



## 矿产资源评价篇(5)

矿产资源评价篇的第二节矿产资源宏观评价的第一部分矿产资源储量评价已经在前几期刊登,本期刊登第二部分成矿地质条件评价。

### 第二节 矿产资源宏观评价

#### 2 成矿地质条件评价

宏观的成矿地质条件评价主要是针对矿产勘查工作部署和规划而进行的,因为矿产资源是自然禀赋的,不以人们的意愿而存在,因而我们到什么地方找矿、找什么矿,都应遵循矿床地质产出与分布规律,否则难以成效。我们过去走过不少弯路,吃了很多亏。1958年大炼钢铁期间,每个县、公社都有上交钢铁的任务,有的县、社地处平原地区,没有铁矿资源,只好砸锅卖铁“炼钢铁”;1959年根据“论十大关系”,每个省区都要建设一个钢铁基地。指令下达后各省区领导闻风而动,省委书记亲自挂帅,集中了大部分力量,以敢想敢干的革命气概、全力以赴地开展找铁矿的“会战”。然而,有的省区铁矿资源比较匮乏,找了数载未见成果,于是就不断地政治动员、思想批判,以至更换班子,但仍不见成效,东南某省从1958年找到1978年,找了二十年铁矿也没有大的突破,至今全省铁矿累计资源储量只比一个小型铁矿的储量多一点,几十年投下的资金获得的铁矿储量,还不及用投下的资金去购买进口的铁矿石(有人估算不及一半)。如此盲目,是“我们不算经济账,只算政治账”的决策。这是完全不顾自然规律行事的典范。

惨痛的教训使人们逐渐认识到在矿产勘查及其评价中,遵循自然规律的必要性与重要性。改革开放以来,各部门领导对此问题都有所重视,并相继组织一线人员开展了区域成矿研究,总结了区域成矿规律,并以地质编图为主线,在区域成矿研究基础上进行不同比例尺和不同内容的地质图件编制工作,进而对不同地区或不同构造单元中某种矿种的矿产勘查可能性与有效性进行评价,使矿产勘查布局建立在地质科学研究的基础上。通过这项工作各部门理出了工作头绪和主攻方向,取得了宏观布控的效果,并且将这项工作一轮接一轮地进行下去,成为长期跟踪的项目。

在宏观成矿地质条件评价工作中,矿产地质研究与编图工作是紧密结合的,编图工作是在区域地质、区域地球物理、区域地球化学、区域矿产地质等资料综合研究基础上进行的。也就是说,资料研究是基础,编图是研究成果的体现,同时又是战略部署的依据。目前,最常见的是编制成矿规律图、专项综合图和定量预测图,现将编制这3种图件的主要内容简述如下。

##### 2.1 成矿规律图编制

中国许多与矿产有关的部门都在进行这项工作,并且以编图为主线,进行宏观规划与布局。目前,这类图件编制的内容与格式已完全抛弃了20世纪50年代前苏联专家的内容与格式,而是结合近几十年的经验与教训,创立了符合本部门工作实际的编图方案。从各部门编图成果看,这类图件在编制中首先要将下列问题妥善处理,才能起到实际效果。

(1)图面构式。以往多强调整体性,将所有矿种统归于一张1/100万或1/400万的全国图中,看上去十

分壮观,但好看不实用。因为反映在中国地质构造图面上的约有一半是第四系,这势必造成图面负担不均:有的地方寥寥几个矿点,有的地区密密麻麻地被矿产地全覆盖。因此,目前在图面构式上多采用整体与碎部相结合的方式。整体上用1/100万~1/400万全国性图件,勾画出地质构造轮廓和以典型矿床为代表的矿产空间分布特征,碎部上用1/10万~1/20万图件反映各个区带中区域成矿特点以及赋存情况。同时,在矿种编图上也由综合改为专题。对专业比较单一的部门大多编制单(数)矿种图件,如核工业系统的铀、煤炭部门的煤、石油系统的油、气,而对地矿部门和有色部门多按元素组合,如黑色金属、贵金属、稀有稀土金属等分幅编制,使图面既突出重点、又较为清晰,便于规划布署。

(2)基础资料收集。这是编图工作量最大的工作,也是事关编图能否具备实际意义的工作。基础资料应包括地质资料与矿产资料两方面。由于原始资料测制时间不同以及以后的修订、更改、沿革,导致资料在内容与表达方式上都有出入,因而对于资料鉴别、筛选、分析、研究是不可少的。同时,对于各类资料的处理必须结合矿种的产出特征进行,如编制煤炭预测图就要着重于含煤地层,对于铬铁矿则应在超镁铁质岩体上多下功夫。因而,基础资料收集不是简单地抄录、复制等工作,而是最能体现编图单位的指导思想和研究工作水平的工作。

(3)地质底图的选择。目前采用地质图或构造图作底图,采用地质图作为底图的力图反映地层或岩体与成矿的关系,以便围绕某层位或岩体周围布置勘查工作,一般都要将原地质图经过一定的改造或缩编。如将以统为单元的地层缩编为以系、组为单元,或以沉积旋回为单元,突出地质体与矿产的关系。用构造图作为底图主要是反映构造演化以及动力学特点对区域成矿的时空控制,以便在特定的地质构造环境中开展矿产勘查工作。目前由于构造学派较多,因此在选择构造图时一定要结合矿种产出特点进行选择。全国性图件与其碎部图件的地质底图选择,可以灵活采用,例如在全国性图件上采用构造图作为底图,而碎部图件采用地质图作为底图,碎部图件也可同时采用地质图、构造图作为底图,分别编图,相互印证。这些做法实际上都取得很好的效果。

(4)矿床类型的分类。经历了近一甲子的勘查工作,世代更替,技术更新,认识提高,使矿床分类多元化,因而往往同一矿床在不同文本中有截然不同的矿床类型判定,若综合全国资料,有的大宗矿种的矿床类型名称可多达近百种。如此繁杂显然无法进行规律性研究,因此确定划分标准是编图中的当务之急。目前除个别矿床学专题研究外,大部分勘查规划部门在编图中采用的是矿床工业类型分类,基本上与“规范”中矿床工业类型划分一致,强调矿产产出的部位,使各类矿床具有可比性,与资源储量、矿山开发要求也可以衔接。

(5)成矿带与远景区划分。目前比较普遍的做法是,通过区域地质与区域成矿研究后在全国性图件上进行成矿区带划分,而在碎部图件上圈出成矿远景区。因为二者含义不尽相同。成矿区带划分主要依据地质构造演化历史与成矿类型的相似性,以便从宏观上展现矿产资源在时间、空间和组分类型的分布规律。成矿远景区圈定除有利的成矿地质条件外,还必须要有成矿的直接或间接标志,如矿产地、蚀变带、物化探异常、矿化露头、新旧开采遗迹等。因此,将其分开并用不同比例尺的底图进行圈定,更能保证其准确性。许多地矿研究报告中都有“成矿预测”或“靶区圈定”一节,圈出不少靶区或远景区,以示密切结合地质找矿。但其中有些是不合理的,如在1/500万的图上居然圈出图面面积达 $20\text{ cm} \times 15\text{ cm}$ 的远景区,有位老总看完该报告后幽默地说,我省每寸土地都是远景区。

(6)规划区的设置。规划区必须在成矿带和远景区准确划分基础上进行。当远景区的可靠性受到质疑时,规划区就无从下手了,即使勉强,也缺乏生命力。过去规划区的设置基本上与远景区重合,远景较大的地区也就是今后勘查工作规划的重点区。现在这种理念似乎在变化,很多单位在规划区划分上除将其建立在远景区基础上,还考虑了人文社会、基础设施和环境保护等方面因素,并且有的还进行了各种矿产资源可行性论证及其市场上矿产资源供需形势分析,以此作为确定规划区的级次及其勘查工作序次安排的依据,力图将地质勘查工作的宏观布局、设置和社会经济发展与市场运作结合起来。这种做法一般都取得较好效果,得到企业的支持,并给予点赞。

## 2.2 专项综合图编制

专题综合图编制是在矿产综合信息收集研究基础上进行的。在宏观成矿地质条件评价工作中,往往通过专项综合图编制对成矿远景区和规划区进行详细地划分。这类图件是由矿产地质资料和物探、化探以及遥感等有关资料综合编制而成的。编制方法比较简单,只要两者的比例尺和底图投影的方法能取得一致后,经套合即可成图。目前由于全国性物探、化探以及遥感等图件还不全,并且比例尺不配套,不是太大就是太小,因而在全国规划中只有个别方法,如航磁、放射性、遥感影像等资料用于综合图件编制,但在地区性规划中,物探、化探以及遥感等各种资料在专项综合图编制中应用却相当广,并起了较大作用。专项综合图编制中综合素材选定和资料处理是二个核心的问题。

(1) 综合素材选择。专项综合图编制中除矿产地质资料外,还要选取各种物探、化探以及遥感等有关资料作为编图的素材。由于物探、化探各类异常以及遥感影像对矿产勘查而言是一种地质现象的反映和/或矿化体存在的间接标志,因此要选取其中一种或几种方法作为编图的素材,就要依据勘查对象的性质以及地球物理、地球化学、遥感等对其有效程度而定。有的用单一方法就可较直接地反映某种地质体的存在,例如磁异常反映磁性体存在,水系沉积物以及土壤、岩石测量中 Au 异常反映了 Au 在水系、土壤、岩石中的富集丰度。有的要用多种方法才能判断其存在的可能性,例如超镁铁质岩体及其铬铁矿主要通过重力和航空磁法,并配合地面磁法的资料进行推断。因而在专项综合图编制中将出现单项综合图和多项综合图。前者如铁矿-磁异常分布图、金矿-水系沉积物(土壤或岩石)地球化学异常分布图、铀矿-伽玛异常分布图,后者如铬铁矿-重力、磁异常分布图、油、气-重力、地震异常分布图。目前有些单位在编制专项综合图时,以为方法越全越好,于是将所有物、化探资料套合在一起,试图寻找靶区,结果矿产与各类异常的关系更加混沌,甚至混乱,无法起到指示意义;有的也过于直观、单一,不加分析地用单项的化探异常与其对应的矿种编制专项综合图,如用 Zn 异常与锌矿产地组合编制专项综合图,试图进行锌矿找矿规划和评价,结果也一无所获。其失败原因就在于对各种异常含义及其有效性缺乏全面认识。如上述锌矿的 Zn 异常图,由于 Zn 具有易迁移与分散的地球化学特点,其异常与锌矿化体不是形影相伴,难于起到指示作用,因而用单项 Zn 异常作为寻找锌矿的宏观指标就不可能取得效果。总之,在编图中对各种技术方法资料的选择和利用一定要慎重,在全面分析、研究基础上进行筛选,才能使专项综合图在宏观规划中起到应有的作用。

(2) 资料处理。编制专项综合图的目的是通过矿产与物探、化探异常和遥感影像特征之间的关系,为宏观规划提取更多有关矿产的信息。因而在专项综合图编制完成后都要进行一定的技术处理,使矿产与各类异常的关系的信息更加明朗。在处理中一定要遵循地质规律和各种方法的基本原理,并在此基础上进行推断,否则就难以令人置信。在 20 世纪 90 年代各地普遍开展深部构造与成矿关系研究工作。由于当时中国处于改革开放初期,物探方法较陈旧,区域地震方法还没有普及,因而深部构造研究主要是利用物探布格重力资料进行反演。而部分地质学家在缺少与地球物理学家沟通的情况下,将反演的界面作为莫合面处理,同时在界面内又划分出幔隆、幔谷、幔坡、幔拗、幔根、幔枝等单元,并将不同时期形成的矿产,如 2600 Ma 形成的沉积变质型铁矿和 140 Ma 形成的矽卡岩型多金属矿,均投在上述方法推断的所谓莫合面图上,然后在专项综合图上划分出幔坡成矿带、幔谷成矿带等,进行区域成矿评价。由于处理方法上存在诸多不妥之处,使专项综合图黯然失色。首先是地形因素对布格重力测量结果的影响问题。现在直接从重力资料反演的深部形态,结果往往出现与地形呈镜像反映的现象,即高山区为重力高,反演结果其深部则为拗陷,反之,平原区为重力低,反演结果其深部则为隆起。深部这种隆、拗变化在没有深部地震资料佐证下是否就是莫合面形态值得讨论。其次,莫合面当初的发现以及以后经过大量地震资料证明,它是一个不连续面,其全称为莫霍洛维奇不连续面。现在推断的界面似乎是连续的,与其定义以及深部地震资料有所偏离,而一些地质学家在解释中又将其进一步发挥,分出幔隆、幔谷、幔坡、幔尖、幔根等构造单元,是否有依据也值得商榷,大量资料表明地幔的深度不是永衡不变的,而是随地质历史演化及其构造变动而变化。现今测定的莫合面至多也只能代表中生代,甚至只能是白垩纪以来的形态。将不同时期形成的矿产投在它上面,必将出现中生代莫合面构造控制前中生代,甚至前寒武纪成矿的现象。这在地质学和地理物理学上都是不可思议的。因而通过这种

反演结果编制的专项综合图不能起到应有作用也是顺理成章的。专项综合图的应用要经过资料处理,在处理中要有一定的技术规范,必须从地球物理、地球化学以及遥感技术的基本原理和地质构造演化历史角度去考量,否则难于起到宏观规划的作用。

### 2.3 定量预测评估

定量评估工作早先是在美国房地产行业中推行的,因为在美国购房,购买居住权的同时也获得地产权,其地下一定空间也属业主所有,未经业主许可不得动用,如地铁开挖、矿产开发,因而对其地下可能存在的资源必须定量评估,以便合理作价出售。20 世纪 70 年代,美国地质调查局将定量评估工作引伸到矿产资源定量评估中。中国在 20 世纪末、21 世纪初才引进定量评估工作,经适度消化、改造后推广。

矿产资源定量评估是建立在区域元素总量上。现以沉积型锰矿进行定量评估为例。在定量评估中首先依据设置的沉积型锰矿床模型,选取各种与该类型矿床有关的矿产信息资料,然后圈定出它的可行性地段,也就是可能矿化的范围,并设定一定深度,估算沉积型锰矿可能矿化的体积。接着按该矿化范围内锰元素丰度以及岩石平均密度,就可计算出在可能矿化范围内锰元素的总含量。若在可能矿化范围内已有若干锰矿床(点)及其资源储量存在,用可能矿化范围内锰的总含量减去该范围内已知查明的锰矿资源储量,得出的就是该矿化范围内潜在的锰矿预测资源量。在定量评估中“可行性地段”圈定是整个评估工作的中心,它必须对设定的矿床类型及其形成地质环境进行全面的分析研究后方可圈定。这不仅仅是成矿地质条件及其类型特征的研究,而且还包括与成矿及其环境有关的各种直接与间接标志的分析研究,研究程度直接关联着可行性地段圈定及其评估的可信度。

目前有不少单位都在开展定量评估预测工作,主要是在成矿远景区或规划区内择段进行,至于整个成矿带或全国的评估多是由各区段估算结果汇集而成的。其估算指导思想及其方法与上述国际通行的方法差别不太大,只是有的在估算上增添了若干参数或修正值,有的对计算公式进行了适度修改。但在具体操作上,特别是可行性地段圈定上和估算结果评述上,还与国外的差别就较明显。在可行性地段圈定上能做到全面分析的不多,有的十分粗浅,简单地将一个相当 3-2 级构造单元,或一个矿集区作为“可行性地段”进行估算。在估算结果评述上也缺少详细研讨,以估算出数据为终结,既没有地质可能性的分析,更没有国外利用品位-吨位模式对估算结果进行矿产经济的评述。

定量评估工作开展以来,由于方法本身的局限性以及操作中的不完整性,引来不同看法,特别是评估结果的数据在地质含义及其可能性还有值得商榷之处。首先,元素含量与矿产资源储量是 2 个不同的概念。元素含量高低、多少未必就决定资源储量的规模或成矿潜在可能的程度,因为矿产资源形成不是单靠元素含量,还需要相关的地质作用,其中包括与它相匹配的阴离子、流体以及温度、压力等因素,才能造就矿产资源的形成。即使这些条件都具备,也要经过漫长的地质岁月。其次,目前评估的是设定在一定深度范围内,这对沉积、沉积变质和风化淋滤型矿床还情有可原,但对大量与有色、黑色、稀有金属矿产有关的岩浆及其热液矿床而言就不尽合理,因为其成矿作用往往与深部岩浆活动有关,其深度可能超过评估时设置的深度,而在设置深度范围内岩体分布又不均匀,甚至十分稀疏,若在几十公里内也未见一个岩体,以岩体中岩石密度及其中某元素丰度为参数进行估算就会有所夸大,即使附加上置信度系数可能也难于接近现实。再者矿产资源评价是多元的,不仅仅是主成矿元素一项,涉及其赋存状态以及与其他元素的配比问题,如铝土矿就不单是 Al 的存量和 Si 的存量问题,还有 Al/Si 比值的问题,当 Al/Si 比值大于 4,才能被目前的工业技术水平所利用,就是 Al 和 Si 存量很大,也难构成矿产资源。类似的情况还有铬矿,脱离了超镁铁岩,而以 Cr 含量推算铬铁矿潜力是没有意义的。由于上述问题尚未解决,因而定量评价在某些矿种中的应用与推广还需在技术方法上做进一步的开发应用研究。