

成矿规律研究

成矿规律研究的主要内容

成矿规律研究：矿床时间分布规律、矿床空间分布规律、成矿物质来源规律和矿床共生规律。

成矿规律概念

- ✧ 成矿规律是指对矿床形成和分布的时间、空间、物质来源及共生关系诸方面的高度概括和总结。
- ✧ 成矿规律既是进行成矿分析的向导(基础)，又是成矿分析的结晶，它对预测找矿工作具有重要的指导作用。
- ✧ 自从 1892 年法国的 L.德洛内提出成矿规律的概念以后，B. И. 斯米尔诺夫、P. 鲁蒂埃等人都从不同的方面进行了卓有成效的研究，形成了全球成矿规律、区域成矿规律、矿区成矿规律以及单矿种为主的专门性成矿规律等不同的分支。

(一)矿床时间分布规律

矿床在时间上的分布是不均匀的，某些矿种或矿床常在某一地区的某一地质时代内集中出现。例如：

- ✧ 世界上 70%的金矿、62%的镍和钴、60%以上的铁矿形成于前寒武纪；
- ✧ 世界上 80%的钨矿形成于中生代；
- ✧ 世界上的盐类矿产主要形成于二叠纪等。

矿产在时间分布上的不均匀性通常用划分成矿期的方式来表述：凡产生特定矿产组合的一段地质时期(代)就称之为成矿期。

1.我国主要的成矿期

划分成矿期是研究矿床在时间上的发展、演化和分布规律性的有效途径。地史中一定类型的矿床及其组合的出现往往和一定的大地构造发展阶段有关。据我国地壳发展的主要构造运动及成矿特征，将我国的成矿期划分为如下六个：

- 1)前寒武纪成矿期，
- 2)加里东成矿期，
- 3)海西成矿期，
- 4)印支成矿期，
- 5)燕山成矿期，
- 6)喜山成矿期

前寒武纪成矿期

- ✧ 早太古代成矿期(泰山期)(3800~2500Ma)：绿岩带及有关矿床；Fe、Au、Cu、P、滑石、菱镁矿、石墨、云母等。
- ✧ 晚太古~早元古代成矿期(中条或吕梁期)(2500~1800 Ma)：Cr、Ni、Pt、Fe—Ti、金刚石、铜铅锌硫化物、稀土、硼、滑石、菱镁矿、云母等。
- ✧ 中—晚元古代成矿期(1800~600Ma)：Fe、Cu、P、石棉、石墨等矿产，

在北方产于长城、蓟县、青白口系地层中，在南方则产于板溪群、会理群、昆阳群、神农架群、南沱砂岩层及相应地层中。

加里东成矿期

- ✧ 此时我国地壳进入了一个新的发展阶段，华北、西南进入相对稳定的地台时期，矿产以产于浅海地带和古陆边缘海进层序底部的 Fe、Mn、P、U 等外生矿床为主，如宣龙式铁矿、瓦房子锰矿、湘潭式锰矿、昆阳式和襄阳式磷矿等。
- ✧ 中期海侵范围扩大，普遍出现大量钙质沉积，形成灰岩白云岩矿床。
- ✧ 晚期在海退环境下形成泻湖相石膏和盐类矿床。祁连山、龙门山、南岭以地槽演化为特点，矿产为内生的 Cr、Ni、Fe、Cu、石棉，如镜铁山铁矿床，白银厂黄铁矿型铜矿床等。

海西成矿期

- ✧ 与加里东期相似。我国东部处在地台阶段，以稳定的浅海相、海陆交互相、泻湖相及陆相沉积为主，相应形成一系列重要的外生矿产，如南方泥盆纪的宁乡式铁矿、二叠纪的泻湖期相 Mn、Fe 煤等矿床，北方石炭、二叠纪的铁、Al、煤、粘土矿等矿产；
- ✧ 我国西北部地区仍处于地槽发展阶段，以内生金属矿产为主，有秦岭和内蒙的铬、镍矿床；内蒙白云鄂博式稀土—铁矿床，阿尔泰、天山地区的稀有金属伟晶岩矿产，与花岗岩有关的 W、Sn、Pb、Zn，南祁连的有色金属，川滇等地的 Cu、Pb、Zn 以及力马河 Cu—Ni 硫化物矿床。

印支成矿期

- ✧ 印支运动结束了我国大部分地区的海侵状态，使之上升为陆地，出现一系列内陆盆地，形成许多重要的外生矿床，有铜、石膏、盐类、石油、油页岩等。
- ✧ 西部地区尚有三江地槽褶皱系，松潘—甘孜地槽褶皱系、秦岭地槽褶皱系及海南岛地槽褶皱系，其中形成众多的内生矿床，如 Fe、Cu、Cr、Ni、稀有金属、云母、石棉等。

燕山成矿期

- ✧ 燕山运动是我国最重要的内生成矿期。此时我国西部地区大都结束了地槽阶段，进入地台发展阶段。
- ✧ 东部地台区进入地洼阶段，构造活动、岩浆活动和火山活动相当强烈，出现多期岩浆活动和火山喷溢，造成丰富多样的内生矿床。岩浆活动以酸性、中酸性岩浆侵入和喷溢为特征，早期以广泛分布的大规模岩浆活动为代表，形成一系列 W、Sn、Mo、Bi、Fe、Cu、Pb、Zn 矿床，晚期以广泛分布的小规模岩浆活动为代表，形成一系列重要的 Fe、Pb、Zn、Hg、Sb、Au、稀有金属、萤石、胆矾石等矿床。
- ✧ 喜马拉雅山地区及台湾仍处在地槽发展时期，有超基性、基性岩浆活动，伴随有 Cr、Ni、Cu、Pb、Ag 等矿床。
- ✧ 本期外生矿床不及内生矿床重要，在小型内陆盆地中有 Fe、Cu、U、煤、盐类、油页岩等矿床产出。

喜山成矿期

- ✧ 此期我国东部各个地洼区的发展均进入了余动期，构造活动较弱。
- ✧ 但台湾地槽和喜马拉雅地槽仍在强烈活动，产出有伴随基性—超基性岩浆活动的 Cr—Pt 矿床(西藏)、Cu—Ni 矿床及火山岩中的 Cu、Au 矿床(台湾)等以及 Pb、Zn、S 矿床(新疆西南部)。
- ✧ 本期内生矿产虽较局限，但外生矿产比较发育，以风化淋滤和沉积矿床为主，
- ✧ 主要的有塔里木盆地和柴达木盆地边缘地带的层状铜矿床，各地的砂金、砂锡矿床，风化淋滤型镍矿，风化壳型铝土矿，西北许多地区的硼矿和盐类矿床，西南地区的钾盐和岩盐以及第三纪的煤炭和石油等。
- ✧ 总体上，我国各类矿床在时间上分布很不均匀。我国铁、金矿产在地史发展的早期比较富集，Hg,Sb,As,稀有金属在晚期相对集中。

我国地壳演化早期，成矿作用比较简单；随着时间的推移，地壳加厚，岩浆活动、火山作用、沉积变质作用的多次重演，大气中游离氧增多，生物的出现和大量繁殖，成矿作用愈来愈复杂，到中、新生代达到最高峰。

2. 全球主要的成矿期

根据构造作用、岩浆作用、沉积作用和成矿作用的一系列特征，Г. А. 特瓦尔奇列利哲将全球分为七个最主要的成矿期(表 3-9)。

表 3-9 全球最主要成矿期及有关矿床表

最主要的成矿期	主要的构造作用的地台形成期	出现金属矿化作用的强度	最主要的矿石建造	
			地槽型	地台型
中—新生代成矿期 (<150Ma)	阿尔卑斯期 (50Ma)	中等	含铜黄铁矿，黄铁矿—多金属，锡铁矿，砂卡岩—磁铁矿，硫化物—石英—磁石—黑钨矿，Cu—Mo，脉状金—银，黄铁矿 Au—Ag, Hg—Sb	碳酸盐岩中的铅、锌、铜、银、五元素 (Au, Ag, Cu, Te) 碳酸盐，金伯利岩，C Ni
古生代成矿期 (500~150Ma)	海西期 (200Ma)	强	含铜黄铁矿，黄铁矿—多金属，锡铁矿，磁铁矿，铅，砂卡岩—磁铁矿，云英岩，Sn—W，砂卡岩的 Pb—Zn，铜—汞	碳酸盐岩的 Pb—Zn，铜、银、五元素
晚显生代成矿期 (900~500Ma)	贝加尔期 (700~500Ma)	很强	含铜黄铁矿，磁铁矿—铁铁矿，锡铁矿，脉状石英—金矿，伟晶岩	碳酸盐岩中的 Pb—Zn，砂岩和頁岩(常伴生磁铁矿)伟晶岩的伟晶岩，云英岩，Sn—W，金伯利岩
早显生代成矿期 (1650~900Ma)	哥达期 (1000~900Ma)	弱	碧玉铁质岩，伴生磁铁矿—铁氧化物，脉状石英—稀有金属 (W, Sn, Au, Ta—Nb)，伟晶岩，Fe—Mn, Fe—Ti	Cu—Ni, Cu—Ni—Ag—Co 碧玉—磁铁矿型
中元古代成矿期 (1800~1650Ma)	赫德期 (1700~1650Ma)	中等	黄铁矿—多金属，碧玉铁质岩，伟晶岩，锡铁矿	金铜矿，磁铁矿
早元古代成矿期 (2500~1800Ma)	白海期 (2000~1800Ma)	很强	碧玉铁质岩，磁铁矿，Fe—Mn，脉状石英—金矿，Cu(变质岩中的透闪体)	含 Au 和含 U 砾岩，含 Cu 岩，伴生 Pt, V, Sn, As 等矿—Cu—Ni(变质岩型)
太古代成矿期 (3500~2500Ma)	南罗得西亚期 (2700~2500Ma)	弱	磁铁矿—绿帘辉石，磁铁矿—角闪石，伴生 Ta—Nb 的伟晶岩，脉状石英—金矿	

(据 Г. А. 特瓦尔奇列利哲, 1970)

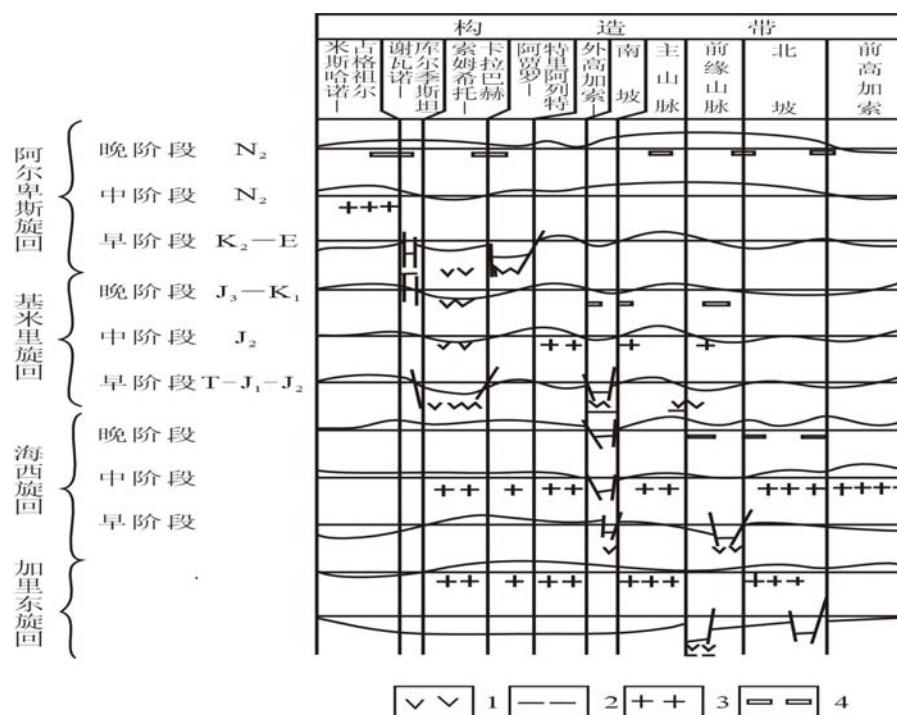
3.地壳成矿演化的若干特点

- ✧ 多旋回性
- ✧ 继承性
- ✧ 长期性
- ✧ 方向性

1)成矿的多旋回(多阶段)性

- ✧ 成矿的多旋回性，指的是在地壳发展过程中，相同的矿床类型或类似的矿产组合在前后构造旋回中周期性地重复出现的规律性。
- ✧ 成矿的多旋回与大地构造演化的多旋回相对应，并受其制约，是后者特殊的物质体现。
- ✧ 一般来说，地槽构造活动比较强烈，具有多旋回造山运动，多旋回发展表现十分突出，特别是在优地槽中，与多旋回造山运动紧密伴随的还有多旋回的沉积作用、多旋回的岩浆活动、多旋回的变质作用以及多旋回的成矿作用。

我国天山、祁连、秦岭和唐古拉等地槽褶皱带多旋回发展很是典型，国外一些著名的地槽系，如阿帕拉契、科迪勒拉、乌拉尔、高加索、塔斯满等，也都有同样的特点。



1—细碧角斑岩和辉绿岩及与其有成因关系的黄铁矿型矿床带；2—早期阶段橄榄岩和辉长岩及与其有成因关系的岩浆型铬铁矿矿床和钛铁矿矿床带；3—中阶段花岗岩类侵入体及与其有成因关系的岩浆期后成矿带；4—晚阶段小侵入体及与其有成因关系的热液矿床带

高加索地槽地质演化、岩浆活动和成矿作用略图(据 B. И. 斯米尔诺夫, 1976)

2)成矿的继承性

- ✧ 成矿的继承性：指的是区域内同一成矿元素或一组成矿元素，在不同时代以相同或不同形式相继成矿的规律性。
- ✧ 成矿继承性的具体表现是在某一特定的地球化学区内，在各种地质作用下，一些成矿元素以相同或不同的矿床类型辗转成矿、自成系统。如湘西、山东的原生金和沙金。
- ✧ 由成矿的继承性，启示我们在预测找矿时应注意矿床类型可随不同时期成矿条件的变化而变化，特别是在地质作用复杂、某种矿化较强的地区，不能死守一个类型。要注意同一矿种、多种类型继承性共存的可能性。据此可顺藤摸瓜，努力发现新的成矿层位和新的矿床类型。

3)成矿的长期性

成矿的长期性已为大量的地质事实所证实，具体可表述为下列两个方面：

- ✧ 许多矿种或成矿元素是在长期的地质演化过程中逐步富集成矿的。例如山东招掖地区金矿的形成史长达十几亿年，太古代海底火山喷发形成富金的蓬乔组含铁镁硅酸盐建造，平均含金 0.07×10^{-6} ，成为本区金成矿的初始矿源层；元古代的区域变质作用中，胶东群遭受褶皱、变形、变质及部分混合岩化，金进一步活化迁移；进入中生代，随着构造、岩浆活动，混合花岗岩部分重熔，金再次活化迁移，集中至重熔花岗岩的边缘及断裂中形成含金石英脉型和破碎带蚀变岩型矿床。
- ✧ 与花岗岩有关的矿床的形成时间，也常常可延续很长时间，相对造山运动长得多。例如华南燕山期花岗岩的成矿史表明：在 160~185Ma，形成漂塘、西华山、大吉山、瑶岗仙等岩体，以及大量黑钨石英脉、矽卡岩型白钨矿床及稀土矿床；90~110Ma，形成大厂，个旧、德兴等岩体，主要形成锡石硫化物和多金属矿床。可见华南钨锡花岗岩的成矿史是较长的，成矿演化也是长期的，在每一期岩浆演化和成矿演化中，大量工业矿化总是与较晚期花岗岩有关。

4)成矿的方向性

- ✧ 成矿演化的方向性是指成矿特征随时间的变化以一定的趋势向前发展的不可逆性。

上述成矿演化虽然具有多旋回性和继承性，但并不是相同的重现，而是一螺旋式发展，具体表现为下述四方面：

(1)在地壳的演化中，地槽的面积逐渐缩小，但成矿作用的规模并没有相应缩小，反而随着时间的推移，还有增大趋势。从太古代至元古代，从早里菲至晚里菲，从加里东至海西，矿化强度都是由弱到强，弱强交替。欧洲和亚洲海西期金属成矿省广泛发育，非、美、澳三洲也有部分发育，环太平洋构造带和特提斯构造带则中、新生代成矿期广泛发育。

(2)每一时代地槽系的发展，开始是亲玄武岩类矿化占优势，晚期是亲花岗岩类矿化占优势。这种成矿演化的方向性是由岩浆活动演化的方向性所决定的。但地洼区的岩浆演化顺序在大多数情况下和地槽区相反，一般趋势是由酸到基，并控制了相应的成矿演化的方向；

(3)在继承性成矿中同一种元素的成矿特点随时间演化而有所变化，亦表现

了成矿演化的方向性。例如 SiO_2 ，太古代时主要形成火山沉积型碧玉矿床；古生代则主要形成化学沉积型燧石矿床；到新生代则由生物作用而形成硅藻土；又如铁的成矿，20Ga 前以条带状含铁石英岩为主；20Ga 年后，以鲕状赤铁矿为主；到中生代则以菱铁矿为主；

(4)在地史演化中不同元素成矿演化的方向性：表现在亲铁元素一般倾向早期富集，而亲硫元素以晚期富集为特征(表)。

表3-10 主要金属矿产在各地质时代所占的含量比例(%)

主要金属 成矿时代	Au	Fe	Ni	Ti	U	Hg	Mo	Mn	Cu	Pb - Zn
前寒武纪	70	75	70	80	60	—	?	25	25	10
加里东—海西期	5	5	10	20	15	?	5	—	10	30
喜马拉雅时期	15	15	20	—	15	5	5	5	5	30
阿尔卑斯期	10	5	—	—	10	95	90	70	60	30

(据卢作祥等人,1989)

(二)矿床空间分布规律

矿床在空间上也主要表现为不均匀分布，具体体现为丛聚性分布、带状分布等。但在特殊的地质条件下，也可表现出均匀分布特征，即在空间上的等距性分布。

1、矿床的丛聚性分布

矿床的丛聚性分布是指矿床在平面的分布上往往在一定范围内集中出现，构成矿化集中区或特定的成矿区域的现象

1)矿化集中区

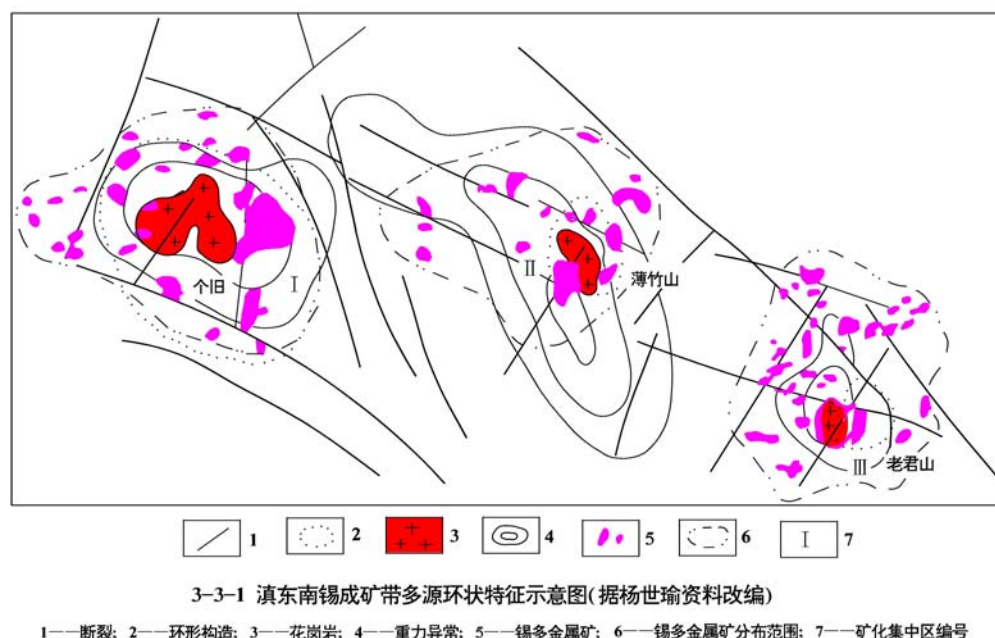
矿化集中区：是指在一个不太大的范围内，某些矿产或成矿组合特别丰富，形成具有一套固定的标型矿产或矿床组合的地区。

- ✧ 如我国南岭地区是钨、锡、稀有、稀土的矿化集中区、川南滇北是铁铜的矿化集中区、湘黔交界地区是汞锑的矿化集中区、长江中下游地区是铜铁矿化集中区、鞍本、冀东是铁的矿化集中区、辽西冀北是钼和铅锌的矿化集中区、胶东半岛是金的矿化集中区、东秦岭是 Mo 和 Au 的矿化集中区、邯邢、莱芜是铁的矿化集中区等。
- ✧ 国外，如美国上湖地区的铁、亚利桑那的铜、密西西比的铅锌、克莱麦克斯的钼；苏联乌拉尔土尔盖的 Fe、Cu、库尔斯克的 Fe、科拉半岛的磷—稀土；南非阿扎尼亚的 Au、Pt、Cr、金刚石等。
- ✧ 矿化集中区内的矿床特点首先表现在矿床数量多、规模大，特别是有大型、超大型矿床的存在。
- ✧ 如我国鞍本地区在 $100 \times 10\text{Km}^2$ 范围内发育有 700 余个铁矿床、总储量达 $5 \times 10^9\text{t}$ 以上。

另外，矿种可以是单矿种，也可以是多矿种，矿床成因可以是同期多成因。也可以是多期多成因，矿化集中区的形成原因推测与地壳和上地幔中元素分布不

均匀性有关，与地质经历复杂、保存条件良好及矿源层的存在有关。

矿化集中区的认识及研究意义在于指导“就矿找矿”工作的开展。长期以来我国地勘工作者进行的行之有效的“就矿找矿”工作的理论依据就是矿化集中区的存在的这一自然现象。



2)成矿区域

成矿区域：是指某种或某些矿床类型相对比较发育、地质发展历史相近，成矿作用上具有一定的共性的地区。

成矿区域的范围常与一定的大地构造单元、一定的构造—岩浆带或一定的构造—岩相带相符合。在一定的构造—岩浆带中常产出某些内生矿床，在一定的构造—岩相带中常赋存某些外生矿床或变质矿床。成矿区域还和区域地球化学场有着密切的联系，地壳中矿产的不均匀分布主要是由于元素的不均匀分布造成的。因此，一定的成矿区域也都有着自己的区域地球化学场特征。

成矿区域是人们为了研究矿产空间分布规律，进行成矿区划，从有关矿产的区域性分布特征入手，结合区域内构造、地球化学场特征而划分、总结的。

不同的大地构造成矿分析学派都按照各自的观点对世界及我国成矿区进行了划分，如地质力学成矿分析学派把我国的主要成矿区域划分为纬向构造体系控制的成矿带、新华夏系控制的矿带、河西系控制的矿带、“歹”字型构造体系控制的矿带等。

2、矿床的带状分布

概念：矿床的带状分布是指不同的矿种、矿床类型或矿床的矿石物质组成，结构构造、矿物组合等在一定的空间范围内呈现出的有规律地交替变化的自然现象。

矿床带状分布现象普遍存在，广为见及，大至全球，小至矿床、矿体甚至微观领域。

根据规模级别，矿床的带状分布可分为全球性成矿带、区域分带、矿区、矿

床和矿体分带等。

1)全球成矿带，是受全球性构造系统控制的成矿带，如全球性的裂谷或板块缝合带，贯通性深大断裂带等。最著名的有环太平洋成矿带，古地中海—喜马拉雅成矿带等。

(1) 环太平洋成矿带，即环绕太平洋的中、新生代构造—岩浆成矿带。在构造上属于岛弧型或安第斯型板块俯冲带。它自南美洲南端起，沿美洲西海岸，经白令海峡转亚洲东部及东南部，延长 4 万多公里，规模十分巨大。

整个环太平洋成矿带又可分为内、外两带。

a、内带：属新生代成矿带，在美洲西海岸沿滨海断裂发育；主产铜、金矿床；在亚洲东部沿岛弧分布，主要发育第三纪的火山岩有关的块状硫化物(Cu、Zn 等)及 Au、Ag 矿床，沿断裂带有基性、超基性岩及有关的 Cr、Ni、Pt 矿床；

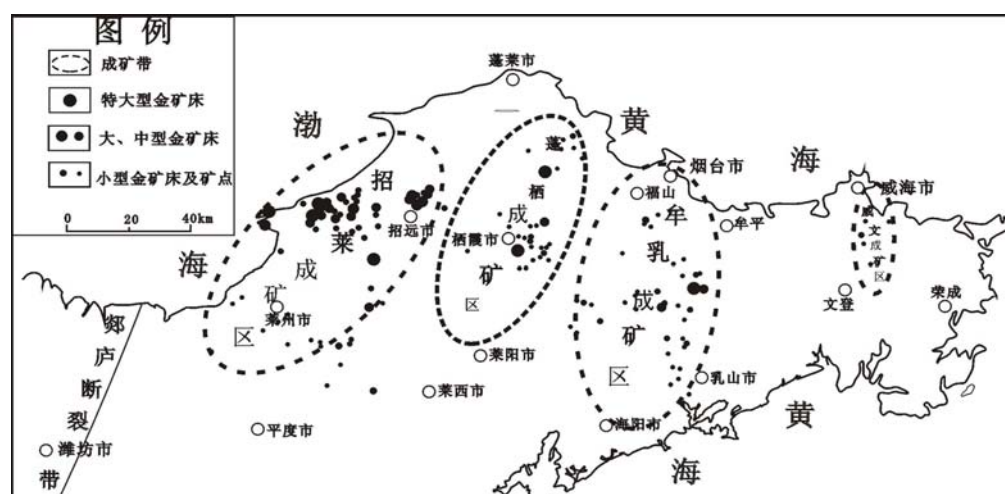
b、外带：位于大陆部分，属中生代成矿带，主产 W、Sn、Mo、Bi、Pb、Zn、Sb、Hg、Cu、Ag、Fe 等矿产，在我国还可进一步分出三个亚带：钨锡亚带，从赣南粤北直到滇东，有东钨西锡的特点；汞锑亚带，湘、黔交界；铅锌亚带，与钨锡亚带交叉及部分重叠。

(2) 古地中海—喜马拉雅成矿带：包括地中海沿岸和亚洲西南部及南部，经我国西藏、川西、云南，属于地缝合线型消亡板块边界。沿这一成矿带广泛发育有斑岩铜矿、块状黄铁矿、铬铁矿、钒钛磁铁矿及铅、锌等矿床。

2)区域分带：指区域性的矿床分带，一般以矿种和矿种组合或者矿床类型作为分带标志，例如赣南钨锡矿床的区域性带状分布：

- ✧ 诸广山锡、钨、稀土成矿带
- ✧ 于山钽、铍、钨成矿带
- ✧ 武夷山铌、钽、钨成矿带

又如在秦岭地槽褶皱带，在拗陷较深部位形成矽卡岩型铜、钨矿床，在其一侧及端部延伸地区形成中低温铅锌矿床，再向外则逐渐变为低温的锑汞矿床。实际上，上述全球成矿带中的亚带如太平洋成矿带中的钨锡亚带，铅锌亚带，锑汞亚带，均属于区域性矿产分带。



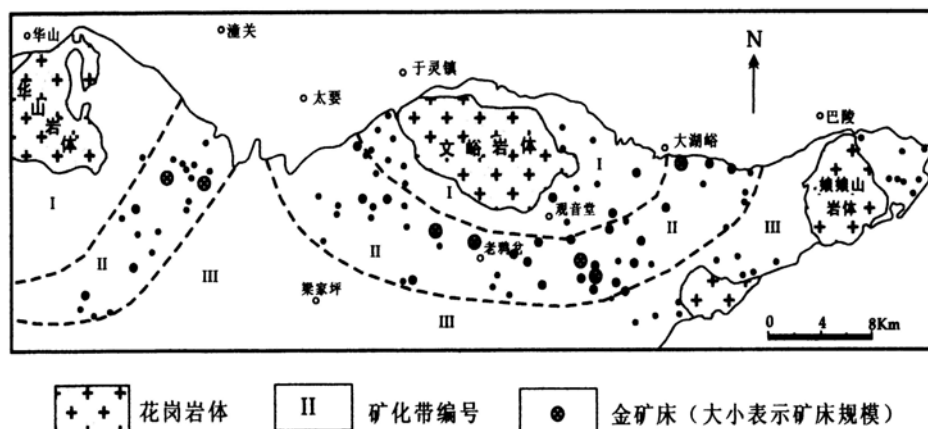


图 2-16 小秦岭矿区水平矿化分带图

3)矿区分带：在矿区内，不同类型矿床在空间上呈有规律的分布。其分带标志除了矿种和矿床类型外，也可用有用矿物组合作为分带标志。这类矿产分带，以热液型内生矿床的原生分带表现最多。

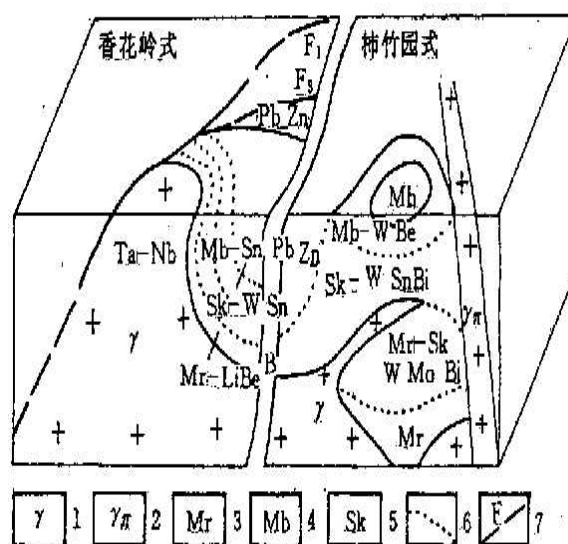


图3-14 香花岭矿区和柿竹园矿区矿床带状分布示意图

(据刘石年,1993)

香花岭矿区围绕癞子岭花岗岩体向外，出现：

- ✧ 花岗岩型钽铌矿床
- ✧ 云英岩型钨锡矿床
- ✧ 矽卡岩和汽成热液型锂铍硼矿床
- ✧ 似层状锡铅锌矿床
- ✧ 脉状铅锌矿床的分带。

柿竹园式的矿床与花岗岩凹部有关。自岩体顶凹部矿化中心向上,依次出现:

- ✧ 细网脉云英岩、矽卡岩钨钼铋矿床
- ✧ 矽卡岩钨铋矿床
- ✧ 大理岩型锡铋矿床, 铍锡矿床等。

4)矿体分带: 指矿体内沿矿体走向或倾向, 矿石物质成分、结构构造等方面有规律地变化, 这种变化构成的分带又可分几种类型:

(1)矿化形态和结构构造分带。这种分带在我国赣南粤北一带黑钨—石英脉矿床中十分明显, 形成著名的“五层楼”模式, 即矿化从隐伏岩浆岩穹隆向上直至地表可分为大脉带、薄脉带、细脉—薄脉带、细脉带、线脉带等五个带, 每一带有一定的深度范围、称为一层楼, 工业矿化主要产于前 3—4 带中。

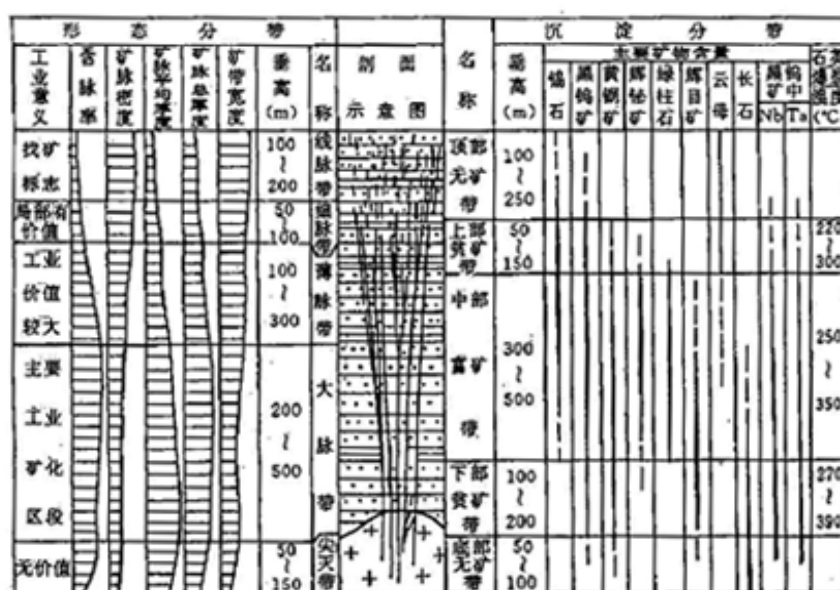


图3-15 石英脉型钨矿床垂直分带示意图
(据古蜀云, 1981)

(2)矿石类型分带及相变分带

内生矿床中矿石类型分带常表现明显。一般特点是最下部多为形成温度较高的, 较还原性质的矿石类型, 上部多为形成温度较低的偏氧化性质矿石类型。

例如大厂锡石多金属矿:

- ✧ 最下部为接触带矽卡岩中似层状、透镜状闪锌矿、黄铜矿,
- ✧ 往上为锡石石英脉,
- ✧ 再上过渡为似层状和脉状锡石硫化物和方解石等。

(3)矿物及元素分带

矿物及元素分带在矿床中表现十分普遍, 特别在中酸性岩体与碳酸盐围岩接触所形成的矿床中, 不同的矿物、元素或组合类型围绕岩体或矿体呈水平或垂直的状分布。例如河南某热液交代型磁铁矿多金属矿床的矿物及元素分带:

- ✧ 位置: 花岗斑岩体内→接触带矽卡岩→外接触带白云岩
- ✧ 矿物: 辉钼矿化→磁铁矿、菱铁矿化→铅、锌矿化
- ✧ 元素: Cu、Mo→Fe、Cu→Pb、Zn、(Ag)

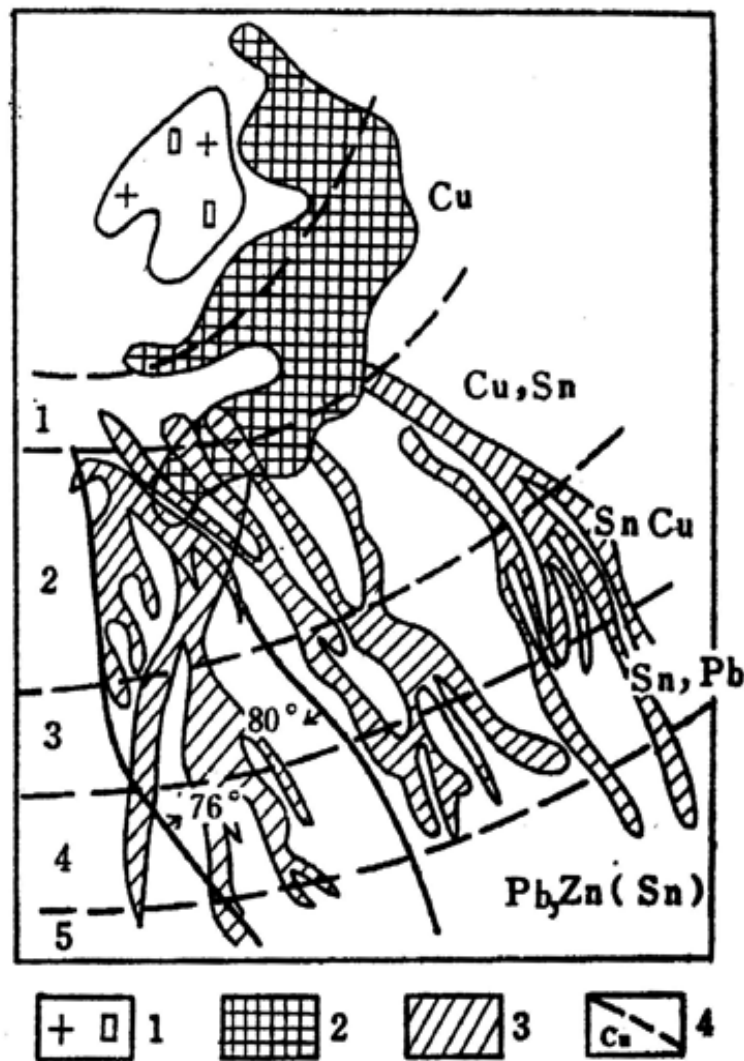


图5-24 个旧锡矿床金属原生分带平面示意图

3、矿床的等距性分布

区域范围的等距性分布：

- ✧ 阴山—天山构造成矿带位于北纬 40° — 43° ，以盛产 Fe、Cr、Ni 矿床为特征，其次 V、Ti、Cu、Pb、Zn 等矿床也占重要地位；
- ✧ 秦岭—昆仑构造成矿带位于北纬 $32^{\circ} 31' \sim 34^{\circ} 30'$ ，主要矿床有 Cr、Ni、Cu、Mo、Fe 以及 Pb、Zn 等；
- ✧ 南岭构造带位于北纬 $23^{\circ} 30' \sim 25^{\circ} 30'$ ，为多种构造体系复合的地带，主要产出 W 和 Sn 矿床，有色金属、稀有—稀土金属矿床的分布也很普遍。

矿床等距分布也表现得很明显，例如赣南漂塘西华山矿带(图)受 NNE 及

EW 向构造复合控制，矿带内斜列展布 5 个已知矿床，其间间距一般约 5—6km，唯独矿带中部大龙山与荡坪之间出现空档，距离较大，约为其它矿床间距的 2 倍。经这一分析，联系露头上云母、石英线密集和深部隐伏花岗岩穹窿等有利成矿条件的存在，经打 2 钻孔验证，终于找到了木梓园隐伏大脉型钨钼矿床，填补了矿带中部的空档。

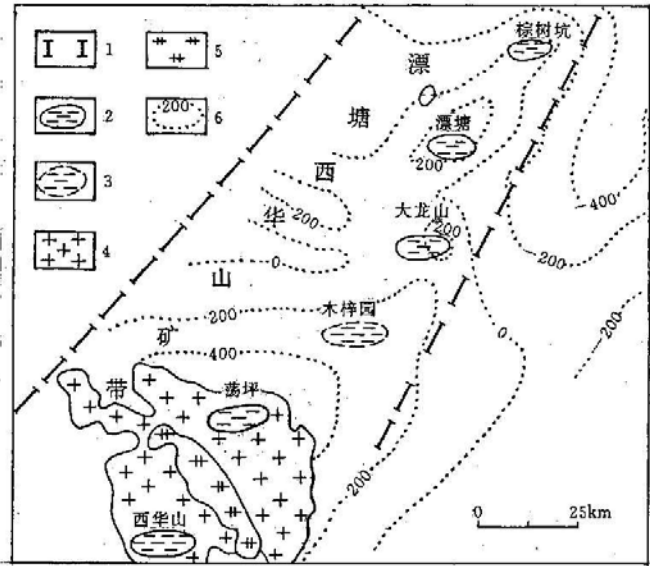


图3-16 漂塘—西华山钨矿带示意图
(据江西908队,1966)
1—矿带范围；2—已知矿化位置；3—推测矿床位置；4—燕山早期花岗岩；
5—燕山早期花岗岩斑岩；6—隐伏花岗岩顶板等高线

有关等距分布的原因和机制，目前研究不够。按地质力学观点，可能是由于构造形迹多级别、多序次控矿的结果。构造形迹往往呈等距出现，这种等距性与应力的均布和岩块的均质性等因素有关。当均质的岩块在应力作用下，应力的传播具有波动性质，在出现驻波的地段，便发生断裂，这些断裂平行而等距分布，因而受其控制的岩体和矿床也相应地呈平行和等距产出。

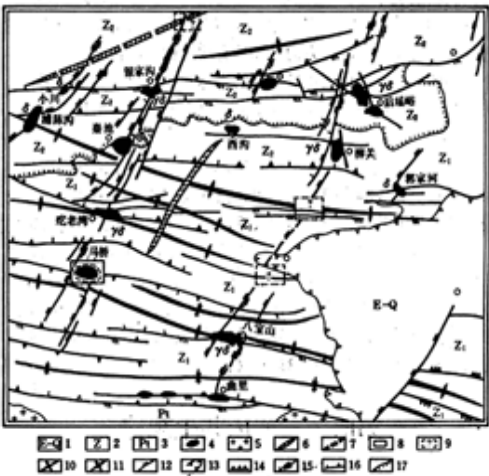


图3-10 豫西卢氏岩体分布与构造关系示意图

(三)成矿物质来源规律

已有的研究表明,内生成矿物质,在地壳历史演化过程中具如下的演变趋势:

1.地壳发展早期(太古代—元古代)、壳下玄武岩浆分异较弱,区域变质作用及混合岩化花岗岩化作用强烈,所成矿床以变质渗滤源及变质同化源为主,并主要分布于早元古代结晶基底中。

2.晚元古代以后,壳下源(上地幔源)比例逐渐增大,特别是加里东期和海西期地槽发育,与壳下玄武岩浆来源有关的矿床迅速增多;但到海西期以后又逐渐减少,所形成的矿床主要分布于地槽及褶皱带区;

3.来自地壳深部与重熔岩浆有关的矿源比重从早元古代开始逐渐增加,有关的成矿活动在我国燕山期(基米期)及喜马拉雅期(阿尔卑斯期)特别强烈,其原因与世界范围的中新生代构造岩浆活化有关,所成矿床主要分布于地洼区(或活化区)。

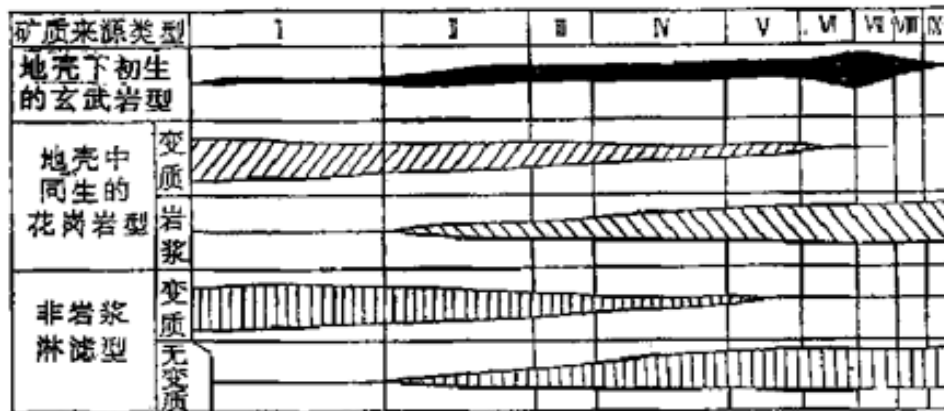
4.渗滤源在地史发展的早期阶段以变质渗滤源为主,晚期阶段则以非变质渗滤源为主,地下热卤水渗滤过各种岩石从中淬取成矿物质,形成了大量层控矿床。

5.随着地壳由早期到晚期的演化发展,成矿物质来源渐趋复杂,多因复成矿床比重增加。由于矿产的继承性、叠加和改造作用,以及愈晚的构造单元,构造层次愈多,因而这类矿床多分布于地洼区,并且具多成矿阶段,多物质来源,多成因类型的特点。

表3-11 内生成矿物质来源和矿床类型及分布一览表

成矿物质来源	搬运介质	主要矿床类型	时空分布
宇宙源	"岩浆"	肖特贝型 Cu-Ni 硫化物矿床	
上地幔源	原始岩浆	含 Cr-Pt 矿床的镁质基性、超基性岩建造	地槽前缘
		含 Cu-Ni 矿床的铁质基性、超基性建造	
		含 V-Ti 磁铁矿床的辉长岩建造	
		含砂卡岩型 Fe-Cu 矿床的斜长花岗岩建造	早期
		含黄铁矿型铜矿的细脉角闪岩建造	
		含 Fe-Cu 矿床的玄武岩建造	地台前缘
		含铁钛矿床的基性、超基性杂岩建造	
地壳同化源	重熔岩类 岩浆热液	含金刚石的金伯利岩建造	地槽前缘
		含 Nb、Th、TR 矿床的火成碳酸岩建造	
		含岩浆型 Cu-Ni 硫化物矿床的暗色岩建造	地槽中翼
		含 W、Sn、Mo、Be 的花岗岩—花岗闪长岩建造	
		含砂卡岩和热液型 Cu、Pb、Zn 的花岗岩建造	
地表渗滤源	地表水	含金石英脉的中酸性斑岩建造	地槽晚翼
		斑岩型 Cu-Mo 矿床建造	
		矽岩型 Fe-Cu 矿床的陆相火山岩建造	地槽前缘
		含 W、Sn、Mo、Bi、萤石矿床的花岗岩建造	
		灰岩白云岩中的铅锌矿床	
多来源	多介质	层状铜矿	地台前缘
		碳酸盐岩中的微细粒浸染金矿床	
		砂岩铁钛矿床	地槽前缘
		热液似层状及脉状系、锡矿床	

(据刘石年,1993)



地壳历史发展过程中内生成矿三种矿质来源的相对比例
(据 B. M. 斯米尔诺夫, 1976)

I—太古代(35~25Ga); II—早元古代(25~18Ga); III—中元古代(18~16.5Ga);
IV—晚元古代(16.5~9Ga); V—里非期(9~6Ga); VI—加里东期(6~4Ga);
VII—海西期(4~2.25Ga); VIII—喜马拉雅期(2.25~1Ga); IX—阿尔卑斯期(小于1Ga)

(四)矿床共生规律

矿床共生是指不同矿种或不同类型的矿床在空间上集中在一起产出的自然现象。

大量的勘查实践揭示,矿床共生是一种普遍现象。研究和总结矿床共生规律,对于综合找矿、综合评价和综合利用都具有重要指导意义。

对矿床共生规律的认识经历了一个较长的过程。如我国一些矿区,铅锌矿与萤石矿共生、铅锌矿与菱铁矿共生、铜矿与金矿共生等都是地质工作深入以后才认识的。国外钾盐矿床 20%是从石油深井中偶然发现的,如美国新墨西哥州,犹他州的钾盐矿床的发现,都与石油深井钻探有关。这些发现反映了油盐共生的规律性和油盐兼探的重要性。当人们没有认识这种共生规律时,难免单打一的找矿,就不可能自觉地运用这一共生规律更有效地找寻共生的综合矿种,从而推迟了某些共生矿床的发现。

1. 矿床共生组合

卢作祥等(1989)根据矿种组合和矿床成因类型把矿床共生组合分为四类:

- ①单矿种同类型矿床组合: 如鞍山、冀东许多沉积变质型铁矿床组合;
- ②单矿种不同类型矿床组合: 如湖南瑶岗仙黑钨矿床与白钨矿床共生组合等;
- ③多矿种同类型矿床组合: 如辽宁矽卡岩型钼矿与铅锌矿床共生等;
- ④多矿种不同类型矿床共生组合: 如长江中下游一系列火山岩浆、火山沉积、火山热液及矽卡岩型 Fe、Cu 矿床共生。

2. 成矿系列

成矿系列是矿床共生组合研究的进一步深入和发展。上述的矿床共生组合分类主要是侧重于总结矿床共生组合的自然现象,而对矿床共生组合的深层次及相

互之间的时、空关系重视不够，而成矿系列可以说是针对上述问题而提出的。

所谓成矿系列，是指具有统一成矿过程、时空上有密切联系、成因上有成生联系的矿床组合。

程裕淇 1980 年将内生成矿系列初步划分为 14 类，沉积矿床 6 类(表 3-12)。

表3-12 与沉积作用有关的成矿系列简表

系列类别	常见的(或可能的)矿种(或元素)	矿床实例
1. 海相陆源碎屑岩、近岸硅质岩、碳酸盐岩组合的成矿系列		
① 正常沉积的 Fe、Mn 亚系列	Fe、Mn 矿	云南鱼子铺, 广东乐昌, 什坊, 贵州
② 沉积磷块岩亚系列	磷灰石矿或磷灰石-细晶磷灰石矿(或含 F、Cl 等)	
③ 沉积磷块岩亚系列	锑铁矿-方铅矿、闪锌矿(或含 Sb、Hg、Ag 等) 菱铁矿(或含 Pb、Zn、Cu、Sb、Au、U、Mn 等)	陕西大西沟
④ 黄铜矿-黄铁矿亚系列	东川铜矿	
2. 海相黑色页岩、石煤、硅质岩组合 P、V、Mo、Ni 等元素的成矿系列	黑页岩(或含 U、V、Mo、Ni、Co、Cu)-磷结核、石煤、(或含 V、Mo、Ni 等)、硅质岩(或含 U、V)、黑页岩-黄铁矿	湖南牛蹄塘组 华南孤峰组
3. 海陆过渡相或陆相碎屑岩组合含 Fe、Al、煤、石油的成矿系列	褐铁矿(或相变为黄铁矿)、铝土矿(或相变为耐火粘土)、煤层(常包含 Ge、Ga 等元素)	华北(C)褐铁矿, 黔桂(P)的铝土矿, 华北(C-P、J、R)的煤田
① Fe、Al、煤亚系列		
② 石油、天然气、油页岩(自然硫)亚系列	石油、天然气矿藏(油田水常伴生 K、Na、Li、B、I 元素)及(或)油页岩矿(常伴生 U、V、Cu 等元素)及(或)自然硫矿(伴生石膏、硬石膏矿)	松辽(K)油田, 茂名(E)岩, 山东(E)自然硫
4. 海相碳酸盐岩、蒸发岩组合的成矿系列	石膏矿(石盐)、石盐矿(钾石盐)、石盐矿、(光卤石)	山西(O)石膏矿, 四川(C)盐矿, 前苏联(E)喀尔巴阡盐矿床
5. 陆相碎屑岩、蒸发岩组合的成矿系列	石膏矿-石盐矿、石盐矿-杂卤石矿、石盐矿-钾芒硝矿	大汶口(E)石盐, 杂卤石矿, 江汉(E)石盐钾芒硝
① 夹海相层的亚系列		
② 单纯陆相亚系列	芒硝、天然碱矿-石膏、石盐矿、硼砂矿、石盐-光卤石矿 含铜砂岩、含铜砂砾岩矿(或含 U、V 等)	铜柏(E)天然碱矿, 察尔汗石矿, 斑戈湖硼砂矿 滇粤(K-E)含铜砂岩矿
6. 陆相表生风化残积带的成矿系列中、酸性火成岩表生风化带亚系列	高岭土、(红土型)铝土矿、富稀土元素粘土矿	苏州高岭土矿床, 海南(土型)铝土矿, 赣南含稀土的风化壳矿床

(据程裕淇等简化, 1980)

成矿系列概念的提出，改变了矿床研究中分门别类、彼此孤立割裂的倾向，而以成矿演化，联系发展观点作指导，既重视成矿演化谱系、成矿作用过程的共同特征，又注意地质条件局部变化对成矿的影响。

在一个成矿区内掌握了成矿系列特征，可以由此及彼指导预测找矿工作，提高矿产勘查工作的成效。

3. 成矿模式

成矿模式:是以简明的图表、文字或数学公式对矿床组(或某一类矿床)的成矿地质特征、控矿因素及矿化标志进行的高度综合和理论概括。

成矿模式从形式上可分为概念模式、图表模式和数学模式，从性质可分为矿床成因模式、矿体产状模式、矿床数量模式(吨—品位模型)等。

矿床模式，特别是图模式可以形象、直观地表述矿床组相互之间的内在成因联系及形成、分布的时、空特征，从这个角度来说，其比成矿系列更前进了一步。

但成矿模式绝不是仅反映矿床共生组合方面，它可以是对成矿规律的高度概括。据成矿模式指导预测找矿践，在世界范围内影响较大，并且已取得良好效果的成矿模式有斑岩铜矿热液蚀变模式、密西西比河流域古含水层模式、沉积型铜矿的萨布哈模式以及日本的块状硫化物火山成因模式等。

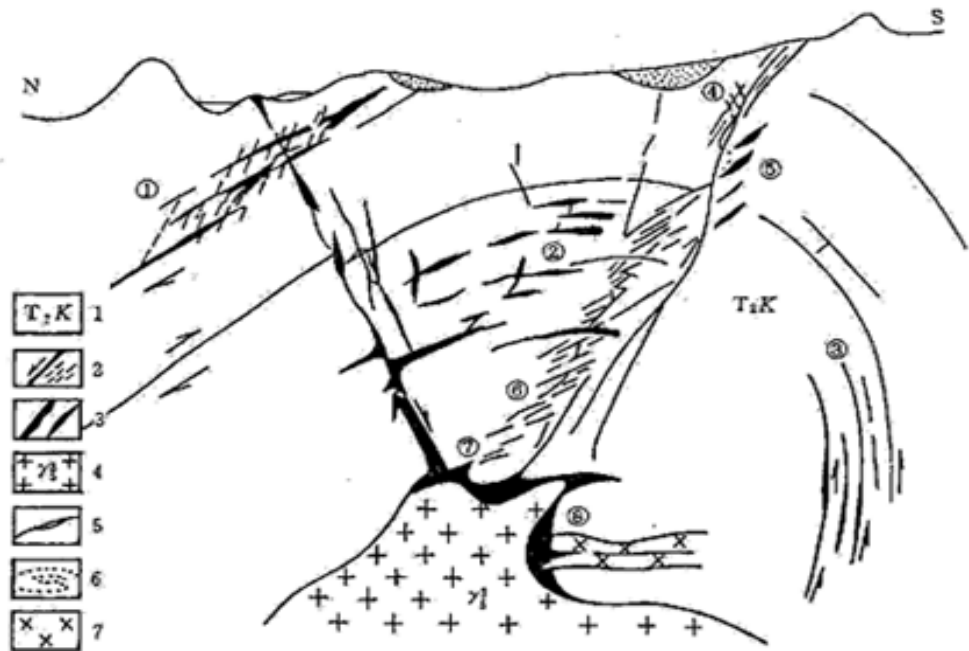


图3-18 个旧矿区控矿构造模式图
(据唐尚涛, 1985)

1—一个旧灰岩；2—断裂裂隙；3—矿体；4—燕山期花岗岩；5—褶皱地层；6—砂页岩；7—辉绿岩

①—马拉格式；②—南子街式；③—松栎街式；④—尹家街式；⑤—老阴山式；⑥—18号式；⑦—5号式；⑧—新山式

成矿模式的发展趋势是由单项模式(如蚀变模式、构造控矿模式等)向综合模式发展；由单一模式(如概念或表格单一类型)向多种模式发展；由二维模式向四维模式发展；由单源信息模式向多源信息模式发展。总之，随着对成矿规律认识的深化，高新技术在矿产勘查领域内的不断普及，成矿模式的完善性、综合性及代表性将不断地提高，对预测找矿工作的指导意义将越来越大。

由矿床共生组合—成矿系列—成矿模式的发展，反映了矿床共生规律研究的深化。其重要意义在于查明矿床组合特征和时空分布、开阔视域、统观全局、由此及彼、举一反三，提高预测找矿的成效。