・问题讨论・

恒山地区部分熔融地质体填图方法的尝试

徐朝雷,宋春玲,赵祯祥,米广尧,魏荣珠

(山西地勘局区域地质调查队,山西 榆次 030600)

提要:五台群地层呈东西向分布在恒山东段中部,其北为高角闪岩相的恒山片麻杂岩,两者岩性呈渐 变过渡关系,由此萌发出片麻杂岩是五台群地层部分熔融而来的思路。经过填图实践,总结出地层 与片麻岩体之间存在着仍属地层范畴的片麻岩层这一无序岩石地层单位,并建立起它的填图标志。 与地层呈渐变关系的片麻岩体外貌复杂、边界不清,不同于具有一定侵入关系、边界明显、成分均一 的片麻岩体,据此划分了原地片麻岩体与异地片麻岩体两个系列。

关键 词:部分熔融;片麻岩层;填图方法;恒山

中图分类号:P623.1 文献标识码:A 文章编号:1000-3967(1999)03-0305-07

1 部分熔融的填图思路

80年代灰色片麻岩部分熔融成因理论引入我国。王仁民^[1]、田永清^[2]等人在研究恒山片 麻杂岩后得出它们是由石榴斜长角闪岩部分熔融形成的结论,而该区五台群地层中大量存在 着各类斜长角闪岩。80年代在恒山东段开展的1:5万填图发现,东西向展布的五台群变质地 层向北逐渐成为片麻岩体,两者之间无明显的界线,既无角度不整合面,又无侵入关系,也不存 在韧性剪切界面,完全是岩性逐渐过渡,在当时是难以解释的。

高温高压实验表明^[3],中酸性火山岩在含水 5%,1 kPa 压力下,630 ℃时岩石即发生部分熔融,同等水、压条件下基性火山岩在 700 ℃开始部分熔融。这种温压条件一般在高角闪岩相到麻粒岩相之间可以达到。恒山东段用矿物对测试计算,该地变质温度 543~1 414 ℃,压力 $1.03\sim0.4$ kPa,因此已具备岩石部分熔融的环境[?]。

国内外变质岩区存在一个普遍的宏观现象,即随着变质加深地层逐渐减少而片麻岩逐渐 增多。这一关系也为恒山东段平型关南北相距5km的两条剖面岩层统计所证实,南区普通 角闪岩相的地层到北区成为高角闪岩相时减少了20%,而片麻岩北区增加20%。同时统计出 地层中化学成分相当于中酸性的岩石北区比南区减少18%,被中基性成分的岩层所取代。中 酸性岩层消失得比中基性的多,可能寓示这是由于两类岩石部分熔融的温度差而造成的。

这些发人深思的现象与理论激起我们在该地寻找部分熔融的地质现象,并通过填图将其

收稿日期:1998-11-04

作者简介:徐朝雷,男,1937年生,教授级高级工程师,从事区域地质调查工作。

⁽C)199 年至定黨拠路簽掛Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www

反映出来的愿望。恒山东段王庄堡测区,1990年开始在变质岩区填图,正处于南跨五台群地层,北跨恒山片麻杂岩这一过渡地段,是寻找部分熔融现象的理想地区。

2 部分熔融的地质现象

恒山地区的五台群地层 90%以上由斜长角闪岩和变粒岩两类岩性构成。我们设想在部 分熔融的早期,低熔的长英质部分应该首先熔离出来,随着熔融程度的扩大熔出的长英质愈 多,就会出现像岩浆侵入一样的分支贯入、捕掳围岩、流动运移等地质现象。所以我们将这一 思路贯彻在野外露头观察中,最终初步取得认识上的突破。

2.1 斜长角闪岩部分熔融的露头特点

王庄堡测区的西河口、牛还、大川岭等地金刚库组的斜长角闪岩,均可看到朝变质加深方向,逐渐变成角闪斜长片麻岩体。具体变化(由地层一侧向岩体方向叙述)如下:作为变质地层的斜长角闪岩的岩石结构基本是均匀的,色调是一致的(深灰色),露头上首先出现浅白色的长英质组成的形态不规则的边界很模糊的姜块状、云朵状团块,在其中部或边缘角闪石相对聚集(图1-a);开始是孤立地零星出现,随后白色团块逐渐增多,相互连成不规则的白色条带(图1-b);此时暗色矿物也出现聚集,有的在长英体内,有的在边部,亦为形状不规则、大小不均的集合体(图1-c);再进一步变化,白色长英体体积变大,融合成大小不等的不规则脉体,有的分离出细脉贯入附近暗色矿物集合体(我们称渣体)(图1-d),或侵入灰色未熔的源岩——斜长角闪岩中;此时渣体亦出现清楚的边界,并可见滚动、旋转现象,一般被人们当作岩浆包体看待。至此,浅色长英体已成为岩浆体,而未熔的斜长角闪岩(还有磁铁石英岩)、暗色的渣体则演变成包体,完成了地层向岩体的变化过程。

这一逐渐的演变带,宽度从数十米到数百米不等。这一过程中,所夹的磁铁石英岩由成层 连续状到扁豆状、以至透镜状逐渐变化。

2.2 变粒岩部分熔融的露头特点

恒山东段五台群的庄旺组主要由黑云变粒岩、角闪变粒岩夹少量斜长角闪岩构成,稳定地 分布在五台群地层带北缘。向北逐渐过渡成片麻岩体。变粒岩的暗色矿物含量低,部分熔融 现象较难观察。在填图中所有由南向北的路线上均可看到,首先变粒岩粒度逐渐变大而演化 成中细粒黑云(角闪)斜长片麻岩,原来均匀散布的铁镁矿物,此阶段逐渐排列成不连续的短促 条纹状(图^{2-a});进一步随着浅色矿物粒度增大,暗色矿物开始呈斑条状、小扁豆状聚集(图 ^{2-b});最后暗色矿物聚集成¹⁰余厘米大小的"包体"状(图^{2-c})。至此,变粒岩也已演变成 片麻岩体。这一渐变带宽数百米到数公里不等。在此渐变带中所夹的斜长角闪岩,靠地层部 分仍稳定地延伸,其中看不到斜长角闪岩部分熔融现象;靠岩体部分可看到斑驳白色的部分熔 融现象,斜长角闪岩一般已呈扁豆状、透镜状产出。只有深入到片麻岩体内部,斜长角闪岩才 成包体状,或熔成不均匀深色角闪斜长片麻岩状产出。

在角闪岩相的斜长角闪岩中常能见到变余枕状熔岩构造,枕芯一般为浅色角闪变粒岩,枕 边为深色斜长角闪岩。在部分熔融中,能看到枕芯已成浅色角闪斜长片麻岩,而枕边尚为斜长 角闪岩的现象(图^{2-d})。恒山的一道河、黑石头沟,秦岭商州测区的林岔河(秦岭群)、里铺 南(丹凤群)均可见。



图 1 斜长角闪岩部分熔融现象照片素描(照片摄于浙江龙游测区)

Fig.1 Sketch of the photo showing partial melting of amphibolite

a一开始出现部分熔融,白色长英体不规则地析出,中间黑色部分为角闪岩集中区;

b一部分熔融进一步发展,白色熔体聚集成不规则、不稳定条带(属片麻岩层);

c一白色长英质熔体已占主体,角闪石成不规则残体(属原地片麻岩体);

d一白色熔体进一步发生流动,出现流动构造并贯入黑色渣体(属原地片麻岩体)

3 部分熔融地质体的填图单位

(1)片麻岩层:王庄堡测区总结出,由地层向岩体变化中,可建立变质地层一片麻岩层一片 麻岩体这一模式,均可在1:5万填图中表达出来。片麻岩层是介于地层与岩体之间的中间体, 具固定的层位,保持稳定的延伸,其中尚有难熔地层的夹层,因此仍属地层范畴;但熔融导致原 岩构造基本消失,外貌与变质地层差异较大,所以只能划归无序的岩层,作为岩组处理。

变粒岩与斜长角闪岩转化成片麻岩层时,其填图划分标志是不同的。变粒岩以长英矿物 粒度1mm 作为划分片麻岩层的下界标志,以出现明显的"包体"(一般应大于10cm)作为片麻 岩层的上限标志(有包体即划归岩体)。斜长角闪岩以浅色长英体成不连续条带状作为片麻岩 层的下界标志,以出现明显的侵位或较大包体(大于10cm)作为片麻岩层上限标志。

上述标志具较大的人为性,填图中各人掌握尺度亦难统一。这是要将客观上连续过渡岩 石单位区分开来所无法避免的。如岩浆岩中的涌动关系、沉积岩中的夹层关系均如此。

(2)原地片麻岩体与异地片麻岩体:与地层呈渐变过渡关系的部分熔融所形成的片麻岩体有一系列不同于常见侵入成因的片麻岩体的地质特征,①岩体宏观岩石面貌复杂,无论岩体/

> 图 2 变粒岩部分熔融现象的照片素描 (a-c摄自恒山东段大坪剖面,d摄自秦岭商州测区林岔河) Fig.2 Sketch of the photo showing partial melting of granulitite (leptite) a-变粒岩中暗色矿物已成短促条纹,此时变粒岩已成中细粒片麻岩(属片麻岩层); b-熔融作用加强,暗色矿物成斑杂状聚集(属片麻岩层);c-最后暗色矿物聚集成较大的 透镜状,而具"包体"的外形(属原地片麻岩体);d-原来变余枕状熔岩构造,枕边为 斜长角闪岩,枕芯为角闪变粒岩;此时(熔融开始)枕芯已成角闪斜长片麻岩, 中央常有角闪石聚集,边缘为角闪岩或富角闪石的斜长角闪岩

的边部或中心(距地层几十公里),在色调较浅的片麻岩中,总有大量大小不等、形状各异的包体:有各种源岩捕掳体,熔融程度不同而呈不同色调的残留体,以及全部由铁镁矿物集合成的 渣体。②岩体条带构造发育,既有流动的慧星拖尾状暗色条带,又有大量规整浅色条带,还有 晚期贯入或交代脉体群形成条带。③构造面貌复杂,柔流褶皱发育是其最大特征,流动中形成 的旋转构造、滚动构造,加上原来的叠加构造搅合在一起,几乎找不出褶皱运动的规律。④岩 体总的形状不规则,边界不易划分。部分熔融形成的片麻岩体,仍可按矿物成分及含量作进一 步划分,但它们之间的边界总是模糊的,形态是不规则的。

在恒山片麻杂岩中仍有一部分较"标准"的片麻岩体,它们边界清楚,岩石成分均一,构造简单(均为片麻状),一般均可找到对围岩的侵入关系,包体也仅在岩体边部分布,岩体形状较规整(以似层状、穹状为主)。这类岩体(即常规片麻岩体)我们称为异地(侵入)片麻岩体。

(C(3)脉体群带的划分:在原地片麻岩体及其附近的地层中,常有晚期钾质脉体群分布,它们//w

宽窄变化大(几米到几厘米),既有顺片理密集贯入,也有斜切先成构造穿插,有细粒的,有伟晶质的。含量变化也较大,密集区可占出露面积 80%以上。它们分布具一定范围,可以通过填图以不同的百分含量予以圈出。



图 3 恒山西段雁门关测区部分熔融地质体填图试点图 (地质简图,4幅,山西省区调队,1991~1995)

Fig.3 Map showing the selected locality for the mapping of the geologic body derived from

partial melting in the Yanmenguan area, western segment of Hengshan Mountain 1-金刚库组,斜长角闪岩夹磁铁石英岩:2-牛还岩组,角闪斜长片麻岩夹磁铁石英岩透镜体; 3-金刚垴岩组,角闪斜长片麻岩含磁铁石英岩包体;4-庄旺组,变粒岩夹斜长角闪岩;5-店房台岩组; 角闪斜长片麻岩夹斜长角闪岩透镜体;6-黄土梁黑云斜长片麻岩体(原地岩体);7-韧性剪切带; 8-钠质条带状片麻岩;9-义兴寨角闪斜长片麻岩体(异地岩体);10-杨模林黑云斜长 片麻岩体(异地岩体);11,12-钾质脉体密集带,数字为面积百分比

4 恒山西段雁门关测区部分熔融地质体填图方法试点

1991年开幅的雁门关测区(4幅1:5万),山西省区调大队确定应用上述部分熔融填图方法开展填图。经过5年实践,正式验收通过,试点是成功的(图3)。

最终填出以变粒岩为主的地层,划分为五台群庄旺组一店房台岩组(片麻岩层)一黄土梁 片麻岩体(原地岩体);以斜长角闪岩为主的金刚库组一牛还岩组(片麻岩层)一金刚垴片麻岩 体(原地岩体)。该测区尚建立了两个异地片麻岩体:义兴寨片麻岩体与杨模林片麻岩体。并 (C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www 圈出含量为5%、30%、80%的钾质脉体群分布带。

恒山东段地层与片麻岩体相变关系均在倾向上发生,而雁门关测区则出现许多走向上从 地层变化为片麻岩体的实例,更证实许多片麻岩体是由地层熔融而来的推论。

如果把地层一片麻岩层一片麻岩体当作地壳不同深度热层次的反映,而假定当时热锋面 是近于水平的,则雁门关测区地质还反映经过部分熔融后,该地又发生的强烈褶皱,形成一系 列热向斜与热背斜。测区东北的横跨和近于平行褶皱的晚期钾化带的分布反映它是在熔融岩 层褶皱后形成的。

5 镜下部分熔融现象探讨

变质了的部分熔融现象应具什么样的结构,至今未见权威性的报道。从部分熔融现象实际上是一种固熔体离熔现象这一认识出发,我们在众多的片麻岩层的薄片中,找到少量可能反映这一认识的现象。斜长石的边缘或解理缝中出现乳滴状细小钠长石颗粒,逐渐汇集成边界清楚但光性不一的钠长石集合体,最后小颗粒边界消失,光性统一而成大颗粒的钠长石,在这种颗粒中间常有细小的云母或角闪石包裹。这种变化过程可能反映部分熔融初期的斜长石分解熔出低熔的钠长石的过程。如果这一过程在斜长石边缘发生,且熔出的钠长石已运移走,这时就出现斜长石的反环带结构,即熔走钠长石后使斜长石边缘比中心更加基性。

徐学纯等^[4]在研究恒山杂岩后,对石英在部分熔融中的行为有较好的描述:"石英由原来 小颗粒开始重熔,活动聚集成云朵状的大颗粒……,混合岩化进一步加深,大颗粒石英断续相 连,形成网状和豆荚状的集合体,并不断变粗。"文中所提混合岩体,其实就是部分熔融。

我们统计了恒山两个测区的变质地层一片麻岩层一原地片麻岩体以及其中渣体中的长石 牌号,地层中 An 为 40.14(15 个样均值),片麻岩层中 An 为 32.71(9),片麻岩体中 An 为 31.16(15),渣体中 An 为 50.39(5)。这一变化规律间接反映部分熔融使地层中低熔长石向岩 体迁移及难熔长石在渣体中富集这一变化趋势。

本文未能对重要依据——微观矿物转变迁移规律、化学组分在这些过程中运移规律开展研究,愿后来专家能补作这一工作。文中插图许多并非来自恒山,因外地的现象更加典型、清晰。笔者曾指导了陕西商州测区、浙江龙游测区运用部分熔融填图方法,分别对秦岭群、龙游群作三位一体的填图,均被评为优秀图幅。由此可见这一填图方法具有一定推广意义。

本文蒙程裕淇教授指导,得到党修鹏、胡学智、赵华等高级工程师的帮助,在此致谢。

参考文献:

- [1] 王仁民,陈珍珍,陈飞.恒山灰色片麻岩和高压麻粒岩包体及其地质意义[J].岩石学报,1991,(4):36-45.
- [2] 田永清·晋北恒山地区灰色片麻岩的地质特征及其成因初探[J].山西地质,1986,(2):95-113.
- [3] 林景仟.岩浆岩成因导论[M].北京:地质出版社,1991,51-56.
- [4] 徐学纯,李树勋.晋北恒山地区混合岩特征及其成因[J].山西地质,1989,(4):319.

An attempt at the mapping method of geological bodies derived from partial melting in the hengshan area

XU Chao-lei, SONG Chun-ling, ZHAO Zhen-xiang,

MI Guang⁻rao and WEI Rong⁻zhu

(Regional Geological Survey Party, Shanxi Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Yuci, Shanxi 030600, China)

Abstract: The Wutai Group is distributed in an east-west direction in the central part of the eastern segment of Hengshan Mountain and the high amphibolite facies Hengshan gneissic complex occurs to the north, both showing gradational relationships; from that the authors get the idea that the gneissic complex was derived from partial melting of the Wutai Group. Through mapping, the authors propose that between the Wutai Group and Hengshan gneissic complex there exists a gneiss layer which still belongs to strata and its mapping indicator is set up. The gneiss body which displays gradational relationships with the strata has a complex appearance and indistinct boundaries, being different from the gneiss body which shows a definite intrusive relationship with the strata and has distinct boundaries and an homogeneous composition. On that basis, the autochthonous gneiss and allochthonous gneiss are distinguished.

Key words: partial melting; gneiss layer; mapping method; Hengshan Mountain

(上接第 304 页)

Lower Carboniferous ostracods from a well in the northern part of the Tarim basin

WANG Yi-nong and CHENG Shu-wei

(Institute of Design and Research, Northwest Bureau of Petroleum Geology, Urumqi 830011, China)

Abstract: The paper describes the Lower Carboniferous ostracodes in the Tarim basin. These fossils were mainly collected from a well drilled in the Yangbaixi Formation above the Shuangfeng limestone in the Tarim basin and include three assemblages from top to bottom: (1) Paraparchites-Microcheilinella-Bairdia; (2) Paracarboprimitia-Cavellina; and (3) Healdianella-Bythocypris. Their ages are mid-late Early Carboniferous.

Key words Tarim basin; Lower Carboniferous; Yangbaixi Formation; ostracods