

浅谈比较矿床学

涂光炽, 李朝阳

(中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640)

摘要: 小结了比较矿床学的研究现状、意义, 提出了11个重大研究课题与研究方法, 并展望了其研究前景。

关键词: 比较矿床学; 研究方法; 研究前景

中图分类号: P61

文献标识码: A

文章编号: 0379-1726(2006)01-0001-05

Brief remarks on comparative metallogeny

TU Guang-chi and LI Chao-yang

(Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The definition of the comparative metallogeny is given, and the researches on it are briefly reviewed. Eleven major scientific problems on comparative metallogeny are proposed and the research methods are discussed. And the research prospects on comparative metallogeny are finally looked forward to.

Key words: comparative metallogeny; research method; research prospect

0 引言

固体地球科学与宏观生物学类似, 是区域性很强的科学。这不仅表现在空间上, 而且在时间上也是如此, 如1亿、5亿、10亿、25亿年前的成矿作用彼此之间就有很大差别。固体地球科学的使命之一就是探索地球及其组成的圈层在庞大的时、空背景下的发育和演化。比较矿床学的框架和内容即立足于上述前提。

比较矿床学是矿床学的一个分支, 它着重从对比角度出发, 包括各种不同宏观和微观侧面, 研究不同成矿作用、成矿地质体和成矿演化。比较矿床学看似一个新名词, 但实际上, 在研究一个特定矿床或有关地质背景和地质体时, 研究者常自觉或不自觉地运用比较矿床学的思维、方法和技术。因此, 也可以说, 比较矿床学是固体地球科学的区域性特点所带来的制约和必然的结果。

无论是找矿勘探的实际需要, 还是从发展基础理论的长远思考出发, 比较矿床学都应当提到议事日程。可以说, 比较矿床学的基础和条件都已存在, 但需要加以系统化、条理化。本文就是这种企图的

一个小小组成部分。

比较矿床学可以促进矿床学的发展, 也可以借鉴于比较, 他山之石可以攻玉, 对扩展找矿思路和基础研究都有好处。

目前, 国内外对比较矿床学尚未引起足够重视, 资料 and 理论都比较零乱、薄弱, 多出自个人兴趣, 有组织的研究少; 对单个矿床的研究较深入, 对比其他矿床一般是一带而过, 距离较系统和充实的比较矿床学相差尚远。而且在进行对比时, 往往多是比对其相同或相似, 从而得出这两个矿床或两个地区的形成演化具有相似性和可比性, 进而进行推测与预测。这种比较无疑是很必须的, 也是很重要的。但在对比过程中却常常忽视了两者的差异性, 如两个同一类型的矿床或矿产密集区的元素组合却差别很大, 到底为什么会是这样, 有关这种问题就研究得不够, 缺乏深入系统研究。显然, 开展比较矿床学研究应该是当前矿床研究中的主要方向之一^[1]。

针对比较矿床学研究, 需要对比的内容是非常广泛和丰富的, 包括有空间、时间、地质体、矿床类型、相同与不同矿种等, 本次研究只是就其中的部分内容进行一些讨论, 而其他方面还有待今后进一步进行研究。

收稿日期(Received): 2005-11-02; 改回日期(Revised): 2005-11-07; 接受日期(Accepted): 2005-11-27

基金项目: 国家攀登计划项目(95-预-25)

作者简介: 涂光炽(1920-), 男, 中国科学院院士, 矿床学和地球化学专业。E-mail: leyolodg@sohu.com, Tel: +86-20-85290690

1 有关比较矿床学研究中的一些重大课题

1.1 若干大空间尺度的比较矿床学的重大课题

1.1.1 三大世界级造山带成矿域(滨太平洋、特提斯和中亚)的特点与对比研究

三大成矿域的空间展布、规模、主要矿种和主要成矿时代与成矿作用都各有其特点^[2,3]。

1.1.2 我国和周边国家地质发育与成矿异同对比研究

重点是三个地区:(1)黑龙江及内蒙古的北部和西部的俄罗斯及蒙古地区;(2)新疆北部及西部的俄罗斯和中亚地区(包括哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦和乌兹别克斯坦);(3)云南省西部及南部的中南半岛地区,包括缅甸、泰国、老挝和越南等国。

1.1.3 南北半球成矿异同对比研究

为何古砾岩型金铀矿仅发育于非洲(南非、加纳)和南美(巴西),而未见于欧亚及北美;为何钾盐矿床多见于北半球(两个超大型钾盐矿,一个在加拿大,一个在西伯利亚),而且大中型钾盐矿也多分布于欧亚大陆^[4]。

1.1.4 中国和几个矿业大国比较矿床学研究

众所周知,俄罗斯、南非、加拿大、澳大利亚、巴西、美国、哈萨克斯坦和印度等国都是世界著名的矿业大国,它们都是矿种多,矿床类型多,但其中每个国家的矿产及其产出特征又各有其独特之处。

我国的地壳演化和地质特点与上述国家有很多明显不同之处,例如,我国广泛存在有多期次的造山、变质与岩浆活动,这对成矿来说既是有利因素又是有害因素,因此需要通盘进行考虑。其二是三个世界级造山带成矿域(滨太平洋、特提斯和古亚洲)在我国均有分布,这在其他国家是少见的。其三是我国赋存于克拉通内部的矿床较少。另外,从目前的勘探和开发深度来看,我国相当滞后,不仅落后于西方国家和俄罗斯,甚至也落后于一些发展中国家(如南非和印度)。因此对我国来说,攻深找盲的潜力很大。

1.2 若干大时间尺度的比较矿床学重要课题

(1) 为何全球范围内最早的大规模金成矿发生于晚太古代一早元古,这与地球的层圈演化有何关系。

(2) 同样都是花岗岩绿岩带型金矿,加拿大、澳大利亚、南非和巴西等矿业大国为晚太古代形成,而我国东部则为中生代形成(胶东、冀北和辽西等),制约因素何在。

(3) 除 Au、Fe(古砾岩型金矿、条带状铁矿)外,其他金属甚少在太古代成矿,何故。

(4) 总的来看,从成矿的矿种和矿床类型等方面综合考虑,似乎有成矿时代愈老,矿种愈少的演化趋势。应考虑哪一些制约因素。

(5) 某些矿床类型之时控特点表现明显,如遍及全球的条带状磁铁矿床主要形成于太古代及早元古代,我国狼山地区及澳大利亚中部的 SEDEX 型 Pb-Zn 矿多为中元古代产物,这些矿床类型的时控性非常明显。

(6) 铁氧化物 -Cu-Au-REE 矿床(如奥林匹克坝和白云鄂博)多在中元古代形成,中国东部 Au、U 及有色金属矿床多在侏罗 - 白垩纪形成,制约因素何在。

1.3 庞大地质体的比较矿床学研究

(1) 若干大火成岩省的比较矿床学研究。以中国西南暗色岩区、俄罗斯西伯利亚 Noril'sk 岩区、印度德干暗色岩区、美国和加拿大接壤的暗色岩区为例。

(2) 南岭、北疆花岗岩成矿对比。

1.4 相同类型矿床密集区对比研究

(1) 美国典型 MVT Pb-Zn 矿床密集区与中国西南川滇黔 MVT 密集区对比研究。

(2) 澳大利亚西南、加拿大东部与中国北方花岗岩绿岩带型 Au 矿密集区对比研究。

(3) 加拿大中北部、澳大利亚北部不整合脉型铀矿密集区对比研究。

(4) 大火成岩省 LIP(溢流玄武岩、暗色岩,在海底通常产出较周围高 2 000 m 上下,故亦称海下高原)是固体地球科学新鲜事物。它们面积大、根深,可来自核幔边界或上下地幔之间,但活动时限很短,仅 1 - 2 Ma。

暗色岩可分为侵入相和喷溢相,都以玄武岩浆为主,与侵入相有关的矿床是 Cu-Ni(PGE)硫化物矿床、V-Ti-Fe 矿床和 Cr 矿床等;与喷溢相有关的矿床是 Cu、Ag、Au 矿床,这些元素可呈零价状态出现(自然铜、自然银、自然金)^[5]。

从比较矿床学的角度观察,虽然积累资料尚少,

但不同大火成岩省的确花样繁多，很少雷同。如西伯利亚的 Noril'sk 以 Cu-Ni 硫化物矿床为主，还有热液 Fe 矿；我国西南以 V-Ti-Fe 矿床为主，也有少量的 Cu-Ni-PGE 矿床；美国和加拿大接壤地带则以自然铜为主。上述矿床矿量都是很庞大。如美国和加拿大铜达 500 万吨，Noril'sk Cu, Ni 含量居世界第二。我国西昌一带分布四个超大型 V-Ti-Fe 矿床。但德干高原大火成岩省则至今鲜见有矿化的报道。是什么因素制约着成矿的千差万别，目前还处于研究空白状态。

1.5 同一成矿域(带)不同地段之比较矿床学研究

(1) 中亚成矿域南北两带的发育与演化对比研究。

(2) 中亚成矿域内的中国阿尔泰及天山成矿特点研究。内容包括罕见的造山带中大型伟晶岩矿床的发育、中哈有色金属成矿对比、天山地区 Cu-Ni 硫化物矿床——香山、黄山式矿床成矿特点。

(3) 滨太平洋成矿域东、西两侧对比及若干难点问题研究。着重探讨：①为何具庞大储量的斑岩铜矿床密集于智利北部^[6]，而在亚洲岛弧带（日本列岛、我国台湾）为何只发育低温热液金矿，而缺失斑岩铜矿，我国东南沿海斑岩铜矿出现之可能性；②第四纪内生成矿作用，主要在滨太平洋带西南部分出现，而在五大洲其他地区鲜见，应讨论原因。

1.6 铂族元素分异的比较矿床学研究

目前，对不同矿床的铂族元素情况只有十分笼统的简单了解。如 Cu-Ni 硫化物矿床中之铂族以 Pt、Pd 为主（金川和 Noril'sk 等）；岛弧蛇绿岩带中之 Cr 矿床则以 Ir、Ru、Rh 为主。南非巨大之 Witwatersrand 古砾岩型矿床中，Pd 之含量占优势。尚无人对此问题做比较矿床学研究。

1.7 成对元素的比较矿床学研究

(1) Pb-Zn、Nb-Ta、Hg-Sb 等成对元素，从成矿角度考虑，有分有合，受时空比较矿床学诸因素的制约。如 Pb-Zn 地球化学和化学性质相差颇远，是什么因素制约其经常共生，值得探讨。

(2) 在太古代，全球范围都无 PbZn 共生矿床。Zn 主要与 Cu 组合，形成 Cu-Zn 硫化物矿床，如辽宁红透山。Pb 在太古代不形成矿化，只是自元古代以后，Pb-Zn 常共生，但分合条件复杂。如产于不整合面上的砂岩型铅矿床，几乎是单 Pb 矿床，Zn 少，如

广西保安砂岩型 Pb 矿。在欧洲，单 Pb 矿床较发育。碳酸盐岩中之层控 MVT Pb-Zn 矿床与火山沉积岩系中之块状硫化物 Pb-Zn 矿床，Pb-Zn 密切共生。目前有关它们 Pb-Zn 含量消长变化关系仍为研究中之薄弱环节。

(3) Nb-Ta 在元素周期表上为同族元素，易形成类质同像，但地球化学因素之制约只是一个方面。从成矿角度出发，比较矿床学研究甚为重要。从成矿物质来源上二者有重要差别。Ta 多壳源，如与 S 型花岗岩有关之 Nb-Ta 矿床实际主要是 Ta 矿，Nb 甚少，如江西宜春 414 矿。而幔源矿床，如碳酸岩有关的矿床，Nb 多，Ta 少。如白云鄂博矿床，主要产 Nb 而非 Ta。

(4) Hg-Sb 成矿时分时合。我国南方 Hg 矿床多呈 NNE 走向，白垩纪形成（如万山汞矿带）。Sb 矿床似受控于 EW 走向，系侏罗纪形成。在秦岭和中亚地区，Hg-Sb 合在一起成矿较多（如秦岭的公馆矿床），但也有 Hg-Sb 分开的。

1.8 前寒武纪条带状铁矿比较矿床学研究

国内外两种条带状铁矿的某些地质特征见表 1。

表 1 国内外两种条带状铁矿的某些地质特征
Table 1 Some geological features of two kinds of banded-iron deposits at home and abroad

地区	中国东部 (辽宁、冀北)	加拿大、澳大利亚、巴西
原生矿类型	Algoma 型	Superior 型
形成时代	多太古代形成	多元古代形成
浅色条带组成	多硅质	多碳酸盐、硫化物、绢云母、绿泥石
后期风化难易程度	难风化，硅较难迁移，铁较难就地富集	较易风化，铁可就地富集而形成古风化壳型富铁矿

1.9 中、美大面积低温热液成矿域比较矿床学研究

(1) 共同之处：两国都发育有大面积低温热液成矿域（中国贵州全省和滇、湘、川、桂的一部分；美国密西西比河流域，西至滨太平洋），地域之大，类型之多在世界其他地区罕见。主要矿床类型相同、相似，两国都发育有：MVT Pb-Zn 矿床、卡林型 Au 矿床、Hg 矿床和陆相砂岩型矿床。低温热液成矿作用主要是地质历史晚期产物。

(2) 不同之处：美国无 Sb 矿床，中国的 Sb 大量成矿。美国雄黄、雌黄也较少。美国 Pb、Zn 主要来源于 MVT 形成的多个矿床密集区。Au 来源于卡林型。而在我国，MVT 和卡林型不是最主要类型。陆相

砂岩型矿床美国花色较多(Cu、V、Mo、U),我国主要为砂岩型铜矿(楚雄盆地、沅麻盆地)。这种陆相砂岩型矿床除美国的砂岩型铀矿和我国楚雄盆地的砂岩型铜矿在各自国内占有一定位置外,总的来说这种矿床类型尚缺少重要意义。

1.10 Cu、Pb 和 Zn 三个有色金属的比较矿床学

- (1) 常见情况: Cu、Pb 和 Zn 主要矿床类型的常见特点见表 2。在中国西部和北部,火山沉积岩中之各种金属块状硫化物矿床重要。
- (2) 较少情况: Cu、Zn 共生,主要见于太古代(红透山)和中基性火山岩中(新疆阿舍勒)。单 Pb 矿床,产出条件独特,多与碱性杂岩有关(如云南北衙、姚安)或在不整合面上之砂岩中(广西保安)。

表 2 Cu、Pb 和 Zn 主要矿床类型的常见特点
Table 2 Common characteristics of main kinds of Cu, Pb and Zn deposits

有色金属	主要类型	宏观地质背景	伴生贵金属	主要围岩
Pb,Zn	MVT	克拉通盖层	Ag	碳酸盐岩
	SEDEX	冒地槽	Ag	细碎屑岩
Cu	斑岩型	造山带	Au	中酸性斑岩及其围岩
	砂页岩型	大陆边缘裂谷系		碳酸盐岩与碎屑岩

1.11 贵金属比较矿床学

Au、Ag 和 PGE 矿床产出的主要特征见表 3。

2 比较矿床学研究方法和预期有可能取得重要进展的有关方面

2.1 比较矿床学研究方法

(1) 文献调研和野外观察相结合。目前,国内外有关比较矿床学研究仅只是少量和零星的,工作不系统,且多以文献调研为主。当然,文献调研的工作十分必要,但野外现场观察决不可忽视。野外工作

宜有组织、有规划地进行,尽可能吸收不同观点的人员参加。

(2) 比较矿床学应立足于综合分析,并从中理出要害。综合分析和抓住要害是相辅相成的,在眼花缭乱的诸多线索中应首先经过仔细剖析,理出要害。在整个研究过程中都应有不同观点的交锋,“真理越辩越明”。

(3) 比较矿床学的宏观因素很关键,但不宜局限于宏观背景研究,宏观要与微观结合。有时微观因素是要害问题,如美国的 MVT 型 Pb-Zn 矿床与其他地区同类型 Pb-Zn 矿床相比较,其突出点是高放射成因铅的同位素组成。

(4) 对某些比较矿床学研究的重大课题,进行国际合作的跨国研究是可行和必要的,希望有关部门能支持这种国际合作。

2.2 比较矿床学研究在较短时间内预期可在下述方面取得重要进展

如前所述,开展比较矿床学研究可以促进矿床学的发展,对扩展找矿思路和基础研究都有好处。目前最关键的问题是得到“支持”,一是有设计好切实可行的项目、课题的支持;二是科研经费的支持。有了这种支持,我们认为一定能在下列几个方面将会取得可喜的成绩和进展。

2.2.1 在找矿方面

(1) 提供在中国沿海寻找斑岩铜矿线索。在我国东南沿海寻找斑岩铜矿的有利条件很多,具有良好的找矿前景。①区内与铜矿共生的火山岩型低温热液金矿发育,如福建紫金山火山岩型铜金矿、广东梅县玉水铜多金属矿床和浙江冶岭头金银多金属矿;②在赣东北地区不仅存在有德兴超大型斑岩型铜矿,而且在其西南不远处的银山火山岩型铜多金属矿床也是大型规模;③浙、闽火山岩分布区存在较多斑岩体,主要为燕山期的中酸性黑云母花岗斑岩、二云母花岗斑岩、斜长花岗斑岩和石英闪长斑岩等,

表 3 Au、Ag 和 PGE 矿床产出的主要特征
Table 3 Main occurrence characteristics of Au, Ag and PEG deposits

贵金属	成矿专属性	赋存矿物	与硫化物关系	独立成矿机率	互相间关系
Au	无, Au 矿可赋存于任何岩石中	种类少,组成简单	多在(含砷)黄铁矿裂隙、晶隙、包体中	强	火山岩型低温浅成热液矿床,常见 Au-Ag 共生
Ag	大矿常与新火山岩有关	组成复杂,常见硫盐	辉银矿、银硫盐	弱,多作为伴生组分(Pb-Zn,Au 矿)出现	Au 与 Pd 在少数矿床类型可共生
PGE	强,多赋存于超镁铁岩中	自然元素、砷化物、硫化物多见	多与硫化物伴生	强	Au 与 PGE 不共生

并在其中发现有斑岩型矿床。如福建钟腾斑岩型铜矿、赤路斑岩型钼矿;④在考虑斑岩型铜矿床的空间分布时,不应把滨西太平洋带只局限于堪察加、库页群岛、日本列岛及我国台湾、菲律宾、印尼等岛弧带,应该说东亚大陆边缘也应是滨太平洋之组成部分。

(2)探索寻找较大规模砂岩铜矿的可能。首先,我们必须认识到砂岩-砂页岩型铜矿之重要性,它与斑岩铜矿一起,占全球铜储量和产量的三分之二,是仅次于斑岩型铜矿的一种重要铜矿类型。国外最著名的两个超大型砂岩型铜矿,距我国国境线都不太远(俄罗斯的乌多坎,在贝加尔湖北东侧,产于中元古界,铜储量可达1 600万吨;哈萨克斯坦的杰兹卡兹干,产于石炭系,储量600万吨)。目前我国已有砂岩铜矿,规模都很小,多局限于我国南方一些白垩纪陆相小盆地内。因此,地质界、矿业界对砂岩铜矿兴趣不大。但借鉴于上述两个国外的砂岩型铜矿和另一个地处德、波边境的砂页岩型超大型铜多金属矿(波兰的卢宾,产于二叠系,储量1 500万吨)的地质背景、找矿经验等(都产于海相砂页岩中),对我国已有的沉积古地理资料做更深入剖析,为新一轮寻找砂岩铜矿提供背景资料。近年来的研究查明,青海鄂拉山地区兴海县铜峪沟铜矿(大型)和赛什塘铜矿(中型)都属于海相砂页岩型铜矿床。尽管有了初步发现,但这项工作估计难度还是较大的,因此要有思想准备和得力措施。

(3)我国黑色岩系矿化问题研究程度较高,但迄今在找矿方面尚无重大突破,应抓住要害,加以探讨。

2.2.2 在成矿机制和矿床分布规律方面

(1)我国中生代成矿时,随着时间的演化,矿床有从EW向转向NNE向的分布规律,应该研究主要制约因素问题。

(2)滨太平洋、特提斯和中亚三大成矿域都通过我国境内,但各个成矿带在地质演化、成矿元素、矿

床类型及成矿规律等诸多方面差异很大,应对其主要特点进行研究。

(3)立足比较矿床学,从矿床实际资料反演地壳演化,论证中国东部地质发育与成矿的特点,对比与世界其他地区之异同。

参考文献(References):

- [1] 赫英. 比较矿床学导论 [M]. 西安: 西北工业大学出版社, 1996: 1-118.
He Ying. Introduction to Comparative Metallogeny [M]. Xi'an: Northwestern Polytechnical University Press, 1996: 1-118 (in Chinese).
- [2] 涂光炽. 初议中亚成矿域[J]. 地质科学, 1999, 34(4): 397-404.
Tu Guang-zhi. On the Central Asia metallogenic province[J]. Sci Geol Sinica, 1999, 34(4): 397-404 (in Chinese with English abstract).
- [3] 涂光炽. 过去20年矿床事业发展的概略回顾[J]. 矿床地质, 2001, 20(1): 1-9.
Tu Guang-chi. The development of the mineral deposit prospecting and research work in the past twenty years: A brief review[J]. Mineral Deposits, 2001, 20(1): 1-9 (in Chinese with English abstract).
- [4] 涂光炽. 寻找超大型矿床基础研究中若干问题的思考[C]//赵振华, 涂光炽. 中国超大型矿床(II). 北京: 科学出版社, 2003: 3-13.
Tu Guang-chi. Consideration about some problems on the prospecting of super large ore deposits[C]//Zhao Zhen-hua, Tu Guang-chi. Super Large Ore Deposits of China(II). Beijing: Science Press, 2003: 3-13 (in Chinese).
- [5] 涂光炽. 从一个侧面看矿床事业的发展——若干重要矿床领域的新进展及找矿思维的开拓[J]. 矿床地质, 2002, 21(2): 97-105.
Tu Guang-chi. Glimpse of past achievements in ore exploration and research work[J]. Mineral Deposits, 2002, 21(2): 97-105 (in Chinese with English abstract).
- [6] Sillitoe R H. Characteristics and controls of the largest porphyry copper-gold and epithermal gold deposits in the circum-Pacific region[J]. Aust J Earth Sci, 1997, 44(3): 373-388.