

## 金和铜矿床分类研究的过去、现状和未来

聂凤军,刘 勇,刘 妍,张 可

(中国地质科学院矿产资源研究所,北京 100037)



聂凤军,男,1956年6月出生,博士,研究员,博士生导师。1979年毕业于河北地质学院地质系;1982年和1991年先后毕业于中国地质科学院研究生部矿床地质学专业,分别获理学硕士和理学博士学位。1982年至今在中国地质科学院矿产资源研究所从事金属矿床地质学研究,其中1985—1986年在加拿大联邦地质调查局进修矿床地球化学,1991—1993年为挪威奥斯陆大学客座研究员(博士后),1996—1997年为澳大利亚卓比(La Trobe)大学客座教授,1998—1999年为澳大利亚塔斯玛尼亚大学客座研究员。1991年和1994年先后破格晋升为副研究员和研究员。现为中国地质科学院学位委员会委员和职称评审委员会委员,矿产资源研究所学术委员会委员和博士研究生导师,美国经济地质学家协会(SEG)会员,联合国教科文组织国际地球科学计划委员会委员(2009—2012)和国际SCI学术刊物《Resource Geology》资深编委。自1982年以来,先后主持完成国家级、省(部)级和中外合作项目23项,其中国家自然科学基金项目3项,获省(部)级科技成果奖和荣誉奖10项,先后在国内外重要学术刊物上发表学术论文156篇,其中SCI论文19篇,ISTP论文5篇,中文核心期刊论文83篇。目前正在主持一项国家重点自然科学基金项目(项目负责人),一项国家科技支撑项目(课题负责人)和一项国家地质调查项目(工作项目负责人)。

## CLASSIFICATION SCHEME ON GOLD AND COPPER DEPOSITS: Past, present and future

NIE Feng-Jun, LIU Yong, LIU Yan, ZHANG Ke

(Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

**Abstract :** The newly proposed “chessboard” classification scheme of mineral deposits is introduced and commented briefly. Studies show that all the deposit classification schemes vary greatly in their own evidences, principle and methods. Therefore the deposit classification scheme accepted by everyone does not exist at present. Comparison studies indicate that the deposit classification scheme based on geological setting, deposit geology and mineralogy may show the true picture of the mineral deposits. The subdivision of gold and copper deposits corresponds to the common host rock lithologies (magmatic, sedimentary and metamorphic) and mineral assemblages together with ore-controlling structures. A proper deposit classification will be helpful for finding new deposits and enhancing the resources exploitation.

**Key words :** gold deposit; copper deposit; classification of mineral deposits; chessboard classification scheme of mineral deposits; deposit geology; mineralogy

### 1 问题提出

在自然科学研究中,为了阐明无数单独个体的共性和个性,对其开展分类研究极为重要,它可以使十分复杂的结构得以简化进而获取有规律性的结果。有鉴于此,与其他自然科学的分类研究一样,金和铜矿床类型的划分不仅是成矿理论研究的永恒主题之一,

同时也是金和铜矿床成矿规律和找矿勘查方向研究的重要内容<sup>[1-8]</sup>。通过对每一特定地域内金属矿床的分类研究,人们不仅可以对金属矿床的成矿地质特征进行系统的总结,而且可获取大量有关矿床成因的信息,从而为区域性矿产资源调查评价和隐伏矿床找矿勘查提供理论依据<sup>[9-17]</sup>。

收稿日期:2011-04-06。编辑:张哲。

基金项目:国家重点自然科学基金项目(41030421)和地质调查项目(1212010911029)资助。

早在 16 世纪中叶和 20 世纪初期,阿格里柯拉(Agrecola, 1556)、林德伯格(Lindberg)<sup>[1]</sup>、丁文江<sup>[2]</sup>和林格伦(Lindgren)<sup>[3]</sup>就注意到矿床分类在矿床地质学研究中的重要性,并且对各类矿床的类型进行了划分,其中以林格伦<sup>[3]</sup>矿床分类方案影响范围最大。在林格伦<sup>[3]</sup>矿床分类方案发表之后,许多学者从不同的角度采用不同的手段,对各类矿床进行了详尽描述和类型划分,并且提出了各种各样的分类方案。就金和铜矿床来讲,各种分类方案遵循的原则五花八门,主要有:(1)成矿物质来源;(2)成矿大地构造背景;(3)容矿岩石类型;(4)元素组合;(5)岩石建造;(6)矿体产出形态或矿化类型;(7)工业类型。从 20 世纪 20 到 90 年代所发表的有关矿床分类文献来看,大多数学者在进行矿床分类时,要么是以成矿物质来源为基础,兼顾成矿作用和成矿地质条件特点,要么以成矿作用为基础,兼顾围岩特征和工业利用现状<sup>[3, 12, 18-23]</sup>。

总而言之,上述大多数金属矿床分类方案均是以金属矿床成因为基础的矿床分类。需要提及的是,对于某一新开辟成矿区(带)或新发现的金属矿床,如果不进行深入细致的矿床成因研究就很难确定其成因类型。另外,由于人们看问题的角度不同,所持学术观点各异,即便对同一矿床,也会将其归入不同的类型,进而造成矿床分类上的混乱,影响金属成矿理论研究水平的提高和找矿勘查工作的进行。与此同时,也应该看到,受诸多政治、经济和社会因素影响,大量“追风”式模型、概念和论点的出现也妨碍了矿床分类研究的进展,造成了年轻地质工作者基本概念的混乱,影响了众人对矿床地质的兴趣。有鉴于此,有必要对代表性矿床分类研究的过去、现状和未来进行简要论述,对国内外最新提出的矿床分类方案进行介绍,对切实可行的分类原则开展讨论,旨在为成矿理论研究奠定基础,为找矿勘查评价提供依据。

## 2 历史回顾

### 2.1 基本情况

尽管人类开采利用金属矿产资源的歷史非常悠久,但是矿床分类研究一直未能引起人们的重视。16 世纪中期,阿格里柯拉根据矿床的产出部位和几何形态,对其进行了类型划分,并且提出了相应的分类方案。尽管这一分类方案十分简略,地质意义也不是十分清晰,但是它毕竟是矿床学研究史上的第一套分类方案。在此之后,随着科学技术进步和资料数据积累,人们对矿床的成矿作用开始有了初步认识。1934 年,林

格伦<sup>[3]</sup>以成矿作用研究为基础,将自然界中产出的矿床划分为 2 大类,即(1)与机械作用有关矿床;(2)与化学作用有关矿床。与此同时,以成矿物理-化学参数为依据,可进一步将与化学作用有关矿床划分为若干亚类。1929 年,尼格里(Niggli)依据矿床与侵入岩的空间分布关系,对矿床类型进行了划分。1941 年,斯奈德洪以成岩作用与成矿活动关系研究为基础,将矿床划分为 3 种类型,即(1)岩浆岩型;(2)沉积岩型;(3)变质岩型。并且可以进一步细分为若干亚类。与国外同类研究相比,1957 年,谢家荣<sup>[24]</sup>在成矿物来源研究基础上,对我国各类矿床进行了系统调查和研究,并且提出了相应的分类方案。在此之后,南京大学地质系(1973)、成都地质学院(1978)和袁见齐(1984)均对我国矿床进行过系统研究,并且根据各自所掌握的资料数据以及对矿床成因的认识提出了相应的分类方案。无论哪一种分类方案,均或多或少保留有谢家荣<sup>[24]</sup>分类方案的“印迹”。应该说,在各个不同的历史时期,有关矿床分类研究工作均极大地推动了金属矿床成矿理论的发展,为 20 世纪前 70 年间一大批金属矿产地的发现与勘查提供了依据。从历史发展的辩证观点来看,20 世纪 70 年代之前的各类金属矿床分类方案基本代表了这段时间内大多数矿床地质学家对金属矿床成因的认识水平,即所有内生金属矿床均是岩浆热液体系不同演化阶段的产物。这种基于单一成矿作用和成矿物质来源基础上的成因分类方案反映了人们在金属矿床成因认识上的局限性。

20 世纪 70 年代以来,随着高新技术方法在矿床地质研究领域内的广泛应用,金属成矿理论有了长足的进展,金属矿床领域内的学术思想比任何时候都更加活跃,应该说矿床分类研究进入到了一个新的历史阶段。这主要表现在,人们从考虑单一成矿作用扩大到与成矿构造背景、成矿物质来源、地球化学特征和物理化学条件等诸多因素相结合;从以单一岩浆演化分异成矿学说为理论指导到以多源和多阶段成矿理论为指导。也就是说,在进行金属矿床分类过程中,要充分考虑地壳演化过程中多种地质作用对成矿事件的影响,较客观地和完整地反映某类金属矿床的基本地质特征<sup>[8, 15, 17, 25]</sup>。

### 2.2 金矿床分类

早在 20 世纪 50~60 年代,朱夏<sup>[26]</sup>和谢家荣<sup>[27]</sup>根据艾孟斯岩浆热液成矿理论对我国金矿床的成因类型进行过划分。20 世纪 80 年代,毋瑞身<sup>[18]</sup>、程景平等<sup>[28]</sup>、栾世伟等<sup>[12]</sup>和中国地质学会矿床专业委员会贵金属

地质组根据成矿作用方式对我国金矿床进行过分类研究,并且提出了相应的分类方案。郑明华等<sup>[19]</sup>和王鹤年<sup>[29]</sup>以成矿物质来源为基本原则,同样对我国金矿床开展过分类研究,也提出了各自的分类方案。20世纪90年代,涂光炽<sup>[6]</sup>、罗镇宽等<sup>[23]</sup>、陈纪明等<sup>[30]</sup>、韦永福等<sup>[7]</sup>和聂凤军<sup>[15]</sup>以容矿围岩类型为基础,对我国金矿床进行了分类研究,并且提出了相应的分类方案。其中韦永福等<sup>[7]</sup>和聂凤军<sup>[15]</sup>分类方案的基础和原则与迪尔(Dill)的大体相似(图1、2)。韦永福等<sup>[7]</sup>从成矿地质环境研究入手,并且结合容矿围岩类型、形成时代和控矿构造特征,将我国金矿床划分为6大类,即(1)太古宙含金变质岩系中金矿床;(2)太古宙含金浅变质岩系中金矿床;(3)古生代—三叠纪含金沉积岩系中金矿床;(4)显生宙含金花岗杂岩中金矿床;(5)显生宙含金火山岩系中金矿床;(6)中生代含金砂砾(岩)层中金矿床。李景春等<sup>[31]</sup>曾对我国金矿床分类方案研究的现状和存在问题进行过评述,并且提出了建设性改进意见。

### 2.3 铜矿床分类

早在20世纪初期,丁文江<sup>[2]</sup>就对我国铜矿床进行过调查研究,并且将铜矿床划分为5种类型。朱熙人<sup>[33]</sup>也对我国铜矿床类型的划分进行过简要评述。1953年,孟宪民<sup>[34]</sup>对我国铜矿床的产出环境、地质特征和分布规律进行过系统研究,并且对矿床类型进行了系统划分。根据矿床产出形态、元素组合、围岩特点

和成因特点,将铜矿床分为11种类型,即斑岩型、黄铁矿型、层状交代型、接触交代型、多金属含铜型、石英含铜矿脉型、铜—镍型、含铜砂岩型、自然铜型、钛—钽型和铜—钴型。谢家荣<sup>[24]</sup>将我国铜矿床划分为岩浆矿床、表生矿床和变质矿床3个主类,6个亚类和22式。郭文魁<sup>[35]</sup>把我国铜矿床划分为8种工业类型,即东川式层状铜矿、细脉浸染型铜矿、接触交代夕卡岩型铜矿、黄铁矿型铜矿、脉状及复脉带型铜矿、铜镍矿床、含铜砂页岩和安山玄武岩中之铜矿床。郭文魁<sup>[10]</sup>进一步将我国铜矿床划分为6类,即与海相火山作用有关的铜矿床、与基性—超基性岩有关的铜镍硫化物矿床、与中酸性火山岩—深成杂岩或侵入岩有关的斑岩型铜矿床、与中酸性侵入岩有关的夕卡岩型铜矿床及陆相沉积作用为主的铜矿床和与海相沉积作用有关的铜矿床(层状铜矿)。王之田等<sup>[36]</sup>、李朝阳等<sup>[37]</sup>和黄崇轲等<sup>[16]</sup>均从不同角度,根据各自所掌握的地质证据对我国铜矿床进行过系统研究,并且提出了相应的分类方案。一般来讲,国外学者大多将铜矿床划分为7种类型,即斑岩型(图3)、黄铁矿型(火山沉积型)(图4)、砂页岩型(图5)、铜—镍硫化物型、夕卡岩型、脉型和自然铜型。

### 3 存在问题

众所周知,在区域地壳演化历史中,强烈的岩浆活动、多期的沉积作用和特殊的变质效应均有可能导致某些成矿元素发生迁移、富集和沉淀,并且在特殊的构

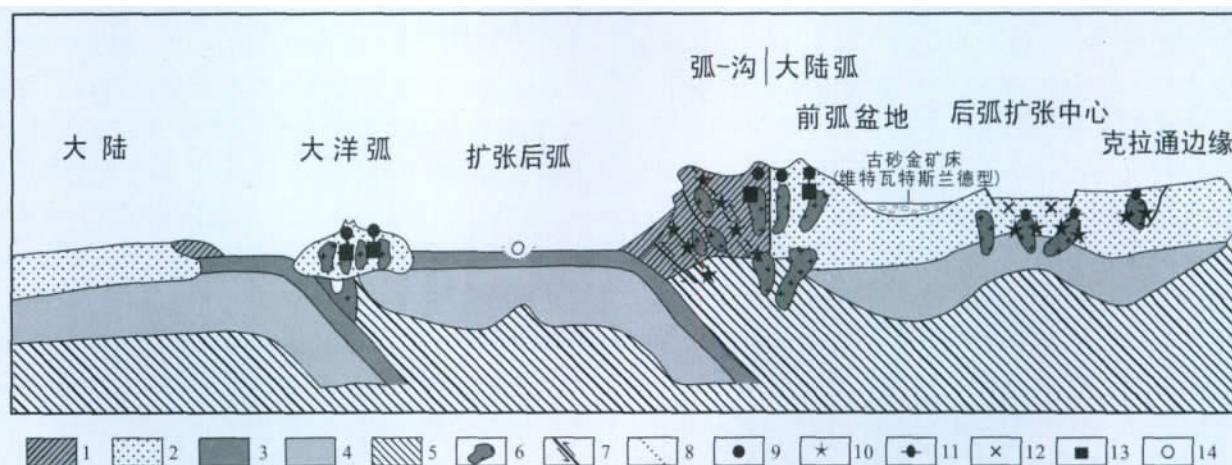


图1 金矿床产出的大地构造环境  
(引自 Groves et al., 2003)

Fig. 1 Geodynamic setting of various gold deposits  
(from Groves et al., 2003)

1—年轻增生地体(younger accreted terranes);2—古老增生地体(older accreted terranes);3—洋壳(oceanic crust);4—岩石圈(subcrustal lithosphere);5—软流圈(asthenosphere);6—花岗岩(granitoid);7—挤压性断层(compressional fault/thrust);8—拉张性断层(extensional fault);9—浅成低温热液金矿床(epithermal Au);10—造山型金矿床(orogenic Au);11—与侵入岩有关金矿床(intrusion-related Au);12—卡林型金矿床(Carlin-style Au);13—斑岩型+夕卡岩型铜—金—钼矿床(porphyry Cu—Au—Mo ± skarns);14—火山岩型铜—金硫化物矿床(VMS Cu—Au)

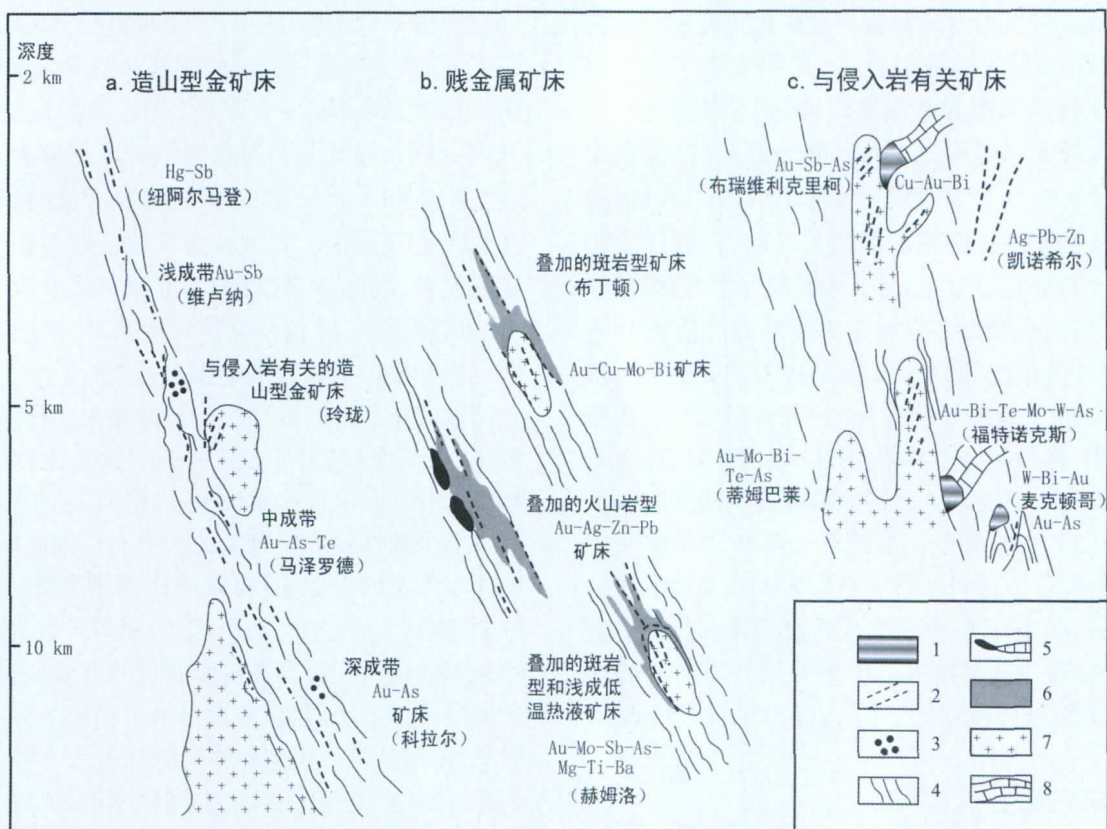


图 2 造山型金矿床、与侵入岩有关金矿床和贱金属矿床产出环境

(引自 Groves et al., 2003)

Fig. 2 Schematic map showing the geological setting of the orogenic gold deposits, base-metal deposits and intrusion-related gold deposits

(from Groves et al., 2003)

1—交代型矿化(mineralization: replacement); 2—脉状矿化(mineralization: veins); 3—浸染状矿化(mineralization: disseminated); 4—断层/剪切带(fault/shear zones); 5—块状硫化物/燧石(massive sulfide/chert); 6—早期热液蚀变带(per-existing alteration); 7—花岗岩(granitoid); 8—灰岩(limestone)

造部位形成具有工业价值的矿床。考虑到矿床的形成过程十分复杂,因此,成矿模式和矿床分类均是矿床学中尚未攻克的“难题”。从客观条件上看,金和铜矿床的成矿作用十分复杂。各个矿床无论在产出环境、地质特征、空间分布上,还是在矿物组分、元素组合和形成作用上均存在各种各样差别。另外,当前技术手段和研究水平尚不能达到全方位认识成矿作用本质的高度。在主观认识上,各个研究者无论在资料数据积累和知识结构上,还是在其采用的分类原则和分类方法上均不相同。另外,研究者所掌握的地质事实还不够充分,看问题的角度还存有偏差。受上述诸多因素影响,人们很难在矿床分类上达成共识,故为大多数人所接受的矿床分类方案较为少见。

在矿床分类研究过程中,部分学者将成矿作用方式看作是确定某个或某一类矿床分类规律的标尺,另外一部分人认为成矿物质来源能够反映成矿作用的本质。基于对成矿作用和物质来源的认识,他们提出了各种矿床分类方案。尽管以成矿作用和物质来源为

基础的分类研究取得了一定的进展,为丰富成矿理论研究内容和指导找矿勘查评价工作发挥了一定作用,但是这种矿床分类方案也存在着许多难以回答的问题。就变质热液金矿床来讲,此类矿床在华北陆台、扬子地台和塔里木地台分布广泛,并且具有重要工业价值。这类金矿床既可以在太古宙高级变质岩块体内产出,也可以在元古宙浅变质火山岩或沉积岩内出现,还可以在显生宙火山岩和侵入岩内分布。野外地质调查结果表明,就某一处代表性变质热液金矿床而言,前寒武纪各类岩(体)层变质效应、古生代韧-脆性变形作用和中新世多期次岩浆活动均会对矿床的形成产生过特定的影响。考虑到上述金矿床的成矿作用具有多阶段性、多来源性特点,因此,容矿围岩、矿石矿物和热液蚀变带在形成时间上也应该存在有一定的间隔。对于同一处变质热液金矿床来讲,有的学者将其视为改造热液金矿床,也有的学者却将其看作是岩浆热液矿床。根据多解性分析数据和有争议的热液来源判据,对矿床进行类型划分,必然会导致矿床分

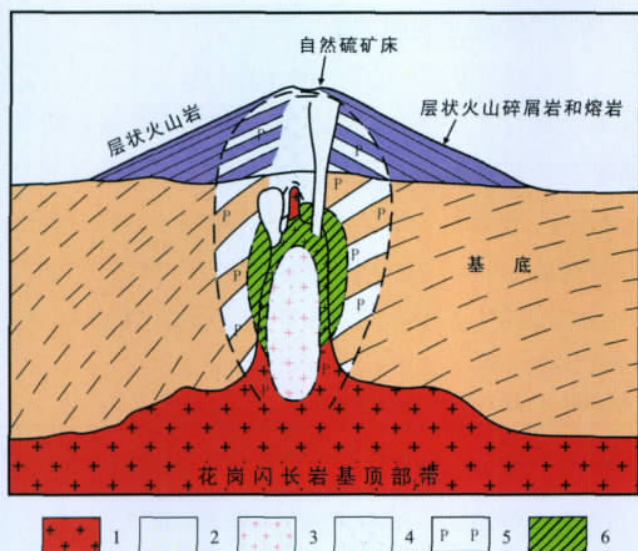


图3 代表性斑岩型铜矿床成矿模式

(引自 Guilbert et al., 1986; Sillitoe, 1993)

Fig. 3 Ore-forming model of typical porphyry copper deposits

(from Guilbert et al., 1986; Sillitoe, 1993)

1—斑岩株及下伏岩基 (porphyry stock and underlying batholith); 2—热液角砾岩 (hydrothermal breccia); 3—钾化带 (potassic zone); 4—硅化和进泥化带 (silicification and advanced argillic alteration); 5—青磐岩化带 (propylitic alteration); 6—千枚岩化带 (phyllic zone)

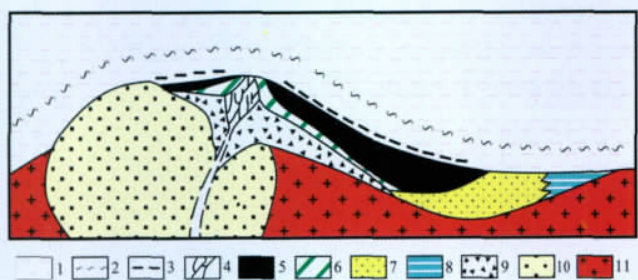


图4 活动大陆边缘火山岩型块状硫化物铜-铅-锌矿床 (黑矿型和黄矿型)

(引自 Dill, 2010)

Fig. 4 Volcanic massive sulfide Cu-Pb-Zn deposits (Kuroko- and Oko-type) occurring along active continental margins (from Dill, 2010)

1—长英质凝灰岩 (felsic tuffs); 2—含铁燧石带 (Fe-bearing chert zone); 3—重晶石矿床 (barite deposit); 4—网脉状矿化 (stockwork mineralization); 5—黑矿型矿石: 方铅矿、闪锌矿、重晶石 (Kuroko/black ore: galena, sphalerite, barite); 6—黄矿型矿石: 黄铁矿-黄铜矿 (Oko/yellow ore: pyrite-chalcopryrite); 7—石膏 (gypsum); 8—黏土 (clay); 9—爆发角砾岩 (explosive breccia); 10—流纹岩穹隆 (rhyolite dome); 11—酸性凝灰角砾岩 (acid tuff breccia)

类的不确定性。也就是说, 持不同成因观点的学者会将同一类矿床划分为不同的类型, 或者随着认识的改变将其再归入到另外一种类型。同样, 对于以成矿物质来源为划分原则的分类方案, 韦永福等<sup>[7]</sup>指出, 这类分类方案难以让大家所接受和利用的主要原因有: (1) 分析

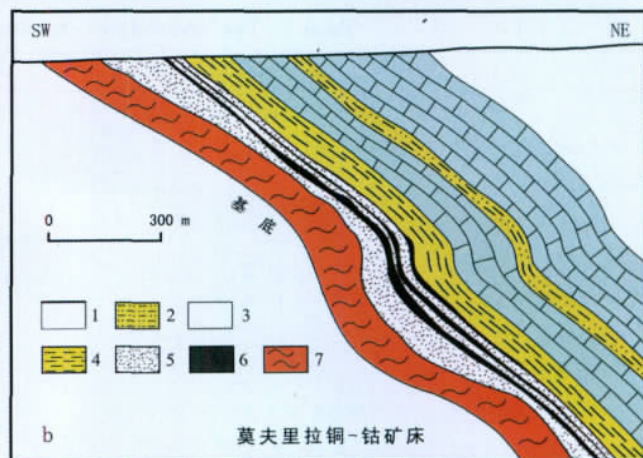
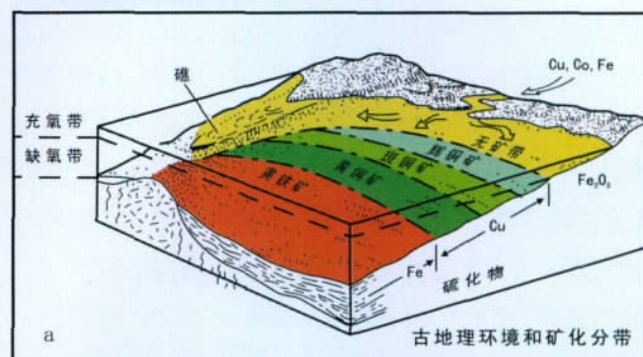


图5 赞比亚变质沉积岩为容矿围岩铜-钴矿床

(引自 Fleischer et al., 1976)

Fig. 5 Cu-Co deposits hosted by metamorphosed sedimentary rocks in the Zambian Belt

(from Fleischer et al., 1976)

a—受沉积环境和通道形态影响的矿物分带 (metal zonation as function of the paleo-environment and bathymetry); b—含矿层位的岩相学剖面 (lithological cross section through the ore-bearing series); 1—上部白云岩层 (upper dolomite); 2—页岩和石英岩互层 (interbedded shale and quartzite); 3—中间白云岩层 (intermediate dolomite); 4—顶板 (hanging wall formation); 5—矿化带 (ore formation); 6—矿石 (ore); 7—片岩 (schist)

测试技术条件尚不能满足矿床分类研究的要求 (2) 很难迅速和准确判定成矿物质来源 (3) 同一处矿床可能包含有多种来源物质。另外, 需要指出的是, 任何一位科学家在某一特定年代所提出的矿床分类均是对这一时期人们对成矿作用认识的概括。随着新的地质事实和新的分析数据不断出现, 原有矿床分类的缺陷就会凸现出来, 并且受到人们的质疑, 因此, 与其他自然科学一样, 矿床分类研究历史就是这样一种“波浪式”起伏前进的过程。

长期的成矿理论研究和找矿勘查评价实践表明, 那些基于“时尚”概论而提的分类方案除了哗众取宠之外, 均不可能具有较长的生命力, 只是过眼“浮云”。尽管随着时间推移, 找矿技术方法进步和数据资料的积

累 ,任何概念和模型均会发生不同程度的变化 ,但是下述 3 方面的地质实事却是相对稳定的 ,即 (1)矿床的容矿围岩或主岩的类型 (2)含矿构造形迹的空间分布形态 (3)矿石所含的主要矿物和元素组合. 有鉴于此 ,根据矿床容矿围岩或成矿主岩、控矿构造和矿物种类及元素组合对矿床类型进行划分 ,不涉及到有争议的成因要素 ,分类依据明确 ,是一条行之有效的途径.

4 矿床“棋盘式”分类方案

考虑到野外找矿勘查评价工作与日常生活中人们下棋活动存在有许多相似之处 ,迪尔<sup>[17]</sup>在矿床地质学和矿物学研究基础上 ,提出了矿床“棋盘式”分类方案 (见表 1). 需要提及的是 ,矿床的容矿围岩、成矿主岩、控矿构造、矿石矿物和元素组合是矿床“棋盘式”分类的基础. 迪尔以成矿主岩和控矿构造参数为横坐标 ,以

表 1 金和铜矿床“棋盘式”分类方案  
Table 1 The “chessboard” classification scheme of gold and copper deposits

| 金矿床                          | 铜矿床                              |
|------------------------------|----------------------------------|
| 岩浆岩型金矿床(图 1)                 | 岩浆岩型铜矿床                          |
| 1 火山岩型块状硫化物型矿床(VMS)          | 1 镁铁质-超镁铁质侵入杂岩体内铜-铂族元素-镍矿床       |
| 1.1 黑矿型(图 4)                 | 2 绿岩带内超镁铁质火成岩铜-镍矿床               |
| 1.2 比子型和乌拉尔型                 | 3 层状金属矿床内的铜-铂族元素-镍矿床(管)          |
| 1.3 塞浦路斯型                    | 4 裂谷带火山岩内铜-铂族元素-镍矿床              |
| 1.4 伊比利亚型                    | 5 火成碳酸岩内铜矿床                      |
| 1.5 绿岩带型                     | 6 镁铁质火山岩(含红层)中的自然铜矿床             |
| 1.6 中-高级变质岩地体内矿床             | 7 火山岩和火山碎屑岩内囊状铜矿床                |
| 2 与超镁铁质火成岩有关的滑石菱镁片岩型金矿床      | 8 浅成高-和低-硫化物型铜-金-银矿床             |
| 3 与长英质侵入岩有关的金矿床(IRG)         | 9 与碱性侵入岩有关的金-银-碲-铜矿床(脉状)         |
| 4 斑岩型和角砾岩型矿床(铜-金-钼组合)        | 10 斑岩型铜矿床(同岩浆角砾岩管)               |
| 4.1 钙-碱质斑岩型铜-金-钼矿床(包括含角砾岩管)  | 10.1 钙-碱质斑岩型铜-金-矿床和铜(钼)矿床(角砾岩管)  |
| 4.2 碱质斑岩型铜-金矿床               | 10.2 碱质斑岩型铜-金或铜矿床                |
| 5 夕卡岩型金矿床                    | 11 夕卡岩型铜矿床                       |
| 6 浅成高和低硫化物型铜-金-银矿床           | 12 火山岩型块状硫化物矿床(VMS)              |
| 6.1 高硫化物型/石英-明矾石型金-银-铜矿床     | 12.1 黑矿型                         |
| 6.2 低硫化物型/冰长石型金-银矿床          | 12.2 比子型/阿比提比型/乌拉尔型              |
| 6.3 热泉型金矿床(硅质泉华)             | 12.3 塞浦路斯型/大西洋型                  |
| 7 低硫化物型锰-金-银-铁-钒-氟矿床         | 12.4 伊比利亚型                       |
| 8 与碱性火成岩有关的金-银-碲矿床           | 12.5 未知中-高级变质地体内矿床               |
| 9 碳酸盐为容矿围岩的金-银矿床(卡林型)        | 13 杏仁玄武岩内绿松石矿床                   |
| 10 含铜-磷-稀土元素-铀-钍(金-铂族元素)蛭石矿床 | 与构造有关的铜矿床                        |
| 与构造有关的金矿床                    | 14 与不整合面有关的氧化物型铜矿床和脉状硒矿床         |
| 11 造山型金矿床(图 2)               | 15 与推覆构造有关的脉状铜多金属矿床              |
| 12 铁氧化物型铜-金-银-铀矿床(IOCG)      | 16 奥林匹克坝型铜-铀-金-稀土元素-铁矿床          |
| 沉积岩型金矿床                      | 沉积岩型铜矿床                          |
| 13 红土型-腐岩型金-(铂族元素-锡)-铁-铝-锰矿床 | 17 沉积岩为容矿围岩的铜-铁硫化物矿床(SEDEX)      |
| 14 砂金和铂族元素矿床                 | 18 砂岩为容矿围岩铜矿床(SHSCD)             |
| 15 古砂金-铀(铂族元素-钍)矿床(砾岩型)      | 18.1 硫化物型铜矿床                     |
| 16 含金条带状铁建造(BIF)             | 18.2 非硫化物型铜矿床                    |
| 17 含金黑色页岩                    | 19 页岩为容矿围岩铜矿床                    |
| 18 含金煤层                      | 19.1 库菲尔斯彻费尔型                    |
| 变质岩型金矿床                      | 19.2 铜-钴矿成矿带(图 5)                |
| 19 韧性剪切带内金-砷-汞-铋-碲矿床         | 20 次生富集蚀变带和页岩中的绿松石-孔雀石蓝铜矿-硅孔雀石矿床 |
|                              | 21 灰岩内铜矿床(含汞-铋-锗-铟-铅)            |

据 Dill ,2010.

有用矿物和元素组合为纵坐标, 构筑了一张矿床分类“网”, 并且将不同类型的矿床放在特定的“网格”内. 沿着横坐标, 所看到的是各种类型的成矿主岩和不同形式的控矿构造, 同时, 沿着纵坐标看到是各种各样的矿物(或元素)组合, 每一种成矿主岩或控矿构造均与每一种矿物(或元素)组合对应, 其交会处即是某一处特定的矿床类型. 另外, 根据上述矿床“棋盘式”分类表, 人们不仅可以对已知矿床进行类型划分, 而且可以对未知矿床进行预测.

5 我国学者关于金和铜矿床的分类方案

我国学者关于金和铜矿床的分类方案多达 30 种之多, 受篇幅所限, 这里仅以聂凤军<sup>[15]</sup>关于我国金矿床和黄崇轲等<sup>[16]</sup>关于中国铜矿床分类方案(表 2)为例, 说明我国学者对金和铜矿床分类的认识.

表 2 部分学者关于我国金和铜矿床的分类方案

Table 2 Classification schemes for gold and copper deposits in China

| 金矿床(Nie, 1997)       | 铜矿床(黄崇轲等, 2001)                  |
|----------------------|----------------------------------|
| 1 太古宙高级变质岩为容矿围岩的矿床   | 1 与基性、超基性侵入岩有关的岩浆熔离型矿床           |
| 2 元古宙变质火山-沉积岩为容矿围岩矿床 | 2 与中酸性浅成、超浅成侵入岩有关的斑岩型铜矿床(图 3)    |
| 3 与显生宙侵入岩有关矿床(图 2)   | 3 与中酸性浅成、超浅成侵入岩有关的接触交代型(夕卡岩型)铜矿床 |
| 3.1 与钙-碱性花岗岩有关矿床     | 4 与海相火山喷发-沉积作用有关的海相火山气液型铜矿床(图 4) |
| 3.2 与碱性侵入岩有关矿床       | 5 与陆相火山作用有关的陆相火山气液型铜矿床           |
| 3.3 与超镁铁质侵入岩有关矿床     | 6 热液型铜矿床                         |
| 3.4 夕卡岩型矿床           | 7 海相沉积岩型铜矿床(图 5)                 |
| 4 显生宙火山岩为容矿围岩的矿床     | 8 陆相沉积岩铜矿床                       |
| 4.1 次火山岩型矿床          | 9 受变质型铜矿床                        |
| 4.2 火山岩型矿床           |                                  |
| 4.3 蛇绿岩型矿床           |                                  |
| 5 显生宙沉积岩为容矿围岩的矿床     |                                  |
| 5.1 碳质碎屑岩型矿床         |                                  |
| 5.2 碳酸盐型矿床           |                                  |
| 6 与铁帽有关矿床            |                                  |
| 7 砂金矿床               |                                  |

6 未来展望

如前所述, 金和铜矿床分类工作是国际矿床地质学研究中的“难点”问题和前沿课题. 从我国地质科学发展历史看, 金和铜矿床的分类研究也是在“波浪式”进步之中. 早在建国初期, 我国学者受林格伦和艾孟斯岩浆热液成矿理论影响, 大都以单一的岩浆热液学说

为基础对金和铜矿床进行类型划分. 这个时期所提出的分类方案大体可以划分为 2 大类: (1)对矿床的地质特征进行一般性描述, 并且对它们的成矿作用进行一般性讨论, 在此基础上, 对矿床类型进行划分; (2)选择一组有成因关系的矿床或某一类矿床(如铜矿床), 对此类矿床地质特征和成矿作用进行详细研究, 并且提出相对应的分类方案. 尽管上述分类方案存在这样或那样的问题, 但是将矿床成因概念直接用于矿床分类研究无疑是一大进步. 20 世纪 80 年代之后, 随着现代科学技术的发展和数据资料的海量积累, 罗伯特等(Roberts et al.)<sup>[40]</sup>和科克姆等(Kirkham et al.)<sup>[22]</sup>开始尝试以成矿模式为依据对各类矿床进行类型划分. 更有部分学者根据巴恩斯(Barnes)<sup>[41]</sup>和亨利等(Henley et al.)<sup>[42]</sup>所编著的有关热液矿床地球化学教材对矿床进行类型划分, 进而将一门实践性很强的矿床学分支学科引入到一处“看不见, 摸不着”的境地, 严重脱离了矿床分类研究的初衷. 为了能够使矿床学分类研究回归“正道”, 以成矿环境研究为基础, 以矿床容矿围岩、矿物(或元素)组合和控矿构造为原则的矿床分类方案开始受到人们的青睐. 鉴于此种分类方案既不卷入成因类型的争论, 又能顾及到矿床的实地情况, 还可以与国外同类矿床相对比, 因此, 这种以矿床地质为分类原则的矿床分类方案无疑是一种简便实用和切合实际的分类标尺. 需要指出的是, 不同的岩体或地层内可能产出同一种类型的金或铜矿床, 而不同类型的金或铜矿床也许会出现在同一种岩体或地层内, 因此, 仅仅根据矿床的产出环境和容矿围岩(或成矿主岩)以及控矿构造对矿床进行类型划分也不能够全面反映此类矿床地质特征. 近几年来, 我国地质工作者参照西方学者矿床分类思想, 对我国的金和铜矿床进行了系统的分类研究. 除了以成矿环境为基础, 将容矿围岩(或成矿主岩)、矿物(或元素)组合和控矿构造为准则外, 还将开发利用的参数也考虑进来, 对金和铜矿床类型进行精细划分. 尽管上述矿床分类方案尚不十分完善, 但是从我国金和铜矿床研究现状和当前科学技术发展水平来考虑, 此种矿床分类方法可靠性和实用性特点十分明显. 鉴于在当前经济和技术条件下, 尚很难根据成矿作用方式和成矿物质来源对矿床的类型进行划分, 因此, 只能以成矿环境、容矿围岩、成矿主岩、控矿构造和矿物(或元素)组合以及热液蚀变特征为参数提出切合地质实际的矿床分类方案, 进而丰富成矿理论研究水平, 指导隐伏矿床找矿勘查工作的顺利进行.

## 参考文献：

- [1] Lindberg W. A suggestion for the terminology of certain mineral deposits [J]. *Economic Geology*, 1922(17): 292—294.
- [2] 丁文江. 中国官办矿业史略[M]. 上海: 商务印书馆, 1927.
- [3] Lindgren W. *Mineral deposits* [M]. New York: John Wiley and Sons, 1934.
- [4] 夏湘蓉, 等. 中国古代矿业开发史[M]. 北京: 地质出版社, 1980: 1—442.
- [5] Guilbert J M, Park C F. *The geology of ore deposits* [M]. New York: W.H. Freeman and Co. 1986: 1—985.
- [6] 涂光炽. 我国原生金矿类型的划分和不同类型金矿的远景剖析[J]. *矿产与地质*, 1990, 4(15): 1—42
- [7] 韦永福, 吕英杰, 江雄新, 等. 中国金矿床[M]. 北京: 地震出版社, 1994: 1—328.
- [8] 聂凤军, 江思宏, 张义, 等. 中蒙边境地区斑岩型铜矿床地质特征及成因[J]. *矿床地质*, 2004, 23(2): 176—188.
- [9] Bateman A M. *Mineral deposits* [M]. New York: John Wiley and Sons, 1950: 1—916.
- [10] 郭文魁, 常印佛, 黄崇珂. 我国主要类型铜矿成矿和分布的某些问题[J]. *地质学报*, 1978, 52(3): 169—181.
- [11] Boyle R W. The geochemistry of gold and its deposits [J]. *Geological Survey of Canada Bulletin*, 1979, 280: 1—584.
- [12] 栾世伟, 等. 金矿床地质及找矿方法[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1987: 1—435.
- [13] 中国矿床编委会. 中国矿床(上册)[M]. 北京: 地质出版社, 1994: 35—113.
- [14] 中国矿床编委会. 中国矿床(中册)[M]. 北京: 地质出版社, 1994: 189—266.
- [15] NIE Feng-Jun. An overview of gold resources of China [J]. *International Geology Review*, 1997, 39: 55—81.
- [16] 黄崇珂, 白冶, 朱裕生, 等. 中国铜矿床[M]. 北京: 地质出版社, 2001: 1—705.
- [17] Dill H G. The “chessboard” classification scheme of mineral deposits: Mineralogy and geology from aluminum to zirconium [J]. *Earth-Science Reviews*, 2010, 100: 1—420.
- [18] 毋瑞身. 我国金矿床的主要成因类型及找矿方向几个问题的探讨[J]. *中国地质科学院院报: 沈阳地质矿产研究所分刊*, 1980(1): 20—40.
- [19] 郑明华, 张斌, 张占鳌, 等. 中国金矿床类型的初步划分[J]. *成都地质学院学报*, 1983(1): 27—42.
- [20] 朱奉三. 中国金矿床成因类型的划分及基本特征[J]. *黄金*, 1989(6): 11—19.
- [21] 朱奉三. 加强金矿床模式研究与应用的意义和设想[J]. *地质与勘探*, 1989(7): 28.
- [22] Kirkham R V, Sinclair W D, Thorpe R I, et al. Mineral deposit modeling [A]//*Geological Association of Canada Special Paper* 40, 1993: 1—770.
- [23] 罗镇宽, 关康, 王曼祉, 等. 中国金矿床概论[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1993: 1—308.
- [24] 谢家荣. 中国铜矿的分类、分布及普查勘探方向[J]. *地质论评*, 1957, 17(1): 2—21
- [25] 赵明, 曹新志. 矿床分类的历史及初步认识[J]. *地质找矿论丛*, 2009, 24(2): 101—105.
- [26] 朱夏. 中国的金[M]. 上海: 商务印书馆, 1953: 1—80.
- [27] 谢家荣. 成矿理论与找矿[J]. *中国地质*, 1961(12): 13—33.
- [28] 程景平, 王秀璋. 对我国金矿床类型划分的讨论[J]. *地质地球化学*, 1987(12): 160—165.
- [29] 王鹤年. 金的赋存形式及其有关地球化学问题[J]. *矿物岩石*, 1982(1): 84—95.
- [30] 陈纪明. 中国金矿床类型的划分[J]. *黄金地质*, 1990(3): 1—8.
- [31] 李景春, 李兰英. 对中国金矿床成因分类的评述[J]. *地质与资源*, 2001, 10(1): 42—45.
- [32] Groves D I, Goldfarb R J, Robert F, et al. Gold deposits in metamorphic belts: Overview of current understanding, outstanding problems, future research, and exploration significance[J]. *Economic Geology*, 2003, 98: 1—29.
- [33] 朱熙人. The Genesis of some copper deposits in western Szechuan[J]. *地质学报*, 1935(2): 255—278.
- [34] 孟宪民. 中国铜矿的分布情况及其勘探方向[J]. *地质学报*, 1953(1): 52—60.
- [35] 郭文魁, 付同泰. 我国铜矿工业类型及分布规律[J]. *中国地质*, 1959(1): 39—42.
- [36] 王之田, 秦克章, 张守林. 大型铜矿地质与找矿[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1994: 1—162.
- [37] 李朝阳, 徐贵忠, 胡瑞忠, 等. 中国铜矿主要类型特征及其成矿远景[M]. 北京: 地质出版社, 2000: 1—10.
- [38] Sillitoe R H. Epithermal models: Genetic types, geometric controls and shallow features [A]// *Ore deposits modeling*. Geological Association of Canada, Special 40, 1993: 403—417.
- [39] Fleischer V D, Garlick W G, Haldane R. Geology of the Zambian copper belt-Mufulira Mine, Zambia [A]//Wolf K H, Ed. *Handbook of Strata-bound and Stratiform Deposits*: II. Regional Studies and Specific Deposits. Amsterdam: Elsevier, 304—323.
- [40] Roberts R G, Sheahan P A. Ore deposit models[A]//*Geoscience Canada Reprint Series* 3, 1988: 1—194.
- [41] Barnes H L. *The Geochemistry of hydrothermal ore deposits* (3rd ed) [M]. New York: John Wiley and Sons, 1997: 1—972.
- [42] Henley R W, Truesdell A H, Barton P B. Fluid-mineral equilibria in hydrothermal systems [J]. *Reviews in Economic Geology*, 1984(1): 1—267.