1. 引言

1.1 选题意义

海岸带是海洋系统与陆地系统相连接、复合和交叉的地理单元，既是地球表面最为活跃的自然区域，也是资源环境条件最为优越的人文活动区域，与人类生存和发展的关系最为密切，对它的研究体现了陆——海——人三大系统交互作用的动力机制，落实于调整“人地关系”这一地理学的中心问题，是地理学研究深化的一个突破口和切入点，已成为全世界广为关注和研究的问题之一[1-2]。另外，海岸带又是全球变化影响最为敏感的地带，受到强烈的海陆作用，成为海陆过渡的生态脆弱带和环境变化敏感区，近年来随着社会经济的发展，人类对海岸带进行各种各样的开发活动，使得海岸带面临的压力越来越大，资源和环境发生了前所未有的变化，出现许多有碍于可持续发展的问题。因此，人们迫切希望能及时、准确、高效地获取海岸带各种地物信息，并且实时监测其动态变化，以实现海岸带资源的科学管理和持续利用。

研究海岸带变化的手段各异，传统研究方法有历史海图、地形图、实测浅海断面分析统计等[3-5]，但这些研究方法需要大量详细的潮汐资料，由于我国沿海验潮站的数量有限，海岸地形复杂，潮汐的变化规律很难掌握，潮汐资料获取的难度较大，并且海岸带变化日新月异，采用常规方法及时、定量监测其变化已十分困难。因此，寻求一种快速、简便的方法获取海岸带动态变化信息就成为一项急需解决的研究课题。遥感技术在这方面的应用脱颖而出，它对地观测具有宏观、快速、综合、高频、动态和节省投资等突出优势，为海岸带的动态监测研究提供了一种方便和重要的现代化方法[6-8]。随着计算机软硬件的高速发展，利用国内外先进的图像处理软件、GIS 软件和多源、多时相、多分辨率的卫星遥感影像，实现遥感信息的自动提取与分类，达到资源、环境等的动态变化监测，已成为目前空间信息技术（RS、GPS、GIS 的 3S 技术）广泛研究和和应用的主要趋势之一[9-17]。

龙口市海岸带长期以来基本处于稳定状态，但近十多年来，随着经济的迅速发展，在自然和人类活动双重干扰下，海岸带原有的稳定状态遭到破坏，物质组

成、空间格局都发生了明显变化，资源严重破坏，环境日趋恶化。本次研究以国家自然科学基金项目“山东海岸带陆海作用及人类活动的环境影响与生态效应”和“龙口市土地利用数据库更新”课题为支撑，在遥感技术和 GIS 技术支持下，对 1984 年以来龙口市海岸带信息实现快速、准确的提取，并对其演变状况及驱动因素进行系统研究，为龙口市政府有关机构、行业及应用部门在海岸带土地利用、海岸工程、环境和资源评价等方面提供动态的、科学的、及时有效的信息，对促进龙口市海岸带资源的可持续发展，具有十分重要的意义。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国际研究现状

海岸带是环境变化敏感区和生态交错脆弱带，一直以来就倍受世界高层人士的关注与研究。“国际地圈与生物地圈计划”（IGPC）专门设立了“海岸带的陆——海相互作用”（LOICZ）子计划促进地球表层陆地和海洋两大系统的界面研究。同时海岸带是人类活动的高度集中区，LOICZ 也把“海岸带的自然资源利用和社会经济影响”、“社会经济和自然科学的综合模型”作为重要研究领域[18-20]。2001 年，“国际地圈—生物圈计划”（IGBP）、“全球环境变化的人文因素计划”（IHDP）和“世界气候研究计划”（WCRP）联合召开的全球变化国际大会上，又把“海岸带的人类相互作用”列为议题[21]。

随着光电技术和计算机技术的不断发展，遥感技术兴起，并在各个行业得到迅猛发展，国外众多学者开始将这一先进技术应用于海岸带的资源调查和海岸生态环境研究中。如：El-Raey. M 等通过计算不同时期图像的比值，加强岸线变化的图像显示，使岸滩侵蚀地区呈暗色调而堆积地区呈亮色调（El-Raey. M 等，1990 年）[221]；Blodget 等使用 6 景陆地卫星上的多光谱扫描传感器（MSS）图像和与初始图像相关的 MSS 第 7 波段生成一幅海滩变化图像，岸滩的变化用不同颜色来表示（Blodget 等,1991 年）[23]；Donoghue 等曾使用遥感技术对英国东海岸带进行制图和监测（Donoghue D. N. M.等，1994 年）[24]；D. C. Mason 等假设水边线是一条等高线，通过叠加不同潮汐条件下的水边线生成潮滩数字高程模型（D. C. Mason 等，1995 年）[25]；Chen 等利用阈值算法在全色光谱图像中提取海岸线，在某些标准的基础上合并相似的像元，使同质区域得以扩大的区域生长法也在岸

线提取中得以应用（Chen 等，1995 年）[26]；Gordon Petrie 和 Hanslow, D.J.等利用航片进行岸线变化监测与制图（Gordon Petrie 等，1997 年）[27]，说明单波段图像经过增强后也可用来提取岸线。Frihy 等将单波段图像增强后分为陆地和水体的方法，用非监督分类的方法从图像中提取海岸线（Frihy 等，1998 年）[28]；Alberotanza L.等利用高光谱航空图像对意大利的 Orbertello 泻湖潮滩的植被进行研究（Alberotanza L.等，1999 年）[29]；Kevin W.和 Hesham M. 利用 TM 数据来监测尼罗河三角洲海岸线的变化（Kevin W.等，1999 年）[30]；Joo-Hyung Ryu, Joong-Sun Won 等在韩国 Gomso 湾潮间利用 TM 数据进行水边线提取（Joo-Hyung Ryu 等，2002 年）[31]。

1.2.2 国内研究现状

我国关注海岸带陆——海相互作用方面研究的有中科院海洋研究所、国家海洋局海洋研究所、南京大学海岸与岛屿开发国家重点实验室、华东师大河口海岸研究所以及其他单位的有关专家。代表性的论著有施雅风、赵希涛主编的《中国气候与海平面变化及其趋势和影响》[32]，王颖的《中国海平面变化，人类影响与海岸带响应》[33]，韩慕康的《渤海西岸平原海平面上升危害性评估》[34]等。2001 年 11 月召开的全国“人类与海岸海洋资源学术会议”标志着研究重心向人类影响和人的相互作用的海岸带资源环境变化和综合管理转移。

我国学者应用遥感技术对海岸带的研究起步较晚，但近年来也有不少学者在这方面做出了自己独特的见解和研究。早期的有：恽才兴、施纪青等利用遥感图像对海岸潮滩进行调查研究（恽才兴等， 1986 年；施纪青等，1987 年）[35-37]；任明达、吴家乃等利用多时相陆地卫星图像对潮滩的宽度和坡度进行地形测量（任明达等，1990 年；吴家乃，1991 年）[38-39]；陆惠文、王贵明等利用遥感技术研究河道变迁、海岸历史演变及发展趋势（陆惠文等，1995 年；王贵明等，1997 年）[40-41]。近年来又有更多的学者将遥感技术和地理信息系统技术应用于海岸带专题信息遥感影像综合理解模型的建立及其特征提取的研究中，例如：黄海军等对山东莱州湾潮滩地物的光谱特征进行了测试和分析，后来又在此基础上利用三组 TM 影像，通过潮位校正、岸坡改正等方法对比分析了该地区岸线变化特点，论证了运用遥感影像研究黄河三角洲地区岸线变化的可行性（黄海军等，

1993 年，2002 年）[42-43]；张鹰、丁贤荣利用遥感测量长江口南支和舟山潮汐水道的水深，并对其潮滩地形冲淤变化进行分析（张鹰等，1998 年）[44]；冯兰娣将小波变换运用到黄河三角洲遥感图像的边缘提取，得到了三角洲的岸线信息（冯兰娣，2002 年）[45]；刘永学以江苏省东部淤泥质潮滩为例，通过分析典型样点光谱特征，建立不同地物判别函数以区分淤泥质潮滩地物，实践证明该方法可快速从 Landsat7ETM$^+$影像中提取淤泥质潮滩地物信息（刘永学等，2004 年）[46]；许学工还探讨了利用遥感影像推求黄河三角洲低潮线的方法（许学工等，2005 年）[47]。

卫星遥感技术作为一种高科技监测手段，能提供及时准确且覆盖面广的丰富的地面信息；GIS技术不仅可以对信息进行存储、管理、处理和输出，而且还具有强大的空间数据处理和分析功能。因此，将遥感手段与GIS技术结合，研究海岸带的动态演变无疑成为一种发展趋势，为海岸带研究开辟了一条新的途径。

1.3 论文总体框架

1.3.1 论文研究方法及工作流程

本文以 11 期数字遥感影像（Landsat TM、ETM$^+$、Sport、航片）以及其它相关数据（研究区地形图、海图、潮汐统计数据和社会经济统计数据等）为主要数据源，运用 GIS 技术，在对每期影像特征分析的基础上，采用不同的图像处理技术增强海岸带各种专题地物信息，同时根据每种地物在遥感图像中的光谱响应特点，分析影像空间与地理空间之间的映射关系，采用适宜的提取方法，实现影像空间向地理空间的转变，即海岸带遥感信息较高精度的提取，并将提取出的信息加以综合，建立龙口市海岸带 1984-2004 年间的动态变化信息图谱，从空间和时间等方面揭示其变化规律，最后从人为和自然两个角度研究海岸带变化的动力机制。工作流程为（图 1-1）：

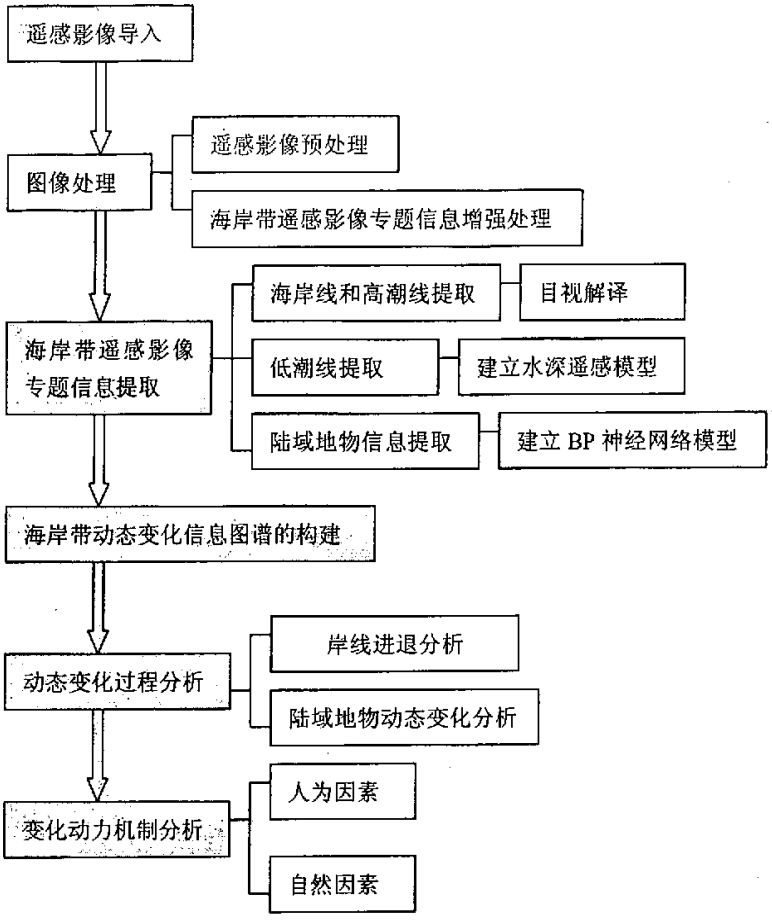


图 1-1 论文研究工作流程图

1.3.2 论文组织

论文以 RS 和 GIS 技术为支撑，以海岸带的动态监测为主线贯穿全文，共分为六大部分：

第一部分，介绍选题意义及国内外的研究现状；展示论文总体框架及研究的主要内容和方法，并对研究区概况做了简要描述。

第二部分，数据资料的分析与处理，是本次研究工作的基础。内容主要包括影像数据源的选择，影像的纠正、除噪等预处理和海岸带专题信息的增强处理。

第三部分，论文的核心部分。分析和研究海岸带遥感影像各种专题信息的提取方法，其中高潮线和海岸线采用目视解译提取；低潮线通过建立水深遥感模型，反演水深，并结合同步潮汐资料进行提取；陆域地物信息则是通过建立 BP 神经

网络模型将影像的光谱特征、纹理特征和地理特征相结合，通过监督分类实现其较高精度的自动提取。

第四部分，亦为论文重点，在第三部分提取信息的基础上，建立龙口市海岸带 1984-2004 年间的动态变化信息图谱，并从空间和时间等方面详细分析岸线的进退变化和海岸带土地利用的动态变化。

第五部分，研究龙口市海岸带变化的动力机制，从人为和自然两个角度对各种影响因素进行定性和定量分析。

第六部分，结论与展望，总结本文的主要研究成果，提出研究中存在的问题与不足，并展望今后的研究问题和方展方向。

1.3.3 论文主要特色与创新

1. 低潮线在一般的遥感影像上难以直接提取，本文引入水深遥感理论，通过建立水深遥感模型，反演水深，并结合同步潮汐资料，实现了低潮线信息的提取。

2. 提取海岸带陆域地物信息时，采用 BP 神经网络模型将影像光谱信息、空间纹理信息和地理辅助信息融为一体，克服了传统的单纯依靠光谱信息提取时精度难以达到要求的问题，实现了较高精度的陆域地物信息提取。

1.4 研究区介绍

1.4.1 研究区范围的界定

海岸带是海陆之间的过渡地带，可称为海陆交接带或水陆交接带，它是以海岸线为基线，向陆、海两侧扩展到一定宽度的带状区域。 然而，海岸带范围的划分千差万别，不同研究者对海岸带范围的划分存在不同的认识和理解。

地貌学家认为海岸带是位于低潮位和高潮位之间的潮间带，这实质上是狭义的海岸带。

联合国经济与社会理事会编著的《海岸带管理与开发》一书中，认为[48]（1988）：海岸带的一般定义是陆地与海洋相互作用的地带。因此它包括向陆部分、大陆架被淹没的土地及其上覆水域。这个定义对海岸带向陆一侧的范围界线是模糊的和不明确的，向海一侧范围可扩至大陆架和专属经济区。同时又指出划分海岸带范围一般有 4 个标准：自然标准、行政界线、任意距离、选择的环境单

元。

美国海岸带管理法规中规定[48]，海岸带的陆侧边界为受海洋直接影响的沿海陆地，海岸带的海侧边界为美国领海。

1995 年 IGBP 提出海岸带的新含义[49]：海岸带的上限向陆是 200m 等高线，下限向海是大陆架的边坡，约为-200m 等深线。它注意到了内陆延伸至河流流域。

我国在全国海岸带和海涂资源综合调查中规定，海岸带调查的宽度为海岸线向陆大致延伸 10Km，向海延伸至-10m~-15m 水深（《海洋大词典》）编辑委员会，1998 年[50]）。

综上所述，目前对海岸带尚无标准的界定和统一的认识，但这些概念有一个共同之处，就是海岸带应是陆地和海洋相互作用的地理区域。考虑到海水对陆域的直接影响一般要延伸至海水余存线，所以本文选择的海岸带研究范围为：海岸线向陆延伸2-3Km，向海延伸至水下岸坡的下界这样一个带状区域，包括部分陆域、海岸、潮间带和水下岸坡四部分（如图1-2）。陆域范围指海岸线向陆延伸的大致2-3Km的陆地；海岸是高潮线与海岸线之间狭长的陆地部分，为激浪形成的岸滩，本次研究将岸滩与农田或防护林的交接线定义为海岸线；潮间带位于高潮线与低潮线之间，低潮时露出水面，高潮时淹没于水下；水下岸坡，指低潮线以下的海底，波浪作用的下限，考虑到龙口市沿海水下岸坡的下限变化不大，因此水下岸坡不作为本次研究的重点。

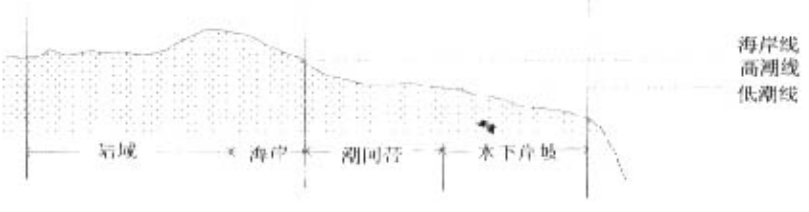


图1-2　本文海岸带划分示意图

1.4.2 研究区概况

龙口市海岸带位于山东半岛北部，地理坐标：120° 12′ 42″ E 至 120° 35′ 42″ E，37° 31′ 54″ N 至 37° 45′ 53″ N。东与蓬莱市接壤，西南与招远市毗邻，西、北濒临渤海，面积约 181Km^2。区内地势平坦，以滨海平原为主，海

拔不高于 20m。本区气候属温带半湿润大陆性季风气候，年平均气温 11.7℃，无霜期 190 天，≥10℃积温 4000℃左右，年平均降水量 624.9mm，72.7%集中在夏季，年均蒸发量 1900mm。总的气候特点是光照充足，热量丰富，气温适中，雨热同期。本区常风向为 S 向，该风向的出现频率为 19%，次常风向为 NNE 向，出现频率为 9%，平均风速年均为 4.4m/s，各月中以 3 月风速较大，平均 5.5m/s，8 月最小，平均 3.0m/s（详见图 1-3）。区内土地资源丰富，土地生产力不断增长并具有一定开发潜力，成为龙口市重要的后备土地资源区。

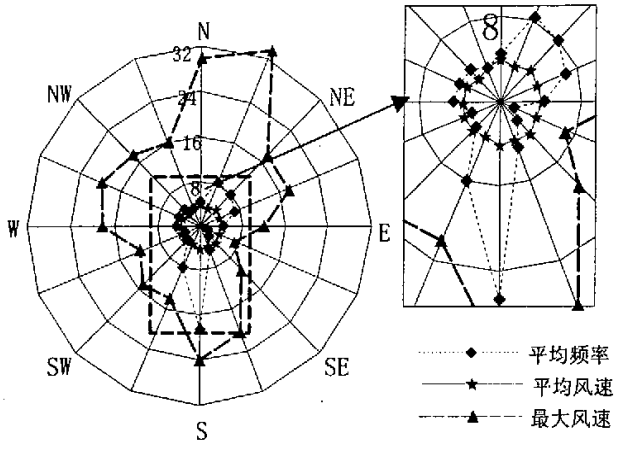


图1-3　龙口地区风速、风向玫瑰图

本区涉及龙口市 7 个乡镇，77 个行政村，区内人口稠密，交通便利，海岸带资源丰富，有矿产资源、渔业资源、旅游资源等，社会经济优越，是龙口市经济发展的桥头堡。位于研究区西部的龙口港是国家一级对外开放港口，也是国内最大的地方港口。

研究区海岸线东起沿海李家村与蓬莱市后营村之间的海边路，西到龙口市与招远市的界河口（如图 1-4），长度为 76.4 Km，其中人工岸线长 16.7Km，有滩涂面积 300 多公顷。海岸以砂质海岸为主，仅在屺坶岛和桑岛两处有不长的基岩海岸。大陆海岸基本可分为两段，即北部海岸和龙口湾海岸：北部海岸东起蓬龙交接处的李家，西至屺坶岛，海岸长度为 34.7Km（不含人工海岸）；龙口湾海岸即西部海岸，北起屺坶岛岛头，南到界河口，岸线长 25.0Km（不含人工海岸），为一东北凹入的弧形海岸。



图 1-4　龙口市海岸带示意图

龙口海岸是全新世时在黄县断陷盆地的冲洪积平原基础上发展起来的，海岸的基本形态受黄县冲洪积平原原始形态及本区动力条件控制[51]。海岸地貌，在波浪、海流和风作用下，形成砂质海岸。海岸带陆上地势比较平缓，平均坡度 2‰至 6‰，潮间带坡度 5‰至 12‰，主要由石英细沙、粗沙组成，是制造玻璃的主要原料。水下岸坡分布于低潮线之下，下界可至水深 17.0m，坡度平缓，一般在 10‰至 20‰之间。

龙口西部沿海为不正规半日潮，最高高潮位 3.4m，最低低潮位-1.23m，最大潮差 2.87m，平均高潮高 1.2m,平均低潮高 0.3m,平均潮差 0.9m，平均海面 0.7m；北部沿海属正规半日潮，最高高潮位 2.14m，最低低潮位-1.17m，最大潮差 2.80m，平均高潮高 1.44m，平均低潮高 0.38m，平均潮差 1.06m，平均海面 0.74 m。沿岸海流变化特征为：波浪的波射线分布与风向颇为一致，具有明显的季节性。冬季，东北向浪占优势，常浪向为 NE，夏季，南向浪占优势，常浪向为 SSE，全年以 SE 向浪出现频率最高，浪高一般小于 1.5m。自东向西有黄水河、泳汶河、北马河、八里沙河四条河流注入渤海。

1.4.3 前人主要研究成果

就研究区域而言，1980-1987 年进行过一次山东省海岸带和海涂资源综合调查，1999-2001 年山东省计委又组织了一次遥感资源调查。众多学者一直以来也从各个角度对山东沿海地带进行研究，提出自己独特的见解，但这些研究主要集

中在黄河三角洲、渤海湾、莱州湾等地区[16-17,42, 52-56]，虽然也涉及到本次研究的部分区域，然而专门对龙口市海岸带进行研究的很少[57]。龙口市海岸带一直以来比较稳定，但近几年来由于人类活动的影响，加之自然环境的反馈作用，海岸带发生了较大变化。本文在前人研究基础上，利用龙口市1984～2004年的11期遥感图像，对龙口市海岸带的变化进行了系统的研究。

2. 数据资料分析与处理

2.1 数据源

2.1.1 遥感影像数据

遥感影像是一种非常重要的地学信息源，多源性是其基本属性，不同类型的遥感影像数据具有不同的物理属性，即不同的空间分辨率、波谱分辨率和时间分辨率。因此，必须根据研究目的选择适当的遥感数据，才能更好的服务于研究需要。本文根据海岸带的变化特点，选用了物候相近的1984至2004年20年间11期遥感图像，包括TM（含ETM^+）、SPOT5和航片3种遥感信息源（详见表2-1）。

表2-1 本次研究所用遥感影像数据列表

序号	成像时间	数据类型	波段数	地面分辨率
1	1984年4月23日	航片	1	1.0m
2	1988年5月 7 日	航片	1	1.0m
3	1992年4月26日	TM	1-5，7	30m
4	1994年4月27日	TM	1-5，7	30m
5	1995年5月10日	TM	1-5，7	30m
6	1996年5月 2 日	航片	1	1.0m
7	1998年4月30日	TM	1-5，7	30m
8	2000年5月 4 日	ETM^+	1-5，7 8	30m 15m
9	2002年5月 4 日	SPOT5	1-4 5	10m（20m） 2.5m
10	2003年5月 8 日	ETM^+	1-5，7 8	30m 15m
11	2004年4月25日	SPOT5	1-4 5	10m（20m） 2.5m