

ABSTRACT

With global climate change have had a broad effect on human lives and production activities and urban construction and development, the research about global climate change causes more and more attention, how to respond to disasters which caused by global climate change has become a hot spot. Binhai New Area as a National Pilot Zone for Overall Reform, the developing speed of industry, population and economic is very quickly. Research on disasters risk assessment and prevention strategies, which disasters caused by global climate change in Binhai New Area, have great significance.

The purpose of this paper is to study the responsibility of disaster prevention and reduction in Binhai New Area under the conditions of global climate change. Based on the investigation of the affection and mechanism between global climate change and disasters, collecting related data about natural disasters in Binhai New Area to establish a index system of disaster risk evaluation with the clear understanding of indicator standard. Use AHP method to determine the weight of the indicators and in an integrated way to score comprehensive disaster risk of Binhai New Area under the conditions of global climate change. Evaluation results show that the ability of comprehensive disaster prevention and mitigation of Tianjin Binhai New Area is greater, but still should be improved. Through analyzing the composite score of rule layer indicators results that we should raise emergency logistic support capability and put rational distribution of population and industry correctly to improve the comprehensive disaster prevention and mitigation in Binhai New Area. Based on the result of the disaster risk evaluation, use GIS platform to establish a geodatabase of Binhai New Area. On the support of the geodatabase, use the technology of spatial overlay analysis to get the vulnerability spatial distribution map of flood disaster, storm surge disaster, ground subsidence disaster and comprehensive disaster. Combined with the overall plan of Binhai New Area to give some suggestion to spatial distribution optimization.

According to the results of comprehensive disaster risk evaluation and spatial analysis on vulnerability of disaster prevention under the global climate

change, to give strategies of disaster prevention and mitigation from the management, policy and technology aspects for Binhai New Area as theoretical support and layout proposals.

KEY WORDS: Global climate change, Disaster risk assessment, GIS, Response strategies, Binhai New Area

第一章 绪论

1.1 研究背景与意义

1.1.1 研究背景

全球气候变化对环境、生态和社会经济系统产生着日益深远的影响，因而，全球气候变化问题成为 21 世纪各国可持续发展中面临的重大课题。近百年以来，全球气候发生了较为显著的变化，中国年平均地标气温升高幅度在 0.6~0.8℃，增温速率比同期全球平均略高^[1]。而近五十年来中国年平均地标气温升高 1.1℃，增温速率 0.22℃/a，比全球或北半球同期平均高得多^[2]。一方面，全球气候变暖会给人类社会、经济、生态系统等许多方面将带来威胁，由全球气候变化引发的自然灾害的变化，可能使我国的经济部门如农业、水资源及沿海地区遭受严重后果；另一方面，如果过早地承担温室气体减排义务，其直接后果又将制约我国能源工业和制造业的发展，削弱我国产品在国际市场上的竞争力，从而使我国整体国民经济和社会发展受到严重制约^[3-4]。

2010 年，中国社会科学院法学研究所和瑞士联邦国际合作与发展署启动了双边合作项目《气候变化应对法》，目前该法案已进入起草阶段。因此，在应对全球气候变化问题上选择正确的对策至关重要。

天津市滨海新区地处海河流域下游，海陆交接，是海洋、洪涝、气象、地质等灾害多发地区，也是生态环境敏感和脆弱地区，受全球气候变化影响明显。近年来，滨海新区取得了惊人的发展建设成就，成为我国经济发展的第三极^[5]。新区建区近十七年来，社会经济持续快速发展，城市综合载体功能不断完善，取得了举世瞩目的建设成就。新形势下，新区经济快速发展，固定资产投资增势强劲，工业生产保持快速增长，建筑业步入健康发展，服务业保持较快增长，对外贸易和招商引资稳定增长，科技创新能力不断增强，环境质量继续好转，社会事业稳步发展、城乡居民收入不断提高。与此同时，在全球气候变化日趋明显的情况下，滨海新区应对全球气候变化的防灾减灾工作也面临着新的挑战 and 更高要求，必须从全局和战略的高度优先考虑城市防灾减灾响应，合理构筑城市公共安全体系，保障人民群众的生命财产不受侵害^[6]。

1.1.2 研究意义

20 世纪 90 年代以来,全球气候变化加剧,天气气候极端事件频繁发生,不仅对社会和经济发展带来影响,还对人类生活和生态环境构成威胁,由全球气候变化引发的灾害研究越来越受到社会的广泛关注。滨海新区是天津的一个重要组成部分,位于天津东部沿海,是天津连接海内外、辐射华北、西北的重要枢纽,是北方重要的港口基地和经济高速发展区,同时也是首都北京的重要门户^[7]。研究全球气候变化下天津滨海新区防灾减灾响应,对当地政府指导工农业生产、城市布局规划、发展经济、保护生态环境等均具有重要意义。开展滨海新区在全球气候变化条件下的防灾减灾研究,建立科学的评估体系,摸清灾害防御体系的薄弱环节,能够为滨海新区的各项防灾设施建设提供有力技术支撑;通过在空间上评估新区各分区的灾害特征和防御水平,合理优化滨海新区的空间布局,能够辅助规划正确决策。通过全面提高综合抗灾能力,构建安全、宜居、和谐的滨海新区。

1.2 全球气候变化研究

自 18 世纪中期工业革命以来,世界人口高速增长,社会生产力大大提高,人类开始大规模开发石油、煤炭、天然气等能源和矿产资源,并向自然界排放了大量污染物质,大气中的二氧化碳等温室气体含量增加,使全球变暖、海平面上升,沿海的城市及经济发达地区受到潜在的威胁。

1.2.1 内涵表现

全球气候变化是指在全球气候平均值和离差值中的一个或二者同时随着时间的变化出现的在统计学意义上的显著变化。平均值的升或降,表明气候平均状态发生的变化;而离差值增大,表明气候状态不稳定性增加,气候异常愈明显。

1. 温度和降水

不同时期、不同季节全球地表温度的增加速率存在明显差异。通过对不同时段增温趋势进行分析发现,1910~1945 年和 1976~2000 年两个时期的增温速率相对较大,其中后一个时期的增温速率最大;而 1945~1976 年间,北半球大部分地区的年平均温度存在着下降趋势;在 1976~2000 年间,全球地表冬季平均温度升高最为显著,特别是以北半球中高纬地区更为明显;春季的增温幅度次之;而秋季的增温幅度最弱,某些地区还表现为降温趋

势。总体上看,近百年来的地标年平均温度在全球绝大多数地区均表现为增高趋势。

有研究表明,20世纪全球陆地上的降水增加了2%左右,但显然各个地区实际的变化并不一致。北半球中高纬度大陆地区降水的增多更明显,北纬陆地地区降水量平均增幅达7%~12%,且以秋冬季节最为显著。北美洲大部分地区20世纪降水增幅为5%~10%;欧洲北部地区在20世纪后半叶降水明显增多。但是,在北半球的副热带陆地地区,年降水量却明显减少了,这在非洲北部表现得特别明显^[8]。

2. 极端天气与气候事件

全球气候变暖导致了极端天气气候事件的频发。世界气象组织指出:2007年1月和4月的全球地表气温分别比历史同期的平均值高出了1.89℃和1.37℃,均超过了1998年的最高水平,是自1880年有记录以来的同期最高温度。我国2006年全年的平均气温较常年偏高1.1℃,是自1951年以来最暖的一年;2007年1~7月份,为1951年以来历史最高值,比我国常年同期平均气温偏高1.4℃,也是自1997年以来连续第11个温度偏高年。自1986年以来我国已连续出现21个暖冬,冬季气温明显偏高;2007年2月5日北京的最高气温达16.0℃,2月6日南京最高气温达到23.9℃,创下了有气象资料以来的历史同期最高纪录,同时也为百年来历史同期气温的最高值。

为了提供国际公认、有权威性的有关全球气候变化、气候变化对环境的可能影响、气候与社会之间相互作用的科学信息,在1988年国际上成立了政府间气候变化委员会(IPCC),负责组织世界各国不同科学领域的上千名专家,对有关气候变化的科学成果及技术、经济信息进行综合分析评估。IPCC成立以来,由第二工作组主要负责气候变化影响方面的评估研究,并已先后于1990年、1995年和2001年发表了三次综合评估报告。

IPCC第四次评估报告中指出,20世纪70年代以来,全球普遍呈现热带气旋(包括台风和飓风)强度逐渐增大的趋势;随着热带海表面温度的逐步升高,热带气旋在未来可能会变得更强^[9]。根据2005年发表的一项研究指出,强台风(风速58 m/s以上,17级)发生的次数增加,尤其在北太平洋、印度洋与西南太平洋的增加最为显著;强台风出现的频率由20世纪70年代初的20%一下增加到本世纪初的35%以上^[10]。根据我国自1949年以来的台风统计资料分析,登陆我国的热带气旋的登陆强度有逐年增加的趋势,而登陆台风中强度较强的热带气旋所占比重也逐年增加。2006年8月10日,百年一遇的超强台风“桑美”登陆,其中心附近的最大风力达

到 17 级，是建国以来我国大陆登陆的最强的台风。而今年的 8 月 16 日，台风“圣帕”中心附近最大风力也达到了 17 级^[11]。

1.2.2 研究特点

全球气候变化研究的目的是描述和了解全球气候变化的过程以及导致全球气候变化的驱动力，通过对全球气候变化信息的提取与分析，揭示全球气候变化规律及其对人类社会的影响，预测未来的全球气候变化，全球气候变化研究是建立在对地球各圈层研究的基础上，同时又超越各分支学科的界限，从地球系统的观点出发综合研究系统中所有导致全球气候变化的过程和机制。

全球气候变化研究是多时间尺度的，全球气候变化过程在各个时间段中均存在着不同的变化，即跨越了不同的时间尺度。对全球气候变化的研究不仅揭示过去全球气候变化规律，更主要的是深刻认识现代进行的全球气候变化，以采取必要的有效措施控制全球气候变化对人类的消极影响，并预测出未来的全球变化模式^[12]。

在空间域上必须同时考虑区域尺度和全球尺度，既要从整体上研究全球气候变化过程，同时也要关注全球气候变化的区域表现，以及区域气候变化对全球气候变化的影响。在全球气候变化研究中既要防止以区域气候变化代替全球气候变化，也要防止忽视区域气候变化的多样性。

1.2.3 研究进展

近几年来，各国政府部门和研究机构自采用适应对策以来，由于全球气候变化可能造成的危害及风险的重要性及价值有了进一步认识。如认识到对全球气候变化影响的分析研究，有助于人类全面了解全球变化的环境好社会影响，从而制定减缓和适应全球气候变化影响的策略，以实现化境的可持续利用和社会的可持续发展。IPCC 在 2001 年发表的第三次工作报告指出，总结多年来气候变化影响及应对策领域的研究成果，认识到今后还必须进一步提高在这方面的研究能力。这一报告还具体列出了以下 8 方面的研究重点^[13]。

1. 定量评估自然生态和人类系统对气候变化的敏感性、适应能力及脆弱性，特别需要考虑气候变异的尺度及极端气候异常的发生频率和危害程度。

2. 估测各种自然生态和人类系统在不同气候变化情况下可能造成的强

烈反应的临界度。

3. 了解生态系统在各种气候变化等不同环境压力情况下的动态反应，这些压力包括全球性的、区域的及小尺度的气候变化。

4. 开发气候变化适应对策评估的新技术，估测不同适应对策的有效性 & 经济成本，揭示各个地区、国家和人民之间气候变化影响适应能力的不同机会和障碍。

5. 全方位评估未来气候变化可能造成的各种影响，尤其要注意非市场性质的产品和服务，使用不同度量单位并用统一方法处理的不确定性，可以包括受影响的人口数、土地面积、受威胁的生物种群数量、用货币计量的影响程度及考虑未来其他一些政策措施的实施。

6. 改善和提高综合评估工具、方法及其效能，加强对风险评价、对自然和人类社会系统之间相互作用以及其他一些政策和决策影响作用的研究。

7. 评估在风险管理及可持续发展决策过程中使用气候变化影响、脆弱性、适应对策等科学信息的机会。

8. 改善长期监测的系统和方法，增加关于气候变化及其他环境变化对自然生态和人类省会系统产生影响的知识。

综上所述，全球气候变化影响及适应对策的评估研究，正遵循 IPCC 工作报告书的建议，进一步想着建立量化评价模型和综合评价框架以及更具世纪应用价值的方向发展。

1.2.4 引发灾害

据世界气象组织宣布气候变化的影响，1998 年至 2007 年是我国有记载以来最暖和的十年。然而气候变化的影响在多大程度上才能算是“安全”目前还没有定论，但球气候变化为人类及生态系统带来的灾难我们却非常清楚：极端气候事件、永久冻土层融化、冰川消融、海平面上升、珊瑚礁死亡、生态系统改变、旱涝灾害增加、致命热浪等等。现在，这些改变不仅是科学家在预言着，自北极到赤道，人类已经开始在全球气候变化的影响下挣扎着求生存。然而这一切只不过是气候变化影响的序幕，我们正在经历的气候变化越来越危险。我们必须马上采取行动来阻止这场灾难，按现在这样的发展趋势，科学家们预测有可能出现的影响和危害有：

1. 海平面上升的危害

沿海岸线 60 km 的范围内生活着全世界大约 1/3 的人口，经济发达，城市密集。全球气候变暖导致的海洋水体膨胀和两极冰雪融化，预计到 2100

年,海平面将上升 50 cm。海平面上升危害遍及全球沿海地区,尤其是人口稠密、经济发达的河口和沿海低地,可能会遭受到海水淹没或海水入侵,海滩海岸遭受侵蚀,土地恶化,海水倒灌和洪水加剧,港口受损的危害,并将影响沿海养殖业,破坏供排水系统。

2. 对农业和自然生态系统的影响

随着气候变暖和二氧化碳浓度增加,植物的光合作用可能会增加,生长季节将被延长,更加的利于世界各地的农业耕作。但全球气温和降水形态的迅速变化,也可能导致世界许多地区的农业和自然生态系统的这种变化无法适应或不能很快适应,使其遭受很大的破坏性影响,对大范围的森林植被破坏和农业造成灾害。

3. 对气象灾害的影响

气候灾害增多是气候变暖导致的较为突出的问题。全球平均气温稍有上升,就有可能带来频繁的气候灾害:降雨过多、大范围的干旱和持续的高温,大规模的灾害损失。有科学家根据气候变化的历史数据,推测气候变暖还可能破坏海洋环流,引发新的冰河期,给高纬度地区造成可怕的气候灾难。

4. 对人类健康的影响

气候变暖可能使疾病危险和死亡率加大,传染病概率增加。其中高温会使人类的循环系统增加负担,热浪会引起死亡率的增加。由昆虫传播的疟疾等传染病与温度有很大的关系,因此随着温度升高,将会使许多国家的疟疾、淋巴腺丝虫病、黑热病、血吸虫病、登革热、脑炎增加或再次发生。这些疾病在高纬度地区传播的危险性可能会更大^[14]。

1.3 研究内容与思路

1.3.1 主要内容

论文第一部分从选题的来源和依据出发,叙述对滨海新区在全球气候变化条件下的防灾减灾策略研究的背景与意义,并开展在此条件下滨海新区的灾害调查,总结全球气候变化对滨海新区灾害的主要影响,判断未来灾害发展趋势,为滨海新区在全球气候变化条件下的防灾减灾响应研究做基础论证。

论文第二部分以滨海新区受全球气候变化影响较大的洪涝灾害、风暴潮灾害、地面沉降灾害为主要灾害研究对象,收集气象资料统计数据 and 年鉴

统计数据，利用层次分析法和德尔菲法，通过建立评价指标体系、归一化指标标准、确定指标权重，最终获得滨海新区主要灾害影响评价价值。

论文第三部分展开对滨海新区灾害防御体系空间布局的研究，通过在 ArcGIS 平台上建立空间地理信息数据库，应用地理信息系统空间分析中的空间叠加等方法对滨海新区在全球气候变化下的几种主要灾害和综合防灾脆弱性进行叠加分析，再与滨海新区防灾规划空间布局进行比对，给出空间布局的优化建议。

论文第四部分基于前三部分的结论，展开对滨海新区在全球气候变化条件下的防灾减灾响应策略的研究，分别从管理层面、政策层面、技术层面提出对策响应措施，为滨海新区的防灾减灾工作提出建议。

1.3.2 研究方法与技术路线

本文利用 AHP 方法建立评价的层次指标体系，通过构造判别矩阵确定各指标的分层权重和综合权重，与指标评价值进行相乘得到综合评价价值，并运用类比分析等方法对滨海新区的综合防灾能力进行评价。在防灾脆弱性空间分析与布局优化部分，基于地理信息系统原理和 ArcGIS 平台建立地理信息数据库，利用空间分析中的叠加分析、缓冲区分析等空间分析方法和对比分析方法对滨海新区的防灾脆弱性进行分析。

技术路线如图 1-1 所示。

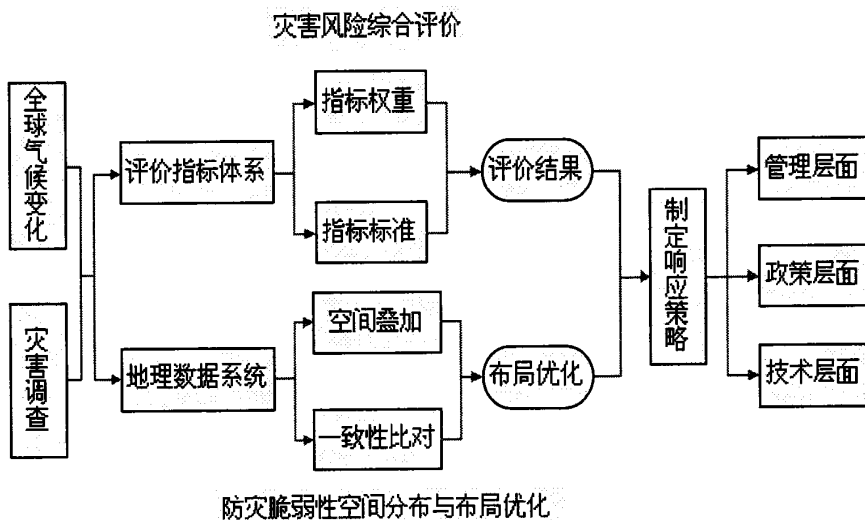


图 1-1 技术路线示意图

第二章 滨海新区灾害调查

2.1 自然地理条件

2.1.1 地理位置

滨海新区位于华北平原北部、海河流域下游，天津市中心城区东侧，濒临渤海，北与河北省丰南县为邻，南与河北省黄骅市相接。地理座标位于北纬 $38^{\circ}40'$ 至 $39^{\circ}00'$ ，东经 $117^{\circ}20'$ 至 $118^{\circ}00'$ 。陆域面积 2270 km^2 ，海域面积 3000 km^2 ，海岸线 153 km ，见图 2-1，图片来源于滨海新区网。

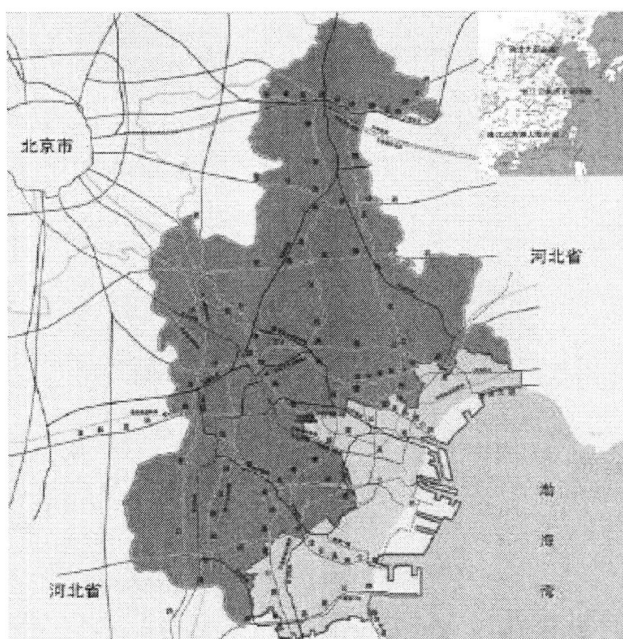


图 2-1 滨海新区区位图

2.1.2 地形地貌

滨海新区属于新华夏构造体系的黄骅凹陷带地质构造，孕育着的构造带以海河断裂为代表，断裂两侧的地层有明显落差，对两侧的建设有潜在影响。地表沉积物主要是第四纪河相和海相的沉积物，其承松软的地质基础承载力仅为 $6\sim 8 \text{ t/m}^2$ 。滨海新区地表的滨海冲积平原，西北高，东南低，海拔

高度 1~3 m, 地面坡度小于 1/10000。主要由滨海平原, 泻湖和海滩等地貌类型组成。其地貌形成的主要动力是潮汐和海浪。天津市域内的海河、独流减河、蓟运河、潮白河、永定新河等主要河流均从滨海新区入海。水域面积大和地势低平是滨海新区的主要地貌特征, 区内还有北大港、北塘、大面积的盐田和众多的坑塘等^[15-16]。

2.1.3 气候气象

滨海新区属于暖温带半湿润大陆性季风气候。由于濒临渤海, 季风环流对滨海新区的影响很大, 因此冬季盛行西北风, 夏季盛行东南风, 春秋多西南风。滨海新区的冬季时间长, 春秋时间短, 且春季干旱多风, 夏季高温高湿雨水多, 秋季冷暖适宜, 冬季寒冷少雪, 四季变化明显。新区年平均气温在 12.6℃, 年均温差达到 30.7℃, 全年无霜天气 206 天; 年平均降水量为 604.3 mm, 主要集中在夏季, 夏季降水约占全年降水量的 76%; 年蒸发量是年降水量的 3 倍, 大约在 1750~1840 mm 之间; 年日照时数为 2898.8 h, 平均日照百分比为 64.7%; 滨海新区作为天津太阳能辐射量最丰富的地区, 全年太阳能辐射量 539 KJ/cm²^[17]。新区各月平均风速为 4 m/s, 极端最大风速为 33 m/s (出现于汉沽盐场 1961 年 4 月 5 日), 风能密度平均可达 155~170 W/m², 大于 3 m/s 风速的年积累时数可在 6000 h 左右, 对于开发风力资源具有很好的前景。

2.1.4 河流水系

滨海新区地处海河下游, 河网密布, 洼淀众多, 历史上水量比较丰富。包括 10 条主要河流: 蓟运河、潮白新河、永定新河、海河、独流减河、马厂减河、北排水河、子牙新河、青静黄排水河和沧浪渠等。滨海新区河流水系如图 2-2 所示。



图 2-2 滨海新区河流水系示意图

2.2 滨海新区自然灾害特征

2.2.1 洪涝灾害

海河流域洪水由暴雨形成，故洪水发生的时间和分布与暴雨基本一致。洪水发生时间一般都在 6~9 月。特大洪水多出现在 7、8 两月。太行山、燕山迎风区为大暴雨的集中地带，地形陡峻，土层覆盖薄、植被差，极易造成特大洪水。背风区产生大暴雨机会较少，因其黄土覆盖较厚，洪水远较山前区小。

本流域洪水相当集中，最大 30 天洪量一般占汛期(6~9 月)洪水总量的 60%~90%，而 5 天的洪量则所占 30 天洪量的 50%~80%。这种集中程度也是迎风区高、背风区低。各河系峰、量的年际变化很大，据统计可相差数十倍到数百倍。经常出现暴雨中心的迎风山区，洪峰流量的极值倍比要比背风山区大得多，变差系数也具有同样的规律。

海河流域是中国洪、涝、旱、碱灾害严重地区之一。流域内降雨分配极为集中，在全国各大江河中最为突出。由于流域特殊的地形(从南、西、北三方向向东倾斜)，历史上各河洪水均集中天津入海，河道泄流能力上游大、下游小的矛盾突出，尤其是入海尾间泄洪量很小，遇到稍大洪水即泛滥成灾。

明清史料记载统计,在 540 年中共发生水灾 360 次。17 世纪以来大水灾就发生了 19 次,平均每 20 年一次,每一次大水都给人民的生命财产造成巨大损失,一般均有超过 100 个县受灾,少则淹没耕地 2000~3000 万亩,多则 6000~7000 万亩,其中有 5 次淹及北京,8 次淹及天津。建国后在 1956 年、1963 年发生的大洪水,受灾面积分别达 6030 万亩、6145 万亩,特别是 1963 年 8 月上旬海河南系洪水,暴雨中心最大 7 天雨量达 2050 mm,创造了中国大陆的新的记录,这次洪水的直接损失达 60 多亿元(当年价格),善后救灾开支达 10 亿元^[18-20]。

平原涝灾也相当频繁。解放以来,较大的涝水年有 1964 年、1977 年,受灾面积分别为 5420 万亩和 4457 万亩。海河流域洪灾统计表如表 2-1 所示。

表 2-1 海河流域洪灾统计表

	1469-1948 年	1949 年至今
海河流域水灾	194 次	22 次
其中大水灾	14 次	3 次

经过天津市滨海新区的一级行洪河道有 8 条,即海河干流、永定新河、潮白新河、蓟运河、独流减河、子牙新河、马厂减河,金钟河,见表 2-2、表 2-3 所示。其中有 4 条人工河道,包括子牙新河、永定新河、潮白新河、独流减河。蓟运河、潮白新河、永定新河、海河、独流减河、子牙新河是天津市滨海新区的主要泄洪河道。现状水库包括高庄水库、营城污水库、黄港一库、黄港二库、北塘水库、大港水库、邓善沽水库、官港水库、钱圈水库、北大港水库与沙井子水库。

表 2-2 滨海新区一级河道长度、宽度与设计流量表

序号	河流名称	河道长度 (km)	河道宽度(m)	设计流量 (m ³ /s)
1	蓟运河	154.0	300-500	400-1300
2	潮白新河	81.0	420-800	3600-3060
3	永定新河	63.0	500-700	1400-4640
4	独流减河	70.3	850-5000	3600
5	马厂减河	40.0	70-112	120
6	子牙新河	29.0	2620-3600	5500
7	海河干流	72.0	100-350	800
8	金钟河	36.5	90-180	200

表 2-3 防洪圈内其他一级河道长度、宽度与设计流量表

序号	河流名称	河道长度 (km)	河道宽度 (m)	设计流量 (m ³ /s)
1	子牙河	76.1	180-2140	闸上 300 闸下 1000

天津市滨海新区现状防洪体系由主要行洪河道（包括永定新河、独流减河、海河干流）；城市防洪堤（包括永定新河右堤、独流减河左堤、防潮堤）；蓄滞洪区和行洪道组成。

(1)行洪河道

永定新河是永定河、北运河、潮白河和蓟运河的入海水道。河道泄量按 50 年一遇洪水设计，100 年一遇洪水校核；独流减河是大清河的主要入海河道，设计泄量 3200 m³/s；大清河和永定河部分洪水主要由海河干流承泄。根据城市防洪规划要求，除了泄洪的功能外，海河干流还具有治涝、供水、航运、旅游和改善城市环境等项功能。

(2)城市防洪堤

永定新河右堤是滨海新区的北部防线；独流减河左堤是滨海新区的南部防线；防潮堤（海挡）南起岐口，北至涧河，现状堤长 139.62 km，其中北起永定新河口南至独流减河口的 65.57 km，是城市防洪堤防的一部分。已建的防潮堤按 20 年一遇标准，堤顶高程 4.83 m（大沽 6.50 m）。

(3)蓄滞洪区和行洪道

滨海新区内有团泊洼蓄滞洪区、七里海蓄滞洪区和沙井子行洪道，蓄滞洪区特性及区内社会经济情况如表 2-4 所示。

表 2-4 蓄滞洪区特性及区内社会经济情况表

序号	名称	面积 (km ²)	蓄滞洪量 (亿 m ³)	蓄滞洪水位 (m)	乡镇 (个)	村庄 (个)	人口 (万人)	国民生产总值 (亿元)	所在区 县名称
1	团泊洼	755.0	14.620	6.00	13	196	28.23	292.54	静海、大港
2	七里海	192.3	3.264	3.00	6	21	5.24	29.20	宁河、塘沽、 清河农场
3	沙井子 行洪道	301.0	5.286	5.50	5(2个 农场)	53	6.59	26.78	大港

滨海新区城市防洪圈以内部分，地势低洼，由于超量开采地下水，造成地面下沉，最低处低于大沽海面，因此排水条件很差，不具备自排条件。排水系统全部为机排，排入河道为海河、永定新河和大沽排污河，还有的地区直接排入渤海。

2.2.2 风暴潮灾害

渤海是我国的内海，平均水深约 18 m。渤海海峡与黄海相连，形如斜放着的椭圆，其长轴走向为 NE~SW，约长 555 km，海峡宽度仅 100 多公里。渤海地区风暴潮在一年四季均有发生。且在盛夏台风活动季节和春、秋过渡季节灾害多发，是我国风暴潮灾害频发且严重的海区，历史上记载此地区曾发生过多次强风暴潮灾害。滨海新区处在渤海湾的湾顶，与莱州湾同属风暴潮灾害多发且较为严重的地区^[21]。

1. 近海的潮差分布特点

近岸大，外海小，潮差随岸边到海区中央的距离增大而减小；海湾顶端的潮差比湾口要大；渤、南海潮差较黄、东海潮差小。渤海中央的潮差一般为 1.5 m 左右，岸边为 2~3 m。

2. 波高分布及特点

波高除有地区差异外，也随时间而变。渤海由于风区受到限制，风浪和涌浪都比较小。渤海年均波高 0.5~1.0 m。冬季常受寒潮的侵袭，风浪为全年最大，平均波高 1.5~1.7 m，最大 3~5 m。其他季节风浪较小，如夏季平均波高为 0.7~0.8 m；春、秋季为 1.0~1.3 m。

3. 潮灾类型及特点

滨海新区的风暴潮灾害大致可分为热带风暴潮或台风北上影响，温带风暴潮和大潮暴雨三种类型。

(1) 热带风暴或台风北上影响产生的风暴潮

天津市滨海新区的地理位置和海岸形态使风暴潮灾害特别严重。滨海新区沿海处于渤海湾的底部，海岸地理形态使风暴潮能量容易积聚。热带风暴或台风引起的东北至东南大风在滨海新区沿海会产生强烈的向岸风和极为显著的增水和波浪。

受热带风暴或台风北上影响在渤海湾产生的风暴潮一般出现在 7~9 月份。原因是：这个季节的海平面是全年最高的，平均比年平均海平面高出 25~35 cm；比冬季高出 50~70 cm；是一年中出现天文较高潮位的季节。一旦受热带风暴潮或台风北上影响，在渤海湾产生的风暴潮增水与较高潮位叠加的概率是很高的。

(2) 温带风暴潮

渤海湾是温带风暴潮的频发海区。每年的春夏和秋冬之交大气环流的急剧变化经常在渤海湾造成 1 m 以上的增水。这类风暴潮增水与较高天文高

潮位相遇会产生灾害性高潮位。温带风暴潮是天津市滨海新区主要的风暴潮灾害之一。

每年的2月、4月、10月和11月是增水重现期，其增水值较其余月份明显偏大，这说明温带风暴潮产生的增水要大于台风风暴潮的增水。这几个月份也是温带风暴潮发生的严重月份，11月份是温带风暴潮集中爆发的时间，历史上大多数的温带增水过程都发生在11月^[22-23]。

(3) 大风、暴雨和大潮引发的潮灾

近几十年由于水利工程建设和暴雨出现次数较少，由陆地暴雨造成洪水入海同时海上出现大潮，共同造成潮灾的情况不多。但历史上这种灾害时有发生。也必须引起足够的重视。

4. 风暴潮灾害评估

我国对风暴潮灾害等级划分尚无规定标准。以国内外风暴潮专家的意见，通常将风暴潮灾害划分为特大潮灾、严重潮灾、较大潮灾和轻度潮灾四个等级。各级潮灾所对应的参考灾情及风暴潮位如表2-5所示^[24]。

表 2-5 风暴潮灾害等级表

等级	特大潮灾	严重潮灾	较大潮灾	轻度潮灾
参考灾情	死亡千人以上 或经济损失数 亿元	死亡数百人或 经济损失 0.2~1.0 亿元左 右	死亡数十人 或经济损失 千万元左右	无死亡或死亡 仅数人或经济 损失数百万元 以下
超警戒水位参考 值	≥2 m	≥1 m	≥0.5 m	

根据此评估标准中超警戒水位参考值，天津市滨海新区历史潮灾多属于较大潮灾及其以上等级。可见，必须制定严格的防御标准等级，减少潮灾损失。

2.2.3 相对海平面上升灾害

相对海平面上升灾害主要由海平面的上升和滨海新区的地面沉降共同作用形成。

1. 海平面上灾害

1999年天津沿海地区地面沉降量为1.2 cm，2001~2003年间，年沉降率也达到厘米级。其中部分地区的累计沉降量较大，有的地区甚至低于平均海平面，从而使该地区相对海平面上升加剧。海平面上升则会引起水深零米线向海岸线的推移，加强海洋动力因素向海滩的推进，使得海岸滩涂减

少, 损失湿地, 并发生由盐土草甸—高位沼泽—低位沼泽的高级类型向低级类型的退化。因湿地受到破坏, 原湿地中栖息的动植物特别是一些珍禽将发生与环境相适应的迁徙, 给滨海新区的生态环境带来一定的危害。

全球气候变暖将使热带海表温度升高, 造成利于台风生长和发展的条件。1987年 Emanuel 模拟台风的结果表明, 全球变暖将增大台风强度, 预测表明, 到 21 世纪中期大气中的 CO_2 浓度加倍时, 台风强度会增大 40%~50%。

海平面的上升导致入海河流域的洪水泛滥的机率增加, 由于海平面上升抬高了水面, 改变了陆地原有排水能力, 造成洪水疏散困难, 且使滨海新区在遭受洪水袭击时更易产生排水系统回流效应, 形成沿海地区水质劣变, 水域污染加重。天津地面高程一般在 2.5~4.5 m 之间, 塘沽和汉沽部分地区的地面高程很低, 大约在平均海平面上下。若洪水季海河水位涨到 4.0 m 时, 天津市区的河东区将会受淹, 而海平面的上升, 使这些地区排水入海的时间和流量更小, 洪涝隐患加剧。另外, 由于海平面上升对海岸造成长期的侵蚀作用, 使沿海地区更为脆弱, 易遭受洪水侵袭^[25]。

海平面上升还将导致海岸盐水向陆地侵蚀。在近岸地区, 盐水层密度较大, 沉于淡水层之下, 就象一个楔子一样, 当海水越靠近陆地, 淡盐海水的分界线距地表就越近。海平面的上升造成海岸线退后, 淡盐水分界线上升, 这种海水向上和向陆的方向性的变化, 将会使滨海新区盐碱化土地面积扩大。近年来海河挡相闸到二道闸之间的水质变咸, 其地下水矿化程度加重, 两岸农田发生次生盐渍化, 使部分菜田和耕地逐渐退化为苇田。随着海平面上升速度的加快, 地表水体的污染和盐水入侵问题将越来越严重^[26]。

2. 地面沉降灾害

天津曾是我国受地面沉降影响最为严重的城市之一。由于对地下流体资源的过量开采, 使得宝坻断裂和蓟运河断裂以南的约 7300 多平方公里的地区, 发生不同程度的地面沉降。形成了市区、塘沽、汉沽、大港以及海河下游工业区 5 个沉降中心^[27]。地面沉降已经对人民的生产生活产生了直接的影响。1950 年代末期就已经发现天津的地面沉降问题。天津市辖区内宝坻城关以南的平原大部分地区均有不同程度的地面沉降, 形成了面积较大的沉降漏斗区, 达 8000 km^2 , 其中南部及滨海地区尤为明显。据有关资料分析, 1967~2002 年市区年均沉降值基本上在 10~15 mm/a , 最大累计沉降值达到 2.87 m, 塘沽区最大累计沉降值达到了 3.15 m; 1998~2002 年塘沽开发区年均沉降速率为 20~25 mm/a 。总体上看, 地面沉降在市区和塘沽区

已得到了控制，但是因其历史累积较为严重，沿海地区仍有汉沽和塘沽两个累计沉降中心区存在。

近年来天津市市区及滨海新区等地地面持续下沉，来自天津市地质调查研究所的数据显示：1923~1957年间地面平均沉降量为7.1~12 mm/a，1958~1966年地面平均沉降值是23 mm/a，1967~1971年地面平均沉降值为42 mm/a，1972~1973年地面平均沉降值为109 mm/a，1974~1982年地面平均沉降值为85 mm/a，1983~1985年地面平均沉降值为71 mm/a。自1986年开始，严格控制了地下水的开采，地面沉降速率亦有所减缓，但是1986~1998年的地面平均沉降值仍为15 mm/a。

1986年以后市政府实施3年为一期的控沉计划，减少了地下水开采量，市区地面沉降情况基本得到控制，处于逐年减缓的趋势。由天津市地面沉降的演化及发展情况表明，近年来采取的防治措施，使地面沉降量逐年减缓，有效的扼制了沉降发展的势头。

滨海地区的地面沉降监测面积约1095 km²，虽然从1986年采取控沉措施以后趋势渐缓，但与市区相比其沉降幅度仍然较大。塘沽地区沉降中心位于上海道河北路一带，1959~1999年历史累计沉降量也较大。1977~1982年是历史上沉降速率最大的阶段，平均年沉降值是131 mm。塘沽段的防潮堤年均沉降速率为15~16 mm/a，各泊位年均沉降速率为4~10 mm/a。开始实施控沉计划以来地面沉降基本得到控制，1995~1999年平均地面沉降12 mm/a，如表2-6所示。

表 2-6 塘沽地区地面沉降速率表(mm/a)

年代	1985	1986~1998	1989~1991	1992~1994	1995~1997	1998~1999
平均沉降值	100	43	29	24	11	13

位于市区与塘沽区之间的海河下游工业区，北起杨北公路，南到官港和小站，面积约330平方公里，历史累计地面沉降量较市区小，但其沉降幅度和范围也较突出。近几年地面沉降发展趋势表明，葛沽、钢管公司、咸水沽沉降速率较大，大于0.5 m的累计沉降值等值线已包括葛沽、咸水沽、钢管公司、小东庄、泥沽等海河两岸的大部地区，是沉降速率较大的区域，近年来尚未呈现减缓趋势。但是近年来的沉降速率与1985年前比较，也明显减缓。汉沽地区历史上地面沉降量也较大，沉降中心位于寨上和河西一带，虽然实施控沉计划后沉降情况有所减缓，但效果不如市区和塘沽明显[28]。

2.3 可持续发展对防灾减灾的要求

实现社会经济的可持续发展是当滨海新区的重要课题,也是建设和谐社会的重要保证。全球气候变化以全球变暖为主要特征,对人类赖以生存的自然环境和人类社会自身的安全具有复杂而又深刻的影响,对可持续发展具有现实和潜在的威胁。因此,在可持续发展的框架下,滨海新区应对全球气候变化下的防灾减灾有着更高的要求^[29]。

2.3.1 资源安全

滨海新区自然生态条件总体较差,生态环境比较脆弱,是中国淡水资源最紧缺的地区之一。滨海新区工业扩张和城市发展必须要有水资源的保证,但滨海新区水资源严重不足,供需矛盾较为突出。淡水资源天然不足,人均水资源量仅为 180 m^3 ,不到全国平均水平的十三分之一、世界平均水平的五分之一,远低于世界公认的缺水警戒线:人均占有量 1000 m^3 。而全市十大用水大户滨海新区就有 5 家。因此明确全球气候变暖对滨海新区主要水系河流域可能产生的影响,提供全球气候变暖背景下水资源需求变化的评价,提出大江、大河的水资源合理调度和可持续利用的对策方案,根据滨海新区气候、工业和农业产业结构特点提出最佳水资源利用办法等,都需要相关科技力量的强有力的支持。

2.3.2 能源安全

人类大量燃烧化石燃料所排放的二氧化碳等温室气体是导致全球气候变化的主要原因。滨海新区是以第二产业为主,致力于成为具有国际和国内影响力的高水平的先进制造业基地、国家战略性新兴产业基地、自主创新产业化基地和工业循环经济示范基地。新区内坐落着诸多大型工业企业,对能源的消耗和利用有着较高的要求,温室气体的排放亦不容忽视。温室气体减排政策势必影响经济产业如石化、钢铁、水泥等工业,其他如交通运输、能源供需、环境保护、公共卫生、绿色消费等层面都会受到冲击,势必要求对经济、能源、交通等体系做出结构性的调整,可能牵动面广,投资巨大。因此款必须加强有关清洁发展技术、替代能源、公共政策、社会成本效益评估方面的基础理论、应用技术和方法论方面的研究。

2.3.3 公共安全

全球气候变暖造成的可以确定的后果之一是导致海平面上升。滨海新区漫长海岸线上是人口密集的经济、贸易发达的地带。滨海新区的经济总产值占天津市生产总值的一半以上，对天津市社会经济发展有着举足轻重的作用。全球气候变化北京之夏，海平面上升的幅度和速率、风暴潮灾害强度和频率的变化都与滨海新区的进一步拓展，基础设施建设，滨海新区生态系统保护等直接相关。做好相关的储备性研究，提出不同气候变化情景之下，保护滨海新区经济发展和生态环境良性协调发展的方案和对策，对滨海新区地区的可持续发展意义重大^[30-31]。

第三章 全球气候变化对灾害的主要影响

3.1 影响原理

滨海新区的自然生态系统已经进化或者发展出一定的气候变异范围内的应对和自适应能力。但是如果气候变化导致超出系统经历过的历史范围内的极端时间发生频率或强度增加,会增加系统的风险使系统不能完全恢复甚至崩溃。

3.1.1 气候变化主要风险源

1. 平均气温升高

IPCC 第四次评估报告中指出,过去 100 年(1906~2005 年)来,地表平均温度上升约 0.74°C ;在这种大规模的全球变暖背景下,我国气候也产生了较大的变化。21 世纪我国地表气温将继续上升,与 2000 年比较,2020 年我国年平均气温预计将增加 $1.1\sim 2.1^{\circ}\text{C}$,2030 年增加 $1.5\sim 2.8^{\circ}\text{C}$,2050 年增加 $2.3\sim 3.3^{\circ}\text{C}$ ^[32]。

2. 降水变化

自 20 世纪 80 年代以来,平均大气水汽含量无论在陆地或海洋上空还是在对流层上层都有所增加,这一现象与较暖空气能够容纳更多水汽总体一致。但年降水量变化趋势不显著,区域降水年际波动较大,高纬地区降水增多的可能性增大,而多数副热带大陆地区的降水量可能减少,大多数陆地上的强降水时间发生频率有所上升。

3. 海平面上升

IPCC 第四次评估报告预计到 21 世纪末海平面可能上升 $0.18\sim 0.59\text{ m}$ 。中国沿海海平面近 50 年来总起呈上升趋势,平均上升速率约为 2.5 mm/a ,略高于全球海平面上升速率。其中渤海上升速率为 2.1 mm/a 。

4. 极端气候事件

气候变化可能导致极端气候事件的频率和强度增加,气候平均变化和极端事件之间的关系是非线性的,对于模拟和预测有很大的难度,但是由于极端气候和突变事件的灾难性风险后果,已经引起科学家的关注,如由气候变暖引起的大西洋径向翻转环流的减弱已用多个全球耦合模式做了新的

模拟。但对于何时会导致气候发生不可逆或灾难性的突变仍未有定论。目前通过各种模拟的得出的结论大致是：未来热浪、热事件和强降水事件的发生频率持续上升的可能性加大；未来热带气旋强度可能更强，并将伴随更高峰值的风速以及与热带海表温度持续增加有关的强降水；热带以外地区的风暴路径会向极地方向移动，引起风、降水和温度场的相应变化；干旱和洪涝频率和持续时间增加；可能会产生更大的风暴潮等。

3.1.2 气候变化的风险描述

全球气候变化对灾害造成的影响没有可靠对应关系,但对一些风险事件的因果关系以及气候变化对风险事件的作用过程做了描述,为了阐明全球气候变化与滨海新区各种自然灾害的影响原理^[33],现将滨海新区可能遭受的风险事件与气候变化的作用过程与因果关系描述综合于表 3-1。

表 3-1 气候变化主要风险描述表

风险事件	作用过程	因果关系描述
渔业产量和质量	气候变化引起的海水温度升高会直接影响鱼类的生长、摄食、产卵、洄游、死亡及渔业物种的多样性,同时水质的变化也会对其产生影响	因果关系较为确定,单影响因素众多,较为复杂
供水短缺	气候变化,尤其是降水对地表径流、水库及水库群供水的影响,个别地区需要考虑对地下水的影响	流域产流过程负载,影响因素很多,如水温状况随时间的变率、器测记录时间段和其他非气候变化因素,因此,判定时期后变化导致了径流量变化趋势的可信度还很低
水质恶化	水温升高、降水强度和变率,以及长期较低的径流量加重谁污染,包括沉积物、营养物质、可溶有机碳、病原体、农药、盐和热污染	IPCC 认为其因果关系是高可信度的
干旱与洪涝风险	平均气候变化趋势和极端气候事件共同作用,沿海区域再加上海平面上升可能的洪涝影响	干旱和洪涝有其发生规律,已经可以进行一定新都的预报,但是今年以来人类活动及气候变率的增加,加剧了其复杂性
海岸侵蚀	在气候变暖,海平面加速上升,河流入海泥沙量减少,以及风暴潮、台风等极端气候事件的影响下,加速海岸侵蚀	因果关系较为明确、简单。海岸侵蚀有海平面上升、泥沙量减少、还有动力变化等多种原因,基本上是协同作用
沿岸低地的淹没	海平面上升直接造成低地淹没,风暴潮、台风、海啸等极端事件加重其影响	因果关系较为明确、简单。
台风、海啸、风暴潮灾害风	全球变暖一方面使海水升温,为台风生成创造了条件另一方面又使高层大气风速加大,干扰了其生成,与厄	台风模拟和预估的难度以及不确定性还很大。气候变化对海啸和风暴潮确实存在影响,而且密切相

险	尔尼诺是否有关系仍未知。气候变暖和海平面上升以及极端气候使风暴潮的频率和强度加强,已经进行了深入的研究;海啸的破坏程度与气候变化导致海平面上升有关	关,单相关度的大小、作用机理还没有完全清楚,还存在很多不确定性
港口设施	海平面上升与极端气候时间联合作用,可能对港口设施造成严重破坏	因果关系简单明确
气候影响的大工业	通过干旱、高温、洪涝、台风、沙尘暴等极端天气气候事件影响工业原料的获取和产品的运输、市场等方面	影响因素和结果都比较多,因果关系复杂

3.2 影响机制

全球气候变化与灾害之间的必然联系通过全球气候变化的表现及其对人类生产圣湖造成的影响来表现,因此,从气候变化可能引发的灾害和气候变化存在的风险来说明全球气候变化对灾害的影响机制^[34]。

3.2.1 气候变化引发灾害

全球气候变化的表现在前一节有所表述,探究气候变化对灾害的影响通过研究气候变化可能引起的社会和自然的影响来表现,总结各种气候变化及极端气候事件对滨海新区自然和人类社会的影响见表 3-2 和 3-3。

表 3-2 气候变化对灾害的影响关系表

气候相关变化	可能影响
平均气温升高	农作物的产量与市场价格波动;灌溉蓄水量;农作物病虫鼠害;渔业产量和质量变化;冰川消融;水质恶化;干旱;生境的丧失和物种的灭绝;损害生态系统结构、功能;土地沙漠化扩展;珊瑚白化与死亡、海藻过剩与赤潮风险;促进媒介病的传播;加剧城市热岛效应;基础设施
部分地区降水减少	干旱;河流径流量及水资源供给短缺;水质恶化;农作物减产;河流湿地生态系统退化;水域地区旅游业受损
海平面上升	海岸侵蚀;沿岸低地的淹没;海水入侵河口和地下水等;沿海湿地、珊瑚礁等生态系统的退化;海啸、风暴潮灾害;滨海旅游业风险;增大沿海地区洪涝风险;沿海地区土地盐碱化;沿海地区人居环境;间接导致金融业风险
大气成分的变化	陆地生态系统结构、功能受损;海洋酸化

表 3-3 极端气候事件对灾害的影响关系表

极端气候时间	可能影响
强降水事件增多	引起洪涝灾害；诱发泥石流和滑坡；造成农作物减产；水产养殖的破坏；交通设施、水利设施遭到破坏；
台风强度增加、风暴强度和路径变化	海岸侵蚀；沿岸低地淹没；海水入侵河口和地下水；沿海湿地、珊瑚礁等生态系统的破坏；增大沿海地区洪涝风险；沿海地区人居环境；沿海居民生命财产损失；港口设施、交通设施破坏；
干旱频率和持续时间增加	农作物减产；荒漠化增加；生态系统结构、功能受损；以水力发电业为代表的与水相关工业产业受到影响；森林火灾；供水紧张；加重农作物病虫害
洪涝频率和持续时间增加	媒介传染病；大型水利工程；污水和垃圾处理

3.2.2 气候变化风险分类

根据气候变化引发的风险性质的不同，将气候变化风险分为简单风险、复杂风险、不确定风险和模糊风险四个风险类别，每一个风险类别对应的气候变化引发的灾害事件均不同，这也从另外的角度阐释了气候变化作用于灾害的机制^[35]。具体分类见表 3-3。

表 3-4 气候变化风险类别表

风险类别	气候变化引发灾害事件
简单风险	海岸侵蚀；冰川消融；沿海湿地、珊瑚礁等生态系统退化；生境的丧失和物种的灭绝；沿岸低地淹没；媒介传染病
复杂风险	农业灌溉需水量增加；森林草原火灾；农作物病虫害增加；供水短缺；水质恶化；洪涝与干旱；生态系统结构、功能受损；盐水入侵河口和地下水；水土流失；土壤盐碱化和沙漠化；极端天气时间导致的疾病、伤亡；交通和传输系统风险
不确定风险	农作物产量；森林生产力；草场与畜产量变化；渔业和水产业风险；极端降水；风暴潮；海洋酸化对海洋生物的风险；城市大气污染；海洋酸化对海洋生物的风险；空气质量引起的呼吸系统疾病；大型水利工程风险；金融保险业风险；旅游业风险
模糊风险	农作市场价格波动；森林木材市场影响；沙尘暴灾害；热事件与热带气旋；极端低温冷冻灾害

3.3 全球气候变化条件下灾害趋势

3.3.1 不确定性增加

在全球气候变化的背景下,全球气候变暖已毋庸置疑,逐年增长的气候破洞越来越大,气候极端之间也逐渐增多,而由此引发的相关灾害事件的频次和强度也将进一步增加,如洪涝、干旱、热浪、风暴潮等^[36]。这些变化将会增加滨海新区各种自然灾害致灾因子的不确定性,进而使滨海新区灾害的发生、发展规律产生变化,增加灾害的不确定性,对滨海新区的灾害防御体系和灾害应急响应体系提出了更高的要求。

3.3.2 灾害空间扩大

随着滨海新区的集中快速发展,人口和财产在空间上越来越集中,灾害承灾体的暴露性和脆弱性明显增加,滨海新区处于开放港口的地理位置,导致重大自然灾害或巨灾发生的风险迅速增加,而灾害影响的范围也由于这种集中快速发展而不断加大,呈现出灾害空间分布不断扩大的趋势。

3.3.3 灾害强度增加

由于灾害致灾因子不确定性的增加和灾害载体暴露性和脆弱性的不断增强,滨海新区的自然灾害形式呈现出频次增多、强度增强、范围扩大的趋势。极端特大灾害发生的风险已经出现增强的趋势。在未来相当长的一段时间内,这种灾害风险趋势可能将继续持续下去,尤其是滨海新区的洪涝、风暴潮和地面沉降等自然灾害,将严重威胁滨海新区社会、经济的发展。

3.3.4 灾害类型复合

由于全球气候变化不确定性的增加,气候灾害往往共同发生,某一地区在发生某一种气候灾害的时候,时常伴随着另外一种或多种其他的气候灾害或由此引发的灾害。例如,因全球气候变化引发的温度和降水的变化,在沿海地区引发洪涝灾害时,往往还附带这风暴潮灾害的风险与海岸侵蚀的危害。这对灾害的防御与防灾设施的布局提出了更高的要求,要综合的考虑复合灾害的影响,提出最具可行性的防灾减灾方案。

第四章 滨海新区气候变化灾害风险综合评价

城市灾害风险综合评价是衡量城市灾害应急管理水平的一个重要指标,也是衡量一个城市发展能力高低的重要因素,可以有效地减轻城市灾害的损失和保证城市的可持续发展。要提高城市的防灾减灾能力,就要了解城市在灾害综合风险方面的基本状况和综合水平。本章开展滨海新区气候变化灾害的风险综合评价,将针对全球气候变化引发的灾害进行综合评价,以建立评价指标体系,设计评价模型,确定指标权重和指标标准几大步骤,对滨海新区的灾害综合风险加以评价,并对评价结果进行分析说明。

4.1 AHP 综合评价方法

4.1.1 AHP 方法基本原理

层次分析法(analytical hierarchy process, AHP)于1971年由美国运筹学家 T.L.Satty 提出,将定性分析与定量计算相结合,是一种多目标决策分析方法,也是一种最优化技术。层次分析法适用于解决存在不确定性和评价准则多种的规划问题^[37-38]。此方法就对问题考虑的全面,把定性和定量结合起来,将专家的经验予以量化,是较为实用的规划方法之一。

层次分析法本质上是一种决策的思维方式,把定性分析与定量分析有机地结合起来应用在决策规划的过程中,用一种统一的方式进行优化处理。由于 AHP 能够将决策者的经验决断等非定量因素作定量的分析,因此其应用范围很广。再目标因素结构复杂且缺乏必要的情况下更为实用,许多确定加权值的规划问题及指标体系评价问题用层次分析法均可得到满意的结果。

AHP 适用于解决那些有很多评价标准但又没有共同评价尺度的规划问题。回答成对比较系数时,采用同等、稍微、相当、极端等模糊的分类方法,减轻决策者的负担。实际上,要严格回答没有明确尺度的因素间的比较系数也是不可能的。因此 AHP 适用于解决因素之间关系不明确,难以完全量化分析的问题^[39-40]。

AHP 把复杂的综合系统分解为若干简单的子系统,根据它们之间的从属关系进行分组,将问题分解为不同的要素层,归并为有序递阶的多层次

结构。按照某一准则对每一层次中的各要素两两进行比较，确定层次中各子系统的相对重要性，从而建立判断矩阵。计算判断矩阵的特征值及最大特征值所对应的特征向量，通过归一化得出该层要素对于准则层的权重；并基于此结果计算各层次要素对于总体目标层的综合权重，继而得到各要素方案的权重值，通过多重权重值的计算，决策时依照“权重员大”的原则进行，来区分各要素或方案的优劣。

4.1.2 AHP 方法基本步骤

根据 AHP 方法的基本流程，制作流程图如图 4-1。

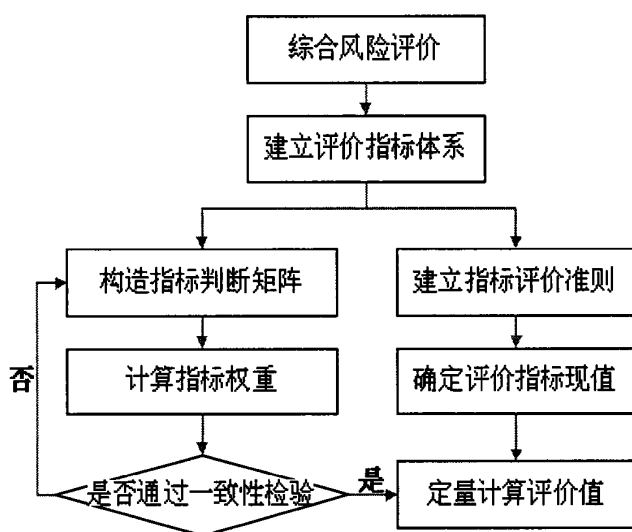


图 4-1 AHP 方法流程图

1. 建立评价指标体系

将待解决的问题分成若干的组成部分或元素，按照不同的属性把这些元素分成几组，每一组构成一个独立的层次，层次之间互不相交。依据评价的顺序可逐一构造层次之间的递阶体系，最高层为目标层，中间层为一个或多个准则层，最底层为决策层。任一层次对其下层的部分或全部元素起支配作用，于此同时它又受其上一层级元素的支配，由此形成了自上而下、逐层支配的递阶层次结构模型。

2. 构造指标判断矩阵及其一致性检验

通常很难一下子说出指标见的相对重要性，但做两两比较，能得到概略的估计。每一层中各元素的相对重要性以判断矩阵的形式来表示，即：矩

阵中的每一个元素表示针对上一层次指标，本层次中的指标相互之间的相对重要性，用数值表示这个相对重要性就构成了判断矩阵。

同一层中不同因子间的相互比较，根据美国著名的运筹学家 T.L.Saaty 的 1-9 标度法来反映指标间的相对重要性比较。T.L.Saaty 的 1-9 标度如表 4-1 所示^[4]。定性区分事物的能力可用 5 个重要程度的属性表示，当需要较高精度时，可采用 2 个相邻之间的值，这样就有 9 个数值。每次至多只能用 9 个因素同时进行两两比较。

表 4-1 T.L.Saaty 的 1-9 标度说明表

两因子相比较的重要程度	标度
同等重要	1
稍微重要	3
明显重要	5
强烈重要	7
绝对重要	9

注：重要程度介于各等级之间的用 2, 4, 6, 8 之一表示

按照九标度层次分析法的基本步骤，分别针对准则层的因素，将决策层各因素两两比较，获得直接判断矩阵和间接判断矩阵，计算每个判断矩阵的最大特征值 λ_{max} 和对应的特征向量，并做一致性检验，若一致性检验通过，再进行下一步的层次单排序，一致性指标(CI)为：

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad \text{公式(4-1)}$$

注：其中 n 为判断矩阵的阶数。

随机一致性指标 RI 如表 4-2 所示：

表 4-2 随机一致性指标值表

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
RI	0	0	0.58	0.96	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.52	1.54

计算一致性比例 CR,

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad \text{公式(4-2)}$$

当 $CR < 0.10$ 时, 代表判断矩阵的一致性可以通过, 否则就要对判断矩阵作适当修正, 直到 $CR < 0.1$ 时结束。

用 Matlab 计算每个判断矩阵的特征值和对应的特征向量, 计算出的最大特征值所对应的特征向量经过归一化, 可作为权重。

层次总排序是指计算本层次各元素针对最高层的重要性的归一化排序。AHP 的最终目标就是求取指标层的各元素对总目标层的权重值, 由于总目标层只有一个元素, 则项目层的单排序亦为总排序。层次总排序是由最高层次到最低层次逐层进行的。选择同一层的因素时, 要尽量使各因素的独立性高。如不能确定某成对比较值时, 可对该值做灵敏性分析。得到权重后, 可按大小顺序将待选方案进行排队。根据不同情况可排除权重低的因素。

3. 建立指标评价准则, 确定评价指标值

定量分析气候灾害风险需要对各个指标进行归一化处理, 由于各个指标的单位不同, 并存在定性指标, 很难归一化, 因此, 建立一套科学的指标评价准则至关重要。

通过文献的查阅和参考, 将每一个指标划分为五个级别, 按照对防灾减灾的贡献大小, 从 5 到 1 赋予每一个级别分值^[42-43], 如利于防灾减灾的给予 5 分, 不利于防灾减灾的等级赋 1 分, 这样通过评价指标的分级赋分, 将指标统一到同样的分值单位上, 且避免了正负向指标的复杂化, 利于下一步综合评价值的计算。

4. 得出最终评价结果并分析说明

根据方案层各评价指标的分级得分和对于目标层的总权重, 可以得到滨海新区气候变化灾害风险综合评价值; 根据方案层各评价指标的分级得分和其对于准则层的权重, 可以得到各准则层的评价值。对各项评价值进行分析说明, 实现滨海新区气候变化灾害风险综合评价。

4.2 滨海新区综合风险评价模型

4.2.1 评价指标体系的建立

1. 评价指标体系构建的基本原则

受灾害系统本身复杂性影响, 灾害风险评价指标体系构建相对复杂, 涉及自然、设施、技术、管理等多方面的因素。因此, 为了系统、完整、准

确地描述灾害成因，科学揭示灾害发生风险，提高灾害预警工作效率，采取如下五项原则构建滨海新区气候变化灾害风险综合评价指标体系^[44-46]。

(1) 系统性原则

从系统科学的观点来看，系统性亦即完整性和完备性。灾害风险综合评价指标体系要能够全面、完整地反映灾害系统的综合情况，从致灾因子、孕灾环境、承灾体等三个方面描述灾害系统变动对灾害过程发生、发展的影响。针对灾害系统各个组成要素设计具体指标时，坚持指示性好、灵敏度高的原则，精选核心要素，控制指标规模，避免指标功能重叠、交叉。

(2) 科学性原则

灾害系统分析与评价指标的设置和指标的结构必须科学合理，能够正确反映灾害系统的基本内涵和适当的外延，逻辑结构严密。特别要研究洪涝、风暴潮、地面沉降的承载特点，设计符合各类自然灾害具体特点、区分度搞的指标作为评价指标。

(3) 量化原则

建立指标体系的目的是为了更加有效地采用定性与定量的综合集成方法对灾害系统进行综合分析，从而实现灾害监测、评估、管理和决策的量化。因此，在构造灾害风险综合评价指标体系时，应立足于指标体系的量化。

(4) 可操作性原则

构建灾害风险综合评价指标体系时，在兼顾完整、全面地描述灾害系统的全部内容的基础上，选择能反映灾害承灾特点的要素设计为指标，避免一切不切实际、不太相关指标进入指标体系，造成指标体系过于庞大，难以控制，不利于应用模型的构建。另外，设计具体指标时，尽量兼顾现有监测、统计制度，确保指标体系具有可操作性。

(5) 兼容性和普适性原则

指标体系总体结构集中体现灾害从孕育、形成到发生以及持续与平息的全过程固有客观规律，具体指标要有兼容性和普适性。

2. 评价指标体系

依照评价指标选取原则，参考大量相关文献，并采纳专家意见，剔除了高相关性、不易获取和无法量化的指标，针对滨海新区气候变化灾害风险综合评价，从气候风险因子、设施防御能力、物资损害风险和应急保障能力四个方面尽可能完善指标，研究反映各个评价要素的具体指标^[47-53]，见表 4-3。

表 4-3 综合评价指标体系表

目标层	准则层	方案层	
A 滨 海 新 区 灾 害 风 险 综 合 评 价	B1 气候风险因子	B11	24 小时最大降雨量
		B12	年大风天数
		B13	年高温天数
		B14	年均相对海平面上升量
	B2 设施防御能力	B21	防潮堤达标率
		B22	人均城市道路面积
		B23	单位面积地下管道长度
		B24	区内流域行洪标准
	B3 物资损害风险	B31	人口密度
		B32	经济密度
		B33	建筑密度
		B41	灾害信息发布能力
	B4 应急保障能力	B42	应急预案编制
		B43	万人病床数
		B44	万人电话数
B45		人均避难场所面积	

3. 评价指标说明

B1: 气候风险因子, 选取受气候变化影响严重的洪涝、风暴潮、海平面上升为主要灾害因子。

B11: 24 小时最大降雨量, 利用降水强度, 作为形成洪灾爆发可能性的参考条件。

B12: 年大风天数, 利用风力强度作为表征台风及风暴潮灾害可能性的参考条件。

B13: 年高温天数, 收集气温高于 35℃ 的天数, 作为全球气候变暖的主要参考条件。

B14: 年均相对海平面上升量, 本文使用地面沉降量与海平面上升量的叠加作为相对海平面上升量, 作为全球气候变暖的间接参考条件。

B2: 设施防御能力

B21: 防潮堤达标率, 作为评价风暴潮灾害的防御设施参考条件。

B22: 人均城市道路面积, 以城市道路面积与人口数的比值计算出人均道路面积, 作为生命线系统的辅助参考条件之一。

B23: 单位面积地下管道长度, 地下管道总长度与区域面积的比值, 作为城市排沥能力的参考指标。

B24: 区内流域行洪标准, 作为城市防御洪涝灾害设施的参考。

B3: 物资损害风险

B31: 人口密度, 区域总人口与区域总面积的比值, 表征人口风险性。

B32: 经济密度, 区域 GDP 与区域总面积的比值, 表征灾害可能造成的经济损失程度。

B33: 建筑密度, 区域建筑面积与区域总面积的比例, 表征灾害可能对区域建筑造成的损失程度。

B4: 应急保障能力

B41: 灾害信息发布能力, 作为考量灾害救援指挥系统的指标。

B42: 应急预案编制, 针对灾害应急法律和法规制定的完备程度。

B43: 万人病床数, 作为灾害发生后医疗救助的指标。

B44: 万人电话数, 作为灾害发生后表征通讯能力的指标。

B45: 人均避难场所面积, 作为灾害发生后避难空间的考量指标。

4.2.2 权重计算及一致性检验

通过请专家参与, 对每一层中各指标的的两两比较, 构建判断矩阵, 运用 Matlab 软件运算, 得到每一个判断矩阵的特征值和特征向量, 通过检验一致性, 反复调整判断矩阵, 最终得到每一层的指标权重, 如以下各表所示。

表 4-4 综合评价层指标判断矩阵及权重表

气候变化灾害风险综合评价 A	气候风险因子 B1	设施防御能力 B2	物资损害风险 B3	应急保障能力 B4	权重
气候风险因子 B1	1	0.5	2	0.5	0.185
设施防御能力 B2	2	1	3	2	0.416
物资损害风险 B3	0.5	0.3333	1	0.3333	0.107
应急保障能力 B4	2	0.5	3	1	0.293

注: $\lambda_{\max}=4.0710$, $CR=0.0263<0.1$

表 4-5 气候风险因子层判断矩阵及权重表

气候风险因子 B1	24 小时最大降雨量 B11	年大风天数 B12	年高温天数 B13	年均海平面上升量 B14	权重
24 小时最大降雨量 B11	1	2	2	3	0.418
年大风天数 B12	0.5	1	0.5	2	0.191
年高温天数 B13	0.5	2	1	2	0.271
年均海平面上升量 B14	0.3333	0.5	0.5	1	0.121

注: $\lambda_{\max}=4.0710$, $CR=0.0263<0.1$

表 4-6 设施防御能力层判断矩阵及权重表

设施防御能力 B2	防潮堤达标率 B21	人均城市道路面积 B22	单位面积地下管道长度 B23	区内流域行洪标准 B24	权重
防潮堤达标率 B21	1	3	2	1	0.356
人均城市道路面积 B22	0.3333	1	0.5	0.3333	0.107
单位面积地下管道长度 B23	0.5	2	1	2	0.282
区内流域行洪标准 B24	1	3	0.5	1	0.255

注： $\lambda_{\max}=4.2072$ ， $CR=0.0768<0.1$

表 4-7 物资损害风险层判断矩阵及权重表

物资损害风险 B3	人口密度 B31	经济密度 B32	建筑密度 B33	权重
人口密度 B31	1	2	3	0.539
经济密度 B32	0.5	1	2	0.297
建筑密度 B33	0.3333	0.5	1	0.297

注： $\lambda_{\max}=3.0092$ ， $CR=0.0079<0.1$

表 4-8 应急保障能力层判断矩阵及权重表

应急保障能力 B4	灾害信息发布能力 B41	应急预案编制 B42	万人病床数 B43	万人电话数 B44	人均避难场所面积 B45	权重
灾害信息发布能力 B41	1	0.5	0.3333	0.5	0.3333	0.087
应急预案编制 B42	2	1	2	3	0.5	0.268
万人病床数 B43	3	0.5	1	2	1	0.222
万人电话数 B44	2	0.3333	0.5	1	0.5	0.124
人均避难场所面积 B45	3	2	1	2	1	0.2988

注： $\lambda_{\max}=5.2414$ ， $CR=0.0539<0.1$

4.2.3 建立评价准则及确定评价价值

在参考一系列国内外文献的基础上，对各方案层的指标划分为五个等级，为了统一指标对综合评价体系的影响，将所有指标按照防灾减灾能力的由强到弱的顺序分别用 5 分到 1 分表示，即利于防灾减灾的评价指标评分为 5，不利于防灾减灾的指标评分为 1，以此制定指标等级评分标准^[54-55]。

表 4-9 指标体系标准分级及各指标值表

方案层(单位)	评价指标等级分值标准					评价 值	得 分	综合权 重
	5	4	3	2	1			
B11 24 小时最大降雨量 (mm)	≤80	100	120	140	≥160	94.8	4	0.077
B12 年大风天数(天)	≤5	10	20	40	≥60	11	3	0.035
B13 年高温天数(天)	≤5	10	20	40	≥60	10	4	0.050
B14 年均相对海平面上升量 (mm/a)	≤5	5-10	10-15	15-20	>20	18	2	0.022
B21 防潮堤达标率 (%)	100	90-100	80-90	70-80	<70	91.25	4	0.148
B22 人均城市道路面积 (m ²)	>20	15-20	10-15	5-10	<5	10.14	3	0.045
B23 单位面积地下管道长度 (km/km ²)	<5	5-6	6-7	7-8	>8	7.8	2	0.117
B24 区内流域行洪标准	200 年一遇	100 年一遇	50 年一遇	20 年一遇	<20 年一遇	100 年一遇	4	0.106
B31 人口密度 (人/km ²)	≤500	700	900	1200	1800	831	3	0.058
B32 经济密度 (亿元/km ²)	0.3-0.6	0.6-0.9	0.9-1.2	1.2-1.5	>1.5	1.678	1	0.032
B33 建筑密度	<0.02	0.02-0.04	0.04-0.06	0.06-0.08	>0.08	0.089	1	0.017
B41 灾害信息发布能力	强	较强	中等	较弱	弱	中等	3	0.025
B42 应急预案编制	全面	较全面	中等	较片面	片面	中等	3	0.079
B43 万人病床数	≥40	40-30	30-20	20-15	15-10	23.12	3	0.065
B44 万人电话数	>10000	9000-10000	8000-9000	7000-8000	<7000	5570	1	0.036
B45 人均避难场所面积	>2.5	2.5-2	2-1.5	1.5-1	1	1.52	3	0.087

注: B11、B23、B31、B32、B43、B44、B45 来源于《滨海新区统计年鉴 2010》, B12、B13 来源于《中国地面国际交换站气候资料日值数据集》, B21、B24 来源于天津水务局网站, B22、B33 来源于《中国城市统计年鉴 2010》, B14 和 B41、B42 分别来源于参考文献 54、55。

4.3 评价结果分析

4.3.1 综合评价分级标准

根据文献中对综合评价分级标准的研究^[56-58], 本文将天津市滨海新区在全球气候变化条件下的防灾减灾能力分级标准划分为四级, 城市综合风险

评价值即为综合权重与对应得分的乘积之和，用 A 表示，其各分级对应解释如表 4-10 所示。

表 4-10 城市防灾减灾能力分级标准表

城市综合风险评价值	评价分级标准解释
$A < 1.25$	城市防灾减灾综合能力弱
$1.25 \leq A < 2.5$	城市防灾减灾综合能力较弱
$2.5 \leq A < 3.75$	城市防灾减灾综合能力较强
$A \geq 3.75$	城市防灾减灾综合能力强

4.3.2 评价结果分析讨论

分别用综合权重以及各决策层的权重与滨海新区各指标的评分的乘积得到综合防灾能力和各准则层防灾能力的得分值，评价值用 A、B1、B2、B3、B4 表示，如图 4-2 表示。

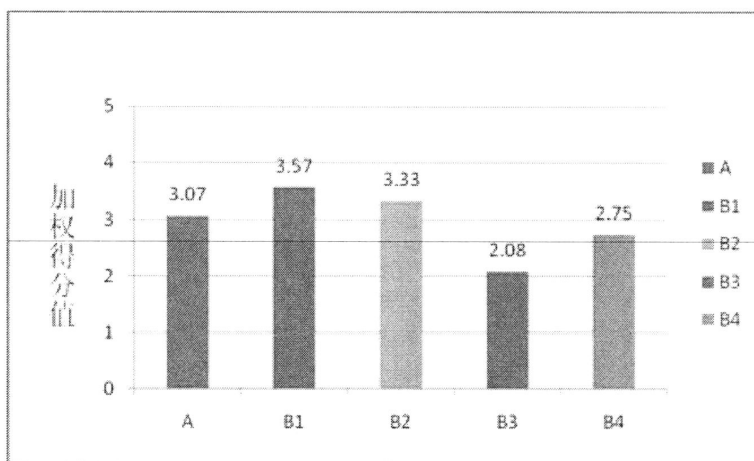


图 4-2 综合防灾能力得分柱状图

1. 根据评分结果可以看到，滨海新区气候变化灾害风险综合评价值 A 为 3.07，比对城市防灾减灾能力能力分级标准可以看出，滨海新区气候变化灾害风险防御能力处于城市防灾减灾能力较强的级别，说明滨海新区在气候变化条件下具有较好的综合防灾减灾能力，这与周明媛的博士论文《城市承载能力及灾害综合风险评价》中得到的天津市综合减灾能力较强有着较好的一致性，说明滨海新区灾害风险综合防灾评价的指标体系的建立和滨海新区的灾害风险综合风险评价结果有着较好的指示性。

探讨各准则层对综合评价值的贡献率，见表 4-11 和图 4-3。

表 4-11 准则层指标对综合评价值的加权得分表

综合评价因子	得分	权重	加权得分
气候风险因子	3.57	0.185	0.643
设施防御能力	3.33	0.416	1.399
物资损害风险	2.08	0.107	0.229
应急保障能力	2.75	0.293	0.798

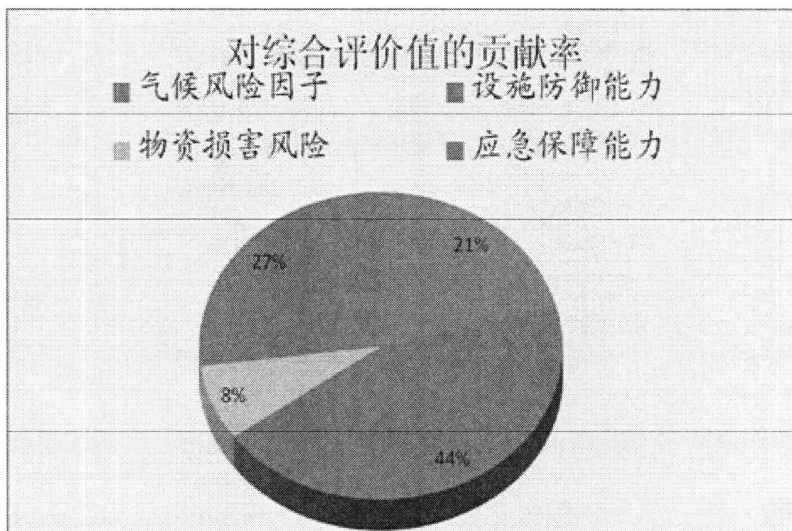


图 4-3 各准则层指标对综合评价值的贡献率示意图

2. 分析决策层各指标得分情况，可以看出指标 B1 气候风险因子得分 3.57，高于灾害风险综合评价值，且为四项指标中最高值，说明滨海新区在全球气候变化下具有一定的灾害风险性，但从气候风险因子对滨海新区灾害风险综合评价的权重 0.1849 可以看出，气候风险因子不是对滨海新区防灾减灾能力的限制性因素，但对其给予一定的关注对滨海新区在全球气候变化下的防灾减灾能力建设具有重要的意义。

3. 根据决策层指标 B2 设施防御能力的得分 3.33 可以看出，滨海新区的设施防御能力相对滨海新区的灾害风险综合评价分值略高，决策层对目标层的权重 0.4155 说明滨海新区的设施防御能力对滨海新区灾害综合风险能力具有较大的影响，因此虽然滨海新区现已具备基本的设施防御能力，但仍需要进一步完善设施防御能力以增强滨海新区综合防灾减灾能力。

4. 根据 B3 物资损害风险的得分 2.08 可以看出，滨海新区的灾害风险综合评价值受滨海新区的物资损害风险的负面影响较大。进一步分析滨海新区的特点，滨海新区在近年来受到国家及天津市的重视，大力发展经济

技术高新区，人口急剧增长，经济快速发展，而快速发展的过程中物资损害风险不断增加，造成了目前的物资损害风险严重的局面。观察物资损害风险对灾害风险综合评价的权重 0.107 可以看出，滨海新区的物资损害风险不是影响滨海新区灾害综合风险的重要因素，但是在今后的发展中，除了要保证发展的速度，还要保证物资的安全，在防灾减灾的过程中，注意降低物资损害风险，增强滨海新区应对全球气候变化的灾害风险的能力。

5. 由 B4 应急保障能力的得分 2.75 可以得出，滨海新区应对灾害风险的应急保障能力较强，但仍然有待提高，参看应急保障能力对灾害风险综合评价所占的权重值 0.2926，说明滨海新区应急保障能力对滨海新区的综合防灾能力具有较大的影响。进一步分析应急保障能力中的各项指标，由表 4-8 可以看出，避难场所和应急预案的编制情况占应急保障能力的权重较大，分别为 0.2988 和 0.2684，因此要想提高滨海新区的应急保障能力以增强综合防灾能力，要从应急避难场所的规划和应急预案的编制入手，来提高滨海新区的灾害风险综合防御能力。

第五章 防灾脆弱性空间分析与布局优化

GIS 是空间数据库发展的主体。GIS 数据库技术的发展为城市空间形态分析提供了丰富的数据来源。基于 GIS 的空间分析应用研究具有鲜明的问题导向, 命题非常清楚, 而传统的方法无法提供准确全面的模型构造和实证计算, 尤其是再空间数据的空间性方面。GIS 所特有的功能, 如数据采集、监测与编辑, 数据处理, 数据存储与组织等, 恰能满足防灾减灾工作的很多需求, 这也意味着它必将在防灾减灾领域大显身手。

空间分析的是提取和传输空间信息, 是一种基于地理对象的位置和空间形态特征的地理空间数据分析技术。空间分析是地理信息系统的主要特征, 空间分析能力的大小也是评价一个地理信息系统功能的主要指标。各类综合性分析模型更是以空间分析为基础, 为建立复杂的空间应用模型提供了基本方法^[59-61]。

本章内容以 GIS 数据库的建立为基础, 将相关的空间数据和属性数据集合在数据库中, 对滨海新区在全球气候变化下的的防灾脆弱性进行分析。运用空间分析方法, 针对受全球气候变化影响严重的几个灾种, 结合滨海新区现有规划进行 GIS 空间分析, 针对空间布局提出优化建议。

5.1 GIS 数据库的设计与建立

5.1.1 GIS 分析方法与原理

基于 GIS 的功能, 将几何学、地理学和景观生态学等学科理论和方法做为基础, 近年来产生了许多空间分析方法, 主要有缓冲区分析、叠加分析、空间插值分析和网络分析等^[62]。

1. 缓冲区分析。缓冲区分析是空间分析的工具之一, 其主要解决邻近度的问题。缓冲区是指地理空间目标的一种影响范围或者服务范围, 而邻近度则描述了在地理空间中存在的两个地物之间距离相近的程度, 邻近度的确定是空间分析的重要手段。例如, 河流两侧在汛期容易出现洪涝灾害, 其危险区域的半径即是一个邻近度问题。

2. 叠加分析。所谓叠加分析即: 将不同主题层组成的数据层面, 综合其要素所具有的属性进行叠加产生一个新数据层面的操作。其结果叠加分

析可以分为点与多边形的叠加、视觉信息的叠加、线与多边形的叠加、多边形与多边形的叠加以及栅格图层叠加等。防灾脆弱性空间分析中常用的多指标综合评估方法就可以基于叠加分析得到。

3. 空间插值分析。空间插值分析是 GIS 分析中常用的数据处理方法之一，广泛应用于自动生成等值线、DEM（数字高程模型）的建立。空间插值还常用于将离散数据点转换为连续的数据曲面，以便与其他空间现象的分布模式进行比较，是空间分析中不可缺少的步骤。空间插值理论假设的依据是：在空间中，距离越相近的点，具有相似特征值的可能性越大。按插值方法的不同可将空间插值方法分为全局插值法和局部插值法两类。在 GIS 空间插值中常用的有：反距离加权法、泰森多边形插值法、变形链插值法、克里金插值法等等。

4. 网络分析。是指对交通网络等地理网络、各种网线、电话线、电力线和供排水管线等城市基础设施网络建立模型，进行地理空间分析。它是运筹学模型中的基本模型之一，研究、筹划一项网络工程应该如何安排，并使其运行效果最好是其根本目的。例如，灾害发生后，应急救援屋子的最佳分配，从一地到另一地的运输时间最短等问题，都可以在网络分析的支持下实现。

5.1.2 GIS 数据库的设计

数据库技术是现代信息科学与技术的重要组成部分，是计算机数据处理与信息管理的核心。其主要作用包括：信息系统开发作用，利用数据库技术以及互联网技术，并结合具体的编程语言，可以开发一个信息系统，从而决绝业务数据的输入和管理问题。大量自然灾害数据，包括孕灾环境、致灾因子、承灾体、风险以及风险管理等众多类型的数据，正是在数据库技术的支撑下，得以规范化并完成对其进一步的计算分析，从而更好地为减灾工作服务^[63]。

1. 空间数据组织管理技术路线

防灾脆弱性空间分析数据库数据组织主要是以对象类为基本单位进行的，因此围绕类的定义，建立基于面向对象数据模型的 GIS 一体化空间数据库的技术路线。根据 Geodatabase（地理数据库）的对象组织思想，将其组织数据的基本技术路线归纳为以下几点。

(1)根据具体的地理对象，选择数据源、根据逻辑关系对它们进行逻辑分组。

(2)定义对象要素之间的关系。通过对这些对象的识别和描述，设定他

们之间的关系，将这些关系显示在图形上。

(3)正确使用空间地理对象的表达方式。用点、线、面来表示离散特征；用属性数据表链接表示属性数据。

(4)要素的匹配。在确定点、线、面的离散特征几何类型的基础上，根据几何类型将它们与 Geodatabase 模型中的对象要素进行匹配。制定特征之间的关系，设定拓扑关系、赋予对象属性类型。

(5)按照 Geodatabase 的结构来组织数据。在 Geodatabase 中，根据所匹配的要素指定相应的坐标系统；建立地理数据库和要素数据集并对其命名；根据特征类组织分组以及定义特征类的空间拓扑关系；定义空间关系和其他数据规则。

2. 空间关系的建立

从防灾脆弱性空间数据的结构中可以看出，各专题的空间要素需要有一个统一的地理坐标，由于对每一个要素设置坐标系则过于麻烦，采用面向对象技术的 Geodatabase 可以在数据集（FeatureDatabase）中定义恰当的坐标系统，这样该数据集下的所有数据可以使用该地理坐标系统，对于新建的要素数据，可以继承该坐标系统。

3. 定义数据格式

属性值的正确与否是数据准确有效的保证。然而有时因为输入错误或者在建立数据时的失误等操作，使得属性值与客观现实出现不符的情况。例如定义的数据类型与实际不符、数据值的范围超过限制以及数据值与事实不符等。

4. 定义数据关系

在地理数据库中存储着许多不同的要素类和对象类。要素类之间、对象类之间以及要素类和对象类相互之间不可避免地发生各种各样的联系，因此就必须建立相关的关系规则以保证数据在关系中建立的有效性。关系规则主要用于限制源要素类或表中的对象类型与目标要素类或表中的一个确定类型的对象具有一一对应的关系。

5. 数据规则的定义

数据的规则一般具有两种，分别为属性域规则和连接规则。

(1)属性域规则

GIS 能将地图的图形显示和属性数据有机地结合在一起，其中图形要素的属性数据对地图图形要素信息的显示起了关键作用。简单的说，属性数据是一个连接图形的数据表格。属性数据的每一条数据均对应于图形库中相应的属性信息。因此在属性数据中数据有效性问题的出现就不可避免。

属性域规则就是要素集属性域的数值定义范围,用以确保数据有效性的规则。其用于限制表、要素类或子类的任何具体的属性字段内允许的值。属性域规则可分为列举值规则和范围值规则两种类型。其中每个域均由一个名字、一个描述和一个可以应用的属性类型组成。列举值规则用于列举属性域中的有效值,不在列举范围内的属性值则无效。范围值规则对应于属性域值的上下界范围,所有超出该范围的属性值也是无效的。

(2)连接规则

在 Geodatabase 中,常常需要设计用于处理与网络流动相关问题的网络系统。网络系统又称为几何网络,是建立在地理数据库中模型化的一维空间图像数据系统。网络系统通常由一系列的边要素和连接要素的地理要素类组成。边要素通为线类型要素,是指构成网络系统流通主干的图形要素。连接要素又称为汇交要素,通常为点类型要素,起到连接边要素的作用的要素。

在处理网络系统时常常会遇到如某些边要素不能够连接在连接要素上,或者有的边要素与变要素之间不能够相互连接的问题。因此需要建立一个保证有效性的规则来解决这样问题,就是所谓的连接规则。连接规则具体可分为边对边和边对结点两类。边对边的连接规则确立了什么样的边要素之间可以建立连接,什么样的边要素之间不能建立连接,是边要素之间的连接规则。边对结点连接规则确立了什么样的边要素可以与结点要素相连接,以及结点要素可以容纳多少个不同的边要素,是边要素和结点要素之间的连接规则。

5.1.3 GIS 数据库的建立

基于数据库建立方法与理论的支持,在 ArcGIS 平台上,建立 Geodatabase 数据库,设置数据库统一的地理坐标^[64-68],各参数如表 5-1、5-2 所示。

表 5-1 坐标文件的定义表

Projected Coordinate System:	
Name: Xian 1980 / 3-degree Gauss-Kruger zone 40	坐标系名称
Projection: Gauss-Kruger	投影信息
Parameters:	参数: (西安 80 坐标系)
false_easting: 40500000.000000	偏东距离
false_northing: 0.000000	偏北距离
central_meridian: 120.000000	中央经线
scale_factor: 1.000000	比例因子
latitude_of_origin: 0.000000	起始纬度
Linear Unit: METER (1.000000)	单位 m

表 5-2 地理坐标信息表

Geographic Coordinate System:	
Name: 天津市西安 80 地理坐标	地理坐标系名称
Angular Unit: degree (0.017453292519943299)	角度值 (度)
Prime Meridian: Greenwich (0.000000000000000000)	中央经线
Datum: 高斯—克吕格 3 度带	资料说明
Spheroid: 高斯—克吕格投影	采用的椭球体
Semimajor Axis: 6378140.000000000000000000	椭球长半轴 (m)
Seminor Axis: 6356755.288157530100000000	椭球短半轴 (m)
Inverse Flattening: 298.257000000021720000	椭球扁率

1. 人口密度插值

(1)根据《滨海新区统计年鉴 2010》数据得到滨海新区人口分布情况，在数据库中新建点要素文件，按照人口分布情况建立点要素文件；

(2)应用 ArcGIS 中空间分析模块中的栅格插值，选择克里格插值方法，得到人口分布插值栅格图像，克里格法的基本原理是根据相邻变量的值，利用变异函数揭示的区域化变量的内在联系来估计空间变量数值，它假定采样点值不存在潜在的全局趋势，只用局部的因素就可以很好地估测未知值；

(3)设置合适的等值距离，从栅格图像中提取人口分布等值线，根据人口分布等值线建立人口分布密度图。

2. 防潮堤缓冲区

根据防潮岸堤界线，建立风暴潮灾害影响范围的缓冲区，滨海新区的风暴潮灾害风险与距离海岸线的距离成反比，即距离海岸线越近的地区遭受风暴潮侵害的风险越大，承受的灾害损失越严重；相反，与海岸线距离较远的地区遭受风暴潮侵害的风险和损失都相对较小。

3. 相对海平面上升数据

相对海平面上升数据主要包括地面沉降数据和海平面上升数据。其中地面沉降数据采用地面沉降分区数据，将滨海新区地面沉降累积量、地面沉降速率等特征数据输入数据库。海平面上升数据则包括年均海平面上升量和累计海平面上升量。

4. 河道水系缓冲区

将滨海新区中流域面积、河道长度、防洪标准、蓄滞洪区范围等要素输入到数据库中，根据不同的行洪标准，分别在河道左右两岸建立不同距离的缓冲区，如具有五十年一遇防洪标准的河道建立 10 m 范围的缓冲区，十年一遇的河道周围建立 20 m 范围的缓冲区等。

5. 建成区数据

根据滨海新区空间发展现状,将建成区现状数据导入数据库中,包括建成区域规模、面积,空间扩张方向等。

GIS 数据库建立的示意图如图 5-1 所示。

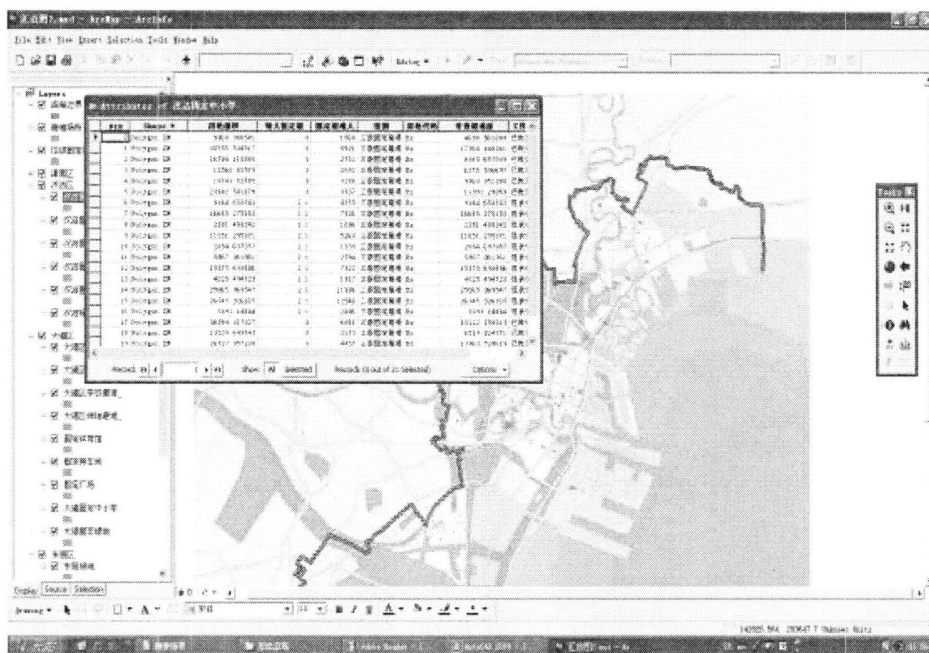


图 5-1 GIS 数据库示意图

5.2 空间叠加分析的 GIS 实现

基于 GIS 数据库和 ArcGIS 软件平台,利用空间属性数据叠加,得到以下空间叠加分析结果。

5.2.1 洪涝灾害脆弱性叠加

根据历史上滨海新区各条河道洪涝灾害发生的频率和造成的损失情况作为属性数据,结合第三章得出的灾害的发展趋势,对滨海新区的河道和水库等做缓冲区,按照河道防洪级别的不同设置不同的缓冲区宽度作为空间叠加要素之一;对蓄滞洪区的分区作为另一叠加要素进行,操作过程中应用空间识别、空间擦除和空间合并等工具,叠加示意图见图 5-2,按照洪涝灾害风险性的大小分为低风险区、较低风险区、较高风险区和高风险区四个区^[69]。

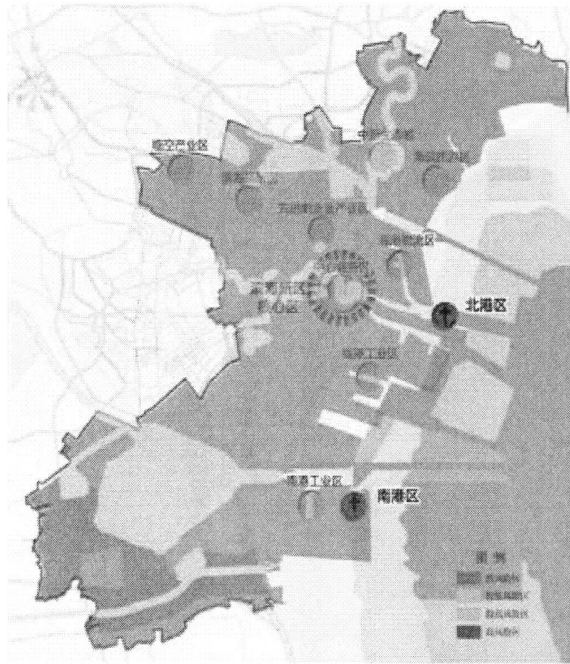


图 5-2 洪涝灾害风险性叠加分布图

5.2.2 风暴潮灾害脆弱性叠加

风暴潮灾害脆弱性叠加是沿海岸线向内陆地区，建立风暴潮的缓冲区，叠加了滨海新区现有规划中建设的不同等深线的海湾轮廓，得到风暴潮风险叠加示意图如图 5-3 所示。

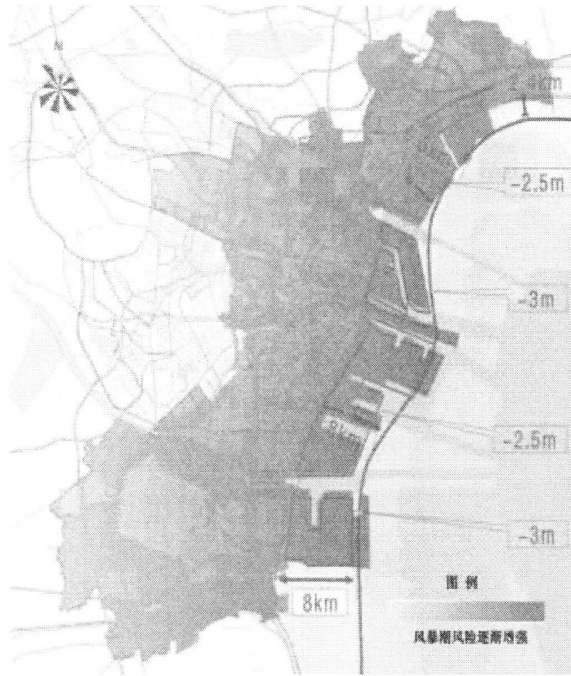


图 5-3 风暴潮风险性叠加分布图

5.2.3 相对海平面上升灾害脆弱性叠加

相对海平面上升风险叠加了滨海新区累积海平面上升量、地面沉降量和滨海新区的海平面上升速率，将滨海新区的相对海平面上升风险由小到大分为五级，如图 5-4 所示。



图 5-4 相对海平面上升风险性叠加分布图

5.2.4 综合防灾脆弱性叠加

综合脆弱性叠加是将滨海新区气候变化条件下的洪灾风险、涝灾风险、风暴潮风险、地面沉降累积量、人口密度分布与建成区要素情况进行评分叠加，评分采用统一的 0~3 分制，即各要素按照承载脆弱性又强到弱分别赋 0~3 分，鉴于各要素的分级个数并不能统一，因此评分采用小数计，各要素可按照独立的分级要求进行打分。

在叠加权重的确定上仍采用 AHP 方法，明确各要素间的相互关系建立判断矩阵，得到各单因素对综合防灾脆弱性的权重分布，如表 5-3 所示。

表 5-3 综合叠加权重分布表

综合防灾脆弱性	洪灾脆弱性	涝灾脆弱性	潮灾脆弱性	地面沉降脆弱性	人口分布	建成区分布	权重
洪灾脆弱性	1	2	0.5	2	3	3	0.2347
涝灾脆弱性	0.5	1	0.3333	0.5	2	2	0.1216
潮灾脆弱性	2	3	1	2	3	3	0.3181
地面沉降脆弱性	0.5	2	0.5	1	2	2	0.163
人口分布	0.3333	0.5	0.3333	0.5	1	2	0.0908
建成区分布	0.3333	0.5	0.3333	0.5	0.5	1	0.0718

注： $\lambda_{max}=6.1808$ ， $CR=0.0292<0.1$

根据各单要素权重,利用 ArcGIS 中的属性计算器实现综合防灾脆弱性的叠加,得到综合评分范围为 0.25~2.15,将其平均分为五级,得到综合脆弱性叠加分区图如图 5-5 所示。

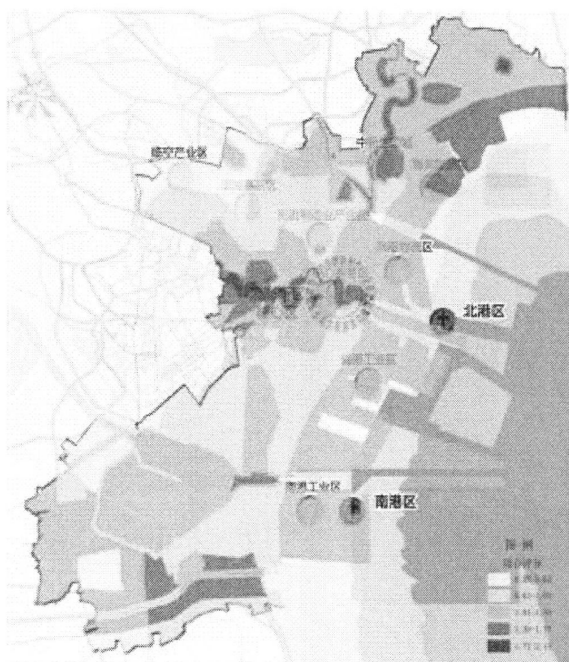


图 5-5 综合脆弱性叠加分区图

5.3 空间叠加结果分析与布局优化

5.3.1 空间叠加结果分析

滨海新区综合防灾脆弱性高低与防灾能力强弱的关系通过综合评分联系的对照表见表 5-4 所示。

表 5-4 综合脆弱性叠加评分说明

综合脆弱性高低	综合评分	防灾能力强弱
综合脆弱性高	1.77-2.15	防灾能力弱
综合脆弱性较高	1.39-1.77	防灾能力较弱
综合脆弱性中等	1.01-1.39	防灾能力一般
综合脆弱性较低	0.63-1.01	防灾能力较强
综合脆弱性低	0.25-0.63	防灾能力强

1. 由综合脆弱性叠加分区图可以看出, 滨海新区核心区西部地区的综合防灾脆弱性高, 即这一功能区处于防灾减灾能力弱的地区, 分析其原因, 主要由于此地区葛沽镇、双桥河镇、无瑕街一带累积地面沉降量较大且沉降速率快, 而人口又较为密集, 区域建筑密度大, 因此叠加的综合防灾能力弱。

2. 综合防灾能力较弱地区分别分布于滨海新区东北部沿海地区、汉沽区中心渔港的部分地区、滨海新区南部子牙新河两岸的地区。滨海新区东北部沿海地区和汉沽区中心渔港部分地区防灾能力较弱是由于该地区受风暴潮灾害较为严重, 叠加地面沉降造成了综合防灾能力较弱。而滨海新区南部的综合防灾能力较高的地区, 分析其原因, 主要是由于大港地区地势较低, 且又处于子牙新河两岸, 受到洪涝灾害的影响严重。

3. 综合防灾能力中等的地区分布于滨海新区东部沿海地区、北部汉沽区的大部分地区、滨海旅游区和中新生态城地区、塘沽地区的开发区和南部大港水库地区。这些地区具有一定的防灾脆弱性, 滨海地区主要受风暴潮叠加的影响, 汉沽地区主要由于地面沉降缓冲带的影响, 而塘沽开发区和南部大港水库地区主要风险来源于洪涝灾害。

4. 综合防灾脆弱性低和较低的地区分布于生态保护区、盐田、石化工业区和油田化工区等地区, 由于湿地本身具有泄洪、排涝优势, 还具有双向调节的功能, 且受风暴潮影响不大, 而盐田、石油、石化工业区等地区一般较为空旷, 不会集聚大范围的住宅, 楼群建筑等, 叠加这些区域的人口分布和区域建设情况, 人口密度不大, 建筑易损性也较低, 生态保护良好, 因此, 为防灾能力强或防灾能力较强的地区。

5.3.2 空间布局优化建议

结合滨海新区的总体规划, 借鉴参考文献的分析过程, 对滨海新区在防灾减灾空间布局上进行分析, 得到空间布局的防灾减灾建议^[70-73]。

1. 滨海新区总体规划空间布局

滨海新区总体规划形成“一城三片两港九区”的城市空间结构, “一城”指滨海新区核心区, 建设成为现代服务业中心, 塑造服务型的滨海新区, 增强滨海新区对环渤海地区和中国北方地区的辐射带动作用和国际影响力。“三片”是指西部临空高新片区主要包括临空产业区、滨海高新区、开发区西区等; 北部宜居旅游片区主要包括汉沽城区、滨海旅游区、中新生态城; 南部石化生态片区主要包括大港城区、南港工业区、大港油田等。“两

港”是以独流减河航道为界划分南北两大港区。“九区”是指通过优化产业布局，形成九个产业功能区，分别为海港物流、中心商务区、先进制造业产业区、滨海高新区、临空产业去、南岗工业区、临港工业区、滨海旅游去、中新生态城。滨海新区空间布局示意图如图 5-6 所示，图件来源于《天津滨海新区城市总体规划 2009-2020》。

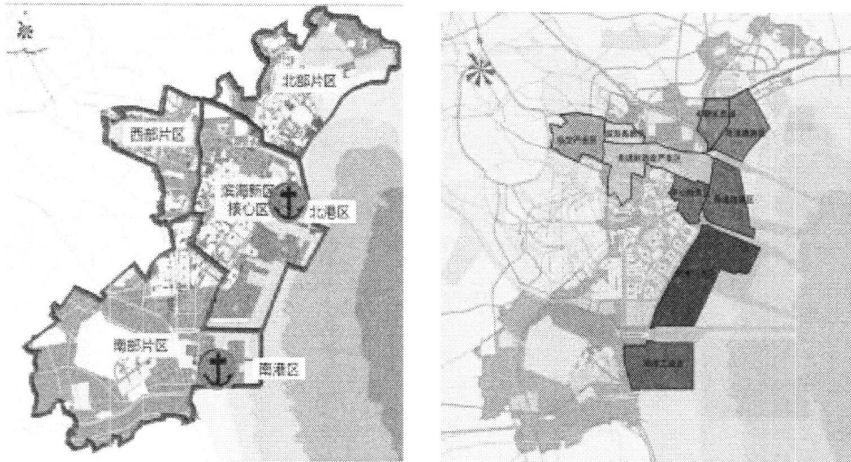


图 5-6 滨海新区空间布局示意图

2. 空间布局的防灾建议

(1)北部片区主要防灾任务是抵御海河北系洪水、减少地下水开采，减轻地面沉降灾害，同时防御风暴潮灾害对沿海地区带来的灾害影响。该区域布局建设中新生态城、滨海旅游区，因此在灾害的防御救援和应急响应上要做到以人为本，在防潮设施的建设上尽可能多的融入景观功能。尽可能利用现状海堤和有利地形，修筑在地质条件较好、比较稳定的位置上；堤线应力求平顺，各堤段平缓转弯处尽可能避免强风暴潮正面袭击，利于防潮抢险和工程管理。

(2)西部片区由临空产业区、高新产业区、无瑕—葛沽组团组成，其中大部分地区的灾害防御能力较强，主要防灾任务是减轻内涝与无瑕—葛沽组团的地面沉降造成的危害。

(3)滨海新区核心区由于家堡金融商务区、响螺湾商务区、开发区商务及生活区、解放路和天碱商业区、蓝鲸岛生态区等组成。作为滨海新区人口密度最大的地区，滨海核心区应加强灾害应急防御设施的建立，充分考虑公共场所在特殊时期的防灾功能，做到防灾建设目标先于城市规划一步。其主要任务是抵御风暴潮对人口和设施的损害，减轻内涝与地面沉降造成的危害。

(4)南部片区主要是石化产业片区和湿地生态片区，主要任务是抵御海河南系洪水、减轻土壤盐渍化与地面沉降带来的危害。

(5)北港区和南港区集中了滨海新区的港口工业，主要任务是防御风暴潮带来的风险，在布局工业设施的同时加强防潮设施建设。

第六章 气候变化条件下防灾减灾响应策略

滨海新区在气候变化条件下的防灾减灾的总体趋向应是政府与社会、公民、企业、市场、国际等多元主体合作参与，基本要求是管理体制整合化、系统化、专业化、规范化、科技化、法制化、社会化、生态化，推进准确有效的政策，结合先进的技术支持，形成政府主导、部门协调、军地结合、全社会共同参与的防灾减灾管理工作格局^[74-78]。

6.1 管理层面

6.1.1 建立复合型减灾协调管理机构

滨海新区在气候变化条件下的防灾减灾是一项复杂的社会系统工程，需要多学科多部门多领域的合作。现在的水利、气象、卫生、劳动安全、民政及其他有关部门，虽然都承担了灾害监测、预测、灾情报告及减灾的业务工作，但都不能代替城市综合减灾管理，更无从体现科技减灾的思路。

在滨海新区设想建立应急管理局，指挥新区各个机构应急联动。这是一种适应现代社会应急需要的指挥形式。并按照行政体系设立医疗急救中心、交通安全指挥中心、防灾减灾中心、消防指挥中心、生命线系统防灾中心（含地铁系统）等。城市减灾管理体制要体现小政府大社会、统一精干高效的原则，处理好专业管理和综合管理的关系；在管理主体的发动上，注意调动广大市民的积极性；在管理方法的选择上，根据滨海新区在全球气候变化条件下的灾害特点，注意运用多种手段的综合使用，行政、经济、法律、咨询、宣传教育等方法，多管齐下，立体管理。

6.1.2 推进气候变化下防灾减灾研究

要重视滨海新区防灾减灾科学的研究和推广，滨海新区防灾减灾管理，要树立和落实科学发展观，遵循自然规律、经济规律、社会规律和管理规律进行，充分发挥现代科学技术在防灾减灾中的重大作用。并加强与灾害频繁国家城市救灾减灾政策的比较研究，发现不足，弥补缺陷。

要加强减灾科技支撑能力建设。加大综合减灾科技资金投入，加大关键技术和重点设备的开发力度，掌握危险源风险识别、预防、监测、控制、

应急救援等环节的核心技术。努力突破滨海新区防灾减灾的关键技术，提高应急装备和技术保障水平。加快遥感航测系统、地理信息系统、全球定位系统以及网络通信系统的开发和应用^[79-82]。建设综合减灾的技术标准体系，提高综合减灾的标准化水平。

6.1.3 优化配置新区的应急减灾队伍

应急减灾队伍由专业人员、半专业人员和广大志愿人员组成。专业队伍是减灾工作的骨干。充分的进行社会动员，统筹安排政府资源和社会力量，因地制宜发展专群结合多层次的紧急救援队伍、形成优势互补、协同配合的抗灾救灾格局，能使城市减灾工作全面有效地实现。

通过成立应急管理专家组的形势，形成合力，运用各自专长，有利于全面提升减灾管理科学化水平。首先，要充分发挥专业咨询作用，为各功能区及有关部门的决策提供有力支持。面向全社会向公众宣传防灾减灾应急知识，以提高社会各界的公共安全意识和应急能力服务能力。其次，要充分发挥专家的权威作用。在应对突发事件时，需要专家从科学专业的角度和人民利益的大局出发，提出专业性的意见。充分借助专家在社会上的影响力，适时向社会公众传递客观、准确、有效的信息。再次，加强防灾减灾系统的理论研究、法制与政策研究、战略策略研究，推动科学减灾管理的建设^[83-85]。

抗灾专业人才培养并不等同于限定在一个小范围内，也不应限定与政府范围内。包括红十字会、志愿者组织以及所有公众都应当接受抗灾技能培训，对志愿者应急救援队伍开展专业的救灾技能培训，加强非政府组织机构之间的联系与协调，引导志愿者个人或非政府组织依法、有序地参与应急管理。通过日常性、专业性的长期培训，以达到当灾害来临时，每人都可以从容不迫、训练有素的保护自己、帮助他人。

6.2 政策层面

6.2.1 推行适应气候变化的对策

将全球气候变化及其产生的影响纳入到国民经济和社会发展规划。全球气候变化和全球气候变暖已形成不可逆转的趋势，因此，我们只能通过推行适应全球气候变化的措施来减缓变暖的程度和速度。这些措施如：为适应气候变暖而引起的海平面升高，滨海新区在规划城市发展、港口建设时

要预见到大片沿海耕地淹没、海岸侵蚀加剧、海水内侵、海堤防潮能力弱、沿海建筑会受到威胁等一系列由此引发的问题，提前采取切实可行的措施，推行适应气候变化的对策。例如，自 1986 年开始实施地面沉降控制措施以来，地面沉降量逐年减少

6.2.2 控制气候变化加剧的速度

通过温室气体排放的有效控制，使其在大气中的含量减少，以此来减慢全球气候变暖的速度。天津滨海新区的经济发展水平和资源消耗特点决定了其能源消耗结构，因此从节约能源减少排放的角度来控制气候变化就需要及时制定相关的产业政策，优化能源结构，提高能源利用效率。鼓励各产业各部门尽量多的采用太阳能、风能、水力、天然气等清洁能源，以减少温室气体的排放，弱化气候变化的人为效应。

6.2.3 大力发展高科技减灾产业

针对天津滨海新区现阶段的实际情况，增加科技投入能有效提高防灾水平。不仅是要在防灾技术上的有所突破，在高科技减灾产业方面也要有所发展。开发相关的减灾产品，一方面可以有效帮助群众进行防灾，另一方面也可以促进防灾减灾科技进步，带动滨海新区的经济发展。高科技减灾产业的大力发展，使得防灾救灾活动有了切实的物质保障和科技支撑，可以促进防灾救灾工作效率的显著提高。

6.3 技术层面

6.3.1 加强气候变化的监测和研究

是多种学科、多种部门的工作，所以，滨海新区各有关部门应协调配合、统筹进行，并积极参与到国际合作中来，强化气候变化预测工作，加快大气监测自动化系统的建设，提高气候变化预测水平，为国民经济快速迅猛发展提供科学依据和理论支持。正确认识和减少气候变化的不确定性。

对防灾减灾的基础研究项目给予资助，深入阐述多种自然灾害的演变规律和形成原理以及综合风险防范的模式。开展大型自然灾害综合风险评估技术及应用研究、应急救援信息集成系统与示范、风险等级综合评估技术研究。全面落实防灾减灾的专项规划，建设好减灾骨干工程，按照土地利用总体规划与节约集约利用土地的原则要求，统筹做好农业和工业减灾、

农村和城市减灾以及重点区域的防灾减灾专项规划编制和减灾工程建设等工作等。重视工程建设的前期综合研究与后期效果研究，摸清城市工程活动与自然环境相互作用的机理，预测其变化趋势，做出可行可靠的防范，形成可持续的防灾减灾局面。

6.3.2 完善新区防灾减灾工程建设

目前滨海新区正处在蓬勃发展阶段，为减轻和预防洪涝给居民带来生命和财产威胁，应考虑提高防洪标准、加快城市防洪工程建设、改善生态环境、科学使用防洪设施、减少地面沉降等因素，加快建立现代化防洪体系。虽然大量建设雨洪调蓄、防潮岸堤等设施可能会增加滨海新区开发建设的相关费用，专家估计新开发区成本可能会增加 20%，但其作用和效益是十分长远的。如果不重视这一问题或舍不得增加投资，可能留下难以医治的后遗症。

6.3.3 积极加强非工程性防灾措施

国内外实践都说明，非工程防洪措施是见面洪灾的重要手段，这些措施包括洪水预报预警、河道蓄洪区管理、实施洪水保险等。经济越发达地区一旦遭受重大自然灾害，虽然灾后恢复能力强速度快，但其损失也越大；不发达地区地域自然灾害的能力很弱，灾后恢复能力和速度也都受到一定的限制。因此，系统的建立非工程性防灾措施，最大限度的降低灾害发生得可能性，将大大减少灾害对滨海新区产生的危害和损失。

要提高减灾工程的科技含量，逐步建立起以地理信息系统（GIS）、遥感系统（RS）、全球卫星定位系统（GPS）为核心的“3S”预警系统，对城市灾害进行及时、准确的预测，发布灾害预警信息，加强城市灾害风险评估，建立减灾信息共享平台，提高信息采集和快速处理的水平。

第七章 结论与展望

7.1 结论

随着全球气候变化的不断加剧,由全球气候变暖、降水异常、海平面上升以及一些极端气候事件引发的自然灾害对天津市滨海新区造成了一定的影响。本文从滨海新区在全球气候变化条件下的灾害风险综合评价和防灾脆弱性空间分析与布局优化角度探讨了滨海新区在全球气候变化条件下的防灾减灾响应策略。研究得到的主要结论如下:

1. 通过调查全球气候变化与自然灾害之间相互影响的原理与机制,结合滨海新区的灾害情况,确定了以洪涝灾害、风暴潮灾害、海平面上升灾害为滨海新区在全球气候变化条件下的主要灾害研究对象,建立滨海新区在全球气候变化条件下的灾害风险综合评价模型。综合评价模型以滨海新区灾害风险综合评价值为目标层,确定建立由气候风险因子、设施防御能力、物资损害风险、应急保障能力四项因子组成的指标准则层,具体到16个决策层指标的层次指标体系,由AHP方法确定指标权重,根据调查资料确定指标标准和得分值,最终得到滨海新区灾害风险综合评价值为3.07,说明天津滨海新区防灾减灾的能力较强。此项综合评价结果客观量化的衡量了滨海新区综合防灾减灾能力,根据准则层四个单项指标的评分,确定滨海新区未来的发展需要降低物资损害的风险,增强应急保障的能力,为滨海新区进一步提高防灾减灾能力的工作指出了方向。

2. 通过建立地理空间信息数据库,对滨海新区在全球气候变化下影响较为显著的几个灾种和人口信息、建成区等信息作为属性数据输入数据库系统,通过空间矢量叠加分析,分别得到了滨海新区单灾种和综合防灾脆弱性的叠加分区图,并对叠加结果进行了分析说明。结合滨海新区总体规划,按照滨海新区“一城三片两港九区”的规划布局,给出了滨海新区防灾减灾的空间布局的建议。

3. 为了更好的提高滨海新区在全球气候变化条件下的防灾减灾能力,本文从管理层面、政策层面和技术层面尽可能全面地对滨海新区的防灾减灾工作提出建议。

7.2 展望

滨海新区作为我国经济发展的第三极，探讨滨海新区的防灾减灾响应，特别是在全球气候变化条件下的防灾减灾响应研究，对滨海新区的经济发展和新区建设具有重大意义。建立指标体系评价城市防灾减灾的综合能力，利用 GIS 空间分析进行防灾脆弱性空间分析与布局优化的方法，也适宜推广的其他地区的防灾减灾研究中去。

由于研究的时间有限、数据资料没有更加深入细化的原因，滨海新区防灾地理信息数据库的建设还有待完善和充分利用；在对滨海新区在全球气候变化的防灾减灾空间布局上只是提出了关于滨海新区大的片区上的防灾建议，下一步研究应该更多的落实到应急避难空间的布局和应急防御设施的安置上。

对滨海新区的各个功能区划内的布局提出具体的具有可操作性的建议和措施，是下一步研究工作应努力的方向。

参考文献

- [1] 徐群. 全球气温趋势和近期中国气候灾害的成因分析和展望[J]. 气象科学, 2010, 30(5): 582-590.
- [2] 任国玉, 徐铭智, 初子莹等. 近 54 年中国地面气温变化[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 717-727.
- [3] 秦大河. 应对全球气候变化, 防御极端气候灾害[J]. 求是杂志, 2007, (8): 51-53.
- [4] 中国科学院学部. 关于气候变化对我国的影响与防灾对策建议[J]. 院士与学部, 2008, 23(3): 229-234.
- [5] 郑熙铭, 史美文, 赵国敏. 天津市滨海地区综合防灾减灾的策略研究[J]. 灾害学, 2002, 17(2): 28-51.
- [6] 曾广权, 邓晴, 余艳红. 关注全球气候变化, 提高抵御气候灾害的能力[J]. 云南环境科学, 2004, 23(增刊 1): 111-115.
- [7] 赵玉洁, 宋国辉, 徐明娥等. 天津滨海区 50 年局地气候变化特征[J]. 气象科技, 2004, 32(2): 86-96.
- [8] 杨达源, 姜彤. 全球变化与区域响应[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004, 23-43.
- [9] IPCC Working Group II. Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report[EB/OL]. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. <http://www.ipcc.ch/SPM13apr07.pdf>, 2007-04-23.
- [10] Chenxiang. Risk assessment and zonation of typhoon disasters in Fujian Province[J]. *Shengtaixuezhazhi*, 2007, 26(6): 961-966.
- [11] 马春和. 城市规划建设用地防灾评价技术研究[D]. 天津: 天津大学, 2007.
- [12] 殷永元, 王桂新. 全球气候变化评估方法及其应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004, 229-237.
- [13] 焦玲. 全球气候变化谈判及中国应对策略[J]. 北方环境, 2011, 23(3): 1-6.
- [14] 吴绍洪等. 综合风险防范: 中国综合气候变化风险[M]. 北京: 科学出版社, 2011, 23-41.
- [15] 樊巧丽. 天津滨海新区城市防灾体系研究[D]. 天津: 天津大学, 2007.
- [16] 马振兴, 王杰. 天津滨海地区自然灾害及减灾对策[J]. 天津师大学报, 1997, 17(1): 59-63.
- [17] 宋美钰. 天津滨海新区及其附近地区 21 世纪中叶地表环境变化预测[D]. 长春: 吉林大学, 2008.

- [18] 于保华. 天津沿海海洋灾害与防御对策[J]. 海洋信息, 1994, 8(12): 1-3.
- [19] 赵楠. 天津 1917 年大水灾及其影响探析[J]. 唐山师范学院学报, 2011, 33(4): 70-73.
- [20] 高润祥, 司鹏, 宋明等. 近 50 年天津地区局地气候变化特征分析[J]. 气候与环境研究, 2011, 16(2): 159-168.
- [21] 沈岳峰, 赵玉洁. 滨海新区风暴潮与渤海沿岸诸站增水的相关性研究[J]. 天津航海, 2006, 25(3): 51-54.
- [22] 赵庆良, 许世远, 王军等. 沿海城市风暴潮灾害风险评估研究进展[J]. 地理科学进展, 2007, 26(5): 32-40.
- [23] 马振兴. 天津市自然灾害特征及防治对策[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(5): 89-92.
- [24] 胡蓓蓓. 天津市滨海新区主要自然灾害风险评估[D]. 上海: 华东师范大学, 2009.
- [25] 李学宁. 天津海岸侵蚀与淤积研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2007.
- [26] 马振兴. 天津市海洋灾害及其影响分析[J]. 海洋通报, 2006, 25(2): 41-54.
- [27] 张云霞. 天津市滨海新区地面沉降防止对策研究[D]. 天津: 天津大学, 2004.
- [28] 秦四清, 胡瑞林, 马凤山等. 我国滨海城市地面沉降的研究现状与发展趋势——以天津市为例[J]. 工程地质学报, 2007, 15(增刊): 122-127.
- [29] 赵玉光, 肖林萍. 防灾减灾建设在我国可持续发展战略中的地位和作用[J]. 西南交通大学学报, 2000, 1(4): 14-17.
- [30] 许小峰, 王守荣, 任国玉等. 气候变化应对战略研究[M]. 北京: 气象出版社, 2006, 66-71.
- [31] 何建坤, 刘滨, 王宇. 全球应对气候变化对我国的挑战与对策[J]. 清华大学学报, 2007, 22(5): 75-83.
- [32] 气候变化国家评估报告编委会. 气候变化国家评估报告[M]. 北京: 科学出版社, 2007, 45-66.
- [33] Daly C. Guidelines for assessment the suitability of spatial climate data sets[J]. *International Journal of Climatology*, 2006, 26(26): 707-721.
- [34] 黄荣辉, 周连童. 我国重大气候灾害特征、形成机理和预测研究[J]. 自然灾害学报, 2002, 11(1): 1-9.
- [35] 张月鸿. 气候变化风险分类与综合风险治理[D]. 北京: 中科院地理科学与资源研究所, 2008.
- [36] 高庆华等. 中国减灾需求与综合减灾[M]. 北京: 气象出版社, 2007, 69-74.
- [37] 欧阳小芽. 城市灾害综合风险评价[D]. 赣州: 江西理工大学, 2010.
- [38] Kasperson R E, Bohn M T, Goble R. Assessing the risks of a future rapid large sea level rise: A review[EB/OL]. From the world web site: <http://www.uni-hamburg.de/wiss/FB/15/Sustainability/annex4.pdf>. 2005.

- [39] Ikeda S, Sato T, Fukuzono T. Towards an integrated management framework for emerging disaster risks in Japan[J]. *Nat Hazards*, 2008, 52(44): 267-280.
- [40] 孙崢. 城市自然灾害定量评估方法及应用[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2008.
- [41] 钱永波, 唐川, 周春花. 层次分析法在城市灾害应急能力评价中的应用[J]. *地质灾害与环境保护*, 2005, 16(4): 433-437.
- [42] 刘艳, 康仲远, 赵汉章等. 我国城市减灾管理综合评价指标体系的研究[J]. *自然灾害学报*, 1999, 8(2): 61-66.
- [43] 金磊. 北京城市安全度与综合减灾体系建设研究[J]. *北京市总工会职工大学学报*, 1999, 1(3): 41-47.
- [44] 葛全胜等. 中国自然灾害风险综合评估初步研究[M]. 北京: 科学出版社, 2008, 16-27.
- [45] Amendola A. Management of Change, Disaster Risk, and Uncertainty: an Overview[J]. *Journal of Natural Disaster Science*, 2004, 26(2): 55-61.
- [46] Okada N. Urban Diagnosis and Integrated Disaster Risk Management[J]. *Journal of Natural Disaster Science*, 2004, 26(2): 49-54.
- [47] 樊运晓, 罗云, 陈庆寿. 载体脆弱性评价指标中的量化方法探讨[J]. *灾害学*, 2000, 15(2): 78-81.
- [48] 吴吉东, 李宁, 温玉婷等. 自然灾害的影响及间接经济损失评估方法[J]. *地理科学进展*, 2009, 28(6): 877-885.
- [49] 黄典剑, 吴宗之, 蔡嗣经等. 城市应急避难所的应急适应能力——基于层次分析法的评价方法[J]. *自然灾害学报*, 2006, 15(1): 52-58.
- [50] 赵运林. 城市生态安全评价指标与结构功能分析[J]. *湖南城市学院学报*, 2006, 15(3): 1-4.
- [51] 张斌, 赵前胜, 姜瑜君. 区域载体脆弱性指标体系与精细化模型研究[J]. *灾害学*, 2010, 25(2): 36-40.
- [52] 张明媛. 城市承载能力及灾害综合风险评价研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2008.
- [53] 张丽梅, 许倩英, 胡志良. 天津市避难场所人均用地指标取值研究[J]. *城市*, 2005, (3): 30-32. (无卷号)
- [54] 邵传青, 张芳, 易立新. 沿海城市自然灾害脆弱性评价研究——以天津滨海新区为例[J]. *防灾科技学院学报*, 2008, 10(4): 88-92.
- [55] 钱永波, 唐川. 城市灾害应急能力评价指标体系建构[J]. *城市问题*, 2005, (6): 76-81. (无卷号)
- [56] 殷杰, 尹占娥, 许世远. 上海市灾害综合风险定量评估研究[J]. *地理科学*, 2009, 29(3): 450-454.
- [57] 周彪, 周学军, 周晓猛等. 城市防灾减灾综合能力的定量分析[J]. *防灾科技学院学报*, 2010, 12(1): 433-437.

- [58] 吴宗之, 黄典剑, 蔡嗣经等. 基于模糊集值理论的城市应急避难所应急适应能力评价方法研究[J]. 安全与环境学报, 2005, 5(6): 100-103.
- [59] 李旭祥, 沈振兴, 刘萍萍. 地理信息系统在环境科学中的应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008, 45-53.
- [60] 李耀庄, 王丽, 徐亮. 基于 GIS 的城市公共安全规划信息系统研究[J]. 防灾减灾工程学报, 2005, 25(3): 315-319.
- [61] Gambolati G, Teatini P. GIS simulations of the inundation risk in the coastal lowlands of the Northern Adriatic Sea[J]. *Mathematical and Computer Modelling*, 2002, (35): 963-972.
- [62] 杨思全, 王昂生, 高守亭等. 试论灾害评估信息系统的研究进展[J]. 灾害学, 2002, 17(2): 70-75.
- [63] 黄琳. 基于 GIS 的城市防灾综合信息管理系统主要模块的设计与实现[D]. 北京: 北京邮电大学, 2007.
- [64] 贺润厅. 基于 GIS 技术的城市防灾应用研究[D]. 兰州: 兰州理工大学, 2010.
- [65] 曹雷. 基于 Geodatabase 数据模型的黑河地区地貌数据组织方法研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2006.
- [66] 徐俊. 二氧化碳矿化机制的实验研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2006.
- [67] 李爽. 青藏高原气候变化风险源时空特征及综合聚类研究[D]. 北京: 北京大学, 2011.
- [68] 邹铭等. 自然灾害风险管理与预警体系[M]. 北京: 科学出版社, 2010, 149-165.
- [69] 孙绍骋. 灾害评估研究内容与方法探讨[J]. 地理科学进展, 2001, 20(2): 122-130.
- [70] 陈志芬, 李强, 陈晋. 城市应急避难场所选址规划模型与应用[M]. 北京: 气象出版社, 2011, 19-25.
- [71] 高军, 王天青. 关于城市防灾规划的反思[J]. 城市问题, 2005, 11(5): 70-81.
- [72] 李刚. 城市抗震防灾规划 GIS 辅助分析与管理相关技术[D]. 北京: 北京工业大学, 2006.
- [73] 覃从军. 武汉地区气候对全球气候变化的响应[D]. 武汉: 华中师范大学, 2009.
- [74] 王薇. 城市防灾空间规划研究及实践[D]. 长沙: 中南大学, 2007.
- [75] 李婷. 气象灾害生态风险的预测、分析与实例评价[D]. 兰州: 兰州大学, 2007.
- [76] 李惟科. 我国城市公共安全规划策略研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2007.
- [77] 魏立佳. 我国碳排放影响因素与减排路径研究[D]. 武汉: 中国地质大学, 2008.

- [78] 衣伟宏. 基于 Geodatabase 数据模型的长春市交通数据组织研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2005.
- [79] Mustafa D. Reinforcing vulnerability, Disaster relief, recovery, and response to the 2001 flood in Rawalpindi, Pakistan[J]. *Global Environmental Change B: Environmental Hazards*, 2003, 5(3): 71-82.
- [80] 白文娟. 区域大气环境管理研究[D]. 天津: 河北工业大学, 2007.
- [81] 吴光伟, 王松华, 程俐骢. 城市防灾减灾对策研究[J]. *灾害学*, 2006, 21(2): 40-45.
- [82] 王江波. 我国城市综合防灾规划编制方法研究[D]. 上海: 同济大学, 2006.
- [83] 徐波. 城市防灾减灾规划研究[D]. 上海: 同济大学, 2007.
- [84] 刘承水. 城市灾害应急管理[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009, 169-196.
- [85] 邹铭等. 综合风险防范: 中国综合自然灾害救助保障体系[M]. 北京: 科学出版社, 2011, 68-99.

发表论文和参加科研情况说明

发表的论文:

- [1]郭静, 赵林, 刘年磊. 基于 DRASTIC 的包气带阻滞污染物能力研究[J]. 环境污染与防治, 2011, (12). (已录用)

参与的科研项目:

- 1、中原经济区国土规划——土壤及包气带环境承载力专题研究, 河南省地质环境检测院委托项目, 主要负责人;
- 2、衡水市“北方湖城”水系规划, 衡水市水务局委托项目, 参加人;
- 3、廊坊市环境保护规划, 廊坊市委委托项目, 参加人;
- 4、渭河咸阳段环境景观生态综合治理概念性规划项目投标申请, 与天津大学城市规划设计研究院合作项目, 参加人;
- 5、天津市滨海新区节能环保产业发展规划环境影响篇章, 天津市滨海新区经济和信息化委员会委托项目, 执笔人;
- 6、城市公共安全基础设施规划研究——以天津市为例, 2010 年度天津市规划局科研项目, 参加人;
- 7、临港经济区人工堤岸生态重建技术与示范, 2011 年度天津市科技兴海项目, 参加人。

致 谢

本论文的工作是在我的导师赵林教授的悉心指导下完成的,赵老师严谨的治学态度和科学的工作方法给了我极大的帮助和影响。在此衷心感谢两年多以来赵老师对我的关心和指导。

毛国柱副教授对于我的科研工作和论文都提出了许多的宝贵意见,在学习上和生活上也给予了我很大的关心和帮助,在此向毛老师表示衷心的感谢。

感谢谭欣、刘宪华、刘涉江、齐云和李楠老师对我的科研工作和论文的指导,每一次的课题汇报都让我受益匪浅,感谢你们无私的奉献,为课题组的发展建设辛劳奔波,为我们创造了一个良好的学习和工作环境,以及强大的团队支持。

感谢天津市城市规划设计研究院环评中心赵树明主任为我提供这样有意义的选题,对我论文结构提出宝贵的意见,并无私地为我提供数据资料上的支持。同时感谢环评中心的刘健、刘颖等同事们,在做论文的过程中给予我技术上的支持和帮助。

在实验室工作及撰写论文期间,刘年磊师姐、郭江泓等同学对我论文中的指标建立研究工作给予了热情帮助,在此向他们表达我的感激之情。感谢硕士学习期间的好友冯梦南、蔡晓丹、张欣苗、郭鑫、赵坤、游璐华在生活上对我的帮助,谢谢她们让我的研究生生活变得丰富多彩。

另外也感谢我的父母,感谢张旭,他们的理解和支持使我能够在学校专心完成我的学业。

郭 静

2011年12月8日