

# 略论我国不同变质时期的 变质岩系、变质带<sup>①</sup>和若干有关问题

程裕淇 张寿广

(中国地质科学院)

我国境内变质岩系和有关岩类分布比较广泛(见图),西起帕米尔、昆仑,东至沿海山地、丘陵和台湾等岛屿,北自大、小兴安岭、蒙古高原、阿尔泰山,南至海南等岛。从变质岩系或变质岩所发生的变质时代看,包括了所有的地质时代,其中以前寒武系最为发育;而有些变质岩系,尤其是时代较老的,又往往经历了两期乃至两期以上的变质作用。它们的原岩建造与所经受变质作用的性质和变质程度,基本上包括了迄今已被人们所认识到的各种情况,构成了一些多样的变质杂岩和混合杂岩,蕴藏着多种矿产。主要的有铁、铜、金、云母、菱镁矿、滑石、石墨、磷灰石和某些稀有、分散元素等等。

1978年至1979年,作者参加扩编李四光教授《中国地质学》时,编写了“我国不同变质时期的变质岩系和变质带”一章<sup>②</sup>,并编制了“中国不同变质时期的变质岩系和变质带分布略图”,图件曾分别向长春地质学院及地质矿产部地质研究所有关同志征求意见,得到过许多有益的启示。本文即在上文一部分内容的基础上补充改写而成。编写过程中沈其韩和地质矿产部地质所一些同志提出过许多宝贵意见,图件由李红等清绘,在此一并致谢。

由于一些变质岩系经历了不止一期的变质作用,文中提到的变质作用时期,系指主要的而言。本文的不少概略性叙述和分析,是初步的,有的仅是一种可能性。其目的,更多的是为了提出一些急需进一步讨论和研究的问题。

## 一、太古代变质岩系

我国的太古界都是中深区域变质的地层,主要产于中朝准地台<sup>③</sup>上五个地区:东北南部的鞍山群及其相当的地层;山东中、南部的泰山群;内蒙南部,山西、河北北部和辽宁西部的桑干群及其相当的地层;太行山区的阜平群等和吕梁山的相当地层;秦岭东段北坡、伏牛山的太华群以及皖西霍邱等地的相当地层和河南登封、许昌一带的登封群。此外,在胶东、新疆库鲁克塔克、大别山等地也有出露。

① 本文所称的变质带 (metamorphic belt) 系指主要为一定变质时期所形成的带状分布的变质岩系,可能是单相、也可能是多相变质的产物。与以一定变质矿物(矿物组合)命名的变质带 (metamorphic zone) (实际上是变质矿物带) 具有不同的含义。

② 参加该章工作的还有张梦岩等同志,全书正在编辑中,即将付印。

③ 本文提到的大地构造单元的名称和含义,采用黄汲清的意见。

华北地区太古界的原岩大致可以划归两个火山—沉积巨旋迴<sup>①</sup>。下部主要为由基性火山岩向酸性火山岩及其火山碎屑岩过渡的第一巨旋迴；上部主要为基性火山岩向中、酸性凝灰质碎屑沉积岩过渡的第二巨旋迴。现在看来，冀东地区可能发育的比较完整，其他地区一般只有第二巨旋迴，或者有时还有第一巨旋迴的一部分。在这两个巨旋迴的不同部位往往有硅铁质建造（或铁矿）的层位出现。

现有资料表明，形成第二巨旋迴时，华北地区的地壳出现了明显的分异。一方面自辽吉的鞍山群、冀东的迁西群等至鲁中、鲁西的泰山群，豫北的登封群（还可能包括华北平原之下的太古界）基本上没有或很少有碳酸盐岩石，而它们周围，如胶东地区的胶东群、冀北张家口一带的单塔子群、阴山地区的集宁群、太行山区的阜平群、吕梁地区的界河口群、中条山地区的涑水群、秦岭北坡的太华群以及淮阳地区的大别山群的一部分，都含有一些变质碳酸盐岩的夹层；另一方面表现为当时已有海相与海陆交互相的差异，如鲁中、西部泰山群雁翎关组中就出现了海陆交互相<sup>②</sup>的火山—沉积岩系，而华北其他地区的基性火山岩则以海相为主。

太古界一般都经历了角闪岩相的区域变质作用，而在河北北部，内蒙南部、山西北部、太行山及河南北部等地的太古界下部层位，则经历了麻粒岩相的变质作用。辽东局部地区太古界上部层位的变质程度仅达到绿片岩相。有关的构造运动曾命名为阜平运动。

据各地的同位素年龄工作结果，太古代变质作用的终止时间大约从25亿年左右<sup>[5]</sup>到26亿年，值得注意的是，在一些地区相继取得了一批更早的年龄数据。如弓长岭五种岩石铅—铅等时线年龄值接近32亿年<sup>③</sup>（变质年龄或原岩年龄），鞍山铁甲山片麻岩付矿物铀—铅等时线法年龄值为33.30亿和28亿年<sup>[12]</sup>，河北遵化、迁西等太古界下部层位中曾用全岩铀—铀等时线法<sup>④</sup>和矿物铅—铅等时线法<sup>⑤</sup>，测得早于30亿年的年龄信息。尽管还没有得到足够的同位素年龄资料的证明，但结合地质条件和资料的分析，看来这些地区可能有更老基底的存在，并可能曾经历了30亿年左右或稍晚的一次变质作用。

太古代变质岩系一般经历了一次或一次以上大规模的区域混合岩化、花岗岩化<sup>⑥</sup>作用。

## 二、早元古代变质岩系和变质带

除晋北等地区以外，下元古界在上述五个太古界分布地区都有出露。在有些地区，为呈不整合接触的上、下两套变质岩系，如五台山、太行山地区的五台群和漳沱群，前者分布较广，以各种变粒岩、斜长角闪岩、角闪片岩、绿泥片岩为主，另有含兰晶石及（或）十字石的云母片石、千枚岩等，并有含铁（铁矿）层位。一般下部层位变质较深达角闪岩相，上部仅达绿片岩相。整个岩系所受的混合岩化作用较弱。原岩以钙碱性系列的不同火

- ① 程裕祺、白谦、孙大中，1982，中国早、中前寒武纪地层“中国地层概论”，地质出版社。
- ② 据程裕祺、沈其韩、王泽九等的工作。
- ③ 1978年肖仲祥报导。
- ④ 1979年，地质部地质研究所工作。
- ⑤ 1979年，地质部地质力学研究所工作。
- ⑥ 本文所指的花岗岩化作用是广义的，包括重熔（溶）作用，下同。

山岩类、“半粘土质”、甚至粘土质为特征, 韵律性较差, 碳酸盐岩石较少。变质火山沉积岩系中, 不同程度地显示了黄铜矿、黄铁矿等矿化, 并有含铁层位。据地质矿产部地质研究所刘敦一、伍家善<sup>①</sup>对五台群中锆石铀—铅年龄测定结果认为: 它们的形成时间略晚于25.6亿年, 其变质作用的终止时间为23亿年左右。有关的构造运动称五台运动。

五台群及其相当<sup>②</sup>的变质岩系, 从其分布而言, 呈几个有一定方向的变质地带。北边的一带由辽吉向西, 经燕山、阴山到天山等地; 南边一带出现在淮阳、秦岭北坡东段、阿尔金—阿拉善右旗和西昆仑等地部分地段; 中部一带是北东方向展布的五台、太行、吕梁带。

溱沱群分布面积较小, 这是一套巨厚的、主要呈中低压绿片岩相的变质岩系。下部自下而上为变质砾质岩石和石英岩夹千枚岩, 中部过渡为以千枚岩(或板岩)和含叠层石的浅变质镁质碳酸盐岩石为主, 显示了含有许多小韵律的巨大韵律层组合, 上部为含有很多粗碎屑的岩石, 自下而上构成一个大的旋迴、溱沱群中角闪石钾—氩年龄为19.24亿年<sup>③</sup>, 这可能接近于溱沱群开始变质的年龄。

与溱沱群大致相当的变质岩系, 在吕梁山有下部的岚河群和上部的野鸡山群; 在辽宁和吉林东部有辽河群(或其一部分, 以及相当的地层)其变质年龄约为18.5亿年; 在胶东有粉子山群; 登封附近有嵩山群, 该群五指岭片岩的全岩铷—锶等时线年龄为17.99亿年<sup>④</sup>; 甘肃河西走廊有龙首山群, 其变质年龄大于17.5亿年<sup>⑤</sup>。大别山及相邻地区的宿松群, 川西的康定杂岩及其相当地层, 兰州东南的马衔山群, 陕西的铁铜沟组, 宁夏北部的一部分变质岩, 祁连山地区和新疆的一部分变质岩系, 一般也划归早元古代, 但大多缺乏必需的同位素年龄资料。一些年龄值也已受到后期的改造。

### 三、中、晚元古代(过去曾称为“震旦亚代”)变质岩系和变质带

已经轻微或较深变质的中、晚元古代地层中, 其变质时代也大致属前寒武的, 自北而南分布于黑龙江东部、内蒙大青山以北(如白云鄂博群)及狼山一带, 宁夏北部、天山东南部至甘新交界地区, 西昆仑北坡、阿尔金山、永昌北山、祁连山中部(如湟源群的一部分), 陕、豫境内秦岭地带(如宽坪群、陶湾群等)、鄂西北武当山和毗邻的陕西境内, 以及胶东(蓬莱群)等地。以上一般认为系属“北方型”。属“南方型”的, 分布于鄂西北(莲沱群、神农架群)、皖东南(上溪群)、赣东北、赣西北、湘北、湘西、黔东南、桂北、川西南以迄滇中等地, 包括了板溪群、冷家溪群、昆阳群及其相当地层的分布区。滇西的澜沧群和哀牢山、高黎贡山两变质带中的一小部分, 也可能属相当的地层。绝大部分变质岩属低级绿片岩相, 在有些地区伴生着一些部分重结晶的岩石, 并向基本上未变质

① 伍家善面告, 1982年。

② 包括原岩及(或)变质年代。

③ 1965年, 地质部地质研究所测定。

④ 1978年, 张雯华等报导。

⑤ 据1975年全国同位素年龄数据汇编小组资料。

的同时代层位过渡。极少数地区岩石的变质程度已进入角闪岩相范畴。

已变质地层的同位素年龄资料很少。根据湘西北武陵山区冷家溪群与板溪群间的不整合和鄂西北上神农架群下部铁厂组全岩铀—铅等时线年龄为13.32亿年的数据,推测我国南方一次轻微变质的时间约在14亿年左右,与武陵旋迴<sup>[12]</sup>的晚期相当。根据我国南方许多地区所取得的同位素年龄数据,说明“南方型”地层,曾在8—9亿年前,较普遍地受到一次轻微变质作用,在少数地区(如宜昌以西、川西宝兴、云南元谋等地),变质较深,甚至伴随有混合岩化作用。其形成与晋宁运动有关。

西藏中尼及中印边境部分地区(包括珠穆朗玛峰地区)的一些角闪岩相变质地层,为轻微变质的中奥陶统所不整合覆盖,已测出铀—锆法和铀—铅法6.4—6.6亿的年龄值<sup>[4]</sup>,这可能是我国中、晚元古代范畴最年轻的变质时期。

#### 四、早古生代(加里东期)变质岩系和变质带

早古生代形成的变质岩的出露地区,自北而南有黑龙江、吉林、内蒙和辽宁西北的一部分(如呼兰群、苏呼河群、额尔古纳河群、麻山群的一部)、新疆部分地区、甘青两省祁连山区至兰州附近,秦岭部分地段,甘川陕边界(碧口群的一部分)、大巴山及鄂豫交界的桐柏山,西藏东南部,滇西一些地区,浙西、武夷山西侧、闽北、赣西、湘中南的某些地区和两广交界的云开大山等地。其中云开大山、武功山、藏东南和云南苍山等地的某些地段变质较深,达中等程度,或并受较强的混合岩化作用,其余大都变质轻微,并向不变质地层过渡。受变质地层大多为下古生界,在有些地区,如甘肃祁连山西段、青海大通附近、黑龙江麻山附近、秦岭和闽北(如建瓯群一部分)至湘中南一些地方,则为不同层位的前寒武系。秦岭部分地区的宽坪组和陶湾组,受到晚元古代的变质作用后又有早古生代变质作用的叠加。在一部分地区,已取得一些同位素年龄数据,说明其变质作用高潮在3.5至4亿年之间,有的则更早一些。

#### 五、晚古生代(海西期)变质岩系和变质带

晚古生代形成的变质岩,在北纬41°—43°以北的广大地区,包括黑龙江、吉林、辽宁、内蒙、宁夏、甘肃的一部分和新疆阿尔泰山、天山的一些地区出露较多。其中以阿尔泰山发育和研究的较好,以极轻微变质的直到高级角闪岩相的岩石,都能见到,并有一定规模的混合岩化、花岗岩化作用。此外,在昆仑—秦岭构造带、川西丹巴<sup>[16]</sup>附近,闽西经赣东南;粤东至海南岛的部分地带;滇西某些变质带(如哀牢山、点苍山等地)以及西藏林芝一带都有本期形成的变质岩分布或其变质作用的影响、迭加。其中有的沿断裂带还发育有线型混合岩化作用,而从闽中、闽西南延展到海南岛的,大致分布于上述闽北至南岭地区早古生代变质带的东南方向,其变质作用的终止时间可延长到三叠纪。在西藏和云南西部有晚古生代变质作用影响的变质带,一般还受到中生代甚至新生代变质作用的叠加,而其所反映的动力作用的影响,往往相当明显。在变质较浅岩石分布区内,往往还有分布

范围较广的部分重结晶岩石，在一部分地区，已有2.3—3.2亿年<sup>①</sup>的变质年龄数据，但一般还缺乏系统的资料。

## 六、中生代变质岩系和变质带

主要包括印支期和燕山期形成的两大类。

属于印支期的主要有巴颜喀拉山至川西大雪山和西秦岭一带的轻微变质的三叠系（旧称“西康群”、“德格群”、“草地群”等），有些地区出现了区域性红柱石板岩，区内大断裂带及其附近变质程度加深，并有混合岩化作用。此外，陕南至大巴山的部分地区，也有本期变质作用的影响。前述四川丹巴附近的变质较深的地层，也可能是印支期至燕山期变质作用叠加在晚古生代变质作用之上形成的。在有些地区已取得了一些1.8—2.0亿年的变质年龄值。

属于燕山期的主要有台湾东部（含高压、低温蓝闪片岩的玉里变质带）、福建东南沿海、滇西的一些变质带至西藏东南端等地段，多作带状分布、变质程度深浅不等，有的还伴有混合岩化、花岗岩化作用，一般还兼具明显的动力变质特征。需要指出的是，燕山运动有关的岩浆活动在我国东部十分强烈，因而在许多本期不同性质侵入体接触带附近，形成了属于热变质范畴的变质岩。在各地已取得一些0.9—1.2亿和 $1.65 \pm 0.13$ 亿年的变质年龄数据<sup>②</sup>。

## 七、新生代变质岩系和变质带

新生代形成的变质岩系（带）分布有很大的局限性，主要见于我国东南和西南边缘某些地区，如台湾中央山脉的太鲁阁变质带（含有红柱石、矽线石片岩的高温低压变质岩石等），西藏喜马拉雅山地带，滇西哀牢山和瑞丽之北以迄西藏察隅东南等地，其中一部分是本期变质作用叠加在较早变质岩系之上。变质程度深浅不等。在有些本期侵入体附近，见到边缘混合岩化现象。它们一般形成于第三纪中、晚期的喜马拉雅运动时期，在台湾<sup>[7]</sup>和西藏<sup>[16]</sup>已分别取得0.097—0.525亿和0.1—0.2亿年的变质年龄值，在滇西等地，也有0.07—0.48<sup>③④</sup>亿年的单矿物同位素年龄数据的报导。

## 八、不同变质时期变质岩系、变质带的某些分布特点

我国变质岩系、变质带在时、空分布上有着一定的规律性。太古代和早元古代变质岩系，主要分布于中朝准地台上，为没有或和基本没变质的中、上元古界不整合于其上，说明中朝准地台的基底在早元古代末已经形成。中、晚元古代的变质岩系分布较广，多集中

① 1979年，王恺之、施加辛等，关于滇西构造变质带的报导。

② 1979年，王恺之、施加辛等的报导。

③ 1978年崔军文、王小凤报导。

④ 1979年王恺之、施加辛的报导。

于扬子准地台的东、西边部,塔里木地台四周、阴山到中天山,秦岭北坡、中祁连山、昆仑山、阿尔金山的部分地段。上述一些地区一般都可见到不整合在它们上面的未变质的震旦系(其底界大约为8亿年)。这说明在元古代末(相当于晋宁期)中国境内又出现了以扬子准地台和塔里木地台为主体的地台区,以后形成的变质带的分布,总体有着自地台向外迁移的规律性。如从中朝准地台、塔里木地台向西南或向南方向,依次出现了祁连山加里东变质带,昆仑山海西变质带,巴颜喀拉山印支变质带,冈底斯山燕山变质带,喜马拉雅山变质带。扬子准地台向东南方向依次出现了华南加里东期变质带,东南沿海海西期变质带(范围大致主要在丽水—海丰深断裂与长乐—南澳深断裂之间),福建沿海燕山期变质带,台湾中部太鲁阁喜山期变质带。中朝准地台和塔里木地台向北,过去认为只存在阿尔泰、天山—兴安岭海西期变质带,最近根据刘长安等<sup>①</sup>研究,在上述二带之间存在一个温都尔庙—长春一带的加里东期变质带。

变质带这种有规律的迁移不是偶然的,它是由于地槽—褶皱带有规律迁移造成的,很早以来一些构造学家已注意到这个现象,并用地台不断增长,地槽不断消亡的理论加以解释。近年来,由于板块构造理论的发展,许多人<sup>②</sup>认为是由于大洋板块向大陆板块俯冲,消亡,大陆壳板块增长,向洋迁移所致。但局部地区也曾出现过短期的逆向迁移。

## 九、不同时期变质作用的某些演化特征

变质作用既可看作是一种物理化学作用,更应视为一种地质作用。它的发生、发展、转化都与其他地质作用相联系。如它的起始环境往往与一定的大地构造背景及原岩建造有关,它的发展和演化常与构造作用、岩浆活动及原岩建造有一定联系,当变质程度达到中高级以后,其演化的后期又直接、间接地影响到混合岩化(花岗岩化)作用,以至某些中酸性岩浆活动。这些既有联系又有区别的地质作用统一受着地壳演化进程的控制。

纵观我国不同时期的变质作用,各个时期的特点不很相同,并有一定的演化规律。

国外比较流行的,将太古代地壳分为高级变质区(麻粒岩—片麻岩区)和低级变质区(绿岩—花岗岩区)。我国虽然也有关于绿岩带的报导,但到目前为止,可说还没有认识比较一致的、典型的绿岩带存在。这一方面可能反映了我们对太古代变质作用的研究工作还有问题,但更多地说明了我国太古代地壳的绝大部分属于高级变质区、即普遍经历了角闪岩相,甚至部分达到了麻粒岩相。其变质程度一般主要受深度控制,在横向上相对地比较均匀,它们实质上是大范围内呈面状分布的一种中压中高温变质作用。其原因,一方面可能是当时原始陆壳呈分散的块状,地壳薄,引起变质作用的主要原因是来自上地幔的热流和放射性元素衰变产生的热量;另一方面由于当时变质作用经历了漫长的时间,在一些地区经历了多期变质作用的叠加,使其有可能逐渐“均匀化”。关于太古代绿岩带的成因问题,国外已有许多讨论,此处因篇幅有限,不再赘述。

进入早元古代,地壳发展发生了质的变化。以我国五台山区五台群为例,在原太古代

<sup>①</sup> 刘长安等在第二届全国构造会议上的报告,1978年。

<sup>②</sup> 如我国地质学家李春昱等。

陆壳的基础上出现了裂隙, 堆积了优地槽型的大量海相火山岩建造, 经历了槽形中压—中低压区域变质作用, 并出现绿泥石带、黑云母带、铁铝榴石带、十字石-蓝晶石带和矽线石带等递增变质带。溇沱群原岩为冒地槽型的碎屑岩建造, 经历了区域动力型变质作用, 变质程度为一般仅达绿片岩相的单相变质作用。

中、晚元古代变质作用, 我国南方主要发育在扬子准地台的范围内, 原岩为一套泥、砂质的复理石、类复理石建造, 一般只经历了区域动力变质型的中(低)压低级绿片岩相的单相变质作用。西北地区塔里木盆地边缘及沿各山脉走向的轴部也有本期变质作用的种种表现, 主要为中压绿片岩相到中压低角闪岩相。

古生代阶段, 以大别山—秦岭—昆仑山为界, 南、北分属两个不同的构造域, 二者在地质演化方面差异明显, 其变质作用特点也很不同。华南古生代变质带, 是在一套主要为冒地槽型的复理石、类复理石建造的基础上发生的中(低)压低级绿片岩相的单相变质作用(闽北的建瓯地区及两广云开大山加里东变质带例外)。西北地区的阿尔泰山、天山等地在优地槽含有大量火山岩建造的基础上, 发育了主要为中压中温的区域变质作用, 往往具有比较明显的从绿片岩相到角闪岩相的递增变质带。界于上述二个构造域之间的大别山北侧—北秦岭—祁连山一带, 变质时期主要为早古生代, 由中压绿片岩相到中压角闪岩相组成, 构成一个很长的变质带, 其特点与前二区均不相同。至于在每个构造域内部, 变质作用的差别, 由于资料不足, 目前尚无法论及。

中、新生代阶段, 目前已知的变质作用类型较多。第一种以我国台湾省和福建沿海以及西藏喜马拉雅山和滇西哀牢山、澜沧江等地为代表, 其中一部分地区出现由于板块缝合线而产生的双变质带; 第二种以川西、巴颜喀拉山等部分地区(主要是西康群及其相当地层出露区)为代表的、区域动力变质型低绿片岩相为主的单相变质带; 第三种为广布于我国东部中酸性岩浆侵入体周围的热变质作用和边缘混合岩化作用; 第四种以我国东南及西南分布较多, 其特点为与断裂带有关的动力变质带和混合岩化带。

由上述可知, 一定的变质作用类型往往与一定的沉积作用、构造作用、岩浆活动以及成矿作用有关, 如我国从元古代到中生代都有发育的区域动力变质型的(低)绿片岩相单相变质作用, 一般都出现于冒地槽区, 原岩大多为复理石、类复理石建造, 岩浆活动通常不发育, 常出现各种劈理和小褶皱。总之, 反映它们是在地壳深度相对比较浅(一般不超过7~8公里), 热流比较弱的环境中形成的。再如我国元古代以来就出现, 古生代十分发育的具有递增变质带的中(低)压区域变质作用, 一般发生在优地槽区, 原岩中往往有一定数量的火山岩建造, 变形强烈, 有较大规模的花岗岩(其中相当部分是花岗岩化产物)和热构造, 后者的中心位置常与一定构造部位(为复背斜轴部及或断裂带附近)有关, 反映出它们是在地壳较深部位的产物。此外, 自古生代以来由高压低温变质带和低压高温变质带并存组成的双变质带, 更是在一定特定地质、构造条件下的产物(见后)。

总之, 随着时间的发展, 我国变质作用有如下特点:

变质作用的温度, 就总体而言有由高到低的趋势。太古代变质作用主要是在中高温条件下, 形成大面积角闪岩相和麻粒岩相区域变质作用, 元古代以后绿片岩相逐渐增多, 中、新生代甚至出现了浊沸石-葡萄石-绿纤石相。

区域变质作用范围由大到小, 太古代变质作用为大范围面状分布, 元古代以后呈带

状,中、新生代以来线性特点越来越占优势。

变质作用中应力所起的作用由小到大。太古代变质作用中应力与温度相比,起的作用比较次要,中、新生代动力变质比较发育。

混合岩化类型由太古代以区域性混合岩为主到中、新生代以边缘混合岩和断裂带混合岩为主。

## 十、影响变质程度深浅的控制因素问题

据近十几年来大量的区域地质调查工作和同位素年代学工作,我国太古代及早元古代变质岩系的变质程度,许多受地层埋藏深度的控制,即在同一地区,地层层位越老,其变质程度往往越深,这种例子是很多的。如我国麻粒岩相岩石,主要分布于北纬 $40^{\circ}$ — $42^{\circ}$ 范围内,呈东西向断续分布达1000余公里,据已有的同位素年龄资料和地质分析,这个变质最深的东西向带、很可能就是我国最老的地层分布地带之一。再如太行山、五台山地区变质地层,从上向下地层顺序为滹沱群、五台群、阜平群。总的来讲,其变质程度,越往下越深,即滹沱群为绿片岩相,阜平群主要为角闪岩相,其底部为麻粒岩相。

就我国已有资料而言,早元古代以前和古生代以后变质程度的控制因素有较大的差别,这与各该时期的大地构造及热动力条件的不同有关。

太古代时期,地壳厚度较薄,主要来自上地幔的热流是变质作用的主要因素,应力在变质过程中的作用相对次要,因而埋深就成了变质作用的重要控制因素。

古生代以来,变质岩系的分布常与大陆边缘地槽褶皱带联系在一起,其变质程度(有的地区包括混合岩化程度),主要受构造—热流的控制,如新疆阿尔泰、四川丹巴、粤桂云开大山等地的变质及混合岩化程度,常与较为局部的构造有关。

变质作用的影响和控制因素是复杂的,上面所说是一般情况,并不排斥有个别的例外。再者,有的地方由于后期变质作用的叠加,情况就更加复杂。因此必须根据具体情况作具体分析。

## 十一、关于多期变质作用和同期变质作用的多阶段问题

这是属于两种不同范畴的问题。董申保曾对多期变质问题作了这样的阐述:多次变质作用不是指某一变质作用中出现的不同变质事件,而是那些属于不同旋迴,在变质作用类型中有着明显不同特点的代表地壳变化较大间断的多次变质作用<sup>①</sup>。

我们认为,多期变质作用是指不同变质旋迴变质作用的叠加;一个变质旋迴中不同的变质事件(幕)是属于同期变质作用的多变质阶段问题,而变质旋迴是指在地壳的一定发展阶段(大体上与相应的构造旋迴,如加里东、海西等旋迴相当)中变质作用的完整演化过程,通常早期以升温、升压为主,晚期以降温、降压为主,具有一定的旋迴性。由于它从发生、演化到消失往往经历了一定的复杂变化,其间还有温度、压力的升降等等,因而

① 董申保,1981,全国变质图的编制原则和方法。

可以出现两个或两个以上有成因联系的变质作用阶段，应该指出：不是每个阶段都能在矿物组合上留下清晰的痕迹，这是因为有时较晚期阶段的物化条件有可能对早期的矿物组合产生根本“改造”；更多的情况是不同阶段的矿物组合都还有所保留；有的则因晚期降温迅速等原因，早期的矿物组合几乎都遗留了下来。总之情况是多样的，复杂的。

以北京房山花岗闪长岩体围岩的动力-热变质作用为例<sup>①</sup>，据刘国惠、伍家善研究，又可以分为四个演化阶段。第一阶段形成黑云母带，第二阶段形成红柱石带，第三阶段形成铁铝榴石-十字石带，第四阶段形成矽线石带。这四个阶段构成一个应力较强、温度升高的过程，而分布范围却逐渐缩小，因此最后出现在空间上以岩体为中心，由内向外、由矽线石到黑云母的四个矿物带。虽然这几个阶段间，也显示了变质因素叠加的矿物转变，但它们不能称为多期变质作用，而是与燕山运动有密切关系的同一期变质作用多变质阶段的产物。在一个变质旋回的不同阶段，变质作用类型也可有较大的差别。如我国新疆阿尔泰山地区，主要经历了海西早期的中（低）压中温区域变质作用，其中心部分有很强的混合岩化，花岗岩化作用，形成一定规模的混合花岗岩，其中一部分成为花岗质“岩浆”。海西晚期，这些“岩浆”运移、侵入到复背斜的翼部和倾伏端，在其周围形成热变质作用。这两种变质作用类型差别很大，但成因却联系紧密，尽管它们间存在变质作用的叠加现象，但仍属同一期变质作用的多阶段。

我们认为，变质旋回在演化上与构造旋回可以基本上是同步的，但其起迄时间也不一定完全符合。和构造旋回一样，同一变质旋回在不同地区所表现的特点常有差别，而其起迄也有早晚。多期变质作用还可以表现为同一地区的地质演化中，两期（或多期）没有成因联系的同一类型变质作用的叠加，如冀东地区，第一期变质作用大约发生在30亿年前后或稍晚，主要经历了中压麻粒岩相的区域变质作用，并出现大规模以重熔作用为主的紫苏花岗岩化作用。第二期变质作用大约终止在25亿年前后，基本上是中压角闪岩相区域变质作用，并伴有渗透、交代为主的混合岩化作用，与此相应，该区存在着多次变形的叠加，因此有人<sup>②③</sup>将其称为多期变质作用。也有人认为是一期变质作用中不同阶段的产物。我们倾向于前一意见。

多期变质作用和多变质阶段问题的研究，具有较重要的意义，它可作为阐述一定地区变质作用特点以至地壳演化的科学依据。应该指出：关于多期变质作用的确切含义及实践中判断标准等方面，还有许多问题，有待于今后继续研讨。

## 十二、关于我国蓝闪片岩产地和双变质带的一些线索

1961年都城秋穗提出变质相系的系统概念，使人们把某一地区变质作用的研究和该区的地质构造环境及地壳演化更密切地联系起来，引起了岩石学家和构造学家很大的兴趣和

① 刘国惠、伍家善“北京房山岩体围岩的变质岩石学和变质带”原文发表在中国地质科学院前地质矿产研究所《地质矿产研究》1977年第三期。

② 王仁民等，1976—1978年工作。

③ 地质部地质研究所五室高吉凤等，1976—1979年的工作。

关注。

蓝闪片岩做为高压变质相系的重要标志之一,引起了广泛的重视。近些年来,我国地质工作者在地质调查过程中,于越来越多的地点发现了蓝闪片岩或与其类似的高压相系岩石。它们的产出,主要集中于下述四个带中:①内蒙一天山带,主要为古生代产物,已发现的产地有内蒙赫格山<sup>①</sup>,温都尔庙和新疆特克斯以南<sup>②</sup>等地。②大别—秦岭—祁连山带,为古生代到三叠纪的产物,已知产地有东秦岭山阳—内乡带(三叠纪形成),青海省祁连县百经寺到桦木沟、祁连玉清水沟等地(早古生代形成)<sup>③④</sup>。③雅鲁藏布江—三江带<sup>⑤</sup>,形成时间为中、新生代,已发现的产地有滇西澜沧江、哀牢山等地<sup>⑥</sup>,最近在藏南的雅鲁藏布缝合带发现了蓝闪石类和黑硬绿泥石等矿物组合<sup>⑦</sup>。④台湾省东部玉里山带<sup>⑧⑨</sup>。

此外,在黑龙江省穆稜县附近,西藏察隅西南及新疆阿克苏西南地区<sup>⑩</sup>均有存在蓝闪片岩类岩石的报道。其中阿克苏西南的产于上元古界中,为蓝闪石—青铝闪石—黑硬绿泥石组合,是我国迄今所发现的年代最老的蓝闪片岩。为了进一步了解岩石的组成、形成背景、演变及其在地壳发展上的意义,还需作进一步的工作。

1972年都城又进一步提出:由于板块的俯冲,在俯冲一侧形成高压低温变质带,而在另一侧形成低压高温变质带,两带成对分布,组成双变质带。由此,双变质带就做为板块缝合线及板块俯冲带的一个重要标志。

七十年代以来,我国一些地质工作者开始注意这方面的工作,如吴汉泉<sup>⑪</sup>提出:秦岭东段的山阳—内乡断裂带南侧有一个蓝闪石(进一步矿物学工作确定以铝铁闪石、镁钠闪石为主,蓝闪石少见)片岩为特征的高压相系;其北侧存在一个以花岗岩和红柱石—矽线石—堇青石组合为特征的低压相系,它们可能是由于三叠纪时期秦岭海槽向华北地台俯冲所致。有人<sup>⑫</sup>提出西藏雅鲁藏布江变质带可能为高压相系,与北面的冈底斯低压相系变质带组成双变质带,最近由于在雅鲁藏布江带中找到黑硬绿泥石—青铝闪石—兰闪石组合(见前),使得上述看法得到证实。王凯元等<sup>⑬</sup>也曾提出云南西部存在哀牢山双变质带和澜沧江双变质带。

另据我国台湾省地质工作者颜沧波(1963)研究认为,我国台湾省东部的玉里带是硬玉和蓝闪石型的高压相系,中部的太鲁阁带是红柱石和矽线石型的低压相系<sup>⑭</sup>,二者构成双变质带。毕庆昌(1971)指出:这种以断层为界并列的双变质带,似乎可以代表台湾岛的古地质记录中一个古岩浆岛弧和一个古消亡带。江博明等<sup>⑮</sup>和福建省区调队部分人则认为台湾的玉里带和福建沿海的低压高温变质带构成双变质带。

王荃、刘雪亚认为<sup>⑯</sup>,元古代末我国现大陆范围内已经形成了四个较大的陆块:中朝陆块、扬子陆块、塔里木陆块和柴达木陆块。可见现已发现的古生代(个别地区包括三

① 据白文吉1981年的工作。

② 新疆地质局区调队1978年发现。

③ 三江带指的是我国西南部的金沙江、澜沧江、怒江地带。

④ 据王凯元等1979年关于滇西构造变质带的报导。

⑤ 据地质报,1982年1月4日,“中法地质学家对喜马拉雅山地质构造提出新看法”。

⑥ 熊纪斌等,阿克苏群高压变质带的初步研究,1981年,沈阳前寒武变质火山岩会议文件。

⑦ 王凯元等关于滇西构造变质带的报导,1979年。

⑧ 参看何春荪主编,台湾地质图,1979年,说明书第23页。

叠纪) 的双变质带主要分布于中朝陆块与塔里木陆块以北的边缘活动带及上述两陆块与扬子陆块, 柴达木陆块之间的活动带中。中、新生代阶段, 影响我国地质构造发展的主要原因是东部的太平洋板块、西南的印度板块同欧亚板块的相互作用。已发现的中、新生代双变质带都分布于欧亚板块与其他两个板块碰撞缝合带附近。

我国东部滨太平洋的板块缝合带附近(如台湾玉里变质带)的兰闪片岩中都有兰闪石-硬玉组合, 而我国已发现的古生代及中、新生代地中海型(如雅鲁藏布江、滇西变质带)的兰闪片岩中没有硬玉, 仅有蓝闪石-青铝闪石-黑硬绿泥石组合。

我国各时代的双变质带都与一定的蛇绿岩套和混杂堆积相伴, 反映出它们可能是在板块构造缝合带这种特定地质构造条件下的产物。

我国范围内所经历的主要变质作用, 共有十一期:

第一期可能发生在距今30亿年以前;

第二期与太古代“阜平旋迴”或“鞍山旋迴”相当, 其变质作用的终止时间约在25余亿年或稍早些;

第三期与早元古代“五台旋迴”相当, 其终止时间在23亿年左右;

第四期与早元古代“吕梁旋迴”相当, 其终止时间约为18—19亿年;

第五期与中元古代“武陵旋迴”相当, 其终止时间约为14亿年或稍早些;

第六期与晚元古代“晋宁旋迴”相当, 终止时间为8—9亿年;

第七期与早古生代“加里东旋迴”相当;

第八期与晚古生代“海西旋迴”相当;

第九期与三叠纪“印支旋迴”相当;

第十期与侏罗白垩纪“燕山旋迴”相当;

第十一期与新生代“喜马拉雅旋迴”相当。

## 主要参考文献

- [1] 地质部地质科学院地质所前寒武纪地质及变质岩研究室, 1962, 中国的前寒武系, 科学出版社。
- [2] 程裕淇、沈其韩、刘国惠、王泽九, 1963, 变质岩的一些基本问题和工作方法, 中国工业出版社(1966年第三次印刷)。
- [3] 程裕淇等, 1965, 我国北方某些地区岩浆岩类和变质岩类绝对年龄数据的讨论, 中国工业出版社, 地质部地质科学院论文集, 甲种, 矿物岩石矿床及地球化学第一号。
- [4] 中国科学院地化所同位素年龄实验室, 1972我国珠穆朗玛峰地区变质岩系及顶峰岩石同位素年龄的初步测定, 地球化学第一期。
- [5] 程裕淇、钟富道、苏泳军, 1973, 中国华北和东北地区的前震旦系, 地质学报第一期。
- [6] 何春荪主编, 1975, 台湾地质概论, 台湾地质图说明书。
- [7] 钟富道, 1975, 我国华北及东北前寒武纪岩石K-Ar等时年龄, 地球化学第二期。
- [8] 中国地质科学院主编, 1976, 中华人民共和国地质图(1:4,000,000), 地图出版社。
- [9] 中国地质科学院地质矿产所主编, 1976, 中国大地构造图(1:10,000,000)。
- [10] 肖序常, 1978, 祁连山古蛇绿岩带的地质构造意义, 地质学报五十二卷第四期。
- [11] 吴汉泉, 1980, 东秦岭和北祁连山的蓝闪片岩, 地质学报五十四卷第三期。
- [12] 黄汲清指导, 任继舜、姜春发、张正坤、秦德余执笔, 1980, 中国大地构造及其演化, 科学出版社。

- [13] 王荃、刘雪亚, 1981, 中国的蛇绿岩带与板块构造, 长春地质学院学报第一期。
- [14] 中国科学院青藏高原综合科学考察队, 1981, 西藏岩浆活动和变质作用, 科学出版社。
- [15] 陈毓蔚等, 1981, 我国北方前寒武岩石铅同位素年龄测定——兼论中国前寒武地质年表, 地球化学第三期。
- [16] Cheng, Y. C. (程裕淇), 1945. On successive zones of regional metamorphism in the vicinity of Tanpa, Sikang, Science Record, Academia Sinica, Vol. 1, No. 3-4.
- [17] Cheng, Yuchi, Chung Fudao and Su Yunjun 1972 The Pre-Sinian of Northern and Northeastern China, English reprint published in Beijing in 1972 for a paper in Chinese appeared in the 1973 volume of Acta Geologica Sinica.
- [18] Jahn, Bor-ming (江博明), 1974. Mesozoic thermal events in south-east China, Nature, Vol. 248, No. 5448.
- [19] Jahn, Bor-ming (江博明), Chen, P. Y. and Yen, T. P. (颜沧波), 1976. Rb-Sr ages of granitic rocks in south-eastern China, Bull. Geol. Soc. Amer, Vol. 86.
- [20] Miyashiro, A. 1961. Evolution of metamorphic belts, Jour. Petrology Vol. 2, No. 3.
- [21] Miyashiro, A. 1972. Pressure and temperature conditions and tectonic significance of regional and ocean-floor metamorphism, Tectonophysics, Vol. 13.

## NOTES ON THE METAMORPHIC SERIES AND METAMORPHIC BELTS OF VARIOUS METAMORPHIC EPOCHS OF CHINA AND RELATED PROBLEMS

Cheng Yuqi      Zhang Shouguang

(Chinese Academy of Geological Sciences)

### Abstract

Archean and early Proterozoic metamorphic series are chiefly distributed within the limit of the Sino-Korean platform. Those of middle and late proterozoic ages are mostly found in the eastern and western border regions of the Yangzi paraplatform, along the periphery of the Talimu (Tarim) platform, in the regions stretching from Yinshan to Tianshan, and part of the northern slope of Qinling, central Qilianshan, Kunlunshan and Altunshan. Metamorphic belts of Palaeozoic and later ages on the main have formed progressively outward from the areas of older metamorphics just mentioned (Fig. 1).

The temperature attained during the various metamorphic epochs has a

general tendency to decrease with the decreasing of geological age. For example, Archean metamorphism was in fact mostly formed under moderate pressure, high to moderate temperature conditions rather evenly distributed over extensive areas. Proterozoic and later ones varied rather greatly in P-T conditions, thus giving rise to greater variation in types of metamorphism, with the gradual prevalence of medium-to low pressure green schist facies in many regions, and even with the appearance of Cenozoic laumontite-prehnite-pumpellyite facies rocks.

The extent of metamorphism also decreases with the decreasing of geological age. Thus the Archean metamorphism extends over extensive areas, and Proterozoic and later metamorphics are usually found in belts which differ in width. Similarly, Archean regional migmatization<sup>(2)</sup> gives place to later marginal migmatization<sup>①</sup> and the fracture zone<sup>②</sup> type.

While the degree of metamorphism of Archean and early Proterozoic metamorphics are often controlled by depth, i. e., older formations are of higher grade of metamorphism as compared with the younger ones of the same region, that of the metamorphic series of middle Proterozoic and later ages is chiefly more influenced by tectonic factors and heat flows.

The superposition of metamorphic events, as reflected in the petrographic characters of the rocks concerned and also their geological settings, may due to the overprinting of those of different metamorphic epochs or of consequent metamorphic stages or phases of the same epoch. The former is exemplified by the occurrence of an earlier Archean epoch around 3 b. y. and a later one of 2.5 b. y. in the northeastern part of Hebei province, serving as an example of polymetamorphism, and the latter, by the confirmation of four successive phases of the Yenshanian (middle to late Mesozoic) metamorphic epoch to the southwest of Beijing, forming integral phases of a metamorphic cycle.

The occurrence of glaucophane schist localities or terranes are mainly located in four belts or regions: 1, Tianshan-Northern Mongol belt; 2, Qilian-Qinling-Dabie mountain ranges; 3, Yaluzangbu Jiang-Lancang Jiang-Ailaoshan region; 4, Yuli belt of Taiwan province.

Palaeozoic paired metamorphic belts or their traces are distributed chiefly in the northern marginal mobile belt of the Sino-Korean and Tiliu

① Marginal to granitic bordies formed under different geological settings<sup>(2)</sup>.

② Migmatization of definitely linear extension and genetically related to fracture zones of different origins is here called fracture zone migmatization.

massifs, and the mobile belt in between them and the Yangzi and the Chaidamu massifs on the south. Those of Mesozoic and Cenozoic ages are found mainly in the proximity of the boundary zones between the Eurasian lithospheric plate and the Pacific or the Indian.

Altogether eleven metamorphic epochs have been found in China, i. e., two in Archean, four in Proterozoic, two in Palaeozoic, two in Mesozoic and one in Cenozoic.

# 中国不同变质时期的变质岩系分布略图

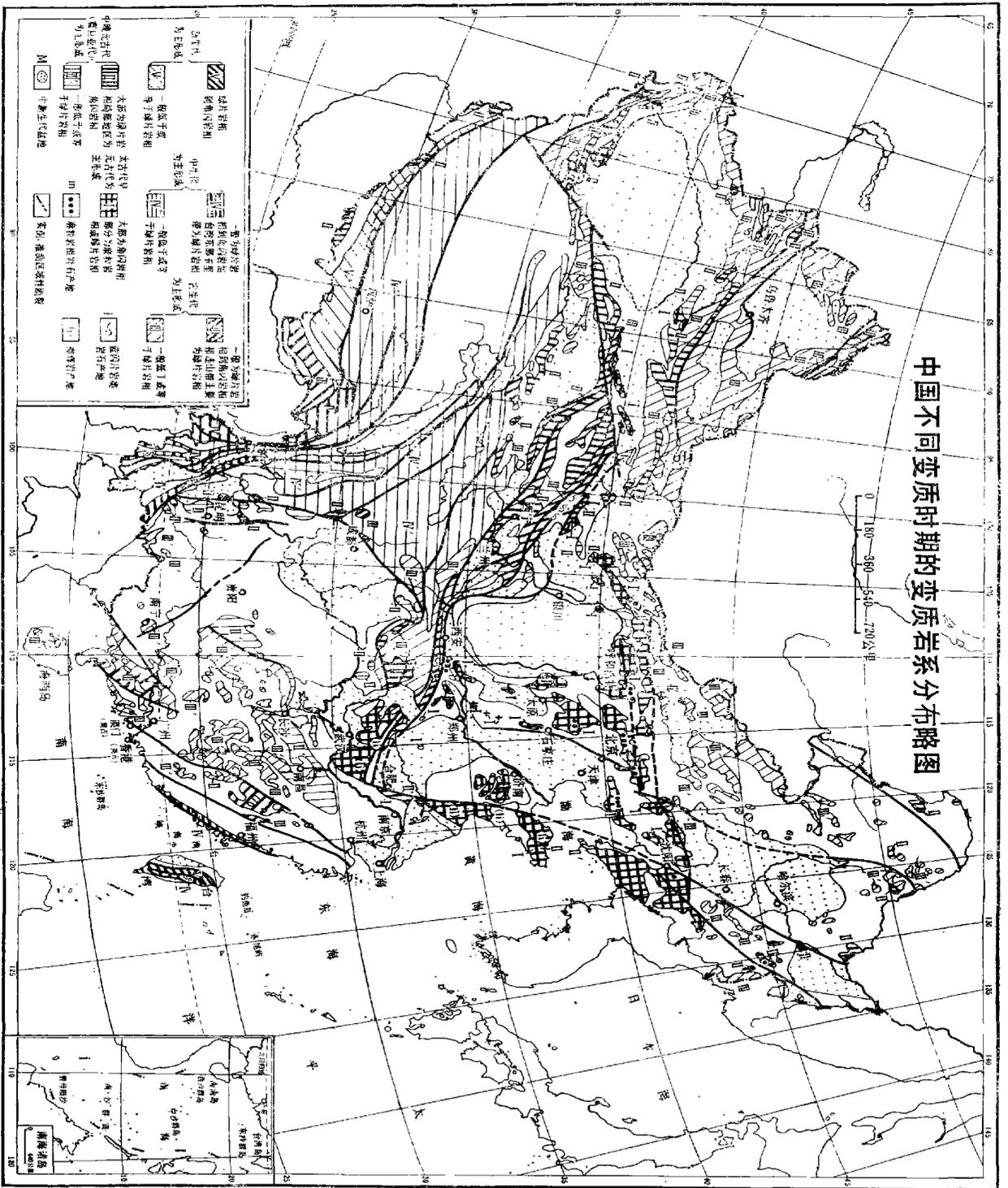


Fig. 1 Sketch map showing the distribution of metamorphoseries and belts of the various metamorphic epochs of China

### Legend

Chiefly of Cenozoic metamorphic ages: V, green schist to amphibolite facies; V', generally of green schist facies of lower grade.  
 Chiefly of Mesozoic metamorphic ages: IV, green schist to amphibolite facies; green schist facies in the Yuli belt of eastern Taiwan province; IV', generally of green schist facies or of lower grade.  
 Chiefly of Palaeozoic metamorphic ages: III, green schist to amphibolite facies; chiefly of green schist facies in the Qinlanian belt; III', generally of green schist facies or of lower grade.  
 Chiefly of middle to late Proterozoic metamorphic ages: II, mostly of green schist facies, partly of amphibolite facies; II', generally of green schist facies or of lower grade.  
 Chiefly of Archaean and early Proterozoic metamorphic ages: I, mostly of amphibolite facies, partly of granulite or green schist facies.  
 m, Localities of granulite facies rocks.  
 1, Localities of gneissophane schist and related rocks.  
 K, Localities of eclogite.  
 M, Mesozoic and Cenozoic basins.