第二节 控矿因素与找矿标志

一. 控矿因素

二. 找矿标志

(...波哥资料)

一、控矿因素分析

- （一）概述
- （二）构造因素分析
- （三）岩浆岩因素分析
- （四）地层、岩相、古地理因素分析
- （五）区域地球化学因素分析
- （六）变质因素分析
- （七）人为因素分析

（一）概述

- 控矿因素的概念：　指控制矿床形成和分布的一切有关因素。
- 具体如构造、岩浆活动、地层、岩相、古地理、区域地球化学因素、变质因素、岩性、古水文、风化因素、人为因素等。
- 一个矿床的形成往往是多种控矿因素共同作用的结果，但针对具体的某一类矿床则控矿因素对成矿的贡献是有主次之分的。

控矿因素研究是预测、找矿工作中最基本的、不可回避的工作内容之一。通过控矿因素剖析，把握矿床成矿机制及时、空上的产出及分布特征，在此基础上总结矿床成矿规律，进而利用成矿规律指导预测、找矿工作。

随着矿床学研究及矿产勘查工作的不断深入，控矿因素的内涵正在不断地扩大：如随着生物成矿作用研究的深入，生物活动对成矿的控制的重要性正逐渐得到认同。

- 由于非传统矿产资源勘查、开发工作的提出及进行，“人工矿床”的概念已普遍被人们所接受。分析、研究人为因素对“人工矿床”的制约已成为一种理所当然的工作内容。
- 另外，迄今为止，控矿因素研究已经历了一个由一般到特殊，由特殊到综合的研究过程；
  - 即由20世纪80年代及其以前的重视在众多的控矿因素中，抓主要的控矿因素、强调主要控矿因素对成矿的主导作用，到目前的重视多种控矿因素的共同耦合致矿，强调成矿环境对成矿的控制作用。
- 这种变化是与传统的矿床分类逐渐淡化(如内生、外生矿床的界定发生模糊，像热水成因矿床的归类问题)以及因找矿工作难度不断加大而强调综合找矿、找大矿的局面相匹配的。

（二）构造因素分析

- 构造因素是控制矿床形成和分布的重要因素之一。
- 就构造在成矿过程中的作用而言，可以分为导矿、散矿(配矿）和容矿（赋矿）构造
- 从构造运动与矿化的时间关系而言，可以分为成矿前、成矿时和成矿后构造，它们对成矿物质的集散起着不同的作用；
- 就构造发育的规模而言，可以分为全球性构造、区域性构造、矿田、矿床、矿体范围的构造。

1.大地构造对成矿的控制

- 大地构造是指对一个较大地区范围内的构造形变、岩浆活动、沉积建造和地史演化的总称。

- 大地构造与大范围的成矿区(带)之间有某种固定的联系。大地构造控制了大的成矿带(或成矿区域)的形成和展布，人们进行区域成矿分析时，即以不同的大地构造单元和不同的区域地质构造特点为基础。因此大地构造的研究，对指导战略性的区域成矿预测及找矿具有重要意义。

主要的大地构造成矿分析理论

- 槽、台成矿分析理论
- 板块构造成矿分析理论
- 地质力学成矿分析理论
- 深断裂构造成矿分析理论
- 镶嵌构造成矿分析理论
- 建造成矿分析理论

1）地槽、地台、地洼构造对成矿的控制

- （1）地槽区的控矿、成矿特征
- 国内外学者在总结大量资料的基础上，认为主要成矿带(巨型)的空间分布，往往与地槽带相一致。并进一步认识到，一定类型的矿带与一定的构造–岩浆带相适应。

  前苏联学者Ю．А．毕里宾和В．И．斯米尔诺夫将地槽的发展演化和有关成矿作用分为三个主要阶段：

- ①早期阶段:地槽开始剧烈下沉，中心部分伴随海底火山的强烈喷发，形成细碧角斑岩系、火山—碳酸盐沉积岩系和火山—硅质沉积岩系。
  - 典型的矿床是含铜黄铁矿矿床(如苏联乌拉尔和我国祁连山地槽)。
  - 地槽边缘地带发生褶皱断裂，沿断裂有基性、超基性岩的侵入，伴随出现**Pt、Cr、Cu-Ni和V、Ti磁铁矿矿床**。
  - 还有派生的斜长花岗岩、正长岩以及**Cu-Fe矽卡岩型矿床**的形成。

- ②中期阶段:为主要褶皱阶段，轴部多因花岗岩基的侵入而隆起，边缘相对下降。
  - 主要矿床是产于碳酸岩系与花岗岩接触带的矽卡岩型白钨矿，热液型Au、Mo、Pb、Zn矿化。
  - 侵入于硅铝质岩层的花岗岩，则有伟晶岩型和云英岩型、W、Sn、Ta、Li、Be矿的形成。
  - 外生矿床则有煤、石油、可燃有机岩的形成。

- ③晚期阶段：主要褶皱运动结束，逐步向年青地台转化，最后趋向稳定而过渡为年青的地台。
  - 地槽的边部和接合部断块发育，伴随中酸性小侵入体的侵入，有热液型Sn、Ag、Au、Hg、Sb、As等矿床的形成，
  - 晚期的安山岩—英安岩有关的火山热液矿床的形成。
  - 沉积岩为杂色建造(粘土—砂互层)，有Fe、Cu、V、U的沉积矿床和膏盐、油、气、煤的沉积矿床出现。
  - 在向地台过渡时有Pb、Zn、萤石、重晶石等低温热液和层控型矿床形成。

地槽发育早、中、晚阶段岩石建造和标型矿床

建造组	建 造	矿 床 类 型
早 阶 段		
岩浆组	海底火山细碧-角斑岩；橄榄岩；辉长岩-纯橄榄岩；斜长花岗岩-正长岩	Fe和Mn的黄铁矿型硫化物和氧化物矿床 铬铁矿、Os和Ir的岩浆矿床 钛磁铁矿、Pt和Pd的岩浆矿床 Fe和Cu的矽卡岩矿床
沉积组	碎屑 碳酸盐 鲕绿泥石 硅质 沥青质	砾岩，砂岩，粘土 Fe、Mn的氧化物和碳酸盐矿床，磷块岩，石灰岩 Fe和Mn的硅酸盐矿石 Fe和Cu的贫矿石 分散的有机物质，Fe、Cu、Zn、Mo的分散的硫化物，U、V的氧化物
中 阶 段		
岩浆组	花岗闪长岩 花岗岩	矽卡岩矿床，主要是钨的矽卡岩矿床，Au、Cu和Mn、Pb和Zn的热液矿床 Sn、W、Ta、Li和Be的伟晶岩矿床，钠长石-云英岩矿床和石英共生热液矿床
沉积组	复理石 可燃有机岩	沉积建筑材料；可燃页岩
晚 阶 段		
岩浆组	各种成分的小侵入体地表火山	深成矿液矿床，主要是硫化物共生组合，复杂的矽卡岩矿床，火山热液矿床
沉积组	磨拉石 杂色 含盐 含碳氢化合物	沉积建筑材料 Fe、Cu、V、U的沉积-淋积矿床 盐类、石膏的蒸发岩矿床 石油、天然气和煤

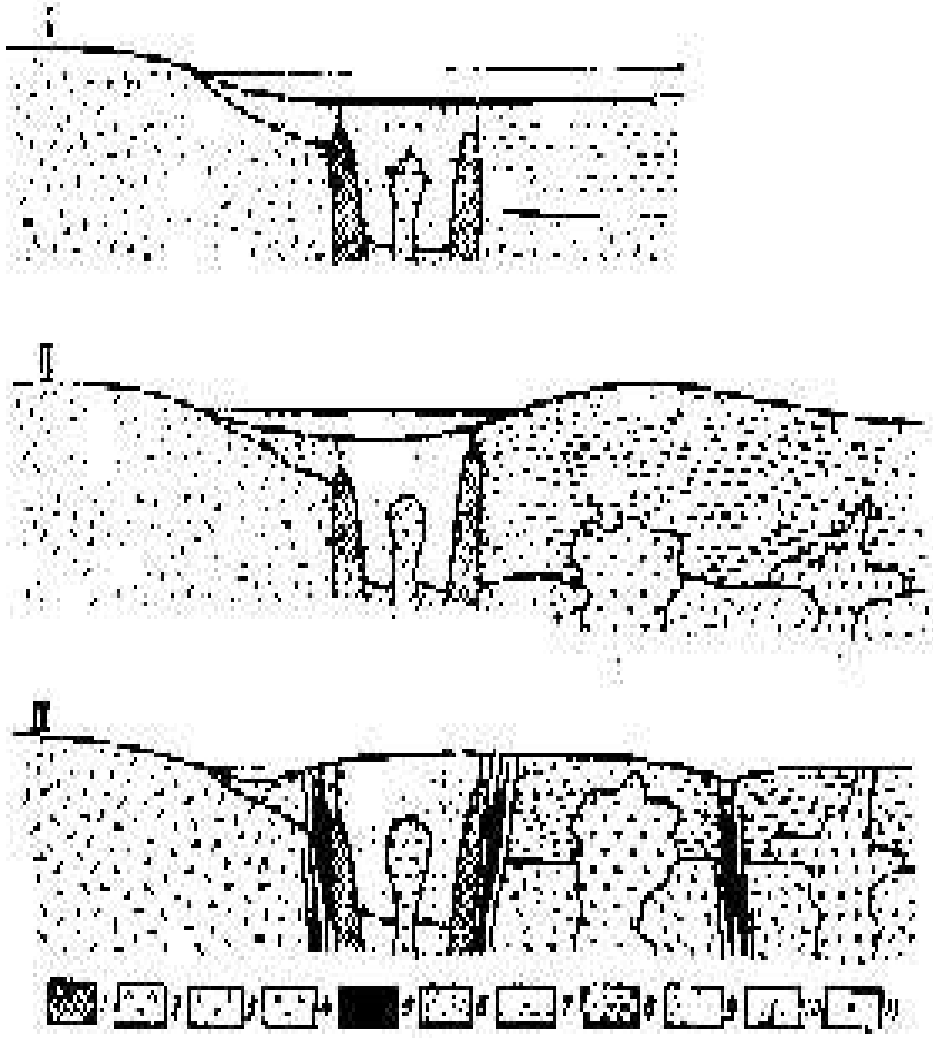


图 1-4 地槽发展各阶段岩浆岩建造及有关矿床分布图

（据 В·И·斯米尔诺夫）

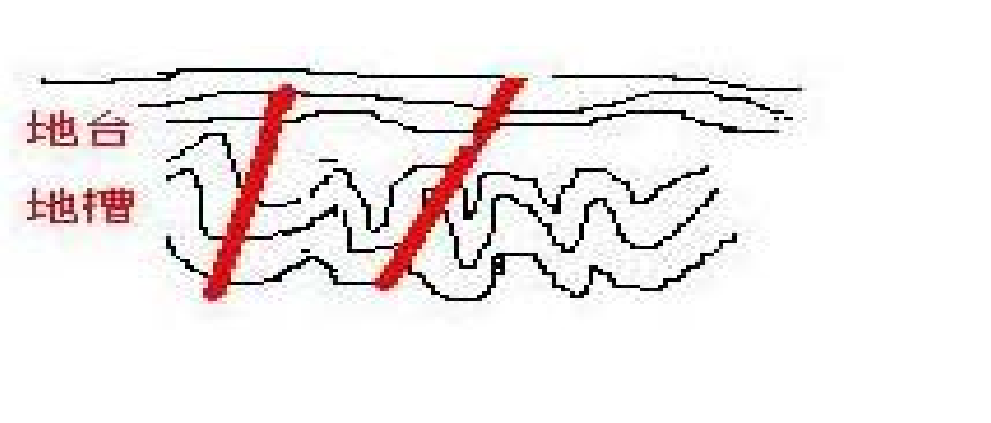
1—超基性岩和基性岩建造，有岩浆型铬、钛、磁铁矿和铂族元素矿床；2—斜长石花岗岩—正长岩；有矽卡岩型铜、铁矿床；3—花岗岩类，有矽卡岩型及热液型有色稀有金属和金矿床；4—花岗岩，有伟晶岩型、钠长岩型、云英岩—石英型有色、稀有、贵重和放射性金属矿床；5—小侵入体，有热液型有色、稀有、贵重和放射性金属矿床；6—海底细碧角斑岩及斑岩型火山建造，有变质型及火山沉积型有色金属及铁、锰氧化物矿床；7—沉积岩（主要是陆源的）；8—碳酸盐岩占主要地位的沉积岩；9—基底岩石；10—断裂带；11—矿床。

I—早期阶段；II—中期阶段；III—晚期阶段。

需指出的是，这种地槽发展的三阶段成矿模式并不能概括世界上所有地槽区的成矿特征。我国著名地质学家黄汲清教授提出地槽发展的多旋回性的理论，并由此而导致矿化发育的多次叠加理论，应引起深入探索和研究。

（2）地台区的控矿和成矿特征

- 地台区的地质结构具典型的双层结构，其成矿，受变质基底、沉积盖层和岩浆活动所控制。



- 变质基底主要产出各类变质矿床
  - 包括沉积变质矿床、火山沉积变质矿床及岩浆变质矿床等，矿种有**Fe、Mn、Au、U、Cu、Pb、Zn、Cr、Ni**等，
  - 还包括混合岩化和花岗岩化及其有关的矿产的形成。
  - 变质基底中古老的岩层如太古代的绿岩带，蕴藏着丰富的矿产，尤应引起重视。

地台盖层中的矿产以各类沉积及层控矿床具有重要意义，如煤、油**Fe,Mn,P,Al;Pb,Zn,Au**等。

地台区与岩浆活动有关的内生矿化主要受深断裂控制明显。在隆坳交接区有金伯利岩及金刚石形成，隆起区—碱性岩—碳酸岩型**Nb**—稀土矿产，坳陷区—**Cu,Ni**矿床。

地洼区的成矿特征

- 地洼学说是我国著名地质学家陈国达教授所提出。他指出地洼是与地槽、地台并列的第三大地构造单元，由地槽演化为地台，地台又演化为地洼，它既继承了地台发展的某些特点，又具有本身发展演化的特点，造成成矿物质的多来源，成矿作用的多阶段叠加。在空间上，出现多种矿床类型在一个构造单元内复杂共生，如我国东部地洼区就存在地槽型、地台型、地洼型铁矿，它们均在同一个构造单元内共生的现象。地洼学说已引起国内外学者的广泛重视。

2）板块构造对成矿的控制

- 上世纪七十年代以来，世界上地学界最主要成就之一，就是板块构造学说的发展及其对成矿控制的理论，它成功地运用在斑岩铜矿等矿产的预测方面。
- 板块构造的基本概念是认为地球的壳幔可以分为性质不同的三层，即刚性的岩石圈、上地幔和软流圈。在板块不同性质的边界，往往分布着不同的岩石组合和有关的矿产。与板块构造有关的次一级构造单元，可以分为海岭(洋中脊)、转换断层、岛弧、海沟、俯冲带和地缝合线等。

- 板块与成矿关系最主要的是板块边缘成矿理论，它包括增长和消亡两类性质的板块边缘成矿。

- 板块构造与成矿关系比较富有成效的研究，是对中生代以后形成的一些矿床，其中俯冲带控矿和与其有关的块状硫化物矿床和斑岩型矿床最为典型。

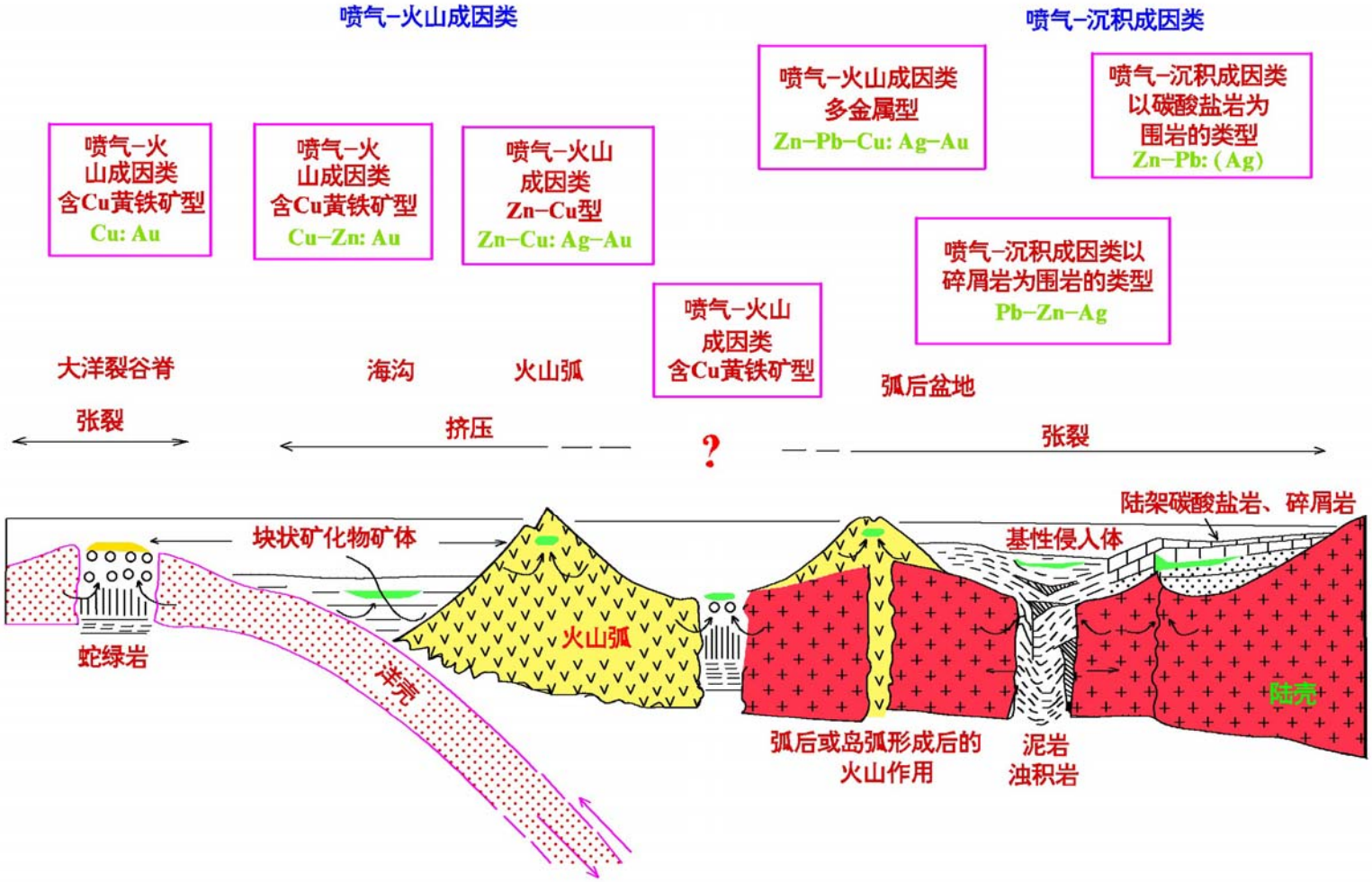
- 俯冲带控矿是指消亡(消缩)板块边缘(毕鸟夫带)对成矿的控制。一般是大洋板块向大陆板块俯冲消亡，在俯冲带形成复杂的构造运动和岩浆活动，并伴随多种内生与外生成矿作用，并沿消亡板块边缘形成各种矿带。

  - 大洋板块向大陆板块之下俯冲有二种情况：
  - 一种是直接俯冲到陆壳之下，沿着接触线生成一条深海沟，如南美安底斯山属之，其成矿主要与钙—碱系列岩浆活动有关，并以深成岩浆作用有关的矿床最重要。其总的分带特点为平行海岸线，从西向东依次发育为**Fe、Cu(含Au)—Pb、Zn(含Ag)—Sn(含一定距离)三大矿带;**

- 另一种是大洋板块与大陆板块相距一定距离俯冲，当它向下俯冲时形成岛弧链。岛弧型板块俯冲带成矿特点主要表现为与火山活动相联系的各种块状硫化物矿床。其中以日本黑矿最为典型。另外，斑岩型**Cu-Mo-Au**矿床受板块构造的时、空控制，具有全球性的广泛一致。

- 在岛弧与大陆之间常有边缘海盆地，如亚洲东部的日本海、鄂霍茨克海等属之，其中有丰富的石油和各种外生沉积矿床。

- 还有一种情况是两个陆壳互相碰撞，形成地缝合线型板块边缘。
- 与地缝合线有关的典型矿床，是超基性岩中的铬铁矿矿床，它们大都集中分布于阿尔卑斯造山带，如我国西藏雅鲁藏布江河谷带即为亚洲与印度两板块的地缝合线。
- 除与超基性岩有关的铬铁矿外，与中酸性岩有关的斑岩型矿化和各种热液矿化在地缝合成型板块边缘也都有一定程度的发育。



3-2-2 贱金属块状硫化物(VMS)矿床成矿环境与板块构造的关系

(据Hvutchinson R W, 1980)

2.断裂、褶皱构造对成矿的控制

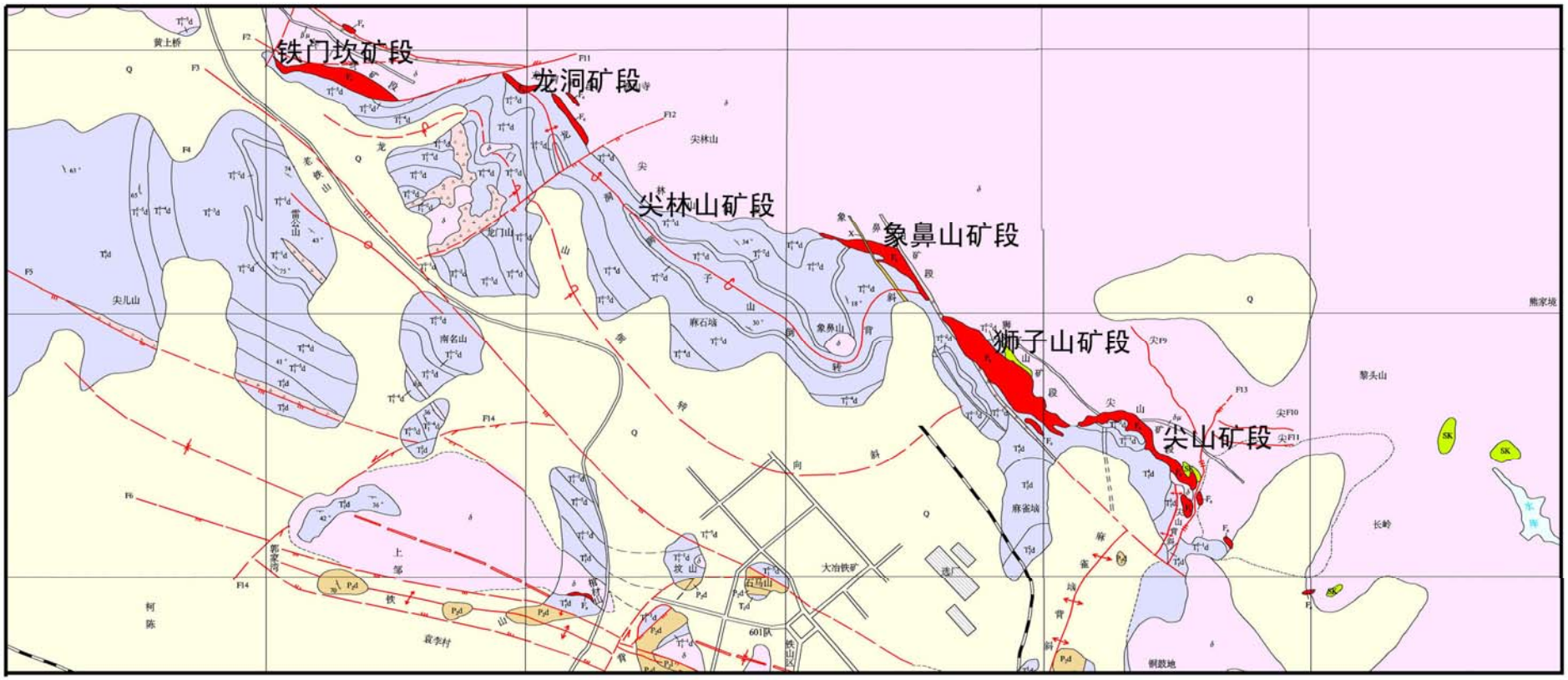
- 断裂构造是地壳中最常见的构造型式之一，与成矿的关系极为密切：
  - 对内生矿产，大的断裂构造往往是岩浆和矿液活动的通道，起着即控岩又控矿的作用，因而沿大的断裂带常出现岩浆岩带及矿带；次一级的断裂构造则直接控制了矿床、矿体的产出和分布；
  - 对外生矿产，断裂构造影响到沉积环境及后期的保存、改造条件。
- 深入研究控矿的断裂构造，对预测找矿工作有着十分重要的现实意义。

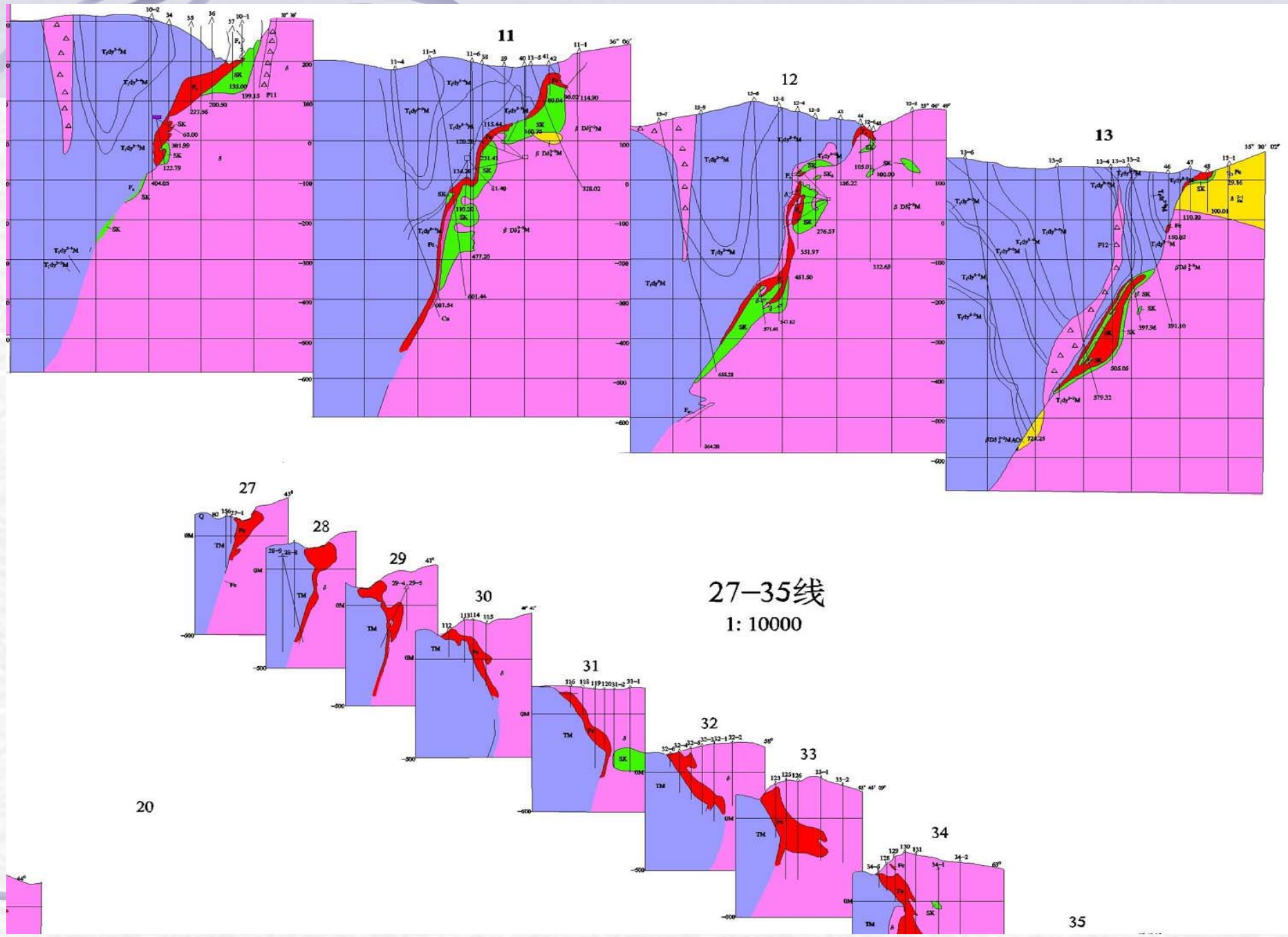
- 褶皱构造是地表表层岩石中一种常见的构造型式，其对内生金属矿产、外生的煤、油气等矿产均具有明显的控制作用。在具体工作中应注意查明褶皱的类型、与矿化的时间关系等。成矿前和成矿过程中形成的褶皱及其伴生构造可以成为内生及外生矿床的有利的成矿空间，成矿后的褶皱可以使先成的层状矿体(如煤、盐类)因褶皱过程中的塑性流动而发生的明显的改造，有时在褶皱过程中伴之的变质作用而使矿化局部变富或变贫。

- 断裂（包括裂隙）、褶皱构造具体分析内容见教材**P45-48**

三、岩浆岩因素分析

- 岩浆活动是地壳运动的主要形式之一，许多内生矿床的形成和分布都不同程度的受岩浆活动因素所控制。





27–35线

1: 10000

预测找矿工作中的岩浆岩因素分析可概括为以下六方面：

- 岩浆岩成矿专属性研究
- 岩浆岩对成矿的空间分布控制
- 岩浆活动对成矿的时间分布控制
- 岩浆活动的物理、化学条件对成矿的影响
- 岩浆岩与已知矿产的成因关系的判断
- 岩浆岩被剥蚀程度的研究

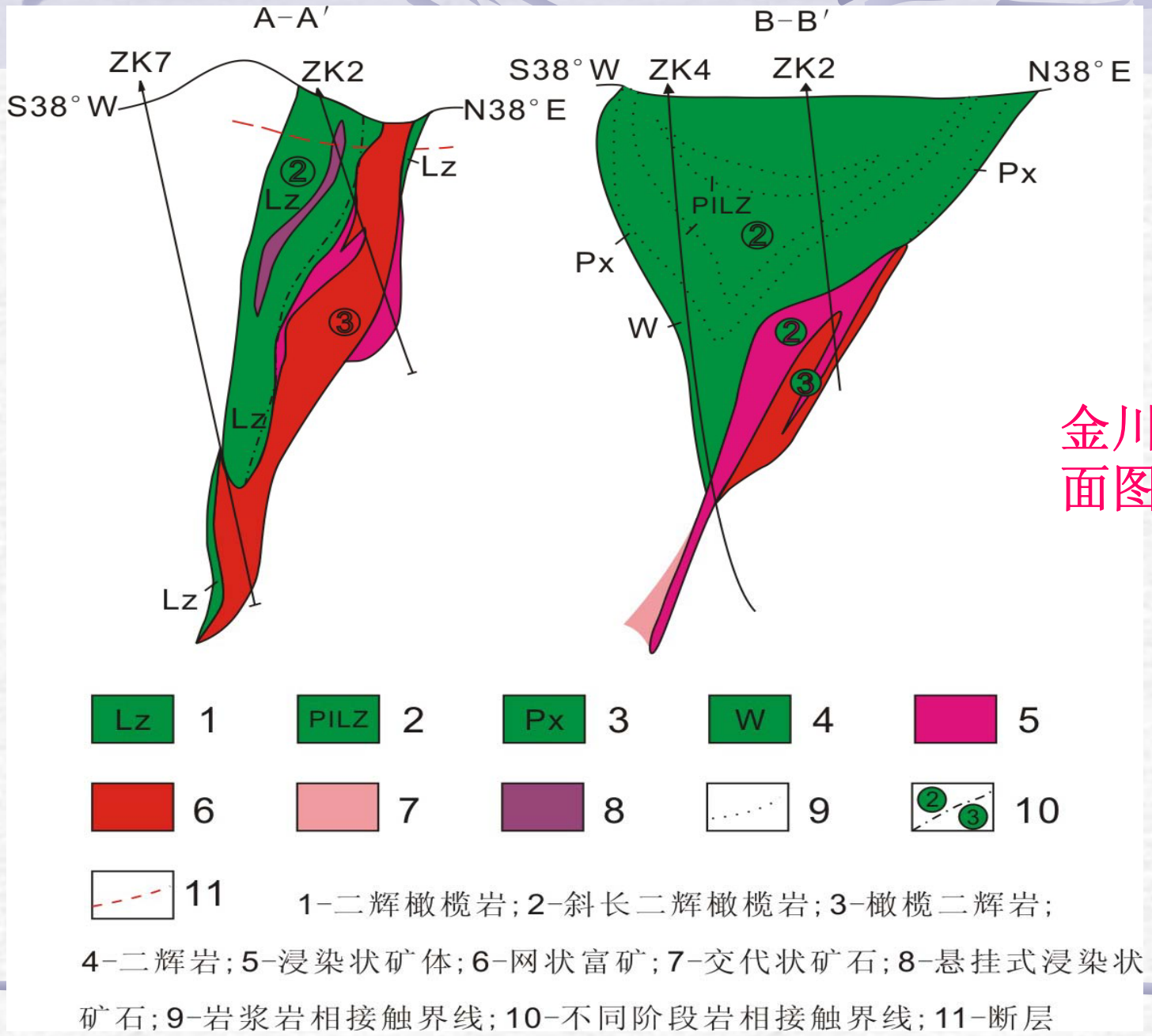
1.岩浆岩成矿专属性研究

- 岩浆岩成矿专属性的概念：
  - 指一定类型的岩浆岩与一定类型的矿床之间的专属对应关系.
- 岩浆岩成矿专属性的研究内容包括岩浆岩类型、成分和地球化学特征的研究。

1)不同种类岩浆岩的成矿专属性

- (1)基性、超基性岩类：

- 成矿专属性最强，有关的矿产主要有岩浆型Cr-Pt矿床，Cu-Ni硫化物矿床，V-Ti磁铁矿矿床以及产于金伯利岩中的金刚石矿床等。


A-A′
ZK7
ZK2
S38°W
N38°E
Lz
②
Lz
③
Lz
Lz
B-B′
S38°W
ZK4
ZK2
N38°E
Px
PILZ
②
Px
W
②
③
Lz 1
PILZ 2
Px 3
W 4
5
6
7
8
9
2
3
10
11
1-二辉橄榄岩;2-斜长二辉橄榄岩;3-橄榄二辉岩;
4-二辉岩;5-浸染状矿体;6-网状富矿;7-交代状矿石;8-悬挂式浸染状
矿石;9-岩浆岩相接触界线;10-不同阶段岩相接触界线;11-断层

金川岩体剖面图

- 基性、超基性岩类可进一步根据岩石化学指标划分不同的岩类和岩相带，并用岩石化学特征分析其含矿性。
  - 例如可用**MgO**和**FeO**的含量及比值评价基性、超基性岩的含矿性，一般具有工业价值的铬铁矿床和铂矿床多与镁质超基性岩特别是其中的纯橄榄岩、斜辉橄榄岩有关**(m／f＞6.5**或**MgO/(FeO+Fe2O3)≥3~5)**；
  - 铜镍**(**钴**)**硫化物矿床、铂钯硫砷化物矿床则产于铁质超基性岩和基性岩中**(m/f=2~6.5)**。

- (2)碱性岩:
- 成矿属性也较强，有关矿化主要是稀有和稀土元素矿床，如①铌：烧绿石，钙铌钛铈矿、铌铁矿等；②锆：锆石，异性石；③钍：钍石类，独居石；④稀土：氟碳铈矿，氟碳钙铈矿，烧绿石，磷灰石，钍石；⑤铀：铀钍石，烧绿石等。
-
- 钠质火成岩类和云霞正长岩类具有不同的成矿类型。钠质火成岩常常伴有很富的Ce-Th-U-Be-Nb-Zr的岩浆和气化－热液矿床。矿化普遍见于岩体的任何部位，因而本类型矿床规模巨大。

过渡型的霞石正长岩常伴有磷灰石—霞石—钛铁矿矿床。

云霞正长岩类具有Nb和Zr的矿化，但岩体本身矿化微弱，最有工业意义的矿化往往是在不同类型碱性岩的接触带上。

磷霞岩—霓霞岩系含霞石—磷灰石和钛铁矿。此外，霞石正长岩中的长石也是含铝的工业原料。

目前，在西澳碱性煌斑岩中还发现了大型金刚石矿床。

- (3)中酸性岩：

- 成矿专属性较复杂。中酸性岩成因类型多，因此有关的矿产类型也多，主要有W、Sn、Li、Be、U、Th、Fe、Cu、Pb、Zn等有色金属矿产、稀有、稀土和放射性矿产。

- 据徐克勤和涂光炽等人研究，我国华南地区花岗岩成因类型有四种，其成矿专属性亦有所不同：

- A 陆壳改造花岗岩：
  - 相当于S型花岗岩，多分布于地槽褶皱带早期，原地、半原地形成。岩石含SiO_2高，SiO_2＞65%，A1/K+Na+2Ca＞1.05，K_2O＞Na_2O，$^{87}Sr/^{86}Sr$＞0.71，占壳源型花岗岩的70%。
  - 该类型花岗岩常见W、Sn矿化组合。

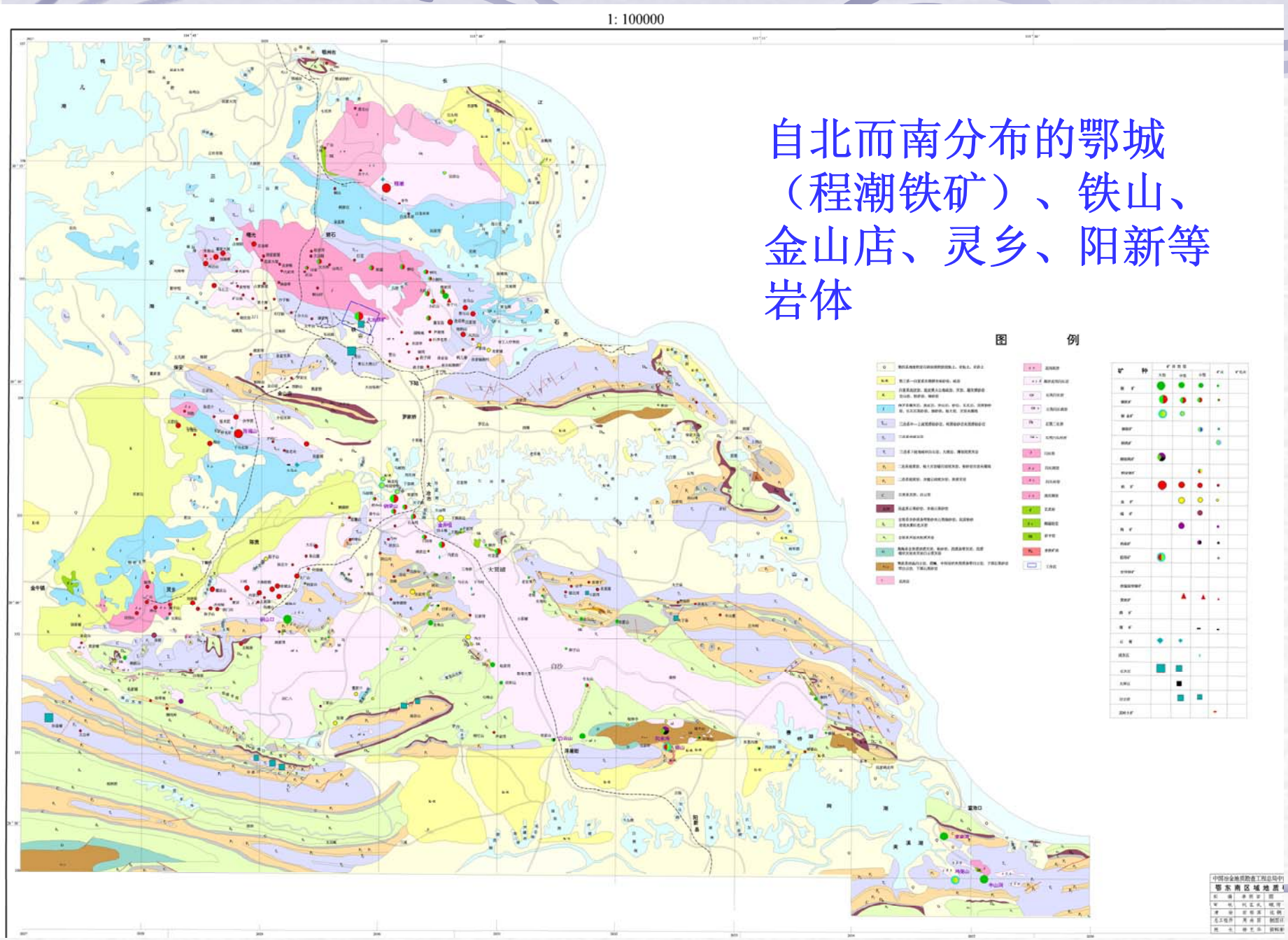
B　陆壳重熔型花岗岩：

- 相当于Ⅰ型花岗岩，形成于造山期或造山期后，多属被动侵位，少数为底辟构造主动侵位，常与S型花岗岩形成杂岩体，并且多处于杂岩体的中心部位，具多期、复式侵入及高侵位特点。岩石中SiO_2＞65%~72%，铝过饱和，Al_2O_3＞12%，$Al/K+Na+2Ca$＜1.05 $^{87}Sr/^{86}Sr=0.703-0.71$，常形成二长花岗岩、白云母花岗岩。

- 该类花岗岩为金属矿产的主要来源，早期产物有Be、Li、Nb、稀土矿产组合；较晚期有矽卡岩型及脉状W、Sn、Bi、Mo矿产组合；更晚期则有含Au组合和Cu、Pb、Zn矿产组合。

C 幔源型(M型)花岗岩：

- 多分布于独立地块边缘或内部，受深部基底构造控制，产于稳定造期后；空间上往往与基性、中基性岩体共生，常呈分异过渡，分布范围较小，常呈岩株、岩盆产出；岩石化学成分SiO_2为62-65%,Al / Na+K+2Ca＜1.0，$^{87}Sr / ^{86}Sr$＜0.703。
- 有关矿化主要是小而富的Cu、Fe等矿产。


1: 100000
自北而南分布的鄂城（程潮铁矿）、铁山、金山店、灵乡、阳新等岩体
图 例

- D　碱质花岗岩(A型)：
  - 形成于造山期后，多分布于大陆边缘断裂带，呈脉状、岩墙状产出并常呈多期次复式岩脉(体)。
  - 有关矿化主要有Sn、Ta、Nb、稀土等。
- 国内外地质学者还注意到中酸性岩浆岩的碱度变化，特别是K_2O、Na_2O的含量及其比值的变化，指示岩体成矿专属性有重要意义，如岩浆岩富钠成铁、富钾成铜；

2)岩浆岩挥发份和微量元素地球化学特征对成矿的影响

- **(1)**岩浆岩内挥发成份的研究
- 岩浆岩内挥发成分**F、Cl、B、H　2O、CO_2**等对促使岩浆分异和矿化集中有重要作用，而且初步研究表明，这些挥发份的含量与有关矿产规模具有正相关关系。
  - 我国个旧含锡花岗岩中**F**含量与有关的锡矿储量成正相关，锡矿化好的岩体，含**F**量大于**2000PPm**。具体如矿化较好的老卡岩体含**F**量达**2450～3750PPm**，马松岩体含**F**量为**2040～2260PPm**，含矿差的岩体含**F**量小于**1500PPm**。

(2)成矿元素及相关微量元素在岩体中的含量对成矿的影响

- 一般认为，岩体中成矿元素的背景含量高是有利于成矿的，可作为岩体含矿性的标志之一。
- 例如赣南与钨矿有关的花岗岩含钨量为22～212PPm，高出正常平均含量(15PPm)的半倍至140倍。不仅我国的钨、锡矿，还有东南亚和澳大利亚的锡矿，其有关的花岗岩体均显示W、Sn背景含量大大高于正常岩体的W、Sn含量。

3)岩浆岩矿物的标型特征对预测找矿的指示作用

- 岩浆岩矿物和一些矿物的标型特征的研究，对指示岩体成因及成矿专属性有重要意义。
  - 如世界上77个含铜斑岩中，含金红石、磷灰石都较高，两者可作为标型矿物。
- 矿物的标型特征内容广泛，例如：岩浆岩造岩矿物中成矿元素和伴生元素特征可以作为岩体含矿性评价标志之一。
  - 在我国江西、湖北等地的斑岩铜矿中的黑云母富铜，云南个旧锡矿的含锡花岗岩中的黑云母、角闪石和白云母均含锡很高。

2. 岩浆岩对成矿空间分布的控制

- 岩浆岩与有关矿化的空间关系十分密切。一定类型的矿床受岩浆岩条件的制约而通常产出于岩体的特定部位，具体可归纳为：
-
- 1)产于岩浆岩体内部的矿床，这类矿床有：大多数与基性、超基性岩有关的Cr、Pt、Cu、Ni、Ti、V、Fe等岩浆矿床；碱性岩中的Nb、Ta、Zr、稀土等矿床；一部分中基性火山岩的Fe、Cu矿床等。这类矿床的含矿岩体越大，形成的矿床可能性越大。岩体形态以分离完善的岩盆及缓倾斜层状侵入体对成矿更有利。 侵入体的底部、分异完善最终形成的残浆冷凝而成的相带最富集矿产。

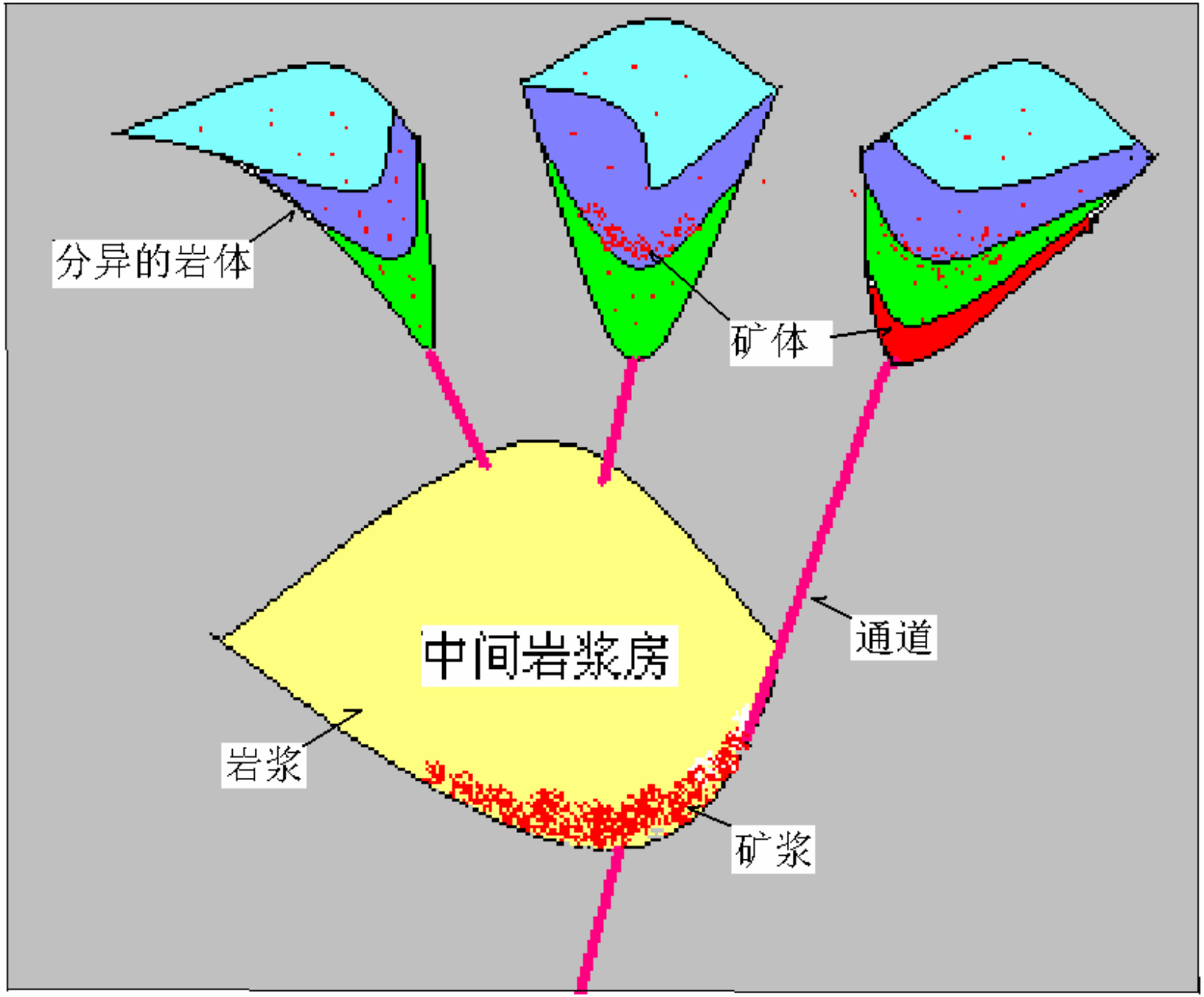
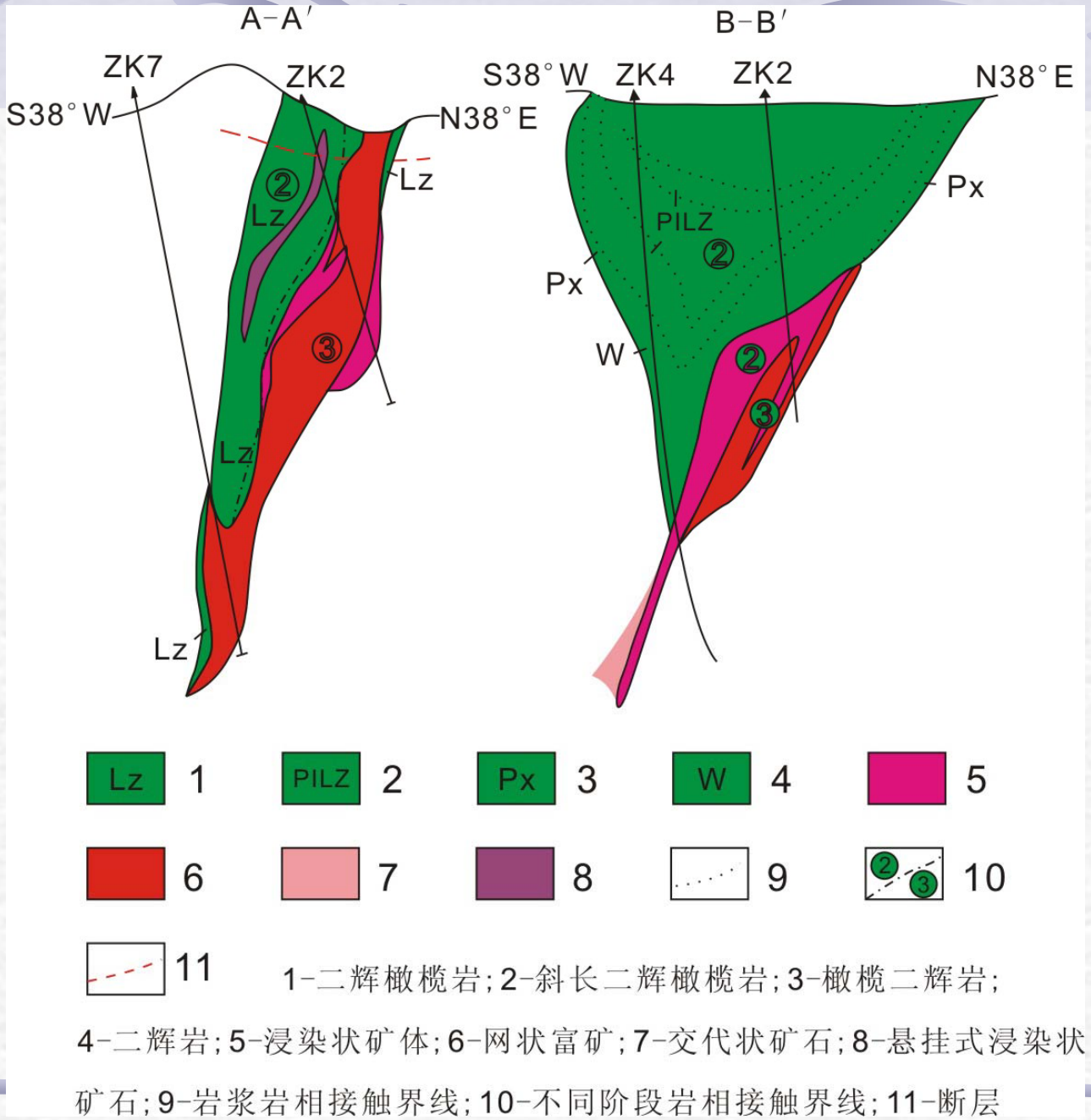
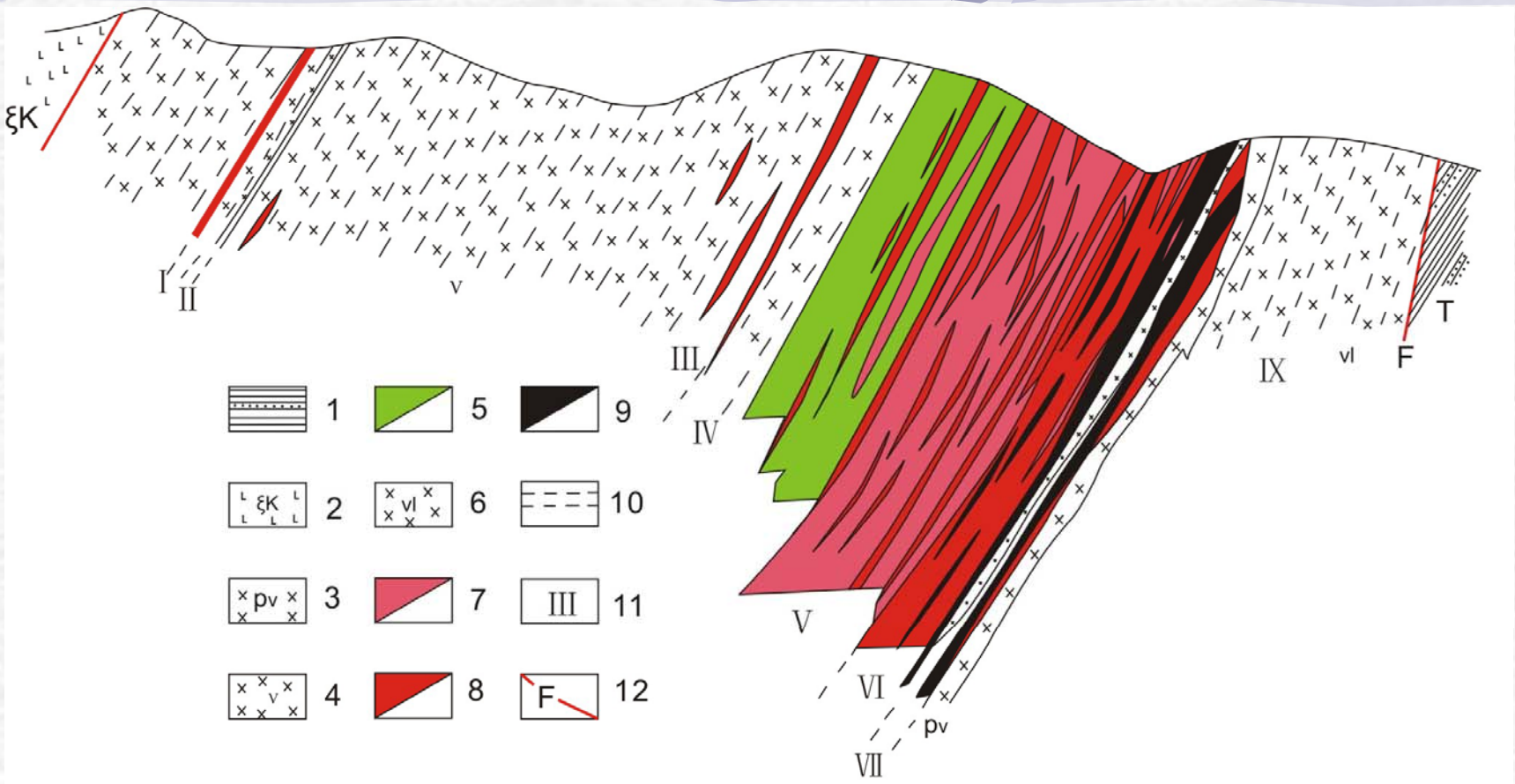


图4 深部熔离成矿模式



1-二辉橄榄岩;2-斜长二辉橄榄岩;3-橄榄二辉岩;4-二辉岩;5-浸染状矿体;6-网状富矿;7-交代状矿石;8-悬挂式浸染状矿石;9-岩浆岩相接触界线;10-不同阶段岩相接触界线;11-断层



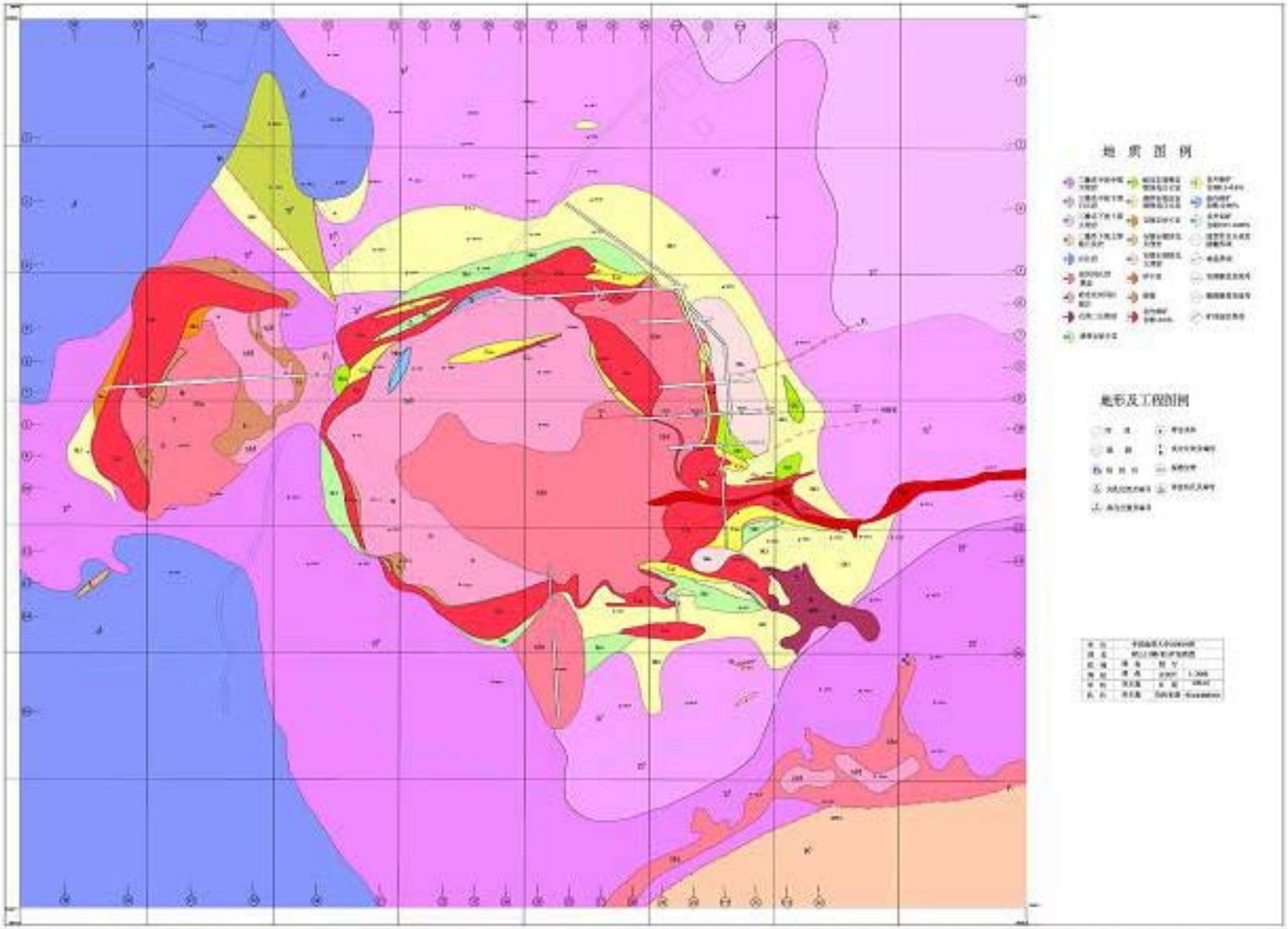
攀枝花似层状钒钛磁铁矿矿床剖面图

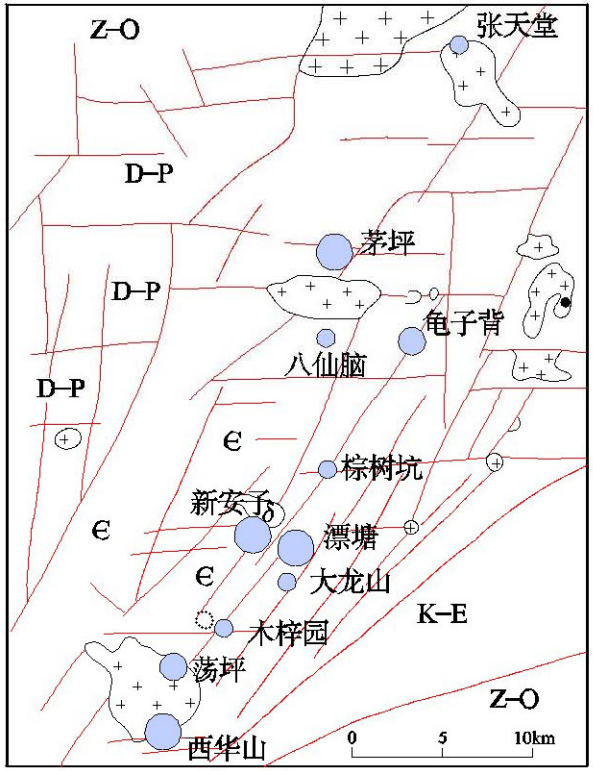
1-上三叠统砂页岩；2-角闪正长岩；3-粗粒辉长岩；4-层状细粒辉长岩；5-层状含铁辉长岩；6-细粒辉长岩；7-稀疏浸染状矿体；8-致密浸染状矿体；9-致密块状矿体；10-辉长岩层状构造；11-矿带编号；12-断层

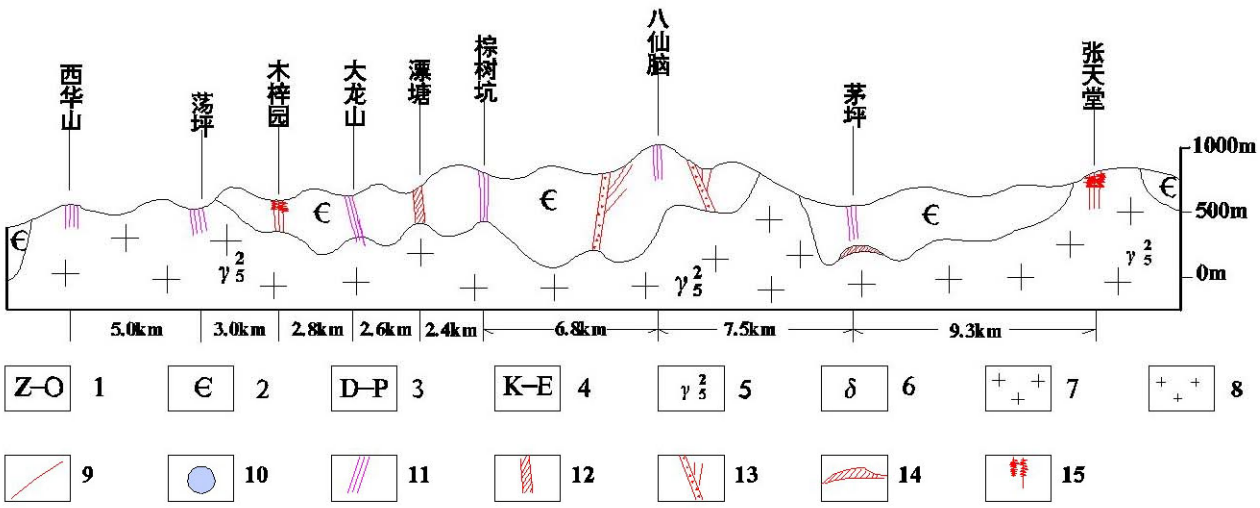
2)产于中酸性岩体的内外接触带及围岩中的矿床

- 包括各类岩浆自交代矿床、伟晶岩矿床、接触交代矿床及与岩浆有关的热液矿床。
- 这类矿床类型及矿种繁多，主要有**Sn、W、Li、Be、Fe、Cu、Pb、Zn**等有色、稀有金属矿床，
- 矿化往往与晚期小侵入体有关，并且常围绕侵入体形成矿化分带：一般在岩体内部或顶部，形成岩浆交代型**Nb、Ta、W、Sn**矿床；内外接触带形成矽卡岩型或高温热液型**W、Sn、Mo、Bi、Be**等矿床；再外则形成**Cu、Pb、Zn**等中温热液矿床；远离岩体有时有**Sb、Hg、Au、U**等浅成低温热液矿床。
- 不过近年来研究表明，许多远离中酸性岩体的**Cu、Pb、Zn、Sb、Hg、Au、U**等矿床的成矿物质大部或部分是由围岩提供的，岩浆岩体仅提供热源或同时提供部分成矿物质。

铜山口铜(钼)矿地质图

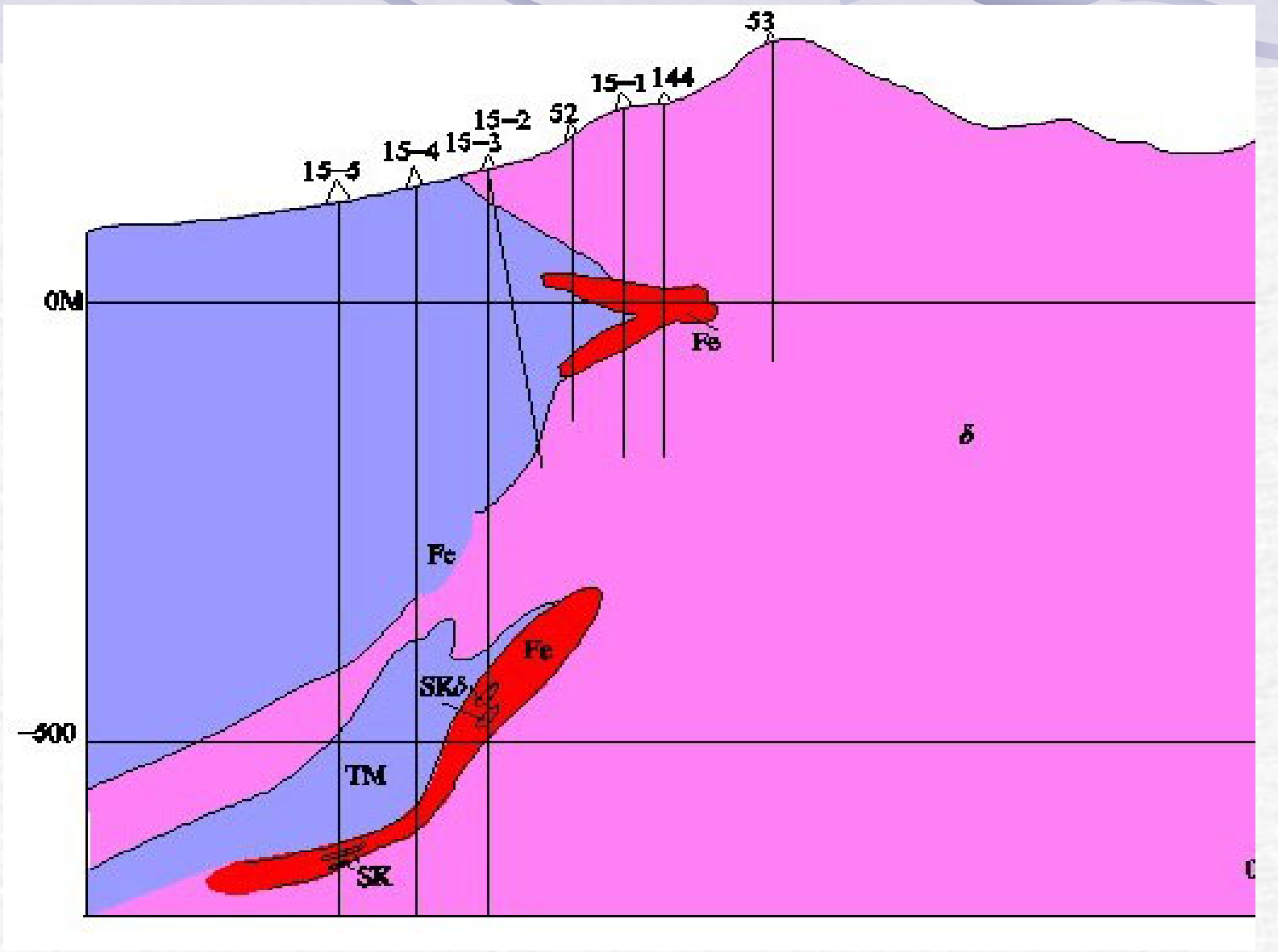






1、震旦-奥陶系　2、寒武系　3、泥盆-二迭系　4、白垩-下第三系　5、燕山早期黑云母钾长花岗岩　6、闪长岩　7、中粒花岗岩　8、细粒花岗岩　9、断层　10、矿区(点)　11、石英大脉型矿床　12、石英细脉型矿床　13、破碎蚀变带型矿体　14、云英岩型矿体　15、隐伏岩体上的矿化标志带

图4-1-5　西华山—张天堂构造岩浆控矿平面剖面图



XX矿区K15线剖面图

3. 岩浆活动对成矿的时间控制

- 1)不同时代的岩浆活动成矿特点
- 不同时代岩浆活动，具有不同的成矿特色，从而可划分出不同的成矿期。在漫长的地质历史和地壳活动中，相应的岩浆活动具有多期次旋回的特点。总的来看：

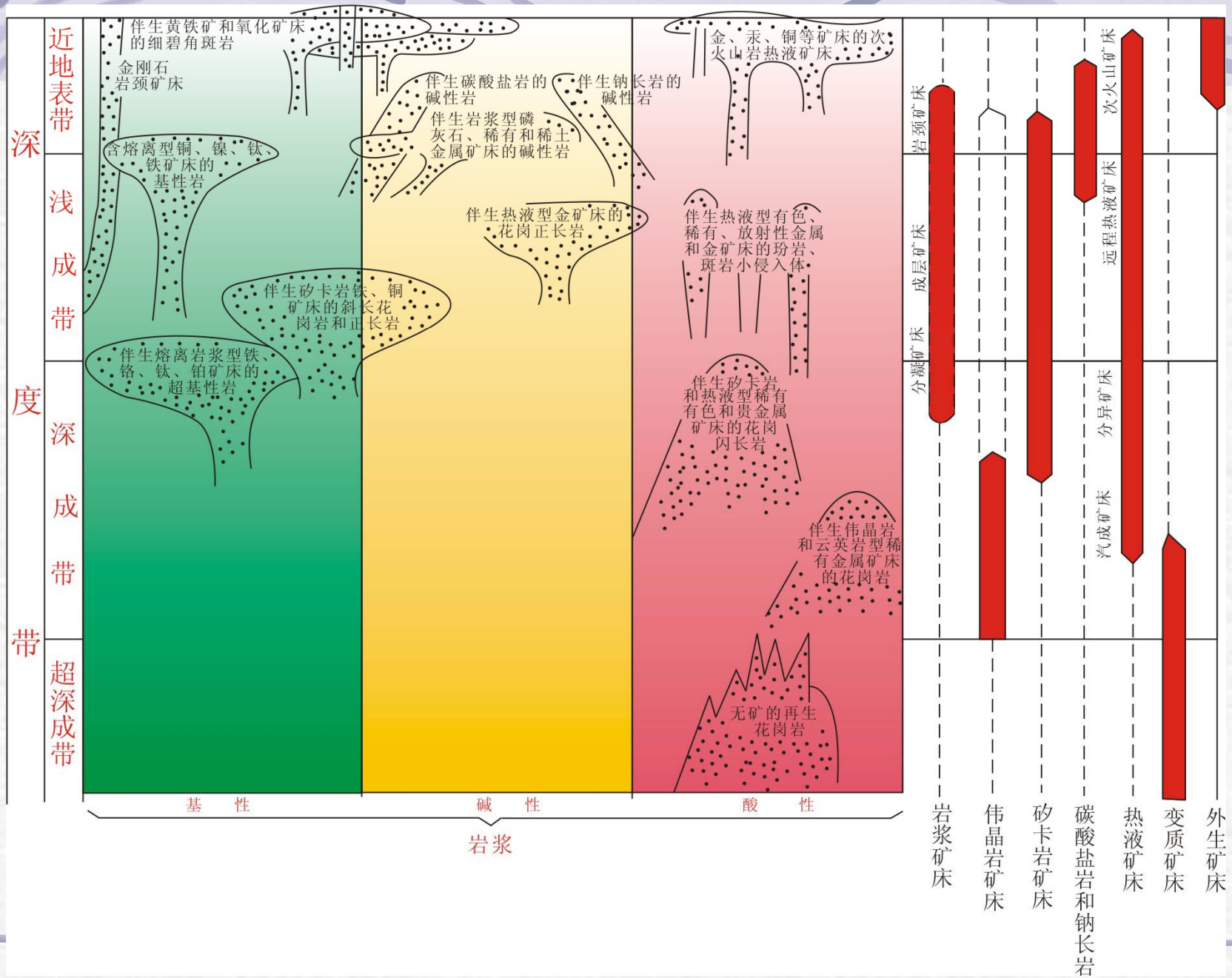
- ①我国前震旦纪的岩浆岩经历了多次变质改造，其主要矿化是与火山活动有关的**Fe**、**Cu**矿床，绿岩带金矿及部分伟晶岩矿床。
  - 这些矿床发育于长期隆起的地质老基底中，其中元古宙与裂谷火山活动有关的**Fe**、**Cu**矿床尤其重要，在我国昆阳裂谷中的**Fe**、**Cu**矿床、太行一中条裂谷中的**Cu**、**Au**等矿床即属此例。

- ②古生代的岩浆活动有关的矿化有**Cr**、**Ni**、**Cu**、**Pb**、**Zn**等，主要发育于我国西北部和北部地区。
- ③中生代及以后大量的中酸性岩浆活动，主要分布于我国东部，形成大量的有色、稀有金属矿床。
- ④新生代仅见**Au**、**Cu**、**Sn**、**U**等矿化，集中分布于我国西南和东南沿海地区。

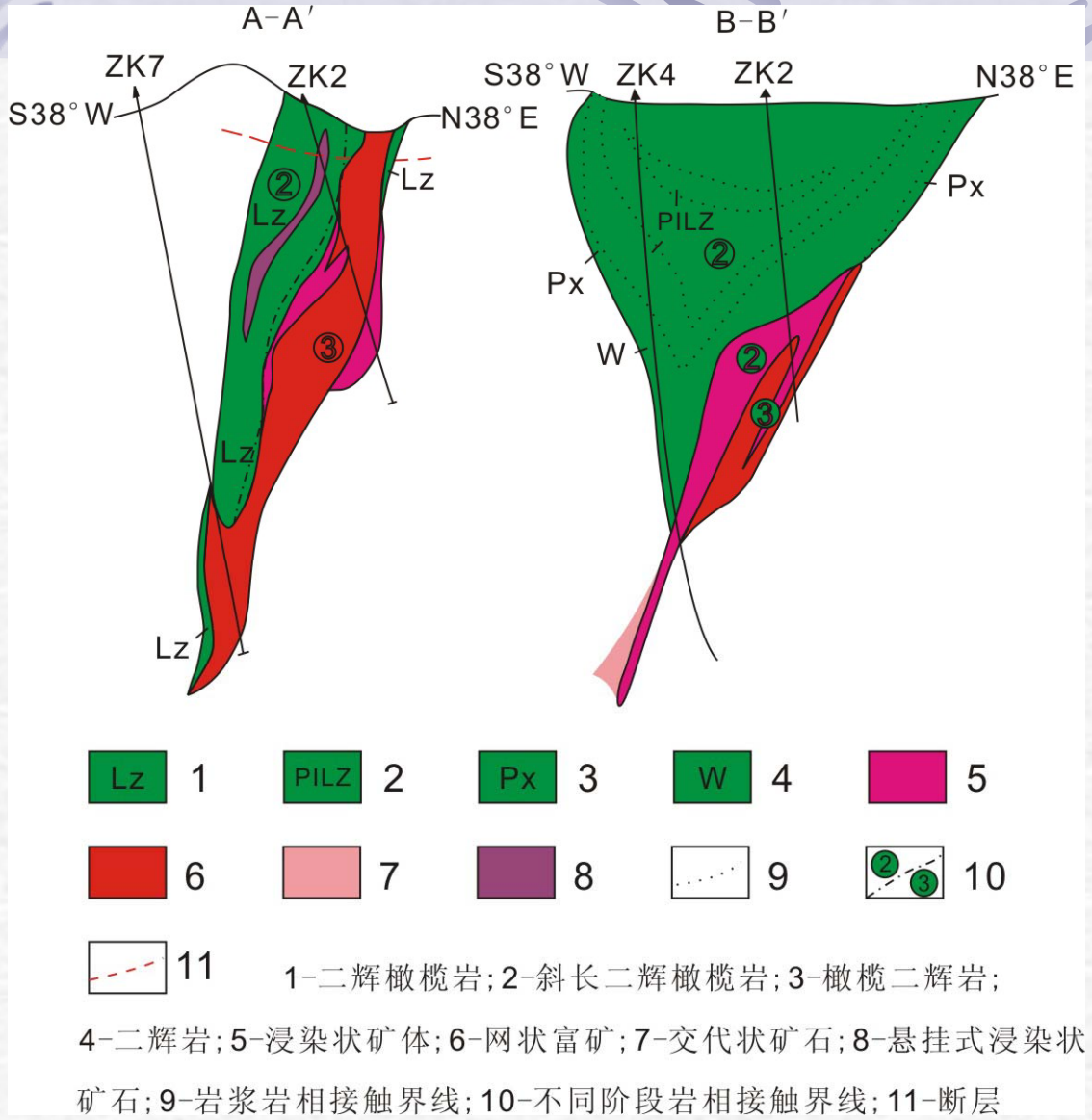
- 2)同期岩浆活动的不同阶段，富集的元素及矿化强度也往往有所差异
- 成矿往往与岩浆分异作用的最后阶段或临近晚阶段有关。例如华南地区燕山期花岗岩，早期富**W**、晚期富**Sn**，而在燕山晚期花岗岩的第Ⅱ、Ⅲ阶段岩体，含锡最高。同样与基性超基性岩有关的矿化，如前苏联堪培萨的含铬深成超基性岩，富矿是在岩浆分异的最后残浆侵入阶段形成的。

4 岩浆活动的物理化学条件

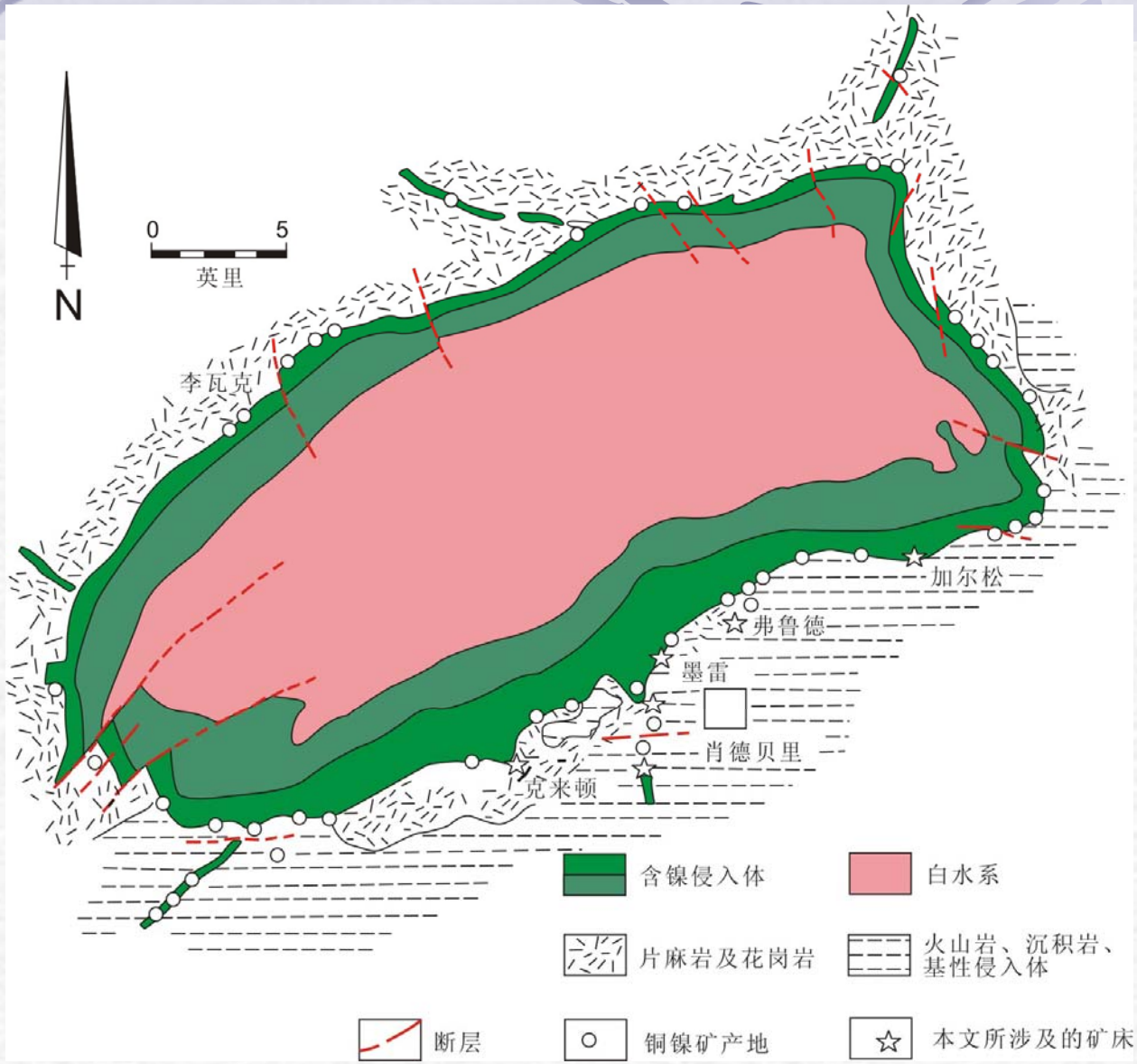
- 岩浆活动的物理化学条件，主要由岩浆岩体的形成深度，分异程度，内部结构构造和接触带构造等条件决定的。
- 岩浆岩的形成和分布除受岩浆源成因制约外，还受周围地质环境和物理化学条件(如温度、压力、深度等)影响，形成了不同的侵入深度和冷凝深度的岩浆岩，不同岩体的空间分布规律又控制了不同类型矿产的空间分布。前苏联地质学家В．И．斯米尔诺夫总结了各类火成岩建造与矿化成因类型按深度的分布规律，他按岩浆侵位深度分为四个带：


深度带
近地表带
浅成带
深成带
超深成带
伴生黄铁矿和氧化矿床的细碧角斑岩
金刚石岩颈矿床
含熔离型铜、镍、钛、铁矿床的基性岩
伴生碳酸盐岩的碱性岩
伴生岩浆型磷灰石、稀有和稀土金属矿床的碱性岩
伴生钠长岩的碱性岩
金、汞、铜等矿床的次火山岩热液矿床
伴生热液型金矿床的花岗正长岩
伴生热液型有色、稀有、放射性金属和金矿床的玢岩、斑岩小侵入体
伴生矽卡岩铁、铜矿床的斜长花岗岩和正长岩
伴生熔离岩浆型铁、铬、钛、铂矿床的超基性岩
伴生矽卡岩和热液型稀有有色和贵金属矿床的花岗闪长岩
伴生伟晶岩和云英岩型稀有金属矿床的花岗岩
无矿的再生花岗岩
基性
碱性
酸性
岩浆
岩颈矿床
成层矿床
分凝矿床
次火山矿床
远程热液矿床
分异矿床
汽成矿床
岩浆矿床
伟晶岩矿床
矽卡岩矿床
碳酸盐岩和钠长岩
热液矿床
变质矿床
外生矿床

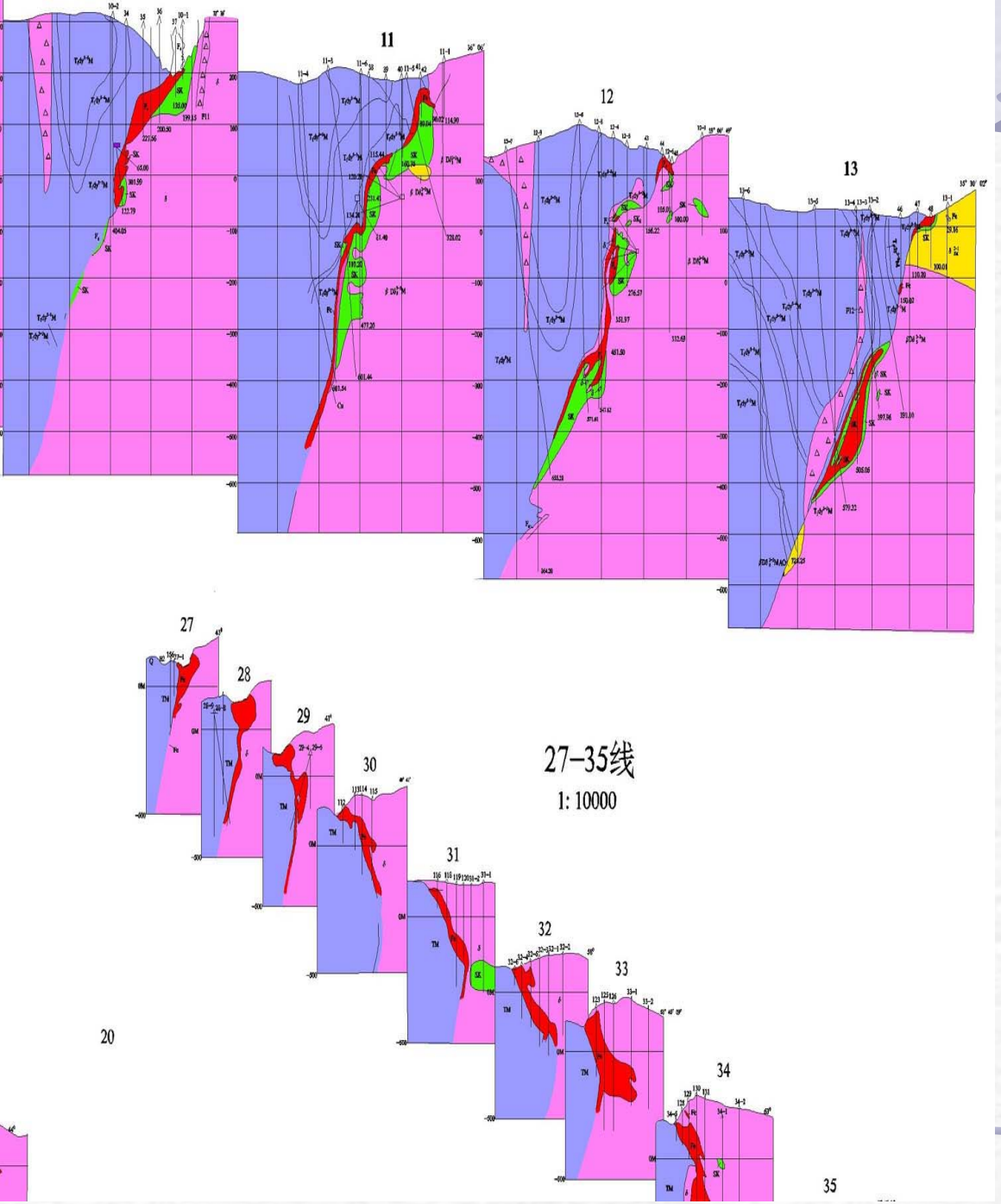
岩浆活动时的物理化学条件对成矿的影响还直接表现在岩浆岩形态、大小对成矿的控制方面：



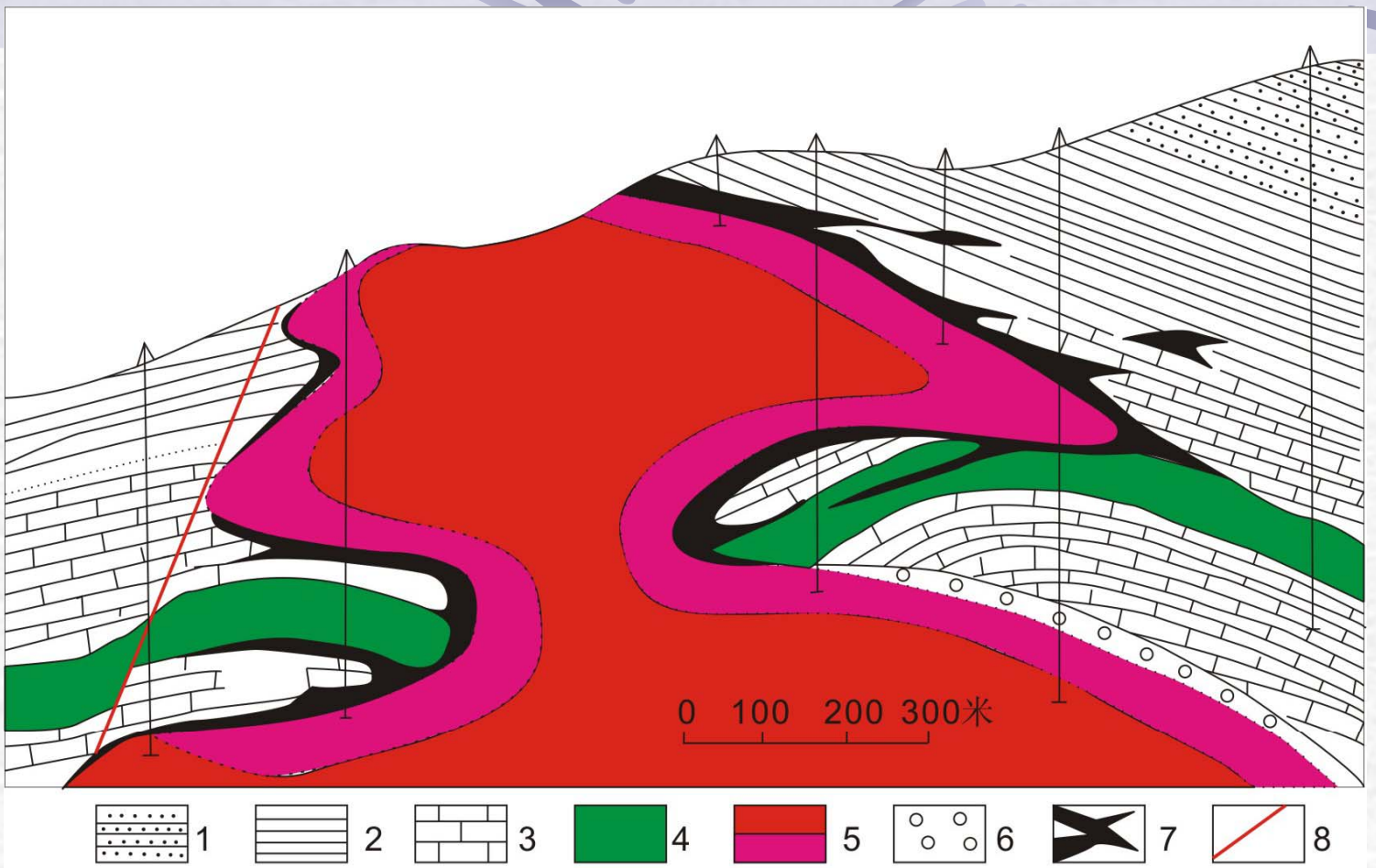
一般说来，形态简单、规模较大的基性、超基性岩体有利于形成**Cr**、**Cu－Ni**硫化物类的岩浆矿床，



特别是岩体形态呈岩盆、岩盘等近似球状体时更易成矿，原因是球体表面积最小、容积最大、散热慢、有利于结晶分异作用的进行，著名的加拿大肖德贝里岩体就呈一岩盘产出；



•形态复杂、规模较小的中酸性岩体有利于矽卡岩型矿床的形成，特别是岩体形态变化大、规模小于**10km²**时更易成矿，原因在于岩体和围岩接触面积相对较大，有利于接触交代作用的充分进行。



某地锡石-硫化物矿床地质剖面图

1-上三叠系泥质灰岩、灰岩互层;2-下三叠系灰岩、白云质互层
3-上三叠系灰岩;4-变辉绿岩;5-含斑黑云母花岗岩及其过渡带;
6-矽卡岩;7-矿体(Cu、Zn、Pb、Be);8-断层

5　岩浆岩与矿产的成因联系

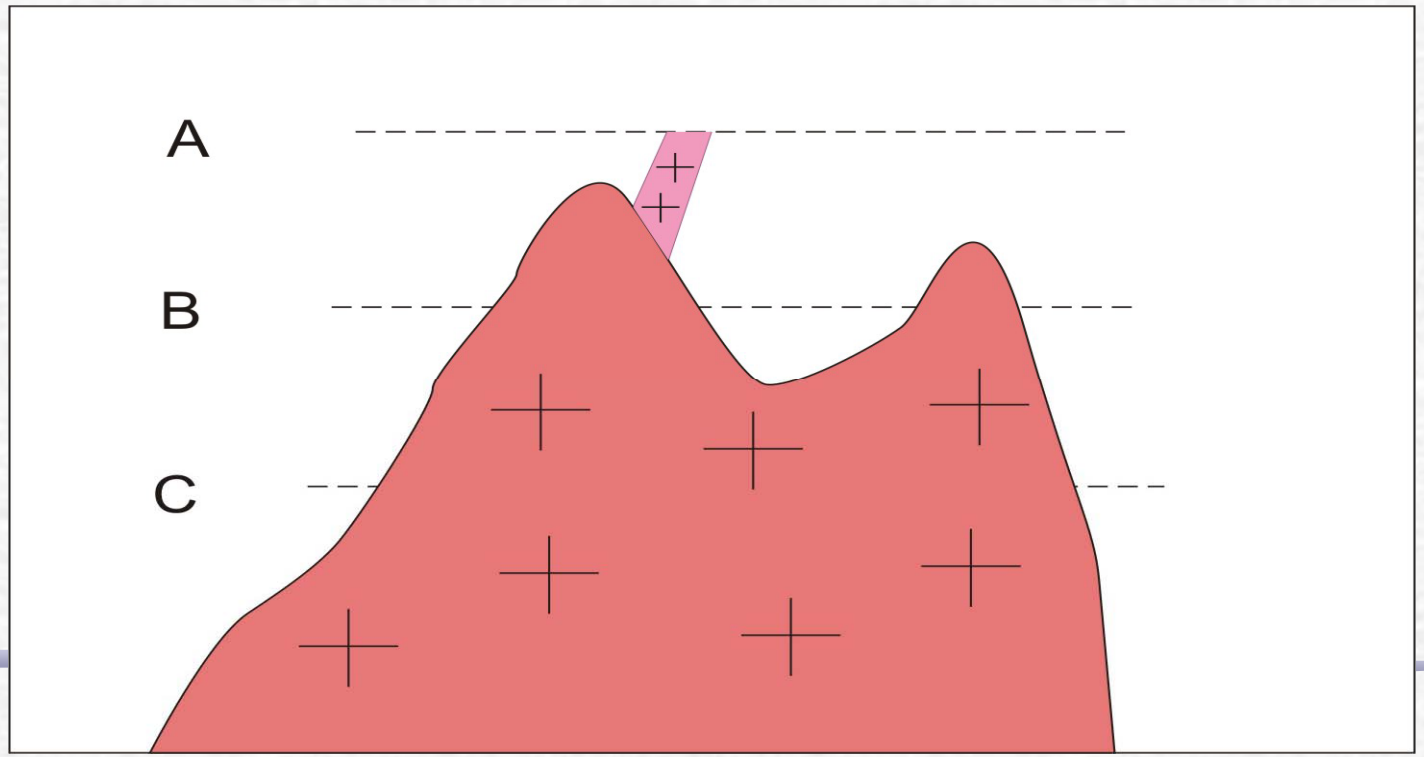
- 正确的判断已知的岩浆岩与已知的矿产之间的成因联系对一定地区范围内的进一步预测找矿工作具有重要的指导作用。
- 在各类岩浆岩中，基性超基性岩以及碱性岩的成矿专属性较强，岩体和矿产的成因关系比较明确，但中酸性岩类与矿产的成因联系则比较复杂，在实际工作中难以正确判定，许多以前被认为属于岩浆岩成因的矿床，近些年来经研究证实，属于层控矿床或多因复成矿床。例如内蒙白云鄂博的铁—稀土—铌矿床，自本世纪初发现以来，一直认为是内生成因的，50年代，前苏联学者进一步认为是特种高温热液矿床，1976年陈国达研究认为属多因复成矿床；湖南香花岭锡多金属矿，经研究也属于多因复成层控矿床。

- 下列几方面可以作为判断岩浆岩与矿产成因联系的类比准则：
- (1)一定的矿床和矿床类型与一定的岩浆建造空间关系密切，表现为矿床和岩体受同一局部构造(矿田的或矿床的)所控制；
- (2)矿床和岩体形成的地质时代接近，矿床与岩体同时或者稍晚形成；
- (3)岩浆岩体对矿床具有特定的专属性或专属性较强；两者有相似的地球化学特点(表现在组成矿物、成矿元素和微量元素等)；
- (4)矿化围绕岩体呈带状分带(水平及垂直分带)，包括矿床类型、矿化类型、结构构造、成矿温度、矿物包裹体特征诸方面的递变。
- (5)矿床规模和分布与岩体顶面形态和大小有某种依从关系。矿床类型、成矿元素、矿物共生组合与岩体形成深度存在一定的联系。

6　岩浆岩被剥蚀程度的研究

- 岩浆岩被剥蚀程度影响到与其有关的矿床形成后的保存条件。一般来说，岩浆岩被剥蚀程度与矿床的保存程度成反比，即岩体剥蚀程度越高，则发现矿床的可能性越小。但具体到不同类型的岩浆岩，岩体的剥蚀程度对矿床的找寻则有着不同的影响：
- 对基性、超基性岩体，由于与其有关的岩浆矿床通常位于岩体的偏下部位，当岩体经受一定程度的剥蚀时，各种矿化显示增多、物化探异常增强，这种情况下对找矿反而有利；

- 对于中酸性侵入体，由于与其有关的各种岩浆期后矿床分布于岩体的顶部及其附近围岩中，岩体的剥蚀程度对矿床的保存具有较大的影响：
- 当剥蚀程度较低，未及岩体顶部时，围岩的蚀变现象及脉岩分布区可作为找寻Pb、Zn、Hg、Sb等中低温矿床的标志及有希望的地区；
- 当剥蚀程度中等，刚刚达到岩体顶部，侵入体呈岛状出露，各种蚀变较强时，是找寻各种热液矿床和矽卡岩矿床很有希望的地区；
- 当剥蚀程度很高、中酸性岩体大面积出露时，对找矿一般不利，因为在成因上与该岩体有关的矿床数量将大为减少。但是，当侵入体为多次侵入的复式岩体时，情况更为复杂，要针对具体情况进行深入的研究工作。



岩体被剥蚀深度的确定，主要根据岩体本身的产出地质特征、岩体形态、岩相变化、捕虏体分布、岩石化学、地球化学、副矿物的分布、蚀变强弱及组合等特征综合分析而定。以斑岩铜矿有关斑岩体为例，其确定岩体根部和顶部的主要标志如下表：

表3-6 与斑岩铜矿有关的斑岩体根部及顶部特征对比表

斑岩体根部特征	斑岩体顶部特征
岩性均一	呈斑状
蚀变弱以钾化为主	蚀变强，有青磐岩化、泥化、石英绢云母化等系列蚀变
长石具碱性反应边	碱性长石呈细脉状产出
硫化物少，小于3%，呈浸染状	硫化物多，7%～10%，呈细脉状
$FeS_2/CuFeS_2$=1:1～1:5	$FeS_2/CuFeS_2$大于10:1
铜含量低	铜含量高
Fe_3O_4交代 FeS_2	FeS_2交代 Fe_3O_4
无 Pb、Zn、Au、Ag 的分带	有 Pb、Zn、Au、Ag 分带
角砾岩筒少见	角砾岩筒常见
氧化系数 Fe^{3+}/Fe^{2+}较小	氧化系数 Fe^{3+}/Fe^{2+}较大
磷灰石、锆英石量较少	磷灰石、锆英石量较多
找矿远景较小	找矿远景较大

(四)地层、岩相、古地理因素

- 地层、岩相、古地理因素对各种外生矿产及部分的内生矿产都具有十分明显的控制作用。
  - 地球上有意义的成矿作用主要发生在地壳岩石圈的上部地层及水圈、气圈和生物圈中，
  - 成矿作用的能源主要是来自太阳幅射，部分来自生物化学和火山活动等。
  - 成矿物质主要来自暴露地表的岩石、矿床、火山喷发物及生物有机体的分解，部分成矿物质可能来自星际陨石。
  - 风化作用和沉积作用对成矿起着主导作用，但它们的作用是通过地层、岩相、古地理而体现的。
- 因此，在预测找矿工作中只有通过对地层、岩相、古地理因素的深入综合分析研究，才有可能取得事半功倍的效果。

1. 地层因素

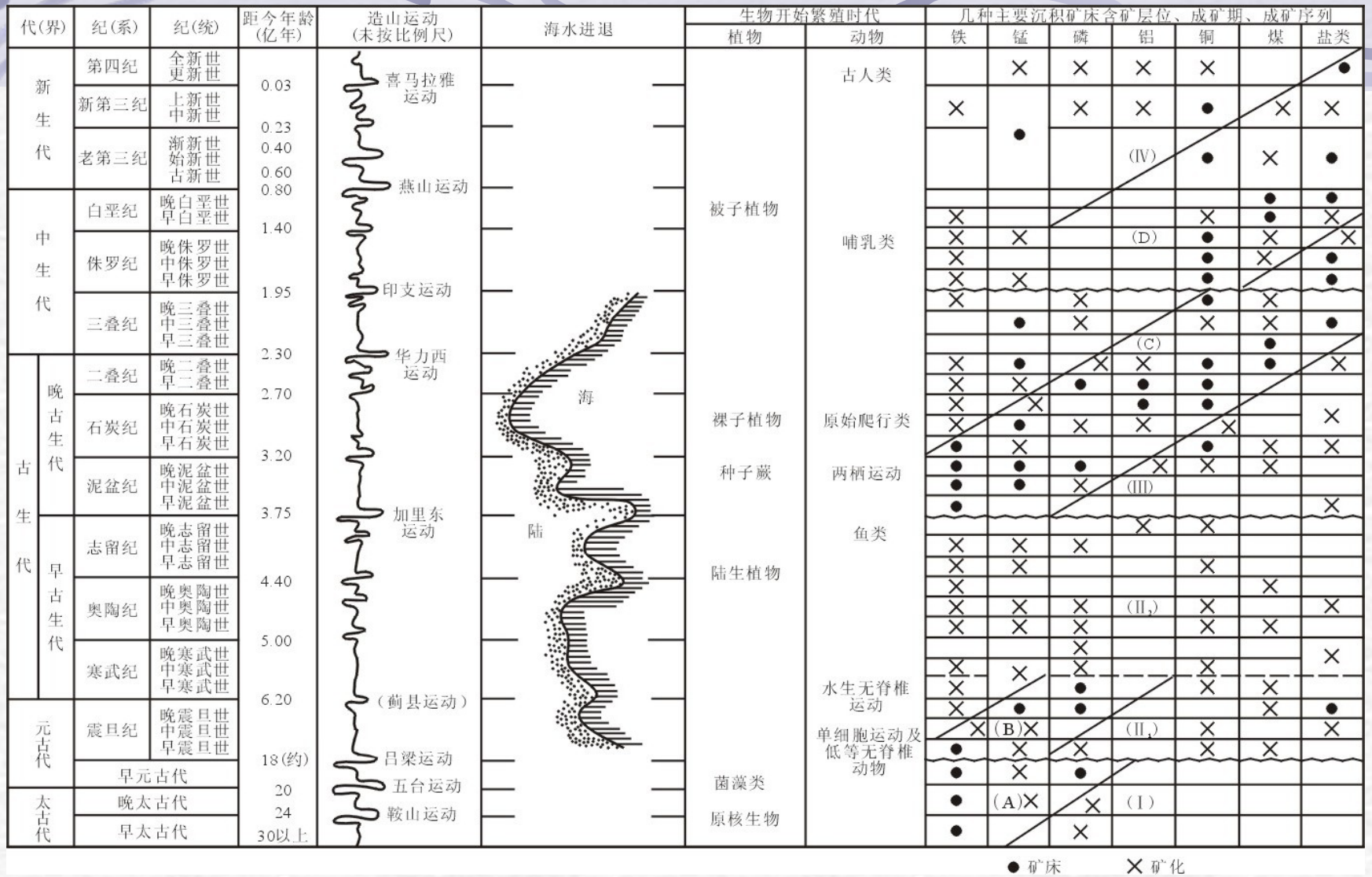
- 地层是指一定时代、具一定岩相特征的沉积物。
- 地层因素对成矿的控制主要表现在地层时代（层位）控矿和地层岩性控矿两个方面：



1）地层时代对成矿的控制

- 外生矿床常形成于一定时代的地层中，呈现出外生矿床在时间上的不均匀分布特征。
  - 例如外生铁矿虽然几乎每个时代都有，但最有意义的是前寒武纪地层，其储量占世界铁矿总储量的60%以上；
  - 前寒武纪和第三纪地层还集中了全世界锰矿储量的50%以上；
  - 铝土矿主要形成于石炭—二叠纪地层；
  - 磷主要形成于前震旦纪、震旦—寒武纪、二叠纪和第三纪地层；
  - 我国煤矿主要集中在石炭—二叠纪、三叠纪—侏罗纪和第三纪地层；
  - 沉积铜矿主要集中于前震旦纪、二叠纪—三叠纪和侏罗纪—白垩纪地层；
  - 世界上盐类集中于泥盆纪、二叠纪和第三纪地层；
  - 世界上石油总储量的90%以上形成于中、新生代地层中。

- 从整个地史发展进程的角度考察外生矿产在不同时代的地层中的分布特征，可以发现外生矿产在时间上的这种不均匀分布也是非常明显的，可以用成矿期来表述，并且不同种类的矿产在成矿期内是有序出现的，构成了所谓的成矿序列。
- 叶连俊(1976)认为我国沉积矿床可以划分为四个成矿期，在每个成矿期中，主要沉积矿床形成规律的成矿序列(图)自老致新大致以：**Fe→Mn→P→Al→煤→Cu→盐类**这一顺序出现。



有些成矿期内的成矿序列是不完整的。各个成矿期并不完全相同，如第Ⅰ和第Ⅱ成矿期的成矿序列只有其前期的矿床形成，第Ⅳ成矿期的成矿序列则只有其后期矿床形成。唯独第Ⅲ成矿期的成矿序列才是完整的。

上述成矿序列，明显地反映了气候条件的规律演变，大致反映了从温湿的气侯条件向干燥气候条件演化。即从**Fe、Mn、P、Al**、煤到铜、盐类沉积矿床形成而告终。

在预测找矿工作中，针对地层时代控矿特征，应把注意力集中在某些特定时代的地层中，层位缩小工作靶区。另外据不同种类矿产在同一成矿期内的有序分布特征，从已知到未知，由此及彼地指导预测找矿工作。

2)地层岩性对成矿的控制

- 地层岩性条件不仅对外生矿床而且对部分内生矿床均有较明显的控制作用。

  - ①对于外生矿床而言，由于地层与矿床两者具有共同的物质来源和共同的沉积环境，因而外生矿床常与一定的沉积组合共生。例如前寒武纪沉积变质铁矿，常产于含铁石英岩中，含铜砂岩多受浅色钙长石石英砂岩控制；
  - ②对风化矿床和砂矿床，其形成都必须在具有以提供矿质来源的一定岩石类型的基础上，由于有利的气候和地貌条件，才使有用矿物和元素富集。

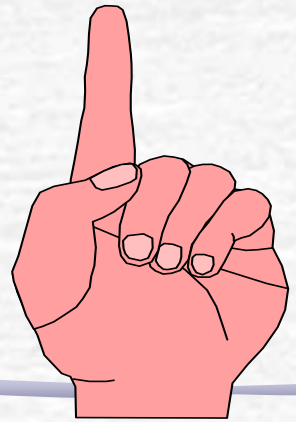
- ③ 对于层控矿床
- 一方面一定岩性的地层为层控矿床提供了部分或全部成矿物质来源，这些岩性层现在常称为矿源层。
- 第二方面是一定岩石类型和岩性所反映的岩相，代表着沉积环境对层控矿床的控制和影响。例如礁灰岩相为层控铅锌矿床有利富集的岩性和岩相因素之一。

第三方面是岩石的孔隙度、渗透性、碎屑物的胶结性质、结构、岩层中的砂泥比值等物理化学和机械性质，对形成层控矿床的矿液的迁移和富集起明显的控制作用。

一般而言，岩石的孔隙度大，可透性好，化学性活泼以及易于破碎的岩石性质对地下热卤水的迁移和聚积起积极作用；特别当不同机械强度、不同渗透性质、不同化学性质的岩层相互组合时，可形成有利于矿液运移的剥离破碎空间，或有利于集中交代的特定条件，有的地层岩性兼具上述组合，则可兼具多种有利条件而集中成矿。

2　岩相、古地理因素

- 上述各类沉积矿床皆分布在一定的地层之中，但在同一地层中矿床富集的具体空间部位及富集程度又受到一定的岩相古地理条件所控制。岩相古地理对各种沉积矿床的控制具体表现在：



- 1)岩相标志反映当时的海陆分布，海水深浅，海水进退方向等及有关沉积矿产的空间分布、特征，其基本规律是：
  - 主要外生矿产均分布在沉积区和剥蚀区的中间地带，如古陆的边缘、滨海、浅海、泻湖、三角洲等。例如我国震旦纪下部的宣龙式沉积铁矿和瓦房子锰矿主要分布于内蒙地轴的南缘（图）。中南地区泥盆系的宁乡式沉积铁矿主要产于江南古陆的边缘(图)。西南地区的Fe、Cu、Al等沉积矿床，主要产于康滇地轴的东缘。

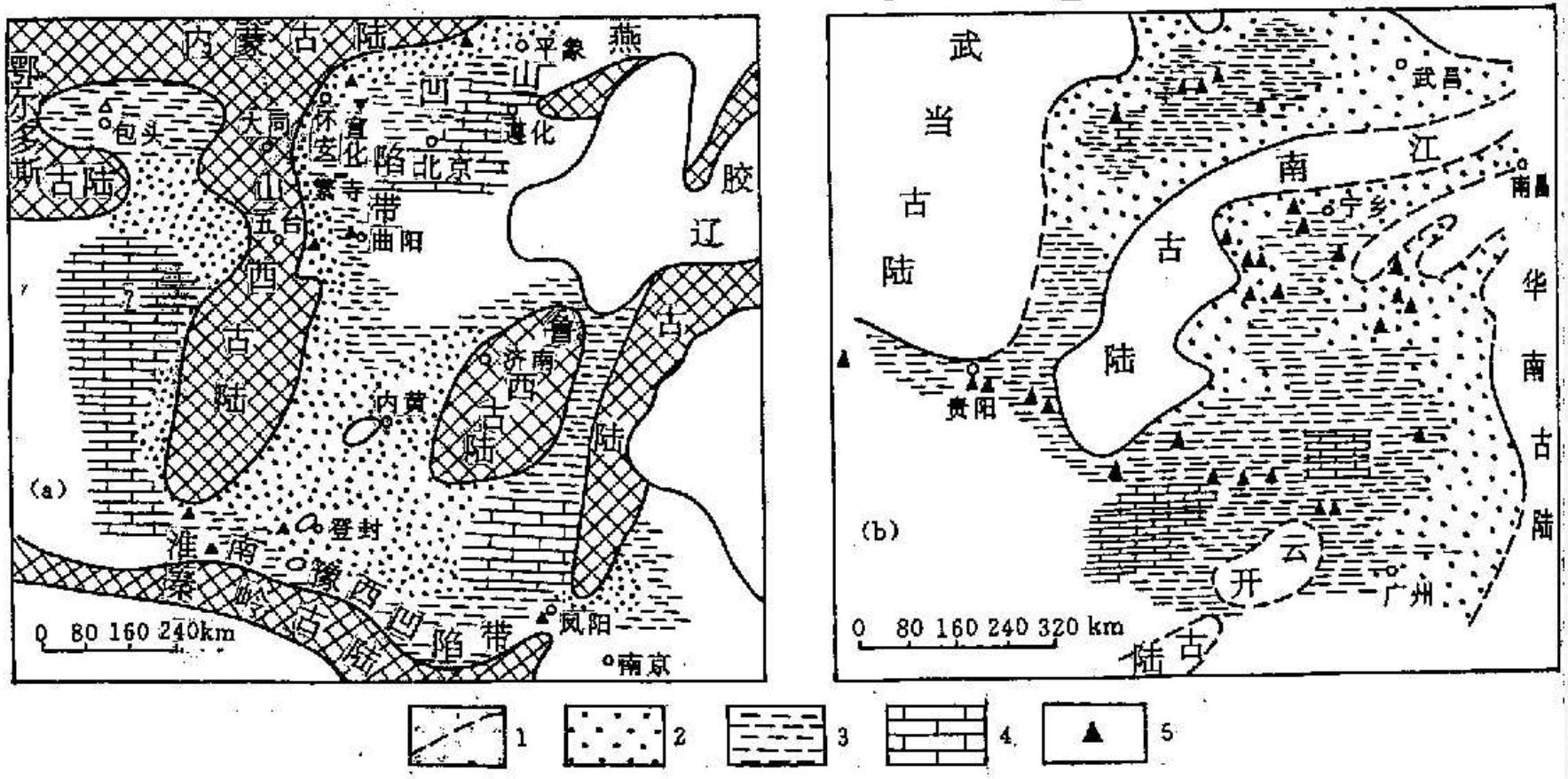


图3-8　我国沉积铁矿形成的古地理位置示意图

（据侯德义，1984，略改）

(a)—北方震旦纪宣龙式铁矿；(b)—南方泥盆纪宁乡式铁矿

1—古陆界线；2—碎屑沉积区；3—泥质沉积区；4—碳酸盐沉积区；5—铁矿

- 2）主要的外生沉积矿床的形成可分海侵和海退两个序列：

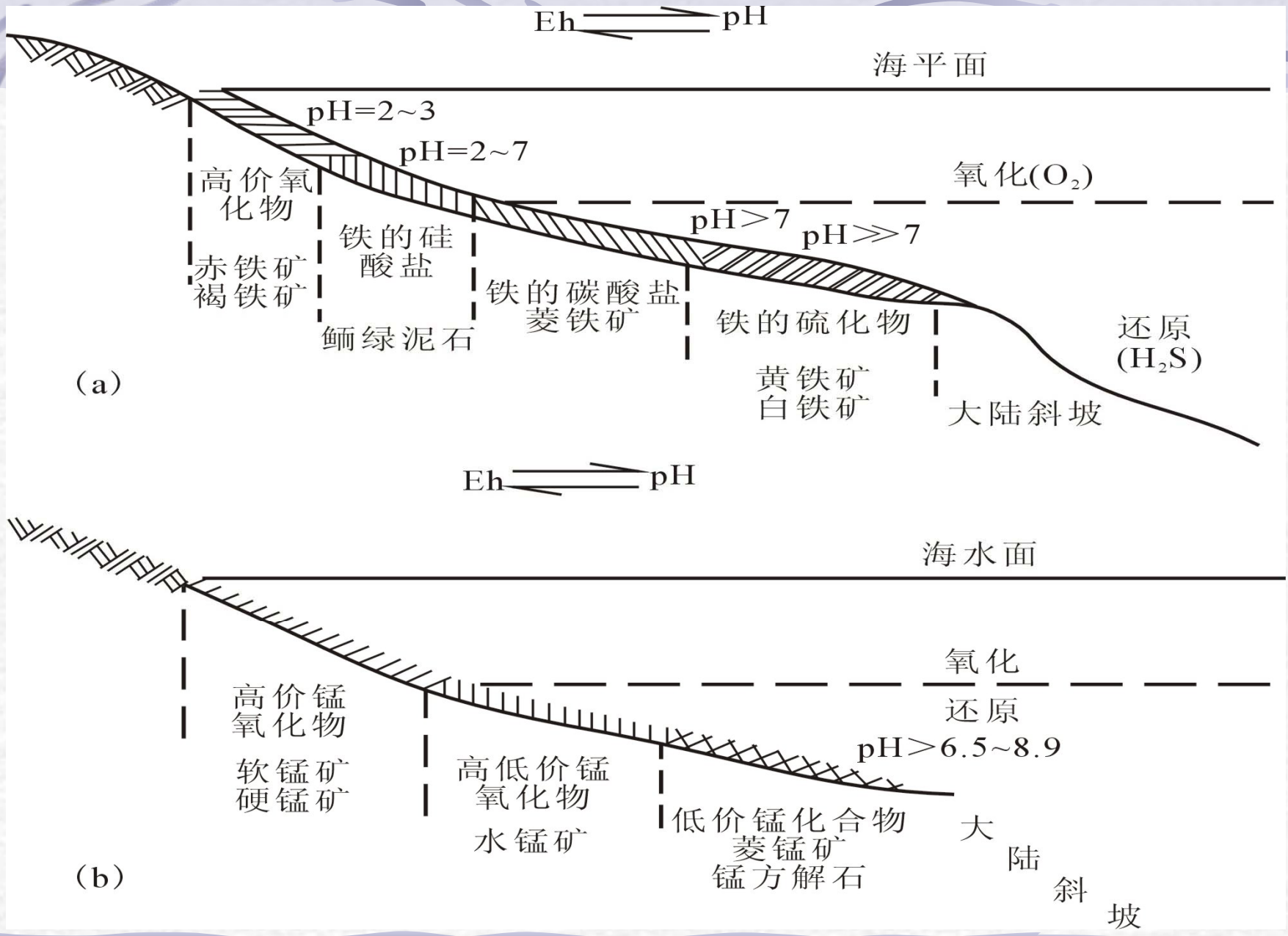
- 海侵阶段形成的矿床有Fe、Mn、P等，多分布于海侵岩系的底部；
- 海退阶段形成的矿床有铜和膏盐等；而铝和煤等为海陆交互相和滨海沼泽相产物。

- 3)各种外生矿床受特定的古地理环境控制。

  - 其中**Fe、Mn、P、Al**主要形成在温湿气候下的古陆边缘、滨海、浅海地带和淡水湖泊中；
  - 膏盐矿床(包括石膏、岩盐、钾盐、硼砂、天然碱等)形成于干旱气候条件下的古内陆盐湖和泻湖；
  - 煤形成于潮湿气候条件下的内陆盆地和滨海沼泽；
  - 含铜砂页岩和油气矿产则形成于三角洲和内陆大型盆地；
  - 古河谷、阶地、海滨以及部分坡积和冲积层是各类砂矿形成的有利场所，重要的砂矿床有金、铂、锆英石、铌钽、钨、锡、钛铁矿、金刚石等；
  - 炎热潮湿气候及地形平缓条件，是风化淋滤矿床和风化壳矿床形成的有利环境。

- 4)受沉积岩相、古地理的控制，许多沉积矿床常形成特有的相变分带。

- 例如沉积铁、锰矿床的相变分带，一般由海岸→大陆斜坡，可分为三个相带：
  - ①高价铁锰氧化物相，形成于古海水波动面之下，充分氧化环境，以高价铁锰氧化物和氢氧化物主为，如赤铁矿、褐铁矿、软锰矿、硬锰矿等；
  - ②低价氧化物及硅酸盐相，在浅海环境及不充分氧化条件下，形成鲕绿泥石和菱铁矿，以及水锰矿和蛋白石等；
  - ③碳酸盐及硫化物相，在浅海至陆棚地带，含氧不足趋向还原环境中，形成含铁碳酸盐、菱锰矿、黄铁矿、白铁矿、含锰黄铁矿及含锰方解石等(图)


Eh
pH
海平面
pH=2~3
pH=2~7
氧化(O_2)
高价氧化物
赤铁矿
褐铁矿
铁的硅酸盐
鲕绿泥石
pH>7
pH≫7
铁的碳酸盐
菱铁矿
铁的硫化物
黄铁矿
白铁矿
还原
(H_2S)
大陆斜坡
(a)
Eh
pH
海水面
氧化
还原
pH>6.5~8.9
高价锰氧化物
软锰矿
硬锰矿
高低价锰氧化物
水锰矿
低价锰化合物
菱锰矿
锰方解石
大陆斜坡
(b)

- 上述相变分带在预测找矿中的指导意义在于当首先发现了某一相带时，应该考虑到其它相带可能出现的方向和位置。有时开始发现的可能不一定具有多少工业意义，但却可导致其后更重要的发现。

- 如第二次世界大战期间，А．Г．别捷赫琴在奇阿图拉进行锰矿勘查时，首先发现了菱锰矿，然后据相变规律向海岸方向找到了含锰更高的水锰矿床和软锰矿相带。

- 在进行岩相、古地理的研究中，要注意总结及发现不同的岩相对不同种类矿产的控制作用；对古地理在掌握其对成矿的控制作用的前提下，应着重对工作区的古地理从古剥蚀区和古沉积区分布范围、地形，古水流、古气候等多方面进行恢复，以正确地指导预测找矿工作。

（五）区域地球化学因素

- 区域地球化学因素是控制内、外生成矿的重要因素，在矿产勘查工作中正日益被重视和强调。某一地区的区域地球化学特征是决定某地区内成矿特征的内在因素，它提供了成矿的矿质来源，决定了成矿的元素种类及共生组合特征。
- 区域地球化学特征是指一定区域中化学元素的分布和分配情况，以及迁集活动历史。即一个区域的地球化学背景，包括区域内元素(首先是主要成矿元素)的丰度、元素在空间分布上的区域性特点、元素的共生规律等，也包括不同地质作用和成矿作用过程中元素的迁集规律。
- 与成矿预测和矿床普查直接有关的区域地球化学因素分析，应特别重视以下三个方面：

1. 研究元素的丰度

- 化学元素在地壳各个部分分布是不均匀的，首先反映在元素区域克拉克值与地壳克拉克值对比上，表现在某一元素或一组元素在某一地区或某个地质体中相对集中。往往是地球化学性质相近的一组元素相对集中，构成特定的地球化学区(又称地球化学省)。这取决于区域岩石类型和地质发展历史。根据元素丰度资料，联系区域地质构造特点和成矿作用分析，可以进行地球化学分区，这对区域成矿分析和类比具有重要意义。一般在一个成矿区中，主要的成矿元素在围岩或有关岩浆岩中的丰度都比较高。如我国华南钨锡稀有金属成矿区，各时代的花岗岩侵入体的W、Sn、Be、Nb、Ta等元素的平均含量，普遍高于地壳中的酸性岩的平均含量。各时代花岗岩中，以与成矿有关的燕山早期花岗岩含量最高(图)。

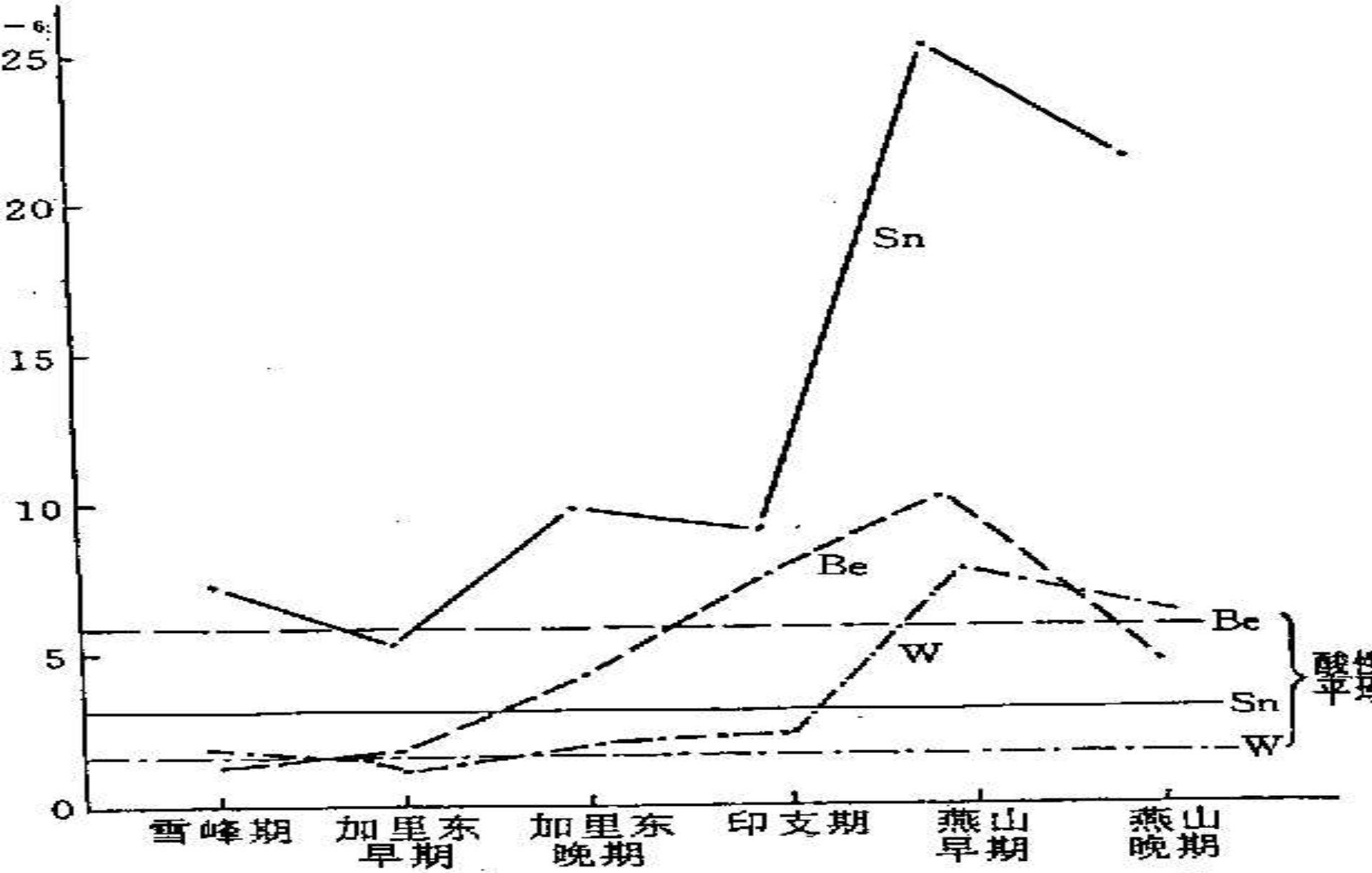


图3-10 我国华南各时代花岗岩的W、Sn、Be含量分布曲线图

(据卢作祥等，1989)

为了研究一个地区的元素丰度和划分不同的地球化学区，需要系统的区域化探资料。从主要的地球化学异常或地球化学剖面，可以初步分析主要成矿元素的丰度及其变化，分析矿化与主要地质因素的联系。据元素含量的变化，从正常场→低异常区→高异常区→浓集中心→工业矿化，分析元素多阶段逐步富集的趋势，直观地指出找矿远景区。

元素丰度分析，是许多新矿床类型发现的重要途径。根据元素的丰度变化和富集趋势，可以估价区域相对成矿远景和潜在矿产。如我国中南地区寒武系底部和志留系底部黑色页岩中(有的已成石煤)，普遍富含Ni、Mo、V、U、P等多种元素，是很有意义的潜在矿产之一。

2. 分析元素分布的区域性特征

- 元素分布具区域性特点，往往一些元素集中于这个区域，另一些元素集中于另一区域，这与区域地质构造特点和地质发展历史密切相关。众所周知，在我国南岭地区有大片花岗岩分布，集中了大量的**W、Sn、Be、Li、Nb、Ta**等矿床；而到湘中湘南一带，酸性侵入体侵入于巨厚碳酸盐岩中，形成**W、Sn、Pb、Zn**等元素的富集；向西到湘西黔东一带，大片碳酸盐岩分布，则是**Hg、Sb**的富集区。
- 掌握元素分布的区域性特征可以指导区域性的预测找矿选区工作。

3　元素的共生组合

- 元素的迁移富集常常是成群出现，表现为特定的共生组合规律(从元素到矿物、矿床的共生)，这在找矿预测、矿床综合评价、确定矿化标志、化探选择指示元素等方面都有重要意义。
- 如内生成矿过程中，与基性、超基性等有关的是**Cr、Ni、Co、Pt、V、Ti**等经常共生；与中酸性岩活动有关的则是**W、Sn、Mo、Bi、Li、Be、Nb、Ta、Fe、Cu、Pb、Zn**等元素经常共生。在外生成矿过程中，在温湿气候条件下，则形成**Fe、Mn、P、Al**的共生；在干旱气候条件下则是各种膏盐和**Cu、U**的共生，

- 元素共生组合规律，在预测评价中主要应用在下列诸方面：
- (1) 作为预测找矿的一种标志，当我们发现某种元素成矿，则应该注意可能有另一些共生元素矿床的出现，如Cu—Mo、Ni—Co、W—Sn—Mo、Hg—Sb—萤石；
- (2) 有些共生组分对成矿元素富集起着特殊的作用，如超基性岩中的镁对铬富集；中酸性岩的碱质和挥发分对W、Sn、Bi、Mo等的富集都起重要作用；
- (3) 利用共生规律进行矿床综合评价。多数矿床是多组分的综合矿床，随着采冶技术水平的提高，应注意可以综合利用的伴生组分的查定和评价，其中包括对氧化露头的评价；
- (4) 利用共生的指示元素，扩大化探效果和异常评价；
- (5) 利用共生元素及其比值的变化，用于研究矿化富集规律、成矿作用和矿床成因等多种目的；

(六)变质作用因素

世界上，与变质作用有关的矿产具有相当大的工业经济意义。因此在变质岩系分布的和受变质作用影响的地区进行矿产勘查，必须进行变质条件的研究。与区域变质作用有关的受变质矿床主要是受变质前原生矿床的形成条件所控制。因此对变质岩原岩的恢复及变质前的矿床形成的各种成矿地质条件(如地层、岩相—古地理、构造或岩浆岩等)的分析研究是主要的。此外，区域变质作用使矿床发生变化，因而也需要对变质条件进行分析。变成矿床是经受区域变质作用才形成的矿床。因此变质作用、变质相就决定了变成矿床的富集和分布规律。为寻找这类矿床必需在恢复原岩的条件下，深入地研究变质程度、变质作用和变质相。矿床总是分布在特定的变质相中，并与它们有成因联系。

影响变质作用及与之有关的成矿作用的主要因素是温度、压力和具化学活动性的流体。要注意这些因素在各个不同地区的区域变质作用、混合岩化和花岗岩化中所起的作用。由于这些作用的结果，一方面形成了一系列的含矿变质建造，另一方面也决定了变质程度的深浅、变质相带和变质矿床的类型和分布。因此分析变质条件应注意以下三方面：

- 1）以岩石学、岩石化学、地球化学和变质作用研究为基础，恢复原岩类型及其建造类型，查明变质建造的含矿特征和有用组份的原始分布，从而可以深入掌握变质矿床的分布规律。
- 例如通过对变质火山岩系中的黄铁矿型铜矿床的含矿岩系研究，恢复其原岩类型和建造为一套特殊的火山沉积岩，即细碧岩–石英角斑岩及相应成分的凝灰岩互层。国内外许多变质的细碧角斑岩系中的含铜黄铁矿床分布规律都有许多共同特征。我国浙江省中部，元古代双溪坞群可能为区域变质绿片岩相，其原岩为一套细碧–石英角斑岩系及相应成分的凝灰岩互层为主的海相火山喷出岩系。它不仅与黄铁矿型铜矿有关，并且也同金矿有成因联系。

- 2)注意分析区域变质程度，划分变质相带。不仅要划分出浅、深变质带，还应更进一步根据各地区特点对变质相带进行详细的划分。
- 一般来说浅变质区，主要是形成受变质矿床。深变质区往往形成变成矿床，它们还往往与混合岩化作用和变质热液作用有关。例如我国东北前震旦纪绿片岩相和含铁建造中的富铁矿。对于多数矿床来说，随着区域变质作用的加强，元素组份的重新组合和矿物重结晶，矿石质量向好的方向发展。例如结晶程度差的磷矿，经区域变质可以变成易选的磷灰石晶体。铁矿经区域变质晶体加大后，也利于磁选等等。总之详细划分变质相，可以辨别在不同相带内可能具有的各种不同类型矿床分布。这对预测和找寻变质矿床是有很大作用的。

- 3）研究总结变质建造及其有关的变质矿床：
- 前苏联地质学家将在时、空上彼此密切联系的各种岩石天然组合称为建造，包括岩浆建造、沉积建造、变质建造等。其中变质建造是指一定的构造发展阶段变质岩石的天然组合。不同的变质建造往往具有不同的变质矿床，构成所谓的含矿变质建造。在变质因素的成矿分析中，要注意总结和发现新的含矿变质建造。

- 已知主要的含矿变质建造有下列几类：
- (1)含铁变质建造：有基鲁那型，是产于变粒岩中的磁铁矿—磷灰石型；鞍山型，与绿片岩相有关，属磁铁石英岩型；大红山型，属变钠长岩型铁铜矿床；还有哈姆斯利型碧玉磁铁石英岩等。
- (2)含硫化物变质建造：有黄铁矿型铜矿(白银厂型)，产于变质火山岩中；黝铜矿型(挪威)，产于黑云母片岩或片麻岩中；铅锌多金属型(澳大利亚布罗肯山)，产于变质火山岩中。

- (3)含磷变质建造：有含磷金云母–透辉石型，产于片麻岩中(黑龙江、内蒙)；含磷变质白云母型，产于片岩，白云岩、大理岩建造中(如海州磷矿)。
- (4)含硼、钠长石型变粒岩建造：有电气石变粒岩型和钠长石变粒岩型两类。
- (5)含金－铀变质砾岩建造：有著名的南非维特型，产于云母片岩–石英岩系中。
- (6)富铝变质建造：如河北灵寿刚玉矿床，产于富铝片麻岩中。

(七)人为因素

- 人为因素对人工矿床的形成起着重要的控制作用。随着人工矿床概念的普及及其在矿业可持续发展中的重要地位的确立，对控制人工矿床形成的人为因素的研究也正被人们逐渐所重视。

- 所谓人为因素是指有利于人工矿床形成的全部人类活动。

- 由于人工矿床主要是在技术经济相对落后的年代里人类进行矿业生产活动时所遗留下来的废弃堆积物，如选矿尾砂或采矿的废石等，因此人类活动的时间长短及当时进行矿业生产时的科学技术水平高低对人工矿床的规模及价值都有着较大的影响。

- 一般说来，人类活动的时间越长、当时所依赖的科学技术水平越高则形成的人工矿床规模越大。但当时的科学技术水平越高，形成的人工矿床的价值则相对较小。

以金矿为例，早期采用单一的机械分选(重选)所抛弃的尾砂含金可达(n～n×１０)X10^{-6}　、而现今采用氰化法的尾砂含金仅0.n×10^{-6}　。对于一些经历了长期的尾砂、废石堆放而形成的人工矿床，因科学技术水平的不断提高，特别是选矿技术的不断改进和更新，人工矿床中的有用组份的含量从下部–上部常具有由高–低的变化及可利用的有用组分的种类常具有多–少的变化。总的来看，人为因素的研究程度目前非常有限，但随着人工矿床的逐步开发，人为因素的研究水平将会不断提高。