中国沉积成矿/成藏基本事实和系列类型*

薛春纪[1] 陈毓川[2,1] 高景刚[1] 刘淑文[1] 梁 婷[1]

（1 长安大学成矿作用动力学国土资源部开放研究实验室，地球科学与国土资源学院，陕西 西安 710054；
2 中国地质科学院，北京 100037）

摘 要 沉积盆地因巨大的成矿/成藏潜力而倍受关注，在不同时代的盆地中寻找矿产资源已成为趋势，综合研究中国沉积环境和沉积成矿/成藏基本事实十分必要。中元古代中国沉积环境主体是古陆裂陷/裂谷海盆，新元古代和古生代出现稳定陆缘海和陆内海，三叠纪及以后沉积环境主体成为陆相。中-新元古代和古生代沉积矿床/矿藏主要与华北、扬子等中-新元古代以来逐步稳定起来的古地台相联系，中-新生代沉积矿床/矿藏主要发育在印支期形成的统一中国大陆上的遍布全国各地的断陷、拗陷、前陆盆地中。沉积成矿/成藏系列类型出现 6 种：机械沉积砂矿床系列类型、蒸发沉积盐类矿床系列类型、生物有机沉积矿藏系列类型、砂岩/黑色页岩中多元素矿床系列类型、胶体化学/生物化学沉积矿床系列类型、陆缘裂陷/陆内拗陷盆热水沉积矿床系列类型。随地质演化，中国沉积成矿/成藏环境越来越重要且趋于多样，沉积成矿/成藏作用呈现递进发展，矿石/藏建造从以金属为主演变为以油气、金属、非金属并存，古生代和中生代出现沉积成矿/成藏高峰。沉积盆地中固体-液体、无机-有机矿床/矿藏共存现象普遍，多种矿床/矿藏同盆共存的地球动力学背景和形成机制是值得重视的重大科学问题。

关键词 沉积盆地 矿床/矿藏 基本事实 成矿/成藏系列类型 中国

沉积盆地是地球上物质分异、集中和矿床/藏形成与富集的主要场所。在许多现代盆地内正在发生着成矿作用（Rona et al.，1993），而古代沉积盆地中不仅蕴藏着重要的有机能源矿藏，而且形成了规模巨大的金属、非金属矿床（冯增昭等，1994），在已经造山的边缘盆地内，虽然部分可能的古代矿藏或矿床因造山作用而被破坏或改变，但又有新的重要矿床在造山过程中新生（Groves et al.，1998），巨大的成矿/成藏和勘查潜力引起世界各国的高度重视，在不同时代（或现存、或隆升为高原、或已经造山的）的盆地寻找矿产资源已在欧美成为趋势（Wolfgang，2000）。同时，盆地内有机成藏与无机成矿共存，流体矿藏与固体矿床同盆，是研究有机-无机、流体-固体矿产同盆共存关系和建立新的地质资源系统理论的重要地质单元之一。全面认识中国沉积成矿/成藏作用具有重要的现实意义和理论意义（陈毓川等，1998）。本文试图综合研究中国大陆沉积环境和沉积成矿/成藏基本事实，对沉积成矿/成藏系列类型进行归纳。

1 中国沉积盆地和沉积矿床/矿藏

中国大陆沉积环境从中-晚元古代（18 亿年左右）开始出现，古生代广泛，演化直至中-新生代，沉积成矿/成藏作用随之发生和发展（图 1）。元古代在总体伸展背景下，太古代-古元古代形成的古陆多次裂解和克拉通化。中元古代，古陆的裂解导致拗拉谷、裂陷槽、大陆边缘裂谷和内陆盆地相继出现。在华北古陆，伸展构造在北缘形成燕辽裂陷槽，堆积了以富镁碳酸盐岩为主的碎屑岩、粘土岩（夹火山岩）建造，狼山-渣尔泰山及白云鄂博裂谷系中发育海相碎屑岩、含碳粘土岩和碳酸盐岩，构成华北古陆的第一个沉积盖层，陆缘裂陷盆地内沉积作用形成了包括宣龙式、瓦房子式、高板河、关门山、白云鄂博式、

*本文得到中国成矿体系与区域成矿评价项目（中国地质调查局编号：K1.4）和国家重点基础研究计划（973）项目（科技部编号：2003CB214606）的联合资助

第一作者简介 薛春纪，男，1962 年生，教授，博士生导师，从事矿床学及矿相学、矿床地球化学及矿产勘查的教学与研究工作。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

东升庙、霍各乞等在内的 Fe、Mn、Pb-Zn、Fe-Nb-REE、Pb-Zn-Cu-S-Ba 矿床。塔里木古陆块北缘库鲁克塔格地区表现为被动大陆边缘沉积，南缘主要是活动陆缘沉积体。扬子陆块东南缘为大陆边缘裂谷盆地，发育复理石（夹少量火山岩），西南缘形成康滇中元古代裂谷，发育碎屑岩和碳酸盐岩（夹火山岩）沉积建造，形成重要的沉积（再造）Cu 矿床（东川式、易门式）。经晋宁运动华北、塔里木、扬子古陆相连，总体形成原始中国古大陆。

新元古代开始出现陆内稳定沉积环境。南华纪扬子和华夏古大陆裂解，扬子古陆自东向西发生了大规模的海侵，并出现两次冰期，发育碎屑岩、碳酸盐岩、硅质岩、冰碛岩；华北古陆在此期间主体上升为陆，仅在边缘局部形成拗陷带，发育稳定碎屑岩-碳酸盐岩沉积建造；塔里木古陆北缘发育裂谷，形成巨厚的冰川-火山-复理石建造，南缘为稳定地台碎屑岩-碳酸盐岩建造。沉积成矿作用主要出现于扬子陆块周缘地区，在北缘被动陆缘盆地中沉积形成重要的磷矿床（如海州、黄麦岭）和银、铅、锌、铁、锰矿床成矿系列（如祁门三堡），在东南部沉积形成锰、磷、铁、硫矿床（如湘潭式、民乐式锰矿床，开阳式、荆襄式磷矿床，杨家桥式铁矿床，大降坪式硫铁矿矿床），在西南缘沉积作用形成铁、铅锌矿床（如满银沟铁矿床、大梁子铅锌矿床）。

古生代在中国古地台上出现相对稳定的陆内海盆沉积环境（图 1），陆表海、陆棚海发育。华北陆块在晋宁运动后进入地台演化阶段，整个加里东运动中经历了震旦纪末抬升、早寒武纪沉降、中奥陶世末再抬升的过程，造成区内寒武系和下-中奥陶统最为发育，寒武系为浅海陆棚相碳酸盐岩及泥砂质沉积，下-中奥陶统为稳定海相沉积；而上奥陶统-下石炭统全部缺失；到中石炭世，北缘成为广表浅海，接受海陆交互相沉积，从中石炭世到二叠纪沉积环境由海陆交互相演变为内陆洪泛平原，中石炭世海进沉积层序内形成重要的沉积铝矿床（克俄式）和铁矿床（山西式），二叠纪形成巨大的内陆含煤盆地，并有石膏沉积；晚二叠世西伯利亚板块与华北板块对接。塔里木陆块与华北相似，在其南缘被动陆缘海盆中沉积形成（方山口）磷矿床。扬子陆块古生代稳定盖层沉积，古生界基本连续；稳定克拉通盆地内发育大规模 P、Al、Fe、Mn、煤、硫铁矿、石膏等沉积成矿（昆阳式、新华式、猫场、宁乡式、下雷式、富安、常乐），稳定的沉积环境使晚古生代出现了与风化淋滤表生富集有关的 Fe、Al、煤、耐火粘土等大规模成矿（图 1）；扬子陆块的北缘和南缘古生代属于被动大陆边缘伸展背景，陆缘裂陷海盆发育，在黑色岩系中构成 U-V-Ni-Mo-PGE 多元素矿化，早期被动陆缘裂陷海盆内热水沉积作用形成重要钡矿床（如平利、新晃等地的重晶石-毒重石矿床），中-晚期被动陆缘裂陷海盆内热水沉积形成重要的 Pb-Zn、Ag、菱铁矿等矿床（厂坝式、凡口式、银洞子、大西沟式等，薛春纪，1997）。

中生代中国大陆在前中生代形成和再循环的大陆壳基础上，东部受太平洋洋壳叠接俯冲及构造转折和岩石圈减薄的影响，西南部受古地中海-特提斯洋的俯冲，强烈活化，全国各地发育大小不等的陆相为主的断陷/拗陷和前陆盆地，东北和西部地区的大型盆地多见（图 1）。三叠纪，中国很多地方海西期连续发展，印支运动后沉积作用主体转为陆相，燕山期在强烈板内活化和构造-岩浆活动的同时，东部断陷/拗陷作用进一步加剧，西部与造山相关的前陆盆地发育，沉积作用在很多（如准葛尔、塔里木、柴达木、羌塘、四川、云南、鄂尔多斯、松辽、江汉、南华等）内陆盆地内形成了巨厚的侏罗系和白垩系。在碎屑岩、泥质岩中形成重要的煤、石油、油页岩、膨润土、耐火粘土、铜、（铁、石膏、芒硝、天然气）等矿床（图 1），西北、西南地区主要为三叠-侏罗纪内陆拗陷盆地及山间盆地河湖-沼泽相沉积，局部海陆过渡相，东北地区中生代沉积成矿主要发育在早白垩世河湖-沼泽及冲-洪积相内，西南滇中盆地发现明显的含铜砂岩；在碳酸盐岩及碎屑岩中沉积出重要石膏、芒硝、石盐等矿床，于江汉、四川、安宁、南阳、芒康等断陷、拗陷盆地中较为典型，含矿地层包括了上三叠统、侏罗系和下-上白垩统；在陆表浅海-泻湖盆地海相及海陆过渡相碳酸盐岩及碎屑岩中形成石膏、芒硝、石盐、铁、锰、（石油、天然气、油页岩、银、铅、锌、铜）矿床，在广阔的上扬子三叠纪蒸发海盆地中有较好的发育，羌塘地区中侏罗世广阔的唐古拉陆表海中也有石膏矿床（那底岗日）和油页岩矿床（通波日）。

新生代沉积盆地多是对中生代的继承，东部受岩石圈进一步减薄过程及太平洋板块向西、向北北西

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

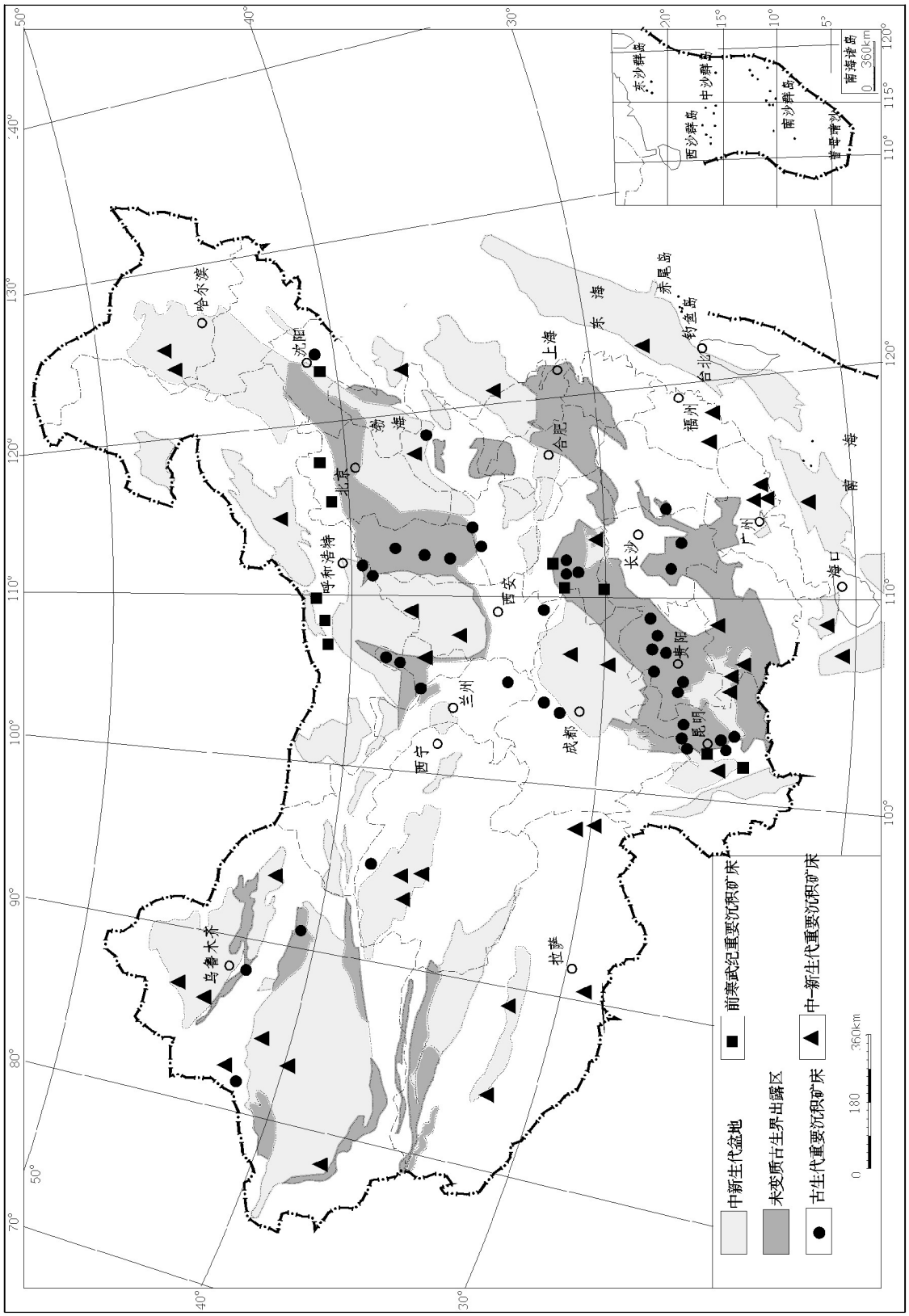

图1　中国沉积盆地和重要沉积矿床 / 矿藏

Fig. 1 Sedimentary basin and important sedimentary mineral resources in China

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

与东亚大陆相互作用的影响，形成多个裂陷盆地或弧后盆地；西部主体受印度板块与欧亚板块碰撞及青藏高原隆升的制约，出现许多与造山有关的山间/前陆盆地，青藏高原现代湖泊颇具特色。东海大陆架和南海北部盆地是较典型的弧后裂陷盆地，裂陷作用主幕在早第三纪，石油、天然气、天然气水合物等能源矿产丰富，海滨砂矿发育。松辽、渤海湾、南阳、江汉、四川等是东部早第三纪陆内重要的裂陷盆地，蕴藏着丰富的煤、石油、天然气、油页岩、泥炭、硅藻土矿藏/床及大量蒸发沉积盐类矿床，金属矿化在渤海湾出现金，在广东三水盆地出现金、银，在辽河盆地出现砂岩铀矿。西北和西南地区前陆盆地发育，准葛尔、伊犁、塔里木、吐-哈等盆地含有丰富的石油、天然气、盐类和煤矿床，并发现砂岩型铀矿床；云南地区新生代小盆地内盐类及硅藻土等矿床发育，新生界多作为铜和铅锌矿床的主岩；青藏高原含盐湖泊、泥炭沼泽盆地及断陷深盆多见，蕴含有丰富的盐类、石油及天然气，现代热水沉积成矿作用明显（郑绵平等，1995）。

2 中国沉积成矿/成藏系列类型

综合项目其他专题研究报告*及前人研究成果（朱训等，1999；翟裕生等，1999；陈毓川等，1999；2001；2003），依据沉积成矿成藏的时代、环境、方式及矿石建造等的不同，把中国大陆沉积矿床/矿藏归纳为 6 个成矿/成藏系列类型（表 1）。

表 1 中国大陆沉积矿床/矿藏的成矿/成藏系列类型

Table 1 The series types of sedimentary mineral resources in China

序号	矿床/藏系列类型	主要时代	沉积环境	形成方式	重 要 矿 石 建 造
（6）	机械沉积砂矿床成矿系列类型	新生代	河流，海滨	机械沉积分异	Au，PGE，钛铁矿，石英，锡石，金刚石，独居石，水晶
（5）	蒸发沉积盐类矿床成矿系列类型	新生代、中生代、古生代	内陆蒸发盆地、边缘海封闭-半封闭盆地	化学沉积分异	石盐，钾盐，石膏，芒硝，钙芒硝，钾芒硝，泻利盐，光卤石，天然碱，杂卤石，方解石，白云石
（4）	生物有机沉积矿藏成藏系列类型	中生代、新生代、晚古生代	长期稳定的内陆沉积盆地、沼泽和边缘海沉积盆地	生物化学作用、物理化学作用	煤，石油，天然气（油型气，煤层气），泥炭，油页岩，天然气水合物（?）
（3）	砂岩/黑色页岩中的多元素矿床成矿系列类型	早古生代、中生代、新生代	陆缘缺氧沉积海盆、陆相红色盆地、层间氧化-还原过渡带	有机质吸附、氧化-还原作用	V, Ni, Mo, PGE, U (Pz_1), Cu, Se, Ag, Re, Mo, U (Mz, Kz), U, Re, Sc, V, Mo, Se, Ga, Ge(Kz)
（2）	胶体化学/生物化学沉积矿床成矿系列类型	古生代、元古代、中-新生代	大陆边缘海（陆表海和陆棚海） 内陆洪泛平原/准平原、内陆湖	化学/生物化学沉积分异（含热水沉积）	Fe, Mn, 铝土矿，磷块岩，粘土（高岭石，蒙脱石，海泡石，凹凸棒石），硅藻土
（1）	陆缘裂陷/陆内拗陷盆热水沉积矿床成矿系列类型	元古代、古生代、现代	陆缘/陆内裂陷海盆	热水沉积	Pb, Zn, Cu, FeS_2, $BaSO_4$, $BaCO_3$, Ag, $FeCO_3$, B, Cs, Rb

2.1 陆缘/陆内裂陷盆热水沉积矿床成矿系列类型

中国（元古代、古生代）古大陆边缘和（现代）陆内历经裂陷过程，形成边缘裂陷海盆或内陆湖盆，盆下源成矿物质和相关的地质热流体沿同沉积断裂上升到达海/湖底，在热水沉积环境中通过热水沉积作

* 4 个专题研究报告是： 沈保丰, 等. 2003. 中国前寒武纪成矿作用；汤中立, 等. 2003. 中国古生代成矿作用；裴荣富, 等. 2003. 中国中生代成矿作用；王登红, 等. 2003. 中国新生代成矿作用.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

用形成 Pb、Zn、Cu、FeS_2、$BaSO_4$、$BaCO_3$、Ag、$FeCO_3$、B、Cs、Rb 等矿层，构成陆缘/陆内裂陷盆热水沉积矿床成矿系列类型。

中元古代有重要热水沉积成矿的裂陷盆地主要发育在华北古陆北缘和扬子古陆西缘。在华北古陆北缘，中-新元古代裂陷作用形成狼山—渣尔泰山和燕辽等裂陷槽，伸展背景下的边缘海盆中热水沉积作用形成包括东升庙、甲生盘、炭窑口、霍各乞、高板河、白云鄂博（？）等在内的 Pb、Zn、Cu、FeS_2、$BaSO_4$、Fe（-Nb-REE）矿床（受后来改造），含矿岩系是狼山群、渣尔泰群泥岩-细碎屑岩（夹少量火山凝灰岩）；在扬子古陆西缘，中元古代边缘伸展作用形成康滇昆阳裂谷，热水沉积在中元古界昆阳群泥岩-碎屑岩-碳酸盐岩建造内形成重要铜矿层（东川、易门等矿床，受后期改造）。

古生代有重要沉积成矿作用的古陆边缘裂陷作用主要发生在扬子北缘和南缘。早古生代南、北缘裂陷海盆中热水沉积作用形成了重要的重晶石（毒重石）矿床（新晃、平利等）和铅锌矿床，这些层状重晶石矿体核部为块状，两侧为层纹状，再外侧为硅质岩，最外侧是硅质炭质泥岩；层状矿体之下常见脉状重晶石，它们的分布基本上不超出层状矿体的范围；脉状重晶石矿体与层状矿体的产状、矿石成分、组构有密切的成因联系，表现出海底热水系统的演化特征。晚古生代，在南秦岭的边缘裂陷明显是对早古生代的继承继续，秦岭微板块上的碎屑岩-碳酸盐岩建造中热水沉积成矿形成重要的（厂坝）铅锌、（银洞子）铅锌银、（大西沟）菱铁矿等矿床，并伴生重晶石和铜矿化（薛春纪，1997）。

新生代内陆湖盆中的热水沉积成矿现象在中国很多地区可见，发育在西藏现代盐湖内的热水沉积 B、Cs、Rb 等矿化就颇具特色（郑绵平等，1995）。

2.2　胶体化学/生物化学沉积矿床成矿系列类型

自元古代（尤其是古生代）以来，沉积环境中出现多次古陆边缘海（陆表海、陆棚海），陆内洪泛平原/准平原和内陆湖沉积环境多见。在长期稳定的风化剥蚀面基础上的海进沉积序列中，通过胶体化学、生物化学为主的沉积分异作用，主要在扬子和华北两大古地台上形成了许多 Mn、Fe、铝土矿、磷块岩及粘土等重要沉积矿床（图 1），构成胶体化学/生物化学沉积（含热水沉积和风化氧化）成矿系列类型。

与世界沉积锰矿床主要形成于中元古代（58%）和第三纪（33%）的情况不同，中国沉积锰矿床主要形成于元古代、晚古生代、三叠纪和第四纪，可划分为 5 个成矿期（冯增昭等，1994）：晚前寒武纪（主要为中元古代和震旦纪）是中国锰矿床的重要形成期（占锰储量的 32.0%），有中元古代蓟县式 B-Mn 矿床（1 540 Ma）、瓦房子式 Fe-Mn 矿床（1 205 Ma）、震旦纪湘潭式（730 Ma）和高燕式（650 Ma）黑色岩系 Mn 矿床；早古生代不是中国锰矿床的重要成矿期，但出现（轿顶山）Fe-Co-Ca-Mn、（桃江）Ca-Mn 等特别矿石建造；晚古生代是中国锰矿床形成的鼎盛时期（占锰储量 43.2%），泥盆纪、石炭纪和二叠纪均有，泥盆纪最为重要，成矿期内不仅形成大型沉积、热水沉积（遵义式、下雷式）及火山-沉积（莫托沙拉式）锰矿床，而且集中了全国最大的热液改造矿床（玛瑙山、后江桥），并且为（木圭、东湘桥）大型表生锰矿床提供了矿胚及含锰岩石，本成矿期的典型矿石建造是 Si-Ca-Mn，大量硅岩、硅质条带和硅酸锰矿物的出现说明火山活动、热水沉积对锰矿床的形成作用明显；中生代锰成矿集中在三叠纪，以中三叠世（斗南）锰矿床为重要；新生代主要形成表生风化氧化锰矿床，它们赋存于第四纪的红壤、黄壤中，矿石建造以锰为主，是较为重要的成锰时期。可见，中国沉积锰矿床的重要成矿期为晚古生代、晚前寒武纪和新生代，其中震旦纪和泥盆纪最为重要；随地质时代的推进，矿石建造由复杂到简单，黑色页岩锰矿床由多到少，碳酸盐岩系中的锰矿石建造从 Ca-Mg-Mn→Si-Ca-Mn→Ca-Mn，反映地史中大气、海洋、气候、生物的演化；中元古代的 B-Mn 建造和晚古生代的 Si-Ca-Mn 建造更多地反映出是由火山活动、热水沉积等影响而造成的；在空间分布上，中国沉积锰矿床主要产于扬子古地台（沉积型），其次是华北古地台（受变质沉积型）和古华夏陆块（表生风化氧化型居多）。

中国重要的沉积铁矿床在华北古陆边缘海有震旦纪宣龙式铁矿床，在扬子陆块内的浅海中有泥盆纪宁乡式铁矿床，三叠纪在川西、滇西有沉积铁矿床产出。沉积铁矿床在中国铁矿储量中仅占 8.7%。

中国大多数铝土矿矿床的形成也与侵蚀间断面上的古风化壳有关，其形成大多经历了陆生、海/湖水淹没和表生富集等 3 个阶段，主要成矿期是石炭纪、二叠纪。另一些铝土矿矿床是在低纬度地区由于风化氧化作用形成的，主要形成于第三-第四纪。中国石炭纪铝土矿矿床尤为重要，华北、扬子两个古地台

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

上均有产出，早石炭世矿床分布在贵州中部地区，中、晚石炭世矿床主要沉积在华北古地台奥陶系风化剥蚀面之上的中-上石炭统中，在山西、河南、山东及河北均有重要矿床；二叠纪铝土矿矿床在早二叠世主要产于扬子古地台（川、黔、滇、湘、鄂等地），晚二叠世到早三叠世矿床在扬子（桂、滇、川）和华北（鲁、冀、辽等地）都有产出。新生代铝土矿矿床主要分布在福建、海南、广东等地，由富铝岩石（如玄武岩）风化氧化而成。

中国磷矿床主要是沉积成因的磷块岩矿床（占磷矿储量的 85%）。中国沉积磷矿床在形成时代上，从元古代到第四纪几乎每个时代的地层中都有磷的矿化或矿层，其中最重要的成矿时代是震旦纪（占沉积磷矿储量的 51%）、寒武纪（占沉积磷矿储量的 44%）和泥盆纪（占沉积磷矿储量的 4.9%）；在地域上，中国磷块岩矿床集中分布在扬子地台的滇、黔、川和鄂、湘、赣，而地域广阔的华北、东北及西北没有重要矿床产出。震旦纪的成磷层位主要是扬子地区的陡山沱组和灯影组，时限（800±50）~（615±20）Ma；中国寒武纪地层发育完整，早寒武世每次海进地层底部都沉积了磷酸盐层，其中梅树村组赋存的大规模磷块岩矿床是继陡山沱组磷块岩沉积之后的中国第二大型磷酸盐沉积层位。

中国耐火粘土矿床在泥盆纪、石炭纪、二叠纪、三叠纪、侏罗纪、第三纪、第四纪均有产出，其中以中-晚石炭世、晚二叠世和第三纪最为重要；空间上主要沉积在华北地台及其邻区（晋、冀、蒙及豫、鲁），扬子地区的黔、川、鄂等地也有产出。中-晚石炭世是中国耐火粘土最重要的形成期，矿层产在上石炭统底部或中石炭统本溪组内，位于奥陶系或寒武系碳酸盐岩风化侵蚀面上；晚二叠世是中国硬质粘土矿的重要成矿期，在山东、安徽等地有较重要的矿床产出；第三纪矿床多为软质粘土，在东北地区有重要发育，矿层产于第三系舒兰组中。

中国硅藻土矿床的最早记录在侏罗纪早期，主要形成于新生代（中新世-更新世）断陷湖盆内。在东部（吉林长白、浙江嵊县），硅质主要来自湖盆中的新生代基性火山岩分解；在西部（云南寻甸）硅质来源则主要是湖盆外围岩石风化分解形成的可溶硅。

3.3 砂岩/黑色页岩中的多元素矿床成矿系列类型

中国早寒武纪许多地方出现缺氧沉积海盆，同时生物大量繁殖，沉积了大面积分布的黑色页岩建造，伴随形成以 V 为主的多元素矿化；中、新生代红层盆地内主要在层间氧化-还原带分别形成以 Cu 或 U 为主的多元素矿床。

黑色页岩 V、Ni、Mo、PGE、U 矿化主要产于下寒武统，黑色岩系可分为石煤层、磷块岩层、钒矿层和镍钼层。具有重要工业意义的矿床主要分布在扬子地台和秦岭-祁连褶皱系的下寒武统黑色岩系中，尤其是浙江—皖南—赣西南—湖南—桂西北一线连绵 1 600 km 的黑色岩系中。

陆相红层盆地内的 Cu、U 及伴生元素矿化主要发生在中-新生界内，以铜为主的 Cu、Se、Ag、（Re、Mo、U）多元素矿化在中国西南地区（四川会理大同厂中生代盆地、滇中盆地）发育典型；以铀为主的 U、Re、Sc、V、Mo、Se、Ga、Ge 多元素矿化在中国北方，尤其是中亚成矿域（伊宁、土-哈、二连等）的许多中-新生代沉积盆地内被逐步发现和勘探，资源潜力很大。

2.4 生物有机沉积矿藏成藏系列类型

中国古生代，尤其是晚古生代以来生物大量繁殖，有机物质参与沉积成藏越来越显著，形成重要的煤、石油、天然气、泥炭、油页岩、天然气水合物（?）等矿藏。

泥盆纪植物在陆地上繁衍，开始出现煤，云南禄劝中泥盆世地层中即夹有薄煤层。中国主要成煤时代是石炭纪、二叠纪、侏罗纪、白垩纪和第三纪。石炭纪煤分别形成于早石炭世和晚石炭世，早石炭世煤层主要分布在南方，以湘中地区最为重要；晚石炭世煤层主要分布在中国北方，并且与二叠纪煤层形成一套连续的、密不可分的含煤沉积，即石炭-二叠纪煤层，华北山西太原地区发育典型，山西组和太原组是主要的含煤地层。南方二叠纪是重要的成煤期，整个二叠纪在华南均有煤沉积，早二叠世梁山组含煤，中-晚二叠世的含煤地层是中国南方最重要的含煤层位，在闽西南（龙岩、永定）、赣中（乐平、丰城）、黔西（六盘水）等地区都有重要煤田。中国三叠纪煤矿重点分布在 3 个区：西南（四川盆地为代表，须家河组为主要含煤层位）、东南（以江西萍乡为代表，安源组为主要含煤层）和西北（鄂尔多斯盆地、库车盆地）。侏罗纪是中国最主要的成煤期（占全国 50%以上的煤炭资源），且以早-中侏罗世为主，在地

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

域上则主要集中在西北，即鄂尔多斯盆地和新疆境内（准葛尔、伊宁、吐-哈、塔里木）的 4 个大型含煤盆地，鄂尔多斯盆地的含煤地层上部是延安组，下部是富县组，另外北京的门头沟煤系也很著名。中国白垩纪含煤层位主要是下白垩统，集中分布在东北（东北三省和内蒙古东部），如海拉尔盆地群中扎赉诺尔群、辽西沙海组和阜新组、黑龙江东部的鸡西群。中国第三纪重要含煤盆地集中分布在东北和西南，东北地区主要是早第三纪含煤盆地发育，如著名的抚顺盆地（抚顺群）；西南地区主要是晚第三纪含煤盆地发育，重要者如滇东盆地（小龙潭组）。在中国地质历史的 350 Ma 间（C—E），沉积出不同规模、质量和类型的煤层，总体讲三叠纪及其以前的煤层形成于近海海陆交替相沉积体系内，而三叠纪及其以后的煤层形成于陆相沉积体系内；煤层西多东少，北多南少；晚古生代煤以中-高变质煤为主，中生代煤以低-中变质煤为主，第三纪煤多是褐煤；天山—阴山以北地区以褐煤、低变质烟煤为主，天山—阴山以南和昆仑—秦岭—大别以北地区产出各种变质程度的烟煤和无烟煤，昆仑—秦岭—大别以南地区以高变质煤为主。受煤层时空结构制约，中国煤层气主要分布在石炭-二叠纪煤层（52.04%）和早-中侏罗纪煤层（46.34%）中，地域上重点集中在华北（占全国煤层气的 61.7%）。

中国石油矿藏赋存层位以中-新生界为主（占 90.4%），探明储量主要集中在中东部，重点在中部地区；天然气矿藏赋存层位中-新生界和古生界大约各占一半。含油气盆地多属于板内盆地，并且由于中国大地构造发展的多阶段性和多旋回性，盆地纵向叠加，横向复合，具有多种盆地原型，多时代多类型成藏特点显著。中-新生代陆相盆地是中国主要油气储产量所在地，富含有机质的湖泊沉积是主要生油岩，油气藏通常“自生自储”，油气的分布受生油区控制。东南海域的新生代盆地基本上属于陆壳盆地，它们的形成都经历了 2~3 个旋回的断陷-拗陷过程。

2.5　蒸发沉积盐类矿床成矿系列类型

自古生代或新元古代以来，中国大陆的许多内陆地区或边缘海都曾出现过干旱气候，蒸发沉积作用形成石盐、钾盐、石膏、芒硝、钙芒硝、钾芒硝、泻利盐、光卤石、天然碱、杂卤石、方解石、白云石等以及卤水等矿床。矿石建造最重要者是石盐、钾盐、石膏、芒硝；空间上东部成盐时代相对西部较老，南方相对北方较老；三叠纪及其以前蒸发沉积盐类矿床多形成于海相环境，侏罗纪以后盐类矿床多沉积在陆相环境；最重要的成盐期包括震旦纪、三叠纪、白垩纪-第三纪和第四纪，其次是中奥陶世、早石炭世。

中国石盐矿床沉积的主要时代是震旦纪、三叠纪、白垩纪和第三纪，其次是中奥陶纪、早二叠纪、侏罗纪和第四纪。震旦纪海水侵入上扬子盆地，形成广阔浅海，局部半封闭干旱盆地内沉积出规模巨大的海相石盐矿床（如四川盆地西南部长宁凹陷灯影组），是世界上目前已知最早的石盐矿床；奥陶纪海侵广泛，气候干旱，华北陆块上发育若干凹陷（如临汾凹陷马家沟组、延长凹陷峰峰组），形成薄层石盐矿层；石炭-二叠纪在中卫下石炭统有石盐层位，塔里木陆块南缘及西北缘有石炭纪石盐矿床，新疆皮山有早二叠世地下卤水；早-中三叠世是中国重要的成盐时期之一，由于气候干旱，在上扬子盆地内的许多封闭条件较好的次级凹陷中，沉积了嘉陵江组和雷口坡组规模巨大的石盐矿床，并且在多数凹陷内赋存有高矿化度卤水，西藏芒康盆地三叠纪甲丕拉组有多个含盐层；侏罗纪石盐矿床在云南、西藏零星可见；白垩纪-第三纪经过燕山运动和喜马拉雅运动，形成了许多断陷盆地，沉积了重要的石盐矿床，是成盐的重要时期之一；第四纪石盐矿床主要沉积在中国北方的荒漠盐湖及青藏高原的现代湖泊中，尤其是在柴达木盆地，有包括察尔汗在内的多个盐湖。在空间上，中国石盐矿床在印支期以前，主要沉积在扬子古地台，以海相碳酸盐岩系为主岩，分布广泛，层位稳定，含盐岩系旋回少，剖面结构简单；印支运动以后，中国大陆裂陷活动强烈，以陆相沉积环境为主，含盐岩系为陆相碎屑岩系，盐类沉积矿床分布广泛，盐层面积小而厚度大，成盐旋回多，剖面结构复杂，成分多样。

中国蒸发沉积石膏矿床形成于 5 个地质时期：早-中寒武世、中奥陶世、早石炭世、早-中三叠世、白垩纪-早第三纪。海相沉积石膏矿床形成于早-中三叠世及其以前的时代，侏罗纪以后形成的主要是湖相沉积石膏矿床。中国海相沉积石膏矿床在早-中寒武世重点分布于辽东吉南、藏东、川东南和滇东北，矿床呈不连续薄层，质量差；中奥陶世石膏矿床集中分布在山西和河北南部，矿床呈连续厚层，质量好；早石炭世石膏矿床在西北五省及内蒙有重要产出，石膏-硬石膏矿层厚度大质量好，南方的赣、湘、黔、

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

桂、滇等地也有产出；早-中三叠世是重要的成盐期，石膏矿床沉积于扬子古大陆的边缘海中，在苏、皖、鄂、湘、黔、川、滇和藏连续分布有海相碳酸盐岩建造含膏岩系，矿床多，矿层厚，质量较好。中国湖相沉积石膏矿床主要形成在白垩纪-早第三纪，分布十分广泛，尤以东部和西北两地区最为重要，多沉积在陆内小型盆地内，矿层厚度较小，矿石质量和矿床规模变化大。

中国沉积钾盐矿床形成时代不如世界上（古生代到现代均有）那么广，主要成盐时代是第四纪、白垩纪和三叠纪。第四纪钾盐矿床主要产于青海柴达木盆地内的几个现代盐湖区和新疆托克逊盐湖，典型代表是形成于更新世-全新世的察尔汗盐湖钾镁盐矿床；白垩纪钾盐矿床以云南勐野井为代表，产在思茅盆地白垩纪碎屑岩系内；三叠纪钾盐矿床与石盐、芒硝、石膏等伴生，多产在上扬子（如四川自贡）。

中国蒸发沉积芒硝/钙芒硝矿床，在东部一系列断陷沉积盆地内含盐岩系为红色碎屑岩，成盐时代主要为白垩纪和第三纪，如淮安晚白垩世钙芒硝-石盐矿床及沉积在赣、皖、湘、鄂等地的第三纪芒硝矿床；在中部内陆拗陷（四川、鄂尔多斯、汾渭）沉积盆地内成盐时代为白垩纪和第四纪，如川中盆地内的晚白垩世钙芒硝矿床（新津、眉山）、运城盐湖第四纪芒硝矿床；在西部的山间/前陆（如吐-哈、滇中、柴达木）盆地内，分布有晚侏罗世、晚白垩世、新第三纪和第四纪的芒硝/钙芒硝矿床。

2.6 机械沉积砂矿床成矿系列类型

主要形成于第四纪，矿石建造以自然金最重要，包括 Au、PGE、钛铁矿、石英、锡石、金刚石、独居石、水晶等，以河流冲积砂矿和滨海冲积砂矿为主。河流冲积砂矿床分布的流域有长江、黑龙江-松花江、黄河、环渤海-北黄海、珠江、额尔齐斯河、怒江、红河、雅鲁藏布江以及天山、昆仑北麓、藏北、可可西里、阿尔金、祁连山黑河-党河等内流河。海滨冲积砂矿床分布在东南沿海。

3 认识和讨论

中国沉积环境自中-新元古代以来得到不断的发展；元古代沉积成矿环境主体是古陆边缘裂陷/裂谷海盆，新元古代开始出现相对稳定的大陆边缘沉积环境；古生代在（扬子）古陆边缘出现裂陷海盆，但沉积环境主体为稳定陆内海和边缘海；三叠纪是中国沉积环境的重要转折期，海陆交替相沉积环境多见，三叠纪及以后沉积环境主体成为陆相；中生代发育大陆断陷/拗陷盆地，新生代沉积环境更加多样，东部发育大陆断陷盆地，西部沉积盆地的发生、发展与造山过程密切相关。沉积环境和沉积矿床/藏在古生代及中-新元古代主要与华北、扬子等中-新元古代以来逐步稳定起来的古地台相联系，而中-新生代沉积环境及沉积矿床/藏则主要在印支期形成的统一中国大陆上的遍布全国各地的断陷、拗陷、前陆盆地中发育。

随地质时代从老到新中国沉积成矿/成藏系列类型演变（表 1）总趋势由（1）到（6）。陆缘/陆内裂陷盆热水沉积矿床成矿系列类型和胶体化学/生物化学沉积矿床成矿系列类型相对古老，机械沉积砂矿床成矿系列类型和蒸发沉积盐类矿床成矿系列类型相对年轻，砂岩/黑色页岩中的多元素矿床成矿系列类型和生物有机沉积矿藏成藏系列类型多形成于古生代和中生代。沉积成矿/成藏作用呈现出递进发展，沉积矿床成矿系列*在元古代仅有 7 个，古生代 20 个，中生代 36 个，到新生代多达 59 个，反映沉积成矿环境随地质时代趋于复杂多样。沉积成矿/藏强度随地质时代也表现出递进演化的特征，显生宙大型-超大型沉积矿床明显多于隐生宙，沉积成矿在古生代出现显著的高峰（形成大型-超大型沉积矿床 307 个），是古生代稳定陆内海沉积环境稳定发展的结果；中生代出现次高峰（形成大型-超大型沉积矿床 86 个），是中生代断陷/拗陷及前陆盆地长期发展的表现。

中国沉积矿石建造随地质时代从以金属为主演变为以能源、非金属、金属矿物并存。元古代沉积矿床的矿石建造以金属元素为主，主要包括 Fe、Mn、磷块岩、FeS_2、 Pb-Zn、Cu、REE；古生代沉积矿床的矿石建造增多，主要是煤、（石油、油页岩）、铝土矿、锰、磷块岩、石膏、重晶石、耐火粘土、铅锌、菱铁矿、银、硫铁矿、铜铀钒等，沉积锰和磷块岩矿床是对元古代的继承发展，沉积铁矿石建造从

* 沈保丰, 等. 2003. 中国前寒武纪成矿作用；汤中立, 等. 2003. 中国古生代成矿作用；裴荣富, 等. 2003. 中国中生代成矿作用；王登红, 等. 2003. 中国新生代成矿作用.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

元古代的氧化铁演变成菱铁矿，新出现了煤、铝土矿、石膏、重晶石、粘土等矿石建造；中生代沉积矿石建造以能源和非金属为主，沉积金属矿床不具有重要意义；新生代沉积矿石建造除继承中生代能源和非金属外，还出现了然气水合物和砂岩型铀矿，砂金矿床重要，现代盐湖中出现硼、铯、铷等热水沉积矿石建造。

多种金属-非金属、无机-有机、固体-流体矿床/矿藏同盆共存是中国沉积成矿/成藏系列类型的突出特点和值得研究的重要问题。在中元古代古陆边缘裂陷/裂谷海相盆地（如狼山-渣尔泰山海盆）中，铅、锌、铜、铁-铌-稀土等金属矿床与重晶石、硫铁矿等非金属矿床同盆共存；震旦纪-古生代稳定地台上的陆内海和边缘海中共存有磷块岩、锰、黑色页岩多元素、重晶石（毒重石）、铁、铝土矿、粘土、铅锌、银、菱铁矿、煤、硅藻土和盐类等矿床，通常磷块岩、锰、铁等矿石建造的产出层位低，黑色页岩型多元素和重晶石等矿石建造层位稍高，铁、锰、铝土矿、粘土、铅锌、银、菱铁矿等矿石建造层位更高，而煤、硅藻土等矿石建造层位最高。中-新生代沉积盆地中主要是石油、天然气、煤、铜、铀、盐类矿藏/床同盆共存，一般情况下，油型天然气藏在最深部，其上为油气藏，煤及煤层气在中浅部层位，砂岩型铀矿层、铜矿层在更浅部，蒸发沉积盐类矿层出现的层位多样。同一个沉积盆地内多种矿床/藏并存，是偶然的巧合还是存在必然的内在联系是值得研究的重要问题。

参考文献

陈毓川, 裴荣富, 宋天锐, 等. 1998. 中国矿床成矿系列初论[M]. 北京: 地质出版社. 63~75.

陈毓川, 叶天竺, 张洪涛, 等. 1999. 中国主要成矿区带矿产资源远景评价[M]. 北京: 地质出版社. 8~69, 248~281.

陈毓川, 王登红. 2001. 喜马拉雅期内生成矿作用研究[M]. 北京: 地震出版社. 1~87.

陈毓川, 薛春纪, 王登红, 等. 2003. 华北陆块北缘区域矿床成矿谱系探讨[J]. 高校地质学报, 9(4): 520~535.

冯增昭, 王英华, 刘焕杰, 等. 1994. 中国沉积学[M]. 北京: 石油工业出版社. 689~895.

薛春纪. 1997. 秦岭泥盆纪热水沉积[M]. 西安: 西安地图出版社. 72~127.

翟裕生, 邓　军, 李小波. 1999. 区域成矿学[M]. 北京: 地质出版社. 30~44, 256~260.

郑绵平, 王秋霞, 多　吉. 1995. 水热成矿新类型——西藏铯硅华矿床[M]. 北京: 地质出版社. 1~21.

朱　训, 尹惠宇, 项仁杰, 等. 1999. 中国矿情[M]. 北京: 科学出版社. 第一卷: 188~556, 第二卷: 15~111, 159~305, 第三卷: 79~97, 135~315, 506~539, 602~618.

Groves D I, Goldfarbs G N and Gebre-Mriam M. 1998. Orogenic gold deposits: proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to the other gold deposits types [J]. Ore Geol. Rev., 13: 7~27.

Rona P A and Scott S D. 1993. A special issue on seafloor hydrothermal mineralization: new perspectives [J]. Econ. Geol., 88: 1933~2078.

Wolfgang S. 2000. The future of applied sedimentary geology [J] . J. Sedimentary Research, 70(1): 2~9.

Essentials of Sedimentary Mineral Resources and Series Types in China

Xue Chunji[1], Chen Yuchuan[2, 1], Gao Jinggang[1], Liu Shuwen[1] and Liang Ting[1]

(1 Open Laboratory of Mineralization Dynamics, Ministry of Land and Resources, Faculty of Earth Sciences and Land Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 2 Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

Abstract

Much importance has been attached to the sedimentary basin for its great potentiality of mineral resources,

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

and the survey of mineral resources in a basin of various periods has evidently become a tendency. It is necessary to study the essentials of sedimentary environments and sedimentary mineral resources in China. The evident sedimentary environment began appearing in Middle Proterozoic in China. The sedimentary ore-/oil-gas-forming environment has become increasingly important as the geological evolutions tend to show diversity. The environment was mainly the fault-/rifting-basin of old continental margin or interior in Middle Proterozoic, the stable margin- and interior-sea of continents during Upper Proterozoic and Palaeozoic, and the continental environment in Triassic and the later periods. The sedimentary mineral resources of Upper Proterozoic and Palaeozoic are closely related to the old North China and Yangtze platforms which became stable since Middle-Upper Proterozoic, and the sedimentary mineral resources of Mesozoic-Cenozoic mainly occur in fault-, depression- and foreland-basins in the whole Chinese continent formed in Indo-Chinese epoch.

There are 6 series types of sedimentary mineral deposits/oil-gas accumulations in China, i.e., mechanical sedimentary placer deposit series type, evaporation sedimentary deposit series type, organic sedimentary mineral accumulation series type, multi-element deposit series type in sandstone/black shale, colloid-/organic-chemical sedimentary deposit series type, and hydrothermal sedimentary deposit series type in marginal fault-/continent depression-basin. The sedimentary ore-formation/oil-formation became stronger and stronger with the geological evolution, the ore formation changed from the metallic domination into the coexistence of oil-gas-metal-nonmetallic resources, and the strongest ore-forming/oil-forming process occurred in Paleozoic and Mesozoic. The coexistence of solid-liquid and inorganic-organic mineral resources is generally in the sedimentary basin. The geodynamic background and formation dynamics for the coexistence of multi-mineral resources in the same basin constitutes a key scientific problem worthy of further detailed studies.

Key words: sedimentary basin, mineral deposit/oil-gas accumulation, essential fact, mineral deposit/ accumulation series type, China

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net