舟山群岛—宁波深水港群遥感综合调查

张华国,周长宝,楼琇林,史爱琴,肖清梅
(国家海洋局海洋动力过程与卫星海洋学重点实验室;国家海洋局第二海洋研究所,杭州　310012)

摘要:利用 TM/ETM$^+$ 和 SPOT 开展港口现状、海岸类型和仓储场地的调查;利用 ERS－2 SAR 调查探测锋面和内波等海洋环境要素;利用 TM/ETM$^+$ 和 NOAA 探测调查区的悬浮泥沙分布情况。最后,结合常规调查数据,对舟山群岛—宁波深水港群港口资源进行了综合评价。

关键词:舟山群岛—宁波深水港;港口资源;遥感调查
中图分类号:TP 79:P 714$^+$.6　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1001－070X(2003)04－0063－05

0　引言

近十几年来,遥感技术在海洋与海岸带中的应用已经十分广泛,例如:海面悬浮泥沙遥感、海水叶绿素遥感、海浪遥感、海岸带遥感、浅海水下地形遥感和海洋污染遥感等。但很多遥感应用都是针对单一目标或单一应用目的。采用遥感技术对港口资源及其环境进行综合研究,特别是利用多种遥感资料,对舟山群岛—宁波深水港群这一世界罕见的大型港群进行综合调查和评价还未见报道。

本次调查是利用可见光遥感、红外遥感和微波遥感等多种遥感手段开展港口资源综合调查评价。利用 TM/ETM$^+$、SPOT、ERS－2 SAR 和 NOAA AVHRR 等多种遥感资料,结合常规资料,开展舟山群岛—宁波深水港群港口资源的综合调查。首先利用 TM/ETM$^+$ 和 SPOT 开展港口现状、海岸类型、深水岸线资源、航道锚地资源和仓储场地资源等方面调查,其次利用 ERS－2 SAR 调查探测锋面和内波等海洋环境要素,并利用 TM/ETM$^+$ 和 NOAA 探测调查区的悬浮泥沙分布情况。最后,结合遥感调查数据和常规调查数据,对舟山群岛—宁波深水港群进行了综合评价研究。

1　区域概况

调查区域是舟山群岛—宁波深水港群海区,经度为 121°20′－122°40′E,纬度为 29°30′－30°45′N。包括从镇海—北仑—定海—普陀等港区及邻近海域范围,水深在 12～30 m,可作锚地作业区 100 余 km^2,整个水域能同时停泊 1 万～30 万 t 级船舶 1 000 艘以上。其中主航道如金塘水道、螺头水道和虾峙门水道等,15 万 t 载重船舶可以自由进出,20 万 t 船舶可候潮进出,第四五代集装箱船可以通过。在天然条件下,还能满足 25 万～30 万 t 级的船只通航。舟山群岛—宁波深水港口地域适中,既背靠经济发达的长江三角洲,又地处沪、浙沿岸与长江流域各省通道之门户,更占我国沿海南北航线与长江“黄金水道”咽喉部位,而且和日本、韩国、东南亚各国和地区大港形成等距离海运网络,(距基隆、长崎、釜山等港约 700 n mile),具有作为国内、国际航运枢纽所必须具备的位于辐射扇面中心的优越的地理位置,因而有着极大的资源优势和开发价值。

2　港口遥感综合调查方法

2.1　数据与资料

本次调查采用的遥感数据主要有 TM/ETM$^+$、SPOT、NOAA－16 AVHRR 和 ERS－1/2 SAR(表 1)。

表 1　遥感资料数据表

名称	时相数/个	空间分辨率/m	成像时间
TM/ETM$^+$	2	15(全色) 30(多光谱)	1998 年 2 月 9 日, 2001 年 3 月 13 日
SPOT	1	10(全色)	2000 年 3 月 27 日
ERS－2 SAR	1	12.5	2000 年 6 月 10 日
NOAA AVHRR	8	1 100	2001 年和 2002 年 春夏秋冬各一景

收稿日期:2003－03－05;修订日期:2003－06－25
基金项目:本研究由国家计委项目“浙江省国土资源遥感综合调查”项目(项目编号 20001500012021)资助。

另外,本次调查采用调查区的地形图、海图和港口现状规划图。其中包括:1∶10 万舟山群岛—宁波港口群地形图、1∶8 万舟山群岛—宁波港口群海图、1∶3.5 万舟山群岛—宁波港口群海图、1∶4 万宁波港现状规划图和 1∶10 万舟山港现状规划图等。另外还包括调查区域的海洋水文调查资料、海洋气象资料和泥沙调查资料等。

2.2　技术路线

本调查以遥感技术为主,结合常规调查资料,对舟山群岛—宁波深水港群的港口资源、海洋环境要素和港口现状进行综合调查,以港口开发与可持续发展为中心,从港口资源、港口现状、宜建港岸线以及港口发展前景等方面进行了评价研究。本调查技术路线设计如图 1 所示。

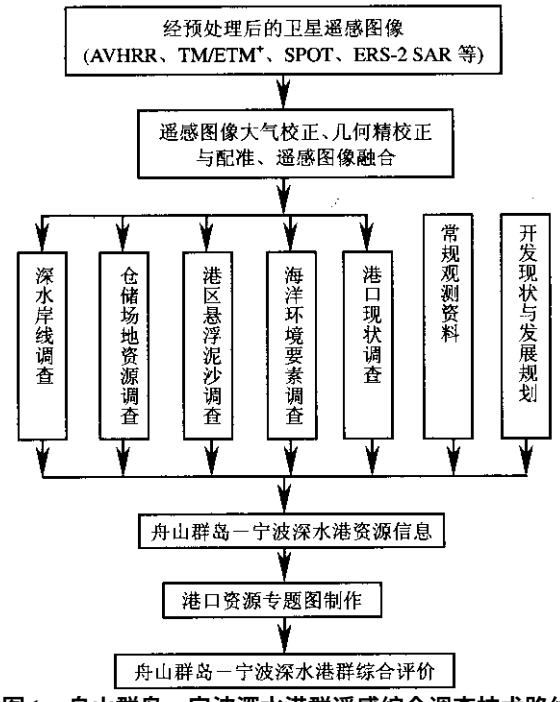

图 1　舟山群岛—宁波深水港群遥感综合调查技术路线

2.3　港口资源信息提取方法

(1) 深水岸线信息提取。首先,利用 1998 年 2 月 9 日 TM 图像和 2001 年 3 月 13 日 ETM^+ 图像提取海岸线。利用空间分析方法,分析了 1998 年和 2001 年间的岸线变化情况。然后利用 1∶10 万地形图、1∶8 万海图中的地形信息和水深信息,通过 ArcView 软件的空间分析功能分离出深水岸线。本调查采用水深 10 m 和 20 m 两种,以离岸 1 000 m 为限提取岸线,得到 10 m 水深岸线和 20 m 水深岸线。

(2) 港口仓储场地信息提取。本次调查仓储场地信息提取主要分为两个步骤:其一,根据常规资料调查主要海岛的陆地资源,分析其中平地面积;其二,根据卫星图像中主要岛屿的陆地资源利用现状进行可用作仓储场地面积分析,并结合海图和地形图,分析仓储场地开辟的位置、途径和易难程度等。

(3) 港区悬浮泥沙与分布信息提取。本次调查运用遥感方法对调查港区悬浮泥沙进行了监测,选择 NOAA－16 AVHRR 和 TM/ ETM^+ 影像,共 10 景。其中,利用 1998 年 2 月 9 日 TM 影像和 2001 年 3 月 13 日 ETM^+ 影像进行冬季 2 个时相的遥感调查;利用 NOAA－16 AVHRR 2001 年和 2002 年春夏秋冬的遥感影像 8 景,进行不同时相、不同季节的遥感调查。通过对两种卫星影像不同时相、不同季节港区泥沙遥感调查获取信息进行比较分析,得到了研究区泥沙分布状况及发现该区域悬浮泥沙分布规律。运用 NOAA－16 AVHRR1、2 波段、TM/ETM^+ 3、4 波段,采用经验模式进行悬浮泥沙信息提取,获得该海区悬浮泥沙浓度分布图。因为缺少同步实测数据,因此泥沙浓度没有经过修正。

(4) 港口环境信息提取。利用 ERS－1/2 合成孔径雷达(SAR)图像进行海洋环境要素遥感探测和分析,其中海洋内波、锋面等动力现象对港口建设、锚地和航道选择及其航行安全都有重要的影响。从遥感图像上可以判断出该海区内部分布图和内波波长,也可以分析内波能量和破坏力。在 SAR 图像上表现为一条较亮的条带,据此可以判断其长度。

(5) 港口现状调查。本次调查中,对港口现状的调查采用遥感、地形图、海图和港口现状图等相结合的方法,获得现有港口的分布情况和大致的吨位规模。其它统计数据主要来自相关的统计资料和网站的最新资料。

(6) 港口其它信息获取。港口其它信息主要包括舟山群岛—宁波深水港区海域的航道信息、锚地信息、港口水文气象等环境信息以及港口规划等方面的内容。

3　港口资源遥感综合调查

3.1　深水岸线资源调查

海岸线变化调查是对两个不同时相的 TM 图像进行比较分析。海岸线的变化,一部分是由围垦引起的变化,集中在杭州湾南岸;另外一部分是由港口建设引起的变化,如北仑港口扩建和马迹山港口建设等。本次调查采用遥感、GIS 和常规资料相结合的方法,对研究区深水岸线资源进行了调查。结果

万方数据

表明,该区域有深水岸线 849.1 km,10 m 深水岸线 440.2 km,20 m 深水岸线 408.9 km。由于港口建设需要考虑很多因素,包括航道、锚地、后方基地等。因此,可以用于建设 10 000t 级以上港口的深水岸线只是其中很小的一部分,共有 196.7 km,其中 10 m 深水岸线 103.9 km,20 m 深水岸线 92.8 km。

3.2　港口仓储场地调查

从港口资源角度调查仓储场地资源,主要是以遥感资料为主对主要港区的仓储场地资源开展调查。从总体来看,该区域的陆地中平地和缓坡资源丰富,约占总面积的 40% 左右,可以为港口开发提供足够的后方仓储场地。但是各岛屿在分布位置、开发成本等方面还是存在一些差异。其中宁波港的大榭岛和梅山岛、舟山港的舟山岛、岱山岛、六横岛和朱家尖等岛屿的深水岸段紧接平原,有很大部分是还没有开发的农业用地或盐田,开发成本低;而衢山岛、金塘岛、嵊泗山以及舟山岛南侧小岛群等岸段的深水岸段后接山地,需要开山填海进行造陆,开辟建港所需的仓储场地,开发成本较高。

3.3　悬浮泥沙浓度调查

港区及邻近海域泥沙含量高低分布状况、淤积规律是重要的建港条件之一。通过对不同时相、不同季节港区泥沙影像信息进行分析,得到的调查区泥沙分布状况,与调查统计方法结果基本相同。这也验证了由调查统计方法得到的该区域的悬浮泥沙分布规律。

(1) 从区域分布上看,该区域泥沙含量较高。在该区域内,泥沙含量分布情况为东低西高,中间高、南北两头低。其中在建的大小洋山所在的崎岖列岛是泥沙含量最高值区之一。火山列岛、舟山岛和岱山岛邻近海域都为泥沙高值区。NOAA - 16 和 TM /ETM$^+$影像上都给出了相同的结果。

(2) 从季节分布上看,冬春季泥沙含量高,夏秋季泥沙含量低。由 2001 ~2002 年 NOAA 2 月和 3 ~ 5 月和 TM/ETM$^+$的 2、3 月影像的泥沙含量分布情况,可以看到冬春季泥沙含量较高;从 2001 ~2002 年 NOAA 6 ~8 月和 9 ~ 11 月图像上,可以看到夏秋季泥沙相对冬春季较低。

(3) 根据常规调查和历史统计资料及遥感影像的多次调查,该海区大小潮和涨落潮的悬浮泥沙浓度不同。总趋势是小潮时泥沙浓高于大潮,落潮时泥沙浓度高于涨潮。2001 年 NOAA - 16 和 2002 年 7 月泥沙含量偏高的原因是:遥感图像只表示卫星过境的某一瞬时泥沙分布情况,不能代替该区域实际常年平均值。

3.4　港口环境调查

本次调查利用 ERS - 2 SAR 遥感资料对该海区的海洋环境要素进行了调查,主要探测海区的锋面和内波信息,这些都对船舶的航行安全构成很大的影响,是选择航道和锚地的重要依据之一。SAR 图像显示,在该调查区域有很多锋面和内波信息。另外主要是根据常规调查数据和历史资料调查了该区的气候气象、潮流潮汐和波浪等环境要素,为进行港口资源的综合评价提供了重要的依据。

3.5　航道调查

本海区岛屿众多,陆岛和岛岛之间的航门、水道纵横,在潮流、泥沙运动和海床之间的长期相互作用下,发育形成了许多优良的航道航路,可供各类大小船只航行。根据已有的常规资料结合遥感图像,考虑水深、潮流和航道宽度等自然因素,得到了宁波—舟山港区的航路和通海航道的分布状况。航路主要指分布于靠近大陆的岛岛之间的航道,由航门和水道连通组成。这些航路位于岛礁之间,受风浪影响小,水深大都在 7 m 以上,通行条件好。在该区域内主要的航门、水道有:白节峡、洋山水道、乍移门、竹屿港、岱山水道、西堠门、菰茨航门、金塘水道、册子水道、穿山港、螺头水道、普沈水道、莲花洋水道、伊佛兰水道、福利门水道、乌沙水道、清滋门、虾峙门水道、佛渡水道等。通海航道是指供大船进出的、连接港区与大洋的航道。一般要求水深、航道开阔。在本区域内主要的通海航道有嵊泗港域的嵊泗北侧水道和马迹山南侧水道、岱山港域的乍移门至黄泽洋航道和竹屿至岱衢洋航道、舟山—宁波港域的虾峙门航道。

3.6　锚地调查

舟山群岛—宁波港区众多的岛屿及其弯曲的海岸互为屏障,形成许多港湾锚地。可供万吨级以上船舶锚泊的锚地有 10 多处,包括绿华山北侧锚地、绿华山南侧锚地、嵊泗引航锚地、衢山岛东北锚地、衢山岛南侧锚地、长白山东南锚地、野鸭山锚地、马峙锚地、虾峙门锚地、金塘西侧锚地、镇海北侧锚地、桃花岛西北锚地及六横东北锚地等。这些锚地多数临近港口和航线,有的码头前沿就是很好的锚地,各类船只可以就近择地锚泊、避风、待泊或进行水上过驳作业。这些锚地的特点是:①水深适宜,水域宽阔,海底平坦,可适合各类船只锚泊;② 避风条件好,大多数锚地有 1 个以上方向的岛屿屏障,有的锚地四面都有岛屿环抱,可以避台风;③大多数锚地

万方数据

的涌浪小,水流缓,稳泊条件好,可以开展水上过驳作业;④大多数锚地的底质为泥质或者泥沙质,锚的抓力强。

3.7 港口现状调查

从遥感图像上可以清晰地判读出大部分港口码头,与常规调查资料结合起来进行验证,从而得到其分布图。同时可以确定主要港口的分布范围及规模。下面是宁波港和舟山港的空间分布及规模遥感调查的结果。

宁波港主要包括 5 个港区:①宁波市区到甬江口沿甬江一带的老港区;②位于甬江入海口北岸的镇海港区;③北仑港区,也是宁波港的主港区,包括从甬江入海口以东的算山起,到穿山水道西口为止;④大榭岛港区,具备建设大型码头的基本条件,具有巨大的发展前景;⑤是穿山北港区,包括白峰港。

舟山港共分成 8 个港区,分别是定海、沈家门、老塘山、高亭、衢山、泗礁山 、绿华山和洋山等。

4 舟山群岛—宁波深水港群综合评价

4.1 港口资源综合评价

舟山群岛—宁波深水港群资源遥感综合调查,在深水岸线、航道水道、锚地、后方基地、泥沙分布以及风浪流等环境要素方面进行了调查分析,取得了丰富的调查数据。调查结果认为,该区域具备优良的大型深水港建港条件。

该区域内有建港条件的深水岸线近 200 km,海区岸滩、海床基本稳定,深水岸线水下岸坡陡,深水区离岸较近。这样优良集中的深水岸线,在世界上也是罕见的。深水岸线分布相对集中,具备建设巨型深水枢纽港群的基本条件。同时该区域进出港口的航门水道多,航道水深、终年不冻,天然导航物多,锚地数量多,水面宽广,避风条件好,水深适中,且潮差较小,自然条件优越。

4.2 宜建港岸线综合评价

经过对舟山群岛—宁波深水港群资源遥感综合调查和分析,从整体上看,该区域是世界上少有的建设国际深水枢纽港的港址。但是开发港口是项投资大、开发周期长、成本回收期长的工程,需要科学规划,有效开发,才能保持港口的健康有序发展。因此,作者对区域内具有建港条件的岸段逐一进行评价分析。

舟山群岛—宁波宜建港岸线评价,主要依据是深水岸线、航道、锚地、仓储场地、泥沙和港区环境等港口资源的调查结果,同时考虑港口的现状和规划状况。对现有港口规划之外的、具有开发潜力、可作为远期开发的岸段也进行了综合评价。根据调查成果,该海区主要的宜建港岸段有:穿山北岸段、大榭岛岸段、老塘山岸段、金塘岛岸段、舟山南部岛群、朱家尖岸段、岱山岛岸段、衢山岛岸段、洋山岸段、舟山群岛南部诸岛岸段等。这些岸段都具有很好开发前景,但岸段的开发与否、何时开发、怎么开发及开发成本和现有的规划情况等密切相关。表 2 列出了该调查区具有巨大开发前景的岸段调查和建港条件以及开发建议。插页彩片 3 是研究区综合评价图的一部分,为宁波镇海—北仑到舟山老塘山—金塘港区的综合评价图。

表 2　舟山群岛—宁波海区主要宜建港岸段的建港条件

类别	穿山北岸段	大榭岛岸段	老塘山岸段	金塘岛岸段	舟山南部岛群	朱家尖岸段	岱山岛岸段	衢山岛岸段	洋山岸段	舟山群岛南部诸岛
深水岸线/km	10	10	28	17	30	5.7	7.5	17.6	5.5	30 多
仓储场地	充足	充足	充足	需开山填海	需开山填海	充足	充足	需开山填海	需填海造地	充足
港池水域	宽广	宽广	1 000m – 7 000m	宽广	宽广	宽广	宽广	宽广	宽广	宽广
港区水深/m	>20	>20	>20	>20	>20	>10	>20	>20	>10	>20
岸滩稳定性	稳定	稳定	稳定	稳定	稳定	稳定	稳定	稳定	微淤	稳定
平均风速/(m·s^{-1})	5.2	5.2	4.3		2.3					
大于 6 级风概率/%			3.3		0.2	10.2		32.4	37.9	
平均雾日/d	24.3	24.3	17.0	17.0	17.0	36.7		28.5	55	
平均暴雨天数/d					4.0	4.2		1.7	2.7	
平均潮差/m	1.82	1.82	1.90		1.84	2.40	2.24			

万方数据

续表

类别	穿山北岸段	大榭岛岸段	老塘山岸段	金塘岛岸段	舟山南部岛群	朱家尖岸段	岱山岛岸段	衢山岛岸段	洋山岸段	舟山群岛南部诸岛
最大潮差/m	3.36	3.36	3.54		3.52	4.32				
最大涨潮流速/(m·s^{-1})			1.43		2.08	0.90				
最大落潮流速/(m·s^{-1})			2.28		1.64	1.25				
平均波高/m	0.2	0.2	0.2		0.1	0.5			1.1	
最大波高/m	1.8	1.8	1.7		0.7	4.2			17.0	
允许作业天数/d	320	320	345	350	351	351			270	
适宜建设码头类型	北仑配套港	北仑配套港	舟山主港区	港口工业、舟山港和北仑的配套港	舟山配套港	旅游港	港口工业和中转港	港口工业和中转港	中转港	港口工业和中转港
适宜开发建设时间	近期	近、中期	近、中期	中、远期	中、远期	近期	近中远期	中远期	近中远期	中、远期

5　结束语

以遥感和 GIS 技术为主,结合常规调查资料,开展了舟山群岛—宁波深水港群港口资源遥感综合调查,并就港口资源、港口现状、宜建港岸段以及港口发展前景等方面进行了综合评价。主要结论为：

(1)在深水岸线、航道水道、锚地、后方基地、泥沙分布以及风浪流等环境要素方面进行了遥感综合调查分析,取得了该区域港口资源数据。研究表明,该区域所具备优良的大型深水港建港条件,在国内外都是罕见的。

(2)舟山群岛—宁波深水港群港口的长远可持续开发是一个需要继续深入研究的系统工程,涉及经济、港口和自然条件等多种因素。需要处理好老港口改造、近期、中期开发与长远规划、本区域港口开发与邻近大型港口建设等方面的关系,确保舟山群岛—宁波深水港群港口资源的合理开发和可持续发展。

参考文献

[1] 周成虎,骆剑承,杨晓梅,等. 遥感影像的地学理解于分析[M]. 北京 科学出版社,1999.

[2] 浙江省海岛资源综合调查领导小组. 浙江省海岛资源综合调查与研究[M]. 杭州 浙江科学技术出版社,1995,12.

[3] 蔡则健,吴曙亮. 江苏沿海滩资源及发展趋势遥感分析[J]. 国土资源遥感,2002,(3):24 - 28.

[4] 蔡则健,吴曙亮. 江苏海岸线演变趋势遥感分析[J]. 国土资源遥感,2002,(3):19 - 23.

A REMOTE SENSING SURVEY OF ZHOUSHAN ARCHIPELAGO AND NINGBO DEEPWATER PORT GROUP

ZHANG Hua - guo, ZHOU Chang - bao, LOU Xiu - lin, SHI Ai - qin, XIAO Qin - mei

(*Lab. of Ocean Dynamic Processes & Satellite Oceanography, Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou* 310012, *China*)

Abstract: This paper describes the survey of Zhoushan archipelago and Ningbo deepwater port group by using TM/ETM$^+$, SPOT, ERS - 2 SAR and NOAA - AVHRR remotely sensed data and other general data. TM/ETM$^+$ and SPOT remote sensing images were used to obtain the information of port conditions, shoreline types and storage fields. Images of ERS - 2 SAR were employed to survey the oceanic environment factors such as front and internal wave. TM/ETM$^+$ and NOAA - AVHRR data were utilized to detect the suspended sediments. On the basis of the surveying results, the assessment of the deepwater port resources in the study area is brought out.

Key words: Zhoushan archipelago and Ningbo deepwater port group; Port resource; Remote sensing survey

第一作者简介：张华国(1977 -),男,硕士,浙江新昌人,国家海洋局第二海洋研究所助理研究员,主要从事海洋遥感与 GIS 技术研究,已公开发表论文 8 篇。

万方数据

(责任编辑：周树英)