

<https://doi.org/10.3799/dqkx.2020.323>



基于组构组分的变质岩岩相学分类

陈能松, 夏 彬, 游振东

中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074

摘要: 为建立一个较严密、系统的常见变质岩石的岩相学分类, 采用既反映岩石结构构造特征又蕴含岩石基本组成的变质岩组构组分作为岩石分类的一级分类指标, 以岩石结构、构造和组构组分的成分依次作为二、三和四级指标, 划分了归属于造山区域变质岩、接触热变质岩、断层动力变质岩、蚀变交代变质岩和混合岩这 5 个大类变质成因的基本岩石。如岩石的地质产状已知, 可用对应于地质产状的成因类型变质岩替换组构组分, 升级为一级分类指标, 然后用同样程序进行划分。本分类方案中, 造山区域变质岩与接触热变质岩因具有相同组构组分, 因此, 大部分基本岩石名称相同, 但可借助其地质产状和一些特征变质矿物的特殊显微构造的有无将它们区分开来。本分类方案的分类效果优于国内外现有的岩相学分类方案。

关键词: 组构组分; 岩相学分类; 变质岩; 岩石学。

中图分类号: P588

文章编号: 1000-2383(2021)09-3049-08

收稿日期: 2020-07-31

A Petrographic Classification Scheme of Metamorphic Rocks Based on Fabric-Components

Chen Nengsong, Xia Bin, You Zhendong

School of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

Abstract: In this paper, a classification scheme is proposed for the common metamorphic rocks. In this scheme, the fabric-components reflecting both the structure-texture and compositions of metamorphic rocks are used as the first-order index, and the texture, structure and mineral composition are sequentially used as the secondary-, third- and fourth-order indexes for classification of the five genetic types of orogenic-regional, contact thermal, fault-related dynamic, altered-metasomatic metamorphic and migmatitic rocks. When geological occurrence of rocks is clear, the genetic type can replace the corresponding fabric component and becomes the first-order index for classification with the same procedures. Most orogenic-regional and contact thermal metamorphic rocks share the same names and features due to having the same fabric-components. However, it would be easy to distinguish a regional rock from a contact one according to their mode of occurrence and other characteristic microstructures of some diagnostic minerals. The effect of this classification is better than the petrographic classification schemes available in the world.

Key words: fabric-components; petrographic classification scheme; metamorphic rocks; petrology.

0 引言

常见变质岩岩相学分类基于岩石的矿物成

分、结构、构造等岩相学特征对基本岩石类型进行划分, 包括以矿物成分和组构等特征为主的分类方案。矿物成分分类方案仅适用于变质重

基金项目: 国家自然科学基金项目(No. 41672060); 中国地质大学教学工程项目(No. 2018G36)。

作者简介: 陈能松(1956-), 男, 教授, 从事变质岩岩石学教学和科学研究。ORCID: 0000-0003-2174-8352。E-mail: chennengsong@163.com

引用格式: 陈能松, 夏彬, 游振东, 2021. 基于组构组分的变质岩岩相学分类. 地球科学, 46(9):3049-3056.

结晶作用形成的造山区域变质岩,以 Fritscher (1967)、Winkler (1976) 和王仁民等 (1989) 的分类方案最具代表性. 矿物成分分类方案中有些不发育片状或片麻状构造的岩石可被分类图解确定为片岩或片麻岩,出现一些岩石名称与岩石构造不一致的情况. 组构特征分类方案以 Hyndman (1985)、Raymond (1995, 2002)、路凤香和桑隆康 (2002)、Best (2003)、桑隆康和马昌前 (2012) 以及程素华和游振东 (2016) 等的方案为代表; 国际地科联 (IUGS-SCMR) 推崇这一方案, 不仅推出了基于构造特征的分类表, 还推荐了岩石定名的术语和流程图 (Fettes and Desmons, 2007). Winter (2014) 也在其撰写的教材中推荐和采用这一组构特征分类方案.

构造分类方案易于掌握且便于野外工作. 近十年来, 构造特征结合矿物成分的分类被国外变质岩岩石学教科书所广泛采用, 成为变质岩岩相学分类的主流. 国内学者桑隆康和马昌前 (2012) 编制的岩相学分类, 可用于常见的造山区域变质岩、接触热变质岩、混合岩、断层动力变质岩和蚀变交代变质岩这 5 个成因类型变质岩的岩石类型划分. 该分类方案是在 Raymond (1995, 2002) 和 Best (2003) 的分类基础上进行拟定并表格化, 以岩石构造特征为一级分类指标, 把变质岩分为面理化和无面理至弱面理化两大类, 然后结合矿物成分给出各个成因类型变质岩岩石基本名称. 陈曼云等 (2009) 则以岩石化学类型和成因类型为一级分类指标, 用组构特征作为次一级分类指标对各成因类型变质岩进行进一步划分.

人们日常接触的变质岩类型从成因角度分类主要有造山区域变质岩、接触热变质岩、混合岩、断层动力变质岩和蚀变交代变质岩. 一个系统的变质岩分类方案应当以一个统一分类体系划分出它们的岩石类型. 单一的构造指标分类只强调无面理至强面理化构造特征在岩石基本类型划分中的作用. 由于作为一级分类指标的面理构造主要与变质作用因素中的偏应力有关, 因此, 某些同一成因类型的变质岩, 如造山区域变质岩、断层动力变质岩、混合岩和接触热变质岩中的岩石, 可能因面理构造的有无和强弱差异而被分散在分类表的不同位置 (参见桑隆康和马昌前, 2012, 表 21-3), 这与同一成因类型变质岩的基本岩石类别表达需有系统性和一致性的原则相背离. 同样, 陈曼云等 (2009) 的分类方案在体系性上也略有不足. 因此,

本文提出一个基于“组构组分”的常见变质岩的分类方案, 供相关地质工作者参考.

1 组构组分概念和常见变质岩类型的组构组分

与构造学关系密切的国外文献常用“micro-structure” (显微构造) 和“fabric” (组构) 描述变质岩的结构构造特征. 显微构造是在光学显微镜或电子显微镜尺度下观察到的颗粒大小、形状和空间关系, 其含义与结构基本一致 (Mason, 1990). 对“组构”含义的理解目前仍存在一些分歧. Raymond (1995, 2002) 认为组构是“岩石构造和结构特征的总和”, 而 Mason (1990) 将其定义为“岩石中矿物的空间关系”, 后者含义相同于构造含义. Neuendorf *et al.* (2005) 将组构定义为“变形岩石中一切组成部分的空间及几何位形”, 涵盖结构、构造及优选方位. 本文采纳 Raymond (1995, 2002) 和 Neuendorf *et al.* (2005) 的定义, 将组构视为变质岩结构构造的综合特征.

众所周知, 岩石的成分 (compositions)、结构和构造均可用肉眼可见的矿物成分来描述. 如人们可以将浅色的硅铝质矿物和深色的镁铁质矿物组合成浅色矿物和暗色矿物, 其含量差异 (即色率) 可用来描述显晶质超基性、基性、中性和酸性岩浆岩的组成, 其晶体大小、自形程度、形态和相互关系可用于描述这些岩石的结构, 其在空间上的分布与配置可用于描述岩石的构造特征. 这样, 当基于某些性质或特征将这些矿物进行不同组合时, 便可称之为组分. 当这些组分被用来描述岩石的成分组成时, 便称为成分组分 (compositional components), 用来描述结构时称作结构组分 (textural components), 用来描述构造时称作构造组分 (structural components). 因此, 基于上述组构定义, 本文提出与变质岩常见岩石有关的“组构组分 (fabric components)”概念. 所谓组构组分, 就是可共同或分别用来表征某一成因类型变质岩的结构构造特征 (即组构特征) 的最小矿物成分组成单元. 组构组分存在于常见的 5 大成因类型变质岩中, 但由于不同成因类型变质岩的变质作用机制和主要影响因素存在差异, 其组构组分也会不同.

造山区域变质岩的主要变质作用机制是变质结晶作用 (包括重结晶作用和新生结晶作用), 其

主要控制因素有静岩压力和温度,其综合控制因素有流体和偏应力,其组构组分为变质矿物(变晶)或矿物集合体,岩石结构为变晶结构,岩石构造有均匀不定向的块状构造和定向性明显的板状、千枚状、片状、片麻状和条带状构造等。

接触热变质岩的变质作用机制也是变质结晶作用,变质作用控制因素为温度、压力和流体,偏应力的作用则与岩浆就位机制有关。因此,其组构组分为变质矿物(变晶)和矿物集合体,其岩石结构为变晶结构,但其岩石构造则与岩体的就位方式,也即与偏应力的作用程度有关:与被动就位岩体相关的接触热变质岩一般发育块状构造,与主动就位(如底劈和气球膨胀侵位)岩体相关的岩石通常发育强烈的定向构造,如板状、千枚状、片状、片麻状和条带状构造等。因此,接触热变质岩的岩石组构特征近于相同于造山区域变质岩。

断层动力变质岩的变质作用机制是碎裂与形变,主要作用因素为偏应力,基本的组构组分是碎斑和基质,其中的基质分为碎基和动态或静态重结晶物质或部分熔融后再快速冷凝的玻璃质。由碎斑和基质组构组分构成的岩石结构主体为变形结构,包括碎裂结构和糜棱结构两大类,其中部分岩石可在变形基础上发育与静态重结晶相关的变晶结构,如变晶糜棱结构,包括鳞片变晶糜棱结构和柱粒状变晶糜棱结构,或与局部部分熔融的熔体快速冷却相关的碎粒玻璃结构。碎斑和不同组成的基质组构组分因空间配置的不同,可形成块状、压扁、流状、眼球状、条带状、千糜状、糜棱片状、糜棱片麻状构造等岩石构造。

混合岩在造山区域变质作用或接触热变质作用的基础上形成,因此其变质作用机制包括变质结晶作用和岩浆结晶作用,其主要影响因素为温度和挥发分流体。混合岩的组构组分从成因考虑可分为新成体和古成体,分别相当于我国早期从前苏联引进的脉体和基体概念(程裕淇等, 1963)。古成体为未受深熔作用改造的原变质岩,新成体为深熔作用新产生的长英质脉体和残余的难熔岩石和矿物(Mehnert, 1968)。从描述角度看,新成体中长英质脉体因色浅被称作浅色体,难熔岩石和暗色矿物因色深被称作暗色体;古

成体的颜色深度位于浅色体和暗色体之间,称作中色体(Johannes, 1983)。浅色体、暗色体和中色体等组构组分因空间配置的变化,可形成网状、角砾状、肠状、条带状、条纹状、片麻状、火焰状、雾迷状等多种混合构造。中色体和暗色体的岩石结构总体为变晶结构;浅色体则主要为岩浆结晶结构和次要变晶结构。

蚀变交代变质岩由岩石在开放系统通过物质交换的变质交代作用机制而形成,主要作用因素为温度和富有化学活动性的流体,其组构组分为被交代矿物和交代矿物两种。交代矿物是变质交代机制产生的新生变质矿物或矿物组合;被交代矿物是原岩(岩浆岩或沉积岩)的变余矿物或先存变质岩岩石的残变矿物。少量的交代矿物可在被交代岩石内部或接触边界发育各种交代结构,交代矿物集合体和完全由交代矿物组成的岩石内部的岩石结构被称作变晶结构。交代作用通常导致交代矿物集合体以不规则形态产出,从而发育斑杂状、囊状、角砾状、浸染状等岩石构造,有的还可形成明显的交代矿物分带。

2 基于组构组分的分类方案

综上所述,基于地质环境划分的变质作用类型对应的变质岩成因类型因其变质作用机制和主导变质作用因素的不同,其对应的组构组分也不同。组构组分可以方便地被用来表征不同成因类型变质岩的组成、结构和构造特征,在镜下、手标本甚至在露头尺度上大多易于鉴别,因而可用作常见成因类型变质岩岩相学分类的一级分类标志。

基于组构组分为一级指标拟定的常见变质岩类的岩相学分类见表1。在组构组分作为一级分类指标的基础上,再依次用结构、构造和组构组分的成分特征作为二级、三级和四级指标划分出基本岩石名称。需要说明的是,本方案岩石分类基于组构组分、结构、构造和矿物成分划分出如片岩、片麻岩、麻粒岩、榴辉岩等,属于岩石定名范畴,岩石命名则是基于颜色和矿物组成等特征对基本岩石做进一步刻画,如石榴二云母片岩、角闪黑云二长片麻岩、二辉麻粒岩和蓝晶石榴辉岩。总之,本分类不涉及与成因有关的定名,如高温麻粒岩、超高压榴辉岩等。

表 1 基于结构组分的常见变质岩岩相学分类
Table 1 The fabric component-based petrographical classification for metamorphic rocks

结构组分	结构类型	构造类型	结构组分成分	岩石名称	成因类型	
变晶矿物或变晶矿物组合	变晶	变余、隐晶	板状	泥质、粉砂质、砂质、凝灰质变余碎屑；云母、绿泥石、叶腊石等变质矿物和碳质；少量变余斑晶	板岩，斑点板岩或瘤状板岩**	造山区域变质岩和(或)接触热变质岩
		鳞片、变余	千枚状	云母、绿泥石、硬绿泥石、叶腊石和与板岩相同的变余物质成分	千枚岩	
		鳞片针柱状	片状	蛇纹石、滑石、菱镁矿、云母、绿泥石、角闪石、 Al_2SiO_5 多型、硬绿泥石、十字石、方解石、石英、钠长石、帘石等	片岩	
		鳞片柱粒状	片麻状或条带状	主要矿物斜长石、钾长石和石英(长石+石英 $\geq 50\%$ ，长石 $\geq 25\%$ ，次要矿物云母、闪石、辉石和 Al_2SiO_5 多型，或钙硅酸盐矿物等	片麻岩	
	变晶	粒状柱状		晕长石、帘石、普通角闪石	绿帘角闪岩*	
				钙质斜长石(30%~50%)、普通角闪石或单斜辉石(40%~60%)为主，次要石榴子石、黑云母、石英等	斜长角闪岩/斜长辉岩*	
		粒、柱、柱粒状		紫苏辉石±单斜辉石±普通角闪石±黑云母=40%~70%，斜长石($\geq 20\%$)±钾长石±石英30%~60%	麻粒岩*	
			块状或弱定向	石榴子石+绿辉石为主，无原生斜长石，可有蓝晶石、蓝闪石、多硅白云母、金红石、石英等	榴辉岩*	
		鳞片柱粒状、粒状		石英($>75\%$)，次要矿物长石或云母、闪石和磁铁矿等	石英岩	
		角岩结构		方解石、白云石等碳酸盐矿物 $\geq 50\%$ ，其他可有橄榄石、辉石、闪石、滑石、钙镁硅酸盐等	大理岩	
鳞片、粒、粒柱或鳞片粒柱状		蛇纹石、滑石、菱镁矿、云母、绿泥石、 Al_2SiO_5 多型、硬绿泥石、十字石、长石、石英、角闪石、帘石、辉石、方柱石、方解石等	角岩**			
碎斑、基质(碎基、动态重结晶或静态重结晶颗粒)	变形-变晶	碎裂	压扁状	透镜状岩石砾碎块+少量透镜状或近棱角状岩石质矿物碎基	构造砾岩	断层动力变质岩
			块状	岩石角砾碎斑+棱角状岩石和矿物碎基	构造角砾岩	
		碎裂、玻璃糜棱	流状	棱角状岩石碎块和矿物碎斑： $<2\text{ mm}$ 的矿物或岩石碎基	碎裂岩类	
			千糜状	碎粉质矿物或岩石碎基+黑色熔融玻璃	假玄武玻璃糜棱岩类	
		鳞片变晶糜棱-柱粒状变晶糜棱	糜棱片状	显微片柱状硅酸盐；基质为显著的动-静态过渡重结晶条带	千糜岩	
			糜棱片麻状	云母、闪石、静态重结晶石英或方解石；眼球碎斑偶见	糜棱片岩	
				片、柱状矿物、静态重结晶长石+石英 $\geq 50\%$ ，长石 $\geq 25\%$	糜棱片麻岩	
浅色体	变晶-结晶	混合构造	浅色体 $\leq 20\%$	混合岩化XX岩	混合岩	
			浅色体=20%~60%	混合岩		
			浅色体 $\geq 60\%$	云染岩或混合花岗岩		
蚀变交代矿物、变余或残变矿物	变晶-交代	块状、不规则状和斑杂状，变余构造	蛇纹石、滑石	蛇纹岩/滑石岩	蚀变交代变质岩	
			绿泥石、钠长石、帘石、阳起石	青磐岩		
			白云母、石英；电气石、黄玉、萤石富等挥发分矿物	云英岩		
			石英、绢云母、黄铁矿	黄铁绢英岩		
			石英、绢云母、叶腊石、高岭石、红柱石、蓝线石、石膏等	次生石英岩		
高岭石、埃洛石、蒙脱石、绢云母、叶腊石、蛋白石、玉髓等	热液粘土岩					
石榴子石、帘石、单斜辉石，方解石和/或白云石 $\leq 50\%$	砂卡岩					

注：造山区域变质岩和接触热变质中，*仅为造山区域变质岩，**仅为接触热变质岩，其余为两者共有。

造山区域变质成因的片岩包括据特殊矿物成分划分的绿片岩 (greenschist)、蓝片岩 (blueschist)、白片岩 (whiteschist)、云英片岩等, 其中的云英片岩具片状构造, 主要由石英 (50%~75%)、云母、角闪石等组成。

本分类表中将国外习称的绿岩 (greenstone) 和国内习称的粒岩归入“XX岩”。绿岩是在矿物组成上相同于绿片岩, 以阳起石、帘石、绿泥石和钠长石为主要矿物成分, 但以块状构造或弱定向构造而区别之。粒岩包括长英质粒岩和钙镁硅酸盐粒岩。长英质粒岩的长石+石英含量 $\geq 80\%$, 且长石含量 $\geq 25\%$ (卢良兆和许文良, 2011); 钙镁硅酸盐粒岩富含碳酸盐矿物 ($\leq 50\%$) 和钙镁铁的 (铝) 硅酸盐矿物 (如钙质单斜辉石、钙质角闪石钙的铝酸盐矿物, 如帘石、斜长石、方柱石等, 总和 $\geq 50\%$)。因此, XX岩是除绿帘角闪岩、斜长角闪岩、斜长辉岩、麻粒岩、榴辉岩、石英岩、大理岩以外, 其余不易用结构或构造但易于用矿物成分定名的块状构造或弱定向构造的区域变质岩石, 包括镁质的、镁铁质的、泥质的、长英质的和钙-镁-铁-硅质成分的区域变质岩。欧洲学者用 Fels, 即“粒岩”, 北美学者则用 rocks, 即“XX岩”来表达国内习称的长英质粒岩和钙镁酸盐粒岩。本分类中“XX岩”的主要岩石有蛇纹岩、辉橄岩、辉岩、角闪岩、绿岩、云母岩、长英 (粒) 岩、铝硅酸盐 (粒) 岩、刚玉岩、钙硅酸盐 (粒) 岩等, 部分岩石分别类似于接触热变质角岩类的镁质角岩、基性角岩、泥质角岩、长英质角岩和钙镁硅质角岩。

考虑到便捷性和实用性, 混合岩的一级分类指标仅采用了描述性组构组分中的浅色体, 不考虑暗色体和中色体。所划分的3个岩石名称也考虑我国使用习惯, 分别称为混合岩化XX岩、混合岩、混合片麻岩或混合花岗岩 (程裕淇等, 1963; 卢良兆和许文良, 2011)。Mehnert (1968) 按新成体含量划分出低深熔岩 (metatexite) 和高深熔岩 (diatexite); 程素华和游振东 (2016) 则进一步划分为低度深熔岩、过渡类深熔岩和高度深熔岩。本分类方案对混合岩的划分总体相同于程素华和游振东 (2016) 总结的分类方案, 但用浅色体取代新成体作为分类指标。浅色体的边界值与他们拟定的新成体的边界值一致, 混合岩化XX岩、混合岩、混合片麻岩或混合花岗岩的浅色体含量和岩石特征分别对应于他们的低度深熔岩、过渡类深熔岩和高度深熔岩。

3 讨论

3.1 组构组分划分与变质岩成因类型的关系

变质岩的组构组分特征与受不同主要变质作用因素制约的变质作用机制有关, 而不同变质作用类型及其对应的岩石成因类型又受制于变质作用机制, 因而最终对应于变质岩的岩石成因类型 (表1)。本分类中的一级分类指标的组构组分, 包括变质矿物和变质矿物组合、碎斑和基质、浅色体、蚀变交代矿物与变余残变矿物等, 都可以方便地在露头、手标本和 (或) 薄片尺度上被观察和识别, 因而在实际使用中尤其适用于成因类型未知的变质岩岩石学鉴别与划分。对于成因类型已知的变质岩石, 可以用成因类型岩石取代组构组分, 转为一级分类指标, 再基于同样的程序划分变质岩的基本名称。

3.2 造山区域变质岩与接触热变质岩的区分

造山区域变质岩与接触热变质岩的变质作用机制相同, 其组构组分也相同, 因而被合并到一起 (表1)。这两类成因变质岩既可发育块状构造的岩石, 也可发育强面理构造的岩石, 如板岩、千枚岩、片岩、片麻岩等。与国外不加以区分岩石成因类型的定名习惯不同, 国内学者习惯在接触热变质的板岩、千枚岩、片岩和片麻岩名称前加上“接触”, 以区别于区域变质成因的同名岩石 (陈曼云等, 2009)。在实际工作中, 造山区域变质岩与接触热变质岩的区分当以野外地质产状最有效。例如, 造山区域变质岩的分布面积大, 其空间上的变质强度变化 (如变质带分布) 与某个岩体无关; 接触热变质岩一般都围绕着岩体分布, 其变质强度由岩体边缘向外逐渐降低并构成封闭的接触变质晕。此外, 在手标本尤其是薄片样品上, 接触热变质成因的岩石由于在较高的加热速率下生长, 一些变斑晶矿物常常发育一些与之有关的显微构造, 例如, 红柱石的十字空晶结构和管状石英后成合晶或海绵变晶结构 (Mason *et al.*, 2010; 陈能松等, 2018; 杨婷婷, 2020)、堇青石的海绵变晶结构 (杨婷婷, 2020)、三连晶或六连晶结构、硬绿泥石的放射状结构、十字石的扇状环带或穿插双晶。石榴子石常见海绵变晶或扇状双晶并发育管状石英, 在区域变质岩中则罕见 (Chen *et al.*, 1998, 2006a, 2006b; 董云峰等, 2018; 毛小红等, 2018)。造山区域变质岩的矿物生长通常发生在较低的加热速率过程中, 其特征变质矿物通常不发

育或少发育此类显微构造。此外,接触热变质岩常发育典型的角岩结构,也是可靠的区分标志。

3.3 与国内同类岩相学分类方案比较

国内目前只有陈曼云等(2009)和桑隆康和马昌前(2012)的两个常见变质岩(如造山区域变质岩、接触热变质岩、断层动力变质岩、混合岩和蚀变交代变质岩)的系统岩相学分类方案,后者是对前人分类方案的升级版(路凤香和桑隆康,2002,表19-2)。该升级版划分方案以构造特征为第一分类指标,存在同一成因类型岩石被肢解到表格不同位置的缺陷。陈曼云等(2009)的分类表在纵向上以岩石化学类型作为一级指标,划分出泥质变质岩类、长英质变质岩类、钙质变质岩类、钙镁硅酸盐变质岩类、镁铁质(基性)变质岩类和镁质(超镁铁质)变质岩类这6个岩石化学类型和对应的变质矿物成分;在横向上以岩石成因类型为第二个一级指标,划分出区域变质岩、接触变质岩、部分气液变质岩、混合岩和动力变质岩这5个成因类型,然后在每一个成因类型中再基于结构和构造,即组构特征,参考不同的化学类型,划分岩石名称。该分类是目前国内唯一集岩石化学类型和矿物成分、成因类型和组构特征的常见变质岩的分类方案。该方案有诸多优点。第一,将结构和构造综合为组构分类指标,避免了单纯的构造指标划分造成同一成因类型的岩石被肢解的弊端;第二,将区域变质岩、接触变质岩、部分气液变质岩、混合岩的岩石划分与岩石化学类型挂钩,使岩石的总体化学成分与岩石的矿物成分特征一目了然;第三,将变余组构和变质组构并列为一个次级分类指标,从而能够在若干成因类型变质岩中列出相应某一化学类型的变质原岩;第四,从事变质岩石学的地质工作者普遍熟悉该分类中每一成因类型的岩石分类格式,可以在实践中单独使用。该分类也存在不足:第一,也是最重要的,是其化学类型划分指标未能贯穿到动力变质岩类,这使该分类失去了体系的完整性;第二,不同化学类型的混合岩其岩石类型种类都相同,造成划分的岩石种类未能体现出化学类型之间的差异。

本文提出的分类以既可反映岩石组成也可表征岩石结构和构造的最小矿物成分组合单元,即“组构组分”作为一级分类指标,再以岩石的结构类型、构造类型和组构组分的成分依次作为二、三、四级分类指标,对常见的造山区域变质岩、接触热变质岩、混合岩、断层动力变质岩和蚀变交代变质岩

进行划分,不涉及岩石化学类型要素,是一个纯粹且系统的岩相学分类。本分类方案较好地保留了同成因类型变质岩石在分类表中的系统性,避免了过往以构造特征为第一分类指标造成的同一成因类型岩石被肢解到表格不同位置的弊端(桑隆康和马昌前,2012,表21-3)。此外,本分类方案具有可转换的双一级指标的分类,当成因类型已明确时,可替换组构组分升级为一级分类指标,这时便转变为广大地质工作者所熟悉的相似于陈曼云等(2009)分类方案中的“成因类型-组构”分类。因此,本分类方案是一个体系性较严密且应用性较灵活的、纯粹的岩相学分类方案。

4 结束语

本文定义的组构组分不仅可以表征岩石的结构和构造,即岩石组构,而且也可以表征岩石组成,其适用范围包括造山区域变质岩、接触热变质岩、混合岩、断层动力变质岩和蚀变交代变质岩等常见的成因类型变质岩。本分类以组构组分为一级分类指标,以岩石结构、构造和组构组分的成分依次为二、三、四级分类指标,可较好地划分出与常见五大成因类型变质岩分别对应的基本岩石,但其中的造山区域变质岩和接触热变质岩因其组构组分和岩石特征相同或相似而归并到一起,其基本岩石也大部相同。合并后的造山区域变质岩+接触热变质岩和余下的3个成因类型的岩石定名的成因类型属性具有唯一性。而造山区域变质岩与接触热变质岩的同名岩石,可依据地质产状和一些特征变质矿物发育的显微构造加以区分。

致谢:两位匿名审稿人对手稿提出了若干建设性的修改意见和宝贵的建议,成文过程中多次与刘嵘副教授交流,受益匪浅,特表谢忱!

References

- Best, M. G., 2003. *Igneous and Metamorphic Petrology* (2nd Edition). Blackwell Science Ltd., Malden.
- Chen, M. Y., Jin, W., Zheng, C. Q., 2009. *Metamorphic Rock Identification Manual*. Geological Publishing House, Beijing, 29-30 (in Chinese).
- Chen, N. S., Chen, B. H., Mason, R., et al., 2018. Using Contact Metamorphic Criteria in Contact Aureole to Preliminarily Discriminate Magma Emplacement Mechanisms of Fangshan Pluton, Beijing. *Earth Science*, 43 (1): 99-108 (in Chinese with English abstract).

- Chen, N. S., Gong, S. L., Sun, M., et al., 2006a. How High are the P - T Conditions for Paleoproterozoic Metamorphism of the Huangtuling Felsic Granulite, North Dabieshan, Central China?. *Journal of China University of Geosciences*, 17(4): 291–301. [https://doi.org/10.1016/S1002-0705\(07\)60002-8](https://doi.org/10.1016/S1002-0705(07)60002-8)
- Chen, N. S., Sun, M., You, Z. D., et al., 1998. Well-Preserved Garnet Growth Zoning in Granulite from the Dabie Mountains, Central China. *Journal of Metamorphic Geology*, 16(2): 213–222. <https://doi.org/10.1111/j.1525-1314.1998.00074.x>
- Chen, Y., Ye, K., Liu, J. B., et al., 2006b. Multistage Metamorphism of the Huangtuling Granulite, Northern Dabie Orogen, Eastern China: Implications for the Tectonometamorphic Evolution of Subducted Lower Continental Crust. *Journal of Metamorphic Geology*, 24(7): 633–654. <https://doi.org/10.1111/j.1525-1314.2006.00659.x>
- Cheng, S. H., You, Z. D., 2016. *Metamorphic Petrology*. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Cheng, Y. Q., Shen, Q. H., Liu, G. H., et al., 1963. Some Basic Problems and Working Methods of Metamorphic Rocks. China Industrial Press, Beijing (in Chinese).
- Dong, Y. F., Zheng, C. Q., Zhou, X. W., et al., 2018. Metamorphism and Its Tectonic Implications of Early Mesozoic Pelitic Granulites from Badu Complex of Southwestern Zhejiang Province, South China. *Earth Science*, 43(1): 259–277 (in Chinese with English abstract).
- Fettes, D., Desmons, J., 2007. *Metamorphic Rocks: A Classification and Glossary of Terms*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Fritsch, W., Meixner H., Wieseneder, H., 1967. Zur Quantitativen Klassifikation der Kristallinen Schiefer. *Neues Jahrbuch für Mineralogie Monatsheft*, 12: 364–376.
- Hyndman, D. W., 1985. *Petrology of Igneous and Metamorphic Rocks* (2nd Edition). McGraw-Hill Book Company, New York.
- Johannes, W., 1983. On the Origin of Layered Migmatites. In: Atherton, M. P., Gribble, C. D., eds., *Migmatites, Melting and Metamorphism*. Shiva Publishing Ltd., Cheshire.
- Lu, F. X., Sang, L. K., 2002. *Petrology*. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Lu, L. Z., Xu, W. L., 2011. *Petrology*. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Mao, X. H., Zhang, J. X., Yu, S. Y., et al., 2018. Metamorphism of Qinling Complex in Northern West Qinling Orogen: Petrology, Phase Equilibria Modelling of Paragneiss and Their Geological Implication. *Earth Science*, 43(1): 278–295 (in Chinese with English abstract).
- Mason, R., 1990. *Petrology of Metamorphic Rocks* (Second Edition). Uniwin Hyman Ltd., London.
- Mason, R., Burton, K. W., Yuan, Y. M., et al., 2010. Chiasolite. *Gondwana Research*, 18(1): 222–229. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2010.03.005>
- Mehnert, K. R., 1968. *Migmatites and the Origin of Granitic Rocks*. Elsevier, Amsterdam.
- Neuendorf, K. K. E., Mehl Jr., J. P., Jackson, J. A., 2005. *Glossary of Geology* (Fifth Edition). American Geological Institute, Alexandria.
- Raymond, L. A., 1995. *Petrology: The Study of Igneous, Sedimentary, Metamorphic Rocks*. WCB Publisher, New York.
- Raymond, L. A., 2002. *Petrology: The Study of Igneous, Sedimentary, Metamorphic Rocks* (2nd Edition). McGraw Hill, New York.
- Sang, L. K., Ma, C. Q., 2012. *Petrology* (Second Edition). China University of Geosciences Press, Wuhan (in Chinese).
- Wang, R. M., You, Z. D., Fu, G. Q., 1989. *Metamorphic Petrology*. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Winkler, H. G. F., 1976. *Petrogenesis of Metamorphic Rocks* (Fifth Edition). Springer-Verlag, New York.
- Winter, J. D., 2014. *Principles of Igneous and Metamorphic Petrology* (Second Edition). Pearson Education Limited, Edinburgh.
- Yang, T. T., 2020. *Study of Metamorphic Zones and Conditions of the Contact Aureole on Western Margin of the Fangshan Pluton* (Dissertation). China University of Geosciences, Wuhan (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 陈曼云, 金巍, 郑常青, 2009. 变质岩鉴定手册. 北京: 地质出版社, 29–30.
- 陈能松, 陈冰寒, Mason, R., 等, 2018. 用接触变质作用标志初步判别北京房山岩体的岩浆侵位机制. *地球科学*, 43(1): 99–108.
- 程素华, 游振东, 2016. 变质岩岩石学. 北京: 地质出版社.
- 程裕淇, 沈其韩, 刘国惠, 等, 1963. 变质岩的一些基本问题和工作方法. 北京: 中国工业出版社.
- 董云峰, 郑常青, 周喜文, 等, 2018. 浙西南八都杂岩早中生代泥质麻粒岩变质作用及构造意义. *地球科学*, 43(1): 259–277.
- 路凤香, 桑隆康, 2002. 岩石学. 北京: 地质出版社.

卢良兆, 许文良, 2011. 岩石学. 北京: 地质出版社.
毛小红, 张建新, 于胜尧, 等, 2018. 西秦岭北缘秦岭杂岩变质作用: 副片麻岩岩石学、相平衡模拟及其地质意义. 地球科学, 43(1): 278–295.
桑隆康, 马昌前, 2012. 岩石学(第二版). 武汉: 中国地质大

学出版社.
王仁民, 游振东, 富公勤, 1989. 变质岩石学. 北京: 地质出版社.
杨婷婷, 2020. 房山岩体西缘接触变质带特征和变质条件研究(硕士学位论文). 武汉: 中国地质大学.

“中国地质大学 70 周年校庆特刊(专刊)”征稿启事

2022 年 11 月 7 日是中国地质大学 70 周年校庆日, 为配合学校相关工作, 《地球科学》(中文版) 和《*Journal of Earth Science*》(英文版) 将组织出版“中国地质大学 70 周年校庆特刊”. 特刊(专刊) 旨在展示中国地质大学优秀学者、科研团队和优秀校友的学术风采和科研创新成果, 引领学科发展方向, 促进学术交流, 扩大学校的学术影响力. 现面向中国地质大学各学科领域(重点学科、重点实验室等) 学术团队、专家学者和校友征稿.

一、征稿对象和范围

征稿对象主要为海内外知名校友、优秀学者、客座教授、学科带头人, 校内各学科科研团队负责人、学术带头人或具有高级职称的优秀专家学者, 撰写的论文在相关学科领域有较高的学术水平和应用价值.

二、征稿内容和投稿要求

(1) 征稿内容: 能够反映当前各期刊涵盖的科学领域的新成果、新技术、新方法或新进展, 符合期刊的征稿主题和方向, 论文形式可以为述评、综述或原创文章;

(2) 投稿要求: 通过中文版投审稿系统 <http://mc03.manuscriptcentral.com/es> 或者英文版投审稿系统 <http://mc03.manuscriptcentral.com/jes> 进行投稿, 选择“中国地质大学 70 周年校庆特刊”或者“Special issue: Dedicated to the 70th Anniversary of China University of Geosciences”;

(3) 论文格式: 参见最新投稿要求, 请浏览期刊网站: <http://www.earth-science.net/>;

(4) 截稿时间: 征稿截止时间为 2022 年 6 月 30 日, 以在线投稿时间为准;

(5) 出版事宜: 本专辑为正刊出版发行, 所有稿件编辑部严格按程序执行, 不符合送审要求的稿件将在初审时退回; 接收后的稿件会优先在线出版; 纸质版将于 2022 年底前刊出.

三、联系方式

关于投稿咨询, 请联系《地球科学》编辑部, 电话: 027-67885075, E-mail: xbb@cug.edu.cn.