

第一章 本研究的意义与构思

1.1 本研究的意义

板块构造学说产生已经 30 多年了,并逐渐为世界和我国学者所接受,似乎成为当前主导潮流的思想,其产生源于 20 世纪 60 年代提出的海底扩张学说,以后逐渐应用到大陆。特别是其将地球岩石圈划分若干单元(板块 plate)来研究地壳运动的观点受到普遍接受(其实我国学者提出的“地体”概念并不比之逊色)但是板块运动的动力学机制问题一直没有得到很好解决。

宏观地貌的形成和演变,与大地构造是密切联系的。然而,大地构造学的观点众多,分歧也很大,往往一种地质现象存在多种不同的解释,许许多多不同的观点自我论证,相互指责,争论十分激烈。学术上的争论应该有利于科学的发展,但也有例外,正如有学者指出:“可悲的是,常常有人故意忽视与自己观点相抵触的事实,避开这些新事实,使学说走向死胡同”^[34]。地貌形态是诊断地壳运动方式的一种有效的手段,特别是宏观地貌研究,对于认识控制较大范围地貌演变的板块运动机制具有重要意义。

本研究地区选定在亚洲东部大陆边缘,主要为现代海岸线以外,至外层岛弧海沟系之间的广大地区。在地貌上主要包括大陆架、边缘海盆和岛弧海沟系等大地貌单元,涉及的边缘海域从北向南有鄂霍次克海、日本海、中国东部海区、中国南海及其相邻的区域。按海底扩张学说和板块构造学说的观点,大陆边缘地貌的形成与大洋板块的运动有密切联系。因此,我们也对与大陆边缘地貌有关联的大洋板块上地貌(如海沟以外的海岭和大洋中脊等)作

简要的论述。

东亚大陆边缘最为突出的地貌是“沟弧盆体系”，鉴于岛弧海沟系在地貌上的突出性和活动性，通常认为东亚大陆边缘属于活动大陆边缘类型；另一方面，东亚大陆边缘又具有宽广的大陆架和一些明显的张裂构造，也具有被动大陆边缘的性质。因此，本研究地区的构造体系是十分复杂的。

岛弧海沟系的形成及地震活动所揭示的贝尼奥夫带的形态特征^[187]，较为清楚地反映了大陆板块与大洋板块的相对运动。这种相对运动既可以是大陆的“仰冲”^[14]，也可以是大洋板块的“俯冲”；运动的动力机制既可以是大洋板块的推动，也可以是海沟负浮力的拉动^[266]。再加之这一地区构造上既表现岛弧地区挤压上升和新生代地层变形，又表现弧前与弧后地区的构造拉伸。如何把这些对立的现象纳入区域统一的动力机制，长期以来一直是人们关注的焦点。尽管早期有学者提出“次生对流说”与“摩擦生热说”，曾试图解决弧后扩张与岛弧海沟系本身的挤压的矛盾，但是并没有形成共识，许多难点是显而易见的^[189,239,267]。

地貌形态是地壳运动在地球表面的反映，是板块运动的一种结果，而且直接暴露在地表。因此，系统分析区域地貌形态的形成与地球深部构造的关系是揭示板块运动机制的一种有效方法。

板块运动是宏观的，但其形成的结果既有宏观的也有微观的，岛弧海沟系及边缘海盆的地貌格局可以代表宏观特征，而岛弧的横剖面形态和弧前弧后的构造是微观的。地震活动是地壳运动在某一时间某一地点的表现，单个地震受局部构造影响而具有随机性，多个地震则具有规律性。宏观与微观的结合是正确认识区域地貌形成动力机制的途径。

本研究地区包括宽广的大陆架和边缘海，它们的形成不仅记录着海陆变迁和交替的历史，而且对整个亚洲大陆的气候变化和 environment 演变也具有重要的影响^[81]。

本研究地区位于亚洲与太平洋的交接地带，大陆东部与岛弧地区是现代人口最为密集的地区，同时也是亚洲经济比较发达的地区。与地貌形成发育有关的自然灾害（特别是火山、地震活动）的频频发生，对地区经济发展和人类生产生活造成巨大的影响。本研究关于地貌形成机制与演化规律的探讨，对于防灾减灾具有重要的现实意义。

1.2 研究回顾

对东亚边缘海域地质构造和地貌形成的研究，前人已经做过大量的工作，主要分为以下几个方面。

1.2.1 对地貌特征及分类的研究

亚洲东部大陆边缘宏观地貌格局的展布规律很早就引起学者们的注意^[43,137]，海底扩张学说和板块构造学说兴起以后，人们对海底的起伏形态更加关注。特别是 20 世纪 80 年代以后的许多地貌制图研究，强调海陆地貌的成因联系，在对大陆地貌进行分类研究和制图的同时，开始注意对水下海底的地貌进行分类研究，如中国地貌图^[8,39]和一些全球地貌图^[269]都对其制图区域图幅范围内的海域海底地貌进行分类。另外，还有一些边缘海域地貌图^[53,93]与陆地地貌的分类系统相似，海底地貌的分类系统也表现出很大不同，有的强调地貌形态^[39,93,269]，有的强调地貌所处的构造部位^[8,53]。除大陆架外，深海部分由于缺少详细的海底测深资料和地质资料，海底地貌分类制图仍是很粗略的。

大陆架浅海区域与人类的生产生活关系较为密切，而且距离大陆最近，相对深海地区，人们对其地貌形态及其成因的认识较为深刻一些。许多学者对大陆架的地貌形态进行了较详细的分类和深入的研究^[48,49,66,67,69,78,83,86,116]。

1.2.2 对地貌发育阶段的研究

对大陆地貌发育阶段的研究往往从剥蚀地形（夷平面）和沉

积盆地（沉积地层和沉积间断面）两个方面来研究。但是在边缘海区，由于新生代以来大部分地区以下沉为主，除出露在海平面之上的岛屿以外，对剥蚀地形的研究比较困难。因此，对边缘海域地貌发育阶段的研究主要从沉积盆地入手。对本区沉积盆地的研究，前人已经做过大量的工作，大陆架油气资源的勘探开发，为陆架区沉积盆地的地层和古环境的研究提供了较丰富的资料^[62,99,32]，大洋钻探的许多研究成果^[186,252]为我们认识区域地貌的发育阶段提供有用的信息。一些学者还对盆地的沉积与沉降过程进行定量研究，区域内外的许多研究成果及其研究方法^[97,156,235,249]我们都可以借鉴。许多学者已经利用地球物理和钻井资料对不同盆地的构造岩相及形成演化过程进行了分析^{92,114,62,34,30,23,19,268]}。

但是，由于基于具体地区（盆地）的各种研究成果所采用的时间尺度，以及在时代的划分等方面还存在分歧，还不能给人们一个一致的概念，特别是从整个区域地貌形成的思想出发的研究还不够。

1.2.3 对地貌形成与地质构造演化的研究

由于东亚边缘海区在大地构造部位上的特殊性，其地质构造与地貌的形成和演化问题一直是学术界讨论的一个热点。随着地质调查和地球物理调查的深入，人们对其形成演化问题的认识也不断深入。根据研究的地区范围，可以分为以下两种情况。

1.2.3.1 对具体地区的地质构造与地貌形成与演化的研究

这类研究多基于具体地区的地质调查或地球物理资料的基础上，强调具体地区的特殊性。由于具体地区的地貌和构造的特殊性，因而不同的地区研究得出不同的结果或形成模式，如中国南海的陆缘扩张模式、日本海的拉离模式等。各边缘海的研究情况与主要结果见 1-1。

表 1-1 各边缘海域地质构造与地貌形成研究情况

边缘海域	研究内容	主要结果或观点	代表文献编号
日本海域和鄂霍次克海域	发育史、形成模式	岛弧旋转致使海盆张开	[170]
		前期拉张,后期扩张	[207]
		拉张	[186],[190],[191]
		印度板块与欧亚板块碰撞,引起黑龙江板块的后退拉张	[200]
		软流圈贯入引起弧后拉张	[224],[243]
		日本海属于大地塹带	[140]
中国东海	地质构造、地貌形成和构造演化	新生代断陷盆地与盆地断隆	[96],[44],[6],[187]
		属于被动大陆边缘	[66]
		形成与演化的阶段性	[22],[42]
		受菲律宾海板块俯冲影响形成模式	[168]
冲绳海槽	地质构造与形成机制	持续拉张与脉动挤压的形成模式	[3]
		新生代晚期断陷,表现强烈活动	[10],[13],[26],[36]
		弧后扩张形成模式	[201],[209]
		碰撞挤出形成模式	[210]
中国南海	地质构造与形成演化	碰撞挤出与海沟吸引形成模式	[247]
		构造具地塹特征,属于“大西洋”型	[228],[265]
		陆缘扩张,陆块裂离形成模式	[110],[107]
菲律宾海	形成演化模式	印度板块与欧亚板块碰撞挤出模式	[242]
		盆地与残留弧的年龄自西向东变新	[79],[100],[194],[248]
		岛弧分裂东移的形成模式	

1.2.3.2 对整个区域的地质构造与地貌形成演化的研究及主要观点

许多学者在对具体地区进行研究的基础上,也注意到整个东亚地区(或西太平洋)的构造演变和地貌形成的过程及动力机制密切联系。根据其研究出发点不同,可分以下几种情况:其一,从边缘海的形成出发,分析区域构造演化或地貌形成的动力机制^[21,124,188,234];其二,从研究俯冲带出发,研究区域构造演化与太平洋板块的关系^[120,253,174,266,187];也有的将两者联系起来综合研究^[20,189]。由于研究的出发点不同,使用的资料不同,得出的结论也不同。

1.2.3.2.1 以太平洋板块的俯冲为主要控制因素的观点

持这一观点的学者认为,亚洲东部沟弧盆地地貌体系的形成,与太平洋板块向亚洲大陆俯冲有关。大陆边缘的扩张是由俯冲造成的,俯冲板片向下的拖曳所产生的次生对流或摩擦生热而产生的热底辟作用,可以克服太平洋板块俯冲边界的挤压应力,致使弧后区域产生扩张,并引入“弧后盆地”的概念^[195]。这一观点产生于20世纪70年代初,目前仍有一定的影响。如有人在解释亚洲东部边缘海形成年代的差异时,认为与太平洋板块向亚洲大陆运动方向的转变有关^[77]。

1.2.3.2.2 比较消减学与“负浮力”的观点

以 Uyeda 为代表,强调俯冲带在太平洋东西两岸的差异,认为俯冲作用并非是弧后扩张的充分条件,俯冲带可分为高应力的智利型和低应力的马里亚纳型^[246],两种类型的形成机制可以用演替模式和海沟固定模式解释^[267,246]。演替模式认为在俯冲的开始阶段是高应力型,随着俯冲板片的向下运动,下伏板片的前端由于密度较大,对其上面的部分施加一种拉张力,可形成大的正断层板内地震,下伏板片可能遭受正断层和地震的破坏,以碎块的形式沉入地幔之中,这样上部板片失去支撑而向海沟之下沉潜,海洋

板片的崩溃可导致边缘海盆地的张开；海沟固定模式认为，下伏的海洋板块在海沟处插入，像锚一样固定在地幔之中，太平洋俯冲带东西两侧的差异暗示软流圈相对岩石圈有一种向东运动的趋势，这种运动趋势可能与地球自转及潮汐影响有关^[267]。

许多学者在分析消减形式（包括消减带的形态、消减速率、海沟的深度等）与俯冲的大洋板块的年龄的关系之后，认为消减带的类型与俯冲板块的年龄有关^[179,261,266]。太平洋东缘俯冲的大洋板块比较年轻，浮力较大，不易沉入软流圈，俯冲带比较平缓，西太平洋俯冲的大洋板块比较古老，冷而致密，在自重作用下，在海沟处向下深潜陷落，这种沉潜作用力称“负浮力”。负浮力的作用不仅使大洋板块在海沟处向下沉潜，而且使海沟不断向大洋方向后退，从而形成边缘海的扩张。由于这种观点更好地解释了俯冲带的差异及其与边缘海盆地的关系，因而得到更多的支持^[73,16,179,266]。

1.2.3.2.3 与地幔运动有关的陆缘扩张观点

杨树康（1988年）在对我国南海及其邻域地质构造研究的基础上提出陆缘扩张的观点，认为亚洲东部向东、东南蠕散的地幔流是陆缘扩张的动力来源^[87,95]；Miyashiro A.（1986年）根据西太平洋扩张构造活动的年代在空间上的变化规律，提出热区移动的观点，认为西太平洋地区边缘海的形成与热地幔物质运动有关^[259]。这些观点可以解释东亚大陆边缘，甚至包括大陆东部的张裂构造及其构造的活动性，与太平洋板块俯冲起主要控制作用的观点相对立。

在东亚大陆边缘海域地貌体系的形成模式中，边缘海的形成起重要的作用。边缘海的张开形成用单一的太平洋板块俯冲模式来解释是有困难的^[189,239,267]。有学者综合分析西太平洋构造背景以后，认为边缘海盆地的张开不只是俯冲的结果，张开机制是一个复杂的过程^[189]，边缘海盆地的形成仍有几种可能的模式，不能只用板块构造的模式来解释^[239]。近几年提出的海沟向洋迁移或跃

迁是俯冲带下面的动力软流圈的向东流动所致，可以合理解释边缘海盆地变化的多样性的分布特征^[21]。

1.3 研究的基本构思

宏观地貌形态是地球内部构造运动的表现，本研究试图通过对亚洲东部大地貌格局、地貌形态及新生代盆地的进一步分析研究，尽可能充分利用现有的地质资料，探讨区域地貌的形成演化机制及其形成过程。

地貌分类与制图是地貌学研究的基本方法之一。地貌类型是地貌形态和成因的统一，因而在分类时既要考虑形态，又要考虑其成因。分类与制图有利于进一步对各种类型进行深入研究，对地貌的形态与形成进行深入研究的结果又有利于更确切地进行分类。因此，本研究首先从地貌分类与制图开始，在前人工作的基础上，首先制定分类草案，编制分类草图，然后分析研究各种类型的形态差异和成因联系，对前人的工作做必要的修正和补充，最后编制出区域地貌图。

形态分析是地貌学研究的重要内容，也是地貌学解决实际问题的重要手段之一。通过形态分析可以认识地貌的形成和发展规律，结合组成物质及地质构造分析，可进一步认识其形成的动力条件和形成过程。本研究在地貌分类研究的基础上，进而选择典型地貌类型（如岛弧）进行剖面分析。试图为阐明地貌形成机制和形成阶段奠定基础。

本研究地区的大部分，特别是岛弧海沟系后侧的大陆架至边缘海盆地的广大区域，多表现为张裂背景下的形成机制。新生代以来，这些地区主要表现以下降和接受沉积为主，如现在平坦的大陆架实际上是由地质历史时期的若干盆地充填而形成的。因而，对大陆架及边缘海区沉积盆地的地层和构造的分析是认识区域地貌形成阶段和形成机制的重要途径。本书第三章试图通过对现有

的地质剖面 and 钻孔柱状图资料的分析，提出边缘海洋陆架沉积盆地的张裂发育阶段的充填过程。

地貌成因分析也是地貌学研究的重要内容之一。地貌形态的形成机制涉及到区域地质构造和构造运动机制，这也是目前研究较多且争论较多的问题。存在的分歧表明，区域地貌成因解释也存在某种不定性和困难，也是本研究提出要解决的问题和目标。

弧后地区的边缘海盆是本区地貌体系的重要组成部分，而且在区域范围内所占的面积最大，研究程度相对较高，积累的可用的区域地质构造资料也较多，对边缘海地质构造形成和演变综合分析，可能是解决区域地貌成因的一个突破口。岛弧是大陆边缘沟弧盆地貌体系中一个比较突出的因素，其地貌形成必然受到弧前弧后作用力的影响。过去，一般认为岛弧是太平洋板块向亚洲大陆俯冲时挤压形成的褶皱带，海沟被认为是大洋板块与大陆板块的分界线，因而，对岛弧地貌形态与弧前构造应力关系及宏观地貌格局与岛弧水平运动的关系的分析，有利于揭示大洋板块与大陆板块相互作用的机制。今天的地貌形态是在最近地质历史时期形成的，地质构造应力的转变也是有一定过程的。因此，现今地貌形态必然反映最近乃至现今的构造应力作用或地球物质状态。地震是现今地壳运动的一种表现，单个地震的发生可能具有一定的随机性，而多个地震震源分布规律及震源机制必然反映区域构造应力。亚洲东部震源沿岛弧海沟系呈明显的带状分布表明，地震活动与洋陆板块的相互作用有密切联系。因此，分析震源密度空间分布规律及多个震源机制应力轴空间展布与地貌的关系，可能是揭示区域构造应力场及洋陆板块相互作用机制的有效方法。本书的最后一部分试图探讨区域地貌发育的宏观应力机制问题。

第二章 边缘海域地貌的基本特征

2.1 海底地貌的基本特征与分类

2.1.1 概述

亚洲东部与太平洋的海陆过渡带的宽度较大，从现代海岸线到海沟外缘的宽度达 100~400km，过渡带的内侧从现代海岸到边缘海，为大陆架—大陆坡—大陆麓地貌体系。大陆坡外缘为一系列边缘海盆地，从北向南有：鄂霍次克海、日本海、冲绳海槽、中国南海和菲律宾海等。在这些边缘海的外围为一系列岛弧和海沟相伴而生，即岛弧海沟系。岛弧海沟系纵向上首尾相连，横向上表现双重弧沟系并行排列（如菲律宾海盆两侧）；弧沟系另一突出的特征就是：均表现为不同程度的向大洋一侧凸出。如果把典型的大陆架作为被动大陆边缘的代表，而海沟系作为活动大陆边缘的地貌表现，那么，东亚海陆过渡带具有双重大陆边缘的性质，即边缘盆地内侧为张力环境下的被动大陆边缘，而外侧为俯冲环境下的活动大陆边缘。这是全球大陆边缘中的一种特殊类型。

海底地貌是海底研究中一项非常重要的内容，它可以为海底地质调查和资源调查提供某些指导性信息，为海底地壳运动、构造演变、海陆变迁及海陆关系研究提供旁证。关于亚洲东部相邻海区海底地貌的研究和制图，前人已经做过大量的工作，如中国地貌图^[8,39]包括相邻的海底部分，俄国学者编制的 1:1500 万全球地貌图^[269]也包括本区海底部分，另外还有一些边缘海域地貌图^[53,93]。

2.1.2 分类原则

任何地貌形态都有其形成原因，在地貌分类时，如果脱离其形成原因进行单纯的形态分类就失去了地貌学意义。当然，脱离形态的成因研究也是不可能的。因此，海底地貌分类我们仍坚持“形态成因”原则，考虑形态和成因的统一性。

自然界是复杂的，同一种构造营力可能形成不同的形态特征。如在与俯冲成因有关的岛弧海沟地貌体系中，有的地段形成典型的岛弧，并发育有完整岛架平原和岛坡，而有的地段只表现为水下海岭，为了区别于其他成因的海岭，我们称之为岛弧型海岭。另一方面，相同或相似的形态特征可能代表不同的构造营力。例如，在过去一些文献中所描述的“海槽”同为海底长条状的负地形，两侧可能为岛弧、海岭或海台夹持。这些“海槽”的成因是多样的，如冲绳海槽和马里亚纳海槽实属弧后扩张成因，应归为边缘海盆或弧后盆地类型；小笠原海槽一侧为火山岛弧，另一侧为非火山弧，俄学者将之划归为弧间盆地^[269]，为了突出火山岛弧在弧沟系中的地位，我们归之为弧前盆地类型；还有一些海槽，如中国南海盆地中的西沙海槽、中沙海槽以及日本海盆中的隐歧海槽等，实际上属于边缘海盆扩张过程中形成的地堑性质的谷地，应归为边缘海盆中的次一级类型。

这里需要说明的是，过去我们在研究某些陆地地貌形态的形成因素时，一般考虑地质内营力和外营力的共同作用。诚然，就某个具体的地表形态的形成而言，地球内营力和外营力的作用是分不开的。但是，对于不同尺度的形态类型，其作用的地位和方向是不同的，内营力往往形成地面较大尺度的起伏，而外营力只是进行一些微观的雕刻；前者造成地表起伏增大，而后者造成地表剥蚀和堆积，进而减少地表的起伏程度。由于本研究是基于小比例尺制图的宏观地貌研究，因此，在考虑地貌成因时，较侧重于地壳运动等地质内营力的作用。

2.1.3 分类系统与地图编制

由于海底资料缺乏和研究程度的差距，不可能采取像大陆地貌研究中的分类方案那样，即按照某些统一的数量指标（如高度）进行较严密的概念划分或逻辑划分。对海底地貌类型的划分，目前还难以采用定量指标，只能做到系统的区域划分和概念划分相结合，力求使人们对海底地貌类型概念有正确的理解，对水下地貌形态及其成因联系有比较清楚的认识。

以前的研究成果一般注重海底地貌形态的分类^[93] 在构造地貌的成因上有的采用“固定论”的观点^[269]。最近的一些研究成果提出以板块学说的观点进行地貌分类^[8,53,55] 强调各地貌类型在板块构造体系中所处的部位 如提出“板缘”、“板内”^[8]概念或“陆内”、“陆缘”、“洋缘”概念^[53,213]。本研究在前人工作的基础上 进一步强调地貌形成的动力学机制（见表 2-1）。

表 2-1 海底地貌分类与制图成果综合表

作者	文献编号	包括海区	海底地貌分类依据	分类级次	制图比例	出版年份
陈志明	[8]	中国海为主	地壳性质、水深及形态	2级	1:400万	1992
李炳元	[39]	中国海为主	形态、外力	2级	1:400万	1994
刘光鼎等	[53]	中国海为主	板块构造部位、构造及形态	2级 ~3级	1:860万	1993
薛万俊	[93]	中国南海	构造部位、应力、形态	3级	1:20万	1987
Башшина Н. В.	[269]	全球海区	槽台构造部位、形态	2级	1:1 500万	1988
本研究		东亚海区	动力机制、构造形态	2级	1:800万	

首先根据区域构造特征和形态特征划分构造地貌类型，并从板块构造学说的观点和地貌形成机制出发，把这些构造地貌类型归于一定的构造地貌体系，如大陆架、大陆坡和大陆麓归于“与张裂有关的大陆边缘”地貌体系，岛弧和海沟归于“与俯冲有关”地貌体系。关于边缘海盆地，尽管在亚洲东部边缘与岛弧海沟系存在密切的空间位置关系，但近年来，许多研究成果表明边缘海盆的形成并非起因于大洋板块俯冲，因而我们赞同把它们归于“与张裂有关的大陆边缘”地貌体系。

在上述划分的基础上，根据构造部位的不同和构造单元的内部差异与形态类型的统一性，将构造地貌类型划分为若干成因形态类型（见表 2-2）。由于外力作用和特殊地质作用形成的地貌形态，如水下三角洲、残留古河谷、古海岸线、独立的海山等分布多种构造地貌类型，在制图时以符号表示。

表 2-2 海底地貌分类

一级分类		二级分类
与张裂有关的大陆边缘	大陆架	A1 一般堆积剥蚀平原
		A2 河口堆积平原
		A3 低洼堆积平原
	大陆坡	B1 倾斜堆积平原与深水阶地
		B2 斜坡
		B3 平台
	大陆麓	C1 缓倾堆积平原和海底扇
		C2 海山与海丘
	边缘海盆	D1 盆底堆积平原
		D2 海台
		D3 海槽
		D4 裂谷
		D5 海岭与海山

续表 2-2

一级分类		二级分类
与俯冲有关的大陆边缘	岛弧	E1 岛弧岛架平原
		E2 弧前盆地
		E3 岛弧型海岭
		E4 岛坡
		E5 岛架沉陷平原
	海沟	F1 沟底堆积平原
		F2 弧前或沟缘阶地
		F3 沟坡
		F4 外缘隆起
	大洋板块稳定区	洋盆
G2 洋底高原		
G3 海岭		
G4 裂谷谷底平原		

编图时以 1:500 万亚洲地质图作为工作底图，根据海底等深线，并参考有关文献及相关地貌图，勾绘各地貌单元界线，然后缩编成 1:800 万图进行数字化处理，在计算机上编绘拼接，并将基本地貌单元生成多边形或区域图层，选择填充颜色，与点线符号图层、注记图层叠加，生成地貌图，见书后彩色插页。

2.2 与张裂有关的大陆边缘地貌体系

2.2.1 大陆架

大陆架为距离陆地最近的一种海底地貌类型，相对于深海区，陆架与人类的关系更密切。对陆架区地质地貌的研究，前人已经做过大量的工作。

大陆架以海岸线为界和陆地相接，并向海洋方向缓缓倾斜，水

深逐渐增大，地形一般比较平坦，如果不考虑陆架内部的微起伏，其平均坡度很小，一般小于 $0^{\circ}7'$ 或 1:500，其下界为坡度突然增大处。曾成开(1993年)曾提出用形态几何特征确定大陆架与大陆坡的分界线即“架坡切线”方法。在陆架与陆坡交接一定范围内，做出陆架平坦面原切线(面)和陆坡的切线(面)两线(面)交于一点(一线) P 最后在地面剖面线上找到距离 P 点最近的点 P' 即得到陆架与陆坡的分界点^[102]。用这种方法确定陆架与陆坡的分界线，概念非常清楚。在具体实施这一划分方法时，还需要考虑形态起伏的复杂性。

基于以上概念，我们对亚洲东部大陆架和陆坡进行地形剖面分析，结果发现：大陆架的水深范围并不像过去一些文献所描述的 0~200m 坡度明显转折发生在水深 140m 左右处。在这个水深范围内，地形一般比较平坦，但进一步调查发现，在陆架平原面也有一些小的起伏。在陆地上河口外面，存在深陷的溺谷、沟槽、洼地等古切割地形，也存在古三角洲等堆积地形。

从地质构造特征看，大陆架实际上是大陆被海水淹没的部分，其物质组成和构造与相邻陆地区具有一致性。大陆架的剖面结构可分为三层，即表层、盖层和基底。大陆架的基底组成与相邻大陆架是一致的，只是埋藏深度大一些，基底在大陆架地区可能发生断陷，可形成一些构造盆地，如中国东海盆地等。盖层主要为中生代和新生代的沉积层，多数已成固结成岩或半成岩。陆架的表层主要为现代堆积的陆源碎屑物或海成碎屑物，包括生物碎屑和岩石碎屑。根据陆架上的地形特征和地质构造特征，还可以将陆架划分为以下几种次一级类型。

2.2.1.1 陆架平原的类型

2.2.1.1.1 一般陆架堆积剥蚀平原

这种类型是陆架上分布最广泛的类型，以致我们经常以这个类型代表陆架概念，也即现代陆架典型代表。其水深范围为 0~

140m 大部分深度小于 50m,一般具有较平坦的地形 由海岸线向大洋方向逐渐降低,在不同海域宽度变化较大,中国东海陆架宽度最宽达 604km^[55],日本海陆架宽度只有几公里。在较小比例尺的海底测深图上可能看不到其地形起伏,更详细的海底地形等深线图反映陆架平原上仍有一定的起伏,起伏幅度在 20m 左右。

2.2.1.1.2 河口堆积平原

河口堆积平原是在最近地质历史时期以来一直以河口堆积为主的地区,一般分布在现代大河的河口外缘,常以河口为顶点,呈扇形展开,形态上多表现为水下三角洲,水深 20m 左右或小于 20m 如黄河、长江等大河河口外的水下三角洲。

2.2.1.1.3 低洼堆积平原

低洼堆积平原主要见于鄂霍次克海,分布在现代大陆架的外部边缘和内部某些地段的一些下沉的地区,水深大于 200m。除水深因素,基本保留大陆架的基本特征,如地形平坦、向大洋或盆地中部缓缓倾斜、面积广阔、其上分布古水系等 地壳组成仍为陆壳。这种类型仍为大陆架,或称之为大陆架上的沉陷(盆地)平原。沉陷平原可以分布于大陆架内部,也可分布于现代大陆架的外缘。分布于现代大陆架外缘的沉陷平原和陆坡上的阶地不同:第一,它们规模不同,陆架沉陷平原面积大,陆坡阶地面积较小,而且前者仍很好地保留着大陆架上的一些小的地形形态,如古河道沟槽和河流阶地等;第二,它们所受的构造变动影响程度不同,沉陷平原表现为大面积的整体下沉,受构造错动分割影响较小,而陆坡阶地受构造错动分割比较强烈;第三,前者的水深很少超过 600m 地壳为陆壳 后者的水深可达 2 000m 以上 地壳为过渡型。

2.2.1.2 中国陆架的地貌特征

我国渤海是一个以海湾为主要形式的浅海陆架区,由辽东湾、渤海湾、莱州湾、渤海海峡和中央盆底几个部分构成。从海底等深线图上可以看出^[9]绝大部分水深小于 25m,地势由四周向中央

盆底缓缓降低；西部渤海湾、南部莱州湾和中央盆底，地势更加平坦 坡度为 $0.16\% \sim 0.3\%$ ^[109] 东部渤海海峡 宽度 57km 被庙岛群岛分割成若干水道，由于潮流进退的影响，这里以侵蚀地形（冲刷槽）为主，在冲刷槽的北部分布着指状排列的水下沙脊。

黄海、东海为开阔陆架区，自海岸带开始，以平缓的坡度向东南倾斜 直到水深为 140m 左右，坡度突然增大，其外边界呈弧形，与冲绳海槽的延伸基本一致。黄海水深较浅，平均水深 44m^[83]，在山东半岛沿岸存在比较宽阔的 -20m 左右和 -60m 左右陆架阶地（见书后附图 1）；东海大陆架北宽南窄，其宽度自北向南由 604km 逐渐减至 135km^[55]，为亚洲东部最宽的陆架平原，地形起伏和缓 平均坡度为 $1'17''$ 平均水深 72m^[83]。笔者利用较详细的海底等深线图 * 进行剖面分析，看出四级比较明显的陆架阶地（见书后附图 1）其中 -20m 左右的阶地可与黄海沿岸 -20m 左右的阶地对比，-40m 左右的阶地在东海地区表现明显，另外还存在 -60m 左右和 -110m 左右的阶地。

在陆架平原上存在许多陆上地貌作用形成的遗迹，如古河道水系、古河口三角洲埋藏阶地等。古河道在水下主要表现为宽缓的沟槽 弯曲自然 其上端多与现代河口相对 存在支流，下端消失在陆架前沿，或与陆坡上的深切峡谷相连。我国黄海、东海及南海陆架平原上都存在古河流水系^[39]。古河口三角洲即地质历史时期形成的河口三角洲，由于海侵而被淹没，水深 20m 左右 受到后期的波浪和海流作用，常形成一些沙垄，但前期堆积形成的扇面形态仍十分清楚。有的古三角洲形成以后，河流已经改道，但水下古三角洲形态仍然反映前期的堆积作用，如古长江三角洲^[66]。

陆架上古地貌遗迹，反映了现代大陆架在最近的地质时期，曾为陆地，后来被海水淹没。陆架平原地带呈现阶梯状可能反映海侵

* 国家海洋局第二海洋研究所，东海地貌图（1:100 万），1987 年。