

云南超大型矿床的形成特征

罗君烈

(云南省地质矿产厅)

1 超大型矿床的界定

加拿大P·拉兹尼卡根据矿量富集指数——指矿床中有经济价值的金属的矿量与该金属在地壳中平均含量之比来界定大型、超大型矿床。其认为矿量富集指数超过 10^{11} 为大型矿床,超过 10^{12} 为超大型矿床。按此标准,全球大型矿床才80个,超大型矿床45个。很明显,此界定标准偏高。

按我国统一规定的大型矿床标准,计算其矿量富集指数为 10^8 — 10^{11} 之间,其中除Sb为 10^{11} 和S、Al、K为 10^8 外,大部分为 10^9 — 10^{10} 。

涂光炽先生认为按大型矿床下限的3—5倍,便可划入超大型矿床,我们认为涂光炽的意见比较符合中国的实际。

2 云南超大型矿床的经济地位

大型以上矿床数量虽少,但其储量比重极大,经济地位十分重要。按探明(含已控制)储量计算,大型矿床所占比重的排列次序为:萤石100%,铀98%,化肥用蛇纹石97.39%,镉97.04%,芒硝93.9%,石膏93.45%,磷93.3%,锡90.14%,盐89.3%,砷86.71%,锑84.95%,铟83.46%,锆82.6%,晶质石墨81.77%,钨81.71%,压电水晶78.53%,铅锌73.76%,铁67.16%(其中富铁矿49.67%),金65.71%,铜63.39%,铂62.61%,煤62.46%,银61.3%,镍60.19%,砂钛矿59.78%,独居石55.61%,锆49.18%,硫铁矿18.99%。

云南的超大型矿床(按矿田为单位计算),有10处。即大红山铜铁矿、东川铜矿、老王寨金矿、个旧锡矿、白牛厂银多金属矿、都龙锡多金属矿、金顶铅锌矿、滇池(昆阳为主)磷矿、勐腊岩盐矿、墨江硅酸镍矿。靠近云南周边的西藏、四川、贵州还有玉龙铜矿、呷村铅锌矿、攀枝花铁矿、六盘水煤矿等4处。云南超大型矿床所占的储量比例也很高。其中,铀占98%,镉97.04%,锆82.6%,锡82.13%,岩盐69.79%,铅锌67.19%,镍60.19%,铜57.61%,银52.63%,金51.74%,磷50.83%,铁17.16%(其中富铁矿占66.36%)^①。

3 大型、超大型矿床矿量富集的指数模式

矿量富集指数实际上包括了两部分。首先是从克拉克值到地区背景值再富集到最低工业品位,才能构成矿石,作者称之为浓集指数(注:据地质辞典,边界品位与克拉克值之比值

① 大型规模按矿床为单位计算,超大型按矿田计算,两者储量所占比例有差别。

称浓集系数。为实用起见,本文采用最低工业品位与克拉克值之比并以 10^c 来表示,C改称浓集指数)。其次是达到浓集指数的矿石从矿点向小型、中型、大型、超大型聚集,作者称之为矿量指数。两者乘积,即指数相加,则为矿量富集指数。其公式为:

$$10^Q = 10^C \times 10^V = 10^{C+V}$$

式中, Q 为矿量富集指数, C 为浓集指数, V 为矿量指数

笔者曾对云南省内24种主要矿产(以金属为主)的浓集指数和矿量指数详细进行了计算,用统计方法得出各类矿产形成大型矿床(注:大型矿床规模的下限按全国地质资料局规定的统一标准)七种常见的矿量富集的指数模式:

- (1) $Q=11, C=3, V=8$, 即 10^{3+8} 模式, 有 W、Sb;
- (2) $Q=10, C=2, V=8$, 即 10^{2+8} 模式, 有 Cu、Mo、Nb;
- (3) $Q=10, C=3, V=7$, 即 10^{3+7} 模式, 有 Pb、Zn、Sn、Ag、Be;
- (4) $Q=9, C=1, V=8$, 即 10^{1+8} 模式, 有 Fe、Co、P;
- (5) $Q=9, C=2, V=7$, 即 10^{2+7} 模式, 有 Mn、Ti、Ta;
- (6) $Q=9, C=3, V=6$, 即 10^{3+6} 模式, 有 Cr、Hg、Au、Pt、Pd;
- (7) $Q=8, C=1, V=7$, 即 10^{1+7} 模式, 有 Al、K、S。

上述模式说明,一般非金属矿产以 10^{1+7} 模式为主;黑色金属矿产以 10^{2+7} 模式为主;主要有色金属矿产以 10^{3+7} 模式为主;贵金属矿产以 10^{3+6} 模式为主。换言之,浓集指数对有色金属、贵金属的要求高(10^3),黑色金属次之(10^2),非金属最低(10^1);矿量指数除对贵金属要求 10^6 稍低外,其它都是 10^7 左右。

表现在超大型矿床上,浓集指数不变,只是矿量指数提高3—5倍,即 $3 \times 10^V - 5 \times 10^V$ 。

4 云南超大型矿床形成的几个重要因素

上述超大型矿床在作者的其它文章中已分别叙述了其成矿特征及所属的成矿系列、成矿模式,在这里只对其形成主要地质背景和某些共点进行概括。

(1) 矿床的形成在时间上、平面分布上及定位深度上十分不均一。成矿作用是与沉积、火山、岩浆、变质、构造作用虽有密切联系但又有别于它们的一种独立作用,在很大程度上,成矿作用又是以上各类地质因素综合“杂交”的产物。矿产的形成空间比之各类构造岩浆带(火山岩带、超镁铁岩带、花岗岩带、韧性剪切带等)小3—4个数量级。许多学者强调指出超大型矿床都是在特殊条件下形成的“罕物”,极少有完全相同的,在一定程度上讲是十分孤立的。当然,这样讲不等于超大型矿床的周围没有地球化学(物理)异常、地质综合异常及矿点(床)等可追踪的信息。云南10个超大型矿床普遍反映了这一特征。

(2) 云南10个超大型矿床生成的时代段差别极大,但有一个共同点:这些矿床与各时代云南最强烈的主导成矿作用相一致。早元古代云南以火山为主导的成矿作用形成大红山铁铜矿;中元古代云南以远火山及萨布哈作用为主导形成有东川铜(铁)矿;早古生代的云南以沉积作用为主导的成矿形成滇池地区磷矿;中生代云南以大陆湖盆占主导地位,形成勐腊地区岩盐矿;第四纪以风化剥蚀为主导,形成墨江硅酸镍矿;中生代云南广泛的花岗岩浆作用,形成个旧、白牛厂、都龙3个超大型矿床;印支至喜马拉雅期是云南最重要的碰撞造山期,也是全省韧性剪切的主导作用期,形成老王寨金矿;新生代是云南受新特提斯影响,是滇西断

陷盆地及热流量活跃时期,形成金顶铅锌矿。概而言之,没有一个超大型矿床不是云南最重要地质事件的产物;但不能说,各个时代最重要的地质事件一定能形成超大型矿床。

(3) 云南的超大型矿床都经过了沉积作用的初始富集或直接在沉积作用中形成滇池地区磷矿、勐腊地区盐矿、墨江硅酸镍矿、东川铜(铁)矿、大红山铁铜矿等沉积、沉积—改造或火山—沉积的成因自不必说;白牛厂银多金属、金顶铅锌矿的喷流沉积、热水喷溢已基本确定;都龙锡多金属虽容矿地层变质过深,但从其层位、背景值、构造位置完全有可能与白牛厂一样经历早中寒武世喷流的初始富集;老王寨金矿在区域上三套层位与火山沉积、喷流(?)硅质岩、炭质板岩的密切关系,也十分可能存在矿源层的初始富集。唯有个旧锡矿目前还没有找到经过沉积的矿源层证据。

(4) 超大型矿床普遍具多期演化或多次叠加的成矿历史。但不同地区,其多期继承、多期演化的表现形式并不相同。个旧、白牛厂、都龙表示出从印支到燕山晚期花岗岩浆的几次单元—超单元演化,其主体成矿只限定在岩浆演化的高级阶段,其中个旧的卡房式和白牛厂式、都龙式都分别受到中三叠世辉绿岩、寒武纪喷流岩的叠加。老王寨金矿实质上是区域上4种矿床类型式从印支期到喜马拉雅期系统演化的产物,空间上老王寨矿田囊括了3种类型。从大红山铁铜矿到东川铜(铁)矿本身就是互有联系、逐步演化的两个成矿系列,稀矿山式实际上是它们之间的过渡阶段;如果再将后续的滇中6种类型铁矿、震旦纪烂泥坪式铜矿、中生代砂岩型铜矿看成“五层楼”的发展历史,那么整个滇中铁铜矿则是一个演化时限漫长、继承性及新生性明显、多期成矿非常典型的地区。金顶铅锌矿成矿时限比较短暂,但其准备阶段极长,包括区域上从侏罗—白垩纪到古新世浓缩盆地的准备,包括区域上从推覆到滑覆的全过程,包括曲江断裂的多期活动,包括成矿物质从深源到浅源的混合和水介质的演化历史,充分说明该超大型矿床经历了多种地质作用从孕育、发展、成熟的相互影响。

(5) 云南几个超大型矿床的形成往往具有一些十分特殊甚至是比较罕见的地质产物。例如,大陆湖盆十分少见的发育完整的滑塌相—河流三角洲构成了金顶特殊的砂岩型、灰岩角砾岩型矿体的容矿地层;长达10余公里、厚百余米的巨型滑覆体恰铸成了金顶铅锌矿上部封闭层;上述含水层和不透水层也恰恰落在盐盆之上,使含盐层成为天然的下封闭层并从中汲取成矿卤素;这些难以想象的地质产物十分巧遇叠加在一起,则是超大型矿床魅力的所在。又如,因民组早期十分复杂的角砾岩本身就是一种不平凡的产物,它本身是带间断性质的层间砾岩,又是大陆斜坡的滑塌同生砾岩,不少地方是火山角砾岩、隐爆角砾岩,其后又是底辟构造角砾岩。正是以这种十分特殊的地质产物一是构成东川成矿系列的底板岩石,大量提供铜质;二是以其强氧化的红色环境构成萨布哈成矿机制;三是十分复杂及多期构造叠加的大型面状软弱带为地下热水循环与改造提供了广大空间。可见东川超大型矿床是具有罕见的地质事件为背景。其它如大红山矿区,如果没有象 F_1 、 F_2 等同生断层的强烈作用,便不可能形成最具特色的厚大而极富的 II_1 盲矿体。

5 超大型金属矿床形成过程的热热水系统

5.1 云南超大型金属矿床聚矿热水系统的形成条件分为两类,它们具有不同的空间形态

(1) 热水盆地。聚矿的热水层形成完整的盆地,其演化有三种途径:①陆缘浅海内由基底拉伸断裂先形成低温热水凹地群(线型,中小型矿床),后次火山相贯入产生成熟的高温喷气

热水盆地(点状,超大型矿床);②在台地—陆棚斜坡相带火山—滑塌沉积基础上由拉伸—岩脉群聚热所形成的热水盆地(冷水沉积矿床带状分布,超大型矿床取决于热水活化的火山—滑塌角砾岩系和盆地规模);③陆上含盐盆地边缘由推复—滑覆作用形成三角洲沉积再经理藏接受断裂喷气的热水盆地(成矿集中,超大型矿床的尾迹不明显)。

(2) 热水构造。导热构造或(和)岩浆沿含水层扩展形成穹隆、背斜、层间滑脱等上拱形态的层控热水构造。它的热源可以是韧性剪切带,也可能是蛇绿岩带或花岗质岩基;它的聚热含水层常为特殊沉积相,包括不同时代巨厚的浊积岩、火山碎屑岩、不纯碳酸盐岩系。

5.2 云南超大型金属矿床的热水系统包括六种成矿机制

根据矿床宏观特征和稳定同位素、包裹体测温、矿石组构等研究,云南超大型金属矿床的成矿物质一是具有深源(含幔源、壳幔混合、壳重熔)为主导的特征;二是有与表生成因物质不同程度的混合,包括部分铜、铁、硫、锶等。超大型矿床与热储形成时限的一致性十分明显。

(1) 热水成岩机制。以大红山矿床中的层状铜矿为代表。其成矿机理是在冷水盆地中先接受火山岩屑、凝灰质和陆源物质,后由于同生断裂导热,松散层中铜遭受广泛热萃取,随火山喷气的硫浓度增高,金属硫化物在新转化的热水成岩环境中形成层状矿床,其特征:层状矿床规模大,连续长10多公里,三层累计厚度大于20m;出现高铁云母、方柱石、菱铁矿金属等热水沉积—交代矿物;主为陨石硫,但受海水硫轻微改造;成矿富集受碳泥质还原明显,矿物极细,但解离度极高,选矿效果居各类铜矿床之冠。

(2) 热水喷溢沉积机制。以金顶铅锌矿床为代表。它的最主要特点是埋藏型的热水盆地形成机制。内陆盆地浓缩过程中,盆地边缘接受特殊的泥石流(河流三角洲相)沉积,盆地上部受推复—滑覆作用使长达数十公里的巨大岩块构成封闭,盆地下部保存含盐建造良好的不透水层,在控盆同生断层导热并矿质喷流的作用下,新形成了埋藏型的混合热水聚矿盆地。其特征:矿质十分集中,7km²范围内会聚了超大型矿床;矿体形态和结构构造反映出下部热水补给系统和上部热水喷溢系统的两套矿体;超大型矿床主要是深源造山带的铅,外围小矿床则是地层中壳源铅;热水盆地初期为萃取盐系中硫酸盐的重硫,后期主要成矿阶段为生物还原的轻硫;热水的早期从围岩萃取锶形成天青石其性质以大气降水为主,后期由深源铅锌形成方铅矿和闪锌矿时盆地热水已转化为混合水;整个成矿过程具准同生→后生的连续特点,包括从生物化学沉积的层纹、条带状再到后生变晶等热水交代结构构造;矿物和地球化学的水平分带和垂向分带清楚;导热并导矿的同生断层其Pb、Zn、Cd含量高于周边背景的3~9倍;计算出热水盆地埋深1.5~2km,包裹体均一法测定的成矿温度146~309℃。

(3) 热水活化改造机制。以东川铜矿为代表。这是叠加性热水盆地,时间上间断虽7~9亿年,但空间上重合较好,其先,区域性成铜长达320km,包括陆棚生物化学沉积(“马尾丝”状、鲕状)、陆源碎屑沉积(竹叶状、波痕状)、远火山沉积(凝灰结构)等。但超大型矿床在相当程度上取决于其后侧分泌的热水盆地规模。其机理:在拉张条件下,沿巨厚火山—滑塌角砾岩系产生区域性滑脱,随强烈褶皱和断裂,有大量的基性岩脉贯入,高热流区沿滑脱面成带分布。成矿特征:热梯度变化很大,区域上最强烈处出现黑云母—钠长石—石榴石组合,相应地稀土、磷灰石增加;矿床规模越大,矿石组构的多样性越明显,热水改造交代的强度也越大;金属铜继续保持原来表生成因的性状及数量,但硫在原有海水重硫的基础上,混入了较多的

幔源硫(包括迁移的火山沉积硫和叠加的基性岩浆硫);巨厚的复式矿体和富矿无不反映出铜受热萃取并强烈侧向迁移的复杂形态。

(4) 热动力交代蚀变机制。以老王寨金矿床为代表。在强动力条件下,热能及水能沿大型断裂、韧性剪切带和富水的特殊岩相双重扩张,热水系统比较复杂。其特征:热梯度远高于前三种类型;物质迁移显著,交代蚀变岩类型复杂,区域上形成了硅化、绢云母化、碳酸盐化等各自独立并有序分布的各类蚀变岩型金矿床;成矿金属组成复杂,除硫化物外,硫酸盐、砷、锑等化合物发育;金、硫以幔源为主,但不同地段叠加有铋、汞、锡等花岗岩、混合岩有关的金属;水介质均系大气降水参与程度不等的混合水体;作为造山带深源的榴辉岩、角闪岩、辉石岩墙群既可容矿又可作为区域找矿的重要标志;温压测定结果属中等深度、高一中温的热水环境。

(5) 火山岩浆-喷气沉积机制。以大红山矿床中富铁矿主盲矿体为代表。次火山贯入过程中,钠质气液对中基性岩浆的铁强烈萃取,形成岩浆的重力流,堆积于熔岩最底部,形成巨厚的富铁矿。在矿浆上涌气液充沛的部分,形成全岩矿化并有柱状的浸染状贫铁矿和似层状喷气沉积的铁铜矿。整个火山机构保存有补给火山管道(无矿)、溢流熔岩锥(底部堆积富矿、上部浸染贫矿)和间歇期的火山沉积夹层(似层状贫矿)。由于熔岩上喷和矿浆重力下沉的相互作用,横剖面上出现一系列阶梯状同生断层。本类成矿热水系统完整地限于火山口内,成矿组分极简单,矿质及水介质为火山来源。

(6) 岩浆气液的多层排泄机制。以个旧锡矿床、白牛厂银矿床为代表。水、热来自花岗岩浆,但在岩株和岩突的前锋形成多个相对独立的排泄系统,它和前五类机制不同,围岩不含或少含水,但岩溶通道十分发育,气液扩散在垂向上具多层不同特征。近岩株接触部位,低交角的似层状含矿矽卡岩反映出岩浆及气液的顺层双交代(松树脚矿床、老厂矿床深部);稍远,由喀斯特的管柱状通道(马拉格矿床)、层间岩溶(老厂中部层控氧化矿体)或层间滑脱的角砾岩带(白牛厂矿床)组成了成矿热水的排泄系统;更远,高交角的网脉状矿体(老厂浅部)和断裂充填矿体则反映出压降增大并大气降水一定参与的排泄方式。围绕花岗岩侵入岩套“多层楼”式的热热水系统决定了矿物及元素组合有序的垂直分带和水平分带。最近研究表明,中寒武世的喷流沉积岩对白牛厂于燕山晚期形成超大型矿床起着重要的初始富集作用。

参 考 文 献

- [1] 涂光识 1987 矿床学的新进展概述 《当代地质科学动向》 地质出版社
- [2] 裴荣富 吴良士 1994 找寻特大型隐伏矿床的衍生矿床导向和成矿轨迹追踪法研究 矿床地质 第13卷第4期
- [3] 罗君烈 1993 云南境内超大型金属矿床形成过程的热热水系统 《第五届全国矿床会议论文集》 地质出版社
- [4] Luo Junlie Yang Youhua, 1991, Unique mode of Jinding superduty-ecalc lead-zinc Ore metallization, Lanning, Yunnan. Abstract of Academic papers international symposium on eugeide deposits, Ganeu.