

56.546

赠 04270

第四紀地質學

任 鎮 寰 編著

地 震 出 版 社



第 四 纪 地 质 学

任 镇 寰 编著

地 震 出 版 社

1 9 8 3

内 容 提 要

本书适应地震地质、新构造研究工作的需要,简明扼要地介绍了第四纪地质综合体各主要因素的基本概念、变化和发展规律,以及划分第四纪地层的理论和方法,着重讨论了如何分析研究第四纪活动构造、第四纪活动构造与地震构造的关系、构造应力场研究等问题,阐述了运用第四纪地质研究地震地质、新构造运动的具体工作方法和程序。

第 四 纪 地 质 学

任 镇 寰 编 著

责任编辑: 蒋浩旋

*

地震出版社出版

(北京复兴路63号)

北 京 印 刷 二 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

*

787×1092 1/16 13.25印张 323千字

1983年12月第一版 1983年12月第一次印刷

印数: 1—4800

统一书号: 13180·213 定价: 2.05元

前 言

本书是为研究地震地质而撰写的一本《第四纪地质学》。由于地震地质有一个主要研究对象是活动构造（新构造），所以，本书对新构造研究也是适用的。

大家知道，第四纪是现代仍在经历着的地质历史发展阶段，而地震是其构造活动（运动）的产物，显然，研究地震，不研究第四纪构造活动及其所形成的活动构造是不行的。活动构造是第四纪地质环境综合体中起主导作用的一项因素，它深刻地影响到其它诸因素，如地貌、沉积物、气候、生物、土壤、水文（包括海面变迁）等等，并留下构造变动的遗迹。而构造运动又正是通过这些自然因素的遗迹得以具体表现，成为我们认识、研究构造运动的响导和根据。所以，不具备第四纪地质环境诸因素变化发展规律及其相互关系方面的知识，是不可能正确认识活动构造的，更谈不上深入研究了。概括起来说，研究地震地质必须应用第四纪地质学的基本理论与方法，把它作为专业理论基础来对待。这是作者编著本书的学术指导思想。

运用第四纪地质学研究地震地质，已作出不少成果，并愈来愈引起地震界的注意。但是，有一些原来从事老构造研究和找矿的地震地质工作者，以及搞工程建设的地质工作者，对它还比较陌生。他们对这方面知识的需求，大大激励了作者撰写此书的热情。

第四纪地质学是一门理论性、综合性很强的科学，内容极为广泛。由于篇幅所限，本书不可能全面而详细地向读者介绍，仅能根据作者的经验和理解，把它与地震地质研究紧密相关的必需掌握的理论与方法，以及在地震地质研究中的具体应用组成一个系统，予以介绍和论述，尽可能做到简明、通俗、实用。书中举例和附图多选自我国的实例，其目的也是为了实用方便。

本书的前五章分别介绍第四纪地质综合体各主要因素的基本概念、变化和发展规律。每章前半部分介绍第四纪地质理论，后半部分阐述应用这些理论研究活动构造的方法。第六章在前五章基础上概述了第四纪地质学和活动构造研究的基础工作——划分第四纪地层的理论和方法。第七章是运用前述各章研究活动构造的具体方法，从总体上论述第四纪活动构造的特征及其与地震构造的关系，以及构造应力场研究等问题。第八章介绍从地震地质角度研究第四纪地质的一般工作方法与程序。

值得指出，第四纪地质学与地震地质学都还不是很成熟的科学，尤其是后者，对许多问题还存在着不同的观点。作者在论述中，不免带有倾向性意见。为了让读者有较全面的了解，对某些不同意见也作了简要介绍。此外，本书对某些方面的论述还带有探索性和讨论性，难免有不妥甚至于错误之处，敬请广大读者批评指教。

本书在编写过程中得到我的导师叶汇、黄玉昆先生的热情鼓励和指导，他们亲自帮助作者审阅和修改了全稿。罗开富、丁原章先生在百忙中也帮助作者审阅了部分稿件。此外，李春初、应秩甫、彭补拙、赵希涛、黄日恒、陈恩民、缪维成等为作者审阅过某些章节，或者提供过许多宝贵资料；谭丕显、黎意强、李慕桃等帮助清绘书中插图；胡琨、胡云中帮助清抄稿件。在此一并表示衷心感谢。

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 第四纪地质学的基本内容	(1)
第二节 第四纪地质学在震害地质研究中的应用	(3)
第二章 第四纪冰期及其在研究第四纪构造运动中的应用	(8)
第一节 第四纪冰期	(8)
第二节 古冰川遗迹和冰期划分	(14)
第三节 运用冰川遗迹研究活动构造的方法	(23)
第三章 第四纪海面变迁及其在研究第四纪构造运动中的应用	(27)
第一节 第四纪海面变迁的基本概念	(27)
第二节 古海岸线遗迹	(32)
第三节 运用古海岸线遗迹研究活动构造的方法	(42)
第四章 地貌形态及其在研究第四纪构造运动中的应用	(47)
第一节 概述	(47)
第二节 流水地貌及其在研究第四纪构造运动中的应用	(48)
第三节 喀斯特地貌及其在研究第四纪构造运动中的应用	(69)
第四节 黄土与黄土地貌及其在研究第四纪构造运动中的应用	(75)
第五节 夷平面和地貌年龄	(86)
第五章 第四纪生物界和人类的发展及其在研究第四纪构造运动中的应用	(91)
第一节 第四纪生物界	(91)
第二节 人类的发展及其文化	(119)
第三节 运用古生物、古人类遗迹研究第四纪构造运动的方法	(125)
第六章 第四纪地层的划分	(130)
第一节 第四纪地层划分的原则	(130)
第二节 我国第四纪地层	(138)
第七章 活动构造与地震构造	(152)
第一节 第四纪构造运动与活动构造概述	(152)

第二节 活动构造的基本类型.....(155)

第三节 地震构造及其第四纪地质标志.....(165)

第四节 现今构造应力场的研究.....(171)

第八章 研究第四纪地质的一般工作方法(185)

第一节 工作的基本步骤.....(185)

第二节 第四纪地质学研究的几个基本环节.....(188)

附录 孢粉、古地磁、同位素年龄测定等样品的采取(199)

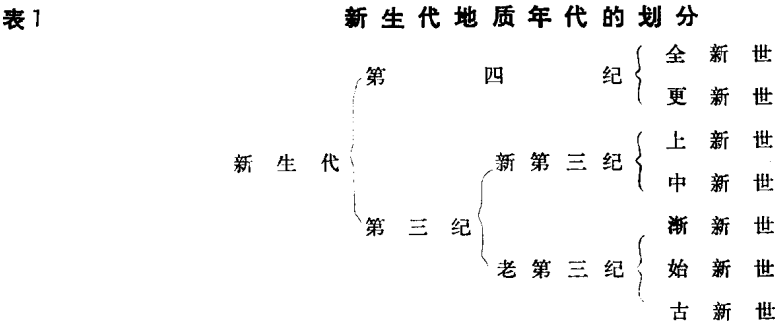
主要参考文献.....(202)

第一章 绪 论

第一节 第四纪地质学的基本内容

大约在300多万年前，我们人类的第一代祖先磅礴于世的时候，经历了 46 亿年漫长岁月演化之地球，宣告进入了一个新的阶段——第四纪地质阶段。这是地球历史上最新的一页，也是正在经历着的为时尚短的一页，但却又是突飞跃变的一页。自此，地球面貌不仅遵循着自然规律发展着，而且，它被具有无限智慧和伟大创造力的人类有意识地不断地改造着，建设起一个一天比一天更美好的文明世界。由此可知，人类赋予这个地质时代以特有的标志，故有人称第四纪为“人类纪”。

“第四纪”这个名词是1829年法国学者迪斯诺埃斯提出来的。以前人们曾把地壳发展历史分为原始纪（前寒武纪）、过渡纪（古生代）、第二纪（中生代）、第三纪、第四纪等几大阶段，现在人们已废弃原始纪、过渡纪、第二纪的名词，却仍保留着第三纪、第四纪的名称，并将二者合称为新生代（表1）。



第四纪地质学研究什么？目前意见并不统一。我们认为，它是研究第四纪地质历史发展规律的科学，应包含代表这一地质时期地质发展特征的几项主要组成因素——构造运动和构造、地貌、气候、生物、沉积物等的特征及其发展历史，以及这些因素之间在发展中的内在联系。第四纪地质环境综合体中各组成因素是不可分割的，如果只将研究其中一、二项因素作为第四纪地质学的内容，那就失去了第四纪地质学的真正涵义。我们认为，第四纪地质学研究的具体内容主要有如下几个方面：

（1）第四纪沉积物的研究 第四纪沉积物是研究第四纪地质的基础和依据，因为第四纪的各种地质环境因素的变化遗迹，大多数都能在沉积物中以各种形式（如沉积物的成因类型、结构特征、厚度变化、颜色、矿物和机械成分、产状变形、韵律及其变化、分布规律等等）保存下来。通过这些遗迹的分析，可以较好地恢复古地质环境。

（2）第四纪地层的研究 在第四纪 300 多万年的地质历史中，地质环境是在不断变化和发展的，相应的第四纪沉积也随之发生变化，而具有不同的特点。根据这些特点，依照沉积时间先后序列，划分不同的沉积阶段，这便是第四纪地层。很清楚，它记录着第四纪不同

阶段所发生的地质事件。如果将不同地段、地区的第四纪地层进行对比,就可能获得区域乃至全球第四纪地质发展的历史。因此,我们研究第四纪沉积物时,除了研究它的成因、类型、物理、化学等特征外,还必须赋予其相对时代的概念,即划分第四纪地层,建立区域第四纪地质年代表,否则,就势必会把不同时期的第四纪沉积物及其反映的地质历史混为一谈。

第四纪地层划分,不仅具有揭示第四纪地质发展史的很重要的理论意义,而且在生产实践中作用也很大,如找含水层位、矿产(尤其是砂矿)层位、有害工程层位……均必须搞清楚第四纪地层及其分布的规律。对于研究构造运动来说,第四纪地层的划分尤为关键。如鉴定构造运动发生的时代,计算运动的强度——幅差(同一层位错移的垂直或水平距离)、速度,等等,要是缺乏第四纪地层资料,就不可能得到很好解决。而这一点对地震地质研究来说,又特别重要。

由上可知,第四纪地层的研究是第四纪地质学中带有关键性的问题。许多问题的解决均求助于第四纪地层问题的解决,所以,也难怪有些同志强调第四纪地质学的基本内容就是研究第四纪地层。

(3) 第四纪生物界和古人类的研究 第四纪虽然历时尚短,但其生物界和古人类随着时间向前推移和气候等自然环境的变化却发生了不同程度的变化(包括个体体质和群体组合),特别是哺乳动物和古人类变化更为明显。因此,它们埋藏于第四纪沉积物中的化石,就成为目前划分第四纪地层和研究古气候变化的主要根据。此外,古生物和古人类及其文化遗迹,还是研究构造运动的重要素材。

(4) 第四纪古气候的研究 第四纪气候普遍变冷,出现冰期,这是第四纪又一个重大的地质事件。但是,第四纪并不是一直置于酷寒气候之下,而是有几次冷、暖的交替,即冰期与间冰期的交替。

由于第四纪气候的冷暖变化,直接影响到一系列自然环境的变化,如生物界种属、形体的变化及其迁徙,海面扩张与退缩,地形的切割与堆积,地壳岩石的物理、化学风化作用类型及强弱的变化,等等,甚至还可能影响到地壳运动。因此,我们在研究上述受影响的那些自然因素时,必须研究第四纪气候的波动。

由于气候变化影响范围大,给地质环境打下的烙印深,尤其在沉积物中保存有鲜明的遗迹,便于地层划分和对比,因而,它也是划分和对比第四纪地层的重要根据。许多国家就是以冰期、间冰期来进行第四纪地层划分的。以李四光为代表的许多学者也主张以冰期、间冰期来进行我国的第四纪分期和地层划分,以取代现行的四分法(详后)。

冰期时留下的冰积物和地貌遗迹常常遭受后期构造运动而变形,所以它同样也是研究第四纪构造运动的重要资料。此外,在研究水文地质、工程地质问题时,还常常要进行冰川沉积的研究。

(5) 第四纪构造运动及其所形成的构造——活动构造的研究 构造运动是改造地质环境的基本力量。第四纪构造运动也不例外,它不仅有自己的特点,而且其强烈程度也不亚于老构造运动。因此,它对第四纪地质环境的形成和发展起到极为重要的作用,甚至是决定性的作用,以致使组成地质环境综合体的诸因素无不留下受构造运动作用、改造的遗迹。可见,研究第四纪构造运动对第四纪地质学来讲是何等的重要。反之,研究第四纪构造运动也必须广泛地分析第四纪地质环境诸因素,只有这样,才可能取得比较全面、准确的结论。

第四纪构造运动直接关系到人类的生产和生活问题。地震,便是构造运动的一种表现形

式，它对人类的危害众所周知。对它的研究，本质上就是研究构造运动。

此外，火山喷发、断裂活动、地壳升降运动等第四纪构造运动，对人类生活、各种工程建设也有一定程度的影响。因此，对于第四纪构造运动的研究具有很大的实际意义。

(6) 地貌及地貌形态所反映的内、外力相互作用过程的研究 地球表面形态起伏是地质环境中的基本要素，它是在地球内力和外力相互作用下形成的。一定的地貌形态反映一定的内、外力相互作用过程。地貌形态分析是研究第四纪构造运动和外力作用的重要方法。

由于地貌形态和结构反映着一定的构造运动的规律，因而，经受构造运动而变形的第四纪沉积物，可根据其地貌形态和结构出现的规律加以对比和作地质时代上的划分。这是第四纪地层划分的特有方法，也是比较普遍运用的方法。

地貌研究对国民经济的意义是很大的，如土地利用，寻找砂矿、粘土、石油等矿床，开发地下水，建设港口等方面，均需对地貌进行深入的研究。

(7) 海面变迁的研究 长期以来，第四纪地质学的研究工作主要着眼于大陆地区，而占地球表面积三分之二以上的海洋却研究得很少。近数十年来，随着海洋资源的开发，对海洋也进行了许多调查和研究工作。虽然在学科上多把它列入海洋地质研究的范畴，但对于第四纪地质学研究来讲，同样也需要广泛地运用这方面的成果。因为海洋与陆地并不是截然分开的两个孤立的部分，而是有着各方面的内在联系，其中海面变迁与大陆地质发展关系最为密切。频繁的海进海退直接影响着陆缘地区的自然环境、地质结构以及侵蚀与沉积，同时它又是气候变迁和构造运动的灵敏的“反映计”，进而关系到第四纪地层的划分与对比问题。

海面变迁的研究在实用方面也有重要的价值，如研究直接关系到港口建设的海岸带的构造运动和地震活动（陆缘区一般比较活跃），海岸带砂矿的寻找，地下水的开发，海滨农田利用等，均需应用海岸变迁遗迹的研究资料。

综上所述，我们不烦重复指出，第四纪地质环境综合体中起决定性作用的是构造运动，它是第四纪地质学中的核心问题。但是，其构造运动形迹又印烙在地质综合体各因素之中，具体体现在沉积物和地貌形态上。同样，气候、海面、生物等非构造原因的变迁也记录于沉积物和地貌形态之中。因此，第四纪沉积物和地貌形态就成了第四纪地质研究的物质基础。要把烙印在沉积物和地貌形态之中的错综复杂的地质事件一件件搞清楚，就必须理出其发生的次序和相互关系，那末地质时代便是关键性问题，这就有赖于第四纪沉积物的地层时代划分和对比的研究工作。而以上这一切研究工作，又是通过对地质环境各因素的具体分析进行的。可见，第四纪地质研究具有高度综合性，其各因素之间又具有相互联系和不可分割的辩证性。由于这一点，我们在研究某一因素或某一地质事件时，均必须考虑各种重叠、复杂的影响，否则，就可能真假不分。

第二节 第四纪地质学在地震地质研究中的应用

大家知道，地震是一种地质现象，是地质构造活动的产物。因此，研究地震必须研究地震地质，即研究地震发生的地质条件，这是很清楚的事情。

第四纪是现代正在经历着的地质历史发展阶段，研究地震地质无疑要研究第四纪的地质构造活动，研究发生地震的第四纪地质条件，这也是清楚不过的事情。但是，第四纪地质学毕竟不同于地震地质学，二者关系如何？第四纪地质学在研究地震地质中的作用和地位如

何？我们来具体讨论一下。

地震地质研究什么？在具体内容上、研究范畴上尚有不同的理解，有所争议。但大家公认，活动构造的研究是地震地质研究的基础和核心，其它各项研究都基于此项研究。李四光教授在《关于地震地质工作的几点意见》一文^[1]中指出：地震地质工作的任务“概括起来是回答两个问题：第一个问题，哪里有活动构造带？它是怎样活动的？第二个问题，构造带的活动是怎样引起地震的？”这是对地震地质工作很切合实际的概括。

所谓活动构造，照我们的理解，就是第四纪构造运动所形成和改造的构造，至今还活动着。它与第四纪构造基本上是同义词。因为第四纪构造绝大部分现今是活动的（详见第七章）。

在上一节中我们已经讲到，第四纪构造运动及其所形成的构造（活动构造），是第四纪地质环境中起支配作用的因素，也是第四纪地质学一项主要的研究内容。由此说来，第四纪地质学与地震地质学都把第四纪构造运动及其所形成的活动构造作为主要的问题来研究。当然，它们研究活动构造的侧重有所差异。第四纪地质学主要是阐明构造运动对第四纪地质环境的影响和主导作用，而地震地质主要是阐明构造运动在地震孕育发生过程中的作用和机理。但是，它们均必须搞清楚活动构造在哪里，以及构造运动和构造类型、时代、空间分布特征、力学机理、活动强度（速度、幅度）、历史等基本问题。因此，这两门学科在研究内容上有很好的衔接关系，并在某些重要方面有一致性。如进一步从学科本质上追根问源，通过上面的叙述也不难看出，地震地质当可概括在第四纪地质学之中，因为它所研究的构造活动无非是第四纪的构造活动，只是它在研究深度上更深一畴，专属性更强一些罢了。从这一意义上讲，我们也可以把地震地质学作为第四纪地质学和地震学的一门边缘科学。

从研究方法上来看，由于两门学科在上述研究内容上有共同性，故体现出更为密切的关系。但总的来说，地震地质的研究更有赖于第四纪地质学方法的运用，几乎所有研究第四纪构造的方法在地震地质研究中均需应用（详见以后各章）。可以说，地震地质工作者在研究构造活动性时，所运用的地质方法基本上都是第四纪地质学的方法。它广泛地涉及到第四纪地质学的基本原理。首先，必须划分和研究第四纪地层，只有这样才可能获知构造运动和构造发生的时代，进而研究构造运动的强度（包括速度、幅度等）。这是研究地震地质十分重要、不可回避的问题，尤其是在划定地震危险区时更是首当其冲的问题。其二，必须研究第四纪不同时期地质环境各因素的变化及其相互影响，从中探求构造运动对地质环境各因素作用的遗迹，从而恢复构造运动。同时，划分对比第四纪地层工作，也必须进行各因素变化规律、特征和相互影响的研究。在这些研究中，尤以对沉积物、地貌、古生物和古人类、气候、海洋等因素的研究至为重要，其中地貌形态分析、古人类考古的方法更是研究第四纪构造和划分地层所特有和常用的方法。

另一个重要的问题是：在提取构造运动遗迹证据时，需要排除各因素正常变化的干扰。这也广泛涉及到第四纪地质学基本原理，否则，就可能得出错误的结论。例如，河流阶地是研究活动构造中几乎不可少的地貌形态，有些人只要见到阶地就当作新构造运动活跃的直接证据，但实际上并不是这么一回事。河流阶地有气候阶地（海平面升降，气候冷暖变化等原因引起，详后）、河曲阶地（与水流切割方式有关，详后）、构造阶地（与岩性有关，详后）、缓变形的大面积拱隆上升的阶地和急变形的阶地等多种成因或组合类型。前三者与构造运动关系不大，第四种阶地正好说明构造活动的整体稳定性，只有急变形的阶地（同期阶

地高程突然变化或骤然消失等)才真正反映构造运动的剧烈活动。因此,如笼统把它们当作新构造运动活跃的标志就错了。海岸阶地的研究也是如此。它可以由构造运动造成,也可以由气候变化(冰期、间冰期)引起海平面升降而造成。如海南岛崖县鹿回头的原生珊瑚礁阶地,过去一直认为是地壳上升的证据,现研究证明,该级阶地在全国海岸带普遍存在,可以对比,乃是5000年前气候暖期时的高海面产物。

由上述可见,地震地质研究与第四纪地质学的关系是极为密切的。研究地震地质必须全面、系统、综合运用第四纪地质学的基本原理和研究方法;当然,地震地质的研究也必将极大地丰富和深化第四纪地质学,尤其是第四纪构造学方面的内容。这一点是很清楚的。但是,人们也经常会从两个方面提出问题:其一,地震是眼下发生的事情,地震预报以天、月、年计单位,最长几十年了不起了,而第四纪年龄长达300多万年,最近的全新世年龄也有1万年,这样大的时间尺度怎能解决地震预报?因而认为用地质方法研究地震不行,对搞预报更无现实意义,产生取消主义的态度;第二,第四纪地质构造运动有着较强的继承性,多数继承着新第三纪甚至更老地质时期的构造运动,因而认为新生代甚至中、新生代的构造运动特征基本上可代表或概括第四纪构造运动特征,不必花许多精力去从事难度较大的第四纪地质研究,并常常把中、新生代的构造特征直接作为论证活动构造、地震构造的依据。

下面我们就来讨论这两个问题。

第一个问题实质上就是第四纪地质学研究的时间尺度对地震研究的实际意义或作用问题。大家知道,一场构造运动的时间尺度长达千万年以上,而人类物质文明生活的时间尺度(几十年、几百年、几千年)只不过是构造运动经历的一刹那罢了,因此,在人类生活这样短暂的时间尺度里,几乎可把构造运动当作基本恒定的状况,特别是对于运动的基本格局(包括运动方向、强度),更可认为大体是稳定的,而决不能将构造运动基本属性变化的速率用人类社会生活变化的时间速率去理解。许多研究认为,构造运动至少在几千年之内不会有质的变化^[2],具体到某一个构造带来说也是如此。

现代构造运动基本上保持着第四纪以来的特点,总的构造格局变化不大,即强烈活动的构造带与弱构造活动带的位置以及运动性质、方向、类型等等,基本上没有改变,或改变不大。例如,山西临汾盆地的现代构造运动就是如此(图1),自中更新世以来,该地

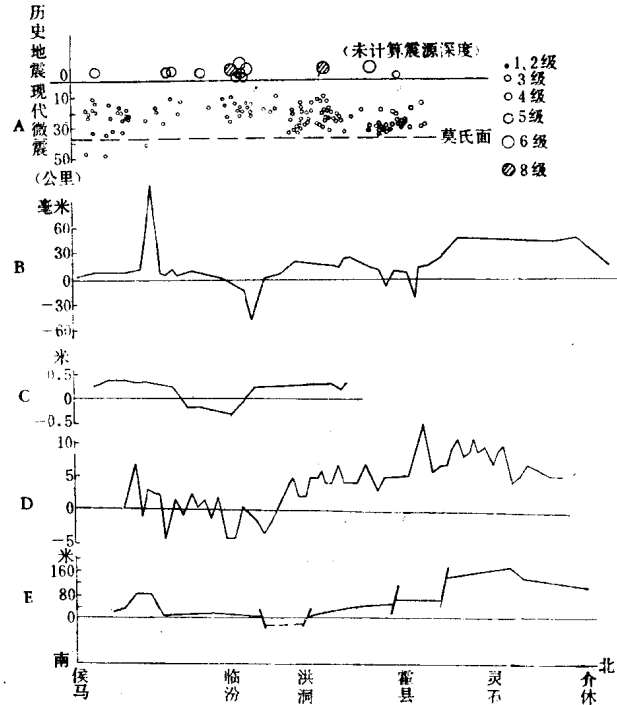


图1 临汾盆地现代构造运动图(据刘光勋、赵国光)

- A. 近期有震源深度的微震和历史强震的空间分布;
- B. 1970—1955年垂直形变曲线;
- C. 据考古资料的垂直运动幅度;
- D. 汾河河漫滩特征总指数曲线(E值);
- E. 汾河阶地(Q₁)纵剖面

区构造运动没有质的变化*。这就是我们运用第四纪地质学研究现代构造运动及地震的理论根据。只要我们把第四纪构造运动问题研究得比较清楚,那末,现代构造运动轮廓大体也就清楚了。而第四纪强构造活动区划分出来了,则现代强构造活动区就较容易寻找,地震的空间、强度二要素的预报也就得到了很大程度的解决。

那么,为什么不直接研究现代构造运动或全新世构造运动呢?这是因为地壳构造形变量是比较小的,由地质学方法来发现现代构造运动,即使是全新世构造运动也是有一定困难的。现代构造运动一般要通过仪器观测才能确定,而大地茫茫,我们要普遍做到这一点,至少目前是不太可能的,那只会弄得一筹莫展。所以,只有在确定了第四纪强活动构造范围后,才有可能较细地研究全新世和用仪器观测现代强活动区,并在这些研究的基础上,指导地震台站布局,进行定点仪器观测和流动仪器观测(如形变测量,流动重、磁测量等),掌握地壳活动的动态,进行地壳构造活动的综合分析,为中、近期预报乃至短期预报提供依据。由此可见,第四纪地质时间尺度对地震研究是有现实意义的和不可缺少的。

第二个问题实际上是第四纪构造运动继承性的评价问题。可以肯定,第四纪构造运动具有继承性的特征,特别是与地震活动关系极为密切的第四纪断裂活动构造带,绝大多数是地史上长期、反复活动的深大断裂构造带。其对中、新生代构造运动,特别是新生代构造运动的继承性表现更是具体,在构造形态、活动部位、运动方式上都有一定的继承性。所以,有些学者主张把形成活动构造的新构造运动时间的下限推移到新第三纪,甚至老第三纪、晚白垩纪末期,认为第四纪构造运动只不过是沿袭下来的构造运动,中、新生代构造活动特征基本上可代表第四纪构造活动的特征。但是,这种观点并不是全面的。当我们较详细研究第四纪构造运动之后,就会发现,它的继承性是有一定限度的,决不是简单的重复,且在许多地区具有新生性的特点。

现举与地震活动有密切关系的盆地为例。中生代形成的一些红盆,有许多在第四纪不活动或活动量很小,第四系已很不发育,而被缓慢抬升为丘陵、山地。华南许多红盆属于这种情况,华北也不少。当然,也有许多从中生代以来一直活动至今的盆地,如华北、西北的一些盆地。它们在第四纪虽与第三纪,特别是新第三纪构造活动很密切,但同样不是完全重复,而有一定程度的新生性,其构造活动部位、强度、甚至活动方式都可能有变化。这些对地震活动性的评价是很重要的。

例如,河南南阳盆地无论是基底构造还是盆地形态都一直被认为是受北西西向构造控制的,直到上新世,地层的沉积等厚线长轴方向仍然清楚地呈北西西向,显示受北西西向构造带的控制,因此,过去在考虑这一带工程建设的地震危险性时,曾把注意力主要放在北西西向构造带上,从这个方向去寻找危险地点。但是,经过第四纪地质研究之后,发现第四纪沉积等厚线长轴出乎意料地呈北东向展布。进而用物探方法还发现了一些隐伏的北东向的第四系隆起构造。地貌研究也发现,唐河以东发育有三级阶地,以西阶地却骤然消失,因而推测唐河为一北东向的第四纪断裂,并且得到物探方法的证实。该方向的第四纪断裂还有好几条**。这些说明,南阳盆地在第四纪地质阶段,构造应力场、运动方向较上新世有了改变,其构造活动以形成北东向构造为主。这就改变了我们对南阳盆地地震危险区的看法,不再把注

* 刘光勋、赵国光:地震地质回顾与展望,1978年。

** 鄂西、豫西、湘西地震区划协作队:鄂西、豫西、湘西地震区划,1971年。

意力放在北西西向构造带上，而应从北东向构造带上去考虑。在黄淮平原也有同样情况，其上新世沉积等厚线近东西向，而第四系等厚线却改为北北东向（图2），表现出与南阳盆地变化的一致性。

再如陕西安康盆地，这是一个第三纪狭长的山间盆地，至今仍活动着，历史上曾记载发生过两次破坏性地震。如完全从继承第三纪构造活动的角度来考虑，整个盆地应划为地震危险区。但经过研究之后发现，第四纪时期的构造活动主要表现在盆地东端，其第四系厚100多米，断裂地貌也很清楚，而盆地其余地区却已缓慢上升为红色丘陵台地。因此，可以认为，虽为同一第三纪红盆，但地震危险性却不同，其危险地段仅在安康盆地东端。

此外，即使在第四纪时期内，某些地区的构造运动仍可能发生一定变化，不能统而视之。如我国东南沿海地区自老第三纪沉积以后，在雷、琼、桂东南地区继续沉陷，直到中更新世，而其以东地区几乎全部处于缓慢上升状态，一直到全新世（至少到晚更新世）。但是，自中更新世后，雷、琼、钦、廉地区却反向运动，以抬升为主，而东部地区到全新世却形成了一系列北西向断陷，地貌上为一系列河口，如闽江口、晋江口、九龙江口、韩江口、珠江口、漠阳江口等，它们正是沿海强震发生之地，也是寻找沿海发震构造的标志。由此可见，自全新世以来我国东南沿海地区的构造应力场可能发生了新的变化。

以上已经阐明了在地震地质研究中运用第四纪地质学的必要性。我们深信，在加强和普及第四纪地质学方法之后，将会使我们对许多地震地质问题和地震危险区获得新的认识，将大大推动地震地质研究的深入发展。

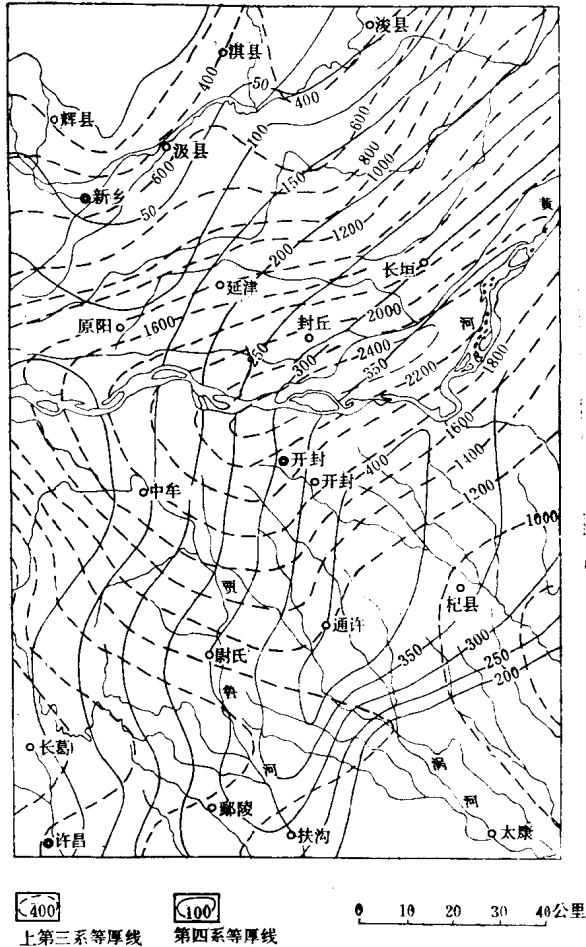


图2 河南黄淮平原上第三系与第四系等厚线图
(据国家地震局地震研究所资料编绘)

第二章 第四纪冰期及其在研究第四纪构造运动中的应用

第一节 第四纪冰期

在第四纪地质历史中,气候变冷,出现了大冰期,这是第四纪一个重大的地质事件。它对第四纪古地理环境、海面升降、生物界和人类的发生与发展、沉积物的特点、地貌发育等等都有重要的影响,与构造运动或许还有成因上的内在联系,故有人称第四纪为“冰川纪”。

因此,第四纪冰期的研究,在第四纪地质学中占有很重要的地位,实际上第四纪地质学也是起源于冰川研究的。

冰川消退后,留下冰川作用遗迹,它是我们追索古冰川、恢复古气候的基本依据。同时,这些遗迹被后期的构造运动改造,对研究活动构造是很宝贵的资料。目前所知,冰期与构造运动似乎有同时性现象,如果在这些方面积累资料,对探讨构造运动起源以及了解地球运动,也可能提供一方面的线索。

在地球历史中,出现冰期气候并不限于第四纪,在石炭一二叠纪、震旦纪地层中也遗留有许多冰川作用的证据,这就是地质历史上的三大冰期。它们都是温度下降到 0°C 以下的时期(图3)。

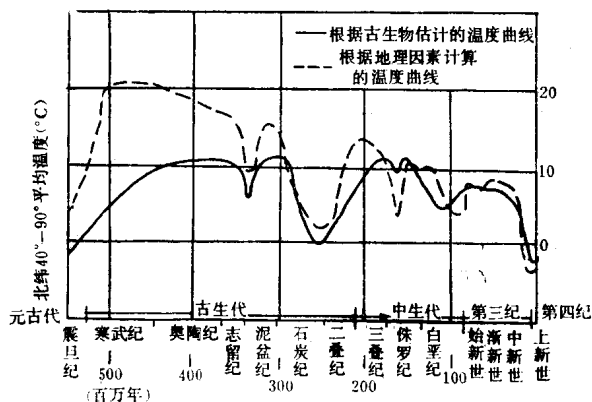


图3 地质时代的温度变化

此外,还有人认为,地球历史上在14.17亿年、25.91亿年、45.18亿年也发生过冰川作用,加上前述三次,共发生过六次冰期(图4)〔3〕〔4〕。

一、冰期与间冰期

大量事实证明,冰期时的气候并非一直处于寒冷状况,而是有波动的,即冷暖相间。当气温降低,降雪量增加,并超过了消融量的时候,雪就不断积累,形成冰川,且日愈扩张,这个时期是真正的冰期;当气候回暖,降雪量减少,冰雪大量消融,

冰川日愈退缩,这个时期为间冰期。第四纪在整个气候变冷的背景下,经历了多次冰期和间冰期的气候变化。在第四纪最大冰期时,冰川覆盖范围曾占陆地总面积的32%(目前只占10%)。当时,在北半球的斯堪的那维亚、西伯利亚、格林兰、北美均出现大片的大陆冰流,斯堪的那维亚冰流向南伸到北纬51度左右,北美冰流曾向南进展到北纬38度,西伯利亚东北部也有大片冰盖分布,断续延伸到贝加尔湖附近(北纬50度左右),在海洋中也曾出现大量浮冰。

在南半球也有冰川发育,规模稍小,南美的安底斯山脉一直到巴塔哥尼亚都是冰川发育

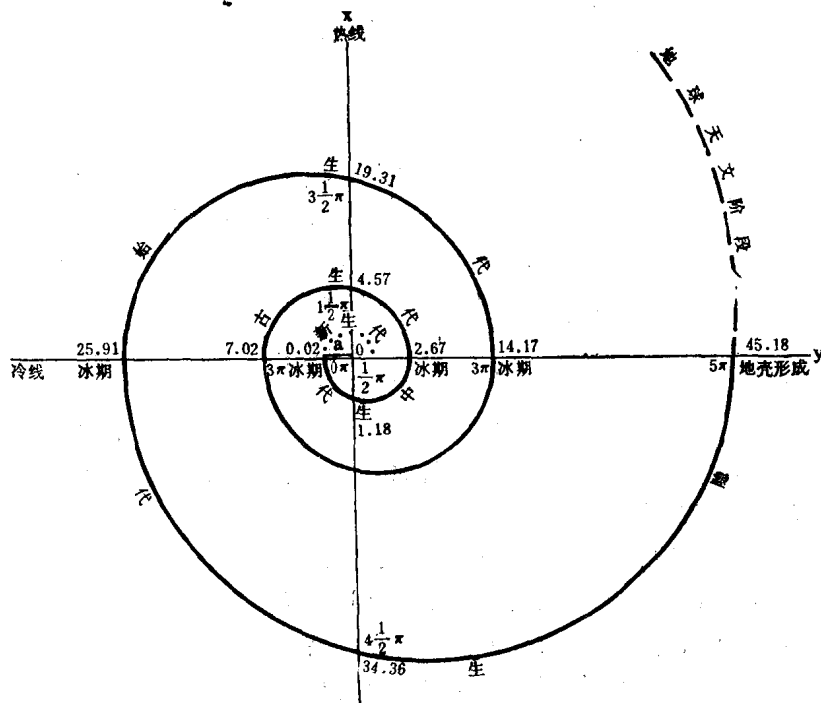


图4 地球运动模式——对数螺线曲线图 (据蒋匡仁)

地区。澳大利亚新南威尔士的科修斯科高原区、塔斯马尼亚的大部分也都覆盖着冰川，覆盖面积达16000平方公里，厚达500米。新西兰大部分埋在冰层中，那里至今还有冰川存在。在中、低纬度的很多高山地区则有山地冰川，甚至在非洲东部赤道附近的山地，如乌干达的瑞尔速尔、坦桑尼亚的乞力马扎罗山等地也都有冰川分布。

至于南极冰盖，它在第三纪就存在了，经历了数千万年。第四纪冰期和间冰期的更替，对它来说只引起幅度不及10%的变化。它在第四纪冰期时冰川面积为13810000平方公里，现代为12588000平方公里〔5〕。

第四纪冰川分布如此广阔，可见它不是局部的，而是全球性的气候变冷，服从于全球性的变化因素。

在冰川时期，气温平均比现在低8—12℃左右，在间冰期时，气温高于现在4—6℃左右。

欧洲地区的第四纪冰期研究最早，第四纪地质学的研究大部分是从这一课题开始而逐渐发展丰富起来的。其中又以阿尔卑斯山的冰期研究最为详细，被作为世界冰期划分对比的标准地区。A. 彭克与E. 布留克纳尔将它分为四次冰期和三次间冰期，从老到新为群智、明德、里斯和玉木冰期，两个冰期之间为间冰期，即群智—明德、明德—里斯和里斯—玉木间冰期。

近年来，在群智冰期老砾岩层底部还发现有三层冰碛或冰水沉积，定出了一个更老的多脑冰期。这样合起来，南欧共划分出五个冰期。

对第四纪各冰期的绝对年代，意见还不一致，甚至相差很大。经近年来的研究，最近一次冰期（玉木）大约结束在12000年前，最老一次冰期（多脑）至少在1800000年前发生的。

根据D. 肯特对北太平洋冰流碎屑及陆相冰碛物的研究, 玉木冰期约出现在1—5万年前, 里斯冰期约出现在35—37万年前, 明德冰期约出现在56—68万年前, 群智冰期约出现在75—87万年前。

关于我国第四纪冰川问题, 曾有过反复激烈的争论。早在1922年, 李四光就在太行山东麓和大同盆地发现了第四纪冰川遗迹。三十年代初, 他又在长江中下游庐山等地相继找到了冰川流行的证据, 撰写了《冰期之庐山》一文, 为划分中国的冰期奠定了基础。他根据庐山冰蚀与冰碛地貌, 冰碛物的风化程度、分布规律以及接触关系等特征, 把庐山的冰期从老到新划分为鄱阳冰期、大姑冰期与庐山冰期, 并分别与阿尔卑斯的群智、明德、里斯等冰期相对比〔6〕。但是, 当时一些外国专家反对中国有第四纪冰川遗迹的看法, 否定中国第四纪有过冰川活动, 我国一部分地质、地理学家也持有此种看法。解放以后, 随着国民经济建设的发展, 广泛地开展了现代冰川和古冰川遗迹的考察研究工作, 积累了丰富的资料。许多学者进一步肯定了我国存在第四纪冰川, 指出在西部山地广泛发育着山地冰川和山麓冰川, 在东部山区也散布有小型山谷冰川, 南界可达粤北、桂中〔7〕〔8〕〔9〕。据天目山北坡冰坑剖面孢粉分析结果〔10〕, 当时气温比现今气温要低10—13℃, 可见, 长江中下游发生冰川作用应是可以理解的。我国广泛出现过冰川活动似无多大疑问。近年来, 我国许多研究者在各地建立了不少冰期, 我们这里仅选择一些有代表性的研究成果作一粗略对比, 列于表2。

但是, 由于自然界的事物比较复杂, 许多现象具有相似性, 并常纠缠在一起, 导致对某一事物的成因可作多种解释。古冰川遗迹也存在这类问题。具体来说, 就是对我国上述东部地区, 尤其是华中、华南地区第四纪存在冰川至今还有不同意见。持怀疑意见的主要根据是:

(1) 根据孢粉、动物群化石组合所反映的古气候条件, 达不到冰川要求的年均温0℃以下的低温, 认为当时气温最低也不过4—5℃, 甚至还高一点。另外, 在所谓典型的冰川作用的鄂西地区竟发现有喜暖的“活化石”植物保存下来, 如银杏、水杉等, 似乎不好理解;

(2) 从我国第四纪古雪线分布的高度来看, 相似纬度地区, 一般均在3000米以上, 即使在处于海洋中的日本北海道日高山, 也达2700米。我国东部根本没有这么高的山, 所以, 不可能存在山岳冰川, 更不可想象冰川会下到庐山脚下;

(3) 作为东部地区冰川存在证据的那些山形和沉积物, 也可用其它外力作用给予解释。如: 擦痕石在泥流和洪流作用下亦可形成; 尖锐山峰、山脊在一定的岩性条件和季节性寒冻作用下也可形成。

上面提出的这些问题, 无疑是有益于推动第四纪冰川研究的深入发展的。至于解决这一问题的途径, 作者认为, 最基本的还要从李四光教授所提出的确定冰川遗迹三项证据(详后)方面入手, 看它们是否配套成龙, 各项证据是否确由冰川作用形成, 以存在推机理。

二、洪积期与间洪积期

冰期时, 高纬度地区冰雪覆盖, 而中、低纬度地区却是雨量丰富、湿润温凉, 致使河流纵横, 湖面扩张。今日许多大陆内部的干旱、半干旱地区所见到的残留下的一些小小的盐湖和干竭盆地, 当年都曾是山青水秀之乡, 如我国新疆的赛利木湖四周有60米的湖滨阶地, 罗布泊有120米的湖滨阶地。青海共和盆地也发现有广阔的三级湖积阶地, 第三级阶地相对高度达170余米, 说明当时湖水面比现在大得多〔16〕。在非洲撒哈拉等沙漠也遗留有许多干河

表2 中国第四纪冰期对比*

地质时代	冰期划分	中国各地区的冰期名称							欧洲	推测年龄 (年)
		东北 (初本君等)	北京 (孙殿卿等)	祁连山 (南京大学地理系)	天山 (郑本兴等)	西藏 (段万倜等)	珠穆朗玛峰 (施雅风等)	云南元谋 (孙殿卿、钱方等)	滇东、黔西 (贵州108地质队)	庐山 (李四光)
全新世	冰后期	冰后期	冰后期	冰后期	皮牙子里克小冰期 (气候最宜期)	冰后期	绒布德小冰期 期亚里期	冰后期	冰后期	冰后期
	冰期	第五冰期 (顾乡屯)	百花山	三岔口	塔克拉玛干 (天池)	巴斯错	绒布寺阶段	大理	大海子	玉木
	间冰期	第四间冰期	碧云寺— 百花山		诺什卡	扎加藏布— 巴斯错	绒布寺— 玛峰冰期	四家村	大龙潭— 大海子	里斯—玉木
中更新世	冰期	第四冰期 (诺敏河)	碧云寺	东沟	台兰 (天山)	扎加藏布	基龙寺阶段	东山	大龙潭	里斯
	间冰期	第三间冰期	龙骨山— 碧云寺		台兰—柯 克台不爽	纳赤台— 扎加藏布	加布拉	月龙	海子头— 大龙潭	明德—里斯
	冰期	第三冰期 (结纳河)	龙骨山	斜河	柯克台不爽 (天台)	纳赤台	聂聂雄拉	中山	海子头	明德
早更新世	间冰期	第二间冰期	泥河湾期		柯克台不爽 —包子岭	望昆— 纳赤台	帕里	牛王山	梨园村— 海子头	群智—明德
	冰期	第二冰期 (白土山)			包子岭 (天岭)	望昆	希夏邦马冰期	马头山	梨园村	群智
	间冰期	第一间冰期				狮子山—望昆 狮子山冰缘期 惊仙—狮子山		元谋	龙津村— 梨园村	多脑—群智
	冰期	第一冰期	朝阳			惊仙	龙川	元谋	龙津村	多脑

* 表中所参阅文献请见文献〔9〕—〔15〕。各地冰期所对应的地质时代，作者根据统一标准有所修改。