

秦岭造山带基础地质研究新进展

杨志华¹ 郭俊锋¹ 苏生瑞¹ 李 勇¹ 苏春乾¹
张传林² 黑爱芝¹ 梁 云¹

(1. 长安大学地球科学学院和国土资源部成矿作用及其动力学开放研究实验室, 西安 710054 ;

2. 南京地质矿产研究所, 南京 210016)

摘要:“八五”—“九五”期间秦岭的多项研究中,主要取得以下新认识:①创立了抽拉—逆冲岩片构造新理论,丰富和发展了岩石圈板块或壳块运动方式的多样性;②发现了东西向的秦岭造山带从显生宙以来有南北向的隆升带和沉积盆地,特别是太白、宝鸡—佛坪—汉南隆升带的发现,将从根本上改变秦岭乃至中国中东部构造格架的认识;③南北向沉积盆地转变为东西向造山带的Ⅱ型造山带,深部构造岩片抽拉—逆冲推覆在中(新)生代陆相沉积盆地之上所形成的Ⅲ型造山带,为地壳表层增添了两种新型的造山带;④提出秦岭造山带中存在3类沉积盆地,3种盆—山转换,3个发展阶段及3种型式(Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ)的造山带;⑤重新厘定商丹带、勉略带和二郎坪带的构造属性、形成时代,首次提出秦岭受3种体制,4个发展阶段的新观点,由抽拉构造形成的陆内造山带是秦岭最重要的划时代发展阶段;⑥提出立交桥式结构观点;⑦发现了一批前震旦系变质地层结晶岩系,重新厘定了一些地层的时代,特别是西秦岭、西成铅锌矿田中元古代地层的发现和超大型厂坝矿床产于其中,有重大的理论和实际意义;⑧提出准浊流态流体的新概念;⑨提出中国和秦岭大地构造发展演化的新全球动力学理论。

关键词:基础地质;抽拉构造;陆内造山带;新全球动力学理论;中国秦岭

中图分类号:P542+.2 文章标识码:A 文章编号:1000-3657(2002)03-0246-11

在大地构造和大陆动力学最新理论指导下,采用构造解析学、非史密斯地层学、沉积盆地分析、层序地层学、沉积岩相学、结构—变质岩石学、岩浆—构造变形等方法,在多项课题研究与1:5万区调填图商南幅、徐家店幅、甘溪幅、蜀河镇幅以及1:5万造山带沉积—浅变质岩填图方法紧密配合,在充分吸取前人资料、成果的基础上^[1~2],在秦岭的基础地质研究方面有重大进展,提出和创立一些新的观点和理论。

1 秦岭重大地质问题的新发现

(1)秦岭造山带表层构造格架至少从显生宙以来,是EW向与SN向构造(包括隆起带与沉积盆地)共存的构造格架。从宝鸡、太白—佛坪—汉南南北

向结晶变质地块的发现,祁连、西秦岭与东秦岭并不相连,它不仅从根本上改变了对秦岭造山带的构造格局的看法,而且对中国大地构造研究将产生深远的影响^[3~8]。

(2)秦岭造山带不存在自西向东完整贯通的地层单位^[7~12]。以往认为秦岭南北之间的地层在组成、时代上的巨大差异以及它们在东西方向上的长距离延伸是造山带内部划分次级构造单位的前提,也是板块、地槽理论成立的基础。事实证明,秦岭内部并不存在这样的条件。相反各时代地层在东西方向的变化是很大的。如北秦岭在商县、户县、太白所分开的4个地段的秦岭群是不同的。即使在上述的4段中秦岭群也不是连续一致的。如商县至南阳的东段,在

收稿日期:2001-08-27;改回日期:2001-10-08

基金项目:国家自然科学基金(49272136)、国家计委(96-30-43)、国家科技部(96-914-01-04)、国土资源部“九五”陕甘川(95-02-022-01)项目资助的部分成果。

作者简介:杨志华,男,1934年生,教授,从事区域大地构造、区调填图、区域成矿规律和造山带研究工作。

豫陕交界的西峡—商南一带解体出来的峡河群把秦岭群一分为二就是最好的证明。

除秦岭群外,宽坪群、二郎坪群、丹凤群也有类似的情况。如二郎坪群、草滩沟群的火山岩系就是不同时代的地层,前者为700~900 Ma,后者为1 200~1 600 Ma。丹凤群极其复杂,它的主体不是早古生代的火山岩,而是以中、新元古代为主的侵入岩和变质地层。东经108°~110°间东秦岭南部的寒武系—三叠系并没有穿过东经106°~108°的佛坪地区而与西秦岭的相当地层相连,也没有向东越过武当山,进入桐柏大别山。很多学者所说的中秦岭构造带,就是指西秦岭同属泥盆纪的舒家坝群、东秦岭的刘岭群、桐柏—大别山的信阳群等并从西向东连成一体。近来证实含泥盆纪化石的刘岭群只分布在陕西的柞水、山阳一带,向东、西不远沿走向变为元古宙的地层,非史密斯地层是秦岭的重要特征。

③) 秦岭造山带形成以前的沉积盆地的恢复存在着认识和方法上的根本差别。以往对造山期前的沉积盆地的恢复主要是按地层、岩层的走向和南北岩片(块)之间的巨大差别确定盆地的走向呈EW向。我们的工作证明南北之间的巨大变化是后期不同构造岩片拼贴的结果,因此盆地走向的恢复必须要在同一构造单元中,查明岩相带展布和岩相变化的方向,特别是查清海陆过渡的边缘相带和深水相带的展布范围和方向,进一步的区调填图,首次发现盆地发展演化阶段的软构造和固态塑性流动构造,证明秦岭造山带形成前同时存在EW向盆地(如北秦岭)和SN向盆地(如东秦岭南部的山阳、柞水、旬阳—安康带和西秦岭)。

④) 东秦岭南部沉积盆地的三级层序从寒武纪—三叠纪共有18个,其中寒武—奥陶纪7个、志留纪3个、泥盆纪4个、石炭—二叠纪3个、三叠纪1个。经研究它们的形成与演化完全受抽拉—逆冲岩片构造的控制。当深部或地表岩片发生抽拉作用时,必定引起沉积盆地的扩张,造成海水向盆地方向集中,引起海平面迅速下降,形成低水位沉积体系域或陆缘体系域的沉积,造成Ⅰ或Ⅱ层序地层界面,随着岩片能量的消耗,抽拉—逆冲的过程就会平缓。在沉积物不断充填盆地时,必然引起海平面上升而达到最高水平,从而出现海侵体系域和高水位沉积体系域的层序组合。岩片从深部向地表抽拉—逆冲运动的过程,不仅是长期的,而且是间断性的周期过程,这样层序

地层的周期演化就是必然的现象。因此,可以推断东秦岭南部从寒武纪到三叠纪,深部岩片的抽拉运动可能经历18次左右。值得指出,东秦岭三叠纪时只有一个三级层序的层序沉积和西秦岭三叠纪时期10个三级层序地层沉积迥然不同。西秦岭从早三叠世—中三叠世安尼阶有4个,中三叠世拉丁阶—晚三叠世诺利阶6个,结合其组成,东秦岭与西秦岭的沉积盆地是完全不同的。

⑤) 秦岭造山带中的每一个构造单元,不论从垂直山链的横向剖面或平行山链的纵向剖面,都是不同时代、不同层次的构造岩片长距离逆冲推覆或剥离滑脱相互叠置的堆垛体。例如南秦岭经过区调填图,以早古生代地层为主体的北大巴山—汉江推覆体由南向北长距离地推覆在泥盆系之上;平利—牛山岩片由西向东又抽拉—逆冲推覆在汉江推覆体之上;以晚古生代地层为主体的羊山推覆体又从北向南逆冲—推覆在它们的上面。

1994年笔者首次在大别山腹地岳西港河发现以侏罗纪火山岩、沉积岩(我们作出单颗粒锆石年龄130 Ma)组成的构造窗,大别杂岩从(北)西向(南)东抽拉—逆冲推覆在它的上面^[3]。这种岩片叠置堆垛的关系在西秦岭、阴山—大青山、西天山、西昆仑都能见到。

⑥) 20世纪80~90年代,笔者在南秦岭造山带开展区调填图和专题研究时,首次在泥盆系、下古生界岩层中发现近EW向缓倾角的矿物拉伸线理;后来又和其他人在以下地区的地层中发现大量平行山链的近EW向的矿物拉伸线理。如东秦岭的秦岭杂岩、宽坪岩群、二郎坪群、太华杂岩、鱼洞子杂岩、佛坪杂岩、西秦岭的官店杂岩、松潘—茂县黑水岩片中的较场杂岩,公路断层以北的武当岩群、耀岭河岩群、桐柏杂岩、大别杂岩、卢镇关杂岩、随县岩群、红安岩群、佛子岭岩群、宿松岩群等地层。此外,在侵入岩中也发现平行造山带走向的拉伸线理,特别是那些与造山带平行线状岩浆岩中更是如此。因此秦岭存在大量的a型褶皱,b型褶皱不占重要位置。它的发现表明造山带物质运动的方向是近EW向或平行山链进行的。秦岭造山带中仍然存在垂直山链的近SN向的拉伸线理,但分布的范围与平行山链拉伸线理相比十分有限,而且常局限在变质结晶岩系两侧的浅变质沉积岩层或更次级的面理中,这是因为它是由平行造山带运动的方式中派生出来的。

(7) 对秦岭造山带中分布的大小不一的前寒武纪变质地质体或结晶杂岩有以下看法: ①岛弧隆升带或造山带变质核杂岩, 如北秦岭的秦岭杂岩; ②造山带的根部, 如桐柏—大别山的桐柏杂岩和大别杂岩; ③中朝或扬子板(地)块的结晶陆块, 如豫西小秦岭、黄陵结晶杂岩; ④变质地体; ⑤微地块或微板块, 如牛山、凤凰山、佛坪、武当地块等。笔者认为现在出露在地表的上述变质地层—结晶杂岩(包括含柯石英、金刚石在内的榴辉岩)原来并不在地表, 是在形成以后某个时期中从地壳的深部沿造山带走向抽拉—逆冲推覆到地表的。因此变质地层—结晶岩系的形成时代和露出地表的时间是完全不同的两个概念。据研究, 秦岭的结晶岩系—变质地层出露地表的时代除有新元古代、晚古生代—三叠纪外, 主要是燕山—喜马拉雅期, 这是秦岭、中国东部中生代构造活动和成矿作用强烈的主要原因。由于秦岭杂岩、碧口岩群、牛山耀岭河岩群是侏罗纪以后从深部抽拉—逆冲出地表的构造岩片, 因此它不可能成为新元古代、古生代时期的岛弧构造, 也不是复背斜、地背斜以及由它们所诱导出来的复向斜、地向斜。

(8) 秦岭造山带的超基性岩常被当作冷侵位的“蛇绿岩套”或“准蛇绿岩套”, 并把它作为洋壳的残片和碰撞的标志。如将商南松树沟、略阳—勉县一带的超基性岩作为恢复古洋盆的证据。笔者根据秦岭超基性岩形成的地质背景和构造特征认为(只是指秦岭而言), 在深部的构造岩片(块)向地表抽拉—逆冲时, 激发了超基性岩的形成, 以岩浆状态热侵入到构造岩片(块)之中, 并随着它一起由深部向地表迁移。在这个运移的过程中它又发生了构造变形和构造变位, 从而具有构造冷侵位的特点。它不代表古洋壳的碎片, 而是深部岩片向表层运动过程中超基性岩浆热侵入—构造冷侵位的产物。

(9) 秦岭造山带中存在断层与界面。以往把不属于断层的界面当断层, 特别是秦岭造山带及其邻区的Ⅰ、Ⅱ级乃至Ⅲ级构造单元间的“深大断裂”、“深大韧性断层”等均不是定义意义上的断层, 而是不同的构造单元、地质实体的接触界面(只是指秦岭而

言)就像汽车在公路上行驶, 和公路的关系是构造块体之间的接触界面, 而不是断层。对断层和界面的区分有极其重要的理论和现实意义。

(10) 秦岭造山带的几何学研究在20世纪80年代后期采用阿尔卑斯造山模式, 认为秦岭造山带总体是由北向南逆冲推覆, 即小秦岭结晶基底岩带、北秦岭基底活化带、南秦岭滑脱带指向具“前陆”性质的四川盆地。这不符合秦岭的实际。如王作勋等在小秦岭、索书田等在北秦岭(西峡地区)、杨志华等在南秦岭(山柞甸地区)等地的工作就是例证。从1992年以来, 索书田、张国伟、杨志华试图将柯柏构造的模式用来解释秦岭造山带的几何学特征, 有的学者甚至将它作为造山带发展演化的阶段。张国伟认为秦岭分别以前陆和后陆向南、向北逆冲, 在SN向剖面上呈不对称扇形样式。但模式不符合东经106°以西的西秦岭。90年代笔者发现秦岭造山带的几何学特征是非常复杂的, 不可能用统一的几何模型代表整个秦岭造山带的构造样式。柯柏构造只适用于一定的范围、一定的地区, 对整个秦岭造山带是不适用的, 即在同一构造带也不具相同的构造模式。如北秦岭、白龙江构造带的东、西段的几何学特征就是完全不同的。由于秦岭造山带自西向东、自南向北没有统一的几何学特征和相类似的构造样式, 表明它们的运动学是不同的, 其动力学也会不完全相同。

(11) 秦岭造山带若干地层解体时代的新认识, 主要是由笔者作出, 但部分由其他同志^{①②③④}作出。

①二郎坪群火山岩的时代为新元古代(900~1100 Ma), 与古生代沉积地层不同; ②丹凤群的时代为中—新元古代(1300~900 Ma), 不是古生代; ③佛坪地区北从商丹带南至勉略带之间的元古宙地层, 均为前寒武纪变质岩系(2500~1400 Ma); ④西成铅锌矿田中西汉水群(D)解体出中—古元古代官店杂岩(有1200 Ma的Sm—Nd等时线年龄), 厂坝—李家沟铅锌矿床产于该套地层中; ⑤大草滩群解体为两大部分, 杂色、紫红色的碎屑岩为侏罗—白垩系, 含化石的碳酸盐岩为泥盆—二叠系; ⑥云架山群中的碳酸盐岩中采到似双孔层孔虫化石, 时代为泥盆纪; ⑦西

① 裴先治, 等. 1:5 万清油河幅区域地质图及说明书, 1997.

② 崔建堂, 等. 1:5 万柞水幅区域地质图及说明书, 1998.

③ 王根宝, 等. 1:5 万佛坪幅区域地质图及说明书, 1996.

④ 陈陇刚, 等. 1:5 万秧田幅区域地质图及说明书, 1998.

秦岭造山带地区白依沟群下部原震旦系下统为侏罗系的河流相,其上为早古生代地层;⑧茂汶较场地区原三叠纪地层中解体出一套古元古代的地层——较场杂岩;⑨西秦岭岷县锁龙、马坞一带的泥盆系、二叠系解体出一套古元古代中深变质岩系,其模式年龄为1700~1900 Ma,以及碧口群、关家沟组砾岩系的进一步解体等。

(12)三叠纪以后的“陆内造山”阶段是秦岭造山带最重要的造山阶段,在这个阶段中是4类岩石地层按非线性、混沌动力学的关系组合在一起的拼贴叠置构造体。不存在任何形式的由北向南或由南向北按时代增生的加里东、海西或印支期的褶皱构造带。这4类岩石地层(包括岩浆岩)是:①基本保持原来面貌的岩层组合,如晚白垩世—新生代的地质;②轻微改造的岩石地层组合,如侏罗纪—早白垩世的地质,有时还包括部分古生代—三叠纪的地质;③强烈改造的叠置岩层岩石地层组合,如中、新元古代地质,有时还包括震旦纪—泥盆纪、部分三叠纪地质;④彻底改造的构造岩石流变杂岩层组合,如太古代—古元古代的杂岩层^[11,12,14]。

2 创立了抽拉—逆冲岩片构造(或抽拉构造)理论

抽拉—逆冲岩片构造(或抽拉构造)是在秦岭造山带数十年研究的基础上提出的一种关于大陆造山带运动、发展、演化的新观点。1991年在北京大学全国伸展构造讨论会上提出以来的工作表明,它在中国大陆山链中是普遍存在的^[5~7,9~10,13~19]。抽拉构造在重视研究岩石圈板块与上地幔相互关系的同时(即造成板块构造的形成运动机理),更强调岩石圈内部各层圈—岩片系统相互关系及发展演化过程的研究。它的基本点是大陆岩石圈内部或地球各层圈内部被巨大的构造界面划分为不同的岩片或层圈系统,就像堆在一起的扑克牌一样。当岩石圈板块在上地幔侧向运动的同时,岩石圈内部的一个或数个岩片,在地球内能作用下产生的水平作用力而把地球深部岩片向地壳表层、自由空间,主要沿着造山带走向或垂向抽拉—逆冲时所发生的一系列的地质构造和造山、造盆作用。如沉积作用和沉积盆地的形成与发展,构造运动和构造变形,岩浆喷发和侵入,成矿作用的发生和就位,以及伸展扩张、收缩挤压、转换平移等动力体制均与之有关。并形成不同于地槽

学说、板块构造理论模式的新型造山带。当大陆岩石圈深部岩片向地表抽拉—逆冲时,在平面上,必然在它的后方出现张裂扩张的沉降盆地,从而在这里充填巨厚的沉积物和火山岩(如南阳、襄樊地区)。前方则出现挤压带和(或)前陆盆地(如桐城—潜山前陆盆地),在岩片的两侧出现平移走滑构造带(或断层)及拉分盆地(如合肥、武汉地区),两侧的运动方向正好相反。又如,秦岭及其东部的大别造山带中的佛坪岩片、武当岩片、桐柏—大别岩片在从秦岭的深部自西向东抽拉—逆冲至地表的过程中,在它们的后方(西面)分别形成凤太、山阳—柞水—旬阳—安康SN向裂陷—裂谷盆地和南阳—襄樊SN向拗陷带,古生代时期北秦岭的沉积盆地是岩片东西抽拉—逆冲时所形成的拉分盆地。在上述不同构造部位、不同发展阶段会形成不同的大地构造—建造相,大地构造岩浆岩相。

在垂向上,即在立体空间上也会出现一系列地质构造现象,岩片从深部向地表抽拉逆冲,就像一个巨大的“潜艇”在水中运动一样,在这个运动的过程中有3个明显的表现。第一,抽拉—逆冲岩片上界以上的岩层(即相当“潜艇”以上的水)的运动与岩片本身的粘结程度有关,当它们粘得很紧时,则和岩片一道向前运动,这是很多岩片上部保留悬浮体的根本原因。当它们粘得不够紧密时,必然在除前进方向以外的3个方向上,发生大规模的滑脱—滑覆或剥离构造,但以岩片运动相反方向的规模最大,如佛坪岩片后方(西面)的凤太地区,武当岩片后方(西面)的山柞旬地区,桐柏岩片后方(西面)的桐柏县、唐河县、枣阳县地区。第二,对岩片下界面以下的岩层(相当“潜艇”以下的水)来说,抽拉—逆冲岩片就会对它造成长距离的大规模的近水平的逆冲推覆作用,如桐柏—大别岩片就是在东秦岭的深部(不在地表)从西向东长距离逆冲推覆在中生代、古生代地层之上,因此桐柏—大别岩片不仅不是秦岭造山带的山根,而且在它的下面还有中、古生代地层构成的准原地系统,是寻找油气和煤的良好远景地区。它能较好地解释含金刚石、柯石英榴辉岩的成因和折返至地表的形成机理,岩石圈内部因高压高温形成的榴辉岩在深部岩片从内向外抽拉逆冲时就把它们带到地表。以上两种情况是造山带中同时存在逆冲推覆构造和剥离滑脱构造的主要原因。第三,对抽拉—逆冲岩片自身,在长期的运动过程中以及它和上、下、左、右其

他地质体的相互作用中,必然发生变质变形作用。当某个岩片处在层次很深的环境中,逐步经过超深层次、深层次、中深层次、中层次而出露地表进入浅层次时,会发生与层次相应的强烈变形、变质并彼此相互叠加,构成非常复杂的情况,是大陆构造、大陆造山带复杂变形的重要原因,这是秦岭造山带中太华岩片、秦岭岩片、佛坪岩片、陡岭岩片、流岭岩片、武当岩片、汉南岩片、碧口岩片、桐柏—大别岩片等变形、变质复杂深刻的主要原因。

抽拉构造主要建立在以下5个方面的实际资料的基础之上:东秦岭不仅有EW向,而且还有SN向的沉积盆地与隆升带;太古宙—古生代(有时在三叠系)地层(还包括众多的花岗岩)广泛发育倾角平缓的与造山带近于平行的(垂直的只占少数)拉伸线理(因此,不可能用单纯的垂直隆升剥蚀解释);构造岩片相互间的拼贴、镶嵌、叠置关系(大部分表现为老地层构造岩片在上);深部地球物理以及实验岩石学所获实际资料等。此外在西秦岭、甘孜—松潘、摩天岭、三江、西祁连、北山、西天山、西昆仑、阴山—大青山都有大量发现。

抽拉构造不仅很好地解释了各构造地层地质体间的相互关系和结构特征,而且对超高压变质岩(如含金刚石、柯石英的榴辉岩、麻粒岩)、“蛇绿岩”等的形成与折返过程以及拆沉与底侵作用的内在联系、几何学特征,都作出了较合理的解释。在详细研究了北秦岭商县至南阳段、南秦岭佛坪段、西秦岭礼县段花岗岩的成因及就位机制后发现,它完全受抽拉—逆冲岩片构造的控制,与板块构造的俯冲、碰撞没有任何关系。翻开中国地质图中国大陆造山带广泛分布的花岗岩的大多数可能都是这样形成的。从抽拉构造的认识提出的包括深海沟、郯庐、阿尔金等在内的绝大多数深(大)断裂,均不属断层的范畴,而是不同地质—地层体相互间的接触界面,在大地构造研究中必须准确厘定和区分断层及界面是十分重要的。地槽理论的沉降与回返、板块构造的俯冲作用以及底侵作用、拆沉作用都是从不同侧面论述壳—幔物质、能量之间的交换过程。此外,抽拉—逆冲岩片构造和抽拉作用同样也能阐明物质、能量在壳—幔之间的转换关系,当硅铝—花岗质岩片抽拉—逆冲在硅镁—玄武质岩片(洋壳)之上时则意味着洋壳向陆壳的转化,大洋消失;如洋壳岩片抽拉—逆冲到陆壳岩片之上时,则意味着陆壳向洋壳转化,大陆消失。因此,以抽拉构造作用为契机的壳—幔转化也是大

陆岩石圈中值得研究的课题。学科的分、基础理论的创新,都在于认识和发现物质的新组成、新结构和新的运动方式,抽拉构造是地壳运动的一种新方式,是不同于地槽、板块构造学说的新理论。在实际工作中得到应用,并获得极大的成功^[1~12, 18, 20~21]。

3 II型、III型造山带—地壳表层新型造山带的提出和应用

盆(地)—山(造山带)转换过程的结构特征有3种型式,沉积盆地转化形成造山带的走向与沉积盆地的延展方向基本相同为I型造山带,这是当前论述最多的造山带,并形象地用开合律予以表示。根据秦岭和其他造山带的资料,笔者提出还有II型、III型造山带,是地壳表层新发现的两种造山带。II型造山带的基本特征是形成造山带以前沉积盆地的方向与转化为造山带的走向不一致,甚至相互垂直。如东秦岭南部的山柞旬—安康带、西秦岭,岩相带展布的方向为SN向,相变的方向为EW向,恢复出来的沉积盆地的延长方向为SN,而秦岭造山带及其主要构造形迹的方向为EW向,二者相互垂直构成典型的II型造山带。它的重要意义在于不仅发现了一种新型的造山带,而且在找矿与勘查方面具有重要的指导作用。与沉积作用或与沉积岩有关的沉积矿床或层控矿床,在II型造山带中其矿带展布的方向是SN向的,而矿床的分布则是EW向的,战略普查找矿应以SN向为主,而战术上的勘查则应兼顾EW与SN向构造,这就是为什么秦岭造山带中矿体延伸长度大于矿体走向长度的原因。

III型造山带是根据秦岭和其他山系提出的又一种新型造山带,是在中(新)生代陆相沉积盆地形成以后,某些深层次的构造岩片抽拉—逆冲推覆在中生代陆相沉积盆地之上所形成新型造山带,它和早先形成的沉积盆地似无直接关系,如桐柏—大别杂岩构造岩片从东秦岭的深部(当时不在地表),由西向东抽拉—逆冲推覆在现在的位置,形成桐柏—大别造山带,也把含柯石英、金刚石的榴辉岩带至地表。此外,中生代以来的北秦岭,大青山—阴山、北山、西天山、西昆仑等都是这样形成的^[1~12, 19, 22]。

4 大陆造山带盆—山转换阶段和类型的新进展^[1~12, 22]

根据秦岭和其他造山带的研究,大陆造山带有

以下3种类型和3个阶段。

(1)盆-山转换的第一阶段。是洋(壳)盆(地)或过渡性洋盆与造山带之间的转换,形成第一类造山带,是当前造山带研究最多且被公认的最主要的造山阶段(即主造山期),它相当板块构造威尔逊旋回和地槽(优)回返所形成的造山带。

(2)盆-山转换的第二阶段。是洋壳或过渡性洋壳沉积盆地转化为造山带后板内(或地台)海相沉积盆地与造山带的转换,是第二类造山带。虽然有些地质学家不同意它们可以形成造山带,但秦岭和其他地区的资料证明,稳定或准稳定类型板内海相盆地可以转变为造山带。如北秦岭的海西造山带、南秦岭的印支造山带。

(3)盆-山转换的第三阶段。是陆相沉积盆地形成以后形成的造山带,是第三类造山带。多数地质学家认为陆内造山带只是板块构造主造山期后继继承性构造,对它的论述基本上是非常概略地一笔带过。

根据笔者对秦岭和中国西部造山带的研究并参考其他成果。陆内造山带有以下基本特征和重要表现:

①陆相沉积盆地形成后转变为造山带,如西秦岭、东秦岭、西天山、西昆仑、阴山—大青山等都是在中新生代陆相沉积盆地的基础上转变为造山带的代表。塔里木、准噶尔、柴达木、鄂尔多斯和四川盆地等都是残留陆相盆地。

②残留海相沉积盆地在陆相沉积盆地阶段转变为造山带。东秦岭南部以往都被认为是印支期的褶皱造山带,其主要论据是在镇安西口的金鸡岭发现有海相三叠纪地层,由于该地层之上未见侏罗纪磨拉石建造与它呈不整合的情况,因此这次造山运动未得到地层学上的证据。中国的燕山、太行山等地区可能都是残留海相沉积盆地在燕山—喜山时期所形成的造山带。

③海相沉积盆地连续过渡到陆相沉积盆地,然后再转变为造山带。甘肃省南部碌曲—玛曲、临潭地区的晚古生代—三叠纪海相沉积连续过渡到侏罗纪陆相(盆地)沉积,然后再转变为造山带。

④桐柏—大别山、北秦岭以及摩天岭地区的秦岭杂岩、桐柏—大别杂岩、碧口岩群、鱼洞子杂岩等当初并不在地表,在侏罗纪—白垩纪陆相盆地沉积以后的某个时期,它们在地壳的深部由西向东抽

拉—逆冲推覆到中生代或晚古生代沉积盆地形成的地层的上面而形成(陆内)造山带。阴山—大青山造山带也属这种类型的造山带,它们可能和原来的盆地没有直接的关系。

⑤内蒙古阴山—甘肃北山在中新生代所形成的大规模推覆—伸展构造和美国西部以伸展构造为标志的盆—岭系,也应是陆内造山带的典型代表。

⑥秦岭乃至中国西部众多的造山带都是陆相沉积盆地形成后,在抽拉构造体制作用下形成的陆内造山带,它把以前各个不同历史发展阶段、不同构造体制下形成的各类地质—地层体按非线性、混沌动力学的组合关系拼贴、镶嵌、叠置在一起的构造综合体。不存在由北向南或由南向北的加里东、华力西或印支期等褶皱构造带拼贴、增生、迁移的情况,例如,秦岭陆内造山带阶段,是把太古宙—古元古代陆核(或古陆块)体制形成的太华杂岩、秦岭杂岩、佛坪杂岩、官店杂岩、较场杂岩、陡岭杂岩、鱼洞子杂岩、碑坝杂岩、桐柏杂岩、大别杂岩,中—新元古代板块体制下形成的宽坪岩群、二郎坪群火山岩系、“丹凤岩群”、武当岩群、红安岩群、随县岩群、“郧西岩群”、耀岭河岩群、碧口岩群、刘岭岩群,联合古陆块(或地台)体制下形成的陡山沱组、灯影组、寒武系—三叠系中的海相沉积地层,抽拉构造体制下形成的中、新生代陆相沉积地层以及上述各个构造体制下所形成的各类侵入岩,特别是花岗岩等,按非线性混沌动力学的关系组合在一起的、在平面上彼此镶嵌、拼贴,剖面上相互叠置、堆垛的复杂构造体(带)。

⑦在盆—山相互关系研究中,常把盆地和造山带的转换形象地总结为“开”、“合”,并作为造山带、地壳演化的普遍规律。“开、合”律以及威尔逊旋回还认为造山带形成的位置与原来拉开或盆地初始裂开的位置基本相当,二者的走向基本相同。这种造山带笔者曾将其命名为Ⅰ型造山带。此外,尚有Ⅱ型造山带和Ⅲ型造山带。

Ⅰ型造山带可以近似地认为符合“开、合”律,而Ⅱ、Ⅲ型造山带从根本上就不符合“开、合”律,因此“开、合”律不是造山带形成与演化的普遍规律。

⑧在盆—山转换研究中出现盆地与山脉谁占主导因素的矛盾情况,提出盆地转变为造山带和造山带控制盆地的认识,即条条控制块块,这与板块理论认为板块的边缘常是盆地与造山带产出的部位,

即块块控制条条的认识不同。前者很可能是针对陆内造山过程中所出现的山间盆地、前陆盆地或后陆盆地而言的;后者常指大陆边缘、陆间盆地及其与造山带转换。可以认为它们是指盆地与造山带不同发展阶段的特殊情况。在相同时代,盆地与造山带是一对孪生姊妹,而不同时代,它们彼此是相互可以转化的。普遍认为塔里木、准噶尔、四川盆地是前陆盆地。经研究证实,四川盆地、塔里木、秦岭内的微成盆地内部的陆相沉积地层不可能由现在露出地表的昆仑、天山和秦岭造山带所提供,而是一个被消灭了的、现在地表不存在的山系所供给。前陆盆地的范围只有限地分布在山体附近不远的区域内,当中新生代在抽拉构造体制作用下形成的陆内造山带是跨越在原来陆相沉积盆地的上面并促使山脉在逐渐形成的过程中时,才有可能形成前陆盆地或走滑拉分盆地。龙门山前的江油—绵阳—成都平原、大别山东南的桐城—潜山—太湖是前陆盆地的代表;秦岭—大别山两侧的四川盆地(北缘)、江汉平原、淮河平原、渭河平原等都是走滑拉分盆地,南阳盆地则是桐柏—大别抽拉构造岩片后方的拉张裂陷盆地。

⑨中国大陆内部的造山带绝大部分属于笔者所论述的陆内造山带,基本上都是盆—山转换第三阶段在陆相盆地沉积以后形成的造山带,是抽拉构造体制的产物。它的范围和分布大大超出原来板块边界的范围,使原来的板块或地台的范围变得十分有限,这就是为什么中国造山带如此广阔,而板块、地台变得如此小的真正原因。造成塔里木、准噶尔、柴达木、鄂尔多斯、四川盆地等呈规模不等的块体散布在中国的陆内造山带中,是造山带中的残留陆相(或海相)沉积盆地。所谓的中国板块、中国地台、中朝地台、扬子地台

等都是某些资料恢复出来的。这个复原的板块、地台或联合古陆,在中新生代抽拉构造体制作用下,不仅在它们的基础上形成中国众多的陆内造山带,而且也使它们发生裂解,以致变得十分有限。中国造山带,特别是海盆、陆盆转化形成的造山带并不受板块边界的控制,中新生代以来中国板块或中国地台已不再存在,而成为造山带中残留的陆相或海相盆地。

⑩大陆造山带经历了第一、第二阶段的发展演化,促使大陆岩石圈或大陆造山带的厚度加大,即形成岩石圈根或山根,岩石圈板块或壳块厚度的加大,造成内部因组成、结构的差异而使圈根、山根与岩石圈板块拆离成构造岩片,为陆内造山阶段的抽拉作用创造了前提条件。因此抽拉构造是岩石圈板块内部多样化运动方式的一种,它可以拆沉而下降,也可以抽拉—逆冲而逸出地壳。因此抽拉构造实质上是对板块构造理论的完善和补充。

总结3和4的特征见表1。

5 秦岭造山带演化阶段和构造单位的新划分

根据秦岭造山带的组成、结构和深部资料将秦岭—大别造山带的构造单位和发展演化作如下划分(表2)。

秦岭造山带的构造单元为:Ⅰ西秦岭—松潘构造岩片(块)拼接叠置体(带);Ⅱ陇宝—佛坪—汉南构造岩片(块)拼接叠置体(带);Ⅲ东秦岭—大巴山构造岩片(块)拼接叠置体(带);Ⅳ南阳—襄樊—江汉南北向拗陷带;Ⅴ桐柏—大别构造岩片(块)拼接叠置体(带)。秦岭造山带内部构造单位是SN向与东西构造相互影响、相互叠加作用的结果。

表 1 大陆造山带盆—山转换的阶段及类型
Table 1 Phases and types of basin-range transformation in continental orogenic belts

盆—山属性	阶段和种类	实 例	盆—山结构	类 型	实 例
洋盆与过渡性洋壳盆地与造山带的转换	第一阶段第一类造山带	秦岭中—新元古代,祁连早古生代,摩天岭中新元古代,华南中新元古代,天山早古生代—石炭纪	盆地走向与造山带走向基本相同	I 型造山带	北秦岭、北祁连造山带
板块(地台或地块)内海相盆地与造山带的转换	第二阶段第二类造山带	秦岭晚古生代—三叠纪,西秦岭志留纪—三叠纪,华南晚古生代—三叠纪,祁连晚古生代	盆地走向与造山带走向不同或相互垂直	II 型造山带	南秦岭、西秦岭、松潘造山带
陆相沉积盆地与造山带的转换	第三阶段第三类造山带	东、西秦岭;阴山—大青山、北山、华南、燕山、太行山中新世代;西天山二叠纪—中新世代	不同构造岩片抽拉—逆冲、推覆、滑脱在不同时期盆地沉积之上形成的造山带	III 型造山带	桐柏—大别山、摩天岭、中祁连、秦岭地轴、西昆仑、西天山、阴山—大青山、高喜马拉雅等造山带

注:一、二、三类与 I, II, III 型并无直接对应关系。

表 2 秦岭造山带演化阶段划分
Table 2 Evolutional stages of the Qinling orogen

时 代	构 造 演 化 阶 段	构 造 体 制
Ar - Pt ₁	中国古陆块(陆核或初是中板块)形成阶段	陆核(古陆块)增生或拼贴体制
Pt ₂ - Pt ₃	中国古陆块裂解,古中国板块(地台)和古秦岭造山带形成阶段;盆(洋)一山转换的第一阶段	板块构造体制
Pt ₃ - Pz ₁	古中国块稳定发展阶段,局部有裂解	
Pz ₁ ² - C ₁₋₂	古中国板块裂解,华北古板块、扬子古板块和秦岭海盆形成以及华北、扬子古板块拼贴碰撞,中国板块、中秦岭造山带形成阶段;盆(海) - 山转换的第二阶段	板块构造和抽拉一逆冲岩片构造体制共存阶段
C ₂₋₃ - T ₁	中国板块稳定发展阶段,局部有裂解	
T ₂ - Q	中国板块裂解,华北地块、扬子地块和新秦岭造山带形成和发展阶段;盆(陆)一山转换的第三阶段	抽拉 - 逆冲岩片构造(或抽拉构造)体制

6 商丹带、二郎坪带和勉略带构造属性的新认识^[1~12, 23~24]

前节中关于秦岭发展演化及构造单位的划分取决于古生代—三叠纪秦岭是否存在洋盆的纪录,关键在于商丹带、二郎坪带和勉略带的构造属性和蛇绿混杂岩带的性质。在85-01-018报告中,以及1:5万商南幅地质图、两本专著和多篇论文都专门讨论了它们的属性和混杂岩的性质。结论是二郎坪群中的火山岩及超基性岩(“蛇绿岩”)均属新元古代的产物;丹凤岩群的主体是中元古代,部分为新元古代;勉略带中的超镁铁岩为元古宙的产物,基性变质火山岩是中新元古代的碧口群卷入构造带中混杂作用的产物,因此秦岭造山带中新元古代时期的晋宁运动具有重要的作用,它可能和全球的格林威尔造山带相当,Rodinia超大陆可能在古秦岭造山带形成期形成。而秦岭的显生宙发展是在它的基础上展开的,具有极其重要的理论意义。

7 有关秦岭造山带立交桥式结构的新情况

1994年在构造地质专业委员会主办的“大陆构造学术讨论会”的论文摘要中同时出现张国伟、任纪舜、杨志华有关立交桥式结构或构造的论述。但他们所表达的意义、概念各有所不同。之后任纪舜首先提出异议,他认为在1992年由他先提出。陕西地矿局张德常在《陕西地质》上著文也发表谁先谁后的看法,他认为1989年由严阵等在《陕西花岗岩》一书中提出。

秦岭造山带立交桥式结构的实质是在强大的

EW向构造是否存在SN向构造以及它们的表现形式问题。1980年笔者在公馆汞锑矿床地质特征一文中首先提出该区存在SN向构造,1984~1991年的课题研究、区调填图进一步从沉积相、层序地层和地球化学分布特征论证南秦岭山柞甸地区SN向沉积盆地以及武当—商南、佛坪—汉南SN向隆升带的存在。1991~1995年多次论述SN向构造带从显生宙一直继续存在到现在。目前的南阳—襄樊—江汉SN向盆地与它东、西的桐柏—大别山和东秦岭的构造格局就是历史上SN向与EW向构造的写照。现在地壳深部的地球物理特征所表现出来的以SN向为主的结构样式,可能是古生代以来不断演化发展的结果。从这个意义笔者认为立交桥式结构主要由我们最先提出^[3~5, 14]。

立交桥式结构的第二个含义是:近于直线的不均匀运动可以产生旋卷—涡旋构造;反之旋卷—涡旋运动可以派生出线型构造。这就是为什么在遥感图像中出现许多环形、圆形、椭圆形构造的原因。这些情况其他学者都未谈到。

8 首次提出秦岭造山带的拼接方式、构造混杂岩带、多种岩石地层单位和准浊流态流体的概念

(1)秦岭造山带3种拼接方式:①垂直造山带近SN向的拼接;②主要沿着造山带近EW向的拼接;③未出露地表以前在深部的拼接,如商县—南阳的北秦岭构造带。

(2)秦岭造山带3种构造(蛇绿)混杂岩带:①倾角近于直立的构造混杂岩带,如勉略带;②倾角近于

水平或缓倾角的构造混杂岩带,如大别山部分地段、西秦岭部分地段、摩天岭地块西缘,③一套地层推覆或滑脱到另一套与它组成、结构、时代不同的地层之上,然后再发生构造作用,从而产生新的混杂现象,如西秦岭的三河口群、大草滩群中都出现类似的混杂情况,增加了识别和划分地层的困难。

(3)多种岩石地层单位:在1:5万造山带沉积-浅变质岩填图方法中,根据秦岭的实际提出岩石地层单位不是一种,而是三种:层岩层岩石地层(组)、叠岩层岩石地层(叠)和杂岩层岩石地层(卷),并对它的定义和命名方案提出可行的意见,国际地层指南、中国地层指南关于组的定义是不合适的^[10:25-26]。

(4)提出和发现准浊流态流体的新概念:在对秦岭沉积盆地分析过程中,发现沉积流体的性质绝大部分为准浊流态流体,牵引流、重力流只是它的两个极端端元。准浊流态流体概念的提出有助于沉积盆地分析,古地理环境再造,将对沉积相的研究产生重大的影响。

9 中国和秦岭大地构造发展演化的新全球动力学理论

在中国大地构造研究中,不少地质学家都提出了各自的力源模型来探索其发展的原因。就世界范围,广义地幔对流说、地幔柱理论^[7]、地球自转变、地球膨胀等仍为造成大陆岩石圈运动“力源”的主要观点。由于大陆软流圈可能不具全球性质以及大陆岩石圈壳根或圈根的发现,板块在软流圈上的运移机制受到严重的挑战^[2]。在最新地球物理和地震层析资料基础上提出的地幔柱理论、拆沉作用,正在中国地学界得到广泛的应用。地幔对流、拆沉作用和地幔柱理论是建立在因密度差、温度差所产生的势能和热能之上的,但在这种无序分散状态下的能量不仅不可能造成地幔、地核内部物质的流动,也解释不了我国大陆岩石圈中盆-山的分布特征、造山带几何学特征和内部结构的复杂性、盆-山转换以及组成的多样性、不均匀性和阶段性发展等重大问题。最近,我国地学界在论述中国东部中生代以来的构造发展与演化,摒弃了太平洋板块向东亚大陆俯冲增生的传统观点,试图用拆沉(或去根)、地幔柱理论加以解释。但地幔柱理论的中心点是冷板块(或块体)拆沉或去根下掉到670 km,再下掉到核幔边界2 900 km处,才能引发而产生出生长

构造-地幔柱(羽)构造-板块构造。这个过程大约需要200~400 Ma。中国东部、东亚陆块在印支期会聚所形成的增厚壳(圈)根,立即拆沉引发燕山时期地幔柱而发生的构造剧烈变动、岩浆-成矿作用的大爆发是根本不可能的。这种情况是对中国东部演化阶段的认识有问题(例如中国东部大陆类似板块的拼合不是印支期),还是地幔柱理论根本就不正确?

研究证明任何一个自然形成的系统与演化的能源(或“力源”-下略)都来源于它的自身,秦岭造山带的形成与演化不是华北与扬子板块相互俯冲、挤压、碰撞、对接的结果。根据我们对秦岭造山带及西部盆-山转换的研究,提出在地球自转速度变化控制下的多层扭动涡旋甩出说-核幔壳“台风”(或“风暴”)作为中国大地构造形成、发展与演化的动力学理论^[9:28-31]。地球自转引发地核、地幔、地壳及其内部各圈层的转速不同,当每个圈层下部的“硬层”发生旋转运动时,必然引起或带动它上面的“软层”发生规模不等的旋转运动而形成软层“台风”,就会像热带风暴那样,在垂向上由下而上产生流入层、中间层和流出层;平面上出现外圈、内圈和风眼3个区域以及规模更大的甩出臂似的线性构造带的结构样式。软层“台风”(或壳幔核风暴)高速旋转的形成过程中使其原先无序的分散的能量不断积累,以致产出像“高能离子加速器”那样,从而生出巨大的“水岩”或“热核”爆炸的巨大能量(同时合成或裂解出新元素、新粒子),推动岩石圈运动,产生新的组成和变形。新元素的合成与裂解是核、幔、壳物质形成的根本原因,也是成矿物质的基本来源,长时期按熔点差别提出的局部熔融和重力分异而出现的壳幔核分异可能不占主要的地位,这将改变岩石圈形成与演化的传统看法以及某些基础理论的认识。陆块的会聚发生在软层“台风”的中心部位,碎裂离散则产生在外圈与甩出臂所经过的区域,它们是同时发生的。软层“台风”(壳幔核风暴)所产生的巨大“核爆炸”是地质时期中的伟大事件和变革,造成沧海桑田形成造山带,引发某些物种的消失和兴起,也是地球深部超高压变质岩和岩浆岩成生的首要条件。如果月球确系地球抛出之物,那也和地球深部软层“台风”所产生的“热核爆炸”有关,地球自身发射了一个月球卫星。壳幔柱和对流、脉动和涌动、膨胀与收缩、涡旋和甩出臂、拆沉和抽拉、隆起

和拗陷、挤压、剪切和拉张都是壳幔核“风暴”—涡旋甩出臂不同部位运动方式的表现。板块、断块、地槽、地台、地洼、裂谷、沉积盆地、造山带、聚合与离散、立交桥式构造、俯冲推覆与伸展滑脱、拼贴镶嵌与叠置堆垛、变形与变质、岩浆的喷发与侵入、成矿作用、环境与灾害都是核幔核“台风”(“风暴”)迁移轨迹过程中的产物^[9,31]。其要点如下:(1)地球内部各圈层物质成分的差异和壳幔核的形成是通过地球内部核幔壳“风暴”所产生的热核反应形成的;(2)在核幔壳“风暴”过程中发生热核反应、形成新元素、产生巨大能量,同时还改变物质的形态;(3)中国及邻区大地构造的发展可能经历了3次巨大的核幔壳“风暴”—热核反应发展阶段。(4)青藏高原是晚近时期以来保留最好的大陆岩石圈“台风”结构样式的地区,中央造山系是热核“风暴”涡旋构造系中一条自西向东的甩出臂;(5)地球运动的根本原因在于地球自转速度变化下引发核幔壳“风暴”形成的热核爆炸,作用力可能是不存在的。

参考文献:

- [1] 张国伟,董云鹏,姚在平.秦岭造山带基本组成与结构及其构造演化[J].陕西地质,1997,15(2):1~14.
- [2] 张国伟,张本仁,袁学诚,等.秦岭造山带与大陆动力学[J].北京:科学出版社,2001.
- [3] 杨志华.陕西公馆录铀矿床的地质特征[J].西北地质,1980,(4):35~42.
- [4] 杨志华.秦岭造山带的构造格架及有关问题讨论[A].见:秦岭造山带学术讨论会论文集[C].西安:西北大学出版社,1991.148~158.
- [5] 杨志华,等.边缘转换盆地的构造岩相与成矿[M].北京:科学出版社,1991.
- [6] 杨志华.秦岭造山带的构造格架、演化及抽拉—逆冲岩片构造[A].见:中国地质学会编.“七五”地质科技重要成果学术交流会议论文集[C].北京:北京科学技术出版社,1992.121~125.
- [7] 杨志华,王北颖.抽拉—逆冲岩片构造——秦岭造山带的新模式[J].地球科学,1993,18(6):565~575.
- [8] 徐强,刘宝珺,杨志华,等.东秦岭南带沉积盆地演化及多金属成矿条件[M].成都:西南交通大学出版社,1994.1~106.
- [9] 杨志华.秦岭造山带发展演化阶段的新认识[J].地质力学学报,1995,1(6):38~45.
- [10] 杨志华,王北颖.南秦岭造山带旬阳地区沉积岩—浅变质岩区的区调填图方法及区域地质特征[A].见:陈克强,田玉莹主编.1:5万填图新方法成果选编(一)[C].武汉:中国地质大学出版社,1995.61~76.
- [11] 杨志华,李勇,邓亚婷.秦岭造山带结构与演化若干问题的再认识[J].高校地质学报,1999,5(2):121~136.
- [12] 杨志华,邓亚婷.秦岭造山带组成结构与演化的新认识[J].陕西地质,1999,17(2):16~32.
- [13] 杨志华,苏春乾,王北颖.对秦岭造山带几个重大问题的认识[J].河南地质,1994,12(4):241~254.
- [14] 杨志华.秦岭造山带南北向构造及有关问题的讨论[J].地质论评,1997,43(1):10~16.
- [15] 杨志华.秦岭造山带的构造格架和构造单位新划分[J].地质科技情报,1996,16(2):24~33.
- [16] 杨志华.秦岭形成的新模式和抽拉—逆冲岩片构造[A].见:国家计委国土司、地矿部科技司编.地质科学研究论文集[C].北京:中国经济出版社,1996.184~191.
- [17] Yang Zhihua and Su Shengrui. A new mode for the formation of Qinling Orogen and the Choula (drawing)—thrust sheet tectonics [A]. In: Wu Zhengwen and Chai Yucheng (eds.), Tectonics of China [C]. Beijing: Geological Publishing House, 1996.63~76.
- [18] 杨志华,张传林,李勇.论西成铅锌矿床的后生成因[J].地质学报,1997,71(4):360~366.
- [19] 杨志华,李勇,苏春乾.关于大陆动力学几个问题的思考.西安地质学院学报,1997,19(增刊):1~14.
- [20] 杨志华,姜常义,赵太平.论秦岭造山带的成矿作用[J].西安工程学院学报,1999,21(4):40~45.
- [21] 杨志华,姜常义,梁云.秦岭造山带成矿作用概述[J].大地构造与成矿学,2000,24(1):44~50.
- [22] 杨志华,张传林,朱立华.大陆造山带盆—山转换类型及阶段[J].地学前缘,1999,6(4):273~282.
- [23] 姜常义,苏生瑞,杨志华,等.北秦岭侵入岩带与晋宁运动[M].北京:地质出版社,1998.
- [24] 杨志华,李勇,邓亚婷.勉略带是古生代的板块缝合带吗?[J].湖北地矿,2001,15(2):11~17.
- [25] 杨志华,李勇,周美夫,等.试论多种岩石地层单位[A].见:第三届全国地层会议论文集[C].北京:地质出版社,2000.405~409.
- [26] 杨志华,周美夫,赵太平,等.非史密斯地层研究中几个问题的讨论[A].见:第三届全国地层会议论文集[C].北京:地质出版社,2000.424~427.
- [27] Maruyama S. Plume tectonics [J]. J. Geol. Soc. Japan, 1994,100(1):24~49.
- [28] 杨志华,李勇,苏春乾,等.关于大陆动力学几个问题的讨论[A].见:马宗晋,杨主恩,吴正文主编.构造地质学—岩石圈动力研究进展[C].北京:地震出版社,1999.304~321.
- [29] 杨志华,苏生瑞,李勇,等.中国大地构造演化的新全球动力学理论[A].见:中国地质学会编.“九五”全国地质科技重要成果论文集[C].北京:地质出版社,2000.62~68.
- [30] 杨志华,苏生瑞,李勇,等.从抽拉构造到陆内造山带和大陆动力学[A].见:中国地质学会编.“九五”全国地质科技重要成果论文集[C].北京:地质出版社,2000.69~73.
- [31] 杨志华,苏生瑞,李勇,等.中国大地构造几个重大问题的探讨[J].地学前缘,2001,8(2):395~406.

New advances in the geological study of the Qinling orogen

YANG Zhi-hua¹, GUO Jun-feng¹, SU Sheng-rui¹, LI Yong¹, SU Shun-qian¹,
ZHANG Chuan-lin², HEI Ai-zhi¹, LIANG Yun¹

(1. *Institute of Earth Sciences of Chang'an University, Open Research Laboratory of Mineralization and Dynamics, Ministry of Land and Resources, Xi'an 710054, Shaanxi, China;*

2. *Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Nanjing 210016, Jiangsu, China*)

Abstract During the Eighth and Ninth Five-Year Plan periods, major developments were made in geological studies of the Qinling-Bashan region: (1) creation of the new theory of choula (drawing) thrust sheet tectonics, which enriched and developed the diversity of the movement modes of the lithospheric plates or crustal blocks; (2) discoveries of N-S-trending uplift zones and sedimentary basins in the E-W-trending Qinling orogen, especially the discovery of the Taibai uplift zone and Baoji-Foping-Hannan uplift zone, which will bring about a radical change of our understanding of the tectonic framework of the Qinling Mountains and even east-central China; (3) recognition of two new types of orogen for the supracrustal layers, type-II and type-III, the former being E-W-trending orogens transformed from N-S-trending sedimentary basins and the latter being those formed by drawing-out and thrusting of deep tectonic sheets over Meso-Cenozoic continental sedimentary basins; (4) recognition of the existence of three types of sedimentary basins, three kinds of basin-range transformation, three development stages and three types (I, II and III) of orogen; (5) reassessment of the tectonic natures and ages of the Shangdan, Mi-anlue and Erlangping tectonic belts and first proposition of the new view that the development of the Qinling orogen was controlled by three tectonic systems and went through four evolution stages and that the intracontinental orogen formed by drawing-out tectonism was the most important development stage; (6) first presentation of overpass structure; (7) discovery of some pre-Sinian metamorphic crystalline series and reassessment of the ages of some strata, especially the discovery of the Mesoproterozoic strata in the Xicheng lead-zinc ore field in the West Qinling, in which the superlarge Changba deposit is hosted; (8) presentation of the new concept of para-turbiditic fluid; and (9) advancement of a new geodynamic hypothesis concerning the tectonic evolution of the Qinling orogen and the continent of China.

Key words fundamental geology; choula (drawing-out) tectonics; intracontinental orogeny; new geodynamic hypothesis; Qinling; China