

广西重点港湾的潮流和余流*

Tidal Currents and Resident Currents in the Key Harbors of Guangxi

李树华 夏华永 梁少红 莫如喜
Li Shuhua Xia Huayong Liang Shaohong Mo Ruxi

(广西海洋监测预报中心 北海市 536000)

(Guangxi Marine Monitoring & Forecasting Center, Beihai, Guangxi, 536000, China)

摘要 根据 1986年和 1996年报告的实测资料,分析广西铁山港、北海港、钦州湾和防城港港湾的潮流及余流

关键词 港湾 潮流 余流

中图法分类号 P 731.21

Abstract Based on the field data reported in 1986 and 1996, the nature and behavior of the tidal currents and resident currents in the key harbors of Guangxi, such as Tieshan, Beihai, Qinzhou and Fangcheng, are analysed.

Key words harbor, tidal currents, resident currents

广西近海有 4个重点港湾,从东到西为:铁山港、北海港、钦州湾、防城港。这些港湾岸线曲折,地形复杂,不同区域具有不同的流场特征。这些港湾多是半封闭的海湾,水深浪小,具有良好的建港条件。目前,除铁山港外,其余 3个港湾均建有万吨级以上的码头。同时,这些港湾还分布有大片滩涂,适宜于发展海水养殖业。由于流场对建港、水产养殖、环境保护等均有重要作用,因此,了解这些港湾的流场变化特征,对于港湾的开发建设无疑是有益的。资料采用广西海岸带及海岛资源调查^[1,2]时的实测数据

1 铁山港

1.1 潮流

1.1.1 实测涨落潮流速及流向

由实测资料可知,铁山港落潮流速一般大于涨潮流速,差值在 10 cm/s~ 16 cm/s之间。港内最大涨潮流速为 52 cm/s~ 54 cm/s,口门外达 70 cm/s,流向均为 N~NNE,落潮流速为 66 cm/s~ 70 cm/s,口门外则达 90 cm/s,流向为 S向。从整个海湾的流速分布情况看,流向较为一致,流速区域变化不大(表 1)。

铁山港潮流性质特征值在 1.63~ 3.70之间,表明该湾大部分区域为不规则半日潮海区,仅口门附近为不规则全日潮。比值由口门向里递减,如口门处为 3.70,港湾顶部仅 1.63。

表 1 铁山港表层实测最大流速

Table 1 Max. velocity of surface current measured at Tieshan Harbor

站号 Site	流速 Velocity (cm/s)		流向 Direction (°)	
	涨潮 Flood tide	落潮 Ebb tide	涨潮 Flood tide	落潮 Ebb tide
01	54	66	344	155
02	52	68	13	189
03	54	70	27	193
04	70	93	45	232

1.1.2 潮流场分布

图 1为铁山港潮流场分布图。从图 1可知,潮流主流向与航道走向一致。口门处涨潮流为 NNE,落潮流为 SSW,港湾顶部,涨潮流为 NNW,落潮流为 SSE。最大涨潮流速度为 60 cm/s左右,一般出现在高潮前 2 h~ 4 h;最大落潮流速约 70 cm/s,出现在高潮后 4 h~ 6 h,转流时间出现在高潮时或低潮时附近。流速的垂向变化不大,表层流速最大,中层次之,底层最小;表、底层流速相差约 10 cm/s,流向基本一致。

铁山港主要日分潮椭圆长轴方向与水道走向一致,为 S~N向。旋转率在 0.03~ 0.32,为逆时针方向旋转。潮流的运动形式,属往复流性质。

1.2 余流

铁山港的余流流速较弱,以口门处流速最大,冬季表层最大流速为 14.3 cm/s,夏季最大为 10.3 cm/s,其它区域均不超过 10 cm/s(表 2)。

余流的流向,湾中部至湾顶一带,夏季为 S~SW向,冬季为 W~NW;湾口至口门外一带区域,夏季为 SSW向,冬季为 W或 SE向。表层的流向变化较

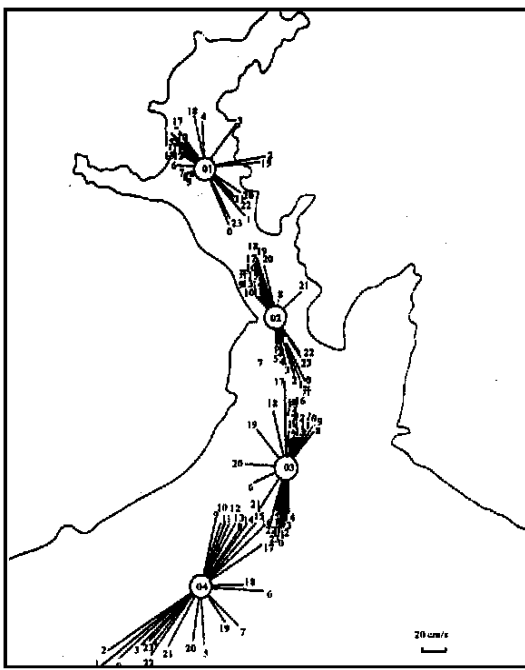


图1 铁山港表层流矢分布

Fig. 1 Distribution of tidal current vectors at Tieshan Harbor

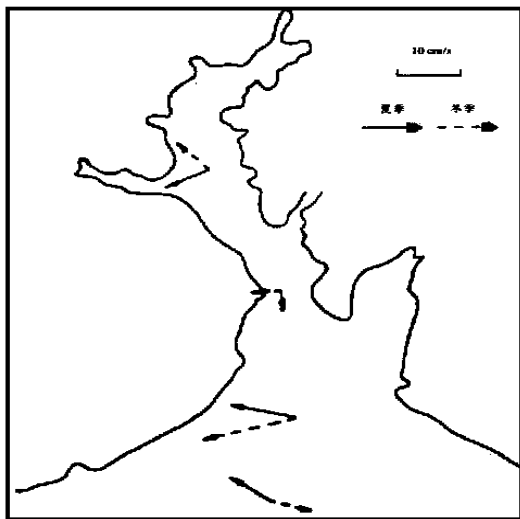


图2 铁山港余流分布

Fig. 2 Distribution of resident currents at Tieshan Harbor

表2 铁山港冬季余流最大流速

Table 2 Max. velocity of resident currents at Tieshan Harbor in winter

季节 Season	站号 Site	流向 Direction (°)		流速 Velocity (cm/s)	
		表层 Surface	底层 Bottom	表层 Surface	底层 Bottom
夏季 Summer	01	249	7.5	133	6.3
	02	187	1.7	198	1.2
	03	284	10.3	84	7.7
	04	289	7.7	143	4.5
冬季 Winter	01	320	6.6	275	9.9
	02	265	2.7	241	0.9
	03	254	14.3	286	4.5
	04	118	5.6	122	7.0

大,个别站位呈反向流动,即表层与底层的流向相差180°左右(如03号站),流向比较紊乱。冬夏季表层余流流速见图2

2 北海港

2.1 潮流

为了满足港口开发的需要,有关部门对北海港航道及周围海域进行了多次潮流调查;在广西海岸带和海涂资源综合调查过程中,在该湾设立了4个周日连续观测站,积累了较丰富的潮流资料,为掌握该湾的潮流变化规律,提供了较翔实的数据。

2.1.1 潮流性质及实测流速

北海港湾潮流性质 $\frac{W_{O1} + W_{K1}}{W_{M2}}$ 的比值变化不大,为2.6~3.3,说明该湾的潮流属不规则日潮流。潮流性质判别数,表层略大于底层。各站潮流性质比值列于表3(观测站位见图3)。

表4是实测流速特征值。从表4可知,北海港湾实测平均流速为20 cm/s~50 cm/s,落潮流速大于涨潮流速,其差值可达10 cm/s以上。最大落潮流速超过100 cm/s(如03号站为104 cm/s),最大涨潮流速不到90 cm/s。南流江河口区浅滩一带流速较小,最大涨潮流速仅44 cm/s,最大落潮流速65 cm/s。

2.1.2 潮流场的变化

北海港湾的潮流场,在高潮或低潮附近开始转流,高(或低)潮过后5h左右,即在半潮面附近,潮流达到最强。涨潮时,整个流场的流向较为稳定,湾中部主要为东北流,东部沿岸一带为北到西北流,最大流速可达80 cm/s以上。落潮时,湾中部的流向为西南流,东部沿岸一带主要为南到东南流,落潮时的流速比涨潮时流速稍大,可超过100 cm/s。从总的流场分布情况看,潮流流速由湾口向湾顶逐渐减弱,至南流江口一带,由于水深变浅,流速一般在30 cm/s左右(图3)。

表3 北海港湾潮流性质比值

Table 3 Specific value for current classification at Beihai Harbor

层次 Location	不同站点流速性质比值 Specific values at different sites					
	01	02	03	04	05	06
表层 Surface	3.29	2.74	3.41	3.12	3.45	2.73
底层 Bottom			3.28	2.86	2.98	

2.1.3 潮流垂向变化及运动形式

北海港湾的潮流垂向变化不甚明显,表层流速稍大于底层流速,其流速变化在5 cm/s以下。

潮流的运动形式接近于往复流,转流方向为“8”字形或斜“∞”字形。其旋转方向以逆时针方向旋转。

表 4 北海港实测流速特征值

站 点 Site	层次 Location	平均涨潮流速 Velocity at average flood tide (cm/s)		平均落潮流速 Velocity at average ebb tide (cm/s)		最大涨潮流速 Velocity at max. flood tide (cm/s)		最大落潮流速 Velocity at max. ebb tide (cm/s)	
		夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季
		Summer	Winter	Summer	Winter	Summer	Winter	Summer	Winter
		夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季
01	表层 Surface	28.0	24.5	37.9	33.6	36	54	40	54
	底层 Bottom								
02	表层 Surface	33.6		31.2		47		39	
	底层 Bottom								
03	表层 Surface	43.8	41.2	59.2	53.4	80	76	104	98
	底层 Bottom	37.1	32.4	51.6	44.3	69	71	101	87
04	表层 Surface	42.8	35.6	50.3	45.4	59	63	66	76
	底层 Bottom	29.9	26.3	37.4	38.1	48	51	53	54
05	表层 Surface	37.9	31.2	33.6	30.6	54	39	86	53
	底层 Bottom	29.8	23.5	28.4	21.2	43	31	66	47
06	表层 Surface	42.5	29.2	54.6	31.9	52	35	80	49
	底层 Bottom								



图 3 北海港表层流矢分布

Fig. 3 Distribution of surface current vectors at Beihai Harbor
 为主。椭圆长轴方向基本与水道走向一致，与岸线几乎平行。

2.2 余流

从图 4 可以看出，夏季余流方向主要呈 SE 向，冬

季则呈 NE 向。流速夏季比冬季大，如 0 号站，夏季流速为 23.4 cm/s，冬季仅 6.6 cm/s。由于受地形、径流和季风等因素的影响，夏季该湾形成一个半封闭的顺时针方向环流系统。余流流速的分布变化，夏季以南流江口一带的流速最大，外沙附近的流速最小，不到 6 cm/s。而冬季枯水季节，南流江口一带的余流流速变弱，一般在 7 cm/s 以下，湾口处的流速增强，可达 10 cm/s 以上。从这可以看出，北海港湾的余流场分布，夏季受径流的影响较大。



图 4 北海港冬夏季表层余流分布

Fig. 4 Surface resident currents at Beihai Harbor in summer and winter

3 钦州湾流场变化特征

3.1 潮流

3.1.1 潮流性质

钦州湾潮流性质 $\frac{W_{O1} + W_{K1}}{W_{M2}}$ 的比值在 2.33~

3.59 (表 5)，表明该湾的潮流属不规则全日潮流。其表 5 钦州湾潮流性质的比值

Table 5 Specific value for current classification at Qinzhou Harbor

层次 Location	各站点的潮流性质比值 Specific value at different sites			
	13	14	15	16
表层 Surface	3.54	3.33	2.68	2.80
底层 Bottom	2.49	3.59	2.33	2.39

比值由湾口向湾顶递减，如湾口处（13号站，具体站号位置见图 5）的比值为 3.54，而湾顶处（1号站）仅 2.80 比值的垂向变化，一般是表层大于底层。从各分潮流间的关系来看，湾口处的全日分潮流远远大于半日分潮流，而半日分潮流又大于浅海分潮流；而进入内湾（茅尾海）后，半日分潮流逐渐增大，同时，浅海分潮流也有所加强。由于该湾岛屿星罗棋布，岸线曲

折, 导致了湾内流况的复杂性

钦州湾形似一个葫芦海湾, 岸线曲折, 岛屿星罗棋布, 潮流较为复杂 据实测资料计算, 该湾平均涨潮流速为 $38.6 \text{ cm/s} \sim 53.7 \text{ cm/s}$, 平均落潮流速为 $54.8 \text{ cm/s} \sim 77.2 \text{ cm/s}$, 流速的区域性变化较大, 其变化趋势是, 外湾比内湾大, 湾颈处最大。外湾平均涨潮流速为 44.3 cm/s , 落潮流速 57.2 cm/s ; 内湾平均涨潮流速 38.6 cm/s , 落潮流速 54.8 cm/s ; 而湾颈处, 平均涨潮流速达 53.7 cm/s , 落潮流速 77.2 cm/s 涨潮期间, 最大流速出现在湾颈处 (15号站), 达 89 cm/s , 其余区域一般都在 50 cm/s 以上, 流向多呈 S 向; 落潮期间, 最大流速出现在湾口 (13号站), 流速达 133 cm/s , 其余区域的流速均在 60 cm/s 以上, 流向多呈 S 向或 SSW 向。流速的垂向变化, 一般为表层大于底层, 但个别站位也出现底层大于表层的现象。由于河流径流的影响, 落潮流速一般大于涨潮流速。湾内最大及最小流速流向的变化情况见表 6

3. 1. 2 潮流流场

就整个钦州湾的潮流场分布情况看, 转流时间一般出现在北海港高 (或低) 潮时附近。高潮前 $4 \text{ h} \sim 6 \text{ h}$, 涨潮流速达最大, 表层流速在 $51 \text{ cm/s} \sim 89 \text{ cm/s}$, 流向为 10° 左右。高潮后 $5 \text{ h} \sim 7 \text{ h}$, 落潮流速达最大, 表层流速在 $64 \text{ cm/s} \sim 133 \text{ cm/s}$, 流向为 $152^\circ \sim 218^\circ$ 。见表 6 钦州湾实测流速特征值

Table 6 Observation of current velocity at Qinzhou Harbor

季节 Season	站号 Site	水层 Location	流速 Velocity (cm/s)				流向 Direction ($^\circ$)			
			最大涨潮 Velocity at max. flood tide	最大落潮 Velocity at max. ebb tide	最小涨潮 Velocity at min. flood tide	最小落潮 Velocity at min. ebb tide	最大涨潮 Velocity at max. flood tide	最大落潮 Velocity at max. ebb tide	最小涨潮 Velocity at min. flood tide	最小落潮 Velocity at min. ebb tide
夏季 Summer	13	表层 Surface	78	133	23	28	12	187	34	174
		底层 Bottom	71	69	14	16	15	201	5	175
	14	表层 Surface	86	97	22	24	12	187	312	273
		底层 Bottom	78	62	11	9	14	171	39	18
	15	表层 Surface	89	114	17	22	22	218	31	196
		底层 Bottom	60	85	11	12	23	212	42	162
16	表层 Surface	87	119	14	14	349	168	141	108	
	底层 Bottom	92	128	9	10	351	162	87	153	
冬季 Winter	13	表层 Surface	51	67	5	9	335	179	305	165
		底层 Bottom	44	40	4	5	358	162	15	215
	14	表层 Surface	62	64	10	12	360	171	60	184
		底层 Bottom	55	61	9	10	7	184	66	186
	15	表层 Surface	58	105	11	12	34	207	54	223
		底层 Bottom	43	79	8	9	20	203	55	237
	16	表层 Surface	86	107	14	12	328	152	52	175
		底层 Bottom	83	77	12	10	287	97	45	186

速的空间分布, 以湾颈处最大, 湾口次之, 湾顶最小 (图 5)。

潮流的运动形式, 属往复流性质。主要日分潮椭圆长轴方向与水道走向一致, 为 S-N 向。潮流椭圆

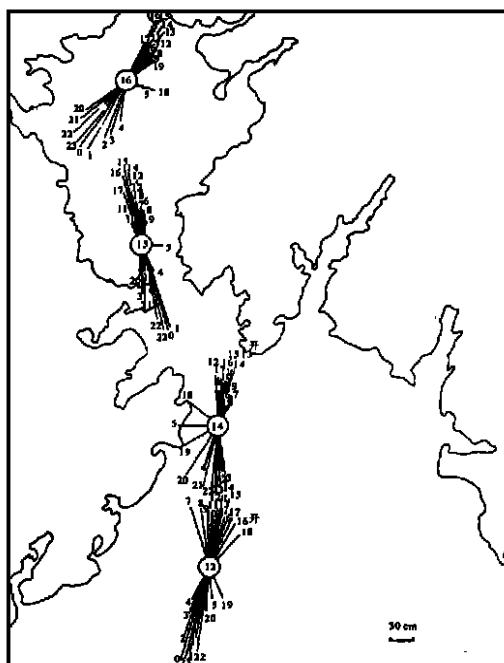


图 5 钦州湾表层流矢分布

Fig. 5 Distribution of surface current vectors at Qinzhou Harbor

表 7 各实测站流速

Table 7 Current velocity at sites

站号	层次	潮流流速 Current velocity (cm/s)					
		最大涨潮	最小涨潮	最大落潮	最小落潮	平均涨潮	平均落潮
		Max. flood tide	Min. flood tide	Max. ebb tide	Min. ebb tide	Average flood tide	Average ebb tide
0901	表层 Surface	40	10	76	13	25	42
	底层 Bottom	32	4	61	5	22	32
7702	表层 Surface	72	11	71	9	31	43
	底层 Bottom	61	16	64	4	27	37
8803	表层 Surface	61	4	63	16	30	32
0006	表层 Surface	50	12	60	10	31	38
	底层 Bottom	46	6	48	8	23	27

旋转率在 0.0~0.5 潮流椭圆旋转方向除湾顶外, 均为顺时针方向旋转。

3.2 余流

钦州湾余流的变化比较明显。夏季, 在茅尾一带, 表底层流向呈 WSW 和 SW 向, 流速分别为 22 cm/s 和 18 cm/s; 湾颈一带, 流向为 SE 向, 流速约 15 cm/s; 外湾海域, 流向为 SE 至 NE 向, 流速为 5 cm/s~15 cm/s。冬季, 茅尾海的余流与夏季基本一致, 呈 SSW 向, 流速约 20 cm/s; 湾颈处, 流向呈 SSE 向, 流速较大, 达 28 cm/s; 外湾一带, 流向呈 SSW 至 NE 向, 流速为 10 cm/s~12 cm/s。从总的区域分布来看, 以茅尾海一带的余流较大, 外湾较小, 湾颈处在冬季达最大 (图 6)。余流表、底流速相差 4 cm/s~7 cm/s, 流向基本一致, 但极个别区域 (如湾口处 13 号站) 也出现反向运动的现象。

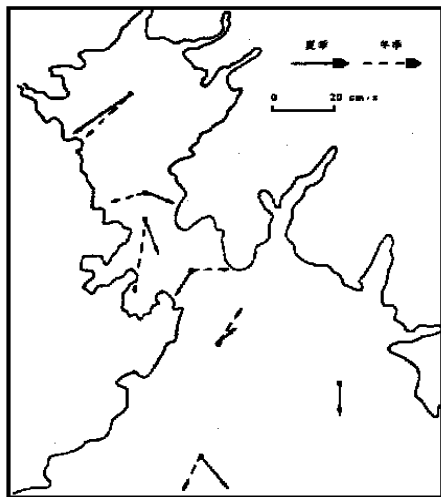


图 6 钦州湾余流分布

Fig. 6 Surface resident currents at Qinzhou Harbor in summer and winter

4 防城港流场分布特征

4.1 潮流

4.1.1 实测流速流向

防城港的流速以航道附近的最大。据实测资料统计, 涨潮期间, 表层最大流速为 72 cm/s, 最小流速在 10 cm/s 左右。落潮期间, 最大流速可达 76 cm/s, 略比涨潮流速大; 最小流速 9 cm/s。平均涨潮流速为 25 cm/s~30 cm/s, 平均落潮流速为 32 cm/s~43 cm/s, 大部分区域落潮流速比涨潮流速大 10 cm/s 左右 (表 7)。涨潮期间, 防城港水道流向 NW, 暗埠口江水道流向 NE; 落潮期间相反, 防城港水道流向 SE, 暗埠口江水道流向 SW。潮流主流向与航道走向一致。

流速的垂向变化较大, 表、底层最大涨、落潮流速约相差 10 cm/s, 平均流速相差 3 cm/s~10 cm/s。

4.1.2 潮流性质

防城港潮流性质判别数在左右, 说明该湾的潮流属非正规全日潮流。湾内主要浅水分潮流 M_4 与主要半日分潮流 M_2 和 S_2 的振幅比值较小, 约为 0.1, 表明浅水分潮流在该湾的作用不大。

4.1.3 潮流场

根据 4 个站的实测潮流资料, 绘制了防城港流矢分布图 (图 7), 图 7 表明, 潮流主流向, 在防城港航道一带为 SE-NW 向; 暗埠口江水道为 SW-NE, 钓鱼台附近几乎呈 SSW-NNE。

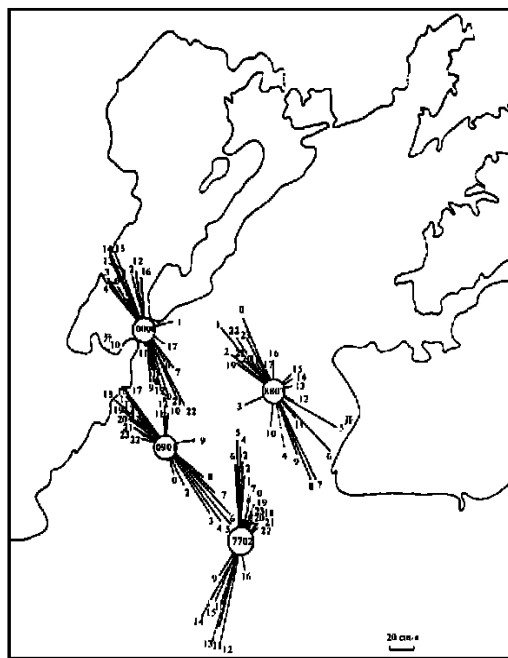


图 7 防城港流矢分布

Fig. 7 Distribution of tidal current vectors at Fangcheng Harbor

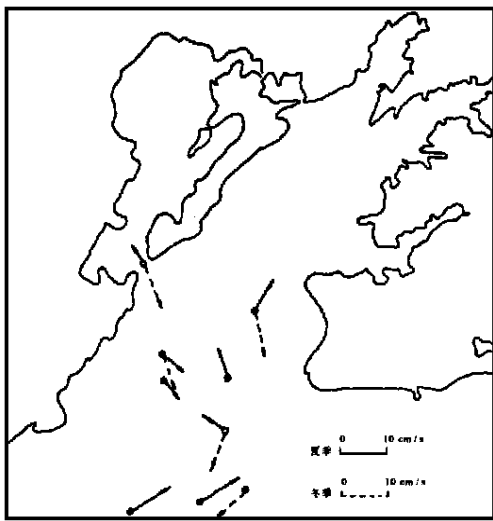


图8 防城港冬夏季余流

Fig. 8 Surface resident currents of Fangcheng Harbor in summer and winter

最大涨潮流速出现在高潮前 3h~5h, 表层流速可达 72 cm/s; 底层流速 61 cm/s。最大落潮流速出现在高潮后 5h~7h, 表层流速 76 cm/s, 底层流速 64 cm/s。转流时间出现在高潮或低潮时附近, 憩流延时为 0h~2h, 涨潮延时大于落潮延时, 差值在 3h

~5h

潮流的运动形式以往复流为主。主要分潮流长轴方向与水道走向一致, 在暗埠口江呈 SW-NE 向, 防城港航道则呈 SE-NW 向。

4.2 余流

防城港的余流状况, 主要受风场、径流和沿岸水的支配, 而在这些因素中, 季风的影响是主要的。

夏半年, 该湾受偏南—西南季风的影响, 在拦门沙外海区以及湾内大部分海域的流向与风向基本一致, 自 SW 向 NE 流动, 流速在 10 cm/s~15 cm/s。拦门沙与西贤沙之间有局部环流存在, 流向为顺时针方向不稳定, 流速为 10 cm/s 左右。

冬半年, 该海湾受偏北季风影响, 流向多呈偏南向; 流速分布趋势为湾口小, 湾内大, 最大流速可达 15 cm/s 左右, 冬夏季余流分布情况详见图 8。

参考文献

- 1 广西壮族自治区海岸带和海涂资源综合调查领导小组. 广西壮族自治区海岸带和海涂资源综合调查报告. 第 3 卷. 1986.
- 2 广西海洋开发保护管理委员会. 广西海岛资源综合调查报告. 南宁: 广西科学技术出版社, 1996.

(责任编辑: 蒋汉明)

(上接第 7 页 Continue from page 73)

端的雪花宫即由此命名。早期生成的皮壳多为褐色或棕色, 而近期生成的皮壳则多为白色。矿物成分主要为方解石或文石。

卷曲石是非重力水在毛细管作用力驱动下在相对较粗糙的物体表面运动, 从而使形成的方解石沉积呈随机卷曲状而形成。西 1 号支洞中的卷曲石与鹅管共生, 但发育规模不大。

5 结语

海子洞洞内的莲花盆、花瓣状石笋、穴圈、泥钟乳石在国内外均具有罕见、珍稀的地位, 不但极具观赏价值, 而且科学研究价值也很高。特别是该洞中的莲花盆堪称“世界第一莲花盆”, 是具有垄断性的旅游资源, 可谓“贵极无价”。在开展海子洞洞穴旅游时, 特别需要加强洞穴保护的力度和科学性。海子洞的发现, 不但对当地旅游业具有积极意义, 而且对提高我国岩溶在世界上的地位和填补我国洞穴钟乳石类发现的空白具有重要意义。

值得指出的是, 海子洞是如此珍贵的洞穴, 自然资源已经遭到较严重的肆意破坏。在此特刊出被破坏的莲花盆 (图 5) 和边石坝 (图 6) 照片以警世人, 并表示作者的沉痛心情。

参考文献

- 1 张任. 岩溶洞穴分类新思考. 中国岩溶, 1994, 13 (3).
- 2 朱学稳等. 桂林岩溶地貌与洞穴研究. 北京: 地质出版社, 1988.
- 3 朱学稳等. 阳朔莲花岩内的莲花盆. 地质论评, 1981, 27 (4): 368~369.
- 4 Daves D G. Lechuguilla the Eastern Wall falls Rocky Mountain Caving, 1989, 6 (2): 29~32.
- 5 Torre C V et al. Estudio litogenetico de una nueva formacion: los circulos concentricos reconstructivos. Bol Casimbar, 1991, 2, V. 3 68.
- 6 Meredith M et al. Giant caves of Borneo. Kuala Lumpur Tropical Press, 1992, 98~99.
- 7 Auler A. Les cercles de calcite flottante de la Lapa do Bezzerra, (Sao, Domingos, Golias, Bresil). Karstologia, 1993, 22 55~56.

(责任编辑: 蒋汉明)