

# 遥感影像信息在澳门、磨刀门海域 工程建设中的应用及其效益

罗丹 陈学廉

(水利部珠江水利委员会科研所)

1993年1月13日收稿

## 摘 要

本文介绍了计算机处理和光学处理相结合的信息提取方法并得到显著效益。根据澳门海域和磨刀门海域工程建设中的实际需要,成功地运用遥感影像信息为澳门海域工程物理模型试验提供了模型水流流态与原型水流流态相似性的验证,为磨刀门海域围垦工程提供了水下潜坝的动态影像信息,并取得了较好的社会效益和经济效益。

**关键词** 影像信息 光机提取 工程解译 效益显著

## 一、前 言

澳门海域工程建设指的是澳葡政府计划在澳门海域兴建第二跨海大桥、深水港和国际机场,是在海面上进行的工程建设。而磨刀门海域工程建设则是珠海市在磨刀门海域进行的围垦造地工程,是先在水下,后在水面进行的工程建设。为了对这些工程作出正确的评估,近几年,我们配合有关部门对上述两个海域进行了遥感动态监测,其间,应用了多种遥感影像信息作为分析判读的信息源,对工程前的水环境状况及工程后可能发生的变化作了分析,收到了较好的效果。

## 二、澳门、磨刀门海域工程的计算机及光化学信息提取

影像信息是遥感分析判读的基础资料,在航空、航天遥感中,无论是以数字扫描还是以摄影手段获取的信息,最终都表现为影像信息。因此,影像质量的好坏,能否充分提取目标物信息,直接关系到遥感分析,环境评价的正确与否。

### 1. 问题的提出

在资源环境遥感的各个领域,水环境遥感远较陆地资源遥感复杂,这是由于水体的影像处于低灰阶区,像元亮度值偏低,整个水体像元亮度值变化的动态范围相对较窄,在遥感影像上水体几乎为黑、灰色调、肉眼可辨的信息量极少,目标与背景(水体)间的反差也较小。采用常规处理方法要从影像上直接判读出海域中甚至是水下的工程目标,一般是不可能的。如图版 I 图 1 是按常规的滤波处理,作彩色合成后扫描成图的影像,图中陆

地部分是珠江三角洲河网区前沿,各种地物反映明显,而海区则基本上显示不出任何信息。这就提出了一个海洋遥感影像信息特殊处理的问题。

## 2. 海洋遥感图像处理的思路

海洋遥感图像处理的主要目的是突出或区分水体和水下目标的信息。由于这些信息与陆地信息的特征不同,因而成图处理方法也有所不同,即信息增强的角度有所差异。若按通常的方法扩展图像反差,则必然会损失大量的陆地信息,造成图像色调单调。因此对海洋遥感信息的处理,既要考虑在水体的动态范围(6—10级)内进行特殊的扩展,也要考虑背景信息的色调平衡<sup>[1]</sup>。

## 3. 计算机信息增强处理

在遥感影像中,作为目标物的工程结构相对于水域这个背景来说,具有线性特征,这不仅仅是指诸如跨海大桥、飞机场、水下抛石堤这类地物呈线性状,更重要的是指在影像局部范围内,因像元间亮度值的差异而显示的信息。一般来说线性特征的亮度值结构有几种情况:其一,海面上有明显的行迹,如水边线(水陆边界)、不同泥沙含量的水团轨迹,行迹线两侧具有明显的光谱亮度差异,显示为连续的边界线。这类情况一般无须特殊处理;其二,海面上没有明显的行迹线,只有光谱亮度的微弱差异,在影像上显示为时隐时显的渐变过渡带,如水面上的桥梁,因其本身色调与背景色调相差不大,这类信息单纯使用反差扩展或滤波技术是难以达到增强的目的,需要通过波段组合(543,453或342)变换后加以提取。其三,被海水背景掩盖了的水下线性特征,如水下抛石堤,对这类信息的处理需要抑制噪声,滤去高频成分,即细节部分,使用KL变换来检测其微弱信息,达到增强的目的。处理流程见图2。

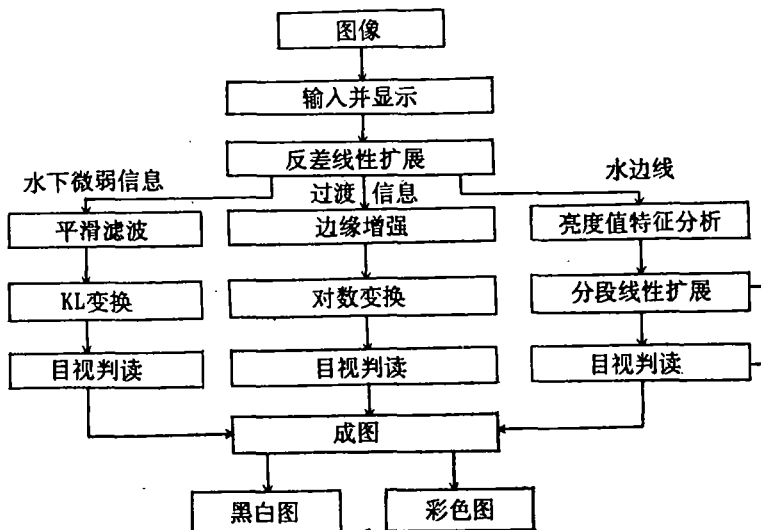


图2 电子计算机信息增强处理

Fig. 2 Enhancement processing of computer information

#### 4. 光化学信息处理

影像的光化学处理过程是影像的成图过程, 是遥感影像信息处理的一个必不可少的阶段。

在计算机图像处理的基础上, 我们根据所获取的扫描负片的质量, 在光学成图时, 进行了多种光化学信息增强处理, 其中效果最佳的方法是: 利用卤化银感光材料的感色特性提取水域影像中的微弱信息。主要原理是: 卤化银感光胶片对各种色光的敏感程度和敏感范围不同可分为 x 光片、紫外片、色盲片、正色片、全色片、红外片等。我们主要以盲色片、正色片和红外片作试验, 在这几种片中, 感光范围最窄的是盲色片, 正色片次之。盲色片只对紫外和蓝色光感光; 正色片对紫外、蓝、绿色感光, 当然也对白色光感光, 因为白光包含蓝绿色成分。我们就利用卤化银盲、正色片这一特性和卫星影像中待要提取的微弱信息的颜色, 利用加色混合法(即蓝+绿=青, 绿+红=黄, 红+蓝=品红, 红+绿+蓝=黄+蓝=品红+绿=青+红=白)、互补色法, 配以某种颜色的色光, 使其与微弱信息的颜色加在一起反射出白色、蓝色或蓝绿色, 使盲色片、正色片感光, 以达到微弱信息提取的目的。此外还可采用色差增强、比值增强及旋转曝光增强等光化学处理方法来增强海域工程物的信息。见图 3。

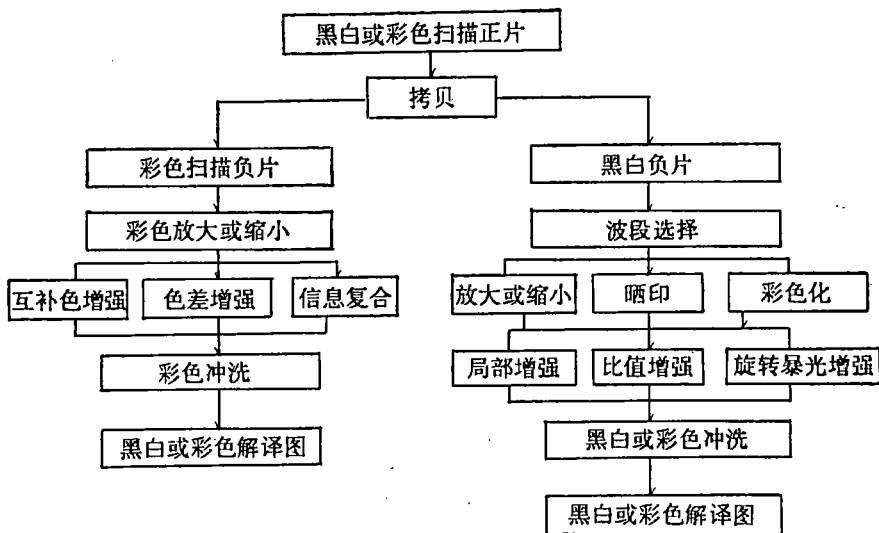


图 3 光化学信息处理流程

Fig. 3 Processing flow chart of photochemical information

### 三、澳门、磨刀门海域工程的遥感影像信息判读

通过对影像信息的提取和处理, 获得下列多种卫星影像解译图。

图版 I 图 4 是澳门海域工程建设后水沙输移变化解译图。该图以反映对澳门海域影

响最大的洪水期落潮时水流状态影像为底图,套合国际机场、深水港等工程规划信息,使机场建成后对该海域水流状态的影响有了一个直观的表现。从图中可以看到,从洪湾水道下泄的迳流水沙,在澳门港外防浪堤的阻挡下急转南下,形成一条明显的泥沙带,国际机场恰好把这股水沙分成两股,其中外侧一股大,内侧一股小。按常理由于机场的挑流作用,外侧一股泥沙会向外扩散,但因为其上方是防浪堤和伶仃洋下泄的迳流,再加上西南沿岸流的作用,预测这股水沙不会向外作大范围的扩散,仍然按原方向继续向东南扩散。

图版 I 图 5 是 1978 年 11 月 2 日 MSS 影像,反映了磨刀门海域围垦前的状况。从影像中可以看到该海域淤积较严重,尤其是三灶湾片已成为静水海湾,三灶岛与大、小霖之间的海峡既浅又窄,对水流进出作用很小,已发育成为大面积的浅滩。

图版 I 图 6 是 1986 年 7 月 30 日的 TM 影像,从影像上可以看到,三灶湾片垦区堤围已出露水面,洪湾西片和洪湾北片的水下抛石堤也隐约可见。澳门海域的水流流态相当清楚。

图版 II 图 7 为 1990 年 10 月 13 日影像,三灶湾片垦区已成陆地,并种上了甘蔗、果树,洪湾西片、洪湾北片、洪湾南片也出露水面、鹤洲南片水下潜坝显示清楚。

图版 II 图 8 为 1992 年 1 月 20 日影像,此影像与图版 I 图 1 是同一时相影像,经过特殊信息处理后,水下工程状况反映明显,磨刀门整治工程的轮廓已基本成型,与磨刀门口门治理围垦开发示意图(图版 II 图 9)比较,工程现状基本符合设计要求。澳门第二跨海大桥的桥墩已隐约可见,国际机场填海工程也初见规模。

#### 四、遥感影像信息的应用及其效益

上节所述的几个影像图,是为海域工程建设而处理制作的,也在监测、评估工程建设中发挥了重要作用,收到了良好的社会效益和经济效益。

##### 1. 遥感影像信息在澳门国际机场、深水港和第二跨海大桥工程建设中的应用

澳门地方政府要在澳门附近海域兴建国际机场、深水港和第二跨海大桥等多项工程。受澳门港务厅的委托,我们应用遥感技术分析研究澳门附近海域工程建设前后的水沙输移变化,为工程规划提供科学依据。

在项目实施过程中,我们从澳门海域的光谱特征、悬浮泥沙信息提取、水文要素,影像信息解译等多方面进行分析、研究,摸清了澳门海域在天然状态下的水动力特征,并根据影像所反映的信息,探索了工程完成后对该海域可能产生的影响。主要效益有:

(1) 为工程物理模型试验提供了模型水流流态与原型流态相似性的验证。

对于海域工程,尤其是河口地区的工程建设,工程的可行性研究除了工程本身的各种因素外,还有一个非常重要的外界因素,就是工程建在水中后,对水域究竟有多少影响,这种影响对水域的冲淤变化和动力平衡的利弊如何?而水域的冲淤平衡改变后,对工程又有什么影响?这是一个关系重大的研究课题,常规的方法是进行河工物理模型试验,即是在室内按比例缩小工程所在海域的比例尺,并根据水流和泥沙运动的力学规律,复制与原型相似的周界条件和动力学条件建立模型。按照河工物理模型试验的理论,只有当模型

与原型在几何(几何形状)、运动(水流运动方向)和动力(水动力条件)三方面都严格相似可以用相同的数学方程式来描述时,其模拟的数据才真实可靠。我们根据图版 I 图 6 所反映的水流信息,在模型上加放发光浮标,让浮标按水流方向漂移并作轨迹摄影(图版 II 图 10),其水流流态与图版 I 图 6 所反映的天然状态下的水流态相当吻合,成功地模型试验提供了相似性的验证。这次用遥感信息作为工程模型试验的验证手段,无论在遥感领域,还是在工程试验领域都是一个新的尝试,其成功的效果不但为工程物理模型试验开创了一个新的验证手段,也为遥感技术应用于工程建设走出一条新路。其社会效益和经济效益都是相当可观的,这一成果受到了澳葡政府的高度赞赏。

(2) 对国际机场、深水港建成后的水环境变化作出了评估。

我们利用图版 I 图 4 的复合信息与工程所在海域的水文情况相结合,分析了国际机场和深水港建成后对其附近海域可能产生的冲淤变化,以及两个工程间的相互影响和相互制约关系,写出了分析评估报告,为工程建设提供了科学依据。目前,此两项工程正在施工,预计 1995 年竣工。

## 2. 遥感影像信息在磨刀门围垦工程中的应用及其效益

磨刀门是珠江八大出海口门之一,珠江经由磨刀门渲泄的洪水和泥沙为八大口门之冠,而潮汐的作用又较其它口门弱;位于口门左侧的洪湾水道是目前两广与港、澳相联系的航运要津,也是对该区域经济发展起促进作用的重要交通线;磨刀门两岸以低沙田居多,耕地分布较广,素有潮排潮灌之利。

从河口自然发展的趋势看,磨刀门的主要问题是口门延伸和淤积对航道的影 响,若任其发展,将对防洪、排、灌和航运以及海滩资源开发利用产生不利影响。

从 80 年代初开始,水利部珠江水利委员会就遵循全面安排、综合整治、兴利除害的原则进行磨刀门口门整治规划。也是自 80 年代起,我们利用遥感影像信息,为磨刀门的治理开发提供了一系列动态信息。

(1) 应用遥感影像信息监测水下抛石工程。

所谓水下抛石工程,就是在海滩淤积到 -1.5 米时,人为地抛石促淤,即在水下抛石头建成潜坝,以加促滩涂的淤积。这种水下抛石工程一般是第一年抛基石,然后逐年加高,直至潜坝出露水面建成拦海大堤。

按照围垦工程的标准,海堤为梯形结构,潜坝底宽 7 至 8 米,海堤面宽 4 米,也就是说在水中的潜坝宽约 5 至 7 米,这样的尺度,又处在海水淹没之中,一般的遥感影像是难以分辨的,而经过我们特殊信息提取后的影像,对水下潜坝就有了很好的显示,如图版 II 图 7 箭头所指是鹤洲南片垦区的水下潜坝,该图成像时,海面正处于初涨潮状态,潮水位是 0.8 米(三灶潮位站),在这样的潮汐状态下,能如此清楚地看到只有几米宽的水下堤围,这一信息在磨刀门围垦工程部门引起了极大的反响。因为在茫茫大海上抛石围垦,堤围的定位、定线尚且困难,在河口地区围垦就更加不易,上游径流的冲刷、外海潮流的顶托,河流动力和海洋动力交替在河口海域作用,这就更增加了抛石围垦的难度,一般来说,在堤围出露水面以前,是很难了解到施工的情况和堤围是否合乎设计标准。我们提供的卫星影像信息恰恰在这方面为围垦施工部门解决了难题。根据工程的需要,我们又接收

和处理了几个时相的 TM 影像信息,对水下的围垦抛石工程,实施了动态监测,使工程部门能随时掌握水下施工情况。如图版 II 图 8 显示的是最新围垦工程信息,从图中可以看到工程进展基本上与工程设计(图版 II 图 9)相一致。

## (2) 利用遥感影像信息为水利工程规划、施工服务

十年来,我们利用珠江口遥感影像信息为水利部、珠江水利委员会、广州市、珠海市、澳门、中山等地区提供大小遥感影像图共计五百多幅,为珠江河口的整治规划和工程监测提供了可靠的信息,而当这些信息转化为生产力后,又在工程中发挥了巨大的作用,取得了可观的效益。

例如,就围垦工程而言,以磨刀门一个出海口的围垦工程计算,十年来已成围并种上经济作物的有鹤洲北片 2.93 万亩,三灶湾片 4.8 万亩。按 80 年代中期的价格计算,光鹤洲北 2.93 万亩经济作物年收益就是 1444.8 万元。近几年陆续成围待耕种的有洪湾北片、洪湾西片共 3.9 万亩;即将成围的有鹤洲南片、洪湾南片、白龙河片共 8.8 万亩;总面积达 18.43 万亩,相当于澳门总面积的 7 倍,若按目前珠海市的土地价格:30 万元/亩(种植)—240 万元/亩(经营房地产)计算,18.43 万亩的价值为人民币 55.3—442.3 亿元,其经济效益十分可观。尽管这些巨大的效益不是通过遥感直接创造的,但及时的遥感信息对围垦工程起到促进、指导和监测作用,从这一意义来说,遥感信息所创造的社会效益和经济效益同样是不可低估的。

## 五、结 语

通过对海域工程建设的遥感分析应用,我们体会到,遥感技术的实践与应用过程,实质上就是对影像信息的不断探讨、不断摸索处理方法的过程。海洋遥感应用是一个复杂的领域,除了需要多学科的综合知识,更需要有高分辨力的影像信息,而丰富的影像信息,又必须服务于生产实际,能真正解决实际问题才显示出其优越性,才会产生巨大的社会效益和经济效益。因此,遥感技术的出路是应用、是实践;在应用中不断地完善理论,通过实践不断探索方法;遥感,将会具有无限的生命力。

1992. 11. 10.

## 参 考 文 献

- [1] 李铁芳等,卫星海洋遥感信息提取和应用,海洋出版社。

## The Application And Its Profits of Remote Sensing Information to The Engineering Projects In The Sea Areas of Macao And Modaomen

Luo Dan Chen Xuelian

*(The Scientific Research Institute of Pearl River Water Resources Commission)*

### Abstract

In recent years, We were engaged in the dynamic remote sensing monitoring of the projects in the sea areas of Macao and Modaomen. In this work, a problem rose: how to extract the remote sensing image information about underwater objects and structures. As well known, in the fields of resources environment remote sensing, water environment remote sensing is more complicated than land resources remote sensing mainly due to the small range of brightness of the water image pixel and the image is of low density with low pixel brightness. Therefore, the purpose of ocean image processing is emphasizing and identifying the information of underwater objects from water. It is even more technically difficult to extract the remote sensing information of offshore projects, which in practice needs comprehensive multi-branch knowledge. In this paper, an information extraction method combining computer processing and optical processing with remarkable effectiveness is described. For an example, according to the practical requirement of the projects in the sea areas of Macao and Modamen, successful verification of model flow pattern is provided by means of remote sensing image information. Dynamic image information about the barriers for the reclamation project in the sea area of Modaomen is provided as well. Fruitful social and economic profit is achieved.

**Key words** Image information Extraction of opticle and computer processing  
Engineering interpretation Remarkable effect



图1 1992年1月20日 TM7、4、2  
此方案突出陆地信息

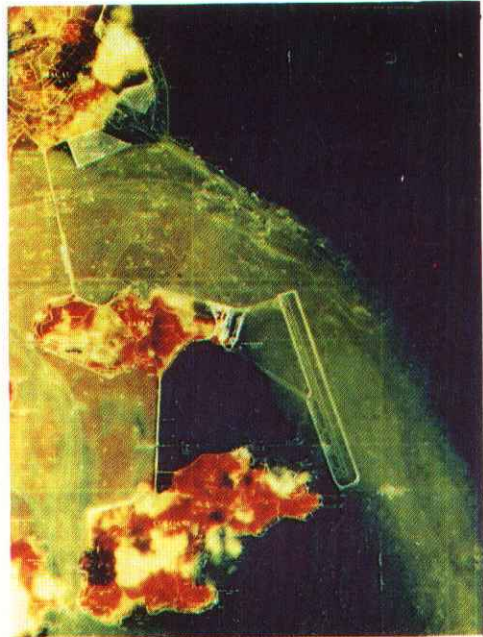


图4 1986年7月30日 TM4、3、2与  
澳门国际机场工程信息复合图

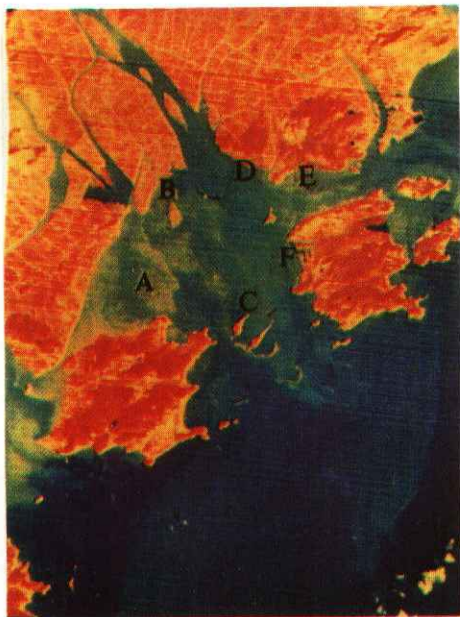


图5 1978年11月2日 MSS7、6、5此方案突出  
泥沙信息

- A、B、C、D、E、F为各垦区围垦前的状况  
A 三灶湾片 C 鹤洲南片 E 洪湾北片  
B 鹤洲北片 D 洪湾西片 F 洪湾南片

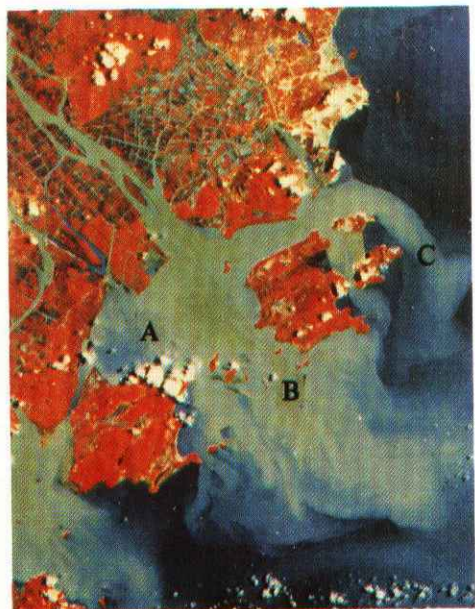


图6 1986年7月30日 TM4、3、2

- A 为三灶湾海堤施工合拢状况  
B 为洪水期落潮磨刀门主流流态  
C 高含沙量泥沙在澳门海域扩散情况

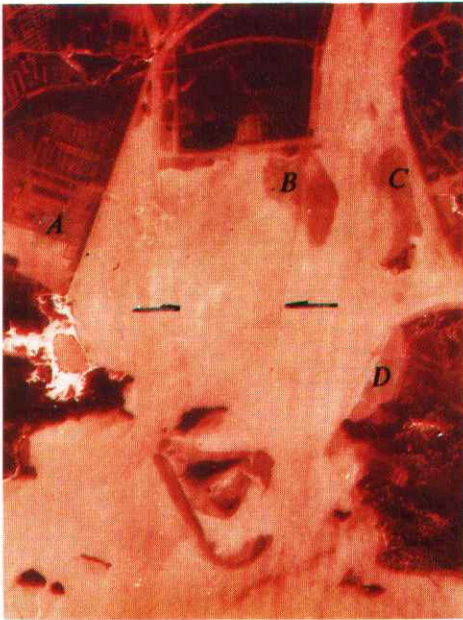


图7 1990年10月13日卫星影像图  
箭头所示为水下抛石堤  
A为三灶湾垦区耕作, B、C、D为浅滩

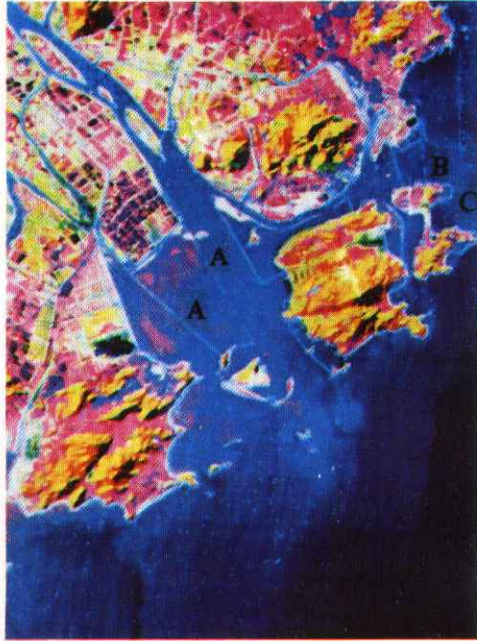


图8 1992年1月20日 TM5、4、3  
A 为水下抛石堤  
B 为施工中的澳门跨海大桥  
C 为正在填海建造的澳门国际机场

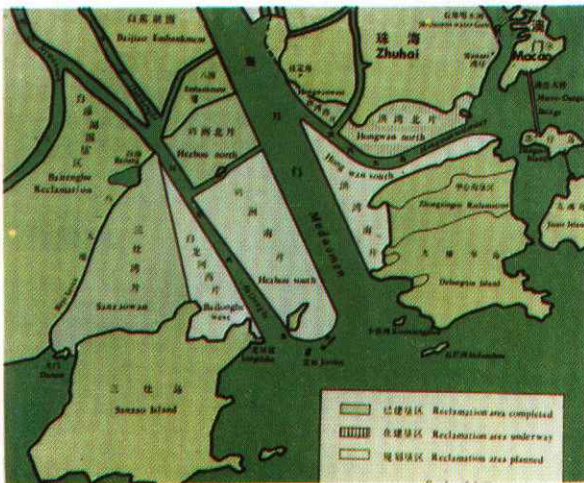


图9 珠江磨刀门口门治理围垦开发示意图

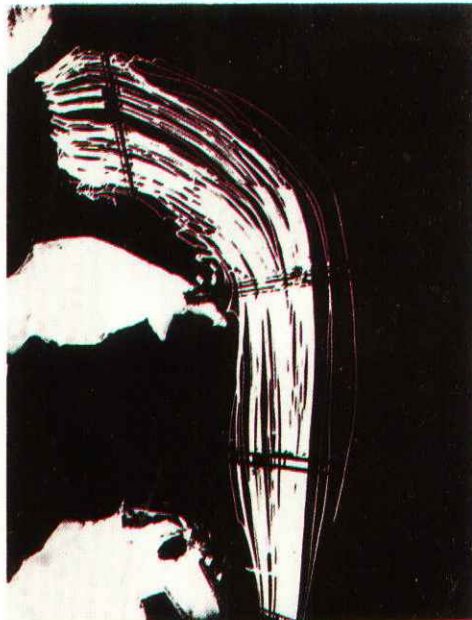


图10 澳门海域洪水期落潮流态轨迹摄影图