

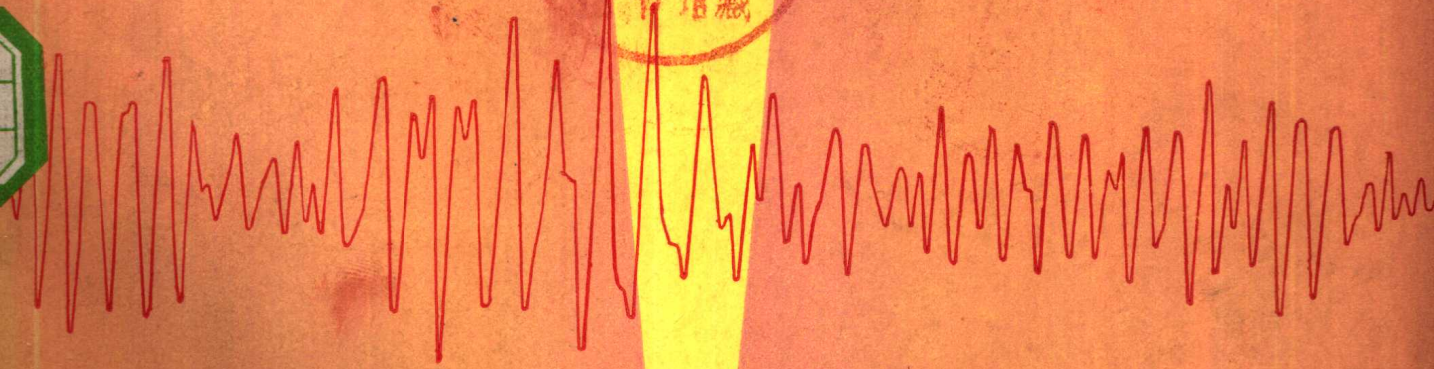
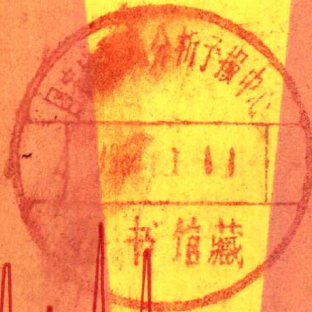
56.35

D4089

欧洲中部爆破地震研究

[德] P. GIESE C. PRODEHL A. STEIN 编

国家地震局地球物理勘探大队 译



地震出版社

欧洲中部爆破地震研究

P. Giese C. Prodehl A. Stein 编

国家地震局地球物理勘探大队 译

地震出版社

1983

内 容 提 要

本书总结了六十至七十年代中期德意志联邦共和国地震测深的主要成果。重点论述了观测资料分析解释的新方法及由此得到的一些地质单元的地壳结构,提出了新观点和新认识;介绍了研究区的地质情况,观测系统的布设、仪器系列及地震测深同其他地球物理资料的综合对比等。基本反映了欧洲七十年代地震测深的水平。本书将有助于我国的地壳深部探测研究和教学工作的开展。

参加本书翻译的有彭先干(序言、第二章、第八章),刘光夏(第一章、第五章),王超卿(第三章),张先康(第四章),范文(第六章),刘瑞文(第七章)。

欧洲中部爆破地震研究

P. Giese C. Prodehl A. Stein 编

国家地震局地球物理勘探大队 译

地震出版社 出版

北京复兴路63号

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092 1/16 21 印张 521 千字

1983年8月第一版 1983年8月第一次印刷

印数: 0001—2000

统一书号: 13180·210 定价: 3.20 元

前 言

用爆破地震学(人工地震学)方法测定地壳结构是欧洲地震委员会过去二十五年中的主要目标之一。在不久以前,曾决定出版全欧地壳研究成果论文集。本书定名为《欧洲中部爆破地震研究》,是欧洲地壳结构丛书的第一卷。

欧洲地震学家们感谢德国地球物理学会倡议出版这本书。同时感谢德国研究学会慷慨提供野外观测和资料计算整理的经费。希望本书对地球岩石圈的调查研究能够有所促进,以便阐明至今尚未充分了解的细节。

欧洲地震委员会主席

Stephan Mueller

目 录

序 言	H. Closs, F. Goerlich, M. Siebert (1)
第一章 德意志联邦共和国的主要地质特征	V. Jacobshagen (3)
1.1 引言	(3)
1.2 外阿尔卑斯地区	(5)
1.3 北德低地	(13)
第二章 其他地球物理勘探方法的作用	(16)
引言	A. Hahn (16)
2.1 德意志联邦共和国地震噪声的研究	M. Steinwachs (16)
2.2 磁法	A. Hahn (18)
2.3 超深电测深	E. K. Blohm, H. Flathe (20)
2.4 地热研究	R. Hänel (25)
2.5 高压岩石的纵横波速为温度的函数	K. Fielite (32)
2.6 深部结构中的一些岩石物理性质	A. Schult (36)
2.7 重力	S. Plaumann (39)
第三章 地震测深观测的基本数据	P. Giese, C. Prodehl (42)
3.1 1958—1972 年采石场爆破的炮点数据	A. Stein H. Schröder (42)
3.2 从采石场获得的地震信号	H. Burkhardt, R. Veas (49)
3.3 剖面描述	P. Giese, E. Hinz, C. Prodehl, H. Schröder, A. Stein (59)
3.4 记录截面的表示	P. Giese, C. Prodehl, H. Schröder, A. Stein (62)
3.5 深地震测深的标准仪器	H. Berckhemer (63)
3.6 采石场爆破远距离地震观测结果——德国西部的试验观测	H. Burkhardt, B. Buttke, F. Keller, R. Veas (66)
3.7 地球物理研究所、地质调查所和石油工业部门之间在地震测深方面的合作	H. Closs, G. Dohr, H. Menzei (74)
第四章 地壳与上地幔研究中地震折射资料的计算问题	(75)
引言	P. Giese, C. Prodehl (75)
4.1 对走时资料 and 对比原则的一般评述	P. Giese (75)
4.2 资料整理的问题和任务	P. Giese (81)
4.3 深度计算	P. Giese (89)
4.4 二维非均匀介质中的地震射线追踪法	H. Gebrande (106)
4.5 横向非均匀介质的射线路径和走时计算	M. Will (111)
4.6 用理论地震图反演地震记录	G. Müller, R. Meisser (119)

4.7 对理论走时和振幅曲线的一些注解	U. Vetter, R. Meissner	(129)
第五章 德国西部地壳构造的主要特征		(135)
引言	P. Giese	(135)
5.1 地壳构造和主要波组的模式	P. Giese	(135)
5.2 地震测深资料的综合解释成果	P. Giese	(140)
5.3 德国西部采石场爆破和爆破所记录的 P_n 资料时间项解释方法的改进		
	D. Bamford	(153)
5.4 主要地质单元的地壳基本构造	P. Giese	(157)
第六章 区域地震资料的解释		(175)
引言	P. Giese	(175)
6.1 莱茵地块宽角度观测的解释		
	R. Meissner, H. Bartelsen, A. Glocke, W. Kaminski	(176)
6.2 莱茵地块宽角度剖面的近垂直反射波记录	A. Glocke, R. Meissner	(182)
6.3 从迈斯纳高地到北德平原的地震折射剖面的工作成果		
	E. Hinz, W. Kaminski, A. Stein	(184)
6.4 德国北部两条交叉的地震折射剖面测量及用射线追踪法进行的解释		
	K. Grubbe	(195)
6.5 德国西南部的地震探测成果	D. Emter	(208)
6.6 里斯陨石坑地区(德国南部)的地震研究成果	G. Angenheister, J. Pohl	(214)
6.7 莱茵—美因地区深地震测深的成果		
	R. Meissner, H. Berckhemer, A. Glocke	(223)
6.8 莱茵地堑中部和南部爆破地震研究进展		
	D. Prodehl, J. Ansorge, J. B. Edel, D. Emter, K. Fuchs, S. Mueller, E. Peterschmitt	(233)
6.9 从埃圣洛厄采石场爆破的观测资料求得的北部石灰岩阿尔卑斯山的 P 波速度		
	G. Scheliga	(246)
6.10 沿阿尔卑斯山北缘的地震剖面上纵波和横波综合计算的结果		
	J. Zschau, K. Koschyk	(248)
6.11 用射线追踪法从地震折射测量资料得到的巴伐利亚东南部的地壳结构		
	H. Miller, H. Gebrande	(254)
第七章 阿尔卑斯山地壳结构的主要特征	P. Giese, C. Prodehl	(262)
7.1 引言		(262)
7.2 阿尔卑斯爆破地震的研究简史		(262)
7.3 观测资料的一般评价		(266)
7.4 东阿尔卑斯山的地壳结构		(268)
7.5 沿东、西阿尔卑斯山之间交界带的地壳结构		(273)
7.6 西阿尔卑斯山的地壳结构		(276)
7.7 主要成果总结		(287)

第八章 世界其他地区地震和重力成果的对比

引言.....	R. Meissner (289)
8.1 苏联和德意志联邦共和国宽角度反射结果的对比	R. Meissner (291)
8.2 欧洲中部和美国西部地震折射研究的对比	C. Prodehl (295)
8.3 根据地震和重力资料对欧亚不同地区地壳均衡的研究	R. Meissner, U. Vetter (304)
参考文献	(309)

序 言

地壳的研究开始于 1910 年。那时,莫霍洛维奇根据近震记录推断出地壳与地幔分界面的存在。大约与此同时, L. Mintrop 在格廷根用轻便地震仪和下落重物开始进行浅部沉积层的试验研究。利用大爆破对较深地壳的研究是由格廷根地球物理研究所所长 E. Wiechert 引进到德国来的,并且早在 1923 年就进行了第一次野外试验。G. Angenheister Sen, B. Brockamp, H. Reich, W. Schweydar 以及 K. Wölcken 继续了这一重要的观测研究工作。

德国地震地壳研究的第二阶段是从 1947 年赫尔戈兰和 1948 年在哈斯拉赫附近黑森林的大爆破开始的。自五十年代初以来,由于越来越多的利用工业采石爆破来研究地壳结构,证明这是一种有效的低成本的研究手段。

这些研究最初是由汉诺威地质调查所地球物理研究室和慕尼黑大学应用地球物理研究所进行的。其他的地球物理研究所仅偶尔在一些重要的实验中进行了协作。例如, 1954 年巴伐利亚南部特尔茨的深井爆破记录。由此,产生了在地震地壳研究方面继续进行协作的想法。

地震地壳研究的第三阶段是 1957 年从“欧洲中部地壳地球物理研究”计划开始的。此计划由德国研究学会发起,由一些大学的地球物理研究所和地质调查所的地球物理研究室执行。为了使所有参加机构间进行有效的协作,成立了几个工作小组,以利于发展新仪器,制定计划和组织野外工作,并收集和解释资料。

在地壳和上地幔的研究中,应用了地震折射法和反射法。1950 年, H. Reich 在德国南部利用采石爆破,第一次观测到来自莫霍界面清晰的反射。随后几年,利用石油勘探的爆破法,记录了数目愈来愈多的深反射。然而,地壳研究的主要活动是在地震折射研究范围之内。

1960 年,当国际大地测量和地球物理学会提出全球性的“上地幔”研究计划时,在这一领域已经完成了许多工作。因此,地壳研究的第四阶段,很容易导致一个扩大到超出西德边界的计划,特别是进入到阿尔卑斯地区内。为了改进应用的方法,交换资料和成果,在 1960 年到 1964 年间,德国研究学会组织专门的年会,把相应的报告分送给参加这项研究计划的所有单位。

由地壳和上地幔的联合地球物理研究证明,在德国所有地球物理研究部门之间的紧密协作是有益的。根据这个理由,于 1964 年成立了“地球物理研究委员会”,它是代表德意志联邦共和国所有地球物理研究机构的一个永久性委员会。对于爆破地震学这一分科,同年成立了一个专门工作小组,叫做“地震野外试验和解释工作小组”。关于“上地幔计划”内的地震探测的计划、组织和资料数据计算,都是这个工作小组的任务。自 1964 年以来,编辑了内部活动公报,包括以表格和剖面记录形式的观测资料。这种素材就是在本书第三章所提出的数据的基础。

从七十年代初以来,适合于地震研究工作的采石爆破数目继续不断地减少了。同时,在西欧为了地震测深目的而专门安排的爆破次数增多了,从而开始了德国爆破地震的第五阶段。这些实验的大部分不能限于在欧洲中部进行,因而需要国际间的紧密合作。现在由于资料解

释大部尚未完成，因此，本书无法囊括爆破地震观测研究这一最后阶段的成果，只收入了两篇与阿尔卑斯地区和莱茵地堑有关的报告。

本书对欧洲中部地壳构造研究的现状，提供一个轮廓。自从 1957 年开始深入研究以来，已经获得的进展是十分显著的。可是由于较深的根源部位还有许多细节和问题仍然不清楚，所以根据国际地球动力学计划的建议，最近的爆破地震实验已扩展到整个岩石圈的研究了。

H • Closs

F • Goerlich

M • Siebert

第一章 德意志联邦共和国的主要地质特征

V. Jacobshagen

1.1 引言

欧洲中部的构造和地质历史是极其复杂的。因而对这一题目的简短论述，谬误之处在所难免。如需进一步详细研究，可参阅 Lotze (1971)、Knetsch (1963) 等的著作以及 Rutten (1969) 的某些资料。然而，这些文章也难以取代近年来大量出版的专门著作。

本题目所涉及的地区并不限于德意志联邦共和国，还包括了德意志民主共和国西部一些地区、捷克斯洛伐克和东阿尔卑斯的一些国家 (Benelux countries)*。粗略看来，可划分四个地质地貌区：

1. 南部新生代阿尔卑斯山脉。
2. 阿尔卑斯山北部山前地，是一个地形上相当平缓的地区，由造山运动晚期的边缘槽地沉积物 (磨砾岩层) 组成。
3. 地质构造相当复杂的欧洲中部高地。
4. 北德低地。

根据其地质历史，Stille (1924) 把欧洲划分为以下四个构造大区 (图 1.1)：

1. 原始欧洲：具有前寒武纪基底和几乎未扰动的显生宙沉积。
2. 古生代欧洲：由加里东运动形成。
3. 中生代欧洲：主要构造由海西造山运动形成。
4. 新生代欧洲：指围绕地中海的阿尔卑斯山岳带。

根据今天的认识，这些地区的界线和说明都有必要稍加修改。前寒武纪以来，原始欧洲的范围并未因边缘的造山运动而简单地增加，因这些山岳带包括那些较老造山地带重新活动和再次受变动的地区。Stille (1924) 的术语仅适用于欧洲这部分地区地壳最后一次造山形变的年代。中欧西部包括所有这四个地区。原始欧洲的前寒武纪基底展布于瑞典南部至英格兰东部；在德国北部和北海一带则为巨厚的沉积层覆盖，这一点现已尽人皆知。

在构造图上 (图 2.2) 阿尔卑斯可以清楚地同外阿尔卑斯地区分开，因与二者有关的构

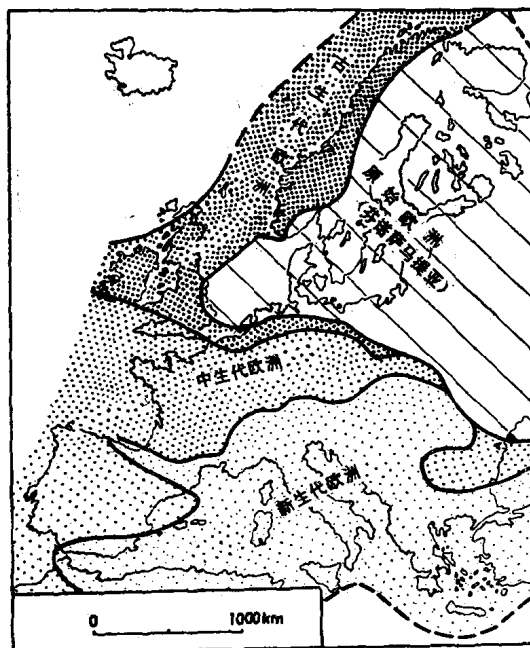
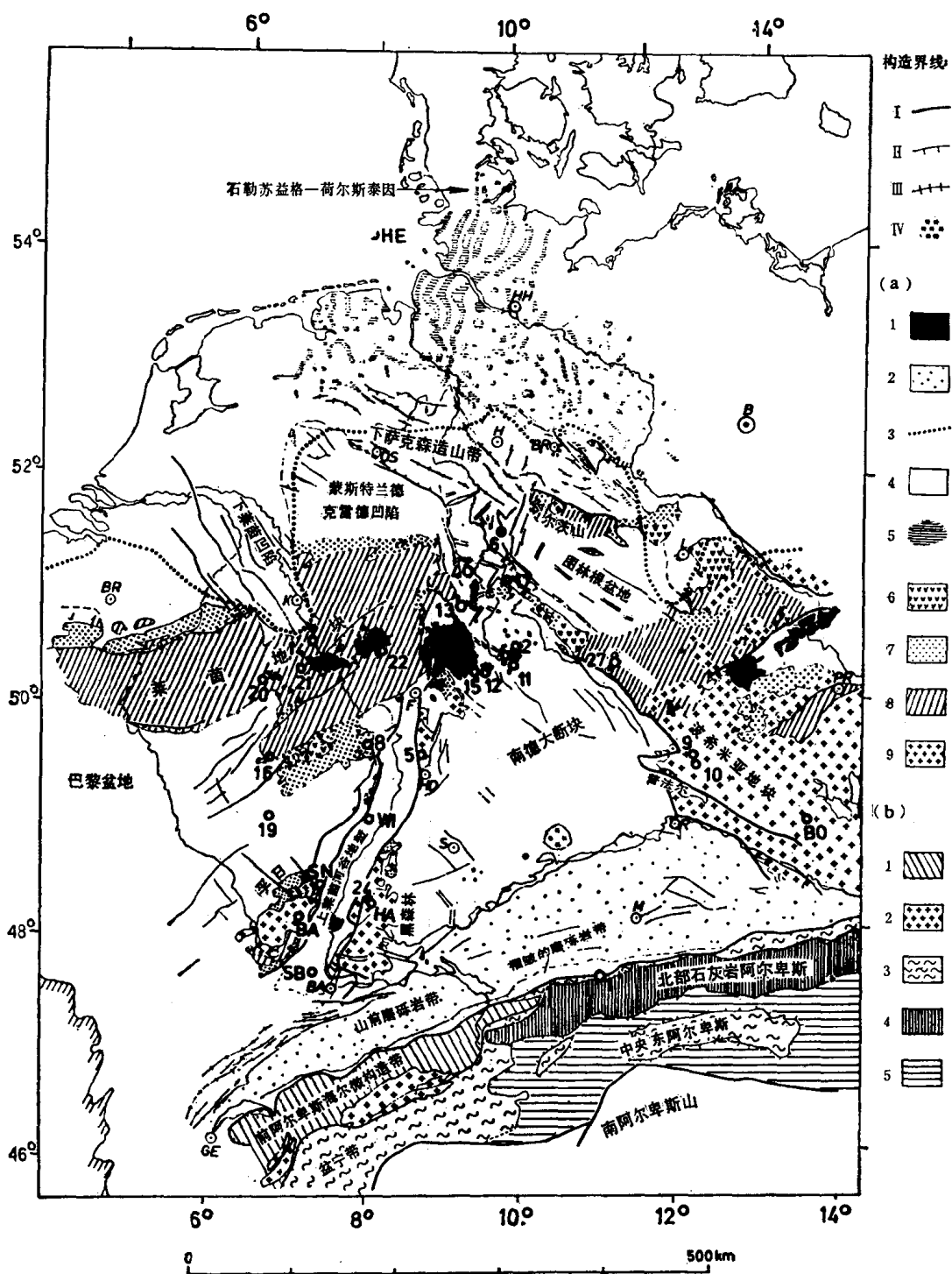


图 1.1 欧洲主要大地构造单元
(根据 Stille, 1924; Lotze, 1971; Bartenstein 等, 1968)

* Benelux, countries 指比利时、荷兰、卢森堡三国——译者



构造界线: I——断裂; II——逆掩断层(上冲断层); III——褶皱; IV——陨石坑(流星撞击而成)

(a) 外阿尔卑斯地区

1. 新生代火山岩系; 2. 第三系(沉积岩); 3. 北部低地第四系覆盖的南界; 4. 蔡希斯坦统(上二叠统)及中生界; 5. 盐丘底辟; 6. 二叠纪火山岩系; 7. 上石炭统及赤底统; 8. 老于上石炭世的沉积岩和火山岩; 9. 海西期或更老的结晶岩系

(b) 阿尔卑斯地区

1. 海尔微构造带及前阿尔卑斯; 2. 原地地块; 3. 盆宁带、东阿尔卑斯的复理层; 4. 北部石灰岩阿尔卑斯山; 5. 东阿尔卑斯山中央带

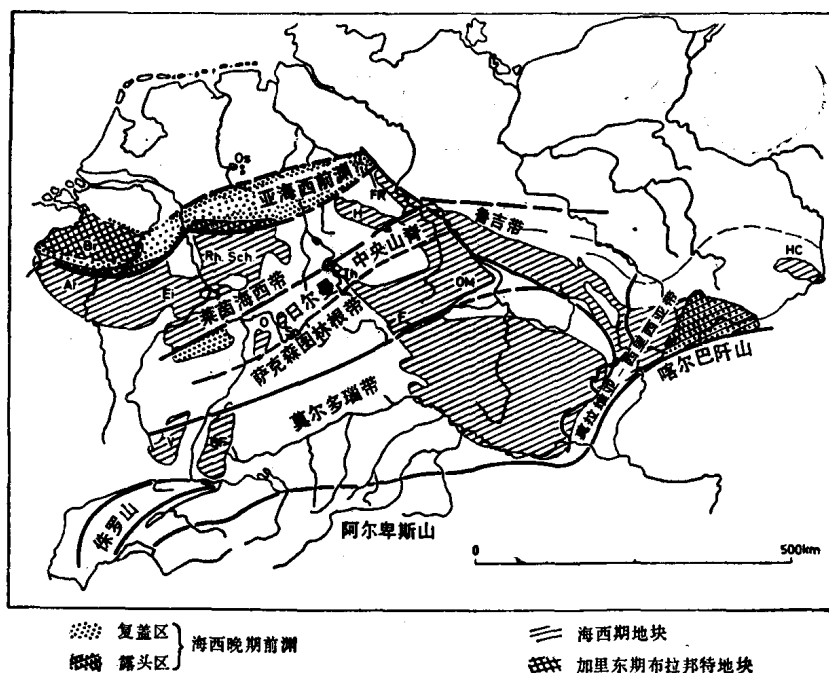


图 1.3 中欧海西期山岳带分带图

(根据Kossmat; Dovrak 和 Parroth; Frasl 等)

Ar 阿尔登山脉; BF 黑森林; Br 布拉邦特地块; E 艾菲尔; F 弗兰肯瓦尔德; FR 弗里希廷根山脊; H 哈尔茨山脉; HC 霍莱横断山; O 奥登瓦尔德; OM 奥列山; OS 奥斯纳布吕克地区; SP 斯塔萨山; Th 图林根森林; v 孚日

造类型和地质历史是很不相同的。但其北部的磨砾岩盆地与之紧紧相连。然而，由于某些实际原因，仍同阿尔卑斯地区合在一起论述。

1.2 外阿尔卑斯地区

中欧外阿尔卑斯地区(包括德意志联邦共和国)由南部隆起和北部低地组成，二者在地质构造上颇具差异，其构造区的边界并不与地貌分带一致。

1.2.1 隆起带

在隆起带的内部，按照时代和地质历史，可划出三个构造层：

1. 由海西带的古生代或前寒武纪岩系组成的最深的构造层，早二迭世(赤底世)造山槽地的沉降是最后一次构造运动的结果。

2. 海西构造层由未褶皱的蔡希斯坦统(晚二迭世)及中生界基岩不整合覆盖。在某些地区，这套地层因断裂或穹隆作用而产生变形。

3. 由第三、第四纪松软岩层组成的最上层，与相邻地层之间被巨大的沉积间断分开。仅在某些盆地和地堑中，新生代堆积物才达到一定范围和厚度。许多地方第三纪断裂构造都继承了中生代的格局。

除以上三个构造层之外，新生代火山岩体具有很大的区域性。

1.2.2 海西期的基底岩层

图 1.3 表示中欧地区海西期基底的大地构造单元，东部莱茵地块，包括弗里希廷根山脊

(FR)、哈尔茨山脉(H)和图林根森林(Th)以及莱茵河附近的一些结晶岩地块,如所谓上莱茵地块,包括黑森林(BF)、孚日(V)、奥登瓦尔德(O)和斯培萨山(SP)等。组成了波希米亚和莱茵地块之间的一些较小断块,因比例尺限制而未能绘出。

海西造山期的地槽相岩层包括泥盆系和下石炭统。沉积作用伴随原生蛇绿岩岩浆作用(例如:兰恩—迪尔河地区、索尔兰特、哈尔茨、图林根森林南部)。晚泥盆世期间,在海西构造带的内带开始了造山运动,至早石炭世末期达到高潮(Stille称苏台德幕*)。晚石炭世,褶皱活动减弱而结束于早二迭世。与造山形变同时,开始了复理层沉积。位于褶皱前缘的复理层沉积槽地,随着褶皱运动,不断向北迁移。这一过程在下石炭统库尔姆岩相中最为典型。随着褶皱运动的减弱,早石炭世初期,北部山前渊(亚海西褶皱带边缘)和一些山间盆地堆积了磨砾岩式的沉积物。这些槽地,包括著名的煤系沉积(如鲁尔区、萨尔盆地,黑森林内的一些小盆地以及孚日)。早二迭世,山间盆地有所扩大,并产生了一些新盆地(赤底统),边缘槽地已经填满。对于阿尔卑斯山以北的海西构造单元, E. Suess 和 F. Kossmat 提出了著名的北东(“*erzgebirgish*”)**走向带的序列。该序列在中欧西部由南而北有以下特征:

1. 摩尔多瑙带:出露于孚日、黑森林、巴伐利亚及波希米亚森林等地区。现在被德国南部中生界覆盖的上述地块之间的关系,已由火山喷出物和深钻资料所证实。本带内深变质片岩(如广泛出露于波希米亚地块的堇青石片麻岩),散布在主要为花岗质的海西晚期和以后的动力侵入体附近。变质岩的原岩成份庞杂,来自前寒武系或古生界,前者在一些地区形成多相变质岩。局部地区(例如黑森林)变质作用加剧,导致深熔和再生作用。由泥盆系和下石炭统沉积物组成的非变质岩系,覆盖了结晶岩地区,结晶岩仅在少数地区(孚日、黑森林、布拉格附近)存在残留体。

2. 波希米亚地块典型的萨克森图林根带可分为以下三个部分:主体是一个结晶岩山脊,在萨克森西北和图林根以北有少量出露,在更大范围内如图林根森林;德国西南部,斯培萨山和奥登瓦尔德等也均属此山脊,深变质的片岩有酸性至超基性侵入体贯入。这个所谓德国中部山脊(*Mitteldeutsche Schwelle*, Brinkmann, 1948)晚泥盆世以后已在地槽中出露,并向北西-南东走向的沉积盆地提供风化岩屑。

东南方向紧接着是大面积的古生代以至前寒武纪的沉积(图林根的片岩山脉);再向东南逐渐变质为包括组成原地地块的火成岩和变质岩。

最后,以前寒武系结晶岩系为核部的宽阔背斜(即弗希台尔山脉= F 及上法尔茨森林、奥列山= OM)与摩尔多瑙带为界。

德国西南部,萨克森图林根的中段完全被中生代地层覆盖。其最南端在孚日以北出露,主要由古生代沉积岩和结晶岩构成。黑森林北部亦有少许露头。

萨克森图林根带的主要构造特征是围绕古老结晶核的复式褶皱和迭瓦构造以及各种方向的倒转(图 1.4)

在莱茵地块内,萨克森图林根带的北界是一条深断裂(洪斯吕克断层)。

3. 莱茵-海西构造带的一些主要断块是莱茵地块,哈尔茨和弗里希廷根山脊,由泥盆纪和石炭纪基岩构成(主要为硬砂岩、砂岩和页岩,包括一些灰岩、燧石及其他)。这套岩层

* “苏台德幕”为早石炭世的一次构造运动——译者

** 德国厄尔兹山(*erzgebirge*)代表北东至北东东走向构造——译者根据李春昱教授函告

(未见有完全出露的地点)厚 5000—10000 米。前泥盆纪岩系仅出露于几个背斜构造中。

莱茵海西构造带遭受的变形,在外观上比较接近于海西期造山带,其最南部仅发生轻微变质。只在哈尔茨山脉才有侵入岩出露(布吕肯和兰伯梅花岗岩体,哈尔茨堡辉长岩体)。本带的构造特征为褶皱构造、主要向北西倒转的迭瓦构造(图 1.5)以及板岩劈理。

4. 被巨厚的上石炭统磨砾岩式沉积物填满的北部山前渊称为亚海西带。此带仅在 德意志联邦共和国鲁尔地区明显,而位于比利时边界的亚琛附近则到处都被白垩纪和新生代沉积掩盖。晚石炭世晚期的构造运动——施蒂勒的阿斯突里幕*,在本带南部受强烈褶皱影响,皆呈北倾的压扁构造(图 1.6)。海西期构造带未褶皱的山前地,在克桑顿至奥斯纳布吕克一线以北开始出现(Hoyer 等, 1969)。特别是在亚海西带内,在造山运动时发育有深的横向断层和裂隙,其中一些后期有活动。

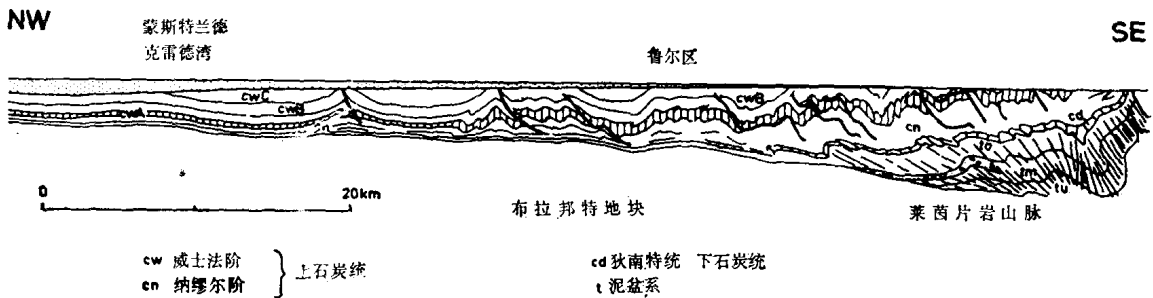


图 1.6 威斯特伐利亚的亚海西带横剖面示意图
(根据 Teichmüller)

5. 山间盆地:在海西期山岳带内部,还有一些盆地,随同亚海西带山前渊一起下沉。晚石炭世这些盆地的延伸与海西期的褶皱轴向一致,而早二迭世的赤底统盆地形状就很不规则,这意味着造山运动的尾声。

此类赤底统槽地中,除最下部外,通常是红色陆相沉积,在萨尔-纳厄河盆地沉积最大厚度超过 1500 米。

早二迭世的断裂作用往往跟随有火山活动的;这种所谓后成火山作用主要形成一套中性到酸性岩石,但也有基性岩(如拉斑玄武岩)。

一变曾为泥盆纪地槽的。莱茵地块东部地区(莱茵河地区的片岩山脉地区)曾特别详细地研究过(图 1.7)。粗看起来,它由北东走向的褶皱系统组成,复背斜核部为巨厚的下泥盆统碎屑岩系(齐根复背斜和陶奴山的最大厚度达几千米)。在莱茵地块南部边界出露时代不明的前泥盆系变质岩层;奥陶系和志留系出露于复背斜北部(如雷姆沙伊德-阿尔特纳背斜和埃比背斜)。在接近地块东界的一些地方,亦有呈透镜体状出露者。在这一广大地区里,因复背斜轴皆微向东北倾斜,此方向的复背斜就变得较宽和较深。主要在莱茵地块东部,含有大量上泥盆统和下石炭统的沉积物和蛇绿岩体(摩泽尔-拉尔复向斜、迪尔向斜、“瓦迭克-库尔姆向斜”)。

南部,莱茵地块被一条巨大的断裂从填满第三系的莱茵地堑中分割出来。

1.2.3 海西后期构造区

* 阿斯突里幕代表晚石炭世晚期的不整合,典型地区在西班牙北部——译者

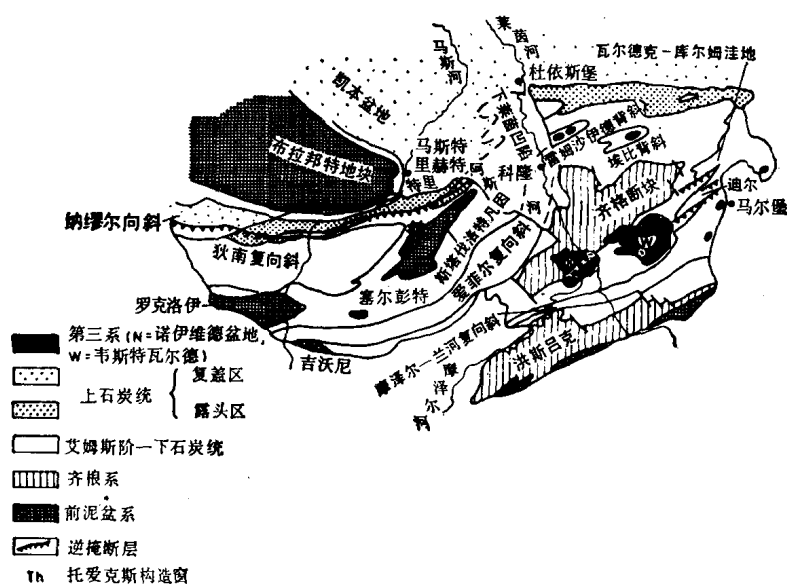


图 1.7 莱茵地块及阿尔登山脉构造纲要图
(根据 V. Bubnoff, 1930, 原图简化)

造山运动停止以后，海西期构造带被早二迭世末期的剥蚀作用大大夷平。晚石炭世的断裂大致沿着山脉的东北方向作用。这时的大地构造格局以及古地理位置已经全然改观：以莱茵地块主体部分为一方；以波希米亚地块中心为另一方，从那时起几乎完全固结，并成为剥蚀地区；但稍晚，像哈尔茨、图林根森林以及德国中部的一些较小断块都上升了。

莱茵和波希米亚地块之间，在蔡希斯坦盆地内部，北北东走向的“莱茵式”的狭槽(*Rhenish furrow*)开始显示出它的最初的轮廓，属线性构造，是施蒂勒划分的地中海-莫易森带，在古生代或更早的地史时期就已开始活动了。从莱茵狭槽看来，黑森洼地(黑森沉降带)当时也是一个海峡，以后扩展并把北德沉积盆地同南德盆地连成了一体。

大部分断裂生成于中生代及以后的时期，同时它把海西基底岩层的北西西走向分为北西方向(海西期的)，或为“莱茵式”方向(北北东)(参照 Knetsch, 1969)，特别在地中海-莫易森带附近更是如此；此外，在某些地区常有北北西(“*eggisch*”)*或北东至北东东(*erzgebirgish*)方向的干扰。

晚二迭世，德国南部主要地区仍为剥蚀区。只是在早三迭世多瑙河以北地区以及黑森林和孚日周围才发生下沉并归入中生代沉积盆地之内。向东，后者的延伸仅在某些地方超过了现在波希米亚地块的西界。因此展布不很远；在南部，它以一个结晶岩山脊为界，此山脊自雷根斯堡附近的波希米亚地块分支，并可一直延至瑞士中部。中生代时，这个“温德里西亚山脊”以及“波希米亚岛”都是供给沉积物(如考伊波**砂岩)的主要上升区；在西部，三迭纪时的南德盆地以“嘎里克古陆”为界，但在侏罗纪，古陆又大部沉入海中。德国南部的现今构造是在第三纪发展起来的。早第三纪早期，巴塞尔和法兰克福之间，沿着现在莱茵河河谷一带，有一个穹窿构造拱起，其顶部的上莱茵地堑发生下沉(图 1.8)，上莱茵地块的结晶岩断

* 德国埃吉山(*eggebirge*)代表北北西走向构造——译者根据李春昱教授函告

** 考伊波砂岩时代为晚三迭世早期——校者注

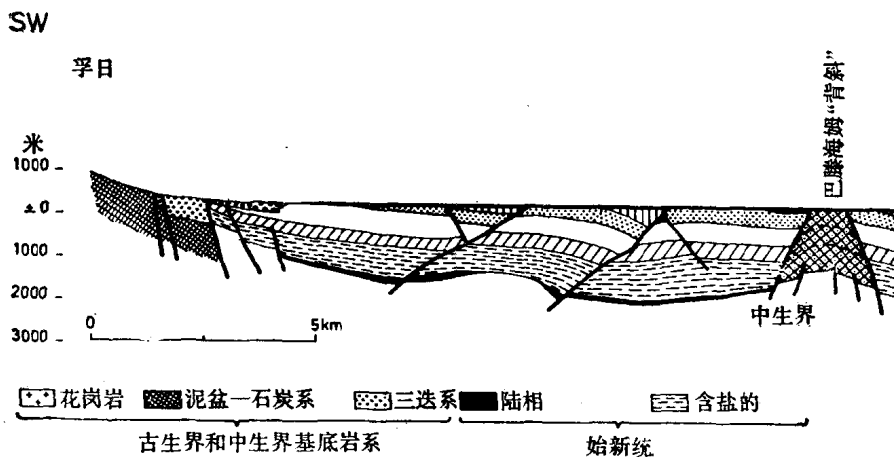


图 1.8 上莱茵地堑南部地质横剖面图
(根据Sittler, 1969)

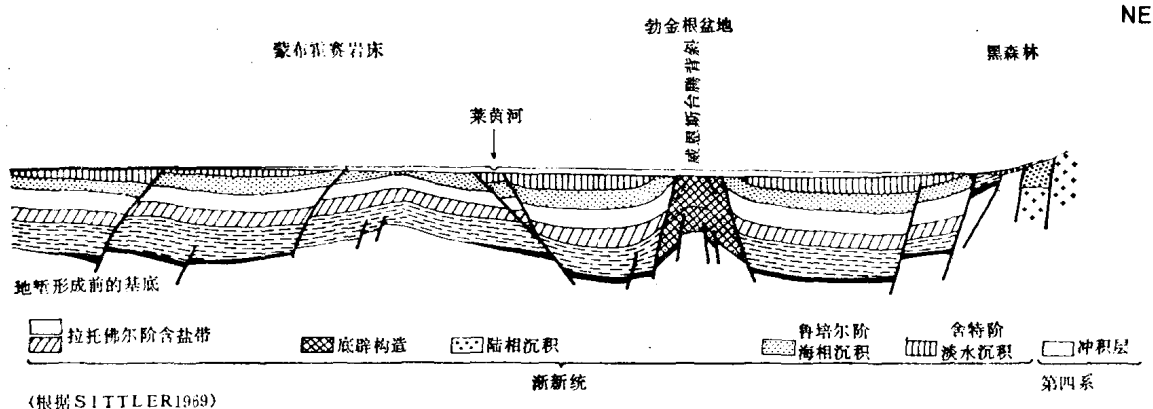


图 1.9 德国南部主要断块横剖面略图
(根据 1:500,000 巴伐利亚地质图简化)

