



论俯冲增生杂岩带洋板块地质构造图编图思想与方法

张克信^{1,2,3}, 张 进⁴, 潘桂棠⁵, 刘 勇⁴, 何卫红^{2,3}, 徐亚东^{2,3}, 宋博文¹, 张雄华³

1. 中国地质大学 地质调查研究院, 湖北 武汉 430074;

2. 生物地质与环境地质国家重点实验室, 中国地质大学, 湖北 武汉 430074;

3. 中国地质大学 地球科学学院, 湖北 武汉 430074; 4. 中国地质科学院 地质研究所, 北京 100037;

5. 中国地质调查局 成都地质调查中心, 四川 成都 610082

摘 要: 对地质类图件编(填)图而言,合理厘定不同级别的编(填)图单元,是保证所编(填)图件质量的关键。俯冲增生杂岩带的物质组成,主要是来自洋盆不同构造环境下洋岩石圈的构造-岩石建造,可区分出洋脊建造(蛇绿岩)、深海平原建造、洋岛(OIB)-海山建造、洋内弧建造、海沟建造、源自洋岩石圈的高压-超高压岩石建造。另外,还有混入到俯冲增生杂岩带但不源自洋岩石圈,而是源自陆岩石圈的裂离地块建造、高压-超高压岩石建造、陆缘岩浆弧建造和楔顶盆地建造等。因此,查清并厘定出不同来源的地质体建造,是开展俯冲增生杂岩带编(填)图单元划分与图件编绘的基石。本文从区分出俯冲增生杂岩带内不同来源物质建造之科学目标为出发点,将它们的编图单元划分为3级:俯冲增生杂岩带(一级单元)、岩片(二级单元)、岩块和基岩(三级单元)。对各级编(填)图单元类型进行了具体划分和命名,规定了其代号、用色和岩性花纹的使用要求。简述了俯冲增生杂岩带构造变形的图面表达要求,强调俯冲期和碰撞期的构造变形是俯冲增生杂岩带的两大主期变形,必须合理编(填)绘。

关键词: 洋板块地质;俯冲增生杂岩;编图单元;主期构造变形;地质构造编图

APPROACH OF GEOLOGICAL TECTONIC MAPPING OF OCEANIC PLATE IN SUBDUCTION ACCRETIONARY COMPLEX ZONE

ZHANG Ke-xin^{1,2,3}, ZHANG Jin⁴, PAN Gui-tang⁵, LIU Yong⁴, HE Wei-hong^{2,3}, XU Ya-dong^{2,3},
SONG Bo-wen¹, ZHANG Xiong-hua³

1. Institute of Geological Survey, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

2. State Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

3. School of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 4. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 5. Chengdu Center of China Geological Survey, Chengdu 610082, China

Abstract: The quality of geological mapping lies in reasonable determination of mapping units of different levels. The compositions of subduction accretionary complex zone are mainly derived from the structure-formation of oceanic lithosphere in ocean basin under various tectonic environments, including oceanic ridge formation (ophiolite), abyssal plain formation, oceanic island-seamount formation, intra-oceanic arc formation, trench formation and high-ultrahigh

收稿日期:2022-03-04;修回日期:2022-03-25. 编辑:张哲.

基金项目:国家自然科学基金项目“造山带洋板块地层沉积序列与构造环境研究”(41772107);中国地质调查局项目“中国区域地质志和系列图件编制”(DD2021645)和“贺州-郴州大地构造格局、资源背景调查”(DD20190811).

作者简介:张克信(1954—),教授,博士生导师,从事地质学、沉积学、造山带地质和区域地质调查技术方法研究,通信地址 湖北省武汉市洪山区鲁磨路388号,E-mail/kx_zhang@cug.edu.cn

pressure rock formation. Besides, there are also rifted block formation, high-ultrahigh pressure rock formation, continental margin magmatic arc formation and wedge-top basin formation derived from continental lithosphere which are mixed into the subduction accretionary complex zone. Therefore, it is basic to identify and determine the geological formations of different sources for mapping unit division and compilation. Based on the scientific objective of distinguishing different material sources in subduction accretionary complex zone, the mapping units are divided into three levels: subduction accretionary complex zone(first-level unit), slice(second-level unit) and rock block and matrix (third-level unit) which are divided and named with the requirements for code, coloring and lithologic pattern. The paper briefly describes the requirements of graphic expression of structural deformation in subduction accretionary complex zone, and emphasizes that the structural deformations during subduction and collision are the two major deformation periods, thus the mapping must be reasonable and accurate.

Key words: oceanic plate geology; subduction accretionary complex; mapping unit; major tectonic deformation; geological structural mapping

1 洋板块地质构造图编图思想与内容

1.1 洋板块地质学概念和提出的必要性

洋板块地质思想提出的初衷,是为了揭示造山过程,包括洋-洋转换和洋-陆转换等诸多内容。李廷栋等^[1]指出:洋板块地质学的基本概念是应用地质学的理论和方法对造山系俯冲增生杂岩带、蛇绿岩带等大洋岩石圈板块地质建造、结构构造进行系统研究,再造大洋岩石圈板块从洋中脊形成到海沟俯冲消亡、转换成陆的地质作用全过程,称为洋板块地质学。

洋板块地质学的提出,可能会在学术界引起争议,

或许有学者认为“洋板块地质学”应该属于“板块构造”,因此,提出此学科或研究方向是不必要的。笔者认为洋板块地质不能完全等同于板块构造,其主要理由见表 1。李廷栋等^[1]提出和倡导的洋板块地质学是地质学的一个分支学科,它是以现代板块构造学理论为指导,综合应用现代地质学的各个分支学科(如地层学、古生物学、沉积学、矿物学、岩石学、构造地质学、地球化学、地球物理学、大地构造学等),以残存在古大陆不同地质时期的洋岩石圈遗迹为调查研究对象,对地史时期的洋岩石圈的成生、演化、洋-洋和洋-陆转换

表 1 洋板块地质与板块构造不同点对比
Table 1 Contrasts between oceanic plate geology and plate tectonics

差异点	板块构造	洋板块地质
定义差异	是关于全球构造形成演化的学说。1912 年魏格纳(A.L. Wegener)提出大陆漂移说;20 世纪 60 年代赫斯(H.H. Hess)和迪茨(R.S. Dietz)提出海底扩张说;1965 年威尔逊(J.T. Wilson)提出转换断层、威尔逊旋回和板块构造概念,由此产生板块构造学说。该学说认为:地球岩石圈分为若干个“刚性”板块,板块间以洋中脊、转换断层、海沟、古缝合带等为边界;刚性板块浮于上地幔软流圈之上,进行大规模水平运动,使板块间发生离散、汇聚和走滑作用,导致大洋的扩张与大陆裂解和板块的俯冲增生-碰撞造山,并认为板块运动的动力来自地幔对流和海底扩张。海底(洋脊)扩张、大陆漂移、转换断层、俯冲带、威尔逊旋回和地幔对流是支撑板块构造的七大支柱	由李廷栋等(2019)提出,定义是:应用地质学的理论和方法对造山系俯冲增生杂岩带、蛇绿岩带等大洋岩石圈板块地质建造、结构构造进行系统研究,再造大洋岩石圈板块从洋中脊形成到海沟俯冲消亡、转换成陆的地质作用全过程,称为洋板块地质学
学科归属差异	是地球科学的构造地质学和大地构造学的分支	是地球科学的地质学的分支
研究范围差异	针对地球岩石圈全部;洋岩石圈、陆岩石圈和洋-陆过渡带	针对地球的洋岩石圈和洋-陆过渡带
研究内容差异	主要关注以洋中脊、转换断层、海沟和古缝合带为边界的刚性岩石圈板块的划分、板块成生、板块运动、板块消亡、板块运动的驱动机制等	除关注洋岩石圈板块边界划分与边界类型研究外,更加关注洋岩石圈板块内部的次级单元划分与识别,提高对各次级单元(如洋脊、远洋深海盆地、洋岛-海山或洋底高原、洋内弧、海沟等)的结构、构造、物质组成、成生直至消亡的演化全过程的精细解剖与时间演化约束,并且对洋-陆过渡带的结构构造、物质组成和洋-陆转化过程进行精细解剖与时间演化约束

全过程进行综合研究的一门地质学分支学科。

为说明洋板块地质学提出的必要性,让我们简要回顾一下地层学产生以来 350 余年的研究历程。350 余年来,地层学在传统的岩石地层学、生物地层学和年代地层学研究的基础上,创新性地相继产生了诸如层序地层、旋回地层、磁性地层、地震地层、测井地层、矿物地层、土壤地层、化学地层、分子地层、事件地层、生态地层、遗迹地层、环境地层、气候地层、天文地层、定量地层、构造地层、非史密斯地层和洋板块地层等近 20 个地层学的分支学科^[2-3]。正由于百年来地层学营造了活跃的、宽容的学术争鸣与百花齐放的研究氛围,催生了众多新生分支学科的涌现,有力促进了地层学研究的不断发展与深化。笔者认为,做为地质学研究的分支,提出洋板块地质学,对推动洋岩石圈的结构构造、物质组成与演化的精细解剖,必大有裨益。如同非史密斯地层学和洋板块地层学的提出,极大推动了洋盆地层研究的深度和精度一样,洋板块地质的提出,必将强化对洋岩石圈形成和演化研究的深度和精度。

1.2 洋板块地质构造图编图内容

李廷栋等^[1]列述洋板块地质的主要研究内容是:俯冲增生杂岩的物质组成、蛇绿岩类型及其形成的构造环境、洋板块沉积组合、重建古造山系 OPS 层序、俯冲带岛弧前弧火成岩组合、洋陆转换的过程和机制、洋-陆转换带成矿作用形成与演化等重要内容。

本文认为,洋板块地质构造图编图,应以李廷栋等^[1]洋板块地质思想为指导,从俯冲增生杂岩带、岩浆弧与岩浆作用、变质岩与变质作用、俯冲期和碰撞期构造形变要素和构造演化等多方面陈述其编图内容、编图方法与相关的图式、代号、花纹、线型和用色方案等(图 1)。

图 1 中所表达的洋板块地质构造图的编图内容,涉及到对五大编图岩石单元和六大构造形变要素的图面合理表达。本文陈述的俯冲增生杂岩的洋板块地质图编图,仅是洋板块地质图编图中的五大编图岩石单元之一,也是洋板块地质图编图的最核心和最重要的内容。由于篇幅所限,对洋板块地质涉及的岩浆弧与岩浆作用、变质岩与变质作用等重要内容,本文不予陈述和讨论,仅陈述俯冲增生杂岩带洋板块地质构造图编图内容与方法。

2 俯冲增生杂岩带洋板块地质构造图编图单元

2.1 俯冲增生杂岩带概念

潘桂棠等^[5]对俯冲增生杂岩带的定义是:俯冲增生杂岩带也称增生楔、增生棱柱体或消减杂岩带,是指保存在俯冲消减带中的洋盆消亡的残迹,主要有洋板块俯冲过程中被刮削下来的海沟浊积岩、远洋沉积物和大洋板块残片,被肢解蛇绿岩和高压超高压岩石组合,经构造搬运并堆叠在岛弧前的上覆板块前端形成的以逆冲断层为边界的楔形地质体,是消减带的重要组成部分。它由不同时代、不同构造环境、不同变质程度和不同变形样式的洋盆地质建造和陆(弧)缘斜坡地质建造混杂在一起,经强烈构造剪切的构造-岩石的组合物。洋盆地质建造系统主要由洋壳残片(蛇绿岩)、洋岛-海山、洋内弧、远洋沉积物、半深海-深海浊积扇等组成(图 1、2)。增生杂岩带构造-岩石或 OPS 地层结构局部有序、总体无序^[6-10]。

2.2 构造-岩石单元划分、命名与编绘要求

编(填)地质类图件的核心任务是:要合理厘定出不同级别的编(填)图单元。编(填)图单元厘定的质量高低决定了所编绘图件的质量高低。俯冲增生杂岩带/增生杂岩带的物质组成,主要是来自洋盆不同构造古地理单元(或构造环境)洋岩石圈的构造-岩石建造,可区分出洋脊建造(蛇绿岩)、深海平原建造、洋岛(OIB)-海山建造、洋内弧建造、海沟建造(图 2,表 2)。另外,还有混入到增生杂岩带但不源自洋岩石圈,而是源自陆岩石圈的裂离地块建造、高压-超高压带岩石建造、陆缘岩浆弧建造和楔顶盆地建造等(图 2)^[11-15]。因此,上述不同来源的建造地质体,就是俯冲增生杂岩带/增生杂岩带的编(填)图单元划分的主要对象。

本文本着区分出俯冲增生杂岩带/增生杂岩带内不同来源物质建造之科学目标,将它们的编图单元划分为 3 级:俯冲增生杂岩带/增生杂岩带(一级单元),岩片(二级单元),岩块和基质(三级单元)。表 2 列述了俯冲增生杂岩带洋板块地质构造图的编图单元类型的具体划分方案与名称。

不同学者论述过俯冲增生杂岩带内(构造)岩片的含义。如王涛等^[16]定义岩片是从强变形带限定、与相邻地质体不可对比的、并无正常连续叠复(沉积的、正常构造接触的)关系的单一岩层体或多个有原始成生联系的岩层组合体称为岩片(slice)。张克信等^[7]认为,



图 1 洋板块地质构造图编图内容
(据文献[4]修改)

Fig. 1 Content setting of oceanic plate geological tectonic mapping
(Modified from Reference [4])

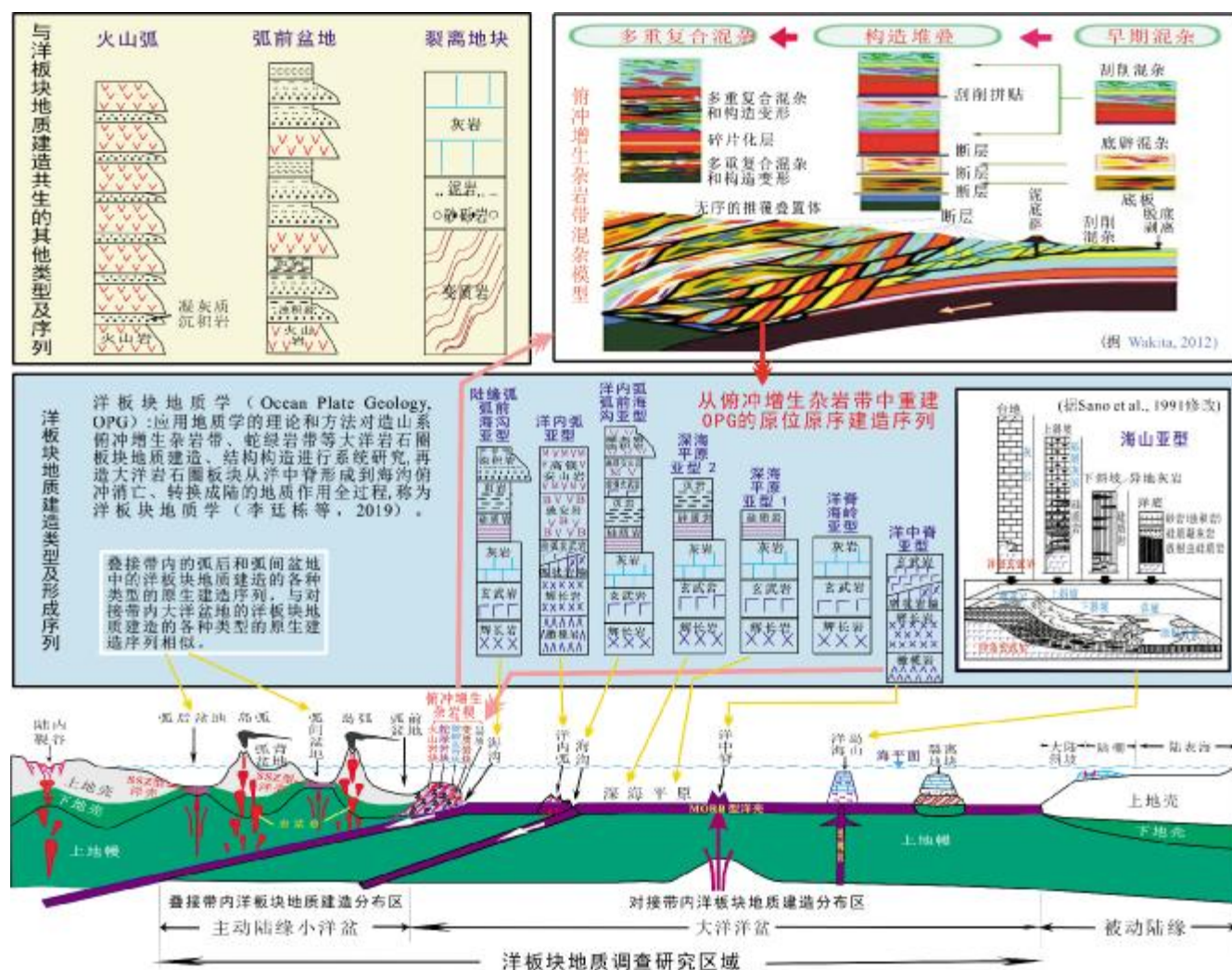


图2 洋板块地质建造形成的构造环境与过程、原位原序建造的主要类型与序列

(据文献[9-10, 21-23]修改)

Fig. 2 Tectonic setting and process of the oceanic plate formation and main types and sequences of in-situ original-order formation

(Modified from References [9-10, 21-23])

岩片是指以构造拼合边界所分割的具有一定物质构成的地质体,在地质填图中具可填性,是非史密斯(混杂岩)地层基本单位之一,也是非史密斯(混杂岩)地质填图的基本单元之一。

对岩片研究与划分的典型实例是 Leggett et al.^[17] 和 Sawaki et al.^[18] 对苏格兰北部阿普兰兹南部俯冲增生杂岩带内岩片的划分和 Wang et al.^[19-20] 对江西新余神山俯冲增生杂岩带内岩片的详细划分与研究(图3、4)。

岩片的厘定和划分可按如下原则进行:1) 必须是以构造拼合边界所分割的地质体,即岩片四周均被断裂围限,该断裂多数是与不同地质体(地体)相拼合的

构造界面;2) 相邻岩片可能会在岩性、岩相、变形、变质程度和时代上具明显差异,尤其是被一断裂带所分割的两个相邻地质体如在岩相上不连续、变质程度、变形样式和时代上有一项不同者,即可再区分为两个岩片^[7,9]。

多数学者认为,岩片之间必须是强变形带或被清晰的断层分割,其中多数岩片是由包裹众多岩块的剪切的基质构成^[8,20,27-31](图4)。

按岩片(二级单元)的成生构造环境和岩石组合,本文将俯冲增生杂岩带(一级)内的(构造)岩片划分为如下类型。

类型1—蛇绿岩岩片:由断层围限的,出露面积较

表 2 俯冲增生杂岩带洋板块地质构造图(比例尺 1:2.5 万—1:100 万)编图单元划分、名称、代号、用色和岩性花纹填绘要求

Table 2 Requirements for unit divisions, names, codes, colorings and lithologic patterns of oceanic plate tectonic mapping in subduction accretionary complex zone

一级	二级 (地质实体描述+成因解释)			三级 (地质实体描述)	
增生杂岩带	岩片			岩块	基质
代号: M (大写斜体)+命名地首字母(大写正体下标)+时代(正体上标)	岩片类类型及名称	岩片代号	举例:岩片代号(大写)+地名(大写正体下标)+时代(正体上标)	代号:岩块岩性代号(小写斜体)+时代(正体上标),岩性代号用 GB T 958—2015 区域地质图图例 ^[24] 中的代号,如“二叠纪玄武岩岩块”的代号为 β^p 用色原则:见说明 6 岩性花纹填绘原则:见说明 8	代号:基质岩性代号(小写斜体)+时代(正体上标),岩性代号用 GB T 958—2015 区域地质图图例 ^[24] 中的代号,如“二叠纪板岩”的代号为 sh^p 用色原则:见说明 7 岩性花纹填绘原则:见说明 8
增生杂岩带 AZ (是 accretionary complex zone 的缩写) 如“布青山增生杂岩带”的代号为 AZ_B^{Ps}	蛇绿岩岩片	Ψ (正体)	马尔争二叠纪含蛇绿岩岩块岩片 Ψ_M^p	超镁铁质岩块 Σ (蛇纹石化)橄榄岩岩块、(蛇纹石化)(堆晶)辉橄岩-橄辉岩岩块 辉石岩岩块	基质多数为深海-半深海沉积岩,如硅、灰、碳、锰、凝灰质、泥质岩、粉砂质泥质岩等远洋沉积和杂基支撑的粉砂、砂岩等半远洋-大陆斜坡的浊积岩;常经历了不同程度的变质作用,成为板岩、千枚岩、片岩、片麻岩;构造变形显著,如劈理化、片理化、糜棱岩化等;可见由蛇纹岩和构造岩形成的软质基质
	含蛇绿岩岩块的岩片	Ψ (斜体)		(堆晶)辉长岩岩块 辉绿岩岩块 (枕状)玄武岩岩块 (放射虫)硅质岩岩块、石英岩岩块	
	洋内弧岩片	A(正体)	马尔争二叠纪含洋内弧岩块的岩片	玄武岩(MORB-like 玄武岩、富铌玄武岩)岩块	
	含洋内弧岩块的岩片	A(斜体)	A_M^p	高镁安山岩岩块	
	洋岛(OIB)岩片	I(正体)	马尔争二叠纪含洋岛岩块的岩片 I_M^p	玄武岩(洋岛玄武岩)岩块	
	含洋岛(OIB)岩块的岩片	I(斜体)			
	海山碳酸盐岩岩片	M(正体)	马尔争二叠纪含洋岛岩块的岩片 M_M^p	碳酸盐岩(灰岩、白云岩等)岩块塌积砾岩岩块	
	含海山碳酸盐岩岩块的岩片	M(斜体)			
	弧火成岩岩片	V(正体)	马尔争二叠纪含弧火成岩岩块的岩片 V_M^p	玄武岩、安山岩、流纹岩、火山碎屑岩等岩块	
	含弧火成岩岩块的岩片	V(斜体)			
	深海硅质岩岩片	S(正体)	完达山侏罗纪远洋深海硅质岩岩片 S_M^j	(放射虫)硅质岩岩块	
	含深海硅质岩岩块的岩片	S(斜体)			
	海底扇杂砾岩岩片	FC(正体)	大洪山青白口纪海底扇杂砾岩岩片 FC_0^{Qb}	杂砾岩岩块	
	含海底扇杂砾岩岩块的岩片	FC(斜体)			
	海底扇杂砂岩岩片	FS(正体)	菜园中元古代含杂砂岩岩块岩片 FS_c^{Ps}	杂砂岩岩块	
	含海底扇杂砂岩岩块的岩片	FS(斜体)			
	裂离地块岩片	BL(正体)	可可尔塔含元古代裂离地块岩块的岩片 BL_K^p	片岩、片麻岩、灰岩、白云岩、大理岩等岩块	
	含裂离地块岩块的岩片	BL(斜体)			
	高压-超高压岩片	H(正体)	阿尔金含泥盆纪高压-超高压岩石岩块的岩片 H_A^p	蓝片岩、榴辉岩等岩块	
	含高压-超高压岩岩块的岩片	H(斜体)			
	不含岩块的远洋沉积增生楔岩片	P(斜体)	花石峡二叠纪不含岩块的远洋沉积岩片 P_M^p	硅、灰、碳、锰、凝灰质、泥质岩、粉砂质泥质岩等远洋沉积;常经历了不同程度的变质作用,成为板岩、千枚岩、片岩、片麻岩;构造变形显著,如劈理化、片理化、糜棱岩化等	
	不含岩块的半远洋沉积增生楔岩片	B(斜体)	长石头山二叠纪不含岩块的半远洋沉积岩片 B_{ch}^p	杂基支撑的粉砂、砂岩等半远洋-大陆斜坡浊积岩;常经历了不同程度的变质作用,成为变质粉砂岩、变质杂砂岩、片岩、片麻岩等;构造变形显著,如劈理化、片理化、糜棱岩化等	

说明:

1. 全国各省(市、自治区)、各大区全域的编图比例尺是 1:50 万和 1:100 万两种;省(市、自治区)、各大区重点解剖区的编图比例尺是 1:25 万—1:2.5 万多种。
2. 为减轻图面标注负担,各岩片的代号尽量用 1 个字母(英文首字母)表达。
3. 增生杂岩带和岩片的代号用英文名称的首字母、大写斜体表达;各个岩片内的岩块和基质的代号用英文名称的首字母、小写斜体表达。
4. 增生杂岩带和岩片的命名地代号用地名汉语拼音的首字母,大写正体并以下标表达。
5. 各级编图单元(一级/增生杂岩带、二级/岩片、三级/岩块和基质)(见增生杂岩带的编图单元划分表)的原岩建造时代均采用中国地层表^[25]中的代号,并以正体上标形式表达。
6. 不同类型的岩块着色基本原则是:超基性岩岩块—暗紫色;基性岩岩块—暗绿色;超基性岩—基性岩岩块—黑色;中性岩岩块—绿色;酸性岩岩块—粉红色;碳酸盐岩岩块—天蓝色;塌积砾岩岩块—黄绿色;裂离地块岩块—暗褐色;高压—超高压岩石岩块—深黄色;硅质岩和石英岩岩块—淡紫色。
7. 各岩片基质的着色基本原则是:按各个岩片基质原岩建造时代的国际色标着色,统一按国际年代地层表^[26]中各时代的色系用色。
8. 岩块和基质的岩性花纹填绘,按 GB T 958—2015 区域地质图图例^[24]中的岩性花纹执行,如是 1:2.5 万、1:5 万、1:10 万和 1:25 万比例尺的图,建议按产状填绘岩性花纹。1:50 万和 1:100 万比例尺的图,可以用填充方式填绘岩性花纹。
9. 如对某增生杂岩带的调查研究程度较低,当前只能填绘出不同种类的纯描述性和岩块(如橄榄岩岩块、辉长岩岩块、玄武岩岩块、灰岩岩块)和基质(如板岩、千枚岩、变粉砂岩),对由岩块和基质构成的各个构造岩片的构造属性还不能确定时,可对各个岩片简单地用数字序号 1、2、3……,或用字母顺序 A、B、C……命名,待后期进一步深入研究后再按构造属性命名。
10. 对早先认为是有序的史密斯地层(如东昆仑造山带南带的布青山增生杂岩带的“马尔组”),通过用洋板块地质的理论与方法深入解剖和填图后,发现是无序的增生杂岩,在洋板块地质—构造图的主图面上必须用增生杂岩的构成单元进行编绘,不可继续沿用早先的史密斯地层名称。但为了表达与早先划分方案的对应关系,应在主图面之外的图例中对它们的相互对应关系进行表达。
11. 基质必须是软质的并遭受了劈理化或片理化的岩石,它们以细粒的沉积岩为主,少数为糜棱岩等极细且软质的构造岩和蛇纹质构造岩。被包裹在基质中的岩块必须由相对坚硬和刚性的岩石构成。岩块实质上是包裹在基质中的刚性构造透镜体。
12. 坚硬的硅质岩、石英岩、粗粒块状杂砂岩、砂砾岩和杂砾岩等均可构成岩块被包裹在柔软的基质中。对含此类岩性岩块的岩片,也可按混入其中的主体岩块的岩性划分和命名编(填)图单元,如含硅质岩岩块的岩片、含石英岩岩块的岩片、含杂砾岩岩块的岩片。主图内凡按岩块的岩性分类和命名的岩片,应进一步分析构成岩块的硅质岩、石英岩、杂砂岩和杂砾岩等的成生环境。如硅质岩岩块的原生环境可能为远洋深海平原沉积,或为洋底或俯冲带火成热液成因,或为后生硅化的岩石。又如杂砾岩的原生环境可能为海沟斜坡扇或海底扇的扇根,或为海山边缘陡坡倒石锥堆积。

大的蛇绿岩残片构成的岩片。

类型 2—含蛇绿岩岩块的岩片:由断层围限的,以远洋硅、灰、碳、锰、凝灰质泥岩和半远洋—海沟斜坡浊积岩为基质,或以蛇纹质构造岩为基质,以含蛇绿岩岩块为主的构造混杂岩区带。

类型 3—洋内弧岩片:由断层围限的,出露面积较大的洋内弧岩石组合残片构成的岩片。

类型 4—含洋内弧岩块的岩片:由断层围限的,以远洋硅、灰、碳、锰、凝灰质泥岩和半远洋—海沟斜坡浊积岩为基质,或以糜棱岩等极细且软质的构造岩为基质,以含洋内弧岩石组合岩块为主的构造混杂岩区带。

类型 5—洋岛岩片:由断层围限的,出露面积较大的洋岛岩石组合残片构成的岩片。

类型 6—含洋岛岩块的岩片:由断层围限的,以远洋硅、灰、碳、锰、凝灰质泥岩和半远洋—海沟斜坡浊积岩为基质,或以糜棱岩等极细且软质的构造岩为基质,以洋岛岩石组合岩块为主的构造混杂岩区带。

类型 7—海山碳酸盐岩岩片:由断层围限的,出露面积较大的海山碳酸盐岩残片构成的岩片。

类型 8—含海山碳酸盐岩岩块的岩片:由断层围

限的,以远洋硅、灰、碳、锰、凝灰质泥岩和半远洋—海沟斜坡浊积岩为基质,或以糜棱岩等极细且软质的构造岩为基质,以海山碳酸盐岩岩块为主的构造混杂岩区带。

类型 9—弧火成岩岩片:由断层围限的,出露面积较大的弧火成岩岩石组合残片构成的岩片。

类型 10—含弧火成岩岩块的岩片:由断层围限的,以远洋硅、灰、碳、锰、凝灰质泥岩和半远洋—海沟斜坡浊积岩为基质,或以糜棱岩等极细且软质的构造岩为基质,以弧火成岩岩石组合岩块为主的构造混杂岩区带。

类型 11—深海硅质岩岩片:由断层围限的,出露面积较大的远洋深海盆地薄层状放射虫硅质岩、硅质岩或不纯硅质岩夹远洋钙、碳、锰和凝灰质岩夹层的岩石组合残片构成的岩片。

类型 12—含深海硅质岩岩块的岩片:由断层围限的,以远洋硅、灰、碳、锰、凝灰质泥岩和半远洋—海沟斜坡浊积岩为基质,或以糜棱岩等极细且软质的构造岩为基质,以硅质岩的岩石组合岩块为主的构造混杂岩区带。

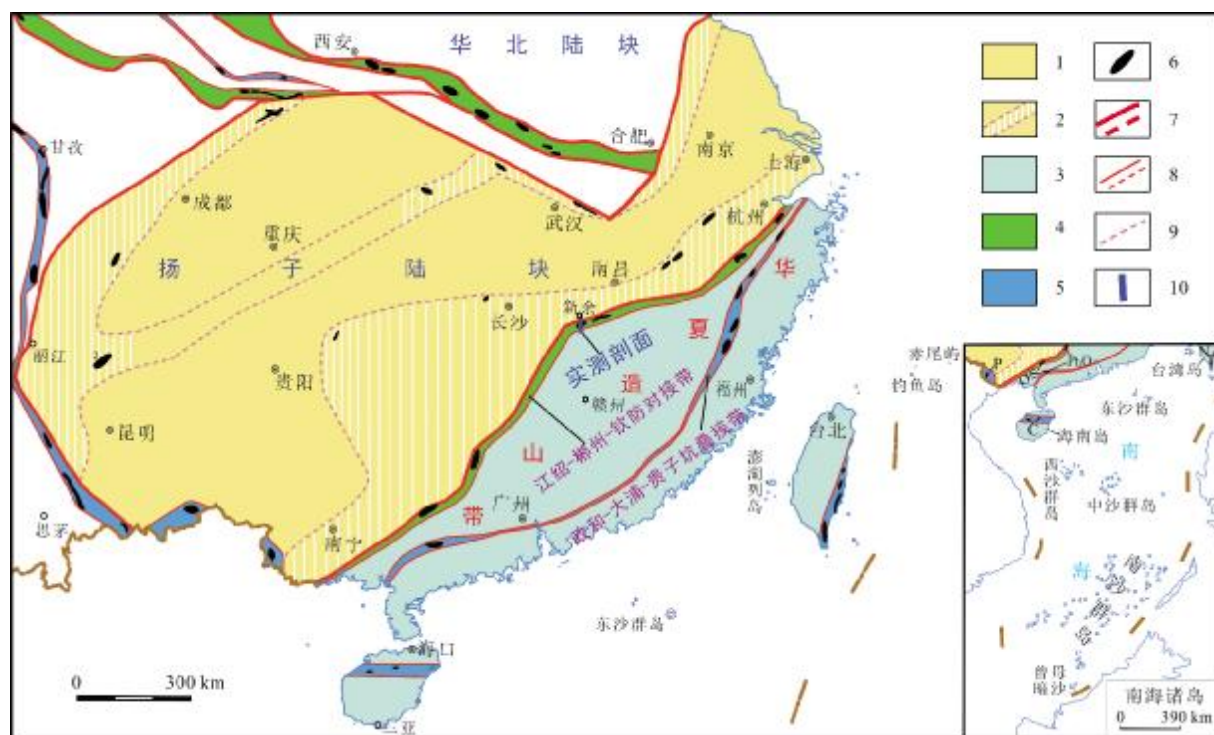


图3 江西新余神山俯冲增生杂岩剖面位置与构造背景简图

(据文献[19-20]修改)

Fig. 3 Profile location and tectonic setting of Shenshan subduction accretionary complex in Jiangxi Province

(Modified from References [19-20])

1—扬子克拉通(约800 Ma 基底)(Yangtze craton, 800 Ma basement); 2—扬子基底内叠接带(splicing belt in Yangtze basement); 3—华夏造山带(Cathaysia orogenic belt); 4—造山带内的对接带(junction belt in orogenic belt); 5—造山带内的叠接带(splicing belt in orogenic belt); 6—蛇绿岩出露点(outcrop of ophiolite); 7—一级大型断裂带(large first-order fault zone); 8—二级大型断裂带(large second-order fault zone); 9—推测陆块基底断裂带(inferred continental basement fault zone); 10—新余神山俯冲增生杂岩剖面线(section line of Shenshan subduction accretionary complex in Xinyu)

类型 13—海底扇杂砾岩岩片: 由断层围限的, 出露面积较大的海底扇杂砾岩、或以杂砾岩为主夹杂砂岩等夹层的岩石组合残片构成的岩片。

类型 14—含海底扇杂砾岩岩块岩片: 由断层围限的, 以远洋硅、灰、碳、锰、凝灰质泥岩和半远洋—海沟斜坡浊积岩为基质, 或以糜棱岩等极细且软质的构造岩为基质, 以杂砾岩的岩石组合岩块为主的构造混杂岩区带。

类型 15—海底扇杂砂岩岩片: 由断层围限的, 出露面积较大的海底扇杂砂岩或以杂砂岩为主夹粉砂岩等夹层的岩石组合残片构成的岩片。

类型 16—含海底扇杂砂岩岩块岩片: 由断层围限的, 以远洋硅、灰、碳、锰、凝灰质泥岩和半远洋—海沟斜坡浊积岩为基质, 或以糜棱岩等极细且软质的构造岩为基质, 以杂砂岩的岩石组合岩块为主的构造混杂岩区带。

类型 17—裂离地块岩片: 由断层围限的, 出露面积较大的裂离地块岩石组合残片构成的岩片。裂离地块的岩石组合多为时代古老的变质岩建造。

类型 18—含裂离地块岩块的岩片: 以远洋硅、灰、碳、锰、凝灰质泥岩和半远洋—海沟斜坡浊积岩为基质, 或以糜棱岩等极细且软质的构造岩为基质, 以裂离地块岩石组合岩块为主的构造混杂岩区带。

类型 19—高压—超高压岩岩片: 由断层围限的, 出露面积较大的高压—超高压岩岩石组合残片构成的岩片。

类型 20—含高压—超高压岩岩块的岩片: 以远洋硅、灰、碳、锰、凝灰质泥岩和半远洋—海沟斜坡浊积岩为基质, 或以糜棱岩等极细且软质的构造岩为基质, 以高压—超高压岩岩石组合岩块为主的构造混杂岩区带。

类型 21—不含岩块的远洋沉积增生楔岩片: 断层

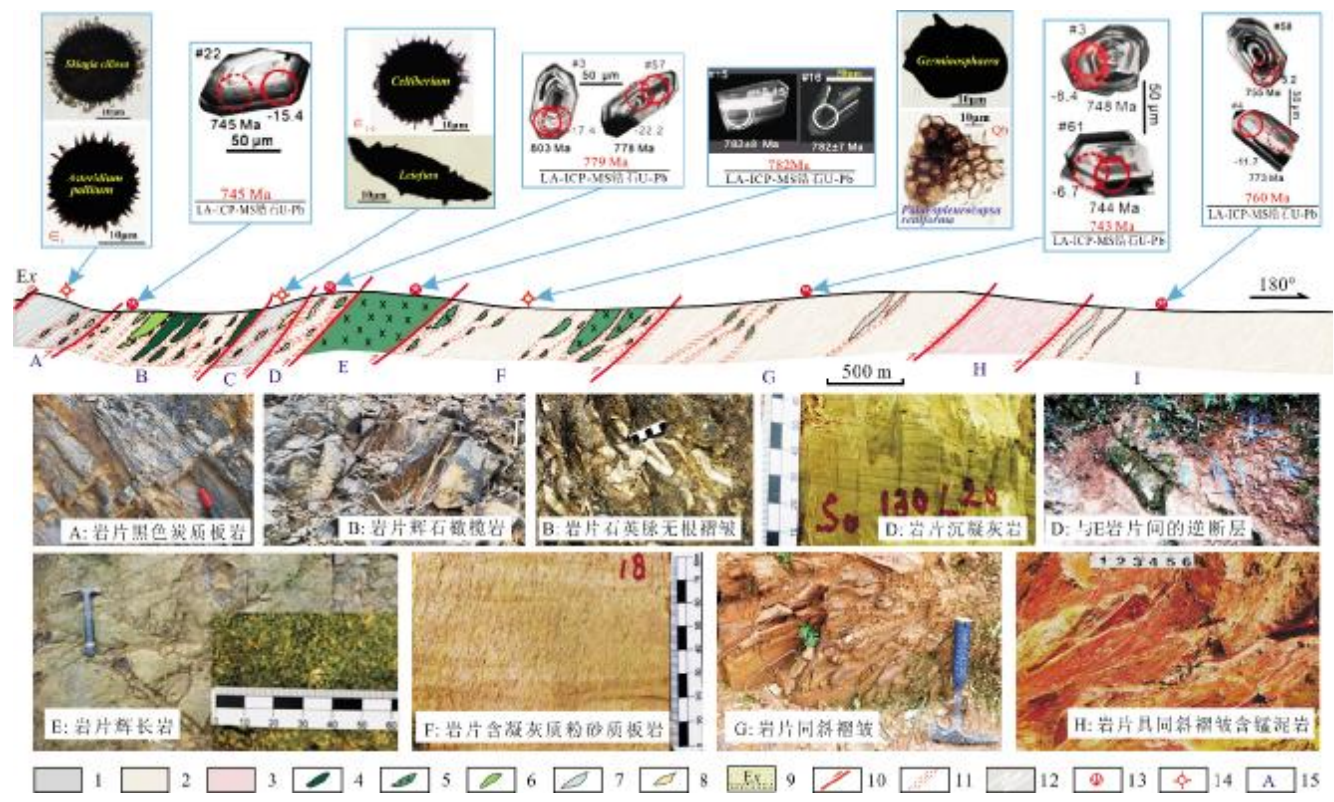


图 4 江西新余神山俯冲增生杂岩实测地质剖面图
(据文献[19-20]修改)

Fig. 4 Surveyed geological profile of the Shenshan accretionary complex in Jiangxi Province
(Modified from References [19-20])

1—黑灰色碳质板岩(基质) (black grey carbonaceous slate); 2—灰褐黄色含凝灰质浊积岩(基质) (grayish brown yellow tuffaceous turbidite); 3—红色具细纹层含锰泥岩(基质) (red finely laminated Mn-bearing mudstone); 4—墨绿色橄榄辉石岩岩块(deep green olivine pyroxenolite block); 5—深灰绿色辉长岩岩块(dark greyish-green gabbro block); 6—深绿色辉绿岩岩块(dark green diabase block); 7—蓝灰、灰白色凝灰岩岩块(blue grey, offwhite tuff block); 8—灰黄色变杂砂岩岩块 (grayish yellow meta-greywacke block); 9—古近系新余组 (Paleogene Xinyu fm.); 10—逆冲断层 (thrust fault); 11—强劈理化带(strong cleavage belt); 12—同斜—紧闭褶皱(homoclinal-tight fold); 13—同位素测年取样点(isotope sampling site); 14—疑源类化石 (acritarch fossil); 15—岩片编号(slice number)

围限的,由硅、灰、碳、锰、凝灰质、泥质岩、粉砂质泥质岩等远洋沉积增生楔构成的岩片. 其沉积岩常经历了不同程度的变质作用,成为板岩、千枚岩、片岩、片麻岩;构造变形显著,如劈理化、片理化、糜棱岩化等.

类型 22—不含岩块的半远洋沉积增生楔岩片:断层围限的,由杂基支撑的粉砂、砂岩等半远洋—海沟斜坡浊积岩. 常经历了不同程度的变质作用,成为变质粉砂岩、变质杂砂岩、片岩、片麻岩等;构造变形显著,如劈理化、片理化、糜棱岩化等.

岩片(二级单元)内需进一步按岩块和基质分别划分出三级编(填)图单元. 三级单元的岩片类型有 10 类:含蛇绿岩岩块的岩片、含洋内弧岩块的岩片、含洋

岛岩块的岩片、含海山碳酸盐岩岩块的岩片、含弧火成岩岩块的岩片、含深海硅质岩岩块的岩片、含海底扇杂砾岩岩块岩片、含海底扇杂砂岩岩块岩片、含裂离地块岩块的岩片、含高压—超高压岩岩块的岩片.

3 俯冲增生杂岩带洋板块地质构造图构造变形要素的表达要求

俯冲增生杂岩带是由不同时代、不同岩石组合、不同构造环境、不同变形样式的构造岩石组合物,经历了多期构造变形叠加的综合集成体,具有复杂的几何学、运动学特征. 要在常规的“调查指南”要求的大比例尺地质构造填图过程,填绘各种构造形迹的基础上,建立

表 3 俯冲增生杂岩带中俯冲期和碰撞期的构造要素、识别标志、符号线型和用色

Table 3 Structural elements, identification marks, symbol line types and colorings during subduction and collision stages

构造要素			俯冲期	碰撞期
一级	二级	三级		
构造面理			密集分布的鳞片状面状构造,一般与透入性逆冲剪切有关,多见于基质的变形;用符号  表示,三角指示面理的倾向,波浪线表示面理走向,虚线为面理,颜色建议使用黑色	一般分布不均匀和密集,常常是叠加在早期俯冲期间的面理之上,造成早期面理的褶皱;在岩片的边界上多发育,以逆冲和走滑形成的面理居多;用符号  表示,三角指示面理的倾向,实线表示面理走向,虚线为面理,颜色建议使用红色
线理	拉伸线理	矿物拉伸线理	多分布在鳞片状面理之上,主要以细小石英为主,野外识别较困难,而在一些颗粒较大的岩石中则可见到明显的石英拉伸线理,线理的方向与俯冲的方向一致或近于平行;符号建议使用  ,Stre.是拉伸的英文缩写,箭头为倾伏方向,黑色	碰撞阶段可以形成大量的拉伸线理,主要分布在岩片之间的韧性剪切带附近以及同构造的侵入体中,线理的方向与碰撞方向关系多变,甚至出现近直交关系;符号建议使用  ,Stre.是拉伸的英文缩写,箭头为倾伏方向,红色
		砾石拉伸线理	拉长的砾石(多以石英质和灰岩质砾石为主),这类线理多发育在基质之中,线理的方向与俯冲的方向一致或近于平行;符号建议使用  ,Cong.是砾石的英文缩写,箭头为倾伏方向,黑色	碰撞阶段可以形成大量此类线理,主要分布在上叠(前陆)盆地的沉积物中,线理的方向与碰撞的方向一致或近于平行,但也可能存在其他情况;符号建议使用  ,Cong.是砾石的英文缩写,箭头为倾伏方向,红色
	矿物线理	生长线理	多见于鳞片状面理上,大量的白(绢)云母沿着运动方向生长而形成;符号建议使用  ,Grow.是生长的英文缩写,箭头为倾伏方向,黑色	碰撞阶段可以形成很多此类线理,主要分布在岩片之间的韧性剪切带附近以及同构造的侵入体中,主要矿物是云母类,线理的方向与碰撞方向关系多变,甚至出现近直交关系;符号建议使用  ,Grow.是生长的英文缩写,箭头为倾伏方向,红色
		矿物定向排列线理	在俯冲阶段,此类线理并不常见	碰撞阶段可以形成此类线理,主要分布在同构造的侵入体中,主要矿物是角闪石类、长石类,线理的方向与碰撞方向关系多变,甚至出现近直交关系;符号建议使用  ,Arra.是拉伸的英文缩写,箭头为倾伏方向,红色
	布丁构造	布丁长轴	在增生楔中常见的一类构造,多形成于俯冲阶段,布丁的长轴垂直于俯冲方向,见于不同的尺度,可以与褶皱无关;符号建议使用  ,符号的延伸方向代表走向,黑色	在碰撞阶段也可以形成布丁构造,单多于褶皱共生,长轴方向可以与运动方向一致,也可以垂直或近于垂直;符号建议使用  ,符号的延伸方向代表走向,红色
	皱纹线理		一般多发育于鳞片状面理上,是面理上的密集小褶皱,枢纽与俯冲方向垂直或大角度相交,主要发育在基质之中;符号建议使用  ,长线代表皱纹枢纽倾伏方向,黑色	仅从机理上无法与俯冲阶段形成的皱纹线理区分,但是如果确定是上叠(前陆)盆地沉积物发生的变形,则一定是碰撞期的;符号建议使用  ,长线代表皱纹枢纽倾伏方向,红色
断裂构造	脆性	正断层	一般形成于逆冲楔体的伸展垮塌阶段,逆冲楔顶角大于临界值,逆冲楔体要减薄,一般发育于楔体的中上部,断层倾角较大,一般规模不大;符号建议使用  ,长线代表断层面走向,短线及黑点代表断层面倾向,黑色	一般规模较大,连续,是碰撞导致地壳加厚而伸展垮塌,断层倾角有高低,多以低角度为特征,多发育在浅部,切割之前形成的构造与岩石;符号建议使用  ,长线代表断层面走向,短线及红点代表断层面倾向,红色
		逆冲断层	最为常见的构造,是俯冲期间最为典型的构造,多呈叠瓦状出现,密集、均匀分布,但规模一般不大,走向上断续分布,一般分布在中浅部;符号建议使用  ,长线代表断层面走向,三角代表断层面倾向,黑色	主要分布在岩片边界,一般规模较大,走向上连续性好,一般分布在中、浅部,切割之前形成的构造与岩石;符号建议使用  ,长线代表断层面走向,三角代表断层面倾向,红色
		走(斜)滑断层	一般发育在斜向俯冲的环境中,常常会发生应变分解,多发育在增生楔靠近陆的一侧或直接在岛弧一侧,一般这类断层规模较大,多发育在中上部;符号建议使用  ,长线代表断层面走向,双箭头代表断层滑动方向,黑色	主要分布在岩片边界,一般规模较大,走向上连续性好,一般分布在中、浅部,切割之前形成的构造与岩石;符号建议使用  ,长线代表断层面走向,双箭头代表断层滑动方向,红色

表 3 (续) Table 3 (Continued)

构造要素			俯冲期	碰撞期
一级	二级	三级		
断裂构造	韧性	正剪切带	与脆性环境正断层对应,主要分布在深部;符号建议使用  ,长波浪线代表剪切带走向,虚线代表面理,黑色	与脆性环境正断层对应,一般规模较大,连续,是碰撞导致地壳加厚而伸展垮塌,断层倾角多以低角度为特征,多发育在深部;符号建议使用  ,长波浪线代表剪切带走向,虚线代表面理,红色
		逆剪切带	与脆性环境逆冲断层对应,是俯冲期间最为典型的构造,多呈叠瓦状出现,密集、均匀分布,一般分布在深部;符号建议使用  ,长波浪线代表剪切带走向,三角代表剪切带倾向,虚线代表面理,黑色	与脆性环境逆冲断层对应,主要分布在岩片边界,一般规模较大,走向上连续性好,一般分布在深部;符号建议使用  ,长线代表断层面走向,三角代表断层面倾向,虚线代表面理,红色
		走(斜)滑剪切带	与脆性环境走(斜)滑断层对应,一般发育在斜向俯冲的环境中,常常会发生应变分解,多发育在增生楔靠近陆的一侧或直接在岛弧一侧,一般这类断层规模较大,多发育在深部;符号建议使用  ,长线代表断层面走向,双箭头代表剪切带滑动方向,虚线代表面理,黑色	与脆性环境走(斜)滑断层对应,主要分布在岩片边界,一般规模较大,走向上连续性好,一般分布在深部,切割之前形成的构造与岩石;符号建议使用  ,长线代表断层面走向,双箭头代表断层滑动方向,虚线代表面理,红色
褶皱构造	B 型	背斜(型)	大量的层间褶皱为特色,褶皱多不对称,轴面多倾向俯冲的方向,褶皱的规模不大,以大量中小尺度的褶皱为主,多伴生密集的轴面劈理,枢纽与俯冲带平行或近于平行,主要发育在中、浅层次;符号建议使用  ,长箭头代表背斜倾伏方向,双箭头代表褶皱两翼,黑色	主要发育在岩片之间的大型逆冲断裂附近,一般规模较大,走向上较连续,一般卷入之前的所有构造;符号建议使用  ,长箭头代表背斜倾伏方向,双箭头代表褶皱两翼,红色
		向斜(型)	大量的层间褶皱为特色,褶皱多不对称,轴面多倾向俯冲的方向,褶皱的规模不大,以大量中小尺度的褶皱为主,多伴生密集的轴面劈理,枢纽与俯冲带平行或近于平行,主要发育在中、浅层次;符号建议使用  ,长箭头代表向斜扬起方向,双箭头代表褶皱两翼,黑色	主要发育在岩片之间的大型逆冲断裂附近,一般规模较大,走向上较连续,一般卷入之前的所有构造;符号建议使用  ,长箭头代表背斜倾伏方向,双箭头代表褶皱两翼,红色
	A 型		多为俯冲带深部的褶皱构造,一般枢纽方向与俯冲方向一致;符号建议使用  ,长箭头代表背斜倾伏方向,黑色	多与碰撞期韧性剪切带伴生,褶皱枢纽方向多变,与俯冲方向可以有明显的交角;符号建议使用  ,长箭头代表背斜倾伏方向,红色

俯冲增生杂岩带形成过程的构造组合和构造变形序列, 即要解析出俯冲增生期构造变形、碰撞期构造变形、碰撞后叠加改造构造变形等不同构造事件(阶段)的构造样式、结构特征, 每一期构造事件还可能包含次级的变形序列^[32], 表 3 列述了俯冲增生杂岩带中俯冲期和碰撞期的构造要素、识别标志、符号线型和用色要求。

3.1 俯冲前构造变形

主要研究在大洋中脊或弧后扩张脊中, 蛇绿岩组中地幔橄榄岩的变形, 以及“S”变形橄榄岩相关的透镜状、豆荚状铬铁矿的变形样式, 结合橄榄石、辉石等显微构造研究, 了解矿物晶体内部的塑性韧性变形样式及其变形的温压环境。

3.2 俯冲增生期构造变形

构造变形主要表现为一系列指向洋一侧的同斜倒转紧闭褶皱和冲断作用形成的叠瓦状构造和双重构造, 不同类型的增生楔之间反映不同深度的边界带和构造形迹: 韧性剪切带或断层带, 各类增生楔的边界带一般空间上不会延展到整体俯冲增生杂岩带的边界——构造带, 保留在各类增生楔内的构造置换的透入性面理发育, 特别要注意俯冲期的塑性流变变形样式, 形成倾竖褶皱和大型石香肠、布丁构造, 发育 S-C 组构及 A 型矿物拉伸线理^[32]。

3.3 碰撞期构造变形

主要表现为叠加在各类增生楔和俯冲增生杂岩带的边界、断裂的构造反向仰冲就位, 即所有区域性大型

构造面理表现出仰冲、斜向反向逆冲构造特点,如雅鲁藏布俯冲增生杂岩带、金沙江俯冲增生杂岩带、南昆仑俯冲增生杂岩带等等现今的大型构造面理均不能代表俯冲期的构造极性的构造面理,表现出“鳄鱼”式构造样式。碰撞期构造还表现为同碰撞过程的脆韧性剪切带或断裂带及相交的透入性面理切割不同类型增生楔,而前陆盆地中的透入性面理的连续变形、褶皱和断裂的组合样式及空间展布,均可能是碰撞期的构造变形。在有榴辉岩、蓝片岩等高压超高压变质变形折返的增生带,很可能是碰撞期或后碰撞期折返就位的产物^[32]。

3.4 碰撞后叠加改造构造变形

碰撞后叠加改造构造变形必须结合区域上叠的沉积盆地的性质和后构造岩浆活动的地质记录进行综合分析。主题表现为隆升、走滑构造、断陷盆地、拉分盆地叠加的边界断裂和切穿早期构造变形带等。

4 俯冲增生杂岩带洋板块地质构造图实例

本文仅以在专著和论文中公开出版发表的一幅俯冲增生杂岩带的地质图(图5),作为洋板块地质图之实例。该图为青海东昆仑造山带昆南布青山俯冲增生杂岩带的1:25万洋板块地质构造图,相关内容请参见文献^[33]。为节省篇幅,这里不再陈述。

5 结论

(1)俯冲增生杂岩带洋板块地质构造图编图,应在洋板块地质思想的指导下,查清并合理厘定出不同来源、不同级别的编(填)图单元。这是开展俯冲增生杂岩带地质构造图件编绘的首要任务,也是保证所编(填)图件质量的关键。

(2)俯冲增生杂岩带的物质组成,来自洋盆不同构造环境下洋岩石圈的构造-岩石建造,可区分出洋脊建造(蛇绿岩)、深海平原建造、洋岛-海山建造、洋内弧建造、海沟建造。另外,还有混入到俯冲增生杂岩带但不源自洋岩石圈,而是源自陆岩石圈的裂离地块建造、高压-超高压岩石建造、陆缘岩浆弧建造和楔顶盆地建造等建造类型。

(3)对俯冲增生杂岩带开展洋板块地质构造图编图,就是要对混杂在杂岩带内的各类岩石建造,通过“原位”和“原序”研究,以地质构造图的形式,系统直观

地表达出它们之间的时空配置,以及在构造环境上的成因联系与演化过程。

(4)按上述思路,依据构造环境和岩石组合,可划分出3级编图单元:俯冲增生杂岩带(一级单元)、岩片(二级单元)、岩块和基质(三级单元)。

(5)要对不同成因不同类型的岩片进行合理划分,可划分出22种岩片:蛇绿岩岩片、含蛇绿岩岩块的岩片、洋内弧岩片、含洋内弧岩块的岩片、洋岛岩片、含洋岛岩块的岩片、海山碳酸盐岩岩片、含海山碳酸盐岩块的岩片、弧火成岩岩片、含弧火成岩岩块的岩片、深海硅质岩岩片、含深海硅质岩岩块的岩片、海底扇杂砾岩岩片、含海底扇杂砾岩岩块岩片、海底扇杂砂岩岩片、含海底扇杂砂岩岩块岩片、裂离地块岩片、含裂离地块岩块的岩片、高压超高压岩岩片、含高压-超高压岩岩块的岩片、不含岩块的远洋沉积增生楔岩片、不含岩块的半远洋沉积增生楔岩片。

(6)岩片内要进一步按岩块和基质划分出3级编(填)图单元。基质必须是软质的并遭受了劈理化或片理化的岩石,它们以细粒的沉积岩为主,少数为糜棱岩等极细且软质的构造岩和蛇纹质构造岩。被包裹在基质中的岩块必须由相对坚硬和刚性的岩石构成。岩块实质上是包裹在基质中的刚性构造透镜体。

(7)俯冲增生杂岩带是多期构造变形叠加的综合集成体,具有复杂的几何学、运动学特征。因此,在地质构造图中必须正确表达俯冲增生杂岩带形成过程的构造变形序列和各序列的构造变形样式与组合。

(8)在俯冲增生杂岩带存在的多期构造变形中,俯冲期和碰撞期的构造变形是两大主期变形,必须合理区分和编(填)绘。

致谢:本文所撰写的内容得到了李廷栋院士、肖庆辉研究员、陆松年研究员、丁孝忠研究员等专家的悉心指导,并与中国地质调查局西安地质调查中心、天津地质调查中心、沈阳地质调查中心、成都地质调查中心、武汉地质调查中心、南京地质调查中心、新疆维吾尔自治区地质调查院、西藏自治区地质调查院、内蒙古自治区地质调查院、青海省地质调查院、黑龙江省地质调查院、湖北省地质调查院、浙江省地质调查院和福建省地质调查院等单位的有关专家多次共同研讨,对本文的形成启迪颇多,在此一并深表感谢!

参考文献(References):

- [1]李廷栋,肖庆辉,潘桂棠,等.关于发展洋板块地质学的思考[J].地球科学,2019,44(5):1441-1451.
Li T D, Xiao Q H, Pan G T, et al. A consideration about the development of ocean plate geology[J]. Earth Science, 2019,44(5): 1441-1451.
- [2]张克信,童金南,赖旭龙,等.地层单位与全球界线层型:概念、术语、有关规定与研究实例[J].地质科技情报,2012,31(5):23-42.
Zhang K X, Tong J N, Lai X L, et al. Stratigraphic unit and GSSP: Concept, nomenclature, regulation and example[J]. Geological Science and Technology Information, 2012, 31(5): 23-42.
- [3]龚一鸣,张克信.地层学基础与前沿[M].2版.武汉:中国地质大学出版社,2016.
Gong Y M, Zhang K X. Stratigraphic fundamentals and frontiers[M]. 2nd ed. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2016.
- [4]刘勇,李廷栋,肖庆辉,等.洋板块地质研究进展[J].地学前缘,2022,29(2):79-93.
Liu Y, Li T D, Xiao Q H, et al. Progress in geological study of oceanic plates[J]. Earth Science Frontiers, 2022, 29(2): 79-93.
- [5]潘桂棠,肖庆辉,张克信,等.大陆中洋壳俯冲增生杂岩带特征与识别的重大科学意义[J].地球科学,2019,44(5):1544-1561.
Pan G T, Xiao Q H, Zhang K X, et al. Recognition of the oceanic subduction-accretion zones from the orogenic belt in continents and its important scientific significance[J]. Earth Science, 2019,44(5): 1544-1561.
- [6]Isozaki Y, Maruyama S, Furuoka F. Accreted oceanic materials in Japan[J]. Tectonophysics, 1990, 181(1/4): 179-205.
- [7]张克信,殷鸿福,朱云海,等.造山带混杂岩区地质填图理论、方法与实践——以东昆仑造山带为例[M].武汉:中国地质大学出版社,2001.
Zhang K X, Yin H F, Zhu Y H, et al. Geological survey theory, method and practice of mélangé zone in Orogenic belt[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2001. (in Chinese)
- [8]张克信,冯庆来,宋博文,等.造山带非史密斯地层[J].地学前缘,2014,21(2):36-47.
Zhang K X, Feng Q L, Song B W, et al. Non-smithian strata in the orogen[J]. Earth Science Frontiers, 2014, 21(2): 36-47.
- [9]张克信,李仰春,王丽君,等.造山带混杂岩及相关术语[J].地质通报,2020,39(6):765-782.
Zhang K X, Li Y C, Wang L J, et al. The divisions of mélangé in the orogenic belt and its associated terminologies[J]. Geological Bulletin of China, 2020,39(6): 765-782.
- [10]Kusky T M, Windley B F, Safonova I, et al. Recognition of ocean plate stratigraphy in accretionary orogens through Earth history: A record of 3.8 billion years of sea floor spreading, subduction, and accretion[J]. Gondwana Research, 2013,24(2): 501-547.
- [11]潘桂棠,肖庆辉,陆松年,等.大地构造相的定义、划分、特征及其鉴别标志[J].地质通报,2008,27(10):1613-1637.
Pan G T, Xiao Q H, Lu S N, et al. Definition, classification, characteristics and diagnostic indications of tectonic facies[J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27(10): 1613-1637.
- [12]潘桂棠,肖庆辉,尹福光,等.中国大地构造图(1:2 500 000)说明书[M].北京:地质出版社,2016.
Pan G T, Xiao Q H, Yin F G, et al. Explanatory notes to the tectonic map of China (1:2 500 000)[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2016. (in Chinese)
- [13]潘桂棠,肖庆辉,尹福光,等.中国大地构造[M].北京:地质出版社,2017.
Pan G T, Xiao Q H, Yin F G, et al. Tectonics of China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2017. (in Chinese)
- [14]张克信,何卫红,徐亚东,等.沉积大地构造相划分与鉴别[J].地球科学——中国地质大学学报,2014,39(8):915-928.
Zhang K X, He W H, Xu Y D, et al. Subdivision and identification of sedimentary tectonic facies[J]. Earth Science — Journal of China University of Geosciences, 2014,39(8): 915-928.
- [15]张克信.中国沉积大地构造图(1:2 500 000)[M].北京:地质出版社,2015.
Zhang K X. Sedimentary tectonic map of China (1:2 500 000)[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2015.
- [16]王涛,裴先治,胡能高,等.一种特殊类型的变质火山-沉积岩系及其单位划分问题[C]//陈克强,汤家富.构造地层单位研究.武汉:中国地质大学出版社,1995.
Wang T, Pei X Z, Hu N G, et al. A special kind of metavolcano-sedimentary rock series and the classification of its units[C]//Chen K Q, Tang J F. The study of tectono-stratigraphy units. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1995.
- [17]Leggett J K, McKerrow W S, Eales M H. The southern uplands of Scotland: A Lower Palaeozoic accretionary prism[J]. Journal of the Geological Society, 1979, 136(6): 755-770.
- [18]Sawaki Y, Shibuya T, Kawai T, et al. Imbricated ocean-plate stratigraphy and U-Pb zircon ages from tuff beds in cherts in the Ballantrae complex, SW Scotland[J]. GSA Bulletin, 2010, 122(3/4): 454-464.
- [19]Wang L J, Zhang K X, He W H, et al. An Early Paleozoic tectonic mélangé at the western margin of west Cathaysia: Constraints from organic-walled microfossils[J]. Acta Geologica Sinica (English Edition), 2020, 94(4): 1060-1070.
- [20]Wang L J, Zhang K X, Lin S F, et al. Origin and age of the Shenshan tectonic mélangé in the Jiangshan-Shaoxing-Pingxiang fault and late Early Paleozoic juxtaposition of the Yangtze block and the west Cathaysia terrane, South China[J]. GSA Bulletin, 2022, 134(1/2): 113-129.
- [21]Wakita K. Mappable features of mélanges derived from ocean plate stratigraphy in the Jurassic accretionary complexes of Mino and Chichibu terranes in southwest Japan[J]. Tectonophysics, 2012,

- 568–569: 74–85.
- [22] Sano H, Kanmera K. Collapse of ancient oceanic reef complex — What happened during collision of Akiyoshi reef complex? Sequence of collisional collapse and generation of collapse products[J]. *Journal-Geological Society of Japan*, 1991, 97(8): 631–644.
- [23] 张克信, 何卫红, 徐亚东, 等. 中国洋板块地层分布及构造演化[J]. *地学前缘*, 2016, 23(6): 24–30.
- Zhang K X, He W H, Xu Y D, et al. Palaeogeographic distribution and tectonic evolution of OPS in China[J]. *Earth Science Frontiers*, 2016, 23(6): 24–30.
- [24] 中华人民共和国国土资源部. GB/T958—2015 区域地质图图例[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- Ministry of Land and Resources of the People's Republic of China. GB/T958—2015 Geological legends used for regional geological maps [S]. Beijing: China Standards Press, 2015.
- [25] 全国地层委员会《中国地层表》编委会. 中国地层表(2014 版)[M]. 北京: 地质出版社, 2014.
- The Editorial Committee of National Commission Stratigraphy of China (The Stratigraphic Chart of China). The stratigraphic chart of China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2014. (in Chinese)
- [26] 樊隽轩, 李超, 侯旭东. 国际年代地层表(2018/08 版)[J]. *地层学杂志*, 2018, 42(4): 365–370.
- Fan J X, Li C, Hou X D. International chronostratigraphic chart (v 2018/08) [J]. *Journal of Stratigraphy*, 2018, 42(4): 365–370.
- [27] Maxwell J C. Anatomy of an orogen[J]. *GSA Bulletin*, 1974, 85(8): 1195–1204.
- [28] Blake M C Jr, Jayko A S, McLaughlin R J, et al. Metamorphic and tectonic evolution of the Franciscan complex, northern California[C]//Ernst W G. *Metamorphism and crustal evolution of the western United States: Rubey Volume VII*: Englewood Cliffs. New Jersey: Prentice-Hall, 1988: 1035–1060.
- [29] Wakabayashi J. Nappes, tectonics of oblique plate convergence, and metamorphic evolution related to 140 million years of continuous subduction, Franciscan complex, California [J]. *The Journal of Geology*, 1992, 100(1): 19–40.
- [30] Wakabayashi J. Subduction and the rock record: Concepts developed in the Franciscan complex, California [C]//Moores E M, Sloan D, Stout D L. *Classic cordilleran concepts: A view from California*. Boulder: Geological Society of America, 1999: 123–133.
- [31] Wakabayashi J, Dilek Y. *Mélanges: Processes of formation and societal significance*[M]. Geological Society of America, 2011.
- [32] 张进, 曲军峰, 赵衡, 等. 俯冲增生杂岩带变形特征、成因机制及与后期变形的区别[J]. *地学前缘*, 2022, 29(2): 56–78, doi: 10.13745/j.esf.sf.2022.2.4.
- Zhang J, Qu J F, Zhao H, et al. Deformation in subduction-accretionary complex belts: Characteristics, mechanism and differentiation from late-stage event [J]. *Earth Science Frontiers*, 2022, 29(2): 56–78.
- [33] 殷鸿福, 张克信. 中华人民共和国区域地质调查报告——冬给措纳湖幅(147C001002)[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2003.
- Yin H F, Zhang K X. The People's Republic of China regional geological report: Donggi Conag Hu Sheet (147C001002) [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2003. (in Chinese)
-
- (上接第 274 页/Continued from Page 274)
- [43] Ueda H, Kawamura M, Moriya A. Mode of exhumation of the Kamukotan high-P/T metamorphics recorded by unconformity of the Middle Yezo Group, Hokkaido, Japan[C]//Japan Earth and Planetary Science Joint Meeting 2005, 2005: G015–P004.
- [44] Kruk N N, Simanenkov V P, Gvozdev V I, et al. Early Cretaceous granitoids of the Samarka terrane (Sikhote-Alin'): Geochemistry and sources of melts[J]. *Russian Geology and Geophysics*, 2014, 55(2): 216–236.
- [45] 张允平, 宋维民, 那福超, 等. 东北亚活动大陆边缘中生代构造格架主体特点[J]. *地质与资源*, 2016, 25(5): 407–423.
- Zhang Y P, Song W M, Na F C, et al. Characteristics of the tectonic framework of Northeast Asian Mesozoic active continental margin[J]. *Geology and Resources*, 2016, 25(5): 407–423.