维普资讯 http://www.cqvip.com

地 质 学 报
1989 年 ACTA GEOLOGICA SINICA 第 4 期

中国非金属矿床的成矿系列

陶 维 屏
(国家建筑材料工业局地质公司，北京)



由于物质来源或矿化途径的相关和联系，受一定成矿作用的组合的控制，因成矿微环境差异或控矿因素演化，在一定的大地构造环境中，一定种类的非金属矿床有规律地同时生成或不同时但先后顺序生成，都可以构成非金属矿床成矿系列。控制矿床成矿系列形成的地质环境最真实地记录于含矿建造中，而相关的有联系的或必然先后发生的成矿作用又是形成一个成矿系列中各种矿床的必要条件，故非金属矿床成矿系列可以含矿建造与成矿作用来分类。据现有资料中国非金属矿床可划分出13个成矿系列。研究成矿系列可丰富矿床学理论，指点找矿方向，指导矿产综合开发利用。

中国非金属矿床受大地构造环境的控制，在成因上有联系的几种非金属矿床常有规律地伴生组合而聚集于特定的地区，构成一系列成矿系列。程裕淇、陈毓川等[1,2]曾对我国矿床的成矿系列作过研究，主要侧重于金属矿床方面，非金属矿床成矿系列在有关的文献中尚未见有系统的论述。

一、概 念

成矿系列又称矿床系列，其概念并不十分统一。程裕淇、陈毓川等(1979)[1]认为"成矿系列是由两个或更多的矿床类型(或矿石相)所组成，它们分别含有一定的有用组分(元素、矿物)，产出在一定地质单元内的不同地质部位，其具体的生成地质条件虽有所不同，但都在一定的主要地质作用影响之下，主要形成于一定的地质历史时期（即统称的成矿期)的同一或不同阶段，且从区域地质的发展历史角度来考虑，彼此之间存在着内在的联系，并构成一个四维成矿整体，即一个成矿系列。"《地质辞典》(1986，地质出版社)对矿床系列解释为"某一矿带或成矿亚带中，在成因上有联系的多种矿床组合。"对矿床组合则解释为"某一矿区或矿田范围内，有多种在成因上有一定联系的金属或非金属矿床的共生组合。"

研究成矿系列的一个关键问题是在于确定不同种类矿床的有规律的组合。这种组合必须不是偶然出现而是可以再现的：即根据其组合规律可以在类似条件下再次找到这种组合。非金属矿床的这种组合的形成机制远比金属矿床的复杂和多样化。因而以研究金

本文 1989 年 1 月收到，4 月改回，胡亚昌编辑。

维普资讯 http://www.cqvip.com

属矿床为主而提出的成矿系列的概念，有时就难于满足对非金属矿床成矿系列的研究。

根据非金属矿床的成矿特点，非金属矿床成矿系列可以认为是由于成矿物质或矿化途径的相关和联系(可以是同源的，也可以是不同源的)，在一定的大地构造环境中，受一定的成矿作用的组合的控制，因成矿微环境的差异(如温度、压力、介质等等的细微变化)或控矿因素发生变化，在某一成矿带(成矿区)中同时生成或不同时但先后顺序生成而规律地相伴分布的几种非金属矿床的特定组合。

非金属矿床成矿系列有好几种形成模式。一个成矿系列中形成各种矿床的成矿物质有同源的，也有不同源的，成矿作用可能是一种，也可能是二种以上迭加或规律地顺序发生。所以在非金属矿床成矿系列的定义中只强调成矿物质与成矿作用的相关与联系，而既不强调成矿物质的同源性，也不强调受同一成矿作用的影响。但是这种不同成矿物质和成矿作用的出现，必须有一定规律，这就是"成矿物质和矿化途径的相关与联系"的含义。另外，特定的成矿系列发生于一定的地质背景中，而各种地质背景总是受大地构造环境控制的。大地构造环境不仅是指一个地区某一时期的大地构造属性，而是指这一地区地壳演化的全过程，这就包含了时间的概念。非金属矿实质上是一些工业能利用的矿物和岩石，有的以后又经变质、蚀变、风化、破碎后再沉积、成岩等等作用，其中一部分形成新的或另一种非金属矿。由于不同成矿作用的先后发生，受地质背景控制常是有规律的，因而才能形成几种非金属矿床的规律伴生[3,4]。这就是为什么不强调一个成矿系列的矿床形成于一定的成矿期，而强调同一成矿系列的矿床受一定的成矿作用组合控制的原因。所谓矿床的特定组合，是指这种矿床[1]伴生组合规律要具有一定程度的普遍意义。因为形成一个成矿系列的成矿物质来源、矿化过程、成矿后的保存和改造都是有一定规律的，这种矿床的伴生组合就必然在四维空间显示出其赋存规律。

二、系列划分

控制成矿系列形成的地质环境，最真实地被记录于含矿建造中。明确含矿建造与所属成矿系列的关系，还可以为寻找特定的矿床组合指明方向。而有规律地先后发生的成矿作用又是形成一个成矿系列中各种非金属矿床的必要条件，它可以揭示矿床伴生组合的内在联系。所以非金属矿床成矿系列主要以含矿建造与成矿作用来分类和命名。据已掌握的资料，中国的非金属矿床目前可以划分出 13 个成矿系列，如表 1。

三、系列特征

1. 超基性岩建造蚀变成矿系列　该系列分布在沿地缝合线排列的蛇绿岩套中(图 1)。蛇绿岩套中的某些岩石本身，以及它们在侵位过程中和以后经历的种种蚀变作用形成了一组伴生的非金属矿床。含 $MgO > 40\%$，含绿泥石、蛭石少且不含游离 SiO_2 的橄榄岩用来生产镁砖、铸造砂、喷砂及磷酸镁肥料。蛇纹岩可制钙镁磷肥。橄榄岩、蛇纹岩、辉石岩、辉长岩还是一种饰面石材。蛇纹岩经热液蚀变，纤蛇纹石和水镁石呈细脉产于裂隙中形成温石棉和水镁石矿床。硬玉亦即翡翠是一种硷性辉石岩，产在逆推断裂附

1) 采用类似 associated mineral 的概念，即共同出现于同一空间内的不同种的非金属矿床。

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 1 中国非金属矿床成矿系列

Table 1 The Minerogenetic Series of Nonmetallic Mineral Deposits of China

	成矿系列	成矿作用	可能包含的矿床种类	构造环境	形成模式	典型实例
岩浆系列	1.超基性岩建造蚀变成矿系列	岩浆—蚀变	橄榄岩，饰面石材(岩浆)，蛇纹岩、玉石，温石棉，水镁石，滑石(蚀变)	蛇绿岩套	5* 4	七营，石棉
	2.花岗岩建造蚀变风化成矿系列	岩浆—蚀变风化	饰面石材(岩浆)，钠长石(蚀变)，高岭土(风化)	弧后岩浆带	4	衡山，临仓
	3.酸性凝灰岩建造蚀变成矿系列	火山喷发—蚀变	刚玉、红柱石、萤石、黄铁矿、明矾石、叶蜡石，高岭土，伊利石、金红石(蚀变)	火山弧	2 3	泉州 瑞安 长白、平阳
	4.酸性火山熔岩建造水解成矿系列	火山喷发—水解	珍珠岩(喷溢)，沸石、膨润土、水云母(水解)	火山弧	4	呼和浩特 九台
	5.玄武岩建造喷发沉积系列	喷发—沉积	浮石、火山灰、玄武岩、贵橄榄石(喷发)、膨润土(残积)、凹凸棒石、硅藻土(沉积)	陆内裂谷	3 5	都德、临朐，盱眙
沉积系列	6.湖相含盐碎屑岩建造沉积成矿系列	沉积	岩盐、芒硝、杂卤石、石膏、膨润土(沉积)	陆内裂谷旁侧湖盆	1 3	大汶口，定远，白杨河
	7.滨海相碳酸盐岩碎屑岩建造沉积成矿系列	沉积	海泡石、镁质粘土、累托石、高岭土(沉积)	被动大陆边缘	3 4	浏阳、德保
	8.海相碳酸盐岩建造沉积成矿系列	沉积	灰岩，白云岩、石膏、杂卤石、岩盐(沉积)	边缘海	1	渠县、威西
	9.海相碳酸盐岩建造接触变质成矿系列	沉积—接触变质	灰岩(沉积)、大理岩、硅灰石、透闪石、透辉石(变质)	边缘海	4	大冶、长兴
变质系列	10.海相镁质碳酸盐岩建造区域变质成矿系列	区域变质—蚀变	滑石、菱镁矿、透闪石、透辉石(变质+蚀变)、温石棉、纤维状海泡石(蚀变)	地缝合线旁的变质地体	4	蓬莱、武定
	11.泥岩建造区域变质接触变质成矿系列	区域变质和接触变质	红柱石、蓝晶石、夕线石、板岩(区域变质和接触变质)	地缝合线旁的变质地体	2 4	西峡、丹凤
	12.混合岩建造区域变质成矿系列	变质—水解	石墨、透闪石、透辉石、石榴子石、金云母(变质)、蛭石(水解)	地缝合线旁的变质地体	4 5	柳毛、潼关
	13.混合岩建造伟晶岩化成矿系列	伟晶岩化	白云母、长石、石英、祖母绿、碧玺(混合岩化伟晶岩化)	地缝合线	3	阿勒泰山、阴山

* 形成模式一栏中的数码与本文提出的 5 种模式对应。

近的纯橄岩和斜辉橄榄岩与围岩的接触带上，如滇西泸水—盈江一带的翡翠矿床。软玉是透闪石和阳起石类质同像系列的毛毡状微晶集合体，如天山碧玉矿体呈楔状、透镜状产于橄榄岩、辉橄岩、辉石岩内已蛇纹岩化的细碧岩、凝灰岩捕虏体的边部，系由岩块间推挤位移的应力和热力使透闪石交代蛇纹石而成。橄榄岩、辉橄岩在蛇纹石化过程中经热液蚀变还可形成滑石矿床如托克逊库米什。另外温石棉矿床的顶部和边部常有不同程度的滑石矿化现象，可综合开采。

2. 花岗岩建造蚀变风化成矿系列 该系列产于弧后岩浆带的花岗岩体中。花色美丽的裸露花岗岩可作为石材矿床。钠长石矿床产在岩体边缘的混合岩化带内，是接触带强

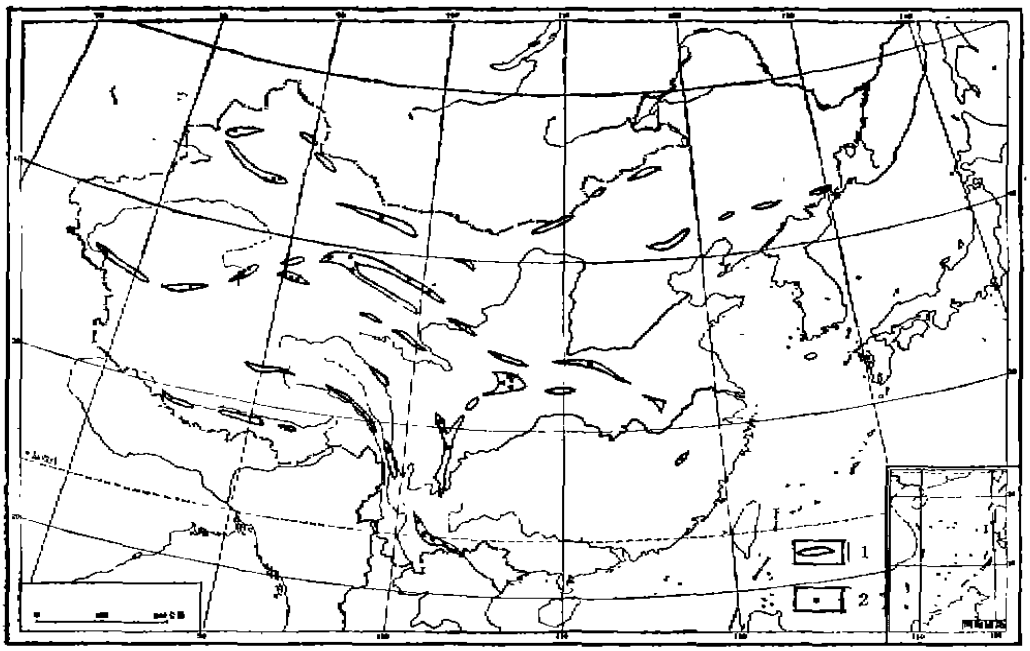


图 1　中国蛇绿岩套和超基性岩建造蚀变成矿系列分布图

Fig. 1　Distribution of altered ophiolites and ultrabasic rock formation, minerogenetic series in China

1.蛇绿岩套；　2.超基性岩建造蚀变成矿系列

烈钠化蚀变的结果。有些地段经风化，长石转变成高岭石和埃洛石而形成高岭土矿床，如临沧马家寨和衡山东湖[4](图 2)。有些岩体缺乏钠化边缘，但风化后连同岩体中的伟晶岩脉均可形成残积高岭土矿床，并经短距离搬运在邻近的盆地和海湾中形成沉积高岭土矿床，这在赣闽等省多有实例。

3. 酸性火山凝灰岩蚀变成矿系列　该系列的矿床按成矿温度不同，自高而低排列，大致有刚玉、红柱石、萤石、黄铁矿、明矾石、叶蜡石和高岭石矿床，另外还有伊利石和金红石矿床。矿床的形成温度不同，在火山机构中的产出位置就有差异。当然，自然界的实际情况很复杂。在一个小区域内往往只产出其中几种成矿温度相近的矿床，例如泉州大磨山刚玉和红柱石矿床、瑞安仙岩明矾石和黄铁矿矿床、长白马鹿沟高岭石叶蜡石和明矾石矿床(图3)、平阳渔塘伊利石和金红石矿床。这一成矿系列的成矿带，环西太平洋从吉林到福建分布于我国东部近海诸省(图 4)。矿床具层控特征，含矿地层为上侏罗统。矿床由凝灰岩蚀变而成。热液来源可以是次火山活动带来的气液，也可以是大气降水或地表水体受火山作用形成的热液。另外在这些侏罗纪火山岩系中有时夹有较纯的长石石英砂岩，经风化可形成纯质的含砂高岭土矿床，虽非喷发蚀变成因，但常伴生产出，值得注意。

4. 酸性火山熔岩建造水解成矿系列　该系列的矿床与火山玻璃有关。未经水解的火山玻璃质熔岩是良好的珍珠岩矿床。沸石矿床一种是火山玻璃成岩后脱玻化形成的，沸石矿层常因局部条件不同，玻璃质水解的差异而与珍珠岩矿层相间成层或同一层位互相相变。另一种情况是火山玻璃落入邻近湖盆，在沉积过程中沸石化，矿层赋存在与珍珠岩

维普资讯 http://www.cqvip.com

矿层相邻的湖相沉积层中。火山玻璃进一步风化水解就形成膨润土，共有 5 种矿床类型。第一类是熔岩水解型膨润土矿床，成矿环境为近火山口相，矿层一侧有时过渡为沸石矿层，也可再过渡为珍珠岩矿层或新鲜火山岩。第一类又可分为二亚类：一亚类是熔岩在地表水解形成的；另一亚类是熔岩溢入附近水体中经强烈淬火作用水解脱玻形成的。第二类是沉火山岩水解型膨润土矿床，成矿环境为远火山口相，水解于玻屑降落湖盆时即开始，以后在成岩过程中继续作用。第三类是凝灰岩风化型膨润土矿床，缺水条件下成岩的富玻璃质凝灰岩经风化而成，矿层向下过渡为原岩。第四类是沉积型膨润土矿床，蒙脱石被就近搬运沉积而成。第五类是火山活动晚期形成的超浅成脉岩与火山岩接触热液蚀变型膨润土矿床。后二类矿床均为偶见。呼和浩特陶卜齐珍珠岩沸石膨润土矿床[4]（图 5）的沸石矿层（J_3^1）是酸性火山玻屑沉入湖盆水解形成的。湖盆填满后，喷溢的熔岩构成珍珠岩矿层（J_3^2），它与沸石岩接触处因受地下水作用被水解而形成厚约 10m 的膨润土。九台一带的矿床是又一个实例[7]（图 6）。

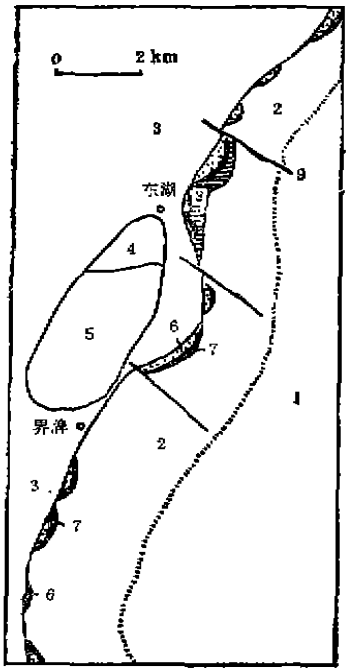


图 2 衡山花岗岩建造蚀变风化成矿系列

Fig. 2 Altered and weathered granite formation, minerogenetic series in Hengshan

1.燕山期花岗岩；2.混合岩化带；3.白垩系；4.震旦系；5.板溪群；6.次生石英岩；7.高岭土矿体；8.钠长石矿体；9.断裂

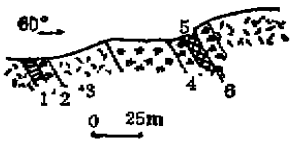


图 3 长白马鹿沟高岭石叶蜡石和明矾石矿床

Fig. 3 Kaoline, pyrophillite and alunite deposit in Malugou, Changbai

1.叶蜡石矿体；2.明矾石矿体；3.凝灰岩；4.硅化带；5.高岭石矿体；6.断裂

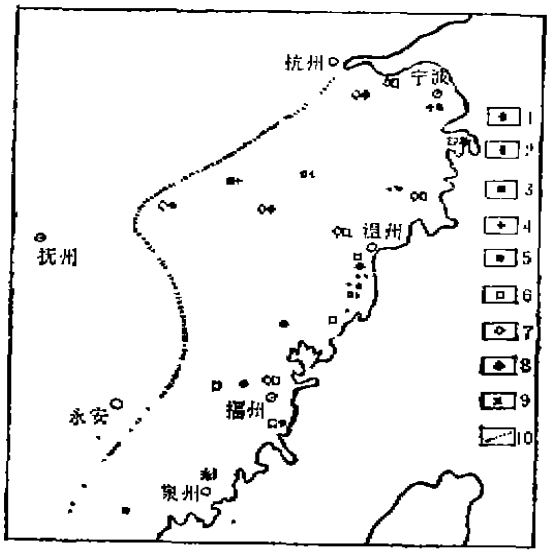


图 4 中国东南部火山带中酸性火山凝灰岩建造蚀变成矿系列的有关矿床的分布

Fig. 4 Distriburon of deposits related to altered minerogenetic Series of the acid tuff formation in the volcanic belt in the southeast part of China

1.刚玉；2.红柱石；3.蓝石；4.黄铁矿；5.明矾石；6.叶蜡石；7.高岭石；8.伊利石；9.金红石；10.火山岩区边界

维普资讯 http://www.cqvip.com

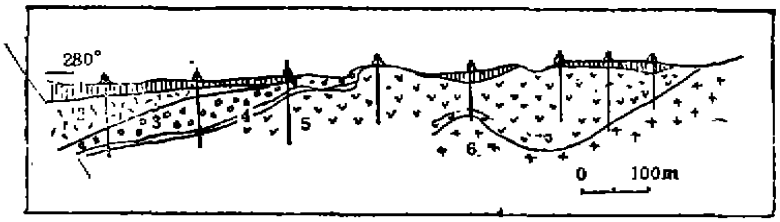


图 5　呼和浩特陶卜齐珍珠岩、沸石和膨润土矿床(据张亮)

Fig. 5. Perlite, zeolite and bentonite deposits in Taoboqi, Huhehaote

1.新生界；2.上侏罗统凝灰岩；3.珍珠岩矿层；4.膨润土矿层；5.沸石矿层；6.太古界片麻岩

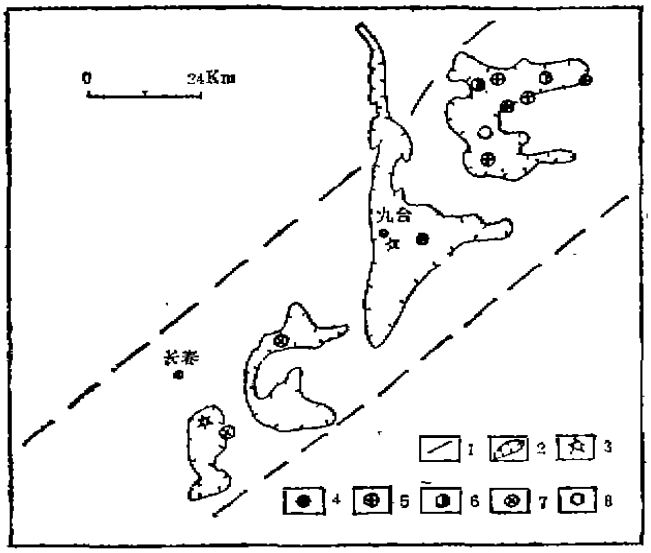


图 6　九台早白垩纪火山盆地中的珍珠岩、沸石和膨润土矿床(据刘志贤等修改)[4]

Fig. 6 Distribution of perlite, zeolite and bentonite deposits in the Early Cretaceous Jiutai volcanic basin (after Liu Zhixian et al.)

1.地堑边界；2.火山盆地边界；3.火山口；4.珍珠岩沸石膨润土矿床；5.珍珠岩沸石矿床；6.沸石矿床；7.沸石膨润土矿床；8.膨润土矿床

5. 玄武岩建造喷发沉积成矿系列　该系列是一组与陆内裂谷晚期的火山喷发和随后的沉积作用紧密有关的矿床。硅藻土矿床产于下部的玄武岩层中，呈沉积夹层。凹凸棒石矿床和膨润土矿床常赋存于玄武岩建造的中部。另外在地势平坦，植被覆盖，地下水滞流的玄武岩表层，偶而还可形成残积型膨润土矿床。我国东部沿海的新生代玄武岩一般分布在距海岸 400km 之内，与郯庐裂谷的活动有关 (图 11)，喷发作用由中部向南北发展。山东、江苏的玄武岩喷发始于始新世而终于上新世。中新世末至上新世是喷发作用最广泛的时期，这一期玄武岩从黑龙江向南经沿海各省直至海南岛均有分布。更新世与全新世的喷发则只出现于黑、吉、辽 3 省及雷州半岛和海南岛北部。因此浮石与火山灰矿床在中国东部只分布于黑、吉、辽及海南 4 省，如都德、克东、宁安、安图、辉南、长白、宽甸、莆琼石山等矿床。凹凸棒石由玄武质火山灰和辉石、角闪石等链状结构的暗色矿物沉积分

维普资讯 http://www.cqvip.com

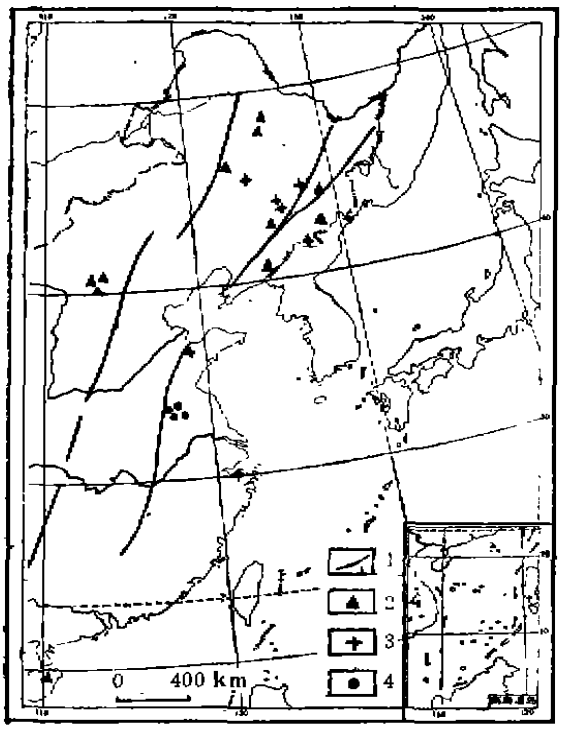


图 7 中国东部玄武岩建造喷发沉积成矿系列的矿床分布

Fig 7 Distribution of deposits of eruptive sedimentary minerogenetic series in basalt formation in eastern China

1.裂谷带; 2.浮石与火山灰矿床; 3.硅藻土矿床; 4.凹凸棒石矿床

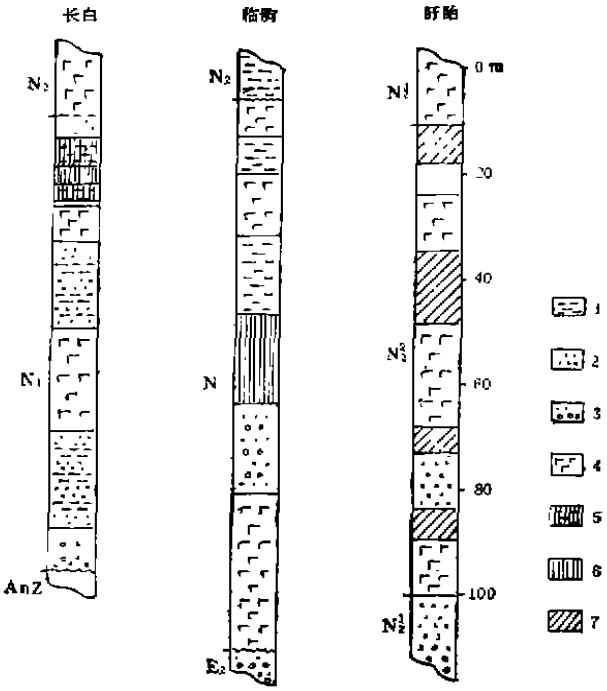


图 8 硅藻土矿床和凹凸棒石矿床柱状图

Fig. 8 Column of the Changbai diatomite deposit, Linqu diatomite deposit and Xuyi attapulgite deposit

1.泥岩与页岩; 2.细砂岩与粉砂岩; 3.砂砾岩; 4.玄武岩; 5.含硅藻土泥岩; 6.硅藻土; 7.凹凸棒石粘土

解而成，矿床成片分布于六合、盱眙、嘉山、来安和天长境内，夹在上新统玄武岩中[6]（图 8），有时与玄武岩层横向相变。硅藻土矿床如临朐、长白、前郭旗、舒兰、永吉以及黑龙江南端的矿层均产于中新统中。

6. 湖相含盐碎屑岩建造沉积成矿系列 该系列包括石膏、杂卤石、芒硝、岩盐，有时还夹有自然硫、膨润土、沸石等矿床，在我国主要发育于白垩系和第三系中，并大致沿 3 条陆内裂谷分布[4]（图 9）。石膏常赋存于建造下部，向上为杂卤石、芒硝和岩盐（图 10）。其中膏、盐常互相消长，如定远盆地石膏赋存于定远组 2 段，岩盐赋存于定远组 4 段，东南部近深断裂的盆地斜坡产石膏处盐层尖灭，往西北盆心产岩盐处膏层尖灭。定远组中有 2 层火山玻屑，说明含矿建造形成时附近有火山活动。我国缺少钾盐，杂卤石是过去注意不够的一种钾肥资源，应予重视。自然硫有两种成因，一种是在还原条件下有机质中的硫聚集沉积成矿；另一种是由于盆地中心与边部沉降差异，而在盆边斜坡引发沉积断裂，在断裂破碎带处地下水溶解大量硫酸盐，于还原条件下次生富集成自然硫矿床。沸石有时夹在膏层间，甚至沸石和石膏呈团块状混杂出现。含膏岩系中有时还有膨润土矿层，如白杨

维普资讯 http://www.cqvip.com

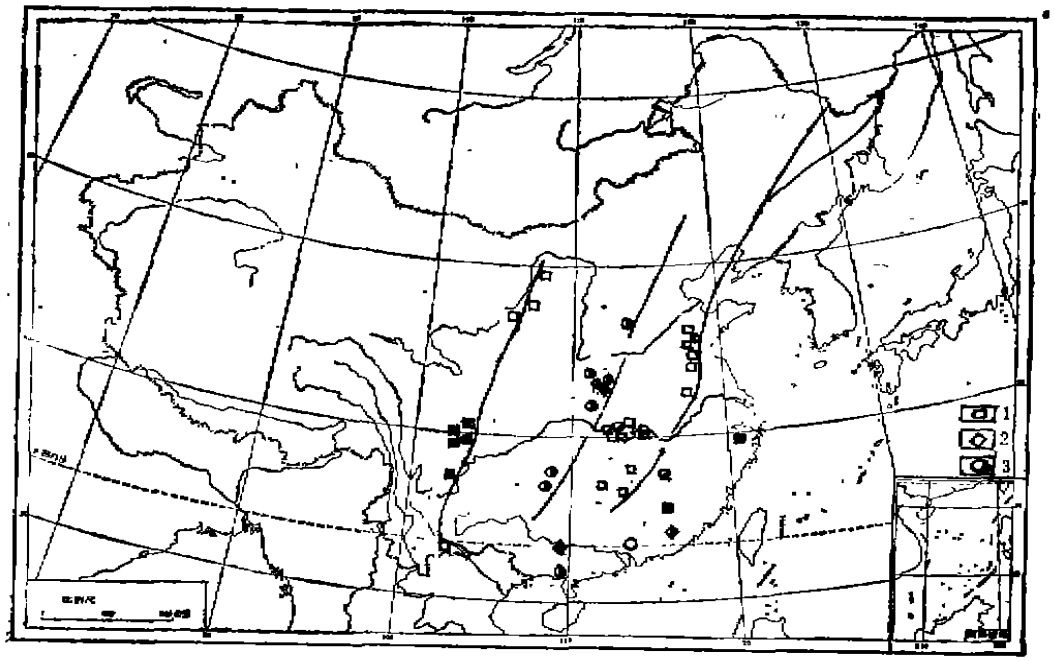


图 9　中国白垩-第三纪湖相含盐碎屑岩建造沉积成矿系列的矿床的时空分布

Fig. 9　Distribution of sedimentary minerogenetic series in the Cretaceous-Tertiary lacustrine salt-bearing clastic formation

1.石膏矿床；2.石膏和芒硝矿床；3.石膏，芒硝和岩盐矿床（上列三类图例符号全黑、半黑，白色分别示成矿时代 K、E_1、E_2。黑色实线示陆内裂谷）

河。

7. 滨海相碳酸盐岩碎屑岩建造沉积成矿系列　该系列包括海泡石、滑石粘土和累托石矿床。它们分布在赣、湘、桂、鄂、川、陕的二叠系中。已知矿床近 30 个。含矿建造以下部为灰岩，向上过渡为碎屑岩和煤层为特征。这种滨海煤系沉积时接受了基性火山喷出物质，经水解形成海泡石矿层[9](图 11)。在变质作用较强的地段，海泡石相变为镁质粘土(滑石粘土)[10]。累托石为二八面体钠云母与蒙脱石的规则混层矿物，在德保巴头下二叠统栖霞灰岩之上首次发现矿层[11]。其直接顶板为玻屑凝灰岩，间接底板为无烟煤。矿石具明显火山碎屑结构，未发现石英晶屑及其他的游离二氧化硅矿物，原始沉积物质应为富钠的基性火山灰。由于累托石具有类云母层，其结构格架在 900℃ 以下可保持不变，因而与海泡石不同，在埋藏变质较深的条件下也能保存下来。目前在钟祥、襄阳、宜都等地也已发现了累托石矿床。另外，这类煤系中还含有软质和硬质高岭土矿层。

8. 海相碳酸盐岩建造沉积成矿系列　该系列在中国有 4 个成矿期。含矿建造沉积于陆缘海中。4 期成矿带的分布有随成矿时代变新而南移的特点。中寒武统成矿带分布在东北的南部；中奥陶统成矿带分布在华北；下石炭统成矿带分布于西北，在华南也有另星分布；下、中三叠统成矿带连片分布在江南。在沉积成矿序列上，自下而上大致为灰岩、白云岩、石膏、杂卤石和岩盐[12]。其中后两种矿床出现概率相对较少。

9. 海相碳酸盐岩接触变质成矿系列　该系列主要是灰岩、大理岩、硅灰石和透辉石矿

维普资讯 http://www.cqvip.com

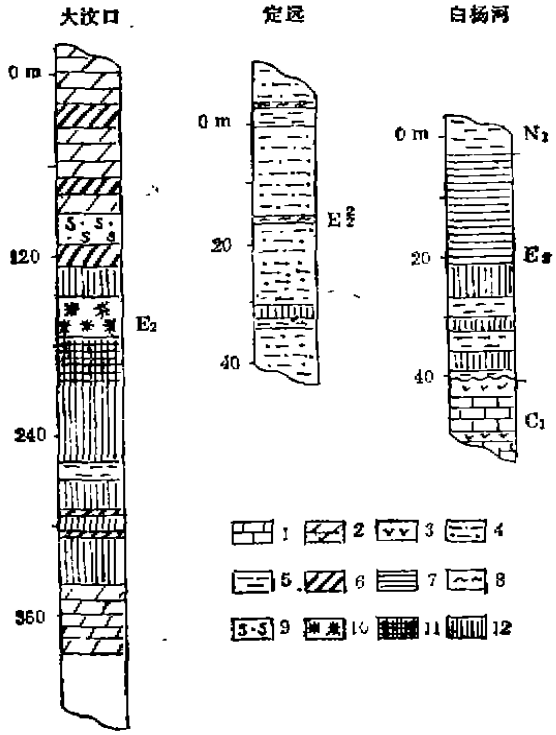


图 10 湖相含盐碎屑岩建造沉积成矿系列有关矿床的柱状图

Fig. 10 Column of the deposits of sedimentary minerogenetic series in the lacustrine salt-bearing clastic formation.

1.灰岩; 2.泥灰岩; 3.凝灰岩; 4.粉砂岩; 5.泥岩; 6.油页岩; 7.膨润土; 8.沸石; 9.自然硫; 10.杂卤石; 11.芒硝; 12.石膏

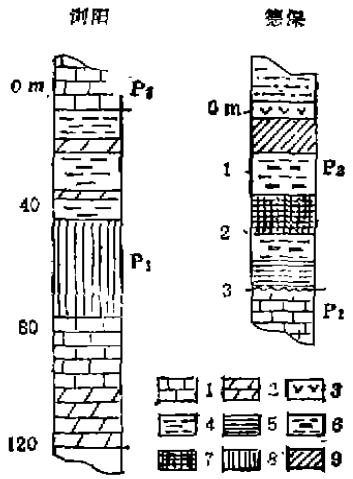


图 11 海泡石和累托石矿床柱状图

Fig 11 Column of the sepiolite deposit and the rectorite deposit

1.灰岩; 2.泥灰岩; 3.凝灰岩; 4.粉砂岩、泥岩; 5.铝土矿; 6.碳质页岩; 7.无烟煤; 8.海泡石; 9.累托石

床组合。后三者是灰岩受中酸性岩体影响而形成的矿床。其中硅灰石矿床一种是接触交代型或称矽卡岩型矿床，产于灰岩与岩体的接触带中。硅灰石是由灰岩中的钙和由侵入体带来的含硅热液在交代过程中形成的，如小箕铺硅灰石矿床[23]；另一种是接触热液变质型或称大理岩型矿床，一般离岩体远，具层控性质。成矿原岩为硅质条带灰岩，成矿物质主要来源于原岩本身，只是受到热力作用重新化合结晶而已。一般成矿温度约 400—450℃，如长兴李家巷、将乐石门岭硅灰石矿床。当原岩中含有一定量的镁时，在交代作用和热力作用下均可形成透辉石（$CaMgSi_2O_6$）。所以硅灰石矿床中常含透辉石，它有时也单独成为矿层。中国已知的硅灰石矿床赋存于石炭系黄龙组和船山组、二叠系栖霞组、三叠系嘉陵江组灰岩中。因此硅灰石矿床的上下层位或横向相变后常是灰岩或大理岩矿层。

10. 海相镁质碳酸盐岩建造区域变质成矿系列 该系列包括滑石、菱镁矿、透闪石、透辉石、纤维状海泡石、碳酸盐岩型温石棉、蛇纹石等矿床。成矿系列分布在地缝合线附近

维普资讯 http://www.cqvip.com

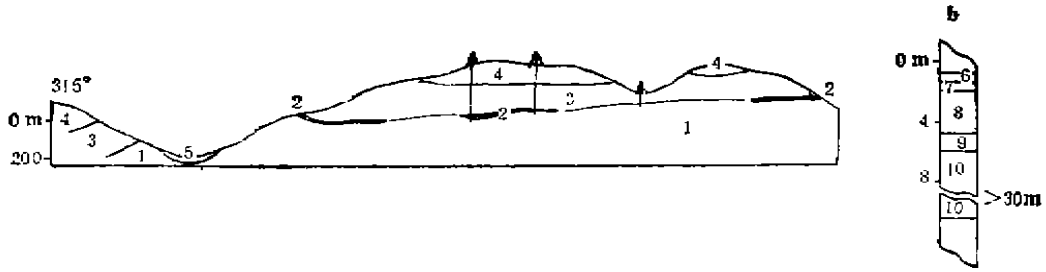


图 12　武定狮山蛇纹石、温石棉、海泡石矿床

Fig 12　Serpentine asbesto and fibrous sepiolite deposit in Shishan, Wuding

a. 剖面；b. 矿体柱状；1.辉绿岩；2.矿体；3.灯影组灰岩；4.筇竹寺组砂页岩；5.第四系；6.绿泥石化带；7.石墨化大理岩化带；8.蛇纹石、温石棉带；9.海泡石带；10.碳酸盐化带

经受过强烈区域变质作用并富含白云质大理岩的变质地体上。滑石与菱镁矿矿床是由残留的古洋壳上的镁质碳酸盐沉积，经受古板块聚合时的变质作用，后又叠加西太平洋板块俯冲作用引起的变质作用而形成的。滑石与菱镁矿二者常紧密伴生，如辽东和胶东的矿床[14]。透闪石矿层常作为滑石矿层底板相伴产出，如辽阳吉洞峪；也可呈脉状和透镜状产于滑石矿体附近，如蓬莱李家；还有单独产出的如商县韩子坪。纤维状海泡石矿床则是区域变质以后的产物，是含镁热液沿断裂作用的结果。我国已知的纤维状海泡石成矿带，一条是秦岭大别山带，包括被错断北移的胶东；一条从南口经大邑、德昌至武定、马关呈弧形沿华南古板块西南侧地缝合线分布。矿体产于大理岩化的硅质白云质灰岩与辉绿岩岩床的接触带上。在这类变质的残留的海洋镁质碳酸盐岩的层间裂隙中，还形成碳酸盐岩型温石棉矿床。它们除分布于南口至武定的成矿带中，另外，还有一条从乌拉特前旗经包头、武川、察右前旗至朝阳的东西向成矿带。同样辉绿岩岩床常成为石棉矿体的顶底板，如涞源、朝阳和金州。石棉与纤维状海泡石伴生时，石棉位于靠辉绿岩一侧，而纤维状海泡石则位于镁质碳酸盐岩内[15]（图 12）。

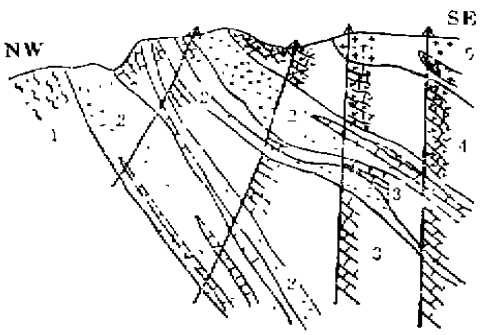


图 13　柳毛石墨矿床中石墨矿层与透辉岩的关系

Fig 13　Diopsidite in the Louma graphite deposit

1.黑云透辉斜长变粒岩；2.石墨矿体；3.大理岩；4.透辉岩；5.混合花岗岩

11. 泥岩建造区域变质接触变质成矿系列

该系列的矿床有红柱石、蓝晶石、夕线石以及石榴子石、刚玉和作为建筑材料的板岩。前三者是在不同温压条件下形成的 Al_2SiO_5 同质多象变体，系富含泥质的岩石受高温低压区域变质作用在没有明显的物质交换的封闭系统中形成的。另外红柱石与夕线石也可因接触变质形成。这一系列矿床多赋存在高温低压变质带或孤后岩浆带的角闪岩相到麻粒岩相的变质地体中，在同一成矿带的小区域内相邻伴生，如西峡一带中元古界二郎坪群小寨沟组十字榴石二云母石英片岩中产出的红柱石（羊奶沟）、蓝晶石（隐山）、夕线石（秋树湾），以及丹凤一带结晶片岩中的夕线石、蓝晶石、石榴子石和刚玉矿床。

维普资讯 http://www.cqvip.com

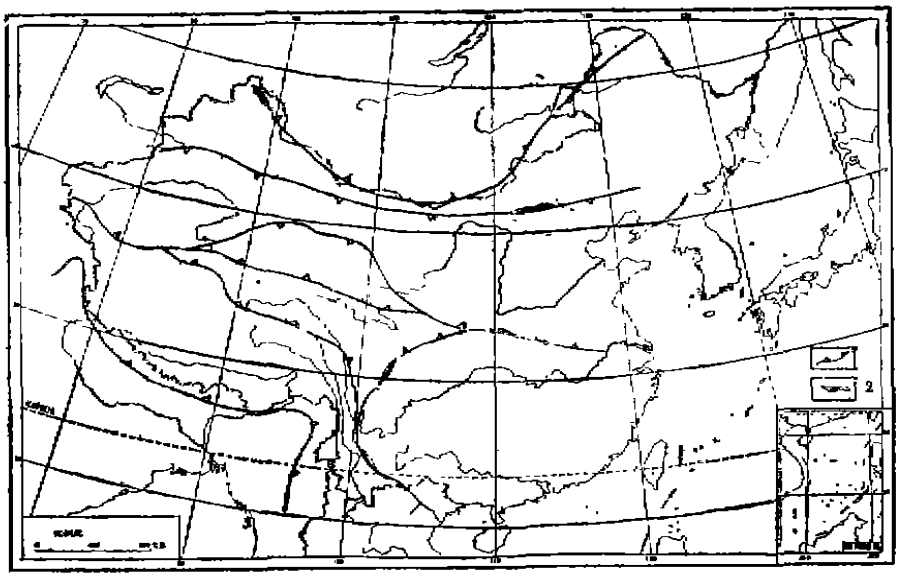


图 14 混合岩建造伟晶岩化成矿系列的分布

Fig. 14 Distribution of pegmatized minerogenetic series in the migmatite formation.

1.地缝合线； 2.已知成矿系列的分布位置

12. 混合岩建造区域变质成矿系列 该系列的矿床包括石墨、透辉石、金云母、蛭石矿床，产在沿地缝合线分布的变质地体中。石墨矿床是混合岩化作用使有机质变质而成。金云母矿床是在混合岩化过程中镁质碳酸盐岩或硅酸盐岩经热液交代而成，如再经水化就变为蛭石矿床。它们往往产在角闪岩相到麻粒岩相的片麻岩系中，其中夹有片岩，大理岩和透辉岩。透辉岩也是一种非金属矿，有时成为石墨或金云母矿体的顶底板而伴生产出(图 13)。

13. 混合岩建造伟晶岩化成矿系列 该系列有白云母、长石、石英、绿宝石、碧玺等矿床。它们赋存于强烈混合岩化的铁铝榴石-角闪岩相的变质岩系中。在中国主要有阿勒泰山、阴山、秦岭、大雪山 4 个已知的成矿带 (图 14)，其位置与地缝合线一致，含矿岩系(包括其中的伟晶岩)与地缝合线的形成时期也一致。矿体产于片麻岩系中的伟晶岩里。区域附近无与伟晶岩直接有关的花岗岩体。这种伟晶岩是古板块俯冲带上的高铝低硅低钾钠的泥质沉积物，在俯冲停滞时于中温中压条件下在同生褶皱束的封闭裂隙内形成的[16]。

四、形 成 模 式

非金属矿床伴生组合的形成与金属矿床有一定差异。其中最主要的一点是金属矿床成矿系列主要是随地球物理和地环化学环境变化，金属元素规律地顺次富集的结果，而非金属矿床成矿系列的形成则要复杂得多。非金属矿床成矿系列的形成模式大致有 5 种。

第 1 种模式是元素组合的顺次富集。这可与金属元素的顺次富集相比拟，而又不尽相同，即随着地球物理和化学环境演变顺次发生系列元素组合的富集而形成伴生的非金

维普资讯 http://www.cqvip.com

属矿床，如随沉积旋回的演化，碳酸钙、碳酸镁、硫酸钙等等依次沉积形成在垂直剖面上伴生的灰岩、白云岩、石膏以及杂卤石、岩盐等矿床。

第 2 种模式是成矿微环境改变。即某一些元素在同一成矿机制中，受微环境如温度、压力、介质条件等改变的影响而导致一定的矿床相邻伴生，如凝灰岩因受蚀变温度差异而形成明矾石、叶蜡石、高岭石等矿床的伴生组合，滨海相碳酸盐岩碎屑岩建造中的海泡石、滑石粘土矿床的横向组合。

第 3 种模式是不同成矿物质与成矿条件的有序提供。亦即是与成矿有关的某一种地质作用先后提供不同的成矿物质与条件，从而形成伴生的矿床，如基性火山作用使浮石、火山灰、玄武岩、某些宝石、凹凸棒石、膨润土和硅藻土矿床形成伴生组合。

第 4 种模式是成矿作用的规律伴生。亦即母岩受一组空间上或时序上规律伴生的地质作用影响，在不同地段或不同阶段形成不同矿床，或者后形成的矿床是先形成的矿床受改造的结果。这样，由于各种成矿地质作用在局部地段的深浅程度不同，或先形成的矿床局部改造不完全，就会发生两种以上矿床的规律伴生，如珍珠岩、沸石、膨润土矿床的伴生，残积高岭土矿床和附近沉积高岭土矿床的伴生。

第 5 种模式是母岩的规律伴生。亦即由不同物质组成且又规律伴生的母岩经受某一种地质作用分别形成相互伴生的不同矿床，如区域变质作用形成的石墨、透辉石、透闪石矿床的伴生组合。

必须指出，有时一个成矿系列的形成可能是由于这种形成模式，也可能是由于另一种形成模式，还可能是两种模式复合作用的结果(表 1)。

总之，我国非金属矿床常有规律地伴生组合出现于一定地区，一定地质时代的一定地质建造中。这种组合分布的规律严格受中国大陆板块形成和演化条件的控制。上述 13 种成矿系列仅是目前已掌握的资料的初步总结。相信进一步工作以后，还可以总结出新的非金属成矿系列。由于成矿系列问题是从矿床形成的角度来探讨矿床的伴生分布规律，因此研究中国非金属矿床的成矿系列，总结并运用其规律，不但可以丰富和深化非金属矿床学的内容，还可以指导非金属矿床勘查，指导非金属矿产的综合开发、综合利用，有利于充分发挥各地区的非金属矿产资源优势。

参　考　文　献

[1] 程裕淇，陈毓川、赵一鸣，1979，初论矿床的成矿系列问题，中国地质科学院院报，1 卷 1 期，第 32—58 页。

[2] 程裕淇、陈毓川、赵一鸣、宋天锐，1983，再论矿床的成矿系列问题——兼论中生代某些矿床的成矿系列，地质论评，29 卷 2 期，第 127—139 页。

[3] 陶维屏主编，1987，中国工业矿物和岩石，上册第 1—6 页，地质出版社。

[4] 陶维屏，1988，中国非金属矿床形成和分布的若干规律——中国非金属矿床和板块构造，地质学报，62 卷 2 期，第 144—154 页。

[5] 陶维屏、孙祁、杨雅秀、陈钦强、廖龙海、高介伍、蒋绍斌、傅道济、陈祖荣，1984，中国高岭土矿床地质学，第 9--48 页，上海科学技术文献出版社。

[6] 张亮，1987，内蒙古阿卜齐沸石、珍珠岩、膨润土矿床特征，建材地质，3 期，第 37—39 页。

[7] 刘志贤、刘庆彦、张宁克、苏维宝、尹秀梅、赵丽梅，1984，营城组火山岩及有关非金属矿产特征，建材地质，3 期，第 6—20 页。

[8] 黄光煦，1988，江苏省盱眙龙山玄武岩岩石特征及其与凹凸棒石粘土的关系，建材地质，2 期，第 3—9 页。

[9] 刘德铿，1986，二叠纪海泡石粘土矿床的找矿标志及找矿方向，建材地质，2 期，第 1—6 页。

[10] 曾祥林，1984，一种新陶瓷原料——滑石粘土，建材地质，4 期，第 7—13 页。

维普资讯 http://www.cqvip.com

[11] 杨雅秀,张光荣、范文伟、梁惠娥,1982,广西德保二叠纪含煤岩系中的累托石粘土岩及其成因,建材地质,1期,第21—27页。
[12] 陶维屏,1983,中国海积三叠纪石膏矿床,地质学报,57卷2期,第173—183页。
[13] 孙祁,1980,大冶阳新一带硅灰石矿床地质特征,建材地质,3期,9—17页。
[14] 陶维屏,1988,胶东变质地体上非金属成矿的双重特性,建材地质,4期,第3—8页。
[15] 黄强,1987,云南武定县狮山辉绿岩岩床接触蚀变带特征及海泡石石棉,建材地质,4期,第24—29页。
[16] 陶维屏,1981,我国伟晶岩白云母矿床的分布特点及矿脉类型,非金属矿,2期,第29—35页。

THE MINEROGENETIC SERIES OF NONMETALLIC MINERAL DEPOSITS OF CHINA

Tao Weiping

(Geological Company, State Administration of Building Materials Industry, Beijing)

Abstract

China is rich in nonmetallic mineral deposits. A number of them are regularly associated, forming minerogenetic series. According to the minerogenetic characteristics of nonmetallic deposits, the minerogenetic series of nonmetallic deposits can be defined as a specific association of various types of nonmetallic deposits formed regularly at the same time or in succession in a specific geological setting and under the control of a certain combination of minerogenesis owing to the connection material sources of mineralization ways and the differences in minerogenetic micro-environments or evolution of minerogenetic factors in a minerogenetic belt (province).

The geologic environments that control the formation of minerogenetic series are recorded in ore-bearing formations. By relating ore-bearing formations to minerogenetic series one can point out the way to find the specific minerogenetic series. The minerogeneses that are related to each other or necessarily occur in cussession are an essential condition for forming various nonmetallic deposits in a minerogenetic series. The nonmetallic minerogenetic series are mainly classified according to the ore-bearing formations and minerogenesis. On the basis of available data, 13 minerogenetic series may be distinguished: (1) minerogenetic series in ultrabasic rock formation, (2) minerogenetic series in altered and weathered granite formation, (3) minerogenetic series in altered acid tuff formation, (4) minerogenetic series in hydrolyzed acid lava formation, (5) eruptive-sedimentary minerogenetic series in basalt formation, (6) sedimentary minerogenetic series in lacustrine salt-bearing clastic formation, (7) sedimentary minerogenetic series in littoral carbonate-clastic formation, (8) sedimentation minerogenetic series in marine carbonate formation, (9) contact-metamorphic minerogenetic series in marine carbonate formation, (10) regional metamorphic minerogenetic series in marine carbonate formation, (11) regional contact-metamorphic minerogenetic series in mudstone formation, (12) regional metamorphic minerogenetic series in migmatite formation, (13) migmatized-pegmatized minerogenetic series in migmatite formation. For each series two typical examples are selected. They are formed in different tectonic settings. The origin of mineralizing materials, process of mineralization and transformation after mineralization all show certain regularities, thus resulting in regular associations and distributions of related types of deposits in four-dimensional space.

维普资讯 http://www.cqvip.com

The particular process of formation of each minerogenetic series is complicated, and five models are suggested: (1) various associated deposits are formed by successive enrichment of element associations; (2) various associated deposits are formed by the same kind of elements under changing minerogenetic micro-environments; (3) various associated deposits are formed as a certain geological process successively supplies mineralizing materials, (4) various associated deposits are formed in different stages or positions owing to successive influences of several geological processes in parent rocks; (5) various associated deposits are formed when regularly associated parent rocks undergo certain geological processes. These nonmetallic minerogenetic series are regularly distributed in particular areas and in particular formations of certain geological ages in China and their distributions are controlled strictly by the plate tectonics of China. To study these regularities will be helpful to draw up a plan for exploration of nonmetallic deposits in China and to bring into full play the superiority of nonmetallic mineral resources in different areas.

作　者　简　介

陶维屏，生于 1932 年，1956 年毕业于北京地质学院地质勘探专业。现任国家建筑材料工业局地质公司副总工程师，教授级高级工程师，中国地质学会常务理事。主要从事非金属矿床的研究，发表过多篇有关非金属矿床方面的著作。通讯地址：北京市西直门国家建筑材料工业局地质公司。