

摘要

粤港澳大湾区是全球第四大湾区，地理位置和海洋资源优势独特。在中国湾区经济发展中，大湾区扮演着重要的战略支柱角色。近年来，随着大湾区经济的快速发展和人口的快速增长，大湾区围填海范围不断扩大，海岸线快速变化，对海岸带生态系统的平衡和资源的可持续发展产生了巨大的影响。因此，对于大湾区海岸线时空变化的研究是为了更好地对大湾区沿海区域海洋资源利用和管理。

本文基于 Landsat/Sentinel 影像，采取改进的归一化差异水体指数 (Normalized Difference Vegetation Index, MNDWI)、Canny 算子，使用最优阈值自动获取水边线结合遥感解译分类方法提取了粤港澳大湾区 1990、1995、2000、2005、2010、2015 和 2021 年 7 期海岸线信息数据。通过 GIS 空间分析、分形计算方法和数理统计，对 1990-2021 年粤港澳大湾区大陆海岸线的空间分布、长度变化、分形维数、类型结构、多样性指数和端点变化速率等多项指标进行了分析。并结合 Pearson 相关系数分析法，探讨了引起粤港澳大湾区海岸线变化的驱动机制。最后选取珠海市和中山市 2 个具有代表性的典型区域运用卡尔曼滤波器结合数字岸线分析系统中的线性回归法进行了海岸线未来位置预测。主要研究成果如下：

(1) 1990-2021 年间，粤港澳大湾区海岸线长度保持着持续上升的趋势，长度总计增加了 358.71km，增长幅度达 17.13%，岸线在空间上的分布存在较大的差异，其中珠海市和深圳市的海岸线增长最大，岸线长度分别增长了 79.59km、62.92km，岸线增长幅度分别为 30.67%、28.82%。海岸线的分形维数变化趋势与长度变化趋势保持较好的一致性，尽管在中山市和澳门特别行政区略有波动，但总体呈现持续增长的趋势，表明海岸线的复杂度正在不断提高。

(2) 研究期间，岸线类型结构转变频繁，自然岸线和人工岸线此消彼长，1990-2021 年期间，人工岸线增加了 853.95km，自然岸线减少了 495.24km。自然岸线占比率由 71.68%下降至 41.00%，其中，基岩岸线减少的最多，减少幅度超过 35%；人工岸线中，建设围堤岸线增加最多，岸线增加了 737.07km，岸线占比由 10.56%上升至 39.59%。研究区域内的岸线类型多样性指数呈先增大后减小趋势，市域尺度下的岸线类型结构和岸线类型多样性指数变化各不相同。

(3) 1990-2021 年，粤港澳大湾区大部分海岸线处于稳定状态，变迁主要表现为向海推进，而向陆后退的海岸线较少。粤港澳大湾区向海推进的主要原因为填海造陆、港口建设等人为开发建设活动，较为明显的区域是深圳市，岸线向海推进比例最大，为 56.88%。珠海市是岸线向陆后退较为显著的区域，向陆后退岸线占比为 13.54%。相比之下，其他地区岸线向陆后退的比例较小。海岸线向陆后退的主要原因是自然因素，如降水、海平面上升和波浪等导致的海岸侵蚀。

(4) 运用 Pearson 相关系数分析法，对自然、经济和社会因素对粤港澳大湾区

区海岸线的作用和影响进行了定量分析。同时，对海岸线类型对海岸线变化的影响进行了定性分析。结果表明，粤港澳大湾区海岸线变化是自然因素、经济和社会因素综合作用的结果。

（5）由于道路、港口、码头和防波堤等工程的影响，珠海市至中山市的海岸区域仍将继续受到侵蚀的影响。根据卡尔曼滤波对 2031 年的预测结果显示，该岸段的海岸线向陆后退的最远距离将达到 237m。

关键词：粤港澳大湾区；海岸线变迁；Pearson 相关性；驱动因素；卡尔曼滤波

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 国内外研究现状	2
1.3 研究内容及技术路线	5
第 2 章 研究区域概况与数据资料	8
2.1 研究区域概况	8
2.2 数据来源	10
2.3 遥感数据预处理	13
2.4 本章小结	13
第 3 章 研究方法	14
3.1 海岸线的定义及解译分类	14
3.2 海岸线半自动提取及修正	18
3.3 海岸线变迁分析研究方法	21
3.4 本章小结	23
第 4 章 粤港澳大湾区海岸线时空变迁分析	25
4.1 粤港澳大湾区岸线长度变化分析	25
4.2 粤港澳大湾区分形特征的时空变化	26
4.3 岸线类型结构变化分析	29
4.4 粤港澳大湾区海岸线位置变化分析	37
4.5 海岸线变迁驱动因素分析	43
4.6 本章小结	47
第 5 章 典型区域海岸线变化趋势预测	49
5.1 模型预测海岸线的基本原理	49
5.2 卡尔曼滤波模型的初始化	49
5.3 海岸线预测模型验证	50
5.4 2031 年海岸线预测结果与分析	51
第 6 章 结论与展望	54
6.1 结论	54
6.2 展望	55

第1章 绪论

1.1 研究背景及意义

粤港澳大湾区（以下简称大湾区）是我国华南地区经济发展最为迅速的地带，拥有发达的经济和密集的人口。与杭州湾区、渤海湾区一起被称为中国的三大湾区。近年来，随着大湾区经济的迅猛发展、人类活动的频繁、海洋开发和利用强度的不断加强，该地区的生态平衡受到了严重的威胁。据此，我国颁布了多个发展大湾区地区海洋经济的相关法律、法规^[1]。作为海洋和陆地之间的交界带，海岸带具有独特的地理位置和丰富的自然资源^[2]，获取海岸带的信息有助于大湾区沿海区域海洋资源更好地利用和管理。海岸线作为海岸带信息的重要组成部分^[3]，是衡量陆地资源和海洋资源分界的重要依据^[4]，不仅可以通过海岸线的变化情况反映海岸带自然环境的变化，还可以反映各种内在和外在因素对其产生的影响^[5]。因此，利用遥感影像获取大湾区地区海岸线，并确定其长度、走向以及类型的变化等，可为大湾区海岸线测绘、海岸带环境监测和海岸带的资源管理等提供准确、详实的基础地理信息^[6-8]，并对海岸带资源调查、科学管理、地理信息快速更新等起到重要作用^[9]，对大湾区地区经济可持续发展也具有重要的指导意义。

海岸线是海洋与陆地的交界处，标志着海水到达陆地的极限位置的连线^[10]。由于受到台风、风暴、潮汐、地面下沉、填海造陆等多种自然因素和人为因素的影响^[11]，海岸线一直处于连续动态的变化中。因此，准确、实时获取海岸线的实际位置是非常困难的。以往对于海岸线的研究主要采用实地勘测、地质分析^[12]等方法，然而由于技术条件的限制，这些方法通常存在人工成本高、耗时长、时效性差、准度不高等问题，而无法适用于大区域、长时间岸线变化趋势的研究^[13]。相比于实地勘测，遥感（Remote Sensing, RS）技术具有同步、大面积、覆盖度广、可进行反复观测、不受海域和地表状况等现场条件限制等优势^[13]；地理信息技术具备强大的数据采集和管理、图形显示、空间和属性分析等功能，能够有效的处理各种海洋和地理信息^[14]。

近几十年来，大湾区海岸线变动频繁，导致该区域海岸带生态环境退化、水体污染、湿地景观变迁以及优质耕地流失等一系列问题。这些问题进一步叠加了全球气候变暖、海平面上升等因素的影响^[15-16]。粤港澳大湾区的海岸带生态环境变化及其社会经济的影响，已经引起了越来越多学者的关注，尤其是海岸线变迁，已逐渐成为粤港澳大湾区乃至整个沿海地区研究的热点和重点。然而，近年来对大湾区的研究主要关注于景观和生态环境的变化^[16]，尽管有一些学者分析了海岸线变迁及其驱动力，但研究主要集中在海岸线的结构、边界和格局方面，对于驱动力的分析，主要集中在描述和解释，并且缺乏长时间序列的海岸带变迁及其驱动力的深入研究，特别是缺乏结合社会人文因素的海岸线变迁机制研究^[17-19]。因此，

本文利用 RS 手段, 结合 GIS 技术, 基于粤港澳大湾区 1990、1995、2000、2005、2010、2015、2021 年 7 期 Landsat/Sentinel 遥感影像数据, 采用改进的归一化差异水体指数结合 Canny 算子, 使用最优阈值自动获取水边线结合遥感解译分类方法, 对大湾区 7 期海岸线信息进行提取, 并结合海岸线长度变化分析、分形维数、多样性指数、岸线变迁速率和 Pearson 相关系数等方法对海岸线的变迁规律及主要驱动因素进行分析, 旨在为大湾区海岸带资源的可持续利用、区域可持续发展以及生态建设等提供依据。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 海岸线提取研究现状

在研究海岸线变化之前, 必须先获取海岸线的数据。获取海岸线的方式主要包括实地采集和基于遥感影像两种方式^[1]。传统人为获取海岸线的方式需要大量的人力和物资, 耗时长、获取速度慢、获取范围小且很难及时更新海岸线数据^[20]。而基于遥感数据获取海岸线的方法不仅可以对大范围区域进行同步监测, 而且可以快速更新图像, 获取更为及时的海岸线数据^[21]。

基于遥感数据提取海岸线的方法主要有两种: 人机交互目视解译和自动化提取。其中, 人机交互目视解译是一种严格依据海岸线的定义, 根据不同类型的海岸在遥感影像上的特征进行分析和判别, 以提取信息来确定海岸线的位置和类型的方法^[22]。此方法简单, 但工作量巨大, 且主要是根据人为主观进行判定, 会产生较大误差。如: 国外学者: Santos^[23]等学者从长期和短期两个角度对 Joo Pessoa 地区的海岸线变化机制进行了分析, 探讨了海岸线变化与海平面变化之间的关系。Taha^[24-26]等学者对 SAR 遥感影像进行边缘检测, 从而提取出海岸线数据。国内学者姚晓静^[27]等根据海岸线的定义, 选取平均大潮高潮线, 结合实地调查资料和海岸线在卫星遥感影像上的成像特征, 建立了海岸线目视解译标志, 并对海南岛的海岸线进行了提取。康波^[28]等以 Landsat 遥感影像为主要数据, 结合 RS 和 GIS 以目视解译的方式对长岛南五岛近 30 年海岸线进行提取和分析。随着计算机和地理信息技术的不断进步, 计算机对解译遥感影像的能力也在不断提高, 各种自动解译算法也不断被提出并应用于海岸线的自动提取工作中^[23]。如, 目前使用较多的阈值分割法、边缘检测算子、深度学习等。阈值分割法是一种常用的图像分割方法, 它利用设定特定的阈值将图像中的像素点分为不同的类别, 从而实现图像信息的提取。阈值分割法被广泛应用于水边线的提取, 如: 牟楠^[29]基于多源遥感影像使用图像分割法对辽河口的水边线进行提取分析。H Liu^[30]等学者通过一系列自动图像处理算法, 采用局部自适应阈值方法对南极洲 SAR 图像的海岸线进行了提取。Ghosh^[31]等利用 Landsat 影像计算改正的归一化水体指数, 并通过 GIS 技术, 进行水陆分割, 用于提取孟加拉国哈提亚岛 1989 和 2010 年的海岸线变化分析。

边缘检测算法依据影像灰度值不连续的特点,采用某种算法提取影像的边缘,边缘检测算法往往采用微分算子进行检测,其中包括:Sobel、Prewitt、Robert 等一阶微分算子,以及 Canny、Laplace-Gauss、Marr-Hildreth 等高阶微分算子。如:Widyantara I M O^[32]等使用了 Gamma 校正图像和 Canny 边缘检测算子从海岸线视频中提取海岸线。Bachofer F^[33]等使用 SAR 图像,对比分析 Roberts、Sobel、Laplacian-Gaussian 以及 Canny 边缘检测算法在海岸线提取中的效果。盛辉^[34]等结合归一化水体指数(normalized difference water index, NDWI)使用区域生长算法以及 Canny 边缘检测算子对马六甲海岸线进行提取分析。深度学习方法在目标检测和遥感影像分类中有着极大的优势,该方法也能够用于海岸线的提取。深度学习方法主要是通过构建数据集,对遥感图像进行海陆语义分割,以获取海洋和陆地的分割线,从而获得水边线。如,R Li^[35]等将 DeepUNet 新型深度卷积神经网络,应用到光学遥感图像中进行海陆语义分割。F Erdem^[36]等学者使用不同的深度学习框架 Standard U-Net、Dilated U-Net、FC-DenseNet 和 Pixel2Pixel 等集成一个自动海岸线分隔系统来获取海岸线,并发现该集成方法优于其他单一方法。董晓冬^[37]等对粤港澳大湾区,使用 Sentinel-1A 遥感影像结合深度学习方法进行海岸线提取分析。

1.2.2 海岸线变迁研究现状

近几十年来,对于海岸线变迁的研究取得了显著进展。上个世纪 70 年代,随着全球卫星技术的发展,众多学者开始对海岸线在空间上的变化进行研究,其中主要涉及海岸线长度、岸线位置迁移、岸线类型转变、近岸生物多样性以及海洋生态环境影响等方面的研究^[38]。在海岸线定量分析方面,国外学者 Thieler^[39]等基于 ArcGIS 软件平台开发海岸线变迁分析插件—数字岸线分析系统(The Digital Shoreline Analysis System, DSAS),该系统解决了一直以来海岸线变迁分析方法准确率低、系统性差等问题,可以快速准确的计算海岸线侵蚀速率和变化。Nassar K^[40]等使用 DSAS 对于埃及西奈海岸线的变化进行了分析,得出了海岸线侵蚀和扩张变化率的主要原因是 DSAS 中的终点率(End Point Rate, EPR)、净海岸线运动、线性回归率(Logistics Regression Rate, LRR)和最小平方中指的结果。Boye C B^[41]等使用 DSAS 对加纳西部地区短时期和长时期的海岸线进行趋势分析。U Natesan^[42]等学者使用 GIS 技术与数字岸线分析系统对印度泰米尔纳德邦延安 1978-2014 年长时期的海岸线进行了分析。印度学者 Misra A^[43]等使用 Landsat TM、ETM 和 OLI 卫星遥感影像评估了南古吉拉特邦沿海地区海岸线的变化情况,并结合土地利用地图进行土地覆盖情况分析。Mujabar P S^[44]等利用遥感和 GIS 技术分析了印度 Kanvakumari 和 Tuticorin 之间海岸的海岸线变化。Bushra N^[45]等使用 RS、GIS 和 PRA 技术对孟加拉国库卡塔 1989-2020 年四期的 Landsat TM、Landsat-8 OLI 和

TIRS 卫星影像进行了海岸线的提取和海岸线的变化分析。

国内对于海岸线变化的研究起步较晚。上世纪 90 年代, 学者们采用实地勘测的方法对海岸线进行研究, 但该方法需要消耗大量的人力物力, 测得的数据误差大、效率低。随着国内遥感卫星技术的发展, 国内对于海岸线的研究才正式展开。朱俊凤^[46]等学者通过确定合适的阈值, 采用 Laplacian 算子结合人工目视解译方法对 1998-2008 年的珠江三角洲区域的海岸线演变特点、变化趋势等进行了分析等。赵宗泽^[47]等学者利用海岸线数字分析系统结合 GIS 分析工具, 对 1983-2020 年的湄洲湾长时期的海岸线进行了提取分析。朱小鸽^[48]采用神经网络分类方法, 计算不同时期由于海岸线的变迁而增长的陆地面积, 揭示了人为因素是珠江口海岸线发生变化的主要原因。魏帆^[49]等学者利用水体指数法、分形维数、土地利用转移矩阵和回归分析等方法, 对 1980-2017 年环渤海长时期海岸线及围填海时空演变及其影响机制进行分析。林松^[50]等学者将改进的归一化水体指数和 Canny 算子相结合, 从 Landsat 遥感影像中提取了厦门岛 1976—2018 年的海岸线, 并对其分形特性演变规律进行分析。夏涵韬^[51]等学者从岸线类型、岸线开发利用主体结构上、岸线人工化指数等方面分析了珠江三角洲地区海岸线时空演变情况。

1.2.3 海岸线预测研究现状

目前对于海岸线预测的研究主要分为以下几个方向: ①通过矩阵计算, 运用 GM (1, 1) 灰色预测模型获得预测点, 随后将其连接起来获得未来的岸线。余威^[52]等基于 Matlab 结合 GM (1, 1) 灰色预测模型, 结合 1975-2005 年内伶仃洋海区 6 个时期实际海岸线的位置, 对 2005 年海岸线的位置进行了预测。随后, 对预测的结果进行验证, 证明方法的合理性。陈路遥^[53]等基于 ARCOBJECT 和 GM (1, 1) 灰色模型, 通过设定海岸线预测的起点、侧线以及叠加海岸线矢量数据的方法, 成功实现了对海岸线变化趋势的预测, 并将该预测系统应用到辽宁省国土资源规划 GIS 系统中。②采用元胞自动机 (cellular automata, CA) 模型, 通过充分利用遥感图像的光谱信息, 来对海岸线的位置进行预测。张钰^[54]等使用 CA 模型结合 Matlab 仿真技术预测了防城港海岸线的变化趋势, 并结合现有实验研究数据对预测的结果进行验证, 证明其方法的合理性。盛辉^[55]等通过 CA 模型对黄河三角洲 1987—2003 年多期岸线的变化规律进行了分析, 并对 2008 年的黄河三角洲岸线变化趋势进行了预测。韩志聪^[56]等采用 CA 模型和蒙特卡罗方法, 构建了黄河三角洲岸线演变预测系统。③使用线性回归的方法计算海岸线的变化速率及演变规律, 进而对未来海岸线的位置进行预测。M Awad^[57]等通过线性回归方法对 1984-2018 年的埃及地中海沿岸海岸线变化率进行了估计, 并使用统计模型对 2030 年和 2050 年海岸线的位置进行了预测。S.Maiti^[58]等利用线性回归的方法对孟加拉湾海岸线 1973-2003 年的海岸线变化率进行了计算, 并以 2003 年的海岸线位置为基准, 对

未来13年、30年的海岸线情况进行了预测。A.Santra等^[59]利用EPR模型,对印度西孟加拉的Junput海岸长期和短期的海岸线位置进行了预测。尹明泉^[60]等通过建立回归模型计算了黄河河口地区1986-2004年的海岸线变化率,并通过回归模型,预测了2005-2010年河口区域的海岸线形态。祝琳^[61]等利用EPR模型对1976-2020年黄河三角洲地区海岸线变迁速率进行了分析,并使用EPR模型结合卡尔曼滤波对2030年的黄河三角洲河口地区的海岸线的位置进行了预测。马梓程^[62]等通过数字岸线分析系统对2005-2020年巽他海峡东海岸的海岸线变化情况进行了分析,并结合回归模型对2030年和2040年的海岸线的位置及变化趋势进行了预测。

分析前人的研究,我们不难发现,国内对于海岸线的研究起步较晚,目前国内对于海岸线的研究大都是针对某个局部区域或者特定河口的海岸线,而针对粤港澳大湾区这个大范围或整个区域的研究较少,对于海岸线变迁及变迁驱动力的定量分析也未见详细论述。

1.3 研究内容及技术路线

1.3.1 研究内容

本文拟通过在前人研究的基础上,基于地理信息技术和遥感技术,运用Canny算子结合MNDWI水体指数对1990年、1995年、2000年、2005年、2010年、2015年和2021年七个时期粤港澳大湾区海岸线进行提取,并根据岸线类型解译标志、Google earth历史影像、DEM、地形图、统计年鉴等多源多时相数据,对粤港澳大湾区30多年的海岸线变迁和驱动机制进行相关研究。同时采用卡尔曼滤波模拟预测2031年珠海市至中山市岸段的海岸线未来形态,并对其海岸线的趋势变化进行分析。

本文的研究内容主要分为以下三个部分:

(1) 粤港澳大湾区海岸线变化遥感监测

通过Canny算子和MNDWI水体指数相结合初步提取大湾区水边线,然后对提取的水边线根据岸线解译标志结合大湾区地形图、DEM、Google earth历史影像等获取1990年、1995年、2000年、2005年、2010年、2015年、2021年七期海岸线数据,并从海岸线长度、岸线类型结构、分形维数、多样性指数等方面对大湾区近30多年的海岸线变迁与驱动机制进行详细分析。

(2) 粤港澳大湾区海岸线变迁速度分析

将七个时期的海岸线存储于同一个地理数据库中,使用数字岸线分析系统(DSAS),运用端点变化率(EPR)法计算大湾区各个地级市(特别行政区)的岸线变迁速率,并对其岸线变化的驱动力进行分析。

(3) 粤港澳大湾区岸线变化动态模拟

通过1990-2021年的海岸线变迁速率与驱动力的分析,结合卡尔曼滤波器对具

有代表性的区域 2021 年的海岸线进行模拟预测，与实际 2021 年海岸线进行精度对比，作为海岸线预测的初始化，再采用卡尔曼滤波器进行模拟预测 2031 年的海岸线未来形态，并对其趋势变化进行分析。

研究的章节分为六章。

第一章，绪论。主要包括以下内容：研究背景及其意义、国内外海岸线研究的现状、本研究的主要研究内容和技术路线。

第二章，主要介绍研究区域的状况和数据资料。该章节简要介绍了研究区域的地理位置、气候条件、地质地貌和社会经济状况等情况，并对遥感数据和社会经济数据的来源进行了说明，此外，该章节还简要介绍了遥感数据预处理的方法。

第三章，研究方法。简要介绍了海岸线的定义，如何确立岸线解译标志，Canny 算子、改进归一化水体指数如何应用到遥感图像中提取水边线以及如何对提取的水边线进行修正获得海岸线，同时重点介绍了运用哪些海岸线变迁分析方法。

第四章，分析粤港澳大湾区海岸线的变化。本章介绍了如何利用 GIS 技术对 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年、2010 年、2015 年和 2021 年七个时期的海岸线长度变化进行分析，如何对海岸线的分型维数、岸线类型结构、海岸线的多样性指数和海岸线变化的速度和趋势的原因进行深入的分析。

第五章，使用卡尔曼滤波对珠海市至中山市岸段模拟预测了 2031 年的海岸线未来形态，并对其趋势变化进行了分析。

第六章，结论与讨论。给出本文结论，并对存在的问题进行了讨论。

1.3.2 技术路线

具体技术线路如图 1-1:

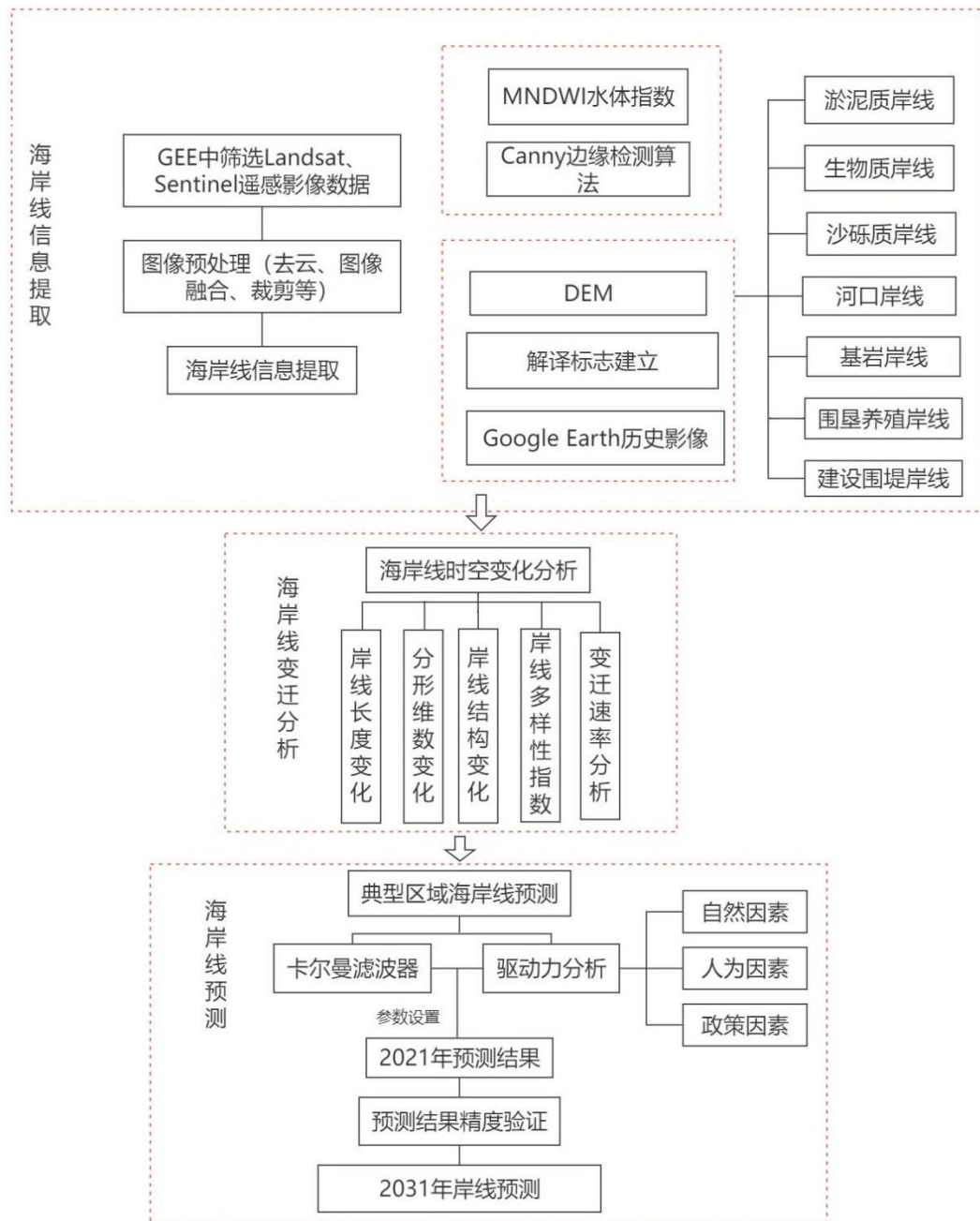


图 1-1 技术路线图

Fig.1-1 Technology Roadmap

第2章 研究区域概况与数据资料

2.1 研究区域概况

2.1.1 地理位置

粤港澳大湾区（111°35'E ~ 115°38'E，21°44'N ~ 24°40'N）位于广东省中南部，由广东省广州市、深圳市、东莞市、中山市、珠海市、佛山市、惠州市、江门市和肇庆市9个地级市以及香港、澳门2个特别行政区共同组成，陆域面积约5.6×10⁴ km²，海岸线长达2000km，拥有大亚湾、大鹏湾、深圳湾、广海湾、镇海湾等海湾，以及内伶仃岛、高栏列岛等岛屿，是除美国纽约区、旧金山湾区、日本东京湾区外的世界第四大湾区^[63]。

2.1.2 气候条件

粤港澳大湾区沿海气候属于亚热带季风气候，既有大陆性气候特征又有海洋性特色。境内具有终年高温、降雨充沛、光照充足、夏季长、冬季短、水热季节配合好等气候特征。

大湾区平均温度在21~23℃间，受热带季风气候的影响，1月份温度最低，平均气温15~18℃，7月份温度最高，平均气温为35~38℃。境内降水量充沛，年均降雨量1700~2200mm，其中，夏季降水量最多，每年4~9月为雨季，降水量占全年的80%左右。境内日照量充足，年日照时数为1900~2100h。另外，研究区毗邻南海，受季风气候和环流的影响，大湾区境内夏秋两季多台风，洪涝灾害频发^[64]。

2.1.3 地质地貌

大湾区主要属于中低山—丘陵地区，以平原、丘陵为主，东、西、北三面环山，中部平原广阔、地势平坦，南面濒临南海。大湾区总体地势呈现北高南低之势，这里海拔多在200m以下，全区海拔超过500m的山地面积仅占总面积的3%，且大多分布于北部区域；中部、南部沿海区域多为低丘、台地和平原；中心区域是由东、西、北三江冲积而成湾内复合三角洲^[65-67]。自第四纪晚期以来，华南褶皱带和海侵对大湾区的影响显著，导致该区域的地貌形态变得复杂多样、出现了许多岬湾和弯曲的海岸线^[68]。大湾区岸线类型众多，其中珠江口区域属于丘陵区，多以基岩岸线、沙砾质岸线和淤泥质岸线为主；香港、澳门位于大湾区的南部，其中香港属于低山-丘陵区，以基岩海湾地貌为主；澳门以平原和低丘陵地貌为主；珠海市和江门市位于大湾区的西南部，属于丘陵地貌，以淤泥质和基岩海岸为主；惠州市位于大湾区的东北部，属于中低山丘陵地貌，以沙砾质海岸为主。由于独特的地理位置和地形条件，大湾区境内河流众多，水系发达，河网密布，整个区

域水系以珠江水系为主，呈扇状汇入南海。

2.1.4 社会经济概况

据《2022年国民经济和社会发展统计公报》统计，2021年底，粤港澳大湾区人口总量已经达到7860.6万人，占全国总人口的5.6%。近10年来，粤港澳大湾区人口增长了2242.21万人，增速近40%，人口吸引力大大超过全国平均水平，人口红利和人才红利在此充分体现。地区生产总值约1.82万亿美元，人均GDP接近2万美元，经济及社会规模可与部分发达国家相比。大湾区港口群的集装箱吞吐量高达8000万标箱，超过了全球三大著名湾区（纽约湾区、旧金山湾区和东京湾区）集装箱吞吐量的四倍以上，成为了世界湾区中集装箱吞吐量最高的地区。另外，大湾区位于中国—东盟经济合作圈和“一带一路”交汇点^[69-70]。对内，大湾区辐射整个华南地区，与环渤海经济区、成渝经济区、长三角经济区构成菱形经济区，实现珠三角经济带与“一带一路”的互联互通、区域经济一体化；对外，大湾区位于太平洋和印度洋航运要冲，临近全球第一黄金航道—马六甲海峡，通过21世纪海上丝绸之路成为东盟各国参与贸易的区域性枢纽站，对推进华南地区与东南亚的经济合作，连接中国与欧洲、南亚、非洲沿线各国海上贸易通道具有重要意义。

本文参考了《广东省海岸带综合保护与利用总体规划2017》以及相关研究的海岸线范围界定^[64]，考虑到肇庆市和佛山市没有海岸线，因此本文研究的区域主要包括广东省的广州、深圳、珠海、东莞、中山、惠州、江门七个地级市和香港、澳门两个特别行政区（112°00'E ~ 115°42'E，21°70'N ~ 23°96'N），具体研究范围如图2-1所示。

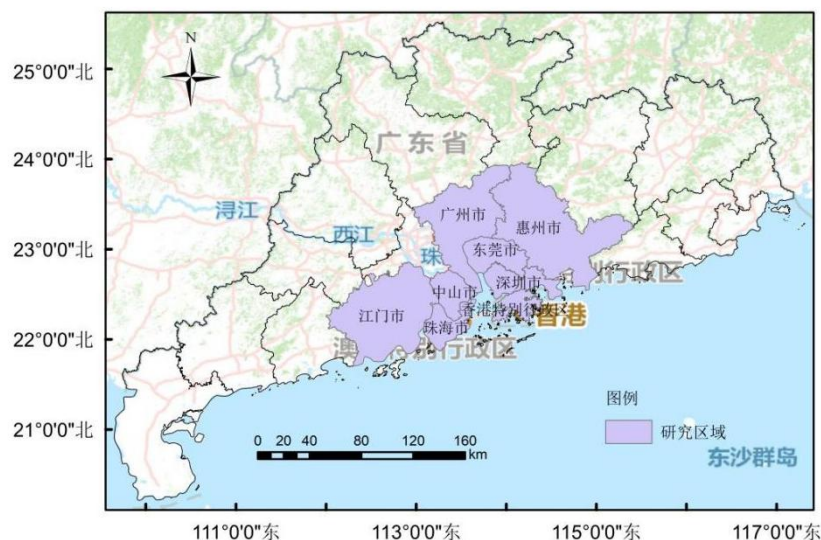


图 2-1 研究区域范围

Fig.2-1 Research Scope of Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/188010113014006125>