

活动构造研究

强祖基 王洪涛 编著



地震出版社

活 动 构 造 研 究

强祖基 王洪涛 编著

地 震 出 版 社

1 9 9 2

(京)新登字095号

内 容 提 要

本书主要介绍了活动构造的概念、基本类型、第四纪年代学、现代应力场以及与地震活动的关系等,着重论述了活动构造研究的各种方法,主要包括地质学研究法、地貌学研究法、地形测量、地球化学和遥感图象的计算机识别法等。

本书可供高等院校讲授活动构造课程之用,还可供构造地质学、地震地质学及水文工程地质学及地质力学研究人员参考。

活 动 构 造 研 究

强祖基 王洪涛 编著

责任编辑:朱向军

责任校对:李鸣明 李珩

*

地震出版社出版

北京民族学院南路9号

北京朝阳展望印刷厂印刷

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 8印张 201千字

1992年8月第一版 1992年8月第一次印刷

印数 0001—1000

ISBN 7-5028-0601-6/P·405

(991) 定价: 6.00元

序 言

活动构造研究不仅仅是特指关于新构造运动全过程中最近一个时段的构造研究，而且从理论上和方法学上都给构造学带来新的内容。同时，作为研究地质灾害、环境、工程基础稳定、矿产资源等实用问题的基础，也越来越被重视起来。近一二十年我国地震学界、地球物理、大地测量学界和地理学界在这方面做了大量的工作。

《活动构造研究》一书是作者在多年教学实践中不断收集国内外最新资料，并逐步系统化而编写成的。本书最大的特点就是关于活动构造众多研究方法的介绍及其应用意义的讲述，对于从事这方面工作及教学者来说，这也许是首要的帮助。本书另一个特点是贯彻构造解析的观点与方法，给读者以层次与级序的系统观念。

活动构造作为一个新的研究领域，它的定义、范畴、方法、类型、理论、实践以及中心课题，发展前景等方面都还在研究、讨论、发展之中。本书作为一种专门教材，都或多或少地涉及了这些问题，这正可以作为今后系统发展活动构造学的一个雏型。

可以预期，一个能够精细了解构造运动真实过程及其动力学根据的活动构造学在本世纪的最后十年内，伴随“国际减灾十年”和“全球变化”的世界性地学活动，将获得迅速的成长。

马宗晋

1990年9月20日

前 言

活动构造学是一门新兴学科，它的兴起是与国民经济的发展分不开的。建国以来大型工程建设、环境地质调查、各种资源的开发以及地震危险性判定，都与活动构造研究息息相关。

1982年著名地质构造学家马杏垣教授在中国科技大学研究生院讲授“构造解析”，作者参加了活动构造的部分章节讲课。之后，自1987年起由作者单独在研究生院讲授“活动构造研究”。这本书是在作者多年来讲授及研究活动构造过程中不断完善的。

虽然作者在这方面作了多年努力，但由于水平所限，书中难免有不妥之处，请读者批评指正。

在写作过程中得到了邵学钟、张存德、陈文寄、程国良、程绍平等人的帮助，作者在此谨对以上同志一并致谢。

目 录

第一章	绪论	(1)
§ 1	新构造	(1)
§ 2	中国新构造运动与地貌特征	(1)
§ 3	活动构造研究	(2)
§ 4	研究活动构造的意义	(4)
第二章	活动构造类型	(6)
§ 1	大面积隆起和拗陷	(6)
§ 2	挤压隆起与拗陷、逆断层	(10)
§ 3	地堑、正断层	(14)
§ 4	走滑断层、拉分盆地和挤压构造	(20)
第三章	活动构造的地质研究方法	(24)
§ 1	地质构造法	(24)
§ 2	第四纪沉积物成因类型及组合关系的研究方法	(26)
§ 3	生物化石研究方法	(26)
§ 4	槽探方法	(27)
第四章	活动构造的地貌学研究方法	(34)
§ 1	河流地形研究法	(34)
§ 2	洪积扇研究法	(43)
§ 3	岩溶地形研究法	(44)
§ 4	夷平面研究法	(46)
§ 5	海岸地形研究法	(47)
第五章	遥感图象的计算机识别方法	(52)
§ 1	卫星遥感	(52)
§ 2	图象增强	(53)
第六章	活动构造的地壳形变测量、地球物理和地球化学研究 方法	(70)
§ 1	地形变测量方法	(70)
§ 2	地球物理勘探方法	(74)
§ 3	地球化学方法	(79)

第七章	同位素年代测定法	(80)
§1	钾氩法(K-Ar法或 ^{40}K - ^{40}Ar 法)	(80)
§2	^{14}C 年龄测定法	(80)
§3	铀系不平衡法	(81)
§4	裂变径迹法	(82)
§5	热释光法(TL法)	(83)
§6	电子自旋共振测定年代法(ESR法)	(84)
第八章	其它测定年代法	(86)
§1	古地磁测年法	(86)
§2	断层崖(剥蚀速率)年龄测定法	(87)
§3	石英颗粒外貌法	(89)
§4	砾石风化晕厚度测年法	(90)
§5	氨基酸外消旋法	(91)
§6	植物生长率法	(92)
第九章	活动断层、活动褶皱与预警断层	(94)
§1	活动断层	(94)
§2	活动褶皱	(99)
§3	预警断层	(100)
第十章	活动构造应力场研究	(104)
§1	构造(地壳)应力场	(104)
§2	活动构造应力场的研究方法	(104)
§3	地壳现代应力方向	(110)
§4	地壳现代应力大小	(112)
§5	瞬时地壳运动	(113)
参考文献		(115)

第一章 绪 论

19世纪,德国人K.霍夫注意到地球表面的变化不仅局限在某一地方,而是全球性的,并且与地震发生有关。20世纪40—50年代,构造地质学家们详细研究和探讨了瑞典、芬兰海岸线的变迁与构造运动的关系。继而活动构造的研究在世界各国逐渐兴起。

美国、苏联、日本、法国、德国、新西兰在研究活动构造方面做了许多工作。20世纪50年代,我国活动构造研究也逐步发展起来。1957年,由中国科学院召开了第一次新构造运动座谈会,会后出版了论文集,总结了前一阶段我国活动构造的研究工作。随着国民经济蓬勃发展及减轻自然灾害工作的深入,我国新构造和活动构造研究取得长足进步。

§ 1 新 构 造

活动构造一词是从新构造一词中划分出来的,因此在谈活动构造时有必要介绍一些有关新构造的概念。一般认为:新构造运动产生的构造变形称为新构造。但不同学者对新构造一词也赋予不同涵义,主要有以下几种观点:

苏联H.И.尼古拉耶夫、И.П.格拉西莫夫、中国黄汲清教授认为,新第三纪到现今的地壳运动都称之为新构造运动,这时形成的构造则称为新构造。研究现今地球面貌时,自然而然地会发现现今地势、地形轮廓主要是在新第三纪时业已形成,所以要特别强调此时的构造运动。

苏联著名地质学家B.A.奥布鲁契夫于1948年曾提出,第三纪末到第四纪前半期形成的构造称之为新构造。这一说法已被事实所否定。

新生代以来形成的构造称之为新构造,由于其持续时间过长,往往与近期活动的构造有很大差异,目前使用也不广。

还有一些其它名词,如最新构造、现代构造等。最新构造与新构造一词在涵义上无多大区分;现代构造即最新构造运动的一部分,指全新世以来形成的构造。

§ 2 中国新构造运动与地貌特征

(1) 强烈的燕山运动:燕山运动奠定了中国现今地貌单元的轮廓,除去喜马拉雅山和台湾岛以外,中国大陆主要地貌单元此时业已形成。北东向、北北东向山地及其相间的内陆拗陷、盆地构成了我国东部主要地貌单元。我国西部昆仑山、阿尔泰山、天山、祁连山等原在古生代末已渐形成,但在燕山期后则出现以断块上升为主的差异性运动。

(2) 早第三纪古新世—渐新世(E_1-E_3)的平原化进程:这一时期,我国地壳处于宁静时期,形成许多夷平面。东南沿海大陆边缘则处于地壳拉张阶段,一些基性岩墙,顺裂缝贯入。具有代表性的夷平面有东北大兴安岭兴安期夷平面、内蒙古地区蒙古期夷平面、华北燕山和

太行山地区北台期夷平面、山东地区鲁中期夷平面、秦岭地区秦岭期夷平面、鄂西地区鄂西期夷平面、贵州山区大娄山期夷平面。

(3) 渐新世(E_3)—中新世中期(N_2^1)的构造运动: 这时, 喜马拉雅拗陷在中新世发生强烈褶皱, 海水退出我国西南部, 西藏地区与印度次大陆连接起来, 使早第三纪的准平面地形改观。青藏高原此时上升至1000米左右, 喜马拉雅山褶皱带上升至海拔3000米左右。

(4) 中新世晚期(N_2^2)—上新世(N_3)的构造运动: 此时全国地形又在地壳相对稳定条件下出现准平原化。大兴安岭地区有布西期夷平面, 华北地区形成唐县期夷平面, 西南地区形成川、滇、黔山盆期夷平面, 湖北西部地区形成山原期夷平面。

(5) 上新世晚期(N_3^2)—更新世初期(Q_1)的强烈构造运动: 此时我国地势轮廓日臻完善。在我国东部沿北东、北北东断裂发生差异性运动, 山地和高地、拗陷和洼地已相间排列, 而西部地区由于印度板块与欧亚板块在喜马拉雅地区的碰撞, 喜马拉雅山的崛起, 沿东西向、北西西、北东向构造方向形成一系列山脉和盆地。另一特征是差异性运动显著, 青藏高原原先只有1000米的高度, 并广泛生存有三趾马动物, 但经过此次强烈的构造运动后, 三趾马化石被抬升到4000—5000米的高度。有证据表明, 在此次运动前, 喜马拉雅山只有3000米高, 但经此次运动被抬升到7000米以上高度。

(6) 全新世时期的继承性构造运动: 此期运动继承了上新世晚期(N_3^2)和更新世初期(Q_1)的构造运动。有时, 构造运动并不都具备继承性, 如华北燕山山前第三纪时期是相对隆起地区, 到了第四纪才开始下沉, 接受沉积物; 又如福州、漳州等地的第四纪盆地, 只是在第四纪中期(中更新世)才发育成盆地。

§ 3 活动构造研究

活动构造研究主要研究的是地表浅层活动构造, 把野外构造关系的观察研究放在重要地位, 将中小尺度构造直接与大构造相联系。对一地区的全面应变格式作出判断, 就能对岩石圈块体之间相应运动方向和所处应力状态作出解释。活动构造研究主要包括以下三个方面的内容:

(1) 形态学的研究: 首先对变形岩体几何特征和力学性质进行观察、描述和测量, 进行所谓构造几何分析, 其中包括产状要素测量等。

(2) 运动学的研究: 根据几何学数据追索造成现有构造状态和位置的内部和外部运动。

(3) 动力学的研究: 鉴定构造过程中力的状态, 如利用断层擦痕法恢复各期应力状态。即研究构造形变与造成它们的外力和应力条件之间的关系。

由于岩石圈构造的复杂性及介质的不均一性, 因此对不同尺度、不同层次、不同岩石类型、不同时间的活动构造应采用不同的研究方法, 并进行综合解析。

(1) 尺度: 主要是指空间上的尺度。为了观察和研究地质构造, 可把地质体按大小范围相对地划分, 其中每一地质构造现象都有适当的尺度或一定的尺度范围。每一尺度的构造都强调某些不同的方面, 而且有其不同的研究任务或观察方式。因此, 从微观到宏观尺度研究地质构造能得到比较全面的答案。地质构造可以从宏观到微观分为: ①大地构造(全球构造); ②大型构造(区域构造); ③小型构造; ④微型构造; ⑤超微型构造。在野外一个范围

不大的露头中，首先观察到的是小型构造，如节理、劈理、小褶皱、变形岩石构造等。通过地质填图把不同地层露头中的中、小型构造形迹联系起来研究，就进入大型构造研究的范畴。再扩大到更大规模或全球规模，就称之为大地构造研究。另外，在微观研究方面，用显微镜对岩石构造进行精细观察，如劈理、流褶构造等，称之为微型构造研究。用X射线和扫描电子显微镜等手段研究细微颗粒结构、晶格构造以及颗粒外貌等，称之为超微型构造研究。

(2) 层次：构造层次概念最早是由魏格曼提出的，指的是一特定变形幕过程中具明显相对活动性的层次，它在一运动旋回中可划分出表壳构造和内壳构造。哈勒采用了这一概念，并在格陵兰东部的工作中注意到两者之间有一滑脱面。另外，基底和盖层构造也是一种构造层次的划分，与前者不同之点在于它们是不同构造旋回的产物。提出层次概念是为了强调地壳或岩石圈的变形机制和变形产物，以及构造特点的不同。例如，表层以脆性变形为主，褶皱变形极少，但是在地下10—20公里处，虽然同属脆性变形，但与地表浅层所处的围压与温度条件是不同的。

R.H.希布生1977年提出了地壳破裂具有双层结构模型(图1.3.1)，强调了地壳断裂的破裂性质随地壳深度发生改变。在地壳深10—15公里以上地区为弹性摩擦区，深1—4公里处断裂具有未固结的断层泥和角砾，干燥时则有假玄武岩玻璃。但是，深4公里以下地区，虽然处于弹性摩擦区的脆性破裂，却有固结的组构紊乱的压碎角砾岩。在地壳内温度达到250—350℃以上时即进入准塑性区，这时断裂破碎带内出现固结的叶理化糜棱岩及变余糜棱岩。这样从图上可清楚地看到脆—韧性转换的状况。

近来，在岩石圈内部发现了许多大型拆离构造。它们实际上是一些大型推覆构造或铲形正断层。这些断层上部往往是脆性的，深部则表现为韧性剪切带。这对正确认识活断层在地表浅处的表现有所帮助(图1.3.2, 1.3.3)。

(3) 岩石类型：不同岩石类型(如沉积岩、岩浆岩和变质岩)中的构造特征也不相同，相应地构造解析也就有所不同。对沉积岩构造可侧重研究节理、断裂(同生断裂)、褶皱等；而对火成岩、侵入岩的构造变形，可重点研究节理、断层及其相伴生的断面擦痕小构造；而变质岩发育地区的研究重点应放在劈理、片理、褶皱、断层等方面。

(4) 时间序次：不同时间、不同序次概念的提出，大大丰富了人们对构造变形的认识。正如李四光教授(1973)所说“当岩层或岩块揭开它的形变序幕，不同序次的构造形迹就会跟着产生，再次发生的构造形迹有的可能是新生的，有的可能是由旧的构造形迹转变而来的。”不同时间的变形也应区别开来，如福建福清、福州地区，在已被硅化或萤石薄膜覆盖的

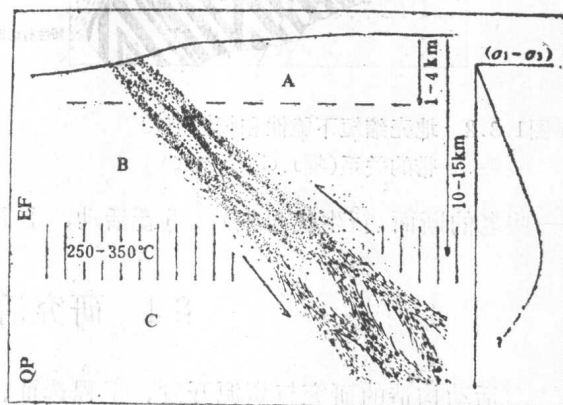


图1.3.1 一条大型断层带的双层结构模式(据R.H.希布生, 1977)

EF.弹性摩擦区; QP.准塑性区。A.未固结的断层泥和角砾(干燥时则有假玄武岩玻璃); B.固结的组构紊乱的压碎角砾岩、碎裂岩,干燥时则有假玄武岩玻璃; C.固结的片理化糜棱岩及变余糜棱岩

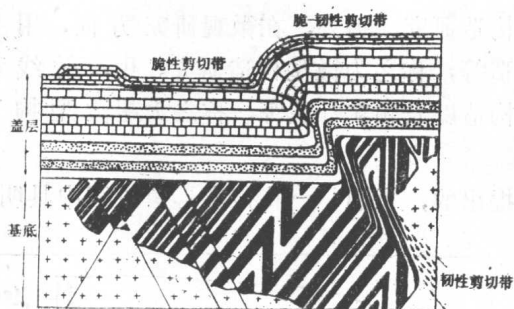


图1.3.2 地壳缩短下脆性和韧性剪切带的关系(据J.G.兰姆塞)

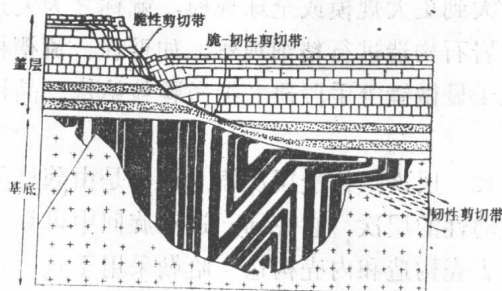


图1.3.3 地壳拉伸时脆性和韧性剪切带的关系(据J.G.兰姆塞)

一些老的断面(新生代早期)又重新活动,上面叠加着新的第四纪擦痕。

§4 研究活动构造的意义

活动构造的研究与资源开发、工程选址、环境保护及减轻自然灾害,尤其是与地震灾害防御有着不可分割的联系。例如,地下水资源勘测、砂矿寻找都与活动构造研究紧密相关,许多地下水富集地带都与基岩中新断裂或新破碎带的分布有联系,因此查明基岩中新破裂构造展布规律,可作为寻找基岩裂隙水的前提。山东金刚石砂矿明显地与沭河二级(Q_2)阶地分布相联系,查明这一阶地的成因及展布规律,对进一步扩大砂矿基地将起着重要作用。在减轻地震灾害方面,研究活动构造有着重要意义。1940—1976年苏联发生的19次 $M \geq 6$ 地震,其中

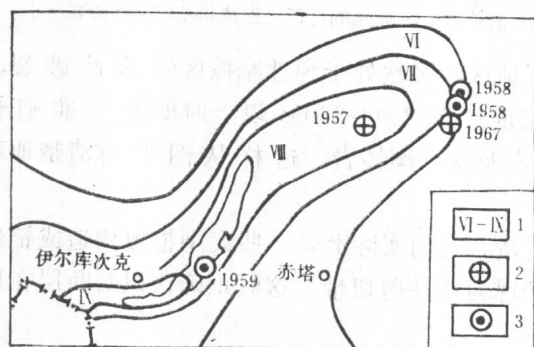


图1.4.1 1957年贝加尔地区地震区划图(据И.В.古宾)

1. 可能发生Ⅶ—Ⅷ度的地震带;
- 2和3为图出版后发生地震震中;
2. X度地震; 3. IX度地震

中有17次都超越原来区划估计的地震烈度1—2度。例如,在1957年区划图(图1.4.1)出版后不久,于1958年在斯塔诺沃山脉西南支脉的Ⅶ度带范围内发生两次地震:一是1958年1月5日的纽克兴地震, $M=6.5$, $I_0=Ⅷ$;另一是1958年9月14日阿列克马地震, $M=6.5$, $I_0=Ⅷ$ 。其烈度比预计的大Ⅲ度。1959年8月29日中贝加尔地震 $M=6.8$, $I_0=Ⅷ$,地震发生在贝加尔湖的东南岸,地震烈度比预计的大Ⅰ度;1967年1月18日在塔斯-尤里亚赫地震($M=7$, $I_0=Ⅷ-Ⅹ$)发生在斯塔夫山脉西南支,烈度比预计的大Ⅳ度。最近的事件又是反映了同一问题,1988年12月

7日苏联亚美尼亚北部斯皮特克灾难性地震,这一次地震的烈度在各个地区都比图上表示的要大2—3度,这些情况的造成主要是对地质环境及其现代活动性认识不足。我国也有类似情况,邢台地震、海城地震、唐山地震都大大超过了原来所估计的地震烈度和地震震级。就拿

唐山地震作为例子。唐山在1976年以前,所有地震烈度及危险区划图都将唐山的地震烈度定为Ⅴ—Ⅵ度,震级也只有5级左右。实际上,唐山大震的震级为7.8级,烈度达到Ⅺ度,给我国国民经济带来巨大损失。造成这些估计不足与该地区活动断层研究不深入有关,因此唐山地震后,我国各地震部门都加强了活断层研究,对典型活断层地区进行活断层填图,参加了国际活断层对比工作。

工程选址与场地稳定性的评价是现代大型工程基地建设的重要评估手段,这是由于大型综合性工程建筑物要求其所选择的场地必须具有十分稳定的地质环境,否则将造成不良的后果。例如工程场地内存在地表活动断层或有潜在的构造滑坡体或隐伏的第四纪地震断层,一旦产生缓慢或突发构造活动事件,建在其上的结构物将遭受难以预料的严重破坏和重大经济损失。如在核电站选址及稳定性评估中,规范严格要求人们必须对场址的活动断层做详细的分析研究。又如大型的轻工、化工、高速公路、铁路、港口码头选址也要求对场址地质体做活动构造分析。1986年福建省青州大型造纸厂为扩大建设,原设想在旧场址上进行设计,但由于在进行场址活构造评价时,在原场址发现了晚更新世(17000年左右)以来的活动断层带,并且已造成高柔结构物倾斜破坏,结果,原总图布局设计方案被取消。

在海岸工程、地下工程或其他特殊工程建设中遇到类似活构造的不稳定地质体问题更是屡见不鲜。为确保工程安全,新的工程勘察规范都已明确提出要对场址的活断层或者地基的变形做科学的评价。

在环境保护方面,如放射性废弃物埋存地不能有活动构造(包括断层或地下裂隙带),以防给人类带来危害。

在理论研究上,从构造的时空尺度、地质体的类型、构造层次、地壳深浅构造变形成因以及构造-物理力学机制的概念,对地壳的大小、微观构造现象进行综合研究,无疑将启迪人们在更深的层次上探索老、新构造运动的发生、发展及其相互作用,进而为岩石圈动力学和灾害地质、环境地质等研究提供一条新的蹊径。

第二章 活动构造类型

活动构造与地壳上其它构造一样,按照变形应力状态和变形特征,基本上可分成四大类:大面积隆起和拗陷;挤压形成的地壳岩层褶皱、逆冲和俯冲;引张形成的地壳拉伸变薄或裂隙的伸展构造;剪切形成的走滑(平移)断层和旋扭构造。

§ 1 大面积隆起和拗陷

当前,在岩石圈板块构造运动愈来愈被广大科学工作者所认识的同时,垂直构造运动及其所产生构造类型又往往被人们忽视。在这里提出由垂直构造运动所引起的岩石圈构造现象——大面积的隆起与拗陷是非常必要的。

一、大面积隆起

大面积隆起和拗陷其表现特征为坚硬的岩石圈呈现着区域性的隆起和拗陷,这种构造类型在中国大陆上广泛分布着。

自第三纪晚期到现在,在中国北方,特别是黄河流域的陕北、陇西等地区,不断进行着大面积隆起。主要表现是上升面积大,长短轴有几百公里甚至上千公里,而在其下切的河谷中广泛分布着阶地。这些阶地高度不等,时代不同,愈往高处其时代愈老。如陕北大面积隆起广泛分布着近水平产状的巨厚中生代沉积,在漫长的第三纪时期受到强烈剥蚀,形成准平原地形。在第三纪晚期,特别是在第四纪,准平原不断下沉,上面堆积着蓬蒂期 N_2 的红土和早更新世的红色土。这样就把准平原上无数局部凸起和凹陷填平,准平原被改造成平原,只有在少数地区留下一些残丘,耸立于平原之上。在更新世晚期,大面积上升运动产生,河流下切上述新生代沉积成为深谷,并深深切入基岩之中,在若干河谷里下切深度达300米或更多。

1. 陕北大面积隆起

陕北大面积隆起北自长城,南至渭河北山,东起黄河,西至六盘山,面积达10万平方公里以上。其中陕北彬县泾河河谷下切最深处可达250—300米,在吴堡附近黄河深切可达350米。

陕北保德县北黄河河谷剖面中见到至少有4个不同高度和不同时代的台地及其相应的堆积物。最高和最老的第四级(台)阶地(T_4)上面发育着新第三纪上新统蓬蒂期红土,高出河面140米。三级阶地(T_3)上面堆积着早三门期的砾岩和红色土(可能相当于泥河湾期) Q_1 ;二级阶地高出河面50米(可能相当于周口店期),上面有晚三门期的砂砾和红色土 Q_2 ;一级阶地高出河面15米,上面有底砾石和黄土 Q_3 (图2.1.1)。

2. 陇西大面积隆起

陇西隆起系指西起黄河东至六盘山南至秦岭间广大地区。隆起区南北长300公里,东

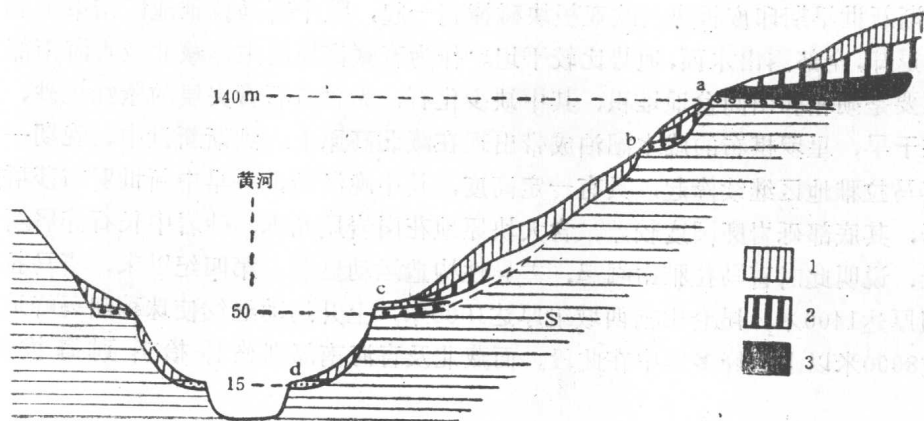


图2.1.1 陕北火山附近黄河剖面 (据黄汲清, 1957)

1. 黄土; 2. 红色土; 3. 红土; a. 红土的底砾岩(花岗岩砾石); b. 红色土的第一底砾岩; c. 含 *Quadrula* 的砂砾(7米厚); d. 含古石器的黄土底砾石; S. 下三叠纪砂岩

西宽150公里, 与陕北相同, 也是第四纪时上升地区, 上升的标志同样是一系列侵蚀台地和阶地。由于本区基岩大半是花岗岩和变质岩, 上面覆盖着厚度不等的、倾斜小的第三纪碎屑沉积, 因而第三纪末和第四纪初形成的地貌特征不是简单的准平原, 而是切割剧烈、地形复杂的壮年地貌。这就使第四纪阶地的发育和分解不如陕北的明显, 也不易互相对比。但可以肯定, 本区发育有三级和四级阶地, 而且根据阶地的高度计算, 本区的上升运动是很显著的。例如, 天水城北渭河铁桥的海拔是1150米, 这是河谷水面的高度, 其南见河岭的河岸最高处为1380米, 相差230米。从渭河桥到见河岭的剖面中, 最下层出露片麻岩和花岗岩, 30米以上是一准平原面, 其上沉积了可能属于三门期的底砾石, 继之为砂、粉砂粘土和泥灰质沉积, 再上到河岭全是黄土盖层。

特别值得注意的是, 天水以南秦岭山麓一带, 广泛的上升运动表现为: 在一系列高度不等的黄土台地和出露于其下的100余米深的上新统草碧系。

3. 兰州和湟水流域的隆起

兰州附近的阶地异常发育, 黄河北岸更为明显。一级阶地(皋兰期)基底上堆积着次生黄土夹砂砾, 高出河面达15—30米; 二级阶地基座上堆积着砾石和黄土, 高出河面70米(马兰期, Q_3); 三级阶地基座上堆积着砾石和黄土, 高出河面达170米; 四级阶地是准平原, 在甘肃系红层之上, 覆盖着砾石和黄土, 高出河面达300米。

4. 南岭一带的大面积隆起

在中国南部也可见到广大面积的隆起。在粤北(南岭)五盖山区见到高度不等的10级台地, 其中最高级台地(夷平面)高出当地河面约900米。南岭阶地与华北阶地相比, 有两个特色: ①它们大多数存在于古生代褶皱石灰岩中; ②除最低台地和第四纪阶地上有很薄的砾石和黄土外, 一般都很少有沉积物。

5. 青藏高原的大面积隆起

钱定宇(1981)在“试论青藏高原的隆起”一文中剖析了青藏高原的演化史。在新生代始新

世晚期—渐新世早期印度板块与欧亚板块碰撞到一起，整个喜马拉雅地区结束了海洋的历史，海水退却，全部露出水面，地势比较平坦。作为青藏高原的主体藏北及青海南部地区，第三纪时主要是湖相和山间盆地堆积，其中缺少化石，为含有石膏夹层的紫红色砂、页岩层。此区气候干旱，星罗棋布的咸水湖泊成带出现在藏北高原上。到渐新世中、晚期—中新世早期时，喜马拉雅地区继续隆起，具有一定高度，其中晚渐新世—早中新世罗布莎群是一个很好的证据，其底部砾岩磨圆度较差，含大块原地花岗岩质角砾，砂岩中长石碎屑新鲜，风化程度较低，说明此时喜马拉雅山崛起，差异性构造运动显著。第四纪以来，喜马拉雅山前下卡利瓦组厚达1400米，昆仑山前西域组厚达1600米，上升运动继续使珠穆朗玛峰地区强烈抬升，海拔8000米以上山峰多集中在此段。而藏北及青海南部则整体抬升到海拔4500米以上。

二、大面积拗陷

大面积拗陷是指纵横近数百公里至上千公里范围内的沉降，在我国大陆上有许多此种构造现象，现仅举华北平原做为一个例子。

华北平原是指北起燕山，南到大别山，西起太行山，东到黄海和渤海的广大平原。南北长约千公里，东西宽数百公里。华北平原在第三纪时，曾是拗陷与隆起相间排列。老第三纪时拗陷剧烈，隆起成岭；新第三纪时隆起、拗陷只是相对的，一般在隆起处也有少量堆积物。而进入第四纪时期转为大面积沉降，仅第四纪就堆积了近千米厚的沉积物。而新生代沉积厚度厚达万米。如在天津老西开打井，井深863.4米，还未钻到基岩，全部是砂泥，夹有三层含海相化石的地层。

三、翘起和拱曲

翘起和拱曲也属于大面隆起类型，只是由于隆起的表现形式与前面所述的略有差异而已，现区分出来进行介绍。

如上所述，上升地区的上升幅度似乎各部分大致相等。同样，下沉地区的下沉幅度各部分也可能大致相等。但是，有些上升地区并不成平台或高原，而形成一倾斜面，顺着倾斜面，地形缓慢地从高山下降到盆地，倾斜面的低端与平原相接，这时，平原与倾斜面之间造成陡崖，这就是翘起（掀斜）现象。如甘肃河西大黄山的翘起，在永昌县大黄山是一个由“南山系”变质岩和侵入黄岗岩所组成的山块，四周不整合地围绕着石炭纪和二叠纪沉积岩。从北往南望，大黄山地貌如图2.1.2所示，山顶代表一个老准平原，向西北逐渐低落变为平地，恰成一个缓倾的翘起面。山之北麓地势突然下降，断崖历历可睹，断层下切第三纪地层，而第四纪的扇形堆积则顺断崖而分布。很显然，大黄山北侧大断裂和翘起现象联系在一起。

另一个例子是甘肃永昌县青土井之南草大坂沟翘起（图2.1.3）。古生代变质岩被削平以后，准平原一度翘起。在其上沉积了第三纪，可能包括上白垩纪在内的红色地层；随后准平原连同其上的红色地层再度翘起，造成第二次准平原（在第三纪以后），其上又停积了分布较广的砾石层（玉门砾石层）。正是由于第三度翘起，致使山间的玉门砾石层产生显著的倾斜，而平川地区的玉门砾石层虽然上升成台地，仍保持其水平状态（图2.1.3）。



图2.1.2 从北向南望的大黄山素描(据黄汲清, 1941)

1. 峡口附近的变质岩山; 2. 大黄山主体, 为“南山系”变质岩及花岗岩所构成; 3. 石炭纪地层所成的山脚和老的被切割的扇形堆积; 4. 大黄山西延部分, 逐渐向西倾没;
5. 大黄山北缘断层和断崖下的扇形堆积; 6. 上升和翘起的准平原面

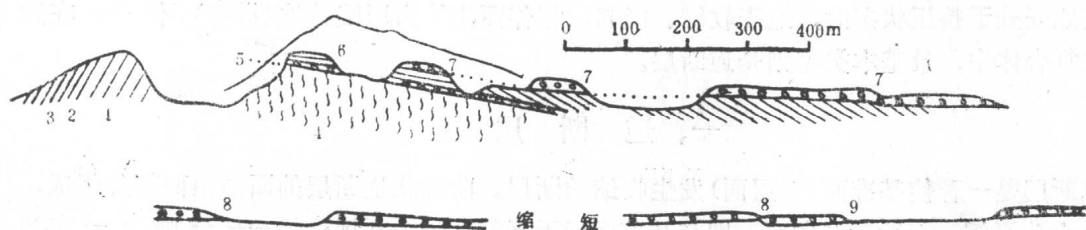


图2.1.3 草大坂青土井间地貌剖面图(据黄汲清, 1941)

1. 块状灰色砂化石灰岩; 2. 与(3)接触面不清晰; 3. 侏罗纪宁远堡煤系; 4. 略变质的灰绿色石英岩和干枚岩, 夹无数石英脉; 5. 老准平原面, 翘起甚烈; 6. 鲜红色角砾岩及砾状砂岩和带绿色条子的厚层红砂岩(下第三纪); 6. 橘红或浅红砂岩, 与(6)为连续沉积; 7. 高台地粗砾岩, 向南有显明的翘起(玉门砾石); 8. 低台地砾石; 9. 最低台地砾石

拱曲的特点是中间部分抬升得高, 而向两侧逐渐变小, 其顶面形似拱曲, 例如: 在和什托洛盖与乌尔禾之间的喀拉阿拉山的东头, 曾发生过强烈褶皱, 为无数的石英脉所贯穿的古生代板岩系, 经前白垩纪的长期侵蚀而形成广阔的准平原。在第四纪初期, 准平原下沉, 沉积了粗砂和磨圆度很好的石英岩砾石。此后, 准平原逐渐隆起, 第四纪砾石层分布区也随之隆起, 喀拉阿拉山中部隆起多, 两侧隆起少, 结果导致了砾石层及其下伏的准平原面形成非常平缓的、两翼倾角不到 2° 的背斜构造(图2.1.4)。



图2.1.4 喀拉阿拉山的隆起(据黄汲清, 1955)

1. 志留纪片岩夹石英脉; 2. 最新期冲积和砾石层

背斜宽不过10公里, 南北两翼都倾没于戈壁滩中, 其东段也倾没于平原之内。应当指出, 喀拉阿拉山的四周均未见到大断层或断裂带, 中部也没见侵入岩体, 新构造运动是单纯的拱曲运动。

另一个例子是甘肃玉门赤金峡拱曲构造。有名的石油河经过老君庙油田, 穿过戈壁滩, 然后下切前寒武纪片麻岩带, 造成长10余公里的赤金峡先成河谷。站在赤金峡之西高地上, 东望赤金峡以东地区可以看到如图2.1.5所示的地形: 片麻岩上的准平原面显示非常清晰的平缓背斜构造(拱曲), 背斜的南北两翼中生代和新生代地层分别向南北两方倾斜。



图2.1.5 赤金峡剖面, 从西望, 示敦煌系所形成的拱曲及其两侧中生代地层缓倾情形(据黄汲清, 1941)

§2 挤压隆起与拗陷、逆断层

当地壳处于挤压状态时, 地壳收缩、隆起, 相伴而生的为压陷盆地(拗陷)。但是, 在这些构造复合体中, 最基本类型则是逆断层。

一、逆断层

逆断层是一种使基准面(岩层面)发生收缩的断层。阶梯状逆断层的断面由两部分组成, 一部分十分平缓, 一般顺层发育, 即与基准面近于平行, 称为断坪; 另一部分则有一定倾角, 切割层理或其它基准面, 称为断坡。一般在断坡的上盘常伴有背斜构造的形成, 且随着逆断层位移的发展, 褶曲规模也逐渐加大。铲形逆断层在断面形态上类似于铲形正断层, 都是凹面向上、断层倾角上陡下缓, 但二者性质完全不同。对铲形逆断层来说, 上部陡倾角的部分为逆冲断层, 因此, 有地层重复现象。铲形逆断层底部则渐变为顺层滑动逆掩断层, 此处可能很少或没有地层重复。在一个叠瓦状逆断层系列中, 断层的形成次序有两种形式: 一种为背驮式; 另一种为上叠式。前者是指后期的逆断层依次发育于前期逆断层的下盘; 后者与此相反, 后期的逆断层依次发生于前期逆断层的上盘。

青藏高原及其周围叠瓦状逆断层及推覆体的形成过程均属背驮式, 喜马拉雅的造山运动由北向南迁移, 即从山脉内带向外带迁移。印度板块和欧亚板块在印度河—雅鲁藏布江一带于始新世(E_2)发生碰撞, 以后此带即停止活动。渐新世至中新世(E_3-N_1)时期, 主要活动的是其南部的主中央冲断层(F_1), 它使高喜马拉雅结晶岩系及其沉积盖层逆掩到晚前寒武—古生代地层之上。主边界断层(F_2)主要活动于中新世(N_1)早期, 而近代活动则已位于西瓦里克带的南缘(图2.2.1)。在青藏高原的北缘, 如西昆仑山北缘及天山南北麓也有类似的断层活动过程。由于山前逆冲和逆掩断层不断由山脉向外发展, 依次控制了晚中生代、第三纪和第四纪边缘拗陷和盆地的分布。逆冲、逆掩断层切割的最新地层均由山体向外依次变新(图2.2.1)。

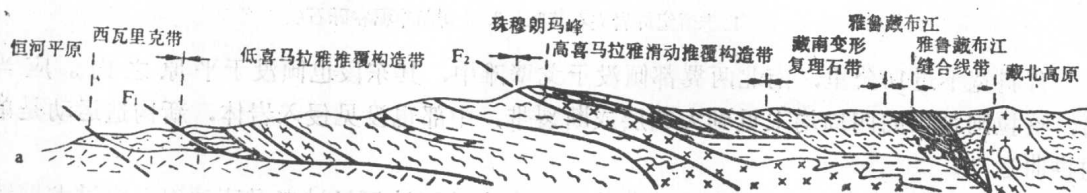


图2.2.1 喜马拉雅综合构造示意剖面(据常承法等, 1982)

青藏高原周边的逆断层显然是在青藏高原受挤压和上升隆起过程中产生的板内逆断层。逆断层与盆地的关系比剪切带内拉张盆地与断层的关系相对简单, 往往是在断层的下盘