

中国东部 中·新生代 板内变形 构造应力场 及其应用

万天丰 著

地质出版社



中国东部中·新生代板内变形 构造应力场及其应用

万 天 丰 著

地 质 出 版 社

目 录

第一章 绪论	(1)
第二章 构造层、构造期与构造事件	(5)
一、概念	(5)
二、地层对比	(7)
三、构造层与构造期的划分	(10)
第三章 板内变形期及其特征	(12)
一、印支期 (250—208 Ma)	(12)
二、燕山期 (208—135 Ma)	(14)
三、四川期 (135—52 Ma)	(15)
四、华北期 (52—23.3 Ma)	(17)
五、喜马拉雅期 (23.3—0.7 Ma)	(20)
六、新构造期 (0.7 Ma 以来)	(22)
第四章 构造应力方向	(23)
一、印支期 (250—208Ma)	(24)
二、燕山期 (208—135Ma)	(27)
三、四川期 (135—52Ma)	(30)
四、华北期 (52—23.3Ma)	(32)
五、喜马拉雅期 (23.3—0.7Ma)	(34)
六、新构造期 (0.7Ma以来)	(36)
第五章 构造应力大小	(38)
第六章 构造应变场的几点认识	(44)
一、板内变形速度	(44)
二、板内缩短率、变形时间与应变速率	(55)
第七章 板内变形与应力场形成机制的探讨	(60)
一、周邻板块的运动学特征	(60)
二、均衡补偿作用	(66)
三、古陆块与古拼接带的影响	(67)
四、老断裂的重新活动	(69)
第八章 中、新生代构造与内生成矿作用	(70)
一、中、新生代内生成矿作用的重要性	(70)
二、板内拉张带成矿作用	(71)
三、成矿物质来源与构造背景	(75)
四、成矿深度与保存条件	(82)
第九章 构造地貌的几个问题	(84)
一、现代地形形成的萌芽时期	(84)

二、东西向山脉与汇水盆地区的形成.....	(86)
三、台阶状地形的成因.....	(87)
四、关于沟弧盆系的成因.....	(88)
五、关于长江、黄河水系的形成.....	(88)
第十章 现代构造应力场的影响.....	(90)
一、对地震的影响.....	(90)
二、对基岩裂隙水与地热田的影响.....	(92)
三、对地块稳定性的影响.....	(94)
四、对地形的影响.....	(95)
参考文献.....	(97)

第一章 绪 论

本书主要讨论中国东部构造演化问题。涉及范围主要是贺兰山—龙门山—西昌—攀枝花—红河以东地区，即东经 102.5° — 106° 以东地区。周围有关的邻区，凡必须涉及到的问题也一并加以论述。

我国东部地处欧亚大陆板块的东南边缘地带，经历漫长而又特殊的地质构造演化过程。根据近年来地质、地球物理及地球化学研究的成果，作者认为中国东部地质构造演化，大致上经历了四个大阶段：

1. 原始陆核与古板块的形成阶段；
2. 古板块裂解与漂移阶段；
3. 古板块拼合与碰撞阶段；
4. 板内变形阶段。

原始陆核开始形成于太古宙（2500 Ma 以前），在早元古宙的不同时期（1900—1700 Ma），我国大陆东部地区原始陆核即已拼合成若干个古板块；从中元古宙到古生代末期中国古板块处于裂陷、解体的状态之中，受各自所处构造环境与自身结构特征的影响，不断地在古赤道两侧发生不同幅度的漂移，在各古板块内部仅发生微弱的板内变形；印支期（三叠纪）是中国东部各古板块（或小块）依次重新拼合与碰撞的时期，从此中国东部地区就成为欧亚大陆板块的一个组成部分。

从侏罗纪开始，中国东部进入了板内变形阶段，这就是本书所要讨论的主要内容。考虑到三叠纪时期不仅在古板块边缘发生碰撞作用，在板块内部的变形作用也相当强烈，因而本书所研究的板内变形是从三叠纪开始的。通过研究三叠纪以来我国东部板内变形的样式、方向、组合规律以及地层的接触关系，以区域性角度不整合面为界，可将中生界划分为六个构造层和与之相应的六个构造期，它们是：印支期（250—208 Ma）、燕山期（208—135 Ma）、四川期（135—52 Ma）、华北期（52—23.3 Ma）、喜马拉雅期（23.3—0.7 Ma）、新构造期（0.7 Ma—）。本书研究了不同构造期的应力场（确定各期主应力方向及部分构造期的差应力大小）及其对区域岩浆、变质、沉积和地形演化的影响；估算了不同时期、不同地区的地壳缩短量、变形速度、变形时间及应变速率；并以古地磁、古应力场和古构造背景资料为依据，探讨了我国东部板内变形的动力学机制。在上述理论研究的基础上，本书讨论了各期构造形变与应力场对内生矿床形成的控制作用，对地形演化的影响，以及现代构造应力场对于地震活动、基岩裂隙水（断层水）分布和区域稳定性的影响等实际应用问题。

早在作者参加地质工作不久的60年代，就已萌发了融合各学派之长、认真地将地质构造的历史分析与力学分析有机地结合起来，并深入研究大地构造的想法，这完全是得益于李四光（1962）、黄汲清（1960）、张文佑（1959）、王鸿祯（1956）、马杏垣（1963）等我国著名大地构造学家以及我校多位师长、学长的教诲与启迪。实践证明，在构造演化研究中，将历史分析与力学分析紧密地结合起来是一种正确的、行之有效的思维方法。

1976年之后,当作者与同事们在重新研究与探讨构造地质学科研究方向时,就发现尽管国外地学工作者在海洋板块构造的研究上突飞猛进,取得了长足的进展,但是对于大陆板块内部构造演化的研究,还只能说处于起步阶段。国外的一些知名学者(Tapponier & Molnar, 1977; 许靖华, 1987; Otsuki, 1985)都曾对我国东部中生代以来地质构造演化与板内变形发表了不少新颖的见解。可惜这些意见常常只能解释某个时期的某些现象。可能这是由于他们所掌握的资料有限、不够充实,对于我国板内变形特征与演化历史的复杂性认识不足所致。

1982年我国学者曾经在中国地质学会成立60周年中生代地质讨论会上,发表了许多宝贵的新见解,(其中主要学术论文均载于1983年地质学报第57卷第1—3期),然而由于当时客观条件所限,许多新见解尚须进一步探讨,不同的见解也未充分地交换,因而未能引起更多的反响。

80年代是我国东部比例尺为1:20万的区域地质调查工作基本完成并进行系统总结的阶段,丰富的资料、翔实的数据,为我们重新认识板内变形与恢复中生代构造应力场,创造了极为有利的条件,它们是本书研究的主要基础。然而必须指出的是,这些实际资料十分丰富的区域地质调查工作总结和许多省的区域地质志与矿产志,对于我国东部中生代板内变形规律总结得不够理想,对于其构造形变特征、变形样式、分布规律与构造应力场的演化缺乏全局性的、系统的认识,明显地影响了构造形变对成矿的控制作用的认识。其指导性的学术思想,基本上仍旧是按照国内60年代某个或某几个大地构造学派的理论框架,或者按70年代国际上板块构造学说的初步理论概念进行阐述的,没有很好地从实际出发把中生代板内构造事件的演化、变形规律与成矿作用有机地结合起来,提出新认识,发展新理论,显然这些总结性的认识还有待于精确化、定量化和进一步的深化。

近十年来通过认真阅读和系统搜集我国东部590幅区域地质调查成果(比例尺为1:20万),21个省市的区域地质志,以及近年来有关的测试新成果与论文专著,作者搜集、统计并研究了9410个大中型纵弯褶皱构造、686个节理观测点,291个古构造应力值数据,8159件岩浆岩化学全分析数据,以及3061个同位素年龄数据,还综合分析了测试数据比较齐全的304个大中型矿床的研究成果,再加上30余年来在教学与科研工作中对区域地质构造的研究和对13个矿床(热田)进行实地研究的经验,以及对于76个矿床参观访问所获得的看法,对中生代板内变形与应力场进行了较系统的总结与地质矿产资料的“二次开发”,完成了现在奉献给读者的这本专著。作者希望通过此书的出版,能引起广大地质工作者对于板内变形与中生代构造应力场的重视和兴趣,也希望运用板内变形与应力场的新认识,对各类矿床的找寻以及其它实际问题的解决,能有所裨益。

恢复我国东部大陆板块内部中生代以来的各期构造应力场,对于探寻大陆板块形成与演化的动力学机制具有重大的理论意义。在构造形变作用十分强烈、构造置换作用占主导地位的板块边缘和碰撞造山带地区,企图分清多期构造形变、恢复多期构造应力场是十分困难的,有时甚至几乎不可能。晚期的构造形变常可部分、甚至完全置换早期构造形变。然而在多期构造形变作用相对较弱的板内地区,早期形变的保存条件就好得多。尤其是我国东部地区适位于欧亚大陆东南部,东临太平洋、菲律宾海板块和伊佐奈木板块,南靠印度—澳大利亚板块,使我国东部地区可感受到几个板块之间的相互作用,构造应力场的主应力方向易于变化,使不同时期的构造形变的特征易于辨认。系统地恢复每一个地块内部

的多期古应力场是当前地球动力学研究的重要课题。从主应力方向变化较多、构造形变的后期改造作用较弱的中国东部中生界开始研究,显然是十分有利的。这可以为世界上板内变形与古应力场研究,提供一个良好的范例。

弄清区域地质构造演化历史是查明成矿作用过程,并进而指导我们找矿工作的必要基础和可靠依据。根据现有较可靠的成矿作用资料的总结,可以看出我国东部内生与外生矿床形成以及发生改造作用的最主要时期均为中生代。太古宙、元古宙以及古生代的地质演化,固然对于矿源层的形成或矿液的运移产生过重要的影响,是成矿物质富集过程中的必要环节和重要的基础,前中生界的岩系也经常为矿床的赋存提供了有利的围岩,但真正形成并使有用元素达到工业品位要求的矿床,则主要是在中生代时期。另外,当前我国成矿规律的研究工作中,最薄弱的部分也恰恰是构造形变的分布规律、演化及动力学机制。因此认真加强这方面的研究已经是形势所迫、当务之急了。

中生代构造演化的研究,尤其是新生代晚期——新构造期的研究,对我国地形的形成与演化,对于基岩裂隙水与地热田的分布,对于现代各地区区域稳定性的研究,显然具有十分重要意义。不可能脱离中生代的构造演化来讨论新构造期的地形演化与区域稳定性问题。因此,可以看出,中生代构造应力场的研究也同样具有重要的实际价值。

本书中,古地磁资料是由朱鸿教授综合整理的,并与作者共同完成了本书第七章的主要研究内容。林建平同志负责了福建省与山西省中生代应力场的研究。曹秀华同志主要负责透射电子显微镜的制样、观测工作,并完成了大多数古构造应力值的估算。中国地质大学(北京)构造地质研究室的各届研究生尹延鸿、褚明记、叶士忠、吉让寿、张延、李书兵、张永利、孙善学、李正全、曾联波、冯明等同志都曾协助作者进行了我国东部部分地区或矿区中生代构造应力场的研究工作,本书所引用的686个节理观测点的资料,主要是由他们完成的。赵光希、曾联波同志帮助搜集了我国东部各矿床的原始资料。如果没有同事们与研究生的通力合作,整个研究工作肯定是难以完成的,在此,对于他们的合作与帮助表示感谢。

本书在编写过程中,得到王鸿祯、马杏垣和庄培仁教授的热情关怀与指导,王维襄、吴正文、宋鸿林、陈华慧、李东旭、刘和甫、赵崇贺、郭铁鹰、吕新媛等教授都曾对本书的有关问题发表过重要的见解,这些见解都极大地启迪了作者的思路,特此一并致谢。

在本书资料搜集过程中,得到中国地质大学(北京)资料室、地矿部航空物探遥感中心资料室的帮助,并提供了极大便利,使作者能系统地查阅到大量的区域地质调查成果。

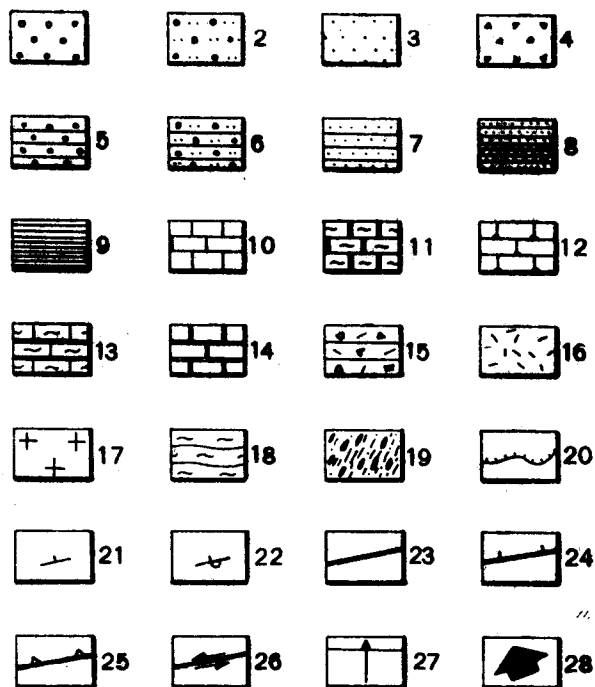
在本书草稿完成后,耄耋之年的家父万世永教授对书稿进行了文字润色,并誊清了全部手稿。对于家父的关怀与厚爱,本人深受感动,铭记在心。

总之,本书虽然是以个人为主的拙作,然而,实际上,却是集体劳动与心血的结晶。不过,限于作者的水平,书中肯定存在不少缺点和错误,敬请读者批评、指正。

最后还应感谢地矿部、福建、浙江、安徽、山东、吉林等省地矿局,山东黄金工作领导小组地质工作办公室,国家自然科学基金会以及北京中关村地区联合分析测试中心在本研究成果完成过程中所给予的部分经费资助与指导帮助。

为了便于阅读和减少重复,现将本书通用图例附在下页。

本书通用图例



1—砾石（即左上角图例）；2—砂砾层；3—砂层；4—角砾层；5—砾岩；6—砂砾岩；7—砂岩；8—粉砂岩；9—页岩；10—石灰岩；11—燧石条带白云岩；12—燧石团块灰岩；13—燧石条带结晶灰岩；14—大理岩；15—火山角砾岩；16—玄武岩；17—花岗岩；18—片麻岩；19—断层角砾岩；20—不整合面；21—岩层产状；22—倒转岩层产状；23—区域性断层；24—正断层，齿表示上盘；25—逆断层、逆掩断层，齿表示上盘；26—平移断层，箭头示相对运动方向；27—钻孔；28—构造挤压方向，即最大主压应力方向

第二章 构造层、构造期与构造事件

一、概 念

构造层 (Структурный Этаж) 的概念是 40 年代苏联地质学家提出来的, 近年来美国地质学家 (Muehlberger, & Tauyars, 1989) 也采用了与此类似的概念 (Tectono-synthems)。**构造层**是地质演化过程中在一定构造单元里、在一定构造时期内形成的地层组合, 它在时间上代表地壳演化历史中的一定的构造时期或构造阶段, 在空间上代表某一构造事件所影响的范围。各构造层之间的分界通常表现为明显的沉积间断, 出现区域性地层角度不整合接触关系。不同的构造层在构造变形的类型、样式、强度、构造应力方向和构造格局等方面均可发生根本性的变化。

王鸿祯 (1982, 1990) 根据构造演化“阶段论”的观点, 将地壳发展阶段划分为构造大阶段 (megastage)、构造阶段 (stage) 及构造运动期 (epoch) 等三个级别。本书主要讨论的板内变形阶段就相当于王鸿祯 (1990) 所提的“联合古陆解体大阶段”。这是一个以冈瓦纳与劳亚大陆分离, 冈瓦纳大陆不断裂解, 欧亚大陆逐渐增生以及大陆板块内部不断发生变形为特征的阶段。在此构造大阶段之下可划分为几个构造期。每一个构造期 (stage) 都有与之相应的物质表现——**构造层**。

每一个构造期又都可以划分为稳定期与活跃期两个小阶段 (表 1), 它们相当于一般事物演化的量变与质变 (或灾变) 的过程。活跃期就是地质构造发生质变 (或灾变) 的时期, 此时一般经历的时间较短, 各种地质作用常发生剧烈的变化, 其表现即可称为**地质事件** (geological event) 或**地质灾变事件** (geological catastrophic event)。由地质作用所造成的岩石圈剧烈的变位和变形事件可称为**构造事件** (tectonic event), 与此同时, 经常还伴有区域性变质作用与岩浆活动, 因而也常常称之为**构造—热事件** (tectonic—thermal event)。它们一般发生在每一个构造期的结尾阶段。

由表 1 看出, 在构造演化的稳定期与活跃期, 其地质表现是截然不同的, 它们在沉积—剥蚀作用的特征、地层接触关系、岩浆活动、变质作用、岩石变形、地壳变位 (水平或垂直运动)、应力状况及经历时间等方面均有显著的差异。

作者认为依据上述地质表现, 可以清晰地划分并确定构造演化的稳定期和活跃期。完整地研究区域构造演化就必须将稳定期与活跃期的各种地质表现都认真地加以考察, 如果只研究某种地质表现, 或者只研究某个时期的地质表现, 都很容易导致错误的结论, 在这里, 综合分析研究显然是十分必要的。

当然, 讲到构造演化的稳定期与活跃期相间的特征时, 人们会自然联想到传统构造概念中的“造山幕”。根据 Stille (1924) 的思想, 反映造山运动的构造变形与不整合面的形成具有突发性, 并且是在短期内完成, 由此便可据以划分造山旋回。从 30 年代以来, 苏联部分构造学者认为某些构造变形是长期渐变的结果, 美国的一些学者 (Gilluly) 不仅

表 1 构造演化阶段性及其地质表现

序号	地质表现	稳 定 期	活 跃 期
1	沉积—剥蚀	连续沉积、局部剥蚀	沉积间断、剥蚀，局部沉积
2	地层接触关系	整合、平行不整合、地理不整合	角度不整合
3	岩浆活动	岩浆活动微弱、岩浆逐渐冷凝	各类岩浆侵入与喷发活动强烈
4	变质作用	埋藏变质、弱水热变质	区域变质、动力变质、接触变质、水热变质均较强烈
5	岩石变形	极微弱的褶皱、局部正断层	强烈褶皱、断层、发育各类面理与线理
6	地壳垂向运动	稳定、缓慢地下降或上升， $< \pm 0.01\text{mm/a}$	强烈，上升或沉降， $\geq \pm 1\text{mm/a}$
7	地壳水平运动	微弱，位移 $\leq \text{mm/a}$	强烈位移，发生挤压，拉张或剪切、位移 $\geq \text{cm/a}$
8	应力状况	应力积累与调整，主应力方向不明显或在转换之中，差应力值小，约 10MPa	应力释放，主应力方向明显，稳定，差应力值大，10—100MPa
9	经历时间	大于或等于几千万年	小于几十万—上百万年

否定 Stille 关于全球造山幕同时的概念，而且还提出构造运动在时间上均匀分布的观点（王鸿祯，1990）。近年来，许靖华（Hsu, 1989）、Sengör（1982）、李继亮（1991）等则更明确提出：固定论与活动论在哲学上的两个重大分歧是：（1）固定论不承认大地构造作用的均变，而认为有分幕的“造山革命”，活动论则承认大地构造作用，特别是造山作用是均变的；（2）固定论认为大地构造作用在世界范围内有决定论的时空定式，活动论则不承认这种决定论的定式。他们的这些观点，使人们对构造演化阶段性认识的分歧表现得更为突出。

事实上，岩石圈板块的活动论观点已基本上被公认。但是赞同活动论观点的，是否一定要赞成大地构造作用的均变论观点呢？是否一定要否定构造演化的阶段性呢？就我国东部中生代板块内部的演化特征而言，作者发现演化的阶段性十分明显，这与造山带地区角度不整合面被掩盖，多期构造作用沿同一方向（或相近的方向）重复作用，早期岩石变形被置换等特征相比是截然不同的。另外，即使在短暂的活跃期（经历几十万—上百万年）岩石也可以极低的应变速率发生流变（见第六章），而不必如 Sengör（1982）和李继亮（1991）等一样，强调了构造形变的流变过程就否定构造形变的阶段性，更不能以此来当作活动论与固定论的原则分歧。

至于 Sengör 与李继亮所强调的大地构造作用在全球不同时的观点，经近 30 年来的实践，已经证实。但是全球不同时发生构造作用剧烈的变化，并不等于在局部地区构造作用也完全不同时。事实上，地质学家们在详细研究各自国家、地区的构造演化过程中都发现在一定区域范围内构造作用均具有明确的时间性和阶段性。

同位素年代学资料，似乎给予我们一个岩浆、变质作用是持续发生与连续演变的印象（图 1）。其实，同位素年龄数据比较连续均匀的分布，只反映岩浆与变质作用逐渐冷却

所造成的同位素封闭时的年龄值。即使如此,在同位素年龄数据系列(图1)上,仍可清晰地出现阶段性。

我国东部各构造事件发生时间与世界各国的不完全相同。应该说,绝对不存在一张全世界完全统一的构造作用时间表。

对于构造作用的“活跃期”的概念,作者认为尽管在某些板块边缘地区,与“造山幕”是相当的,但是考虑到在板块内部仍有构造作用的影响,并且又不一定以“造山运动”和“造山带”的形式表现出来,因此在本书内不采用“造山幕”的概念,并且也不认为板内构造形变作用在全国都是同时发生的,有的地区是准同时的,有的地区则完全不同时。

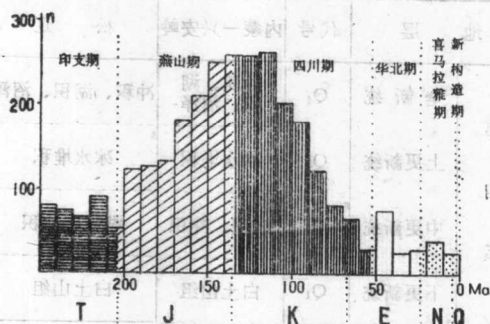


图1 中国东部新生代同位素年龄直方图

此图共计引用3061个同位素年龄数据,资料引自“中国岩石同位素年龄数据资料汇编”(1—4册);
n为同位素年龄样品件数

二、地层对比

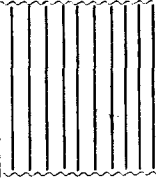
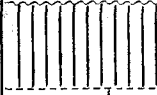
为了合理进行构造期的划分,必须首先研究地层划分与对比。根据各省地质志的地层划分研究以及近年来一些地层学与同位素年代学研究论文的见解,作者提出了我国东部中生代地层对比表(表2)。

在该地层表中争议比较大的是侏罗系与白垩系的划分对比问题。现在对于侏罗、白垩系的划分与对比工作中,存在着海相与陆相生物地层对比问题,同位素年龄问题,生物化石与火山岩系同位素年龄矛盾问题以及不同化石门类对界线认识的分歧意见等问题。国际上,侏罗、白垩系的分界是以海相生物地层学研究为依据的,现在基本上都公认以贝利阿斯阶(Berriasian)为白垩系之底界,但是在与我国东部陆相生物地层相对比时,常常发生困难,并产生分歧意见(顾知微,1983;郝诒纯,1982,1986;刘本培等,1986)。国际地科联1989年提出全球地层表(Cowie & Bassett)与王鸿祯等(1990)提出的中国地层年代表中,将侏罗纪与白垩纪的分界放在135 Ma,而Harland(1989)等提出的年限则放在145.6 Ma,欧洲对白垩系底界采用海绿石测定的同位素年代为 130 ± 3 Ma (Odin, 1982)。

我国东南沿海地区一些地层按生物化石资料都鉴定为侏罗系,如南园组、长林组(福建),龙王山组、云台山组(宁芜),磨石山群(浙江)。然而它们的同位素年龄,经过在国内外用不同方法反复测定,都在114—136 Ma之间(胡华光,1982;翁世劼等,1987),测年数据应该说是比较可靠的。作者认为将上述岩系改划为下白垩统比较合理。

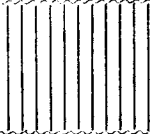
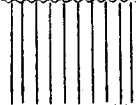
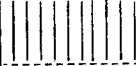
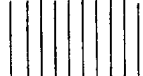
据古植物、鱼类、孢粉、叶肢介、瓣鳃类等不同门类化石对侏罗—白垩系界线的意见也是很不一致。按郝诒纯(1982,1986)与陈芬教授的面授,根据我国东部各地区与朝鲜、日本、俄罗斯远东地区的对比,认为将东方叶肢介(*Eosestheria*)定为上侏罗统,而将出现延吉叶肢介(*Yanjiestheria*)、中村介(*Nakamuranaia*)、介形类(*Cypridea*, *Darwinula*)和孢子(*Classopollis*)占优势作为下白垩统生物群的典型特征。

表 2 中国东部中

地 层		代号	内蒙—兴安岭	松 辽	河北—北京	鄂尔多斯	山 东	江 苏	
第 四 系	全 新 统	Q ₄	冲积、湖积、沼泽	冲积、湖积、沼泽	冲积、湖积	亲戚沟组	冲、洪积物	冲积、湖积	
	上更新统	Q ₃	冰水堆积	冰水堆积	马兰组/欧庄组	马 兰 组	惠民组	下蜀组	
	中更新统	Q ₂	湖积、冲积	湖积、冲积	赤城组/杨柳青组	离石组	临清组	泊岗组	
	下更新统	Q ₁	白土山组	白土山组	泥河湾组/固安组	午城组	无棣组	豆冲组	
第 三 系	上 新 统	N ₂		泰康组	壶流河组/明化镇组	千河沟组	明化镇组	盐 城 群	
	中 新 统	N ₁		大安组	汉诺坝组/馆陶组	红柳沟组	馆陶组		
	渐 新 统	E ₃			东 营 组	清水营组	东 营 组	三 垛 组	
	中 上 始 新 统	E ₂ ²⁺³			沙河街组	寺口子组	沙河街组	戴南组	
	下始新统 古 新 统	E ₁ ¹ E ₁			富峰山组	孔店组		孔店组	阜宁群 泰州组
白 垩 系	上白垩统	K ₂	青云岗组	明水组 四方台组	土井子组 洗马林组	特盖庙组		王氏组	赤山组 浦口组 娘娘山组
	下白垩统	K ₁	赉扎诺尔群 兴安岭群	嫩江组 姚家组 青山口组 泉头组 登娄库组	滦平群	志丹组	青山组	姑山组 大王山组 云台山组 龙王山组	
侏 罗 系	上侏罗统	J ₃	巨宝组	营城子组 沙河子组	东岭台群	芬芳河组	蒙阴组	西横山组	
	中侏罗统	J ₂	万宝组	夏家街组 太阳岭组	长山峪群	安定组 安直罗组	三台组 三坊子组	象 山 群	
	下侏罗统	J ₁	红旗组	板石顶子组	门头沟群 杏石口组	延安组 延富县组			
三 叠 系	上三叠统	T ₃		大酱缸组		延长群			范家塘组 黄马青组 周冲组
	中三叠统	T ₂				二马营组			纸房组
	下三叠统	T ₁		芦家屯组	和尚沟组 刘家沟组	双泉组			青 龙 组
下 伏 地 层			索伦组	马达屯组	石千峰组			石千峰组	石盒子组/ 太古界

注：地层接触关系：整合——，平行不整合(包括地理不整合)----，角度不整合~~~~，地层资料引自中国各省、自治区区域地质志，

新生代地层对比表

湖 北	江 西	福 建	广 东	广 西	四 川	云南西部
平 原 组	联 圩 组	长 乐 组	现代湖坪、冲积	桂 平 组	资 阳 组	冰后期沉积
宜 都 组	庐山冰碛层	龙 海 组	海积、冲积	望 高 组	兰家坡组 黄鹄溪组	官 渡 组
善溪窑组	大姑、鄱阳冰期 及间冰期堆积	同 安 组	北 海 组	白 沙 组	雷家院组 雅安组	中 营 组
云 池 组		天 宝 组	淇 江 组	浔 江 组	田家山组	元 谋 组
广华寺组	头 陂 群	佛 县 群	万 山 组	南 康 群	红崖子组	福 东 组
			粤 海 组 韩 江 组 珠 江 组		凉水井组	 三号沟组
荆河镇组			珠 海 组	邕 江 群	丽 江 组	勐 腊 群
潜 江 组 荆 沙 组	武 宁 群		华 涌 组 宝 月 组		芦 山 组	果 郎 组
新沟咀组			埤 心 组	凤 凰 山 组	名 山 组	云 龙 组
沙 市 组			萃 庄 组	上 洋 组		勐野井组
云台山组	南 雄 组	赤 石 群	南 雄 群	罗 文 组	灌 口 组	
公安寨组	贛 江 组	沙 县 组		西 垌 组		
何家坡组	火把山群	石帽山群 板 头 群	罗 定 群	永 福 群	夹 关 组	弄 坎 组
泉水河组		南 园 组 长 林 组			天 马 山 组	
马架山组	鸡笼峰组 葛 蒲 组		高基坪群	大 塘 组	莲花口组 遂 宁 组	
花家湖群	罗 坳 组	漳 平 组	漳 平 组	那 荡 群	沙溪庙组	柳 湾 组 勐 戛 组
武 昌 群	林 山 组	梨 山 组	金 鸡 组	百 姓 组 汪 门 组	白田坝组	
	安 源 组	焦 坑 组	艮 口 群	扶隆坳组 平 垌 组	须家河组 小塘子组 垮洪洞组	芒 汇 河 组 小定西组
蒲圻组 陆水河组	杨 家 群	安 仁 组	黄 垆 群	河 口 组 雷 口 组	天井山组 雷口坡组	河湾街组
观音山组 大 冶 组	大 冶 群	溪 尼 组 溪 口 组	大 冶 群	罗 楼 群	嘉陵江组 飞仙关组	
大隆/长兴组	大隆/长兴组	大隆/长兴组	大隆/长兴组	大隆/长兴组	长 兴 组	长 兴 组

本书内地层代号均与本表相同

应该说侏罗—白垩系的分界问题不是本书研究的重点，不能对此讨论过多；作者在这方面的知识也有限，不可能对此问题研究得更深入，以使界线的划分更准确。根据现有的生物地层资料及其与构造形变、岩浆活动的关系，作者在此采用王鸿祯等（1990）与郝诒纯（1982，1986）的意见，将同位素年龄 135 Ma 作为侏罗纪与白垩纪之间的时限，并按照上述意见将我国东部侏罗—白垩系的分界作出了如表 2 的划分。

由表 2 可以看出：我国东部中新界内广泛分布的区域性地层角度不整合主要发生在中、上三叠统（南方）或上三叠统与侏罗系之间（北方）；侏罗、白垩系之间；下、中始新统之间；渐新统与中新统之间以及下、中更新统之间。上述界面均可作为构造层的分界面。至于其它不整合，如下、中侏罗统之间，中、上侏罗统之间，上、下白垩统之间，均属局部性的不整合或平行不整合，界面上下两套地层的构造变形特征与样式没有显著的区别，因而不能当作构造层的分界面。

三、构造层与构造期的划分

根据上述区域角度不整合面的资料，我们就可以把中生界（代）划分为六个构造层以及与其相应的构造期（表 3）。它们自下而上（自老到新）依次为：印支构造层（印支期，250—208 Ma），燕山构造层（燕山期，208—135 Ma），四川构造层（四川期，135—52 Ma），华北构造层（华北期，52—23.3 Ma），喜马拉雅构造层（喜马拉雅期，23.3—0.7 Ma），新构造层（新构造期，0.7 Ma—）。

表 3 中国东部新生代构造期与构造事件

地质年代	代号	同位素年龄	构造期	构造事件
全新世	Q ₄	0.7Ma	新构造期	喜马拉雅构造事件
晚更新世	Q ₃			
中更新世	Q ₂			
早更新世	Q ₁	23.3Ma	喜马拉雅构造期	华北构造事件
上新世	N ₂			
中新世	N ₁			
渐新世	E ₃	52Ma	华北期	四川构造事件
中晚始新世	E ₂ ²⁺³			
早始新世	E ₁ ¹			
古新世	E ₁	135Ma	四川期	燕山构造事件
白垩纪	K			
侏罗纪	J			
三叠纪	T	208Ma	燕山期	印支构造事件
		250Ma	印支期	
二叠纪	P		海西期	

六个构造期（构造层）的命名是依据优先命名的原则来进行的。三叠纪时期各次构造

作用,按照李四光(1939)、黄汲清(1945, 1959)、张席禔(1958)及赵宗溥(1959, 1960)意见称为**印支期**是恰当的。国内目前的争议不在名称,而在各地区具体变形事件发生的时间上。

燕山期的定义,本文是以翁文灏(1927)最早的定义为准的,即主要是指侏罗纪的构造作用,后来他本人(1929)和黄汲清(1960)、赵宗溥(1959)等学者将其扩大为侏罗—白垩纪的构造作用,似乎不大妥当,这可能是与当时的研究是以沉积、火山建造为主有关,他们未注意到侏罗系和白垩系内构造变形特征、样式与应力场的截然不同。

四川期是以谭锡畴、李春昱(1948, 1950)的认识为基础而重新提出的构造演化时期。尽管由于当时地层资料不完备,他们误以为四川期的构造作用活跃时期发生在白垩纪与早第三纪之间或晚白垩世之内。但他们是最早强调这一时期特殊的构造变形特征的,因而作者与朱鸿(1989)建议恢复四川期的术语,用以描述白垩纪到早始新世的构造作用。

华北期这一术语,最早是由唐智(1979)提出来的,用以描述华北地区老第三系变形的特征。作者认为唐智所提出的华北第一幕相当于四川构造事件,而华北第二幕即为华北地区乃至整个中国东部地区中始新世—渐新世具有普遍意义的构造作用阶段。这一时期的构造作用与喜马拉雅造山作用过程毫无关系,不宜采用过去所沿用的喜马拉雅运动(黄汲清, 1945)的术语。

真正的喜马拉雅造山时期发育在中新世到早更新世,将此时期称为**喜马拉雅期**(黄汲清, 1945)是恰当的。

中更新世以来的构造时期可采用**新构造期**。过去不少学者认为新构造期是新第三纪开始或第四纪(丁国瑜, 1982)开始的,但结合我国的特色,作者认为从中更新世以来最为恰当。有关各构造层、构造期的特征,后面各章节将详细讨论之。

值得注意的是, **中生代构造事件与生物地层灾变事件的发生时间不一定是同时的**。我国东部古生界与中生界(二叠系与三叠系)之间有一次重要的生物地层灾变事件,但是在我国地层上的表现,它们之间为连续沉积;而较强烈活动的印支构造事件则发生在三叠纪的中晚期。燕山构造事件大致上与侏罗—白垩纪之间的生物地层灾变事件几乎同时(可能与地层和时代划分不够精细有关)。中生代与新生代(白垩与早第三纪)之间的生物地层灾变事件也是很强烈的。但是在该时期,我国在地层上几乎均表现为连续沉积或仅出现平行不整合,在我国东部绝对没有重大的构造事件发生,没有区域性角度不整合的出现。比较明显的角度不整合普遍出现在始新统下、中阶之间,有的地区在古新统与始新统之间,这就是四川构造事件的表现。在东太平洋地区,始新世与渐新世之间普遍发生了一次重要的生物灾变事件,而我国则在其大约1000万年之后的渐新世与中新世之间发生构造事件,这就是华北构造事件。第三纪与第四纪之间在印度洋及其周围也有生物灾变事件,然而我国东部区域性的不整合与喜马拉雅构造事件却发生在早、中更新世之间。可见生物地层灾变事件经常与我国东部的构造事件不同步发生,构造事件经常在生物灾变事件之后的某一个时间发生,也就是说构造事件经常不同程度地滞后于生物灾变事件。有关出现这种现象的机制问题,作者将在今后的论文中予以探讨。

第三章 板内变形期及其特征

以第二章所划分的构造层、构造期与构造事件为依据,通过对 590 幅比例尺为 1:20 万的区域地质调查成果的认真研究,采用构造解析的方法,作者发现我国东部中、新生界各构造层在各地区的板内变形时间与特征是各具特色大不相同的。

一、印支期(250—208 Ma)

由于在中朝板块多数地区三叠系与古生界之间均为整合或平行不整合接触关系,印支构造事件常使三叠系与古生界,甚至于中、上元古界一起发生褶皱、断裂作用。在中朝古板块边部(图 21, B),中上元古界、古生界与三叠系之间均为整合或平行不整合接触关系,印支期褶皱可以影响到上述全部岩系,形成一系列轴向近东西的穹状背斜与短轴向斜,褶皱翼部地层倾角比较平缓,常为 20° — 30° 。局部地区褶皱两翼的倾角可以较大(图 2),类似现象在中朝板块北部边缘地区,河北承德、平泉、滦平,内蒙河套、辽宁北票以及吉林通化、浑江均可见到。该地带印支构造事件发生在中晚三叠世,其岩浆活动的同位素年龄大致在 242—229 Ma(米家榕、葛肖虹, 1981)。在中朝板块内部和南缘,印支事件表现较弱。在北京西山尚可见杏石口组(下侏罗统)与双泉组(上二叠统一下中三叠

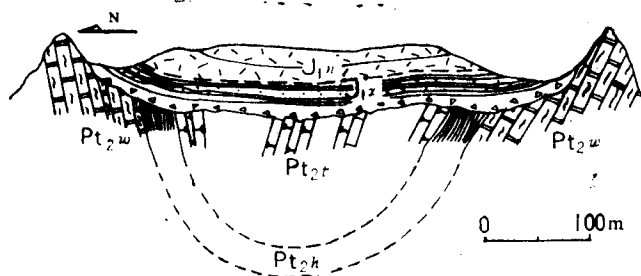


图 2 河北承德县印支期角度不整合剖面图

承德县桦树东山村杏石口组(J_{1x})与蓟县群(中元古界)之角度不整合; J_{1n} 南大岭组;
Pt_{2r}—铁岭组; Pt_{2h}—洪水庄组, Pt_{2w}—雾迷山组

统)或红庙岭组(上二叠统)呈角度不整合接触(宋鸿林, 1984)或平行不整合接触关系。而在板内大多数地区则很难见到印支期褶皱,仅在延安地区发现 5 个轴向东西的十分开阔的背斜,其翼角只有 1° — 2° 。中朝板块的中央部分形成一个大型的走向近东西的内陆拗陷盆地,其内部的河湖沉积相带也大致呈东西向展布(表 4, 图 21, B)。在东北—内蒙地区(图 21, A),普遍发育印支期褶皱。但过去经常将其混同于海西期褶皱,与中朝板块的一样,角度不整合主要形成于侏罗系与三叠系之间。褶皱轴向以 NE 为主,翼角平均为 50.7° 。与其相伴的断裂与岩浆侵入活动十分发育。

在华南地区,印支构造事件的演化特征具有明显的差异性。华南的西部地区保山地块

在中三叠纪末期即已俯冲到临沧地块之下，形成近南北向分布的构造挤压带（李继亮，1988），使昌宁—孟连一线的洋壳消失（刘本培等 1991），形成动力变质带（同位素年龄为 193—235 Ma）与临沧花岗岩带（同位素年龄为 210—230 Ma），从现有的云县，临沧与勐海一带的同位素资料来判断这种挤压碰撞作用应始于早三叠世（230—250 Ma）。在该区下三叠统及其以下的地层普遍褶皱，褶皱轴向近南北，翼角中等，（表 4，第 50 项；图 21，J. I.）。

在中三叠世末期，武汉—广济—皖南—上海一线（江南深断裂）以南，即扬子板块东南部、南华与湘桂地块（图 21，C, D, E）均发生印支构造事件，上三叠统普遍以角度不整合覆于褶皱的中三叠统及其下伏地层之上，这期褶皱过去称之为安源或金子运动。该期褶皱的轴向普遍呈近东西向展布，翼角一般在 30°—60°之间。只是在扬子板块的东部，长江中下游一带，印支褶皱受大别地体边界挤压的影响，形成著名的淮阳弧形构造系（图 21）。在武汉—广济—上海一线以北地区，褶皱轴迹在广济（115.5°E）以东为 NEE 向，以西地区则为 NWW 走向。该地区的褶皱与中朝板块和扬子板块碰撞关系密切，褶皱期与角度不整合均发生在三叠纪末期，过去常称之为南象运动。在当地地质工作者的帮助下，根据近年来（万天丰等，1990）的工作，作者观察了安徽怀宁县月山北部拉犁尖（图 3），南京南象山（图 4），栖霞山（图 5），安徽广德县与浙江长兴县交界处的友谊水库西端，巢县林头北侧，以及鄂东南蒲圻涂家，鄂城大山等地的角度不整合现象。这些角度不整合接触十分清晰，并有古风化面，绝对不是断裂构造或推覆构造的表现。

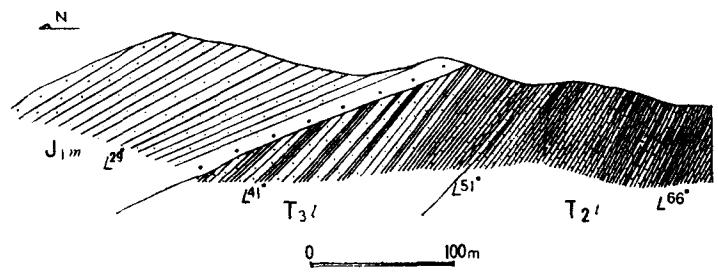


图 3 安徽怀宁县月山北部拉犁尖侏罗系与三叠系角度不整合剖面图（据作者照片 改绘）
下侏罗统磨山组砂岩（J_{1m}）不整合地覆盖在中上三叠统地层（T₂—T₃）之上

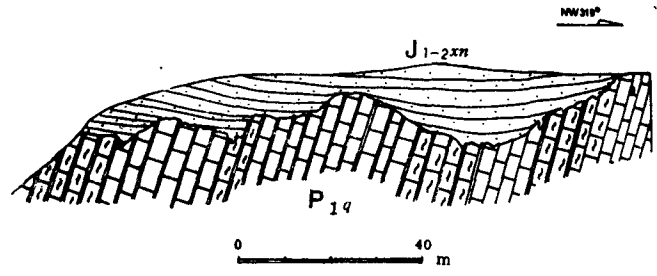


图 4 南京南象山印支期角度不整合剖面
下中侏罗统象山群（J_{1-2xn}）不整合地覆盖在下二叠统栖霞组（P_{1q}）之上，界面上有明显的地下水溶蚀现象，并有少量古风化残余红土，无近水平推覆构造的变形痕迹