

一个加里东期的裂陷槽

——对浙西早古生代沉积盆地成因类型的新认识

夏邦栋

(南京大学地质系)

早在40年代,著名的苏联地质学家H·C·沙茨基在系统研究古地台构造时,发现古地台边缘普遍存在着一种“横向边缘构造”。早期,他称之为“横向边缘拗陷”(沙茨基1946,1947)^[1,3];随后在1960年,他正式将这种构造命名为裂陷槽(Авлакоген)^[5],意指初生的槽沟(Рожденная Борозда)。按沙茨基的说明,它是地台边缘狭长形的盆地,其走向横切地台与地台毗邻的地槽褶皱带的交线的延展方向。裂陷槽所在就是地槽褶皱带以一定的角度(称为内角)突入地台的部位。或“裂陷槽是位于地台内部两个相同性质的构造带之间的槽沟型复杂构造”(沙茨基,1946,1947,1955,1960)^[1-5]。根据沙茨基在一系列论文中所描述的事例,裂陷槽型盆地在沉积上和构造上还具有下列特点:

1.它是较大规模的沉积盆地,其伸展距离常在数百公里以上。如俄罗斯地台上的大顿巴斯盆地(海西期),其长达1250—1400公里,宽250—300公里;北美地台上的维契特盆地(古生代),其长度超过650公里,宽约200公里。

2.沉积厚度很小,较其两侧地台上同期沉积的厚度超出若干倍。如维契特盆地,其寒武奥陶系石灰岩的厚度达3000米,而其两侧地台上同期沉积的厚度只有200—500米;石炭系煤系地层厚度在该盆地中为3000—5000米,在其两侧地台上厚度减为1000—1500米。

3.沉积物的性质和厚度沿盆地的长轴方向发生有规律的改变。靠地台边缘一端,具有地槽型色彩,尤其是盆地演化到中晚期的沉积物,其地槽型特征更为显著,甚至发育有纵向边缘拗陷型建造;近地台内部一端,沉积物为地台型。与此相应,沉积物厚度由地台内部向地台边缘方向增厚。这种沉积特点反映出盆地的拗陷幅度和深度向着地台边缘增加。

4.裂陷槽两侧发育有边界断裂,断裂的规模很大,深可达数十到数百公里,这种断裂往往是相邻地槽褶皱带中的限制性断裂向地台内部的自然延续。由于这种断裂存在就决定了裂陷槽能够具有长达数百公里以上之规模。

5.在许多情况下裂陷槽的延展方向同相邻地槽褶皱带某一枝的延展方向近于平行,

而同另一枝有明显交角。如大顿巴斯裂陷槽呈北西西—南东东方向延展，这一方向恰好同克里米亚—高加索地槽褶皱带的走向近于平行；维契特裂陷槽呈北西西—南东东方向延展而与瓦契塔地槽褶皱带的北枝近于平行；奥斯陆裂陷槽（早古生代的）呈北东—南西向延展而与北东向的挪威加里东褶皱带的主体方向近于平行。

6. 盆地有简单型与复杂型两类。简单型盆地为均一的凹陷，复杂型盆地中有次一级的凹陷和隆起。

7. 裂陷槽中沉积物的变形强度在近地槽端较强烈，在这里能够发育紧闭褶皱、逆断层和逆掩断层（如维契特裂陷槽）；在远离地槽一端，沉积物变形和缓。

因为裂陷槽发育在地台上而又具有沉积厚度大、变形较强烈等特点，人们曾经将它们称为陆内地槽、准地槽（如维契特裂陷槽）或伸入地台内的盲肠状地槽、地槽的边缘带等（如顿涅茨盆地，即大顿巴斯裂陷槽的主体部分）。正是沙茨基的研究初步揭示了这种构造盆地成因的实质。随后，不少苏联学者进一步讨论了裂陷槽的性质和形成条件，并确认了裂陷槽在地台构造中具有的重要意义。

板块构造学说问世以后，欧美学者对裂陷槽型沉积盆地的地质意义也重视起来，并从板块构造的理论出发，就裂陷槽的形成和演化问题进行了探讨。其中具有代表性的是 P. 霍夫曼、J. D. 狄畏、K. 贝克的著作。他们从三叉裂谷系演化的观点，解释了裂陷槽的形成及其同与其相关的地槽在演化上的关系（霍夫曼等，1974）^[6]。他们认为，三叉裂谷系中未能充分扩张或中途夭折的一枝就是裂陷槽，另外两枝通过充分扩张而发展成为宽阔的海洋，即地槽；而三叉裂谷系的形成则认为这是由于地幔柱升起所带来的热力作用，使岩石圈发生热穹起从而张裂的结果。这一解释将板块构造理论与槽台构造理论有机地结合起来，将水平运动机制与垂直运动机制有机地结合起来；它对裂陷槽、地台、地槽三者的相互关系作了统一的说明；沙茨基早年就裂陷槽所总结出的若干特点均能得到合理的解释。裂陷槽——这一独特的地台构造，在板块构造学说中显示出极大的重要性。它在现代的沉积盆地分类中占有重要的地位并具有重要的油气潜力。现在，人们对裂陷槽的认识正不断深化，根据国内外的已有研究，对裂陷槽的特征可以提出以下新认识：

1. 裂陷槽既是地幔柱上升并形成热穹起后所派生的，因而幔源物质的喷出和侵位就是裂陷槽演化早期常有的现象。如大顿巴斯裂陷槽底部有厚达数百米的细碧岩（沙茨基，1946）^[1]；维契特裂陷槽有时代为早、中寒武世的厚达2000米的玄武岩、细碧岩、流纹岩和相关的浅成岩墙（霍夫曼等，1974；狄克逊，1974）^[6,8]；加拿大地盾西北部阿萨普斯考元古代裂陷槽的下部有富含碱质的细碧质凝灰岩、石英角斑凝灰岩、细碧熔岩、粗面熔岩以及少量流纹岩、相关的钠长花斑岩、斑岩等（霍夫曼等，1974）^[6]。我国豫陕中一晚元古代裂陷槽底部有很厚的偏碱性钾玄武岩系火山岩（孙枢等，1981）^[11]。裂陷槽中火山岩的特征与陆内裂谷者相似，都是以碱性元素富集为特征，且多为玄武岩一流纹岩双模式组合。随着扩张的速度、幅度、物质来源的深度、地幔物质分熔的程度以及地壳物质加入的程度等因素的差异，岩浆成分的性质可以出现很大的偏离^[9,10,12]。

2. 裂陷槽的边界断裂控制着裂陷槽的位置和轮廓，同时还是早期地堑的边界，它们控制了裂陷槽中沉积相和厚度的变化，又是岩浆活动的通道。早期，断裂的性质主要为

正断层；后期，它们转变为逆断层或平移断层，对沉积物的变形起积极作用。裂陷槽内部还可能存在着重要的长期发展的纵向断裂，它们对裂陷槽内部的沉积状况以及对岩浆活动也有控制作用。

3. 沉积物堆积的环境在早期为大陆环境，在中、后期转变为浅海，结束期又出现大陆环境。盆地的性质在早期为地堑或地堑群，这时，其两侧地台上可能没有沉积物或缺失其中某些部分。中期，盆地转变为开阔的拗陷，沉积范围扩大，但拗陷的轴部仍是早期主要的地堑所在。后期，盆地沉陷的范围收缩，并被快速充填，沉积物遭受错动、挤压、最后盆地消失。

4. 盆地内沉积物的搬运方向有两次重要变化。前期，沉积物质来自盆地两侧的高地，以横向补给为主，横向水流在盆内汇聚后转而后向地槽，即向外海方向流动，转变为纵向水流；后期，地槽关闭，板块拼接并导致褶皱山带的形成，这时，新生山地遭受剥蚀，为裂陷槽提供丰富的陆源碎屑物质，水流方向改为纵向，但流向与前期相反。

5. 裂陷槽和相关地槽在沉积——构造的演化上是相适应的、协调的，裂陷槽的演化阶段在颇大程度上反映了相关地槽的演化阶段，而后者对前者有明显的影晌。

6. 裂陷槽的地壳性质为过渡型，地壳较薄，地幔上凸。

根据对国内外裂陷槽主要特点的考察和对比，笔者认为，浙西早古生代沉积盆地就是一个裂陷槽。本文拟就此作一阐述。

关于浙西早古生代沉积盆地性质的研究概况

浙西早古生代沉积盆地以其相当厚的沉积物、具有壳相和笔石相生物群共生、较为复杂的构造变形、但又缺乏加里东期强烈的褶皱运动与岩浆活动等特征，长期以来引起地质界对它的重视，对它的性质和成因进行过广泛的讨论，但各家观点并不很一致。

张文佑等（1959）〔13〕认为，它是秦岭正地槽向地台的延伸部分，属于扬子钱塘准地槽。黄汲清等（1959，1960）〔14、15〕认为，它属于南华准地台中的褶皱断裂带，是受两条深断裂控制而形成的，近年来又进一步认为，它是扬子准地台边缘的台褶带（黄汲清等，1980）〔16〕。马杏垣等（1961）〔17〕认为，它属于下扬子地槽中之地向斜，称其为浙西地向斜。郭令智等（1965）〔18〕及马瑞士（1965）〔19〕认为，它是冒地槽，属于华南加里东地槽区的内部地槽拗陷的边缘带。任纪舜等（1964，1980）〔16、20〕认为，它属于华南加里东准地槽，但位于其北侧，是与扬子准地台相邻的构造过渡带。

本文不拟对各家观点作出评论，但应指出，不论观点如何差异，而各家对于浙西早古生代沉积盆地在沉积和构造上表现出的主要特点的认识，是基本一致的，即认为它较之扬子地台说来，具有较强的活动性，而较之华南加里东地槽主体部分说来，具有相对的稳定性。

如果将对浙西早古生代沉积盆地性质和成因的认识史同大顿巴斯盆地及维契特盆地这两个经典型裂陷槽的认识史相比较，就能看出其中有很大的相似性。

关于大顿巴斯盆地性质问题自1883年开始即已进行讨论，在沙茨基提出它属于裂陷槽以前，对其性质也是众说纷云，莫衷一是。有人说它是海西褶皱带穿入俄罗斯地台的

盲肠状分枝; 有人说它是海西褶皱带的边缘拗陷, 属于被复杂化了的地台型构造; 有人说它是海西褶皱带的边缘部分。

对于维契特盆地性质的认识也经历了曲折的过程。在确认它为裂陷槽以前, 有人说它是堆积了地台型建造的陆内地槽; 有人说它是瓦奇塔古生代地槽向西北方向发生尖灭的部分, 至少其东南端属于准地槽; 有人说它是陆内地槽, 因其位置处于地槽边缘, 故其褶皱作用较弱。

科学发展水平是逐步提高的。对事物本质的认识是逐步深化的, 因此对于像大顿巴斯盆地、维契特盆地以及本文所讨论的浙西盆地这样一些比较特殊的盆地的认识, 经过较长时间和曲折的过程, 应该说是很自然的事情。在板块构造学说诞生已有20年, 裂陷槽理论建立已有10年后的今天, 我们有可能在新的科学水平的基础上, 对浙西早古生代沉积盆地的实质进行探讨。

扬子地台的东部边界

为了更好地认识浙西裂陷槽的性质, 首先需要说明扬子地台在这里的边界范围(图1)。

扬子地台是以前震旦系为基底的古地台。其东部的北界在安徽明光以南沿郟城—庐江深断裂南段, 经过庐江而抵湖北广济; 在明光以北, 以一北东向的断裂为界, 经过江苏淮阴到响水口附近伸入黄海。在上述界线的西北, 主要属于华北地台范围; 仅大别山地区的性质和归属, 尚有不同意见, 但这一问题超出本文范围, 故不作讨论。

扬子地台东部的南界是尚待进一步研究的问题。许多人认为, 这一界线是呈北东东向延伸的江山—绍兴深断裂, 该断裂以南为加里东地槽褶皱带。值得注意的是, 在该断裂以南的中生代火山岩覆盖地区, 尚有一套很厚的变质岩地层, 即广泛出露的陈蔡群。由于陈蔡群不含化石, 它的时代尚不能完全确定。根据该变质岩层中黑云母的同位素年龄(3.81)亿年, 似为加里东期的变质产物, 这里就应为华南加里东褶皱带通过。但是, 正如许多研究者所指出的, 不能排斥其中有些部分, 特别是靠近江山—绍兴断裂带的那些部分, 有属于元古代的可能¹⁾。因为在诸暨陈蔡所采的混合石英闪长岩样

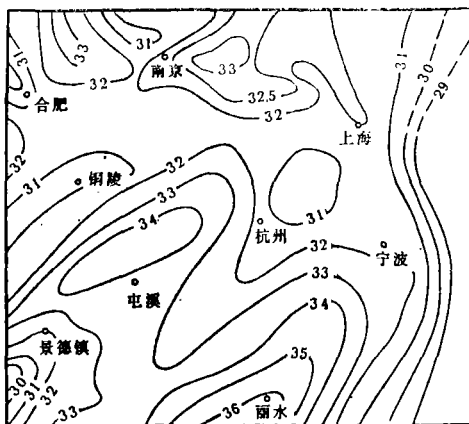


图2 浙西加里东期裂陷槽位置

1. 扬子地台盖层出露区
2. 扬子地台基底出露区
3. 浙西加里东期裂陷槽
4. 华北地台
5. 华南加里东地槽褶皱带
6. 性质待研究区
7. 裂陷槽的边界断裂
8. 推测断裂

1) 据浙江省石油地质大队、浙江省地质局、浙江省区测队的内部资料。

品中黑云母的钾氩法年龄达7.49亿年¹⁾；此外还有少数更老一些的年龄数据。笔者对浙西早古生代地层剖面的沉积特征进行野外观察、对比，并通过对大量岩石薄片的研究，发现在早古生代，在靠近江山—绍兴断裂带的诸暨—兰溪—江山一线，频繁出现过滨岸的沉积物，由此线向北海水逐渐加深，故在江山—绍兴断裂带以南应有早古生代的蚀源区存在（详见下文）。在作者之前，浙江省石油地质大队通过对沉积环境的研究也持有这种看法。这就是说，扬子地台的南界应该在较江山—绍兴断裂带更南的地方，即陈蔡群应一分为二，其北带近江山—绍兴断裂带者属扬子地台的基底，其南带属华南加里东地槽褶皱带，分界线的具体位置有待于研究落实。

扬子地台的东界如何？这是极其有意义的问题。由于宽阔的黄海、东海海域及巨厚的中、新生代沉积物覆盖，扬子地台的东界显然是难以直接查明的。

扬子地台的东界问题，实质上就是扬子地台与华南加里东地槽褶皱带在东边的相互关系问题，在讨论这一关系时，以下事实值得注意：

1. 作为扬子地台基底组成部分的前震旦纪地层在屯溪—天目山隆起以东已经因隆起向东倾伏而消匿，杭嘉湖沪平原地区正是在这一隆起的倾伏端的延伸方向上。

2. 地台基底向东倾伏的现象开始于早古生代，其重要表现之一是在倾伏端部位奥陶纪地层从皖南到浙西联成一体，说明当时海域相联；而在该隆起的昂起部位，即皖南怀玉山区主体部位，奥陶系沉积缺失，根据笔者对浙西晚奥陶世复理石沉积特征的研究，可以确信这里是当时的剥蚀区。地台基底向东倾伏的现象还表现在盆底拗陷的幅度一般是东大而西小，某些时期的沉积厚度则东厚而西薄。如震旦系上部西峰寺组的沉积厚度沿盆地轴部由西向东递增，在西部的玉山、江山一带为100—200米，向东到富阳、临安、桐庐一带增至700—800米。黄泽惠（1981）²⁾研究了西峰寺期的古地理，发现在杭州附近存在着向北东方向倾伏的古海底斜坡。

事实表明，地台基底在加里东早期就已存在着向东倾没之势态。这就意味着地台南边的加里东地槽可能在地台倾伏端的前缘，由原来的近东西向转而向北，横切地台而过，这一推论从深部构造上可以得到佐证。根据重力的研究^[24]，加里东地槽褶皱带所具有的地壳增厚带在长江口一带，有由原来的北东向转为向北延伸的趋势（见图2）。上述推论从对世界上一些主要地台边界特征的分析中也能够得到支持。事实是地台的边界常常出现转折现象。如俄罗斯地台的南面与克里米亚—高加索地槽褶皱带相接，在伏尔加河三角洲地区其边界由西边的近东西向转而向北，尔后再恢复近东西向以至呈北东向，并与近南北向的乌拉尔地槽褶皱带西端相接，在边界的转折处，形成一个指向地台的內角，在內角部位形成了大顿巴斯裂陷槽。北美地台东南边缘与瓦奇塔地槽褶皱带相邻，其边界也发生类似转折，南面瓦奇塔地槽褶皱带的延展方向由原来的近东西向，向东转为近南北向，然后再转为北东向而与阿帕拉契地槽褶皱带的西南段相接，在所形成的指向地台的內角处出现了维契特裂陷槽。西伯利亚地台的东北缘和维尔霍扬地槽褶皱带相接，其边界也有明显转折，并在地台东北缘的內角部位形成了维柳依中、晚古生代

1) 根据浙江省诸暨幅1/20万区测报告。

2) 黄泽惠，1981，浙江地质科技情报，第2期。

裂陷槽。类似情况还有很多，不一一列举。沙茨基早在40年代已经发现地台边缘和地槽褶皱带的界线常有急剧转折的现象，这种现象按照裂陷槽形成的板块构造理论是很自然的事情，可以认为这是普遍存在的规律性现象。

由此可以推断，扬子地台与华南加里东地槽褶皱带的界线大体在现今长江水下三角洲部位，由北东向转为近南北向北延伸，正是在地台边界转折部位出现了浙西加里东期裂陷槽，笔者提出这一看法，但并不排斥将这一界线在黄海向北延展适当距离以后同日本或朝鲜半岛南部有关构造带相连的可能性（杨志坚，1983）〔22〕。

这一看法的实践意义在于它为本区油气藏的探寻提供新的思路，这不仅是因为许多古生代以来的裂陷槽本身以其沉积物堆积的巨大厚度及沉积物迅速埋藏等特点，有利于油气形成和聚集（如属于维契特裂陷槽的阿纳达科—阿德莫尔盆地以及顿涅茨盆地等是重要的油气区），更因为在裂陷槽与地槽褶皱带交接的部位还是油气藏丰富的地方。著名的苏联第二巴库巨型油气区就位于大顿巴斯裂陷槽和乌拉尔地槽褶皱带交接部位的拗陷带之中。

浙西裂陷槽的边界断裂

浙西裂陷槽由两条边界断裂所限制。北边一条为走向北东东的马金岭—昱岭关深断裂，或称浙赣皖深断裂（朱钧等，1964）〔21〕。该断裂向西延伸到江西境内。沿断裂带，北侧地盘抬起，南侧地盘下沉。由于断裂的掀斜作用，使近断裂带部分的盆底向南倾斜，形成较深的拗陷，沉积厚度较大，其中大量的陆源碎屑物来自断裂以北的蚀源区。该断裂是岩浆活动的通道。在震旦纪早期，沿断裂带先有大量火山岩喷发，随后有花岗岩侵入，前者即松木坞组或上墅组火山岩，后者即马岭花岗岩（夏邦栋，1962）〔23〕，或称石耳山花岗岩，其同位素年龄为754—654.9百万年。岩浆产物沿该断裂带延展可达200余公里（朱钧等，1964）。该断裂长期活动，由于后来沿该断裂发生强烈挤压作用，断裂南边的早古生代沉积发生变形，近断裂带岩层形成紧闭褶皱与叠瓦式冲断层，作用力方向向南，定向性明显；随着远离断裂带，构造变形逐渐变和缓。

裂陷槽南边的边界断裂目前研究较差，有可能是浙江石油地质大队所提出的呈北东东延展的常山—漓渚断裂¹⁾，图1中暂以此断裂表示。断裂带北侧下沉，南侧上升，但升降的对比性较弱，沿断裂的掀斜作用不明显，盆底仅微微向北倾斜。但许多时期有大量陆源碎屑物自断裂以南搬运入盆内是没有疑问的。沿该断裂带有震旦纪早期的火山岩呈带状断续分布。

上述两断裂对中新生代的岩浆活动及沉积作用都有控制意义，它们在现代地貌上也有反映。

由这两条边界断裂分隔开来的裂陷槽呈向北东东方向张开的喇叭形。应该指出，这种盆地的沉降中心和堆积中心是长期稳定的，但是这并不意味着盆地发展的所有阶段其沉积作用范围只限于边界断裂以内；相反，在盆地沉陷的某些阶段，沉积作用范围可以扩大，在断裂以外的古陆地上也能广泛发生堆积，不过，堆积物的厚度较薄而已。

1) 浙江石油地质大队，1981，浙江省西北部石油地质构造研究报告。

浙西裂陷槽的深部构造特征

陈胜早(1983)^[24]根据重力资料,对22条剖面进行了计算,提出了中国东部及其毗邻海域的莫霍面和康氏面深度,根据他的资料,浙西地区下古生界沉积体所圈定的北东东向沉积盆地范围内,莫霍面明显上凸,在盆地两侧莫霍面凹入;与此同时,沿盆地延伸方向由北东向南西,莫霍面上凸幅度逐渐减小,莫霍面等深线向南西方向合围,向北东方向撒开(图2)。浙西莫霍面的起伏状况与沉积盆地向北东东张开的轮廓吻合得非常好。王金星(1981)¹⁾等其他作者根据重力资料研究所提出的莫霍面起伏图形也大同小异。

如何解释这一地质—地球物理现象?地壳厚度小的地方正是地形较为低平的地带,地壳厚度大的地方正是地形高耸的山地,这显然是地壳保持重力均衡的表现。然而,更重要的是其地质意义,即地幔隆起的范围和轮廓同沉积盆地的范围和轮廓一致,地幔隆起的轴部和盆地拗陷的轴部一致,这种特征正是裂谷型盆地在深部构造上的反映。世界上大多数古生代(几乎全部中生代)以来的裂谷均具有这一特征。这是因为裂谷拉开的过程,就是大陆地壳变薄的过程,与这一过程伴随的是地幔隆起,或地幔物质向地壳侵进,形成地幔垫。值得注意的是,本区地幔隆起与沉积盆地底面的凹入呈镜像关系的这一特征虽然经过至少6亿年而未曾改变,这一情况和俄罗斯地台等一些古地台上裂陷槽(如卡尔塔萨元古代裂陷槽、大顿巴斯晚古生代裂陷槽等)具有很大的相似性。因而,这类盆地的形成都应受制于地幔深部的作用。

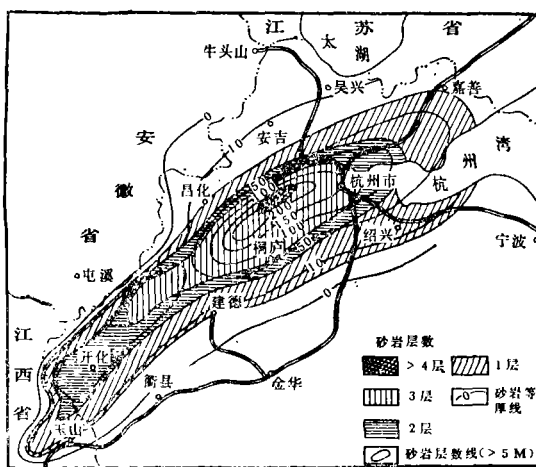


图3 苏浙皖赣地区地壳等厚图(据陈胜早, 1983)

浙西裂陷槽的沉积—构造演化

1. 热穹起和地堑阶段

这时地壳下热力作用明显,地壳受热穹起并拉张、破裂,沿破裂发生差异性陷落,形成地堑,同时有强烈火山作用发生,形成了以下两个建造:

(1) 火山沉积建造 以上墅组为代表,时代为震旦纪早期。它是一套从基性到酸性的火山岩与碎屑沉积的共生组合,厚度巨大,但变化剧烈。火山岩包括玄武岩、安山岩、安山岩、流纹岩及各种成分的集块岩、角砾岩、凝灰岩、熔结凝灰岩,其中火山碎

1) 王金星, 1981, 浙江省地质科技情报, 第2期。

屑岩的数量大大超过熔岩。岩石中 Fe_2O_3/FeO 比值较高,达1.95—5.09¹⁾,岩石主要为紫红色,以上特征说明火山岩主要是陆相喷发的。与火山岩共生的沉积岩为粉砂质泥岩、粉砂岩、长石砂岩以及硅质岩,多为红色。

建造主要沿南、北两带延展。北带沿马金岭—昱岭关断裂带分布,主要位于其西南段,厚度最大处达5000米以上。南带沿常山—漓渚断裂带分布,在其东段的肖山附近,其厚度为1400米,在其西段的江山附近,其厚度为800米以上。

本建造的形成是地壳热穹起并发生裂陷的重要标志。

(2)类砾石建造 以志棠组和雷公坞组为代表,时代为震旦纪中期。建造的主要成员是砾岩、砂砾岩、砂岩、粉砂岩、页岩,次要成员是硅质岩和白云岩,整个建造都富含凝灰质,夹有凝灰岩层,局部有少量熔岩。建造的结构是下部粗,中部细,上部再粗。下部和上部均含有砾岩,砾石成分为各种沉积岩、火山岩、侵入岩及变质岩。建造下部沉积主要为河湖相,部分为洪积产物,横向相变迅速,各处剖面难以对比。建造中部沉积为滨—浅海相。建造上部沉积一般认为属冰水相,为含砾泥岩,砾石大小参差,为泥质基质支撑,其排列与泥石流堆积有相似之处。有意义的是,最粗的砾石(砾径达1米)和最厚的砾石(厚度达500米)见于盆地北侧,而盆地南侧则具有在北侧所缺乏的变质岩砾块。事实表明,物源分别位于盆地的南北两侧。

建造的粗碎屑性说明,地壳的断陷作用这时达到高潮,粗碎屑物显然来自急剧上升的地块;此外,盆地附近的地区(很可能是东面的覆盖区)火山喷发正在继续,为本建造提供了大量凝灰物质。

2.拗陷阶段

这时盆地的断陷作用减弱,而拗陷作用增强,沉积作用的范围扩大,盆地周边地貌的起伏程度变和缓,形成了以下四个建造:

(1)陆碎—碳酸盐建造 以晚震旦世西峰组为代表。主要成员是白云岩和石灰岩;次要成员是硅质岩、砂岩、粉砂岩和泥质岩,某些部分出现黄铁矿、石煤层、胶磷矿;在盆地北侧局部产生石膏²⁾,盆地南缘的江山、绍兴等地碳酸岩层中产出藻迭层石,建造形成于滨—浅海环境。根据罗璋等的研究³⁾,主要产在建造下部的砂岩,集中分布在盆地拗陷的轴部,向盆地两侧方向减薄和尖灰(图3)。这一事实说明,盆地的南、北两侧都有蚀源地,注入

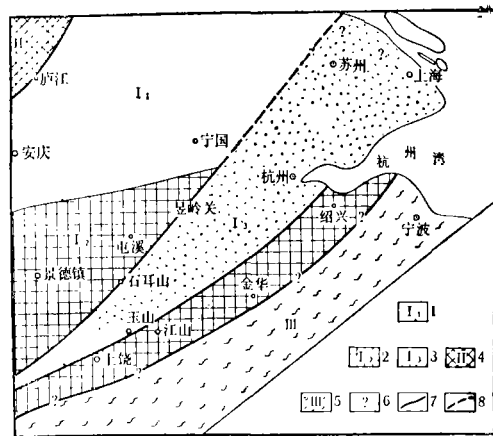


图1 浙西晚震旦世西峰寺组砂岩等厚图(据罗璋等,1980)

1) 浙江省区测队,1966,诸暨幅1/20万区测报告。

2) 黄泽惠,1981,浙江地质科技情报,第2期。

3) 罗璋、叶舟等,1980,浙江石油地质,第1期。

盆地的陆碎物质在盆地拗陷的轴部集中并作纵向迁移。另外,已如前述在杭州附近还存在向北东倾斜的古海底斜坡,其水流方向向东。

建造的最大厚度近千米,厚度最大的地方和砂岩厚度最厚处一致。盆地两侧陆地上这时有较薄(一般为100—200米)的碳酸盐沉积。

(2) 含炭的泥—硅质建造 以早寒武世荷塘组为代表。主要成员是泥质、硅质及粉砂质岩石;次要成员是砂岩和石灰岩;较为广泛地产出具有开采价值的石煤层以及呈透镜状的胶磷矿、黄铁矿。建造是在具有准平原型陆地的海湾及滨岸带形成的。建造的最大厚度逾500米,见于杭州—临安一带,在盆地西段一般为100—200米。建造堆积的沉积速率约为20米/百万年。

(3) 碳酸盐建造 以大陈岭组、杨柳岗组、华严寺组、西阳山组为代表,时代从早寒武世晚期到晚寒武世末期。主要成员是石灰岩、白云质石灰岩和白石岩。石灰岩中富含泥质,并形成不规则的条带,碳酸盐则聚积成饼状、瘤状、团块状,有时为砾状、竹叶状;次要成员是含有钙质、硅质或炭质的泥岩。泥质灰岩与泥岩,或泥质灰岩与较纯灰岩常呈韵律交互层。生物既含有球接子,又含有大型三叶虫;在盆地北侧开化地区见到藻造层石。建造成员的性质表明,建造形成于滨—浅海环境。这时盆地作大范围的沉降,气候温湿,盆地周边地形平坦,化学风化作用占主导地位,带入盆地的陆源碎屑物只是为数有限的泥质,它们和盆内的碳酸盐生成物混合,逐渐发生沉淀,其沉积速率较低,约为16.6米/百万年。建造延续的时间较长,其厚度可达1400余米,在盆地南、北两侧其厚度减为400—500米。

(4) 含钙的硅—泥质建造 以印渚埠组、宁国组、牛上组、胡乐组、砚瓦山组、黄泥岗组为代表,时代为早—中奥陶世。主要成员是钙质及硅质泥岩、硅质页岩以及具有瘤状和砾状结构的石灰岩或白云质灰岩。盆地的西段碳酸盐含量明显增高,不仅建造下部的印渚埠组和建造上部的砚瓦山组中夹有石灰岩层,而且在建造中部的宁国组、胡乐组中也产出多层石灰岩,部分石灰岩显示生物碎屑、砂屑、砾屑结构。建造的次要成员是粉砂岩,形成薄而独立的夹层。建造下部的泥岩或石灰岩中局部产出有铝、铁、锰质层,其中 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 MnO_2 的含量分别可达20%、25%、10%。这些物质是在浅海条件下堆积的化学风化产物。建造中含有较丰富的笔石、瓣鳃、三叶虫、腕足、腹足等类化石,表现出底栖生物同浮游生物、壳相生物同笔石相生物共生的特征。此外还有直立潜居的遗迹化石。

据杨万荣(1983)^[25]的研究,盆地西端建造底部泥质物主要是伊利水云母、叶绿泥石、蛭石,都是由变质岩类的母岩风化而成的。

建造的特征表明,这时气候温湿,化学风化仍然盛行,但是盆地周边的地形在原来相当平坦的面貌中已增添了几分起伏,从而能够为盆地输送更为丰富细粒陆源碎屑物。这些物质在很大程度上抑制了盆内碳酸盐的沉积作用,有时形成较为稳定的夹层。这时的沉积速率为22—35米/百万年,较前一时期有所提高。建造的厚度最大达2000米,在盆地南、北两侧同期沉积厚度减小,甚至缺失。

建造的性质及其反映的古地貌和古构造状况的变化,意味着盆地范围收缩,但这一变化是逐渐发生的,并未伴随明显的地壳运动。

3. 盆地快速充填和消亡阶段

由前一建造所标志的盆地收缩过程这时明显加速，盆地周边强烈隆起并遭受剥蚀，产生大量碎屑物质并快速充填于盆地之中，在盆地的拗陷速度跟不上的情况下，造成盆地的超补偿作用，盆内水深日益减小，最后导致盆地消亡，形成以下两个建造：

(1) 复理石建造 以晚奥陶世于潜组（或长坞组）、张村坞组（或文昌组）为代表。主要为砂岩、粉砂岩、泥质岩的韵律层，夹有若干不具备韵律结构的砂岩、粉砂岩或泥质岩，具有作为复理石的各种特征性的结构和构造，早在1959年，关尹文^[27]等已有报导。笔者进一步工作后发现了该复理石中尚有浅水波痕、大型交错层理、前积层理等原生构造以及其它一些浅水标志。建造的最大厚度达2800余米。建造的总体结构是由下向上逐渐变粗。建造中含有笔石、腕足、腹足、瓣鳃、苔藓虫、海百合茎等化石，表现出底栖生物同浮游生物、壳相生物同笔石相生物共生的特点。同时还含有丰富的沿层摄食的及在层内潜居的遗迹化石。在盆地西端的江西玉山及浙江常山一带，复理石相变为厚度约为1500米的浅海碳酸盐建造，后者含有丰富的珊瑚、腕足等化石，在该碳酸盐建造的北面的开化地区和南面的江山地区都发育同期的砂、泥质复理石或类复理石沉积。事实表明盆地西端沿盆地轴部存在一个碳酸盐台地，来自盆地南、北两侧的陆源碎屑物质，仅在盆地西坡堆积，未达到盆地轴部。在盆地中段以东，盆地沉降加深，盆地的周边显著隆起，有大量陆源碎屑物质快速供应，盆内堆积了厚度很大的碎屑沉积物，缺失碳酸盐沉积。此时的沉积速率达280米/百万年，较以前提高近10倍。在北面的“江南古陆”上没有同期沉积，在盆地南面也缺失复理石而代之为砂泥质沉积（如诸暨所见）。盆地的快速充填标志着盆地的演化开始走向消亡。沉积—构造状况的这一变化很可能是华南加里东地槽在晚奥陶世初期发生的地壳运动—崇余运动（卢华复，1963）^[26]及其引起的地槽封闭在裂陷槽中的反映。

(2) 类磨拉石建造 以志留系及下、中泥盆统地层为代表，是砂岩、粉砂岩、泥质岩的共生组合，局部出现砾岩。颜色一般为青灰色，上部为紫红色。砂岩中中长石和岩屑含量很丰富。建造中产出有笔石、斧足、头足、腕足、三叶虫等类化石。浙江省石油地质大队¹⁾根据志留系中砾岩的厚度、砾径大小及建造厚度的空间分布状况及其它岩相标志，确定出志留系沉积是几个滨海水下冲积扇。有两个扇体的扇顶在盆地东南侧，另一个扇体的扇顶在盆地的东端的安吉地区，其规模最大。盆地中碎屑沉积物的来源在长时间中曾经都只来自盆地的南、北两侧，而本建造形成时却出现了大量东来的物质，这是极有意义的现象。

本建造的最大厚度达5800余米，沉积最厚的地方恰好是上述扇顶朝东的扇体所在部位。其沉积速率在志留纪时期为156.6米/百万年，在早、中泥盆世降低为30.6米/百万年。本建造的形成标志着盆地进一步趋向消亡，在这一过程中在局部地区伴随有微弱的褶皱运动。本建造形成以后，本区转而接受剥蚀，于晚泥盆世开始才堆积了厚度有限的陆相沉积。

最后应该指出，由沉积建造序列所记录的浙西裂陷槽的沉积—构造演化特征可以和

1) 浙江省石油地质大队，1981，浙江省西北部石油地质构造研究报告。

其它许多裂陷槽进行对比。如北美维契特裂陷槽的演化也经历了地堑断陷、开阔拗陷和收缩、消亡三个主要阶段。在第一阶段首先堆积了晚元古代的厚达5000米的磨拉石和早、中寒武世的火山沉积建造（包括玄武岩、细碧岩、流纹岩和各种成分的凝灰岩）；第二阶段堆积了晚寒武世—晚奥陶世的碳酸盐建造和志留纪的砂页岩建造；第三阶段先堆积了石炭纪的砂、页岩及石灰岩，其中一部分可能为复理石，然后堆积二迭纪的红色类磨拉石，其中产出很厚的石膏（沙茨基，1946；霍夫曼等，1974）〔1.6〕。由上述可见浙西裂陷槽和维契特裂陷槽不仅在沉积—构造演化的方向上相同，而且在建造的性质上也颇相似。

此外，浙西裂陷槽的沉积—构造演化与华南加里东地槽的演化有密切联系。首先，它们是同步发展的，表现为两者的演化都是从震旦纪早期开始，都在加里东旋回末期结束。其次，它们的演化方向和阶段大体相同，不过各阶段中堆积的建造在性质上有所差别。如华南加里东地槽，在其演化的早期发育了可能为震旦纪的厚达1000米的细碧角斑岩建造及厚达1500米的长石杂砂岩建造；在中期，发育了早寒武世厚达2000米含炭的硅—泥质建造，中、晚寒武世厚达1000米的砂—泥质建造以及早、中奥陶世厚达2000米的硅—泥质建造；在晚期，局部地区发育了晚奥陶世厚达3000米的复理石建造，在更为局部的地方出现磨拉石。总的看来，地槽的建造序列在厚度和沉积速率上都大于裂陷槽；地槽中的沉积物除火山物质外，几乎全是陆源碎屑物，碳酸盐沉积极其贫乏，仅偶而出现小型石灰岩透镜体；在生物上，地槽中只有笔石等种属单调、数量贫乏的浮游生物，这同裂陷槽中底栖生物、壳相生物竞相繁荣的景象完全不同。此外，地槽中发生过强烈的多期次的褶皱运动以及旋回后期的岩浆活动，这是裂陷槽所没有的。

浙西裂陷槽和华南加里东地槽在沉积—构造上这种既相似又相异的关系，在其它许多裂陷及其相关的地槽中都有表现。这种现象的原因在于它们受同一深部作用所控制，但后来的发展程度、经历的环境以及盆地封闭的方式有所不同。

本文的野外工作承浙江省石油地质大队的帮助，徐柔远及付双碌同志先后参加了部分野外工作，谨致深切谢意。

（收稿日期：1984年9月18日）

参 考 文 献

1. Шатский Н.С., 1946, Большой Донбасс и Система Вичита Сравнительная тектоника древних платформ. Статья 2. Известия АН СССР-Серия геологическая, No.6
2. Шатский Н.С., 1946, Основные черты строения Восточно—Европейской платформы Сравнительная Тектоника древних платформ Статья 1. Известия АН СССР Серия геологическая NO. 1.
3. Шатский Н.С., 1947, О структурных связях платформ со складчатыми геосинклинальными областями Сравнительная тектоника древних платформ Статья 3. Известия АН СССР, Серия геологическая NO. 5
4. Шатский Н.С., 1955, О происхождении Пачалиского Прогиба Сравнительная тектоника древних платформ. Статья 5. Бюллетень Мо-ва, Исп. природы, Отд. геология Т. XXX(5)
5. Шатский Н.С., 1960, О прогибах донецкого тила В книге “Н.С. шатский избранные труды Том. 11” С. 544—552. издательство «Наука», 1964
6. Hoffman, P., Dewey J.F., Burke, K., 1974, in “modern and ancient geosynclinal sedimentation”, Edited by R. H. Dot and JR R.H. Shaver Soc Econ Paleontologists and mineralogists, Spec Pub No 19, P.38—55
7. Dickinson, W.R., Plate tectonics and hydrocarbon accumulation AAPG Continuing education course note series # 1
8. Dickinson, W.R., 1974, in “Tectonics and sedimentation” edited by W.R. Dickinson Soc Econ Paleontologists and mineralogists, Spec. Pub No. 22 p.1—27
9. Ramberg, I.R., Neuman, E.R., 1978, in “Petrology and geochemistry of continental rifts” edited by E.R. Neuman and I.B. Ramberg p. X I X—X X V II
10. Neuman, E.R., Ramberg, I.R., 1978, In “tectonics and Geophysics of Continental Rifts” edited by I.B. Ramberg and E.R. Neuman p. 409—424
11. 孙枢、从柏林、李继亮, 豫陕中—晚元古代沉积盆地(一), 地质科学, 1981年, 等4期。
12. 李继亮, 岩石学研究第一集, 地质出版社, 1983年。
13. 张文佑等, 中国大地构造纲要, 科学出版社, 1959年。
14. 黄汲清, 中国东部大地构造分区及其特点的新认识, 地质学报, 第39卷, 第2期, 1959年。

15. 黄汲清, 中国地质构造基本特征的初步总结, 地质学报, 第40卷, 第1期, 1960年。
16. 黄汲清、任纪舜等, 中国大地构造及其演化, 科学出版社, 1980年。
17. 马杏垣等, 中国大地构造几个基本问题, 地质学报, 第41卷, 第1期, 1961年。
18. 郭令智、俞剑华、施央申, 华南加里东地槽褶皱区大地构造的几个问题的讨论, 南京大学学报(地质学), 第2期, 1963年。
19. 马瑞士, 浙西加里东地槽地质构造, 南京大学学报(自然科学), 第9卷、第4期, 1965年。
20. 任纪舜, 中国南部泥盆纪前几个大地构造问题的初步探讨, 地质学报, 第44卷, 第4期, 1964年。
21. 朱钧、张景恒, 试论浙皖赣深断裂带, 地质论评, 第22卷, 第2期, 1964年。
22. 杨志坚、陈玉华, 福建一岭南地块质疑, 地质科学, 第3期, 1983年。
23. 夏邦栋, 皖南前震旦纪地层及其中之变质火山岩, 南京大学学报(地质学), 第1期, 1962年。
25. 陈胜早, 中国东部及其毗邻海域的深部构造特征, 南京大学学报(自然科学版), 第3期, 1983年。
25. Yang Wang—rong, 1983, In “Papers for the symposium On the cambrian—ordovician and ordovician—silurian boundaries” .nanjing institute of geology and paleontology, academia sinia
26. 卢华复, 赣南崇余山区前泥盆纪地层中角度不整合的发现及其意义, 南京大学学报(地质学), 第1期, 1962年。
27. 关尹文、邱元禧、顾宝, 浙西皖南上奥陶系复理石建造的发现, 地质学报, 第39卷, 第2期, 1959年。

A CALEDONIAN AULACOGEN
A REVIEW FOR THE GENETIC TYPE OF
EARLY PALEOZOIC SEDIMENTARY
BASIN OF THE WEST PART OF ZHEJIANG
PROVINCE

Xia Bangdong

(Geological Department of Nanjing University)

Abstract

First of all, this paper relates N.S.Schatski's researches on aulacogen and the development of its conception with the advent of plate tectonic.

It is suggested the Early Paleozoic sedimentary basin of the west part of Zhejiang Province is an aulacogen with NEE extension and the Caledonian geosynclinal-folded zone of South China located at the south side might take a turn from north east-east to north in the area out of the mouth of Yangtze River. The aulacogen was confined by two boundary faults and opened eastward as horn shape. Its range showing in the spread of sedimentary geological body is completely coincided with the convex of the Moho's surface. The upward amplitude of Moho's surface progressively increases eastward, which indicated the amplitude of basin subsidence to be enhanced along the same direction. It also accords with the geological facts.

The evolution of the aulacogen underwent three stages: the hot uplifting and graden type rifting, the broad downwarp and the rapid filling and dying out. Seven formations were deposited accordingly in continental and shallow sea environments. This evolution feature is similar to that of typical aulacogen and has a close relation with the evolution of Caledonian geosynclinal-folded zone of South China. Both of them were synchronous in development and had a similar evolutionary direction and stages. On the other hand, their properties of formations are markedly different from each other. These show that they were formed by same deep geological process but underwent different developments and environments afterward.