

谨将此书献给第三十届国际地质大会

大陆 层控构造导论

李扬鉴 张星亮 陈延成 著



地质学

地质学

地质出版社

大陆 层控构造导论

SY25/16

李扬鉴 张星亮 陈延成 著

地质出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

大陆层控构造导论/李扬鉴等著. —北京:地质出版社,1996.5

ISBN 7-116-01978-2

I. 大… I. 李… III. 大地构造,层控-概论 N. P541

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 07273 号

地质出版社出版发行

(100013 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:薛平 王璞

北京印刷学院实习印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:11.125 字数:249000

1996 年 5 月北京第一版·1996 年 5 月北京第一次印刷

印数:1—1300 册 定价:22.00 元

ISBN 7-116-01978-2

P·1503



谨将此书献给

第三十届国际地质大会

李扬鉴
张星亮
陈延成



This book is dedicated to the
30TH INTERNATIONAL GEOLOGICAL
CONGRESS

Li Yangjian

Zhang Xinglian

Chen Yancheng

序

经我的学生陈延成先生介绍,我与李扬鉴先生的认识已达十年之久了。他那不平凡的坎坷经历、顽强的拼搏精神和强烈的创新意识,早已给我留下了深刻的印象;虽然由于他性格内向,我们接触并不很多,但其富于挑战性的一篇篇论文,却使我对他有了透彻的理解。

李扬鉴及他的合作者所创立的大陆层控构造学说,摒弃了当前种种单动力成因说的片面性,强调地球旋转力、陨星撞击力、重力和热力的综合作用,并指出它们在不同构造单元的不同发展阶段起着不同的作用,以及彼此之间的相互转化关系。这一学说还抓住了大陆岩石圈的分层特点,强调不同层次软弱层对相应层次的上覆刚硬层构造运动的控制作用,形成不同层次的层控构造,并指出中地壳塑性层对大陆构造运动起着关键性作用:它向上控制上地壳的盆-山系和冲叠造山带等厚皮构造,向下引起地幔隆起和下地壳、岩石圈地幔扩张。作者运用模式思维方法,着重研究盆-山系和冲叠造山带的形变特征、成因机制及彼此之间的演化关系,为解决多年来困扰着地学界的大陆构造问题提供了一条崭新的思路。这部专著对正断层、弧后盆地、花岗岩、变质核杂岩、地质灾害的成因等一系列重要地质问题,也提出了独到的见解。虽然这些研究在若干方面还只是初步的,我也来不及深入拜读,但无疑这是一部闪烁着创新精神光辉的重要著作,值得广大地质界同仁重视。

許靖華

(Kenneth J. Hsü)

1995年7月15日

许靖华,美国科学院外籍院士、台湾中央研究院院士、中国科学院荣誉教授,历任瑞士理工大学教授、地球科学部主任、地质研究所所长

前 言

80年代以来,地质科学的重大进展,是通过地球物理测深手段、科学深钻超深钻实施和深部地质研究,发现了古老的大陆岩石圈呈纵向分层、横向不均一的结构特点,而与年轻的刚硬单一的大洋岩石圈截然不同。其中大陆中地壳低速低阻塑性层的广泛发现,意义最为重大。本书的大陆层控构造学说,便是建立在这些新的层圈结构的基础上。我们认为,不同层次刚硬层的构造运动,都受其下伏软弱层控制,而形成不同层次的层控构造:软流层对岩石圈的控制,形成板块构造;莫霍面对地壳的控制,形成过渡壳构造;中地壳塑性层对上地壳的控制,形成厚皮构造;结晶基底上覆软弱层对盖层的控制,形成薄皮构造。大陆层控构造具有多层次特点,并以中地壳塑性层所起的作用最为重要:它向上控制上地壳正断层所形成的盆-山系和由盆-山系演变而成的冲叠造山带等厚皮构造,向下引起软流层和莫霍面上拱和下地壳、岩石圈地幔张裂、分离、扩张,使盆-山系厚皮构造演变成过渡壳构造(优地槽、晚期裂谷)和板块构造。盆-山系由上地壳正断层上盘断陷盆地(地堑、裂谷、地向斜)和下盘断隆山(地垒、裂谷肩、地背斜)所组成。当受到强烈侧压作用时,则升降幅度较大、具有侧向应变空间的断陷盆地与断隆山的上地壳之间将发生冲叠运动,形成冲叠造山带。冲叠造山带虽然与碰撞造山带都为褶皱造山类型,但前者属于厚皮构造或薄皮构造范畴,而与后者的板块构造在构造层次上和成因机制上都不相同。

软流层是地球内部物质在重力和热力作用下,不断进行层圈分化运动达到了一个新阶段的产物。在前中生代,可能只有分异不充分、流变性较低、规模较小的异常地幔,未能形成软流层。当时断陷盆地演化到异常地幔物质上升的优地槽过渡壳构造阶段便停止了,没有产生大洋岩石圈。地球演化到今天,软流层也还不是遍及全球的层圈。所以可以认为,板块构造是中生代以来地球层圈分化达到了高级阶段才出现的。迄今为止,还没有发现一个真正代表前中生代古洋壳的残块及其遗迹,这决不是广大地质工作者的疏忽;该时期造山带中的所谓蛇绿岩,其实只是裂谷作用引起异常地幔物质上升的基性、超基性杂岩而已。

自从板块构造学说问世以来,该学说一直试图把板块构造体制引向大陆内部,推广到前中生代。他们以构造形态的某些相似性、多解的古地磁资料和类蛇绿岩等为依据,把断隆山当成岛弧,把断陷盆地当成海沟或弧后盆地,把陆表海当成大洋,把壳内冲叠造山带当成板块碰撞造山带。凡此种种,不一而足。但是,这些认识受到越来越多重要地质事实的严重挑战。为了摆脱困境,使板块构造模式适应于复杂多样的大陆构造,又把板块构造“小型化”,划分出许多微板块和地体,把一幅空间分布有序、时间演化和谐的宏伟构造画卷,撕成一块块杂乱无章的小纸片。其实大陆构造不是板块构造“小型化”所能解决得了的,而必须“分层化”才行,因为它们根本不是一个层次、一个发展阶段、一种构造体制的产物。由于发端于年轻的大洋岩石圈构造的板块学说,既无力解决古老的具有多层次特点的大陆构造问题,也不能说明各个层次构造的特点及其演化,所以板块构造学说是“登不了陆”的。看来,立足于地质历史悠久、呈复杂层状结构的大陆岩石圈基础上的大陆层控构造

学说,可以取代板块构造学说,成为大陆地质研究新的理论基础。

我们认为,构造运动是地球旋转力、重力和热力协调作用的结果。在造盆时期重力占重要地位,在造山时期以水平挤压力作用为主。前中生代构造运动受地球自转速度变化控制,中生代以来重力驱动着板块运动,并在碰撞带转变为水平挤压力。各种类型的作用力,在地球的不同演化阶段和不同层次、不同性质的构造中起着不同的作用。这种多元的动力学观点,使许多单一动力成因说无法解决的重要构造问题迎刃而解。

大陆构造是当今地质科学的核心。中国幅员辽阔,既有前中生代与地球自转有关的盆-山系及其演变而成的冲叠造山带,也有中生代以来多个板块活动所产生的各种构造形迹。这些构造具有多成因、多层次、多类型、多旋回特点,内容丰富多彩,因而是研究大陆构造、解决种种全球性地质问题得天独厚的场所。中国广大地质工作者在这片广袤沃土上长期辛勤劳动积累起来的大量宝贵资料 and 重要认识,为创立新的开拓性大地构造学说奠定了坚实的基础。从全球角度研究中国区域地质建立起来的大陆层控构造学说,将成为解决当代诸多重大地质问题的有效工具。

地质学是一门主要依靠观测和经验发展起来的学科,于是人们往往漠视理性思维的重要性,习惯于用归纳法来研究问题;然而,地质学发展到今天,已经进入一个大综合的时代,所以仅仅依靠观测和归纳再也难能解决任何重大地质问题了。多年来我们一直有个想法,认为既然物理学有实验物理学和理论物理学之分,地质学理当也应有观测地质学和理论地质学两门分科。鉴于地质学研究对象的空间和时间跨度是如此宏大、漫长,有关因素又是这样浩繁多变,而远远超出人类感官所及范围,所以进行广泛地深入地理性探索在这门学科中具有特别重要的意义。本书中许多新认识,往往不是从大量的观测中归纳出来的,而是在某些地质现象或力学原理启示下,先建立起理想模式,尔后再去寻找有关事实进行检验。这种得到李四光和许靖华大力倡导的模式思维研究方法,使我们可以迅速抓住问题的本质,产生突破性效果。如果根据模式思维演绎出来的某些结论与客观事实不符,那不是这种思维方式本身的过错,而是所建立的模式还存在着不足乃至错误,需要吸收新的事实对该模式进行补充、修正直至重建,使理性认识达到一个新的高度。我们应该充分发挥自己东方人整体思维的优势,在地质科学领域作出应有的贡献。

我们之所以赶在第30届国际地质大会在北京举行之际,发表这个主要从宏观上建立起来的大陆层控构造学说,并不是由于我们对这个学说所涉及的所有领域都已经进行了详尽的研究,获得了圆满的结果,而是想借这个世界地质学家大聚会的难得好机会,把我们怀着音乐家和谐心情所描述的这个人类赖以生存的大陆多彩的地质构造,及早展示在大家面前,以便进行广泛的学术交流。

本书是我们所在单位化工部化学矿产地质研究院94-信-30《层控构造基础研究》课题的研究成果。本书初稿承蒙许靖华教授审阅、作序,课题的立项和成果的出版得到了王鉴津院长及有关部门和同志的支持,本书的出版还获得地质出版社王璞副编审的帮助,在此一并谨致谢意。

作者

1995年12月13日

目 录

第一章 岩石圈的层圈结构	1
第一节 大陆岩石圈层圈结构的形成及构造意义	1
第二节 大陆岩石圈各个层圈的性状	3
一、盖层	3
二、上地壳结晶基底刚硬层	3
三、中地壳塑性层	3
四、下地壳刚硬、软弱复合层	4
五、莫霍面过渡带	5
六、岩石圈地幔刚硬层	5
七、软流层	6
第二章 岩石圈的动力类型及其构造作用	7
第一节 地应力分布状态、岩石力学性状与正断层成因类型	7
一、地应力分布状态	7
二、岩石力学性状与正断层成因类型	9
第二节 地球旋转力及其构造作用	21
一、地球自转及其变化	21
二、纬向惯性力的分布及其构造作用	25
三、经向惯性力的分布及其构造作用	33
第三节 地球重力及其构造作用	39
一、重力的分布	39
二、板块漂移	39
三、正断层的形成及垂向错动	42
第四节 地球热力及其构造作用	42
第三章 盆-山系的成因机制及演化	44
第一节 箕状断陷盆地的形成	44
第二节 箕状断陷盆地构造形态的演变及其地质特征	48
一、两堑夹一垒构造系的成因	48
二、南秦岭泥盆纪—中三叠世两堑夹一垒构造系	48
三、华南震旦纪—早古生代盆-山系	52
第三节 断隆山的形成	53
一、断隆山的成因及地质特征	53
二、正断层下盘隆升成因评述	60
第四节 与盆-山系有关的地质现象成因	61
一、重熔型花岗岩	61
二、变质核杂岩	63

三、地热	64
四、地震	68
第五节 盆-山系的演化	75
一、地幔隆起	76
二、岩石圈深部伸展构造的形成及演化	76
三、石油成因探讨	82
第四章 冲叠造山带的成因机制、构造特征及有关地质现象	86
第一节 俯冲型冲叠造山带的成因机制、构造特征及有关地质现象	87
一、俯冲型冲叠造山带的成因机制及有关地质现象	87
二、俯冲型冲叠造山带的构造特征及有关地质现象	95
第二节 仰冲型冲叠造山带的成因机制、构造特征及有关地质现象	105
一、仰冲型冲叠造山带与俯冲型冲叠造山带的比较	105
二、仰冲型冲叠造山带的构造特征及有关地质现象	107
第三节 复合型冲叠造山带的成因机制、构造特征及有关地质现象	109
一、龙门山造山带	109
二、九岭山南缘逆冲推覆构造带	114
第四节 大陆造山带基本特征及成因评述	119
一、大陆造山带基本特征	119
二、大陆造山带成因评述	122
第五章 大陆边缘的构造演化	125
第一节 被动大陆边缘与主动大陆边缘	125
一、被动大陆边缘	125
二、主动大陆边缘	126
第二节 弧后盆地的成因机制	128
一、弧后盆地成因评述	128
二、上驮板块受力状态和变形特征	129
三、弧后盆地的形成及演化	131
第三节 青藏高原隆升及有关地质现象的成因	133
一、青藏高原地区的构造演化	133
二、青藏高原上地壳纵弯隆起的成因及对地壳增厚和熔融层形成的作用	136
三、青藏高原断裂系统的成因	139
第六章 大陆层控构造学说的基本观点	145
参考文献	149
英文摘要	156

Contents

Chapter One	Layer circle texture of lithosphere	1
Section One	Formation and structural significance of the layer circle texture of continental lithosphere	1
Section Two	Each layer circle shape and properties of continental lithosphere	3
1.	Covering strata	3
2.	Hard layer of crystalline basement of upper crust of the Earth	3
3.	Plastic layer of middle crust of the Earth	3
4.	Hard-weak compound layer of lower crust of the Earth	4
5.	Moho transitional zone	5
6.	Mantle hard layer of lithosphere	5
7.	Flowage layer	6
Chapter Two	Dynamic type and its tectonism of lithosphere	7
Section One	Distributive state of geological stress, petromechanics shape and properties as well as genetic type of normal fault	7
1.	Distributive state of geological stress	7
2.	Petromechanics shape and properties as well as genetic type of normal fault	9
Section Two	Rotation force of the Earth and its tectonism	21
1.	Rotation of the Earth and its change	21
2.	Inertia force distribution along latitude and its tectonism	25
3.	Inertia force distribution along longitude and its tectonism	33
Section Three	Gravity of the Earth and its tectonism	39
1.	Gravity distribution	39
2.	Plate drift	39
3.	Formation of normal fault and its faulted along vertical direction	42
Section Four	Heating power of the Earth and its tectonism	42
Chapter Three	Formation mechanism of basin-mountain system and its evolution	44
Section One	Formation of the half graben-like rift downcast basin	44
Section Two	Structural form develop of the half graben-like rift downcast basin and its geological characteristics	48
1.	Genesis of the structural system with two grabens sandwiching one horst	48
2.	The structural system with two grabens sandwiching one horst dring Devoni-	

an Period — Middle Triassic epoch in the southern Qingling mountain	48
3. Basin-mountain system during Sinian period — Early Palaeozoic Era in South China	52
Section Three Formation of rift rising mountain	53
1. Cause of formation of rift rising mountain and geological characteristics	53
2. Cause review about lower wall uplifting of normal fault	60
Section Four Cause of formation of geological phenomena with basin-mountain system	61
1. Remelted-type granite	61
2. Metamorphic core complex	63
3. Terrestrial heat	64
4. Earthquake	68
Section Five Evolution of basin-mountain system	75
1. Mantle uplifting	76
2. Formation and evolution of stretching structure in the lithosphere depths	76
3. Cause inquiry of petroleum	82
Chapter Four Formation mechanism, structural characteristics and relative geological phenomena of the thrust-superimposed orogenic zone	86
Section One Formation mechanism, structural characteristics and relative geological phenomena of the underthrust-type thrust-superimposed orogenic zone ...	87
1. Formation mechanism and relative geological phenomena of the underthrust-type thrust-superimposed orogenic zone	87
2. Structural characteristics and relative geological phenomena of the underthrust-type thrust-superimposed orogenic zone	95
Section Two Formation mechanism, structural characteristics and relative geological phenomena of the upthrust-type thrust-superimposed orogenic zone	105
1. Comparison between the upthrust-type thrust-superimposed orogenic zone and the underthrust-type thrust-superimposed one	105
2. Structural characteristics and relative geological phenomena of the upthrust-type thrust-superimposed orogenic zone	107
Section Three Formation mechanism, structural characteristics and relative geological phenomena of the compound-type thrust-superimposed orogenic zone ...	109
1. The Longmen mountain orogenic zone	109
2. Overthrust nappe structural zone in the south margin of Jiuling mountain ...	114
Section Four Fundamental characteristics and cause review of the continental orogenic zone	119

1. Fundamental characteristics of the continental orogenic zone	119
2. Cause review of the continental orogenic zone	122
Chapter Five Structural evolution of the continental margin ...	125
Section One Passive continental margin and initiative one	125
1. Passive continental margin	125
2. Active continental margin	126
Section Two Formation mechanism of the back-arc basin	128
1. Cause review of the back-arc basin	128
2. Forced state and deformation characteristics of the up-carrying plate	129
3. Formation and evolution of the back-arc basin	131
Section Three Cause of formation of uplifting as well as relative geological phenomena of the Qinghai-Tibet plateau	133
1. Structural evolution of the Qinghai-Tibet plateau area	133
2. Cause of formation of the upper crust longitudinal-curving upwarping and its affection on the crust thickening of the earth and melted layer formation of the Qinghai-Tibet plateau	136
3. Cause of formation of rift system of the Qinghai-Tibet plateau	139
Chapter Six Fundamental viewpoint of the continental layer-controlled tectonics theory	145
References	149
Abstract(in English)	156

第一章 岩石圈的层圈结构

在整个地质年代里,地球内部物质在热力和重力作用下,不断进行层圈分化运动,重物质向地心、轻物质向地表迁移、汇集。地球内部结构的演化,由初期低级的原始的地质层圈,向现今的高级层圈发展,从而决定了不同地质历史发展阶段地球内部的层圈结构特点,以及各个层圈的化学组成、密度、温度和硬度。迄今为止,无论在大洋或大陆都没有发现过一块真正代表前中生代洋壳的块体,这可能不是广大地质工作者的疏忽,而是说明派生洋壳的软流层在前中生代还未出现。近 10 多年来地质科学的重大进展是,通过地球物理测深等手段,发现古老的大陆岩石圈呈垂向分层、横向不均一的结构特点,而且在许多过去认为是古大洋的地槽区,深部也无洋壳的踪迹,而与现今年轻的刚硬而单一的大洋岩石圈截然不同。这种现象似乎也表明,大陆岩石圈与大洋岩石圈属于两个不同地质历史演化阶段的产物。

第一节 大陆岩石圈层圈结构的形成及构造意义

以 Fe、O、Si、Mg、Ni、S、Ca、Al、Na、K 为主要成分的地球物质,在放射性元素衰变等产生的热力与重力共同作用下,经过长期的不断分异、演化,使其物质组成大体呈上轻下重的分层特点,造成地质历史悠久的大陆岩石圈上部以密度小、熔点低的酸性物质为主,向下依次演变成密度大、熔点高的中性、基性、超基性物质(图 1-1,表 1-1)^[1],温度和压力也向下逐渐增高。在分异过程中水及其它挥发性组分起着重要作用。实验和地质观察表明,作为陆壳标准矿物的石英和长石,分别在 300℃、11km 深和 450℃、22km 深由脆性变形转变为塑性变形。由于各层圈的物质组成及温度、压力条件不同,使大陆岩石圈形成软硬相间的流变学分层结构。根据最小功定律,下伏软弱层是上覆刚硬层应力集中释放和应变的有利空间。故上覆刚硬层的构造形变,向下往往因其应力能消耗于下伏软弱层中而消失、拆离,成为受该软弱层控制的层控构造;软流层对岩石圈的控制,形成板块构造;莫霍面

温度	成层	主要成分	地幔岩中各成分分异状态	层圈分异	岩浆岩(混合岩)
↑ 低 ↑ 中 ↑ 高	沉积层	K、Al、Si		花岗岩圈	混合岩
	分异层	Na、K、Al、Si			酸性岩 碱性岩
		Ca、Mg、Fe、Al、Si			中性岩
		Ca、Mg、Fe、Si		辉长岩圈	基性岩
			Al、Si、K、Na、Ca、Mg、Fe	纯橄辉岩圈	纯橄辉岩
				地幔圈	地幔岩

图 1-1 岩石圈分异过程示意图
(据李鸿业,1993)

表 1-1 酸性到超基性岩石化学成分(%)和密度(kg/m³)对比表

成分 层	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO+ Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	密度
花岗岩	76.41	12.26	2.52	0.29	0.56	3.61	5.11	2670
闪长岩	56.00	16.28	6.43	4.09	5.68	4.26	2.08	2870
辉长岩	48.24	17.88	9.11	7.54	10.99	2.55	0.89	2980
纯橄榄岩	40.49	0.86	8.38	46.32	0.70	0.10	0.04	3290

注:以岩石种类代表各层圈的化学成分和密度,据李鸿业,1993。

对地壳的控制,形成过渡壳构造;中地壳塑性层对上地壳的控制,形成厚皮构造;结晶基底顶面软弱层对盖层的控制,形成薄皮构造。其中中地壳塑性层对上地壳刚硬层形变的控制,在该岩石圈构造的形成和演化过程中起着关键性作用:它向上控制上地壳的盆-山系和冲叠造山带,向下引起莫霍面、软流层上拱和下地壳、岩石圈地幔分别沿下伏拱起的软弱层顶面斜坡下滑、扩张,形成过渡壳、洋壳,使厚皮构造演变成过渡壳构造、板块构造。所以中地壳塑性层的发育程度,便大体上决定了该地区的稳定性,而成为大陆动力学的基础。由此可知,一般厚达 60~140km、呈软硬相间分层结构的大陆岩石圈的力学性状^[2],与一般厚仅为 5~20km、基本是一个富含铁镁质的简单均一刚性体的大洋岩石圈根本不同^[3]。

大陆岩石圈厚度变化很大,各层圈在横向上分布也不均匀,而形成垂向分层、横向分块的复杂格局。根据各层圈物理性质及化学成分的差异,大陆岩石圈及其下伏层自上而下大体可以分为 7 个层圈:①盖层;②上地壳结晶基底刚硬层;③中地壳塑性层;④下地壳刚硬、软弱复合层;⑤莫霍面过渡带;⑥岩石圈地幔刚硬层;⑦软流层(图 1-2)。上地壳包括盖层和结晶基底两部分。上述各个层圈的性状自上而下分述如下。

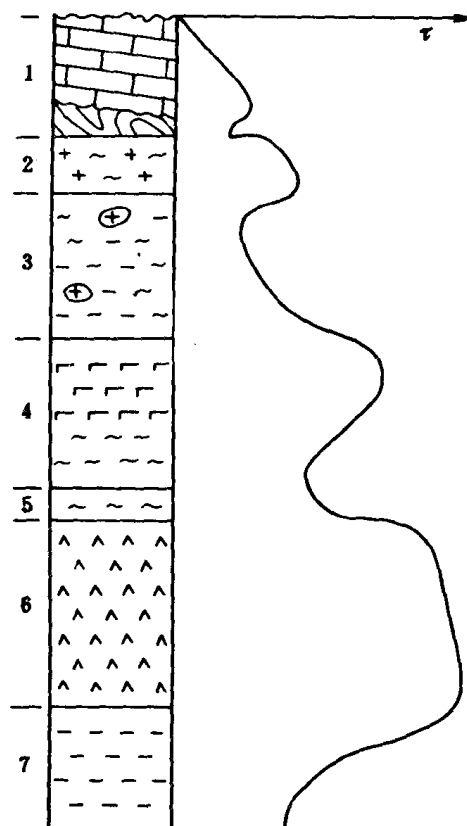


图 1-2 大陆岩石圈强度(τ)
与深度的关系剖面示意图

1. 盖层; 2. 上地壳结晶基底刚硬层; 3. 中地壳塑性层; 4. 下地壳刚硬、软弱复合层; 5. 莫霍面过渡带; 6. 岩石圈地幔刚硬层; 7. 上地幔软流层

第二节 大陆岩石圈各个层圈的性状

一、盖层

盖层由上部沉积岩系和下部浅变质岩系所组成,厚度变化极大,有的地区没有盖层,结晶基底直接出露于地表,而一些沉积盆地的盖层则厚达 10 多公里。盖层 P 波速度 $2.0 \sim 5.5 \text{ km/s}$ 。由于该层还未全部脱水、硬化,又存在着各种软岩层和不整合面等软弱层,整体强度较低,而且又接近地表应变空间,故在水平挤压力作用下往往产生强烈的褶皱、逆冲断层和推覆构造^[4]。在重力失稳的情况下,还常常沿着下伏软弱层滑动,形成重力滑动构造^[4,5]。由于该层所形成的薄皮构造直接露出地表或埋深较浅,便于观察、探测,又与矿产资源开发和人类生存环境关系最为密切,故前人对薄皮构造无论从几何学、运动学或动力学等方面,都已经进行过广泛的详细的研究^[4,5],本书不再赘述。

二、上地壳结晶基底刚硬层

上地壳结晶基底刚硬层,由花岗岩类侵入岩、深变质的花岗片麻岩和结晶片岩等所组成,厚度 $3 \sim 7 \text{ km}$ ^[6~9], P 波速度 $5.7 \sim 6.3 \text{ km/s}$ 。该层在经过构造运动期间的深变质作用之后,由于埋深较浅,温压低于绿片岩相条件,石英和长石以脆性变形为主(J. P. Evans, 1988)^[10],而整体呈厚岩板的脆性性质(图 1-2),在上地壳的盆-山系和冲叠造山带等厚皮构造的形成过程中,起着骨干(能干层)作用。从已经掌握的资料来看,在大陆内部这层结晶基底的分布十分普遍,原来对华南一些地区是否也有双层结构的前寒武纪变质基底产生过怀疑,近年来通过对变质核杂岩及其它地质、地球物理方法的研究,证明这些地区在巨厚盖层之下结晶基底同样存在。

三、中地壳塑性层

中地壳塑性层由相当于花岗闪长岩类的物质所组成,厚 $8 \sim 20 \text{ km}$ ^[6],横向分布很不均匀。该层埋深一般为 $10 \sim 15 \text{ km}$,在正常的地热增温率条件下,其温度为 $300 \sim 450^\circ\text{C}$,围压为 $270 \sim 405 \text{ MPa}$,相当于石英由脆性变形转变为塑性变形的绿片岩相变质环境。由于该层岩石的变形主体受石英的塑性变形控制^[10,11],放射性元素又最集中,而呈一定的塑性性质。尤其在中新生代的冲叠造山带、碰撞造山带(图 1-3)和盆-山系(图 1-4)等高热流和水及其它挥发性组分集中区,其塑性更为显著,而成为低速低阻层, P 波速度降为 $5.6 \sim 6.0 \text{ km/s}$,出现密度倒转现象。从图 1-3 可以看出,在桐柏-大别印支冲叠造山带上地壳底部刚硬的高速高阻的结晶基底之下,出现数公里厚的低速低阻层。图 1-4 也表明,华北新生代断陷盆地的中地壳中也夹有低速塑性层。中地壳塑性层有的由几层软硬相间的薄层组成。该层在美国西部盆岭区也广泛存在^[12]。中地壳塑性层可能局部产生选择性重熔,其物质能够进行大规模的长距离的塑性流动,流变作用强烈^[11,12]。该层是上地壳重力能、水平压力能集中释放和向下错动、壳内俯冲的有利空间,从而使大部分上地壳正断层,因其重力能大量消耗于该层的物质流动过程中而无力切入下地壳,故其盆-山系多受该层所控

制;尔后,断陷盆地的上地壳结晶基底在强烈的水平挤压力作用下,向断隆山的中地壳塑性层进行顺层俯冲,形成冲叠造山带。所以中地壳塑性层发育地区,往往成为盆-山系和冲叠造山带等厚皮构造的活动带。该活动带的中地壳塑性层,由于深部热流和挥发性组分及成矿物质上升,以及在强烈挤压力和摩擦力作用下产生了大量的热,而出现广泛的选择性重熔和成矿元素的进一步富集,成为中酸性岩浆和地热的重要来源层,以及许多金属、非金属和油气等内外生矿床成矿物质供给场所。可以认为,中地壳塑性层是大陆岩石圈中能量和物质交换最活跃的层圈,也是一个为上地壳成矿作用提供物质来源的“矿源层”。

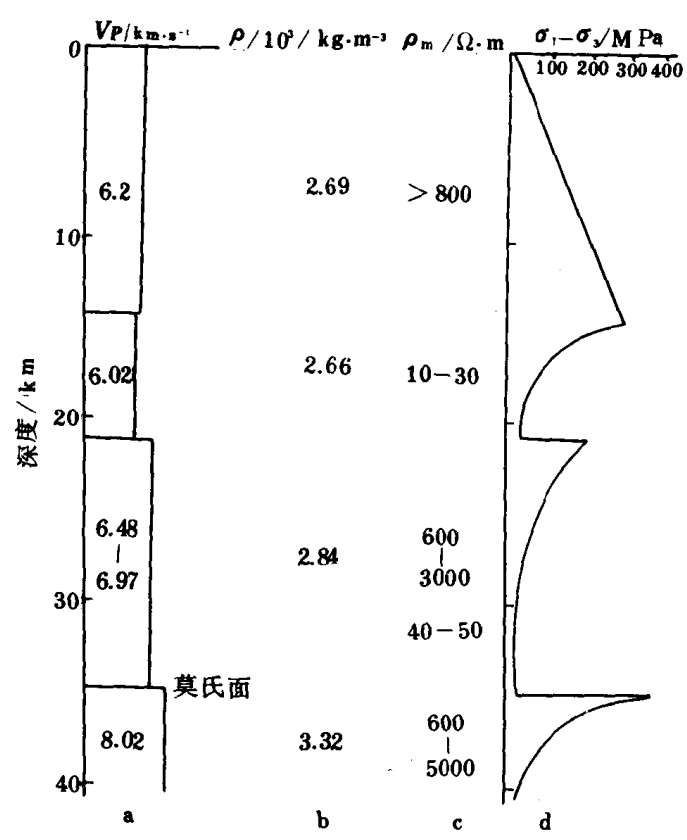


图 1-3 桐柏-大别地区现代地壳一维深度-强度剖面图
(据索书田等,1994)

四、下地壳刚硬、软弱复合层

下地壳刚硬、软弱复合层主要由辉长岩类岩石组成,一般厚 10~15km, P 波速度上部 6.5~6.7km/s,下部 7.3~7.6km/s^[8,13]。该层岩石由上而下随着埋深的不断加大而处于角闪岩相—麻粒岩相的高温高压变质环境,使其中占主要组成部分的熔点较高的长石,也由上部的偏脆性变形,到下部转变为偏塑性变形(图 1-2、图 1-3),造成该层总体上呈刚硬、软弱复合层性状,下部与莫霍面过渡带一起起着拆离、调节作用。

大陆地壳平均厚度 35km,最厚为青藏高原,可达 70~80km。