

现代成矿理论及 勘查地球化学汇编

第四集

秦皇岛冶金地质进修学院编

一九八二年六月·北戴河

前 言

建国三十多年来,冶金地质工作在党的正确领导和地质战线广大群众的积极努力下,为冶金工业的发展提供了丰富的矿产资源。其中化探工作也取得了显著的成绩,并得到了迅速的发展。尤其近年来,由于提出从实际情况出发,加强有色、稀贵金属普查找矿的方针后,化探方法应用的范围越来越广,经验越来越多,效果越来越显著,方法技术水平亦不断提高。一句话,勘查地球化学方法的应用与发展,已广泛引起各方面的重视,并正在发展成为一个独立的学科,日益展现出它在地质找矿中的重要作用。

为进一步加强有色金属、稀贵金属和其它矿种的找矿工作,提高冶金地质广大科技人员现代成矿理论水平,扩大勘查地球化学方法的应用领域,提高它的应用效果,加快找矿步伐,为冶金工业的发展,寻找更多的矿产资源,我们将1981年7月~10月冶金部地质局在秦皇岛冶金地质进修学院举办的“地球化学探矿进修班”的授课内容,编辑成册,书名定为《现代成矿理论及勘查地球化学汇编》。内容包括:现代成矿理论、控矿条件、岩矿相平衡、成岩成矿试验、找矿评价及资源预测方法、现代地球化学理论、热力学原理、络合物化学、构造地球化学、元素地球化学、元素丰度、区域化探、矿区化探、化探分析及国内外勘查地球化学发展现状与展望等。

《汇编》本着“百花齐放,百家争鸣”的方针,尽量保持原文特点和著者原意,但有的授课内容因有专著,征得作者同意,或未收入《汇编》,或只收入题目及目录,读者需要时,请查阅有关书刊。

《汇编》本该按相近内容分册,但是,由于部分主讲人受各种因素的限制,不能提前出稿,为了赶时间完成编印工作,只能按来稿先后编排集序。编辑中的不妥之处,敬请著者与读者鉴谅。

《汇编》是在冶金部地质局领导下,在冶金部物探公司和冶金部桂林地质研究所的协助下编印的。负责和参加编辑工作的主要人员有:刘玺昌、张宗祥、吴昌荣、吉羊、林润钟、张基敏、王玉娟、王忠厚、罗士俊、贾方、张美娣和冶金地质进修学院地质教研组的全体同志等。图件由阎宗凤同志清绘。

《汇编》第四集由河北省抚宁县印刷厂承印,谨在此致谢。

由于编者水平有限、缺乏经验,加之时间仓促,错误在所难免,恳请批评指正。

编 者

一九八一年十一月

目 录

成矿大地构造及构造地球化学问题.....	长沙大地构造研究所	陈国达 (1)
个别元素地球化学.....	武汉地质学院	曹 添 (71)
元素丰度.....	中国科技大学	黎 彤 (149)
地球化学变量的空间分布的一种研究方法		
地质统计学分析.....	武汉地质学院	於崇文 (161)
地球化学过程的一种研究方法		
马尔科夫链型分析.....	武汉地质学院	於崇文 (182)
国外勘查地球化学现状.....	地质部物探所	谢学锦 (199)
地球化学探矿在找矿工作中的地位和作用.....	地质部物探所	谢学锦 (208)
包体矿物学.....	北京钢铁学院	何知礼 (212)
找矿地球化学概论.....	地质部物探所	邵 跃 (220)
土壤形成原理及重金属元素在土壤中的行为.....	北京师范大学	刘培桐 (220)

成矿大地构造及构造地球化学问题

长沙大地构造研究所 陈国达

第一章 成矿大地构造概论

第一节 研究成矿大地构造的意义和作用

成矿构造是指与矿床形成及改造有关的构造。详细地说，就是直接或间接控制或影响着—个含矿区内的内生或外生矿床的发生原因、物质来源、形成条件，古地质和古地理环境、形成过程、在时间上的出现规律和在空间上的分布规律、赋存部位、形态和产状、发生和发展变化过程，以至形成以后的变形改造及保存情况，还有把先成矿床富化，形成新的更有工业意义的矿床等方面的大、中、小各级地质构造。从这个角度的要求来研究地质构造，叫做成矿构造学。

不论何种矿床，其形成和赋存部位都受一定的大地构造环境条件的控制，内生矿床主要同所在构造区的相应成矿时期的岩浆建造、构造型相及围岩性质等因素有关；外生矿床则主要由所在构造区的相应成矿时期的沉积建造，古地理（地貌和气候）及古地质环境等因素所决定。而在不同大地构造性质的区域或时期，往往出现不同的岩浆作用、构造作用、沉积作用和变质作用，以及古地理、古地质等成矿条件，因而所成矿种或矿床类型就有所差别。据此，我们可以通过大地构造的一般规律和中国区域大地构造具体情况相结合，来研究我国的成矿规律，分析各种矿产的出现时代和赋存部位，借以辅助探索较大范围内的找矿远景地区，结合中、小型成矿构造的研究，为社会主义生产建设服务。

在本课程中，仅就成矿大地构造的许多问题中，选出几点来略为谈谈。需要指出，大、中、小成矿构造之间具有密切的联系，在研究时不宜孤立地进行，而是要把它们互相结合。

第二节 大地构造单元的划分

一、划分方法

关于大地构造单元的区分，目前存在着许多种方法。其中有一种是综合分析法，即把地质历史分析法同构造应力（力学）分析法结合起来，以地质历史的差别为主要依据，又考虑到应力场的异同。

综合分析法在划分两类性质对立的构造单元，即（强烈）活动区和（相对）“稳定”区，以及它们中的不同类型（例如活动区中的地槽区和地洼区）的时候，其主要依据包括构造反差强度、岩浆活动特点、变质作用特点、地壳运动类型、构造区的结构等几个方面。其中以构造反差强度最为重要。

主要地以总结中国大地构造特点为基础，这些依据可分述如下：

（一）构造反差强度

构造反差强度（ $C = \text{Contrast}$ ）指的是一个地区某一时期的构造起伏特点。它包括两个空间因素和一个时间因素。两个空间因素是构造起伏密度（ $d = \text{density}$ ，水平空间因素）和构造起伏幅度（ $h = \text{height}$ ，垂直空间因素）；时间因素就是构造起伏速度（ $v = \text{velocity}$ ）。它是这三个因素的函数。用关系式表示就是：

$$C = f(d, h, v)$$

其中： d 为在横剖面中单位距离内的构造起伏个数；

h 为构造起伏的最大幅度；

v 为单位时间内的构造起伏速度。

一个地区某一时期内，如果构造起伏密度及幅度较大，进行也较迅速，构造反差强度就较大；反之，则构造反差强度较小。

不论任何地区在任何时期，其构造反差强度必定反映在当时的下列两个方面：（1）沉积建造特点，（2）构造型相特点。即一个建造和一个改造；或者说，一个形成和一个形变。它们是认识构造反差强度的主要标志。此外，还有古地貌反差强度，在一定程度上也反映出当时的构造反差强度；它是通过沉积建造分析而获知的，对于现代大地构造来说，则构造反差强度反映在第四纪沉积特点和新构造特点，以及（现代）地貌反差强度几方面^①。

沉积建造指的是：“在一定性质和类型的构造区内，于一定构造发展阶段中，以及在一定的地理环境和气候条件下所沉积的一套在岩性、岩相上有成因关系的岩层组合。”从不同的角度进行划分，它们可以分为五个方面的不同类型：岩性建造类型、岩相建造类型、气候建造类型、含矿建造类型和组合建造类型。它们从不同角度在不同程度上反映出当时的构造反差强度，并以组合建造为更较明显。组合建造主要有复理式建造、磨拉式建造、华夏式建造（类磨拉式建造）等。由于不同类型沉积建造的组合，便构成了沉积建造的不同大地构造类型，即活动区型沉积建造和“稳定”区型沉积建造；前者中还可分出地槽型、地洼型沉积建造；后者已知有地台型沉积建造。

构造型相指的是构造形式及其类型，变动强度和规模大小、变动次数、时代及地壳运动期等。构造型相可分为两大类：一类是通常以强烈而有一定方向和系统、成列出现的连续型褶皱（在横剖面上为接连的紧闭型或宽展型，在平面上为线状的褶皱），以及（或）较繁密并较活跃的断裂，由此形成反差强度较大的差异升降及构造——地貌起伏为标志。另一类则一般地以大面积的和缓升降，缺乏一定方向和系统、孤立而平宽开阔的断续型褶皱，较稀疏而活动性较弱的断裂，由此形成反差强度较小的差异升降及构造——地貌起伏为特色。前一类构造型相大多数伴有强烈的岩浆活动（并以中酸性岩比较

^①陈国达：新构造及地貌同大地构造的关系，中国第四纪学术会议论文，1984

发育为特色)和变质作用,并控制、伴随或改造同期的活动区型沉积建造。它们是一般地多见于活动区的构造型相。相反地,后一类构造型相伴随的岩浆活动一般较弱,变质作用不明显,受其控制、改造或与之伴随的同期沉积建造属于“稳定”区型。它们大都是多见于“稳定”区的构造型相。在活动区型构造型相里面,地槽型和地洼型者,往往各有自己的特色;地槽型以紧闭型长线状褶皱为主,地洼型则以宽展型短线状褶皱为主,块状断裂特别发育(有时伴有断裂变质作用),并有特称为拱曲的构造出现。

某一沉积建造产出前所成的构造型相,主要从该沉积建造的形成环境(古地理,例如沉积盆地的形态、分布特点等)反映出来。沉积建造形成过程中所成的构造型相,除了反映在沉积环境上之外,还可见于该沉积建造的岩性类型、岩相类型和组合类型,岩性、岩相的分选性,岩性、岩相及厚度的变化性(稳定性),以及上下部分(分层)之间的产状差异和接触关系(不整合或假整合)等方面。至于沉积建造形成以后所产生的构造,其构造型相特点则可从该沉积建造所受的改造情况直接观测到。

由此可以看出,构造反差强度的两个主要识别标志中,沉积建造是更重要的,因为构造型相中有很大一部分是通过沉积建造分析反映出来的。

主要地根据某一时期的沉积建造分析和构造型相分析结果,就可以大体上看出一个地区某一时期的构造反差强度。

一般说来,构造反差强度较大是活动区的特点之一;反之,构造反差强度较小则是“稳定”区的一种标志。这一方面的特征,无论在活动区还是“稳定”区,均以它的发展中期最为明显。

(二) 岩浆活动特点

这包括所成岩浆建造的岩石种类和产状(侵入或喷出),活动强度和规模大小,活动次数,时代及活动期,活动顺序等。岩浆活动可归纳为两种类型:一种是活动强烈或比较强烈,规模较大及较广泛,次数比较频多,所成岩石种类复杂,以有较发育的中酸性岩为特色。它们一般地在时间上同活动区型的沉积建造、构造变动、变质作用有密切联系,大都是在活动区中较为多见的岩浆活动特点;所成的侵入岩和喷出岩,统称活动区型岩浆建造,它们以活动区的发展中期较为最盛。另一类则是活动较为微弱,规模大多较小和较不普遍;所成岩石,种类比较单纯,大量的中酸性岩比较少见。它们一般地在时间上同“稳定”区型的沉积建造、构造变动、变质情况紧密相关,大都是在“稳定”区较为多见的岩浆活动特点;所成岩石,归纳为“稳定”区型岩浆建造,主要出现于“稳定”区的发展早期或晚期。

在活动区型岩浆活动特点里面,地槽型的和地洼型的,又在某些方面于一定程度上各有自己的特色。例如岩浆活动顺序方面,地槽型者其总趋势大致上从基性发展到中酸性,而地洼型者则大多数与之相反。

(三) 变质作用特点

这一方面包括所成变质建造的岩石种类、变质程度、变质原因、规模大小及影响范围等。一般说来,变质强烈或比较明显,在时间上通常与活动区型构造变动及岩浆活动具有密切联系,是活动区的特点,尤其在它们的发展中期为最著。缺乏变质或变质较不明显,则是“稳定”区的标志。在活动区型变质作用中,区域性变质是地槽区所常见,而局部性的动力变质,特别是断裂变质作用,多出现在地洼区。

上述的沉积建造、岩浆建造、变质建造和构造型相，即三个建造和一个改造，或者说，三个形成和一个形变，是据以划分大地构造区域的基本地质资料。其中，一般地说，又以沉积建造占有更为突出的位置。因为它是构造反差强度两个主要认识标志中的更较重要的一个，有如上述。

（四）地壳运动类型

地壳运动类型指的是水平运动还是垂直运动（铅直运动、升降运动），它主要是根据上述的三个建造和一个改造的分析而获知的。

大致而论，水平运动的主要特点是造成强烈的，有一定方向和系统、成列出现的连续的紧闭型或宽展型线状褶皱，以及（或）有关的断裂。具有这些特征的褶皱和有关断裂，非水平运动起主导作用是难以产生的。同水平运动相反，垂直运动的主要特征是一般地产生和缓的、大面积的升降，造成大都缺乏一定方向和系统、孤立而平宽开阔的断续型褶皱及有关断裂。

水平运动是产生上述活动区型构造型相及形成有关的活动区型沉积建造的主要原因，它往往伴随有活动区型的岩浆活动和变质作用。由于它大都形成了以紧密而高差较大、进行也较迅速的差异升降为特色的强烈构造反差和地貌反差，故一般地是“造山”运动。垂直运动则是造成“稳定”区型构造型相及产生有关的“稳定”区型沉积建造的主要原因。它通常伴随有“稳定”区型的岩浆活动和变质情况。由于它一般地形成了间距较大而高差较小，进行也较慢的构造起伏及地貌起伏，反差强度较小，故大都是“造陆”运动。

总的说来，水平运动是活动区大部分发展过程（尤其是剧烈期）的主导构造运动，而垂直运动则在“稳定”区大部分发展过程（尤其是和缓期）中往往占据优势。

任何一个地区在不同的时期，或任何一个时期在不同的地区其起主导作用的运动类型都可以不相同。水平运动和垂直运动在同一地区的不同时期可以交替地占据主导地位，从而引起或体现大地构造性质在时间上的变化，以及地壳发展的动“定”转化和多阶段性。同样，它们二者在同一时期的不同地区，又可以分别地占据优势，从而形成了大地构造性质在空间上的分异，以及地壳发展的不平衡性。

通过构造型相及其有关建造（主要是沉积建造）的分析，既反映出一个地区某一时期的地壳运动类型，同时还可据以推知该处当时水平运动和垂直运动的方向。对于水平运动来说，从构造线方向及由它们组成的构造系的分析，运用应变椭圆理论，辅以相应的模拟试验，可以推测和恢复该处当时的应力分布情况，从而有可能解决受这些构造系控制的构造单元（特别是地槽区、地洼区等，包括它们里面的正负单位分区）的位置、轴向、形态等方面的力源机制问题。

在综合分析法中，如前所述，划分构造区的依据，是在认识一个地区的地质发展史的基础上，兼考虑到它里面各个不同发展阶段中应力场的特点及其变化情况。因此，地壳运动类型及其作用方向的分析，对于构造区的划分起着相当重要的作用。

（五）构造区的结构

所谓构造区的结构，是指一个构造区里面包含有多少个构造层（图1）。

1、构造层的定义和分级

构造层指的是在一个地区的某一地壳发展阶段内，于一定大地构造环境下所形成的

地层组合，具有一定类型的沉积建造、伴有相应类型的构造型相、有时还伴有相应类型的岩浆建造和变质建造。通过它的建造特点和构造型相，人们可以认识和恢复所论地区当时的大地构造性质和类型。它的时代反映出某一类型的地壳运动在所论地区的出现时代和延续时间；它的分布范围反映出该型地壳运动当时主要影响所及的空间。

按其所包括时间范围的长短，以及所反映的地壳发展情况变化的大小，构造层可分为大、中、小三级：

(1) 基本构造层（简称构造层）——代表地壳发展的某一个基本阶段。例如前地槽阶段、地槽阶段、地台阶段、地洼阶段（代号依次为 X、I、II、III）。

(2) 亚构造层——代表某个基本发展阶段中的一个次级阶段，例如地槽阶段的前、后期亚构造层（代号为 I⁽¹⁾、I⁽²⁾）；地台及地洼阶段的早、中、晚期（代号分别为 II¹、II²、II³和 III¹、III²、III³）亚构造层。

(3) 小构造层——代表次级发展阶段中的更小阶段，例如地槽前期亚构造层中可分出 I^{1a}、I^{1b}等小构造层。

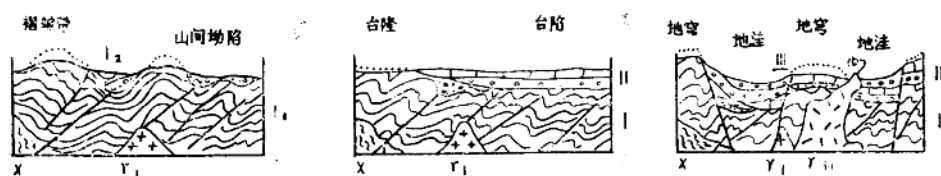


图1 地槽区、地台区及地洼区结构示意图

左—地槽区，单层结构；中—地台区，双层结构；右—地洼区，三层结构（均从地槽构造层起计；更老的构造层尚待研究，暂未算入）。

x—前地槽构造层；I—地槽构造层；I¹—前期亚构造层；I²—后期亚构造层；

II—地台构造层；III—地洼构造层；YI—地槽花岗岩；YII—地洼花岗岩。

虚线代表前一阶段的构造层被剥蚀了的部分

任何一种构造单元，一般都有它的代表构造层，它是个一级的、即基本构造层。这个代表构造层是当其形成以及继续发展时期的最新构造层，地槽区、地台区及地洼区的代表构造层依次为地槽构造层、地台构造层及地洼构造层。现代还是地槽区的地区，地槽构造层是该处目前的最新构造层。如此类推。

其次，任何一种构造单元都可把它的历代前身的代表构造层继承下来，作为自己发育的基础。如地槽区是在前地槽古老构造单元之上发育出来的，故在地槽构造层之下，大都存在着（有时为隐伏的）前地槽构造层（结晶基底）；地台区是在地槽区及前地槽古老构造单元之上发育出来的，故在地台构造层之下，大多数存在着地槽及（或）前地槽构造层；地洼区是在地台区及前地台较古构造单元之上发育出来的，故在地洼构造层之下，一般地存在着地台、地槽以及（或）前地槽构造层。

第三，由于任何一种构造单元，一方面具有自己的代表构造层，另一方面又可以继承历代前身的代表构造层。因此，在地壳发展过程中，不同发展阶段所成的构造单元，其构造层的数目就有多少的区别，也就是结构上有简单和复杂的不同。较早阶段的构造单元结构较简单，较晚阶段的构造单元结构较复杂。如仅从地槽构造层起计，地槽区只

有一个构造层。地台区由于一面继承地槽构造层，一面又增添了一个地台构造层，合成二个构造层，叫做双层结构。至于地洼区，则除继承地槽、地台两个构造层之外，还增添了一个地洼构造层，故一般地说，是三层结构的（图1）。

但要指出，任何构造单元，其代表构造层及自前身继承下来的构造层，有时由于发育不全或者保存不全，可以缺失，或在部分地区（例如隆起剥蚀区）缺失。

二、地槽区、地台区及地洼区的主要特征

（一）在发展过程上的特点

1、地槽区——它是把前地槽阶段古老构造单元作为基础发育而成的，故所在地区往往曾经有过前地槽阶段。地槽阶段同前地槽阶段的分界，通常有强烈的地壳运动，致使地槽构造层与结晶基底之间，必为不整合面所间隔。

地槽区的发展过程，从活动强度看，可分为早、中、晚三个较小阶段。按照活动区的发展规律，它的发展早期为初动期。这时由于褶皱、断裂，开始出现反差强度逐步增大的构造起伏和地貌起伏，形成地背斜（正单位）及介于其间的地槽（负单位）。地槽拗陷中逐步发生从地背斜及邻侧的隆起地区剥蚀下来的碎屑及其他地槽沉积物，同时有岩浆活动（火山喷发）。中期为剧烈期，是水平地壳运动总的说来最占优势、构造反差及地貌反差强度最大的时期，褶皱、断裂等构造变动以及岩浆活动、变质作用最为强烈，地槽沉积逐渐褶皱升起，终于形成褶皱带（正单位）及介于其间的山间拗陷（边缘上为山前拗陷，均为负单位）。晚期为余动期，这一时期内构造变动及岩浆活动逐渐减弱，是构造反差及地貌反差强度逐渐减小、褶皱带遭受剥蚀以及山间（和山前）拗陷发生沉积的主要时期。通过这一段时期的演变，地槽区便将逐渐衰亡，转化为“稳定”区——地台区。

再从主要特征看，地槽区的发展过程，可分为前后二期：前期以地槽出现及在其中发生沉积为特点，叫地槽期，约相当于初动期及剧烈期早期；后期以褶皱带出现及遭受剥蚀为特征，叫褶皱带期（简称褶皱期），约相当于剧烈期晚期及余动期。

地槽区进入褶皱（带）期之后，也可特称为地槽褶皱（完成）区或简称褶皱区。

2、地台区——习惯上可简称地台。由于它是以地槽区（有时直接以前地槽阶段的古老构造单元）作为基础发育而成的，故所在地区以前大都存在过地槽阶段。地台阶段和地槽阶段的分界，一般地说，在于地槽褶皱带的普遍准平原化或接近准平原化，因此，地台构造层多作面状展布，并且与其下伏的地槽构造层（或更古老的构造层）之间，通常存在着代表长期剥蚀的区域性不整合剥蚀面。

地台区的发展过程，从活动强度看，也可以分为早、中、晚三个较小阶段。不过它是按照“稳定”区的发展规律进行的，即：发展早期为初“定”期，这时正是所在地区由活动区（地槽区）转化为“稳定”区之初，活动性尚较强烈，构造运动及岩浆活动有时尚较显著，构造反差及地貌反差强度尚较明显。中期叫和缓期，是垂直地壳运动总的说来最占优势，地台区活动性相对地较为和缓的时期，一般地构造变动及岩浆活动相对说来最为微弱，构造反差及地貌反差强度最小。晚期叫余“定”期，这时活动性又逐渐地趋趋强烈，构造变动及岩浆活动又复较著，构造反差及地貌反差强度又开始增大，为

地台衰亡，转化为活动区——地洼区——的前奏。

3、地洼区——这是一个新型活动区。它们大多数是以地台区，有时也可直接以地槽褶皱完成区（及更古构造单元）作为基础发育而成的，故所在地区以前大多数有过地台阶段（或直接为地槽阶段）。地洼阶段和地台阶段的分界，通常有强烈的褶皱及断裂运动，致使地洼构造层一般地以明显的不整合复盖在地台、地槽或前地槽的各种不同构造层之上。

作为一个活动区，地洼区的发展过程，从活动强度上说，也可分为初动期（早）、剧烈期（中）及余动期（晚）三个较小阶段。初动期时，由于拱曲、褶皱、断裂的作用，致使作为地洼区发育基础的各种较老构造层遭受强烈构造变动，区内出现反差强度逐渐加大的构造起伏及地貌起伏，形成地穹隆起（正单位）及介于其间的地洼拗陷（或断陷，又或半断陷，为负单位）。地洼里面，开始逐步堆积起从地穹或邻侧隆起地区剥蚀下来的、以陆相碎屑为主的地洼沉积。剧烈期是水平地壳运动总的说来最占优势，褶皱、特别是块断运动最强烈的时期。在此时期及以前形成的地洼沉积，连同作为地洼盆地基底的地台、地槽及前地槽构造层，一同受到影响，构成在构造上及地貌上反差强度更大的地穹隆起——也可特称断褶带（或块断带），以及介于其间的新成地洼盆地——也可特称山间洼地。在余动期内，褶皱、断裂及岩浆活动逐渐减弱，构造反差及地貌反差强度逐渐减小，断褶带（块断带）逐渐被削低，山间洼地中继续堆积后期地洼沉积。

再就主要特征上说，地洼区的发展过程，可以分为前后二期。前期以出现初期地洼（狭义的地洼）为主要特色，故名地洼期，约相当于初动期及剧烈期早期。后期则以断褶带（或块断带，相当于后期的广义的地穹）出现为标志，故名断褶带期（简称断褶期），约相当于剧烈期晚期及余动期。

地洼区当进入断褶（带）期后，也可特称地洼断褶区或简称断褶区。

（二）其它方面的特点

为了便于比较起见，兹将目前研究较详的几种构造单元其他各方面的特征和识别依据，列成简表如下：

现存三种构造单元主要特征比较简表

表 1

构造单元		地 槽 区 (活动区)	地 台 区 (“稳定”区)	地洼区(活化区) (活动区)
主要特征①				
结 构②		单层($x+I$)	双层($x+I+II$)	三层($x+I+II+III$)
构造反差强度		大	小	大
沉 积 岩 主 要 建 造	分布特点	长带状,有一定方向和系统 I ¹ 受地槽及地背斜控制 I ² 受山前及山间拗陷控制,同 I ¹ 方向一致,分布于 x 之上	多作面状,覆盖I以及(或) x 之上	多作短带状,有一定 方向和系统,受地洼盆 地控制,呈小片散布于 I、I ¹ 及(或) x 之上③
	岩石种类	I ¹ 砂页岩为主,常夹火山 碎屑岩,有时有灰岩 I ² 上部渐多砾岩	砂页岩,较多灰岩;偶有砾 岩(多见于II ^{1,2}),但一般 不很发育	大量砾岩为特色;砂页 岩,偶有灰岩。有时出现 多量火山碎屑岩
	岩相及 化石相	I ¹ 主要为海相,浮游生物 化石较多见,底栖生物化石较 少; I ² 上部渐变为陆相	I ^{1,2} 陆相或海相岩; I ² 海 相为主,时有海陆交互相,海相 者以底栖生物化石繁多为特色	陆相(山麓相、山间河 流相及湖相)为主,偶有 海相
	分选性	成分、粒度、圆度均分选不 良,尤以I ² 最著,多复矿砂岩	分选较好,尤以I ² 为著,多 单矿砂岩,圆度多为Ⅱ—Ⅲ级, 分选系数一般 $S_o < 2.15$	分选多不良,尤以I ² 最 著,复矿砂岩发达,圆度多为 0—Ⅰ级。一般 $S_o > 2.15$, 有的达7—8,偶达10
	稳定性 (变化性)	岩性、岩相、厚度变化大, 尤以横切地槽或山前、山间拗 陷延伸方向为最显著。地槽中 较厚(常可大于千米);地背 斜上较薄或缺失	变化较小,尤以I ² 中的细屑 岩、沉淀岩为著。台陷、台凹 中较厚(单层一般以百米计, 总厚可达数千米);台隆、台 凸上较薄或缺失	变化大,尤以粗屑岩为 著,地洼中较厚(常以千米 计,可大于千米);地穹上 分布较少,较薄或缺失
	沉积韵律	I ¹ 常具海相复理式或类复理 式韵律,多属间断型,个数多, 单个厚度小,大多数以厘米计	韵律性也有显示,多属连续 型,一般个数少,单个厚度大	常具陆相复理式的韵律,多 属间断型,个数多,单个厚 度大(以米或十米计)
	主要建造类型	I ¹ 中复理式建造及硬砂岩 建造常大规模发育,有时有细 碧角砾岩建造, I ² 为磨拉式 建造	大量碳酸盐建造,鲕状结构 建造,石英砂岩建造	华夏式(类磨拉式)建造, 可分为碎屑式(含煤)、南雄 式(红色岩)、建德式(含火 山物质)、丹峨式等亚建造
	沉积连续情 况及上下分 层间的接触关系	时见不整合	沉积间断频繁,多为假整合	多见不整合
	与上伏地层 关 系	不整合	不整合	通常为不整合
	岩浆建造	I ¹ 强烈,规模大,岩石复 杂。一般顺序:基性、超基性→ 中酸性;喷发→侵入④,喷出 多为海相;大量中酸性侵入岩 多见于I ¹ 末, I ² 较弱,岩石 化学: K、Na较低, Fe、Mg较 高	较弱,规模较小,较简单, 多以基性、超基性岩为主,以 I ^{1,2} 为多见	强烈,规模大,岩石复杂。 一般顺序:中酸性及碱性→基 性、超基性;多为侵入→喷 出④喷出多为陆相;大量中酸 性侵入岩多见于I ¹⁻² ,基性 喷出岩多见于I ² 。岩石化 学⑤: K、Na较高, Fe、Mg较低

①除结构外,其余各项特征均指代表构造层或代表发展阶段的情况。这些特征除注明者外均以发展中期为最典型。
② x 及I、II、III为前地槽、地槽、地台及地洼四个构造层的代号,但各个构造层不一定全有,可有缺失,基本构造层中还可分出亚构造层。

续表

构造单元 主要特征①	地槽区 (活动区)	地台区 (“稳定”区)	地洼区(活化区) (活动区)
变质建造	I ¹ 区域性变质, 浅(或深); I ² 也有, 较弱	一般缺乏	II ^{1,2} 可发生动力及接触变质, 尤以断裂变质为特色, 浅至深, II ² 较弱
构造型相	变动强烈, 规模大, 次数多, 褶皱以紧闭型为主(I ² 较多, 宽展型)长线状; 大规模逆掩断层。有一定方向和系统, 连续成列出现; 差异升降反差不大, 构造线明显	变动较和缓。褶皱以断续型为主, 在边缘地带可见宽展型; 断层多为高角度的。缺一定方向和系统, 孤立出现; 差异升降反差不大, 一般构造线不显著	变动强烈, 规模大, 次数多, 褶皱多短线状, 宽展型或紧闭型, 块状断层很发育。有一定方向和系统, 连续成列出现; 差异升降反差不大, 构造线明显
古地理	I ² 长线状古海槽及古岛链; I ² 褶皱山脉及山前、山间拗陷(后期变为陆相, 并出现红岩气候)。古地貌反差大, 反映同期古构造线明显	宽阔古海盆(或岛海)及古陆。古地貌反差小, 一般反映同期古构造线不显著	短带状陆成古盆地(偶为古海槽)及断褶山脉。造煤气候(多在II ¹)或红岩气候(多在II ²⁻³)。古地貌反差大, 反映同期古构造线明显
新构造	显著。地震强烈(大者M ₀ ≥8级)。火山: 第四系褶皱, 断裂、倾侧。构造起伏反差不大	较和缓。地震较弱(一般M ₀ ≥5.5级)。大面积升降, 构造起伏反差不大	显著。地震强烈(大者M ₀ ≥8级)。火山: 第四系块断、褶皱、倾侧、拱曲。构造起伏反差不大
地貌(现代的)	反差强烈。高山深谷。幼年地貌。线状山脉	反差微弱。准平原。老年地貌	反差强烈。高山(或中低山)及洼地; 大多数为幼年地貌。短线状山脉至长线状山脉, 块断控制明显
地壳运动类型	主要由水平运动起主导作用	主要以垂直运动占据优势	主要以水平运动占主导地位
地球物理特征	重力异常成带状分布, 有一定方向和系统, 前期正负相间, 或正的为多, 后期多为负的, 热流高⑥	重力分布比较均匀, 通常缺乏明显的定向带状特点。热流低⑦	重力异常成带状分布, 有一定方向和系统, 负值为主; 隆起越高, 负异常值越大(主要出现于中期)。热流高⑧
成矿及其存在	I ¹ 内生矿产特多, 除与基性、超基性岩有关者外, 并有多量与中酸性岩有关的矿产。火山矿床多见于I ¹ , 多为海相; 侵入岩矿床可见于I及x。外生矿床I ¹ 及I ² 均多	外生矿产特别丰富, 多种多样, 海陆相均广见, 存在于I。内生矿床以同基性岩有关的为多, I及I ² 、x均可有存在	内生矿产特多; 除与基性、超基性岩有关者外, 并富于与中酸性、碱性岩有关矿产, 火山成矿多见于II ²⁻³ , 主要为陆相; 侵入成矿在各个构造层中均可见。外生矿产主要为陆相, 存在于II

③在地洼区中的II每可因受地洼活动的改造而倾侧及破碎, 不复如在地台区中所见的平缓及完整。

④在优地槽区及优地洼区, 岩浆活动较强及较完整; 在拗地槽区及拗地洼区则较弱, 并往往缺乏或很少有喷发。

⑤以中国东南部而论, 地洼花岗岩SiO₂含量较高, 一般可达74—76%, 最高可达86% (酸性—超酸性岩); K₂O+Na₂O一般>8—8.5%; 且大多数K₂O:Na₂O>1。

⑥地槽区布格异常前期一般-50~+100毫伽, 后期一般-200~300毫伽。热流值前期很高或很低, 后期在年青褶皱带一般1.7~2HFU (微卡/厘米²·秒), 如阿尔卑斯山; 在老年褶皱带(接近地台阶段)转低, 一般0.7~1 HFU, 如美国内华达山。

⑦地台区布格异常一般-10~-30 (或-40) 毫伽。热流值低, 一般0.7~0.8 (有时为1左右) HFU。

⑧地洼布格异常低, 一般-200~-300 (中期更低, 如青藏-450) 毫伽。热流值高, 一般1.7~2.5 (如美国落矶山) 或2.6 (如苏联贝加尔) HFU。



图2 地洼区的沉积、岩浆建造和构造型相分布特点(块状断裂及短线性褶皱)

Pt-S: 地槽构造层;
D-P: 地台构造层;
J-K: 地洼构造层;
γ: 地台花岗岩。

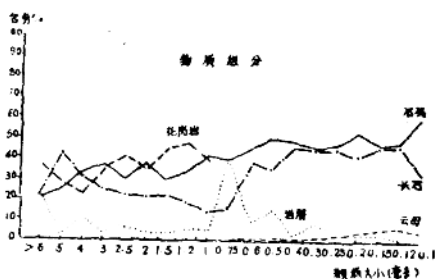


图3 地洼沉积物质组分分选性差的实例
广东河源地洼北部白垩—第三系红层矿物分析曲线图, 样品为第二大层中含砾的卵石-粗砂岩, 据魏洲龄。

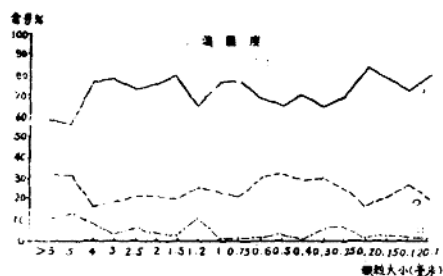


图4 地洼沉积固度分选性差的实例
地层层位同图3

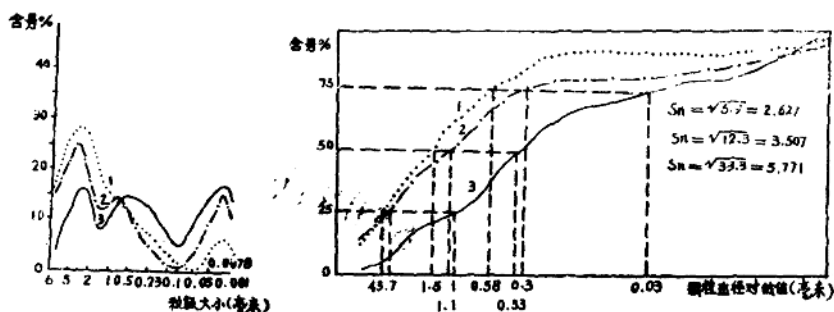


图5 地洼沉积分选不良的实例

广东河源地洼北部丹霞式建造中粒级分布曲线图(左)及累积曲线图(右)。1—第三大层中, 紫红色的卵石-粗砂岩; 2—第二大层中, 含砾的卵石-粗砂岩; 3—第四大层中, 泥质卵石-砂岩。

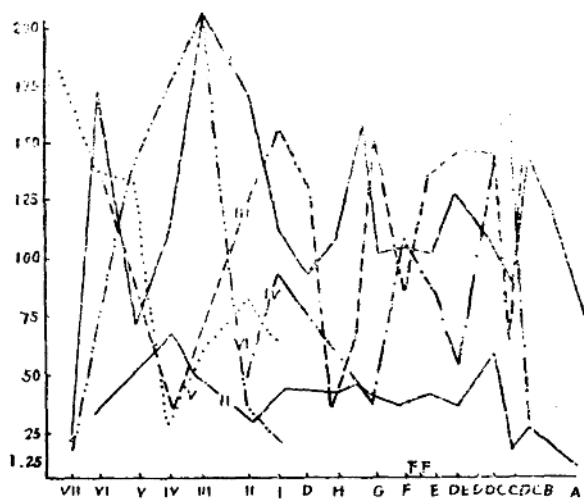


图6 地洼沉积厚度变化性大的实例

江西萍乡煤田地洼型含煤建造中各煤组厚度的变化情况。I—紫家冲煤组；II—天子山砂岩组；III—老虎冲砂页岩组；IV—三家冲页岩组；V—爱里坡煤组；VI—三丘田煤组。

比例尺：垂直1：2500（厚度）；水平1：100,000（距离）。

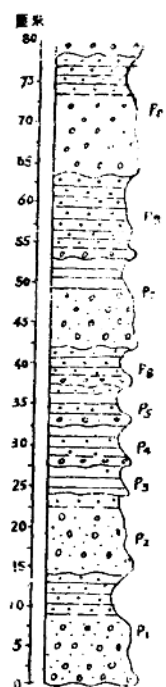


图7 地洼沉积

建造的韵律特征：
陆相复理式建造的一
例，浙江省昌化县白
牛桥旁白垩系中。

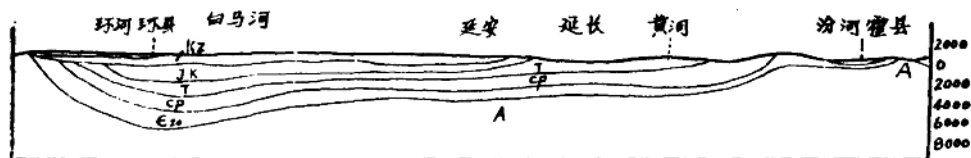


图8 地台型构造型相一例
伊陕地台剖面，示地台构造层的地层平整缓倾情况

三、地槽区、地台区及地洼区的类型划分

(一) 按形成时期分类

1、地槽区的类型划分

根据地槽封闭，从地槽期转入褶皱带期的时代，也就是强烈期的时代的不同，中国境内的地槽区（包括现存地槽区及已衰亡的古地槽区）可划分为吕梁、晋宁、加里东、海西、太平洋（又可分为印支和燕山两亚期）以及喜山各期地槽（褶皱）区。

2、地台区的类型划分

以它们的建立时代，即转化所自（以之为基础）的地槽褶皱区的时代为准，中国境

内的地台区（包括现存地台区及已衰亡的古地台区）可划分为下列几个类型：

（1）老地台——由前寒武纪地槽褶皱区转化而成的地台。计有后吕梁（期）及后晋宁（期）两种。

（2）新地台——由古生代以来的地槽褶皱区转化而成。计有后加里东（期）地台及后海西（期）地台。

3、地洼区的类型划分

依据断褶带出现的时代，也就是副烈期的时代的不同，中国的地洼区可划分为下列几个类型：

（1）华夏期地洼（断褶）区——副烈期在中生代太平洋运动期内（包括印支及燕山两亚期）。

（2）中亚期地洼（断褶）区——副烈期在新生代喜山运动期内（一部分目前已否进到副烈期，尚待研究）。

（二）按主要特征分类

1、依火山活动强度划分

活动区可根据它们发展过程中火山活动的有无或强弱，分为优的和渺的两类。对于地槽（区），凡有强烈火山喷发者，叫做优地槽（区）；火山活动缺乏或十分微弱者，则叫渺地槽（区）^①。对于地洼区，相应地分别叫做优地洼（区）和渺地洼（区）。

2、依主要成因特征划分

地洼区可就其成因上的主要特征划分为拱裂型和块断型两大类。前者的地穹及地洼的成因是由于或主要由于拱裂（拱曲及断裂）作用；后者则主要是由于块状断裂作用。

在拱裂型地洼区中，可以再分为下列三个亚型：

（1）顿涅茨型——大型地洼，岩浆活动一般。如苏联顿巴斯及美国维基大（中国未发现）。

（2）华夏型——多为小型地洼，岩浆活动特别强烈。如中国东部所见者是。其中又可细分为下列三式：

①闽浙式——岩浆活动最为剧烈，侵入岩体密布，且有大量火山喷发，以闽浙一带为最典型。

②湖北式——岩浆活动中等，侵入岩体较少，火山活动不显著。如湖北东部、湘赣一带。

③黔桂式——岩浆活动相对较弱，一般缺乏火山活动，如贵州、湘西北、鄂西等。在块断型地洼区中，则可再分为下列二个亚型：

①东非型——小型地洼为主，火山活动剧烈。如东非至亚洲阿拉伯一带（中国未发现）。

②中亚型——大型地洼，岩浆活动相对较弱，如我国西部及中亚其他地区。

① 也有叫冒地槽者，是从Miogeosyncline一字翻译过来的；但Mio实为渺小之意。优地槽的英文字为Eugesyncline译文音义皆符。

第三节 构造区域的划分

一、构造区域划分方法

(一) 构造区的定义

构造区指的是某一时期内,于一定范围里面,同属于某种大地构造性质(活动区或“稳定”区)和类型(地槽区、地台区或地洼区)的地区,或属于其中某一部分(分区)。通过它们,可以反映出所论地区某一时期地壳运动(大地构造运动)的性质和类型,同时还反映出在该时期以前,所论地区的全部地质发展史——历代的大地构造性质和类型及其演变过程。它的空间位置和疆界反映所论时期某一类型地壳运动的主要影响范围,它的建立和存在时代反映该型地壳运动在该范围内的作用时间。

(二) 分区步骤

划分构造区需要有全面观点和发展观点^①。按照这样的哲学观点的思想方法和工作方法,分区可依下列的三个步骤来进行:

1. 把同一发展阶段的资料进行综合分析,划分构造层。

就有关前节各个方面的资料,依表1进行分析所得的结果,将同一时代、同一发展阶段者放在一起,进行全面的、综合的分析,据以判别当时所论地区的大地构造性质和类型,并划分出它的代表构造层。

凡在同一大的时代(发展阶段)中,具有同型的沉积建造、伴有相应类型的构造型期(以及岩浆建造和变质建造)的地层,划为一个大的构造层(基本构造层)。如前地槽构造层(x),地槽构造层(I)、地台构造层(II)及地洼构造层(III)。

依同样的方法,划分出代表次级发展阶段的亚构造层,如地槽构造层中的地槽期(I¹)及褶皱(带)期(I²)亚构造层;地台构造层中的初“定”期(II¹)、和缓期(II²)及余“定”期(II³)亚构造层;地洼构造层中的初动期(III¹)、剧烈期(III²)及余动期(III³)亚构造层。

在亚构造层中,视找矿的需要和大地构造图比例尺的容许,在必要与可能的情况下,还划分出一些小构造层。如地槽期亚层中的某些小构造层(I^{1a} I^{1b})等。

2. 按照各个构造层的时代顺序,重塑地质发展的全过程。

以上述各个构造层为依据,确定所论地区的基本构造层的数目、大地构造性质和类型,以及它们的时代和先后,判别其结构特点,最后把从最古到最新的地质发展史恢复出来,了解该处地壳的全部演化过程,以及各个发展阶段的大地构造情况。

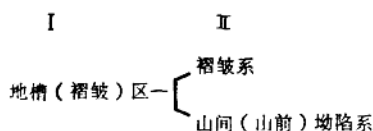
3. 以现阶段为准划分构造区。

按照递进说的观点,划分构造区时,应以所论地区现阶段各个部分的大地构造性质和类型(以最新的构造层为代表)作依据即采用“厚今薄古”的原则。通过以现阶段为准的划分,来反映各该处的从古到今的全部地质发展史和大地构造演化过程(也只有以现阶段为准才能做到这一点)。

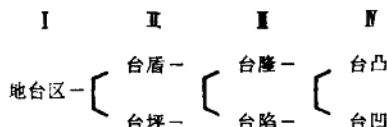
^①陈国达:关于划分构造区的一些哲学观点和思想方法问题,科学通报1960(17)。

分区系统:

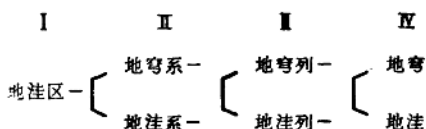
(1) 地槽区的分区系统



(2) 地台区的分区系统



(3) 地洼区的分区系统



附带说明:

(1) 上述各个分区系统, 由于大地构造图比例尺的不同或材料的详略差别, 各级分区不是在所有地区都可全部划分出来。

(2) 由于中国境内现存的地台区, 均是中生代中期以前广大中国古地台崩溃解体, 大部分衰亡后的残留部分, 面积很小, 故只能划分出三级以下分区。

(三) 分区及命名原则

1、地槽区的划分及命名依据

(1) 在一定范围内, 剧烈期的时代相同, 而且构造线密切相关的地槽性质地区, 划分为同一个一级单位。

(2) 在一级构造区内, 地槽活动某些方面的特点有所分异、或者发展史上具有显著区别的不同部分, 根据范围的相对大小, 划为不同的各级分区, 给予相应级别的分区名称。

(3) 根据上亚构造层的发育情况及分布范围, 划分出正负单位(有上亚构造层分布的地区为负单位, 缺失该层者为正单位), 并给予相应的正负单位名称。

2、地台区的划分及命名依据

(1) 在一定范围内, 建立时代相同的地台性质地区, 划为同一个一级单位。

(2) 在一级构造区内, 根据地台活动或发展史上的特点, 以及范围的大小, 划分为相应级别的较次各级分区, 给予相应级别的分区名称。

(3) 根据地台构造层的厚度相对大小差别, 相应地划分为负单位和正单位, 并给予相应的正负单位名称。

3、地洼区的划分及命名依据