

全新世和 现代地壳运动

56.546
05038

〔苏〕A. A. 尼科诺夫 著



地震出版社

全新世和现代地壳运动

[苏] A. A. 尼科诺夫 著

卢登仕 杨永德 译

陆恩泽 校

地震出版社

1984

7-1164/2714

内 容 提 要

本书综合研究了全新世和现代缓慢和快速垂直和水平地壳运动;对地台区和活动带各类运动作了定量描述;着重讨论了冰川地壳均衡运动、地震构造、非构造以及人类技术活动引起的运动;叙述了裂谷区和火山作用活跃区的垂直和水平运动;在现代地球动力学基础上对运动作了定量估计;从地质构造和估计地震危险性出发论述了运动随时空的演变规律等。

本书可供地质、地貌、地球物理、大地测量以及地理、海洋、水文地质、天文等有关的科研人员、教学人员参考。

А. А. НИКОНОВ

Голоценовые и современные

движения земной коры

Геолого-геоморфологические и

Сейсмотектонические Вопросы

Издательство. Наука.

Москва 1977

全新世和现代地壳运动

〔苏〕A. A. 尼科诺夫 著

卢登仕 杨永德 译

陆恩泽 校

地质出版社出版

北京复兴路63号

北京新村印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092 1/16 13.5印张 324千字

1984年10月北京第一版 1984年10月北京第一次印刷

印数: 0001—3,600

统一书号: 13180·242 定价: 2.10元

前 言

在 30—40 年代,苏联创立了关于晚第三纪—第四纪地壳运动和地质构造的学说——新构造运动。在 50—60 年代,又积极发展了整个地球科学中的全新世和现代地壳运动研究方向。现代地壳运动的研究对象是地质历史的现代时期(几十一几百年)地壳(在特殊情况下为地表)的活动。研究的目的是查明这些与更早地质时期的地壳运动有关的地壳运动的天体和地质时空规律和它们在地球表面、地壳中以及在更深的圈层内表现的特点。

包括最近约一万年的全新世,因为仅占漫长的地球历史中显生宙的 0.000016 左右,所以可以算是地质的现代时期。对认识地质发展的一般规律来说,研究全新世地壳运动和现代地壳运动是相当重要的,这是因为它们可以直接测量和能比较可靠地进行定量估算,以及能直接同地震活动程度相对比。可以在地表研究、测量的全新世地壳运动和现代地壳运动反映了不能直接研究的地壳和岩石圈内的深部运动和过程。利用现实论的原理,我们还可能更有根据地再现过去构造运动的表现和规律,如果没有这些知识,地质学、地貌学和其它一系列科学就不能得到发展。

地壳(还有地壳表面)的现代运动在人类经济活动方面具有最直接的影响;在很多地方,它会直接威胁到建筑物和居民的安全。与此同时,人类向星际的扩展和技术能力的增长,又使人类能作用于个别地区的地壳活动。这一切都强烈要求我们对目前和最近将来可能发生的地壳运动,能够认识其规律性,并预测其数量。上述这些要求的迫切性,已在大型水工建筑地区,在评价国家土地测量网的精度,以及在编制苏联地震区划标准图时计算地震位移等各项工作中所进行的现代地壳运动的实际研究证实了。

在现代地壳运动研究的发展中,苏联无论是从所进行的工作规模说来,还是从工作方向、效果以及方法和理论研究的深度说来,都处于领先的地位。所以事非偶然,过去曾在苏联举行了两次(1968 和 1971 年)现代地壳运动的国际讨论会。在苏联举行过比任何其它国家都要多的关于这个问题的全国性(全苏的)会议;会议论文编辑了八部之多;苏联学者(Ю. А. 麦舍里亚科夫和 Ю. Д. 布兰热)领导了研究现代地壳运动的国际委员会。

上面所讨论的方向,是今天地球学科中的“生长点”之一。无怪乎在国际大地测量及地球物理联合会和国际地质学会通过的国际地球动力学计划(1971—1977 年)中,对它如此重视。虽然通过许多团体和单个研究者的有益工作,使得本领域中迅速地积累了大量资料,可是,近十年来没有一个国家出版过总结性的专门著作。因此,总结那些在理论和实践方面急需解决问题的大量资料的工作是完全适时的。

上述科学方向的发展趋势和初步分析经验表明,关于现代地壳运动资料的解释,存在以下几种观点:大地测量学观点,天文学观点、地球物理学观点以及地质-地貌学观点。在这本专著中,作者把注意力集中于接近本行的地质-地貌和地震构造问题。

一系列总结性的著作(Николаев, 1949, 1962; Современные Вертикальные движения земной коры, 1958; Мещеряков, 1961 а, б, 1965; Рихтер, 1965; Хаин, 1973; Былинская, 1974)已充分阐述了全新世地壳运动和现代地壳运动的研究方法。因此,我们

不再专门讨论这个问题。

任何方面的“新事物”，都有其术语、分类和资料解释方法方面的困难。本书对这些问题给予很大注意（第一篇）。主要部分（第二篇）陈述了区域实际资料，并对这些资料进行了讨论和解释。在该篇中，作者力求在时空方面，把全新世运动和现代运动，垂直运动和水平运动，缓慢运动和快速运动，尽可能加以区别和定量评述，并阐明它们与地震的关系。在本书中，详细剖析了几个地区。之所以选择这些地区，不仅因为其中有两个是作者多年研究的地区，而且也有意涉及各种地质构造区和构造显著活动区的材料，而且从最新运动、全新世运动，现代运动以及地震活动等方面来说，它们都是进行了最详细的综合研究的地区。

第三篇简要叙述了与年青运动和现代运动的研究有关的地质-地貌和地震构造的基本问题的新资料和研究现状。

其中的主要问题可列举如下：揭示地质历史的最后阶段和现在时期的地壳运动在时间上的不均匀性；不同地质构造区及其内部垂直运动在数量方面的差异，明确冰川地壳均衡运动的特性及其在全新世和现代运动中的作用；确定人类技术活动引起的运动类型和运动量；定量估计活动带运动的水平分量的作用；研究地震构造活动的地质和地貌意义及其和地震参数之间的定量关系；根据第四纪（其中包括全新世和现代）地壳运动的资料，结合仪器测得的、历史的和地质的地震资料，进一步确定地震活动危险的可能性。

本书手稿基本上完成于1973—1974年，1976年又作了修改。由于篇幅所限，不得不缩减引文的数量，其中主要是一些讨论会的论文集和选集。

作者这项研究是与1964年以来的其它研究（在苏联科学院地球物理研究所构造物理实验室所进行的研究工作）同时进行的，一些同事（А. С. 格里戈里耶夫，О. И. 古申科，А. В. 米哈依洛娃，Д. Н. 奥索金娜，В. В. 斯捷潘诺夫，З. Е. 沙赫穆拉多娃，Н. Ю. 茨维特科娃）曾花费很多时间阅读手稿，从而大大改进了一些主要章节的质量。关于东欧现代运动图有的是和苏联科学院地理研究所的地貌学同事（Н. С. 勃拉戈沃林，Л. Н. 贝林斯卡娅，О. К. 戈列洛夫，Д. А. 利连别尔格，Е. Я. 兰茨曼，Л. Л. 罗札诺夫，Л. Р. 谢列勃里内伊，Л. С. 谢童斯卡娅，В. А. 菲利金，Е. А. 芬尼科）协作完成的，有的是根据他们提供的成果绘制的。

此外，在本书选题过程中，作者曾与下列专家和同事保持了学术联系：И. В. 阿南宁，И. В. 阿尔希波夫，В. В. 别洛乌索夫，Л. Г. 邦达列夫，В. И. 布奈，С. С. 沃斯克列先斯基，Г. П. 戈尔什科夫，А. В. 格里亚切夫，А. Ф. 格拉切夫，М. Г. 格罗斯瓦利德，И. Е. 古宾，Т. В. 古谢娃，П. А. 卡普林，Д. Д. 克瓦索夫，И. Г. 基斯辛，П. Н. 克鲁包特金，В. К. 库恰依，Н. Н. 列昂诺夫，Ю. Г. 列昂诺夫，Л. Г. 尼基福罗夫，Н. И. 尼古拉耶夫，Б. А. 彼特鲁金弗斯基，Г. И. 廖依斯涅尔，С. С. 舒尔茨。并且和上述学者进行过有益的讨论，采纳了他们的建设性意见。М. А. 萨多夫斯基，В. И. 克伊利斯-鲍罗克，А. Л. 列弗申曾给作者以特别宝贵的支持。稿件付印时，又得到责任编辑Г. П. 戈尔什科夫经常的关心和帮助。作者谨对上述所有人员致以衷心的敬意和谢忱。

作者在从事野外工作和内业工作的过程中，曾先后得到А. И. 阿麦林，Г. А. 格里兹诺娃，С. А. 多林斯卡娅，Д. А. 叶尔马科娃，В. В. 库德里娅绍娃，А. А. 洛马金，Т. П. 马列金娜，В. Н. 普列尼科夫等的帮助，谨对他们表示感谢。

如果没有К. И. 尼科诺娃的不断的帮助、支持和督促，本书可能遭到很大损失，或者早就

夭折了。

作者是在 IO·A·麦舍里亚科夫和 M. B. 格佐夫斯基的倡议、关怀和积极帮助下开始研究现代地壳运动的。作者对他们的帮助将永志不忘，在这里谨对他们致以深切而真诚的谢意。作者希望这本书将是 IO. A. 麦舍里亚科夫和 M. B. 格佐夫斯基在全新世和现代地壳运动方面的研究工作的继续。

目 录

前言	(i)
第一篇 引言、专用名词、问题的现状和研究任务	
第一章 概念的讨论和确定	(1)
第二章 现代运动的性质及其分类	(5)
第三章 现代地壳运动的研究程度和本书的任务	(10)
第二篇 不同构造区全新世和现代地壳运动	
第一章 地台和古褶皱带晚更新世和现代大陆冰川区的地壳垂直运动	(16)
1. 芬兰斯堪的纳维亚区晚冰期和冰期后地壳运动的特征	(16)
2. 芬兰斯堪的纳维亚区现代运动的规律及其与全新世运动的关系	(28)
3. 芬兰斯堪的纳维亚区的地震构造和冰川地壳均衡问题	(35)
4. 与其它大陆冰川区的对比及一般规律	(43)
第二章 地壳高度活动与地震频繁地带(中亚造山区)的垂直运动	(52)
1. 缓慢运动速度和速度梯度的估计	(52)
2. 快速运动和断层的地震构造位移	(60)
3. 中亚和其它造山区全新世和现代地壳运动的某些规律性及其与地震的关系	(73)
第三章 太平洋及其它活动带沿区域断裂的水平运动	(79)
1. 水平运动的概况	(79)
2. 沿加利福尼亚断裂的运动	(81)
3. 圣安德烈斯断裂快速运动、缓慢运动与地震现象之间的关系	(92)
4. 不同运动带沿断裂的水平运动和一般情况	(99)
第四章 裂谷生成区和现代火山作用区的垂直运动和水平运动	(108)
1. 裂谷带的运动	(108)
2. 火山积极活动区的运动	(117)
第五章 现代非构造运动和人为运动	(125)
1. 非构造运动	(125)
2. 人为运动	(129)
第三篇 全新世和现代地壳运动的基本特征及其在查明地壳构造发展一般规律与解决实用问题等方面的重要性	
第一章 不同大地构造区全新世与现代垂直构造运动的数量差异	(138)
第二章 水平运动定量估计的经验及其与垂直运动的对比	(144)
第三章 区域性运动在时间方面的特征与现代运动速度反常的解释	(152)
第四章 地壳运动和地震构造问题	(160)
第五章 根据全新世和现代运动资料估计地震危险性的实际问题	(166)
结论	(175)
参考文献	(178)

第一篇 引言、专用名词、问题的现状和研究任务

第一章 概念的讨论和确定

确定和区分诸如“现代运动”、“年青运动”和“全新世运动”等概念的必要性是由于下列原因引起的：这些概念不够明确；各种专家，如地质学、地貌学、地球物理学、大地测量学、地震学、海洋学等方面的专家所用的术语不确切；不同作者，甚至同一作者不同年代发表的著作中这些概念的含义和所代表的时间有分歧；《地质辞典》和《苏联大百科全书》一类的工具书中缺乏统一的定义。

长期以来，“现代地壳运动”这个词组并无确定的概念，因此，它只是一个可以随便使用的名词。大多数的苏联地质学家都认为“现代运动”就是指整个第四纪的运动或其中的一部分（Николаев, 1948 a; Белоусов, Гзовский, 1954, Гзовский, 1957, 1963; Шукин, 1960）。这样的理解直到现在还见于很多区域性地质著作中。

В.А. 奥勃鲁契夫曾用过“年青运动”这一概念，后来他又建议把一些任意使用的名词，如“新运动”、“最新运动”、“年青运动”、“现代运动”等等用“新构造运动”这一新名词来代替（Обручев, 1963），“最新构造运动”这个概念是С.С. 舒尔茨在战前年代创立的（Шульц, 1948）。Н.И. 尼古拉耶夫对新构造运动一词的理解为“关于各种构造作用及其所确定的构造形态的学说。这些构造形态形成于晚第三纪—灵生纪，并决定了地球表面现代地形的基本轮廓”（1962, 第 15 页）。这种理解在苏联的文献中极为普遍。

在国外，迄今为止，在运动的时间方面还没有统一的认识和划分。这一点可以通过浏览国际会议论文集和会议报告的题目和具体内容而得到证实（Lebendige Tektonik, 1955; Живая Тектоника, 1957; Annales Acad. Sci. Fenn. 1966; Проблемы Современных Движений Земной Коры, 1969; Recent Crustal Movements……, 1971）在国外书刊中还没有见到过打算对这些概念提出清楚而全面的定义，并使名词统一的文章。

在苏联文献中早已有了统一这些名词和确定其含义的企图。这一工作是从方法和年代两方面来实现的。

以方法为依据的作法：И.П. 格拉西莫夫首先打算区分最新运动与现代运动，他认为划分这些运动的基础不应当是“地层”标志，而应该以所用方法类别为划分原则，也就是说，“现代构造运动”是指那些可直接通过地震的、天文的、大地测量的、水文的等等观测来进行研究的现代运动。И.П. 格拉西莫夫认为，所谓最新构造运动是指那些“利用地质地貌方法所确定和研究的那些构造表现”（Герасимов, 1950, 第 233 页）。

Ю.А. 麦舍里亚科夫（1961 a, 1965）完全赞同并发展了这种观点。他认为，由于实际上“往往难于十分肯定区别最新运动 and 现代运动”，因此，在各种情况下都必须坚持这个基本的以方法来划分运动的原则。“根据历史资料、重复水准测量结果及水位测量结果所确定的构

造表现都应该属于现代运动。利用地质地貌方法所确定的构造表现,即使时间距我们时代很近,也应该归属于最新运动的范畴,但一定要有下列更明确的补充说明,如晚全新世的运动,全新世后半期的运动,滨螺期后的运动等等”(Мешеряков, 1965)。Ю. А. 麦舍里亚科夫(1961 a, б, 1965)称全新世运动和冰期后运动为年青运动,并倾向于不仅与现代运动,而且与最新运动都要划分开来。使用上述近似的概念,但没有下明确定义的,还有 С. С. 舒尔茨(1967)、Ю. А. 柯西金(1969)、Л. Н. 贝林斯卡娅(1974)等人。

然而,如果注意到全新世(约1万年)运动和现代运动的界线,那么,И. П. 格拉西莫夫和 Ю. А. 麦舍里亚科夫提出的原则和定义就不能令人满意了。

第一,在能够计算地面点位相对变化离散值的仪器方法中,几乎没有一种方法可以“直接”测量出现代运动的存在,也就是说,运动的进程在仪器刻度上不能读出。由于这一点,对于地震与火山引起的现代快速运动(它们往往被忽略)来说,地貌方法与所谓“直接”方法之间就没有多少差别。

可以“直接”用历史年代和历史时期的概念计量的时间间隔,看来也同样是很不固定的。根据历史资料(如果我们所指的是有文字记载的历史资料),“现代”运动在欧洲可以从公元前二、三个世纪算起,在亚洲则可以从公元第九世纪算起,在美洲可以从十八—十九世纪算起。也就是说,可以相差一、二千年。而如果把考古资料也作为历史资料对待(历史学家就是这样做的),那么在许多情况下,距我们好几千年的、明显是全新世的运动也将属于“现代”运动。

而且在很多情况下,用仪器所测定运动数值的时间范围常远远超出现代的范围——它们可能是几个世代;利用这些方法可以确定几百年、以至几千年的运动数值。例如,根据天文测定的埃及金字塔底边的方位变化便能判断近四千年来北非的旋转运动。利用测量学和海洋学的方法,可以计量出过去几世纪和几千年内的、同时发生了毁灭性火山喷发和地震活动的地壳表面的运动,也能测出几百年和几千年内的海(湖)岸的缓慢运动。

第二,最近几代人类生活时期的快速地震和火山运动,不仅可以用仪器方法,而且也可以用地质地貌方法进行研究(实际上也在用这些方法进行研究)。象贝加尔湖东南岸的普罗瓦耳湾的沉降(1862年,该湾下降了几十米)、地中海一些岛屿的高程变化(其中潘特雷里亚岛在1891年一年内的高程变化达0.8米,帕尔马罗拉岛在1822—1892年间的高程变化达65米)以及灾难性地震期间海水深度和海岸高程的变化(1960年智利地震时达8米,1964年阿拉斯加地震时达13米^①),就都是这方面的例子。目前正在探讨用地貌方法(水文-地貌方法)来研究几十年和几百年间的缓慢运动。而在一些难以到达的地方(其中包括水下),现代测量方法与地质地貌方法相比,前者的用处就小得多了。

对于以方法为根据的作法,В. Г. 李赫特(1965)曾给了全面的评价;他曾正确地指出,按照这种办法,“随便哪种上升运动都可以根据所采用方法的不同而确定为最新的、年青的或者现代的运动”。的确,假如明天地球某处地震时发生了巨大的活动,而我们仅用地貌标志来衡量它,那么此活动并不会因此而不成为现代运动,当然也不会因此而变成最新运动。

以年代为依据的作法:这个作法是下列大地构造专家们所一向采用的:В. В. 别洛乌索夫(1954), Н. И. 尼古拉耶夫(1962), В. Е. 哈因(1973), Г. П. 戈尔什科夫和 А. Ф. 雅

^① 从地质与地震活动的总结材料(Scott, 1937; Горшков, Якушова, 1937, 等)中还可举出很多例子。

库朔娃(1973)等。按照这种作法,划分运动的主要依据不是其研究方法,而是运动表现的时间。

B. E. 哈因在其所著的第二版《普通大地构造学》(1973, 第 55 页)中曾对这一原则作了全面的叙述,他说:“所谓现代构造运动应理解为一些发生在历史时期并表现在现代、可以进行直接(包括仪器的)观测的地壳运动。更确切些说,现代运动可以简单地理解为最近六千年的运动。在此期间,大洋水平面是相对稳定的。因为在上述定义中,现代运动的期限相当于人类发展的历史时期,所以我们不仅可用测量的方法来研究它们,而且也可用历史考古方法来研究它们”。

这一派的另外一些专家自然而且合理地产生了要确定上述运动的时代下限的想法。H. И. 尼古拉耶夫(1965)建议划分“现代运动”和“现代大地构造”两个概念,前者延续时间为几十年,后者延续时间为 1—12 万年,这一划分实质上是正确的,但由于这两个概念不同的名词语音相近而且容易引起误会,因而显得不太合适。

B. Г. 李赫特(1965, 第 13 页)建议“采用全新世的起点作为现代构造运动的下界,即所谓现代运动是指那些发生在最近 9000—11000 年中的运动…”,这已为地球上冰期后自然地理环境的变化所证实”。

如果问题仅仅涉及地质学、地貌学、自然地理学等方面专家应用专门方法所研究的自然现象的话,那么从地质学和古地理角度来看,这些建议是完全合理的,而且是可以采纳的。

但是,我们所应特别加以注意的乃是查明几十年内的、几年内的以至更短时期内的运动,在这样短暂的时期里,地壳运动可能在实际上主要是用仪器方法来研究的,所以,我们有必要从全新世内划分出距我们时代最近的阶段,即比任何现有的地质年代单位都短的阶段。

关于用综合方法所确定的、难以划分的运动,可举意大利波楚奥里的运动为例(Никонков, 1974 a)。在这个早已适于居住的火山地区,升降交替的运动曾用各种不同的方法(地质的,考古的和历史的方法)记录下来,其中历史方法是从公元前二世纪开始的,海洋学方法在这里从 1898 年开始采用,测量方法则是从 1953 年开始使用的。

怎样来给这一地区最近 2200 年的运动命名? 根据大多数作者的意见,可以称之为现代运动,因为这些运动发生在人类历史时期,并且可以直接进行观测。但从地质学观点来看,严格说来,最近几千年的运动无疑是属于全新世时期,因此可以认为是年青运动。如果把最近 2200 年的运动看作是现代运动,而在它以前的运动看作是年青运动,也就是仅仅因为我们不能完全复原这些过程(在这个地区和现有研究程度下)而采用这样划分地质过程的做法,无疑是完全人为的,是强加于自然界的。不论是按运动表现的性质,还是按研究的方法,如果要把最近 2200 年的运动本身划分为年青运动和现代运动,纵然它们曾被用多种方法(其中包括使用地貌学方法)进行研究,也同样不可能是自然的划分。另外,如果按开始使用仪器测量的时间来划分,也同样是人为的和不确切的。

这也就是说,当我们希望区分不同运动并给以明确的概念时,在这种(典型的,但十分普遍的)情况下,任何一种方案都会迫使我们把某种对我们方便的区分方案和理解强加给自然。

我们认为,现时所有的全部资料表明(对此,任何研究者都不会提出异议),在上述大约一万年时间范围内的运动,按其性质和特点来说是不可能划分得那么合乎自然情况的。正象我们在上面讨论过的那样,运动也不可能根据研究方法作出严格的划分。所有讨论过的划

分方案在不同程度上都是人为的，其目的都是为了便于研究。指望划分界限能够确定到精确度达 100 年或者 100 多年是困难的。换句话说，除了研究者们认为是合适的和他们协商规定的划分准则外，目前未必能够提出其他划分准则。

本书作者认为，此目的可以达到，只要所作的划分合乎以下条件：1) 不与一般公认的地质年代单位的划分及地质单位的划分相矛盾。2) 适用于各种各样的、在地质地貌方面的了解程度和研究时间长短都不同的地区，适用于所采用的任何时间范围。3) 便于利用各种直接的和间接的、定性的和定量的方法。

基于这点，作者认为最合适的是把最近的一万年（全新世）内的运动划分为全新世运动和现代运动两类，或者更确切些说，在全新世运动中划分出现代运动。

据此，我们可以人为地规定，现代地壳运动是地球表面及其深部（地壳中）在地球内部因素和岩石圈外部因素作用下，在现代和最近几百年内发生的运动和变形。虽然时间下限不能严格限定，但是，由于有意识地研究这类现象早在十八世纪就已开始，而且很多地区都已经积累了 100—200 年的资料，所以上面规定的时间长短是合适的。现有方法所能测定的运动延续时间最小可到秒，甚至十分之几秒，因此，现代运动的时间长短范围可定为 10^{-8} — 10^2 年。

发生于二、三百年前到一万年左右（ 10^2 — 10^4 年）这一段时期内的、主要用地质地貌方法研究的地壳运动，将称之为全新世运动。“年青运动”这一名称可作为全新世运动、冰期后运动的同义词[许多人和作者都同意 Ю.А. 麦舍里亚科夫 (1916 6) 的这一观点]，或者作为一个一般使用的名词。

事实上，上述观点非常接近于大多数实际研究工作人员的观点，所以，并不影响现有的资料积累工作和综合工作。所提出的“现代运动”概念的时间范围也接近于 Ю.А. 麦舍里亚科夫的意见，尤其是他的最新著作中的观点 (Artyushkov, Mescherikov, 1971)，然而，这个观点与其说是奠定在研究方法的特点和地质地貌特征的基础之上，不如说是为了便于对各种现象进行研究、测量和探讨。

第二章 现代运动的性质及其分类

近年来,在许多重要的研究文章中对一般构造运动的概念分类的经验,以及与此有关的一些难题都有所叙述(Белоусов, 1954; Николаев, 1965; Косыгин, 1969; Михайлов, 1971; Хаин, 1973,……)。

最新运动,第四纪运动和年青运动的构造性质是不容置疑的,因为这些运动的后果都记录在可以研究的地壳沉积地层和构造中。确定现代运动的性质,特别是较稳定地区现代运动的性质,是相当困难的,这是因为我们通常所接触的是一个多因素的而且是目前正在进行的过程,其地质效果或者还未积累起来,或者还积累得很少,以致还不能通过地质和地貌方法加以识别。

研究现代运动时,必须解决地表运动与地壳运动的区分问题。此问题也是查明构造运动或者确定其性质和分类问题的一个组成部分。此问题非常复杂,因为不仅固体地球内部各层圈(沉积层,地壳的结晶岩石,软流层和地幔层),而且整个岩石圈和水圈、大气圈,甚至生物圈之间都有密切的相互作用;尚且还不谈宇宙星体对每种层圈直接和间接的作用。

严格说来,我们完全可以认为,仅仅用仪器方法确定的运动,只能说是地表运动,它们也就是在地表面上测定的运动^①。没有可靠的地质地貌标志和部分地球物理标志,没有可以确定地质史上的运动和现代运动的方法,我们就不能仅仅根据地表仪器测量的结果笼统判断某一种运动属于地壳运动。

现代地壳运动必须具备下列构造性质的直接(不是间接的)证据:1)构造活动区(地槽及地壳活动带)和相对稳定区(地台)现代运动的强度差别和反差性;2)一般说来,在许多情况下,现代构造活动与大地构造单元,各个地质构造,其中包括缺失沉积盖层的广大地区是一致的;3)在很多地区,现代运动的分布与地球物理场(重力场,热流,应力场等)的位置和特征之间有对应性;4)对现代水平运动,除了构造原因外,不可能作其它的解释;5)在许多情况下现代运动与地震及火山活动之间存在着密切的时空联系。

所有这些方面的资料大部分都已被总结在一些出版物中(Мещеряков, 1963, 1965; Гзовский, 1963, 1975; Гзовский, Никонов, 1968, 1969, 1973; Донабедов, Сидоров, 1968, 1973; Гофштейн等, 1971; Сильдвэ, 1973; Никонов, 1974a; Artyushkov, Mescherikov, 1971),其中有一部分将在下面各章引用。但是即便是综合利用了各种标志和方法(这远非总是可能做到和总是被采用的)也只是在个别情况下才能确定我们所碰到的是地壳运动,还是地表(表层)运动。为了便于区别和评述构造运动,首先要将构造运动正确地分类。

众所周知,现代运动可以分为区域的和局部的,垂直的和水平的,缓慢的和快速的,外生的和内生的,构造的和非构造的等等种类。

现代运动和更早一些的运动及构造根据其所控制的地球某部分范围及面积的大小,大致可划分为全球性的,区域性的,地带性的和局部性的几种,现已有许多作者采用这样的分类

^① 在矿山坑道中进行的某些测量,并不能改变上面的说法,因为这些结果还研究得不够详尽,而且与地壳厚度(30—70公里)相比,人力所及的地下深度(几百米—上千米)还是很浅的。

(Николаев, 1965; Гзовский, Никонов, 1968, 1969; Гофштейн等, 1971; Солоненко, 1973 а; Хаин, 1973)。然而, 在大多数情况下现有的关于现代运动和全新世运动的资料迫使我们只能研究区域的和局部的运动。区域运动的特征是区域的直径或长度可达几百到几千公里, 可包括地块或地盾, 陆向斜和陆背斜, 活动带的大复背斜和大复向斜。局部性运动则认为是一些宽度小于一百公里地区内的与深部的或盖层内部的褶皱和断裂带有关的运动。假如这种地带延深很长, 那就必需划分出带状运动。

根据运动的方向性可以划分垂直运动和水平运动; 这种分类仅在考虑分力以哪一种为主(从数量上来说)及其研究或观测的方便性这样一些情况下才有根据和意义。事实上我们一般不可能确定位移的完整向量, 而只能测定运动在垂直面内的分量。仅在少数地区可以同时垂直面内和水平面内测定位移。因此, 我们不得不根据位移在数量方面的主要方向来划分并采用简化的所谓基本垂直的和基本水平的运动这种概念。在最近有关大地构造的著作中就是这样划分的(Михайлов, 1971; Хаин, 1973)。这种划分是需要的, 但只能在一定条件下使用。

广泛采用的还有按时间特征(速度特征)划分运动的方法, 分出缓慢的和快速的两种运动(缓震运动和迅震运动, Б. Голицын)(И. В. 和 Д. И. Мушкетовы, 1935; 1937; Мещеряков, 1963)。除了由于地球内部原因所造成的缓慢(几百年)运动和快速(地震的)运动外, Ю. А. 麦舍里亚科夫还划分出与外部宇宙和水文气象作用有关的地壳和地表短期震动。这种划分是有限制条件的, 我们对现代运动的认识愈是深入, 这种划分就愈不符合运动的实际情况。对于构造活动、火山作用和地震活跃的地区已肯定了在低值速度的长周期背景上有速度很高的短周期存在, 并在许多情况下存在速度变化的渐变性(Мещеряков, 1968, 1973; Boulanger等, 1970; Никонов, 1971; 1974 а; Lensen, 1971; Fujii, 1973)。在确定了这些情况以后, 这种分类的相对正确性就更加明显。虽然应该力求按运动表现的时间(速度)特征来详细区别它们, 但是我们在许多情况下还只能把运动划分为缓慢的和快速的两种。

看来, 最自然和最简单的运动分类方法还是把它们分为内生(构造的)运动, 即地壳运动和外生(水热的, 大气的, 由于人类活动而引起的)运动, 即地表运动。进行这样分类的也有很多学者(Николаев, 1960, 1962; Мещеряков, 1963; Певнев, 1968; Лилиенберг, Сетунская, 1969; Леонтьев, 1963, 1969)。可是, 这种简易性只是表面的, 并不能说明问题。

第一, 远非所有的地壳运动(甚至还可能包括地幔顶部的运动)都是完全由内生原因造成的。冰盖可以激发和引起地壳在整个厚度范围内发生运动, 迄今为止, 在大陆的广大面积上以及部分海底范围内, 它还在决定着地壳的现代运动。另外, 还可以举出一些对地壳运动产生影响的情况, 象内海容积的增大与减小(如 1928—1957 年间由于里海水平面下降和海退而引起地面上升 120 毫米——Леонтьев, 1963), 水库的建设(参见下文)以及在一些地方有地表沉积物堆积, 而在另一些地方则有剥蚀破坏作用时(Бронгулеев, 1971; Асеев等, 1974)等。根据 В. В. 布朗古列耶夫的计算, 假如所研究的区域直径为几千到几万公里, 那么要使运动开始发生就必须使荷重达到每平方厘米 20—30 公斤。上面提到的所有各种作用无疑都是外生的, 对地壳说来是外部的, 然而都直接影响了地壳运动, 包括现代运动。

第二, 区别内生运动与外生运动是困难的, 这可以拿盐丘构造为例来说明。众所周知, 盐丘(盐株)能够从几百米到 9—14 公里的深处穿透地层到达地表(贯穿沉积层), 其直径可

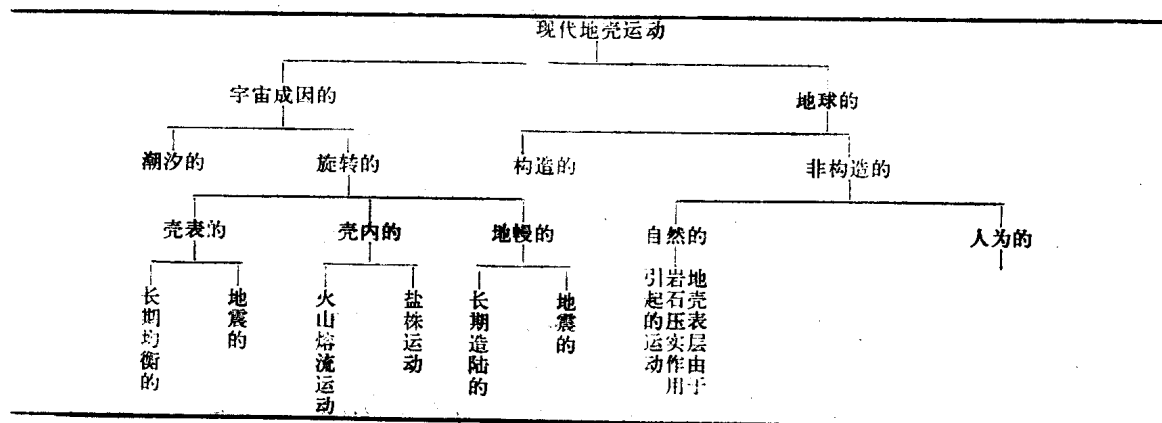
达 100 公里 (Косыгин, 1969; Хаин, 1973)。曾在地表测量过盐丘的隆起, 特别是用大地测量方法 (测得速度为每年十分之几毫米到 12.5 毫米) 测量了盐丘的隆起速度以后, 似乎我们可以毫无疑问地将它们确定为内生的构造运动。其实, 盐丘的隆起和其周围补偿盆地的形成与较轻的含盐层在上覆地层的重压下被挤开有关。在地台范围内的一些地区, 如滨里海陆向斜, 第聂伯-顿涅茨陆向斜和波兰-日耳曼(波德)盆地, 这种成因是唯一的可能成因, 至于在褶皱运动和造山运动活跃的地区 (阿富汗-塔吉克盆地, 前喀尔巴阡, 后喀尔巴阡) 则盐丘的形成可由肯定的内部原因, 即由侧压力、断层和裂隙的存在、构造运动的活化等等所加强。由此可见, 即便是壳内的、似乎显然是内生的运动, 甚至一些活跃的现代运动在实质上可能是外生的, 而在另外的条件下, 同样的运动也可能是内生的。虽然可以认为盐层从几公里深处上升是内生运动, 但盐丘上面水准点标高的每年 1—4 毫米的变化不能认为全是深部运动的结果, 因为它们也可能是由于次生盐帽的增长或其在暂时偏高的湿度条件下的剥蚀等原因所造成 (Певнев, 1968)。

重力成因的褶皱运动及其在现代地表和沉积层中的表现, 也具有内生与外生因素相结合的特征。

因而, 我们应该得出结论: 把现代运动 (和全新世运动) 分为内生运动与外生运动的做法是不能令人满意的。不管怎样, 这种分类无助于查明地表运动, 因为许多所谓外生成因的运动不仅在地表发生作用, 而且还与地壳深处的内生运动复杂地结合在一起。

比较系统而且完满的现代运动的分类是 И. Д. 戈夫什坦的分类 (Гофштейн, 1971; Гофштейн 等, 1971)。他正确提出了现代地壳运动和现代地表运动的界限问题, 但他没有详细分析这个问题。在他的现代地壳运动分类表中 (表 1) 正确地把宇宙运动和地球内部 (大地) 运动区别开来, 而后者又划分为构造运动 and 地表的非构造运动。然而, 构造运动进一步划分为地壳表部的, 地壳体内的和地幔成因的三种就不完满, 也不很明确, 因为没有交代清楚什么是“位移运动”以及为什么它们只是地壳表部的一种运动, 与此同时, 地震运动则分为地壳表部的和地幔成因的两种, 而不分出地壳体内的地震运动; 非构造运动则又是根据深度标志进行划分的。

表 1 现代地壳运动分类表 (И. Д. Гофштейн, 1971)



上述现代运动分类的经验不是完全令人满意的, 因为与构造的分类割裂开了, 而且对于运动表现的深度和规模等原则考虑得不够充分。

上述这些缺点已在很大的程度上在 Н. Н. 尼古拉耶夫的构造运动总分类 (1962) 中得到

克服，然而，此分类过分复杂，而用于现代运动则又感到不足。后来Н. И. 尼古拉耶夫(1965)在主要从事现代运动研究时，又提出了一个比较简单的分类，他分出了以下两种运动，一种是与地球内部作用和行星作用有关的、区域性或全球性作用的，暂名为“狭义构造的”运动，一种是与地震有关的、局部性的、包括内生成岩作用和岩石塑性移动的运动。这样的分类就正确得多了，但是，还不能满足我们的主要目的——划分各种不同深度水平发生的构造和非构造运动，而且与一般的构造分类也还联系不够。

在这方面最有逻辑性和最详细的要算В. Г. 哈因的分类(1973)，此分类是根据运动发生地点的深度和地壳与地幔中的构造运动的类型和所造成的构造规模紧密相关划分出来的。对于现代运动来说成因分类还有一定的困难，这是因为有些运动类型不仅是由于地球内部的和宇宙的原因生成的，而且是在地球各外圈层如水圈和大气圈等的综合影响下生成的。

把运动分为构造的和非构造的这种分类方法比较可靠，而且看来比较重要，不过使用起来仍有一定的困难(Белоусов, 1954)。在《大地构造名词手册》(1970)中，对“构造”运动的解释是“在内力(包括重力)作用下与地球物质的位移有关的并引起岩石产状形态变化的运动”这个定义在构造运动这一类里排除了由于地表荷重所引起的均衡性质的运动，好象它们不能深入作用于地球的物质及其位移似的。上面引用的定义也不包括地表岩石物质再分布所引起的运动，近来这种运动已愈来愈引起人们的注意(Бронгулеев, 1971; Асеев等, 1974)。地球的外壳(水圈，大气圈)是和内部因素紧密地相互作用的，所以，仅仅在岩石圈本身范围寻找岩石圈运动的原因，可能是不正确的。

我们认为，较正确的定义应该是“构造运动主要是一些能使地质体构造发生变化的地壳中和地幔上部的机械位移”(Геологический словарь, 卷 I, 1973, 208 页)。

也许更正确的应该是把构造运动作广义的理解，即认为构造运动是在一些由于宇宙、行星作用力(引力、旋转)、内部物理和物理化学作用以及地表具有地质意义的自然地理变化等等的影响下，由于地球硬壳的物质移动而产生(发生塑性的、弹性的、粘性的和断块的等等变形时)的运动。

在这种理解下，可以属于构造运动的有 1) 深部的，即原生的构造运动，这种运动发源于地幔层中，由于矿物成分的变化，物质的相变，密度与温度的变化而发生，2) 主要是地壳表部的运动或派生的构造运动。属于后者的有各种均衡运动，其中包括冰川均衡运动和岩浆的(火山的)地震的、重力-塑性的运动(盐、泥等的挤压运动)等。在这种理解下，广泛分布的人为运动也接近于构造运动。

某些看来纯属地球内部成因的构造运动类型，实际上还是遭受了直接或间接的宇宙因素的作用。大家都熟知，例如，地震与火山作用的周期性活动与太阳的活动是一致的。正如Н. И. 尼古拉耶夫(1962, 1965)早已指出的那样，这类事实充分表明现代运动起因的复杂性和运动按成因标志分类的相对正确性。

在非构造性运动中可以划分出水热力的，水文气象的，水文地质的(流体动力的)，成岩作用的等等各种运动。它们发生在沉积圈或仅仅发生在沉积圈上部，它们可以是短期的或季节性的(在土体的冻结和解冻，飓风的通过，雨雪的降落等等的作用下)；也可以是多年的和长期的(由于一个世纪以内和几个世纪的湿度变化，大气循环作用等原因)。

上面列举的分类，看来只能认为是现象学范畴的，因为迄今为止我们还没有掌握关于运动原因的充分资料，所以也就不可能建立可靠的成因分类。

在进一步叙述中利用上述分类时，作者将设法在大多数情况下通过阐明各种运动的性质、条件、生成深度和数量特征来论证它们的成因属性和差异。

如上所述，可以在地表测定的现代运动乃是一些成因不同、发生深度互异、不同强度和不同周期的复杂干扰的运动表现。必须肯定，要想确切区分地表现代运动和地壳现代运动是不可能的。只有水热作用引起的运动才是纯粹地表的、土体中的和近地表的、影响沉积层上部的运动。而所有其他各种运动，甚至非构造性质的运动，都能作用到地壳的某种深度（关于这点，我们在下面可以看到）。在这种情况下，定量确定真正构造性质的（深成的）运动的任务是非常复杂的，而且在当前的研究程度下，主要只能在某些构造特别活动的地区才可以得到解决。

第三章 现代地壳运动的研究程度 和本书的任务

如果说在本世纪三十年代以前,许多学者相信地壳运动到阿尔卑斯构造旋迴而结束,即在第三纪结束,那么,在现代已没有任何一个研究者还在怀疑在第四纪,包括全新世,直到现在,构造运动还继续存在这一事实。

众所周知,关于大陆和海洋相对运动的最早确凿无疑的科学证据是在波罗的海沿岸获得的。这些观测早在十七—十八世纪就已进行过,而且和该时代著名的博物学者如策耳西、林奈,耳·方·布赫等人的名字分不开(Николаев, 19486; Рихтер, 1965)。在十八—十九世纪,类似的观测也曾在欧洲其它各海沿岸区进行过(Ляйсль, 1866; Scott, 1937)。

比较精确的和包括大陆内部的关于现代地壳运动的定量数据是随着水准测量网的发展而开始出现的。一百多年前,即在 1867 年,欧洲测量协会首先指出相隔一定时间进行重复水准测量可以作为查明地壳垂直运动的手段。在苏联,进行和利用重复水准测量的工作早在卫国战争以前就已由 Ф. И. 克拉索夫斯基奠定了科学的基础,以后又由 А. А. 伊佐托夫使之进一步完善。然而,甚至在 1948 年 В. В. 达尼洛夫(1948)在综观国外资料之后还不得不承认说:“利用高精度重复水准测量来查明区域性地壳垂直运动的尝试并没有得到任何可信的结果,这一方面是因为观测工作具有很大的系统误差(特别是过去老的水准测量更是如此),另一方面还因为奠定水准点和测标的工作不够精确”。

在过去的几十年内情况有了根本的变化。

早在 20—25 年前,高精度水准测量的误差已达到 $\pm 1(1-2)$ 毫米/公里(Мещерский, 1970; Энтин 等, 1973)。目前在苏联欧洲部分所作的 I 级基线和多边形水准测量的测量精度已可达到很高程度,据中央测绘(测量、航测、制图)科学研究所的资料,偶然误差为 $\pm (0.24-0.27)$ 毫米/公里,系统误差为 $\pm (0.04-0.05)$ 毫米/公里。

可是,在苏联也有一些精度较低的 I 级水准测量资料,如 0.45 毫米/公里(Крюков, 1973)和 0.6 毫米/公里(Мещерский, 1970; Крупен, 1970; Энтин 等, 1973; Мещерский, 1973)。某些多边形与偶然误差数值也有在 0.3—0.5 毫米/公里范围内的(Торин, 1973; Индриксон, 1973; Богданов 等, 1972)。

水准测量工作的高精度还可以通过与国外资料的比较看出来。不同国家的高精度水准测量线每一公里长度的偶然误差数值如下:西德 ± 0.28 毫米,芬兰 ± 0.32 毫米,丹麦 ± 0.42 毫米,瑞典 0.54 毫米,意大利 ± 0.57 毫米(Кашин, 1968);其它数据则精度更低(Мещерский, 1973)。

现代构造运动数据计算的精确度不仅取决于大地测量数值的计算平均精度,而且也取决于路线系统误差的积累,取决于通常作为对比水准面的平均海平面的测定精度及非构造性作用的影响。

在对水准观测结果进行专门的研究时,在很多地方的海边都发现有大陆相对于大地水准