

海岸带城市化的环境地质问题

王思敬 温庆博

中国科学院地质与地球物理研究所, 北京, 100029

清华大学水利系, 北京, 100084

摘要: 我国沿海地区地区自然条件优越, 社会经济发展极为迅速, 人口和社会财富密集, 是当今城市化发展最快速的地区。由于海岸带的海陆相互作用强烈, 自然环境脆弱, 这里也是自然灾害严重的地区。在城市化的发展过程中, 人类的经济和工程活动对海岸带环境的强烈影响, 使得海岸带的灾害作用增强并诱发了一系列的新的灾害。而且随着海岸带的人口增加和经济的发达, 也使得灾害的损失更加沉重。所以海岸带城市化的可持续发展, 资源利用和城市建设都必须在环境承载制约的前提下进行。

关键词: 海岸带, 城市化, 地质环境, 海陆相互作用

一、绪言

城市化是世界各国发展的共同趋势, 是人类文明的标志[王思敬 1996]。沿海地区尤其海岸带地区自然条件优越, 社会经济发展极为迅速, 人口和社会财富高度集中, 是现在城市化发展最快速的地区。

我国是世界海洋大国之一, 我国东部大陆沿岸濒临渤海、黄海、东海、南海, 台湾东部还直接与太平洋相连, 通过宽阔的海域可以与日本、北美、澳洲、东南亚等地发展贸易和物质交换, 所以在地理上是我国对外的巨大窗口。[王思敬等 1993]

我国海岸线长约 18000km, 它包括上海、天津 2 个直辖市、10 个沿海省和自治区。我国沿海省(自治区、直辖市)总面积 125 万 km^2 , 占全国陆地总面积的 13%, 人口近 5 亿, 占全国的 40%, 而国民生产总值(GDP)却占全国的 60%, 沿海地区经济增长速度达 10%~22%, 是我国国民经济和社会发展的战略重心[侯艳声等 2000]。

沿海岸宽约 60km 的狭长地带, 又是全国人口最集中、经济最发达的区域, 称为海岸带。它的地势低平, 主要由平原和丘陵组成。我国海岸带东南到北, 地跨温带、亚热带、热带三个气候带, 并受西太平洋水汽滋润, 农业资源和海洋资源极为丰富。我国海岸带总面积 28.1 万多 km^2 , 占沿海省(区、市)陆地总面积的 22.5%, 全国的 2.9%, 然而却承载 1.799 亿多人口, 约占沿海省(区、市)人口总数的 37.5%, 全国的 15%。沿海带地区人口平均密度为 640 人/ km^2 , 为全国平均数的 5.1 倍[杨华庭 1998]。

就自然环境而言, 海岸带地处大陆与海洋的过渡带, 是海陆相互作用剧烈、自然地质环境较为脆弱的地区。海洋动力的强烈作用, 不仅来自大气圈表现为台风风暴潮, 也从海陆接触的表面和地下作用于内陆岩石圈, 造成环境的变迁。另外, 海岸带岩石圈在其自然演化进程中或人为因素作用下, 发生即使是缓慢和微小的演变, 比如每年数毫米的大地升降, 也会因为海洋作用的参与而对环境产生较大的影响。这些环境的变迁和受到的影响在大部分情况下是对人类不利的, 成为灾害。研究表明, 我国 15 种主要地质灾害年均直接经济损失上万亿元, 其中沿海地区约占 1/3; 沿海地区灾害损失沿海岸线呈带状分部, 海岸带是灾害最严重的地区。[李相然等 2000]

在经济迅速发展的海岸带, 人类工程动力作用也相当强烈。人类的活动加剧了一些自然灾害的强度、也导致了某些新的灾害。使得海岸带的灾害强度及损失都大大增强。近十余年来, 我国沿海地区经历了快速的城市化过程。城市扩展, 人口剧增、工业企业快速发展, 自然和人为(地质)灾害的频繁发生。它们已经成为该地区可持续发展的制约因素。

沿海地区的这一城市化过程还将继续。所以, 加强研究海岸带城市化带来的环境影响, 正确认

识和评价其灾害类型、发育规律和作用强度，是指导城市化海岸地区灾害预防治理的基础，对 21 世纪沿海地区实现可持续发展具有重要意义。

二、海岸带的地球动力系统

处于岩石圈和水圈接触地带的海岸带，人类环境对地球动力系统演变的影响极为敏感，这主要体现在以下几个方面：（1）全球海平面的升降（近代一直是上升），（2）大地的升降，其中包括区域性的地壳升降以及局部的地面升降（城市地面沉降）；以上两个独立的作用过程的结果是海陆的相对升降。（3）海岸带毗邻海洋，直接遭受海洋台风风暴潮的强烈影响，这一影响来自大气圈。（4）在海陆接触的表面，海岸蚀退和河口洪淤；（5）在地下，海水和地下水之间的动态平衡。

1. 海平面上升

据 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)的研究报告，在过去 100 年内全球年平均气温升高了约 0.6℃，使得全球海平面平均上升了 10cm~20cm[Daniel Glick 2004]。气候变暖，从两个方面影响海平面的上升：极地冰盖和高山冰川融化，使海洋里的绝对水量增加；温度上升导致海水热膨胀。

全球的气候变暖，主要归因于因CO₂等气体排放量增加产生的“温室效应”。一个多世纪以来大气中CO₂含量加速增长。有专家估计，按照目前化石燃料燃烧的增加速率，大气中CO₂将在 50 年内加倍，这将使中纬地面温度升高 1.5-3℃，极地升高 6~8℃。这样的温度可能导致海平面上升 20~140cm。

IPCC 2001 年的报告认为，全球海平面在 21 世纪末将上升 10cm 到 89cm。

据中国海洋信息网公布的《2003 年中国海平面公报》，长期监测结果表明：虽然各海区海平面变化具有地域间的差异性和时间上的波动性，但中国沿海海平面多年来总体呈上升趋势。近 50 年来，中国沿海海平面平均上升速率为 2.5mm/a(东海 3.1mm/a，黄海 2.6 mm/a、南海 2.3 mm/a 和渤海 2.1 mm/a)，大于全球海平面上升速率的 1.5 mm/a。预计未来数年，中国沿海海平面总体上将继续保持上升趋势。2006 年和 2013 年中国沿海海平面将比 2000 年平均海平面分别高 10 毫米和 28 毫米。而经济发达又十分敏感的珠江三角洲、长江三角洲和天津地区海平面相对上升幅度将要大得多。

2. 大地升降

大地的绝对升降，一般主要是现代地壳运动的结果。在近代松散沉积层很厚的平原和河口三角洲地区，沉积层本身的固结压缩也导致大地下沉。

我国东南沿海地区近代（50 年代至 80 年代）地壳垂直运动基本上继承了新生代以来的隆起和沉降过程，与其形成的区域隆起带（山地、丘陵）及沉降带（平原、三角洲）地貌单元基本一致：大致以杭州以南至温州一带为界分为南、北两部分，北部的海岸以下降为主，间有上升，南部海岸则以上升为主 [赵希涛 1996；刘玉海 1998]。

北部的长江三角洲、华北平原、下辽河平原等为主要沉降（-1~-5mm/a，其中渤海湾因局部地面沉降，达-5~-50mm/a）区，其内部又存在辽东山地、山海关隆起、山东半岛的相对上升区(+1~+4mm/a)。[赵希涛 1996；刘玉海 1998]

南部的福建、广东、广西海岸总体上呈上升（+2~+4mm/a）状态，其间珠江三角洲和汕头局部下降（-1~-2mm/a）。[赵希涛 1996；刘玉海 1998]

中部的浙江沿海地壳垂直运动较弱而平稳，升降变化较小，构造活动相对较弱；

在全球海平面绝对上升的情况下，长期持续的区域性的地壳沉降以及局部的地面沉降与之叠加，将导致更大的累计相对沉降，这会使得一些敏感地区（河口三角洲地区的城市）因地面高程损失而灾害加剧。

3. 海洋台风风暴潮

我国沿海海面发生风暴潮的频繁程度可能居世界之首[邓永光 2000]。据 1958 年以来的统计,我国海域每年平均发生台风风暴 29~30 次,在沿海登陆的台风风暴 4~13 次[张振克等 2004; 邓永光 2000; 杨华庭 1998]。50 年代以来,我国沿海台风风暴潮灾害的频率总体上是在增加,尤其是特大风暴潮灾害,呈明显上升的趋势[乐肯堂 2002]。统计表明,中国沿海风暴潮灾害的直接经济损失也呈上升趋势,由 50 年代至 70 年代的几亿元,增至 80 年代年均几十亿元,90 年代,年均经济损失超过 100 亿元。1997 年是建国以来中国沿海风暴潮灾害最严重的一年。仅 9711 号台风风暴潮,在几天之内(1997 年 8 月 18—20 日)就使南起福建北部、北至渤海沿岸省市的直接经济损失近 300 亿元。[邓永光 2000]

各种海洋性灾害的损失 80~90% 发生在沿海带。沿海带在我国全部自然灾害经济损失中的比例,在 80 年代和 90 年代初,已达到大约 10% 左右,近年已大大超过这一比例,1997 年可能达到全国灾害经济损失的 20% 以上。沿海带尤其是东南沿海的沿海带,是我国自然灾害经济损失的最高密度区[杨华庭 1998]。

有学者推测,全球变暖,将增加产生台风的机会。在下世纪后期北太平洋台风发生频率比目前增加两倍,而在中国登陆的台风,频率将增加 1.76 倍。因此 21 世纪,我国沿海地区受台风及其引发的风暴潮灾害将比 20 世纪严重。[邓永光 2000]

4. 海岸蚀退和河口洪淤

海岸蚀退 在过去几十年内世界砂质海岸有 70% 受到侵蚀,滨岸侵蚀是一种全球性的地质灾害[李相然 2001]。在 60 年代前,我国除个别废弃河口三角洲被侵蚀后退外,绝大多数海岸呈缓慢淤进稳定状态。自 50 年代末期以来,滨岸侵蚀日渐明显,70 年代末期加剧,据统计,目前全国约 70% 海岸侵蚀后退,严重的地段海滩后退速度达 5~20m/a,而且岸滩侵蚀的范围日益扩大,侵蚀速度日渐增强。滨岸侵蚀带来的危害是严重的,致使海岸环境发生变化,破坏了生态平衡,冲毁了人类赖以生存的大片土地,房屋、工程建筑物被毁,工厂、养殖场及旅游设施被破坏,造成巨大损失[李相然 1997; 李相然等 2001]。

海岸带及河口(港口)淤积 黄河河口淤积速度达 27 km²/a。我国南方主要港口淤积较严重,如广州港淤积程度严重的水道,每年最大回淤厚度达 0.5m~1m。珠江南岸从 1976~1984 年已向江心推进约 100m。沿海港湾地区的淤积,使航道变窄变浅,航运能力降低,甚至最终导致港湾废弃。沿海港湾地区的泥沙淤积,还会影响这些地区纳潮排水能力,使农田易受涝灾[李相然 1997; 李相然等 2001]。

5. 海水和地下水之间的动态平衡

滨海平原和三角洲地带,地表附近主要为第四纪松散沉积层,透水性强,地下水与海水之间水力联系通畅。而且这里一般地势低平,在很大区域范围内,地下水位相对于海水水头没有明显的优势。在自然状态下,含水层中的咸、淡水维持相对稳定的动态平衡状态。

但是这种平衡,可能由于人为或者自然的原因而改变。人为的因素是过量开采地下水,使内陆淡水地下水位降低于海平面,平衡状态被打破,咸淡水相互作用的过渡带就要向内陆移动,以建立新的平衡,这样含水层中淡水的储存空间被海水取代,就造成了海水入侵。自然的因素是在地表水补给不足的旱季,海水水相对于内陆地表水和地下的强势将加强,并增大潮水沿河口的上溯距离(如在没有挡潮闸的长江口,海水向上游的上溯距离可达 170 多 km[刘杜娟 2004])。长远地看,全球气候变暖、相对海平面上升,也使得海水相对于内陆地表水和地下水更加处于强势。

三、人的作用，海岸带城市化对环境的影响

由于其自然地理位置，海岸带原本就进行着特定的各种自然过程，其中某些过程对于人类的生产生活产生不利影响，成为灾害。另外，城市化迅速的地方，自然状态和进程被人类活动改变，加上经济发达和人口聚集，从而加剧某些自然灾害的强度和损失，也会引发新的灾害。产生这些局部环境影响的人类的活动主要是抽取地下水以及地表的工程和经济活动。

1. 过量抽取地下水

我国人均水资源缺乏，水资源利用效率也低。海岸带的城市化过程，必然伴随着水资源利用的大量增长。在河口三角洲地区（的沿海大中城市），在地表水普遍遭受污染的情况下，地下水就成了城市生产生活用水的一个重要依赖。过量抽取承压含水层地下水的主要影响，是导致地面沉降和地下海水入侵。

(1) 地面沉降 第四系松散沉积层的固结压缩原本是一个漫长的自然过程，由于人类过度抽取承压水，使得这个过程人为地大大加快了。据统计，我国已经发生地面沉降的城市近 60 座（50 多座大中城市），约占全国城市的 30%，其中 70%（80%）分布在沿海。全国沉降幅度 $\geq 100\text{cm}$ 的城市约 20 处，其中属沿海的城市占 3/4。[刘玉海 1998]。其中最严重的天津塘沽区[吴铁钧等 1998]、上海[沈新国 2001]以及台湾西南沿海东屏 [龚士良 2003]最大累计沉降量均超过 3 米（上海市 1921 年到 1965 年沉降中心的最大沉降量达 2.63m）。苏州、无锡、常州三市的累积沉降量 500mm 等值线已经将这 3 个城市连成一片[薛禹群等 2003]，最大累计沉降达到 2.8m [陈国栋 2004；沈新国 2001]。我国长江、黄河和珠江三角洲、松辽平原和环渤海地区及东南沿海平原的大多数城市的地面沉降正在继续发生和发展之中[侯艳声等 2000]。

沿海平原和河口地区地势低平，地面高程约 2~5m，大多低于最高潮位和洪水位，自然抵御灾害能力相当弱，主要靠防洪墙、海堤来保护城市。大量研究表明，当地面沉降量累计超过 100cm 时，其灾害作用便显著地表现出来：造成地表和地下排水不畅、城市排污失效、建筑地基下陷、井筒出现上抬或断折现象等。局部的地面不均匀沉降，还会造成各种建筑、交通、管线等市政设施的破坏，严重影响城市安全。特别是因地面高程损失，使得城市防潮和防洪能力降低、防洪防潮相关的建设费用增高，洪涝灾害加剧，风暴潮灾害损失加剧，还会造成港口淤积、航运能力下降等问题。[刘玉海 1998；侯艳声等 2000]

地面沉降灾害是在很大的范围上缓慢发生的，一般不会造成人员伤亡和直接的财产损失。但地面沉降的绝大部分是不可恢复的，产生的一系列的地质灾害及环境、社会危害是区域性的和持久的；我国每年由此造成的直接经济损失达数百亿元。沿海地区为我国社会经济发展战略的中心，地面沉降和海平面上升已成为其实现可持续发展战略面临的重大环境问题。[侯艳声等 2000]

(2) 地下海水入侵 海水入侵主要分布于社会经济发达的滨海平原、河口三角洲平原及海岛地区。20 世纪 80 年代以来，我国沿海地区开始出现海水入侵现象，主要发生在杭州湾以北的环渤海（辽东半岛、渤海湾、山东半岛、莱州湾地区）及长江三角洲地区。发生海咸水入侵灾害的大中城市有：大连、秦皇岛、天津、潍坊、青岛、南通、宁波及北海等[刘玉海]。全国累计海水入侵面积已超过 1000km²，最大入侵距离超过 10km。海水入侵可导致沿海地区水质恶化，工业农业和生活用水水资源减少；土壤生态系统失衡，耕地资源退化；使工农业生产受到危害；降低人口健康水平（危害人类健康），影响社会稳定；最后还必将导致自然生态环境的恶化。由此造成的经济损失每年约 8 亿元人民币[刘杜鹃 2004]。一些程度较轻或范围较小，目前没有明显危害的省区将陆续受到海水入侵的危害，如天津，江苏，浙江，福建，广东等，应加强防范。

2. 地表的工程和经济活动

在经济快速发展的沿海地区，人类的活动对地表的改造作用强烈，使得各种地质作用的进程改变，大部分情况下导致地质灾害加剧。滑坡、泥石流、河口洪淤及海岸蚀退灾害等自然地质灾害在

人类活动的影响下加强。

江浙以南的热带、亚热带气候条件下的沿海丘陵山地型沿海城市，很多地区残积一坡积层十分发育，原本就容易发生滑坡和水土流失。而人类工程活动公路铁路削坡，露天采挖，建筑开挖等，使得地表岩土变得更加不稳定。近些年，我国沿海地区滑坡、泥石流灾害事件有逐年增加势头[刘玉海 1998]，除降雨集中等气候因素以外，还有城市化带来的工程活动的加剧的原因。对近年来特定地区（广东）地质灾害的时空分布的研究分析发现，其发育强度与分布规律与地质环境和人类活动密切相关，人类活动所引起的地质灾害的加剧已经可与自然因素相当。

人类的工程和经济活动也往往使地表植被遭受破坏，加重水土流失。研究表明，地面水土流失的强度和人类活动强度成强烈正相关性。在粤东区，由于在韩江中上游大量砍伐森林和垦殖坡地，从而降低了地面抗侵蚀能力，导致严重的水土流失及下游的港口淤积。

各种河口及海岸带的挖填围挡工程，改变海洋与河流的水动力环境，直接影响到河口与海岸地带水下物质侵蚀-搬运-沉积作用的平衡。特别是在海平面上升、地壳下沉及暴雨的三重因素共同作用的河口环境下，河口的洪淤作用与海岸蚀退灾害都可能更为强烈，这将使河口和海岸带防潮能力衰退，河口水流日趋减缓，洪淤和海岸蚀退作用增强，陆地后退速度剧增。其结果是可利用海岸带土地减少、防护能力降低，地质灾害作用增强，对沿海河口城市的发展和安构成威胁[刘玉海 1998]。

在河口三角洲地区，沉积层中夹有大量的软土，作为地基也对岩土工程造成威胁。与此相关的最为常见的灾害是深基坑事故。据有关资料，1993年以来仅上海市兴建高层、超高层建筑多达120多座，其中有1/3基坑施工过程中边坡发生失稳，危及到周边建筑和地下生命线工程的安全[刘玉海 1998]。

海岸带城市化发展过程中，如果不能科学地处理好人和自然的协调关系，将对环境产生很多不利影响，其危害是双重的：人类的活动不但诱发灾害和加剧了自然灾害的强度，而且随着海岸带的人口增加和经济的发达，也使得灾害的损失更加沉重。

四、结论和对策

我们要认识到海岸带自然地理地质环境的敏感性和特殊性。在海岸带的城市化规划发展过程中，资源利用和城市建设都应该将环境承载能力和环境影响作为一个重要评判原则，才能实现可持续发展。

必须在水资源承载能力的基础上，计划城市经济的发展。科学地开发和使用水资源，提高水资源重复利用率，统一规划地表水和地下水的开发利用[王思敬 1996]，尤其要注意保护地下水资源。

对于沿海丘陵山地型城市，要合理地开发利用土地，防范滑坡、泥石流灾害发生，避免或减轻由此造成的损失。地质环境是城市建设发展的基础，因此城市发展应该遵循科学思路，主动地接受地质环境的制约。

参考文献

Daniel Glick The Big thaw, National Geographic, September 2004

王思敬 中国城市发展中的地质环境问题,第四纪研究 1996年02期

赵希涛(主编) 中国气候与海面变化及其趋势和影响 ②中国海平面变化, 山东科技出版社, 1996年

刘玉海 21世纪中国沿海城市面临的主要地质灾害问题, 中国地质灾害与防治学报第9卷 增刊 1998年11月

杨华庭 我国沿海带可持续发展与减轻海洋灾害, 海洋预报 1998年03期

侯艳声 郑铣鑫 应玉飞 中国沿海地区可持续发展战略与地面沉降系统防治, 中国地质灾害与防治学报 第11卷第2期 2000年6月

李相然 沿海城市环境地质灾害的主要类型、特点及防灾对策研究, 中国地质灾害与防治学报 1997年02期

李相然 王祖旗 中国东部沿海地带环境工程地质问题的地域综合管理与防治, 地理学与国土研究 2000年02期

李相然 时向东 曹振斌 中国东部沿海地带及邻区的环境工程地质与可持续发展研究, 工程地质学报 2001 年 03 期
吴铁钧 金东锡, 天津地面沉降防治措施及效果, 中国地质灾害与防治学报 1998 年 02 期
陈国栋 锡常地区城市化进程中的环境地质问题, 资源调查与环境 2004 年 02 期
沈新国 江三角洲地区环境地质问题, 火山地质与矿产 2001 年 02 期
龚士良 台湾地面沉降现状与防治对策, 中国地质灾害与防治学报 2003 年 03 期
薛禹群 张云 叶淑君 李勤奋 中国地面沉降及其需要解决的几个问题, 第四纪研究 2003 年 06 期
张振克 丁海燕 近十年来中国大陆沿海地区重大海洋灾害分析, 海洋地质动态 2004 年 07 期
乐肯堂 我国风暴潮灾害及防灾减灾战略, 海洋预报 2002 年 01 期
刘杜娟 中国沿海地区海水入侵现状与分析, 2004 年 3 月 地质灾害与环境保护
邓永光 广西沿海地壳运动趋势及对环境的影响, 华东地质学院学报 2000 年 03 期
王思敬 张寿全 中国沿海地质环境、资源开发与经济发展若干问题探讨 中国沿海资源工程环境系统与经济发展战略, 地震出版社, 1993 年

The geo-environmental problem in the process of urbanization in coastal zone

Wang sijing wenqingbo

Institute of geology and geophysics academy of sciences Beijing 100029

Hydrological department tsinghua university Beijing 100084

Abstract: with superior natural conditions, the coastal zone districts in china are developing at high speed in social economy, and population and wealth concentrated, are the region developing at more fast speed. However, the sea-continental faces are more interacted seriously, and the natural environment is more brittle and weak, so that in the area, serious disasters often took place in the district. During the process of urbanization, the personal economy and engineering activity will seriously affected to the environment of coastal zone that would promote the strengthening the calamity and will induce a serious new disasters. Moreover, the increase of population and economic development in the coastal zone will cause more serious disasters damage. So that, for the sustainable development urbanization, the resource application and the city construction must be constrained within the environment bearing capacity in the coast zone.

Keywords: coastal zone, urbanization, geo-environment, sea-continental faces interactivity