

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

現代大地构造研究法及其在发展中 的若干問題

錢 祥 麟

一、前 言

大地构造学研究地壳的构造及其历史、构造形成过程及其发生的原因,而构造运动又是大地构造学中的基本問題。由于它是对运动現象及其性質进行綜合研究,就必须有它的特有的研究方法与步驟。因此,在現代大地构造学基本問題研究中的方法問題具有很重要的意义。

本文试图从現阶段大地构造学的研究法基本原理的探討上,提出方法原理上存在的問題。同时拟概括現代大地构造学在构造运动研究中的若干問題,在此基础上提出大地构造学在发展上的几个問題以供討論。

二、現代大地构造学基本問題

大地构造学是地质科学的一个部分,具有高度綜合性的特点,而其基本問題則是构造运动的生因、性質、作用及其規律性。

从当前大地构造学所从事的主要研究范围来看,現代大地构造学中的問題可归納为如下的几个方面:

(1)区域大地构造,研究各种类型构造体的空間分布及其規律性、发育史及所引起的构造运动的性質及方向。

(2)各类构造变动程序的規律性及在時間上的异同性。

(3)古生代以前地质构造发育規律及与古生代以来构造发育的关系。

(4)大陆与海洋、地槽与地台的构造发育史及其关联性。

(5)区域构造綫、深断裂及深断裂系統关系,及以力学研究地应力、地应力网与构造复合体系和地质力学构造模拟試驗。

(6)岩浆源及构造岩浆旋迴。

(7)新构造与大地測量及地震构造。

(8)地球和地壳的結構,超深鈔壳下物質探索及高压高温試驗。

(9)研究方法的研究及解释。

(10)成矿构造規律及成矿預測、矿田构造。

綜上所述諸方面中,有的是方向性理論問題的探討,有的是生产实践所需求的研究課題。

从 1859 年地槽理論的产生起,地槽学說就成为系統認識地壳构造发育的重要钥匙。

在這百餘年中，對地殼構造發育史有了進一步深入的了解；在研究大地構造的方法上及認識上有了許多新旧更替，而向前得到很大的發展。由於近二、三十年来地球物理学、地球化学的飞跃发展，构造力学模拟試驗的开始及特种高压高温試驗等更是开辟了对大地构造規律、大地构造运动的成因探討，使其成为可能而走上了新的途径。建立在相、建造、厚度研究基础上的历史构造法，結合地球物理学、地球化学法、實驗室法及技术的新成就，大大改变了大地构造学旧有的理論、旧有的方法，由此而建立起的區別于旧的大地构造学，我們可以称它为現代大地构造学。

現代大地构造学在近十余年来发展中，特別在方向性理論問題的研究上，很清楚地表示出当前大地构造学的中心問題和下列的几个研究方向：

(1) 构造运动原因。

(2) 构造运动性質。

(3) 构造运动的发展趋向。

(4) 實驗室模拟地球内部的物理化学条件，构造力学的室內模拟試驗与野外观察及超深鑽探。

它們的解答将直接或間接地促进前面所概括的十个方面的主要研究任务的完成。因此，在这关键性的并具极大现实意义的方向性理論問題上，正是我們亟需大力进行探討和研究的。

三、相建造厚度法的原理和問題

历史构造法在大地构造学研究中的确立和应用，在对地殼构造变动的历史与規律的認識上取得了巨大的成績。

历史构造法的基础随霍尔 (J. Hall)、丹納 (J. Dana) 的地槽学說而提出，奥格 (E. Haug) 第一次以此为基础进行了地質資料的整理工作。由于卡尔宾斯基 (А. П. Карпинский) 提出对地台发育規律的認識，使大地构造学形成地槽-地台的历史构造发育理論的科学。而后，施蒂勒 (H. Stille)、苏赫特 (Ch. Schuchert)、霍姆斯 (A. Holmes)、阿尔汉格爾斯基 (А. Д. Архангельский)、琼斯 (O. T. Jones) 等对地中海区、北美区、非洲、东欧俄罗斯地台区及格罗平地槽区做了許多有价值的地質构造分析与总结。但历史构造法成为系統的研究大地构造的法則，还是在苏联的大地构造研究工作的成果中得到了发展，建立了現代大地构造学理論和方法的巩固基础。

相建造厚度法的有机結合和应用，使大地构造发育史得到了在空間和時間上的确定。相是由沉积物反映形成时期的自然地理条件的綜合。可以理解为在一定地質时期內的橫的方向布局与特征。建造是一定构造阶段內的一定构造环境中有成因关系的及地球化学性質相似的一組岩石系列。在这方面有許多成就与貢獻的如苏赫特、克隆宾 (W. C. Krumbein)、莫尔 (R. C. Moore)、柯宁 (Ph. H. Kuenen)、別尔西 (A. Bersier)、瓦索耶維奇 (Н. Б. Вассоевич)、納利夫金 (Д. В. Наливкин)、別洛烏索夫 (В. В. Белоусов)、沙茨基 (Н. С. Шатский)、斯特拉霍夫 (Н. М. Страхов) 等。厚度法由早期單純的为研究計算矿产儲量的目的轉而用于大地构造学研究构造运动的首先要推沙茨基 (1924) 对頓涅茨盆地的研究，而稍晚別洛烏索夫把厚度法經仔細研究而成为构造运动研究的主要

方法并很快得到了广泛运用,使构造运动变化的幅度及位移得到了具体的定量分析。

因此,在现代大地构造学的研究中,结合自然科学及技术科学的新成就,使它有可能对旧有的理论和方法作了总的检讨。它考核了收缩说、均衡说和大陆漂移说,批判了建立在不整合接触关系统计上的褶皱幕的大地构造学说。由于进一步确定了大地构造旋回中的阶段性,从而确定了地槽与地台区发育在空间和时间上的有机联系,进而批判了地槽-地台关系中的奥格原则,并总结出地壳构造在历史阶段中的发展方向。由于地槽-地台概念的进一步修正,有可能认识到地槽-地台区的构造类型,也就有可能由此得来的构造运动类型。由构造类型及建造分类关系的联系,提出了深断裂第一性的构造理论。沉积韵律与旋回及沉积厚度的垂向变化更是有力地证明了地壳波动的表现。再从建造及厚度关系中提出了构造发育中的继承性及新生性发育的学说,并确定构造单元长期性发育的规律。在系统整理构造发育史的基础上有力地修正了阿尔卑斯型构造发育的普遍规律及逆掩构造的形成理论。由相-建造分析与岩浆活动关系的研究中充实了岩浆旋回仅以侵入岩为基础的总结。在近年来,在丰富的地质构造资料的基础上提出了次生大洋型地壳构造在地质早期发育史中发生的规律及其可能性等许多重大的基本理论概念,也得到很大的发展。

由此可知,相建造厚度法在历史构造法研究大地构造规律上取得了巨大的成绩,因而奠定现代大地构造学基础的苏联大地构造学派成为现代大地构造学科中先进的学派。但如所周知,当前大地构造学还处在发展阶段,许多问题的定量分析、成因探讨、实验计算等方面尚有待进一步研究,与最终地解决大地构造运动问题尚有很大距离。并且,相建造厚度法的基本原理在解决构造运动问题上是否也还存在有一定的必要的修正方面,很值得我们进一步商榷。

在这里我们试图就相建造厚度法对在解决构造运动问题中所存在问题的一方面进行讨论。

首先,组成沉积相、沉积建造的物质是一定的物质颗粒。相虽可理解为某一地史时期中控制水平方向的物质分异分布的自然地理景观,但它是限制在一定的时期内,所以代表它的是具有沉积物堆积的特点,也就是具有厚度。建造在沉积方面表现为属一系列具成因联系且具构造演变中有性质类同的相组,也是具有厚度的。相和建造及其附生的各种共生现象与特征,都一起综合地反映形成时期的各种各样变化繁复的演变总和。而演变总和的综合的反映过程,却基本上都是沉积物在一定介质中自由地按重力方向进行沉积。这样,很易理解到由各种不同构造运动引起的变化,虽通过相建造可以概括地指出构造运动的水平与垂直的动向,但更重要的是构造运动强度及幅度,即隆起与拗陷、侵蚀与堆积的速度只有通过厚度法则予以表达。由此可知,重力方向以外的运动方向就无法得到充分的反映。特别是在较小的隆起与拗陷构造单元内,由于补偿问题,埋藏地形及构造地貌等因素,更是影响了厚度法的精度。因此,以相建造厚度法研究大地构造运动的主要结论,也就必然是导致垂直运动是主要的基本的构造运动。进一步可知,在此方法基础上建立起来的构造运动理论对垂直运动方向以外的其他运动方向的证据及其认识基础的否认也就很易理解。

在现代构造与新构造现象分析中观察到构造运动除铅垂方向以外,还有其他各种方

向,例子很多,如美國加州聖安得列斯走向平移大斷裂、來因地塹區、環太平洋西帶的傾斜的深震斷裂帶等均有其特有的移動規律。我們可以推知地史上構造運動方向不會僅僅是概括簡化的垂直與水平的兩個方向,而會有更多的方向。當然這裡主次還必須分清,很可能垂直與水平是兩個主要的運動方向。由此可見,相建造厚度法對構造運動方向的研究上,還是有其不夠全面的缺陷。

其次,相建造厚度法對大地構造研究的範圍,一般是对地質史較後期的沉積岩或淺變質岩區易于進行,在此方法基礎上建立起來的元古代後期以來的構造發育歷史具有一定意義。但我們知道地球約有五十億年左右的歷史,前寒武紀深變質岩區的大地構造發育史占有這全部歷史過程的絕大部分。由於深變質岩區不能或幾乎完全不能使用相建造厚度法來研究。因此,地球地質歷史的大部分還是幾乎空白。我們在這裡暫時不談深變質岩區中研究方法的不成熟性,但顯然深變質岩區的研究法與相-建造厚度法完全不同,則地史上兩段歷史用兩種不同方法進行研究所得結果的聯繫性就是一個重要的問題。由於這問題未能得到解決,以致泛地槽、泛地台的見解,或相對穩定與活動區的發展關係的認識,儘管對老地台基底構造發育有許多了解的情況下,前古生代大地構造史仍然是一個重大的爭論和意見分歧的問題。進而對地槽區發生、發育位置與老地台的關係,大西洋型構造的發育在地質歷史中的地位,還是一個待決的問題。

第三,構造運動起伏與岩漿活動發育的關係,在相建造厚度法中不能直接得到解答,因為它們間的有機聯繫性,並未完全得到建立。

第四,相建造厚度法在研究大地構造運動的表征上有一定成效,但構造運動生因與深部作用的或宇宙天體的直接關係還是無法獲得,因而廣泛使用的現代新的探測深部及研究發育史中的定量分析也就無法進行。構造運動類型,連續的與非連續的構造變動的主次劃分就發生一定的困難。這樣就導致構造運動類型劃分及構造級次劃分對比都有必要作進一步研究與重新考慮。

在解決構造運動的問題上,任何一個大地構造研究法都應對地球各部物質存在狀態、分布特點與運動規律作出相應的結論。現階段能直接觀察研究到的還只是地殼的表部,而地球表里部分的規律統一性是無可置疑的。但表層的特徵又因壓力、溫度及運動的限制性等而與深部又有很大區別。現有資料幾乎使研究工作者完全相信,深部物質的物理化學作用、存在狀態與運動規律的了解是必要的。同時,地球本身的天體運動規律也是一個重要方面。由於地槽-地台的運動聯繫性及其規律性中地台運動規律的落后性表明在橫向上千公里範圍內的運動是由一共同的作用所控制。由此可知,大地構造學的历史構造法還必須在大地物理、天體物理、實驗方法、構造模擬及超深鉆等方面研究的基礎上進一步建立系統的研究方法,逐步解決構造運動的原因、作用及規律問題。

四、大地構造運動問題及其研究法

由於大地構造運動的成因及類型尚未確立,因此構造運動類型的劃分是一個爭論的問題。現在就幾個重要的構造運動分類分述並比較于下:

這裡,應當提到沙茨基和裴偉,他們認為行星性斷裂是具有等級最高的第一性運動的作用。

別 洛 烏 索 夫	哈 茵	
振 盪 运 动	振 盪 运 动	
	連 續 式	波 浪 运 动
断 裂 运 动	断 裂 式	
	断 裂 式	褶 皺 运 动
褶 皺 运 动	連 續 式	
岩 漿 活 动	岩 漿 活 动	

而布勃諾夫 (Von Bubnoff, 1954) 的分类为: 构造运动 (Tectogenesis) (可相当于常用的造山作用)、造陆运动及波变运动 (Diktyogenesis)。由此可知, 这一分类在很大程度上繼承了吉尔勃脫 (G. K. Gilbert, 1890) 及施蒂勒 (1918) 的意見, 他把运动及所造成的形态构造几乎合在一起。

桑德 (R. A. Sonder, 1956) 提出的分类为: 1) 造山运动、2) 造陆运动、3) 平移剪切断裂运动 (Regmagensis)、4) 地裂运动、5) 壳移运动 (Phorogenesis) 及 6) 岩浆活动。它在很大程度上与上述的分类的差別特点在于把許多水平作用列入第一性了。

毕令斯 (M. P. Billings, 1960) 也提出了新的分类, 他把构造运动划分为: 1) 构造运动 (与布勃諾夫的意見相同)、2) 造陆运动、3) 地裂运动、4) 平移剪切断裂运动及 5) 壳移运动。

从这些构造运动分类中可以見到一个趋势, 即地壳表部的构造变动已經不能認為是构造运动的基本代表类型。构造成因作用的深成性使大多数构造研究学者都認定褶皱构造是表层构造而并非代表构造运动的基本类型, 但它們之間是有紧密的生因关系。因而別緬林 (Van Bemmelen, 1949, 1960), 別洛烏索夫 (1951, 1960) 等都作了构造发育与深部作用, 特别是与分异作用联系的許多研究工作。

由对构造运动了解的逐步深入, 开始認識到同一构造現象可具不同成因性, 这就大大開闊了以构造类型、构造形态及布局为主来論証构造运动的討論。

从历史构造法研究大地构造发育史得出这样一个結論, 即地壳所具的不可逆发展方向下的稳定性增加, 并漸次扩大, 且在发育史中大的构造单元沒有或极少有水平构造位移的迹象。但我們不能也确实不应忽視事实上有大規模以水平位移为主的构造单元的存在。如前已提到的北美圣安得連斯断裂自侏罗紀至今的水平位移总量就在 580 公里以上, 自白堊紀至今有 200 公里以上, 自全新世至今也有 16 公里左右, 若用更新的資料, 于 1906 年 4 月的一次地震在几秒鐘之內在延長 435 公里的該断裂綫上其水平位移一般达 4 米, 最大的达 6 米 (N. L. Taliaffero, 1943)。其他如苏格兰的大谷 (Great Glen) 水平位移断裂, 其位移在 100 公里以上 (W. Q. Kennedy, 1946); 新西兰的阿尔卑斯断裂 (H. W. Wellman, 1956; J. T. Kingma, 1959) 自侏罗紀以来水平位移总量至少在約 480 公里以上; 在加勒比海上古巴与海地間; 来因魯尔間等地均有这类构造的发育。在苏联费尔干北側的塔拉斯费尔干深断裂即有 200 公里以上的水平移动等。此外, 大規模的逆掩断裂构造的存在也是水平动向的一些有力証据, 茲不一一列举。

由上所述, 水平位移构造的两翼所具的相对位移的規模是相当巨大的, 它常常是挤压

帶的構造。那末，構造運動除重力方向以外，地殼水平移動是否也有可能？這問題在批判魏氏大陸漂移說之後，幾乎已經消沉下去。但近十餘年來，蘇聯、英國、日本、美國等學者對古地磁的研究（A. G. McNish, 1941；永田武，1953；S. K. Runcorn, 1956；A. H. Храмов, 1958；П. Н. Кропоткин, 1960, 1961 等）提出了新的研究方法和結論。利用岩石中生成時期所具的剩餘磁性指出，在現在各大洲的地質史中由古地磁要素證明的古代地磁極移動軌迹的不能重合性，提出了新的地殼移動的見解。但從古地磁研究法本身分析，它受許多因素影響因而其結論有待進一步討論。在大地物理學中對地球歷史時期內地磁場永遠具有顯著的兩極性問題尚未定論；岩石中剩餘磁方向的穩定性；岩石受壓縮、變質、構造變動作用的影響；採集定向標本的精度；測定剩餘磁性要素的精度及確定磁極位置的精度等；此外，地磁極周期性變化及古代區域地磁異常等均有待深入研究。由於各種誤差使古地磁法研究構造變動範圍小於 2000 公里以內的就發生很大困難。因而看來頗具前途的古地磁法在現階段所得的一些構造變動——大陸地殼的移動的結論有時與一些從地質資料所得的結論不相符合。如地質資料無可爭辯地證明第三紀時期濱喜山邊緣拗陷位於喜山地槽區與印度台塊之間，但古地磁資料卻證明了濱喜山拗陷當時與喜山地槽相距很遠。又如古地磁資料證明日本自早白堊世起向東移動了約 6000—7000 公里，即日本于早白堊世時位於現在的帕米爾；根據中國甘肅省等地資料，由古地磁法得出結論，即古生代時岡瓦納尚為一統一的古陸，中國却並非為亞洲的一個部分，而是位於太平洋中部，這就構成地質史上中國和日本在地殼遷移說中的巨大矛盾性。就區域地質而論，上述所出現的矛盾，可能正是指明了古地磁法尚須進一步改善。

大陸與大洋地殼構造的基本區別，在新的大陸游移活動論中一般認為大洋區很明顯具有極薄的硅鋁殼正是大陸游移的一個重要依據。但若大規模的殼移運動使大陸漂移成為可能的話，則由放射性元素主要集中於地殼的基礎上可以認為，從計算得知大陸區的热流應較大洋區大一倍半左右，但事實上並非如此。又現在測得格陵蘭、北美與歐洲間分離的年平均位移量均屬測量誤差範圍以內的數值。進一步，地史上地球體積是否有變化而趨於擴大也是一個懸而未決的問題（容後分析）。因而新的大陸游移活動論是現代的一個爭論問題。

由現代深震源的深度達 700 余公里的現象可以推知，地球上部的構造應力的積聚至少可深達此度，它較之地殼的厚度大十倍至數十倍。從地震帶的震源空間分布特征可知，在環太平洋西帶常為帶狀，而阿爾卑斯帶內常為漏斗狀。因此，大規模殼移運動的可能性問題是必須慎重討論的。這樣也就得把地球外層的構造變動認為集中在一個可以自由移動的薄殼範圍內的認識有必要重新考慮。因若後者認識屬實，則必然會出現大規模的重力異常區，或自由移動的薄殼因變動隆起或下陷而致莫霍洛維奇界面也隨之升降，但事實並無此種規律。與此正相反，大面積內的重力及磁性基本特征證明了地殼構造的均一性。但也必須指出，沒有山根的山区的發現，如哥羅拉多高原、內華達山区、烏拉爾等地，表明地殼構造所處狀態比簡單的均衡要複雜得多。

用彈性波對地殼以地殼測深剖面法（ГСЗ）在大地構造研究中的廣泛應用，提供了大量新的資料。在蘇聯、美國等已使這種方法成為主要的地殼構造研究的手段（J. Ewing, M. Ewing, 1959；B. Gutenberg, 1951；Г. А. Гамбургев, 1954；Н. П. Сысоев и др.,

1960; 等), 提供了目前技术无法进行直接观察的資料, 对大西洋、北美洲、南极区、島弧带、中亚区、里海等地进行研究, 发现大洋型地壳不仅在大洋区存在, 而地中海、黑海、紅海等均为大洋型地壳, 甚至里海南部地壳亦极薄。而环太平洋西带及西印度羣島上的深海槽带不仅地壳极薄而且負重力异常显著, 是为一明显的地裂带。因而研究行星性断裂系的裴伟(1961)、赫澄 (B. C. Heezen, 1960) 等认为地球是处在应力分布不均而这些地带是处在张应力状态下。这就大大修改了維宁緬尼茲 (F. A. Vening Meinesz, 1955) 所提出的深海槽是挤压带构造, 是处在压应力状态下的結論。这可能是因为維宁緬尼茲对維宁緬尼茲重力异常带的負重力异常誤解为地壳受压向下挤压造成巨大的硅鋁根而形成的。而由古地磁資料, 地壳构造与大陆坡特征及张应力带的存在等的認識正好凑合成了地球处于膨胀状态的說法 (И. В. Кириллов, 1949, 1961; L. Egyed, 1957; J. T. Wilson, 1959)。据計算, 現在的地球体积比古生代时約大两倍。虽然这种膨胀說排除了新活动論中的大規模壳移的証据不足的缺陷, 但毕竟还是遇到許多困难而有待进一步分析。此外, 現在已有許多学者都提出地壳各部张压应力分布不一, 而在地質史中也是相互交替作用 (W. H. Bucher, 1933; В. А. Обручев, 1940; М. А. Усов, 1940; А. В. Пейве, 1961; П. Н. Кропоткин, 1960; 等), 因而同一地区在不同时期內有不同应力場所造成的各种次序的构造产生, 复合交叉。

必須指出, 地壳內应力場分析必須进行直接研究, 霍勃斯 (W. H. Hobbs 1944)、洪达 (H. Honda, 1957)、維金斯卡婭 (А. В. Введенская, 1956)、巴拉金娜 (Л. М. Балакина, 1959) 等根据环太平洋西带地震所产生的应力分析結果, 认为島弧带是处在压应力状态下。张文佑 (1961) 对断裂构造 X 形系統的应力分析, 基本上也发现压应力正好垂直于环太平洋带构造伸延方向。由此可見, 这些原則性的定性、定量研究工作是急待进一步发展。

构造运动可能一方面是由地球內部的物質存在状态及运动方式所决定, 而另一方面也可能受制于地球——作为天体一員的地球形成及发育过程中有关的一些因素与作用, 这如可以包括地球自轉的变速、固体潮汐、脉动等在內。至于地球內部物質存在状态方面, 其基本特征是可以从清晰的界面得到反映。元素或化合物的特殊高压及高温条件的实验室試驗, 以求了解地球內部元素的压縮性及其平衡, 原子的外层电子受压破坏的平衡及其物性。由打击法或冲击波法产生高压及高温的实验均得出許多結論。但这些实验对地球內部的模拟及理論分析还很不够。經試驗的金属及硅酸盐在 300 万大气压下証明 (Л. В. Альтшулер, С. Б. Кормер, 1961; L. Knopoff, G. I. F. Macdonald 1959; А. Ф. Капустинский, 1956, 1958; I. W. Walsh 1957; W. H. Ramsey, 1948; В. Н. Лодочников, 1939; 等) 地球內部为固体, 且具固体相变。目前壳下物質的研究已在大力开展, 在国际地球物理与大地測量学会內就有过渡圈上部物質的专题研究小組, 并由該学会会长大地构造学家別洛烏索夫兼任組长以领导該項专题研究。美国原定於 1960 年在加勒比海或加里福尼亚海岸开钻的莫霍計劃以研究地壳下界性質及壳下物質。在 1961 年中已在瓜达卢帕島 (I. Guadalupe) 以西 (加里福尼亚半島之西, 属墨西哥) 西經 $117^{\circ}30'$, 北緯 $28^{\circ}59'$ 試钻, 但因技术关系未曾达到預期目的。它在 3700 米水深之下穿过約 150 米的疏松沉积层后进行了約 180 米的基岩钻探而被迫停止, 所获岩芯为輝石玄武岩或更近于輝綠岩与沉

积岩互层,据鉀-氩法对玄武岩的絕對年齡測定为 212 ± 10 百万年,即相当于三迭紀产物。苏联在这方面也正开展超深鉆探計劃方案的討論,以求研究地壳各部构造单元的鉛垂方向的結構。1961 年 8 月 25 日苏联地質保矿部召开一次扩大會議上决定五个超深鉆探工作,其任务是在沉积岩层厚度最大地区內、在最古老的即 35 亿年的卡累利阿花崗岩体上、在金属矿区內、玄武岩层出露最高即康拉德面突起最高处及莫霍洛維奇面出露最高处进行深度在 15—18 公里范围以內的超深鉆探,并进行井下綜合研究。这些直接进行觀測的研究都将促进对地壳及壳下物質的研究,从而建立地壳及过渡圈上部的物質成分与結構的正确概念。實驗室方法在各种温度、压力下对岩石作系統的震波传递分析,也是具体对地壳組成物質研究的主要方法。它在很大程度上帮助澄清大洋地壳的岩性解释的正确性(Г. Д. Афанасьев, 1960, 1961)。

每一个大地构造假說都必須解决对构造发育旋迴及各类构造单元的岩浆活动与岩浆发育旋迴的联系性。构造-岩浆旋迴对矿产成因、矿产預測的研究有巨大意义,而对进一步討論地壳发育、硅鋁壳的形成及演化規律具很大作用。岩浆起因及岩浆源是当前的一个重要爭論問題。在地質学家及地球物理学家中,意見更多的认为岩浆源是地壳內的热能积聚及断裂形成所致(П. Н. Кропоткин 1953; Van Bemmelen 1960; А. В. Пейве, 1961; 等),而其成分及起因則更深地推导到过渡圈內的物理化学分异作用影响硅鋁圈及深震所及范围內的地球外层的形成所致(J. T. Wilson, 1959; А. П. Виноградов, 1959; В. В. Белоусов 1960; Е. Н. Люстих, 1961)。但在如天山这样的地区,在地質新时期內以断块形式強烈活动而沒有或少有岩浆活动,这就促使我們推測到天山区地壳的厚度較一般为厚的形成原因是硅鋁壳形成及加厚的可能性(М. В. Гзовский, 1961)。但对不同成分的岩浆的生因及分异深度各家持有很不相同的意見。必須提到地球过渡圈內的物理化学作用在这方面又常是构造运动假說的起点。新的活动論认为过渡圈內对流作用是水平运动的起源,与此相反,有人认为垂直分异作用是“密度反常”的重要依据[甚至包括鮑特(М. Н. Р. Bott)研究的阿尔卑斯山东段的大陆壳內的“密度反常”現象在內]。由此可見,地壳及壳下物質的研究是現代大地构造学中的一个极为重要的問題,极需大力发展。

近三十余年来在我国李四光教授的創导下建立起了地質力学的新学科,使大地构造学的研究增辟了一个新的途径。輒近国外一些学者也都在这方面进行研究。我国地質力学的研究不仅对各类构造进行力学分析,更重要的是研究同一应力場的复合构造,大小比例尺性質类同。而外国学者們在构造物理学方面以研究小构造及各类构造的物理力学为主。这一研究工作对討論构造变动的成因、力学性質等問題具有极大意义,对矿区及矿田构造、工程地質等方面有着巨大的现实价值。但在地質力学研究中所采用的构造模拟試驗的模比理論及解释是有待进一步完善的。前已提到,构造作用的深成性問題与地球表层应力場的关系,地史上地球自轉軸的变位規律与构造体系方位稳定之間的矛盾,从地質力学观点来看,很須予以解决。同时,由构造发育的多成因性及复合成因性中得知,具体的构造单元或构造体系的研究必須与区域构造发育史研究工作相結合。地質力学是构造地質分析的方法之一,从李四光、张文佑、孙殿卿等的研究中可清楚地看到地質力学与历史构造法研究相結合的范例。精确的力学分析法与其他的构造地質分析方法相輔互用,

共同发展,殊途同归,肯定会得出更好的成績。

最后,必須談到大地构造发育規律中的阶段性問題。上面所述的各种方法,其最終目的归根結底是要解决整个地壳在漫长的地質历史各时代中的大地构造发育特征及其总的发展趋向。根据現有資料,我們知道在这方面的認識基础基本上是建立在研究較為清楚的現代大陆地区的元古代后期或更早时期以来的发育史上,它的面积約占整个地球表面的四分之一。这就是大家所熟知的地槽-地台的发育規律。但在这里有两个重要問題,我們認為必須作进一步探討:第一,地槽位置及地槽-地台发育的相互关系;第二,大洋形成时代及其与历史构造的关系。这两問題在很多方面又是相互紧密联系,因此必須結合討論。

大陆区后寒武紀的构造发育史表明,在穩定地区的一些区域内出現活动性比較強烈的地段,这些地区按其性質有認為屬地台范畴內的,有認為是新阶段內的新类型而以后地台期或活化名之。有把这类現象只限制在地史晚期新第三紀末期以后,也有把它推到古生代。由于对这一現象的性質了解不够,因而在認識它的規律性及識別标志方面各家有不同的看法。認識它的性質及規律性在理論上及在生产实践上均有很大意义,所以对它必須加以具体分析。如华夏式类型(陈国达,1960)。我們从其所指出的构造所表現的活化时代及方向可知与环太平洋西带的中生代蒙古-鄂霍次克地槽系发育特征基本相似。該系在启莫里时期的活动正与我国东部中生代后期的強烈活动相应,且构造綫方向大体一致。因此,华夏式类型在實質上可看作为环太平洋地槽带发育对地台影响的結果。頓涅茨式可能是屬地台直接与地槽相邻的由断裂控制的地台边缘构造。东非式构造至目前,一般均認為屬行星性的张应力作用下的断裂构造。較為特殊的是中亚式构造,因它的強烈絕對上升的原因尚未完全清楚,可能是如前述硅鋁壳形成及加厚的过程,是一个有待解决的問題。这里可以看到在成因上有明显差异的活化类型,很自然在成矿規律上是有显著差別,因而利用它在实际的指导找矿实践方面很值得再深入分析与进一步商榷。进而言之,这种活化类型是否属于所有地台在不可逆发展方向上的必經阶段是更值得深入探討的。

的确,在广义上了解地壳构造发育史中的活化是有很意义的,目前并已具有大量实际材料的依据。別洛烏索夫(1960)对活化的概念看来似乎并不限制于地壳构造发育不可逆的后地台阶段的規律。在这概念中他广泛地概括了中亚、薩彥山区、东非等地区而外,并把太平洋、紅海等属最新下沉而具大洋型地壳的地区全部包括在內。这些海洋区的活化是通过玄武岩化而导致“密度反常”而形成海洋的。如前所述,这种假說因壳下物質的物理化学作用及力学机制尚未完全了解而有待进一步研究。可是从一些褶皱带与地台間的关系判断,褶皱带与地台基底的构造布局有很大差异,如格罗平区加里东褶皱带与波罗的地盾基底間;太梅尔(Таймыр)及斯塔納山(Хр. Становый)加里东褶皱带与西伯利亚地台基底間的关系即是。謝音曼(Ю. М. Шейманн, 1961)認為这种不一致的关系可远溯到古生代以前。大西洋区构造即是一个类似的实例。因此,謝音曼提出了大西洋型构造在地質史中是完全有可能重复出現,而地槽可在大西洋型地壳上再度形成。进一步言,用地台崩裂与地槽的重新出現和不同大地阶段內地槽形成的实例來探討地壳构造发育趋向的不可逆性是很有意义的。目前在地球物理資料的基础上所获得的分析結果,也有

認為地殼構造的大單元——大陸與海洋具有互相轉換的可能性 (Р. М. Деменицкая, 1958)。我們認為這種地殼構造的發展趨向, 只有通過精確的比較歷史構造法才能摸清它的實況。

五、結 語

現代大地構造學的研究在世界範圍內蓬勃發展, 特別是近三十年来歷史構造法的具体發展道路, 由單純的定性分析逐漸過渡到定量研究, 由形態描述逐步過渡到成因分類, 為地質科學中的根本問題——構造運動問題作出應有的解答。

為進一步滿足國家計劃經濟發展的需要, 對現代大地構造學中的基本理論問題必須大力研究。通過大地構造學家與其他自然科學家進行最廣泛的協作, 從綜合研究中逐步解決問題。就目前的認識可以估計到當前應特別加強的研究重點可有如下的幾個方面:

第一, 大力開展並廣泛推進地球物理法, 特別是地震、重力、磁性諸法對地殼的物理性質和構造進行綜合分析研究, 準確地確定地殼各部位的物性及其差異特征。開展古地磁研究, 解決古地磁法中存在的問題並提高古地磁解決構造問題的精度。在研究地殼構造方面應廣泛採用地震法進行地殼測深, 在廣大地區內包括大陸與大洋區進行系統研究。

第二, 殼下物質的研究工作必須努力開展, 對產生特殊高壓的各類裝置下, 模擬地球內部的物理條件, 對各種元素及化合物進行物化研究, 以便了解變質作用, 以及探索殼下物質的存在狀態及運動規律, 明確地史過程中元素的地球化學歷史及對構造運動發生的作用及規律的關係。同時採用超深鉆探技術, 進行直接觀測與綜合研究, 其鉆探地點在第一階段至少應包括地台及褶皺帶的各類主要單元。

第三, 從事現代構造運動的研究, 首先在現代及新構造運動強烈出現地區內進行, 精確研究現代構造變動的構造特征規律, 同時開展區域大地構造研究, 把匯集起來的構造地質資料與地球地殼的物性及其構造特征結合進行綜合分析, 尋找構造變動表征與地殼物理力學狀態間的關係來探討構造運動的生因及作用問題。

第四, 全面開展構造地質測量, 充實提高歷史構造法的內容及精度。充分研究相建造厚度法在時間上和空間上的變化規律與各類構造形成間的關係, 使歷史構造法能具體地作出構造變動的定量分析, 確定變動的空間方位, 進而確定與構造運動生因及作用的相互聯繫性, 並明確歷史構造法要素。

第五, 開展地質力學研究, 加強構造力學模擬試驗及野外觀察相結合的研究, 深入研究模擬理論, 以求解決構造發育史中的應力場性質的確定及其各類構造的應力性質, 進而解決各期構造發育史中的複合現象問題。

最後, 必須強調指出, 漫長的地史時期內大地構造運動的發展趨向是一個重要問題。它將通過上述的方法對各大陸、各大洋、各個構造單元進行研究, 研究它們的地質構造歷史及其相互依存關係, 解決地質史中構造運動的性質和作用, 從而最終地探明構造運動的規律性。

参 考 文 献

- [1] 李四光: 旋捲构造及其他有关中国西北大地构造体系复合問題, 科学出版社, 1955.
- [2] 黄汲清: 中国地质构造的基本特征的初步总结. 地质学报, 第 40 卷, 第 1 期, 1960.
- [3] 陈国达: 地台活化說及其找矿意义. 地质出版社, 1960.
- [4] 馬杏垣等: 中国大地构造的几个基本問題. 地质学报, 第 41 卷, 第 1 期, 1961.
- [5] Альтшулер Л. В. и др. Динамическая сжимаемость металлов при давлениях от 400 тыс. до 4 млн. атмосфер. ЖЭТФ 34 1958.
- [6] Афанасьев Г. Д. О петрографической интерпретации геофизических данных о строении земной коры. ИАН СССР сер. геол. № 7 1960.
- [7] Афанасьев Г. Д. Строение земной коры и некоторые проблемы петрографии. ИАН СССР сер. геол. № 3 1961.
- [8] Балакина Л. М. О распределении напряжений, действующих в очагах землетрясений северо-западной части Тихого океана. ИАН СССР сер. геофиз. № 11 1959.
- [9] Беммелен Р. Ван. Системы течений в силикатной оболочке. Сб. вопросы современной зарубежной тектоники. ИЛ 1960.
- [10] Белоусов В. В. Основные вопросы геотектоники. Госгеолтехиздат Москва, 1954.
- [11] Белоусов В. В. Развитие земного шара и тектогенез. Сов. геол. № 7 1960.
- [12] Гзовский М. В. Моделирование тектонических процессов. Тр. первого всесоюзного тектонофизического совещания. Пробл. тектонофизики. 1960.
- [13] Гзовский М. В. Новейшая тектоника и геофизика Тянь-Шаня. В сб. Неотектоника СССР Изд-во АН Лат. ССР Рига 1961.
- [14] Деменецкая Р. М. Зависимость толщины земной коры от возраста складчатости. Сов. геол. № 6 1958.
- [15] Капустинский А. Ф. О внутреннем строении земного шара. Бюлл. МОИП, № 4 1958.
- [16] Кропоткин П. Н. Современные геофизические данные о строении Земли и проблема происхождения базальтовой и гранитной магмы. ИАН СССР сер. геол. № 1 1953.
- [17] Кропоткин П. Н. Палеомагнетизм, палеоклиматы и проблема крупных горизонтальных движений земной коры. Сов. геол. № 5 1961.
- [18] Люстих Е. Н. Гипотеза дифференциации земной оболочки и геотектонические обобщения. Сов. геол. № 6 1961.
- [19] Магницкий В. А. О соотношении земной коры с веществом оболочки Земли по геофизическим данным. Докл. сов. геологов на межд. геол. конгр. 21 сес. 1960.
- [20] Николаев В. А. О некоторых чертах строения и развития подвижных зон земной коры. ИАН СССР сер. геол. № 2 1953.
- [21] Николаев Н. И. Некоторые вопросы учения о геосинклиналях. Сов. геол. Сб. 41 1954.
- [22] Пейве А. В. О "закоме" инверсии в геологии Кавказа. Сов. геол. Сб. 4 1941.
- [23] Пейве А. В. Главнейшие типы глубинных разломов. Статьи 1, 2, ИАН СССР сер. геол. № 1, 3, 1956.
- [24] Резанов И. А. О дрейфе континентов (по палеомагнитным данным). Сов. геол. № 4 1961.
- [25] Страхов Н. М. Историко-геологические типы осадконакопления. ИАН СССР сер. геол. № 2 1946.
- [26] Сысоев Н. П. и др. Результаты сейсмо-акустических исследований строения земной коры в морях и океанах. Докл. сов. геологов на межд. геол. конгр. 21 сес. Пробл. Морская геология. 1960.
- [27] Ханн В. Е. Анализ формаций как метод палеотектонических исследований Бюлл. МОИП отд. геол. № 2 1959.
- [28] Шейнманн Ю. М. Древнейшие структуры платформы и их значение для общей тектоники. Сов. геол. № 3 1959.
- [29] Шейнманн Ю. М. Значение океанов атлантического типа для развития структур Земли. Бюлл. МОИП отд. геол. № 2 1961.
- [30] Шатский Н. С. О структурных связях платформы со складчатыми геосинклинальными областями. ИАН СССР сер. геол. № 5 1947.
- [31] Шатский Н. С. О глубоких дислокациях, охватывающих и платформы и складчатые области (Поволжье и Кавказ). ИАН СССР сер. геол. № 5 1948.

- [32] Bemmelen, R. W. van Geology of Indonesia. Hague 1949.
- [33] Billings, M. P. Diastrophism and Mountain Building. Bull. Geol. Soc. Amer. Vol. 71 No. 4 1960.
- [34] Bucher W. H. The Deformation of the Earth's Crust. Princeton, University Press. 1933.
- [35] Chang Wen-yu and Nairn A. E., M. Some Palaeomagnetic Investigations on Chinese Rocks. Sci. Rec. 3 No. I 1959.
- [36] Chang Wen-yu On the Mechanism of Block-Faulting of the Chinese Craton. Scientia Sinica. Vol. X No. 3 1961.
- [37] Egyed L. Continental Drift, Polar Wandering and the Internal Constitution of the Earth. Acta Biol. Hung. 1957.
- [38] Ewing J. and Ewing M. Seismic-Refraction Measurements in the Atlantic Ocean Basin, in the Mediterranean Sea, on the Mid-Atlantic Ridge and in the Norwegian Sea. Bull. Geol. Soc. Amer. Vol. 70 No. 3 1959.
- [39] Gutenberg B. Crustal Layers of the Continents and Oceans. Bull. Geol. Soc. Amer. Vol. 62 May 1951.
- [40] Hughes D. S. McQueen R. C. Density of Basic Rocks of Very High Pressures. Trans. Amer. Geophys. Union 39 1959.
- [41] Lee J. S. Geology of China. Thomas Murby. London 1939.
- [42] Ramsey W. H. On the Constitution of the Terrestrial Planets. Month. Not. Roy. Astro. Soc. 108 1948.
- [43] Schuchert Ch. Sites and Natures of North American Geosynclines. Bull. Geol. Soc. Amer. Vol. 34 pp. 151—229 1923.
- [44] Shor G. G., Raitt R. W. Pacific Ridges and Rises. Oceanogr. Congr. 1959.
- [45] Sonder R. A. Mechanik der Erde. Stuttgart. 1956.
- [46] Vening Meinesz F. A. Plastic Buckling of the Earth's Crust. The Origin of Geosynclines. Geol. Soc. Amer. Spec. paper 62 1955.
- [47] Von Bubnoff Serge. Grundprobleme der Geologie. Berlin Akademie-Verlag 1954. pp. 234.
- [48] Wilson J. T. Geophysics and Continental Growth. Amer. Scientist. Vol. 47 1959.