

珠江三角洲海平面上升的影响范围^{*}

黄镇国 张伟强

(广州地理研究所 广州 510070)

范锦春 江沛霖

黎子浩 黄本胜

(水利部珠江水利委员会 广州 510611) (广东省水利水电科学研究所 广州 510610)

提要 研究讨论珠江三角洲 2030 年海平面上升 30cm 的影响范围。对 54 个站 7 种典型年最高洪潮水位的升幅进行了水文学或水力学计算。结果表明,按 5cm 和 25cm 升幅等值线的分布,可分出影响很小区、较大区、最大区。影响范围随多种条件而发生动态变化。影响最明显的是枯水、特大风暴潮、口门延伸的典型年,其最高洪潮水位升幅的代表值,在影响很小区、较大区、最大区分别为 < 5cm、24cm、32cm。

关键词 海平面上升,影响范围,珠江三角洲

中图分类号 P731

未来数十年海平面上升,珠江三角洲将有约 1500km² 的大片低地(占平原面积的 23.7%)受淹(李平日等,1993)。若海平面上升 40—60cm,按 20 年一遇洪水水面线分析,受影响的范围一般距河口 60—70km,回水终点以外的上游地区不受影响,引起水位抬高的范围主要是佛山、中山、顺德、江门、新会、东莞六市(范锦春,1994)。实际上,珠江三角洲 86.7% 的土地有堤围防护,故海平面上升的影响范围不宜与无设防的状况相提并论。而且,不同条件下海平面上升的影响程度是不同的。本文按照 7 种典型年不同的条件(流量、风暴潮、口门延伸),用水文学及水力学方法,计算各站洪潮水位的升幅,从而划分出海平面上升的不同程度的影响范围。珠江三角洲 2030 年相对海平面的可能上升幅度为 22—33cm(黄镇国等,1999),本文取海平面上升幅度 30cm 来讨论海平面上升的影响范围。

1 范围划分

计算 31 个站不同重现期(100 年、50 年、20 年一遇)最高洪潮水位的差值,共得 62 个数据。若洪潮水位抬高 5cm,只有 6 个数据所代表的重现期缩短,占 9.7%;而洪潮水位抬高 25cm,则有 57 个数据所代表的重现期缩短,占 92%。海平面上升的影响集中体现在各种潮位的全面抬升及其连带效应,因此,可以考虑以海平面上升后最高洪潮水位升幅 5cm 等值线作为海平面上升影响范围的边界,此界上游区域称为影响很小区。再以 25cm 等值线划分影响较大区和影响最大区。

* 广东省重大科研项目,930816 号。黄镇国,男,出生于 1939 年 9 月,研究员,Fax: 0086-20-87765006

收稿日期:1998-08-04,收修改稿日期:1998-12-16

表 1 珠江三角洲海平面上升后不同条件下各站最高洪潮水位抬升幅度(cm)

Tab. 1 The rise amplitude of the highest flood-tidal levels under different conditions in response to sea level rise (cm)

序 号	站 名	海平面上升 30cm					海平面 上升 20cm	
		74·7 型		94·6 型	93·9 型(一)	93·9 型(二)	93·9 型(三)	口门延伸
		中水	一般洪水	特大洪水	小水	口门延伸		
		(33108m ³ /s) 一般风暴潮	(40203m ³ /s) 较强风暴潮	(46300m ³ /s) 一般风暴潮	(11800m ³ /s) 特大风暴潮		(2000m ³ /s) 一般风暴潮	
1	老鸦岗	—	22.2	—	—	—	25.4	—
2	水口	—	—	0	—	—	18.2	—
3	马洞	0	—	0	0	0	17.6	0
4	紫竹	2.0	0	0	—	—	22.9	—
5	多竹	3.0	0	1.0	—	—	23.0	—
6	甘竹	0	0	0	0	0	20.6	0
7	南华	2.0	0	1.0	—	—	22.0	—
8	天河	1.0	0	0	4.0	1.0	21.5	0
9	北街	6.0	0	3.0	6.0	2.0	23.0	0
10	新家埔	—	—	—	32.0	27.0	—	16.0
11	东莞	26.0	—	20.0	—	—	—	—
12	五斗	18.0	9.9	9.0	—	—	27.1	—
13	澜石	6.0	0	2.0	—	—	24.2	—
14	弼教	—	2.1	—	—	—	25.1	—
15	陈村	—	6.9	—	—	—	26.6	—
16	碧江	16.0	—	7.0	—	—	—	—
17	勒流	8.0	0	3.0	—	—	24.7	—
18	三善	16.0	9.3	8.0	25.0	18.0	26.8	10.0
19	板沙尾	18.0	12.6	10.0	20.0	8.0	28.5	2.0
20	容奇	14.0	6.3	6.0	—	—	26.2	—
21	大陇	22.0	—	13.0	—	—	—	—
22	马鞍山	15.0	6.9	8.0	—	—	26.9	—
23	小榄	8.0	0	3.0	9.0	3.0	24.2	0
24	外海	7.0	—	3.0	—	—	—	—
25	百顷头	10.0	—	6.0	—	—	—	—
26	大敖	—	—	8.0	—	—	—	—
27	叠石	—	7.2	—	24.0	10.0	24.9	2.0
28	三江口	23.0	35.1	23.0	25.0	16.0	32.9	7.0
29	睦洲	13.0	12.3	14.0	—	—	28.3	—
30	莲腰	15.0	—	9.0	—	—	—	—
31	竹洲头	22.0	—	15.0	—	—	—	—
32	横山	20.0	22.5	19.0	28.0	15.0	31.9	6.0
33	竹银	24.0	12.0	18.0	28.0	17.0	26.6	8.0
34	黄冲	25.0	33.9	26.0	28.0	16.0	30.7	6.0
35	鳌鱼沙	24.0	—	16.0	27.0	19.0	—	10.0
36	灯笼山	30.0	24.0	30.0	30.0	11.0	29.5	1.0
37	西炮台	22.0	33.3	27.0	30.0	18.0	35.1	8.0
38	白蕉	28.0	24.3	20.0	—	—	29.6	—
39	黄金林	25.0	24.0	21.0	31.0	13.0	30.8	24.0
40	大标	—	—	29.0	—	—	—	—
41	浮标厂	29.0	28.5	18.0	27.0	21.0	29.6	12.0
42	中大	29.0	31.8	22.0	—	—	32.0	—
43	黄埔	29.0	32.4	27.0	29.0	23.0	31.8	13.0
44	大石	29.0	30.9	19.0	—	—	30.1	—
45	大盛	29.0	—	28.0	—	—	—	—
46	漳澎	29.0	—	28.0	—	—	—	—
47	三沙口	28.0	30.3	27.0	31.0	25.0	31.4	15.0
48	泗盛	28.0	—	—	29.0	—	—	—
49	灵山	25.0	29.1	15.0	—	—	31.8	—
50	大虎	28.0	—	29.0	30.0	24.0	—	13.0
51	南沙	28.0	30.3	27.0	30.0	25.0	31.9	14.0
52	万顷沙	27.0	26.7	23.0	29.0	10.0	31.7	0
53	横门	25.0	24.0	21.0	31.0	13.0	30.8	0
54	舢板洲	—	31.2	—	—	—	33.3	—

注:测站位置见图 1。口门延伸是指实施珠江河口整治规划后口门向海延伸的条件下

— 表示未测

对珠江三角洲共 54 个水文(水位)站(图 1), 计算了海平面上升 30cm 后不同典型年最高洪潮水位的升幅(表 1)。

1974 年 7 月 22 日(74·7 典型年, 图 2a), 三角洲上游马口站为中等流量(33108m³/s), 沿海为一般风暴潮, 代表中水和一般风暴潮的洪潮组合, 即代表常年的状况。对 47 个站, 由一维、二维不恒定流体力学模型进行计算。计算时, 在网河区布设 255 个河段, 共截取 948 个计算面, 地形资料大部分采用 20 世纪 80 年代以后测绘的 1/5000 河道水下地形图。计算结果, 等值线的展布如图 2a, 5cm 等值线表明, 西北江三角洲西北部属于影响很小区(A 区)。25cm 等值线表明, 东江三角洲大部、广州市区南部、东四口门和西四口门的两侧为影响最大区(C 区)。上述两区之间为影响较大区(B 区)。

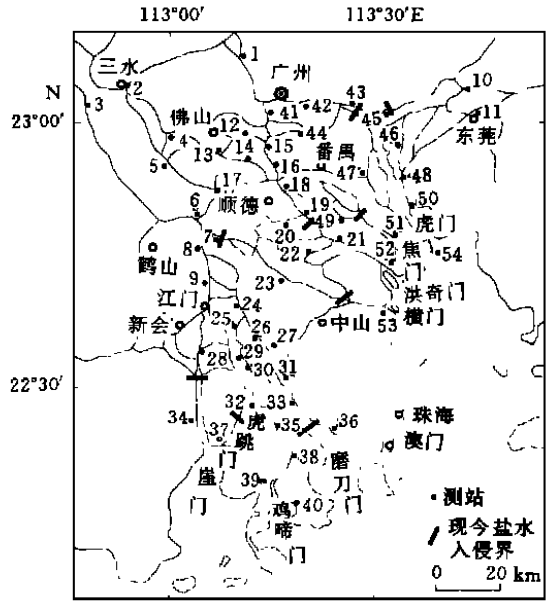


图 1 珠江三角洲水文(水位)站的位置

Fig. 1 Location of the hydrologic (water level) stations over the Zhujiang Delta (序号同表 1)

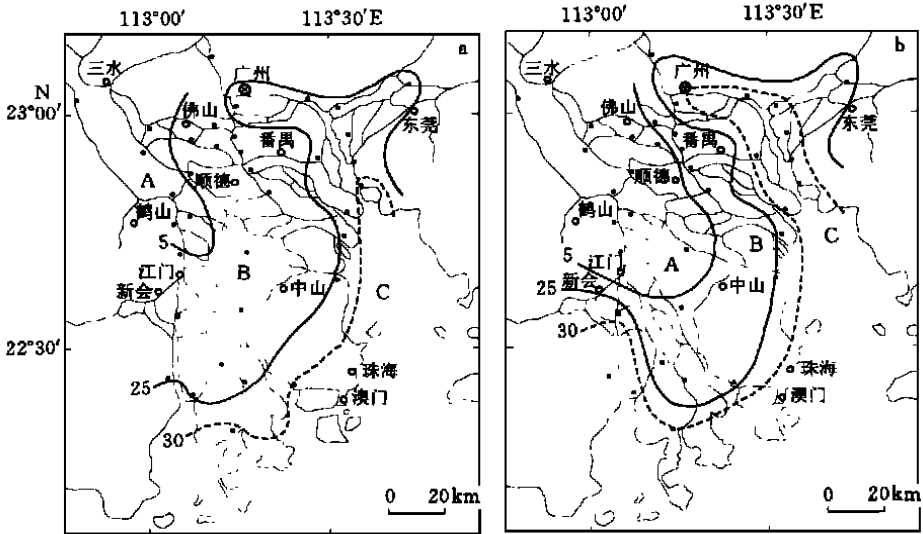


图 2 两种典型年最高洪潮水位升幅等值线(cm)

Fig. 2 Isolines of rise amplitude of the highest flood-tidal level for two typical years (cm)

a. 74·7 典型年(中水, 一般风暴潮); b. 一般洪水和较强风暴潮典型年

A 影响很小区; B 影响较大区; C 影响最大区

—分区等值线; - - - 补充等值线; ●测站

2 影响动态

海平面上升的影响范围随海平面上升幅度、径流、风暴潮、口门延伸等条件的改变而有动态变化。最高洪水水位升幅 5cm 等值线可称为“洪区锋线”，其上游区域为洪区，汛期水位完全受洪水流量控制。25cm 等值线可称为“潮区锋线”，其下游区域为潮区，台风季节的潮水位主要受风暴潮影响。这两条锋线的位置因径流和风暴潮的强弱对比而变动，多数情况下是一进俱进(向上游)，一退俱退(向下游)。

如上述，若以 74•7 典型年代表常年的状况，则可将下列 4 种典型年与其对比，反映不同条件下海平面上升影响范围的差异。

2.1 一般洪水和较强风暴潮典型年

取马口站 20 年一遇流量 $40203\text{m}^3/\text{s}$ 代表一般洪水，在较强风暴潮的条件下，对 37 个站，由水文学方程计算各站最高洪潮水位(黎子浩, 1994)：

$$Z_2 = C_1 Z_1 + \beta Q + \alpha Z_1 Q + C_2$$

式中， Z_2 为各站高潮水位； Z_1 为海平面上升幅度(以口门外的三灶站为代表)； Q 为马口站流量； α 和 β 为斜率； C_1 和 C_2 为常数。 α 、 β 、 C_1 、 C_2 的值可以通过相关分析计算而求得。

如图 2b，由于洪水条件，径流增强，故 5cm 等值线向下游推移，即海平面上升的影响范围缩小。因风暴潮较强，故在强潮河口(伶仃洋、崖门)，25cm 等值线尤其是 30cm 等值线向上游推移，即影响最大区的范围扩大。

2.2 94•6 典型年

1994 年 6 月 20 日(94•6 典型年)发生建国以来西、北江的最大洪水，马口站流量为 $46300\text{m}^3/\text{s}$ ，接近百年一遇($46736\text{m}^3/\text{s}$)，代表特大洪水和一般风暴潮的洪潮组合。对 48 个站的最高洪潮水位进行了水力学计算。升幅等值线(图 3)表明，由于特大洪水而风暴潮属一般水平，故 25cm 等值线明显向口门推移，30cm 等值线难以表达，即影响最大区的范围缩小。影响很小区比 74•7 典型年有所扩大。

2.3 93•9 典型年

1993 年 9 月 17 日(93•9 典型年)马口站流量仅为 $11800\text{m}^3/\text{s}$ ，而沿海出现特大风暴潮，代表特大风暴潮和小水的洪潮组合。对 24 个站进行了水力学计算。最高洪潮水位升幅等值线表明(图 4a)，由于小水年径流弱，故影响很小区向上游退缩，但是，特大风暴使 25cm 等值线明显向上游推移，

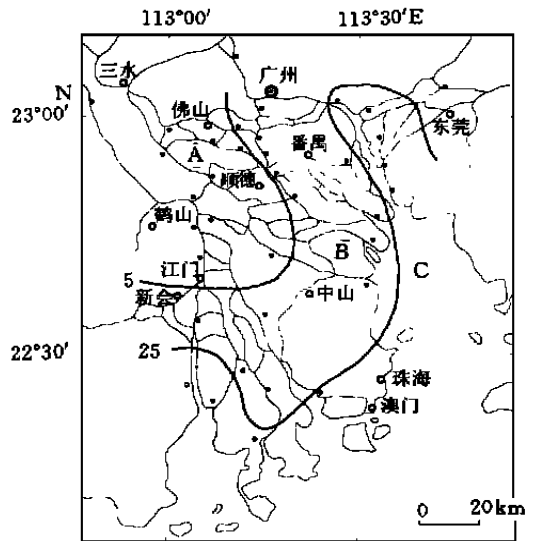


图 3 94•6 典型年(特大洪水,一般风暴潮)最高洪潮水位升幅等值线

Fig. 3 Isolines of rise amplitude of the highest flood-tidal level for the typical year of 94•6 associated with large runoff and those with a general storm surges

即影响最大区大为扩展。

同是 93·9 典型年, 若考虑口门向海延伸, 即按珠江三角洲整治规划使口门沿治导线定向延长, 延伸长度为: 蕉门 24km, 洪奇门 15km, 横门 20km, 磨刀门 14km。在这种条件下进行计算, 口门不延伸条件下的 25cm 等值线大体被 15cm 等值线所取代, 而影响最大区退缩至狮子洋水道两侧, 反映海平面上升的影响范围大大缩小(图 4b)。

同是 93·9 典型年, 若口门延伸, 而且海平面上升幅度为 20cm, 在这种条件下(图 4c), 海平面上升的影响最小, 原 15cm 等值线大体被 10cm 等值线所取代, 5cm 等值线几乎推

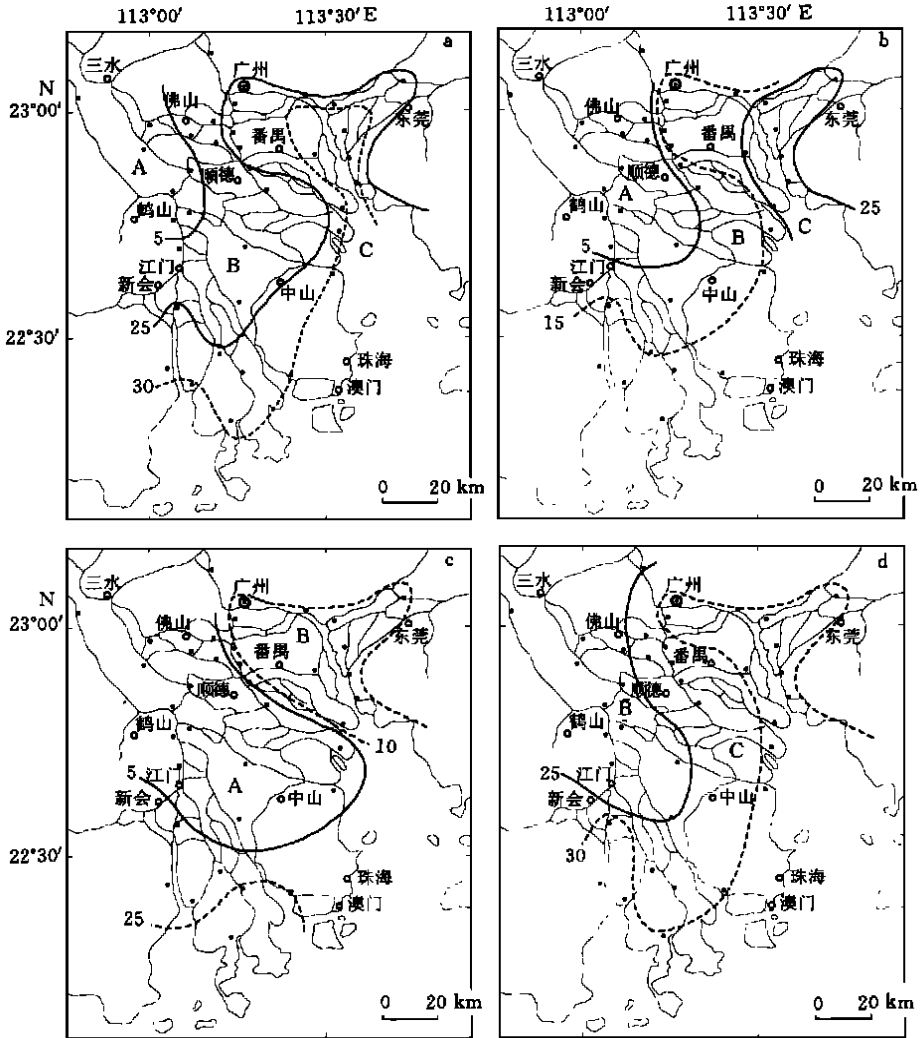


图 4 特大风暴潮典型年和枯水典型年最高洪水水位升幅等值线

Fig. 4 Isolines of rise amplitude of the highest flood-tidal level for

the typical years associated with large storm surges and those with a small runoff

- a. 93·9 典型年(一), 小水, 特大风暴潮、海平面上升 30cm, 口门不延伸; b. 93·9 典型年(二), 口门延伸;
- c. 93·9 典型年(三), 海平面上升 20cm, 口门延伸; d. 枯水和一般风暴潮典型年

移至口门, 整个三角洲仅出现 A 区和 B 区。

2.4 枯水和一般风暴潮典型年

马口站枯水流量($2000\text{m}^3/\text{s}$), 即使是一般风暴潮, 在这种情况下, 对 38 个站进行计算结果, 海平面上升的影响最大(图 4d), 25cm 等值线大举推进, 几乎到达原 5cm 等值线的位置, 整个三角洲仅出现 B 区和 C 区。

3 影响程度

以上所述列举了 7 种洪潮组合条件下海平面上升的影响范围, 互相差异甚大, 从防御对策考虑, 以何为据, 不免莫衷一是。表 2 为上述 7 种情况下最高洪潮水位上升幅度的比较。其中, 枯水和一般风暴潮典型年由于江河水位较低, 尽管洪潮水位升幅最大, 但就防洪而言, 实际灾情不重。海平面上升 20cm 的 93·9 典型年(三), 海平面上升的影响最小, 但按海平面升幅 20cm 计, 可能偏小。口门延伸条件下的 93·9 典型年(二), 海平面上升的影响也很小, 但口门延伸是一个历时很长的过程, 故缺乏现实的代表性。74·7 典型年以及一般洪水和较强风暴潮典型年, 两者的影响程度相似, 但都反映一般年份的情况。除上述 5 种情况之外, 94·6 特大洪水年和 93·9 特大风暴潮年, 在防灾减灾上可谓“从最坏处着眼, 从最好处着手”的典型年。可惜历史上缺乏特大洪水与特大风暴潮极端遭遇的水文记录可供计算。93·9 与 94·6 比较, 前者更具典型意义。表 2 表明, A、B、C 区洪潮水位升幅的平均值和最大值都以 93·9 典型年为大, 这反映海平面上升后风暴潮比洪水的影响更大。因此, 建议取 93·9 典型年为代表来评估海平面上升 30cm 对珠江三角洲的影响范围和影响程度。

表 2 不同典型年海平面上升后最高洪潮水位升幅(cm) 的比较
Tab. 2 Intercomparisons for the rise (cm) amplitude of the highest flood-tidal levels due to sea level rise for different typical years

洪潮组合典型年	A 区		B 区		C 区	
	平均升幅	最大升幅	平均升幅	最大升幅	平均升幅	最大升幅
枯水和一般风暴潮典型年	—	—	22.0	24.7	29.4	35.1
93·9 典型年(三)	0.2	2.0	11.5	24.0	—	—
93·9 典型年(二)	1.0	2.0	15.4	23.0	26.8	33.0
74·7 典型年	1.1	3.0	16.0	24.0	28.1	31.0
一般洪水和较强风暴潮典型年	0.2	2.1	13.5	24.0	30.6	35.1
94·6 典型年	1.3	3.0	14.1	23.0	26.9	30.0
93·9 典型年(一)	1.3	4.0	14.8	24.0	28.7	32.0

注: — 表示未测

按照 93·9 典型年, 5cm 等值线即海平面上升的影响范围大体到达佛山澜石、顺德勒流、江门北街一线, 亦即南海市大部、顺德与新会接壤地区属于影响很小区。25cm 等值线即影响最大区的范围到达三江口、横山、竹银、万顷沙西、三善、广州、黄埔、新家埔、东莞、泗盛一线, 包括新会南部、斗门、珠海、中山东部、番禺大部、广州市西南部、东江三角洲大部。

影响范围上界至河口的距离(表 3), 东四口门以虎门水道为最大, 约 100km, 蕉门、洪

奇门、横门水道为 60—70km; 西四口门以磨刀门水道为最大, 约 80km, 崖门、虎跳门水道为 50—60km。影响最大区上界的距离, 也是以虎门水道和磨刀门水道为最大(76km 和 44km), 其余水道多为 20km 左右。

最高洪潮水位的上升幅度, 按 93·9 典型年的影响较大区和影响最大区计(表 2), 可参考最大升幅值设防, 即 A 区为 < 5cm, B 区为 24cm, C 区为 32cm。

表 3 海平面上升影响范围上界至河口的距离(km)

Tab. 3 Distance (km) between the estuary and the upper limit influenced by sea level rise

水 道	起算地点	至影响范围上界的距离及地点	
		B 区	C 区
虎门水道	虎门口	106(澜石)	76(广州)
蕉门水道	南 沙	56(勒流)	36(三善)
洪奇门水道	万顷沙 17 冲	72(勒流)	24(万顷沙西)
横门水道	横门口	60(天河)	14(石歧河口)
磨刀门水道	三 灶	84(北街北)	44(竹银)
虎跳门水道	西炮台	62(北街北)	20(横山)
崖门水道	崖门口	52(北街北)	26(三江口)
东江北干流	大 盛	—	23(新家埔)
东江南支流	泗 盛	—	22(东莞)

注: — 表示未测

4 结语

珠江三角洲 54 个水文(水位)站的水位记录, 为海平面上升后最高洪潮水位升幅的水文学及水力学计算提供了基本依据。

最高洪潮水位的升幅, 反映了海平面上升的影响程度。升幅的大小与流量、风暴潮、口门延伸等条件有关。

取历史上 7 种典型年的洪潮组合, 分别计算出海平面上升 30cm 或 20cm 后各站最高洪潮水位的升幅。结果表明, 根据 5cm 和 25cm 升幅等值线的分布, 可以将海平面上升的影响范围, 从三角洲上游向下游划分出影响很小区、影响较大区、影响最大区。

海平面上升的影响范围具有动态变化。不同典型年, 三个影响区的位置或进(向上游)或退(向下游)有明显差异。若以中等洪水 and 一般风暴潮年代表常年状况, 将其它典型年与其对比, 则海平面上升影响最小的是枯水和一般风暴潮年, 影响最大的是枯水和特大风暴潮年。

从防御对策考虑, 可参照影响最大的典型年来设防, 即海平面上升 30cm, 最高洪潮水位升幅的代表值, 影响最大区为 32cm, 影响较大区为 24cm, 影响很小区为 5cm。

参 考 文 献

- 李平日, 方国祥, 黄光庆, 1993. 海平面上升对珠江三角洲经济建设的可能影响及对策. 地理学报, 48(6): 527—534
范锦春, 1994. 海平面上升对珠江三角洲水环境的影响. 海平面上升对中国三角洲地区的影响及对策. 北京: 科学出版社, 194—201

黄镇国, 陈特固, 范锦春等, 1999. 广东海平面变化及其影响与对策. 广州: 广东科技出版社, 56—74

黎子浩, 1994. 珠江三角洲联围筑闸对水位的影响. 海平面上升对中国三角洲地区的影响及对策. 北京: 科学出版社,

129—137

AREAS INFLUENCED BY SEA LEVEL RISE IN ZHUJIANG DELTA

HUANG Zhen Guo, ZHANG Wei Qiang

(*Guangzhou Institute of Geography, Guangzhou, 510070*)

FAN Jin-Chun, JIANG Pei-Lin

(*Zhujiang River Water Resources Commission, Ministry
of Water Resources, PRC. Guangzhou, 510611*)

LI Zi-Hao, HUANG Ben-Sheng

(*Water Conservancy and Hydroelectric Power Institute
of Guangdong Province, Guangzhou, 510610*)

Abstract The scope influenced by sea level rise with a forecasted amplitude of 30cm until 2030 in Zhujiang Delta is discussed in this paper. According to the 5cm and 25cm isolines of the increase in the highest flood-tidal level due to sea level rise, the influenced areas can be divided into three parts, with slight, relatively strong and very strong influences, respectively.

The rise amplitude of the highest flood-tidal level affected by sea level rise at 54 hydrologic stations during different typical years in the future is calculated by a hydrology or hydraulics method.

The influence scope varies with some conditions such as the amplitude of sea level rise, runoff, storm surge and extension of the estuary. The distribution of 5cm and 25cm isolines of rise amplitude of the highest flood-tidal level under six combinations for different typical years are derived. The result indicates that the typical year of 74•7 (July 22, 1974) represents a general condition of medium runoff and ordinary storm surge. By comparing an ordinary year with another five situations the difference of influence scope and influence degree can be analyzed. During the year with an ordinary flood and relatively strong storm surge the scope and degree are similar to the ordinary year. The influence is slight when the year of a small runoff and ordinary storm surge, and the situation of the typical year of 93•9 (September 17, 1993) with extension of the estuary is also the same. When the excessively large-flood and general storm surge occurred during a typical year of 94•6 (June 20, 1994) the influence scope and degree is relatively large. It is the most obvious during the typical year of 93•9 of a small runoff and very strong storm surge, without extension of the estuary. Therefore, the influence situation of the last can be considered as a typical condition to predict the scope and degree and the representative values of the largest increase in the flood-tidal level of 24cm in the region with strong influences and 32cm in the region with very strong influences are recommended for the sea level rise by 30cm in the future.

Key words Sea level rise, Influence areas, Zhujiang Delta