

21 世纪我国沿海地区地面沉降防治问题

Problems on Land Subsidence in China's Coastal Areas in the 21st Century and Their Solutions

郑铎鑫^{1,3} 武强¹ 应玉飞² 谢晓程² 侯艳声³

(中国矿业大学资源开发工程系¹ 北京 100083; 宁波市环境保护局² 宁波 315010; 浙江省地质环境监测总站³ 杭州 310012)

沿海地区为我国政治、经济、科技、文化的重要区域,但地势低平,生态环境极其敏感和脆弱,是自然灾害的高风险区,而区域性地面沉降更加剧了该地区生态环境的脆弱性,并引发一系列资源、环境、经济、社会问题。区域性地面沉降已成为 21 世纪我国沿海地区实现可持续发展面临的重大战略问题。

一、沿海地区生态环境和社会经济特征

世界上半以上的人口和大、中城市云集在沿海地区。我国有长达 18 000km 的海岸线,沿海地区有广阔的滨海平原和河口三角洲,土地面积占全国总面积的 14%,而人口却占全国总人口的 40%。我国约 65% 的工业总产值、55% 的国民生产总值及 70% 的大中城市均分布在沿海地区。20 世纪 80 年代以来,沿海地区经济增长率一直保持在 10% 以上,有的地区达 22%。沿海地区是我国政治、经济、科技、文化的重要区域,也是我国国民经济和社会发展的战略重心。

沿海地区地势低平,地面高程一般为 2~ 5m,与年高潮潮水位相近,为我国主要的灾害风险区和环境脆弱区,目前大多数城市仍仅靠防洪墙、海堤来保护城市。我国沿海地区处于全球最大的亚欧大陆与全球最大的太平洋过渡带,生态环境十分脆弱,是全球几个主要沿海灾害多发带之一,极易受到风暴潮、洪水的影响^[1]。地面沉降加剧了沿海地区生态环境的脆弱性,也加剧了沿海地区相对海平面的上升,诱发了一系列资源、环境、经济和社会问题,影响了沿海地区乃至我国经济、社会的可持续发展。

我国在经济发展和进步整个过程中,都将存在人口向沿海地区移动的问题。预计 21 世纪中叶,我国达到中等发达国家经济水平时,将有 10 亿人居住在沿海地区^[2]。当前,由于人为因素引起的沿海地区地面沉降日益成为政府部门和社会共同关注的重大战略问题。

二、沿海地区地面沉降概况

至今,我国已有 96 个城市和地区发生了不同程度的地面沉降,而其中约 80% 分布在沿海地区。沿海地区从南方的海口市到东北的哈尔滨均出现了地面沉降,地面累计沉降量 460~ 2 780mm、地面年沉降速度为 10~ 56mm/a(表 1)。据长期监测和研究表明,沿海地区地面沉降主要由不合理开采地下水所致,而地壳活动、地表动静荷载、工程建设、自然作用等其它因素造成的地面沉降只占总沉降量的 5%~ 20%。目前,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,地面沉降正在大面积发生和发展之中^[3]。

表 1 我国沿海部分城市地面沉降统计表

地区	唐山	天津	沧州	上海	苏州	常州	无锡	南通	宁波	嘉兴	福州	湛江
最大沉降量(m)	803	2 780	1 680	2 700	1 100	1 450	1 140	300	460	750	679	413
沉降面积(km ²)	1 100	4 000	2 600	830	200	150	100		150	600		690
年沉降速率(mm/a)	56	47		10.2	30	21	21		10	30		

三、21 世纪沿海地区地面沉降趋势和影响预测

1. 水资源日趋短缺

随着全球环境变化,21 世纪我国长江中下游、华南、东北地区雨、洪涝、干旱频率和强度增大^[4],沿海地区除珠江流域外,水资源径流量将减少 3%~ 6%;海滦河流域的京津地区及淮河流域将分别减少 16% 和 15%^[5]。2002~ 2050 年,沿海地区可能会出现枯水周期,水资源供需矛盾将更加突出。此外,地下水径流量明显减少,地下水可采资源短缺将进一步加剧。沿海地区将面临水荒威胁,其中京津唐地区在枯水年由于缺水造成的直接经济损失可达 79.5 亿元。

2 地面沉降趋势严重

我国沿海地面沉降地区大多为严重缺水地区,地下水开采量仍将居高不下,并有增大趋势;而且,沿海地区由于城市化规模的扩大,经济工程活动引起的地面沉降正在加剧。21 世纪相当长时间内,我国沿海地区地面仍将以 10~50mm/a 速率下沉。大幅度的地面沉降仍是 21 世纪我国沿海地区相对海平面上升的主导和决定因素。

国内众多学者对我国沿海地区地面沉降和全球海平面上升进行了综合研究和评价,认为:2050 年,全球海平面上升的最佳估升值为 180~210mm(平均上升速率为 3.0~3.5mm/a)^[6];21 世纪初期~中期,我国沿海海平面年平均上升速率为 2.5~3.5mm/a^[7];预测到 2050 年,珠江三角洲地区地面沉降和全球海平面上升叠加所致的相对海平面上升幅度为 500~600mm、长江三角洲地区为 600~800mm、黄河三角洲地区为 400~500mm、天津地区为 700~900mm、辽河三角洲地区为 400~500mm^[8]。

3 地面沉降影响加剧

(1) 大片土地淹没 我国沿海地区地面高程小于或等于 5m 的重点脆弱区面积为 $14.39 \times 10^4 \text{ km}^2$, 约占沿海 11 个省、市、自治区面积的 11.3%, 占全国陆地国土面积的 1.5%。而珠江三角洲地区、长江三角洲和苏北沿岸地区、黄河三角洲及渤海湾和莱州湾地区是我国沿海 3 个主要的脆弱区。至 2050 年,上述 3 个地区相对海平面将上升 500~900mm,在现有防潮和防汛设施不变情况下,届时这 3 个主要脆弱区大片土地和城市将被淹没(表 2)^[9]。

表 2 沿海地区相对海平面上升损失分析表

地区	珠江三角洲		长江三角洲		黄河三角洲	
海平面上升幅度 (mm)	300	650	300	650	300	650
淹没面积(km^2)	1 153	13 453	898	27 241	21 010	23 100
淹没损失(亿元)	1.36	4.16	130	417	589	618
防护海堤加高加固费用(亿元)	17.6	29.1	3.2	16.5	5.6	8.1

(2) 洪涝灾害日趋严重 地面沉降使感潮河道水位上涨,城市排污和泄洪能力大大降低,暴雨时域区大面积积水、污水倒灌、河道淤积、航道和海港运行受阻、农业大幅减产。区域性地面沉降加重了 1998 年我国南北大洪灾。最近研究表明,相对海平面上升 400mm,长江三角洲及毗连地区自然排水能力将下降 20%^[10];相对海平面分别上升 200、400 和 600mm,则目前珠江三角洲 100 年一遇的洪水,将相应降至 50 年、20 年和 10 年一遇,也就是说洪涝灾害将分别增加 2、5 和 10 倍。

(3) 水荒危机加剧 区域地面沉降、潮流顶托作用增强、河口海水倒灌、咸潮入侵、地表和地下淡水水源被咸化,加大了海水入侵规模和速率,加重了沿海地区水资源短缺。运用非线性复合定量关系

模型,预测相对海平面上升 500mm 时,丰、平、枯水年上海市吴淞口水源氯离子含量大于 250mg/l 的时间分别为 6、27、84 天,水质超出饮用水标准的持续时间呈指数增加^[11];而且长江口枯季 1‰和 5‰等盐度线入侵距离分别比现在增加 6.5 和 5.3km。

(4) 工程建筑抗灾功能降低 地面沉降直接造成沿海海岸、海堤、挡潮闸等防护工程抗灾功能大大降低,从而使风暴潮灾害发生频率增加、破坏力大大增强。目前,上海地区设计潮位为 3.7~4.2m,防潮和防汛设施标准为 100~1 000 年一遇。若相对海平面上升 100、300 和 500mm,则现有防潮和防汛设施能力将分别降至 50~80、20~40、10~100 年一遇。

因此,地面沉降致使我国沿海地区自然资源衰减、生态环境恶化、经济增长受损、社会发展受挫,地面沉降的研究和防治已成为 21 世纪我国沿海地区重大战略问题之一。

四、地面沉降的系统分析

地面沉降系统是地质环境和地下水资源开发的一个动态系统,它涉及自然作用、工程建设、经济活动、社会管理等诸多方面。地面沉降系统是地下水系统资源与土体变形系统、地下水采灌系统与地下水资源管理系统及地面沉降防治系统的集合(图 1)。地质环境系统作为地面沉降的边界,给定了沉降速率;经济社会系统则提供了用水及工程经济活动信息。

根据地下水水位系统、地下水资源系统,可分

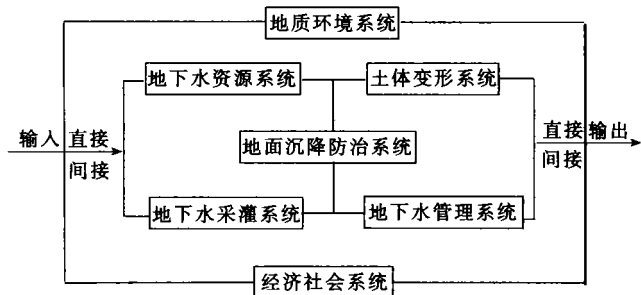


图 1 地面沉降系统结构框图

析地下水资源状况和地下水流特征定地下水资源环境容量;通过地质构造系统、土体变形系统、工程经济系统、地下水采灌系统的研究,可分析土层变形特征、探索地面沉降机理。在上述研究基础上,建立地下水—地面沉降耦合模型,并结合水资源需求系统、地下水资源管理系统和地面沉降系统,对地面沉降趋势和危害进行预测分析,提出地面沉降防治方案和政策意见。

五、地面沉降的系统防治

地面沉降是地质环境系统和社会系统的集合。地面沉降的防治并非单一的技术问题,必须从技术、行政、社会、经济、法律和政治等多方面进行综合考虑。地面沉降防治系统包括行政机构、技术方案、经济政策、法规制度、公众意识等^[12]。地面沉降的防治必须综合考虑资源利用、环境保护、城市建设、经济发展、居民生活和社会运作等因素。

1. 树立可持续发展观念

应通过报纸、电视、广播等媒体,开展有关可持续发展的全方位宣传教育,唤起全社会和全民族对地下水资源和生态环境的重视,提高人们爱水、节水及保护环境的意识和责任感。

2. 制定地下水资源持续利用规划

根据地下水资源承载能力、环境容量及人口、经济、社会发展目标,结合地面沉降现状及趋势,对区内地下水资源作出全面、科学的评价,全面制定地下水资源持续利用规划,科学地提出区内产业结构布局、调整和经济、社会发展政策等有关建议。

3. 完善地下水资源经济和政策管理体系

(1) 区域产业政策的制定 根据地区地下水资源持续利用规划和经济社会发展战略,制定有利于地区地下水资源和生态环境持续利用的产业政策体系。该体系包括地区产业结构、布局、规模、经济发展模式及产业扶持政策等。

(2) 市场管理机制的建立 把地下水资源作为产业要素纳入市场,实现地下水资源经济管理,形成和建立地下水资源市场管理机制和核算体系,实行资产产权管理,实现地下水资源有偿使用和资源固有价值,调控地下水资源供需关系,有效抑制地下水资源浪费,保证社会有足够的资金进行地下水资源和环境的保护和恢复。经济手段包括水位调控体系的建立、水资源税和排污费的征收、水资源产权的有效管理和水供需市场的良性运转^[13]。

4. 实现水资源系统开发和综合利用

把地下水含水层作为地下水库使用,实现地表水库—地下水库“串联”或“并联”联合调度、系统开发;改变蓄洪兼施、以泄为主的防水方针,实行洪泛期积极蓄水的排水管理政策,充分利用雨、洪资源。在洪泛期利用自然和人工措施,拦、引、存、蓄洪水^[14],调节洪峰,减少径流弃水,充分提高水资源利用率,这是解决沿海地区“资源型”缺水和“工程型”缺水及减轻洪灾的有效途径。

5. 创建节水—防污—生态型社会

以节水为中心,建立生态农业、立体农业和绿

色农业模式。以推广先进科学技术和加强灌溉用水的组织与管理为关键,全面推行科学的用水制度和先进的灌溉方式,逐步形成持续、稳定、高产的多元化、产业化、社会化农业,建立可持续发展的节水型农业体系。

调整产业结构,建立低耗、高效、节水、节能的产业体系;提高工业科技含量,改造传统支柱产业和落后工艺,推行清洁生产,逐步实现零排放;推广节水技术,全面建立资源节约型工业体系和社会体系,从根本上解决因水污染而缺水的问题。

6. 优化设计地下水资源采灌方案

根据地区地下水资源环境容量,结合需水状况,利用“3S”技术和网络技术,对区域地下水开采进行调整,将地下水开采量控制在区域允许值范围内;通过自然和人工方法,增大地表淡水、洪水、径流弃水入渗;通过模拟分析,选择最佳地段和含水层位,进行人工回灌,贮能补源;对地下水开采和人工回灌进行调整和优化设计,使地下水开采层次、地段、时间和地下水需求、地面沉降防治及地下水资源保护达到最佳状态,获得地区经济、环境和社会效益的最佳匹配,确保沿海地区可持续发展。

7. 提高防潮和防汛工程设计标准

21世纪,我国沿海地区城市建设、工业基地布局、大型工程兴建、滨海油田开发及区域社会经济发展规划,必须慎重考虑地面沉降这一重要因素;新建铁路、公路、海港、机场、大型厂矿等,必须提高工程设计标准;必须根据相对海平面上升的研究成果,对我国沿海防潮和防汛工程进行重新规划,提高规划和设计标准,加高、加固现有的防潮和防汛工程^[15]。与此同时,建立近岸水下挡水坝、防冲丁坝、顺坝、潜坝等工程,固滩保堤,防止海潮冲蚀海岸;在城市地面沉降地区建立高标准防洪、防潮墙和堤岸,改建城市排污系统;对沉降低洼地区进行城建整治和改造,提高城市抗灾能力^[16]。

8. 开展地面沉降的战略与政策研究

地面沉降是制约我国沿海地区经济和社会可持续发展的重大战略问题之一,必须从战略角度加大投入,对地面沉降进行全面、系统的研究;在此基础上,提出地面沉降防治的技术对策、管理策略、经济政策意见等,以确保21世纪我国沿海地区资源和环境的持续利用及经济和社会可持续发展。

主要参考文献

- [1] 任东明, 杨荫凯, 曹静. 中国海岸资源开发潜力及其可持续利用研究. 中国人口、资源与环境, 1998, 8(专刊): 4~7
- [2] 杨华庭. 中国沿岸海平面上升与海岸灾害. 第四纪研究, 1999, (5): 456~463

近几年我国东中西部地区发展差距及趋势判断

Developmental Gap between Eastern, Middle and Western Parts of China and Its Tendency

杨 洁

(国家计委政策法规司 北京 100824)

90年代以来,我国东中西部地区间发展差距仍在继续扩大,但随着国家逐步加大对中西部地区发展的支持力度,地区发展差距扩大的趋势或将逐渐变缓。从发展趋势看,在2010年乃至2020年以前,东部与中西部地区间人均GDP的绝对差距还不可能出现逐步缩小的趋势。如何采取有效政策措施,促进地区经济合理布局和协调发展,仍将是今后我国一项长期而艰巨的任务。

一、东中西部地区总体发展差距的变动情况

人均国内生产总值是衡量地区经济发展水平

的重要综合性指标,能够比较客观地反映地区收入水平情况。

地区差距主要通过绝对差距和相对差距表现出来。在测算方法中,既要衡量地区间的绝对差距,更要衡量其相对差距。绝对差距反映地区间等级水平的差异,主要显示地区间差距的表象,其变动趋势主要受经济发展基数、经济增长速度和物价水平的影响。如果经济发展基数的差距较大,即使发展水平低的地区以较快的速度增长,地区间的绝对差距在一定时期内仍将保持扩大的趋势。国际上一般采用加权标准差(S)进行计算。S值越大,表明绝对差距越大。东中西部地区间总体绝对差距可用下列公式进行测算。

$$\text{绝对差距}(S) = \sqrt{\frac{\sum (\text{各地区人均GDP} - \text{全国人均GDP})^2 \times \text{各地区人口数} / \text{全国人口数}}{3}}$$

- [3] 侯艳声, 郑铎鑫, 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. 中国地质灾害防治学报, 2000, 11(2)
- [4] 梁长春, 周富康, 彭补拙. 全球环境变化与中国土地可持续利用. 中国人口. 资源与环境 1998, 8(3): 68~71
- [5] 刘春霖. 气候变化对我国水文水资源的可能影响. 水科学进展, 1997, 8(3): 220~225
- [6] IPCC. Climate Change 1995-- Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific Technical Analysis, Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Plan on climate Change. Cambridge, U. K: Cambridge University Press, 1996. 289~324
- [7] 魏子昕, 龚士良. 上海地区未来海平面上升及产生的可能影响. 上海地质, 1998, (1): 14~20
- [8] 刘岳峰, 韩慕康, 邬伦. 海平面上升对我国主要三角洲平原影响的综合评估. 第四纪研究, 1999, (3): 321
- [9] 吕学都. 我国气候变化研究的主要进展. 中国人口、资源与环境, 2000, 10(2): 35~38
- [10] 施雅凤, 朱季文, 谢志仁等. 长江三角洲及毗连地区海平面上升影响预测与防治对策. 中国科学 (D 辑), 2000, 30(3): 255~232
- [11] 杨桂山, 朱季文. 全球海平面上升对长江口盐水入侵的影响研究. 中国科学(B 辑), 1993, 23(1): 69~76
- [12] R. A. Freeze. 社会决策与地面沉降. 见: L. Carbognin, G. Gambolati, A. I. Johnson 等编著 (张阿根, 刘毅, 魏子新等编译). 地面沉降——第六届地面沉降国际讨论会论文. 北京: 地质出版社, 2001, 53~68
- [13] 应玉飞, 郑铎鑫, 吴梁. 中国沿海地区水资源及生态环境持续利用战略. 环境科学进展, 1999, 7(3): 131~138
- [14] 翟金良, 何岩, 邓伟. 洪泛作用与洪泛区可持续发展. 中国人口、资源与环境, 2000, 10(专刊): 46~68
- [15] 郑铎鑫, 武强, 应玉飞等. 相对海平面上升——21世纪中国沿海地区重大战略问题. 中国基础科学, 2001, (6): 21~25
- [16] 郑铎鑫. 沿海地区城市发展及地面沉降的系统控制. 海洋地质与第四纪地质, 1992, 12(1): 57~66

(责任编辑 肖庆山)