

北祁连山地质构造基本特征 及其发展史的初步探讨

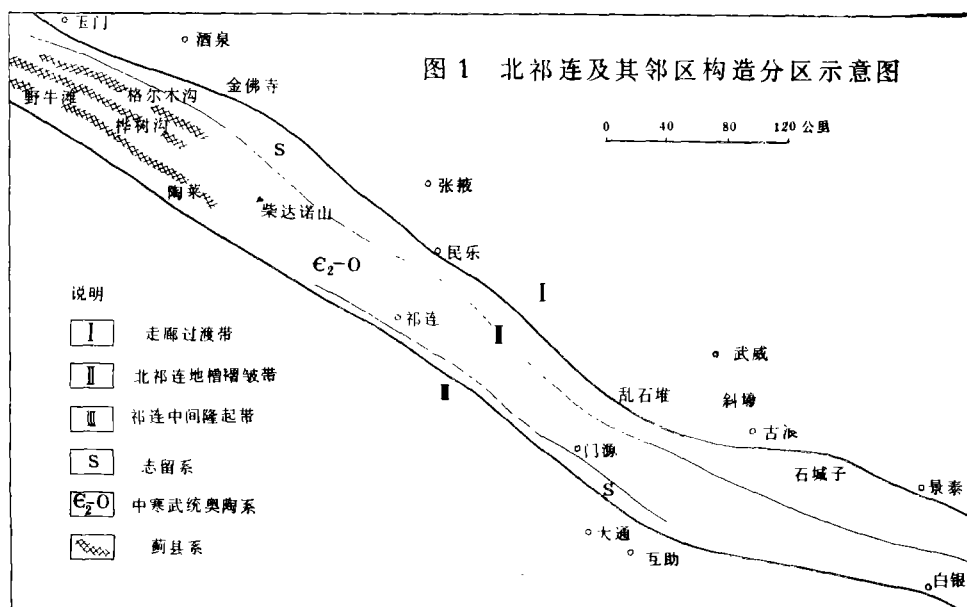
周良仁 秦克令

(西安地质矿产研究所)

张正祥

(甘肃地质局第四地质队)

北祁连山的地质调查,解放前只局限于交通沿线,解放后,进行了规模空前的区域调查、普查勘探和研究工作,积累了大量的地质资料。值的提出的是,1956—1958年中国科学院祁连山地质队的综合考查以及1958年至今所进行的1:20万区域地质调查工作的完成,对北祁连山解决了一些根本性的地质问题,为广泛深入地开展工作创造了非常有利的条件,并由此引起愈来愈多的地质工作者的兴趣。如黄汲清从地槽褶皱带的多旋回发展进行深入研究总结^[8-10],中国科学院地质所从断块构造观点进行过探讨^[1],魏春海从地质力学观点作过系统研究^[13],从板块观点进行研究的主要有李春昱、肖序常和王荃等^[4,2]。笔者自1958年以来参加了该区地质工作实践,得出了一些认识:即北祁连山经历了两个地槽发展阶段。蓟县纪时,属古祁连山地槽的一部分。加里东期才独立发展为北祁连地槽。加里东早、中期以断块作用为主,造成一些地区缺失上寒武统;促使地槽与走廊过渡带界限明朗化。中、晚期为褶皱运动,首次褶皱作用伴有花岗岩浆活动,并造成地槽向两侧迁移;最终强烈褶皱时期,各类岩浆侵入活跃。多期次构造作用及岩浆活动,形成多期次成矿作用。泥盆纪后地台期主要是断块运动,造成一系列相互平行的断块及断陷盆地,控制



着晚古生代及中、新生代沉积作用。据此, 现对北祁连山地质构造基本特征及其发展史作一讨论, 供参考指正。本文涉及范围, 与1960年黄汲清划分命名的“北祁连褶皱带^[1]”基本一致(图1)。

北祁连山地质构造复杂, 构造作用继承性明显, 各期构造作用形成的构造线及侵入体的展布方向, 均呈北西—北西西向, 与之配套的近东西、南北向及北东向的构造线, 则居于从属地位。关于地史演变各阶段的主要特点论述于后。

一、蓟县纪地槽

北祁连山的“前寒武系”, 是一个复杂而长期争论的地质问题。在以往的地质工作中, 出现一种偏向, 即将变质较深的岩层, 均划归前寒武系或前震旦系; 将变质程度为绢云母—绿泥石相的浅变质岩层, 划为早古生代或寒武、奥陶纪。因而造成地史论述上的混乱, 甚至产生指导找矿方向上的错误。

1972年, 甘肃地质局第二区测队五分队, 首次在北祁连山西段镜铁山地区发现叠层石, 肯定震旦亚界的存在。1978年我们在实践中又扩大了震旦亚代叠层石产地(如格尔木沟、二指哈拉), 并对其沉积特征、叠层石组合和构造特点进行了研究, 同时对变质较深的岩层也作过一些工作。据已有迭层石资料, 说明区内可能只有蓟县系, 岩层变质一般较弱, 单从变质程度对比易与下古生界相混。变质较深的岩层位于复背斜轴部及花岗岩类侵入体边缘, 其地层时代有的属蓟县纪, 有的为早古生代。现只对蓟县纪沉积和构造特征, 简要地作如下论述。

目前所知, 蓟县系出露于东经99°以西, 呈北西—北西西向的长条“岛状”, 与下古生界平行相间分布, 两者之间多为逆断裂接触, 只在断块边缘的局部, 见中寒武统(格尔木沟)或下奥陶统(桦树沟脑)以角度不整合覆于蓟县系之上。

蓟县纪沉积, 显示了一次大的海侵层序, 按岩性可分为以下两部分。

上部碳酸盐岩组: 白云质灰岩、白云岩, 夹千枚岩, 局部夹基性火山岩, 或白云岩与基性火山岩互层。在紫红色白云岩中, 普遍含 K_2O 2—6%, 最高达8%, 以此区别于早古生代的碳酸盐岩。白云岩中产圆柱状叠层石*Colonnella* f., 喀什叠层石*Kussiella* f., 贝加尔叠层石*Baicalia* f., 锥叠层石*Conophyton* f., 拟锥叠层石*Paraconophyton* f., 核形石类*Oncolithi*及层叠层石*Stratifera* f., 厚度>2000米。

下部千枚岩组: 以绿泥绢云千枚岩、绢云千枚岩为主, 夹铁矿层。顶部夹白云岩层, 或千枚岩与白云岩互层。中下部夹白云岩及石英岩, 后者波痕和交错层发育, 是区别于下古生界的重要岩性特点。位于复背斜轴部的岩层, 有的已变为片岩和片麻岩。中部白云岩夹层中产圆柱状叠层石*Colonnella* f., 锥叠层石*Conophyton* f., *rusania* f., 贝加尔叠层石*Baicalia* f. 及墙叠层石*Scopulimorpha* f.

上列叠层石, 多数是蓟县剖面上蓟县纪常见分子^[3]。从沉积特点看, 早期为泥质页岩建造, 晚期是富镁碳酸盐岩建造, 在碳酸盐岩沉积过程中, 海底火山活动以拉斑玄武岩为主, 有少许细碧岩。由南而北, 火山作用强度逐次减弱; 陶莱山及其南邻的中祁连山, 火山岩成带性明显; 往北至走廊南山的镜铁山一带, 火山岩则呈夹层产出; 再往北至三道石

人山, 火山活动基本消失。

对震旦亚界的上述时代确定和层序建立, 与甘肃地质局第二区测队五分队的认识不同, 他们将震旦亚界分为四个系和八个岩组^①, 即震旦系一柏杨沟群; 青白口系一大柳沟群, 上部白土湾组、中部班赛尔山组、下部夹皮沟组; 蓟县系一镜铁山群, 上部古浪峡组、下部桦树沟组; 长城系一朱龙关群, 上部小柳沟组、中部熬油沟组、下部龙孔组。其中镜铁山群的古浪峡组及桦树沟组, 分别相当于我们划分的碳酸盐岩组及千枚岩组, 地层时代属蓟县纪。朱龙关群的小柳沟组, 是桦树沟组沿走向的西延部分; 据大柳沟剖面的野外复核, 大柳沟群只可分为碳酸盐岩组及千枚岩组, 分别相当古浪峡组及桦树沟组, 而碳酸盐岩相与朱龙关组和龙孔组所产叠层石组合相似, 同属蓟县纪, 且微体古生物群也有着一致性。所谓“柏杨沟群”的重要依据是“角砾岩层”, 它分布局限于柏杨沟及二道沟口, 为千枚岩中的夹层, 自然属千枚岩组。

依据叠层石资料: 北、中祁连的蓟县系可对比, 即区内上部岩组, 相当钱家骥^②命名中祁连的多若诺尔山群和陶莱山群, 下部岩组相当桥头子群。说明在蓟县纪时期, 整个祁连山同处于一个海域内, 这就是广义的祁连山地槽。蓟县纪末的构造运动, 地槽回返褶皱成山, 中祁连大通宝库河出现907百万年的变质岩层^[6], 暂视为该期褶皱变质代表性产物。

蓟县系中产有沉积变质铁矿。上部岩层中的铁矿称“朱龙关”式, 产于千枚岩、板岩中, 有的产于火山碎屑岩内, 层位不稳定。矿石为暗红色高硅质赤铁矿石或磁铁矿石, 含少量菱铁矿及不明显的暗红色硅质条带。下部岩组中的“桦树沟”式铁矿, 为主要铁矿类型, 产于上部厚层千枚岩中, 层位较稳定。矿石为细粒结构, 条带状构造, 主要由镜铁矿、菱铁矿、碧玉、重晶石组成。蓟县系在祁连中间隆起带的出露面积, 远比北祁连褶皱带广泛, 是否赋存该类型铁矿床, 应引起重视。

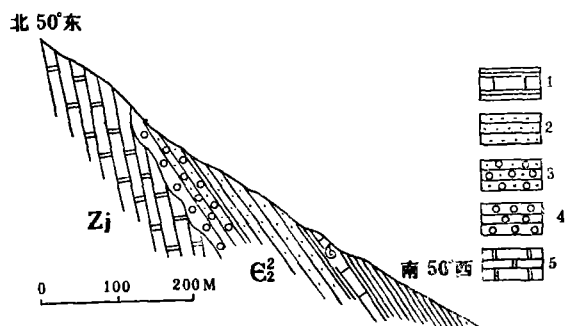


图2 格尔木沟中寒武统与蓟县系不整合关系

1—硅质板岩夹灰岩产三叶虫化石; 2—细砂岩; 3—含砾粗砂岩; 4—砾岩; 5—白云岩

二、加里东期地槽

古祁连山经历青白口纪至早寒武世的长期夷平后, 中寒武世初期的断块作用, 将古祁连山分裂成祁连中间隆起带, 及与之平行对称的南、北祁连山地槽, 地槽的另一侧为过渡带。下文重点论述北祁连山地槽及其北侧走廊过渡带。

北祁连山地区, 中寒武世初期的断块运动, 不仅有资料证实其存在, 而且表现强烈。格尔木沟中寒武统超覆蓟县系之上(图2), 相似的地质现象还见于大通娘娘山东坡。类磨拉斯堆积分布在毗邻祁连中间隆起带的青海互助北东的中石窝地区, 那里中寒武统底部出露巨厚层状砾岩, 砾石成分取自下伏蓟县系, 以石英岩为主, 其次为千枚岩、白云岩等, 砾石分选不佳, 大的似人头, 小的如

① 甘肃省地质局第二区测队五分队, 1977年, 北祁连震旦亚界的初步划分。

② 钱家骥, 1975年, 祁连山西段震旦系。

拳头,厚度大于400米。

北祁连山地槽在中寒武世时,约于东经99°以西,已存在数条相互平行蓟县系的基底断块隆起岛屿,这些“岛状山”在中寒武世—奥陶纪时一直露出海面遭受侵蚀。海浸始于中寒武世早期,至晚期才漫漫整个北祁连山。海水从南东方向入浸,尔后向北西推进,故区内以中寒武世晚期古动物群的分布占绝对优势,只在白银市胜家梁及大通老爷山发现中寒武世早期重要分子Bailiella属。沉积建造表明,门源以西以正常沉积泥、砂质为主,夹碳酸盐岩,并伴有火山活动,主要是基性喷出,局部形成火山岩系(如拉洞地区);门源以东碳酸盐岩显著增多,火山活动强烈,形成巨厚的细碧角斑岩建造,厚达7000余米(如白银地区)。

北祁连早古生代地槽形成后的首次构造运动,笔者于1978年提出^①,它是发生在中寒武世末的断块作用,晚寒武世的海底产生新的分裂,于东经99°往东也出现长条形断块隆起岛状山,所以区内有的地方存在上寒武统,且与中寒武统为整合关系,有的地区则缺失上寒武统。因为断块岛屿露出海面(受侵蚀),故奥陶系直接覆于中寒武统的剥蚀面上,如:马雅山北坡的天祝黑刺沟地区,顶部含三叶虫化石 *Peronopsis*, *Solenoparia*, *Ptychagnostus*, *Pagetia*及 *Triplagnostus* 等的中寒武统火山岩系,直接与奥陶系底部紫红、灰绿色碎屑岩(产腕足类 *Orthis*, *Dactylogonia*, *Hesperorthis*)呈假整合接触(图3)。此处奥陶系总厚不及500米,与邻区比较厚度相差悬殊。走廊南山分布的下奥陶统下部碎屑岩组,由肃南大岔经桦木沟至祁连县拉洞一带,沿地层走向断续出露延长百余公里,厚度

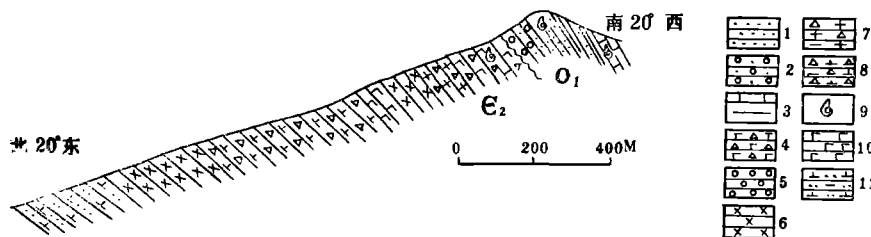


图3 天祝黑刺沟中寒武统火山岩与奥陶系下部碎屑岩直接接触

1—砂岩, 2—砂砾岩, 3—板岩、灰岩, 4—角斑岩质火山角砾岩, 5—砾岩, 6—安山玢岩, 7—英安岩质火山角砾岩, 8—玄武岩质火山角砾岩, 9—化石产地, 10—角斑岩, 11—玄武岩质凝灰岩

由数百米至千余米,岩层呈灰绿、紫红色。在寺大隆沟查实,底砾岩的成分取自下伏中寒武统,且呈楔状嵌入中寒武统内(图4)。

该期构造运动有关的侵入活动尚未查清。但在南邻的祁连中间隆起带北缘,确有同期的花岗岩浆侵入及接触变质作用,成岩年龄值为505—534百万年^[6],如白银北侵入“皋兰系”中的什川花岗岩体,围岩地层接触变质年龄为505—514百万年;往西在大通的宁川公路上,有514.4百万年的小型花

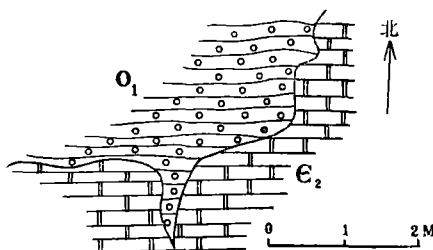


图4 肃南寺大隆沟O₁紫红色片状砾岩与E₂结晶灰岩呈假整合接触

① 周良仁、秦克令, 1978, 北祁连山晚寒武世地层及其变质时代。

岗岩体;大通下巴颜沟的眼球状黑云母片麻岩为 534 百万年,它很可能是酸性岩浆混染于千枚岩形成的,该处还有 500 百万年的花岗伟晶岩。

北祁连在晚寒武世处于相对较宁静阶段,沉积了泥岩、砂岩,其次为灰岩,厚近 2000 米。值得讨论的是,甘肃地质局区测队曾在白银地区的白马洼,于酸性火山岩的结晶灰岩夹层内,采到星圆茎 *Pentagonocyclicus* 和圆圆茎 *Cyclocyclicus*,而海百合茎出现最低层位为晚寒武世,也就是说,白银地区的火山岩系不全属中寒武世,其中包含有晚寒武世的产物。该区小铁山多金属矿床中方铅矿同位素年龄值为 530 百万年,可为这一推论的旁证。

中寒武世的古动物群属华北型与东南型的混合群,晚寒武世的古动物群基本属东南型。

奥陶纪,是地槽发育主要时期。早奥陶世初海浸范围扩大,使中寒武统断块岛状山又被淹没海底,强烈的火山活动遍及北祁连山地区,沉积物最厚达 8000 余米。岩相变化大,古生物群亦随地而异,以混合生物群为主。火山岩以中基性为主,有安山岩、安山玄武岩、橄榄玄武岩和细碧岩,及同质火山碎屑岩;酸性火山岩少见,它们与正常海相沉积层共同组成巨厚的火山岩(或细碧岩)系。此外,尚有一种少见的“超基性砾岩”,亦可能属喷出岩,它分布于玉石沟超基性岩体的北侧,呈层状,沿北西西走向断续延长约 6 公里,宽 30 余米。超基性砾岩层的顶底板为正常沉积变质岩层或蛇纹岩和蛇纹石化辉橄岩,个别剖面上见到蛇纹岩脉斜切不同粒级的超基性碎屑岩层,呈明显的侵入关系。按粒度划分以中砾岩(粒径 1—10 厘米)、细砾岩(粒径 0.2—1 厘米)为主,局部有少量粗砾岩(粒径 > 10 厘米)、含砾砂岩、粉砂岩和砂岩,局部显示沉积韵律和斜层理,但沿岩层走向变化迅速。超基性碎屑岩层中夹结晶灰岩(含海百合茎),甚至两者沿走向呈相变关系,含砾粉砂岩中产三叶虫、腕足类及海百合茎化石。

早奥陶世末的断块构造作用,促使北祁连地槽与走廊过渡带的界限更加明朗化,并以断裂作为它们之间的分界线。分界线两侧的岩相建造、地层厚度及地层间的接触关系,出现明显差异:分界线以南的地槽区,断块为下降(或俯冲)盘,奥陶纪为连续沉积。中晚奥陶世承袭了早奥陶世海浸范围和活动性,普遍发育很厚的海相火山岩(或细碧角斑岩)系,岩性变化总的趋向是门源以西偏基性,以中基性喷出岩为主;门源以东,基性火山岩迅速减少,酸性火山岩增多,形成以中酸性为主的火山岩系。在永登中堡石灰沟还出现少量碱性火山岩(粗面玄武岩、粗面岩、假白榴石斑岩)夹层。奥陶纪的类复理石建造亦相当发育。但火山岩系与类复理石建造之间无固定的层序关系,常沿走向发生相变,例如,同属 *Nemagraptus gracilis* 带笔石的沉积物,在永登中堡石灰沟为中酸性火山岩系,沿走向往西至门源他里花沟则相变为类复理石建造,说明至少部分火山作用是在形成复理石同时进行的。中、上奥陶统最厚达 7000 余米。分界线以北的走廊过渡带属上盘逆冲(或仰冲)断块,使下奥陶统褶皱隆起为陆,经短期侵蚀间断后复又淹没海底,因此,中、下奥陶统之间普遍存在强烈的角度不整合接触关系,中奥陶统底部都有数十米,最厚达 100 余米的底砾岩。砾石成分取自下伏岩层,如门源北的乱石堆、古浪南的古浪峡及天祝斜壕等地区都有所表现。该区在中、晚奥陶世时为冒地槽沉积,且不同地带的沉积岩相和古生物群显示出差别:毗邻断块线的古浪峡至门源乱石堆一带,中、晚奥陶世沉积了贝壳相灰岩,厚度大于 600 米;天祝斜壕宁昌河一带,沉积物厚达 1000 米,中奥陶统下部为砂砾岩、砂岩,

往上变为泥灰岩、板岩夹砂岩及灰岩；上奥陶统为板岩夹砂岩。中奥陶世是以笔石为主体的混合相生物群，晚奥陶世为单一笔石相，笔石群具有浓厚的地区性，出现不少新种和新变种^[12]。最近赵凤游，将门源北乱石堆、古浪北古浪峡的灰岩及斜 壕的天祝 组和斯家沟组均置于上奥陶统^[11]，这是值得商榷的。关于天祝组和斯家沟组的时代属中奥陶世，已有专文论述^[12]，不再重复。1961年，中国科学院兰州古生物研究站，对“乱石堆灰岩”进行过较详细的研究，在乱石堆北西1公里的上洪沟测有剖面，从高月英供给的剖面手稿中看出：“乱石堆灰岩”的中下部层位属中奥陶世当无疑问，其中所产三叶虫 *Basilicus* sp. *Isoteloides* sp. *Plesiemegaspis* *Tsaidamaspis* sp. 前者是中奥陶世常见分子，后两者产于早中奥陶世。常见于中奥陶世的腕足类有 *Sowerbyella* cf. *soricea*(sowerby), *S.* cf. *Punctostriata*(mathew), *Protorphynchia* sp., *Leptelloidea* cf. *transversum*(pander), *L.* sp., *Leptoptilum* sp., *Protorhynchia* sp., 而一般认为从晚奥陶世才开始出现的 *Cliftomia* 及 *Plectatrypa* 两属，只限剖面中上部。说明“乱石堆灰岩”是一个穿越时代的碳酸盐建造，包括中、晚奥陶世的沉积。“古浪灰岩”中的腕足类组合，相似于“乱石堆灰岩”中下部的腕足类群，而里亨珊瑚 *Lichenaria* 属的地质历程，国内外资料只限中奥陶世^[12]，因此，将“古浪灰岩”归属中奥陶世较之拉入晚奥陶世更可信。

奥陶纪古动物地理分区基本属东南型。

早、中奥陶世间的断块作用，只导致了微弱的岩浆侵入活动，在地槽内岛状山的蓟县系中，见有小型花岗侵入体和伟晶岩脉，成岩期为470—487百万年。如青海陶莱白套河的伟晶辉长岩脉为487百万年，黑大坂的片麻状花岗岩体及花岗伟晶岩脉，分别为480及470百万年。

奥陶纪末，发生一次较强烈的褶皱运动，主要表现：

1. 寒武、奥陶纪地层褶皱，形成古北祁连山格架。

2. 随着地槽中央部位的褶皱隆起，水域迁移到它的两侧，产生了与之平行的南西、北东两个志留纪海槽—造成北祁连地槽的双边迁移。

另一方面，构造作用的强度表现为明显的不均一性：南缘海槽志留、奥陶系间为角度不整合接触关系。北缘海槽显示纵向迁移特点，西段缺早志留世早期（相当早凡伦期）沉积，志留、奥陶系间亦为角度不整合关系，例如，笔者曾与宋长起、李耀西和青海地质局区测队胡思敏等共同研究过的肃南寺大隆沟剖面：下志留统下部为砾岩夹少量砂岩，砾石成分以石英岩、硅质岩及中基性火山岩为主，厚444米；上部为由泥板岩与变质砂岩组成的类复理石层，夹砾岩及灰岩，厚大于425米，灰岩中产 *Palaeofavosites alveolaris* var. *karinuensis*, *Rukhinia* sp., *Mesofavosites khalfini* *Mesofavosites ganinensis* 等，其中 *Palaeofavosites alveolaris* var. *karinuensis* 见于波罗的海沿岸标准剖面兰德维利阶上部，*Mesofavosites khalfini* *Mesofavosites ganinensis* 产于阿尔泰地区恰卡给尔组，相当于兰德维利阶层位中，其特征接近 *Mesofavosites fleximurinus*，后者为波罗的海标准剖面兰德维利阶上部产物；*Rukhinia* 属目前只知存在于兰德维利阶上部。据此分析，这里的下志留统只相当兰德维利阶中、上部，而缺失下部。层位与玉门肮脏沟相当，两地的岩相建造也有着一致性。上奥陶统为安山岩及安山质凝灰砾岩，砂、板岩，顶部灰岩夹层中产珊瑚 *Pzlaefavosites grandis* Yü, 三叶虫 *Sphaerexochus* cf. *bridgei* Cooper et. *hindle*. 关

于它们之间的接触性质,因剖面上及其邻近地带丛林掩盖,当时未能直接观察到,后经青海地质局区测队继续沿接触带追索查明:两者为角度不整合接触(图5),东段早志留世的沉积完整无缺,与上奥陶统为整合关系。如天祝黑刺沟、南泥沟等地,以古浪南东的石城子地区研究最详^①,上奥陶统顶部产 *Climacograptus supernus*, *Orthograptus* cf. *truncatus*, *Daraothograptus angustus*, *P.* cf. *tenuis* 的层位,与下志留统底部 *Glyptograptus persculptus* 带接触,两者在岩性上亦为清晰的过渡关系。

3. 导致了大规模的花岗岩浆活动和变质作用。柴达诺山花岗岩基同位素年龄为455—420百万年(四个样);牛心山花岗岩体的年龄值427百万年;甘肃景泰老虎山的石英闪长岩体,年龄值443百万年。这些岩体,主要侵入在寒武奥陶系组成的复背斜轴部,与其有

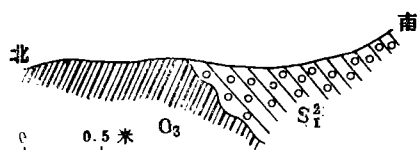


图5 肃南寺大隆砾岩(S_1^2)与板岩(O_3)的不整合关系

关的热液金属矿化,以铅为主,其次是铜、钼、铋。此外,在陶莱牧场的热水,还出现434.7百万年的花岗伟晶岩。区域变质岩石的同位素年龄数据,已知的只有青海祁连清水沟及百经寺与兰闪石片岩共生的石榴白云绿泥石英片岩中白云母年龄值439百万年。后者白云石英片岩中白云母年龄值440.1百万年。地层时代为晚寒武世—早奥陶世,产出部位相当寒武、奥陶系复背斜轴部。

志留纪南、北两个海槽发育的不尽相同。南缘海槽介于祁连中间隆起带与古北祁连山褶皱带之间,呈狭窄的带状分布。它发育不佳,其中缺志留纪晚期的沉积;早中志留世,主要由千枚岩、泥板岩与变质砂岩、粉砂岩组成的类复理石建造,底部有砾岩,厚3000米,按沉积相与北部海槽的中、下志留统近似。需要提出,这个地带的志留系研究程度还很差。北缘海槽位于古北祁连褶皱带与走廊过渡带之间,形成向南东倾斜的古地貌,早志留世海水由东南向北西浸造成底部地层层位由南东向北西方向渐次增高。如在玉门肮脏沟及其以西地段,只有晚凡伦期的沉积;往东至肃南土大坂的半截沟,开始出现早凡伦期上部的 *Demirastrites triangulatus* 带;再往东到肃南石居里沟至天祝马营沟及腰沟,均产早凡伦期下部 *Glyptograptus kaochiapiensis* 带笔石;底部雕刻雕笔石 *Glyptograptus persculptus* 带,分布在古浪以东的石城子地区。

志留纪的动物地理分区,属东南型或扬子地理区^[13]。早志留世为笔石相,个别地区出现介壳相化石;中、晚志留世除个别地方产笔石外均属介壳相生物群,尤以中志留世繁盛。

志留系厚在6000米以上,以下志留统分布最广,地层厚度约占志留系的一半。志留系三分比较清楚,下统为由灰、灰绿色泥板岩、变质砂岩和粉砂岩组成的类复理石建造;中统为紫红、灰绿色浅变质砂岩、粉砂岩、泥板岩夹灰岩;上统是紫红色砂岩、粉砂岩夹泥岩。整个志留纪沉积,显示了海退相层序。志留纪的海底火山活动:由早志留世至中志留世减弱,晚志留世火山活动基本消失;沿地层走向,门源以东较之西段火山活动强,在西段的火山岩都为中、下志留统内的夹层,东段的下志留统有的地区形成厚近2000米的火山

① 王建中,1978年,北祁连山东段首次发现小达尔曼虫层。

岩系。火山岩主要为安山岩、安山玄武岩、玄武岩、细碧岩及同质火山碎屑岩,在门源以东石英角斑岩、流纹岩增多。

志留纪末的晚期加里东运动,是北祁连地质史上最强烈的褶皱运动,使志留系褶皱并与古北祁连山合并,形成雄伟的北祁连山,海水全面退出。此时各类岩浆侵入活动非常活跃,基性、超基性岩侵入体主要形成于这个时期。侵入体主要位于复背斜轴部,及下古生界与蓟县系断块隆起的断裂带上。同位素资料证明,地层变质时代与岩浆侵入时期相当接近。

褶皱带内各时代地层都遭受到此次区域变质和接触变质作用,变质年龄值为402—382.4百万年。如青海玉石沟西的小黑刺沟及甘肃肃南浪头沟的蓟县系,变质年龄值分别为392及382.4百万年,样品均为采自蓟县系断块的边缘变质岩;白银市小铁山及祁连川刺沟寒武系,变质年龄值分别为402及399.1百万年;青海热水大坂下奥陶统中,有382.4百万年的白云石英片岩及392.1百万年的片麻岩,均是千枚岩中的夹层;川刺沟的下奥陶统与花岗闪长岩接触带形成的角岩年龄值为391百万年。

岩浆活动的成岩年龄值为392—362百万年。该期岩浆活动的特点是:

1. 岩浆岩类型复杂,主要有基性、超基性岩,酸性岩,其次是碱性岩。基性、超基性岩体遍布褶皱带,但主要集中在褶皱带主体中西段的寒武、奥陶系中,少数侵入志留系内。花岗岩类侵入体主要分布褶皱带的南、北两侧:北侧以侵入中下志留统内的金佛寺花岗岩体(年龄值363百万年)为代表,往北至走廊过渡带中有武威九条岭花岗岩(年龄值379百万年)及永昌极岭花岗岩体(年龄值410百万年)。沿祁连中间隆起带与褶皱带间断裂上侵规模较大的野牛滩花岗闪长岩体,亦可能属此期产物,与其有关的矿产有:接触交代—高温热液富铁矿、石英脉型黑钨矿及矽卡岩型白钨矿。碱性岩体呈线型分布,自西往东由刃岗沟至高崖泉出露的石英正长岩和正长岩体,沿长轴延伸长达70公里。往南在祁连中间隆起带上,此期花岗岩类侵入体也很发育,如西段肃北小道尔吉及伊和阿尔嘎斯台两岩体,年龄值为404—357.1百万年;东段有湟源燕峡沟及响河花岗岩体,年龄值为377—380百万年^[9]。

2. 辉长岩与超基性岩形影相伴,它们之间的关系有两种形式:以侵入为主,超基性岩穿插、包裹辉长岩的现象屡见不鲜;呈分异者极少,如三岔岩体。另据区测资料,在酒泉八庄口一带的中下志留统内也有类似的基性、超基性杂岩体。于东经99°以西,出露有较多岩墙状和脉状的辉长闪长岩体,当它与辉长岩组成同一岩体时,其间呈过渡关系。超基性岩体,绝大多数由斜辉辉橄岩—斜辉橄榄岩组成,一般M/F值为8—10, B/S值1.5—1.8, 含Cr₂O₃0.3—0.4%。随着B/S值增高,岩体中铬铁矿化程度稍好,当岩体内出现二次侵入和纯橄岩相带时,铬铁矿化更佳,或从纯橄岩相中分异出工业铬铁矿床。

据上述资料推测:同时来自上地幔的基性、超基性岩,它们出自一个岩浆源,原始成分相当于“橄榄岩浆”,经深部或沿断裂上侵过程中发生液态分异,然后随着断裂开放和闭合的交替作用,间歇性地侵入到地壳中,产生辉长岩与超基性岩、以及超基性岩不同岩相之间的侵入关系;少数原始岩浆直接贯入地壳中后,在岩浆房内再行分异,形成辉长岩与超基性岩的过渡关系的“杂岩体”。尚需指出:在格尔木沟一带出露稀有的斑状橄榄岩体, M/F值3.36, B/S值1.6, 含Cr₂O₃0.22%,它可能就是进入地壳没有分异的原始橄榄

岩浆。

3. 综合同位素年龄、侵入岩生成顺序及侵入体与变质岩层间关系等资料,说明此期构造岩浆旋回中,最先进入地壳的主要是基性、超基性岩浆,随后为花岗岩浆侵入,以碱性岩浆侵入而告终。主要论据是:

(1) 陶莱山:玉石沟超基性岩体的西分枝,穿切 392 百万年的黑云石英片岩;川刺沟超基性岩体,其内捕虏的花岗闪长岩与下奥陶统接触带角岩年龄值为 391 百万年;刃岗沟至黑大坂南一带,花岗闪长岩和正长岩都穿插、包裹辉长岩,而花岗闪长岩又被正长岩穿插;南邻祁连中间隆起带内正长岩体年龄值 377—414 百万年。侵位于蓟县系内的小龙孔超基性岩体年龄值为 391 百万年。

(2) 走廊南山:加里东中期的花岗岩体,均被该期基性、超基性岩体穿插(如拉硐、柴达诺山),或超基性岩体内包裹有花岗岩,如吊大坂(花岗岩年龄值为 410.1 百万年),桦木沟(花岗岩包体年龄值 462 百万年)。清水沟超基性岩体,侵入到 439 百万年的变质岩层中。与超基性岩接触的变质岩层及异岩类侵入体均具有明显接触变质蚀变带。

据区测资料:362 百万年的金佛寺花岗岩体捕虏有超基性岩;往西至小风沟,斜切中志留统的超基性岩体,又被花岗岩脉穿插。

早古生代发育的海相火山岩系中,包括正常火山岩和细碧角斑岩类。各时代的喷出岩类,在岩性和岩石化学特点上颇为相似,研究了大量岩石化学分析资料,亦很难按喷出时代划出较明显分区。它们可能是导源于同一岩浆源,在北祁连加里东地槽整个历史进程中的不同阶段不同位置的喷发物。因而,产于火山岩系中的黄铁矿型铜及多金属矿床,不易也不宜按喷出时代明确找矿方向。据目前资料,不同规模的工业矿床都产在细碧角斑岩发育地段,且岩性组合愈齐全(基性—酸性)矿床规模相对愈较大,说明详细研究和划分出不同的火山岩岩性组合区、段,研究其分异演化特征是今后找矿的重要课题。火山岩系中的铁、锰矿,亦无喷出时代控制规律,它们均赋存火山岩系的硅质岩层中,如南门寺及碓子峡锰矿,黑刺沟及住藏沟铁矿等。此类矿规模小,品位低,是否形成有工业意义的矿床,值得进一步研究。

三、地槽期后

随着加里东晚期造山作用,北祁连早古生代地层迅速褶皱隆起,同时在高耸的古北祁连山北缘,产生新的、与褶皱山系平行的山前拗陷带。早泥盆世时,古北祁连山激烈上升,大量粗碎屑物及岩块,倾注于狭长边缘拗陷带内,剖面上砾岩的砾石成分由下往上变为复杂,而砾石的磨圆度及分选程度则相对变好。同时,沿隆起的古北祁连山边缘时有断裂活动,伴随着微弱的火山喷发,构成少量火山岩层夹于粗屑岩中。这种环境延续到中泥盆世早期,至中泥盆世后期山区上升速度才缓慢下来,已由山麓堆积转为河流湖泊环境,生长了一些植物,沉积了成分复杂的细粒碎屑岩,出现交错层理。形成了早中泥盆世典型的磨拉石建造。

早期华力西运动,产生相互平行的断块山和断陷盆地。晚泥盆世沉积层,在山前拗陷中以角度不整合覆于中下泥盆统之上(图 6)而在新生断陷盆地内,则直接覆于各类地槽

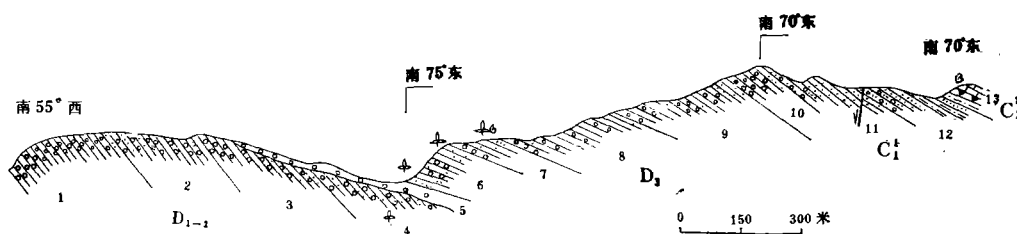


图6 甘肃靖远沙流水泥盆系剖面

(据刘克)

1—块状砾岩；2—砾岩夹砂岩；3—砾岩、砂砾岩和砂岩的间互层；4—砂岩夹砾岩，产 *Protopteridium* sp.；5—砾岩；6—砂、砾岩互层，产 *Triphylopteris* sp.；7—砾岩、砂岩夹粉砂岩，产 *腕甲鱼* 及 *Leptophlocum rhombicum*；8—砾岩、砂岩；9—砂砾岩、砾砂岩互层；10—砾岩、砂岩；11—砂砾岩、砂岩；12—砂砾岩、砂岩、粉砂岩；13—粉砂岩夹石膏，向上为灰岩，产 *Schuchertella* cf. *planuscula*

型建造及加里东期侵入体之上。晚泥盆世至早石炭世杜内期时，为干热河流湖泊环境，在红色建造形成过程中，生长了一些植物和少许软体及脊椎动物。韦宪期初，海水再度进浸，盆地范围较晚泥盆世时扩大，由泻湖转为浅海环境，生物开始繁盛，在早石炭世沉积的碳酸盐、泥、砂质中，下部夹石膏层，上部含煤线。中石炭世时，地壳振荡频繁，海陆交替，为砂、页岩及灰岩互层，夹煤层。晚石炭世时，地壳渐趋稳定，属滨海—沼泽环境，气候温暖，动物繁盛，植物丛生，成为重要造煤期，形成工业可采煤层，同时沉积了细碎屑岩及灰岩。石炭纪末，区内盆地普遍抬高，海水最终退出。但二叠、三叠纪沉积范围，仍继承了石炭纪轮廓。二叠至三叠纪中期，在干燥炎热气候条件下，形成了湖泊相的细粒碎屑岩建造，至晚三叠世时才转为湖泊沼泽环境，气候湿润，植物生长复趋繁盛，形成了含煤建造。

晚期印支运动，是地台期重大的变革时期。上古生界及三叠系形成梳状褶曲，仅盆地边缘在断裂的直接影响下褶皱才复杂化。由于地壳普遍上升，仅仅在残留的少数孤立盆地内，沉积了侏罗纪含煤建造。

早期燕山运动，使侏罗纪及其以前地层再次断裂褶皱，盆地面积复又扩大。早白垩世早期，块断山又不断快速上升，盆地内以粗碎屑物质堆积为主，晚期上升幅度减缓，以细粒碎屑沉积为主。因气候炎热，蒸发作用较强，故沉积层以红色为主，含石膏层。

晚期燕山运动，使下白垩统发生断褶，全区地势复又抬高，进入夷平期，这种局面延续到古新世末期。只在前山地带残留有个别孤立的早第三纪盆地的堆积。约于早第三纪末，古断裂复活，块断山再度隆起，在断陷盆地中形成了新第三纪红色碎屑沉积。

第三纪末的新、老断裂活动，造成第四纪地貌分区，控制着各类成因的松散沉积物的发育。

四、结 束 语

北祁连山的地质发展，经历了由地槽转变为褶皱带两个阶段。在蓟县纪时，它只是古祁连地槽的一部分。从中寒武世初至志留纪末，才属北祁连地槽的独立发展时期。加里东中、早期，以断块作用为主，造成区内一些地区上寒武统缺失，促使地槽与过渡带古地理

界限更明朗化。槽内侵入活动微弱, 仅在南侧祁连山中间隆起带中有规模较大的花岗岩浆活动。中、晚期加里东运动, 以褶皱作用为主, 且较为强烈, 奥陶纪末褶皱运动, 伴有相当规模的花岗岩浆侵入, 形成古北祁连山格架, 同时产生地槽向两边迁移, 出现南、北两个志留纪海槽, 北槽显示纵向迁移特点。晚期加里东运动是区内最强烈的构造运动, 早古生代地层褶皱变质, 伴有大规模的多类型岩浆侵入。多旋回构造作用, 导致了多旋回岩浆活动和变质作用, 它们最终的产物就是多期次的成矿作用。与海底火山活动有关矿产, 主要是黄铁矿型铜及多金属矿床, 铁、锰次之, 与加里东中晚期花岗岩浆活动有关的热液金属矿化, 以铅为主, 其次是铜、钼、铋, 晚期加里东岩浆活动是一个较重要成矿期, 超基性岩体中有铬铁矿床, 花岗闪长岩是形成工业钨矿及富铁矿的母岩。关于地槽发展中构造作用与岩浆活动和变质作用之间关系, 概括以下表示之。

地槽期后的构造作用以断块为主, 产生一系列相互平行的断块山和断陷盆地, 控制着晚古生代及中、新生代沉积物的发育。这些断裂延续时间长, 继承性强、规模亦大, 沿走向延伸长达数百公里, 但切割不深, 未能导致岩浆活动, 属壳上断裂。

北祁连地槽多旋回发展综合图表

旋 回		时 代	岩 性 特 征	同位素年龄数据投点区				
晚加里东	V	D ₁₋₂	磨拉斯	花岗岩	花岗伟晶岩	基性超基性	变质岩	3.5(亿年)
	IV	S ₃	红色细碎屑岩	○				
		S ₂	砂页岩夹灰岩, 火山岩	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○		x	△ △ △ △	4
		S ₁	类复理石, 夹火山岩, 局部为火山岩系	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	●		△ △	4.5
中加里东	III	O ₃ O ₂	类复理石, 海相火山岩及细碧角斑岩系, 西段较东段偏基	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	● ●			
早加里东	II ₂	O ₁	类复理石, 安山岩、玄武岩、细碧岩、拉斑玄武岩	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	●	x		5
		Є ₃	泥、砂岩及灰岩	○	●		△ △ △	
	II ₁	Є ₂	西部以砂、页岩为主, 往东出现细碧角斑岩系					5.5 6.5
震旦亚代		Є ₁	夷 平 期					7.5
		Z ₂						8.5
		Z ₁					△	9
	I	Z _j	白云岩、玄武岩、拉斑玄武岩, 产珠龙关式铁矿					9.5
			砂、页岩夹白云岩, 产桦树沟式铁矿					

===主要角度不整合 ~~~~角度不整合 ---沉积间断 ○花岗岩类 ●花岗伟晶岩 x基性超基性岩 △变质岩

参 考 文 献

- [1] 中国科学院地质研究所, 1974, 中国大地构造基本特征及其发展的初步探讨. 地质科学, 1期.
- [2] 王荃, 1976, 我国西部祁连山区的海洋地壳及大地构造意义. 地质科学, 1期.
- [3] 朱士兴, 1978, 中国震旦亚界蓟县层型剖面叠层石的研究概要. 地质学报, 53卷, 3期.
- [4] 肖序常, 1978, 祁连山古蛇绿岩带的地质构造意义. 地质学报, 52卷, 4期.
- [5] 林宝玉, 1979, 中国的志留系. 地质学报, 53卷, 3期.
- [6] 陈好寿, 1975, 西北地区某些花岗岩及变质岩同位素年龄数据讨论. 地质学报, 1期.
- [7] 俞昌民, 1961, 关于南山系中的两种珊瑚化石并讨论古浪灰岩的时代问题. 古生物学报, 9卷, 4期.
- [8] 黄汲清, 1960, 中国地质构造基本特征的初步总结. 地质学报, 41卷, 1期.
- [9] 黄汲清, 1979, 试论地槽褶皱带的多旋回发展. 中国科学, 2期.
- [10] 黄汲清, 1979, 对中国大地构造特点的一些认识并着重讨论地槽褶皱带的多旋回发展问题. 地质学报, 53卷, 2期.
- [11] 赵凤游, 1978, 北祁连山东段上奥陶统及其对比问题. 地质学报, 52卷, 2期.
- [12] 穆恩之, 1964, 祁连山东部奥陶系及志留系笔石地层. 中国科学院地质古生物研究所集刊(地层文集第一号).
- [13] 魏春海, 1979, 中国祁连山地质构造的基本特征. 地质学报, 52卷, 2期.

A PRELIMINARY STUDY ON THE GENERAL TECTONIC CHARACTERS AND EVOLUTION OF NORTH QILIAN MTS.

Zhou Liangren and Qin Keling

(Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources)

Zhang Zhengxiang

(Geological Team No. 4, Geological Bureau of Gansu Province)

Abstract

The geological development of North Qilian Mts. (Nanshan) comprises two stages—a geosynclinal one and one of successing folded belt.

The Qilian folded belt firstly appeared at the end of the Jixian period of upper Proterozoic. By block-faulting with the commencement of middle cambrian epoch, this ancient folded belt was separated into three parts: the Middle Qilian Uplift Zone, the N. Qilian geosyncline and the Hoxi Corridor Transitional Zone. The last two parts submerged during Middle Cambrian and

marine beds deposited therein. As middle Cambrian expired, linear uplifts and depressions took place in the geosyncline owing to renewed activity of the underlying blocks. Upper Cambrian series inherited the deposition in depressions but ceased to deposit in uplift regions. From the very beginning of Ordovician Period, the whole N. Qilian geosyncline and the Corridor Transitional Zone were widely transgressed and thus came the main stage of geosynclinal development. Voluminous shallow-sea fragmental rocks and volcanites deposited. At the same time, the distinction between the geosyncline and the Transitional Zone became more prominent on account of the difference of subsidence velocity, lithofacies and contact character between formations; moreover, the boundary between these two regions became clearer. By the end of Ordovician period, the axial part of the geosyncline had undergone reversion through folding accompanied with widespread granitic magmatism and metamorphism; thereby the geosyncline migrated out to both sides. The reversion of the geosyncline completed at the end of Silurian, with synchronous magmatic intrusion of various compositions and metamorphism; then the N. Qilian Caledonide Belt came into existence.

The stage of platform development began since Devonian period. A group of parallel uplifts and depressions or basins evolved by means of block-faulting and in turn controlled the sedimentation of Late Paleozoic, Mesozoic and Cenozoic times. But such faults, being supracrustal, do not extend to great depth.

Basing on the above-mentioned it is shown that the N. Qilian geosyncline bears the nature of polycyclic development and thus results in the multi-phased magmatism and metallization.