

黄镇国等 著

广东海平面变化 及其影响与对策

广东科技出版社



本书承

广东省科学技术厅资助出版

广东优秀科技专著出版基金会推荐

广东优秀科技专著出版基金会

顾问：钱伟长

(以姓氏笔画为序)

王元	卢良恕	伍杰	刘杲
许运天	许学强	许溶烈	李辰
李金培	李廷栋	肖纪美	吴良镛
汪家鼎	宋木文	宋叔和	陈元直
陈幼春	陈芳允	周谊	钟南山
钱迎倩	韩汝琦	焦树德	

名誉会长：(以姓氏笔画为序)

马万祺	任仲夷	庄世平	刘皇发
何克勤	余国春	柯正平	梁广大
曾宪梓	黎子流		

评审委员会

主任：谢先德

委员：(以姓氏笔画为序)

邓铁涛	卢永根	卢明高	伍尚忠
刘振群	刘颂豪	李任先	李岳生
李宝健	张士勋	张展霞	陈兴业
赵元浩	高惠广	容柏生	黄达全
黄衍辉	彭文伟	傅家谟	谢先德
蔡荣波	欧阳莲		

内 容 简 介

海平面上升及其灾害是一种全球现象，不易被人们所警觉。本书作者根据大量观测数据，计算出数十年来广东海平面的上升速率，对未来数十年海平面的上升幅度作了预测，并从8个方面分析海平面上升的可能影响，进而提出防灾减灾的8项对策。

本书资料翔实，内容新颖，实用性强，并配有声像演示的地理信息系统光盘，可供海洋、海岸工程、水利、水产、国土管理、城乡规划、环境保护等部门参考应用。

《广东海平面变化及其影响与对策》

参加单位名称

中国科学院广州分院、广东省科学院

广东省科学院广州地理研究所

中国科学院南海海洋研究所

水利部珠江水利委员会

广东省水利厅

广东省水利水电科学研究所

广东省水文局

国家海洋局南海分局

中国水产研究院南海水产研究所

中山大学河口海岸研究所

广东省地震局

国土资源部广州海洋地质调查局

中国科学院广州地球化学研究所

《广东海平面变化及其影响与对策》

学 术 顾 问

施雅风（中国科学院院士）

任美镠（中国科学院院士）

赵希涛（中国科学院地质研究所研究员）

《广东海平面变化及其影响与对策》

课题名称及参加人员名单

项目主持人 谢先德 黄镇国

综合组

谢先德 黄镇国 范锦春 陈特固 李平日 方国祥 陈碧琛
赵必强

广东历史时期海平面变化的岩芯记录

方国祥

广东历史时期海平面变化的海滩岩记录

刘以宣 詹文欢 钟建强

广东历史时期海平面变化的珊瑚礁记录

聂宝符 陈特固 梁美桃 钟晋梁 余克服

珠江口西岸历史时期海平面变化的沉积记录

陈俊仁 李学杰 沈恒培 李国胜 黄文和 崔建秋

广东历史时期海平面变化的岸线变迁记录

李平日 谭惠忠 李孔宏

广东海平面变化的构造活动与地形变因素

张虎男 卢汝圻 陈伟光 赵红梅 常郁 丁丽青 鄢晓
叶东华

近数十年广东海平面变化趋势、速率和幅度

陈特固 陈欣树 徐锡祯

近数十年广东海平面变化趋势中高频扰动的研究

吴超羽 杨清书 方畴军

广东数十年内海平面变化预测

吴厚水 何正翀 黄大基

海平面上升对风暴潮灾害的可能影响及对策

何洪钜 邹斌 庄广树 张漫莉

海平面上升与河口水位变化关系的研究

黎子浩 黄本胜 邱静 赖冠文 丘宜平 万鹏 谢明
沈汉堃 钟上海 刘建业

海平面上升对江海堤围的可能影响及对策

《广东海平面变化及其影响与对策》

著者名单

黄镇国 谢先德 范锦春

陈特固 张伟强 李平日

方国祥 陈碧琛 赵必强

序 一

广东是海洋大省，辖海域面积达 $45 \times 10^4 \text{km}^2$ ，相当于全省陆地面积的两倍多。大陆海岸线全长 3 368km，沿海共有岛屿 1 431 个。全省沿海 29 个县市海岸带土地面积约 $6 \times 10^4 \text{km}^2$ ，约占全省陆地面积的三分之一。沿海土地资源、生物资源、盐业资源、海洋能资源、油气资源、旅游资源等都很丰富，具有发展海洋事业的得天独厚的条件。1996 年全省海洋产业总产值达 843 亿元，占全国的 29.4%，为建设“海上广东”作出了重要贡献。

然而，广东沿海的风、潮、洪、涝、咸等自然灾害比较频繁，而且随着经济的迅速发展，自然灾害的经济损失相对增大，仅台风和洪涝的直接经济损失，20 世纪 90 年代以前全省平均每年为 21 亿元，90 年代平均每年达 196 亿元。因此，防灾减灾是广东实施海洋事业可持续发展战略的重要环节。

全球气候变暖引起海平面上升，加剧沿海地区的自然灾害，这已引起世界各国的广泛关注。然而，由于海平面上升是一种渐进的过程，所以人们对此往往持不可不信而又不可全信的态度。

1993 年春，由中国科学院地学部 11 位院士率领的专家组专程来粤考察，并建议广东进一步开展海平面上升影响及对策的研究。嗣后，由省内 13 个有关单位的科技人员共同对广东海平面进行了一次系统而深入的研究，历时 4 年。

我很高兴地读了这份研究报告。近数十年来，广东沿海各站实测潮位的升高、风暴潮及波浪的增强等诸多现象表明，海平面上升是可信的事实，只是一般人未曾觉察而已。而且，数十年来广东海平面的上升速率是可以计算出来的。在此基础上，还可以根据多种因素，预测未来数十年海平面上升的幅度。虽然上升幅度一般仅为 20cm ~ 30cm，但是，这个幅度足以使有些海堤的抗御能力从百年一遇降为二十年一遇。何况全省堤围有 20% ~ 40% 的长度尚未达到原有的设计标准，海平面上升后，堤围防御洪潮的能力将更降低。海平面上升还将使风暴潮频率增大，引起咸水入侵，扩大内涝面积，

减少沿海滩涂资源增长量等等，其影响是不容忽视的。要抗御海平面上升带来的影响，必须加高加固全省的堤围，估算投资约需 27 亿元，然而，1996 年一次强台风的直接经济损失即达 147 亿元，可见“减灾相当于增产”之说不无道理。

海平面上升是一个缓慢的过程，海平面灾害是一种潜在的间接的自然灾害，这是人们对此不足置信和疏于防范的原因。对于自然灾害，人们不可能消灭它，但可防灾减灾。关于海平面上升及其灾害，不可言过其实，因为我们的城市和田野都是有设防的。这份研究报告根据比较切实的数据，对广东海平面问题进行了科学的分析，提出了具体的防灾减灾对策，这不仅对于我省沿海地区经济发展的布局、规划和工程设计都将有一定的参考应用价值，而且让我们对于海平面变化这个科学但不神秘、抽象而又实际存在的全球性现象获得许多新的知识，并逐渐取得共识，也是有所裨益的。我们应该对完成此项广东省重大科研项目的科技人员表示赞誉和感谢。

广东省省长 

1998 年 3 月 15 日

序 二

《广东海平面变化及其影响与对策》专著的出版问世是我国全球变化研究与实际应用中的一件大事。全书 14 章，全面系统且详细地论述了全新世以来和近数十年的海平面实际变化与趋势，合理地推算了 2030 年海平面上升幅度，评估了海平面上升对加剧风暴潮灾害，抬高珠江河口洪水位，削弱江海堤围防御能力，扩大盐水入侵范围以及对滩涂资源利用和珠江三角洲综合整治等的影响，讨论了沿海工程设计参数应有的变更，最后提出了海平面灾害综合评估与防灾减灾对策。这本洋洋 45 万字大著，是迄今为止我所看到的我国区域海平面变化研究最充实并可付之应用的优秀著作。

1985 年，世界科学联合理事会（ICSU）世界气象组织（WMO）和联合国环境保护署（UNEP）在奥地利 Villach 召集专门会议讨论了 CO₂ 等温室气体增加、全球变暖致使海平面上升和其他一系列严重的环境变化。这个会议促使我国许多学者警觉于全球变暖和海平面上升的危害性，必须加强这方面研究，预筹对策。以后在国家自然科学基金会和中国科学院设立的《中国气候和海面变化及其趋势和影响》项目中包含了海平面变化课题，对全新世和器测时期的海平面变化、未来海平面上升对长江三角洲地区的可能影响，作了开创性的、较深入的研究，内容详见于 1996 年山东科学技术出版社出版的《中国海面变化》（赵希涛主编）专著。1993 年中国科学院地学部组织了一批院士和专家对地势较低、经济发展较快、受海平面上升影响较大的珠江、长江、黄河三角洲及天津地区进行了考察。就在那次考察中认识到海平面上升问题很复杂，有许多不确定因素和问题，需要细致研究，而许多工作又必须在地方上进行。在向广东省领导汇报珠江三角洲考察结果时，就建议设立专项，发挥科学技术优势，组织多学科、多领域综合研究，以适应广东省长远经济发展的需要，提供预防海平面上升灾害的科学依据。我们非常高兴该建议迅速得到采纳。1994 年起广东省科委、广东省科学院和中国科学院广州分院组织了 10 多个有关科研单位开展系统深入的

调查研究，在各单位专家提出的分报告基础上，又由本书的几位主要负责者进行协调和整编，上升成为高水平的专著。

海平面上升的复杂性，既包含了很多影响因素而不易恰当量化，又有不少观察和统计数据是相互矛盾的，对同一问题的认识专家中也有分歧意见，这些都是正常现象。本书的论述从历史发展观点，兼收并介绍各有依据的不同来源的资料和见解，对关键问题进行深入探讨，在新的层次上解决问题。例如，对近数十年广东海平面上升速率的确定，根据 20 世纪 50 年代以来各验潮站资料统计分析，认为 1955 年~1994 年广东相对海平面上升速率为 $2.0\text{mm/a} \sim 2.5\text{mm/a}$ ，其中包含有全球性的理论海平面上升和地基沉降两个要素，分离这两个要素是困难的。香港北角站和澳门验潮站都始于 1925 年，有 70 多年历史，可以包容 35a~40a 的变化周期。但两站又均存在迁移、战争环境下缺测和地基变化等问题，不能简单利用。研究者仔细检查，校正阶段性误差，统一海图基准面，使资料互相接口，统一成均一序列，由此算得香港 - 澳门近 72a (1925 年~1996 年) 海平面上升速率为 1.8mm/a ，其变化曲线与上升趋势和记录更长的太平洋中部的檀香山 (1904 年起) 和太平洋东岸旧金山 (1853 年起) 近似，可以作为理论海平面上升的近似代表值，这是我国器测时期海平面变化研究中的一个突破。预防海平面上升灾害最重要的措施是提高沿海工程的设计标准，这需要巨额投资。为了有效而又经济地预防灾害，本书专设一章深入研讨沿海工程设计要考虑海平面上升对工程基准面、设计潮位、设计波高等的具体影响，提出了恰当的设计参数。最后在海平面上升防灾减灾对策中指明将受影响的沿海堤围总长度为 3 597km，加高加固到新设计标准需投资 27.2 亿元。这数字看来不小，但比之于 1993 年~1996 年广东省每年遭受的台风洪涝灾害损失达 114 亿~264 亿元的巨额数字，则又看出防灾减灾的迫切性。像这样有创新的例子，可说出多起。本书某些方面，叙述略显冗长。在出版以后，也会发现若干不足之处，留待后继者的改进。

中国科学院院士 施雅风

1998 年 5 月 1 日于南京

前 言

广东大陆海岸线长度为 3 368km, 占全国的 18.7%。沿海有岛屿 1 431 个, 占全国的 22%。1996 年广东的海洋产业, 产值达 843 亿元, 占全国的 29.4%; 在全省国内生产总值中的比重为 13%, 远高于全国平均水平的 3%。1991 年~1996 年广东海洋产业产值的年平均增长率为 28.5%, 高于全国平均水平的 22.2%。广东海洋产业产值中第一、第二、第三产业的比例为 1.0:0.5:1.7, 也比全国的比例 5:1:4 较为优化。以上数据表明, 广东海洋资源和海洋产业的发展在全国都具有海洋大省的地位。加大建设“海上广东”的力度, 将是广东“增创新优势, 更上一层楼”的一个新增长点。

然而, 多种自然灾害却是广东发展海洋事业的制约因素。全省台风、洪涝、旱灾的平均每年受灾面积, 20 世纪 90 年代前为 $102 \times 10^4 \text{hm}^2$, 90 年代为 $200 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。随着经济的迅速发展, 受灾的损失显著增大。台风、洪涝所造成的全省平均每年直接经济损失, 20 世纪 90 年代前为 21 亿元, 90 年代则达到 196 亿元。1994 年是建国以来广东最大的洪水年, 全省直接经济损失 210 亿元。1996 年 9615 号台风是建国以来广东最大的风灾, 全省直接经济损失 147.3 亿元。

海平面上升是一个缓慢的过程, 因而是一种不易被人们警觉的自然灾害。但是, 海平面上升将抬高江河水位, 加剧风暴潮灾害, 加重洪涝灾害, 扩大盐水入侵范围, 降低堤围的防御能力, 其致灾的环境后效是多方面的。

现代海平面上升及其对策研究, 国际上主要始于 20 世纪 80 年代后期, 但其进展异常迅速。为了推进我国海平面的研究, 由中国科学院地学部 11 位院士和 8 位专家组成的考察组, 于 1993 年春专程来广东考察, 并建议广东发挥科技优势, 在全国沿海各省(区)中先走一步, 设立专项, 开展广东海平面的综合研究。广东省政府、省科委等领导部门很快采纳了这个建议, 1993 年秋批准立项《海平面上升对广东沿海经济发展的影响及对策研究》(1994 年~1996 年), 列入广东省重大科研项目和广东省自然科学基金资助项目。

该项目由中国科学院广州分院和广东省科学院主持。省内 13 个有关单位共 78 位科技人员参加此项研究工作。研究工作分三个阶段进行。第一阶段为按专业分课题研究, 将整个项目分为 22 个课题, 分头进行, 各自提交研究报告。第二阶段为专题研究, 将各课题归纳为 6 个专题, 进行综合分析, 撰写专题报告。第三阶段为系统整编, 撰写专著, 同时制作广东海平面地理信息系统。

该项研究实际历时 4 年。研究结果, 主要在下列 8 个方面取得了新进展。

(1) 澄海坝头、深圳福田、珠海拱北沉积剖面是迄今华南沿海分辨率最高的剖面。福田剖面深 20.4m, 为 6 210aBP 以来, 取样间距 10cm, 海平面有 4 次波动。拱北剖面深 15.8m, 为 4 875aBP 以来, 取样间距 10cm, 海平面有 6 次波动。坝头剖面深仅 1.2m, 为 1 360aBP 以来, 取样间距 2cm, 海平面有 6 次波动。上述剖面的海平面变化周期表明, 今后 20a~50a 海平面处于波动上升阶段。

(2) 雷州半岛西南部灯楼角古礁坪的年龄及高程向有争议。此次实测了 40 个站的高

程, 最大为 2.495m~2.665m, 测定 35 个样品的年龄, 为 6 550aBP~4 040aBP, 确证中全新世相对高海平面的存在, 这是南海沿岸古礁坪研究迄今最详尽而可靠的结果。

(3) 前人关于广东数十年来相对海平面的上升速率, 至少有 32 种数据, 众说纷纭。我们对 19 个站的验潮资料进行了考证、校正和筛选, 取年限一致的均一序列, 并且采用正、反傅氏变换方法, 消除周期小于 4a 的高频扰动, 然后计算近 40a 相对海平面的上升速率。基础资料可靠, 计算过程严密, 计算方法有创新, 计算结果比较准确。

(4) 首次建立了香港-澳门 72a (1925 年~1996 年) 的海平面曲线, 1.8mm/a 可以代表南海理论海平面的上升速率。港澳曲线可与塘沽、吴淞曲线并列, 与国际的研究接轨。

(5) 未来数十年相对海平面的上升幅变, 在本项研究中可谓“牵一发而动全身”。幸而有了港澳曲线, 加之对广东沿海大量水准测量资料进行了统一归算, 得出 6 个岸段的地形变速率, 再考虑异常高海平面的波动值以及河口洪潮水位抬高值, 得以对 2030 年各岸段相对海平面升幅作出了比较切实的预测。

(6) 从 8 个方面分析了海平面上升的可能影响。这种分析建立在各种数值模拟的基础上, 得出定量的计算结果, 因而有较高的可信度和较强的实用性, 例如海平面上升后河口水位的抬高幅度、风暴潮最高潮位重现期缩短的年数、堤围抗御能力降低的级数、盐水入侵距离增大的公里数、滩涂资源增长量减少的面积数等。

(7) 海平面灾害风险等级分区综合评估方法有所创新, 参评因子达 26 个, 数据统计到镇级行政区, 引进抗灾能力指数, 评估结果的风险等级分区比较符合实际。

(8) 提出 8 项防灾减灾对策。计算了培修堤围的工程量及其投资。计算了需要增加的排涝装机容量及其投资。提供了加大沿海工程设计最高潮位和设计波高的有关参数。建议加快实施珠江三角洲综合整治规划, 兴建五大水利枢纽工程。这些对策和建议都比较具体切实, 可操作性强。

本书内容涉及多学科、多专业, 篇幅也较长, 为了便于读者作一般的了解, 兹将本书的要点概述如下。

对于广东现代海平面变化, 我们有如下的基本认识:

(1) 诸多现象表明, 数十年来广东海平面呈上升趋势。例如, 珠江河口 10 个代表站, 20 世纪 50 年代~90 年代, 最高高潮位以 2mm/a~6mm/a 的速率上升。广州市区珠江的最高水位, 70a 来升高 0.58m; 40a 来升高 0.2m, 排污口的设计高程不得不提高 1.02m。统计珠江河口 33 个站 40a 来 1 月的 6 种潮位, 共得到 198 个变化速率值, 其中有 170 个值 (占 86%) 属于上升。1915 年和 1994 年是西江和北江的两个特大洪水年。高要、马口、甘竹、江门这 4 个站, 1994 年的洪峰流量比 1915 年少 11%, 但是, 洪峰水位却平均比 1915 年高 2.08m。

湛江港的最高潮位, 20 世纪 60 年代以来平均升高 0.76m; 强潮 (超过平均海面 2m 的高潮) 频率, 从 60 年代的 7.6% 增大到 80 年代的 11.8%。反映海平面上升使风暴潮增强。

全省沿海 16 个代表站的实测最高潮位, 每个站都超过 20 年一遇, 平均超幅为 0.51m; 有 11 个站超过 50 年一遇, 平均超幅为 0.3m。沿海 24 个代表站的工程设计最高潮位, 全都被实测的最高潮位超过, 超幅为 0.40m~2.55m。

珠江口海域的大浪 (有效波高 $\geq 2\text{m}$) 频率, 1958 年~1987 年, 冬季增大 5 个百分点, 夏季增大 1.3 个百分点。粤东遮浪站的平均波高, 20 世纪 60 年代以来增大 0.7m。

(2) 40a 来广东相对海平面上升速率为 $2.0\text{mm/a} \sim 2.5\text{mm/a}$ 。选取沿海 15 个代表站, 其中 11 个站的验潮记录为月均序列, 年限为 1955 年~1994 年(或 1996 年)。其余 4 个站为年均序列, 年限始于 1957 年或 1959 年。15 个站的相对海平面都呈上升趋势, 而且曲线呈准同步波动。海平面上升速率的计算结果, 珠江口近海 4 个站平均为 2.51mm/a ; 近海及口门内共 8 个站的区域平均最大速率为 2.01mm/a ; 沿海另 7 个站分别计算后的平均速率为 2.61mm/a , 区域平均最大速率为 2.04mm/a 。因此, 1955 年~1996 年相对海平面上升速率取 $2.0\text{mm/a} \sim 2.5\text{mm/a}$ 是合理的。

(3) 未来 40a (1990 年~2030 年) 相对海平面上升幅度, 雷州半岛西岸为 10cm, 东岸为 20cm, 粤西为 15cm, 珠江口为 30cm, 粤东为 15cm, 韩江口为 20cm。这个预测值包含 4 个要素: 理论海平面上升幅度、异常高海平面波动值、海平面上升的附加值、地形变值。

理论海平面依据香港-澳门站 1925 年~1996 年的海平面曲线。香港、澳门站的记录各有欠缺, 经过考证和订正后, 以 1959 年为接口, 此前取澳门资料, 此后取香港资料, 获得 72a 的均一序列。海平面上升速率为 1.8mm/a , 但 20 世纪 90 年代有加速趋势, 为 2.0mm/a 。从地震活动看, 香港和澳门地区的构造基本稳定, 而且海平面受珠江径流的影响很小。港澳曲线可与大致同纬度的檀香山曲线 (1904 年~1992 年, 1.5mm/a) 及旧金山曲线 (1855 年~1992 年, 2.0mm/a) 对比。因此, 港澳曲线可代表广东的理论海平面变化, 按上升速率 2.0mm/a 计, 2030 年海平面升幅为 8cm。

异常高海平面波动受径流量及厄尔尼诺现象等的影响。珠江口 9 个站, 1955 年~1995 年异常高海平面要比多年平均海平面高出 10cm。据沿海 11 个站的计算结果, 异常高海平面的波动值, 粤西为 6cm~7cm, 珠江口为 5cm~10cm, 粤东为 5cm~6cm。

珠江口 10 个站, 若海平面上升 0.3m, 洪潮水位的抬高幅度将超过 0.3m, 超幅为 2cm~5cm, 这就是海平面上升的附加值。

20 世纪 50 年代~80 年代, 广东沿海进行过 3 期~8 期的水准测量, 测线总长度 2 380km, 测点 269 个。粤闽交界的诏安, 地形变趋于零。把各测点的水准资料统一归算到诏安“零点”, 求出广东 6 个岸段地形变的平均速率: 雷州半岛西岸 $+1\text{mm/a} \sim +2\text{mm/a}$, 雷州半岛东岸 $-0.5\text{mm/a} \sim -1\text{mm/a}$, 粤西 $+0.5\text{mm/a} \sim +1\text{mm/a}$, 珠江口 $-1.5\text{mm/a} \sim -2\text{mm/a}$, 粤东 $0\text{mm/a} \sim -0.5\text{mm/a}$, 韩江口 $-0.5\text{mm/a} \sim -1\text{mm/a}$ 。

根据上述 4 项参数, 可以推算出 2030 年相对海平面可能上升的幅度。

(4) 海平面上升将使河口水位抬高。珠江河口的高潮水位, 从海向陆, 海平面的影响沿程减小, 径流的影响则沿程增大。据 26 个站的计算结果, 可分出海平面影响的最大区、较大区、较小区、很小区。海平面上升, 流量越小, 高潮水位的抬升幅度越大。风暴潮年高潮水位的抬升幅度要比特大洪水年偏高 2cm~5cm 或 10cm~14cm。特大风暴潮年又要比一般风暴潮年偏高于 2cm~9cm。根据多种条件的计算结果, 海平面上升 0.3m, 珠江河口高潮水位的抬升幅度, 影响最大区为 25cm~35cm, 影响较大区和较小区为 10cm~30cm, 影响很小区为 3cm~10cm。

虽然高潮水位仅抬高数十厘米, 但是其实际影响是很大的。在海平面上升 0.3m 和枯水流量的条件下, 由于最高水位抬高, 在影响最大区, 现今 10 年一遇的最高水位将达到 50 年甚至 100 年一遇的高度, 即要提高两级或三级来设防; 在影响较大区和较小区要提高两级; 在影响很小区也要提高一级。

海平面上升 0.3m, 低潮水位也将抬高。其升幅, 特大洪水年在影响最大区为 12cm ~ 32cm, 影响较大区和较小区为 2cm ~ 8cm, 影响很小区为零; 特大风暴潮年分别为 18cm ~ 32cm、11cm ~ 19cm、5cm ~ 6cm。

海平面上升 0.3m, 潮差增大。其增幅, 在影响最大区为 20cm, 影响较大区和较小区为 15cm, 影响很小区为 10cm。

(5) 海平面上升将使风暴潮灾害加剧。珠江口 4 个站的计算结果, 海平面上升 0.3m, 平均小潮高潮位将接近甚至超过平均大潮高潮位。广东沿海 11 个站, 即使海平面不上升, 实测的风暴潮最高潮位, 有 6 个站已经达到 100 年至 200 年一遇 (分布在雷州湾、珠江口、韩江口), 3 个站为 50 年至 100 年一遇, 只有 2 个站为 20 年至 50 年一遇。若海平面上升 0.3m, 同一风暴潮最高潮位的出现机会将更多。现在 100 年一遇的将变为 45 年至 70 年一遇, 50 年一遇的变为 18 年至 27 年一遇, 20 年一遇的变为 5 年一遇。

潮位超过警戒水位 1m, 称为严重潮灾。广东沿海 9 个站, 现今严重潮灾的重现期, 雷州湾为 12 年至 14 年一遇, 珠江口为 60 年至 85 年一遇, 韩江口为 38 年至 40 年一遇。海平面上升 0.3m, 重现期将分别缩短至 6 年至 8 年一遇、18 年至 30 年一遇、20 年一遇, 即缩短 50% ~ 60%, 严重潮灾将更加频繁。

(6) 海平面上升将使堤围的防御能力降低。广东捍卫耕地 667hm² 以上的堤围, 按长度计, 有 90.5% 分布在沿海地区。其中, 受海平面上升影响的这类堤围长度为 3597km, 虽然只占全省全部堤围长度 (15829km) 的 23%。但是, 其捍卫的耕地面积占 46%, 捍卫的人口占 52%, 可见这类堤围的重要地位。

即使海平面不上升, 现有堤围的防御能力也较差。按原有的堤围设计标准, 全省沿海地区捍卫耕地 0.33 × 10⁴hm² ~ 0.67 × 10⁴hm² 的堤围, 按长度计, 有 41.6% 未达标, 大于 0.67 × 10⁴hm² 的堤围有 30.5% 未达标。堤围险段的长度, 捍卫耕地 0.33 × 10⁴hm² ~ 0.67 × 10⁴hm² 者占 24.4%, 大于 0.67 × 10⁴hm² 者占 18.8%。概言之, 全省沿海的大型堤围, 有 30% ~ 40% 的长度未达标, 有 20% ~ 25% 的长度为险段。

珠江河口 27 个站的计算结果, 海平面上升 0.3m 后, 由于最高洪潮水位抬升, 现在按 100 年一遇设防的堤围, 在影响最大区, 10 年一遇的最高水位就可以超过现今堤围的高度。在影响较大区和较小区, 为 20 年一遇; 在影响很小区, 为 50 年一遇。当然, 并非珠江河口的每条堤围都受影响, 受影响的堤围长度约占 61%。

据风暴潮潮位计算结果, 现在按 100 年一遇设防的堤围, 海平面上升 0.3m 后, 在雷州湾只能防御 65 年至 70 年一遇的风暴潮, 粤西为 50 年一遇, 粤东为 40 年一遇, 韩江口为 55 年至 65 年一遇。

(7) 海平面上升不至于使河口盐度变化明显增大, 但对盐水入侵距离有一定影响。珠江三角洲经常受咸的农田约占耕地总面积的 22%。珠江河口 4 个代表站的平均盐度呈下降趋势 (1960 年 ~ 1975 年)。这表明, 虽然海平面上升会使盐度增大, 但是其他的因素抵消了这种影响。例如珠江来水量每年约增加 51m³/s; 河口淤积, 阻滞盐水入侵; 河口延伸, 径流动力增强。

20 世纪 60 年代以来, 年均涨潮盐度下降 25.4% ~ 52% 甚至 67% ~ 74%。计算结果, 若海平面上升 0.2m 或 0.25m, 月均涨憩盐度将增大 10.7% ~ 24% 或 35% ~ 40%。下降率大于增大率, 说明海平面上升对珠江口单站盐度的影响不大。

海平面上升,潮差增大,盐水入侵距离随之增大。若海平面上升0.3m,按枯水期、高潮、盐度2.0计算,盐水入侵距离的增大值,以潮流河口虎门水道为最大,比现状推进3.37km;径流河口磨刀门水道和蕉门水道为最小,仅有0.42km和0.47km;洪奇门、横门、虎跳门、崖门水道一般小于1.5km。

(8) 海平面上升将使滩涂资源的生长量减少。广东沿海14个滩涂区的总面积为 $44.05 \times 10^4 \text{hm}^2$,大约相当于珠江三角洲耕地的总面积($42.2 \times 10^4 \text{hm}^2$)。未开发滩涂面积为 $23.77 \times 10^4 \text{hm}^2$,占54%,"九五"期间至2010年规划再开发其中的 $13.25 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。滩涂是广东一项重要的后备土地资源。

珠江口内伶仃洋、磨刀门、鸡啼门、崖门浅滩的淤高速率以厘米计,平均最小速率也有 $1.4 \text{cm/a} \sim 2.5 \text{cm/a}$ 。而未来相对海平面的上升速率则以毫米计,为 $5 \text{mm/a} \sim 7.5 \text{mm/a}$ 。因此,海平面上升0.3m不会使滩涂资源出现负增长,但是会使增长量减少。以珠江口为例,海平面上升0.2m,将减少15.6%;海平面上升0.3m,将减少23.4%。至2030年,珠江口的滩涂本来可以增长 $9.98 \times 10^4 \text{hm}^2$,若海平面上升0.3m,增长量将减少 $0.65 \times 10^4 \text{hm}^2$;全省滩涂本来可以增长 $9.98 \times 10^4 \text{hm}^2$,却可能少 $2.33 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。

(9) 全省沿海20个区的海平面灾害综合评估结果,有4个一级风险区和5个二级风险区。评估区涉及15个地级市、60个县级市或区、307个镇,总人口占全省的31.4%,GNP占全省的42.4%。选取的评估因子有26个,纳入5类指数,即海平面上升的影响时效指数、影响范围指数、社会经济环境质量指数、致灾因子强度指数、抗灾能力指数,然后求出综合影响指数,该指数值愈大,风险等级愈高。4个一级区为粤西的湛江市东部沿海区、珠江口的广州市和珠海市、粤东的汕头市沿海区。5个二级区为粤西的茂名市沿海区、珠江口的江门市沿海区和深圳市西部沿海区、粤东的汕尾市沿海区和潮州市沿海区。

针对海平面上升的潜在灾害,我们提出下列主要建议,以策防范。

(1) 提高堤围的抗御能力。首先要使堤围达到原有的设计标准,再根据海平面上升0.3m后洪潮水位的抬高幅度,加高加固堤围。新增工程量估算结果,珠江三角洲89条 667hm^2 以上堤围为 $1\ 435.5 \times 10^4 \text{m}^3$,需投资14.9亿~15.6亿元。全省 667hm^2 以上堤围为防御海平面上升0.3m而进行加高加固,所需新增投资为26.3亿~27.2亿元。但是,如果能够将这些堤围培修达到1995年颁布的新的设计标准,也就基本上可以防御海平面上升0.3m的影响。例如珠江三角洲34条 667hm^2 以上的海堤,其中有24条只要按新标准达标,便无海平面上升灾害之虞。

(2) 提高沿海工程的设计潮位和设计波高。如前述,全省沿海24个代表站,工程设计最高潮位都已经被实测的最高潮位所超越,因此,至少应参照2030年全省6个岸段相对海平面的可能上升幅度,加高工程的设计潮位。由于海平面上升后,最高潮位的重现期缩短,因此设计最高潮位的标准要提高。据沿海17个站的计算结果,为了在海平面上升0.3m后至少能维持目前的最高潮位设计标准,各岸段设计最高潮位所选的重现期,雷州半岛为200年一遇,粤西为100年一遇,珠江口为200年一遇,粤东为100年至200年一遇,韩江口为200年一遇。

海平面上升后,波高增大,故原设计波高应适当加大。沿海12个站的计算结果,海平面上升0.2m,设计波高加大值一般为 $0.15 \text{m} \sim 0.19 \text{m}$;海平面上升0.3m,加大值一般为 $0.23 \text{m} \sim 0.27 \text{m}$ 。根据各岸段2030年海平面上升的幅度,珠江口可取 $0.23 \text{m} \sim 0.27 \text{m}$ 的加大