

海相火山岩区地质填图方法 ——以北祁连山东段白银矿田古火山机构厘定为例

潘峰, 李向民, 校培喜, 张越, 余吉远, 王国强

PAN Feng, LI Xiangmin, XIAO Peixi, ZHANG Yue, YU Jiyuan, WANG Guoqiang

中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054

Xi'an Center of Geological Survey, China Geological Survey, Xi'an 710054, Shaanxi, China

摘要: 20世纪90年代以来, 火山机构控矿理论在海相火山岩区块状硫化物矿床研究中得到了越来越多的关注, 基于该理论的指导, 在北祁连山东段的白银矿田取得了找矿突破性进展。其间, 详细的海相火山岩相地质填图工作为白银矿田火山机构与成矿联系的研究及找矿突破奠定了坚实的基础。反映出在海相火山岩区推行合理可行的火山岩相地质填图方法至关重要。以白银矿田海相火山岩区为例, 首先, 对该区大比例尺火山岩相填图及古火山机构厘定成果进行介绍; 其次, 通过分析、借鉴此成功案例, 总结海相火山岩区填图内容和技术方法; 最后, 阐述应用该方法在北祁连山中段祁连县一带海相火山岩区进行大比例尺填图的成功尝试。

关键词: 海相火山岩区; 填图方法; 白银矿田; 古火山机构

中图分类号: P623; P588.14 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-2552(2017)11-2045-09

Pan F, Li X M, Xiao P X, Zhang Y, Yu J Y, Wang G Q. A study of mapping method in the marine volcanic terrain: A case study of paleovolcanic edifices of the Baiyin orefield in the eastern part of the North Qilian Mountain. *Geological Bulletin of China*, 2017, 36(11):2045-2053

Abstract: Since the end of the 1990s, the theory that paleovolcanic apparatus can dominate massive sulfide deposit in marine volcanic terrain has attracted more and more attention. Based on this theory, great progress for mineral exploration has been made in the Baiyin orefield located in the eastern part of the North Qilian Mountain. Meanwhile, exploration of the mapping method based on volcanic rock facies has laid the foundation for recognizing the paleovolcanic edifices and mineral exploration. Thus, it should be very important to employ reasonable methods for mapping in the marine volcanic terrain. In this paper, firstly the authors analyzed the paleovolcanic apparatus of the Baiyin orefield and introduced the achievement of large-scale mapping. Then, based on an analysis of the successful case, the authors summed up the contents and methods for mapping in the marine volcanic terrain. At last, guided by the method, the authors provided two successful examples of mapping work in the region near the Qilian County, which is located in the middle part of the North Qilian Mountain.

Key words: marine volcanic terrain; mapping method; Baiyin orefield; paleovolcanic edifices

20世纪70年代以来, 海相火山岩地区的地质研究及与海相火山岩有关的块状硫化物矿床的找矿突破一直都是地质学界关注的焦点^[1-4]。北祁连山是中国乃至世界上最重要的块状硫化物矿床成矿省之一, 其东段的白银矿田自20世纪50年代中期

成功勘探以来, 就成为了北祁连成矿省中一颗璀璨的明珠。回顾白银矿田半个多世纪以来的找矿和再找矿历程, 每一次找矿的重大成功往往印证了找矿思路的飞跃和突破^[5]。

20世纪90年代以来, 白银矿田找矿理论中最重

收稿日期: 2017-05-08; 修订日期: 2017-09-06

资助项目: 中国地质调查局项目《祁连成矿带肃南一大柴旦地区地质矿产调查》(编号: DD20160012)

作者简介: 潘峰(1983-), 男, 在读博士生, 工程师, 从事区域地质调查工作。E-mail: pfeng0905@outlook.com

要的革新之一是,摆脱了火山-沉积岩系控矿的束缚,而以“海底火山机构-热卤水循环动力学”为核心学术指导思想^[1],聚焦于古火山机构格架的建立,以及火山机构与成矿之间联系的研究。基于此创新思路,新的地质矿产调查工作在白银矿田区古火山机构恢复的基础上,根据已知工业矿体在火山机构中的位置,将已知矿床分为火山喷口型(铜-锌型矿床)和火山喷口斜坡型(铜-铅-锌型多金属矿床);随后进行了找矿预测和物探验证,实现了找矿目标定位,同时进行了钻探验证,最终实现了找矿突破^[3,6]。

在综合分析前人资料的基础上,认为白银矿田古火山机构的恢复和古火山机构与成矿关系研究是实现找矿突破的关键;恢复不同层次的古火山机构、建立古火山格架则是海相火山岩区地质矿产调查的核心内容;而这些必须依靠详细的火山岩相野外地质填图来实现。因此,建立适用于海相火山岩特征的填图原则和研究方法至关重要。然而,相比目前较成熟的陆相火山岩区填图理论方法^[7-9],针对海相火山岩区填图方面的总结和研究明显不足。

本文以北祁连山东段的白银矿田海相火山岩区为例,首先介绍前人关于典型地段火山机构与火山岩相的大比例尺填图成果,继而分析该区古火山机构的划分依据及特征,并据此归纳了海相火山岩区的填图原则和技术方法。最后,笔者认为白银矿田海相火山岩区岩相填图和古火山机构恢复的成功案例具有可推广性,借鉴该案例在北祁连山中段祁连县一带的奥陶纪海相火山岩区进行了尝试性大比例尺岩相填图,并取得了系列成果。

1 白银矿田区火山岩相填图及古火山机构厘定实例

白银矿田位于北祁连早古生代造山带石灰沟-白银厂岛弧裂谷东延部分的石青洞-白银厂火山岩带东段。矿床产于中奥陶世岛弧裂谷双峰式细碧角斑岩系中石英角斑岩类的火山喷发沉积岩中。该区的火山作用形式主要表现为以酸性岩浆为主体的中心式喷发,伴有少量喷溢活动和次火山岩侵入,同时产出有海相火山岩中具有特殊意义的侵入相碎斑熔岩、补丁岩、绳状和枕状熔岩等^[3,10-11]。

白银矿田区古火山机构的恢复是建立在火山岩相大比例尺地质填图基础之上的。通过典型地

段火山岩相路线地质填图,厘定古火山喷口及其配套的岩相为第一步,再根据火山喷口串联分布特征确立中心喷发口机构,最后进一步扩展到外围并确立喷发中心及火山穹窿机构。

通过从小到大一级一级厘定和确立不同层次的古火山机构,最终建立起白银矿田区火山机构格架。

首先介绍白银矿田区典型地段火山岩相大比例尺填图成果,其次论述通过填图厘定出的不同层次火山机构的确立依据和鉴别特征,通过研究认为,已知矿床均与古火山中心喷发口有密切的联系,火山机构的确立可以为找矿预测指出方向。

1.1 典型地段大比例尺火山岩相填图成果简介

铜厂沟-拉牌沟一带位于白银矿田东部中心喷发口的中心位置,是火山机构研究的重点地段之一,现将该区火山岩岩相地质图(图1)介绍如下。

①该区代表火山爆发堆积相的凝灰质角砾集块岩和代表近火山口喷发相的晶屑凝灰岩空间展布极具特征,前者呈各自独立的堆积体产出,后者晶屑凝灰岩呈围合状环绕蚀变岩体分布,两者分别指示了2个古火山喷口部位;②该区石英角斑熔岩质角砾集块岩小规模出露于主井西北侧及铜厂沟采坑东北角,判断为火山颈相产物;③“补丁”状角砾凝灰(熔)岩为该区典型代表性岩石,其与凝灰质胶结的角砾集块岩相伴产出,对指示古火山口具有特殊性意义;④该区发育的石英钠长斑岩是白银矿田中最具代表性的同源次火山岩之一,呈板状、脉状或岩株状产出,并可以作为古火山机构存在的重要佐证;⑤上述指示火山喷口存在的凝灰质胶结的角砾-集块岩、晶屑凝灰岩、碎斑熔岩等的外侧,广泛出露代表喷发溢流相的凝灰熔岩和凝灰熔岩质角砾-集块岩,此外,代表溢流相的石英角斑岩在铜厂沟采坑西南也有零星出露;⑥喷发沉积岩主要分布在铜厂沟采坑-主井的西南侧,在铜厂沟采坑东部、东北部等地可见喷发沉积的凝灰岩呈围合状覆于凝灰熔岩之上。

1.2 不同层次古火山机构的厘定

白银矿田海相火山岩区经历了中心式喷发,并形成4个不同层次的古火山机构,包括火山穹窿机构、喷发中心机构、中心喷发口机构、古火山口机构,这4级火山机构体现了从整体到局部的层层深入。反映的火山活动形式表现为:大量的中酸性火

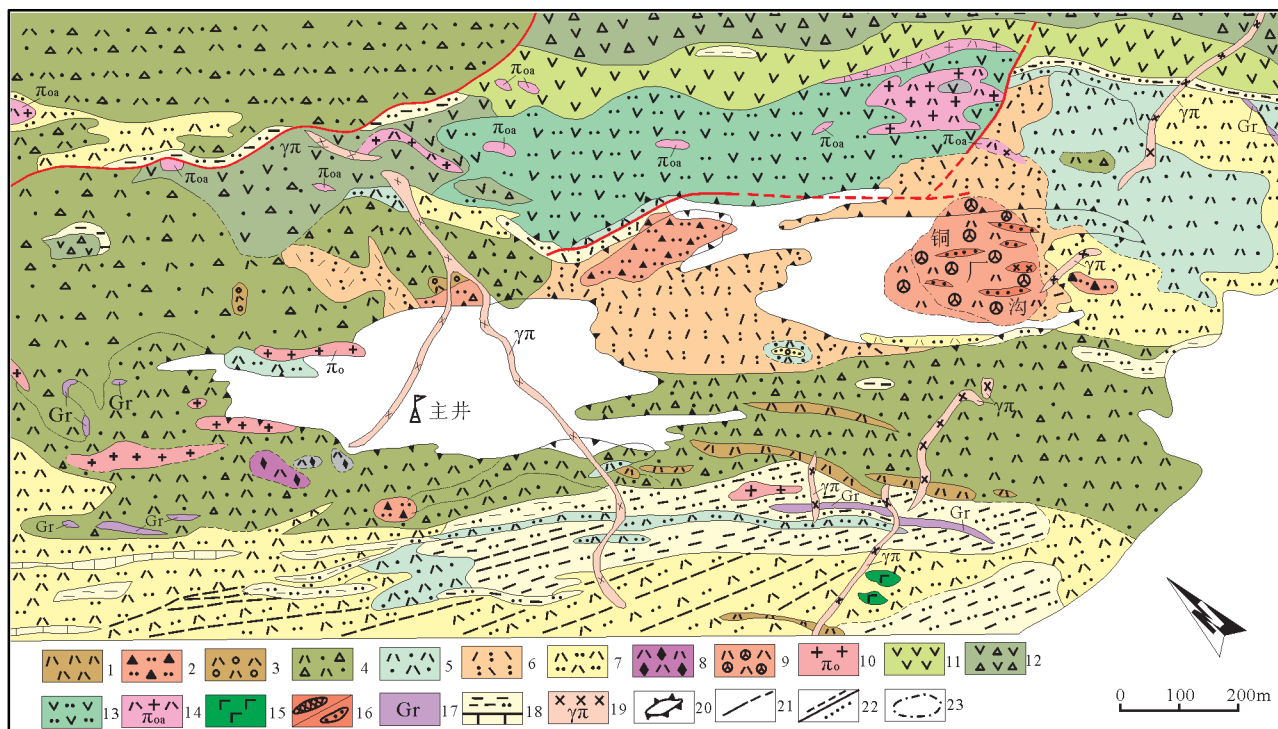


图1 铜厂沟—拉牌沟地区海相火山岩相建造图^[3]

Fig. 1 The lithofacies formation of marine volcanic rocks in Tongchanggou-Lapaigou region

1—石英角斑岩;2—石英角斑凝灰质角砾集块岩;3—石英角斑熔岩质角砾集块岩;4—含角砾集块石英角斑凝灰熔岩或石英角斑凝灰熔岩质角砾集块岩;5—石英角斑凝灰熔岩;6—石英角斑晶屑凝灰岩;7—石英角斑质凝灰岩;8—补丁岩;9—石英角斑碎斑熔岩;10—石英钠长斑岩;11—角斑岩;12—含角砾集块角斑岩;13—角斑质凝灰岩;14—钠长斑岩;15—辉绿岩;16—块状和浸染状矿体;17—铁锰硅质岩;18—千枚岩(凝灰质、硅质、千枚质);19—花岗斑岩(脉);20—蚀变岩地质体边界;21—推断及实测断层;22—推断、实测及过渡性界线;23—采坑边界

山爆发相构成了火山穹窿的中心部位,随后的基性岩浆喷发物量较少,分布于火山穹窿的外围,两者共同构成了独特的古火山穹窿构造。火山穹窿的中心部位分布东、西2个喷发中心机构,在喷发中心可以由数个古火山口共同组成一个中心喷发口。这些不同层次的火山机构共同构成该区的古火山构造格架,其平面形态特点表现为复合环状构造体(图2)。下面依次介绍不同层次古火山机构的厘定和确立情况。

1.2.1 古火山口的厘定

古火山口的厘定是不同层次火山机构研究中最基础但最重要的研究内容之一。在白银矿田区古火山口研究中,非常重视火山碎屑岩(尤其是粗火山碎屑岩),以及其他具有指示意义的岩石和地质体的划分。在大比例尺火山岩相地质填图的基础

上,在折腰山及铜厂沟一带厘定出了一系列古火山口机构(图2)。

1.2.2 中心喷发口的确立

白银矿田中已经辨认出2个中心喷发口。复合环状构造体最内部的2个微环状构造代表了中心喷发口的范围,每个中心喷发口包括了2个以上的古火山口(图2)。

1.2.3 喷发中心的确立

白银矿田区火山机构显示为复合环状构造,在大环中所套的东、西2个椭圆形亚环代表了古火山穹窿中的2个火山喷发中心(图2)。它们的火山岩组合不同,东部喷发中心为酸性和中性火山岩组合,中性火山岩呈大半圆围绕酸性火山岩分布,其外侧为一套凝灰质砂岩、粉砂岩类夹灰岩呈大半圆围合产出;西部喷发中心为酸性和基性火山岩组合,基性火山

岩相(岩性)”双重填图法,使陆相火山岩区的区域地质调查工作取得了突飞猛进的发展^[12-14]。该方法重点强调岩性填图,既按地层单位的新老关系表示出地层界线,又在每个地层单元中详细填出岩性或岩相界线。该方法对于提高海相火山岩区地质研究程度、恢复古火山活动面貌也十分有益。

然而,中国海相火山岩区与陆相火山岩区在地质特征上存在明显的区别。例如,中国海相火山岩多分布于较古老的造山带中,其岩石变质、变形程度一般较陆相火山岩深;海相火山岩(尤其是海相火山碎屑岩)的分布面积往往比陆相的广,且海相火山岩的成层性也较陆相的好;海相火山岩平面上分选性较好,但在垂向上相变较明显;陆相火山岩分选性差,平面及垂向上粒度、厚度等相变明显;海相火山岩中普遍伴生有特征性的热水沉积岩,它们是与火山活动相关的海底热液对流循环作用的产物;海相火山岩区继承性成岩断裂系统与火山机构的产出之间往往具有较紧密的联系。此外,就海相火山岩区而言,古火山机构格架的建立,以及火山机构与成矿之间的联系应是调查研究中的重点。

因此,基于白银矿田的火山机构指导找矿的成功实践经验,笔者建议,在海相火山岩区采纳“火山地层-岩相(岩性)”双重填图法的同时,更要偏重“火山岩相-火山机构”双重立体空间层次组合规律及与成矿之间的联系,即岩相地质填图是基础,恢复空间不同层次古火山机构是目的,两者相辅相成,最终建立火山机构与成矿之间的联系。鉴于此,笔者总结出以下6条适用于海相火山岩区的填图技术方法。

2.1 野外地质调查

针对海相火山岩区,野外重点调查火山岩的岩石类型、矿物成分、结构构造(原生和次生构造)、矿化蚀变特征、岩石化学和地球化学特征。查明火山岩厚度、产状、空间分布及其变化规律,要注意观察火山岩中的各种接触关系和火山作用现象,如火山通道、标志层、沉积夹层、岩流流动单元、冷却单元、流动方向标志、火山集块岩、角砾岩、火山断裂等,重要现象要在图上夸大表示,并进行必要的素描和照相。依据岩石矿物结构构造特征及火山岩地质体产出分布状态,详细划分火山岩相,查明火山喷

发过程中形成的古火山机构特点,研究古火山机构的活动历史。地质路线的布置以沿走向的追索方法为主,垂直走向的穿越法为辅,适当加密路线或布置梅花形或放射状路线,明确可靠的地质界线,同时获得各地质体沿走向变化的实际材料。此外,针对岩性复杂及矿化有利地段重点部署大比例尺剖面。野外工作以正确划分火山岩岩石、岩相类型,查明各岩相之间的接触关系和时空分布规律为主旨,力求在岩相地质图上反映出层次分明且立体感较强的古火山机构。

2.2 岩相划分与岩石学分析

正确划分火山岩相单元是海相火山岩区填图的关键。相较于陆相火山岩区而言,中国大部分海相火山岩区分布在时代较老的造山带中,其岩石多遭受了一定程度的区域变质作用或动力变质作用,这对火山岩相、岩性的野外厘定划分造成了困难。针对海相火山岩填图工作,一方面需要在野外进行岩性的大类识别和划分(如大致分为火山碎屑岩、次火山岩、熔岩等);另一方面,代表性样品的采集,以及系统的海相火山岩岩石学和岩石地球化学分析也必不可少。

在海相火山岩区,详细的火山岩岩石学研究及厘定可为恢复古火山机构的岩相、相序奠定良好的基础。以白银矿田海相火山岩区为例,该区的火山岩总体形成于裂谷-岛弧环境,为一套典型的双峰式火山岩组合,其中一些典型的岩石类型可以直接反映古火山机构部位。例如,碎斑熔岩(其中斑晶具有破而不碎、碎而不离、离而不远之产出状态)已经被一致认为是确定古火山口存在的重要标志^[3,11];“补丁”状角砾凝灰(熔)岩具有指示古火山口的重要标志,其中的“补丁”实际是先期喷发的极细的火山灰在火山喷发间歇期缓慢沉积于火山口附近,被后期火山作用形成的角砾集块(熔)岩再次胶结而成^[9];石英角斑晶屑凝灰岩则是近火山口相的典型标志性岩性之一;又如区内代表喷发溢流相的石英角斑质凝灰熔岩和代表喷发沉积相的石英角斑凝灰岩;此外,钠长辉绿岩和石英钠长斑岩分别代表了基性和中酸性次火山岩相的产物。由此可见,典型的海相火山岩岩石类型对于指示古火山机构具有特殊而重要的意义。

因此,火山岩岩石学分析应贯穿于海相火山岩区填图工作的始终,具体包括岩石类别详细划分、

岩石地球化学分析、岩石矿物组合分析、显微结构分析,以及火山岩成岩构造环境分析等。

2.3 热水沉积岩类型和展布特征分析

热水沉积岩普遍与火山岩伴生发育的现象是海相火山岩区有别于陆相火山岩最明显的特征之一。以白银矿田区为例,在该区的火山-沉积岩系中往往发育一套典型的铁-锰硅质岩,目前,这类硅质岩被看作是块状硫化物矿体关系密切的特征性地体。岩石地球化学研究已经表明,此类铁-锰硅质岩是火山作用之后成矿作用晚期海底热液对流循环作用的产物^[3,15]。白银矿田区的这套铁-锰硅质岩可细分为铁硅质岩、铁锰硅质岩及硅质铁锰结核3种类型,不同类型的铁-锰硅质岩可以反映出距离火山喷口远近的空间关系。这是由于Fe和Mn在地球化学特征上有许多相似之处(如它们都是变价金属,具有亲氧性等),因而在硅质岩中经常共生;但是,这2种金属元素原子半径和标准电极势不尽相同,导致Fe和Mn在海水中沉淀的pH、Eh值及有机配合物的稳定性也有一定的差异,Fe和O的亲合力要高于Mn和O的亲合力,因此Fe在较低的氧化还原电位下比Mn先发生氧化沉淀,即在同一种溶液中,Fe和Mn沉淀存在分异现象^[16]。这就预示着铁-锰硅质岩类中的铁硅质岩在空间产出上应该更靠近热液喷流通道附近,而铁锰硅质岩的产出位置则距离较远。因此,在海相火山岩区,厘定热水沉积岩类型和展布特征对于火山岩相划分及火山机构识别具有非常重要的意义。

2.4 不同层次古火山机构恢复

通过详细的野外地质调查、岩石分析及岩相划分,白银矿田区一系列的古火山喷口位置得以厘定,同时得出识别古火山口的6种主要依据^[3]:①是否存在凝灰质胶结的角砾集块岩,它代表了火山强烈爆发作用时的喷口堆积产物;②有无近火山口相的晶屑凝灰岩(在酸性火山岩发育地段,它的出现尤具指示意义);③同源次火山岩及其空间展布,它是火山作用一定阶段的产物;④在白银矿田中业已确立的石英角斑质碎斑熔岩是火山作用的侵出产物,它占据的空间是火山喷口可能存在的良好标志之一;⑤“补丁”状角砾凝灰(熔)岩的产出是指示古火山口存在的重要佐证;⑥与火山喷口有关的配套岩相的产出和厘定,如熔岩质胶结的角砾集块岩、

凝灰熔岩质胶结的角砾集块岩、熔岩、喷发-沉积岩等,依次代表了火山颈相、喷发溢流相、溢流相、喷发沉积相等。

在古火山喷口厘定的基础上,分析外围岩相及展布特征,进一步系统划分各层次火山机构。这一过程中,可以发挥遥感地质解译的重要作用,特别注意遥感图像上以火山喷口为中心的环形构造及其内部细节,如地形陡峻突变处或转折处,往往是差异明显的2种岩性或岩相界线,与此同时建立火山机构遥感影像识别标志。此外,地球物理、化学特征异常在火山机构空间展布方面具有十分明显的反映,因此其也可以对野外岩相划分及机构恢复进行验证和指导。以白银矿田地区为例,该区重力剩余异常图上清楚地反映出东西2个明显的异常区,而这2个异常区正是2个火山喷发中心机构所在位置;如前所述,白银矿田区Cu、Pb、Zn、Ag等地球化学元素异常分布同样也印证了2个喷发中心机构的存在。

需要说明的是,白银矿田区的4个层次的火山机构划分应是经验性模型,不同火山岩地区根据实际情况对各个层次火山机构的划分也会不同。

2.5 火山机构与成岩断裂系统

白银矿田古火山格架图显示,古火山口展布排列有序,特征表现为受2组成岩断裂(NW向和NE向)的控制,古火山口往往位于2组断裂的交会部位(图2),可见成岩断裂系统在控制火山机构产出位置上具有重要的作用。因此,成岩断裂系统的研究对火山机构和已知矿床成矿规律的认识均具有重要意义。实际工作中,针对那些具有指示意义的地质体,从火山岩的空间展布,以及成岩阶段充填于成岩断裂中的地质体的宏观分布对其进行分析尤为重要。

2.6 火山喷发的旋回性和韵律性划分

合理划分火山喷发韵律和火山活动旋回,且建立调查区火山岩地层层序时代,也是填图工作的一项重要任务。相较于年轻的陆相火山岩,古生代及以前的海相火山岩往往经历了一系列构造变动和变质,对于其通过同位素年代学得到的生成时代也存在争议,而且海相火山喷发旋回之间的间断表现形式(如喷发不整合、构造不整合、一定厚度的沉积夹层等)不明显(可能由于构造变动叠加或由于变质作用使代表喷发旋回间断的沉积

夹层本身不易识别)。因此,海相火山岩区划分火山喷发旋回的出发点需要基于火山岩系的合理划分及时代厘定。以白银矿田为例,该区发育的2套不同的火山岩系(细碧角斑岩系和细碧岩为主夹偏碱性粗面岩),以及二者之间的角度不整合是划分2次喷发旋回的最重要的依据之一。

3 白银矿田海相火山岩区岩相填图方法的推广应用

面临目前找矿突破战略行动对地质矿产调查工作的需求,北祁连山海相火山岩块状硫化物找矿工作已经从地表找矿转入到深部探矿目标预测。白银矿田成矿和找矿模式的建立,为海相火

山岩区块状硫化物矿床的找矿预测提供了重要的指导思路。同时,白银矿田区火山岩相地质填图的实践经验及不同层次古火山机构厘定的成功案例,对于海相火山岩区地质填图工作具有非常重要的指导和借鉴意义。本次对白银矿田区火山岩相填图与火山机构厘定方面的工作方法进行了推广应用,并在北祁连山中段祁连县一带海相火山岩区进行了尝试性填图及火山机构厘定工作。

3.1 祁连县东北拉洞沟一带火山岩相填图及古火山机构恢复

本次在北祁连山中段祁连县东北约2km的拉洞沟一带奥陶纪海相火山岩区进行了尝试性大比

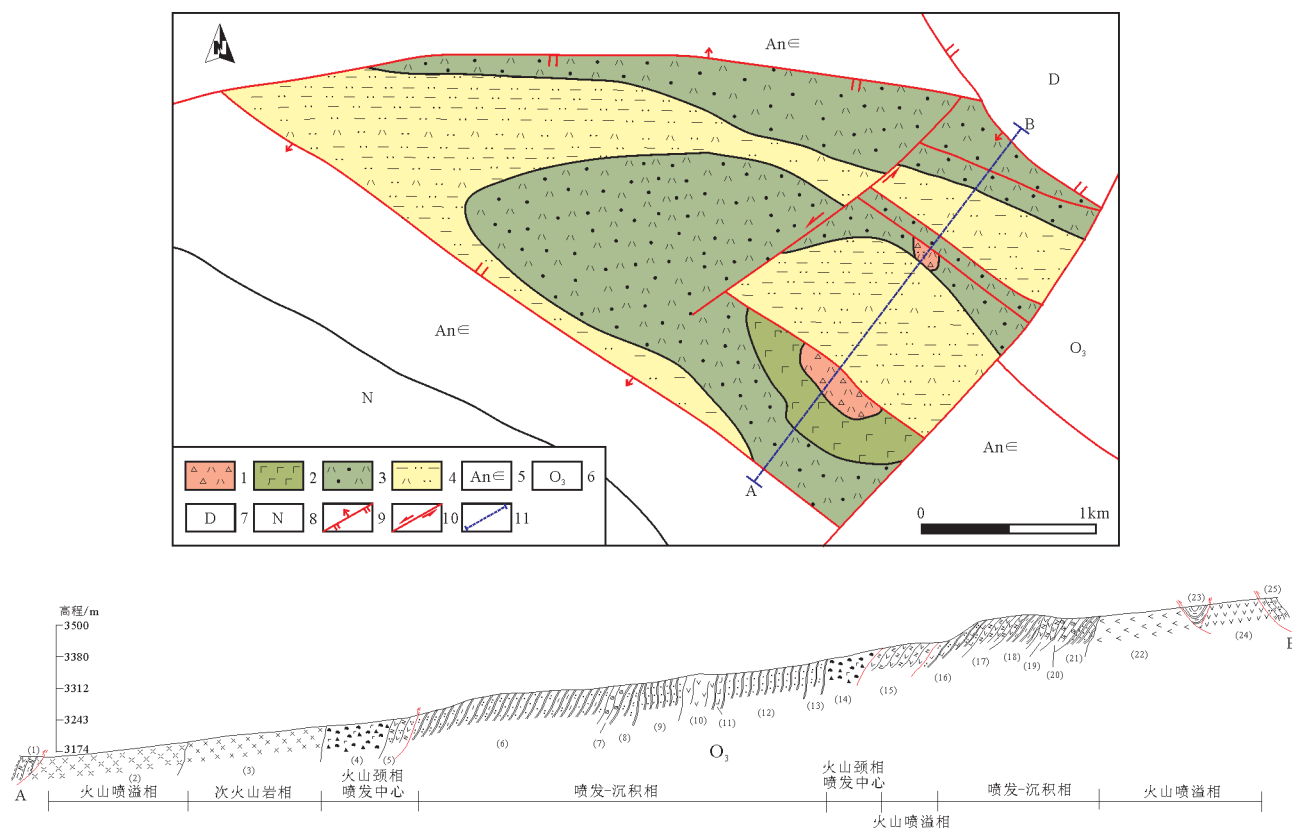


图3 祁连县东北部拉洞沟地区海相火山岩相建造图及剖面

Fig. 3 The lithofacies formation of marine volcanic rocks and cross section in Ladonggou region, to the northeast of Qilian County

- 1—凝灰熔岩质角砾集块岩;2—斜长角闪岩;3—中酸性熔岩—凝灰质熔岩;4—凝灰岩夹变砂岩、硅质岩;
5—前寒武系;6—上奥陶统;7—泥盆系;8—新近系;9—逆冲断层;10—走滑断层;11—剖面位置
(1)—黑云斜长角闪片麻岩;(2)—流纹岩;(3)—基性次火山岩;(4)—火山角砾岩;(5)—石英片岩;
(6)—粉砂质板岩;(7)—硅质岩;(8)—粉砂质板岩;(9)—变砂岩;(10)—变安山岩;(11)—钙质板岩;
(12)—变砂岩;(13)—粉砂质板岩;(14)—火山集块岩;(15)—斜长角闪片岩;(16)—钙质板岩;
(17)—斜长角闪片岩;(18)—泥质板岩;(19)—斜长角闪片岩;(20)—硅质岩;(21)—粉砂质板岩;(22)—角闪石岩;(23)—泥质板岩;(24)—安山岩;(25)—绢云石英片岩

例尺岩相填图。通过剖面、路线调查初步进行了古火山机构的厘定(图3),在该区初步识别出4种火山岩相。包括:①2处独立产出的代表火山爆发堆积相的凝灰熔岩质角砾集块岩堆积体,指示了南、北2个古火山喷口部位;②南部火山喷口外围发育板状(或脉状)的基性次火山岩(变质形成的斜长角闪岩,局部可见斑状残晶);③代表溢流相的中酸性熔岩-凝灰质熔岩,主要产出在火山喷口外围;④火山-沉积岩,以凝灰岩夹硅质岩及少量变砂岩组合为特征,这些喷发沉积岩与喷发间歇期形成的沉积岩在火山机构外围呈环片状展布。

通过火山岩相地质填图,初步识别出该区存在2个古火山喷口机构。由于此处北邻北祁连弧后盆地蛇绿混杂带,构造变形较强烈,其他层次的火山机构较难划分。上述这2处火山喷口及邻近部位应是火山机构与成矿关系调查中的重要部位。另外,火山机构外围发育的硅质岩与白银矿田区的铁-锰硅质岩不同,其呈灰色-灰绿色,其中铁质含量较低,也说明其当时空间产出位置应该远离热液通道。

3.2 祁连县东白殿沟一带古火山机构与成矿关系

本次针对祁连县东约20km的白殿沟一带分布的火山岩(前期区域地质调查工作将该套海相火山岩系时代划归为早奥陶世)进行详细的剖面调查,识别出该套火山岩物质组成包括:绿泥千枚岩,绿泥钠长片岩(镜下鉴定显示岩石组成矿物颗粒非常细小,一般小于0.1mm,其中绿泥石含量高,少量长石呈晶屑形态,具有碎裂痕迹,推测原岩应为凝灰

岩类)、片理化变英安岩、蛇纹岩、辉长岩(呈逆冲断片产出)、基性火山集块、角砾岩、玄武岩、白云岩、泥质板岩、硅质岩(图4)。据此,初步在剖面上进行了火山机构的厘定。识别出1个古火山喷口机构,直接证据是喷发-爆发相的火山集块、角砾岩。同时,厘定出系列火山岩相,如喷溢相(以玄武岩为主)、火山喷发沉积相(凝灰岩类),以及代表热液通道相的硅质岩等。

值得注意的是,剖面上发现的矿化蚀变体(浸染状含铜黄铁矿化及孔雀石化)所处部位恰恰临近古火山喷口机构(火山喷口斜坡),同时,矿化蚀变体也与热液通道相典型的热水沉积硅质岩相伴生。因此,该剖面上矿化蚀变体空间产出特征恰是海相火山岩区古火山机构与成矿之间存在紧密联系的典型体现。

4 结 语

古火山机构与成矿关系的研究对于指导海相火山岩区块状硫化物深部找矿实践具有至关重要的作用,古火山机构空间格局的建立依赖于详细的火山岩相地质填图工作。本文以白银矿田古火山机构的厘定为例,分析并总结了海相火山岩区填图方法,建议在海相火山岩区采纳“火山地层-岩相(岩性)”双重填图法的同时,偏重“火山岩相-火山机构”双重立体空间层次组合规律,以及与成矿之间的联系。首先,详细的野外地质路线、剖面调查是基础;其次,正确划分火山岩相单元是关键,中国大部分海相火山岩区岩石多遭受区域变质或动力变质作用,因此岩石学分析及原岩恢复工作与陆相

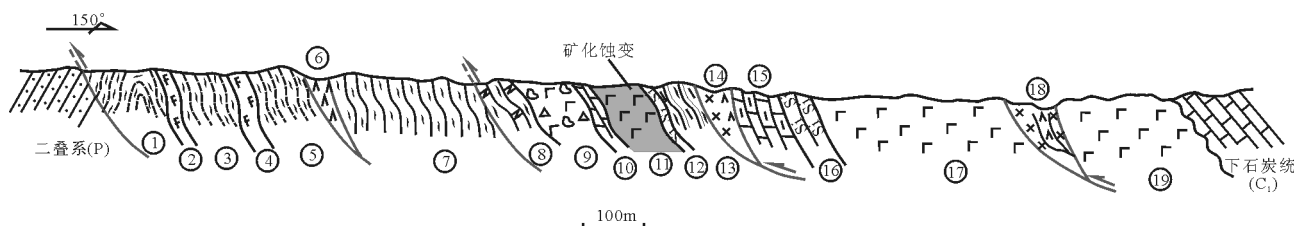


图4 祁连县东白殿沟奥陶纪海相火山岩相结构剖面

Fig. 4 The lithofacies profile of Ordovician marine volcanic rocks in Baidianguou region, to the east of Qilian County

- ①—绿泥千枚岩;②—片理化变英安岩;③—绿泥千枚岩;④—片理化变英安岩;⑤—绿泥千枚岩;⑥—蛇纹岩;⑦—绢云绿泥石英片岩;⑧—绿泥钠长片岩;⑨—基性火山集块、角砾岩;⑩—白云岩;⑪—矿化蚀变基性火山岩;⑫—灰红色硅质岩;⑬—绿泥石化泥质板岩;⑭—蛇纹岩、辉长岩;⑮—白云质泥岩;⑯—硅质岩;⑰—玄武岩;⑱—蛇纹岩、辉长岩;⑲—玄武岩

火山岩区填图相比尤显重要,特别是对古火山机构具有特殊指示意义的典型岩石(如碎斑熔岩、铁-锰硅质岩等)应该是重点调查和研究的对象;第三,正确建立不同层次火山机构的厘定依据和典型识别特征,对于海相火山岩区岩相填图来讲具有提纲挈领的作用;第四,海相火山岩区成岩断裂系统与火山机构之间空间配置关系也应是调查工作中的关注点;最后,白银矿田区的岩相地质填图原则和方法具有可推广性,后续的实际工作也反映出海相火山岩区古火山机构与矿化具有空间上的紧密联系。

参考文献

- [1]夏林圻,夏祖春,任有祥,等.祁连山及邻区火山作用与成矿[M].北京:地质出版社,1996.
- [2]李向民,彭礼贵.白银矿田含矿围岩蚀变特征及其意义[J].西北地质,1998,(2):10-18.
- [3]彭礼贵,任有祥,李智佩.甘肃白银厂铜多金属矿床成矿模式[M].北京:地质出版社,1995.
- [4]郭介人,任秉琛,黄玉春,等.西北海相火山岩地区块状硫化物矿床[M].武汉:中国地质大学出版社,1994.
- [5]李向民,彭礼贵,任有祥.白银厂式块状硫化物矿床找矿突破的反思[J].西北地质,2003,36(2):77-82.
- [6]李向民.甘肃白银矿田东部矿床成矿和找矿模式[M].北京:地质出版社,2000.
- [7]谢家莹.试论陆相火山岩区火山地层单位与划分——关于火山岩区填图单元划分的讨论[J].资源调查与环境,1996,(3):85-94.
- [8]傅树超,卢清地.陆相火山岩区填图方法研究新进展——“火山构造-岩性岩相-火山地层”填图方法[J].地质通报,2010,29(11):1640-1648.
- [9]马金清,李进堂,冯宗帜.火山构造组合研究和地质填图方法——以福建闽清测区1:5万区域地质调查为例[J].中国区域地质,2000,19(2):198-204.
- [10]李智佩,彭礼贵,任有祥,等.碎斑熔岩在黑矿型矿床成矿作用中的地位[J].西北地质科学,1998,(1):59-67.
- [11]陶奎元,黄光昭,王美星,等.中国东南部碎斑熔岩基本特征及成因机理的探讨[J].资源调查与环境,1985,(1):3-23.
- [12]地质矿产部区域地质矿产地质司.火山岩地区区域地质调查方法指南[M].北京:地质出版社,1987.
- [13]王德滋,周新民.火山岩岩石学[M].北京:科学出版社,1982.
- [14]邱家骧.火山岩相及其主要特征[J].地质科技情报,1984,(2):49-56.
- [15]陈先沛,高计元,陈多福,等.热水沉积作用的概念和几个岩石学标志[J].沉积学报,1992,(3):124-132.
- [16]许东禹.太平洋中部多金属结核及其形成环境[M].北京:地质出版社,1994.