

文章编号: 1674-9057(2014)01-0008-07

doi:10.3969/j.issn.1674-9057.2014.01.002

试论中国铅锌矿矿床类型划分

林孝先, 侯中健

(成都理工大学 地球科学学院, 成都 610059)

摘 要: 以系统论思想对铅锌矿床类型进行划分。铅锌矿床分类的演化历史可分为两个阶段, 目前或将进入以系统论、多成因、围岩、地球化学等特征相结合的第三阶段。在矿床成矿系列的系统论思想指导下, 以多成因、围岩为主要分类因素, 地质流体、成矿环境、成矿条件、地球化学特征等为次要因素, 把铅锌矿床类型划分为4个矿床成矿系列和10个矿床类型(式): ①热(卤)水成矿系列: 海相沉积岩型(SEDEX)、海相碳酸盐岩型(MVT)、海相火山(-沉积)岩型(VMS); ②岩浆成矿系列: 花岗岩型、斑岩型、矽卡岩型、陆相火山岩型; ③沉积成矿系列: 砂(砾)岩型(TTS); ④表生氧化成矿系列: 残坡积型、砂矿型。该分类方案反映了矿床形成的客观规律和自然过程, 揭示了区域内矿床之间的时空、成因关系以及成矿规律, 扩展了思路, 更符合实际情况。

关键词: 铅锌矿床; 类型划分; 成矿系列; 系统论

中图分类号: P618.4

文献标志码: A

世界铅、锌资源十分丰富, 其产量仅次于铁、铝、铜, 而中国铅、锌资源量在世界排名中靠前。从有历史记载以来, 铅、锌资源就在人类经济 and 生活中发挥着重要作用, 如在5 800年前, 埃及人就用铅铸造神像; 5 000年前, 中国人就用铅铸钱币^[1]。人类对铅锌矿的利用和研究几乎贯穿整个人类文明史。古代对铅锌矿的研究只局限于宏观的观察和经验总结, 以及粗犷式的开采, 如《管子·地数篇》中的“上有铅者, 其下有银”的记载^[1]。近现代的铅锌矿研究除在宏观上更规律化、系统化、具体化、细节化、深刻化外, 还在微观上不断突破, 如地球化学方法中测试手段和仪器的不断深化、创新, 另外地球物理方法中磁法、电法、遥感、地震等方法的引入和使用, 使铅锌矿研究呈现多学科、多方法和多技术化。尽管如此, 在铅锌矿研究中仍然存在很多问题尚未解决, 比如不可回避的铅锌矿床分类、成因机制等问题。基于此, 对铅锌矿床类型划分进行了分析和总结, 以期对后续的科研和工业生产有所裨益。

1 铅锌矿矿床类型划分的历史沿革与趋势

关于铅锌矿矿床类型划分问题, 正如涂光炽院士所指出的那样“由于铅锌成矿作用的多样性和复杂性, 铅锌矿床的分类原则与类型划分一直是争论的问题。另外, 由于强调的方面不同, 分类也各异^[1]”。

纵观铅锌矿近现代研究史, 其矿床类型按照不同需要和侧重点不同可以分为成因类型和工业类型两类^[2-3]。矿床成因类型是按照矿床形成作用和成因进行划分, 而矿床工业类型是在矿床成因类型基础上, 从工业利用角度来进行矿床的分类^[3]。早期对铅锌矿床的成因认识不够全面, 片面强调单因素成因, 如岩浆热液成矿作用, 这不仅不能反映铅锌矿床实际, 也不能很好的指导工业生产, 所以才陆续出现了铅锌矿床的工业分类。随着认识和研究的深入, 现今虽然仍存在铅锌矿床成因分类和工业分类, 但二者已逐渐融合, 在矿

收稿日期: 2013-07-12

基金项目: 国家重点基础研究发展计划“973”项目(2002CB4126007); 四川省教育厅2011年科研基金重点项目(11ZA044)

作者简介: 林孝先(1985—), 男, 博士研究生, 研究方向: 矿床学、沉积学, linxx321@foxmail.com。

通讯作者: 侯中健, 博士, 副教授, houzhj@cdut.edu.cn。

引文格式: 林孝先, 侯中健. 试论中国铅锌矿矿床类型划分[J]. 桂林理工大学学报, 2014, 34(1): 8-14.

床成因的基础上,兼顾工业需求,这使分类更符合实际,也更利于理论研究。

细观铅锌矿床分类的演化历史(表1),主要可以分为两个阶段。

第一阶段,20世纪初至20世纪60年代。该阶段的分类方案以岩浆一元论、成矿温度,以及工业类型为主要依据和特征。最早的分类可以追溯到W. Lindgren(林格伦)出版的《Mineral Deposits》一书^[4],其为成因分类,以岩浆一元论和成矿温度为分类依据,之后P. Niggli(里尼格)^[5-6],K. C. 德赫姆^[7]的分类都在其基础上发展。而最早的工业分类由B. M. Клейтер(克列特爾)提出,其以围岩性质、矿体形状、矿物成分为主要依据^[8],之后A. A. Амирасланов(阿米拉斯拉诺夫)^[9]、孟宪民等^[10-12]、夏宏远^[13]、Г. М. 斯拉斯杜申斯基^[14]的分类都在其基础上发展。K. C. 德赫姆^[7]、郭文魁^[15]的分类为上述二者的综合,以成矿作用和矿石建造、成矿温度与矿物共生组合为划分依据。

第二阶段,20世纪70年代至21世纪初。该阶段以海相火山作用、层控理论和多成因观点等引入铅锌矿床类型划分^[1]为起点,以围岩(含矿岩系)、多成因、地球化学特征(如同位素、微量元素等)等为主要划分依据和特征,同时产状、结构、构造、成矿流体(包裹体)、成矿作用、成矿环境等也成为重要的划分原则。孟宪民等对(层状)铅、锌矿等矿产的研究为层控理论和矿床类型划分在国内的发展起了十分重要的奠基作用^[10-12]。D. A. Brobst(布罗布斯特)和W. P. Pratt(普拉特)在《United States Mineral Resource》(《美国矿物资源》)一书中首次提出了铅锌矿床的层控矿床成因分类^[16],具有开创性。涂光炽首次对我国的铅锌矿床进行了系统、完整的成因分类^[17],之后《中国矿床(上册)》(中国矿床编辑委员会)^[1]、《铜、铅、锌、银、镍、钼矿地质勘查规范》^[18]等在其基础上进一步细化和发展。王育民^[19]的“四系十二型十九式”分类,朱上庆等^[20]把大地构造单元与矿床成因类型相联系的分类等,这些分类使我国的铅锌矿床分类更丰富化、多元化,为后人的研究提供了参考。大致从郭洪中^[21]开始,海底喷流(气)沉积被引入我国铅锌矿床类型划分,又经发展,由戴自希等^[22]提出目前应用较广的铅锌矿床分类方案。

近年来,成矿系列、成矿系统等系统论学说或观点在国内通过近40年的发展,已取得了不少进展,系统论的思想也逐渐受到地质工作者的重视。成矿系列概念最早由程裕淇等^[23-24]在我国全面、系统的提出,后经陈毓川等^[25-29]、翟裕生等^[30-32]的发展,已逐渐完善和成熟,由陈毓川等编著的《中国成矿体系与区域成矿评价》^[33]为该阶段工作的总结。成矿系统概念由崇文^[34-35]、李人澍^[36]、翟裕生等^[37-41]在我国全面、系统的提出并完善。成矿系列具体是指在各个地质历史阶段的地质构造环境(单元)中与一定的地质成矿作用有关、形成有成因联系的矿床组合的自然体^[33]。成矿系统是指在一定的时空域中,控制矿床形成和保存的全部地质要素和成矿作用动力过程,以及形成的矿床系列、异常系列构成的整体,是一个具有成矿功能的自然系统^[34-41]。成矿系统的研究内容包括成矿系列,成矿系列是成矿时期的成矿系统,不包括成矿后另外时期、另外地质环境中发生的地质成矿作用^[33]。成矿系列、成矿系统为系统论在地质工作中的推广起了重大作用。就探讨的铅锌矿床分类而言,郑知一等^[42]在成矿系列、成矿模式、成因分类理论等的启发下对中国铅锌矿床成因类型进行了类、系列和式的三级分类,杨永强等^[43]对沉积岩型铅锌矿床的成矿系统进行了研究和总结,陈喜峰等^[44]也利用成矿系统理论对铅锌矿床类型进行了大类和亚类的划分。这些都预示着铅锌矿床类型划分或将进入第三阶段——以系统论、多成因、围岩、地球化学(微观测试、分析)等相结合为分类原则的阶段。

2 草拟的铅锌矿床类型划分新方案

经过早期成因类型、工业类型的各自为政,到后期的相互融合,人们对铅锌矿床类型的认识也在不断加深。系统论的引入,现代成矿理论不断更新、完善,给矿床学带来了新的机遇。人们已经意识到单个矿种的研究有较大的局限性,单就铅锌矿而言,其成矿过程中,可以在一个或者相邻地区形成具有成因联系的、不同类型的铅锌矿,甚至和其他多种矿产或者石油、天然气共生,多种矿产复合成矿和成矿-成藏关系已然成为了矿床学研究的热点和重点。基于此,传统的铅锌矿床成因类型、工业类型分类就存在一定的局限性,为此,在

表 1 铅锌矿矿床类型划分的历史沿革
Table 1 Historic evolution of type division of lead-zinc ore deposit

序号	资料来源	划分基础和依据	划分方案
1	W. Lindgren (1913) ; P. Niggli (1925,1941)	成矿温度与深度	①高温矿床;②热液交代-中温矿床;③中温矿床;④亚中温矿床;⑤远温矿床
2	A. A. Амирасланов (1957)	围岩性质	①产于岩浆岩;②产于矽卡岩;③产于火山沉积岩;④产于砂岩、碳酸盐岩、砂泥质岩;⑤产于古老深变质岩
3	B. M. 克列特爾 (1958)	成矿围岩、矿体形状等(工业类型)	①变质岩中整合产出的似层状及透镜状变质矿体;②碳酸盐类岩层中成分简单的、一般为浸染型的、形状不规则的方铅矿-闪锌矿矿层及矿体;③石灰岩中或石灰岩与矽酸盐类火成岩接触带内,一般含矽卡岩的筒状矿体及形状不规则的含矿带;④以花岗岩类及变质岩为主的各种岩石中,一般为致密状多金属矿矿脉及矿脉带;⑤喷出杂岩中致密状及浸染状的黄铁矿,有时为石英碳酸盐类铅锌矿复杂矿石的似层状及透镜状矿体
4	K. C. 德赫姆(1959)	成矿温度与深度、围岩、成矿作用和矿石建造等	①在区域性变质作用地区内的深成热液矿床;②高温交代-中温热液矿床;③深成中温热液矿脉和交代矿体;④低温浅成热液矿床和交代矿床;⑤超低温热液矿床和浸染矿石
5	孟宪民(1958)	围岩、围岩时代、矿体形状、矿物组合等	结合国内实际,在 B. M. 克列特爾(1958)方案基础上细化,增加砂矿类型
6	郭文魁(1959)	成矿作用和矿石建造,成矿温度与矿物共生组合	内生(8个建造):①建造1~3为高中温矿床,②建造4~7为中温矿床,③建造8为低温矿床;外生(1个建造):①菱锌矿白-铅矿-铅钒建造
7	夏宏远(1959)	围岩、矿体形状、矿物组合等	①变质岩中的似层状,透镜状交代类型;②碳酸盐类岩石中的似层状及不规则矿体类型:分陆台区、褶皱区两种亚型;③矽卡岩类型:分以铅锌为主的、含锡钨的两种多金属亚型;④各类岩石中的脉状充填类型;⑤喷出岩及喷出-沉积岩中的交代类型:多金属黄铁矿亚型、多金属亚型;⑥砂矿类型
8	孟宪民(1963)	容矿围岩和矿体产状	①变质岩中整合产出的似层状矿床;②碳酸盐类岩层中的矿床;③石灰岩与硅酸盐类岩石的接触带内不规则矿床;④喷出杂岩中的矿床;⑤各种岩石中的铅锌矿脉
9	孟宪民(1966)	矿体产出特点	①层状矿体;②附近有“侵入体”出现的层状矿体;③围绕小侵入体发育的矿体;④脉状矿体;⑤在火山岩、“侵入岩”内的矿体
10	D. A. Brobst, W. P. Pratt (1973)	成因、矿种、产状	铅矿床:①层控矿床(同生成因),②层控矿床(后生成因),③火山沉积矿床及其变质产物,④交代矿床,⑤脉状矿床,⑥接触交代矿床;锌矿床:①接触交代矿床,②不规则交代矿床及伴生充填脉,③脉状矿床,④变质岩中的层控矿床,⑤碳酸盐岩中的层控矿床,⑥层状矿床,⑦次生富集或红土矿床
11	涂光炽(1979)	成因	①与侵入岩浆活动有关的矿床;②与海、陆相火山活动有关的矿床;③与沉积作用、沉积改造作用及后成作用有关的铅锌矿床;④与区域变质、混合岩化作用有关的铅锌矿床;⑤砂铅矿床
12	郑知一等(1983)	成矿系列、成矿模式和成因分类理论,多元成矿理论	①火山矿床类:海相、陆相火山矿床系列;②岩浆热液矿床类:酸性中酸性岩浆热液矿床系列;③正常沉积矿床类:海相、内陆河湖相沉积矿床系列;④循环渗流水淀积矿床类:循环渗流水淀积矿床系列;⑤变质矿床类:沉积-变质、火山-变质矿床系列;⑥多元复成矿床类:沉积(火山)-渗流水、沉积(火山)岩浆热液迭生矿床系列;⑦表生矿床类:表生矿床系列
13	王育民(1983)	①成矿物质的基本来源;②成矿的主要作用及其方式;③控矿的主要地质因素;④矿床工业意义大小(规模、质量、形态)	分为“四系十二型十九式”,四系即热液系、层控系、火山系、断层系
14	涂光炽等(1989)	①地质背景;②含矿围岩;③物质组成(除 Pb、Zn 外);④围岩蚀变;⑤铅同位素;⑥硫同位素	①与花岗岩类有关的铅锌矿床(花岗岩型、矽卡岩型、斑岩型);②产于海相火山岩系中的铅锌矿床(海相火山岩型);③产于陆相火山岩系中的铅锌矿床(陆相火山岩型);④产于海相碳酸盐岩系中的铅锌矿床(碳酸盐岩型);⑤产于海相泥岩-细碎屑岩系中的铅锌矿床(泥岩-细碎屑岩型);⑥产于海相或陆相砂岩、长石砂岩和砾岩中的铅锌矿床(砂砾岩型)

续表 1			
序号	资料来源	划分基础和依据	划分方案
15	郭洪中(1994)	① 成矿物质及成矿流体的主要来源；② 矿床主岩的类型及性质；③ 矿体产状及成矿作用的主要方式；④ 控矿的主要地质因素	① 中酸性岩浆岩型铅锌矿床：矽卡岩型、斑岩型、长英质侵入岩型；② 碎屑沉积岩型铅锌矿床：砂砾岩型、沉积喷气-喷溢型；③ 碳酸盐岩型铅锌矿床；④ 剪切带型铅锌矿床：剪切带蚀变岩型、脉状 Pb-Zn-Ag 型
16	铜、铅、锌、银、镍、钼矿地质勘查规范(2002)	围岩、成因、产状等	① 碳酸盐岩型铅锌矿；② 泥岩-细碎屑岩型铅锌矿；③ 矽卡岩型铅锌矿；④ 海相火山岩型铅锌矿；⑤ 砂、砾岩型铅锌矿；⑥ 各种围岩中的脉状铅锌(银)矿
17	戴自希等(2005)	含矿岩系结合矿床成因	① 热液型铅锌矿床；② 矽卡岩型铅锌矿床；③ 斑岩型铅锌矿床；④ 陆相火山岩容矿的铅锌矿床(与岩浆岩有关的类型)；⑤ 海相火山岩容矿的块状硫化物矿床(VMS 型)；⑥ 海相沉积岩(泥岩-细碎屑岩)容矿的块状硫化物矿床(SEDEX 型)；⑦ 碳酸盐岩容矿的铅锌矿床(MVT 型)；⑧ 砂砾岩容矿的铅锌矿床(沉积-沉积变质型)；⑨ 与表生氧化作用有关的铅锌矿床(非硫化物型)
18	陈喜峰等(2007)	以成矿系统理论和地球化学理论为指导思想,以成因、含矿建造、构造、流体、成矿条件、成矿环境为主要参考因素	① 岩浆成矿系统大类：花岗岩型、斑岩型、矽卡岩型、陆相火山岩型等 4 个成矿系统亚类；② 热液(水)成矿系统大类：火山热液型(VMS 型)、浅成低温热液型(MVT 型)、热水沉积型(SEDEX 型)等 3 个成矿系统亚类；③ 沉积成矿系统大类：砂砾岩型成矿系统亚类；④ 叠加改造成矿系统大类：脉状铅锌矿床成矿系统亚类

成矿系列系统论学说和现代成矿理论指导下,以多成因、围岩为主要分类因素,地质流体、成矿环境、成矿条件、地球化学特征等为次要因素,把铅锌矿矿床类型划分为热(卤)水成矿系列、岩浆成矿系列、沉积成矿系列、表生氧化成矿系列等 4 个矿床成矿系列,以及海相沉积岩型(Sedimentary Exhalation,海底喷流(气)沉积,简称 SEDEX)、海相碳酸盐岩型(Mississippi Valley Type,密西西比河谷型,简称 MVT)、海相火山(-沉积)岩型(Volcanogenic Massive Sulfide,海底火山成因的块状硫化物,简称 VMS)、花岗岩型、斑岩型、矽卡岩型、陆相火山岩型、砂(砾)岩型(Sandstone-Hosted Type,简称 SST)、残坡积型、砂矿型等 10 个矿床类型(式)(表 2)。

关于此分类方案,有几点需要说明和注意。

① 本方案分类的层次采用的是“(矿床成矿系列组合→)矿床成矿系列→矿床类型(式)→矿床”的成矿系列序次^[33]。成矿系列学说反映了矿床形成的客观规律和自然过程,揭示了区域内矿床之间的时空和成因关系以及成矿规律,是一种矿床的自然分类。例如,在海相沉积岩型(SEDEX 型)矿床形成过程中可能在其下部岩层局部形成海相碳酸盐岩型(MVT 型)矿床,而 MVT 型矿床形成过程中

也可因局部喷流-沉积作用形成 SEDEX 型矿床,两者是辩证统一的^[49-51],这种组合特征在川-滇-黔低温成矿域大量 MVT 型铅锌矿中发现 SEDEX 型铅锌矿(四川大渡河谷黑区-雪区、宝水溪等)^[52-55]和扬子地台东北缘鄂西地区的研究^[51]中得到了证实,这也说明把 SEDEX 型和 MVT 型矿床按照矿床成矿系列的思想划分入热(卤)水成矿系列是符合实际的。

② 矿床成矿系列的划分遵循以成因和成矿作用为主的原则,而矿床类型(式)的划分以围岩(含矿岩系)和成因为主,地球化学、成矿流体、成矿环境、成矿条件、成矿温度、产状和分带性等特征为辅,关于这些辅助划分因素,本文中不再详细陈述,具体可参见刘瑛等^[2]、郑知一等^[42]、中国矿床编辑委员会^[1]、郭洪中^[21]、戴自希等^[22]、赵云龙^[56]、陈喜峰等^[44]等的分析和总结。矿床类型(式)分类中,传统的岩浆气成热液矿床、高中温矿床类型仍有一席之地,只不过把名称换为更合适的矽卡岩型、花岗岩型矿床。而把海相火山(-沉积)岩型矿床与陆相火山岩型矿床划入不同成矿系列,是因二者在成矿系列、成矿流体、成矿作用、成矿时间、成矿温度上都有差异,如海相火山(-沉

表 2 铅锌矿矿床类型划分新方案

Table 2 New classification scheme of lead-zinc ore deposit

主要类型		矿 床 实 例
矿床成矿系列	矿床类型(式)	
热(卤)水成矿系列	海相沉积岩型 (SEDEX)	四川大渡河谷(黑区-雪区、宝水溪等), 甘肃成县厂坝, 青海柴达木锡铁山(?), 澳大利亚布罗肯希尔(Broken Hill), 加拿大沙利文(Sullivan), 德国腊梅尔斯伯格(Rammelsberg)
	海相碳酸盐岩型 (MVT)	四川汉源团宝山、会东大梁子, 云南会泽麒麟厂, 广东凡口, 美国上密西西比(Upper Mississippi), 加拿大派因波因特(Pine Point), 波兰上西里西亚(Upper Silesia)
	海相火山(-沉积)岩型(VMS)	四川会理小石房, 辽宁清原红透山, 西班牙索提尔(Sotiel), 日本北鹿地区(Hokuroku Region), 加拿大基德克里克(Kidd Creek)
岩浆成矿系列	花岗岩型	湖南桃林, 法国莱马林(Les Marines)
	斑岩型	江西冷水坑, 哈萨克斯坦阿莱格尔(Allegro)
	矽卡岩型	湖南水口山, 美国宾厄姆(Bingham)
	陆相火山岩型	浙江五部, 玻利维亚圣克里斯托巴尔(San Cristobal)
沉积成矿系列	砂(砾)岩型(SST)	广西保安, 云南兰坪金顶(?), 瑞典拉伊斯瓦尔(Laisvall), 德国梅歇尔尼希(Mechernich)
表生氧化成矿系列	残坡积型	四川巴塘纳交系, 美国富兰克林(Franklin)
	砂矿型	贵州赫章樟子厂, 坦桑尼亚姆潘达矿区(Mpanda)

注：(?)表示该矿床类型还存在争议，如：金顶矿床，有研究者认为其是后生充填型层控矿床^[45]或金顶型矿床^[46]；锡铁山矿床，有研究者认为其是火山喷气沉积变质改造型^[47]、MVT 型、火山-沉积岩容矿型(VSHMS 型)^[48]等。国外矿床资料来源于 K. C. 德赫姆^[7]、戴自希等^[22]等。

积)岩型矿床虽受海底火山驱动，但其成矿流体不单是简单的岩浆热液，而是受到海水影响的热(卤)水，成矿作用有沉积作用，成矿温度较低，且大多形成于太古代、古生代，与 SEDEX 型和 MVT 型矿床的成矿环境、成矿作用、成矿时间相似，有一定的成因联系，同属热(卤)水成矿系列范畴。

③矿床类型(式)的分类同时参考了铅锌矿床工业类型划分^[18]，这使分类更符合实际，也促进了铅锌矿床成因类型和工业类型的融合。例如，从目前世界超大型铅锌矿床的数量和储量统计^[22](表 3)来看，热(卤)水成矿系列是最主要的铅锌矿床类型，占主导地位，具重要的经济意义，其中 SEDEX 型和 MVT 型矿床更是占了铅锌资源总量的 2/3 左右。

④ 本方案着眼于最主要和重要的分类因素，

然而实际地质情况却复杂很多，如在铅锌矿类型划分中常涉及到的叠加、改造、变质、脉状、过渡类型矿床等具有争议的问题。因为矿床的形成一般都经历了漫长的地质历史时期，所以不可避免地会受到叠加、改造、变质等作用，同样在工业分类中常出现的脉状矿床，基本在每种成因类型的矿床都可以出现^[11]，所以如果把它们作为一种单独的铅锌矿类型，就显得不太合适，且还容易出现顾此失彼的状况。另外，一个矿床可以由 1 种、2 种、甚至多种成矿作用形成，成矿环境也十分复杂、并非一成不变，这就容易导致(疑似)过渡类型矿床和各种干扰因素的出现，如 SEDEX 型与 MVT 型、SEDEX 型与 VMS 型的过渡，甚至是陆相火山的火山口常形成湖泊，形成类似海洋的环境，造成

表 3 世界超大型铅锌矿床数量和储量统计

Table 3 Statistical number and reserves of super large lead-zinc ore deposits in the world

矿床系列和类型		矿 床		储量(包括已开采量)	
		数量/个	所占比例/%	Pb + Zn/万 t	所占比例/%
热(卤)水成矿系列	SEDEX 型	21	36. 2	29 284	42. 3
	MVT 型	14 (41)	24. 1 (70. 6)	16 150 (50 059)	23. 3 (72. 3)
	VMS 型	6	10. 3	4 625	6. 7
岩浆成矿系列		11	19. 0	7 729	11. 2
沉积成矿系列		5	8. 6	10 937	15. 8
表生氧化成矿系列 + 其他		1	1. 7	513	0. 7
合 计		58	100. 0	69 238	100. 0

注：数据来源于戴自希等^[22]，部分修改；超大型铅锌矿床是指铅锌储量大于 500 万 t；括号内数据为系列内总量或总比例。

陆相火山岩型与 VMS 型过渡或疑似 VMS 型的假象, 对待这些过渡类型矿床和干扰因素应该抓住主导成矿作用进行分类。在铅锌矿矿床类型划分中, 地质作用的复制性是不可回避的, 只有抓住主要因素、兼顾次要因素、排除干扰因素, 才能让矿床类型划分方案切实可行、具有指导意义。

⑤ 本方案主要针对我国的铅锌矿床分类, 对世界范围内的铅锌矿床分类也具有指导意义, 除了极少数特殊成因的铅锌矿床(如深成的非硫化物铅矿床^[22])外, 各种铅锌矿床类型在我国都有发现。

⑥ 本方案只针对目前已经成规模、可工业开采的铅锌资源, 对那些非常规、非传统的铅锌资源未纳入分类, 例如海底和湖底锰结核、红海盆地深处热的矿化沉积物^[22]、多金属矿床中的铅锌资源。

3 结束语

铅锌矿床类型的划分经过两个历史阶段的不断发展, 正逐渐趋于成熟和完善。结合最新发展趋势, 在矿床成矿系列思想指导下, 以多成因、围岩为主要分类因素, 把铅锌矿床分为热(卤)水成矿系列、岩浆成矿系列、沉积成矿系列、表生氧化成矿系列等4个矿床成矿系列及相应的10个矿床类型(式)。这种以系统论为指导的分类方案更符合实际, 扩展了科研和工业生产的思路。

另外, 还应该认识到, 任何一种分类方案都不可能全面概括所有矿床类型, 上述铅锌矿床类型划分方案还存在需要完善的地方, 比如如何更好的解决叠加、改造、变质、脉状、过渡类型矿床等问题, 如何处理非常规铅锌资源的分类问题, 如何更好的指导科研和工业生产等。当然, 在现阶段科学技术水平下, 分类问题应该分清主次, 抓住主要矛盾, 兼顾次要矛盾, 排除干扰, 使分类更简单、实用。完善的铅锌矿床类型划分还需要我们长期的努力。

参考文献:

- [1] 中国矿床编辑委员会. 中国矿床(上册) [M]. 北京: 地质出版社, 1989.
- [2] 刘瑛, 吕凤翔. 我国铅锌矿床成因类型及其时、空分布 [J]. 中国地质科学院南京地质矿产研究所所刊, 1983, 4 (1): 73-84.
- [3] 袁见齐, 朱上庆, 翟裕生, 等. 矿床学 [M]. 北京: 地质出版社, 1987.
- [4] Lindgren W. Mineral Deposits [M]. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc., 1913.
- [5] Niggli P. Abhandlungen zur Praktischen Geologie und Bergwirtschaftslehre [M]. Halle: Knapp 1, 1925.
- [6] Niggli P. Die Systematik der magmatischen Erzlagerstätten [J]. Schw. Min. Pet Mitt., 1941, 21: 161-172.
- [7] 德赫姆 K C. 世界铅锌矿地质 [M]. 北京: 地质出版社, 1959.
- [8] 克列特 B M. 矿床的工业类型 [J]. 地质学报, 1958, 38 (1): 22-62.
- [9] Амирасланов А А. Основные Типы Месторождений Свинца И Цинка [M]. Москва: Госгеолтехиздат, 1957.
- [10] 孟宪民. 中国铅锌矿床的工业类型及其找矿远景 [C] // 第一届全国矿床会议文件. 北京: 中国地质图书馆, 1958.
- [11] 孟宪民. 矿床分类与找矿方向 [C] // 孟宪民. 矿床分类与成矿作用. 北京: 科学出版社, 1963: 1-18.
- [12] 孟宪民, 周圣生, 郑直, 等. 某些金属矿的找矿方向和方法的初步经验 [J]. 地质论评, 1966, 24 (1): 34-41.
- [13] 夏宏远. 中国铅锌矿床工业类型及其分类中的一些问题 [J]. 地质论评, 1959, 19 (8): 347-351.
- [14] 斯拉斯杜申斯基 Г М. 铅锌矿床最重要的工业类型 [J]. 地质论评, 1960, 20 (1): 5-17.
- [15] 郭文魁, 张玉华. 1:3 000 000 中国铅锌成矿规律略图简要说明 [J]. 地质论评, 1959, 20 (1): 17-31.
- [16] Brobst D A, Pratt W P. United States Mineral Resource [M]. Washington D C: US Geological Survey Prof., 1973.
- [17] 涂光炽. 铅锌矿床的成因分类及以碳酸盐建造为主的地层中的找矿问题 [C] // 涂光炽. 涂光炽学术文集. 北京: 科学出版社, 2010, 436-444.
- [18] 中华人民共和国国土资源部. DZ/T 0214—2002, 铜、铅、锌、银、镍、钼矿地质勘查规范 [S].
- [19] 王育民. 试论中国铅锌矿床类型及其基本特征 [J]. 矿床地质, 1983 (1): 21-29.
- [20] 朱上庆, 黄华盛. 层控矿床地质学 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1988.
- [21] 郭洪中. 铅锌矿床类型划分及特征 [J]. 地质地球化学, 1994, 12 (6): 4-8.
- [22] 戴自希, 盛继福, 白治, 等. 世界铅锌资源的分布与潜力 [M]. 北京: 地震出版社, 2005.
- [23] 程裕淇, 陈毓川, 赵一鸣. 初论矿床的成矿系列问题 [J]. 中国地质科学院院报, 1979, 1 (1): 32-58.
- [24] 程裕淇, 陈毓川, 赵一鸣, 等. 再论矿床的成矿系列问题——兼论中生代某些矿床的成矿系列 [J]. 地质论评, 1983, 29 (2): 127-139.
- [25] 陈毓川. 华南与燕山期花岗岩有关的稀土、稀有、有色金属矿床成矿系列 [J]. 矿床地质, 1983 (2): 15-24.
- [26] 陈毓川. 矿床的成矿系列 [J]. 地学前缘, 1994, 1 (3): 90-99.
- [27] 陈毓川. 矿床的成矿系列研究现状与趋势 [J]. 地质与勘探, 1997, 33 (1): 21-25.
- [28] 陈毓川, 裴荣富, 宋天锐, 等. 中国矿床成矿系列初论 [M]. 北京: 地质出版社, 1998.
- [29] 陈毓川, 裴荣富, 王登红, 等. 三论矿床的成矿系列问题 [J]. 地质学报, 2006, 80 (10): 1501-1508.
- [30] 翟裕生. 成矿系列研究问题 [J]. 高校地质学报, 1992, 6 (3): 301-308.
- [31] 翟裕生, 姚书振, 崔彬, 等. 成矿系列研究 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996.
- [32] 翟裕生. 彭润民, 王建平, 等. 成矿系列的结构模型研

- 究[J]. 高校地质学报, 2003, 9 (4): 510-519.
- [33] 陈毓川, 王登红, 朱裕生, 等. 中国成矿体系与区域成矿评价(下册)[M]. 北京: 地质出版社, 2007.
- [34] 於崇文. 成矿作用动力学——理论体系和方法论[J]. 地学前缘, 1994, 1 (3): 54-82.
- [35] 於崇文. 固体地球系统的复杂性与自组织临界性[J]. 地学前缘, 1998, 5 (3): 159-174.
- [36] 李人澍. 成矿系统分析的理论与实践[M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- [37] 翟裕生. 古大陆边缘构造演化和成矿系统[C]//北京大学地质系. 北京大学国际地质科学学术研讨会论文集. 北京: 地震出版社, 1998: 769-778.
- [38] 翟裕生. 论成矿系统[J]. 地学前缘, 1999, 6 (1): 13-27.
- [39] 翟裕生. 地球系统科学与成矿学研究[J]. 地学前缘, 2004, 11 (1): 1-10.
- [40] 翟裕生. 地球系统、成矿系统到勘查系统[J]. 地学前缘, 2007, 14 (1): 172-181.
- [41] 翟裕生, 王建平, 邓军, 等. 成矿系统时空演化及其找矿意义[J]. 现代地质, 2008, 22 (2): 143-150.
- [42] 郑知一, 季绍新, 傅德鑫. 试论中国铅锌矿床成因类型[J]. 中国地质科学院南京地质矿产研究所所刊, 1983, 4 (1): 97-111.
- [43] 杨永强, 翟裕生, 侯玉树, 等. 沉积岩型铅锌矿床的成矿系统研究[J]. 地学前缘, 2006, 13 (3): 200-205.
- [44] 陈喜峰, 彭润民. 铅锌矿床类型划分评析[J]. 化工矿产地质, 2007, 29 (4): 209-214.
- [45] 牟传龙, 余谦. 金顶铅锌矿相关地质问题及成因探讨[J]. 矿物岩石, 2004, 95 (24): 48-51.
- [46] 王安建, 曹殿华, 高兰, 等. 论云南南坪金顶超大型铅锌矿床的成因[J]. 地质学报, 2009, 83 (1): 43-54.
- [47] 郭介人, 任秉琛, 张莓, 等. 青海锡铁山块状硫化物矿床的类型及地质特征[C]//中国地质科学院西安地质矿产研究所文集(20). 北京: 地质出版社, 1987: 1-81.
- [48] 冯志兴, 孙华山, 吴冠斌, 等. 青海锡铁山铅锌矿床类型刍议[J]. 地质论评, 2010, 56 (4): 501-512.
- [49] 颜文, 李朝阳. 热水喷流沉积成矿与地学思维[J]. 地球科学进展, 1993, 8 (2): 40-46.
- [50] 燕长海. 东秦岭铅锌矿成矿系统内部结构[M]. 北京: 地质出版社, 2004.
- [51] 朱建东, 刘源骏, 祝敬明, 等. 扬子地台北缘鄂西铅锌矿成因类型与地学思维[J]. 资源环境与工程, 2008, 22 (3): 281-288.
- [52] 林方成. 论扬子地台北缘层状铅锌矿床热水沉积成矿作用[D]. 成都: 成都理工大学, 2005.
- [53] 李同柱. 大渡河谷中段铅锌矿床成因与成矿模式研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2007.
- [54] 林方成. 四川汉源黑区-雪区层状铅锌矿床典型矿石结构与成因[J]. 矿床地质, 2005, 24 (2): 122-133.
- [55] 林方成. 扬子地台北缘大渡河谷超大型层状铅锌矿床地质地球化学特征及成因[J]. 地质学报, 2005, 79 (4): 540-556.
- [56] 赵云龙. 矿区找矿效果潜力评价与成矿规律及矿床定位预测实务全书[M]. 北京: 中国矿业大学出版社, 2006.

Classification of lead-zinc ore deposit in China

LIN Xiao-xian, HOU Zhong-jian

(College of Earth Science, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: It is a controversial and inconclusive issue about the type division of lead-zinc ore deposit in China. There are two stages in the evolution of classification of lead-zinc mine. The first classification stage is from 1900s to 1960s, based on magma monism, metallogenic temperature and surrounding rock. The second is from 1970s to 2000s, based on surrounding rock (ore-bearing rock series), multiple genesis and geochemistry. Present classification steps into the third stage, based on combined system with multiple genesis, surrounding rock and geochemistry. The system of metallogenic series is used as the guide, and based on mainly multiple genesis and surrounding rock, followed by geological fluid, metallogenic environment, metallogenic conditions and geochemistry. The lead-zinc ore deposit types are divided into four metallogenic series of ore deposit and ten ore deposit types: ① hot water (brine) metallogenic series; includes marine facies sedimentary rocks type (SEDEX), marine facies carbonate rocks type (MVT) and marine facies volcanic (-sedimentary) rocks type (VMS); ② magmatic metallogenic series; includes granite type, porphyry type, skarn type and continental facies volcanic rocks type; ③ sedimento-minerogenetic series; includes sandstone (conglomerate)-hosted type (SST); ④ supergene oxidation metallogenic series; includes elluvial-deluvial type and placer type. The classification scheme of lead-zinc mine reflects objective law and the natural process of ore deposit forming, reveals space-time relations, origin relations and metallogenic regularity of ore deposit in the region, thus benefits the scientific research and industrial production.

Key words: lead-zinc ore deposit; classification; metallogenic series; system theory