矿区属中亚古生代成矿域的西伯利亚亚域（刘德权等，1996），由北阿尔泰、南阿尔泰和北准噶尔 3个成矿带组成，诺尔特地区属于北阿尔泰带。北阿尔泰带区域地球化学背景为锂-铍、铅-锌及金等 3个金属地球化学省重叠区。志留纪汇聚阶段及石炭纪新陆壳活化期成矿作用强烈。中一东段盛产稀有金属、宝石、云母，其中包括可可托海、柯鲁木提等稀有金属、宝石矿床和那森恰白云母矿床等；诺尔特断陷火山盆地中则为铅、锌、铜、钼、金矿化。南阿尔泰带已知矿化以铜、铅、锌、铁、金为主，其中阿舍勒铜铅锌矿床、科

克塔勒、铁木尔特、蒙库、阿巴宫等铅锌、铁矿床达到大、中型，金矿也有多拉纳萨依、赛都等一批中、小型产地。这些矿化主要与泥盆纪拉张阶段碎屑-双峰式火山岩建造以及石炭纪固结期后韧性剪切带破碎-蚀变岩有关。北准噶尔带矿化以铜、镍、金、铁为主，其次为沸石、膨润土、煤等。成矿作用主要与中一晚泥盆世汇聚阶段火山-深成岩建造（索尔库都克铜矿）、石炭纪固结期含炭质碎屑岩建造（萨尔布拉克金矿）及晚石炭纪弛张期镁铁-超镁铁岩建造（喀拉通克铜镍矿）、新陆壳稳定期陆相火山磨拉石-含煤建造（扎河坝沸石、膨润土、煤矿）等有关。

根据芮行健（1993）、孔庆寿（1994）等研究，阿尔泰地区晚古生代时期，在乌伦古河到诺尔特河之间的广大地区已明显表现为完整的沟、弧、盆体系，将这一地区称之为额尔齐斯构造-岩浆成矿域，由南至北依次划分出乌伦古河、喀拉通克、克兰、可可托海及诺尔特等5个成矿带。乌伦古河成矿带位于海沟、洋壳残片与岛弧接合部，长500 km，宽10～25 km。矿产有产于纯橄榄岩和蛇纹岩中的豆荚状铬铁矿，如纳尔曼德、扎河坝和洪古勒楞等；产于蛇绿岩和混杂岩破碎蚀变带中的金矿，如昆萨依、薛夏巴斯陶（臭水泉）和铁热克等；产于火山岩系中的萤石和重晶石矿，如恰库尔特；产于碱性花岗岩体中的金矿，如塔斯特等。喀拉通克成矿带长500 km，宽约30～80 km，主要受大洋岛弧区的控制。矿产主要有产于辉长岩杂岩体中的喀拉通克铜镍（伴生金）矿床；产于辉长闪长岩体外接触带夕卡岩中的铜、钼（伴生金）矿床；产于斑岩体周围的老山口铜矿；产于层状火山岩及夕卡岩中的乔夏哈拉含铜磁铁矿；产于花岗岩、斜长花岗岩及花岗闪长岩内外接触带中的破碎带蚀变岩型的阿克塔斯、阿克纳瓦和哈克逊等金矿；中酸性火山岩中的破碎硅化和绢英岩化带中的阿拉塔斯金矿；中基性火山岩中石英脉型的玛热勒铁、科克列克提和塔克什肯金矿以及岛弧浊积岩型的萨尔布拉克和可可萨依金矿等。克兰成矿带长300 km，宽约10～50 km。矿产主要有细碧角斑岩型或塞浦路斯型铜锌铁矿床，伴生金，如阿舍勒矿床；火山岩型含铜磁铁矿床，如蒙库和阿巴宫矿床；火山岩-火山沉积岩型铅锌矿，如可可塔勒、铁末尔特和乌拉斯沟等矿床；泥盆纪含炭浅变质碎屑岩型金矿，如多拉纳萨依、赛都金矿；以及花岗岩体、花岗岩脉中破碎蚀变带型金矿，如阿希勒和多拉纳萨依矿田的部分矿体等。可可托海成矿带长约450 km，宽约30～50 km，位于西伯利亚大陆边缘的深成岩浆弧中。矿床以伟晶岩型稀有金属（Be、Li、Nb、Ta、Rb、Cs、Zr、Hf）、白云母、宝石（海蓝宝石、祖母绿、猫眼、金绿宝石、翠榴石和刚玉）为特征。诺尔特成矿带主要受板内断陷火山盆地的控制，矿产主要有：与片理化火山岩有关的铜锑金矿（阔科依达拉斯）；与中酸性火山沉积岩中浅成中低温蚀变有关的铅锌铜铁矿床（库马苏）；与后期浅成中低温蚀变作用关系密切的金矿或金锑矿（阿克提什坎、托格尔托别）；以及与花岗岩体接触带有关的钨锡矿床。

1.6 区域地质演化史

前人大量的同位素年代学及同位素示踪研究表明，新疆北部地区存在有4个不同时代基底的大陆地块，即塔里木地块——具有太古宙基底；天山地块——具有古元古代的基底；准噶尔地块——具有中元古代一新元古代的基底；阿尔泰地块——具有古一中元古代的基底。新疆北部地区的地质历史最早应追溯到3300～3000 Ma前，在塔里木地块北缘库鲁克塔格地区的一套古一中元古代杂岩构成了我国西部地区古一中元古代的原始大陆地核，并

可以与欧亚大陆中其他大陆核相呼应。塔里木地块古一中元古代大陆核经过大约 2800 Ma 和 2500 Ma 前的构造、变质、岩浆活动，逐渐扩大和成熟，形成了塔里木地块的古老基底，且干布拉克矿区混合岩化斜长角闪岩 Sm-Nd 全岩等时线年龄为 2453 Ma，$\varepsilon_{Nd}(t)=+2$，西山口一带被震旦系不整合覆盖的蓝石英花岗岩中单粒锆石蒸发 Pb 同位素年龄（2487.7±5.1）Ma（高振家，1990），大陆地壳进一步扩大（例如，辛格尔南片麻状花岗岩的全岩 Rb-Sr 等时年龄为 2028 Ma±82 Ma）。辛格尔运动（大约 2500～2400 Ma 前）之后，进入了元古宙的演化阶段。随着海洋的逐渐扩大，出现了巨厚的陆源碎屑岩和碳酸盐岩的沉积，局部地区也有火山喷发活动，兴地塔格群不整合覆盖于太古宙杂岩上，为第一个元古宙的盖层，其底界年龄由 Pb-Pb 全岩等时线年龄确定为（2399±33）Ma，$\varepsilon_{Nd}(t)=+4.3$。在大约 2000～1900 Ma 前，正值兴地运动期间，塔里木北缘地区普遍发生了一次区域变质作用，形成大量的混合岩化花岗岩，使得在大约 2000～1800 Ma 前的一次重要的壳幔分异事件形成了近东西向的天山基底，天山东段星星峡群变质岩系得到的 Sm-Nd 全岩等时线年龄为（1829±143）Ma，$\varepsilon_{Nd}(t)=4.5$；天山西段温泉群变质岩 1727 Ma，$\varepsilon_{Nd}(t)=+5.3$，以及一些花岗岩的 Sm-Nd 模式年龄等均说明了这次地壳增生事件的存在，与世界上广泛发生的一次地壳构造运动相一致。

阿尔泰地块的基底也在这一时期形成，阿尔泰地区一系列花岗岩、火山岩及变质岩的单个样品的 Sm-Nd 同位素模式年龄多数在 1600～1300 Ma 范围内，这与富蕴附近出露的变质岩的时代，以及西延至哈萨克斯坦部分的锆石 U-Pb 年龄大约 1400 Ma 是相一致的，因此，它可能反映了基底物质的地壳存留时间，考虑到“混合”的因素，1600～1300 Ma 应该是基底中古老地壳物质的最低年龄，即阿尔泰的基底应该至少是中元古代的。何国琦等（1989）在福海县达汗的里等花岗片麻岩中曾获得过 1800～2400 Ma 的 U-Pb 年龄，本文在用铅同位素讨论阿尔泰诺尔特地区阿提什花岗岩体的成因时，也推算得到了 2071 Ma 的壳幔分异时间，该年龄反映了阿尔泰地区地壳的形成时间。因此，阿尔泰地块应具有古一中元古代的基底。

大约 1600 Ma 前，进入中元古代后，天山与塔里木地区有着不同的特征。在塔里木地块北缘，爱尔基干群不整合覆盖于兴地塔格群之上；在柯坪塔格，出露了产状平缓的阿克苏群等，其 Pb-Pb 全岩等时线年龄为（1663±16）Ma 和（1596±66）Ma，可以作为这段地质历史时间的记录。天山地区缺乏这段时间地质作用的同位素年龄记录。但是到了中元古代的中期，即长城纪末，天山以北地区却发生了大规模的构造、岩浆、变质作用。在天山西段，长城纪时处于相对稳定沉积环境的特克斯群发生褶皱运动，其上被蓟县系科克苏群不整合覆盖；在天山活动区，则取得了大量大约 1400 Ma 的年龄数据，如和静县艾肯达坂硅质岩 Rb-Sr 全岩等时线年龄（朱杰辰等，1986）。另外，在阿尔泰地区富蕴附近沿东西向分布的混合岩化片麻岩等变质岩也可能是这个时期壳幔分异作用产生的大陆地壳，但是尚无地质证据来支持大约 1400 Ma 的地质作用。这一时期，塔里木北缘地区，相对比较稳定。蓟县纪时期，全区相对稳定，除局部地区褶皱隆起外，天山和塔里木大部分地区都处于长期稳定的沉积状态。在广阔的滨海、浅海环境中普遍沉积了巨厚的以镁质为主的碳酸盐岩层。蓟县纪末期的阿尔金运动影响范围比较广泛。塔里木边缘开始褶皱隆起，在东大山震旦系冰碛砾岩中，巨大花岗岩砾石的黑云母 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 年龄谱中出现的视年龄 1080 Ma 就是这一运动的反映。在天山地区，地质构造运动表现得比较强烈，不但发生了变质作用，

同时还伴有岩浆的侵入，甚至发生了壳幔分异作用。

塔里木运动发生在大约 800 Ma 前，尤其在塔里木北缘地区，大量的年龄数据表明 900～800 Ma 前，这里发生过强烈的区域变质、混合岩化作用。之后，在局部地区，如辛格尔以南地区，开始隆起。在天山地区，由于后期地质运动的影响，尤其是受到海西运动强烈的改造，仅局部保留了这个时期的运动痕迹。塔里木运动使塔里木及天山的前震旦系地块最终形成。此后，在整个范围内，震旦系不整合覆盖于青白口系之上。震旦纪时期，塔里木北缘除局部地区处于沉积环境外，大部分地区处于隆起、剥蚀构造环境，而天山与阿尔泰地区则处于沉积变质环境。

在古生代，准噶尔大洋壳的形成、扩张以及大陆块的俯冲等构造运动制约了新疆北部大陆地壳的演化与发展。由唐巴勒蛇绿岩套浅色辉长岩榍石及长石的 Pb-Pb 等时线以及辉长岩的 Sm-Nd 等时线的年龄结果表明，西准噶尔大洋壳形成的时间大约从 500 Ma 前开始，并延续到大约 400 Ma 前。由于洋壳的逐步形成、扩张以及不断地向北部西伯利亚板块和南部的塔里木板块俯冲等，使新疆北部大陆地壳活跃起来，处于多次的拉张-挤压过程，岩浆侵入，火山喷发作用十分频繁，从新疆北部地区所获得的同位素年龄数据看，在 400 Ma、350 Ma、300 Ma、250 Ma 等年龄范围内获得了大量的年龄数据，在年龄统计图中形成高峰值，尤其在海西早期 400 Ma 及中一晚期 300 Ma 和 250 Ma 尤为明显。在这个阶段，由于板块之间的碰撞、深大断裂的形成、壳幔物质相互循环等，一些成矿元素不断由地幔带入地壳，通过壳内岩浆作用进一步演化富集成矿。因此，晚古生代是天山、准噶尔、阿尔泰等地区贵金属和有色金属的成矿期。在大约 350～300 Ma 前，由于板块之间的碰撞，新大陆形成，3 个板块逐渐闭合成一体。古生代以后，塔里木北缘在振荡式的隆起过程中，处于一个相对稳定的环境。因此有利于生油、储油，而天山以北地区造山运动频繁，提供了金属矿产的成矿条件。二叠纪之后，整个新疆北部呈现整体上升的格局，从过去的动荡不定逐渐走向稳定的过程。

在中、新生代时期，南北方向上的挤压使构造活动又活跃起来。前人及本次研究在阿尔泰地区获得一些印支、燕山期时间范围内的年龄数据，特别是一些 $^{40}Ar/^{39}Ar$，Rb-Sr 全岩等时线、锆石 U-Pb 等计时方法的年龄结果均表明中生代构造、变质作用及成矿作用的存在，并可能存在中生代的岩浆活动。另外，由 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 计时方法确定了青河西北的玄武岩属新第三纪，年龄为 18 Ma（胡霭琴等，1994），证实了新疆北部阿尔泰地区有新生代的火山喷发活动。

第二章　花岗岩的成岩背景和形成机制

2.1　时空分布及岩石学特征

诺尔特地区花岗岩广泛发育，花岗岩岩体自西向东，从红山嘴至库额尔齐斯河及至中蒙边境一带均有大面积出露，约占全区总面积的二分之一。区内花岗岩主要形成于加里东晚期及华力西中晚期，另外，区内也出露少数燕山期的岩体。

2.1.1　时代划分

阿尔泰造山带花岗岩可以划分为四类：大桥类、阿勒泰类、北-东准噶尔类、恰库尔特类（岳永君等，1990）。诺尔特地区花岗岩属于阿勒泰类花岗岩。

对于阿勒泰类花岗岩形成时代有各种不同认识，王广耀等（1983），芮行健等（1984）认为阿勒泰类花岗岩主要形成于华力西期，少量形成于加里东期，印支期和燕山期形成的也占相当比重；邹天人等（1988）则认为花岗岩主要形成于加里东期和海西期，可能不存在印支一燕山期花岗岩。对于诺尔特地区花岗岩形成时代也有不同认识，芮行健等（1994）认为区内花岗岩主要形成于华力西期；新疆地矿局大桥幅1∶20万报告及德柳、青河幅1∶20万报告（1979）认为，诺尔特地区花岗岩主要形成于华力西期，其中又以华力西晚期为主，也有部分花岗岩形成于印支期及燕山期；新疆地矿局阿克萨拉达坂幅-诺尔特湖幅-塔勒德萨依幅1∶5万报告（1990）认为，区内花岗岩主要形成于加里东晚期及华力西中期。

本次研究在广泛收集前人资料的基础上，结合最新的同位素年龄结果，认为诺尔特地区花岗岩主要形成于加里东晚期、华力西中期及华力西晚期，也有少量花岗岩形成于燕山期（表2-1）。

加里东晚期花岗岩体主要有：①塔斯比克都尔根黑云母二长花岗岩，位于塔勒德萨依北部。岩体平面形态为不规则状，出露面积约82.5 km^2，岩体与忙代恰组侵入接触，南部以断层为界。测有3个样品的单颗粒锆石Pb-Pb年龄分别为（396±12）Ma、（404±9）Ma、（412±12）Ma。②塔斯比克白云母二长花岗岩，位于塔勒德萨依东部，塔斯比克河和博扎依都尔根河交汇处，库尔木图-忙代恰褶皱带中。出露长约9 km，宽为0.3～2 km，出露面积约10.3 km^2 岩体形态为东大西小的长条状，长轴方向与区域北西一南东向构造线方向一致，岩体北界与加里东晚期黑云母二长花岗岩渐变过渡。岩体单颗粒锆石Pb-Pb年龄为（440±5）Ma。③阔科亚克达热斯片麻状黑云母花岗岩，出露于诺尔特湖南东，库热克特大断裂南西侧。该岩体出露长约为15 km，宽0.4～2.2 km，出露面积约14.6 km^2，岩体平面形态为近北西一南东向长条形，其长轴方向与区域构造方向一致，岩体北西界侵入于前震旦系库威群中，北东界以库热克特断裂为界。岩体的单颗粒锆石Pb-Pb年龄值为（420±5）Ma。④哈龙-巴利尔斯二长花岗岩，产出于哈龙-青河复式背斜轴部，岩体长轴与区域构造线方向一致，边缘具片麻状构造，岩体中心全岩Rb-Sr同位素等时线年龄为（401±3）Ma。

⑤博扎伊都尔根黑云母斜长花岗岩，位于塔勒德萨依中北部。出露面积约 15.2 km^2。岩体北界与黑云母二长花岗岩接触，南界侵入于忙代恰组地层，侵入接触面呈波状弯曲，侵入界线清晰，岩体与地层接触处，可见有岩脉穿切地层。

表 2-1 诺尔特地区花岗岩同位素年龄

岩　体	岩　性	测定对象	测试方法	年龄/Ma	
塔斯比克都尔根	黑云母二长花岗岩	锆　石	Pb-Pb	396±12	①
				404±9	①
				412±12	①
塔斯比克	白云母二长花岗岩	锆　石	Pb-Pb	440±5	①
阔科亚克达热斯	片麻状黑云母花岗岩	锆　石	Pb-Pb	420±5	①
哈龙-巴利尔斯	二长花岗岩	全　岩	Rb-Sr	401±3	②
阿克萨拉沟	花岗斑岩	锆　石	Pb-Pb	329±13	①
库尔木图	二云母花岗岩	钾长石	K-Ar	292	①
海尔特	黑云母花岗岩	黑云母	K-Ar	224	①
加勒格孜阿嘎希	二云母花岗岩	黑云母	K-Ar	138	①
		黑云母	K-Ar	180	①
		钾长石	K-Ar	103	③
阿提什	黑云母二长花岗岩	钾长石	K-Ar	133	③

注：①新疆地质矿产局（1990）；②刘伟（1993）；③本文（测试单位：南京地质矿产研究所）。

华力西中期花岗岩体主要有：①2614.5 高点二长花岗岩，位于阿克萨拉达坂北西部萨木尔生德沟上游，其平面形态为近北西一南东向长方形，出露面积约 7.0 km^2，岩体南西界部分以断层为界，部分侵入于红山嘴组地层中，侵入界线呈波状。②库尔木图河下游二云母花岗岩，平面为不规则状，面积约 6 km^2。岩体钾长石 K-Ar 同位素年龄值为 292 Ma。另外，区内出露有由十几个大小不等的岩体组成的华力西中期浅成岩，出露面积约 121.18 km^2，组成岩性主要为花岗斑岩及石英斑岩，主要岩体有：阔克牙克达拉斯斜长花岗斑岩，阿克萨拉沟花岗斑岩，西诺尔特山石英斑岩，东岔河花岗斑岩。阿克萨拉沟花岗斑岩位于阿克萨拉达坂北部阿克萨拉沟上游 2872.7 高点附近，平面形态为不规则半圆状，出露面积约 7.5 km^2，岩体单颗粒锆石 Pb-Pb 年龄值为（329±13）Ma。西诺尔特山石英斑岩位于诺尔特湖北部、西诺尔特山及库热克特乔克斯附近，平面形态为近南北走向不规则状，长轴方向与构造线方向基本一致，岩体出露面积约 43.0 km^2，岩体西部与红山嘴组呈断层接触，东部局部侵入于红山嘴组地层，局部与忙代恰组呈断层接触，南北界均为断裂。岩体与地层之间侵入界线清楚，侵入界线呈波状、齿状，侵入界线附近褐铁矿化强烈。

华力西晚期花岗岩体主要有海尔特斑状黑云母花岗岩、灭日特克含斑二云母花岗岩、都年达腊斯黑云母花岗岩、阿尔沙特白云母花岗岩、曲格河细粒花岗岩和库木阿拉散二云母花岗岩等。其中以海尔特斑状黑云母花岗岩为主，位于研究区东部，自喀依尔特河上游沿中蒙边界分布，侵入于红山嘴组地层中，出露面积约 30 km^2，岩体黑云母 K-Ar 同位素年龄值为 224 Ma。

对于区内是否存在燕山期岩体，则有不同的意见。根据已有资料，区内燕山期花岗岩

需要全本请访问 www.ertongbook.com

主要分布于库额尔齐斯河一带，主要岩体为加勒格孜阿嘎希河中粗粒斑状二云母花岗岩，新疆地矿局对该岩体作过年龄测试，取中粒二云母花岗岩样品一个，年龄值为 138 Ma (K-Ar 法），取斑状二云母花岗岩样品一个，年龄值为 180 Ma（K-Ar 法)。

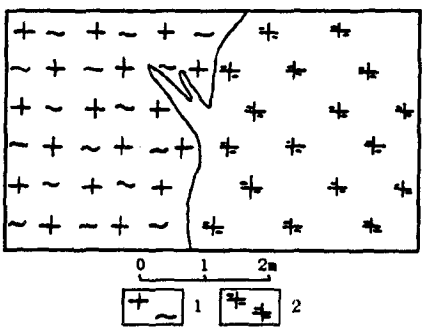

图 2-1 加勒格孜阿嘎希岩体侵入关系示意图

1—中粒片麻状黑云母花岗岩； 2—斑状二云母花岗岩

在此基础上，本次研究做了进一步的工作，取斑状黑云母花岗岩样品一个，采用 K-Ar 稀释法测定了年龄，年龄值为(103±1.0) Ma,采用的岩石样品经镜下鉴定基本无蚀变现象，钾长石、斜长石均较干净，石英略有波状消光。因此认为年龄测定结果基本可靠。另外，该岩体南部顺层侵入于下石炭统红山嘴组中，部分系断层接触，亦侵入于华力西晚期斑状黑云母花岗岩中（图 2-1）；北界顺层或斜交侵入于下石炭统红山嘴组中，与华力西晚期斑状黑云母花岗岩断层接触。

此外，本次研究对阿克提什坎地区小范围出露的黑云母二长花岗岩体也采取了新鲜样品进行了 K-Ar 稀释法年龄测定，年龄值为（133±1.0) Ma；该岩体侵入于下石炭统红山嘴组第 2 岩性段中，因此，可以认为该岩体属于燕山期侵入岩体。

所以本区燕山期花岗岩是存在的，但是出露范围较小，限于库额尔齐斯河上游一带，主要为加勒格孜阿嘎希河中粗粒斑状二云母花岗岩体，以及在阿克提什坎地区小范围出露的阿克提什黑云母二长花岗岩体。

各种地质文献均强调了古生代岩浆活动的重要性及对成矿的重要性，这种重要性是勿容置疑的，然而与此同时，对于是否存在燕山期花岗岩的认识不足并且有很大分歧。涂光炽（1986）认为，不能把中生代燕山期的活化作用局限于中国东部，在中国西部，包括新疆在内，中新生代的活化及有关岩浆活动、成矿作用不仅可能存在，而且可能是很重要的。

在新疆地区，尤其是新疆北部地区及其邻区已经有大量的燕山期岩浆岩同位素年龄数据。在阿尔泰及其邻区，大量的花岗岩的同位素年龄值在 86～186 Ma 范围内（表 2-2)，而在阿尔泰地区分布广泛的伟晶岩同位素年龄中，也有相当一部分属于燕山期的年龄值（表 2-3)。在阿尔泰东部，紧靠中蒙边境的蒙古人民共和国境内也有中生代花岗岩及与之有关的 3 个黑钨矿石英脉型矿床（矿化）的报道（Ковапь, 1983）。阿尔泰及其邻区获得的这些年龄值部分为 K-Ar 体积法的结果，由于该方法本身缺陷的限制， K-Ar 法年龄对于变质岩和时代上较老的花岗岩只能给出最后一次热事件的时间，而不能作为划分岩浆岩时代的依据，即便如此，这些年龄数据也至少说明了在燕山期阿尔泰及其邻区的构造热事件存在。而在阿尔泰地区 $^{40}Ar/^{39}Ar$、Rb-Sr 全岩等时线、锆石 U-Pb 等计时方法的年龄结果（表 2-2，表 2-3）则表明了中生代构造-岩浆作用的存在。

在邻区，哈密以东的天山地区有 4 个岩体中的新鲜、未蚀变黑云母，经 K-Ar 法年龄测定给出了早燕山期的年龄（胡霭琴，1992)。虽然还缺少 Rb-Sr 等时线法和锆石 U-Pb 法的验证，但是燕山期的岩浆活动不应排除。胡霭琴等（1982，1986）在东天山哈密至星星峡一带，采用 K-Ar 法、Rb-Sr 法及 U-Pb 法获得了 160～196 Ma 的燕山期岩浆岩年龄。杨学

表 2-2　阿尔泰及邻区花岗岩同位素年龄

岩石名称	采样地点	测定矿物	年龄/Ma	资料来源
二云母花岗岩	库懦尔特 60 号山	白云母	174	中科院地质所，1965
二云母花岗岩	库懦尔特 60 号山	黑云母	186	中科院地质所，1966
二云母花岗岩	小虎斯特	白云母	167	韩凤鸣，1968
花岗岩	喀拉卓勒	黑云母	86	中科院地质所，1966
花岗岩	库额尔齐斯河上游	黑云母	91	中科院地质所，1968
二云母花岗岩	柯鲁木特沟口	黑云母	103	冶金部地质所
二云母花岗岩	柯鲁木特	黑云母	107	冶金部地质所
黑云母花岗岩	富　蕴	黑云母	140	中科院地质所，1965
花岗岩	阿尤布拉克	黑云母	228	许殿秀，1965
花岗岩	阿勒泰县	黑云母	123	中国科技大学，1975
黑云母花岗岩	阿勒泰县	黑云母	160	中国科技大学，1975
黑云母花岗岩	可可托海	黑云母	131.39±4.25	胡霭琴等，1997
花岗岩	阿勒泰	全　岩	176.1±12.9	胡霭琴等，1997
二云母花岗岩	阿勒泰	黑云母	185.63±5.9	胡霭琴等，1997
黑云母花岗岩	阿勒泰	白云母	220.28±0.33	胡霭琴等，1997
二云母花岗岩	可可托海	全　岩	169.96±2.7	胡霭琴等，1997
花岗岩	库尔提	斜长石	117.99	张湘炳等，1996
黑云母花岗岩	塔木别勒协尔村	黑云母	223.1	张湘炳等，1996
花岗岩	红松达坂	斜长石	123.1±3.0	张湘炳等，1996
花岗岩	阿苇滩	全　岩	173±20	张湘炳等，1996
花岗岩	特斯巴汗	全　岩	238±16	张湘炳等，1996

昌等（1980）在天山托木尔峰地区对岩浆岩进行研究中，划分了 4 期岩浆活动，第一期，350 Ma±10 Ma 第二期，285 Ma±10 Ma 第三期，250 Ma±10 Ma 第四期 200 Ma±10 Ma。其中第四期岩浆活动的岩体中，阿依敦格尔岩体侵入于下石炭统地层中，用 K-Ar 法测定微斜长石，年龄值是 219.6 Ma，用 U-Th-Pb 法测定榍石，年龄值为 184 Ma；3900 营地南岩体，K-Ar 年龄为 207 Ma ；马提合尔岩体，用 U-Pb 法测定榍石的年龄值为 218 Ma。

由此可见，在新疆北部地区及至阿尔泰地区，燕山期的岩浆活动是存在的。

2.1.2　空间分布

区内花岗岩主要受红山嘴断裂控制，花岗岩体沿红山嘴断裂及其次级断裂分布。加里东晚期花岗岩主要分布于研究区中部，库尔木图-忙代恰及巴利尔斯-喀依尔提一带，另外，在研究区西部西岔河一阿阻拜一带也有分布，岩体展布方向为北西一南东向。华力西中期花岗岩主要分布于研究区西北部库尔木图一诺尔特山一托格尔托别一带，另外，在金格一库马苏一带也有出露，岩体展布方向与区域构造线方向一致。华力西晚期花岗岩主要分布于库马苏、库额尔齐斯河上游及中蒙边境一带。燕山期花岗岩出露范围小，分布于库额尔齐斯河上游附近，主要为加勒格孜阿嘎希河岩体，另外，在阿克提什坎附近出露有阿提什岩体（图 1-1）。

表 2-3　阿尔泰地区花岗伟晶岩同位素年龄

采样地点	测定矿物	年龄/Ma	资料来源
可可托海 3 号脉	白云母	172	中科院地质所，1964
可可托海 3 号脉	钾长石	120	中科院地球化学研究所
库儒尔特 9 号山 13 号脉	白云母	203	中科院地质所，1966
库儒尔特 60 号山 838 号脉	白云母	226	中科院地球化学研究所
库儒尔特 9 号山切穿 13 号脉之小脉	白云母	174	中科院地球化学研究所
库儒尔特 9 号山 8 号脉	白云母	215	中科院地质所，1965
库儒尔特被二云母花岗岩切穿之伟晶岩脉	白云母	199	中科院地质所，1965
库儒尔特 9 号山 114 号脉	白云母	107	冶金部地质所
达尔恰特 115 号脉	白云母	210	中科院地球化学研究所
库威阿克布拉克 18 号脉	白云母	199	中科院地质所，1965
阿尤布拉克	白云母	219	成都地质学院
柯鲁木特 112 号脉	白云母	190	冶金部地质所
柯鲁木特 248 号脉	白云母	206	冶金部地质所
柯鲁木特 4100 号脉	白云母	90	冶金部地质所
大吉得克 500 号脉	白云母	76	冶金部地质所
大吉得克 152 号脉	白云母	107	冶金部地质所
阿勒泰	白云母	214	中南地质所
柯鲁木特	白云母	194	桂林地质所
柯鲁木特	黑云母	102	桂林地质所
阿勒泰县	白云母	219	中南地质所
富蕴县达尔卡太 115 号脉	白云母	206	中科院地球化学研究所
富蕴县那森恰	黑云母	155	宜昌地质矿产研究所
富蕴县乔拉克赛	白云母	183	西安地质矿产研究所
富蕴县库威中游	白云母	213	西安地质矿产研究所
富蕴县吐拉布拉克	白云母	151.8	天津地质矿产研究所
阿勒泰冬冬布拉克	白云母	230.7	天津地质矿产研究所
阿勒泰乌纵布拉克	白云母	159.7	天津地质矿产研究所
阿勒泰开因塔克	白云母	132.7	天津地质矿产研究所
阿勒泰乌纵布拉克	白云母	123.1	天津地质矿产研究所
阿尔泰克因官	白云母	230	宜昌地质矿产研究所

2.1.3　岩石学特征

诺尔特地区加里东晚期花岗岩主要岩性为片麻状黑云母花岗岩、白云母二长花岗岩、黑云母二长花岗岩及黑云母斜长花岗岩。以塔斯比克都尔根花岗岩体为例，该岩体岩相变化不明显，岩性主要为黑云母斜长花岗岩，岩石新鲜面为灰白色，风化面为灰一灰褐色，中粒、中一细粒花岗结构，块状构造，斑杂状构造。岩石中矿物粒度一般在 1.5～4 mm 之间，个别大于 5 mm，副矿物粒度一般为 0.1～0.25 mm。岩石中主要矿物为：斜长石（50%～60%）为中一更长石（$An=30$ 左右），半自形一自形，宽板状、柱状、板柱状，具环带构造及聚片双晶，其双晶纹细密，近于平行消光，次生变化有少量绿帘石、绢云母；石英（25%～30%），他形粒状，不规则状充填在其他矿物间，有波状消光；钾长石（10%左

右），呈他形粒状分布在其他矿物间，主要为微斜长石；黑云母（10%左右），呈片状，内含较多的磷灰石、锆石等矿物包裹体。花岗岩中普遍出现的副矿物有：锆石、磷灰石、绿帘石、磁铁矿、钛铁矿、褐铁矿、黄铁矿等。这些副矿物在片麻状黑云母花岗岩及白云母二长花岗岩中的含量及种类均不相同，在同一岩体不同部位其含量及种类也不相同，但总的来说相差不大。加里东晚期花岗岩中普遍存在锆石，颜色主要为无色、浅黄色，透明至半透明，金刚光泽，贝壳状断口，颗粒直径在 0.05～0.5 mm，在白云母二长花岗岩及黑云母花岗岩中锆石晶形以简单为主，在黑云母二长花岗岩中锆石晶形较复杂。

华力西中期花岗岩岩性以二长花岗岩、花岗斑岩为主。华力西中期深成岩以 2614.5 高点花岗岩体为例，该岩体岩性为二长花岗岩，新鲜面为浅灰一浅灰白色，风化面呈暗灰一灰色，细一中粒、中一粗粒及不等粒半自形粒状结构，块状构造。主要矿物成分为：斜长石（30%～35%），板条状，不同程度的绢云母化；钾长石（30%～35%），他形不规则状，主要为条纹长石；石英（25%～30%），他形粒状或不规则状，常构成团粒状分布于长石之间；黑云母（5%左右），部分绿泥石化，副矿物磷灰石、锆石、磁铁矿等分布其中。华力西中期浅成岩以阔克牙克达拉斯斜长花岗斑岩为例，岩体岩性为斜长花岗斑岩，新鲜面呈灰一灰绿色，斑状结构，基质为显微半自形粒状结构，块状构造。斑晶含量 50%～55%，主要为：石英（12%～17%），熔蚀港湾状、次圆状；斜长石(35%左右），板条状、粒状，常见聚片双晶，为中一更长石（$An=30$ 左右）黑云母约占 3%。基质主要由粒状石英和半自形粒状的斜长石及黑云母、绢云母组成，含量 45%～50%，长石有不同程度的高岭石化和绢云母化。深成岩中普遍出现的副矿物有磁铁矿、钛铁矿、磷灰石及锆石；浅成岩中普遍出现的副矿物为：磁铁矿、铁铁矿、锆石及绿帘石，其次有黄铁矿及磷灰石。从副矿物含量及所出现的种类来看，华力西中期深成岩及浅成岩具有较明显的区别，而且在不同岩体不同部位副矿物含量及种类亦有较大的区别。华力西中期花岗岩中锆石及磷灰石的出现率均较高。锆石主要为无色、浅黄色，另外，可见有浅棕色、浅紫色等，透明至半透明，金刚光泽，个别具贝壳状断口，粒径主要在 0.05～0.3 mm 之间，大者可达 0.7 mm。磷灰石为无色、浅灰色、淡乳白色，玻璃光泽，透明至半透明，六方晶系，柱状、短柱状、圆粒状及碎屑状，粒径 0.05～0.3 mm，少数颗粒内见黑色矿物包体。

华力西晚期花岗岩以黑云母花岗岩、白云母花岗岩、二云母花岗岩为主。以库木阿拉散花岗岩体为例，岩体组成岩性主要为二云母花岗岩，灰白色，中细粒结构，块状构造，具典型的中粒花岗结构。岩石主要成分为：钾长石（41%），主要为微斜长石；石英（30%），具蠕石英结构；斜长石（20%）为中一更长石（$An=30$ 左右），具缝合线、净边结构，见微斜长石交代斜长石；黑云母（4%），白云母（5%），半自形片状，穿插交代黑云母。副矿物主要有锆石、磷灰石等。

燕山期岩体以加勒格孜阿嘎希河岩体为例，组成岩体的岩性较单一，粒度较均匀，岩性主要为中粗粒斑状二云母花岗岩。岩石主要成分为：石英（35%），有波状消光及文象结构；钾长石(20%)，主要为微斜长石，略有高岭石化；斜长石（30%），为更长石（$An=27$），零星绢云母化和高岭土化，有的具环带结构；云母（15%左右）。石英、长石、云母颗粒均较大。副矿物主要有磁铁矿、褐铁矿、锆石、磷灰石等。

表 2-4　阿尔泰地区部分花岗岩平均化学成分　　w_B/%

	岩　体	岩　性	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O	CO_2	S	F	Cl
加里东晚期	塔斯比克都尔根	黑云母花岗岩	70.85	0.34	14.60	0.61	1.68	0.03	0.81	1.77	3.81	3.95	0.24	0.63				
	阔科亚克达热斯	黑云母花岗岩	72.15	0.50	13.76	0.77	1.46	0.04	0.95	1.26	4.09	3.49	0.22	0.37				
	正　格	二云母花岗岩	71.10	0.18	14.93	0.62	1.06	0.06	0.54	1.03	3.30	5.19	0.36	0.86	0.33	0.010	0.068	0.004
华力西中期	大青格里	斜长花岗岩	66.39	0.57	16.23	1.72	2.81	0.10	2.08	4.38	3.06	2.34	0.14					
	协特克库勒	斜长花岗岩	80.44	0.40	8.61	1.26	1.81	0.02	1.52	1.05	1.44	1.76	0.04					
	巴利尔斯	二云母花岗岩	75.71	0.17	13.07	0.61	0.86	0.02	0.45	1.55	3.05	2.93	0.05	0.37				
	库尔木图	二云母花岗岩	74.40	0.18	14.20	0.52	1.05	0.06	0.54	0.78	3.48	4.93	0.27	0.12				
	西诺尔特山	石英斑岩	70.54	0.41	13.37	1.10	2.28	0.05	1.71	1.25	2.87	3.90	0.14	0.72				
	阿克萨拉	花岗斑岩	70.90	0.43	13.19	1.02	2.20	0.06	1.21	1.61	2.55	4.17	0.14	0.48				
	2614.5 高点	二长花岗岩	72.69	0.28	13.10	0.83	1.92	0.02	2.45	1.16	1.98	3.94	0.12	0.04				
	东岔河	花岗斑岩	70.73	0.56	13.59	2.85	1.36	0.07	0.64	1.86	2.05	3.46	0.26	0.04				
	阔科牙克达拉斯	花岗斑岩	70.37	0.49	13.89	0.92	2.64	0.04	1.65	0.30	3.38	3.92	0.14	1.24	0.35	0.005	0.096	0.014
华力西晚期	西岔河	花岗斑岩	72.01	0.23	15.01	0.41	1.14	0.03	0.80	1.21	2.96	5.70	0.27	0.43				
	海尔特	黑云母花岗岩	69.88	0.37	14.77	0.98	2.06	0.06	1.91	1.66	3.54	3.85	0.16	1.02	0.28	0.007	0.089	0.005
	灭日特克	二云母花岗岩	72.76	0.24	14.92	0.94	0.97	0.07	0.38	1.16	3.77	4.59	0.16					
	都年达腊斯	黑云母花岗岩	73.70	0.30	13.45	0.78	0.93	0.06	0.61	1.72	3.38	4.55	0.08					
	阿尔沙特	白云母花岗岩	74.56	0.01	14.18	0.28	0.40	0.02	0.11	0.50	4.56	4.17	0.14					
	库木阿拉散	二云母花岗岩	72.77	0.21	14.41	0.67	0.77	0.02	0.08	1.50	3.40	4.68	0.16	0.43				
	库斯特	二长花岗岩	73.25	0.28	13.61	0.86	1.07	0.03	0.42	1.28	3.11	5.24	0.21	0.34				
	曲　格	黑云母花岗岩	76.43	0.29	13.01	0.02	1.35	0.03	1.01	0.42	5.62	1.00	0.12	0.89				
燕山期	加勒格孜阿嘎希	二云母花岗岩	70.83	0.48	14.30	0.72	1.50	0.04	0.17	2.19	3.30	5.63	0.24	0.04				
	阿提什	二长花岗岩	71.71	0.39	13.38	0.63	1.68	0.07	0.89	1.60	3.13	4.34	0.20	1.02	0.28	0.007	0.079	0.011

资料来源：本文（测试单位：国家地质实验测试中心）和新疆地质矿产局（1979,1990）。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

表 2-5 诺尔特地区部分花岗岩稀土元素含量

岩 体	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Sc	ΣREE	L/H	δEu	$(La/Yb)_N$
	$w_B/10^{-6}$																			
正 格	20.68	37.99	4.84	17.62	3.81	0.67	3.66	0.30	2.00	0.33	0.80	0.12	0.62	0.10	9.01	1.80	102.55	5.05	0.53	22.23
塔斯比克都尔根	33.50	62.70	7.63	30.78	6.49	1.44	7.42	1.05	6.54	1.46	4.33	0.61	3.92	0.60	39.36	6.41	207.83	2.18	0.65	5.68
阔科亚克达热斯	21.92	42.37	5.77	24.26	7.38	1.08	9.10	1.64	11.16	2.44	7.05	1.00	6.60	0.99	68.51	3.81	211.27	0.95	0.41	2.22
阔克牙克达拉斯	45.99	84.39	10.70	40.86	7.93	1.30	9.38	1.03	6.16	1.17	3.26	0.14	2.55	0.40	30.16	7.96	245.42	3.52	0.47	12.33
西岔河	24.8	49.6	5.63	19.8	4.11	0.82	3.51	0.55	2.85	0.31	1.54	0.19	1.53	0.22			115.46	9.79	0.70	9.62
曲 格	34.7	69.4	7.61	26.3	5.31	0.81	4.10	0.70	3.23	0.27	1.78	0.17	1.97	0.28			156.63	11.53	0.56	10.46
阿提什	48.67	80.91	9.60	31.41	5.54	0.89	5.24	0.51	3.32	0.68	1.91	0.28	1.62	0.24	17.47	3.38	208.29	5.66	0.50	19.63
加勒格孜阿嘎希	49.67	84.41	9.95	32.96	5.83	0.81	5.64	0.58	3.63	0.71	2.10	0.27	1.82	0.23	19.27	2.88	217.88	5.36	0.42	17.78

测试单位：国家地质实验测试中心。

表 2-6 诺尔特地区部分花岗岩微量元素含量 $w_B/10^{-6}$

岩 体	Zr	Ta	Rb	Sr	Ba	Cu	Zn	Pb	As	Au	Be	P	Cr	Ni	Co	V	Ti	Mn	Ga	Mo	Sn	Bi	W	Li	Ce
阿提什	149	<10	224	163	371	16	53	46	3.7	0.0074															
阔科亚克达热斯	14	<10	21	638	108	11	41	45	16.2	0.0165															
塔斯比克都尔根	121.1			255.6	233.3	11.7	21.1	12		0.175	11	1500	24.4	4.9	2.4	25	944.9	255.6	17.6	1.9	2.6	10	75	107.8	1.1
	332.1			511.1	623	72.4	45.8	25.9			3.7	947	30.1	16.9	20.3	130.7	4055.5	525.9	16.5	1.1	4.7		264	50	1
	233.3			366.7	533.3	65.8	47.5	17.6			2.8	1000	66.7	24.2	35.8	153.3	3166.7	533.3	13.5	1.5	3.1		191.7		1
东岔河	223			307.4	648.1	24.3	105.4	55			3.1	737	67.7	23.9	13.6	188.9	4833.3	714.8	23.6	1.0	2.1				
阿克萨拉	177.3				818.2	17.7	286.4	38.6			3.7		100	17.9	5.7	100.9	3131.8	500	20	1	1.3				

资料来源：本文(测试单位：国家地质实验测试中心)和新疆地质矿产局(1979,1990)。