安徽铜陵地区蚀变-流体填图方法的探讨

蒙义峰[1], 侯增谦[1], 杨竹森[1], 曾普胜[1], 徐文艺[1], 田世洪[1]
李红阳[2], 王训成[3], 姜章平[3], 姚孝德[3]

(1. 中国地质科学院 矿产资源研究所,北京 100037;2. 石家庄经济学院 资源环境与工程系,河北 石家庄 050031;3. 安徽省地勘局 三二一地质队,安徽 铜陵 244033)

摘 要:蚀变-流体填图是一项区域流体地质调查研究工作,也是一项具有战略意义的、综合性的基础地质研究工作。区域大面积的流体填图工作的理论依据、思路方法、填图要素、技术要求和规范等还没有一套成熟的方法体系。在实施中国地质调查局和国土资源部科学技术司的"铜陵地区蚀变-流体填图"项目中,探讨了流体填图的理论依据、思路方法、研究内容和填图要素,对填图单位制定了 3 级填图单元等级体制,即流体系统-流体子系统-流体单元。在铜陵地区划分出 4 个流体系统,7 个流体子系统和 18 个流体单元。

关键词:蚀变-流体填图;理论依据;方法体系;填图单位;流体记录划分;铜陵地区
中图分类号:P622 **文献标识码**:A **文章编号**:1005-2321(2003)01-0105-06

地球中的流体广泛分布于地表、地壳和地幔中,流体研究是当今固体地球科学发展的前沿,而地幔柱、地壳中流体的大规模迁移和岩浆热液是地球流体研究中的 3 个热点[1~4]。自 19 世纪以来,大量矿物流体包裹体的研究逐步加深了对地质作用过程中流体性状的认识,而 20 世纪微量元素和同位素地球化学等流体示踪技术的发展,更加深了对流体地质作用的认识。地球各层圈中流体地质的性状与作用的研究已成为当前国际地球科学研究的重要前沿领域,大尺度区域性的流体地质调查与研究是这一领域的热点之一[5~9],区域流体活动的地表记录是国内外研究的重点,其中流体填图、蚀变填图、矿物填图、流体包裹体填图和同位素地球化学填图等方法在欧美国家开展较多,应用地质科学的先进理论和技术、流体包裹体和流体示踪研究,结合遥感地质、航空物探、地球物理、便携式红外光谱议、伽马射线光谱仪、X-射线光谱仪等先进设备仪器进行区域流体填图[10~18]。80 年代欧共体国家开展的跨国多学科基础研究项目"欧洲地壳剖面综合地质调查",以流体包裹体为主要研究对象,对不同构造-地质单元进行了流体包裹体填图[19]。一些研究者[20,21]的观察表明,典型的断裂有 3 个明显的可填图的构造单元组成:核心(或断层泥)带、严重破损带和较少破裂的原岩带,断裂构造的每一个单元都可形成一个明显的流体流单元。董方浏、莫宣学等(2001)[22]在云南"三江"地区应用流体包裹体对巍山—永平矿集区进行了成矿流体地质填图试验。由此可见,蚀变-流体填图是区域性流体地质研究的基础,是一种具有探索性和创新性的新的地质调查方法。

收稿日期:2003-02-26;**修订日期**:2003-03-03
基金项目:中国地质调查局地质调查项目(200110000004);国土资源部科技司专项研究计划(B0002-3)
作者简介:蒙义峰(1961—),男,博士后,副研究员,从事矿床、流体地质调查研究工作。

1 蚀变-流体填图的基本含义

蚀变-流体填图是运用地质科学的先进理论和技术,对一定区域内流体活动留下的记录进行比较系统的观察研究,将其真实地填绘于图面上,阐明区域内各流体记录的基本特征及其相互关系和时空演化历史,并应用流体示踪原理对流体的性质、成分、时代及活动机制进行研究。

蚀变-流体填图着重实际资料的收集,适用于各种流体(包括含矿、不含矿流体)地质调查研究工作和任何地区。由于流体活动与成矿作用密切相关,所以流体地质调查研究工作目前首要开展在大型矿集区分布的地区,为研究矿集区大规模构造-岩浆-

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

流体-成矿体系中流体的来源-输导-汇聚系统,揭示成矿物质巨量聚集过程服务。同传统区域地质填图方法相比,蚀变-流体填图方法不仅反映传统区调填图中的地层、构造和岩浆信息,而且重点调查研究区域不同时期流体地质作用的产物(流体记录),恢复流体的性质、特征、成分、来源、时空分布和演化规律,为区域成矿和找矿研究提供流体地质学的基础资料。同传统流体地质研究相比,除具有流体地质研究的内容、方法和特点外,蚀变-流体填图从区域大尺度的范围对流体活动的记录进行野外识别、提取、归并、确定其基本填图单元,具有可操作性和实用性。该方法克服了以往研究范围集中于点上(矿床)或局部地区的局限性,将研究视野拓展到区域面上,通过流体示踪和测年,建立区域流体活动的时空演化格架。

蚀变-流体填图的目的和实际意义是追踪流体系统的来源,研究流体系统活动的时间序列,建立填图区的流体系统结构,查清流体结构与成矿带的关系;厘定矿集区大规模构造-岩浆-流体-成矿体系中流体的来源-输导-汇聚系统及其时空演化规律,揭示流体活动与成矿物质巨量聚集的耦合关系,并探讨其与深部成矿源-运-储的关系,丰富和发展成矿理论;提取流体蚀变矿化所包含的深部地质和含矿信息,建立寻找深部隐伏矿的蚀变信息模型,开发探测深部地质特征、物质组成的流体、蚀变、地球化学等的理论及技术方法,通过预测流体子系统,预测区内隐伏、半隐伏矿床(体),为已知矿集区深部及外围找矿和成矿潜力评价提供理论依据和科学思路。

现行的蚀变-流体填图是一种新的基础地质调查方法,其最终目的是探索一套适合流体地质调查的完整理论方法体系、有效工作方法和填图规范。所以,同区域地质调查工作方法一样,蚀变-流体填图可作为国家基础地质调查研究工作方法之一,在基础地质调查工作中具有重要的应用前景和普及意义。

2 蚀变-流体填图的填图要素

蚀变-流体填图研究工作既然定位于"填图",则其应具备填图的基本要素:填图对象、填图单位和图面表达。

(1)填图对象:蚀变-流体填图的填图对象就是流体活动的产物,即流体记录,包括各种类型的蚀变岩、接触热变质岩、充填脉体、隐爆角砾岩和化学沉积岩等。

(2)填图单位:在区域蚀变-流体地质调查填图工作中,首先需要测制流体记录剖面,划分和对比不同时间、成因和地质构造背景的流体记录,建立不同流体记录的时间顺序,确定填图单位。所以流体记录的划分和对比是区域蚀变-流体填图工作中必不可少的重要一环,也是恢复不同流体记录的时空演化历史、研究矿产分布规律和耦合关系的重要基础。流体记录划分和确定的原则:①在测制蚀变-流体记录剖面的基础上,通过剖面的详细研究,对蚀变-流体记录进行划分,并在此基础上确定填图单位。填图单位是在蚀变-流体记录划分的基础上,根据填图比例尺的精度要求来确定的。确定的合理与否,直接影响到今后填图工作的质量。如果划分过粗,图面上不易反映区域蚀变-流体记录的细节;划分过细又会使图面结构复杂化,增加图面负担。因此,填图单位的确定是影响全局的问题,必须全面、慎重地考虑。每一个填图单位应当有特定的蚀变-流体记录组合(如蚀变岩、接触热变质岩、充填脉体、隐爆角砾岩和化学沉积岩等);具有明显的识别标志(如蚀变-流体记录的颜色、成分、矿物组合、结构构造、区域变质特征,或者具有特定的地貌标志或航卫片解译标志等;微观上流体示踪研究:流体包裹体、同位素地球化学、同位素定年等标志);还应当有一定的厚度和出露宽度。一个单位的特征最好与其它单位有直观上的区别;如果区别不大,不同填图单位之间应有能赖以划分两者界线的标志或者是不同的蚀变-流体记录产出的构造地质环境。②填图单位划分的理论依据——流体演化同源性:由于流体活动既可沿裂隙流动充填,又可在岩石内扩散交代,还可在地表喷出沉积,而活动产物除充填脉体、蚀变岩和化学沉积外,往往又与被交代的原岩性质有关,同一来源的流体常具有多种类型的活动形式和复杂多变的活动产物,即同源流体可以具有不同类型和不同特征的流体记录。因此,根据流体演化同源性概念,可以对复杂的流体记录进行划分,确定填图内容,归并填图对象,建立填图单位。③填图单位3级等级体制:根据流体同源性及演化理论归并,制定出蚀变-流体填图单位的3级等级体制,即流体系统-流体子系统-流体单元。(a)流体单元:是最小的流体填图单位,由一套具有相同流体来源、相似产出环境和同一时间演化特征的流体记录组成。根据流体记录的矿物

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

成分和结构构造不同,可以在蚀变体(记录)内分出不同的相带;(b)流体子系统:为基本的流体填图单位,由多个在空间上紧密相关、在时间和流体来源上具有演化和亲缘关系的流体单元组成;(c)流体系统:为最高一级的流体填图单位,可包括一个或多个在特定的地质历史发展阶段形成的流体单元,且这些流体单元在成因上具有相似性或密切联系,在空间上分布于同一个构造单元或构造-岩浆岩带。这样就可以在流体活动区按流体来源建立流体记录的流体系统-流体子系统-流体单元3级等级体制进行填图。

(3)图面表达:流体单元用不同的符号和代号表示,流体子系统用不同充填颜色的饱和度表示,流体系统用不同颜色色调表示,蚀变体(流体记录)或蚀变矿物组合采用不同的花纹或符号表示。流体记录的规模相差悬殊,对于规模较小的流体记录,只扩大表示具特殊意义者,对复杂地段,可以大比例尺插图形式表示。

3 蚀变-流体填图方法

蚀变-流体填图方法的核心支撑是以流体的同源性质及其演化为理论依据,以流体多次脉动形成的流体记录为填图对象,以流体记录的交代-切割关系、年龄、矿物组合、结构构造、产出背景等为划分标志,填图方法包括:(1)识别和填绘流体记录:第一步也是最关键的一步,是将流体记录逐个识别和填绘出来,其中要特别注意:①识别流体记录的类型,包括蚀变岩、接触变质岩、充填脉体和化学沉积岩等;②观察各类流体记录的矿物组成,包括新生成矿物和被交代岩石的残留矿物;③确定不同流体记录间的相互关系,包括渐变过渡、蚀变交代和穿插切割等;④观察流体记录的产出环境,包括与地层、岩浆岩、构造的关系及围岩岩性特征。(2)建立蚀变体(记录)的标志:蚀变体(记录)是最小的填图单元,是一套具有相似产出环境、温压条件和相同流体来源及时间特征的流体记录的组合,其中各流体记录可以具有不同的类型和矿物组成特征。建立蚀变体(记录)的标志为:①流体记录产出的岩浆岩、构造或地层环境要一致或相似;②流体记录的矿物组合所反映的温压条件要相似;③流体记录的物质成分(同位素、微量元素、稀土元素等)所反映的流体来源要一致;④流体记录的时间特征要一致,即具有相同的活动阶段或相似的年龄值。(3)归并蚀变体(记录)和建立流体单元的标志:流体单元是基本的填图单位,由一套蚀变体(记录)归并组成。归并蚀变体(记录)建立流体单元的原则为:①空间上紧密相伴;②时间上密切相关;③流体来源上具有演化和亲缘关系;④在同位素组成上具有一定的相关性。(4)归并流体单元建立流体系统的原则:流体系统是最高一级的流体单位,它代表某一特定地质历史阶段形成的在成因上密切相关的流体单元在一定空间范围内的组合。流体系统的归并原则为:①在空间上分布于同一个构造单元或构造-岩浆岩带;②受同一构造(岩浆)活动事件的控制,是同一事件发展过程不同阶段的产物;③在成因上相似,并具有密切的联系;④代表了多次流体活动事件,有明显的固定穿切关系。(5)流体活动机制研究:①流体单元在空间上可以有多个流体活动中心,可以通过蚀变体(记录)所反映的温度条件及流体活动的强度等来确定;②流体运移的方向可以通过流体记录中矿物的歪晶或矿物中的包裹体串等来测定,也可通过相邻蚀变体(记录)间的温度和压力差来间接推断;③流体的来源可以通过同位素、微量元素和稀土元素等地球化学方法来追踪,而流体活动机制的研究则需结合区域构造、岩浆活动特征及与流体活动的关系来判断流体活动的驱动力。

4 铜陵地区流体系统及填图单位的划分

我们正在实施的1∶50 000铜陵地区蚀变-流体填图项目中,识别出区域上存在5种类型的热液流体,根据流体活动特征,将所发育的流体记录归并为4个流体系统、7个流体子系统和18个流体单元。

(1)喷流沉积流体系统(C_2—P):形成于晚石炭世—二叠纪,以海底喷流-沉积为特征,在铜陵地区较为发育,并在长江中下游一带广泛分布,因此又可称为下扬子流体系统或长江中下游流体系统。这一流体系统包括2个流体子系统(新桥流体子系统和青阳山流体子系统):①新桥流体子系统(C_2x):发育于晚石炭世,以形成黄龙组底部的块状黄铁矿层为特征,因在新桥硫铁矿一带发育较典型而命名,包括通道相和化学沉积相:通道蚀变体(记录)(C_2xc)是在下伏的上泥盆统五通组砂岩和泥岩中形成不同

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

规模的蚀变岩筒、石英-黄铁矿脉和胶状黄铁矿结核,其中蚀变岩筒的蚀变类型以叶腊石化和高岭石化为主,中心局部出现绿泥石化,显示中低温热液条件;化学沉积蚀变体(记录)(C_2xp)是由黄龙组底部的块状和条带状黄铁矿层、铁碧玉岩、重晶石层及含石膏的灰岩组成。②青阳山流体子系统(P_1q):发育于二叠纪,以形成孤峰组内的硅质岩及含锰岩石为特征,因在青阳山一带硅质岩的厚度较大而命名,包括通道相和化学沉积相:通道蚀变体(记录)(P_1qc)由下伏地层中的石英-方解石脉及具晶洞的石英-方解石管状体组成;化学沉积蚀变体(记录)(P_1qp)主要由孤峰组硅质岩及底部的菱锰矿和含锰泥质岩层组成。

(2)燕山期岩浆流体系统(J_3—K_1):发育于晚侏罗世—早白垩世,与中酸性岩浆侵入活动密切相关,在铜陵断块内十分发育,因此又可称为铜陵流体系统。这一流体系统包括3个流体子系统:①狮子山流体子系统(J_3s):与石英二长闪长岩密切相关,以发育夕卡岩为特征,在狮子山矿田最典型,包括浆夕卡岩相、接触交代夕卡岩相、层夕卡岩相、热变质相和热液相:浆夕卡岩蚀变体(记录)(J_3smsk)以隐爆角砾岩筒、脉体和伟晶质团块等形式产于岩体接触带及附近的岩浆岩体和地层内,由石榴石夕卡岩、透辉石夕卡岩及透辉石石榴石夕卡岩等组成;接触交代夕卡岩蚀变体(记录)(J_3ssk)产于岩体接触带内,由夕卡岩和夕卡岩化岩石组成,夕卡岩的矿物成分复杂,可显示成分分带,如石榴石带、透辉石带、硅灰石带等;层夕卡岩蚀变体(记录)(J_3slsk)产于岩体接触带的外侧,常距岩体较远,由保留层理构造或沿层间裂隙形成的条带状夕卡岩组成,矿物成分有石榴石、透辉石、透闪石等;热变质蚀变体(记录)(J_3sm)由岩体周围的大理岩和角岩组成;热液蚀变体(记录)(J_3sh)产于岩体接触带及附近,由浸染状黄铜矿、石英-黄铁矿脉及多金属硫化物-石英-方解石脉等组成,常叠加于接触交代夕卡岩相之上。②凤凰山流体子系统(K_1f):与花岗闪长岩密切相关,以发

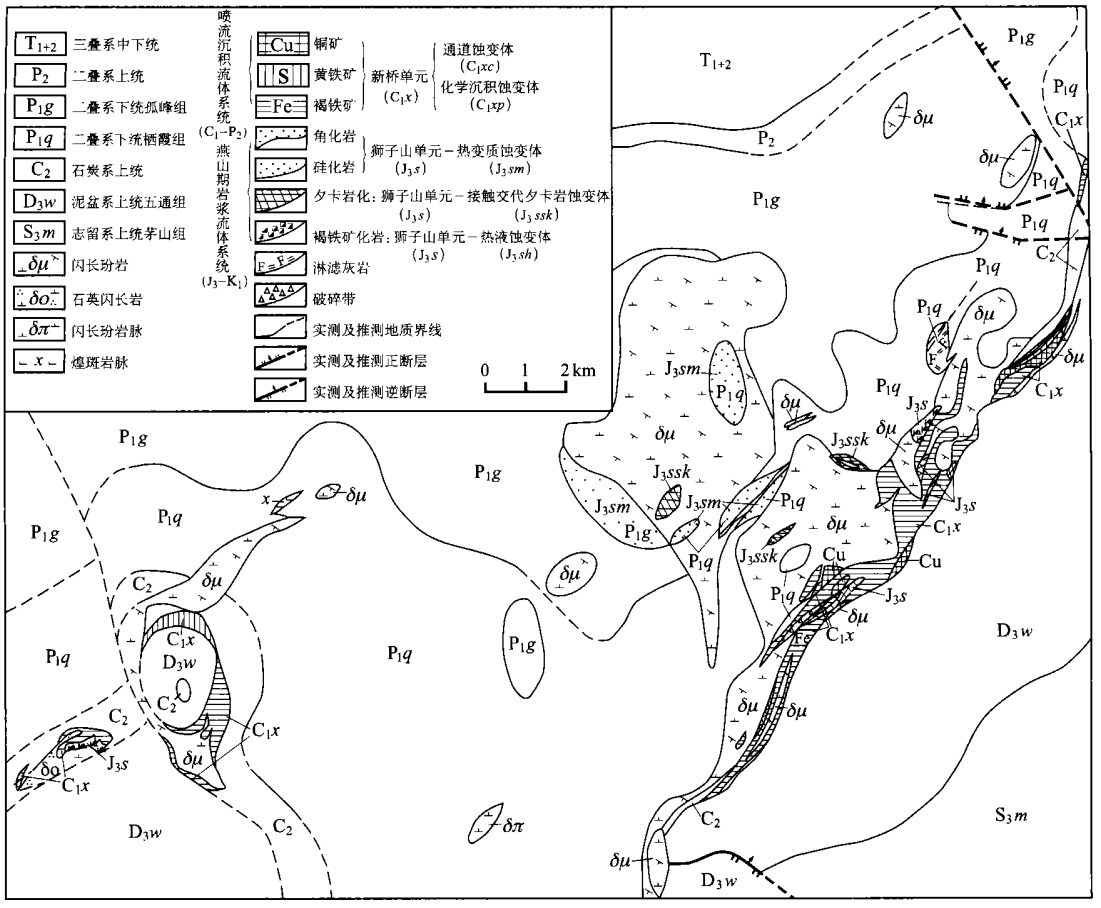

图1 安徽铜陵新桥硫铁矿蚀变-流体地质简图

Fig. 1 Geological sketch of alteration-fluid of Xinqiao sulphur-iron deposit in Tongling, Anhui Province

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

育夕卡岩为特征,在凤凰山岩体周围最典型,包括接触交代夕卡岩相、热变质相和热液相。接触交代夕卡岩蚀变体(记录)(K_1fsk)产于岩体接触带内,由夕卡岩和夕卡岩化岩石组成,夕卡岩的矿物成分复杂,可显示成分分带,如石榴石带、透辉石带、硅灰石带等;热变质蚀变体(记录)(K_1fm)由岩体周围的大理岩和角岩组成;热液蚀变体(记录)(K_1fh)产于岩体接触带及附近,由浸染状黄铜矿、石英-黄铁矿脉及多金属硫化物-石英-方解石脉等组成,常叠加于接触交代夕卡岩相之上。③沙滩脚流体子系统(K_1s):与中酸性侵入岩体密切相关,以中高温热液蚀变及浸染状黄铜矿和辉钼矿化为特征,主要发育于岩体内,局部使接触带附近的夕卡岩也受到蚀变交代,在沙滩脚矿区较典型,主要由蚀变相组成,此外在凤凰山等地见有爆破角砾岩相:蚀变体(记录)(K_1sa)由硅化、钾化、绢云母化和青盘岩化等组成,显示一定的分带性,中部以硅化和钾化为主,常伴有浸染状黄铜矿和辉钼矿化,向外渐变为绢云母化和青盘岩化;爆破角砾岩蚀变体(记录)(K_1se)由碳酸盐胶结的爆破角砾岩筒组成,分布于岩体的周围。这一蚀变体(记录)主要见于凤凰山岩体周围,角砾成分以大理岩为主,并有夕卡岩、磁铁矿、黄铜矿、石英-黄铁矿和方铅矿、闪锌矿等角砾,表明其形成晚于以夕卡岩为特征的凤凰山单元,故将其暂置于沙滩脚单元内。

(3)燕山期火山流体系统(J_3—K_1):发育于晚侏罗世—早白垩世,与中酸性火山活动密切相关,主要分布于繁昌火山岩盆地内,因此又可称为繁昌流体系统,目前在填图范围内仅建立一个流体子系统(蝌蚪山流体子系统),由蝌蚪山单元(K_1k)组成,与早白垩世的偏碱性火山活动密切相关,以中低温热液蚀变为特征,目前仅包括一个蚀变相(K_1ka),由火山熔岩内沿断裂发育的硅化带和沿微裂隙发育的胶状黄铁矿化及高岭石化组成。

(4)燕山晚期中低温热液流体系统(K_1):主要表现为沿断裂活动的中低温热液,常伴生有金银矿化,分布于铜陵断块内,目前只建立一个流体子系统(鸡冠石流体子系统)。因断裂切割了早白垩世的花岗闪长岩,故这一流体系统的时限主要限于早白垩世。鸡冠石单元(K_1j):以中低温热液充填断裂裂隙,并对围岩进行交代蚀变为特征,包括充填相和蚀变相:充填蚀变体(记录)(K_1jf)由规模较大的石英-硫化物脉构成,硫化物中以黄铁矿为主,并有少量毒砂、黝铜矿等;蚀变体(记录)(K_1ja)以硅化和高岭石化为主,并伴有浸染状黄铁矿化。硅化常靠近脉体一侧,宽度较小,而高岭石化远离脉体,宽度较大。

这些流体系统基本代表了长江中下游铜陵地区流体活动的时间序列及与地层、构造、岩浆岩的关系,它们的空间展布特征反映了不同时期流体活动的规模、形式及中心区域。例如,海西期热水(喷流)沉积流体系统呈较大规模的"面式"活动,形成以新桥、狮子山和铜官山为中心的3个流体活动域;燕山期岩浆流体系统呈大规模的"点式"或"环式"沿岩体接触带活动,构成铜官山、狮子山—五贵桥、凤凰山—沙滩脚及舒家店4个流体活动中心(如图1所示)。

衷心感谢常印佛院士、裴荣富院士、陈克强研究员、董树文研究员、赵一鸣研究员、邓军教授和崔彬教授等的热情指导和帮助。

References[参考文献]:

[1] LU Huanzhang. Some recent research hot points on fluids in the earth[J]. *Earth Science Frontiers*, 2001, 8(4):386-390(in Chinese). [卢焕章.地球中流体研究的一些热点[J].地学前缘,2001,8(4):386-390.]

[2] LI Zhaolin, YANG Rong yong, LI Yuan sheng, et al. Formation, evolution and mineralization of fluid during geological process[J]. *Earth Science Frontiers*, 1996, 3(4):237-244(in Chinese). [李兆麟,杨荣勇,李院生.地质作用中的流体形成演化及成矿作用[J].地学前缘,1996,3(4):237-244.]

[3] CAO Ronglong. Frontiers of research on the mantle fluid[J]. *Earth Science Frontiers*, 1996, 3(4): 161-171(in Chinese). [曹荣龙.地幔流体的前缘研究[J].地学前缘,1996,3(4):161-171.]

[4] DU Letian. The relationship between crust fluids and mantle fluid[J]. *Earth Science Frontiers*, 1996, 3(4): 172-180(in Chinese). [杜乐天.地壳流体与地幔流体间的关系[J].地学前缘,1996, 3(4): 172-180.]

[5] OLIVER J. COCORP and fluid in the crust[A]. *The Role of Fluids in Crustal Processes*[M]. Washington D C: National Academy Press, 1990. 128-139.

[6] BETHKE C M, REED J D, OLTZ D F. Long-range petroleum migration in the Illinois Basin[J]. *Am Assoc Petrol Geol Bul*, 1991, 75: 925-945.

[7] HANSON R B. Effects of fluid production on fluid flow during regional and contact metamorphism[J]. *Jour Met Geol*, 1992, 10:87-97.

[8] FERRY A J. Fluid infiltration and regional metamorphism of the Waits River Formation, North-east Vermont, USA[J]. *Jour Met Geol*, 1993, 11: 3-29.

[9] SIBSON R H. Crustal stress, faulting, and fluid flow, in geofluids: origin, migration, and evolution of fluids in sedimentary basins[J]. *Geol Soc Sp Pub*, 1994, 78: 69-84.

[10] MUNZ I A. Petroleum inclusions in sedimentary basins: systematics, analytical methods and applications[J]. *Lithos*, 2001,

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

55(1-4):195-212.

[11] CARLSON N, ZONGE K, RING G, et al. Fluid-flow mapping at a copper leaching operation in Arizona[J]. *The Leading Edge* (Tulsa, OK), 2001, 19(7): 752, 754-755.

[12] THOMPSON A J B, HAUFF P L, ROBITAILLE J A. Alteration mapping in exploration: application of short-wave infrared (SWIR) spectroscopy[J]. *SEG Newsletter*, 1999, 39: 16-27.

[13] WENDELL P, NUSBAUM R. Hydrothermal alteration mapping and ground-truthing using hypspectral data, Virginia City, Nevada[A]. *Proceedings of the Fourteenth International Conference on Applied Geologic Remote Sensing*[C]. Las Vegas, NV, United States, 2000. 200-205.

[14] FARRAND W H. Mapping alteration mineralogy in the Tushar Mountains and Marysvale mining district, Utah using AVIRIS data[A]. *Proceedings of the Fourteenth International Conference on Applied Geologic Remote Sensing*[C]. Las Vegas, NV, United States, 2000. 62-69.

[15] MERRY N, PONTUAL S. Rapid alteration mapping using field portable infrared spectrometers[A]. *Publication Series—Australasian Institute of Mining and Metallurgy*[C]. Parkville, Victoria, Australia: AusIMM - Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 1999.

[16] HUSTON D L, BRAUHART C W, WELLMAN P, et al. Gamma-ray spectrometric and oxygen-isotope mapping of regional alteration halos in massive sulphide districts: an example from Panorama, central Pilbara Craton. Part I, Remote alteration mapping by gamma-ray spectrometry; Part II, Alteration mapping by oxygen isotopes[J]. *AGSO Research Newsletter*, 1998, 29: 14-16.

[17] CHEYNE M. *Geologic Mapping and Mineral Exploration in Kazakhstan Using Satellite and Airborne Multispectral and Hyperspectral Imagery*[M]. Madison, WI, United States: University of Wisconsin-Madison, 1999. 230.

[18] VERDEL C S, KNEPPER D, LIVO K E, et al. *Mapping minerals at the Copper Flat porphyry, New Mexico, using AVIRIS data*[M]. Pasadena, CA, United States: JPL Publication, 2001. 427-433.

[19] LI Weiyuan. The basic facts and advances on the studies of crustal fluids in countries of the European union[J]. *Earth Science Frontiers*, 1996, 3(4): 313-323(in Chinese). [李伟源. 欧洲共同体国家地壳流体研究的概况和进展[J]. 地学前缘, 1996, 3(3-4): 313-323.]

[20] FORSTER C B, EVANS J P. Impact of a permeable thrust fault on thermal and hydrologic regimes: Regional-scale numerical modeling results[J]. *Geophysical Research Letters*, 1991, 18: 979-982.

[21] SMITH L, FORSTER C B, EVANS J P. Interaction of fault zones, fluid flow, and heat transfer at the basin scale, in hydrogeology of low permeability environments[J]. *International Association of Hydrogeologists*, 1990, 2: 41-67.

[22] DONG Fangliu, MO Xuanxue, WANG Yong, et al. The important developments on mineralized-fluids geological mapping of Weishan—Yongping, Yunnan[J]. *Earth Science Frontiers*, 2001, 8(3): 52(in Chinese). [董方浏, 莫宣学, 王勇, 等. 云南省巍山—永平矿集区成矿流体地质填图试验的重要进展[J]. 地学前缘, 2001, 8(3): 52.]

DISCUSSION OF THE ALTERATION-FLUID MAPPING METHOD IN TONGLING REGION, ANHUI PROVINCE

MENG Yi-feng[1], HOU Zeng-qian[1], YANG Zhu-sen[1], ZENG Pu-sheng[1], XU Wen-yi[1], TIAN Shi-hong[1], LI Hong-yang[2], WANG Xun-cheng[3], JIANG Zhang-ping[3], YAO Xiao-de[3]

(1. *Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing* 100037, *China*; 2. *Department of Resources Environment and Engineering, Shijiazhuang Economic University, Shijiazhuang* 050031, *China*; 3. *No.* 321 *Geological Party of Bureau of Geology and Exploration of Anhui Province, Tongling* 244033, *China*)

Abstract: Alteration-fluid mapping is an investigation of the regional fluid geology, and also is an integrated basic geological research that has strategic importance. There is no a mature system in the theoretical bases, thinking way, mapping factors, technique request and criterion of the regional fluid mapping system. During our execution of "Alteration-fluid mapping in Tongling Region" project supported by State Geological Survey Bureau and Technology Department of Ministry of Land and Resources, We have proposed the theoretical bases and thinking way, and defined the research contents, mapping factors, and established 3-grade mapping unit system, i.e., fluid system, fluid subsystem, and fluid unit. In Tongling region, 4 fluid systems, 7 fluid subsystems and 18 fluid units have been divided.

Key words: alteration-fluid mapping; theoritical bases; method system; mapping unit; fluid record division; Tongling region

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net